
ゆらぎと構造の協奏：

非平衡系における普遍法則の確立

領域番号：2502

平成 25 年度～平成 29 年度

科学研究費助成事業（科学研究費補助金）

（新学術領域研究（研究領域提案型））

研究成果報告書

平成 31 年 5 月

領域代表者 佐野 雅己

東京大学・大学院理学系研究科・教授

ゆらぎと構造の協奏：非平衡系における普遍法則の確立

Synergy of Fluctuation and Structure : Quest for Universal Laws in Non-Equilibrium Systems

研究成果報告書

目 次

はしがき	2
研究組織	3
交付決定額（配分額）.....	10
研究のハイライト	13
総括班活動報告	22
研究発表	27
産業財産権の出願・取得状況	149
研究成果	152
参考資料（目的：領域計画書より抜粋）.....	249

はしがき

本報告冊子は、文部科学省の科学研究費補助金「新学術領域研究（研究領域提案型）」の支援を受けて平成25年度から平成29年度までの5年間にわたって実施された「ゆらぎと構造の協奏：非平衡系における普遍法則の確立」の研究成果をまとめたものである。

本冊子には、研究成果の基本情報の他、研究目的と概要、研究成果の解説、領域活動などについての記載も含めた。

本領域で目指したことは、非平衡系の研究において従来は独立に研究されてきた2つの分野、すなわち「ゆらぎと構造」を統合し、非平衡系研究の新しい潮流を作り出すことであった。そのため、統計力学分野を中心として、周辺の様々な分野の研究者に参画をいただいた。その結果として、小さな系における確率的エネルギー論、非平衡ゆらぎの普遍法則、スケールによらない普遍法則としての非平衡相転移や界面ゆらぎなどの概念は、深化、拡大し、関係諸分野に浸透しつつある。また、アクティブマターやプロトセルなどの新分野は、本領域において日本の礎が築かれたと言っても過言ではない。非平衡系の複雑で多様な振る舞いの中に普遍性を見出そうとする探求の精神は、ミクロやメソスケールの量子系、分子から細胞レベルの生命現象、メソスケールからマクロスケールの複雑流体やソフトマターの研究分野を超えて、広範な展開を続けている。

本報告書にまとめた研究成果は、領域メンバーおよび国内外の多数の共同研究者による日々の研究努力により成し遂げられたものである。本領域に参画頂いたメンバー及びその共同研究者に感謝したい。また、評価者として主要な研究会や国際会議には必ず出席を賜り、常に適切なアドバイスをいただいた蔵本由紀、太田隆夫、鹿兒島誠一、宝谷紘一の各先生方に深く御礼を申し上げたい。最後に、関係研究室の大学院生諸君、事務および運営面で多大な貢献をいただいた東大物性研の野口博司先生、加藤由紀子、東大物理学教室の栗本千苗の各氏をはじめ、様々な形でこの研究に関わっていただいた多くの方々にも深く感謝したい。

平成31年3月

領域代表者 佐野 雅己
(東京大学 大学院理学系研究科物理学専攻 教授)

研究組織

総括班		
研究代表者	佐野 雅己	(東京大学 大学院理学系研究科 教授)
研究分担者	野口 博司	(東京大学 物性研究所 准教授)
連携研究者	佐々 真一	(京都大学 大学院理学研究科 教授)
	折原 宏	(北海道大学 大学院工学研究院 教授)
	今井 正幸	(東北大学 大学院理学研究科 教授)
	好村 滋行	(首都大学東京 大学院理工学研究科 准教授)
	木村 康之	(九州大学 大学院理学研究院 教授)
	平野 琢也	(学習院大学 理学部 教授)
	市川 正敏	(京都大学 大学院理学研究科 講師)
	宮崎 州正	(名古屋大学 大学院理学研究科 教授)
	吉川 研一	(同志社大学 生命医科学部 教授)
	櫻井 建成	(山口芸術短期大学 芸術表現学科 准教授)
	小林 研介	(大阪大学 大学院理学研究科 教授)
国際活動支援班		
研究代表者	佐野 雅己	(東京大学 大学院理学系研究科 教授)
研究分担者	野口 博司	(東京大学 物性研究所 准教授)
	小林 研介	(大阪大学 大学院理学研究科 教授)
	竹内 一将	(東京工業大学 理学院 准教授)
	水野 大介	(九州大学 大学院理学研究院 准教授)
計画班		
A01 基礎班		
A01-001 非平衡ゆらぎの熱力学的体系		
研究代表者	佐々 真一	(京都大学 大学院理学研究科 教授)
研究分担者	中川 尚子	(茨城大学 理学部 教授)
A01-002 非平衡量子系の輸送ダイナミクス		
研究代表者	小林 研介	(大阪大学 大学院理学研究科 教授)
研究分担者	齊藤 圭司	(慶應義塾大学 理工学部 教授)
	沙川 貴大	(東京大学 大学院工学系研究科 准教授)
A01-003 非平衡ゆらぎが生み出す構造と運動の普遍性		
研究代表者	佐野 雅己	(東京大学 大学院理学系研究科 教授)
研究分担者	笹本 智弘	(東京工業大学 理学院 教授)
	竹内 一将	(東京工業大学 理学院 准教授)
連携研究者	山本 量一	(京都大学 大学院工学研究科 教授)
A01-004 ガラスにおける遅いゆらぎのダイナミクスと隠れた秩序		
研究代表者	宮崎 州正	(名古屋大学 大学院理学研究科 教授)
研究分担者	吉野 元	(大阪大学 サイバーメディアセンター 准教授)
A02 時空班		
A02-001 非平衡定常状態におけるソフトマターのゆらぎとレオロジー		
研究代表者	折原 宏	(北海道大学 大学院工学研究院 教授)
研究分担者	長屋 智之	(大分大学 理工学部 教授)
	佐藤 勝彦	(北海道大学 電子科学研究所 准教授)
	日高 芳樹	(九州大学 大学院工学研究院 助教)
連携研究者	中垣 俊之	(北海道大学 電子科学研究所 教授) ※ 2015 年 10 月まで研究分担者

A02-002 多成分ボース・アインシュタイン凝縮体の非平衡ダイナミクス	
研究代表者	平野 琢也 (学習院大学 理学部 教授)
研究分担者	斎藤 弘樹 (電気通信大学 大学院情報理工学研究科 教授)
連携研究者	高橋 雅裕 (学習院大学 理学部 助教)
	衛藤 雄二郎 (産業技術総合研究所 計量標準総合センター 主任研究員)
	柴田 康介 (学習院大学 理学部 助教)
A02-003 小さな反応拡散系における秩序形成から生物の機能へ	
研究代表者	櫻井 建成 (山口芸術短期大学 芸術表現学科 准教授)
研究分担者	北畑 裕之 (千葉大学 大学院理学研究院 准教授)
	澤井 哲 (東京大学 大学院総合文化研究科 准教授)
	石原 秀至 (東京大学 大学院総合文化研究科 特任准教授)
A03 機能班	
A03-001 ソフトマターから人工細胞への物理的アプローチ	
研究代表者	今井 正幸 (東北大学 大学院理学研究科 教授)
研究分担者	菅原 正 (神奈川大学 理学部 教授)
	豊田 太郎 (東京大学 大学院総合文化研究科 准教授)
	佐久間 由香 (東北大学 大学院理学研究科 助教)
A03-002 生体膜におけるメソ構造の非平衡ダイナミクス	
研究代表者	好村 滋行 (首都大学東京 大学院理工学研究科 准教授)
研究分担者	野口 博司 (東京大学 物性研究所 准教授)
	芝 隼人 (東北大学 金属材料研究所 特任助教)
連携研究者	多羅間 充輔 (京都大学 福井謙一記念研究センター フェロー)
A03-003 非熱的に駆動されたバイオマターの非平衡動力学	
研究代表者	木村 康之 (九州大学 大学院理学研究院 教授)
研究分担者	水野 大介 (九州大学 大学院理学研究院 准教授)
A03-004 時空間秩序の生成とその生命現象への展開	
研究代表者	吉川 研一 (同志社大学 生命医科学部 教授)
研究分担者	鶴山 竜昭 (京都大学 大学院医学研究科 特定教授)
	市川 正敏 (京都大学 大学院理学研究科 講師)

※所属・身分は、平成 30 年 3 月 31 日時点の情報である。

前期公募班（平成26年度 - 平成27年度）		
A01 基礎班		
運動方向への有色ノイズによって起こるアクティブマターの群れ運動		
	研究代表者	永井 健（北陸先端科学技術大学院大学 マテリアルサイエンス研究科 助教）
	連携研究者	大岩 和弘（情報通信研究機構 未来 ICT 研究所 主管研究員）
地震および破壊の統計における新しい定量的関係式		
	研究代表者	波多野 恭弘（東京大学 地震研究所 准教授）
	連携研究者	桂木 洋光（名古屋大学 大学院環境学研究科 准教授）
量子ホール接続系における分数電荷準粒子の生成・消滅過程の研究		
	研究代表者	橋坂 昌幸（東京工業大学 大学院理工学研究科 助教）
移動する原子供給源による特異なステップパターン		
	研究代表者	佐藤 正英（金沢大学 総合メディア基盤センター 教授）
	連携研究者	上羽 牧夫（名古屋大学 大学院理学研究科 教授）
	連携研究者	三浦 均（名古屋市立大学 大学院システム自然科学研究科 准教授）
ゲージ・重力対応を用いた非平衡定常系の基本法則の探求		
	研究代表者	中村 真（中央大学 理工学部 教授）
ソレー係数測定による温度勾配を外場とするソフトマテリアルの非平衡物性解析		
	研究代表者	喜多 理王（東海大学 理学部 教授）
A02 時空班		
実在モデル系としての球形分子会合体からなる液体のガラス転移		
	研究代表者	齋藤 一弥（筑波大学 数理物質系 教授）
	連携研究者	山村 泰久（筑波大学 数理物質系 准教授）
	連携研究者	菱田 真史（筑波大学 数理物質系 助教）
光格子原子顕微鏡で探索する人工ゲージ場が織り成す非平衡現象		
	研究代表者	上妻 幹旺（東京工業大学 大学院理工学研究科 教授）
	連携研究者	井上 遼太郎（東京工業大学 大学院理工学研究科 助教）
非平衡系におけるリズムミクな時空間パターンのダイナミクスと制御		
	研究代表者	中尾 裕也（東京工業大学 大学院情報理工学研究科 准教授）
量子凝縮系およびソフトマターにおける自己組織化現象に対する流れの影響の解明		
	研究代表者	工藤 和恵（お茶の水女子大学 大学院人間文化創成科学研究科 准教授）
	連携研究者	川口 由紀（名古屋大学 大学院工学研究科 准教授）
スピノル・ボース・アインシュタイン凝縮におけるトポロジカル欠陥のダイナミクス		
	研究代表者	小林 未知数（京都大学 大学院理学研究科 助教）
A03 機能班		
プローブ顕微鏡による細胞間力学的相互作用の時空間揺らぎの研究		
	研究代表者	岡嶋 孝治（北海道大学 大学院情報科学研究科 教授）
	連携研究者	末岡 和久（北海道大学 大学院情報科学研究科 教授）
低レイノルズ数における自己駆動素子の流体効果による集団運動		
	研究代表者	内田 就也（東北大学 大学院理学研究科 助教）
アクティブマターの集団運動としての細胞組織の記述		
	研究代表者	義永 那津人（東北大学 原子分子材料科学高等研究機構 助教）
GUV内環境での脂肪鎖合成による動態変化観察とその物理		
	研究代表者	車 兪澈（東京工業大学 地球生命研究所 研究員）
複合化ベシクルによる非平衡細胞モデル系		
	研究代表者	濱田 勉（北陸先端科学技術大学院大学 マテリアルサイエンス研究科 准教授）

胃癌細胞の非平衡形状ゆらぎのもたらす時空間秩序と転移の相関		
	研究代表者	田中 求 (京都大学 物質-細胞統合システム拠点 教授)
	連携研究者	鶴山 竜昭 (京都大学 大学院医学研究科 准教授)
遊走細胞のかたちを決める分子ダイナミクス		
	研究代表者	岩楯 好昭 (山口大学 大学院医学系研究科 准教授)
	連携研究者	作村 諭一 (愛知県立大学 情報科学部 准教授)
1 個の接着蛋白質の特性から生み出される巨大スケールのバクテリア渦状運動		
	研究代表者	西坂 崇之 (学習院大学 理学部 教授)
	連携研究者	大岩 和弘 (情報通信研究機構 未来 ICT 研究所 主管研究員)
	連携研究者	中根 大介 (学習院大学 理学部 助教)
F1-ATPase によるエネルギー変換と非平衡揺らぎ		
	研究代表者	宗行 英朗 (中央大学 理工学部 教授)
A04 融合班		
ガラス化における揺らぎの相関構造の発現メカニズムとその輸送異常に果たす役割の解明		
	研究代表者	古川 亮 (東京大学 生産技術研究所 准教授)
電荷揺らぎ分光イメージング法の創出：固体中揺らぎ空間分布構造の探求		
	研究代表者	河野 行雄 (東京工業大学 量子ナノエレクトロニクス研究センター 准教授)
直接数値計算を用いたモデル微生物の動的性質に関する理学的研究		
	研究代表者	山本 量一 (京都大学 大学院工学研究科 教授)
	連携研究者	谷口 貴志 (京都大学 大学院工学研究科 准教授)
	連携研究者	MOLINA, John J. (京都大学 大学院工学研究科 助教)
負の相関に起因する異常拡散現象とその周辺		
	研究代表者	坂上 貴洋 (九州大学 大学院理学研究院 助教)
	連携研究者	中西 秀 (九州大学 大学院理学研究院 教授)
	連携研究者	齋藤 拓也 (京都大学 福井謙一記念研究センター 特定研究員)
「ゆらぎと構造の協奏」から見た量子乱流		
	研究代表者	坪田 誠 (大阪市立大学 大学院理学研究科 教授)

※所属・身分は、平成 30 年 3 月 31 日時点の情報である。

後期公募班（平成28年度 - 平成29年度）		
A01 基礎班		
ゲージ・重力対応を用いた非平衡物理学への新アプローチ		
研究代表者	中村 真	（中央大学 理工学部 教授）
壁乱流亜臨界遷移の間欠乱流パターン形成の大規模DNS解析		
研究代表者	塚原 隆裕	（東京理科大学 理工学部 准教授）
高速量子プローブを用いた微小系の電子輸送ゆらぎの研究		
研究代表者	大塚 朋廣	（理化学研究所 創発物性科学研究センター 研究員）
A02 時空班		
球形分子会合体からなる液体の構造とガラス転移		
研究代表者	齋藤 一弥	（筑波大学 数理物質系 教授）
連携研究者	山村 泰久	（筑波大学 数理物質系 准教授）
	菱田 真史	（筑波大学 数理物質系 助教）
冷却原子を用いた非平衡孤立量子系の制御と前期熱化の研究		
研究代表者	高須 洋介	（京都大学 大学院理学研究科 助教）
連携研究者	高橋 義朗	（京都大学 大学院理学研究科 教授）
非平衡状態を舞台とした異常拡散現象の探究		
研究代表者	坂上 貴洋	（九州大学 大学院理学研究院 助教）
連携研究者	中西 秀	（九州大学 大学院理学研究院 教授）
	早瀬 友美乃	（広島大学 大学院理学研究科 研究員）
A03 機能班		
揺らぐ非平衡構造によるフィードバック制御：べん毛モーターのトルク発生機構の解明		
研究代表者	鳥谷部 祥一	（東北大学 大学院工学研究科 准教授）
アクティブフィラメントの運動の多階層モデリング		
研究代表者	内田 就也	（東北大学 大学院理学研究科 准教授）
細胞組織の動力学の理解へ向けた自己駆動粒子の集団運動の解析		
研究代表者	義永 那津人	（東北大学 材料科学高等研究所 准教授）
高分子溶液を内包したベンクルの外部揺動に伴う内部粘弾性と形の揺らぎ		
研究代表者	柳澤 実穂	（東京農工大学 大学院工学研究院 特任准教授）
自己成長するプロトセルの形態変化観察と物理学的解析		
研究代表者	車 兪澈	（東京工業大学 地球生命研究所 特任准教授）
ミトコンドリア分裂過程におけるナノスケール力学機械特性の時空間ダイナミクスの検出		
研究代表者	渡邊 信嗣	（金沢大学 理工研究域 助教）
進行度の異なる胃癌細胞の非平衡形状ゆらぎのエネルギー散逸と対称性の破れ		
研究代表者	田中 求	（京都大学 高等研究院 客員教授）
連携研究者	鶴山 竜昭	（京都大学 大学院医学研究科 特定教授）
	山本 暁久	（京都大学 大学院医学研究科 研究員）
ゆらぎを伴う細胞内情報伝達機構の統合的理解		
研究代表者	石島 秋彦	（大阪大学 大学院生命機能研究科 教授）
バクテリア集団運動にみるアクティブ液晶の秩序形成と制御		
研究代表者	前多 裕介	（九州大学 大学院理学研究院 准教授）
バクテリア巨大渦状運動の極性形成メカニズム		
研究代表者	西坂 崇之	（学習院大学 理学部 教授）
連携研究者	大岩 和弘	（情報通信研究機構 未来 ICT 研究所 主管研究員）
	中根 大介	（学習院大学 理学部 助教）

細胞スケール閉鎖空間内における反応拡散波の物理		
研究代表者	藤原 慶	(慶応義塾大学 理工学部 専任講師)
F1-ATPase によるエネルギー変換と非平衡揺らぎ		
研究代表者	宗行 英朗	(中央大学 理工学部 教授)
細胞質流動から迫る細胞質におけるゆらぎから構造が生じるメカニズム		
研究代表者	木村 暁	(国立遺伝学研究所 構造遺伝学研究センター 教授)
連携研究者	木村 健二	(国立遺伝学研究所 構造遺伝学研究センター 助教)
A04 融合班		
超伝導磁束量子系をモデルに用いた界面摩擦現象における非平衡ゆらぎの役割の解明		
研究代表者	前田 京剛	(東京大学 大学院総合文化研究科 教授)
連携研究者	加藤 雄介	(東京大学 大学院総合文化研究科 准教授)
	鍋島 冬樹	(東京大学 大学院総合文化研究科 助教)
固体素子の非平衡揺らぎ・非線形光応答：ナノ光計測による揺らぎ分光イメージング		
研究代表者	河野 行雄	(東京工業大学 未来産業技術研究所 准教授)
量子流体力学における「ゆらぎと構造の協奏」		
研究代表者	坪田 誠	(大阪市立大学 大学院理学研究科 教授)
光の射す方へ：微生物の動線をつくる流体力学		
研究代表者	和田 浩史	(立命館大学 理工学部 教授)
連携研究者	村山 能宏	(東京農工大学 大学院工学研究院 准教授)
	義永 那津人	(東北大学 材料科学高等研究所 准教授)
	植木 紀子	(東京工業大学 化学生命科学研究所 研究員)

※所属・身分は、平成 30 年 3 月 31 日時点の情報である。

交付決定額(配分額)

交付決定額（配分額）

領域総額（総括班、国際活動支援班、計画研究、公募研究、成果取りまとめの総計）

	直接経費	間接経費	合計
平成 25 年度	199,700,000	59,910,000	255,710,000
平成 26 年度	205,300,000	61,590,000	266,890,000
平成 27 年度	200,900,000	60,270,000	261,170,000
平成 28 年度	178,100,000	53,430,000	231,530,000
平成 29 年度	175,600,000	52,680,000	228,280,000
平成 30 年度	3,000,000	900,000	3,900,000
総計	962,600,000	288,780,000	1,247,480,000

総括班 X00

	直接経費	間接経費	合計
平成 25 年度	6,400,000	1,920,000	8,320,000
平成 26 年度	6,600,000	1,980,000	8,580,000
平成 27 年度	9,100,000	2,730,000	11,830,000
平成 28 年度	6,600,000	1,980,000	8,580,000
平成 29 年度	9,100,000	2,730,000	11,830,000
総計	37,800,000	11,340,000	49,140,000

国際活動支援班 Y00

	直接経費	間接経費	合計
平成 25 年度	0	0	0
平成 26 年度	0	0	0
平成 27 年度	10,900,000	3,270,000	14,170,000
平成 28 年度	10,900,000	3,270,000	14,170,000
平成 29 年度	11,000,000	3,300,000	14,300,000
総計	32,800,000	9,840,000	42,640,000

成果取りまとめ X00

	直接経費	間接経費	合計
平成 30 年度	3,000,000	900,000	3,900,000

計画研究

A01：基礎班

	直接経費	間接経費	合計
平成 25 年度	79,800,000	23,940,000	103,740,000
平成 26 年度	33,400,000	10,020,000	43,420,000
平成 27 年度	31,800,000	9,540,000	41,340,000
平成 28 年度	28,400,000	8,520,000	36,920,000
平成 29 年度	28,900,000	8,670,000	37,570,000
総計	202,300,000	60,690,000	262,990,000

A02：時空班

	直接経費	間接経費	合計
平成 25 年度	52,400,000	15,720,000	68,120,000
平成 26 年度	41,000,000	12,300,000	53,300,000
平成 27 年度	42,400,000	12,720,000	55,120,000
平成 28 年度	33,500,000	10,050,000	43,550,000
平成 29 年度	32,700,000	9,810,000	42,510,000
総計	202,000,000	60,600,000	262,600,000

A03：機能班

	直接経費	間接経費	合計
平成 25 年度	58,100,000	17,430,000	75,530,000
平成 26 年度	69,300,000	20,790,000	90,090,000
平成 27 年度	54,700,000	16,410,000	71,110,000
平成 28 年度	43,700,000	13,110,000	56,810,000
平成 29 年度	38,900,000	11,670,000	50,570,000
総計	264,700,000	79,410,000	344,110,000

公募研究

A01：基礎班

	直接経費	間接経費	合計
平成 25 年度	0	0	0
平成 26 年度	12,500,000	3,750,000	16,250,000
平成 27 年度	11,500,000	3,450,000	14,950,000
平成 28 年度	6,700,000	2,010,000	8,710,000
平成 29 年度	6,300,000	1,890,000	8,190,000
総計	37,000,000	11,100,000	48,100,000

A02：時空班

	直接経費	間接経費	合計
平成 25 年度	0	0	0
平成 26 年度	9,800,000	2,940,000	12,740,000
平成 27 年度	6,800,000	2,040,000	8,840,000
平成 28 年度	7,000,000	2,100,000	9,100,000
平成 29 年度	7,000,000	2,100,000	9,100,000
総計	30,600,000	9,180,000	39,780,000

A03：機能班

	直接経費	間接経費	合計
平成 25 年度	0	0	0
平成 26 年度	25,800,000	7,740,000	33,540,000
平成 27 年度	27,000,000	8,100,000	35,100,000
平成 28 年度	33,700,000	10,110,000	43,810,000
平成 29 年度	34,100,000	10,230,000	44,330,000
総計	120,600,000	36,180,000	156,780,000

A04：融合班

	直接経費	間接経費	合計
平成 25 年度	0	0	0
平成 26 年度	6,900,000	2,070,000	8,970,000
平成 27 年度	6,700,000	2,010,000	8,710,000
平成 28 年度	7,600,000	2,280,000	9,880,000
平成 29 年度	7,600,000	2,280,000	9,880,000
総計	28,800,000	8,640,000	37,440,000

研究のハイライト

[研究項目 A01-001：非平衡ゆらぎの熱力学的体系]

中川と佐々らは、様々な非平衡ゆらぎに対して「熱力学的形式」による定式化をすすめて、新しい現象の予言、新しい解析方法の提案、新しい関係の発見を行った。

(1) 熱力学関係式の拡張

熱伝導下での気液転移に対して、定常状態を決定する変分原理を提案した。この現象が既存の理論では説明できないことを明らかにし、「熱伝導状態における大域温度」というこれまでにない新しい量を定義することにより、熱力学の拡張を定式化した。定量的な実験への非自明な予言を行なった。特に、平衡状態では不安定である過冷却気体が熱伝導下では安定な局所系として実現することを予言した[1]。

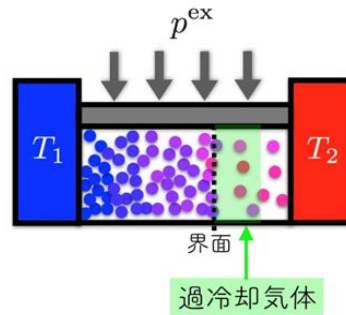


図 1. 熱伝導下での気液転移

(2) 非平衡ゆらぎのミクロとマクロ

非平衡ゆらぎが関わるマクロな現象論とミクロな記述を結ぶ新しい枠組みを建設する第一歩として、流体方程式をミクロな記述から導出する方法を提案した[2]。提案した方法論は流体系に固有なものではない。例えば、振動子集団の秩序変数の巨視的動力学を導く問題に対しても、非平衡ゆらぎの理論によってマクロな集団動力学が正確に簡単に導出できるようになった[3]。

(3) 時系列解析の新しい方法

熱力学的体系の考え方を時系列解析に適用した。第一は、時系列のレプリカ対称性の破れを検出する方法である。レプリカ対称性の破れは乱れた系の平衡統計力学で見出された概念であるが、時系列統計においても生じ得ることを具体的な模型で示した[4]。第2は、レアイベントサンプリングである。時系列の熱力学的形式と現実の操作の接点を模索し、操作パラメータを連続的に変更することで有効的にレアイベントを検出する方法を提案した[5]。

(4) ネーター不変量としてのエントロピー

多数のミクロな粒子を含んだ断熱容器の体積が非常にゆっくり変化する場合、エントロピーは変化しない。この性質を「対称性があれば時間変化の下で一定に保たれる量がある」というネーターの定理によって導いた。その結果、「量子力学のプランク定数を温度で割っただけ時間をずらしても、ミクロな粒子の運動は、ずらす前の運動と同じ

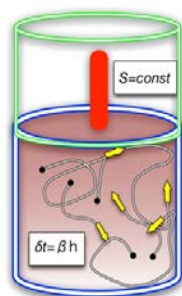


図 2. 断熱容器内のエントロピー

法則に従う」という対称性がエントロピーを導くことが分かった[6]。

[研究項目 A01-002：非平衡量子系の輸送ダイナミクス]

微細加工技術によって作製される極小の固体素子は、平衡状態から非平衡状態までを連続的に制御できるため、非平衡量子系を定量的に取り扱える理想的な舞台である。小林、齊藤、沙川らは、このような固体素子を念頭におき、非平衡ダイナミクスを取り扱う方法論の創出を目指して研究を行った。我々の成果は、今後の非平衡ダイナミクスの定量化の研究に大きく貢献する。

(1) 量子液体の非平衡ダイナミクスの定量化

小林らは、カーボンナノチューブに作製した量子ドットにおける近藤効果を研究した(図 3)[7,8]。本研究によって、近藤状態においては、一粒子の伝導過程だけではなく、二粒子が関与する伝導過程もあり、それによって電流ゆらぎが増大することが分かった。この電流ゆらぎから、量子液体を特徴づける量(ウィルソン比)を求め、量子ドットが極めて強い量子多体状態にあることを実証した[7]。また、対称性の異なる近藤状態の間の遷移にもなうウィルソン比の変化を抽出した[8]。

この成果は、非平衡量子多体系の精密な定量化に成功したものであり、今後の理論・実験の発展を促す。

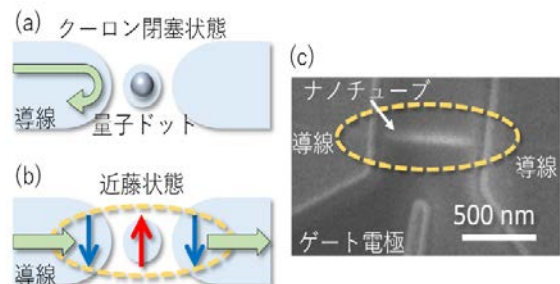


図 3. (a) クーロン閉塞状態。(b) 近藤状態。(c) カーボンナノチューブ量子ドットの電子顕微鏡写真。

(2) 振動外場下での量子孤立系緩和現象

近年、量子系における熱化現象や非平衡熱力学の実験的研究が盛んに行われている。齊藤は、熱化現象の研究として、振動外場下にある量子孤立系の緩和現象の研究を行った(図 4)[9]。

量子多体系の状態は、最終的には温度無限大の無秩序状態に収束するが、その状態への緩和には、常に2段階緩和が存在することを一般的に示した。第一段階の緩和は、振動外場を取り込んだ有効ハミルトニアンが

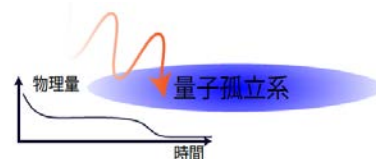


図 4. 量子孤立系に振動外場をかける概念図

指定するマイクロカノニカル状態への緩和であり、その状態は振動外場の振動周期が短ければ十分に長く持続する。この結果は、周期外場により静的に作る事ができないハミルトニアンを作るいわゆるフローケエンジニアリングの有効性を理論的に後押しする。

(3) 孤立量子系におけるゆらぎの定理と第二法則

量子力学から熱力学が如何に創発するかは、19世紀以来議論されてきた統計力学の基礎として重要なだけでなく、非平衡量子系のダイナミクスを理解する上でも重要な問題である。

沙川らは、統計力学の概念であるカノニカル分布を仮定せずに、熱浴の初期状態がエネルギー固有状態の場合についても、熱力学第二法則とゆらぎの定理を証明した[10]。その際、熱平衡化のメカニズムとして近年注目を集めている固有状態熱化仮説 (Eigenstate Thermalization Hypothesis, ETH) と、局所的な相互作用のもとでの情報伝播速度の上限を表すリップ・ロビンソン限界 (図 5) が重要な役割を果たした。なお ETH に数学的な証明はないが、沙川らは弱い形の ETH を証明することに成功した。

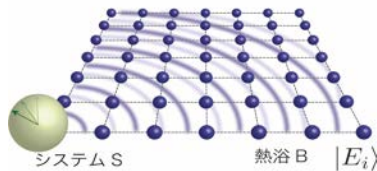


図 5. 熱浴を情報が伝わるリップ・ロビンソン限界の概念図

[研究項目 A01-003 : 非平衡ゆらぎが生み出す構造と運動の普遍性]

笹本、竹内、佐野らは、非平衡系ゆらぎの普遍性を示す典型的な例として、界面成長におけるゆらぎ (KPZ 普遍性) と非平衡相転移の重要なクラスである Directed Percolation (DP 普遍性) に関して理論および実験の両面から研究を行い、複数の大きな進展があった。また、非平衡状態で自己駆動する粒子系 (アクティブマター) の実験において、新現象の発見と分類等に貢献した。

(1) 成長界面のゆらぎと普遍性

KPZ 普遍性は、ゆらぎの普遍法則が界面形状で分類されるという特徴がある。笹本と竹内は綿密に協力し、笹本は理論、竹内は実験面から、それぞれ大きな進展を得た。実験面では、液晶乱流の界面初期形状を任意に生成できる実験系を構築し、従来の一部予想を覆して、円形界面が内向き・外向きで異なる普遍則を示すことを発見した[11]。また、KPZ 時間相関は長らく未解決だったが、界面形状により時間相関に質的違いが生じることを実験的に発見し、その説明を試みた Le Doussal らの理論も検証して、時間相関問題を解決に導いた[12]。理論面では、de Gier らとの共同研究において、2 成分系のカレントに関する揺らぎが KPZ 普遍クラスで見出されたのと同じ分布を示すことを厳密に示すことに成功した[13]。これは、多成分系における普遍分布に関する初

の厳密解であると同時に、ハミルトニアン系を含む1次元多成分系を記述する有効理論である非線形揺らぎの理論の予言を解析的に示した初めての例となっており、今後の進展に重要な影響を与えると期待される。

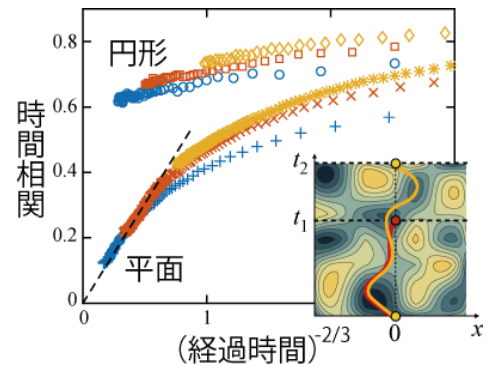


図 6. KPZ 時間相関。円形と平面で質的に異なる挙動を実験的に発見し、ポリマーの重なり問題を介して理論的説明が与えられた[12]。

(2) バクテリア懸濁液における長距離ネマチック秩序状態と異常密度ゆらぎの観測

自己駆動粒子の集団運動では、2次元でも長距離秩序が存在し、密度ゆらぎが異常性を示すことが理論的に予想されていたが、実験は存在しなかった。佐野らは、A03 公募班の永井らと共同で、1方向に泳ぐフィラメント状のバクテリアを薄い容器に閉じ込め遊泳させることでこの状態を実現し、長距離秩序状態での異常密度ゆらぎを観測することに成功した[14]。

(3) 細胞のトポロジカル欠陥への集積現象の観測

佐野らは、神経幹細胞の培養系において、細胞が伸長し長軸方向に前後運動を繰り返しながら、大域的にネマチック液晶のような方向秩序を形成することを見出した。このアクティブ・ネマチックと呼ばれる状態において、 $+1/2$ のトポロジカル欠陥には、時間とともに細胞が集積し、 $-1/2$ の欠陥の周りでは逆に細胞密度が減少することを発見し、これらの現象をアクティブマターの理論で説明することに成功した[15]。

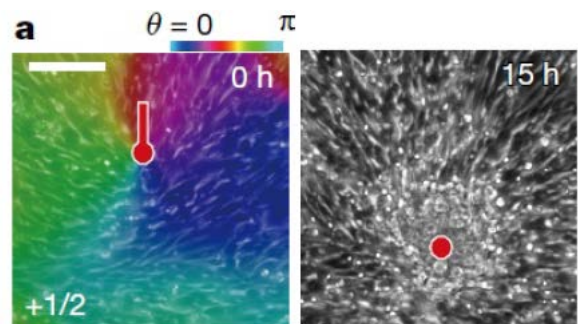


図 7. 神経幹細胞のアクティブ・ネマチック構造とトポロジカル欠陥への細胞集積

(4) 層流・乱流転移における非平衡相転移の発見

佐野らは、シア流で層流から乱流へ遷移する現象に着目し、過去最大のチャンネル流の実験を行い、(2+1)次元の Directed Percolation (DP) 転移の 3 つの臨界指数と

整合する実験結果を得た[16]。

[研究項目 A01-004 : ガラスにおける遅いゆらぎのダイナミクスと隠れた秩序]

宮崎、吉野らは、ガラス転移やジャミング転移における本質的な未解決問題である、理想ガラス転移やガードナー転移の解明に関して、理論と数値実験による研究を行った。

(1) ランダムピンング液体の理想ガラス転移

ガラス転移点の存在はいまだに証明されていない。緩和時間の増大に阻まれて真のガラス転移点を観測することができないためである。宮崎らは、構成粒子の自由度の一部を凍結(ピンング)させることにより、真のガラス転移点を高温側に引き上げることで、熱力学転移としてのガラス

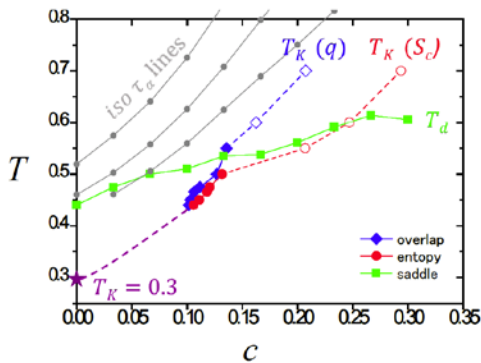


図 8. 理想ガラス転移点 T_K (◆と●)と動的転移点 T_d (■)を表すガラス相図。横軸がランダムピンング粒子の密度 c 、縦軸は温度 T 。

(2) ガードナー転移に伴う階層的なシア応答

吉野は、ジャミング転移点付近の高密度コロイド粒子系の弾性の特異な振舞いの背後に、ガードナー転移と呼ばれる一種のガラス-ガラス転移にあることを、レプリカ理論[18]、および大規模数値シミュレーション[19,20,21]によって明らかにした。

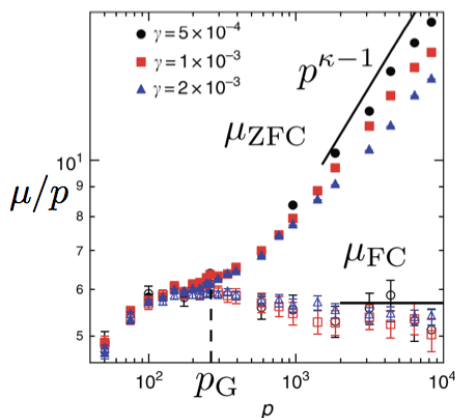


図 9. ガードナー転移の臨界圧力 p_G よりも高压では圧縮とシアが非可換になり、(FC)シア→圧縮後の残留シア応力は、(ZFC)圧縮→シア場合より有意に小さくなる。横軸が圧力 p 、縦軸が圧力で規格化されたシア応力。 γ は測定に用いたシア歪み。実線は理論予測。

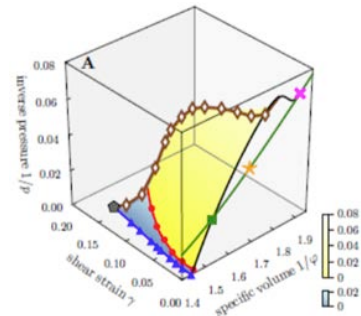


図 10. コロイドガラスにおける圧力の状態方程式。非常な高密度で熱平衡化された過冷却液体を初期状態(緑点)にして、シアと圧縮(膨張)に対する応答を観測することにより、降伏線(茶色線)、シアジャミング線(青線)、ガードナー転移線(赤線)が得られる。

[研究項目 A02-001 : 非平衡定常状態におけるソフトマターのゆらぎとレオロジー]

折原、長屋、中垣、佐藤、日高らは、液晶と生体物質の非平衡状態におけるゆらぎと構造、特にレオロジー的性質に注目し、研究を行なった。主な成果を示す。

(1) アクチン水溶液のシアバンディング

佐藤、中垣、折原はアクチン水溶液がせん断流下で高せん断層(低粘度)と低せん断層(高粘度)に分離する現象(シアバンディング)を見出していたが、本研究では速度場に加えて、両層におけるアクチンフィラメントの配向分布関数を同時に求めることにも成功し(図 11)、シアバンディングが配向の変化に起因する現象であることを初めて実験的に立証した[22]。

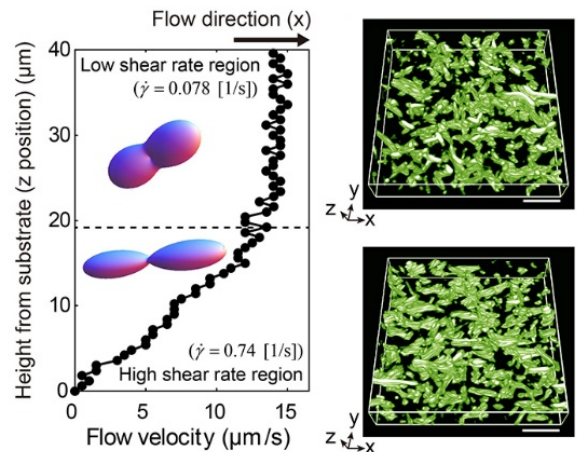


図 11. せん断流下のアクチン水溶液で観測されたシアバンディング状態における速度場と配向分布

(2) 液晶の乱流状態において発現する負の粘性

長屋、日高、折原は液晶に電場を印加したときに発生する電気対流の性質[23]とそのレオロジーを調べ、乱流状態では粘度が著しく減少し[24]、高電場下では負になることを発見した。負の粘性は最近バクテリア分散系でも観測されているが、我々の液晶では数百倍大き

な負の粘性を示す。この負の粘性を起源とするせん断速度と応力における履歴曲線、S字曲線、自励振動等の現象を初めて観測するとともに、液晶の基礎方程式に基づいたモデルによる実験結果の再現にも成功した[25]。

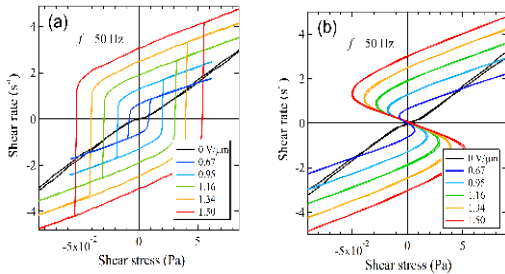


図 12. (a)せん断応力制御および(b)せん断速度制御によって観測された履歴曲線とS字曲線の電場依存性

[研究項目 A02-002 : 多成分ボース・アインシュタイン凝縮体の非平衡ダイナミクス]

実験と理論の緊密な共同研究、さらに、班をまたいだ連携を進めることができ、量子縮退原子の新奇な非平衡ダイナミクスを数多く明らかにすることができた。衛藤、斎藤、平野らは磁気双極子効果や混合スピノール系等の新しい研究領域を切り開き、事前に予想しなかった様々な現象を見出した。また、高橋らは乱流転移の普遍性を明らかにした。

(1) 磁気双極子相互作用

磁気双極子相互作用は、非等方的な長距離力であることから、量子縮退原子の新しい可能性を開く重要な課題となっていたが、磁気双極子の小さい Rb 原子では磁気双極子相互作用の効果を見た実験は行われていなかった。衛藤らは BEC のスピン自由度と高い空間コヒーレンスを巧みに利用し、BEC スピンの空間構造形成を観測することに成功した[26]。また、斎藤らはマグノン励起の分散関係に磁気双極子相互作用が定量的な影響を与えることを理論的に示した[27]。

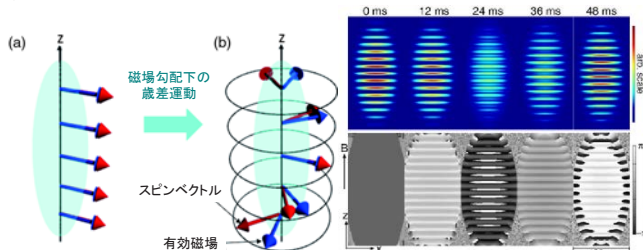


図13. (左)磁気双極子による有効磁場とスピンの回転、(右)マグノンの密度と位相の時間変化

(2) 混合スピノール BEC

^{87}Rb 原子はスピン 1 とスピン 2 の 2 つの超微細準位を持ち、豊富な内部自由度を有するが、従来は混合スピノール BEC 系を生成・制御し、これらの間の相互作用を調べた実験は行われていなかった。衛藤らは、混合系のスピンの相対的な角度や方向を自在に制御する手

法を実現し、スピン1の磁化の時間変化を観測することに成功した[28]。また、混合スピノール系の基底状態を明らかにする理論的な研究を行い、単独のときの基底状態から変化することを明らかにした[29]。

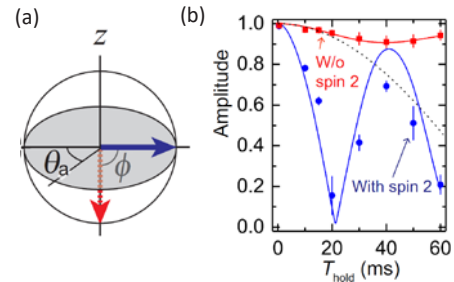


図 14. (a)スピン2(赤点線)とスピン1(青実線)、(b)スピン2があるとき(青丸)とないとき(赤四角)のスピン1の z 軸に垂直な磁化の振幅

(3) 量子渦糸乱流転移の普遍クラス

高橋、小林、竹内(A01 班)らは、超流動原子気体における渦糸乱流転移が Directed Percolation(DP)クラスであることを、数値計算を用いて明らかにした[30]。DP クラスは非平衡相転移における代表的な普遍クラスである。本研究は、現実的な基礎方程式から、量子系でも渦糸乱流転移が DP クラスであることを初めて示した。モデル方程式は冷却原子気体で一般的な Gross-Pitaevskii 方程式を用い、乱流転移を誘起する揺動として、滑らかでランダムな外部ポテンシャルを導入した。渦の長さをスケールした渦密度を秩序パラメーターとして、乱流転移近傍の臨界指数を測定した結果、DP クラスと整合する結果を得た。

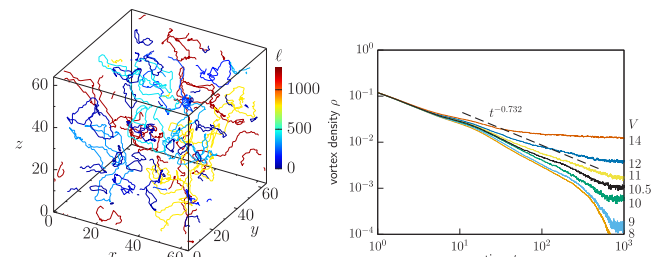


図 15. (左)乱流状態の量子渦の様子、(右)クエンチシミュレーションでの渦密度の変化

[研究項目 A02-003 : 小さな反応拡散系における秩序形成から生物の機能へ]

生きた細胞では、絶え間ない不定形の大きな変形を伴いながら、比較的速い這い回り運動を示したり、外物を取り込んだり、他の細胞と密着するなどする。こうした複雑な形のあり方の記述・理解は、生物学的意義からの興味のみならず、物理学的にも極めて挑戦的な課題である。その課題に対して、細胞性粘菌アメーバを用いた新規な実験とモデルの提案やアクティブタンパク質の変形により流体力学的な影響を受ける物体のダイナミクス提案など新現象の発見とその理解に貢献した。

(1) 生きた細胞の動態とそのダイナミクスの理解

細胞性粘菌アメーバに着目し、その極性が走化性誘引分子の時間変動成分によって誘起されることを実験的に示し[31,32,33]、適応応答する反応拡散系の秩序形成として理解できることを数理的に示した。こうした細胞の形状変化について、アクチンとそれに付随する膜上のイノシトールリン脂質のリン酸化反応の伝播波の二変数興奮系とフェイズフィールドの結合系[34]の振る舞いの詳細をしらべ、細胞端に局在する発火パターンで駆動される特徴的な変形ダイナミクスを明らかにした(図16)。

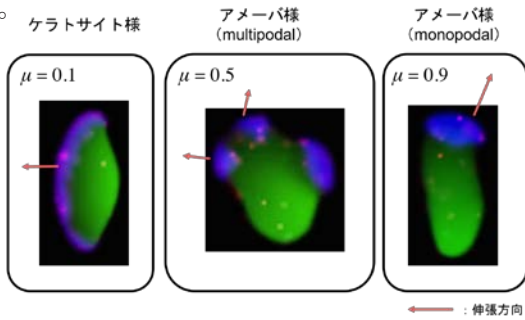


図 16. 3変数拡張フェイズフィールドモデルにみられる変形動態。U(赤)とV(緑)の興奮性とW(青)の双安定性によって膜の伸張と引っ込みが決まる。

(2) アクティブタンパク質のゆらぎによる拡散の増強と凝集現象

北畑らは、生体膜上でアクティブタンパク質の変形により流体力学的な影響を受ける物体のダイナミクスを議論した。アクティブタンパク質とは生体膜上に存在するポンプやモーターなどを指し、それらを、形態が周期的に変化し流体の流れを駆動するフォース・ダイポールと見なすことによって単純化した。その結果、生体膜上にアクティブタンパク質が局在しているとき、流れに沿って運ばれる粒子はアクティブタンパク質が局在する領域へと掃き集められることが明らかとなった(図17)[35,36]。

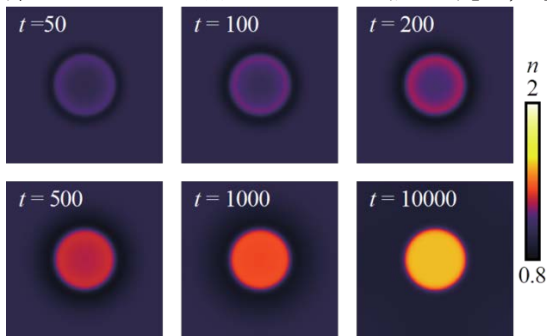


図 17. アクティブタンパク質が局在しているときに初期状態では均一に分布している受動的な粒子がアクティブタンパク質の局在領域に凝集する様子の数値計算。

[研究項目 A03-001 : ソフトマターから人工細胞への物理的アプローチ]

菅原・今井・豊田・佐久間らは、生命の基本的な特性である増殖・代謝・遺伝および運動を単純なソフトマター

を用いて再現することにより、生命現象を支える非平衡物理を明らかにする目的で研究を進めた。生物由来ではない、ソフトマターをベースとする人工細胞の実現に向けて世界をリードする大きな進展を成し遂げた。

(1) 繰り返し自己増殖する人工細胞の実現

細胞は自己増殖を繰り返すことで種を維持し、進化していくことが可能となる。GV型人工細胞においても、一定のタイミングで、外部に浮遊している基質を満たした運搬ベシクルと選択的に吸着・融合することで枯渇した基質を補充し、繰り返し自己増殖することが分かった[37]。この回帰性をもつベシクル型人工細胞には、明瞭に区別できる四つの相が認められ、異なる外部刺激が、それぞれ特定の相にのみ有効なトリガーとして働き、次の相へと駆動している(図18)。

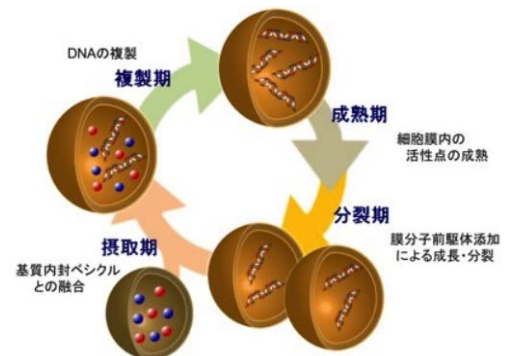


図 18. 回帰性をもつベシクル型人工細胞

(2) 情報高分子と連携したベシクルの再生産

ベシクル上で高分子を鋳型重合させると、膜分子の化学情報をコードした情報高分子を合成することができる。この情報高分子は溶液中の膜分子を選択的に取り込んでベシクルを成長させることから、情報高分子とベシクル成長が相互触媒の関係にあることを明らかにした。この系に負の自発曲率を持つ第二の膜分子を添加すると、形状と膜曲率の結合によりベシクルの再生が観察されることを見出した[38,39]。さらに、この系は持続的に遺伝・進化をする系へと発展することができることを理論的に示し、ソフトマターをベースとした人工細胞の実現に向けて大きな一歩となる(図19)。

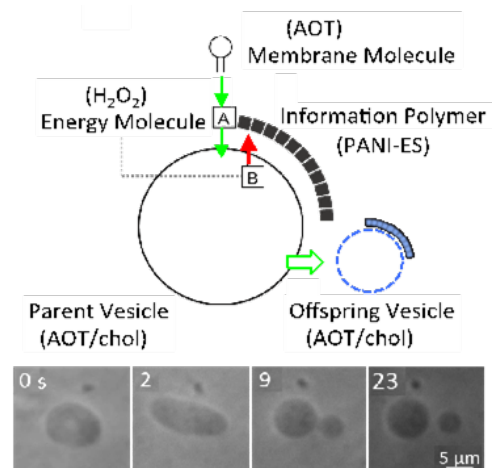


図 19. 情報高分子と連携したベシクルの再生産

(3) ひも状分子凝集体の波打ち変形を伴う駆動

今井と豊田は、リン脂質および脂肪族アミンを用いて、水中で形成されるひも状分子凝集体が、界面活性剤存在下で波打ち変形を伴いつつ駆動する現象を観測した。外力なしに水中を駆動する細胞サイズの分子凝集体は、水中を動く細胞の単純な化学モデルとみなすことができ、原始細胞が運動能を獲得するシナリオの一つになりうる点で興味深く[40]、駆動と変形のカップリングによるアクティブマターの新しい運動様式としても注目される(図20)。

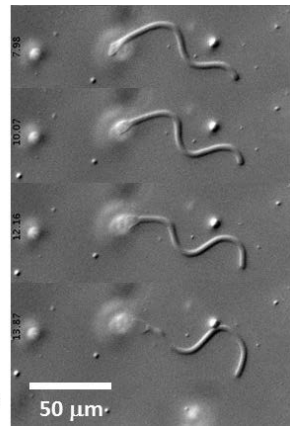


図 20. リン脂質のひも状分子凝集体の波打ち変形と駆動(2 秒間隔)

[研究項目 A03-002: 生体膜におけるメソ構造の非平衡ダイナミクス]

好村、野口、芝らは、理論とシミュレーションを駆使して、多成分生体膜の相分離現象やゆらぎを媒介とした非平衡ダイナミクスを研究した。タンパク質吸着や化学反応による生体膜の構造形成を調べ、たんぱく質の自己集合と膜変形のカップリング、生体膜と周りの流体の粘性比による変形モードのスイッチングなどを明らかにした。

(1) 脂質二重膜のゆらぎと構造のダイナミクス

二種類の脂質からなる二重膜を「曲げ弾性をもった二成分流体」としてモデル化し、そのダイナミクスを調べた[41]。好村らは単層膜間の摩擦、脂質密度と膜の曲げのカップリング、膜内と膜間での脂質同士の相互作用を考慮した。二成分に拡張したことにより、相互拡散に起因する二つの新たな緩和モードが得られた。

(2) 粘弾性体中のマイクロマシンの遊泳

好村らはソフトマターのような粘弾性体中を遊泳するマイクロマシンの動作機構について理論的に考察した[42]。具体的には、アクティブ・マイクロレオロジーで使われている基本式を三つ玉スイマーに適用することで、スイマーの遊泳速度とソフトマターの複素粘性率を結びつける関係式を導出した。

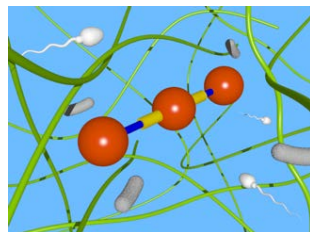


図 21. ソフトマター中を遊泳するマイクロマシン

(3) BAR タンパク質による膜チューブ形成

生体膜に吸着し膜を曲げるバナナ状の BAR ドメインを持つタンパク質が多く見つかっている。野口らは、メッシュレス膜モデルを用いたシミュレーションによって、BAR

タンパク質の吸着による膜構造形成を研究した[43,44]。タンパク質の集合体の分岐構造の安定性によってチューブ形成速度が大きく変わることなどを明らかにした。

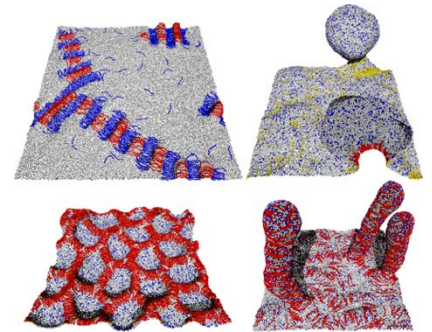


図 22. BAR タンパク質吸着による様々な膜構造

[研究項目 A03-003: 非熱的に駆動されたバイオマターの非平衡動力学]

生命現象は熱的・非熱的に駆動された柔らかいバイオマターが担っており、その非線形・非平衡挙動を理解することで、生命現象を支配する普遍的な法則を明らかにすることができる。水野、木村は、様々な非熱的場により駆動されたバイオマターとそのモデル系のゆらぎと力学応答を、新規実験技術開発を用いて研究を行った。

(1) 多重フィードバック下のマイクロレオロジーによる細胞のガラス的挙動の観測

水野らは、ソフトマターのメソスケールでのゆらぎや力学応答を観測する手段であるマイクロレオロジー(MR)法を用いた研究を推進した[45,46]。MR法には、コロイド粒子に外場を加えてその応答を観測する active MR と外場を加えずに自発的な揺らぎを観測する passive MR がある。両者は平衡状態では等価な情報を与え、両者の差(揺動散逸定理の破れ)が系の非平衡性の指標となる。これを非平衡環境下で実行するために、流れや揺らぎに対して多重のフィードバックで追従しながら計測を行うシステムを開発した[46]。このシステムを用いて生きている細胞内部や細胞抽出液のレオロジー計測を行った結果、細胞質は混みあいによりガラス化するが、細胞内部は代謝活性により流動化していることが分かった[45,46]。

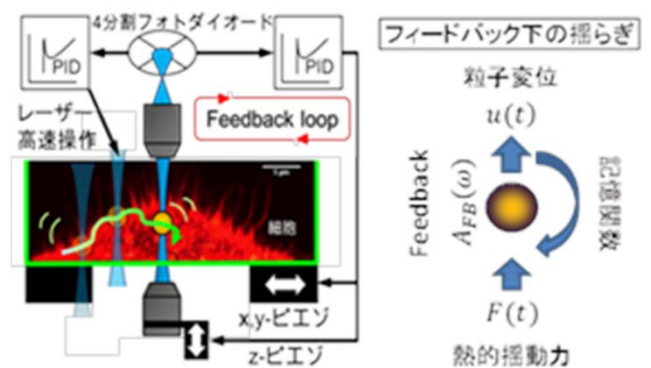


図 23. 多重フィードバック下におけるマイクロレオロジー

(2) 非ガウスかつ非レヴィな非平衡揺らぎの統計分布の解析表現と現実系での検証

連続体近似が可能な巨視的スケールの物理量を観測する場合、熱平衡系における観測量の揺らぎはガウス分布になる。しかし、非平衡系における揺らぎは必ずしもガウス分布に収束しない。その物理的起源が明らかになれば、分布の形状とその時間発展を解析することで、非平衡系の性質や振る舞いを理解できる。水野らは、べき的な相互作用の和として得られる極限分布の新しい解析的な表現を見出した[47]。この新しい極限分布は、系の特徴的なサイズと相互作用源の濃度により、ガウスとレヴィの間を連続的に接続する。さらに、この新しい非ガウス分布の解析的表現が、現実系(遊走微生物懸濁液やアクチン/ミオシンゲル)で観測される非平衡揺らぎを定量的に説明することを実験、理論、および数値シミュレーションを用いて明らかにした[48]。

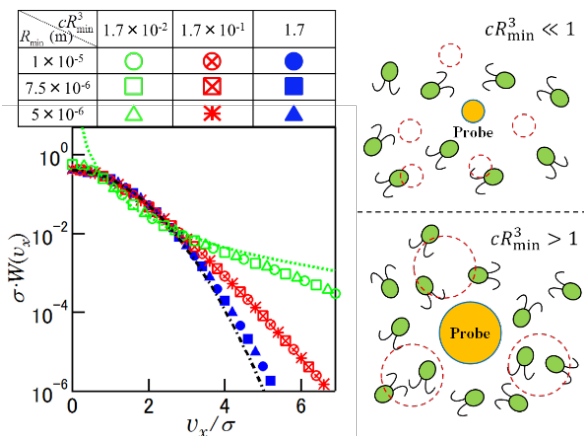


図24. ガウス(黒線)とレヴィ(緑)を連続的に接続する極限分布新しい極限分布のマスター曲線

(3) 流体相互作用する駆動多粒子系が形成するクラスター構造の解明

流体中を運動する微粒子および微生物系では、流体相互作用に起因した非自明な集団運動や動的な構造形成が報告されている。木村らは市川 (A03-003)と共同で、流体相互作用しつつ運動する微粒子系のモデル系として、同一円周上を一定の駆動力を与えられて運動する多粒子系をリング光渦により実験的に実現し、この系で現れるさまざまな集団運動を実験および数値シミュレーションを用いて研究した。同径粒子系では、流体相互作用により自発的にクラスターが形成されるが、長いクラスターが不安定

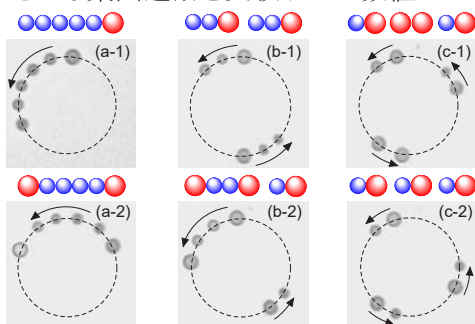


図 25. 異径粒子系で自発的に形成されるクラスター構造

なため、クラスターの形成と崩壊を伴う動的構造形成を示す。一方、異径粒子系では、そのサイズ比が臨界値を越えると動的クラスターから定常クラスターへの相転移が起こることを見出した[49,50]。

【研究項目 A03-004 : 時空間秩序の生成とその生命現象への展開】

吉川、鶴山、市川らは、分子レベルから生物個体にいる生命体の階層構造のなかでの時空間秩序構造形成の原理に迫ることを目指して研究を推進し、以下の様な新規性の高い研究成果を得ている。

(1) 細胞様構造の自発的生成

吉川らは、数種類の高分子が混雑する溶液の中で、高分子同士がマイクロ相分離を起こして細胞サイズの微小な液滴を形成する条件の下、2つの異なる天然の高分子である DNA とアクチン線が液滴の内部に自発的に局在化し、細胞内の構造に似た区画化が起きることを明らかにした[51]。

この発見によって、水溶液内で微小で重層的な区画化構造が形成され、維持されていく機構(細胞内におけるオルガネラ(細胞内小器官)の形成や膜によって隔てられていない構造が生み出される仕組みの起源)の一旦が明らかになった。本研究結果は、細胞内の混雑環境がオルガネラを含む細胞の自己組織化を創り出す要因となっていることを示している。この研究成果をまとめた論文が、ChemBioChem 誌に掲載され、さらに、Very Important Paper (VIP) に選ばれた。【図は ChemBioChem 誌の表紙 [51]】

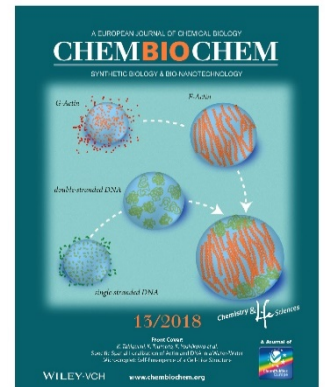


図26. 細胞様構造の自己生成

(2) ウイルスの DNA 挿入(Integration)のゆらぎ計測

鶴山は、DNA-DNA 相互作用によるウイルスの DNA の挿入部位のゆらぎを同定した。がん遺伝子に DNA クロマチンの10塩基周期によく一致してウイルスDNAが挿入することを示唆するデータを得た。この発見によって、特に、回文配列とよばれる特殊な配列モチーフが相互作用に影響し、発がんの過程で起こる突然変異の仕組みの解明に重要な知見が得られた[52]。

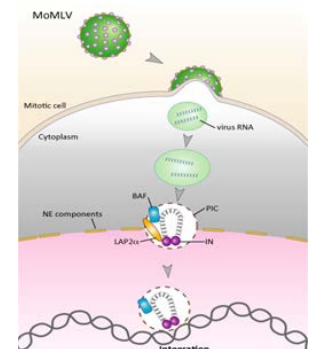


図 27. DNAへのウイルスの挿入機構モデル

(3) 微生物が壁に集まる性質のメカニズムを解明

市川らは、水中を遊泳する単細胞微生物テトラヒメナの運動機構を実験と流体シミュレーションによって研究し、テトラヒメナが壁に集まるそのメカニズムを繊毛のメカノセンシングと流体力学で説明した[53,54]。これまで単細胞遊泳生物が彼らの餌が多い壁面付近に集積している事は知られていたが、餌が無くとも壁を感知して壁に集積する理由は分かっていなかった。実験と自己推進粒子モデルの比較から、神経系も無い単細胞生物が走化性に頼らずに壁に集まる理由が、繊毛の実効長と繊毛打のストール力というメカノセンシング的な性質に根差している事が明らかになった。

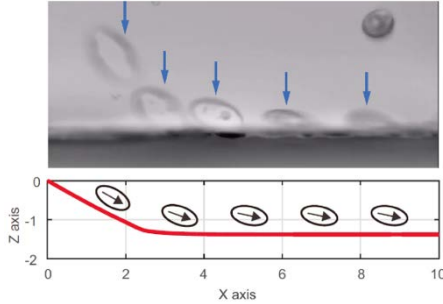


図 28. 壁面に衝突するテトラヒメナのコマ送り画像(上)と流体シミュレーション結果(下)

[文献]

- [1] N. Nakagawa and S.-i. Sasa, *Phys. Rev. Lett.* **119**, 260602 (2017).
 [2] S.-i. Sasa, *Phys. Rev. Lett.* **112**, 100602 (2014).
 [3] S.-i. Sasa, *New J. Phys.* **17**, 045024 (2015).
 [4] M. Ueda and S.-i. Sasa, *Phys. Rev. Lett.* **115**, 080605 (2015).
 [5] T. Nemoto and S.-i. Sasa, *Phys. Rev. Lett.* **112**, 090602 (2014).
 [6] S.-i. Sasa and Y. Yokokura, *Phys. Rev. Lett.* **116**, 140601 (2016).
 [7] M. Ferrier, et. al., *Nature Phys.*, **12**, 230 (2016).
 [8] M. Ferrier, et. al., *Phys. Rev. Lett.* **118**, 196803 (2017).
 [9] T. Mori, T. Kuwahara, K. Saito, *Rhys. Rev. Lett.* **116**, 120401 (2016).
 [10] E. Iyoda, K. Kaneko, T. Sagawa, *Phys. Rev. Lett.* **119**, 100601 (2017).
 [11] Y. T. Fukai and K. A. Takeuchi, *Phys. Rev. Lett.* **119**, 030602 (2017).
 [12] J.D. Nardis, P. L. Doussal, and K.A. Takeuchi, *Phys. Rev. Lett.* **118**, 125701 (2017).
 [13] Z. Chen, J. de Gier, I. Hiki, and T. Sasamoto, *Phys. Rev. Lett.* **120**, 240601 (2018).
 [14] D. Nishiguchi, K.H. Nagai, H. Chaté and M. Sano, *Phys. Rev. E*, **95**, 020601(R) (2017).
 [15] K. Kawaguchi, R. Kageyama and M. Sano, *Nature* **545**, 327 (2017).
 [16] M. Sano, K. Tamai, *Nature Phys.* **12**, 249 (2016).
 [17] M.Ozawa, et al. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA*. **112**, 6914 (2015).
 [18] H. Yoshino and F. Zamponi, *Phys. Rev. E* **90**, 022302 (2014).
 [19] D. Nakayama, H. Yoshino, and F.Zamponi, *J. Stat. Mech.* **10**, 104001 (2016).
 [20] Y. Jin and H. Yoshino, *Nature Comm.* **8**, 14935 (2017).
 [21] Y. Jin, P. Urbani, F. Zamponi and H. Yoshino, *Sci. Adv.* **4**, eaat6387 (2018).
 [22] K. Sato, et. al., *Soft Matter* **13**, 2708 (2017).
 [23] T. Narumi, et. al., *Phys. Rev. E* **94**, 042701 (2016).
 [24] T. Nagaya, Y. Satou, Y. Goto, Y. Hidaka and H. Orihara, *J. Phys. Soc. Jpn.* **85**, 074002 (2016).
 [25] Hiroshi Orihara, Yuko Harada, Fumiaki Kobayashi, Yuji Sasaki, Shuji Fujii, Yuki Satou, Yoshitomo Goto, and Tomoyuki Nagaya, *Phys. Rev. E* **99**, 012701(2019).
 [26] Y. Eto, H. Saito, and T. Hirano, *Phys. Rev. Lett.* **112**, 185301 (2014).
 [27] H. Saito and M. Kunimi, *Phys. Rev. A* **91**, 041603(R) (2015).
 [28] Y. Eto, H. Shibayama, H. Saito, and T. Hirano, *Phys. Rev. A* **97**, 021602(R) (2018).
 [29] N. Irikura, Y. Eto, T. Hirano, and H. Saito, *Phys. Rev. A* **97**, 023622 (2018).
 [30] M. Takahashi, M. Kobayashi, and K. A. Takeuchi, *arXiv: 1609.01561*.
 [31] A. Nakajima, S. Ishihara, D. Imoto, and S. Sawai, *Nature Commun.* **5**, 5367 (2014).
 [32] A.Nakajima, M. Ishida, T. Fujimori, Y. Wakamoto, and S. Sawai, *Lab. Chip* **16**, 4382 (2017).
 [33] K. Kamino, et. al., *Proc. Natl. Acad. Sci. USA* **114**, E4149 (2017).
 [34] D. Taniguchi, et. al., *Proc. Natl. Acad. Sci. USA*, **110**, 5016 (2013).
 [35] A. S. Mikhailov, Y. Koyano, and H. Kitahata, *J. Phys. Soc. Jpn.* **86**, 101013 (2017).
 [36] Y. Koyano, H. Kitahata, and A. S. Mikhailov, *Phys. Rev. E* **94**, 022416 (2016).
 [37] K. Kurihara et al., *Nature Commun.* **6**, 8352 (2015).
 [38] T. Jimbo et al., *Biophys. J.* **110**, 1551 (2016).
 [39] N. Urakami et al., *Soft Matter*, **14**, 3018 (2018).
 [40] T. Toyota, et al., *J. Phys. Soc. Jpn.* **86**, 101006 (2017).
 [41] R. Okamoto, Y. Kanemori, S. Komura, and J.-B. Fournier, *Eur. Phys. J. E* **39**, 52 (2016).
 [42] K. Yasuda, R. Okamoto, and S. Komura, *J. Phys. Soc. Jpn.* **86**, 043801 (2017).
 [43] H. Noguchi, *Sci. Rep.* **6**, 20935 (2016).
 [44] H. Noguchi and J.-B. Fournier, *Soft Matter* **13**, 4099 (2017).
 [45] K. Nishizawa, et. al., *Sci. Adv.* **3**, e1700318 (2017).
 [46] K. Nishizawa, et. al., *Sci. Rep.* **7**, 15143 (2017).
 [47] I. Zaid, D. Mizuno, *Phys. Rev. Lett.* **117**, 030602 (2016).
 [48] T. Kurihara, M. Aridome, H. Ayade, I. Zaid, and D. Mizuno, *Phys. Rev. E* **95**, 030601R (2017).
 [49] S. Okubo, S. Shibata, Y. S. Kawamura, M. Ichikawa and Y. Kimura, *Phys. Rev. E* **92**, 032303 (2015).
 [50] Y. Kimura, *J. Phys. Soc. Jpn.* **86**, 101003 (2017).
 [51] N. Nakatani, et al., *ChemBioChem* **19**, 1370(2018).
 [52] T. Hiratsuka, et. al., *Oncogene* **35**, 3227 (2016).
 [53] K. Beppu, et. al., *Soft Matter* **13**, 5038 (2017).
 [54] T. Ohmura, et. al., *Proc. Natl. Acad. Sci. USA*. **115**, 3231 (2018).

總括班活動報告

総括班活動報告

総括班では、領域内の研究グループ間の連携が円滑に行われるように、研究会や勉強会の企画、領域内若手研究者派遣プログラムなどを通じて、支援活動を行った。特に、複数の班にまたがるテーマを設定し、各班の連携を深めるための研究会や共同研究を積極的に推進した。また、領域の研究成果を国内外に発信した。次ページの表に示すように合計、主催 26 件、共催 26 件の研究会、勉強会などを行った。

領域の全研究グループが参加する領域研究会を 4 回開催し、各グループの研究成果や進捗状況の報告を行い、相互の情報共有に努めた。また、スムーズに研究がスタートするように計画班のキックオフミーティングと前期公募班のキックオフミーティングを開催した。これ以外にも領域を横断する研究テーマを中心に、個別のテーマについての研究会を開催した。

領域の研究成果を国内外に発信するために、国際シンポジウムを 2015 年と 2017 年に 2 回開催した。参加者数は各々 202 人（国内 177 人、国外 25 人）、217 人（国内 195 人、国外 22 人）と海外からも多数の参加者があり活発な議論が行われた。この他、物性科学に関連した新学術領域の合同研究会（物性科学領域横断研究会）、新学術領域「分子ロボティクス」との合同研究会と共催し、物理学会、生物物理学会で共催シンポジウムを企画した。これらの企画を通して、国内外の研究者に研究成果を発信すると共に、最新の研究動向について情報交換を行った。

若手育成にも力を入れ、ゆらぎの定理に関するチュートリアルと、非平衡統計力学の基礎理論とソフトマターに関する若手勉強会を各 1 回主催した。また、非平衡ゆらぎとアクティブマターに関する国際冬の学校を京大基研と共催した。

領域内の共同研究の推進と若手育成のために領域内若手研究者派遣プログラムを設けた。学生、ポスドクが領域内の他の研究グループに共同研究をするため旅費と滞在費を総括班でサポートした。13 件 8 名の申請が採択され、派遣された。

領域において特に秀でた研究業績をあげた研究者に領域賞(SFS Research Award)を授与した。第 1 回領域賞は沙川貴大氏（東大）、車兪澈氏（東工大）、岩楯好昭氏（山口大）が受賞し、2016 年 6 月 18 日に第 3 回領域研究会にて授賞式と受賞講演を行った。第 2 回領域賞は白石直人氏（慶應大）、小谷野由紀氏（千葉大）、西坂崇之氏（学習院大）が受賞し、2018 年 3 月 1 日に若手研究会「統計物理学とその周辺」にて授賞式と受賞講演を行った。

領域ホームページに個々の研究グループの研究内容の紹介と各年の研究成果報告を掲載すると共に、個々の論文は発表時に逐次、日本語と英語の概要説明を付けて掲載した。これに加えて、ニュースレターを 10 号発行し、研究紹介と共に研究会などの報告を発信した。また、アウトリーチ活動として講演会や出張授業などを積極的に行った。領域全体を紹介する公開シンポジウムを始め、領域メンバーによる個々の活動を含め、計 171 件の活動を行った。

「ゆらぎと構造の協奏：非平衡系における普遍法則の確立」 主催・共催会議一覧

主催国際シンポジウム		
2015年8月20日(木) ～ 2015年8月23日(日)	International Symposium on Fluctuation and Structure out of Equilibrium 2015 (SFS2015)	京都大学芝蘭会館 稲盛ホール
2017年11月20日(月) ～ 2017年11月23日(木)	International Symposium on Fluctuation and Structure out of Equilibrium 2017 (SFS2017)	仙台国際センター
主催公開シンポジウム		
2014年2月15日(土)	第1回公開シンポジウム	東京大学本郷キャンパス 小柴ホール
2015年5月1日(金)	第2回公開シンポジウム	東京大学本郷キャンパス 小柴ホール
主催領域研究会		
2013年12月25日(水) ～ 2013年12月27日(金)	第1回領域研究会	KKR ホテル熱海
2014年8月29日(金) ～ 2014年8月31日(日)	第2回領域研究会	北海道大学工学部オープンホール
2016年6月17日(金) ～ 2016年6月19日(日)	第3回領域研究会	九州大学伊都キャンパス
2017年6月23日(金)	第4回領域研究会 全体会議	東京大学本郷キャンパス 武田ホール
主催班会議		
2016年1月～3月	班会議(各班1回)	京都大学、学習院大学、東北大学
2017年6月24日(土)	第4回領域研究会 班会議	東京大学本郷キャンパス 理学部1号館
主催勉強会		
2014年3月4日(火)	チュートリアル:「ゆらぎの定理:過去」	東京大学本郷キャンパス 理学部1号館
2014年8月6日(水) ～ 2014年8月8日(金)	第1回若手勉強会「非平衡統計力学の基礎理論」	慶応義塾大学日吉キャンパス
2016年3月10日(木) ～ 2016年3月11日(金)	第2回若手勉強会「ソフトマター若手勉強会」	東京大学検見川セミナーハウス
その他国際会議・ワークショップ(主催)		
2014年3月6日(木)	Workshop on Non-Equilibrium Complex Fluids	首都大学東京 11号館
2014年3月7日(金) ～ 2014年3月8日(土)	Workshop on Non-Equilibrium Surfactant Solution	首都大学東京 8号館
2015年8月25日(火) ～ 2015年8月26日(水)	International Workshop on Challenge to Synthesizing Life	箱根ホテル花月園
2016年10月28日(金) ～ 2016年10月29日(土)	Current and Future Perspectives in Active Matter	東京大学本郷キャンパス 理学部化学館講堂・理学部4号館

2016年11月24日(木) ～2016年11月25日(金)	International Symposium on Hydrodynamic Flows in/of Cells	首都大学東京 8号館
その他国際会議・ワークショップ(共催)		
2014年3月2日(日)	International Workshop on Spatiotemporal Pattern Formation in Biological and Active Matters	お茶の水女子大学 人間文化創成科学研究科・全学共用研究棟
2014年6月3日(火)	Bridging the gap between matter and life - Discussion with Prof. Albert Libchaber -	東京大学本郷キャンパス 小柴ホール
2014年6月10日(火)	Development and future of artificial cells: Computation, fluctuation, and evolution	京都大学北部キャンパス 益川ホール
2014年7月12日(土) ～2014年7月13日(日)	Open Questions on the Origin of Life (OQOL2014)	国際高等研究所(京阪奈)
2014年8月20日(水) ～2014年8月23日(土)	Interface fluctuations and KPZ universality class - unifying mathematical, theoretical, and experimental approaches	京都大学基礎物理学研究所 パナソニックホール
2014年9月17日(水) ～2014年9月18日(木)	Thermodynamics, Large deviation and Transportation	京都大学基礎物理学研究所 パナソニックホール
2014年9月22日(月)	International Workshop on 'Hierarchical dynamics of nucleic acid: Synergy between structure and function'	京都大学 iCeMS
2017年3月21日(火) ～2017年3月23日(木)	International workshop on Glasses and Related Nonequilibrium Systems	大阪大学 中之島センター
2017年5月29日(月) ～2017年5月30日(火)	The Origin of Life -Synergy among the RNA, Protein, and Lipid Worlds-	東京大学駒場キャンパス 数理科学研究科講堂
その他勉強会(共催)		
2015年2月4日(水) ～2015年2月17日(火)	Winter School Frontiers of Statistical Mechanics: from Non-equilibrium Fluctuations to Active Matter	京都大学基礎物理学研究所 パナソニックホール
その他研究会(主催)		
2013年9月12日(木)	キックオフミーティング	東京大学本郷キャンパス 伊藤国際学術研究センター、特別会議室
2014年3月14日(金)	若手研究会:「ゆらぎの定理:現在と未来」	東京大学本郷キャンパス 理学部4号館
2014年4月26日(土) ～2014年4月27日(日)	公募班キックオフ研究会	京都大学 理学部セミナーハウス
2014年11月3日(月)	冷却原子研究会	学習院大学 南7号館
2014年12月19日(金) ～2014年12月20日(土)	領域横断研究会「細胞力学と細胞運動の協奏」	九州大学 箱崎キャンパス

2017年3月16日(木)	第2回冷却原子研究会	大阪市立大学杉本キャンパス 理学部棟
2017年9月11日(月) ～ 2017年9月12日(火)	研究会「アクティブマターの概念で繋ぐ生命機能の階層性」	グリーンピア大沼(函館)
2018年3月1日(木) ～ 2018年3月2日(金)	若手研究会「統計物理学とその周辺」	東京大学本郷キャンパス 理学部4号館
その他研究会(共催)		
2013年12月1日(日) ～ 2013年12月2日(月)	第7回物性科学領域横断研究会(領域合同研究会)	東京大学 武田先端ビル
2014年11月21日(金) ～ 2014年11月22日(土)	第8回物性科学領域横断研究会(領域合同研究会)	大阪大学 シグマホール(基礎工学部国際棟)
2014年12月6日(土)	第24回「非線形反応と協同現象」研究会	東京電機大学 東京千住キャンパス
2015年3月14日(土) ～ 2015年3月15日(日)	研究会「アクティブ・マター研究の過去・現在・未来」	東北大学片平キャンパス AIMR本館
2015年6月27日(土)	新学術領域「ゆらぎと構造」+「分子ロボティクス」合同研究会	東京大学本郷キャンパス 小柴ホール
2015年11月13日(金) ～ 2015年11月15日(日)	第9回物性科学領域横断研究会(領域合同研究会)	東京大学本郷キャンパス
2016年1月22日(金) ～ 2016年1月23日(土)	アクティブマター研究会2016	九州大学箱崎キャンパス 国際ホール
2016年8月31日(水) ～ 2016年9月1日(木)	研究会「異常拡散現象をめぐる最近の進展」	慶応義塾大学日吉キャンパス 来往舎シンポジウムスペース
2016年10月22日(土)	新学術領域「冥王代生命学の創生」+「ゆらぎと構造の協奏」合同研究会	東京工業大学キャンパスイノベーションセンターCIC 田町
2016年11月25日(金)	第54回日本生物物理学会年会 シンポジウム「モーターと細胞骨格の新展開 ステップから集団運動まで」	つくば国際会議場
2016年12月9日(金) ～ 2016年12月10日(土)	第10回物性科学領域横断研究会(領域合同研究会)	神戸大学六甲台第2キャンパス 神戸大学百年記念館
2017年1月20日(金) ～ 2017年1月21日(土)	アクティブマター研究会2017	九州大学 西新プラザ
2017年8月22日(火)	第16回関東ソフトマター研究会	東京農工大学小金井キャンパス
2017年11月17日(金) ～ 2017年11月18日(土)	第11回物性科学領域横断研究会(領域合同研究会)	東京大学物性研究所
2018年1月19日(金) ～ 2018年1月20日(土)	アクティブマター研究会2018	京都大学福井謙一記念研究センター
2018年3月22日(木)	日本物理学会 第73回年次大会(2018年) 共催シンポジウム「非平衡系におけるゆらぎと構造」	東京理科大学野田キャンパス K604

研究発表

原著論文

A01-001 [代表者:佐々真一 分担者:中川尚子]

1. Johannes-Geert Hagmann, Naoko Nakagawa, and Michel Peyrard,
“Characterization of the low-temperature properties of a simplified protein model”,
Physical Review E, **89**, 012705/1-13 (2014), DOI : 10.1103/PhysRevE.89.012705, 査読有
2. Shin-ichi Sasa,
“Possible extended forms of thermodynamic entropy”,
Journal of Statistical Mechanics: Theory and Experiment, P01004/1-16 (2014),
DOI : 10.1088/1742-5468/2014/01/P01004, 査読有
3. Masahito Ueda and Shin-ichi Sasa,
“Calculation of 1RSB transition temperature of spin glass models on regular random graphs under the replica symmetric ansatz”,
Journal of Statistical Mechanics: Theory and Experiment, P02005/1-21 (2014),
DOI : 10.1088/1742-5468/2014/02/P02005, 査読有
4. Takahiro Nemoto, and Shin-ichi Sasa,
“Computation of large deviation statistics via iterative measurement-and-feedback procedure”,
Physical Review Letters, **112**, 090602/1-5 (2014), DOI : 10.1103/PhysRevLett.112.090602, 査読有
5. Shin-ichi Sasa,
“Derivation of hydrodynamics from the Hamiltonian description of particle systems”,
Physical Review Letters, **112**, 100602/1-5 (2014), DOI : 10.1103/PhysRevLett.112.100602, 査読有
6. Masato Itami and Shin-ichi Sasa,
“Macroscopically measurable force induced by temperature discontinuities at solid-gas interfaces”,
Physical Review E, **89**, 052106/1-6 (2014), DOI : 10.1103/PhysRevE.89.052106, 査読有
7. Hiroki Ohta and Shin-ichi Sasa,
“Jamming transition in kinetically constrained models with the parity symmetry”,
Journal of Statistical Physics, **155**, 827-842 (2014), DOI : 10.1007/s10955-014-0978-y, 査読有
8. Kyogo Kawaguchi, Shin-ichi Sasa, and Takahiro Sagawa,
“Nonequilibrium dissipation-free transport in F1-ATPase and the thermodynamic role of asymmetric allostereism”,
Biophysical Journal, **106**, 2450-2457 (2014), DOI : 10.1016/j.bpj.2014.04.034, 査読有
9. Naoko Nakagawa,
“Universal expression for adiabatic pumping in terms of nonequilibrium steady states”,
Physical Review E, **90**, 022108/1-6 (2014), DOI : 10.1103/PhysRevE.90.022108, 査読有
10. Takahiro Nemoto, Vivien Lecomte, Shin-ichi Sasa, and Friédéric van Wijland,
“Finite size effects in a mean-field kinetically constrained model: dynamical glassiness and quantum criticality”,
Journal of Statistical Mechanics, P10001/1-38 (2014),
DOI : 10.1088/1742-5468/2014/10/P10001, 査読有
11. Masato Itami and Shin-ichi Sasa,
“Nonequilibrium Statistical Mechanics for Adiabatic Piston Problem”,
Journal of Statistical Physics, **158**, 37-56 (2015), DOI : 10.1007/s10955-014-1115-7, 査読有
12. Shin-ichi Sasa,
“Collective dynamics from stochastic thermodynamics”,
New Journal of Physics, **17**, 045024/1-14 (2015), DOI : 10.1088/1367-2630/17/4/045024, 査読有
13. Taiki Haga,
“Nonequilibrium Langevin equation and effective temperature for particle interacting with spatially extended environment”,
Journal of Statistical Physics, **159**, 713-729 (2015), DOI : 10.1007/s10955-015-1195-z, 査読有
14. Teruhisa S. Komatsu, Naoko Nakagawa, Shin-ichi Sasa, and Hal Tasaki,
“Exact equalities and thermodynamic relations for nonequilibrium steady states”,
Journal of Statistical Physics, **159**, 1237-1285 (2015), DOI : 10.1007/s10955-015-1221-1, 査読有

15. Masahiko Ueda and Shin-ichi Sasa,
“Replica symmetry breaking in trajectories of a driven Brownian particle”,
Physical Review Letters, **115**, 080605/1-5 (2015), DOI : 10.1103/PhysRevLett.115.080605, 査読有
16. Masato Itami and Shin-ichi Sasa,
“Derivation of Stokes' Law from Kirkwood's Formula and the Green-Kubo Formula via Large Deviation Theory”,
Journal of Statistical Physics, **161**, 532-552 (2015), DOI : 10.1007/s10955-015-1349-z, 査読有
17. Christian Van den Broeck, Shin-ichi Sasa, Udo Seifert,
“Focus on stochastic thermodynamics”,
New Journal of Physics, **18**, 020401/1-3 (2016), DOI : 10.1088/1367-2630/18/2/020401, 査読有
18. Shin-ichi Sasa, Yuki Yokokura,
“Thermodynamic entropy as a Noether invariant”,
Physical Review Letters, **116**, 140601/1-6 (2016),
DOI : 10.1103/PhysRevLett.116.140601, 査読有
19. Shou-Wen Wang, Kyogo Kawaguchi, Shin-ichi Sasa, and Lei-Han Tang,
“Entropy Production of Nanosystems with Time Scale Separation”,
Physical Review Letters, **117**, 070601/1-5 (2016),
DOI : 10.1103/PhysRevLett.117.070601, 査読有
20. Yoshiyuki Chiba and Naoko Nakagawa,
“Numerical determination of entropy associated with excess heat in steady-state thermodynamics”,
Physical Review E, **94**, 022115/1-10 (2016), DOI : 10.1103/PhysRevE.94.022115, 査読有
21. Masato Itami, Shin-ichi Sasa,
“Universal Form of Stochastic Evolution for Slow Variables in Equilibrium Systems”,
Journal of Statistical Physics, **167**, 46-63 (2017), DOI : 10.1007/s10955-017-1738-6, 査読有
22. Masahiko Ueda, Shin-ichi Sasa,
“Replica symmetry breaking in trajectory space for the trap model”,
Journal of Physics A: Mathematical and Theoretical, **50**, 125001/1-14 (2017),
DOI : 10.1088/1751-8121/aa5d5e, 査読有
23. Andreas Dechant, Adrian Baule, and Shin-ichi Sasa,
“Gaussian white noise as a resource for work extraction”,
Physical Review E, **95**, 032132/1-12 (2017), DOI : 10.1103/PhysRevE.95.032132, 査読有
24. Naoko Nakagawa and Shin-ichi Sasa,
“Liquid-Gas Transitions in Steady Heat Conduction”,
Physical Review Letters, **119**, 260602/1-6 (2017), DOI : 10.1103/PhysRevLett.119.260602, 査読有

A01-002 [代表者:小林研介 分担者:齊藤圭司、沙川貴大]

1. Kiyoshi Kanazawa, Takahiro Sagawa, and Hisao Hayakawa,
“Heat conduction induced by non-Gaussian athermal fluctuations”,
Physical Review E, **87**, 052124/1-10 (2013), DOI : 10.1103/PhysRevE.87.052124, 査読有
2. Jordan M. Horowitz, Takahiro Sagawa, and Juan M. R. Parrondo,
“Imitating Chemical Motors with Optimal Information Motors”,
Physical Review Letters, **111**, 010602/1-5 (2013), DOI : 10.1103/PhysRevLett.111.010602, 査読有
3. Jonne V. Koski, Takahiro Sagawa, O-P. Saira, Y. Yoon, A. Kutvonen, P. Solinas, M. Möttönen, T. Ala-Nissila, and Jukka P. Pekola,
“Distribution of entropy production in a single-electron box”,
Nature Physics, **9**, 644-648 (2013), DOI : 10.1038/nphys2711, 査読有
4. Tomonori Arakawa, Yoshitaka Nishihara, Masahiro Maeda, Shota Norimoto, and Kensuke Kobayashi,
“Cryogenic amplifier for shot noise measurement at 20 mK”,
Applied Physics Letters, **103**, 172104/1-4 (2013), DOI : 10.1063/1.4826681, 査読有

5. Sadashige Matsuo, Kensaku Chida, Daichi Chiba, Teruo Ono, Keith Slevin, Kensuke Kobayashi, Tomi Ohtsuki, Cui-Zu Chang, Ke He, Xu-Cun Ma, and Qi-Kun Xue, “Experimental Proof of Universal Conductance Fluctuation in Quasi-1D Epitaxial Bi_2Se_3 Wires”, *Physical Review B*, **88**, 155438/1-8 (2013), DOI : 10.1103/PhysRevB.88.155438, 查読有
6. Sang Wook Kim, Kang-Hwan Kim, Takahiro Sagawa, Simone De Liberato, and Masahito Ueda, “Kim et al. Reply:”, *Physical Review Letters*, **111**, 188902/1 (2013), DOI : 10.1103/PhysRevLett.111.188902, 查読有
7. Sosuke Ito and Takahiro Sagawa, “Information Thermodynamics on Causal Networks”, *Physical Review Letters*, **111**, 180603/1-6 (2013), DOI : 10.1103/PhysRevLett.111.180603, 查読有
8. Keiji Saito and Takeo Kato, “Kondo signature in heat transfer via a local two-state system”, *Physical Review Letters*, **111**, 214301/1-4 (2013), DOI : 10.1103/PhysRevLett.111.214301, 查読有
9. Tatsuro Yuge, Takahiro Sagawa, Ayumu Sugita, and Hisao Hayakawa, “Geometrical Excess Entropy Production in Nonequilibrium Quantum System”, *Journal of Statistical Physics*, **153**, 412-441 (2013), DOI : 10.1007/s10955-013-0829-2, 查読有
10. Jung Jun Park, Kang-Hwan Kim, Takahiro Sagawa, and Sang Wook Kim, “Heat Engine Driven by Purely Quantum Information”, *Physical Review Letters*, **111**, 230402/1-5 (2013), DOI : 10.1103/PhysRevLett.111.230402, 查読有
11. Takahiro Sagawa and Masahito Ueda, “Role of mutual information in entropy production under information exchanges”, *New Journal of Physics*, **15**, 125012/1-23 (2013), DOI : 10.1088/1367-2630/15/12/125012, 查読有
12. Takahiro Sagawa, “Thermodynamic and Logical Reversibilities Revisited”, *Journal of Statistical Mechanics*, 1-33 (2014), DOI : 10.1088/1742-5468/2014/03/P03025, 查読有
13. Julian Stark, Kay Brandner, Keiji Saito, and Udo Seifert, “A Classical Nernst Engine”, *Physical Review Letters*, **112**, 140601/1-5 (2014), DOI : 10.1103/PhysRevLett.112.140601, 查読有
14. Kenji Tanabe, Ryo Matsumoto, Jun-ichiro Ohe, Shuichi Murakami, Takahiro Moriyama, Daichi Chiba, Kensuke Kobayashi, and Teruo Ono, “Real-time observation of Snell's law for spin waves in a thin ferromagnetic film”, *Applied Physics Express*, **7**, 053001/1-4 (2014), DOI : 10.7567/APEX.7.053001, 查読有
15. Kyogo Kawaguchi, Shin-ichi Sasa, and Takahiro Sagawa, “Nonequilibrium Dissipation-free Transport in F1-ATPase and the Thermodynamic Role of Asymmetric Allostereism”, *Biophysical Journal*, **106**, 2450-2457 (2014), DOI : 10.1016/j.bpj.2014.04.034, 查読有
16. Jonne V. Koski, Ville F. Maisi, Takahiro Sagawa, and Jukka P. Pekola, “Experimental Observation of the Role of Mutual Information in the Nonequilibrium Dynamics of a Maxwell Demon”, *Physical Review Letters*, **113**, 030601/1-5 (2014), DOI : 10.1103/PhysRevLett.113.030601, 查読有
17. Kensaku Chida, Tokuro Hata, Tomonori Arakawa, Sadashige Matsuo, Yoshitaka Nishihara, Takahiro Tanaka, Teruo Ono, and Kensuke Kobayashi, “Avalanche electron bunching in a Corbino disk in the quantum Hall effect breakdown regime”, *Physical Review B*, **89**, 235318/1-4 (2014), DOI : 10.1103/PhysRevB.89.235318, 查読有
18. Jordan M. Horowitz and Takahiro Sagawa, “Equivalent Definitions of the Quantum Nonadiabatic Entropy Production”, *Journal of Statistical Physics*, **156**, 55-65 (2014), DOI : 10.1007/s10955-014-0991-1, 查読有
19. Kiyoshi Kanazawa, Takahiro Sagawa, and Hisao Hayakawa, “Energy pumping in electrical circuits under avalanche noise”, *Physical Review E*, **90**, 012115/1-8 (2014), DOI : 10.1103/PhysRevE.90.012115, 查読有
20. Suman G. Das, Abhishek Dhar, Keiji Saito, Christian B. Mendl, Herbert Spohn, “Numerical test of hydrodynamic fluctuation theory in the Fermi-Pasta-Ulam chain”, *Physical Review E*, **90**, 12124/1-11 (2014), DOI : 10.1103/PhysRevE.90.12124, 查読有

21. Takahiro Tanaka, Tomonori Arakawa, Masahiro Maeda, Kensuke Kobayashi, Yoshitaka Nishihara, Teruo Ono, Takayuki Nozaki, Akio Fukushima, and Shinji Yuasa,
“Leak current estimated from the shot noise in magnetic tunneling junctions”,
Applied Physics Letters, **105**, 042405/1-4 (2014), DOI : 10.1063/1.4891556, 査読有
22. Tomonori Arakawa, Junichi Shiogai, Mariusz Ciorga, Martin Utz, Dieter Schuh, Makoto Kohda, Junsaku Nitta, Dominique Bougeard, Dieter Weiss, Teruo Ono, and Kensuke Kobayashi,
“Shot noise induced by nonequilibrium spin accumulation”,
Physical Review Letters, **114**, 016601/1-5 (2015), DOI : 10.1103/PhysRevLett.114.016601, 査読有
23. Naoto Shiraishi and Takahiro Sagawa,
“Fluctuation theorem for partially masked nonequilibrium dynamics”,
Physical Review E, **91**, 012130/1-7 (2015), DOI : 10.1103/PhysRevE.91.012130, 査読有
24. Juan M. R. Parrondo, Jordan M. Horowitz, and Takahiro Sagawa,
“Thermodynamics of information”,
Nature Physics, **11**, 131-139 (2015), DOI : 10.1038/nphys3230, 査読有
25. Kiyoshi Kanazawa, Tomohiko G. Sano, Takahiro Sagawa, and Hisao Hayakawa,
“Minimal Model of Stochastic Athermal Systems: Origin of Non-Gaussian Noise”,
Physical Review Letters, **114**, 090601/1-10 (2015), DOI : 10.1103/PhysRevLett.114.090601, 査読有
26. Naoto Shiraishi, Sosuke Ito, Kyogo Kawaguchi, and Takahiro Sagawa,
“Role of measurement-feedback separation in autonomous Maxwell's demons”,
New Journal of Physics, **17**, 045012/1-11 (2015), DOI : 10.1088/1367-2630/17/4/045012, 査読有
27. Kiyoshi Kanazawa, Tomohiko G. Sano, Takahiro Sagawa, and Hisao Hayakawa,
“Asymptotic Derivation of Langevin-like Equation with Non-Gaussian Noise and Its Analytical Solution”,
Journal of Statistical Physics, **160**, 1294-1335 (2015), DOI : 10.1007/s10955-015-1286-x, 査読有
28. Sosuke Ito, Takahiro Sagawa,
“Maxwell's demon in biochemical signal transduction with feedback loop”,
Nature Communications, **6**, 7498/1-6 (2015), DOI : 10.1038/ncomms8498, 査読有
29. Sadashige Matsuo, Shu Nakaharai, Katsuyoshi Komatsu, Kazuhito Tsukagoshi, Takahiro Moriyama, Teruo Ono, and Kensuke Kobayashi,
“Parity effect of bipolar quantum Hall edge transport around graphene antidots”,
Scientific Reports, **5**, 11723/1-7 (2015), DOI : 10.1038/srep11723, 査読有
30. Kay Brandner, Keiji Saito, and Udo Seifert ,
“Thermodynamics of Micro- and Nano-Systems Driven by Periodic Temperature Variations”,
Physical Review X, **5**, 031019/1-16 (2015), DOI : 10.1103/PhysRevX.5.031019, 査読有
31. Sadashige Matsuo, Shunpei Takeshita, Takahiro Tanaka, Shu Nakaharai, Kazuhito Tsukagoshi, Takahiro Moriyama, Teruo Ono, Kensuke Kobayashi,
“Edge mixing dynamics in graphene p-n junctions in the quantum Hall regime”,
Nature Communications, **6**, 8066/1-6 (2015), DOI : 10.1038/ncomms9066, 査読有
32. Meydi Ferrier, Tomonori Arakawa, Tokuro Hata, Ryo Fujiwara, Raphaëlle Delagrangé, Raphael Weil, Richard Deblock, Rui Sakano, Akira Oguri, and Kensuke Kobayashi,
“Universality of non-equilibrium fluctuations in strongly correlated quantum liquids”,
Nature Physics, **12**, 230-235 (2015), DOI : 10.1038/nphys3556, 査読有
33. Tokuro Hata, Tomonori Arakawa, Kensaku Chida, Sadashige Matsuo, and Kensuke Kobayashi,
“Giant Fano factor and bistability in a Corbino disk in the quantum Hall effect breakdown regime”,
Journal of Physics: Condensed Matter, **28**, 055801/1-7 (2016),
DOI : 10.1088/0953-8984/28/5/055801, 査読有
34. Naoto Shiraishi, Takumi Matsumoto, and Takahiro Sagawa,
“Measurement-feedback formalism meets information reservoirs”,
New Journal of Physics, **18**, 013044/1-8 (2016), DOI : 10.1088/1367-2630/18/1/013044, 査読有
35. Kenji Tanabe, Ryo Matsumoto, Jun-Ichiro Ohe, Shuichi Murakami, Takahiro Moriyama, Daichi Chiba, Kensuke Kobayashi and Teruo Ono,
“Observation of magnon Hall-like effect for sample-edge scattering in unsaturated YIG”,
physica status solidi (b), **253**, 783-787 (2016), DOI : 10.1002/pssb.201552520, 査読有

36. Tomotaka Kuwahara, Takashi Mori, and Keiji Saito,
“Floquet-Magnus Theory and Generic Transient Dynamics in Periodically Driven Many-Body Quantum Systems”,
Annals of Physics, **367**, 96-124 (2016), DOI : 10.1016/j.aop.2016.01.012, 查読有
37. Shunpei Takeshita, Sadashige Matsuo, Takahiro Tanaka, Shu Nakaharai, Kazuhito Tsukagoshi, Takahiro Moriyama, Teruo Ono, Tomonori Arakawa, and Kensuke Kobayashi,
“Anomalous behavior of $1/f$ noise in graphene near the charge neutrality point”,
Applied Physics Letters, **108**, 103106/1-4 (2016), DOI : 10.1063/1.4943642, 查読有
38. Takashi Mori, Tomotaka Kuwahara, Keiji Saito,
“Rigorous bound on energy absorption and generic relaxation in periodically driven quantum systems”,
Physical Review Letters, **116**, 120401/1-5 (2016), DOI : 10.1103/PhysRevLett.116.120401, 查読有
39. Aki Kutvonen, Takahiro Sagawa, and Tapio Ala-Nissila,
“Thermodynamics of information exchange between two coupled quantum dots”,
Physical Review E, **93**, 032147/1-7 (2016), DOI : 10.1103/PhysRevE.93.032147, 查読有
40. Tatsuya Muro, Yoshitaka Nishihara, Shota Norimoto, Meydi Ferrier, Tomonori Arakawa, Kensuke Kobayashi, Thomas Ihn, Clemens Rösler, Klaus Ensslin, Christian Reichl, and Werner Wegscheider,
“Finite shot noise and electron heating at quantized conductance in high-mobility quantum point contacts”,
Physical Review B, **93**, 195411/1-7 (2016), DOI : 10.1103/PhysRevB.93.195411, 查読有
41. Keiji Saito and Abhishek Dhar,
“Waiting for rare entropic fluctuations”,
Europhysics Letters, **114**, 50004/1-6 (2016), DOI : 10.1209/0295-5075/114/50004, 查読有
42. Johannes Stigloher, Martin Decker, Helmut S. Körner, Kenji Tanabe, Takahiro Moriyama, Takuya Taniguchi, Hiroshi Hata, Marco Madami, Gianluca Gubbiotti, Kensuke Kobayashi, Teruo Ono, and Christian H. Back,
“Snell's Law for Spin Waves”,
Physical Review Letters, **117**, 037204/1-4 (2016), DOI : 10.1103/PhysRevLett.117.037204, 查読有
43. Yoshimichi Teratani, Rui Sakano, Ryo Fujiwara, Tokuro Hata, Tomonori Arakawa, Meydi Ferrier, Kensuke Kobayashi and Akira Oguri,
“Field-enhanced Kondo correlations in a half-filling nanotube dot: evolution of an SU(n) Fermi-liquid fixed point”,
Journal of the Physical Society of Japan, **85**, 094718/1-18 (2016), DOI : 10.7566/JPSJ.85.094718, 查読有
44. Takuma Akimoto, Eli Barkai, Keiji Saito,
“Universal Fluctuations of Single-Particle Diffusivity in Quenched Environment”,
Physical Review Letters, **117**, 180602/1-5 (2016), DOI : 10.1103/PhysRevLett.117.180602, 查読有
45. Naoto Shiraishi, Keiji Saito and Hal Tasaki,
“Universal trade-off relation between power and efficiency for heat engines”,
Physical Review Letters, **117**, 190601/1-5 (2016), DOI : 10.1103/PhysRevLett.117.190601, 查読有
46. Shumpei Yamamoto, Sosuke Ito, Naoto Shiraishi, and Takahiro Sagawa,
“Linear irreversible thermodynamics and Onsager reciprocity for information-driven engines”,
Physical Review E, **94**, 052121/1-11 (2016), DOI : 10.1103/PhysRevE.94.052121, 查読有
47. Shuichi Iwakiri, Yasuhiro Niimi, Kensuke Kobayashi,
“Dynamics of pure spin current in high-frequency quantum regime”,
Applied Physics Express, **10**, 053001/1-4 (2017), DOI : 10.7567/APEX.10.053001, 查読有
48. Meydi Ferrier, Tomonori Arakawa, Tokuro Hata, Ryo Fujiwara, Raphaëlle Delagrangé, Richard Deblock, Yoshimichi Teratani, Rui Sakano, Akira Oguri, and Kensuke Kobayashi,
“Quantum fluctuations along symmetry crossover in a Kondo-correlated quantum dot”,
Physical Review Letters, **118**, 196803/1-5 (2017), DOI : 10.1103/PhysRevLett.118.196803, 查読有

49. Hiroki Yamaguchi, Kyogo Kawaguchi, Takahiro Sagawa,
“Dynamical crossover in a stochastic model of cell fate decision”,
Physical Review E, **96**, 012401/1-8 (2017), DOI : 10.1103/PhysRevE.96.012401, 査読有
50. Yuma Fujimoto, Takahiro Sagawa, Kunihiko Kaneko,
“Hierarchical prisoner's dilemma in hierarchical game for resource competition”,
New Journal of Physics, **19**, 073008/1-12 (2017), DOI : 10.1088/1367-2630/aa7152, 査読有
51. Eiki Iyoda, Kazuya Kaneko, Takahiro Sagawa,
“Fluctuation Theorem for Many-Body Pure Quantum States”,
Physical Review Letters, **119**, 100601/1-6 (2017), DOI : 10.1103/PhysRevLett.119.100601, 査読有
52. Shuji Tamaki, Makiko Sasada, and Keiji Saito,
“Heat Transport via Low-Dimensional Systems with Broken Time-Reversal Symmetry”,
Physical Review Letters, **119**, 110602/1-5 (2017), DOI : 10.1103/PhysRevLett.119.110602, 査読有
53. Kazuya Kaneko, Eiki Iyoda, and Takahiro Sagawa,
“Saturation of entropy production in quantum many-body systems”,
Physical Review E, **96**, 062148/1-10 (2017), DOI : 10.1103/PhysRevE.96.062148, 査読有
54. Hiroki Taniguchi, Shota Suzuki, Tomonori Arakawa, Hiroyuki Yoshida, Yasuhiro Niimi, and
Kensuke Kobayashi,
“Fabrication of thin films of two-dimensional triangular antiferromagnet Ag₂CrO₂ and their
transport properties”,
AIP Advances, **8**, 025010/1-6 (2018), DOI : 10.1063/1.5016428, 査読有
55. Kay Brandner, Taro Hanazato, Keiji Saito,
“Thermodynamic Bounds on Precision in Ballistic Multi-Terminal Transport”,
Physical Review Letters, **120**, 090601/1-5 (2018), DOI : 10.1103/PhysRevLett.120.090601, 査読有
56. Takumi Matsumoto and Takahiro Sagawa,
“Role of sufficient statistics in stochastic thermodynamics and its implication to sensory
adaptation”,
Physical Review E, **97**, 042103/1-11 (2018), DOI : 10.1103/PhysRevE.97.042103, 査読有
57. Eiki Iyoda and Takahiro Sagawa,
“Scrambling of quantum information in quantum many-body systems”,
Physical Review A, **97**, 042330/1-9 (2018), DOI : 10.1103/PhysRevA.97.042330, 査読有
58. Toru Yoshizawa, Eiki Iyoda, and Takahiro Sagawa,
“Numerical Large Deviation Analysis of the Eigenstate Thermalization Hypothesis”,
Physical Review Letters, **120**, 200604/1-6 (2018), DOI : 10.1103/PhysRevLett.120.200604, 査読有
59. Shota Norimoto, Shuji Nakamura, Yuma Okazaki, Tomonori Arakawa, Kenichi Asano, Koji
Onomitsu, Kensuke Kobayashi, and Nobu-hisa Kaneko,
“Fano effect in the transport of an artificial molecule”,
Physical Review B, **97**, 195313/1-8 (2018), DOI : 10.1103/PhysRevB.97.195313, 査読有
60. Tokuro Hata, Raphaëlle Delagrè, Tomonori Arakawa, Sanghyun Lee, Richard Deblock,
Hélène Bouchiat, Kensuke Kobayashi, and Meydi Ferrier,
“Enhanced shot noise of multiple Andreev reflections in a carbon nanotube quantum dot in
SU(2) and SU(4) Kondo regimes”,
Physical Review Letters, in press, 査読有

A01-003 [代表者:佐野雅己 分担者:笹本智弘、竹内一将]

1. Takashi Imamura, Tomohiro Sasamoto, Herbert Spohn,
“On the equal time two-point distribution of the one-dimensional KPZ equation by replica”,
Journal of Physics A: Mathematical and Theoretical, **46**, 355002/1-9 (2013),
DOI : 10.1088/1751-8121/46/35/355002/, 査読有
2. Patrik L. Ferrari, Tomohiro Sasamoto, Herbert Spohn,
“Coupled Kardar-Parisi-Zhang Equations in One Dimension”,
Journal of Statistical Physics, **153**, 377-399 (2013), DOI : 10.1007/s10955-013-0842-5, 査読有

3. Hiroyuki Ebata and Masaki Sano,
“Bifurcation from stable holes to replicating holes in vibrated dense suspensions”,
Physical Review E, **88**, 053007/1-8 (2013), DOI : 10.1103/PhysRevE.88.053007, 查読有
4. Hirokazu Tanimoto and Masaki Sano,
“A simple force-motion relation for migrating cells revealed by multipole analysis of traction stress”,
Biophysical Journal, **106**, 16-25 (2014), DOI : 10.1016/j.bpj.2013.10.041, 查読有
5. Kazumasa A. Takeuchi,
“Experimental approaches to universal out-of-equilibrium scaling laws: turbulent liquid crystal and other developments”,
Journal of Statistical Mechanics: Theory and Experiment, P01006/1-28 (2014),
DOI : 10.1088/1742-5468/2014/01/P01006, 查読有
6. Alexei Borodin, Ivan Corwin, Tomohiro Sasamoto,
“From duality to determinants for q-TASEP and ASEP”,
Annals of Probability, **42**, 2341-2382 (2014), DOI : 10.1214/13-AOP868, 查読有
7. Ismael S. S. Carrasco, Kazumasa A. Takeuchi, Silvio da Costa Ferreira Junior, and Tiago José Oliveira,
“Interface fluctuations for deposition on enlarging flat substrates”,
New Journal of Physics, **16**, 123057/1-20 (2014), DOI : 10.1088/1367-2630/16/12/123057, 查読有
8. Tomohiro Sasamoto, and Lauren Williams,
“Combinatorics of the asymmetric exclusion process on a semi-infinite lattice”,
Journal of Combinatorics, **5**, 419-434 (2014), DOI : 10.4310/JOC.2014.v5.n4.a1, 查読有
9. Alexei Borodin, Ivan Corwin, Leonid Petrov, and Tomohiro Sasamoto,
“Spectral theory for the q-boson particle system”,
Compositio Mathematica, **151**, 1-67 (2015), DOI : 10.1112/S0010437X14007532, 查読有
10. Takaki Yamamoto, Masafumi Kuroda, and Masaki Sano,
“Three-dimensional analysis of thermo-mechanically rotating cholesteric liquid crystal droplets under a temperature gradient”,
Europhysics Letters, **109**, 46001/1-6 (2015), DOI : 10.1209/0295-5075/109/46001, 查読有
11. Hiroyuki Ebata and Masaki Sano,
“Swimming droplets driven by a surface wave”,
Scientific Reports, **5**, 8546/1-7 (2015), DOI : 10.1038/srep08546, 查読有
12. Timothy Halpin-Healy, Kazumasa A. Takeuchi,
“A KPZ Cocktail: Shaken, not stirred... -Toasting 30 years of kinetically roughened surfaces”,
Journal of Statistical Physics, **160**, 794-814 (2015), DOI : 10.1007/s10955-015-1282-1, 查読有
13. Tomohiro Sasamoto, Herbert Spohn,
“Point-interacting Brownian motions in the KPZ universality class”,
Electronic Journal of Probability, **20**, 1-28 (2015), DOI : 10.1214/EJP.v20-3926, 查読有
14. Shoichi Toyabe, Masaki Sano,
“Nonequilibrium Fluctuations in Biological Strands, Machines, and Cells”,
Journal of the Physical Society of Japan, **84**, 102001/1-17 (2015), DOI : 10.7566/JPSJ.84.102001, 查読有
15. Alexei Borodin, Ivan Corwin, Leonid Petrov, Tomohiro Sasamoto,
“Spectral theory for interacting particle systems solvable by coordinate Bethe ansatz”,
Communications in Mathematical Physics, **339**, 1167-1245 (2015),
DOI : 10.1007/s00220-015-2424-7, 查読有
16. Daiki Nishiguchi and Masaki Sano,
“Mesoscopic turbulence and local order in Janus particles self-propelling under an ac electric field”,
Physical Review E, **92**, 052309/1-11 (2015), DOI : 10.1103/PhysRevE.92.052309, 查読有
17. Masaki Sano and Keiichi Tamai,
“A Universal Transition to Turbulence in Channel Flow”,
Nature Physics, **12**, 249-253 (2016), DOI : 10.1038/nphys3659, 查読有

18. John J. Molina, Kotaro Otomura, Hayato Shiba, Hideki Kobayashi, Masaki Sano, and Ryoichi Yamamoto,
“Rheological evaluation of colloidal dispersions using the smoothed profile method: formulation and applications”,
Journal of Fluid Mechanics, **792**, 590-619 (2016), DOI : 10.1017/jfm.2016.78, 查読有
19. Takao Ohta, Mitsusuke Tarama and Masaki Sano,
“Simple model of cell crawling”,
Physica D, **318**, 3-11 (2016), DOI : 10.1016/j.physd.2015.10.007, 查読有
20. J.-B. Delfau, John J. Molina and Masaki Sano,
“Collective behavior of strongly confined suspensions of squirmers”,
Europhysics Letters, **114**, 24001/1-5 (2016), DOI : 10.1209/0295-5075/114/24001, 查読有
21. Xiong Ding, Hugues Chate, Predrag Cvitanovic, Evangelos Siminos, and Kazumasa A. Takeuchi,
“Estimating the Dimension of an Inertial Manifold from Unstable Periodic Orbits”,
Physical Review Letters, **117**, 024101/1-5 (2016), DOI : 10.1103/PhysRevLett.117.024101, 查読有
22. Kazumasa A. Takeuchi and Takuma Akimoto,
“Characteristic Sign Renewals of Kardar-Parisi-Zhang Fluctuations”,
Journal of Statistical Physics, **164**, 1167-1182 (2016), DOI : 10.1007/s10955-016-1582-0, 查読有
23. Gioia Carinci, Cristiana Giardina, Frank Redig, Tomohiro Sasamoto,
“A generalized asymmetric exclusion process with $U_q(\mathfrak{sl}_2)$ stochastic duality”,
Probability Theory and Related Fields, **166**, 887-933 (2016),
DOI : 10.1007/s00440-015-0674-0, 查読有
24. Daiki Nishiguchi, Ken H. Nagai, Hugues Chate, and Masaki Sano,
“Long-range nematic order and anomalous fluctuations in suspensions of swimming filamentous bacteria”,
Physical Review E, **95**, 020601(R) /1-6 (2017), DOI : 10.1103/PhysRevE.95.020601, 查読有
25. Jacopo De Nardis, Pierre Le Doussal, and Kazumasa A. Takeuchi,
“Memory and Universality in Interface Growth”,
Physical Review Letters, **118**, 125701/1-5 (2017), DOI : 10.1103/PhysRevLett.118.125701, 查読有
26. Tomoyuki Mano, Jean-Baptiste Delfau, Junichiro Iwasawa, and Masaki Sano,
“Optimal run-and-tumble based transportation of a Janus particle with active steering”,
Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America, **114**, E2580-E2589 (2017), DOI : 10.1073/pnas.1616013114, 查読有
27. Takaki Yamamoto and Masaki Sano,
“Chirality-induced helical self-propulsion of cholesteric liquid crystal droplets”,
Soft Matter, **13**, 3328-3333 (2017), DOI : 10.1039/C7SM00337D, 查読有
28. Kyogo Kawaguchi, Ryoichiro Kageyama and Masaki Sano,
“Topological defects control collective dynamics in neural progenitor cell cultures”,
Nature, **545**, 327-332 (2017), DOI : 10.1038/nature22321, 查読有
29. Kazumasa A. Takeuchi,
“ $1/f^\alpha$ power spectrum in the Kardar-Parisi-Zhang universality class”,
Journal of Physics A: Mathematical and Theoretical, **50**, 264006/1-17 (2017), DOI : 10.1088/1751-8121/aa7106, 查読有
30. Yohsuke T. Fukai and Kazumasa A. Takeuchi,
“Kardar-Parisi-Zhang Interfaces with Inward Growth”,
Physical Review Letters, **119**, 030602/1-5 (2017), DOI : 10.1103/PhysRevLett.119.030602, 查読有
31. Daiki Nishiguchi, Junichiro Iwasawa, Hong-Ren Jiang and Masaki Sano,
“Flagellar dynamics of chains of active Janus particles fueled by an AC electric field”,
New Journal of Physics, **20**, 015002/1-14 (2018), DOI : 10.1088/1367-2630/aa9b48, 查読有
32. Takaki Yamamoto and Masaki Sano,
“Theoretical model of chirality-induced helical self-propulsion”,
Physical Review E, **97**, 012607/1-11 (2018), DOI : 10.1103/PhysRevE.97.012607, 查読有

33. Yasufumi Ito and Kazumasa A. Takeuchi,
 “When fast and slow interfaces grow together: connection to the half-space problem of the Kardar-Parisi-Zhang class”,
Physical Review E, **97**, 040103(R)/1-6 (2018), DOI : 10.1103/PhysRevE.97.040103, 査読有
34. Takahisa Fukadai and Tomohiro Sasamoto,
 “Transient Dynamics of Double Quantum Dots Coupled to Two Reservoirs”,
Journal of the Physical Society of Japan, **87**, 054006/1-22 (2018), DOI : 10.7566/JPSJ.87.054006,
 査読有
35. Zeying Che, Jan de Gier, Iori Hiki, Tomohiro Sasamoto,
 “Exact confirmation of 1D nonlinear fluctuating hydrodynamics for a two-species exclusion process”,
Physical Review Letters, **120**, 240601/1-6 (2018), DOI : 10.1103/PhysRevLett.120.240601, 査読有
36. Taro P. Shimizu and Kazumasa A. Takeuchi,
 “Measuring Lyapunov exponents of large chaotic systems with global coupling by time series analysis”,
Chaos, **28**, 121103/1-6 (2018), 査読有

A01-004 [代表者:宮崎州正 分担者:吉野元]

1. Kang Kim, Shinji Saito, Kunimasa Miyazaki, Giulio Biroli, and David R. Reichman,
 “Dynamic Length Scales in Glass-Forming Liquids: An Inhomogeneous Molecular Dynamics Simulation Approach”,
The Journal of Physical Chemistry B, **117**, 13259-13267 (2013), DOI : 10.1021/jp4035419, 査読有
2. Takeshi Kuroiwa and Kunimasa Miyazaki,
 “Brownian motion with multiplicative noises revisited”,
Journal of Physics A: Mathematical and Theoretical, **47**, 012001/1-8 (2014),
 DOI : 10.1088/1751-8113/47/1/012001, 査読有
3. Hajime Yoshino and Francesco Zamponi,
 “The shear modulus of glasses: results from the full replica symmetry breaking solution”,
Physical Review E, **90**, 022302/1-14 (2014), DOI : 10.1103/PhysRevE.90.022302, 査読有
4. Saroj Kumar Nandi, Giulio Biroli, Jean-Philippe Bouchaud, Kunimasa Miyazaki, and David R. Reichman,
 “Critical dynamical heterogeneities close to continuous second-order glass transitions”,
Physical Review Letters, **113**, 245701/1-5 (2014), DOI : 10.1103/PhysRevLett.113.245701, 査読有
5. Corrado Rainone, Pierfrancesco Urbani, Hajime Yoshino, Francesco Zamponi,
 “Following the evolution of glassy states under external perturbations: compression and shear-strain”,
Physical Review Letters, **114**, 015701/1-5 (2015), DOI : 10.1103/PhysRevLett.114.015701, 査読有
6. Misaki Ozawa, Walter Kob, Atsushi Ikeda, and Kunimasa Miyazaki,
 “Equilibrium phase diagram of a randomly pinned glass-former”,
Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America, **112**,
 6914-6919 (2015), DOI : 10.1073/pnas.1500730112, 査読有
7. Misaki Ozawa, Walter Kob, Atsushi Ikeda, Kunimasa Miyazaki,
 “Reply to Chakrabarty et al.: Particles move even in ideal glasses”,
Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America, **112**,
 E4821-E4822 (2015), DOI : 10.1073/pnas.1513323112, 査読有
8. Harukuni Ikeda, Kunimasa Miyazaki,
 “Facilitated spin model on Bethe lattice with random pinning”,
Europhysics Letters, **112**, 16001/p1-p6 (2015), DOI : 10.1209/0295-5075/112/16001, 査読有
9. Daniele Coslovich, Atsushi Ikeda, Kunimasa Miyazaki,
 “Mean-field dynamic criticality and geometric transition in the Gaussian core model”,
Physical Review E, **93**, 042602/1-8 (2016), DOI : 10.1103/PhysRevE.93.042602, 査読有

10. Misaki Ozawa, Kang Kim, Kunimasa Miyazaki,
 “Tuning Pairwise Potential Can Control the Fragility of Glass-Forming Liquids: From Tetrahedral Network to Isotropic Soft Sphere Models”,
Journal of Statistical Mechanics: Theory and Experiment, 074002/1-21 (2016), DOI : 10.1088/1742-5468/2016/07/074002, 査読有
11. Daijyu Nakayama, Hajime Yoshino, Francesco Zamponi,
 “Protocol-dependent shear modulus of amorphous solids”,
Journal of Statistical Mechanics: Theory and Experiment, 104001/1-13 (2016),
 DOI : 10.1088/1742-5468/2016/10/104001, 査読有
12. Ryoji Miyazaki, Takeshi Kawasaki, and Kunimasa Miyazaki,
 “Cluster Glass Transition of Ultrasoft-Potential Fluids at High Density”,
Physical Review Letters, **117**, 165701/1-5 (2016), DOI : 10.1103/PhysRevLett.117.165701, 査読有
13. Harukuni Ikeda, Kunimasa Miyazaki, and Atsushi Ikeda,
 “A note on the replica liquid theory of binary mixtures”,
Journal of Chemical Physics, **145**, 216101/1-2 (2016), DOI : 10.1063/1.4969072, 査読有
14. Harukuni Ikeda, Kunimasa Miyazaki and Giulio Biroli,
 “The Fredrickson-Anderson model with random pinning on Bethe lattices and its MCT transitions”,
Europhysics Letters, **116**, 56004/1-8 (2017), DOI : 10.1209/0295-5075/116/56004, 査読有
15. Yuliang Jin, Hajime Yoshino,
 “Exploring the complex free energy landscape of the simplest glass by rheology”,
Nature Communications, **8**, 14935/1-8 (2017), DOI : 10.1038/ncomms14935, 査読有
16. Kota Mitsumoto and Hajime Yoshino,
 “Orientational ordering of closely packed Janus particles”,
Soft Matter, **14**, 3919-3928 (2018), DOI : 10.1039/C8SM00622A, 査読有
17. Hajime Yoshino,
 “Disorder-free spin glass transitions and jamming in exactly solvable mean-field models”,
SciPost Physics, **4**, 040 (2018), DOI : 10.21468/SciPostPhys.4.6.040, 査読有
18. Kunimasa Miyazaki, Yohei Nakayama, Hiromichi Matsuyama,
 “Entropy anomaly and linear irreversible thermodynamics”,
Physical Review E, **98**, 022101 (2018), DOI : 10.1103/PhysRevE.98.022101, 査読有
19. Misaki Ozawa, Atsushi Ikeda, Kunimasa Miyazaki, and Walter Kob,
 “Ideal Glass States Are Not Purely Vibrational: Insight from Randomly Pinned Glasses”,
Physical Review Letters, **121**, 205501 (2018), DOI : 10.1103/PhysRevLett.121.205501, 査読有
20. Yuliang Jin, Pierfrancesco Urbani, Francesco Zamponi, Hajime Yoshino,
 “A stability-reversibility map unifies elasticity, plasticity, yielding and jamming in hard sphere glasses”,
Science Advances, **4**, eaat6387 (2018), DOI : 10.1126/sciadv.aat6387, 査読有

A02-001 [代表者:折原宏 分担者:長屋智之、佐藤勝彦、日高芳樹]

1. Jaka Fajar Fatriansyah and Hiroshi Orihara,
 “Dynamical properties of nematic liquid crystals subjected to shear flow and magnetic fields: Tumbling instability and non-equilibrium fluctuations”,
Physical Review E, **88**, 012510/1-9 (2013), DOI : 10.1103/PhysRevE.88.012510, 査読有
2. Masaru Suzuki, Hiroshi Sueto, Yusaku Hosokawa, Naoyuki Muramoto, Takayuki Narumi, Yoshiki Hidaka, and Shoichi Kai,
 “Duality of diffusion dynamics in particle motion in soft-mode turbulence”,
Physical Review E, **88**, 042147/1-7 (2013), DOI : 10.1103/PhysRevE.88.042147, 査読有
3. Yoshinori Takikawa and Hiroshi Orihara,
 “Persistence of Brownian motion in shear flow”,
Physical Review E, **88**, 062111/1-5 (2013), DOI : 10.1103/PhysRevE.88.062111, 査読有
4. Satoshi Aya, Yuji Sasaki, Damian Pocięcha, Fumito Araoka, Ewa Gorecka, Kenji Ema, Igor Musevic, Hiroshi Orihara, Ken Ishikawa, and Hideo Takezoe,
 “Stepwise heat-capacity change at an orientation transition in liquid crystals”,
Physical Review E, **89**, 022512/1-5 (2014), DOI : 10.1103/PhysRevE.89.022512, 査読有

5. Itsuki Kunita, Shigeru Kuroda, Kaito Ooki, Toshiyuki Nakagaki,
“Attempts to retreat from a dead-ended long capillary by backward swimming in *Paramecium*”,
Frontiers in Microbiology, **5**, Article 270/1-8 (2014), DOI : 10.3389/fmicb.2014.00270, 査読有
6. Yoshiki Hidaka and Noriko Oikawa,
“Chaos and Spatiotemporal Chaos in Convective Systems”,
Forma, **29**, 29-32 (2014), DOI : 10.5047/forma.2014.005, 査読有
7. Jaka Fajar Fatriansyah, Yuji Sasaki, and Hiroshi Orihara,
“Nonequilibrium steady-state response of a nematic liquid crystal under simple shear flow and electric fields”,
Physical Review E, **90**, 032504/1-8 (2014), DOI : 10.1103/PhysRevE.90.032504, 査読有
8. Yuji Sasaki, Yoshinori Takikawa, V. S. R. Jampani, Hikaru Hoshikawa, Takafumi Seto, Christian Bahr, Stephan Herminghaus, Yoshiki Hidaka, and Hiroshi Orihara,
“Colloidal caterpillars for cargo transportation”,
Soft Matter, **10**, 8813-8820 (2014), DOI : 10.1039/c4sm01354a, 査読有
9. Yang Ho Na, Yuki Aburaya, Hiroshi Orihara, Kazuyuki Hiraoka, and Youngbae Han,
“Electrically induced deformation in chiral smectic elastomers with different domain structures”,
Physical Review E, **90**, 062507/1-6 (2014), DOI : 10.1103/PhysRevE.90.062507, 査読有
10. Yuji Sasaki, Hikaru Hoshikawa, Takafumi Seto, Fumiaki Kobayashi, V. S. R. Jampani, Stephan Herminghaus, Christian Bahr, and Hiroshi Orihara,
“Direct visualization of spatiotemporal structure of self-assembled colloidal particles in electrohydrodynamic flow of a nematic liquid crystal”,
Langmuir, **31**, 3815-3819 (2015), DOI : 10.1021/acs.langmuir.5b00450, 査読有
11. Jean-Paul Rieu, Helene Delano-Ayari, Seiji Takagi, Yoshimi Tanaka, Toshiyuki Nakagaki,
“Periodic traction in migrating large amoeba of *Physarum Polycephalum*”,
Journal of The Royal Society Interface, **12**, 20150099/1-10 (2015), DOI : 10.1098/rsif.2015.0099, 査読有
12. Jaka Fajar Fatriansyah and Hiroshi Orihara,
“Electric-field-induced flow-aligning state in a nematic liquid crystal”,
Physical Review E, **91**, 042508/1-7 (2015), DOI : 10.1103/PhysRevE.91.042508, 査読有
13. Misato Iino, Yoshiki Hidaka, Fahrudin Nugroho, Rinto Anugraha, Hirotaka Okabe, Kazuhiro Hara,
“Responses of spatiotemporal chaos to oscillating forces”,
Physical Review E, **92**, 012916/1-5 (2015), DOI : 10.1103/PhysRevE.92.012916, 査読有
14. Yoshiki Hidaka, Megumi Hashiguchi, Noriko Oikawa, Shoichi Kai,
“Lagrangian chaos and particle diffusion in electroconvection of planar nematic liquid crystals”,
Physical Review E, **92**, 032909/1-6 (2015), DOI : 10.1103/PhysRevE.92.032909, 査読有
15. Shigeru Kuroda, Seiji Takagi, Toshiyuki Nakagaki and Tetsuo Ueda,
“Allometry in *Physarum plasmodium* during free locomotion: size versus shape, speed and rhythm”,
Journal of Experimental Biology, **218**, 3729-3738 (2015), DOI : 10.1242/jeb.124354, 査読有
16. Itsuki Kunita, Tatsuya Yamaguchi, Atsushi Tero, Masakazu Akiyama, Shigeru Kuroda and Toshiyuki Nakagaki,
“A ciliate memorizes the geometry of a swimming arena”,
Journal of The Royal Society Interface, **13**, 20160155/1-7 (2016), DOI : 10.1098/rsif.2016.0155, 査読有
17. 吉原一詞、中垣俊之,
“粘菌の用不用適応能に倣った形状最適化設計法の検討”,
土木学会論文集 A2(応用力学), **72**, 3-11 (2016), DOI : 10.2208/jscejam.72.I_3, 査読無
18. Tomoyuki Nagaya, Yuki Satou, Yoshitomo Goto, Yoshiki Hidaka, and Hiroshi Orihara,
“Viscosity of Liquid Crystal Mixtures in the Presence of Electroconvection”,
Journal of the Physical Society of Japan, **85**, 074002/1-4 (2016), DOI : 10.7566/JPSJ.85.074002, 査読有
19. Koutaro Nakagome, Katsuhiko Sato, Seine A. Shintani, Shin'ichi Ishiwata,
“Model simulation of the SPOC wave in a bundle of striated myofibrils”,
Biophysics and Physicobiology, **13**, 217-226 (2016), DOI : 10.2142/biophysico.13.0_217, 査読有

20. Takayuki Narumi, Yosuke Mikami, Tomoyuki Nagaya, Hirotaka Okabe, Kazuhiro Hara, and Yoshiki Hidaka,
 “Relaxation with long-period oscillation in defect turbulence of planar nematic liquid crystals”,
Physical Review E, **94**, 042701/1-6 (2016), DOI : 10.1103/PhysRevE.94.042701, 査読有
21. Yuji Sasaki, V.S.R. Jampani, Chiharu Tanaka, Nobutaka Sakurai, Shin Sakane, Khoa V. Le, Fumito Araoka, and Hiroshi Orihara,
 “Large-scale self-organization of reconfigurable topological defect networks in nematic liquid crystals”,
Nature Communications, **7**, 13238 (2016), DOI : 10.1038/ncomms13238, 査読有
22. Dai Akita, Itsuki Kunita, Mark D Fricker, Shigeru Kuroda, Katsuhiko Sato and Toshiyuki Nakagaki,
 “Experimental models for Murray's law”,
Journal of Physics D: Applied Physics, **50**, 024001 (2016), DOI : 10.1088/1361-6463/50/2/024001, 査読有
23. Yoriaki Nishioka, Fumiaki Kobayashi, Nobutaka Sakurai, Yuji Sasaki, and Hiroshi Orihara,
 “Microscopic characterisation of self-assembled colloidal particles in electrohydrodynamic convection of a low-birefringence nematic liquid crystal”,
Liquid Crystals, **43**, 427-435 (2016), DOI : 10.1080/02678292.2015.1117146, 査読有
24. Shigeru Kuroda, Seiji Takagi, Tetsu Saigusa and Toshiyuki Nakagaki,
 “Physical ethology of unicellular organism”,
Brain Evolution by Design, 3-23 (2017), DOI : 10.1007/978-4-431-56469-0_1, 査読有
25. Makoto Iima, Hiroshi Kori and Toshiyuki Nakagaki,
 “Studies of the phase gradient at the boundary of the phase diffusion equation, motivated by peculiar wave patterns of rhythmic contraction in the amoeboid movement of *Physarum polycephalum*”,
Journal of Physics D: Applied Physics, **50**, 154004/1-10 (2017), DOI : 10.1088/1361-6463/aa6269, 査読有
26. K. Sato, I. Kunita, Y. Takikawa, D. Takeuchi, Y. Tanaka, T. Nakagaki and H. Orihara,
 “Direct observation of orientation distributions of actin filaments in a solution undergoing shear banding”,
Soft Matter, **13**, 2708-2716 (2017), DOI : 10.1039/c6sm02832b, 査読有
27. Bernd Meyer, Cedrick Ansorge and Toshiyuki Nakagaki,
 “The Role of Noise in Self-organized Decision Making by the True Slime Mold *Physarum polycephalum*”,
PLOS ONE, **12**, e0172933 (2017), DOI : 10.1371/journal.pone.0172933, 査読有
28. Hiroshi Orihara, Nobutaka Sakurai, Yuji Sasaki, and Tomoyuki Nagaya,
 “Direct observation of coupling between orientation and flow fluctuations in a nematic liquid crystal at equilibrium”,
Physical Review E, **95**, 042705/1-6 (2017), DOI : 10.1103/PhysRevE.95.042705, 査読有
29. Takuya Umedachi, Kentaro Ito, Ryo Kobayashi, Akio Ishiguro and Toshiyuki Nakagaki,
 “Response to Various Periods of Mechanical Stimuli in *Physarum Plasmodium*”,
Journal of Physics D: Applied Physics, **50**, 254002/1-7 (2017), DOI : 10.1088/1361-6463/aa6f4a, 査読有
30. Mark Fricker, Dai Akita, Luke L. Heaton, Nick Jones, Barak Obara and Toshiyuki Nakagaki,
 “Automated analysis of *Physarum* network structure and dynamics”,
Journal of Physics D: Applied Physics, **50**, 254005/1-14 (2017), DOI : 10.1088/1361-6463/aa72b9, 査読有
31. Dai Akita, Daniel Schenz, Shigeru Kuroda, Katsuhiko Sato, Kei-Ichi Ueda, Toshiyuki Nakagaki,
 “Current Reinforcement Model Reproduces Center-In-Center Vein Trajectory of *Physarum Polycephalum*”,
Development, Growth & Differentiation, **59**, 465-470 (2017), DOI : 10.1111/dgd.12384, 査読有

32. Itsuki Kunita, Kei-ichi Ueda, Dai Akita, Shigeru Kuroda and Toshiyuki Nakagaki,
“Behavioural differentiation induced by environmental variation when crossing a toxic zone in an amoeba”,
Journal of Physics D: Applied Physics, **50**, 354002/1-15 (2017), DOI : 10.1088/1361-6463/aa7a8e, 査読有
33. Schenz Daniel, Yasuaki Shima, Shigeru Kuroda, Toshiyuki Nakagaki and Kei-ichi Ueda,
“A mathematical model for adaptive vein formation during exploratory migration of *Physarum polycephalum*: routing while scouting”,
Journal of Physics D: Applied Physics, **50**, 434001/1-14 (2017), DOI : 10.1088/1361-6463/aa88e9, 査読有
34. Yuji sasaki, Motoshi Ueda, Khoa V. Le, Reo Amano, Shin Sakane, Shuji Fujii, Fumito Araoka, and Hiroshi Orihara,
“Polymer-stabilized micropixelated liquid crystals with tunable optical properties fabricated by double templating”,
Advanced Materials, **29**, 1703054/1-7 (2017), DOI : 10.1002/adma.201703054, 査読有
35. Kazuya Maeda, Takayuki Narumi, Rinto Anugraha, Hirotaka Okabe, Kazuhiro Hara, Yoshiki Hidaka,
“Sub-Diffusion in Electroconvective Turbulence of Homeotropic Nematic Liquid Crystals”,
Journal of the Physical Society of Japan, **87**, 014401/1-5 (2018), DOI : 10.7566/JPSJ.87.014401, 査読有
36. Yoshiki Hidaka, Kosuke Ijigawa, Seung-Yong Kwak, Noriko Oikawa, Hirotaka Okabe, Kazuhiro Hara,
“Information Reduction for Chaotic Patterns”,
Forma, **33**, S3-S7 (2018), 査読有
37. Takikawa Yoshinori, Yasuta Muneharu, Fujii Shuji, Orihara Hiroshi, Tanaka Yoshimi, and Nishinari Katsuyoshi,
“Anomalous diffusion of particles dispersed in xanthan solutions subjected to shear flow”,
Journal of the Physical Society of Japan, **87**, 054005/1-4 (2018), DOI : 10.7566/JPSJ.87.054005, 査読有
38. Hiroshi Orihara, Yuko Harada, Fumiaki Kobayashi, Yuji Sasaki, Shuji Fujii, Yuki Satou, Yoshitomo Goto, and Tomoyuki Nagaya,
“Negative viscosity of a liquid crystal in the presence of turbulence”,
Physical Review E, **99**, 012701(2019). DOI: 10.1103/PhysRevE.99.012701, 査読有

A02-002 [代表者:平野琢也 分担者:斎藤弘樹]

1. Yujiro Eto, Hayato Ikeda, Hirosuke Suzuki, Sho Hasegawa, Yasushi Tomiyama, Sawako Sekine, Mark Sadgrove, and Takuya Hirano,
“Spin-echo-based magnetometry with spinor Bose-Einstein condensates”,
Physical Review A, **88**, 031602(R)/1-4 (2013), DOI : 10.1103/PhysRevA.88.031602, 査読有
2. Masahiro Takahashi, Takeshi Mizushima, and Kazushige Machida,
“Fulde-Ferrell-Larkin-Ovchinnikov States in Two-Band Superconductors”,
Journal of the Physical Society of Japan, **83**, 023703/1-5 (2014), DOI : 10.7566/JPSJ.83.023703, 査読有
3. Hiroki Saito,
“Many-body dynamics of a Bose-Einstein condensate collapsing by quantum tunneling”,
Physical Review A, **89**, 023610/1-6 (2014), DOI : 10.1103/PhysRevA.89.023610, 査読有
4. Masahiro Takahashi, Takeshi Mizushima, and Kazushige Machida,
“Multi-band effects on Fulde-Ferrell-Larkin-Ovchinnikov states of Pauli-limited superconductors”,
Physical Review B, **89**, 064505/1-16 (2014), DOI : 10.1103/PhysRevB.89.064505, 査読有
5. Yujiro Eto, Hiroki Saito, and Takuya Hirano,
“Observation of dipole-induced spin texture in an ^{87}Rb spin-2 Bose-Einstein condensate”,
Physical Review Letters, **112**, 185301/1-5 (2014), DOI : 10.1103/PhysRevLett.112.185301, 査読有
6. Hiroki Saito,
“Comment on "Ground-state fragmentation phase transition for attractive bosons in anisotropic traps" ”,
Physical Review A, **89**, 067601/1-2 (2014), DOI : 10.1103/PhysRevA.89.067601, 査読有

7. Masahiro Takahashi, Takeshi Mizushima, and Kazushige Machida,
“FFLO Multi-Phase Transition in Two-Band Superconductor”,
JPS Conference Proceedings, **3**, 015022/1-6 (2014), DOI : 10.7566/JPSCP.3.015022, 查読有
8. Tsuyoshi Kadokura, Jun Yoshida, and Hiroki Saito,
“Hysteresis in quantized vortex shedding”,
Physical Review A, **90**, 013612/1-5 (2014), DOI : 10.1103/PhysRevA.90.013612, 查読有
9. Yujiro Eto, Mark Sadgrove, Sho Hasegawa, Hiroki Saito, and Takuya Hirano,
“Control of spin current in a Bose gas by periodic application of π pulses”,
Physical Review A, **90**, 013626/1-6 (2014), DOI : 10.1103/PhysRevA.90.013626, 查読有
10. Tomoya Kaneda and Hiroki Saito,
“Dynamics of a vortex dipole across a magnetic phase boundary in a spinor Bose-Einstein condensate”,
Physical Review A, **90**, 053632/1-7 (2014), DOI : 10.1103/PhysRevA.90.053632, 查読有
11. Masaya Kunimi,
“Metastable spin textures and Nambu-Goldstone modes of a ferromagnetic spin-1 Bose-Einstein condensate confined in a ring trap”,
Physical Review A, **90**, 063632/1-8 (2014), DOI : 10.1103/PhysRevA.90.063632, 查読有
12. Hiroki Saito and Masaya Kunimi,
“Energy shift of magnons in a ferromagnetic spinor-dipolar Bose-Einstein condensate”,
Physical Review A, **91**, 041603(R)/1-4 (2015), DOI : 10.1103/PhysRevA.91.041603, 查読有
13. Masaya Kunimi and Hiroki Saito,
“Upper bound of one-magnon excitation and lower bound of effective mass for ferromagnetic spinor Bose and Fermi gases”,
Physical Review A, **91**, 043624/1-6 (2015), DOI : 10.1103/PhysRevA.91.043624, 查読有
14. Yujiro Eto, Masaya Kunimi, Hidekatsu Tokita, Hiroki Saito, and Takuya Hirano,
“Suppression of relative flow by multiple domains in two component Bose-Einstein condensates”,
Physical Review A, **92**, 013611/1-5 (2015), DOI : 10.1103/PhysRevA.92.013611, 查読有
15. Hiroki Saito,
“Can we swim in superfluids?: Numerical demonstration of self-propulsion in a Bose-Einstein condensate”,
Journal of the Physical Society of Japan, **84**, 114001/1-6 (2015), DOI : 10.7566/JPSJ.84.114001, 查読有
16. Kui-Tian Xi and Hiroki Saito,
“Droplet formation in a Bose-Einstein condensate with strong dipole-dipole interaction”,
Physical Review A, **93**, 011604(R)/1-5 (2016), DOI : 10.1103/PhysRevA.93.011604, 查読有
17. Tomoya Kaneda and Hiroki Saito,
“Collision dynamics of Skyrmions in a two-component Bose-Einstein condensate”,
Physical Review A, **93**, 033611/1-6 (2016), DOI : 10.1103/PhysRevA.93.033611, 查読有
18. Yujiro Eto, Masahiro Takahashi, Keita Nabeta, Ryotaro Okada, Masaya Kunimi, Hiroki Saito, and Takuya Hirano,
“Bouncing motion and penetration dynamics in multicomponent Bose-Einstein condensates”,
Physical Review A, **93**, 033615/1-6 (2016), DOI : 10.1103/PhysRevA.93.033615, 查読有
19. Hiroki Saito,
“Path-integral Monte Carlo study on a droplet of a dipolar Bose-Einstein condensate stabilized by quantum fluctuation”,
Journal of the Physical Society of Japan, **85**, 053001 (2016), DOI : 10.7566/JPSJ.85.053001, 查読有
20. Yujiro Eto, Masahiro Takahashi, Masaya Kunimi, Hiroki Saito, and Takuya Hirano,
“Nonequilibrium dynamics induced by miscible-immiscible transition in binary Bose-Einstein condensates”,
New Journal of Physics, **17**, 0703029/1-6 (2016), DOI : 10.1088/1367-2630/18/7/0703029, 查読有
21. Wei Han, Xiao-Fei Zhang, Shu-Wei Song, Hiroki Saito, Wei Zhang, Wu-Ming Liu, Shou-Gang Zhang,
“Double-quantum spin vortices in SU(3) spin-orbit coupled Bose gases”,
Physical Review A, **94**, 033629/1-9 (2016), DOI : 10.1103/PhysRevA.94.033629, 查読有

22. Hiroki Saito and Rina Kanamoto,
“Self-rotation and synchronization in exciton-polariton condensates”,
Physical Review B, **94**, 165306/1-6 (2016), DOI : 10.1103/PhysRevB.94.165306, 査読有
23. Masaya Kato, Xiao-Fei Zhang, Daichi Sasaki, and Hiroki Saito,
“Twisted spin vortices in a spin-1 Bose-Einstein condensate with Rashba spin-orbit coupling and dipole-dipole interaction”,
Physical Review A, **94**, 043633/1-6 (2016), DOI : 10.1103/PhysRevA.94.043633, 査読有
24. Xiao-Fei Zhang, Wei Han, Hai-Feng Jiang, Wu-Ming Liu, Hiroki Saito, and Shou-Gang Zhang,
“Topological defect formation in rotating binary dipolar Bose-Einstein condensate”,
Annals of Physics, **375**, 368-377 (2016), DOI : 10.1016/j.aop.2016.10.018, 査読有
25. Xiao-Fei Zhang, Masaya Kato, Wei Han, Shou-Gang Zhang, and Hiroki Saito,
“Spin-orbit-coupled Bose-Einstein condensates held under a toroidal trap”,
Physical Review A, **95**, 033620/1-7 (2017), DOI : 10.1103/PhysRevA.95.033620, 査読有
26. Masaya Kato, Xiao-Fei Zhang, and Hiroki Saito,
“Vortex pairs in a spin-orbit coupled Bose-Einstein condensate”,
Physical Review A, **95**, 043605/1-7 (2017), DOI : 10.1103/PhysRevA.95.043605, 査読有
27. Hiroki Saito,
“Solving the Bose-Hubbard model with machine learning”,
Journal of the Physical Society of Japan, **86**, 093001/1-4 (2017), DOI : 10.7566/JPSJ.86.093001, 査読有
28. Masaya Kato, Xiao-Fei Zhang, and Hiroki Saito,
“Moving obstacle potential in a spin-orbit-coupled Bose-Einstein condensate”,
Physical Review A, **96**, 033613/1-8 (2017), DOI : 10.1103/PhysRevA.96.033613, 査読有
29. Hiroki Saito, Masaya Kato,
“Machine Learning Technique to Find Quantum Many-Body Ground States of Bosons on a Lattice”,
Journal of the Physical Society of Japan, **87**, 014001/1-8 (2017), DOI : 10.7566/JPSJ.87.014001, 査読有
30. Yujiro Eto, Hitoshi Shibayama, Hiroki Saito, and Takuya Hirano,
“Spinor dynamics in a mixture of spin-1 and spin-2 Bose-Einstein condensates”,
Physical Review A, **97**, 021602(R)/1-5 (2018), DOI : 10.1103/PhysRevA.97.021602, 査読有
31. Naoki Irikura, Yujiro Eto, Takuya Hirano, and Hiroki Saito,
“Ground-state phases of a mixture of spin-1 and spin-2 Bose-Einstein condensates”,
Physical Review A, **97**, 023622/1-10 (2018), DOI : 10.1103/PhysRevA.97.023622, 査読有
32. Kui-Tian Xi, Tim Byrnes, and Hiroki Saito,
“Fingering instabilities and pattern formation in a two-component dipolar Bose-Einstein condensate”,
Physical Review A, **97**, 023625/1-9 (2018), DOI : 10.1103/PhysRevA.97.023625, 査読有

A02-003 [代表者: 櫻井建成 分担者: 北畑裕之、澤井哲、石原秀至]

1. Ryo Tanaka, Tomonori Nomoto, Taro Toyota, Hiroyuki Kitahata, and Masanori Fujinami,
“Delayed response of interfacial tension in propagating chemical waves of the Belousov-Zhabotinsky reaction without stirring”,
The Journal of Physical Chemistry B, **117**, 13893-13898 (2013), DOI : 10.1021/jp4079458, 査読有
2. Keita Iida, Hiroyuki Kitahata, and Masaharu Nagayama,
“Theoretical study on the translation and rotation of an elliptic camphor particle”,
Physica D, **272**, 39-50 (2014), DOI : 10.1016/j.physd.2014.01.005, 査読有
3. Nen Saito, Shuji Ishihara, and Kunihiko Kaneko,
“Evolution of Genetic Redundancy : The Relevance of Complexity in Genotype-Phenotype Mapping”,
New Journal of Physics, **16**, 063013/1-14 (2014), DOI : 10.1088/1367-2630/16/6/063013, 査読有
4. Nobuhiko J. Suematsu, Tomohiro Sasaki, Satoshi Nakata, and Hiroyuki Kitahata,
“Quantitative estimation of the parameters for self-motion driven by difference in surface tension”,
Langmuir, **30**, 8101-8108 (2014), DOI : 10.1021/la501628d, 査読有

5. Satoshi Nakata, Tomoaki Ueda, Tatsuya Miyaji, Yui Matsuda, Yukiteru Katsumoto, Hiroyuki Kitahata, Takafumi Shimoaka, and Takeshi Hasegawa,
“Transient reciprocating motion of a self-propelled object controlled by a molecular layer of a N-stearoyl-p-nitroaniline: dependence on the temperature of an aqueous phase”,
Journal of Physical Chemistry C, **118**, 14888-14893 (2014), DOI : 10.1021/jp501180h, 査読有
6. Akihiko Nakajima, Shuji Ishihara, Daisuke Imoto, and Satoshi Sawai,
“Rectified directional sensing in long-range cell migration”,
Nature Communications, **5**, 5367/1-14 (2014), DOI : 10.1038/ncomms6367, 査読有
7. Satoshi Nakata, Shogo Suzuki, Takato Ezaki, Hiroyuki Kitahata, Kei Nishi, and Yasumasa Nishiura,
“Response of a chemical wave to local pulse irradiation in the ruthenium-catalyzed Belousov-Zhabotinsky reaction”,
Physical Chemistry Chemical Physics, **17**, 9148-9152 (2015), DOI : 10.1039/C5CP00897B, 査読有
8. Kenji Kashima, Toshiyuki Ogawa, Tatsunari Sakurai,
“Selective pattern formation control: Spatial spectrum consensus and Turing instability approach”,
Automatica, **56**, 25-35 (2015), DOI : 10.1016/j.automatica.2015.03.019, 査読有
9. Tomohiro Sasaki, Nobuhiko J. Suematsu, Tatsunari Sakurai, and Hiroyuki Kitahata,
“Spontaneous recurrence of deposition and dissolution of a solid layer on a solution surface”,
Journal of Physical Chemistry B, **119**, 9970-9974 (2015), DOI : 10.1021/acs.jpcc.5b03413, 査読有
10. Yuki Koyano, Natsuhiko Yoshinaga, and Hiroyuki Kitahata,
“General criteria for determining rotation or oscillation in a two-dimensional axisymmetric system”,
Journal of Chemical Physics, **143**, 014117/1-6 (2015), DOI : 10.1063/1.4923421, 査読有
11. Yasuaki Kobayashi, Hiroyuki Kitahata, and Masaharu Nagayama,
“Model for calcium-mediated reduction of structural fluctuations in epidermis”,
Physical Review E, **92**, 022709/1-7 (2015), DOI : 10.1103/PhysRevE.92.022709, 査読有
12. Shingo Miyazaki, Tatsunari Sakurai, and Hiroyuki Kitahata,
“Coupling between a chemical wave and motion in a Belousov-Zhabotinsky droplet”,
Current Physical Chemistry, **5**, 82-90 (2015), DOI : 10.2174/1877946805999150514114700, 査読有
13. Masanobu Tanaka, Marcel Hörning, Hiroyuki Kitahata, and Kenichi Yoshikawa,
“Elimination of a spiral wave pinned at an obstacle by a train of plane waves: Effect of diffusion between obstacles and surrounding media”,
Chaos, **25**, 103127/1-9 (2015), DOI : 10.1063/1.4934561, 査読有
14. Hiroyuki Kitahata, Rui Tanaka, Yuki Koyano, Satoshi Matsumoto, Katsuhiro Nishinari, Tadashi Watanabe, Koji Hasegawa, Tetsuya Kanagawa, Akiko Kaneko, and Yutaka Abe,
“Oscillation of a rotating levitated droplet: Analysis with a mechanical model”,
Physical Review E, **92**, 062904/1-8 (2015), DOI : 10.1103/PhysRevE.92.062904, 査読有
15. Boris Guirao, Stéphane Rigaud, Floris Bosveld, Anaïs Bailles, Jesus Lopez-Gay, Shuji Ishihara, Kaoru Sugimura, François Graner, Yohanns Bellaïche,
“Unified quantitative characterization of epithelial tissue development”,
eLIFE, 08519 (2015), DOI : 10.7554/eLife.08519#sthash.4FOyI9cG.dpuf, 査読有
16. Masanobu Horie, Tatsunari Sakurai, and Hiroyuki Kitahata,
“Experimental and theoretical approach for the clustering of globally coupled density oscillators based on phase response”,
Physical Review E, **93**, 012212/1-9 (2016), DOI : 10.1103/PhysRevE.93.012212, 査読有
17. Haruka Sugiura, Manami Ito, Tomoya Okuaki, Yoshihito Mori, Hiroyuki Kitahata, and Masahiro Takinoue,
“Pulse-density modulation control of chemical oscillation far from equilibrium in a droplet open-reactor system”,
Nature Communications, **7**, 10212/1-9 (2016), DOI : 10.1038/ncomms10212, 査読有

18. Yutaka Sumino, Norifumi L. Yamada, Michihiro Nagao, Takuya Honda, Hiroyuki Kitahata, Yuri B. Melnichenko, and Hideki Seto,
“Mechanism of Spontaneous Blebbing Motion of an Oil–Water Interface: Elastic Stress Generated by a Lamellar–Lamellar Transition”,
Langmuir, **32**, 2891-2899 (2016), DOI : 10.1021/acs.langmuir.6b00107, 查読有
19. Ken H. Nagai, Kunihito Tachibana, Yuta Tobe, Masaki Kazama, Hiroyuki Kitahata, Seiro Omata, Masaharu Nagayama,
“Mathematical model for self-propelled droplets driven by interfacial tension”,
Journal of Chemical Physics, **144**, 114707/1-8 (2016), DOI : 10.1063/1.4943582, 查読有
20. Yui Matsuda, Nobuhiko J. Suematsu, Hiroyuki Kitahata, Yumihiko S. Ikura, and Satoshi Nakata,
“Acceleration or deceleration of self-motion by the Marangoni effect”,
Chemical Physics Letters, **654**, 92-96 (2016), DOI : 10.1016/j.cplett.2016.05.008, 查読有
21. Hironobu Nogucci and Shuji Ishihara,
“Collective dynamics of active filament complexes”,
Physical Review E, **93**, 052406/1-10 (2016), DOI : 10.1103/PhysRevE.93.052406, 查読有
22. Fumihito Fukujin, Akihiko Nakajima, Nao Shimada, Satoshi Sawai,
“Self-organization of chemoattractant waves in *Dictyostelium* depends on F-actin and cell-substrate adhesion”,
Journal of The Royal Society Interface, **13**, 20160233 (2016), DOI : 10.1098/rsif.2016.0233, 查読有
23. Takayuki Torisawa, Daisuke Taniguchi, Shuji Ishihara, Kazuhiro Oiwa,
“Spontaneous Formation of a Globally Connected Contractile Network in a Microtubule-Motor System”,
Biophysical Journal, **111**, 373-385 (2016), DOI : 10.1016/j.bpj.2016.06.010, 查読有
24. Satoshi Nakata, Hiroya Yamamoto, Yuki Koyano, Osamu Yamanaka, Yutaka Sumino, Nobuhiko J. Suematsu, Hiroyuki Kitahata, Paulina Skrobanska, and Jerzy Gorecki,
“Selection of the Rotation Direction for a Camphor Disk Resulting from Chiral Asymmetry of a Water Chamber”,
Journal of Physical Chemistry B, **120**, 9166-9172 (2016), DOI : 10.1021/acs.jpcc.6b05427, 查読有
25. Taisuke Banno, Arisa Asami, Naoko Ueno, Hiroyuki Kitahata, Yuki Koyano, Kouichi Asakura, Taro Toyota,
“Deformable self-propelled micro-object comprising underwater oil droplets”,
Scientific Reports, **6**, 31292/1-9 (2016), DOI : 10.1038/srep31292, 查読有
26. Yuki Koyano, Hiroyuki Kitahata, Alexander S. Mikhailov,
“Hydrodynamic collective effects of active proteins in biological membranes”,
Physical Review E, **94**, 022416/1-11 (2016), DOI : 10.1103/PhysRevE.94.022416, 查読有
27. Elisa Herawati, Daisuke Taniguchi, Hatsuho Kanoh, Kazuhiro Tateishi, Shuji Ishihara, and Sachiko Tsukita,
“Multiciliated cell basal bodies align in stereotypical patterns coordinated by the apical cytoskeleton”,
The Journal of Cell Biology, **214**, 571-586 (2016), DOI : 10.1083/jcb.201601023, 查読有
28. Akihiko Nakajima, Motohiko Ishida, Taihei Fujimori, Yuichi Wakamoto, Satoshi Sawai,
“The Microfluidic lighthouse: an omnidirectional gradient generator”,
Lab on Chip, **16**, 4382-4394 (2016), DOI : 10.1039/c6lc00898d, 查読有
29. Yuki Koyano, Tatsunari Sakurai, and Hiroyuki Kitahata,
“Oscillatory motion of a camphor grain in a one-dimensional finite region”,
Physical Review E, **94**, 042215/1-8 (2016), DOI : 10.1103/PhysRevE.94.042215, 查読有
30. Hiroyuki Kitahata, Hiroya Yamamoto, Misato Hata, Yumihiko S. Ikura, Satoshi Nakata,
“Relaxation dynamics of the Marangoni convection roll structure induced by camphor concentration gradient”,
Colloids and Surfaces A, **520**, 436-441 (2017), DOI : 10.1016/j.colsurfa.2017.01.048, 查読有

31. Keita Kamino, Yohei Kondo, Akihiko Nakajima, Mai Honda-Kitahara, Kunihiko Kaneko, Satoshi Sawai,
“Fold-change detection and scale-invariance of cell-cell signaling in social amoeba”,
Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America, **114**, E4149-E4157 (2017), DOI : 10.1073/pnas.1702181114, 査読有
32. Naoko Ueno, Taisuke Banno, Arisa Asami, Yuki Kazayama, Yuya Morimoto, Toshihisa Osaki, Shoji Takeuchi, Hiroyuki Kitahata, and Taro Toyota,
“Self-propelled motion of monodisperse underwater oil droplets formed by a microfluidic device”,
Langmuir, **33**, 5393-5397 (2017), DOI : 10.1021/acs.langmuir.7b00092, 査読有
33. Kei Nishi, Shogo Suzuki, Katsuhiko Kayahara, Masakazu Kuze, Hiroyuki Kitahata, Satoshi Nakata, and Yasumasa Nishiura,
“Achilles' heel of a traveling pulse subject to a local external stimulus”,
Physical Review E, **95**, 062209/1-8 (2017), DOI : 10.1103/PhysRevE.95.062209, 査読有
34. Jerzy Gorecki, Hiroyuki Kitahata, Nobuhiko J. Suematsu, Yuki Koyano, Paulina Skrobanska, Marian Gryciuk, Maciej Malecki, Takahiro Tanabe, Hiroya Yamamoto, and Satoshi Nakata,
“Unidirectional motion of a camphor disk on water forced by interactions between surface camphor concentration and dynamically changing boundaries”,
Physical Chemistry Chemical Physics, **19**, 18767-18772 (2017), DOI : 10.1039/c7cp03252h, 査読有
35. Yuki Koyano, Marian Gryciuk, Paulina Skrobanska, Maciej Malecki, Yutaka Sumino, Hiroyuki Kitahata, and Jerzy Gorecki,
“Relationship between the size of a camphor-driven rotor and its angular velocity”,
Physical Review E, **96**, 021609/1-8 (2017), DOI : 10.1103/PhysRevE.96.021609, 査読有
36. Yasuyuki Kobayashi, Hiroyuki Kitahata, and Masaharu Nagayama,
“Sustained dynamics of a weakly excitable system with nonlocal interactions”,
Physical Review E, **96**, 022213/1-8 (2017), DOI : 10.1103/PhysRevE.96.022213, 査読有
37. Shuji Ishihara, Philippe Marcq, Kaoru Sugimura,
“From cells to tissue: A continuum model of epithelial mechanics”,
Physical Review E, **96**, 022418/1-14 (2017), DOI : 10.1103/PhysRevE.96.022418, 査読有
38. Shin-Ichiro Ei, Hiroyuki Kitahata, Yuki Koyano, Masaharu Nagayama,
“Interaction of non-radially symmetric camphor particles”,
Physica D, **366**, 10-26 (2018), DOI : 10.1016/j.physd.2017.11.004, 査読有
39. Satoshi Nakata, Katsuhiko Kayahara, Hiroya Yamamoto, Paulina Skrobanska, Jerzy Gorecki, Akinori Awazu, Hiraku Nishimori, and Hiroyuki Kitahata,
“Reciprocating motion of a self-propelled rotor induced by forced halt and release operations”,
Journal of Physical Chemistry C, **122**, 3482-3487 (2018), DOI : 10.1021/acs.jpcc.7b12089, 査読有
40. Ryoichi Tenno, You Gunjima, Miyu Yoshii, Hiroyuki Kitahata, Jerzy Gorecki, Nobuhiko J. Suematsu, and Satoshi Nakata,
“Period of oscillatory motion of a camphor boat determined by the dissolution and diffusion of camphor molecules”,
Journal of Physical Chemistry B, **122**, 2610-2615 (2018), DOI : 10.1021/acs.jpcc.7b11903, 査読有
41. Masakazu Kuze, Hiroyuki Kitahata, Oliver Steinbock, and Satoshi Nakata,
“Distinguishing the dynamic fingerprints of two- and three-dimensional chemical waves in microbeads”,
Journal of Physical Chemistry A, **122**, 1967-1971 (2018), DOI : 10.1021/acs.jpca.7b12210, 査読有
42. Hiroyuki Kitahata, Natsuhiko Yoshinaga,
“Effective diffusion coefficient including the Marangoni effect”,
Journal of Chemical Physics, **148**, 134906/1-8 (2018), DOI : 10.1063/1.5021502, 査読有

A03-001 [代表者:今井正幸 分担者:菅原正、豊田太郎、佐久間由香]

1. Masakazu Iwasaka, Yuito Miyashita, Yuri Mizukawa, Kentaro Suzuki, Taro Toyota, and Tadashi Sugawara,
“Biaxial Alignment Control of Guanine Crystals by Diamagnetic Orientation”,
Applied Physics Express, **6**, 037002/1-4 (2013), DOI : 10.7567/APEX.6.037002, 査読有

2. Yoshiyuki Kageyama, Naruho Tanigake, Yuta Kurokome, Sachiko Iwaki, Sadamu Takeda, Kentaro Suzuki, and Tadashi Sugawara,
“Macroscopic motion of supramolecular assemblies actuated by photoisomerization of azobenzene derivatives”,
Chemical Communications, **49**, 9386-9388 (2013), DOI : 10.1039/c3cc43488e, 査読有
3. Yuka Sakuma, Takashi Taniguchi, Toshihiro Kawakatsu, and Masayuki Imai,
“Tubular membrane formation of binary giant unilamellar vesicles composed of cylinder and inverse-cone-shaped lipids”,
Biophysical Journal, **105**, 2074-2081 (2013), DOI : 10.1016/j.bpj.2013.09.021, 査読有
4. Katsuto Takakura, Takahiko Yamamoto, Kensuke Kurihara, Taro Toyota, Kiyoshi Ohnuma, and Tadashi Sugawara,
“Spontaneous Transformation from Micelles to Vesicles Associated with Sequential Conversionsof Comprising Amphiphiles within Assemblies”,
Chemical Communications, **50**, 2190-2192 (2014), DOI : 10.1039/c3cc47786j, 査読有
5. Tomoyuki Mochida, Yusuke Funasako, Kousuke Takazawa, Masashi Takahashi, Michio M. Matsushita, and Tadashi Sugawara,
“Chemical control of the monovalent-divalent electron-transfer phase transition in biferrocenium-TCNQ salts”,
Chemical Communications, **50**, 5473-5475 (2014), DOI : 10.1039/c4cc01296h, 査読有
6. Ai Sakashita, Masayuki Imai, and Hiroshi Noguchi,
“Morphological variation of a lipid vesicle confined in a spherical vesicle”,
Physical Review E, **89**, 040701/1-4 (2014), DOI : 10.1103/PhysRevE.89.040701, 査読有
7. Yuri Mizukawa, Kentaro Suzuki, Shigefumi Yamamura, Yoko Sugawara, Tadashi Sugawara, and Masakazu Iwasaka,
“Magnetic manipulation of nucleic acid base microcrystals for DNA sensing”,
IEEE Transactions on Magnetism, **50**, 5001904 (2014), DOI : 10.1109/TMAG.2014.2328633, 査読有
8. Yuka Takeuchi, Yoko Sugawara, Tadashi Sugawara, and Masakazu Iwasaka,
“Magnetic rotation of monosodium urate and urinary tract stones for clinical treatment applications”,
IEEE Transactions on Magnetism, **50**, 6101204 (2014), DOI : 10.1109/TMAG.2014.2322384, 査読有
9. Hiroshi Noguchi, Ai Sakashita and Masayuki Imai,
“Shape transformations of toroidal vesicles”,
Soft Matter, **11**, 193-201 (2015), DOI : 10.1039/c4sm01890g, 査読有
10. Masahiro Mizuno, Taro Toyota, Miki Konishi, Yoshiyuki Kageyama, Masumi Yamada, and Minoru Seki,
“Formation of monodisperse hierarchical lipid particles utilizing microfluidic droplets in a non-equilibrium state”,
Langmuir, **31**, 2334-2341 (2015), DOI : 10.1021/acs.langmuir.5b00043, 査読有
11. Yoshiyuki Kageyama, Tomonori Ikegami, Natsuko Hiramatsu, Sadamu Takeda, and Tadashi Sugawara,
“Structure and growth behavior of centimeter-sized helical oleate assemblies formed with assistance of medium-length carboxylic acids”,
Soft Matter, **11**, 3550-3558 (2015), DOI : 10.1039/C5SM00370A, 査読有
12. Keita Ikari, Yuka Sakuma, Takehiro Jimbo, Atsuji Kodama, Masayuki Imai, Pierre-Alain Monnard, and Steen Rasmussen,
“Dynamics of fatty acid vesicles in response to pH stimuli”,
Soft Matter, **11**, 6327-6334 (2015), DOI : 10.1039/c5sm01248a, 査読有
13. Naohito Urakami, Akio Takai, Masayuki Imai and Takashi Yamamoto,
“Molecular dynamics simulation for shape change of water-in-oil droplets”,
Molecular Simulation, **41**, 986-992 (2015), DOI : 10.1080/08927022.2014.931582, 査読有

14. Kensuke Kurihara, Yusaku Okura, Muneyuki Matsuo, Taro Toyota, Kentaro Suzuki, and Tadashi Sugawara,
“A recursive vesicle-based model protocell with a primitive model cell cycle”,
Nature Communications, **6**, 8352 (2015), DOI : 10.1038/ncomms9352, 査読有
15. Atsuji Kodama, Yuka Sakuma, Masayuki Imai, Yutaka Oya, Toshihiro Kawakatsu, Nicolas Puff, and Miglena I. Angelova,
“Migration of phospholipid vesicles in response to OH⁻ stimuli”,
Soft Matter, **12**, 2877-2886 (2016), DOI : 10.1039/c5sm02220g, 査読有
16. Takehiro Jimbo, Yuka Sakuma, Naohito Urakami, Primož Zihlerl, and Masayuki Imai,
“Role of inverse-Cone-Shape Lipids in Temperature-Controlled Self-Reproduction of Binary Vesicles”,
Biophysical Journal, **110**, 1551-1562 (2016), DOI : 10.1016/j.bpj.2016.02.028, 査読有
17. Kentaro Suzuki, and Tadashi Sugawara,
“Phototaxis of oil droplets comprising a caged fatty acid tightly linked to internal convection”,
ChemPhysChem, **17**, 2300-2303 (2016), DOI : 10.1002/cphc.201600273, 査読有
18. Taisuke Banno, Arisa Asami, Naoko Ueno, Hiroyuki Kitahata, Yuki Koyano, Kouichi Asakura, Taro Toyota,
“Deformable self-propelled micro-object comprising underwater oil droplets”,
Scientific Reports, **6**, 31292 (2016), DOI : 10.1038/srep31292, 査読有
19. Takuro Itoh, Taro Toyota, Hiroyuki Higuchi, Michio M. Matsushita, Kentaro Suzuki, and Tadashi Sugawara,
“Cycle of charge carrier states with formation and extinction of a floating gate in an ambipolar tetracyanoquaterthienoquinoid-based field-effect transistor”,
Chemical Physics Letters, **671**, 71-77 (2017), DOI : 10.1016/j.cplett.2017.01.018, 査読有
20. Naoko Ueno, Taisuke Banno, Arisa Asami, Yuki Kazayama, Yuya Morimoto, Toshihisa Osaki, Shoji Takeuchi, Hiroyuki Kitahata, Taro Toyota,
“Self-propelled motion of monodisperse underwater oil droplets formed by a microfluidic device”,
Langmuir, **33**, 5393-5397 (2017), DOI : 10.1021/acs.langmuir.7b00092, 査読有
21. Satoshi Honda and Taro Toyota,
“Photo-triggered solvent-free metamorphosis of polymeric materials.”,
Nature Communications, **8**, 502/1-8 (2017), DOI : 10.1038/s41467-017-00679-1, 査読有
22. Atsuji Kodama, Yuka Sakuma, Masayuki Imai, Toshihiro Kawakatsu, Nicolas Puff, and Miglena I. Angelova,
“Migration of Phospholipid Vesicles Can Be Selectively Driven by Concentration Gradients of Metal Chloride Solutions”,
Langmuir, **33**, 10698-10706 (2017), DOI : 10.1021/acs.langmuir.7b02617, 査読有
23. Shoko Uemoto, Taro Toyota, Luca Chiari, Tomonori Nomoto, Masanori Fujinami,
“Assemblies of molecular aggregates in the blebbing motion of an oil droplet on an aqueous solution containing surfactant”,
Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects, **529**, 373-379 (2017), DOI : 10.1016/j.colsurfa.2017.06.016, 査読有
24. Kentaro Suzuki, Koichiro Machida, Kazuo Yamaguchi, and Tadashi Sugawara,
“Photo-triggered Recognition between Host and Guest Compounds in a Giant Vesicle Encapsulating Photo-Pierceable Vesicles”,
Chemistry and Physics of Lipids, **210**, 70-75 (2017), DOI : 10.1016/j.chemphyslip.2017.11.008, 査読有
25. Naohito Urakami, Takehiro Jimbo, Yuka Sakuma and Masayuki Imai,
“Molecular mechanism of vesicle division induced by coupling between lipid geometry and membrane curvatures”,
Soft Matter, **14**, 3018-3027 (2018), DOI : 10.1039/C7SM02188G, 査読有

A03-002 [代表者:好村滋行 分担者:野口博司、芝隼人]

1. Ryuichi Okamoto, Youhei Fujitani, and Shigeyuki Komura,
“Drag coefficient of a rigid spherical particle in a near-critical binary fluid mixture”,
Journal of the Physical Society of Japan, **82**, 084003/1-10 (2013), DOI : 10.7566/JPSJ.82.084003, 査読有
2. Hayato Shiba and Takeshi Kawasaki,
“Spatiotemporal heterogeneity of local free volumes in highly supercooled liquid”,
The Journal of Chemical Physics, **139**, 184502/1-8 (2013), DOI : 10.1063/1.4829442, 査読有
3. Kazuhiko Seki, Saurabh Mogre, and Shigeyuki Komura,
“Diffusion coefficients in leaflets of bilayer membranes”,
Physical Review E, **89**, 022713/1-12 (2014), DOI : 10.1103/PhysRevE.89.022713, 査読有
4. Ai Sakashita, Masayuki Imai, and Hiroshi Noguchi,
“Morphological variation of lipid vesicle confined in spherical vesicle”,
Physical Review E, **89**, 040701(R)/1-4 (2014), DOI : 10.1103/PhysRevE.89.040701, 査読有
5. Shuji Fujii, Shigeyuki Komura, and C.-Y. David Lu,
“Structural rheology of focal conic domains: a stress-quench experiment”,
Soft Matter, **10**, 5289-5295 (2014), DOI : 10.1039/c4sm00146j, 査読有
6. Shigeyuki Komura and David Andelman,
“Physical aspects of heterogeneities in multi-component lipid membranes”,
Advances in Colloid and Interface Science, **208**, 34-46 (2014), DOI : 10.1016/j.cis.2013.12.003, 査読有
7. Shuji Fujii, Shigeyuki Komura, and Chun-Yi David Lu,
“Structural rheology of the smectic phase”,
Materials, **7**, 5146-5168 (2014), DOI : 10.3390/ma7075146, 査読有
8. Hiroki Himeno, Naofumi Shimokawa, Shigeyuki Komura, David Andelman, Tsutomu Hamada,
and Masahiro Takagi,
“Charge-induced phase separation in lipid membranes”,
Soft Matter, **10**, 7959-7967 (2014), DOI : 10.1039/c4sm01089b, 査読有
9. Hiroshi Noguchi,
“Two- or three-step assembly of banana-shaped proteins coupled with shape transformation of
lipid membranes”,
Europhysics Letters, **108**, 48001/1-6 (2014), DOI : 10.1209/0295-5075/108/48001, 査読有
10. Hiroshi Noguchi, Ai Sakashita, and Masayuki Imai,
“Shape transformations of toroidal vesicles”,
Soft Matter, **11**, 193-201 (2014), DOI : 10.1039/c4sm01890g, 査読有
11. Jean Wolff, Shigeyuki Komura, and David Andelman,
“Budding of domains in mixed bilayer membranes”,
Physical Review E, **91**, 012708/1-10 (2015), DOI : 10.1103/PhysRevE.91.012708, 査読有
12. Koh M. Nakagawa and Hiroshi Noguchi,
“Morphological changes of amphiphilic molecular assemblies induced by chemical reactions”,
Soft Matter, **11**, 1403-1411 (2015), DOI : 10.1039/C4SM02571G, 査読有
13. Hiroshi Noguchi,
“Formation of polyhedral vesicles and polygonal membrane tubes induced by banana-shaped proteins”,
Journal of Chemical Physics, **143**, 243109/1-7 (2015), DOI : 10.1063/1.4931896, 査読有
14. Shigeyuki Komura, Kento Yasuda, and Ryuichi Okamoto,
“Dynamics of two-component membranes surrounded by viscoelastic media”,
Journal of Physics: Condensed Matter, **27**, 432001/1-7 (2015),
DOI : 10.1088/0953-8984/27/43/432001, 査読有
15. Takuma Hoshino, Shigeyuki Komura, and David Andelman,
“Correlated lateral phase separations in stacks of lipid membranes”,
Journal of Chemical Physics, **143**, 243124/1-9 (2015), DOI : 10.1063/1.4934984, 査読有
16. Hiroshi Noguchi,
“Shape transitions of high-genus fluid vesicles”,
Europhysics Letters, **112**, 58004/1-6 (2015), DOI : 10.1209/0295-5075/112/58004, 査読有

17. Hayato Shiba, Hiroshi Noguchi, and Jean-Baptiste Fournier,
“Monte Carlo study of the frame, fluctuation and internal tensions of fluctuating membranes with fixed area”,
Soft Matter, **12**, 2373-2380 (2016), DOI : 10.1039/C5SM01900A, 查読有
18. Hiroshi Noguchi,
“Membrane tubule formation by banana-shaped proteins with or without transient network structure”,
Scientific Reports, **6**, 20935 (2016), DOI : 10.1038/srep20935, 查読有
19. John J. Molina, Kotaro Otomura, Hayato Shiba, Hideki Kobayashi, Masaki Sano, and Ryoichi Yamamoto,
“Rheological evaluation of colloidal dispersions using the smoothed profile method: formulation and applications”,
Journal of Fluid Mechanics, **792**, 590-619 (2016), DOI : 10.1017/jfm.2016.78, 查読有
20. Naofumi Shimokawa, Hiroki Himeno, Tsutomu Hamada, Masahiro Takagi, Shigeyuki Komura, and David Andelman,
“Phase diagrams and ordering in charged membranes: Binary mixtures of charged and neutral lipids”,
The Journal of Physical Chemistry B, **120**, 6358-6367 (2016), DOI : 10.1021/acs.jpcc.6b03102, 查読有
21. Ryuichi Okamoto, Yuichi Kanemori, Shigeyuki Komura, and Jean-Baptiste Fournier,
“Relaxation dynamics of two-component fluid bilayer membranes”,
The European Physical Journal E, **39**, 52/1-21 (2016), DOI : 10.1140/epje/i2016-16052-3, 查読有
22. Hiroshi Noguchi,
“Shape deformation of lipid membranes by banana-shaped protein rods: Comparison with isotropic inclusions and membrane rupture”,
Physical Review E, **93**, 052404/1-10 (2016), DOI : 10.1103/PhysRevE.93.052404, 查読有
23. Ryuichi Okamoto, Naofumi Shimokawa, and Shigeyuki Komura,
“Nano-domain formation in charged membranes: Beyond the Debye-Huckel approximation”,
Europhysics Letters, **114**, 28002/1-6 (2016), DOI : 10.1209/0295-5075/114/28002, 查読有
24. Kento Yasuda, Shigeyuki Komura, and Ryuichi Okamoto,
“Dynamics of a membrane interacting with an active wall”,
Physical Review E, **93**, 052407/1-12 (2016), DOI : 10.1103/PhysRevE.93.052407, 查読有
25. Hiroshi Noguchi,
“Construction of nuclear envelope shape by a high-genus vesicle with pore-size constraint”,
Biophysical Journal, **111**, 824-831 (2016), DOI : 10.1016/j.bpj.2016.07.010, 查読有
26. Jean Wolff, Shigeyuki Komura, and David Andelman,
“Budding transition of asymmetric two-component lipid domains”,
Physical Review E, **94**, 032406/1-8 (2016), DOI : 10.1103/PhysRevE.94.032406, 查読有
27. Koh M. Nakagawa and Hiroshi Noguchi,
“Nonuniqueness of local stress of three-body potentials in molecular simulations”,
Physical Review E, **94**, 053304/1-11 (2016), DOI : 10.1103/PhysRevE.94.053304, 查読有
28. Hayato Shiba, Yasunori Yamada, Takeshi Kawasaki, and Kang Kim,
“Unveiling Dimensionality Dependence of Glassy Dynamics: 2D Infinite Fluctuation Eclipses Inherent Structural Relaxation”,
Physical Review Letters, **117**, 245701/1-6 (2016), DOI : 10.1103/PhysRevLett.117.245701, 查読有
29. T. V. Sachin Krishnan, Ryuichi Okamoto, and Shigeyuki Komura,
“Relaxation dynamics of a compressible bilayer vesicle containing highly viscous fluid”,
Physical Review E, **94**, 062414/1-14 (2016), DOI : 10.1103/PhysRevE.94.062414, 查読有
30. Kento Yasuda, Ryuichi Okamoto, Shigeyuki Komura, and Alexander S. Mikhailov,
“Localization and diffusion of tracer particles in viscoelastic media with active force dipoles”,
Europhysics Letters, **117**, 38001/1-7 (2017), DOI : 10.1209/0295-5075/117/38001, 查読有
31. Swaminath Bharadwaj, Palakurissi B. Sunil Kumar, Shigeyuki Komura, Abhijit P. Deshpande,
“Spherically symmetric solvent is sufficient to explain lower critical solution temperature in polymer solutions”,
Macromolecular Theory and Simulations, **26**, 1600073/1-11 (2017),
DOI : 10.1002/mats.201600073, 查読有

32. Kento Yasuda, Ryuichi Okamoto, and Shigeyuki Komura,
“Anomalous diffusion in viscoelastic media with active force dipoles”,
Physical Review E, **95**, 032417/1-14 (2017), DOI : 10.1103/PhysRevE.95.032417, 査読有
33. Kento Yasuda, Ryuichi Okamoto, and Shigeyuki Komura,
“Swimmer-microrheology”,
Journal of the Physical Society of Japan, **86**, 043801/1-4 (2017), DOI : 10.7566/JPSJ.86.043801,
査読有
34. Hiroshi Noguchi and Jean-Baptiste Fournier,
“Membrane structure formation induced by two types of banana-shaped proteins”,
Soft Matter, **13**, 4099-4111 (2017), DOI : 10.1039/c7sm00305f, 査読有
35. Yuto Hosaka, Kento Yasuda, Ryuichi Okamoto, Shigeyuki Komura,
“Lateral diffusion induced by active proteins in a biomembrane”,
Physical Review E, **95**, 052407/1-10 (2017), DOI : 10.1103/PhysRevE.95.052407, 査読有
36. Hideo Shindou, Hideto Koso, Junko Sasak, Hiroki Nakanishi, Hiroshi Sagara, Koh M. Nakagawa, Yoshikazu Takahashi, Daisuke Hishikawa, Yoshiko Iizuka-Hishikawa, Fuyuki Tokumasu, Hiroshi Noguchi, Sumiko Watanabe, Takehiko Sasaki, and Takao Shimizu,
“Docosahexaenoic acid preserves visual function by maintaining correct disc morphology in retinal photoreceptor cells”,
The Journal of Biological Chemistry, **292**, 12054-12064 (2017), DOI : 10.1074/jbc.M117.790568,
査読有
37. Ryuichi Okamoto, Shigeyuki Komura, Jean-Baptiste Fournier,
“Dynamics of a bilayer membrane coupled to a two-dimensional cytoskeleton: Scale transfers of membrane deformations”,
Physical Review E, **96**, 012416/1-10 (2017), DOI : 10.1103/PhysRevE.96.012416, 査読有
38. Kento Yasuda, Yuto Hosaka, Mizuki Kuroda, Ryuichi Okamoto, and Shigeyuki Komura,
“Elastic three-sphere microswimmer in a viscous fluid”,
Journal of the Physical Society of Japan, **86**, 093801/1-4 (2017), DOI : 10.7566/JPSJ.86.093801,
査読有
39. Hiroshi Noguchi,
“Acceleration and suppression of banana-shaped protein-induced tubulation by addition of small membrane inclusions of isotropic spontaneous curvatures”,
Soft Matter, **13**, 7771-7779 (2017), DOI : 10.1039/c7sm01375b, 査読有
40. Isamu Sou, Ryuichi Okamoto, Shigeyuki Komura, and Jean Wolff,
“Coexistences of lamellar phases in ternary surfactant solutions”,
Soft Materials, **15**, 272-281 (2017), DOI : 10.1080/1539445X.2017.1354024, 査読有
41. Yuto Hosaka, Kento Yasuda, Isamu Sou, Ryuichi Okamoto, and Shigeyuki Komura,
“Thermally driven elastic micromachines”,
Journal of the Physical Society of Japan, **86**, 113801/1-4 (2017), DOI : 10.7566/JPSJ.86.113801, 査読有
42. Takuma Hoshino, Shigeyuki Komura, and David Andelman,
“Permeation through a lamellar stack of lipid mixtures”,
Europhysics Letters, **120**, 18004 (2017), DOI : 10.1209/0295-5075/120/18004, 査読有
43. Koh M. Nakagawa and Hiroshi Noguchi,
“Bilayer sheet protrusions and budding from bilayer membranes induced by hydrolysis and condensation reactions”,
Soft Matter, **14**, 1397-1407 (2018), DOI : 10.1039/c7sm02326j, 査読有
44. Hayato Shiba, Peter Keim, and Takeshi Kawasaki,
“Isolating long-wavelength fluctuation from structural relaxation in two-dimensional glass: cage-relative displacement”,
Journal of Physics: Condensed Matter, **30**, 094004/1-9 (2018), DOI : 10.1088/1361-648X/aaa8b8,
査読有
45. Swaminath Bharadwaj, P. B. Sunil Kumar, Shigeyuki Komura, and Abhijit P. Deshpande,
“Kosmotropic effect leads to LCST decrease in thermoresponsive polymer solutions”,
Journal of Chemical Physics, **148**, 084903 (2018), DOI : 10.1063/1.5012838, 査読有

46. T. V. Sachin Krishnan, Kento Yasuda, Ryuichi Okamoto, and Shigeyuki Komura,
“Thermal and active fluctuations of a compressible bilayer vesicle”,
Journal of Physics: Condensed Matter, **30**, 175101/1-9 (2018), DOI : 10.1088/1361-648X/aab6c7, 査読有
47. Yuta Asano, Hiroshi Watanabe, and Hiroshi Noguchi,
“Polymer effects on Karman vortex: Molecular dynamics study”,
The Journal of Chemical Physics, **148**, 144901 (2018), DOI : 10.1063/1.5024010, 査読有
48. Hailong Peng, Momoji Kubo, and Hayato Shiba,
“Molecular dynamics study of mesophase transitions upon annealing of imidazolium-based ionic liquids with long-alkyl chains”,
Physical Chemistry Chemical Physics, **20**, 9796-9805 (2018), DOI : 10.1039/C8CP00698A, 査読有
49. Kento Yasuda, Ryuichi Okamoto, Shigeyuki Komura, and Jean-Baptiste Fournier,
“Dynamics of a bilayer membrane with membrane-solvent partial slip boundary conditions”,
Soft Materials, **16**, 186-191 (2018), DOI : 10.1080/1539445X.2018.1462830, 査読有
50. Yui Ota, Yuto Hosaka, Kento Yasuda, and Shigeyuki Komura,
“Three-disk microswimmer in a supported fluid membrane”,
Physical Review E, **97**, 052612/1-7 (2018), DOI : 10.1103/PhysRevE.97.052612, 査読有

A03-003 [代表者:木村康之 分担者:水野大介]

1. David A. Head and Daisuke Mizuno,
“Local mechanical response in semiflexible polymer networks subjected to an axisymmetric prestress”,
Physical Review E, **88**, 022717/1-10 (2013), DOI : 10.1103/PhysRevE.88.022717, 査読有
2. Yasutaka Iwashita and Yasuyuki Kimura,
“Stable cluster phase of Janus particles in two dimensions”,
Soft Matter, **9**, 10694-10698 (2013), DOI : 10.1039/c3sm52146j, 査読有
3. Kuniyoshi Izaki and Yasuyuki Kimura,
“Hydrodynamic effects in the measurement of interparticle forces in nematic colloids”,
Physical Review E, **88**, 54501 (2013), DOI : 10.1103/PhysRevE.88.054501, 査読有
4. David A. Head, Emi Ikebe, Akiko Nakamasu, Peijuan Zhang, Lara Gay Villaruz, Suguru Kinoshita, Shoji Ando, and Daisuke Mizuno,
“High-frequency affine mechanics and nonaffine relaxation in a model cytoskeleton”,
Physical Review E, **89**, 042711/1-5 (2014), DOI : 10.1103/PhysRevE.89.042711, 査読有
5. Sayuri Tanaka, Yuma Oki, and Yasuyuki Kimura,
“Melting process of a single finite-sized two-dimensional colloidal crystal”,
Physical Review E, **89**, 052305/1-9 (2014), DOI : 10.1103/PhysRevE.89.052305, 査読有
6. Kentaro Takahashi and Yasuyuki Kimura,
“Dynamics of colloidal particles in electrohydrodynamic convection of nematic liquid crystal”,
Physical Review E, **90**, 012502/1-5 (2014), DOI : 10.1103/PhysRevE.90.012502, 査読有
7. Shogo Okubo, Shuhei Shibata, Yuri Sasa Kawamura, Masatoshi Ichikawa and Yasuyuki Kimura,
“Dynamic clustering of driven colloidal particles on a circular path”,
Physical Review E, **92**, 032303 (2015), DOI : 10.1103/PhysRevE.92.032303, 査読有
8. Yuta Tamura and Yasuyuki Kimura,
“Fabrication of ring assemblies of nematic colloids and their electric response”,
Applied Physics Letters, **108**, 011903 (2016), DOI : 10.1063/1.4939627, 査読有
9. Yuta Tamura and Yasuyuki Kimura,
“Two-dimensional assemblies of nematic colloids in homeotropic cells and their response to electric fields”,
Soft Matter, **12**, 6817-6826 (2016), DOI : 10.1039/c6sm00929h, 査読有
10. Irwin Zaid and Daisuke Mizuno,
“Analytical Limit Distributions from Random Power-Law Interactions”,
Physical Review Letters, **117**, 030602 (2016), DOI : 10.1103/PhysRevLett.117.030602, 査読有

11. Tomohiro G. Noguchi, Yasutaka Iwashita, and Yasuyuki Kimura,
 “Dependence of the Internal Structure on Water/Particle Volume Ratio in an Amphiphilic Janus Particle - Water - Oil Ternary System: From Micelle-like Clusters to Emulsions of Spherical Droplets”,
Langmuir, **33**, 1030-1036 (2017), DOI : 10.1021/acs.langmuir.6b03723, 査読有
12. Takashi Kurihara, Msato Aridome, Heev Ayade, Irwin Zaid, Daisuke Mizuno,
 “Non-Gaussian limit fluctuations in active swimmer suspensions”,
Physical Review E, **95**, 030601(R) (2017), DOI : 10.1103/PhysRevE.95.030601, 査読有
13. Yasuyuki Kimura,
 “Hydrodynamically Induced Collective Motion of Optically Driven Colloidal Particles on a Circular Path”,
Journal of the Physical Society of Japan, **86**, 101003/1-7 (2017), DOI : 10.7566/JPSJ.86.101003, 査読有
14. Kenji Nishizawa, Marcel Bremerich, Heev Ayade, Christoph F. Schmidt, Takayuki Ariga, Daisuke Mizuno,
 “Feedback-tracking microrheology in living cells”,
Science Advances, **3**, e1700318 (2017), DOI : 10.1126/sciadv.1700318, 査読有
15. Kenji Nishizawa, Kei Fujiwara, Masahiro Ikenaga, Nobushige Nakajo, Miho Yanagisawa, Daisuke Mizuno,
 “Universal glass-forming behavior of in vitro and living cytoplasm”,
Scientific Reports, **7**, 15143 (2017), DOI : 10.1038/s41598-017-14883-y, 査読有
16. Mariko Suga, Saori Suda, Masatoshi Ichikawa, and Yasuyuki Kimura,
 “Self-propelled motion switching in nematic liquid crystal droplets in aqueous surfactant solutions”,
Physical Review E, **97**, 062703/1-8 (2018), DOI : <https://doi.org/10.1103/PhysRevE.97.062703>, 査読有
17. Keita Saito, Shogo Ookubo, and Yasuyuki Kimura,
 “Change in collective motion of colloidal particles driven by an optical vortex with driving force and spatial confinement”,
Soft Matter, **14**, 6037-6042 (2018), DOI: 10.1039/c8sm00582f, 査読有

A03-004 [代表者:吉川研一 分担者:鶴山竜昭、市川正敏]

1. Tomo Kurimura, Masatoshi Ichikawa, Masahiro Takinoue, Kenichi Yoshikawa,
 “Back-and-forth micromotion of aqueous droplets in a dc electric field”,
Physical Review E, **88**, 042918/1-5 (2013), DOI : 10.1103/PhysRevE.88.042918, 査読有
2. Hiroaki Ito, Toru Yamanaka, Shou Kato, Tsutomu Hamada, Masahiro Takagi, Masatoshi Ichikawa, Kenichi Yoshikawa,
 “Dynamical formation of lipid bilayer vesicles from lipid-coated droplets across a planar monolayer at an oil/water interface”,
Soft Matter, **9**, 9539-9547 (2013), DOI : 10.1039/c3sm51766g, 査読有
3. Yu Kakimoto, Shinji Ito, Hitoshi Abiru, Hirokazu Kotani, Munetaka Ozeki, Keiji Tamaki, Tatsuaki Tsuruyama,
 “Sorbin and SH3 domain-containing protein 2 is released from infarcted heart in the very early phase: proteomic analysis of cardiac tissues from patients”,
Journal of American Heart Association, **2**, e000565 (2013), DOI : 10.1161/JAHA.113.000565, 査読有
4. Fumihiko Kono, Tetsuya Honda, Aini Wulamujiang, Hironori Haga, Tatsuaki Tsuruyama,
 “IFN- γ /CCR5 expression in invariant NKT cells and CCL5 expression in capillary veins of dermal papillae correlate with development of psoriasis vulgaris”,
British Journal of Dermatology, **170**, 1048-1055 (2013), DOI : 10.1111/bjd.12812, 査読有
5. Chwen-Yang Shew, Kenta Kondo and Kenichi Yoshikawa,
 “Rigidity of a spherical capsule switches the localization of encapsulated particles between inner and peripheral regions under crowding condition: Simple model on cellular architecture”,
The Journal of Chemical Physics, **140**, 024907/1-9 (2014), DOI : 10.1063/1.4859835, 査読有

6. Rastko Joksimovic, Shun N. Watanabe, Sven Riemer, Michael Gradzielski and Kenichi Yoshikawa, “Self-organized patterning through the dynamic segregation of DNA and silicananoparticles”, *Scientific Reports*, **4**, 3660/1-7 (2014), DOI : 10.1038/srep03660, 查読有
7. Anatoly A. Zinchenko, Kanta Tsumoto, Shizuaki Murata and Kenichi Yoshikawa, “Crowding by Anionic Nanoparticles Causes DNA Double-Strand Instability and Compaction”, *The Journal of Physical Chemistry B*, **118**, 1256-1262 (2014), DOI : 10.1021/jp4107712, 查読有
8. Masa Tsuchiya, Midori Hashimoto, Yoshiko Takenaka, Ikuko N. Motoike and Kenichi Yoshikawa, “Global Genetic Response in a Cancer Cell: Self-Organized Coherent Expression Dynamics”, *PLOS ONE*, **9(8)**, e0105491 (2014), DOI : 10.1371/journal.pone.0105491, 查読有
9. Yutaka Sumino and Kenichi Yoshikawa, “Amoeba-like motion of an oil droplet Chemical model of self-motile organisms”, *The European Physical Journal Special Topics*, **223**, 1345-1352 (2014), DOI : 10.1140/epjst/e2014-02194-x, 查読有
10. Tomohiro Yanao and Kenichi Yoshikawa, “Chiral symmetry breaking of a double-stranded helical chain through bend-writhe coupling”, *Physical Review E*, **89**, 062713/1-16 (2014), DOI : 10.1103/PhysRevE.89.062713, 查読有
11. Tatsuaki Tsuruyama, “A model of cell biological signaling predicts the phase transition of signaling and provides mathematical formula of signaling”, *PLOS ONE*, **9**, e0102911 (2014), DOI : 10.1371/journal.pone.0102911, 查読有
12. Fumi Takabatake, Kenichi Yoshikawa, and Masatoshi Ichikawa, “Communication: Mode bifurcation of droplet motion under stationary laser irradiation”, *The Journal of Chemical Physics*, **141**, 051103/1-4 (2014), DOI : 10.1063/1.4892085, 查読有
13. Shunsuke F. Shimobayashi and Masatoshi Ichikawa, “Emergence of DNA-Encapsulating Liposomes from a DNA-Lipid Blend Film”, *Journal of Physical Chemistry B*, **118**, 10688-10694 (2014), DOI : 10.1021/jp506096h, 查読有
14. Chwen-Yang Shew and Kenichi Yoshikawa, “A toy model for nucleus-sized crowding confinement”, *Journal of Physics: Condensed Matter*, **27**, 064118/1-7 (2015), DOI : 10.1088/0953-8984/27/6/064118, 查読有
15. Shio Inagaki, Hiroyuki Ebata and Kenichi Yoshikawa, “Steadily oscillating axial bands of binary granules in a nearly filled coaxial cylinder”, *Physical Review E*, **91**, 010201(R)/1-5 (2015), DOI : 10.1103/PhysRevE.91.010201, 查読有
16. Anatoly A. Zinchenko and Kenichi Yoshikawa, “Compaction of Double-Stranded DNA by Negatively Charged Proteins and Colloids”, *Current Opinion in Colloid & Interface Science*, **20**, 60-65 (2015), DOI : 10.1016/j.cocis.2014.12.005, 查読有
17. Kingo Takiguchi, Makiko Egishi, Yohko Tanaka-Takiguchi, Masahito Hayashi and Kenichi Yoshikawa, “Specific Transformation of Assembly with Actin Filaments and Molecular Motors in a Cell-Sized Self-Emerged Liposome”, *Origins of Life and Evolution of Biospheres*, **44**, 325-329 (2015), DOI : 10.1007/s11084-014-9395-0, 查読有
18. Takahiro Umeki, Masahiko Ohata, Hiizu Nakanishi, Masatoshi Ichikawa, “Dynamics of microdroplets over the surface of hot water”, *Scientific Reports*, **5**, 8046/1-6 (2015), DOI : 10.1038/srep08046, 查読有
19. Kanta Tsumoto, Masafumi Arai, Naoki Nakatani, Shun N. Watanabe and Kenichi Yoshikawa, “Does DNA Exert an Active Role in Generating Cell-Sized Spheres in an Aqueous Solution with a Crowding Binary Polymer?”, *Life*, **5**, 459-466 (2015), DOI : 10.3390/life5010459, 查読有

20. Takafumi Iwaki, Tomomi Ishido, Ken Hirano, Alexei Lazutin, Valentina V. Vasilevskaya, Takahiro Kenmotsu and Kenichi Yoshikawa,
“Marked difference in conformational fluctuation between giant DNA molecules in circular and linear forms”,
Journal of Chemical Physics, **142**, 145101 (2015), DOI : 10.1063/1.4916309, 查読有
21. Yoshitsugu Kubo, Shio Inagaki, Masatoshi Ichikawa, and Kenichi Yoshikawa,
“Mode bifurcation of a bouncing dumbbell with chirality”,
Physical Review E, **91**, 052905/1-9 (2015), DOI : 10.1103/PhysRevE.91.052905, 查読有
22. Yongjun Chen, Shun N. Watanabe and Kenichi Yoshikawa,
“Roughening Dynamics of Radial Imbibition in a Porous Medium”,
Journal of Physical Chemistry C, **119**, 12508-12513 (2015), DOI : 10.1021/acs.jpcc.5b03157, 查読有
23. Daigo Yamamoto, Chika Nakajima, Akihisa Shioi, Marie Pierre Krafft, Kenichi Yoshikawa,
“The evolution of spatial ordering of oil drops fast spreading on a water surface”,
Nature Communications, **6**, 7189/1-6 (2015), DOI : 10.1038/ncomms8189, 查読有
24. Hiroaki Ito, Navina Kuss, Bastian E. Rapp, Masatoshi Ichikawa, Thomas Gutschmann, Klaus Brandenburg, Johannes M. B. Pöschl, and Motomu Tanaka,
“Quantification of the Influence of Endotoxins on the Mechanics of Adult and Neonatal Red Blood Cells”,
Journal of Physical Chemistry B, **119**, 7837-7845 (2015), DOI : 10.1021/acs.jpcc.5b01544, 查読有
25. Masa Tsuchiya, Alessandro Giuliani, Midori Hashimoto, Jekaterina Erenpreisa and Kenichi Yoshikawa,
“Emergent Self-Organized Criticality in Gene Expression Dynamics: Temporal Development of Global Phase Transition Revealed in a Cancer Cell Line”,
PLOS ONE, **10**, e0128565 (2015), DOI : 10.1371/journal.pone.0128565, 查読有
26. Tsutomu Hamada, Rie Fujimoto, Shunsuke F. Shimobayashi, Masatoshi Ichikawa, Masahiro Takagi,
“Molecular behavior of DNA in a cell-sized compartment coated by lipids”,
Physical Review E, **91**, 62717 (2015), DOI : 10.1103/PhysRevE.91.062717, 查読有
27. Daigo Yamamoto, Tsuyoshi Takada, Masashi Tachibana, Yuta Iijima, Akihisa Shioi and Kenichi Yoshikawa,
“Micromotors working in water through artificial aerobic metabolism”,
Nanoscale, **7**, 13186-13190 (2015), DOI : 10.1039/c5nr03300d, 查読有
28. Xiaojun Ma, Tomohiro Aoki, Tatsuaki Tsuruyama, and Shuh Narumiya,
“Definition of prostaglandin E2-EP2 signals in the colon tumor microenvironment which amplify inflammation and tumor growth.”,
Cancer Research, **75**, 2822-32 (2015), DOI : 10.1158/0008-5472.CAN-15-0125, 查読有
29. Hisako Takigawa-Imamura, Ritsuko Morita, Takafumi Iwaki, Takashi Tsuji and Kenichi Yoshikawa,
“Tooth germ invagination from cell-cell interaction: Working hypothesis on mechanical instability”,
Journal of Theoretical Biology, **382**, 284-291 (2015), DOI : 10.1016/j.jtbi.2015.07.006, 查読有
30. Naoki Umezawa, Yuhei Horai, Yuki Imamura, Makoto Kawakubo, Mariko Nakahira, Nobuki Kato, Akira Muramatsu, Yuko Yoshikawa, Kenichi Yoshikawa and Tsunehiko Higuchi,
“Structurally Diverse Polyamines: Solid-Phase Synthesis and Interaction with DNA”,
ChemBioChem, **16**, 1811-1819 (2015), DOI : 10.1002/cbic.201500121, 查読有
31. Yongjun Chen, Kosuke Suzuki and Kenichi Yoshikawa,
“Self-organized Target and Spiral Patterns through the "Coffee Ring" Effect”,
Journal of Chemical Physics, **143**, 084702 (2015), DOI : 10.1063/1.4929341, 查読有
32. Yue Ma, Naoki Ogawa, Yuko Yoshikawa, Toshiaki Mori, Tadayuki Imanaka, Yoshiaki Watanabe and Kenichi Yoshikawa,
“Protective Effect of Ascorbic Acid against Double-strand Breaks in Giant DNA: Marked Differences among the Damage Induced by Photo-irradiation, Gamma-rays and Ultrasound”,
Chemical Physics Letters, **638**, 205-209 (2015), DOI : 10.1016/j.cplett.2015.08.054, 查読有

33. Shogo Okubo, Shuhei Shibata, Yuriko Sasa Kawamura, Masatoshi Ichikawa and Yasuyuki Kimura,
 “Dynamic clustering of driven colloidal particles on a circular path”,
Physical Review E, **92**, 032303 (2015), DOI : 10.1103/PhysRevE.92.032303, 査読有
34. Hiroshi Ueno, Tatsuaki Tsuruyama, Bogdan Nowakowski, Jerzy Górecki, and Kenichi Yoshikawa,
 “Discrimination of time-dependent inflow properties with a cooperative dynamical system.”,
Chaos, **25**, 103115 (2015), DOI : 10.1063/1.4931799, 査読有
35. Masanobu Tanaka, Marcel Hörning, Hiroyuki Kitahata and Kenichi Yoshikawa,
 “Elimination of a spiral wave pinned at an obstacle by a train of plane waves: Effect of diffusion between obstacles and surrounding media”,
Chaos, **25**, 103127 (2015), DOI : 10.1063/1.4934561, 査読有
36. Tatsuaki Tsuruyama, Wulamujiang Aini, Takuya Hiratsuka,
 “Reassessment of H&E-stained clot specimens and immunohistochemistry of phosphorylated Stat5 for histologic diagnosis of MDS/MPN.”,
Pathology, **47**, 673-677 (2015), DOI : 10.1097/PAT.0000000000000328, 査読有
37. Tomohiro Yanao, Sosuke Sano and Kenichi Yoshikawa,
 “Chiral selection in wrapping, crossover, and braiding of DNA mediated by asymmetric bend-writhe elasticity”,
AIMS Biophysics, **2**, 666-694 (2015), DOI : 10.3934/biophy.2015.4.666, 査読有
38. Hiroaki Ito, Yukinori Nishigami, Seiji Sonobe, and Masatoshi Ichikawa,
 “Wrinkling of a spherical lipid interface induced by actomyosin cortex”,
Physical Review E, **92**, 062711/1-8 (2015), DOI : 10.1103/PhysRevE.92.062711, 査読有
39. Yukinori Nishigami, Hiroaki Ito, Seiji Sonobe, and Masatoshi Ichikawa,
 “Non-periodic oscillatory deformation of an actomyosin microdroplet encapsulated within a lipid interface”,
Scientific Reports, **6**, 18964/1-11 (2016), DOI : 10.1038/srep18964, 査読有
40. Yuki Oda, Koichiro Sadakane, Yuko Yoshikawa, Tadayuki Imanaka, Kingo Takiguchi, Masahito Hayashi, Takahiro Kenmotsu and Kenichi Yoshikawa,
 “Highly Concentrated Ethanol Solution Behaves as a Good Solvent for DNA as Revealed by Single-Molecule Observation”,
ChemPhysChem, **17**, 471-473 (2016), DOI : 10.1002/cphc.201500988, 査読有
41. Shunsuke F. Shimobayashi, Masatoshi Ichikawa and Takashi Taniguchi,
 “Direct observations of transition dynamics from macro- to micro-phase separation in asymmetric lipid bilayers induced by externally added glycolipids”,
Europhysics Letters, **113**, 56005-p1-p6 (2016), DOI : 10.1209/0295-5075/113/56005, 査読有
42. Tomo Kurimura and Masatoshi Ichikawa,
 “Noise-supported actuator: Coherent resonance in the oscillations of a micrometersized object under a direct current-voltage”,
Applied Physics Letters, **108**, 144101/1-4 (2016), DOI : 10.1063/1.4945726, 査読有
43. Shu Hashimoto, Aoi Yoshida, Taeko Ohta, Hiroaki Taniguchi, Koichiro Sadakane and Kenichi Yoshikawa,
 “Formation of Stable Cell-Cell Contact without a Solid/Gel Scaffold: Non-invasive Manipulation by Laser under Depletion Interaction with a Polymer”,
Chemical Physics Letters, **655-656**, 11-16 (2016), DOI : 10.1016/j.cplett.2016.05.019, 査読有
44. Hiroki Sakuta, Nobuyuki Magome, Yoshihito Mori and Kenichi Yoshikawa,
 “Negative/Positive Chemotaxis of a Droplet: Dynamic Response to a Stimulant Gas”,
Applied Physics Letters, **108**, 203703/1-4 (2016), DOI : 10.1063/1.4952396, 査読有
45. Chika Tongu, Takahiro Kenmotsu, Yuko Yoshikawa, Anatoly A. Zinchenko, Ning Chen and Kenichi Yoshikawa,
 “Divalent Cation Shrinks DNA but Inhibits its Compaction with Trivalent Cation”,
The Journal of Chemical Physics, **144**, 205101/1-7 (2016), DOI : 10.1063/1.4950749, 査読有

46. Takuya Hiratsuka, Yuji Takei, Rei Ohmori, Yuuki Imai, Makoto Ozeki, Keiji Tamaki, Hironori Haga, Takashi Nakamura, Tatsuaki Tsuruyama,
“ZFP521 contributes to pre-B-cell lymphomagenesis through modulation of the pre-B-cell receptor signaling pathway”,
Oncogene, **35**, 3227-3238 (2016), DOI : 10.1038/onc.2015.385, 查読有
47. Jerzy Górecki, Jonna N. Gorecka, Bogdan Nowakowski, Hiroshi Ueno and Kenichi Yoshikawa,
“How many enzyme molecules are needed for discrimination oriented applications?”,
Physical Chemistry Chemical Physics, **18**, 20518-20527 (2016), DOI : 10.1039/c6cp03860c, 查読有
48. Soutaro Oda, Yoshitsugu Kubo, Chwen-Yang Shew and Kenichi Yoshikawa,
“Fluctuations induced transition of localization of granular objects caused by degrees of crowding”,
Physica D, **336**, 39-46 (2016), DOI : 10.1016/j.physd.2016.06.014, 查読有
49. Tomo Kurimura, Seori Mori, Masako Miki and Kenichi Yoshikawa,
“Rotary motion of a micro-solid particle under a stationary difference of electric potential”,
The Journal of Chemical Physics, **145**, 034902/1-4 (2016), DOI : 10.1063/1.4958657, 查読有
50. Jerzy Górecki, Jonna N Gorecka, Bogdan Nowakowski, Hiroshi Ueno, Tatsuaki Tsuruyama and Kenichi Yoshikawa,
“Sensing Parameter of a Time Dependent Inflow with an Enzymatic Reaction”,
Advances in Unconventional Computing, **2**, 85-104 (2016), DOI : 978-3-319-33921-4_4, 查読有
51. Shunsuke F. Shimobayashi, Mafumi Hishida, Tomo Kurimura and Masatoshi Ichikawa,
“Nanoscale hydration dynamics of DNA-lipid blend dry films: DNA-size dependency”,
Physical Chemistry Chemical Physics, **18**, 31664-31669 (2016),
DOI : 10.1039/C6CP06305E, 查読有
52. Tatsuaki Tsuruyama, Takuya Hiratsuka, Wulamujiang Aini, Takuro Nakamura,
“STAT5A modulates chemokine receptor CCR6 expression and enhances pre-B cell growth in a CCL20-dependent manner. J cellular biochemistry.”,
J Cell Biochem, **117**, 2630-2642 (2016), DOI : 10.1002/jcb.25558, 查読有
53. Akira Muramatsu, Yuta Shimizu, Yuko Yoshikawa, Wakao Fukuda, Naoki Umezawa, Yuhei Horai, Tsunehiko Higuchi, Shinsuke Fujiwara, Tadayuki Imanaka and Kenichi Yoshikawa,
“Naturally occurring branched-chain polyamines induce a crosslinked meshwork structure in a giant DNA”,
The Journal of Chemical Physics, **145**, 235103/1-7 (2016), DOI : 10.1063/1.4972066, 查読有
54. Masa Tsuchiya, Alessandro Giuliani, Midori Hashimoto, Jekaterina Erenpreisa and Kenichi Yoshikawa,
“Self-Organizing Global Gene Expression Regulated through Criticality: Mechanism of the Cell-Fate Change”,
PLOS ONE, **11**, e0167912 (2016), DOI : 10.1371/journal.pone.0167912, 查読有
55. Seiji Komeda, Hiroki Yoneyama, Masako Uemura, Akira Muramatsu, Wakao Fukuda, Tadayuki Imanaka, Toshio Kanbe, Yuko Yoshikawa and Kenichi Yoshikawa,
“Specific Conformational Change in Giant DNA Caused by Anticancer Tetrazolato-Bridged Dinuclear Platinum(II) Complexes: Middle-Length Alkyl Substituents Exhibit Minimum Effect”,
Inorganic Chemistry, **56**, 802-811 (2017), DOI : 10.1021/acs.inorgchem.6b02239, 查読有
56. Tatsuaki Tsuruyama,
“Kinetic Stability Analysis of Protein Assembly on the Center Manifold around the Critical Point.”,
BMC Systems Biology, **11**, 1 (2017), DOI : 10.1186/s12918-017-0391-7, 查読有
57. Rinko Kubota, Yusuke Yamashita, Takahiro Kenmotsu, Yuko Yoshikawa, Kenji Yoshida, Yoshiaki Watanabe, Tadayuki Imanaka and Kenichi Yoshikawa,
“Double-Strand Breaks in Genome-Sized DNA Caused by Ultrasound”,
ChemPhysChem, **18**, 959-964 (2017), DOI : 10.1002/cphc.201601325, 查読有
58. Tomo Kurimura, Yoshiko Takenaka, Satoru Kidoaki, and Masatoshi Ichikawa,
“Fabrication of gold microwires by drying goldnanorods suspensions”,
Advanced Materials Interfaces, **4**, 1601125/1-5 (2017), DOI : 10.1002/admi.201601125, 查読有

59. Kanta Tsumoto and Kenichi Yoshikawa,
“The Aqueous Two Phase System (ATPS) Deserves Plausible Real-World Modeling for the Structure and Function of Living Cells”,
MRS Advances, **2**, 2407-2413 (2017), DOI : 10.1557/adv.2017.358, 査読有
60. Adeeb Salah, Hajime Yoshifuji, Shinji Ito, Koji Kitagori, Kaori Kiso, Norishige Yamada, Toshiki Nakajima, Hironori Haga, Tatsuaki Tsuruyama, and Aya Miyagawa-Hayashino,
“High Expression of Galectin-3 in Patients with IgG4-Related Disease: A Proteomic Approach.”,
Pathology Research International, **2017**, 9312142 (2017), DOI : 10.1155/2017/9312142, 査読有
61. Yuta Shimizu, Yuko Yoshikawa, Takahiro Kenmotsu, Seiji Komeda and Kenichi Yoshikawa,
“Conformational transition of DNA by dinuclear Pt(II) complexes causes cooperative inhibition of gene expression”,
Chemical Physics Letters, **678**, 123-129 (2017), DOI : j.cplett.2017.04.039, 査読有
62. Keisuke Mae, Hidetoshi Toyama, Erika Okita Nawa, Daigo Yamamoto, Akihisa Shioi, Yongjun Chen, Kenichi Yoshikawa, Fumiyuki Toshimitsu, Naotoshi Nakashima and Kazunari Matsuda,
“Self-Organized Micro-Spiral of Single-Walled Carbon Nanotubes”,
Scientific Reports, **7**, 5267/1-12 (2017), DOI : 10.1038/s41598-017-05558-9, 査読有
63. Daigo Yamamoto, Ryota Yamamoto, Takahiro Kozaki, Akihisa Shioi, Syuji Fujii and Kenichi Yoshikawa,
“Periodic Motions of Solid particles with Various Morphology under a DC Electrostatic Field”,
Chemistry Letters, **46**, 1470-1472 (2017), DOI : 10.1246/cl.170622, 査読有
64. Aoi Yoshida, Shoto Tsuji, Hiroaki Taniguchi, Takahiro Kenmotsu, Koichiro Sadakane, Kenichi Yoshikawa,
“Manipulating Living Cells to Construct a 3D Single-Cell Assembly without an Artificial Scaffold”,
Polymers, **9**, 319/2-10 (2017), DOI : 10.3390/polym9080319, 査読有
65. Marcel Hörning, François Blanchard, Akihiro Isomura, and Kenichi Yoshikawa,
“Dynamics of spatiotemporal line defects and chaos control in complex excitable systems”,
Scientific Reports, **7**, 7757/1-9 (2017), DOI : 0.1038/s41598-017-08011-z, 査読有
66. Masami Noda, Yue Ma, Yuko Yoshikawa, Tadayuki Imanaka, Toshiaki Mori, Masakazu Furuta, Tatsuaki Tsuruyama and Kenichi Yoshikawa,
“A single-molecule assessment of the protective effect of DMSO against DNA double-strand breaks induced by photo-and g-ray-irradiation, and freezing”,
Scientific Reports, **7**, 8557/1-8 (2017), DOI : 10.1038/s41598-017-08894-y, 査読有
67. Hiroaki Ito, Masahiro Makuta, Yukinori Nishigami, and Masatoshi Ichikawa,
“Active materials integrated with actomyosin”,
Journal of the Physical Society of Japan, **86**, 101001/1-6 (2017), DOI : 10.7566/JPSJ.86.101001, 査読有
68. Kazusa Beppu, Ziane Izri, Jun Gohya, Kanta Eto, Masatoshi Ichikawa, Yusuke T. Maeda,
“Geometry-driven collective ordering of bacterial vortices”,
Soft Matter, **13**, 5038-5043 (2017), DOI : 10.1039/c7sm00999b, 査読有
69. Kaori Kiso, Hajime Yoshifuji, Takuma Oku, Masaki Hikida, Koji Kitagori, Yoshitaka Hirayama, Toshiki Nakajima, Hironori Haga, Tatsuaki Tsuruyama, Aya Miyagawa-Hayashino,
“Transgelin-2 is upregulated on activated B-cells and expressed in hyperplastic follicles in lupus erythematosus patients.”,
PLOS ONE, **12**, e0184738 (2017), DOI : 10.1371/journal.pone.0184738., 査読有
70. Yongjun Chen, Koichiro Sadakane, Hiroki Sakuta, Chenggui Yao and Kenichi Yoshikawa,
“Spontaneous Oscillations and Synchronization of Active Droplets on a Water Surface via Marangoni Convection”,
Langmuir, **33**, 12362-12368 (2017), DOI : 10.1021/acs.langmuir.7b03061, 査読有
71. Chwen-Yang Shew, Soutaro Oda and Kenichi Yoshikawa,
“Localization switching of a large object in a crowded cavity: A rigid/soft object prefers surface/inner positioning”,
The Journal of Chemical Physics, **149**, 204901/1-11 (2017), DOI : 10.1063/1.5000762, 査読有

72. Tatsuaki Tsuruyama,
 “Channel capacity of coding system on Tsallis entropy and q-Statistics”,
Entropy, **19**, 682 (2017), DOI : 10.3390/e19120682, 査読有
73. Satoshi Takatori, Hikari Baba, Takatoshi Ichino, Chwen-Yang Shew and Kenichi Yoshikawa,
 “Cooperative standing-horizontal-standing reentrant transition for numerous solid particles under external vibration”,
Scientific Reports, **8**, 437/1-11 (2018), DOI : 10.1038/s41598-017-18728-6, 査読有
74. Aya Miyagawa-Hayashino,corresponding, Hajime Yoshifuji, Koji Kitagori, Shinji Ito, Takuma Oku, Yoshitaka Hirayama, Adeeb Salah,Toshiki Nakajima, Kaori Kiso, Norishige Yamada, Hironori Haga, and Tatsuaki Tsuruyama,
 “Increase of MZB1 in B cells in systemic lupus erythematosus: proteomic analysis of biopsied lymph nodes.”,
Arthritis Research & Therapy, **20**, 13 (2018), DOI : 10.1186/s13075-018-1511-5, 査読有
75. Yugo Harada, Keisuke Koyoshi, Hiroki Sakuta, Koichiro Sadakane,Takahiro Kenmotsu, and Kenichi Yoshikawa,
 “Emergence of Pendular and Rotary Motions of a Centimeter-SizedMetallic Sheet under Stationary Photoirradiation”,
The Journal of Physical Chemistry C, **122**, 2747-2752 (2018), DOI : 10.1021/acs.jpcc.7b11123, 査読有
76. Tatsuaki Tsuruyama,
 “Information Thermodynamics Derives the EntropyCurrent of Cell Signal Transduction as a Model of aBinary Coding System”,
Entropy, **20**, 145 (2018), DOI : 10.3390/e20020145, 査読有
77. Ai Kanemura, Yuko Yoshikawa, Wakao Fukuda, Kanta Tsumoto, Takahiro Kenmotsu and Kenichi Yoshikawa,
 “Opposite effect of polyamines on In vitro gene expression: Enhancement at low concentrations but inhibition at high concentrations”,
PLOS ONE, **13**, e0193595/1-11 (2018), DOI : 10.1371/journal.pone.0193595, 査読有
78. Tatsuaki Tsuruyama,
 “Information Thermodynamics of the Cell Signal Transduction as a Szilard Engine”,
Entropy, **20**, 224 (2018), DOI : 10.3390/e20040224, 査読有
79. Takuya Ohmura, Yukinori Nishigami, Atsushi Taniguchi, Shigenori Nonaka, Junichi Manabe, Takuji Ishikawa, and Masatoshi Ichikawa,,
 “Simple mechanosense and response of cilia motion reveal the intrinsic habits of ciliates”,
Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America, **115**, 3231-3236 (2018),
 DOI : 10.1073/pnas.1718294115, 査読有
80. 臼井萌絵, 吉川祐子, 吉川研一,
 “DNA 二重鎖切断に対するアスコルビン酸の保護作用:混雑条件下での一分子計測による定量的評価”,
ビタミン, **92**, 257-262 (2018), 査読有
81. Salomé Mielke, Taichi Habe, Mariam Veschgini, Xianhe Liu, Kenichi Yoshikawa, Marie Pierre Krafft and Motomu Tanaka,
 “Emergence of Strong Nonlinear Viscoelastic Response of Semifluorinated Alkane Monolayers”,
Langmuir, **34**, 2489–2496 (2018), DOI : 10.1021/acs.langmuir.7b03997, 査読有
82. Hayato Kikuchi, Keiji Nose, Yuko Yoshikawa and Kenichi Yoshikawa,
 “Double-strand breaks in genome-sized DNA caused by mechanical stress under mixing: Quantitative evaluation through single-molecule observation”,
Chemical Physics Letters, **701**, 81-85 (2018), DOI : 10.1016/j.cplett.2018.04.042, 査読有
83. Naoki Nakatani, Hiroki Sakuta, Masahito Hayashi, Shunsuke Tanaka, Kingo Takiguchi, Kanta Tsumoto and Kenichi Yoshikawa,
 “Specific Spatial Localization of Actin and DNA in a Water/Water Microdroplet: Self - Emergence of a Cell-Like Structure”,
ChemBioChem, **19**, 1370-1374 (2018), DOI : 10.1002/cbic.201800066, 査読有

84. Jose M. Carnerero, Shinsuke Masuoka, Hikari Baba, Yuko Yoshikawa, Rafael Prado-Gotor and Kenichi Yoshikawa,
“Decorating a Single Giant DNA with Gold Nanoparticles”,
RSC Advances, **8**, 26571-26579 (2018), DOI : 10.1039/c8ra05088k, 査読有
85. Yukinori Nishigami, Takuya Ohmura, Atsushi Taniguchi, Shigenori Nonaka, Junichi Manabe, Takuji Ishikawa, Masatoshi Ichikawa,
“Influence of cellular shape on sliding behavior of ciliates”,
Communicative & Integrative Biology, **11**, e1506666 (2018),
DOI : 10.1080/19420889.2018.1506666, 査読有
86. Keisuke Danno, Takuto Nakamura, Natsumi Okoso, Naohiko Nakamura, Kohta Iguchi, Yoshiaki Iwadate, Takahiro Kenmotsu, Masaya Ikegawa, Shinji Uemoto and Kenichi Yoshikawa,
“Cracking pattern of tissue slices induced by external extension provides useful diagnostic information”,
Scientific Reports, **8**, 12167/1-6 (2018), DOI : 10.1038/s41598-018-30662-9, 査読有
87. Hiroki Sakuta, Shunsuke Seo, Shuto Kimura, Marcel Hörning, Koichiro Sadakane, Takahiro Kenmotsu, Motomu Tanaka and Kenichi Yoshikawa,
“Optical Fluid Pump: Generation of Directional Flow via Microphase Segregation/Homogenization”,
The Journal of Physical Chemistry Letters, **9**, 5792-5796 (2018),
DOI : 10.1021/acs.jpcllett.8b01876, 査読有
88. Takashi Nishio, Yuko Yoshikawa, Wakao Fukuda, Naoki Umezawa, Tsunehiko Higuchi, Shinsuke Fujiwara, Tadayuki Imanaka and Kenichi Yoshikawa,
“Branched-Chain Polyamine Found in Hyperthermophiles Induces Unique Temperature-Dependent Structural Changes in Genome-Size DNA”,
ChemPhysChem, **19**, 2299-2304 (2018), DOI : 10.1002/cphc.201800396, 査読有

A01 公募(2014-2017) [代表者:中村真]

1. Hironori Hoshino and Shin Nakamura,
“Effective temperature of non-equilibrium dense matter in holography”,
Physical Review D, **91**, 026009/1-10 (2015), DOI : 10.1103/PhysRevD.91.026009, 査読有
2. Hironori Hoshino, Shin Nakamura,
“Phenomenological construction of new dictionaries for holographic conductors”,
Physical Review D, **96**, 066006/1-10 (2017), DOI : 10.1103/PhysRevD.96.066006, 査読有

A01 公募(2014-2015) [代表者:永井健]

1. Ken H. Nagai, Yutaka Sumino, Raul Montagne, Igor S. Aranson, and Hugues Chaté,
“Collective motion of self-propelled particles with memory”,
Physical Review Letters, **114**, 168001/1-6 (2015), DOI : 10.1103/PhysRevLett.114.168001, 査読有

A01 公募(2014-2015) [代表者:波多野恭弘]

1. Péter Ván, Noa Mitsui, Takahiro Hatano,
“Non-equilibrium thermodynamical framework for rate- and state-dependent friction”,
Periodica Polytechnica Civil Engineering, **59**, 583-589 (2015), DOI : 10.3311/PPci.8249, 査読有
2. Takahiro Hatano, Clément Nartean and Peter Shebalin,
“Common dependence on stress for the statistics of granular avalanches and earthquakes”,
Scientific Reports, **5**, 12280 (2015), DOI : 10.1038/srep12280, 査読有
3. Takahiro Hatano,
“Friction laws from dimensional-analysis point of view.”,
Geophysical Journal International, **202**, 2159-2162 (2015), DOI : 10.1093/gji/ggv280, 査読有

A01 公募(2014-2015) [代表者:橋坂昌幸]

1. Masayuki Hashisaka, Tomoaki Ota, Masakazu Yamagishi, Toshimasa Fujisawa and Koji Muraki,
“Cross-correlation measurement of quantum shot noise using homemade transimpedance amplifiers”,
Review of Scientific Instruments, **85**, 054704 (2014), DOI : 10.1063/1.4875588, 査読有
2. Norio Kumada, Romain Dubourget, Ken'ichi Sasaki, Shinichi Tanabe, Hiroki Hibino, Hiroshi Kamata, Masayuki Hashisaka, Koji Muraki, Toshimasa Fujisawa,
“Plasmon transport and its guiding in graphene”,
New Journal of Physics, **16**, 063055 (2014), DOI : 10.1088/1367-2630/16/6/063055, 査読有
3. Masakazu Yamagishi, Narii Watase, Masayuki Hashisaka, Koji Muraki, and Toshimasa Fujisawa,
“Spin-dependent tunneling rates for electrostatically defined GaAs quantum dot”,
Physical Review B, **90**, 035306 (2014), DOI : 10.1103/PhysRevB.90.035306, 査読有
4. Norio Kumada, Preden Roulleau, Benoit Roche, Masayuki Hashisaka, Hiroki Hibino, Ivana Petković, and Christian Glattli,
“Resonant edge magnetoplasmons and their decay in graphene”,
Physical Review Letters, **113**, 266601 (2014), DOI : 10.1103/PhysRevLett.113.266601, 査読有
5. Masayuki Hashisaka, Tomoaki Ota, Koji Muraki, and Toshimasa Fujisawa,
“Shot-noise evidence of fractional quasiparticle creation in a local fractional quantum Hall state”,
Physical Review Letters, **114**, 056802/1-5 (2015), DOI : 10.1103/PhysRevLett.114.056802, 査読有
6. Naoaki Hiyama, Masayuki Hashisaka, and Toshimasa Fujisawa,
“An edge magnetoplasmon Mach-Zehnder interferometer”,
Applied Physics Letters, **107**, 143101 (2015), DOI : 10.1063/1.4932111, 査読有
7. J. C. H. Chen, Y. Sato, Reo Kosaka, Masayuki Hashisaka, Koji Muraki, and Toshimasa Fujisawa,
“Enhanced electron-phonon coupling for a semiconductor charge qubit in a surface phonon cavity”,
Scientific Reports, **5**, 15176 (2015), DOI : 10.1038/srep15176, 査読有
8. Daisuke Imanaka, Sonia Sharmin, Masayuki Hashisaka, Koji Muraki, and Toshimasa Fujisawa,
“Exchange-induced spin blockade in a two-electron double quantum dot”,
Physical Review Letters, **115**, 176802 (2015), DOI : 10.1103/PhysRevLett.115.176802, 査読有
9. Kazuhisa Washio, Ryo Nakazawa, Masayuki Hashisaka, Koji Muraki, Y. Tokura, and Toshimasa Fujisawa,
“Long-lived binary tunneling spectrum in the quantum Hall Tomonaga-Luttinger liquid”,
Physical Review B, **93**, 075304 (2016), DOI : 10.1103/PhysRevB.93.075304, 査読有
10. Masayuki Hashisaka, Naoaki Hiyama, Takafumi Akiho, Koji Muraki, Toshimasa Fujisawa,
“Waveform measurement of charge- and spin-density wavepackets in a chiral Tomonaga-Luttinger liquid”,
Nature Physics, **13**, 559-562 (2017), DOI : 10.1038/nphys4062, 査読有
11. Tomoaki Ota, Masayuki Hashisaka, Koji Muraki, and Toshimasa Fujisawa,
“Negative and positive cross-correlations of current noises in quantum Hall edge channels at bulk filling factor $\nu = 1$ ”,
Journal of Physics: Condensed Matter, **29**, 225302 (2017), DOI : 10.1088/1361-648X/aa6cc0, 査読有

A01 公募(2014-2015) [代表者:佐藤正英]

1. Mamoru Fujine, Masahide Sato, Tetsuya Toyooka, Hiroyasu Katsuno, Yoshihisa Suzuki, and Tsutomu Sawada,
“Crystallization of Brownian particles in thin systems constrained by walls”,
Physical Review E, **90**, 032404/1-7 (2014), DOI : 10.1103/PhysRevE.90.032404, 査読有
2. Masashi Kawaguchi, Hitoshi Miura, Kazuhiro Kishi, Masahide Sato, and Makio Uwaha,
“Period of a comblike pattern controlled by atom supply and noise”,
Physical Review E, **91**, 012409/1-9 (2015), DOI : 10.1103/PhysRevE.91.012409, 査読有

3. Youhei Kanatsu and Masahide Sato,
“Crystallization of Brownian particles in a pyramidal pit by a uniform external force”,
Journal of the Physical Society of Japan, **84**, 044601/1-6 (2015), DOI : 10.7566/JPSJ.84.044601,
査読有
4. Kazuhiro Kishi, Masashi Kawaguchi, Hitoshi Miura, Masahide Sato and Makio Uwaha,
“Relation between the Step Pattern and the Velocity of the Moving Linear Adatom Source”,
e-Journal of Surface Science and Nanotechnology, **13**, 269-274 (2015),
DOI : 10.1380/ejssnt.2015.269, 査読有

A01 公募(2014-2015) [代表者:喜多理王]

1. Kaito Sasaki, Masahiko Miyara, Rio Kita, Naoki Shinyashiki, and Shin Yagihara,
“Dynamics of water in the partially crystallized gelatin water mixture”,
Journal of Advanced Science, **24**, 41-44 (2014), DOI : 10.2978/jsas.24.41, 査読有
2. Kousaku Maeda, Naoki Shinyashiki, Shin Yagihara, Simone Wiegand, Rio Kita,
“How does thermodiffusion of aqueous solutions depend on concentration and hydrophobicity?”,
European Physical Journal E, **37**, 94/1-6 (2014), DOI : 10.1140/epje/i2014-14094-1, 査読有
3. Wataru Yamamoto, Kaito Sasaki, Rio Kita, Shin Yagihara, and Naoki Shinyashiki,
“Dielectric study on temperature-concentration superposition of liquid to glass in fructose-water mixtures”,
Journal of Molecular Liquids, **206**, 39-46 (2015), DOI : 10.1016/j.molliq.2015.01.057, 査読有
4. S. K. Kundu, S. Choe, K. Sasaki, Rio Kita, N. Shinyashiki, and S. Yagihara,
“Relaxation dynamics of liposomes in an aqueous solution”,
Physical Chemistry Chemical Physics, **17**, 18449-18455 (2015), DOI : 10.1039/C5CP01334H, 査読有
5. Kousaku Maeda, Naoki Shinyashiki, Shin Yagihara, Simone Wiegand, and Rio Kita,
“Ludwig-Soret effect of aqueous solutions of ethylene glycol oligomers, crown ethers, and glycerol: Temperature, molecular weight, and hydrogen bond effect”,
Journal of Chemical Physics, **143**, 124504/1-7 (2015), DOI : 10.1063/1.4931115, 査読有
6. Yasutaka Ohnishi, Rio Kita, Kazuyoshi Tsuchiya and Satoru Iwamori,
“Optical characteristics of poly(tetrafluoroethylene) thin film prepared by a vacuum evaporation”,
Japanese Journal of Applied Physics, **55**, 02BB04/1-5 (2016), DOI : 10.7567/JJAP.55.02BB04,
査読有
7. Kaito Sasaki, Rio Kita, Naoki Shinyashiki, and Shin Yagihara,
“Dielectric relaxation time of ice-Ih with different preparation”,
Journal of Physical Chemistry B, **120**, 3950-3953 (2016), DOI : 10.1021/acs.jpcc.6b01218, 査読有
8. Kaito Sasaki, Yurika Matsui, Masahiko Miyara, Rio Kita, Naoki Shinyashiki, and Shin Yagihara,
“Glass transition and dynamics of the polymer and water in the poly(vinylpyrrolidone)-water mixtures studied by dielectric relaxation spectroscopy”,
Journal of Physical Chemistry B, **120**, 6882-6889 (2016), DOI : 10.1021/acs.jpcc.6b05347, 査読有
9. Kazuya Eguchi, Doreen Niether, Simone Wiegand, and Rio Kita,
“Thermophoresis of cyclic oligosaccharides in polar solvents”,
European Physical Journal E, **39**, 86/1-8 (2016), DOI : 10.1140/epje/i2016-16086-5, 査読有
10. Isala Dueramae, Masaru Yoneyama, Naoki Shinyashiki, Shin Yagihara, and Rio Kita,
“Self-assembly of acetylated dextran with various acetylation degrees in aqueous solutions: Studied by light scattering”,
Carbohydrate Polymers, **159**, 171-177 (2017), DOI : 10.1016/j.carbpol.2016.12.026, 査読有
11. Doreen Niether, Tsubasa Kawaguchi, Jana Hovancova, Kazuya Eguchi, Jan K. G. Dhont, Rio Kita, and Simone Wiegand,
“Role of hydrogen bonding of cyclodextrin-drug complexes probed by thermodiffusion”,
Langmuir, **33**, 8483-8492 (2017), DOI : 10.1021/acs.langmuir.7b02313, 査読有
12. Isala Dueramae, Shingo Fukuzawa, Naoki Shinyashiki, Shin Yagihara, Rio Kita,
“Dynamics of amyloid-like aggregation and gel formation of hen egg-white lysozyme in highly concentrated ethanol solution”,
Journal of Biorheology, **31**, 21-28 (2017), DOI : 10.17106/jbr.31.21, 査読有

A01 公募(2016-2017) [代表者:塚原隆裕]

1. Takahiro Ishida, Yohann Duguet, Takahiro Tsukahara,
“Turbulent bifurcations in intermittent shear flows: from puffs to oblique stripes”,
Physical Review Fluids, **2**, 073902/1-18 (2017), DOI : 10.1103/PhysRevFluids.2.073902, 査読有

A01 公募(2016-2017) [代表者:大塚朋廣]

1. Kenta Takeda, Jun Kamioka, Tomohiro Otsuka, Jun Yoneda, Takashi Nakajima, Matthieu R. Delbecq, Shinichi Amaha, Giles Allison, Tetsuo Kodera, Shunri Oda, and Seigo Tarucha,
“A fault-tolerant addressable spin qubit in a natural silicon quantum dot”,
Science Advances, **2**, e1600694 (2016), DOI : 10.1126/sciadv.1600694, 査読有
2. Tomohiro Otsuka, Takashi Nakajima, Matthieu R. Delbecq, Shinichi Amaha, Jun Yoneda, Kenta Takeda, Giles Allison, Takumi Ito, Retsu Sugawara, Akito Noiri, Arne Ludwig, Andreas D. Wieck, and Seigo Tarucha,
“Single-electron Spin Resonance in a Quadruple Quantum Dot”,
Scientific Reports, **6**, 31820 (2016), DOI : 10.1038/srep31820, 査読有
3. Takumi Ito, Tomohiro Otsuka, Shinichi Amaha, Matthieu R. Delbecq, Takashi Nakajima, Jun Yoneda, Kenta Takeda, Giles Allison, Akito Noiri, Kento Kawasaki, and Seigo Tarucha,
“Detection and control of charge states in a quintuple quantum dot”,
Scientific Reports, **6**, 39113 (2016), DOI : 10.1038/srep39113, 査読有
4. Takashi Nakajima, Matthieu R. Delbecq, Tomohiro Otsuka, Peter Stano, Shinichi Amaha, Jun Yoneda, Akito Noiri, Kento Kawasaki, Kenta Takeda, Giles Allison, Arne Ludwig, Andreas D. Wieck, Daniel Loss, and Seigo Tarucha,
“Robust single-shot spin measurement with 99.5% fidelity in a quantum dot array”,
Physical Review Letters, **119**, 017701-1-6 (2017), DOI : 10.1103/PhysRevLett.119.017701, 査読有
5. Akito Noiri, Kento Kawasaki, Tomohiro Otsuka, Takashi Nakajima, Jun Yoneda, Shinichi Amaha, Matthieu Delbecq, Kenta Takeda, Giles Allison, Arne Ludwig, Andreas D. Wieck, and Seigo Tarucha,
“A triangular triple quantum dot with tunable tunnel couplings”,
Semiconductor Science and Technology, **32**, 084004-1-5 (2017), DOI : 10.1088/1361-6641/aa7596, 査読有
6. Tomohiro Otsuka, Takashi Nakajima, Matthieu R. Delbecq, Shinichi Amaha, Jun Yoneda, Kenta Takeda, Giles Allison, Peter Stano, Akito Noiri, Takumi Ito, Daniel Loss, Arne Ludwig, Andreas D. Wieck, and Seigo Tarucha,
“Higher-order spin and charge dynamics in a quantum dot-lead hybrid system”,
Scientific Reports, **7**, 12201-1-7 (2017), DOI : 10.1038/s41598-017-12217-6, 査読有
7. Akito Noiri, Tatsuki Takakura, Toshiaki Obata, Tomohiro Otsuka, Takashi Nakajima, Jun Yoneda, and Seigo Tarucha,
“Cotunneling spin blockade observed in a three-terminal triple quantum dot”,
Physical Review B, **96**, 155414/1-7 (2017), DOI : 10.1103/PhysRevB.96.155414, 査読有
8. Jun Yoneda, Kenta Takeda, Tomohiro Otsuka, Takashi Nakajima, Matthieu R. Delbecq, Giles Allison, Takumu Honda, Tetsuo Kodera, Shunri Oda, Yusuke Hoshi, Noritaka Usami, Kohei M. Itoh, and Seigo Tarucha,
“A quantum-dot spin qubit with coherence limited by charge noise and fidelity higher than 99.9%”,
Nature Nanotechnology, **13**, 102-106 (2018), DOI : 10.1038/s41565-017-0014-x, 査読有
9. Takashi Nakajima, Matthieu R. Delbecq, Tomohiro Otsuka, Shinichi Amaha, Jun Yoneda, Akito Noiri, Kenta Takeda, Giles Allison, Arne Ludwig, Andreas D. Wieck, and Seigo Tarucha,
“Coherent transfer of electron spin correlations assisted by dephasing noise”,
Nature Communications, **9**, 2133/1-8 (2018), DOI : 10.1038/s41467-018-04544-7, 査読有
10. Takumi Ito, Tomohiro Otsuka, Takashi Nakajima, Matthieu R. Delbecq, Shinichi Amaha, Jun Yoneda, Kenta Takeda, Akito Noiri, Giles Allison, Arne Ludwig, Andreas D. Wieck, and Seigo Tarucha,
“Four single-spin Rabi oscillations in a quadruple quantum dot”,
Applied Physics Letters, **113**, 093102/1-5 (2018), DOI : 10.1063/1.5040280, 査読有

11. Kenta Takeda, Jun Yoneda, Tomohiro Otsuka, Takashi Nakajima, Matthieu R. Delbecq, Giles Allison, Yusuke Hoshi, Noritaka Usami, Kohei M. Itoh, Shunri Oda, Tetsuo Kodera, and Seigo Tarucha,
“Optimized electrical control of a Si/SiGe spin qubit in the presence of an induced frequency shift”,
npj Quantum Information, **4**, 54/1-6 (2018), DOI : 10.1038/s41534-018-0105-z, 査読有
12. Akito Noiri, Takashi Nakajima, Jun Yoneda, Matthieu R. Delbecq, Peter Stano, Tomohiro Otsuka, Kenta Takeda, Shinichi Amaha, Giles Allison, Kento Kawasaki, Arne Ludwig, Andreas D. Wieck, and Seigo Tarucha,
“A fast quantum interface between different spin qubit encodings”,
Nature Communications, **9**, 5066/1-7 (2018), DOI : 10.1038/s41467-018-07522-1, 査読有

A02 公募(2014-2017) [代表者:齋藤一弥]

1. Mafumi Hishida, Koichiro Tanaka, Yasuhisa Yamamura, and Kazuya Saito,
“Cooperativity between water and lipids in lamellar to inverted-hexagonal phase transition”,
Journal of the Physical Society of Japan, **83**, 044801 (2014), DOI : 10.7566/JPSJ.83.044801, 査読有
2. Koyomi Nakazawa, Mafumi Hishida, Shigenori Nagatomo, Yasuhisa Yamamura, and Kazuya Saito,
“Interplay between phase transition of DPPC bilayer and photoisomerization of doped stilbene molecule”,
Chemistry Letters, **43**, 1352-1354 (2014), DOI : 10.1246/cl.140398, 査読有
3. Mafumi Hishida, Yasuhisa Yamamura, and Kazuya Saito,
“Salt effects on lamellar repeat distance depending on head groups of neutrally charged lipids”,
Langmuir, **30**, 10583-10589 (2014), DOI : 10.1021/la502576x, 査読有
4. Takuya Yanagimachi, Mafumi Hishida, Yasuhisa Yamamura, and Kazuya Saito,
“Ultraslow oscillation of nematic disclination after abrupt switching of DC voltage”,
Journal of the Physical Society of Japan, **84**, 033601/1-4 (2015), DOI : 10.7566/JPSJ.84.033601, 査読有
5. Mafumi Hishida, Asami Endo, Koyomi Nakazawa, Yasuhisa Yamamura, and Kazuya Saito ,
“Effect of n-alkanes on lipid bilayers depending on headgroups”,
Chemistry and Physics of Lipids, **188**, 61-67 (2015), DOI : 10.1016/j.chemphyslip.2015.05.002, 査読有
6. Kazuya Saito, Mafumi Hishida, and Yasuhisa Yamamura,
“A Possible Critical Point for Nematic Order on the Basis of Landau Free Energy Having Dual Instabilities for Nano-Segregated Smectic Liquid Crystal”,
Soft Matter, **11**, 8493-8498 (2015), DOI : 10.1039/C5SM02014J, 査読有
7. Mafumi Hishida, Ryuta Yanagisawa, Hatsuho Usuda, Yasuhisa Yamamura, and Kazuya Saito,
“Communication: Rigidification of a lipid bilayer by an incorporated n-alkane”,
Journal of Chemical Physics, **144**, 041103 (2016), DOI : 10.1063/1.4941059, 査読有
8. Kazuya Saito, Yasuhisa Yamamura, Yohei Miwa, and Shoichi Kutsumizu,
“A structural model of the chiral Im3m cubic phase”,
Physical Chemistry Chemical Physics, **18**, 3280-3284 (2016), DOI : 10.1039/C5CP06658A, 査読有
9. Kazuya Saito, Mafumi Hishida, Kent Koike, Shigenori Nagatomo, and Yasuhisa Yamamura,
“X-ray study of molecular association in alcohols having bulkysubstituents”,
Chemical Physics Letters, **673**, 74-77 (2017), DOI : 10.1016/j.cplett.2017.02.011, 査読有
10. Kazuya Saito, Takaaki Ikeda, Yasuhisa Yamamura, Hideki Saitoh, Mafumi Hishida, Yutaro Kobayashi, Takeshi Fujita, and Junji Ichikawa,
“Cell-quintupling: Structural phase transition in a molecular crystal, bis(trans-4-butylcyclohexyl)methanol”,
The Journal of Chemical Physics, **146**, 074503 (2017), DOI : 10.1063/1.4976318, 査読有

A02 公募(2014-2015) [代表者:上妻幹旺]

1. Martin Miranda, Ryotaro Inoue, Yuki Okuyama, Akimasa Nakamoto, and Mikio Kozuma,
“Site-resolved imaging of ytterbium atoms in a two-dimensional optical lattice”,
Physical Review A, **91**, 063414/1-6 (2015), DOI : 10.1103/PhysRevA.91.063414, 査読有

2. Toshiyuki Hosoya, Martin Miranda, Ryotaro Inoue and Mikio Kozuma,
“Injection locking of a high power ultraviolet laser diode for laser cooling of ytterbium atoms”,
Review of Scientific Instruments, **86**, 073110/1-4 (2015), DOI : 10.1063/1.4927132, 査読有

A02 公募(2014-2015) [代表者:中尾裕也]

1. Masahiro Kazama, Wataru Kurebayashi, Takahiro Tsuchida, Yuta Minoshima, Mikio Hasegawa, Koji Kimura, and Hiroya Nakao,
“Enhancement of noise correlation for noise-induced synchronization of limit-cycle oscillators by threshold filtering”,
NOLTA, IEICE, **5**, 157-171 (2014), DOI : 10.1587/nolta.5.157, 査読有
2. Hiroya Nakao, Tatsuo Yanagita, Yoji Kawamura,
“Phase-Reduction Approach to Synchronization of Spatiotemporal Rhythms in Reaction-Diffusion Systems”,
Physical Review X, **4**, 021032/1-23 (2014), DOI : 10.1103/PhysRevX.4.021032, 査読有
3. Wataru Kurebayashi, Tsubasa Ishii, Mikio Hasegawa, and Hiroya Nakao,
“Design and control of noise-induced synchronization patterns”,
Europhysics Letters, **107**, 10009/1-6 (2014), DOI : 10.1209/0295-5075/107/10009, 査読有
4. Yoji Kawamura, Hiroya Nakao,
“Phase description of oscillatory convection with a spatially translational mode”,
Physica D: Nonlinear Phenomena, **295-296**, 11-29 (2014), DOI : 10.1016/j.physd.2014.12.007, 査読有
5. Wataru Kurebayashi, Sho Shirasaka, and Hiroya Nakao,
“A criterion for timescale decomposition of external inputs for generalized phase reduction of limit-cycle oscillators”,
Nonlinear Theory and Its Applications, **6**, 171-180 (2015), DOI : 10.1587/nolta.6.171, 査読有

A02 公募(2014-2015) [代表者:工藤和恵]

1. Kazue Kudo and Yuki Kawaguchi,
“Coarsening dynamics driven by vortex-antivortex annihilation in ferromagnetic Bose-Einstein condensates”,
Physical Review A, **91**, 053609/1-8 (2015), DOI : 10.1103/PhysRevA.91.053609, 査読有

A02 公募(2014-2015) [代表者:小林未知数]

1. Michikazu Kobayashi, and Eiji Nakano, and Muneto Nitta,
“Color Magnetism in Non-Abelian Vortex Matter”,
Journal of High Energy Physics, **6**, 130/1-12 (2014), DOI : 10.1007/JHEP06(2014)130, 査読有
2. Michikazu Kobayashi, and Muneto Nitta,
“Nonrelativistic Nambu-Goldstone modes propagating along a Skyrmion line”,
Physical Review D, **90**, 025010/1-9 (2014), DOI : 10.1103/PhysRevD.90.025010, 査読有
3. Michikazu Kobayashi, and Muneto Nitta,
“Nonrelativistic Nambu-Goldstone Modes Associated with Spontaneously Broken Space-Time and Internal Symmetries”,
Physical Review Letters, **113**, 120403/1-5 (2014), DOI : 10.1103/PhysRevLett.113.120403, 査読有
4. Daisuke Takahashi, Michikazu Kobayashi, and Muneto Nitta,
“Nambu-Goldstone Modes Propagating along Topological Defects: Kelvin and Ripple Modes from Small to Large Systems”,
Physical Review B, **91**, 184501/1-19 (2015), DOI : 10.1103/PhysRevB.91.184501, 査読有

A02 公募(2016-2017) [代表者:高須洋介]

1. Yosuke Takasu, Yoshiaki Fukushima, Yusuke Nakamura, and Yoshiro Takahashi,
“Magnetoassociation of a Feshbach molecule and spin-orbit interaction between the ground and electronically”,
Physical Review A, **96**, 023602 (2017), DOI : 10.1103/PhysRevA.96.023602, 査読有

2. Mateusz Borkowski, Alexei A. Buchachenko, Roman Ciuryło, Paul S. Julienne, Hirotaka Yamada, Yuu Kikuchi, Kakeru Takahashi, Yosuke Takasu, and Yoshiro Takahashi, “Beyond-Born-Oppenheimer effects in sub-kHz-precision photoassociation spectroscopy of ytterbium atoms”, *Physical Review A*, **96**, 063405 (2017), DOI : 10.1103/PhysRevA.96.063405, 査読有
3. Takafumi Tomita, Shuta Nakajima, Ipei Danshita, Yosuke Takasu and Yoshiro Takahashi, “Observation of the Mott insulator to superfluid crossover of a driven-dissipative Bose-Hubbard system”, *Science Advances*, **3**, e1701513 (2017), DOI : 10.1126/sciadv.1701513, 査読有

A03 公募(2014-2017) [代表者:内田就也]

1. Yi-Teng Hsiao, Kuan-Ting Wu, Nariya Uchida, and Wei-Yen Woon, “Impurity-tuned non-equilibrium phase transition in a bacterial carpet”, *Applied Physics Letters*, **108**, 183701/1-5 (2016), DOI : 10.1063/1.4948766, 査読有
2. Yoshiaki Kinoshita, Nariya Uchida, Daisuke Nakane and Takayuki Nishizaka, “Direct observation of rotation and steps of the archaellum in the swimming halophilic archaeon *Halobacterium salinarum*”, *Nature Microbiology*, **1**, 16148/1-9 (2016), DOI : 10.1038/nmicrobiol.2016.148, 査読有
3. Armando Maestro, Nicolas Bruot, Jurij Kotar, Nariya Uchida, Ramin Golestanian, Pietro Cicuta, “Control of synchronization in models of hydrodynamically coupled motile cilia”, *Communications Physics*, **1**, 28/1-8 (2018), DOI : 10.1038/s42005-018-0031-6, 査読有
4. Takanobu A. Katoh, Koji Ikegami, Nariya Uchida, Toshihito Iwase, Daisuke Nakane, Tomoko Masaike, Mitsutoshi Setou, Takayuki Nishizaka, “Three-dimensional tracking of microbeads attached to the tip of single isolated tracheal cilia beating under external load”, *Scientific Reports*, **8**, 15562 (2018), DOI : 10.1038/s41598-018-33846-5, 査読有

A03 公募(2014-2017) [代表者:義永那津人]

1. Yuki Koyano, Natsuhiko Yoshinaga, and Hiroyuki Kitahata, “General criteria for determining rotation or oscillation in a two-dimensional axisymmetric system”, *Journal of Chemical Physics*, **143**, 014117/1-6 (2015), DOI : 10.1063/1.4923421, 査読有
2. Shunsuke Yabunaka, Natsuhiko Yoshinaga, “Collision between chemically-driven self-propelled drops”, *Journal of Fluid Mechanics*, **809**, 205-233 (2016), DOI : 10.1017/jfm.2016.602, 査読有
3. Natsuhiko Yoshinaga and Tanniemola B. Liverpool, “Hydrodynamic interactions in dense active suspensions: From polar order to dynamical clusters”, *Physical Review E Rapid Communications*, **96**, 020603(R) (2017), DOI : 10.1103/PhysRevE.96.020603, 査読有
4. Kyongwan Kim, Natsuhiko Yoshinaga, Sanjib Bhattacharyya, Hikaru Nakazawa, Mitsuo Umetsu, and Winfried Teizer, “Large-scale chirality in an active layer of microtubules and kinesin motor proteins”, *Soft Matter*, **14**, 3221-3231 (2018), DOI : 10.1039/C7SM02298K, 査読有
5. Hiroyuki Kitahata and Natsuhiko Yoshinaga, “Effective diffusion coefficient including the Marangoni effect”, *Journal of Chemical Physics*, **148**, 134906 (2018), DOI : 10.1063/1.5021502, 査読有
6. Natsuhiko Yoshinaga and Tanniemola B. Liverpool, “From hydrodynamic lubrication to many-body interactions in dense suspensions of active swimmers”, *European Physical Journal E*, **41**, 76 (2018), DOI : 10.1140/epje/i2018-11683-x, 査読有

A03 公募(2014-2017) [代表者:車兪澈]

1. Yoshihiro Shimizu, Yutetsu Kuruma, Takashi Kanamori, Takuya Ueda ,
“The PURE system for protein production”,
Methods in Molecular Biology, **1118**, 275-284 (2014), DOI : 10.1007/978-1-62703-782-2_19, 査読有
2. Hideaki Matsubayashi, Yutetsu Kuruma, and Takuya Ueda,
“In vitro synthesis of the E. coli Sec Translocon from DNA”,
Angewandte Chemie International Edition, **53**, 7535-7538 (2014),
DOI : 10.1002/anie.201403929, 査読有
3. Hideaki Matsubayashi, Yutetsu Kuruma, and Takuya Ueda,
“Cell-Free Synthesis of SecYEG Translocon as the Fundamental Protein Transport Machinery”,
Origins of Life and Evolution of Biospheres, **44**, 331-334 (2014),
DOI : 10.1007/s11084-014-9389-y, 査読有
4. Yutetsu Kuruma and Takuya Ueda,
“The PURE system for the cell-free synthesis of membrane proteins”,
Nature Protocols, **10**, 1328-1344 (2015), DOI : 10.1038/nprot.2015.082, 査読有
5. Giordano Rampioni, Francesca D'Angelo, Marco Messina, Alessandro Zennaro, Yutetsu Kuruma,
Daniela Tofani, Livia Leonia, and Pasquale Stano,
“Synthetic cells produce a quorum sensing chemical signal perceived by *Pseudomonas aeruginosa*”,
Chemical Communications, in press, (2018), DOI : 10.1039/C7CC09678J, 査読有
6. Takumi Furusato, Fumihiro Horie, Hideaki T. Matsubayashi, Kazuaki Amikura, Yutetsu Kuruma, and Takuya Ueda,
“De novo synthesis of basal bacterial cell division proteins FtsZ, FtsA, and ZipA inside giant vesicles”,
ACS Synthetic Biology, **7**, 953-961 (2018), DOI : 10.1021/acssynbio.7b00350, 査読有

A03 公募(2014-2017) [代表者:田中求]

1. Nataliya Frenkel, Jens Wallys, Sara Lippert, Jörg Teubert, Stefan Kaufmann, Aparna Das, Eva Monroy, Martin Eickhoff and Motomu Tanaka,
“High Precision, Electrochemical Detection of Reversible Binding of Recombinant Proteins on Wide Bandgap GaN Electrodes Functionalized with Biomembrane Models”,
Advanced Functional Materials, **24**, 4927-4934 (2014), DOI : 10.1002/adfm.201400388, 査読有
2. Phuc Nghia Nguyen, Mariam Veschgini, Motomu Tanaka, Gilles Waton, Thierry Vandamme and Marie Pierre Krafft,
“Counteracting the inhibitory effect of proteins towards lung surfactant substitutes: a fluorocarbon gas helps displace albumin at the air/water interfac”,
Chemical Communications, **50**, 11576-11579 (2014), DOI : 10.1039/c3cc47840h, 査読有
3. Harden Rieger, Hiroshi Y. Yoshikawa, Katharina Quadt, Morten A. Nielsen, Cecilia P. Sanchez, Ali Salanti, Motomu Tanaka and Michael Lanzer,
“Cytoadhesion of *P. falciparum*-infected erythrocytes to chondroitin-4-sulfate is cooperative and shear-enhanced”,
Blood, **125**, 383-391 (2014), DOI : 10.1182/blood-2014-03-561019, 査読有
4. Nataliya Frenkel, Ali Makky, Ikhwan Resmala Sudji, Michael Wink, and Motomu Tanaka,
“Mechanistic Investigation of Interactions between Steroidal Saponin Digitonin and Cell Membrane Models”,
The Journal of Physical Chemistry B, **118**, 14632-14639 (2014), DOI : 10.1021/jp5074939, 査読有
5. Alexandra S. Burk, Cornelia Monzel, Hiroshi Y. Yoshikawa, Patrick Wuchter, Rainer Saffrich, Volker Eckstein, Motomu Tanaka and Anthony D. Ho,
“Quantifying Adhesion Mechanisms and Dynamics of Human Hematopoietic Stem and Progenitor Cells.”,
Scientific Reports, **5**, 9370 (2015), DOI : 10.1038/srep09370, 査読有
6. Hiroaki Ito, Navina Kuss, Bastian E. Rapp, Masatoshi Ichikawa, Thomas Gutschmann, Klaus Brandenburg, Johannes M. B. Pöschl, and Motomu Tanaka,
“Quantification of the Influence of Endotoxins on the Mechanics of Adult and Neonatal Red Blood Cells”,
Journal of Physical Chemistry B, **119**, 7837-7845 (2015), DOI : 10.1021/acs.jpcc.5b01544, 査読有

7. Mariam Veschgini, F. Gebert, Nyamdorj Khangai, H. Ito, Ryo Suzuki, Thomas W. Holstein, Yasushi Mae, Takero Arai, and Motomu Tanaka,
“Tracking mechanical and morphological dynamics of regenerating Hydra tissue fragments using a two fingered micro-robotic hand”,
Applied Physics Letters, **108**, 103702 (2016), DOI : 10.1063/1.4943402, 查読有
8. Viktoria Frank, Stefan Kaufmann, Rebecca Wright, Patrick Horn, Hiroshi Yoshikawa, Patrick Wuchter, Jeppe Madsen, Andrew Lewis, Steven P. Armes, Anthony D. Ho, and Motomu Tanaka,
“Frequent mechanical stress suppresses proliferation of mesenchymal stem cells from human bone marrow without loss of multipotency”,
Scientific Reports, **6**, 24264 (2016), DOI : 10.1038/srep24264, 查読有
9. Yuji Higaki, Benjamin Fröhlich, Akihisa Yamamoto, Ryo Murakami, Makoto Kaneko, Atsushi Takahara, and Motomu Tanaka,
“Ion-specific modulation of interfacial interaction potentials between solid substrates and cell-sized particles mediated via zwitterionic, super-hydrophilic poly(sulfobetaine) brushes”,
The Journal of Physical Chemistry B, **121**, 1396–1404 (2017), DOI : 10.1021/acs.jpcc.6b11540, 查読有
10. Takahisa Matsuzaki, Hiroaki Ito, Veronika Chevyreva, Ali Makky, Stefan Kaufmann, Kazuki Okano, Naritaka Kobayashi, Masami Suganuma, Seiichiro Nakabayashi, Hiroshi Y. Yoshikawa and Motomu Tanaka,
“Adsorption of galloyl catechin aggregates significantly modulates membrane mechanics in the absence of biochemical cues”,
Physical Chemistry Chemical Physics, **19**, 9937-19947 (2017), DOI : 10.1039/c7cp02771k, 查読有
11. Marcel Hörning, Masaki Nakahata, Philip Linke, Akihisa Yamamoto, Mariam Veschgini, Stefan Kaufmann, Yoshinori Takashima, Akira Harada & Motomu Tanaka,
“Dynamic mechano-regulation of myoblast cells on supramolecular hydrogels cross-linked by reversible host-guest interactions”,
Scientific Reports, **7**, 7660 (2017), DOI : 10.1038/s41598-017-07934-x, 查読有
12. Salomé Mielke, Taichi Habe, Mariam Veschgini, Xianhe Liu, Kenichi Yoshikawa, Marie Pierre Krafft, and Motomu Tanaka,
“Emergence of Strong Nonlinear Viscoelastic Response of Semifluorinated Alkane Monolayers”,
Langmuir, **34**, 2489-2496 (2018), DOI : 10.1021/acs.langmuir.7b03997, 查読有
13. Cornelia Monzel, Alexandra S. Becker, Rainer Saffrich, Patrick Wuchter, Volker Eckstein, Anthony D. Ho & Motomu Tanaka,
“Dynamic cellular phenotyping defines specific mobilization mechanisms of human hematopoietic stem and progenitor cells induced by SDF1 α versus synthetic agents”,
Scientific Reports, **8**, 1841 (2018), DOI : 10.1038/s41598-018-19557-x, 查読有
14. Takao Ohta, Cornelia Monzel, Alexandra S. Becker, Anthony D. Ho, Motomu Tanaka,
“Simple physical model unravels influences of chemokine on shape deformation and migration of human hematopoietic stem cells”,
Scientific Reports, **8**, 10630 (2018), DOI : 10.1038/s41598-018-28750-x, 查読有
15. Wasim Abuillan, Alexandra S. Becker, Bruno Deme, Tatsuya Homma, Hiroyuki Isobe, Koji Harano, Eiichi Nakamura, Motomu Tanaka,
“Neutron scattering reveals water confined in a watertight bilayer vesicle”,
Journal of the American Chemical Society, **140**, 11261-11266 (2018),
DOI : 10.1021/jacs.8b04066, 查読有
16. Maryam Eshrati, Federico Amadei, Tom Van de Wiele, Mariam Veschgini, Stefan Kaufmann, Motomu Tanaka,
“Biopolymer-based minimal formulations boost viability and metabolic functionality of probiotics lactobacillus rhamnosus GG through gastrointestinal passage”,
Langmuir, **34**, 11167-11175 (2018), DOI : 10.1021/acs.langmuir.8b01915, 查読有

A03 公募(2014-2017) [代表者:西坂崇之]

1. Yoshiaki Kinoshita, Daisuke Nakane, Mitsuhiro Sugawa, Tomoko Masaike, Kana Mizutani, Makoto Miyata, and Takayuki Nishizaka,
“Unitary step of gliding machinery in *Mycoplasma mobile*”,
Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America, **111**, 8601-8606 (2014),
DOI : 10.1073/pnas.1310355111, 査読有
2. Jun Kurushima, Daisuke Nakane, Takayuki Nishizaka, and Haruyoshi Tomita,
“Bacteriocin protein BacL₁ of *Enterococcus faecalis* targets cell division loci and specifically recognizes L-Ala₂-crossbridged peptidoglycan”,
Journal of Bacteriology, **197**, 286-295 (2015), DOI : 10.1128/JB.02203-14, 査読有
3. Shin Yamaguchi, Kei Saito, Miki Sutoh, Takayuki Nishizaka, Yoko Y Toyoshima, Junichiro Yajima,
“Torque generation by axonemal outer-arm dynein”,
Biophysical Journal, **108**, 872-879 (2015), DOI : 10.1016/j.bpj.2014.12.038, 査読有
4. Wonju Lee, Yoshiaki Kinoshita, Youngjin Oh, Nagisa Mikami, Heejin Yang, Makoto Miyata, Takayuki Nishizaka, and Donghyun Kim,
“Three-Dimensional Superlocalization Imaging of Gliding *Mycoplasma mobile* by Extraordinary Light Transmission through Arrayed Nanoholes”,
ACS Nano, **9**, 10896-10908 (2015), DOI : 10.1021/acsnano.5b03934, 査読有
5. Mitsuhiro Sugawa, Kei-ichi Okazaki, Masaru Kobayashi, Takashi Matsui, Gerhard Hummer, Tomoko Masaike, and Takayuki Nishizaka,
“F₁-ATPase conformational cycle from simultaneous single-molecule FRET and rotation measurements”,
Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America, **113**, E2916-2924 (2016), DOI : 10.1073/pnas.1524720113, 査読有
6. Akihiro Tanaka, Daisuke Nakane, Masaki Mizutani, Takayuki Nishizaka, Makoto Miyata,
“Directed binding of gliding bacterium, *Mycoplasma mobile*, shown by detachment force and bond lifetime”,
mBio, **7**, e00455-16 (2016), DOI : 10.1128/mBio.00455-16, 査読有
7. Yoshiaki Kinoshita, Nariya Uchida, Daisuke Nakane, and Takayuki Nishizaka,
“Direct observation of rotation and steps of the archaellum in the swimming halophilic archaeon *Halobacterium salinarum*”,
Nature Microbiology, **1**, 16148/1-9 (2016), DOI : 10.1038/nmicrobiol.2016.148, 査読有
8. Shoko Fujimura, Yuko Ito, Mitsunori Ikeguchi, Kengo Adachi, Junichiro Yajima, Takayuki Nishizaka,
“Dissection of the angle of single fluorophore attached to the nucleotide in corkscrewing microtubules”,
Biochemical and Biophysical Research Communications, **485**, 614-620 (2017),
DOI : 10.1016/j.bbrc.2017.01.165, 査読有
9. Daisuke Nakane and Takayuki Nishizaka,
“Asymmetric distribution of type IV pili triggered by directional light in unicellular cyanobacteria”,
Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America, **114**, 6593-6598 (2017),
DOI : 10.1073/pnas.1702395114, 査読有
10. Yoshiaki Kinoshita, Yoshitomo Kikuchi, Nagisa Mikami, Daisuke Nakane, Takayuki Nishizaka,
“Unforeseen swimming and gliding mode of an insect gut symbiont, *Burkholderia* sp. RPE64, with wrapping of the flagella around its cell body”,
The ISME Journal, **12**, 838-848 (2018), DOI : 10.1038/s41396-017-0010-z, 査読有
11. Masaki Mizutani, Isil Tulum, Yoshiaki Kinoshita, Takayuki Nishizaka, Makoto Miyata,
“Detailed Analyses of Stall Force Generation in *Mycoplasma mobile* Gliding”,
Biophysical Journal, **114**, 1411-1419 (2018), DOI : 10.1101/142133, 査読有

A03 公募(2014-2017) [代表者:宗行英朗]

1. Yasuaki Komuro, Suyong Re, Chigusa Kobayashi, Eiro Muneyuki, and Yuji Sugita,
“CHARMM Force-Fields with Modified Polyphosphate Parameters Allow Stable Simulation of the ATP-Bound Structure of Ca²⁺-ATPase”,
Journal of Chemical Theory and Computation, **10**, 4133–4142 (2014), DOI : 10.1021/ct5004143, 査読有
2. Hiroshi Ueno, Yoshihiro Minagawa, Mayu Hara, Suhaila Rahman, Ichiro Yamato, Eiro Muneyuki, Hiroyuki Noji, Takeshi Murata, Ryota Iino,
“Torque Generation of *Enterococcus hirae* V-ATPase”,
The Journal of Biology Chemistry, **289**, 31212–31223 (2014), DOI : 10.1074/jbc.M114.598177, 査読有
3. Shoichi Toyabe and Eiro Muneyuki,
“Single molecule thermodynamics of ATP synthesis by F1-ATPase”,
New Journal of Physics, **17**, 015008/1-7 (2015), DOI : 10.1088/1367-2630/17/1/015008, 査読有
4. Jun Tamogami, Keitaro Sato, Sukuna Kurokawa, Takumi Yamada, Toshifumi Nara, Makoto Demura, Seiji Miyauchi, Takashi Kikukawa, Eiro Muneyuki, Naoki Kamo,
“Formation of M-Like Intermediates in Proteorhodopsin in Alkali Solutions (pH \geq ~8.5) Where the Proton Release Occurs First in Contrast to the Sequence at Lower pH”,
Biochemistry, **55**, 1036-48 (2016), DOI : 10.1021/acs.biochem.5b01196, 査読有
5. Kano Suzuki, Kenji Mizutani, Shintaro Maruyama, Kazumi Shimono, Fabiana L. Imai, Eiro Muneyuki, Yoshimi Kakinuma, Yoshiko Ishizuka-Katsura, Mikako Shirouzu, Shigeyuki Yokoyama, Ichiro Yamato and Takeshi Murata,
“Crystal structures of the ATP-binding and ADP-release dwells of the V₁ rotary motor”,
Nature Communications, **7**, 13235 (2016), DOI : 10.1038/ncomms13235, 査読有
6. Sho Fujii, Ryuta Fukano, Yoshihito Hayami, Hiroaki Ozawa, Eiro Muneyuki, Noboru Kitamura, and Masa-aki Haga,
“Simultaneous Formation and Spatial Patterning of ZnO on ITO Surfaces by Local Laser-Induced Generation of Microbubbles in Aqueous Solutions of [Zn(NH₃)₄]²⁺”,
ACS Applied Materials & Interfaces, **9**, 8413-8419 (2017), DOI : 10.1021/acsami.6b16719, 査読有
7. Suyong Re, Shigehisa Watabe, Wataru Nishima, Eiro Muneyuki, Yoshiki Yamaguchi, Alexander D. MacKerell Jr. and Yuji Sugita,
“Characterization of Conformational Ensembles of Protonated N-glycans in the Gas-Phase”,
Scientific Reports, **8**, 1644 (2018), DOI : 10.1038/s41598-018-20012-0, 査読有

A03 公募(2014-2015) [代表者:岡嶋孝治]

1. Mihoko Kajita, Kaoru Sugimura, Atsuko Ohoka, Jemima Burden, Hitomi Suganuma, Masaya Ikegawa, Takashi Shimada, Tetsuya Kitamura, Masanobu Shindoh, Susumu Ishikawa, Sayaka Yamamoto, Sayaka Saitoh, Yuta Yako, Ryosuke Takahashi, Takaharu Okajima, Junichi Kikuta, Yumiko Maijima, Masaru Ishii, Masazumi Tada, and Yasuyuki Fujita,
“Filamin acts as a key regulator in epithelial defence against transformed cells”,
Nature Communications, **5**, 4428/1-13 (2014), DOI : 10.1038/ncomms5428, 査読有
2. Ping Gen Cai and Takaharu Okajima,
“Precision of cell-to-cell variation in power-law rheology characterized by atomic force microscopy”,
Japanese Journal of Applied Physics, **54**, 037001 (2015), DOI : 10.7567/JJAP.54.037001, 査読有
3. Aya Tanaka, Ryosuke Tanaka, Nahoko Kasai, Shingo Tsukada, Takaharu Okajima, Koji Sumitomo,
“Time-lapse imaging of morphological changes in a single neuron during the early stages of apoptosis using scanning ion conductance microscopy”,
Journal of Structural Biology, **191**, 32-38 (2015), DOI : 10.1016/j.jsb.2015.06.002, 査読有
4. Ryosuke Takahashi, Takaharu Okajima,
“Mapping power-law rheology of living cells using multi-frequency force modulation atomic force microscopy”,
Applied Physics Letters, **107**, 173702 (2015), DOI : 10.1063/1.4934874, 査読有

A03 公募(2014-2015) [代表者:濱田勉]

1. Masamune Morita, Tsutomu Hamada, Mun'delanji C. Vestergaard, Masahiro Takagi, “Endo- and Exocytic Budding Transformation of Slow-Diffusing Membrane Domains Induced by Alzheimer’s Amyloid Beta”, *Physical Chemistry Chemical Physics*, **16**, 8773-8777 (2014), DOI : 10.1039/C4CP00434E, 査読有
2. Tatsuya Shima, Takahiro Muraoka, Tsutomu Hamada, Masamune Morita, Masahiro Takagi, Hajime Fukuoka, Yuichi Inoue, Takashi Sagawa, Akihiko Ishijima, Yuki Omata, Takashi Yamashita, Kazushi Kinbara, “Micrometer-Size Vesicle Formation Triggered by UV Light”, *Langmuir*, **30**, 7289-7295 (2014), DOI : 10.1021/la5008022, 査読有
3. Shunchi Kawasaki, Takahiro Muraoka, Haruki Obara, Takerou Ishii, Tsutomu Hamada, Kazushi kinbara, “Thermodriven Micrometer-Scale Aqueous-Phase Separation of Amphiphilic Oligoethylene Glycol Analogues”, *Chemistry-An Asian Journal*, **9**, 2778-2788 (2014), DOI : 10.1002/asia.201402134, 査読有
4. Hiroki Himeno, Naofumi Shimokawa, Shigeyuki Komura, David Andelman, Tsutomu Hamada, Masahiro Takagi, “Charge-induced phase separation in lipid membranes”, *Soft Matter*, **10**, 7959-7967 (2014), DOI : 10.1039/C4SM01089B, 査読有
5. Mari Takahashi, Priyank Mohan, Akiko Nakade, Koichi Higashimine, Derek Mott, Tsutomu Hamada, Kazuaki Matsumura, Tomohiko Taguchi, and Shinya Maenosono, “Ag/FeCo/Ag Core/shell/shell Magnetic Nanoparticles with Plasmonic Imaging Capability”, *Langmuir*, **31**, 2228-2236 (2015), DOI : 10.1021/la5046805, 査読有
6. Sunatda Arayachukeat, Jiraporn Seemork, Porntip Pan-In, Kittima Amornwachirabodee, Naunpun Sangphech, Titiporn Sansureerungsikul, Kamonluck Sathornsantikun, Chotima Vilaivan, Kazuki Shigyou, Prompong Pienpinijtham, Tirayut Vilaivan, Tanapat Palaga, Wijit Banlunara, Tsutomu Hamada, and Supason Pattanaargson Wanichwecharungruang, “Bringing macromolecules into cells and evading endosomes by oxidized carbon nanoparticles”, *Nano Letters*, **15**, 3370-3376 (2015), DOI : 10.1021/acs.nanolett.5b00696, 査読有
7. Tsutomu Hamada, Rie Fujimoto, Shunsuke F. Shimobayashi, Masatoshi Ichikawa, Masahiro Takagi, “Molecular behavior of DNA in a cell-sized compartment coated by lipids”, *Physical Review E*, **91**, 62717 (2015), DOI : 10.1103/PhysRevE.91.062717, 査読有
8. Thapakorn Tree-udom, Jiraporn Seemork, Kazuki Shigyou, Tsutomu Hamada, Naunpun Sangphech, Tanapat Palaga, Numpon Insin, Porntip Pan-In, and Supason Pattanaargson Wanichwecharungruang, “Shape Effect on Particle-Lipid Bilayer Membrane Association, Cellular Uptake and Cytotoxicity”, *ACS Applied Materials & Interfaces*, **7**, 23993-24000 (2015), DOI : 10.1021/acsami.5b06781, 査読有
9. Hiroki Himeno, Hiroaki Ito, Yuji Higuchi, Tsutomu Hamada, Naofumi Shimokawa, Masahiro Takagi, “Coupling between pore formation and phase separation in charged lipid membranes”, *Physical Review E*, **92**, 62713 (2015), DOI : 10.1103/PhysRevE.92.062713, 査読有

A03 公募(2014-2015) [代表者:岩楯好昭]

1. Hitomi Nakashima, Chika Okimura, and Yoshiaki Iwadate, “The molecular dynamics of crawling migration in microtubule-disrupted keratocytes”, *Biophysics and Physicobiology*, **12**, 21-29 (2015), DOI : 10.2142/biophysico.12.0_21, 査読有
2. Naoki Narematsumi, Raymond Quek, Keng-Hwee Chiam, and Yoshiaki Iwadate, “Ciliary metachronal wave propagation on the compliant surface of Paramecium cells”, *Cytoskeleton*, **72**, 633-646 (2015), DOI : 10.1002/cm.21266, 査読有
3. Takako Nakata, Chika Okimura, Takafumi Mizuno, and Yoshiaki Iwadate, “The role of stress fibers in the shape determination mechanism of fish keratocytes”, *Biophysical Journal*, **110**, 481-492 (2016), DOI : 10.1016/j.bpj.2015.12.014, 査読有

4. Chika Okimura, Kazuki Ueda, Yuichi Sakumura, Yoshiaki Iwadate,
“Fast-crawling cell types migrate to avoid the direction of periodic substratum stretching”,
Cell Adhesion & Migration, **10**, 331-341 (2016), DOI : 10.1080/19336918.2015.1129482, 査読有
5. Ayane Sonoda, Chika Okimura, and Yoshiaki Iwadate,
“Shape and area of keratocytes are related to the distribution and magnitude of their traction forces”,
Cell Structure and Function, **41**, 33-43 (2016), DOI : 10.1247/csf.15008, 査読有
6. Chika Okimura. and Yoshiaki Iwadate,
“Hybrid mechanosensing system to generate the polarity needed for migration in fish keratocytes”,
Cell Adhesion & Migration, **10**, 406-418 (2016), DOI : 10.1080/19336918.2016.1170268, 査読有
7. Chika Okimura, Yuichi Sakumura, Katsuya Shimabukuro, and Yoshiaki Iwadate,
“Sensing of substratum rigidity and directional migration by fast-crawling cells”,
Physical Review E, **97**, 052401 (2018), DOI: 10.1103/PhysRevE.97.052401, 査読有

A03 公募(2016-2017) [代表者:鳥谷部祥一]

1. Yuki Sakamoto, and Shoichi Toyabe,
“Assembly of a functional and responsive microstructure by heat bonding of DNA-grafted colloidal brick”,
Scientific Reports, **7**, 9104 (2017), DOI : 10.1038/s41598-017-09804-y, 査読有

A03 公募(2016-2017) [代表者:柳澤実穂]

1. Chikako Kurokawa, Kei Fujiwara, Masamune Morita, Ibuki Kawamata, Yui Kawagishi, Atsushi Sakai, Yoshihiro Murayama, Shin-ichiro M. Nomura, Satoshi Murata, Masahiro Takinoue, and Miho Yanagisawa,
“DNA cytoskeleton for stabilizing artificial cells”,
Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America, **114**, 7228-7233 (2017), DOI : 10.1073/pnas.1702208114, 査読有
2. Kenji Nishizawa, Kei Fujiwara, Masahiro Ikenaga, Nobushige Nakajo, Miho Yanagisawa , and Daisuke Mizuno,
“Universal glass-forming behavior of in vitro and living cytoplasm”,
Scientific Reports, **7**, 15143 (2017), DOI : 10.1038/s41598-017-14883-y, 査読有
3. Kei Fujiwara, Miho Yanagisawa,
“Liposomal internal viscosity affects the fate of membrane deformation induced by hypertonic treatment”,
Soft Matter, **13**, 9192-9198 (2017), DOI : 10.1039/C7SM01421J, 査読有
4. Atsushi Sakai, Yoshihiro Murayama, Kei Fujiwara , Takahiro Fujisawa, Saori Sasaki, Satoru Kidoaki, and Miho Yanagisawa,
“Increasing Elasticity through Changes in the Secondary Structure of Gelatin by Gelation in a Microsized Lipid Space”,
ACS Central Science, **4**, 477-483 (2018), DOI : 10.1021/acscentsci.7b00625, 査読有
5. Chiho Watanabe and Miho Yanagisawa,
“Cell-size Confinement effect on Protein Diffusion in Crowding Poly(ethylene)glycol solution”,
Physical Chemistry Chemical Physics, **20**, 8842-8847 (2018), DOI : 10.1039/C7CP08199E, 査読有

A03 公募(2016-2017) [代表者:渡邊信嗣]

1. Shinji Watanabe, Toshio Ando,
“High-speed XYZ-nanopositioner for scanning ion conductance microscopy”,
Applied Physics Letters, **111**, 113606/1-4 (2017), DOI : 10.1063/1.4993296, 査読有

A03 公募(2016-2017) [代表者:前多裕介]

1. Kazusa Beppu, Ziane, Izri, Jun Gohya, Kanta Eto, Masatoshi Ichikawa, and Yusuke T. Maeda,
“Geometry-driven collective ordering of bacterial vortices”,
Soft Matter, **13**, 5038 (2017), DOI : 10.1039/C7SM00999B, 査読有

A03 公募(2016-2017) [代表者:藤原慶]

1. Chikako Kurokawa, Kei Fujiwara, Masamune Morita, Ibuki Kawamata, Yui Kawagishi, Atsushi Sakai, Yoshihiro Murayama, Shin-ichiro M. Nomura, Satoshi Murata, Masahiro Takinoue, Miho Yanagisawa,
“DNA cytoskeleton for stabilizing artificial cells”,
Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America, **114**, 7228-7233 (2017), DOI : 10.1073/pnas.1702208114, 査読有
2. Kei Fujiwara, Tsunehito Sawamura, Tatsuya Niwa, Tatsuki Deyama, Shin-ichiro M. Nomura, Hideki Taguchi, Nobuhide Doi,
“In vitro transcription-translation using bacterial genome as a template to reconstitute intracellular profile”,
Nucleic Acids Research, **45**, 11449-11458 (2017), DOI : 10.1093/nar/gkx776, 査読有
3. Kenji Nishizawa, Kei Fujiwara, Masahiro Ikenaga, Nobushige Nakajo, Miho Yanagisawa, Daisuke Mizuno,
“Universal glass-forming behavior of in vitro and living cytoplasm”,
Scientific Reports, **7**, 15143 (2017), DOI : 10.1038/s41598-017-14883-y, 査読有
4. Kei Fujiwara, Miho Yanagisawa,
“Liposomal internal viscosity affects the fate of membrane deformation induced by hypertonic treatment”,
Soft Matter, **13**, 9192-9198 (2017), DOI : 10.1039/C7SM01421J, 査読有
5. Kei Fujiwara, Takuma Adachi, Nobuhide Doi,
“Artificial Cell Fermentation as a Platform for Highly Efficient Cascade Conversion”,
ACS Synthetic Biology, **7**, 363-370 (2017), DOI : 10.1021/acssynbio.7b00365, 査読有
6. Atsushi Sakai, Yoshihiro Murayama, Kei Fujiwara, Takahiro Fujisawa, Saori Sasaki, Satoru Kidoaki, and Miho Yanagisawa,
“Increasing Elasticity through Changes in the Secondary Structure of Gelatin by Gelation in a Microsized Lipid Space”,
ACS Central Science, **4**, 477-483 (2018), DOI : 10.1021/acscentsci.7b00625, 査読有

A03 公募(2016-2017) [代表者:木村暁]

1. Shigeru Matsumura, Tomoko Kojidani, Yuji Kamioka, Seiichi Uchida, Tokuko Haraguchi, Akatsuki Kimura, and Fumiko Toyoshima,
“Interphase adhesion geometry is transmitted to an internal regulator for spindle orientation via caveolin-1.”,
Nature Communications, **7**, 11858 (2016), DOI : 10.1038/ncomms11858, 査読有
2. Ritsuya Niwayama, Hiromichi Nagao, Tomoya Kitajima, Lars Hufnagel, Kyosuke Shinohara, Tomoyuki Higuchi, Takuji Ishikawa, and Akatsuki Kimura,
“Bayesian Inference of Forces Causing Cytoplasmic Streaming in *Caenorhabditis elegans* Embryos and Mouse Oocytes.”,
PLOS ONE, **11**, e0159917 (2016), DOI : 10.1371/journal.pone.0159917, 査読有
3. Yuko Sato, Tomoya Kujirai, Ritsuko Arai, Haruhiko Asakawa, Chizuru Ohtsuki, Naoki Horikoshi, Kazuo Yamagata, Jun Ueda, Takahiro Nagase, Tokuko Haraguchi, Yasushi Hiraoka, Akatsuki Kimura, Hitoshi Kurumizaka, and Hiroshi Kimura,
“A genetically encoded probe for live-cell imaging of H4K20 monomethylation.”,
Journal of Molecular Biology, **428**, 3885-2902 (2016), DOI : 10.1016/j.jmb.2016.08.010, 査読有
4. Kenji Kimura, Alexandre Mamane, Tohru Sasaki, Kohta Sato, Jun Takagi, Ritsuya Niwayama, Lars Hufnagel, Yuta Shimamoto, Jean-François Joanny, Seiichi Uchida, and Akatsuki Kimura,
“Endoplasmic reticulum-mediated microtubule alignment governs cytoplasmic streaming.”,
Nature Cell Biology, **19**, 399-406 (2017), DOI : 10.1038/ncb3490, 査読有
5. Ritsuko Arai, Takeshi Sugawara, Yuko Sato, Yohei Minakuchi, Atsushi Toyoda, Kentaro Nabeshima, Hiroshi Kimura, Akatsuki Kimura,
“Reduction in chromosome mobility accompanies nuclear organization during early embryogenesis in *Caenorhabditis elegans*.”,
Scientific Reports, **7**, 3631 (2017), DOI : 10.1038/s41598-017-03483-5, 査読有

6. Yuki Hara, Kenta Adachi, Shunsuke Kagohashi, Kazuo Yamagata, Hideyuki Tanabe, Shinji Kikuchi, Sei-Ichi Okumura, and Akatsuki Kimura,
“Scaling relationship between intra-nuclear DNA density and chromosomal condensation in metazoan and plant.”,
Chromosome Science, **19**, 43-49 (2017), DOI : 10.11352/scr.19.43, 査読有
7. Kazunori Yamamoto, Akatsuki Kimura,
“An anisotropic attraction model for the diversity and robustness of cell arrangement in nematodes.”,
Development, **144**, 4437-4449 (2017), DOI : 10.1242/dev.154609, 査読有

A04 公募(2014-2017) [代表者:河野行雄]

1. Xiaowei He, Naoki Fujimura, J. Meagan Lloyd, Kristopher J. Erickson, A. Alec Talin, Qi Zhang, Weilu Gao, Qijia Jiang, Yukio Kawano, Robert H. Hauge, François Léonard and Junichiro Kono,
“Carbon Nanotube Terahertz Detector”,
Nano Letters, **14**, 3953-3958 (2014), DOI : 10.1021/nl5012678, 査読有
2. Kristopher Erickson, Xiaowei He, A. Alec Talin, Bernice Mills, Robert H. Hauge, Takashi Iguchi, Naoki Fujimura, Yukio Kawano, Junichiro Kono, François Léonard,
“Figure of Merit for Carbon Nanotube Photothermoelectric Detectors”,
ACS Nano, **9**, 11618-11627 (2015), DOI : 10.1021/acsnano.5b06160, 査読有
3. Xiangying Deng, Shunri Oda, and Yukio Kawano,
“Frequency Selective, High Transmission Spiral Terahertz Plasmonic Antennas”,
Journal of Modeling and Simulation of Antennas and Propagation, **2**, 1-6 (2016), 査読有
4. Daichi Suzuki, Shunri Oda and Yukio Kawano,
“A flexible and wearable terahertz scanner”,
Nature Photonics, **10**, 809-814 (2016), DOI : 10.1038/nphoton.2016.209, 査読有
5. Takaaki Iguchi, Takeyoshi Sugaya, and Yukio Kawano,
“Silicon-immersed terahertz plasmonic structures”,
Applied Physics Letters, **110**, 151105-1-4 (2017), DOI : 10.1063/1.4980018, 査読有

A04 公募(2014-2015) A02 公募(2016-2017) [代表者:坂上貴洋]

1. Ken-ichi Mizuoichi, Hiizu Nakanishi, and Takahiro Sakaue,
“Dynamical scaling of polymerized membranes”,
Europhysics Letters, **107**, 38003/1-6 (2014), DOI : 10.1209/0295-5075/107/38003, 査読有
2. Miho Yanagisawa, Shinpei Nigorikawa, Takahiro Sakaue, Kei Fujiwara, and Masayuki Tokita,
“Multiple patterns of polymer gels in microspheres due to the interplay among phase separation, wetting, and gelation”,
Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America, **111**, 15894-15899 (2014), DOI : 10.1073/pnas.1416592111, 査読有
3. Ahmed Khorshid, Philip Zimny, David Tetreault-La Roche, Geremia Massarelli, Takahiro Sakaue, and Walter Reisner,
“Dynamic Compression of Single Nanochannel Confined DNA via a Nanodozer Assay”,
Physical Review Letters, **113**, 268104:1-5 (2014), DOI : 10.1103/PhysRevLett.113.268104, 査読有
4. Takuya Saito, Takahiro Sakaue,
“Driven anomalous diffusion: An example from polymer stretching”,
Physical Review E, **92**, 012601/1-13 (2015), DOI : 10.1103/PhysRevE.92.012601, 査読有
5. Michiel Laleman, Marco Baiesi, Boris P. Belotserkovskii, Takahiro Sakaue, Jean-Charles Walter, and Enrico Carlon,
“Torque-Induced Rotational Dynamics in Polymers: Torsional Blobs and Thinning”,
Macromolecules, **49**, 405-414 (2015), DOI : 10.1021/acs.macromol.5b01481, 査読有
6. Ahmed Khorshid, Susan Amin, Zhiyue Zhang, Takahiro Sakaue, Walter Reisner,
“Non-Equilibrium Dynamics of Nanochannel Confined DNA”,
Macromolecules, **49**, 1933-1940 (2016), DOI : 10.1021/acs.macromol.5b02240, 査読有

7. Takahiro Sakaue, and Chihiro H. Nakajima,
“Miscibility Phase Diagram of Ring Polymer Blends: A Topological Effect”,
Physical Review E, **93**, 042502/1-9 (2016), DOI : 10.1103/PhysRevE.93.042502, 査読有
8. Kyohei Shitara and Takahiro Sakaue,
“Shear modulus of structured electro-rheological fluid mixtures”,
Physical Review E, **93**, 052603/1-7 (2016), DOI : 10.1103/PhysRevE.93.052603, 査読有
9. Takahiro Sakaue,
“Dynamics of polymer translocation: a short review with an introduction of weakly-driven regime”,
Polymers, **8**, 424/1-12 (2016), DOI : 10.3390/polym8120424, 査読有
10. Takahiro Sakaue, Takuya Saito,
“Active diffusion of model chromosomal loci driven by athermal noise”,
Soft Matter, **13**, 81-87 (2017), DOI : 10.1039/C6SM00775A, 査読有
11. Takahiro Sakaue, Jean-Charles Walter, Enrico Carlon and Carlo Vanderzande,
“Non-Markovian dynamics of reaction coordinate in polymer folding”,
Soft Matter, **13**, 3174-3181 (2017), DOI : 10.1039/C7SM00395A, 査読有
12. Takuya Saito and Takahiro Sakaue,
“Complementary mode analyses between sub-and superdiffusion”,
Physical Review E, **95**, 042143 (2017), DOI : 10.1103/PhysRevE.95.042143, 査読有
13. Yumino Hayase, Takahiro Sakaue and Hiizu Nakanishi,
“Compressive response and helix formation of a semiflexible polymer confined in a nanochannel”,
Physical Review E, **95**, 052502/1-6 (2017), DOI : 10.1103/PhysRevE.95.052502, 査読有

A04 公募(2014-2017) [代表者:坪田誠]

1. Ai Nakatsuji, Makoto Tsubota, and Hideo Yano,
“Statistics of vortex loops emitted from quantum turbulence driven by an oscillating sphere”,
Physical Review B, **89**, 174520/1-7 (2014), DOI : 10.1103/PhysRevB.89.174520, 査読有
2. Kazuya Fujimoto, Makoto Tsubota,
“Spin-superflow turbulence in spin-1 ferromagnetic spinor Bose-Einstein condensates”,
Physical Review A, **90**, 013629/1-7 (2014), DOI : 10.1103/PhysRevA.90.013629, 査読有
3. Elisa Zemma, Makoto Tsubota, and Javier Luzuriaga,
“Possible Visualization of a Superfluid Vortex Loop Attached to an Oscillating Beam”,
Journal of Low Temperature Physics, **179**, 310-319 (2015), DOI : 10.1007/s10909-015-1282-1, 査読有
4. Satoshi Yui and Makoto Tsubota,
“Counterflow quantum turbulence of He-II in a square channel: numerical analysis with nonuniform flows of the normal fluid”,
Physical Review B, **91**, 184504/1-12 (2015), DOI : 10.1103/PhysRevB.91.184504, 査読有
5. Kazuya Fujimoto and Makoto Tsubota,
“Bogoliubov-wave turbulence in Bose-Einstein condensates”,
Physical Review A, **91**, 053620/1-12 (2015), DOI : 10.1103/PhysRevA.91.053620, 査読有
6. Satoshi Yui, Kazuya Fujimoto, Makoto Tsubota,
“Logarithmic velocity profile of quantum turbulence of superfluid ^4He ”,
Physical Review B, **92**, 224513/1-5 (2015), DOI : 10.1103/PhysRevB.92.224513, 査読有
7. Kazuya Fujimoto, Makoto Tsubota,
“Direct and inverse cascades of spin-wave turbulence in spin-1 ferromagnetic spinor Bose-Einstein condensates”,
Physical Review A, **93**, 033620/1-10 (2016), DOI : 10.1103/PhysRevA.93.033620, 査読有
8. Shinichi Ikawa, and Makoto Tsubota,
“Coflow turbulence of superfluid ^4He in a square channel: Vortices trapped on a cylindrical attractor”,
Physical Review B, **93**, 184508/1-8 (2016), DOI : 10.1103/PhysRevB.93.184508, 査読有

9. Che-hsiu Hsueh, Wen-Chin Wu, and Makoto Tsubota,
“Quantum crystallography of Rydberg-dressed Bose gases on a square lattice”,
Physical Review A, **95**, 013631/1-5 (2017), DOI : 10.1103/PhysRevA.95.013631, 查読有
10. “Flows with fractional quantum circulation in Bose-Einstein condensates induced by nontopological phase defects”,
Physical Review A, **97**, 013612/1-5 (2018), DOI : 10.1103/PhysRevA.97.013612, 查読有
11. Satoshi Yui, Makoto Tsubota, and Hiromichi Kobayashi,
“Three-Dimensional Coupled Dynamics of the two-fluid model in superfluid 4He: Deformed velocity profile of normal fluid in thermal counterflow”,
Physical Review Letters, **120**, 155301/1-4 (2018), DOI : 10.1103/PhysRevLett.120.155301, 查読有
12. Jim Gao, Wei Guo, Satoshi Yui, Makoto Tsubota, and W. F. Vinen,
“Dissipation in quantum turbulence in superfluid 4He above 1 K”,
Physical Review B, **97**, 184518/1-10 (2018), DOI : 10.1103/PhysRevB.97.184518, 查読有

A04 公募(2014-2015) [代表者: 古川亮]

1. Akira Furukawa, Davide Marenduzzo, and Michael E. Cates,
“Activity-induced clustering in model dumbbell swimmers: The role of hydrodynamic interactions”,
Physical Review E, **90**, 22303 (2014), DOI : 10.1103/PhysRevE.90.022303, 查読有
2. C. Patrick Royall, Jens Eggers, Akira Furukawa, and Hajime Tanaka,
“Probing colloidal gels at multiple length scales: The role of hydrodynamics”,
Physical Review Letters, **114**, 258302 (2015), DOI : 10.1103/PhysRevLett.114.258302, 查読有

A04 公募(2014-2015) [代表者: 山本量一]

1. Chunyu Shih and Ryoichi Yamamoto,
“Dynamic electrophoresis of charged colloids in an oscillating electric field”,
Physical Review E, **89**, 062317-1-11 (2014), DOI : 10.1103/PhysRevE.89.062317, 查読有
2. Adnan Hamid, John J. Molina, and Ryoichi Yamamoto,
“Simulation studies of microstructure of colloids in sedimentation”,
Molecular Simulation, **41**, 968 (2014), DOI : 10.1080/08927022.2014.929124, 查読有
3. Shugo Yasuda and Ryoichi Yamamoto,
“Multiscale simulation for thermo-hydrodynamic lubrication of a polymeric liquid between parallel plates”,
Molecular Simulation, **41**, 1002 (2014), DOI : 10.1080/08927022.2014.951639, 查読有
4. Adnan Hamid, John J. Molina, and Ryoichi Yamamoto,
“Direct Numerical Simulations of Sedimenting Spherical Particles at Finite Reynolds Number”,
RSC Advances, **4**, 53681-53693 (2014), DOI : 10.1039/C4RA11025K, 查読有
5. Shugo Yasuda and Ryoichi Yamamoto,
“Synchronized molecular dynamics simulation via macroscopic heat and momentum transfer: an application to polymer lubrication”,
Physical Review X, **4**, 041011/1-10 (2014), DOI : 10.1103/PhysRevX.4.041011, 查読有
6. Andrew J. Dunleavy, Karoline Wiesner, Ryoichi Yamamoto, and C. Patrick Royall,
“Mutual information reveals multiple structural relaxation mechanisms in a model glassformer”,
Nature Communications, **6**, 6089/1-8 (2015), DOI : 10.1038/ncomms7089, 查読有
7. Gregory Lecrivain, Giacomo Petrucci, Uwe Hampel and Ryoichi Yamamoto,
“Attachment of solid elongated particles on the surface of a stationary gas bubble”,
International Journal of Multiphase Flow, **71**, 83-93 (2015),
DOI : 10.1016/j.ijmultiphaseflow.2015.01.002, 查読有
8. Chunyu Shih, John J. Molina, and Ryoichi Yamamoto,
“Dynamic polarisation of a charged colloid in an oscillating electric field”,
Molecular Physics, **113**, 2511 (2015), DOI : 10.1080/00268976.2015.1059510, 查読有

9. Shugo Yasuda and Ryoichi Yamamoto,
“Synchronized molecular-dynamics simulation for the thermal lubrication of a polymeric liquid between parallel plates”,
Computers & Fluids, **124**, 185 (2016), DOI : 10.1016/j.compfluid.2015.05.018, 査読有
10. John J. Molina, Kotaro Otomura, Hayato Shiba, Hideki Kobayashi, Masaki Sano, and Ryoichi Yamamoto,
“Rheological evaluation of colloidal dispersions using the smoothed profile method: formulation and applications”,
Journal of Fluid Mechanics, **792**, 590-619 (2016), DOI : 10.1017/jfm.2016.78, 査読有

A04 公募(2016-2017) [代表者:前田京剛]

1. Yuji Hirokane, Yasuhide Tomioka, Yoshinori Imai, Atsutaka Maeda, Yoshinori Onose,
“Longitudinal and transverse thermoelectric transport in MnSi”,
Physical Review B, **93**, 014436/1-5 (2016), DOI : 10.1103/PhysRevB.93.014436, 査読有
2. Hideyuki Takahashi, Yoshinori Imai, Atsutaka Maeda,
“Low-temperature-compatible tunneling-current-assisted scanning microwave microscope utilizing a rigid coaxial resonator”,
Review of Scientific Instruments, **87**, 063706/1-6 (2016), DOI : 10.1063/1.4953337, 査読有
3. Yuichi Sawada, Fuyuki Nabeshima, Yoshinori Imai, Atsutaka Maeda,
“Investigation of Transport Properties for FeSe_{1-x}Te_x Thin Films under Magnetic Fields”,
Journal of the Physical Society of Japan, **85**, 073703/1-4 (2016), DOI : 10.7566/JPSJ.85.073703, 査読有
4. Ichiro Tsukada, Ataru Ichinose, Fuyuki Nabeshima, Yoshinori Imai, Atsutaka Maeda,
“Origin of lattice compression of FeS_{1-x}Te_x thin films on CaF₂ substrates”,
AIP Advances, **6**, 095314/1-7 (2016), DOI : 10.1063/1.4963646, 査読有
5. Yuichi Sawada, Fuyuki Nabeshima, Daisuke Asami, Ryo Ogawa, Yoshinori Imai,
“Transport properties of FeSe_{1-x}Te_x thin films under magnetic fields up to 8 T”,
Physica C, **530**, 27-30 (2016), DOI : 10.1016/j.physc.2016.02.020, 査読有
6. Yoshinori Imai, Yuichi Sawada, Daisuke Asami, Fuyuki Nabeshima, Atsutaka Maeda,
“Superconducting properties of FeSe_{1-x}Te_x films with x = 0–0.4”,
Physica C, **530**, 24-26 (2016), DOI : 10.1016/j.physc.2016.05.001, 査読有
7. Fuyuki Nabeshima, Yoshinori Imai, Ichiro Tsukada, and Atsutaka Maeda,
“Growth and transport properties of FeSe/FeTe superlattice thin films”,
Japanese Journal of Applied Physics, **56**, 020308 (2017), DOI : 10.7567/JJAP.56.020308, 査読有
8. Yoshinori Imai, Yuichi Sawada, Fuyuki Nabeshima, Daisuke Asami, Masataka Kawai, Atsutaka Maeda,
“Control of structural transition in FeSe_{1-x}Te_x thin films by changing substrate materials”,
Scientific Reports, **7**, 46653/1-5 (2017), DOI : 10.1038/srep46653, 査読有
9. Masamichi Nakajima, K. Yanase, Fuyuki Nabeshima, Yoshinori Imai, Atsutaka Maeda, and Setsuko Tajima,
“Gradual Fermi-surface modification in orbitally ordered state of FeSe revealed by optical spectroscopy”,
Physical Review B, **95**, 184502/1-5 (2017), DOI : 10.1103/PhysRevB.95.184502, 査読有
10. G. N. Phan, Kousuke Nakayama, K. Sugawara, T. Sato, T. Urata, Yoichi Tanabe, Katsumi Tanigaki, Fuyuki Nabeshima, Yoshinori Imai, Atsutaka Maeda, and Takashi Takahashi,
“Effects of strain on the electronic structure, superconductivity, and nematicity in FeSe studied by angle-resolved photoemission spectroscopy”,
Physical Review B, **95**, 224507/1-6 (2017), DOI : 10.1103/PhysRevB.95.224507, 査読有
11. Fuyuki Nabeshima, Kosuke Nagasawa, and Atsutaka Maeda,
“Superconducting fluctuations in FeSe_{0.5}Te_{0.5} thin films probed via microwave spectroscopy”,
Physical Review B, **97**, 024504/1-6 (2018), DOI : 10.1103/PhysRevB.97.024504, 査読有

A04 公募(2016-2017) [代表者:和田浩史]

1. Hirofumi Wada,
“Structural mechanics and helical geometry of thin elastic composites”,
Soft Matter, **12**, 7386-7397 (2016), DOI : 10.1039/C6SM01090C, 査読有
2. Daichi Matsumoto, Koji Fukudome and Hirofumi Wada,
“Two-dimensional fluid dynamics in a sharply bent channel: Laminar flow, separation bubble and vortex dynamics”,
Physics of Fluids, **28**, 103608 (2016), DOI : 10.1063/1.4963864, 査読有
3. Yasuaki Morigaki, Hirofumi Wada and Yoshimi Tanaka,
“Stretching an elastic loop: Crease, helicoid, and pop-out”,
Physical Review Letters, **117**, 198003 (2016), DOI : 10.1103/PhysRevLett.117.198003, 査読有
4. Tomohiko G. Sano, Tetsuo Yamaguchi, and Hirofumi Wada,
“Slip Morphology of Elastic Strips on Frictional Rigid Substrates”,
Physical Review Letters, **118**, 178001 (2017), DOI : 10.1103/PhysRevLett.118.178001, 査読有
5. Tomohiko G. Sano and Hirofumi Wada,
“Snap-buckling in asymmetrically constrained elastic strips”,
Physical Review E, **97**, 013002 (2018), DOI : 10.1103/PhysRevE.97.013002, 査読有
6. Keigo Nakamura, Tetsuya Hisanaga, Koichi Fujimoto, Keiji Nakajima and Hirofumi Wada,
“Plant-inspired pipettes”,
Journal of The Royal Society Interface, **15**, 20170868 (2018), DOI : 10.1098/rsif.2017.0868, 査読有

総説解説

A01-002 [代表者:小林研介 分担者:齊藤圭司、沙川貴大]

1. 小林研介,
“熱力学第2法則と『ゆらぎの定理』の検証実験”,
パツティ, **29**, 44-49 (2014), 査読無
2. Kensuke Kobayashi,
“What can we learn from noise? – Mesoscopic nonequilibrium statistical physics –”,
Proceedings of the Japan Academy, Series B, **92**, 204-221 (2016), DOI : 10.2183/pjab.92.204, 査読有
3. 松尾貞茂, 小林研介,
“グラフェン pn 接合におけるパリティ効果の発見”,
パツティ, **31**, 56-61 (2016), 査読無
4. Giuliano Benenti, Giulio Casati, Keiji Saito, and Robert S. Whitney,
“Fundamental aspects of steady-state conversion of heat to work at the nanoscale”,
Physics Reports, **694**, 1-124 (2017), DOI : 10.1016/j.physrep.2017.05.008, 査読有
5. 伊藤創祐, 沙川貴大,
“ネットワーク上の情報熱力学とその生体情報処理への応用”,
日本物理学会誌, **72**, 658-658 (2017), 査読無
6. 小林研介,
“ゆらぎで探る量子液体”,
パツティ, **32**, 16-21 (2017), 査読無
7. 小林研介,
“雑音は何を教えてくれるのか? —メゾスコピック系における量子輸送と雑音—”,
熱測定, **45**, 16-22 (2018), 査読有

A01-003 [代表者:佐野雅己 分担者:笹本智弘、竹内一将]

1. 佐野雅己,
“力学的エネルギー”,
数理科学, **602**, 41833 (2013), 査読無
2. 竹内一将,
“To be, or not to be – 吸収状態をめぐる非平衡臨界現象の物理学”,
日本物理学会誌, **70**, 599-607 (2015), 査読無
3. 佐野雅己,
“現象のモデル化と数理モデルの普遍性”,
数理科学, **631**, 1-4 (2016), 査読無
4. 竹内一将,
“確率的統計力学モデルと KPZ 普遍法則 - 非平衡トイモデルが自然現象と出会うとき”,
数理科学, **631**, 26-31 (2016), 査読無
5. 笹本智弘,
“物理学と確率・統計”,
数理科学, **647**, 38-44 (2017), 査読無
6. 笹本智弘,
“非平衡ゆらぎの普遍性”,
日本物理学会誌, **72**, 318-319 (2017), 査読無
7. 竹内一将,
“非平衡相転移におけるマイクロとマクロ: 吸収状態転移の例”,
数理科学, **649**, 38-44 (2017), 査読無
8. Kazumasa A. Takeuchi,
“An appetizer to modern developments on the Kardar-Parisi-Zhang universality class”,
Physica A, **504**, 77-105 (2018), DOI : 10.1016/j.physa.2018.03.009, 査読有

9. 佐野雅己,
“自ら動く物質における秩序とトポロジカル欠陥”,
日本物理学会誌, **72(1)**, 8-9 (2017), 査読無
10. 佐野雅己,
“特集: ゆらぎと構造から見る非平衡の世界、巻頭言”,
ハジティー, **32(11)**, 4-5 (2017), 査読無
11. 佐野雅己,
“総論: 非平衡科学の新展開”,
ハジティー, **32(11)**, 6-11 (2017), 査読無
12. 佐野雅己,
“層流・乱流転移と普遍法則”,
サマースクール数理物理, **2017**, 28-51 (2017), 査読無
13. 佐野雅己, 玉井敬一,
“層流・乱流遷移—非平衡相転移としての乱流”,
日本物理学会誌, **73(7)**, 463-468 (2018), 査読無

A01-004 [代表者: 宮崎州正 分担者: 吉野元]

1. 宮崎州正,
“特集「ガラス転移とシミュレーション」—はじめに—”,
アンサンブル, **16**, 77-78 (2014), DOI: 10.11436/mssj.16.77, 査読有
2. 宮崎州正, 尾澤岬, 池田昌司,
“ガラス転移理論の最近の発展”,
熱測定, **42**, 135-141 (2015), 査読有
3. 宮崎州正,
“ガラス転移の統計物理学”,
物性研究・電子版, **4**, 044206 (2015), DOI: 10.14989/204771, 査読有
4. 池田昌司, 水野英如, 尾澤岬, 宮崎州正,
“ガラス転移とアモルファス固体: 最近の理論研究から”,
ニューガラス, **31**, 3-6 (2016), 査読有

A02-001 [代表者: 折原宏 分担者: 長屋智之、佐藤勝彦、日高芳樹]

1. Yoshiki Hidaka,
“Functional Roles of Noise in Nonlinear Nonequilibrium Systems”,
JPSJ News and Comments, **11**, 10/1-2 (2014), DOI: 10.7566/JPSJNC.11.10, 査読無
2. 中垣俊之,
“単細胞生物の物理エソロジー —輸送現象論から読み解く賢さのしくみ—”,
化学と工業, **68**, 342-344 (2015), 査読無
3. 黒田茂, 田中良巳, 中垣俊之,
“脚式と非脚式の這行ロコモーションにおける運動モードスイッチングの共通力学”,
計測と制御, **54**, 248-253 (2015), 査読無
4. 中垣俊之,
“粘菌の情報伝達メカニズム”,
週間日本医事新報, **4752**, 63 (2015), 査読無
5. 中垣俊之,
“物理エソロジーの道すがら”,
人工知能学会誌, **30**, 525-531 (2015), 査読無
6. Hiroshi Orihara,
“Pattern Formation in Liquid Crystal”,
Forma, **30**, S63-S66 (2015), 査読無
7. Yoshiki Hidaka and Shoichi Kai,
“Dissipative structures in liquid crystals”,
Forma, **30**, S67-S69 (2015), DOI: 10.5047/forma.2015.s010, 査読有

8. 折原宏,
“せん断流下におけるソフトマターの非平衡構造とゆらぎの研究”,
日本レオロジー学会誌, **45**, 197-204 (2017), 査読無
9. Katsuhiko Sato,
“Direction-dependent contraction forces on cell boundaries induce collective migration of epithelial cells within their sheet”,
Development, Growth & Differentiation, **59**, 317-328 (2017), DOI : 10.1111/dgd.12361, 査読有
10. 折原宏,
“ネマチック液晶における配向と流れの相互作用, ゆらぎ, 応答”,
日本液晶学会誌, **21**, 254-262 (2017), 査読無
11. 佐々木裕司, レバンコア, 荒岡史人, 折原宏,
“イオンの局在化がもたらす再構築可能な液晶トポロジカル欠陥配列の作成”,
液晶, **22**, 29-36 (2018), 査読有

A02-002 [代表者:平野琢也 分担者:斎藤弘樹]

1. 平野琢也, 衛藤雄二郎,
“磁気双極子相互作用による Rbボース-アインシュタイン凝縮体スピンの空間構造形成”,
ハジテイ, **30**, 42162 (2015), 査読無
2. 衛藤雄二郎, 斎藤弘樹, 平野琢也,
“微弱な磁気双極子相互作用によるボース・アインシュタイン凝縮体スピンの空間構造形成:磁性気体としての冷却 Rb 原子”,
日本物理学会誌, **70**, 614-619 (2015), 査読無

A02-003 [代表者:櫻井建成 分担者:北畑裕之、澤井哲、石原秀至]

1. 石原秀至, 澤井哲,
“反応-拡散-駆動系として理解する細胞の形態変化”,
日本物理学会誌, **70**, 25-30 (2015), 査読無
2. Satoshi Nakata, Masaharu Nagayama, Hiroyuki Kitahata, Nobuhiko J. Suematsu, and Takeshi Hasegawa,
“Physicochemical design and analysis of self-propelled objects that are characteristically sensitive to interfacial environments”,
Physical Chemistry Chemical Physics, **17**, 10326-10338 (2015), DOI : 10.1039/C5CP00541H, 査読有
3. 石原秀至, 杉村薫,
“ベイズ推定でせまる形態形成の力学”,
医学のあゆみ, **253**, 1135-1140 (2015), 査読無
4. 杉村薫, 石原秀至,
“組織応力の異方性が細胞の六角格子化を促進する”,
生物物理, **55**, 210-211 (2015), 査読無
5. Akihiko Nakajima, Satoshi Sawai,
“Dissecting Spatial and Temporal Sensing in Dictyostelium Chemotaxis Using a Wave Gradient Generator”,
Chemotaxis: Methods and Protocols 2nd Ed. (ed. Dale Hereld, Tian Jin) Methods in Molecular Biology, **1407**, 107-122 (2016), DOI : 10.1007/978-1-4939-3480-5_8, 査読無
6. 北畑裕之,
“振動・拡散と数理モデル”,
数理科学, **631**, 8-13 (2016), 査読有
7. 中島昭彦, 石原秀至, 澤井哲,
“動く細胞が読み取る時間と空間:走化性のパラドクスと整流作用”,
生物物理学会誌, **56**, 98-101 (2016), 査読無
8. 澤井哲,
“時空間的なシグナルの検出とは何かー這いまわる細胞の走化性を例に”,
実験医学増刊『生命科学で使えるはじめての数理モデルとシミュレーション』, **35**, 195-199 (2017), 査読無

9. 北畑裕之, 田中正信,
“興奮場上の欠損まわりの螺旋波: 効果的な除細動法を展望して”,
生物物理, **57**, 191-195 (2017), DOI : 10.2142/biophys.57.191, 査読有
10. Alexander S. Mikhailov, Yuki Koyano, and Hiroyuki Kitahata,
“Hydrodynamic effects in oscillatory active nematics”,
Journal of the Physical Society of Japan, **86**, 101013/1-9 (2017), DOI : 10.7566/JPSJ.86.101013, 査読有
11. 澤井哲, 石原秀至,
“細胞内反応場のゆらぎと細胞運動”,
パルティ, **32**, 22-25 (2017), 査読無

A03-001 [代表者: 今井正幸 分担者: 菅原正、豊田太郎、佐久間由香]

1. 菅原正, 鈴木健太郎, 栗原顕輔, 豊田太郎,
“分子システムとしてつくる人工細胞”,
豊田研究報告, **67**, 63-70 (2014), 査読無
2. 菅原正, 鈴木健太郎,
“自らが増殖する人工細胞の化学構築”,
高分子, **63**, 382-384 (2014), 査読無
3. 菅原正,
“人工細胞への構成的アプローチ”,
パルティ, **30**, 64-65 (2014), 査読無
4. Yuka Sakuma and Masayuki Imai,
“From vesicles to protocells: the roles of amphiphilic molecules”,
Life, **5**, 651-675 (2015), DOI : 10.3390/life5010651, 査読有
5. 菅原正, 松下未知雄, 鈴木健太郎,
“ワイヤー分子で連結された金ナノ粒子ネットワークの電子輸送”,
豊田研究報告, **68**, 85-99 (2015), 査読無
6. 鈴木健太郎, 菅原正,
“走光性を示す自己駆動油滴”,
豊田研究報告, **69**, 67-71 (2016), 査読無
7. 鈴木健太郎,
“デビジョン・トピック(有機結晶): 光に向って自ら駆動する油滴”,
化学と工業, **69**, 1054 (2016), 査読有
8. Taro Toyota, Taisuke Banno, Juan M. Castro, and Masayuki Imai,
“Locomotion and Transformation of Underwater Micrometer-Sized Molecular Aggregates under Chemical Stimuli”,
Journal of the Physical Society of Japan, **86**, 101006-11 (2017), DOI : 10.7566/JPSJ.86.101006, 査読有
9. Miglena I. Angelova, Anne-Florence Bitbol, Michel Seigneuret, Galya Staneva, Atsuji Kodama, Yuka Sakuma, Toshihiro Kawakatsu, Masayuki Imai, Nicolas Puff,
“pH sensing by lipids in membranes: The fundamentals of pH-driven migration, polarization and deformations of lipid bilayer assemblies”,
Biochimica et Biophysica Acta (BBA) – Biomembranes, **1860**, 2042-2063 (2018), DOI : 10.1016/j.bbamem.2018.02.026, 査読有

A03-002 [代表者: 好村滋行 分担者: 野口博司、芝隼人]

1. 野口博司,
“粒子描像の流体力学計算手法 I”,
分子シミュレーション研究会会誌 “アンサンプル”, **15**, 265-268 (2013), 査読無
2. 好村滋行, 今井正幸,
“生体膜における不均一構造の物理”,
日本物理学会誌, **68**, 714-723 (2013), 査読無

3. 芝隼人, 野口博司,
“最近の研究から「界面活性剤系の構造形成の粗視化分子シミュレーション」”,
分子シミュレーション研究会会誌 “アンサンブル”, **16**, 59-65 (2014), 査読無
4. 野口博司,
“粒子描像の流体力学計算手法 II”,
分子シミュレーション研究会会誌 “アンサンブル”, **16**, 118-121 (2014), 査読無
5. 野口博司,
“粒子描像の流体力学計算手法 III”,
分子シミュレーション研究会会誌 “アンサンブル”, **16**, 211-214 (2014), 査読無
6. 野口博司,
“粒子描像の流体力学計算手法 IV”,
分子シミュレーション研究会会誌 “アンサンブル”, **16**, 252-254 (2014), 査読無
7. 中川恒,
“分子シミュレーションにおける三体ポテンシャルを含んだ系の局所応力テンソルの非一意性”,
分子シミュレーション研究会会誌 “アンサンブル”, **19**, 69 (2017), 査読無
8. 芝隼人,
“2次元ガラスのダイナミクス—無限対数ゆらぎと固有緩和—”,
日本物理学会誌, **72**, 717-722 (2017), 査読無
9. 中川恒,
“短距離古典分子動力学シミュレーションコードの GPGPU 化(1)”,
分子シミュレーション研究会会誌 “アンサンブル”, **19**, 267-273 (2017), 査読無
10. 中川恒,
“短距離古典分子動力学シミュレーションコードの GPGPU 化(2)”,
分子シミュレーション研究会会誌 “アンサンブル”, **20**, 40-45 (2018), 査読無

A03-003 [代表者:木村康之 分担者:水野大介]

1. 岩下靖孝, 木村康之,
“ヤヌス粒子の 2 次元分散系における凝集構造”,
日本物理学会誌, **69(4)**, 213-217 (2014), 査読無
2. 木村康之, 齊藤圭太,
“光の角運動量が誘導する微粒子の自律的ダイナミクス”,
レーザー研究, **46**, 205-209 (2018), 査読有

A03-004 [代表者:吉川研一 分担者:鶴山竜昭、市川正敏]

1. 吉川研一,
“単一高分子の自己秩序形成”,
高分子学会, **63**, 838-840 (2014), 査読有
2. Miho Yanagisawa, Takahiro Sakaue and Kenichi Yoshikawa,
“Characteristic Behavior of Crowding Macromolecules Confined in Cell-Sized Droplets”,
International Review of Cell and Molecular Biology, **307**, 175-204 (2014),
DOI: 10.1016/B978-0-12-800046-5.00007-2, 査読有
3. 濱田勉, 市川正敏,
“人工細胞システムの創成と構造制御”,
生化学, **86**, 209-213 (2014), 査読無
4. 中西秀, 市川正敏,
“コーヒーの湯気:水面に浮遊する微小水滴のダイナミクス”,
日本物理学会誌, **71**, 480-483 (2016), DOI: 10.11316/butsuri.71.7_480, 査読無
5. Tatsuaki Tsuruyama, Takuya Hiratsuka, Norishige Yamada,
“Hotspots of MLV integration in the hematopoietic tumor genome”,
Oncogene, **36**, 1169-1175 (2016), DOI: 10.1038/onc.2016.285, 査読有

6. 西上幸範, 伊藤弘明, 市川正敏,
“ブレブ駆動型アメーバ運動機構”,
原生動物学雑誌, **49**, 17-25 (2016), DOI : 10.18980/jjprotozool.49.1-2_17, 査読有
7. 剣持貴弘, 吉川研一, 貞包浩一朗,
“細胞にやさしい三次元細胞組織体構築の新技术”,
クリーンテクノロジー, **26**, 13-16 (2016), 査読有
8. Hiroki Sakuta, Nobuyuki Magome and Kenichi Yoshikawa,
“ナノの世界からマクロの世界を動かす:見えない分子から巨視的な動きへ”,
CSJ Current Review, **26**, 28-36 (2017), 査読有
9. 市川正敏,
“コーヒーを飲みながら”,
応用物理, **86**, 993-995 (2017), 査読無
10. Tatsuaki Tsuruyama,
“Non-Linear Kinetic Analysis of Protein Assembly Based on Center Manifold Theory”,
Intech, **1**, 89-106 (2018), DOI : 10.5772/intechopen.68734, 査読有
11. 市川正敏,
“ゆらぐ人工細胞”,
高分子, **67**, 249-250 (2018), 査読無

A01 公募(2014-2017) [代表者:中村真]

1. 中村真,
“ゲージ・重力対応で探る強相関係の非平衡物理学”,
日本物理学会誌, **70**, 510-518 (2015), 査読無

A01 公募(2014-2015) [代表者:橋坂昌幸]

1. 橋坂昌幸, 鎌田大, 藤澤利正, 熊田倫雄, 村木康二,
“量子ホール端における電荷密度波のダイナミクス”,
固体物理, **49**, 359 (2014), 査読有
2. 橋坂昌幸, 太田智明, 村木康二, 藤澤利正,
“局所分数量子ホール系における分数電荷準粒子のトンネル現象—量子ホール系における電流ゆらぎ測定—”,
固体物理, **51**, 127-138 (2016), 査読有
3. 橋坂昌幸, 藤澤利正,
“朝永・ラッティンジャー液体における電荷・スピン密度波束の観測実験”,
日本物理学会誌, **72**, 805 (2017), 査読無

A01 公募(2016-2017) [代表者:塚原隆裕]

1. 國井康平, 石田貴大, 塚原隆裕,
“遷移域スライディング・クエット流の局在乱流構造と統計量に及ぼす壁面曲率の影響”,
日本流体力学会誌「ながれ」, **35**, 475-480 (2016), 査読無
2. 塚原隆裕, 猪岡翔,
“直接数値解析による平面ポアズイユ流の乱流縞形成の研究”,
東北大学サイバーサイエンスセンター大規模科学計算システム広報 SENAC, **51**, 22-30 (2018), 査読無

A02 公募(2014-2017) [代表者:齋藤一弥]

1. 齋藤一弥,
“熱量測定のこれからのむけて”,
熱測定, **41**, 141-147 (2014), 査読有
2. 山村泰久, 齋藤一弥,
“サーモトロピック液晶のアルキル鎖は何をしているか?”,
液晶, **19**, 126-134 (2015), 査読有

- 齋藤一弥,
“液晶の構造熱力学 –完全結晶から液体へ–”,
液晶, **21**, 25-36 (2017), 査読有

A02 公募(2014-2015) [代表者:中尾裕也]

- Hiroya Nakao,
“Complex Ginzburg-Landau equation on networks and its non-uniform dynamics”,
The European Physical Journal Special Topics, **223**, 2411-2421 (2014),
DOI : 10.1140/epjst/e2014-02220-1, 査読有
- Hiroya Nakao,
“Phase reduction approach to synchronization of nonlinear oscillators”,
Contemporary Physics, **57**, 188-214 (2015), DOI : 10.1080/00107514.2015.1094987, 査読有

A03 公募(2014-2017) [代表者:内田就也]

- 内田就也,
“同期現象の数理 蔵本モデルとその周辺”,
数理科学, **631**, 32-38 (2016), 査読無
- 木下佳明, 内田就也, 中根大介, 西坂崇之,
“アーキアベン毛作動機構解明のための精密顕微測定技術”,
バイオインダストリー, **34**, 61-69 (2017), 査読無
- Nariya Uchida,
“How Do Nanorobots Swim in Slime?”,
JPSJ News and Comments, **14**, 05 (2017), DOI : 10.7566/JPSJNC.14.05, 査読有
- Nariya Uchida, Ramin Golestanian, Rachel R. Bennett,
“Synchronization and Collective Dynamics of Flagella and Cilia as Hydrodynamically Coupled Oscillators”,
Journal of the Physical Society of Japan, **86**, 101007/1-8 (2017), DOI : 10.7566/JPSJ.86.101007, 査読有

A03 公募(2014-2017) [代表者:義永那津人]

- Natsuhiko Yoshinaga,
“Simple models of self-propelled colloids and liquid drops: From individual motion to collective behaviors”,
Journal of the Physical Society of Japan, **86**, 101009 (2017), DOI : 10.7566/JPSJ.86.101009, 査読有

A03 公募(2014-2017) [代表者:車兪澈]

- 車兪澈, 上田卓也,
“クローズアップ実験法:PURE システムを用いた膜タンパク質の無細胞合成”,
実験医学, **34**, 471-476 (2016), 査読有
- 車兪澈, 上田卓也,
“トピックス『膜タンパク質の無細胞合成法』”,
生物物理, **56**, 162-164 (2016), DOI : 10.2142/biophys.56.162, 査読有
- 金森崇, 杉本(永池)崇, 車兪澈, 網藏和晃, 上田卓也,
“無細胞タンパク質合成系の高度化と合成生物学への展開”,
生化学, **89**, 211-220 (2017), DOI : 10.14952/SEIKAGAKU.2017.890211, 査読無

A03 公募(2014-2017) [代表者:宗行英朗]

- 鳥谷部祥一, 宗行英朗,
“1 分子ナノバイオ計測 :分子から生命システムを探る革新的技術 (野地博行 編 化学同人) 第 10 章 分子モーターの1分子実験熱力学”,
化学フロンティア, **23**, 131-138 (2014), 査読無

2. 上野博史, 鳥谷部祥一, 宗行英朗,
“一分子生物学(原田 慶恵 石渡 信一 編 化学同人)第7章 FoF1 モーター”,
DOJIN BIOSCIENCE SERIES, **17**, 88-101 (2014), 査読無

A03 公募(2014-2015) [代表者:岡嶋孝治]

1. 水谷祐輔, 田中良昌, 田中あや, 住友弘二, 岡嶋孝治,
“イオンコンダクタンス顕微鏡:細胞膜表面の揺らぎを計測する”,
光学, **44**, 44-48 (2015), 査読無
2. 高橋亮輔, 岡嶋孝治,
“原子間力顕微鏡による超高速細胞メカニクス計測技術”,
ケミカルエンジニアリング, **60**, 706-711 (2015), 査読無

A03 公募(2014-2015) [代表者:濱田勉]

1. 濱田勉, 市川正敏,
“人工細胞システムの創成と構造制御”,
生化学, **86**, 209-213 (2014), 査読無
2. 濱田勉,
“人工細胞システムの創出に向けた脂質膜インターフェース設計”,
Colloid and Interface Communication, **39**, 26-27 (2014), 査読無

A03 公募(2014-2015) [代表者:岩楯好昭]

1. Chika Okimura and Yoshiaki Iwadate,
“Directional cell migration in response to repeated substratum stretching”,
Journal of the Physical Society of Japan, **86**, 101002 (2017), DOI : 10.7566/JPSJ.86.101002, 査読有

A03 公募(2016-2017) [代表者:柳澤実穂]

1. 黒川知加子, 柳澤実穂,
“人工細胞骨格をもつリポソームの作製と薬用カプセルへの応用”,
月刊ファインケミカル, **12**, 36-42 (2017), 査読無
2. 黒川知加子, 柳澤実穂, 瀧ノ上正浩,
“骨格で支えられた頑丈な人工細胞”,
月刊化学, **73**, 40-43 (2017), 査読無

A03 公募(2016-2017) [代表者:石島秋彦]

1. Yuichi Inoue, Akihiko Ishijima,
“Local heating of molecular motors using single carbon nanotubes”,
Biophysical Reviews, **8**, 1-8 (2016), DOI : 10.1007/s12551-015-0185-3, 査読有
2. 福岡創, 蔡栄淑, 石島秋彦,
“生命科学と光学顕微鏡—どのようにして照明してきたか”,
光アライアンス, **11**, 22-26 (2017), 査読無
3. 福岡創, 蔡栄淑, 石島秋彦,
“たかがバクテリア, されどバクテリア”,
実験医学, **12**, 3224-3227 (2017), 査読無

A03 公募(2016-2017) [代表者:前多裕介]

1. 前多裕介, 福山達也,
“温度勾配・濃度勾配の共存下での生体高分子の非平衡輸送現象”,
日本物理学会誌, **71**, 746-751 (2016), 査読無
2. 前多裕介,
“界面駆動の流動と輸送:生命を捉える非平衡力学”,
物性研究・電子版, **6**, 064226 (2017), DOI : 10.14989/229048, 査読無

A03 公募(2016-2017) [代表者:木村暁]

1. 谷本博一, 木村健二, 木村暁,
“核はどのようにして細胞の中心を見つけるのか?”,
生物物理, **56**, 271-274 (2016), DOI : 10.2142/biophys.56.271, 査読有
2. 木村健二, 高木潤, 庭山律哉, 島本勇太, 内田誠一, 木村暁,
“細胞質流動が自発的に流れの方向をそろえるしくみ, 逆転させるしくみ”,
実験医学, **35**, 2250-2253 (2017), 査読無
3. 木村健二, 木村暁,
“細胞質流動の発生および逆転は小胞体のネットワークにより支配される”,
ライフサイエンス新着論文レビュー, **2017**, 29 (2017), DOI : 10.7875/first.author.2017.029, 査読無

A04 公募(2014-2017) [代表者:河野行雄]

1. 河野行雄,
“低次元電子系の機能に基づくテラヘルツ波検出・分光・撮像デバイス”,
応用物理, **84**, 643-647 (2015), 査読有
2. Yukio Kawano,
“Terahertz Response of Carbon Nanotubes and Graphene”,
Journal of the Physical Society of Japan, **84**, 121010-1-9 (2015), DOI : 10.7566/JPSJ.84.121010, 査読有
3. Yukio Kawano,
“Chip-Based Near-Field Terahertz Microscopy”,
IEEE Transactions on Terahertz Science and Technology, **6**, 356-364 (2016),
DOI : 10.1109/TTHZ.2016.2549358, 査読有
4. 河野行雄, 瀧田佑馬,
“THz 分光測定のコツ”,
応用物理, **85**, 428-432 (2016), 査読有
5. 河野行雄,
“チップ型近接場テラヘルツ分光イメージャーと量子伝導研究への応用”,
表面科学, **37**, 586-592 (2016), DOI : 10.1380/jsssj.37.586, 査読有

A04 公募(2014-2015) A02 公募(2016-2017) [代表者:坂上貴洋]

1. 坂上貴洋,
“高分子系における異常拡散現象”,
アンサンブル, **18**, 149-154, (2016), 査読有

A04 公募(2014-2017) [代表者:坪田誠]

1. Makoto Tsubota, Kazuya Fujimoto, and Satoshi Yui,
“Numerical studies of quantum turbulence”,
Journal of Low Temperature Physics, **188**, 119-189 (2017), DOI : 10.1007/s10909-017-1789-8,
査読有

A04 公募(2014-2015) [代表者:山本量一]

1. Norihiro Oyama, John J. Molina, and Ryoichi Yamamoto,
“Simulations of model micro-swimmers with fully resolved hydrodynamics”,
Journal of the Physical Society of Japan, **86**, 101008 (2017), DOI : 10.7566/JPSJ.86.101008, 査読有

A04 公募(2016-2017) [代表者:前田京剛]

1. 岡田達典, 前田京剛,
“鉄系超伝導体の磁束フロー”,
固体物理, **51**, 509-519 (2016), 査読有
2. 秋光純, 前田京剛,
“まとめ <超伝導の新しい潮流>”,
固体物理, **51**, 789-203 (2016), 査読有

3. 鍋島冬樹, 前田京剛,
“鉄カルコゲナイド超伝導体 FeSe を用いた超格子薄膜の育成”,
東京大学低温センター年報, **8**, 10-15 (2017), 査読有
4. Yoshinori Imai, Fuyuki Nabeshima, and Atsutaka Maeda,
“Comparative Review on Thin Film Growth of Iron-Based Superconductors”,
Condensed Matter, **B2**, 25/1-33 (2017), DOI : 10.3390/condmat2030025, 査読有

會議錄

A01-003

1. Kazumasa A. Takeuchi,
“Experimental realization of Tracy-Widom distributions and beyond: KPZ interfaces in turbulent liquid crystal”,
MSRI Publications, **65**, 495-507 (2014), 查読有

A01-003

2. Takashi Imamura, Tomohiro Sasamoto,
“On the q-TASEP with a random initial condition”,
Theoretical and Mathematical Physics, in press (2018), 查読有

A03-003

3. Shogo Okubo, Shuhei Shibata, and Yasuyuki Kimura,
“Collective behavior of the optically driven particles on a circular path”,
SPIE2014 proceeding, 91641P/1-6 (2014), DOI : 10.1117/12.2064338, 查読有

A03-003

4. Yasuyuki Kimura and Kuniyoshi Izaki,
“Measurement of interparticle force between nematic colloids”,
SPIE2014 proceeding, 91640O/1-7 (2014), DOI : 10.1117/12.2064322, 查読有

A01 公募(2014-2017)

5. Shin Nakamura,
“Application of AdS/CFT correspondence to studies on non-equilibrium steady states”,
Everything about Gravity: LeCosPA International Symposium, 515-520 (2017), 查読無

A02 公募(2014-2015)

6. Michikazu Kobayashi, and Muneto Nitta,
“Vortex polygons and their stabilities in Bose-Einstein condensates and field theory”,
Journal of Low Temperature Physics, **175**, 208-215 (2014), DOI : 10.1007/s10909-013-0977-4,
查読有

A03 公募(2014-2017)

7. Pier Luigi Luisi, and Yutetsu Kuruma,
“Open Questions on the Origin of Life (OQOL)—Introduction to the Special Issue”,
Origins of Life and Evolution of Biospheres, **44**, 267-268 (2015),
DOI : 10.1007/s11084-014-9391-4, 查読無

A03 公募(2014-2017)

8. Yutetsu Kuruma,
“Creation of Simple Biochemical Systems to Study Early Cellular Life”,
Origins of Life and Evolution of Biospheres, **45**, 359-360 (2015),
DOI : 10.1007/s11084-015-9443-4, 查読無

A03 公募(2014-2017)

9. Luisa Damiano, Yutetsu Kuruma and Pasquale Stano,
“What can synthetic biology offer to artificial intelligence (and vice versa)?”,
Biosystems, **148**, 1-3 (2016), DOI : 10.1016/j.biosystems.2016.09.005, 查読無

A04 公募(2014-2015)

10. Satoshi Yui, Makoto Tsubota,
“Counterflow quantum turbulence in a square channel under the normal fluid with a Poiseuille flow”,
Journal of Physics: Conference Series, **568**, 012028/1-5 (2014),
DOI : 10.1088/1742-6596/568/1/012028, 查読有

国際会議発表

A01-001 [代表者:佐々真一 分担者:中川尚子]

1. Masato Itami, Shin-ichi Sasa,
“Macroscopically measurable motion of heat-conducting solid” [Oral(contributed)],
11th International Meeting on Thermodiffusion (Jun. 2-6, 2014), Bayonne, France.
2. Takahiro Nemoto, Shin-ichi Sasa,
“Computation of Large Deviation Statistics via Iterative Measurement-and-Feedback
Procedure” [Oral(contributed)],
Glassy Systems and Constrained Stochastic Dynamics (Jun. 9-11, 2014), Coventry,
England.
3. Takahiro Nemoto, Shin-ichi Sasa,
“Computation of Large Deviation Statistics via Iterative Measurement-and-Feedback
Procedure” [Oral(contributed)],
Workshop: Thermodynamics, Large deviation, and Transportation (Sep. 17-18, 2014),
Kyoto, Japan.
4. Takahiro Nemoto, Shin-ichi Sasa,
“Computation of large deviation statistics via iterative measurement-and-feedback
procedure” [Oral(contributed)],
NITheP Workshop on large deviations in statistical physics (Nov. 3-7, 2014),
Stellenbosch University, Stellenbosch, South Africa.
5. Shin-ichi Sasa,
“Collective dynamics from non-equilibrium identities” [Invited],
Kyoto Winter School for Statistical Mechanics, Frontiers in Statistical Mechanics: From
Nonequilibrium Fluctuations to Active Matter (Feb. 4-17, 2015), Kyoto, Japan.
6. Shin-ichi Sasa,
“A fresh look at hydrodynamics” [Invited],
113th Statistical Mechanics Conference (May 10-12, 2015), Newark, USA.
7. Shin-ichi Sasa and Masato Itami,
“Non-equilibrium statistical mechanics from large deviation theory” [Invited],
Statistical mechanics and computation of large deviation rate functions (Jun.16-19,
2015), Lyon, France.
8. Shin-ichi Sasa,
“Large deviation functions and fluctuation relations in non-equilibrium systems”
[Keynote/Plenary],
Bangalore School on Statistical Physics VI (Jul. 3-18, 2015), Bangalore, India.
9. Shin-ichi Sasa and Masahiko Ueda,
“Replica symmetry breaking in trajectories of a driven Brownian particle” [Invited],
The 3rd East Asia Joint Seminar on Statistical Physics (Oct. 14-17, 2015), Seoul, Korea.
10. Shin-ichi Sasa and Yuki Yokokura,
“Thermodynamic entropy as a Noether invariant” [Invited],
The 7th KIAS Conference on Statistical Physics (Jul. 4-7, 2016), Seoul, Korea.
11. Shin-ichi Sasa and Yuki Yokokura,
“Thermodynamic entropy as a Noether invariant” [Oral(contributed)],
STATPHYS26 (Jul. 18-22, 2016), Lyon, France.

12. Shin-ichi Sasa, Sho Sugiura, Yuki Yokokura,
“Thermodynamic entropy as a Noether invariant” [Keynote/Plenary] ,
9th Dynamics Days Asia Pacific (Dec. 14-17, 2016), Hong-Kong, China.
13. Shin-ichi Sasa,
“Thermodynamic entropy as a Noether invariant” [Invited] ,
The Berkeley Statistical Mechanics Meeting (Jan.13-15, 2017), Berkeley, America.
14. Shin-ichi Sasa,
“Thermodynamic entropy as a Noether invariant” [Invited] ,
Frontiers of Quantum and Mesoscopic Thermodynamics 2017 (Jul. 9-15, 2017), Praque,
Czech Republic.
15. Naoko Nakagawa, Shin-ichi Sasa,
“Liquid-gas transitions in steady heat conduction” [Invited] ,
East Asia Seminars on Statistical Physics (Oct. 17-20, 2017), Kaohsiung, Taiwan.
16. Naoko Nakagawa, Shin-ichi Sasa,
“Liquid-gas transitions in steady heat conduction” [Invited] ,
International Symposium on Fluctuation and Structure out of Equilibrium 2017 (Nov.
20-23, 2017), Sendai, Japan.

A01-002 [代表者:小林研介 分担者:齊藤圭司、沙川貴大]

1. Kensuke Kobayashi,
“Fluctuation Theorem in a Quantum Coherent Conductor” [Invited] ,
the 25th International Conference on Statistical Physics of the International Union for
Pure and Applied Physics (IUPAP) (StatPhys25) (Jul. 22-26, 2013), Seoul, Korea.
2. Y. Utsumi, D. S. Golubev, M. Marthaler, Gerd Schön, and K. Kobayashi,
“Work fluctuation theorem for a classical circuit coupled to a quantum conductor”
[Oral(contributed)] ,
the 25th International Conference on Statistical Physics of the International Union
for Pure and Applied Physics (IUPAP) (StatPhys25) (Jul. 22-26, 2013), Seoul,
Korea.
3. Kensuke Kobayashi,
“Experimental Test of Fluctuation Theorem in Quantum Regime” [Invited] ,
Frontiers of Quantum and Mesoscopic Thermodynamics 2013 (FQMT'13) (Jul. 29- Aug.
3, 2013), Prague, Czech Republic.
4. Kensuke Kobayashi,
“Current Fluctuation in Quantum Transport” [Invited] ,
Workshop on "Nanoscience: Materials Phenomena at the Small Scale" (Oct. 9-11, 2013),
Tsukuba, Japan.
5. Takahiro Sagawa,
“Role of Mutual Information in Entropy Production under Information Exchanges”
[Invited] ,
East Asia Joint Seminars on Statistical Physics (EAJS-SP2013) (Oct. 21-24, 2013),
Kyoto, Japan.
6. Takahiro Sagawa,
“Fluctuation Theorem with Information Exchange” [Invited] ,
Solvay Workshop on "Thermodynamics of Small Systems" (Dec. 2-4, 2013), Brussels,
Belgium.

7. Kenji Tanabe, Ryo Matsumoto, Jun-ichiro Ohe, Shuich Murakami, Takahiro Moriyama, Daichi Chiba, Kensuke Kobayashi, and Teruo Ono,
“ Demonstration of Snell's Law of Spin Wave in Ferromagnetic Film ”
[Oral(contributed)] ,
International Magnetism Conference (INTERMAG 2014) (May 4-8, 2014), Dresden, Germany.
8. Keiji Saito,
“Kondo-signature in heat transfer via local two-state system” [Invited] ,
Advances in Non Equilibrium Statistical Mechanics (May 26-27, 2014), Florence, Italy.
9. Kensuke Kobayashi,
“Nonequilibrium Current Fluctuation in Quantum Device” [Invited] ,
Kavli Futures Symposium: Nanomaterials Science in Asian Perspective (Jun. 19-20, 2014), Seoul, Korea.
10. Takahiro Sagawa,
“Information Thermodynamics on Causal Networks” [Invited] ,
The 6th KIAS Conference on Statistical Physics "Nonequilibrium Statistical Physics of Complex Systems (NSPCS14)" (Jul. 8-11, 2014), Seoul, Korea.
11. Takahiro Sagawa,
“Quantum-information thermodynamics” [Invited] ,
YITP Workshop on Quantum Information Physics (YQIP2014) (Aug. 4-7, 2014), Kyoto, Japan.
12. Tomonori Arakawa, Junichi Shiogai, Mariusz Ciorga, Martin Utz, Dieter Schuh, Makoto Kohda, Junsaku Nitta, Dominique Bougeard, Dieter Weiss, Teruo Ono, Kensuke Kobayashi,
“Observation of spin shot noise” [Oral(contributed)] ,
the 32nd International Conference on Physics of Semiconductors (ICPS2014) (Aug. 10-15, 2014), Austin, Texas, USA.
13. Yoshitaka Nishihara, Teruo Ono, Tomonori Arakawa, Takahiro Tanaka, Shota Norimoto, Kensuke Kobayashi, Thomas Ihn, Clemens Rössler, Klaus Ensslin,
“Precise Shot Noise Measurement in a Clean Quantum Point Contact” [Oral(contributed)] ,
the 32nd International Conference on Physics of Semiconductors (ICPS2014) (Aug. 10-15, 2014), Austin, Texas, USA.
14. Meydi Ferrier, Tomonori Arakawa, Rio Fujiwara, Tokuro Hata, Kensuke Kobayashi, Richard Deblock, Raphaele Delagrangé, Helene Bouchiat, Rui Sakano, Akira Oguri,
“Crossover Between SU(2) & SU(4) Kondo Effects in a Carbon Nanotube Probed by Shot-Noise” [Oral(contributed)] ,
the 32nd International Conference on Physics of Semiconductors (ICPS2014) (Aug. 10-15, 2014), Austin, Texas, USA.
15. Kenji Tanabe, Ryo Matsumoto, Jun-ichiro Ohe, Shuichi Murakami, Takahiro Moriyama, Daichi Chiba, Kensuke Kobayashi, and Teruo Ono,
“ Snell's law of the magnetostatic surface wave in ferromagnetic films ”
[Oral(contributed)] ,
the 2014 International Conference on Solid State Devices and Materials (SSDM 2014) (Sep. 9-11, 2014), Tsukuba, Japan.
16. Takahiro Sagawa,
“Information Thermodynamics on Causal Networks” [Invited] ,
Thermodynamics, Large deviation, and Transportation (Sep. 17-18, 2014), Kyoto, Japan.

17. Keiji Saito,
“Several mysteries in low-dimensional heat transport” [Invited] ,
Thermodynamics, Large deviation and Transportation (Sep.17-18, 2014), Kyoto, Japan.
18. Tomonori Arakawa, Junichi Shiogai, Mariusz Ciorga, Martin Utz, Dieter Schuh, Makoto Kohda, Junsaku Nitta, Dominique Bougeard, Dieter Weiss, Teruo Ono, Kensuke Kobayashi,
“Shot noise induced by nonequilibrium spin accumulation” [Invited] ,
The 1st International Symposium Interactive Materials Science Cadet Program (Nov. 16-19, 2014), Osaka, Japan.
19. Kensuke Kobayashi,
“Nonequilibrium Kondo Effect in a Quantum Dot” [Invited] ,
Yukawa International Seminar 2014 (YKIS2014): "Nonequilibrium Phenomena in Novel Quantum States" (Dec. 3-5, 2014), Kyoto, Japan.
20. Takahiro Sagawa,
“Nonequilibrium Thermodynamics of Quantum Information Processing” [Invited] ,
Yukawa International Seminar 2014 (YKIS2014): Nonequilibrium Phenomena in Novel Quantum States (Dec. 3-5, 2014), Kyoto, Japan.
21. Kensuke Kobayashi,
“Nonequilibrium Fermi Liquid in a Kondo-correlated Quantum Dot” [Invited] ,
APCTP 2014 Workshop on Frontiers of Physics (Dec. 20-23, 2014), Muju, Korea.
22. Keiji Saito,
“Kondo signature in heat transfer” [Invited] ,
The 9th International Conference on Computational Physics (Jan. 7-11, 2015), Singapore.
23. Meydi Ferrier, Tomonori Arakawa, Tokuro Hata, Ryo Fujiwara, Raphaëlle Delagrangé, Richard Deblock, Rui Sakano, Akira Oguri, Kensuke Kobayashi,
“SU(2) and SU(4) Kondo Effect Probed by Nonequilibrium Current Fluctuations” [Invited] ,
Workshop on Recent Developments in the Kondo Problem (Jan. 9-10, 2015), Kashiwa, Japan.
24. Takahiro Sagawa,
“Fluctuation Theorem for Information Processing” [Invited] ,
2015 Berkeley Mini Statistical Mechanics Meeting (Jan. 9-11, 2015), Berkeley, California, US.
25. Takahiro Sagawa,
“Nonequilibrium thermodynamics of information processing” [Invited] ,
Focus Meeting of the Kyoto Winter School for Statistical Mechanics (Feb. 16-17, 2015), Kyoto, Japan.
26. Takahiro Sagawa,
“Thermodynamics of Nonequilibrium Systems with Feedback Control” [Invited] ,
March Meeting 2015 of the American Physical Society (Mar. 2-6, 2015), San Antonio, Texas, US.
27. Kensuke Kobayashi,
“Fluctuations in Mesoscopic Systems” [Invited] ,
IGER International Symposium on Science of Molecular Assembly and Biomolecular Systems 2015 : Spins in Action (Mar. 26-27, 2015), Nagoya, Japan.

28. Tomonori Arakawa, Masahiro Maeda, Teruo Ono, Junichi Shiogai, Makoto Kohda, Junsaku Nitta, Mariusz Ciorga, Martin Utz, Dieter Schuh, Dominique Bougeard, Dieter Weiss, Kensuke Kobayashi,
“Shot noise induced by spin accumulation” [Invited] ,
ISSP International Workshop on New Perspectives in Spintronic and Mesoscopic Physics (NPSMP2015) (Jun. 1-19, 2015), Kashiwa, Japan.
29. Meydi Ferrier, Tomonori Arakawa, Tokuro Hata, Ryo Fujiwara, Raphaëlle Delagrangé, Raphael Weil, Richard Deblock, Rui Sakano, Akira Oguri and Kensuke Kobayashi,
“Shot noise monitoring of the cross-over between SU(4) and SU(2) symmetry of the Kondo effect in a carbon nanotube quantum dot” [Invited] ,
ISSP International Symposium on New Perspectives in Spintronic and Mesoscopic Physics (NPSMP2015) (Jun. 1-19, 2015), Kashiwa, Japan.
30. Johannes Stigloher, Martin Decker, Helmut Körner, Kenji Tanabe, Takahiro Moriyama, Takuya Taniguchi, Hiroshi Hata, Marco Madami, Gianluca Gubbiotti, Kensuke Kobayashi, Teruo Ono, and Christian H. Back,
“Snell's Law for Spin Waves” [Oral(contributed)] ,
The 22nd International Colloquium on Magnetic Films and Surfaces (ICMFS-2015) (Jul. 12-17, 2015), Krakow, Poland.
31. Takahiro Sagawa,
“Nonequilibrium Thermodynamics of Quantum Information Processing” [Invited] ,
The 10th Principles and Applications of Control in Quantum Systems Workshop 2015 (PRACQSYS 2015), (Jul. 20-24, 2015), Sydney, Australia.
32. Meydi Ferrier, Tomonori Arakawa, Tokuro Hata, Ryo Fujiwara, Raphaëlle Delagrangé, Raphael Weil, Richard Deblock, Rui Sakano, Akira Oguri, and Kensuke Kobayashi,
“Universality of non-equilibrium fluctuations in strongly correlated quantum liquids” [Invited] ,
Frontiers of Quantum and Mesoscopic Thermodynamics 2015 (FQMT'15) (Jul. 27- Aug. 1, 2015), Prague, Czech Republic.
33. Kensuke Kobayashi, Meydi Ferrier, Tomonori Arakawa, Tokuro Hata, Ryo Fujiwara, Raphaëlle Delagrangé, Raphael Weil, Richard Deblock, Rui Sakano, and Akira Oguri,
“Non-equilibrium Fermi Liquid in a Kondo-correlated Quantum Dot Probed by Shot Noise” [Invited] ,
The 21st International Conference on Electronic Properties of Two-Dimensional Systems (EP2DS-21) (Jul. 26-31, 2015), Sendai, Japan.
34. Keiji Saito,
“Waiting for entropic fluctuations in stochastic thermodynamics” [Oral(contributed)] ,
New Frontiers in Non-equilibrium Physics 2015 (Jul. 21- Aug. 23, 2015), Kyoto, Japan.
35. Kensuke Kobayashi, Meydi Ferrier, Tomonori Arakawa, Tokuro Hata, Ryo Fujiwara, Raphaëlle Delagrangé, Raphael Weil, Richard Deblock, Rui Sakano, and Akira Oguri,
“Nonequilibrium Quantum Liquid in a Kondo-correlated Quantum Dot” [Invited] ,
International Symposium on Fluctuation and Structure out of Equilibrium 2015 (SFS2015) (Aug. 20-23, 2015), Kyoto, Japan.
36. Takahiro Sagawa,
“Thermodynamics of Autonomous Information Processing and its Application to Biological Signal Transduction” [Invited] ,
International Symposium on Fluctuation and Structure out of Equilibrium 2015 (SFS2015) (Aug. 20-23, 2015), Kyoto, Japan.

37. Keiji Saito,
“Rigorous bound on energy absorption and generic relaxation in periodically driven quantum systems.” [Oral(contributed)] ,
Nonequilibrium statistical physics (Oct. 26- Nov. 20, 2015), Bangalore, India.
38. Kensuke Kobayashi, Meydi Ferrier, Tomonori Arakawa, Tokuro Hata, Ryo Fujiwara, Raphaëlle Delagrangé, Raphael Weil, Richard Deblock, Rui Sakano, and Akira Oguri,
“Universality of Nonequilibrium Behavior in Strongly Correlated Quantum Liquids” [Invited] ,
The International Symposium on Nanoscale Transport and Technology (ISNTT2015) (Nov. 17-20, 2015), Atsugi, Japan.
39. Takahiro Sagawa,
“Thermodynamics of Autonomous Information Processing” [Invited] ,
KIAS Workshop on Quantum Information and Thermodynamics (Nov. 25-28, 2015), Busan, Korea.
40. Takahiro Sagawa,
“Thermodynamics of information and its application to biological signal transduction” [Invited] ,
Toyota Physical & Chemical Research Institute Workshop "Entropy, Information and Control" (Jan. 8-13, 2016), Tokyo, Japan.
41. Tomonori Arakawa, Masahiro Maeda, Meydi Ferrier, Yasuhiro Niimi, Kensuke Kobayashi, Junichi Shiogai, Makoto Kohda, and Junsaku Nitta,
“ Microscopic dynamics of spin current probed by noise measurement ” [Oral(contributed)] ,
13th Joint MMM-Intermag Conference (Jan. 11-15, 2016), California, USA.
42. Takahiro Sagawa,
“Nonequilibrium thermodynamics of quantum information” [Invited] ,
UTokyo-ANU Workshop on Quantum Information and Control (Mar. 9, 2016), Tokyo, Japan.
43. Tomonori Arakawa,
“Microscopic understanding of spin current probed by shot noise” [Invited] ,
APS March Meeting 2016 (Mar. 14-18, 2016), Maryland, USA.
44. Meydi Ferrier, Tomonori Arakawa, Tokuro Hata, Ryo Fujiwara, Raphaëlle Delagrangé, Richard Deblock, Rui Sakano, Akira Oguri, Kensuke Kobayashi,
“Universality of Non-equilibrium Fluctuations in Strongly Correlated Quantum Liquids” [Oral(contributed)] ,
APS March Meeting 2016 (Mar. 14-18, 2016), Maryland, USA.
45. Kensuke Kobayashi,
“Edge dynamics in graphene pn junctions in the quantum Hall regime probed by the shot noise” [Invited] ,
Workshop on Computational Nano-Materials Design and Realization for Energy-Saving and Energy-Creation Materials (Mar. 25-26, 2016), Toyonaka, Japan.
46. Kensuke Kobayashi, Meydi Ferrier, Tomonori Arakawa, Tokuro Hata, Ryo Fujiwara, Raphaëlle Delagrangé, Raphael Weil, Richard Deblock, Rui Sakano, and Akira Oguri,
“Non-equilibrium Fluctuations of Quantum Liquids in the Kondo Regime” [Invited] ,
China-Japan International Workshop on Quantum Technologies 2016 (QTech2016) (May 13-14, 2016), Beijing, China.

47. Takahiro Sagawa,
“Emergent Fluctuation Theorem in Pure Quantum States” [Invited] ,
Yukawa International Seminar 2016 (YKIS2016) "Quantum Matter, Spacetime and Information" (Jun. 13-17, 2016), Kyoto, Japan.
48. Kensuke Kobayashi,
“Current Fluctuations in Mesoscopic Systems” [Invited] ,
45th International Conference on the Physics of Semiconductors, Jaszowiec 2016 Conference (Jun. 18-24, 2016), Szczyrk, Poland.
49. Takahiro Sagawa,
“Fluctuation Theorem for Pure Quantum States” [Invited] ,
Information Engines at the Frontiers of Nanoscale Thermodynamics (Jun. 23- Jul. 1, 2016), Telluride, Colorado, US.
50. Meydi Ferrier, Tokuro Hata, Tomonori Arakawa, Yoshimichi Teratani, Rui Sakano, Akira Oguri, and Kensuke Kobayashi,
“Noise detection of the field enhancement of Kondo correlations in a carbon nanotube quantum dot” [Invited] ,
The 22nd International Conference on High Magnetic Fields in Semiconductor Physics (HMF-22) (Jul. 24-29, 2016), Sapporo, Japan.
51. Tokuro Hata, Ryo Fujiwara, Tomonori Arakawa, Meydi Ferrier, Rui Sakano, Yoshimichi Teratani, Akira Oguri, and Kensuke Kobayashi,
“Interaction effect on the field dependence of a carbon nanotube excitation spectrum” [Oral(contributed)] ,
33rd International Conference on the Physics of Semiconductors (ICPS 2016) (Jul. 31-Aug. 5, 2016), Beijing, China.
52. Tokuro Hata, Ryo Fujiwara, Tomonori Arakawa, Meydi Ferrier, Rui Sakano, Yoshimichi Teratani, Akira Oguri, and Kensuke Kobayashi,
“Interaction effect on the field dependence of a carbon nanotube excitation spectrum” [Oral(contributed)] ,
the 9th International Conference on Physics and Applications of Spin Phenomena in Solids (PASPS 9) (Aug. 8-11, 2016), Kobe, Japan.
53. Sadashige Matsuo, Shunpei Takeshita, Takahiro Tanaka, Shu Nakaharai, Kazuhito Tsukagoshi, Takahiro Moriyama, Teruo Ono, and Kensuke Kobayashi,
“ Edge mixing dynamics in a quantum Hall pn junction of graphene ” [Oral(contributed)] ,
the 9th International Conference on Physics and Applications of Spin Phenomena in Solids (PASPS 9) (Aug. 8-11, 2016), Kobe, Japan.
54. Keiji Saito,
“Trade-off relation between power and efficiency for heat engines” [Invited] ,
Nonequilibrium processes at the nanoscale (Jul. 25- Sep. 2, 2016), Beijing, China.
55. Takahiro Sagawa,
“Maxwell's demon in biochemical signal transduction” [Invited] ,
International Workshop on Stochastic Thermodynamics and Active Matters (Aug. 15-16, 2016), Beijing, China.
56. Takahiro Sagawa,
“Fluctuation theorem for many-body pure quantum states” [Invited] ,
KITPC program: Nonequilibrium processes at the nanoscale (Jul. 25- Sep. 2, 2016), Beijing, China.

57. Takahiro Sagawa,
“Thermodynamics of information in many-body quantum systems” [Invited] ,
Statistics, Quantum Information and Gravity (Sep. 27, 2016), Chiba, Japan.
58. Keiji Saito,
“Universal trade-off relation between power and efficiency for heat to work conversion”
[Invited] ,
Thermal and electronic transport in nanostructures (Oct. 31- Nov. 11, 2016), Natal, Brasil.
59. Tokuro Hata, Meydi Ferrier, Sanghyun Lee, Tomonori Arakawa, Rui Sakano, Akira Oguri, Raphaëlle Delagrangé, Richard Deblock and Kensuke Kobayashi,
“Shot noise of a superconductor/nanotube junction in the SU(2) and SU(4) Kondo regime”
[Oral(contributed)] ,
628. Wilhelm and Else heraeus Seminar “Trends in Mesoscopic superconductivity” (Nov. 14-18, 2016), Bad Honnef, Germany.
60. Takahiro Sagawa,
“Thermodynamics of information and its application to biochemical signal transduction”
[Invited] ,
Santa Fe Workshop on Statistical Physics, Information Processing and Biology (Nov. 16-18, 2016), Santa Fe, New Mexico, US.
61. Takahiro Sagawa,
“Information flow and entropy production in biochemical signal transduction” [Invited] ,
Workshop on Stochasticity and Fluctuations in Small Systems (Nov. 30- Dec. 2, 2016), Pohang, Korea.
62. Takahiro Sagawa,
“Fluctuation theorem for pure quantum states” [Invited] ,
Entanglement in gravity, quantum information and condensed matter physics (Jan. 3-9, 2017), Shanghai, China and Taipei, Taiwan.
63. Takahiro Sagawa,
“Fluctuation theorem for pure quantum states” [Invited] ,
The 5th Quantum Thermodynamics conference (Mar. 13-17, 2017), Oxford, UK.
64. Kensuke Kobayashi,
“Symmetry Control in the Kondo Effect” [Invited] ,
Spintronics and Core-to-Core Workshop 2017 (Mar. 21-22, 2017), Osaka, Japan.
65. Takahiro Sagawa,
“The demon in the cell: navigating in a noisy world” [Invited] ,
BEYOND Center "Power of Information" Workshop (Apr. 18-20, 2017), Arizona, US.
66. Kensuke Kobayashi,
“Spin-dependent Current Fluctuations in Mesoscopic Conductors” [Invited] ,
9th International School and Conference on Spintronics and Quantum Information Technology (Spintech IX) (Jun. 4-8, 2017), Fukuoka, Japan.
67. Kensuke Kobayashi,
“Fluctuations along Symmetry Crossover in a Kondo-correlated Quantum Dot” [Invited] ,
Frontiers of Quantum and Mesoscopic Thermodynamics 2017 (FQMT'17) (Jul. 9-15, 2017), Prague, Czech Republic.
68. Keiji Saito,
“Tradeoff-relation in work extraction : quantum coherence versus work precision”
[Invited] ,
Opne quantum systems (Jul. 17 - Aug. 4, 2017), Bengaluru, India.

69. Tokuro Hata, Meydi Ferrier, Sanghyun Lee, Tomonori Arakawa, Raphaelle Delagrance, Richard Deblock, Rui Sakano, Akira Oguri, Kensuke Kobayashi,
“Shot noise of a superconductor / nanotube junction in the SU(2) and SU(4) Kondo regime” [Oral(contributed)] ,
Nanophysics, from Fundamentals to Applications: Reloaded (Jul. 30 - Aug. 5, 2017),
Quy Nhon, Vietnam.
70. Kensuke Kobayashi,
“Shot Noise Induced by Nonequilibrium Spin Accumulation” [Invited] ,
Nanophysics, from Fundamentals to Applications: Reloaded (Jul. 30 - Aug. 5, 2017),
Quy Nhon, Vietnam.
71. Takahiro Sagawa,
“Thermodynamics of autonomous measurement and feedback” [Oral(contributed)] ,
TSRC Workshop "Information Engines at the Frontiers of Nanoscale Thermodynamics"
(Aug. 3-11, 2017), Telluride, US.
72. Takahiro Sagawa,
“Scrambling of Quantum Information in Quantum Many-Body Systems” [Invited] ,
The 3rd KIAS workshop on quantum information and thermodynamics (Sep. 17-20,
2017), Seoul, Korea.
73. Keiji Saito,
“Several trade-off relations in thermodynamics” [Invited] ,
The 3rd KIAS workshop on Quantum Information and Thermodynamics (Sep. 18-20,
2017), Seoul, Korea.
74. Tokuro Hata, Meydi Ferrier, Sanghyun Lee, Tomonori Arakawa, Raphaelle Delagrance,
Richard Deblock, Helene Bouchiat, and Kensuke Kobayashi,
“Interplay between Kondo effect and superconductivity in a carbon nanotube quantum
dot” [Oral(contributed)] ,
2017 International Conference on Solid State Devices and Materials (SSDM2017) (Sep.
20-22, 2017), Sendai, Japan.
75. Keiji Saito,
“Heat transport via low-dimensional systems with broken time-reversal symmetry” [Invited] ,
Dynamics Days Central Asia: Focus on complex networks and statistical physics (Oct.
21-23, 2017), Bukhara, Uzbekistan.
76. Takahiro Sagawa,
“Thermodynamics of autonomous Maxwell's demons” [Invited] ,
Mini-Symposium "Nonequilibrium dynamics and information processing in biology"
(Feb. 7-9, 2018), Okinawa, Japan.

A01-003 [代表者:佐野雅己 分担者:笹本智弘、竹内一将]

1. Masaki Sano and Hirokazu Tanimoto,
“Detecting Symmetry Breaking in Traction Force Dynamics of Migrating Amoeboid
Cells” [Invited] ,
Patterns and waves in populations of cells and active particles (Jul. 19-20, 2013),
Seoul, Korea.
2. Tomohiro Sasamoto,
“Exact stationary two-point function for the 1D KPZ equation” [Oral(contributed)] ,
XXV IUPAP International Conference on Statistical Physics, STATPHYS25 (Jul.
22-26, 2013), Seoul, Japan.

3. Kazumasa A. Takeuchi,
 “Exploring universal out-of-equilibrium scaling laws with turbulent liquid crystal” [Invited] ,
 XXV IUPAP International Conference on Statistical Physics, STATPHYS25 (July, 22-26, 2013), Seoul, Korea.
4. Masaki Sano,
 “Research on Non-equilibrium Systems Aims at Protolife” [Invited] ,
 International Workshop "From Soft Matter to Protocell" (Sep. 18-20, 2013), Sendai, Japan.
5. Masaki Sano,
 “Collective Dynamics of Active Colloids” [Invited] ,
 Gordon Research Conference (Bio-Soft Matter: Dynamical and Structural Complexity) (Aug. 18-23, 2013), Colby-Sawyer, NH, USA.
6. Masaki Sano,
 “Self-Organizing Dynamics of Active Colloids” [Invited] ,
 Diffusion Fundamentals V: Basic Principles of Diffusion Theory, Experiment, and Application (Aug. 26-28, 2013), Leipzig, Germany.
7. Kazumasa A. Takeuchi,
 “Powerful and geometry-dependent universality in growing interfaces” [Invited] ,
 Small Systems far from Equilibrium: Order, Correlations, and Fluctuations (Oct, 14-18, 2013), Dresden, Germany.
8. Masaki Sano,
 “Thermal Non-equilibrium Transport in Colloids and Liquid Crystals” [Invited] ,
 Lorentz Center Workshop: Hot Nanostructures (Oct. 21-25, 2013), Leiden, Netherland.
9. Kazumasa A. Takeuchi,
 “Critical phenomena out of equilibrium probed by liquid-crystal turbulence” [Invited] ,
 East Asia Joint Seminars on Statistical Physics 2013 (Oct. 21-24, 2013), Kyoto, Japan.
10. Tomohiro Sasamoto,
 “The KPZ scaling functions in systems with a few conserved quantities” [Invited] ,
 East Asia Joint Seminar on Statistical Physics 2013 (Nov. 21-24, 2013), Kyoto, Japan.
11. Kazumasa A. Takeuchi,
 “Experimental evidence for universal fluctuation properties of growing interfaces” [Invited] ,
 12th Workshop on Stochastic Analysis on Large Scale Interacting Systems (Nov. 21-23, 2013), Tokyo, Japan.
12. Tomohiro Sasamoto,
 “Fluctuations for one-dimensional Brownian motions with oblique reflection” [Invited] ,
 12th Workshop on Stochastic Analysis on Large Scale Interacting Systems (Nov. 21-23, 2013), Tokyo, Japan.
13. Tomohiro Sasamoto,
 “Replica and dualities for KPZ systems” [Invited] ,
 Spectra of Random Operators and Related Topics (Dec. 5-7, 2013), Kyoto, Japan.
14. Masaki Sano,
 “From Brownian to Driven and Active Dynamics of Colloids: Energetics and Fluctuations” [Invited] ,
 IAS Program on Frontiers of Soft Matter Physics: from Nonequilibrium Dynamics to Active Matter (Jan. 2-29, 2014), Hong Kong, China.

15. Kazumasa A. Takeuchi,
 “Exploring universal scaling laws far from equilibrium with turbulent liquid crystal”
 [Invited] ,
 APS March Meeting (Mar. 3-7, 2014), Denver, USA.
16. Tomohiro Sasamoto,
 “The one-dimensional KPZ equation: recent progress and beyond” [Invited] ,
 Nonequilibrium Problems in Physics and Mathematics (Jun. 2-6, 2014), Ascona,
 Switzerland.
17. Kazumasa A. Takeuchi,
 “Turbulent liquid crystals unveil universal fluctuation properties of growing interfaces”
 [Oral(contributed)] ,
 Advances in Nonequilibrium Statistical Mechanics, large deviations and long-range
 correlations, extreme value statistics, anomalous transport and long-range interactions
 (May 5- Jul. 4, 2014), Florence, Italy.
18. Masaki Sano,
 “A simple force-motion relation for crawling cells” [Invited] ,
 Breaking Barrier from Physics to Biology (II) (Jun. 14-16, 2014), Xi’an, China.
19. Tomohiro Sasamoto,
 “Fluctuations for 1D KPZ equation and Related Models” [Invited] ,
 School on Non-linear Dynamics, Dynamical Transitions and Instabilities in Classical
 and Quantum Systems (Jul. 14- Aug. 1, 2014), Trieste, Italy.
20. Kazumasa A. Takeuchi,
 “Covariant Lyapunov vectors capture the collective dynamics of large chaotic systems”
 [Invited] ,
 Dynamics Days Asia Pacific 08 (Jul. 21-24, 2014), Chennai, India.
21. Tomohiro Sasamoto,
 “The one-dimensional KPZ equation and its universality” [Invited] ,
 37th Conference on Stochastic Processes and Their Applications (Jul. 28- Aug. 1, 2014),
 Buenos Aires, Argentina.
22. Kazumasa A. Takeuchi,
 “Experimental evidence of KPZ growing interfaces and beyond” [Invited] ,
 School on Non-linear Dynamics, Dynamical Transitions and Instabilities in Classical
 and Quantum Systems (Jul. 14 - Aug. 1, 2014), Trieste, Italy.
23. Tomohiro Sasamoto,
 “A few caveats and exact solutions for the 1D KPZ equation” [Oral(contributed)] ,
 Interface fluctuations and KPZ universality class - unifying mathematical,
 theoretical, and experimental approaches (Aug. 20-23, 2014), Kyoto, Japan.
24. Kazumasa A. Takeuchi,
 “KPZ-class interfaces in turbulent liquid crystal: beyond a "mere" confirmation”
 [Oral(contributed)] ,
 Interface fluctuations and KPZ universality class - unifying mathematical,
 theoretical, and experimental approaches (Aug. 20-23, 2014), Kyoto, Japan.
25. Masaki Sano,
 “From Non-Equilibrium Physics to Active Matter” [Invited] ,
 The 20th International Conference on DNA Computing and Molecular Programming
 (Sep. 22-26, 2014), Kyoto, Japan.

26. Kazumasa A. Takeuchi,
“Weak ergodicity breaking in KPZ-class interfaces” [Invited] ,
Fluctuation and Correlation in Stochastic Systems (Oct. 15, 2014), Tokyo, Japan.
27. Masaki Sano,
“Phase transitions in nonequilibrium systems” [Invited] ,
Cooperation in Physics Workshop: Todai-LMU (Oct. 27-29, 2014), Munich, Germany.
28. Masaki Sano, Hong-Ren Jiang, and Daiki Nishiguchi,
“Collective Dynamics of Active Particles Driven by a Surface Slip Flow” [Invited] ,
7th International Workshop on Advanced Materials Science and Nanotechnology,
IWAMSN 2014 (Nov. 2-6, 2014), Ha Long, Vietnam.
29. Masaki Sano,
“移流のあるマクロ系における非平衡相転移現象－流体における層流・乱流転移と液晶における
乱流・乱流転移－” [Invited] ,
東北大学物性コロキウム (Dec. 1, 2014), Sendai, Japan.
30. Hirokazu Tanimoto, Kyogo Kawaguchi, Masaki Sano,
“Cell Mechanics: from single cell to multi-cellular dynamics” [Invited] ,
ENS-UT Joint Workshop in Physics, 2014 (Dec. 8-9, 2014), Paris, France.
31. Masaki Sano,
“Universal Transition Routes to Turbulence in Simple and Complex Fluids” [Invited] ,
Vires Acquirit Eundo: The University of Tokyo x OIST Joint Symposium (Dec. 12-13,
2014), Okinawa, Japan.
32. Masaki Sano,
“Cell Mechanics: from single cell to multi-cellular dynamics” [Invited] ,
iTHES Colloquium (Jan. 8, 2015), Wako, Japan.
33. Masaki Sano,
“Collective Motion of Self-Propelled Objects: From Molecules to Colloids” [Invited] ,
International Conference on Mathematical Modeling and Applications 2014 'Crowd
Dynamics' (Jan. 10-12, 2015), Tokyo, Japan.
34. Masaki Sano,
“Introductory talk: diversity and universality in active matter” [Invited] ,
Kyoto Winter School for Statistical Mechanics, Frontiers in Statistical Mechanics: From
Nonequilibrium Fluctuations to Active Matter (Feb. 4-17, 2015), Kyoto, Japan.
35. Kazumasa A. Takeuchi,
“Universal fluctuations of growing interfaces and characterization via sign renewals”
[Invited] ,
Focus Meeting of the Kyoto Winter School for Statistical Mechanics (Feb. 16-17, 2015),
Kyoto, Japan.
36. Masaki Sano,
“ Experimental Demonstration of Information-to-Energy Conversion in Small
Fluctuating Systems” [Invited] ,
APS March Meeting 2015 (Mar. 2-6, 2015), San Antonio, USA.
37. Masaki Sano,
“Collective Motion in Active Suspension: From Molecule to Colloid” [Invited] ,
首都大学東京 公開シンポジウム「ソフトマターを基盤とするバイオ系の構築」 (Mar. 9, 2015),
Tokyo, Japan.

38. Masaki Sano,
“Universal Transition Routes to Turbulence in Simple and Complex Fluids” [Invited] ,
Physics of Structural and Dynamical Hierarchy in Soft Matter (Mar. 16-18, 2015), Tokyo,
Japan.
39. Tomohiro Sasamoto,
“A determinantal structure for the O’Connell-Yor polymer model” [Invited] ,
Workshop on stochastic processes in random media (May 4-15, 2015), Singapore.
40. Masaki Sano,
“Active colloids: hydrodynamic and electrostatic interactions” [Invited] ,
Spring School on Active Matter (May 9-10, 2015), Beijing, China.
41. Masaki Sano,
“Different phases and patterns in biological active nematic systems” [Invited] ,
Conference on Physics of Active Matter (May 12-16, 2015), Suzhou, China.
42. Tomohiro Sasamoto,
“A determinantal structure for finite temperature directed polymer” [Invited] ,
113th Statistical Mechanics Conference (May 10-12, 2015), Rutgers, USA.
43. Tomohiro Sasamoto,
“A determinantal structure for the O’Connell-Yor polymer mode” [Invited] ,
Random Polymers and Algebraic Combinatorics (May 25-29, 2015), Oxford, UK.
44. Tomohiro Sasamoto,
“The 1D KPZ equation and its universality” [Invited] ,
Yukawa International Seminar 2015 (YKIS2015): New Frontiers in Non-equilibrium
Statistical Physics 2015 (Aug. 17-19, 2015), Kyoto, Japan.
45. Kazumasa A. Takeuchi,
“Universal transitions to turbulence: from simple fluid to liquid crystal, and quantum
fluid” [Invited] ,
Yukawa International Seminar 2015 (YKIS2015): New Frontiers in Non-equilibrium
Statistical Physics 2015 (Aug. 17-19, 2015), Kyoto, Japan.
46. Masaki Sano,
“Universal Transition Route to Turbulence in Simple and Complex Fluids” [Invited] ,
International Symposium on Fluctuation and Structure out of Equilibrium 2015
(SFS2015) (Aug. 20-23, 2015), Kyoto, Japan.
47. Masaki Sano, Kyogo Kawaguchi, and Hirokazu Tanimoto ,
“Uncovering cell mechanics: from single cell to multi-cellular dynamics” [Invited] ,
iCeMS International Symposium Hierarchical Dynamics in Soft Materials and
Biological Matter (Sep. 23-26, 2015), Kyoto, Japan.
48. Kazumasa A. Takeuchi,
“Universal Fluctuations of Growing Interfaces” [Invited] ,
iCeMS International Symposium Hierarchical Dynamics in Soft Materials and
Biological Matter (Sep. 23-26, 2015), Kyoto, Japan.
49. Masaki Sano,
“Interaction and Collective Dynamics of Self-Propelled Particles” [Invited] ,
Nonequilibrium Collective Dynamics: Bridging the Gap between Hard and Soft
Materials (NECD15) (Oct. 5-8, 2015), Potsdam, Germany.
50. Tomohiro Sasamoto,
“Dualities for asymmetric interacting particle systems” [Invited] ,
Stochastic Analysis on Large Scale Interacting Systems 2015 (Oct. 26-29, 2015), Kyoto, Japan.

51. Kazumasa A. Takeuchi,
“Random-matrix distributions under microscope: evidence for universal interfacial fluctuations” [Invited] ,
RMT2015: Random matrix theory from fundamental mathematics to biological applications (Nov. 2-6, 2015), Okinawa, Japan.
52. Tomohiro Sasamoto,
“A determinantal structure for a finite temperature polymer model” [Invited] ,
RMT2015: Random matrix theory from fundamental mathematics to biological applications (Nov. 2-6, 2015), Okinawa, Japan.
53. Tomohiro Sasamoto,
“The 1D KPZ equation: exact solutions and universality” [Invited] ,
Analytical Results in Statistical Physics (Nov. 5-6, 2015), Paris, France.
54. Tomohiro Sasamoto,
“Application of duality to stochastic non-equilibrium models” [Invited] ,
Non-equilibrium Statistical Physics (Oct. 26- Nov. 20), Bangalore, India.
55. Tomohiro Sasamoto,
“Stochastic dualities for asymmetric interacting particle systems” [Invited] ,
Spectra of Random Operators and Related Topics (Dec. 10-12, 2015), Hiyoshi, Japan.
56. Tomohiro Sasamoto,
“Construction of asymmetric interacting particle systems with self-duality” [Invited] ,
Master lectures in the current topics in mathematical physics and probability (Dec. 27-30, 2015), Sanya, China.
57. Masaki Sano and Keiichi Tamai,
“A Universal Transition to Turbulence in Channel Flow” [Keynote/Plenary] ,
Extreme events and criticality in fluid mechanics: computations and analysis (Jan. 25-29, 2016), Toronto, Canada.
58. Kazumasa A. Takeuchi,
“Time correlation properties of KPZ fluctuations: from experimental perspectives” [Invited] ,
New approaches to non-equilibrium and random systems: KPZ integrability, universality, applications and experiments (Jan.11- Mar.11, 2016), Santa Barbara, USA.
59. Masaki Sano,
“Large Scale Collective Behavior in Nematic State of Active Biological Systems” [Invited] ,
LMU-UT Joint Workshop (Feb. 29- Mar. 1, 2016), Tokyo, Japan.
60. Masaki Sano,
“Instabilities Leading to Chaos and Turbulence” [Invited] ,
International Workshop New Frontiers in Nonlinear Sciences (Mar. 6-8, 2016), Niseko, Japan.
61. Masaki Sano,
“Interaction and Possible Long Range Order in Active Matter Experiments I” [Invited] ,
IASBS-ICTP School on Active Matter and Chemotaxis (May 14-25, 2016), Zanjan, Iran.
62. Masaki Sano,
“Interaction and Possible Long Range Order in Active Matter Experiments II” [Invited] ,
IASBS-ICTP School on Active Matter and Chemotaxis (May 14-25, 2016), Zanjan, Iran.

63. Masaki Sano,
“Thermophoresis, Self-Propulsion, and Collective Behavior of Janus Particles”
[Keynote/Plenary] ,
12th International Meeting on Thermodiffusion (May 30- Jun. 3, 2016), Madrid, Spain.
64. Masaki Sano, Keiichi Tamai,
“Does the Transition to Turbulence in Shear Flow belong to the Directed Percolation
Universality Class?” [Invited] ,
7th KIAS Conference on Statistical Mechanics (Jul. 4-7, 2016), Seoul, Korea.
65. Masaki Sano,
“Research Overview on Soft Active Matter” [Invited] ,
Big Waves of Theoretical Science in Okinawa (Jul. 8-11, 2016), Okinawa, Japan.
66. Yosuke Fukai and Kazumasa A. Takeuchi,
“Crossover between Kardar-Parisi-Zhang Subclasses in Interfaces with Curved Initial
Conditions” [Oral(contributed)] ,
Stat'Phys 26 - Statistical Physics Conference Satellite, Non-equilibrium dynamics in
classical and quantum systems: From quenches to slow relaxations (Jul. 13-15, 2016),
Pont-a-Mousson, France.
67. Tomohiro Sasamoto,
“Large deviation of a tagged particle for stationary 1D symmetric simple exclusion
process” [Invited] ,
Non-equilibrium dynamics in classical and quantum systems: from quenches to slow
relaxations (Jul. 13-15, 2016), Pont-a-Mousson, France.
68. Kazumasa A. Takeuchi,
“Slow relaxation and aging of universal KPZ fluctuations: how different are circular and
flat interfaces?” [Oral(contributed)] ,
Stat'Phys 26 - Statistical Physics Conference Satellite, Non-equilibrium dynamics in
classical and quantum systems: From quenches to slow relaxations (Jul. 13-15, 2016),
Pont-a-Mousson, France.
69. Kazumasa A. Takeuchi and Takuma Akimoto,
“Anomalous time correlation of KPZ and weak ergodicity breaking” [Oral(contributed)] ,
STATPHYS26 (Jul. 18-22, 2016), Lyon, France.
70. Masaki Sano, Keiichi Tamai,
“Criticalities at the Transition to Turbulence in Shear Flow” [Oral(contributed)] ,
STATPHYS26 (Jul. 18-22, 2016), Lyon, France.
71. Kazumasa A. Takeuchi,
“Growth with noise: experiments and theory” [Invited] ,
Nonequilibrium Statistical Physics & Active Matter Systems -- School and Workshop
(Aug. 8-20, 2016), Beijing, China.
72. Yosuke Fukai and Kazumasa A. Takeuchi,
“Kardar-Parisi-Zhang interfaces with curved initial conditions -- what exists "between"
the universality subclasses?” [Oral(contributed)] ,
International Workshop on Stochastic Thermodynamics and Active Matters (Aug. 15-16,
2016), Beijing, China.
73. Masaki Sano, Keiichi Tamai,
“Universal critical behavior of the transition to turbulence in channel flow” [Invited] ,
International Congress of Theoretical and Applied Mechanics 2016 (Aug. 21-26, 2016),
Montreal, Canada.

74. Masaki Sano, Keiichi Tamai,
“Universal Transition to Turbulence in Shear Flow of Simple and Complex Fluids”
[Invited] ,
StatPhys Taiwan 2016 (Sep. 6-8, 2016), Taipei, Taiwan.
75. Masaki Sano, Kyogo Kawaguchi,
“Dynamical Order and Topological Defects in Active Matter: from Molecule to Cell
Sheet” [Invited] ,
16th KIAS Conference on Protein Structure and Function (Sep. 22-24, 2016), Seoul,
Korea.
76. Kazumasa A. Takeuchi,
“ASEP as a surface growth model: universal fluctuation and its experimental test”
[Invited] ,
Conference on Driven Stochastic Transport in Low-Dimensional Systems (Sep. 27-29,
2016), Tehran, Iran.
77. Tomohiro Sasamoto,
“An analysis of q -TASEP with a random initial condition” [Invited] ,
15th Stochastic Analysis on Large Scale Interacting Systems (Nov. 2-4, 2016), Tokyo,
Japan.
78. Masaki Sano, Kyogo Kawaguchi,
“On the Role of Topological Defects in Active Matter” [Invited] ,
Interdisciplinary Applications of Nonlinear Science (Nov. 3-6, 2016), Kagoshima, Japan.
79. Kazumasa A. Takeuchi,
“Geometry-dependent interface fluctuations and their implications for chaos instability”
[Invited] ,
Interdisciplinary Applications of Nonlinear Science (Nov. 3-6, 2016), Kagoshima, Japan.
80. Masaki Sano,
“On the Role of Topological Defects in Active Soft Matter” [Invited] ,
ENS-UT Joint workshop (Nov. 15-17, 2016), Paris, France.
81. Masaki Sano,
“On the Role of Topological Defects in Active Matter” [Oral(contributed)] ,
International Symposium on Universal Biology 2016 (Nov. 28-29, 2016), Tokyo, Japan.
82. Tomohiro Sasamoto,
“Large deviation of a tagged particle in 1D symmetric exclusion process” [Invited] ,
Dynamics Days Asia Pacific 9 (Dec. 14-17, 2016), Hong Kong, China.
83. Kazumasa A. Takeuchi,
“Integrability and universality behind a random growth experiment” [Invited] ,
Frontiers in Mathematical Physics (Jan. 6-9, 2017), Tokyo, Japan.
84. Kazumasa A. Takeuchi,
“Exploring Geometry Dependence of Kardar-Parisi-Zhang Interfaces”
[Oral(contributed)] ,
Physical and mathematical approaches to interacting particle systems -In honor of 70th
birthday of Herbert Spohn- (Jan. 11-12, 2017), Tokyo, Japan.
85. Kazumasa A. Takeuchi,
“Examples of absorbing-state transitions and universal hysteresis” [Invited] ,
International workshop on Glasses and Related Nonequilibrium Systems (Mar. 21-23,
2017), Osaka, Japan.

86. Masaki Sano and Kyogo Kawaguchi,
“Rosette and Comet: Possible Roles of Topological Defects in Biological Active Matter” [Invited] ,
International Workshop on Physical Approaches to Biological Active Matter (Jun. 1-3, 2017), Porto De Galinhas, Brazil.
87. Masaki Sano and Kyogo Kawaguchi,
“Orientational Order and Topological Defects in Active Matter” [Invited] ,
9th IUPAP International Conference on Biological Physics (Jun. 7-9, 2017), Rio de Janeiro, Brazil.
88. Masaki Sano,
“Thermal and Electric Effects in Active Colloid: Thermophoresis, Self-Propulsion, Self-Assembly” [Invited] ,
Gordon Research Conference on Plasmonically-Powered Processes (Jun. 25-30, 2017), Hong Kong, China.
89. Kazumasa A. Takeuchi,
“1D KPZ interfaces: theory and experiment” [Invited] ,
Fundamental Problems in Statistical Physics XIV (Jul. 16-29, 2017), Bruneck, Italy.
90. Tomohiro Sasamoto,
“Fluctuations and integrability of the 1D KPZ equation and discrete models” [Invited] ,
International Workshop on Classical and Quantum Integrable Systems (Jul. 24-28, 2017), Dubna, Russia.
91. Masaki Sano and Kyogo Kawaguchi,
“Topological Defects Control Collective Dynamics in Active Matter” [Invited] ,
STOCHASTIC THERMODYNAMICS, ACTIVE MATTER AND DRIVEN SYSTEMS, ICTS Workshop (Aug. 7-11, 2017), Bangalore, India.
92. Tomohiro Sasamoto,
“Exact large deviation of a tracer position in 1D symmetric exclusion process” [Invited] ,
3rd Workshop on Statistical Physics (Aug. 28 - Sep. 1, 2017), Bogota, Colombia.
93. Hirokazu Tanimoto, Kyogo Kawaguchi, Masahito Uwamichi, Masaki Sano,
“Cell Mechanics: from single cell to multi-cellular dynamics” [Invited] ,
Annual Meeting of The Biophysical Society of Japan (Sep. 19-21, 2017), Kumamoto, Japan.
94. Kazumasa A. Takeuchi,
“The Tracy-Widom distribution: a possible "central limit theorem" for certain correlated random problems” [Invited] ,
Japanese-American-German Frontiers of Science Symposium (Sep. 21-24, 2017), Bad Neuenahr, Germany.
95. Masaki Sano, Keiichi Tamai, Takahiro Tsukahara,
“Transition to Turbulence in Channel and Annular Flow” [Invited] ,
Workshop: Transition to Turbulence, Niels Bohr Institute (Oct. 23-25, 2017), Copenhagen, Denmark.
96. Kazumasa A. Takeuchi,
“ Experimental observations of statistical laws for growing interfaces & some connections to crystal facet fluctuations” [Invited] ,
New developments in step dynamics on crystal surfaces: from nanoscale to mesoscale (Oct. 27-28, 2017), Osaka, Japan.

97. Tomohiro Sasamoto,
“Exact large deviation of a tracer position in 1D symmetric exclusion process” [Invited] ,
16th International symposium "Stochastic Analysis on Large Scale Interacting Systems
(Nov. 20-23, 2017), Tokyo, Japan.
98. Masaki Sano and Keiichi Tamai,
“Transition to Turbulence and Nonequilibrium Phase Transition” [Invited] ,
ENS-UT Workshop (Nov. 15-16, 2017), Tokyo, Japan.
99. Kazumasa A. Takeuchi,
“Structure controls fluctuations, but how? -in the case of growing interface fluctuations-”
[Invited] ,
International Symposium on Fluctuation and Structure out of Equilibrium 2017 (Nov.
20-23, 2017), Sendai, Japan.
100. Kazumasa A. Takeuchi,
“Flat Growth vs Circular Growth -implications for interfaces and beyond-” [Invited] ,
The Berkeley Statistical Mechanics Meeting 2018 (Jan. 12-14, 2018), Berkeley, USA.
101. Iori Hiki,
“The current fluctuations and spatial correlation in the LeRoux lattice gas with periodic
initial conditions” [Oral(contributed)] ,
Non-Equilibrium Systems and Special Functions (Jan. 8-Feb. 2, 2018), Creswick,
Australia.
102. Matteo Mucciconi,
“ Stationary KPZ fluctuations for the stochastic higher spin six vertex model ”
[Oral(contributed)] ,
Non-Equilibrium Systems and Special Functions (Jan. 8-Feb. 2, 2018), Creswick,
Australia.
103. Tomohiro Sasamoto,
“ Large deviation of a tagged particle in 1D symmetric exclusion process ”
[Oral(contributed)] ,
Non-Equilibrium Systems and Special Functions (Jan. 8-Feb. 2, 2018), Creswick,
Australia.
104. Masaki Sano, Masahito Uwamichi, and Kyogo Kawaguchi,
“Topological Defects Control Collective Dynamics in Active Matter” [Invited] ,
Fundamental Problems in ACTIVE MATTER (Jan. 26 - Feb. 2, 2018), Aspen Center for
Physics, USA.
105. Masaki Sano,
“When Can Active Matter Become Intelligent?” [Invited] ,
Mini-symposium "Non-equilibrium dynamics and Information Processing" (Feb. 7-9,
2018), Okinawa, Japan.
106. Kazumasa A. Takeuchi,
“Exploring Geometry Dependence of Universal Laws for Growing Interfaces” [Invited] ,
IBS CSLM-UNIST Soft Matter Conference (Apr. 6-7, 2018), Ulsan, Korea.

A01-004 [代表者:宮崎州正 分担者:吉野元]

1. Hajime Yoshino,
“On the rigidity of jamming systems at finite temperatures” [Oral(contributed)] ,
Physics of glassy and granular materials (Jul. 16-19, 2013), Kyoto, Japan.

2. Hajime Yoshino,
“Rigidity of structural glasses and jamming systems probed by twisting replicated liquids” [Invited] ,
7th International Discussion Meeting on Relaxations in Complex Systems (Jul. 21-28, 2013), Barcelona, Spain.
3. Kunimasa Miyazaki,
“Unified view of the glass and jamming transitions” [Invited] ,
The East Asia Joint Seminars on Statistical Physics (EAJSSP) 2013 (Oct.21-24, 2013), Kyoto, Japan.
4. K. Miyazaki, Misaki Ozawa, Takeshi Kuroiwa and Atsushi Ikeda,
“Hidden length scales in the glass and jamming transitions” [Invited] ,
The Fifth International Symposium on the New Frontiers of Thermal Studies of Materials (Oct.28-29, 2013), Yokohama, Japan.
5. Hajime Yoshino,
“Twisting and breaking glasses: a replica approach” [Invited] ,
Critical Phenomena in Random and Complex Systems (Sep. 9-12, 2014), Capri, Italy.
6. Kunimasa Miyazaki,
“An Unprecedentedly Mean-Field-Like Glass Former” [Invited] ,
Percolation and the Glass Transition: Kinetically-Constrained Models, Bootstrap Percolation, Mixed-Order Phase Transitions, and Large Deviations (Oct. 19-23, 2014), Tel Aviv, Israel.
7. Misaki Ozawa, Walter Kob, Atsushi Ikeda, and Kunimasa Miyazaki,
“Thermodynamic glass transition of randomly pinned systems” [Invited] ,
Unifying Concepts in Glass Physics VI (Feb. 1-7, 2015), Aspen, USA.
8. Hajime Yoshino,
“Hierarchy of rigidities of hard-sphere glasses” [Oral(contributed)] ,
Unifying Concepts in Glass Physics (Feb. 1-6, 2015), Aspen, U.S.A.
9. Hajime Yoshino,
“Statistical mechanics of glasses - replica approaches to handle metastable states” [Invited] ,
Frontiers of Statistical Mechanics: From Non-equilibrium Fluctuations to Active Matter (Feb. 4-17, 2015), Kyoto, Japan.
10. Hajime Yoshino,
“Signatures of the full replica symmetry breaking in jamming systems under shear” [Invited] ,
Japan-France Joint Seminar "New Frontiers in Non-equilibrium Physics of Glassy Materials" (Aug. 11-14, 2015), Kyoto, Japan.
11. Kunimasa Miyazaki,
“Glass transition of randomly pinned systems” [Invited] ,
Japan-France Joint Seminar "New Frontiers in Non-equilibrium Physics of Glassy Materials" (Aug. 11-14, 2015), Kyoto, Japan.
12. Kunimasa Miyazaki,
“Thermodynamic Glass Transition of Randomly Pinned Systems” [Invited] ,
International Symposium on Fluctuation and Structure out of Equilibrium 2015 (SFS2015) (Aug. 20-23, 2015), Kyoto, Japan.
13. Kunimasa Miyazaki,
“Thermodynamic glass transition of randomly pinned systems” [Invited] ,
CompFlu2016 (Jan. 2-4, 2016), Pune, India.

14. Kunimasa Miyazaki,
“Cluster glass transition of ultra-soft potential fluids” [Invited] ,
Discussion Meeting on Emergent Phenomena in Soft and Active Matter (Jan. 5-6, 2016),
Bangalore, India.
15. Harukuni Ikeda,
“2RSB or not 2RSB: A thermodynamic description of the structural glass transition in
binary mixtures” [Oral(contributed)] ,
Avalanches, plasticity, and nonlinear response in nonequilibrium solids (Mar. 7-9, 2016),
Kyoto, Japan.
16. Kunimasa Miyazaki, Takeshi Kawasaki, Ryoji Miyazaki,
“Cluster glass transition of ultra-soft potential fluids” [Invited] ,
The 2016 3rd International Conference on Packing Problems, "Packing: across length
scales" (Aug. 29- Sep. 1, 2016), Shanghai, China.
17. Yuliang Jin and Hajime Yoshino,
“Shear modulus of hard-sphere glasses:” [Oral(contributed)] ,
Packing : across length scales (Aug. 29- Sep. 1, 2016), Shanghai, China.
18. Jin Yuliang and Hajime Yoshino,
“Shear modulus of hard sphere glasses” [Oral(contributed)] ,
Nonlinear Response in Complex Matter (Sep. 26-30, 2016), Primošten, Croatia.
19. Hajime Yoshino,
“Glass transitions and jamming of supercooled vectorial spins” [Invited] ,
CECAM workshop Glass & Jamming transition (Jan. 9-11, 2017), Lausanne,
Switzerland.
20. Yuliang Jin and Hajime Yoshino,
“Exploring the complex free-energy landscape of the simplest glass by rheology”
[Invited] ,
CECAM workshop Glass & Jamming transition (Jan. 9-11, 2017), Lausanne,
Switzerland.
21. Yuliang Jin, Hajime Yoshino, Pierfrancesco Urbani, Francesco Zamponi,
“A unified study of plasticity, yielding, melting and jamming in three-dimensional hard
sphere glasses” [Invited] ,
IDMRCS8 (8th International Discussion Meeting on Relaxations in Complex Systems)
(Jul. 23-28, 2017), Wisla, Poland.
22. Hajime Yoshino,
“Rotational glass transitions and jamming in a large dimensional limit” [Invited] ,
IDMRCS8 (8th International Discussion Meeting on Relaxations in Complex Systems)
(Jul. 23-28, 2017), Wisla, Poland.
23. Hajime Yoshino,
“Angular packing and jamming” [Invited] ,
Rheology near Jamming transition and its related subject (Aug. 19, 2017), Kyoto, Japan.
24. Yuliang Jin,
“ A unified numerical study of jamming, melting, yielding and plasticity in
three-dimensional hard sphere” [Oral(contributed)] ,
Rheology near Jamming transition and its related subject (Aug. 19, 2017), Kyoto, Japan.
25. Hajime Yoshino,
“Exploring complex free-energy landscape of the simplest glass by rheology” [Invited] ,
Yielding of amorphous solids (Oct. 26-28, 2017), Paris, France.

26. Hajime Yoshino,
 “Angular Random Packing : from Continuous Coloring to Rotational Glass Transitions”
 [Invited] ,
 International Symposium on Fluctuation and Structure out of Equilibrium 2017 (Nov.
 20-23, 2017), Sendai, Japan.

A02-001 [代表者:折原宏 分担者:長屋智之、佐藤勝彦、日高芳樹]

1. Toshiyuki Nakagaki,
 “Rules for biologically inspired adaptive network design” [invited] ,
 RIES-Hokudai International Symposium [mou] (Dec. 11-12, 2013), Sapporo, Japan.
2. Jaka Fajar Fatriansyah, Yuji Sasaki, and Hiroshi Orihara,
 “Shear Stress Response of Nematic Liquid Crystal to an AC Electric Field under Shear
 Flow and DC Electric Fields” [Oral(contributed)] ,
 6th Pacific Rim Conference on Rheology (Jul. 20-25, 2014), Melbourne, Australia.
3. Hiroshi Orihara, Jyunki Nagata, Yang Ho Na, So Young Kim, Hyoung Jin Choi,
 “Three-Dimensional Structure and Rheology of ER Suspension Subjected to a Step
 Electric Field” [Oral(contributed)] ,
 6th Pacific Rim Conference on Rheology (Jul. 20-25, 2014), Melbourne, Australia.
4. Toshiyuki Nakagaki,
 “Biomechanics of peristaltic crawling in limbless and legged organisms” [Invited] ,
 RIMS Conference Sapporo Summer Conference on Dynamics of patterns in material
 Science (Jul. 26-29, 2014), Sapporo, Japan.
5. Yuji Sasaki, Yoshinori Takikawa, V. S. R. Jampani, Hikaru Hoshikawa, Takafumi Seto,
 Christian Bahr, Stephan Herminghaus, Yoshiki Hidaka and Hiroshi Orihara,
 “Three-dimensional characterization of particle transport in nematic liquid crystal”
 [Oral(contributed)] ,
 International Union of Materials Research Societies - The IUMRS International
 Conference in Asia 2014 (Aug. 24-30, 2014), Fukuoka, Japan.
6. Jaka Fajar Fatriansyah, Yuji Sasaki, and Hiroshi Orihara,
 “Response of Nematic Liquid Crystal under Simple Shear Flow and Electric Field”
 [Oral(contributed)] ,
 International Union of Materials Research Societies - The IUMRS International
 Conference in Asia 2014 (Aug. 24-30, 2014), Fukuoka, Japan.
7. Toshiyuki Nakagaki,
 “Rules for biologically inspired network design ” [Invited] ,
 Hokudai-NCTU Joint Symposium on Nano, Photo and Bio Sciences (Sep. 10-11, 2014),
 Sapporo, Japan.
8. Toshiyuki Nakagaki,
 “Variety and Choice of Behavioral Options in Fronting on Weakly Toxic Zone in an
 Amoeboid Cell” [Invited] ,
 4th Symposium on Artificial Life and Biomimetic Functional Materials (Nov. 28, 2014),
 Tokyo, Japan.
9. Hiroshi Orihara,
 “Non-equilibrium steady-state response and fluctuations of nematic liquid crystals”
 [Invited] ,
 International Symposium on Fluctuation and Structure out of Equilibrium 2015
 (SFS2015) (Aug. 20-23, 2015), Kyoto, Japan.

10. Toshiyuki Nakagaki,
“Physical ethology of an amoeba” [Invited] ,
4th IFAC Conference on Analysis and Control of Chaotic Systems (IFAC CHAOS 2015)
(Aug. 26-28, 2015), Tokyo, Japan.
11. Toshiyuki Nakagaki,
“Biomechanics of peristaltic crawling in limbless and legged organism” [Invited] ,
International Conference on Mathematical Modeling and Applications 2015
-Self-organization Modeling and Analysis- (Oct. 26-29, 2015), Tokyo, Japan.
12. Toshiyuki Nakagaki,
“Capacity of learning the shape of arena in the single-celled swimmer, viewed from slow
dynamics of membrane potential” [Invited] ,
2015 RIES-CIS Symposium (Nov. 6-7, 2015), National Chiao Tung University, Taiwan.
13. Ryo Kobayashi, Toshiyuki Nakagaki,
“Mechanics of Smart Behaviors -From amoeba to robot-” [Invited] ,
International Conference on Systems Biology (ICSB2015) (Nov. 23-26, 2015), Singapore.
14. Toshiyuki Nakagaki,
“Adaptive dynamics for shape optimization inspired by the use-and-growth rule in a
simple organism of slime mold” [Keynote/Plenary] ,
The 9th International Conference on Bio-inspired information and Communications
Technologies (Dec. 3-5, 2015), New York, USA.
15. Toshiyuki Nakagaki,
“Pattern formation of spatial distribution of town and transportation network -a case
study on Hokkaido region-” [Invited] ,
Interdisciplinary Applications of Nonlinear Science (Nov. 3-6, 2016), Kagoshima, Japan.
16. Toshiyuki Nakagaki,
“Physical ethology of single-celled organism” [Invited] ,
The 31st International Congress of Psychology, invited symposium [Ig Noble prize
winners talk about the evolutionary basis of the human mind] (Jul. 24-29, 2016),
Yokohama, Japan.
17. Tomoyuki Nagaya, Yuki Satou, Yoshitomo Goto, and Hiroshi Orihara,
“Negative electrorheological effect of MBBA due to Maxwell stress in the presence of
electro-convection” [Oral(contributed)] ,
26th International Liquid Crystal Conference (Jul. 31 - Aug. 5, 2016), Kent, OH, USA.
18. Hiroshi Orihara, Nobutaka Sakurai, Yuji Sasaki, and Tomoyuki Nagaya,
“Direct observation of the coupling between orientation and flow fluctuations at
equilibrium” [Invited] ,
26th International Liquid Crystal Conference (Jul. 31- Aug. 5, 2016), Kent, USA.
19. Yuji Sasaki, V.S.R. Jampani, K. V. Le, Fumito Araoka, and Hiroshi Orihara,
“Self-organization of reconfigurable topological defect arrays in nematic liquid crystals”
[Invited] ,
International Symposium for Advanced Materials Research (Aug. 11-14, 2016), Sun
Moon Lake, Taiwan.
20. Yoshiki Hidaka, Noriko Oikawa, Kosuke Ijigawa, Hirotaka Okabe, And Kazuhiro Hara,
“Information Reduction for Chaotic Patterns” [Oral(contributed)] ,
The 11th International Conference on Computer Science & Education (IEEE ICCSE
2016) Satellite Event in Fukui (Aug. 22, 2016), Fukui, Japan.

21. Hiroshi Orihara, Yuko Harada, Yuji Sasaki, Shuji Fujii, Tomoyuki Nagaya, Yoshitomo Goto, and Yoshiki Hidaka,
 “Negative shear viscosity observed in the presence of electroconvection of nematic liquid crystal” [Invited] ,
 ETHZ-HU Joint Academic Seminar (Sep. 26, 2016), Sapporo, Japan.
22. Tomoyuki Nagaya, Yuki Satou, Yoshitomo Goto, Yoshiki Hidaka, and Hiroshi Orihara,
 “Negative electrorheological effect of MBBA in the presence of electro-convection”
 [Oral(contributed)] ,
 Nice Optics 2016 (Oct. 26-28, 2016), Nice, France.
23. Katsuhiko Sato,
 “Left-right asymmetric cell intercalation drives directional collective cell movement in epithelial morphogenesis” [Invited] ,
 Current and Future Perspectives in Active Matter (Oct. 28-29, 2016), Tokyo, Japan.
24. Toshiyuki Nakagaki,
 “Transport network in living systems designed by current-reinforcement rule” [Invited] ,
 Asia pacific Consortium of Mathematics for Industry, Forum Math-for-Industry 2016,
 Agriculture as a metaphor for creativity in all human endeavors (Nov. 21-23, 2016),
 Brisbane, Australia.
25. Toshiyuki Nakagaki,
 “Transport network in a micro-organism” [Invited] ,
 MANA International Symposium 2017 (Feb. 28-Mar. 3, 2017), Tsukuba, Japan.
26. Toshiyuki Nakagaki,
 “Adaptive motions in protozoan ciliates” [Keynote/Plenary] ,
 8th International Symposium on Adaptive Motions and Animals and Machines (Jun.
 26-30, 2017), Sapporo, Japan.
27. Tomoyuki Yano, Yoshitomo Goto, Tomoyuki Nagaya, Ichiro Tsuda, Shigetoshi Nara,
 “A pseudo-neuron device and ring dynamics of their networks similar to neural
 synchronizing phenomena between far distant field in brain” [Oral(contributed)] ,
 the 6th International Conference on Cognitive Neurodynamics 2017 (ICCN 2017) (Aug.
 1-5, 2017), Carmona, Spain.
28. Katsuhiko Sato,
 “Direction-dependent contraction forces on cell boundaries induce collective migration of
 epithelial cells within their sheet” [Keynote/Plenary] ,
 17th International Conference CoMFoS17: Mathematical Analysis of Continuum
 Mechanics (Sep. 20-22, 2017), Okinawa, Japan.

A02-002 [代表者:平野琢也 分担者:斎藤弘樹]

1. Takuya Hirano, Yujiro Eto, Masahiro Takahashi, Masaya Kunimi and Hiroki Saito,
 “Control and Observation of Non-Equilibrium Dynamics in Multi-Component
 Bose-Einstein Condensates” [Invited] ,
 International Symposium on Fluctuation and Structure out of Equilibrium 2015
 (SFS2015) (Aug. 20-23, 2015), Kyoto, Japan.
2. Hiroki Saito,
 “Matter-wave droplets in a dipolar BEC of dysprosium” [Oral(contributed)] ,
 The first Beijing-Tokyo workshop on cold atom physics (Apr. 12-13, 2016), Beijing,
 China.

3. Masahiro Takahashi, Michikazu Kobayashi, Kazumasa A. Takeuchi,
“Universality Class of Transition to Quantum Turbulence” [Oral(contributed)],
STATPHYS26 (Jul. 18-22, 2016), Lyon, France.
4. Takuya Hirano,
“Nonequilibrium dynamics in spinor Bose-Einstein condensates” [Invited],
International Workshop on Topological Structures in Quantum Matter (Jun. 12-15,
2017), Hanaholmen, Finland.
5. Hitoshi Shibayama and Takeshi Kuwamoto,
“Development for vortex nucleation in optically trapped Bose-Einstein condensate by
topological phase imprinting” [Oral(contributed)],
The 24th Congress of the International Commission for Optics (Aug. 21-25, 2017), Tokyo,
Japan.
6. Hiroki Saito,
“Matter-wave droplets in a dipolar Bose-Einstein condensate” [Invited],
ADVANCES IN MATHEMATICAL MODELLING AND NUMERICAL
SIMULATION OF SUPERFLUIDS 201 (Aug. 29-Sep. 2, 2017), Rouen, France.
7. Yujiro Eto, Hitoshi Shibayama, Aki Torii, Hiroki Saito, and Takuya Hirano,
“Observation of self-organized coherence in dissipative spinor Bose-Einstein
condensates” [Oral(contributed)],
JSAP-OSA Joint Symposia (Sep. 5-8, 2017), Fukuoka, Japan.
8. Kosuke Shibata, Hitoshi Shibayama, Aki Torii, Ryota Suzuki, Hiroyuki Toda, Yujiro
Eto, Masahiro Takahashi, Hiroki Saito, and Takuya Hirano,
“Phase separation of Rabi-coupled spin states in an 87Rb $F=1$ BEC” [Oral(contributed)],
JSAP-OSA Joint Symposia (Sep. 5-8, 2017), Fukuoka, Japan.
9. Hitoshi Shibayama, Aki Torii, Kosuke Shibata, Yujiro Eto, Hiroki Saito, and Takuya Hirano,
“Phase separation dynamics of two-component Bose Einstein condensates in various
optical trap shapes” [Oral(contributed)],
JSAP-OSA Joint Symposia (Sep. 5-8, 2017), Fukuoka, Japan.
10. Masahiro Takahashi, Michikazu Kobayashi, Kazumasa A. Takeuchi,
“Universality class of transition to a vortex turbulence in quantum fluids”
[Oral(contributed)],
International Symposium on Fluctuation and Structure out of Equilibrium 2017 (Nov.
20-23, 2017), Sendai, Japan.
11. Hiroki Saito,
“Symmetry breaking magnetization in spinor Bose-Einstein condensates” [Invited],
International Symposium on Fluctuation and Structure Out of Equilibrium 2017 (Nov.
20-23, 2017), Sendai, Japan.

A02-003 [代表者:櫻井建成 分担者:北畑裕之、澤井哲、石原秀至]

1. Hiroyuki Kitahata,
“Spontaneous motion driven by surface tension gradient” [Oral(contributed)],
18th Harz Seminar "Pattern Formation in Chemistry and Biophysics" (Feb. 16-18, 2014),
Hahnenklee, Germany.
2. Yuki Koyano and Hiroyuki Kitahata,
“Bifurcation-analysis of self-driven particles in a 1-D finite region” [Oral(contributed)],
18th Harz Seminar "Pattern Formation in Chemistry and Biophysics" (Feb. 16-18, 2014),
Hahnenklee, Germany.

3. Yuki Koyano, and Hiroyuki Kitahata,
“Bifurcation Analysis on Motion of a Self-Propelled Particle Confined in a Finite Region” [Oral(contributed)] ,
3rd Japanese-German Workshop "Emerging Phenomena in Spatial Patterns" (Sep. 22, 2014), Magdeburg, Germany.
4. Hiroyuki Kitahata,
“Spontaneous Motion Driven by Surface Tension Gradient” [Oral(contributed)] ,
3rd Japanese-German Workshop "Emerging Phenomena in Spatial Patterns" (Sep. 22, 2014), Magdeburg, Germany.
5. Satoshi Sawai,
“Integration of temporal and spatial information in eukaryotic gradient sensing” [Invited] ,
4th Symposium on Artificial Life and Biomimetic Functional Materials (Nov. 28, 2014), Tokyo, Japan.
6. Satoshi sawai,
“Collective migration and rectified directional sensing” [Invited] ,
Mechano-Biology Institute-Japan Joint Symposium on “Mechanobiology of Development and Multicellular Dynamics” (Dec. 2-4, 2014), National University of Singapore.
7. Satoshi sawai,
“Integration of space and time information in long-range cell migration” [Invited] ,
The 59th Annual Biophysical Society Meeting Symposium “Emergent Properties and Collective Behaviors of Complex Systems” (Feb. 7-11, 2015), Baltimore Convention Center, Baltimore MD.
8. Satoshi Sawai,
“Collective movement of ameboid cells driven by attachment-dependent ordering of directionality” [Invited] ,
Focus Meeting of the Kyoto Winter School for Statistical Mechanics (Feb. 16-17, 2015), Kyoto, Japan.
9. Hiroyuki Kitahata,
“Droplet motion coupled with pattern formation in it” [Invited] ,
EMN Meeting on Droplet (May 8-11, 2015), Phuket, Thailand.
10. Tatsunari Sakurai,
“Propagation and aggregation of E. coli pattern” [Oral(contributed)] ,
Symposium "Complexity and Synergetics" (Jun. 8-11, 2015), Hannover, Germany.
11. Hiroyuki Kitahata,
“Modeling for droplet motion driven by interfacial tension gradient” [Invited] ,
The 8th International Congress on Industrial and Applied Mathematics (Aug. 10-14, 2015), Beijing, China.
12. Satoshi Sawai,
“Chemotaxis and Contact-Mediated Ordering of Directionality in Aggregating Cells” [Invited] ,
International Symposium on Fluctuation and Structure out of Equilibrium 2015 (SFS2015) (Aug. 20-23, 2015), Kyoto, Japan.
13. Hiroyuki Kitahata, Keita Iida, and Masaharu Nagayama,
“Spontaneous motion of an elliptic particles induced by surface tension gradient” [Oral(contributed)] ,
XXXV Dynamics Days Europe 2015 (Sep. 6-10, 2015), Exeter, United Kingdom.

14. Yuki Koyano and Hiroyuki Kitahata,
“Rotation and Oscillation of a Self-Propelled particle in a Two-Dimensional Axisymmetric System” [Oral(contributed)] ,
XXXV Dynamics Days Europe 2015 (Sep. 6-10, 2015), Exeter, United Kingdom.
15. Shuji Ishihara, Akihiko Nakajima, Satoshi Sawai,
“Cell migration in periodic signal wave” [Oral(contributed)] ,
Physics of Cells and Tissues 2015 (Sep. 30- Oct. 2, 2015), Heidelberg, German.
16. Akihiko Nakajima and Shuji Ishihara,
“Dissecting temporal and spatial information for direction sensing in migrating cells” [Oral(contributed)] ,
International Conference of Systems Biology 2015 (Nov. 23-24, 2015), Singapore.
17. Shuji Ishihara,
“Modeling alignment of cilia in apical membrane of multi-ciliated cell” [Invited] ,
Commemorative Symposium for the 31st International Prize for Biology (Dec. 5-6, 2015), Kyoto, Japan.
18. Hiroyuki Kitahata,
“Motion of a Belousov-Zhabotinsky reaction droplet coupled with pattern formation” [Oral(contributed)] ,
Pacifichem 2015 (Dec. 15-20, 2015), Honolulu, USA.
19. Hiroyuki Kitahata,
“Spontaneous recurrence of deposition and dissolution of a solid layer on a solution surface” [Oral(contributed)] ,
International Workshop New Frontiers in Nonlinear Sciences (Mar. 6-8, 2016), Niseko, Japan.
20. Yuki Koyano and Hiroyuki Kitahata,
“Motion of a camphor particle in a two-dimensional circular region” [Oral(contributed)] ,
International Workshop New Frontiers in Nonlinear Sciences (Mar. 6-8, 2016), Niseko, Japan.
21. Satoshi Sawai,
“Microfluidic analysis of collective cell migration during contact-following in Dictyostelium” [Invited] ,
STATPhys26, the 26th IUPAP International conference on Statistical Physics (Jul. 18-22, 2016), Lyon, France.
22. Hiroyuki Kitahata,
“Spontaneous motion driven by surface tension gradient” [Invited] ,
International Conference: Patterns and Waves 2016 (Aug. 1-5, 2016), Sapporo, Japan.
23. Hiroyuki Kitahata,
“Spontaneous motion driven by interfacial tension gradient” [Invited] ,
Current and Future Perspectives in Active Matter (Oct. 28-29, 2016), Tokyo, Japan.
24. Hiroyuki Kitahata,
“Droplet motion coupled with pattern formation inside it” [Invited] ,
Interdisciplinary applications of nonlinear science (Nov. 3-6, 2016), Kagoshima, Japan.
25. Hiroyuki Kitahata, Yuki Koyano, and Alexander S. Mikhailov,
“Hydrodynamic collective effects of active proteins in biological membranes” [Invited] ,
International Workshop on Hydrodynamic Flows in/of Cells (Nov. 24-25, 2016), Tokyo, Japan.

26. Shuji Ishihara,
“Continuum model for passive and active deformation of epithelial tissue” [Invited] ,
Current and Future Perspectives in Active Matter (Nov. 28-29, 2016), Tokyo, Japan.
27. Hiroyuki Kitahata,
“Spontaneous Motion of a Droplet under Nonequilibrium Condition” [Invited] ,
17th RIES-Hokudai International Symposium on “柔” (Dec. 13-14, 2016), Sapporo,
Japan.
28. Shuji Ishihara,
“A continuum model for epithelial tissue mechanics” [Invited] ,
Structured Soft Interfaces: Caught Between Multi-Scale Simulation and Application
(Jan. 23-27, 2017), Leiden, Netherlands.
29. Satoshi Sawai,
“Spatio-temporal constraints on cellular sensing: what it means for universal biology”
[Invited] ,
International Symposium of the origin of life - synergy among the RNA, protein and
lipid worlds (May 29-30, 2017), Tokyo, Japan.
30. Tatsunari Sakurai,
“Growth-diffusion-chemotaxis model for deposition pattern of Escherichia coli”
[Oral(contributed)] ,
Equadiff 2017 (Jul. 24-28, 2017), Bratislava, Slovakia.
31. Hiroyuki Kitahata,
“Hydrodynamic Coupling between Active Matters and Pattern Formation” [Invited] ,
International Symposium on Fluctuation and Structure out of Equilibrium 2017 (Nov.
20-23, 2017), Sendai, Japan.
32. Shuji Ishihara,
“Continuum model for epithelial tissue” [Invited] ,
Modeling and Numerical Analysis of Nonlinear Phenomena: Fluid Dynamics, Motion of
Interfaces, and Cell Biology (Dec. 6-8, 2017), Tokyo, Japan.

A03-001 [代表者:今井正幸 分担者:菅原正、豊田太郎、佐久間由香]

1. Tadashi Sugawara,
“Artificial Cell Viewed as a Molecular System” [Invited] ,
Summer School 2013, Okazaki Institute for Integrative Bioscience, SOKENDAI
"Integrative Bioscience Education Program" (Aug. 22-24, 2013), Okazaki, Japan.
2. Yuka Sakuma, Takehiro Jimbo, and Masayuki Imai,
“Binary Vesicles Having Functions of Protocell” [Invited] ,
International Workshop "From Soft Matter to Protocell" (Sep. 18-20, 2013), Sendai,
Japan.
3. Tadashi Sugawara,
“Approach to Evolvable Protocell” [Invited] ,
International Workshop “From Soft Matter to protocell” (Sep. 18-20, 2013), Sendai,
Japan.
4. Atsuji Kodama, Yuka Sakuma, Masayuki Imai, Toshihiro Kawakatsu, Nicolas Puff, and
Miglena I. Angelova,
“Chemophoresis of Neutral Phospholipid Vesicle” [Invited] ,
International Workshop “From Soft Matter to Protocell” (Sep. 18-20, 2013), Sendai,
Japan.

5. Atsuji Kodama, Yuka Sakuma, Masayuki Imai, Toshihiro Kawakatsu, Nicolas Puff, and Miglena I. Angelova,
“Chemophoresis of Vesicle” [Invited] ,
Workshop on Cross Correlation & Transport Phenomena in Soft Matter (Jan. 27-28, 2014), Tokyo, Japan.
6. Kentaro Suzuki,
“Morphology of Giant Vesicle Caused by Molecule-based Dynamics” [Invited] ,
The 9th International Symposium on the Kanagawa University - National Taiwan University Exchange Program 2013 (Mar. 15, 2014), Kanagawa, Japan.
7. Taro Toyota,
“Locomotion of tubular giant vesicles” [Invited] ,
Bridging the gap between matter and life (Jun. 3, 2014), Tokyo, Japan.
8. Tadashi Sugawara, Muneyuki Matsuo, Kensuke Kurihara, Taro Toyota, and Kentaro Suzuki,
“Constructive Approach towards a Vesicle-based Protcell” [Oral(contributed)] ,
Origins2014, 2nd ISSOL - The International Astrobiology Society and Bioastronomy (IAU C51) Joint International Conference (Jul. 6-11, 2014), Nara, Japan.
9. Tadashi Sugawara, Muneyuki Matsuo, Kensuke Kurihara, Taro Toyota, and Kentaro Suzuki,
“How Prebiotic Materials Collaborate in a Vesicle-based Protocell” [Oral(contributed)] ,
OQOL2014, Open Questions the Origin of Life 2014 (Jul. 12-13, 2014), Kyoto, Japan.
10. Tadashi Sugawara,
“Constructive Approach towards Vesicle-based Protocell” [Invited] ,
EARTH-LIFE SCIENCE INSTITUTE (ELSI) Seminar (Oct. 22, 2014), Tokyo, Japan.
11. Tadashi Sugawara, Kensuke Kurihara, Muneyuki Matsuo, Taro Toyota, Kentaro Suzuki,
“How could a model protocell acquire identity as life through autonomous responses towards external stimuli?” [Invited] ,
4th Symposium on Artificial Life and Biomimetic Functional Materials (Nov. 28, 2014), Tokyo, Japan.
12. Kentaro Suzuki, Naoyuki Nakayama, and Tadashi Sugawara,
“Self-driven motion of oil droplets launched by UV irradiation” [Invited] ,
4th Symposium on Artificial Life and Biomimetic Functional Materials (Nov. 28, 2014), Tokyo, Japan.
13. Tadashi Sugawara, Kensuke Kurihara, Kentaro Suzuki, Taro Toyota, and Muneyuki Matsuo,
“How Self-proliferative Vesicle-based Protocell Acquire Responsibility and Recursibility” [Invited] ,
BIT's 1st Annual World Congress of Smart Materials-2015 (WCSM-2015) (Mar. 23-25, 2015), Busan, Korea.
14. Tadashi Sugawara, Kensuke Kurihara, Muneyuki Matsuo, Taro Toyota, and Kentaro Suzuki,
“Sustainability of Recursive Vesicle-based Protocell” [Invited] ,
AMS Seminar at POSTECH (Mar. 25, 2015), Pohang, Korea.
15. Tadashi Sugawara, Kensuke Kurihara, Muneyuki Matsuo, Taro Toyota, and Kentaro Suzuki ,
“Recursive Vesicle-based Protocell Constructed as a Molecular System” [Keynote/Plenary] ,
SysChem 2015 (May 19-22, 2015), Kerkrade, Netherland.

16. Tadashi Sugawara, Kensuke Kurihara, Muneyuki Matsuo, Taro Toyota, and Kentaro Suzuki,
“Recursive Proliferation of Vesicle-Based protocell” [Invited] ,
International Symposium on Fluctuation and Structure out of Equilibrium 2015 (SFS2015) (Aug. 20-23, 2015), Kyoto, Japan.
17. Kentaro Suzuki,
“Spontaneous Motion of Photo-active Oil Droplets” [Invited] ,
International Workshop on Challenge to Synthesizing Life (Aug. 25-26, 2015), Hakone, Japan.
18. Taro Toyota,
“Self-propelled motion of micrometer-sized molecular aggregates underwater” [Invited] ,
International Workshop on Challenge to Synthesizing Life (Aug. 25-26, 2015), Hakone, Japan.
19. Takehiro Jimbo, Yuka Sakuma, Primoz Zihnerl, Naohito Urakami, and Masayuki Imai,
“Physics of self-reproduction of vesicle reveal by 3D analysis” [Invited] ,
International Workshop on Challenge to Synthesizing Life (Aug. 25-26, 2015), Hakone, Japan.
20. Yuka Sakuma,
“Approach to Minimal Cell based on membrane physics” [Invited] ,
International Workshop on Challenge to Synthesizing Life (Aug. 25-26, 2015), Hakone, Japan.
21. Masayuki Imai,
“Chemical control of vesicle dynamics” [Invited] ,
iCeMS International Symposium Hierarchical Dynamics in Soft Materials and Biological Matter (Sep. 23-2, 2015), Kyoto, Japan.
22. Tadashi Sugawara,
“Identity as life acquired by hierarchical emerged in molecular system” [Invited] ,
2015 International Chemical Congress of Pacific Basin Societies (PACIFICHEM 2015) (Dec. 15-20, 2015), Hawaii, USA.
23. Tadashi Sugawara, Katsuto Takakura, Kensuke Kurihara, Taro Toyota, and Kentaro Suzuki,
“Self-reproduction of giant vesicle emerged under non-equilibrium condition” [Invited] ,
2015 International Chemical Congress of Pacific Basin Societies (PACIFICHEM 2015) (Dec. 15-20, 2015), Hawaii, USA.
24. Kentaro Suzuki, Naoyuki Nakayama, and Tadashi Sugawara,
“Self-driven motion of oil-droplet emerged after chemical reaction” [Oral(contributed)] ,
2015 International Chemical Congress of Pacific Basin Societies (PACIFICHEM 2015) (Dec. 15-20, 2015), Hawaii, USA.
25. Tadasgu Sugawara, Kensuke Kurihara, Muneyuki Matsuo, Taro Toyota, and Kentaro Suzuki,
“How RNA/DNA, Protein, and Lipid Worlds meet in a vesicle-based model protocell?” [Keynote/Plenary] ,
The Origin of Life -Synergy among the RNA, Protein, and Lipid Worlds- (May 29-30, 2017), Tokyo, Japan.
26. Masayuki Imai, Yuka Sakuma, Takehiro Jimbo, Toshihiro Kawakatsu, and Naohito Urakami,
“Self-reproduction of vesicles: Membrane physics approach” [Invited] ,
The Origin of Life -Synergy among the RNA, Protein, and Lipid Worlds- (May 28-29, 2017), Tokyo, Japan.

27. Yuka Sakuma,
“Control of vesicle deformation toward protocell” [Invited] ,
International Conference The Origin of Life (May 29-30, 2017), Tokyo, Japan.
28. Taro Toyota,
“Self-propelled Motion of Molecular Aggregates for Mobile Model Protocell” [Invited] ,
International Conference on the Origin of Life (May 29-30, 2017), Tokyo, Japan.
29. Masayuki Imai, Yuka Sakuma, Takehiro Jimbo, Toshihiro Kawakatsu, and Naohito Urakami,
“Self-reproduction of vesicles” [Invited] ,
International workshop "Expanding the evolutionary potential of minimal living systems" (Jun. 20, 2017), Tokyo, Japan.
30. Taro Toyota,
“Diversity on locomotion modes of underwater molecular aggregates” [Invited] ,
EON Workshop "Sensors, Motors and Behaviour at the Origin of Life" (Jul. 26-28, 2017),
Tokyo, Japan.
31. Ryuta Ebihara, Takuma Kono, Primoz Zihnerl, and Masayuki Imai,
“Morphologies in Vesicle-Vesicle Adhesion” [Invited] ,
Association in Solution IV (Jul. 31-Aug. 4, 2017), St. Johns, Canada.
32. Masayuki Imai, Minoru Kurisu, Harutaka Aoki, Yuka Sakuma, Sandra Luginbühl, and
Peter Walde,
“Vesicle Growth Coupled with Template Polymerization - Toward Vesicle Based
Self-Reproducing Automaton -” [Invited] ,
Cell-Free Synthetic Biology Workshop (Nov. 25, 2017), Fukuoka, Japan.

A03-002 [代表者:好村滋行 分担者:野口博司、芝隼人]

1. Shigeyuki Komura,
“Anomalous lateral diffusion in a viscous membrane surrounded by viscoelastic
media”
[Oral(contributed)] ,
XXV IUPAP International Conference on Statistical Physics, STATPHYS25 (Jul.
22-26, 2013), Seoul, Korea.
2. Hiroshi Noguchi,
“Entropy-driven aggregation in multilamellar membranes” [Oral(contributed)] ,
International Soft Matter Conference 2013 (Sep. 15-19, 2013), Rome, Italy.
3. Hiroshi Noguchi, Hayato Shiba, and Gerhard Gompper,
“Flow-induced morphological changes of bilayer membranes” [Invited] ,
Workshop on Cross Correlation & Transport Phenomena in Soft Matter (Jan. 27-28,
2014), Tokyo, Japan.
4. Shigeyuki Komura,
“Anomalous lateral diffusion in a viscous membrane surrounded by viscoelastic
media”
[Oral(contributed)] ,
ACS 2014 Colloid & Surface Science Symposium (Jun. 22-25, 2014), Philadelphia,
USA.
5. Shigeyuki Komura, Yuichi Kanemori, Ryuichi Okamoto, and Jean-Baptiste Fournier,
“Relaxation dynamics of binary lipid bilayers” [Oral(contributed)] ,
Physics of Structural and Dynamical Hierarchy in Soft Matter (Mar. 16-18, 2015),
Tokyo, Japan.

6. Hiroshi Noguchi,
“Self-assembly of banana-shaped proteins” [Oral(contributed)] ,
Physics of Structural and Dynamical Hierarchy in Soft Matter (Mar. 16-18, 2015),
Tokyo, Japan.
7. Shigeyuki Komura,
“Dynamics of multi-component membranes” [Invited] ,
Controlled structural formation of soft matter (Aug. 3-28, 2015), Beijing, China.
8. Shigeyuki Komura,
“Relaxation dynamics of binary lipid bilayers” [Invited] ,
International Symposium on Fluctuation and Structure out of Equilibrium 2015
(SFS2015) (Aug. 20-23, 2015), Kyoto, Japan.
9. Koh M. Nakagawa and Hiroshi Noguchi,
“Budding and collapse of bilayer membrane induced by chemical reaction” [Invited] ,
International Workshop on Challenge to Synthesizing Life (Aug. 25-26, 2015), Hakone,
Japan.
10. Hiroshi Noguchi,
“Shape transition of biomembrane induced by banana-shaped proteins” [Invited] ,
The 3rd International Workshops on Advances in Computational Mechanics (Oct. 12-14,
2015), Tokyo, Japan.
11. Shigeyuki Komura,
“Structural rheology of the smectic phase” [Invited] ,
6th International Mini-workshop (Apr. 15, 2016), Chiba, Japan.
12. Hiroshi Noguchi,
“ Membrane Shape Transformation Induced by Banana-Shaped Proteins ”
[Oral(contributed)] ,
4th International Soft Matter Conference (Sep. 12-16, 2016), Grenoble, France.
13. Shigeyuki Komura,
“Anomalous diffusion in active cells” [Invited] ,
BioSoft Frontiers: Physics of Soft and Biological Matter (Sep. 18-21, 2016), Rehovot
& Tel Aviv, Israel.
14. Hiroshi Noguchi,
“Large-scale coarse-grained simulations of biomembranes using meshless membrane
model and lattice monge MC model” [Invited] ,
The 14th International Symposium Computer Methods in Biomechanics and
Biomedical Engineering (Sep. 20-22, 2016), Tel Aviv, Israel.
15. Hayato Shiba,
“Apparent Dimensionality Dependence of Glassy Dynamics: Infinite Growth of Acoustic
Vibrations in Two Dimensions” [Oral(contributed)] ,
CECAM Workshop "Structure formation in soft colloids" (Sep. 19-22, 2016), Vienna, Austria.
16. Shigeyuki Komura,
“Dynamics of multi-component membranes” [Invited] ,
4th International Kyushu Colloid Colloquium (Sep. 27-28, 2016), Fukuoka, Japan.
17. Hiroshi Noguchi,
“Membrane Shape Transformation Induced by Banana-Shaped Proteins and Nuclear
Pore Complexes” [Invited] ,
CECAM workshop "Mesoscopic Modeling in Physics of Molecular and Cell Biology" (Oct.
10-13, 2016), Toulouse, France.

18. Shigeyuki Komura,
“Anomalous diffusion in active cells” [Invited] ,
Interdisciplinary Applications of Nonlinear Science (Nov. 3-6, 2016), Kagoshima, Japan.
19. Shigeyuki Komura,
“Anomalous diffusion in active cells” [Invited] ,
International Workshop on Hydrodynamic Flows in/of Cells (Nov. 24-25, 2016), Tokyo, Japan.
20. Hiroshi Noguchi,
“Structure formation of biomembranes induced by protein adsorption” [Invited] ,
Structured Soft Interfaces: Caught Between Multi-Scale Simulation and Application (Jan. 23-27, 2017), Leiden, Netherlands.
21. Hayato Shiba,
“Unveiling Dimensionality Dependence of Glassy Dynamics: 2D Infinite Fluctuation Eclipses Inherent Structural Relaxation” [Oral(contributed)] ,
International Workshop on Glasses and Related Nonequilibrium Systems (Mar. 21-23, 2017), Osaka, Japan.
22. Hayato Shiba,
“Unveiling Dimensionality Dependence of Glassy Dynamics: 2D Infinite Fluctuation Eclipses Inherent Structural Relaxation” [Oral(contributed)] ,
10th Liquid Matter Conference (Jul. 17-21, 2017), Ljubljana, Slovenia.
23. Shigeyuki Komura,
“Swimmer-microrheology” [Invited] ,
Association in Solution IV (Jul. 31 - Aug. 4, 2017), St. John's, Canada.
24. Hiroshi Noguchi,
“Coarse-Grained Simulations of Biomembranes Using Meshless Membrane Model” [Invited] ,
SIAM Conference on Parallel Processing for Scientific Computing (Mar. 7-10, 2018), Tokyo, Japan.
25. Hayato Shiba,
“Simulation study of fluctuation and dynamics in low-dimensional systems - crystal melting, amorphous solids, and elastic membranes” [Keynote/Plenary] ,
Workshop on Computer Simulation of Glassy Materials (Mar. 27-28, 2018), Changsha, China.

A03-003 [代表者:木村康之 分担者:水野大介]

1. Daisuke Mizuno,
“Levy statistics and dynamics in active cytoskeletons” [Invited] ,
Taiwan International Workshop on Biological Physics and Complex Systems (BioComplex-Taiwan-2013) (Jul. 17-20, 2013), Taiwan.
2. Yasutaka Iwashita and Yasuyuki Kimura,
“Cluster structures of Janus colloidal particles controlled by tunable attractive interaction” [Oral(contributed)] ,
International Soft Matter Conference 2013 (Sep. 15-19, 2013), Rome, Italy.
3. Yasuyuki Kimura,
“Interparticle force between nematic colloids” [Oral(contributed)] ,
12th European Conference on Liquid Crystals (Sep. 22-27, 2013), Rhodes, Greece.

4. Daisuke Mizuno,
“Levy statistics and dynamics in active cytoskeletons” [Invited] ,
2013 SPP Physics Congress (Oct. 23-25, 2013), Philippines.
5. Daisuke Mizuno,
“Levy statistics and dynamics in active cytoskeletons” [Invited] ,
15th SPVM National Physics Conference in Davao (Oct. 24-26, 2013), Davao City,
Philippines.
6. Heev Ayade, Irwin Zaid, and Daisuke Mizuno,
“ Athermal Fluctuations of Probe Particles in Active Cytoskeletal Network ”
[Oral(contributed)] ,
KITP conference "Active Processes in Living and Nonliving Matter" (Feb. 10-14,
2014), Santa Barbara, USA.
7. Yasuyuki Kimura and Kuniyoshi Izaki,
“Measurement of interparticle force between nematic colloids” [Oral(contributed)] ,
SPIE2014, Optical Trapping and Optical Micromanipulation XI (Aug. 17-21, 2014), San
Diego, USA.
8. Shogo Okubo, Shuhei Shibata, and Yasuyuki Kimura,
“ Collective behavior of the optically driven particles on a circular path ”
[Oral(contributed)] ,
SPIE2014, Optical Trapping and Optical Micromanipulation XI, (Aug. 17-21, 2014), San
Diego, USA.
9. Yasuyuki Kimura and Kuniyoshi Izaki,
“Interparticle force between nematic colloids” [Oral(contributed)] ,
International Conference in Asia (IUMRS-ICA) 2014 (Aug. 24-28, 2014), Fukuoka,
Japan.
10. Kentaro Takahashi and Yasuyuki Kimura,
“Dynamics of colloidal particles in electrohydrodynamic convection of nematic liquid
crystal” [Oral(contributed)] ,
International Conference in Asia (IUMRS-ICA) 2014 (Aug. 24-28, 2014), Fukuoka,
Japan.
11. Daisuke Mizuno, Takashi Kurihara, Kenji Nishizawa, Natsuki Honda, Heev Ayade and
Takayuki Ariga,
“Microrheology of Active Systems” [Invited] ,
International Symposium on Fluctuation and Structure out of Equilibrium 2015
(SFS2015) (Aug. 20-23, 2015), Kyoto, Japan.
12. Kenji Nishizawa, Marcel Bremerich, Natsuki Honda, Heev Ayade, Christoph F. Schmidt,
Takayuki Ariga and Daisuke Mizuno,
“Microrheology towards the characterization of forces and mechanics in living cells”
[Invited] ,
The 26th CDB meeting "Mechanistic Perspectives of Multicellular Organization" (Sep.
8-9, 2015), Hyogo, Japan.
13. Daisuke Mizuno,
“Rheology and fluctuations in active systems” [Invited] ,
The 3rd East Asia Joint Seminar on Statistical Physics (Oct. 14-17, 2015), Seoul, Korea.
14. Daisuke Mizuno,
“Non-Gaussian limit distributions out of truncated power-law interactions” [Invited] ,
One day workshop on non-Gaussian fluctuation (Feb. 22, 2016), Kyoto, Japan.

15. Natsuki Honda, Kenji Nishizawa, Takayuki Ariga, Daisuke Mizuno,
“Dual-feedback microrheology in cytoskeletal networks” [Oral(contributed)] ,
APS March Meeting 2016 (Mar. 14-18, 2016), Baltimore, USA.
16. Shogo Okubo, Shuhei Shibata, Yuriko Sassa Kawamura and Yasuyuki Kimura,
“Collective motion of hydrodynamically coupled micro-objects driven by optical force”
[Invited] ,
The 3rd Optical Manipulation Conference (OMC’16) (May 18-20, 2016), Yokohama,
Japan.
17. Kenji Nishizawa, Daisuke Mizuno,
“Molecular crowding effects in vitro and living cytoplasm” [Oral(contributed)] ,
4th International Soft Matter Conference (Sep. 12-16, 2016), Grenoble, France.
18. Daisuke Mizuno,
“Non-Gaussian glassy dynamics in living systems” [Oral(contributed)] ,
International Workshop on Hydrodynamic Flows in/of Cells (Nov. 24-25, 2016), Tokyo,
Japan.
19. Daisuke Mizuno,
“FDT violation and Non-Gaussian Glassy Dynamics in active systems” [Invited] ,
Workshop on Stochasticity and Fluctuations in Small Systems (Nov. 29- Dec. 2, 2016),
Pohang, Korea.
20. Keita Saito, Shogo Okubo, Yasuyuki Kimura,
“Rhythmic motion of colloidal particles driven by optical force” [Oral(contributed)] ,
Optical Manipulation Conference (OMC17) (Apr. 12-14, 2017), Yokohama, Japan.
21. Yuta Tamura and Yasuyuki Kimura,
“Continuous rotation of a cholesteric liquid crystalline droplet by a circularly polarized
optical tweezers” [Oral(contributed)] ,
Optical Manipulation Conference (OMC17) (Apr. 12-14, 2017), Yokohama, Japan.
22. Tomohiro Noguchi, Yasutaka Iwashita, Yasuyuki Kimura,
“Micelles and emulsion droplets in amphiphilic Janus particle-water-oil ternary system”
[Oral(contributed)] ,
10th Liquid Matter Conference (Jul. 17-21, 2017), Ljubjana, Slovenia.

A03-004 [代表者:吉川研一 分担者:鶴山竜昭、市川正敏]

1. Kenichi Yoshikawa,
“How does the higher-order structure of DNA concern with genetic functions?”
[Invited] ,
20th International Conference on Medical Physics (ICMP) (Sep. 1-4, 2013), Brighton, UK.
2. Kenichi Yoshikawa,
“Specificity of Cell-Sized Confinement” [Invited] ,
International Workshop "From Soft Matter to Protocell" (Sep. 18-20, 2013), Sendai,
Japan.
3. Kenichi Yoshikawa,
“Phase Transition on Genomic DNA: Its Physics & Biological Significance” [Invited] ,
German Science Day (Oct. 26, 2013), Kyoto, Japan.
4. Kenichi Yoshikawa,
“Unveiling Intrinsic Characteristics of Genomic DNA” [Invited] ,
SPIRITS Symposium "Novel, Integrated Clinicopathologic Diagnosis of Cancer based on
Physical Readouts" (Mar. 18, 2014), Kyoto, Japan.

5. Tatsuaki Tsuruyama,
“Application of Biophysical Approach for Pathological Diagnosis: Mass Spectrometry-Imaging.” [Invited] ,
8th IUPAP International Conference on Biological Physics (ICBP2014) (Jun. 18-22, 2014), Beijing, China.
6. Kenichi Yoshikawa,
“Real-world Modeling of Living System with Surfactant: Self-organized Structure and Dynamic Function” [Keynote/Plenary] ,
20th International Symposium on Surfactants in Solution (Jun. 22-27, 2014), Coimbra, Portugal.
7. Shunsuke F. Shimobayashi, Masatoshi Ichikawa,
“Emergence of DNA-encapsulating liposomes from DNA-lipid blend film ” [Oral(contributed)] ,
Workshop: Open Questions on the Origin of Life (Jul. 12-13, 2014), IAS, Kyoto.
8. Kenichi Yoshikawa,
“Phase-transition of genomic DNA” [Invited] ,
Graduate School of Biostudies & iCeMS Joint Symposium (Sep.22, 2014), Kyoto, Japan.
9. Kenichi Yoshikawa,
“A working hypothesis on the self-control of whole genome” [Invited] ,
Stem Cells and Devices International SPIRITS Symposium (Oct. 2, 2014), Kyoto, Japan.
10. Takuya Ohmura, Ken-ichiro Kamei, Masatoshi Ichikawa and Yusuke T. Maeda,
“Asymmetric oscillation and dynamic clustering of water-in-oil droplets by hydrodynamic interactions” [Oral(contributed)] ,
APS March Meeting 2015 (Mar. 2-6, 2015), San Antonio, United States.
11. Shunsuke Shimobayashi,
“Emergence of nanometer-sized raft-like domains in asymmetric lipid vesicles ” [Invited] ,
International Workshop on Challenge to Synthesizing Life (Aug. 25-26, 2015), Hakone, Japan.
12. Masatoshi Ichikawa,
“Active shape fluctuations of an actomyosin droplet” [Oral(contributed)] ,
iCeMS International Symposium Hierarchical Dynamics in Soft Materials and Biological Matter (Sep. 23-26, 2015), Kyoto, Japan.
13. Kenichi Yoshikawa,
“Extending Physics through the Exotic Event in Life: Simple Theory and Real-World Modeling” [Invited] ,
YITP International Workshop: Biological & Medical Science based on Physics: Radiation and physics, Physics on medical science, Modeling for biological system (Nov. 5-7, 2015), Kyoto, Japan.
14. Kenichi Yoshikawa,
“Physics of Life” [Invited] ,
Kyoto Winter School "From Materials to Life: Multidisciplinary Challenges" (Feb. 15-26, 2016), Kyoto, Japan.
15. Yukinori Nishigami, Hiroaki Ito, Sonobe Seiji, Masatoshi Ichikawa,
“Reconstruction of cellular shape deformation through contraction of cortex actomyosin” [Oral(contributed)] ,
MOSCOW FORUM "PROTIST-2016" (Jun. 6-10, 2016), Moscow, Russia.

16. Takuya Ohmura, Yukinori Nishigami, Masatoshi Ichikawa, Jun-ichi Manabe and Takuji Ishikawa,
“Hydrodynamics of ciliates swimming on wall” [Invited] ,
Workshop on Micro-Organisms in Stokes Flows (Aug. 31, 2016), Okayama, Japan.
17. Ma Yue,
“Phase transition in a single giant DNA molecule: Differences between 1-propanol and 2-propanol aqueous solutions” [Oral(contributed)] ,
1st Nano/Bioscience International Symposium (Oct. 7-8, 2016), Kyoto, Japan.
18. Yuta Shimizu, Yuko Yoshikawa, Masako Uemura, Takahiro Kenmotsu, Seiji Komeda, Kenichi Yoshikawa,
“Significant effect of dinuclear Pt(II) complexes on the higher-order structure of genomic DNA” [Oral(contributed)] ,
the 8th Asian Biological Inorganic Chemistry Conference (Dec. 4-9, 2016), Auckland, New Zealand.
19. Kenichi Yoshikawa,
“Emergence of Cell-Like Structure & Function under Crowding Condition” [Invited] ,
International Conference: The Origin of Life (May 29-30, 2017), Tokyo, Japan.
20. Kenichi Yoshikawa,
“How to Bridge the Gap between Life and Matter” [Keynote/Plenary] ,
Italy meets Asia: Scientific Venue in Kyoto 2017 (Nov. 11, 2017), Kyoto, Japan.
21. Kenichi Yoshikawa,
“ Playing with Crowding: Creation of Cell-Mimicking Structure & Function ” [Keynote/Plenary] ,
First International Symposium on Chemistry for Multimolecular Crowding Biosystems (CMCB2017) (Dec. 12-13, 2017), Kobe, Japan.
22. Tenshi Nishio, Yuko Yoshikawa, Naoki Umezawa, Wakao Fukuda, Shinsuke Fujiwara, Tadayuki Imanaka, and Kenichi Yoshikawa,
“ Stabilization of DNA by branched-chain polyamine at high temperatures ” [Oral(contributed)] ,
Polyelectrolytes in Chemistry, Biology and Technology 2018 (Mar. 12-14, 2018), Singapore.

A01 公募(2014-2017) [代表者: 中村真]

1. Shin Nakamura,
“Application of AdS/CFT Correspondence to Non-equilibrium Physics ” [Invited] ,
Hadron Physics Symposium (Apr. 17-19, 2014), Nagoya, Japan.
2. Shin Nakamura,
“Effective Temperature of Non-equilibrium Steady States in AdS/CFT ” [Invited] ,
Aspects of holography (Jul. 14-23, 2014), Pohang, Korea.
3. Shin Nakamura,
“Non-equilibrium Steady States in AdS/CFT Correspondence ” [Invited] ,
Thermodynamics, Large deviation, and Transportation (Sep. 17-18, 2014), Kyoto, Japan.
4. Shin Nakamura,
“Effective Temperature of Non-equilibrium Steady States in AdS/CFT Correspondence” [Invited] ,
Hadrons and Hadron Interactions in QCD (Mar. 2-6, 2015), Kyoto, Japan.

5. Shin Nakamura,
“Application of AdS/CFT Correspondence to Studies on Non-equilibrium Steady States”
[Invited] ,
Second LeCosPA International Symposium, Everything about Gravity (Dec. 14-18, 2015),
Taipei, Taiwan.
6. Shin Nakamura,
“Application of Gauge/gravity Correspondence to Non-equilibrium Physics” [Invited] ,
Progress in Quantum Field Theory and String Theory II (Mar. 27-31, 2017), Osaka,
Japan.

A01 公募(2014-2015) [代表者:永井健]

1. Ken H. Nagai,
“Swarming of self-propelled particles subjected to dichotomous orientational noise ”
[Invited] ,
Statistical Physics of Active Matter (Jun. 24-25, 2014), Beijing, Japan.
2. Ken H. Nagai,
“Collective motion of rotating self-propelled particles” [Invited] ,
Focus Meeting of the Kyoto Winter School for Statistical Mechanics (Feb. 16-17, 2015),
Kyoto, Japan.
3. Ken H. Nagai,
“Collective motion of rotating self-propelled particles through short-range orientational
interaction” [Invited] ,
The International Congress on Industrial and Applied Mathematics (Aug. 10-12, 2015),
Beijing, China.
4. Kazuki Shigyou, Ken H. Nagai, Tsutomu Hamada,
“Diffusion of particles adhering to liposomes” [Oral(contributed)] ,
International Symposium on Micro-NanoMechatronics and Human Science (Nov. 23-25,
2015), Aichi, Japan.
5. Y. Suzuki, Kazuki Shigyo, Ken H. Nagai, A. Zinchenko, Tsutomu Hamada,
“Photocontrollable fusion of lipid vesicles” [Oral(contributed)] ,
International Symposium on Micro-NanoMechatronics and Human Science (Nov. 23-25,
2015), Aichi, Japan.

A01 公募(2014-2015) [代表者:波多野恭弘]

1. Takahiro Hatano,
“Granular Friction in a Wide Range of Shear Rates” [Invited] ,
Granular & Granular-Fluid Flow (Jul. 20-25, 2014), Easton, MA.
2. Takahiro Hatano,
“Critical slowing down at jamming transition” [Invited] ,
XXVII IUPAP Conference on Computational Physics (Dec. 2-5, 2015), Guwahati, India.
3. Takahiro Hatano,
“Granular friction and earthquake faults” [Keynote/Plenary] ,
Plasticity 2016 (Jan. 3-9, 2016), Kona, Hawaii, USA.
4. Takahiro Hatano,
“Effects of stress and density in statistics of crackling noise in granular matter”
[Invited] ,
Fracmeet 2016 (Feb. 1-4, 2016), Chennai, India.

A01 公募(2014-2015) [代表者:橋坂昌幸]

1. Tomoaki Ota, Masayuki Hashisaka, Koji Muraki, and Toshimasa Fujisawa,
“Cross correlation measurement of repartitioned noise in a quantum Hall edge channel”
[Oral(contributed)] ,
International Conference on the Physics of Semiconductors (ICPS2014) (Aug. 10-15,
2014), Austin, USA.
2. Masayuki Hashisaka, Tomoaki Ota, Koji Muraki, and Toshimasa Fujisawa,
“Fractional Charge Tunneling Through a Local Fractional Quantum Hall Region”
[Oral(contributed)] ,
International Conference on The Physics of Semiconductor (ICPS 2014) (Aug. 10-15,
2014), Austin, USA.
3. Masayuki Hashisaka,
“Creation of fractional quasiparticles in a tunneling process through a local fractional
quantum Hall system” [Invited] ,
Kwant workshop (Jun. 1-5, 2015), Grenoble, France.
4. Masayuki Hashisaka,
“Fractional charge tunneling through a local fractional quantum Hall system measured
using cross-correlation noise measurements” [Invited] ,
New Perspectives in Spintronics and Mesoscopic Physics (Jun. 10-12, 2015), Kashiwa,
Japan.
5. Masayuki Hashisaka, Koji Muraki, and Toshimasa Fujisawa,
“Temperature and Magnetic Field dependence of Fractional Quasiparticle Creation in a
Local Quantum Hall System” [Oral(contributed)] ,
International Symposium on Nanoscale Transport and Technology (Nov. 17-20, 2015),
Atsugi, Japan.
6. Masayuki Hashisaka, Naoaki Hiyama, Takafumi Akiho, Koji Muraki, Toshimasa
Fujisawa,
“Time-domain observation of spin- and charge-wave packet separation in chiral
one-dimensional channels” [Invited] ,
Energy Material Nanotechnology (EMN) meeting on Optoelectronics (Apr. 12-15, 2016),
Phuket, Thailand.
7. Masayuki Hashisaka,
“Fractional quasiparticle tunneling through a local quantum Hall system” [Invited] ,
Energy Material Nanotechnology (EMN) meeting on Quantum (Apr. 8-11, 2016), Phuket,
Thailand.
8. Masayuki Hashisaka,
“Fractional quasiparticles in a local quantum Hall system” [Invited] ,
Collaborative Conference on 3D and Materials Research (CC3DMR) 2016 (Jun. 20-24,
2016), Incheon/seoul, South Korea.
9. Masayuki Hashisaka, Naoaki Hiyama, Takafumi Akiho, Koji Muraki, and Toshimasa
Fujisawa,
“Time-domain observation of spin-charge separation in copropagating quantum Hall
edge channels” [Invited] ,
The 22nd International Conference on High Magnetic Fields in Semiconductor Physics
(HMF-22) (Jul. 24-29, 2016), Sapporo, Japan.

A01 公募(2014-2015) [代表者: 喜多理王]

1. Kousaku Maeda, Rio Kita, Naoki Shinyashiki, and Shin Yagihara,
“Thermal diffusion behavior of aqueous solutions of ethylene glycol oligomers, crown ethers, and glycerol” [Oral(contributed)],
11th International Meeting on Thermodiffusion (Jun. 2-6, 2014), Bayonne, France.

A01 公募(2016-2017) [代表者: 塚原隆裕]

1. Takahiro Tsukahara,
“Laminar-turbulent pattern in annular/plane channel flows” [Invited],
International Symposium on Near-Wall Flows: Transition and Turbulence (Jun. 20-22, 2016), Kyoto, Japan.
2. Kohei Kunii, Takahiro Ishida, and Takahiro Tsukahara,
“DNS study of transitional sliding Couette flow” [Oral(contributed)],
The 4th International Workshop on Fluid Flow, Heat Transfer and Turbulent Drag Reduction (Aug. 8, 2016), Chiba, Japan.
3. Kohei Kunii, Takahiro Ishida, and Takahiro Tsukahara,
“Helical turbulence and puff in transitional sliding Couette flow” [Oral(contributed)],
24th International Congress of Theoretical Applied Mechanics (Aug. 21-26, 2016), Montreal, Canada.
4. Takahiro Ishida, Takahiro Tsukahara, and Sho Inooka,
“Investigating the lower critical Reynolds number focusing on the turbulent spot and stripe at plane channel flow” [Oral(contributed)],
11th Euromech Fluid Mechanics Conference (Sep. 12-16, 2016), Seville, Spain.
5. Takahiro Tsukahara and Takahiro Ishida,
“Subcritical transition in annular Poiseuille flow” [Invited],
The 5th International Workshop on Fluid Flow, Heat Transfer and Turbulent Drag Reduction (Dec. 9-10, 2016), Xi'an, China.
6. Shou Inooka, Takahiro Tsukahara,
“DNS study on Reynolds-number dependence of spot growth to oblique turbulent band in plane Poiseuille flow” [Oral(contributed)],
16th EUROMECH European Turbulence Conference (Aug. 21-24, 2017), Stockholm, Sweden.
7. Yohann Duguet, Takahiro Tsukahara, Takahiro Ishida, and Kohei Kunii,
“Transitional regimes of annular shear flows” [Oral(contributed)],
12th European Fluid Mechanics Conference (EFMC12) (Sep. 9-13, 2018), Vienna, Austria.
8. Yohann Duguet, Takahiro Ishida, Kohei Kunii, and Takahiro Tsukahara,
“Spot morphogenesis in annular shear flows” [Oral(contributed)],
Euromech Colloquium EC598 - Coherent Structures in Wall-bounded Turbulence: New Directions in a Classic Problem (Aug. 29-31, 2018), London, UK.

A01 公募(2016-2017) [代表者: 大塚朋廣]

1. Kenta Takeda, Jun Kamioka, Jun Yoneda, Tomohiro Otsuka, Matthieu R. Delbecq, Giles Allison, Takashi Nakajima, Tetsuo Kodera, Syunri Oda, and Seigo Tarucha,
“AC Stark effect and optimal control of a strongly driven Si/SiGe quantum dot spin qubit” [Oral(contributed)],
Silicon Quantum Electronics Workshop (Jun. 13-14, 2016), Delft, Netherlands.

2. Takumi Ito, Tomohiro Otsuka, Shinichi Amaha, Matthieu R. Delbecq, Takashi Nakajima, Jun Yoneda, Kenta Takeda, Giles Allison, Akito Noiri, Kento Kawasaki, and Seigo Tarucha,
“Detection and control of charge states of a quintuple quantum dot in a scalable multiple quantum dot architecture” [Oral(contributed)] ,
International Conference on The Physics of Semiconductors (Jul. 31-Aug. 5, 2016), Beijing, China.
3. Takashi Nakajima, Akito Noiri, Jun Yoneda, Tomohiro Otsuka, Kenta Takeda, Matthieu R. Delbecq, Kento Kawasaki, Giles Allison, Arne Ludwig, Andreas D. Wieck, Seigo Tarucha,
“Controlling entanglement between different kinds of quantum dot spin qubits” [Invited] ,
EPR steering, temporal steering, and correlations in quantum theory (Feb. 15, 2017), Wako, Japan.
4. Tomohiro Otsuka, Takashi Nakajima, Matthieu R. Delbecq, Peter Stano, Shinichi Amaha, Jun Yoneda, Kenta Takeda, Giles Allison, Akito Noiri, Takumi Ito, Daniel Loss, Arne Ludwig, Andreas D. Wieck, Seigo Tarucha,
“Difference in charge and spin dynamics in a quantum dot-lead hybrid system” [Oral(contributed)] ,
International Conference on Electronic Properties of Two Dimensional Systems (Jul. 31 - Aug. 4, 2017), State College, U.S.A..
5. Jun Yoneda, Kenta Takeda, Tomohiro Otsuka, Takashi Nakajima, Matthieu R. Delbecq, Giles Allison, Takumu Honda, Tetsuo Kodera, Shunri Oda, Yusuke Hoshi, Noritaka Usami, Kohei M. Itoh, Seigo Tarucha,
“Charge-noise-limited coherence and three-nines fidelity of an enriched Si/SiGe spin qubit” [Oral(contributed)] ,
International Workshop on Silicon Quantum Electronics (Aug. 18-21, 2017), Hillsboro, U.S.A..
6. Takashi Nakajima, Kento Kawasaki, Akito Noiri, Jun Yoneda, Peter Stano, Tomohiro Otsuka, Kenta Takeda, Matthieu R. Delbecq, Giles Allison, Arne Ludwig, Andreas D. Wieck, Daniel Loss, and Seigo Tarucha,
“Rapid single and two-qubit manipulations of electron spins in a GaAs triple quantum dot” [Invited] ,
International Symposium on Dynamics in Artificial Quantum Systems (Jan. 15-17, 2018), Tokyo, Japan.

A02 公募(2014-2017) [代表者: 齋藤一弥]

1. Kazuya Saito,
“Molecular Flexibility and Aggregation Structure of Liquid Crystals” [Invited] ,
Multiscale phenomena in molecular matter (Jul. 6-10, 2015), Krakow, Poland.
2. Takaaki Ikeda, Yasuhisa Yamamura, Hideki Saitoh, Mafumi Hishida, Takeshi Fujita, Junji Ichikawa, and Kazuya Saito,
“Calorimetric Study of a Cell-Quintupling Transition in Bis (trans-4-butylcyclohexyl) methanol” [Oral(contributed)] ,
The 71st Calorimetry Conference (Jun. 31- Aug. 4, 2016), Hawaii, USA.

A02 公募(2014-2015) [代表者:上妻幹旺]

1. Ryotaro Inoue, Martin Miranda, Yuki Okuyama, Akimasa Nakamoto and Mikio Kozuma,
 “Quantum Gas Microscope with Ytterbium” [Invited] ,
 International Symposium on Fluctuation and Structure out of Equilibrium 2015 (SFS2015) (Aug. 20-23, 2015), Kyoto, Japan.

A02 公募(2014-2015) [代表者:中尾裕也]

1. Ken Nishikawa, Wataru Kurebayashi, and Hiroya Nakao,
 “Bayesian Parameter Estimation of Non-stationary Collective Dynamics in Moving Animal Groups” [Oral(contributed)] ,
 2014 International Symposium on Nonlinear Theory and its Applications (Sep. 14-18, 2014), Luzern, Switzerland.
2. Wataru Kurebayashi, Sho Shirasaka, Hiroya Nakao,
 “Synchronization Analysis of Nonlinear Oscillators by a Quadratic Phase Model” [Oral(contributed)] ,
 2014 International Symposium on Nonlinear Theory and its Applications (Sep. 14-18, 2014), Luzern, Switzerland.
3. Wataru Kurebayashi, Sho Shirasaka, and Hiroya Nakao,
 “Robust synchronization analysis by quadratic phase equation” [Oral(contributed)] ,
 XXXIV Dynamics Days Europe (Sep. 8-12, 2014), Bayreuth, Germany.
4. Sho Shirasaka, Wataru Kurebayashi, and Hiroya Nakao,
 “A general framework for analyzing synchronization dynamics of weakly perturbed oscillators in hybrid dynamical systems” [Oral(contributed)] ,
 IEEE International Meeting on Analysis and Applications of Nonsmooth Systems (Sep. 10-12, 2014), Como, Italy.
5. Hiroya Nakao,
 “Phase Reduction Approach to Synchronization of Coupled Oscillator Networks” [Invited] ,
 International Symposium on Photonics and Electronics Science and Engineering 2015 (Mar. 9, 2015), Kyoto, Japan.
6. Hiroya Nakao,
 “Synchronization of rhythmic spatiotemporal patterns and network dynamics” [Invited] ,
 8th International Conference Engineering of Chemical Complexity (Jun. 22-26, 2015), Munich, Germany.
7. Hiroya Nakao,
 “Phase reduction analysis of rhythmic spatiotemporal patterns and network dynamics” [Invited] ,
 Dynamics of Coupled Oscillators: 40 years of the Kuramoto Model (Jul. 27-31, 2015), Dresden, Germany.
8. Masashi Ota, Sho Yasui, Sho Shirasaka, and Hiroya Nakao,
 “Stability and sensitivity of synchronized states in a network of symmetrically coupled nonlinear oscillators for generating gait patterns” [Oral(contributed)] ,
 2015 International Symposium on Nonlinear Theory and its Applications (Dec. 1-4, 2015), Hong Kong, China.

9. Sho Shirasaka, Wataru Kurebayashi, and Hiroya Nakao,
 “Uncontrolled manifold analysis of oscillatory motions in dynamical models of body movement based on the Floquet theory” [Oral(contributed)] ,
 2015 International Symposium on Nonlinear Theory and its Applications (Dec. 1-4, 2015), Hong Kong, China.

A02 公募(2014-2015) [代表者:工藤和恵]

1. Kazue Kudo,
 “Domain Pattern Formation in Ferromagnets and Spinor Bose-Einstein Condensates” [Invited] ,
 EMN Open Access Week 2015 (Sep. 22-25, 2015), Chengdu, China.

A02 公募(2016-2017) [代表者:高須洋介]

1. Yosuke Takasu,
 “Study of Non-Equilibrium Dynamics of Isolated Quantum Systems Using Ultracold Ytterbium Atoms in an Optical Lattice” [Invited] ,
 Quantum Simulations and Numerical Studies on Many-Body Physics (Dec. 9-11, 2016), Hsinchu, Taiwan.
2. Yosuke Takasu,
 “Study of Non-Equilibrium Dynamics of Isolated Quantum Systems using Ultracold Atoms” [Oral(contributed)] ,
 International Symposium on Fluctuation and Structure out of Equilibrium (Nov. 20-22, 2017), Sendai, Japan.

A03 公募(2014-2017) [代表者:内田就也]

1. Nariya Uchida, Ramin Golestanian,
 “Hydrodynamic Synchronization and Collective Dynamics of Cilia and Flagella ” [Invited] ,
 Joint Annual Meeting of the Japanese Society for Mathematical Biology and the Society for Mathematical Biology (Jul. 28 - Aug. 1, 2014), Osaka, Japan.
2. Nariya Uchida,
 “Collective Dynamics of Cilia and Flagella by Hydrodynamic Interaction” [Invited] ,
 International Symposium on Fluctuation and Structure out of Equilibrium 2015 (SFS2015) (Aug. 20-23, 2015), Kyoto, Japan.
3. Nariya Uchida,
 “Collective dynamics of flagella, cilia and active filaments near surfaces” [Invited] ,
 Current and Future Perspectives in Active Matter (Oct. 28-29, 2016), Tokyo, Japan.
4. Nariya Uchida,
 “Some applications of Smoothed Profile Method for active flow in and out of cells” [Invited] ,
 International Workshop on Hydrodynamic Flows in/of Cells (Nov. 24-25, 2016), Tokyo, Japan.

A03 公募(2014-2017) [代表者:義永那津人]

1. Natsuhiko Yoshinaga,
 “Dynamics of pattern formation in nonequilibrium soft materials” [Oral(contributed)] ,
 Pattern Formation: mathematics and materials (Apr. 29-30, 2014), Canberra, Australia.

2. Natsuhiko Yoshinaga,
 “Spontaneous motion and deformation of a droplet driven by chemical reaction”
 [Oral(contributed)] ,
 RIMS International Conference: “Sapporo summer conference on dynamics of patterns
 in materials science” (Jul. 31 - Aug. 2, 2014), Sapporo, Japan.
3. Natsuhiko Yoshinaga,
 “Mechanics of active gels and spontaneous motion of droplets as biologically-motivated
 systems” [Oral(contributed)] ,
 RIMS International Conference: “Mathematical Challenge to a New Phase of Materials
 Science” (Aug. 4-8, 2014), Kyoto, Japan.
4. Natsuhiko Yoshinaga,
 “Self-propulsion of a droplet: motility and deformation” [Invited] ,
 The Ninth IMACS International Conference on Nonlinear Evolution Equations and
 Wave Phenomena: Computation and Theory (Apr. 1-4, 2015), University of Georgia,
 Athens, USA.
5. Natsuhiko Yoshinaga,
 “ Self-propulsive motion and deformation of a chemically-driven drop ”
 [Oral(contributed)] ,
 68th Annual Meeting of the APS Division of Fluid Dynamics (Nov. 22-24, 2015), Boston,
 USA.
6. Natsuhiko Yoshinaga,
 “The Hydrodynamic Interaction and Collective Behaviors of Self-Propelled Particles and
 Drops” [Invited] ,
 CECAM-HQ-EPFL: Emergent dynamics of out-of-equilibrium colloidal systems at nano-
 to microscales (Apr. 18-20, 2016), Lausanne, Switzerland.
7. Natsuhiko Yoshinaga,
 “ The Collective Behaviors of Self-Propelled Particles and Drops through
 hydrodynamic interactions” [Invited] ,
 Dynamics Days 2016 (Jun. 6-10, 2016), Corfu, Greece.
8. Natsuhiko Yoshinaga,
 “The Collective Behaviors of Self-Propelled Particles and Dropsthrough hydrodynamic
 interactions” [Invited] ,
 Patterns and Waves 2016 (Aug. 1-5, 2016), Sapporo, Japan.
9. Natsuhiko Yoshinaga,
 “The Hydrodynamic Interaction and Collective Behaviours of Self-Propelled Particles
 and Drops” [Invited] ,
 Current and Future Perspectives in Active Matter (Oct. 28-29, 2016), Tokyo, Japan.
10. Natsuhiko Yoshinaga,
 “The hydrodynamic interaction and collective behaviours of self-propelled particles and
 drops” [Invited] ,
 International Workshop on Hydrodynamic flows in/of cells (Nov. 24-25, 2016), Tokyo,
 Japan.
11. Natsuhiko Yoshinaga,
 “Theory of Active Soft Materials” [Oral(contributed)] ,
 The AIMR International Symposium 2017 (AMIS2017) (Feb. 13-17, 2017), Sendai,
 Japan.

12. Natsuhiko Yoshinaga,
 “Active Soft Materials: Self-propelled motion and its collective behaviours of colloids and liquid drops” [Invited] ,
 Modeling and Numerical Analysis of Nonlinear Phenomena: Fluid Dynamics, Motion of Interfaces, and Cell Biology (Dec. 6-8, 2017), Tokyo, Japan.

A03 公募(2014-2017) [代表者: 車兪澈]

1. Yutetsu Kuruma, Hideaki Matsubayashi, Pasquale Stano, Takuya Ueda, Pier L. Luisi, Daisuke Kiga,
 “Creation a possible living organism that might exist in an early earth condition” [Oral(contributed)] ,
 ORIGINS2014 (Jul. 6-11, 2014), Nara, Japan.
2. Yutetsu Kuruma,
 “In vitro reconstruction of functional cell membrane” [Oral(contributed)] ,
 Satellite workshop in ALIFE14, What can Synthetic Biology offer to (Embodied) Artificial Intelligence? (Jul. 30, 2014), New York, USA.
3. Yutetsu Kuruma,
 “Reconstruction of cell membrane function” [Oral(contributed)] ,
 RNA, Peptides, Vesicles and Exoplanets (Feb. 26-27, 2015), Boston, USA.
4. Yutetsu Kuruma,
 “Construction of Self-reproducing Minimal Cell” [Invited] ,
 Sattelite Workshop "The 1st Workshop on Synthetic Natural Systems", in ECAL2015 (Jul. 20-24, 2015), York, UK.
5. Yutetsu Kuruma,
 “Construction of Self-Reproducing Minimal Cell” [Invited] ,
 International WorkShop on Challenge to Synthesizing Life (Aug. 25-26, 2015), Hakone, Japan.
6. Yutetsu Kuruma,
 “Reconstruction of functional cell membrane based on cell-free system” [Invited] ,
 Cell-free Synthetic Biology Workshop (Nov. 25, 2017), Fukuoka, Japan.
7. Yutetsu Kuruma,
 “Construction of Minimal Cell Based on Cell-Free System” [Invited] ,
 Okazaki Institute for Integrative Bioscience (OIIB) Summer School (Aug. 18-19, 2016), Okazaki, Japan.
8. Yutetsu Kuruma,
 “Construction of artificial cell based on cell-free syetem” [Invited] ,
 EON International Workshop "Synthetic Approach for The Study of Origin of Life" (Nov. 29-30, 2016), Glasgow, UK.
9. Yutetsu Kuruma and Taku Oshima,
 “Next approach to formulation of artificial membrane” [Invited] ,
 Origins of life (Jan. 18, 2017), Newcastle, UK.
10. Yutetsu Kuruma,
 “Construction of an artificial cell for the study of early cells” [Invited] ,
 International Conference The Origin of Life - Synergy among the RNA, Protein, and Lipid Worlds (May 29-30, 2017), Tokyo, Japan.

11. Yutetsu Kuruma,
 “Construction of a Model Cell Membrane Applicable to the Procell Study” [Invited] ,
 International Symposium on Fluctuation and Structure out of Equilibrium 2017 (Nov. 20-23, 2017), Sendai, Japan.

A03 公募(2014-2017) [代表者: 田中求]

1. Motomu Tanaka,
 “Unraveling Dynamics of Life Using Quantitative Tools: Physics of Diseases and Development” [Invited] ,
 Controlling Cellular Functions with Materials: Towards Three- Dimensional, High Speed Assemblers (May. 16, 2014), Kyoto, Japan.
2. Motomu Tanaka,
 “Grazing Incidence X-Ray Diffraction and Scattering on Liquid Surfaces” [Invited] ,
 International Symposium on Synthetic Two-Dimensional Polymers (Jun. 2-3, 2014), Zurich, Switzerland.
3. Motomu Tanaka,
 “What Shape and Motion Talk: Statistical Physics Meets Cancer” [Invited] ,
 8th IUPAP International Conference on Biological Physics (ICBP2014) (Jun. 18-22, 2014), Beijing, China.
4. Motomu Tanaka,
 “Extracting Information Behind Stochastic Cell Dynamics: What shape and Motion Talk” [Oral(contributed)] ,
 Japanese-German Mini-Symposium on "Quantitative Tools for the Analysis of Cancer Microenvironments (Oct. 24, 2014), Heidelberg, Germany.
5. Motomu Tanaka,
 “Life as Open Non-Equilibrium Systems (1, 2) ” [Invited] ,
 Kyoto Winter School for Statistical Mechanics, Frontiers in Statistical Mechanics: From Nonequilibrium Fluctuations to Active Matter (Feb. 4-17, 2015), Kyoto, Japan.
6. Motomu Tanaka,
 “Physics Meets Clinical Medicine: Improvement of Acute Myeloid Leukemia Therapy Using Quantitative Readouts” [Invited] ,
 International Mechanobiology Workshop (Apr. 16, 2015), Sendai, Japan.
7. Motomu Tanaka,
 “Physics of Sugars at Interfaces: Electrostatics, Mechanics to Biological Functions” [Invited] ,
 Hierarchical Structures and Dynamics at Soft Interfaces - from surfactants, cells to peacock's train (May 16, 2015), Kyoto, Japan.
8. Motomu Tanaka,
 “Physics of Carbohydrates at Biological Interfaces” [Invited] ,
 76th Gifu Glycoscience Lecture (Jun. 29, 2015), Gifu, Japan.
9. Motomu Tanaka,
 “Differential Morphological Dynamics and Adhesion between Human Hematopoietic Stem Cells and Blasts from Acute Myeloid Leukemia Patients” [Invited] ,
 International Conference "System Biology of Human Diseases" (Jul. 1, 2015), Heidelberg, Germany.

10. Motomu Tanaka,
“Morphological Dynamics and Adhesion of Cells in Human Diseases” [Invited] ,
EMBO Conference "Physics of Cells" (Aug. 30- Sep. 4, 2015), Lichtenfels, Germany.
11. Akihisa Yamamoto, Motomu Tanaka,
“Change in Shape Fluctuation and Adhesion of Human Gastric Cells Induced by Cancer Progression” [Oral(contributed)] ,
The 53rd Annual Meeting of the Biophysical Society of Japan (Sep. 13-15, 2015), Kanazawa, Japan.
12. Motomu Tanaka,
“Modeling Active Deformation and Motion of Biological Matter - Beyond Toy Models, Towards Cells and Tissues” [Invited] ,
JST Forum "Mathematics for 22nd Century" (Sep. 28-29, 2015), Tokyo, Japan.
13. Motomu Tanaka,
“Spatio-Temporal Patterns of Migrating Cells Tracked on Supported Membranes” [Invited] ,
Tethered Membrane 2015 International Conference (Nov. 8-11, 2015), Singapore.
14. Motomu Tanaka,
“Quantitative physical tools for optimizing stem cell therapy of acute myeloid leukemia” [Invited] ,
MANA International Symposium (Mar. 9-11, 2016), Tsukuba, Japan.
15. Motomu Tanaka,
“Spatio-temporal patterns in migrating cells: towards physical diagnosis of human diseases” [Invited] ,
Gordon Research Conference Biointerface Sciences (Jun. 12-17, 2016), Les Diablerets, Switzerland.
16. Ryo Suzuki, Motomu Tanaka,
“Experimental investigation of polar pattern formation in driven filament systems through collisions” [Invited] ,
International Symposium: Current and Future Perspectives in Active Matter (Oct. 28-29, 2016), Tokyo, Japan.
17. Motomu Tanaka,
“Unraveling Hierarchical Structures, Functions, and Dynamics of Buried, Complex Interfaces” [Invited] ,
I2CNER Seminar (Mar. 10, 2017), Fukuoka, Japan.
18. Motomu Tanaka,
“Hierarchical Structures and Functions of Interfaces between Bio- and Nonbio-Matter” [Keynote/Plenary] ,
IUMRS-ICAM 2017 (Aug. 27-Sep. 1, 2017), Kyoto, Japan.
19. Ryo Suzuki,
“Symmetry Breaking of Regenerating Hydra Tissues” [Oral(contributed)] ,
International workshop “The diversification of early emerging metazoans: A window into animal evolution?” (Sep. 11-14, 2017), Tutzing, Germany.
20. Ryo Suzuki,
“Active deformation and symmetry breaking in regenerating Hydra tissues” [Invited] ,
MIMS workshop “Modeling and Numerical Analysis of Nonlinear Phenomena: Fluid Dynamics, Motion of Interfaces, and Cell Biology (Dec. 6-8, 2017), Tokyo, Japan.

21. Akihisa Yamamoto, Yusuke Sakamaki, Tatsuaki Tsuruyama, and Motomu Tanaka, “Cancer Progression Alters Morphological Fluctuation and Self-Propelled Motion of Human Gastric Cells” [Invited], MIMS workshop “Modeling and Numerical Analysis of Nonlinear Phenomena: Fluid Dynamics, Motion of Interfaces, and Cell Biology (Dec. 6-8, 2017), Tokyo, Japan.

A03 公募(2014-2017) [代表者: 西坂崇之]

1. Takayuki Nishizaka, Takanobu Kato, Yoshiaki Kinoshita, “Analysis of three-dimensional motion of motor proteins and supermolecular motility machinery” [Oral(contributed)], The 6th International Symposium on Aero Aqua Bio-Mechanics (Nov. 13-16, 2014), Honolulu, Hawaii, USA.
2. Takayuki Nishizaka, Daisuke Nakane, “Mechanics of novel motors revealed under advanced optical microscopes” [Invited], The 45th NIPS International symposium “Cutting-edge approaches towards the functioning mechanisms of membrane proteins” (Nov. 25-28, 2014), Okazaki, Japan.
3. Takayuki Nishizaka, “Visualization of dynamics of motors in archaella and type IV pili system” [Invited], Current and Future Perspectives in Active Matter (Oct. 28-29, 2016), Tokyo, Japan.
4. Yoshiaki Kinoshita, Daisuke Nakane, Nariya Uchida, Makoto Miyata, Takayuki Nishizaka, “Unitary Steps of Supermolecular Motility Machineries in Gliding Bacteria and Swimming Arcaea” [Oral(contributed)], Biophysical Society 60th Annual Meeting (Feb. 27- Mar. 2, 2016), Los Angeles, USA.
5. Takayuki Nishizaka, Yoshiaki Kinoshita, Takanobu. A. Katoh, Daisuke Nakane, “Structural and functional dynamics of nanoscale molecular motors” [Invited], The 31st International Congress on High-Speed Imaging and Photonics (Nov. 7-10, 2016), Osaka, Japan.

A03 公募(2014-2015) [代表者: 岡嶋孝治]

1. Tanaka, J. Kikkawa, Y. Fujii, K. Kuribayashi-Shigetomi, A. Subagyo, K. Sueoka, Takaharu Okajima, “Atomic force microscopy for mapping mechanical property of whole cell assembly” [Oral(contributed)], 25th 2014 International Symposium on Micro-NanoMechatronics and Human Science (Nov. 9-12, 2014), Nagoya, Japan.
2. R. Takahashi, K. Kuribayashi-Shigetomi, A. Subagyo, K. Sueoka, Takaharu Okajima, “Quantitative rheological measurements of confluent cell using atomic force microscopy” [Oral(contributed)], 25th 2014 International Symposium on Micro-NanoMechatronics and Human Science (Nov. 9-12, 2014), Nagoya, Japan.
3. P. G. Cai, R. Takahashi, K. Kuribayashi-Shigetomi, A. Subagyo, K. Sueoka, Takaharu Okajima, “Temporal and Spatial Variations of Single Cell Rheology Investigated by Atomic Force Microscopy” [Oral(contributed)], 25th 2014 International Symposium on Micro-NanoMechatronics and Human Science (Nov. 9-12, 2014), Nagoya, Japan.

4. Ryosuke Tanaka, Takaharu Okajima,
 “Mechanical Measurements of in vitro Tissue by Atomic Force Microscopy”
 [Oral(contributed)],
 26th 2015 International Symposium on Micro-NanoMechatronics and Human Science,
 (Nov. 23-25, 2015), Nagoya, Japan.

A03 公募(2014-2015) [代表者:濱田勉]

1. Tsutomu Hamada,
 “Artificial cellular membranes toward nanomedicine” [Invited],
 8th International Symposium on Nanomedicine (Dec. 4-6, 2014), Ehime, Japan.
2. Tsutomu Hamada,
 “Design of artificial cells based on soft matter physics” [Invited],
 JAIST Japan-India Symposium on Materials Science 2015 (Mar. 2-3, 2015), Ishikawa,
 Japan.
3. Kazuki Shigyou, Ken H. Nagai, Tsutomu Hamada,
 “Diffusion of particles adhering to liposomes” [Oral(contributed)],
 International Symposium on Micro-NanoMechatronics and Human Science (Nov. 23-25,
 2015), Aichi, Japan.
4. Y. Suzuki, Kazuki Shigyo, Ken H. Nagai, A. Zinchenko, Tsutomu Hamada,
 “Photocontrollable fusion of lipid vesicles” [Oral(contributed)],
 International Symposium on Micro-NanoMechatronics and Human Science (Nov. 23-25,
 2015), Aichi, Japan.

A03 公募(2014-2015) [代表者:岩楯好昭]

1. Yoshiaki Iwadate, Chika Okimura, Takahumi Mizuno, and Yuichi Sakumura,
 “Directional migration of fast-crawling cells in response to cyclic stretching of
 substratum” [Oral(contributed)],
 Symposium on Mechanobiology 2014 (May 20-23, 2014), Okayama, Japan.
2. Yuichi Sakumura, Chika Okimura, and Yoshiaki Iwadate,
 “Computational model of directional migration of crawling cell on anisotropic
 substratum” [Oral(contributed)],
 Symposium on Mechanobiology 2014 (May 20-23, 2014), Okayama, Japan.
3. Yoshiaki Iwadate,
 “Crawling cell migration controlled by mechanical interaction with substratum”
 [Oral(contributed)],
 The 6th International Conference on Computational Methods (ICCM2015) (Jul. 14-17,
 2015), Auckland, New Zealand.

A03 公募(2016-2017) [代表者:鳥谷部祥一]

1. Shoichi Toyabe and Dieter Braun,
 “Symmetry Breaking of Sequence Information and Emergence of Hypercycles in
 Information-polymer Soup” [Invited],
 Statphys-Taiwan 2016 (Sep. 6-8, 2016), Taipei, Taiwan.
2. Shoichi Toyabe, Dieter Braun,
 “Emergence of genetic information in information-polymer soup” [Invited],
 Molecular Origins of Life (Sep. 15-16, 2016), Munich, Germany.

3. Shoichi Toyabe,
“Symmetry breaking of sequence information in templated ligation” [Invited] ,
The Origin of Life – Synergy among the RNA, Protein, and Lipid Worlds – (May 29-30,
2017), Tokyo, Japan.

A03 公募(2016-2017) [代表者:柳澤実穂]

1. Miho Yanagisawa,
“Shape regulation of microparticles mimicking cells” [Invited] ,
IEEE-NEMS 2016 (Apr. 17-20, 2016), Sendai, Japan.

A03 公募(2016-2017) [代表者:渡邊信嗣]

1. Toshio Ando, Noriyuki Kodera, Takayuki Uchihashi, Shinji Watanabe, Takamitsu Haruyama, and Hiroki Konno,
“Functional extension of high-speed atomic force microscopy” [Invited] ,
ISPM 2016 (Jun. 12-15, 2016), Grindelwald, Switzerland.
2. Shinji Watanabe, Noriyuki Kodera, Takayuki Uchihashi, Hiroki Konno, and Toshio Ando,
“Development of high-speed scanning ion conductance microscopy for visualizing biological samples in action” [Oral(contributed)] ,
4th Kanazawa Bio-AFM Workshop 2016 (Oct. 3-6, 2016), Kanazawa, Japan.
3. Shinji Watanabe, and Toshio Ando,
“High-speed ion conductance microscopy for studying biological samples” [Invited] ,
ICSPM24 (Dec. 14-16, 2016), Honolulu, USA.
4. Shinji Watanabe,
“High-speed ion conductance microscopy for visualizing morphological changes in biological samples with nanoscale resolution” [Oral(contributed)] ,
International Symposium on Atomic Force Microscopy at Solid-Liquid Interfaces (Nov. 8-9, 2017), Kanazawa, Japan.
5. Shinji Watanabe,
“Improvements in Fundamental Performance of Scanning Ion Conductance Microscope for Visualizing Morphological Changes in Biological Samples with Nanoscale” [Oral(contributed)] ,
ICSPM25 (25th International Colloquium on Scanning Probe Microscopy) (Dec. 7-9, 2017), Atagawa, Japan.

A03 公募(2016-2017) [代表者:前多裕介]

1. Yusuke T. Maeda,
“Geometry and boundary control of collective motion in bacteria suspensions” [Invited] ,
Current and Future Perspectives in Active Matter (Oct. 28-29, 2016), Tokyo, Japan.
2. Yusuke T. Maeda, and Tatsuya Fukuyama,
“Hydrodynamics and enzymatic reaction in moving thermal gradients” [Invited] ,
International Workshop on Hydrodynamic Flows in/of Cells (Nov. 24-25, 2016), Tokyo, Japan.
3. Shimpei Nogami, Takaharu Shiraki, Yusuke T. Maeda,
“Molecular transport and polymerization in prebiotic field out of equilibrium” [Invited] ,
The Origin of Life -Synergy among the RNA, Protein, and Lipid Worlds- (May 29-30,
2017), Tokyo, Japan.

A03 公募(2016-2017) [代表者:藤原慶]

1. Kei Fujiwara,
“Reaction-diffusion wave of Min system reconstituted in artificial cells” [Invited] ,
Elucidation of configuration structure in micro behavior and collective pattern formation
(Sep. 12-14, 2016), Kyoto, Japan.
2. Kei Fujiwara,
“A bacterial reaction-diffusion system entrapped in artificial cells” [Invited] ,
Current and Future Perspectives in Active Matter (Oct. 28-29, 2016), Tokyo, Japan.

A03 公募(2016-2017) [代表者:木村暁]

1. Akatsuki Kimura,
“Microtubule-dependent cytoplasmic streaming in the nematode zygote.” [Invited] ,
Current and Future Perspectives in Active Matter (Oct. 28-29, 2016), Tokyo, Japan.
2. Akatsuki Kimura,
“The mechanism of cytoplasmic streaming in the Caenorhabditis elegans embryo.”
[Invited] ,
International Workshop on Hydrodynamic Flows in/of Cells (Nov. 24-25, 2016), Tokyo,
Japan.
3. Akatsuki Kimura,
“Emergence and reversal of cytoplasmic streaming in the C. elegans nematode zygote.”
[Invited] ,
International workshop on Active Soft Matter and Ethology (Aug. 4, 2017), Sapporo, Japan.
4. Kenji Kimura, Akatsuki Kimura,
“A self-organization model for the emergence and reversal of meiotic cytoplasmic
streaming in the C. elegans embryo.” [Oral(contributed)] ,
International Symposium on Fluctuation and Structure out of Equilibrium 2017
(SFS2017) (Nov. 20-23, 2017), Sendai, Japan.

A04 公募(2014-2017) [代表者:河野行雄]

1. Yukio Kawano,
“Active and Passive Near-Field Terahertz Microcopy” [Invited] ,
5th International Conference on Metamaterials, Photonic Crystals and Plasmonics (May
20-23, 2014), Singapore.
2. Yukio Kawano,
“Terahertz Imager and Spectrometer with Nanostructured Semiconductor and
Graphene Devices” [Invited] ,
3rd Russia-Japan-USA Symposium on Fundamental & Applied Problems of Terahertz
Devices & Technologies (Jun. 17-21, 2014), NY, USA.
3. Yukio Kawano,
“Semiconductor and Graphene Devices for Nanoscale Terahertz Imaging and
Spectroscopy” [Invited] ,
5th International Symposium on Terahertz Nanoscience (Dec. 1-5, 2014), Martinique,
France.
4. Yukio Kawano,
“Semiconductor and Graphene Devices for Nanoscale Terahertz Imaging and
Spectroscopy” [Invited] ,
IEEE International Microwave Symposium (IMS2015) (May 18-21, 2015), Phoenix, USA.

5. Yukio Kawano,
“Nanoscale Terahertz Imaging and Spectroscopy with Nanostructured Semiconductor and Graphene Devices” [Invited] ,
4th Terahertz Technology Workshop (Jun. 26, 2015), Seoul, Korea.
6. Daichi Suzuki, Shunri Oda, and Yukio Kawano,
“Terahertz sensing and imaging with graphene and carbon nanotube devices” [Oral(contributed)] ,
Third Carbon Nanotube Thin Film Electronics and Applications Satellite (Jun. 28, 2015), Nagoya, Japan.
7. Yukio Kawano,
“Nanoscale Terahertz Spectroscopic Imager with GaAs and Graphene Devices” [Invited] ,
Joint Symposium of 3rd International Symposium on Microwave/Terahertz Science and Applications (MTSA 2015) and 6th International Symposium on Terahertz Nanoscience (TeraNano 6) (Jun. 30- Jul. 4, 2015), Okinawa, Japan.
8. Daichi Suzuki, Naoki Fujimura, Tomoyuki Hirano, Shunri Oda and Yukio Kawano,
“Terahertz detectors for sensing and imaging applications” [Oral(contributed)] ,
7th Multidisciplinary International Student Workshop (MISW 2015) (Aug. 6-7, 2015), Tokyo, Japan.
9. Daichi Suzuki, Naoki Fujimura, Tomoyuki Hirano, Shunri Oda and Yukio Kawano,
“Terahertz detectors for sensing and imaging applications” [Invited] ,
2015 AUTOLE Student Conference (Nov. 1-3, 2015), Singapore.
10. Yukio Kawano,
“Near-field frequency-selective terahertz imaging utilizing graphene and carbon nanotubes” [Invited] ,
SPIE DCS (Apr. 17-21, 2016), Baltimore, MD, USA.
11. Yukio Kawano,
“Nanoscale Terahertz Sensing and Imaging with Graphene and Arrayed Carbon Nanotubes” [Invited] ,
4th Advanced Electromagnetics Symposium (Jun. 26-28, 2016), Malaga, Spain.
12. Xiangying Deng, Shunri Oda, and Yukio Kawano,
“Spiral Bull's Eye Structure for Multi-frequency High-transmission Plasmonic Antenna” [Invited] ,
5th Advanced Electromagnetics Symposium (Jul. 26-28, 2017), Incheon, Korea.
13. Toshio Sugaya, Takashi Iguchi, and Yukio kawano,
“Resonant Frequency Tuning and Transmission Enhancement of Terahertz Plasmonic Antenna by Dielectric Engineering” [Oral(contributed)] ,
42nd International Conference on Infrared, Millimeter and Terahertz Waves (Aug. 27 - Sep. 1, 2017), Cancún, México.

A04 公募(2014-2015)A02 公募(2016-2017) [代表者:坂上貴洋]

1. Takahiro Sakaue,
“Nonequilibrium Dynamics of Polymer Translocation -- a personal review” [Invited] ,
Surmounting the Insurmountable - Pathways of Biological Physics: An international Conference on Biological Physics (Aug. 28-30, 2014), Pohang, Korea.

2. Takahiro Sakaue,
“Dynamics of DNA in Nano-fluidic Piston” [Invited] ,
CECAM workshop “Nanofluidics in physics and biology” (Oct. 29-31, 2014), Lausanne, Switzerland.
3. Takahiro Sakaue,
“On miscibility of ring polymer blend” [Invited] ,
RING POLYMERS: ADVANCES AND PERSPECTIVES (Jul. 12-15, 2015), Crete, Greece.
4. Takahiro Sakaue,
“Anomalous driven motion of biopolymers: stretching, compression and rotational dynamics” [Invited] ,
KIAS Workshop on Anomalous Dynamics in Biological Systems (Sep. 2-4, 2015), Seoul, Korea.
5. Takahiro Sakaue,
“On anomalous diffusion of chromosomal loci in living cells” [Invited] ,
4th International Symposium of the Mathematics on Chromatin Live Dynamics (Dec. 7-9, 2015), Hiroshima, Japan.
6. Takahiro Sakaue,
“Dynamics of translocation in complex medium” [Invited] ,
Translocation of polymer through nanopores: Interplay between theory, simulations and experiments (Feb. 8-9, 2016), Espoo, Finland.
7. Takahiro Sakaue,
“Topological constraint on the phase behavior of ring polymer blends” [Invited] ,
Polymers with spatial and mechanical constraints (Jul. 7-9, 2016), Venice, Italy.
8. Takahiro Sakaue,
“Active diffusion of chromosomal loci driven by athermal noise” [Invited] ,
Interdisciplinary Applications of Nonlinear Science (Nov. 3-6, 2016), Kagoshima, Japan.
9. Takahiro Sakaue,
“On topological glass in melt of non-concatenated ring polymers” [Invited] ,
Knots and Polymers: Aspects of topological entanglement in DNA, proteins and graph-shaped polymers (Aug. 8-10, 2017), Tokyo, Japan.
10. Takahiro Sakaue,
“Topological Volume and Quasi-Glassy Dynamics in Non-concatenated Ring Polymer Melt” [Invited] ,
Ring Polymers (Sep. 25-27, 2017), Crete, Greece.
11. Takahiro Sakaue,
“Statistical physics of topologically constrained polymers” [Invited] ,
Mini-Symposium on the Biophysics of Human Chromosome (Feb. 5-7, 2018), Pohang, Korea.

A04 公募(2014-2017) [代表者:坪田誠]

1. Makoto Tsubota,
“Simulations - Laminar Normal Fluid” [Invited] ,
Quantum Turbulence and Its Visualization (May 5-7, 2014), Abu Dhabi, UAE.
2. Kazuya Fujimoto and Makoto Tsubota,
“Correlation of superfluid velocity in spin-superflow turbulence for ferromagnetic spin-1 spinor Bose-Einstein condensate” [Oral(contributed)] ,
23th International Laser Physics Workshop (Jul. 14-18, 2014), Sofia, Bulgaria.

3. Makoto Tsubota and Kazuya Fujimoto,
“Spin-superflow turbulence in spinor Bose-Einstein condensates” [Oral(contributed)] ,
27th International Conference on Low Temperature Physics (Aug. 6-13, 2014), Buenos Aires, Argentina.
4. Makoto Tsubota,
“Quantum hydrodynamics and turbulence in atomic Bose-Einstein condensates” [Invited] ,
Workshop on quantum gases, fluids and solids (Aug. 14-17, 2014), Sao Carlos, Brazil.
5. Makoto Tsubota,
“Quantum Hydrodynamics and Turbulence in Atomic Bose-Einstein Condensates” [Invited] ,
Frontiers in Optics/Laser Science (Oct. 19-23, 2014), Tucson, USA.
6. Makoto Tsubota,
“Numerical simulation of thermal counterflow” [Invited] ,
Workshop on New Perspectives in Quantum Turbulence: experimental visualization and numerical simulation (Dec. 11-12, 2014), Nagoya, Japan.
7. Makoto Tsubota,
“Quantum hydrodynamics and turbulence in atomic Bose-Einstein condensates” [Invited] ,
Quo vadis BEC V (Dec. 16-20, 2014), Bad Honnef, Germany.
8. Makoto Tsubota,
“Quantum hydrodynamics and turbulence in atomic Bose-Einstein condensates” [Invited] ,
4th International Conference on Current Developments in Atomic, Molecular, Optical and Nano Physics with Applications (Mar. 11-14, 2015), Delhi, India.
9. Makoto Tsubota,
“Quantum hydrodynamics and turbulence in atomic Bose-Einstein condensates” [Invited] ,
Hybrid Photonics and Materials 2015 Conference (May 27-31, 2015), Santorini, Greece.
10. Makoto Tsubota, Satoshi Yui,
“Inhomogeneous Quantum Turbulence in Thermal Counterflow” [Keynote/Plenary] ,
International Conference on Quantum Fluids and Solids 2015 (Aug. 9-15, 2015), Niagara Falls, USA.
11. Kazuya Fujimoto, Makoto Tsubota,
“Weak Wave Turbulence in Atomic Bose-Einstein Condensates” [Oral(contributed)] ,
24th International Laser Physics Workshop (Aug. 21-25, 2015), Shanghai, China.
12. Makoto Tsubota,
“Review of numerical works of thermal counterflow -Route to inhomogeneous quantum turbulence” [Invited] ,
Interpretation of measurements in 4He superfluid turbulence, PALM Workshop (Sep. 14-18, 2015), Saclay, France.
13. Makoto Tsubota,
“Quantum Hydrodynamics and Turbulence in Atomic Bose-Einstein Condensates” [Invited] ,
The first annual meeting of applied mathematics: Frontier aspects of applied mathematics (Dec. 6-7, 2015), Taipei, Taiwan.

14. Makoto Tsubota,
“Numerical simulation of quantum turbulence in superfluid helium -Inhomogeneous quantum turbulence-” [Keynote/Plenary],
Helicity, Structures and Singularity in Fluid and Plasma Dynamics (Apr. 11-15, 2016),
Venice, Italy.
15. Makoto Tsubota,
“Inhomogeneous quantum turbulence in a channel” [Keynote/Plenary],
New Challenges in Mathematical Modelling and Numerical Simulation of Superfluids
(Jun. 27- Jul. 1, 2016), Marseille, France.
16. Makoto Tsubota,
“ Inhomogeneous quantum turbulence and the dynamics of quantized vortices ”
[Keynote/Plenary],
豊田理研ワークショップ"Dynamics of Electron Vortex and Spin Vortex" (Jul. 1-3, 2016),
Nagoya, Japan.
17. Makoto Tsubota, Satoshi Yui, and Shinichi Ikawa,
“Inhomogeneous quantum turbulence in a channel” [Oral(contributed)],
QFS2016: Internatinal Conference on Quantum Fluids and Solids (Aug. 10-16, 2016),
Prague, Czech Republic.
18. Makoto Tsubota,
“Quantum Turbulence in Bose-Einstein Condensates” [Invited],
Topological Effects in Ultra-Cold Atoms (Nov. 14-18, 2016), Natal, Brazil.
19. Makoto Tsubota,
“Topics of glasses in atomic Bose-Einstein condensates” [Invited],
International workshop on Glasses and Related Nonequilibrium Systems (Mar. 21-23,
2017), Osaka, Japan.
20. Makoto Tsubota,
“Fully coupled dynamics of the two-fluid model in thermal counterflow in a square
channel” [Invited],
Quantum Turbulence Workshop (Apr. 10-12, 2017), Tallahassee, USA.
21. Makoto Tsubota, Satoshi Yui, and Hiromichi Kobayashi,
“Fully coupled dynamics of two-fluid model in thermal counterflow: deformation of the
Poiseuille normal fluid profile” [Oral(contributed)],
28th International Conference on Low Temperature Physics (Aug. 9-16, 2017),
Gothenburg, Sweden.
22. Makoto Tsubota,
“Recent topics of quantum turbulence” [Invited],
Hybrid Photonics & Materials International Conference (Sep. 25-29, 2017), Mykonos,
Greece.
23. Makoto Tsubota,
“Hydrodynamics and turbulence in quantum fluids” [Invited],
The 4th East Asia Joint Seminars on Statistical Physics (Oct. 17-20, 2017), Kaoshiung,
Taiwan.
24. Makoto Tsubota,
“Numerical Simulation of Quantum Turbulence” [Invited],
DPG Spring Meeting and EPS-CMD27 (Mar. 11-16, 2018), Berlin, Germany.

A04 公募(2014-2015) [代表者:山本量一]

1. Ryoichi Yamamoto,
“Direct Numerical Simulations (DNS) of Swimming Particles” [Invited] ,
International symposium and workshop on Computational condensed matter: advances and challenges (CompMat2014) (Sep. 7-9, 2014), Whitehaven, UK.
2. Ryoichi Yamamoto,
“DNS of colloidal dispersions using the smoothed profile method: formulation and applications” [Invited] ,
High Performance and Parallel Computing for Materials Defects and Multiphase Flows (Mar. 2-6, 2014), Singapore.
3. Ryoichi Yamamoto,
“Simulating Particles Moving through Fluids” [Invited] ,
Physics of Structural and Dynamical Hierarchy in Soft Matter (Mar. 16-18, 2015), Tokyo, Japan.
4. Ryoichi Yamamoto,
“Anomalous wave-propagation in an active swimmer dispersion” [Invited] ,
Japan-France Joint Seminar "New Frontiers in Non-equilibrium Physics of Glassy Materials" (Aug. 11-14, 2015), Kyoto, Japan.
5. Ryoichi Yamamoto,
“Collective motion of active swimming particles analogous to acoustic wave propagation” [Invited] ,
The 2015 International Chemical Congress of Pacific Basin Societies (PACIFICHEM 2015) (Dec. 15-20, 2015), Honolulu, USA.

A04 公募(2016-2017) [代表者:前田京剛]

1. Atsutaka Maeda,
“Huge superconductivity fluctuation in Fe(Se,Te) films” [Invited] ,
5th International Conference on Superconductivity and Magnetism (Apr. 24-30, 2016), Fethiye, Turkey.
2. Atsutaka Maeda,
“Superconductivity fluctuation of FeSe_{1-x}Te_x measured by microwave broadband technique” [Oral(contributed)] ,
International Conference on Low-Energy Electrodynamics in Solids (May 29 -Jun. 3), Shiga, Japan.
3. Atsutaka Maeda, Tatsunori Okada, Yoshinori Imai,
“Flux flow of iron-based superconductors-novel gap spectroscopy and universal large dissipation” [Invited] ,
The 3rd Toyota Riken International Workshop-Dynamics of Electron Vortex and Spin Vortex (Jul. 1-3, 2016), Nagoya, Japan.
4. Atsutaka Maeda,
“Superconductivity fluctuation of Fe chalcogenide epitaxial films” [Invited] ,
EMN Dalian Meeting (Jul. 25-29, 2016), Dalian, China.
5. Atsutaka MAEDA,
“Criteria for the validity of Amontons-Coulomb law -Study of friction using dynamics of driven vortices of superconductor-” [Invited] ,
UEC International Nanotribology Colloquium (Sep. 2, 2016), Tokyo, Japan.

6. Shunsuke Kohno, Daisuke Asami, Fuyuki Nabeshima, Yoshinori Imai, Atsutaka Maeda, and Kazunori Ueno,
“Critical temperature variation with a thickness tuned by electrical etching in FeSe_{1-x}Te_x thin film on various substrates” [Oral(contributed)],
International Symposium on Superconductivity 2016 (Dec. 13-15, 2016), Tokyo, Japan.
7. Atsutaka Maeda,
“Superconductivity fluctuation and other properties of Fe chalcogenide epitaxial films and its superlattice” [Invited],
Collaborative conference on Materials Research 2017 (Jun. 26-30, 2017), Jeju, Korea.

A01-002

1. 「量子測定と量子制御」
沙川貴大, 上田正仁
サイエンス社(2016)
2. 「情報熱力学 – マクスウェルのデーモンからランダウアー原理まで」エリック・ルッツ, セルジオ・チリベルト
(著) 沙川貴大(翻訳)
パリティ 31(2016), 22-30
3. 「Mathematical Foundations and Applications of Graph Entropy」
“Information flow and entropy production on Bayesian networks”
Sosuke Ito and Takahiro Sagawa
Wiley-VCH(2016), ISBN : 978-3-527-33909-9

A01-003

1. 「キリンの斑論争と寺田寅彦」松下貢(編)
“割れ目” 佐野雅己
岩波書店(2014), 63-79, ISBN : 978-4-00-029620-5
2. 「ムースの物理学 構造とダイナミクス」
“「イントロダクション」(pp.ix-xi)「第 1 章 ムースの有用性」(pp.1-23)「第 3 章 誕生, 生涯, そして死」
(pp.95-145)「第 5 章 実験とシミュレーションの技法」(pp.282-303)”
原著者: Isabelle Cantat, Sylvie Cohen-Addad, Florence Elias, François Graner, Reinhard Höhler,
Olivier Pitois, Florence Rouyer, Arnaud Saint-Jalmes
監訳者: 奥村剛 共訳者: 梶谷忠志, 武居淳, 竹内一将, 山口哲生
吉岡書店(2016), ISBN : 978-4-8427-0368-8

A02-001

1. 「現象数理学入門」三村昌泰(編)
“生命情報処理の現象数理学 – 粘菌の迷路解き –” 中垣俊之
東京大学出版会(2013), 27-46, ISBN : 978-4130629164
2. 「物理学ガイダンス」日本評論編集部(編)
“生命現象の物理学 – 生物行動の運動方程式をめざして –” 黒田茂, 中垣俊之
日本評論社(2014), 189-216, ISBN : 978-4535786943
3. 「粘菌 偉大なる単細胞が世界を救う」
中垣俊之
文春新書(2014), ISBN : 978-4166609840
4. 「Brain evolution by design」Shigeno S., Murakami Y., Nomura T. (編)
“Physical ethology of unicellular organism” Shigeru Kuroda, Seiji Takagi, Tetsu Saigusa,
and Toshiyuki Nakagaki
Springer-Verlag(2017), ISBN : 10: 4431564675
5. 「トポロジー理工学」丹田聡, G.Volovik, 松山豊樹(編)
“生命トポロジー – 位相幾何学による生命観 –” 中垣俊之, 黒田茂
朝倉書店, in press

A02-002

1. 「Principles and Methods of Quantum Information Technologies」Yoshihisa Yamamoto and Kouichi Semba (編)
“Cold atom magnetometers” Yujiro Eto, Mark Sadgrove, and Takuya Hirano
Springer (2016), 111-133, ISBN : 978-4-431-55756-2

A02-003

1. 「生体の科学 65 巻 5 号」
“細胞レベルと集団レベルの振動性” 澤井哲
医学書院 (2014), 474-475
2. 「画像解析手とり足とりガイド」青木一洋, 小林徹也 (編)
“動く細胞の定量的動態解析” 澤井哲, 井元大輔, 福神史人, 中島昭彦
羊土社 (2014), ISBN : 978-4-7581-0815-7
3. 「高校生のための東大授業ライブ 学問からの挑戦」東京大学教養学部 (編)
“いきいきとした状態の科学—細胞性粘菌でさぐる自己組織化のメカニズム” 澤井哲
東京大学出版会 (2015), 131-149, ISBN : 978-4-13-003346-6
4. 「Complexity and Synergetics」S.C. Müller, P.J. Plath, G. Radons, A. Fuchs (編)
“Propagation and Aggregation of Motile Cells of Escherichia coli Pattern” Tatsunari Sakurai,
Tohru Tsujikawa and Daisuke Umeno
Springer (2018), 227-237, ISBN : 978-3-319-64334-2

A03-001

1. 「科学の指針シリーズ 超分子の化学」菅原正, 木村榮一 (編)
“まえがき、第一章 超分子化学とは、第二章 水素結合による超分子構築(共著)、第三章 ファンデルワールス相互作用による超分子構築(共著)、第四章 電荷移動相互作用による超分子構築、第六章 生体内で機能する超分子” 菅原正, 村田滋, 堀頭子
裳華房 (2013), 1-133 / 173-211, ISBN : 978-4-7853-3226-6
2. 「生体膜の分子機構リピッドワールドが先導する生命科学」梅田真郷 (編)
“リピッドワールドの物理—脂質ベシクルの形態とダイナミクス” 佐久間由香, 今井正幸
化学同人 (2014), 117-152, ISBN : 978-4-7598-1516-0
3. 「Properties and Uses of Microemulsions」
“Self-propelled motion of micrometer-sized oil-in-water droplets in aqueous solution of surfactant” Taisuke Banno, Taro Toyota, Koichi Asakura
InTech (2017), 139-154, ISBN : 978-9535131717

A03-004

1. 「材料表面の親水・親油の評価と制御設計」
“静電位によって駆動される微小水滴” 栗村朋, 市川正敏, 瀧ノ上正浩
テクノシステム (2016), 271-278, ISBN : 978-4-924728-76-9 C3050

A01 公募(2014-2015)

1. 「Bottom-Up Self-Organization in Supramolecular Soft Matter: Principles and Prototypical Examples of Recent Advances」Stefan C. Mueller, Juergen Parisi (Edi.)
“Self-organization of Nanoparticle-Membrane Systems: Reconstitution of Cell Migration” Ken H. Nagai, Tsutomu Hamada
Springer International Publishing (2015), 259-270, ISBN : 978-3319194097

A01 公募(2014-2015)

1. 「Nano/Micro Science and Technology in Biorheology - Principles, Methods, and Applications」 Rio Kita and Toshiaki Dobashi (Edi.)
 “1. Introduction of Nano/Micro Science and Technology in Biorheology (pp. 1-6), 5. Diffusion and Thermal Diffusion by Means of Dynamic Light Scattering and Laser Holography (pp. 99-127), 16. Supplement (pp. 415-436), Rio Kita and Toshiaki Dobashi (Chap. 1), Rio Kita (Chap. 5), Rio Kita and Toshiaki Dobashi (Chap. 16) ”
 Springer (2015), ISBN : 978-4-431-54885-0

A02 公募(2014-2015)

1. 「ストロガッツ 非線形ダイナミクスとカオス」Steven H. Strogatz (著)
 “Nonlinear Dynamics and Chaos” 田中久陽, 中尾裕也, 千葉逸人(翻訳)
 丸善出版(2015), ISBN : 978-4621085806

A03 公募(2014-2017)

1. 「材料表面の親水・親油の評価と制御設計」石井淑夫(編)
 “第5章 界面自由エネルギーから運動エネルギーへの変換、第7節 温度勾配が駆動する粒子の運動～ Ludwig-Soret effect～” 義永那津人
 テクノシステム(2016), ISBN : 978-4-924728-76-9 C3050

A03 公募(2014-2017)

1. 「Artificial Life 14」
 “In Vitro Reconstruction of Functional Membrane” Yutetsu Kuruma, Hideaki Matsubayashi, and Takuya Ueda
 The MIT Press (2014), 963-964
2. 「Open Questions on the Origin of Life (OQOL)–Introduction to the Special Issue」Yutetsu Kuruma and P. L. Luisi (編)
 Origins of Life and Evolution of Biospheres (2015)
3. 「人工細胞の創製とその応用」
 “無細胞タンパク質合成系とベシクルによる人工細胞の構築” 車兪澈
 CMC 出版(2017)
4. 「実験医学」
 “クローズアップ実験法: PURE システムを用いた膜タンパク質の無細胞合成” 車兪澈, 上田卓也
 羊土社(2016), 471-476

A03 公募(2014-2017)

1. 「Handbook of Photonics for Biomedical Engineering」Aaron Ho-Pui Ho Donghyun Kim Michael G. Somekh (編)
 “3-D Single Particle Tracking Using Dual Images Divided by Prism: Method and Application to Optical Trapping” Takanobu A. Katoh, Shoko Fujimura, Takayuki Nishizaka
 Springer (2017), 755-766, ISBN : 978-94-007-5051-7

A03 公募(2014-2015)

1. 「三次元ティッシュエンジニアリング～細胞の培養・操作・組織化から品質管理、脱細胞化まで～」
 “原子間力顕微鏡を用いた細胞レオロジー特性の計測(第1章・第3節)” 岡嶋孝治
 株式会社 NTS (2015), ISBN : 978-4-86043-426-7

2. 「Nano/Micro Science and Technology in Biorheology: Principles, Methods, and Applications Chapter 15」
 “Atomic Force Microscopy: Imaging and Rheology of Living Cells” T. Okajima
 Springer (2015), 387-414, ISBN : 978-4-431-54886-7

A03 公募(2014-2015)

1. 「Bottom-Up Self-Organization in Supramolecular Soft Matter」Stefan C. Müller, Jürgen Parisi (編)
 “Self-organization of Nanoparticle-Membrane Systems: Reconstitution of Cell Migration” Ken H. Nagai, Tsutomu Hamada
 Springer (2015), 259-270, ISBN : 978-3-319-19409-7

A03 公募(2014-2015)

1. 「メカノバイオロジー」曾我部正博(編)
 “細胞運動のメカノバイオロジー” 岩楯好昭
 化学同人(2015), 61-72, ISBN : 9784759817218

A03 公募(2016-2017)

1. 「少数性生物学」
 “第 16 章 少数の分子で機能する生物” 石島秋彦・福岡 創・蔡栄淑
 日本評論社(2017)

A03 公募(2016-2017)

1. 「人工細胞の創製とその応用」
 “無細胞システムによる生命システムの理解” 藤原慶
 CMC 出版(2017)

A04 公募(2014-2017)

1. 「High-Speed Devices and Circuits with THz Applications」Jung Han Choi(編)
 “Terahertz Technology Based on Nano-Electronic Devices” Yukio Kawano
 CRC Press(2014), 1-26, ISBN : 9781466590113

A04 公募(2014-2017)

1. 「量子流体力学」
 坪田誠, 笠松健一, 小林未知数, 竹内宏光
 丸善出版(2018), ISBN : 978-4-621-30247-7

A04 公募(2016-2017)

1. 「別冊ニュートン「三角関数 サイン・コサイン・タンジェント」中村真哉(編)
 “フーリエ変換と音楽” 前田京剛
 株式会社ニュートンプレス(2017), 144-149, ISBN : ISBN978-4-315-52090-3
2. 「電気伝導入門」
 前田京剛
 裳華房(2018)
3. 「超伝導磁束状態の物理」門脇和男(編)
 “磁束コアの電子状態と磁束フロー” 前田京剛
 行裳華房(2017), 186-193, ISBN : ISBN978-4-7853-2922-8

産業財産権の出願・取得状況

特許出願中

A02-003

1. 澤井哲
「流体流制御装置及び流体流制御方法」
2016-087745 (特願・日本)

A02-003

2. 澤井哲
「流体流制御装置及び流体流制御方法」
PCT/JP2017/015594 (外国)

A03-004

3. 吉川研一
「レーザーを用いた細胞の配列方法」
2014-184193 (特願・日本)

A03-004

4. 吉川研一
「上皮間葉転換阻害剤及び癌転移治療剤」
2015-053282 (特願・日本)

A03-004

5. 吉川研一
「個体物体を運動させる方法及び装置、及び、送液ポンプ」
PCT/JP2015/61985 (外国)

A03-004

6. 吉川研一
「病態診断支援システムおよび病態診断支援方法」
2016-145435 (特願・日本)

A03 公募(2014-2017)

7. 原田明, 高島義徳, 中畑雅樹, 田中求, ホールニング・マルセル
「培地用高分子ゲル、培地、細胞の培養方法及びキット」
2016-148725 (特願・日本)

A03 公募(2014-2017)

8. 田中求
「培地用高分子ゲル、培地、細胞の培養方法及びキット」
PCT/JP2017/026832 (外国)

A03 公募(2014-2015)

9. 岡嶋孝治, 高橋亮輔
「細胞の複素弾性率の計測方法および計測システム」
2014-136721 (特願・日本)

A03 公募(2014-2015)

10. 濱田勉, 水野志野, 執行航希
「ナノ物資の凝集をコントロールする方法およびナノリスク評価方法」
2014-167052 (特願・日本)

A03 公募(2016-2017)

11. 渡辺信嗣, 安藤敏夫
「プローブ走査機構、プローブ装置および走査型プローブ顕微鏡」
PCT/JP2016/084534(外国)

A03 公募(2016-2017)

12. 渡辺信嗣, 安藤敏夫
「表面計測方法、イオン伝導顕微鏡およびプローブ」
2017-172666(特願・日本)

A03 公募(2016-2017)

13. Sun Linhao, 執行航希, 渡辺信嗣, 安藤敏夫
「液体充填方法、SICM用プローブの製造方法、SICM用プローブ及び SICM」
2017-245642(特願・日本)

A03 公募(2016-2017)

14. 滝ヶ浦匠平, 渡辺信嗣
「SICM 用プローブの製造方法及び SICM 用プローブ」
2018-33897 (特願・日本)

A04 公募(2014-2017)

15. 河野行雄
「テラヘルツ検出センサ及びテラヘルツ画像測定装置」
2015-244218(特願・日本)

A04 公募(2014-2017)

16. 河野行雄, 鈴木大地
「テラヘルツ波検出装置およびアレーセンサ」
2016-091298(特願・日本)

A04 公募(2014-2017)

17. 河野行雄, シヤインデング, 井口崇
「プラズモニクアンテナ、プラズモニクアンテナの製造方法および検出装置」
2016-153599(特願・日本)

研究成果

A01-001 非平衡ゆらぎの熱力学的体系

京都大学大学院理学研究科 佐々真一

茨城大学理学部 中川尚子

はじめに 本新学術領域が始まった2013年夏以降の4年半の間に、この計画研究班でなされた研究のうち、23報の論文が出版され、投稿中論文が4報、投稿準備中の論文が10報程度ある。特に、23報の出版論文のうちの6報は、「その成果が一般的に興味を持たれること」が採択の重要因子である雑誌 Phys. Rev. Lett. に出版された。出版論文数は多くはないが、得られた結果は当初の想定以上に豊かなものになった。

本計画研究の大きな特徴は、「平衡状態の熱力学は矛盾なく非平衡状態に拡張できるか？」という基本的な問を一貫して考えている点にある。ただし、その問だけを前面に出すのではなく、非平衡ゆらぎの様々な問題を「熱力学的体系」との関係を意識しながら研究した。以下では、研究課題の細目ごとに、課題の成果を基本テーマとの関係も踏まえて説明する。

熱力学関係式の拡張 本計画研究では、熱伝導定常状態を決定する変分原理を提案した (1)。この変分原理は、平衡熱力学の自由エネルギー最小原理の拡張に相当する。これは単なる形式的拡張ではない。熱伝導下での気液転移に焦点をあて、まず、この現象が既存の理論では説明できないことを明らかにした。その上で、「熱伝導状態における大域温度」というこれまでにない新しい量を定義することで、熱力学の拡張を行った。この独創的な量を導入した結果、驚くほど綺麗な形式が導かれ、定量的な実験への非自明な予言につながった。さらには、この変分原理の背後にある物理的機構について、様々な階層から議論することが可能になった。例えば、線形応答理論など非平衡ゆらぎの性質との関係がどうなっているのか。あるいは、流体方程式の記述との関係はどうなっているのか。これらの問に答えることで、今後に大きく発展する可能性があると考えている。

この重要な結果は、単なる思い付きで得られたものでない。熱力学の拡張と局所平衡記述の関係を詳細まで徹底的に検討して得られた知見があつてのことである。実際、研究期間の前半はそのような地道な研究を継続した (2)。

非平衡ゆらぎのミクロとマクロ 熱力学はマクロな現象論であり、その現象論にもとづいて、ミクロな記述とマクロな記述の関係が模索されてきた。平衡熱力学に対して統計力学が建設されたように、非平衡ゆらぎに関わるマクロな現象論とミクロな記述を結ぶ新しい枠組みを建設するのが目標の一つになる。

本計画研究では、マクロな現象論として流体方程式を取り上げ、非平衡ゆらぎを明示的に扱うことにより、ミクロな記述から流体方程式を導出する方法を提案した (3)。この結果は、非平衡ゆらぎと巨視的現象論をつなぐ新しい見方を与える。流体系に限定しても、ミクロとマクロをつなぐ新しい方法論を提供しており、様々な現象を議論する足掛かりになる。提案した方法論は流体系に固有なものではない。例えば、振動子集団の秩序変数の巨視的動力学を導く問題は、蔵本模型のようなもっとも簡単な大域結合系ですら物理の枠組みから簡単に

計算できていなかった。このような系に対しても、非平衡ゆらぎの理論(この場合には、Hatano-Sasa 等式)によってマクロな集団動力学が正確に簡単に導出できるようになった(4)。この結果の真の意義はまだ明確にはなっていない。Hatano-Sasa 等式は、熱力学第2法則の非平衡定常状態間遷移への拡張として提案されたものだが、その等式が巨視的ダイナミクスへの導出に有用な役割を果たす理由は不明である。これは今後の研究を待つしかない。

時間平均ゆらぎの異常性 時間平均ゆらぎは平衡条件下であっても異常になる場合がある。例えば、粘性流体中をゆっくり運動する球に加わる抵抗を考える。時間平均応力が球面上で中心極限定理に従うとすると、抵抗係数は半径の2乗に比例する。実際は、抵抗係数は半径に比例する(ストークス則)ので、平衡条件下の時間平均応力ゆらぎが中心極限定理を破ること意味する。その破り方は、「ゆらぎの超均一性」に対応する。この性質を理解するためには、流体方程式を経由せずにストークス則を導くこと、すなわち、時間平均応力ゆらぎの異常性をミクロから導出することが必要である。

本計画研究では、時間平均応力の境界でのゆらぎの性質をバルクの性質から決める形式を提案した。熱力学ゆらぎの統計的性質が熱力学変分原理によって決められるように、時間平均応力のゆらぎの統計的性質を決める変分原理を定式化した。その結果、境界でのゆらぎの異常な性質が変分方程式の非自明な解を通して表現されることになった(5)。この結果は、幅広い系に対して見られる普遍的な性質であり、今後、様々な系で具体的に示すとともに、この理論的構造の意味することを明らかにする。

時系列解析の新しい方法 熱力学的体系の考え方は、時系列解析をする際にも有用である。本計画研究では、二つの新しい方法を提案した。第一は、時系列のレプリカ対称性の破れを検出する方法である。レプリカ対称性の破れは乱れた系の平衡統計力学で見出された概念であるが、時系列統計においても生じ得ることを具体的なモデルで示した(6)。これも熱力学と非平衡ゆらぎの新しい接点である。第二は、レアイベントサンプリングである。滅多に生じないが、ひとたび生じると重要な影響をもらすイベントを素早く検出する方法は様々な提案されている。本計画研究では、時系列の熱力学的形式と現実の操作の接点を模索し、操作パラメータを連続的に変更することで有効的にレアイベントを検出する方法を提案した(7)。

参考文献：

- (1) N. Nakagawa and S.-i. Sasa, *Phys. Rev. Lett.* **119**, 260602 (2017).
- (2) Y. Chiba and N. Nakagawa, *Phys. Rev. E* **94**, 022115 (2016).
- (3) S.-i. Sasa, *Phys. Rev. Lett.* **112**, 100602 (2014).
- (4) S.-i. Sasa, *New J. Phys.* **17**, 045024 (2015).
- (5) M. Itami and S.-i. Sasa, *J. Stat. Phys.* **161**, 532 (2015).
- (6) M. Ueda and S.-i. Sasa, *Phys. Rev. Lett.* **115**, 080605 (2015).
- (7) T. Nemoto and S.-i. Sasa, *Phys. Rev. Lett.* **112**, 090602 (2014).

A01-002 非平衡量子系の輸送ダイナミクス

大阪大学大学院理学研究科 小林研介
慶応義塾大学理工学部 齊藤圭司
東京大学大学院工学系研究科 沙川貴大

微細加工技術によって作製される極小の固体素子においては、平衡状態から非平衡状態までを連続的に制御できるため、非平衡量子系を定量的に取り扱える理想的な舞台である。我々の班では、このような固体素子を主たる舞台として、非平衡ダイナミクスを取り扱う方法論の創出を目指して研究を行ってきた。5年間で得られた主要な成果を以下に記載する。

量子液体の非平衡ダイナミクスの定量化

近藤効果は、1960-70年代にかけて解明された量子多体効果であり、半世紀にわたって数多くの研究が行われてきた。理論的には近藤状態は「局所フェルミ液体」として記述されることが確立しており、近藤状態の振る舞いを研究することは、強い電子相関に支配される量子液体を研究することと等価である。小林らは、カーボンナノチューブに作製した量子ドットにおける近藤効果を研究した(1, 2)。本研究によって、近藤状態においては、一粒子の伝導過程だけではなく、二個の粒子が関与する伝導過程もあり、それによって電流ゆらぎが通常値よりも増大することが分かった。この電流ゆらぎから、量子液体を特徴づける量（ウィルソン比）を求めることができ、量子ドットが極めて強い量子多体状態にあることを実証した。さらに、これまでに知られていなかった非平衡スケールリング則を実験的に確立した(1)。また、対称性の異なる近藤状態の間の連続的な遷移にともなうウィルソン比の変化を定量的に抽出することにも成功した(2)。このような成果は、非平衡量子多体系の精密な定量化に成功したものであり、今後の理論・実験の発展を促すものと期待される。

熱機関における、熱効率と仕事率の関係

齊藤は、非平衡系の熱力学を理解する上で避けて通れない、熱機関の熱効率と仕事率の関係について議論した(3)。平衡熱力学は準静的な変化に対する理論であるが、その場合仕事率は消失する。仕事率を増やそうとすれば必然的に、準静的過程を離れた非平衡状態を考察しなければならない。齊藤らは、マルコフ過程の範囲内で熱効率と仕事率の間に成立する普遍的なトレードオフ関係式を導いた。それにより熱効率がカルノー効率に近づく際の仕事率のふるまいなどが定量的に議論できるようになった。

量子孤立系における、振動外場による熱化現象

近年、冷却原子が示す量子ダイナミクスを実験的に観測できるようになり、統計力学の基礎に関する議論も盛んになっている。孤立した量子系はどのように熱的な状態に近づいて行くだろうか？最も簡単な熱化現象は、振動外場で量子系を温める熱化現象である。この場合の定常状態は温度無限大のランダム状態である。齊藤は、このような熱化過程に段階的な緩和が存在することを、フローケマグナス展開の手法を用いて示した(4)。緩和過程では、初期

段階で準保存量にトラップされ、遅い緩和が生じる「Floquet Prethermalization」という現象が生じることを明らかにした。

熱力学的不確定性原理の分類

近年、電流や熱流などの熱力学的な流れには、ある種の不確定性が存在することが示唆されてきている。例えば、古典的な電流におけるファノファクターとエントロピー生成にはある種のトレードオフ関係があることがマルコフ過程の範囲で議論されている。齊藤は、この種の議論を広範囲のダイナミクスで考え、熱伝導現象(5)や、電流における熱力学的不確定性関係を議論した(6)。磁場のある系や量子系では、マルコフ過程において議論されていた結果を変更しなければならないことが分かった。

自律的な情報熱機関の研究

近年、「ゆらぎの定理」に代表される非平衡熱力学と、情報理論との融合が進んでいる。沙川らは、自律的な情報処理の熱力学の一般的な理論を構築し、それを生体情報処理へと応用した。一般論については、連続的な情報流を含む形に一般化されたゆらぎの定理と熱力学第二法則を導き、さらに情報流についてもオンサーガ相反定理が成立することを示した。生体情報処理への応用としては、上記で得られた一般化第二法則によって化学走性のノイズに対する頑健性を定量化できることを示した(7)。また沙川らは 2015 年に自身らの成果を中心にまとめた情報熱力学のレビューを出版した(8)。

孤立量子多体系におけるゆらぎの定理

量子力学から熱力学が如何に創発するかは、19世紀以来議論されてきた統計力学の基礎として重要なだけでなく、非平衡量子系のダイナミクスを理解する上でも重要な問題である。沙川らは、統計力学の概念であるカノニカル分布を仮定せずに、量子力学だけに基いて熱力学第二法則とゆらぎの定理を証明した(9)。そのさい、熱平衡化のメカニズムとして近年注目を集めている固有状態熱化仮説 (Eigenstate Thermalization Hypothesis, ETH) が重要な役割を果たした。なお ETH に数学的な証明はないが、沙川らは弱い形の ETH を証明することに成功した。

参考文献

- (1) M. Ferrier, *et al.*, *Nature Phys.* **12**, 230 (2016).
- (2) M. Ferrier, *et al.*, *Phys. Rev. Lett.* **118**, 196803 (2017).
- (3) N. Shiraishi, K. Saito, and H. Tasaki, *Phys. Rev. Lett.* **117**, 190601 (2016).
- (4) T. Mori, T. Kuwahara, and K. Saito, *Phys. Rev. Lett.* **116**, 120401 (2016).
- (5) S. Tamaki, M. Sasada, and K. Saito, *Phys. Rev. Lett.* **119**, 110602 (2017).
- (6) K. Brandner, T. Hanazato, and K. Saito, *Phys. Rev. Lett.* in press (2018).
- (7) S. Ito and T. Sagawa, *Nature Comm.* **6**, 7498 (2015).
- (8) J. M. R. Parrondo, J. M. Horowitz, and T. Sagawa, *Nature Phys.* **11**, 131 (2015).
- (9) E. Iyoda, K. Kaneko, and T. Sagawa, *Phys. Rev. Lett.* **119**, 100601 (2017).

A01-003 非平衡ゆらぎが生み出す構造と運動の普遍性

東京大学大学院理学系研究科 佐野雅己
東京工業大学大学院理工学研究科 笹本智弘
東京工業大学大学院理工学研究科 竹内一将
京都大学大学院工学研究科 山本量一

本計画研究では、非平衡系ゆらぎの普遍性を示す典型的な例として、界面成長におけるゆらぎ (KPZ 普遍性) と非平衡相転移の重要なクラスである Directed Percolation (DP 普遍性) に関する研究で複数の大きな進展があった。また、非平衡系のミクロとマクロをつなぐアクティブマターと呼ばれる新しい研究領域において、新現象の発見と分類等に貢献した。

[成長界面の形状とゆらぎに関する普遍性]

界面成長に見られる普遍的性質 (KPZ 普遍性) が、どの程度広いクラスの系で見出されるのか、理論面で笹本は、同時に関連する手法を一般化する研究を行った。Spohn との共同研究においては、粒子が同じ位置に来た場合に非対称な反射を行うような多数のブラウン運動粒子からなる系が KPZ 普遍性を示すことを見出した。Carinci, Giardina, Redig との共同研究においては、自己双対性を持つ広いクラスに対して議論する枠組みを構築し、その適用例として $UqSU(1, 1)$ 対称性を持つ KMP モデルの一般化にあたる多粒子確率過程モデルを導入した。今村氏との共同研究においては q ボソン完全非対称単純排他過程 (q -TASEP) と呼ばれるモデルの定常状態の揺らぎを調べる新たな手法を提案した。今村氏, Mallick 氏との共同研究においては、これらの手法を対称排他過程の着目粒子の大偏差揺らぎを決定することに拡張・適用することができることを示した。さらにその後 de Gier 氏らとの共同研究において、2成分排他過程の揺らぎを厳密に調べることができることを見出した。

実験で竹内は、成長過程に伴い生じる界面ゆらぎの普遍的スケーリング則、特にその界面形状との関係について取り組んだ。成長界面ゆらぎを記述する Kardar-Parisi-Zhang (KPZ) 普遍クラスは近年数理科学分野で目覚ましい進展を遂げているが、実験的研究は希少である。竹内は液晶乱流の成長過程に伴う界面ゆらぎを計測し、KPZ クラスの普遍ゆらぎの諸性質を測定した。1次元 KPZ クラスは、分布や空間相関は厳密解が既知であるが、時間相関は解くことができず、大きな未解決問題となっていた。竹内は、液晶乱流実験と様々な成長界面モデルのシミュレーションにより、円形界面と平面界面では時間相関が質的に異なること (1-3)、「エルゴード性の弱い破れ」という異常拡散と関連した性質を示すこと (2, 4) を発見した。こうした実験成果は理論家にも共有され、2017年には De Nardis と Le Doussal が、円形界面時間相関の解析的な近似解を導出することに成功した (2)。竹内はそれを実験的、数値的に検証し、円形界面が示す相関関数の持続性が説明できることを共同で発見した (2)。以上の成果により、KPZ 時間相関問題の主要部分を実験と理論の両面から解決することができた。さらに、竹内は大学院生らと協力して、KPZ クラスの顕著な特徴である初期条件依存性を調査するため、液晶乱流界面の初期条件を任意に制御可能な実験系を製作した。これにより、円から内向きに成長する界面の計測を行い、関連研究の類推に反して、それが平面界面の特徴を示すことを発見した (4)。以上の研究により、様々な非平衡現象を記述する KPZ クラスの普遍ゆらぎと構造の相互関係の理解を、実験的、理論的に大きく進展させることができた。

[層流・乱流遷移におけるゆらぎと時空間欠性の普遍法則]

マクロなゆらぎの起源を探ると、多くの場合、決定論的方程式が示すカオスや乱流に行きつく。その乱流がいつどのようにして発生するかは、従来様々の観点から調べられてきた。層流・乱遷移に関しては近年、パイプ流やジェット流、チャンネル流などのせん断（シア）流のある場合、層流状態は線形安定であり、有限振幅の擾乱で乱流化するが、一旦層流状態に落ちると自発的には乱流化しないため吸収状態転移に類似していることから、有向パーコレーション（Directed Percolation、以下 DP と約す）である可能性がモデル計算などで予測されていた。一方、実験的にはパイプ流ではシステムサイズが十分でなく、実験的検証が難しかった。佐野等は、準2次元のチャンネル流で境界条件を乱流にして下流でその乱流状態が減衰するか、あるいはパーコレートするかを界面臨界現象の手法を用いて測定した。オーダーパラメータとして乱流割合を取り、その空間依存性やラミナー間隔の分布などから、4つの臨界指数が(2+1)次元 DP の理論値と実験の誤差範囲で一致し、普遍的スケーリング関数の存在も示すことが出来た。また竹内は、領域内の高橋氏、小林氏との共同研究により、液晶乱流やNewton 流体の乱流相転移で見られた directed percolation 普遍クラスが、量子流体の乱流転移でも現れることを数値的に発見した。これにより、本普遍クラスが様々な非平衡流体系の普遍的理解に資することが明らかとなった。

[ミクロとマクロをつなぐアクティブマターにおけるゆらぎと構造]

各要素が自由エネルギーを変換し散逸を伴って自己駆動運動を行い、相互作用するアクティブマター系は、分子モーターや細胞集団、動物の群れなどミクロからマクロまで広く存在する大自由度非平衡系の一つのクラスを形成している。これらの系において、熱ゆらぎとマクロゆらぎの違い、運動や相互作用の対称性の違いなどにより、どのような分類や普遍性が存在するのか、現在世界中で精力的に研究が行われている。その中で、これまで理論的には、要素が向きを揃えた長距離秩序状態と異常な密度ゆらぎの存在が予想されながら、実験的には長距離秩序状態での密度ゆらぎの測定は存在しなかった。佐野等は、分裂と運動の反転を抑制した長いバクテリアを用いて、過去最大のシステムサイズでの方向秩序状態の存在と密度の異常ゆらぎを観測した。さらに、神経幹細胞の培養系では、運動し続ける細胞群がネマチック秩序状態を形成し、+1/2 の指数を持つトポロジカル欠陥には細胞が集積し、-1/2 の指数のトポロジカル欠陥では細胞密度が減少することを発見し、その振る舞いをアクティブマターを記述する方程式で再現することに成功した。また、Janus 粒子を用いた系で、微生物の走化性を模した実験を行い、ゆらぎ中で目標に向かうための最適戦略を理論で明らかにした。

参考文献：

- (1) K. A. Takeuchi and T. Akimoto, *J. Stat. Phys.* **164**, 1167-1182 (2016).
- (2) J. De Nardis, P. Le Doussal, and K. A. Takeuchi, *Phys. Rev. Lett.* **118**, 125701 (2017).
- (3) K. A. Takeuchi, *J. Phys. A* **50**, 264006 (2017).
- (4) Y. T. Fukai and K. A. Takeuchi, *Phys. Rev. Lett.* **119**, 030602 (2017).
- (5) Masaki Sano and Keiichi Tamai, *Nature Physics*, **12**, 249 (2016).
- (6) D. Nishiguchi, K.H. Nagai, H. Chate, and M. Sano, *Phys. Rev. E*, **95**, 020601(R) (2017).
- (7) K. Kawaguchi, R. Kageyama, and M. Sano., *Nature*, **545**, 327 (2017).
- (8) T. Mano, J.-B. Delfau, J. Iwasawa, and M. Sano *PNAS*, **114**, E2580 (2017).

A01-004 ガラスにおける遅いゆらぎのダイナミクスと隠れた秩序

名古屋大学大学院理学研究科 宮崎州正
大阪大学 サイバーメディアセンター 吉野元

1. ランダムピンング液体の理想ガラス転移

ガラス転移点の存在はいまだに証明されていない。実験から得られる粘性やエントロピーのデータを高温側から外挿すると、確かに有限温度で熱力学的な特異点が存在することが示唆されるが、緩和時間の増大に阻まれて、その特異点を直接観測することが出来ないためである。我々は、この困難を克服するために構成粒子の自由度の一部を凍結（ピンング）させることにより、真のガラス転移点を高温側に引き上げることで、熱力学転移としてのガラス転移および熱平衡状態とし

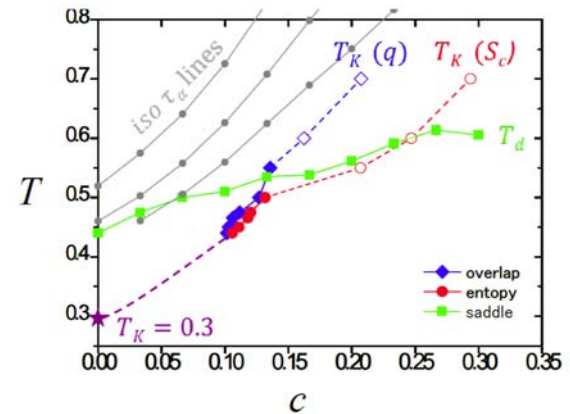


図1. 理想ガラス転移点 T_K (◆と●)と動的転移点 T_d (■)。

てのガラス状態を、シミュレーションにより再現することに成功した。ピンングのアイデアは既に平均場理論やモード結合理論により提案されていたが、我々は有限次元系でこれを再現し、動的転移点も含む熱力学的相図（図1）を明確に示した。この系のガラス相における熱力学量とダイナミクスをさらに詳細に調べた結果、ガラス相の中においてすら、残留エントロピーが有限であること、また拡散的な原子運動が残っていることを明らかにした。これは配置エントロピーがゼロになる点を転移点とする平均場描像では説明できない。これは平均場理論が「状態」と呼ぶポテンシャル極小状態の中に、さらなるエネルギーランドスケープの階層構造があることを示唆している([1]など)。

2. ガラス転移の平均場模型

モード結合理論(MCT)はガラス転移の平均場理論として知られている。我々は、上記1で記したピンング系などに現れる異常な転移点、いわゆる高次特異点における動的不均一性を解析するためのMCTを開発し、スケーリングなど普遍的なダイナミクスを解析した。また、平均場理論が厳密になるガラスの模型として、ベータ格子上的Fredrickson-Andersen模型を用いて、ピンング系の高次特異点の解析も行った([2]など)。MCT、FA模型の結果は共に、通常のガラス転移のダイナミクスとは異なる、対数的な緩和と異常な相関長、臨界指数を预言する。

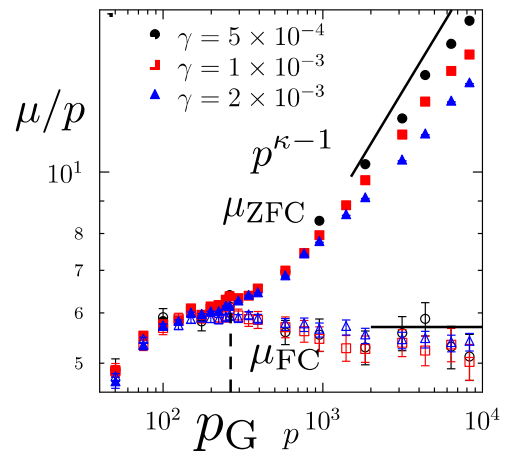
3. 多様なガラス転移の解析

ガラス転移の本質を理解するために、最近、空間次元やモデルの依存性の研究が盛んである。我々は、ガラスのモデルの相互作用の形状やパラメータを広い範囲で調べ上げ、その特異性や普遍性を解析した。例えば、(i) 構成原子のサイズ比を大きく変えた二成分模型におけるガラス転移をレプリカ理論により解析し、2RSB転移と呼ばれる新規転移を预言した。(ii) 原子間ポテンシャルをネットワーク型から剛体球型へシームレスに繋ぐモデルをシミュレーションにより解析し、ガラスを特徴づける重要なパラメータであるフラジリティを、単一モデル

で統一的に解析できることを示した。また、ultra-soft モデルと呼ばれる「柔らかい」相互作用を持つ系を用いて、原子同士がクラスターを作る新規ガラス相の存在を明らかにした([3] など)。

4. ガードナー転移に伴う階層的なシア応答

我々は、ジャミング転移点付近の高密度コロイド粒子系が、観測する時間スケールによって、硬くも柔らかくも振る舞うという奇妙な性質を示すことを数値シミュレーションによって見出していた(岡村-吉野(2013)未発表)。そのメカニズムが、ガードナー転移と呼ばれるガラス-ガラス転移にあることを、レプリカ理論[4]、および大規模数値シミュレーション[5,6]によって明らかにすることに成功した。ガードナー転移において、系に無数にあるガラスの準安定状態の一つ一つ



がさらに分裂し、自由エネルギーランドスケープが階層的になる。これを反映し、力学物性が非自明になる。右図はこれを端的に示す、剛体球ガラス系における数値シミュレーションの結果[6]である。図は、ガードナー転移がおこる圧力 p_0 以上で、圧縮とシアが非可換になり、圧縮してからシアをかけると(ZFC)大きなシア応力が生じ、逆にシアをかけてから圧縮すると(FC)小さなシア応力しか残留しないことを示している。スケーリング特性を含め、理論とシミュレーションの結果が良い一致を示している。この結果は今後、実験的なレオロジー研究にも示唆を与えると期待される。さらに最近、ガードナー転移を反映して、周期的なシア摂動に対して、ある種の階層性を持つ新しい可逆-不可逆転移が現れることを見出した。[7]

5. 回転自由度のガラス・ジャミング転移

ガラス転移を示すのは並進自由度に限らない。我々は、回転自由度をもつ系のガラス転移に関し、高次元極限で厳密になるレプリカ理論を構築することに成功した[8]。今後これに基づいて、(i)パッチコロイドや楕円コロイドにおけるガラス・ジャミング転移、(ii)連続彩色問題など連続自由度の制約充足問題、新たな誤り訂正符号問題などの統計的推定問題 (iii)外的乱れを含まないフラストレート磁性体におけるスピングラス転移、などの広範な問題を統一的観点から研究する土台が得られた。

参考文献：

- [1] M. Ozawa, et al. Proc. Natl. Acad. Sci. USA. 112, 6914 (2015).
- [2] S. Kumar Nandi, et al. Phys. Rev. Lett. 113, 245701 (2014).
- [3] M. Ozawa, et al. J. of Stat. Mech., 074002(2016).
- [4] H. Yoshino and F. Zamponi, Phys. Rev. E 90, 022302 (2014); C. Rainone, P. Urbani, H. Yoshino, F. Zamponi Phys. Rev. Lett. 114, 015701 (2015).
- [5] D. Nakayama, H. Yoshino and F. Zamponi, J. of Stat. Mech, 10, 104001 (2016).
- [6] Y. Jin and H. Yoshino, Nat. Comm. 14935 (2017).
- [7] Y. Jin, P. Urbani, F. Zamponi and H. Yoshino, Sci. Adv. 4 eaat6387 (2018).
- [8] H. Yoshino, SciPost. Phys. 4(6), 040 (2018).

A02-001 非平衡定常状態におけるソフトマターのゆらぎとレオロジー

北海道大学大学院工学研究院 折原 宏
大分大学工学部 長屋智之
北海道大学電子科学研究所 中垣俊之
北海道大学電子科学研究所 佐藤勝彦
九州大学大学院工学研究院 日高芳樹

本研究では、非平衡定常状態におけるソフトマターの構造およびゆらぎの測定手法を開発し、それを用いて特にせん断流と関係した非平衡構造およびゆらぎの性質を調べた。以下に主な結果を示す。

1. せん断流下におけるネマチック液晶の非平衡ゆらぎ

せん断流により時間反転対称性が破れた非平衡定常系は平衡系にはない特徴的なダイナミクスを示す。我々はネマチック液晶で電場に対する特異な応力応答を実験的に観測していたが、本研究ではその起源をネマチック液晶の基礎理論であるエリクセン・レスリー理論から考察した。せん断流を印加すると通常ダイレクター（液晶分子の平均方向を向いた単位ベクトル）は流動配向によりせん断面内で流れ方向と一定の角度をなして安定化する。このとき、せん断面内のゆらぎと面に垂直なゆらぎは独立であるが、静磁場を印加してダイレクターがせん断面から外れるとこれらのゆらぎが相互に影響し合い、非保存力が現れ、これが特異な応力応答の起源であることを明らかにした。また、定常せん断流に加えて直流電場も印加し、さらに微小な交流電場を印加したときの応力の応答を観測した¹⁾。定常せん断流および直流電場下ではダイレクターはせん断面内で流れ方向と一定の角度をなしているが、交流電場を印加するとダイレクターの方向が変化し、それにより応力も変化する。直流電場の大きさを変えたときの応力応答の交流電場周波数依存性を観測した。直流電場が小さいときはデバイ型であるが、大きくなるにつれて高周波側の実部の値がゼロから大きくなり、プラトーが現れることが分かった。高周波側で応答が持続するのは希な現象である。本研究では液晶のエリクセン・レスリー方程式からこの結果を再現できることを示した。この現象はオンサーガーの相反関係とも関係していることを示すことができた。

2. シアバンディング時のF-アクチン溶液における配向分布の直接観測

せん断流下においてF-アクチン水溶液が低粘度と高粘度の2相に分離すること（シアバンディング）が見出されているが、今回各相におけるアクチンフィラメントの配向分布の測定を行なった²⁾。測定には蛍光標識したアクチンと無標識のアクチンを1:225になるように調製した水溶液を用いた。この試料を、下側のステージをガラス板で置き換えたコーンプレート型レオメーターにセットし、シアバンドが形成されるせん断速度を印加し、共焦点レーザー顕微鏡により観測した。シアバンドが形成された状態において低せん断相および高せん断相のフィラメントの配向テンソルを求めた。棒状高分子に対する土井・エドワード理論によると応力テンソルは配向テンソルに比例するので、配向テンソルから応力テンソルを求めることができる。高せん断相と低せん断相でせん断応力は等しい筈であるが、これまで実験的

には示されていない。今回、本測定によって対応する配向テンソルの成分が一致することを確かめることによって、両相のせん断応力が等しいことを初めて示すことができた。

3. 液晶電気対流により誘起された負の粘性と履歴曲線

ネマチック液晶に電圧を印加すると対流が発生するが、この状態におけるレオロジー測定が長屋らによって行われ、負の誘電率異方性（ダイレクターに平行方向より垂直方向の誘電率が小さい）を持つ液晶では電圧を上げていくとせん断応力が減少することが報告されていた。本研究では³⁾、高電圧側を測定したところせん断応力が負となることがわかった。また、応力ゼロの状態でもレオメーターの平行平板間に挟んだネマチック液晶に電場を印加し、液晶電気対流を発生させると、円盤が自発的に回転する現象が見出され、この回転方向が外力により反転することも確認された。さらに、せん断応力制御によりせん断速度との関係を負の領域を含めて測定したところ、これらの量の間には強磁性体や強誘電体などで見られる履歴曲線が観測された（図 1(a)）。これより、この性質を *ferroviscosity*、この状態の液晶を *ferroviscous fluid* と命名した。また、せん断速度制御により測定を行なうと図 1(b) のような S 字曲線が観測され、明らかに粘度が原点付近で負になっていることが分かった。さらに、電場を変えると履歴曲線や S 字曲線が相似的に変化することから、次元解析的考察を行ない、応力とせん断速度を電場の自乗でスケールすると電場の異なるデータがすべて一つのユニバーサルな曲線に乗ることを示した（図 1(c) と (d)）。実験結果をエリクセン・レスリー方程式により解析したところ、応力は粘性と電場を起源とする 2 種類に分離できることが分かり、負の粘性に寄与するのは後者であることが明らかになった。また、乱流状態におけるダイレクターの配向分布を考慮したモデルにより実験によって得られた履歴曲線を再現することができた（図 1(d) の実線）。

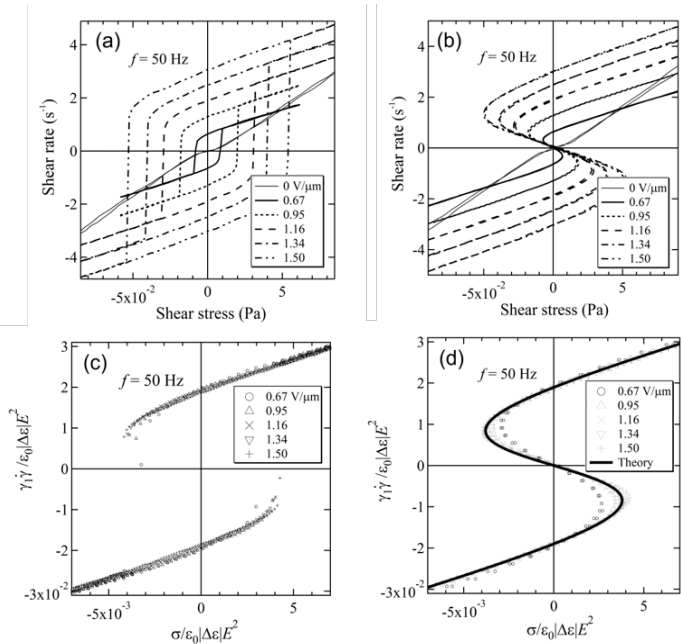


図 1. 異なる電場におけるせん断応力とせん断速度の関係。(a) 応力制御, (b) せん断速度制御。(c) と (d) はそれぞれ (a) と (b) に対応するスケージング則。

参考文献

- (1) J. F. Fatriansyah, Y. Sasaki, and H. Orihara, *Phys. Rev. E* **90**, 032504 (2014).
- (2) I. Kunita, Y. Takikawa, D. Takeuchi, Y. Tanaka, T. Nakagaki, and H. Orihara, *Soft Matter* **13**, 2708 (2017).
- (3) H. Orihara, Y. Harada, F. Kobayashi, Y. Sasaki, S. Fujii, Y. Satou, Y. Goto, and T. Nagaya, *Phys. Rev. E*, in press.

A02-002 多成分ボース・アインシュタイン凝縮体の非平衡ダイナミクス

学習院大学理学部	平野琢也
電気通信大学情報理工学研究科	斎藤弘樹
学習院大学理学部	高橋雅裕
産業技術総合研究所	衛藤雄二郎
学習院大学理学部	柴田康介

A02-002班では、多成分量子凝縮体を非平衡系として捉え、そこに現れる非平衡構造の時間発展とゆらぎ、秩序形成について、理論と実験の密接な協力体制で研究を進めた。また、領域内の他の研究班とも連携し、多成分ボース・アインシュタイン凝縮体(BEC)に現れる普遍的な現象の解明を目指した。このような有機的な連携は非常に有意義であり、以下に述べるような様々な成果を得ることができた。

実験と理論の密接な共同研究により実現した成果の一つは、磁気双極子相互作用による空間構造形成に関する研究である。 ^{87}Rb 原子の BEC を光トラップにより保持すると、全てのスピン状態の原子を保持することができ、スピン自由度を持ったスピノール BEC を実現することができる。本研究では、BEC のスピン自由度と高い空間コヒーレンスを巧みに利用し、BEC のスピンの空間構造形成を観測することに成功した(1)。この空間変調効果は、磁気双極子相互作用の効果を含んだ Gross-Pitaevskii 方程式によってのみ再現され、磁気双極子相互作用による有効磁場中でのスピン回転を表すものであり、微弱な磁気双極子相互作用が BEC スピンのダイナミクスに大きな影響を与えることを示すことができた。

多成分 BEC は、それらを空間的に重ね合わせて生成した場合に、その後混ざり合ったままなのか、もしくは相分離を起こすかという混和性によって特徴づけることができる。本研究では、系に大きなエネルギーを加えたよりダイナミックな状況において、混和性の違いがどのような影響をもたらすのかを明らかにする研究を行った。実験では、Rb 原子の豊富な内部自由度を利用して様々な大きさの混和性を持つ多成分 BEC を生成し、磁場勾配パルスを用いて多成分 BEC を衝突させ、その後のダイナミクスを観測した。その結果、混ざり合う BEC 間の反発やドメイン形成、混和性に敏感な混ざり合わない BEC 間の通過など、一見直観に反する多様なダイナミクスの観測に成功した。理論シミュレーションから、観測された非平衡ダイナミクスが系の全エネルギーには直接依らず、局所的な構造に起因する複雑な現象であることが明らかになった(2,3)。また、スピン1とスピン2の混合スピノール BEC 系を生成し、2つのスピンの相対的な角度や方向を制御する方法を提案・実証した。この方法は、スピン1とスピン2の同時ラムゼイ干渉計を用いて、2つのスピンのラーモア歳差運動周期の僅かな違いを抽出することにより、混合スピンの制御を実現するものである。そして、本手法により実現した混合系を利用して、2つのスピン間の相互作用により誘起されるスピン1歳差運動の dephasing 及び rephasing の観測にも成功した(4)。

さらに、スピン2 BECを用いた実験では、磁気副準位が0 ($m_F=0$) のみを占有する状態を準備し、その後のスピノールダイナミクスを観測した。量子化軸方向(バイアス磁場方向)と平行な方向だけでなく、直交する方向を軸としたスピンの射影測定も行い、この2つの異

なる軸による測定から、 $m_F=0$ を初期状態とするスピン2のBECが、100ms程度の時間スケールで、強磁性スピンの基底状態へと時間発展することを見出した。また、2次元的に広がりを持った形状のBECを光トラップ装置の改良により実現し、多彩な相分離を観測した。

電気通信大学の理論グループでは、BECの非平衡ダイナミクスを始めとして、BECの様々な性質を理論的に研究した。また、学習院大学が行ったBECの実験に対して理論的サポートを行った。理論的研究の中では特にスピン自由度を持つ原子のBECや多成分BECに関する研究に力を入れた。例えば、強磁性状態にあるBECにおいてスピン状態の励起（マグノン励起）が磁気双極子相互作用によってエネルギーシフトを受けること(5)やマグノンの励起エネルギーに対する解析的上限(6)を見出した。多成分BECにおいては、一成分系では見られないトポロジカルな励起が存在する。その中でSkyrmionと呼ばれるトポロジカル励起に着目し、複数のSkyrmionが互いに衝突する非平衡ダイナミクスを数値的に明らかにした(7)。スピン自由度と空間の自由度が結合したいわゆるスピン軌道相互作用を持つBECに関する研究も精力的に行った。スピン軌道相互作用と磁気双極子相互作用の両方が存在する系では、螺旋状のスピン構造を持つ基底状態となることを見出した(8)。

また、スピン軌道相互作用するBECにおいては、量子渦が特有の構造を持つことを明らかにし、そのようなBECの中を障害物が運動すると、障害物後方にできる量子渦やスピン波、またそれらが発生する臨界速度がスピン軌道相互作用によって大きく影響を受けることを見出した(9)。スピン1とスピン2の原子からなる混合BECに関しては、学習院大学の実験に関連して、基底状態の相図を研究した。その結果、スピン1とスピン2間の相互作用係数に関して非常に多様な磁性相が存在することを明らかにした(10)。学習院大学グループの理論面での研究では、超流動体における層流-渦糸乱流転移の非平衡臨界現象の研究を行った(11)。この研究では、空間・時間に連続なランダムな外部ポテンシャルの下では、その強さを大きくすることで、層流状態から渦糸乱流状態に転移し、その普遍クラスが、Directed-Percolation (DP) クラスであることを明らかにした。

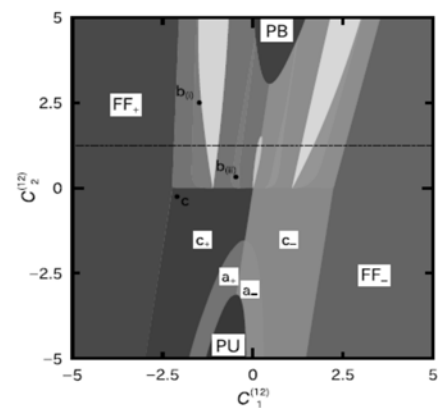


図1. スピン1・2混合BECの基底状態の相図

- (1) Y. Eto, H. Saito, T. Hirano, *Phys. Rev. Lett.* **112**, 185301 (2014).
- (2) Y. Eto et al., *Phys. Rev. A* **93**, 033615 (2016).
- (3) Y. Eto et al., *New J. Phys.* **18**, 073029 (2016).
- (4) Y. Eto, H. Shibayama, H. Saito, and T. Hirano, *Phys. Rev. A* **97**, 021602(R) (2018).
- (5) H. Saito and M. Kunimi, *Phys. Rev. A* **91**, 041603(R) (2015).
- (6) M. Kunimi and H. Saito, *Phys. Rev. A* **91**, 043624 (2015).
- (7) T. Kaneda and H. Saito, *Phys. Rev. A* **93**, 033611 (2016).
- (8) M. Kato, X.-F. Zhang, D. Sasaki, and H. Saito, *Phys. Rev. A* **94**, 043633 (2016).
- (9) M. Kato, X.-F. Zhang, and H. Saito, *Phys. Rev. A* **95**, 043605 (2017); **96**, 033613 (2017).
- (10) N. Irikura, Y. Eto, T. Hirano, and H. Saito, *Phys. Rev. A* **97**, 023622 (2018).
- (11) M. Takahashi, M. Kobayashi, and K. A. Takeuchi, arXiv:1609.01561.

A02-003 小さな反応拡散系における秩序形成から生物の機能へ

山口芸術短期大学芸術表現学科 櫻井建成
千葉大学大学院理学研究科 北畑裕之
東京大学大学院総合文化研究科 澤井哲
東京大学大学院総合文化研究科 石原秀至

本研究では、反応拡散波と界面変形を伴ったアクティブマターの相互依存性から生み出される動的秩序とそれに由来する機能の普遍的性質の解明を目的とした。特に生物の多様な運動形態の理解へ向け、生物と非生物の両方から迫る試みを行った。ここでは反応拡散系とアクティブマターの結合系という新しい枠組みを提案し、細胞ダイナミクスの背後にある物理的な対応を常に意識しつつ理論を発展させた。研究期間中に、生物系では、(1) 細胞の動きと外場の揺らぎとの関係性、(2) 大腸菌の集団的秩序形成の理解など、非生物系では、(3) 界面張力により駆動する物体の提案、(4) 活性タンパク質存在下での拡散現象と凝集現象の理解等を行った。以下運動する系の普遍的性質を明らかにした代表的研究成果を示す。

生きた細胞では、絶え間ない不定形の大きな変形を伴いながら、比較的速い這い回り運動を示したり、外物を取り込んだり、他の細胞と密着するなどする。こうした複雑な形のあり方の記述・理解は、生物学的意義からの興味のみならず、物理学的にも極めて挑戦的な課題である。本班では、細胞性粘菌アメーバに着目し、その極性が走化性誘引分子の時間変動成分によって誘起されることを実験的に示し[1, 2, 3]、適応応答する反応拡散系の秩序形成として理解できることを数理的に示した。こうした細胞の形状変化について、

アクチンとそれに付随する膜上のイノシトールリン脂質のリン酸化反応の伝播波の二変数興奮系とフェイズフィールドの結合系[4]の振る舞いの詳細をしらべ、細胞端に局在する発火パターンで駆動される特徴的な変形ダイナミクスを明らかにした(図1)。更に、極性を表現する第三の変数を組み入れた拡張モデルにおいて、不定形の細胞運動でみられる基本的な運動モードが、極性の強さと、膜の硬さを表現するパラメータによって分類されることを示し、実験的にオプトジェネティクスを用いた Rac の活性制御により裏付けた。モデルの発展系として、多細胞集団のダイナミクスにおける接触依存的な極性形成の役割をシミュレーションと実験による相互検証をおこない、細胞選別の新たな仕組みを明らかにした。

さて、細胞集団では、細胞同士が互いに力を及ぼし合い、形態の変形が起こる(弾性的変形)。同時に、細胞の相互の位置が入れ替わる(塑性変形)ので、長い時間スケールでみると流体的な挙動を示す。更に、細胞分裂などによる変形もある。これらの変形を統合し、組織レベルの変形を記述する連続体モデルの構築と拡張を行った。特に上皮細胞組織の発生現象を念頭に、(a)細胞弾性を記述する自由エネルギーの導出、(b)アクティブ効果をいれるこ

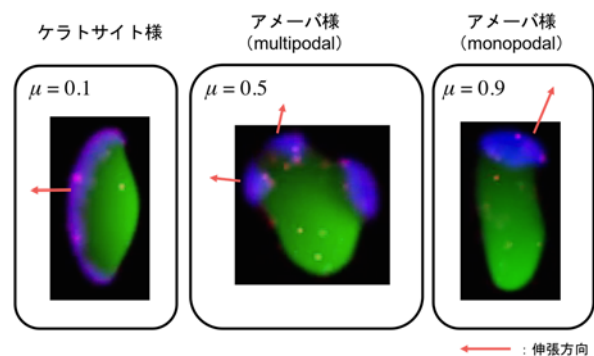


図 1. 3変数拡張フェイズフィールドモデルにみられる変形動態。U(赤)とV(緑)の興奮性とW(青)の双安定性によって膜の伸張と引っ込みが決まる。

とによる、コンバージェントエクステンションの新規メカニズムの発見、(c)細胞分裂やアポトーシスが及ぼす組織変形の定式化を行った。(b)では、発生過程などでよく見られるコンバージェントエクステンションの新規メカニズムを発見した[5]。(c)では、細胞分裂が生み出すフォースダイポールを、その変形や細胞分裂頻度、形態依存性などを考慮して導入した。

樟脳粒を水面に浮かべると樟脳分子を水面に展開し、表面張力を下げる。この表面張力の差により樟脳粒自体が駆動されるため、自己駆動粒子の実験系として多くの研究がなされている。われわれは円対称ではない形状の樟脳粒の運動に関して、数理モデルから中心多様体縮約によって位置と特徴的な角度の時間発展に関する常微分方程式を導いた。また、そのような樟脳粒 2 つが相互作用する系の時間発展に関する式も導いた。濾紙に樟脳をしみこませた系を中心に穴があいた楕円形に成型し、軸に通して水面に浮かべることにより重心が動かない実験系を構築し、単独では静止する条件の楕円形の樟脳粒子 2 つを相互作用させたときに長軸が 2 つの楕円形の中心を結ぶ直線に直交する向きに配向することを明らかにした[6]。この実験結果は中心多様体縮約で得られる常微分方程式の解析結果および元の数理モデルの数値計算結果と一致することも明らかにした。このような円対称ではない系をよりシンプルにした系として円形の樟脳粒を 2 つ剛体棒でつなぎその重心を固定した系を考えた[7]。この系は回転方向に運動の自由度を持つがカイラルな対称性があるため、静止した解からパラメータの変化により回転運動に分岐すること理論的、数値的及び実験的に示した(図 2)。

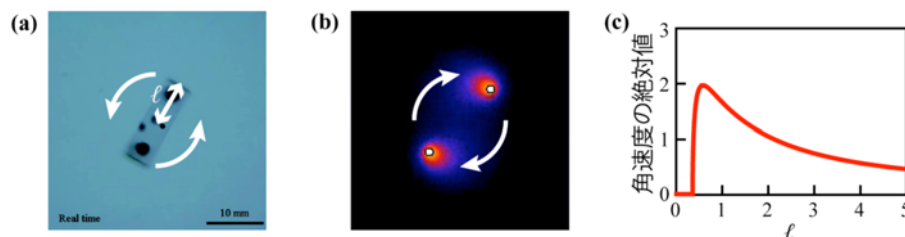


図 2. 円形の樟脳粒 2 個を剛体で結びつけた回転子の運動[2]。(a)実験のスナップショット、(b)数値計算のスナップショット。樟脳分子の濃度場もあわせて表示した。(c)理論的に得られた回転角速度の回転子半径依存性。

参考文献：

- (1) A. Nakajima, S. Ishihara, D. Imoto, and S. Sawai, *Nat. Commun* **5**, 5367 (2014).
- (2) A. Nakajima, M. Ishida, T. Fujimori, Y. Wakamoto, and S. Sawai, *Lab. Chip* **16**, 4382 (2017).
- (3) K. Kamino, Y. Kondo, A. Nakajima, M. Honda-Kitahara, K. Kaneko, and S. Sawai, *Proc. Natl. Acad. Sci. USA*, **114**, E4149 (2017).
- (4) D. Taniguchi, S. Ishihara, T. Oonuki, M. Honda-Kitahara, K. Kaneko and S. Sawai, *Proc. Natl. Acad. Sci. USA*, **110**, 5016 (2013).
- (5) S. Ishihara, P. Marcq, K. Sugimura, *Phys. Rev. E* **96**, 022418 (2017).
- (6) S.-I. Ei, H. Kitahata, Y. Koyano, and M. Nagayama, *Physica D* **366**, 10-26 (2018).
- (7) Y. Koyano, M. Gryciuk, P. Skrobanska, M. Malecki, Y. Sumino, H. Kitahata, and J. Gorecki, *Phys. Rev. E* **96**, 012609 (2017).

A03-001 ソフトマターから人工細胞への物理的アプローチ

東北大学大学院理学研究科 今井正幸
神奈川大学理学部 菅原 正
東京大学大学院総合文化研究科 豊田太郎
東北大学大学院理学研究科 佐久間由香

本研究グループは、生命の最も基本的な性質である、代謝・ベシクルの自己生産・遺伝情報分子との連携・自己駆動、の4つの機能を備えた人工細胞の創成を進めようとするものである。過去5年間の研究の主な成果を記す。

情報高分子と連携したベシクルの再生産

生体膜を模したベシクルを構成する膜分子の情報コードした情報高分子をもとに、溶液中から膜分子を取り込み成長するベシクルと、そのベシクル上での情報高分子の重合が連携したミニマルセルモデル(図1)を構築した。この系では両親媒性分子AOTが作るベシクル膜上でポリアニリン(PANI)を鋳型合成すると、AOTとPANIの間のSO-HNの水素結合を通して特定の立体構造をもつPANI-ESが形成される。このPANI-ESがAOTベシクル上にある時、AOTミセルを系に加えるとベシクルはAOT分子を選択的に取り込んでチューブ状に成長することがわかった。さらにこのベシクル

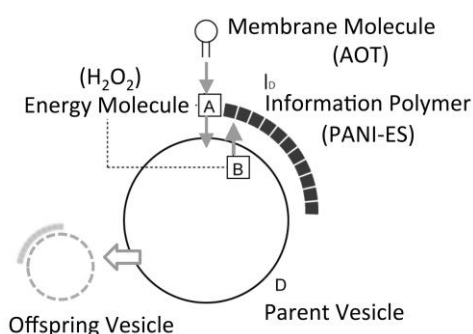


図1 ミニマルセルモデル

に形状の異なる第二成分の脂質分子を加えると[1]、ベシクルが limiting shape に変形したのち分裂する再生産過程が確認された。特に、この系は膜分子が情報高分子の重合を触媒し、またこの情報分子が膜成長を促進する相互触媒的な系となっている点がミニマルセルモデルとして注目される。さらに、このPANI-ESを重合する際に形成するオリゴマーを変異体としてPANI-ESの合成をすると、膜成長速度の異なるベシクル系が生まれることから、進化の機構もこの系は内在している可能性がある。

[1] T. Jimbo, et al., Biophys. J. 110, 1151 (2016).

ベシクル型人工細胞の創成

カチオン性膜分子からなるジャイアントベシクル(GV)にDNAを内封させることによりDNAの複製とベシクルの自己生産が連携した人工細胞系の創成に成功した。この系を基に以下のトピックスについて研究を進めた。

I. 連携モデルの機構解明: DNA内封GVの自己増殖系では、内水相で増殖したDNAを利用してジャイアントベシクル(GV)が、迅速な等割を起こすところに特徴がある。この機構を検討し以下の点を明らかにした。a) 両親媒性触媒CがGV膜内に陥入したDNAと近接していること。b) 膜内に触媒分子とDNAとが共存する場合にのみ、自己増

殖の相乗効果が現れる [論文投稿中]。

II. 繰り返し自己複製する人工細胞の実現：自己増殖により生成した娘ベシクルに、基質を満たした運搬ベシクルを、一定のタイミングで選択的に吸着・融合させ、枯渇した基質を補充することで、「繰り返し自己増殖するGV型モデル原始細胞」を構築した[2]。実現した回帰性をもつベシクル型人工細胞のダイナミクスに注目すると、そこには、現実の細胞周期に類似した明瞭に区別できる四つの相[捕食相、増幅相、成熟相、分裂相]が認められる。重要な点は、異なる外部刺激 [温度昇降、pH ジャンプ、膜分子前駆体の濃度増加] が、それぞれ特定の相にのみ有効なトリガーとして働き、次の相へと駆動しているところにある (図2)。

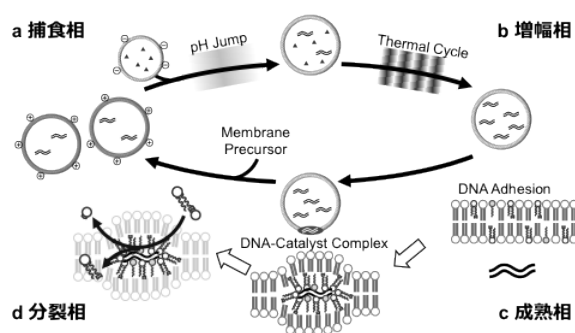


図2 回帰性をもつベシクル型人工細胞

III. 人工細胞における情報伝達と自然淘汰：本研究の最終目的である進化する原始細胞モデルへの展開として、鎖長の異なる DNA を内封した GV 型人工細胞が膜分子前駆体添加により誘導される形態変化を比較検討した。その結果、増殖率は内包した DNA の鎖長に強く依存することが明らかとなった。この結果はフラスコ内で、自然淘汰が起こり得ることを意味しており、進化する人工細胞に向けた大きな成果といえる。

[2] K. Kurihara et al., Nature Commun. 6, 8352 (2015).

ひも状分子凝集体の波打ち変形を伴う駆動

外力なしに水中を駆動する細胞サイズの分子凝集体は、水中を動く細胞の単純な化学モデルとみなすことができ、原始細胞が運動能を獲得するシナリオの一つになりうることから、分子集合体の駆動様式を調べた。(1) 脂肪酸アミン-酢酸-水の3成分系で、リオトロピック液晶が幅数十 μm 、長さ数百 μm のひも状分子凝集体となり水相内を一方方向へ移動しつつ波打ち変形することを観察した。

(2) リン脂質 DMPC を水に分散させると、幅数十 μm 、長さ数十~百 μm のひも状多重膜ジャイアントベシクルが形成する。これにオレイン酸ナトリウムを添加すると、波打ち変形しながら一方方向に駆動する現象を見出した (図3)。この運動は脂質の相転移温度を利用してスイッチングでき、DMPC 分子が水相へ溶解してゆく過程が DMPC 膜のゲル相と液晶相とで異なるためと推測される。

ひも状分子凝集体の波打ち変形を伴う駆動現象は、駆動と変形のカップリングによるアクティブマターの新しい運動様式としても注目される。

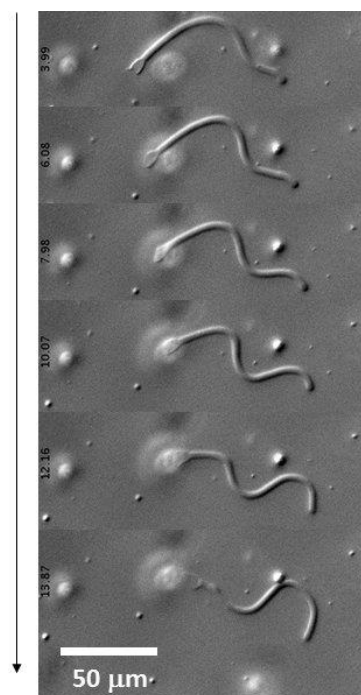


図3 ひも状分子凝集体の波打ち運動 (2秒間隔)

A03-002 生体膜におけるメソ構造の非平衡ダイナミクス

首都大学東京・大学院理工学研究科 好村滋行

東京大学・物性研究所 野口博司

東北大学・金属材料研究所 芝隼人

京都大学・福井謙一記念研究センター 多羅間充輔

(1) 脂質二重膜のゆらぎと構造のダイナミクス [1]

二種類の脂質からなる二重膜を「曲げ弾性をもった二成分流体」としてモデル化し、そのダイナミクスを調べた。膜外部の流体力学方程式と膜自身の流体力学方程式を連立させて解くことにより、膜運動の緩和率を導出した。我々は単層膜間の摩擦、脂質密度と膜の曲げのカップリング、膜内と膜間での脂質同士の相互作用を考慮した。計算の結果、五つの緩和モードを得た。二成分に拡張したことにより、相互拡散に起因する二つの新たな緩和モードが得られた。これらのモードは、相分離の臨界点近傍で非常に遅くなることがわかった。

(2) 非平衡環境下における生体膜のゆらぎ [2]

生体膜と細胞骨格の相互作用のように、生体膜の外部環境における非熱的なゆらぎによって誘起される膜の非平衡ゆらぎについて考察した。具体的には、ランダムな速度を発生するアクティブな壁と相互作用する生体膜のブラウン運動の解析を行った。ポテンシャルで束縛されている膜の流体力学方程式を解くことにより、膜断片の平均二乗変位を計算した。壁が静的な場合、平均二乗変位は時間の $2/3$ 乗と $1/3$ 乗で増加する領域が見られる。一方、壁がランダムな速度を発生する場合、平均二乗変位が時間に比例する時間領域が存在する。

(3) 粘弾性体中のアクティブな力双極子による異常拡散 [3]

アクティブな力双極子を有する粘弾性体中のブラウン運動について検討した。粘弾性体は二流体モデルで記述し、タンパク質を模倣したアクティブな力双極子の相関は特徴的な緩和時間をもつとした。プローブ粒子の平均二乗変位を計算した結果、熱ゆらぎのみ存在する場合、平均二乗変位は時間の 0 乗から 1 乗の間で変化することを導出した。一方、アクティブな力双極子によって、平均二乗変位は時間の 0 乗から 2 乗の間の全ての異常拡散が起こることを示した。我々の結果は、近年のガン細胞中の異常拡散の振る舞いを適切に説明している。

(4) 粘弾性体中のマイクロマシンの遊泳 [4]

ソフトマターのような粘弾性体中を遊泳するマイクロマシンの動作機構について理論的に考察した。具体的には、アクティブ・マイクロレオロジーで使われている基本式を三つ玉スイマーに適用することで、スイマーの遊泳速度とソフトマターの複素粘性率を結びつける関係式を導出した。この関係式によると、三つ玉スイマーがソフトマター中を遊泳するには二通りの可能性があり、一方は形状変形の時間反転対称性を破ることであり、他方はスイマーの構造対称性を破ることである。この原理を「スイマー・マイクロレオロジー」と命名した。

(5) BAR タンパク質による膜チューブ形成 [5, 6]

最近、生体膜に吸着し膜を曲げるバナナ状の BAR ドメインを持つタンパク質が多く見つかっている。このバナナ状タンパク質による膜変形機構を明らかにするため、我々はメッシュレス膜模型を用いたシミュレーションを行った。タンパク分子同士に直接の引力を与えなく

ても、タンパク質の自発曲率を上げていくと膜を介した相互作用で自己集合する。しかし、通常の相分離と異なり、この集合はタンパク質の軸に沿った方向と垂直方向に分かれて段階的に起こることを明らかにした。ベシクルでは自発曲率を上げていくと赤道への集合がまず起こり、その後、一箇所に集合する。高タンパク密度では多面体状ベシクルが形成する。

また、これまでの研究ではタンパク質に沿った自発曲率のみが考慮されていたが、側方に弱い自発曲率を加えることでチューブ形成のダイナミクスが大きく変わることが分かった。平衡状態の性質はそれほど変化しないが、集合途中にみられるネットワーク構造の安定性が変わることによって、チューブ形成速度が大きく変わる。また、2種類のバナナ状タンパク質を混合した場合、周期的なヒダ状の構造を形成されることも明らかとなった。タンパク質同士の相互作用はFournierによるガウス近似を用いた解析的な予想とよい一致を示す。

(6) 化学反応による二重膜の構造変化 [7]

生体内では脂質分子の合成、分解が盛んに行われているが、それによって生じる生体膜のダイナミクスはよくわかっていない。親水分子、疎水分子の結合による両親媒性分子の生成、また逆反応による分解を考慮した粗視化分子動力学計算を行い、二重膜の構造変化を研究した。ベシクルの内外に基質の濃度差がある場合、化学反応によって、二重膜の外膜と内膜の間を分子の移動が起こる。これにより、板状の二重膜の形成伸長、ベシクル内への球状のコブ形成が起こることを明らかにした。膜とベシクル内外の溶液の粘性の比がどちらのダイナミクスが起こるか決めるのに重要である。

(7) 核膜形状の構築 [8]

核膜は小胞体と繋がっているが、小胞体を除くと、高いトポロジー種数を持つストマトサイトと見なすことができる。この形状は核膜孔複合体による膜孔サイズの拘束だけでは形成されず、核質の浸透圧による核質体積の増加、核膜槽の体積の減少、核膜孔間の反発力などによって安定化させることができることを明らかにした。

(8) イオン液体における液晶構造形成 [9]

イオンのみで液体状態を取る常温溶融塩が電解液、反応溶媒、潤滑剤などとして近年注目されており、メソスケールの内部構造が機能的発現に重要であることが実験的に示唆されている。アルキルイミダゾリウム系イオン液体の合同原子モデルの1マイクロ秒に渡る長時間分子動力学計算により液晶構造の形成を再現し、液晶構造がフラジイルな動的性質に寄与すること、液晶構造によってイオン輸送が層内に制約され異方的となることを見出した。

参考文献:

- [1] R. Okamoto, Y. Kanemori, S. Komura, and J.-B. Fournier, *Eur. Phys. J. E* **39**, 52 (2016).
- [2] K. Yasuda, S. Komura, and R. Okamoto, *Phys. Rev. E* **93**, 052407 (2016).
- [3] K. Yasuda, S. Komura, and R. Okamoto, *Phys. Rev. E* **95**, 032417 (2017).
- [4] K. Yasuda, S. Komura, and R. Okamoto, *J. Phys. Soc. Jpn.* **86**, 093801 (2017).
- [5] H. Noguchi, *Sci. Rep.* **6**, 20935 (2016).
- [6] H. Noguchi and J.-B. Fournier, *Soft Matter* **13**, 4099 (2017).
- [7] K. M. Nakagawa and H. Noguchi, *Soft Matter* **14**, 1397 (2018).
- [8] H. Noguchi, *Biophys. J.* **111**, 824 (2016).
- [9] H. Peng, M. Kubo, and H. Shiba, *Phys. Chem. Chem. Phys.*, **20**, 9796-9805 (2018).

A03-003 非熱的に駆動されたバイオマターの非平衡力学

九州大学大学院理学研究院 木村 康之

九州大学大学院理学研究院 水野 大介

生命現象は熱的・非熱的に駆動された柔らかいバイオマターが担っており、その非線形・非平衡挙動を理解することで、生命現象を支配する普遍的な法則を明らかにすることができる。本研究では、様々な非熱的場により駆動されたバイオマターおよびそのモデル系のメソスケールのゆらぎと力学応答に関する実験的研究を行ない、以下のような成果を得た。

[1] 流体相互作用する駆動多粒子系が形成するクラスター構造の解明 (木村)

流体中を運動する微粒子および微生物系では、流体相互作用に起因した非自明な集団運動や動的な構造形成がしばしば報告されている。本研究では、流体相互作用しつつ運動する微粒子系の単純なモデルとして、同一円周上を一定の駆動力を与えられて運動する多粒子系をリング光渦により実験的に実現し、この系で現れるさまざまな集団運動を実験および数値シミュレーションを用いて研究した。同径粒子系では、流体相互作用により自発的にクラスターが形成されるが、2粒子以上のクラスターが不安定なため、クラスターの形成と崩壊を伴う動的構造形成を示す。一方、異径粒子系では、そのサイズ比が臨界値を越えると動的クラスターから定常クラスターへの相転移が起こることを見出した[1, 2]。また、粒径サイズと同程度の空間拘束下では、2粒子クラスターが1粒子より速度が小さいために空間束縛がない場合のリズム運動と逆の特徴的な運動が現れることを見出した[2, 3]。これらマイクロ流体系でのアクティブ粒子を用いたモデル実験は、微生物における集団運動やマイクロ流路中での微粒子の能動的輸送に対して基礎的な知見を与えるものと考えている。

[2] 液晶電気対流での粒子の運動 (木村)

熱対流や生物対流中でのミクروسケール粒子の運動は、定常的なエネルギー注入により形成される対流による非平衡揺らぎに駆動された運動として理解できる。このとき、長時間での粒子運動は拡散的となるが、その拡散定数はアクティブ流体の速度に依存して、エネルギー注入のない平衡系での分子拡散とは異なるものとなる。本研究では電圧で制御可能なアクティブ流体である液晶電気対流系を用いて、対流中での粒子の輸送現象を調べた。以下ではネマチック液晶中で1次元の周期的対流ロールが発生するウィリアムズドメイン中での粒子運動をその例として取り上げる。低電圧下では、粒子はロール対流による往復運動をしつつ、1つのロール中をロール軸に沿って並進運動する様子が観察された。また、高電圧下で発生するロール構造が乱れる欠陥乱流状態では、ロールの組換えに従って軸と垂直方向に拡散的な運動を示すことがわかった。粒子の回転速度、拡散定数が印加電圧に対して単調に増加していくことがわかった。さらに、観測された拡散定数は平衡状態での粘性から予想される値の数百の大きな値を示した。観測された挙動はロール内での回転運動とロールを超えての確率的なホッピング運動を考慮したシミュレーションと定量的に良く一致した[4]。さらに、非平衡度の高い、高電圧下で観察される3次元乱流状態において、蛍光粒子を用いて同様の非平衡拡散の実験を行い、その結果、この系を等方性乱流と見なしたとき、短時間の速度相関関数から得られる平均速度および相関時間を用いて予測される拡散係数と長時間での非平衡拡散定数が定量的に良い一致を示すことを明らかにした。

[3] 多重フィードバック下のマイクロレオロジーによる細胞のガラス的挙動の観測 (水野)

ソフトマターのメソスケールでのゆらぎや力学応答を観測する手段であるマイクロレオロ

ジー (MR) 法を用いた研究を推進した[1]。MR 法は、大別してコロイド粒子に外場を加えてその応答を観測する active MR、および、外場を加えずに自発的な揺らぎを観測する passive MR に分けられる。平衡状態では active MR と passive MR が等価な情報を与えるため、両者の差 (揺動散逸定理の破れ) が系の非平衡性の指標となる。我々はこれを非平衡環境下で実行するために、流れや揺らぎに対して多重のフィードバックで追従しながら計測を行うシステムを開発した[2]。当該システムを用いて生きている細胞内部や細胞抽出液のレオロジー計測を行った結果、細胞質は混みあいによりガラス化するが、細胞内部は代謝活性により流動化していることが分かった[3]。しかも、生きている細胞内部環境がアレニウスの粘性上昇する strong glass former であるのに対して、代謝の失われた細胞抽出液は、fragility の大きなガラス形成挙動を示すことが分かった。

[4] 非ガウスかつ非レヴィな非平衡揺らぎの統計分布の解析表現と現実系での検証 (水野)

連続体近似が可能な巨視的スケールの物理量を観測する場合、熱平衡系における観測量の揺らぎはガウス分布になる。しかしながら、非平衡系における揺らぎは必ずしもガウス分布に収束しない。その物理的起源が明らかになれば、分布の形状とその時間発展を解析することで、非平衡系の性質や振る舞いを理解できる。そのためには、従来の統計学の基礎的定理 (中心極限定理) を超え、非平衡揺らぎを定量的に記述する新たな理論的枠組みが必要である。本研究プロジェクトでは、べき的な相互作用の和として得られる極限分布の新しい解析的な表現を見出した[4]。この新しい極限分布は、系の特徴的なサイズと相互作用源の濃度により、ガウスとレヴィの間を連続的に接続する。我々は、この新しい非ガウス分布の解析的表現が、現実系 (遊走微生物懸濁液やアクチン/ミオシンゲル) で観測される非平衡揺らぎを定量的に説明すること実験、理論、および数値シミュレーションを用いて明らかにした[5]。

[5] 分子モーターキネシンの非平衡エネルギー計測とその収支 (水野)

キネシンは、細胞内で小胞体などの荷物を運ぶ生体分子モーターである。近年、この分子モーターのような、ゆらぎの大きく関わる小さい系でのエネルギー論を記述する非平衡等式が原田・佐々らによって提唱された。この等式により、速度のゆらぎと外力に対する応答を計測することで、系からの非平衡散逸流を定量できる。そこで我々は、高速フィードバック制御を導入した光ピンセット装置を用いた 1 分子計測手法を用いて、キネシンが荷物となるプローブ粒子を運ぶ際の非平衡散逸流を定量した。2 状態マルコフ遷移モデルとランジュバンダイナミクスを組み合わせたモデルの解析を通じて、実験結果の評価も行い、キネシンの非平衡散逸流のエネルギー収支を明らかにした。(現在 PRL に投稿中)

参考文献:

- [1] S. Okubo, S. Shibata, Y. S. Kawamura, M. Ichikawa and Y. Kimura, *Phys. Rev. E* **92**, 032303 (2015).
- [2] Y. Kimura, *J. Phys. Soc. Jpn.*, **86**, 101003 (2017).
- [3] 木村, 齊藤, レーザー研究, **46** (4) 205 (2018).
- [4] K. Takahashi and Y. Kimura, *Phys. Rev. E* **90**, 012502 (2014).
- [5] D. Head, E. Ikebe, A. Nakamasu, P. Zhang, L. Villaruz, S. Kinoshita, S. Ando, and D. Mizuno, *Phys. Rev. E* **89**, 042711 (2014).
- [6] K. Nishizawa, M. Bremerich, H. Ayade, C. F. Schmidt, T. Ariga and D. Mizuno, *Science Advances* **3**, e1700318 (2017).
- [7] K. Nishizawa, K. Fujiwara, M. Ikenaga, N. Nakajo, M. Yanagisawa, and D. Mizuno, *Scientific Reports* **7**, 15143 (2017).
- [8] I. Zaid, D. Mizuno, *Phys. Rev. Lett.* **117**, 030602 (2016).
- [9] T. Kurihara, M. Aridome, H. Ayade, I. Zaid, and D. Mizuno, *Phys. Rev. E* **95**, 030601R (2017).

A03-004 時空間秩序の生成とその生命現象への展開

同志社大学生命医科学部 吉川研一
 京都大学医学研究科 鶴山竜昭
 京都大学理学研究科 市川正敏

実空間上に人工的なモデルを構築し実験と進め得られた結果を、実際の生命体の構造や機能と対比することにより、生命現象における基本原理に迫ることを目的として研究を進めた。

吉川グループでは、1)「ゲノムサイズ DNA の折り畳み相転移のダイナミクス」の課題のもと、一分子 DNA 観察による高次構造転移計測を基軸とした、DNA の構造と活性の相関についての研究が大いに進展した¹。ルシフェラーゼアッセイによる遺伝子発現実験を *in vitro* で行った結果、スペルミジン, SPD(3+), スペルミン, SP(4+), とともに、低濃度条件下では遺伝子発現の促進、高濃度条件下では遺伝子発現の完全な阻害が認められた。ポリアミンは、細胞分裂が盛んな組織や癌などで、その濃度が顕著に増大することが知られていたが、この原因としては、今回の研究で明らかになった、遺伝子活性の促進効果に関係しているものと予想される。さらに、ゲノム DNA の高次構造転移は、遺伝子群の on/off 制御にも直接寄与しているものと考えられることから、今後この方向の研究を進展させることに意義は大きい。

2)「細胞サイズ微小空間の特異性」の課題についても、当初の予想を上回る成果が得られてきている。理論面からは、細胞サイズの混雑環境下では、膜の剛性が、細胞内顆粒の局在化に決定的な影響を与えており、硬い場合は内部の空間に、柔らかい場合は膜近傍に局在することが、ゆらぎ運動を取り入れたモデル計算により、明らかになってきている²。また、2種の高分子混合系の相分離近傍では、細胞サイズの液滴が安定に存在し、かつ、DNA や actin などの生体高分子が液滴内に局在することも実験的に明らかにしてきている^{3,4}。

3)「マイクロ・ナノシステムにおける化学→運動のエネルギー変換系」についても、順調に研究が進展してきている。定常的な可視レーザー照射下で、cm サイズの固形物体に規則的な振り子運動や一方向の回転運動を引き起こさせることにも成功している⁵。また、等温条件下化学反応により、並進や回転運動を引き起こす実験系の構築や⁶、液滴の2次元的な進展運動により、非平衡条件下、六方格子上の規則的なパターン自発的に生成する現象とその理論解析についての報告も行っている。sub mm スケールで、一定の直流電場の下での、振動や回転(公

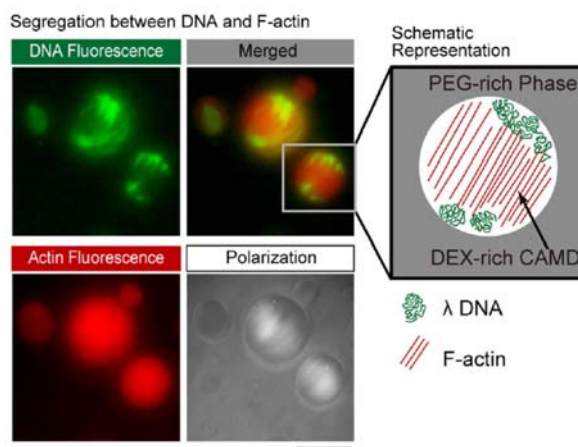


図1 水/水マイクロ相分離液滴に自発的に形成された細胞分裂期に対する類似構造⁴。ゲノム DNA、actin 共存下で相分離が生じることにより創成する。吉川ら、*ChemBioChem* 2018 の VIP paper。

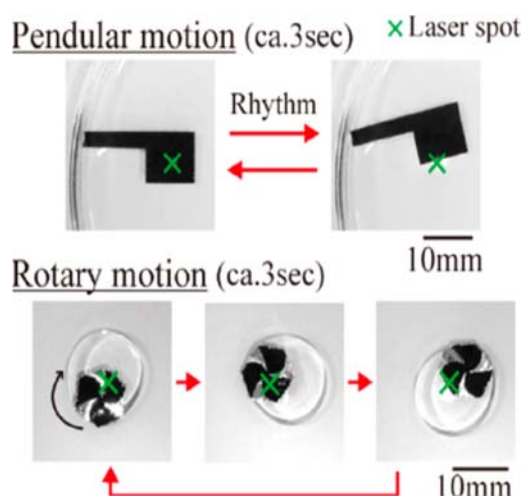


図2 レーザによる“振り子”、“自転”運動⁵。(J. Phys. Chem. C 2018).

転や自転)を引き起こさせることに成功している⁷。非平衡条件下での油水界面での物質移動が駆動する液滴の上下運動が同調現象を示すことも報告している⁸。臨界点近傍の組成の油水中に成分流体にレーザ照射することにより、マイクロ液滴が連続的に生成する。この現象を、幾何学的に非対称な容器形状で観測することにより、一方向の定常的な流体運動が生じる(光誘起流体ポンプ)も明らかにした⁹。

鶴山らのグループは、細胞内のシグナル情報伝達の定量的な評価において「ゆらぎの定理」を応用した情報熱力学の応用を試みた。情報源符合化定理の関連として、与えられた符号長の範囲内で Tsallis エントロピーを最大化することにより、情報伝送容量を定式化することに一定の成功をおさめ¹⁰。さらに、シグナル伝達カスケード(連鎖反応)は、リン酸化された活性型、および非リン酸化型不活性型を有する 2 種類のシグナル伝達分子タンパク質からなる二元符号システムと考えることに加え、「ゆらぎの定理」を適用し、生物学的シグナル伝達をエントロピー生成速度により定量評価できることを示した¹¹。5年間の成果として、物理学の医学診断応用への理論的応用の枠組みを前進させたことが重要であると考えている¹²。また、バンドパスフィルター効果の発見などこれまで知られていない新たな動力学の発見¹³がなされた。

市川らのグループは、DNA封入リポソームの形成初期過程を、放射光X線回折によって高時間分解能で観察し、形成初期過程に粘弾性的な挙動を見られる事を明らかにした¹⁴。動く人工細胞として、駆動するアクトミオシン溶液を封入する事で、膜表面を自発的に変形させる細胞サイズの液滴の作成に成功した¹⁵。同様に、アクトミオシンで裏打ちされた、膜面が自己収縮するマイクロ液滴¹⁶を創り出すと共に、両者の関係を明らかにした¹⁷。また、微細系での運動変換についても研究を進め、対面電極間での液滴往復運動に電圧ゆらぎを印加し、コヒーレントレゾナンスを利用して振動領域を微細側に拡張できる事を示した¹⁸⁻¹⁹。遊泳微生物テトラヒメナを自己推進物体として解析し、テトラヒメナが壁付近で見せる生態を流体力学的に解明した²⁰。

References:

- (1) A. Kanemura, Y. Yoshikawa, W. Fukuda, K. Tsumoto, T. Kenmotsu, K. Yoshikawa, *PLOS ONE*, 13, e0193595 (2018).
- (2) C.-Ya. Shew, S. Oda and K. Yoshikawa, *J. Chem. Phys.*, 147,204901(2017).
- (3) K. Tsumoto and K. Yoshikawa, *MRS Advances*, 2, 2407(2017).
- (4) N. Nakatani, H. Sakuta, M. Hayashi, S. Tanaka, K. Taniguchi, K. Tsumoto, and K. Yoshikawa, *ChemBioChem*, 19, 1370(2018).
- (5) Y. Harada, K. Koyoshi, H. Sakuta, K. Sadakane, T. Kenmotsu and K. Yoshikawa, *J. Phys. Chem. C*, 122, 2747(2018).
- (6) D. Yamamoto, T. Takada, M. Tachibana, Y. Iijima, A. Shioi and K. Yoshikawa, *Nanoscale*, 7, 13186(2015).
- (7) D. Yamamoto, C. Nakajima, A. Shioi, M.-P. Krafft and K. Yoshikawa, *Nature Commun.*, 6, 7189(2015).
- (8) Y. Chen, K. Sadakane, H. Sakuta, C. Yao and K. Yoshikawa, *Langmuir*, 33, 12362(2017).
- (9) H. Sakuta, S. Seo, S. Kimura, M. Hoerning, K. Sadakane, T. Kenmotsu, M. Tanaka, and K. Yoshikawa, *J. Phys. Chem. Lett.*, 9, 5792(2018).
- (10) T. Tsuruyama, *Entropy*. 19, 682, e19120682 (2017).
- (11) T. Tsuruyama, *Entropy*, 20, 145 (2018).
- (12) M. Noda, Y. Ma, Y. Yoshikawa, T. Imanaka, T. Mori, M. Furuta, T. Tsuruyama, K. Yoshikawa, *Sci. Rep.*, 7, e8557(2017).
- (13) H. Ueno, T. Tsuruyama, B. Nowakowskic, J. Goreckic, K. Yoshikawa, *Chaos*. 25, 103115(2015).
- (14) S. F. Shimobayashi, M. Hishida, T. Kurimura and M. Ichikawa, *Phys. Chem. Chem. Phys.*, 18, 31664(2016).
- (15) Y. Nishigami, H. Ito, S. Sonobe and M. Ichikawa, *Sci. Rep.* 6, 18964(2016).
- (16) H. Ito, Y. Nishigami, S. Sonobe, and M. Ichikawa, *Phys. Rev. E*, 92, 062711(2015).
- (17) H. Ito, M. Makuta, Y. Nishigami, M. Ichikawa, *J. Phys. Soc. Jpn.*, 86, 101001(2017).
- (18) T. Kurimura, M. Ichikawa, M. Takinoue, and K. Yoshikawa, *Phys. Rev. E* 88, 042918(2013).
- (19) T. Kurimura and M. Ichikawa, *Appl. Phys. Lett.* 108, 144101(2016).
- (20) T. Ohmura, Y. Nishigami, A. Taniguchi, S. Nonaka, J. Manabe, T. Ishikawa, and M. Ichikawa, *Proc. Natl. Acad. USA*, 115, 3231(2018).

A01 ゲージ・重力対応を用いた非平衡物理学への新アプローチ

中央大学工学部物理学科 中村 真

本研究ではゲージ・重力対応を用いた非平衡物理学の研究アプローチを確立することを目的として、以下の研究を行った。

【研究手法の背景】

ゲージ・重力対応とは、ゲージ場の量子論と重力理論（一般相対性理論）の間の等価性であり、この対応関係を用いることで、ゲージ粒子の多体系を重力理論に置き換えて解析することが可能となる。重力理論側では方程式の解として、熱力学の法則や温度の概念を持つブラックホール解が自然に現れることから、マイクロとマクロをつなぐ粗視化のプロセスが重力理論に自然に含まれていると考えられる。本研究では、ゲージ・重力対応のこのような顕著な性質を応用し、熱浴に接した荷電粒子多体系に一定の外力（電場）が印加された非平衡定常状態の性質を解析した。ゲージ・重力対応において、このような系の物理的性質は、Dブレーンと呼ばれる超弦理論のソリトンの力学で記述される。Dブレーンの力学を曲がった時空上で解析することで、この系における非線形電気伝導度の計算や、揺らぎが従う有効温度の計算が可能となることが知られている [1]。本研究では、このようなDブレーンの解析を通じて、以下の項目に関する研究を行った。

【具体的な研究内容】

1. 非平衡定常状態における有効温度の解析

先行研究[2]では、非平衡定常状態の有効温度がゲージ・重力対応の手法で系統的に調べられている。その結果、系を構成する微視的理論が同じ場合でも、重い荷電粒子を熱浴中で牽引したランジュバン系では有効温度が熱浴の温度より下がる一方、同じ熱浴中に質量（これは物性系でのギャップに相当する）ゼロの荷電粒子の多体系を導入して外部電場を印加した導体系では、非平衡へのドライブにより有効温度が熱浴の温度よりも上がる場合があるなど、有効温度の振る舞いに顕著な差が見出されていた。本研究では、この二つの有効温度の振る舞いの整合性を考察した。ここでは、導体系における電荷密度と電荷の質量の新たなパラメータを導入し、導体系をランジュバン系での設定に近づける工夫を行った。解析の結果、電荷密度と荷電粒子質量の大きな、導体系の設定がランジュバン系に近づくと考えられる極限では、導体系の有効温度がランジュバン系の有効温度に一致することが示された。これにより、ゲージ・重力対応における有効温度の解析の整合性が確認された。また、多くのゲージ・重力対応のモデルにおいて、外部電場による電荷の対生成が有効温度を上げる効果を持つこと、外力による電荷の輸送は、有効温度を下げる効果を持つことが分かった。この結果は文献[3]として出版された。

2. ゲージ・重力対応で記述される導体モデルの解析

ゲージ・重力対応では、線形応答を超えた領域での解析が可能となる利点がある一方、計算過程が重力理論に置き換えられているため、具体的にどのような物理プロセスが計算結果を作り出しているのか明確ではないという「欠点」もあった。そこで、本研究では、ゲージ・重力対応における荷電粒子系で物理プロセスを仮定し、これに基づいた現象論的な計算とゲージ・重力対応による計算結果を比較することで、系内部の物理プロセスを明らかにする試みを行った。ここでは、外力を受けて熱浴中を運動する荷電粒子は Drude 的なモデルに従うものとした。ただし、通常の Drude モデルでは緩和時間を定数と置くが、ここでは緩和時間は荷電粒子の速度に依存できるものとした。さらに、外部電場により正負荷電粒子対が対生成する効果も考慮し、キャリア密度（正電荷と負電荷の粒子数密度の和）もモデルの変数に加えた。このような現象論的モデルによる非線形電気伝導度とゲージ・重力対応から得られ

る非線形電気伝導度を比較したところ、整合のとれた一致が見出され、その結果、荷電粒子の緩和時間やキャリア密度を、系のパラメータ（熱浴の温度、化学ポテンシャル、外部電場や外部磁場、および微視的理論を規定するパラメータ等）の関数として得ることができた。この結果、ゲージ・重力対応で得られていた負性微分電気伝導などの非線形な振る舞いを、上記のような粒子対生成を取り入れた Drude 的なモデルで説明する道筋をつけることができた。この研究成果は文献[4]として出版された。

3. 非平衡相転移における臨界指数の計算

先行研究[5]では、非平衡定常系の非線形領域において新奇な非平衡相転移がゲージ・重力対応の手法で見出された。この相転移は、電気伝導度をオーダーパラメータとし、系を記述するコントロールパラメータの一つとして電流密度を用いた際に電気伝導度（一次相転移）または微分電気伝導度（二次相転移）が不連続となる転移である。文献[5]では、 β および δ に相当する臨界指数が得られていたが、他の臨界指数は計算されていなかった。本研究では新たに感受率に相当する物理量として電気伝導度を電流密度で変分した量を定義し、この量の臨界点近傍の振る舞いから γ に相当する臨界指数を計算した。この結果、既に得られていた β 、 δ とともに、 γ についても平衡系のランダウ理論の値（ $\beta=1/2$ 、 $\delta=3$ 、 $\gamma=1$ ）に整合する結果が得られた。この結果は、[5]で発見された非平衡相転移にも、背後にランダウ理論に類似の有効理論が存在することを示唆する。現在、この成果を論文としてまとめている[6]。

4. 平衡系の温度および非平衡定常状態の有効温度のローレンツ変換

温度 T のローレンツ変換については、ローレンツ因子を γ とする変換後の温度 $T' = \gamma^p T$ において $p=1, 0, -1$ の諸説が混在している。本研究では、平衡系をゲージ・重力対応によりブラックホール時空にマップし、ブラックホールのホーキング温度の変換性から温度のローレンツ変換を決定した。その結果、 $p=-1$ が一般的に得られることを示した。同様の議論は非平衡定常状態の有効温度についても適用でき、ローレンツ変換に対して有効温度も平衡系の温度と同じ変換を受けることを示した。この結果は、現在論文としてまとめている[7]。

5. その他

上記の他にも、複数のテーマについて研究を手掛け、予備的な結果を得ている。ゲージ・重力対応における非平衡定常状態の記述では、場の理論側の紫外発散は重力理論側での古典的な計算の発散として再現されるため、場の理論同様に適切にくりこむ必要がある。しかし、外部電場等を印加した際に生じる紫外発散のくりこみに関して任意性が生じ、その任意性の固定方法が定かではないという問題があった。本研究では、このくりこみ処方について重力理論の整合性の観点から考察し、処方の任意性を固定するための方法を考案した。現在、さまざまな計算において、このくりこみ処方の妥当性を検証している。またこの他にも、佐々・田崎の定常状態熱力学にて提唱されている巨視的物理量の間関係性についても調べた。具体的には、定常状態の電流方向の圧力 P は変数 J について下に凸となることが予想されているが、本研究では非線形領域において非平衡定常状態の電流方向の圧力を電流の関数として系統的に解析した。これらの成果についても近日中に出版できるよう準備を進めている。

参考文献：

- [1] 中村真, 日本物理学会誌 70 No. 7 (2015) pp. 510-518, およびこの引用文献を参照.
- [2] S. Nakamura and H. Ooguri, *Phys. Rev. D* 88 (2013) 12, 126003.
- [3] H. Hoshino and S. Nakamura, *Phys. Rev. D* 91 (2015) 2, 026009.
- [4] H. Hoshino and S. Nakamura, *Phys. Rev. D* 96 (2017) 6, 066006.
- [5] S. Nakamura, *Phys. Rev. Lett.* 109 (2012) 120602.
- [6] M. Matsumoto and S. Nakamura, in preparation.
- [7] H. Hoshino and S. Nakamura, in preparation.

A01 運動方向への有色ノイズによって起こる

アクティブマターの群れ運動

北陸先端科学技術大学院大学 マテリアルサイエンス研究科 永井 健
国立研究開発法人情報通信研究機構 未来 ICT 研究所 大岩 和弘

Vicsek モデルや Toner-Tu モデルなどの現象論的な数理モデルの解析から、自発的に運動する粒子の群れ運動に普遍的な性質が予言されている。例えば、運動方向を揃える短距離相互作用により生じる 2 次元空間内の長距離の秩序相や秩序相内の長距離相関を持つ密度ゆらぎなどである。Vicsek モデルで見られる運動方向の揃ったソリトン状の構造が走化性のない細胞性粘菌集団中でも発見されるなど数理モデルで見られている諸性質は実験的にも見出されている(1)。我々も A01-003 班代表の佐野教授との共同研究によって抗生物質により体長を伸ばされた大腸菌集団が臨界密度以上で運動方向の長距離秩序を持つことを発見した(2)。この秩序相の中には予言されていた長距離相関を持つ密度ゆらぎがある。このように実際の系でも理論的に予言されていた結果が見られるため、現実の群れ運動に生物か無生物かなどの系の詳細に依存しない普遍的な性質があると考えられる。

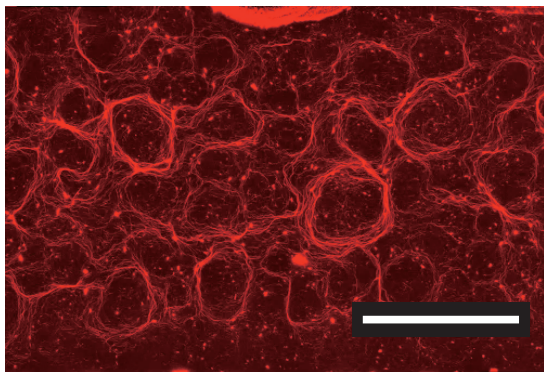
これまでの集団運動の研究は主に運動方向に白色ノイズが加わる系を対象としてきた。運動方向に白色ノイズを加えることは回転速度が時間無相関に変化することを意味する。しかし多くの系で回転速度がしばらく維持される。例えば鳥や魚などは体が大きい慣性が効き、回転速度を急に变化させることは出来ない。また、大腸菌や精子は微小なため慣性が効かないが、壁の近くで回転運動することが知られている。本研究はこれらの回転速度に長時間の記憶を持つアクティブマターの集団運動に普遍的な性質の探索を目的としている。

本研究の主な研究対象はガラス面上に固定されたダイニンに駆動される微小管の集団運動である。微小管は棒状のタンパク質でダイニンは ATP をエネルギー源として微小管の上をスライド運動する分子モーターである。今回は $10\ \mu\text{m}$ ほどの長さの微小管を用いた。(3)に報告されているように孤立した微小管の回転速度はしばらく維持され、微小管の密度が高い時は回転速度の記憶のために多数の渦からなる集団運動が生じる。この多数の渦形成に必要な条件を明らかにするためにダイニンの密度に対する微小管の軌道の曲率のゆらぎの依存性を調べた。その結果、ダイニンの密度が高い時は微小管の回転方向がしばらく維持されるものの、ダイニンの密度が低いと微小管の回転方向は頻繁に切り替わることがわかった。微小管の群れ運動のダイニン濃度依存性を見ると、ダイニンの密度が高い時は(3)と同様に微小管の渦が多数形成される(図 1 左)ものの、ダイニンの密度が低い時に微小管はネマチック液晶状に並ぶ。現象論的な多粒子モデルのシミュレーションから回転速度の持続時間が長いと渦が多数形成され、短いとネマチック液晶状の構造ができることが予想されている(4)。このように、数理モデルと微小管の群れ運動が一致するため、微小管以外の様々な系でも回転速度の記憶時間が群れ運動の重要なパラメータになっていることが示唆される。

実際に様々な系で微小管と同様の多数の渦からなる集団運動が見られる。例えば、滋賀医科大学杉准教授と九州大学伊藤助教との共同研究により培養中の *C. elegans* がガラス壁に渦の格子模様を作ることを見出した(図 1 右)。*C. elegans* は 500 μm ほどの体長を持つ線虫でモデル生物として多くの分子生物学の研究の中で使われている。一匹の線虫の運動を観察すると、回転運動を頻繁に起こし、微小管と同様に衝突時にネマチック液晶状に運動方向を揃える。また、早稲田大学岩崎教授との共同研究によりシアノバクテリアが寒天培地上に渦状構造を作ることも見出している。シアノバクテリアは運動時に粘液を出し運動しやすい道を作るのだが、この粘液を取り除いてやると微小管に見られたような渦の格子模様を作る。孤立している時、シアノバクテリアも回転速度を長時間維持する。また、シアノバクテリアにも衝突時に短距離ネマチック相互作用が働く。この 2 種類の生物の集団運動は微小管の集団運動の解析時に用いた多粒子モデルでよく再現される。そのため、微小管と同様に回転速度が維持されるために渦の格子を形成したと結論づけた。

当領域での研究をきっかけにしたいくつかの共同研究も行った。上述の佐野教授とともに大腸菌の集団運動を解析し、数理モデルで見られていた長距離秩序と異常な密度揺らぎを世界で初めて実験的に見出した。また、A03 公募班の濱田准教授と共に制限された空間内で生じる微小管の群れ運動を研究するため、水中油滴上で微小管運動を実現した。ビオチン化したリン脂質を用いて油滴を作ると、アビジンビオチン結合を介して分子モーターを油滴表面に固定できる。油滴上のモーターに微小管を固定し ATP を加えると、油滴上で微小管が運動する。現在までに油滴上の微小管運動に必要な実験条件を明らかにし、今後、微小管濃度を増やして集団運動を解析する予定である。

微小管の多数の渦



*C. elegans*の多数の渦

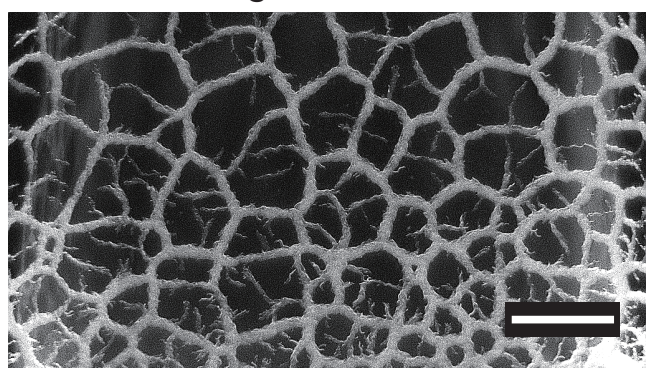


図 1: 左図は微小管が形作る多数の渦。明るさは微小管の局所密度を表し、スケールバーは 1 mm。右図は *C. elegans* が形作る多数の渦。白いバンドル構造の中で多数の *C. elegans* が走り回っている。スケールバーは 5 mm。

参考文献:

- (1) H. Kuwayama, and S. Ishida, *Sci. Rep.*, 3, 2272 (2013).
- (2) D. Nishiguchi, K. H. Nagai, H. Chaté, and M. Sano, *Phys. Rev. E*, 95, 02601 (2017).
- (3) Y. Sumino, K. H. Nagai, Y. Shitaka, D. Tanaka, K. Yoshikawa, H. Chaté, and K. Oiwa, *Nature*, 483, 448–452. (2012).
- (4) K. H. Nagai, Y. Sumino, R. Montagne, I. S. Aranson, and H. Chaté, *Phys. Rev. Lett.*, 114(16), 168001 (2015).

A01 地震および破壊の統計における新しい定量的関係式

東京大学地震研究所 波多野恭弘
名古屋大学環境学研究科 桂木洋光

背景と動機 地震は超巨大スケールの破壊現象であり、そのダイナミクスは極めて複雑・多様である。しかし、地震の発生頻度に関する「統計法則」に話を限定すると、非常にシンプルで普遍的な法則が成立する (1)。不思議なことに、この統計法則はしばしばスケールをはるかに越えて成り立つように見える。例えば、実験で岩石を破壊したり粉体をゆっくり変形する際には、微小な（局所的な）破壊イベントが無数に発生するが、その発生頻度に関して地震と全く同様の統計法則が成立するのである (2)。このようなスケールを越えた普遍的統計法則の背後にはロバストな統計力学的構造の存在が期待される。我々は、破壊の統計法則に対して、微視的ダイナミクスと巨視的現象論をつなぐロジックと数理を抜き出したい。

この問いに向けた一つの手がかりは「統計法則に含まれるパラメータの物理的意味」である。ここで注目するのは、ある統計法則に含まれる二つのパラメータが地震発生場の剪断応力と相関をもつという最近の仮説である (3, 4)。本研究ではこの仮説を一步進め、「地震の統計パラメータと地震発生場の剪断応力の間で成立する定量的関係式の確立」を目的とする。

この目的のために、次のような戦略で研究を行う。地震発生場の地質学的不均一性をランダム媒質としてモデル化し、その変形と破壊過程が示す統計的性質を解析的・計算的手法で求める。その過程を通じて、各種統計パラメータの物理量依存性を明らかにする。

粉体モデル 本研究課題では、そのようなランダム媒質のモデルの一つとしてとくに粉体を取り上げる。粉体は断層破碎帯のモデルと見なされ、その意味において最小スケールの「地震」を見ていることに対応する。粉体系をゆっくり変形させると、応力とエネルギーは外部からの駆動によるゆっくりとした上昇と急激な減少を不規則に繰り返し、大きく揺らぐ。これはエネルギー極小値を与える粒子配置の不連続的な変化に対応するので、これを一回の「イベント」として定義する。その際の急激なエネルギー減少幅が、一回のイベントで解放されるエネルギーである。この対数をとったものは地震におけるマグニチュードの類似量であるので、ここでもマグニチュードと呼ぶ。

マグニチュード頻度分布 粉体においてもマグニチュードごとイベント頻度分布が地震と同様の Gutenberg-Richter (GR) 則 (1) に従うことはよく知られているが、我々は、滑らかな粒子系ではジャミング密度近傍を除き GR 則は成立しないことを発見した。このことは、粉体におけるベキ則が自己組織化臨界ではなく、ジャミングの臨界性によってもたらされていることを示唆する。ただし、たいていの実験は一定圧力条件下で行われるが、その場合はだいたいジャミング密度に近くなるので、ベキ則がロバストに実現されるように見えることになる。マグニチュード頻度分布をイベント開始直前の剪断応力の値ごとに分けて取ると、ベキ指数の値が剪断応力の減少関数であることが明らかになった。この結果は、イベントの大きさが確率的に成長・停止するモデルである程度説明できる。すなわち、進行中のイベントは大きくなるほど（大きな弾性エネルギーを解放するので）停止する確率が小さくなるという連鎖反応的な確率過程を仮定すると、ベキ則とその応力依存性が定性的には説明できる。

この過程では動的効果が本質的なので、準安定状態間の遷移だけではベキ則は見られないことになる。このことを検証するために行った準安定状態間遷移シミュレーションでは、ベキ則が近似的にしか成り立たないことも確認した。このことは粉体におけるベキ則の実現に慣性効果が本質的であることを意味する。

時間相関（余震・前震） 実際の地震では、大きなイベントの後に多数の小さなイベント（余震）が続く普遍的傾向がある。この性質により、点過程としての地震は時空間に関してクラスタリングする。ここでは粉体モデルにおいてこの性質を調べた。「本震」を適切に定義することによって「余震」を定義し、その発生頻度を本震からの経過時間の関数として表すと、それが地震と同様の大森則に従うことを発見した。大森則には時定数が一つ含まれるが、この時定数が本震発生前の剪断応力値の減少関数であること、その依存性が指数関数でよく記述されることも発見した。その後、同様の指数関数依存性が実際の地震においても確認されたことは特筆される (6)。

実際の地震では大地震の前兆としてしばしば前震が言及されることがある（しかし前震を本震の発生前に定義することは現在できていない）。同様に、粉体においても本震の前に前震が多く存在することを確認し、その発生頻度が大森則を時間反転した式に従うことを発見した。しかし実際の地震では余震はかなり普遍的に発生する一方で、前震が観測されることはそれほど多くない。これは時間反転に対する非対称性としても解釈できるが、粉体ではほぼ対称で実際の地震ではかなり非対称である。非熱的な非平衡系におけるこのような時系列の時間反転対称性・非対称性が何によって特徴付けられるのか解明することは今後の研究課題である。

応力鎖ダイナミクスのモデル化 これら統計法則を特徴付けるパラメタの剪断応力依存性を簡潔な数理モデルから説明することも試みた。粉体では粉体中の応力鎖が消失する際に力を再分配するが、この再分配を平均場近似すると系の時間発展は解析的に導出できる。ここでは、本震によってもたらされるステップ的な応力変化を与えた際の時間発展を解いた。その結果、系がサドルノード分岐を経由して余震の大森則に従うことを確かめ、大森則に含まれる時定数が応力鎖消失と力の再配分に関わる緩和時間になっていることを発見した。したがって、大森則に含まれる時定数の応力依存性は応力鎖の緩和時間の応力依存性に帰着される。

参考文献:

- (1) Y. Y. Kagan, *Earthquakes: Models, Statistics, Testable Forecasts*. (American Geophysical Union, 2014)
- (2) *Statistical Models for the Fracture of Disordered Media*. eds. H. J. Hermann and S. Roux (North Holland, 1990)
- (3) D. Schorlemmer, S. Wiemer, and M. Wyss, *Nature* **437**, 539 (2005).
- (4) C. Narteau, S. Byrdina, P. Shebalin, and D. Schorlemmer, *Nature* **462**, 642 (2009).
- (5) T. Hatano, C. Narteau, and P. Shebalin, *Scientific Reports* **5**, 12280 (2015).
- (6) P. Shebalin and C. Narteau, *Nature Communications* **8**, 1317 (2017).

A01 量子ホール接続系における分数電荷準粒子の生成・消滅過程の研究

東京工業大学大学院理工学研究科 橋坂 昌幸

分数量子ホール系は代表的な量子多体系であり、固体物性理論の検証の舞台として、重要な実験対象である。本研究では、分数量子ホール系における素励起である分数電荷準粒子に着目し、その生成・消滅過程を明らかにすることを目指した。独自の電流ゆらぎ相互相関測定技術（参考文献1）、および高周波電気測定技術を利用し、量子ホール系における準粒子ダイナミクスの解明に取り組んだ。

1. 局所分数量子ホール系における分数電荷準粒子の生成過程

分数量子ホール（FQH）系における素励起はラフリン準粒子と呼ばれ、素電荷 e よりも小さな分数電荷を持つ。分数電荷準粒子は、2次元電子系全体が FQH 状態を形成する試料において確認されてきた [図 1(a)]。一方本研究では、整数量子ホール系中に局所的に形成された FQH 系に注目した。このような試料は、FQH 系に対し大きな非平衡バイアスを印加する

ことが可能であり、また広い温度範囲で実験が可能など、分数電荷準粒子の発生プロセスを詳しく調べるために優れた性質を持っている。実験により、FQH 系を介して整数量子ホール系間にトンネル電流を発生させたとき、トンネル準粒子として分数電荷準粒子が生成されることを発見した [図 1(b)]。この現象についてバイアス電圧や温度に対する依存性を測定し、分数電荷準粒子の発生メカニズムに量子ホール端状態の朝永・ラッティンジャー液体的性質が深く関係していることを見出した。この成果は、参考文献2、3にまとめられている。

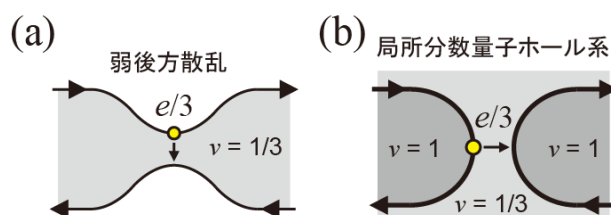


図 1(a) 試料全体が分数量子ホール状態にある系における分数電荷準粒子のトンネル現象。(b) 局所分数量子ホール系における準粒子トンネル現象。

2. 量子ホール端状態に対する新しいエネルギー分光測定法の開発

量子ホール系試料端には、量子ホール端状態と呼ばれる1方向性の1次元伝導状態が生じる。分数電荷準粒子のトンネル現象によって生じる端状態上のエネルギー分布関数を測定することは、局所 FQH 系における分数電荷準粒子の生成・消滅過程を調べるために重要である。

我々は、電流ゆらぎ相関測定を利用した新しいエネルギー分布関数評価手法を考案し、整数量子ホール端状態を用いてその検証実験を行った。量子ホール系研究に必要な強磁場下において、本手法が既存の量子ドットを用いた分光手法と比較してより有効であることが確かめられた。この成果は、参考文献4にまとめられている。

3. 量子ホール朝永・ラッティンジャー液体におけるスピン電荷分離現象の観察

量子ホール端状態の朝永・ラッティンジャー液体的性質を評価した。特に、朝永・ラッテ

インジヤ液体を象徴するスピン電荷分離現象に着目し、独自のスピン分解ポンプ・プローブ法による時間分解測定によって、スピン電荷分離の観測に成功した。

実験では、端状態にスピナップ、またはダウンに偏極した電子集団を入力し、しばらく伝搬させたのち

に出力信号を時間分解測定した。パルス状の電子集団を1つ入力したにもかかわらず、電荷とスピンに相当する2つの信号が異なるタイミングで観測され、かつスピンの向きに応じて一方の信号のみが符号反転する。このことから、電荷波束とスピン波束が空間的に分離されたことを確認できる。また得られた波形の詳細な解析により、量子ホール端状態の朝永・ラッティンジャー液体としての性質を完全に決定することに成功した。この成果は、参考文献5, 6にまとめられている。

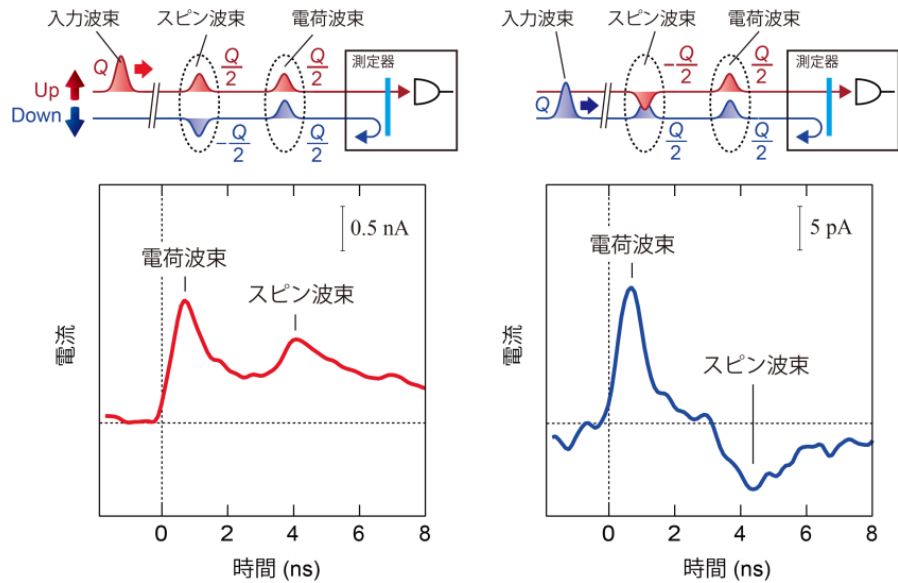


図2 代表的な測定結果。朝永・ラッティンジャー液体にスピン偏極した電子集団を入力すると、電荷とスピンの向きに応じて異なる速度で伝搬し、空間的に分離される様子を観測できる。

4. エッジマグネトプラズモンの Mach-Zehnder 干渉計

量子ホール端状態における伝搬モードは、電荷密度のプラズマ振動（エッジマグネトプラズモン：EMP）として伝搬する。EMPの干渉性を調べるための Mach-Zehnder 干渉計の開発を行った。これは将来、端状態を利用したプラズモニクスの開発に有用なデバイスである。この成果は参考文献7にまとめられている。

参考文献：

- (1) M. Hashisaka, T. Ota, M. Yamagishi, K. Muraki, T. Fujisawa, *Rev. Sci. Instrum.* **85**, 054704 (2014).
- (2) M. Hashisaka, T. Ota, K. Muraki, T. Fujisawa, *Phys. Rev. Lett.* **114**, 056802 (2015).
- (3) 橋坂昌幸、太田智明、村木康二、藤澤利正、*固体物理* vol.51, No.2, 127 (2016).
- (4) T. Ota, M. Hashisaka, K. Muraki, T. Fujisawa, *J. Phys.: Cond. Mat.* **29**, 225302 (2017).
- (5) M. Hashisaka, N. Hiyama, T. Akiho, K. Muraki, T. Fujisawa, *Nat. Phys.* **13**, 559 (2017).
- (6) 橋坂昌幸、藤澤利正、*日本物理学会誌* vol.72, 805 (2017) (表紙掲載)。
- (7) N. Hiyama, M. Hashisaka, K. Muraki, T. Fujisawa, *Appl. Phys. Lett.* **107**, 143101 (2015).

金沢大学総合メディア基盤センター

佐藤正英

名古屋大学理学研究科

上羽牧夫

名古屋市立大学システム自然科学研究科

三浦均

平成 26 年度および 27 年度に、「移動する粒子供給源による特異なステップパターン」という研究課題で A01 公募班に参加した。本研究課題では、結晶表面上のステップのパターンのうち、特に、前方に一定の速度でステップから遠ざかる直線的な粒子供給源がある場合のステップの不安定化を、フェーズフィールドモデルを用いて調べた。

このモデルは、低温のシリコン(111)微斜面に、ガリウム原子を入射したときにステップが示す櫛の歯状パターンの解明のために考えたモデルである。Si 表面では Ga を入射することでステップ下段の近傍から表面構造の転移が起きることが実験的 (1) に分かっている。表面構造の相境界からは、転移に伴って過剰になった Si 原子が結晶表面上に放出される。放出された Si 原子はステップで固化するのでステップは前進し、Si 原子を放出しながら表面構造の相境界も前進する。以上のことを考慮に入れて、ステップ前方に一定の速度で遠ざかりながら一定の原子を供給する直線的な粒子の供給源を考えている。

本課題に採択された時点では、このモデルを用いることで、図 1 のような櫛状パターンが再現されることが分かった。モデルでは、ステップ前方にのみ粒子の供給源を考えているので、表面拡散場が非対称である。これによりステップがマリンス - セカーカ型の不安定性を起こすことが、不安定になること自体は理解できていた。本課題では、最終的な櫛状構造において、枝の間隔がどのように決まるのかという点に注目して研究を進めた。

図 2 は粒子の供給源の速度と櫛の歯の間隔の関連を示す図である (2,3)。粒子供給源の速度が遅いときには、櫛の歯の間隔が速度の二乗で狭くなる。これは初期に現れるマリンス - セカーカ型の不安定の影響によるものである。一方で、速度が速くなると櫛の歯の間隔が広がり始める。櫛状の解があると考え、櫛の歯の先端の曲率が大きい枝のほうが、ギブストムソン効果の影響を受けずに速く成長することができると考えられる。その性質を持っているものが高速側の解であると考えられる。そのために、同一の櫛の歯の間隔であっても、粒子供給源の速度が遅い場合と速い場合の 2 つの場合が現れる。

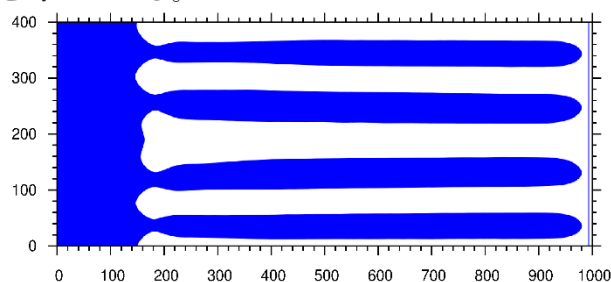


図 1 典型的な櫛状パターン

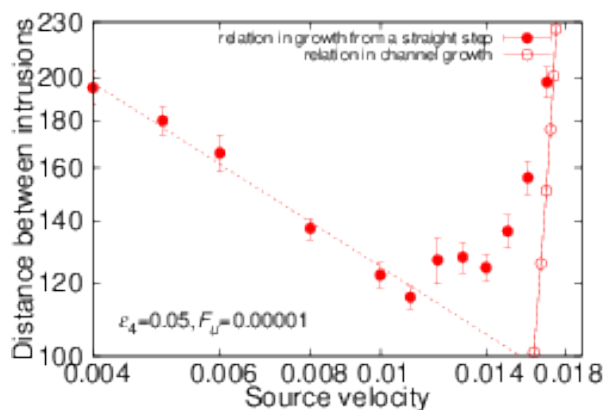


図 2 粒子源速度と櫛の歯の間隔の関係

2つの場合で楕円状パターンの性質のどのような違いがあるかを明らかにするために、ほぼ同一の枝間隔にある条件で枝周辺での吸着原子の密度分布の違いを調べた⁽⁴⁾。図3は高速度側での形状と過飽和度の分布を表している。枝の輪郭は白い線で表している。濃淡は濃度の変化を表しており、左側の濃い部分は低過飽和度の領域で右側は高過飽和度の領域である。点線は等過飽和度線を表しており、ちょうど系の右端に粒子供給源がある。ステップの前方近傍から粒子供給源に向かって急激ではあるが、滑らかに濃度が増加していることが分かる。

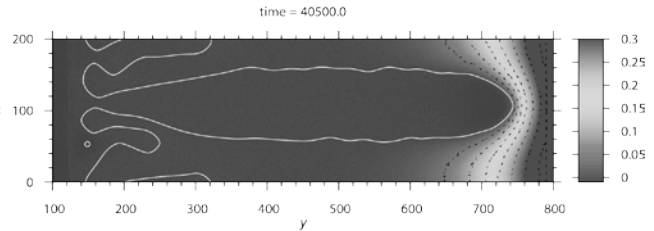


図3 高速度側での過飽和度とステップ形状

図4は低速度側での形状と過飽和度の分布である。濃度勾配が高速度側ほど形成しておらず、粒子供給源位置で、原子密度が不連続的に高くなっていることが分かった。また、ステップと粒子供給源の距離も狭くなっている。

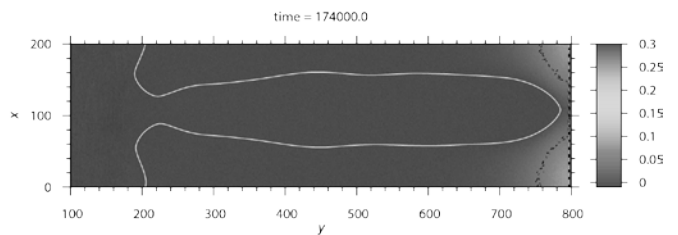


図4 低速度側での過飽和度とステップ形状

低速度側での密度分布は、まるで粒子供給源があることで、途中で打ち切られているように見える。そのような意味で、低速度側のほうがより強く、粒子供給源の影響を受けていると思える。図5に示すステップ先端の速度の時間変化からもそのことが良くわかる。課題研究期間終了後も本研究を続け⁽⁴⁾、高速側では十分に粗大化が進み安定定常解に達したのに対して、低速側では粗大化が進む過程で前方にある粒子供給源が障害となり、粒子供給源に近づいたところで粗大化が打ち切られてしまい、枝間隔が決まることが分かった。ノイズを小さくして不安定化が起きにくくすると、枝の先端が粒子供給源に近づくまでの時間が長くなることで粗大化がより進み、枝間隔が長くなることなども示せた。

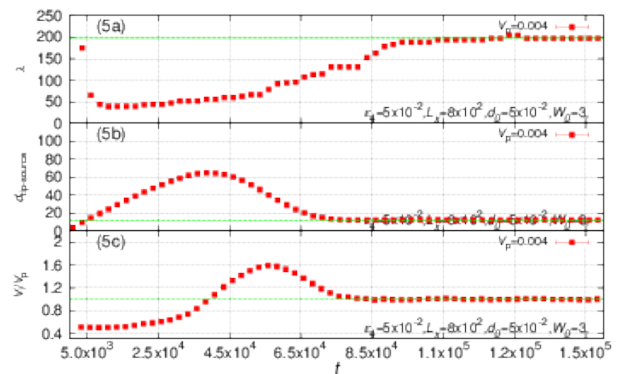


図5 低速度側での(a)枝間隔、(b)先端と粒子供給源の距離、(c)ステップ先端の速度の時間変化

参考文献：

- (1) H. Hibino, H. Kageshima, and M. Uwaha, *Surf. Sci.* **602**, 2421 (2008).
- (2) M. Kawaguchi et al., *Phys. Rev. E* **91**, 012409 (2015).
- (3) K. Kishi et al., *e-J. Surf. Sci. Nanotechnol.* **13**, 269 (2015).
- (4) M. Sato et al., *Phys. Rev. E* **95**, 032803(2017).

【はじめに】

ソフトマテリアルの分子レベルでの相互作用が、温度勾配下における濃度勾配形成現象の大きさと向きを決定しているメカニズムを非平衡系の実験研究として系統的に調べることで、ソフトマテリアル研究および非平衡熱力学の発展へ寄与することを目的とする。混合流体において、温度勾配をドライビングフォースとする濃度勾配形成現象（ルードヴィッヒ・ソレー効果、図 1）を、レーザー干渉法 (TDFRS 法) を用いて並進の拡散係数 D と熱（物質）拡散係数 D_T および溶質の拡散方向と濃度勾配の大きさを特徴付けるソレー係数 S_T を測定することにより、ルードヴィッヒ・ソレー効果の普遍的な側面および系に固有な特性の両者をデータ取得から解釈していく。2 成分系のルードヴィッヒ・ソレー効果は、成分 1 の流束 \mathbf{J}_1 を用いると現象論的に $\mathbf{J}_1 = -\rho D \nabla c_1 - \rho c_1 D_T \nabla T$ と記述される。ここで ρ は密度である。定常状態では安定な濃度勾配が形成され、みかけ上流束がゼロとなり ($\mathbf{J}_1 = 0$)、ソレー係数 S_T は $S_T \equiv D_T/D = -(1/c_1)(\nabla c_1/\nabla T)$ と定義される。本研究では、大別すると以下の 5 項目についてデータ取得した。(1) 高分子物性を考える上で基礎となる分子量依存性と分子量分布の影響を明らかにする。(2) 臨界点近傍、ゲル化、ガラス転移現象などとのカップリングに着目した条件にてルードヴィッヒ・ソレー効果を調べ、これら現象との相関を明らかにする。(3) 水素結合または疎水性の相互作用の役割について分子論的な解釈を進めつつ、高分子の自由度や多様性といった高分子性と非平衡熱物性との関連について理解を深める。(4) 高分子物性理論と非平衡系輸送現象論の両者を軸とするモデル構築と理論的考察を行い、取得した実験データと比較・解析することで現象の普遍性を明らかにする。(5) これまで水溶性高分子で観察された負のソレー係数という“異常な”ルードヴィッヒ・ソレー効果のメカニズムをこれら一連の研究成果から明らかにする。

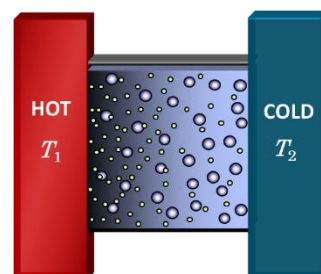


Fig. 1. Schematic image of the Ludwig-Soret effect.

【研究成果】

分子量依存性は、エチレングリコール類[1]、糖類（グルコース、直鎖オリゴ糖、環状オリゴ糖、プルラン、デキストラン）[2]、そしてポリイソプロピルアクリルアミド (PNIPAM) を用いて調べた。図 2 は分子量が異なる PNIPAM エタノール溶液を調製し、さまざまな温度でルードヴィッヒ・ソレー効果を調べた結果である。その一例としてソレー係数 S_T の分子量を示す。実線はフィッティング結果であり、分子量依存性は $S_T = BM_w^{0.4 \pm 0.2}$ と得られた。 B は各測定温度に依存するパラメタである。指数 0.4 は誤差を考慮すると並進の拡散係数の分子量依存性から予測される値と一致する。PNIPAM は水溶液ではすべての温度で正のソレー係数を

有するが、図2に示したようにエタノール中では昇温によりソレー係数の符号が正から負へ変化した。負のソレー係数はPNIPAMが高温側へ拡散することを意味する。溶媒によってソレー係数の符号が異なるのは、この現象を説明するモデル[3]との比較により、高分子セグメントと溶媒分子との相互作用の変化が主な原因であることが示唆される。これをさらに明らかにするために立体規則性を制御したPNIPAMにおいてデータ取得に成功したことから、分子レベルでの相互作用がルードヴィッヒ・ソレー効果に与える効果の詳細が明らかになりつつある。

水素結合および親水・疎水性の相互作用についての系統的な研究は、上述の環状オリゴ糖(シクロデキストリン)およびPNIPAMにおいて様々な溶媒を用いることで調べられた[2, 4]。一方、ガラス転移点近傍でのソレー係数取得はその実験の困難さにより完了に至っていないが、本研究にて用いる系のガラス転移点近傍における誘電分光法を用いた特徴づけは報告した[5]。また、ポリメチルメタクリレート溶液において臨界点近傍における臨界減速とソレー係数との相関が明らかになった。

高分子系では溶質の分子量は溶媒分子のそれに比べて大きいことにより、 S_T は正の値を示すことが一般的である。これはChapmanらの分子運動論的考察と矛盾しない。一方、ここで得られた負の値は分子運動論的な解釈では説明できない。本研究で調べたPNIPAMと糖類の他にタンパク質やDNA水溶液でも負のソレー係数が観察されるが、大きな内部自由度を有し複雑な相互作用を有する高分子溶液においては議論が継続中である。我々はFlory-Huggins格子モデルを用いて混合自由エネルギーを算出し輸送係数の決定を試みており、ルードヴィッヒ・ソレー効果の普遍的な側面が明らかになりつつある。上記(1)~(5)について研究成果を概説したが、ソフトマテリアルの非平衡物性のさらなる理解に向けた研究を継続中である。

- (1) K. Maeda, N. Shinyashiki, S. Yagihara, S. Wiegand, and R. Kita, *J. Chem. Phys.* **143**, 124504/1-7 (2015).
- (2) D. Niether, T. Kawaguchi, J. Hovancová, K. Eguchi, J. K. G. Dhont, R. Kita, and S. Wiegand, *Langmuir* **33**, 8483-8492 (2017). K. Eguchi, D. Niether, S. Wiegand, and R. Kita, *Eur. Phys. J. E* **39**, 86-1 – 86-8 (2016). Y. Kishikawa, H. Shinohara, K. Maeda, Y. Nakamura, S. Wiegand, and R. Kita, *Phys. Chem. Chem. Phys.* **14**, 10147-10153 (2012).
- (3) A. Würger, *Phys. Rev. Lett.* **102**, 1078302 (2009).
- (4) R. Kita and T. Dobashi, Eds. *Nano/Micro Science and Technology in Biorheology: Principles, Methods, and Applications*, Chapter 5, Springer (2015).
- (5) K. Sasaki, Y. Matsui, M. Miyara, R. Kita, N. Shinyashiki, and S. Yagihara, *J. Phys. Chem. B* **120**, 6882-6889 (2016).

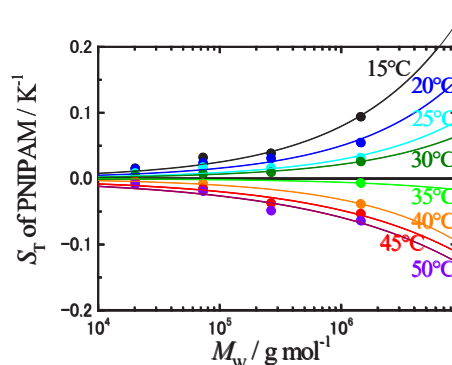


Fig. 2. Soret coefficient of 5.0 g/L PNIPAM in ethanol obtained in a broad molecular weight and temperature ranges.

A01 壁乱流亜臨界遷移の間欠乱流パターン形成の大規模 DNS 解析

東京理科大学理工学部 塚原隆裕

非圧縮性流体の壁面せん断流において、無限小攪乱に対して安定となる臨界レイノルズ数以下でも、有限攪乱の非線形成長を契機としたバイパス遷移による乱流化、いわゆる亜臨界遷移が起こる。カノニカル流の一つである平行平板間圧力勾配駆動のチャンネル流の場合は、 $Re = 1000$ 付近で局在化した乱流域が半永久的に維持する間欠乱流となることが知られている⁽¹⁾⁻⁽⁴⁾。局在乱流が維持し得る大域的臨界値 Re_G （基本流がいかなる攪乱に対しても安定となる上限レイノルズ数）について、その具体値の決定には理論はおろか実験的アプローチでも困難を伴う。円管内流の Re_G は Avila ら⁽⁴⁾が大規模間欠構造の乱流パフに注目し、パフが有限寿命を持つこと、パフの分裂時間と寿命が等しいときのレイノルズ数が $Re_G = 2040$ となることを報告している。チャンネル流における大規模間欠構造は初期発達段階では乱流斑点、そして乱流斑点が成長すると乱流縞または乱流帯と呼ばれる構造を取る^{(2),(3)}。Sano & Tamai⁽³⁾は大規模水路により $Re \geq 830$ での乱流斑点の分裂と拡大を確認しているが、Tsukahara & Ishida⁽²⁾は DNS（直接数値計算）により $Re = 840$ 以下でも局在乱流が半永久的に維持する結果を得ており、 Re_G は 840 未満と考えられている。ここで、 Re はチャンネル中心速度とチャンネル半幅 δ に基づくレイノルズ数である。乱流縞および乱流帯は局在乱流の延命において重要な役割を有すると示されており^{(2),(3)}、円管内流⁽⁴⁾同様に局在乱流の成長と減衰に着目すれば Re_G を定めることが可能と考えられる。本研究では、乱流斑点成長の DNS を多数試行し、初期攪乱の条件を変更したときの乱流帯への成長確率・過程の変化や、乱流帯にともなう大規模流れに関して調査した。特に、 Re_G 付近に着目し、乱流帯の成長過程（パターン形成）についてのレイノルズ数依存性を調べることで、 Re_G の具体値の決定について議論した。図 1 に $Re = 780$ の乱流帯を示す。スケール δ 以下の微細乱流渦が偏在して斜めのマクロな帯形状の“ゆらぎ”を維持・形成していることが分かる。この乱流帯は下流側先端部が（主流方向に対して）斜めに成長し、上流側端部は減衰する構造にある。つまり、先端成長速度と（尾の）減衰速度の差が乱流帯の成長率を示すこととなる。その成長率のレイノルズ数依存性を調査すると、図 2 のような結果となった。また、乱流帯周辺の流れ場を、ローパスフィルタを通した瞬時速度場で可視化すると、帯に沿う特徴的な大規模流れを有することが分かった（図 1）。特に、帯の下流先端部を周り込むような大規模流れは成長中にのみ観察され、乱流帯全体が減衰する場合にはこの大規模流れが消失または図 1 と異なる様相を呈することが分かり、局在乱流領域（ゆらぎ）と大規模流れ（構造）の関係性を見出せた。

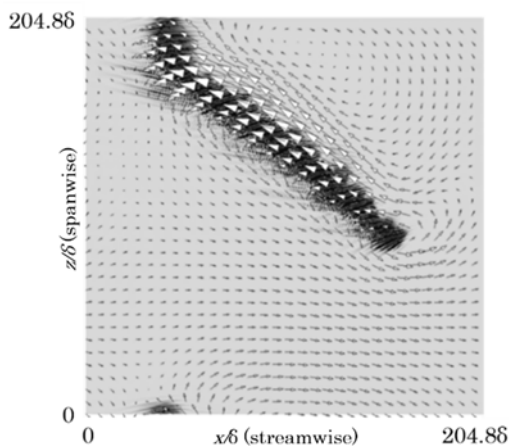


図 1. チャンネル遷移流の乱流帯。黒：乱流、灰色：層流。ベクトルは大規模流れを示す。チャンネル半幅を δ としている。

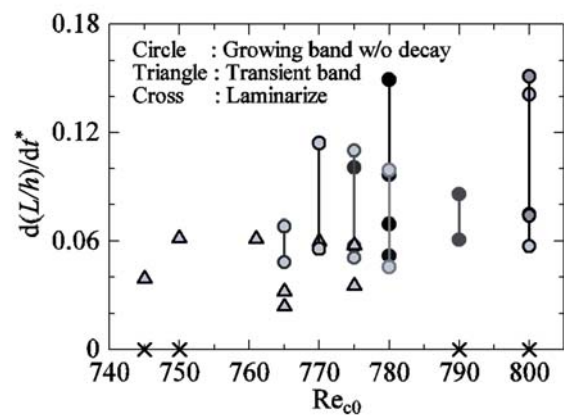


図 2. 乱流帯の成長率におけるレイノルズ数依存性。安定的に成長してパターン形成し得る臨界値は、 $Re = 765$ 程度と推定。

亜臨界遷移を呈するカノニカル流の一つにクエット流があり，ここでは環状クエット流の遷移過程および間欠パターン形成についても DNS 解析を行った．本解析対象は，二重円管の内円管が主流軸方向に滑ることにより駆動される流れである．この系は内外の円筒半径比 $\eta = r_{\text{inner}}/r_{\text{outer}}$ により特徴付けられ， $\eta \rightarrow 0$ で円管内流に， $\eta \rightarrow 1$ で平面クエット流に漸近する．実際，遷移域で $\eta = 0.8$ の高円筒比では内円管に巻き付く螺旋乱流が， $\eta = 0.1$ の低円筒比では乱流パフと似た構造が生じることを発見した⁽⁵⁾．この二つの構造は，同一円筒比の環状ポアズイユ流でも生じることを報告している^{(6),(7)}．また，螺旋乱流の形成・維持には高円筒比から中円筒比までは周方向計算領域の影響が大きく，十分長い周方向計算領域を仮想的に設定することで $\eta = 0.5$ の場合でも螺旋乱流が現れることが分かった．一方，低円筒比 ($\eta = 0.1$) の場合は壁面曲率の影響が大きくなるため，周方向計算領域が長い場合でも螺旋乱流は発生しない．しかし，この場合に，乱流間欠率（局在乱流が占める空間割合の時間平均値）は小さくなるにも関わらず，螺旋乱流が生じた場合よりも低いレイノルズ数まで層流化しないことを見出した⁽⁵⁾．遷移域の乱流間欠率 F_t について着目し，壁面曲率と周方向計算領域が遷移構造と Re_G に及ぼす影響について検討した（図 3）．環状クエット流のレイノルズ数は，円筒間の半値幅と内円管移動速度に基づく．螺旋乱流が生じた $\eta = 0.5$ で仮想周方向領域 $L_\theta = 8\pi r$ を課した場合，レイノルズ数変化に対する乱流間欠率の変化傾向は，同様に螺旋乱流の発生した $\eta = 0.8$ の場合と一致している．一方， $\eta = 0.1$ ($L_\theta = 16\pi r$) の場合， F_t は $Re < 400$ で $\eta = 0.8$ と $\eta = 0.5$ ($L_\theta = 8\pi r$) での螺旋乱流が生じる場合と良く一致し， Re_G は 300 を下回った．以上の結果は，低円筒比の 1 次元性（軸方向にのみ層流・乱流が局在できる自由度を有する）が間欠パターン形成を妨げて高い Re_G となることを示し，一方で高円筒比の 2 次元性（軸方向と周方向）が間欠乱流パターン形成と低い Re_G をもたらしたことを示唆している．さらに， F_t の減衰過程でも，有向パーコレーション (DP) に似た特徴を見出した（図 4）．

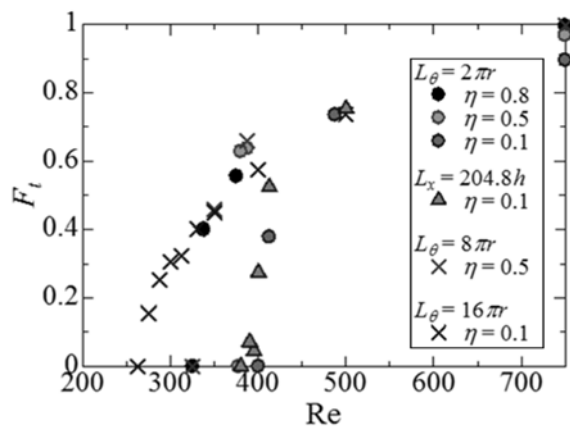


図 3. 環状クエット流の乱流間欠率の各種依存性 (Re , η , 周方向領域サイズ L_θ) . $L_\theta > 2\pi r$ は仮想領域の計算.

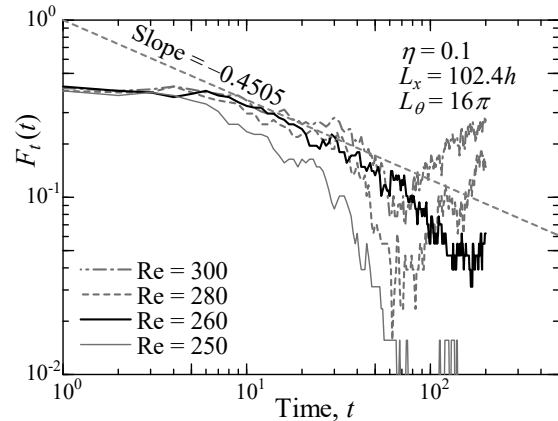


図 4. レイノルズ数を急激に下げた環状クエット流の乱流間欠率の時間変化. 仮想領域では，(2+1)DP モデルに近い減衰率.

参考文献：

- (1) T. Tsukahara et al., *Proc. TSFP4*, 935–940 (2005); *arXiv preprint*, 1406.0248.
- (2) 塚原隆裕, 石田貴大, 日本流体力学会誌ながれ, **34**, 383–386 (2015).
- (3) M. Sano and K. Tamai, *Nature Phys.*, **12**, 249–253 (2016).
- (4) K. Avila et al. *Science*, **333**, 192–196 (2011).
- (5) 國井康平, 石田貴大, 塚原隆裕, 日本流体力学会誌ながれ, **35**, 475–480 (2016).
- (6) T. Ishida, Y. Duguet, and T. Tsukahara, *J. Fluid Mech.*, **794**, R2 (2016).
- (7) T. Ishida, Y. Duguet, and T. Tsukahara, *Phys. Rev. Fluids*, **2**, 073902 (2017).

A01 高速量子プローブを用いた微小系の電子輸送ゆらぎの研究

理化学研究所創発物性科学研究センター、東北大学電気通信研究所 大塚朋廣

半導体微細加工技術の進歩により、単電子効果や量子効果が現れる微小な系を人工的に作製し、そのミクロな特性を電気測定で明らかにすることが可能となっている。この人工微小系は各種パラメータを人工的に操作することができ、電子輸送やそのゆらぎをミクロに調べる上での理想的な実験系となっている。従来からのマクロな電極による伝導測定に加え、半導体量子ドット等を活用したミクロな電子プローブと高周波技術を活用した高速測定を組み合わせた高速量子プローブを用いることにより、微小系における電子輸送、ゆらぎを局所的、高精度、低擾乱で測定することができる。

本研究では高速量子プローブの作製と評価、微小系における局所電子状態ダイナミクスの測定、量子微小系の局所電子状態測定を行った。

1. 高速量子プローブの作製と評価

半導体量子ドットは電子を微小領域に閉じ込めた構造であり、単電子効果や量子閉じ込め効果によって、内部に離散的なエネルギー準位が形成される。このエネルギー準位は量子ドットの電極に印加する電圧によって操作できるため、人工的に制御可能な人工量子準位として利用できる。この人工量子準位への電子のトンネルを解析することにより、量子ドットが結合している領域の局所的な電子状態を高精度かつ低擾乱に測定できる。また高周波を用いた高速電気測定手法と組み合わせることにより、プローブ動作を高速化して、局所電子状態のダイナミクスまで測定できる高速量子プローブを実現できる。

本研究では高速量子プローブ試料を作製し、その動作評価を行った。半導体微細加工により、半導体量子ドットからなる量子プローブ試料を作製した。この試料をノイズの少ない極低温に冷却し、プローブにおける単一電子検出感度の評価を行った。測定積分時間を変化させながら、電子数が1つのみ異なる電荷状態の信号を評価し、マイクロ秒程度の積分時間で単一電荷を検出できることを確認した。またプローブ動作の安定性等についても評価を行い、微小系の電子輸送を測定するのに十分な安定度を持つことを確認した。

2. 微小系における局所電子状態ダイナミクスの測定

微小系における局所電子状態は、物性科学等の基礎科学や、エレクトロニクスデバイス等への応用の両面から注目を集めており、局所的な電荷・スピン現象や、そのダイナミクスまで含めた解明が重要となっている。さらに外部環境と切り離された孤立微小系だけでなく、外部環境と強く結合した微小系のダイナミクスは、開放系の物理や外界中での現実的なデバイス開発等の観点からも重要となっている。半導体量子ドットを用いた微小系は、内部状態や外部環境との結合等を電圧によって人為的に制御可能な微小系であり、これらの研究を行う上で有用な実験系となる。

本研究では微小系における局所電子状態について高速マイクロプローブを用いた測定を行い、半導体量子ドット中の電荷状態のゆらぎ測定、外部環境との相互作用による電荷・スピン状

態変化のダイナミクス測定を行った。半導体量子ドットを外部電極に結合させた微小系では、量子ドット内の電荷状態は、量子ドットと外部電極との電子のトンネルにより変化する。この時間変化を高速マイクロプローブで測定し、電荷状態ゆらぎの測定解析を行った。この結果、量子ドット内準位と外部電極のエネルギー差や、量子ドットと外部電極のトンネル結合強度に依存して電荷状態が変化する様子をマイクロに解明した。

また電荷状態だけでなく、スピン状態変化についても測定を行った。量子ドット内にはスピンに依存した準位があり、この準位を用いることによってスピン状態の初期化や読み出しを行うことができる。そこで半導体量子ドットが外部電極に結合した系において電荷状態とスピン状態変化のダイナミクスを調べた。まず量子ドット内準位と外部電極のフェルミエネルギーの差が熱エネルギーと同程度の場合には、電荷状態とスピン状態が同時に外部電極との相互作用時間の増大とともにマイクロ秒程度の時間スケールで減衰していく様子が観測された。電荷状態の時間変化をより詳細に調べたところ、量子ドット内の電荷が外部電極へのトンネルにより減少する様子が観測され、一次のトンネル過程によるものであることが分かった。さらに測定を進めたところ、量子ドット内準位と外部電極のフェルミエネルギーの差が熱エネルギー以上に大きくなると、スピン状態のみ減衰が観測され、電荷状態には変化が見られないことが分かった。この過程は二次のトンネル過程によるものであり、量子ドット内準位のエネルギーを変化させた際の減衰時間の変化を理論式と照合することによりこれを検証した。また量子ドットと外部電極とのトンネル結合を電圧により操作し、減衰の時間スケールを操作できることを実証した[1]。

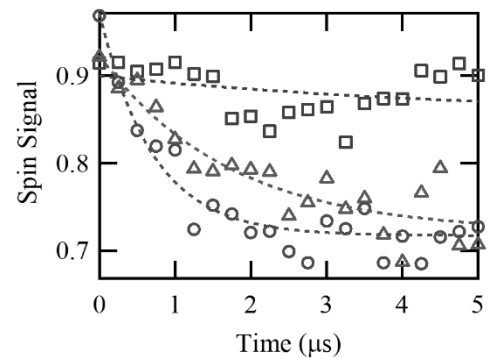


図1. トンネル結合操作による減衰時間の変化

3. 量子微小系の局所電子状態測定

量子微小系は基礎物理における興味だけではなく、量子エレクトロニクスデバイス、量子情報処理等への応用に向けても研究が進められている。半導体量子ドット中の電子スピンは量子ビットとしての研究が進められており、1量子ビット操作、2量子ビット操作などの基本的な量子状態操作が実現されている。この中で量子微小系内に発現した量子状態を高精度かつ高速に測定する重要性が高まっている。

本研究では高速量子プローブの技術を活用して微小量子系における局所電子状態操作を行った。局所電子状態の高精度、高速測定を行うことにより、半導体量子ドット中の電子スピンの高精度回転操作、多重量子ドット系における電荷、スピン状態の精密制御等の実現に貢献した[2, 3, 4等]。

参考文献：

- (1) T. Otsuka *et al.*, *Scientific Reports* **7**, 12201 (2017).
- (2) J. Yoneda *et al.*, *Nature Nanotechnology* **13**, 102 (2017).
- (3) T. Ito, T. Otsuka *et al.*, *Sci. Rep.* **6**, 39113 (2016).
- (4) T. Otsuka *et al.*, *Sci. Rep.* **6**, 31820 (2016).

A02 球形分子会合体からなる液体の構造とガラス転移

筑波大学数理物質系 齋藤一弥
筑波大学数理物質系 山村泰久
筑波大学数理物質系 菱田真史

はじめに ガラスのマイクロ構造や発現メカニズムは依然として未解明な部分が多い。理論あるいは計算機実験の対象とするモデル系は、多くの場合、単純な分子（粒子）からなる系であり、その一方で、実験的な研究はガラス転移の実現しやすさのため複雑な（「いびつな」）形をもつ低

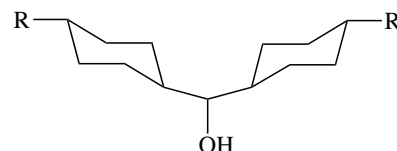


図 1 . Molecular structure of DCHM derivatives.

分子液体を対象とすることが必然的に多くなる。このため、実験と理論モデルの比較には種々の困難がある。そこで本研究では球形の会合体を選択的に形成する分子液体の（理論モデルと比較するための）実在モデルとしての可能性を検討した。さきに、熱容量、誘電率の温度依存性と水素結合生成割合（赤外吸収スペクトルによる）に基づき会合状態を解析し、ジシクロヘキシルメタノール（DCHM, $(C_6H_{11})_2CHOH$, 図 1）や、類似の嵩高い置換基を持つメタノール類が、液相において選択的に球状の 4 量体を形成すること、さらにガラス転移温度ではほとんどの分子が 4 量体になっていることを見出している¹⁻³⁾。以上を踏まえ本研究では、液体構造の直接的観測⁴⁾、ガラス研究に適したモデル系の探索、合成した物質の特異な固相間転移の機構解明⁵⁾、に取り組んだ。

大きな分子からなる分子性液体の内部構造の直接観測 液体を構成する原子の種類が複数になると X 線などの散乱実験によって液体構造を調べることは急速に困難になる。ここでは実験対象が分子からなる液体であることを積極的に利用して、分子の重心に関する動径分布関数を求める方法を検討し、分子の重心に関する動径分布関数を求める方法を提案し、その有効性を示した⁴⁾。試料として、融点以上の温度で分子間に水素結合が多く残っている DCHM^{1,2)} と、類似の分子構造をもちながら融点以上の液体中に水素結合がほとんど残っていないトリシクロヘキシルメタノール^{2,6)} (TCHM, $(C_6H_{11})_3COH$) を取り上げた。分子間距離に関する程度の限られた範囲 ($0.08 < q / \text{\AA}^{-1} < 1.65$) の散乱ベクトルの X 線散乱データの解析を行って得た（重心の）動径分布関数の極大はいずれの物質でも温度の低下につれて、熱収縮を反映して次第に短距離側へシフトした。しかし、DCHM の最近接分子間距離を反映する第 1 ピークは特異的に温度依存性が小さい（図 2）。これは、TCHM では分子間に水素結合がほとんど無いのに対し、DCHM では多くの分子が水素結合をしていることを反映しているものと解釈できる。

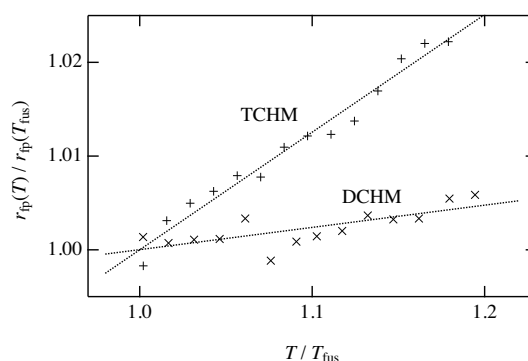


図 2 . Normalized Distance between molecular centers of nearest neighbors in liquid DCHM and TCHM against reduced temperature T/T_{fus} .

モデル系の探索：DCHM/TCHM 混合系のガラス転移 前項の「粗視化解析」に基づく液体構造観測の結果は DCHM と TCHM の分子を球形粒子として取り扱う可能性を示している。大きさの異なる球形粒子の混合系が計算機実験で広く対象とされていることを念頭に、DCHM/TCHM 混合液体のガラス転移挙動を調べた（未発表）。全組成範囲で液体は容易にガラス状態とする事ができたが、ガラス転移温度などの組成依存性は単純で無かった。これは分子の運動性に組成が大きな影響を与えていることを示している。

モデル系の探索：アルキル置換 DCHM の合成 DCHM 分子の最外縁部の R (図 1) を長さの異なるアルキル基 (C_nH_{2n+1}) で置換すれば、球状会合体^{1,2)}の外側にアルキルブラシの生えた会合体ができ、粒子間相互作用の系統的变化に伴うガラス転移挙動の変化を実験的に(実際の物質で)観測できると考えた。そこで、BBCHM ($n=4$) と BHCHM ($n=6$) を合成した。BBCHM 結晶は構造解析に成功し、DCHM 同様、4 量体からなると考えられた⁵⁾。いずれの化合物もガラス状態を得るには急冷が必要であり、DCHM よりもガラス形成能が低かったため、モデル系としては不適當であった。なお、合成には市川淳士氏、藤田健志氏 (いずれも筑波大学) の協力を得た。

BBCHM の固相間転移 BBCHM の結晶は、以下に述べる通り、構造化学的に非常に興味深い性質を示した⁵⁾。低温 (約 152 K) において単位格子が 5 倍化する興味深い固相間転移が見出された (図 3)。格子ベクトルの向きが変化しているにも関わらず、この相転移を引き起こすには構造変調波が 1 種類で足りるという特殊性を指摘した。断熱法熱容量測定を行ったところ、152 K の相転移は低温側に熱異常の裾を持つものの一次転移であった。これは、相転移を駆動する構造変調波の波数ベクトルがランダウの相転移論におけるリフシツ条件へ適合しないという事実から予想される結果と整合していた。結晶構造解析には齋藤英樹氏 (埼玉大学) の協力を得た。

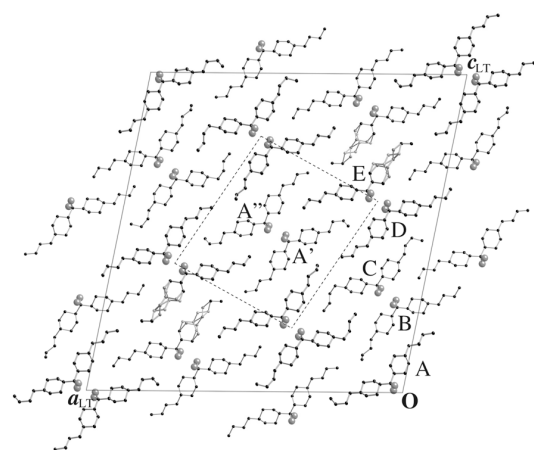


図 3. Crystal structure of BBCHM in the LT phase viewed along the b-axis. The unit cell of the RT phase is shown by dotted lines.

参考文献：

- (1) Y. Suzuki, Y. Yamamura, M. Sumita & K. Saito, *J. Phys. Chem. B*, **113**, 10077 (2009).
- (2) Y. Yamamura, Y. Suzuki, M. Sumita & K. Saito, *J. Phys. Chem. B*, **116**, 3938 (2012).
- (3) S. Nagatomo, M. Nobuhira, Y. Yamamura, M. Sumita & K. Saito, *Bull. Chem. Soc. Jpn.*, **86**, 569 (2013).
- (4) K. Saito, M. Hishida, K. Koike, S. Nagatomo & Y. Yamamura, *Chem. Phys. Lett.*, **673**, 74 (2017).
- (5) K. Saito, T. Ikeda, Y. Yamamura, H. Saitoh, M. Hishida, Y. Kobayashi, T. Fujita & J. Ichikawa, *J. Chem. Phys.*, **146**, 074503 (2017).
- (6) Y. Yamamura, H. Saitoh, M. Sumita & K. Saito, *J. Phys.: Cond. Matter*, **19**, 176219 (2007).

A02 光格子原子顕微鏡で探索する人工ゲージ場が織り成す非平衡現象

東京工業大学大学院理工学研究科 上妻 幹旺
東京工業大学大学院理工学研究科 井上 遼太郎

量子縮退した中性原子気体を光で作られた格子中に捕捉した系は、Hubbard 模型に代表される各種物理モデルを忠実に反映する量子シミュレーターとして機能する。系のパラメータを正確に把握できるだけでなく、時間的に変化させることも出来るため、相転移と同時に非平衡状態を生成するクエンチを誘起し、スケーリング則を議論することも可能である[1]。このように光格子系は、各種物理モデルにおける基底状態量子相を詳らかにする上でも、また非平衡現象を誘起・観測する上でも強力なツールになると期待されている。

光格子系で発現する各種の物性現象をとらえる上で、量子気体顕微鏡（光格子原子顕微鏡）と呼ばれる新技术に注目が集まるようになってきた[2]。光格子系に高分解能の蛍光顕微鏡を組み合わせることで、従来から行われてきた原子波干渉を利用した初期運動量分布の測定に加え、光格子中に捕捉された原子の実空間分布を、各サイトを分解して観測することが可能となった。

本公募研究がスタートした時、量子気体顕微鏡は、アルカリ金属であるルビジウム (Rb) 原子に対してしか実現されていなかった。Rb はボソン同位体しかもたないため、ボソン・フェルミオン双方を対象とした実験を行うために、我々はランタノイド系の原子種であるイッテルビウム (Yb) に着目をした。平成 26 年度の公募研究を通して、我々は光格子中に捕捉された Yb 原子を、各サイトを分解して蛍光観測することに成功した。光格子の周期 544nm に対して、得られた空間分解能は 377nm であり、原子が周期的に分布している様子を明確にとらえることができた。しかしながら、得られた画像の蛍光強度を横軸に、対応するサイトの数を縦軸にとった頻度分布は一つのピークしかもたなかった。これは、原子の密度分布が光格子によって周期的な変調を受けていることは観測できても、各サイトにおける原子の有無までは判定出来ないことを意味している。これでは Yb 原子に対する量子気体顕微鏡を実現したとは言えず、実際このシステムを使ってどのような量子相が発現しているかを判定することは出来ない。

各サイトにおける原子の有無を判定出来ないのは、蛍光撮像時における原子の寿命が僅か $17\mu\text{s}$ にとどまっていたことによる。各サイトにおける原子の有無を判別するためには、各原子が放出する蛍光量のばらつきを抑える必要性があり、共鳴周波数のレーザーを照射する時間を、寿命に比べて十分に短くしなければならない。しかし寿命が $17\mu\text{s}$ と極端に短い状態でレーザー照射時間を制限すると、十分な S/N をもった蛍光画像を得ることが出来なくなってしまう。そこで平成 27 年度、我々は蛍光撮像時における原子寿命を制限する要素を詳細に調べ、最終的に寿命を 3 倍以上に増大させることに成功した。このようにして得た原子の蛍光画像の一例を図 1 (raw data) に示す。孤立した原子の蛍光画像を多数回平均したものは、本顕微システムの点拡がり関数 (PSF) に相当すると考えられる (図 2)。図 3 に、PSF を用いた画像処理の手続きを示す。得られた蛍光画像 (a) に対して PSF を用いて逆畳み込み積分を施すと、光格子中における原子位置を推定することができ、そこから光格子の位置も

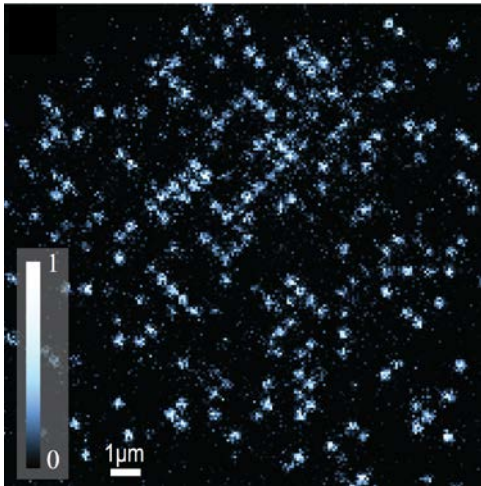


図1 光格子中に捕捉された原子の蛍光画像 (raw data)

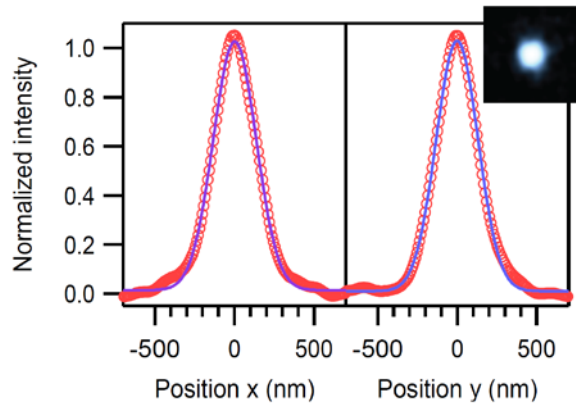


図2 原子からの蛍光を平均した結果。グラフは、直交する軸方向の中心を通る強度分布。

推定出来る (b)。横軸に各サイトにおける蛍光強度を、縦軸に対応するサイト数をとって頻度分布を表すと (d) のようなダブルピークが得られ、各サイトにおける原子の有無が判定可能であることが理解される。適切な閾値をもうけて各サイトの原子の有無を表示したのが (c) である。統計処理を通して我々のシステムのパフォーマンスを評価したところ、サイトに原子が存在しないとき、これを判定できる確率は99%以上、サイトに原子が存在するとき、これを判定できる確率は92%であることがわかった。これらの値は超流動-Mott 絶縁相転移を代表とする各種物性を評価する上で十分な値であり、これをもってYb原子に対する量子気体顕微鏡を、世界で初めて実現することが出来たと判断した[3]。

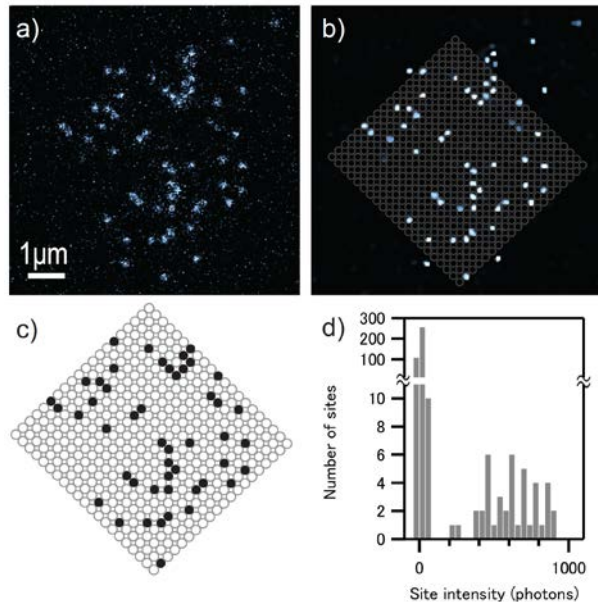


図3 (a) 蛍光画像、(b) PSF を用いた原子位置の推定結果、(c) 原子の有無を判定した結果、(d) 各サイトにおける蛍光強度の頻度分布

参考文献：

- (1) D. Chen, M. White, C. Borries and B. DeMarco, *Phys. Rev. Lett* **106**, 235304 (2011).
- (2) W. S. Bakr, J. I. Gillen, A. Peng, S. Folling and M. Greiner, *Nature* **462**, 74 (2009).
- (3) M. Miranda, R. Inoue, Y. Okuyama, A. Nakamoto and M. Kozuma, *Phys. Rev. A* **91**, 063414 (2015).

A02 非平衡系におけるリズム的な時空間パターンのダイナミクスと制御

東京工業大学大学院情報理工学研究所 中尾裕也

非平衡散逸系の時空間パターンは、流体现象、化学反応現象、生命現象などを主な題材として、活発に研究されている。特に、リズム的な時空間パターンの形成は、非平衡状態にある流体系や化学反応系、生命現象等に幅広く観察される一般的性質であり、実世界の様々な系に普遍的に観察され、重要な機能的意義を持つこともある。一般に、それらの系は反応拡散方程式や流体方程式に代表される非線形偏微分方程式によってモデル化されることが多く、その解析的な扱いは難しい。しかし、いくつかの限られた状況では、系を低次元の常微分方程式に系統的に近似して詳しく解析することができ、そのような手法は一般に縮約理論と呼ばれる。本研究の目的は、リズム的な時空間パターンに対して一般的に適用可能な位相縮約理論を構築することと、構築した理論を非平衡パターンに適用して、そのダイナミクスと応答特性を明らかにし、効果的な制御法などを提案することであった。

平成 26 年度の研究では、従来の低次元力学系の非線形振動に対する位相縮約理論[2]を、無限次元の力学系である反応拡散系のリズム的な時空間パターン[1]や、Hele-Shaw セル中の流体の振動的熱対流に対して拡張できることを示し、それらの系の同期現象などを議論した。例えば、空間分布した化学反応系を記述する典型的なモデルである反応拡散系は、時刻 t での空間の各点 \mathbf{r} における複数の化学物質の濃度の組を $\mathbf{X}(\mathbf{r}, t)$ 、拡散定数の行列を D として

$$\frac{\partial}{\partial t} \mathbf{X}(\mathbf{r}, t) = \mathbf{F}(\mathbf{X}(\mathbf{r}, t), \mathbf{r}) + D \nabla^2 \mathbf{X}(\mathbf{r}, t) + \mathbf{p}(\mathbf{r}, t)$$

と表される。ここで $\mathbf{p}(\mathbf{r}, t)$ は系に与えられる弱い摂動を表す。この偏微分方程式が摂動を受けていない状況において安定なリミットサイクル振動解 $\mathbf{X}_0(\mathbf{r}, t)$ を持つときに、このリミットサイクルとその吸引領域に、系の空間パターンの位相を与える汎関数 $\Theta\{\mathbf{X}(\mathbf{r}, t)\}$ を導入することによって、弱い摂動を受けて発展する空間パターンの位相 $\theta(t) = \Theta\{\mathbf{X}(\mathbf{r}, t)\}$ のダイナミクスを

$$\frac{d}{dt} \theta(t) = \omega + \int \mathbf{Q}(\mathbf{r}', \theta(t)) \cdot \mathbf{p}(\mathbf{r}', t) d\mathbf{r}'$$

という位相 1 変数のシンプルな縮約方程式で近似的に記述できる。ここで ω は振動数で、 $\mathbf{Q}(\mathbf{r}, \theta)$ は位相感受関数と呼ばれ、元の反応拡散系のリミットサイクル解に関する線形化随伴方程式の周期解として得られる。これは微小摂動が系の非線形振動の長時間後の位相にどのような変化を及ぼすかを定量化するもので、位相縮約理論における本質的な量である。

平面上の 2 成分の反応拡散系の例として、FitzHugh-南雲モデルのリミットサイクル解であるスパイラルパターンとその位相感受関数の例を図 1 に示す。スパイラルコア付近で摂動に対するパターンの感受性が高いことが分かる。図 2 にこの結果を用いてふたつのスパイラル解の同期現象を解析した例を示す。この場合、系は同相同期状態と逆相同期状態の双安定となっており、初期条件によりいずれかが選択される。同期状態に至るパターンのダイナミクスは、縮約された位相方程式によって定量的に予言することができる[1]。

平成 27 年度の研究では、同様の考え方に基づく流れ場の非線形振動の解析を目的として、格子ボルツマン法によって記述される流れ場の非線形振動に対する位相縮約法を発展させた。流体系の典型的な非線形振動現象として、流れ場中に置いた障害物によって生じる周期的なカルマン渦列を対象とし、その摂動に対する位相感受関数を求めて位相方程式を導出し、これを用いて周期的な外力による流れ場の同期現象を解析した。格子ボルツマン法のアルゴリズムが決定論的な力学系と見なせるという性質を利用して、周期的なカルマン渦列に対応するリミットサイクル振動状態にある格子ボルツマン系に対して、その位相感受関数を与える随伴方程式を導出し、これを数値的に解くことによって位相感受関数を求めた。数値計算により系の流れ場に摂動を与えて直接測定した位相応答関数との比較も行い、随伴方程式から得た位相感受関数の妥当性を確認した。これにより、弱摂動を受ける周期的なカルマン渦列についても位相縮約できることが分かった。図 3 に流れ場の様子のスナップショットを、図 4 に対応する位相感受関数のスナップショットを示す（これらの計算結果は共同研究者の戸丸洋輔氏によって得られたものである）。この位相感受関数を用いて、スパイラルの場合と同様に、弱い周期外力によるカルマン渦列の同期現象などを定量的に議論できる。

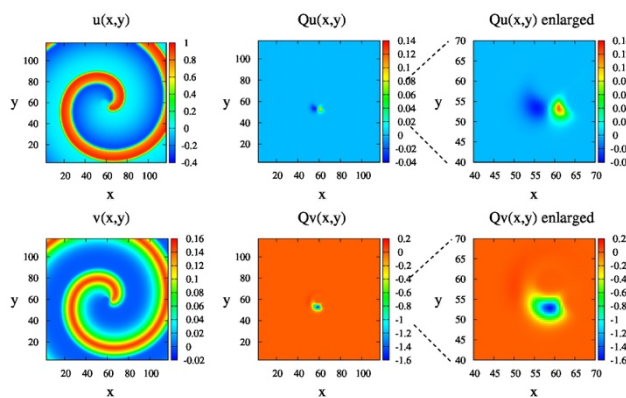


図 1. 反応拡散系のスパイラル解と位相感受関数

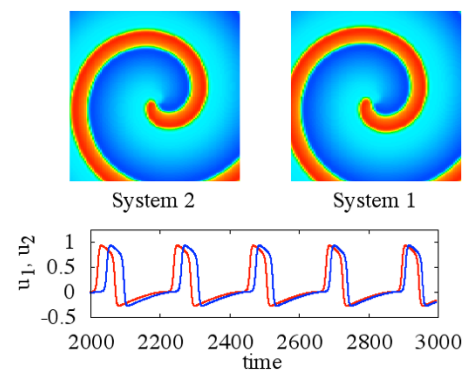


図 2. ふたつのスパイラルの同期現象

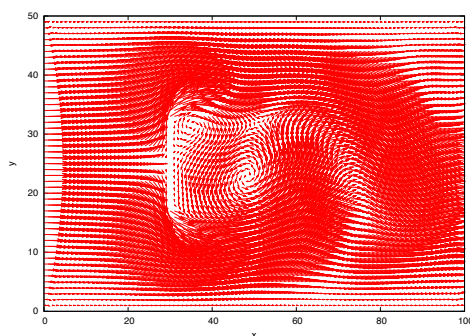


図 3. カルマン渦列の流れ場

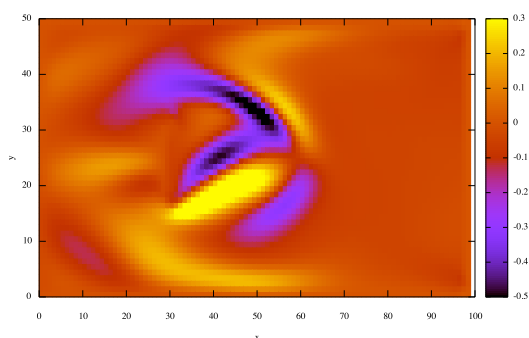


図 4. カルマン渦列の位相感受関数

参考文献：

- (1) Hiroya Nakao, Tatsuo Yanagita, and Yoji Kawamura, "Phase reduction approach to synchronization of spatiotemporal rhythms in reaction-diffusion systems", *Physical Review X* **4**, 021032 (2014).
- (2) Hiroya Nakao, "Phase reduction approach to synchronization of nonlinear oscillators", *Contemporary Physics* **57**, 188-214 (2016).

A02 量子凝縮系およびソフトマターにおける自己組織化現象に対する流れの影響の解明

お茶の水女子大学基幹研究院自然科学系 工藤和恵
名古屋大学工学研究科 川口由紀

ボース・アインシュタイン凝縮体は量子凝縮系の一つであるが、それにはスピン自由度を持つものがある。そのなかで強磁性相にあるもの（強磁性 BEC）では、従来の強磁性体に現れるのと同様な磁区パターンが観察されることがある。磁区パターン形成は、スピンによる自己組織化現象であるとも言える。強磁性 BEC には超流動的な流れが存在し、この流れの存在が、磁区パターンのダイナミクスに影響を与える。これは、従来の強磁性体とは決定的に異なる点である。たとえば強磁性体の場合は、常磁性相から強磁性相へクエンチすると、磁化の秩序構造が発生し、その特徴的なサイズが時間とともに増大する。そのドメイン成長の後期には、多くの場合、時間のべき乗に比例した成長則がみられる。強磁性 BEC においても、同様のドメイン成長がみられる。強磁性 BEC で磁気異方性がイジング模型的(easy-axis)な場合は、古典 2 成分流体の非常に粘性の小さい場合の成長則と一致する [1]。ところで、BEC の基礎方程式である Gross-Pitaevskii (GP) 方程式からいくつかの仮定と近似を用いて導出した流体方程式では、超流動的な流れが存在しない状況を数値的につくることのできる。流体方程式を用いて超流動的な流れが存在しない場合ドメイン成長を調べると、流れが存在する場合よりも成長が遅くなる。

磁気異方性が XY 模型的(easy-plane)な場合は、スピン渦の構造と超流動的な流れが密接に関係しており、状況は複雑である。渦の構造と渦の周りの流れの組み合わせが多数あるうえに、それらが時間変化するからである。本研究では、磁気異方性が XY 模型的な場合にも、イジング模型的な場合のように普遍的なドメイン成長則があるのかどうか、またあるとすればどのような条件でそれが成り立つのかを明らかにするために研究を進めた。

強磁性 BEC では、スピン自由度と質量流（超流動的な流れ）の相互作用によって、渦がいくつかの種類に分類される。たとえば、スピン渦の巻数も質量流の循環も ± 1 の場合は渦芯でも磁化が残る。このような渦を Mermin-Ho 渦 (MHV) と呼ぶ。MHV はスピン渦の構造だけ見れば従来の強磁性体と同様である。しかし、質量流の循環も考慮すると、(循環, 巻数) = (+, +), (-, -), (+, -), (-, +) の 4 種類の渦に分類され、循環も巻数も互いに異なる渦同士が対消滅できる (図 1)。つまり、対消滅できる渦のグループが 2 つ存在することになる。

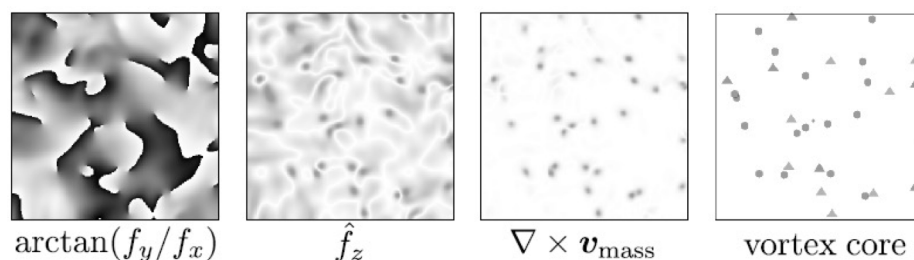


図 1. 横磁化, 縦磁化, 質量流の渦度, 渦芯の位置. ●印の渦同士, ▲印の渦同士が対消滅する。

磁気異方性が XY 模型的な場合の磁区パターンの様子は、一見して古典 XY 模型での磁区パターンの様子と同じように見える。しかし、GP 方程式および流体方程式による数値シミュレーションの結果から、ドメイン成長則は、古典 XY 模型のものとは異なることが示された [2]。また、流体方程式を用いた、質量流が存在しない場合の数値シミュレーションでは、古典 XY 模型の場合と同じドメイン成長則に従うことが確認された。イジング模型的な場合と同様に、ドメイン成長の速さは、質量流が存在する場合と比べて存在しない場合のほうが非常に遅い。逆に言えば、強磁性 BEC では超流動的な流れによってドメイン成長が促進される。超流動的な流れのもう一つの効果は、対消滅できる渦のグループが 2 つできることである。異なる 2 つのグループが同じ空間に存在することで、従来の成長則が適用できなくなる。異なるグループに属する渦とは対消滅できないという仮定の下で成長則を補正すると、数値シミュレーション結果が、補正された成長則に従う [2]。

本研究課題のもう一つの柱であるソフトマターの系における自己組織化現象に関しては、高分子溶液である塗料を乾燥させた場合の不均質な塗膜の形成に注目して研究を進めた。予備的な実験として身近な塗料（マニキュア）の液滴を、プラスチック基板およびガラス基板上に落として、その乾燥パターンを観察した。ガラス基板上の液滴には表面の形状に変化がほとんどなかったのに対して、プラスチック基板上の液滴には、表面にシワができていたのが観察された。この現象を再現するための簡潔な数理モデルを考案し、数値シミュレーションでシワの発生を再現した。（ただし、この実験でプラスチック基板上の液滴にシワができたのは、基板が溶けた結果であることが、研究期間後に明らかになった。）

本研究では、高分子液滴の乾燥シミュレーションの研究 [3] を参考にして、数理モデルを考案した。液滴表面に現れるパターンは、液滴表面の擾乱が成長することによって起こる。流れの効果が大きければ、その擾乱を抑制するように溶液が流れることでシワの発生が防げるだろう。反対に、流れの効果が効きにくければ、その擾乱が成長してシワが発生することになると考えられる。実際に、実験で使ったガラス基板とプラスチック基板の濡れ性を調べたところ、ガラス基板は非常に濡れやすく、プラスチック基板は濡れにくい性質を持っていた。すなわち、溶液の流れの効果は、ガラス基板では効きやすく、プラスチック基板では効きにくいと推測された。本研究で考案した数理モデルでは、移流項の係数に基板表面の性質を反映させることができる。数値シミュレーションでは、その係数を変化させることでシワの発生の有無を制御できることを示した。

参考文献：

- (1) K. Kudo and Y. Kawaguchi, Phys. Rev. A **88**, 013630 (2013).
- (2) K. Kudo and Y. Kawaguchi, Phys. Rev. A **91**, 053609 (2015).
- (3) M. Kobayashi, M. Makino, T. Okuzono, and M. Doi, J. Phys. Soc. Jpn. **79**, 044802 (2010)

A02 スピノル・ボース・アインシュタイン凝縮におけるトポロジカル欠陥のダイナミクス

京都大学大学院理学研究科 小林未知数

本研究の目的はスピノル・ボース・アインシュタイン凝縮体（スピノル BEC）に現れる多種多様かつ非自明なトポロジカル欠陥が引き起こすトポロジカル欠陥が引き起こす新奇なダイナミクスを模索し、その普遍的な性質を理解することである。本研究では特に 2 つのテーマに着目して研究を行ってきた。1 つは量子渦によって引き起こされると考えられているベレジンスキー＝コステリッツ＝サウレス転移（BKT 転移）とスピノル BEC に現れる量子渦のトポロジーとの関係の解明、もう 1 つは量子乱流と構成要素である量子渦、あるいは別種のトポロジカル欠陥のトポロジーが引き起こす新奇な統計性の探索である。

BKT 転移は量子渦などのトポロジカル欠陥によって引き起こされる相転移として、超流動ヘリウムにおける研究を先駆けに古くから研究されてきたが、量子渦のトポロジーと BKT 転移との正確な関係は未だによく分かっていない点が多い。スピノル BEC は、外部磁場やスピンの依存する相互作用の大きさによって、多種多様なトポロジー的性質を持つ量子渦が現れるため、この問題を究明するための絶好の系であるといえる。今回は磁場による 2 次ゼーマン項を持つスピン 1 のスピノル BEC に焦点を当て、2 次ゼーマン項、およびスピン依存する相互作用項の大きさを変えることによって 7 種類の相：(i) ゼロ磁場強磁性相、(ii) 有限磁場強磁性相、(iii) Broken-axisymmetric 相、(iv) ゼロ磁場ポーラー相、(v) 有限磁場ポーラー相、(vi) 反強磁性相、および対応する量子渦：(i) Z_2 渦、(ii) 磁壁と共存する整数質量渦、(iii) 整数質量渦と整数スピン渦、(iv) 半整数質量渦と Z_2 スピン渦、(v) 整数質量渦、(vi) 半整数質量渦と半整数スピン渦、が実現する。この中で (v) 以外はすべて通常の超流動系とは異なる性質を持っている。これらすべての相に対して BKT 転移の性質を調べたところ、(i) BKT 転移が起こらない、(ii) 質量 BKT 転移と自発的対称性の破れを伴う磁性相転移がほぼ同時に起こる、(iii) 質量 BKT 転移とスピン BKT 転移が異なる転移温度で起こる、(iv) 通常の BKT 転移と異なる普遍性クラスを持つ質量 BKT 転移のみが起こる、(vi) 質量 BKT 転移とスピン BKT 転移が同時に起こる、という結果を得た。これらは量子渦のトポロジーを反映した結果であるといえる反面、質量部分とスピン部分の両方に対して BKT 転移や秩序構造の可能性が示唆されるなど、非常に新しい結果である。

量子乱流は量子渦を構成要素とする、超流動流体によって実現される乱流状態であり、時間空間的に非常に複雑な量子渦構造を持つ。近年の研究により、液体ヘリウムのような単純な超流動系において、古典流体とのアナロジーが成り立つことが示されている反面、スピノル BEC では多種多様なトポロジカル欠陥が現れるため、新奇な量子乱流が期待される。私は面欠陥（磁壁）、線欠陥（量子渦）、点欠陥（モノポール）の 3 つの欠陥に着目し、それぞれがトポロジカルな相互作用をするスピノル BEC の相を考え、その乱流状態を調べた。トポロジカルな相互作用とは、トポロジカル欠陥が持つトポロジカルチャージの非可換性であり、本研究では (i) 磁壁と量子渦が非可換となるスピン 1 強磁性相、(ii) モノポールと量子渦が非可換となるスピン 1 ポーラー相、(iii) 量子渦同士が非可換となるスピン 2 サイクリック

相の量子乱流状態を調べた。(i)ではバルクに存在する量子渦が磁壁上にのみ存在できる別種の量子渦へと分裂するブレインソリトン構造が現れ、磁壁上の回転流を与える。その結果、バルクに存在する3次元的な量子乱流と、磁壁上に存在する2次元的な乱流状態が共存するような複合乱流が観測された。(ii)ではモノポールが量子渦輪へと変形することによって、量子渦が乱流中で従来持つ統計性を激しく乱すことが分かった。(iii)において現れる量子渦は非可換量子渦と呼ばれ、量子渦同士が衝突することにより、乱流中においてほぼすべての量子渦が繋がった大規模ネットワーク構造を形成することが分かった(図1)。また乱流中において従来観測されるはずのエネルギーのカスケードが観測されず、一方でヘリシティと呼ばれる別の物理量のカスケードが観測された。その原因として、通常2次元の乱流でしか起こらないはずのエネルギーの逆方向へのカスケードがあることが分かった。

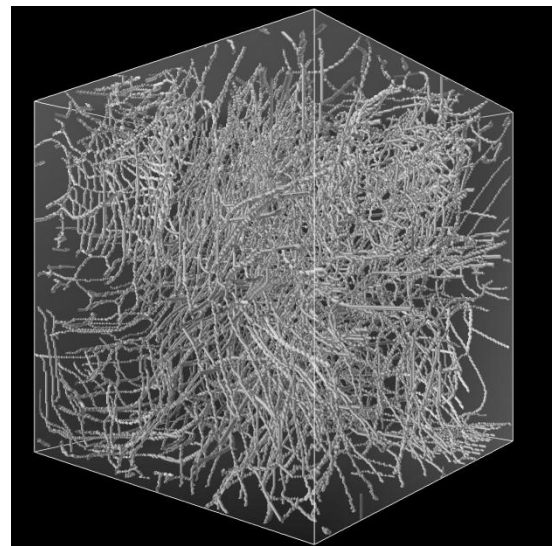


図1：非可換渦によって構成される量子乱流のスナップショット。蜘蛛の巣のようにほぼすべての渦が絡まって繋がっている

参考文献：

- (1) M. Kobayashi, M. Eto, and M. Nitta, arXiv:1802.08763.
- (2) M. Kobayashi and L. F. Cugliandolo, Phys. Rev. E **94**, 062146 (2016).
- (3) M. Kobayashi and L. F. Cugliandolo, Europhys. Lett. **115**, 20007 (2016).
- (4) M. Kobayashi and M. Ueda, arXiv:1606.07190.

A02 冷却原子を用いた非平衡孤立量子系の制御と前期熱化の研究

京都大学大学院理学研究科 高須洋介

京都大学大学院理学研究科 高橋義朗

孤立量子系における熱平衡化の問題は、量子統計力学の基礎にかかわる最重要問題の一つとして、非常に注目を集めている研究テーマであり、主に理論的側面から国内外で活発に議論されてきた。一方、孤立した量子多体系というものは、対応する実験系が存在しなかったため、極限まで理想化した思考実験の対象物であった。計算技術が発達した現代にあっても、量子多体系の非平衡ダイナミクスの研究は数値計算によるシミュレーションが困難な問題の一つとして知られており、様々な挑戦が続けられている。

近年、レーザー冷却された原子集団が孤立量子多体系として注目を集めている。レーザー冷却法および蒸発冷却法により、 10^5 個程度のマクロな数の原子集団を量子縮退近傍までに冷却させることが可能である。原子集団は、超高真空中にレーザー光により閉じ込められていて、外界とは直接接触しておらず、まさに、「マクロで理想的な孤立量子多体系」が実現されている。また、冷却原子系では、実験の各種パラメーターの自由度が大きく、空間・時間の様々なパラメーターを様々に変化させることで、興味ある量子系を様々に模倣することが可能である。また、量子多体系が時々刻々と変化する様子を直接的に観測することも可能である。このような量子シミュレーションと呼ばれる研究テーマが実験面・理論面の両面から大きな興味を集めている。

本研究では、冷却原子を用いて、量子非平衡系を構築することを目的として開始した。空間の次元性や、さらには原子同位体を変えることにより、可積分系、またはそれに近い系を構築して、量子状態の制御と前期熱化的な振舞いの観測を目指して実験的研究を行っている。具体的な研究対象として、光格子中にボソンである ^{174}Yb 原子を断熱的に導入し、モット絶縁体状態を初期状態として用意する。その後、光格子の深さを急激に下げた(クエンチ)後の系のダイナミクスを対象として研究を行った。

平成 28, 29 年度の成果としては、我々が中心となって発案・実行した冷却原子気体の運動エネルギー・相互作用エネルギーの直接測定、および運動量項、相互作用項の熱力学量であるアンサンブル平均を実験的に直接観測を通じた非平衡ダイナミクスの研究がある(1)。光格子中のボース原子は、ボースハバードハミルトニアン

$$H = -J \sum_{\langle i,j \rangle} \hat{a}_i^\dagger \hat{a}_j + \frac{U}{2} \sum_i \hat{a}_i^\dagger \hat{a}_i^\dagger \hat{a}_i \hat{a}_i + \sum_i (V_i - \mu) \hat{a}_i^\dagger \hat{a}_i$$

に従うことが知られている。ここで、第一項はサイト間のホッピングを表す運動項、第二項は同一サイトにある複数原子による相互作用項、第三項は原子の閉じ込めのトラップポテンシャル項である。

ボース凝縮まで冷却された ^{174}Yb 原子を光格子に断熱的に導入し、モット絶縁体状態を初期状態として用意する。光格子の深さを急激に下げ(クエンチ)、その後光格子の深さを一定に保つ。系は徐々にモット状態から変化していく。飛行時間計測法による原子の擬運動量分布の観測から原子団の運動エネルギーを測定した。さらに、我々の開発した技術である、原子団の超高分解能分光法や光会合法により、相互作用エネルギーのアンサンブル平均を測定し

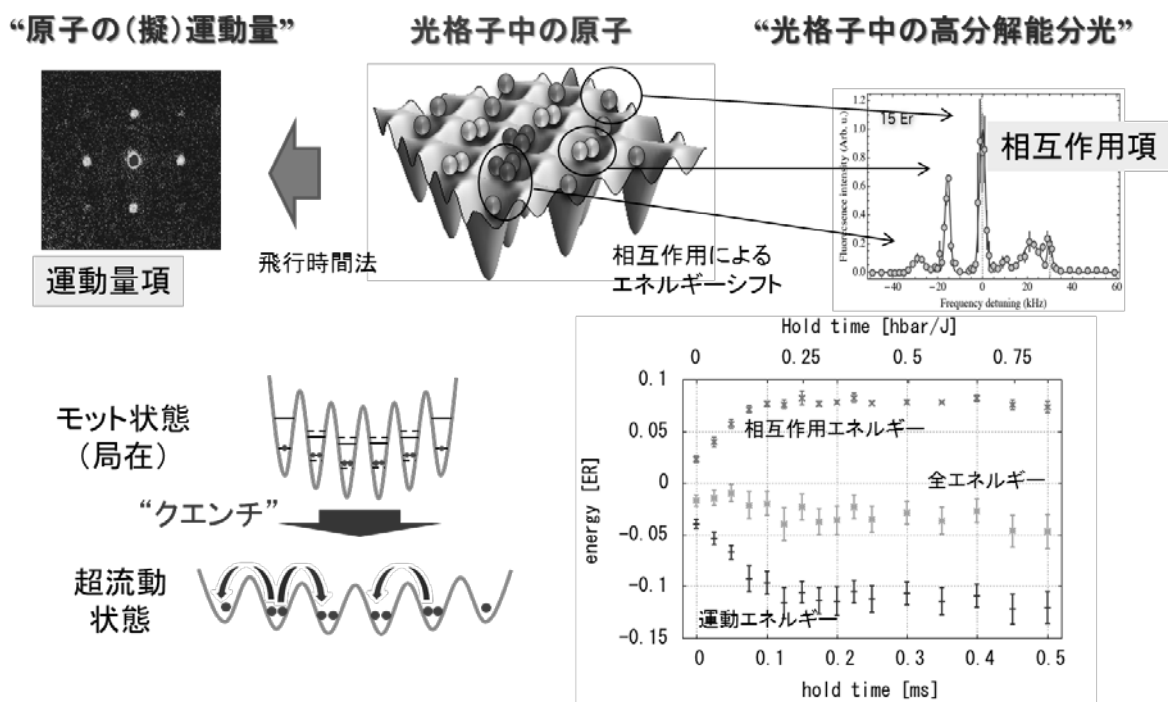


図1. モット状態から超流動状態へのクエンチ後の運動エネルギーと相互作用エネルギーの時間発展 (3次元の場合)

た。その結果、相互作用エネルギーが増大し、運動エネルギーが減少し、原子のホッピング時間程度での運動エネルギー・相互作用エネルギーの再分配を観測することができた。特に原子集団の拡がりがないとみなせる時間領域の場合には運動エネルギー、相互作用エネルギーのアンサンブル平均の和から系の全エネルギーを計算することができ、その和は時間によらず一定であった。これは孤立量子多体系であるため、エネルギー保存則の反映による結果である。同時に我々の新規に開発した、原子団の運動エネルギー、相互作用エネルギーのアンサンブル平均の測定方法の妥当性を検証していると考えている。

また、飛行時間法による画像から非局所的な原子間相関のアンサンブル平均を求める方法を独自に開発し、クエンチ後の時間発展を観測した。モット相からモット相へのクエンチにおいて、1次元系および2次元系において非局所原子間相関はクエンチ後にある一定速度で弾道的に広がっていくことを見出した。

さらに、これらのエネルギー、および非局所的相関の時間発展は、共同研究者らによる数値計算結果と定量的によく一致しており、我々の実験系がまさに量子シミュレーターとしても有用であることを示すことができた。

冷却原子系以外での量子系と比較しても、このような孤立量子多体系で、運動エネルギー、相互作用エネルギーを別個に測定すること、および非局所的相関の時間発展を直接観測することが出来たのは我々の把握する限りではなく、意義高い結果であると自負している。今後は、可積分系である1次元フェルミハバード系などへの応用も行っていきたいと考えている。

参考文献：

- (1) Y. Takasu et al, 投稿準備中

A03 アクティブフィラメントの運動の多階層モデリング

東北大学大学院理学系研究科 内田就也

本研究課題および平成 26, 27 年度研究課題「低レイノルズ数における自己駆動素子の流体効果による集団運動」の成果を報告する。これらの課題ではべん毛や繊毛、バクテリアなどアクティブなフィラメント状物体の集団運動を、流体力学的効果を中心に、異なる時空間スケールにおいて理論的に記述することを目的とした。研究テーマと成果は以下の通りである。

・ バクテリアカーペットにおける集団相転移 (1)

固体基板上に接着したバクテリアの単層膜 (バクテリアカーペット) において流体力学相互作用によって自発的に方向秩序が形成される現象のモデル化および実験的検証を、国立中央大学 (台湾) の Wei-Yen Woon 教授のグループと共同で進めた。単一べん毛を持つ *V. alginolyticus* の変異株からなるカーペットについて、研究代表者らが先に考案した平面回転子モデル (レビューは (2)) の予測と比較することによって、平均場的な相転移挙動を確認し、秩序相におけるドメインサイズを推定した。また不純物として野生株を混入した 2 成分カーペットにおいて、不純物比率が低い領域では相転移点 (Na^+ イオン濃度) が上方にシフトし、高い領域では秩序変数のプラト一値が下がることを見出した (1)。次に、基板垂直方向の集団的な流れを説明するため、3 次元的方向自由度を持つ回転子モデルを開発した。べん毛を複数のアクティブ球の直列鎖として表現することにより、排除体積効果と自己配向効果 (基板付近で水流を生成するべん毛は、流体抵抗の異方性によって基板に平行になる) を導入した。またべん毛フックの弾性と初期配向を考慮することによりクエンチド・ランダムネスの効果を導入した。3 次元流動パターンを数値計算により解析し、基板面内方向に整列した配向ドメインが形成されること、およびドメイン境界において垂直方向の流れが生じることを示した。また秩序相におけるドメインサイズとべん毛フックの弾性係数に負の相関があることを示した。

・ バクテリア乱流中のコロイドの集団運動 (3)

バクテリア懸濁液中に分散したコロイド粒子の集団運動のモデル化および数値シミュレーションをデュッセルドルフ大学 (ドイツ) の Hartmut Löwen 教授と共同で進めた。バクテリア乱流を記述する Toner-Tu 型の流体力学方程式を、スムーズ・プロファイル法によりコロイド粒子の密度場と接続して、アクティブ流体・コロイド分散系に対する高速な数値解析手法を確立した。アクティブ乱流によって突き動かされるコロイド粒子の表面では、すべりなし境界条件によって渦が生成されるため、パッシブ粒子の添加によってアクティブ乱流が増強されることを見出した。粒子密度が低い場合は粒子表面とバルク乱流相の間で大きな流速勾配が生じる結果、粒子表面近傍で渦度がピークを持ち、高密度領域では粒子間隙において渦度が抑制される結果、平均渦度は粒子密度に対して非単調な依存性を示すことが分かった。またアクティブ渦が誘起する粒子の回転によって粒子ペアの間隙に非対称な渦度分布が生じ、それによって粒子間に有効的な流体力学的引力が働くことを示した。この有効引力によって粒子はクラスターを形成する。またこの有効引力は、粒子間隙距離ゼロではゼロとなる非単調な距離依存性を示す。さらにバクテリア懸濁液・固体境界での流体力学的境界条件について既存の実験結果を整理し、バクテリアのアスペクト比が小さいときにはすべりなし条件が妥当であることを見出した。

・ バクテリアの走化性による集団運動 (4)

走化性物質を分泌して他の個体を引き付ける性質 (自己走化性) によるバクテリアの凝集について、排除体積による整列効果を取り入れたモデルを開発した。ラン・アンド・タンブル運動を行うバクテリアを格子上をランダムウォークする極性粒子として表し、走化性物質の拡散場と結合して、濃度の時間差検知による走化性のモデルを作成した。またこの確率モデルのマスター方程式を粗視化することで古典的な現象論モデル (Keller-Segel 方程式) を再導出した。次に格子点の排他的占有ルールおよび隣接粒子とのネマティック相互作用を

導入して、数値計算によってクラスター形成のダイナミクスを解析した。最大クラスターサイズは走化性パラメーターの関数として不連続な転移を示す。ネマティック相互作用の効果によって凝集は阻害、遅延される傾向を持ち、形成されたクラスターは伸長して直進運動する。またクラスター内部は極性秩序を持つ配向ドメインと位相欠陥からなることを示した。

・ アーキアのべん毛を用いた遊泳 (5)

アーキア *H. salinarum* のべん毛を用いた遊泳について、学習院大学の西坂崇之教授 (A03 班) の実験グループと共同して流体力学的モデルを開発した。量子ドットを添加したべん毛らせんおよび菌体の蛍光顕微観察により、菌体の歳差運動を伴う特徴的な遊泳パターンが明らかになった。抵抗力理論を用いてべん毛らせんと菌体の粘性抵抗係数を決定し、形状パラメータおよびモーター周波数の測定値をもとに数値解析によって遊泳パターンを再現した。得られた重心速度および歳差運動の角速度は実験結果とよい一致を示した。また、モーターがステップ回転することを示して単位ステップあたりの ATP 消費量から推定されるエネルギー注入率と、流体粘性によるエネルギー散逸率の比から、遊泳におけるモーターのエネルギー効率を約 6-10% と決定した。これらの結果はアーキアの運動メカニズムが巨視的にはバクテリアとの類似性を持つ一方、モーターの機構においては大きく異なることを示す。

・ マウス気管繊毛のビーティング運動 (6)

繊毛ビーティング運動の定量的解析のため、西坂崇之教授 (A03 班) のグループと共同で、単離してガラス基板上に接着したマウス気管繊毛の 3 次元トラッキングデータを用いて、その流体力学および弾性的性質を解析した。剛体円筒とみなした繊毛の粘性抵抗係数を抵抗力理論により求め、ビーティング運動の 1 周期における粘性抵抗力の時間変化から、有効打と回復打における駆動力のピーク形状を決定した。またビーティング運動による流量を計算し、既存 *in vivo* 測定によって求められた繊毛集団が作る流量と比較した。次に繊毛の曲率データから、繊毛の曲げ弾性定数および基板との接着部の弾性定数を推定した。これらにより繊毛ビーティング運動の力学的特性を従来にない高い精度で決定することができた。

・ 光駆動コロイドの同期現象 (7)

駆動力を粒子の位置 (位相) の関数として自由に制御できる光駆動コロイド粒子系を用いて、研究代表者らが以前提案した繊毛の回転子モデル (2) の実験的検証を、ケンブリッジ大学の Pietro Cicuta 教授らのグループと共同で行った。各コロイド粒子はレーザーツイーザーに誘導されて円軌道上を回転し、その位置をほぼリアルタイムでツイーザーの焦点移動速度にフィードバックすることで、駆動力をその瞬間の粒子位置 (位相) の関数とした。駆動力プロファイルが第 2 次変調成分のみを持つ場合について、2 粒子系の同期パターンを変調の振幅、位相遅れの関数として解析し、同期ダイナミクスを記述する有効ポテンシャルを実験データから再現し、理論的予測との定量的な一致を示した。有効ポテンシャルは駆動力の変調に起因する部分、粒子の動径方向の弾性変位に依存する部分、それらの交差効果の 3 つの成分を持つ。このうち駆動力の変調は位相遅れの値によって同位相または逆位相同期を誘起するのに対して、弾性変位はつねに同位相同期を誘起する傾向を持つことが分かった。

参考文献：

- (1) Y.-T. Hsiao, K.-T. Wu, N. Uchida, and W.-Y. Woon, *Appl. Phys. Lett.* **108**, 183701 (2016).
- (2) N. Uchida, R. Golestanian, R. R. Bennett, *J. Phys. Soc. Japan* **86**, 101007 (2017).
- (3) N. Uchida and H. Löwen, talk 22pJ16-8 at JPS 2017 Autumn Meeting (2017).
- (4) G. Kim and N. Uchida, poster PA208 at SFS2017 International Symposium, Sendai (2017).
- (5) Y. Kinoshita, N. Uchida, D. Nakane, and T. Nishizaka, *Nature Microbiology* **1**, 16148 (2016).
- (6) T. A. Katoh, K. Ikegami, N. Uchida, T. Iwase, D. Nakane, T. Masaike, M. Setou, T. Nishizaka, *Sci. Rep.* **8**, 15562 (2018).
- (7) A. Maestro, N. Bruot, J. Kotar, N. Uchida, R. Golestanian, P. Cicuta, *Commun. Physics*, **1**, 28 (2018).

A03 細胞組織の動力学の理解へ向けた自己駆動粒子の集団運動の解析

東北大学 材料科学高等研究所 (WPI-AIMR) 義永 那津人

細胞組織では、個々の細胞が自発的に運動・変形しながら集団で構造を形成し機能をコントロールしている。細胞運動は生体分子の協同性から生まれる非常に複雑な現象であり、一細胞の運動であっても、その理論的理解に向けて解決すべき点が多く残されている。一方で、自発的に運動する物体の集団に注目すると、個々の物体の個性は重要ではなくなり、ある種の普遍的な集団運動が実現されることが期待される。Vicsek モデルやアクティブブラン粒子と呼ばれるモデルは、粒子ベースの理論モデルの代表例であり、非常に簡単でありながら様々な集団運動を再現し、また、少なくとも定性的には、多くの実験で見られる現象を説明することができるため精力的に研究が行われている[1]。

我々は、自発的に運動する粒子の中でも、周囲の流体の運動を伴うものに注目し理論的研究を行ってきた。各粒子が周囲の流体を駆動する *squirmers* や、非等方な化学反応によって自発的に粒子周辺に温度や濃度の勾配を作ることによって運動する自己泳動現象に注目してきている。前者は、例えば微生物の集団などの数理モデルとして知られており、後者はヤヌス粒子の運動のモデルになっている。これらのモデルでは流体力学的相互作用を考慮する必要があるが、そこには多くの困難を伴う。流体相互作用は、長距離力であり、多体相互作用であり、さらに、近距離で発散を伴う。そのため、流体中で粒子が運動する懸濁液のダイナミクスの理論的な解析は、数値計算であっても非常に困難である。我々は、流体相互作用の近距離で生じる大きな力に注目し、様々な粒子配置に対して系統的にこの相互作用を近似的に計算することによって、この近距離での相互作用が *squirmers* の集団配向に重要な役割を

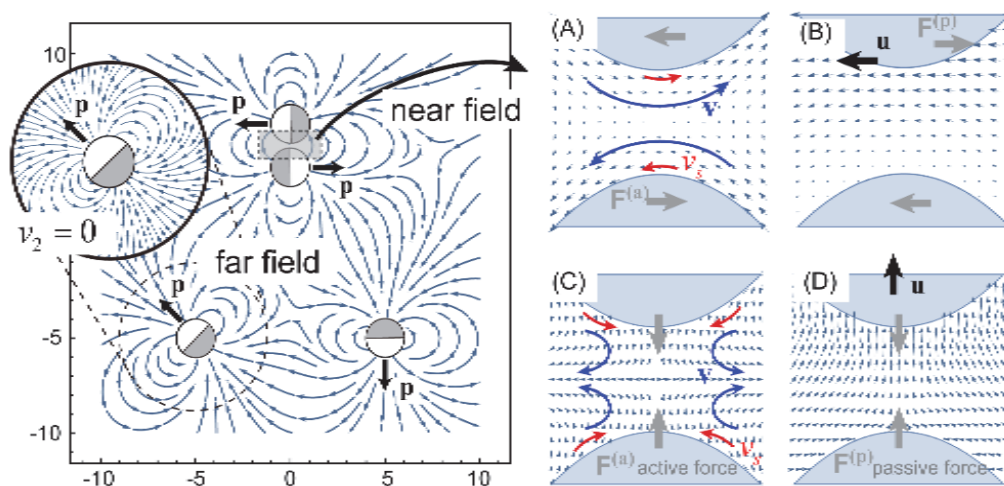


図1. 自己駆動粒子の周囲の流れ場と近距離での相互作用

各粒子の向きに応じて周辺に流れ場を生じ、粒子が孤立している場合には挿入図のような流れ場を周囲に作る。粒子間の距離が十分離れている場合には、この流れ場がゆがむことによって相互作用が生じるが、粒子間の距離が十分近い場合には、粒子間に方向に対して平行 ((C),(D)) か垂直 ((A),(B)) な運動に対して、アクティブな力 ((A),(C)) とパッシブな力 ((B),(D)) がバランスすることによって相互作用が決まる。

果たすことを明らかにした（図1）。また、近距離の流体相互作用のみを取り入れた簡略化モデルを提案し、排除体積相互作用が重要な役割を果たすことを明らかにした。さらに、二流体モデルを用いて、一様配向状態の実現が、流体の遮蔽効果によって生じることを連続体モデルの立場から議論した[2]。

また、千葉大学の北畑裕之氏と共同で、化学反応によって生じるマランゴニ効果で自己駆動される樟脳粒子の周りの化学物質の場の拡散係数が、流体の流れ場によって元の拡散係数よりも非常に大きくなることを理論的な計算によって示し、数値計算によってその正当性を確認した[3]。この結果は、これまで実験と理論との定量的な比較において不自然に大きな拡散係数が必要であったことの原因がマランゴニ効果による流れ場であることを示唆している。

最後に、慶応大学の藤原慶氏のグループと共同で、大腸菌の Min たんぱく質が膜面上で示す振動現象についての理論的研究を行った。膜面の MinD および MinE の濃度場と内部の濃度の双方を考慮したモデルを解析することによって、実験で見られる回転波、極の間を行き来する定在波を再現することができた。また、細胞内の濃度場のダイナミクスを断熱的に消去することによって、波の発生の条件を解析し、また、細胞の形状依存性について明らかにした（図2）。実験では球形のベシクルを用いているために進行波が出やすいが、実際の大腸菌のように細長い形状の場合には定在波がより安定になりやすいことを示すことができた。また、球状であっても、対称性を破って定在波を形成することが可能であることも明らかになった。これらの結果は実験結果と定性的に一致している。

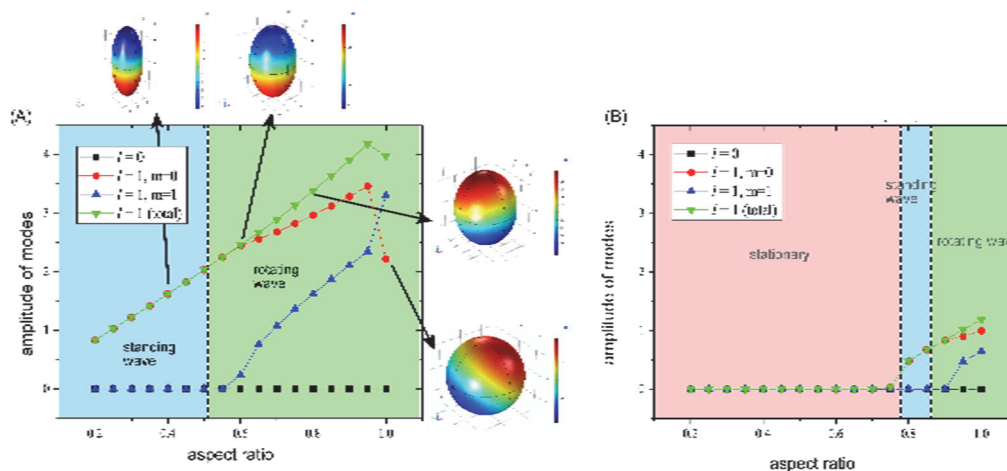


図2. Min たんぱく質が示す楕円体上での濃度場の振動現象

長軸が大きい場合(A)と小さい場合(B)を示す。アスペクト比を変えることによって、球に近い場合には球面上を回転する波が生じるが、形が細長くなるにしたがって二つの極の間を行き来する定在波が安定になる。サイズが小さい場合には、アスペクト比を変えることによって振動状態は消える。振動状態でのスナップショットを各点に示している。

参考文献：

- (1) N. Yoshinaga, *J. Phys. Soc. Jpn.* **86**, 101009 (2017).
- (2) N. Yoshinaga and T. B. Liverpool, *Phys. Rev. E* **96**, 020603(R) (2017).
- (3) H. Kitahata and N. Yoshinaga, *J. Chem. Phys.* **148**, 134906 (2018).

A03 自己成長するプロトセルの形態変化観察と物理学的解析

東京工業大学地球生命研究所 車兪激

本課題の目的

生命の最も特徴的な現象である自己複製を、ベシクル系を用いて再現する。これにより、膜の成長と分裂がどのような物理プロセスを経て成り立っているのかを理解する。具体的には、ベシクルの内部で脂質を合成し膜へ供給することで誘起される形態変化を観察する(図1)。

(1) 脂肪酸合成酵素 Fab の精製

Fatty acid binding protein (Fab) と呼ばれる8種類の酵素(FabABDFGHIZ)と Acyl carrier protein (ACP)、TesA を大腸菌から精製した。

(2) 試験管内脂肪酸合成

Fab 酵素と基質を混合し試験管内で脂肪酸合成を行なったところ、C16:0 をメインとする飽和脂肪酸の合成が LCMS により確認できた。しかしながら、脂肪酸合成反応は開始後約 10 分で停止した。また同じタイミングで反応溶液中に数十マイクロンサイズの凝集体が発生していることが顕微鏡により観察された。遊離脂肪酸は種々の酵素に結合し機能を阻害することが知られているため、合成産物である飽和脂肪酸がその高い melting point (MP: 液状化に必要な最低温度) から酵素に付着し活性阻害を起こしていると考えられる。そのため、より MP が低い不飽和脂肪酸を合成するため系の調整をおこなった。酵素の濃度比を調整した結果、C16:1 プロダクトの大きな増加と、初期状態では観察されなかった C18:1 プロダクトが確認できた(図2)。さらに嫌気的条件下で反応を行なったところ、C18:1 のみが約 50% 増加していることが観察された(図2)。これは酸素がないことで不飽和鎖の酸化が抑制されたためではないかと考えられる。定量的結果、約 60 μ M の脂肪酸が試験管内で合成された。脂肪酸合成効率を高め、ベシクル内部で十分量合成できるよう現在高度化を行なっている。

(3) 膜存在下における脂肪酸合成

細胞内では十分な鎖長に達した脂肪酸を直ちに細胞膜に組み込む機構を持っており、これにより細胞質への遊離を抑えていることが考えられる。これを再現するため、脂肪酸の局在場所となる人工膜リポソーム(直径 200nm)を調製し反応液に加えた。その結果、リポソームが無いものに比べて 1.5 倍合成量が増加した。また、反応後の凝集体形成も見られなかつ

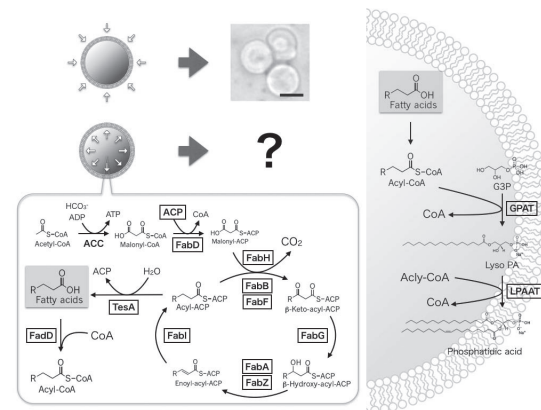


図1. 脂質を内部合成するベシクル

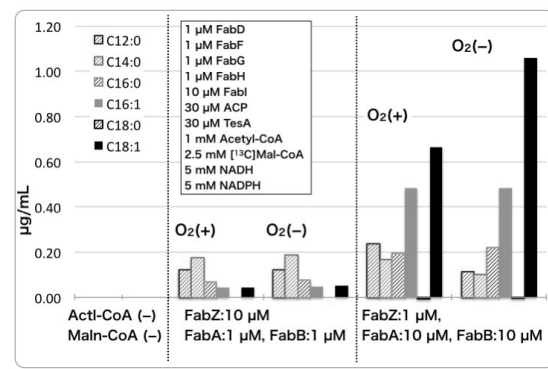


図2. 試験管内脂肪酸合成

た。このことから脂肪酸がリポソーム膜にトラップされ酵素阻害が軽減され、その結果合成量が上がったと考えられる。しかし反応時間は依然として10分程度であった。現在この原因について解析中である。

(4) Fab 酵素の細胞内局在

2017年4月10日から6月30日までイギリスニューカッスル大学の Jeff Errington 研究室に滞在し、細胞内における脂肪酸合成酵素の細胞内局在について研究を行なった。その結果上記(1)の Fab 酵素は細胞質内部に一様に蛍光が分布していた。また、脂肪酸の細胞膜への取り込みを促す酵素 PlsX・PlsY については細胞質膜と隔壁に強い蛍光が確認された。このことから、脂肪質のいたるところで合成された脂肪酸を膜表面上で PlsX・PlsY に受け渡し、効率よく膜挿入していることが示唆された。

(5) 外環境からの脂肪酸供給による膜の形態変化

2017年8月1日から10月6日までバーバード大学の Jack Szostak 研究室に滞在し、ベシクル外側から脂肪酸(オレイン酸)を供給することで起こる形態変化観察を行った。その結果、ベシクル内側に外液を取り込んだ娘ベシクルを形成するもの、または外側に形成するものが観察された(図3)。さらにベシクル内部に100 μ Mの脂肪酸を内封し直ちに観察したところ、脂肪酸の自発的な膜局在が観察された。この局在は温度を50度にあげたところさらに顕著になった(図3)。このことから内部で合成された脂肪酸は、遊離状態から自発的にベシクル膜へ移行すること、温度変化による膜の脂質流動性の上昇により移行が促進されることが示唆された。

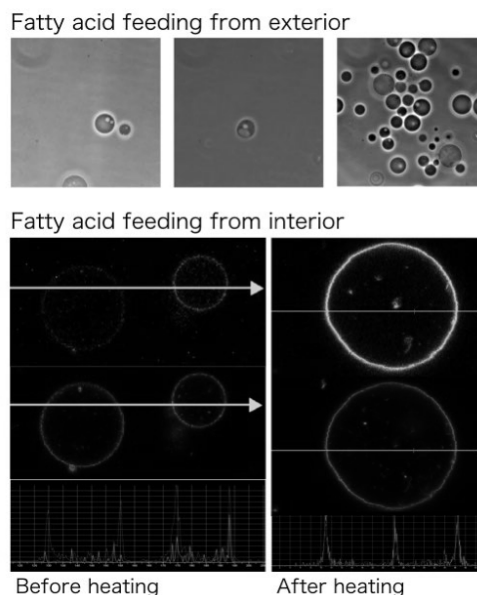


図3. ベシクル内外からの脂肪酸供給

(6) ベシクル内部での脂肪酸合成

ベシクル内部でタンパク質酵素を合成し、それにより機能を持たせたベシクルを作り出す手法を確立している(参考文献1-4)。この方法を用いて、合成後の脂肪酸を効率よくベシクル膜に組み込む機構(PlsX、PlsY)を構築する。すでに、DAN コンストラクトの調製を終わらせている。脂肪酸合成系の高度化と合わせ、ベシクル内部で脂肪酸を合成し膜挿入する人工細胞の構築を志す。

(1) T. Furusato, F. Horie, HT Matsubayashi, K Amikura, Y Kuruma, and T Ueda, *ACS Synth Biol.* (2018) in press.

(2) G. Rampioni, F. D'Angelo, M Messina, A. Zennaro, Y. Kuruma, D. Tofani, L. Leoni, P. Stano. *Chem Commun.* 54:2090-3 (2018).

(3) Y. Kuruma and T. Ueda, *Nat Protoc.* 10:1328-44 (2015).

(4) H. Matsubayashi, Y. Kuruma, T. Ueda, *Angew Chem Int Ed Engl.* 53:7535-8 (2014).

A03 進行度の異なる胃癌細胞の非平衡形状ゆらぎのエネルギー散逸

と対称性の破れ

京都大学 高等研究院 田中 求
 京都大学 高等研究院 山本 暁久
 京都大学 医学研究科 鶴山 竜昭

細胞組織は癌化に伴い細胞集団の集団秩序が乱れ、浸潤・転移を引き起こす。本研究では、従来型の遺伝学的・分子生物学的研究とは一線を画し、悪性上皮腫瘍であるヒトの胃腺癌において、個々の細胞の癌化に伴う分子レベルでの変質（接着分子の発現パターン変化など）と、細胞の非平衡形状ゆらぎ（自発変形）および運動（遊走）との競奏を定量的に明らかにする。

プロジェクト初期には本研究の根幹となるヒト胃腺癌細胞株（4種）の安定な継代培養を連携研究者（京都大学大学院医学研究科創薬医学講座・鶴山竜昭氏）の協力のもと確立した。細胞間相互作用のモデルとして接着分子 E カドヘリン、また細胞外基質との相互作用のモデルとしてラミニンを結合させた細胞微小環境モデルを構築した（図 1a）。生細胞と表面の接着面積やその形状ゆらぎ、重心の並進運動の定量解析は当グループの専門であるラベルフリーの反射干渉顕微鏡[1]（図 1b、連携研究者・山本暁久氏）を用いて行った。

第一の成果として、カドヘリンで機能化した表面上の接着は低分化型・転移性の細胞株について非常に弱いことが観測された。これはがん化自体がすでに細胞間の接着を著しく弱めることを示唆している。実際のがんの浸潤や転移においてはカドヘリンを介した接着から抜け出し、細胞外基質への接着を強めるのが理にかなっており、実際にそのような報告も過去にいくつか見受けられる。ゆえに以下ではラミニンで機能化した表面での結果を示す。

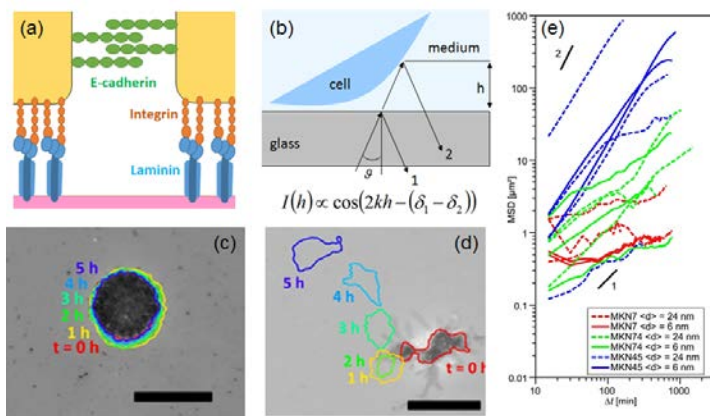


図 1 (a) 細胞間・細胞基質間の接着の模式図、(b) 反射干渉顕微鏡の原理、(c) 高分化型と(d) 低分化型がん細胞の基板接着面の時間発展(e) がんの進行度に対する平均二乗変位の比較 (bar: 20 μm)

図 1c に高分化型細胞(健常に近い)、図 1d に低分化型細胞(がん進行度が高い)の接着面輪郭の時間発展を示す。高分化型がほぼ丸い形を維持し動かないのに対して低分化型の細胞は顕著な変形と遊走を行った。図 1e に示すように平均二乗変位の時間に対する power はおよそ 0.5 (高分化,

sub-diffusion)、1 (中分化, random walk)、2 (低分化, ballistic translocation) とがんの進行に伴い単調増加を示し、がんの進行と運動のタイプに強い相関があることが示された。中でも特筆すべきは低分化型のがん細胞が化学誘導分子など外場のかかっていない状態でも ballistic な運動を行うことにある。

次に細胞の自発変形によるエネルギー散逸の評価法としてパワースペクトル $\hat{F}_m = \langle R_m(t)R_m(t) \rangle$ を計算した。 $m = 0$ で標準化した $m = 2$

(図 2a) や $m = 3$ (図 2b) は、遊走の際の MSD の power と同様のがんの進行に従って単調増加し、自発変形によるエネルギー散逸ががんの進行とともに増加することを示している。これはがんになると細胞の代謝経路が嫌気性の糖代謝に切り替わり、これによって多くのエネルギーを消費するという Warburg 効果との対応が考えられる。一方で、細胞接着面積の値 (図 2c) はがんの進行に対して単調増加せず、中分化型の細胞がもっとも大きな値を示した。この非線形挙動は Fluorescence Activated Cell Sorting (FACS)によって定量したインテグリンの発現量とも相関しないため、平面極性シグナルなど細胞内部でのプロセスなどとの相関が考えられる。

外部因子 (ケモカイン) が細胞の変形と運動に与える影響についての数理モデルとして、太田隆夫氏 (A01 班・佐野グループ) と共同研究を行った。太田らの自発的粒子の運動モデルの運動方程式 $v = \gamma S_{ij} U_{ijk}$ に実験で得られた摩擦 (移動度) と周期的に変形する力を組み込んだモデルを新たに構築し実験と比較した。化学誘導因子のない系の細胞挙動は線形モデルでよく説明できるが、誘導因子がごく微量でも存在すると細胞変形が小さくなりかつ運動の軌跡の持続性が伸びるという観測結果を説明するには、変形と運動の非線形カップリング項を考慮に入れる必要があることを見出した[2]。

このようにがんなど病気の疾患とエネルギー散逸のような「動的表現型」に光を当てた研究は、従来型のマルチカラー染色画像・ハイスループット顕微鏡・深層学習による「静的表現型」とは一線を画するもので、今までに前例がない。現在臨床医学の複数のチームと連携し、我々が提案する「動的表現型」を用いて、化学誘導因子[1]だけでなく薬剤効果 (特に臨床薬の副作用) や化学療法などによる細胞のダメージ、さらには加齢といった内的因子を定量することを試みている[3]。

参考文献：

- [1] A.S. Burk, C. Monzel, H.Y. Yoshikawa, P. Wuchter, R. Saffrich, V. Eckstein, *M. Tanaka, and *A.D. Ho, *Scientific Reports*, **5**, 9370 (2015).
- [2] T. Ohta, C. Monzel, A.D. Ho, and *M. Tanaka, *Scientific Reports*, **8**, 10630 (2018).
- [3] C. Monzel, A.S. Becker, R. Saffrich, P. Wuchter, V. Eckstein, A.D. Ho, and *M. Tanaka, *Scientific Reports*, **8**, 1841 (2018).

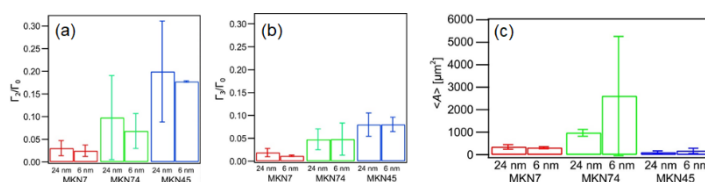


図 2 (a) $m = 2$ 、(b) $m = 3$ に対応するパワースペクトルと(c) 細胞接着面積とがんの進行度の対応

学習院大学理学部 西坂 崇之

学習院大学理学部 中根 大介

情報通信研究機構未来 ICT 研究所 大岩 和弘

多くの微小生物は、自身の生存に最適な環境を探すために、水中もしくは基板上を移動する能力を有する。移動を実現するための運動装置や様式は多岐にわたり、生体運動の研究は生物学のみならず物理学や進化の視点からも重要なトピックとなっている。本研究課題では、①分子レベルでのモーターの駆動メカニズムと、②バクテリアの集団が生み出す特徴的な振舞いについて、生物物理学の技術を駆使して明らかにしてきた。研究の特徴的なアプローチは本グループで開発した独自の光学顕微鏡技術を応用するという点であり、これまでに画像化が困難であった単一モーターの機能の可視化や、微細な運動の定量的な検出に成功した。以下では4年間にわたり本領域に関連して原著論文として発表した成果と、今後の1年間で学術誌に投稿する研究の成果についてまとめる。

【I モーターの駆動メカニズム】 本課題で注目したのは5つのモーターであり、どれも研究対象として国際的に見ても独自性が極めて高い。3つの回転モーター、形状転移伝搬モーター、そして伸長モーターである。真核生物で広く研究対象となってきたリニアモーター（ミオシンやキネシン等）と比べ、モーターの動作原理は未解明な部分が多く、特に形状転移伝搬モーターについてはエネルギー源そのものについてもまだ謎の部分が残されている。

(I-1) F1-ATPase. ほとんどすべての生物に共通する蛋白質である ATP 合成酵素の一部分であり、分子量 35 万のタンパク質複合体が高効率の回転モーターとして機能するという点で注目されている研究対象である。一方向の回転を生み出すのは、ATP の加水分解によって生み出されるエンジン部分の特徴的な構造変化だと理解されており、1 分子レベルでの構造変化を蛍光エネルギー共鳴移動で捉えることに成功した¹。

(I-2) アーキアモーター. アーキアは古細菌あるいは始原菌とも呼ばれ、細菌・真核生物とは異なる第3の生物として分類されている。火山や温泉などの極限環境で発見され、運動能を維持したままの生育の難しさからモーターの研究はほとんど進んでいなかった。当グループは、高度高塩菌ハロバクテリウムサリナラムをモデル生物とし、アーキアのべん毛（アーキアラ）の形状とらせん構造、その回転数、さらにはアーキアモーターの性質を顕微鏡下で徹底的に精査し、その性質を明らかにすることに成功した²。

(I-3) バクテリアべん毛の新しい形態. バクテリアべん毛はプロトンで駆動し、細胞本体から突き出たスクリュー様の構造であるべん毛を回転させて推進力を発生する。害虫カメムシの共生細菌において、べん毛繊維を菌体に巻き付けて遊泳するというべん毛運動を発見した³。この特異なべん毛運動を示す細菌は、ガラス表面に捕らわれることがなかったことから、基質表面上での効果的な運動であることが推察される。

(I-4) Spiroplasma モーター. *Spiroplasma* は昆虫や植物に寄生するバクテリアであり、細胞全体がらせん形状を取る。驚くべきことに、この形状は一定ではなく、そのらせんの向きをダイナミックに変化させることで推進力を生み出すという興味深い運動メカニズムが提案され

ている。2つのらせんの連結点（キンク）が細胞上で伝搬すると、ねじれからくる形状のエネルギーを回転によって解消しようと、キンクの前後で2つのらせんは逆方向に回転する。らせん構造の回転は安定した推進力を生み出し、これによって *Spiroplasma* は一方向に遊泳する可能性がある。本グループでは、まず細胞のらせんの向きを決定する実験条件を確立し、さらに運動を阻害してらせんを細胞全長にわたって固定する方法を編み出した。これらの系を組み合わせることで、*Spiroplasma* モーターの役割は単純な形状転移の伝搬の誘発のみで十分であり、伝搬そのものは行わないこと、また誘発にはおそらくエネルギーを必要としない事を示すことができた（第54回 日本生物物理学会年会で報告）。

(I-5) シアノバクテリアの線毛伸長モーター。 一部の細菌は線毛と呼ばれる突起物を持ち、これを伸長させて基板に吸着、さらに手繰り寄せることで前進する。複数の線毛の出す力や構造については詳細な研究がなされてきたが、一方向に伸長させる制御機構や光応答のメカニズムについてはまったく分かっていなかった。我々のグループは、局所的な光照射と精密な細胞のトラッキング技術によって、モデル生物 *Synechocystis* sp. PCC6803 の走化性の本質を明らかにすることに成功した⁴。この成果は報道でも大きく紹介された（朝日新聞など）。

【II バクテリアの集団運動の解明】 フラボバクテリウム・ジョンソニエという細菌は、集団で運動する際、ミリスケールの渦を自発的に形成することを我々は見出している。マイクロオーダーの大きさの個体が集団として動き、しかも渦は「例外なく」左回りに回転する。この現象の本質を解明すべく、制限のない一個体の運動にどのような特徴があるのかを定量的に明らかにする方法論の構築を目指した。

(I-1) 細胞個体の画像処理方法の確立。 滑走運動を記録した画像に対し、棹状の細胞の位相差像の位置と角度を精度良く決定する方法を検討し、確立した。従来の高精度トラッキング技術では、粒子や細胞の蛍光像を2次元のガウス関数で近似するというアプローチ⁵が取られていたが、長軸に沿った複数のシグモイド関数を組み合わせ、細長い形状を表現することに成功した。長さや両端の位置を恣意的な解釈を入れずに短時間で決定でき、定量的な解析が可能となった。

(I-2) 個体トラッキングのアルゴリズム。 連続する記録画像に対し、細胞の位置と角度の時間発展を低コストで解析できるアルゴリズムを作成した。位置の平均と二乗変位の時間発展について、飢餓状態と富栄養状態で比較し、飢餓状態の方が優位に高い運動能を示すことが明らかになった。今後は角度変化のバイアスについて検討し、左回り回転の基礎となる仕組みを個体レベルの運動から明らかにする方向に研究を発展させる。

参考文献：

1. Sugawa, M., K. Okazaki, M. Kobayashi, T. Matsui, G. Hummer, T. Masaike, and T. Nishizaka. *Proc Natl Acad Sci USA* 113, E2916-24 (2016)
2. Kinoshita, Y., N. Uchida, D. Nakane, and T. Nishizaka. *Nat. Microbiol.* 1, 16148 (2016)
3. Kinoshita, Y., Y. Kikuchi, N. Mikami, D. Nakane, and T. Nishizaka. *ISME J* 12, 838-48 (2018)
4. Nakane, D., and T. Nishizaka. *Proc Natl Acad Sci USA* 114, 6593-98 (2017)
5. Kinoshita, Y., D. Nakane, M. Sugawa, T. Masaike, K. Mizutani, M. Miyata, and T. Nishizaka. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA* 111, 8601-6 (2014)

A03 F1-ATPase によるエネルギー変換と非平衡揺らぎ

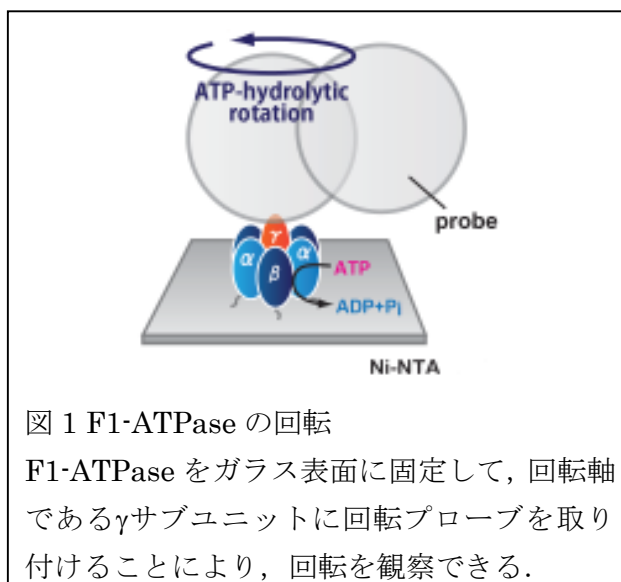
中央大学理工学部物理学科 宗行英朗

F1-ATPase は FoF1-ATP 合成酵素の触媒部分で、ATP の加水分解・合成と、分子内部の γ サブユニットの回転を可逆的に共役させる分子モーターである (図 1)。

本研究期間中に最初に現 東北大学准教授の鳥谷部祥一氏との共同研究で、回転電場法を用いて合成方向の外部トルクを加える実験を行った。その結果、外部から回転プローブに加えた仕事からプローブから熱として散逸したエネルギーを差し引くと、残りが ATP 合成に必要な自由エネルギーに一致することがわかり、合成方向の回転においても自由エネルギーの変換効率がほぼ 100% であることがわかった(1)。

一方、ATPase 活性の落ちた変異体で回転の性質がどのように変化するかを検討すれば、化学反応と力学的な回転の共役に関する知見が得られることを期待して、 β E190D 変異体の回転について調べた。この変異体は加水分解反応に重要な、水からのプロトンの引き抜きに必須の役割を果たす β サブユニットの 190 番目のグルタミン酸(E)がアスパラギン酸(D)に置換されたもので、触媒活性が 1/100 に低下している。そのため ATP の加水分解待ちの 80° での回転の停止状態がビデオレートでも観察できる、F1-ATPase の変異体の中では最もよく調べられているものの一つである。しかしこの変異体に外部トルクをかけると実験ごとに大きくばらついた結果が得られ、ストールトルクも ATP の加水分解の自由エネルギー差から期待されるものより低くなっていた。この結果から β E190D 変異はモーターの機械的な安定性を低下させたものと考えられた。実際にこの変異体では熱安定性の低下が認められ、ゲル濾過を行ったところ、 γ サブユニットのない $\alpha_3\beta_3$ 複合体はこの変異によって不安定になることがわかった。現在、これらの結果は投稿準備中である。

以前、我々は、F1-ATPase の化学反応と力学反応の共役を、回転角度を横軸にとったポテンシャルが化学状態によってスイッチするという描像でとらえ、回転のトラジェクトリからそのポテンシャルを推定するという方法で解析した(2)。しかしこの方法では化学状態によるスイッチングを不可逆的に扱うためエネルギー論として不完全なところがあった。そこで新たに化学状態のスイッチングに可逆性を持たせ、計算アルゴリズムに expectation-maximization algorithm を用いたものを開発した。この方法では、シミュレーションで作ったトラジェクトリからのポテンシャル推定はうまくいっており、実際の実験データについても実験データのノイズなどによって収束性にやや問題を生じる場合があるものの、ほぼ良好な結果が得られている。これについても現在、投稿準備中である。



一方、ポテンシャル推定に対する別のアプローチとして、川口、佐々、沙川による論文(3)の中で述べられている、有効ポテンシャルが見える条件での角度の時系列データに対し、詳細釣り合いを適用する方法も試みた。平成 28 年度の成果報告ではこの方法が良好な結果を与えると報告したが、その後、系統誤差が含まれることがわかり、それを補正した結果 120° の回転の間に低下するポテンシャルの大きさが ATP 一分子の加水分解の $\Delta\mu$ の大きさよりも小さくなるという結果になっている。そこで、力の積分で同様のポテンシャルを求めたが、これも詳細釣り合いによる計算結果と同じように ATP 一分子の加水分解の $\Delta\mu$ の大きさよりも小さくなった。これらの結果は計算の基礎となる Einstein 関係式の温度の見積りに起因する可能性があり、現在も検討を続けている。

そのほかに、研究期間内には FoF1 モーターと類似性のある *Enterococcus hirae* 由来の回転分子モーターである Eh VoV1 の回転観察を行い(4)、さらに、千葉大の村田博士と協力して、その V1 部分について ATP 結合に伴う構造変化を蛍光変化で追跡し、結晶構造に見られる構造変化と対応づけた(5)。

さらに分子動力学計算に用いる ATP の力場の改良を理化学研究所の杉田博士との共同研究で行った。従来の力場では様々な結晶構造中に見られる ATP のコンフォメーションを再現できなかった点が大きく改良され、今後のさらに詳細な理解に役立つものと期待している(6)。

また、実験技術面では温度変化などによる顕微鏡のピントの変動を抑えて長時間の観察を可能にするために、九州大学の水野先生のマイクロレオロジー観察に用いられている装置を見学させていただき、基準になる画像を決めること無く、ピントを維持する装置を作ることができた。水野先生にはこの場をお借りしてお礼申し上げたい。

そのほかに、分子モーターではないが、生体エネルギー変換系として、光駆動プロトンポンプであるプロテオロドプシンについての研究を松山大学の田母神氏とを行い、pH によってプロトンの取り込みと吐き出しの順番が変わること、さらに輸送方向も逆転することを示す非常に興味深い結果が得られた(7)。

参考文献：

- (1) S. Toyabe, E. Muneyuki, *New Journal of Physics* **17**, 015008 (2015).
- (2) S. Toyabe, H. Ueno, and E. Muneyuki, *EPL* **97**, 40004 (2012).
- (3) K. Kawaguchi, S-i. Sasa, and T. Sagawa, *Biophys. J.* **106**, 2450-2457 (2014).
- (4) H. Ueno, Y. Minagawa, M. Hara, S. Rahman, I. Yamato, E. Muneyuki, H. Noji, T. Murata, R. Iino, *J. Biol. Chem.* **289**, 31212-23 (2014).
- (5) K. Suzuki, K. Mizutani, S. Maruyama, K. Shimono, FL Imai, E. Muneyuki, Y. Kakinuma, Y. Ishizuka-Katsura, M. Shirouzu, S. Yokoyama, I. Yamato, T. Murata, *Nat Commun.* **7**, 13235 (2016).
- (6) Y. Komuro, S. Re, C. Kobayashi, E. Muneyuki, and Y. Sugita, *J. Chem. Theory Comput.* **10**, 4133-4142 (2014).
- (7) J. Tamogami, K. Sato, S. Kurokawa, T. Yamada, T. Nara, M. Demura, S. Miyauchi, T. Kikukawa, E. Muneyuki, and N. Kamo, *Biochemistry*, **55**, 1036-1048 (2016).

A03 プローブ顕微鏡による細胞間力学的相互作用の時空間揺らぎの研究

北海道大学大学院情報科学研究科 岡嶋孝治

北海道大学大学院情報科学研究科 末岡和久

はじめに

細胞に働く力学的相互作用は、細胞システムの構造・機能の安定性に決定的な役割をする。多数の細胞からなる細胞システムに内在する時空間揺らぎを実験的に抽出するためには、個々の細胞の揺らぎを精密に計測し、その物性を理解することがまず必要である。単一細胞の複素弾性率において、その貯蔵弾性率およびその揺らぎ（偏差）の定量化は既に可能となった [1,2]。しかし、これまで細胞内局所領域の細胞レオロジーの精密計測は困難であり、これが細胞の時空間揺らぎ計測の主な律速になっていた。本研究では、多重周波数プローブ顕微鏡技術による細胞レオロジーの空間揺らぎ計測 [3]および細胞膜揺らぎ計測[4]が可能なイオンコンダクタンス顕微鏡を用いた細胞形態の時間発展測定[5]を行った。

多重周波数フォースモジュレーション法を用いた細胞内構造の揺らぎ計測

図1に、本研究で用いた原子間力顕微鏡（AFM）を用いた多重周波数フォースモジュレーション法を示す[3]。これまでも、単一周波数を用いたフォースモジュレーション法は、様々なソフトマターの力学計測に広く用いられている。しかし、既存のフォースモジュレーション法は、力学特性の周波数特性を計測することができなかった、または、弾性率の周波数特性を測定しようとする、極めて長時間の計測が必要になり、細胞のようなアクティブなサンプルには適用不能であった。この問題を解決した多重周波数フォースモジュレーション法は、複数の周波数を用いて AFM カンチレバーを振動させて、各周波数の細胞レオロジー応答を高速に計測することが可能である。細胞内の局所領域の複素弾性率の周波数特性をマッピングし細胞内の力学構造の揺らぎを計測することが可能になる。

図1 多重周波数フォースモジュレーション法の概念図。複数個（ n 個）の周波数信号を重畳した励振信号をカンチレバーに印加し、1回の押し込み測定における細胞変形の周波数応答を多重ロックインアンプより検波し、その測定点における細胞の複素弾性率の周波数特性を測定する。

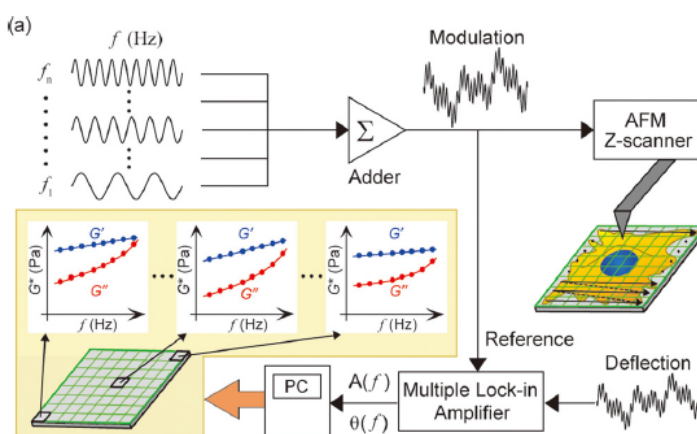
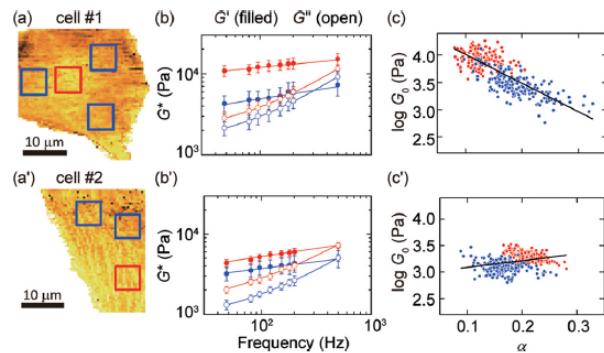


図2は、2つの単一細胞（マウス線維芽細胞、NIH3T3細胞）内のレオロジー特性を示している。細胞内においても、細胞レオロジーのべき乗則が満足することが分かる（図2bとb'）。一方で、過去の細胞アンサンブル測定 [1]から分かっていた、細胞のべき乗レオロジーの冪指数と弾性率との間に存在する普遍関係は必ずしも単一細胞では成り立たないことが分かった。

図2 2個の単一細胞（aとa'）の空間平均の複素弾性率（貯蔵弾性率 G' と損失弾性率 G'' ）（bとb'）. 赤色と青色はそれぞれの領域に対応している. 曲線はべき乗レオロジー則[1]でフィットした結果を示す. 弾性率 G_0 (1Hz) と冪指数 α との関係（cとc'）において直線はフィットした曲線を示す. 細胞集団において, 反比例の関係を示すことが知られている.



イオンコンダクタンス顕微鏡による細胞形態の時間発展測定

細胞膜揺らぎを計測可能なイオンコンダクタンス顕微鏡[4]を用いて生細胞形状イメージングが極めて難しい神経細胞のタイムラプスイメージングに成功した[5]. ホスファチジルセリン転座前後の神経細胞のブレブリングのイメージングに成功した. さらに, SICM の神経細胞のタイムラプスイメージングから, 神経細胞の細胞形態と細胞機能との間の関係を明らかにした[5].

まとめ

AFM に基づく多重周波数フォースモジュレーション法を用いて細胞内の局所構造の空間分布の計測に成功した. そして, 多重周波数フォースモジュレーション AFM 法を用いて, 細胞間力学的相互作用が支配的なコンフルエント細胞の細胞レオロジーの空間計測が可能になってきた (論文投稿中). また, SICM を用いて神経細胞の細胞形態の時間発展計測に成功した. 上記の成果より, *ex vivo* 組織の細胞力学の時空間揺らぎ計測を行う技術に発展中である.

参考文献:

- (1) P.G. Cai, Y. Mizutani, M. Tsuchiya, J. M. Maloney, B. Fabry, K. J. Van Vliet, T. Okajima, *Biophysical Journal* **105**, 1093 (2013).
- (2) P.G. Cai, T. Okajima, *Japanese Journal of Applied Physics* **54**, 037001 (2015).
- (3) R. Takahashi, T. Okajima, *Applied Physics Letters* **107**, 173702 (2015).
- (4) Y. Mizutani, M.-H. Choi, S.-J. Cho, T. Okajima, *Applied Physics Letters* **102**, 173703 (2013).
- (5) A. Tanaka, R. Tanaka, N. Kasai, S. Tsukada, T. Okajima, K. Sumitomo, *Journal of Structural Biology* **191**, 32–38 (2015).

A03 複合化ベシクルによる非平衡細胞モデル系

北陸先端科学技術大学院大学 濱田勉

細胞は、脂質膜から成る器によりユニット構造を維持し、外的・内的な刺激によりダイナミックにその構造を変化させる。すなわち、内部分子システムと膜系の動的カップリングにより細胞機能が発現している。本研究では、膜系をベースとした複合ソフトマターの非平衡ダイナミクスを理解するため、ゲスト分子を含む「複合化ベシクル」の設計を行った。

(1) ベシクル内 DNA の分子挙動 (文献 1)

生細胞の様な単位体積あたりの膜表面積が増大する微小空間では、膜とゲスト分子との相互作用の比重が大きくなる。細胞モデル系として、脂質膜で覆われた細胞サイズの油中水滴に閉じ込めた DNA 分子の振る舞いを解析した。膜小胞の空間サイズに依存して、DNA 分子が膜への吸着・脱吸着を変化させることを見出した。そして、fold 状態の DNA 分子が膜面に吸着した後 unfold 状態に変化する現象を発見し、この unfolding 転移の確率もまた小胞サイズに依存した。これらの DNA 分子挙動を決定づける膜小胞サイズは 10~100 μm に存在しており、これは典型的な細胞のサイズと等しい。小胞内に存在するポリカチオンとの協同的効果を考慮した自由エネルギーにより、この空間サイズ依存的な DNA 分子ダイナミクスを記述する物理モデルを考案した。さらに、相分離により流動性の異なる領域が共存する膜面への DNA 分子の吸着挙動も明らかとなった。Unfold 状態の DNA 分子は膜面の固い領域 (order 相) に選択的に局在し、fold 状態の DNA 分子は膜面の柔らかい領域 (disorder 相) に局在した。すなわち、DNA 分子の構造的状態が膜との相互作用を制御するパラメータとなることを示している。これらの成果は、細胞サイズ空間に閉じ込められた分子システムが受ける「物理的效果」を示したものである。

(2) 光が駆動するベシクル融合ダイナミクス (文献 2)

上記において、ベシクル内部の DNA 分子の振る舞いを決定する物理パラメータとして、小胞空間サイズが重要であることが分った。膜のダイナミクスをカップルさせた膜-DNA 複合体へとシステムを発展させるために、ベシクル空間の時間発展 (膜融合システム) の設計を行った。膜融合は、細胞内の物質輸送や受精・ウィルス感染など多くの生体現象に関わる重要なプロセスであり、様々なタンパク質の援助によって起こる。ここでは、融合を人工的に制御するため、光応答性界面活性剤を利用した。光照射により膜張力の増減をコントロールすることで、融合システムの構築に成功した。マイクロマニピュレーター実験から、光照射によるリポソームの面積減少率を測定し、張力変化を見積もった。そして、膜の自由エネルギーにより、融合の中間体 (融合ポア) の安定性について説明した。

(3) 静電効果によるベシクル構造制御 (文献 3、4)

生体膜は、様々な脂質分子が集合し秩序構造を形成している。代表的な秩序構造は膜面内の相分離であり、細胞は相分離ダイナミクスを制御することで、物質輸送・シグナル伝達な

どの機能を生み出している。我々は相分離膜の非平衡構造をデザインするための物理因子として、静電効果に注目した。生体系における細胞内外のイオン環境の変化は、静電的な相互作用として相分離構造に大きな影響を及ぼしていることが考えられる。これまでの人工膜による相分離研究は、主に脂質分子の疎水基（飽和・不飽和等）の違いをベースにした膜システムで行われてきた。これに対して、静電効果は脂質分子の親水基頭部の電荷が重要となる。実験の結果、不飽和脂質への電荷導入は相分離を抑制するのに対し、飽和脂質への電荷導入は相分離を誘起することを見出した。さらに、荷電脂質を含む膜が自発的な膜孔形成を示すことを見出した。荷電不飽和脂質と中性飽和脂質の系では膜孔を形成するが、荷電飽和脂質と中性不飽和脂質の系では膜孔は形成されない。分子動力学シミュレーションにて現象を再現し、荷電脂質が膜孔の縁に局在し膜を安定化していることがわかった。

参考文献：

- (1) T. Hamada, R. Fujimoto, S. F. Shimobayashi, M. Ichikawa, M. Takagi, *Phys. Rev. E*, 91, 062717 (2015).
- (2) Y. Suzuki, K. H. Nagai, A. Zinchenko, T. Hamada, *Langmuir*, 33, 2671-2676 (2017).
- (3) H. Himeno, N. Shimokawa, S. Komura, D. Andelman, T. Hamada, M. Takagi, *Soft Matter* 10, 7959-7967 (2014).
- (4) H. Himeno, H. Ito, Y. Higuchi, T. Hamada, N. Shimokawa, M. Takagi, *Phys. Rev. E*, 92, 062713 (2015).

A03 遊走細胞のかたちを決める分子ダイナミクス

山口大学大学院創生科学研究科 岩楯好昭

奈良先端科学技術大学院大学バイオサイエンス研究科 作村諭一

細胞遊走は神経ネットワークの形成から原生生物アメーバに至るまで普遍的に見られる生命現象である。魚類表皮ケラトサイト (keratocytes) は、おうぎ型の“かたち”を一定に保ったまま基質上をまっすぐに這う傷収縮に関わる遊走細胞である。この細胞の遊走速度は $10 \mu\text{m}/\text{min}$ を超える高速で理想的な細胞遊走の様式の一つといえる。本研究ではケラトサイトの遊走メカニズム、とりわけ、おうぎ形を保つメカニズムの一端を明らかにした。

(1) 微小管を破壊したケラトサイトの遊走¹

線維芽細胞やニューロンを含む多くの細胞において、細胞がその形状を維持するメカニズムや、細胞遊走に必須の多くのプロセスは、微小管によって調節されると現在では一般に信じられている。しかし、微小管重合の阻害剤であるノコダゾールで処理されたケラトサイトは、正常なケラトサイトと同じ速度および同じ直進性で移動する。ケラトサイトは、プロテインキナーゼ阻害剤であるスタウロsporinで処理することにより断片に分割することができる。この細胞断片は微小管を含まない。微小管を含まないケラトサイトの細胞断片でさえ、正常なケラトサイトと同じ速度および同じ直進性で移動する。本研究では、ノコダゾール処理したケラトサイトは、これらの移動特性や細胞のおうぎ型の形状だけでなく、その特性を制御する分子メカニズム、焦点接着分子ビンキュリンやミオシンIIの分布、細胞が移動のために基質に発揮する牽引力なども正常な細胞と同様であることを明らかにした(図1)。これらの結果は、微小管が、移動特性、及びその源となる細胞内分子動態にののために必要ないことを示唆している。

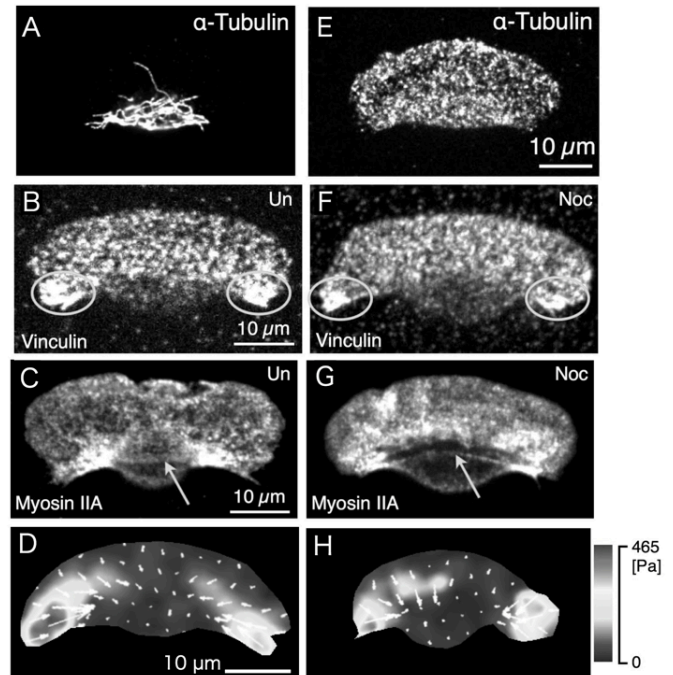


図1 正常なケラトサイト (A-D) と微小管破壊されたケラトサイト (E-H)。A, E; チューブリン、B, F; ビンキュリン、C, G; ミオシンII、D, H; 牽引力。楕円はビンキュリンの局在。矢印はストレスファイバ。

(2) 基質牽引力と細胞のかたち²

細胞は遊走するために必ず基質に牽引力を発揮する。ケラトサイトが遊走中におうぎ形を維持するメカニズムに関して、その形状と牽引力との関係は明らかにされていない。ケラトサイトは、スタウロsporinで処理した核および細胞質を含む細胞断片は、ミニケラトサイトとして運動し、元の細胞と同じおうぎ形を維持する。我々は、ケラトサイトおよびミニケラトサイトのかたちと牽引力を測定した(図2)。ケラトサイトおよびミニケラトサイ

トの形状は相似していた。ミニケラトサイトは、正常なケラトサイトと同様に、後部の左右の領域で細胞の内向きに牽引力を発揮した。牽引力の大きさは、ケラトサイトおよびミニケラトサイトの面積に比例していた。ミオシン II ATP アーゼ阻害剤であるブレブピスタチンは、ケラトサイトの後部左右の力を減少させ、その形状を横方向に拡張した。これらの結果は、ケラトサイトの形状は牽引力の分布に依存し、牽引力の大きさは細胞の面積に依存することを示唆している。

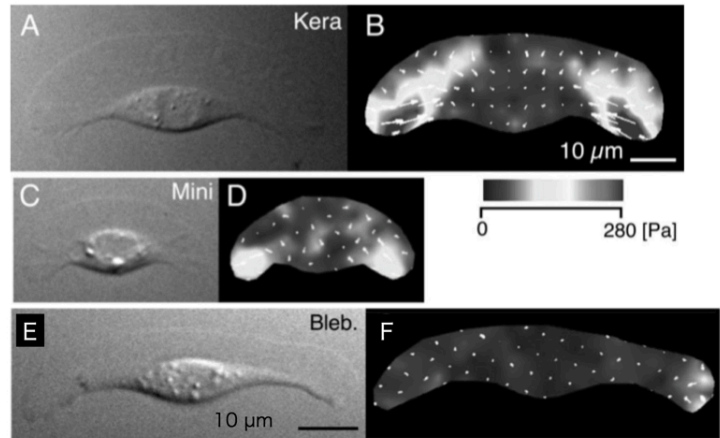


図2 正常なケラトサイト (A, B)、ミニケラトサイト (C, D)、及びブレブピスタチン処理されたケラトサイト (E, F)。A, C, E; DIC、B, D, F; 牽引力。

(3) 細胞のかたちとストレスファイバ³

我々は、異なる魚種のケラトサイトの形状および関連する分子機構、牽引力を比較して、細胞の形状を決定する重要な機構を解明した。シクリッドの幅広いケラトサイトは、大きな接着斑で大きな牽引力発揮し、アクチンレトログレードフロー速度の空間的に緩やかな勾配を示した。一方、ブラックテトラからの丸いケラトサイトは後部接着斑で弱い牽引力しか発揮せず、アクチンレトログレードフローの勾配は急であった (図3)。ストレスファイバーをレーザーアブレーションによって破壊すると、近傍のアクチンのレトログレードフロー速度が増加し、仮足の伸長を遅らせた。ストレスファイバーは、アクチンレトログレードフロー速度を調節することによって細胞形状を維持する機構において重要な役割を果たす可能性がある (図4)。今後、ストレスファイバーの配置が細胞内で決まるメカニズムを含んだケラトサイトのかたちを決めるモデルに発展させ、更に、好中球や細胞性粘菌など他の遊走細胞にも通じる普遍性を導き出すことを目指す。

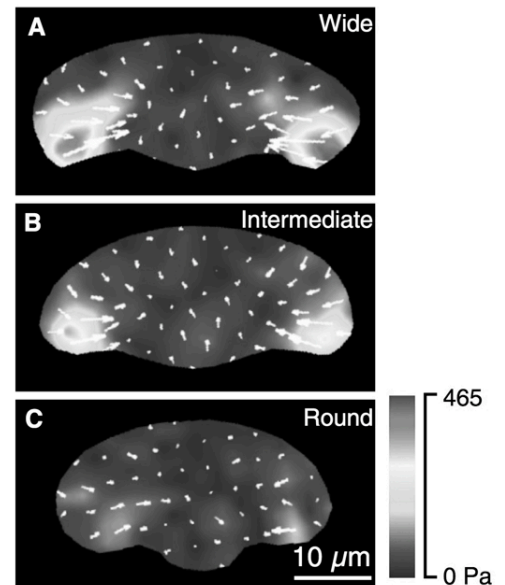


図3 形の異なるケラトサイトの牽引力。

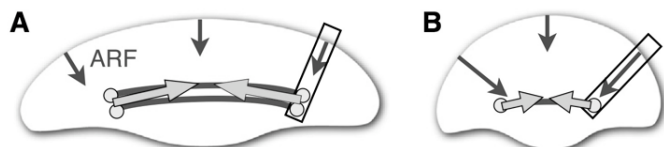


図4 ストレスファイバが強い牽引力を発揮するとアクチンレトログレードフロー (ARF) が弱い。

参考文献:

- (1) H. Nakashima, C. Okimura, Y. Iwadate, *Biophys. Physicobiol.* 12, 21-29 (2015).
- (2) A. Sonoda, C. Okimura, Y. Iwadate, *Cell Struct. Funct.* 41, 33-43 (2016).
- (3) T. Nakata, C. Okimura, T. Mizuno, Y. Iwadate, *Biophys. J.* 110, 481-492 (2016).

A03 揺らぐ非平衡構造によるフィードバック制御：べん毛モーターのトルク発生機構の解明

東北大学大学院工学研究科 鳥谷部祥一

本課題の目的.

バクテリアのべん毛モーターは、1秒間に300回転程度的高速回転によりバクテリアの30 $\mu\text{m}/\text{秒}$ という高速遊泳を実現する、高性能モーターである。べん毛モーターは、回転子とトルク発生を担う10個程度の固定子から成る。興味深いことに、回転中に固定子が結合・解離して動的に入れ替わることが発見された。「べん毛への負荷が大きくなると、固定子を増やしてトルクを増強する」フィードバック制御をしているらしい。しかし、そのメカニズムはほとんど分かっていない。本課題では、「高精度のトルク制御・測定」と「固定子の結合と解離の直接観察」を組み合わせることで重要な量を定量的に計測し、「揺らぐ非平衡構造によるトルク発生機構」の解明を目指した。

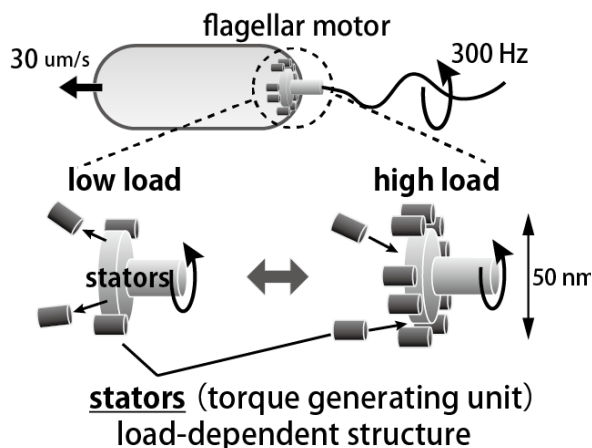


図1. べん毛モーターの固定子数は負荷依存的に変化する。その制御メカニズムの解明に挑戦する。

「高精度のトルク制御・測定」と「固定子の結合と解離の直接観察」を組み合わせることで重要な量を定量的に計測し、「揺らぐ非平衡構造によるトルク発生機構」の解明を目指した。

主に以下の4つの成果を得た。

1. べん毛モーターの高精度トルク制御の実現

回転電場法をべん毛モーターに応用することで、高精度のトルク制御・測定を行った。回転電場法は、微小な誘電体に外からトルクを印可できる実験手法である。これまでべん毛モーターへの適用例があったが[1, 2]、外部トルクの校正が実現しておらず、限定的な使い方しかできなかった。我々は、回転分子モーターである F_1 -ATPase で実現していたトルク校正法[3]をさらに発展させ、べん毛モーターの高精度外部トルク制御に成功した。これまで、測定とトルク校正を独立に行っていたが、細胞の状態は時々刻々と変化するため、効率化が必要である。そこで、測定と同時にトルク校正を行えるようにシステムを改良した。これにより、より高精度のトルク制御・測定を実現した。

2. 1つのべん毛モーターのトルク特性の高精度測定

上記のトルク校正法を用い、1つのモーターでトルク-スピードカーブを高精度に測定することに成功した。トルク-スピードカーブは、モーターの性能指標として重要である。従来のビーズアッセイ法では、多数のモーターについて平均をとることでトルク-スピードカーブを得ていたが、(i) モーターごとに異なる特性が平均化されてしまう。(ii) モーターが出せる最大トルク（ストールトルク）や無負荷時の最大回転速度（ゼロトルクスピード）など重

要な指標が外挿で推定するしかない。等の問題があった。新しい実験系により、これらの問題を解決することができた(図2)。また、テザードセル法では、回転の揺らぎが小さいため、実験系のノイズの影響が大きくなり、測定に大きな問題が生じていた。そこで、Speck-Seifert の等式[5]を用い、実験系のノイズを著しく減らすことに成功し、揺らぎの高精度測定が可能となった。

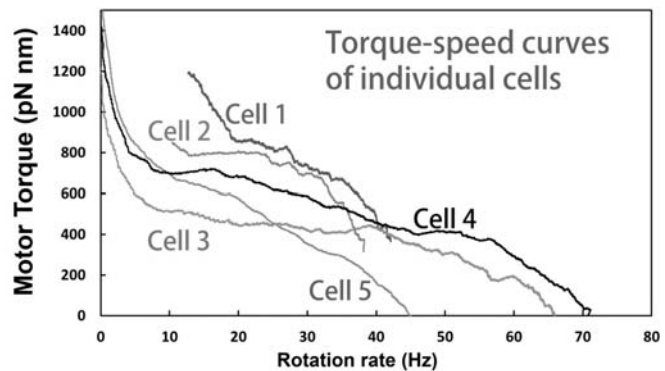


図2. 本実験で得られたトルクスピードカーブの例。これまでは多数のモーターの平均化したトルクスピードカーブしか得られていなかったが、本実験では、個々のモーターのトルク特性を測定することができ、これにより、細胞やモーターの「個性」を議論することができた [6]。

3. べん毛モーターのトルク発生機構に関する知見を得た

べん毛モーターが H^+ や Na^+ のイオン流をトルクに変換することは分かっているが、トルクの発生機構はほとんど分かっていない。我々は、1モーターのトルク・スピードカーブを測定することで、ストール付近でモーターの発生トルクが急激に高くなるなど、モーターのトルク発生機構に関する新しい知見が得られた。これまで、べん毛モーターはパワーストローク機構により回転するというモデルが有力だと考えられてきたが、我々の結果から、パワーストロークとラチェットの組み合わせで回転している可能性が示唆された。また、個々のモーターのトルクスピードカーブを測定することで、モーターや細胞の「個性」が測定可能なシステムを構築できた。

4. モーターへの固定子結合の可視化

蛍光たんぱく質を融合した固定子を用い、固定子のモーターへの結合数を蛍光強度から測定できる系を構築した。この実験系は、すでに他研究室で実現されているが [4]、当研究室では、回転電場法と組み合わせることで、今後、トルク発生と固定子脱着の同時観察に挑戦する。

現在、上記 1-3 に関して論文にまとめている [6]。

参考文献：

- (1) M. Washizu, *et al*, *IEEE Trans. Ind. Appl.* **29**, 286 (1993)
- (2) H. C. Berg and L. Turner, *Biophys. J.* **65**, 2201 (1993)
- (3) S. Toyabe, T. Watanabe-Nakayama, T. Okamoto, S. Kudo, and E. Muneyuki, *Proc. Nat. Acad. Sci.* **108**, 17951 (2011).
- (4) M. C. Leake *et al.*, *Nature* **443**, 355 (2006)
- (5) Speck and Seifert, *EPL* (2006)
- (6) K. Sato, S. Nakamura, S. Kudo, S. Toyabe, *in prep* (2018)

A03 高分子溶液を内包したベシクルの外部揺動に伴う内部粘弾性と形の揺らぎ

東京農工大学院工学研究院 柳澤実穂

本研究では、細胞がみせる形態変化を、様々なゆらぎのもとで、粘弾性体である細胞質と細胞膜が強く相関する「ゆらぎ・構造相関」の視点から解析することを目的としている。本目的のために、高濃度の高分子溶液を内包したリン脂質膜小胞（ベシクル）やリン脂質膜で覆われたエマルジョン（マイクロ液滴）を細胞モデルとして用い、熱的・非熱的ゆらぎを与えた際の高分子の粘弾性と膜形態の変化を解析した。(a) 細胞サイズ空間に閉じ込められた高分子の異常拡散、(b) 高粘性な高分子溶液を内包したベシクルの脱水変形、(c) 非熱的ゆらぎを与えた際のベシクルの形態変化、について得られた結果を報告する。

(a) 細胞サイズ空間に閉じ込められた高分子の異常拡散

細胞は、高濃度の高分子溶液を、主にリン脂質からなる膜でマイクロメートルスケールの空間に閉じ込めている。細胞内では絶えず拡散によって物質輸送が行われており、分子拡散は生命維持に欠かせない現象である。近年、高分子で混雑した環境下では、分子拡散が抑制されることが明らかになってきているが、細胞サイズ閉じ込めや膜が、分子拡散へ及ぼす影響は明らかになっていない。そこで本研究では、高分子混雑および細胞サイズ閉じ込めが分子拡散へ及ぼす影響を解明することを目的とした。

高分子溶液を脂質膜により覆われたマイクロ液滴とし、蛍光相関分光法 (Fluorescence correlation spectroscopy) により分子拡散を測定した。拡散分子には、緑色蛍光タンパク質 (green fluorescent protein, GFP) を、混雑高分子には水溶性鎖状高分子であるポリエチレングリコール (polyethylene glycol, PEG) を用い、高分子鎖の重なり合い濃度 c^* の前後で液滴半径 r を変化させる実験を行った。その結果、 c^* 以上の混雑環境かつ $r < 30 \mu\text{m}$ の小さな閉じ込め空間において、速い異常拡散となることが分かった。またこの拡散挙動は、サブミリ秒スケールで振る舞いに変化したことから、サブマイクロスケールの不均一な高分子構造形成が関与していると考えられる。また、高分子混雑環境と微小空間への閉じ込めが互いに強く相関することで、複雑な細胞内分子拡散を生みだしている可能性が示唆された [1]。

一方で細胞内には、PEG のような鎖状高分子だけではなく、多様な形状の高分子が含まれている。分子拡散に対する混雑分子形状の影響を導くために、球状タンパク質であるウシ血清アルブミン (Bovine Serum Albumin, BSA) 溶液中の GFP 拡散を測定した。まず、バルクにおける GFP 拡散の BSA 濃度依存性を解析したところ、BSA 間距離が GFP 直径以下になることで急激に低下することが明らかになった。これは、混雑する BSA 間の隙間を GFP がすり抜けて拡散することを意味する。次に、液滴中での GFP 拡散を測定したところ、高濃度 BSA 溶液中において、液滴半径 r の減少に伴う拡散係数の低下が観察された。上記の PEG 添加系とは異なるこの拡散低下の原因を解明するため、拡散係数の膜界面距離依存性を解析した。その結果は、膜界面近傍で GFP 拡散係数は低下し、またこの拡散低下は PEG 添加系では見られなかったことから、膜界面と混雑した BSA との相関により拡散係数が低下したと言える。今後より詳細な解析を行い、高分子混雑および細胞サイズ閉じ込めが分子拡散へ及

ぼす影響を解明したい。

(渡邊千穂, ポスター賞受賞, International Symposium on Fluctuation and Structure out of Equilibrium 2017, 2017年11月24日)

(b) 高粘性な高分子溶液を内包したベシクルの脱水変形

我々はこれまでに、高分子溶液を内包したベシクルを高浸透圧環境に置くと、初期の内包高分子濃度が上昇するのに伴い、膜小胞形成 (budding) からチューブ状突出形成 (tubing) へ転移することを報告した。しかし、これらの変形を決定付ける物理的要因が不明であった。そこで、本研究では、粘度が既知の BSA 溶液をベシクルに内包し、その後高浸透圧下に置くことで内部の初期粘度と膜変形との相関関係を実験的に解析した。その結果、初期の内部粘度が水の約 2 倍となることで、budding から tubing へ転移することを見出した [2]。また、膜と高分子との相互作用を介したベシクルへの細胞骨格モデルの付与や、新たな粘弾性測定法の確立にも成功してきている [3-4]。今後は、これらの手法を用いて、内部の粘弾性変化に伴うベシクルの変形挙動を解明したい。

(公募班 A03・慶応義塾大学・藤原慶氏との共同研究)

(c) 非熱的ゆらぎを与えた際のベシクルの形態変化

細胞膜の形態は、絶えず外部環境に応じて多様な形へと変化する。細胞膜のモデルとして汎用されてきたベシクルを高浸透圧環境下に置くと、ベシクル内の水が膜外へ流出するに伴い様々に変形する。この変形は、膜内外の浸透圧差に依って変化し、浸透圧差が小さく脱水速度が遅い場合には、ベシクルは膜の弾性エネルギーが最小となる熱平衡形状を取るようである決まった変形経路を示すことが知られている。一方で、浸透圧差が大きく脱水速度が速い場合には、ベシクル内部に多数の小胞が形成されることが知られている。

本研究では、非熱的ゆらぎを加えたベシクル形態変化の解析を目的とした。本目的のために次の 2 つの実験を行った。1 つ目は、均一相ベシクルに小さな浸透圧差を加え、非熱的ゆらぎとしてマイクロピペット吸引による外力を与えることで、上記の膜形状経路が変化する様子を解析した。その結果、従来得られていた脱水変形とは異なり、吸引部分でのチューブ形成を伴う不可逆な膜変形が観察された。2 つ目は、二相分離ベシクルに大きな浸透圧差を与えた際の脱水変形である。2 相のうち、弾性率の小さな片方の相のみが内部に陥入し、多数の小胞を形成した。今後、これらのベシクルの変形履歴を解析し、非熱的ゆらぎがベシクル形態に与える効果を解明したい。

参考文献：

- [1] C. Watanabe & M. Yanagisawa, *Phys. Chem. Chem. Phys.*, *in press*.
- [2] K. Fujiwara & M. Yanagisawa, *Soft Matter*, **13**, 9192-9198 (2017).
- [3] C. Kurokawa, et al., *Proc. Natl. Acad. Sci. USA*, **114**, 7228-7233 (2017).
- [4] A. Sakai, et al., *ACS Central Science*, 2018, *in press*.

A03 ミトコンドリア分裂過程におけるナノスケール力学機械特性の時空間ダイナミクスの検出

金沢大学新学術創成研究機構ナノ生命科学研究所 渡邊信嗣

1. 研究目的

本研究は、液中にある生物試料の生体膜のナノレベルの動きを可視化する計測技術の確立に挑むものである。単離したミトコンドリアが示すナノレベルの膜変形、ゆらぎのダイナミクスを個体レベルで可視化することを本研究の目的としている。

2. 2016-2017 年度の成果

液中において脆弱な生体膜を破壊せず、膜変位をナノレベルの空間解像度で高速に捉えるために、走査型イオン伝導顕微鏡 (SICM) という走査プローブ顕微鏡技術の時空間分解能を向上する技術開発を推進した。開発結果を、時間分解能、空間解像度の向上という 2 項目に分けて、以下に説明する。

(I) 時間分解能の向上

基板上に固定したミトコンドリアの局所領域を計測するには、数十マイクロメートルの水平方向走査範囲 (視野) を確保しつつ、計測すべき現象に対して十分高速な探針の垂直位置制御手法を確立する必要があると考えた。このため、新規に探針走査型の高速位置制御装置 (ナノポジショナー) を開発した [参考文献(1)、(2)]。さらに、探針の高速走査を可能とする位置制御手法も新規に開発した [参考文献(3)、(4)]。開発したナノポジショナーの垂直、水平方向の変位に関する伝達関数は、それぞれ 100kHz、2.4kHz 程度に共振ピークを有し、垂直、水平方向のストロークは、6 μm 、34 μm ×34 μm 程度を達成した。単離した基板上的ミトコンドリア (直径 \sim 1 μm) を観察視野に捉え、その局所領域の膜変位を計測するには十分な能力である。

(II) 空間解像度の向上

ナノレベルの膜変位を計測するために、SICM の探針であるガラスピペットの開発が必要であった。SICM の空間解像度は、ガラスピペットの開口直径程度となるため、ナノレベルの変位を計測するには、サブ 10nm の開口径を有するガラスピペットを開発せねばならない。一般には、このようなガラスピペットを作製することは以下の (i)、(ii) の理由により、容易ではないと認識されていた。(i) サブ 10nm のガラスピペット先端開口を可視化することが難しい。よって、ある作製プロセスによりピペットを作製した際に、本当にサブ 10nm の開口があるのか判断できず、作製プロセスを改善してサブ 10nm という目標値まで到達するといった、一般的なアプローチが困難であった。(ii) サブ 10nm のガラスピペットが作製できても、ピペット先端付近の壁の効果によりピペット内部に様に溶液を満たすことが困難である。ゆえに、サブ 10nm のピペットにより SICM 計測を行うことができない。このような状況であったが、我々は、透過型電子顕微鏡 (TEM) を用いて、従来よりも格段に容易にピペット先端形状をサブナノメートル解像度で可視化する手法を發明した [参考文献(6)]。これにより、ピペット作製条件を改善し、サブ 10nm のピペットを容易に作製可能になった (図 1)。更に、温度勾配を利用した気液成長プロセスにより、ピペット先端のナノチャンネルに溶液を充填する手法を發明し [参考文献(5)]、サブ 10nm のピペットで SICM 計測が可能であることを実証した (図 2)。また、ミトコンドリアと同様

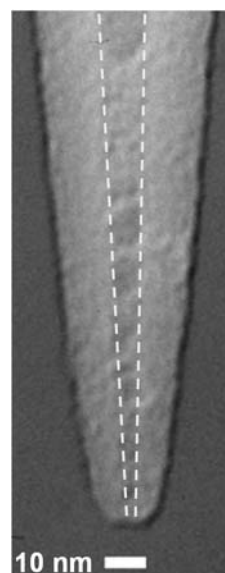


図 1. SICM 探針先端の TEM 像。破線はピペット内のナノチャンネル。開口直径は 2 nm。

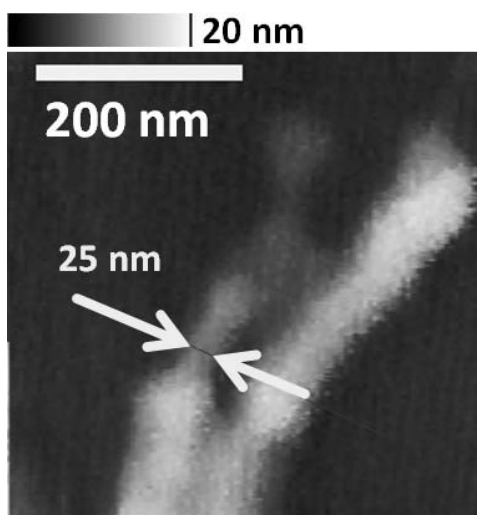


図 2. 基板上的アクチン繊維の SICM イメージ。実際の繊維の直径は 10nm 程度であるが、探針の効果で遷移の直径が実際よりも大きく見えていると考えられる。スケールバーは 200nm。

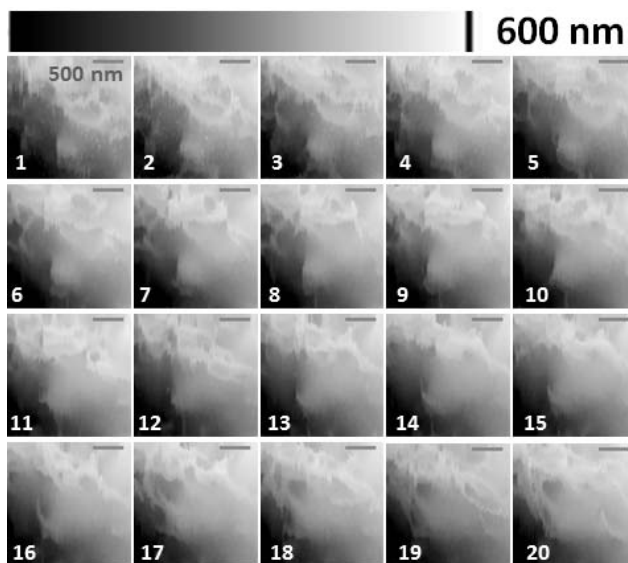


図 3. 基板上的 HeLa 細胞のエッジ部分の SICM イメージ。画像の黒部分は基板である。微絨毛の運動ダイナミクスを 20 秒/フレームで捉えている。スケールバーは 500nm。

に、非常に柔らかい膜を有する生きた真核細胞の膜表面をナノ解像度で可視化し、生細胞表面ナノ構造の膜ダイナミクスを捉えることができることを実証した(図 3)。以上の本研究における技術開発、発明により、サブ 10nm の解像度の SICM 計測を行うことが可能となった。これらの成果をとりまとめた論文は、投稿準備中である[参考文献(3)、(7)、(8)]。

3. まとめ

本研究では、生体膜のナノレベルの膜変形、ゆらぎのダイナミクスを捉える技術を開発することを目標にした。開発した技術を用いて、生きた真核細胞の膜表面変形ダイナミクスや、サブ 10nm のナノ構造を有する生物試料の観察に成功した。しかし、本来目標としたミトコンドリアの膜変形のダイナミクスを捉えるまでには至らなかった。これは単離精製した試料の純度が低いことや、基板への固定などの観察条件の検討が困難だったことによる。今後は、観察条件を改善することで、従来の目標を達成できると考えている。

参考文献：

- (1) 渡辺信嗣、安藤敏夫 「プローブ走査機構、プローブ装置および走査型プローブ顕微鏡」 出願日：2016年11月22日，出願番号：PCT/JP2016/084534
- (2) S. Watanabe, and T. Ando, Appl. Phys. Lett. 111, 113106(4 pp), (2017).
- (3) S. Watanabe, N. Kodera, and T. Ando in preparation.
- (4) 渡辺信嗣、安藤敏夫「表面計測方法、イオン伝導顕微鏡およびプローブ」出願日：2017年9月8日，出願番号：特願 2017-172666
- (5) Sun Linhao, 執行航希、渡辺信嗣、安藤敏夫「液体充填方法、SICM用プローブの製造方法、SICM用プローブ及びSICM」出願日：2017年12月22日，出願番号：特願 2017-245642
- (6) 滝ヶ浦尚平、渡辺信嗣「SICM用プローブの製造方法及びSICM用プローブ」出願日：2018年2月27日，出願番号：特願 2018-33897
- (7) S. Takigaura, S. Watanabe *et al.* in preparation.
- (8) L. Sun, K. Shigyo, T. Ando, S. Watanabe, in preparation.

A03 ゆらぎを伴う細胞内情報伝達機構の統合的理解

大阪大学 大学院生命機能研究科 石島 秋彦

原核生物の細胞内情報伝達は一般的に拡散によるものと認識されているが、単純な拡散では情報伝達の役割を担うことができず、シグナル伝達分子の発生・効率的な回収など行った統合的な制御が必要となる。さらに、分子数のゆらぎがどのように情報伝達の精度に影響するか、といった本質的な問題に関してはほとんど解明できていない。本研究は、ゆらぎを伴う細胞内情報伝達機構を統合的に明らかにすることを目的として、複数の計測手法(イメージング、物理計測)を統合した手法により、明らかにする。真核生物においてはさらに複雑な反応・拡散による情報伝達が行われていると考えられているが、よりシンプルな原核生物の情報伝達機構を明らかにすることにより、生命科学全体における情報伝達の定量的な理解が深まるものと期待できる。

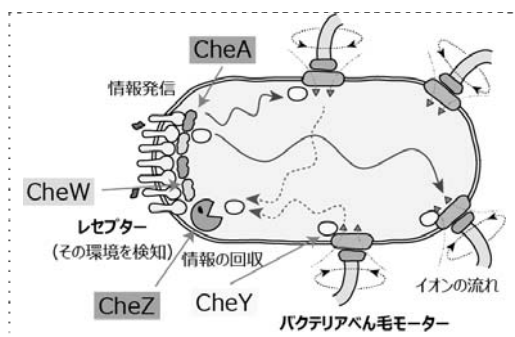


図1. バクテリア内情報伝達機構

我々の研究室では、大腸菌1細胞の走化性応答を高時間・空間分解能での計測、走化性タンパク質の細胞内動態の計測を行っており、ミリ秒で起こる細胞応答や細胞内のタンパク質の結合・解離や酵素活性の定量的な解析から、細胞内の情報伝達のメカニズムを生物物理学的観点から理解しようと考えている。走化性システムの最終的な出力はべん毛モーターの回転方向であり、短くしたべん毛繊維に付着させた微小ビーズ(直径0.5-1 μm)の回転をフォトダイオードや高速度カメラを用いることで、細胞応答の高時間・空間分解能計測が可能となる (Sowa 2005, Terasawa 2011)。

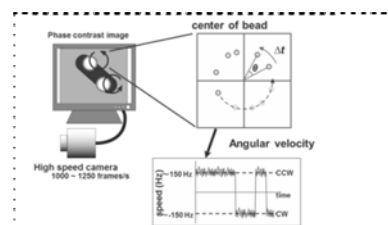


図2. 複数べん毛モーターの同時計測システム

最近の研究で、外部刺激の無い環境において、同一細胞上の複数のべん毛モーターの回転方向転換を同時に計測し、1) 同一細胞上のべん毛モーター同士の回転方向転換が同調すること、2) 2つのモーターの回転方向転換にレセプターの位置を基準とした時間差があることを明らかにした (Terasawa 2011)。

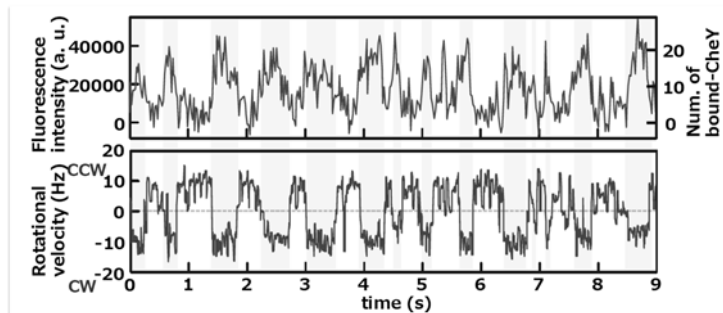


図3. モーター基部体へのシグナル分子の結合・解離と回転の同時計測 (上:回転, 下:蛍光強度)

また、緑色蛍光タンパク質 (GFP) を利用することで情報伝達タンパク質 (CheY) の可視化に成功し、リン酸化 CheY (CheY-P) の結合・解離がモーターの回転方向転換を起すことを『細胞内の機能的な単一モーター』で証明した (Fukuoka 2014)。これらの実験事実から、我々は、細胞内の情報伝達が CheY-P 濃度のゆらぎに起因する確率論的なものではなく、受容体から発せられた CheY-P 濃度のダイナミックな増減が細胞内を伝搬し直接べん毛モーターを制御するという従来とは全く異なるモデルを提言した。即ち、大腸菌は外部刺激が無いからといって走化性システムを休ませている訳ではなく、自発的にレセプターを活性化/不活性化させ、CheY-P 濃度のダイナミックな増減を産み出し、べん毛モーターの回転方向を変えて細胞遊泳を制御していることになる。これは、外界の刺激がない状態においても、常によりよい環境を探索するという観点からも理にかなっている。

しかしながら、前述のように、細胞極には 10,000 分子以上レセプターが存在し、それらが全

くランダムかつ確率的に活性化した場合、細胞内の CheY-P 濃度の増減はおこらず、ある値に平均化されてしまうはずですので、上述のような CheY-P 濃度のダイナミックな増減を生み出すためには、10,000 分子以上が集まったレセプターがレセプタークラスター内部の協同性によってあたかも巨大な少数の分子のように振る舞う（1 分子のレセプターの活性化および不活性化が 10,000 分子のレセプター全てに伝搬する）ことが想像される。このことは多数分子のクラスタリングによる新たな機能発現という観点からも非常に興味深い問題である。我々はシミュレーションによる化学物質の振る舞いを明らかにした。基本的には拡散運動によるシミュレーションであるが、細胞内・間においては高い協同性が指摘されている。我々は受容体の高い協同性に着目し、受容体の単純な 4 状態モデルに隣接する受容体の協同性を加えたモデルを構築し、その活性化の動態シミュレーションを行ったところ、パッチ状の活性化状態の出現を実現することができた。さらにこのモデルの最適化を図り、受容体のごく一部の受容体の集合を刺激した場合の応答などを計算し、実際の実験結果との比較を行う。さらに、真核細胞の細胞外微粒子による応答をシミュレーションで実現し細胞上における受容体の協同性などを明らかにする。

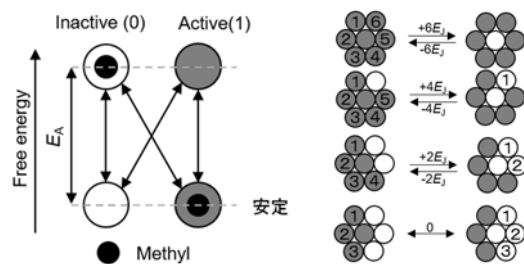


図 4. a) 4 状態モデル. b) 協同性モデル. ○:不活性, ●:活性, ●:メチル化. 各 4 状態にはそれぞれのエネルギー状態, 速度定数が存在する. 周囲の 6 つ (もしくは 3 つ) の状態に応じて速度定数が変化する

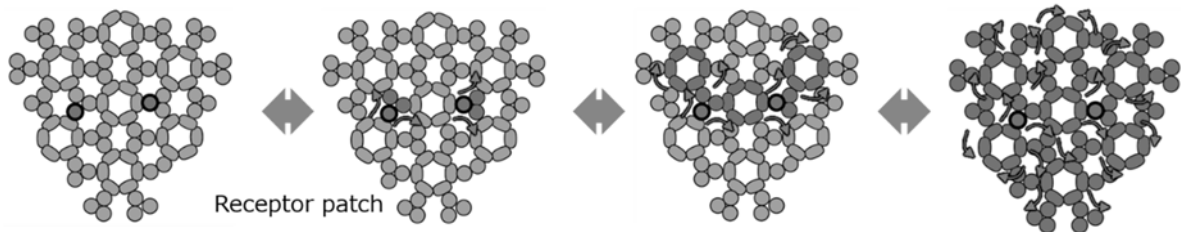


図 5. 受容体クラスターの応答. 約 2 万個存在する受容体においてシグナルが周囲に伝搬し、高い協同性を示す。

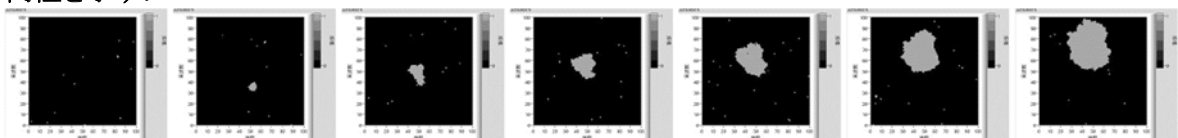


図 6. シミュレーションモデル. 黒が不活性, グレーが活性. 時間とともに中央にグレーのブロックが大きくなっている様子がわかる. このように、活性状態, および不活性状態が高い協同性を持って広がっていくことがわかる。

- (1) Sowa, Y., Rowe, A., Leake, M., Yakushi, T., Homma, M., Ishijima, A., and Berry, R. (2005). Direct observation of steps in rotation of the bacterial flagellar motor. *Nature* 437, 916-919.
- (2) Shun Terasawa, Hajime Fukuoka, Yuichi Inoue, Takashi Sagawa, Hiroto Takahashi and Akihiko Ishijima, (2011). Coordinated Reversal of Flagellar Motors on a Single *Escherichia coli* Cell, *Biophysical Journal*, 100, 2193-2200.
- (3) Hajime Fukuoka, Takashi Sagawa, Yuichi Inoue, Hiroto Takahashi, and Akihiko Ishijima. Direct Imaging of Intracellular Signaling Components That Regulate Bacterial Chemotaxis. *Science Signaling*, 319, ra32, (2014)

A03 バクテリア集団運動にみるアクティブ液晶の秩序形成と制御

九州大学理学研究院物理学部門 前多裕介

(1) バクテリア集団運動の幾何学的な性質と制御手法の確立

自律的に動く粒子群をアクティブマターとよび、粒子間の配向相互作用に由来する集団運動が生じる特徴を持つ。代表的なアクティブマターであるバクテリアは、境界のない2次元系において多数の渦やジェット流が混在する乱流のような集団運動を示すが、円形境界のような幾何的制約の下では単一の渦運動が現れ、それらの渦同士を相互作用させる幾何的制約では渦同士の回転軸が平行の強磁性体的な渦(Ferro-magnetic vortices, FMV)と反平行の反強磁性体的な渦(Anti-ferromagnetic vortices, AFMV) の二つの集団的回転モードが出現する[1]。しかし FMV-AFMV の遷移に関するメカニズムは明らかではなく、集団運動と境界形状の間にひそむ物理的なルールの解明が急務である。本研究では境界形状を自在に設計する新たな手法を開発し、集団渦運動の転移に関わる幾何法則の解明を行った。

本研究ではバクテリア大腸菌 (*E. coli*) の直進性変異体 RP4979 を用い、Polydimethylsiloxane チャンバーにバクテリア懸濁液を高密度に封入する手法を確立した。図 1(a)に示すように、半径 R の2つの円が中心間距離を Δ だけ隔てた形状のピーナツ型境界において、2つの渦を一定の相互作用距離で拘束するようにバクテリアを封入すると、2つの渦が対をなした「渦ペア」が出現した。渦ペアには、同じ向き of 強磁性ペア FMV と反対向きの反強磁性ペア AFMV があり、その転移は幾何パラメータの比 $\Delta/R=1.4$ を境にして起こることがわかった (図 1(b))。バクテリア極性的な配向相互作用をする自己駆動粒子とみなし、さらに境界と Nematic 相互作用をすることを考えた Vicsek モデルを平均場近似の下で解くと、 $\Delta/R=\sqrt{2}$ で2つのパターンが等確率で出現し、その前後でパターンが変化することがわかった [2]。以上の結果から、バクテリア集団運動には一定のサイズをもつ渦としての性質が潜んでおり、渦同士の相互作用に関する幾何法則が巨視的なパターンを支配することを明らかにした[2]。

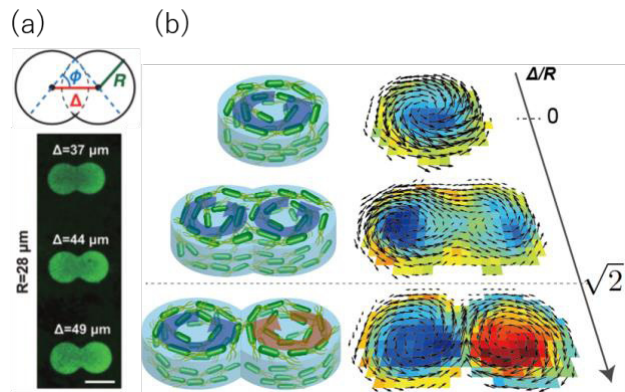


図 1. 境界形状が誘起するバクテリア集団渦運動. (a) 作成したマイクロウェルのデザインと拘束された細胞集団. スケールバー: $50 \mu\text{m}$. (b and c) 強磁性的渦ペア、および(d and e) 反強磁性渦ペアの渦度マップと速度場の方向マップ.

(2) フラストレートされたバクテリア渦ペアの転移点シフト

渦同士を直接衝突させる双子型マイクロウェルにおいては、FMV と AFMV の二つの渦ペアパターンが出現し、渦の中心間距離と渦の半径の比率が閾値 $\sqrt{2}$ を越えると AFMV パターン

へ転移する[2]。次に、3つの渦が相互作用するフラストレーションがある系においてFMVおよびAFMVの転移点を詳細に解析した。3つの渦ではFMVもしくはAFMVとFMVが共存する状態が安定となり、パターンの転移点は $\Delta/R=\sqrt{2}$ ではなく $\Delta/R=1.7$ の近傍で転移するようになることが分かった。転移点シフトは文献[1]でも見られており、矛盾しない結果である。今後は理論的な解析を進めることで、フラストレーション下の幾何法則を明らかにしてゆく。

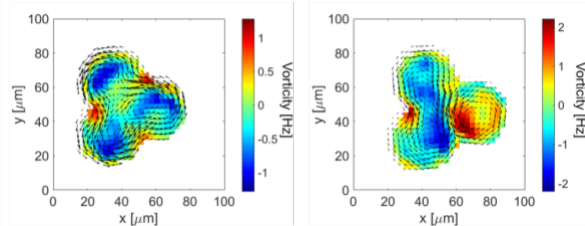


図2: 三つ子型マイクロウェルにおける集団運動の渦度マップ(左: $\Delta/R=1.58$, 右: $\Delta/R=1.83$)

(3) 無細胞遺伝子発現の幾何学的スケーリング則

さらに、集団運動のみならず、生命現象の基本的反応過程である遺伝子発現に体する幾何学的な高速の影響も明らかにした。遺伝子発現はmRNAへの転写そしてタンパク質への翻訳過程の連鎖的な化学反応からなり、細胞を支える中心的な化学反応である。細胞のサイズはバクテリアから受精卵まで、数 μm から1mmと 10^3 倍も大きさが異なりながらも、自律的に遺伝子発現は制御されている。表面の寄与が大きくなる微小な細胞では、遺伝子発現にどのような特徴がみられるかを明らかにするため、油中水滴に遺伝子発現する抽出液を封入し、遺伝子発現実験と理論モデルの解析を行った。

中性脂質に囲まれる細胞サイズの油中水滴内で、DNAからmRNAそして緑色蛍光蛋白質GFPへの転写・翻訳を行うセルフフリー遺伝子発現を実装した。すると、水滴の半径Rと内部の遺伝子発現量を定量的に調べると、液滴の体積($\propto R^3$)の増大に対して遺伝子発現量は比例せず、遺伝子発現量は R^4 で増大する非線形性を示すことを見出した。この非線形な依存性は、水滴表面における抑制的な翻訳過程を考慮することで説明できる。転写翻訳が起こるバルクの体積と表面近傍の抑制層の体積の比率が、系のサイズが変化するためである(図3)[3]。この結果は、細胞の区画化が遺伝子発現を制御する機能を持つことを示唆する。

参考文献:

- (1) H.Wioland, et al. Phys. Rev. Lett. 110, 268102 (2013); Nature Phys. 12, 341 (2016).
- (2) K. Beppu, Z. Izri, J Gohya, K. Eto, M. Ichikawa, Y.T. Maeda. *Soft Matt.* 13, 5038-4043 (2017)
- (3) R. Sakamoto, V. Noiriaux, Y.T. Maeda, *bioRxiv*:251306 (2018)

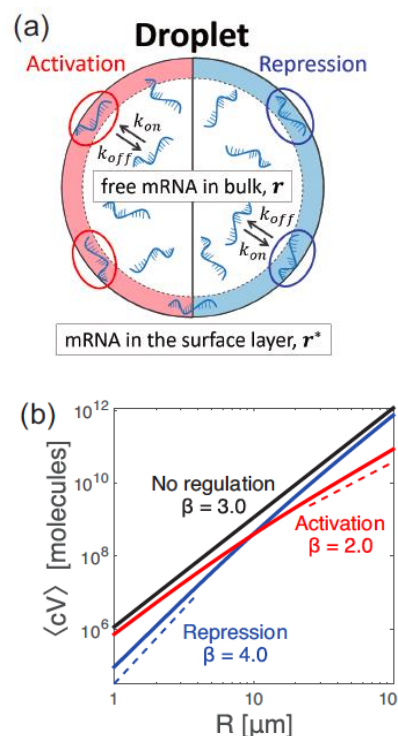


図3: 遺伝子発現量の区画サイズ依存性。

バクテリアの細胞分裂の起点は、Min タンパク質と呼ばれる 2 種のタンパク質(MinD と MinE)が、細胞内を波のように移動すること(Min 波)により決定される(図 1A-C)。Min 波が生じる分子メカニズムは反応拡散モデルで説明できることを示されてきた[1]。本研究では、Min 波を人工的な細胞空間(細胞サイズスケールの脂質膜で覆われた油中水滴内)で再現し、その物理特性を解析することで、細胞内における反応拡散波の物理を明らかにすることを目的とした。

本研究の開始までに、バルクである二次元平面膜上と異なり、大腸菌の極性脂質で覆われた油中水滴内(以下、人工細胞空間内)では MinD と MinE の添加だけでは Min 波が生じないこと、高分子混雑剤として入れた BSA によってはじめて Min 波が発生することを示していた(図 1D)。そこで、①人工細胞空間の特性変化が Min 波に与える影響の解析、②人工細胞空間内での Min 波出現に BSA 添加が必要である理由を物理化学的な解析により、反応拡散波における空間作用と細胞スケール閉鎖空間内における Min 波創発条件を解明した。

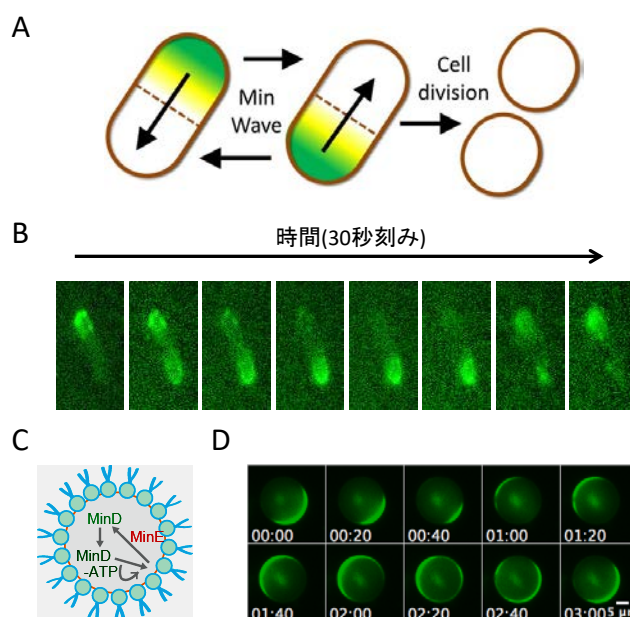


図 1. Min システムの概要

A: Min システムの波が細胞分裂面の決定に関与する。B:大腸菌細胞(4 μm)中の MinD の動き(緑色部分)、C: 分子メカニズム、D: 油中水滴中に再構成された Min システムの波状運動

人工細胞空間の特性が Min 波に与える影響の解析

細胞サイズ閉鎖空間では、①空間サイズそのものが微小である影響と、②体積あたりの膜面比が非常に高く細胞膜の効果が顕著に表れる、という特徴がある。そこで細胞サイズ空間やイオン環境が波の発生に与える影響の解析を行った。

① 空間サイズの影響

Min 波の波長は 80 μm 程度であり、数十 μm 直径の人工細胞空間では波が 1 つしか存在できない。このような単一の波はバルク環境では現れないため、細胞サイズ閉鎖空間の反応拡散波に特有の物理的特徴が顕著に表れるのではないかと仮説をたて、10-1000 μm 直径の人工細胞をランダムに選択し、単一波の形状や速度を解析した。結果、40 μm 直径以下の細胞サイズ空間では単一波が存在し、その形状や速度は空間サイズでスケールすると一定の値となった。この特徴は波が 2 つ以上現れる人工細胞サイズでは消失し、空間サイズにかかわらず一定の形状や速度が観察された。このことから、球面の閉鎖空間内では境界が周

期的条件であるため、波の強め合いや打ち消し合いにより空間サイズで相似化された形状や速度となることが示唆された。共同研究者の義永氏(東北大学、A03 公募班)との共同研究による理論的検討の結果、波の不安定性において、半球状の形状が選択されることが示唆された。また、速度の空間相似性に関しては、モデルの標準形を仮定した場合に定数として現れることが要因である可能性が示唆された。

② 細胞膜の影響

Min 波の性質(形状や速度)はイオン環境により大きく変化する[2]。例として、平面膜においてはカリウム濃度が高いほど Min 波の伝播速度が速くなること、脂質の電荷に応じて波の発生条件が変化することなどが知られている。そこで様々なカリウム濃度における人工細胞内での Min 波の性質を解析したところ、平面膜と異なりカリウム濃度による影響が小さくなることが示された。

脂質の電荷に関しては、ごく最近、脂質組成を調整することで BSA が存在しない場合にも Min 波が観察されることが報告された[3]。しかし同様の実験を行ったところ、波の発生率は脂質組成に対して非常にシビアであることが示された。実際に、MinDE の濃度変化に対する波の創発領域は、バルクと比較して非常に狭い領域であることが明らかになった。

さらに、単一波出現の初期段階においては興味深い現象が観察された。まず膜上と細胞質部分の間を Min タンパク質が一様振動し、その後に極間を往復する standing wave が発生、最後に traveling wave と変化することが明らかになった。このような波の種類の遷移は因子の混合後 20 分程度で完結した。この現象は、1 時間後の観察においては 90%程度の油中水滴において traveling wave が観察された理由を説明した。この変化は、共同研究者の義永氏による理論解析により、ノイズに由来でなく球形空間に Min 因子群を閉じ込めた場合に生じる特異的な現象であることが示唆された。

人工細胞空間内での Min 波出現に BSA が理由の物理化学的な解析

MinDE の反応、拡散に関して検討した結果、平面膜では膜近傍と遠方における MinE の濃度比がわずかであるのに対し、人工細胞内ではこの比が上昇することが明らかになった。この比は細胞サイズと相関した。一方、BSA の添加により、MinE の自発的な膜局在は観察されず、ほぼすべてが細胞質部分に存在することが明らかになった。現在までに行われてきたほぼすべての Min 波の理論解析において、MinE は自発的には膜に局在しない、と仮定されてきたが、モデルに MinE の自発局在を入れると Min 波が発生しづらくなることが示唆された。遺伝学的に知られている MinE の変異体を用いた人工細胞系での解析から、この結論を裏付けることができた。我々の結果から、細胞スケール閉鎖空間内における反応拡散波の発生には、MinE の自発的膜局在の調整のように、膜面積体積比の変化に現れる存在比の調整因子が重要であることが示唆された。

参考文献

- (1) M. Loose, *et al.*, *Science*, **320**, 789–792 (2008)
- (2) A.G. Vecchiarelli, M. Li, M. Mizuuchi, K. Mizuuchi. *Mol. Microbiol.*, **93**, 453-463 (2014)
- (3) K. Zieske, G. Chwastek, P. Schwille. *Angew.Chemie*, **128**, 13653–13657 (2016).

A03 細胞質流動から迫る細胞質におけるゆらぎから構造が生じるメカニズム

国立遺伝学研究所・構造遺伝学研究センター 木村 暁
国立遺伝学研究所・構造遺伝学研究センター 木村健二

細胞質流動は細胞内で細胞質全体が流れるように移動する集団的な現象である。このような流動が生じるためには、原動力を生み出す細胞骨格の方向が細胞全体でそろう必要があるが、そのメカニズムについては不明な点が多い。

本研究課題では、モデル動物である線虫 *C. elegans* の初期胚で生じる細胞質流動の解析を通じて、「方向性を持った流動という【構造】がどのように生じるのか?」「流動という構造の形成や維持に、細胞内の【ゆらぎ】がどう関与するのか?」を明らかにすることを目的とした。着目したのは、減数分裂時細胞質流動(meiotic cytoplasmic streaming; MeiCS)と呼ばれる流動で、微小管細胞骨格とモータータンパク質であるキネシンによって駆動される。MeiCS の流動方向はあらかじめ決まっていなければか、流動の途中で時折逆転することが知られている。このことから、流動の原動力を提供する微小管細胞骨格がある方向に自発的にそろい、また、そろった方向が時間とともに変化することが予想された。

我々は、微小管の方向性がそろうために細胞内の ER (Endoplasmic Reticulum; 小胞体) というオルガネラが必須な役割を果たしていることを明らかにした。ER は細胞全体に網目のように張りめぐらされている。この細胞全体を覆う網目構造が、近隣の微小管の方向性を揃えるのに寄与していると考えた。つまり、ある 1 本の微小管の上をキネシン (モータータンパク質) が ER をつかみながら移動すると、ER を介して周辺の微小管も同じ方向に向きを変え、さらに周辺の微小管の向きを揃えるというポジティブ・フィードバックにより、方向性を持った流動という【構造】が生じると考えた。実際に、ER の網目状構造を形成するのに必要な *yop-1* と *ret-1* という 2 つの遺伝子を阻害する実験を行うと、ER の網目状構造が断片化するとともに、流動が生じなくなった (1)。

ER の網目状構造を利用したポジティブ・フィードバック機構により、細胞内のパラメータで流動が生じるかを検討するために、1次元の数値モデルを研究協力者 (仏・キュリー研究所の Joanny 教授と Mamane 博士) とともに構築した。その結果、細胞内で予想される力や粘性のパラメータ値で、微小管の方向が揃い、全体的な流動が生じることがわかった。さらに興味深いことに、このモデルにおいて【ゆらぎ】を考慮すると流動方向が確率的に逆転することが示された (図 1)。流動方向の逆転は、実際の細胞で見られる現象であり、また、モデルに導入したゆらぎは、微小管が確率的に生成・消滅するという細胞内で起きていることを反映したものである。このことは、細胞内の【ゆらぎ】が、細胞質流動という【構造】の方向を逆転させるという、劇的な役割を果たしていることを示している。実際に、細胞内で微小管の崩壊頻度を抑制する実験を行いゆらぎを小さくすると、流動の逆転が起こりにくくなることが観察された (1)。

以上の研究は、細胞の中で、構造とゆらぎの協奏により、細胞質流動の発生や逆転が起きていることを示していると考えられる (2)。この細胞質流動は、細胞内の物質を攪拌することに

よって、細胞内部の顆粒が細胞表層に分泌されやすくする機能を持っていると考えられる(1)。しかし、実際に明らかにしたメカニズムでどの程度の攪拌が起きるのかわからない。そこで、本領域の和田浩史博士(立命館大学理工学部)と議論を行い、閉空間での流動の生成・逆転と攪拌効果を検討する数理モデルの構築を進めていただいている。このモデルの挙動と、実際の細胞内での挙動を比較することにより、流動のメカニズムや生物学的役割についての理解が深まると期待される。

細胞質流動は、植物細胞を中心に古くから観察されてきた。様々な細胞種でみられる流動のパターンは7種類に分類されている。このうち、今回解析した MeICS と同様に、あらかじめ細胞の方向性(極性)が規定されていないにもかかわらず、流動場の方向性が自発的に形成される種類は3つであり、Circulation型、Saltation型、Rotation型と名付けられている。MeICSはCirculation型(全体的な流動が生じ、その方向は時折逆転する)に属するが、ERを断片化する遺伝子操作を行うとSaltation型(全体的な流動が生じず、細胞内で構造体がランダムな方向に動く)に転じ、さらに微小管の崩壊頻度を抑制する操作を行うとRotation型(全体的な流動が生じ、その方向が一定である)になることが本研究でわかった(図1)。また、本研究で構築した数理モデルにおいても、パラメータ値によってCirculation型、Saltation型、Rotation型の流動が見られる(図1)。したがって、本研究で確立した実験系及び数理モデルは、細胞内で自発的に生じる流動の普遍的な特徴を捉えるものである。

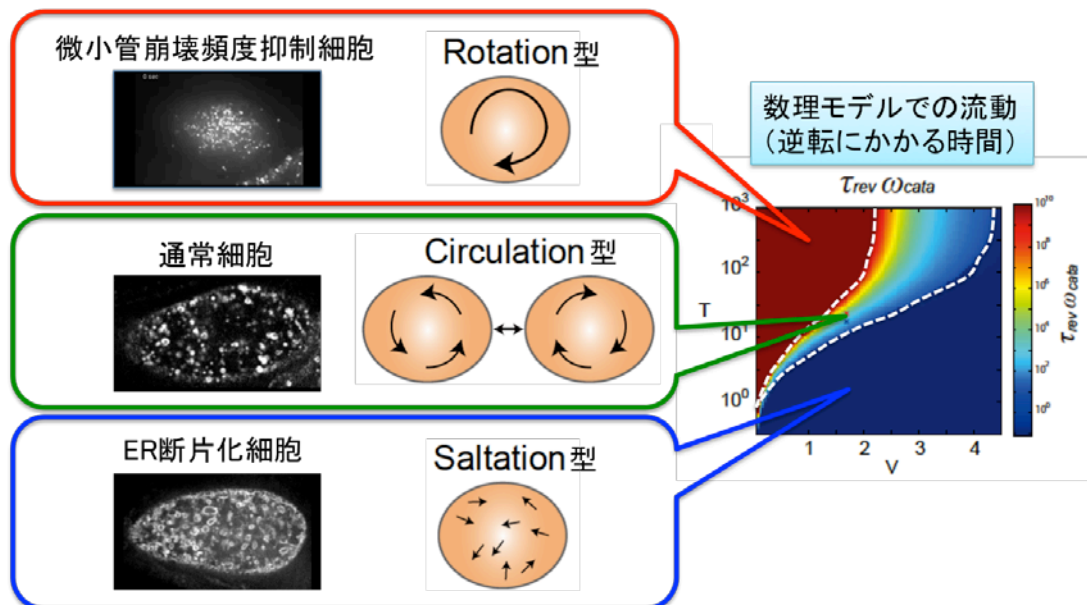


図1. 細胞実験及び数理モデルにおいて3種類の細胞質流動を再現できた。

参考文献：

- (1) K. Kimura, A. Mamane, T. Sasaki, K. Sato, J. Takagi, R. Niwayama, L. Hufnagel, Y. Shimamoto, J.-F. Joanny, S. Uchida, and A. Kimura. *Nat. Cell Biol.* **19**, 399-406 (2017).
- (2) 木村健二, 高木潤, 庭山律哉, 島本勇太, 内田誠一, 木村暁. *実験医学* **35**, 2250-2253 (2017).

A04 固体素子の非平衡揺らぎ・非線形光応答：ナノ光計測による揺らぎ分光イメージング

東京工業大学未来産業技術研究所 河野行雄

物質中で発生する電荷の揺らぎは、固体素子において通常ノイズとして邪魔者扱いされるが、物質の秩序形成や相変化の根幹を担うことがしばしばある。本研究では、光応答における非平衡・非線形現象という固体物理学の基礎的かつ重要な課題に関して、揺らぎの空間構造・周波数スペクトルという視点からの研究を目的とする。具体的には、ナノスケールの局所的な光照射を基にした計測システムを創出し、固体デバイス、有機・高分子材料などにおける揺らぎ・非線形光応答の探求に応用する。この研究から、非平衡・非線形現象における特徴的な電荷分布形成・ダイナミクスやその発現の背後にある微視的メカニズムを解明することを目指した。

計測としては、空間イメージングだけでなく、ブロードバンドレーザーを用いてナノスケール空間での局所的な周波数スペクトルが測定できるシステムを構築した。これにより、空間・周波数（エネルギー）双方からの測定・解析が可能となった。試行的な実験として、酸化シリコンのフォノンに由来する光反射スペクトルをナノスケール空間で観測することができ、計測が正常に動作していることを確認した。

ターゲットとして、グラフェンのナノ光応答特性、プラズモニック構造におけるプラズモンの伝搬、導電性有機高分子の非線形伝導を主な研究対象とした。

グラフェンに関しては、光応答の空間イメージングから、光照射による非平衡状態がグラフェンの層数によって大きく異なることを見いだした（図1）。ラマン散乱測定で見られる層数ごとのグラフェンの特徴とよく一致することから、グラフェンの層数に厳密に応じたホットエレクトロン状態のナノスケール情報を得ることが可能となった。

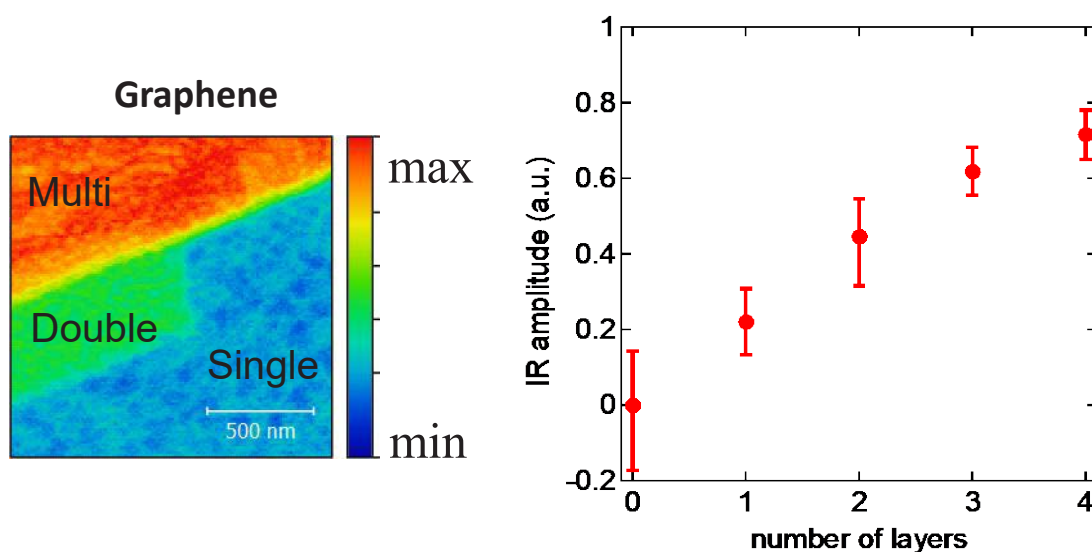


図1. (a)グラフェンの光応答のナノスケール空間イメージング。(b) (a)の光強度のグラフェン層数依存性。

プラズモニック構造については、シリコンマイクロ構造体の鋳型^{1,2)}にゴム状物質を流し込んで固める“スタンプ式”により、簡便かつ迅速に構造を作製する手法を開発した。光照射によってプラズモン由来の電界分布に明暗のパターンが出現することを観測した(図2)。電磁界シミュレーションの結果とよく一致することから、プラズモン伝搬のダイナミクスを可視化できていることを確認した。また、ナノ領域における周波数スペクトル測定により、プラズモン共鳴に基づくピーク構造を観測し、このスペクトル形状から理論的に予想される周波数との一致を見いだした。また、別の構造体(スパイラル型)に対する同様の測定も行い、構造の回転対称性を反映した特徴的な光電界・位相パターンを観測した。また、偏光子を導入することで3次元ベクトル計測を可能にした。

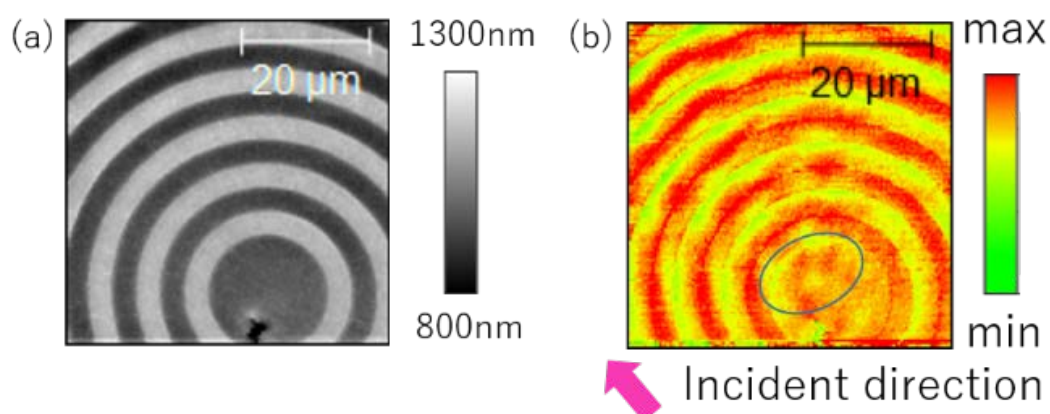


図2. スタンプ式プラズモニック構造の(a)トポ像と(b)光応答のナノスケール空間イメージング。

上記の固体素子に加えて、外場に対する応答性が高く、豊富な非線形・非平衡現象が期待される導電性有機高分子の電気伝導・揺らぎ特性について研究を行った。電気伝導の温度依存性を調べたところ、(1) 温度 200K 付近で電気抵抗の温度依存性のべき数が大きく変わる、(2) 200Kでの電流-電圧特性が急激に非線形になり、大きな揺らぎが生じる、(3) この転移点のみで光誘起による巨大な電気抵抗変化が生じる、ことを見出した。このような急な非線形性は200K付近でしか見られない。低温下(3~15K)では正の磁気抵抗が観測されたため、ホッピング伝導による機構を示している。したがって、200K付近における温度依存性のべき数変化は、ホッピング伝導を特徴づけるエネルギーや伝導状態が変わることを示唆しており、電流-電圧特性や光応答の大きな非線形性はその状態遷移に帰することが分かった。

参考文献：

- (1) T. Iguchi, T. Sugaya, and Y. Kawano, *Applied Physics Letters* 110, 151105-1-4 (2017).
- (2) X. Deng, S. Oda, and Y. Kawano, *Journal of Modeling and Simulation of Antennas and Propagation* 2, 1-6 (2016).

A02, A04 生体高分子系における異常拡散現象

九州大学大学院理学研究院 坂上貴洋

九州大学大学院理学研究院 中西秀

東京大学地震研究所 齋藤拓也

広島大学大学院理学研究科 早瀬友美乃

一分子レベルの観測技術の発達に伴い、生体内をはじめとした複雑な階層構造を持った系では、平均二乗変位が時間に比例しない「異常な拡散現象」が数多く報告されてきている。このことは、そのような複雑系では通常の意味での中心極限定理は破綻しており、ミクロとマクロの間に位置する中間階層（メソスケール）において豊かな動的現象が潜んでいることを示唆している。本研究では、高分子を代表とする「多数の要素が連結した系」において一般的に重要となることが期待される「負の相関」の効果に注目し、それにより引き起こされる異常拡散をはじめとした動力学現象に着目した。熱平衡系での定式化と応用、さらに外的、もしくは内的に非平衡状態に駆動された粘弾性媒質中において発現する異常な動力学のメカニズム解明を目標として研究を行い、以下の成果を得た。

1) ラベルモノマーの異常拡散を記述する一般化ランジュバン方程式の導出[1]

高分子鎖上のラベルモノマーの運動は、遅い拡散 (sub-diffusion) が見られる典型例である。まずは今後の諸問題への適用を念頭に置き、厳密に解ける線形模型 (ラウス模型) において、ミクロなモデルからラベルモノマーの遅い拡散を記述する一般化ランジュバン方程式を導出し、系に内在する多重の時間スケールの重ね合わせにより長時間に及ぶべき的な記憶効果が生じるメカニズムを明らかにした。一般化として、排除体積や流体力学的相互作用の効果を取り入れる近似的処方箋や、不規則分岐鎖上のラベルモノマーの運動を議論した。また、強い外力下での伸張過程について、張力伝播に伴う記憶効果という物理的描像を基にして非線形応答の特徴を解明した。生体高分子系への応用として、折り畳み転移における反応座標 (reaction coordinate) の異常拡散挙動[2]や、非熱的な能動ノイズに駆動される染色体上の遺伝子座のダイナミクスを議論した[3]。

2) 高分子膜のダイナミクス[4]

モノマーが二次元的に重合したシート状の巨大分子を高分子膜 (polymerized membrane) といい、しばしば、グラフェンシート、赤血球細胞などのモデルとして考えられる。排除体積を持つ高分子膜は、大きなスケールで平坦構造 (flat phase) をとることが知られているが、その動的性質については不明な点も多い。本研究では、高分子系での定式化を参考にすることにより、高分子膜上のラベルモノマーの異方的な遅い拡散を記述する一般化ランジュバン方程式を導出した。また、モンテカルロシミュレーションから得られた結果を動的スケール則の形に整理し、遅い拡散を特徴付ける指数と、高分子膜の構造を記述する臨界指数との間に成り立つスケール関係式を求め、理論計算とよく一致することを確認した (図1)。

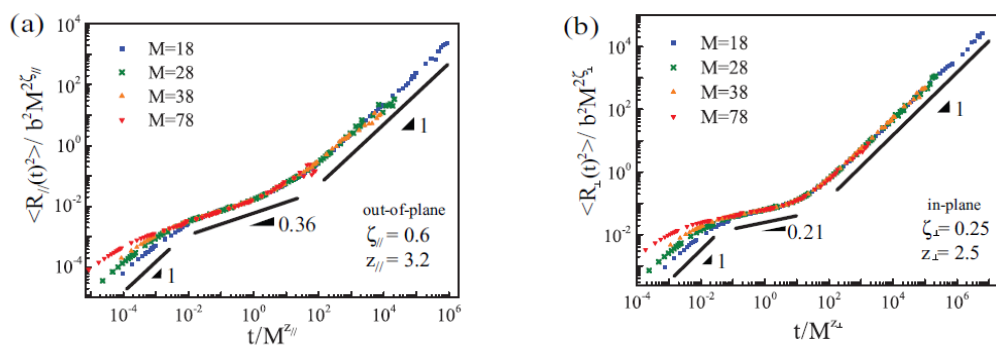


図1. モンテカルロシミュレーションにより計算した高分子膜上のラベルモノマーの平均二乗変位を動的スケーリング則の形に整理したプロット。左、右図はそれぞれ運動の面外、面内成分を表す。

(3) ナノピストン系での DNA 分子圧縮ダイナミクス [5, 6]

長鎖 DNA 分子を直径がサブミクロン程度の筒状のチャンネル（ナノチャンネル）中に閉じ込めると、DNA は筒の軸方向に沿って伸張する。この現象は、ゲノム科学での応用とも関連し、これまで、その平衡状態について多くの研究が為されてきた。本研究では、光トラップしたビーズを用いて、DNA を操作することにより、ナノチャンネル中での DNA の動的性質について研究を行った（図2）。ビーズを一定の速さで動かし、DNA を一端から押す。この時の操作速度が十分ゆっくりであれば、DNA 分子は、単に並進移動をするのみである。しかし、操作速度がある臨界値を超えると、DNA 分子は特徴的な動的な応答を示し、一定時間の後に、空間的に不均一に軸方向に圧縮された定常状態へと至る。これらの過渡的過程、定常状態の両方について理論的解析を行い、実験との良い一致を得た。この圧縮過程は上記(1)で見た伸張過程の逆過程と見なせ、異常拡散と関連する平衡ダイナミクスの興味深い一例となっている。

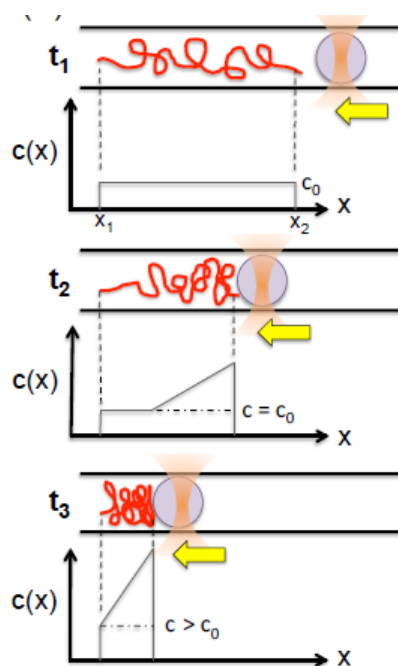


図2. ナノチャンネル中の DNA 非が光トラップしたビーズにより圧縮される過程

参考文献：

- (1) T. Saito and T. Sakaue, *Phys. Rev. E* **92**, 012601 (2015).
- (2) T. Sakaue, J.-C. Walter, E. Carlon and C. Vanderzande, *Soft Matter* **13**, 3174 (2017).
- (3) T. Sakaue and T. Saito, *Soft Matter* **13**, 81 (2017).
- (4) K. Mizuochi, H. Nakanishi and T. Sakaue, *Europhys. Lett.* **107**, 38003 (2014).
- (5) A. Khorshid, P. Zimny, D. T.-La Roche, G. Massarelli, T. Sakaue, and W. Reisner, *Phys. Rev. Lett.* **113**, 268104 (2014).
- (6) A. Khorshid, S. Amin, Z. Zhang, T. Sakaue, and W. Reisner, *Macromolecules* **49**, 1933 (2016).

A04 量子流体力学における「ゆらぎと構造の協奏」

大阪市立大学大学院理学研究科 坪田 誠

非平衡の世界の普遍性を、低温物理学の視点から、量子流体を舞台に追求することを目標とした。歴史的には、超伝導や超流動、Bose-Einstein 凝縮 (BEC) などを対象とした低温物理学の研究の大半は、平衡状態もしくは弱い非平衡状態を舞台に行われてきた。強い非線形・非平衡物理学の観点からの研究はほとんど無い。ここでは、低温物理学における重要テーマの一つである量子乱流を、非線形・非平衡物理学の観点から、理論的および数値的に研究した(1, 2)。舞台となる系は、超流動ヘリウム、および原子気体 BEC である。主な成果を列挙する。

1. 超流動ヘリウムの量子流体力学と量子乱流

超流動 ^4He の流体力学は、超流体と常流体が混合したとする二流体モデルによって記述される。二流体モデルに最も特徴的な現象は熱対向流である。熱対向流は、半世紀以上にわたり、低温物理学の重要な研究対象である。その解明に、1980 年代頃から行われて来た渦糸モデルの数値計算は非常に重要な役割を果たして来た。しかし、極最近までの数値研究は、常流動の速度場を空間的に一様と仮定して行われていた。これは、常流動速度場に関する情報が無かったからである。しかし、最近、様々な手法による流れの可視化実験が行われるようになり、熱対向流の流速を上げると、常流動は、層流ポアズイユ流から、その外側部分が持ち上がった **tail-flattened** 流という特異な層流を経て、乱流に転移することが観測された(3)。

我々は、実験と同じ正方形管で、非一様量子乱流のダイナミクスを解明すべく、以下の研究を行った。

[1]常流動流れを層流ポアズイユ流、および層流 **tail-flattened** 流と固定して、量子渦のダイナミクスの数値計算を行った(4)。まず、この系では、非一様性を反映して量子渦の特徴的な（一様系では見られない）時空間的振動が見いだされた。そして、管壁近傍に量子渦が集中した「超流動境界層」ともよぶべき構造を確認した。また、超流動速度場が、古典乱流の代表的な統計則である、壁法則(対数型速度分布)に従うことを示した(5)。この壁法則がなりたつためには管中央部から壁への運動量輸送が必要であることが古典乱流で知られているが、量子乱流の場合、量子渦の管中央部から壁への移動がそれを担っていると考えられる。

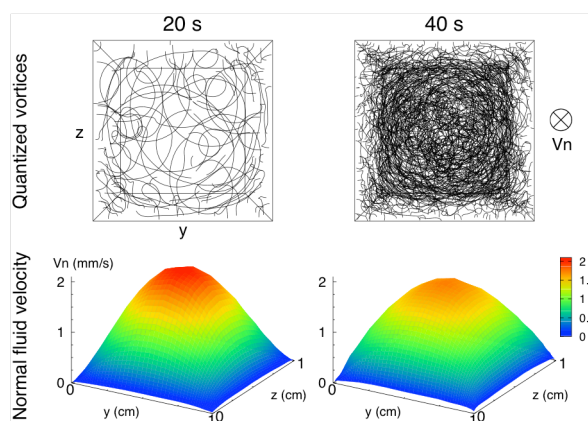


図 1: 二流体結合ダイナミクスによる熱対向流中の量子渦糸の分布 (上段) と常流動速度場の変形 (下段)。

[2]量子渦は渦糸モデル、常流体は Navier-Stokes 方程式で扱い、両者を相互摩擦で結合させて、超流体と常流体の連立ダイナミクスを初めて扱った(6)。図1にその典型的なダイナミクスを示す。量子渦が流れ場によって駆動・増幅され非一様な量子乱流を形成する(図1上段)。それにともない、常流動速度場は初期のポアズイユ流れから変形し、平坦化する(図1下段)。この速度場は、実験結果と完全に一致するわけではないが、その重要な特徴は捉えている。

2. 原子気体 Bose-Einstein 凝縮体の量子乱流

主に二つの研究を行った。

[1] スピノール BEC のスピン乱流 (7):スピノール BEC が生じるスピン乱流の研究を行い、スピン相互作用のエネルギーのスペクトルが $-7/3$ という特徴的なべき則を生むこと、乱流状態ではスピンの空間的に乱れつつも時間的に凍結するスピングラス的な挙動を示すことを過去に明らかにした。この系は、スピン自由度の他に超流動の自由度もあり、両者が結合した興味深い系である。この結合乱流について研究を行い、スピンの $-7/3$ のエネルギースペクトルと、超流動の $-5/3$ のエネルギースペクトルが共存することを見いだした。この $-5/3$ 則は乱流のコルモゴロフ則を想起させるが、通常乱流のそれが Navier-Stokes 方程式の慣性項によって生じるのに対し、今の場合は超流動とスピンの結合により生じる。

[2]Bogoliubov 波乱流 (8):量子乱流と言えば、量子渦が作る乱流が有名だが、その超流動速度場が作る統計則を観測するのは容易でない。ここでは、BEC の素励起である Bogoliubov 励起が作る波乱流を考えた。密度波の観測は原理的に可能なので、これにより統計則の観測が可能になると期待される。BEC の、巨視的波動関数が従う Gross-Pitaevskii(GP)方程式に波乱流理論を適用することにより、巨視的波動関数のスペクトルに $-7/2$ 、密度分布のスペクトルに $-3/2$ のべき乗則が現れることを解析的に導き、GP 方程式の数値計算により検証した。典型的な数値計算例を図2に示す。最初の大スケールの密度の揺らぎが、小スケールの揺らぎに変化していることがわかる。これは大スケールから小スケールへのカスケードが起きていることを意味し、この状況で $-3/2$ のスペクトルの形成を確認した。

参考文献:

- (1) 坪田誠・笠松健一・小林未知数・竹内宏光、量子流体力学 (丸善出版) (2018)
- (2) M. Tsubota, K. Fujimoto, S. Yui, *J. Low Temp. Phys.* 188, 119 (2017)
- (3) A. Marakovet *et al.*, *Phys. Rev. B* 91, 094503 (2015)
- (4) S. Yui, M. Tsubota, *Phys. Rev. B* 91, 184504 (2015)
- (5) S. Yui, K. Fujimoto, M. Tsubota, *Phys. Rev. B* 92, 224513 (2015)
- (6) S. Yui, M. Tsubota, H. Kobayashi, *Phys. Rev. Lett.* 120, 155301 (2018)
- (7) K. Fujimoto, M. Tsubota, *Phys. Rev. A* 90, 013629 (2014)
- (8) K. Fujimoto, M. Tsubota, *Phys. Rev. B* 91, 053620 (2015)

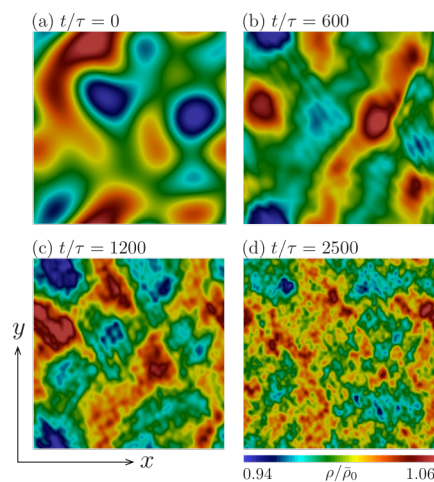


図2 : Bogoliubov 波乱流における密度揺らぎの時間発展。

A04 ガラス化における揺らぎの相関構造の発現メカニズムとその輸送異常に果たす役割の解明

東京大学生産技術研究所 古川亮

輸送異常における相関構造の発現メカニズムとその輸送異常に果たす役割

粘性係数や拡散係数など流体輸送係数に現れる時間・空間スケール依存性は輸送異常のメカニズムそれ自体を直接反映しているといつて過言ではない。本公募研究以前に研究代表者が遂行した一連の研究において、流体輸送そのものが持つ階層性(スケール依存性)やその過冷却度との相関を初めて明らかにしてきた。流体輸送異常はガラス化を定義する上で中心的な役割を果たすことを鑑みると、このような空間スケール依存性や空間相関は、ガラス化において、何らかの相関構造の介在が本質的に重要であることを強く示唆していると考えられる。本稿では、このような視点から遂行された研究に関して、特に平成26、27年度の公募研究期間を通じて得られた成果と、それに基づいて提案したガラス転移に関する現象論(研究期間終了後に発表)について記述する。

ガラス形成物質には、経験的に“strong”と“fragile”の2種類の動的クラスがあることが認識されてきた。strong 液体では粘性係数(≒構造緩和時間)はアレニウスの温度依存性を示すのに対し、fragile 液体では、非アレニウスの温度依存性を示す。このような差異は、strong 液体に比べて、fragile 液体の粒子運動がより協同的であることを示唆していると考えられてきたが、この分類の背後にある決定的な物理描像の違いは、これまで明らかにされていなかった。この問題に対し、研究代表者は、縦流体緩和モードの系統的解析により、これら2つの動的クラスを理解する鍵となる物理特性の違いを見出した:ガラス化において重要になる空間スケール(動的不均一性が顕著に見られる空間スケール)で、strong 液体の密度緩和ダイナミクスは非保存的に振る舞う一方で、fragile 液体においては保存的(拡散的)に振る舞う。この縦流体緩和モードに見られる決定的な差異は、それぞれのクラスにおける緩和の素過程の違いに直接的に由来している。fragile 液体では密度ゆらぎ(=縦モード)の緩和は、その局所的な密度の交換が必要であるのに対し、strong 液体の場合には、そのような交換プロセスを必要とせず、非協同的にかつ自由に緩和が進行する。さらに、fragile 液体では、過冷却状態において密度の交換プロセスは協同的になるが(協同拡散)、この協同性は過冷却度の増大に伴い、より顕著になる(1)。この結果は、fragile 液体と strong 液体において、密度揺らぎが、緩和ダイナミクスに果たす役割が異なることを強く示唆している。すなわち、fragile 液体では再配置運動の阻害に密度(タイトなパッキング)は本質的な役割をもつが、strong 液体ではそうではない。実際、密度の高い空間領域は粒子の再配置運動が強く抑制され、密度の低い空間領域ではその逆であることが示される(2)。

これらの結果・事実を踏まえて、fragile 液体における空間相関の発現と、過冷却度の増大に伴う長さスケールの成長を記述する現象論を提案した(2)。マクロな密度の変化は、それが微小であってもマクロなガラス化を強くコントロールするが、一方で、密度そのものは僅かながら空間的に揺らいでいる。マクロな密度の微小な変化がマクロなダイナミクスに劇的な

影響を与えることは経験事実であるが、同様に局所的な密度の揺らぎは、それが微小であっても局所的なガラス化をコントロールしていると考えられないだろうか？もちろん、多くの文献で報告されている通り、密度ゆらぎには、異常は観測されないし、その空間相関長は過冷却度に関わらず粒子サイズのままである。そこで、以下のように考える。“macro-system”の中に“subsystem”を決めた時、その subsystem で定義される平均密度は、わずかではあるがやはり揺らいでいる。その揺らぎは subsystem のサイズに依存するが、(与えられた環境下で)適切なサイズの subsystem を設定すれば、それらの subsystem の中で平均密度が強い caging あるいは jamming を引き起こすに十分な密度になっているものを一定割合見つけることができる。そのような subsystem 内部の粒子は幾何的に拘束され、そのダイナミクスはある一定時間凍結すると見なすことができるであろう。この凍結される時間間隔が緩和時間であり、幾何拘束の持続長こそが協同性のサイズと考える。このような空間的に不均一に分布する subsystem の密度を局所的なコントロール変数とし、その統計性から長さスケールの発散、さらにはガラス転移を論じる現象論的スキームを提案した(2)。通常モード結合理論(MCT)では「マクロ」な平均密度をコントロール変数として、閾値以上の平均密度における「マクロ」な凍結を記述する。しかし、現状の MCT の枠組みは“不均一な caging”や“長さスケールの成長”といった概念を含まない。また、この現象論スキームは熱力学的な特異性を前提にしない。過冷却液体の密度ゆらぎはガラス転移点に近づいてなお単純液体のそれとほとんど見分けがつかず、いわば「自然なゆらぎ」のままである。これこそがガラスの不可思議さの所以であるが、そこに我々がまだ認知し得ないゆらぎの異常があると考えerのではなく、この自然な揺らぎがガラス転移を包含していると看做すことにこのアプローチの独自性がある。その検証については現在遂行中である。“密度と輸送異常”をキーワードとして、非ニュートンレオロジーの発生メカニズム(3)、strong-fragile の別によるレオロジー応答の差異(4)などに関して関連研究も行った。

種々の分散系における流体力学的相互作用の効果

種々の分散系における流体力学的相互作用の効果について、ハイブリッドシミュレーションを援用した研究を行った。具体的には、モデル微生物系における近接流体力学的相互作用の効果による過渡的なクラスター形成(5)、コロイド分散系のゲル化(ネットワーク形成)に及ぼす流体効果(6)、高密度の非ブラウン粒子懸濁液において流体効果が促進する協同性や応力鎖の安定化、さらにはその結果としての抵抗係数の劇的な増幅(7)、などである。

参考文献：

- (1) A. Furukawa and H. Tanaka, *Phys. Rev.E* **94**, 052607 (2016).
- (2) A. Furukawa, *Phys. Rev.E* **97**, 022615 (2018)
- (3) A. Furukawa, *Phys. Rev.E* **95**, 012613 (2017).
- (4) A. Furukawa, submitted.
- (5) A. Furukawa, D. Marrenduzzo, and M.E. Cates, *Phys. Rev.E* **90**, 022303 (2014).
- (6) C.P. Royall, J. Eggers, A. Furukawa, and H. Tanaka, *Phys. Rev. Lett.* **114**, 258302 (2015).
- (7) S. Yamanaka, A. Furukawa, and H. Tanaka, submitted.

A04 直接数値計算を用いたモデル微生物の動的性質に関する理学的研究

京都大学大学院工学研究科 山本量一

京都大学大学院工学研究科 谷口貴志

京都大学大学院工学研究科 John J. Molina

水中を泳動する微生物は、紐状の鞭毛や表面に生えた繊毛によって水中を自己推進するが、これは船や飛行機などの人工物はもちろん、魚類や昆虫などとも全く異なるメカニズムに基づいている。近年、泳動する微生物に対する力学的・物理学的アプローチの研究が国際的に大きな注目を集めているが、ようやく微生物の単体運動に関する理解に手が届き始めたところに過ぎない。非平衡ダイナミクスの実例としてより重要で、現象の変化にも富んだそれらの集団運動については、理解が全く進んでいないのが現状である。

H26年度は、自己泳動するモデル微生物のダイナミクスを評価するための準備として、粒子間の流体力学相互作用を直接ナビエストークス方程式の数値シミュレーションで評価する方法論 Smoothed Profile (PS) 法の大幅な拡張を行った[1]。具体的には、均一なせん断流を実現する Lees-Edwards 周期境界条件の下での定式化を行った。方法の妥当性をチェックするため、せん断場中の (A) 単一球状粒子 (図 1)、(B) 単一棒状粒子、(C) 衝突する粒子対 (図 2) の各系に対して数値計算を行い、解析解と比較することで詳細に検証した。その結果、我々の新しい方法論ではその妥当性が定量的レベルで確保されていることを確認した。

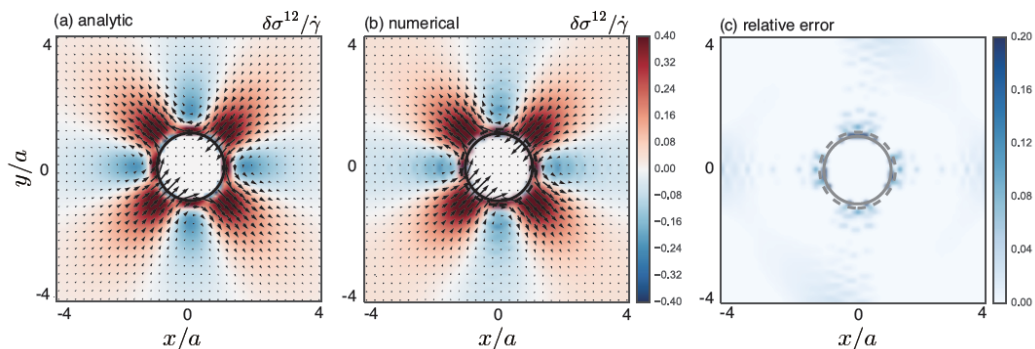


図 1. 1粒子周りの流速 (矢印) と局所応力 (カラー) の分布. (a)解析解、(b)数値解、(c)両者の差.

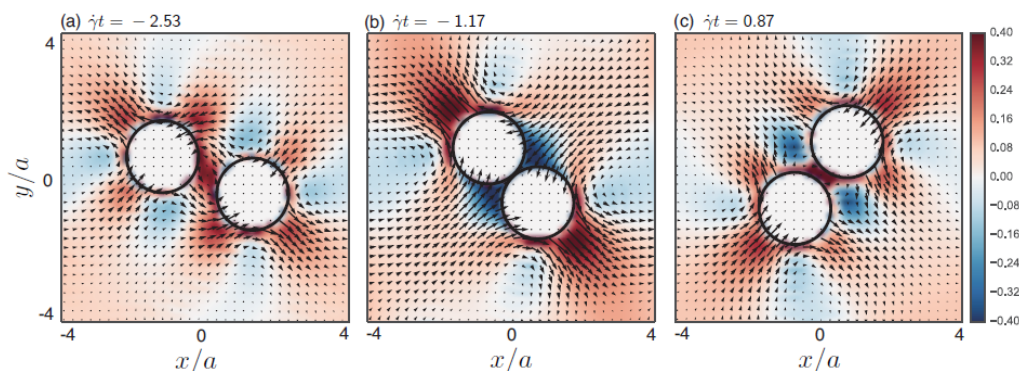


図 2. せん断場中で衝突する粒子対周りの流速 (矢印) と局所応力 (カラー) の分布. (a)→(b)→(c)の時系列.

H27年度は、荷電コロイド粒子の動的電気泳動現象の直接数値計算[2,3]と、泳動するモデル微生物の集団運動の直接数値計算[4]を行った。

電気泳動に関して重要な因子である電気二重層の分極を定量的に扱うため、荷電コロイド粒子の分極率を定量的に計算した。その結果、電気二重層の分極の強さは、ゼータ電位 ζ 、イオン拡散定数 D_a 、および電気二重層の厚さ κa に影響されること、さらに電気二重層の分極のメカニズムは、ゼータ電位の強さによって異なることがわかった。

泳動する微生物のモデルとして球形の自走粒子を用いた。粒子が自走する機構は、LighthillやBlakeが提案したSquirmerモデルを用いた(図3)。これは、粒子表面で図3(c)(d)のように接線方向にスライドする境界条件を設定することで、粒子に自走性を与えるモデルであり、(c)の場合をpusher型、(d)の場合をpuller型と呼ぶ。

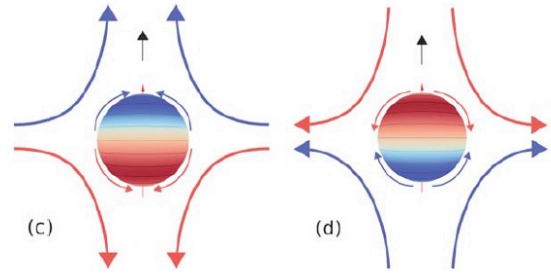


図3. pusher型(c)と puller型(d).

平板間に制限した微生物分散系のシミュレーション

を行ったところ、puller型の場合に液体中に自走粒子の数密度に関する波の進行が観察された(図4)。さらに、この進行波の定量的な理解を試みて動的構造因子 $S(k, \omega)$ を計算すると、通常のコロイド分散系には見られない音波的な密度の揺らぎモードが観察されるなど、自走粒子に特徴的な振る舞いが観察できた。興味深いことに、この進行波がpusher型では見られないこともわかった。

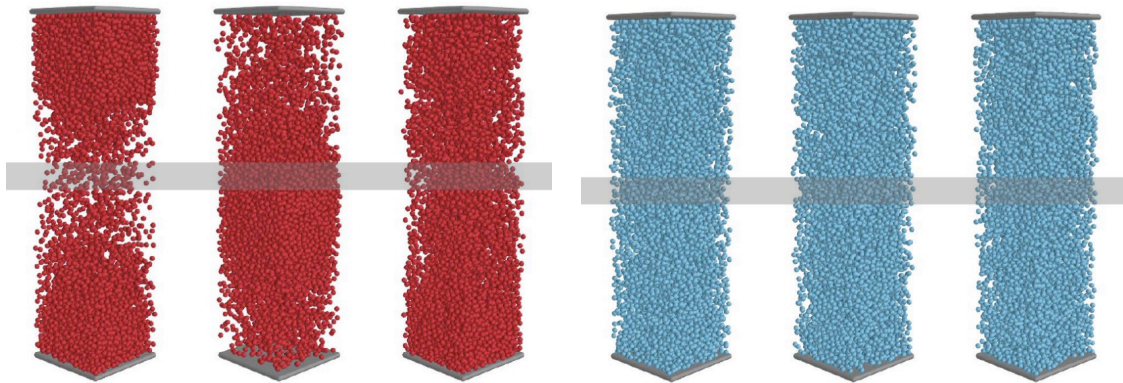


図4. puller型の場合(左)は数密度の進行波が発生するが、pusher型の場合(右)は発生しない。

参考文献:

- [1] John J. Molina, Kotaro Otomura, Hayato Shiba, Hideki Kobayashi, Masaki Sano, and Ryoichi Yamamoto, Rheological evaluation of colloidal dispersions using the smooth profile method: formulation and applications, *J. Fluid Mech.* 792, 590-619 (2016).
- [2] Chunyu Shih and Ryoichi Yamamoto, Dynamic Electrophoresis of Charged Colloids in an Alternating Electric Field, *Phys. Rev. E* 89, 062317 (2014).
- [3] Chunyu Shih, John J. Molona, and Ryoichi Yamamoto, Dynamic polarisation of a charged colloid in an oscillating electric field, *Molec. Phys.* 113, 2511 (2015).
- [4] Norihiro Oyama, John J. Molina, and Ryoichi Yamamoto, Simulations of model microswimmers with fully resolved hydrodynamics, *J. Phys. Soc. Jpn.* 86, 101008 (2017).

A04 超伝導磁束量子系をモデルに用いた界面摩擦現象における非平衡ゆらぎの役割の解明

東京大学大学院総合文化研究科 前田京剛

東京大学大学院総合文化研究科 加藤雄介

東京大学大学院総合文化研究科 鍋島冬樹

1. 研究の背景・目的

摩擦現象の機構の理解・制御は工学・理学の様々な側面で重要である[1]。界面摩擦現象を支配しているのは界面およびその近傍での原子の集団運動の非平衡揺らぎであり、その理解が界面摩擦現象の最終理解につながるが、それは、未だ達成されていない。この問題に主に実験的に挑むにあたり問題となるのは、摩擦現象の実験では磨耗のために再現性のよい繰り返し実験が困難だということである。これに対して、我々は、固体電子系が低温で示す量子凝縮相の集団運動が摩擦の物理の絶好のモデル系になることに注目し [2, 3]、以下を目的とした研究を行った。すなわち、(1)外力で駆動された超伝導体磁束（ボルテックス）格子系のダイナミクスを界面摩擦現象のモデル系とみなし、(2)界面摩擦の微視的理解の鍵を握ると考えられる、原子の集団運動の非平衡揺らぎの役割を調べるために、磁束格子系のマイクロ波・ミリ波領域での複素伝導度スペクトロスコピーを行う。(3)理論の助けを借りて、これらの実験結果を解釈する。(4)これにより、界面摩擦の物理の微視的理解を完成させる。その結果、例えば、巨視的な物体の界面摩擦では良く知られた経験則であるアモン・クーロンの法則の成立条件が完璧に理解でき、さらに、摩擦の制御についての提言も行える。

2. 全体の研究計画概要

(1)界面摩擦が発生している状態での界面とその近傍における原子の運動（集団運動の非平衡揺らぎ）を理解するために、超伝導体磁束格子の複素交流伝導度を、駆動バイアスのある場合、ない場合それぞれで測定し、そのスペクトルを解析することで、原子の集団運動の非平衡揺らぎについての情報を得る。不純物置換や欠陥照射等の手法で様々なピン止め状態の試料を用意し（これは、さまざまな清浄度の界面を用意することに対応）、データを比較することで、原子の集団運動の非平衡揺らぎと摩擦力のマクロな振る舞い（速度依存性や待機時間依存性）との関係を明らかにする。(2)理論の助けを借りて、実験結果の解釈を行う。以上により、(A)界面摩擦現象を微視的に完全に理解し、(B)それに基づき、マイクロマシンやナノマシンの摩擦を制御するための具体的方法を提言する。

3. 期間中の実施内容

(1)超伝導体結晶試料の用意:Nb 薄膜をスパッター法で作製し、超伝導特性を評価した。

(2)駆動電流印加の可能な、伝送線共振器の設計・制作

作製した Nb 薄膜を微細加工し、図 1 のような伝送線共振器（長さ 4mm、厚み 100nm）を設計・製作した。加工に先立ち、電

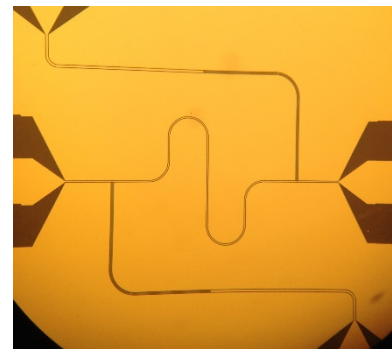


図 1 Nb 伝送線共振器

磁界解析シミュレーターを利用して、Q 値、共振周波数、駆動電流導入アームの有無による共振特性の変化を調べ、実際の加工パターンを決定した。実際の加工は、通常のウェットエッチングによった。

(3) 共振器の共振特性の測定

7.9GHz、3.7GHz の二種類の共振器を作製し、共振特性の測定を行った結果、Nb が超伝導の状態では Q 値が 2000-3000 となった。これらの値は直流導入端子を有するものとしては従来の先行研究の報告に十分比肩しうるものである。

(4) 直流駆動電流の効果

直流駆動電流を印加した状態で共振特性を測定した。この場合、ジュールヒーティングの効果を避けるため、駆動電流は矩形パルスの形で与え、パルスの平坦部に対して共振特性を測定した。図 2・3 に示すように、臨界電流に対応するところから共振特性が変化し、特に、磁束格子の運動による抵抗値 R が緩やかに増加することが分かった。さらに、この増分は、周波数がいわゆるクロスオーバー周波数に近い程大きくなることが分かった。これらの一連の知見は本研究で初めて得られたものである。現在、これらについても解釈を検討しているとともに、さらなるデータセットの充実を目指している。

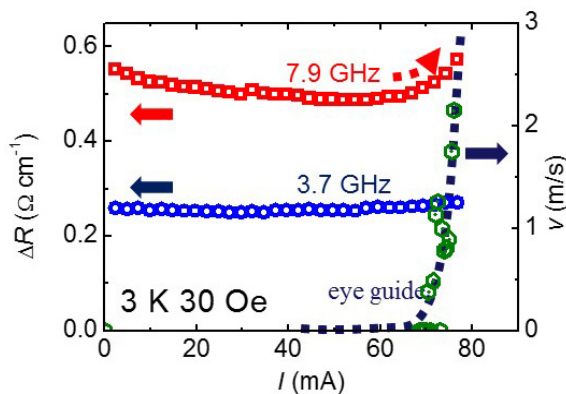


図 2 交流抵抗の駆動電流依存性 (右側の磁束の速度)。

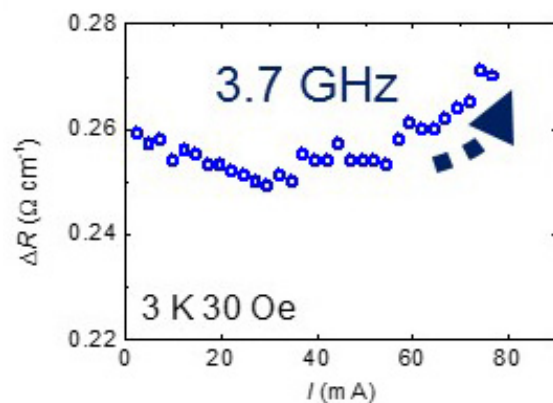


図 3 3.7 GHz における交流抵抗の駆動電流依存性の拡大図。

4. まとめ

短い期間内に、当初目的に沿った形で研究を開始することができた。今後、時間・空間分割の手法等を導入することなどで、より充実したデータセットの取得を目指すとともに、結果の理論的解釈にも注力し、当初目的の達成に向けてさらに研究を継続したい。

参考文献：

- (1) 例えば、前田京剛：表面科学 30 (2009) 580-586、及びその中の引用文献。
- (2) A. Maeda *et al.*: Phys. Rev. Lett. 94 (2005) 077001/1-4.
- (3) D. Nakamura *et al.*: J. Phys. Cond. Matter 22 (2010) 445702/1-7.
- (4) 黒川穂高ら：2017 年春の物理学会 (大阪大学) (17aD32-2) .
- (5) 黒川穂高ら：2018 年春の応用物理学会 (早稲田大学) (19pB401-10) .
- (6) 黒川穂高ら：2018 春の物理学会 (東京理科大学) (22aK508-7) .

A04 光の射す方へ：微生物の動線をつくる流体力学

立命館大学理工学部 和田浩史

東京農工大学大学院工学研究院 村山能宏

東北大学 材料科学高等研究所 義永那津人

東京工業大学 化学生命科学研究所 植木紀子

ボルボックスは淡水で光合成を行って生活する球形の多細胞生物であり、細胞は球殻を構成する体細胞と球内部に位置する生殖細胞とに分化している。ボルボックスは生物進化における多細胞化の過程を探るためのモデル生物であり、球形という幾何学的な単純さと構造の均一性から、生物流体力学のモデルとしても近年盛んに研究されている。ボルボックスの球殻は数千個の同一の体細胞からなり、各体細胞は二本の鞭毛と眼点（原始的な眼）を有する。眼点による光受容に反応して、様々な光走性を示すが、体細胞は物理的に接着していることを除いて直接的な情報交換を行っていないと考えられており、これらは典型的な自律分散系である。

ボルボックスは表面にある数千の鞭毛を協同的に波立たせ、水流を引き起こす反作用によって水中を遊泳する。光照射に対しては、まず光驚動現象と呼ばれる初期応答を示す。このときおもに個体の前半分の鞭毛打が停止（または反転）し、水流の方向が変化する結果、ボルボックスは停止する。その後、光を最も強く受容する領域のみで鞭毛打が停止する結果、全体のトルクバランスが変化し、体を光の方向に旋回させる。車の運転に例えると、(a)が直進、(b)がブレーキ、(c)が光の方向にハンドルを切る操作、といえる。

本研究の目標は、緑藻類ボルボックスが光走性をなしとげる力学的な仕組みを、理論的なアプローチを実験結果と組み合わせることで定量的に明らかにすることであった。採択された申請書では、一個体の光刺激への応答のしくみ、すなわち、光刺激のセンシング、情報処理、鞭毛運動の制御、コロニーの旋回運動、という一連の動作がどうやってうまくいくのか、に注目し研究計画をデザインしていた。しかし、その後、種類の異なるボルボックスを用いた詳細な先行研究[1]にしたがって、光センシングからコロニーの旋回運動の動作についてはかなり見通しよく理解できることが判明した。

そこで、当初の研究計画の枠組みでは発展的な課題と位置づけていた「個体の応答特性のゆらぎと集団運動の関係」に着手することにした。具体的には、光応答の集団運動にかんする最近の実験結果[2]に注目してきた。この実験では、相対光強度を増すとともに、走光性を示す集団としての速度（平均速度）が比例して増加することが報告されている。

連携研究者の村山たち（東京農工大）は彼らのこの実験をさらに推し進め、個々のボルボックスコロニーは光の相対強度差とともに光源の向きをより正確にセンシングするようになる、ということ突き止めた。さらに、この応答特性は相対強度差のみに依存し、光刺激の強さそのものには依存しないことも示している [3]。彼らは、彼らの実験結果は「コロニーを構成する各体細胞には、光驚動反応を示し始める固有の閾値のようなものがあり、その閾値は相対強度差のみに依存し、かつそれらには体細胞ごとに内在的なばらつき（分布）がある」と仮定すると矛盾なく説明できる、と提案している [3]。

我々は現在、この仮説を検証する理論モデルを構築し、それを解析的および数値的に調べる作業に着手している。具体的には、先行する Drescher たちのモデル[1]をベースとする。

これに加えて、各体細胞が鞭毛打の運動を停止する光刺激の強さ閾値に分布を持たせる。体細胞レベルの信号処理にかかわるばらつき（応答の分布）を導入することによって、完全にメカニスティックにふるまう先行研究のモデルに、ある種のランダムさが追加され、最終的には、コロニー集団が光刺激に対して全体として示すゆらぎやばらつきを創発する。現在、このようなミニマルなセットアップで、村山らの実験結果がどこまで定量的に再現可能か、検証中である。

領域内の共同研究：

上記の主研究課題と独立に、本領域の木村暁博士との領域内共同研究も進めてきた。このプロジェクトでは、木村グループがとりくむ線虫 *C. elegans* の初期胚で生じる細胞質流動にかんして、先行研究[4]で提案されたモデルをもとに、細胞の閉空間性と曲率の効果を考慮した反転現象の流体シミュレーションを実施してきた。我々の計算結果は、流動の発生およびその間欠的な反転現象を再現する。計算で得られた流れ場は実際の細胞で観測される流動の様子とよく一致する(図2(a, b))。さらに、我々のシミュレーションでは、定常的な時計回り、反時計回り流れに加えて、これらが共存する準定常的な流れの構造も観測される [5]。このような空間的なパターンをともなう流れと細胞内輸送について、さらに理論・実験の両面から検討中である。

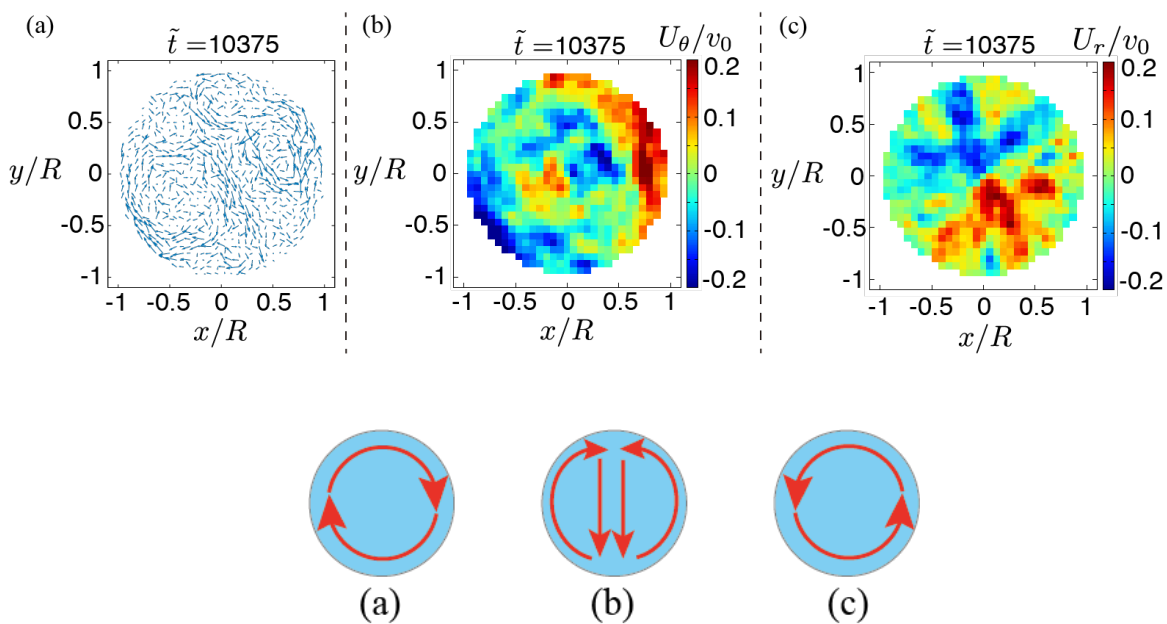


図1：(上) Dissipative particle dynamics 法による流体シミュレーションで再現された細胞質流動の流れ場の様子。下の(b)に相当する流れ場のスナップショット。(下) 模式図。(a), (c)に加え、(b)のような流れ場が準安定状態として観測される。

参考文献：

- (1) K. Drescher, R. E. Goldstein and I. Tuval, PNAS 107, 11171-11176 (2010).
- (2) M. Ozaki and Y. Murayama, Curr. Phys. Chem., 5, 64-72 (2015).
- (3) 山田 啓祐, 東京農工大学 大学院 工学研究院 修士論文 2017年度 (2018).
- (4) K. Kimura, A. Mamane, T. Sasaki, K. Sato, J. Takagi, R. Niwayama, L. Hufnagel, Y. Shimamoto, J.-F. Joanny, S. Uchida, and A. Kimura. Nat. Cell Biol. 19, 399-406 (2017).
- (5) 高木 俊明, 立命館大学 大学院 理工学研究科 修士論文 2017年度 (2018).

参考資料

(目的：領域計画書より抜粋)

1 領域の目的等

(1) 目的

① 非平衡科学の重要性と本領域の目的

物質の平衡状態の研究は熱統計力学という確立した方法論に立脚しているのに対して、非平衡状態を扱う科学は、まだ発展段階にある。非平衡系を記述する一般的な法則を見だし、それをもとに、自然現象を理解・制御することは現代科学の大きな未解決課題である。

本領域の目的は、これまで独立に進められてきた「非平衡ゆらぎ」と「時空間構造」という非平衡科学の二つの大きな流れを、それぞれメソスケールの領域にまで押し進めて発展させ、両者を統合する新しい研究の潮流を生み出すことである。実際、近年興った「非平衡ゆらぎ」の普遍法則の発見や、メソスケール系での実験技術の進展により「ゆらぎ」と「構造」を統一的に扱うための環境は整っており、統合による非平衡科学の飛躍的発展の機は熟している。本領域では、量子凝縮系、固体物理、ソフトマター、非平衡統計力学などの分野の実験家と理論家の密接な連携により、個々の対象を越えた普遍的で応用性に富む知見を切り拓くことを目指す。

非平衡科学には、早い段階から、物性物理を指向する動きと生命を指向する動きがあった。ゆらぎと輸送現象の理解は物性物理の基本的問題である。一方で、生命現象の本質を理解するには、物質の集まりが生命となるプロセスを、物質基盤と情報基盤が関わりあう非平衡系の問題として正面から捉える必要がある。その背景の下、70年代後半以降の非平衡科学の研究は、大きく「非平衡ゆらぎ」と「時空間構造」を追求する二つの潮流に分かれて発展してきた。「ゆらぎ」の研究は理論主導で、ミクロなゆらぎの性質に基づきマクロな性質を記述することを目指してきた。しかし、そこでは系のもつ豊かな大規模構造や非平衡ダイナミクスなどの動的秩序は、二次的に扱われていた。一方、「構造」の研究では、マクロな系を直接の対象とし、非平衡ダイナミクスを普遍的に記述することに成功したが、ゆらぎの非自明な効果は取り入れられていなかった。以下に見るように、メソスケール領域の系を対象とすることで、二つの流れは自然に交差し、ミクロとマクロをつなぐ非平衡法則の探求が可能となる。

② 本領域の研究指針と具体的な課題

以下では、本領域の目的を達成するための、3つの基本指針と具体的な課題について述べる。

(1) 「非平衡ゆらぎ」の普遍的な法則の探求

90年代半ばからのメソスケール系での「非平衡ゆらぎ」に関する一連の研究の中で、揺動散逸関係を含む「ゆらぎの定理」や、平衡と非平衡をつなぐ「Jarzynski 等式」などの新たな普遍的な関係が発見され、非平衡科学を巡る状況は歴史的転回を遂げた。分子レベルの力学とマクロなダイナミクスの中間領域で「ゆらぎ」の普遍性が見出されたことの意義は大きい。

これらの展開は始まったばかりで、実験的検証は主として単一コロイド粒子系などに限られているが、非平衡ゆらぎの普遍法則は広範な物質と多くの非平衡現象について成り立つと期待される。本領域では、量子ゆらぎ、熱ゆらぎ、非熱的ゆらぎなどの非平衡状態における性質を、多粒子系や量子多体系、液晶など多くの物質系について実験的に精査し、理論的には、熱流やせん断流などの外場によって構造変化を伴う状況、情報と制御が関与する場合などに拡張し、非平衡法則をさらに有用な形式へと整備することを目指す。そのためのメソスケール系の革新的な技術として、(a) ゆらぎを計測、制御できる1分子計測や量子測定技術、(b) 構造変化や相互作用を制御する実験技術、(c) シミュレーション技術などが進展しており、これらの研究を展開するための準備は整っている。本領域の第一の課題は、これらの革新的な技術と新規の理論を収斂させ、非平衡ゆらぎの普遍性を手掛かりとして、ミクロとマクロをつなぐ非平衡系の普遍法則の確立を目指すことである。そのため、非平衡ゆらぎの普遍法則が広範な物質について成り立つことを実証する。具体的には、分子の配向秩序の熱ゆらぎが観測可能な液晶やエマルションなどの実験系(折原)、電流ゆらぎが問題となる半導体メソ構造系(小林)、非熱的ゆらぎが測定可能な細胞骨格(木村)などの実験系において、非平衡ゆらぎの特性を精密に測定し、理論との整合性を検証するとともに新奇現象を探索する。また、自律系のゆらぎが従う法則や、情報とフィードバック操作を含む系の非平衡関係式の探求(佐野)とその量子系への展開などの研究(齊藤、沙川)を進める。

目的（つづき）

(2) ゆらぎと構造が交差する現象の探求と解明

メソスケールの領域では、「ゆらぎ」と「構造」は不可分となり、自然に絡み合ってくる。メソスケール構造の変化は、ミクロなゆらぎと輸送の変化として現われ、輸送係数の変化は、時空間秩序の発生条件に関わるため、マクロなゆらぎにも大きな変化をもたらす。このように、マクロな変動とメソ構造の間にフィードバックがある場合には、機能の発現に繋がる多彩な振る舞いが可能となるため、ゆらぎと構造に強い相関がある場合に非平衡理論を発展させることは、重要な課題である。以上の背景の下、**マクロとメソ構造の間にフィードバック相互作用があり、「ゆらぎと構造が協奏的に発展する系」の理論と実験を推進することが、本領域の第二の課題である。**そのためには、物質のメソ構造、ゆらぎ、非平衡構造が強く相関して現われる実験系が鍵となる。具体的には、外場下でのソフトマターの秩序構造のゆらぎ（折原）、ゆらぎが顕著となるメソスケールでの反応拡散系（櫻井）などの実験系が対象となる。これらの系において、物質のメソ構造と動的秩序の相関、動的秩序構造とゆらぎの非自明な結合効果、界面やトポロジカル欠陥・渦構造のダイナミクスと場のゆらぎの相関などを明らかにする。理論的には、非平衡ゆらぎの普遍法則の空間構造がある場合への拡張（佐々）や、保存量である密度場に関する輸送係数の動的非対称性に起因する非平衡動力学や非線形レオロジーの解明（田中、古川）などが期待される。フィードバックのある系に関しては、情報熱力学が立ち上がりつつあり（沙川）、今後これを展開する。

(3) ゆらぎと構造の協奏が生み出す自律的機能の探求

上述のメソスケールにおけるゆらぎと構造の協奏を手がかりに我々は、非平衡科学のもう一つの流れである、生命現象の物理的な理解に挑む。単なる物質の集合が自己生産、自己駆動、遺伝情報の伝播など生命の基本特性を発現するための物理機構を解明することは、生命という動的な非平衡系を理解する上で重要な一歩となるだろう。自己生産や遺伝情報の伝搬には、細胞のような区画化された系と、それを持続させる非平衡開放状態が不可欠であり、対称性の破れを伴う自律的ゆらぎの役割を理解することが重要である。**本領域の第三の課題は、物質科学を基盤として、メソスケールのモデル非平衡系を実現し、時空間構造やゆらぎが自己複製や自己駆動などの機能に転化するメカニズムを、実験と理論の両面から明らかにすることである。**そのため、人工生体膜などのソフトマターや細胞モデルを対象に研究を進め、膜のメソスケール構造の変化、膜系に内包される化学反応のダイナミクス、動的秩序としての変形・運動・分裂のそれぞれの機構を明らかにする。また、それらのメソ構造と動的秩序が相関して現われる現象として、自己複製や自己駆動などの物理を物質科学と非平衡理論に基づいて明らかにする。最近、本領域のメンバーが発見した、DNAを内包したモデル膜系でベシクルとDNAの全体が自己増殖する現象や、実際の細胞において、反応拡散波のゆらぎが細胞運動を制御している事実は、有力な道しるべとなるだろう。具体的な研究課題としては、時空間秩序形成とその生命現象の展開（吉川）、ベシクル系による人工細胞系の構築と構造変化の解明（今井、好村）、微小空間における反応拡散場と細胞機能との関連（櫻井）、細胞やモデル非平衡物質の応答と非平衡ゆらぎの計測（木村）などを推進し、生命の基本特性を発現するための物理機構の解明に繋げる。

③ 領域推進の意義と波及効果

本申請は新学術領域研究の対象項目①、②に該当する。すなわち異なる学問分野（統計力学、量子凝縮系、ソフトマター物理、物性物理など）の研究者を非平衡法則の探究という目的の下に結集させ、その相互作用により非平衡科学の新境地を開拓するとともに（項目①）、多彩な先端技術をもつ実験家と理論家が連携して多角的に共同研究を進める（項目②）。現在、多くの分野で非平衡系に対する関心が深まっており、今ほど非平衡系に関する指導原理が求められている時はない。本研究領域の発展により、次のように多くの分野への波及効果が期待できる。(1)非平衡法則の発見と深化は、物質科学における非平衡現象の本質的理解につながり、諸分野の基盤的知識と成り得る。(2)フィードバック操作や情報の概念を取り入れた非平衡統計力学の発展は、メソ系やナノシステムの制御と関連が深く、新たな革新的技術の開発につながる可能性がある。(3)人工細胞やモデル非平衡物質の実現は、生物物理や化学工学の発展に寄与するものと期待される。

領域代表

佐野 雅己

東京大学大学院理学系研究科物理学専攻・教授

〒 113-0033 東京都文京区本郷 7-3-1

Tel : 03-5841-4188

Fax : 03-5803-1980

領域事務局

野口 博司

東京大学物性研究所附属物質設計評価施設・准教授

〒 277-8581 千葉県柏市柏の葉 5-1-5

Tel : 04-7136-3296

Fax : 04-7136-3443

Email : sfs@issp.u-tokyo.ac.jp

URL : <http://sfs-dynamics.jp/>