

令和 4 年 6 月 17 日現在

機関番号：12601

研究種目：基盤研究(B) (一般)

研究期間：2018～2020

課題番号：18H01187

研究課題名(和文)細胞モデルによる細胞内異常拡散メカニズムの解明

研究課題名(英文)Elucidation of intracellular molecular diffusion mechanism using cell model

研究代表者

柳澤 実穂 (Yanagisawa, Miho)

東京大学・大学院総合文化研究科・准教授

研究者番号：50555802

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 13,300,000円

研究成果の概要(和文)：細胞中では、ブラウン運動とは異なる異常拡散が生じる。本研究では、高濃度高分子溶液を脂質膜で閉じ込めた細胞サイズの液滴により細胞の構造を再現し、蛍光相関分光法を用いた拡散挙動の解析から、構造的な特徴が分子拡散へ及ぼす影響の解明を目指した。その結果、異常拡散性は、高分子がつくる混雑環境にのみ依存して液滴半径には依存しなかった。一方、拡散係数は液滴半径が約20 μm 以下で低下すること、その低下度は液滴を覆う膜物性に依存する現象を見出した。この要因として、分子クラスター形成による分子サイズの上昇、あるいは高分子鎖の実効的な緩和時間の変化が考えられ、今後その検証を行う予定である。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本成果より、分子スケールよりも大きな細胞サイズ空間が、高濃度高分子溶液における分子挙動を変化させ得ることが明らかとなった。これは、生細胞内の分子挙動を理解する際、バルク量の分子挙動を基準とすることには問題があり、細胞サイズ空間の寄与を取り入れた理解が必要不可欠であることを示唆している。さらに、細胞サイズのマイクロ高分子液滴は、医薬品や化粧品、食品の材料としても汎用されていることから、その物性の理解や制御においても有用な知見と言える。

研究成果の概要(英文)：Intracellular molecular diffusion is often anomalous. To elucidate the mechanism of this anomalous diffusion from the structural features, we mimicked the cell structure using cell-sized droplets of a highly concentrated polymer solution confined by a lipid membrane and analyzed the diffusion behavior. The results show that the anomalous diffusion depends only on the crowded environment produced by the polymer and not on the droplet radius. On the other hand, the diffusion coefficient decreases when the droplet radius becomes about 20 μm , and the degree of decrease depends on the physical properties of the membrane covering the droplet. In the future, we will verify that the origin of the decrease in diffusion coefficient is the increase in molecular size due to the formation of molecular clusters or the change in the effective relaxation time of polymer chains.

研究分野：ソフトマター物理

キーワード：細胞モデル 高分子混雑 異常拡散 蛍光相関分光法 粘弾性

1. 研究開始当初の背景

細胞内の分子拡散では、異常拡散やエルゴード性の破れなど、通常のブラウン運動とは異なる複雑な拡散挙動を示すことが分かっている¹。この要因として、細胞中に多量に含まれる高分子間の絡み合いによる粘弾性化や様々な非平衡環境が提示されてきた^{2,3}。しかし、申請者が生細胞から抽出した高分子溶液の粘弾性をマイクロレオロジーにより解析したところ、異常拡散やエルゴード性の破れは生じず、完全粘性流体として振る舞うことが示された⁴。すなわち、細胞から取り出した高分子溶液中での分子拡散は、生細胞とは異なるものとなっていることがわかる。この理由として、非平衡環境だけでなく、細胞膜で覆われたマイクロメートルサイズの空間閉じ込めが、高分子の絡み合い状態と分子拡散挙動を変化させる可能性があるかと着想した。

細胞内に匹敵する高濃度高分子溶液中での分子拡散は、球状高分子では分子間距離、線状高分子では高分子網目サイズに該当する特徴長さ ξ と拡散分子の直径 d の比からおおよそ理解できる。 $\xi > d$ であれば、拡散分子は高分子の影響が小さく、ほぼ溶媒の粘性で拡散係数 D が決まるが、 $\xi < d$ では高分子の生み出す粘弾性によって、遅い異常拡散となることが多い。こうした高分子混雑環境に依存した分子拡散に対して、細胞サイズ閉じ込めがもたらす影響が明らかとなれば、細胞内で見られる複雑な分子拡散挙動に対し、高分子環境がもたらす要素と非平衡環境がもたらす要素に分離して議論できるようになる。また、膜により覆われたマイクロ材料は、医薬品や化粧品、食品の材料として汎用されてきており、閉じ込め効果が明らかとなれば、マクロ系での物性に加えてマイクロ系の効果を取り入れた分子設計の指針が提案できるなど、マイクロ材料の応用研究においても重要な知見をもたらすことが期待される。

2. 研究の目的

高分子混雑した人工細胞中での分子拡散を測定し、高分子混雑環境と閉じ込め空間の協奏による分子拡散挙動を明らかにすることを目的とする。

3. 研究の方法

高濃度の高分子溶液をリン脂質単分子膜で覆った球状の油中液滴を人工細胞として用い、高分子とその間をすり抜ける小分子の拡散挙動を、蛍光相関分光法 (FCS) により解析する (図1)。高分子混雑環境を生み出すための高分子は、球状タンパク質であるウシ血清アルブミン (BSA) グルコースが連結した多糖であるデキストラン、線状高分子であるポリエチレングリコール (PEG) を用いた。拡散挙動は、これらの蛍光ラベル高分子と、小さな拡散分子として、緑色タンパク質 (GFP) 蛍光分子 TAMRA、蛍光分子 Rhodamine6G を用いた。また、人工細胞を覆う膜は、電気的に中性であるリン脂質: フォスファチジルコリン (PC) と PEG が脂質の親水部に結合した PEG 脂質を用いた。拡散係数は、半径 R の異なる球状液滴に対し、その中央と液滴表面の膜から距離 L_m にある位置にて測定した。さらに体積一定の条件下で、膜表面積体積比を大きくさせるため、厚みが $10 \mu\text{m}$ 程度の2枚のガラス間に人工細胞を挟むことで、半径が r の円盤型へ変形させた。

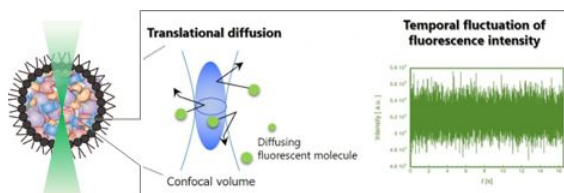


図1. 人工細胞中での FCS 測定を示す模式図。

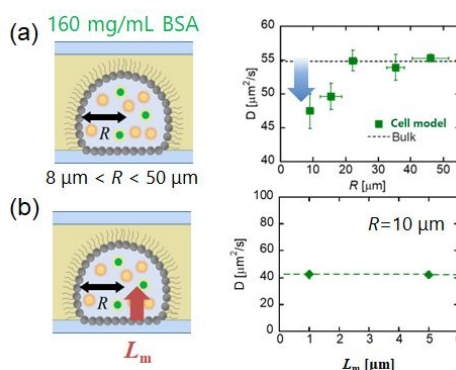


図2. BSA 液滴中での GFP 拡散。(a) 液滴中央での拡散係数 D と液滴半径 R の関係。(b) $R = 10 \mu\text{m}$ の液滴における D と膜界面からの距離 L_m 依存性。

4. 研究成果

(i) 細胞サイズ閉じ込め効果

半径 R の球状液滴をガラス上に付着させたうえで、液滴中央での拡散挙動を FCS により解析した。高分子混雑環境における特徴長さ ξ と小さな拡散分子の直径 d がほぼ等しくなる ($\xi \sim d$) において、液滴半径 $R < 20 \mu\text{m}$ の条件下でバルク系よりも拡散係数 D が低下する様子が見られた (図2a)。これは、高分子混雑環境でのみ見られ、例えばデキストランを構成するグルコースを高濃度添加した系では見られなかった。さらに、異常拡散性パラメータ α は BSA 溶液においてのみ僅かに 1 より小さくなり、遅い異常拡散が見られたものの、 R には非依存であった。この R 依存的な D 低下に対し、短距離の膜界面効果である可能性を検証するため、膜からの距離

L_m に応じた測定を行ったところ、 L_m によらず液滴全体で遅い拡散が生じていることが分かった(図 2b)。次に、長距離の膜界面効果を検証するため、液滴を厚みが 10~20 μm 程度のガラス板間に挟み、円盤に変形させることで、膜表面積体積比が大きな液滴中での拡散測定を行った(図 3a)。その結果、球形液滴では遅い拡散が見られなかった体積条件でも、円盤型液滴では D 低下が生じ、遅い拡散が生じる体積条件が広がることを見出した(図 3b,c)。これより、 R 依存的な D 低下をもたらす細胞サイズ閉じ込め効果は、表面積体積比に強く依存した長距離の膜界面効果が主要因であることが強く示唆された⁵。

(ii) 膜界面効果

$R < 20 \mu\text{m}$ の小さな液滴でバルクよりも遅い分子拡散が見られた液滴に対して、その要因と考えられる「長距離の膜界面効果」の検証を行うため、界面物性を変えることを試みた。液滴を覆う脂質膜に PEG 脂質を添加し、遅い拡散の度合いがどのように変化するかを調べた。その結果、高濃度領域では、PEG 膜が PC 液滴に比べて遅い拡散の程度を小さくする結果が見られた⁶。

(iii) 閉じ込めが招く遅い拡散の要因

表面を覆う膜が液滴中での遅い拡散をもたらす理由として、主に 2 つ考えられる。1 つは、膜表面での核形成による分子クラスターであり、もう 1 つは高分子のもつ持続長の変化である。前者は、高濃度高分子溶液中で生じると不安定化分子クラスターとは異なり、より長時間維持できる(準)安定なクラスターである可能性がある。今後、重心拡散に加えて、回転拡散も測定することで、この仮説を検証したい。後者は、液滴表面と高分子との相互作用により、高分子の持続長が長くなったことで、実効的な粘度が上昇して拡散が遅くなったとする説である。液滴に閉じ込められた高分子の持続長を厳密に測定することは困難であるが、マイクロレオロジーによる液滴中での粘性測定とシミュレーションを組み合わせることで、検証したいと考えている。

以上、高濃度高分子溶液を細胞サイズ液滴へ閉じ込めると、半径が約 20 μm 以下ではバルクよりも拡散が遅くなる現象を見出した。この時、異常拡散性は大きく変化しないことから、流体力学的な寄与は、遅い異常拡散の要因ではないと結論付けた。さらに、液滴変形による膜表面積比の増大や膜物性に依りて、遅い拡散の条件や度合いが変化したことから、遅い拡散をもたらす主要因が長距離の膜界面効果であると結論付けた。今後は、この遅い拡散が生じる分子的描像の解明を目指す。

引用文献

1. M. Woring, I. Izuddin, C. Favard and H. Berry, *Frontiers in Physics*, 2020, **8**.
2. M. C. Konopka, I. A. Shkel, S. Cayley, M. T. Record and J. C. Weisshaar, *J. Bacteriol.*, 2006, **188**, 6115-6123.
3. A. Caspi, R. Granek and M. Elbaum, *Physical Review Letters*, 2000, **85**, 5655.
4. K. Nishizawa, K. Fujiwara, M. Ikenaga, N. Nakajo, M. Yanagisawa and D. Mizuno, *Sci. Rep.*, 2017, **7**, 15143.

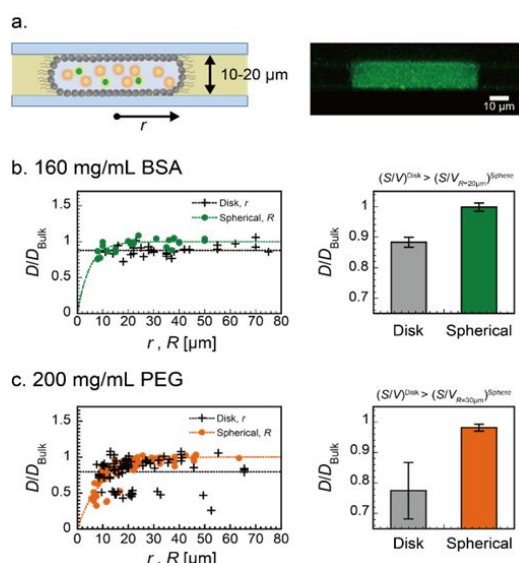


図 3. (a) 2 枚のガラス間に挟み込んだディスク型液滴の断面模式図と顕微鏡画像。(b, c) 半径 R の球状液滴と断面での半径が r の液滴中での分子拡散 D 。(b) 160 mg/mL 球状タンパク質 BSA 溶液と(c) 200 mg/mL PEG 溶液中である。

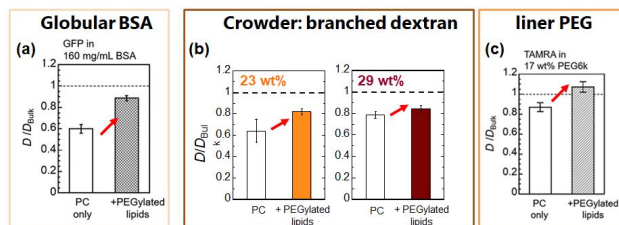


図 4. (左) 脂質膜と(右) PEG 結合脂質膜で覆われた $R < 20 \mu\text{m}$ 液滴中での拡散係数。高分子混雑を生み出す高分子は、(a) 160 mg/mL BSA 溶液、(b) 23wt% or 29 wt% デキストラン 150k Da、(c) 17 wt% 線状高分子 PEG20k である。

5. C. Watanabe, Y. Kobori, J. Yamamoto, M. Kinjo and M. Yanagisawa, *J Phys Chem B*, 2020, **124**, 1090-1098.
6. K. Harusawa, C. Watanabe, Y. Kobori, K. Tomita, A. Kitamura, M. Kinjo and M. Yanagisawa, *Langmuir*, 2021, **37**, 437-444.

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計17件（うち査読付論文 14件／うち国際共著 0件／うちオープンアクセス 5件）

1. 著者名 Sakai Atsushi, Hiro-oka Naomi, Sasaki Saori, Kidoaki Satoru, Yanagisawa Miho	4. 巻 47
2. 論文標題 Lipid Membrane Effect on the Elasticity of Gelatin Microgel Prepared inside Lipid Microdroplets	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Nihon Reoroji Gakkaishi	6. 最初と最後の頁 55 ~ 59
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1678/rheology.47.55	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -
1. 著者名 Ishikawa Daisuke, Suzuki Yuki, Kurokawa Chikako, Ohara Masayuki, Tsuchiya Misato, Morita Masamune, Yanagisawa Miho, Endo Masayuki, Kawano Ryuji, Takinoue Masahiro	4. 巻 58
2. 論文標題 DNA Origami Nanoplate Based Emulsion with Nanopore Function	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Angewandte Chemie International Edition	6. 最初と最後の頁 15299 ~ 15303
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/anie.201908392	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -
1. 著者名 Kohyama Shunshi, Yoshinaga Natsuhiko, Yanagisawa Miho, Fujiwara Kei, Doi Nobuhide	4. 巻 8
2. 論文標題 Cell-sized confinement controls generation and stability of a protein wave for spatiotemporal regulation in cells	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 eLife	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.7554/eLife.44591	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -
1. 著者名 Watanabe Chiho, Kobori Yuta, Yamamoto Johtaro, Kinjo Masataka, Yanagisawa Miho	4. 巻 124
2. 論文標題 Quantitative Analysis of Membrane Surface and Small Confinement Effects on Molecular Diffusion	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 The Journal of Physical Chemistry B	6. 最初と最後の頁 1090 ~ 1098
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acs.jpcc.9b10558	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Watanabe Chiho, Yanagisawa Miho	4. 巻 44
2. 論文標題 Basic Challenges for Liposome Applications and Their Possible Solutions: Membrane Structure and Confinement	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 MEMBRANE	6. 最初と最後の頁 234 ~ 238
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.5360/membrane.44.234	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 柳澤 実穂、渡邊 千穂	4. 巻 14
2. 論文標題 化粧品へのDDSに貢献するリポソームの開発と応用	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Cosmetic stage	6. 最初と最後の頁 45-50
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Oda Atsushi, Watanabe Chiho, Aoki Natsumi, Yanagisawa Miho	4. 巻 16
2. 論文標題 Liposomal adhesion via electrostatic interactions and osmotic deflation increase membrane tension and lipid diffusion coefficient	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Soft Matter	6. 最初と最後の頁 4549 ~ 4554
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1039/d0sm00416b	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Sakai Atsushi, Murayama Yoshihiro, Yanagisawa Miho	4. 巻 36
2. 論文標題 Cyclic Micropipette Aspiration Reveals Viscoelastic Change of a Gelatin Microgel Prepared Inside a Lipid Droplet	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Langmuir	6. 最初と最後の頁 5186 ~ 5191
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acs.langmuir.0c00428	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Ishikawa Daisuke, Suzuki Yuki, Kurokawa Chikako, Ohara Masayuki, Tsuchiya Misato, Morita Masamune, Yanagisawa Miho, Endo Masayuki, Kawano Ryuji, Takinoue Masahiro	4. 巻 131
2. 論文標題 DNA Origami Nanoplate Based Emulsion with Nanopore Function	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Angewandte Chemie International Edition	6. 最初と最後の頁 15443 ~ 15447
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/ange.201908392	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 渡邊千穂、柳澤実穂	4. 巻 -
2. 論文標題 高分子混雑とミクロな閉じ込めが導く分子拡散	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Colloid and Interface Communication (C & I Commun)	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 M. Yanagisawa, C. Watanabe, K. Fujiwara	4. 巻 4
2. 論文標題 Single Micrometer-Sized Gels: Unique Mechanics and Characters for Applications	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Gels	6. 最初と最後の頁 29 ~ 29
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3390/gels4020029	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Y. Yamashita, M. Yanagisawa, M. Tokita	4. 巻 4
2. 論文標題 Dynamics of Spinodal Decomposition in a Ternary Gelling System	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Gels	6. 最初と最後の頁 26
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3390/gels4020026	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 A. Sakai, Y. Murayama, K. Fujiwara, T. Fujisawa, S. Sasaki, S. Kidoaki, M. Yanagisawa	4. 巻 4
2. 論文標題 Increasing Elasticity through Changes in the Secondary Structure of Gelatin by Gelation in a Microsized Lipid Space	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 ACS Central Science	6. 最初と最後の頁 477-483
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acscentsci.7b00625	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 C. Watanabe, M. Yanagisawa	4. 巻 20
2. 論文標題 Cell-size confinement effect on protein diffusion in crowded poly(ethylene)glycol solution	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Physical Chemistry Chemical Physics	6. 最初と最後の頁 8842-8847
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1039/C7CP08199E	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Harusawa Kanae, Watanabe Chiho, Kobori Yuta, Tomita Kazuho, Kitamura Akira, Kinjo Masataka, Yanagisawa Miho	4. 巻 37
2. 論文標題 Membrane Surface Modulates Slow Diffusion in Small Crowded Droplets	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Langmuir	6. 最初と最後の頁 437 ~ 444
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acs.langmuir.0c03086	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Fujiwara Shougo, Shoji Kan, Watanabe Chiho, Kawano Ryuji, Yanagisawa Miho	4. 巻 11
2. 論文標題 Microfluidic Formation of Honeycomb-Patterned Droplets Bounded by Interface Bilayers via Bimodal Molecular Adsorption	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Micromachines	6. 最初と最後の頁 701 ~ 701
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3390/mi11070701	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Shinohara Eriko, Watanabe Chiho, Yanagisawa Miho	4. 巻 17
2. 論文標題 Perpendicular alignment of the phase-separated boundary in adhered polymer droplets	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Soft Matter	6. 最初と最後の頁 9499 ~ 9506
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1039/D1SM01180D	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

[学会発表] 計28件 (うち招待講演 10件 / うち国際学会 7件)

1. 発表者名 Watanabe Chiho, Yuta Kobori, Yamamoto Jotaro, Klinjyo Masataka, Yanagisawa Miho
2. 発表標題 Molecular diffusion in cell-mimicking droplets depending on size and shape
3. 学会等名 The 5th International Soft Matter Conference (ISMC2019) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 柳澤実穂
2. 発表標題 ミクロ閉鎖系での高分子物性から細胞内相転移の理解へ
3. 学会等名 第9回分子モーター討論会 (招待講演)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 春澤香苗, Johanna Mulianny, 渡邊千穂, 柳澤実穂
2. 発表標題 高濃度高分子液滴中での分子拡散とその外部輸送に伴う変化
3. 学会等名 第18回関東ソフトマター研究会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 小堀雄大, 渡邊千穂, 山本条太郎, 金城政孝, 柳澤実穂
2. 発表標題 高分子溶液を内包したマイクロ液滴中の分子拡散
3. 学会等名 第18回関東ソフトマター研究会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Watanabe Chiho, Kobori Yuta, Yamamoto Jotaro, Kinjo Masataka, Yanagisawa Miho
2. 発表標題 細胞サイズ閉じ込めに誘起される高分子の遅い拡散および相分離現象
3. 学会等名 日本物理学会 2019年秋季大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Miho Yanagisawa
2. 発表標題 Unique phase behavior in cell size space: Synergistic effect of molecular crowding and confinement
3. 学会等名 第57回日本生物物理学会 (招待講演)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 柳澤実穂
2. 発表標題 細胞サイズ特異的な生体高分子溶液の相転移現象の解明から生命現象の物理的理解へ
3. 学会等名 定量生物学会 北海道キャラバン (招待講演)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 春澤香苗, Johanna Muliany, 渡邊千穂, 柳澤実穂
2. 発表標題 細胞内混雑環境下での分子拡散描像と異常拡散の解明に向けて
3. 学会等名 定量生物学会 北海道キャラバン
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Chiho Watanabe, Miho Yanagisawa
2. 発表標題 Synergistic effect of molecular crowding and cell size confinement as a potential cause of unique phase behaviors
3. 学会等名 Okinawa colloids 2019 (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Kobori Yuta, Watanabe Chiho, Yamamoto Jotaro, Kinjo Masataka, Yanagisawa Miho
2. 発表標題 Molecular diffusion under cell mimetic membrane confinement : the characteristic environment
3. 学会等名 Okinawa colloids 2019 (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Chiho Watanabe, Miho Yanagisawa
2. 発表標題 Cell-size confinement effect on molecular diffusion and phase separation
3. 学会等名 UBI-NanoLSI workshop (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 柳澤実穂
2. 発表標題 細胞サイズの生体高分子液滴における相転移と分子拡散
3. 学会等名 第9回ソフトマター研究会（招待講演）
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 柳澤実穂
2. 発表標題 細胞モデル中で作製した生体高分子マイクロゲルの特異な力学特性
3. 学会等名 第29回MRS学会（招待講演）
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 柳澤実穂
2. 発表標題 細胞モデル液滴における生体高分子混合系の相分離
3. 学会等名 第42回分子生物学会年会（招待講演）
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 柳澤実穂
2. 発表標題 DNA骨格によるリポソームの力学制御とその応用可能性
3. 学会等名 日本膜学会第41年会（招待講演）
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 小堀雄大, 渡邊千穂, 柳澤実穂
2. 発表標題 球状および線状高分子溶液中の分子拡散に対する細胞サイズ閉じ込めの影響
3. 学会等名 第5回サイボウニクス研究会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 春澤香苗, Johanna Muliany, 渡邊千穂, 柳澤実穂
2. 発表標題 細胞内混雑環境の再現から異常拡散の解明に向けて
3. 学会等名 第5回サイボウニクス研究会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 小林瑞輝, 藤原慶, 柳澤実穂
2. 発表標題 相分離リボソームにおけるヘモリシンの局在と濃縮
3. 学会等名 第5回サイボウニクス研究会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 廣岡直己, 酒井淳, 柳澤実穂
2. 発表標題 ミクロ空間で高弾性となる生体高分子ゲル -表面物性とラプラス圧の影響-
3. 学会等名 第5回サイボウニクス研究会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 渡邊千穂, 小堀雄大, 柳澤実穂
2. 発表標題 ミクロ空間閉じ込めと高分子混雑が導く遅い分子拡散
3. 学会等名 第8回ソフトマター研究会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 小柳佳介, 工藤和恵, 柳澤実穂
2. 発表標題 Buckling of polymer blend microgels via phase separation and gelation
3. 学会等名 The 12th SPSJ International Polymer Conference (IPC2018) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 渡邊千穂, 小堀雄大, 柳澤実穂
2. 発表標題 Molecular diffusion in cell-mimicking system measured by fluorescence correlation spectroscopy
3. 学会等名 日本生物物理学会第56回年会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 小堀雄大, 渡邊千穂, 柳澤実穂
2. 発表標題 細胞モデルに閉じ込められたタンパク質溶液中の分子拡散
3. 学会等名 日本物理学会2018年秋季大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 渡邊千穂, 柳澤実穂
2. 発表標題 細胞モデルを用いた細胞内分子拡散の解明
3. 学会等名 NCNP-TUAT 若手研究シンポジウム2018夏
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 柳澤実穂
2. 発表標題 Single Microgels Prepared in Artificial Cell
3. 学会等名 Designer Soft Matter 2018 (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 渡邊千穂, 柳澤実穂
2. 発表標題 Effect of Cell-size Confinement on Protein Diffusion in Crowding Polymer Solution
3. 学会等名 Designer Soft Matter 2018 (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 柳澤 実穂
2. 発表標題 細胞モデルによる、細胞モデルのための、マイクロゲル研究
3. 学会等名 「細胞」でつながる研究会 -Bio.Phys.Chem.三重点の探索- (招待講演)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 柳澤 実穂
2. 発表標題 細胞サイズ特異的な体高分子溶液の分子拡散と相転移現象
3. 学会等名 日本物理学会第76回年次大会（招待講演）
4. 発表年 2021年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

柳澤研究室HP https://sites.google.com/g.ecc.u-tokyo.ac.jp/yanagisawa-lab/
--

6. 研究組織			
	氏名 （ローマ字氏名） （研究者番号）	所属研究機関・部局・職 （機関番号）	備考

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------