

**科学研究費助成事業 研究成果報告書**

平成 30 年 5 月 31 日現在

機関番号：12601

研究種目：国際共同研究加速基金（国際活動支援班）

研究期間：2015～2017

課題番号：15K21724

研究課題名（和文）「ゆらぎと構造の協奏：非平衡系における普遍法則の確立」のための国際活動支援

研究課題名（英文）Fostering Joint International Research for "Synergy of Fluctuation and Structure : Quest for Universal Laws in Non-Equilibrium Systems"

研究代表者

佐野 雅己 (SANO, Masaki)

東京大学・大学院理学系研究科（理学部）・教授

研究者番号：40150263

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 32,800,000 円

研究成果の概要（和文）：新学術領域研究「ゆらぎと構造の協奏：非平衡系における普遍法則の確立」の国際活動支援班では、国際共同研究加速基金の支援を受け、本領域の研究に関する国際共同研究の推進、若手研究者を中心とした海外派遣、本領域で達成された研究成果の世界へ向けた発信、外国人ポスドク研究員の採用などの事業を積極的に行った。また、領域会議の公用語を英語とし、外国人研究者の参加を促すなど、これまで全体で2回計画されていた国際シンポジウムだけでなく、通常日本人だけの出席で日本語で行われていた研究会も英語を基本とすることとした。

研究成果の概要（英文）：Grant-in-Aid for Scientific Research on Innovative Areas: "Synergy of Fluctuation and Structure: Quest for Universal Laws in Non-Equilibrium Systems" strives to expand two major areas of non-equilibrium science; studies of non-equilibrium fluctuations and self-organizing structures. The committee for the international activities supported international joint researches between research groups in the team and foreign researchers, inviting foreign researchers, and hiring young researchers from abroad. The committee also supported international travels of Japanese researchers to advertise the research results of this research area.

研究分野：非平衡系物理学

キーワード：非平衡統計力学 非平衡ゆらぎ 自己組織化 ソフトマター 人工細胞

### 1. 研究開始当初の背景

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。そのような背景の下、新しい非平衡系の科学を確立するため、本新学術領域はスタートし、初年度から順調に成果を上げ始めたものの、国際活動に関しては予算の性格や制約もあり、必ずしも十分と言える状況ではなかった。

### 2. 研究の目的

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。その目的を達成するため3つの班を設け、それぞれ、(1)「非平衡ゆらぎ」の普遍的な法則の探求、(2) ゆらぎと構造が交差する現象の探求と解明、(3) ゆらぎと構造の協奏が生み出す自律的機能の探求、などの課題に沿って研究を展開する。本領域は異なる学問分野の研究者を非平衡法則の探求という目的の下に結集させ、非平衡科学という新しい融合領域をつくり出すことで、広く学術の発展に寄与する。

本領域がカバーする分野は、多くの点で世界的な研究をリードしているといっても過言ではない。しかし、メソスケール系の実験において新規の実験結果を創出し、10年先の分野を切り拓くという観点からは、日本のグループだけでは幅の広さや研究者人口の点で、海外に水をあけられており、将来も世界をリードできるかは全く不明である。新学術領域研究の制度は、研究費の重点的な支援という点では、非常に効果的であるが、国際活動まで含めるとその支援が十分とは言えない。具体的には、当初ポスドクの雇用を計画していても、科研費充足率が低いため、ポスドクの雇用を諦める場合も多く、ましてや海外からのポスドク雇用までの余裕がないのが現状である。海外からのポスドクポジションの問い合わせは比較的多いが、領域での予算が限られていることから実現できていない。これに代わるものとして、日本学術振興会の外国人特別研究員制度があるが、応募の

ためには半年以上前から準備する必要があり、採択数も限られており、目的に応じた機動的な雇用には向いていない。また、領域研究開始後の3年目と5年目に国際会議を開催するが、会議開催費用が限られているため、海外からの招待講演者は10名程度を招聘するのが予算的な限界であり、海外からの参加者希望者や発展途上国からの若手参加者に旅費を援助する余裕もないのが実態である。科研費で開催する国際会議であるため、参加費を徴収することは一般に禁じられており、このため参加者が200名規模の国際会議でもその多くが国内からの参加となっている。このことは、新学術領域の学問的成果を世界にアピールし、論文引用や共同研究を広げるといふ観点からは、極めて不十分な状態にあると言える。これに比較して、ドイツにおける同様の制度、DFG Priority Programmeが本格的な国際会議やサマースクールを開催しているのに比べて遅れを取っている感がある。本新学術領域は、非平衡統計力学とソフトマター物理学を中心に、日本発で世界をリードした研究を展開している研究者を、非平衡系の普遍法則の探求という目的の下に結集した研究組織であり、開始3年目に入りすでに達成された成果や生まれつつある成果を、個別的ではなく、組織的に世界にいち早く知らせ、世界的なネットワーク形成に繋げるといふ意味でその意義は大きい。そのため、本新学術領域において、領域として財政的に国際活動を支援するとともに、国際活動を支援するために組織的取組みを行っていく。

### 3. 研究の方法

一般に、先端研究分野において国際的な研究者コミュニティをリードし、国際社会における我が国の存在感を維持・向上するためには、大きく3つの側面から戦略を練る必要があると考える。その第一は、当該分野において卓越した研究成果を生み出すことであり、第二は、当該分野の国際研究ネットワークにおいて、我が国の研究者が欠くべからざる役割を果たすこと、第三は、国際的な視野を持ち、国際的な人脈を持つ若手研究者を育成することである。そのため、国際活動支援としては、具体的に以下のような活動を行う。

○世界に向けた情報発信：本領域のメンバーは、すでに個別に国際的に種々の共同研究を実施しているが、領域としての成果を世界に発信する必要がある。平成27年度の中間報告を兼ねた成果発表会は国際会議の形で開催する。また、最終年の平成29年度に成果報告を兼ねた国際会議を開催する。これらの国際会議の機会を利用し、本領域の活動を世界に向けて発信する。

#### ○国際共同研究：

領域内で現在進行中である以下のような国際共同研究を推進するため、海外派遣や研究者の招聘など、以下の事業を行う。

#### ○外国人招聘

各年度 2 名程度、海外の著名研究者や若手研究者を招聘し、計画研究各グループを訪問し、成果を広めるとともに、セミナーやミニ研究会を開催する。そのため、比較的長い期間滞在することを想定し事業を行う。

#### ○海外派遣

派遣者と派遣先は、年度毎に領域の計画研究代表者および分担者から申請を受け付け、支援班で審査して採択する。また、各計画終了後にはニュースレターや報告書の形でその成果を領域全体に還元するよう努める。

#### ○海外からのポスドクの雇用

#### ○領域会議の国際化

これまで領域会議は、日本語で行うことが常であったが、海外からのポスドクが加わり、さらに海外の著名研究者を招聘して、領域内の成果を知ってもらい、国際的な情報発信につなげるためには、領域会議の公用語を英語とするほか、これまで必要に応じ開催してきたテーマ別研究会も国際ワークショップ型とし、時期を同じくして訪問した招聘研究者があれば、海外からの一般参加者とともに加わって頂く方式をとることとした。

#### 4 . 研究成果

以上のような研究の目的と方法にもとづき、研究活動の国際支援を行った結果、本経費で雇用された外国人ポスドクは 3 名 (FERRIER, Meydi(小林研), ZERAATI, Somayeh(竹内研), VAN ESTERIK, Francis(水野研)) であり、共同研究や講演会、研究打合せのために招へいした外国人の数は、のべ 14 名 (Yong-Jun Chen, Hugues Chate, Yong-Jun Chen, Miglena Angelova, Haim Diamant, Kirone Mallick, Aila Jemenez Ruiz, 他 7 名) であった。また、領域内の研究者やポスドクなど、のべ 19 名の海外派遣を支援し、研究成果の世界に向けた発信に寄与した。これらのポスドク研究員や国際共同研究による成果は、次項で述べるように論文または学会発表として発表されている。

#### 5 . 主な発表論文等

##### [雑誌論文](計 7 件)

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). 査読有

DOI: <https://doi.org/10.1088/1367-2630-a9b48>

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* 114,

E2580-E2589 (2017). 査読有

DOI: <https://doi.org/10.1073/pnas.1616013114>

Tetsuya Hiraiwa, Erina Kuranaga, and Shibata Tatsuo, Wave propagation of junctional remodeling in collective cell movement of epithelial tissue: Numerical simulation study, *Frontiers in Cell and Developmental Biology*. 5, 66.(2017) 査読有

DOI: 10.3389/fcell.2017.00066

Ryuichi Okamoto, Shigeyuki Komura, and 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). 査読有

DOI: <https://doi.org/10.1103/PhysRevE.96.012416>

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). 査読有

DOI: <https://doi.org/10.1103/PhysRevE.95.020601>

Jacopo De Nardis, Pierre Le Doussal, and Kazumasa A. Takeuchi, Memory and Universality in Interface Growth, *Physical Review Letters* 118, 125701/1-5 (2017). 査読有

DOI: <https://doi.org/10.1103/PhysRevLett.118.125701>

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 (2016). 査読有  
doi:10.1038/nphys3556

##### [学会発表](計 15 件)

Tetsuya Hiraiwa, From Quantum-Dot Heat Engines to Hot-Carrier Solar Cells” 2018 Aspen Winter Conference, Fundamental Problems in Active Matter, Aspen, USA, 2018 年

Hajime Yoshino, Glass transitions and jamming of supercooled vectorial spins, Recent Advances on the Glass and Jamming

Transitions, Lausanne, Switzerland (招待講演) 2017 年

Ryuichi Okamoto, Nano-Domain Formation in a Charged Membrane, ISMC2016, Grenoble, France, 2016 年

Yuliang Jin, Shear modulus of hard-sphere glasses, Packing: across length scales, Shanghai, China, 2016 年

Somayeh Zeraati, First-order Phase transition in a non-conserved one-dimensional stochastic process, STATPHYS 26, Lyon, France, 2016 年

Masahiro Takahashi, Universality Class of Transition to Quantum Turbulence", STATPHYS 26, Lyon, France, 2016 年

Masaki Sano, Criticalities at the transition to turbulence in shear flow, STATPHYS 26, Lyon, France, 2016 年

Kazumasa A. Takeuchi, Anomalous time correlation of KPZ and weak ergodicity breaking, STATPHYS 26, Lyon France, 2016 年

Kazumasa, A. Takeuchi, Slow Relaxation and Aging of Universal KPZ Fluctuations, Non-Equilibrium Dynamics in Classical and Quantum Systems, Pont-a Mousson, France2016 年

Tetsuya Hiraiwa, Theory on active stress generation in a cytoskeletal network, Cell Physics 2016, Saarbrücken, Germany, 2016 年

Yukinori Nishigami, Reconstruction of cellular shape deformation through contraction of core actomyosin, Moscow forum PROTIST 2016, Moscow, Russia, 2016 年

Ferrier Meydi, Universality of Non-equilibrium Fluctuations in Strongly Correlated Quantum Liquids, 第 71 回日本物理学会年会シンポジウム (招待講演) 2016 年

Tomonori Arakawa, Microscopic understanding of spin current probed by shot noise, APS March Meeting, Maryland, USA (招待講演) 2016 年

Kazumasa A. Takeuchi, Time correlation properties of KPZ fluctuations: from experimental perspectives, New approaches

to non-equilibrium and random systems: KPZ integrability, universality, applications and experiments, Santa Barbara, USA, 2016 年

〔その他〕  
ホームページ等  
<http://sfs-dynamics.jp/eng/index.html>

## 6. 研究組織

### (1) 研究代表者

佐野 雅己 (SANO, Masaki)  
東京大学・大学院理学研究科・教授  
研究者番号: 4 0 1 5 0 2 6 3

### (2) 研究分担者

野口 博司 (NOGUCHI, Hiroshi)  
東京大学・物性研究所・准教授  
研究者番号: 0 0 5 1 4 5 6 4

小林 研介 (KOBAYASHI, Kensuke)  
大阪大学・理学研究科・教授  
研究者番号: 1 0 3 0 2 8 0 3

竹内 一将 (TAKEUCHI, Kazumasa)  
東京工業大学・理学院・准教授  
研究者番号: 5 0 6 2 2 3 0 4

水野 大介 (MIZUNO, Daisuke)  
九州大学・理学研究院・准教授  
研究者番号: 3 0 4 5 2 7 4 1