

先端国際共同研究推進事業

2023 年度採択

Top 研究者のための ASPIRE

量子分野

2023 年度～2024 年度

年次報告書（公開版）

研究課題名	理研－バークレー 数理量子科学イニシアティブ
日本側研究代表者	初田 哲男 理化学研究所 数理創造プログラム プログラムディレクター
相手側研究代表者	Wick Haxton, Director, NSF Physics Frontier Center (N3AS), UC Berkeley
研究期間	2024 年 2 月 1 日～2029 年 3 月 31 日

1. 研究成果の概要

① 研究構想にかかる成果

<実施したこと>

本プロジェクトに関して、以下の合同ワークショップを日米合同で企画・開催した。

1. JOINT N3AS-iTHEMS Meeting on Quantum Information Science in Multi-messenger Astrophysics (2024/6/16-18、理研和光キャンパス、参加人数：日本側 11 名、米国側 6 名)

URL: <https://n3as.berkeley.edu/p/event/2024-n3as-ithems-quantum/>

内容：マルチメッセンジャー宇宙物理学における量子計算の適用に関する国際ワークショップ

2. RIKEN - LBNL Workshop on Quantum Information Science (2024/9/3-6、ローレンスバークレー、国立研究所 (LBNL)、参加人数：日本側 40 名、米国側 32 名)

URL: <https://ithems.riken.jp/ja/news/riken-lbnl-workshop-on-quantum-information-science-on-september-3-6-2024>

内容：量子技術、量子情報、量子計算、量子多体問題などに関する国際会議

3. Theories of Astrophysical Big Bangs 2025 (2025/2/17-19、理研和光キャンパス)

URL: <https://indico2.riken.jp/event/4848/page/344-overview>

内容：高密度天体やブラックホールとその宇宙での形成過程に関する国際ワークショップ

<得られた成果>

日米の参加者からなる国際ワークショップ・国際会議の開催とそこでの対面での情報共有により、双方の研究の現状の理解が進むとともに新たな共同研究テーマの可能性が拡大した。特に、2 の国際会議では、理研 iTHEMS (Center for Interdisciplinary Theoretical and Mathematical Sciences：数理創造研究センター) とカリフォルニア大学バークレー校 (UCB) PFC (物理学フロンティアセンター-N3AS) の連携チームに閉じず、量子情報科学に関係する他の理研センターや UCB および LBNL からの参加があり、ASPIRE を通じて、機関同士のより太い連携が進む可能性を拓いた。

② 国際ネットワーク構築・拡大に関する成果

<実施したこと>

UCB に日米合同で設置した RIKEN-Berkeley Center について、その恒久化を目指して、理研 iTHEMS 内のセンターとして理研の組織図に正式に書き込めるように、理研本部と交渉を開始した。

<得られた成果>

ASPIRE でのこれまでの活動が評価され、2024 年 12 月の理研理事会議で正式に発足が認められた。

③ 国際頭脳循環の促進に資する若手研究者の人材育成に関する成果

<実施したこと>

- ・ 以下の若手研究者を ASPIRE RIKEN-Berkeley Fellow としてバークレーに長期派遣した。
 - 量子物質(A1) Yan Lyu: (米国ビザ申請中)
 - 量子物質(A2) 金久保 優花: (2025/1 より LBNL へ派遣中)

- 量子計算(B1) Yantao Wu : (UCB へ派遣: 2021/10-2024/8)
- 量子計算(B2) Gabriele Di Ubaldo : 2024/10/1-present (2025/1 より BCTP*へ派遣中)
* Berkeley Center for Theoretical Physics (理論物理学バークレーセンター)
- 量子宇宙(C1) Maria Manuela Saez : (UCB へ派遣: 2022/2-2025/3)
- 量子宇宙(C2) Jan Schuette-Engel : (2023/10 より UCB へ派遣中)
- 量子宇宙(C3) 藤本 悠輝 : (2025/1 より UCB へ派遣中)

・以下の研究者を米国から招聘した。

- Prof. Gordon Baym (UIUC*, 米国側関連研究者)
2024/2/10-2024/3/21、理研 iTHEMS へ招聘、[量子物質] 高密度物質と中性子星の理論研究
- Prof. Yasunori Nomura (UCB、米国側チームの研究者)
2024/7/1-2024/8/15、理研 iTHEMS へ招聘、[量子宇宙] 量子ブラックホールの数値的研究
- Prof. Dan Kasen (UCB、米国側チームの研究者)
2025/ 1 より 6 ヶ月間、理研 iTHEMS へ招聘、[量子宇宙] 爆発的天体現象の数値的研究
- Dr. Ermal Rrapaj (LBNL、米国側チームの研究者)
2025/1/27-2025/1/31、理研 iTHEMS へ訪問、[量子計算] 素粒子物質の量子計算
- Prof. Gordon Baym (UIUC、米国側関連研究者)
2025/3/2-2025/3/31、理研 iTHEMS へ招聘、[量子物質] 高密度物質と中性子星の理論研究
*The University of Illinois at Urbana–Champaign (イリノイ大学アーバナ・シャンペーン校)

・この他に、11 名の理研側研究者が UCB に短期滞在（1 週間～1 ヶ月）し、研究交流を行った。

<得られた成果>

日本からの若手研究者の長期・短期派遣の研究者によりすでに 24 篇の原著論文と、21 回の国際会議での発表が行われており、順調な滑り出しと言える。

・障壁となったことと次年度以降の対応策

UCB の生活費や宿泊費の高騰は円安の影響とも相まって、日本からの給与を主財源（日本から 2/3、バークレーから 1/3）とする長期派遣者の日常生活や、バークレー市内に宿泊する短期派遣者を圧迫している。派遣者について、バークレーにおける宿泊施設の ASPIRE 予算での借り上げなどをおこない、そこに交代で入居するなどの措置が取れると良いと考えている。

2. 研究実施体制

研究テーマ	中心となる研究者氏名	所属機関・部署・役職名
量子物質	土井 琢身 Wick Haxton	理化学研究所・数理創造研究センター・数理基礎部門・専任研究員 UCB, Physics Department, Professor
量子計算	初田 哲男 Ermal Rrapaj	理化学研究所・数理創造研究センター・量子数理論科学チーム・チームディレクター Lawrence Berkeley National Lab., National Energy Research Scientific Computing Center (NERSC), Staff Scientist

量子宇宙	長瀧 重博 Daniel Kasen	理化学研究所・数理創造研究センター・理研バークレーセンター・センター長 UCB, Astronomy Department, Professor
量子数学	河東泰之 Dan-Virgil Voiculescu	理化学研究所・数理創造研究センター・副センター長 UCB, Mathematics Department, Professor

3. 代表的な業績（原著論文、プレスリリース、表彰など）

・原著論文

- [1] Maria Giovanna Dainotti, Shubham Bhardwaj, Christopher Cook, Joshua Ange, Nishan Lamichhane, Malgorzata Bogdan, Monnie McGee, Pavel Nadolsky, Milind Sarkar, Agnieszka Pollo, Shigehiro Nagataki, GRB Redshift Classifier to Follow up High-redshift GRBs Using Supervised Machine Learning, *Astrophys.J.Suppl.* 277 (2025) 1, 31
- [2] Yan Lyu, Takumi Doi, Tetsuo Hatsuda, Takuya Sugiura, Nucleon-charmonium interactions from lattice QCD, *Physics Letters B* 860 (2025) 139178, 10.1016/j.physletb.2024.139178
- [3] Daan Camps, Ermal Rrapaj, Katherine Klymko, Brian Austin, Nicholas J. Wright, Evaluation of the Classical Hardware Requirements for Large-Scale Quantum Computations, *ISC High Performance* 2024, 10.23919/ISC.2024.10528937
- [4] Ilya Belopolski, Ryota Watanabe, Yuki Sato, Ryutaro Yoshimi, Minoru Kawamura, Soma Nagahama, Yilin Zhao, Sen Shao, Yuanjun Jin, Yoshihiro Kato, Yoshihiro Okamura, Xiao-Xiao Zhang, Yukako Fujishiro, Youtarou Takahashi, Max Hirschberger, Atsushi Tsukazaki, Kei S. Takahashi, Ching-Kai Chiu, Guoqing Chang, Masashi Kawasaki, Naoto Nagaosa, Yoshinori Tokura, Synthesis of a semimetallic Weyl ferromagnet with point Fermi surface, *Nature* volume 637, pages1078–1083 (2025)
- [5] Gert Aarts, Kenji Fukushima, Tetsuo Hatsuda, Andreas Ipp, Shuzhe Shi, Lingxiao Wang, Kai Zhou, Physics-Driven Learning for Inverse Problems in Quantum Chromodynamics, *Nature Reviews Physics* (2025), 10.1038/s42254-024-00798-x

・プレスリリース

Ching-Kai Chiu , Title: Make it worth Weyl: engineering the first semimetallic Weyl quantum crystal, Link: Make it worth Weyl: engineering the first semimetallic Weyl quantum crystal | iTHEMS

・表彰

2024 年 4 月 24 日 アメリカ芸術科学アカデミー外国人名誉会員 初田哲男