

物質と情報の量子協奏  
2022 年度採択研究代表者

2022 年度  
年次報告書

高三 和晃

東京大学 大学院理学系研究科  
助教

非平衡物質相を利用した革新的量子デバイス技術の創出

## 研究成果の概要

本研究の目標は、近年の実験技術の進歩により実現可能になってきた、光誘起超伝導や時間結晶に代表される「非平衡物質相」を、量子技術に応用し、革新的な量子デバイス技術に向け、その動作原理を理論的に提案することである。この目標に向け、いくつかの非平衡物質相を題材に研究を進めている。2022 年度に注力して取り組んだのは「①フロッケ・トポロジカル超伝導」と「②量子アクティブマター」である。

①に関しては、フロッケ・トポロジカル超伝導の新たな舞台として、超伝導体と通常金属の接合系を利用できることを明らかにした。具体的には、d 波超伝導体と通常金属の接合系におけるフロッケ状態を理論的に調べ、トポロジカルに非自明なギャップが実現されることを示した。この方法は、超伝導体に直接光を当てる必要が無いため、実験的に有利な提案であると期待できる。②に関しては、新たにスピン-スピン相互作用を含むモデルを考案し、その性質を調べた。このモデルは、アクティブマターの代表的モデルである「Vicsek 模型」と類似しており、量子アクティブマター物理を調べる基本的モデルとなると期待される。我々はこのモデルの基底(エネルギー実部最小)状態について、厳密対角化法・密度行列くりこみ群法を用いて調べ、Vicsek 模型と同様の極性秩序(“強磁性秩序”)が生じることを明らかにした。

上に述べた成果は、すでに国際会議等で発表した他、今後、論文として発表する予定である。また、これらに加え、非平衡物質に関連する成果として、量子多体系における輸送現象を特徴づける重要な物理量である「ドルーデ重み」に関する研究成果も得た。具体的には、この量をバルク物理量として適切に定義するには、有限周波数の寄与も考慮した「バルク・ドルーデ重み」を新たに考える必要があることを明らかにした。この成果は、下に記した原著論文にまとめられている。

### 【代表的な原著論文情報】

- 1) Kazuaki Takasan, Masaki Oshikawa, Haruki Watanabe, *Drude weights in one-dimensional systems with a single defect*, Phys. Rev. B **107**, 075141 (2023).