

トポロジカル相を活用した 光の時空間ダイナミクスの制御手法の開拓

小布施 秀明 / 北海道大学 工学研究院 助教



おぶせ・ひであき

光学系に備わるトポロジカル相を活用することにより、古典光及び光子のダイナミクスを時空間で制御するための手法の開拓を目指した研究を行っています。この目的のために、系のパラメーターを詳細に調整可能な、量子ウォークと呼ばれる人工量子系に注目しています。

光学系における光子の流出効果に着目した「開放系におけるトポロジカル相」に関する研究では、本新学術領域研究の前年度までの公募研究で、PT対称性を有する非エルミートな量子ウォークに関する理論研究 [1] やその実証実験 [2,3] を行いました。本年度は、この一連の研究をまとめた解説記事 [4] や関連する内容を含む著書 [5] が出版されました。また、この前年度からの発展研究として、高次のトポロジカル数を有する系への拡張 [6] や、非エルミート性とも関係する非線形量子ウォークにおけるエッジ状態の安定性 [7] に関する研究も行いました。

また、エッジ状態の応用として重要なマヨラナ粒子の編込操作ではエッジ状態の動的制御が必要であり、そのためにはトポロジカル数を時間とともに変化させる必要があります。この観点から、トポロジカル数が変わる境界が時間とともに移動する量子ウォークを考え、その場合におけるエッジ状態の輸送ダイナミクスの制御手法について研究を行いました。その結果、量子ウォークに対し連続極限を考えると、量子ウォークは相対論的なディラック方程式に従うことを反映し、境界が一定速度で移動する場合、エッジ状態がローレンツ収縮を起こすことが分かりました。さらに、ローレンツ収縮を考慮したエッジ状態の輸送手法を提案し、本手法は断熱近似が成立しないような、(有効的な) 亜光速領域においても、非常に精度のよい制御手法であることが分かりました。この結果をまとめた論文 [8] を現在準備中です。

1977年長野県生まれ。2005年北海道大学大学院 工学研究科 量子物理工学専攻 博士後期課程修了。2005年 理化学研究所 古崎物性理論研究室(基礎科学特別研究員)。2008年 京都大学大学院 理学研究科 凝縮系理論グループ(学振特別研究員)。2011年 ドイツ・カールスルーエ工科大学ナノテクノロジー研究所(学振海外特別研究員)にて、トポロジカル絶縁体、アンダーソン転移、量子ウォークなどの理論研究に従事。2012年11月より現職。

- [1] K. Mochizuki, D. Kim, and H. Obuse, Phys. Rev. A **93**, 062116 (2016).
- [2] L. Xiao, X. Zhan, Z.H. Bian, K.K. Wang, X.Zhang, X.P.Wang, J.Li, K. Mochizuki, D. Kim, N. Kawakami, W. Yi, H. Obuse, B.C. Sanders, and P. Xue, Nature Physic, **13**, 1117 (2017).
- [3] L.Xiao, X. Qiu, K.K. Wang, Z. Bian, X. Zhan, H. Obuse, B.C. Sanders, W. Yi, and P. Xue, Phys. Rev. A **98**, 063847 (2018).
- [4] 小布施秀明, 望月健, 金多景, 川上則雄「量子ウォークのトポロジカル相と光の振幅制御への応用」日本物理学会誌 **74**, 780 (2019).
- [5] 「量子ウォークの新展開」共編著: 今野紀雄, 井出勇介, 「15章: トポロジカル絶縁体と量子ウォーク」小布施秀明 (培風館, 2019).
- [6] M. Kawasaki, K. Mochizuki, N. Kawakami, and H. Obuse, arXiv:1905.11098.
- [7] K. Mochizuki, N. Kawakami, and H. Obuse, J. Phys. A, accepted.
- [8] Y. Fujisawa, K. Yakubo, N. Kawakami, and H. Obuse, in preparation.