

トポロジカル材料科学と革新的機能創出  
2019 年度採択研究者

2021 年度 年次報告書
------------------

小澤 知己

東北大学 材料科学高等研究所  
准教授

原子・分子・光物理学におけるトポロジカル物性とその応用

## § 1. 研究成果の概要

昨年度から引き続き、量子計量とトポロジーの関係に関する研究をおこなった。特に、量子計量とベリー曲率の間に一般に成り立つ不等号が等号として成り立ち、かつ、量子計量とベリー曲率が運動量空間で一様になるようなチャーン絶縁体 (ideal Chern flat band などと呼ばれる) を漸近的に構成する方法を提案した。この構成では (必ずしも一様性を仮定しない) ideal Chern band において Bloch 関数が正則関数になるという昨年度得られた結果を使い、正則関数 (テータ関数) を Bloch 関数として持つような模型を構成することで ideal Chern flat band に近い模型を構成しており、バンドの総数が多くなるにつれて量子計量とベリー曲率が一様な値へと漸近することが示せた。また、バンドの数が有限の場合に量子計量とベリー曲率が完全に一様になるような ideal Chern flat band の模型を作ることが不可能であることも証明した。

実験との共同研究として、シリコンフォトニクスプラットフォームでの周波数人工次元の実現に成功した。この実験ではシリコンの光共振器に周期変調をかけることによってシリコンの異なるモード間に結合を生じさせ、異なるモードを異なるサイトとする一次元の tight-binding 模型を作っている。これはシリコンフォトニクスで周波数人工次元を実現した初めての実験である。この実験では三角梯子型の一次元格子模型を実現しており、電場や磁場の効果をシミュレートすることにも成功している。この一次元模型自体はトポロジカルなものではないが、今後複数の光共振器を結合させることでトポロジカルな模型を作っていくための最初のステップである。

### 【代表的な原著論文情報】

- 1) Matteo Seclì, Tomoki Ozawa, Massimo Capone, Iacopo Carusotto, “Spatial and spectral mode-selection effects in topological lasers with frequency-dependent gain”, *APL Photonics* **6**, 050803 (2021).
- 2) Tomoki Ozawa and Bruno Mera, “Relations between topology and the quantum metric for Chern insulators,” *Phys. Rev. B* **104**, 045103 (2021).
- 3) Bruno Mera and Tomoki Ozawa, “Kähler geometry and Chern insulators: Relations between topology and the quantum metric,” *Phys. Rev. B* **104**, 045104 (2021).
- 4) Bruno Mera and Tomoki Ozawa, “Engineering geometrically flat Chern bands with Fubini–Study Kähler structure,” *Phys. Rev. B* **104**, 115160 (2021).
- 5) Armandas Balčytis, Tomoki Ozawa, Yasutomo Ota, Satoshi Iwamoto, Jun Maeda, Toshihiko Baba, “Synthetic dimension band structures on a Si CMOS photonic platform,” *Science Advances* **8**, eabk0468 (2022).