

2021 年度
創発的研究支援事業 年次報告書

研究担当者	米倉 和也
研究機関名	東北大学
所属部署名	大学院理学研究科
役職名	准教授
研究課題名	物質の新たなトポロジーへの数理的アプローチ
研究実施期間	2021 年 4 月 1 日～2022 年 3 月 31 日

研究成果の概要

物理におけるトポロジーの重要性は近年ますます認識されて来ている。トポロジーとは大雑把に言って、考えているシステムが持つ性質のうちでパラメータなどを連続的に変えても不変に保たれるような「不変量」に着目しその性質を調べることである。そのような不変量は連続変形によって変わらず安定であることから、システムを特徴づける非常に重要な量として考えられている。

私は特に、場の量子論におけるトポロジック構造を研究した。場の量子論は素粒子物理、宇宙論や物性物理など幅広い分野で重要となる物理的枠組みである。場の量子論が持つ不変量として、大域的対称性の量子異常が知られている。この不変量が物理系に存在するときは、そのシステムがちょうどその不変量を再現するような物理的自由度を持つ必要があり、重要な物理的帰結をもたらす。

場の量子論の持つ量子異常は、次元が1次元高い空間におけるトポロジカル相という物質の相と1体1対応することが分かってきている。数学的にはここでいうトポロジカル相は可逆場の理論と呼ばれるある種の場の量子論で記述される。故に、可逆場の理論を数学的に分類することによって場の量子論の量子異常やトポロジカル相を一般的、抽象的に分類することができる。

この分類を行おうとするとき、場の量子論または少なくとも可逆場の理論を数学的に公理化する必要があるが、まだその完全な理解はない。2021年度の私の研究（山下真由子氏との共同研究）では、物理的に合理的であると思われる仮説を数学的に定式化した公理から始めて、この分類に関する数学的な定理を証明した。この結果は兼ねてから期待されていたが、物理的にもっともな仮定から導出を行なったのは初めてでありこの問題に対する極めて重要な進展になったと考えている。