

2023 年度
創発的研究支援事業 年次報告書

研究担当者	辻直人
研究機関名	東京大学
所属部署名	大学院理学系研究科
役職名	准教授
研究課題名	高エネルギー超伝導物性物理学の創出
研究実施期間	2023 年 4 月 1 日～2024 年 3 月 31 日

研究成果の概要

本年度は主に高エネルギー領域における非従来型のペアリングの対称性を持った超伝導固有状態の探索、および超伝導秩序が光に対して応答するかどうかを判別する分類理論の構築を行った。

高エネルギー領域において、従来型のペアリングの対称性(軌道が s 波でスピンのシングレットのクーパー対)を持った超伝導状態がエネルギー固有状態として存在できることが知られていた。一方で、非従来型のペアリングの対称性(軌道が p 波、d 波など、スピンのトリプレットなどのクーパー対)を持った超伝導状態がエネルギー固有状態として存在するかどうかはわかっていなかった。我々はそのような超伝導状態の探索を高エネルギー領域で行い、3 体以上の多体相互作用が存在する場合に確かに非従来型の超伝導固有状態が存在することを明らかにした。特にクーパー対が重心運動量を持つために、パリティが偶でスピンのトリプレット、あるいはパリティが奇でスピンのシングレットの対称性が可能になる。具体的に多体相互作用を持つ 2 次元ハバード模型に対して数値計算を行い、d 波スピントリプレットの超伝導状態が固有状態であることを確かめた。

次に、超伝導秩序が光に対して応答するのはどのような場合かを解析した。これまでは超伝導秩序と光の結合が弱く、特殊な状況を除いて超伝導秩序は光と非線形な応答しか示さないと考えられていた。我々は、超伝導体の自由エネルギーにリフシッツ不変量と呼ばれる対称操作で変化しない不変量が存在すると超伝導秩序が光に線形で応答することを見出した。リフシッツ不変量が現れるかどうかは群論によって分類することができ、全ての結晶の対称性に対してリフシッツ不変量の存在の有無を判定する分類理論を構築した。特に、超伝導秩序の集団励起モードのうちバンド間の超伝導秩序の位相の差が振動するレゲットモードを媒介して超伝導秩序が光に対して線形応答することがわかった。