

2022 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	2022 年 4 月 1 日～2023 年 3 月 31 日

研究成果の概要

本年度は主に振動電場によって駆動された超伝導体におけるフロッケ多体状態の解析、および高エネルギー領域における超伝導固有状態と電磁場が結合した多体状態の研究を行った。

レーザー光などによって超伝導状態を誘起する実験が報告されているが、そのメカニズムや散逸に対する安定性はわかっていないことが多い。我々は散逸を伴う状況で、光電場によって駆動された超伝導定常状態が安定かどうかを検証するため、引力ハバード模型と熱浴が結合した模型を解析した。そのために、超伝導に対する BCS 理論とフロッケ理論を組み合わせた解析手法の開発を行った。その結果、光電場の周波数が大きい領域では光電場の振幅を大きくすると常伝導状態から超伝導状態に転移することがわかった。これはフロッケ状態の生成に伴って電子の運動エネルギーが抑制され、相対的に引力相互作用が大きくなるためである。一方で周波数が小さい領域では振る舞いが複雑になり、光電場の振幅が増加するとともに最初は超伝導状態が壊れていく方向に働くが、ある振幅以上で再び超伝導状態が誘起されることがわかった。

次に、固体中の電子系の典型的なモデルであるハバード模型と電磁場が結合した系を解析した。ハバード模型は超伝導相関を示す固有状態を持つことが知られているが、真空中で電磁場と相互作用するとどのような振る舞いをするかはわかっていなかった。一般に電子は電荷を持っているため真空中であっても電磁場のダイナミクスを無視することはできない。我々は超伝導固有状態に対して電磁応答関数を厳密に評価し、それを使って電磁場と結合した超伝導状態の分散関係を求めた。その結果、有限の運動量の領域で分散関係に虚部が現れ、プラズマ不安定性が存在することがわかった。緩和過程で特徴的な周波数や運動量を持った光が強く放射されることが期待され、高エネルギー領域に存在する超伝導状態を検出することに応用できると考えられる。