

論文審査の要旨および学識確認結果

報告番号	㊦／乙第 号	氏 名	岩崎 舜平
論文審査担当者：	主査	慶應義塾大学教授	博士（理学） 大橋 洋士
	副査	慶應義塾大学教授	理学博士 白濱 圭也
		慶應義塾大学教授	博士（工学） 神原 陽一
		慶應義塾大学准教授	博士（理学） 山内 淳
（論文審査の要旨） 学士（理学）、修士（理学）岩崎舜平君の学位請求論文は、「奇周波数 Fermi 超流動における Cooper 対の性質と核スピン-格子緩和率への影響」と題し、全 6 章より構成されている。 金属超伝導に代表される Fermi 粒子系超流動は、Cooper 対と呼ばれる 2 つの Fermi 粒子の束縛状態が、ある種の Bose 凝縮を起こした量子多体状態であり、同時刻にある 2 粒子の対形成が支配的な偶周波数超流動と、異なる時刻にある Fermi 粒子間でのみ Cooper 対が形成される奇周波数超流動に分類される。現在実現している Fermi 粒子系超流動は、全て前者に属しており、後者の実現は当該研究分野の重要課題の 1 つである。このため、実験的探索とともに、それをサポートする理論の存在が重要であるが、本研究以前の奇周波数超流動理論には、本来正であるべき 1 粒子励起スペクトルが負になるという重大な欠陥があり、1 粒子励起が重要となる物理量の計算が困難であった。 この状況に対し、本研究は、1 粒子励起スペクトルの正值性が保証された奇周波数超流動の新しい理論モデルの構築に成功、それを用い、Cooper 対の時空間構造や超流動転移温度 T_c を幅広い相互作用領域で明らかにするという成果を挙げている。更に、$\text{CeRh}_{0.5}\text{Ir}_{0.5}\text{In}_5$ で近年観測された核スピン-格子緩和率 T_1^{-1} の異常な振る舞いが、奇周波数 p 波超伝導を仮定することで理論的に説明できることも示している。 第 1 章は序論である。奇周波数超流動の特徴や T_1^{-1} の概説の後、研究目的が述べられている。 第 2 章では、本研究で用いる経路積分形式を用いた奇周波数 Fermi 超流動の平均場理論が紹介されている。Hamiltonian に立脚した演算子形式の理論では、T_c 以上で超流動状態が安定になるという非物理的な解しか得られないのに対し、経路積分形式を用いると、T_c 以下で超流動状態が安定になるという、物理的に妥当な解が得られることが詳説されている。 第 3 章では、従来の奇周波数超流動の理論が抱える「負の 1 粒子励起スペクトル」の問題を解決した新しい対形成相互作用のモデルを提案している。そして、このモデルを第 2 章で紹介した経路積分理論の枠組みで取り扱い、絶対零度の基底状態における Cooper 対の時空間構造を幅広い相互作用領域で明らかにしている。特に、強結合極限では、奇周波数超流動の Cooper 対波動関数の大きさは、同時刻成分を除き、通常の偶周波数超流動のそれと同じになることを示している。 第 4 章では、前章で提案したモデルを強結合理論の一つである Nozières-Schmitt-Rink 理論の枠組みで扱い、T_c を幅広い相互作用領域で評価、強結合領域の T_c が、強い引力相互作用により全ての Fermi 粒子が分子を形成したと仮定した場合の Bose 凝縮温度でよく記述されることを明らかにしている。この結果は、（同時刻にある 2 粒子間では対形成が起こらない）奇周波数超流動の Cooper 対も、通常の偶周波数超流動の場合と同様、強結合領域では分子ボソンとして振舞うことを示しており、第 3 章で得られた強結合領域での Cooper 対波動関数の時空間構造とも符合する。 第 5 章では、奇周波数超伝導状態での T_1^{-1} を研究している。この物理量は 1 粒子状態密度に敏感であるが、第 3 章で提案したモデルを用いることで、正の T_1^{-1} が得られることや、奇周波数 p 波超伝導の可能性が近年指摘されている $\text{CeRh}_{0.5}\text{Ir}_{0.5}\text{In}_5$ で観測された T_1^{-1} の異常な温度変化を定量的レベルで説明できることを、具体的計算により示している。 第 6 章では、結論として本研究の成果がまとめられている。 本研究で提案された奇周波数超流動のモデルにより、これまで困難であった様々な物理量の計算が可能になったことは、当該研究分野の発展に大いに貢献するものである。また、奇周波数超流動の Cooper 対も偶周波数超流動の場合と同様、Bose 粒子的性質を有することを明らかにした本研究の成果は、Fermi 粒子系超流動の更なる理解に資するものと判断する。更に、$\text{CeRh}_{0.5}\text{Ir}_{0.5}\text{In}_5$ で観測された T_1^{-1} の異常な温度変化を定量的レベルで理論的に説明することに成功したことは、この物質における奇周波数超伝導の可能性を探るうえで重要である。よって、本論文の著者は博士（理学）の学位を受ける資格があるものと認める。			
学識確認結果	学位請求論文を中心にして関連学術について上記審査会委員で試問を行い、当該学術に関し広く深い学識を有することを確認した。 また、語学（英語）についても十分な学力を有することを確認した。		