

論文審査の要旨および学識確認結果

報告番号	㊶／乙第 号	氏 名	花井 亮
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	Ph. D. 伊藤 公平
		慶應義塾大学教授	理学博士 白濱 圭也
		慶應義塾大学准教授	博士(理学) 齊藤 圭司
<p>(論文審査の要旨)</p> <p>学士（理学）、修士（理学）花井亮君の学位請求論文は、「質量インバランスを有する極低温フェルミ原子気体を記述する強結合理論と成分に依存する擬ギャップ現象の研究」と題し、全5章より構成されている。</p> <p>^{40}K フェルミ原子ガス、および、^6Li フェルミ原子ガスの超流動化が2004年に達成されて以降、当該研究分野における次なる大きな目標の一つが、異なる質量を持つ異種フェルミ粒子間のCooper対形成による超流動（質量インバランス系フェルミ超流動）の実現である。なかでも、^{40}K フェルミ原子と^6Li フェルミ原子の混合気体が有力候補となっている。この系は、Feshbach共鳴と呼ばれる機構により対形成に必要な引力相互作用の強さを自在に制御することができ、超流動化が達成されれば、その物性を弱結合領域から強結合極限まで統一的に解明できると期待されている。しかし、この系の超流動化は未だ成功しておらず、超流動転移温度を定量的に予測することが、現在、理論に強く求められている。ところが、従来のフェルミ原子ガス超流動の研究で大きな成功を収めた非自己無撞着T行列近似（TMA）と呼ばれる強結合理論をこのような質量インバランスを有する系に適用すると、非物理的な超流動転移温度を与えてしまい、この要請に応えることができなかった。本研究は、TMAが抱えるこの致命的欠陥の原因を明らかにし、それを克服した強結合理論の構築に成功、^{40}K-^6Li 混合フェルミ気体の場合を含む、任意の質量差、および、任意の引力相互作用強度に対する超流動転移温度を定量的に予測するという、非常に重要な成果を挙げている。また、質量インバランスを有するフェルミ粒子系特有の強結合現象を明らかにするという成果も挙げている。</p> <p>第1章は序論である。^{40}K や^6Li といったフェルミ原子ガスで実現する強結合現象と、^{40}K-^6Li 混合フェルミ気体の研究の現状についての説明の後、本研究の目的が述べられている。</p> <p>第2章では、TMAが説明されている。この強結合理論が、質量インバランスがないバランス系における擬ギャップ現象やBCS-BECクロスオーバー現象をよく説明する一方、質量インバランスが存在すると忽ち破綻してしまうことが、超流動転移温度の計算結果を示しながら述べられている。</p> <p>第3章では、TMAで無視されている強結合補正を加味することで、上述の困難が克服されることが示されている。ここで構築された自己無撞着T行列近似（SCTMA）では、散乱に關与する粒子の強結合補正と、対形成に關与する粒子の強結合補正が共に自己無撞着に考慮されている。この強結合理論で計算された超流動転移温度は、任意の質量差、任意の引力相互作用強度に対し常に有限な値となる。これに基づき、^{40}K-^6Li 混合フェルミ気体は、粒子間引力相互作用があれば常に有限な超流動転移温度を有すること、そして、バランス系と同様にBCS-BECクロスオーバーが起こることを明らかにしている。</p> <p>第4章では、SCTMAを用い、擬ギャップに対する質量インバランスの影響を研究している。^{40}K-^6Li 混合フェルミ気体程度の質量差があると、軽い粒子の状態密度には超流動転移温度近傍で擬ギャップが現れるのに対し、重い粒子の状態密度中には擬ギャップはほとんど現れないことを明らかにしている。これは、対形成に關与する2成分両方の状態密度に擬ギャップが現れるバランス系の場合とは大きく異なる結果である。</p> <p>第5章では、結論として、本研究の成果がまとめられている。</p> <p>本研究は、これまでの強結合理論では困難であった、質量インバランスを有するフェルミ原子気体の超流動転移温度を、任意の質量差、任意の引力相互作用強度で理論的に決定することに初めて成功、特に、^{40}K-^6Li 混合フェルミ気体では、それが実験的に十分到達可能な温度であることを明らかにした。これは、質量インバランス系におけるフェルミ超流動実現に向けた研究の発展に大いに貢献するものである。また、本研究により明らかにされた、成分に依存する擬ギャップ現象は、強結合現象に対する質量インバランスの効果を理解するうえで非常に重要である。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。</p>			
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。		

※ ○○ ○○には審査担当者氏名、△△△△には、「上記審査会委員」等と記載する。