

平成 21 年 6 月 18 日現在

研究種目：基盤研究 (B)

研究期間：2006～2008

課題番号：18340105

研究課題名 (和文) 量子渦を通して見る超流動性発現機構の解明

研究課題名 (英文) Investigation on origin of superfluidity through quantum vortex

研究代表者

町田 一成 (MACHIDA KAZUSHIGE)

岡山大学・大学院自然科学研究科・教授

研究者番号：50025491

研究成果の概要：

超流動性の起源について量子渦の研究を通じて解明を理論的に試みた。対象としたのはレーザー冷却されたボーズ並びにフェルミ原子気体である。前者はボーズアインシュタイン凝縮系であり、後者はBCS超流動体である。両者の共通点と差異を実験データの解析の中で明らかにした。

交付額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2006年度	7,000,000	2,100,000	9,100,000
2007年度	5,800,000	1,740,000	7,540,000
2008年度	1,500,000	450,000	1,950,000
年度			
年度			
総計	14,300,000	4,290,000	18,590,000

研究分野：物性理論

科研費の分科・細目：物理学物性 II

キーワード：超低温、量子凝縮体、原子分子、量子エレクトロニクス

1. 研究開始当初の背景

申請時には原子気体におけるBCS超流動体は実現していなかったが、この課題の開始後に世界の数カ所のグループによって成功した。

2. 研究の目的

実験グループの実験の進展を勘案しつつ、原子気体での超流動研究を遂行し、実験グループの適切な実験を提案することが当理論グループの主要な目的である。

3. 研究の方法

理論的な枠組みはボーズ系に対しては Gross-Pitaevskii 方程式であり、これに連携した Bogoliubov-de Gennes 方程式である。フェルミ系の BCS 超流動体については

Bogoliubov-de Gennes 理論である。いずれも空間変調している場合を想定するので、大規模数値解析が必須である。当科研費を用いて計算機の整備を行い、十分な成果を上げることができた。

4. 研究成果

(1) ボーズ系のボーズアインシュタイン凝縮の研究

内部自由度を有するスピナーBECの研究を行った。F=1の系の渦の構造を明らかにした。更にはF=2の系にも理論を拡張して非可換渦が安定に存在することを見出した。

(2) フェルミ系のBCS超流動体の研究
インバランスフェルミ系に出現するFFLO状態を追求した。実験的に観測可能なパラメータ領域の同定を行った。その結果を実験グループに提供した。実験は現在も進行中である。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計 44 件)

- ① T. Kawakami, Y. Tsutsumi, and K. Machida
Stability of a half-quantum vortex in rotating superfluid $^3\text{He-A}$ between parallel plates
Phys. Rev. B **79** (2009) 092506, 1-4
 - ② P. Simula, T. Mizushima, and K. Machida
Kelvin Waves of Quantized Vortex Lines in Trapped Bose-Einstein Condensates
Phys. Rev. Lett. **101** (2008) 020402, 1-4
 - ③ K. M. Suzuki, T. Mizushima, M. Ichioka, and K. Machida
Magnetization profile and core-level spectroscopy in a multiply quantized vortex of imbalanced Fermi superfluids
Phys. Rev. A **77** (2008) 063617, 1-11
 - ④ M. Takahashi, S. Ghosh, T. Mizushima, and K. Machida
Spinor Dipolar Bose-Einstein Condensates: Classical Spin Approach
Phys. Rev. Lett. **98** (2007) 260403, 1-4
 - ⑤ K. Machida, T. Mizushima, and M. Ichioka
Generic Phase Diagram of Fermion Superfluids with Population Imbalance
Phys. Rev. Lett. **97** (2006) 120407, 1-4
- [学会発表] (計 50 件)
- ① 堤康雅, 町田一成
フェルミ原子気体のp波超流動における織目構造
日本物理学会第64回年次大会
立教大学 (東京) 2009年3月27-30日
 - ② 水島健, 町田一成
p波共鳴近傍のフェルミ原子気体における渦格子構造とマヨラナ状態
日本物理学会第64回年次大会
立教大学 (東京) 2009年3月27-30日
 - ③ 市岡優典, 鈴木健太, 町田一成

d波超伝導体の面内磁場での磁束格子構造

日本物理学会第64回年次大会

立教大学 (東京) 2009年3月27-30日

- ④ 鈴木健太, 市岡優典, 町田一成
大きなパウリ常磁性効果をもつd波超伝導体における渦糸格子構造
日本物理学会第64回年次大会
立教大学 (東京) 2009年3月27-30日
- ⑤ 桜庭孝明, 田山孝, 榊原俊郎, 町田一成, P.Canfield
TmNi₂B₂Cの磁気相図と低温磁性
日本物理学会第64回年次大会
立教大学 (東京) 2009年3月27-30日
- ⑥ Tapio Simula, K. Machida
Kelvin-Tkachenko oscillations in trapped Bose-Einstein condensates
日本物理学会第64回年次大会
立教大学 (東京) 2009年3月27-30日
- ⑦ Jukka A.M. Huhtamaki, Takeshi Mizushima, Kazushige K. Machida
Elementary excitations of d-wave paired fermionic quantum gas
日本物理学会第64回年次大会
立教大学 (東京) 2009年3月27-30日
- ⑧ 町田一成, 市岡優典, 平木将行
重い電子系CeCoIn₅の超伝導対称性と磁場下での物性の特異性
特定領域“100テスラ領域の強磁場スピ科学”第5回シンポジウム
岡山大学 (岡山) 2008年12月12-13日
- ⑨ 鈴木健太, 市岡優典, 町田一成
CeCoIn₅の逐次渦糸構造相転移に関する理論
特定領域“100テスラ領域の強磁場スピ科学”第5回シンポジウム
岡山大学 (岡山) 2008年12月12-13日
- ⑩ 水島健, 堤康雅, 川上拓人, 市岡優典, 町田一成

超流動 ^3He 及び中性フェルミ気体における
マヨラナ状態

スーパークリーン特定・研究成果報告会 '08
奈良県新公会堂（奈良）2008年12月19-21日

⑪市岡優典, 堤康雅, 水島健, 町田一成

Vortex states in spin-triplet superconductors
based on quasi-classical theory

スーパークリーン特定・研究成果報告会 '08
奈良県新公会堂（奈良）2008年12月19-21日

⑫高橋雅裕, Ville Pietila, Mikko Mottonen, 水
島健, 町田一成

Mechanism of dynamical instability in coreless
vortex states in $F = 1$ spinor Bose-Einstein
condensates

スーパークリーン特定・研究成果報告会 '08
奈良県新公会堂（奈良）2008年12月19-21日

⑬堤康雅, 町田一成

The texture of p-wave resonance superfluidity
on Fermionic atom gases

スーパークリーン特定・研究成果報告会 '08
奈良県新公会堂（奈良）2008年12月19-21日

⑭川上拓人, 堤康雅, 町田一成

Stability of half quantum vortex in rotating
superfluid $^3\text{He-A}$ between parallel plates

スーパークリーン特定・研究成果報告会 '08
奈良県新公会堂（奈良）2008年12月19-21日

〔図書〕（計 0 件）

〔産業財産権〕

○出願状況（計 0 件）

○取得状況（計 0 件）

6. 研究組織

(1) 研究代表者

町田 一成 (MACHIDA KAZUSHIGE)

岡山大学・大学院自然科学研究科・教授

研究者番号：50025491