

## I 非 $s$ 波超伝導状態のトンネル現象の研究

Study of tunneling phenomena on non- $s$ -wave superconductivity

住山昭彦  
Sumiyama, A.

重い電子系超伝導体や空間反転対称性のない超伝導体においては、これまでの超伝導体で生じていた  $s$  波の超伝導状態とは異なる、 $p$  波、 $d$  波、 $f$  波などの異方的な超伝導状態が実現していると考えられている。この超伝導性を明かにするために、UPt<sub>3</sub>、URu<sub>2</sub>Si<sub>2</sub>、UBe<sub>13</sub>、CeCoIn<sub>5</sub> 等の超伝導体の上で作成したジョセフソン素子や点接合を用いてトンネル現象の研究を行っている。

## II 超流動ヘリウム 3 - A<sub>1</sub> 相のスピン動力学

Spin dynamics in Superfluid <sup>3</sup>He-A<sub>1</sub> phase

山口 明  
Yamaguchi, A.

超流動<sup>3</sup>HeはP波凝縮相で、内部自由度に起因したMultiple-Superfluid相が出現する。磁場中ではA<sub>1</sub>相と呼ばれるノンユニタリーな超流動相が現れる。このA<sub>1</sub>相内では、わずかなマイノリティ成分を除いて、磁場に平行なスピンを持ったクーパ対のみしか存在せず、超流動成分は偏極していると考えられている。A<sub>1</sub>相内に超流動成分のみを通すスーパーリークを配置し、スピン流を使った高スピン偏極液体の生成を目指している。

## III $\mu$ S Q U I D 磁束計の開発

Development of  $\mu$ -SQUID magnetometer

山口 明  
Yamaguchi, A.

ナノスケール微小磁性体の磁化反転過程には、量子効果が強く影響すると考えられている。このような微小な磁性体の磁化反転を粒子1個で観測するため、マイクロメートルサイズの超伝導量子干渉素子 ( $\mu$ -SQUID) を用いた磁束計を開発している。高温超伝導材料によるHTS- $\mu$ -SQUID及び、低温超伝導材料によるLTS- $\mu$ -SQUIDの作成、性能評価を行っている。

## IV 重い電子系及びその他関連物質の物性研究

Study of heavy-fermion and other related materials

住山昭彦・山口 明

Sumiyama, A., Yamaguchi, A.

重い電子系化合物の中には、磁気秩序と超伝導の共存を示す物質が存在する。特に空間反転対称性の破れた超伝導体では、内部自由度を持つため多様な超伝導性を示す。磁気秩序を明らかにするため、SQUIDによる磁化測定を行っている。また、重い電子系によく見られる局在性と遍歴性の二重性をコンプトン散乱実験法から検討している。

## V グラファイト層間化合物の研究

Study of graphite intercalation compounds

山口 明・住山昭彦

Yamaguchi, A., Sumiyama, A.

炭素からなる層状物質であるグラファイトに金属原子 (Ca, K, Sr, Ba) をその層間に導入したグラファイト層間化合物は物理や化学の観点からだけでなく、工学的にも注目されている物質系である。その中には理論的に超伝導の存在が予測されているものがある。<sup>3</sup>He-<sup>4</sup>He希釈冷凍機を用いて約30mKまで冷却し磁化測定することにより、マイスナー効果による反磁性の有無で超伝導転移がみられるかどうかを検証している。

### 発表論文 List of Publications

- I-1 A. Sumiyama, D. Kawakatsu, J. Gouchi, A. Yamaguchi, G. Motoyama(島根大), Y. Hirose(新潟大), R. Settai(新潟大) and Y. Onuki(琉球大) : Search for Spontaneous Magnetization of Superconductors with Broken Time-Reversal Symmetry, The International Conference on Strongly Correlated Electron Systems(東京、2013)
- I-2 J. Gouchi, A. Sumiyama, A. Yamaguchi, G. Motoyama(島根大), N. Kimura(東北大), E. Yamamoto(原研), Y. Haga(原研) and Y. Onuki(琉球大) : Josephson Effect between UPt<sub>3</sub> and Conventional superconductor under Pressure, The International Conference on Strongly Correlated Electron Systems(東京、2013)
- I-3 郷地 順・住山昭彦・山口 明・本山 岳 (島根大)・芳賀芳範 (原研)・大貫惇睦 (琉球大) : 重い電子系超伝導体 UBe<sub>13</sub> のトンネル現象、日本物理学会秋季大会(徳島大、2013)
- I-4 J. Gouchi, A. Sumiyama, A. Yamaguchi, G. Motoyama(島根大), N. Kimura(東北大), E. Yamamoto(原研), Y. Haga(原研) and Y. Onuki(琉球大) : Josephson effect in the multiple superconducting phases of UPt<sub>3</sub> under pressure, International Workshop for Young Researchers on Topological Quantum Phenomena in Condensed Matter with Broken Symmetries (沖縄、2013)

- I-5 住山昭彦・郷地 順・山口 明・本山 岳 (島根大)・木村憲彰 (東北大)・山本悦嗣 (原研)・芳賀芳範 (原研)・大貫惇睦 (琉球大) : U 化合物の多重超伝導相におけるトンネル現象、新学術領域研究「対称性の破れた凝縮系におけるトポロジカル量子現象」第4回領域研究会(名古屋、2013)
- I-6 郷地 順・住山昭彦・山口 明・本山 岳 (島根大)・木村憲彰 (東北大)・山本悦嗣 (原研)・芳賀芳範 (原研)・大貫惇睦 (琉球大) : 重い電子系超伝導体  $UPt_3$  のトンネル現象 II、日本物理学会第 69 回年次大会(東海大、2014)
- II-1 青木悠樹 (東工大)・岩佐 泉 (神奈川大)・三浦 尊 (東工大)・山口 明・村川 智 (慶応大)・奥田雄一 (東工大) : 固体ヘリウム 4 の振り振り子測定における周波数変化のロッド効果とブロック効果、日本物理学会秋季大会(徳島大、2013)
- II-2 N. Kamada, A. Yamaguchi, G. Motoyama(島根大), A. Sumiyama, T. Sakakibara(東大), Y. Aoki(東工大), Y. Okuda(東工大), and H. Kojima(ラトガース大) : Packed powder as superleak for spin pump experiments in superfluid  $^3He$   $A_1$ , International Symposium on Quantum Fluids and Solids(島根、2013)
- II-3 Y. Aoki(東工大), I. Iwasa(神奈川大), T. Miura(東工大), A. Yamaguchi, S. Murakawa(慶応大) and Y. Okuda(東工大) : Frequency change of Torsional oscillator induced by solid  $^4He$  in torsion rod, International Symposium on Quantum Fluids and Solids(島根、2013)
- III-1 山口 明・杉元伸弥・藤沢拓実・住山昭彦・本山 岳 (島根大)・柏谷裕美 (産総研)・柏谷 聡 (産総研) : マイクロ SQUID による圧力下磁化測定装置の開発、日本物理学会第 69 回年次大会(東海大、2014)
- IV-1 G. Motoyama(島根大), Y. Tachikake, A. Yamaguchi, A. Sumiyama, K. Matsubayashi (東大), Y. Uwatoko(東大) : Point-Contact Spectroscopy of Heavy Fermion Compound  $CeRu_2Si_2$  in Magnetic Field, The International Conference on Strongly Correlated Electron Systems(東京、2013)
- IV-2 藤沢拓実・山口 明・住山昭彦・本山 岳 (島根大)・竹内徹也 (阪大)・摂待力生 (新潟大)・大貫惇睦 (琉球大) : 空間反転対称性のない超伝導体  $LaPt_3Si$  の直流磁化測定、日本物理学会秋季大会(徳島大、2013)
- IV-3 川勝大地・住山昭彦・郷地 順・山口 明・本山 岳 (島根大)・広瀬雄介 (新潟大)・摂待力生 (新潟大)・大貫惇睦 (琉球大) : 空間反転対称性のない超伝導体  $LaNiC_2$  の自発磁化の探索、日本物理学会秋季大会(徳島大、2013)
- IV-4 本山 岳 (島根大)・太刀掛勇哉・松林和幸 (東大)・山口 明・住山昭彦・上床美也 (東大) : 重い電子系化合物  $CeRu_2Si_2$  における磁場中点接合分光実験 II、日本物理学会秋季大会(徳島大、2013)
- IV-5 藤沢拓実・山口 明・住山昭彦・川勝大地・本山 岳 (島根大)・竹内徹也 (阪大)・摂待力生 (新潟大)・大貫惇睦 (琉球大) : 空間反転対称性のない超伝導体  $LaPt_3Si$  の直流磁化測定 II、日本物理学会第 69 回年次大会(東海大、2014)
- IV-6 川勝大地・藤沢拓実・郷地 順・山口 明・住山昭彦・本山 岳 (島根大)・広瀬雄介 (新潟大)・摂待力生 (新潟大)・大貫惇睦 (琉球大) : 空間反転対称性のない超伝導体の自発磁化の探索、日本物理学会第 69 回年次大会(東海大、2014)
- IV-7 小泉昭久・富石利樹・本山 岳 (島根大)・山口 明・住山昭彦・小田祺景・伊藤真義 (JASRI)・櫻井吉晴 (JASRI)・久保康則 (日大)・山村朝雄 (東北大)・佐藤伊佐務 (東北大) : 電子運動量密度分布から観た  $URu_2Si_2$  の隠れた秩序相における 5f 電子状態、日本物理学会第 69 回年次大会(東海大、2014)
- V-1 平郡諭 (東北大)・河出直哉・藤沢拓実・山口 明・住山昭彦・谷垣勝己 (東北大)・小林本忠 : Ba 黒鉛層間化合物の作製と超伝導、日本物理学会第 69 回年次大会(東海大、2014)

## 大学院理学研究科

### 博士後期課程

郷地 順：トンネル現象を用いた重い電子系の多重超伝導相の研究

### 博士前期課程

蜂野幸介：希土類元素を含むアモルファス合金における近藤効果の研究

鎌田尚史：粉末フィルターによる超流動  $^3\text{He}$  中のスピン流の研究

太刀掛勇哉：重い電子系化合物  $\text{CeRu}_2\text{Si}_2$  における磁場中点接合分光測定

川勝大地：空間反転対称性のない超伝導体の自発磁化の研究

藤沢拓実：極低温磁化測定技術の開発と高精度磁気測定

## 科学研究費補助金等

1. 科学研究費補助金(平成25-26年度)新学術領域研究 課題番号25103719  
研究課題 トンネル現象を用いた重い電子系の多重超伝導相の研究  
研究代表者 住山昭彦
2. 科学研究費補助金(平成24-25年度)挑戦的萌芽研究 課題番号24654109  
研究課題 低温量子凝縮相研究のためのマイクロSQUID-NMRの開発  
研究代表者 山口 明
3. 平成25年度ひょうご科学技術協会一般学術研究助成  
研究課題  $\mu$  SQUID磁束計による単分子磁石の量子的磁気緩和の測定  
研究代表者 山口 明
4. 平成25年度兵庫県立大学特別研究助成 先導的プロジェクト研究  
研究課題 極低温環境下における高分解能コンプトン散乱実験技術の開発  
研究者 山口 明・住山昭彦
5. 株式会社 KRI 共同研究  
研究課題 グラファイト化合物の超伝導の研究  
研究者 山口 明