

科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成 24 年 6 月 15 日現在

機関番号：12401

研究種目：挑戦的萌芽研究

研究期間：2009～2011

課題番号：21654048

研究課題名（和文）コルビノディスク型温度勾配を用いた角度分解電能測定による強相関電子系の研究

研究課題名（英文）Study of highly correlated electron system by angle resolved thermoelectric power measurement, using Corbino disk-type temperature gradient

研究代表者

谷口 弘三（Taniguchi Hiromi）

埼玉大学・理工学研究科・准教授

研究者番号：50323374

研究成果の概要（和文）：

本研究では、強相関電子系における電子系の異方性の重要性に着目し、「熱電能の準連続的角度分解測定」という新たな実験手法の構築を目指した。ここでは、まずはこの手法が最も適している有機導体に適用して技術開発研究を行った。さらに、フェルミ面研究の新たな方法、絶縁相近傍金属の異常輸送現象に対する新研究戦略、超伝導対称性の新決定法など、重要問題に対する新たな研究手法の構築を目指した。また、一部の物質においては、実際に、フェルミ面の面内異方性を反映した熱電能の角度依存を観測することに成功した。

研究成果の概要（英文）：

We aimed to develop the novel method that enable us to measure angle-resolved thermoelectric power quasi-continuously, motivated by the importance of electronic anisotropy in highly correlated electron system. At the beginning we applied this method to organic conductors. Moreover we tried to construct novel method of determining Fermi surface anisotropy, studying anomalous transport properties of metallic state near insulating phase and determining symmetry of superconductivity. Indeed we succeeded in observing angle-dependent thermoelectric power of organic materials, which reflect anisotropy of Fermi surface.

交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2009年度	1,300,000	0	1,300,000
2010年度	900,000	0	900,000
2011年度	900,000	270,000	1,170,000
年度			
年度			
総計	3,100,000	270,000	3,370,000

研究分野：物性物理学

科研費の分科・細目：4303

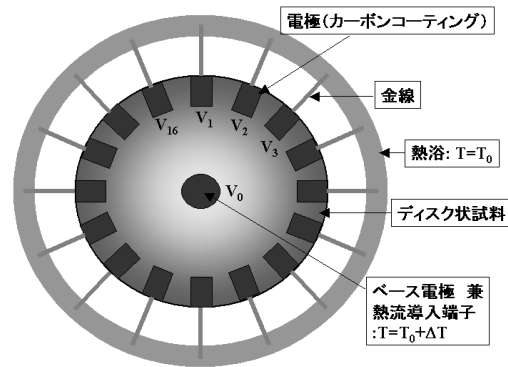
キーワード：熱電能、角度分解測定

1. 研究開始当初の背景

一般に、電子物性は異方的である。特に、現代固体物理学の重要な研究課題である強相関電子系では、異方性が、そこで発現する新奇な現象に対して重要な役割を演じている。例えば、銅酸化物超伝導体では、結晶の層状構造に由来する電子系の異方性（擬二次元性）のために、磁気ゆらぎが金属相で生き残り、輸送現象に影響を及ぼす。ここでは、特定の波数を持つ磁気揺らぎが、波数空間ですでに異方的であるフェルミ面上の電子の散乱に影響を与え、結果として、電子散乱の面内異方性を引き起こす。また、超伝導状態においても、磁気ゆらぎがクーパー対の媒介であるという理由から、波数空間で異方的なエネルギーギャップが生じており、これを起源にして、実空間での物理量が異方的に応答すると考えられている。したがって、このような物質においては、異方性の決定は極めて重要であり、何らかの物理量を測定する際には、その異方性も評価しなければ真の情報を得たことにはならない。また逆に、物理量の異方性を決定すれば、対象としている物理現象のメカニズムに迫れるわけである。

2. 研究の目的

以上の要求から、本研究では、熱電能の面内異方性測定という新たな角度分解測定手法を提案した。この手法では、右図に示したようなディスク状試料において、円柱座標における動径方向に温度勾配を発生させ、動径方向に生じた熱起電力 $V=V_n-V_0$ ($n=1\sim 16$) を n を変化させて決定する。このことにより、熱電能の角度依存性が準連続的に抽出できるわけである。



角度分解熱電能測定概念図

本研究が首尾よく成功し、さらに発展すれば、金属研究の出発点であるフェルミ面の研究、相関電子系のトレードマークである磁気（又は電荷）ゆらぎの存在の証明とその波数ベクトルの決定が可能となる。さらに、強磁場中などの環境下に拡張すれば、角度分解ネルンスト効果の測定により常伝導状態の異常物性のさらなる研究、磁束系物理の研究、超伝導エネルギーギャップの異方性決定など、多様な研究展開が期待される。以上、本研究は、手法自体が新しく、且つ、強相関電子系での様々な重要問題を取り扱うことができるため、金属物理学に新たな研究軸を与えるものである。

3. 研究の方法

まず、熱電能の角度依存性が最も顕著であるκ-型 BEDT-TTF 塩をターゲットとして研究を行い、フェルミ面の形状と熱電能の関係を議論した。それと同時に方法論の確立を目指した。方法論上の問題点の解決に全力をあげ、試料依存性なども議論することにより、より確度と精度の高いデータ収集手法の確立を目指した。次に、この手法を低温域へ拡張し、フェルミ面の研究をさらに推し進め、実験結果から解析的にフェルミ面の異方性を議論した

い。

4. 研究成果

本研究を通して、当初目的としていた有機伝導体における角度分解熱電能測定という新たな手法を確立することに成功した。また、同時に κ -型 BEDT-TTF 塩をターゲットとして研究を行ったわけであるが、結果として、はっきりとした熱電能の角度依存性を検出することに成功した。得られた結果は、理論的に予測される角度依存性と矛盾のないことから、この手法が現実的に研究レベルに用いることができるということがわかった。

さらに、当初の研究は室温で行っていたが、測定を低温(窒素温度)に拡張し、測定に成功した。

以上のように、本研究により、新たな物性測定手法を構築し、一部の物質については、理論的に整合する実験結果を得ることに成功した。将来的には、この手法をさらに発展させ、物性分野におけるさまざまな重要問題に対して議論し、新展開の実現につなげたいと考えている。

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 3 件)

- 1) H. Taniguchi, S. Takeda, R. Satoh, H. Komatsu, K. Satoh, Short piston-cylinder pressure cells based on Ni-Cr-Al cylinders and their application to fragile materials, Rev. Sci. Instrum, 81, 033903-033911 (2010), 査読あり
- 2) 谷口 弘三, 有機導体の圧力効果の過去、現在、未来, 高圧力の科学と技術, 20 (2010), 査読あり

- 3) H. Oike, K. Miyagawa, K. Kanoda, H. Taniguchi, and K. Murata, Contactless conductivity measurements on the organic conductor, κ -(ET)₄Hg_{2.89}Br₈, under pressure, Physica B, 404, 376-378 (2009), 査読あり

[学会発表] (計 20 件)

- 1) 月山佳子、谷口重梨早、谷口弘三、佐藤一彦, κ -(MDT-TTF)2AuI₂ の圧力効果と引っぱり効果, 日本物理学会, 大阪府立大学, 2010/09/24
- 2) 伊藤美穂、谷口弘三、佐藤一彦、石井康之、渡邊功雄, ミュオンスピン回転・緩和法による D 8-(BEDT-TTF)2Cu[N(CN)2]Br の磁性研究, 日本物理学会, 大阪府立大学, 2010/09/24
- 3) 岡部憲明、佐藤一彦、天川智之、谷口弘三, 電荷移動錯体の高圧下電解合成, 日本物理学会, 大阪府立大学, 2010/09/23
- 4) Miho Ito, H. Taniguchi et al., Crystal Growth and μ SR Study on a Layered Antiferromagnet, κ -(D8-BEDT-TTF)2Cu[N(CN)2]Br, ICSM2010, 京都国際会館, 2010/07/05
- 5) Yoshiko Tsukiyama, H. Taniguchi, et al., Effect of Strain on κ -Type Organic Conductors Fixed on a Glass Substrate, ICSM2010, 京都国際会館, 2010/07/08
- 6) Takayuki Suzuki, H. Taniguchi, et al., Hall Effect on Metallic and Charge-Ordered States in θ -ET₂CsZn(SCN)₄, ICSM2010, 京都国際会館, 2010/07/08
- 7) Takaaki Shinkawa, H. Taniguchi, et al., Physical Properties of Organic Mott Insulators, (BPDT-TTF)2X (X=ICl₂, IBr₂ and I₃), ICSM2010, 京都国際会館,

2010/07/08

- 8) Toshinori Yanai, H. Taniguchi, et al., The Measurement on Angle-Resolved Thermoelectric Power in a Layered Organic Conductor, ICSM2010, 京都国際会館, 2010/07/06
- 9) Hideyuki Sato, H. Taniguchi et al., Studies on Superconductivity of κ -(BEDT-TTF) $_4$ Hg $_3$ - δ X $_8$ (X=Br, Cl) by AC Susceptibility Measurements, ICSM2010, 京都国際会館, 2010/07/06
- 10) Hiromi Taniguchi, N. Okabe et al., Crystal Growth of Charge-Transfer Complexes under High Pressure, ICSM2010, 京都国際会館, 2010/07/06
- 11) 箭内敏典、谷口弘三、佐藤一彦, κ -(BEDT-TTF) $_2$ Cu(NCS) $_2$ の角度分解熱電能測定, 日本物理学会, 2009年9月26日, 熊本大学
- 12) 天川智之、谷口弘三、佐藤一彦, 有機導体(BEDT-TTF)(TCNQ)の圧力下結晶合成, 日本物理学会, 2009年9月26日, 熊本大学
- 13) T. Tenkawa, H. Taniguchi, and K. Satoh, High pressure synthesis of organic charge-transfer complex (BEDT-TTF)(TCNQ), 8th ISCOM, 北海道ニセコヒルトンホテル, 2009/09/14
- 14) M. Tsunoda, K. Satoh, H. Taniguchi, W. Higemoto, and T. Ito, μ SR study of an antiferromagnetic insulator β' -(BEDT-TTF) $_2$ IBrCl, 8th ISCOM, 北海道ニセコヒルトンホテル, 2009/09/14
- 15) Y. Manabe, A. Taniguchi, H. Taniguchi, K. Satoh, and Y. Ishii, Magnetism and ground state of an organic Mott insulator, (BPDT-TTF) $_2$ ICl $_2$, 8th ISCOM, 北海道ニセコヒルトンホテル,

2009/09/14

- 16) T. Yanai, H. Taniguchi and K. Satoh, The measurement of angle-resolved thermoelectric power in a layered organic conductor, κ -(BEDT-TTF) $_2$ Cu $_2$ (CN) $_3$, 8th ISCOM, 北海道ニセコヒルトンホテル, 2009/09/16
- 17) T. Suzuki, H. Taniguchi and K. Satoh, Hall effect on metallic and charge-ordered states in Θ -(BEDT-TTF) $_2$ CsZn(SCN) $_4$, 8th ISCOM, 北海道ニセコヒルトンホテル, 2009/09/16
- 18) M. Itaya, Y. Eto, A. Kawamoto and H. Taniguchi, Antiferromagnetic fluctuation in organic superconductor, κ -(BEDT-TTF) $_2$ Cu(NCS) $_2$, under pressure, 8th ISCOM, 北海道ニセコヒルトンホテル, 2009/09/16
- 19) A. Taniguchi, Y. Manabe, H. Taniguchi and K. Satoh, Comparison in physical properties between κ -(MDT-TTF) $_2$ AuI $_2$ and κ -(BEDT-TTF) $_2$ X, 8th ISCOM, 北海道ニセコヒルトンホテル, 2009/09/16
- 20) H. Sato, J. Watanabe, H. Taniguchi and K. Satoh, Diamagnetic transition of κ -(BEDT-TTF) $_4$ Hg $_2$.78Cl $_8$ proved by ac susceptibility measurements under pressure, 8th ISCOM, 北海道ニセコヒルトンホテル, 2009/09/16

[図書] (計0件)

[産業財産権]

○出願状況 (計0件)

○取得状況 (計0件)

[その他]

本研究に直結した成果を、I C S M2010という国際会議で発表した大学院生が、ポスター賞を受賞した。(ただし、ポスター賞受賞候補者は、ポスター発表だけでなく5分程度のオーラル発表も行っている)。ちなみに、この国際会議は、ポスター発表件数が1000件以上に及ぶ大規模な国際会議である。

6. 研究組織

(1) 研究代表者

谷口 弘三 (Taniguchi Hiromi)

埼玉大学・理工学研究科・准教授

研究者番号：50323374

(2) 研究分担者

なし