

COE : 多元環境下の強相関電子相

特集 プロジェクト研究

三宅和正*

Center of Excellence : Strongly Correlated Electron
Phase under Multiple Environment

Key Words : Strongly Correlated Electron

表記のCOEが平成10年度より5年の計画で発足いたしました。この経緯につきましては、本誌'98秋号の「夢はパラ色」の欄に書かせていただきました。それから間のないことでもありますので、この度はごく最近の成果の一端と本COEのパンフレットの内容の一部をご紹介します活動の報告に代えさせていただきますと存じます。

〈Sr₂RuO₄でスピン3重項超電導の確認〉

銅酸化物高温超電導体La_{2-x}Sr_xCuO₄と同じ層状ペロブスカイト構造をもつSr₂RuO₄は広島大学の前野悦輝氏(現京大理助教授)らにより転移温度T_c ~ 1°Kの超電導を示すことが94年に報告され2次元強相関電子系超電導として注目を集めていました。銅酸化物との違い(T_cは百倍近く違います)は何かというのが論点の一つです。ごく最近、本COEの強相関電子物性グループの北岡良雄教授(阪大基礎工)の研究室でSr₂RuO₄の超電導の本質に迫る実験結果が報告されました(K. Ishida, H. Mukuda, Y. Kitaoka, K. Asayama, Z. Q. Mao, Y. Mori and Y. Maeno: Nature 396, 658 (1998)). 酸素を同位体¹⁷Oに置換した試料で、¹⁷OのNMRナイ

トシフトK(T)の温度変化を測定しました。(下図参照)それから判ったことは、超電導の原因となる電子対(クーパー対)の対称性がスピン3重項のESP(Equal Spin Pairingの略)であることです。もし普通の超電導体や銅酸化物のようにスピン1重項であれば、ナイトシフトK(T)は転移温度以下(T < T_c(H))で図の破線や点線のように変化しなければなりません。このようなナイトシフトの振舞いは重い電子系UPt₃の超伝導状態においても(北岡グループと大貫グループ(阪大理)の共同研究により)観測されていました。即ち、Sr₂RuO₄の超電導の性格は銅酸化物よりはUPt₃に近いと言えます。いずれにしても、今度得られた結果は強相関電子系超電導の全体像を描く上で重要なものと考えられます。

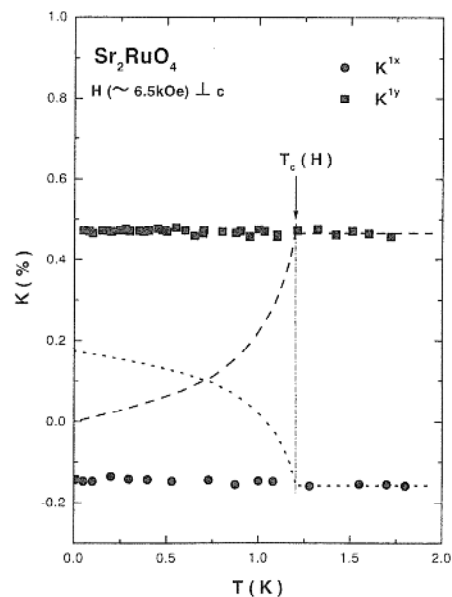


図 1



*Kazumasa MIYAKE
1949年1月2日生
1976年名古屋大学大学院理学研究科
物理学専攻博士課程修了
現在、大阪大学大学院基礎工学研究
科物理系、教授、理学博士、物性物
理理論
TEL 06-6850-6440
FAX 06-6845-4632
E-Mail miyake@mp.es.osaka-u.
ac.jp

電子相関とは

電子間に働く強い電気的な反発力により互いに避け合う効果のことで、以前から「磁性」(物質が磁気を帯びる現象)の原因と考えられてきましたが、最近の研究により「超電導」(金属の電気抵抗がゼロになる現象)においてもその重要性が認識されるようになりました。また、従来その効果は無視できると考えられている「半導体」においてもその効果が顕在化することがあります。

研究の背景

長い間「磁性」と「超電導」という物理学の二つの重要な研究分野の間関係は薄いと考えられていました。しかし、最近になって実はお互いに深い関連をもっているらしいことがわかってきたのです(下図参照)。それは、電子がもっている負の電荷の間に働くクーロンの反発力に起因する「電子相関」というキーワードでとらえることができます。この効果はミクロな世界の基本法則である量子力学を通して多くの物質で実に多彩で豊富なふるまいを与えています。

その重要性が超電導現象において認識されたのはCeCu₂Si₂などの重い電子系と呼ばれる物質で超電導が発見されたことに始まりますが、銅酸化物高温超電導体の発見により更に広く理解されるようになりました。

もう一つの最近の発展は、従来バンド理論にもとづいてそのふるまいがよく理解されてきた半導体も、メゾスコピック構造にしてナノメートル(10⁻⁹ 乗メー

トル)サイズの狭い領域に閉じ込めると、バンド理論では説明できない「電子相関」の効果が現れることが理解され始めたことです。

また、超高压実験技術の発展によって酸素が磁性金属になり更には超電導にもなることがごく最近発見されました。ここでも「電子相関」の問題が重要となります。

研究のめざすところ

本研究の目的は、「電子相関」が重要な役割を果たす分野のなかで、本COEに参加する研究グループが実績を積んできたつぎの三つの分野

1. 強相関電子物性
2. 閉じ込め電子相関相
3. 超高压電子相

の研究の深化を通じて、多元環境下での強相関電子相の統一的理解に迫ることです。

強相関電子物性グループの計画

UやCeを含む重い電子系物質、2次元強相関電子系Sr₂RuO₄などで現れる異方的超伝導状態の特性をNMR, 中性子散乱, 熱測定などを用いて研究し、理論と協力してその発現機構を解明します。また、超電導の生じる舞台となる強相関電子系の電子構造を、電子のフェルミ面の構造についてはドハース・ファンアルフェン振動を用いた研究, 広いエネルギー領域の電子状態については角度分解光電子分光を用いた研究, 励起エネルギーの小さい状態に関してはNMRを用いた研究などにより解明します。(三宅, 北岡, 大貫, 菅)

閉じ込め電子相関相グループの計画

半導体閉じ込め系において現れるサイズや次元性に依存した様々な電子相関現象の特異性を、試料創製, 光学現象, 輸送現象を含む実験と光物性理論の両面から明らかにします。また、メゾスコピック物質系で多電子励起がもたらす光学非線形現象や光誘起相転移現象の実現をめざした研究・GaAsなどの半導体ヘテロ界面に形成される高移動度2次元電子系やメゾスコピック構造をもつ低次元電子系における多様な電気伝導現象の研究などにより閉じ込め電子系の多体効果を解明します。(伊藤, 張, 冷水, 邑瀬)

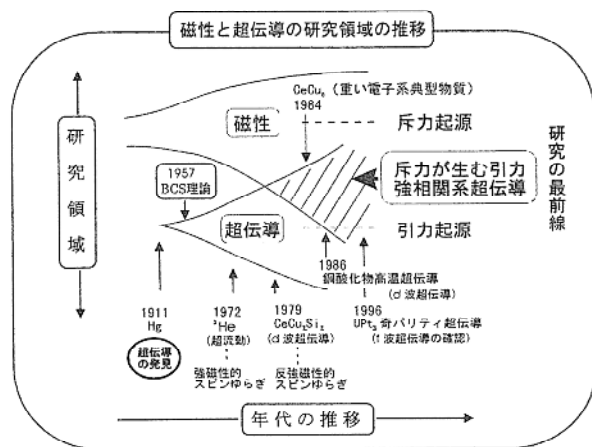


図 2

超高压電子相グループの計画

百万気圧以上の超高压で実現する単分子性金属における電子相関効果を実験・理論の両面から研究し、水素の安定した金属化と高温超電導の実現をめざし

ます。また、強磁性金属 Fe や反強磁性金属 Mn などに加圧して磁性が消える臨海点付近の性質の研究、梯子格子や三角格子量子スピン化合物に超高压を加えることで生じる量子スピン液体相の研究などを行います。(天谷, 鈴木, 那須)