

「極限環境状態における現象」
平成 8 年度採択研究代表者

石黒 武彦

(京都大学大学院理学研究科 教授)

「低次元金属・超伝導の超異方性強磁場効果」

1. 研究実施の概要

近年低次元的な構造を持つ導体において従来の物質ではみられなかった新しい超伝導が見出されている。本研究ではこうした超伝導について、方位を制御した磁場下での物性を明らかにすることによってその本性を解明し、また、その電磁応用の基盤を固め、新しい機能物質を開発することを目指して研究を進めている。

平成11年度には Sr_2RuO_4 の超伝導が三重項対になっているものであることを共同研究を含む一連の研究により決定づけると共に、三重項対特有のスピンの自由度によって生じる新しい超伝導の様相を明らかにする研究を進めた。このためには2次元面に高い精度で平行に磁場をかけることにより明らかにされる超異方性強磁場効果の手法が決定的な役割を果たした。即ち、面平行磁場下では上部臨界磁場付近で秩序パラメータの対称性が低下することが理論的に期待されるがこれを磁化率、比熱、熱伝導の測定により確認した。

一方、2次元超伝導体の面平行磁場下の超伝導相図を代表的な2次元分子性超伝導体について明らかにした。通常上部臨界磁場の決定は電気抵抗の測定によりなされるが、磁束運動、熱ゆらぎの影響があるためにその手法については疑問が投げかけられることが少なくない。本研究では比熱による熱力学的な測定などに対比することにより面平行磁場下の研究では電気抵抗による測定が妥当な結果を与えることを検証し、それを基に研究を進めた。また、 $(\text{BETS})_2\text{GaCl}_4$ では面内異方性があることを見出し、それがd波超伝導対により生じたものであることを示した。更に、面平行磁場下では1964年にFulde-Ferrell, Larkin-Ovchinnikovにより指摘されている秩序パラメータの空間変調状態がとらえられる可能性があることについてその観測条件等を理論的に詳しく調べた。

また、層状超伝導体の層面に平行に磁場をかけた時の磁束状態を高周波磁化率の測定により明らかにする実験を進め、面平行磁場による面間結合の遮断効果を明らかにし、それが生じるしきい値磁場の温度依存性についての経験則を導いた。理論的観点からは線状乱れによるグラス転移の生じる境界を与える関係を解析的に導出し、その近傍におけるホール係数などの特性を明らかにした。

物質開発研究においては Sr_2RuO_4 と Ca_2RuO_4 を連続的につなげる物質相図を得ると共に Ca_2RuO_4 の単結晶育成に成功し、それが新しいモット絶縁体となっていることを明らかにした。分子性導体ではBO分子の自己集積化とそれによる導電体膜の形成能に着目し、ポリカーボネート高分子膜に導入することにより分子の配向性に着目した導電性透明膜が得られることを示した。

2. 研究実施内容

(1) Sr_2RuO_4 のスピント重項超伝導状態の研究

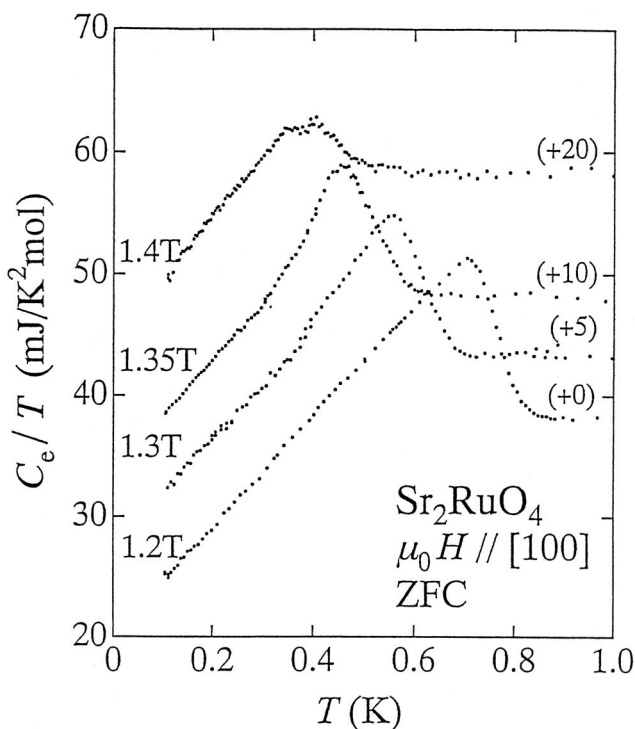
本研究グループのメンバーによって超伝導が発見された Sr_2RuO_4 について、平成10年度までに最高品質の大型単結晶の育成に成功し、二次元超伝導体としてはじめての三重項電子対超伝導体となっていることを明らかにした。平成11年度は Sr_2RuO_4 のスピント重項波動関数の確定に向けた研究、三重項対凝縮機構を解明するための研究、ならびにスピント重項に特有の新しい超伝導現象の開拓を目指した研究を進め次のような結果を得た。

(a) 超伝導波動関数の確定

比熱を80mKの低温まで測定し、その温度依存性から求められる超伝導状態の状態密度は、エネルギーギャップがフェルミ面上で線状にゼロとなる、いわゆるライン・ノードが生じている状態に極めて近いことを示した。この結果は、熱伝導率や核磁気緩和率の温度依存性から得られた結論とも一致している。

(b) 超伝導二段転移の誘起

導電面に正確に平行にかけた磁場のもとで、超伝導転移が二段で起こる現象を交流磁化率と比熱測定により発見した(図1)[論文27]。これは、2つの超伝導相の間の転移と超伝導相-常伝導相の間の転移に対応しており、スピント重項超伝導特有のクーパー対の内部自由度に基づく新現象である。また、熱伝導測定からも超伝導の二段転移現象を明らかにしている。



(c) ゼロ磁場ホール効果の探索

図1 Sr_2RuO_4 の面平行磁場下の比熱に見出された熱伝導の2段転移

平成10年度に行なったミュオン・スピン回転の実験から、 Sr_2RuO_4 の超伝導状態は三重項電子対の軌道角運動量が同一の方向に揃った、いわゆる時間反転対称性の破れた状態であることが確認されている。その場合、印加電流と垂直な方向にホール電圧が生じる「ゼロ磁場中のホール効果」の存在が予言されている。このスピン三重項ならではの新奇な現象の観測を目指した予備実験で、実際にこの効果を示唆する結果を得た。

(d) 超伝導再生現象の探索と磁場に比例する磁気抵抗の観測

二次元のスピン三重項超伝導体では、二次元面に平行な強磁場のもとで超伝導が再生する現象が理論的に予言されている。この現象が準2次元超伝導体 Sr_2RuO_4 で起こるのかを50mKの低温で33テスラまでの磁場を印加して探索したが、これまでのところ超伝導再生を示唆する結果は得られていない〔論文34〕また、常伝導相の面間横磁気抵抗が、広い磁場範囲わたって磁場に比例することを見出した。これは準二次元電子系で予測されていた振る舞いであるが、明確な実験結果を得たのはおそらく初めてである。これらの実験を可能にするため、 piezo素子を用いた新しいタイプの試料回転装置の開発に成功した。

(e) 本研究で育成した単結晶試料を用いた共同研究による主な成果

1. 中性子非弾性散乱による磁気揺らぎスペクトルの観測

常伝導相のスピン揺らぎが単純な強磁性揺らぎでないことを明らかにし、超伝導機構解明にむけて重要な情報を得た。

2. 量子振動によるフェルミ面パラメータの精密決定

ドハース・ファンアルフェン振動振幅の詳しい解析によって、3つの円筒状フェルミ面のそれぞれの形状を定量的に、詳しく決定することに成功した。

(2) 二次元超伝導体の面平行磁場下の上部臨界磁場

本プロジェクト開始以来、トラブルを重ねてきた極低温高磁場下での2軸回転装置が本格的に稼働させることができるようになった。これにより、面平行磁場下における準二次元分子性導体の電子構造と超伝導状態に関する研究を本格的に進めた。対象物質としては常圧下で高い T_c を持つことで知られる $-(\text{ET})_2\text{Cu}[\text{N}(\text{CN})_2]\text{Br}$ 、 $-(\text{ET})_2\text{Cu}(\text{NCS})_2$ を始めとし T_c は低いが高次元性の高い $-(\text{ET})_2\text{NH}_4\text{Hg}(\text{SCN})_4$ 、超伝導状態について未知の点が多い $-(\text{BETS})_2\text{GaCl}_4$ 、更には面平行磁場下での超伝導再生が研究課題となっている $(\text{TMTSF})_2\text{ClO}_4$ を取り上げた。従来、上部臨界磁場は抵抗転移により決定しているが磁束運動の寄与などがあるためその妥当性が問われている。本研究では比熱による測定と対比することにより面平行磁場下では抵抗測定によっても上部臨界磁場が得られることを明らかにし、今後の研究の基礎固めを行った。

高い精度で面に平行に合わせた磁場下の上部臨界磁場の相図を $-(\text{ET})_2\text{Cu}[\text{N}(\text{CN})_2]\text{Br}$, $-(\text{ET})_2\text{NH}_4\text{Hg}(\text{SCN})_4$, $-(\text{BETS})_2\text{GaCl}_4$ について明らかにした。 $-(\text{ET})_2\text{Cu}[\text{N}(\text{CN})_2]\text{Br}$ については常圧下の20Tを越える領域についてはGrenobleの高磁場研究施設に出張してその特性を明らかにすると共に、加圧によって T_c を下げて測定を進めその全容を明らかにした。従来データがなかった極低温下では温度低下と共に比例的に H_{c2} が上昇する新事実を見出した。

また、 $-(\text{BETS})_2\text{GaCl}_4$ では極低温下で4回対称に近い面内異方性があることを見出し、d波超伝導相となっている新事実を見出した。 $-(\text{ET})_2\text{NH}_4\text{Hg}(\text{SCN})_4$ では極低温下で"隠れた超伝導相"と名付けた電子相があることを見出している。

本研究により明らかにした面平行磁場下の上部臨界磁場の温度依存性をとりまとめた結果を図2として示す。そのいずれも極低温下ではBCS模型の下で期待されるパウリ上限値を超えているが、その温度依存性には従来より予想されていた飽和傾向は見出されないなど注目に値する新事実が見出されている。

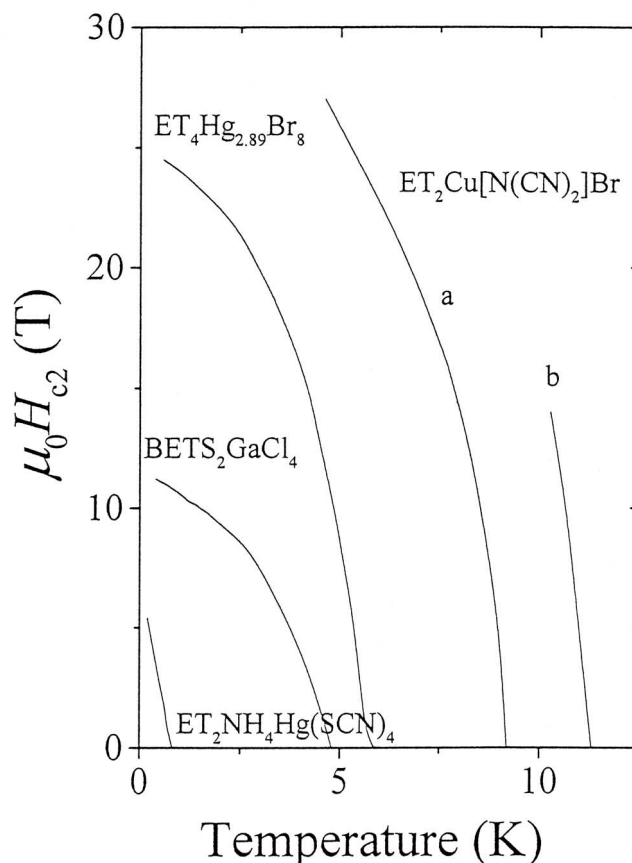


図2 本研究で得た2次元分子性超伝導体の面平行磁場下の相図(上部臨界磁場の温度依存性)。 $-(\text{ET})_2\text{Cu}[\text{N}(\text{CN})_2]\text{Br}$ については温度処理により異なった T_c を持つに至ったものをa,bで示した。

- (ET)₂Cu(NCS)₂, (TMTSF)₂ClO₄については磁化率、電気抵抗測定により面平行磁場下で超伝導秩序が空間変化する相 (FFLO状態), 強磁場下での超伝導再生相への変化がみられたとする報告があることから、これを比熱測定により検証する研究を進めた。これまでの測定をみる限り、これらの主張を支持するデータは得られていないが、報告されている特異性が何によるものであるかを明らかにする研究を進めている。

ところで、面平行磁場下のFFLO状態についてその検証に最も適した手法は走査性トンネルスペクトロスコピーを用いるものである。このため、試料ステージを磁場下で回転させることによって試料の磁場方位を精確に決めつつトンネルスペクトロスコピー実験を行える装置を開発した。0.4 Kまで冷却可能で11 Tまでの強磁場下で試料方位を設定しつつ研究を進める装置は世界的にも類をみないものと考えられる。こうした装置を開発しつつ、(TMTSF)₂ClO₄の測定を進め、超伝導ギャップとともにそれよりも大きくかつ高温まで持続するギャップ状態のあることを見出した。

(3) 二次元超伝導体の面平行磁場下の磁束状態

二次元超伝導体Bc₂Sr₂CaCu₂O₈は2次元性の著しい高温超伝導体としてその磁場下の性質の解明が求められている。本研究では面に平行な磁場に対する動的特性を高周波磁化率による測定を通して明らかにした。面平行磁場によって面間の結合が弱められ面内の磁束状態の自由運動を促すことを明らかにすると共にそのしきい値磁場が温度と共に変化する様子を明らかにした。特に酸素のドーピング度を変えたものについても測定を進め、異方性因子の係わりについても明らかにすることにより、一般性のある経験則を得た。また同様の測定を分子性二次元超伝導体である -(ET)₂Cu(NCS)₂, -(ET)₂Cu[N(CN)₂]Brについても進めたが、BSCCOで得られたような明解な結果は得られなかった。現象が現れる温度域が低いとためと考えられる。

尚、本研究成果は10年度に超音波・電磁場相互変換により磁束の真性ピンニング特性を調べたことに引き続くものである。

(4) 二次元金属SR₂RuO₄, (EO-TTP)₂Xのフェルミ面の研究

新しく開発されたTTF分子を融合させたドナー分子よりなる二次元金属が開発されていることに関心を寄せ、超異方性強磁場効果をもとにその電子構造上の特徴を明らかにしている。平成10年度に(BDT-TTP)₂X系についての研究を進めたのに引き続き、(EO-TTP)₂X系についての研究を進めた。結果は角が丸められた菱形状でその一端がブリルアン域に接し開いた形となっており、(BDT-TTP)₂Xに相通じる特徴を持つことが明らかとなった。

(5) 低次元超伝導体の渦糸(磁束)状態の理論

第二種超伝導体の磁場中抵抗は、系の乱れに起因する渦糸グラス転移により消失する。11年度は、線状乱れによるグラス転移線やホール伝導度の転移線付近での挙動などを中心に、銅酸化物高温超伝導体における主要な現象を説明する理論の構築を目的とした。このため、ギンツブルク-ランダウ・モデルに対する場の理論的な手法により、グラス転移線を決める表式を解析的に導出した。また、同じ手法でホール伝導度を乱れの強度を摂動パラメタとして計算し、グラス転移線付近でのホール伝導度の符号を予言した。その結果、線状乱れによるグラス転移磁場は、主として高磁場領域では温度に関して一次関数となることがわかった。これは高温超伝導体での実験結果と合致する。また、グラス転移付近でのホール伝導度の符号は乱れの次元性に依存し、得られた結果は他の理論では説明できなかった高温超伝導体での最近の複数の実験事実を説明できることがわかった。

(6) 低次元超伝導体におけるFFLO状態

平行強磁場中の準二次元第二種超伝導体において、可能性が期待されるFFLO超伝導状態への相転移と臨界磁場の振る舞いを理論計算によって理解することを目指して研究を進めている。このため、BCS的な超伝導の平均場理論を拡張適用し、低次元的で、かつ面内でも異方的なフェルミ面をもつ模型において、臨界磁場の大きさを求め、その温度依存性を調べた。また臨界磁場直下において、自由エネルギーを計算し、秩序変数の空間構造を求めた。その結果、スピン密度波におけるフェルミ面のネスティング効果と類似のメカニズムが、FFLO状態にも存在し、ある特定の条件を満たすときに、臨界磁場が増大し、通常のパウリ常磁性極限の3倍以上にも達することが理論的に予想された。また、斜め磁場のときに、通常のボルテックス状態とFFLO状態の中間的な秩序変数の空間構造が求められた。

(7) 準二次元モット転移系の物性相図構築

本研究で開発に成功した Ca_2RuO_4 の単結晶化に成功し、比熱測定からモット絶縁体であることを確定した。また全域固溶系 $\text{Ca}_{2-x}\text{Sr}_x\text{RuO}_4$ の開発および単結晶化にも成功し、金属 - 絶縁体転移や強磁性 - 反強磁性クロスオーバー現象などを見出した。モット絶縁体と超伝導体とを連続的に結ぶ物性相図が得られたのは銅酸化物以外では、初めてのことである(図3)。

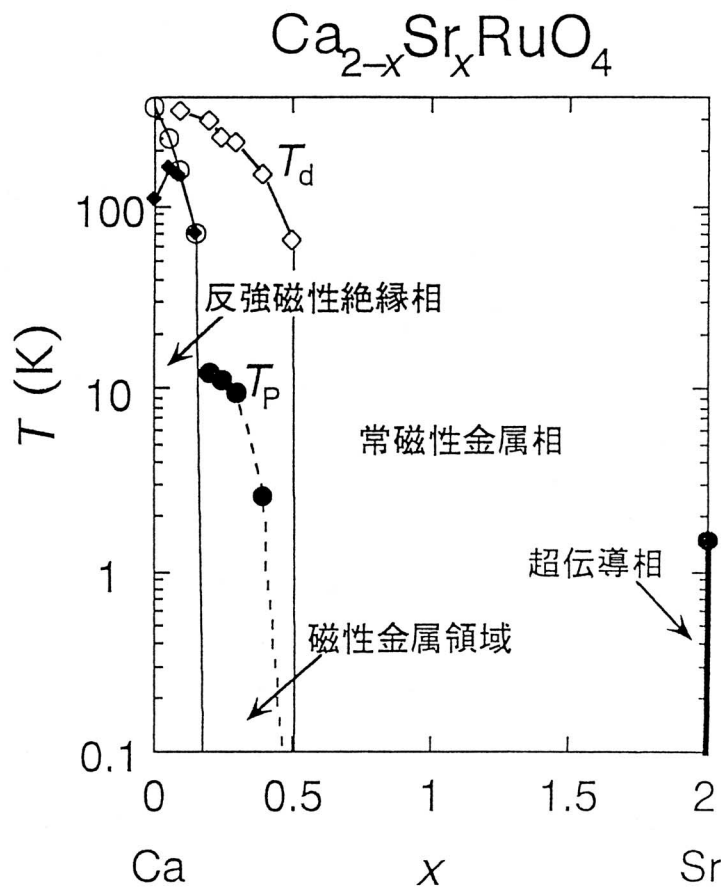


図3 $\text{Ca}_{2-x}\text{Sr}_x\text{RuO}_4$ の電子相図

(8) BOからなる導電性高分子膜

自己凝集能を持つBO (BEDO-TTF) が乱れた系においても金属的挙動を保持することに着目し、BOの新規集積体への応用を試みてきた。11年度は、共同研究により開拓していたRDP (reticulately doped polymer) 網状ドーブ高分子膜の、作成条件、導電物性、内部構造等について総合評価を行った。RDP膜は、重量比1%のBOをポリカーボネートに分散させた薄膜の片面を、ヨウ素、或いは、臭素を含む溶媒蒸気に曝すことにより作成した。いずれの場合も、表面伝導度の温度変化が金属的挙動を示す薄膜を与えた。最も興味ある結果は、臭素の塩化メチレン溶液を用いたときに得られた。このRDP膜は、ドーピング時間に対して二回抵抗極小を示すが、二回目の抵抗極小でドーピングを停止すると、ほぼ透明な外見を持ちながら約150 Kまで金属的挙動を示す薄膜を与えた (室温単位表面抵抗 $\approx 10^3$)。室温から4 Kまで金属的挙動を示す $(\text{BO})_2\text{Br}(\text{H}_2\text{O})_3$ が別途単結晶として得られるが、上記、臭素ドーブRDP膜のX-線回折パターンは、薄膜内にこの錯体が配向して分布していることを示した。この解析結果は、以前、光学スペクトルの異方性から推測していた内部構造モデルと一致している。

3 . 主な研究成果の発表 (論文発表)

Comment on "Hall Anomaly and Vortex-Lattice Melting in Superconducting Single Crystal $\text{Ba}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-x}$ ", R. Ikeda, Physical Review Letters Vol. 82 (1999) pp.3378.

Cyananilate Anion as Hydrogen Bonded Counter Ion in Conducting CT Complexes, H.Yamochi, S.Nakamura, G.Saito, Md.B.Zaman, J.Toyoda, Y.Morita, K.Nakasuji and Y.Yamashita, Synthetic Metals vol. 102 (1999) pp. 1729.

Structures and Physical Properties of Radical Cation Salts Based on Alkyloxy-Tetracyanoallylide Anion, S.Sekizaki, H. Yamochi and G.Saito, Synthetic Metals vol. 102 (1999) pp. 1711-1712.

The de Haas-van Alphen Effect within the Superconducting Vortex State of κ -type BEDT-TTF Organic Superconductor, H. Ito, P.J. Meeson, M. Springford and G. Saito, Synthetic Metals Vol. 103 (1999) pp. 1817

Antiferromagnetic Spin Resonance and Magnetic Phase diagram of Deuterated κ -(BEDT-TTF) $_2$ Cu[N(CN) $_2$]Br, H. Ito, T. Kondo, H. Sasaki, G. Saito and T. Ishiguro, Synthetic Metals Vol. 103 (1999) pp. 1818-1819.

Vortex Lock-in Phase Diagram in κ -(ET) $_2$ Cu[N(CN) $_2$]Br and κ -(ET) $_2$ Cu(NCS) $_2$, S. Nakaharai, T. Ishiguro, G. Saito, J. Yamada and Y. Anzai, Synthetic Metals Vol. 103 (1999) pp. 1896-1897.

Low Temperature Superstructure and Transfer Integrals in κ -(BEDT-TTF) $_2$ Cu[N(CN) $_2$]X: X=Cl, Br M. Watanabe, Y. Nogami, K. Oshima, H. Ito, T. Ishiguro and G. Saito, Synthetic Metals Vol. 103 (1999) 1909-1910.

Resistance Peak under a Magnetic Field Parallel to the Conducting Plane, E. Ohmichi, H. Adachi, Y. Maeno, T. Ishiguro, T. Komatsu and G. Saito, Synthetic Metals Vol. 103 (1999) pp. 1912.

An Exceptional Donor Packing Motif as a BEDO-TTF Salt: (BEDO-TTF) $_6$ (HCDAH), H.Yamochi, K.Tsutsumi, T.Kawasaki and G.Saito, Synthetic Metals vol. 103, (1999) pp. 2004-2005.

Upper Critical Field of κ -(ET) $_4$ Hg $_{2.89}$ Br $_8$ under a Parallel Magnetic Field, E. Ohmichi, Y. Shimojo, T. Ishiguro, T. Sakon, T. Sasaki and M. Motokawa, Synthetic Metals Vol. 103 (1999) pp. 2107-2108.

Preparation and properties of EOET based organic complexes, H.Sasaki, T.Kondo, K.Kamoshida, Y.Sacho and G.Saito, Synthetic Metals vol. 103 (1999) pp. 5813.

Spin Susceptibility and Its Relationship to Structure in Perchlorate Doped Polyacetylene in the Intermediate Dopant-Concentration Region, T. Masui, T. Ishiguro and J. Tsukamoto, Synthetic Metals Vol. 104 (1999) pp. 179-188.

Enhancement of the Upper Critical Field Due to a Fermi-Surface Effect in Quasi-Two-Dimensional Superconductors in Parallel Magnetic Fields, H. Shimahara, Journal of the Physical Society of Japan Vol.68, No.9 (1999) pp.3069-3073.

Miniature Vacuum Cell for Low-Temperature Thermal Measurements with Double-Axis Rotation in High Magnetic Field, V.A. Bondarenko, M.A. Tanatar, A.E. Kovalev, T. Ishiguro, S. Kagoshima and S. Uji, Review of Scientific Instruments, (1999).

Exactly Aligned Magnetic Field and the Fulde-Ferrell-Larkin-Ovchinnikov State in Quasi-Low-Dimensional Superconductors, H. Shimahara, Journal of Superconductivity, Vol. 12 No. 3 (1999) pp. 469-473.

Stability of Fulde-Ferrell-Larkin-Ovchinnikov State in Type-II Superconductors Against the Phase Fluctuations, H. Shimahara, Physica B 259-261 (1999) pp. 492-493.

Hall -Sign Dependent on Dimensionality of Vortex-Pinning Disorder, R. Ikeda, Physica C 316 (1999) pp. 189-197.

Evidence for Incommensurate Spin Fluctuations in Sr_2RuO_4 , Y. Sidis, M. Braden, P. Bourges, B. Hennion, W. Reichardt, Y. Maeno and Y. Mori, Physical Review Letters, Vol. 83 (1999) pp. 3320-3323.

The Unconventional Superconductivity of Sr_2RuO_4 , E.M. Forgan, A.P. Mackenzie and Y. Maeno, Proceedings of MOS' 99, Journal of Low Temperature Physics, 117 (1999) pp. 1567-1574.

Effect of Impurities on the Specific Heat of the Spin-Triplet Superconductor Sr_2RuO_4 , S. Nishizaki, Y. Maeno and Z.Q. Mao, Proceedings of MOS' 99, Journal of Low Temperature Physics, 117 (1999) pp. 1581-1585.

^{17}O Knight Shift Study in the Superconducting State of Sr_2RuO_4 , H. Mukuda, K. Ishida, Y. Kitaoka, Z.Q. Mao, Y. Mori and Y. Maeno, Proceedings of MOS' 99, Journal of Low Temperature Physics, 117 (1999) pp. 1587-1591.

Magnetic Transition in the Quasi Two-Dimensional Mott Transition System $\text{Ca}_{2-x}\text{Sr}_x\text{RuO}_4$, S. Nakatsuji and Y. Maeno, Proceedings of MOS' 99, Journal of Low Temperature Physics, 117 (1999) pp. 1593-1597.

Interplay of Fulde-Ferrell-Larkin-Ovchinnikov and Vortex states in two-dimensional Superconductors, U. Klein, D. Rainer, and H. Shimahara, Journal of Low Temperature Physics, .

Reentrant Superconductivity of the Deuterated Salt of $-(\text{BEDT-TF})_2\text{Cu}[\text{C}(\text{CN})_2]\text{Br}$ under Pressure, H. Ito, T. Ishiguro, T. Kondo and G. Saito, Journal of the Physical Society of Japan Vol. 69, No. 1 (2000) pp.290-291.

Ginzburg-Landau Approach to the Vortex-Glass Transitions due to Line-Like Disorder,

R. Ikeda, Journal of the Physical Society of Japan Vol. 69, No. 2 (2000) pp. 559-571.

Specific Heat of the Spin Triplet Superconductor Sr_2RuO_4 under Magnetic Fields, S. Nishizaki, Z.Q. Mao and Y. Maeno, Journal of Physical Society of Japan, Vol. 69 (2000) pp. 572-578.

In-Plane Anisotropy of Upper Critical Field in Sr_2RuO_4 , Z.Q. Mao, Y. Maeno, T. Ando, T. Ishiguro, M. Sigrist, and T. Oguchi, Physical Review Letters, Vol. 84 (2000) pp. 991-994.

Detailed Topography of the Fermi Surface of Sr_2RuO_4 , C. Bergemann, S.R. Julian, A.P. Mackenzie, S. Nishizaki and Y. Maeno, Physical Review Letters, Vol.84 (2000) pp.2662-2665.

Quasi-Two-Dimensional Mott Transition System $\text{Ca}_{2-x}\text{Sr}_x\text{RuO}_4$, S. Nakatsuji and Y. Maeno, Physical Review Letters, Vol. 84 (2000) pp.2666-2669.

Suppression of Vortex Pinning by Field Component Parallel to the Superconducting Plane in $\text{Bi}_2\text{Sr}_2\text{CaCu}_2\text{O}_8$, S. Nakaharai, T. Ishiguro, S. Watauchi, J. Shimoyama and K. Kishio, Physical Review B, Vol. 61 No. 5 (2000) pp. 3270-3273.

ESR Study of the Ordering Transformation in $-(\text{BEDT-TTF})_2\text{Cu}[\text{N}(\text{CN})_2]\text{Br}$, M.A. Tanatar, T. Ishiguro, T. Kondo and G. Saito, Physical Review B, Vol. 61 No. 5 (2000) pp.3278-3281.

Formation of 2:1 insulating complexes of $\text{D}^+\cdot\text{D}^+\cdot\text{A}^{2-}$ alternating stack and a 4:1 semimetallic complex using $\text{M}(\text{dto})_2$ dianions ($\text{M}=\text{Ni}$, Pd or Pt and $\text{dto}=\text{dithiooxalate}$) G. Saito, H. Izukashi, M. Shibata, K. Yoshida, L.A. Kushch, T. Kondo, H. Yamochi, O.O. Drozdova, K. Matsumoto, M. Kusunoki, K. Sakaguchi, N. Kojima and E.B. Yagubskii, Journal of Materials Chemistry, Vol. 10 (2000) pp. 893-910.

Preparation of metallic BEDT-TTF charge transfer complex of 3, 3', 5, 5',- tetranitro-4,4',-biphenyldiol dianion (TNBP^{2-}) having flexible molecular shape, K. Nishimura, T. Kondo, O.O. Drozdova, H. Yamochi and G. Saito, Journal of Materials Chemistry, Vol. 10 (2000) pp. 911-919.

Magnetoresistance of Sr_2RuO_4 under High Magnetic Fields Parallel to the Conducting Plane, E. Ohmichi, Y. Maeno, S. Nagai, Z.Q. Mao, M.A. Tanatar and T. Ishiguro, Physical Review B, Vol. 61 No. 10 (2000) pp. 7101-7107.

Determination of the Charge on BEDO-TTF in Its Complexes by Raman Spectroscopy. O.O. Drozdova, H. Yamochi, K. Yakushi, M. Uruichi, S. Horiuchi and G. Saito, Journal of the American Chemical Society, (2000).

Organic Superconductors in the Pauli Paramagnetic Limit Region, T. Ishiguro, Journal de Physique, France Vol. 10 (2000) Pr3-139-146.