

平成18年度科学研究費補助金（基盤研究（S））研究終了報告書

◆記入に当たっては、「平成18年度科学研究費補助金（基盤研究（S））研究終了報告書記入要領」を参照してください。

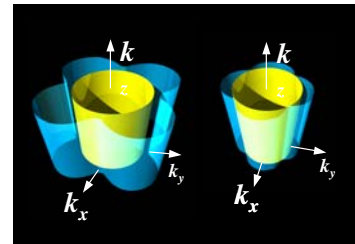
ローマ字	MAENO YOSHITERU					
①研究代表者氏名	前野 悦輝		②所属研究機関・部局・職		京都大学・国際融合創造センター・教授	
③研究課題名	和文	スピン三重項超伝導の物理				
	英文	Physics of Spin-Triplet Superconductivity				
④研究経費 金額単位：千円	平成13年度	平成14年度	平成15年度	平成16年度	平成17年度	総合計
	48,700	25,700	6,100	5,700	5,300	91,500
⑤研究組織（研究代表者及び研究分担者） *平成18年3月31日現在						
氏名	所属研究機関・部局・職	現在の専門	役割分担（研究実施計画に対する分担事項）			
前野 悦輝	京都大学・国際融合創造センター・教授	低温物理学	研究の統括、単結晶試料育成、熱・電磁測定			
石田 憲二	京都大学・大学院理学研究科・助教授	核磁気共鳴	核磁気共鳴実験			
矢口 宏	京都大学・大学院理学研究科・助手	固体物理学実験	磁気測定・電気輸送測定			
中辻 知	京都大学・大学院理学研究科・講師	固体物理学実験	単結晶試料育成・磁気測定			
山田 耕作	京都大学・大学院理学研究科・教授	物性理論	超伝導理論			
⑥当初の研究目的（交付申請書に記載した研究目的を簡潔に記入してください。）						
<p>従来の超伝導はスピン一重項（シングレット）の電子対が担っている。この点では銅酸化物の高温超伝導（シングレットd波）も例外ではない。これに対して、超流動^3Heは核スピン三重項（トリプレットp波）の原子対が担う。それではスピン三重項の超伝導状態は実現しうるのか？またそれはどのような超伝導現象をとまうのか？このようなスピン三重項の超伝導の物理についての我々の知見を深めるのが本研究の大きな目的である。</p> <p>ルテニウム酸化物Sr_2RuO_4は、本研究代表者の前野らとその超伝導を発見した物質（転移温度$T_c = 1.5\text{ K}$）で、銅酸化物の高温超伝導体と同じ結晶構造をとる。本研究メンバーを核とした研究により、電子対のスピン状態が合成スピン$S = 1$の三重項であることが実験的に確実となっている。本研究の具体的な研究目的は、軌道波動関数も含めてSr_2RuO_4の超伝導状態を確定するとともに、この物質を舞台にスピン三重項の超伝導状態に関わる新しい物理現象を開拓することにある。本課題では育成した大型・純良単結晶試料を用いた、比熱・熱伝導率、核磁気共鳴、電磁輸送現象等の研究、また国内外の研究グループに純良単結晶を供給しての共同研究、さらには理論研究との密接な関わりを通じてこの目的の達成を図る。</p>						

⑦ 研究成果の概要 (研究目的に対する研究成果を必要に応じて図表等を用いながら、簡潔に記入してください。)

本研究の最も重要な学問的・学術的成果は、スピン三重項の電子対からなる超伝導状態が現実に存在することを、多角的かつ緻密な研究の集積によって確定的にし、また広い認知を得たことである。 Sr_2RuO_4 というひとつの超伝導体を軸にした集中的な研究を行うことから、超伝導ギャップ異方性の測定法の確立、超伝導マルチギャップ構造、異方的超伝導における非磁性不純物の効果の定量的理解、超伝導・常伝導複合系での多彩な現象、スピン三重項に限らず強相関電子系一般に適用可能な超伝導メカニズムなど、現代の超伝導研究の鍵となる基本概念に関しても、多くの新たな知見を獲得することが出来た。

また銀鉛酸化物の新超伝導体の発見、 $\text{Ca}_{1-x}\text{Sr}_x\text{RuO}_4$ におけるモット転移と軌道秩序、 $\text{Sr}_3\text{Ru}_2\text{O}_7$ のメタ磁性臨界現象など、関連物質系での研究成果も数多く挙げた。2004年10月には京都大学で国際シンポジウム「スピン三重項とルテニウム酸化物の物理」を本研究のもとに主催した。海外8カ国からの23名を含む約100名の参加で、当該分野で活躍中の研究者をほぼ一堂に集めて、成果発表と今後の研究展開についての集中的な議論をおこなった。以下では、主な成果についてさらに具体的に述べる。

(1) 全てのバンドの超伝導ギャップ構造の確定：ベクトル型複合超伝導マグネットの回転装置と希釈冷凍機を組み合わせ、精密に方位制御した磁場中での比熱を0.1 K以下まで測定することにより、超伝導ギャップはフェルミ面(バンド)ごとに大きさ・異方性が異なることを明らかにした(右上図)。その物理的要因についても、スピン三重項 p 波の対称性と一部のバンドの磁気揺らぎで定性的・定量的に理解出来た。



Sr_2RuO_4 の2種類のフェルミ面ごとの異方的超伝導エネルギー・ギャップ

(2) 三重項スピン状態の決定：スピン三重項では超伝導状態でも電子スピンの自由度が残るため、帯磁率の異方性がスピン対に関する重要な情報を与える。スピン帯磁率は核磁気共鳴(NMR)を用いた微視的プローブによるナイトシフトから得られる。 RuO_2 面平行の磁場中ではスピン成分も面内の三重項状態であることが明らかになった(右下図)。 RuO_2 面に垂直方向の超伝導臨界磁場は0.075テスラで、面平行に比べ1/20と非常に小さいため、通常のNMR手法ではナイトシフトの測定は難しい。そこで核四重共鳴(NQR)で信号を観測しておき、さらに弱磁場を印加する新手法で測定を可能にした。その結果、電子対スピンはゼロ磁場では RuO_2 面内にあるが、印加磁場に応じて方向を変え、スピン異方性を生む相互作用が非常に弱いことも明らかになった。



Sr_2RuO_4 の結晶構造とスピン三重項電子対の模式図。

(1)、(2)、(3)から右下図に模式的に示したように、スピンが RuO_2 面内で、軌道が時間反転対称性を破るカイラル状態の三重項超伝導状態であることが、多角的に確定できた。

(4) 超伝導内部自由度に基づく新奇現象：比熱やNMR等から決まったスピン三重項状態では、 RuO_2 面平行磁場で軌道状態の変化による2次相転移が出現すると予想される。実際、精密磁化測定からその存在が確認できた。これに加えて、面に極めて精密に平行に磁場をかけると、上部臨界磁場近傍でも超伝導転移が2段に分かれる新奇な現象を比熱・磁化率・熱伝導率から見出した。これと符合して、面平行磁場に比べて上部臨界磁場が強く抑制されている。さらに緻密なデータ収集と理論的吟味が必要である。

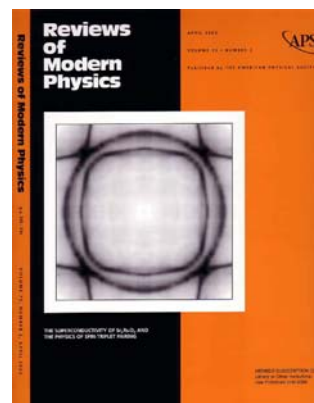
(5) 強相関電子系の超伝導メカニズムの理論構築： Sr_2RuO_4 について実験に準拠した3バンドの電子構造をふまえて、3次の摂動によりクーロン斥力(強相関効果)による超伝導メカニズムを解明する理論の構築に成功した。これにより、強磁性的揺らぎによらず、クーロン斥力のもとたらず電子間相互作用の波数依存性によって、超伝導電子凝縮に必要な引力が得られることを導いた。 Sr_2RuO_4 についてはスピン一重項d波状態よりも、スピン三重項p波状態が安定であることを示した。

⑧特記事項 (この研究において得られた独創性・新規性を格段に発展させる結果あるいは可能性、新たな知見、当該研究分野及び関連研究分野への影響等、特記すべき事項があれば記入してください。)

- (1) スーパークリーン物質での量子凝縮相の統合的な研究への発展： Sr_2RuO_4 におけるスピン三重項超伝導が確立したことで、超流動ヘリウム3のスピン三重項状態や、冷却原子気体のボーズ・アインシュタイン凝縮など、これまで分野としては分かれていた（例えば日本物理学会では別々の「領域」に属していた）研究者との間で分野横断的・融合的な研究機運が生まれた。この流れは例えばH17年度に発足した特定領域研究「スーパークリーン物質で実現する新しい量子相の物理」（代表：福山寛）の形で研究組織に発展し、従来の分野を超えての量子凝縮状態の研究として発展しつつある。
- (2) ベクトル型複合マグネットを用いた測定手法：精密方位制御磁場中での熱力学量測定によって、異方的超伝導ギャップ構造を決定する新たな手法を確立した。今後、様々な低次元物質の低温物性が明らかになる期待がもて、さらに3次元ベクトルマグネットの普及などを通じて、今後の広範な測定や物性制御への応用に波及効果が期待される。
- (3) 超伝導マルチギャップ：電子軌道起源・対称性が異なる複数のフェルミ面（バンド）をもつ超伝導体では、バンドごとに超伝導ギャップの大きさや異方性、ギャップのノード構造が異なる、マルチギャップ超伝導状態が起こりうることを Sr_2RuO_4 の研究から決定的にした。この視点・認識は、従来型メカニズムによると考えられる MgB_2 の超伝導性の理解などにも大いに取り入れられている。
- (4) 新しい量子臨界現象の発見：従来の量子臨界点は、何らかのパラメーターの変化によって2次相転移温度が絶対零度に至る点として定義してきた。これに対して、液相・気相境界のような1次相転移線の終点としての「臨界点」が何らかのパラメーターの変化によって絶対零度に至る点も量子臨界点と定義できることを実験的に初めて確実にし、理論的裏づけも行った。具体的には Sr_2RuO_4 に関連の常伝導金属 $\text{Sr}_3\text{Ru}_2\text{O}_7$ のメタ磁性1次相転移の終点が、印加磁場方向の制御によって絶対零度に制御可能であることが示せた。 $\text{Sr}_3\text{Ru}_2\text{O}_7$ は Sr_2RuO_4 と同様、極めて純良な単結晶が育成できるので、量子臨界現象の研究にとって指針となるような研究成果が期待される。

- (5) 角度分解型光電子分光法（ARPES）の表面敏感性と問題解決：

Sr_2RuO_4 の研究を通じて、ARPESの表面敏感性を如実に示す問題点を明らかにし、その問題解決を行った。ARPESは超伝導体・磁性体を始めとして広範な物質の電子構造を決定する測定方法として、その技術進歩が著しいが、表面の電子構造を反映するため、バルクの物性量との対応付けに注意を要することは明らかであった。 Sr_2RuO_4 のフェルミ面に関してARPESでは、他の測定量と矛盾する結果が複数報告されていたが、これは結晶表面層の原子配列再構成が起こるためとわかった。そして表面処理の工夫によってARPESでもバルクの電子状態を反映したフェルミ面が観測可能になった。(Rev. Mod. Phys. **75**, 657-712 (2003)の関連図が同誌表紙に採用された：右図。)



角度分解型光電子分光で決定した Sr_2RuO_4 のフェルミ面。

- (6) 超伝導体と常伝導金属を含む複合系の研究：

微細加工技術の進歩を活かして、最近、ヨーロッパを中心に従来型超伝導体と常伝導金属、特に金属強磁性体とを用いた複合系での超伝導近接効果の研究が急速な展開を見せている。超伝導体としては今のところNbなど従来型超伝導体しか主に用いられていない。 Sr_2RuO_4 はスピン三重項の典型超伝導体として、良質・安定な単結晶が使えることから、この分野への利用が可能で、新超伝導現象の開拓やデバイスへの応用も大いに期待できる。

⑨研究成果の発表状況 (この研究費による成果の発表に限り、学術誌等に発表した論文(掲載が確定しているものを含む。)の全著者名、論文名、学協会誌名、巻(号)、最初と最後のページ、発表年(西暦)、及び国際会議、学会、特許等の発表状況について記入してください。なお、代表的な論文3件に○を、また研究代表者に下線を付してください。)

本研究費による研究成果として、2001年6月-2006年3月に出版された論文をリストにする。

代表的な論文3件として【1】の(101), (98), (87)をあげた(○印)。また添付論文としてさらに【1】の(37)と【2】の(1)の2編をあげる(破線の○印)。

【1】は前野(代表者)、石田、矢口、中辻による実験研究の発表論文である。 Sr_2RuO_4 の超伝導を中心に、スピン三重項超伝導の可能性が指摘されるナトリウム・コバルト酸化物超伝導体の研究、超伝導物質探索の結果生まれたルテニウムと同じ4d遷移金属の銀を含む酸化物の新超伝導体に関する発表論文も含む。また、スピン三重項超伝導体に関連のルテニウム酸化物での金属・絶縁体転移と軌道秩序、さらにメタ磁性量子臨界現象の研究論文も含む。これらの系での物性研究は、 Sr_2RuO_4 の電子状態・超伝導メカニズムを理解する上でも重要な役割を担った。

【2】は山田による理論研究の発表論文である。

【3】は本研究成果の国際会議での招待講演について、また【4】は受賞した科学賞をリストした。

【1】 実験研究の発表論文 (前野悦輝(代表者)、石田憲二、矢口宏、中辻知)

- (133) *Nearly Free Electrons in the Layered Oxide Superconductor $\text{Ag}_5\text{Pb}_2\text{O}_6$* , Mike Sutherland, Peter D. A. Mann, Christoph Bergemann, Shingo Yonezawa, and Yoshiteru Maeno, Phys. Rev. Lett. **96**, 097008 (Mar. 2006).
- (132) *Orbital-Selective Mass Enhancements in Multiband $\text{Ca}_{2-x}\text{Sr}_x\text{RuO}_4$ Systems Analyzed by the Extended Drude Model*, JS. Lee, SJ. Moon, TW. Noh, S. Nakatsuji, and Y. Maeno, Phys. Rev. Lett. **96**, 057401 (Feb. 2006).
- (131) *Unusual Magnetic Response in Superconducting Mixed State of Sr_xRuO_4* , K. Tenya, S. Yasuda, M. Yokoyama, H. Amitsuka, K. Deguchi, and Y. Maeno, J. Phys. Soc. Jpn. **75**, 023702 (Feb. 2006).
- (130) 核四重極共鳴(Co-NQR)から見たコバルト酸化物超伝導の物性, 石田憲二, 井原慶彦, 道岡千城, 吉村一良, Forum of Superconductivity Science and Technology News **108**, 2-5 (Jan. 2006).
- (129) *Anisotropic Behavior of Knight Shift in Superconducting State of $\text{Na}_x\text{CoO}_2 \cdot y\text{H}_2\text{O}$* , Y. Ihara, K. Ishida, H. Takeya, C. Michioka, M. Kato, Y. Itoh, K. Yoshimura, K. Takada, T. Sasaki, H. Sakurai and E. Takayama-Muromachi, J. Phys. Soc. Jpn. **75**, 013708 1-4 (Jan. 2006).
- (128) *Possible Spin Triplet Superconductivity in $\text{Na}_x\text{CoO}_2 \cdot y\text{H}_2\text{O}$ - ^{59}Co NMR Studies*, M. Kato, C. Michioka, T. Waki, Y. Itoh, K. Yoshimura, K. Ishida, H. Sakurai, E. Takayama-Muromachi, K. Takada, and T. Sasaki, Journal of Physics-Condensed Matter **18**, 669-682 (Jan. 2006).
- (127) *Structural Aspects of Metamagnetism in $\text{Ca}_{2-x}\text{Sr}_x\text{RuO}_4$: Evidence for Field Tuning of Orbital Occupation*, M. Kriener, P. Steffens, J. Baier, O. Schumann, T. Zabel, T. Lorenz, O. Friedt, R. Müller, A. Gukasov, P. G. Radaelli, P. Reutler, A. Revcolevschi, S. Nakatsuji, Y. Maeno, and M. Braden, Phys. Rev. Lett. **95**, 267403 (Dec. 2005).
- (126) *Type-I superconductivity of the Layered Silver Oxide $\text{Ag}_5\text{Pb}_2\text{O}_6$* , S. Yonezawa and Y. Maeno, Phys. Rev. B **72**, 180504 (Nov. 2005).
- (125) *Quantitative Analysis of Sr_2RuO_4 Angle-Resolved Photoemission Spectra: Many-Body Interactions in a Model Fermi Liquid*, NJC. Ingle, KM. Shen, F. Baumberger, W. Meevasana, DH. Lu, ZX. Shen, A. Damascelli, S. Nakatsuji, ZQ. Mao, Y. Maeno, T. Kimura, and Y. Tokura, Phys. Rev. B **72**, 205114 (Nov. 2005).
- (124) *Severe Fermi Surface Reconstruction at a Metamagnetic Transition in $\text{Ca}_{2-x}\text{Sr}_x\text{RuO}_4$ (for $0.2 \leq x \leq 0.5$)*, L. Balicas, S. Nakatsuji, D. Hall, T. Ohnishi, Z. Fisk, Y. Maeno, and DJ. Singh, Phys. Rev. Lett. **95**, 196407 (Nov. 2005).

- ⑨研究成果の発表状況(続き) (この研究費による成果の発表に限り、学術誌等に発表した論文(掲載が確定しているものを含む。)の全著者名、論文名、学協会誌名、巻(号)、最初と最後のページ、発表年(西暦)、及び国際会議、学会、特許等の発表状況について記入してください。なお、代表的な論文3件に○を、また研究代表者に下線を付してください。)
- (123) スピン三重項超伝導体ルテニウム酸化物 Sr_2RuO_4 におけるトンネル効果,
矢口 宏, 前野悦輝, 川村 稔
固体物理 (特集号「超伝導接合の物理と応用」) **40**, No.10, 712-720 (Oct. 2005).
- (122) *Tunneling Magnetoresistance Studies of $Sr_3Ru_2O_7$* ,
J. Hooper, M. Zhou, ZQ. Mao, R. Perry, and Y. Maeno,
Phys. Rev. B **72**, 134417 (Oct. 2005).
- (121) *High Pressure Diffraction Studies on Ca_2RuO_4* ,
P. Steffens, O. Freidt, P. Alireza, W.G. Marshall, W. Schmidt, F. Nakamura, S. Nakatsuji, Y. Maeno, R. Lengsdorf, M. M. Abd-Elmeguid, and M. Braden,
Phys. Rev. B **72**, 094104 (Sep. 2005).
- (120) *Orbital Ordering Transition in Ca_2RuO_4 Observed with Resonant X-ray Diffraction*,
I. Zegkinoglou, J. Stremper, CS. Nelson, JP. Hill, J. Chakhalian, C. Bernhard, JC. Lang, G. Srajer, H. Fukazawa, S. Nakatsuji, Y. Maeno, and B. Keimer,
Phys. Rev. Lett. **95**, 136401 (Sep. 2005).
- (119) *Metamagnetic Quantum Criticality Revealed by O-NMR in the Itinerant Metamagnet $Sr_3Ru_2O_7$* ,
K. Kitagawa, K. Ishida, RS. Perry, T. Tayama, T. Sakakibara, and Y. Maeno,
Phys. Rev. Lett. **95**, 127001-1-4 (Sep. 2005).
- (118) *Electronic Structure and Evolution of the Orbital State in Metallic $Ca_{2-x}Sr_xRuO_4$* ,
HJ. Noh, SJ. Oh, BG. Park, JH. Park, JY. Kim, HD. Kim, T. Mizokawa, LH. Tjeng, HJ. Lin, CT. Chen, S. Schuppler, S. Nakatsuji, H. Fukazawa, and Y. Maeno,
Phys. Rev. B **72**, 052411 (Aug. 2005).
- (117) *Crystal Growth of the New Sr_2RuO_4 - $Sr_3Ru_2O_7$ Eutectic System by a Floating Zone Method*,
R. Fittipaldi, A. Vecchione, S. Fusanobori, K. Takizawa, H. Yaguchi, J. Hooper, RS. Perry, and Y. Maeno,
J. Crystal Growth **282**, 152-159 (Aug. 2005).
- (116) *Transport Properties of Normal Metal/Anisotropic Superconductor Junctions in the Eutectic System Sr_2RuO_4 -Ru*,
M. Kawamura, H. Yaguchi, N. Kikugawa Y. Maeno and H. Takayanagi,
Proc. of Int. Symposium on Mesoscopic Superconductivity and Spintronics in the Light of Quantum Computation, "Realizing Controllable Quantum States"
eds. Hideaki Takayanagi and Junsaku Nitta, (World Scientific Publishing., 2005) pp. 167-172 (Aug. 2005).
- (115) *Triplet Superconductors: Exploitable Basis for Scalable Quantum Computing*,
Kent S. Wood, Huey-Daw Wu, Frank F. Golf, Hiroshi Yaguchi, Yoshiteru Maeno, and Armen M. Gulian,
Proc. of Int. Symposium on Mesoscopic Superconductivity and Spintronics in the Light of Quantum Computation, "Realizing Controllable Quantum States"
eds. Hideaki Takayanagi and Junsaku Nitta, (World Scientific Publishing, 2005) pp. 343-348 (Aug. 2005).
- (114) *^{17}O NMR Measurements on Superconducting $Na_{0.35}CoO_2 \cdot yH_2O$* ,
Y. Ihara, K. Ishida, K. Yoshimura, K. Takada, T. Sasaki, H. Sakurai, and E. Takayama-Muromachi,
J. Phys. Soc. Jpn. **74**, 2177-2180 (Aug. 2005).
- (113) *Ferro-Type Orbital State in the Mott Transition System $Ca_{2-x}Sr_xRuO_4$ Studied by the Resonant X-Ray Scattering Interference Technique*,
M. Kubota, Y. Murakami, M. Mizumaki, H. Ohsumi, N. Ikeda, S. Nakatsuji, H. Fukazawa, and Y. Maeno,
Phys. Rev. Lett. **95**, 026401-1-4 (Jul. 2005).
- (112) *Scanning Magnetic Imaging of Sr_2RuO_4* ,
Per G. Björnsson, Yoshiteru Maeno, Martin E. Huber, and Kathryn A. Moler,
Phys. Rev. B **72**, 012504-1-4 (Jul. 2005).
- (111) *Lattice Dynamics and the Electron-Phonon Interaction in Ca_2RuO_4* ,
H. Rho, S. L. Cooper, S. Nakatsuji, H. Fukazawa, and Y. Maeno,
Phys. Rev. B **71**, 245121-1-6 (Jun. 2005).

- ⑨研究成果の発表状況(続き) (この研究費による成果の発表に限り、学術誌等に発表した論文(掲載が確定しているものを含む。)の全著者名、論文名、学協会誌名、巻(号)、最初と最後のページ、発表年(西暦)、及び国際会議、学会、特許等の発表状況について記入してください。なお、代表的な論文3件に○を、また研究代表者に下線を付してください。)
- (110) *Investigation into the Itinerant Metamagnetism of $Sr_3Ru_2O_7$ for the Field Parallel to the Ruthenium Oxygen Planes*
RS. Perry, T. Tayama, K. Kitagawa, T. Sakakibara, K. Ishida and Y. Maeno,
J. Phys. Soc. Jpn. **74**, 1270-1274 (Apr. 2005).
- (109) *Magnetic Field Dependence of the Specific Heat of $Sr_3Ru_2O_7$,*
F. Obermair, C. Pfleiderer, P. Raychaudhuri, RS. Perry, and Y. Maeno,
Physica B-Condensed Matter **359**, 1273-1275 (Apr. 2005).
- (108) *Raman Scattering Studies of $Ca_{2-x}Sr_xRuO_4$,*
H. Rho, SL. Cooper, S. Nakatsuji, H. Fukazawa, and Y. Maeno,
Physica B-Condensed Matter **359**, 1270-1272 (Apr. 2005).
- (107) *^{59}Co -NMR and NQR Studies in the Unconventional Superconductor $Na_{0.35}CoO_2 \cdot 1.3H_2O$,*
M. Kato, C. Michioka, T. Waki, Y. Itoh, K. Yoshimura, K. Ishida, H. Sakurai,
E. Takayama-Muromachi, K. Takada, and T. Sasaki,
Physica B-Condensed Matter **359**, 482-484 (Apr. 2005).
- (106) *Tunneling Properties at the Interface between Superconducting Sr_2RuO_4 and a Ru Microinclusion,*
M. Kawamura, H. Yaguchi, N. Kikugawa, Y. Maeno, and H. Takayanagi,
J. Phys. Soc. Jpn. **74**, 531-534 (Feb. 2005)
- (105) *多バンドをもつスピン三重項超伝導体 Sr_2RuO_4 への元素置換効果,*
菊川直樹, A.P. Mackenzie, 前野悦輝,
固体物理 **40**, No. 2, 101-111 (Feb. 2005).
- (104) *Nonlinear Temperature Dependence of Resistivity in Single Crystal $Ag_5Pb_2O_6$,*
S. Yonezawa, and Y. Maeno,
Physical Review B **70**, 184523-1-5 (Nov. 2004).
- (103) *Low-Temperature Hall Effect in Substituted Sr_2RuO_4 ,*
N. Kikugawa, A.P. Mackenzie, C. Bergemann, and Y. Maeno,
Physical Review B **70**, 174501-1-5 (Nov. 2004).
- (102) *Disorder-Sensitive Phase Formation Linked to Metamagnetic Quantum Criticality,*
S.A. Grigera, P. Gegenwart, R.A. Borzi, F. Weickert, A.J. Schofield, R.S. Perry, T. Tayama, T. Sakakibara,
Y. Maeno, A.G. Green, and A.P. Mackenzie,
Science **306**, 1154-1157 (Nov. 2004).
- (101) *Odd-Parity Superconductivity in Sr_2RuO_4 ,*
K.D. Nelson, Z.Q. Mao, Y. Maeno, and Y. Liu,
Science **306**, 1151-1154 (Nov. 2004).
- (100) *Correlation Effects in Sr_2RuO_4 and Ca_2RuO_4 : Valence-Band Photoemission Spectra and Self-Energy Calculations,*
T.T. Tran, T. Mizokawa, S. Nakatsuji, H. Fukazawa, and Y. Maeno,
Phys. Rev. B **70**, 153106-1-4 (Oct. 2004).
- (99) *Band-Selective Modification of the Magnetic Fluctuations in Sr_2RuO_4 : A Study of Substitution Effects,*
N. Kikugawa, C. Bergemann, A.P. Mackenzie, and Y. Maeno,
Phys. Rev. B **70**, 134520-1-7 (Oct. 2004).
- (98) *Measurement of the Ru-101-Knight Shift of Superconducting Sr_2RuO_4 in a Parallel Magnetic Field,*
H. Murakawa, K. Ishida, K. Kitagawa, Z.Q. Mao, and Y. Maeno,
Phys. Rev. Lett. **93**, 167004-1-4 (Oct. 2004).
- (97) *Strongly Enhanced Magnetic Fluctuations in a Large-Mass Layered Ruthenate,*
O. Friedt, P. Steffens, M. Braden, Y. Sidis, S. Nakatsuji, and Y. Maeno,
Phys. Rev. Lett. **93**, 147404-1-4 (Aug. 2004).
- (96) *Mechanism of Hopping Transport in Disordered Mott Insulators,*
S. Nakatsuji, V. Dobrosavljevic, D. Tanaskovic, M. Minakata, H. Fukazawa, and Y. Maeno,
Phys. Rev. Lett. **93**, 146401-1-4 (Oct. 2004).
- (95) *Systematic Approach to the Growth of High-Quality Single-Crystals of $Sr_3Ru_2O_7$,*
R.S. Perry and Y. Maeno,
J. Crystal Growth **271**, 134-141(Aug. 2004).

- ⑨研究成果の発表状況(続き) (この研究費による成果の発表に限り、学術誌等に発表した論文(掲載が確定しているものを含む。)の全著者名、論文名、学協会誌名、巻(号)、最初と最後のページ、発表年(西暦)、及び国際会議、学会、特許等の発表状況について記入してください。なお、代表的な論文3件に○を、また研究代表者に下線を付してください。)
- (94) *Toward Nano-Fabrication of Superconducting Ruthenate Qubits*,
K.S. Wood, J.S. Horwitz, H.D. Wu, S.S. Bounnak, H. Yaguchi, Y. Maeno, and A.M. Gulian,
Physica C-Superconductivity and its Applications **408-410**, 928-929 (Aug. 2004).
- (93) *Recent Developments in the 3-Kelvin Phase of Sr_2RuO_4* ,
H. Yaguchi and Y. Maeno,
Physica C-Superconductivity and its Applications **408-410**, 197-200 (Aug. 2004).
- (92) *Bond-Length Dependence of Charge-Transfer Excitations and Stretch Phonon Modes in Perovskite Ruthenates: Evidence of Strong p-d Hybridization Effects*,
J.S. Lee, Y.S. Lee, T.W. Noh, S. Nakatsuji, H. Fukazawa, R.S. Perry, Y. Maeno, Y. Yoshida, S-I. Ikeda, J.J. Yu, and C.B. Eom,
Phys. Rev. B **70**, 085103-1-6 (Aug. 2004).
- (91) *Rigid-Band Shift of the Fermi Level in a Strongly Correlated Metal: $Sr_{2-y}La_yRuO_4$* ,
N. Kikugawa, A.P. Mackenzie, C. Bergemann, R.A. Borzi, S.A. Grigera, and Y. Maeno,
Phys. Rev. B **70**, 060508-1-4 (Aug. 2004).
- (90) *Ru-O Orbital Hybridization and Orbital Occupation in $SrRuO_3$: A Magnetic Compton-Profile Study*,
N. Hiraoka, M. Itou, A. Deb, Y. Sakurai, Y. Kakutani, A. Koizumi, N. Sakai, S. Uzuhara, S. Miyaki, H. Koizumi, K. Makoshi, N. Kikugawa, and Y. Maeno,
Phys. Rev. B **70**, 054420-1-4 (Aug. 2004).
- (89) *Anomalous Josephson Network in the Ru- Sr_2RuO_4 Eutectic System*,
J. Hooper, Z.Q. Mao, K.D. Nelson, Y. Liu, M. Wada, and Y. Maeno,
Phys. Rev. B **70**, 014510-1-4 (Jul. 2004).
- (88) *Unusual Oscillation in Tunneling Magnetoresistance near a Quantum Critical Point in $Sr_3Ru_2O_7$* ,
J. Hooper, Z.Q. Mao, R. Perry, and Y. Maeno,
Phys. Rev. Lett. **92**, 257206-1-4 (Jun. 2004).
- (87) *Determination of the Superconducting Gap Structure in All Bands of the Spin-Triplet Superconductor Sr_2RuO_4* ,
K. Deguchi, Z. Q. Mao, and Y. Maeno,
J. Phys. Soc. Jpn. **73**, 1313-1321 (May 2004).
- (86) *de Haas-van Alphen Effect Across the Metamagnetic Transition in $Sr_3Ru_2O_7$* ,
R.A. Borzi, S.A. Grigera, R.S. Perry, N. Kikugawa, K. Kitagawa, Y. Maeno, and A. P. Mackenzie,
Phys. Rev. Lett. **92**, 216403-1-4 (May 2004)
- (85) *Orbital State and Metal-Insulator Transition in $Ca_{2-x}Sr_xRuO_4$ ($x = 0.0$ and 0.09) Studied by X-ray Absorption Spectroscopy*,
T. Mizokawa, L.H. Tjeng, H.J. Lin, C.T. Chen, S. Schuppler, S. Nakatsuji, H. Fukazawa, and Y. Maeno,
Phys. Rev. B **69**, 132410-1-4 (Apr. 2004).
- (84) *Metamagnetism in $Ca_{2-x}Sr_xRuO_4$ in the Verge of the Mott Transition*,
L. Balicas, S. Nakatsuji, D. Hall, Z. Fisk, and Y. Maeno,
Physica B- Condensed Matter **346**, 344-348 (Apr. 2004).
- (83) *Anisotropy of the Incommensurate Fluctuations in Sr_2RuO_4 : a Study with Polarized Neutrons*,
M. Braden, P. Steffens, Y. Sidis, J. Kulda, S. Hayden, N. Kikugawa, and Y. Maeno,
Phys. Rev. Lett. **92**, 097402-1-4 (Mar. 2004).
- (82) *Multiple First-Order Metamagnetic Transitions and Quantum Oscillations in Ultra-pure $Sr_3Ru_2O_7$* ,
R.S. Perry, K. Kitagawa, S.A. Grigera, R.A. Borzi, A.P. Mackenzie, K. Ishida, and Y. Maeno,
Phys. Rev. Lett. **92**, 166602-1-4 (Apr. 2004).
- (81) *Field-Orientation Dependent Heat Capacity Measurements at Low Temperatures with a Vector Magnet System*,
K. Deguchi, T. Ishiguro, and Y. Maeno,
Rev. Sci. Instrum. **75** (5), 1186-1193 (May 2004).
- (80) *Erratum: Electron and Orbital Correlations in $Ca_{[sub 2-x]}Ru_{[sub 4]}$ Probed by Optical Spectroscopy*,
J. S. Lee, Y. S. Lee, T. W. Noh, S.-J. Oh, Jaejun Yu, S. Nakatsuji, H. Fukazawa, and Y. Maeno,
Phys. Rev. Lett. **92**, 016401-1-4 (Jan. 2004)

- ⑨研究成果の発表状況 (続き) (この研究費による成果の発表に限り、学術誌等に発表した論文(掲載が確定しているものを含む。)の全著者名、論文名、学協会誌名、巻(号)、最初と最後のページ、発表年(西暦)、及び国際会議、学会、特許等の発表状況について記入してください。なお、代表的な論文3件に○を、また研究代表者に下線を付してください。)
- (79) *Gap Structure of the Spin-Triplet Superconductor Sr_2RuO_4 Determined from the Field-Orientation Dependence of the Specific Heat*,
K. Deguchi, Z. Q. Mao, H. Yaguchi, and Y. Maeno,
Phys. Rev. Lett. **92**, 047002-1-4 (Jan. 2004).
- (78) *Unconventional Superconductivity and Nearly Ferromagnetic Spin Fluctuations in $Na_xCoO_2 \cdot yH_2O$* ,
K. Ishida, Y. Ihara, Y. Maeno, C. Michioka, M. Kato, K. Yoshimura, K. Takada, T. Sasaki, H. Sakurai, and E. Takayama-Muromachi,
J. Phys. Soc. Jpn. **72**, 3041-3044 (Dec. 2003).
- (77) *Gaplike Behavior of the c -axis Dynamic Conductivity in Pure and Ti-doped Sr_2RuO_4* ,
K. Pucher, A. Loidl, N. Kikugawa, and Y. Maeno,
Phys. Rev. B **68**, 214502-1-5 (Dec. 2003).
- (76) *Raman Scattering Studies of Spin, Charge, and Lattice Dynamics in $Ca_{2-x}Sr_xRuO_4$ ($0 \leq x \leq 0.2$)*,
H. Rho, S. L. Cooper, S. Nakatsuji, H. Fukazawa, and Y. Maeno,
Phys. Rev. B **68**, 100404-1-4 (Sep. 2003).
- (75) *Optical Properties and Electron Structure of $Ca_{2-x}Sr_xRuO_4$ Compounds*,
L.V. Nomerovannaya, A.A. Makhnev, D.E. Kondakov, M.A. Korotin, VI. Anisimov, and Y. Maeno,
Physics of Metals and Metallography **95** (6): 535-543 (Jun. 2003).
- (74) *STM Studies of Individual Ti Impurity Atoms in Sr_2RuO_4* ,
B. I. Barker, S. K. Dutta, C. Lupien, P. L. McEuen, N. Kikugawa, Y. Maeno, and J. C. Davis,
Physica B **329-333**, 1334-1335 (May 2003).
- (73) *The Out-of-Plane Magneto-Resistivity of $Sr_3Ru_2O_7$* ,
R. Perry, A. Mackenzie, and Y. Maeno,
Physica B **329-333**, 904-905 (May 2003).
- (72) *Pressure Induced Ferromagnetic Metal for a Mott Insulator Ca_2RuO_4* ,
F. Nakamura, Y. Senoo, T. Goto, M. Ito, T. Suzuki, S. Nakatsuji, H. Fukazawa, Y. Maeno,
P. Alireza, and S. R. Julian,
Physica B **329-333**, 803-804 (May 2003).
- (71) *Interface Superconductivity in the Eutectic Sr_2RuO_4 -Ru: 3-K Phase of Sr_2RuO_4* ,
H. Yaguchi, M. Wada, T. Akima, Y. Maeno, and T. Ishiguro,
Phys. Rev. B **67**, 214519-1-7 (Jun. 2003).
- (70) *Angular Dependence of the Magnetic Susceptibility in the Itinerant Metamagnet $Sr_3Ru_2O_7$* ,
S.A. Grigera, R.A. Borzi, A.P. Mackenzie, S.R. Julian, R.S. Perry, and Y. Maeno,
Phys. Rev. B **67**, 214427-1-8 (Jun. 2003).
- (69) *Evolution of Normal-State Magnetic Fluctuations by Ca and Ti Substitutions in Sr_2RuO_4 : ^{87}Sr -NMR Study*,
K. Ishida, Y. Minami, Y. Kitaoka, S. Nakatsuji, N. Kikugawa, and Y. Maeno,
Phys. Rev. B **67**, 214412-1-6 (Jun. 2003).
- (68) *Observation of Two-Dimensional Spin Fluctuations in the Bilayer Ruthenate $Sr_3Ru_2O_7$ by Inelastic Neutron Scattering*,
L. Capogna, E.M. Forgan, S.M. Hayden, A. Wildes, J.A. Duffy, A.P. Mackenzie, R.S. Perry, S. Ikeda, Y. Maeno, and S.P. Brown,
Phys. Rev. B **67**, 012504-1-4 (Jan. 2003).
- (67) *Field-Temperature Phase Diagram of the 3-K Phase of Sr_2RuO_4* ,
H. Yaguchi, M. Wada, Y. Maeno, and T. Ishiguro,
Physica C **388-389**, 507-508 (May 2003).
- (66) *Preliminary Scanning Tunneling Spectroscopy Studies of Sr_2RuO_4* ,
H. Kambara, K. Yokota, T. Matsui, I. Ueda, T. Shishido, M. Wada, N. Kikugawa, Y. Maeno,
and H. Fukuyama,
Physica C **388-389**, 503-504 (May 2003).

- ⑨研究成果の発表状況（続き）（この研究費による成果の発表に限り、学術誌等に発表した論文（掲載が確定しているものを含む。）の全著者名、論文名、学協会誌名、巻（号）、最初と最後のページ、発表年（西暦）、及び国際会議、学会、特許等の発表状況について記入してください。なお、代表的な論文3件に○を、また研究代表者に下線を付してください。）
- (65) *Search for the Chiral State in Sr_2RuO_4 -Ru Eutectic*,
M. Yoshioka, H. Yaguchi, M. Wada, and Y. Maeno,
Physica C **388-389**, 501-502 (May 2003).
- (64) *Transverse Elastic Moduli in Spin-Triplet Superconductor Sr_2RuO_4* ,
N. Okuda, T. Suzuki, Z. Mao, Y. Maeno, and T. Fujita,
Physica C **388-389**, 497-498 (May 2003).
- (63) *Specific Heat of the Spin-Triplet Superconductor Sr_2RuO_4 with Nonmagnetic Impurities*,
N. Kikugawa and Y. Maeno,
Physica C **388-389**, 493-494 (May 2003).
- (62) *Magnetic Excitations in 214-Ruthenates*,
M. Braden, O. Friedt, Y. Sidis, P. Bourges, P. Pferty, S. Nakatsuji, Z. Mao, N. Kikugawa, M. Minakata, and Y. Maeno,
Physica C **388-389**, 489-490 (May 2003).
- (61) *Experimental Studies of the Pairing Symmetry in Sr_2RuO_4 : Single-Particle Tunneling, Josephson Effects, and Phase-Sensitive Measurements*,
K.D. Nelson, Z.Q. Mao, Y. Maeno, and Y. Liu,
Physica C **388-389**, 491-492 (May 2003).
- (60) *Superconducting Order Parameter of Sr_2RuO_4* ,
N. Kikugawa, K. Deguchi, and Y. Maeno,
Physica C **388-389**, 483-486 (May 2003).
- (59) *The Superconductivity of Sr_2RuO_4 and the Physics of Spin-Triplet Pairing*,
A.P. Mackenzie and Y. Maeno,
Reviews of Modern Physics **75**, 657-712 (Apr. 2003).
- (58) *Ferromagnetic Correlations in Ca-doped Sr_2RuO_4 : ^{87}Sr NMR Study*,
K. Ishida, Y. Minami, Y. Kitaoka, S. Nakatsuji, and Y. Maeno,
Journal of Low Temperature Physics **131**, 1227-1236 (Jun. 2003).
- (57) *Tunneling and Phase-Sensitive Studies of the Pairing Symmetry in Sr_2RuO_4* ,
Y. Liu, K.D. Nelson, Z.Q. Mao, R. Jin, and Y. Maeno,
Journal of Low Temperature Physics **131**, 1059-1068 (Jun. 2003).
- (56) *Heavy-Mass Fermi Liquid near a Ferromagnetic Instability in Layered Ruthenates*,
S. Nakatsuji, D. Hall, L. Balicas, Z. Fisk, K. Sugahara, M. Yoshioka, and Y. Maeno,
Phys. Rev. Lett. **90**, 137202-1-4 (Apr. 2003).
- (55) *Compton Scattering Study of the Electron Momentum Density in Sr_2RuO_4* ,
N. Hiraoka, A. Deb, M. Itou, Y. Sakurai, ZQ. Mao, and Y. Maeno,
Phys. Rev. B **67**, 094511-1-5 (Mar. 2003).
- (54) *Out-of-Plane Charge Transport in the Normal State of Pure and Ti-doped Sr_2RuO_4* ,
K. Pucher, A. Loidl, N. Kikugawa, and Y. Maeno,
Acta Physica Polonica B **34** (2), 587-590 (Feb. 2003).
- (53) *Effect of In-Plane Impurity Substitution in Sr_2RuO_4* ,
N. Kikugawa, A. P. Mackenzie, and Y. Maeno,
J. Phys. Soc. Jpn **72**, 237-240 (Feb. 2003).
- (52) 擬二次元モット転移系 $Ca_{2-x}Sr_xRuO_4$,
中辻知, 前野悦輝,
固体物理 **38**, No.1, 41-48 (2003)
- (51) *Neutron-Diffraction Study of the Crystal Structure of $Ca_{1.5}Sr_{0.5}RuO_4$* ,
O. Friedt, M. Braden, G. Andre, S. Nakatsuji, Y. Maeno,
Applied Physics A-Materials Science & Processing **74**, S1627-S1629, Part 2, Suppl. S (Dec. 2002).
- (50) *The Millimetre-Wave Magneto-Optical Response of Sr_2RuO_4* ,
A. Ardavan, E. Rzepniewski, R.S. Edwards, J. Singleton, and Y. Maeno,
International Journal of Modern Physics B **16** (20-22), 3238-3243 (Aug. 2002).
- (49) *Electron Magnetic Resonance Fermi Surface Imaging: Applications to Organic Conductors and Sr_2RuO_4* ,
S. Hill, A. Kovalev, M.M. Mola, C. Palassis, Z.Q. Mao, Y. Maeno, and J.S. Qualls,
International Journal of Modern Physics B **16** (20-22), 3109-3112 (Aug. 2002).

⑨研究成果の発表状況 (続き) (この研究費による成果の発表に限り、学術誌等に発表した論文(掲載が確定しているものを含む。)の全著者名、論文名、学協会誌名、巻(号)、最初と最後のページ、発表年(西暦)、及び国際会議、学会、特許等の発表状況について記入してください。なお、代表的な論文3件に○を、また研究代表者に下線を付してください。)

- (48) *Induced Metamagnetism in the Itinerant Bilayer Ruthenate $Sr_3Ru_2O_7$* ,
L. Capogna, E.M. Forgan, G.J. McIntyre, N. Burton, P.G. Kealey, R.S. Perry,
L.M. Galvin, A.P. Mackenzie, S. Ikeda, and Y. Maeno,
Applied Physics A **74**, S926-S928 (Dec. 2002).
- (47) *Angular Dependence of Vortex States in Sr_2RuO_4* ,
K. Yamazaki, M. Tokunaga, T. Tamegai, Z.Q. Mao, Y. Maeno, and S. Okayasu,
Physica C **378-381**, 537-540 (Oct. 2002).
- (46) *Metamagnetic Transition and Low-Energy Spin Density Fluctuations in $Sr_3Ru_2O_7$* ,
L. Capogna, E.M. Forgan, S.M. Hayden, G.J. McIntyre, A. Wildes, A.P. Mackenzie, J.A. Duffy,
R.S. Perry, S. Ikeda and Y. Maeno,
Lecture Notes in Physics **603**, 290-302 (2002).
- (45) *Magnetic Excitations in 214-Ruthenates*,
M. Braden, O. Friedt, Y. Sidis, P. Bourges, P. Pforty, and Y. Maeno,
Lecture Notes in Physics **603**, 15-31 (2002).
- (44) *Electron and Orbital Correlations in $Ca_{2-x}Sr_xRuO_4$ Probed by Optical Spectroscopy*,
J.S. Lee, Y.S. Lee, T.W. Noh, S.-J. Oh, Jaejun Yu, S. Nakatsuji, H. Fukazawa, and Y. Maeno,
Phys. Rev. Lett. **89**, 257402-1-4 (Dec. 2002).
- (43) *Pressure-Turned Collapse of the Mott-Like State in $Ca_{n+1}Ru_nO_{3n+1}$ ($n=1,2$):
Raman Spectroscopic Studies,C.S. Snow, S.L. Cooper, G. Cao, J.E. Crow, H. Fukazawa, S. Nakatsuji, and Y. Maeno,
Phys. Rev. Lett. **89**, 226401-1-4 (Nov. 2002).*
- (42) *Evolution of Fermi-Liquid Interactions in Sr_2RuO_4 under Pressure*,
D. Forsythe, S.R. Julian, C. Bergemann, E. Pugh, M.J. Steiner, P.L. Alireza, G.J. McMullan,
F. Nakamura, R.K.W. Haselwimmer, I.R. Walker, S.S. Saxena, G.G. Lonzarich, A.P. Mackenzie,
Z.Q. Mao, and Y. Maeno,
Phys. Rev. Lett. **89**, 166402-1-4 (Oct. 2002).
- (41) *Non-Fermi-Liquid Behavior in Sr_2RuO_4 with Nonmagnetic Impurities*,
N. Kikugawa and Y. Maeno,
Phys. Rev. Lett. **89**, 117001-1-4 (Sep. 2002).
- (40) *Anomalous Spin-Density Distribution on Oxygen and Ru in $Ca_{1.5}Sr_{0.5}RuO_4$: Polarized Neutron
Diffraction Study*,
A. Gukasov, M. Braden, R.J. Papoular, S. Nakatsuji, and Y. Maeno,
Phys. Rev. Lett. **89**, 087202-1-4 (Aug. 2002).
- (39) *Detailed Study of the ac Susceptibility of Sr_2RuO_4 in Oriented Magnetic Fields*,
H. Yaguchi, T. Akima, Z. Mao, Y. Maeno, and T. Ishiguro,
Phys. Rev. B **66**, 214514-1-7 (Dec. 2002).
- (38) *Inelastic Neutron Scattering Study of Magnetic Excitation in Sr_2RuO_4* ,
M. Braden, Y. Sidis, P. Bourges, P. Pfeuty, J. Kulda, Z.Q. Mao, and Y. Maeno,
Phys. Rev. B **66**, 064522-1-11 (Aug. 2002).
- (37) *Superconducting Double Transition and the Upper Critical Field Limit of Sr_2RuO_4 in Parallel
Magnetic Fields*,
K. Deguchi, M. Tanatar, Z. Mao, T. Ishiguro, and Y. Maeno,
J. Phys. Soc. Jpn. **71**, 2839-2842 (Dec. 2002).
- (36) *Direct Observation of the Superconducting Gap of Sr_2RuO_4* ,
M.D. Upward, L.P. Kouwenhoven, A.F. Morpurgo, N. Kikugawa, Z.Q. Mao, and Y. Maeno,
Phys. Rev. B **65**, 220512-1-4 (Jun. 2002).
- (35) *Elastic Tensor of Sr_2RuO_4* ,
J. Paglione, C. Lupien, W.A. MacFarlane, J.M. Perz, L. Taillefer, Z.Q. Mao, and Y. Maeno,
Phys. Rev. B **65**, 220506-1-4 (Jun. 2002).
- (34) *From Mott Insulator to Ferromagnetic Metal: a Pressure Study of Ca_2RuO_4* ,
F. Nakamura, T. Goko, M. Ito, T. Fujita, S. Nakatsuji, H. Fukazawa, Y. Maeno, P. Alireza,
D. Forsythe, and S. R. Julian,
Phys. Rev. B **65**, 220402-1-4 (Jun. 2002)

- ⑨研究成果の発表状況 (続き) (この研究費による成果の発表に限り、学術誌等に発表した論文 (掲載が確定しているものを含む。) の全著者名、論文名、学協会誌名、巻 (号)、最初と最後のページ、発表年 (西暦)、及び国際会議、学会、特許等の発表状況について記入してください。なお、代表的な論文3件に○を、また研究代表者に下線を付してください。)
- (33) *Electron Spin Dynamics in the Spin-Triplet Superconducting State of Sr_2RuO_4* ,
H. Mukuda, K. Ishida, Y. Kitaoka, K. Miyake, Z.Q. Mao, Y. Mori, and Y. Maeno,
Phys. Rev. B **65**, 132507-1-4 (Apr. 2002).
- (32) *Microwave Spectroscopy of Novel Superconductors*,
C.E. Gough, R.J. Ormeno, A. Sibley, M. Hein, S. NishiZaki, and Y. Maeno,
J. Phys. Chem. Solids **63**, 2187-2193 (Dec. 2002).
- (31) *Field-Temperature Phase Diagram of Sr_2RuO_4 -Ru Eutectic*,
M. Wada, H. Yaguchi, M. Yoshioka, and Y. Maeno,
J. Phys. Chem. Solids **63**, 1013-1016 (Jun.-Aug. 2002).
- (30) *Multiple Superconducting Phases of Sr_2RuO_4* ,
H. Yaguchi, K. Deguchi, M. A. Tanatar, Y. Maeno, and T. Ishiguro,
J. Phys. Chem. Solids **63**, 1007-1011 (Jun.-Aug. 2002).
- (29) *Bulk Single-Crystal Growth Strontium Ruthenates by a Floating-Zone Method*,
S. Ikeda, U. Azuma, N. Shirakawa, Y. Nishihara, and Y. Maeno,
J. Cryst. Growth **237-239**, 787-791 (Apr. 2002).
- (28) *Electronic Structure of the Superconducting Layered Non-Cuprate Sr_2RuO_4 from 2D-ACAR Measurements*,
A. Hamid, A. Tanigawa, Z. Mao, and Y. Maeno,
Phys. Status Solidi B **231**, 149-156 (May 2002).
- (27) *Effect of Ti Substitution on the Residual Resistivity in the Spin-Triplet Superconductor Sr_2RuO_4* ,
N. Kikugawa, S. Saita, M. Minakata, and Y. Maeno,
Physica B **312-313**, 803-804 (Mar. 2002).
- (26) *Elastic Moduli of Unconventional Superconductor Sr_2RuO_4* ,
N. Okuda, T. Suzuki, Z. Mao, Y. Maeno, and T. Fujita,
Physica B **312-313**, 800-802 (Mar. 2002).
- (25) *Effect of Pressure on Metamagnetic $Sr_3Ru_2O_7$* ,
M. Chiao, C. Pfleiderer, S. Julian, G. Lonzarich, R. Perry, A. Mackenzie, and Y. Maeno,
Physica B **312**, 698-699 (Mar. 2002).
- (24) *Universal Heat Transport in Sr_2RuO_4* ,
M. Suzuki, M. A. Tanatar, N. Kikugawa, Z.Q. Mao, Y. Maeno, and T. Ishiguro,
Phys. Rev. Lett. **88**, 227004-1-4 (Jun. 2002).
- (23) *Incommensurate Magnetic Ordering in $Sr_2Ru_{1-x}Ti_xO_4$* ,
M. Braden, O. Friedt, Y. Sidis, P. Bourges, M. Minakata, and Y. Maeno,
Phys. Rev. Lett. **88**, 197002-1-4 (May. 2002).
- (22) *Novel Quantum Order in the Ruthenates*,
A. Mackenzie, Y. Maeno, and S. Julian,
Physics World **15**, 33-38 (Apr. 2002).
- (21) *Unconventional Strain Dependence of Superconductivity in Spin-Triplet Superconductor Sr_2RuO_4* ,
N. Okuda, T. Suzuki, Z. Mao, Y. Maeno, and T. Fujita,
J. Phys. Soc. Jpn. **71**, 1134-1139 (Apr. 2002).
- (20) *Sensitivity to Disorder of the Metallic State in the Ruthenates*,
L. Capogna, A.P. Mackenzie, R.S. Perry, S.A. Grigera, L.M. Galvin, P. Raychaudhuri,
A.J. Schofield, C.S. Alexander, G. Cao, S.R. Julian, and Y. Maeno,
Phys. Rev. Lett. **88**, 076602-1-4 (Feb. 2002).
- (19) *Sr_2RuO_4 のスピン・トリプレット超伝導*,
前野悦輝,
パリティ編集委員会編 いままた高温超伝導, 丸善株式会社, 106-116. (2002.5.20)
- (18) *Thermoelectric Power of Sr_2RuO_4* ,
P. Zheng, Z. Chen, N. Wang, Y. Eang, Z. Mao, and Y. Maeno,
ACTA Phys. Sinica **51**, 655-658 (Mar. 2002).
- (17) *Quasi-Particle Density in Sr_2RuO_4 Probed by Means of the Phonon Thermal Conductivity*,
M. Suzuki, M. A. Tanatar, Z.Q. Mao, Y. Maeno, and T. Ishiguro,
J. Phys : Condens. Matter **14**, 7371-7381 (Aug. 2002)

- ⑨研究成果の発表状況（続き）（この研究費による成果の発表に限り、学術誌等に発表した論文（掲載が確定しているものを含む。）の全著者名、論文名、学協会誌名、巻（号）、最初と最後のページ、発表年（西暦）、及び国際会議、学会、特許等の発表状況について記入してください。なお、代表的な論文3件に○を、また研究代表者に下線を付してください。）
- (16) *Cyclotron Resonance in the Layered Perovskite Superconductor Sr₂RuO₄*,
E. Rzepniewski, R.S. Edwards, J. Singleton, A. Ardavan, and Y. Maeno,
J. Phys.: Condens. Matter **14**, 3759-3774 (Apr. 2002)
 - (15) *Toward the Full Determination of the Superconducting Order Parameter of Sr₂RuO₄*,
Y. Maeno, H. Yaguchi, and K. Deguchi,
in "Ruthenates and rutheno-cuprates: theory and experiments",
the Springer series Lecture Notes in Physics, **603**, 1-4 eds: M. Cuoco, and C. Noce,
(Springer-Verlag, 2002).
 - (14) *Ferromagnetic and Structural Instabilities in Ca_{2-x}Sr_xRuO₄*,
S. Nakatsuji and Y. Maeno,
International Journal of Modern Physics B, **16, 20,21 & 22**, 3273-3278 (Aug. 2002).
 - (13) *Spin-Triplet Superconductivity of Sr₂RuO₄*,
Y. Maeno,
More is Different, Fifty Years of Condensed Matter Physics,
edited by N. Phuan Ong and Ravin N. Bhatt, Princeton Series in Physics, 135-149 (Dec. 2001).
 - (12) *Surface Electronic Structure of Sr₂RuO₄*,
K.M. Shen, A. Damascelli, D.H. Lu, N.P. Armitage, F. Ronning, D.L. Feng, C. Kim, Z.-X. Shen,
D.J. Singh, I.I. Mazin, S. Nakatsuji, Z.Q. Mao, Y. Maeno, T. Kimura, and Y. Tokura,
Phys. Rev. B **64**, 180502-1-4 (Nov. 2001).
 - (11) *Normal-State Spin Dynamics in the Spin-Triplet Superconductor Sr₂RuO₄*,
K. Ishida, H. Mukuda, Y. Minami, Y. Kitaoka, Z.Q. Mao, H. Fukazawa, and Y. Maeno,
Phys. Rev. B **64**, 100501-1-4 (Sep. 2001).
 - (10) *Band Reflection and Surface Reconstruction in Sr₂RuO₄*,
H. Ding, S. Wang, H. Yang, T. Takahashi, J. Campuzano, and Y. Maeno,
Physica C **364**, 594-599 (Nov. 2001).
 - (9) *Electron Magnetic Resonance Imaging of the Fermi Surface of Sr₂RuO₄*,
C. Palassis, M. Mola, S. Hill, J. Brooks, Y. Maeno, and Z. Mao,
Physica C **364**, 386-391 (Nov. 2001).
 - (8) *Metal-Nonmetal Changeover in the Pyrochlore Iridates*,
D. Yanagishima and Y. Maeno,
J. Phys. Soc. Jpn. **70**, 2880-2883 (Oct. 2001).
 - (7) *Filling Control of the Mott Insulator Ca₂RuO₄*,
H. Fukazawa and Y. Maeno,
J. Phys. Soc. Jpn. **70**, 460-467 (Feb. 2001).
 - (6) *Magnetic Field-Turned Quantum Criticality in the Metallic Ruthenate Sr₃Ru₂O₇*,
S.A. Grigera, R.S. Perry, A.J. Schofield, M. Chiao, S.R. Julian, G.G. Lonzarich, S.I. Ikeda, Y. Maeno,
A.J. Millis, and A.P. Mackenzie,
Science **294**, 329-332 (Oct. 2001).
 - (5) *The c-axis Magnetoresistance Study in the Normal-State Sr₂RuO₄*,
Z.C. Guo, P. Zheng, N.L. Wang, Z.J. Chen, Y. Maeno, and Z.Q. Mao,
Acta Physica Sinica **50**, 1824-1828 (Sep. 2001).
 - (4) *Ru-Knight Shift Measurement in the Superconducting State of Sr₂RuO₄*,
K. Ishida, H. Mukuda, Y. Kitaoka, Z. Q. Mao, H. Fukazawa, and Y. Maeno,
J. Magn. Magn. Mater **226**, 353-354 (May 2001).
 - (3) *Spin-Orbit Coupling in the Mott Insulator Ca₂RuO₄*,
T. Mizokawa, L. H. Tjeng, G. A. Sawatzky, G. Ghiringhelli, O. Tjernberg, N. B. Brookes, H.
Fukazawa, S. Nakatsuji, and Y. Maeno,
Phys. Rev. Lett. **87**, 077202-1-4 (Aug. 2001).
 - (2) *Observation of Andreev Surface Bound States in the 3-K Phase Region of Sr₂RuO₄*,
Z.Q. Mao, K.D. Nelson, R. Jin, Y. Liu, and Y. Maeno,
Phys. Rev. Lett. **87**, 037003-1-4 (Jul. 2001).
 - (1) *Ultrasound Attenuation Sr₂RuO₄: An Angle-Resolved Study on the Superconducting Gap Function*,
C. Lupien, W. A. McFarlane, C. Proust, L. Taillefer, Z. Q. Mao, and Y. Maeno,
Phys. Rev. Lett. **86**, 5986-5989 (Jun. 2001).

⑨研究成果の発表状況（続き）（この研究費による成果の発表に限り、学術誌等に発表した論文（掲載が確定しているものを含む。）の全著者名、論文名、学協会誌名、巻（号）、最初と最後のページ、発表年（西暦）、及び国際会議、学会、特許等の発表状況について記入してください。なお、代表的な論文3件に○を、また研究代表者に下線を付してください。）

【2】理論研究の発表論文（山田耕作）

- (7) *Higher order perturbation theory for anisotropic pairings in repulsive Hubbard model*,
T. Nomura and K. Yamada,
Physica C **408**, 300-301 (Aug. 2004).
- (6) *Theory of superconductivity in strongly correlated electron systems*,
Y. Yanase, T. Jujo, T. Nomura, H. Ikeda, T. Hotta, and K. Yamada,
Physics Reports **387**, 1-149 (Nov. 2003).
- (5) *Higher order perturbation expansion for pairing interaction in repulsive Hubbard model*,
T. Nomura and K. Yamada,
J. Phys. Soc. Jpn. **72**, 2053-2063 (Aug. 2003).
- (4) *Theory of superconducting mechanism and gap structure of Sr_2RuO_4* ,
T. Nomura and K. Yamada,
Physica C **388**, 495-496 (May 2003).
- (3) *Roles of electron correlations in the spin-triplet superconductivity of Sr_2RuO_4* ,
T. Nomura and K. Yamada,
J. Phys. Soc. Jpn. **71**, 1993-2004 (Aug. 2002).
- (2) *Theory of the spin-triplet superconductivity in Sr_2RuO_4 , based on perturbation approach to three-band Hubbard model*,
T. Nomura and K. Yamada,
J. Phys. Chem. Solids **63**, 1337-1341 (Jun.-Aug. 2002).
- (1) *Detailed investigation of gap structure and specific heat in the p-wave superconductor Sr_2RuO_4* ,
T. Nomura and K. Yamada,
J. Phys. Soc. Jpn. **71**, 404-407 (Feb. 2002).

⑨研究成果の発表状況（続き）（この研究費による成果の発表に限り、学術誌等に発表した論文（掲載が確定しているものを含む。）の全著者名、論文名、学協会誌名、巻（号）、最初と最後のページ、発表年（西暦）、及び国際会議、学会、特許等の発表状況について記入してください。なお、代表的な論文3件に○を、また研究代表者に下線を付してください。）

【3】国際会議での招待講演

全研究期間を通じて前野悦輝（研究代表者）が行った国際会議での招待講演は20件で、その内、基調講演は2件：

1. 超伝導物質とメカニズムの国際会議M²S-HTSC-VII(2003年5月)ブラジル, リオデジャネイロ.
2. ルテニウム酸化物超伝導国際会議(2001年10月) イタリア, サレルノ.

また2005年度に研究代表者、分担者が行った関係題目での招待講演は以下のとおり。

1. “Superconductivity in Eutectic of Ruthenates”, 矢口宏,
2005 St. Andrews Workshop on Correlated Electrons and Complexity, St. Andrews, U.K, June 27- July 1, 2005.
2. “Magnetic Correlations and Superconductivity in La_{2-x}Sr_xCuO₄” 石田憲二,
Complex Behavior in Correlated Electron Systems, Leiden (オランダ), Aug. 1-18 2005,
3. “Novel Quantum Phenomena of Spin-Triplet Superconductivity”, 前野悦輝,
International Workshop on the Physics of Superconducting Phase Shift Devices (April 2-5, 2005, Ischia, Italy).
4. “Newly Discovered Superconductivity in the Layered Silver Oxide Ag₅Pb₂O₆”, 前野悦輝,
International Workshop on Novel Electronic Materials (April 25-27, 2005, University of Kentucky, USA).
5. “NMR Studies of Superconducting Cobaltate”, 石田憲二,
Gordon Research Conference (Superconductivity) Santa Ynez Vally (USA), January 22-27 2006.
6. “Superconductivity in Layered Oxides without Copper”, 前野悦輝,
International Symposium in Honor of J.G. Bednorz and K.A. Müller, Zurich (Switzerland), Mar.ch 26-29, 2006.

他大学での学位審査

- ・ サレルノ大学（イタリア）における博士学位審査の公聴会に出席し、審査員を務めた。（前野）
“Superconductivity of the Sr₂RuO₄-Sr₃Ru₂O₇ Eutectic Crystals Grown by Floating Zone Technique”,
Rosalba Fittipaldi (Department of Physics, University of Salerno, Italy, Feb. 24, 2006).

【4】科学賞受賞

第16回 日本IBM科学賞「スピン三重項の超伝導の発見とその物性解明」：前野（2003）。

第1回トムソン・リサーチフロント賞「スピン三重項超伝導の発見と物性解明」：前野（2004）。

1998 - 2003年の6年間の論文引用情報の分析に基づき、今後大きな発展が見込まれる先端重要研究テーマの中で、日本人個人がその中心的役割を担っている13件について選定されたもので、物理学分野では唯一の受賞であった。

第5回大和エイドリアン賞「ルテニウム酸化物と銅酸化物における新量子相」：前野-Mackenzie (Univ. St. Andrews) のチーム（2004）。前野、石田らが共同受賞。

顕著な研究業績を挙げた日・英の共同研究チームに対して3年毎に選定されるもので、2004年度の受賞6件の中での最高賞に選ばれた。