

磁性研究室

Magnetic Materials Laboratory

主任研究員 高木 英典

TAKAGI, Hidenori

固体中の互いに強く絡み合う電子（強相関電子）が演出する多彩な電子相，たとえば新奇な超伝導，量子液体/液晶相などを開拓し，その背後にある基礎学理を解明することをめざしている。当面の研究の舞台は d 軌道や f 軌道の電子が主役を担う遷移金属酸化物や希土類化合物などである。強相関電子系の特徴的な物性である磁性の枠にとどまらず，磁性と伝導性，誘電性，結晶格子効果などが競合/協奏して生じる複合的かつより高度な電子相・機能に重点を置いて研究を進める。このような展望のもとに，新規強相関電子系の物質・機能開拓，強相関電子の基礎学理，超伝導の研究を行った。

1. 新奇な強相関電子系の物質機能設計

(1) 強相関電子系のナノキャラクタリゼーション（岩谷^{*1}，花栗，西久保^{*2}，佐藤^{*2}，高木）

強相関電子系特有の巨大応答は，複数の秩序相が競合した状況において，ほんのわずかの外乱（不純物など）を加えることによって，系全体にわたって引き起こされる。つまり，この巨大応答現象を理解・制御するためには，巨大応答に伴うナノスケールでの電子状態変化を明らかにすることが必要不可欠である。強相関電子の電荷・スピン・軌道の自由度がどのように絡み合って巨大応答に至るのかを実空間で直接観察するために，我々は低温，磁場中対応の走査型トンネル顕微鏡（STM）を用いて測定を行っている。これまでに，遍歴強磁性極近傍の常磁性金属である $\text{Sr}_3\text{Ru}_2\text{O}_7$ に対する測定を行い，Ru サイトに数%の磁性不純物 Mn をドーピングした試料では，エネルギー領域によって観測される原子の種類，位置，形状が多様に変化することを明らかにした。このような複雑なエネルギー依存性は Mn をドーピングしていない試料では観測されなかったことから，Mn 不純物の電子状態（特に軌道状態）が強く反映された結果であると考えられる。今後さらに詳細な測定を行い，この起源を明らかにする。

(2) 軌道状態の磁場制御（高山^{*2}，高木）

FeS ， Fe_7Se_8 などの鉄カルコゲナイドでは，反強磁性的に結合した鉄のスピンが，ある温度でその方向を変化させる磁気転移を示すことが知られている。この転移は構造および軌道状態の変化をも伴うため，磁場の印加によりスピン方向の転移を制御することで，これらの物質の軌道状態およびそれに伴う諸物性例えば電気的異方性が制御できる。 Fe_7Se_8 では軌道状態の磁場制御に成功し，その磁気（軌道）相図を完成させた。

(3) 磁性-誘電性結合を示す物質の設計（竹中，志村^{*2}，植田^{*3}，高木）

磁性と誘電性とが強く相関している物質の探索を行った結果，強誘電体 $\text{Nd}_2\text{Ti}_2\text{O}_7$ の Ti サイトを Mn で置換することにより磁性-誘電性結合を発現させることに成功した。Mn20% 置換体は低温で，誘電率が“ ∞ ”型の磁場履歴を示す。すなわち，磁場を正および負に増加させると誘電率が大きくなるが，磁場をゼロに戻しても誘電率の減少は鈍く，

有限値が保持される。また，磁場を正から負に変化させる場合は -0.2 T ，負から正に変化させる場合は 0.2 T で誘電率が不連続的に減少する。Ti サイトの Mn 置換は同時にこの物質を低温で強磁性に変化させるが， $\pm 0.2\text{ T}$ は磁化曲線の曲率変化点に対応しており，磁気分域と強誘電分域との相関が現象の本質と考えられる。同時に Nd サイトを他の希土類で置換すると，より少ない Mn 置換量で同様の磁性-誘電性結合を示すようになり，両サイトの同時置換によりさらに機能を向上させることができると考えられる。

(4) 強相関電子系のインコヒーレント伝導（竹中）

強相関電子系の金属相は，高温でモット極限を超えても抵抗率が増大し続ける“不良金属性”が特徴であり，そこではブロッホ波の波束が固体中を伝播するという従来の金属描像は成立しない。遷移金属酸化物や有機分子固体の系統的反射分光実験から，その電子状態や伝導機構を検証した。その結果，光学伝導度から金属伝導に特徴的な周波数ゼロのピーク（ドゥルーデ・ピーク）が消失し，代わって遠赤外域にピークが出現することを示した。抵抗率が金属的でも，従来の意味での金属伝導ではなく，むしろホッピング的な伝導であると考えられる。電子相関によりコヒーレンスの発達が阻害され，インコヒーレントな電子状態になることが背景にあると考えられるが，既存の理論ではドゥルーデ・ピークの消失までは説明できても，有限エネルギー域に新たにピークが出現することは説明できない。準粒子描像の破れた高温インコヒーレント領域で強相関電子は“動的局在”とでもいふべき新しい電子状態にある。

(5) 超伝導/貴金属/強磁性単結晶三層膜における磁気近接効果（山崎）

超伝導と強磁性との近接効果は既にいくつかの系で調べられているが，超伝導物質と強磁性物質を直接積層させた場合には界面でのラフネス・相互拡散あるいは界面合金層の生成が近接効果に本質的な影響を及ぼすことが知られている。それを避けるために非磁性貴金属の伝導電子を介した強磁性と超伝導の相関を調べる目的で Nb/Au/Fe 単結晶三層膜を作製し，特に Au 層厚に対する超伝導転移温度（ T_C ）の依存性を系統的に調べた。特にこの研究では反射高エネルギー電子散乱（RHEED）や低角・中角 X 線回折を測定し，モデル計算との対比により各層の厚さ，構造コヒーレ

ンス長、界面におけるラフネス・拡散を定量的に見積った。作製された試料は理想的な単結晶の積層構造をとり近接効果を調べるには十分良質であることが分かった。Au 層厚が 20 以下では上下の層のエピタキシャル歪の影響で Au 層の結晶構造が変化し、 T_C は急激な変化を示した。20 以上では T_C は Au 層厚に対して周期的な変化を示し、フェルミ面効果を示唆する結果が得られた。

2. 量子磁性の研究

(1) 一次元反強磁性鎖の量子相転移 (萩原)

スピン量子数の小さな一次元磁性体は量子効果の最も顕著な磁性体の 1 つである。その周囲に存在するエキゾチックな物性を探索するのが本研究課題である。低次元磁性体において、磁場が誘起する新しい量子現象、相転移、磁場誘起相の磁気励起に関心が持たれている。低次元磁性体の典型例であるスピン量子数 1 の擬一次元反強磁性体 (ハルデン磁性体) 化合物 $\text{Ni}(\text{C}_5\text{H}_{14}\text{N}_2)_2\text{N}_3\text{PF}_6$ 単結晶の多周波数電子スピン共鳴 (ESR) 測定を行った。磁場を加えるとある磁場 (臨界磁場) 以上で非磁性状態から磁場誘起の磁性状態へと転移するが、この臨界磁場以上の磁場誘起相の ESR 励起モードが古典的なスピン波で記述できない準粒子的な励起であることが分かった。共鳴磁場の周波数依存性は場の理論を用いた計算結果と良い一致を見た。

(2) 幾何学的フラストレーション系物質の開拓 (植田^{*3}, 松野^{*2}, 香取, 高木, 松田^{*4}, 常次^{*4})

磁性を担うスピンの例えば三角形に配置すると、相互作用の競合によって縮退が生じ、磁気秩序の形成が著しく妨げられる (フラストレーション)。このような系では、フラストレーションを解消して秩序を形成する際に、新奇な物性・機能を示す。スピネル化合物は幾何学的フラストレーションを有する典型物質であるが、磁性元素として Cr や Ni を含むスピネル酸化物では、 Cr^{3+} や Ni^{2+} スピンに軌道の自由度がないため、磁気的フラストレーションがもたらす物性・機能が最も純粋な形で出現することが予想される。

CdCr_2O_4 ではスピン-格子結合が強いために磁場の印加によって縮退を抑制することが可能であり、強磁場下で、構造の歪みと同時に全磁化の 1/2 の磁化の値を持つ新たな秩序状態が出現する (磁場誘起構造相転移) ことを明らかにした。この状態は 28 T 以上の広い磁場領域で安定であり、印加磁場方向に対して平行スピンと反平行スピンとの比が 3:1 の秩序状態であると予想される。 GeNi_2O_4 では 2 段の磁気相転移が存在することが明らかになった。中間相では、フラストレーション解消のために部分的にスピンが無秩序状態になっていることが、中性子散乱の実験により示された。

3. 強相関超伝導の研究

(1) 高温超伝導酸化物における電子結晶状態の発見 (花栗, 岩谷^{*1}, 高木)

高温超伝導体のような強相関系の特徴は、多数の相の競合/共存にある。したがって、高温超伝導と相図上で隣接する領域での秩序相の有無を調べることは、系を記述するモデルを構築する上で極めて重要である。そこで、不足ドーパ域で超伝導と隣接する擬ギャップ相の基底状態の電子状態の空間分布を低温 STM/STS を用いて詳細に調べた。このような測定は、我々が開発した $\text{Ca}_{2-x}\text{Na}_x\text{CuO}_2\text{Cl}_2$ 単結

晶を用いることで初めて可能となった。その結果、昨年度報告したナノスケールの電子不均一に加え、 $4a \times 4a$ (a は格子定数) のチェッカーボード状の電荷秩序を発見した。同様の電荷秩序は、最近、Bi 系高温超伝導体で T_C 以上に温度を上げた場合や超伝導が消失している磁束コアでも報告されており、高温超伝導と競合する新しい秩序相である。

(2) 高温超伝導酸化物における電子格子相互作用 (高木)

高温超伝導体における電子-格子相互作用の役割が、見直されつつある。格子の寄与を実験的に検証する有力な手段は同位体効果である。角度分解光電子分光を用いて、Bi 系高温超伝導体の電子構造に対する ^{18}O 同位体置換効果を調べた。その結果初めて準粒子バンドの同位体シフトを観測した。シフトの様子は単純な金属電子論の予測とは一致せず、相競合などの強相関電子系に特有の効果を念頭において解析を進めている。

(3) 高温超伝導酸化物の理論 (山瀬^{*1})

銅酸化物高温超伝導体 (HTSC) の「1/8 異常」とは、ホール濃度 1/8 近傍でのみ見られる種々の異常であり、新奇な量子状態の実現が実験的に示唆されている。この現象を切り口にして新たな概念や知識形成を目指した理論研究を行っている。HTSC の有効ハミルトニアンとして二次元 t - J 模型を用いている。電荷分布を一樣と仮定した範囲の解析から、LSCO 系という HTSC で擬一次元フェルミ面形成 (Q1D 不安定性) の可能性があることを示してきた。Q1D 不安定性は前方散乱効果であり (大きな運動量移行を伴う) 反強磁性相関にのみ注目した従来の HTSC の研究に対して本質的に新しい概念を投げかけている。本年度はこの研究をさらに進め、(i) Q1D 揺らぎの解析、(ii) J 項に含まれる Q1D 不安定性のみを取り出した有効モデルの解析、(iii) 反強磁性と d 波シングレットの共存競合、(iv) 電子ドーパ系 HTSC の理論的解析、を行った。

(4) 金属硼化物薄膜の作製と物性制御 (山崎, 高木)

構造の多様性や近年の物性開拓の展開を鑑みて、金属硼化物には未だ知られていない物質、物性・機能が潜んでいると考えられる。本年度は、昨年度に重点的に試料作製を行った MgB_2 薄膜における構造制御と物性発現に関する実験結果を総合的に理解するとともに、得られた知識を敷衍してバルク物質では存在しない新しい金属硼化物 CaB_x ($x \neq 6$) 薄膜の作製と構造・物性評価を試みた。 MgB_2 薄膜において見られた超伝導転移温度を引き下げる要因としての構造の不均一性は、基板との格子ミスマッチによるエピタキシャル歪に誘起された単結晶ドメインの細分化が原因と考えられ、 MgB_2 薄膜が Al_2O_3 (0001) 単結晶基板上にエピタキシャル成長していることを強く示唆している。 MgB_2 薄膜の作製方法に倣い、単結晶基板上へのエピタキシャル成長を利用して Ca と B の同時蒸着により新物質 CaB_x ($x \sim 3$) 薄膜の作製に成功した。

^{*1} 基礎科学特別研究員, ^{*2} 研修生, ^{*3} 協力研究員, ^{*4} 共同研究員

1. Strongly correlated electron systems - novel materials and functions

(1) Orbital states were identified in the STM images of

nearly ferromagnetic $\text{Sr}_3\text{Ru}_2\text{O}_7$ doped with Mn as a strong bias energy dependence of image.

(2) Magnetic field control of orbital state was achieved in iron chalcogenides which show spin-axis transition

(3) A substantial magneto-dielectric coupling was realized by substituting Mn for Ti in 4f ferroelectric system $\text{Nd}_2\text{Ti}_2\text{O}_7$.

(4) The high-temperature incoherent state of correlated metals and the charge dynamics there were explored by reflectivity measurements. A metallic Drude peak disappears from the optical conductivity and, instead, a far-infrared peak dominates the spectrum, suggesting the “dynamical localization” of the correlated electrons.

(5) The magnetic proximity effect in Nb/Au/Fe single-crystal trilayers was investigated to elucidate the interplay between superconductivity and ferromagnetism via conduction electrons.

2. Quantum magnetism

(1) Exotic field dependence of excitation modes has been observed in multi-frequency electron spin resonance (ESR) experiments on a quasi-one-dimensional (1D) antiferromagnet above the critical field for the field induced quantum phase transition.

(2) In geometrically frustrated CdCr_2O_4 spinel, a metamagnetic transition to a 1/2 magnetization plateau state, produced by an interplay between frustrated spins and lattice, was discovered in high magnetic fields. Successive magnetic transitions, indicative of competing orders, were found in isostructural GeNi_2O_4 spinel.

3. Superconductivity in strongly correlated electron systems

(1) Using low-temperature STM/STS, we discovered a crystalline state of electrons- $4a \times 4a$ charge-ordered phase in the high- T_c cuprate $\text{Ca}_{2-x}\text{Na}_x\text{CuO}_2\text{Cl}_2$. This novel electron phase likely competes with high- T_c superconductivity.

(2) An oxygen isotope shift in the quasiparticle dispersion of high T_c cuprate $\text{BiSr}_2\text{CaCu}_2\text{O}_8$ was clearly identified.

(3) Crucial roles of quasi-one-dimensional correlations and the long range hopping integrals are implied in high- T_c cuprates from the analysis of 2D t - J model.

(4) The epitaxial growth of metallic borides (MgB_2 and $\text{CaB}_x(x \sim 3)$) on the single-crystal substrate Al_2O_3 (0001) was successfully carried out.

Research Subjects and Members of Magnetic Materials Laboratory

1. Strongly correlated electron systems
2. Quantum magnetism
3. Superconductivity in correlated electron systems

Head

Dr. Hidenori TAKAGI

Members

Dr. Masayuki HAGIWARA

Dr. Hiroko KATORI

Dr. Hiroki YAMAZAKI

Dr. Tetsuo HANAGURI

Dr. Koshi TAKENAKA

Dr. Katsuya IWAYA ^{*1}

Dr. Hiroyuki YAMASE ^{*1}

Dr. Seiji NIITAKA ^{*2}

Dr. Hiroaki UEDA ^{*2}

^{*1} Special Postdoctoral Researcher

^{*2} Contract Researcher

Visiting Members

Dr. Masaaki MATSUDA (JAERI-ASRC)

Prof. Hirokazu TSUNETSUGU (Yukawa Inst. Theor. Phys., Kyoto Univ.)

Prof. Kunimitsu UCHINOKURA

Prof. Richard WELTER (Univ. Louis Pasteur, France)

Trainees

Mr. Kenichiro MATSUNO (Adv. Mat. Sci., Univ. Tokyo)

Mr. Hideo NISHIKUBO (Dept. Supercond., Univ. Tokyo)

Mr. Seiichi SATO (Adv. Mat. Sci., Univ. Tokyo)

Mr. Harutoki SHIMURA (Adv. Mat. Sci., Univ. Tokyo)

Mr. Tomohiro TAKAYAMA (Adv. Mat. Sci., Univ. Tokyo)

誌 上 発 表 Publications

[雑誌]

(原著論文) * 印は査読制度がある論文

Ito A., Tobo A., Onchi N., and Satooka J.: “Response to change of temperature and magnetic field after aging: Ising spin glass $\text{Fe}_{0.50}\text{Mn}_{0.50}\text{TiO}_3$ ”, J. Phys. Soc. Jpn. **69**, No. Suppl. A, pp. 223–227 (2000). *

Taki M., Nakae Y., Yamamoto Y., Ferdsteyn I., Kindo K., Hagiwara M., and Hori H.: “Spin polarization of a 2D-electron gas and the magnetization problem of nanoparticles”, Physica E **12**, 942–945 (2002). *

Yamazaki H., Hikita Y., Hori H., and Takagi H.: “Correlation between the superconducting and structural properties in MgB_2 thin films prepared by molecular-beam epitaxy”, Appl. Phys. Lett. **83**, 3740–3742 (2003). *

Yamase H. and Kohno H.: “Effects of orthorhombic distortion on magnetic excitation in t - J model”, J. Low Temp. Phys. **131**, 251–255 (2003). *

Maeshima N., Hagiwara M., Narumi Y., Kindo K., Kobayashi T. C., and Okunishi K.: “Magnetic properties of a $S=1/2$ zigzag spin chain compound $(\text{N}_2\text{H}_5)\text{CuCl}_3$ ”, J. Phys.: Condens. Matter **15**, 3607–3618 (2003). *

Kimura S., Kindo K., Narumi Y., Hagiwara M., Kikuchi H., and Ajiro Y.: “High field/high frequency ESR in Osaka University”, J. Phys. Soc. Jpn. **72**, 99–108 (2003).

★

- Hagiwara M., Narumi Y., Minami K., Kindo K., Kitazawa H., Suzuki H., Tsuji N., and Abe H.: “Magnetization process of an $S=1/2$ tetramer chain with ferromagnetic-ferromagnetic-antiferromagnetic-antiferromagnetic bond alternating interactions”, *J. Phys. Soc. Jpn.* **72**, 943–946 (2003). ★
- Manaka H., Yamada I., Miyajima Y., and Hagiwara M.: “Electron spin resonance in ferromagnetic-dominant ferromagnetic-antiferromagnetic alternating Heisenberg chains (4-BzpipdH) CuCl_3 ”, *J. Phys. Soc. Jpn.* **72**, 2694–2695 (2003). ★
- Ono T., Tanaka H., Aruga-Katori H., Ishikawa F., Mitamura H., and Goto T.: “Magnetization plateau in the frustrated quantum spin system Cs_2CuBr_4 ”, *Phys. Rev. B* **67**, 104431-1–104431-7 (2003). ★
- Yamase H. and Kohno H.: “Shift of incommensurate antiferromagnetic peaks in $\text{La}_{2-x}\text{Sr}_x\text{CuO}_4$ ”, *Phys. Rev. B* **68**, 014502-1–014502-7 (2003). ★
- Nakamae S., Behnia K., Mangkorntong N., Nohara M., Takagi H., Yates S. J. C., and Hussey N. E.: “Electronic ground state of heavily overdoped nonsuperconducting $\text{La}_{2-x}\text{Sr}_x\text{CuO}_4$ ”, *Phys. Rev. B* **68**, 100502-1–100502-4 (2003). ★
- Matsuno K., Katsufuji T., Mori S., Nohara M., Machida A., Moritomo Y., Kato K., Nishibori E., Takata M., Sakata M., Kitazawa K., and Takagi H.: “Charge ordering and spin frustration in $\text{AlV}_{2-x}\text{Cr}_x\text{O}_4$ ”, *Phys. Rev. Lett.* **90**, 096404-1–096404-4 (2003). ★
- Hagiwara M., Honda Z., Katsumata K., Kolezhuk A. K., and Mikeska H.: “Zeeman levels with exotic field dependence in the high field phase of an $S=1$ Heisenberg antiferromagnetic chain”, *Phys. Rev. Lett.* **91**, 177601-1–177601-4 (2003). ★
- Narumi Y., Hagiwara M., Sato R., and Kindo K.: “Magnetization process of an $S=1$ antiferromagnetic bond alternating chain at 0.1 K”, *Physica B* **329/333**, 994–995 (2003). ★
- Tateiwa N., Hagiwara M., Aruga-Katori H., and Kobayashi T. C.: “Specific heat of an $S=1$ quasi-1D bond alternating antiferromagnet in a magnetic field”, *Physica B* **329/333**, 1209–1210 (2003). ★
- DeFotis G. C., Havey D. K., Coker G. S., and Aruga-Katori H.: “Absence of magnetic ordering in mixed magnetic $\text{Co}_{1-x}\text{Mn}_x\text{Cl}_2\cdot\text{H}_2\text{O}$ ”, *Physica B* **336**, 252–260 (2003). ★
- Ueda H., Kitazawa K., Matsumoto T., and Takagi H.: “Charge transport near pressure-induced antiferromagnetic quantum critical point in Magnéli-phase vanadium oxides”, *Solid State Commun.* **125**, 83–87 (2003). ★
- Yamamoto H., Hagiwara M., and Kato R.: “New phase of (BEDT-TTF)(TCNQ)”, *Synth. Met.* **133/134**, 449–451 (2003). ★
- Kuroda N., Sugimoto T., Hagiwara M., Hasanudin, Ueda K., Tada T., Uozaki H., Toyota N., Mogi I.,

Watanabe K., and Motokawa M.: “Electronic properties of Cs_2TCNQ_3 crystals grown under magnetic field”, *Synth. Met.* **133/134**, 535–537 (2003). ★

Yamamoto H., Tajima N., Hagiwara M., Kato R., and Yamaura J.: “Strange electric/magnetic behavior of new (BEDT-TTF)(TCNQ)”, *Synth. Met.* **135/136**, 623–624 (2003). ★

Miyajima Y., Yashiro H., Kashiwagi T., Hagiwara M., and Hori H.: “High field and high frequency EPR in single crystals of sperm whale met-myoglobin: Determination of the axial zero-field splitting constant and frequency dependence of the linewidth”, *J. Phys. Soc. Jpn.* **73**, 280–286 (2004). ★

Bertaina S., Pashchenko V. A., Stepanov A., Masuda T., and Uchinokura K.: “Electron spin resonance in the spin-1/2 quasi-one-dimensional antiferromagnet with Dzyaloshinskii-Moriya interaction $\text{BaCu}_2\text{Ge}_2\text{O}_7$ ”, *Phys. Rev. Lett.* **92**, 057203-1–057203-4 (2004). ★

[単行本・Proc.]

(その他)

山崎展樹: “3・3・2 磁性の超薄膜”, *ナノテクノロジーハンドブック I 編 創る*, オーム社, 東京, pp. 88–92 (2003).

口 頭 発 表 Oral Presentations

(国際会議等)

Yamamoto H., Tajima N., Hagiwara M., Kato R., and Yamaura J.: “Strange electric/magnetic behavior of new (BEDT-TTF)(TCNQ)”, *Int. Conf. on Science and Technology of Synthetic Metals (ICSM2002)*, Shanghai, China, June–July (2002).

Takagi H.: ““Invited” Spinel Oxide”, *Workshop on Strange Metals, (International Centre of Condensed Matter Physics)*, Brasilia, Brazil, Nov. (2002).

Yamase H. and Kohno H.: “Competition and coexistence between Néel order and d -wave singlet RVB”, *7th Int. Conf. on Materials and Mechanism of Superconductivity and High Temperature Superconductors (M2S-HTSC-VII)*, Rio de Janeiro, Brazil, May (2003).

Hanaguri T., Kohsaka Y., Iwaya K., Satow S., Kitazawa K., Takagi H., Azuma M., and Takano M.: “STM/STS study of metal-to-Mott-insulator transitions”, *7th Int. Conf. on Materials and Mechanism of Superconductivity and High Temperature Superconductors (M2S-HTSC-VII)*, (Brazilian Physics Society), Rio de Janeiro, Brazil, May (2003).

Takagi H.: ““Invited” Direct observation of charge inhomogeneities in lightly doped $\text{Ca}_{2-x}\text{Na}_x\text{CuO}_2\text{Cl}_2$ ”, *7th Int. Conf. on Materials and Mechanism of Superconductivity and High Temperature Superconductors (M2S-HTSC-VII)*, Rio de Janeiro, Brazil, May (2003).

Takagi H.: ““Plenary” materials and properties”, *7th Int. Conf. on Materials and Mechanism of Superconductivity and High Temperature Superconductors (M2S-HTSC-VII)*, (Brazilian Physics Society), Rio de Janeiro, Brazil, May (2003).

- Takenaka K.: "Incoherent charge dynamics of strongly correlated metals: Optical conductivity of CMR manganites and high- T_c cuprates", Summer College and Conf. on Physics and Chemistry of Rare-Earth Manganites, Trieste, Italy, June (2003).
- Ajiro Y., Matsuo A., Kindo K., Asano T., Aruga-Katori H., Goto T., and Ikeda H.: "Dynamic magnetization process of the diluted antiferromagnet $\text{RbMn}_c\text{Mg}_{1-c}\text{F}_3$ in pulse field up to 55 T", 7th Int. Symp. on Research in High Magnetic Fields (RHMF 2003), Toulouse, France, July (2003).
- Hagiwara M., Ueda H., and Takagi H.: "Multi-frequency ESR in the frustrated antiferromagnetic spinel CdCr_2O_4 ", EPR and NMR at High Field: Applications to Magnetic Systems and Superconductors Satellite Conf. of the ICM 2003, (Istituto per i Processi Chimio-Fisici), Pisa, Italy, July (2003).
- Yashiro H., Hagiwara M., Narumi Y., Kimura S., and Kindo K.: "Multi-frequency ESR study of a Ni tetramer complex with a butterfly structure", EPR and NMR at High Field: Applications to Magnetic Systems and Superconductors Satellite Conf. of the ICM 2003, (Istituto per i Processi Chimio-Fisici), Pisa, Italy, July (2003).
- Takagi H., Ueno K., and Inoue I. H.: "Perovskite field effect transistors", Workshop on Electronic Properties of Organic Semi-Conductors, Leiden, The Netherlands, July (2003).
- Noguchi S., Miyagawa S., Aruga-Katori H., and Ishida T.: "Hall effect and specific heat under magnetic fields in CeSi ", Int. Conf. on Magnetism (ICM 2003), Roma, Italy, July–Aug. (2003).
- DeFotis G. C., Havey D. K., Coker G. S., and Aruga-Katori H.: "Highly frustrated mixed magnetic Co/Mn dichloride monohydrate", Int. Conf. on Magnetism (ICM 2003), Roma, Italy, July–Aug. (2003).
- Hagiwara M., Narumi Y., Kindo K., Kohno M., Nakano H., Sato R., and Takahashi M.: "Magnetic properties of $S=1$ antiferromagnetic chains with bond alternation", Int. Conf. on Magnetism (ICM 2003), Rome, Italy, July–Aug. (2003).
- Regnault L. P., Hagiwara M., Metoki N., Koike Y., Kakurai K., and Stunault A.: "Spin dynamics in the $S=1$ bond alternating nickel chain system NTENP", 3rd European Conf. on Neutron Scattering, (Universite Montpellier 2 and Laboratoire Leon Brillouin), Montpellier, France, Sept. (2003).
- Ueda H., Aruga-Katori H., Mitamura H., Goto T., and Takagi H.: "Geometrical frustration and magneto-elastic coupling in CdCr_2O_4 spinel", Japan-Korea Joint Research Projects and Scientific Seminars on Spectroscopy of Nanostructures in Strongly Correlated Materials, (JSPS), Nagano, Japan, Sept. (2003).
- Kimura S., Kindo K., Hagiwara M., Ueda H., and Takagi H.: "Far infrared ESR measurements on the chromium spinel CdCr_2O_4 in a pulsed magnetic field", 28th Int. Conf. on Infrared and Millimeter Waves (IRMMW2003), (The Japan Society of Applied Physics, Communications Research Laboratory, and others), Otsu, Sept.–Oct. (2003).
- Miyajima Y., Yashiro H., Kashiwagi T., and Hagiwara M.: "Multi-frequency EPR measurements on single crystals of sperm whale met-myoglobin", 28th Int. Conf. on Infrared and Millimeter Waves (IRMMW2003), (The Japan Society of Applied Physics, Communications Research Laboratory, and others), Otsu, Sept.–Oct. (2003).
- Takagi H.: "'Invited' STM/STS observation of electronic inhomogeneity in $\text{Ca}_{2-x}\text{Na}_x\text{CuO}_2\text{Cl}_{2+}$ ", Nato Advanced Research Workshop on Symmetry and Heterogeneity in High Temperature Superconductors, Erice-Sicily, Italy, Oct. (2003).
- Matsuda M., Matsuno K., Aruga-Katori H., and Takagi H.: "Neutron scattering study of the spinel GeNi_2O_4 ", 3rd Int. Workshop on Novel Quantum Phenomena in Transition Metal Oxides and 1st Asia-Pacific Workshop on Strongly Correlated Electron Systems (TMO 2003), Sendai, Nov. (2003).
- Takagi H.: "STM/STS observation of electronic inhomogeneity in $\text{Ca}_{2-x}\text{Na}_x\text{CuO}_2\text{Cl}_{2+}$ ", 3rd Int. Workshop on Novel Quantum Phenomena in Transition Metal Oxides and 1st Asia-Pacific Workshop on Strongly Correlated Electron Systems (TMO 2003), Sendai, Nov. (2003).
- Aruga-Katori H., Ueda H., Mitamura H., Goto T., and Takagi H.: "Magnetic field-induced transition to 3:1 spin ordered state in CdCr_2O_4 spinel", 3rd Open Symp. on Research Project, Grant-in-Aid for Scientific Research on Priority Areas: Field-Induced New Quantum Phenomena in Magnetic Systems, Kyoto, Nov. (2003).
- Hagiwara M., Honda Z., Katsumata K., Kolezhuk A. K., and Mikeska H.: "Zeeman levels with exotic field dependence in the high field phase of an $S=1$ Heisenberg antiferromagnetic chain", 3rd Open Symp. on Research Project, Grant-in-Aid for Scientific Research on Priority Areas: Field-Induced New Quantum Phenomena in Magnetic Systems, Kyoto, Nov. (2003).
- Iwaya K., Kohsaka Y., Satow S., Hanaguri T., Miyasaka S., and Takagi H.: "STM/STS study on bandwidth controlled metal-insulator transition system, $\text{NiS}_{2-x}\text{Se}_x$ ", Int. Workshop on Smart Interconnects (IWSI) Co-organized with Dr. Rohrer's JSPS Award Workshop, (MEXT and Japan International Science and Technology Exchange Center), Atami, Nov. (2003).
- Yamase H.: "Competition of antiferromagnetism and d -wave singlet RVB", 3rd Int. Workshop on Novel Quantum Phenomena in Transition Metal Oxides, Sendai, Nov. (2003).
- Hagiwara M., Yashiro H., Matsuo A., Kimura S., Narumi Y., and Kindo K.: "Magnetic properties of a frustrated nickel cluster with a butterfly structure", Int. Workshop on Physics on Nanoscale Magnets, 1st NAREGI

- Int. Nanoscience Symp., (NAREGI Nanoscience Project, MEXT), Kyoto, Dec. (2003).
- Aruga-Katori H. and Takagi H.: "Spin-glass-like behavior in the geometrically frustrated spinel $\text{Li}_x\text{Zn}_{1-x}\text{V}_2\text{O}_4$ ", French-Japanese Bilateral Seminar on Frustrated Magnetism and Slow Dynamics, (JSPS and others), Kyoto, Jan. (2004).
- Lupien C., Hanaguri T., Kohsaka Y., Taylor C., Azuma M., Takano M., Takagi H., and Davis J. C.: "STM/STS imaging study of the heavily underdoped high- T_c $\text{Ca}_{2-x}\text{Na}_x\text{CuO}_2\text{Cl}_2$: doping dependence", Ann. APS March Meet. 2004 (MAR04), Montreal, Canada, Mar. (2004).
- Hanaguri T., Lupien C., Kohsaka Y., Taylor C., Azuma M., Takano M., Takagi H., and Davis J. C.: "STM/STS imaging study of the heavily underdoped high- T_c $\text{Ca}_{2-x}\text{Na}_x\text{CuO}_2\text{Cl}_2$: nanoscale energy structure", Ann. APS March Meet. 2004 (MAR04), Montreal, Canada, Mar. (2004).
- Kohsaka Y., Iwaya K., Satow S., Hanaguri T., Azuma M., Takano M., and Takagi H.: "STM/STS study on $\text{Ca}_{2-x}\text{Na}_x\text{CuO}_2\text{Cl}_2$ single crystals", Ann. APS March Meet. 2004 (MAR04), Montreal, Canada, Mar. (2004).
- (国内会議)
- 萩原政幸, 八代晴彦, 松尾晶, 木村尚次郎, 鳴海康雄, 金道浩一: "バタフライ構造を持つニッケル 4 核化合物の磁性と高周波 ESR II", 日本物理学会第 58 回年次大会, 仙台, 3 月 (2003).
- 高木英典: "強相関電子の幾何学的フラストレーション", 第 41 回茅コングレナンス「強相関電子化合物の物性と応用」, (日本学術振興会), 山梨県大泉村, 8 月 (2003).
- Joensson P. E., 高山一, 香取浩子, 伊藤厚子: "Field effects on the glassy dynamics of an ising spin glass", 日本物理学会 2003 年秋季大会, 宮崎, 岡山, 9 月 (2003).
- 萩原政幸, 松尾晶, 鳴海康雄, 南和彦, 金道浩一, 小林公子, 本多善太郎: " $S=1/2$ 強磁性 - 反強磁性 - 反強磁性三量体鎖の磁性", 日本物理学会 2003 年秋季大会, 宮崎, 岡山, 9 月 (2003).
- 木村尚次郎, 金道浩一, 萩原政幸, 植田浩明, 高木英典: " CdCr_2O_4 の強磁場遠赤外 ESR", 日本物理学会 2003 年秋季大会, 宮崎, 岡山, 9 月 (2003).
- 萩原政幸, 植田浩明, 高木英典: " CdCr_2O_4 の多周波 ESR", 日本物理学会 2003 年秋季大会, 宮崎, 岡山, 9 月 (2003).
- 植田浩明, 香取浩子, 竹下直, 三田村裕幸, 後藤恒昭, 高木英典: " CdCr_2O_4 の強磁場物性", 日本物理学会 2003 年秋季大会, 宮崎, 岡山, 9 月 (2003).
- 岩谷克也, 西久保英郎, 幸坂祐生, 佐藤誠一, 花栗哲郎, 高木英典: "STM/STS によるバンド幅制御型金属-絶縁体転移近傍の電子状態", 日本物理学会 2003 年秋季大会, 宮崎, 岡山, 9 月 (2003).
- 松野謙一郎, 香取浩子, 高木英典: "スピネル型 GeNi_2O_4 の二段の逐次磁気転移とその異方性", 日本物理学会 2003 年秋季大会, 宮崎, 岡山, 9 月 (2003).
- 内野倉國光: "スピンパイルス物質 CuGeO_3 が生んだ物理", 日本物理学会 2003 年秋季大会, 宮崎, 岡山, 9 月 (2003).
- 本多善太郎, 萩原政幸, 勝又紘一, 山田興治: "ハルデン磁性体 NDMAP の高磁場相における ESR", 日本物理学会 2003 年秋季大会, 宮崎, 岡山, 9 月 (2003).
- 富田知志, 柏木隆成, 萩原政幸, 藤井稔, 林真至: "希薄 Fe ナノコンポジット膜の強磁性共鳴", 日本物理学会 2003 年秋季大会, 宮崎, 岡山, 9 月 (2003).
- 山瀬博之, 河野浩: "空間的異方性に対する t - J 模型の応答", 日本物理学会 2003 年秋季大会, 宮崎, 岡山, 9 月 (2003).
- 萩原政幸, 宮嶋良治, 八代晴彦, 柏木隆成, 堀洋: "鯨メトミオグロビン単結晶の多周波 EPR", 日本物理学会 2003 年秋季大会, 宮崎, 岡山, 9 月 (2003).
- 山瀬博之, 河野浩: "電子ドーブ型銅酸化物高温超伝導体に対する t - J 模型のスレーボソソ理論", 日本物理学会 2003 年秋季大会, 宮崎, 岡山, 9 月 (2003).
- 関根智幸, 黒江晴彦, 内野倉國光: "不純物ドーブ CuGeO_3 のソリトンからの光散乱", 日本物理学会 2003 年秋季大会, 宮崎, 岡山, 9 月 (2003).
- 柏木隆成, 八代晴彦, 宮嶋良治, 萩原政幸: "Loop-gap 型共振器を用いた高磁場電子スピン共鳴 (X-band) 装置の開発", 第 46 回日本神経化学学会年会・第 41 回日本生物物理学会年会合同年会, 新潟, 9 月 (2003).
- 宮嶋良治, 八代晴彦, 柏木隆成, 萩原政幸, 堀洋: "マッコウクジラメトミオグロビン単結晶の高磁場, 多周波 EPR による研究", 第 46 回日本神経化学学会年会・第 41 回日本生物物理学会年会合同年会, 新潟, 9 月 (2003).
- 香取浩子: "クロムスピネル酸化物 CdCr_2O_4 の磁性", 東京大学物性研究所短期研究会「フラストレーションが創る新しい物性」, 柏, 12 月 (2003).
- 萩原政幸, Regnault L., 目時直人, 加倉井和久, 小池良治: " $S=1$ 反強磁性バンド交替鎖 NTENP の中性子非弾性散乱による磁気励起研究", 日本物理学会第 59 回年次大会, 福岡, 3 月 (2004).
- 萩原政幸: " $S=1$ 反強磁性交替鎖の磁場誘起相転移", 日本物理学会第 59 回年次大会, 福岡, 3 月 (2004).
- 竹中康司, 田村雅史, 高木英典, 野原二郎, 水貝俊治: " θ -(BEDT-TTF) $_2\text{I}_3$ の電荷ダイナミクスと不良金属性", 日本物理学会第 59 回年次大会, 福岡, 3 月 (2004).
- 山崎展樹, 疋田育之, 堀弘樹, 高木英典: "MBE 同時蒸着法による金属硼化物薄膜の作製", 日本物理学会第 59 回年次大会, 福岡, 3 月 (2004).
- 富田知志, 赤松謙祐, 新開寛之, 池田慎吾, 縄舟秀美, 柏木隆成, 萩原政幸: "Ni ナノコンポジット膜の強磁性共鳴", 日本物理学会第 59 回年次大会, 福岡, 3 月 (2004).
- 岩谷克也, 佐藤誠一, 幸坂祐生, 花栗哲郎, 何金萍, 金子良夫, 十倉好紀, 高木英典: "STM/STS による $\text{Sr}_3(\text{Ru}_{1-x}\text{Mn}_x)_2\text{O}_7$ の電子状態", 日本物理学会第 59 回年次大会, 福岡, 3 月 (2004).
- 西久保英郎, 岩谷克也, 佐藤誠一, 幸坂祐生, 花栗哲郎, 高木英典: "STM・STS による不純物ドーブモット絶縁体 $\text{Ni}_{1-x}\text{Co}_x\text{S}_2$ の電子状態", 日本物理学会第 59 回年次大会, 福岡, 3 月 (2004).
- 花栗哲郎, Lupien C., 幸坂祐生, 東正樹, 高野幹夫, 高木英典, Davis J. C.: "アンダードーブ $\text{Ca}_{2-x}\text{Na}_x\text{CuO}_2\text{Cl}_2$ の超低温高分解能 STM/STS", 日本物理学会第 59 回年

- 次大会, 福岡, 3 月 (2004).
- 松田雅昌, 松野謙一郎, 香取浩子, 高木英典: “スピネル型化合物 GeNi_2O_4 の中性子散乱”, 日本物理学会第 59 回年次大会, 福岡, 3 月 (2004).
- 竹谷純一, 孫学峰, 塚田一郎, 安藤陽一, 益田隆嗣, 内野倉國光: “スピンパイエルス物質 CuGeO_3 の不可逆な極低温磁場中熱伝導”, 日本物理学会第 59 回年次大会, 福岡, 3 月 (2004).
- 八代晴彦, 萩原政幸: “高周波共振器の開発とそれを用いた高周波高磁場 ESR 測定”, 日本物理学会第 59 回年次大会, 福岡, 3 月 (2004).
- 三田村裕幸, 植田浩明, 香取浩子, 後藤恒昭, 高木英典: “単結晶 CdCr_2O_4 のパルス磁場中磁歪測定”, 日本物理学会第 59 回年次大会, 福岡, 3 月 (2004).
- 佐藤誠一, 岩谷克也, 幸坂祐生, 花栗哲郎, 加賀義弘, 笹川崇男, 高木英典: “電子ドーブ型高温超伝導体 $\text{Nd}_{2-x}\text{Ce}_x\text{CuO}_4$ の STM/STS を用いた電子状態観測”, 日本物理学会第 59 回年次大会, 福岡, 3 月 (2004).
- 内野倉國光, 佐藤崇, 益田隆嗣: “二次元スパイラル反強磁性体 $\text{Ba}_2\text{CuGe}_2\text{O}_7$ の磁場中相図”, 日本物理学会第 59 回年次大会, 福岡, 3 月 (2004).