

戦略的創造研究推進事業  
ナノテクノロジー分野別バーチャルラボ

研究領域「高度情報処理・通信の実現に向けた  
ナノ構造体材料の制御と利用」

研究課題「電子内部自由度制御型ナノデバイス  
創製原理の構築」

研究終了報告書

研究期間 平成16年10月～平成20年3月

研究代表者：前川禎通  
(東北大学金属材料研究所・教授)

## 1 研究実施の概要

遷移金属酸化物等の強相関電子系では、強い電子間の相互作用のため、様々な電子の秩序相(強磁性相、超伝導相等)が競合する。当研究では、多体電子系の様々な数値計算法を用いて、強相関電子系における競合する相の関係を明らかにし、その競合から生じる新奇な量子現象を引き出すとともに、それらを用いたナノデバイスの特性を解き明かすことを目的とする。そして、実験的実証を踏まえながら新しいナノデバイスの創製指導原理を構築しようとするものである。

多くの遷移金属酸化物では、電子間のクーロン相互作用が強く、強相関電子系に属する。電子はほとんど個々のイオンに局在しており、イオン内に滞在する時間が長い。そのため、電子の内部自由度であるスピンと電荷の振る舞いにイオン間での軌道状態(電子の波動関数の空間対称性)が顕著に反映され、各自由度(電荷・スピン・軌道)の秩序状態がお互いに競合する。そして様々な量子現象が現れる。

銅酸化物における電荷秩序相と高温超伝導相の競合、マンガン酸化物における強磁性金属相と反強磁性軌道秩序相の競合は良く知られた例である。また、ナノスケールの大きさに微細加工された物質・材料では、電子の微小領域への閉じ込め効果のため、電子間クーロン相互作用が強調され、スピンと電荷の競合が起こる。後述する強磁性トンネル効果へのクーロンブロッケードの効果はその一例である。

強相関電子系では様々な量子相が競合しているため、外部からの小さな摂動により、秩序相間の移り変わりやそれぞれの相とは全く違った量子現象が現れる。例えば、強磁性金属を2つの超伝導体ではさむことにより、強磁性金属中に両超伝導状態(ゼロ状態)とは違った超伝導状態( $\pi$ 状態)が誘起される。このような電子の各自由度の示す性質や秩序がお互いに競合し様々な量子現象が現れる量子競合相の問題では、遷移金属酸化物だけでなく、分子性の有機化合物や生体物質についても重要である。また、様々な物質の界面で電子が閉じ込め効果を受ける時にも同様のことが期待される。

これらの問題は本質的に多体問題であるため、局所密度近似に基づく第一原理計算や平均場などの近似計算では、その本質は捉えられない。本研究では、長年我々のグループで開発してきた様々な多体電子状態計算手法を駆使して、量子競合相制御を行い、新奇な量子現象を理論的に引き出すことを目的とする。

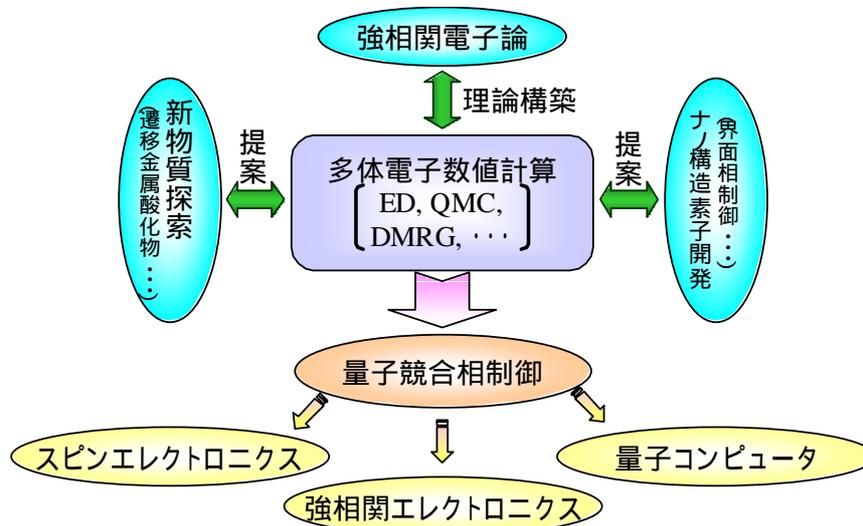
近年遷移酸化物等の強相関電子系のデバイス応用への関心が高まっている。これは、上で述べたように、これらの物質及びこれらの物質の作る界面で様々な量子相が競合するため、外部からの小さな摂動(電場、磁場等)により相間の変化が起こり、それに伴う巨大応答が現れるためである。しかし現象が多体効果に基づくことから、定量的研究は容易ではない。理論的には数値シミュレーション法が有力であり、多くの研究が行われているが、非常に単純化したモデル計算が中心であり、物質の個性を取り込む段階には至っていない。しかし、強相関電子系では様々な量子相が微妙に競合することから、物質の個性を取り入れた研究が重要である。例えば、銅酸化物高温超伝導体の親物質は強い電子相関のために絶縁体になっている(モット絶縁体)が、詳しい物性を解明するにはエネルギー・ギャップが、直接ギャップか、間接ギャップかを明らかにする必要がある。また、一次元銅酸化物や一次元ハロゲン架橋ニッケル錯体ではスピン・電荷分離が起こるが、その電子励起を理解するためには、エキシトン効果を解明する必要がある。以上のような物質の個性を

取り入れた数値シミュレーションを行っているのは世界でも我々のグループがユニークである。

電子相関はまさしく多体問題であり、局所密度近似に基づく第一原理計算や平均場などの近似計算ではその本質が捉えられない。数値計算・シミュレーション法の開発は長い年月を要するものであり、また問題に応じた方法を用いる必要がある。我々のグループでは以下に示すような多体電子論に有用な様々なプログラムを長年にわたって開発してきた：

- ・ ランチョス法に基づく数値的厳密対角化法（絶対温度及び有限温度）(ED),
- ・ 量子モンテカルロ法(QMC),
- ・ 変分モンテカルロ法(VMC),
- ・ 密度行列繰り込み群法（動的性質を含む）(DMRG),
- ・ 有限要素法による非局所スピンドYNAMIX(FEM),

電子の内部自由度をそれぞれ独立に制御することにより新しい物性を引き出すことは、1982年に強磁性トンネル素子を用いたトンネル磁気抵抗効果(TMR)において初めて示された。それ以来、磁性体を用いた微細加工技術の進歩と数値計算・シミュレーション手法の発展を両輪として、磁性体を用いた微細加工ハイブリッド素子の磁性と伝導の研究は大きく進展しスピエレクトロニクスとしてナノサイエンス及びナノテクノロジーでの重要な位置を占めている。スピエレクトロニクスでは、まさしくスピンの伝導(スピン流)と電荷の伝導(電流)を独立なものとして制御し、スピンと電荷の相互作用による新しい現象を引き出すとともにナノデバイス応用に発展させようとするものである。



本研究の目的及び位置付け

本CRESTプロジェクトはその3年間で数値シミュレーションと実証実験研究を両輪とした「電子内部自由度制御型ナノデバイス創製原理の構築」という新しい研究分野を開いたものである。以下の主要結果を示す。

(1) 低次元モット絶縁体の光励起電子状態の研究

一次元モット絶縁体では電子励起はスピン励起と電荷励起に分離する。これをスピン電荷分離と呼び、強相関電子系の最も重要な概念の1つである。我々はこのスピン電荷分離が一次元モット絶縁体の巨大な非線型光学応答を与えることを示すと同時に、動的密度行列繰り込み群法により、電子格子相互作用を量子力学的に取り入れた光励起状態の研究を可能にした。

(2) ナノ磁性スピントロニクス素子におけるスピントロニクス効果

ナノ磁性体では、スピン流と電流（電荷の流れ）が分離できることを示し、実験グループと共同でいくつか非局所スピントロニクス素子を完成させた。これは新しいスピントロニクス素子として注目される。

(3) 強磁性体／超伝導体ナノ構造の量子効果

強磁性体／超伝導体ナノ構造では、強磁性と超伝導の競合により、様々な量子現象が期待される。特に強磁性体を2つの超伝導体ではさんだ素子では $\pi$ 接合と呼ぶ、2つの超伝導体間で位相のねじれた状態が出現する。当プロジェクトでは、このようなナノ構造体での様々な量子現象を提案した。この一連の研究は新しい研究分野として進展している。

(4) 巨大熱起電力を持つ低次元遷移金属酸化物の理論構築と物質探索

スピン及び軌道の自由度による巨大な熱起電力の理論を構築し、それを用いて新しい熱電変換材料、 $\text{Cu}(\text{Cr}, \text{Mg})\text{O}_2$ 、を開発した。また、この材料を用いて、酸化物のみを用いた熱電発電モジュールの試作を行った。酸化物のみによるモジュールは世界的にも大変ユニークなものである。

(5) 量子モンテカルロ法による物質探索

第一原理計算による物質の電子状態の研究が大きな進展を見せている。しかし、そこには電子相関の効果を十分には取り入れることができず、強相関物質については無力である。そこで、我々は、第一原理計算で得られた電子構造をモデル化し、得られたモデル系を量子モンテカルロ計算を行う計算プログラムを完成させた。この手法により量子モンテカルロ計算を通して電子相関を十分に取り入れることができる。この手法は、現在、磁性半導体の物質探索に適用されている。

## 2 研究構想及び実施体制

### (1) 研究構想

当研究では次の4つのテーマを研究開始時に設定し、実験的な実証を行いながら研究の進展を目指した：

- ① モット絶縁体の光励起状態に関する研究においては、強い電子相関を持つ系での電子・格子相互作用を含めた密度行列繰り込み群法での数値計算プログラム

を完成させ、その光励起状態を取り扱う世界最強の研究手法を確立する。

- ② ナノ磁性体におけるスピン流駆動スピンドYNAMIKSの研究では、スピン流非局所ナノデバイス用数値シミュレーションプログラムを完成させ、新しいスピントロニクス素子の理論的・実験的開発を行う。
- ③ 強磁性体／超伝導体ナノ接合を含む量子キュービットを開発しその特性を明らかにする。またこの理論をハーフメタル強磁性体に拡張し、その新しい機能を引き出す。
- ④ 遷移金属酸化物による熱電変換材料の研究では、スピンと軌道による熱起電力の数値シミュレーションプログラムを開発し、実証実験研究において遷移金属酸化物のみによる熱電変換素子の試作を行う。

また、研究開始時には設定していなかったが、その後の展開により新しく生まれたテーマとして、数値計算シミュレーションによる磁性半導体の物質探索がある。(Ga, Mn)As はスピントロニクスのための新しい材料として注目を集めている。また (Ti, Mn)O<sub>2</sub> 等の遷移金属イオンを不純物として含む酸化物では、高い強磁性転移温度を持つ磁性半導体として多くの実験が行われている。しかし、試料によるばらつきが大きく、明確な結論は必ずしも得られていない。我々は、これらの磁性半導体の物質探索のための数値シミュレーション手法の開発を開始した。第一原理計算と量子モンテカルロ計算を結合した手法により様々な磁性半導体の特性と可能性を見出している。

物性物理学の研究では、理論研究と実験研究に加えて数値シミュレーションによる研究がますます重要な位置をしめつつある。特に最近のスーパーコンピュータの進歩により数値シミュレーション研究をいかに理論研究と実験研究とにカップルさせていくかは研究方針を設定する上で重要である。

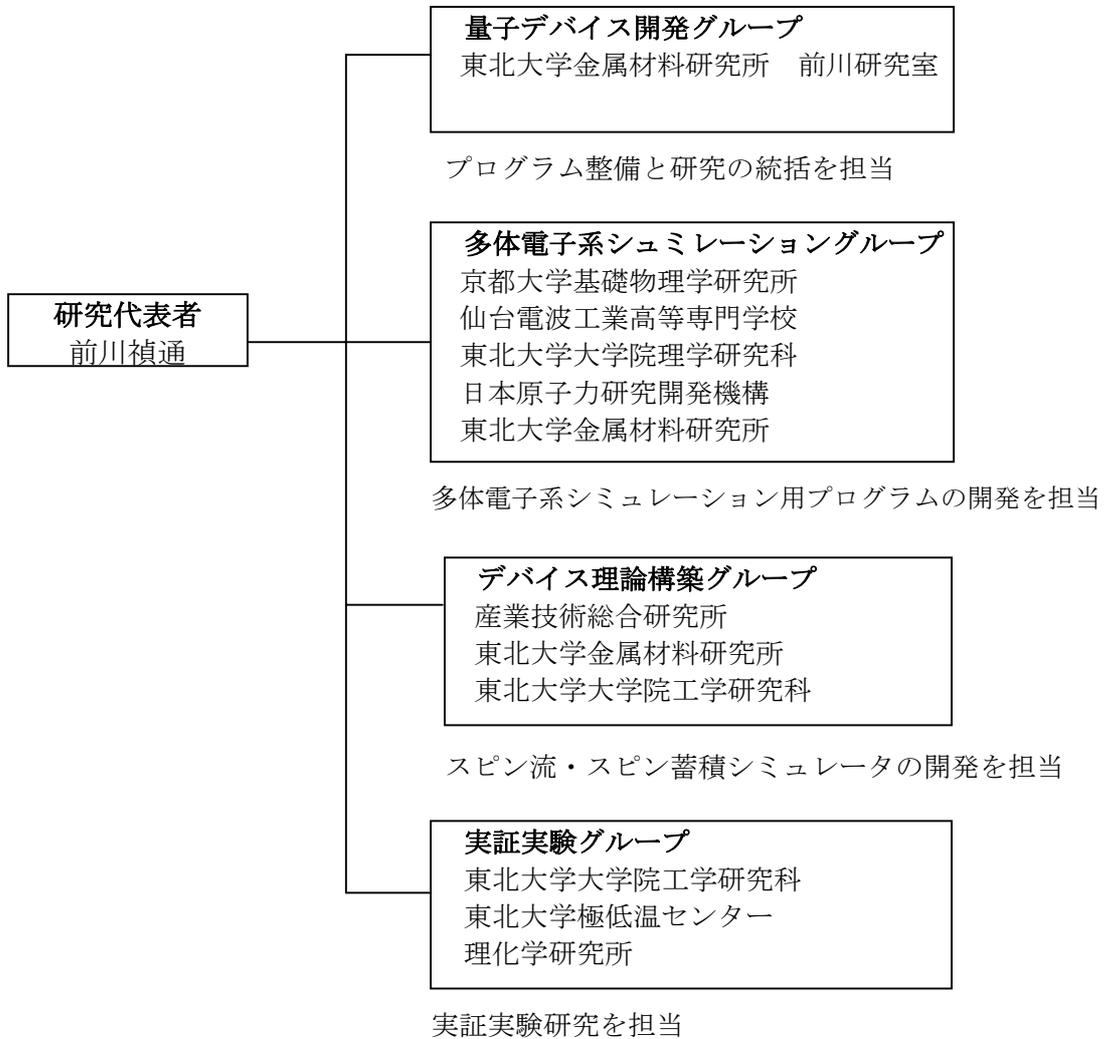
当CRESTでは、実験研究と数値シミュレーションを両輪として「電子内部自由度制御型ナノデバイス創製原理の構築」という研究分野を開拓するものである。

#### グループ毎の役割分担

研究の方針はグループリーダーが常にミーティングを持ち議論をかさねた。量子デバイスグループを中心に個々の物質の電子状態のモデル化を行い、多体電子シミュレーショングループはそのモデルに基づく数値シミュレーションを行った。またデバイス理論構築グループは、多体電子シミュレーショングループの結果をデバイスの特性に取り入れるシミュレーション手法を開発した。

両グループで得られた結果を基に、実証実験を行い、その結果を両シミュレーショングループにフィードバックするという体制がとられた。

(2) 実施体制



### 3 研究実施内容及び成果

#### 3. 1 量子デバイス開発グループ

(東北大学金属材料研究所 前川禎通、Nejat Bulut、家田淳一、Bo Gu)

##### (1) 研究実施内容及び成果

###### a) パイ接合を含む超伝導量子キュービットの理論

量子コンピュータではコヒーレントな2準位系が量子ビット(キュービット)として用いられ、2準位の量子力学的な重ね合わせがその基本となる。

既に様々なキュービットが提案されているが、その中でも固体キュービットはデバイス構築上で有利な位置にある。最近、ジョセフソン効果を用いたキュービットがいくつか提案され、活発に研究されている。特に磁束を用いたキュービットでは、外部磁場により超伝導の位相空間で、2準位の量子力学的重ね合わせが実現し、ラビ振動や量子もつれ状態が示されている。しかし、このような磁束を用いたキュービットでは大きな外部印加磁場がデバイス構築上で大きな障害になると考えられる。

そこで我々は大きな外部磁場を必要としない超伝導キュービットを構築した。強磁性体を2つの超伝導体ではさんだジョセフソン素子では2つの超伝導体の位相が $\pi$ だけずれた「 $\pi$ 接合」が出現する。

図(a)に示す様に、この $\pi$ 接合と2つの従来のジョセフソン接合(ゼロ接合)を含む超伝導リングでは、 $\pi$ 接合により誘起された半整数の量子磁束 $0.5\Phi_0$ が出現し、これが超伝導位相空間に2準位状態を構成する。図(b)は外部磁場を加えない時の超伝導位相空間での超伝導リングのポテンシャルエネルギー(U)を示している。ここで、 $\theta_1$ 及び $\theta_2$ はそれぞれ2つのゼロ・ジョセフソン接合の位相である。ポテンシャルエネルギーは位相空間で2準位系を構成しているのが分かる。それぞれのポテンシャルエネルギーの極小値の状態を $|\uparrow\rangle$ 及び $|\downarrow\rangle$ と書くと、それぞれの状態では超伝導電流が時計回り及び反時計回りに流れている。2つの状態はトンネル効量で重ね合わせられ、結合状態 $(|0\rangle\alpha|\uparrow\rangle-|\downarrow\rangle)$ と反結合状態 $(|1\rangle\alpha|\uparrow\rangle-|\downarrow\rangle)$ が量子ビットとなる。図(c)は小さな外部磁場( $\Phi=0.05\Phi_0$ ,  $\Phi_0$ は単位磁束)を加えた場合でのポテンシャルエネルギーの様子を示している。このように小さな外部磁場で2準位の縮退を取ることで、マイクロ波による2準位間でのラビ振動が期待される。

このキュービットは大きな外部磁場を必要としないことから、素子を小さくすることができ、デコヒーレンスもおさえることができると考えられる。

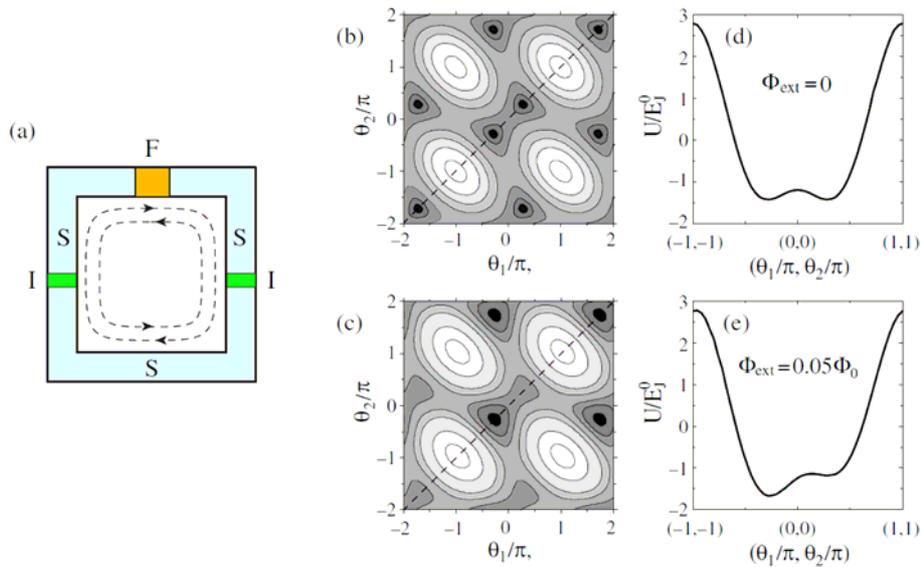


図 3-1-① :

- (a)  $\pi$  接合と 2 つのゼロ接合を含む超伝導リングの模型図。
- (b) 外部磁場 ( $\Phi_{ext}$ ) がゼロの場合での、ゼロ接合の位相 ( $\theta_1, \theta_2$ ) の空間における全体ポテンシャルエネルギー ( $U$ )。
- (c) 外部磁場 ( $\Phi_{ext}$ ) を加えた場合の  $U$  ( $\theta_1, \theta_2$ )。

## b) 磁性半導体の物質探索シミュレーション

最近、Mn イオンを含む III-V 族半導体を中心として、多くの磁性半導体の開発が活発に行われている。我々は磁性半導体材料開発の為にシミュレーションプログラムを作成した。まず、ホストの電子状態第一原理計算を行い、それをアンダーソンモデルに焼きなおす。そして得られたアンダーソンモデルの量子モンテカルロ計算 (QMC) をを行い、その磁気的電気的性質を調べる、というものである。

図は 2 つの磁性不純物間の磁気相関を不純物間の距離 ( $R$ ) の関数として示したもので、(a) は半導体、(b) は金属の場合に対応する。化学ポテンシャル ( $\mu$ ) 及び温度 ( $T$ ) はバント幅で規格化している。また  $\beta = 1/k_B T$  及び  $R_0 = 2\pi/a$ ,  $a$  は格子定数である。(b) に見るように金属では磁気相関は RKKY 型の振動を示し、ほとんど温度変化がない。一方、半導体 (b) では磁気相関は強磁性的であり、非常に長距離になっている。さらに、強磁性相互作用は強い温度変化を示し、従来行われているハイゼンベルグ模型での記述は適当でないことがわかる。これらの特徴は (Ga, Mn) As の実験を説明している。

磁性不純物を含む酸化物 ( $TiO_2$  や  $ZnO$ ) は非常に高い強磁性転移温度 ( $T_c$ ) を持つのではないと考えられている。しかし、実験結果にばらつきも見られ、結論が得られているとは言い難い。これらの酸化物では酸素欠陥が考えられ、それが実験結果に大きく影響していると思われる。我々はこれらの酸化物の電子状態と欠陥による不純物バントを取り入れ、量子モンテカルロ計算よりこれらの酸化物の特徴を引き出し、磁

性半導体の物質探索の指針を引き出す研究を進めている。

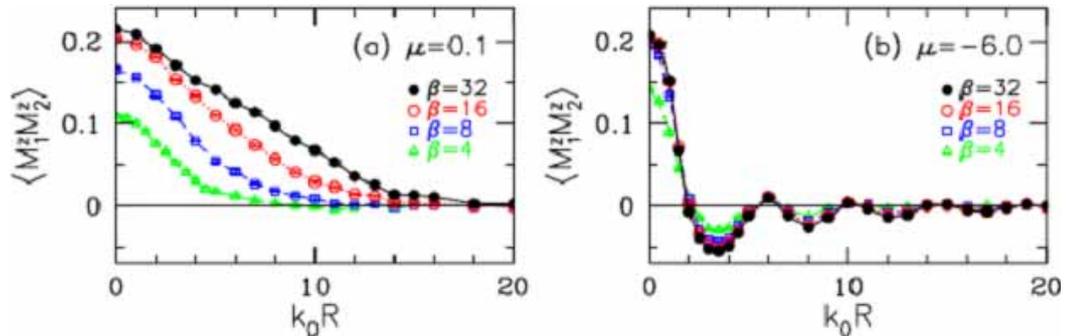


図 3-1-② :

2 磁性不純物に対するアンダーソンモデルでの量子モンテカルロ計算の例。磁性不純物間の距離 ( $R$ ) に対する磁気相関の値を示す。ここで  $R_0 = 2\pi/a$ ,  $a$  は格子定数、 $\beta = 1/k_B T$ ,  $T$  は温度。但し、温度及びエネルギーはバント幅で、規格化している。

(a) 半導体の場合 化学ポテンシャル ( $\mu$ ) が荷電子帯の上にある ( $\mu = 0.1$ )。

(b) 金属の場合  $\mu$  が荷電子帯の中にある ( $\mu = -0.6$ )。

## (2) 研究成果の今後期待される効果

強磁性も超伝導も電子間の相互作用により引き出される多体量子効果である。当グループでは、上記の研究に対し、量子モンテカルロ法を用いた数値シミュレーションプログラムを完成させた。これらのプログラムは世界的にもユニークなものであり、今後ますます重要性が増すと期待される。

### 3. 2 多体電子系シュミレーショングループ

(京都大学基礎物理学研究所、仙台電波工業高等専門学校、東北大学大学院理学研究科、日本原子力研究開発機構、東北大学金属材料研究所)

#### (1) 研究実施内容及び成果

##### a) 一次元モット絶縁体の光励起状態における電子格子相互作用の効果

(主な分担者: 遠山貴己、松枝宏明)

一次元モット絶縁体は巨大な非線形光学応答と超高速な緩和現象を示す。一次元電子系では電子の持つ電荷とスピンの内部自由度は異なったダイナミクスを持つ。そのため、光励起された電荷自由度の励起エネルギーがスピン自由度を經由して緩和する確率は小さい。一方、現実のモット絶縁体では電子系は格子の自由度と強く結合している。そこで、超高速な緩和現象を理解する一歩として、電子格子相互作用を取り込んだ一次元ハバード・ホルシュタイン模型に対する線形光学応答や一粒子スペクトル関数を計算した。そして、格子系と相互作用する光励起キャリアのダイナミクスの特徴を明らかにした。シミュレーションには本グループで開発・改良進めている動的密度行列繰り込み群法を用いた。フォノンは量子化された形で取り込んだ。図1は一粒子スペクトル関数、図2は線形光学応答関数の20サイトに対する計算結果である。 $g$ は電子格子相互作用の強さを表す。電子格子相互作用はこれらの物理量に大きな効果を及ぼしていることがわかった。この成果は動的密度繰り込み群法による大規模数値シミュレーションによって初めて明らかにされたものである。また、非線形光学応答の超高速緩和を理解し、新規光スイッチ素子の創製原理を構築するための基盤が構築されたといえる。本研究のように格子の自由度を量子フォノンとして取り扱くと、一般には無限個の自由度を扱わなければならない。その困難を避けるため格子系の自由度を古典的に取り扱っている研究が多いのが現状である。本シミュレーションでは無限個のフォノンではなく有限個にとどめているが、与えられたパラメータでは必要十分なフォノン数を取り扱っていることを確認している。その意味で、本研究は量子フォノンを正しく取り扱った数少ない研究の一つといえる。

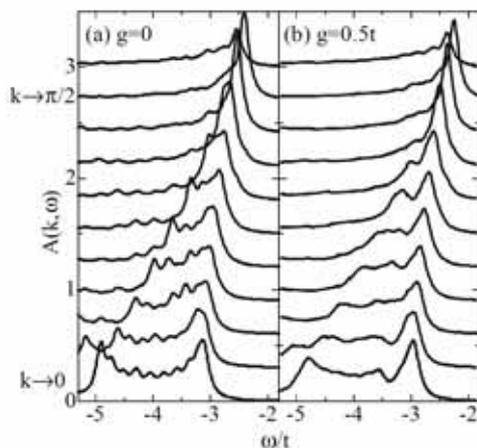


図3-2-1: 一粒子スペクトル関数の  $g$  依存性

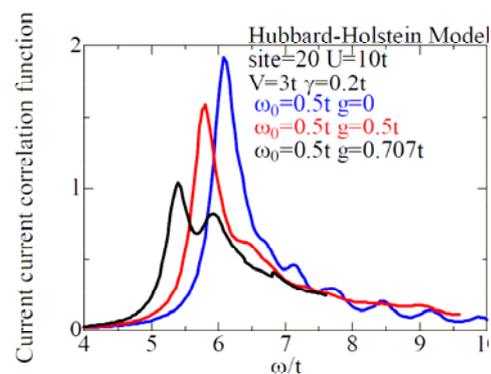


図3-2-2: 電流相関関数の  $g$  依存性

## b) 二次元モット絶縁体の光励起状態の対称性

(主な分担者：遠山貴己)

二次元モット絶縁体にドーパされたキャリアの運動は周りの局在スピンにより強く影響を受けることが知られている。特に二個のキャリアがある場合は、スピン間の反強磁性相互作用を得るように束縛状態を形成する。このとき、束縛状態は  $d_{x^2-y^2}$  ( $B_1$ ) の対称性を持ち、高温超伝導につながっていると考えられている。一方、二次元モット絶縁体の光励起状態では二種類のキャリアが生まれる。それらは電子の非占有サイトと二重占有サイトの運動であり、前者はホールキャリア、後者は電子キャリアに対応する。この光励起状態では反強磁性相互作用に起因する束縛状態が形成されることが過去の研究から知られている。しかし、その最低エネルギー束縛状態の対称性については、いくつかの理論の論文で論じられているものの明確にはなっていない。それらの理論では、 $B_1$  または  $A_2$  対称性の可能性が指摘されている。本研究では、ハーフフィールド二次元ハバード模型の強結合極限に対する有効模型を用い光励起状態の対称性を議論した。計算には数値的厳密対角化法を採用し有限サイズクラスターに対してサイズ効果を少なくするような境界条件を課す。計算の結果、図 3 に示すように最低エネルギー束縛状態の対称性は以前に提案されていたものとは異なる  $s$  波 ( $A_1$ ) 対称性であることが判明した。この対称性は、ホールドーパされたモット絶縁体の場合の  $d_{x^2-y^2}$  波対称性とも異なっており、光励起状態の特殊性を示している。詳細な計算により、 $s$  波対称性の出現には、二重占有サイトの運動に伴うフェルミオンの負号変化が重要な役割を果たしていることが分かった。また、光励起状態の対称性を調べることが可能な高エネルギーシフトのラマン散乱スペクトルを計算し、過去の実験結果との対比を行った。計算では  $A_1$  対称性のスペクトルが最低励起状態となる。これは  $A_2$  対称性が最低励起状態である実験結果とは異なる。実験で得られている  $A_2$  対称性のスペクトルは  $d-d$  遷移によるものと考えられる。

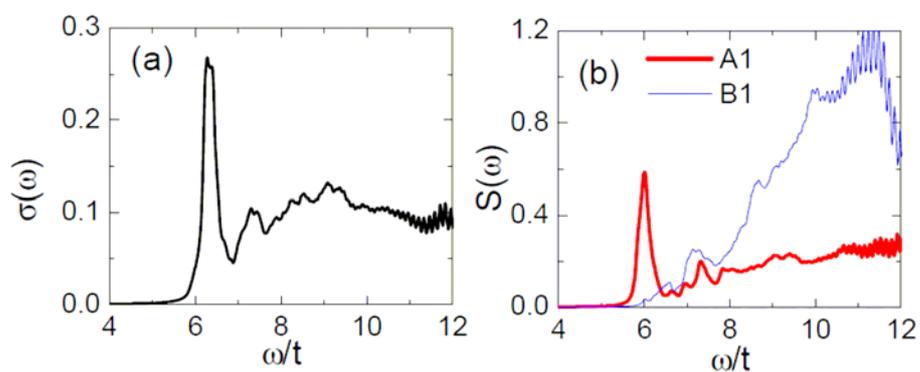


図 3-2- : 二次元モット絶縁体の光励起状態  
(a) 光学伝導度( $E$  対称性) (b)  $A_1$  および  $B_1$  対称性の励起スペクトル

### c) 高温超伝導物質の不純物効果の研究

(主な分担者：遠山貴己、筒井健二)

銅酸化物高温超伝導体の特異な電子状態を調べる手段の一つに不純物置換効果がある。超伝導を担う  $\text{CuO}_2$  面の Cu を Zn 元素等の非磁性元素や Ni 元素等の磁性元素で置換することで、キャリアの運動にどのような影響を与えていくかを見る物である。この置換効果においても高温超伝導物質は特異な振る舞いを示すことが知られており、多くの実験及び理論的な研究がなされてきた。理論的な研究の多くは  $\text{CuO}_2$  面の酸素の  $2p$  軌道を直接取り扱わず単一バンドの描像で捉えた  $t$ - $J$  又は Hubbard 模型を基礎にして議論されてきた。一方で Ni 置換効果を考えるためには、Ni の  $d$  の電子配置では複数の  $d$  軌道が関与するため、有効模型の考察から始める必要がある。例えば、これまでの Ni 不純物置換の理論的研究としては Ni サイトをスピン 1 とした  $t$ - $J$  模型に基づく研究があり、非磁性不純物効果との比較が行われていたが、非磁性不純物効果に比べて磁性不純物効果自身の理論的進展があまりなかった。本研究では、酸素軌道も取り入れた  $d$ - $p$  模型に基づいて磁性・非磁性不純物置換の電子状態に対する効果を、数値的厳密対角化法により調べた。その結果、特に磁性不純物置換効果に関して、置換された Ni サイトの最隣接酸素サイトの軌道にキャリアが束縛されることが理論的に明らかになった。キャリアの Ni 不純物による束縛は実験的に示唆されており、その起源を微視的な理論ではじめて明らかにしたものである。

### d) 多層系高温超伝導物質の電子状態の研究

(主な分担者：遠山貴己、森道康)

多層系銅酸化物は最も高い超伝導転移温度 ( $T_c$ ) を示す物質である。より高い  $T_c$  を得るためには、各  $\text{CuO}_2$  面内のホール濃度の最適化に加え、面直方向のクーバー対の位相コヒーレンスも重要である。しかし、この物質には単位胞内に不均一な電荷濃度分布があり、面直方向への結合を弱め、 $T_c$  の上限値を押下げている可能性がある。そこで、面間電荷不均一と面間の結合との関連を示し、実験との比較を行うことで、多層系銅酸化物の電子状態を明らかにすることを目的として研究を行ってきた。銅酸化物高温超伝導体は、モット絶縁体にキャリアがドーブされることで超伝導体になる。すなわち、電子間相互作用が強い系である。このような強相関金属状態に有効な方法の一つに Gutzwiller 近似がある。この方法を、面間の飛び移り ( $t_{\perp}$ ) に対して用い、サイト間相関を含んだ一般的な表式を導いた。正孔濃度 ( $\cdot$ ) が少ない面 (IP) 間の有効飛び移り積分 ( $t_{1\perp}$ ) は、正孔濃度が少ない面と多い面 (OP) との間の有効飛び移り積分 ( $t_{2\perp}$ ) に比べて小さくなる ( $t_{1\perp} < t_{2\perp}$ ) ことが分かった。次に、この結果を 4 層系  $t$ - $J$  模型に用い、変分関数の自己無撞着な数値計算を行い、様々な場合に対してフェルミ面を示した (図 4)。面間電荷不均一が無い場合 (図 4(a)) は、 $\text{CuO}_2$  面が 4 枚あるのに対応してフェルミ面も 4 つになる。面間電荷不均一が起きると、運動量空間の  $(k_x, k_y) = (\cdot, \cdot, \cdot)$  方向にフェルミ面の分裂が起きる (図 4(b))。さらに、4 枚ある  $\text{CuO}_2$  面のうち真中の 2 枚ホール濃度が減少すると、それらの間の飛び移り積分によるバンド・スプリッティングが弱くなり、フェルミ面が 2 つに漸近していくことが分かった (図 4(c))。こ

の結果は、 $\text{Ba}_2\text{Ca}_3\text{Cu}_4\text{O}_8(0_{1-y}\text{F}_y)$  に対して行われた角度分解光電子分光法による実験結果に対応していると考えられる。この実験結果に関連した第一原理計算が他のグループにより行われている。電子相関の取り扱いに関して、本研究とは異なった極限からのアプローチと位置づけられ、互いに相補的な役割を果たしていくと考えられる。

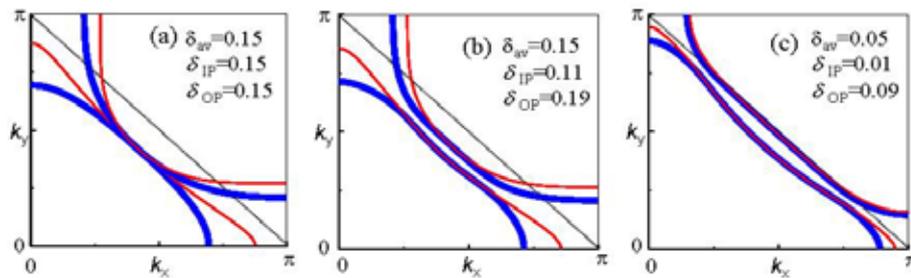


図 3-2- : 多層系高温超伝導体のフェルミ面の理論計算

### e) 軌道自由度を用いた熱電応答

(主な分担者：小椎八重航)

遷移金属酸化物に代表される強相関電子系では、電子間に働く強いクーロン相互作用のため、電子のもつスピンや軌道の自由度が、電場や磁場そして熱などの外場と電気伝導を直接結び付け、巨大な外場応答をもたらす。スピンと軌道の自由度を伴った伝導現象を理論的に調べることにより、我々が導いた遷移金属酸化物に対する高温でのゼーベック係数 ( $Q$ ) の一般式は次のとおりである：

$$Q = -\left(\frac{k_B}{e}\right) \ln\left(\frac{g_e}{g_h}\right) - \left(\frac{k_B}{e}\right) \ln\left(\frac{n_h}{1-n_h}\right) \quad (1)$$

ここで、 $n_h$  はホール濃度を示し、 $g_e$  および  $g_h$  は電気伝導に関するイオンのうち正孔を含むものと含まないものの縮退度である。その縮退度は、スピンと軌道自由度により決まる。早稲田大学の寺崎らにより発見された熱電物質  $\text{Na}_x\text{CoO}_2$  の伝導を担うのは Co イオン  $d$  殻にある  $t_{2g}$  電子である。

その電子配置の様子を示したのが図 5(a) である。熱電物質  $\text{Na}_x\text{CoO}_2$  において Co イオンは、6 個もしくは 5 個の  $t_{2g}$  電子を含む。スピンと軌道の自由度が与える縮退度は、

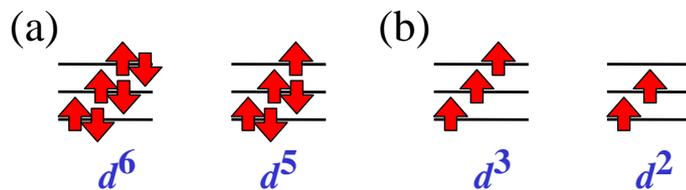


図 3-2- :  $t_{2g}$  電子系の電子配置。実線はエネルギー準位を、矢印は電子をスピン自由度まで含めて示している。

6 個の  $t_{2g}$  電子を含む Co イオンが 1、そして、5 個の  $t_{2g}$  電子を含む Co イオンが 6 と計算され、式 (1) の第 1 項目が与えるゼーベック係数の値は  $154 \cdot \text{V/K}$  となる。

この符号と大きさは、熱電物質  $\text{Na}_x\text{CoO}_2$  の巨大な熱電応答をよく説明する。この理論は、 $3d$  遷移金属酸化物に限らず、Rh など  $4d$  遷移金属を含む化合物においてもよく成り立つことが実験的に確かめられている。式 (1) が示すように、スピンや軌道自由度を用いて巨大な熱起電力を得るためには、縮重度  $g_e$  と  $g_h$  の差が大きい材料を用意すればよいことがわかる。この新しい熱電材料開発の指導原理に基づき、我々は、様々な遷移金属酸化物の熱電応答を理論的に予測し、Cr を含む化合物の有効性を突き止めた。酸化物を構成するとき、Cr イオンはしばしば 3 価もしくは 4 価の陽イオンとなる。この時の  $d$  殻にある  $t_{2g}$  電子の電子配置の様子を示したのが図 5 (b) である。それぞれの電子配置に対しスピンと軌道の自由度が与える縮退度を計算すると、 $g_e=4$  そして  $g_h=9$  が得られる。すなわち、式 (1) の第 1 項目は  $Q=70 \cdot \text{V/K}$  を与え、Cr 酸化物におけるスピンと軌道が導く熱起電力は、正で巨大な寄与をもたらすことが理論的に予想される。この理論予想は、実験実証グループにより、高性能熱電物質 Cr を含んだデラフォッサイト型酸化物の創成として結実した。基礎物理学的には、Co 酸化物や Rh 酸化物と違い、スピンの大きさが  $1/2$  よりも大きい系で、その自由度を生かした熱電応答を理論的に予測し、実験的に実証できた点が新しい。この観点からの固体に熱電応答に関する研究とその成功は、世界的にも他に類を見ないものである。

さらに本研究では式 (1) に象徴されるスピンと軌道自由度が導く熱電応答の理論を発展させ、複数の異種の遷移金属を含む化合物における熱起電力の理論を構築した。複数の異種の遷移金属を含む系では、縮退度が遷移金属の局所的な電子状態に依存する。この場合の熱起電力の式は複雑な形をとるが、キャリア濃度を 50% に採ったとき、その表式は各遷移金属の縮退度を用いた式 (1) の平均となることが示される。これはまた、スピンと軌道自由度に起因するエントロピー流が熱起電力を与えることの現われである。遷移金属酸化物の特徴の一つに、その結晶構造の多彩なことが挙げられる。複数の異種の遷移金属を含む化合物には、それぞれの遷移金属単体を含む化合物の特徴の組み合わせ、あるいは相乗効果による熱電特性の向上が期待される。我々の理論研究の成果を踏まえ、松下電器の研究グループと共同で、遷移金属酸化物とりわけダブルペロフスカイト構造をとる物質を用いた高性能熱電材料の開発を試みている。

強相関電子系の典型であるコバルト酸化物が示す磁性と伝導の異常は、巨大な熱起電力に限らない。巨大熱電応答を示すコバルト酸化物  $\text{Na}_x\text{CoO}_2$  では、異常な Hall 効果が観測されている。この系のホール係数  $R_H$  は正で、200K 以上の温度領域では線形の温度依存性を示し、500K 付近ではついに古典的な伝導理論の予測値の実に 8 倍近い巨大な値に達する。 $\text{Na}_x\text{CoO}_2$  の伝導は、辺共有した  $\text{CoO}_6$  八面体から形成される  $\text{CoO}_2$  層が含む Co イオンの  $t_{2g}$  軌道が織り成す電子系が担っている。 $t_{2g}$  軌道と酸素の  $2p$  軌道の  $\cdot$  結合を通じた飛び移り積分が籠目格子を形成し、 $\text{CoO}_2$  層の格子構造は  $t_{2g}$  軌道の縮退を反映した 4 つの籠目格子に分解されることを見出した。この格子構造は、電子系の熱磁気応答において重要な役割を果たす。我々は久保公式を用いて、 $\text{CoO}_2$  層の熱磁気効果を調べた。ホール効果やネルンスト効果など、伝導の磁場応答を与えるのは格子上の「閉じた経路」を運動する電子である。「閉じた経路」が三角形を描くとき、高温の極限で  $R_H$  に線形の温度依存性が

導かれる。三角格子の上には、三角形の「閉じた経路」だけでなく、ひし形や台形の「閉じた経路」を含んでおり、これらは  $R_H$  の線形の温度依存性を壊す。籠目格子は、ひし形や台形の「閉じた経路」を含まない。実験で観測される  $R_H$  の温度依存性そしてその符号は、電子雲の形すなわち軌道自由度を反映した結果であると理解される。また、 $R_H$  が線形の温度依存性を示すとき、ネルンスト効果の係数は温度に反比例することが理論的に予想される。この予想に対する実験的な検証が待たれる。

#### f) 軌道自由度特有の新しい希釈効果の解明

(主な分担者：石原純夫)

軌道自由度を有する遷移金属酸化物系において、軌道縮退系に特有な新しい希釈効果を見出した。強相関電子系におけるイオンの希釈効果は、量子スピン系や高温超伝導においてこれまで盛んになされており、そこで見られる新規な物性現象の機構解明に多くの手がかりを与えることに貢献してきた。本研究では遷移金属イオンの d 電子に軌道縮退が存在することで軌道の長距離秩序を示す系の希釈効果を理論的に研究した。異なるサイト間の軌道自由度間の相互作用はそのボンド方向に強く依存しており、一方向に都合の良い軌道配列を取ると他の方向では十分なエネルギー利得が得られないという、軌道自由度に内在した本質的なフラストレーションが存在する。このために基底状態において巨視的な縮退が存在し、熱揺らぎや量子揺らぎによりこの縮退が解ける、いわゆる“order-by-fluctuation”機構が働いていることが知られている。このような特異なフラストレーション効果が存在する系において、不純物の導入による軌道秩序温度の変化の様子を理論的に探った。ここでは有限サイズにおける古典並びに量子モンテカルロ法と、クラスター展開法を併用した。数値計算結果を下図に示す。図 6 は立方格子における二重縮退した  $e_g$  軌道系における希釈効果であり、図 7 は 2 次元正方格子の量子軌道コンパス模型におけるそれである。結果をまとめる (a) 希釈による軌道秩序温度の低下はスピン系のそれと比較して急激であり、単純なパーコレーション理論では説明されない。これは軌道間の相互作用がボンド方向にあらわに依存していることに起因しており、軌道縮退系に特有な現象である。(b) 本数値計算結果は最近なされた  $KCu_{1-x}Zn_xF_3$  における共鳴 X 線散乱の実験結果を定性的に説明するものである。(c) 量子軌道コンパス模型における秩序温度の低下は古典模型におけるそれより緩やかであることが示される。これは量子効果により有効的な次元が上昇することを意味している。これらの結果は強相関電子系において、新しい型の希釈効果ならびにパーコレーションの概念の存在を示唆している。

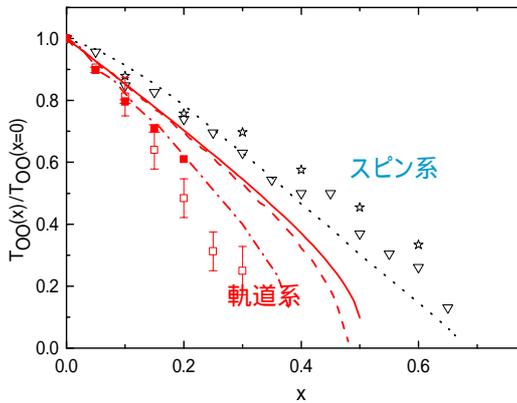


図 3-2-1:  $e_g$  軌道系における軌道秩序温度の希薄濃度依存性

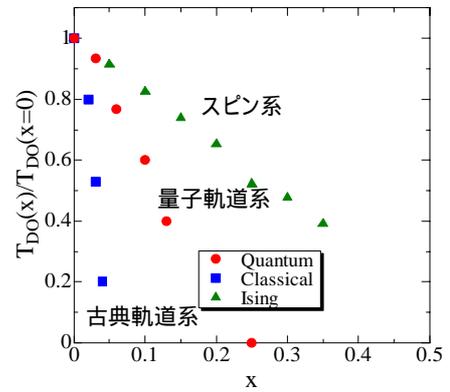


図 3-2-2: 量子軌道コンパス模型における軌道秩序温度の希薄濃度依存性

### g) 電子型磁性強誘電体の電気磁気効果

(主な分担者：石原純夫)

電子の長距離秩序（電荷秩序）により誘電分極が生じるいわゆる電子型強誘電体における誘電分極と電気磁気効果の起源を微視的に解明した。層状鉄酸化物  $RFe_2O_4$  (R: 希土類金属イオン) では、FeO 三角格子からなる二重層が物性を担っており、この二層で電荷の偏りが生じることで電気分極が生じると考えられている。本研究では電荷・スピン・軌道結合模型を

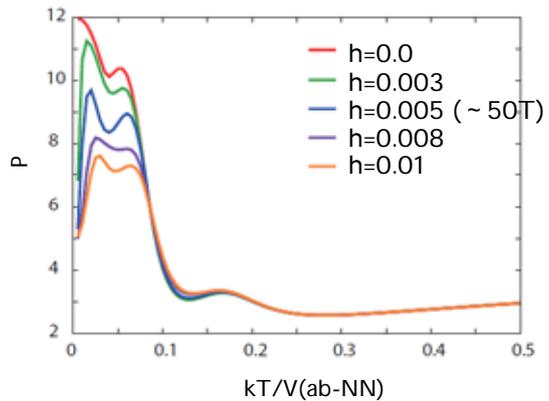


図 3-2-3: 層状鉄酸化物における電気分極の磁場依存性

有限サイトのマルチ・カノニカル・モンテカルロ法を用いることで解析を行った。数値計算の結果、図 8 に示すように、電気分極を伴う電荷秩序は三角格子における電荷フラストレーションにより生じること、ならびに磁気秩序温度近傍で誘電分極が大きく増大することが示された。後者はスピン間相互作用が電荷配列に強く依存すること、ならびに三角格子におけるスピンのフラストレーションに起因するものである。この結果、磁場の印加により誘電分極が変化する大きな電気磁気効果が生じることが計算により示された。これらの研究結果は、電子の電荷とスピンとの相互作用が電気磁気現象の主たる役割を果たす新しい型のマルチフェロイクスの概念を提出するものである。

#### (h) スピン・軌道自由度系での光誘起相転移

(主な分担者：石原純夫、松枝宏明)

遷移金属酸化物などの強相関電子系において、ps スケールの光誘起相転移が見出されている。本研究では強相関電子系特有の超高速光学応答及び光誘起相転移に伴う緩和ダイナミクスの解明に向けた微視的理論を確立することを目的とした。特に強相関電子系のスピン・軌道自由度が光照射後の緩和ダイナミクスにどのように反映されるのか調べ、そこから超高速応答の起源について考察した。スピン・軌道自由度の存在により多彩な光学応答を示すマンガン酸化物を対象とし、動的密度行列繰り込み群法と時間発展密度行列繰り込み群法を結合して、光照射後の過渡吸収スペクトルや  $t_{2g}$  局在スピン系の時間発展をはじめて計算した。これにより、 $e_g$  及び  $t_{2g}$  軌道間の強いフント結合と基底状態での相境界の大きな揺らぎが、スピン構造や伝導性の劇的かつ超高速な変化をもたらすことが明らかとなった。この分野では、微視的模型に基づいた理論解析はまだ展開されていない。従って強相関電子系特有の問題であるスピン・電荷・軌道・格子の絡み合いから生ずる電子相のダイナミクスは理解されていない。本研究成果は光誘起相のスピンダイナミクスに関する微視的理論として初めてのものである。これは今後の理論展開の基盤となる重要な位置づけにあると考えられる。

#### (2) 研究成果の今後期待される効果

##### a) 一次元モット絶縁体の光励起状態における電子格子相互作用の効果

モット絶縁体は非線形光学応答デバイスとしての応用が期待されており、本研究の成果はその設計指針構築のための基盤となる。すなわち、本成果は今後展開されると期待されるモット絶縁体を利用した次世代光スイッチ開発のための基盤研究の出発点となるといえる。本研究で検討した格子の自由度の効果がモット絶縁体の光励起状態の緩和過程にどのような影響を及ぼすのか、またそれが一次元系の特徴であるスピン・電荷分離とどのように関連してくるのかといった基本的な問題が今後展開されるべき事柄である。これは、次世代光スイッチ開発という観点からは、超高速緩和の機構解明とそれを基礎としたより高効率な材料探索の指針構築という流れと関連しており、一方、基礎物理学的観点からは、強相関のもとでの電子格子相互作用の効果という複雑な問題と深く関わっている。

##### b) 二次元モット絶縁体の光励起状態の対称性

二次元モット絶縁体は一次元モット絶縁体に比べて非線形光学応答は小さい。また、光励起状態の緩和過程も違うのではないかという議論が行われている。本研究で明らかにされた、二次元モット絶縁体の光励起状態の対称性が何らかの形で緩和過程の違いに関与している可能性はあり、今後明らかにしなければならない課題である。更に、このことは一次元モット絶縁体での超高速緩和の機構解明のために重要な情報を与えるものと期待される。

#### c) 高温超伝導物質の不純物効果の研究

Ni 不純物効果におけるキャリアの束縛の様子を直接検証するため、その実験手段の提案およびその実験的検証や、さらには高温超伝導体における磁性・非磁性不純物効果の統一的理解が今後展開されるべき事柄である。

#### d) 多層系高温超伝導物質の電子状態の研究

本研究で得られた成果から、面間電荷不均一がフェルミ面の形状と密接に関連していることが分かった。一方、面間の結合が面内の電子相関により抑制され、クーパー対が位相コヒーレンスを保てなくなり、 $T_c$ が低下している可能性がある。単位胞内に含まれる  $\text{CuO}_2$  面の数( $n$ )に依存して  $T_c$ が変化するのも、これら面間電荷不均一に付随して現れる電子状態が深く関係していると考えられる。しかし、面間電荷不均一によって引き起こされた何が重要な要因なのかは、今まで明らかでなかった。 $n$ に依存して  $T_c$ が変化する際、電子状態がどのように変化しているのかは、本研究で得られた結果と実験結果とを比較することで今後解明されるであろう。その結果、頭打ちになっていた銅酸化物超伝導体の  $T_c$ をより高くするための提案が可能となると期待される。より高い高温超伝導転移温度が科学技術の発展や社会へ及ぼす効果は計り知れない。

#### e) 軌道自由度を用いた熱電応答

これまでの熱電材料の開発と探索には主に半導体が用いられてきた。半導体の電子状態は電荷濃度によって制御される。すなわち、電荷濃度を小さくすれば熱起電力は大きくなる。しかし、電荷濃度の減少は、同時に電気抵抗の増大を招くため、熱電材料の開発と探索には限界があるとされてきた。本研究により、遷移金属酸化物に代表される強相関電子系において、電子の持つ電荷以外の自由度、すなわち、スピンと軌道自由度による電子状態制御の実現とそれに基づく新たな熱電材料開発指針が示された。これは、限界を引きずる半導体エレクトロニクスとはまったく領域を異にする物質群での新たな熱電材料の開発と探索の可能性をもたらすものである。また、強相関電子系にしばしば見られる異常な熱磁気応答はこれまで成功することのなかった熱磁気発電の研究に新たな扉を提供するものである。

#### f) 軌道自由度特有の新しい希釈効果の解明

軌道縮退を有する系における初めての本格的な古典・量子モンテカルロ法による研究であり、これにより軌道物性をより正確に探索することが可能な段階となり、指針構築のための基盤が整備されたといえる。また軌道系の希釈効果はこれまでのパーコレーション理論や希釈スピン系では説明することができない。これは軌道系特有の内在的なフラストレーション効果に起因するものであり、軌道系の希釈は単純な空孔ではないことを意味している。これらの結果は新しい希釈の概念を与えるものであり、軌道自由度を利用した新しいデバイス構築の基礎を築くものである。

**g) 電子型磁性強誘電体の電気磁気効果**

これまでの強誘電体は BaTiO<sub>3</sub> のような格子変位が電気分極を担う物質群や TbMnO<sub>3</sub> のような non-colinear なスピン構造が反転対称を破る格子変位を誘発するスピン誘起型強誘電体が知られている。本研究で取り扱った系は電子の電荷秩序が電気分極を担う新しい形の強誘電体である。さらに電子の電荷とスピンの結合が強いため、より直接的な電気磁気効果が得られる。格子歪みが本質的に不必要なために高速の分極反転が原理的に可能であり、新しいメモリー素子構築の基礎原理を与えるものである。

**h) スピン・軌道自由度系での光誘起相転移**

本研究成果をもとにして、様々な強相関物質の光誘起相転移に関する研究の進展が期待される。とりわけ一次元モット絶縁体における光誘起相転移の解明は、スピン・電荷の分離・結合という低次元強相関係で最も大事な物理がこの問題にどう関わっているかという情報を与えると期待される。また、電子相関と高速応答機構の関係が明らかになることで強相関物質が有効な光機能性材料であることを確かな理論的基盤のもとにアピールできる。

### 3. 3 ナノデバイス理論構築グループ

(産業技術総合研究所・ナノテクノロジー研究部門、東北大学金属材料研究所、東北大学工学研究科)

#### (1) 研究実施内容及び成果

##### 研究実施内容

強磁性ナノ構造を用いて電流・スピン流を空間的に制御した新しいナノデバイス創成の指導原理の構築を目指して研究を行った。研究実施機関は産業技術研究所・ナノテクノロジー研究部門、東北大学・金属材料研究所、東北大学・大学院工学研究科の3機関である。

産業技術研究所・ナノテクノロジー研究部門のグループはボルツマン方程式やLLG方程式を用いた強磁性ナノ構造の数値シミュレーションプログラムを開発し、電流狭窄領域を持つ強磁性ナノ構造における磁気抵抗効果の理論解析を行った。また、解析的な手法を用いて強磁性金属における横スピン侵入長のスピンプンピングを用いた測定手法の提案も行った。このスピンプンピングの研究においては実験実証グループと協力し、実験で観測された強磁性共鳴の線幅を解析することによりNiFe, Co, CoFeBなどの強磁性金属における横スピン進入長を決定した。

東北大学・金属材料研究所のグループは解析的な手法を用いて電流による非局所スピン注入、スピンホール効果、完全分極した強磁性体を用いたジョセフソン電流のポンピングに関する研究を行った。スピンホール効果に関しては、東京大学・物性研究所の実験グループや東北大学・金属材料研究所の他の実験グループとの共同研究を行い、実験で観測されるスピンホール効果の特異な振る舞いや物質依存性を理論的に解明した。

東北大学・工学研究科のグループはVASPパッケージを用いたハーフメタルの電子状態の第一原理計算を行い、トンネル接合界面でのスピン分極率の面方位依存性を明らかにした。また、スピン注入磁化反転の様子をすびんトランスファートルクの効果を取り入れたマイクロマグネティクス・シミュレーションプログラムを用いて詳細に調べ、臨界電流の初期磁化配置依存性などを明らかにした。

##### 主要な研究成果

###### a) 電流狭窄領域を持つ強磁性ナノ構造における磁気抵抗効果の理論解析

産業技術総合研究所・ナノテクノロジー研究部門のグループは強磁性ナノ構造におけるスピン蓄積・スピン流を計算するシミュレーションプログラムを作成し、電流狭窄による磁気抵抗の増大効果について理論解析を行った。解析の結果、電流狭窄による磁気抵抗の増大は強磁性・非磁性多層膜や強磁性薄膜など磁気抵抗を示す薄膜であれば、そこに電流狭窄領域を埋め込むことにより実現できる一般的な効果であることを示した。また、電流狭窄領域を狭くするだ

けでなく膜内の電流狭窄領域間の距離を大きくすることによっても大きな磁気抵抗比が得られることも示した。

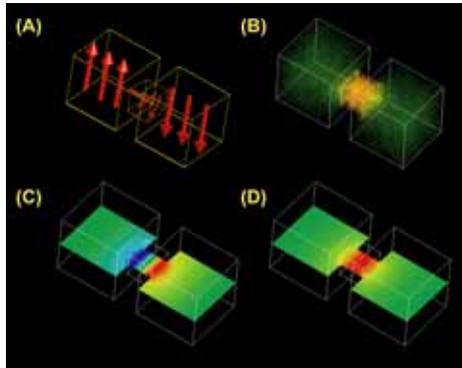


図 3-3-①：高抵抗状態にある強磁性ナノコンタクトの磁気構造(A)、電流分布(B)、電極の磁化に垂直な成分のスピンの蓄積分布(C)、電極の磁化に平行な成分のスピンの蓄積分布(D)。

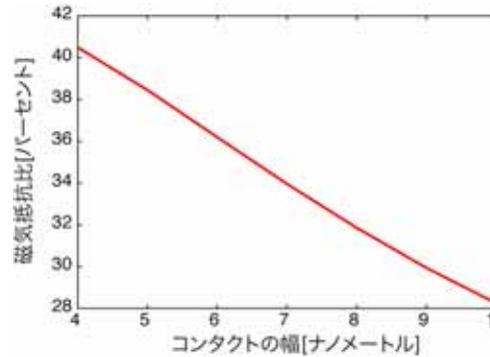


図 3-3-②：強磁性ナノコンタクトの磁気抵抗。コンタクトの長さを4ナノメートルで固定し、コンタクトの幅を変えてプロットした。コンタクトの幅が減少するにしたがって磁気抵抗が増加することがわかる。

### b) スピンプンピングを用いた強磁性金属の横スピン侵入長の決定

産業技術総合研究所のグループは、実験実証グループと共同でスピンプンピングを用いた強磁性金属の横スピン侵入長の決定を行った。強磁性金属の横スピン侵入長は、スピン注入磁化反転においてスピン流から強磁性金属の磁化へのスピン角運動量の受け渡しが行われる領域を特徴付ける非常に重要な物理量である。しかしながら、その長さが数オングストロームのオーダーであるのか数ナノメートルのオーダーであるのかは、理論的にも実験的にも明らかになっていなかった。産業技術研究所・ナノテクノロジー研究部門の理論グループは従来のスピンプンピングの理論に横スピン緩和の効果を取り入れた拡張をおこなった。この理論を用いて下図に示すような非磁性・強磁性・非磁性・強磁性・非磁性の金属5層膜における強磁性共鳴を用いたスピンプンピングについて詳細に研究し、実験で観測される強磁性共鳴のスペクトル幅を解析することにより横スピン侵入長が決定できることを示した。

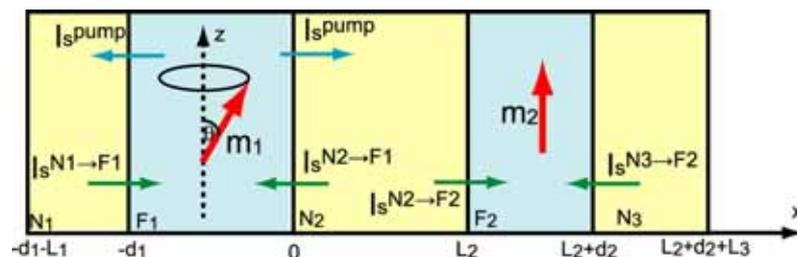


図 3-3-③：非磁性・強磁性・非磁性・強磁性・非磁性5層膜の概念図。左の強磁性体の磁化を回転させスピン流を作り出し、右側の強磁性体に注入する。

さらに実験実証グループが行った 3 種類の 5 層膜 Cu/CoFe/Cu/Py/Cu, Cu/Py/Cu/CoFe/Cu, Cu/CoFe/Cu/CoFeB/Cu におけるスピンプンピングの実験結果を解析することにより、NiFe, CoFe, CoFeB の横スピ侵入長をそれぞれ 4.1、3.1、8.8 ナノメートルであることを示した。

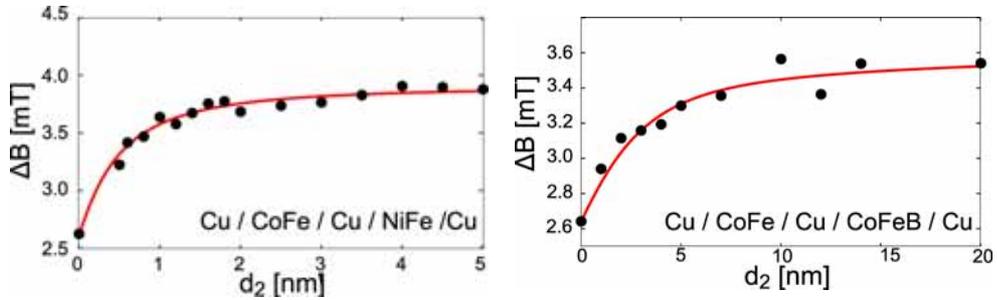


図 3-3-④ : Cu/CoFe/Cu/NiFe (左図) と Cu/CoFe/Cu/CoFeB/Cu (右図) の実験データと理論曲線。実験データのフィッティングから NiFe, CoFeB の横スピ侵入長はそれぞれ 4.1, 8.8nm と見積もられる。

### c) 非局所スピ注入とスピホール効果

東北大学・金属材料研究所のグループは非局所スピ注入とスピホール効果に関する研究を行った。強磁性体と非磁性体からなる非局所スピ注入法を用いると、非磁性体中にスピ蓄積および電荷の流れを伴わないスピンの流れ（純粋スピ流）が生成される。この非磁性体にパーマロイなどの微小な強磁性体を接触させると、 $10^6 \text{A/cm}^2$  の電流密度をもつ大きなスピ流が微小な強磁性体へ流れ込むことが数値シミュレーションに明らかになり、非局所磁化反転の可能性があることが分かった。また、この純粋スピ流はホール電圧を誘起し、非局所スピホール効果が観測可能であることを示した。非局所スピホール効果については東京大学・物性研究所が行った Pt と Py を用いた実験によって確認された。また、Au と FePt を用いた素子において、Pt と Py を用いた素子よりも大きなホール電圧が生じることも示した。

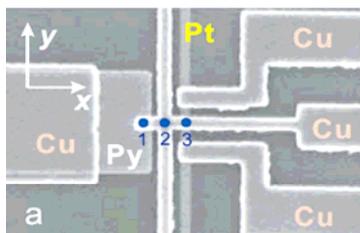


図 3-3-⑤a : 東京大学物性研究所との共同研究で測定した試料。(PRL 2007)

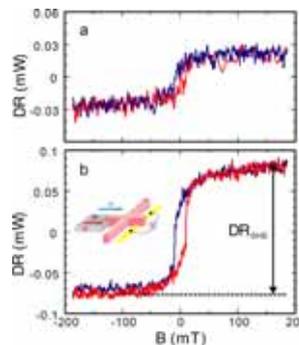


図 3-3-⑤b : スピ流誘起スピホール効果

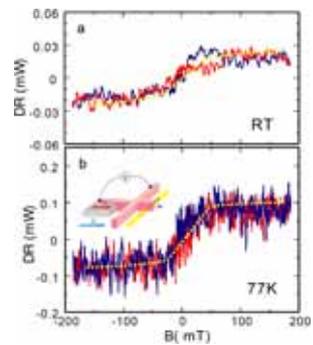


図 3-3-⑤c : 電流誘起スピホール効果

d) 完全分極した強磁性体を用いたジョセフソン電流のポンピング

東北大学・金属材料研究所のグループはハーフメタルと呼ばれる完全にスピン分極した強磁性体を用いたジョセフソン接合におけるスピンプンピングについて研究を行った。ハーフメタルを通常の超伝導体で挟んだジョセフソン接合では、超伝導とハーフメタルの接合界面でマグノンの吸収・放出を伴ったトンネル過程により、スピン一重項対と三重項対の相互転換がおこる。これにより、強磁性体中にマグノン波励起を伴ったスピン三重項ジョセフソン電流が流れることを示した。特に、マイクロ波共鳴による磁化の歳差運動によってジョセフソン電流が増強（ポンピング）されることを見出した。

e) トンネル磁気抵抗素子における電流誘起磁化反転過程の理論解析

東北大学・工学研究科のグループはトンネル磁気抵抗素子における電流誘起磁化反転過程について研究を行った。トンネル磁気抵抗（TMR）素子の性能向上は、スピントロニクス分野における最重要課題の一つである。ここで性能向上とは、駆動電流の低減と作動速度の高速化を意味する。そのために必要な因子として、TMR 比の向上と素子構造・形状の最適化の二点が挙げられる。最近の実験的研究の進歩により TMR 比は飛躍的に向上している。そこで我々は、TMR 素子が低電流で高速に作動するための素子構造・形状および磁化構造を理論的に提示するため、マイクロマグネティクスシミュレーションおよび第一

原理的電子状態計算法に基いた研究を行った。TMR 素子の作動を支配するのは、素子内のフリー層と呼ばれる領域の磁化反転過程である。したがって、フリー層の磁化が低電流で高速に反転する素子形状を見出すことがここでの具体的目標となる。実際のフリー層は厚さ数ナノメートル程度の薄膜であるため、これを2次元平面で近似する。また磁化反転の

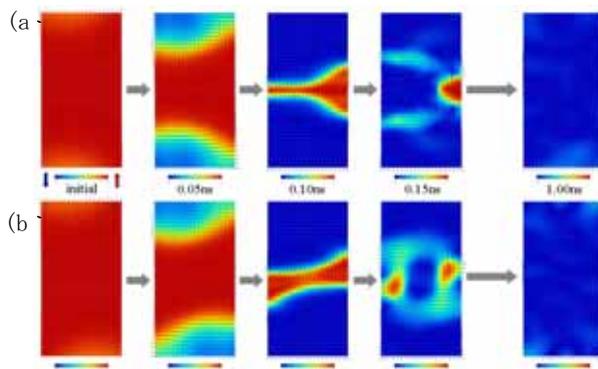


図 3-3-⑥：TMR 素子における磁化反転過程

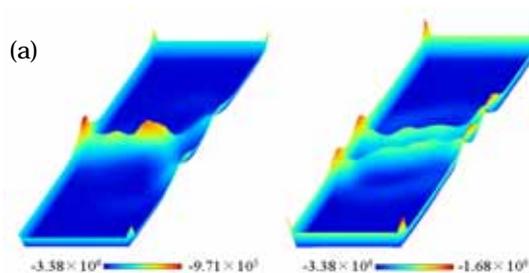


図 3-3-⑦：磁化反転時における磁気エネルギー分布

駆動力としては、2次元平面に垂直に入射する電流によって与えられるスピントランスファートルクを仮定した。素子形状として長方形と楕円形を、そしてフリー層

内の初期磁化分布としてc型およびs型と呼ばれる状態をとりあげ、磁化反転過程の実時間追跡を行った。その結果、s型の磁化分布を持つ状態はc型に対して駆動電流が半減することを見出した。磁化反転過程における磁化の空間分布（図1）および磁気エネルギーの空間分布（図2）から、s型が有利になる理由は反転過程における磁壁的構造の生成の有無によることが分かった。また、素子形状が楕円形から長方形に近づくほど、磁化反転が容易に生じることも明らかになった。

## (2) 研究成果の今後期待される効果

a) 1平方インチ当たり1テラビット超の面記録密度を持つ超高密度磁気記録を実現するためには、高い磁気抵抗比と低い面抵抗の両方の特性を備えた磁気抵抗素子の開発が必要である。現在盛んに研究されているMgOトンネルバリアを用いたトンネル磁気抵抗素子では高い磁気抵抗比を実現するためにMgOトンネルバリアによるスピントラッキング効果を利用している。そのため面抵抗を小さくしようとトンネルバリアを薄くすると、スピントラッキング効果が弱まり磁気抵抗比が減少するという問題点がある。一方、面直通電型の巨大磁気抵抗(CPP-GMR)素子は金属で構成されているため面抵抗は極めて小さい。しかしながら、従来の積層薄膜構造では数パーセントの小さな磁気抵抗しかえられないという問題点があった。我々が行った電流狭窄領域を持つ強磁性ナノ構造における磁気抵抗効果の理論解析によって、電流狭窄構造を持つCPP-GMR素子における磁気抵抗増大の物理が明らかになった。今後この研究成果を進展させ、高い磁気抵抗比と低い面抵抗を両立した超高密度磁気記録読み出しヘッドの開発が期待される。

b) 強磁性体におけるスピン緩和の研究は、スピントランスファートルクを利用した不揮発性磁気メモリ(MRAM)の書き込みの制御という観点から非常に重要である。我々が行ったスピントラッキングの研究では、伝導電子のスピン角運動量が強磁性体の磁化に受け渡される領域の大きさ(横スピン侵入長)が明らかになった。この研究成果を進展させることにより、スピントランスファートルクを効率的に行うための素子のデザインが可能になると期待される。

c) 非局所スピン流・スピンホール効果の研究は、これまで現象自身に対する科学的研究と、これらの現象を用いた強磁性金属・非磁性金属におけるスピン依存電気伝導の特性の解析に限られてきた。我々が行った非局所スピン流による微小磁性体の磁化反転の研究では、非局所スピン流によって磁化が反転することが明らかになった。この研究成果を進展させることにより、非局所スピン流を用いた磁気メモリの開発が期待される。また、我々は、AuとFePtの組

み合わせで非常に大きなスピントランスポート効果が得られることも示した。このスピントランスポート効果の研究成果を進展させることにより、電流とスピントランスポート流の変換を用いた新たなナノデバイスの開発が期待される。

d) ジョセフソン接合は、電圧標準素子として利用されるだけでなく、量子計算機の基本構成素子としての利用も期待される応用上極めて重要な系である。我々は完全強磁性体(ハーフメタル)を含んだジョセフソン接合の研究を行い、強磁性体のマイクロ波共鳴によってジョセフソン電流が増幅されるという新しい現象を明らかにした。この研究成果を進展させることにより、ジョセフソン接合を用いた新たな素子開発への展開が期待される。

e) スピントランスファートルクによる磁化のダイナミクスのシミュレーション研究はMRAMやマイクロ波発振・検出素子を開発する上で欠かせないものである。しかしながら多くの理論解析では反転する自由層の磁化は一様なものと仮定されてきた。我々が行ったトンネル磁気抵抗素子における電流誘起磁化反転過程の研究では、初期の磁気構造の違いによって臨界電流の値が異なることが明らかになった。この研究成果を進展させることにより、TMR素子が低電流で高速に作動するための素子構造・形状および磁化構造のデザインが可能になると期待される。

3. 4 実証実験グループ  
(東北大学大学院工学研究科)

a) スピン流の生成による非局所磁気メモリの原理実験

(1) 研究実施内容及び成果

強磁性体/非磁性体/強磁性体の構造の膜を用いて、強磁性共鳴法により強磁性体にスピン流を生成し、隣接する非磁性体を介してもう一方の非磁性体はその情報を伝達することができる。この手法を用いることにより非局所の磁気メモリが実現できる可能性があるが、本研究ではそのスピン流の伝達を効率的に行う材料の探索およびそのメカニズムを解明することを目的とした。

CoFe/Cu/FM/Cu (FM=CoFe, NiFe) の構造の積層膜を作製し、強磁性共鳴を測定した。Cu および FM の膜厚を種々に変化させることで、Cu および FM 内のスピン拡散長を見積もることが可能となる。図は、FMが CoFe、CoFeB、NiFe の場合において FM の膜厚を変化させたときの強磁性共鳴の線幅を示す。FM の膜厚を増加するにしたがい線幅が増大する傾向を示す。これは、FM 内のスピンの拡散に依存した変化であることが予想される。この変化を FM 内のスピニコヒーレンス長によるものであると仮定してフィッティングを行った結果を図および表に併せて示す。比較的よい一致を示すことから、FM 内のスピニコヒーレンス長が有限の値をもつことが実験により実証された。

強磁性内におけるスピンの拡散および角運動量伝搬のメカニズムはこれまであまり明らかになっていない。効率的なスピン角運動量の伝搬はスピン注入による磁化反転の効率化、すなわち反転電流密度の低減化にとって必須の技術であり、その解明が望まれている。本研究は、強磁性内のスピンの伝搬に関する基本特性を理解する上できわめて重要な実験結果であり、その到達度は期待以上である。特に強磁性体内のスピニコヒーレンス長の実験的検証は世界で初めてのものである、大変大きな成果である。

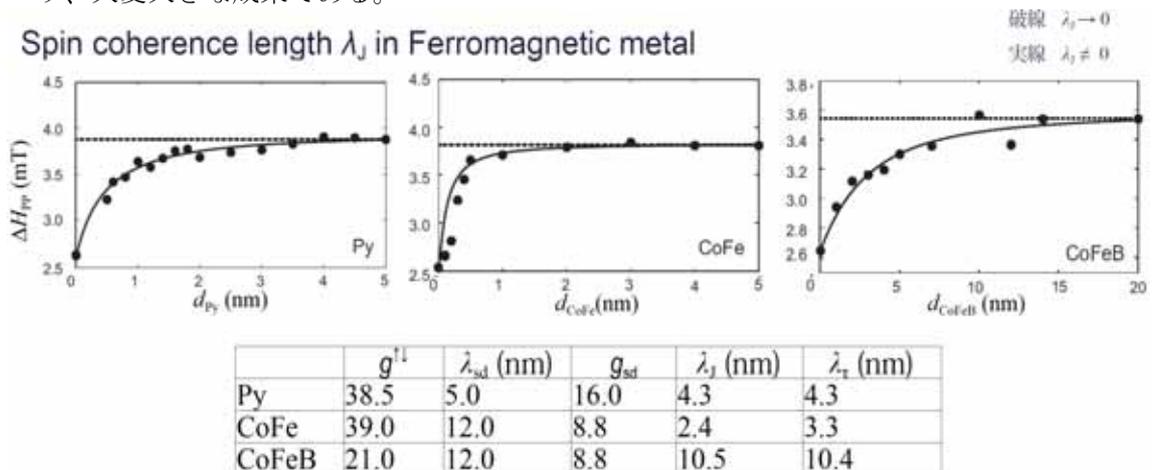


図 3-4- :

図・表. CoFe/Cu/FM/Cu (FM=CoFe, CoFeB, NiFe) の構造において FM の膜厚を変化させたときの強磁性共鳴の線幅。FM の膜厚を増加するにしたが

い線幅が増大する傾向を示す。フィッティングと表は、この変化をFM内のスピ  
ンコヒーレンス長によるものと仮定して得られた結果である。

(2) 研究成果の今後期待される効果

内部自由度であるスピンを制御したデバイスはこれまでに多くの研究例があり、さまざまな観点から研究が進められてきているが、電流を伴わないスピン流を制御するという考えはごく最近になって認識されてきたものである。しかしながら、スピン流自体の拡散および角運動量伝搬に関しての材料研究はほとんどなされてきていない。この点において本研究はスピンを制御したナノデバイス構築をめざす本戦略目標に対して、寄与する点が大きい。強磁性内における角運動量伝搬のメカニズムが解明されることにより、現在世界中で研究が進められているギガビットクラスの磁気メモリ開発にあたっての書き込み技術にイノベーションをもたらす可能性がある。また、強磁性内における角運動量伝搬にとどまらず、強磁性の緩和機構という未知のサイエンスとしての領域に革新的な発展をもたらす可能性がある。

b) 巨大熱起電力をもつ低次元遷移金属酸化物の探索と単結晶育成

(1) 研究実施内容及び成果

デラフォサイト型酸化物  $\text{CuCrO}_2$  がスピンによる巨大な熱起電力を持ち、熱電材料として有望であることを明らかにした。 $\text{CuCrO}_2$  の  $\text{Cr}^{3+}$  を 2 価の陽イオンで置換することにより、1100 K における無次元性能指数  $ZT$  を  $ZT=0.005$  ( $\text{CuCrO}_2$ )  $\rightarrow$   $0.045$  ( $\text{CuCr}_{0.97}\text{Mg}_{0.03}\text{O}_2$ )  $\rightarrow$   $0.09$  ( $\text{CuCr}_{0.95}\text{Mg}_{0.03}\text{Ni}_{0.02}\text{O}_2$ ) へと向上することに成功した。構造解析から置換試料では Cu 層のホールが増加していることがわかった。ホールの増加によりゼーベック係数は減少するものの、電気伝導率が大幅に上昇したため熱電性能が向上した。なお、 $\text{CuCr}_{1-x}\text{Mg}_x\text{O}_2$  のゼーベック係数は小椎八重らによるスピン流を考慮した熱起電力の理論値と良い一致を示した。

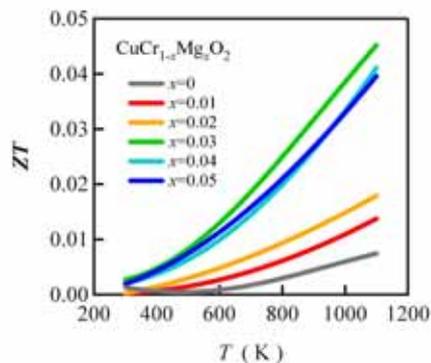


図 3-4- a:  
 $\text{CuCr}_{1-x}\text{Mg}_x\text{O}_2$  の  $ZT$ 。Mg を 3%  
ドーピングすると  $ZT$  は母物質の  
約 9 倍向上する。

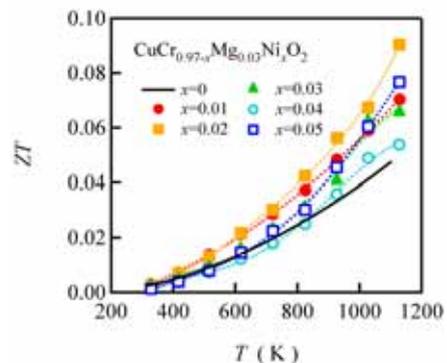


図 3-4- b:  
 $\text{CuCr}_{0.97-x}\text{Mg}_{0.03}\text{Ni}_x\text{O}_2$  の  $ZT$ 。  
Mg 3%、Ni 2%ドーピングした試料  
で最大の  $ZT=0.09$  が得られ  
た。

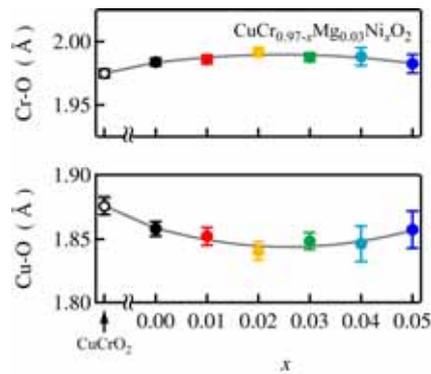


図 3-4- c:  $\text{CuCr}_{0.97-x}\text{Mg}_{0.03}\text{Ni}_x\text{O}_2$  の構造パラメータ。Cu-O 間距離が縮んでいることから Cu 層にホールがドーピングされたことがわかる。

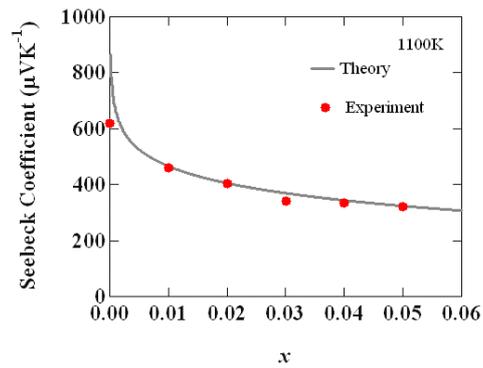


図 3-4- d: 1100 K における  $\text{uCr}_{1-x}\text{Mg}_x\text{O}_2$  のゼーベック係数はスピン流を考慮した熱起電力の理論値と良い一致を示す。

共置換元素の組み合わせとして (Mg, Ni) 以外に (Mg, Zn)、(Mg, Ca)、(Mg, Co) の多結晶試料も作製したが、(Mg, Ni) には存在しないスピネル型の不純物  $M\text{Cr}_2\text{O}_4$  ( $M = \text{Zn}, \text{Ca}, \text{Co}$ ) を含んでいた。このため、(Mg, Ni) 以外の共置換試料では  $\text{CuCr}_{0.97}\text{Mg}_{0.03}\text{O}_2$  よりも電気伝導率が低下、ゼーベック係数は増加し、結果として熱電性能が向上しなかった。なお、最も  $ZT$  が高かった  $\text{CuCr}_{0.95}\text{Mg}_{0.03}\text{Ni}_{0.02}\text{O}_2$  について flux 法による単結晶育成を進めたが、最大でも  $1\text{mm} \times 1\text{mm} \times 0.1\text{mm}$  とかなり小さな結晶しか得られておらず、熱電特性の測定には至らなかった。現在、単結晶成長の最適条件を探している。

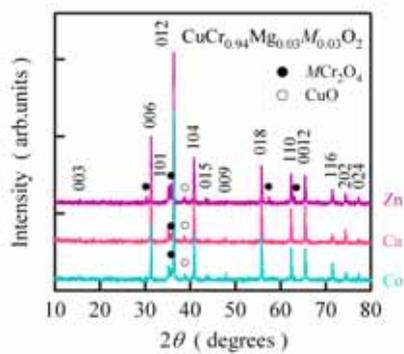


図 3-4- a:  $\text{CuCr}_{0.94}\text{Mg}_{0.03}\text{M}_{0.03}\text{O}_2$  の XRD。Mg+Zn、Mg+Ca、Mg+Co の共置換試料は不純物相を含む。

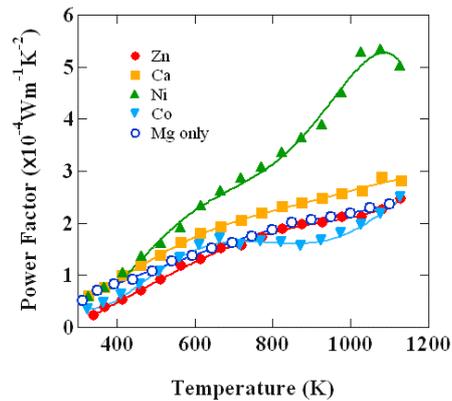


図 3-4- b:  $\text{CuCr}_{0.94}\text{Mg}_{0.03}\text{M}_{0.03}\text{O}_2$  の出力因子。Mg+Ni の共置換試料が最も高い出力因子を示す。

以上述べてきたように  $\text{CuCrO}_2$  系が Cr 酸化物として有望な熱電材料であることを初めて明らかにした。既に Co、Mn、Zn、Ti の酸化物が有力な熱電材料であることがわかっており、今後さらに遷移金属酸化物の熱電材料開発が発展するものと考えられ

る。

## (2) 研究成果の今後期待される効果

CuCrO<sub>2</sub>系は1400 Kまで大気中で安定であり、Naの蒸発が高温で懸念されるNa<sub>x</sub>CoO<sub>2</sub>に代わる高温用p型熱電材料として期待される。特に600 K以上の高温領域の排熱を利用した熱発電や同温度領域での精密温度調節での利用が挙げられる。また、焼成温度が高く、加工性に優れた高密度のバルク材料が容易に得られる。この点は今後実用化する際に有利に働くものと考えられる。

## c) n型熱電変換酸化物の探索

### (1) 研究実施内容及び成果

Ruddlesden-Popper型の構造をとるLa<sub>2-2x</sub>Ca<sub>1+2x</sub>Mn<sub>2</sub>O<sub>7</sub>は、 $x$ の値によりMn<sup>3+</sup>( $t_{2g}^3 e_g^1$ )とMn<sup>4+</sup>( $t_{2g}^3$ )の混合価数を制御することができる。この電子状態は、小椎八重の理論によれば負の大きなゼーベック係数 $S$ が期待される。また、低次元性の強い構造をしていることから、3次元的な構造を持つペロブスカイト系酸化物に比べて低い格子熱伝導率が期待できる。本研究では、この系のn型熱電変換材料としての可能性を探るため、単相生成域、結晶構造および熱電特性を明らかにすることを目的とした。単相試料の組成は、 $0.50 \leq x \leq 1.0$  (Mnイオンの形式価数： $3.50 \leq Mn^{n+} \leq 4.0$ )であった。図に、 $x$ の異なる5試料の導電率・・・と $S$ の温度変化を示す。全ての組成で固溶相は負の $S$ を示すことが確認された。 $x$ の増加とともに室温近傍における・・・は増加傾向にあり、また $S$ の絶対値は大きくなった。最も高い無次元性能指数 $ZT$ を示したのは $x = 0.95$ の試料で、その値は0.031 (1123 K)であった。この試料の熱伝導率は温度にほとんど依存せず、300 K-1100 Kの温度範囲において $\sim 1.7$  W/Kmであった。

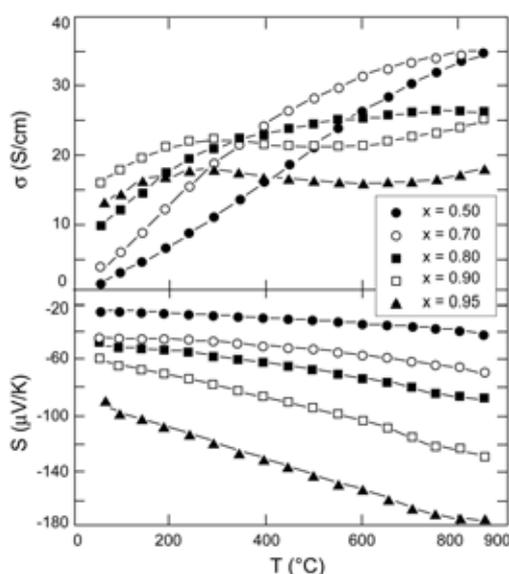


図 3-4-④: La<sub>2-2x</sub>Ca<sub>1+2x</sub>Mn<sub>2</sub>O<sub>7</sub> 固溶相のゼーベック係数  $S$  と導電率・・・の温度変化。Ca 置換量  $x$  の増加とともに、室温近傍では導電率が増加し、逆に高温では低下する複雑な挙動が見られる (上)。またゼーベック係数の絶対値は  $x$  の増加とともに増加する傾向にある (下)。

## (2) 研究成果の今後期待される効果

Ruddlesden-Popper 型の構造をとる  $\text{La}_{2-2x}\text{Ca}_{1+2x}\text{Mn}_2\text{O}_7$  は、ゼーベック係数の絶対値と熱伝導率は、ペロブスカイト系よりも優れている。したがって、多結晶試料の高配向化を試みることによってこれらの長所を維持したまま、導電率のみを向上できるものと期待される。たとえば、ミスフィット型コバルト酸化物の高配向化に応用されている、プラズマ焼結と酸素アニールを組み合わせた手法は有効であると思われる。

## d) 熱電発電モジュールの試作と発電試験

### (1) 研究実施内容及び成果

本領域研究で見出された高性能酸化物熱電材料を用いてモジュールの試作を行い、その発電特性の評価を行うことを目的とした。p型およびn型材料として、それぞれデラフォサイト型  $\text{Cu}(\text{Cr}_{0.92}\text{Mg}_{0.03}\text{Ni}_{0.05})\text{O}_2$  系およびペロブスカイト型  $(\text{Ca}_{0.92}\text{La}_{0.08})\text{MnO}_3$  系多結晶を選択し、2対の p n 接合からなるモジュールを試作した。これらの素子の無次元性能指数は 873 K においてそれぞれ  $ZT = 0.05$  および 0.10 である。試作されたモジュールの理論性能は、内部抵抗 40.8 mΩ で、高温側温度 873 K、低温側温度 323 K (温度差 550 K) の時に最大出力 150 mW と計算される。

試作されたモジュールは、1回の昇降温サイクル後にn型素子内部にクラックが生じて発電不能となった。現在、銀ペーストに試料粉末を適量混ぜて電極と接合する等の対策を検討している。

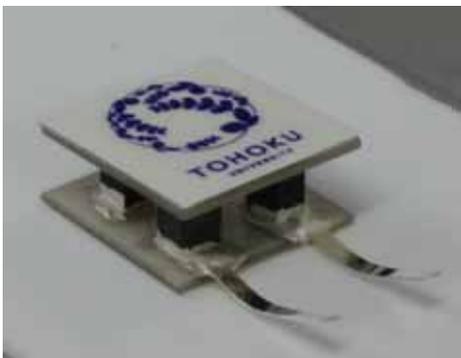
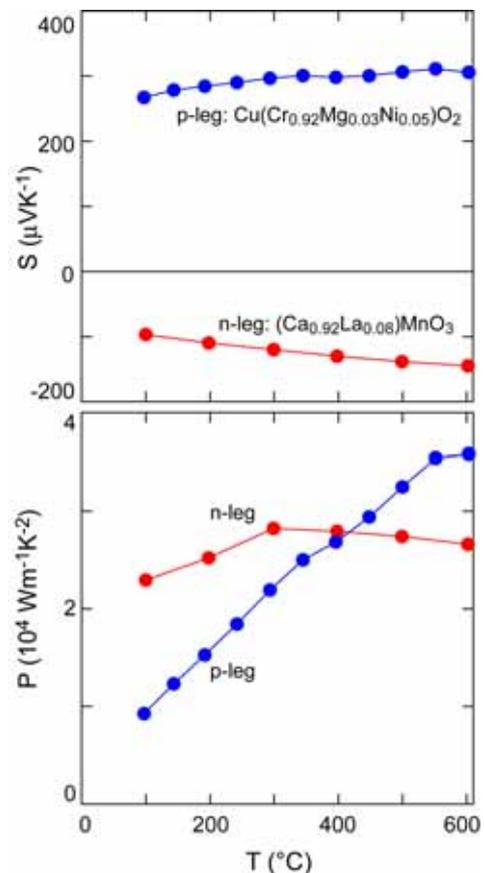


図 3-4-⑤：試作された発電モジュール (上) と構成素子の熱電特性 (右)。室温以上の温度域では、p 型素子のゼーベック係数は温度に殆ど依存せず、 $300 \cdot \text{VK}^{-1}$  と大きな値を示す。これに対し、n 型素子のゼーベック係数は、 $-100 \sim -150 \cdot \text{VK}^{-1}$  とやや低い (右上)。しかし同時に抵抗率も低いために、出力因子の値は両者ともほぼ等しくなる (右下)。



(2) 研究成果の今後期待される効果

p型およびn型材料とも、大気中で熱的・化学的安定性に富むことから、クラックの問題を克服することができれば、中・高温域の廃熱を利用した熱電発電の実現性が高まるものと期待される。

e) 巨大熱伝導を持つ低次元遷移金属酸化物の試料作製と巨大熱伝導の実証

(1) 研究実施内容及び成果

近年、いくつかの低次元量子スピン系の物質において、スピンによる大きな熱伝導が観測され注目されている。熱を運ぶ粒子は、伝導電子とフォノンの2つであるという考えが一般的であり、スピンの大きな熱を運ぶことはあまり知られていない現象である。そのため、スピンが熱を運ぶメカニズムの研究は始まったばかりであり、その詳細はわかってはいない。このメカニズムの解明は、スピンが熱を運ぶことを利用した新しい高熱伝導材料の発見に繋がることが期待される。

本研究では、スピンによる高熱伝導材料を探索し、スピンによる熱伝導の機構を解明することを目的とした。そのために、様々な低次元量子スピン系の遷移金属酸化物の単結晶試料を育成し、その熱伝導率の測定を実施した。その結果を以下に記す。

- ギャップレス系  $\text{Sr}_2\text{CuO}_3$ 、 $\text{SrCuO}_2$  において、スピノンによる熱伝導率がバリステックになることを実証した。 $S=1/2$  の1次元スピン鎖系では、スピンによる熱伝導が非常に大きくなる可能性を示した。
- スピンギャップ系  $\text{Y}_2\text{BaNiO}_5$  (ハルデン系) において、大きなスピンによる熱伝導率を観測した。 $S=1$  のスピンでも、大きな熱を運べる可能性を示した。
- ギャップレス系  $\text{La}_8\text{Cu}_7\text{O}_{19}$  (5本足スピン梯子格子系) においては、スピンによる熱伝導をほとんど示さないことが分かった。スピンネットワーク間の相互作用が大きいことは、スピンによる熱伝導を小さくすると結論付けた。
- スピンギャップ系  $\text{Pb}_2\text{V}_3\text{O}_9$  (ボンド交替鎖) において、マグノンのボーズ・アインシュタイン凝縮 (BEC) による熱伝導の増加を観測した。しかし、この増加がスピンによる熱伝導の増加か、フォノンによる熱伝導の増加かについてはわかっていない。
- フラストレート系  $\text{CuB}_2\text{O}_4$  (磁気ソリトン格子) において、新しい磁気秩序相が存在することを発見した。熱伝導率の測定が磁気相転移などスピン状態の変化の検出に極めて有用であることが再確認された。

以上のように、スピンによる熱伝導のメカニズムとして、スピンによる熱伝導が大きくなる新しい条件を得ることができた。また、様々な磁気秩序状態でスピンによる熱伝導の変化を観測し、磁気秩序状態に対するスピンによる熱伝導の知見を得ることができた。

(2) 研究成果の今後期待される効果

研究対象の物質は絶縁体であるため、電氣的絶縁性を兼ね備えた新しい高熱伝導材料としての応用が期待できる。現存する高熱伝導材料以上の熱伝導を持つ物質が見つければ、LSI など半導体素子用の放熱材料としての用途が期待される。また、スピンの熱を運ぶ機構やその熱輸送に伴うスピン・フォノン・電子の間の散乱現象の知見は、スピンを利用したナノデバイス開発の基礎物理として役に立つことが期待される。

f) ソフト化学法を用いた新しい高温超伝導体の開発

(1) 研究実施内容及び成果

ペロブスカイト型酸化物に着目し、高い超伝導転移温度を有する物質を創製することを目的とした。電気化学的リチウムインターカレーション、水酸化溶融塩法等、ソフト化学的合成手法を用いた。

その結果、代表的な高温超伝導体  $(\text{La, Sr})_2\text{CuO}_4$  と同じ結晶構造を有する  $\text{Sr}_2\text{CuO}_2\text{X}_2$  ( $\text{X}=\text{Br, I}$ ) に対して電気化学的手法を用いて Li をインターカレートし、超伝導化に成功した。それぞれの超伝導転移温度  $T_c$  は 8.0 K, 7.5 K であった。これまでに発見されている数十種類にのぼる銅酸化物高温超伝導体のほとんどはホール型であり、この新超伝導体は数少ない第3の電子型超伝導体である。また、この結晶構造はホール型超伝導体であるという常識を覆した。同じ結晶構造をもつホール型銅酸化物高温超伝導体との比較が可能であり、高温超伝導機構の解明に寄与しうる重要な発見である。

また、アルカリ金属水酸化物を溶融塩として用いた低温合成法は、世界でも数グループしか行なっておらず、未知なところが多いが、新物質探索に有用であることがわかった。まず、超伝導体  $\text{Ba}_{0.6}\text{K}_{0.4}\text{BiO}_3$  をわずか1分の加熱で合成することに成功した。また、通常の固相反応法とは異なる結晶構造を有する T' 型  $\text{La}_2\text{CuO}_4$  を合成することに成功した。

(2) 研究成果の今後期待される効果

通常の方法では作製できない物質をソフト化学的手法により作製できれば、新たに超伝導が見つかる可能性は高いと思われる。その中で、銅酸化物を越える高い  $T_c$  を持つものが現れることが望まれる。また、このソフト化学的合成法は、超伝導物質に限らず他の新機能性物質の創製にも応用できる。

#### 4 研究参加者

##### 量子デバイス開発グループ (プログラム整備と研究の統括を担当)

氏名	所属	役職	担当する研究項目	参加時期	備考
前川 禎通	東北大学金属材料研究所	教授	ナノデバイス理論および実験の統括	H16,10～	研究代表者
フルートネジャット	JST (東北大学金属材料研究所)	博士研究員	新規計算プログラムの開発	H16,12～ H17,3	CREST 研究員
フルートネジャット	JST (東北大学金属材料研究所)	博士研究員	量子モンテカルロ法による多体電子状態の大規模計算	H18,2～	CREST 研究員
家田 淳一	JST (東北大学金属材料研究所)	助教	ナノ磁性体の量子効果の理論	H17,4～	H19.7 CREST 研究員から異動
Bo Gu	東北大学金属材料研究所	教育研究支援者	磁性半導体の磁気発現機構のシミュレーション	H19,5～	

##### 多体電子系シミュレーショングループ (多体電子系シミュレーション用プログラムの開発を担当)

氏名	所属	役職	担当する研究項目	参加時期	備考
○遠山 貴巳	京都大学	教授	モット絶縁体の非線形光学応答の解明	H16,10～	グループリーダー、H18.10 東北大学金属材料研究所より異動
小椎八重 航	仙台電波工業高等専門学校	准教授	軌道の自由度の関わる新しい現象の解明	H16,10～	H18.4 東北大学金属材料研究所より異動
松枝 宏明	同上	助教	同上	H17.4～	H19.4 東北大学大学院理学研究科より異動
石原 純夫	東北大学	准教授	同上	H16,10～	
森 道康	同上	講師	多層系超伝導体における超伝導と磁性の研究	H16.10～	H18.10 21 世紀 COE 研究員より異動
筒井 健二	独立行政法人日本原子力研究開発機構	研究職員	モット絶縁体の非線形光学応答の解明	H18.4～	H19.4 東北大学金属材料研究所より異動
横山 健	東北大学金属材料研究所	産学官連携研究員	低次元強相関電子系の電子状態	H18.4～	
S. Akbar Jafari	同上	日本学術振興会外国人特別研究員	相関電子系の非線形型応答	H18.4～H18.11	
小野寺 啓祥	同上	D3	モット絶縁体の非線形光学応答の解明	H16.10～H17.3	

氏名	所属	役職	担当する研究項目	参加時期	備考
井上 勇樹	同上	M2	同上	H16.10~H17.3	
村田 浩一	同上	M2	同上	H16.10~H17.3	
安藤 彰祐	同上	M2	同上	H17.4~H19.3	
外山 篤	同上	M2	同上	H17.4~H19.3	
千船 外史	同上	M2	同上	H18.4~	
友田 良寛	同上	M2	同上	H18.4~	
杉下 裕樹	同上	M1	同上	H19.4~	
Navid Afzal	同上	M1	同上	H19.4~	
田中 孝佳	同上	D3	軌道の自由度に関する新しい現象の解明	H16.10~	
井原 聡志	同上	M2	同上	H16.10~H18.3	
長野 あや	同上	M2	同上	H16.10~H18.3	
佐藤 健夫	同上	M2	同上	H16.10~H18.3	
中 惇	同上	D1	同上	H18.4~	
吉本 一紀	同上	M2	同上	H18.4~	
金森 悠	同上	M2	同上	H19.4~	
那須 譲治	同上	M2	同上	H19.4~	
義積 広幸	京都大学	M2	モット絶縁体の非線形光学応答の解明	H19.4~	
鈴木 亮	同上	M1	同上	H19.4~	

デバイス理論構築グループ (スピン流・スピン蓄積シミュレータの開発を担当)

氏名	所属	役職	担当する研究項目	参加時期	備考
○今村裕志	産業技術総合研究所	主任研究員	低ノイズな微小TMR・GMR素子のデザイン	H16,10~	グループリーダー H18.4 東北大学大学院工学研究科より異動
吉岡 毅	情報科学研究科	M2	<del>低ノイズな微小TMR・GMR素子の</del>	H16,1~H17,3	

氏名	所属	役職	担当する研究項目	参加時期	備考
			デザイン		
佐藤 由一	同上	M2	低ノイズな微小TMR・GMR素子のデザイン	H16,1~H17,3	
高橋 三郎	同上	助教	複合ナノ構造における非局所スピン注入とスピン制御	H16,10~	
挽野 真一	同上	D2	強磁性ジョセフソン接合におけるパイ状態と量子デバイス	H16,10~	
谷口 知大	同上	M2	強磁性ナノ構造におけるスピン流制御	H18,4~	
谷川 和男	H16,10~H18,3	D3	複合ナノ構造における非局所スピン注入とスピン制御	H16,1~H19,3	
山下 太郎	H16,10~H18,3	ポスドク	強磁性ジョセフソン接合を用いた量子計算素子の提案	H16,1~H18,3	
土浦 宏紀	工学研究科	助教	磁性積層膜の界面における磁気構造とスピン流に関する理論的研究	H16,10~	
佐久間 昭正	同上	教授	同上	H16,10~	
高木 健一	同上	M2	TMR 比の微視的計算	H18,4~	
高橋 智洋	同上	M2	磁性薄膜の磁化反転シミュレーション	H18,4~	
山田 直良	同上	M2	強磁性体における磁気緩和の微視的理論	H18,4~	
小野寺克志	同上	M1	強磁性体界面における磁化分布シミュレーション	H19,4~	
梅 裕太	同上	M1	磁性積層膜の電子状態に関する第一原理計算	H19,4~	
蓮 佳澄	同上	M2	磁気緩和定数の微視的定式化	H18,4~H19,3	
佐々木優	同上	M2	スピン注入磁化磁化反転の微視的定式化	H18,4~H19,3	
谷井俊介	同上	M2	磁性積層膜の電子状態計算	H18,4~H19,3	

実証実験グループ（実証実験研究を担当）

氏名	所属	役職	担当する研究項目	参加時期	備考
小池 洋二	工学研究科応用物理	教授	スピンをを用いた巨大熱伝導材料の開発	H16,10～	グループリーダー
加藤 雅恒	工学研究科応用物理	准教授	新しい高温超伝導の開発	H17,4～	
安藤 康夫	工学研究科応用物理	教授	スピニエレクトロニクスデバイスの作製と実証	H16,10～	H19.4 助教授より異動
宮崎 謙	工学研究科応用物理	准教授	オーピトンを用いた熱電変換素子の作製	H16,10～	
野島 勉	極低温科学センター	助教授	超伝導・強磁性接合デバイスの試作とスピン注入効果の実証	H17,4～H18.3	
小野 泰弘	工学研究科応用物理	助手	スピンをを用いた熱電変換材料の作成と評価	H16,10～H18.9	
足立 匡	工学研究科応用物理	助教	スピンをを用いた巨大熱伝導材料の開発	H16,10～	
大兼 幹彦	同上	助教	スピニエレクトロニクスデバイスの作製と実証	H17,4～	
野地 尚	同上	助教	新しい高温超伝導の開発	H17,4～	
林 慶	同上	助教	スピンをを用いた熱電変換材料の作成と評価	H19,4～	
川股 隆行	(独)理化学研究所	協力研究員	遷移金属酸化物試料の作製と熱伝導測定	H16,10～	H18.4 東北大学大学院工学研究科より異動
リスディアナ	工学研究科応用物理	D3	遷移金属酸化物試料の作製	H16,10～H18.3	
今井 良宗	同上	D3	新しい高温超伝導の開発	H17,4～H18.3	
新開智彦	同上	D3	スピニエレクトロニクスデバイスの作製と実証	H17,4～H18.3	
梶田 徹也	同上	D3	新しい高温超伝導の開発	H17,4～H19.3	
家形 諭	同上	D3	スピニエレクトロニクスデバイスの作製と実証	H18,4～	
鮎川 晋也	同上	D3	新しい高温超伝導の開発	H17,4～	
花籠 涼	同上	M2	新しい高温超伝導の開発	H17,4～H18.3	
阿部 大介	同上	M2	遷移金属酸化物試料の合成と熱電特	H18,4～H19.3	

氏名	所属	役職	担当する研究項目	参加時期	備考
			性測定		
財部裕一郎	同上	M2	新しい高温超伝導の開発	H17,4 ~ H19.3	
久野 薫	極低温科学センター	M4	超伝導-強磁性接合デバイスの試作とスピン注入効果の実証	H17,4 ~ H18.3	
國安 賢治	同上	M4	超伝導-強磁性接合デバイスの試作とスピン注入効果の実証	H17,4 ~ H18.3	
皆川 武史	工学研究科応用物理	M2	新しい高温超伝導の開発	H18,4 ~	
菅原 直樹	同上	M2	遷移金属酸化物試料の作製と熱伝導測定	H18,4 ~	
ハイダル	同上	M2	遷移金属酸化物試料の作製と熱伝導測定	H18,4 ~	
佐藤 健一	同上	M2	スピンを用いた熱電変換材料の作成と評価	H18,4 ~ H19.3	
野崎 友大	同上	M2	スピンを用いた熱電変換材料の作成と評価	H18,4 ~	

### JSTが雇用し派遣する研究員等

氏名	現職	派遣先	担当する研究項目	参加時期	備考
ブルート・ネジャット	博士研究員	金属材料研究所	新規計算プログラムの開発	H16, 12 ~ H17, 3	CREST 研究員
ブルート・ネジャット	博士研究員	金属材料研究所	量子モンテカルロ法による多体電子状態の大規模計算	H18, 2 ~	CREST 研究員 ※日本学術振興会外国人招へい研究者プログラムより異動
家田淳一	博士研究員	金属材料研究所	ナノ磁性体の量子効果の理論	H17, 4 ~ H19. 6	CREST 研究員 ※東京大学理学研究科より異動
山下 恭	JST 研究チーム事務員	金属材料研究所	研究チーム全体の事務作業	H16, 10 ~ 17, 10	チーム事務員
寺田美夏	JST 研究チーム事務員	金属材料研究所	研究チーム全体の事務作業	H17, 11 ~	チーム事務員

5 招聘した研究者等

氏名(所属、役職)	招聘の目的	滞在先	滞在期間
Ting-kuo Lee ( Institute of Physics Academia Sinica)	Lee教授の研究分野(強相関電子系における変分理論等)との共同研究を行う。	東北大学金属材料研究所	H18.10.1 ~ H18.11.5

## 6 成果発表等

### (1)原著論文発表 (国内誌 10 件、国際誌 98 件)

#### 国内

1. Tetuya Kajita, Masatsune Kato, Takashi Suzuki, Takashi Itoh, Takashi Noji, and Yoji Koike; New Electron-Doped Superconducting Cuprate  $\text{Li}_x\text{Sr}_2\text{CuO}_2\text{Br}_2$ ; Japanese Journal of Applied Physics, Vol.43, No.11B, L1480-L1481 (2004); 20041115; 160902001
2. S. Kaji, G. Oomi, M. Hedou, Y. Uwatoko, S. Mitani, K. Takanashi, S. Takahashi, and S. Maekawa; Electrical Transport and Magnetoresistance in Co-Al-O Granular Films under High Pressure; Journal of Physical Society of Japan, Vol.74, 2783-2790 (2005); 20050506; 160904041
3. S.Kaji, G. Oomi, M.Hedou, Y.Uwatoko, S.Mitani, K.Takanashi, S.Takahashi, and S. Maekawa; Electrical transport and magnetoresistance in Co-Al-O granular films; Journal of the Physical Society of Japan, Vol. 74, No. 10, pp.2783-2790 (2005); 20051015; 160901002
4. Takami Tohyama; Symmetry of Photoexcited States and Large-Shift Raman Scattering in Two-Dimensional Mott Insulators; Journal of the Physical Society of Japan, Vol.75, No.3, 034713 (2006); 20060310; 160903034
5. S. Akbar Jafari, Takami Tohyama, and Sadamichi Maekawa; Nonlinear Optical Response of SDW Insulators; Journal of the Physical Society of Japan, Vol.75, No. 5, 054703 (2006); 20060425; 160903076
6. S. Akbar Jafari, Takami Tohyama, and Sadamichi Maekawa; Dynamical Mean Field Theory of Optical Third Harmonic Generation; Journal of the Physical Society of Japan, Vol.75, No. 8, 083706 (2006); 20060810; 160903077
7. Yasuhiro Ono, Ken-ichi Satoh, Tomohiro Nozaki and Tsuyoshi Kajitani; Structural, Magnetic and Thermoelectric Properties of Delafossite-type Oxide,  $\text{CuCr}_{1-x}\text{Mg}_x\text{O}_2$  ( $0 \leq x \leq 0.05$ ); Japanese Journal of Applied Physics, Vol.46 No.3A, 1071-1075 (2007) (2007); 20070308; 160902085
8. S. A. Jafari, T. Tohyama and S. Maekawa; Dynamical Mean Field Theory Study of the Linear and Nonlinear Optics of Kondo Systems; J. Phys. Soc. Jpn. 76, 044706 (2007); 20070410; 160904097
9. Michiyasu Mori; Role of magnetic scattering in 0- $\pi$  transitions in a superconductor/ferromagnetic metal/superconductor junction; Journal of Physical Society of Japan, Vol. 76 No. 5, 054705 (2007); 20070425; 160903157
10. H. Matsueda and S. Ishihara; Photoinduced charge and spin dynamics in strongly correlated electron system; Jour. Phys. Soc. Jpn. Vol. 76, pp 083703-1-4 (2007); 20070810; 160903176

#### 国際

1. G.Khaliullin, W.Koshibae, and S.Maekawa; Low Energy Electronic States and Triplet Pairing in Layered Cobaltate.; Physical Review Letters, Vol.93, No.17, 176401 (2004); 20041018; 160904003
2. Y.Utsumi, J.Martinek, P.Bruno, J.Barnas, and S.Maekawa; Many-body effects in

- nanospintronics devices; Journal of The Magnetics Society of Japan, (2004); 20041101; 160904005
3. Kay Yakushiji, Franck Ernult, Hiroshi Imamura, Kazutaka Yamane, Seiji Mitani, Koki Takanashi, Saburo Takahashi, Sadamichi Maekawa, and Hiroyasu Fujimori; Enhanced spin accumulation and novel magnetotransport in nanoparticles; Nature Materials, Vol.4, P.57-61 (2004); 20041205; 160901001
  4. K.Ishii, T.Inami, K.Ohwada, K.Kuzushita, J.Mizuki, Y.Murakami, S.Ishihara, Y.Endoh, S. Maekawa, K.Hirota, and Y.Moritomo; Resonant inelastic x-ray scattering study of the hole-doped manganites  $\text{La}_{1-x}\text{Sr}_x\text{MnO}_3$  ( $x = 0.2, 0.4$ ).; Physical Review B, Vol.70, No.22, 224437 (2004); 20041230; 160904004
  5. M. Mori, and S. Maekawa; Effect of Antiferromagnetic Planes on the Superconducting Properties of Multilayered High- $T_c$  Cuprates; Physical Review Letters, Vol. 94, 137003(1-4) (2005); 20050406; 160904031
  6. Sumio Ishihara; Hole dynamics in spin and orbital ordered vanadium perovskites; Physical Review Letters, Vol. 94, 156408\_1-4 (2005); 20050422; 160903022
  7. H. Matsueda, T. Tohyama, and S. Maekawa; Excitonic effect on the optical response in the one-dimensional two-band Hubbard model; Physical Review B, Vol. 71, 153106\_1-4 (2005); 20050427; 160904032
  8. K. Ishii, K. Tsutsu, Y. Endoh, T. Tohyama, K. Kuzushita, T. Inami, K. Ohwada, S. Maekawa, T. Masui, S. Tajima, Y. Murakami, and J. Mizuki ; Mott Gap Excitations in Twin-Free  $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-x}$  ( $T_c=93$  K) Studied by Resonant Inelastic X-Ray Scattering; Physical Review Letters, Vol. 94, 187002 (1-4) (2005); 20050512; 160904033
  9. K. Ishii, K. Tsutsui, Y. Endoh, T. Tohyama, S. Maekawa, M. Hoesch, K. Kuzushita, M. Tsubota, T. Inami, J. Mizuki, Y. Murakami, and K. Yamada ; Momentum Dependence of Charge Excitations in the Electron-Doped Superconductor  $\text{Nd}_{1.85}\text{Ce}_{0.15}\text{CuO}_4$ : A Resonant Inelastic X-Ray Scattering Study; Physical Review Letters, Vol. 94, 207003 (2005); 20050526; 160903030
  10. Yasuhiro Utsumi, Jan Martinek, Gerd Schon, Hiroshi Imamura, and Sadamichi Maekawa; Nonequilibrium Kondo effect in a quantum dot coupled to ferromagnetic leads; Physical Review B, Vol.71, 245116 (13 pages) (2005); 20050628; 160901009
  11. Y. Utsumi, J. Martinek, G. Schoen, H. Imamura, and S. Maekawa; Nonequilibrium Kondo effect in a quantum dot coupled to ferromagnetic leads; Physical Review B, Vol. 71, 245116 (1-13) (2005); 20050628; 160904034
  12. Hiroshi Imamura, Patrick Bruno, and Yasuhiro Utsumi ; Twisted exchange interaction between localized spins in presence of Rashba spin-orbit coupling; AIP Conference Proceedings, Vol.772, Issue 1, pp. 1409-1410 (2005); 20050630; 160901007
  13. Takami Tohyama, Yuki Inoue, Kenji Tsutsui, and Sadamichi Maekawa; Exact diagonalization study of optical conductivity in the two-dimensional Hubbard model; Physical Review B, Vol.72, 045113 (2005); 20050711; 160903032
  14. N. Bulut, W. Koshiba, and S. Maekawa; Magnetic Correlations in the Hubbard Model on Triangular and Kagome Lattices; Physical Review Letters, Vol. 95, 037001 (1-4) (2005); 20050713; 160903047
  15. Yoshiaki Rikitake, and Hiroshi Imamura; Decoherence of localized spins interacting via RKKY

- interaction; Physical Review B, Vol.72, 033308 (4 pages) (2005); 20050714; 160901008
16. Yoshinori Imai, Masatsune Kato, Takashi Noji, Yoji Koike, Masato Hedo, Yoshiya Uwatoko, and Nobuo Mori; Electrical resistivity of the perovskite  $Ba_{1-x}K_xBiO_3$  ( $x = 0.15$ ) under high pressure; Physica C, 426-431, P.497-499 (2005); 20050714; 160902003
  17. T. Kajita, M. Kato, T. Suzuki, T. Itoh, T. Noji, and Y. Koike; Synthesis of new electron-doped cuprates  $LixSr_2CuO_2X_2$  ( $X = Cl, Br$ ); Physica C, Vol.426-431, P.500-504 (2005); 20050718; 160902005
  18. Hiroaki Onodera, Kenji Tsutsui, Takami Tohyama, and Sadamichi Maekawa; Theoretical study of angle-resolved two-photon photoemission in two-dimensional insulating cuprates; Physical Review B, Vol.72, 012508 (2005); 20050718; 160903031
  19. T. Yamashita, K. Tanikawa, S. Takahashi, and S. Maekawa; Superconducting pi Qubit with a Ferromagnetic Josephson Junction; Physical Review Letters, Vol. 95, 097001(1-4) (2005); 20050822; 160904036
  20. Hiroaki Matsueda, Nejat Bulut, Takami Toyama, and Sadamichi Maekawa; Temperature dependence of spinon and holon excitations in one-dimensional Mott insulators; Physical Review B, Vol.72, 075136\_1-7 (2005); 20050824; 160903010
  21. S.E. Barnes, and S. Maekawa; Current-Spin Coupling for Ferromagnetic Domain Walls in Fine Wires; Physical Review Letters, Vol.95, 107204\_1-4 (2005); 20050902; 160904037
  22. J. Martinek, M. Sindel, L. Borda, J. Barna, R. Bulla, J. Konig, G. Schon, S. Maekawa, and J. von Delft; Gate-controlled spin splitting in quantum dots with ferromagnetic leads in the Kondo regime; Physical Review B, Vol.72, 121302\_1-4 (2005); 20050914; 160904038
  23. Michiyasu Mori, Takami Tohyama and Sadamichi Maekawa; Fermi surface splittings in multilayered high- $T_c$  cuprates; Physica C, Vol. 445-448, 23-25 (2005); 20051102; 160903090
  24. K. Ishii, T. Inami, K. Ohwada, K. Kuzushita, J. Mizuki, Y. Murakami, S. Ishihara, Y. Endoh, S. Maekawa, K. Hirota, and Y. Moritomo; Electronic excitations in hole-doped  $La_{1-x}Sr_xMnO_3$  studied by resonant inelastic X-ray scattering; Journal of Physics and Chemistry of Solids, Vol.66, 2157-2162 (2005); 20051117; 160904039
  25. D. Qian, Yinwan Li, M.Z. Hasan, D.M. Casa, T. Gog, Y.-D. Chuang, K. Tsutsui, T. Tohyama, S. Maekawa, H. Eisaki, and S. Uchida; Dispersion relation of charge gap excitations in quasi-1D Mott insulators studied by resonant X-ray scattering; Journal of Physics and Chemistry of Solids, Vol.66, 2212-2215 (2005); 20051121; 160904040
  26. Takami Tohyama, Kenji Tsutsui, and Sadamichi Maekawa; Theory of RIXS in strongly correlated electron systems: Mott gap excitations in cuprates; Journal of Physics and Chemistry of Solids, Vol. 66, No.12, 2139 (2005); 20051201; 160903033
  27. Takuya Satoh, Kenjiro Miyano, Yasushi Ogimoto, Hiroharu Tamaru, and S. Ishihara; Interfacial charge transfer excitation with large optical nonlinearity in manganites heterostructure; Physical Review B, Vol. 72, 224403-1-4 (2005); 20051205; 160903024
  28. S. Ishihara, Y. Murakami, T. Inami, K. Ishii, J. Mizuki, K. Hirota, S. Maekawa, and Y. Endoh; Theory and Experiment of Orbital Excitations in Correlated Oxides; New Journal of Physics, Vol.7, P.119 (2005); 20051205; 160903025
  29. Takayoshi Tanaka, Munehisa Matsumoto, and Sumio Ishihara; Randomly diluted eg orbital-ordered systems; Physical Review Letters, Vol. 95, 267204\_1-4 (2005); 20051221;

160903023

30. Sumio Ishihara, and Naoto Nagaosa; Electron-Phonon Interaction in Correlated Cuprate Superconductors; *Journal of Physics and Chemistry of Solids*, vol.67, 154-156 (2006); 20060100; 160903062
31. N. Bulut, H. Matsueda, T. Tohyama and S. Maekawa ; Spinon and holon excitations in one-dimensional correlated electron systems; Effective models for low-dimensional strongly correlated systems, *AIP Conference Proceedings* 816, eds. G.G. Batrouni and D. Poilblanc, P.66 (2006); 20060201; 160904070
32. Michiyasu Mori, Takami Tohyama, and Sadamichi Maekawa; Charge Imbalance Effects on Interlayer Hopping and Fermi Surfaces in Multilayered High-Tc Cuprates; *Journal of the Physical Society of Japan*, Vol. 75, 034708\_1-7 (2006); 20060227; 160903049
33. S. Takahashi, T. Yamashita, and S. Maekawa; Quantum interference due to crossed Andreev reflection in a d-wave superconductor with two nano-contacts; *Journal of Physics and Chemistry of Solids*, Vol.67, No.1-3, P.325-328 (2006); 20060323; 160901017
34. T. Yamashita, S. Takahashi, and S. Maekawa ; Superconducting pi qubit with three Josephson junctions; *Applied Physics Letters*, Vol.88, P.132501-132503 (2006); 20060327; 160901022
35. Kenji Tsutsui, Hayato Yamamoto, Takami Tohyama, and Sadamichi Maekawa; Theory of Cu L-edge resonant inelastic X-ray scattering in insulating cuprates; *Journal of Physics and Chemistry of Solids*, Vol. 67, No. 1-3, 274-276 (2006); 20060401; 160903080
36. S. Ishihara, and N. Nagaosa; Electron-Phonon Interaction in Correlated Cuprate Superconductors; *Journal of Physics and Chemistry of Solids*, Vol. 67, p.154-156 (2006); 20060401; 160903150
37. Taro Yamashita, Saburo Takahashi, and Sadamichi Maekawa; Controllable pi junction with magnetic nanostructures; *Physical Review B*, Vol.73. P.144517 (1-4) (2006); 20060427; 160901032
38. Masatsune Kato, Tetsuya Kajita, Ryo Hanakago and Yoji Koike; Search for New Superconductors by the Li-Intercalation into Layered Perovskites. ; *Physica C*, Volumes 445-448, 1 October 2006, Pages 26-30 (2006); 20060511; 160902039
39. Michiyasu Mori, Takami Tohyama and Sadamichi Maekawa; Fermi surface splittings in multilayered high-Tc cuprates; *Physica C*, Volumes 445-448, 1 October 2006, Pages 23-25 (2006); 20060511; 160903050
40. S. Takahashi, and S. Maekawa; Spin injection and transport in magnetic nanostructures.; *Physica C*, 437-438, 309-313 (2006); 20060515; 160901033
41. B. J. Kim, H. Koh, E. Rotenberg, S.-J. Oh, Hiroshi. Eisaki, Naoki Motoyama, Shinichi.Uchida, Takami Tohyama, Sadamichi. Maekawa, Z.-X. Shen and C. Kim; Distinct spinon and holon dispersions in photoemission spectral functions from one-dimensional SrCuO<sub>2</sub>; *Nature Physics*, Vol.2, No. 6, 397-401 (2006); 20060521; 160903078
42. M.Ichimura, K. Tanikawa, S. Takahashi, G. Baskaran and S. Maekawa; Magnetic impurity states and ferromagnetic interaction in diluted magnetic semiconductors; *Foundations of Quantum Mechanics in the light of New Technology (ISOM-Tokyo 05)*, ed. S. Ishioka and K. Fujikawa, (World Scientific, Singapore, 2006), 183-186., P.183-186 (2006); 20060601; 160901043
43. Y.Yamasita, S. Takahashi, and S. Maekawa; Geometrical effect on spin current in magnetic

- nano-structures; Foundations of Quantum Mechanics in the light of New Technology (ISOM-Tokyo 05), ed. S. Ishioka and K. Fujikawa, (World Scientific, Singapore, 2006), 183-186., P.183-186. (2006); 20060601; 160901044
44. Y.Yamasita, S. Takahashi, and S. Maekawa; Superconducting quantum bit with ferromagnetic pi-junctions; Foundations of Quantum Mechanics in the light of New Technology (ISOM-Tokyo 05), ed. S. Ishioka and K. Fujikawa, (World Scientific, Singapore, 2006), 183-186., (2006); 20060601; 160901045
  45. T. Tohyama; Numerically exact diagonalization study of Drude weight and chemical potential in two-dimensional Hubbard model; Journal of Physics and Chemistry of Solids, Vol.67, P.2210-2213 (2006); 20060814; 160903102
  46. Sumio Ishihara; Spin, Orbital and Quasi-Particle Excitations in Doped Vanadates; AIP Proceedings, Low Temperature Physics: 24th International Conference on Low Temperature Physics;, LT24, 1225-1226. (2006); 20060900; 160903122
  47. Takayoshi. Tanaka, Munehisa Matsumoto and Sumio Ishihara; Theory of Diluted Orbital Ordered Systems; AIP Proceedings, Low Temperature Physics: 24th International Conference on Low Temperature Physics; , LT24, 1229-1300. (2006); 20060900; 160903131
  48. Tsutomu Nojima, Takafumi Hyodo, Shintaro Nakamura, and Norio Kobayashi; Phase Transition from Superconducting to Normal State Induced by Spin Injection in Manganite/Cuprate/Au Double Tunnel Junctions; The American Institute of Physics Conference Proceedings, Volume 850, Page 885-886 (2006); 20060915; 160902057
  49. Kazuhiro Koike, Takashi Noji, Tadashi Adachi and Yoji Koike; Crystal Growth of Superconducting La<sub>2</sub>126 without HIP Treatment; The American Institute of Physics Conference Proceedings, Volume 85, Page 503-504 (2006); 20060915; 160902107
  50. Tetsuya Kajita, Masatsune Kato, Takashi Noji and Yoji Koike; Synthesis of New Electron-Doped Cuprates Li<sub>x</sub>Sr<sub>2</sub>CuO<sub>2</sub>X<sub>2</sub> (X=Cl, Br, I); The American Institute of Physics Conference Proceedings, Volume 85, Page 535-536 (2006); 20060915; 160602108
  51. Yoshinori Imai, Takashi Noji, Masatsune Kato and Yoji Koike; Growth of the Crystal BaBiO<sub>3</sub> by the Floating-Zone Method; The American Institute of Physics Conference Proceedings, Volume 85, Page 667-668 (2006); 20060915; 160902109
  52. Yoshinori Imai, Masatsune Kato, Takashi Noji and Yoji Koike; Electrochemical Synthesis of the Perovskite Ba<sub>1-x</sub>Cs<sub>x</sub>BiO<sub>3</sub> from Molten salts; The American Institute of Physics Conference Proceedings, Volume 85, Page 669-670 (2006); 20060915; 160902110
  53. Takashi Noji, Tatsuya Kato, Yoshinori Imai and Yoji Koike; Single-Crystal Growth of the Superconducting Ba<sub>1-x</sub>K<sub>x</sub>BiO<sub>3</sub> by the Floating-Zone Method; The American Institute of Physics Conference Proceedings, Volume 85, Page 671-672 (2006); 20060915; 160902111
  54. Nobuo Takahashi, Takayuki Kawamata, Tadashi Adachi, Takashi Noji, Yoji Koike, Kazutaka Kudo and Norio Kobayashi; Evidence for the Ballistic Thermal Conduction in the One-Dimensional Spin System Sr<sub>2</sub>CuO<sub>3</sub>; The American Institute of Physics Conference Proceedings, Volume 85, Page 1265-1266 (2006); 20060915; 160902112
  55. Stewart E. Barnes, Jun ichi Ieda, and Sadamichi Maekawa; Magnetic memory and current amplification devices using moving domain walls; Applied Physics Letters, Vol.89. P.122507 (1-3) (2006) (2006); 20060918; 160904058
  56. Takami Tohyama; Effect of frustration on charge dynamics for a doped two-dimensional

- triangular Hubbard lattice: Comparison with a square lattice; *Physical Review B*, Vol. 74, 113108 (2006); 20060921; 160903079
57. N. Bulut, H. Matsueda, T. Tohyama, and S. Maekawa; Anomalous temperature dependence of the single-particle spectrum in the organic conductor TTF-TCNQ; *Physical Review B*, 74, 113106 (1-4) (2006); 20060926; 160904059
  58. N. Bulut, S. Maekawa; Strength of dx<sup>2</sup>-y<sup>2</sup> pairing in the two-leg Hubbard ladder ; *Physical Review B*, 74, 132503 (1-4) (2006); 20061011; 160904060
  59. H. Tsuchiura, K. Takaki, S. Kashiwaya and A. Sakuma; Inhomogeneous electronic states due to out-of-plane disorder in the t-t -J model; *Journal of Magnetism and Magnetic Materials*, Vol. 310, 514-516 (2007) (2006); 20061109; 160901042
  60. T. Tohyama; Symmetry of magnetic excitons in two-dimensional Mott insulators; *Journal of Magnetism and Magnetic Materials*, Vol.310, P.e255-e257 (2007) (2006); 20061110; 160903145
  61. hin-ichi Hikino, Michiyasu Mori, Saburo, Takahashi, and Sadamichi Maekawa ; Theory of 0-transition in a superconductor/ferromagnet/superconductor junction; *Journal of Magnetism and Magnetic Materials*, Volume 310, Issue 2, Part 3 , March 2007, Pages 2456-2458 (2006); 20061127; 160903116
  62. Hiroaki Matsueda; Electron-phonon coupling and spin-charge separation in one-dimensional Mott insulators; *Physical Review B*, Vol. 74, 241103(R) (2006); 20061215; 160903108
  63. Sumio Ishihara, Takayoshi Tanaka, and Munehisa Matsumoto; Dilution Effects on Orbital Order in Strongly Correlated Electron Systems; *Jour. Molecular Structure* Vol. 838, pp 216-219 (2007); 20070119; 160903174
  64. N. Bulut, W. Koshibae and S. Maekawa; Magnetic correlations of the Hubbard model on frustrated lattices; *J. Magn. Magn. Mat.* 310, 511 (2007); 20070300; 160904098
  65. S. A. Jafari, T. Tohyama and S. Maekawa; Effect of Kondo resonance on optical third harmonic generation; *J. Magn. Magn. Mat.* 310, 960 (2007); 2007; 20070300; 160904099
  66. K. Tsutsui, T. Tohyama, and S. Maekawa; Theoretical study of resonant inelastic X-ray scattering in ladder cuprates; *J. Magn. Magn. Mat.* 310, 972 (2007); 20070300; 160904100
  67. H. Matsueda, T. Tohyama and S. Maekawa; Effect of electron-phonon coupling on spin-charge separation in one-dimensional strongly correlated electron systems; *J. Magn. Magn. Mat.* 310, 975 (2007); 20070300; 160904101
  68. Y. Utsumi, J. Martinek, H. Imamura, P. Bruno and S. Maekawa; Indirect exchange interaction between two local spins embedded in an Aharonov-Bohm Ring; *J. Magn. Magn. Mater.* 310, 1142 (2007); 20070300; 160904102
  69. M. Ichimura, J. Ieda, H. Imamura, S. Takahashi and S. Maekawa; Numerical analysis of spin accumulation due to a domain wall; *J. Magn. Magn. Mater.* 310, 2055 (2007); 20070300; 60904103
  70. J. Ieda, S. Takahashi, M. Ichimura, H. Imamura and S. Maekawa; Spin accumulation and resistance due to a domain wall; *J. Magn. Magn. Mater.* 310, 2058 (2007); 20070300; 60904104
  71. S. Takahashi and S. Maekawa; Nonlocal spin Hall effect and spin-orbit interaction in nonmagnetic metals; *J. Magn. Magn. Mater.* 310, 2067 (2007); 20070300; 60904105

72. J. Martinek, L. Borda, Y. Utsumi, J. König, J. von Delft, D.C. Ralph, G. Schön and S. Maekawa; Kondo effect in single-molecule spintronic devices; *J. Magn. Magn. Mater.* 310, e343 (2007); 20070300; 60904106
73. S. Hikino, M. Mori, S. Takahashi, and S. Maekawa; Theory of 0- transition in a superconductor/ferromagnet/superconductor junction; *Journal of Magnetism and Magnetic Materials*, Vol. 310, No. 2, Part 3, March 2007, P. 2456-2458 (2007); 20070300; 160903091
74. W. Koshibae, H. Murata, S. Maekawa; THEORETICAL STUDY OF THE ELECTRONIC STRUCTURE IN  $\beta$ -PYROCHLORE OXIDES; *Journal of Magnetism and Magnetic Materials*, Vol.310, P.1005-1007 (2007); 20070301; 160903137
75. K. Satoh, and S. Ishihara; Photo induced phase transition in charge ordered perovskite manganites; *Journal of Magnetism and Magnetic Materials*, Vol.310, p.798-800 (2007); 20070301; 160903148
76. T. Tanaka, M. Matsumoto and S. Ishihara; Dilution effects in classical and quantum systems ; *Journal of Magnetism and Magnetic Materials*, Vol.310, p.804-806 (2007); 20070301; 160903149
77. M. Mori, T. Tohyama, and S. Maekawa; Electronic states of multilayered high-T<sub>c</sub> cuprates with charge imbalance: Gutzwiller approximation on interlayer hopping; *Physica C*, (2007); 20070321; 160903093
78. Nagano and S. Ishihara; Spin-charge-orbital structures and frustration in multiferroic RFe<sub>2</sub>O<sub>4</sub> ; *Journal of Physics, Cond Matt.*, 19 145263 (2007); 20070323; 160903147
79. Takami Tohyama; Effect of frustration on optical conductivity in a two-dimensional triangular Hubbard model near half filling; *Journal of Physics: Condensed Matter*, 19, 145287 (2007); 20070411; 160903153
80. T. Kimura, Y. Otani, T. Sato, S. Takahashi, and S. Maekawa; Room-Temperature Reversible Spin Hall Effect; *Physical Review Letters*, 98, 156601 (2007); 20070413; 160901046
81. W. Koshibae, A. Oguri, and S. Maekawa; Hall effect in CoO<sub>2</sub> layers with a hexagonal structure; *Phys. Rev. B* 75, 205115 (2007); 20070516; 160904107
82. Michiyasu Mori; 0- and -states in Josephson coupling through magnetic layers; *Physica C*, in press (2007); 20070516; 160903163
83. Michiyasu Mori; Effect of magnons on the 0- transition in a superconductor/half-metallic ferromagnet/superconductor junction; *Physica C*, in press (2007); 20070524; 160903164
84. Takami Tohyama, M. M. Zemljic, and P. Prelovsek; Fermi surface and pseudogap of electron-doped cuprate superconductors: Numerical study of the t-t-J model; *Physical Review B*, 76, 012502(1-4) (2007); 20070712; 160903168
85. Takami Tohyama, J. Bonca, and S. Maekawa; Numerical approach to the low-doping regime of the t-J model; *Physical Review B*, 76, 035121(1-6) (2007); 20070727; 160903169
86. Masatsune Kato, Tetsuya Kajita, Ryo Hanakago and Yoji Koike; Search for new superconductors by the Li-intercalation into layered perovskites.; *Physica C*, Vol.445-448, pp. 26-30 (2006); 20060511; 160902105
87. S. E. Barnes and S. Maekawa; Generalization of Faraday's Law to Include Nonconservative Spin Forces; *Phys. Rev. Lett.* 98, 246601 (2007); 20070615; 160904108

88. Yoshinori Imai, Masatsune Kato, Yuichiro Takarabe, Takashi Noji and Yoji Koike ; Low-Temperature Synthesis of  $\text{La}_2\text{CuO}_4$  with the  $T'$ -Structure from Molten Hydroxides.; *Chemistry of Materials*, Vol.19, No.15, P.3584-3585 (2007); 20070620; 160902106
89. T. Tanaka and S. Ishihara; Dilution Effects in Two-dimensional Quantum Orbital System; *Phys. Rev. Lett.* Vol. 98 pp. 256402-1-4 (2007); 20070621; 160903175
90. M. Sindel, L. Borda, J. Martinek, R. Bulla, J. König, G. Schön, S. Maekawa, and J. von Delft; Kondo quantum dot coupled to ferromagnetic leads; Numerical renormalization group study *Phys. Rev. B* 76, 045321 (2007); 20070718;160904109
91. N. Bulut, K. Tanikawa, S. Takahashi, and S. Maekawa; Long-range ferromagnetic correlations between Anderson impurities in a semiconductor host: Quantum Monte Carlo simulations; *Phys. Rev. B* 76, 045220 (2007); 20070726;160904110
92. K. Ishii, K. Tsutsui, T. Tohyama, T. Inami, J. Mizuki, Y. Murakami, Y. Endoh, S. Maekawa, K. Kudo, Y. Koike, and K. Kumagai; Momentum-dependent charge excitations of a two-leg ladder: Resonant inelastic x-ray scattering of  $(\text{La,Sr,Ca})_{14}\text{Cu}_{24}\text{O}_{41}$  *Phys. Rev. B* 76, 045124 (2007); 20070731;160904111
93. S. Takahashi, S. Hikino, M. Mori, J. Martinek, and S. Maekawa; Supercurrent Pumping in Josephson Junctions with a Half-Metallic Ferromagnet; *Phys. Rev. Lett.* 99, 057003 (2007); 20070803;160904112
94. Yoshinori Imai, Masatsune Kato, Yuichiro Takarabe, Takashi Noji, Tadashi Adachi and Yoji Koike; Low-temperature synthesis of  $(\text{La, Sm})_2\text{CuO}_4$  with the  $T'$ -structure from molten hydroxides.; *Physica C*, Vol.460-462, pp395-396 (2007); 20070901; 160902104
95. K. Tsutsui, T. Tohyama and S. Maekawa; Charge Excitations and Resonant Inelastic X-ray Scattering in Ladder Cuprates; *Physica C*, 460-462, 969 (2007); 20070901;160904113
96. N. Bulut and S. Maekawa;  $d_{x^2-y^2}$  pairing correlations in the Hubbard ladder; *Physica C*, 460-462, 1072 (2007); 20070901;160904114
97. S. Hikino, M. Mori, S. Takahashi and S. Maekawa; Temperature dependence of Josephson current in a superconductor/ferromagnet/superconductor junction; *Physica C*, 460-462, 1323 (2007); 20070901;160904115
98. M. Yamanouchi, J. Ieda, F. Matsukura, S. E. Barnes, S. Maekawa and H. Ohno; Universality Classes for Domain Wall Motion in the Ferromagnetic Semiconductor  $(\text{Ga,Mn})\text{As}$ ; *Science*, 317, 1726 (2007); 20070921; 160904096

(2)その他の著作物 (総説、書籍など)

1. S. Takahashi<sup>1</sup>, H. Imamura, and S. Maekawa; 8章:複合ナノ構造におけるスピン注入と伝導; *Concepts in Spin Electronics* (Oxford University Press), (2006); 20060126; 160901023
2. H. Imamura, S. Takahashi<sup>1</sup>, and S. Maekawa; Chapter 9: Andreev reflection at Ferromagnet/Superconductor interfaces; *Concepts in Spin Electronics* (Oxford University Press), (2006); 20060126; 160901024
3. S. Maekawa, and W. Koshibae; Electronic state in Co-oxide ? Similar to cuprates?.; "Symmetry and Heterogeneity in High Temperature Superconductors", ed. A. Bianconi, (Springer, 2006), pp.201-212 (2006); 20060210; 160903048

4. W. Koshibae; 「熱起電力の物理」; 日本セラミックス協会 セラミックス基礎工学講座シリーズ 7 セラミックス編集委員会 基礎工学講座小委員会編, (2006); 20060831; 160903136
5. 前川禎通; 高温超伝導の物理; 応用物理, 第75巻 第1号 (2006); 20060110; 160904045
6. 山下太郎, 高橋三郎, 前川禎通; 超伝導パイ接合と超伝導量子ビット; 固体物理 (アグネ技術センター), (2006); 20060126; 160901025
7. S. Maekawa; Concepts in Spin Electronics; Oxford University Press, (2006); 20060000; 160904044
8. 加藤雅恒, 梶田徹也, 小池洋二 ; 新しい電子ドーピング型銅酸化物高温超伝導体  $\text{Li}_x\text{Sr}_2\text{CuO}_2\text{Br}_2$  (New Electron-Doped Superconducting Cuprate  $\text{Li}_x\text{Sr}_2\text{CuO}_2\text{Br}_2$ ); (社)未踏科学技術研究会 超伝導科学技術研究会会報, No.105 (2005); 20050401; 160902013

(3)学会発表(国際学会発表及び主要な国内学会発表)

招待講演 (国内会議 9 件、国際会議 34 件)

国内

1. 石原純夫; 「強相関電子系の軌道秩序におけるドーピングの効果 - 動くホールと希釈効果 -」第1回早稲田強相関物性シンポジウム 「強相関電子系の新展開」(早稲田大学理工学部)(2005);20050722; 160903179
2. 今井良宗; BaBiO<sub>3</sub> 系の超伝導; 物質的側面から見た超伝導最前線 - 新物質開発から材料特性改善まで -, (2005); 20051216; 160902041
3. 石原純夫; 光照射によるマンガン酸化物の多自由度秩序融解のダイナミクス日本物理学会 2006 年秋季大会、千葉大学、(2006); 20060923; 160903180
4. 遠山貴己; 強相関電子系の光学応答に対する大規模数値計算; 物性研究所短期研究会 「計算物性科学におけるスーパーコンピュータ利用の現状と展望」(東京大学物性研究所, 柏), (2006); 20061212; 160903143
5. 家田淳一; ナノ構造磁性体における磁化運動に伴う起電力の理論; 第8回 「金属スピントロニクスセミナー」(仙台), (2007); 20070314; 160904074
6. 石原純夫; まとめ:軌道縮退系におけるフラストレーションの理論; 日本物理学会 2007 春季大会、鹿児島, (2007); 20070320; 160903128
7. 前川禎通; スピントロニクスの新展開-スピン流によるナノエレクトロニクス-; 新世代研究所 第14回研究報告会, (2007); 20070611; 160904086
8. Takami Tohyama; 鉄 - 硫黄クラスターの電子状態と磁性; JST-CREST 公開研究会「理論から探る磁性科学の展望」, (2007); 20070803; 160903170
9. Takami Tohyama; モット絶縁体の線形および非線形光学応答; 日本物理学会 2006 年春季大会(日本物理学会, 愛媛大学), (2006); 20060329; 160903042

国際

1. S. Takahashi<sup>1</sup>, T. Yamashita, and S. Maekawa; Spin Injection and Transport in Magnetic Nanostructures; IV International Conference on Vortex Matter in Nanostructured

- Superconductors, (V. V. MOSHCHALOV and K. KADOWAKI, Crete, Greece), (2005); 20050906; 160901019
2. Masatsune Kato, Tetsuya Kajita, Ryo Hanakago, and Yoji Koike; Search for New Superconductors by the Li-Intercalation into Layered Perovskites. ; 18th International Symposium on Superconductivity (ISS 2005) (ISTEC, Tsukuba, Japan) , (2005); 20051025; 160902038
  3. Sumio Ishihara; Doping Effects on Orbital Order in Correlated Electron Systems; 4th International Symposium on Electronic and Atomic Structures (ISEAS-IV) ; (Tamkang University, Taiwan) (2005) 20051110; 160903177
  4. Sumio Ishihara; Static & Dynamical Perturbation in Charge & Orbital Ordered Correlated Electron Systems CREST International Workshop "Highlights and New Perspectives in Strongly Correlated Electronic Systems" (Tokyo Japan), (2006); 20060111; 160903178
  5. Takami Tohyama; Charge Excitations of Doped Mott Insulators in Two Dimensions; Workshop on Strongly Correlated Electron Systems (Max-Planck Institute, Ringberg) , (2006); 20060515; 160903081
  6. Sadamichi Maekawa ; Spin Accumulation and Spin-Transfer Torque on Domain Walls in Magnetic Nano-Wires; The STH International Workshop on Surface, Interface and Thin Film Physics (Shanghai, China), (2006); 20060528; 160904046
  7. Takami Tohyama; Theory of Resonant Inelastic X-Ray Scattering in Cuprates; International Workshop on X-Ray Scattering and Electronic Structures (Spring-8) , (2006); 20060606; 160903082
  8. Sadamichi Maekawa ; Spin-transfer Torque and Domain Wall Motion in Magnetic Nanostructures; International Conference on Modern Materials and technologies 2006(Sicily, Italy), (2006); 20060609; 160904057
  9. Sadamichi Maekawa; Theory of a Qubit in Superconductor/Ferromagnet Hybrid Nanostructures; Nanoscale Superconductivity and Magnetism-NSM2006 (Leuven,Belgium) Sattellite Conference of "8th International Conference on Materials and Mechanisms Of Superconductiity abd High-Temperature Superconductors" (Dresden, Germany), (2006); 20060708; 160904054
  10. Yoji Koike; 1/8 Anomaly Stripes and Phase Separation in High-Tc Cuprates.; International School of Solid- State Physics Session9 (A. Bianconi, Erice(Sicily), Italy), (2006); 20060723; 160902062
  11. Takami Tohyama; Spin and charge dynamics in strongly correlated electron systems; 3rd Materials Science School for Young Scientists (KINKEN-WAKATE 2006) on Physics and Applications of Advanced Magnetic Materials" (IFCAM-IMR, (2006); 20060828; 160903083
  12. W. Koshibae ; Theory of thermoelectric response in strongly correlated electron systems; First CoMePhS Workshop on PHASE SEPARATION IN ELECTRONIC SYSTEMS, Crete, Greece, (2006); 20061029; 160903134
  13. Sadamichi Maekawa; Anomalous Electronic Lattices in Cobaltates; Kyoto Conference on Solid State Chemistry, (2006); 20061115; 160904061
  14. T. Tohyama, K. Tsutsui, and S. Maekawa; Theory of Resonant Inelastic X-Ray Scattering in

- Cuprates; Joint conference of the Asian Crystallographic Association and the Crystallographic Society of Japan (AsCA 06/CrSJ 組織委員会, つくば), (2006); 20061122; 160903103
15. T. Tohyama, K. Tsutsui, S. Maekawa; Momentum-Dependent Charge Dynamics in High-Tc Cuprates; International Conference on Stripes (STRIPES2006 committee, Roma), (2006); 20061122; 160903104
  16. Sadamichi Maekawa ; Spin, charge, and orbital in transition metal oxides; Hong Kong Forum in Condensed Matter Physics:Past, Present, and Future (Hong Kong, China), (2006); 20061218; 160904062
  17. Yuzuru Miyazaki and Tsuyoshi Kajitani; Modulated Crystal Structure of Misfit-Layered Cobalt Oxides; International Conference on Stripes (Roma), (2006); 20061221; 160902086
  18. H. Tsuchiura; Inhomogeneous superconductivity due to out-of-plane disorder; 6th International Conference on New Theories, Discoveries, and Applications of Superconductors and Related Materials (New3SC-6), (Sydney), (2007); 20070110; 160901041
  19. T. Tohyama; Spin and Charge Dynamics in High-Tc Cuprates; Sixth International Conference on New Theories, Discoveries and Applications of Superconductor and Related Materials (New3SC-6) (New3SC-6 組織委員会, シドニー), (2007); 20070110; 160903146
  20. Sadamichi Maekawa; “Spin-Charge-Orbital physics in transition metal oxides”; JST-CREST Workshop on Charge Dynamics in High Temperature Superconductors, (2007); 20070224; 160904065
  21. Sadamichi Maekawa ; Spin Current in Ferromagnet/ Superconductor Nano-Hybrides; UK-Japan Workshop on Advanced Materials (British Embassy, Tokyo), (2007); 20070227; 160904066
  22. Sadamichi Maekawa; “ Magnetic Properties of two impurity Anderson model for semiconductor host“; 2007 American Physical Society March Meeting, Denver USA, (2007); 20070307; 160904064
  23. Sadamichi Maekawa; Spin Current and Novel Phenomena in Ferromagnet/ Superconductor Nanohybrides; The 6th Asia-Pacific Workshop on Frontiers of Condensed-Matter Science and Symposium on 20-years Anniversary and Discovery of YBCO, (2007); 20070413; 160904076
  24. Takami Tohyama; Resonant Inelastic x-ray scattering in cuprates; International Seminar and Workshop, Strong Correlations and Angle-Resolved Photoemission Spectroscopy, (2007); 20070418; 160903154
  25. Takami Tohyama; Resonant Inelastic x-ray scattering in cuprates; International Seminar and Workshop --Strong Correlations and Angle-Resolved Photoemission Spectroscopy, (2007); 20070424; 160903155
  26. Sadamichi Maekawa; Correlation between Crystal Structure and High-Temperature Superconductivity; 1st Tohoku University International Forum, (2007); 20070426; 160904078
  27. Takami Tohyama; RIXS and Charge Response Function in Cuprates; 6th International Conference on Inelastic X-ray Scattering (IXS2007), (2007); 20070509; 160903160
  28. Sadamichi Maekawa; Non-Local Spin Transport in Magnetic Nanostructures; 2007 JST-CERC International Symposium, (2007); 20070524; 160904082
  29. Sadamichi Maekawa; Charge Current vs. Spin Currents In Magnetic Nanostructures; Centre

- for Advanced Study (CAS) at the Norwegian Academy of Science and Letters, (2007); 20070601; 160904084
30. Sadamichi Maekawa; Spin Current and non local-local spin Hall effect; SpiNor 2007. Oslo, Norway, (2007); 20070629; 160904089
  31. Sadamichi Maekawa; Spin Current-Charge Current conversion in Magnetic Nanostructures; The 3rd Taiwan International Conference on Spintronics, (2007); 20070801; 160904092
  32. Sadamichi Maekawa(IMR, Tohoku Univ.; CREST-JST); Spin Current vs. Charge Current in Magnetic Nanostructures; Gordon Godfrey Workshop on Strong Electron Correlations, (2007); 20070925; 160904094
  33. Sadamichi Maekawa(IMR, Tohoku Univ.; CREST-JST); Matieral Dependence of High-Tc Superconductivity; International Symposium on Lattice Effects in Cuprate High Temperature Superconductors, (2007); 20071102; 160904095
  34. S. Yakata, T. Taniguchi, M. Oogane, H. Imamura, Y. Ando (Tohoku University, AIST); Spin-coherence length in ferromagnetic metals; 52nd Magnetism and Magnetic Materials Conference (Tampa, USA), (2007); 20071106; 160902100

口頭発表 (国内会議 105 件、国際会議 99 件)

#### 国内

1. 高橋伸雄, 川股隆行, 宮島祐一, 足立匡, 野地尚, 小池洋二, 工藤一貴, 小林典男; 一次元量子スピン系  $\text{SrCu}_{1-x}\text{Zn}_x\text{O}_2$  のマグノンによる熱伝導; 応用物理学会東北支部第59回学術講演会(仙台), 9aA4 (2004); 20041209; 160902007
2. 鮎川晋也, 加藤雅恒, 小池洋二;  $\text{MO}_2$  面(M=Fe, Co)を有する層状ペロブスカイト型オキシハライドにおける新超伝導物質の探索; 応用物理学会東北支部第59回学術講演会(仙台), 9pA1 (2004); 20041209; 160902008
3. 梶田徹也, 加藤雅恒, 伊藤隆, 鈴木尊士, 野地尚, 小池洋二; 電気化学的 Li インターカレーションによる電子ドーブ型新超伝導体  $\text{Li}_x\text{Sr}_2\text{CuO}_2\text{Br}_2$  の発見; 応用物理学会東北支部第59回学術講演会(仙台), 9pA2 (2004); 20041209; 160902009
4. Nejat Bulut; Quantum Monte Carlo study of the pairing interaction in the two-leg Hubbard ladder; Tsukuba Workshop on Electron-phonon Interaction in the Cuprates, AIST, (2005); 20050108; 160904007
5. 遠山貴巳; キャリアドーブされたモット絶縁体の電荷励起; NAREGI ナノサイエンス実証研究第3回公開シンポジウム, (2005); 20050215; 160903008
6. 高橋三郎, 谷川和男, 市村雅彦, 前川禎通, G. Baskaran; 磁性半導体中の磁気不純物準位と強磁性相互作用 I; 日本物理学会第60回年次大会(日本物理学会、東京理科大学野田キャンパス), (2005); 20050324; 160901003
7. 谷川和男, 市村雅彦, 高橋三郎, 前川禎通, G. Baskaran; 磁性半導体中の磁気不純物準位と強磁性相互作用 II:軌道縮退の効果; 日本物理学会第60回年次会, (2005); 20050324; 160901006
8. 大坊忠臣, 大兼幹彦, 安藤康夫, 宮崎照宣; 強磁性体二重トンネル接合を利用した超伝導体中へのスピン注入とその磁気抵抗効果; 日本物理学会第60回年次大会, (2005);

20050324; 160902011

9. 家形諭, 安藤康夫, 水上成美, 宮崎照宣; Cu/Ni<sub>80</sub>Fe<sub>20</sub>/N (N=非磁性金属) 薄膜における FMR 線幅とスピン拡散長の温度依存性; 応用物理学学会第 52 回応用物理学関係連合講演会, 埼玉大学, (2005); 20050324; 160902012
10. Nejat Bulut; Quantum Monte Carlo study of the particle-particle interaction in the two-leg Hubbard ladder; 日本物理学会第 60 回年次大会(日本物理学会、東京理科大学野田キャンパス), (2005); 20050324; 160904008
11. Takayoshi Tanaka, Sumio Ishihara; KCu<sub>1-x</sub>Zn<sub>x</sub>F<sub>3</sub> における軌道自由度の希釈効果の理論的研究; 日本物理学会第 60 回年会, (2005); 20050324; 160903004
12. 小野寺啓祥, 筒井健二, 遠山貴巳, 前川禎通; 銅酸化物モット絶縁体の二光子光電子分光; 日本物理学会第 60 回年会, (2005); 20050325; 160903009
13. 山下太郎, 高橋三郎, 前川禎通; パイ接合を含む超伝導量子ビットの理論; 日本物理学会第 60 回年次大会(日本物理学会、東京理科大学野田キャンパス), (2005); 20050326; 160901005
14. 梶田徹也, 加藤雅恒, 野地尚, 小池洋二; 電子ドーブ型新超伝導物質 Li<sub>x</sub>Sr<sub>2</sub>CuO<sub>2</sub>I<sub>2</sub> の合成; 春季第 5 2 回応用物理学学会学術講演会 / 埼玉大学, 31a-X-3 (2005); 20050331; 160902010
15. 松枝宏明; Single-Particle excitation spectra in one-dimensional Holstein-Hubbard model; KINKEN-WAKATE2005(仙台), (2005); 20050802; 160903012
16. 今井良宗, 加藤雅恒, 野地尚, 小池洋二; 水酸化物溶融塩を用いた Ba<sub>1-x</sub>Cs<sub>x</sub>BiO<sub>3</sub> の低温合成; 2005 年秋季 第 66 回応用物理学学会学術講演会(応用物理学会、徳島), (2005); 20050907; 160902020
17. 財部裕一郎, 今井良宗, 加藤雅恒, 野地尚, 小池洋二 ; 水酸化物溶融塩を用いた T-Ln<sub>2</sub>CuO<sub>4</sub> (Ln = Nd-Gd)の低温合成; 2005 年秋季 第 66 回応用物理学学会学術講演会, (2005); 20050907; 160902022
18. 小池和弘, 野地尚, 足立匡, 小池洋二; HIP 処理を用いない La<sub>2</sub>126 相超伝導単結晶の育成; 2005 年秋季 第 66 回応用物理学学会学術講演会, (2005); 20050907; 160902023
19. 花籠涼, 加藤雅恒, 小池洋二; AB<sub>2</sub>M<sub>3</sub>O<sub>10</sub> (M = Ta, Ti)の Li インターカレーションによる新超伝導物質の探索; 2005 年秋季 第 66 回応用物理学学会学術講演会, (2005); 20050907; 160902024
20. 今井良宗, 加藤雅恒, 野地尚, 小池洋二; 水酸化物溶融塩を用いた T-La<sub>2</sub>14 系銅酸化物の低温合成; 2005 年秋季 第 66 回応用物理学学会学術講演会(応用物理学会、徳島), (2005); 20050907; 160902113
21. 市村雅彦, 今村裕志, 高橋三郎, 前川禎通; 磁性ナノ構造「ゼロ次元系」におけるスピン蓄積の理論解析; 日本物理学会 2005 年秋季大会(同志社大学京田辺キャンパス), (2005); 20050919; 160901013
22. 川股隆行, 高橋伸雄, 足立匡, 野地尚, 小池洋二, 工藤一貴, 小林典男; 1次元反強磁性鎖系 Sr<sub>2</sub>CuO<sub>3</sub> におけるパリスティック熱伝導の検証; 日本物理学会 2005 年秋季大会, (2005); 20050919; 160902034
23. 川股隆行, 根本健一, 菅原直樹, 野地尚, 小池洋二, 工藤一貴, 小林典男, 藤井裕, 菊池彦光, 千葉明朗, G.PetrakovskiiB, M. PopovB, L.Bezmaternikh; CuB<sub>2</sub>O<sub>4</sub> における熱伝導と磁気相転移; 日本物理学会 2005 年秋季大会, (2005); 20050919; 160902035

24. 森道康, 遠山貴己, 前川 禎通; 多層系銅酸化物における面間電荷不均一の効果; 日本物理学会 2005 年秋季大会, (2005); 20050919; 160903016
25. 挽野真一, 森道康, 高橋三郎, 前川禎通; 超伝導/強磁性/超伝導接合でのジョセフソン電流に対する磁気揺らぎの効果; 日本物理学会 2005 年秋季大会, (2005); 20050919; 160903017
26. 家田淳一, S.E. Barnes, 前川禎通; 磁気振りの駆動機構; 日本物理学会 2005 年秋季大会 (日本物理学会, 京都), (2005); 20050919; 160904010
27. 今井良宗, 加藤雅恒, 財部裕一郎, 皆川武史, 野地尚, 小池洋二; 水酸化物溶融塩を用いた  $\text{Ln}_2\text{CuO}_4$  ( $\text{Ln} = \text{ランタノイド}$ ) の低温合成; 日本物理学会 2005 年秋季大会, (2005); 20050920; 160902032
28. 野地尚, 加藤達也, 今井良宗, 泉将一郎, 小池洋二; FZ 法による  $\text{Ba}_{1-x}\text{KxBiO}_3$  単結晶の育成; 日本物理学会 2005 年秋季大会, (2005); 20050920; 160902036
29. 小池和弘, 野地尚, 足立匡, 小池洋二; HIP 処理を用いない  $\text{La}_{2126}$  超伝導単結晶の育成; 日本物理学会 2005 年秋季大会, (2005); 20050920; 160902037
30. 野島勉, 久野薫, 國安賢治, 兵藤宇文, 中村慎太郎, 小林典男; LCMO/YBCO/Au 接合におけるトンネル特性とスピン注入による超伝導制御; 日本物理学会 2005 年秋季大会 (2005.09.19-22 同志社大学京田辺キャンパス), (2005); 20050920; 160902056
31. 石原純夫; ペロフスカイト型  $\text{RMnO}_3$  における磁気フラストレーションと誘電性; 日本物理学会 2005 年秋季大会, 同志社大学 (京都), (2005); 20050920; 160903028
32. 田中孝佳, 松本宗久, 石原純夫;  $\text{KCu}_{1-x}\text{ZnxF}_3$  における軌道自由度の希釈効果の理論 II; 日本物理学会 2005 年秋季大会, 同志社大学 (京都), (2005); 20050920; 160903029
33. 今村裕志; Rashba 効果を介した相互作用量子ドットシステム; 日本物理学会 2005 年秋季大会, 領域 4 シンポジウム「Rashba スピン工学に関連する諸問題の現状と展望」, 同志社大学京田辺キャンパス, (2005); 20050921; 160901012
34. Wataru Koshibae, Nejat Bulut, Kenji Tsutsui, and Sadamichi Maekawa; カゴメ格子 t-J 模型の一粒子励起スペクトル; 日本物理学会 2005 年秋季大会 同志社大学京田辺キャンパス, (2005); 20050921; 160903044
35. 今井良宗, 加藤雅恒, 野地尚, 小池洋二; 電気化学法を用いた  $\text{Ba}_{1-x}\text{CsxBiO}_3$  の合成; 日本物理学会 2005 年秋季大会, (2005); 20050922; 160902033
36. 松枝宏明, Nejat Bulut, 遠山貴己, 前川 禎通; 一次元モット絶縁体におけるスピノン・ホロン励起の温度依存性; 日本物理学会 2005 年秋季大会, (2005); 20050922; 160903011
37. Takami Tohyama; 電子ドープ系、ホールドープ系高温超伝導体の違い; 科研費特別推進研究・研究会「量子ビームによる高温超伝導機構の解明」(新井正敏教授, 五浦), (2005); 20051101; 160903041
38. 今井良宗, 加藤雅恒, 財部裕一郎, 野地尚, 小池洋二; 水酸化物溶融塩を用いた  $\text{T-La}_2\text{CuO}_4$  の合成; 第 60 回応用物理学会東北支部学術講演会 (応用物理学会東北支部, 秋田), (2005); 20051208; 160902040
39. Sumio Ishihara; 「強相関電子系の共鳴非弾性 X 線散乱-理論的アプローチ」; 第 19 回日本放射光学会年会、企画講演「共鳴 X 線発光分光の最前線」、日本放射光学会、名古屋大学, (2006); 20060107; 160903063
40. 鮎川晋也, 加藤雅恒, 小池洋二; T 構造を有する  $\text{Nd}_{2-x}\text{CexPdO}_4$  の電氣的性質; 2006 年春季第 53 回応用物理学会学術講演会 (応用物理学会, 東京), (2006); 20060324; 160902047

41. 今井良宗, 加藤雅恒, 野地尚, 小池洋二 ; 水酸化物溶融塩を用いた超伝導物質 Ba<sub>0.74</sub>Cs<sub>0.19</sub>K<sub>0.07</sub>BiO<sub>3</sub> の低温合成; 2006 年春季第 53 回応用物理学学会学術講演会(応用物理学学会, 東京), (2006); 20060324; 160902048
42. 今井良宗, 加藤雅恒, 財部裕一郎, 野地尚, 小池洋二; 水酸化物溶融塩を用いたバルク T'-La<sub>2</sub>CuO<sub>4</sub> の低温合成; 2006 年春季第 53 回応用物理学学会学術講演会(応用物理学学会, 東京), (2006); 20060324; 160902049
43. 梶田徹也, 加藤雅恒, 花籠涼, 野地尚, 小池洋二; Sr<sub>2</sub>CuO<sub>2</sub>X<sub>2</sub> (X=Cl, Br, I)への電気化学的 Li インターカレーション; 2006 年春季第 53 回応用物理学学会学術講演会(応用物理学学会, 東京), (2006); 20060324; 160902050
44. 小野泰弘, 佐藤健一, 梶谷剛; デラフォッサイト型 CuCr<sub>1-x</sub>Mg<sub>x</sub>O<sub>2</sub>(0<x<0.05)の結晶構造と高温熱電特性; 応用物理学関連連合講演会(東京都), (2006); 20060325; 160902054
45. 梶谷剛, 小野泰弘, 佐藤健一, 野崎友大; デラフォッサイト型 CuCrO<sub>2</sub> のバンド構造と熱電性能; 応用物理学関連連合講演会(東京), (2006); 20060325; 160902058
46. 新関智彦, 久保田均, 安藤康夫, 宮崎照宣; 高品質強磁性単一電子素子における TMR 比の巨大化現象; 応用物理学学会第 53 回応用物理学関係連合講演会(武蔵工業大学), (2006); 20060325; 160902061
47. 川股隆行, 宮島祐一, 高橋伸雄, 野地尚, 小池洋二, 工藤一貴, 小林典男; ハルデンギャップ系 Y<sub>2</sub>BaNiO<sub>5</sub> におけるスピンによる熱伝導; 日本物理学会 第 61 回年次大会(日本物学会, 松山), (2006); 20060327; 160902051
48. 田中孝佳, 松本宗久, 石原純夫; 量子軌道模型における希釈効果の理論; 日本物理学会第 61 回年次大会、愛媛大学、松山大学, (2006); 20060327; 160903065
49. 長野あや, 石原純夫; RFe<sub>2</sub>O<sub>4</sub> における電荷・スピン・軌道構造とフラストレーション; 日本物理学会第 61 回年次大会、愛媛大学、松山大学, (2006); 20060327; 160903066
50. 佐藤健太, 石原純夫; ペロフスカイト型マンガン酸化物の電荷秩序相における光照射効果の理論; 日本物理学会第 61 回年次大会、愛媛大学、松山大学, (2006); 20060327; 160903067
51. 市村雅彦, 今村裕志, 高橋三郎, 前川禎通; 磁性ナノ構造におけるスピン蓄積のダイナミクス; 日本物理学会第 61 回年次大会(松山市), (2006); 20060328; 160901010
52. 松枝宏明, 遠山貴己, 前川禎通; 一次元 Mott 絶縁体における電子格子交互作用とスピン電荷分離; 日本物理学会第 61 回年次大会(日本物理学会, 松山), 28pRF-11 (2006); 20060328; 160903056
53. 谷口知大, 力武克彰, 今村裕志; スピン注入磁化反転における臨界電流の磁場依存性; 日本物理学会第 61 回年次大会(松山市), (2006); 20060329; 160901011
54. 挽野真一, 森道康, 高橋三郎, 前川禎通; 超伝導/強磁性/超伝導接合における 0- 転移; 日本物理学会第 61 回年次大会(日本物理学会, 松山), 29pSC-1 (2006); 20060329; 160903110
55. 家田淳一, 高橋三郎, S.E. Barnes, 前川禎通; 運動する磁壁による電気抵抗とスピン輸送; 日本物理学会第 61 回年次大会(愛媛大学), (2006); 20060329; 160904014
56. 財部裕一郎, 今井良宗, 加藤雅恒, 野地尚, 小池洋二; 水酸化物溶融塩を用いた Ln<sub>2</sub>CuO<sub>4</sub>(Ln= Pr-Gd)の低温合成; 日本物理学会 第 61 回年次大会(日本物学会, 松山), (2006); 20060330; 160902052
57. 今井良宗, 加藤雅恒, 財部裕一郎, 皆川武史, 野地尚, 小池洋二; 水酸化物溶融塩を用

- いた酸化物超伝導体の低温合成; 日本物理学会 第 61 回年次大会 (日本物理学会, 松山), (2006); 20060330; 160902053
58. 梶田徹也, 加藤雅恒, 野地尚, 佐藤秀孝, 小池洋二; Sr<sub>2</sub>CuO<sub>2</sub>I<sub>2</sub> への化学的 Li インターカレーション; 2006 年秋季 第 67 回応用物理学会学術講演会 (応用物理学会, 草津), 29a-F-8 (2006); 20060829; 160902069
  59. 皆川武史, 今井良宗, 加藤雅恒, 野地尚, 小池洋二; 水酸化物溶融塩を用いて低温合成した(Ba, Cs)BiO<sub>3</sub>- の酸素アニール効果; 2006 年秋季 第 67 回応用物理学会学術講演会 (応用物理学会, 草津), 29a-F-9 (2006); 20060829; 160902070
  60. 川股隆行, 野地尚, 小池洋二; 4 本足梯子格子系 La<sub>2</sub>Cu<sub>2</sub>O<sub>5</sub> および 5 本足梯子系 La<sub>8</sub>Cu<sub>7</sub>O<sub>19</sub> 単結晶の帯磁率と熱伝導; 日本物理学会 2006 年秋季大会 (日本物理学会, 千葉), 23pXK-3 (2006); 20060923; 160902071
  61. 田中孝佳, 松本宗久, 石原純夫; 量子軌道系における軌道秩序と希釈効果; 日本物理学会 2006 年秋季大会 (千葉市), (2006); 20060923; 160903072
  62. 石原純夫, 中惇, 長野あや; マルチフェロイクス RFe<sub>2</sub>O<sub>4</sub> における電気分極とフラストレーション; 日本物理学会 2006 年秋季大会 (千葉市), (2006); 20060923; 160903073
  63. 松枝宏明, 石原純夫; 光照射による電荷秩序 / 強磁性金属相転移のダイナミクス; 日本物理学会 2006 年秋季大会 (千葉市), (2006); 20060923; 160903074
  64. 石原純夫; 光照射によるマンガン酸化物の多自由度秩序融解のダイナミクス; 日本物理学会 2006 年秋季大会 シンポジウム“強相関電子系における光誘起相転移の超高速ダイナミクス“, (千葉市), (2006); 20060923; 160903075
  65. 横山健; 擬一次元金属における朝永・ラッテンジャー流体とフェルミ流体の間のクロスオーバー; 日本物理学会 2006 年秋期大会 (日本物理学会, 千葉市), 23pYF-1 (2006); 20060923; 160903099
  66. W. Koshibae ; 強相関電子系の熱起電力におけるスピンと軌道の役割 - 異種の遷移金属を含む化合物の場合 - ; 日本物理学会 2006 年秋季大会 (日本物理学会, 千葉市), (2006); 20060923; 160903132
  67. Takami Tohyama; 二次元三角格子ハバード模型の電荷励起に対するフラストレーションの効果; 日本物理学会 2006 年秋季大会 (日本物理学会, 千葉), (2006); 20060924; 160903089
  68. 挽野真一, 高橋三郎, 森道康, J. Martineka, 前川禎通; 超伝導/強磁性/超伝導接合におけるスピンダイナミクスの効果; 日本物理学会 2006 年秋季大会 (日本物理学会, 千葉市), 24aXH (2006); 20060924; 160903111
  69. Michiyasu Mori, Shin-ichi Hikino, Saburo Takahashi, and Sadamichi Maekawa; 超伝導/強磁性/超伝導接合におけるジョセフソン電流の温度依存性; 日本物理学会 2006 年秋季大会 (千葉市), (2006); 20060924; 160903097
  70. 筒井健二, 遠山貴巳, 前川禎通; 梯子格子ハバード模型の共鳴非弾性 X 線散乱スペクトル; 日本物理学会 2006 年秋季大会 (千葉市), (2006); 20060924; 160903141
  71. Jun ichi Ieda, Stewart E. Barnes, and Sadamichi Maekawa; 磁性細線中の磁壁移動に伴う起電力; 日本物理学会 2006 年秋季大会 (日本物理学会, 千葉市), 24aXH-11 (2006); 20060924; 160904056
  72. 川股隆行, 菅原直樹, S. M. Haidar, 野地尚, 小池洋二, 工藤一貴, 小林典男, 藤井裕, 菊池彦光, 千葉秋朗; 熱伝導からみた CuB<sub>2</sub>O<sub>4</sub> の磁気相転移; 日本物理学会 2006 年秋季大

- 会(物理学会、千葉), 25pXH-7 (2006); 20060925; 160902073
73. 須田山貴亮、田久保耕、孫珍永、溝川貴司、今井良宗、小池洋二、加藤雅恒; T-La<sub>1.5</sub>Sm<sub>0.5</sub>CuO<sub>4</sub> の光電子分光; 日本物理学会 2006 年秋季大会(物理学会、千葉), 26pZR-11 (2006); 20060925; 160902114
  74. 土浦宏紀、柏谷聡; 不均一超伝導における磁束芯束縛状態; 日本物理学会 2006 年秋季大会(日本物理学会、千葉市), 25aZG-11 (2006); 20060925; 160901034
  75. 須田山貴亮、田久保耕、孫珍永、溝川貴司、今井良宗、小池洋二、加藤雅恒; T-La<sub>1.5</sub>Sm<sub>0.5</sub>CuO<sub>4</sub> の光電子分光; 日本物理学会 2006 年秋季大会(日本物理学会、千葉), 26pZR-11 (2006); 20060926; 160902074
  76. N. Bulut; Long-range ferromagnetic correlations between Anderson impurities in a semiconductor host; IFCAM Seminar, IMR, Tohoku University, (2006); 20061101; 160904067
  77. 石動彰信、野地尚、梶田徹也、加藤雅恒、小池洋二; 層状ペロブスカイト型酸化物への「遷移金属 - アニオン」格子の導入による新規超伝導物質の探索; 応用物理学会東北支部第 61 回学術講演会, (応用物理学会東北支部、仙台), (2006); 20061207; 160902077
  78. 鮎川晋也、加藤雅恒、野地尚、小池洋二; 層状ペロブスカイト型 Pd 酸化物における新超伝導物質の探索; 応用物理学会東北支部第 61 回学術講演会, (応用物理学会東北支部、仙台), (2006); 20061207; 160902078
  79. 皆川武史、今井良宗、加藤雅恒、野地尚、小池洋二; 水酸化物溶融塩を用いた Ba<sub>1-x</sub>A<sub>x</sub>BiO<sub>3</sub>(A=Rb,Cs)の低温合成; 応用物理学会東北支部第 61 回学術講演会, (応用物理学会東北支部、仙台), (2006); 20061207; 160902079
  80. 財部裕一郎、今井良宗、加藤雅恒、野地尚、小池洋二; 水酸化物溶融塩を用いた T-Ln<sub>2</sub>CuO<sub>4</sub>(Ln: 希土類元素)の低温合成; 応用物理学会東北支部第 61 回学術講演会, (応用物理学会東北支部、仙台), (2006); 20061207; 160902080
  81. 手塚寛人、梶田徹也、加藤雅恒、野地尚、小池洋二; 層状ペロブスカイト型W酸化物への Li インターカレーションによる新超伝導物質の探索; 応用物理学会東北支部第 61 回学術講演会, (応用物理学会東北支部、仙台), (2006); 20061207; 160902081
  82. 根本健一、皆川武史、加藤雅恒、野地尚、小池洋二; KOH 溶融塩を用いた超伝導体 (Ba,K)BiO<sub>3</sub> の低温合成; 応用物理学会東北支部第 61 回学術講演会, (応用物理学会東北支部、仙台), (2006); 20061207; 160902082
  83. 菅原直樹、川股隆行、工藤一貴、小林典男、小池洋二; 低次元量子スピン系 Pb<sub>2</sub>V<sub>3</sub>O<sub>9</sub> の単結晶育成と熱伝導率; 応用物理学会東北支部第 61 回学術講演会, (応用物理学会東北支部、仙台), (2006); 20061208; 160902083
  84. 安藤彰祐、松枝宏明、遠山貴己、前川禎通; 一次元モット絶縁体の光吸収に対する電子・格子相互作用の効果; 日本物理学会第 62 回年次大会(日本物理学会、鹿児島), 18aZB-7 (2007); 20070318; 160903119
  85. 遠山貴己; t-t'-t''-J 模型のスペクトル関数と二体相関関数; 日本物理学会第 62 回年次大会(日本物理学会、鹿児島), (2007); 20070318; 160903144
  86. 友田良寛、Nejat Bulut, 前川禎通; 磁性半導体におけるホスト電子のスピン分極: 量子モンテカルロ解析; 日本物理学会第 61 回年次大会(日本物理学会、鹿児島), 19pTA-12 (2007); 20070319; 160903109
  87. 家田淳一, Stewart E. Barnes, 前川禎通; CPP-GMR 構造における磁化運動に伴う起電力;

- 日本物理学会 2007 年春季大会 (日本物理学会, 鹿児島), 19pZC-12 (2007); 20070319; 160904075
88. 松枝宏明, 石原純夫; 電荷秩序系の光誘起相転移におけるスピンドYNAMIKSの理論; 日本物理学会 2007 年春季大会, 鹿児島, (2007); 20070320; 160903126
  89. 中惇, 石原純夫; RFe<sub>2</sub>O<sub>4</sub> における誘電分極と磁気誘電現象の理論; 日本物理学会 2007 年春季大会, 鹿児島, (2007); 20070321; 160903127
  90. 菅原直樹, 川股隆行, S. M. Haidar, 工藤一貴, 小林典男, 小池洋二, ; 低次元量子スピン系 Pb<sub>2</sub>V<sub>3</sub>O<sub>9</sub> の単結晶育成と熱伝導; 日本物理学会 2007 年春季大会, 鹿児島, 21aRB-5 (2007); 20070321; 160902115
  91. 野崎友大, 林 慶, 梶谷 剛; デラフォサイト型酸化物 CuFe<sub>1-x</sub>NixO<sub>2</sub> (0 ≤ x ≤ 0.05) の合成と熱電特性; 第 54 回応用物理学関係連合講演会, (応用物理学会, 相模原), (2007); 20070329; 160902087
  92. 佐藤健一, 林 慶, 梶谷 剛; デラフォサイト型酸化物 CuCrO<sub>2</sub> の熱電特性におけるダブルドーピング効果; 第 54 回応用物理学関係連合講演会, (応用物理学会, 相模原), (2007); 20070329; 160902088
  93. 阿部大介, 宮崎 譲, 梶谷 剛; La<sub>2-2x</sub>Ca<sub>1+2x</sub>Mn<sub>2</sub>O<sub>7</sub> の合成と熱電特性; 第 54 回応用物理学関係連合講演会, (2007); 20070329; 160902089
  94. 皆川武史, 根本健一, 今井良宗, 加藤雅恒, 野地尚, 小池洋二; 水酸化物溶融塩を用いた Ba<sub>1-x</sub>AxBiO<sub>3</sub>(A=K, Rb, Cs)の低温合成; 2007 年(平成 19 年)春季第 54 回応用物理学関係連合講演会, (応用物理学会, 相模原), 30a-L-9/ (2007); 20070330; 160902116
  95. 家田淳一; 磁壁運動に伴う起電力の理論; 理化学研究所量子ナノ磁性研究チーム, (2007); 20070620; 160904090
  96. 手塚寛人, 加藤雅恒, 梶田哲也, 野地尚, 小池洋二; 層状ペロブスカイト Aurivillius 相への Li インターカレーションによる新超伝導物質の探索; 2007 秋季第 68 回応用物理学会学術講演会(応用物理学会, 札幌市), (2007); 20070904; 160902096
  97. 皆川武史, 加藤雅恒, 野地尚, 小池洋二; 水酸化物溶融塩を用いた Ba<sub>0.6</sub>(K<sub>1-x</sub>Rbx)<sub>0.4</sub>BiO<sub>3</sub> の低温合成; 2007 秋季第 68 回応用物理学会学術講演会(応用物理学会, 札幌市), (2007); 20070904; 160902097
  98. 家形諭, 谷口知大, 大兼幹彦, 安藤康夫, 今村裕志; 強磁性金属中におけるスピニコヒーレンス長; 第 68 回応用物理学会学術講演会, (2007); 20070905; 160902095
  99. 石動彰信, 野地尚, 鮎川晋也, 加藤雅恒, 小池洋二; イオン交換法を用いた新超伝導物質探索; 日本物理学会 2007 年秋季大会(日本物理学会, 札幌市), (2007); 20070921; 160902098
  100. 手塚寛人, 加藤雅恒, 梶田哲也, 野地尚, 小池洋二; 層状ペロブスカイト Aurivillius 相への Li インターカレーションによる新超伝導物質の探索; 日本物理学会 2007 年秋季大会(日本物理学会, 札幌市), (2007); 20070921; 160902099
  101. 小椎八重 航(仙台電波高専), 前川禎通(東北大金研, CREST); コバルト酸化物の熱磁気効果; 日本物理学会, 第 62 回年次大会(北海道大学札幌キャンパス), (2007); 20070921; 160903173
  102. Jun'ichi Ieda; 強磁性半導体 (Ga,Mn)As における磁壁クリープ運動(理論); 日本物理学会 2007 年秋季大会(日本物理学会, 札幌市), 22aWB-8 (2007); 20070922; 160904093
  103. 田中孝佳, 石原純夫(東北大理); t<sub>2g</sub> 軌道系における軌道状態の数値的研究 II; 日本物理学

会, 第 62 回年次大会(北海道大学札幌キャンパス), (2007); 20070924; 160903181

104. 那須謙治、長野あや、中惇、石原純夫(東北大理); 蜂の巣格子上の軌道模型の軌道状態 - 層状鉄酸化物  $\text{RFe}_2\text{O}_4$  における軌道構造 -; 日本物理学会, 第 62 回年次大会(北海道大学札幌キャンパス), (2007); 20070924; 160903182
105. 中惇、石原純夫(東北大理);  $\text{RFe}_2\text{O}_4$  における誘電分極と磁気誘電現象の理論 II; 日本物理学会, 第 62 回年次大会(北海道大学札幌キャンパス), (2007); 20070924; 160903183

## 国際

1. S. Ishihara; Doped orbital states in correlated electron systems - mobile hole and dilution; Physics of strongly correlated electron systems (YKIS2004) (Kyoto), (2004); 20041101; 160903026
2. Michiyasu Mori, Sadamichi Maekawa; Josephson Coupling through Antiferromagnetic Plane in Multilayered High-Tc Cuprates; The 4th International Workshop on Novel Quantum Phenomena in Transition Metal Oxides, Sendai, Japan, P1-20 (2004); 20041122; 160903001
3. Takami Tohyama ; Electronic and charge excitations in the upper Hubbard band; The 4th International Workshop on Novel Quantum Phenomena in Transition Metal Oxide , (2004); 20041122; 160903005
4. Yuhki Inoue, Kenji Tsutsui, Takami Tohyama, and Sadamichi Maekawa; Optical conductivity of the two-dimensional Hubbard model; The 4th International Workshop on Novel Quantum Phenomena in Transition Metal Oxide, (2004); 20041122; 160903006
5. T.Yamashita, K.Tanikawa, S.Takahashi, and S.Maekawa; Josephson Effect in a Superconducting Ring with a pi Junction; The 4th International Workshop on Novel Quantum Phenomena in Transition Metal Oxides and The 3rd Asia-Pacific Workshop on ``Strongly Correlated Electron Systems/Sendai, Japan, (2004); 20041124; 160901004
6. Tetuya Kajita, Masatsune Kato, Takashi Noji, and Yoji Koike; Synthesis of New Electron-doped Superconducting Cuprate  $\text{Li}_x\text{Sr}_2\text{CuO}_2\text{Br}_2$ ; The 4th International Workshop on Novel Quantum Phenomena in Transition Metal Oxides, /Sendai, P3-10 (2004); 20041124; 160902002
7. Yoshinori Imai, Masatsune Kato, Takashi Noji, Yoji Koike, Masato Hedo, Yoshiya Uwatoko, and Nobuo Mori ; Electrical resistivity of the perovskite  $\text{Ba}_{1-x}\text{K}_x\text{BiO}_3$  ( $x = 0.15$ ) under high pressure; The 17th International Symposium of Superconductivity (ISS2004), /TOKI MESSE, Niigata, Japan, PCP-79 (2004); 20041125; 160902004
8. T. Kajita, M. Kato, T. Itoh, T. Noji, and Y. Koike; Synthesis of new electron-doped cuprates  $\text{Li}_x\text{Sr}_2\text{CuO}_2\text{X}_2$  ( $X = \text{Cl}, \text{Br}$ ); The 17th International Symposium of Superconductivity (ISS2004), /TOKI MESSE, Niigata, Japan, PCP-80 (2004); 20041125; 160902006
9. Sadamichi Maekawa; Concepts in Spin Electronics; Australia-Japan Workshop on Advanced Materials, (2004); 20041205; 160904001
10. Sadamichi Maekawa; Theory of RIXS in Strongly correlated Electron Systems; 5th Korea-Japan-Taiwan Symposium on Strongly Correlated Electron Systems , (2004); 20041210; 160904002
11. Takami Tohyama; Numerical Study on High-Tc Superconductors; Workshop on Electron-Phonon Interaction in High-Tc Superconductors, (2005); 20050107; 160903007

12. Sadamichi Maekawa; Excitation in One -Dimensional Correlated Electron Systems; JST-CREST International Workshop " Highlights and New Perspectives in Strongly Correlated Electronic Systems /Tokyo, Japan, (2005); 20050112; 160904027
13. Sadamichi Maekawa; Excitation in One -Dimensional Correlated Electron Systems; The 10th APCTP Winter Workshop on Strongly Correlated Electron Systems /Jeju, Korea, (2005); 20050116; 160904028
14. Sadamichi Maekawa; Electric and Transport Properties in Frustrated Correlated Lattices; The 10th APCTP Winter Workshop on Strongly Correlated Electron Systems /Jeju, Korea, (2005); 20050116; 160904029
15. Michiyasu Mori, Sadamichi Maekawa ; Josephson Coupling through Antiferromagnetic Atomic-layer in High-T<sub>c</sub> Cuprates; International Symposium on Frontier in Materials Design , Synthesis and Measurements (Creative Scientific Research on Collaboratory on Electron Correlations - Toward a New Research Network between Physics and Chemistry), Awaji, Japan, (2005); 20050313; 160903003
16. Sadamichi Maekawa; Perspective on Spin Momentum Transfer; Spin Currents Workshop (IBM Almaden Research Center, San Jose, California, USA), (2005); 20050318; 160904030
17. Michiyasu Mori, Sadamichi Maekawa; Coexistence of superconductivity and antiferromagnetism in multilayered high-T<sub>c</sub> cuprates; American Physical Society March Meeting 2004, Los Angeles, USA, U43.00009 (2005); 20050324; 160903002
18. Sadamichi Maekawa; Spin-Charge Separation in One-Dimensional Cuprates: Theory and ARPS Experiments; Strong Correlations and ARPES: Recent Progress in Theory and Experiment /Dresden, Germany, (2005); 20050407; 160904015
19. Takami Tohyama; Angle-resolved two-photon photoemission of Mott insulator; International Seminar and Workshop "Strong Correlations and ARPES: Recent Progress in Theory and Experiment" (Prof. Fink, Dresden), (2005); 20050411; 160903035
20. Takami Tohyama; Numerical Study of Charge and Electronic Excitations in High-T<sub>c</sub> Cuprates; The third meeting of the Study of Matter at Extreme Conditions (SMEC 2005) (SMEC committee, Miami), (2005); 20050419; 160903036
21. Sadamichi Maekawa; Anomalous Electronic Lattices in Cobaltates; Special focused session at the 81st Korean Physical Society Meeting/Seoul, Korea, (2005); 20050423; 160904016
22. Sadamichi Maekawa; Spin-Charge Separation in One-Dimensional Cuprates; 4th Asia-Pacific Workshop on Strongly Correlated Systems Novel Quantum Phenomena in Emergent Materials /Beijing, China, (2005); 20050527; 160904017
23. Takami Tohyama; Charge Excitations of Doped Mott Insulators in Two Dimensions; 4th Asia-Pacific Workshop on Strongly Correlated Systems "Novel Quantum Phenomena in Emergent Materials (APW committee, Beijing), (2005); 20050529; 160903037
24. Hiroaki Matsueda; DMRG study of single-particle excitation spectra in 1D Mott insulators; 2005 JST-CERC/ERATO-SSS Workshop "Phase Control of Correlated Electron Systems- (Maui island, Hawaii), (2005); 20050609; 160903014
25. Sadamichi Maekawa; Non-Local Spin Transport in Magnetic Nanostructures; 2005 JST-CERC/ERATO-SSS International Workshop on Phase Control of Correlated Electron Systems" /Maui, USA, (2005); 20050609; 160904018
26. Hiroaki Matsueda, Takami Toyama, and Sadamichi Maekawa; Quantum Phonon Effects on

- Single-Particle Excitation Spectra in One-Dimensional Mott Insulators; 1st NAREGI International Nanoscience Conference(Nara), (2005); 20050616; 160903013
27. Sadamichi Maekawa; Progress Report of the Group of Nano-Electron Systems - Electronic States in Strongly Correlated Systems; 1st NAREGI International Nanoscience Conference / Nara, Japan, (2005); 20050617; 160904019
  28. Sadamichi Maekawa; Spin-Charge Separation and Non-Linear Optical Response in One-Dimensional Cuprates; The European Conference PHYSICS OF MAGNETISM 05 /Poznan, Poland, (2005); 20050626; 160904020
  29. Michiyasu Mori, and Sadamichi Maekawa; Superconducting- and magnetic couplings in multilayered high-Tc cuprates; 2005 JST-CERC/ERATO-SSS International Workshop on Phase Control of Correlated Electron Systems; 20050707; 160903015
  30. Wataru Koshibae, Akira Oguri, and Sadamichi Maekawa; Hall Effect in CoO<sub>2</sub> Layer with Hexagonal Structure; 2005 JST-CERC/ERATO-SSS International Workshop on Phase Control of Correlated Electron Systems" June 7, 2005, Maui, Hawaii, (2005); 20050707; 160903045
  31. Tsutomu Nojima, Takafumi Hyodo, Shintaro Nakamura, and Norio Kobayashi; Phase Transition from Superconducting to Normal State Induced by Spin Injection in Manganite/Cuprate/Au Double Tunnel Junctions; 24th International Conference on Low Temperature Physics (LT24)/(Orlando, Florida USA), (2005); 20050811; 160902055
  32. Nobuo Takahashi, Takayuki Kawamata, Tadashi Adachi, Takashi Noji, Yoji Koike, Kazutaka Kudo and Norio Kobayashi; Evidence for the Ballistic Thermal Conduction in the One-Dimensional Spin System Sr<sub>2</sub>CuO<sub>3</sub>; 24th International Conference on Low Temperature Physics (LT24) / Orlando, Florida, U. S. A, (2005); 20050813; 160902016
  33. Tetsuya Kajita, Masatsune Kato, Takashi Noji, and Yoji Koke; Synthesis of New Electron-Doped Cuprates Li<sub>x</sub>Sr<sub>2</sub>CuO<sub>2</sub>X<sub>2</sub> (X = Cl, Br, I). ; 24th International Conference on Low Temperature Physics (LT24) / Orlando, Florida, U. S. A, (2005); 20050816; 160902014
  34. Takashi Noji, Tatsuya Kato, Yoshinori Imai and Yoji Koke; Single-crystal growth of the superconducting Ba<sub>1-x</sub>K<sub>x</sub>BiO<sub>3</sub> by the floating-zone method; 24th International Conference on Low Temperature Physics (LT24) / Orland, Florida, U. S. A, (2005); 20050816; 160902015
  35. Yoshinori Imai, Takashi Noji, Masatsune Kato and Yoji Koike; Growth of the Single Crystal BaBiO<sub>3</sub> by the Floating-Zone Method.; 24th International Conference on Low Temperature Physics (LT24) / Orlando, Florida, U. S. A, (2005); 20050816; 160902017
  36. Yoshinori Imai, Masatsune kato, Takashi Noji and Yoji Koike; Electrochemical Synthesis of the Perovskite Ba<sub>1-x</sub>Cs<sub>x</sub>BiO<sub>3</sub> from Molten salts. ; The 24th International Conference on Low Temperature Physics (LT24) / Orlando, Florida, U. S. A, (2005); 20050816; 160902018
  37. Kazuhiro Koike, Takashi Noji, Tadashi Adachi, and Yoji Koike; Crystal growth of superconducting La<sub>2</sub>126 without HIP treatment.; 24th International Conference on Low Temperature Physics (LT24) / Orlando, Florida, U. S. A, (2005); 20050816; 160902019
  38. Sadamichi Maekawa; Spin-Transfer Torque and Domain Wall Motion in Magnetic Nanostructures; Croucher Advanced Study Institute-Science and Applications of Spin Electronics/ Hong Kong, (2005); 20050818; 160904021

39. Jun'ichi Ieda; Spinor Solitons in Bose-Einstein Condensates - Atomic Spin Transport; ISQM-TOKYO 05 (Advanced Research Laboratory, Hitachi, Ltd. Hatoyama, Saitama, Japan), (2005); 20050822; 160904009
40. Sadamichi Maekawa; Spinon and Holon Spectra in One-Dimensional Mott Insulators; INTERNATIONAL WORKSHOP ON Effective Models for Low - Dimensional Strongly Correlated Systems /Peyresq, France, (2005); 20050913; 160904022
41. 力武克彰, 今村裕志; Decoherence of localized spins interacting via RKKY interaction; Spin-Dependent Transport through Nanostructures - Spintronics05, Mierzecin near Poznan, Poland, (2005); 20050925; 160901014
42. Jun'ichi Ieda, S.E. Barnes, and Sadamichi Maekawa; Mechanism of Current-Induced Resonance of a Domain Wall; Spin-Dependent Transport through Nanostructures - Spintronics 05 (European Spintronics Research Training Network, Mierzecin near Poznan, Poland), (2005); 20050926; 160904011
43. Sadamichi Maekawa; Spin-Transfer Torque, Modified Landau-Lifshitz-Gilbert Equation, and Spin-Motive-Force in Magnetic Nanostructures; Spin-Dependent Transport through Nanostructures - Spintronics'05 /Poznan, Poland, (2005); 20050926; 160904023
44. Michiyasu Mori, Shinichi Hikino, Saburo Takahashi, and Sadamichi Maekawa; Effects of randomness on Josephson current in superconductor/ferromagnetic metal/superconductor junctions; Spin-Dependent Transport through Nanostructures - Spintronics'05, Mierzecin, Poland, (2005); 20050927; 160903051
45. Sadamichi Maekawa; Electronic and Transport Properties in Frustrated Correlated Lattices; Hvar 2005 Workshop on Correlated Thermoelectronic Materials/Hvar, Croatia, (2005); 20050929; 160904024
46. Masatsune Kato, Tetsuya Kajita, Ryo Hanakago, and Yoji Koike; Search for New Superconductors by the Li-Intercalation into Layered Perovskites.; 18th International Symposium on Superconductivity (ISS 2005) / Tsukuba, Japan, (2005); 20051025; 160902025
47. Michiyasu Mori, Takami Toyama, and Sadamichi Maekawa; Fermi surface splittings in multilayered high-T<sub>c</sub> cuprates; 18th International Symposium on Superconductivity, Tsukuba, Japan, ISTE, (2005); 20051025; 160903018
48. Michiyasu Mori, and Sadamichi Maekawa; Josephson effect in superconductor/antiferromagnet/superconductor junctions; 18th International Symposium on Superconductivity, Tsukuba, Japan, ISTE, (2005); 20051025; 160903019
49. Michiyasu Mori, Shin-ichi Hikino, Saburo Takahashi, and Sadamichi Maekawa; Effects of magnetic fluctuation on Josephson current in a superconductor/ferromagnetic metal/superconductor junction; 18th International Symposium on Superconductivity, Tsukuba, Japan, ISTE, (2005); 20051025; 160903020
50. Takami Tohyama; Physics of Electron-Doped High T<sub>c</sub> Cuprates from Theoretical Viewpoint; The 18th International Symposium on Superconductivity (ISS2005) (ISS committee, Tsukuba), (2005); 20051025; 160903038
51. Takami Tohyama; Electron-Hole Asymmetry in Electronic and Charge Excitations of High-T<sub>c</sub> Cuprates; International Workshop on Electron States and Lattice Effects in Cuprate High Temperature Superconductors (Prof. Oyanagi, Tsukuba), (2005); 20051027; 160903039

52. Akimasa Sakuma ; Theoretical Study on the stability of ferromagnetism and resistivity of dilute magnetic semiconductors at finite temperature; urnal of Applied Physic / 50th Annual Conference on Magnetism and Magnetic Materials, (San Jose, CA, USA), (2005); 20051031; 160901015
53. Akimasa Sakuma; First principles study on the electronic structure and effective exchange interaction of  $Y(\text{Co}_{1-x}\text{Cu}_x)_5$ ; Journal of Applied Physics / 50th Annual Conference on Magnetism and Magnetic Materials, (San Jose, CA, USA), (2005); 20051101; 160901016
54. 新関智彦, 久保田均, 安藤康夫, 宮崎照宣; Large enhancement of tunnel magnetoresistance in high quality ferromagnetic single-electron tunnel devices; 50th annual conference on magnetism and magnetic materials, San jose, CA, USA, (2005); 20051101; 160902060
55. S. Ishihara; Doping Effects on Orbital Order in Correlated Electron Systems ; 4th International Symposium on Electronic and Atomic Structures (ISEAS-IV ), Tamkang University, Taiwan, (2005); 20051110; 160903027
56. S. Ishihara, and T. Tanaka; Doping Effects on Orbital Order in Correlated Electron Systems ; 4th International Symposium on Electronic and Atomic Structures (ISEAS-IV ), Tamkang University, Taiwan, (2005); 20051110; 160903060
57. Sadamichi Maekawa; Non-Local and Quantum Spin Transport in Magnetic Nanostructures; 3rd THIOX Workshop /Zaragoza, Spain, (2005); 20051118; 160904025
58. Sadamichi Maekawa; Magnetic and Electronic Properties in Frustrated Electron Systems; Workshop on Functional Oxides -Design and Control of Correlated Electrons for Device Applications /Waikoloa, USA, (2005); 20051126; 160904026
59. Takami Tohyama; Theory of Resonant Inelastic X-Ray Scattering in Cuprates; Sixth Taiwan-Korea-Japan Symposium on Strongly Correlated Electron Systems (Symposium committee, Ten-Shien), (2005); 20051202; 160903040
60. Sumio Ishihara; Static & Dynamical Perturbation in Charge & Orbital Ordered Correlated Electron Systems”; JST-CREST International Workshop “Highlights and New Perspectives in Strongly Correlated Electronic Systems”, 東京大学, (2006); 20060111; 160903064
61. Wataru Koshibae, Nejat Bulut, Kenji Tsutsui, and Sadamichi Maekawa; Single-particle excitation-spectra in the Hubbard model on a kagome lattice; 2006 American Physical Society March Meeting, (2006); 20060313; 160903043
62. Jun ichi Ieda, S. Takahashi, S.E. Barnes, and S. Maekawa; Spin Accumulation and Resistance Due To A Moving Domain Wall; American Physical Society March Meeting (Baltimore, Maryland, USA), (2006); 20060313; 160904012
63. Michiyasu Mori, Takami Tohyama, and Sadamichi Maekawa; Fermi surface splittings in multilayered high- $T_c$  cuprates with charge imbalance; American Physical Society March Meeting 2006, Baltimore USA, (2006); 20060314; 160903052
64. Takami Tohyama; Symmetry of Photoexcited States in Two-Dimensional Mott Insulators; American Physical Society March Meeting (APS, Baltimore) , (2006); 20060315; 160903054
65. Nejat Bulut, Hiroaki Matsueda, Takami Tohyama, and Sadamichi Maekawa; Anomalous temperature dependence of the single-particle spectrum in the organic conductor TTF-TCNQ; 2006 American Physical Society March Meeting, (2006); 20060315; 160904042
66. Jun ichi Ieda; Spin Accumulation and Resistance Due To Domain Walls in Magnetic

- Nano-Wires; Spin Currents Workshop (IBM Almaden Research Center, San Jose, California, USA), (2006); 20060318; 160904013
67. Sumio Ishihara; Charge-Spin and Orbital Structures and Frustration in Multiferroic RFe<sub>2</sub>O<sub>4</sub>; The International Symposium on Anomalous Quantum Materials 2006 and The 5th Asia-Pacific Workshop, Okinawa convention center, (2006); 20060624; 160903068
  68. Takami Tohyama; Symmetry of Photoexcited States and Large-shift Raman Scattering in Two-dimensional Mott Insulators; 5th Asia-Pacific Workshop on Strongly Correlated Systems and The International Symposium on Anomalous Quantum Materials (特定領域研究「異常量子物質」, Okinawa), (2006); 20060626; 160903084
  69. Takami Tohyama; Electron-hole asymmetry in electronic and charge excitations of high-T<sub>c</sub> cuprates; Satellite Conference to the M2S-VIII “Low-Energy Excitations in High-T<sub>c</sub> Superconductor” (Max-Planck Institute, Stuttgart), (2006); 20060707; 160903085
  70. Shin-ichi Hikino, Michiyasu Mori, Saburo, Takahashi, and Sadamichi Maekawa; Current-phase relation in a superconductor/ferromagnet/superconductor Junction; Nanoscale Superconductivity and Magnetism - NSM2006 (NSM, Leuven), P2-JJ04 (2006); 20060708; 160903115
  71. Shin-ichi Hikino, Michiyasu Mori, Saburo, Takahashi, and Sadamichi Maekawa; Temperature dependence of Josephson current in superconductor/ferromagnet/superconductor junction; The 8th International Conference on Materials and Mechanisms of Superconductivity and High Temperature Superconductors (M2S-HTSC, Dresden), P-Mo-I-17 (2006); 20060710; 160903114
  72. Takayoshi Tanaka, Munehisa Matsumoto, and Sumio Ishihara; Numerical study of diluted orbital; ISSP International workshop and symposium on Computational Approaches to Quantum Critical Phenomena, (Univ. Tokyo, ISSP, Kashiwa), (2006); 20060711; 160903069
  73. Yuzuru Miyazaki, Daisuke Abe, Hideaki Sakai, and Tsuyoshi Kajitani; Preparation, Crystal Structure and Thermoelectric Properties of  $AxV_2O_5$  (A = Sr, Cu); 25th International Conference on Thermoelectrics (International Thermoelectric Society, Wien, Austria), (2006); 20060806; 160902059
  74. Yuzuru Miyazaki, Hideaki Sakai, Daisuke Abe and Tsuyoshi Kajitani; Crystal structure and thermoelectric properties of  $AxV_2O_5$  (A = Cu, Sr); 25th International Conference on Thermoelectrics (ICT-2006), (Vienna, オーストリア), B08-2 (2006); 20060809; 160902063
  75. Aya Nagano, and Sumio Ishihara; Spin-charge-orbital structures and frustration in multiferroic RFe<sub>2</sub>O<sub>4</sub>; Highly frustrated Magnetism 2006 (HFM2006), 大阪大学, (2006); 20060815; 160903070
  76. Takami Tohyama; Effect of Frustration on Optical Conductivity in Two-Dimensional Triangular Hubbard Model near Half Filling; Highly Frustrated Magnetism 2006 (HFM Committee, Osaka), (2006); 20060816; 160903086
  77. T. Kawamata, Y. Miyajima, N. Takahashi, T. Noji, and Y Koike; Large Thermal conductivity due to Spins in the Haldane Gap system Y<sub>2</sub>BaNiO<sub>5</sub>; Proceedings of the 17th International Conference on Magnetism (ICM2006) 2005.8.20-25, Kyoto, Japan, (2006); 20060820; 160902067
  78. Kenta Sato, and Sumio Ishihara; PHOTO-INDUCED PHASE TRANSITION IN CHARGE ORDERED PEROVSKITE MANGANITES; International conference on Magnetism 2006 (ICM2006) (Kyoto), (2006); 20060820; 160903071

79. W. Koshibae; THEORETICAL STUDY OF THE ELECTRONIC STRUCTURE IN -PYROCHLORE OXIDES; International conference on magnetism, Kyoto International Conference Hall (KICH), Kyoto, Japan, (2006); 20060820; 160903133
80. Takami Tohyama; Symmetry of Magnetic Excitons in Two-dimensional Mott Insulators; International Conference on Magnetism (ICM2006) (ICM2006 Committee, Kyoto), (2006); 20060821; 160903087
81. Sumio Ishihara; Dilution effects on Orbital Order in Strongly Correlated Electron Systems; International Symposium on the Jahn-Teller Effects , International Center for Theoretical Physics, Trieste, (2006); 20060823; 160903061
82. Shin-ichi Hikino, Michiyasu Mori, Saburo, Takahashi, and Sadamichi Maekawa; Theory of 0-transition in a superconductor/ferromagnet/superconductor junction; The 17th International Conference on Magnetism (ICM, Kyoto), PSFr-L-453 (2006); 20060825; 160903113
83. Jun ichi Ieda, Stewart E. Barnes, and Sadamichi Maekawa; Magnetic Memory using domain wall motion in ferromagnetic wires; KINKEN WAKATE 2006, 3rd Materials Science School for Young Scientists (Sendai, Japan), (2006); 20060827; 160904053
84. S. Ishihara; Dilution effects on orbital order in strongly correlated electron systems; International Symposium on the Jahn-Teller Effects (International Center for Theoretical Physics, Trieste), (2006); 20060830; 160903058
85. M. Mori, S. Hikino, S. Takahashi and S. Maekawa; 0- and pi-states in Josephson coupling through magnetic layers; The 19th International Symposium on Superconductivity (ISTEC, Nagoya), (2006); 20061031; 160903106
86. S. Hikino, S. Takahashi M. Mori, Jan. Martineka, and S. Maekawa; Effect of magnons on the 0-transition in a superconductor/half-metallic ferromagnet/superconductor junction; The 19th International Symposium on Superconductivity PCP-42 (ISTEC, Nagoya), (2006); 20061101; 160903112
87. N. Bulut; Quantum Monte Carlo study of the two-impurity Anderson model for a semiconductor host ; Spin Currents, Sendai, Japan, (2007); 20070119; 160904068
88. Sumio Ishihara, Makoto Naka, Jyoji Nasu, and Aya Nagano; Spin-Charge-Orbital States and Electric Polarization in Multiferroic RFe<sub>2</sub>O<sub>4</sub>; 2007 American Physical Society March Meeting, Denver, Colorado, (2007); 20070305; 160903124
89. Hiroaki Matsueda, and Sumio Ishihara; Photoinduced charge and spin dynamics in strongly correlated electron systems; 2007 American Physical Society March Meeting, Denver, Colorado, (2007); 20070305; 160903125
90. Jun ichi Ieda, Stewart E. Barnes and Sadamichi Maekawa; Spin-motive force studies in spin-valves; American Physical Society March Meeting, APS, Denver Colorado USA, S14-7 (2007); 20070307; 160904073
91. Takami Tohyama; Resonant Inelastic X-ray Scattering on Undoped and Doped Hubbard Systems; Workshop on Building a unified computational model for the resonant X-ray scattering of strongly correlated materials, (2007); 20070521; 160903162
92. Tomohiro Takahashi, Hiroki Tsuchiura and Akimasa Sakuma; Numerical Simulation for current-induced magnetization reversal in MTJs; International Symposium on Advanced Magnetic Materials and Applications, (2007); 20070530; 160901047

93. Hiroshi Imamura; Spin accumulation and magnetoresistance of a CPP-GMR system with a current confined path; ISAMMA2007, 1st International Symposium on Advanced Magnetic Materials (Jeju, Korea), (2007); 20070530; 160901048
94. Yuzuru Miyazaki; Preparation, crystal structure and thermoelectric properties of  $\text{La}_{2-2x}\text{Ca}_{1+2x}\text{Mn}_2\text{O}_7$ ; 26th International Conference on Thermoelectrics (ICT2007), (2007); 20070605; 160902092
95. W. Koshibae, A. Oguri and S. Maekawa; Theory of thermoelectric response in strongly correlated electron systems; Theory of thermoelectric response in strongly correlated electron systems, (2007); 20070821; 160903172
96. S. Takahashi(Tohoku Univ., CREST); Nanolocal spin transport in Magnetic Nanostructures; 10th International Conferences on Advanced Materials, (2007); 20071000; 160901049
97. Hiroto Tezuka, Masatsune Kato, Tetsuya Kajita, Takashi Noji and Yoji Koike; Search for new superconductors by the Li-intercalation into layered perovskites of the Aurivillius phase; 20th International Symposium of Superconductivity (ISS2007), (2007); 20071100; 160902101
98. Shinnya Ayukawa, Kazurata Ikeda, Masatsune Kato, Takashi Noji, Shinnichi Orimo and Yoji Koike; Electron-doping into  $\text{Nd}_2\text{PdO}_4$  with the T'-type structure by intercalation.; 20th International Symposium of Superconductivity (ISS2007), (2007); 20071100; 160902102
99. Takefumi Minakawa, Masatsune Kato, Takashi Noji and Yoji Koike (1Dept. Of Apph. Tohoku Univ. 2CREST, JST); Low-temperature synthesis of  $\text{Ba}_{1-x}\text{AxBiO}_3$  (A=K, Rb, Cs) using molten hydroxides.; 20th International Symposium of Superconductivity (ISS2007), (2007); 20071100; 160902103

ポスター発表 (国内会議 17 件、国際会議 48 件)

#### 国内

1. 挽野真一, 森道康, 高橋三郎, 前川禎通; 超伝導 / 強磁性 / 超伝導接合でのジョセフソン電流に対する磁気揺らぎの効果; 日本物理学会 2005 年秋季大会、同志社大学京田辺キャンパス, (2005); 20050919; 160901027
2. 高橋三郎, 前川禎通 ; 非局所スピン注入とスピン軌道相互作用; 日本物理学会、東京理科大学, (2005); 20050921; 160901031
3. 谷川和男, 市村雅彦, 高橋三郎, G. Baskaran, 前川禎通; 磁性半導体中の磁気不純物準位と強磁性相互作用 III; 日本物理学会 2005 年秋季大会、同志社大学京田辺キャンパス, (2005); 20050922; 160901028
4. 谷川和男, 市村雅彦, 高橋三郎, G. Baskaran, 前川禎通; 磁性半導体中の磁気不純物状態と強磁性相互作用; 第 53 回日本応用物理学会、武蔵工大, (2006); 20060323; 160901030
5. 高橋三郎, 谷川和男, 市村雅彦, N. Bulut, G. Baskaran, 前川禎通; 磁性半導体中の磁気不純物準位と強磁性相互作用 IV; 日本物理学会第 61 回年次大会(松山市), (2006); 20060328; 160901018
6. 挽野真一, 森道康, 高橋三郎, 前川禎通; 超伝導 / 強磁性体 / 超伝導接合における 0-転移; 日本物理学会第 61 回年次大会、松山大学, (2006); 20060329; 160901029
7. 今村裕志, 市村雅彦, 家田淳一, 高橋三郎, 前川禎通; ねじれたスピン構造を持つ磁性多層膜における CPP-GMR の理論的研究; 日本物理学会 2006 年秋期大会、千葉大学,

(2006); 20060924; 160901039

8. 谷口知大, 今村裕志, 前川禎通; 2つの強磁性電極を持つ CPP-GMR 構造におけるスピン注入磁化反転の理論的研究; 日本物理学会 2006 年秋期大会, 千葉大学, (2006); 20060924; 160901040
9. 安藤彰祐, 松枝宏明, 遠山貴己, 前川禎通; 一次元モット絶縁体の光吸収に対する電子・格子相互作用の効果; 最先端・高性能汎用スーパーコンピュータの開発利用プロジェクト 第一回公開シンポジウム(分子科学研究所, 東岡崎), (2007); 20070306; 160903120
10. 外山篤, 筒井健二, 遠山貴己, 前川禎通; 銅酸化物の不純物置換効果に対する d - p 模型に基づく研究; 日本物理学会 2007 年春季大会 (日本物理学会, 鹿児島), 19aPS-3 (2007); 20070319; 160903121
11. 田中孝佳, 石原純夫; t<sub>2g</sub> 軌道系における軌道状態の数値的研究表題訳文; 日本物理学会 2007 年春季大会(日本物理学会, 鹿児島), (2007); 20070319; 160903129
12. 那須譲治, 長野あや, 中惇, 石原純夫; 層状鉄酸化物 RFe<sub>2</sub>O<sub>4</sub> における軌道状態; 日本物理学会 2007 年春季大会, 鹿児島, (2007); 20070319; 160903130
13. 筒井健二, 外山篤, 遠山貴己, 前川禎通; Ni 不純物を含む銅酸化物の励起スペクトル; 日本物理学会 2007 年年次大会(日本物理学会, 千葉市), (2007); 20070319; 160903142
14. 梶田哲也, 加藤雅恒, 野地尚, 小池洋二; Li インターカレーションによる新超伝導物質 Li<sub>x</sub>Sr<sub>2</sub>CuO<sub>2</sub>X<sub>2</sub>(X=Br, I)の合成; 日本物理学会 2007 年春季大会 (日本物理学会, 鹿児島), 19aPS-49 (2007); 20070319; 160902117
15. 鮎川晋也, 加藤雅恒, 野地尚, 小池洋二; 層状ペロブスカイト型 Pd 酸化物における新超伝導物質の探索; 日本物理学会 2007 年春季大会 (日本物理学会, 鹿児島), 19aPS-114 (2007); 20070319; 160902118
16. 皆川武史, 加藤雅恒, 野地尚, 小池洋二; 水酸化物溶融塩を用いた(Ba, A)BiO<sub>3</sub>(A=Rb, Cs)の低温合成; 日本物理学会 2007 年春季大会 (日本物理学会, 鹿児島), 19aPS-136 (2007); 20070319; 160902119
17. 松枝宏明(仙台電波高専)、石原純夫(東北大理); 光照射による電荷秩序・強磁性金属相転移の理論; 日本物理学会, 第 62 回年次大会(北海道大学札幌キャンパス), (2007); 20070923; 160903184

## 国際

1. Takami Tohyama; Electron-hole asymmetry in the doping dependence of spectral function for high-T<sub>c</sub> cuprates; International Seminar and Workshop "Strong Correlations and ARPES: Recent Progress in Theory and Experiment" (Prof. Fink, Dresden), (2005); 20050404; 160903053
2. T. Yamashita, S. Takahashi, and S. Maekawa; Superconducting Quantum Bit with Ferromagnetic pi-Junction; The 8th International Symposium on Foundation of Quantum Mechanics in the Light of New Technology, ISQM-TOKYO'05 / Hatoyama, Japan, (2005); 20050822; 160901020
3. T. Yamashita<sup>1</sup>, S. Takahashi<sup>1</sup>, and S. Maekawa; Superconducting pi qubit with a ferromagnet/superconductor/ferromagnet junction; Spin-Dependent Transport through Nanostructures, Spintronics'05 / Poznan, Poland, (2005); 20050925; 160901021
4. Y. Koike, T. Kawamata, N. Takahashi, Y. Miyajima, T. Adachi, T. Noji, K. Kudo, and N.

- Kobayashi; Thermal conductivity due to spins in Sr<sub>2</sub>CuO<sub>3</sub>, La<sub>8</sub>Cu<sub>7</sub>O<sub>19</sub> and Y<sub>2</sub>BaNiO<sub>5</sub>; The International Symposium on Anomalous Quantum Materials 2006 and The 5th Asia-Pacific Workshop (2006.6.23-27, Okinawa), 24PS-10 (2006); 20060624; 160902064
5. Masatsune Kato, Yoshinori Imai, Yuichiro Takarabe, Takashi Noji and Yoji Koike; Low-temperature synthesis of T'-La<sub>2</sub>CuO<sub>4</sub> using molten hydroxides; The International Symposium on Anomalous Quantum Materials 2006 and The 5th Asia-Pacific Workshop (2006.6.23-27, Okinawa), 24PS-23 (2006); 20060624; 160902065
  6. Yoshinori Imai, Masatsune Kato, Yuichiro Takarabe, Takashi Noji, Tadashi Adachi, and Yoji Koike; Low-temperature synthesis of (La,Sm)<sub>2</sub>CuO<sub>4</sub> with the T'-structure from molten Hydroxides.; Proceedings of 8th International conference on Materials and Mechanisms of Superconductivity and High Temperature Superconductors (M2S-HTSC- ) (Dresden Germany, July 9-14,2006), (2006); 20060624; 160902066
  7. S.A. Jafari ; Third Harmonic Generation in Strongly Correlated Systems: Dynamical Mean Field Theory Study; The International Symposium on Anomalous Quantum Materials 2006 and The 5th Asia Pacific Workshop (Okinawa, Japan), (2006); 20060624; 160903057
  8. Michiyasu Mori, Takami Tohyama and Sadamichi Maekawa; Charge imbalance effects on interlayer hopping and Fermi surfaces in multilayered high-T<sub>c</sub> cuprates; The 5th Asia-Pacific Workshop, Okinawa, Japan, (2006); 20060624; 160903094
  9. N. Bulut; Numerical Studies Of Interacting Electrons Frustrated Lattices; The International Symposium on Anomalous Quantum Materials 2006 and The 5th Asia Pacific Workshop (Okinawa, Japan), (2006); 20060624; 160904049
  10. N. Bulut; Paring Intraction in the Hubbard Model; Low-Energy Exitaions in High-T<sub>c</sub> Superconductors (Stuttgart, Germany) Sattellite Conference of " 8th International Conference on Materials and Mechanisms of Superconductiity abd High-Temprature Superconductors" (Dresden, Germany), (2006); 20060706; 160904047
  11. Michiyasu Mori and Sadamichi Maekawa; Effect of antiferromagnetic layers on the superconducting properties of multilayered cuprates; Nanoscale Superconductivity and Magnetism - NSM2006, Leuven (Vaalbeek), (2006); 20060708; 160903095
  12. S. Hikino, M. Mori, S. Takahashi, and S. Maekawa; Current-phase relation in a superconductor/ferromagnet/superconductor Junction; Nanoscale Superconductivity and Magnetism - NSM2006, Leuven (Vaalbeek), (2006); 20060708; 160903096
  13. K. Tsutsuia , T. Tohyamaa , and S. Maekawa; Charge Excitations and Resonant Inelastic X-ray Scattering in Ladder Cuprates; The 8th International Conference on Materials and Mechanisms of Superconductivity and High Temperature Superconductors (M2S-HTSC) 161, Dresden, Germany, (2006); 20060710; 160903138
  14. N. Bulut, and S. Maekawa; Paring Intraction in the Two-Dimensional t-t'-U Hubbard Model; 8th International Conference on Materials and Mechanisms of Superconductiity and High-Temprature Superconductors (Dresden, Germany), (2006); 20060710; 160904048
  15. Takami Tohyama; Spin, Charge, and Electronic Excitations in Cuprate Superconductors: Role of the Long-Range Hoppings; Materials and Mechanisms of Superconductivity High Temperature Superconductors VIII (M2S-VIII) (M2S Committee, Dresden) , (2006); 20060711; 160903088
  16. Kenji Tsutsuia , Takami Tohyamaa , and Sadamichi Maekawa; Theoretical study of Cu K-edge Resonant Inelastic X-ray Scattering in Ladder Cuprates; The International Symposium on

- Anomalous Quantum Materials 2006 and The 5th Asia-Pacific Workshop, Okinawa, Japan, (2006); 20060726; 160903140
17. Jun ichi Ieda, and Miki Wada; Nonlinear Dynamics of Spin Structure in Confined Systems; International Conference on Quantum Fluid and Solid 2006 (Kyoto, Japan), PC15 (2006); 20060803; 160904050
  18. T. Taniguchi, Y. Rikitake, and H. Imamura; Magnetic field dependence of the critical current in current driven magnetization reversal; 19th International Colloquium on Magnetic Films and Surfaces (ICMFS2006), Sendai, Japan, (2006); 20060814; 160901038
  19. Jun ichi Ieda, Stewart E. Barnes, and Sadamichi Maekawa; Magnetic Devices Using Domain Wall Motion in Ferromagnetic Wires; 19th International Colloquium on Magnetic Films and Surfaces (Sendai, Japan), 17P-91 (2006); 20060817; 160904051
  20. T. Takahashi, H. Tsuchiura and S. Sakuma; Micromagnetic simulation for magnetization reversal in the free layer of MTJs driven by spin-transfer torque; 19th International Colloquium on Magnetic Films and Surfaces (ICMFS2006), (Sendai), (2006); 20060817; 160901036
  21. N. Bulut; Magnetic correlations of the Hubbard model on frustrated lattices; International Conference on Magnetism, Kyoto, (2006); 20060820; 160904069
  22. H Imamura, M Ichimura, J Ieda, S Takahashi, and S Maekawa; Spin accumulation and magnetoresistance of ferrimagnetic multilayers; The 17th International Conference on Magnetism (ICM 2006), Kyoto, Japan, (2006); 20060820; 160901037
  23. T. Kawamata, Y. Miyajima, N. Takahashi, T. Noji, and Y Koike; Large Thermal conductivity due to Spins in the Haldane Gap system  $Y_2BaNiO_5$ ; The 17th International Conference on Magnetism PSMo-D-182 (ICM2006) 2005.8.20-25, Kyoto, Japan, (2006); 20060821; 160902068
  24. Jun ichi Ieda, Saburo Takahashi, Masahiko Ichimura, Hiroshi Imamura, and Sadamichi Maekawa; Spin Accumulation and Resistance due to a Domain Wall; 17th International Conference on Magnetism (Kyoto, Japan), PSTu-G-266 (2006); 20060822; 160904052
  25. H. Tsuchiura, K. Takaki, S. Kashiwaya and S. Sakuma; Inhomogeneous electronic states due to out-of plane disorder in the  $t-t' -J$  model; International Conference on Magnetism (ICM2006), (Kyoto), (2006); 20060822; 160901035
  26. S.A. Jafari; Third Harmonic Generation in Strongly Correlated Systems: Dynamical Mean Field Theory Study; The International Conference on Magnetism (Kyoto, Japan), (2006); 20060825; 160903059
  27. Kenji Tsutsui, Takami Tohyama, and Sadamichi Maekawa; Theoretical study of resonant inelastic x-ray scattering in ladder cuprates; The 17th International Conference on Magnetism (ICM) PSFr-A-022, Kyoto, Japan, (2006); 20060825; 160903139
  28. Ken Yokoyama; Crossover between Tomonaga-Luttinger and Fermi liquids in quasi-one dimensional metallic state; KINKEN-WAKATE2006 (Sendai, Japan), (2006); 20060826; 160903098
  29. Jun ichi Ieda, Stewart E. Barnes, and Sadamichi Maekawa; Magnetic Memory Using Domain Wall Motion in Magnetic Nano-Wires; Gordon Research Conferences 2006 Magnetic Nanostructures (Oxford, UK), (2006); 20060907; 160904055
  30. Yoshinori Imai, Masatsune Kato, Yuichiro Takarabe, Takashi Noji, Tadashi Adachi and Yoji

- Koike; Low-Temperature synthesis of  $\text{La}_2\text{CuO}_4$  with the T -structure using molten hydroxides.; Kyoto Conference on Solid State Chemistry - Transition Metal Oxides: Past, Present and Future - Kyoto, (2006); 20061115; 160902075
31. Tetsuya Kajita, Masatsune Kato, Takashi Noji and Yoji Koike; A New Family of Electron-Doped Superconducting Cuprates  $\text{Li}_x\text{Sr}_2\text{CuO}_2\text{X}_2$ (X=Br, I); Kyoto Conference on Solid State Chemistry - Transition Metal Oxides: Past, Present and Future - Kyoto, (2006); 20061115; 160902076
  32. Masatsune Kato, Yoshinori Imai, Tetsuya Kajita, Takashi Noji<sup>1</sup>, and Yoji Koike; Synthesis of Oxide Superconductors by Soft-Chemical Techniques.; Kyoto Conference on Solid State Chemistry - Transition Metal Oxides: Past, Present and Future - Kyoto, (2006); 20061115; 160902084
  33. Aya Nagano, Makoto Naka, Jyoji Nasu and Sumio Ishihara; Theory of Spin-charge-orbital State in Frustrated system  $\text{RFe}_2\text{O}_4$ ; 2006 MRS Fall Meeting Boston USA, (2006); 20061127; 160903123
  34. Ken Yokoyama; High-dimensional bosonization approach for the crossover between Tomonaga-Luttinger and Fermi liquids in quasi-1D metallic state ; Hong Kong Forum of Condensed Matter Physics: Past, Present and Future (The University of Hong Kong, Hong Kong), (2006); 20061218; 160903101
  35. M. Mori, S. Hikino, S. Takahashi and S. Maekawa; Theoretical study on Josephson effect in superconductor/magnetic-layer hybrids; Hong Kong Forum of Condensed Matter Physics: Past, Present and Future (Hong Kong University, Hong Kong) , (2006); 20061218; 160903107
  36. Jun ichi Ieda, Stewart E. Barnes, and Sadamichi Maekawa; Spin-motive forces in ferromagnetic nano-structures; Hong Kong Forum of Condensed Matter Physics: Past, Present and Future, The University of Hong Kong, Hong Kong, (2006); 20061218; 160904063
  37. Jun ichi Ieda, Stewart E. Barnes and Sadamichi Maekawa; Magnetic Devices Using Magnetic Domain Walls with Time Dependent Magnetization; IMR Workshop on Advanced Materials, IFCAM-IMR, Sendai, P15 (2007); 20070301; 160904072
  38. Hiroaki Matsueda and Sumio Ishihara; Photoinduced charge and spin dynamics in strongly correlated electron systems; The 6th Asia-Pacific Workshop on Frontiers of Condensed Matter Science and Symposium on 20 Years Anniversary Discovery of YBCO (Taipei), (2007); 20070412; 160903158
  39. Michiyasu Mori; Josephson current through ferromagnetic layers and supercurrent pumping; The 6th Asia-Pacific Workshop, (2007); 20070413; 160903156
  40. Kenji Tsutsui; Resonant Inelastic X-ray Scattering Spectrum in Hubbard Ladder; IXS2007, 6th International Conference on Inelastic X-ray Scattering (Awaji, Japan), (2007); 20070511; 160903159
  41. Hiroaki Matsueda and Sumio Ishihara; Photoinduced charge and spin dynamics in strongly correlated electron systems; 2007 JST-CERC International symposium, Highlights and Perspectives of Correlated electron systems, - from physics to applications - (Tokyo), (2007); 20070522; 160903165; "
  42. "Takayoshi Tanaka and Sumio Ishihara; Dilution Effects in Orbital Degenerate Systems; 2007

JST-CERC International symposium, Highlights and Perspectives of Correlated electron systems, - from physics to applications - (Tokyo), (2007); 20070522; 160903166

43. Makoto Naka, Sumio Ishihara; Electric polarization in spin-charge-orbital coupled dielectrics RFe<sub>2</sub>O<sub>4</sub>; 2007 JST-CERC International symposium, Highlights and Perspectives of Correlated electron systems, - from physics to applications - (Tokyo), (2007); 20070522; 160903167
44. M. kato, Y. Imai, T. Kajita, Y. Takarabe, T. Minakawa, K. Nemoto, H. Tezuka, T. Noji and Y. Koike; Synthesis of oxide superconductors by soft-chemical techniques.; Joint Conference of 1st International Conference on Science and Technology for Advanced Ceramics (STAC) and 2nd International conference on Joining Technology for New Metallic Glasses and Inorganic Materials (JTMC), (2007); 20070524; 160902090
45. S Ayukawa, M. Kato, T. Noji and Y. koike; Electrical properties of layered perovskite-type palladium oxides.; Joint Conference of 1st International Conference on Science and Technology for Advanced Ceramics (STAC) and 2nd International conference on Joining Technology for New Metallic Glasses and Inorganic Materials (JTMC), (2007); 20070524; 160902091
46. Hiroto Tezuka, Masatsune Kato, Tetsuya Kajita, Takashi Noji and Yoji Koike; Li-Intercaralation into Layered Perovskaites of the Aurivillius Phase.; Yamada Conference LXI, Spectroscopies in Novel Superconductors (SNS2007), (2007); 20070820; 160902093
47. Takefumi Minakawa, Masatsune Kato, Takashi Noji and Yoji Koike ; Superconductivity of (Ba, A) BiO<sub>3</sub> (A=K, Ba, Cs) synthesized at low temperatures using molten hydroxides.; Yamada Conference LXI, Spectroscopies in Novel Superconductors (SNS2007) , (2007); 20070823; 160902094
48. Kenji Tsutsui; Exact Diagonalization Study on Impurity Effects in High-Tc Superconductors; Yamada Conference LXI & Spectroscopies in Novel Superconductors 2007, (2007); 20070823; 160903171

#### (4)特許出願

国内出願 (4 件)

1. 発明の名称: ナノ構造磁気・電気エネルギー変換素子  
発明者: 前川禎通, Stewart E. Barnes, 家田淳一  
出願人: 独立行政法人科学技術振興機構[100%]  
出願日: 2005.08.02  
出願番号: 特願 2005-224774 号
2. 発明の名称: 磁器メモリー  
発明者: 前川禎通, Stewart E. Barnes, 家田淳一  
出願人: 独立行政法人科学技術振興機構[100%]  
出願日: 2005.08.01  
出願番号: 特願 2005-223495 号
3. 発明の名称: デラフォッサイト構造を持つ層状酸化物熱電材料  
発明者: 小野泰弘, 佐藤健一, 梶谷剛  
出願人[持分%]: 独立行政法人科学技術振興機構[100%]  
出願日: 2005.11.28  
出願番号: 特願 2005-342933 号

4. 発明の名称:層状酸化物熱電材料 CuFe<sub>1-x</sub>Ni<sub>x</sub>O<sub>2</sub>  
発明者:小野泰弘、野崎友大、梶谷 剛  
出願人:独立行政法人科学技術振興機構[100%]  
出願日:2006.12.20  
出願番号:特願 2006-343640

海外出願 (2 件)

1. 発明の名称:磁気メモリー  
発明者:前川禎通, Stewart E. Barnes, 家田淳一  
出願人:独立行政法人科学技術振興機構[100%]  
出願日:2006.08.01  
出願番号:PTC/JP2006/315188
2. 発明の名称:ナノ構造体を有する磁気及び電気エネルギーの相互変換素子  
発明者:前川禎通, Stewart E. Barnes, 家田淳一  
出願人:独立行政法人科学技術振興機構[100%]  
出願日:2006.08.02  
出願番号:PTC/JP2007/015475

(5)受賞等

受賞

平成17年度

賞名 トーキン科学技術振興財団研究奨励賞

氏名 土浦 宏紀

研究テーマ ナノスケール不均一電子状態による銅酸化物超伝導体の異常物性

新聞報道

平成17年度

話題 高温超伝導の理論

主たる関係者 前川禎通

年月日 2006.1.09

報道機関名:刊工業新聞

話題 高温超伝導の理論

主たる関係者 前川禎通

年月日 2006.3.27

報道機関名:日経産業新聞

その他 なし

7 研究期間中の主な活動(ワークショップ・シンポジウム等)

年月日	名称	場所	参加人数	概要
H16.12.2	チームミーティング	金研 IFCAM セミ ナー室	35名	グループ間連携の打合せ
H16.12.17	チームミーティング	金研 IFCAM セミ ナー室	40名	グループの研究方針の確認
H17.3.1	チームミーティング	金 研 IFCAM セミ ナー室	30名	デバイス理論グループの情報交換
H18.2.15	デバイス理論構築グル ープ グループミーティング	東北大学・ 金属材料研 究所	35	グループの活動報告
H18.3.7	多体電子系シュミレーシ ョングループ グループミーティング	東北大学・ 金属材料研 究所	32	グループの活動報告
H18.3.1.	実証実験グループ グループミーティング	東北大学・ 金属材料研 究所	44	グループの活動報告
H19.1.29	リーダー会議	東 北 大 学 金属材料研 究所	10名	研究成果の整理とグループ の分担の確認
H19.2.19-20	Spin Currents	東 北 大 学 金属材料研 究所	80名	スピントロニクスに関 する成果発表と同分野の意 見交換
H19.2.22	多体電子系シミュレーシ ョングループミーティン グ	京都大学百 周年時計 台記念館 会議室	10名	シミュレーショングループの 研究の現状の報告と今後の 方向性についての議論を行 った。
H20.1.10	領域横断シンポジウム	東京大学工 学部	10名	スピントロニクスに関 する研究発表
H20.1.11	合同シンポジウム	東京大学工 学部	25名	当CRESTの成果報告

## 8 研究成果の展開

### (1)他の研究事業への展開

当CRESTプロジェクトにおいて完成させた多体電子系の数値シミュレーションプログラムは世界最高性能を有するものであり、次世代スーパーコンピューター・プロジェクトに組み込むことができれば、大きな進展が得られるものと期待される。平成19年度より科研費基盤研究(A)「遷移金属酸化物の電子制御」が発足し、当CRESTの成果の一部を発展させている。しかし、ここで得られた成果をさらに大きく進展させるためには、より大きなプロジェクトが必要であり、その可能性を模索中である。

### (2)実用化に向けた展開

当研究では、スピントロニクス、量子コンピュータ素子(キュービット)及び熱電変換素子においていくつかの特許を出願した。またこれらの発展のための資金は得られていないが、実用化に向けた努力を続けたい。

スピントロニクス関係の特許について：

一般に起電力の発生には荷電粒子に非保存力(ポテンシャルの勾配として表せない力)が作用する必要がある。当CRESTでは、強磁性導体の磁化が時間的に変化する時、起電力が発生することを示し、次のスピントロニクスデバイスを提案した。

- i) 磁界を用いない磁気メモリー、
- ii) 磁性細線を用いたエネルギー増幅器。

これらは、磁性細線に磁壁を導入し、磁壁への運動を電気的な信号に変換して利用するものである。

低次元遷移金属氧化物熱電変換材料関係の特許について：

遷移金属酸化物の3d電子の持つスピンと軌道の自由度が巨大熱電効果を与えることを理論的に明らかにし、その理論を用いて新しい熱電変換材料、 $\text{Cu}(\text{Cr}, \text{Mg})\text{O}_2$ を開発した。これはp型熱電変換材料である。また、n型熱電変換材料として知られている $(\text{Ca}, \text{La})\text{MnO}_3$ の材料としての性質に改良を加え、両物質を用いて熱電発電モジュールの試作品を完成させた。これは酸化物のみによるモジュールとして世界的にもユニークなものである。

## 9 他チーム、他領域との活動とその効果

### (1)領域内の活動とその効果

領域会議や領域内の様々なミーティングを通じて、研究の視野を広げることができた。当研究は3年の短期間であったため、他のチームとの共同研究を行う時間的余裕がなかったが、このCRESTを通じて生まれた研究の輪は今後の研究に大きくプラスすると思われる。

### (2)領域横断的活動とその効果

領域内での活動及び領域横断的活動を通して、研究分野を超えた研究の輪が生まれた。こ

れは当CRESTでの大きな成果であり、今後の研究に非常に大きな意味を持つと思われる。

特にこれまではあまり接触のなかった化学関係の研究者との交流は研究への視野を広げるのに大変重要であった。当CRESTで開発してきた多体電子系シミュレーション手法は化学の分野でも非常に有用であると思われ、今後当CRESTを通じて知り合った化学の研究者とも議論を進めたい。

## 10 研究成果の今後の貢献について

### (1) 科学技術の進歩が期待される成果

数値計算プログラムの開発は時間のかかる息の長い研究である。当CRESTプロジェクトではいくつかの世界最高性能の多体電子系の数値シミュレーションプログラムを完了させた。これらは間違いなく、科学技術のフロンティアに必要とされるものである。これらを活用する新たなプロジェクトの提案を準備したい。

### (2) 社会・経済の発展が期待される成果

次世代スーパーコンピュータ国家プロジェクトが進展している。当CRESTで開発した数値シミュレーションプログラムはこのプロジェクトに導入されれば、十分な活用が期待できると思われる。

## 11 結び

各グループの目標が十二分に達成されるとともに、外部の様々な実験グループとの共同研究が行われ、予想を大きく上回る成果が得られた。また当チームが完成させた次の計算プログラム、1) 数値的厳密対角化法、2) 動的数値くり込み群法、3) 量子モンテカルロ法、は世界最高性能あるいは世界的にもユニークなものである。

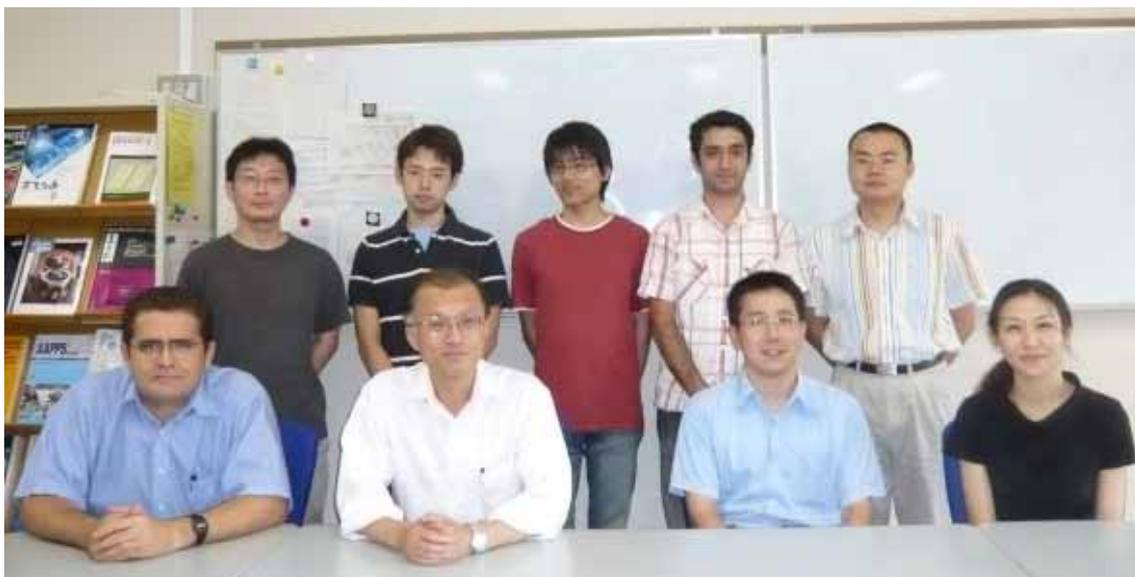
このように強相関電子系の研究に加えて計算プログラムに関し、世界的に見ても最も整備された状況を作り上げることができたと言える。またメンバー表にあるように、多くの若手研究者が昇進し、若手研究者の育成に当CRESTの果たした意義は多い。

当CRESTは3年間という短期間のプロジェクトである為、研究テーマを絞り込んで研究を開始した。しかし、予想以上に研究を広げることができ、数値シミュレーションと実証実験研究を両輪とした研究手法を作り上げるとともに「電子内部自由度制御型ナノデバイス創製原理の構築」という新しい研究分野を開拓することができた。

この研究分野は当研究代表者が長年にわたり積み上げてきたものであるが当CRESTの3年間で大きく開花したといえる。それには2つの要因が挙げられる。まず、領域内での様々なミーティングを通じて多くの研究者から刺激をいただいたことがある。また、当CREST開始時はメンバーの所属は東北大学のみであったが、この3年間で多数の若手のメンバーが成長し、新しい場所で研究を進展させたことも当CRESTの成功に大きくプラスしていると言える。

今後は、当CRESTを通じて得られた研究の輪を大切に、研究成果を進展させていきたい。

量子デバイス開発グループ(東北大学金属材料研究所)

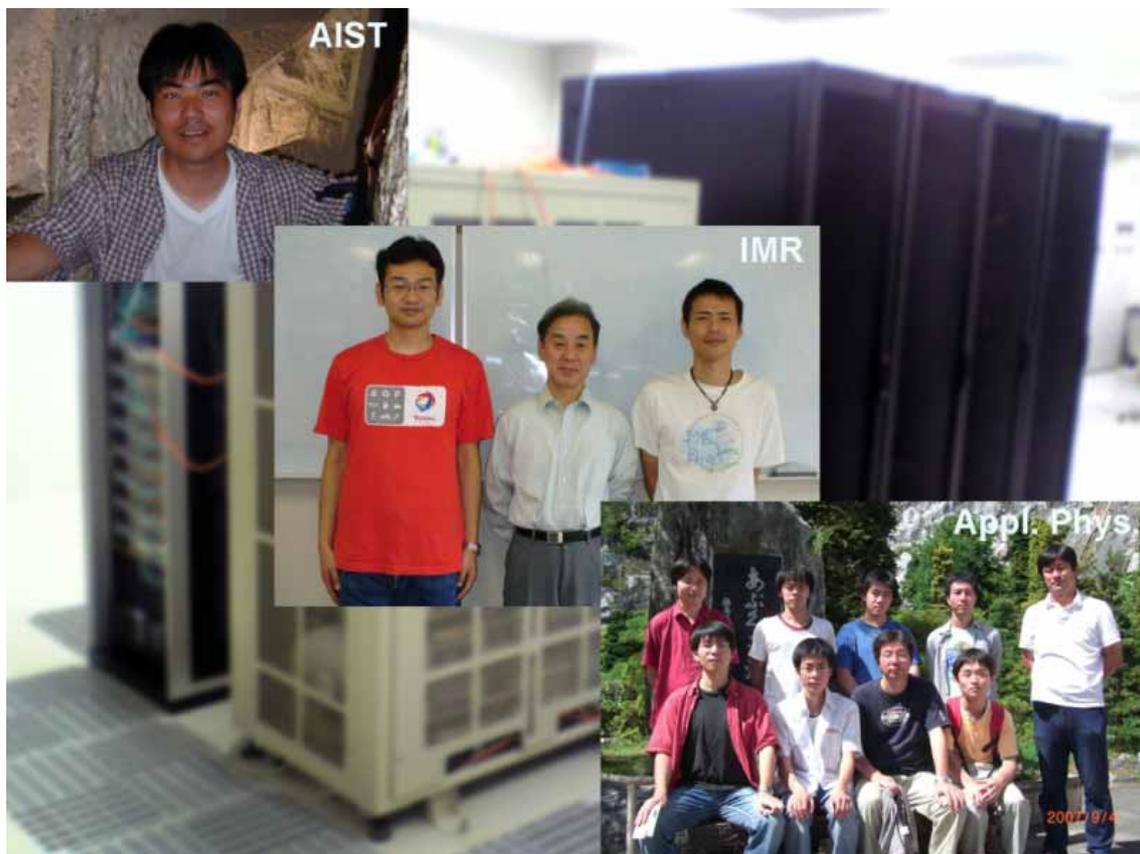


多体電子シミュレーショングループ(京都大学)

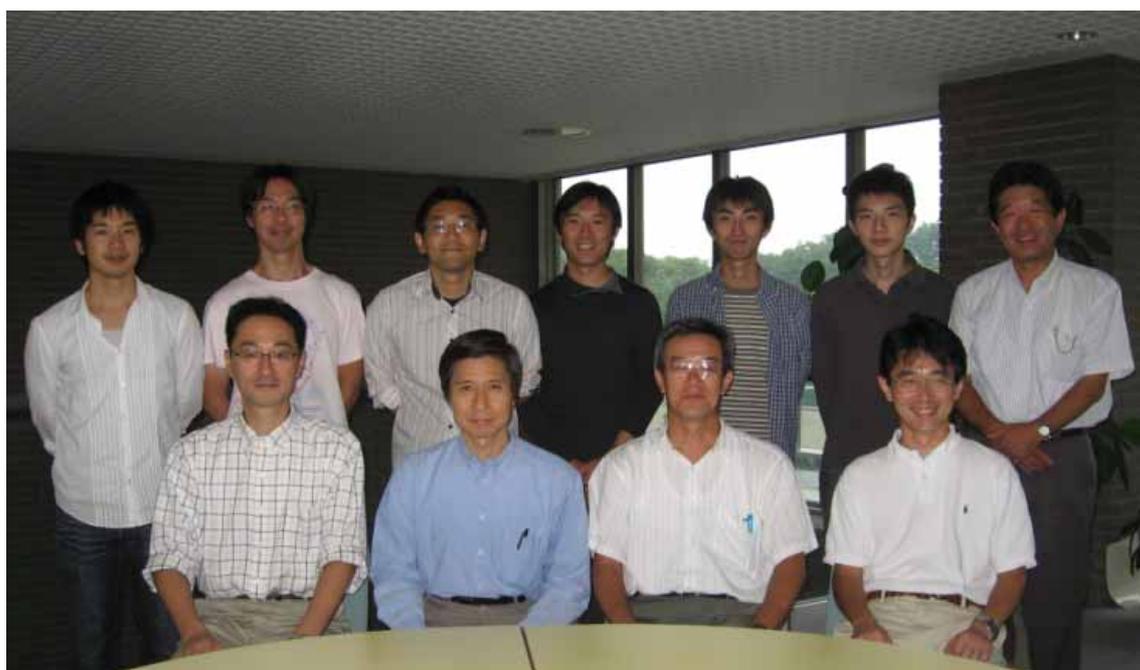


## デバイス理論構築グループ

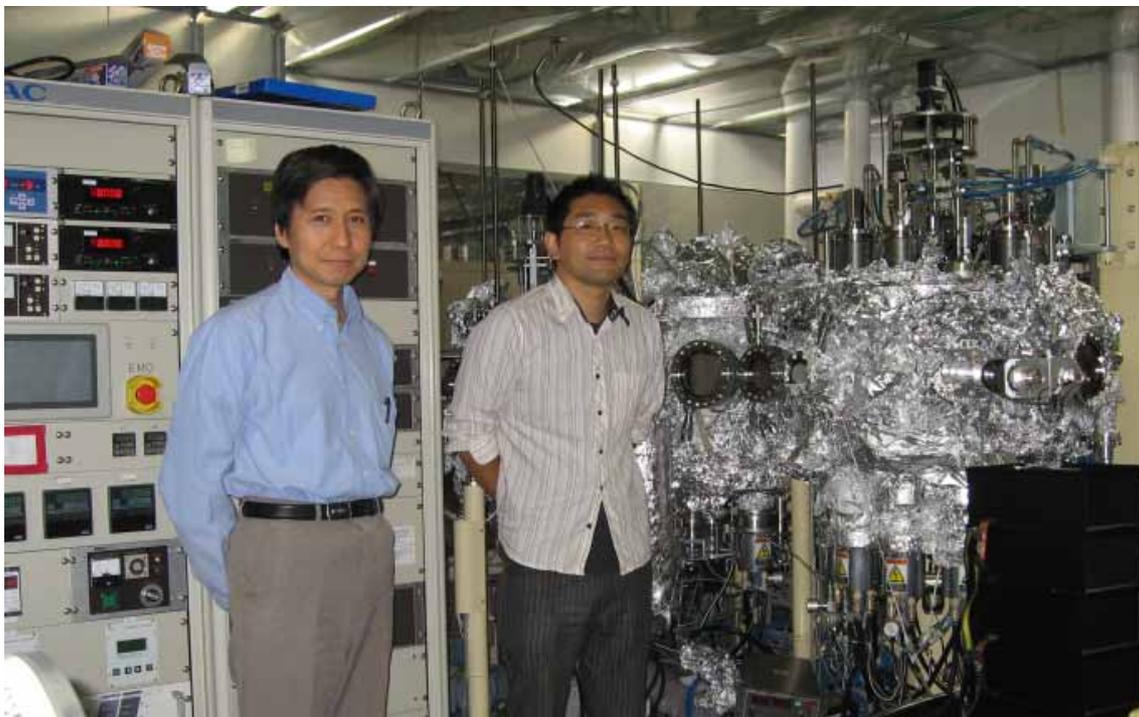
(産業技術総合研究所・東北大学金属材料研究所・東北大学大学院工学研究科)



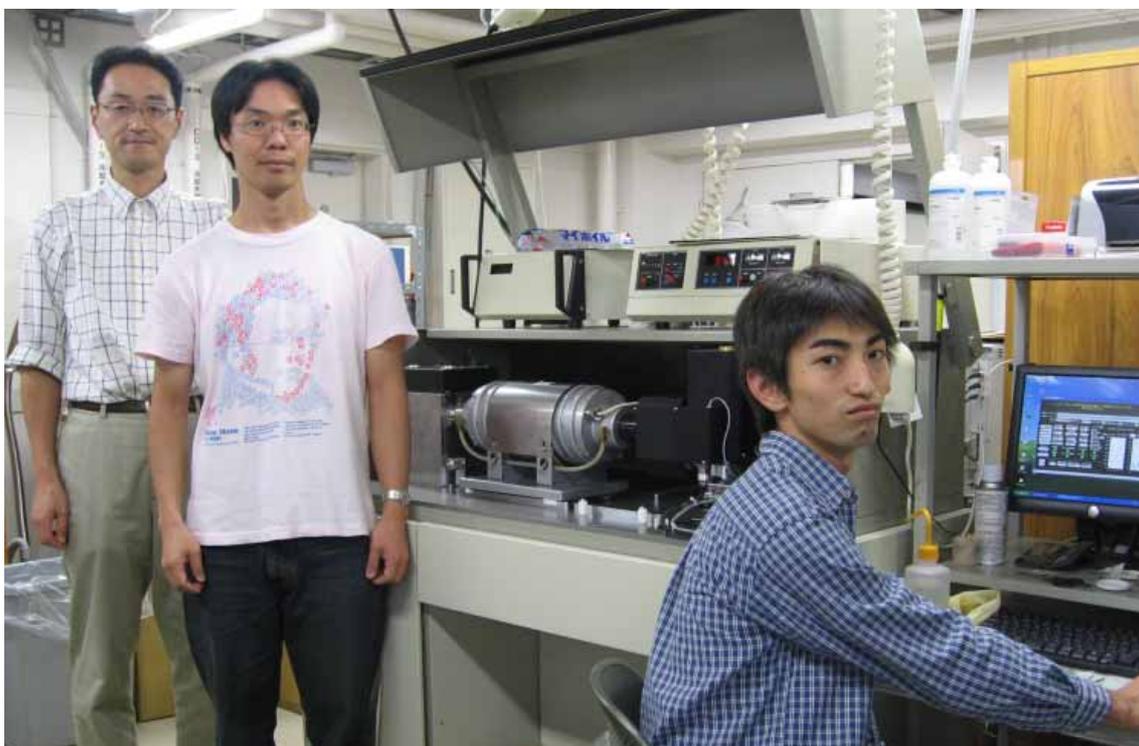
## 実証実験グループ(東北大学大学院工学研究科)



実証実験グループ(スピン流実験室)



実証実験グループ(熱電変換酸化物実験室)



実証実験グループ(低次元遷移金属氧化物探索実験室)

