

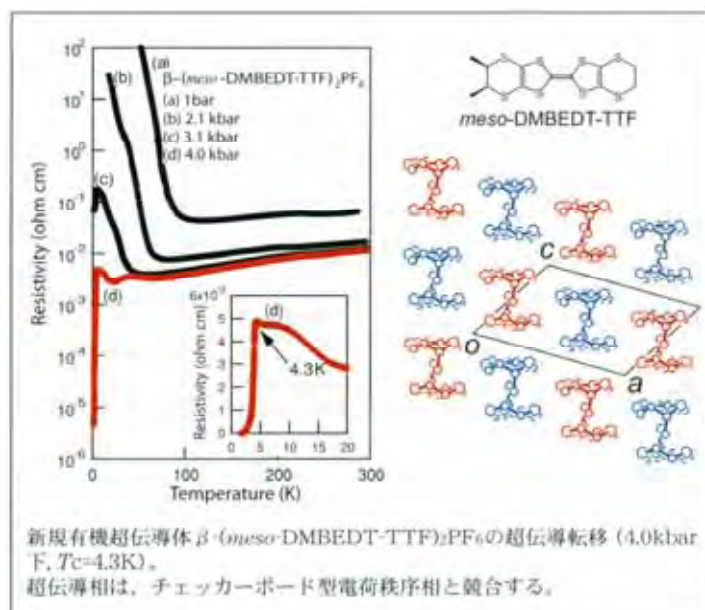
物性研だより

第47巻
第2号

2007年7月

目次

研究室だより	
1	○ 森研究室・・・・・・・・・・・・・・・・森 初果
総長賞を受賞して	
8	○ 柏キャンパス高圧ガスボンベ一括管理体制の構築 野澤 清和 土屋 光 鷲山 玲子
12	物性研に着任して・・・・・・・・常次 宏一
13	松田 巖
20	徳永 将史
21	大久保 潤
22	服部 一匡
23	鴻池 貴子
25	松林 和幸
26	物性研を離れて・・・・・・・・大道 英二
27	山下 良之
28	外国人客員所員を経験して・・・・・・・・Satish BHARGAVA
物性研究所短期研究会報告	
29	○ 強相関係におけるESRの新展開
48	物性研究所談話会
物性研ニュース	
50	○ 人事異動
51	○ 東京大学物性研究所教員公募のご案内
56	○ 物性研究所創立50周年記念事業のお知らせ
57	○ 共同利用申請のweb化についてのお知らせ
58	○ ガラス工作室からのお知らせ
編集後記	



東京大学物性研究所

ISSN 0385-9843



研究室だより 森研究室

物性研究所 新物質科学研究部門 森 初果

1. はじめに

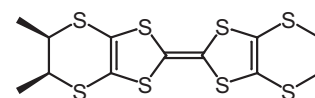
物性研が柏に移転した翌年の 2001 年 9 月に着任して、約 5 年余となりました。今年はちょうど物性研の 50 周年で、私も記念事業検討委員会の一員として、記念冊子「物性研 50 年の歴史—研究から」をまとめる機会を与えられています。物性研は昭和 32 年、当時「物性科学の拠点」を目指して設立されました。英語名は最初、“The Institute for Solid State and Chemical Physics”が挙げられていましたが、設立直前、「名前は短くてよいのではないか」という指摘で現在の“The Institute for Solid State Physics”となったようです。名前が示すように、研究所を作られた方々は、物性物理ばかりでなく物性化学も念頭を置かれていたようで、設立当初より無機固体化学（非晶体、無機物性）および有機固体化学（分子）の研究室がありました。さらに、第 2 世代の凝縮系の所員より「新物質開発」の重要性が提言され、無機、有機物質の研究室で、強磁性体、超伝導体、磁性伝導体、量子スピン系物質の開発が物性物理とのコラボレーションの中で進み、第 3 世代でも“有機物質開発”をおこなう森研究室が発足、運営されております。

着任後 5 年経過しましたので、この研究室だよりに執筆する機会を得ました。これまで、「有機物ならではの物性の創成」を目指して進めてきた物質開発の研究をご紹介します。

2. 電荷秩序と競合する新規有機超伝導体の発見

最初の有機超伝導体は、1980 年にデンマーク、仏で発見されました。SDW(スピン密度波)による金属—絶縁体転移を加圧で抑えた、 $T_c=1\text{K}$ (12kbar 下)の超伝導体です。その 6 年後の 1986 年、日本でも国産初の有機超伝導体が作られ、1988 年には、私も物性研齊藤研究室に所属していたとき、初めて超伝導転移温度が 10K を超える有機超伝導体[κ -(BEDT-TTF) $_2$ Cu(NCS) $_2$]を見出しました。その後 1991 年にかけて 10K 級の超伝導体がいくつか開発され、有機超伝導体は強相関電子系の 1 つとして、現在も研究が続けられています。最初の有機超伝導体の発見から四半世紀たち、その数約 120 種となり、それらを“Materials Viewpoint of Organic Superconductors”として J. Phys. Soc. Jpn.の「分子性導体」の特集号でまとめましたので、ご興味のある方はご覧下さい[1]。

有機物質の特徴の 1 つは、ファンデルワールスという弱い力で結晶を作っているため、非常に柔らかく、圧力応答が大きいところです。超伝導転移温度も、通常-10K/GPa で変化し、化学負圧での制御は、もっぱら脇役側で電荷を注入する役目をもつ、無機絶縁相のアニオンの形、大きさを変えて行われていました。そこで、我々は主役の有機伝導層の分子を化学修飾することにより、直接バンド幅、二量化の程度を変え、系統的に電子相関の大きさを変化させ、物性制御することを目指しました。この年、このプロジェクト提出にあたって部門長だった瀧川所員にお世話になり、また当時の福山所長か



meso-DMBEDT-TTF

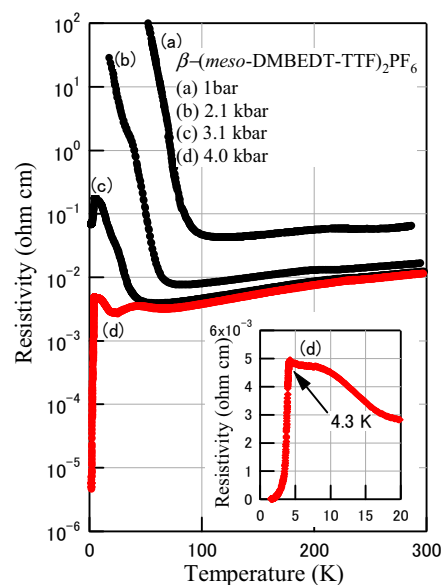


図 1 新規有機超伝導体 β -(meso-DMBEDT-TTF) $_2$ PF $_6$ の圧力下の電気抵抗率の温度依存性と 4.0kbar 下、 $T_c=4.3\text{K}$ での超伝導転移。

ら研究費をつけていただき、有機合成を進めるためのドラフト装置を設置し、物質開発をスタートすることができました。そして、私の前職場（（財）超電導工学研究所）から一緒に物性研に移ってきてくれた大学院生、神谷正和氏、須藤 幸氏、鈴木秀明氏の全面的な協力で、引っ越して一週間後には、前職場から運んだ測定装置で、彼らの卒論、修論を仕上げるための、伝導度の測定を開始しました。その際、隣の田島所員に「物性研最速の立ち上がりだ」と彼らが声をかけていただいたのも、今では懐かしい思い出です。このように、最初の 1 年は装置全般を立ち上げながら、大学院生と共に研究を進めました。

翌 2002 年 11 月からは、科学技術振興機構の戦略的創造研究推進事業 CREST タイプ「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」（研究総括：福山秀敏教授、チームリーダー：小林速男教授）に参加させていただき、X線単結晶回折装置が入って、物質開発に必須の構造評価も研究室内で可能となり、研究も格段に進むようになりました。さらにこの 11 月、有機合成を専門とする木村伸也助手が着任して、頓挫していた合成反応の問題点も解決し始め、新規分子の合成は飛躍的に進みました。木村助手と、大学院生の前島倫子氏、山下和樹氏、千葉竜麻氏が協力し、1 年半の物質探索後、新規有機超伝導体 β -(meso-DMBEDT-TTF) $_2$ PF $_6$ を発見しました(図1,[1,2])。10K の有機超伝導をはじめ、これまで 6 個ほど新規有機超伝導体を作りましたが、新規ドナー分子を構成成分とする超伝導体は私も初めてで、これも、メンバーの努力の賜物です。

この錯体は分子に立体障害部位を有しているため分子間相互作用は弱く、従来の常圧超伝導体と比べて 9 割、約 0.9eV のバンド幅を持ち、そのため常圧では 90K で金属—絶縁体の相転移を起こします。この絶縁相を加圧したところ超伝導相が現れたので、絶縁相の構造を決定する必要がありました。2002 年より 5 研究所（物性研、高エネルギー加速器研究機構物質構造科学研究所（物構研）、分子科学研究所（分子研）、京大化学研究所、東北大金属材料研究所）のメンバーが属する文科省学術創成研究「新しい研究ネットワークによる電子相関係の研究」（代表者：茅幸二教授）に参加させていただいておりました。そして、そのプロジェクトで物構研が立ち上げた PF-BL-1A ラインを使用し、澤教授のグループにお世話になり、木村助手が収集したデータでX線構造解析を行い、図2のように低温絶縁相はチェッカーボード型の電荷秩序相であることを決定しました[3]。分子研の薬師久弥教授との共同研究で、ラマン分光からも、この錯体のドナー分子がもつ電荷は、金属相の 0.5 価 \times 2 から、絶縁化後の 70K 以下で、0.7 価と 0.3 価に電荷秩序化することが明らかになっております。この三斜晶系の錯体におけるチェッカーボード型の電荷秩序は大変珍

しく、他の物質同様、隣接するドナー間のクーロン斥力だけ考えると、ストライプ型の電荷秩序になるはずですが、図2下に示すように、電荷秩序に伴う構造相転移により、電荷リッチになる分子はほぼ平面のままであるのに対して、電荷プアとなる分子は最適化平面から約 3.6 度曲がります。このように、柔らかい有機分子の自由度を介して、電子系—分子の自由度—格子系の相互作用により、チェッカーボード型パターンが実現していると考えられ、この「分子の自由度」は有機物ならではの特性と考えております。また、金属的な電気伝導性をもつ 90K 以上でも、磁性は 2 次元ハイゼンベルグモデルに最適化され、絶縁後もスピンの自由度は残り、強相関的な電子描像が示されております。この錯体に圧力を印加すると、金属—絶縁体転移温度は低下し、4.0kbar 下、 $T_c=4.3K$ で抵抗のドロップが観測され、磁場下で抑えられることから、超伝導転移であることが明らかとなりました[1,2]。

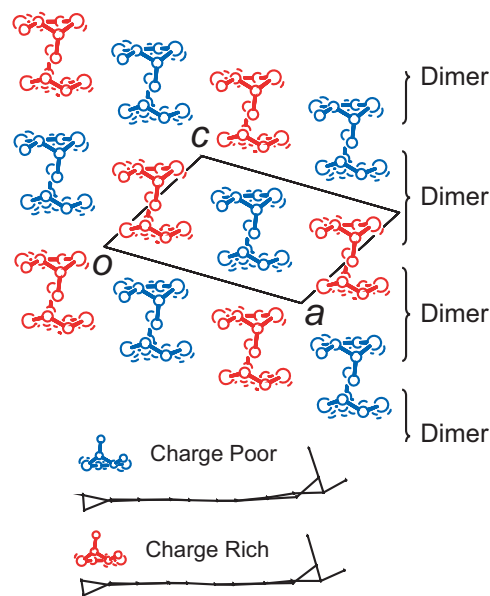


図2 新規有機超伝導体 β -(meso-DMBEDT-TTF) $_2$ PF $_6$ の 11.5K における電荷秩序構造。0.7 価と 0.3 価のドナー分子がチェッカーボード型に配列している。

さらに、外研で東邦大理学部物理学科梶田、西尾研より来られた学部4年の齊藤貴子氏が、PF₆ 塩と同型のβ(meso-DMBEDT-TTF)₂AsF₆ で、良質の単結晶を作成し、大学院生の千葉竜麻氏と共に 3.8kbar 下、T_c=4.3K で超伝導転移を見出しました。電荷秩序相と超伝導相の関係を詳細に調べるため、上床所員、当時大学院生の小枝氏にお世話になり、上床研のマグネットを用いて千葉竜麻氏が加圧下の磁気抵抗を調べた結果が図3です。AsF₆ 塩、PF₆ 塩ともに抵抗ドロップのオンセット温度以上で磁気抵抗が上昇し初め、磁場下で超伝導を壊したとき出現する電子相は大変興味深いものです。磁場下での、「超伝導相と電荷秩序相の競合状態の研究」は、大学院生の森中直紀氏が引き継ぎ、マイスナー効果の圧力依存性、および加圧下での磁気抵抗測定を、高橋一志助教と共に、現在行っております。

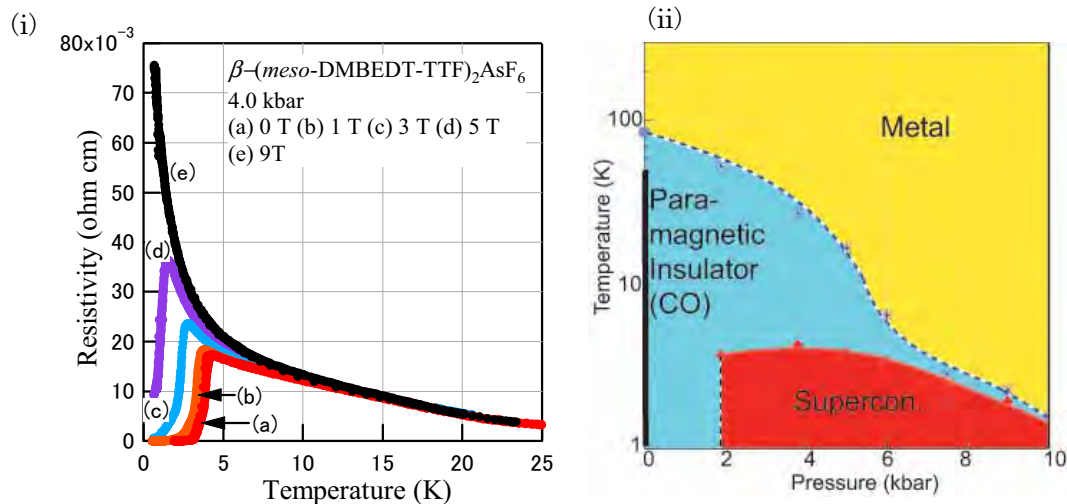


図3 新規有機超伝導体β(meso-DMBEDT-TTF)₂AsF₆ の(i)磁気抵抗と(ii)電子相図。電荷秩序相と超伝導相が競合している。

我々の錯体は、電荷秩序と超伝導が競合する系の中でも、その電荷秩序パターンがX線で決定されており、比較的低静水圧下において MPMS や PPMS 装置でも測定可能な温度で超伝導になる数少ないサンプルです。両相の競合状態を調べるため、加圧下の磁気抵抗、磁化測定ばかりでなく、圧力下のラマンは分子研の薬師グループとの共同研究で進行中であり、圧力下の NMR は、¹³C をエンリッチしたサンプルを木村助手が合成し、大学院生の吉兼芙美子氏が物性を調べており、その電子状態解明の研究は現在も進行中です。また、この電荷秩序と超伝導の競合の理論については、大学院生の吉見一慶氏と東京理科大の中村正明助手が手がけ、電荷秩序状態が低温でリエントラントであること、超伝導の対称性はスピン揺らぎの小さい高温の領域ではトリプレットとシングレット型が競合するのに対し、スピン揺らぎの発達する低温ではシングレット型が安定であるという興味深い結果を、RPA 近似で計算しています[4]。

3. 巨大非線形伝導

以上のように、電荷秩序相を圧力や温度をパラメーターとして金属相に融解させる研究を行っておりますが、最近はその他に電場で制御する非線形伝導の研究にも興味をもって進めております。有機物でも、Cu(TCNQ) [TCNQ=tetracyanoquinodimethane]の薄膜に

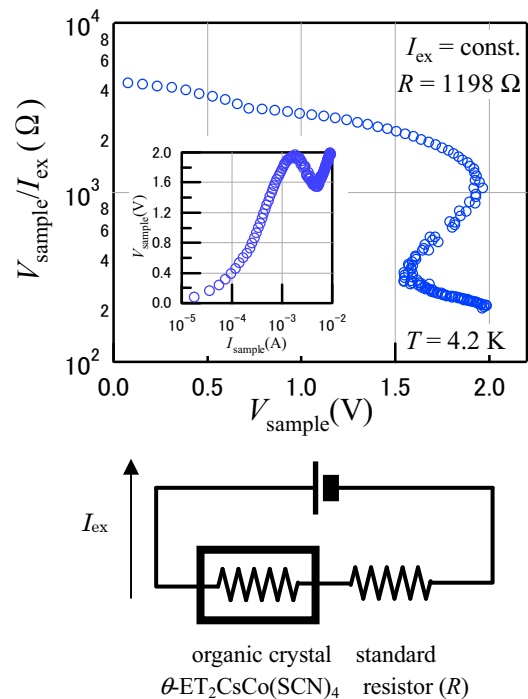


図4 有機伝導体θ-ET₂CsCo(SCN)₄ の巨大非線形伝導とその回路図。上図では、n型のサイリスタ同様の非線形伝導が観測された。

おけるスイッチング現象や、中性—イオン性転移をする交互積層型の(TTF)(*p*-chloranil)、モット絶縁体となる K(TCNQ)などの錯体について、 $2\text{k}\sim 10\text{kVcm}^{-1}$ と比較的高電場で、また CDW (電荷密度波)、SDW 転移 (スピン密度波) をもつ錯体では、閾電場以上で非線形伝導が観測されてきました。最近我々は、伝導性電荷秩序をもつ系を見出し、これらの物質が図 4 のように低電圧で巨大非線形伝導を示すことを早稲田大学の寺崎一郎教授との共同研究で報告し、注目を集めております[5]。この有機結晶 $\theta\text{-ET}_2\text{MM}'(\text{SCN})_4$ [$\text{MM}' = \text{RbCo}, \text{RbZn}, \text{CsCo}, \text{CsZn}$] は、図 5 のような有機伝導層とアニオン絶縁層が交互に積み重なる層状構造をしており、伝導層内のドナー ET 分子の配列が三角格子となっているために、*p* と *c* 方向の分子間クーロン斥力(*V*)が面内で

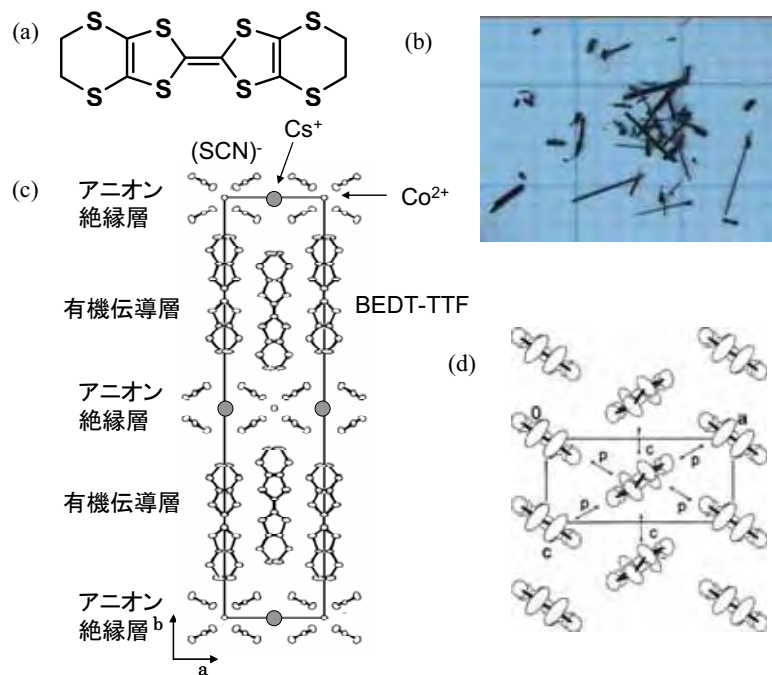


図 5 (a)BEDT-TTF(ET)の分子構造、有機導体 $\theta\text{-ET}_2\text{CsCo}(\text{SCN})_4$ の(b)単結晶、(c)層状結晶構造、および(d)三角格子をもつ分子配列。

ほぼ等しく、両者は拮抗しています[6]。その結果、図 6 に示すような様々な電荷秩序パターンが競合しております。通常分子は+0.5 価の電荷を持っておりますが、*c* 方向の *V* が *p* 方向より大きいと、クーロン反発を回避するために、図 6 (b)のように電荷リッチ (RbM'塩では+0.8 価) と電荷プア (RbM'塩では+0.2 価) の分子がそれぞれ水平方向に揃った水平型の局在性 2 倍周期電荷秩序相となり、*p* 方向の方が大きいと図 6 (d)縦型局在性 2 倍周期、*c* 方向と *p* 方向がほぼ同じ時、斜め方向に電荷リッチとプアが並ぶ図 6 (e) 3 倍周期遍歴性の電荷秩序相をもつことが計算されています。実際、 $\theta\text{-ET}_2\text{RbM}'(\text{SCN})_4$ [$\text{M}' = \text{Co}, \text{Zn}$] は図 6 (a)に示すように 190K で金属—絶縁体転移を起こし、高温の金属相では(e) 3 倍周期類似の短距離秩序が観測され、190K における構造転移で(b)水平型 2 倍周期電荷秩序相となり絶縁化します[6]。

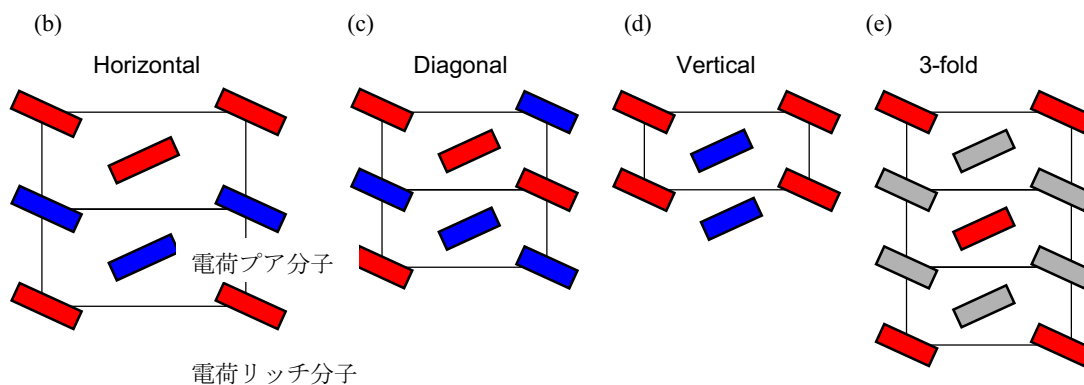
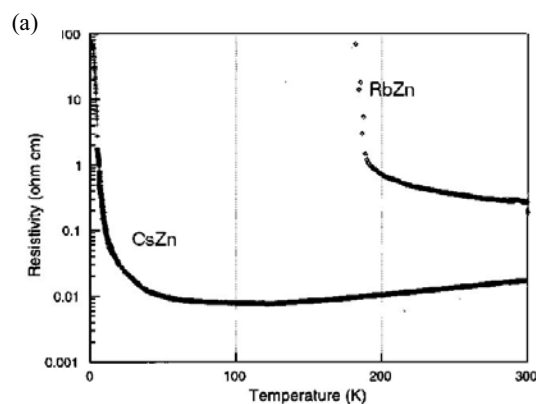


図 6 (a)有機導体 $\theta\text{-ET}_2\text{MZn}(\text{SCN})_4$ [$\text{M} = \text{Rb}, \text{Cs}$]の抵抗率の温度依存性と電荷秩序のパターン(b)水平型,(c)対角型, (d)垂直型, (e)3 倍周期型電荷秩序。

一方、 $\theta\text{-ET}_2\text{CsM}'(\text{SCN})_4$ [$M' = \text{Co}, \text{Zn}$]は、120K までは金属的でそれ以下で(e) 3 倍周期遍歴性短距離電荷秩序相が出現し、さらに 50 K 以下で(b)2 倍周期局在性短距離電荷秩序相も成長して抵抗は上昇し、両者(b),(e)は低温で共存することがX線散乱散漫より確認されております。このバルクで本質的電荷不均一性をもつ系に電場を印加しますと、(b) 2 倍周期局在性電荷秩序相が融解し、低い電圧で図4に示すような巨大非線形伝導が観測されます[6]。この非線形はよく、「冬の池には氷が張るが、流れのある川には氷は張らない」と例えられ、電荷秩序は電子系の氷と表現されます。電場で、この氷を溶かすと、そのI-V特性はn字型非線形となり(図4)、サイリスタと同じ挙動であるため、数十 Hz で直流-交流変換することが報告されております[5]。さらに、電荷秩序が凍った高抵抗と溶けた低抵抗では、格子系の変化で結晶が伸び縮みし、通常のピエゾ効果の1万倍にあたるエレクトロピエゾ効果をもつことを、電流を印加したX線散乱散漫で観測しております。このように、伝導性電荷秩序系の非線形伝導は、サイリスタ効果、エレクトロピエゾ効果ばかりでなく、本質的不均一、低エネルギーの励起、非平衡のダイナミクスが関係する大変面白い物理現象です。

この電荷秩序融解に伴う非線形伝導の研究は、現在も、伝導性電荷秩序をもつ新規有機導体について大学院生の河野謙太郎氏により、有機超伝導体 $\beta(\text{meso-DMBEDT-TTF})_2\text{PF}_6$ およびその類塩体について大学院生の吉兼美英子氏、新関彰一氏によって続けられております。

4. 有機物質の誘電応答—伝導性電荷秩序系とプロトンダイナミクス系

伝導性電荷秩序系のもつ面白さは、伝導体ながら誘電応答し、その温度変化、周波数依存性を観測するとこの系の電荷のダイナミクスについて情報が得られるところです。最近我々は、誘電応答で伝導性電荷秩序形成を見極めながら、非線形伝導で電荷秩序の融解を観測し、(隠れた)準安定状態を調べ、温度依存性では見られない、電場という外場固有の応答を調べております。

それとともに、有機固体中でのプロトンダイナミクスを利用した機能性物質を目指して、まずプロトンが分子間で移動する系を見出し、誘電応答で調べております。図7は酸、塩基錯体である(chloranilic acid)(1,2-diazine)₂の誘電応答を調べた結果です。結晶構造、赤外吸収スペクトルによりプロトンは室温において $\text{N}^+-\text{H}\cdots\text{O}$ と窒素側にいるのですが、90K では $\text{O}-\text{H}\cdots\text{N}$ と酸素側にあり、温度降下とともにプロトンが移動する過程で、120K にピークをもつ誘電応答が観測されます。プロトンの移動によりプロトン電荷だけではなく分子の軌道も引きずって変化するわけで、さまざまな複合物性を創出する可能性を秘めております。この研究は鈴木秀明氏の学位論文の一章で、彼は自ら誘電応答の装置を立ち上げ、物質を作り、物性、構造を調べて平衡移動型プロトンのダイナミクスを明らかにしました[7]。このプロトン系については、大学院生の大知弘典氏と高橋一志助教が研究を引き続き展開させております。

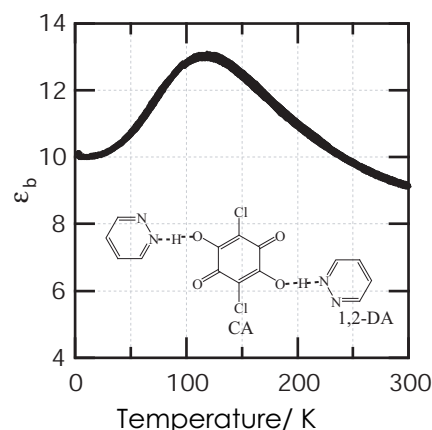


図7 有機結晶(chloranilic acid)(1,2-diazine)₂中、プロトンが $\text{N}^+-\text{H}\cdots\text{O}$ (室温)から $\text{O}-\text{H}\cdots\text{N}$ (90K)へ移動する過程で、誘電応答が観測された。

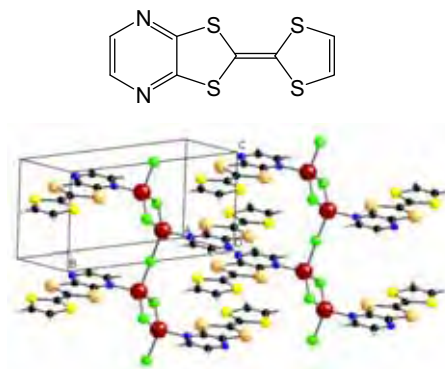


図8 Pyra-TTF のドナー分子構造と、高伝導性の有機—無機ハイブリッド系超分子型金属錯体 $\text{CuCl}_2(\text{Pyra-TTF})$ の結晶構造。

5. 有機—無機ハイブリッド系超分子型磁性伝導体の開発と銅酸化物高温超伝導を用いたマイクロスクイッドの開発

森研究室では、有機物質ばかりでなく、有機分子由来の π 伝導電子と、無機イオンの d 電子スピンの強くカップルする磁性伝導体を目指して、有機—無機ハイブリッド系超分子錯体を開発しています[8]。図8は大学

院生の市川 俊氏が開発した超分子型銅錯体 $\text{CuCl}_2(\text{Pyra-TTF})$ で、ドナー分子が直接銅イオンに配位結合して無限鎖を形成し、かつドナーが伝導カラムを作っている系としては世界唯一です。この錯体は酸化された配位ドナーが伝導パスを形成しているため、室温で 25Scm^{-1} と高い伝導性を持ちます。市川氏は化学的にドナー分子の酸化電位、配位能、立体障害を制御する分子設計を行うことにより、0-3次元の構造および電子系をもつ金属錯体ユニットおよび超分子を合成し、高い近藤温度をもつ磁性伝導体の開発研究を行っております。

また、博士研究員の武田啓司氏は、平成 18 年の 4 月に物性研のリサーチフェローとして着任し、北海道大学の中村貴義教授との共同研究で進めている、ナノ計測の開発—高温超伝導を用いたマイクロスクイッドの作製—で、ナノ分子磁性の物性解明を目指して研究を進めています。物性研に着任してからは、石本教授、山口助教との共同研究で装置の立ち上げに成功し、市販の SQUID 装置では測定できない微小なナノ分子磁性を計測しております。

6. おわりに

森研究室は、現在、私（森）と、助教の高橋氏、博士研究員の武田氏、大学院生 6 名、秘書の川井明子氏の総勢 10 名の研究室です（写真）。約 5 年余前に着任して、これまでの卒業生は、博士 1 名、修士 8 名、卒研（外研生）1 名です。このように、森研究室の研究は、メンバーと共に、「有機物ならではの物性の創成」を目指して、進められてきました。有機物の魅力は、

- (1) 構成単位である分子が多様で、設計、制御が可能であること
→原子は 118 種類であるが、分子はすでに 1200 万種類以上が合成されている
- (2) 電子—格子相互作用が大きいこと
- (3) キャリアの運動エネルギーとクーロン相互作用が拮抗する強相関係物質を有すること
- (4) 結晶中では、分子を部分置換しにくく、系がクリーンであること

以上により、（電荷、スピン）密度波、スピンパイエルス、強磁性、反強磁性、超伝導、（強）誘電性等、多彩な電子状態をとること、そしてそれらが、分子および分子間相互作用をデザインすることによって、制御できることにあると思います。今後は、このような多彩な安定電子状態に加えて、エネルギー準位が等しい 2 つ以上の状態が競合した準安定状態の創成、また、有機物は柔らかく外場応答が大きいことを利用した、電場、光誘起の非線形、非平衡、励起状態のダイナミクスについて、研究を展開したいと思っております。

追伸として、柏に来て 5 年、私の研究室はいつも女子大学院生が在籍しておりますが、物性研の女子大学院生の割合は院生全体の 3% 弱と少数派です。女子大学院生ばかりでなく、社会的にも理科離れが問題となっております。物理学会でも男女共同参画委員会の活動として、「女子高校生夏の学校」を共催しており、私も実行委員としてこの夏、次の世代活躍する女子高校生と一緒に実験を楽しむ予定です。物性研では、第 1 世代で伊藤厚子先生らが助手として活躍されておりましたが、現在も女性助教が 2 名、女性博士研究員も 6 名と増えて、研究を進めておられます。私が現在まで研究を続けてこられたのも、すばらしい師、仲間、家族のおかげで、今度は女性研究者の仲間が増えることを心から願って、次の世代を応援する活動も行っていきたいと思っております。



図9 2007年6月1日(金)、週1回のゼミの後に、柏キャンパス入り口で撮影された写真である。(村山千壽子氏撮影)

文 献

- [1] H. Mori, *J. Phys. Soc. Jpn.*, **75**, 051003(2006).
- [2] S. Kimura, T. Maejima, H. Suzuki, R. Chiba, H. Mori, T. Kawamoto, T. Mori, H. Moriyama, Y. Nishio, and K. Kajita, *Chem. Commun.*, 2454-2455(2004).
- [3] S. Kimura, H. Suzuki, T. Maejima, H. Mori, J. Yamaura, T. Kakiuchi, H. Sawa, and H. Moriyama, *J. Am. Chem. Soc.*, **128**, 1456-1457(2006).
- [4] K. Yoshimi, M. Nakamura, and H. Mori, *J. Phys.Soc.Jpn.*, **76**, 24706(2007); M. Nakamura, K. Yoshimi, and H. Mori, *J. Mag. Mag. Mater.*, **310**, 1099-1101(2007).
- [5] K. Inagaki, I. Terasaki, H. Mori, and T. Mori, *J. Phys. Soc. Jpn.*, **73**, 3364-3369(2004); F. Sawano, I. Terasaki, H. Mori, T. Mori, M. Watanabe, N. Ikeda, Y. Nogami, and Y. Noda, *Nature*, **437**, 522-524(2005).
- [6] H. Mori, S. Tanaka, T. Mori, A. Kobayashi, and H. Kobayashi, *Bull. Chem. Soc. Jpn.*, **71**, 797-806(1998); H. Mori, S. Tanaka, and T. Mori, *Phys. Rev. B*, **57**, 12023-12029(1998); M. Watanabe, Y. Nogami, K. Oshima, H. Mori, and S. Tanaka, *J. Phys. Soc. Jpn.*, **68**, 2654-2663(1999); H. Mori, T. Okano, S. Tanaka, M. Tamura, Y. Nishino. K. Kajita, and T. Mori, *J. Phys. Soc. Jpn.*, **69**, 1751-1756(2000); M. Watanabe, Y. Noda, Y. Nogami, H. Mori, and S. Tanaka, *J. Phys. Soc. Jpn.*, **73**, 116-122(2004); M. Watanabe, Y., H. Noda, Y. Nogami, and, H. Mori, *J. Phys. Soc. Jpn.*, **74**, 2011-2016(2005).
- [7] H. Suzuki, H. Mori, J. Yamaura, M. Matsuda, H. Tajima and T. Mochida, *Chem., Lett.*, **36**, 402-403(2007).
- [8] S. Ichikawa, S. Kimura, H. Mori, G. Yoshida, and H. Tajima, *Inorg. Chem.*, **45**, 7575-7577(2006).

総長賞を受賞して

柏キャンパス高圧ガスボンベ一括管理体制の構築

放射線管理室¹ 低温液化室² ○野澤 清和¹ 土屋 光² 鷲山 玲子²

平成 18 年 7 月より柏キャンパスで高圧ガスボンベ（以下、ボンベ）を使用するためには教育訓練の受講が必要となりました。又、各研究室では今までのように使用しているボンベ以外を置けなくなり、注文も基本的には低温液化室を通して行われる様になり、液化室によってボンベの管理が行われています。このシステムを構築したことにより、我々 3 名は 2006 年度業務改善「総長賞」を受賞することができました。以下、この件の経緯について述べたいと思います。

管理体制の構築の結果

国立大学が法人化したことにより、そこに働く人々に適用する法律等が変わり、監督官庁が国から地方自治体に変更されるものも出てきました。高圧ガスボンベ（以下ボンベ）の管理についても地方自治体へと監督官庁が変更されました。

平成 16 年秋に全学レベルでボンベの利用状況調査が行われ、安全衛生管理室の依頼により低温液化室が柏キャンパス全体の利用状況を調査し、その時点で柏キャンパスにはガスボンベが 500 本以上あることが判明しました。さらに、この状況調査を受け、平成 17 年度には全学の高圧ガス貯蔵検討 WG が発足し、ボンベの適正な管理について模索・検討が行われました。この中で本郷キャンパスの監督官庁である東京都は、ボンベを 2 時間以上研究室に置くと「貯蔵」となる、という見解であることが示されました。この見解により、建屋外部の貯蔵所にボンベを貯蔵し、そこから使用するガスを各研究室に配管するか、あるいは研究室で使用しているボンベは「貯蔵」であるため、シリンダーキャビネット(1 台 200 万円相当、工事費等別)での保管が必要となりました。貯蔵所から各研究室に配管することは、使用しているガスの種類と純度が様々であり、それに対応して配管することはほぼ不可能であると思われます。そこで柏キャンパスで、シリンダーキャビネットを各研究室に設置することにより管理を行う事を考えた場合、概算で 10 億円以上の費用が必要になる事が判明しました。

しかし、上記を実施すると費用、場所、管理業務、いずれの面においても負担が大きすぎ、研究、教育に支障をきたす事は明白でした。そこで柏キャンパスでは、柏地区衛生委員会、低温委員会、技術部で、金銭的・技術的・法的に条件を満たすことが可能な管理方法の検討を行いました。これを基に柏キャンパスの高圧ガス保安法上の監督官庁である千葉県庁と独自の交渉を行った結果、以下に述べる方法で管理を行うことにより、金銭面と研究、教育面の両方を満足させる事が出来ました。

管理体制構築までの経緯

国立大学が法人化される前から、放射線、放射性物質（ウラン、トリウムを含む）及び X 線装置を使用する放射線取扱者に対する安全管理が放射線管理室によって行われてきました。実際には放射線取扱主任者に任命されているものが実務を担当してきました。法改正される前から、放射線取扱主任者は安全管理の専門家であったわけです。そのことから、野澤は柏地区の安全衛生管理室の室員となっており、柏地区衛生委員会にも出席しています。この委員会において、前述した東京都の高圧ガスボンベの貯蔵見解が示されました。

物性研究所に長年所属して研究を行ってきたことと、さらにいくつかの研究室の研究状況を把握してきたことにより、物性研究には、他種類の装置に、多様な種類と純度のガスを頻繁に変更して使用することの必要性が理解されます。シリンダーキャビネットのような高額かつ場所をとるものを導入することは、研究と教育に対して有益では無いと判断しました。そこで、長年、物性研究所のヘリウム液化機と液体窒素の貯槽という高圧ガス製造所の保安管理のみならず研究所内での液化ガスの使用に対する保安教育に携わってきた低温液化室に相談に行ったのが事の始まりです。

そこで委員会の承諾を受け、液化室が千葉県と協議した結果、どの建屋のどの部屋に何のガスが何本あるかをボンベ番号を含めて、きっちりと管理すること、さらに、使用していないボンベは貯蔵庫に貯蔵することが必要とわかりました。また、キャンパス全体の管理に責任ある体制を確立し、これまで物性研究所での高圧ガスの使用状況等を把握し、その保安管理に実績を持ち、さらにこの分野の専門家である液化室の職員が実務を行うならば、研究室で使用しているボンベについては、2時間以上でも「貯蔵」という見解を取らないというものでした。そこで以下に述べる方法で、高圧ガス保安法に対応することとしました。

高圧ガス保安法に対応するために

ボンベの取り扱いに関する高圧ガス保安法による規制は、「消費」なのか「貯蔵」なのか、で大きく異なります。さらに、「貯蔵」の場合でも、第1種貯蔵所か第2種貯蔵所かで、監督官庁への申請方法が変わります。さらに、法の運用は県に委託されており、都道府県によって対応が異なることもあります。



- 第一種製造所 及び 製造所区域
- 第二種製造所 及び 製造所区域

図1. 平成18年6月以前の 柏キャンパス 高圧ガスマップ



- 第二種貯蔵所 (容器置場1, 容器置場2)
- 第一種製造所区域
- 第一種製造所

図2. 平成18年7月以降の 柏キャンパス 高圧ガスマップ

平成18年6月以前は、柏キャンパスには物性研究所液化室及び環境安全センターの2つの第一種製造所と新領域創成科学研究科基盤棟の1つの第二種製造所の合計3カ所の製造所が存在していました(図1)。これを平成18年7月以降には、環境安全センターとそれ以外のキャンパス全体との2つの第一種製造所に変更しました(図2)。これにより環境安全センターを除くキャンパス全体に対して、一括したボンベの管理を行う事の出来る体制としました。具体的には「貯蔵所」として許可を受けた容器置場2棟を作り、使用していないボンベは全てここにあつめます。ここからボンベを各研究室等に供給及び返却することにより、キャンパス内のボンベの一括管理を行います。このシステムにより、研究室等(各建物)は、使用(「消費」)しているボンベのみが存在することになり、「消費」場所という扱いにすることができます。従って柏キャンパス内にある研究室は、「貯蔵」の技術基準ではなく「消費」の技術基準を遵守することになったため、シリンダーキャビネットの購入などの多大な負担を避けられるようになりました。さらに、ポ

ンペの使用者は、液化室が行う保安教育を受講する事が必須となり、キャンパス全体で統一した安全体制の構築が行われるようになりました。これらの安全管理等は柏地区安全衛生管理室が主体となって、柏キャンパス全体を統括管理していますが、液化室が実務を担っています。

	平成 18 年 6 月以前	平成 18 年 7 月以降
製造所	第一種 環境安全センター 第一種 物性研液化室 第二種 新領域基盤棟	第一種 環境安全センター 第一種 それ以外のキャンパス
ガスボンベの管理	各研究室等： 購入、貯蔵、消費（使用）、 返却、廃棄	液化室： 購入、貯蔵、管理、返却 各研究室等：消費
保安教育	各研究室ごと	柏キャンパス内で統一

表 1. 柏キャンパスの高圧ガス管理の変更点

柏キャンパスでのボンベ管理

キャンパス内に設置した容器置場に予備のボンベや使い終わったボンベを保管し、建屋内（実験室）には消費（「使用」）しているボンベのみが存在するようになっていきます。

ボンベを使用するには、液化室が行っている高圧ガスボンベ利用講習会、もしくは寒剤利用講習会を受講する必要があります。さらに、研究室から使用者登録等の手続きを行う必要があります。

ボンベを、“在庫品”と“特注品”の2種類に分類し、それぞれ図3の様にして、常に液化室を必ず経由させ、管理の一元化を図っています。在庫品とは使用頻度の高いガスで、常に貯蔵庫にストックしています。それに対して、特注品は在庫品以外のガスとなり、必要に応じてWebシステムを使い研究室の注文により発注しています。

ボンベ情報には、ボンベ固有の記号・番号・内容積・耐圧年月や受入日、払出日、研究室への貸出日、使用場所など様々です。これらのデータはデータベースで管理され、必要な情報をすぐに得ることができます。また、これらの情報は研究室へのボンベ引き渡し時に液化室の係員が情報を収集・入力することにより、入力忘れや入力に不慣れなユーザーによる入力間違いが起らないような体制でボンベ情報の管理を行っています。なお、この発注、管理を行うシステムは、液化室が独自に開発したものです。

管理のコストダウン及び安全性の向上

上記のような管理方法により、シリンダーキャビネットの導入の必要がなくなった*1 こと、及び管理に使用する各種システムを独自開発すること

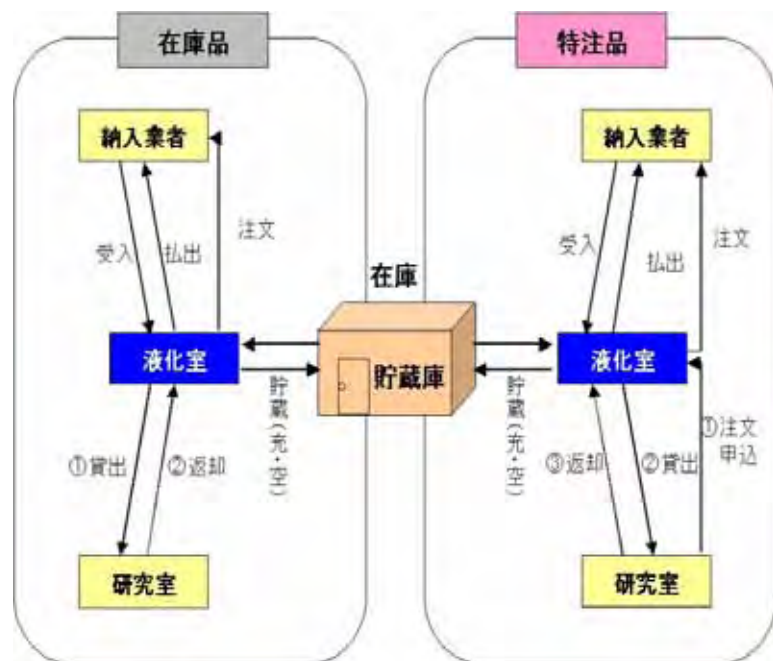


図 3. ボンベ受払等の流れ



図 4. 柏キャンパス高圧ガスボンベ管理システム

により、数億円規模の大幅な設備経費削減が行われ、設備導入時に起きる毎年度の維持費の削減も可能となりました。更にボンベの管理、安全教育体制の一括化により、これまで以上の安全性の向上が図られました。今回の変更前後の簡単なコスト及び安全性の比較を表2に示します。

	変 更 前	変 更 後
ボンベ貯蔵にかかる費用	シリンダーキャビネット (工事費別・200万円×500本) 10億円	ボンベ貯蔵庫建設費 2千5百万円
管理にかかる費用	ソフトウェア代 外注 不明 管理要員費用 不明	ソフトウェア代 独自開発 0円 管理要員費用 200万円
安全性	管理・責任は研究室 安全性は研究室によってまちまち	管理・責任体制の確立 講習会受講義務化により使用者 全ての安全知識向上を確立

表2. コスト及び安全性 対比表

※1 毒性ガス等、一部のガスボンベにおいては現状でも消費状況等によりシリンダーキャビネットを必要とする。

現在の利用状況

柏キャンパス内で使用されているボンベは、2007年1月4日現在でおよそ1,000本あり、最初に調査した時の2倍となっています。これは調査以降、柏キャンパスに移転してきた研究室がある為だと思われます。また、在庫品の注文は、月平均20数本程度で、研究室からの注文(特注品)は、月30本以上あります。さらに、貯蔵庫には、システム稼働前に研究室が購入し、使用していないボンベを預かっており、研究室での安全の向上に寄与しています。

謝 辞

総長賞の受賞にあたり、推薦していただいた物性研究所 上田所長、新領域創成科学研究科 磯部研究科長、また実際にこの管理体制を構築するにあたってご協力いただいた、柏地区衛生委員会、安全衛生管理室 物性研究所 低温委員会、技術部、大澤さんを始めとした柏地区事務部、実務の大部分を担っている液化室非常勤職員の皆様に感謝いたします。

参考文献

高圧ガスハンドブック 発行 有限責任中間法人 日本産業ガス協会 <http://www.jiga.gr.jp/>
 高圧ガス・液化石油ガス 法令用語解説 編集・発行 高圧ガス保安協会

物性研に着任して

物性理論研究部門 常次 宏一

昨年9月1日付けで物性理論研究部門に着任いたしました。ひとこと、ご挨拶させていただきます。

物性研には研究所が六本木にあった20年前に高橋實研究室の助手としてお世話になっておりました。その後、チューリッヒにあるスイス連邦工科大学のポスドクをへて筑波大学に移りました。その間のことは以前、物性研だよりの「物性研を離れて」という記事に書かせて頂きました。先日、印刷屋さんから物性研だよりのその記事の掲載号をもらいましたので当時の文章を再び目にするチャンスがありましたが、考えてみるともう十年近く前のこととなります。物性研だよりの今より小さくB5版の大きさでした。筑波大学の後は、京都大学の基礎物理学研究所に4年半の間、在籍しました。

ご存じのように基礎物理学研究所は理論物理学の研究所で、3つの部門に分かれていますが分野としては大雑把に言って素粒子、原子核、宇宙、物性の4つがあります。物性は凝縮系と非平衡物理をまとめてそのように言っています。私は学生時代から工学系の場所にいる期間が長かったので、物性以外の研究者を間近に見るのは楽しい経験でした。基研の5階の談話室で物性分野のスタッフと議論するだけではなく、素粒子、原子核や宇宙の分野のスタッフ、ポスドクや院生と、自分たちの研究の話をはじめいろいろな物理や数学の問題に関して議論をおこなったり、所外の懇親も含めて交流を深めさせて頂きました。理論家にとっては談話室の存在は重要なのです。面白いと思ったのは、他の分野でも物性と非常に似通ったテーマがいろいろとあることを発見したことです。一番典型的な例は、ハドロンがクォークからどのように生成されるかというクォークグルーオンプラズマのカラー超伝導の問題でしょう。ペアリングの対称性の分類や、BEC-BCSクロスオーバーとかアプローチの仕方は物性の異方的超伝導に対するものとほとんど変わらず、原子核のグループもノジエール・シュミットリンクの論文などを勉強したり、FLEXを使ったQGPにおける擬ギャップを計算したりしていて、我々にも刺激になりました。また、超新星爆発や中性子星に関して予言されている天体内の高密度核物質のパスタ構造では、さまざまな空間構造をパスタの名前を付けているわけですが、コロイドやポリマーなどの高分子物理で現れる構造と似ており興味をそそられました。またその解析も、たとえば分子動力学法など我々にとってもなじみ深いものです。大学院教育に関しては理学研究科物理学・宇宙物理学専攻の協力講座ということで関与していましたし、研究面では物理教室の理論・実験のいろいろな研究室にもお世話になりました。前野研には研究室の発表会によく呼んで頂きました。当時、前野研の講師だった中辻さんの仕事に触発されてスピンの三角格子系の研究を始めたのもそのようなきっかけがあったからです。

物性研は東京大学の付置研でありかつ全国共同利用研であるわけですが、その事情は基研も同じでさらに古い歴史もっています。国立大学が法人化される際に、所の将来計画として国際化を打ち出し滞在型国際ワークショップ開催に関連して概算要求をすることになりました。湯川国際シンポジウム(YKIS)の枠組みを使い、さらに京大のCOEの活動の一部として、既に3年前に物性分野が第一弾として滞在型ワークショップを始めており、それ以来YKISは毎年、滞在型ワークショップとして開催されています。今年も、倉本義夫先生を組織委員長として物性分野で11月に1箇月間開催されます。概算要求は私の基研在任中には実現しませんでした。幸い昨年要求が認められ今年度からプログラムが動き始めて毎年3件程度ワークショップを開催するようです。一方では物性研においても昨年からは理論部門で滞在型ワークショップが始まり、昨年は川島所員と加藤所員、今年度は杉野所員と高田所員が中心となって開催されます。私も昨年、コンファレンスの部分のみ参加させて頂きましたが、素晴らしい会議だったと感じました。実は以前書いた「物性研を離れて」の記事の中に、滞在型ワークショップが日本においても開かれることを希望する文章を書いたのですが、10年後にそれが現実のものとなり感慨深いものがあります。このような枠組みが日本でも実現されたわけですがそれをうまく運用して成果を出していくためには、国内からの研究者が長期にわたって参加できることが重要であることはいまでもありません。昨今の大学ではどこでも研究時間の確保が難しい状況になってきており、個人の努力では限界があるためそれを可能にするシステムが出来ることを期待しています。

いろいろ雑駁なことを書きましたが、物性研においてはこれまで研究してきた強相関電子系、特に最近取組んでいるフラストレーションのある系の電子状態や磁性の問題の研究を継続して発展させていくと共に、実験のグループとも協力して研究の新展開を計りたいと思っておりますのでよろしくお願ひします。

物性研に着任して

軌道放射物性研究施設 松田 巖

0. はじめに

昨年 12 月に物性研究所附属軌道放射物性研究施設に私が着任してから、松田研究室では施設スタッフと共に「固体表面・超薄膜のフェルミオロジー」、「放射光を利用した時間分解分光」、そして着任とほぼ同時に実施が決まった「東京大学アウトステーション計画」をメインテーマとして研究活動を行っています。このうち「時間分解分光」と「東京大学アウトステーション計画」はまだ実験準備及び計画なので、本稿ではすでに装置開発と実験が行われている「固体表面・超薄膜のフェルミオロジー」について、今後の展開も含めて紹介させていただきます。

1. 固体表面上金属ナノ構造のフェルミ面マッピング

半導体基板上で繰り返し広げられた回路素子の微細化技術はこれまで着実な進歩を遂げ、そのスケールは現在ナノメートルに達しています。これらの技術は現在”ナノテクノロジー”と呼ばれ、その発展も最終的には半導体基板上の原子第一層まで到達すると期待されます。物質が原子厚まで薄くなったときの様子は、古くから”表面科学”として研究が行われてきました。結晶表面では表面及び吸着原子が自己組織化して単原子層、原子鎖、ナノドットなどを形成し、様々な低次元量子物性を発現します。これら表面上の構造体内の電子の電場応答は大変興味深い固体物理の研究テーマであり、さらに現代エレクトロニクスの究極の回路素子としての可能性を秘めています。

表面科学研究の特徴は、走査型トンネル顕微鏡法 (STM) などの表面分析法により、表面の原子構造を直接観察できることです。さらに光源として真空紫外光を用いた光電子分光測定を行うと、電子の脱出深さが 5 Å 程なので表面の電子状態を直接調べることもできます。角度分解光電子分光法はこれまで結晶対称軸に沿って角度を変えて光電子スペクトルを測定することで、サンプルのバンド構造を決定するものでした。最近ではこれを応用して、あるエネルギーの光電子強度を広範囲の角度で検出し、その強度分布をマッピングしてバンドのエネルギー等高線を描きます(図 1)。特にエネルギーとしてフェルミ準位を選び、さらに高分解能電子分析器を用いるとフェルミ面の輪郭を直接かつ詳細に知ることができます[1]。

私はこれまで Si 表面上金属吸着系を中心に物性研究を行ってきました。Si などの半導体にはフェルミ面はありませんが、その表面上における金属的な表面超構造や金属(超)薄膜などは下地のバンドギャップ内に金属バンドすなわちフェルミ面を形成します。これらフェルミ準位の電子状態は基板のバンドとは独立しており、それぞれ固有の低次元電子系を成しています。図 2 は Si(111) 表面上の様々な金属表面超構造及び金属超薄膜のフェルミ面を先に説明した角度分解光電子分光

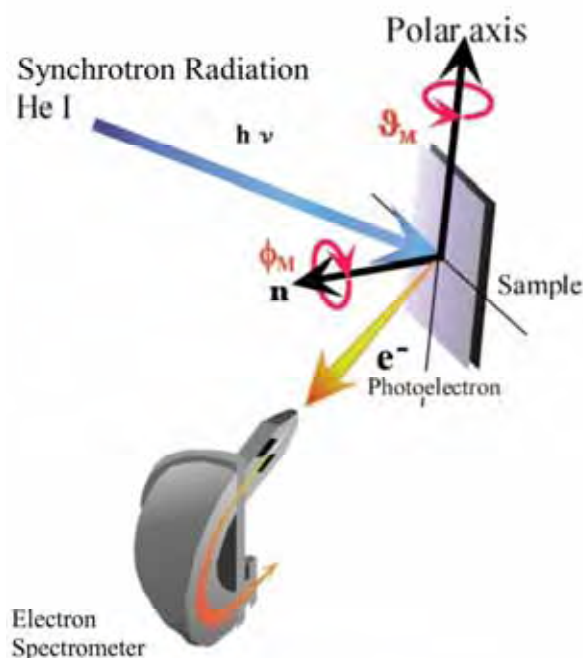


図 1 光電子分光法を用いたフェルミ面マッピングの様子。電子分析器の検出エネルギーを固定し、広範囲で極角(θ_M)と方位角(ϕ_M)を走査して光電子強度分布(フェルミ面)をマッピングします。

法でマッピングした結果です[1]。図 2 (a)はSi(111)4×1-In表面の(擬)1次元フェルミ面です。この表面は130K以下に冷却するとSi(111)8×2'-In表面にパイエルス転移をします。この相転移はフォノン振動数(\mathbf{q})が $\mathbf{q}=2\mathbf{k}_F$ という(nesting)条件を満たすときに発現するのですが、図 2 (a)から分かるように1次元系の場合フェルミ直線上の電子全てが1つのフォノン振動数とこの条件を満たしています。図 2 (b)はSi(111) $\sqrt{3}\times\sqrt{3}$ -Agの金属バンドでフェルミ面が円形になっており、この表面超構造は等方的な2次元電子系を成していることが分かります。尚、フェルミ面(フェルミ円)は理論上各ブリルアン・ゾーンに存在するのですが、図 2 (b)の第一ブリルアン・ゾーンでは観測されません。これは光電子放出過程における電子波の干渉効果によるものです。図 2 (c,d)の六角形のフェルミ面はそれぞれGe(111) $\sqrt{3}\times\sqrt{3}$ -Sn表面とdiscommensurate Si(111)"5.55×5.55"-Cu表面のもので、六角形には対になった直線部が3組あるので、図 2 (a)のSi(111)4×1-In表面と同様にパイエルス転移を発現するか、現在研究されています。図 2 (e)はSi(111)7×7清浄表面上のBi超薄膜のフェルミ面です。図のように中心に六角形の小さなものとその横に楕円形のものが見えます。Biのように重い原子で構成された結晶では強いスピン・軌道相互作用が存在し、その結果Rashba効果によって金属バンドがスピン分裂します。これら2種類のフェルミ面はその効果から生まれたもので、それぞれバンドの電子は異なる向きのスピンを持っています。

私は上記のように、角度分解光電子分光法と光電子分光フェルミ面マッピング法によってこれまで様々な表面・超薄膜系を研究してきました。今回の「物性研だより」ではその内の2つを紹介させていただきたいと思います。

2. 半導体表面上の金属超薄膜内の量子井戸状態とその新奇物性

電子をその波長程度に空間に閉じ込めるといわゆる量子閉じ込め効果によって、そのエネルギー準位が離散化した量子井戸状態(Quantum Well State, QWS)が形成します。QWSの実験は半導体と半導体を組み合わせた半導体超格子を中心

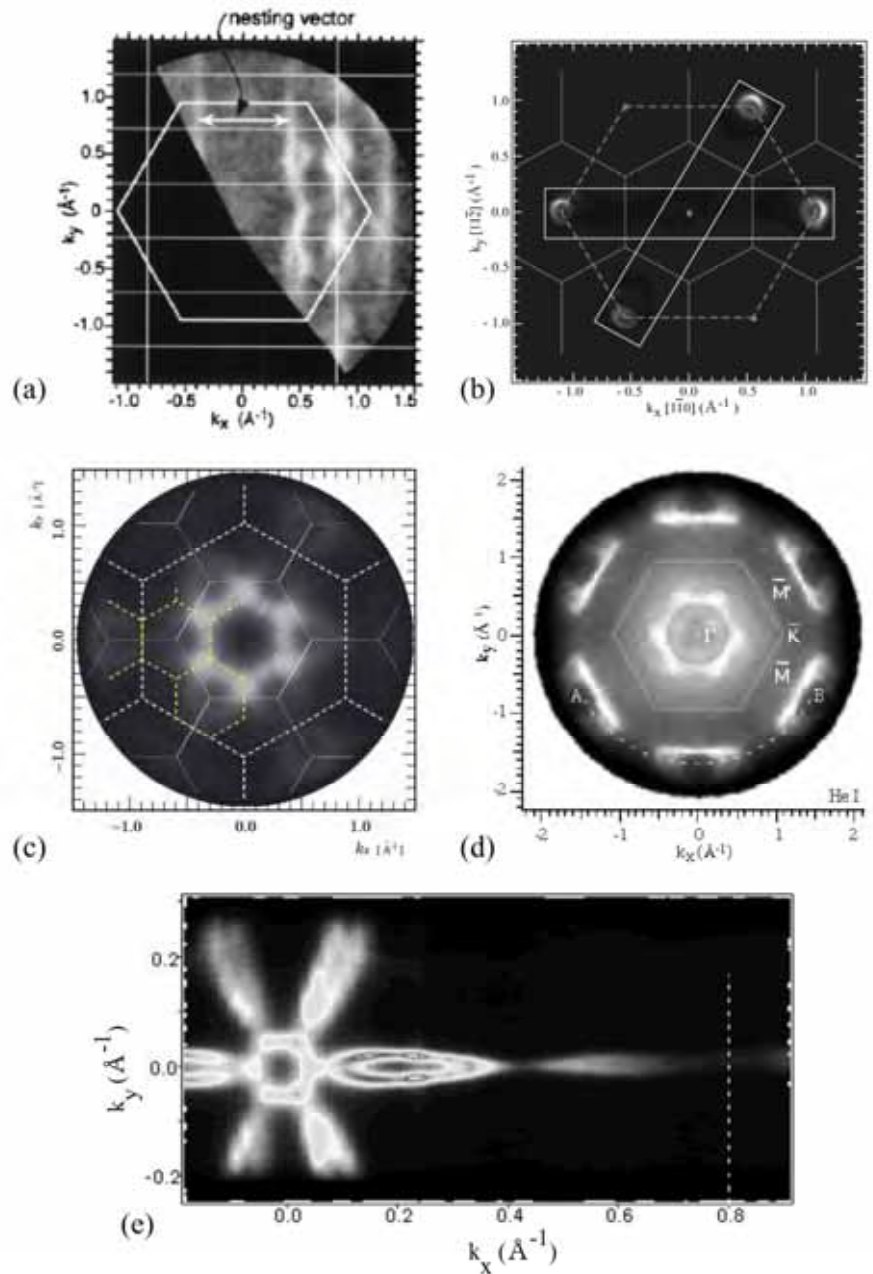


図 2 様々な表面超構造及び超薄膜の光電子分光フェルミ面マッピングの結果。(a)擬1次元の電子系を成す Si(111)4×1-In 表面、(b) 等方的 2 次元電子系の Si(111) $\sqrt{3}\times\sqrt{3}$ -Ag 表面、(c)異方的 2 次元電子系の Ge(111) $\sqrt{3}\times\sqrt{3}$ -Sn、(d) 異方的な discommensurate 相を形成する Si(111)"5.55×5.55"-Cu 表面、(e) Bi(111)超薄膜。

に精力的に行われ、レーザーなどの光学技術として我々の社会生活にも浸透しています。一方最近では金属同士を組み合わせた系でも QWS の研究が盛んに行われ、将来のスピンバルブやスピントランジスターといった量子磁気デバイスへの応用が期待されています。さて、もう1つの基本系である金属/半導体系については、半導体表面上での金属膜の成長が一般的に Stranski-Krastanov 型であるため QWS 発現に必要な原子レベルで平坦な金属薄膜の形成が難しく、これまでほとんど研究されていませんでした。しかし最近になって、低温(130K 以下)での金属蒸着を利用すると半導体基板にも均一な金属超薄膜が形成されることが報告され、QWS 研究の可能性ができました[2]。

図 3 (a)は Si(001)2×1 表面上に基板温度約 120K で Ag を蒸着した時とその後の加熱 (~350K) 処理時における角度分解光電子分光スペクトルです。低温蒸着時の ARPES スペクトルは 3次元 Ag 島の光電子分光スペクトルに対応していますが、その後の加熱処理で図のようにスペクトルは劇的に変化します。フェルミ準位直下に鋭く大きい Ag (111) 表面状態のピークが現れ、そして結合エネルギー0.3~3eV にも数個の Ag 超薄膜内の QWS のピークが出現します。この QWS は図 3(b)のように、Ag 超薄膜中の電子は真空側の障壁と主に半導体のバンドギャップに閉じ込められています。

これら QWS のエネルギー位置は通常の境界条件(図 3 (b))の元でシュレディンガー方程式を解くと求めることができますが、面内分散についてはユニークな物性が発現します。超薄膜内の電子は表面垂直方向に閉じ込められているのでその方向の波数は離散化しますが、面内方向では電子は自由に運動ができるので面内分散は自由電子的になるはずですが。図 4 は Si (001) 表面上に厚さ 14ML の Ag(111) 薄膜を作製し、その面内分散を測定した結果です。各 QWS の面内分散は概ね放物線的ですが、それと同時に例えば $k_{||} = \pm 0.1 \text{ \AA}^{-1}$ における $n=2$ の QWS のように 2つのサブバンドへの分裂も観察できます。これらエネルギー分裂は Si の価電子帯とバルクバンドギャップとの境界と量子井戸状態の分散が重なるところで形成します[3]。この物性の面白いところは、金属/半導体界面における半導体バルク基板の価電子帯のエネルギー位置が薄膜中の量子井戸

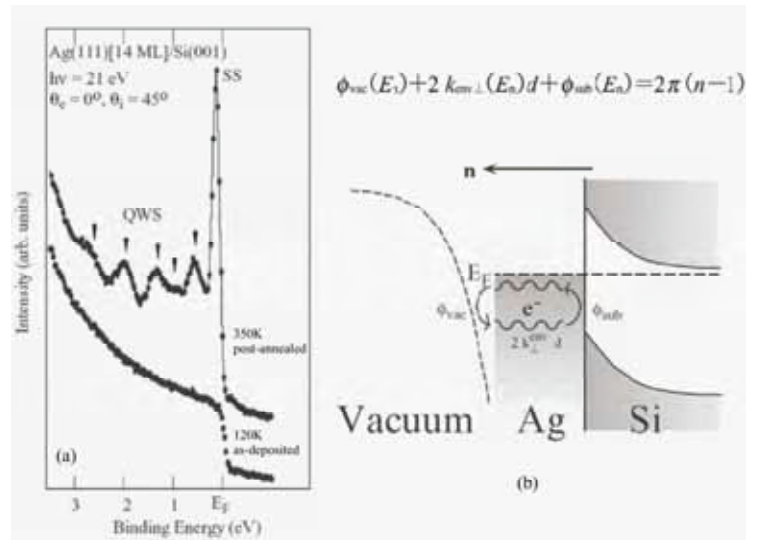


図 3 (a) Si(001)2×1 表面上に約 120K で Ag を 14ML(約 3nm)蒸着し、その後 350K まで加熱して測定した垂直出射光電子分光スペクトル。図中 Ag(111)表面状態 (SS) と Ag 薄膜の量子井戸状態 (QWS) が帰属されています。(b)真空ポテンシャルと Si 基板バンドギャップの間に閉じ込められた Ag 超薄膜中の電子(e⁻)の様子と境界条件。図中 E_F と **n** はそれぞれフェルミ準位と表面垂直方向を表しています。

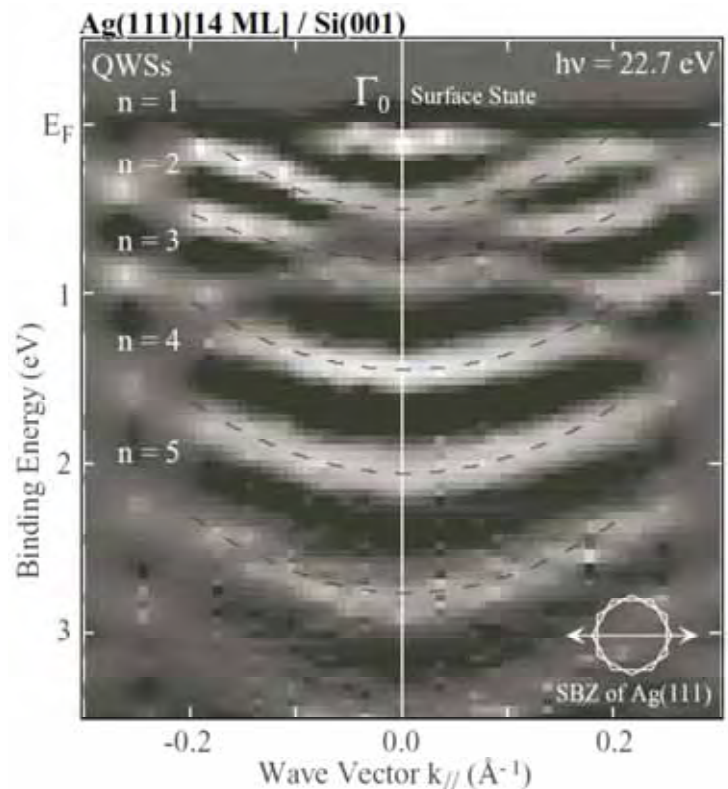


図 4 Si(001)表面上のAg超薄膜の面内分散図。図中の自由電子バンド近似によるフィッティング曲線。実験結果の分散にはエネルギー分裂が見えます。

状態の分散から直接観測できることで、この現象は
 昨年の *Science* 誌でも取り上げられました[4]。

一方、この Ag 超薄膜を(擬)1次元的表面超構造
 の上に用意した場合、金属量子薄膜の電子物性はさ
 らに変化します。図 5 (b)は図 2 (a)で紹介した
 Si(111)4x1-In 表面上の Ag 超薄膜のフェルミ面
 です。通常、図 5 (a)の Si(111)7x7 表面上 Ag 超薄膜
 のように各 QWS のフェルミ面は等方的なフェルミ
 面(フェルミ円)を成しますが、Si(111)4x1-In 表面
 上の Ag 超薄膜ではフェルミ面はフェルミ線にな
 ります。実際に面内分散を測定してみますと、図 5
 (c,d)のように In 表面の1次元 In 鎖方向には自由電
 子的な分散がありますが、その垂直方向には分散が
 ありません。このように、金属超薄膜の界面原子一
 層を1次元的にするだけで、薄膜内の QWS の運動
 の次元が変化しました[5]。このような相転移は
 electronic topological phase transition として理論
 的に提唱され、昨年は Ag/GaAs(110)系においても
 同様の報告がありました[6]。

以上のように、金属超薄膜の物性は単純なバルク
 結晶内の電子の閉じ込め効果だけでなく、基板や界
 面構造に応じて量子物性を著しく変化させます。半
 導体基板上的金属超薄膜では、超伝導転移温度や
 ホール係数の膜厚振動現象など珍しい物性が最近で
 も数多く報告され、今後ますますその研究が広が
 っていくと思います。

3. 表面電子の輸送現象

上記のように表面では STM や光電子分光などの
 表面分析法で、サンプルの原子構造と電子構造を直接観察することができます。しかしながら、物性において最も基本で
 ある電子輸送現象については、表面系においてこれまで有効な測定法がなかったため殆ど報告がありませんでした。近年
 様々な手法が開発されてきましたが、最近になって2つの方法が確立されてきました[1]。1つは単純に表面上に4つの
 端子(電圧プローブ2つと電流プローブ2つ、プローブ間隔: cm~mm)を接触させて4端子測定を行う方法です。この
 場合プローブ電流は基板に殆ど流れるのでその電気伝導度はほとんど基板で決まりますが、表面特有の相転移(表面相転
 移)前後の差を取ることで表面電気伝導度を測定することができます。もう1つの方法は、プローブ間隔を μm に
 することでプローブ電流をごく表面近傍に抑え、電気伝導度の表面感度を高めるものです。この方法は「マイクロ4端子
 法」と呼ばれ、前者に対して表面電気伝導度を直接測定することができます[1]。

私はこれまで上記の新しい電気伝導測定方法と、STM、電子線回折法、光電子分光法などの表面分析法を用いて、半
 導体表面上の様々な1次元金属原子鎖(列)及び2次元金属単原子層の電子輸送現象を調べてきました[7-11]。本稿では
 この電子輸送現象とフェルミ面との関係について、図 2(b)で紹介した等方的2次元電子系のケースを紹介したいと思

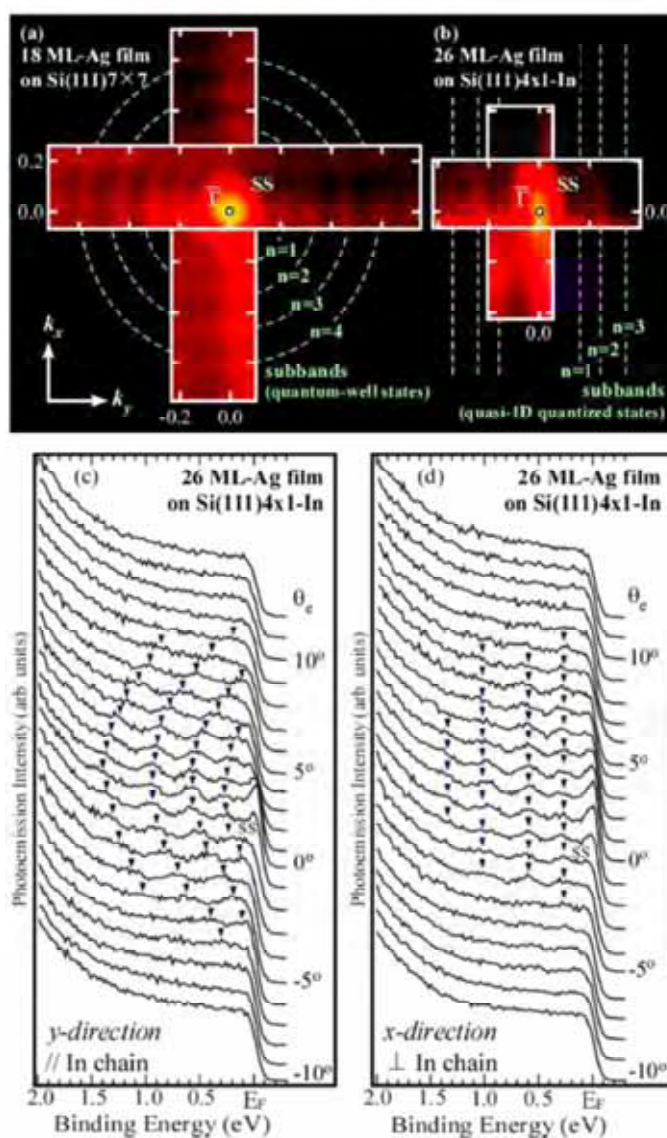


図5 (上) (a)2次元的Si(111)7x7表面と(b)擬1次元的Si(111)4x1-In表面上に作成したAg量子薄膜のフェルミ面マッピング(光電子強度分布)。(下) Si(111)4x1-In表面上のAg量子薄膜のIn鎖(c)平行方向と(d)垂直方向の角度分解光電子分光スペクトル。

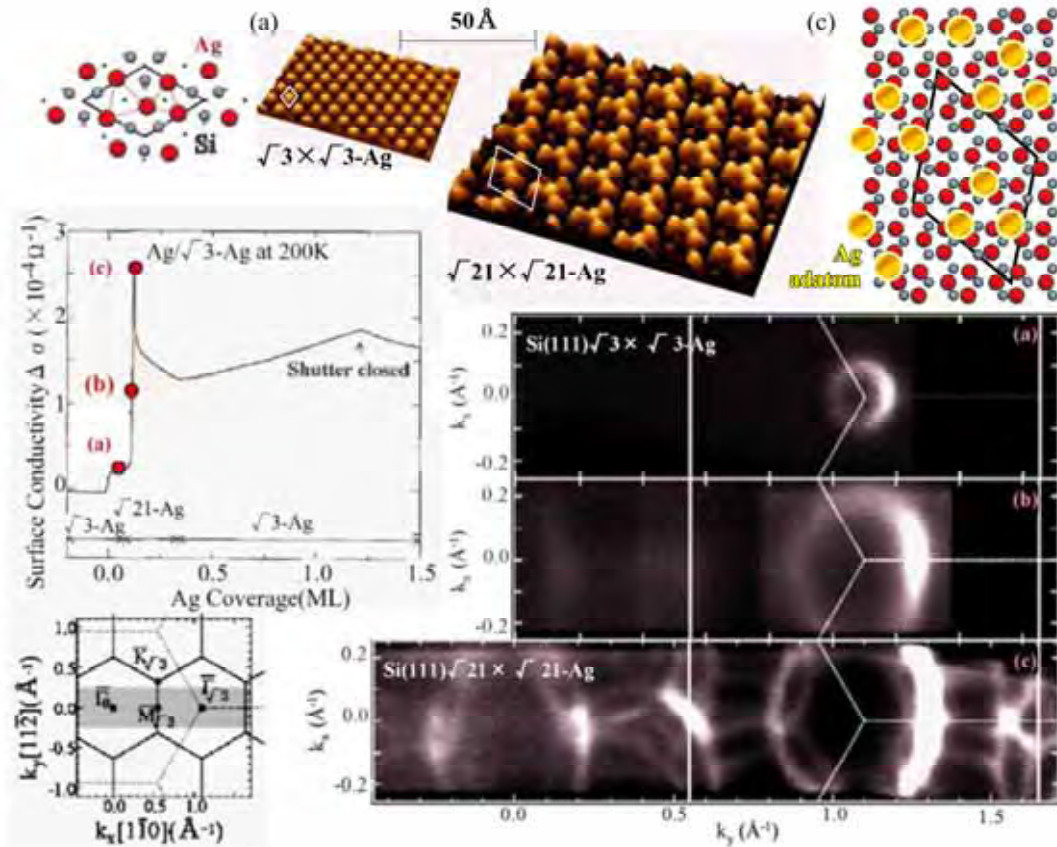


図 6 (上) Si(111) $\sqrt{3}\times\sqrt{3}$ -Ag 表面と Si(111) $\sqrt{21}\times\sqrt{21}$ -Ag 表面の STM 像と構造モデル。(下) Si(111)表面上 $\sqrt{3}\times\sqrt{3}$ -Ag から $\sqrt{21}\times\sqrt{21}$ -Ag への相転移に伴う表面電気伝導率とフェルミ面の変化。(a) Si(111) $\sqrt{3}\times\sqrt{3}$ -Ag (b) +0.07MLAg (c) +0.14MLAg, Si(111) $\sqrt{21}\times\sqrt{21}$ -Ag

ます[12]。図 6 は、Si(111) $\sqrt{3}\times\sqrt{3}$ -Ag 表面へ Ag を蒸着して Si(111) $\sqrt{21}\times\sqrt{21}$ -Ag 表面へ転移した際の STM 像（原子構造モデル）、電気伝導率、フェルミ面の変化です。Si(111) $\sqrt{3}\times\sqrt{3}$ -Ag 表面の原子構造は黒線で示したユニットセル内で 3 つの Ag 原子が 2 つの大きさの三角形を形成しています。このうち小さい方が、STM 像に白線で示したユニットセル内の 1 つの明点に対応します。この表面に Ag などの貴金属原子を少量(<0.1ML)蒸着しますと、吸着原子から成るクラスターが表面に点在します。そしてさらに蒸着量を増やすとこれらクラスターは $\sqrt{21}\times\sqrt{21}$ 周期的に秩序正しく配列し、すなわち Si(111) $\sqrt{21}\times\sqrt{21}$ -Ag 表面が形成します。この $\sqrt{21}\times\sqrt{21}$ 超構造の原子構造モデルはまだ議論されていますが、図 6 に示した構造モデルが現在支持されています[13]。一方、Si(111) $\sqrt{3}\times\sqrt{3}$ -Ag 表面へ Ag を蒸着すると表面電気伝導率は増加し、 $\sqrt{21}\times\sqrt{21}$ 超構造が形成するときに最大となります。このときフェルミ面もやはり系統的な変化を示します(図 6)。まず Si(111) $\sqrt{3}\times\sqrt{3}$ -Ag 表面のフェルミ面は図 2(b)のように円形になっています。この表面に 0.07ML の Ag を吸着するとフェルミ円が大きくなり、これは吸着原子から Si(111) $\sqrt{3}\times\sqrt{3}$ -Ag 表面状態バンドへ電子がドーピングされたことに対応します。フェルミ面の面積と吸着量から計算すると、吸着 Ag 原子 1 個当たり 1 個の電子が表面状態バンドに移動します。さらに Ag 原子を 0.14ML まで蒸着すると Si(111) $\sqrt{21}\times\sqrt{21}$ -Ag 表面が形成しフェルミ円はさらに大きくなり、同時に $\sqrt{21}\times\sqrt{21}$ ブリルアン・ゾーンも定義されるので表面状態バンドも各ブリルアン・ゾーンに折り返されます(図 6)。

このように表面電気伝導度の増大は電流を担う表面伝導電子の増加で説明することができます。実際にフェルミ面と電気伝導を比較するには、2次元 Boltzmann 方程式を元に、キャリア密度、フェルミ速度、そして緩和時間などをそれぞれ調べる必要があります。角度分解光電子分光法ではエネルギーバンド分散(フェルミ速度、有効質量)とフェルミ面の形状(キャリア密度)が決定でき、さらに高分解能電子分析器を用いれば緩和時間を見積もることもできます。すなわち光電子分光法を用いれば、電子輸送現象を理解する上で必要なパラメーターを基本的に全て得ることができます。実際に光電子分光のデータから上記の Si(111) $\sqrt{3}\times\sqrt{3}$ -Ag から Si(111) $\sqrt{21}\times\sqrt{21}$ -Ag への相転移に伴う電気伝導変化は、別に測定し

たホール伝導変化も含めて、フェルミ面との対応が定量的に確認されました[11,14]。

一方、先に紹介した「マイクロ4端子法」による表面電気伝導度の直接測定では、図2(a)のSi(111)4x1-In表面のパイエルス転移に伴う電気抵抗の著しい増加を測定し[8]、またSi(111) $\sqrt{3}\times\sqrt{3}$ -Ag表面の表面電子-表面格子相互作用を調べることもできました[10]。このように表面原子層中の電子輸送現象は現在では測定が可能となり、今後表面系においても低次元電子系のダイナミクス研究が盛んに行われるでしょう。

4. 今後の展望

以上のように、私は固体表面上のナノ構造体のフェルミ面研究を、主に角度分解光電子分光法と電気伝導測定を用いて行ってきました。物性研究所に着任してからは、その研究を1)放射光を用いた光電子分光フェルミ面マッピング、2)表面磁気輸送現象測定へと展開します。

物性研究所に着任したお陰で高エネルギー加速器研究機構物質構造科学研究所 Photon FactoryのBL-18A,19A,19Bを担当させていただいております。上記の光電子分光によるフェルミ面マッピング法は光源として放射光を用いると、より詳細にフェルミ面を調べることができます。現在BL-18AにはVG-ADES500と呼ばれる小型電子分析器が付いており、これは超高真空槽内を2軸方向に移動します。そのため、放射光の直線偏向性と組み合わせることによって、バンド構造だけでなく電子状態の対称性も調べることができます。今後はBL-18Aの測定槽に、さらに高分解能マルチチャンネル電子分析器(SCIENTA SES-100)を導入し、より高分解能角度分解光電子分光測定もできるようにします。すなわちSCIENTA SES-100とADES500組あわせたSystemによって、まさにSCADS OF (LOTS OF) photoemission experimentsが全国のビームラインユーザーに提供できるようになります。また将来的には、施設スタッフ奥田太一博士のスピンの検出器と組み合わせてスピン分解フェルミ面マッピング測定へと展開します。

一方表面電子輸送現象研究については、今後は高磁場中での低温の表面電気伝導測定に拡張します。この表面磁気抵抗測定装置の開発は着任前から行っており、現在は松田研究室PDの成田尚司博士、技術補佐員の保原麗氏、そして東京大学大学院理学系研究科物理学専攻長谷川修司研究室博士学生の宮田伸弘氏の3人が行っています(図7(a))。図7(b)は、本装置の測定・観察ステージで、1つのサンプルに対して2つの独立駆動(x,y,z)型プローブホルダーが配置されています。2つのホルダーにはマイクロ4端子(図7(c))やSTM探針などの様々なプローブを2個まで装備でき、その組合せによって高磁場・低温中での多様な実験を行うことができます。現在は上記の半導体表面上の金属表面単原子層及び金属量子薄膜の異常ホール効果、量子ホール効果、Shubnikov de-Haas振動などの磁気輸送現象測定に世界に先駆けて挑戦しています。成田博士ら3人のおかげで、現在までにサンプルに7Tまでの磁場を印加と10K以下まで冷却ができ、さらに標準試料の電気伝導測定にも成功しました。まもなく皆様に表面・超薄膜系の磁気輸送現象について、マッピングされたフェルミ面の結果と合わせて皆様に報告できることでしょう。

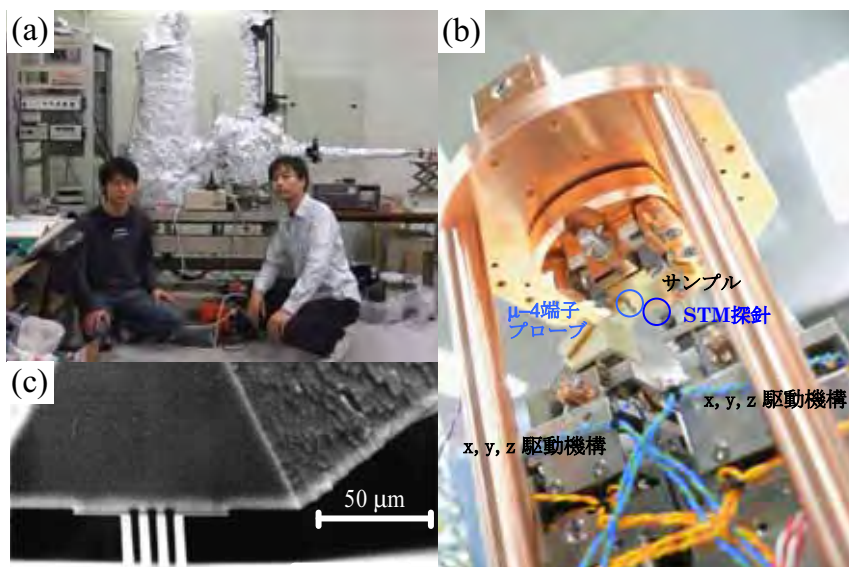


図7 (a)本研究室で開発している表面磁気抵抗測定装置と成田尚司博士(右)と宮田伸弘氏(左)。(b) サンプルの測定・観察ステージ。STM探針やマイクロ(μ)4端子プローブがそれぞれ2つの独立駆動(x,y,z)型プローブホルダーに装備されています。(c) マイクロ(μ)4端子プローブのSEM写真。

References

- [1] **Fermiology and transport in metallic monatomic layers on semiconductor surfaces**, I. Matsuda and S. Hasegawa, Topical Review Article in the Fermi Surfaces Special Issue of J. Phys. Cond. Mat., in print.
- [2] **半導体表面上金属超薄膜の量子井戸状態の研究**, 松田巖、Han Woong Yeom、谷川雄洋、登野健介、長谷川修司、太田俊明、表面科学 **23**、509 (2002).
- [3] **In-plane dispersion of the quantum-well states of the epitaxial silver films on silicon**, I. Matsuda, T. Ohta, and H. W. Yeom, Phys. Rev. B **65**, 085327 (2002).
- [4] **Coherent Electronic Fringe Structure in Incommensurate Silver-Silicon Quantum Wells**, N. J. Speer, S.-J. Tang, T. Miller, and T. C. Chiang, Science **314**, 804 (2006).
- [5] **Quasi-one-dimensional quantized states in an epitaxial Ag film on a one-dimensional surface superstructure**, N. Nagamura, I. Matsuda, N. Miyata, T. Hirahara, T. Uchihashi, and S. Hasegawa, Phys. Rev. Lett., **96**, 256801 (2006).
- [6] **解説「単原子ステップを通過する表面自由電子」**, 松田巖、保原麗、長谷川修司、日本物理学会誌、2007年2月号.
- [7] **Surface-state electrical conductivity at a metal-insulator transition on silicon**, T. Tanikawa, I. Matsuda, T. Kanagawa, and S. Hasegawa, Phys. Rev. Lett., **93**, 016801 (2004).
- [8] **Electrical Resistance of a Monatomic Step on a Crystal Surface**, I. Matsuda, M. Ueno, T. Hirahara, R. Hobara, H. Morikawa, and S. Hasegawa, Phys. Rev. Lett. **93**, 236801 (2004).
- [9] **In situ resistance measurements of epitaxial cobalt silicide nanowires on Si(110)**, H. Okino, I. Matsuda, R. Hobara, Y. Hosomura, S. Hasegawa, and P. A. Bennett: Applied Physics Letters, **86**, 233108 (2005).
- [10] **Electron-phonon interaction and localization of surface-state carriers in a metallic monolayer**, I. Matsuda, C. Liu, T. Hirahara, M. Ueno, T. Tanikawa, T. Kanagawa, R. Hobara, S. Yamazaki, S. Hasegawa, and K. Kobayashi, Phys. Rev. Lett. submitted.
- [11] **Evolution of Fermi surface by electron filling into a free-electron-like surface state**, I. Matsuda, T. Hirahara, M. Konishi, C. Liu, H. Morikawa, M. D'angelo, S. Hasegawa, T. Okuda, and T. Kinoshita, Phys. Rev. B **71**, 235315 (2005).
- [12] **Self-Assembly of Two-Dimensional Nanoclusters: From Surface Molecules to Surface Superstructure**, C. Liu, I. Matsuda, M. D'angelo, S. Hasegawa, J. Okabayashi, S. Toyoda, and M. Oshima, Phys. Rev. B **74**, 235420 (2006).
- [13] **Direct measurement of the Hall resistance of a free-electron-like surface state**, T. Hirahara, I. Matsuda, R. Hobara, S. Yoshimoto, and S. Hasegawa, Phys. Rev. B. **73**, 235332 (2006).

物性研に着任して

国際超強磁場研究施設 徳永 将史

本年4月1日付けで国際超強磁場研究施設に着任いたしました。大学院生時代、六本木というロケーションに惹かれて進学した三浦研究室で楽しい5年間を過ごして以来、10年ぶりの帰参になります。その間物性研究所は柏市に移転しましたが、私は小学生のころから現柏市内（旧沼南町）に在住していたため、より一層里帰りという感じがします。ここで保守的になるのではなく、新しい研究を開拓していきたいと考えています。最近つくばエクスプレスの開通、ららぽーとやステーションモールの開業と急速に発展していく柏の葉地区では、新しい事を始めるエネルギーを街からももらえそうに感じています。今年度中には国際超強磁場研究施設にフライホイール発電機が導入される予定であり、これから挑戦の日々になりそうです。ご指導ご鞭撻よろしくお願いたします。

大学院修了後は理化学研究所の勝又磁性研究室で基礎科学特別研究員として、電子スピン共鳴を教わりながら強磁場の実験をしていました。その後の東京大学大学院工学系研究科の為ヶ井研究室では助手として、磁気光学イメージング、微小ホール素子による局所磁化測定、磁気装飾法等の特殊な手法を用いて超伝導体の磁束状態や強相関酸化物の磁性・伝導について研究をして来ました。物性研を離れていたこの10年間、物性研関連の人脈が非常に貴重な財産となっている事を感じました。人事が流動的かつ共同利用の多いこの研究所で研究のスタートを切れた事は、その後の研究者生活において大きな利点となっています。今後私の研究室に配属される学生にも、そのような財産を残してあげたいと思っています。

今後の研究予定に関して少し紹介させていただきます。今私は多自由度結合系の物理に興味を持っています。スピン自由度が他の自由度と結合した系において、磁場による誘電特性の制御（電気磁気効果）、巨大磁気熱量効果による室温磁気冷却、スピン自由度による熱電効果、磁場誘起形状記憶効果、磁気体積効果による負の熱膨張、磁場誘起の可逆な変色効果など、様々な興味深い現象が最近相次いで報告されています。これらの現象自体の多くは数十年前から知られていたものですが、近年の測定手段の進化によって微視的議論が可能になりつつあること、また応用面において社会的要求に適う新機能材料であること、などの為に現在改めて注目されています。温度範囲が数十〜数百 K と比較的高温でおこるこれらの現象に対して、パルス強磁場を用いて強制的にスピン偏極状態を作りだし、その際の物性変化を様々な角度から測定したいと考えています。

このように多彩な側面を持つ現象を追求するには、それに応じた測定手法の開発が必用になります。そのために幾つか新しい測定システムを構築する予定ですが、ここではその中から2案をご紹介します。

テレビなどで超スローモーションの画像を目にされた方もいらっしゃると思いますが、そこで使われるハイスピードカメラという物があります。例えば野球選手の投球をこのカメラで撮影することで、理論的に指摘されていたジャイロボール*という球種が実際に存在する事がわかるなど、スポーツ科学を始め幅広い分野で使われています。最近では毎秒数千コマの撮影が可能なカメラが手頃な価格で購入できるようになってきました。このカメラをパルス磁場と組み合わせることで、これまで誰も見たことのない強磁場の世界を覗いてみたいというのが一つの目標です。偏光顕微鏡とこのカメラを組み合わせれば、パルス磁場中での構造相転移をビジュアルに検出することが可能になります。

もう一つの目標として断熱磁化過程における磁気温度効果の測定を予定しています。磁場挿引速度の速いパルス磁場は、熱浴への熱拡散を抑えた状態で断熱的に試料を磁化させるのに適しています。この状況で試料温度を磁場の関数として測定し、磁気熱量効果を直接測定する計画です。磁気温度効果と磁化の測定結果を基にすれば、磁場中の比熱も求められることになります。パルス磁場下における比熱測定が高精度で可能になればいろいろな研究に役立つと期待しています。

最後に余談となりますが、私は10年前から幾つかの社会人サッカーチームに所属しており、様々なリーグ戦・カップ線に出場してきました。最近では体力も衰え参加回数も減ってしまったのですが、一応現役でプレーしています。時々顔に青アザを作って出勤する事もあるかと思いますが、しょっちゅう喧嘩をしている訳ではない事を予めご理解いただくと幸いです。このところのサッカー人気の高まりもあり、研究者のサッカー人口も増えているように感じます。私のサッカー仲間にも官民交えて、物理、化学、生物など各分野の専門家がおられ、いずれはこのような中から領域を越えた研究が進展すれば楽しいと期待しています。サッカーは世界の共通語ですから、いつの日か物性研究者による国際親善大会の開催される日が来るかもしれません。その際には日本代表メンバーに招集されるよう日々精進したいと思います。

* 進行方向を軸として回転しながら飛ぶ球種で、空気抵抗の減少によって初速と終速の差を小さくできる。

http://ja.wikipedia.org/wiki/ジャイロボール#_note-4

物性研に着任して

物性理論研究部門 大久保 潤

この度、4月1日付けで物性理論研究部門押川研究室の助教として着任いたしました大久保と申します。紙面をお借りして、これまでの略歴、研究について簡単に紹介をさせていただきたいと思います。

学部時代は東北大学理学部化学科に在籍していました。有機合成などの実験を志して入学したのですが、元々理論にも興味があったことから、研究室配属時には理論系を選ぶことにしました。「多体系が面白そう」と思ったことから、分子動力学計算を勉強させていただき、レーザー場中での分子配向に関して、新たな分子動力学計算の手法の提案を行ったり、Fokker-Planck 方程式に基づく解析を行ったりしました。これらの研究を進める中で確率過程という研究題材に触れたことが、現在につながる重要な機会であったと感じています。

そのまま化学系の大学院へ進学することも考えましたが、新たな研究対象へ挑戦したいという思いが強かったことから、同大学の情報科学研究科の修士課程に入りました。そこで、「複雑ネットワーク」という研究題材と出会いました。ちょうど統計物理学の分野において、特に海外で盛んに研究されつつあった分野でした。複雑ネットワーク研究とは、簡単に言えば「関係性」の構造に着目するというものであり、情報科学における諸問題だけではなく、生体内の化学反応ネットワーク、蛋白質や高分子の折り畳み構造間の関係性などの物理的な問題との関連性も指摘されています。多くの頂点と辺から構成される「グラフ」、すなわちネットワークはまさに多体系と考えられ、フラクタル、パーコレーションを始めとして様々な統計物理学の研究題材と結びついていることなども分かってきていました。

何と言っても目新しい研究題材でしたので、修士課程においては数値実験を中心とした研究、博士課程においては解析計算中心の研究にシフトしながら、手探りで研究を進めてきました。新しい分野でしたので、とりあえず何かを計算すれば新しい結果と言える反面、きちんとした基盤に基づいて研究を進めなければという意識は大きくありました。そこで学部時代からの付き合いである確率過程という自分の興味に則しながら、試行錯誤して（小さなものではありませんが）なんとか結果を出すことができました。

「複雑ネットワーク」を研究する上で重要となったのが、従来の統計力学との関連性でした。ネットワークという題材をそのまま取り扱うのは困難でしたので、従来から研究されているような確率過程にマッピングし、そこにスピングラス等で用いられているランダム系のための解析手法を応用し・・・、のように様々な手法の組み合わせで新しい結果や知見を導き出すことができました。ただし、ネットワークそのものを扱うことのできる解析手法の必要性はあり、まだまだ模索中です。また、複雑ネットワークという題材を扱う中で非平衡系などにも関連するような確率過程を研究する必要性も出てきましたので、徐々に研究の興味が広がっている状況です。

物性研のスタッフの中では少し変わった経歴・研究分野を持った人間であると思いますが、そのぶん、何か新しいものが見方ができないものかと考えております。とは言えまだまだ若輩ですので、押川正毅先生のもとで、低次元系に対する解析手法や、そこで用いられる研究の視点等を学ばせていただきながら、得たものを自分の研究へと生かせるようになることが第一だと考えています。物性研は、とにかく様々な人が来てはセミナーや議論を行うという恵まれた環境にありますので、良い刺激を受けながら精進していきたいと思っています。どうぞよろしくお願いいたします。

物性研に着任して

物性理論研究部門 服部 一匡

物性理論研究部門常次研究室助教に 2007 年 4 月 1 日付けで着任致しました。大学院を大阪大学基礎工学研究科三宅研究室で過ごし、この 3 月に博士を取得したところです。これまで学部時代に仙台に住んでいたことはありますが、関東地方には居住した経験がありませんので、こちらの雰囲気に適応しようと努力している次第であります（エスカレータは左に等）。

物性研究所に初めて足を踏み入れたのは、博士後期課程に入ったばかりの 2004 年 6 月の特定領域のスクッテルダイトに関する第二回の研究会だったと思います。したがって、六本木時代の物性研は全く知りません。幾分平らな敷地内で巨大な物性研の建物が坐していることに畏敬の念のようなものを覚えたような気がします。昼食時に某中華料理のファミリーレストランまで歩いていった記憶が鮮明に残っています（遠かった...）。柏に住むようになって、いかにその店が遠かったかということに改めて思い知らされました。実際、どのような経緯でこの研究会に参加したのかは、今になってみると良く思い出せませんが、ここから博士後期の研究の方向性のようなものが生まれてきたのも確かです。確か、修士論文で行った f 電子が 2 個入っている状況 (f^2) での準粒子間相互作用の研究をポスター発表したと記憶しています。その後、何度か物性研で行われた研究会に参加したこともありましたが、当時はまさか自分がここで研究することになるとは考える余地もありませんでした。薄々感じていましたが、やはり物性研の雰囲気は普通の大学のキャンパスとは少し異なる新鮮な感があります。学部学生がキャンパスにいるのといないのとでは、やはり雰囲気ががらっと変わるものだと実感しました。以前は研究室のすぐ横に教室が数室並んでいましたので、休み時間になると廊下に、したがって研究室の前に、大変な数の学生さんが並んで賑やかだった思い出がありますが、物性研ではその様なことはおそろくないのだと思います。とはいうものの、新しい場所、生活に対する不安と期待のために、雰囲気の違いは空気の感じ方の問題かもしれません。

研究の話に転じますと、これまでの研究では上記の f^2 の問題、不純物近藤系、多準位近藤系といった問題を扱ってきました。研究対象としていた物質は主に f 電子系の重い電子系物質で、近藤効果と RKKY 相互作用の競合や、価数揺らぎ（および転移）、重い電子の超伝導といった問題に興味を持ってきました。またそれらとは少し異なるところで、スクッテルダイト化合物やベータパイロクロア化合物で見られる異常なフォノンに関する問題、および超音波分散の問題も研究対象としてきました。

物性研究所ではこれまでの重い電子系および上述の異常なフォノン関連の研究に加え、新しい境地を発展させられたらと思っています。新しい場所に移ったということもありますが、比較的共通の手法や考え方が適用できる遷移金属の物質の問題にも手を出していきたいと考えています。もちろん、それ以外においても自分の興味を掻き立てられるものに対して、何か寄与ができればと考えております。また物性研は多くの素晴らしい実験がありますので、そちらの繋がりでも良い研究が出来れば、と思っているところです。常に新しい物質や興味深い実験に接する機会が身近に与えられるということは、理論家にとって非常に良い環境だといえます。当たり前かもしれませんが、研究者たる者、これまでわからなかったことを明らかにする、ということに肝に銘じて、不勉強ですがこの恵まれた研究環境を活かし精一杯努力する所存ですのでどうぞ宜しくお願い致します。

物性研に着任して

極限環境物性研究部門・長田研究室 鴻池 貴子

これまでの研究紹介と今後の研究

今年度の4月から極限環境物性研究部門・長田研究室の助教として採用して頂きました。この場をお借りして簡単に自己紹介をさせて頂きたいと思います。大阪市立大学理学研究科の村田研究室で博士号取得の後、物質・材料研究機構・宇治グループでの3年間のポストドクを経て、昨年4月から物性研リサーチ・フェローとして長田研究室に在籍しております。現在までの研究対象は主に低次元有機導体における低温・強磁場物性で、測定手段としては電気抵抗、磁化、磁気トルク、そして他の研究機関との共同研究により光学測定や X 線散漫散乱等さまざまな測定を経験させて頂きました。自己紹介として、ここでは有機導体における磁場誘起超伝導を紹介させて頂きます。

有機伝導体は強相関電子系と低次元性を併せ持つ代表的物質であり、伝導を担うドナー分子と絶縁層を形成するアニオン分子の2種類の分子を組み合わせることにより多様な結晶が合成されています。近年、BETS[=bis(ethylenedithio) tetraselenafulvalene]と呼ばれるドナー分子と大きな局在スピンをもち磁性アニオン分子を組み合わせた一連の物質が合成され、低次元電子系における磁性と伝導の競合を研究する格好の舞台が提供されました。この物質群では伝導電子と局在スピンの間に大きな相互作用があり、これに関連して金属-絶縁体転移や超伝導-絶縁体転移などの特異な現象が報告されています。

特に2000年、 λ -(BETS) $_2$ FeCl $_4$ において、伝導面に平行磁場を印加した場合、20-40T という強磁場下で超伝導が安定化する「磁場誘起超伝導」と呼ばれる現象が発見されました[1]。一般に singlet の超伝導は磁場下において2つの効果、軌道効果とゼーマン効果によって不安定化することが知られています。 λ -(BETS) $_2$ FeCl $_4$ では系の2次元性により磁場を伝導面に平行に印加することによって軌道効果を十分に抑制することができます。また、局在スピンの間には負の交換相互作用 J が存在しているため、ある外部磁場下においては内部磁場と外部磁場がキャンセルし、ゼーマン効果も抑制することが可能です(Jaccarino-Peter 効果)。このような機構で説明される磁場誘起超伝導は以前にシェブレル化合物[2]で報告されている以外にほとんど例がなく、局在スピンを含んだ層状物質で起こる普遍的な現象であることを結論づけるためには、類似物質についての系統的研究が必要とされてきました。そこで本研究では κ -(BETS) $_2$ FeBr $_4$ に着目し、希釈冷凍機を用いて 30mK までの電気抵抗測定を行いました。

一軸回転プローブによって試料を精密に回転させ、伝導面に正確に平行磁場を印加することにより、0.3K 以下 11T-14T の範囲においてこの系ではじめて明確な磁場誘起超伝導を確認することができました(図1)。これは有機伝導体のなかでは磁場誘起超伝導を示す2つ目の例を示したことになり、温度-磁場相図は Jaccarino-Peter 効果にもとづく理論式でよく説明できることもわかりました。以上のことから磁場誘起超伝導が「伝導電子-局在スピンの強い負の交換相互作用」と「軌道効果の強い抑制」が満たされれば観測される普遍的な現象であることを明確に示すことができました[3]。さらに最近、小型断熱セルを用いることにより極低温、強磁場下で精密に角度を制御した比熱の測定が確立し、比

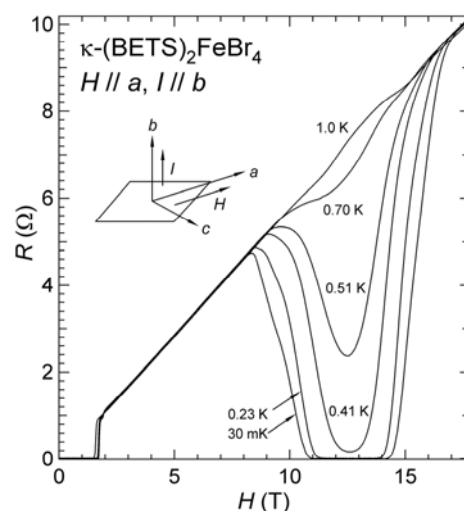


図1. κ -(BETS) $_2$ FeBr $_4$ の抵抗の磁場依存性。

熱の量子振動や、磁場誘起超伝導状態での比熱の減少をはじめ観測することに成功しました(図2) [4]。現在は測定温度領域が十分ではありませんが、今後超伝導ギャップの対称性を含めた議論にも繋がっていくことが期待されます。

今後の研究として、現在は擬2次元有機超伝導体の vortex 状態における磁気熱不安定性の研究を行っておりますが、研究対象を物質にとらわれることなく視野を広げ、極低温での比熱や磁気熱効果測定を含めたさまざまな測定により物性研究を進めていきたいと考えております。今後ともどうぞ宜しくお願い致します。

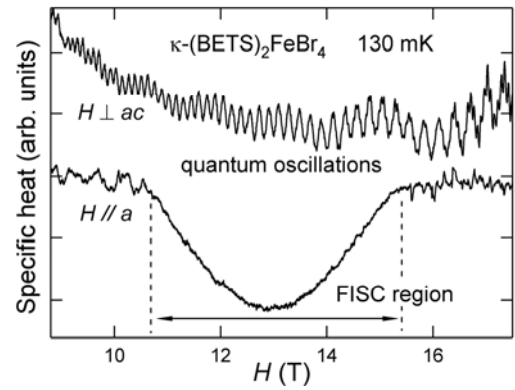


図2. 比熱の磁場依存性。

References

- [1] S. Uji, H. Shinagawa, T. Terashima, T. Yakabe, Y. Terai, M. Tokumoto, A. Kobayashi, H. Tanaka, and H. Kobayashi, Nature 410, 908 (2001).
- [2] H. M. Meul, C. Rossel, M. Decroux, O. Fisher, G. Remenyi and A. Briggs, Phys. Rev. Lett. 53, 497 (1984).
- [3] T. Konoike, S. Uji, T. Terashima, M. Nishimura, S. Yasuzuka, K. Enomoto, H. Fujiwara, B. Zhang and H. Kobayashi, Phys. Rev. B 70, 94514 (2004).
- [4] 鴻池貴子、宇治進也、寺嶋太一、西村光佳、山口尚秀、榎本健悟、藤原秀紀、Bin Zhang、小林速男。日本物理学会 2006 年秋季大会(千葉大)。

物性研に着任して

極限環境物性研究部門 松林 和幸

4月2日付けで極限環境物性研究部門に着任いたしました松林です。今年3月に名古屋大学で学位を取得し、物性研へやってまいりました。物性研をはじめて訪れたのは昨年秋でしたが、恵まれた実験環境・設備に大変驚いたことを今でも鮮明に覚えています。そして、この充実した環境の下で研究してみたいという思いを抱きましたが、このたび現実に物性研で仕事ができるようになったことを心から嬉しく思っています。私は長崎県出身で、大学・大学院は名古屋、そして物性研がある柏へと徐々に東へ移って来ましたが、環境の変化を楽しみつつ何事も積極的に取り組んで行きたいと考えておりますので、どうぞよろしくお願いいたします。誌面をお借りして、これまでの研究経歴と今後の抱負を述べたいと思います。

大学の学部・大学院における研究として、まず最初に取り組んだ研究テーマは「 CaB_6 の異常強磁性の起源」に関するものでした。ご存知の方も多くいらっしゃるかと思いますが、この物質は磁性元素を含まないにも関わらず、鉄やニッケルなみの高い転移温度の強磁性を示すという点で大変インパクトがありました。その後、世界的な大反響が巻き起こり、国内外で活発な研究が行われていました。しかし、この系で起こる強磁性には大変強い試料依存性があり、実験的な立場からは混沌とした状況が続いていました。この状況を打破すべく、様々な条件下での試料の合成・分析、1200 K という高温までの磁化測定に取り組みました。言葉にしてみるとあっさりしたのですが、当時は朝から晩まで実験に明け暮れる毎日を過ごしました。その結果、高温強磁性の真の起源は CaB_6 に固有の本質的なものではなく、鉄に起因した不純物効果によることを突き止めました。物理的観点からすると非常に残念な結論ではありますが、得られた研究成果を学会発表や学術論文を通じて国内外の多くの研究者の方々に認めて頂いたことは大きな自信となりました。また、この経験により、個々の物質が示す物性の本質を見極め、理解することの難しさと面白さを実感し、今後の研究を行う上で深い教訓を得ることができました。

修士課程に進学後は CaB_6 の研究とは対照的に、30年以上の研究の歴史を持つ絶縁体-金属転移を示す典型物質 SmS に関する研究に取り組みました。この物質に関してはこれまで数多くの研究がなされており、ほとんどの実験研究者にしてみればあらゆる実験はやりつくされたとの認識がありましたが、その本質は未解明であったことがこの古典的物質をあえて研究対象とした所以です。ところがいざ研究を始めてみると、良質の単結晶育成や高圧下物性測定などの様々な困難が待ち受けていました。特に高圧下物性測定に関しては、圧力セルのデザインから製作までの工程をすべて自らこなしてきましたが、この経験はこれからの物性研での研究において必ず生かされるであろうと考えています。苦勞の甲斐あって、試料の純良化と熱力学的物理量の本質的な寄与の温度依存性を観測することにはじめて成功することができました。

近年、高圧下での物性研究は目覚ましい技術的な進展を遂げていますが、熱的・磁氣的測定に関してはまだまだ開発の余地が多く残されているように見受けられます。今後は高圧下で誘起される新奇な現象の探索およびその物性現象のより深い理解を目指して、装置開発も含めた研究を行っていきたくと考えています。また、これまでの主な研究対象であった重い電子系物質のみならず、多様な物性を示す物質群に関する研究を広く行って行きたいと考えていますので、どうぞよろしくお願いいたします。

物性研を離れて

神戸大学大学院理学研究科 准教授 大道 英二

(元東京大学物性研究所極限環境物性研究部門 長田研究室 助手)

はやいもので平成 18 年 10 月に物性研究所から神戸大学に異動して、一年近く経とうとしています。この度、物性研だよりに転出の挨拶を書く機会をいただいたので、お世話になった方々へのお礼を兼ねて 6 年半の物性研での研究生活や神戸大学での新生活などについて少しばかり書いてみたいと思います。しばらくお付き合いください。

私が物性研に着任したのは 2000 年の春のことです。極限環境物性研究部門・長田俊人先生のところでは助手として採用してもらいました。ちょうど物性研移転の年で、確か六本木に着任した最後の職員ということになっているはずですが。当時はキャンパスのあちこちが工事中で生活は何かと不便でした。そう思うと柏キャンパスもいつの間にか整備が進んで今ではずいぶん便利になったなあ、と感じています。あれよあれよのうちに柏での生活も 6 年半が過ぎてしまい、もう終わったの？というのが正直な今の感想です。

もともとパルス磁場のことは何も知らなかった私ですが、長田先生からは、非破壊型パルス磁石を使った実験であれば何をしてもよい、と言っていたので、あまりプレッシャーを感じることなく自由な環境でのびのびと研究を行うことができました。もともと計測技術に興味があったので新しい実験方法を考えてはそれをどうやったら実現できるのかなあ、と日々考えて過ごすことが出来ました。結局、手取り早く安上がりで作るには身の回りの電子機器を流用すればよいことに気づき、AFM 用カンチレバーを使った磁気トルク計、血圧計のキャパシタンスを使ったファラデー磁力計、FM ラジオを使った表面インピーダンス測定装置などいろいろなものを作りました。装置開発のために市販のラジオや血圧計を分解しては仕組みを理解して、それを実験に使ってみたらちゃんとした測定が出来ると分かった時の新鮮な驚きと喜びは今でも忘れることができません。こんな感じでしたので果たして長田先生の期待通りの働きが出来たかどうかは疑問ですが、何かと成果が問われるこのご時世に自分が面白いと思えることに熱中できたことは幸せなことだったと思います。結果的にこの経験が、今後の自分の研究の方向性を決めることにもつながりました。その意味で自分にとって物性研での 6 年半は本当に意義あるものだったと思います。

さて、神戸大学に着任してすでに半年が経ちました。今は極限物性物理学研究室で太田仁先生をはじめとするメンバーと一緒に研究を行っています。神戸大学に来られたことがある方のご存知かと思いますが、物理学科の建物は文理農学部キャンパスという所にあります。坂の途中にあるので景色がとてもよくて、晴れた日には港の景色を眺めては気分転換をしています。神戸大学の最初の印象は、学生さんがキャンパスにあふれている、ということでしょうか。最近ではだいぶ慣れてきましたが、それでも毎日賑やかに感じます。学部学生がいるのといないのでは大きな違いです。教育面でも物性研ではなかった卒業研究、講義、学生実験など新しいことが始まり、どうにかこうにか毎週をこなしているというのが正直なところです。実験室の方は暇を見つけては少しずつ整備してきた甲斐もあって、最近ようやく実験ができるようになってきました。従来どおりパルス磁場を使った精密計測を軸として研究を展開していく予定ですが、異動を機に少し新しいことにもチャレンジしてみようかと思っています。皆様に新しい結果をお見せできるよう頑張りたいと思っています。

最後になりますが 6 年半の物性研在任中には大変多くの方々にお世話になりました。生意気な私のことを受け入れ、時には明け方まで物理の話に付き合っていた長田先生には感謝するばかりです。長田研究室のメンバーには公私ともに色々手助けをしてもらいました。強磁場グループのメンバーにはパルス磁場のことを何も知らない私に丁寧に色々教えていただきました。また、一人一人のお名前を挙げるだけのスペースはありませんが、さまざまな面で物性研の多くの方々のお世話になりました。ありがとうございました。物性研を離れたとはいえ、今後も研究会、共同利用等で物性研を訪れる機会があるかと思うので、今後ともどうかよろしくお願ひします。物性研も今年で 50 年という一つの節目を迎えることになるかと思いますが、今後の更なる発展を祈念しつつ結びにしたいと思います。



神戸大学百年記念館より神戸港を望む

物性研を離れて

(独)物質・材料研究機構 主任研究員 山下 良之

(元東京大学物性研究所ナノスケール物性部門 吉信研究室 助手)

物性研を転出して早数ヶ月が経ち、平成 19 年 2 月に (独) 物質・材料研究機構 (NIMS) に着任したこの機会に転出の挨拶を兼ねて「物性研だより」に執筆をさせて頂くことになりました。私は筑波の NIMS の半導体材料センターに属していますが、実質は SPring-8 の NIMS 共用ビームステーションにて常駐し研究を行っております。SPring-8 に来られた方はご存じかもしれませんが、SPring-8 は姫路から約 40km のところに位置し周りが自然に囲まれた播磨学園都市内にあります。自然に囲まれたところに施設があるためか構内では夜になると鹿の群れや狸及び狐を頻繁に見ることが出来ます。



現在、私は SPring-8 にて高エネルギー X 線光電子分光法を用いてナノテク、半導体、磁性材料の基礎的及び応用的研究を行っております。高エネルギー X 線光電子分光法は光電子の平均自由行程が大きいことから表面汚染の効果を無視でき、また表面の電子状態がスペクトルに反映されないことからバルク本来の電子状態を測定する事が可能で、加えて今まで観測されなかった興味深い物理的現象がこの手法を用いることにより観測されております。そして、SPring-8 は第三世代の放射光施設であることから高輝度高分解能の測定が可能です。

また、SPring-8 のマシンタイム以外は装置の改良、新しい装置の設計、及び私の所属の半導体材料センター (筑波) にて、今までの結果の議論、今後の研究計画の打ち合わせを主に行っております。現在の仕事は、物性研時代の仕事とは異なり、NIMS ユーザーの実験補助が私の仕事の大きなウエイトを占めていますが、ユーザー補助を行う事により、様々な分野の人および研究と触れ合うことにより、この数ヶ月で自分の学問的知見が広まったと感じる今日この頃です。このビームラインは NIMS 以外の機関にも開放しており、日本のみならず海外からも本施設の実験利用に来られています。現在、SPring-8 の NIMS 共用ビームステーションには高エネルギー X 線光電子分光装置以外にも高分解能 X 線粉末回折装置、高分解能結晶型 X 線発光分光装置、高分解能光電子顕微鏡装置がありますので、もしこれらの装置を使って実験をされたい方がいらっしゃいましたら私の方に連絡を頂ければ幸いです。(e-mail: YAMASHITA.Yoshiyuki@nims.go.jp)

最後になりましたが物性研での生活はあっという間に過ぎたと感じる今日この頃です。物性研時代、吉信 淳教授にはご指導、ご鞭撻及び様々な経験を積ませて頂き、私自身を人間的に大きくさせてくださった事に非常に感謝しております。加えて、物性研時代、サッカー、テニス、ランニングサークル活動を通して様々な分野の方と交流が出来た事は自分自身にとって非常に良かったと感じています。この場をお借りして物性研時代にお世話になった皆様に感謝の意を申しあげます。

外国人客員所員を経験して

Satish BHARGAVA

**My Stay with Prof. Y. Ueda' group at ISSP, University of Tokyo.
Solid State Physics Division, Bhabha Atomic Research Centre**

I have worked on the project "CMR at the ambient temperature". For this project, I employed my finding in my paper which has just appeared in J. Magnetism and Magnetic Materials 311 (april 2007) 594 of the methodology to optimize CMR and the excellent phase diagram of the A-site ordered manganite RBaMn_2O_6 obtained by Dr. Nakajima and Prof. Ueda recently. I started getting resistivity data from Feb. 16, 2007 onwards. In CMR research, progress cannot be made without resistivity results. Thus, effectively, my project has been done in a period of two and a half month.

I am happy to report that I got outstanding success in my project in this short period. The value of CMR obtained by me is the highest ever obtained, and will continue to be a record for a long time to come. However, I strongly feel that the project is far from complete. As a result, even on my last day in office, I am busy making new samples.

I also want to use my research for the benefit of an industry in Japan or USA, by working for them for one or two years, by developing the material in form suitable for end use. I have been involved in basic research for four decades and now. My past full time research experience has developed in me research capability and I consider myself among the best to deliver the desired results. I want to work for the benefit of an industry.

I want to thank Prof. Y. Ueda and the administration of the University of Tokyo, for providing me with the opportunity of working in ISSP on this excellent project. I have no adequate words to describe the goodness of Prof. Y. Ueda. He is an outstanding scientist and a good leader. My discussions with him were greatly beneficial, and I look forward to more beneficial interaction with him during the paper writing work.

I want to take this opportunity of acknowledging the excellent support provided by ILO's Akiko Kameda and Mihoko Kubo. They were extremely helpful. Their arrangements were exceptionally good, which make our coming and living in Japan completely trouble free.

Living in Japan for five months makes it abundantly clear why Japan is an extraordinary country. People are extremely good. It has been like a sweet dream. I am certainly unhappy that it has ended so fast.

Let me make a few observations. I have worked in several countries with different languages, but have never had any language difficulty, particularly in scientific work. Here, it was too much of a language problem even in scientific work. Secondly, even though Tokyo is full of people, it is a charming place, which speaks very highly about Japanese people. I am very lucky that I got this opportunity of living in this charming city. I found places like Odiba, Shinjuku, Yokohama, Kamakura, Asakusa and a few shrines very interesting. I was very fond of Ueno and visited that place frequently.

物性研究所短期研究会

強相関系における ESR の新展開

(New Developments in ESR of Strongly Correlated Systems)

日時：2007年5月21日(月)～23日(水)

場所：東京大学物性研究所6階大講義室

提案者

押川 正毅	東京大学物性研究所
太田 仁	神戸大学分子フォトサイエンス研究センター
菊池 彦光	福井大学工学部
野尻 浩之	東北大学金属材料研究所
萩原 政幸	大阪大学極限量子科学研究センター
宮下 精二	東京大学理学系研究科

電子スピン共鳴 (ESR) は、物性研究の最も基本的かつ重要な観測手段の一つであるが、そのポテンシャルは強相関系の物性研究に未だ十分活用されて来なかったと思われる。これは、主に強相関系における ESR の理論に困難が多く、データの解釈が難しいことによるものであろう。しかし、近年、1次元系を中心に、限定された状況では相関効果を取り込んだ理論的・数的手法が開発されている。物質開発・実験技術の着実な進展もあり、強相関系における ESR の新たな発展を図る好機として、実験・理論の両面から現状と課題を集中的に議論することとした。

本研究会は、物性研究所短期研究会として国内参加者の旅費のサポートを頂いたが、同時に 21 世紀 COE プログラム「極限量子系とその対称性」のサポートにより海外から 8 名の講演者を招待して国際ワークショップとして開催した。そのため、講演・ポスターは全て英語で行った。

テーマをかなり限定したにも関わらず、講演 26 件とポスター発表 9 件が行われ、三日間で延べ 126 名の参加があった。リラックスした雰囲気活発な議論が行われ、海外からの招待講演者からも本研究会は大変好評であった。最近合成された新しい物質についての研究発表にまじって、20 年前の研究の再検討についても発表があり、息の長い問題であることを改めて感じた。

本研究会の開催に一方ならぬご協力を頂いた秘書室・事務部・国際交流室・柏 ILO・21 世紀 COE 担当者の方々にこの場を借りて厚く感謝申し上げます。特に、世話人の不手際によって秘書室・事務部に過大な負担が掛かってしまったが、迅速に対応して頂いたおかげで、開催にこぎつけることができた。

以下に、プログラム・アブストラクトを英文で掲載するが、その他の詳しい情報は以下の URL に掲載している。

<http://oshikawa.issp.u-tokyo.ac.jp/esr/indexj.html>

Workshop Program

May 21, Monday

Morning Session (Chair: H. Ohta)

- | | |
|-------------|--|
| 10:45~11:00 | M. Oshikawa (ISSP, University of Tokyo) |
| | Opening |
| 11:00~11:45 | I. Affleck (University of British Columbia) |
| | Review of the field theory approach to ESR in $S=1/2$ chains |
| 11:45~12:30 | S. Demishev (A.M. Prokhorov General Institute, RAS) |
| | EPR in doped AF $S=1/2$ quantum spin chains: quantum critical phenomena, Oshikawa-Affleck theory and new magnetic oscillations |

12:30~13:00 Y. Hosokoshi (Osaka Prefecture University)
EPR study on organic low-dimensional spin systems

Lunch Break (13:00~14:00)

Afternoon Session I (Chair: H. Kikuchi)

14:00~14:30 M. Hagiwara (KYOKUGEN, Osaka University)
Novel spin excitation in the field induced phase of a Haldane magnet

14:30~15:15 V. Pashchenko (University of Frankfurt)
Magnetic and Resonance Properties of Molecule-based Magnets

15:15~15:45 H. Nojiri (IMR, Tohoku University)
ESR and short range correlation in finite but giant spin molecules

Coffee Break (15:45~16:30)

Afternoon Session II (Chair: V. Kataev)

16:30~17:15 J. Kishine (Kyushu Institute of Technology)
Spin Dynamics in Chiral Magnets

17:15~18:00 T. Fujita (IMR, Tohoku University)
Investigation of the spin soliton resonance in the chiral molecule magnet $[\text{Cr}(\text{CN})_6][\text{Mn}(\text{R})\text{-pnH}(\text{H}_2\text{O})](\text{H}_2\text{O})$

May 22, Tuesday

Morning Session I (Chair: H. Nojiri)

09:00~09:45 M. Matsumoto (Shizuoka University)
Intensity of Electron Spin Resonance in Spin Dimer Systems

09:45~10:15 T. Sakai (SPring-8)
Selection Rules for the Direct Transition of Spin Gap

10:15~10:45 M. Fujisawa (Kobe University)
Observation of direct transition in the $S=1/2$ quasi-one-dimensional antiferromagnet $\text{Cu}_2\text{Cl}_4 \cdot \text{H}_8\text{C}_4\text{SO}_2$ by high magnetic field ESR

Coffee Break (10:45~11:15)

Morning Session II (Chair: X. Wang)

11:15~12:00 O. Cepas (LPTMC, Université Pierre et Marie Curie)
Do we need dynamical spin anisotropies ?

12:00~12:30 H. Ohta (MPRC, Kobe University)
Quantum spin systems studied by high frequency high field ESR

12:30~13:00 Y. Ajiro (Kyoto University)
Re-examination of Z_2 Vortex-Induced Broadening of the EPR Linewidth in the Triangular Heisenberg Antiferromagnets

Lunch Break (13:00~14:00)

Afternoon Session I (Chair: S. Demishev)

14:00~14:45 A. Smirnov (P.L. Kapitza Institute for Physical Problems, RAS)
Exotic ESR modes of spin liquid states

14:45~15:15 S. Okubo (MPRC, Kobe University)

Spin dynamics of structurally perfect $S=1/2$ Kagome antiferromagnet $\text{ZnCu}_3(\text{OH})_6\text{Cl}_2$ by high frequency ESR

15:15~15:45

H. Kikuchi (University of Fukui)

High frequency ESR Study on the frustrated triangular-lattice antiferromagnets

Poster Session (15:45~17:45)

PS 1

H. Tanaka (Tokyo Institute of Technology)

Elementary Excitations in Quantum Sine-Gordon Spin System KCuGaF_6

PS 2

T. Kambe (Okayama University)

Antiferromagnetic ground state in fullerene magnet with orbital ordering

PS 3

T. Kambe (Okayama University)

Antiferromagnetic behavior below the valence ordering temperature SmxC_{60}

PS 4

K. Sugiyama (University of Fukui)

ESR Study of Spin System in Phosphorus Doped Silicon as Candidate of Quantum Computing Device

PS 5

K. Furukawa (Institute for Molecular Science)

ESR Study of Spin Dynamics for Organic spin-Peierls Systems

PS 6

K. Oshima (Okayama University)

Temperature Dependence of ESR Width in TMTSF-SDW State

PS 7

Y. Oshima (IMR, Tohoku University)

Evaluation of the exchange couplings in the spin-polyhedron system by ESR

PS 8

Y. Natsume (Chiba University)

The Concept of Low-Symmetric Shift Appearing in Polarization Dependence of ESR Spectrum for One-Dimensional Compound

PS 9

A. Smirnov (P.L. Kapitza Institute for Physical Problems, RAS)

Triplet spin resonance of the Haldane compound with interchain coupling

PS 10

S. Demishev (A.M. Prokhorov General Physics Institute, RAS)

Collective ESR in strongly correlated heavy fermion metal CeB_6

May 23, Wednesday

Morning Session I (Chair: O. Cepas)

09:00~09:45

X. Wang (Renmin University of China)

Midgap States for Dzyaloshinskii-Moriya Interacting Systems Under Magnetic Field in the Low Dimensions

09:45~10:15

S. Miyashita (University of Tokyo)

Direct Numerical Estimation of the Line Shape of ESR

10:15~10:45

T. Iitaka (RIKEN)

HEISENBERG MACHINE: A Numerical Method for ESR Spectrum of Strongly Correlated Systems at Finite Temperatures

Coffee Break (10:45~11:15)

Morning Session II (Chair: M. Hagiwara)

11:15~12:00

Y. Maeda (University of British Columbia)

Perturbation theory on the ESR shift and its applications

12:00~12:30

S. Kimura (KYOKUGEN, Osaka University)

High field ESR and magnetization measurements on one-dimensional Ising-like antiferromagnet $\text{BaCo}_2\text{V}_2\text{O}_8$

12:30~13:00 S. Mitsudo (FIR-Center, University of Fukui)
High frequency ESR study of the field induced gap on a ladder-like system $(C_5H_9NH_3)_2CuBr_4$

Lunch Break (13:00 ~14:00)

Afternoon Session (Chair: A. Smirnov)

14:00~14:45 V. Kataev (IFW Dresden)
High-field ESR spectroscopy of the heavy-fermion system $YbRh_2Si_2$

14:45~15:15 T. Nakamura (Institute for Molecular Science)
Pulsed and Multi-frequency ESR Investigation for Low-dimensional
Molecular-based Conductors

15:15~16:00 M. Oshikawa (ISSP, University of Tokyo)
Electron "Spin" Resonance in the large- N limit

Workshop Abstract

Review of the field theory approach to ESR in $S=1/2$ chains

Ian Affleck (University of British Columbia)

I will give a review of a field theory approach to ESR in $S=1/2$ spin chains, developed with Masaki Oshikawa. The theory is shown to agree rather well with experimental data on systems with dipole and Dzyaloshinskii-Moriya exchange interactions.

EPR in doped AF $S=1/2$ quantum spin chains: quantum critical phenomena, Oshikawa-Affleck theory and new magnetic oscillations

S. V. Demishev (A.M. Prokhorov General Physics Institute of RAS)

We report results of high frequency (60-360 GHz) EPR study of the quasi one-dimensional magnet $CuGeO_3$ doped with magnetic impurities Co, Fe, Mn, which substitute copper in $S=1/2$ AF Cu^{2+} chains. In all cases studied a magnetic impurity modifies the collective EPR line whereas no specific impurity resonances related with the doping spins are observed.

The first effect of doping consists in separation of the quantum spin chains in two kinds. In the first group all types of the long-range magnetic order (spin-Peierls or Neel) are suppressed down to the lowest temperatures studied and the ground state is the Griffiths phase. In the second group the dimerization with the same (or slightly reduced) temperature as in pure single crystal is conserved. For the quantitative description of the Griffiths phase magnetic properties we have suggested a simple model with a dispersion of Neel temperatures $T_N \sim J \leq T_{max}$ in clusters with the probability $w(T_N) \sim 1/T_N^\xi$. It is found that for all impurities studied $T_{max} \sim 120$ K is about exchange integral along Cu chains in undoped case, whereas critical exponent strongly depends on dopants and equals $\xi=0.3$ (Fe), $\xi=0.7$ (Mn) and $\xi=0.8$ (Mn).

The second effect of doping can be understood in the framework of the Oshikawa-Affleck theory describing ESR in AF quantum spin chains. Doping of $CuGeO$ with magnetic impurities leads to onset of the staggered field in the sample, which together with exchange anisotropy controls the EPR line width. As long as in presence of the staggered field the line width and g-factor are connected by the universal relation [1], the quantitative analysis of the ESR can be done by computing the Oshikawa-Affleck function [2]: $f_{OA} = W(T)/\Delta g(T)T$ (here $\Delta g(T)$ denotes the g-factor shift). It is found that the temperature dependences of the line width and g-factor are formed as a result of the competition between interchain antiferromagnetic interactions and staggered Zeeman energy.

The third recently observed effect of doping have been deduced from the anomalous polarization characteristics of the magnetic resonance in CuGeO₃ doped with 2% of Co impurity, which accompanies in this system the collective EPR on Cu chains [3]. This effect seems to be closely connected with the impurity driven staggered magnetization and argued to correspond to an unknown before, collective mode of magnetic oscillations in an AF quantum spin chain.

[1] S.V. Demishev *et al.*, Europhys. Lett., **63**, 446 (2003)

[2] S. Demishev *et al.*, Progress of Theoretical Physics Supplement No. **159**, 387 (2005)

[3] S.V. Demishev *et al.*, Pis'ma v ZhETF, **84**, 305 (2006)

EPR study on organic low-dimensional spin systems

Yuko Hosokoshi (Osaka Prefecture University)

Our EPR study on organic radical crystals will be presented. First, X-band EPR measurements of an one-dimensional compound, *p*-CF₃PNN is described. An alternating chain is formed along the *a*-axis and exchange couplings were determined $2J/k = -20.8$ K and $\alpha=0.1$. The W-shaped angular dependence of the linewidth was observed, but the magnetic axis is the *b*-axis. In this compound, the two-dimensional character in the dipolar interactions is suggested in spite of the one-dimensional exchange interactions.

Next, X-band and submillimeter EPR measurements of the two-dimensional systems with $S=1$ and $S=1/2$, BIPNNBNO, is presented. The field dependence of the resonance fields suggests that the magnetic interactions along the *a*-axis play substantial role in this system, which possibly induces frustrated spin structure.

Novel spin excitation in the field induced phase of a Haldane magnet

Masayuki Hagiwara (KYOKUGEN, Osaka University)

We report the results of high field ESR experiments on the $S=1$ Heisenberg antiferromagnetic chain (Haldane magnet) Ni(C₅H₁₄N₂)N₃PF₆, alias NDMAP. We have found that excitation branches above the critical field H_c where the energy gap closes change into one branch around 15 T which becomes close to the paramagnetic line at high fields. The branch above 15 T fits well the conventional antiferromagnetic resonance mode with easy planar anisotropy. Angular dependence of resonance fields above was also investigated in details at several frequencies above 200 GHz and compared with calculated results based on a naive model of extended singlet-triplet branches above H_c and a phenomenological field theory.

Magnetic and Resonance Properties of Molecule-based Magnets

V. Pashchenko (University of Frankfurt)

We report on a comparative investigation of the structural and magnetic properties of copper-containing siloxanolate complexes Cu_{*N*}[(RSiO₂)_{*N*}]₂ · (Ligand) ($N=6,8,10$; R =Me,Et,Ph; Ligand =DMF,EtOH) having a sandwich-like molecular structure. All molecule-based complexes exhibit a similar structure consisting of planar rings of $N=6,8$ or 10 Cu(II) atoms sandwiched by two N -membered cyclosiloxanolate fragments. Within the rings, adjacent Cu²⁺ ions are linked by pairs of siloxanolate oxygen atoms, which provide the main exchange path for the $S=1/2$ spins. The analysis of the magnetic data, with particular emphasis placed on the high-temperature behaviour, together with the structural information enables us to correlate the evolution of the average exchange coupling J between the

magnetic $S = 1/2$ centres of the quantum ring as a function of the number N of magnetic sites to the structural changes of the molecular crystals. Our analysis reveals indications that structural-related inhomogeneities of the exchange couplings may have a significant influence on the low-temperature magnetic behaviour of quantum ring systems.

The molecular complex of $\{\text{Cu}_6[(\text{PhSiO}_2)_5](\text{OH})_2(\text{bipy})_2\} \cdot 4(\text{DMF}) \cdot 3(\text{H}_2\text{O})$ differs from the known hexacopper (II) cluster compounds in its unique arrangement: each molecule contains two linear oxygen-bridged three-site Cu(II) strings which are parallel to each other. Magnetic measurements reveal an antiferromagnetic intra-trimer exchange interaction $J = 85\text{K}$ as the dominant magnetic coupling of the complex. By introducing a weak antiferromagnetic inter-trimer coupling $J' = 3.5\text{K}$, a satisfactory description of the magnetic behaviour over a wide range of temperature and magnetic field is obtained. The low temperature single crystal ESR study clearly demonstrates that the molecular ground state of the complex is a singlet-triplet state, which is typical for an effective $S = 1$ spin. From the temperature dependence of the ESR spectra it was found that the progressive formation of the $S = 1$ ground state of the molecule occurs only below 40K when the excited doublet and the quartet states of individual trimers with $J = 85\text{K}$ become completely thermally depopulated. The ESR measurements indicate that the weak intermolecular and intertrimer exchange interactions lead to significant exchange averaging effects of magnetic resonance of the complex, forming the broad quasi-isotropic spectrum at high temperatures.

ESR and short range correlation in finite but giant spin molecules

H. Nojiri (IMR, Tohoku University)

ESR in isolated nano-spin molecules is usually understood by a trivial analysis considering discrete energy level, thermal population and mixing (transition matrix element). Recently finite but giant spin molecules such as icosidodecahedron family: $\text{Mo}_{72}\text{Fe}_{30}$, $\text{Mo}_{72}\text{Cr}_{30}$ are synthesized and magnetic properties are intensively examined. In this family, the spins are sitting on the 30-corners of the polyhedron and the network consists of twenty corner sharing triangles. The number of magnetic state is as huge as S^{30} , where S is the local spin on each corner. Moreover, the energy state is highly degenerated for strong frustration. Although the system is finite, we found some anomalies similar to those of low-dimensional systems. ESR peaks show considerable shifts and broadenings. For $\text{Mo}_{72}\text{Fe}_{30}$, an excitation gap like behavior is even found at lowest temperatures as the result of considerable shift. The broadenings are common between Fe and Cr and those behaviors may be the indication of critical slowing down towards $T = 0$. It is important that a broad anomaly of specific heat is found in $\text{Mo}_{72}\text{Fe}_{30}$. It indicates the development and the saturation of short range correlation in each molecule. It is speculated that ESR is caused as some small oscillation from the metastable spin configurations established in low temperatures.

Spin Dynamics in Chiral Magnet

Junichiro Kishine (Kyushu Institute of Technology)

Interplay of crystallographic and magnetic chirality has attracted much attention. Although the chiral helical or conical magnetic order has been widely known since long time ago, there arises a new aspect. Introducing chiral ligands molecule coordinated to magnetic ions, crystallographic space group symmetry allows parity violating magnetic interaction of the form $\mathbf{D} \cdot \sum \mathbf{S}_i \times \mathbf{S}_j$ with \mathbf{D} being mono-axial (ferroic). In a series of chiral magnets, the single-ion-anisotropy (SIA) is quite weak since the orbital angular momentum is quenched. Then, the origin of the Dzyaloshinskii-Moriya vector \mathbf{D} is not ascribed to the spin-orbit interaction, but to the crystallographic space group symmetry that allows the appearance of the Lifshitz invariants. This mechanism is equivalent to generalized magneto-elastic coupling. Because of the quite weak SIA, these material behave as very *soft* magnet, quite sensitive to dynamical probe such as AC magnetic fields. ESR is also quite a prospective probe. We expect giant non-linear response to occur, that is peculiar to the chiral magnetic ordering and the PT violation. Among them, giant third

order susceptibility in the AC *response*, and spin soliton resonance in the ESR *absorption* are important.

In this talk, I summarize recent experimental evidence and theoretical interpretation within semiclassical treatments.

- [1] “Synthesis, Structure and Magnetic Properties of Chiral Molecule-based Magnets,”
J. Kishine, K. Inoue, and Y. Yoshida, Prog. Theoret. Phys., Supplement No. **159**, p.82 (2005).
- [2] “Static and dynamical anomalies caused by chiral soliton lattice in molecular-based chiral magnets,”
J. Kishine, K. Inoue, and K. Kikuchi, J. Magn. Magn. Mater. **310**, 1386 (2007).
- [3] “Chiral Magnetic Ordering and Commensurate-to-incommensurate Transition in CuB₂O₄,”
Y. Kousaka, S. Yano, J. Kishine, Y. Yoshida, K. Inoue, and J. Akimitsu, J. Magn. Magn. Mater. **310**, 463 (2007).
- [4] “High Field ESR Measurements on the Chiral Spin System CuB₂O₄,”
T. Fujita, Y. Fujimoto, S. Mitsudo, T. Idehara, K. Inoue, J. Kishine, Y. Kousaka, S. Yano, J. Akimitsu,
M. Motokawa, Journal of Physics: Conference Series, **51**, 111 (2006).
- [5] “Spin Solitons in Molecular Magnetic Materials with the Chiral Structure,”
R. B. Morgunov, V. L. Berdinski, M. V. Kirman, K. Inoue, J. Kishine, Y. Yoshida, and Y. Tanimoto, JETP Letters,
84, 446 (2006).

Investigation of the spin soliton resonance in the chiral molecule magnet [Cr(CN)₆][Mn(R)-pnH(H₂O)](H₂O)]

T. Fujita (IMR, Tohoku University)

Competition of exchange interactions and antisymmetric exchange (Dzyaloshinskii-Moriya) interactions often gives rise to a helimagnetic spin ordering. Among them, the latter interaction lifts the chiral degeneracy of the right- and left-handed helical rotation. It originates from the lack of an inversion center in the crystal structure. The relationship between the magnetic chirality and the crystal structure draws a special interest in the research of the chiral magnets. Recently, a new type of the ESR mode for the chiral magnet has theoretically been proposed on the basis of the chiral soliton lattice formation [1, 2]. According to the model, multiple sequential resonance lines with a constant interval, $\delta H \propto 1/H^{0.5}$, are expected to be observed, since the gap is proportional to the spin helix step.

A chiral molecule-based magnet in the title has been synthesized successfully by Inoue *et al.* [3]. The magnet is composed of the magnetic ions; Cr³⁺ and Mn²⁺, and the well controlled chiral molecule 1,2-diaminopropane, (R)-pn. The ferrimagnetically coupled spins of Cr³⁺ and Mn²⁺ order below $T_c = 38$ K. Neutron diffraction measurements suggest that the helical spin arrangement propagates along the a axis with an angle smaller than 20 degree [4]. We have measured ESR of this magnet to investigate the proposed spin soliton resonance model. Sequential multiple resonance modes have been observed in X-band measurements. The chiral soliton resonance model explains some properties of the observed mode. We will discuss our experimental data comparing with the theoretical model.

- [1] J. Kishine, *et al.*, Prog. Theor. Phys. Suppl. **159**, 82 (2005).
- [2] R. B. Morgunov *et al.*, JETP Lett. **84**, 446 (2006).
- [3] K. Inoue *et al.*, Angew. Chem., Int. Ed. **40**, 4242 (2003).
- [4] A. Hoshikawa *et al.*, J. Phys. Soc. Jpn. **73**, 2597 (2004).

Intensity of Electron Spin Resonance in Spin Dimer Systems

Masashige Matsumoto (Shizuoka University)

Electron spin resonance (ESR) is one of the most important experiments to study magnetic excitations. The development in high magnetic field experiments enables us to study magnetic field-induced ordering in quantum

spin systems. Here we discuss interacting spin dimers [1,2]. The groundstate of TlCuCl_3 is a spin-singlet liquid with only short-range correlations. The triplet excitations require a finite excitation energy from the spin-singlet groundstate. ESR experiments were performed in TlCuCl_3 and KCuCl_3 to reveal field dependence of magnetic excitations [3,4]. They observed transitions from the groundstate to excited states in both disordered and ordered phases. Sakai *et al.* studied the direct ESR transition theoretically taking Dzyaloshinskii-Moriya interactions into account [5]. We investigate intensity of ESR in both disordered and ordered phases applying a spin-wave theory described by bond operators, and elucidate effects of the Dzyaloshinskii-Moriya interaction on the ESR transition.

- [1] A. Oosawa, M. Ishii and H. Tanaka, *J. Phys.: Condens. Matter* **11** 265 (1999).
 [2] T. Nikuni, M. Oshikawa, A. Oosawa and H. Tanaka, *Phys. Rev. Lett.* **84** 5868 (2000).
 [3] H. Tanaka, T. Takatsu, W. Shiramura, T. Kambe, H. Nojiri, T. Yamada, S. Okubo, H. Ohta and M. Motokawa, *Physica B* **246-247** 545 (1998).
 [4] V. N. Glazkov, A. I. Smirnov, H. Tanaka and A. Oosawa, *Phys. Rev. B* **69** 184410 (2004).
 [5] T. Sakai, O. Cepas and T. Ziman, *J. Phys. Soc. Jpn.* **69** 3521 (2000).

Selection Rules for the Direct Transition of Spin Gap

Tôru Sakai (Japan Atomic Energy Agency)

The spin gap is an energy gap between the singlet ground state and triplet first excited state. Thus the direct transition of ESR is forbidden because of the spin conservation law. However, this transition was observed in several gapped spin systems. We discuss the mechanism of the direct transition and the angle dependent selection rules.

Observation of direct transition in the $S = 1/2$ quasi-one-dimensional antiferromagnet $\text{Cu}_2\text{Cl}_4 \cdot \text{H}_8\text{C}_4\text{SO}_2$ by high magnetic field ESR

Masashi Fujisawa (Kobe University)

$\text{Cu}_2\text{Cl}_4 \cdot \text{H}_8\text{C}_4\text{SO}_2$, which is an $S = 1/2$ quasi-one-dimensional antiferromagnet, has a singlet ground state with an excitation gap $\Delta = 5.32$ K [1][2]. ESR is a powerful method to investigate a magnetic excitation with the high sensitivity and high energy resolution. The ESR measurements of $\text{Cu}_2\text{Cl}_4 \cdot \text{H}_8\text{C}_4\text{SO}_2$ have been performed in frequency range up to 380 GHz and field range up to 12 T. We observed the direct transition between the singlet ground state and the triplet excited states at $T = 1.7$ K. Generally the direct transition is forbidden by the conservation of the total spin quantum number in isotropic Hamiltonian. The direct transition is allowed in the anisotropic Hamiltonian including Dzyaloshinskii-Moriya interaction or alternating g -tensor. Sakai indicated a selection rule in the presence of off diagonal interaction, using the exact numerical diagonalization of the finite cluster of the quasi-one-dimensional bond-alternating spin system [3]. Applying the selection rules to $\text{Cu}_2\text{Cl}_4 \cdot \text{H}_8\text{C}_4\text{SO}_2$, we confirmed the direct transition caused by Dzyaloshinskii-Moriya interaction and estimated the D -vector; $D_a : D_b : D_c = 1 : 0 : 2.3$.

- [1] M. Fujisawa et al, *J. Phys. Soc. Jpn.* **72** (2003) 694.
 [2] M. Fujisawa et al, *Proc. Int. Symp. Quantum Spin Systems, Hayama, 2004*, *Prog. Theor. Phys. Suppl. No.* **159** (2005) 212.
 [3] T. Sakai, *J. Phys. Soc. Jpn.* **72** (2003) Suppl. B 53.

Do we need dynamical spin anisotropies?

Olivier Cepas (LPTMC, Université Pierre et Marie Curie)

$\text{SrCu}_2(\text{BO}_3)_2$ is a well-known 2d spin gap system where the spin anisotropy has been studied by detailed spectroscopic measurements for the last few years. The main anisotropy takes the form of static Dzyaloshinskii-Moriya interactions and explains very well the splittings and the dispersion of the magnons, as I will show. There are, however, ESR forbidden transitions between multiplets that are less understood. I will argue that the transitions are well explained by a *dynamical* anisotropy induced by phonons, that explains both the selection rules and intensities observed. This raises questions as to whether such anisotropies may be of importance to other experiments, especially the ESR linewidth where surprising results were obtained at high-temperatures for this compound. I will briefly address such issues at the end of the talk.

Quantum spin systems studied by high frequency high field ESR

Hitoshi Ohta (MPRC, Kobe University)

I will discuss about the experimental studies of quantum spin systems by our high frequency high field ESR system developed in Kobe. High frequency high field ESR turned out to be a powerful means to study quantum spin systems. For instance, it revealed the information about the spin correlation in the Haldane system by separating the ESR signals coming from different finite Haldane chains in $\text{Y}_2\text{BaNi}_{0.96}\text{Mg}_{0.04}\text{O}_5$ [1] or the spin gap in the $S=1/2$ diamond chain system $\text{Cu}_3(\text{CO}_3)_2(\text{OH})_2$ (Azurite) by observing the direct transition between the ground and the excited states [2]. Our high frequency high field ESR system can perform the measurements in the multi extreme conditions, up to 55 T, down to 1.8 K and up to 1 GPa [3]. In this paper I will show the high frequency high field ESR results of $S=1/2$ antiferromagnet $\text{Cu}_6\text{Si}_6\text{O}_{18} \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ (diopside). The system has a peculiar spin network called diopside lattice. The magnetic susceptibility has a broad maximum around 40 K and shows an antiferromagnetic order below $T_N=15.5$ K. The g -shift and the broadening of the line width are observed below 50 K reflecting the short range order in the system. Antiferromagnetic resonances (AFMR) have been observed at 4.2 K using the pulsed magnetic field up to 50 T. Although observed AFMR modes in the low field region can be well interpreted by the conventional AFMR theory, AFMR modes in the high field region start to depart from the conventional AFMR theory. Possible origin of the result will be discussed.

[1] M. Yoshida *et al.*, Phys. Rev. Lett. **95**, 117202 (2005).

[2] H. Ohta *et al.*, J. Phys. Soc. Jpn. **72**, 2464 (2003).

[3] H. Ohta *et al.*, J. Phys.: Conf. Series **51**, 611 (2006).

Re-examination of Z_2 Vortex-Induced Broadening of the EPR Linewidth in the Triangular Heisenberg Antiferromagnets

Yoshitami Ajiro (Kyoto University)

From the viewpoint of recent renewed interests of the exotic behaviors in triangular Heisenberg antiferromagnets [1,2], I will review our previous study on the EPR linewidth of the quasi two-dimensional triangular antiferromagnets, HCrO_2 and LiCrO_2 , which published two decades ago [3]. The interesting observation is that a singular point of the EPR signal is located around the critical temperature of phase transition associated with the pairing-dissociation of the Z_2 vortices, propose by Kawamura and Miyashita. The EPR linewidth exhibits Z_2 vortex-induced broadening above the critical temperature which is inversely proportional to the thermally excited vortex density, $n \propto \exp(-E/kT)$ with the activation energy E of free Z_2 vortex.

[1] S. Nakatsuji *et al.*, Science, **309**, 1697 (2005)

[2] A. Olariu *et al.*, Phys. Rev. Letters, **97**, 167203 (2006)

[3] Y. Ajiro *et al.*, J. Phys. Soc. Jpn., **57**, 2268 (1988)

Exotic ESR modes of spin liquid states

Alexander Smirnov (P. L. Kapitza Institute)

I will present experiments with frustrated and spin-gap antiferromagnetic systems. The frustrated pyrochlore antiferromagnet $\text{Gd}_2\text{Ti}_2\text{O}_7$ remains paramagnetic at the temperature far below Curie-Weiss temperature $\Theta=10$ K. In the molecular field approximation, due to a special geometry of exchange bonds, there is an infinite number of degenerate spin configurations with minimum energy. Correspondingly, a macroscopic number of local soft modes gives rise to a large entropy at $T \ll \Theta$. We tested these soft modes, at first, by a thermodynamic method, performing effective cooling via the adiabatic demagnetization. Further, we detected these modes by the magnetic resonance spectroscopy: a wide band of low-frequency microwave absorption with a minor energy gap was found at low temperatures. Another ESR problem of the frustrated systems is ESR of exotic ordered phases. Despite the fact that the exchange interaction can't stabilize a spin-ordered state, the ordering, however, occurs at $T = T_N \approx 0.1\Theta$. It is due to weaker factors, like dipole-dipole interaction, fluctuations, single-ion anisotropy, etc. This ordering is accompanied by the reconstruction of the ESR spectrum: a three-branch resonance spectrum with two energy gaps appears below T_N , and the wide band is surviving. The observed three-branch spectrum is typical for noncoplanar exchange antiferromagnets. In contrast to conventional antiferromagnets, this ordered structure is soft in the exchange approximation, allowing additional low-frequency modes. This requires a new approach, aimed for the dynamics of ordered exchange-correlated systems without the exchange rigidity.

Collective triplet excitations in the dimer spin-gap magnet TlCuCl_3 and in the Haldane-like magnet $\text{PbNi}_2\text{V}_2\text{O}_8$ present another example of new kind of spin dynamics. In both cases the spectrum of triplet excitations was found to be temperature dependent, indicating a nonlinear renormalization of the excitations energy or an interaction between the triplets. The 3D interdimer (interchain) coupling is known to allow the transition from a spin-liquid to an antiferromagnetic phase in a magnetic field, closing the spin gap. This ordering modifies the spectrum of triplet excitations both above and below the critical field. The measured spectrum of triplet excitations demonstrated a strong deviation from the perturbative approach for noninteracting chains.

Spin dynamics of structurally perfect $S=1/2$ Kagome antiferromagnet $\text{ZnCu}_3(\text{OH})_6\text{Cl}_2$ by high frequency ESR

Susumu Okubo (MPRC, Kobe University)

The possible realization of a spin-liquid state in $\text{ZnCu}_3(\text{OH})_6\text{Cl}_2$, which is called perfect $S=1/2$ Kagome AF lattice [1], has attracted much recent attention. There are many candidate materials were investigated as possible system of a Kagome lattice for the last decade. However, they mostly exhibit a magnetically ordered or spin-glass-like state at low temperatures. On the other hand, the new Kagome lattice substance $\text{ZnCu}_3(\text{OH})_6\text{Cl}_2$ does not show magnetic long range order or spin freezing in the magnetic susceptibility [2, 3], the specific heat [3], the neutron scattering [3], μ SR [4, 5]. These data established that $\text{ZnCu}_3(\text{OH})_6\text{Cl}_2$ remains paramagnetic down to 50 mK. Recently, NMR [6] measurements point out that the local spin susceptibility develops a large distribution below 125K. Low frequency spin fluctuations grow toward $T=0$ without the signature of a critical slowing down. Our aim is to investigate the spin susceptibility and the spin fluctuations of perfect $S=1/2$ Kagome AF magnet by probing the electron spin dynamics directly using ESR. The high frequency ESR measurements of powder sample have been performed from 300 to 1.8 K. Although we treat powder sample, a single absorption line is observed. There are no g -shift observed in the temperature range from 300 to 1.8 K. Temperature dependence of the linewidth is almost constant for measured temperature. These behaviors are similar to paramagnet. On the other hand, a famous Kagome AF system SCGO shows g -shifts and linewidth broadening as the temperature decreases [7]. We will discuss the possible realization of a spin-liquid state in Kagome lattice from ESR point of view.

[1] M. P. Shores *et al.*, J. Am. Chem. Soc. **127**, 13462 (2005)

- [2] H. Kikuchi private communication
- [3] J. S. Helton *et al.*, Phys. Rev. Lett. **98**, 107204 (2007)
- [4] O. Ofer *et al.*, arXiv:cond-mat/0610540
- [5] P. Mendels *et al.*, Phys. Rev. Lett. **98**, 77204 (2007)
- [6] T. Imai *et al.*, arXiv:cond-mat/0703141
- [7] H. Ohta *et al.*, J. Phys. Soc. Jpn. **65**, 848 (1996)

High frequency ESR Study on the frustrated triangular-lattice antiferromagnets

H. Kikuchi (University of Fukui)

About two decades ago, Y. Ajiro *et al.* [1] measured X-band ESR of the frustrated Heisenberg triangular-lattice antiferromagnets, ACrO_2 ($A = \text{H, Li}$) and discussed the temperature dependence of the ESR linewidth in terms of the Z_2 vortex excitation, which is a topological defect predicted for the Heisenberg triangular-lattice antiferromagnet [2]. Magnetic properties of HCrO_2 is, however, not well have been studied because of difficulty in making the sample. Recently, we synthesized powder sample of HCrO_2 and measured high frequency ESR to investigate further detail of the spin frustration effect on the ESR linewidth.

- [1] Y. Ajiro *et al.*, J. Phys. Soc. Jpn., **57**, 2268 (1988).
- [2] H. Kawamura and S. Miyashita, J. Phys. Soc. Jpn., **53**, 4138 (1984).

Midgap States for Dzyaloshinskii-Moriya Interacting Systems Under Magnetic Field in the Low Dimensions

Xiaoqun Wang (Renmin University of China)

For many materials, one finds that the Heisenberg interaction alone cannot sufficiently explain some anomalous and novel properties. It is necessary to consider effects from the symmetric feature of crystalline, the coupling of spin and orbital degrees, etc. These factors often lead to interactions such as anisotropic, next-neighbor and cyclic ones, which is usually one order smaller than the Heisenberg interaction. In general, this kind of interactions is usually regarded as a perturbation, macroscopically resulting in neither distinguishable physical properties nor anomalous phenomena. However, with the development in experimental equipments and theoretical studies in the last decade, some of those interactions are found to be non-perturbative and have importance effects. The Dzyaloshinskii-Moriya interaction, which as a very interesting example has been a consequence of the spin-orbital coupling in the presence of relativistic effects under peculiar symmetry of some crystalline, is a nontrivial interaction, but its effects can be explicitly exhibited only when external magnetic field is applied. In particular, the neutron scattering experimental group in Johns Hopkins university found that copper benzoate $\text{Cu}(\text{C}_6\text{H}_5\text{COO})_2 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ [1] which is supposed to be described by one dimensional Heisenberg model unexpectedly displays a gap in its spectrum when the sample is exposed in external fields. This experimental discovery is found to be related to the DM interaction [2]. In this talk, we will present our numerical results for the interpretation of the experimental findings as well as possible midgap states [3] in the connection with the Dzyaloshinskii-Moriya interaction, which is now found relevant to more and more quasi-one dimensional materials such as Yb_4As_3 , $(\text{CH}_3)_2\text{SO}_2\text{CuCl}_2$, $\text{BaCu}_2\text{Si}_2\text{O}_7$, $[\text{PM-Cu}(\text{NO}_3)_2 (\text{H}_2\text{O})_2]_n$ (PM=pyrimidine), etc.

- [1] D. C. Dender, *et al.*, Phys. Rev. Lett. **79**, 1750 (1997).
- [2] M. Oshikawa and I. Affleck, Phys. Rev. Lett. **79**, 2883 (1997).
- [3] J. Z. Zhao, *et al.*, Phys. Rev. Lett. **90**, 207204 (2003); J.Z. Lou, *et al.*, Phys. Rev. Lett. **94**, 217207 (2005).

Direct Numerical Estimation of the Line Shape of ESR

Seiji Miyashita (University of Tokyo)

In the strongly interacting spin clusters, phase transitions do not take place but the short range order develops. There the ESR signal changes from paramagnetic type to the ordered one as a function of the temperature. In order to study such a change, we need the full information of the energy spectrum. We have tried to perform a direct numerical approach to this problem. [1,2,3,4] We have studied the temperature dependence of ESR line shape by using direct numerical estimation of the line shape of ESR.

We studied the one-dimensional Heisenberg chain in which the line shape changes as a function the relative locations of the magnetic fields (static and AC) and the chain direction. This problem was studied by Nagata and Tazuke, and also by Yamada. We also studied ESR signals in various magnetic clusters, e.g. Ising-like antiferromagnetic cluster, triangle cluster, dimer systems, and also for a nanoscale molecular magnet V_{15} .

- [1] S. Miyashita, T. Yoshino and A. Ogasahara, *J. Phys. Soc. Jpn.* **68**, 655 (1999).
- [2] A. Ogasahara and S. Miyashita, *J. Phys. Soc. Jpn.* **69**, 4043 (2000).
- [3] S. Miyashita and A. Ogasahara, *J. Phys. Soc. Jpn.* **72**, 2350 (2003).
- [4] M. Machida and S. Miyashita, *Physica E* **29**, 538 (2005).

HEISENBERG MACHINE: A Numerical Method for ESR Spectrum of Strongly Correlated Systems at Finite Temperatures

Toshiaki Iitaka (RIKEN)

We introduce an efficient and numerically stable method for calculating ESR spectrum of strongly correlated systems at finite temperatures[1]. The method is a combination of numerical solution of the time-dependent Schrodinger equation [2], random vector representation of trace [3], and Chebyshev polynomial expansion [4] of Boltzmann operator. This method should be very useful for a wide range of strongly correlated quantum systems at finite temperatures [5]. If we have time, we will introduce HEISENBERG MACHINE, a GPU cluster for this numerical method, which is now under construction.

- [1] T. Iitaka and T. Ebisuzaki, *Phys. Rev. Lett.* **90**, 047203 (2003).
- [2] T. Iitaka, *Phys. Rev. E* **49**, 4684 (1994).
- [3] T. Iitaka and T. Ebisuzaki, *Phys. Rev. E* **69**, 057701 (2004).
- [4] T. Iitaka, S. Nomura, H. Hirayama, XW. Zhao, Y. Aoyagi, T. Sugano, *Phys. Rev. E* **56**, 1222 (1997); S. Nomura, T. Iitaka, XW. Zhao, T. Sugano, Y. Aoyagi, *Phys. Rev. B* **56**, R4348 (1997).
- [5] M. Machida, T. Iitaka and S. Miyashita, *J. Phys. Soc. Jpn. Suppl.* **74**, 107 (2005).
- [6] <http://www.iitaka.org/>

Perturbation theory on the ESR shift and its applications

Yoshitaka Maeda (University of British Columbia)

Electron Spin Resonance (ESR) has been studied extensively for both its experimental and theoretical interests for a long time. Much of the foundation of the widely used theoretical frameworks, most notably those by Kubo and Tomita, by Mori and Kawasaki and by Nagata and Tazuke, were developed more than 30 years ago. However, the range of validity of assumptions and approximations utilized in these theories remain unclear, especially in the

systems with strong quantum fluctuations. In fact, recently, it has been pointed out that a straightforward application of the Kubo-Tomita theory to the Dzyaloshinskii-Moriya interaction yields an incorrect result. Recently, on the other hand, a field theory approach and a direct numerical approach opened new directions of the ESR theory. However, the former works only in one dimension and in the low energy (low temperature, low frequency) regime, and the latter approach can handle only small systems.

Motivated by this situation, we develop [1,2] a new direct perturbation scheme for the ESR resonance frequency shift in order to circumvent the previous non-trivial assumptions. We then exactly evaluate the first order of it for the antiferromagnetic chain for arbitrary temperature and magnetic field by using Quantum Transfer Matrix method. The resonance shift is given in terms of an integral equation, which can be solved numerically with a very high precision. The obtained result shows a quite different behavior from the Nagata-Tazuke theory, which is based on the classical spin approximation, especially at low temperature. In low temperature regime, logarithmic and subleading correction terms are analytically obtained. Combining our results with the field theoretical results, we can obtain the logarithmic corrections also in the ESR linewidth. We also compare our result with experimental data on LiCuVO_4 .

[1] Y. Maeda, M. Oshikawa, J. Phys. Soc. Jpn. **74**, (2005) 283.

[2] Y. Maeda, K. Sakai, and M. Oshikawa, Phys. Rev. Lett. **95** (2005) 037602.

High field ESR and magnetization measurements on one-dimensional Ising-like antiferromagnet BaCo_2VO_8

Shojiro Kimura (KYOKUGEN, Osaka University)

BaCo_2VO_8 is a quasi one-dimensional (1D) Co spin system, which crystallizes in the tetragonal $I41/acd$ space group. In this compound, edge-shared CoO_6 octahedra form a screw-chain structure along the c -axis. The chains are separated by non-magnetic V^{5+} and Ba^{2+} ion, resulting in 1D structural arrangement. The recent study by He *et al.* revealed that this compound shows a peculiar phenomenon in magnetic field, namely the field-induced order-disorder transition [1]. When the external magnetic field is applied to the c -axis, which is the easy axis of BaCo_2VO_8 , the magnetization curve at 2 K exhibits a steep increase above $H_c \approx 4$ T [1]. The heat capacity measurements showed that the magnetic ordering temperature is rapidly lowered by the external field for $H \parallel c$ and no magnetic ordering is observed down to 1.8 K in the field region above [1]. To gain deeper insights into the curious transition of BaCo_2VO_8 , we have performed high field magnetization and ESR measurements on this compound in magnetic fields up to 50 T along the chain. The experimental results are explained well in terms of a one-dimensional $S = 1/2$ antiferromagnetic XXZ model in longitudinal fields. We show that the quantum phase transition from the N eel ordered phase to the spin liquid one in the model is responsible for a peculiar order to disorder transition in BaCo_2VO_8 .

[1] Z. He, T. Taniyama, T. Kyomen and M. Itoh, Phys. Rev B **72**, 172403 (2005).

High frequency ESR study of the field induced gap on a ladder-like system $(\text{C}_5\text{H}_9\text{NH}_3)_2\text{CuBr}_4$

S. Mitsudo (FIRC, University of Fukui)

Low-dimensional quantum spin systems have attracted much interest as one of the useful models for investigating strongly correlated quantum many body systems from both the theoretical and experimental points of view. In particular, the bosonization approach has been considered to describe the low energy physics in low dimensional spin systems. One of the most fascinating properties in low-dimensional system is the research of the low energy physics

in zero temperature phase transition as in the case of two leg ladder materials. $S = 1/2$ antiferromagnetic two leg ladders have a finite gap at zero temperature. However, a gapless phase can appear when an external field is applied. The gapless phase is described by a one-component Tomonaga-Luttinger liquid (TLL) using the bosonization approach. Another low energy physics has been studied an unexpected magnetic field induced gap in the low-energy excitation spectrum of Cu-benzoate and [*Pyrimidine*-Cu(NO)(HO)], quasi-one-dimensional spin chain materials. Such a system of the field induced gap can be successfully described by the quantum sine-Gordon (SG) field theory, in which an effective staggered magnetic field induces the gap. In the real system, the alternating g tensor and the Dzyaloshinskii-Moriya (DM) interaction in an external magnetic field are the candidate for the origin of the staggered field.

ESR measurements have been performed on poly crystal sample of a Heisenberg antiferromagnetic ladder-like system $(\text{C}_5\text{H}_9\text{NH}_3)_2\text{CuBr}_4$. At high temperatures, a broad ESR absorption line has been observed. With decreasing the temperature below 10 K which corresponds the temperature of to the broad maximum of the susceptibility, we have observed the damping of the EPR intensity and the development of new resonance absorptions. The resonance field and the line width behaviors of ESR absorptions qualitatively correspond to the spinon and the breather excitation in Cu-benzoate.

High-field ESR spectroscopy of the heavy-fermion system YbRh_2Si_2 *)

V. Kataev (Leibniz Institute for Solid State and Materials Research IFW Dresden)

YbRh_2Si_2 is a Kondo-system with a Kondo temperature $T_K \sim 25$ K [1]. It is located very close to a quantum critical point related to a very weak antiferromagnetic order below $T_N = 65$ mK and a critical magnetic field of $B_C = 0.06$ T at ambient pressure. Surprisingly an ESR signal typical of a local Yb^{3+} spin has been observed below T_K at fields $B \leq 0.7$ T. The occurrence of the ESR signal is unexpected because at $T \ll T_K$ the Yb^{3+} moments should be screened. In order to obtain a deeper insight in this unusual behavior we have performed ESR measurements on single crystals of YbRh_2Si_2 at much higher fields (1.8 to 7.5T) at temperatures from 1.8 to 30K, *i.e.* in the region where one expects a crossover from a Non-Fermi liquid (NFL) to a Fermi-liquid (FL) phase. We observe a strongly anisotropic signal which can be assigned to Yb^{3+} moments. The signal exhibits a pronounced dependence on temperature and the magnetic field. We discuss the puzzling controversy between the observation of ESR which shows properties characteristic of a local Yb^{3+} moment and the Kondo state of YbRh_2Si_2 .

*) This work has been done together with U. Schaufuss and B. Büchner from IFW Dresden, and J. Sichelschmit, C. Krellner, C. Geibel and F. Steglich from Max Planck Institute for Chemical Physics of Solids, Dresden.

[1] O. Trovarelli *et al.*, Phys. Rev. Lett. **85**, 626 (2000)

[2] J. Sichelschmidt *et al.*, Phys. Rev. Lett. **91**, 156401 (2003)

[3] K. Ishida *et al.*, Phys. Rev. Lett. **89**, 107202 (2002)

Pulsed and Multi-frequency ESR Investigation for Low-dimensional Molecular-based Conductors

Toshikazu Nakamura (Institute for Molecular Science)

We carried out pulsed and multi-frequency ESR investigation for low-dimensional molecular-based conductors to clarify the low-temperature electronic states and carrier dynamics. In this paper, we introduce our recent progress of investigations for TMTTF and BEDT-TTF low-dimensional organic conductors and related materials.

1) The organic conductors, $(\text{TMTTF})_2\text{X}$, are well-known quasi-one-dimensional conductors possessing various ground states, such as spin-Peierls, antiferromagnetic and superconductivity states realized by applied pressure or variation

of counter anions, X . [1] However, the recent progress in the investigation of charge ordering (CO) phenomena has cast doubts on the validity of the simple Mott-Hubbard insulator scenario. [2] Hence, we performed pulsed ESR measurements to clarify the low-temperature electronic state. We present possible charge redistribution transitions observed in $(\text{TMTTF})_2X$.

2) Multi-frequency ESR measurements using X-(9.5GHz), Q-(34GHz), and W-(95GHz) bands microwaves, magnetic measurement using SQUID and energy band calculation were carried out for ζ -(BEDT-TTF) $_2$ PF $_6$ (THF) and γ -(BEDT-TTF) $_2$ PF $_6$. The temperature dependence of the spin susceptibility of the two salts shows that of typical paramagnetic insulators with low-dimensional antiferromagnetic interaction. The macroscopic magnetic behaviors are apparently similar to each other, and the absolute values of the intra-chain antiferromagnetic interaction, J_{intra} , of the two salts are also close to each other. However, their ground states and microscopic behaviors indicate obvious difference. ζ -(BEDT-TTF) $_2$ PF $_6$ (THF) undergoes an antiferromagnetic transition at around 5 K, while γ -(BEDT-TTF) $_2$ PF $_6$ shows no magnetic long-range ordering down to 4 K. The ESR linewidth, ΔH_{pp} , of ζ -(BEDT-TTF) $_2$ PF $_6$ (THF) is almost temperature independent in the paramagnetic region. On the other hand, the ΔH_{pp} of γ -(BEDT-TTF) $_2$ PF $_6$ gradually decreases as the temperature decreases. The low temperature electronic states of these salts are discussed in the aspect of the magnetic dimensionality.

[1] for example: T. Ishiguro, K. Yamaji and G. Saito, *Organic Superconductors, 2nd Ed.* (Springer-Verlag, Berlin/Heidelberg, 1998).

[2] T. Nakamura, K. Furukawa and T. Hara: to appear in J. Phys. Soc. Jpn. **76** (2007), and references therein.

Electron “Spin” Resonance in the large- N limit

Masaki Oshikawa (ISSP, University of Tokyo)

Except for a few lucky cases, theoretical calculation of ESR relies on nontrivial assumptions which are not necessarily justified. In order to gain more insight into ESR, we would need more solvable examples. Here I discuss a solvable generalization of the ESR problem. Physical spins are representation of SU(2); a generalized “spin” can be introduced by considering SU(N) group instead of SU(2). Considering a SU(N) symmetric (“isotropic”) Hamiltonian, an external “magnetic” field coupled to one of the global SU(N) generator, and an “anisotropy” which breaks the SU(N) symmetry, an SU(N) analog of ESR can be defined. The spectrum can be obtained exactly, in the limit of $N \rightarrow \infty$. In the presence of a “staggered field”, main peak is broadened to a non-Lorentzian line shape, by a kinematical reason, and satellite peaks appear.

The basic picture and the results are close to the theory of ESR in Haldane gap systems in Ref. [1], while there are some differences.

[1] I. Affleck, Phys. Rev. B **46** (1992), 9002.

Elementary Excitations in Quantum Sine-Gordon Spin System KCuGaF $_6$

Hidekazu Tanaka (Tokyo Institute of Technology)

Thermodynamic properties and elementary excitations in one-dimensional Heisenberg antiferromagnet KCuGaF $_6$ were investigated by magnetic susceptibility, specific heat and ESR measurements. Due to the Dzyaloshinskii-Moriya interaction with alternating D -vectors and/or the staggered g -tensor, the staggered magnetic field is induced when subjected to external magnetic field. Specific heat in magnetic field clearly shows the formation of excitation gap, which is attributed to the staggered magnetic field. The specific heat data was analyzed on the basis of the quantum sine-Gordon (SG) model. We observed many ESR modes including one soliton and three breather excitations characteristic of the quantum SG model. Details of the present study are shown in Ref. [1].

[1] R. Morisaki, T. Ono, H. Tanaka and H. Nojiri, J. Phys. Soc. Jpn **76** (2007) 063706.

Antiferromagnetic ground state in fullerene magnet with orbital ordering

Takashi Kambe (Okayama University)

We will discuss the antiferromagnetic ground state in the α -TDAE-C₆₀, where the orientation of C₆₀ cage orders *ferro-rotatively* along all neighboring directions. Field dependent magnetic torque responses indicate the existence of antiferromagnetic ordering with $T_N \sim 8$ K and magnetic anisotropy. Using the low-frequency ($f \sim 3$ GHz) and the low-temperature ($T \sim 0.5$ K) ESR, we succeeded in observing the antiferromagnetic resonance below T_N . We will also show the case of ferromagnetic α -phase and discuss the correlation between the magnetism and the orbital ordering of fullerene cage.

Antiferromagnetic behavior below the valence ordering temperature in Sm_xC₆₀

Takashi Kambe (Okayama University)

Sm_xC₆₀ shows the negative thermal expansion below $T_{VO} = 32$ K due to the temperature-induced valence transition of Sm ion [1]. We will present ESR results of Sm_{2.75}C₆₀. Broad EPR signal disappears around T_{VO} and, below T_{VO} , ESR signals appear in a different magnetic field. These signals could not be ascribed to an isolated Sm³⁺. We also observed weak decrease in the magnetic susceptibility below T_{VO} . We will discuss possibility of an antiferromagnetic ordering induced by the valence transition of Sm.

[1] J. Arvanitidis, *et al.*, Nature, **425** (2003) 599

ESR Study of Spin System in Phosphorus Doped Silicon as Candidate of Quantum Computing Device

K. Sugiyama (University of Fukui)

Recently the quantum computer is one of the most fascinating fields in the study of physics. Among many physical systems as the quantum computer device the spin system in phosphorus doped silicon (P-doped Si) is proposed as a powerful candidate device. [1] In order to investigate the behavior of the spin system in P-doped Si, we are making experiments of NMR on ³¹P nucleus and ESR on donor electron. Here, we report results of ESR experiment performed under the high frequency and the high magnetic field. The ESR experiment of donor electron in P-doped Si has already been carried out in 1960's under low magnetic field at X-band microwave frequency region. According to their results, for the sample with donor concentration less than $3 \times 10^{17} \text{ cm}^{-3}$ the spectrum of donor electron consists of two lines. The separation of these two lines in 42 G caused by the hyperfine interaction was ³¹P nucleus spin. The line width of each line is 2.5 G as the effect of hyperfine interaction with ²⁹Si nuclear spins. For the sample with donor concentration more than $3 \times 10^{17} \text{ cm}^{-3}$ the spectrum becomes a single line due to the hopping motion or impurity conduction of donor electron.

The present ESR experiment was performed at liquid helium temperature in P-doped Si with donor concentrations ranging from $2.8 \times 10^{15} \text{ cm}^{-3}$ to $6.7 \times 10^{17} \text{ cm}^{-3}$. The range of microwave frequency and the magnetic field is from 35 up to 110 GHz and 1 to 3 T, respectively. The results were almost same as those reported previously, but a small asymmetry in the spectral line observed under the high magnetic field whose origin is not clear at this point. For the future work we are planning to investigate the effect of the electric field on the hyperfine interaction between ³¹P nuclear spin and the donor electron spin by observing the ESR spectral lineshift with applied electric field.

[1] B. E. Kane, Nature **393**, 133 (1998).

ESR Study of Spin Dynamics for Organic spin-Peierls Systems

Ko Furukawa (Institute for Molecular Science)

In conventional cw-ESR measurements, spin dynamics of electron spin are usually discussed from the ESR linewidth. However, it is hard to estimate individual spin-spin and spin-lattice relaxation rate since the linewidth are composed of both contribution and also contain the inhomogeneous terms. On the other hand, pulsed-ESR measurements possess a great advantage since we can directly obtain such kind of parameters which are important to understand the electron spin dynamics in the solid-state functional materials.

Organic conductors, $(\text{TMTTF})_2X$, are extensively studied materials and are well-known quasi-one-dimensional conductors possessing various ground states, such as spin-Peierls, antiferromagnetic and superconductivity states realized by the application of pressure or the variation of the counter-anion, X . [1]. $\text{MEM}(\text{TCNQ})_2$ is also recognized as a typical one-dimensional spin-Peierls system.

Firstly, we investigate the spin-dynamics of the spin-Peierls systems comparing between the $(\text{TMTTF})_2\text{PF}_6$ and the $\text{MEM}(\text{TCNQ})_2$. Secondly, we introduce the curious temperature dependence of the ESR relaxation rate in the proximity of the ground states for the $(\text{TMTTF})_2\text{PF}_6$ (spin-Peierls) and the $(\text{TMTTF})_2\text{Br}$ (antiferromagnet). In this paper, we discuss the spin dynamics comparing these typical low-dimensional spin-systems in the proximity of the phase transition by cw- and pulse-ESR spectroscopy.

[1] T. Ishiguro, K. Yamaji and G. Saito, *Organic Superconductors*, Springer-Verlag (1998).

Temperature Dependence of ESR Width in TMTSF-SDW State

Kokichi Oshima (Okayama University)

The SDW state in the organic quasi-one-dimensional $(\text{TMTSF})_2X$ system shows AFMR at low temperatures. [1] We show different temperature dependences of line widths above and below the spin-flop field. The line widths are comparable at the lowest temperature (around 0.4 K) in both cases. But the width above the spin-flop broadens linearly at higher temperatures, and it is five times larger than that below spin-flop field around 10 K. The possible origin is the different dynamic responses of SDW states which had been considered to have similar incommensurate nesting wave vectors. [2][3]

[1] M. Dumm et al., *Phys. Rev.* **62** (2000) 6512. And references therein.

[2] T. Takahashi et al., *J. Phys. Soc. Jpn.* **55** (1986) 1364.

[3] J.M. Delrieu et al., *Physica* **143B** (1986) 412.

Evaluation of the exchange couplings in the Spin-Polyhedron system by ESR

Yugo Oshima (IMR, Tohoku University)

Recently, a huge progress has been made on the chemical synthesis of the frustrated spin-cluster systems which have a huge number of states. The most notable compound is the $\text{Mo}_{72}\text{M}_{30}$ ($\text{M}=\text{V}, \text{Cr}, \text{Fe}$), where 30 magnetic ions form an icosidodecadron (a polyhedron with a triangular and pentagonal network) structure, and we have studied systematically its magnetic properties under the high magnetic field [1,2]. The $\text{Mo}_{72}\text{V}_{30}$ and its related substance $\text{Mo}_{75}\text{V}_{30}$, which consists of V^{4+} ions with $S = 1/2$, are the quantum version of these polyhedron systems, and a lot of attention is paid in its ground states and its magnetic properties in the high magnetic field. Although the exchange interactions of both systems are expected to be strong, the evaluation of the exchange couplings is difficult in both systems due to the Van-Vleck paramagnetism and the contamination of the magnetic impurities inside the

compound. Hence, we have performed ESR measurements, which can separate the intrinsic signal and the signal from the impurities, and have succeeded to observe the ESR coming from the excited states. From our careful analysis of the ESR intensities and theoretical calculations, we will present our estimation of the gap and the electronic state between the singlet and triplet states, and our evaluation of the exchange coupling constants between the spins, of these spin-polyhedron systems.

[1] C. Schröder et al., Phys. Rev. Lett. **94**, 017205 (2005).

[2] Y. Oshima et al., JPS Annual Meeting 2006, 27aTE-8.

The Concept of Low-Symmetric Shift Appearing in Polarization Dependence of ESR Spectrum for One-Dimensional Compound

Yuhei Natsume (Chiba University)

The Kubo-Tomita theory appearing at 1954 [1] has stood on the assumption of high symmetry of the magnetic perturbation. Thus, ESR spectra are determined only by the angle between the static field and the crystal axis. At 1979, this theory is extended [2] so as to discuss systems with low-symmetric perturbation, such as one-dimensional magnetic compounds. The extended formula, which includes a new term arising from the one-dimensionality of spin arrangement, is developed for the second cumulant of the correlation function of the magnetization. This gives the dependence of ESR spectra on polarization. In brief, the term causes a new dynamic shift of resonance field which is essentially influenced by the angle φ between directions of the chain of the compound and the vibrational field. Observed features in TMMC coincide well with our theoretical prediction. Another twenty years elapsed before this dynamic shift had been reexamined at 1999 on the basis of beautiful numerical study by Miyashita et al [3]. In addition, at 2002 Oshikawa and Affleck have discussed this problem of polarization dependence in the scenario of the comparison between their excellent field theory and Kubo-Tomita theory.

[1] R. Kubo and K. Tomita, J. Phys. Soc. Jpn. **9**, 888 (1954).

[2] Y. Natsume, F. Sasagawa, M. Toyoda and I. Yamada, J. Phys. Soc. Jpn. **46**, 1949 (1979). **48** 50 (1980), I. Yamada and Y. Natsume, J. Phys. Soc. Jpn. **48** 58 (1980), Y. Natsume, F. Noda, F. Sasagawa and H. Kanazawa, J. Phys. Soc. Jpn. **52**, 1427 (1983).

[3] S. Miyashita, T. Yoshino and A. Ogasahara, J. Phys. Soc. Jpn. **68**, 655 (1999).

[4] M. Oshikawa and I. Affleck, Phys. Rev. **B65**, 134410 (2002).

Triplet spin resonance of the Haldane compound with interchain coupling

A. I. Smirnov (P. L. Kapitza Institute for Physical Problems, RAS)

Collective triplet excitations in the Haldane-like magnet $\text{PbNi}_2\text{V}_2\text{O}_8$ present an example of new kind of spin dynamics. The spectrum of triplet excitations was found to be temperature dependent, indicating a nonlinear renormalization of the excitations energy. The 3D interchain coupling allows here the transition from a spin-liquid to an antiferromagnetic phase in a magnetic field, closing the spin gap. This ordering modifies the spectrum of triplet excitations both above and below the critical field. The measured spectrum of triplet excitations demonstrated a strong deviation from the perturbative approach for noninteracting chains [1], while is in agreement with a macroscopic approach implying the field-induced ordering at the critical field [2].

[1] O. Golinelli *et al.*, J. Phys. Condens. Matter **5**, 7847 (1993).

[2] A.M. Farutin, V. I. Marchenko, JETP **131**, 860 (2007).

Collective ESR in strongly correlated heavy fermion metal CeB

S.V. Demishev (A. M. Prokhorov General Physics Institute, RAS)

We report observation and detail study of a new magnetic resonance specific to the so-called antiferro-quadrupole (AFQ) phase of strongly correlated heavy fermion metal CeB₆. The current theoretical understanding of this low temperature magnetic phase implies orbital ordering effects. However, in contrast to manganites, where orbital ordering leads to simultaneous lattice distortion and change of magnetic structure and thus modify the magnetic resonance modes [1], it is supposed that for CeB₆ (i) the low temperature orbital ordering occur without change of the lattice constant and no magnetic order develops at the boundary between paramagnetic and orbitally ordered phases; and (ii) orbital ordering precedes formation of an antiferromagnetic phase at low temperatures (see [2,3] and references cited therein).

It is found that in AFQ phase stable for $T < T_Q$ a new mode of the magnetic resonance, which is missing in paramagnetic phase at $T > T_Q$, develops. Cavity measurements in the frequency range $\omega / 2\pi = 40-100$ GHz and quantitative analysis of the line shape together with the static magnetization data allowed concluding that the observed mode is (i) EPR-like, (ii) has a collective nature and (iii) caused by a special contribution to magnetization appearing in the orbitally ordered phase at $T < T_Q$. The quasi-optical reflection measurements for the range $\omega / 2\pi = 100-360$ GHz shows that the g -factor for this resonance increases with frequency from $g(\omega / 2\pi = 44 \text{ GHz}) \sim 1.55$ to $g(\omega / 2\pi > 250 \text{ GHz}) \sim 1.7$. In addition to the orbital ordering resonance for the frequencies exceeding 200 GHz a new magnetic resonance with the g -factor 1.2-1.3 is detected. We have also carried out anisotropy measurements of the g -factor. The obtained data are discussed using two models. The first one assumes the appearance at AFQ phase boundary of a free dipole magnetic moments with magnitude $\sim 0.8 \mu_B$, which are missing in the paramagnetic phase [4]. The second model is based on the idea of ordering of complex orbitals, for which ground state is described by magnetic octupole [5].

- [1] D.Ivannikov, M.Biberacher, *et al.*, Phys. Rev. B, **65**, 214422 (2002)
- [2] S.V.Demishev, A.V.Semeno, *et al.*, Phys. Stat. Sol. (b), **242**, R27 (2005)
- [3] S.V.Demishev, A.V.Semeno, *et al.*, J. Magn. Magn. Mat., **300**, e534 (2006)
- [4] N.E.Sluchanko *et al.*, ZhETF, **104**, 120 (2007)
- [5] J. van der Brink, D.Khomskii, Phys. Rev. B, **63**, 140416(R) (2001)

物性研究所談話会

日時：2007年4月5日(木) 午後1時30分～午後2時20分

場所：物性研究所本館6階 大講義室(A632)

講師：Prof. John D. REPPY

(Laboratory of Atomic and Solid State Physics and the Cornell Center for Materials Research,)

題目：乱れと固体ヘリウム4の超流動状態

要旨：

We report torsional oscillator supersolid studies of highly disordered samples of solid ^4He .

In an attempt to approach the amorphous or glassy state of the solid, we prepare our samples by rapid freezing from the normal phase of liquid ^4He .

Less than two minutes is required for the entire process of freezing and the subsequent cooling of the sample to below 1 K.

The supersolid signals observed for such samples are remarkably large, exceeding 20 % of the entire solid helium moment of inertia.

These results, taken with the finding that the magnitude of the small supersolid signals observed in our earlier experiments can be reduced to an unobservable level by annealing, strongly suggest that the supersolid state exists for the disordered or glassy state of helium and is absent in high quality crystals of solid ^4He .

日時：2007年4月5日(木) 午後2時30分～午後3時20分

場所：物性研究所本館6階 大講義室(A632)

講師：Prof. Sebastien Balibar

(Laboratoire de Physique Statistique, Ecole Normale Supérieure, Paris (France))

題目：超流動固体と乱れ

要旨：

Supersolidity is the possible coexistence of superfluidity and crystalline order, a rather paradoxical phenomenon.

Although it was proposed nearly 40 years ago by Andreev and Lifshitz (1969), Chester (1969) and Leggett (1970) that crystals could be supersolid, it is not until the 2004 experiments by Kim and Chan (Penn State University) that experimental evidence for supersolidity was presented in solid helium.

However, it appeared in 2006 that disorder played a major role in the observed phenomenon.

In particular, Rittner and Reppy (Cornell) showed that annealing helium crystals reduced the supersolid density by several orders of magnitude.

At the ENS in Paris, we showed that grain boundaries in polycrystalline samples are necessary for mass superflow through solid helium[1].

From more recent observations, we now show that grain boundaries are not sufficient to explain the whole set of observations.

I will summarize the present state of this controversial issue.

[1] S. Sasaki, R. Ishiguro, F. Caupin, H.J. Maris, and S. Balibar, Science 313, 1098 (2006).

日時：2007年4月12日(木) 午後1時30分～午後3時

場所：物性研究所本館6階 大講義室(A632)

講師：Dr. Paolo Moras

(Sincrotrone Trieste S. C. p. A. di interesse nazionale, Italy)

題目：1次元変調した量子薄膜の準結晶電子状態

要旨：

Ag films on GaAs(110) exhibit a one-dimensional quasiperiodic modulation, resulting in a Fibonacci sequence of parallel stripes with two different widths.

Valence level photoemission shows that the Ag electronic states acquire a unique character along the quasiperiodic direction, distinctively manifested by a hierarchy of energy level replicas and avoided crossings at characteristic intervals in reciprocal space.

These observations demonstrate the strong influence of the one-dimensional quasiperiodic potential on the Ag film states.

日時：2007年5月30日(水) 午後2時～午後4時

場所：物性研究所本館6階 大講義室(A632)

講師：Prof. Daniel Khomskii

(University of Koeln)

題目：ヤーン・テラー歪と2者択一的な電荷秩序

要旨：

Mott insulators with orbital degeneracy usually have an orbital ordering with corresponding Jahn-Teller distortion. We show that close to a Mott transition, in a crossover region from localized to itinerant electrons, there exist another possibility to lift orbital degeneracy: there can occur in such cases a spontaneous charge disproportionation, or charge ordering, after which at one site there are nominally 2 electrons, and at the other - 0, both states being nondegenerate.

We argue that this phenomenon takes place in ferrates (CaFeO_3 etc), in nickelates RNiO_3 and in some other systems. Our general arguments are confirmed by the ab-initio band-structure calculations and by the high-pressure studies of nickelates. We also discuss the importance of small or negative charge transfer gap for this phenomenon.

人 事 異 動

【事 務 部】

○ 平成19年7月1日付け

(転 出)

氏 名	所 属	職 名	異 動 内 容
押 木 久 雄	経理担当課契約チーム	係 長	工学系・情報理工学系等経理課財務チーム係長へ
橋 本 宏 之	物性研担当課共同利用係	主 任	筑波大学システム情報工学等支援室外部資金契約係主任へ
伊 藤 英 明	人事・労務グループ労務・安全管理チーム	主 任	医学部附属病院総務課人事労務チーム主任へ
山 寺 祐 介	経理担当課契約チーム	係 員	日本学術振興会経理課契約係主任へ
市 川 貴 士	給与・施設グループ給与・旅費チーム	係 員	工学系・情報理工学系等経理課財務チームへ

(転 入)

氏 名	所 属	職 名	異 動 内 容
林 美 郷	経理担当課契約チーム	係 長	医学部附属病院医事課外来チーム係長から
下 村 勇 人	経理担当課契約チーム	主 任	工学系・情報理工学系等経理課財務チーム主任から
近 藤 仁 美	人事・労務グループ人事チーム	主 任	教養学部等図書課総務係主任から
山 口 貴 弘	人事・労務グループ労務・安全管理チーム	主 任	海洋研経理課司計係主任から
安 田 正 子	物性研担当課共同利用係	係 員	海洋研経理課経理係から
七 尾 麻 衣 子	人事・労務グループ人事チーム	係 員	学生部学生課総務チームから
永 吉 友 裕	給与・施設グループ給与・旅費チーム	係 員	農学系総務課人事チームから

(部内異動)

氏 名	所 属	職 名	異 動 内 容
大 澤 悦 子	人事・労務グループ	専 門 員	人事・労務グループ主査から
瀬 戸 美 香 子	宇宙線研担当課総務係	係 長	人事・労務グループ人事チーム主任から
南 雅 登	人事・労務グループ人事チーム	主 任	新領域担当課総務係主任から
三 浦 勝 正	新領域担当課総務係	係 員	人事・労務グループ人事チームから

東京大学物性研究所教員公募のご案内

下記により准教授の公募をいたします。適任者の推薦、希望者の応募をお願いいたします。

記

1. 研究部門名及び公募人員数
附属物質設計評価施設 准教授 1名
2. 研究内容
広い意味の化学物理、非線形・非平衡系、ソフトマター、または生体・生物物理の計算物理的手法による研究。計算物理の新分野を切り拓くとともに、現スタッフと協力して全国共同利用スーパーコンピュータの運用や計算機室の運営にあたる。
3. 任 期
以下の場合を除き任期はない。
着任後満55歳に達する年度の初めに任期制に入り、任期は5年とし再任は1回を限度とする。
なお、任期制の詳細については問い合わせ先までお尋ねください。
4. 公募締切
平成19年7月25日（水）必着
5. 就任時期
決定後なるべく早い時期を希望する。
6. 提出書類
(イ) 推薦の場合
○推薦書
○履歴書（略歴で可）
○業績リスト（特に重要な論文に○印をつけること）
○主要論文の別刷（5編以内）
○研究業績の概要（2000字程度）
○研究計画書（2000字程度、物性研スーパーコンピュータの応用、および共同利用運営に関する抱負も含むこと）
(ロ) 応募の場合
○履歴書
○業績リスト（特に重要な論文に○印をつけること）
○主要論文の別刷（5編以内）
○研究業績の概要（2000字程度）
○研究計画書（2000字程度、物性研スーパーコンピュータの応用、および共同利用運営に関する抱負も含むこと）
○所属長・指導教員等による本人に関する意見書（作成者から書類提出先へ直送）
7. 書類提出先
〒277-8581 千葉県柏市柏の葉5-1-5
東京大学柏地区人事・労務グループ人事チーム
電話 04-7136-3205 e-mail jinji@kj.u-tokyo.ac.jp
8. 本件に関する問い合わせ先
東京大学物性研究所附属物質設計評価施設准教授 川島直輝
電話 04-7136-3260 e-mail kawashima@issp.u-tokyo.ac.jp
9. 注意事項
「物質設計評価施設准教授応募書類在中」、または「意見書在中」の旨を朱書し、郵送の場合は書留で郵送のこと。
10. 選考方法
東京大学物性研究所教授会で審査決定いたします。ただし、適任者のない場合は、決定を保留いたします。

平成19年4月19日

東京大学物性研究所長

上 田 和 夫

東京大学物性研究所教員公募のご案内

下記により准教授の公募をいたします。適任者の推薦、希望者の応募をお願いいたします。

記

1. 研究部門名及び公募人員数

附属国際超強磁場科学研究施設 准教授 1名

2. 研究内容

極限超強磁場発生法である「一卷きコイル法」および「電磁濃縮法」を用いて、100以上の超強磁場発生方法の確立と、このような極限領域での信頼性の高い物性計測の開拓を行う。また、極限超強磁場領域での新しい物性分野を切り開く、若手研究者。国内外との超強磁場を用いた共同研究を推し進める。

3. 任 期

以下の場合を除き任期はない。

着任後満55歳に達する年度の初めに任期制に入り、任期は5年とし再任は1回を限度とする。

なお、任期制の詳細については問い合わせ先までお尋ねください。

4. 公募締切

平成19年8月17日（金）必着

5. 就任時期

平成20年4月赴任を希望する。

6. 提出書類

(イ) 推薦の場合

○推薦書

○履歴書（略歴で可）

○業績リスト（特に重要な論文に○印をつけること）

○主要論文の別刷（5編以内）

○研究業績の概要（2000字程度）

○研究計画書（2000字程度）

(ロ) 応募の場合

○履歴書

○業績リスト（特に重要な論文に○印をつけること）

○主要論文の別刷（5編以内）

○研究業績の概要（2000字程度）

○研究計画書（2000字程度）

○所属長・指導教員等による本人に関する意見書（作成者から書類提出先へ直送）

7. 書類提出先

〒277-8581 千葉県柏市柏の葉5-1-5

東京大学柏地区人事・労務グループ人事チーム

電話 04-7136-3205

e-mail jinji@kj.u-tokyo.ac.jp

8. 本件に関する問い合わせ先

東京大学物性研究所附属国際超強磁場科学研究施設 施設長 嶽山正二郎

電話 04-7136-3335

e-mail takeyama@issp.u-tokyo.ac.jp

9. 注意事項

「国際超強磁場科学研究施設准教授応募書類在中」、または「意見在中」の旨を朱書し、郵送の場合は書留で郵送のこと。

10. 選考方法

東京大学物性研究所教授会で審査決定いたします。ただし、適任者のない場合は、決定を保留いたします。

平成19年4月19日

東京大学物性研究所長

上 田 和 夫

東京大学物性研究所教員公募のご案内

下記により准教授の公募をいたします。適任者の推薦、希望者の応募をお願いいたします。

記

1. 研究部門名及び公募人員数

先端分光研究部門 准教授 1名

2. 研究内容

当部門では短波長領域における光科学の構築を将来計画の柱としている。今回公募する所員には、極限的性能を持つレーザーやコヒーレント軟 X 線光源の開発を行うとともに、光科学の新分野を開拓する事が要請される。レーザーと物性に理解のある意欲的な若手研究者を望む。

3. 任期

下記の場合を除き任期はない。

着任後満55歳に達する年度の初めに任期制に入り、任期は5年とし再任は1回を限度とする。

なお、任期制の詳細については問い合わせ先までお尋ねください。

4. 公募締切

平成19年8月31日(金)必着

5. 就任時期

決定後なるべく早い時期を希望する。

6. 提出書類

(イ) 推薦の場合

○推薦書

○履歴書(略歴で可)

○業績リスト(特に重要な論文に○印をつけること)

○主要論文の別刷(5編以内)

○研究業績の概要(2000字程度)

○研究計画書(2000字程度)

(ロ) 応募の場合

○履歴書

○業績リスト(特に重要な論文に○印をつけること)

○主要論文の別刷(5編以内)

○研究業績の概要(2000字程度)

○研究計画書(2000字程度)

○所属長・指導教員等による本人に関する意見書(作成者から書類提出先へ直送)

7. 書類提出先

〒277-8581 千葉県柏市柏の葉5-1-5

東京大学柏地区人事・労務グループ人事チーム

電話 04-7136-3205 e-mail ijinji@kj.u-tokyo.ac.jp

8. 本件に関する問い合わせ先

東京大学物性研究所先端分光研究部門教授 末元 徹

電話 04-7136-3375 e-mail suemoto@issp.u-tokyo.ac.jp

9. 注意事項

「先端分光研究部門准教授応募書類在中」、または「意見書在中の旨を朱書き、郵送の場合は書留で郵送のこと。

10. 選考方法

東京大学物性研究所教授会で審査決定いたします。ただし、適任者のない場合は、決定を保留いたします。

平成19年4月19日

東京大学物性研究所長

上 田 和 夫

東京大学物性研究所教員公募のご案内

下記により助教の公募をいたします。適任者の推薦、希望者の応募をお願いいたします。

記

1. 研究部門名等および公募人員数

ナノスケール物性研究部門（吉信研究室） 助教1名

2. 研究内容

表面におけるナノメートルスケールの原子・分子のダイナミクスおよび電子物性を、局所プローブ法・表面分光などの実験的手法により研究する。本公募では、測定法の開発や人工ナノ構造の作製などを含め、表面科学に新たな領域を開拓し、大学院学生の指導も積極的に行う意欲のある若手研究者を希望する。

3. 応募資格

修士課程修了、またはこれと同等以上の能力を持つ方。

4. 任期

任期は5年とする。ただし、再任は可とし1回を限度とする。

5. 公募締切

平成19年9月28日（金）必着

6. 着任時期

決定後なるべく早い時期

7. 提出書類

(イ) 推薦の場合

- 推薦書
- 履歴書（略歴で可）
- 業績リスト（特に重要な論文に○印をつけること）
- 主要論文の別刷（3編程度）
- 研究業績の概要（2000字程度）
- 研究計画書（2000字程度）

(ロ) 応募の場合

- 履歴書（略歴で可）
- 業績リスト（特に重要な論文に○印をつけること）
- 主要論文の別刷（3編程度）
- 所属長・指導教員等による応募者本人についての意見書（作成者から書類提出先へ直送）
- 研究業績の概要（2000字程度）
- 研究計画書（2000字程度）

8. 書類提出先

〒277-8581 千葉県柏市柏の葉5丁目1番5号
東京大学柏地区人事・労務グループ人事チーム
電話 04-7136-3205 e-mail jinji@kj.u-tokyo.ac.jp

9. 本件に関する問い合わせ先

東京大学物性研究所ナノスケール物性研究部門教授 吉信 淳
電話 04-7136-3320 e-mail yoshinobu@issp.u-tokyo.ac.jp

10. 注意事項

「ナノスケール物性研究部門（吉信研究室）助教応募書類在中」、または「意見書在中」の旨を朱書し、郵送の場合は書留とすること。

11. 選考方法

東京大学物性研究所教授会にて審査決定いたします。ただし、適任者のない場合は、決定を保留いたします。

平成19年4月19日

東京大学物性研究所長

上 田 和 夫

東京大学物性研究所教員公募のご案内

下記により特任講師の公募をいたします。適任者の推薦、希望者の応募をお願いいたします。

記

1. 研究部門名及び公募人員数

東京大学若手研究者自立促進プログラムによるフロンティア研究チームリーダー（特任講師） 2名

2. 研究内容

物性実験、物性理論、物質合成に関する研究分野

3. 応募資格

博士号取得後10年程度以内

4. 任期

2012年3月31日まで。ただし、任期満了時に審査のうえ、物性研究所准教授として採用される可能性あり。

5. 公募締切

平成19年8月30日（木）必着

6. 就任時期

決定後なるべく早い時期

7. 提出書類

○履歴書（略歴で可）

○業績リスト（特に重要な論文に○印をつけること）

○主要論文の別刷（5編以内）

○研究業績の概要（2000字程度）

○研究計画書（2000字程度）

○推薦書、ないしは応募者について参考意見をうかがえる方（2名）の氏名・連絡先・e-mailアドレス

8. 書類提出先

〒277-8581 千葉県柏市柏の葉5-1-5

東京大学柏地区人事・労務グループ人事チーム

電話 04-7136-3205 [e-mail jinji@kj.u-tokyo.ac.jp](mailto:jinji@kj.u-tokyo.ac.jp)

9. 本件に関する問い合わせ先

東京大学物性研究所附属物質設計評価施設教授 廣井善二

電話 04-7136-3445 [e-mail hiroii@issp.u-tokyo.ac.jp](mailto:hiroii@issp.u-tokyo.ac.jp)

10. 注意事項

「若手研究者自立促進プログラム応募書類在中」と朱書し、郵送の場合は書留で郵送のこと。

11. 選考方法

東京大学若手研究者自立促進プログラム運営委員会で審査決定いたします。ただし、適任者のない場合は、決定を保留いたします。

平成19年7月2日

東京大学物性研究所長

上 田 和 夫

創立50周年記念事業のお知らせ

東京大学物性研究所では創立 50 周年を記念して以下のような事業を計画しています。皆様の多数のご参加をお待ちしております。

東京大学物性研究所創立 50 周年（東京大学創立 130 周年）記念事業日程

第一日目 平成19年11月29日（木）（於 柏キャンパス）

シンポジウム「強相関電子系の新展開」（10 時～18 時、物性研究所大講義室）

セッションⅠ：量子スピン系

セッションⅡ：遍歴系（f, d 電子系）

セッションⅢ：エキゾチック系（分子導体系）

前夜祭（18 時～20 時、カフェテリア）

第二日目 平成19年11月30日（金）（於 六本木 政策研究大学院大学）

シンポジウム「物性研究所の過去・現在・未来」（10 時～11 時半、想海楼ホール）

- 物性研究所の歴史と現状 上 田 和 夫（物性研究所長）
- 物性研究所の将来計画 家 泰 弘（物性研究所将来計画委員長）
- 物性研究所に望む
 - 物理学会より 鹿兒島 誠 一（東京大学教授）
 - 物性コミュニティより 倉 本 義 夫（東北大学教授）
 - 共同利用から 秋 光 純（青山学院大学教授）

パネルディスカッション「これからの 50 年の科学は？」（13 時～15 時、想海楼ホール）

パネリスト

- 小宮山 宏（東京大学総長）
- 佐 倉 統（東京大学大学院情報学環教授）
- 吉 田 博（大阪大学産業科学研究所教授）
- 北 澤 宏 一（独立行政法人科学技術振興事業団専務理事）
- 中 村 桂 子（JT 生命誌研究館長）
- 茂 木 健一郎（ソニーコンピュータサイエンス研究所上級研究員）

司会進行

- 柴 山 充 弘（東京大学物性研究所教授）

東京大学物性研究所創立 50 周年式典（15 時半～16 時半、想海楼ホール）

東京大学物性研究所創立 50 周年祝賀会（17 時半～19 時半）

（於 赤坂 ANA インターコンチネンタルホテル）



共同利用申請のweb化についてのお知らせ

※ 平成20年度前期共同利用（平成19年10月募集分）に関するお知らせです

物性研究所共同利用の受付事務簡素化のため、平成20年度前期の共同利用申請よりwebによる受付を開始します。留学研究員、嘱託研究員についても同時期にwebでの受付を開始します。

ただし、スーパーコンピュータ、中性子科学研究施設に関しては、従来どおりで変更はありません。

1. web申請の流れ(URL等は改めてアナウンスします。)

1-1 ID・パスワードの取得

指定URLをブラウザで開いて、必要な研究者情報を入力します。入力されたeメールアドレスにIDとパスワードが送付されます。

1-2 申請内容の入力

上記IDとパスワードを使用して申請フォームを開き、必要事項を入力します。

1-3 申請書の印刷

入力が正常に終了すると、申請書がAdobe pdfフォーマットで作成されます。作成された申請書を印刷し、所属長、学生の場合は指導教員の認印を受けてください。認印を受けた申請書は、共同利用係宛に郵送いただくか、共同利用で物性研究所に来所の際に、共同利用係に直接ご提出ください。



ガラス工作室からのお知らせ

工作委員長 末元 徹
ガラス工作室 今井 忠雄

ガラス工作室から「水素ガス導入」についてのお知らせです。

近年ガラス工作室では石英加工の依頼が増加しており、水素ガスでの加工が望まれておりました。この度、念願の水素ガス導入の配管設備が整い、使用が可能になりました。これにより、カロリーの高い水素ガスが使える、加工時間が大幅に短縮され、大口径のものの加工などが大変し易くなりました。また、ガラス工作室での加工、製作の内容および範囲を広げることが出来るようになりました。

各研究室におかれまして器具製作の際には、加工委託等、是非ご相談下さい。

これからもこの立派な設備をおおいにご活用頂きたいと思っております。ガラス工作室を通して皆様の研究のサポート役として頑張っていく所存ですので、よろしくお願いいたします。



編集後記

蒸し暑い日が続いています。TX（つくばエクスプレス）の開通後、柏キャンパスの周辺では建設ラッシュです。キャンパス内にも新しい食堂がオープンするなど、風景もだいぶ変わってきました。物性研究所では昨年後半から、液体ヘリウム供給に危機的状況が続きましたが、関係者各位の御努力のおかげでほぼ完全復旧し、一同胸をなでおろしているところです。

さて今回の物性研だよりですが、森先生の研究室だよりが筆頭記事になっています。森研究室の活躍と電荷移動錯体研究の最新動向がよくわかる内容だと思います。また、総長賞を受賞された野澤、土屋、鷺山各氏には、関連記事をお願いいたしました。

着任時および離任時の記事は、最近の物性研だよりには掲載されていなかったのですが、今回復活させました。今季の物性研だよりには、物性研着任の挨拶を常次先生、松田先生、徳永先生、大久保さん、服部さん、鴻池さん、松林さんに、離任の挨拶を大道先生、山下先生にお願いしました。

また、外国人客員のBhargava先生には物性研滞在中の印象に関する記事をお願いしました。そのほかには、5月21日～23日に物性研講義室で行った短期研究会に関する記事が掲載されています。

最後になりましたが、今回物性研だよりの原稿をまとめるにあたり、締め切りまで時間が余りなかったにもかかわらず、快く原稿をお引き受けしていただいた著者の皆様全員に、この場を借りてお礼申し上げたいと思います。

田 島 裕 之