

物性研だより

第48巻
第2号

2008年7月

目 次	<p>1 ロングパルス磁場電源「フライホイール発電機」運転開始式典 ······</p> <p>5 研究室だより</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ 潤川研究室 ······ 潤川 仁 ○ 廣井研究室 ······ 廣井 善二 ○ 長谷川研究室 ······ 長谷川 幸雄 <p>14 物性研に着任して</p> <ul style="list-style-type: none"> 26 野口 博司 27 大串 研也 28 板谷 治郎 <p>19 物性研を離れて</p> <ul style="list-style-type: none"> 29 廣田 和馬 30 大谷 実 <p>31 物性研究所ワークショップ報告</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ 分子性導体の電荷揺らぎと非線形伝導 <p>33 物性研究所談話会</p> <p>36 物性研ニュース</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ 人事異動 ○ 東京大学物性研究所教員公募のご案内 ○ 物性研究所創立50周年記念出版 「21世紀の物質科学—最先端がわかる」編集後記 <p>40 編集後記</p>
--------	--



運転開始式を待つ「フライホイール付き直流発電機」の全体写真。円盤状のカバーが手前と中央および奥の3カ所に見られるが、この内部にフライホイールが設置されている。手前と奥には1枚ずつと中央には2枚が収容されており合計4枚のフライホイールが付いている。フライホイール間に見られる矩形の筐体には発電機が収容されている。

ロングパルス磁場電源「フライホイール発電機」運転開始式典

国際超強磁場科学研究所¹⁾ 金道 浩一

去る5月16日（金）、「フライホイール発電機²⁾」の運転開始式典が柏キャンパスにおいて行われた。式典は、嶽山正二郎国際超強磁場科学研究所長の開会の辞に始まり、家泰弘物性研究所長の挨拶の後、来賓によるテープカット³⁾が行われた。本式典のメインイベントである「フライホイール発電機」スイッチ投入は岡村定矩理事・副学長⁴⁾により行われ、無事に運転が開始された。「フライホイール発電機」の加速⁵⁾を待つ間に、日本原子力研究開発機構⁶⁾

を始めとした関係協力機関に感謝状⁷⁾が贈呈された。

式典は上田和夫物性研究所前所長⁸⁾による磁場発生

スイッチ投入で締めくくられ、引き続き祝賀会が行われた。祝賀会では、岡村定矩理事・副学長、桑田悟文部科学省学術機関課課長補佐、浅羽大嗣柏市副市长、ミハエル・フォン・オルテンベルグ・フンボルト大学教授⁹⁾等による祝辞が述べられた。当日は天気にも恵まれ、学内外からの約200名の参加者が盛況のうちに式典は終了した。

本式典で運転を開始した「フライホイール発電機」は、世界最大¹⁰⁾の直流発電機であり、核融合試験装置JFT-2M¹¹⁾の一部として約10年間、日本原子力研究開発機構において使用されたものである。これを強磁場発生用電源として再利用する目的で柏キャンパスに移設した。4年計画で現在進行中の事業

『国際物性研究拠点：強磁場コラボラトリ¹²⁾』は今後、平成21年度

までにコンデンサー電源と組み合わせた100テスラ¹³⁾のロングパルス磁場¹⁴⁾の発生を目指し、完成後は全国共同利用研究に供する¹⁵⁾予定である。

補足説明

1) 国際超強磁場科学研究所：概算要求により平成18年度から始まった『強磁場コラボラトリ』計画を遂行するために組織された施設。極限環境物性研究部門から嶽山研、金道研が飛び出し、徳永所員が平成19年度に合流、今年の8月に松田新所員が加わり施設の陣容が揃う。ちなみに施設名の頭に付く「国際」は上田前所長の発案による。国際キャンパスたる柏キャンパスの理念を表現しただけではなく、アジアを代表する中心的な実験拠点となることを目指した名前である。



岡村定矩理事・副学長によるスイッチ投入



運転開始式でのテープカット



上田和夫前所長による磁場発生スイッチ投入

2) フライホイール発電機：正式には「フライホイール付き直流発電機」である。フライホイールは英語で *flywheel* と書き、辞書には、はずみ車の意である。*fly* だけでもはずみ車の意味を持つようであるが、*wheel*（車輪）と合わせて意を強くしているのであろう。英和辞典を見てみると似たような熟語で、*a fly on the wheel*（うぬぼれている人という意味）というのがあるが、この *fly* はハエの意味なので似て非なる物である。はずみ車という言葉も分かりにくいが、要は回転軸に重たい円盤が付いた発電機といったところが実際的な表現である。また発電機というのもしばしば誤解を与えることがある。発電機は普通、蒸気の力や水力でタービンを回すことによって電気を作るイメージがあるのでに対して、この電源はむしろ大きなモーターであり、スイッチを入れてから徐々に加速を始め、フライホイールの回転エネルギーの形でエネルギーを蓄積し、これを取り出して使用する時に発電を行うのである。つまり電気のないところから電気を作り出すのではなくて、電気を回転エネルギーの形で貯めておき、そこから取り出して使うだけである。従って、この電源は「回転軸に重たい円盤が付いた巨大な直流モーターあるいは発電機」と言うことも出来る。

3) テープカット：写真はテープカットの1シーン。向かって左から、浅羽大嗣柏市副市長、岡村定矩理事・副学長、桑田悟文部科学省学術機関課長補佐、家泰弘所長、北條喜一日本原子力研究開発機構先端基礎研究センター研究推進室長、上田前所長。フライホイール発電機をバックにしてテープカットを行っているが、当初の計画では発電機に向かってテープカットするつもりであった。それでは他のお客様に失礼であるし、こちらを向いた方が絵的にも良いという理由でこの形になった。

4) 岡村定矩理事・副学長によるスイッチ投入：本式典のメインイベント。上述したように、スイッチを投入してもフライホイールはゆっくりと加速を始めるだけなので華やかさには欠けるきらいはあるが、これこそが本式典のメインイベントである。

5) フライホイールの加速：最大回転数は 460rpm で、スタートしてから約 30 分で最大回転数に達する。式典では時間の制約があり 225rpm で使用したが、祝賀会の間に最大まで再加速した。原研ではわずか 5 分間で最大までの加速が可能であったが、柏キャンパスでは電力契約および受電盤の関係で 30 分かかる。実際には磁場発生の間隔が 30 分以上なので実用上の問題は無い。ちなみに、最大加速時のピーク電力は約 1500kW である。

6) 日本原子力研究開発機構：通称原研。本事業がここまで来られたのはひとえに原研の協力のお陰である。平成 16 年度で実験が終了した JFT-2M のトロイダル磁場用電源であるフライホイール発電機を譲渡していただいた。実際の移設は平成 18 年の 9 月～11 月であったので、約 2 年間にわたり電源の維持・管理だけではなく、この間に起こったあらゆる問題に対してサポートしていただいた。

7) 感謝状：感謝状は以下の 8 者に贈呈された。日本原子力研究開発機構、三菱電機、イズミ・コンストラクション、田中建築設計事務所、日本エアコンセンター、照永電設、第一セントラル設備、山勝工業。原研への理由は上記の通り、三菱電機は本発電機の製作会社であり、今回の移設全般にわたりお世話になった。その他は、建物の設計および建築でお世話になった会社で、予算も時間もかなりの制約があったなか、無理な注文を引き受けさせていただくこととなった。改めて謝意を表したい。



フライホイール発電機の本体。手前に見える赤い円盤がフライホイールで 1 枚の重量が 30 トン。これが全部で 4 枚ある。その向こうの白いシートがかけてある部分がモーター兼発電機部分でこれも 4 台ある。

8) 磁場発生スイッチ投入：強磁場を発生するためのコイルはまだ出来ていないので擬似負荷を用いて上田前所長にスイッチ投入をお願いした。このセレモニーが最後のヤマ場であったが、無事通電パターンがモニターに映し出されて成功裏に開始式が終了した。

9) ミハエル・フォン・オルテンベルグ教授：世界の強磁場界における中心人物の一人。フンボルト大学で一巻きコイル法による強磁場実験を展開していたが、近年、彼の装置は弟子のいるツールーズ（仏）へ移された。これで一巻きコイル法を採用する強磁場は、物性研、ツールーズ、ロスアラ莫斯の三カ所となった。

10) 世界最大の直流発電機：この発電機、直流発電機としては世界最大である。出力が 51.3MW (2.7kV, 19kA) もあり、ギネスブックにも認定されている。発電機はサイリスタなどの発展により交流が主流となっているため、今後もこの記録が破られる可能性は低い。

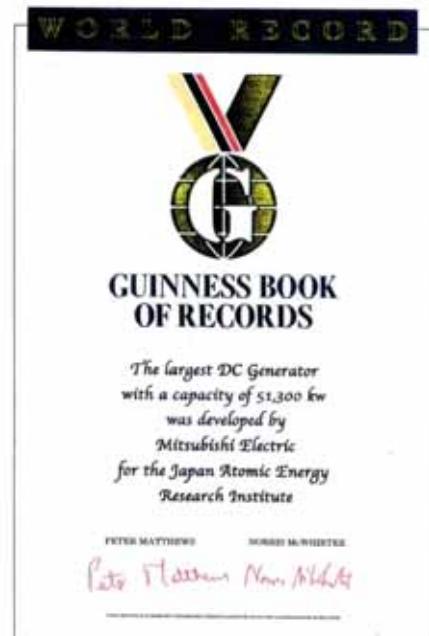
11) 核融合試験装置 JFT-2M：日本原子力研究所（現日本原子力研究開発機構）の高性能トカマク開発試験装置 JFT-2M(JAERI Fusion Torus-2M)は、核融合を目指したプラズマ研究装置として、約 21 年間実験運転を実施してきた。JFT-2M の使命は、超高温のプラズマを磁気閉じ込め法により炉心に閉じ込める「炉心プラズマの高性能化」であった。その中で、フライホイール付き直流発電機は、トロイダル磁場発生用電源として、主要な役割を担ってきた。ここで得られた多くの成果は国際熱核融合実験炉(ITER)でも採用されるなど、核融合プラズマの物理研究に大きな足跡を残して、2004 年に全ての実験運転を終了した。

12) 強磁場コラボラトリ：国内の四大拠点（東北大・金材研、物材機構・強磁場センター、物性研、阪大・極限センター）の連携を強化して全日本の強磁場物性研究拠点を形成する事を目的とする。アメリカでは国立強磁場研究所がロスアラ莫斯とフロリダの連携で運営されており、ヨーロッパも EC 内での連合を強化している。日本においては強磁場コラボラトリの形成で日本独自の新物質開発や新現象発見につながる基盤研究を発展させる事が期待される。

13) 100 テスラ計画：コイルに対する電磁応力や発熱を緩和するためにマルチパルス方式による 100 テスラを計画している。小さなコイルを大きいコイルの中に入れ、ピーク磁場を重ねる様に磁場発生することをマルチパルス方式と呼ぶが、外側に配置した大きいコイルでの磁場発生には巨大なエネルギーを投入するためフライホイール発電機が必要となる。外コイルの内側に設置した小さなコイルはコンデンサー電源で磁場を発生する。モデル実験では外コイルもコンデンサー電源で電流を流し、従来の方式による最大磁場を更新した。



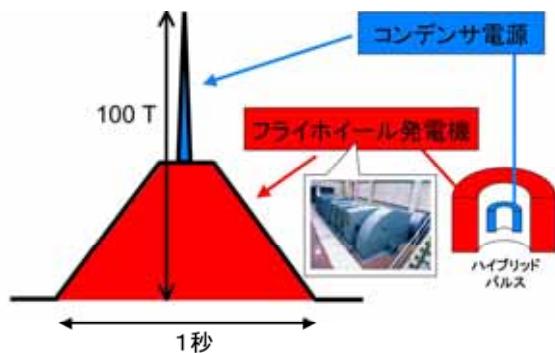
談笑するミハエル・フォン・オルテンベルグ教授(右)
と三浦名誉教授(左)



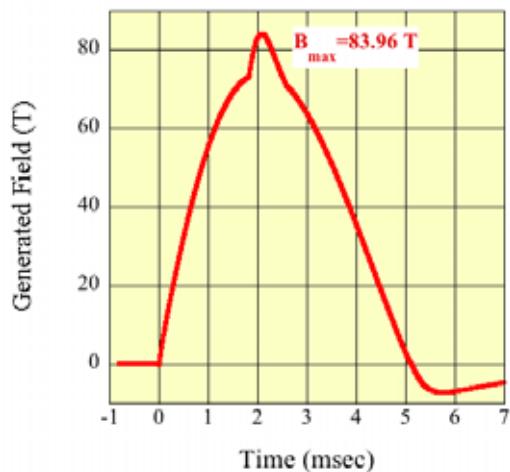
ギネスブックの認定書。The largest DC Generator with a capacity of 51,300 kW と書かれている。



新しい実験棟（K 棟）の看板。国際強磁場コラボラトリと書かれている。

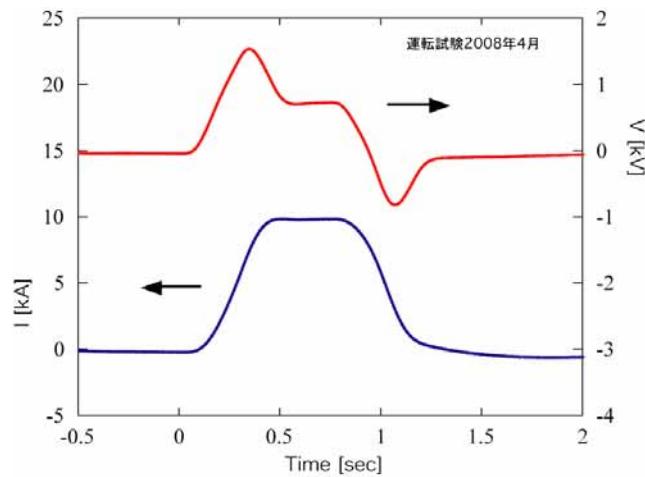


マルチパルス方式による強磁場発生法。大きな外コイルの電源としてフライホイール発電機を用い、小さな内コイルはコンデンサー電源を使う。



モデル実験による磁場波形。約 84 テスラの磁場発生に成功したが、内コイルの内径が 5mm しかないので実用にはならない。

- 14) ロングパルス磁場：ここで使うロングパルスという言葉には二つの意味がある。ひとつは図に示したような 1 秒～10 秒にいたる時間で発生する磁場のことであるが、これが実現できるのは 60 テスラまでの事である。100 テスラとなるとピーク付近では 1 ミリ秒～10 ミリ秒のパルスとなるが、これまで 100 テスラ発生を行ってきた一巻きコイル法に比べて 1000 倍も長くなっている。この意味でロングパルスと呼ぶことが出来る。
- 15) 全国共同利用：平成 22 年度からの本格的な共同利用開始を目指しているが、それまでにマグネット開発の進捗状況に応じて部分的な利用を始める予定である。実験サイトは 3 カ所あり、完成型ではそれぞれに、100 テスラモード、60 テスラモード、40 テスラモードを設置する。100 テスラモードは、コンデンサー電源と組み合わせたマルチパルス方式によるパルス磁場を、60 テスラモードではフラットトップを 0.5 秒程度持つ 1 秒パルス磁場を、そして 40 テスラモードではフラットトップ時間が 10 秒になるマグネットを設置して様々な測定に対応する。



フライホイール発電機を用いた擬似負荷への通電パターン。赤い線は界磁コイルへの電圧指令波形で、これにより発電が行われ青線のような電流が得られる。このパターンで約 0.4 秒のフラットトップが実現している。

研究室だより
瀧川研究室

新物質科学研究部門 瀧川 仁

1. はじめに

私が物性研に着任して 11 年が経過した。改めて月日の経つ早さを思い知るが、研究室だよりを書くようにという依頼を受けたのを良い機会に、主として物性研が柏に移転して後の研究室の活動を振り返ってみたい。思い返すと、ちょうど 30 年前に大学院生として物性研・安岡研究室に入門して以来ずっと NMR（核磁気共鳴）の実験を行ってきた。一時期他の実験手段にも習熟することを考えたが、実現しないまま現在に至っている。しかし今でも新しいテーマに向かう度に NMR の魅力を再発見する。それは一言でいえば、謎解きの面白さということであろうか。

NMR に限らず、一般に分光学的実験手法においては、対象物質に刺激を与えてその応答を周波数、或いは時間の関数として観測する。観測量が単なる一つの平均値ではなく、周波数空間における分布を持った構造として得られる点が、分光実験の魅力である。また、刺激の与え方には多様性があり、実験家が工夫を凝らす余地が生まれる (NMR では原子核やパルス条件の選び方に相当する)。更に、NMR に特有の利点として、①結晶単位胞内の異なる原子やサイトの振る舞いを分離して観測できること (原子サイト選択性)、②磁気モーメントと電気四重極モーメントを併せ持つ原子核は、磁気的・電気的超微細相互作用を通じて、周囲の電子のスピニや軌道磁気モーメントに由来する磁気的性質のみならず、電子の電荷分布や結晶の局所的構造、格子振動をも含む殆どありとあらゆる物性に対するミクロなプローブとなる、③共鳴スペクトルに現れる静的な情報だけでなく、核磁気緩和時間 (T_1, T_2) の測定からダイナミクスを知ることができる、という点をあげる事が出来る。

NMR の面白さは、研究対象として選んだ物質について明確な情報を得るために、これら多彩な特徴をどのように生かして実験を組み立てるかという計画のプロセスと、得られた結果から背後にある物理現象を解き明かす謎解きのプロセスにある。以下、柏で行ってきた研究結果の幾つかを紹介するが、NMR 研究の魅力の一端が読者に伝われば幸せである。下表に、今までの研究室に在籍したメンバーの氏名と在籍期間を記す（カッコ内は現所属先）。また以下に紹介するそれぞれのテーマを担当した方の名前を本文中にカッコで示す。

2. フラストレートした量子スピン系

スピニ・シングレットを形成する 2 量体が結晶格子上に並んだ系に、磁場や圧力をかけて誘起される量子相転移が近年興味を呼んでいる。磁場中では 2 量体のトリプレット励起子（マグノン）はゼーマン分裂を起こし、磁場方向に分極した

年度	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
助教				樹神克明（原子力機構）						吉田誠		
PD				Oleg Vyaselev						北川健太郎		
							菊池淳（明大理工）			和氣剛（京大工）		
学生			藤山茂樹				松原信一					
		中山克夫				新井浩一				鈴木壽也		
		加藤益丈		小林圭征			宮腰有人			小山幸紀		
			鹿討直人				開道竜太			永島裕樹		
								原洋太				
								尾形誠之				

現在までのメンバー

分岐のエネルギー・ギャップが磁場と共に減少する。磁場はマグノンに対する化学ポテンシャルとして働き、ある臨界磁場以上で励起ギャップが消失すると、有限の磁化（＝マグノン密度）が現れると同時にマグノンのボーズ凝縮が起こる。これは元のスピン系の言葉では、磁場に垂直な面内で回転対称性が破れた反強磁性秩序相に対応する。しかし現実の結晶では、異方的な相互作用によって始めからスピンの回転対称性が消失し、ボーズ凝縮の概念が厳密には成立しない場合も多い。また圧力を印加した場合も、2量体間相互作用の増加に伴いマグノンのバンド幅が増大し、やがてギャップが消失する場合がある。更にこのような系に強い磁場をかけて磁化を飽和させる過程で、新奇な秩序相の出現が期待されている。特にフラストレートした格子上ではマグノンの運動エネルギーが抑制され、トリプレット間の反発力のためにマグノンが局在化し超格子が形成される場合がある。これは電子系におけるウイグナー結晶、或いは電荷秩序に似た現象であるが、スピン系の場合は磁化プラトーとして観測される。

結晶の周期性を破るスピン超格子を伴う磁化プラトーの実例は、ごく僅かしか知らない。最も有名なのは $\text{SrCu}_2(\text{BO}_3)_2$ で、飽和磁化の $1/8$, $1/4$, $1/3$ において磁化プラトーを示す[1]（図 1）。この物質は物性研・上田寛研の助手であった陰山洋氏（現京大）を中心として過去 10 年の間、活発な研究が続けられている。2002 年に私は当時の樹神助手（現原子力機構）と一緒にグローブル強磁場施設にて銅サイトの NMR を行い、 $1/8$ プラトー領域の 27.6 テスラの磁場において巨大な単位胞を持つスピン超構造を検証した[2]。この経緯は 2002 年 11 月の物性研だより（42 卷第 4 号）に詳述したので、ここではその後の発展について簡単に述べる。

2006 年に $1/8$ プラトーを越える 31 テスラまでの定常磁場下でホウ素サイトの NMR 測定を行ったところ（松原信一）、 $1/8$ プラトー相とほぼ同程度の広がりを持つ内部磁場分布が観測され、プラトーの間の中間相でもトリプレットが局在したスピン超構造が存在していることが分かった[3]。更に今年になって、34 テスラまでの NMR 測定（和氣剛）と 32 テスラまでの磁化・トルク測定[4]を行い、 $1/4$ プラトー相に至る磁気相図の全貌が明らかになった。図 2(a)に示すように、 $1/8$ プラトーと $1/4$ プラトーの間に二つの新しいプラトー相（恐らく $2/15$ と $1/6$ ？）を含む四つの異なる相が存在するという予想外の結果であった。プラトー相と磁化が連続的に変わる中間相は磁化曲線を見れ

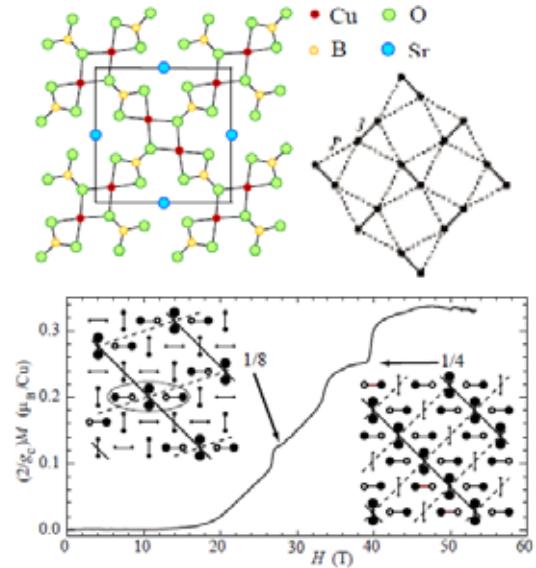


図 1 上: $\text{SrCu}_2(\text{BO}_3)_2$ の結晶構造と直交ダイマー模型。
下: 磁場をc軸にかけたときの磁化曲線 [1] と $1/8$, $1/4$ プラトーにおけるスピン超構造。楕円はゼロ点振動により 3 個のダイマーに広がったトリプレット状態を示す。

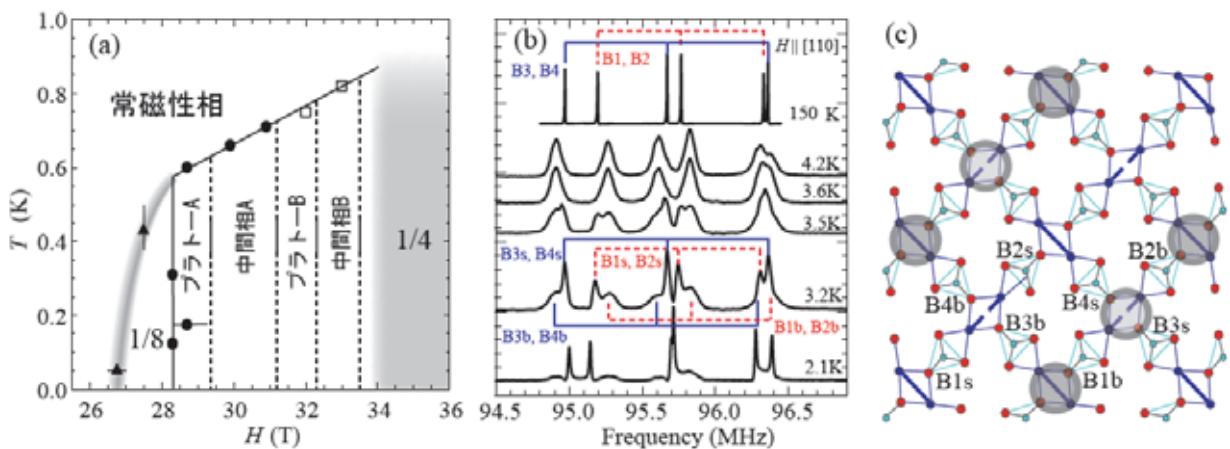


図 2 (a) $\text{SrCu}_2(\text{BO}_3)_2$ における高磁場磁気相図。(b) 2.4GPa の圧力下、7T の磁場下で観測された NMR 共鳴線の分裂。(c) NMR の結果から推定された高圧における新しいVBS 秩序相の模式図。直交する 2 種類のダイマー副格子が構造相転移によって非等価となり、更にそれぞれの副格子中で、円で囲んだギャップの小さい磁気的ダイマーとギャップの大きい非磁性ダイマーが超周期構造を形成する。図中の記号は非等価なホウ素サイトと、(b)図の分裂した共鳴線の対応関係を示す。

ば区別できるが、NMR スペクトル上でも、多数のシャープな共鳴線が分離しているプラトー相と、連続的なバックグラウンドの上にブロードなピークが重なっている中間相は、定性的に明瞭に区別される。磁化が連続的に変化するにも拘わらずスピン超構造が存続している状態は、トリプレットの固体成分とボーズ凝縮成分が共存している超固体相ではないかという期待を抱かせる。しかし、我々の以前の NMR の結果[5]から、ダイマー内のスピン間にはジャロシン斯基ー・守谷相互作用が働き、c 面内のスピンの等方性が破れていることが分かっているので、厳密な意味でのボーズ凝縮は起こらない。高磁場相を理解する上でも DM 相互作用の影響は重要であると思われる。今回の実験で、量子ホール効果にも似た精緻な相図がスピン系において見出されたことで、今後理論的な解明が一段と進むことが期待される。

一方、我々はこの物質が圧力下においても不思議な磁気相転移を示すことを見出した（和氣剛）[6]。0.3GPa 以上の圧力下、c 軸方向の磁場下でホウ素核の NMR を行うと、約 30K より低温で共鳴線が徐々に分裂する。スペクトルの磁場方向依存性から、この分裂の原因は直交する二つのダイマー副格子が非等価になったためであることが分かった。（圧力下の X 線（物性研・山浦淳一氏）で、実際に 4 回対称性が消失する構造変化が確認されている。）ところが図 2(b)に示したように、2GPa 以上の高压では更に 4K 以下で全ての共鳴線が分裂し、低温ではシフトが殆どゼロのシャープな共鳴線（図 2(b)で B1s-B4s と名づけたライン）と有限のシフトを持つブロードな共鳴線（図 2(b)の B1b-B4b）が現れる。これは純粋に磁気的な 2 次相転移で、2 つのダイマー副格子のそれぞれが 2 倍周期の超構造を形成することを示している。しかし低磁場では、両方の共鳴線とも低温でゼロシフトに近づくので、自発磁化は存在しないと思われる。従ってこの秩序相は図 2(c)に示したように、それぞれの副格子上にギャップの異なる 2 種類のダイマーが自発的に形成された状態で、ダイマー内スピン相関の反強成分が秩序パラメータであると推定される。これは一種の Valence-Bond-Solid(VBS) 秩序と考えることが出来そうであるが、このような秩序は今まで例がなく、ミクロな機構の解明が待たれる。

スピノン 1/2 を唯一の自由度とする単純な系でありながら、10 年を経てなお新奇な量子現象が尽きないこの物質は、量子スピン系の中でも稀有の物質と言ってよいだろう。今後もまだ楽しめそうな物質である。

3. パイロクロア型アルカリ・オスミウム酸化物におけるラットリングの観測

超伝導の話題に移ろう。1987 年から 1994 年にかけて私はもっぱら銅酸化物超伝導体の実験に携わっていたが、その後興味が主にスピン系に移っていった。ところが近年物性研の廣井研究室でパイロクロア格子上の新しい超伝導酸化物が発見され、再び超伝導に関わる機会を得た。 $A_2B_2O_7$ の組成式を持つパイロクロア化合物の中ではフラストレーションの強い磁性体が多数知られているが、超伝導体は長い間見つかっていなかった。（同じパイロクロア格子を含むスピネル化合物では $LiTi_2O_4$ という超伝導体が知られている。）ところが 2001 年に $Cd_2Re_2O_7$ が転移温度 1K の超伝導体であることが、廣井研（花輪氏ら）と京大の吉村研で同時に独立に発見された[7]。我々は（Oleg Vyaselev、新井浩一、小林主征）廣井研で合成された単結晶を用いて、Cd サイトの NMR や Re サイトのゼロ磁場下 NQR（核四重極共鳴）を行った。Re サイトの核磁気緩和率は、超伝導転移温度直下で巨大なコヒーレンスピークを、低温では活性化型温度依存性を示し、典型的な弱結合 BCS 超伝導体であることが分かった[8]。超伝導に関する興味は薄れたが、200K と 120K で起きる逐次構造相転移と電子物性の関連が注目された。これに関しては、NMR/NQR で観測されたサイト対称性の低下から各相の可能な空間群が絞り込まれ、後の構造解析を進める上で指針となった[8,9]。しかし、反転対称性の僅かな破れを伴う構造相転移が物性にどのような影響を及ぼしているかという点は、今でもあまり良く分かっておらず、まだ今後の進展が期待される。

その後 2004 年に廣井研（米澤氏ら）でまた新しい超伝導体が発見された[10]。ベータ・パイロクロア型と名づけられた AOs_2O_6 ($A=K, Rb, Cs$) の組成式を持つこの系は、通常の 227 組成のパイロクロア化合物において、遷移金

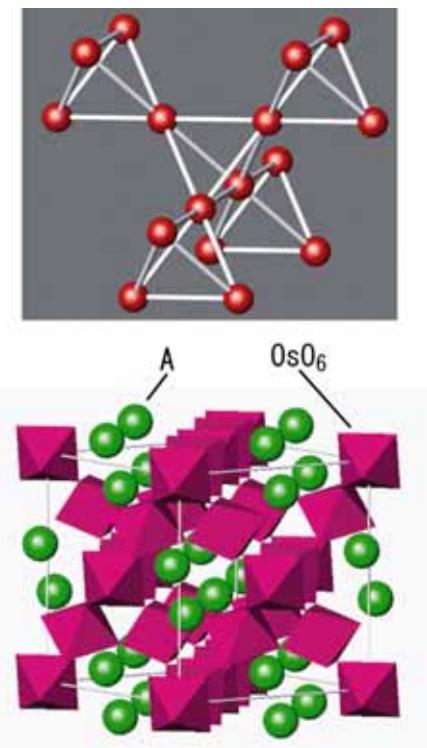


図 3 パイロクロア格子(上)と AOs_2O_6 の結晶構造(下)。

属サイトが形成するパイロクロア副格子を保持し、もう一つのパイロクロア副格子の正四面体の中心をアルカリイオンで置き換えた構造を持つ(図 3)。アルカリ元素によって転移温度が 9K(K), 6K(Rb), 3K(Cs)と大きく変化し、最も高い T_c をもつ K 化合物において、比熱や電気抵抗の異常な振る舞いが観測されたことから、超伝導研究者の大きな興味を引いた。我々も(新井浩一、吉田誠)超伝導の発見直後から $\text{KO}_{\text{Os}_2}\text{O}_6$ と $\text{Rb}_{\text{Os}_2}\text{O}_6$ について、アルカリ原子サイトの NMR を開始した。

図 4(a)(b)に $\text{KO}_{\text{Os}_2}\text{O}_6$ における ^{39}K 核の核磁気緩和率 ($1/T_1$) を温度で割った量を示す。金属における核磁気緩和機構としては、通常スピン反転を伴う伝導電子の散乱(コリンガ過程)が支配的で、 $1/(T_1 T)$ は温度によらず一定となる。しかし実験データは(試料依存性があるものの)これとは異なり、温度を下げるに従って $1/(T_1 T)$ が増大し、13K付近でプロードなピークを示した後に緩やかな減少に転じ、更に超伝導転移温度以下で急激に減少する。一方、 ^{87}Rb 核ではこのような異常は見られなかった。磁化率がほぼ温度に依存しないパウリ常磁性を示すにも拘わらず、 $1/(T_1 T)$ が低温で増大することは、一般に低エネルギーの反強磁性的スピン揺らぎの発達を意味する。また 13K以下の減少は、銅酸化物高温超伝導体のアンダードープ領域で見られた擬ギャップ現象と酷似している。我々は、このような特異な反強磁性的スピン揺らぎが最高の T_c を示す K 化合物でのみ観測されたことを強調して論文を投稿した。2人のレフェリーからはいずれも好意的なコメントが送られ、多少手直しをして再投稿すれば出版されるはずであった。ところが私の悪い癖で、改訂をさぼって論文を暫く放置しているうちに状況が変わってきた。

この物質では、オスミウムと酸素が作る籠状の広い空間の中心にアルカリイオンが比較的孤立して存在する。その頃、同じような籠状構造を持つ他の物質において、ラットリングと呼ばれる籠中原子の非調和振動が観測され、異常な熱的・弾性的性質の原因であると考えられるようになってきた。そしてベータ・パイロクロア系においても、アルカリイオンのラットリングの可能性が指摘され始めてきた。一般に、格子振動は原子核位置の電場勾配に時間的な変調を加えるので、電気四重極相互作用を通じて核磁気緩和の原因となり得る。しかし、これまで知られている金属ではいずれも磁気的な緩和機構が圧倒的に優勢で、フォノンによる緩和の観測例は、他に緩和の原因となるものがない非磁性絶縁体イオン結晶に限られていた。我々も当初はフォノンによる核磁気緩和など考えもしなかったのだが、ラットリングが議論され始めるに及んで、念のため緩和機構を実験的に確かめておこうと考えた。カリウムには $3/2$ の核スピンを持つ二つの同位体 ^{39}K と ^{41}K があり、 ^{39}K がより大きな磁気モーメントを持つが、電気四重極モーメントは ^{41}K の方が大きい。従って両者の $1/T_1$ の値を比較すれば、どちらの緩和機構が支配的なのか実験的に決定できる。同位体比を測定してみると、驚いたことに測定した全温度域でほぼ 100% フォノンによる緩和であることが分かった(図 4(a)の挿入図)。すると、超伝導転移温度以下で緩和率が急激に減少するのは、超伝導によって電子励起にギャップが開いたためではなく、電子格子相互作用を通じてフォノンの動的特性が超伝導により変化したためと考えなくてはいけない。一方、電子系のスピン励起に関する情報は、籠を形成するオスミウムまたは酸素サイトの NMR に反映されるはずである。実際に ^{17}O 同位体を含む試料に対し酸素サイトの緩和率を測定すると、 $1/(T_1 T)$ は T_c 以上でほぼ一定で低温で急激に減少し、カリウムサイトとは全く異なる温度変化が観測された(図 4(c))。しかも転移温度直下での変化はなだらかで、通常の超伝導体で期待されるコヒーレンスピークが抑制されているように見える。この原因としては、超伝導準粒子がラットリングによる強い散乱を受けていること

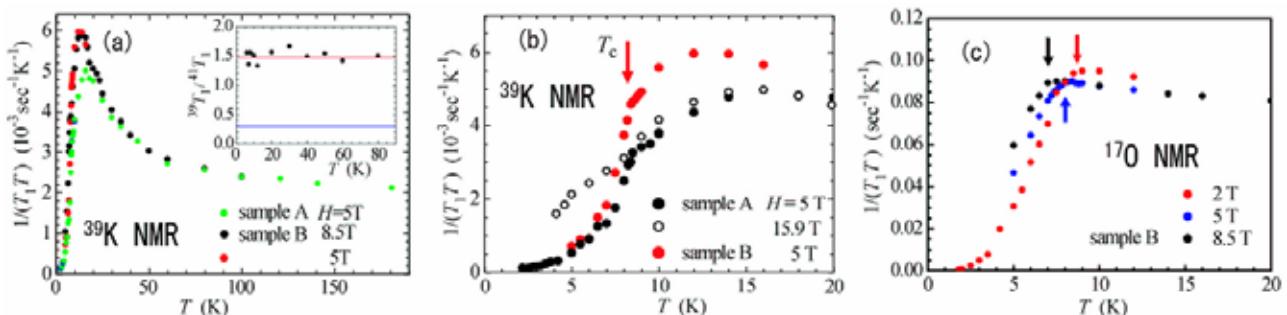


図 4 (a) $\text{KO}_{\text{Os}_2}\text{O}_6$ における ^{39}K 核の $1/(T_1 T)$ の温度依存性。挿入図は ^{39}K と ^{41}K の緩和率の同位体比。赤線、青線はそれぞれ四重極モーメントと磁気モーメントの二乗比を表す。(b) 同じデータの低温部分の拡大。(c) $\text{KO}_{\text{Os}_2}\text{O}_6$ における酸素サイトの $1/(T_1 T)$ の温度依存性。矢印はそれぞれの磁場における超伝導転移温度を示す。

が考えられる。このように、測定する核種によって、フォノンのダイナミクスと超伝導を担う電子の振る舞いを選択的に観測していくことになる。サイト選択性という NMR の利点が生かされた好例である。

通常フォノンによる核磁気緩和は、2 フォノン・ラマン散乱を伴う過程が支配的で、温度と共に単調に増加し高温で T^2 に比例する。ではカリウム核で観測された異常な温度依存性はどのように説明できるか？我々は低い特性周波数と非調和性を有するラットリングの特徴として、シャープな固有モードが存在しにくく、温度上昇によって強いダンピングを受けるのではないかと考えた。フォノンのスペクトル幅が広がれば、MHz 領域にある NMR 周波数における揺らぎのスペクトル強度が直接緩和率に寄与する（直接過程）と予想される。そこで、温度と共に増大するダンピングを仮定して緩和率の温度依存性を説明した。結局、最初に論文を投稿してから、新しい論文が出版されるまでに一年以上が経過した[11]。

しかしながら話は終わりではなかった。我々のシナリオでは、低エネルギーのラットリングモードは常温付近で過減衰の状態にあり、中性子やラマン散乱のピークとしては観測されないと予想していたが、実際には、その後廣田研や ILL で行われた中性子実験で孤立イオンモードとおぼしき非弾性ピークが観測された。更に、前物性研所長の上田和夫氏がこの問題に興味を持ち、2007 年に客員所員として物性研に滞在していたドイツ Tübingen 大の Thomas Dahm 氏と一緒に、ラットリングによる核磁気緩和率を理論的に考察した。Dahm-上田はポテンシャルの非調和性と電子格子相互作用によるフォノン周波数の繰り込み効果を取り入れた簡単なモデルを用いて、2 フォノン・ラマン散乱の範囲内でカリウムサイトの緩和率の異常な温度依存性を再現することに成功した[12]。同じモデルで電気抵抗率の温度依存性も自然に再現されており、ラットリングの本質を理解する上で有益な方向を示した理論であると思う。結局、我々の解釈は見当違いであったわけだが、実験と理論が密接に結びついて本質的な進展が得られたという意味では貴重な体験であった。

4. f 電子系の多極子秩序

希土類・アクチナイドなどの f 電子系化合物において、通常の磁気秩序（磁気双極子の秩序）以外の電気四極子や磁気八極子などの高次の多重極モーメントが示す秩序状態が重要な研究テーマとなっている。これらの多極子が符号を変えながら並んだ反強秩序状態は、実験的な検出が困難であるためにしばしば「隠れた秩序」と呼ばれる。電気四極子は d 電子系の軌道自由度に類似の概念であるが、スピン軌道結合の強い f 電子系においては全角運動量 \mathbf{J} の 2 次式として表される。同様に磁気八極子、電気十六極子は \mathbf{J} の 3 次式、4 次式で表される。このような高次の多極子を直感的にイメージするのは難しいが、多少厳密さを犠牲にすれば、例えば磁気モーメントがゼロでも八極子の期待値が有限である状態とは、スピン密度の全空間での積分値がゼロであっても局所的スピン密度分布が有限であるような状態であると考えてよい。例として図 5 に $J_x J_y J_z$ で表される八極子に対応するスピン密度分布を示す。（矢印はそれぞれの場所におけるスピン偏極の向きを示す。）スピン密度の積分値はゼロなので、このような秩序パラメータは通常の磁気測定では検出できない。しかしフェルミ接触相互作用を通じて原子核スピンに働く超微細磁場は、原子核の位置における局所的なスピン密度に比例するので、NMR による検出が可能である。例えば図 5 に示した例で、中心に希土類イオンがあり、そこから[111]及びこれと等価な方向へ等しい距離に 8 個のリガンドサイトがある系を考えると、これらのリガンドの原子核スピンは向きの異なる内部磁場を感じるので、NMR 共鳴線が分裂するはずである。

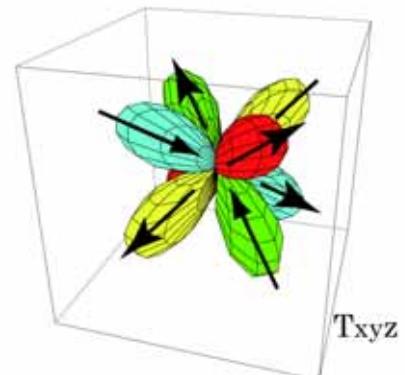


図 5 磁気 8 極子の例

酒井治、椎名亮輔、斯波弘行、Peter Thalmeier の 4 氏は 1997 年にこのような機構を初めて提唱し[13]、学位論文のテーマとして 1982 年に私が行った CeB₆のホウ素サイトの NMR 実験から得られたスペクトルが、反強四極子秩序状態に磁場を加えて誘起される磁気八極子によって説明されることを明らかにした。実は学位論文の中で、私は通常の双極子磁場で NMR の結果を説明しようと苦心したあげく、3 つの波数成分の重ね合わせからなる如何にも人工的な反強磁性構造を提案したのが[14]、その後中性子回折の実験によってそのようなスピン構造が否定され、NMR の結果をどう説明するかは未解決であった。この謎を見事に解明した酒井氏らのおかげで、大学院時代の私の実験も 15 年ぶりに目の目を見る事ができた。酒井氏らの解析法は結晶の対称性に基づいて核スピンと多極子の結合の表式を現象論的に求め、多極子秩序のタイプを仮定したときに、外部磁場の下でどのような超微細磁場が生じるかを群論的に考察する方法で、物質によらない一般性を持っている。

その後最近になって、充填スクッテルサイト構造を持つ希土類化合物において隠れた秩序が関与すると思われる相転移が見つかった。我々は首都大の佐藤英行氏、菅原仁氏から $\text{PrFe}_4\text{P}_{12}$ の純良な単結晶を頂いて、P サイトの NMR を行った（菊地淳）。この物質は 6.5K 以下で明確な相転移を示すが、磁気秩序は検出されていない。磁場と共に転移温度は減少、7 テスラ以上で相転移は消滅し、高磁場では重い電子状態が実現する。高温の結晶構造は体心立方であるが、低温相では(1,0,0)の波数を持つ超格子反射が観測され、(1/2,1/2,1/2)の併進対称性が失われた単純立方に変化している。我々が NMR を始めた当初は、この相転移は(1,0,0)の波数を持つ反強四極子秩序であろうという考えが優性であった。図 6 に示すように、12 個の等価なリン原子が一つの Pr サイトを囲むように配置されている。これは希土類原子の周囲に局所スピン密度を検出するプローブが網の目のようにめぐらされた構造で、多極子の状態を知るのに非常に好都合であるように見える。実験を始めて間もなく、高温相で観測された NMR 共鳴線のそれぞれが転移温度以下で 2 本に分裂することが分かった。それぞれのサイトの分裂幅の磁場方位依存性を図 7 に示す。またこの分裂幅は低磁場では磁場に比例してゼロに向かうことから、ゼロ磁場での秩序パラメータは電気的多極子 (J の偶数次) であり、NMR ラインの分裂は磁場によって誘起された磁気多極子によると推定された。

詳細な NMR データを得た菊地氏は、酒井治氏と椎名亮輔氏のお知恵を借りながら、実験で得られた角度依存性を解析して多極子秩序（最初は四極子秩序と考えていた）を同定しようと試みた。実験結果の重要な特徴は、低温相の NMR 共鳴線の数は磁場の方向によらず常に高温相の 2 倍である、という点である。これは格子の併進対称性を破る反強的秩序によって、Pr の周りの P_{12} のケージも 2 種類に分かれたことで説明がつく。詳細は原論文 [15,16] や解説 [17] に譲るが、それ以上の分裂がないことは、Pr サイトの点対称性が低温相でも低下していないことを意味する。即ち、二つの副格子上の Pr は異なる 4f 電子の電荷分布を持つが、いずれも点群 Th の対称性を保つような電荷分布でなければならない。これは秩序パラメータが点群の対称操作に関して不变である、即ち恒等表現に属するということと同等である。実はこのような秩序パラメータは、四極子から作ることが出来ない。群論的な考察から全対称な秩序パラメータは十六極子、または六十四極子に限られることが分かった。Th 群に関して不变な電荷分布を持つ多極子の例 ($J_x^4+J_y^4+J_z^4-3/5$ で表される十六極子) を図 8 に示す。我々の論文以前に Kiss-倉本は磁化の異方性や我々の NMR の結果に基づいて、同様なスカラー秩序パラメータを提唱した[18]。また Fe を Ru で置き換えた $\text{PrRu}_4\text{P}_{12}$ は 160K という高い温度で $Q=(1,0,0)$ の超周期構造を伴う金属絶縁体転移を示すが、瀧本は $\text{PrRu}_4\text{P}_{12}$ の低温相が図 8 に示される十六極子の反強秩序相であると提唱した[19]。複数の研究者が独立に同様な結論に到達したので、この秩序状態には「全対称秩序」、「スカラー秩序」、「十六極子秩序」「モノポール」など異なる名称がつけられている。

では、何故このような高次の多極子の秩序状態が生じるのか？これに

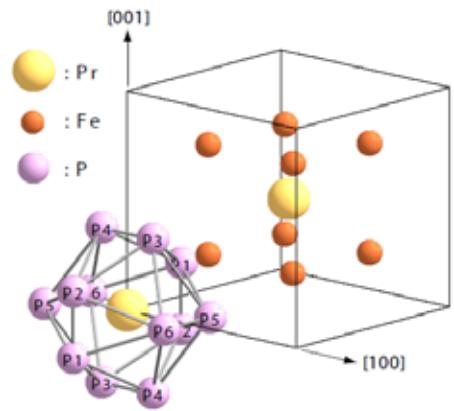


図 6 $\text{PrFe}_4\text{P}_{12}$ の結晶構造。

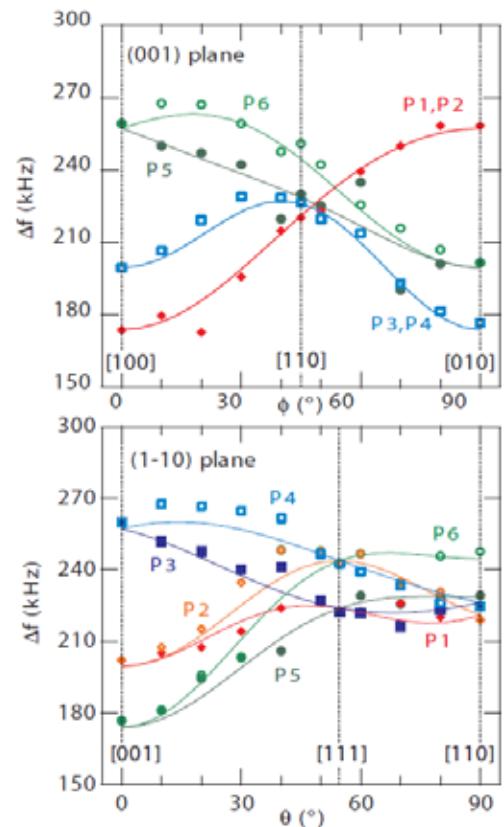


図 7 低温相における NMR 共鳴線分裂幅の角度依存性。

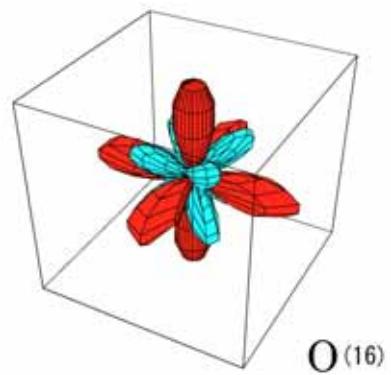


図 8 全対称な電気多極子（十六極子）の例。

関しては播磨尚朝氏（神戸大）が多極子と伝導電子の相互作用に起因するフェルミ面の不安定性という機構を提唱している。この系の伝導バンドは主にリンの p 軌道で作られる P_{12} ケージ上の xyz 対称性を持つ分子軌道から成り立っており、フェルミ面は (1,0,0) 方向にネスティングを示す。ケージの中心にいる f 電子と伝導電子の間のクーロン相互作用のために、伝導電子の感じるポテンシャルは f 電子の電荷分布に敏感に依存する。従って f 電子の電荷分布に (1,0,0) の波数の反強秩序が生じれば、伝導電子のポテンシャルに同じ波数の変調が加わり、フェルミ面に部分的なギャップが生じエネルギーが安定化される。これはよく知られたパイエルス転移と同様の機構である。通常のパイエルス転移において格子が果たす役割を、f 電子の多極子が果たしていると言えよう。ここで重要なのは、伝導電子のポテンシャルに影響を与えるのは、結晶のサイト対称性を保持するような電荷分布に限られるという点であり、秩序パラメータが全対称である必然性が理解できる。

5. その他のテーマ

大部長くなってきたので、上記以外の主なテーマについて簡単にまとめておこう。

I. 2 次元スピニ系 $(CuCl)LaNb_2O_7$: イオン交換法というソフト化学的手法によって合成されたこの物質は、シングレット基底状態を持ち 24K の励起ギャップを示す。最初は理論的に強い興味が持たれている正方格子上の J_1-J_2 モデルの具体例かと思われたが、我々の NMR 実験から局所的な構造変調が磁性に重要な影響を与え、 J_1-J_2 モデルは当てはまらないことが分かった（尾形誠之、吉田誠、試料は陰山洋氏）[20]。ギャップが消失する磁場が励起ギャップに比べて異常に小さいことから、エキゾチックな磁場誘起相の出現に興味が持たれる。

II. 鉄フタロシアニン錯体 $TPP[Fe(Pc)(CN)_2]$: この物質は、縮退した d 軌道にスピニを持つ鉄イオンが、環状フタロシアニン分子の中心に配位することで、イジング局在スピニと伝導パイ電子が強く結合したユニークな擬 1 次元伝導体で、数年前に物性研の田島研究室で巨大負磁気抵抗効果が発見された。2 年前から鉄に結合したシアノ基中の ^{13}C 核や ^{15}N 核の NMR を行っており（原洋太、永島裕樹）異方性の強い反強磁性秩序を観測した。現在パイ電子の振る舞いを調べるためにフタロシアニン環上の炭素を ^{13}C で置換した試料の合成を田島研の松田助教にお願いしているところである。

III. 金属絶縁体転移を示すパイロクロア、スピネル酸化物 : パイロクロア格子上に局在スピニを持つ反強磁性体の多くは、強いフラストレーションのため低温まで長距離秩序を示さない。しかし最近温度によって金属—絶縁体転移を示すパイロクロア/スピネル酸化物が見つかり、 $Hg_2Ru_2O_7$ 、 $Cd_2Os_2O_7$ 、 $LiRh_2O_4$ などについて NMR の実験を行っている（吉田誠、和氣剛、永島裕樹）。 $Hg_2Ru_2O_7$ ($Cd_2Os_2O_7$) においては 160K (240K) での金属—絶縁体転移と同時にコメンシュレートな磁気秩序（インコメンシュレートな SDW）が発生し、また混合原子価を持つ $LiRh_2O_4$ では絶縁体相で電荷秩序を起こすと同時に 3000K もの大きな結合エネルギーを持つシングレット・ダイマーを形成する。同じパイロクロア格子上の絶縁体であっても、金属—絶縁体転移に近い系の振る舞いは局在スピニ系と大きく異なり、多彩な秩序状態を示す（新領域高木研、物性研廣井研との共同研究）。

IV. 鉄砒素系超伝導体 : 鉄と砒素からなる 2 次元層を含む物質群で、今年 2 月に 26K の超伝導転移温度が発表されるや次々と記録が更新され、1 月余り後には転移温度は 50K を超えた。高温超伝導ブームの再現かという声も聞こえるが、我々も、今年新しくお隣同士となった大串研から試料を頂いて、実験を始めたところである（北川健太郎）。

この他にも、ここに紹介しきれないテーマで多くの実験を行ってきた。その中にはまだ論文として発表されていないものも多く、共同研究者の方には大変ご迷惑をおかけしている。これはひとえに私の怠慢のせいであるが、最近は吉田誠助教の叱咤激励のおかげで、少しづつ改善されている（と思う）。また、数は少ないが物性研の共同利用制度を通じた共同研究も行っており、その中には私の研究テーマとはかけ離れたものも含まれている。例えば、物性研の八木研究室を通じて紹介された奥地拓生氏（名古屋大）は NMR 用に開発したダイアモンド・アンビルセルを用いて高压下の氷に吸収された水素のダイナミクスを調べた。また鈴木義茂氏（大阪大）は、トンネル磁気抵抗効果を示すコバルト微粒子と有機物のコンポジット材料に対して、NMR を用いてコバルト微粒子中のスピニ偏極分布を測定した。このような共同研究を通して普段聞くことのない研究テーマについて知る機会を得ることは、我々にとっても貴重な経験である。

6. 装置と技術開発

NMR の信号が初めて観測されたのは、第 2 次大戦終結直後である。それから 60 年余りを経て、今や NMR は化学、生物、医学、材料科学など自然科学の殆どすべての分野で活用されており、特に生物・医学への応用には目覚しい進展が

ある。物理分野でも、單一スピン検出を目指す力学的検出法の開発や、2次元電子系の特徴を利用した電気抵抗による核スピン共鳴の検出法など、革新的な技術が生み出されている一方で、我々が興味をもっている物質科学に関しては、技術的にはほぼ完成し近い将来大きな変化があるとは思えない。実験技術という点では、強相関電子系や量子スピン系の研究においては新奇な量子状態を実現するための舞台づくり（強磁場、低温、高圧などの極限環境）がむしろ重要である。このうち強磁場に関しては、18テスラまでは物性研の超伝導マグネットでカバーでき、より高磁場が必要なときはグルノーブル強磁場施設にて旧知の友人である Claude Berthier, Mladen Horvatic両氏と共同研究を行っている。低温については吉田助教の努力で 20mK までの測定が困難なく行えるようになった。研究室で開発した装置として、超伝導マグネット中で単結晶試料の方針を制御できる NMR 用ゴニオメータと、高圧実験用の圧力セルを紹介したい。

これまで紹介した研究例からも分かるように、サイト選択性という NMR の利点を最大限に發揮するには、単結晶試料用に対する精密な角度分解スペクトルが必要とされる場合が多い。私は以前から超伝導マグネット中で試料の方針を任意に設定できる NMR プローブの必要性を感じていた。物性研に着任後、現所長の家泰弘氏から低温実験に使われていたコンパクトな 2 軸ゴニオメータを見せて頂き、それを元に新物質科学部門所属であった山崎技官（現工作室所属）が NMR プローブを設計した。約 0.2 度の制御が可能なこのプローブは、単結晶試料を用いた全ての実験に使われ大きな威力を發揮している（図 9 左）。このプローブの設計図は国内の幾つかの NMR グループにも提供されている。このようなささやかな貢献も、全国共同利用研究所に籍を置く者の務めであろうと思っている。

今日の物性研究では磁場と並んで圧力も必要不可欠な手段である。我々も数年前に物性研の上床美也氏と物材機構の松本武彦氏の協力を得て、NiCrAl 合金を用いたピストン・シリンドー型の圧力セルを設計し（新井浩一）3GPa までの高圧下 NMR を可能にした。この圧力セルは上に述べた 2 軸試料回転台に載せることが出来るので（図 9 中央）高圧下で単結晶試料の方針を制御した測定が可能である。その後更に高圧を目指して、昨年度から研究室に加わった北川健太郎氏（学振 PD）が八木研究室、上床研究室、松本武彦氏と共に対向アンビル型の NMR 用圧力セルを開発している（図 9 右）。3ヶ月の間に何と 40 種類以上（！）もの様々な形状のガスケットを試作して最適化を目指した結果、ダイアモンド・アンビルセルに類似の構造で、5立方ミリメータという大きな試料体積を保ちながら 8GPa の圧力を発生することに成功した。現在は、液体アルゴンを圧媒体に用いて高い静水圧性を実現するとともに、2 軸試料回転機構や希釈冷凍機と組み合わせることにチャレンジしている。

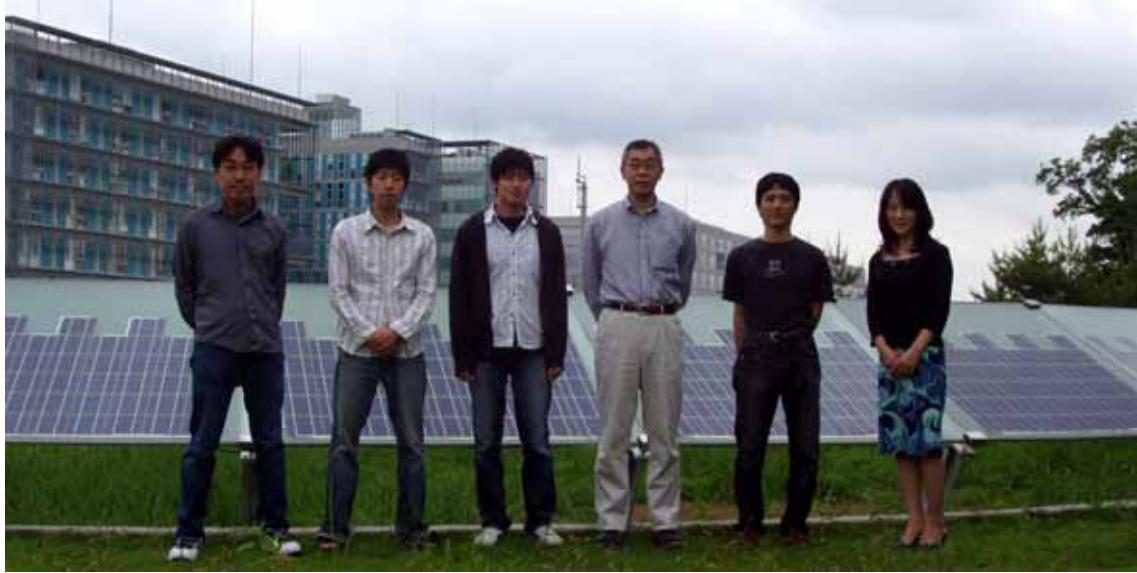


図 9 (左) 試料回転用 2 軸ゴニオメータを備えた NMR プローブ。(中央) 2 軸ゴニオメータにセットされたピストン・シリンドー型圧力セル。(右) 現在開発中の対向アンビル型圧力セルと 2 軸回転機構。

7. おわりに

予定の紙数を大分オーバーしてしまった。振り返ってみると柏移転後 8 年の間、色々なテーマに見境なく手を出してきたという感じがする。分野が広がりすぎて、多少消化不良を起こしているという反省がないわけではない。個々のテーマについて私自身が表面的にしか理解していないために、本当に面白い展開を見逃しているのではないかという気もある。年をとって、実験データの解析や新しいテーマの勉強が以前ほどスピーディーに出来なくなっていることにも、原因があるかも知れない。しかし面白そうなテーマが目の前にあれば、やはり手を出さずにはいられない。良かれ悪しかれ、消化不良とは分かりつつもこのようなスタイルで今後も研究を続けていくであろう。そのうち腰を落ち着けて集中できるライ

フワークとなるべきテーマが見つかるかも知れない。多少油切れの兆候がある私の至らなさを補っているのは、研究室の若いメンバーの熱意である。継続的に若いメンバーが入れ替わり、新しい空気を吹き込んでくれたおかげで、今までやつてこれたのだと思う。最後に、これまで多くの貴重な試料を提供下さり、また日々の議論を通じて様々な問題の理解を助けて頂いた共同研究者の方々にお礼を申し上げて、稿を閉じたいと思う。



今年度の研究室のメンバー。向かって左より吉田誠（助教）、小山幸紀（M2）、永島裕樹（M2）、筆者、北川健太郎（学振PD）、川井明子（秘書）の諸氏。

参考文献：

- [1] H. Kageyama *et al.*, Phys. Rev. Lett. **82** (1999) 3168, K. Onizuka *et al.*, J. Phys. Soc. Jpn. **69** (2000) 1016.
- [2] K. Kodama *et al.*, Science **298** (2002) 395.
- [3] M. Takigawa *et al.*, Phys. Rev. Lett. **101** (2008) 037202.
- [4] F. Levy *et al.*, EPL **81** (2008) 67004.
- [5] K. Kodama *et al.*, J. Phys.:Condens. Matter **17** (2005) L61.
- [6] T. Waki *et al.*, J. Phys. Soc. Jpn. **76** (2007) 073710.
- [7] M. Hanawa *et al.*, Phys. Rev. Lett. **87** (2001) 187001, H. Sakai *et al.*, J. Phys. Cond. Mat. **13** (2001) L785.
- [8] O. Vyaselev *et al.*, Phys. Rev. Lett. **89** (2002) 017001.
- [9] K. Arai *et al.*, J. Phys.:Condens. Matter **14** (2002) L461.
- [10] S. Yonezawa, Y. Muraoka, Y. Matsushita, and Z. Hiroi, J. Phys.:Condens. Matter **16** (2004) L9.
- [11] M. Yoshida *et al.*, Phys. Rev. Lett. **98** (2007) 197002.
- [12] T. Dahm and K. Ueda, Phys. Rev. Lett. **99** (2007) 187003.
- [13] O. Sakai, R. Shiina, H. Shiba, and P. Thalmeier, J. Phys. Soc. Jpn. **66** (1977) 3005.
- [14] M. Takigawa, H. Yasuoka, T. Tanaka, and Y. Ishizawa, J. Phys. Soc. Jpn. **52** (1983) 728.
- [15] J. Kikuchi, M. Takigawa, H. Sato, and H. Sugawara, J. Phys. Soc. Jpn. **76** (2007) 043705.
- [16] O. Sakai *et al.*, J. Phys. Soc. Jpn. **76** (2007) 024710.
- [17] 酒井治、菊地淳、椎名亮輔、瀧川仁、日本物理学会誌 **63** (2008) 427.
- [18] A. Kiss and Y. Kuramoto, J. Phys. Soc. Jpn. **75** (2006) 103704.
- [19] T. Takimoto, J. Phys. Soc. Jpn. **75** (2006) 034714.
- [20] M. Yoshida *et al.*, J. Phys. Soc. Jpn. **76** (2007) 104703.

研究室だより

廣井研究室

物質設計評価施設 廣井 善二

1. はじめに

1998年12月、物性研に着任してから早10年が過ぎ去ろうとしている。六本木から柏への本格移転まで1年余となっていた時期であった。六本木での短い生活は私にとって、研究室立ち上げに伴う困難や偉い先生方に囲まれて大変などころに来てしまったという後悔の中で大変しんどいものであった。やけくそで青山墓地を走り回ったり、六本木の住人になったつもりで真夜中にぶらっと飲みに行ったりして気を紛らわしているうちに、研究らしいことは何もせずに過ごしてしまうことになった。しかし、ここで落ち込んで悩みまくったことで、自分に何ができるかできないかということ、何をやるべきかということが少しだからてきたように思う。「人はどんなことからでも努力さえすれば何かを学べる」のである。

移転直前に村岡氏が助手として着任し、柏キャンパスの真新しい建物に入って学生さんも2人に増えたことで気分は一新された。六本木に長くおられた先生方とは違って、私にとって柏は「祝福された大地」に見えた。チグリス・ユーフラテス川の三角州で栄えたメソポタミア文明のように、江戸川と利根川に挟まれた柏は新たな文明の発祥地になる、というシュールなジョークも囁かれたが、少なくとも何か新しいことにチャレンジできそうな予感があった。その後8年の時の流れの中で、多くの若い人達と一緒に何を考え、何をやってきたかをここに記したいと思う。せっかくの機会なので好き勝手に言いたい放題、少々羽目を外して（いつもそうだが）書こうと思うのでしばしの間お付き合い願いたい。

2. 人

大学での研究における生命線は学生である。最近、特にこのことを強く感じる。われわれは毎年、確実に歳を取っていくが、学生さんは常に新入り卒業していく。この新陳代謝こそが新しいものを生み出す原動力であろう。

表1にこれまで研究室に在籍した人達の流れを示した。最初の3名は理学部化学研究科の学生であり、その後は全て新領域創成科学研究科物質系専攻の学生である。柏キャンパスで新領域が順調に立ち上がった結果、学生数も増え現在では博士課程2名、修士課程3名の学生が在籍し、研究室の規模としては程よいものとなっている。

表1 研究室構成メンバーの推移

年度	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
助教授/ 教授	広井善二										
秘書		長谷部温子		吉澤泉子						掛札 綾	
助手/ 助教			村岡祐治					岡本佳比古			
				山浦淳一(X線測定室)							
PD					村松孝樹			田久保直子			
									江口律子		
学生		花輪雅史				吉田紘行					
			速水 宏明				鶴巻 厚				
				米澤茂樹				吉田 徹		小楠寛貴	
								善積大祐		西尾 悅	
									長尾洋平		塚本優人

スタッフでは初代助手の村岡氏が 2006 年 4 月より岡山大学の准教授としてめでたく転出し、代わって新領域高木研を卒業した岡本氏が現在 2 代目の助教として頑張っている。さらに、物質設計評価施設 X 線測定室の助教である山浦氏が準メンバーとして研究に参加している。その他、計 3 名の PD と歴代の秘書さんが研究室を盛り上げてくれてきた。

3. 研究

新物質探索

当研究室の第 1 の存在意義は新物質探索にある。固体化学的な手法とアイデアを駆使して固体物理的に面白いものを探すことを「国是」としている。物質開発という言葉はあまり好きではない。我々は常に自然に対して謙虚であらねばならぬと思う。あくまでも自然が与えてくれる物を探してくるのである。長年、物質探索をやってきて思うことは、物質屋は扱う物質によって育てられるものであるということだ。スピン系をやればスピンのことを勉強しなければならず、超伝導にぶち当たると流れる電子をイメージしなくてはならない。もちろん、読むべき教科書も違ってくる。物理音痴のえせ化学屋（決して謙遜ではない）には少々しんどい話であるが、実際に物を手にすると motivation が違うので結構、頑張ることができる。できれば常に最先端を行くような物質探索を行いたいと常日頃から思っているが、もちろんうまくいく場合もあれば、いかない場合もある。以下にこれまで扱ってきた物質を簡単に眺めてみたい。

柏への移転を機にあらたに始めたのが一連のパイロクロア酸化物に関する研究であった（図 1）。幸いなことに、最初の学生である花輪君が新しい超伝導体 $Cd_2Re_2O_7$ を発見し、これがその後の米澤君による β パイロクロア酸化物 AOs_2O_6 へつながっていく。前者は 30 年前に報告されていた物質のリバイバルだったのに対し、後者が全くの新物質であったことはほんとうにラッキーであった。長い歴史をもつ遷移金属酸化物の研究において、真に新しい物質に出会える機会は希である。

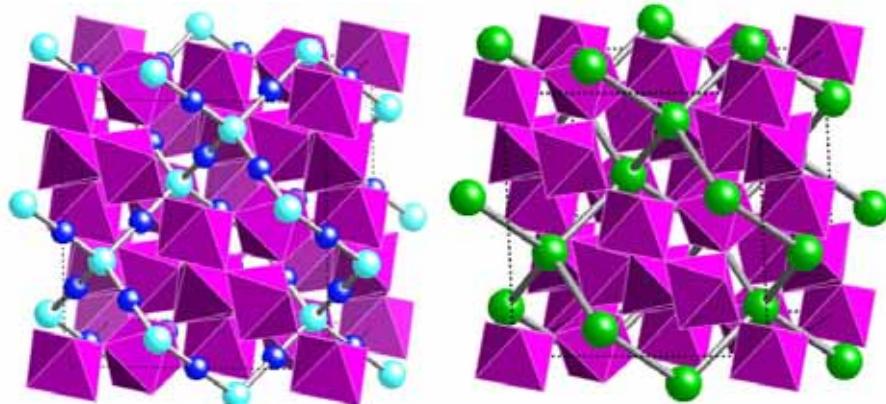


図 1 α パイロクロア酸化物 $Cd_2Re_2O_7$ (左) と β パイロクロア酸化物 AOs_2O_6 の結晶構造 (右)。八面体は ReO_6 または OsO_6 を表す。青球は Cd、水色球は酸素、緑球はアルカリ金属原子 (Cs, Rb, K) を表す。

この新物質に名前を付けるにあたって、「ヨネクロア」という案も出されたが、誰も使ってくれないと困るのでオーソドックスな β となった。当時、米澤君が作った KOs_2O_6 の 1mm 程度の大きな単結晶 K-729 (図 2、作った後にはってあったのを山浦氏が保存してくれていた) は、強結合超伝導やラットリングとそれに絡んだ相転移の研究に大いに役立った。

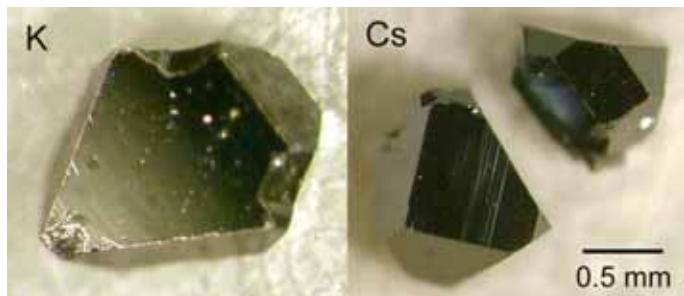


図 2 米澤作 KOs_2O_6 単結晶 K-729 (左) と長尾作 $CsOs_2O_6$ 単結晶 (右)。どちらも 1mm 程度の大きさである。

その後の山浦氏、長尾君の努力にもかかわらず、このような大きさの良質な結晶は得られていない。「米澤マジック」と呼ばれた彼の合成手法は今や伝説となっている。ただ、経験的に分かってきたことは、ちゃんと条件を押さえ（たつもりで）丁寧に合成しようとすればするほどできることである（実験にはよくあることだが）。米澤マジックのタネを探す努力は今でも続けられている。他の Cs、Rb 酸化物については長尾君の努力によって極めて良質な結晶が作られ（図 2）、特に Cs に関しては物材機構の寺嶋氏によりドハース・ファンアルフェン効果の観測も行われた。 β -パイロクロア酸化物に関する研究は現在、山浦氏と小楠君により引き継がれており、さらに面白い物理が見え始めているが、書き出すと長くなるのでやめる。小楠君、でかい結晶をよろしく。一方、長尾君、岡本氏により次なる β -パイロクロア酸化物 CsW_2O_6 についても研究が進行中であり、近いうちにどこかで発表されるだろう。

もう一つの物質探索の柱はフラストレート系スピニル化合物である。数年前までは研究会でスピニル系の新しい物質の話をするたびに、ある北の方の大学の M 先生から「それは電気が流れますか？」と質問されて（もちろんこんな質問をされるのは理論家である）、「いいえ」とお答えすると悲しそうな顔をされて落ち込んだものであった（もちろん私が）。しかし最近ではフラストレーションに関する川村特定領域研究が立ち上がったこともあり、以前よりは大手を振ってスピニル系の話ができるようになったようを感じる。と書きながら、ふと思い当たったのだが、パイロクロア超伝導の研究を始めたのもこのプレッシャーのお陰であった。M 先生には心から感謝します。

現在、スピニル系の物質探索を行っているのは博士課程 3 年の吉田紘行君である。彼はシュツツガルトのマックスプランク研究所の Jansen グループが見つけた銀とニッケルの 2 次元酸化物 Ag_2NiO_2 （図 3）に着目し、スピニル 1/2 三角格子化合物として世に送り出した。さらに、これをきっかけとして 2006 年秋の 3 ヶ月を Jansen 教授の研究室で過ごした。そこで研究を始めた関連物質 Ag_2MnO_2 はスピニル 2 の古典スピニル三角格子系であり、カイラリティーの自由度に関係すると期待される相転移を見出した。その結果は近々 JPSJ に出版される。さらに最近では、スピニル 1/2 カゴメ格子物質である volborthite の良質試料作製に成功し、そのスピニル液体的な基底状態に磁場誘起の量子相転移（？）が複数あることを発見した。これらの研究は榎原研、徳永研、金道研との共同研究の成果であり、近いうちに発表されるだろう。実際に何が起こっているのか不明であるが、なにやら面白いことが起こっているようである。今後の大きいなる楽しみである。

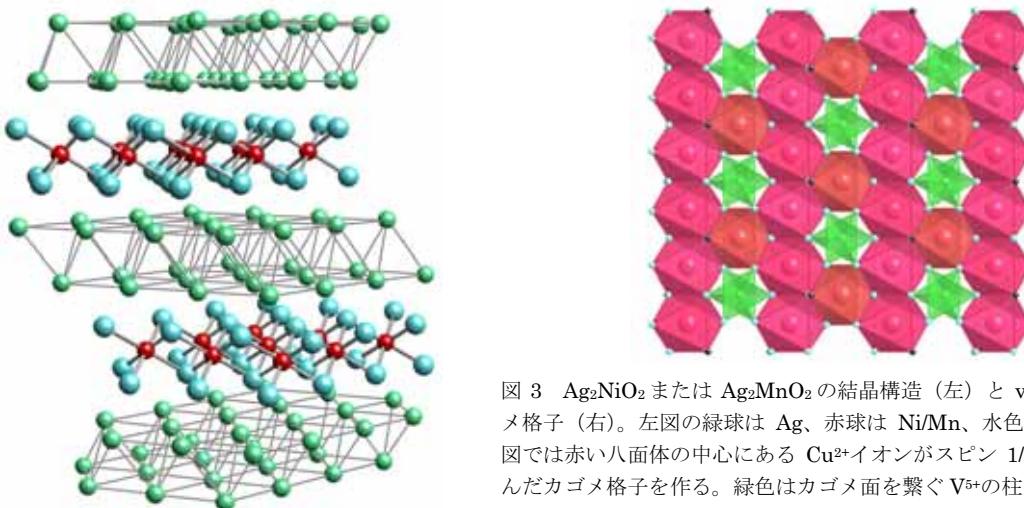


図 3 Ag_2NiO_2 または Ag_2MnO_2 の結晶構造（左）と volborthite のカゴメ格子（右）。左図の緑球は Ag、赤球は Ni/Mn、水色球は酸素原子。右図では赤い八面体の中心にある Cu^{2+} イオンがスピニル 1/2 を持って少し歪んだカゴメ格子を作る。緑色はカゴメ面を繋ぐ V^{5+} の柱である。

化学をはじめに

新物質探索は確かに面白いが、いつも新しいものが転がっているわけではない。というか、真に新しいものに巡り合う機会は極めて希である。よって、既に見つけられた物質で我々にどのような寄与ができるかも考えなければならない。その一つの例が Na_xCoO_2 である。この物質は水入りで超伝導になる変わり物であるが、水無しの物性もユニークで興味が持たれている。問題は Na 組成をきちんと制御することが難しいことと Na の規則配列が物性に大きく影響することである。よって、善積君と西尾君は村岡氏、岡本氏とともに固体化学的な手法で Na 量をきちんと制御した、かつ、規則配列化を押された試料を作った。最近の西尾君の結果では、 x が 0.62あたりで驚くべきことに 0.001 以下の組成変化で物

性が劇的に変化することがわかった。これは Na_xCoO_2 の特異なバンド構造を反映していると思われる。ちゃんとまじめに作れば、ちゃんと答えてくれる物質もある。バルクの物質だからこそできることもある。

薄膜と光

柏移転を機に村岡氏を中心として新たに挑戦を始めたのが薄膜の仕事であった。誰にも知られていないが、実は私の博士論文のテーマは人工超格子薄膜であった（あまり思い出したくないが）。ふとした思いつきでまた薄膜を始めることになったが、幸いにも村岡氏が阪大でレーザープレーリングによる薄膜作製の経験があり、 VO_2 や V_2O_3 を皮切りに Mn 、 Cu 、 Sn 酸化物や有機物薄膜にまで手を伸ばすこととなった。これらの仕事には米澤君、村松氏、山浦氏、田久保氏が参加している。特に後半の研究は pn 接合形成を行い、紫外線照射による薄膜のキャリア濃度制御を目指したもの（光キャリア注入）となり、応用研究的な要素も含まれていて随分新しいことを勉強した（せざるを得なかった）。当時は結構興奮してみんなで頑張ったが、残念ながら期待ほどの成果は得られず、尻すぼみとなっている。

薄膜研究の難しさは絶対的に試料の量が少ないことがある。薄膜や界面は 2 次元であるのでこれはいかんともしがたい。量が少ないとことは統計的な揺らぎを生み、試料作製の再現性を悪くする。また、評価方法の制限から、クリアな結論を導くのにしばしば困難を伴う。パウリの言葉「固体は神の、表面は魔の創造物」をどのように解釈するかは自由だが、薄膜をテーマに与えられた学生はしんどいのである。もちろん、だからこそ面白いことが隠されていてやりがいがあるというべきなのだろう。

現在は鶴巻君がその超ユニークな個性を発揮して YBCO 超薄膜の超伝導性について超越的な研究を行いつつある。STO の表面ステップに絡んだ面白い現象が見え始めているので今後の展開に期待したい。

スピノーダル工学

このような加減なネーミングをして始めた研究が $\text{VO}_2\text{-TiO}_2$ 系のスピノーダル分解に関する研究である。金属-絶縁体転移を示す強相関電子系の VO_2 とワイドギャップ半導体の TiO_2 を混ぜたら何が起こるか、である。ちなみにこの言葉をネットで検索するうちの HP しか引っかからない（つまり誰も使っていない）。この研究はもともと上田寛研で行われたものであるが、速水君、吉田徹君の修士論文テーマとして引き継いだ。スピノーダル分解は初期宇宙から金属、酸化物、ソフトマターまで幅広い系において起こる一般的な相分離現象であり学問的にも興味深いが、これを何らかの応用に使えないかというのもちょっとした遊び心である。本年 3 月に卒業し、文科省に入った吉田君は大きな単結晶を作製し、スピノーダル分解に起因した電気抵抗の大きな異方性を見出したが、果たしてこれをどう売り出そうか思案中である。

極めて最近の話題、鉄砒素超伝導

2008 年初めから大きな話題となっている鉄砒素超伝導体（図 4）であるが、6 月現在、世界中で加速度的に研究が進行している。細野氏の第一報から既に印刷された論文も多く、cond-mat に至っては数える気にもならない。特に最近は応用関係の論文も増えている。まるで 20 年前を彷彿とさせる展開であるが、それよりはるかに傾きが急である。ここで現状を分析しても仕方がないので相変わらずコメントを少々。皆さん、化学式は LnFeAsO を使いましょう。母物質はこのように明らかでいいが、F を置換したり、酸素欠損を導入して超伝導にしたときの化学式はかなり微妙である。置換しているはずの F 量を実験的に決定するのは非常に難しい。さらに酸素サイトに欠損が入る可能性が高いので、 O_{1-x}F_x と書くのも危険である（これは欠損がないことを前提にしている）。ましてや、論文の題目にあやふや組成式、例えば、 $\text{NdFeAsO}_{0.82}\text{F}_{0.18}$ などと平気で書く人がいるのは驚きだ。どうも物理屋は化学式をないがしろにしきる。化学屋が組成式にこだわるのは、物理屋がハミルトニアンの中身を気にするのと同じことである。現時点でも最も妥当な化学式は、 LnFeAs(O,F)_{1-x} であろう。これは O と F が酸素サイトに統計的に分布し、そのうちの x が欠

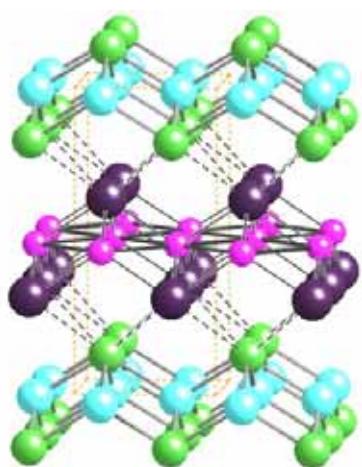


図 4 鉄砒素超伝導体 LnFeAs(O,F)_{1-x} の結晶構造。桃球の鉄原子が 2 次元正方格子を作り、上下に紫球の As 原子が配位する。緑球はラントノイド原子、水色球は O または F または欠損である。

損していることを意味する。もちろん F が含まれていなければ LnFeAsO_{1-x} とすればよい。化学式は物質の正式名称なので、これをしっかりと統一しないとネットでの検索にも支障が生じる。特に組成が実験的に明確であり、それが特別な意味を待たない限りは、このような一般的な式を用いるべきである。例えば、有名な $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-\delta}$ のように。

さて、このような大きな発見があったとき誰でも迷うのは、即座に参入するか、落ち着くまでしばらく待つか、全く蚊帳の外にいるかだろう。とても難しい選択である。我々のような小規模研究室では新物質をやって先行逃げ切りでいきたいので、できれば後追いをするのは避けたい（競馬とは違う）。しかし、全く知らんぷりしているのも淋しい。研究はみんなでやると盛り上がり楽しいものである。パイロクロアは確かに面白いが、実際にやっている人が少ないので今一盛り上がりに欠けるのも事実だ。と言うわけで、岡本氏と M1 の塚本君がそれなりに合成を始めているが、やはり、この物質、というか物質群はいろいろな意味でなかなか面白そうである。結構、奥が深いかも知れない。今後の展開に期待しよう。

その他、雑感

我が研究室が第 1 目標に掲げてきたのは室温超伝導への挑戦である。銅酸化物の $T_c=160\text{K}$ を超える物質を見つけたい。でも、見つけてしまうとやるべきことがなくなってしまうので、取りあえず、その過程で T_c は低くても面白い超伝導体を見出したい。最終目標を達成するのは退職する頃が適当か（そんな都合の良い話はあり得ないが）。さて、しかしながら最近切に感じることは、あまりにどっぷり超伝導探索に浸っていると何も新しいものは見つからないのではないかという恐れである。 Na_xCoO_2 に水を入れて超伝導になるなどということは決して業界人には思い付かない。今回の鉄砒素超伝導体も透明電極などの仕事をしてきたグループの成果である。世の常として、狙ってできることはたかが知れている。分野外の人がやったときに初めて大きな発見が生まれるのだろう。こう考えると悲観的になってしまふが、逆に自分が別の分野のことをやるべきだと考えた方がよいのかもしれない。とは言ってもバリバリの物理はできないのでやはり物質合成であるが、目指す現象は多様にあろう。ど素人として何か新しい分野の研究にトライしてみたいと感じる今日この頃である。

上田和夫先生にこの話をしたら、毎年入ってくる学生さんが研究室に新しい風を呼び込んでくれるのでは、と言われた。確かにその通りである。元気な学生さんと何か新しい物質探索を始めたいものである。

4. 人生

私事になるが、昨年夏には一騒動あって多くの皆さんに心配と迷惑を掛けた。この機会を借りてお詫びを申し上げたい。私がこの世から消えると研究室もいずれ消滅することになる。小さいながらも世帯の長としての責任を再認識した次第である。

5. これから

さて、私も若手だと思っているうちに物性研所員の平均年齢を超えてしまった（たぶん）。単純に生き延びたとする（もう二度とヴェネツィアに行かなければ）定年まで後 18 年である。これを長いと思うか短いと思うかは微妙だが、まだ少しはあるというのが実感である。残された時間の中で何をなすべきかを考えなければならないが、元来いい加減な性格なので確たる展望もない。しかし、前にも書いたように何れは何か全く新しい分野の仕事にも挑戦してみたいと思う。できれば人様の役に立つことをやりたい。具体的にと聞かれても答えられないが、そのうちにどこかの女神が枕もとに立って教えてくれるだろう。

物性研はこれからどう変わっていくのだろうか。または、全く変わらずにこのまま物性物理の王道を進んでいいのだろうか。昨年、50 周年記念式典においてお二人の先生がおっしゃった言葉が頭をよぎる。倉本先生の「The very best, or one of the best」に「改革者たる殉教者」と秋光先生の「もっと浪漫主義を」である。殉教者にはなりたくないが、古典主義に陥らず、浪漫を目指して頑張りたい。

最後まで読んでいただきいた方、ありがとうございます。今後とも我が研究室を温かい目で見守っていただけますようお願い申し上げます。

研究室だより

長谷川研究室

ナノスケール物性研究部門 長谷川 幸雄

1. はじめに

長谷川研究室は、1999年5月に発足し、はや9年目を迎えていた。走査トンネル顕微鏡(STM)や原子間力顕微鏡(AFM)などを駆使し、表面原子構造や表面上でのナノ構造に起因した局所電子状態に関する研究を進めている。1999年度は物性研究所六本木時代の最後年で、幸いにして柏移転の「御利益」にあずかり、低温STM装置(超真空・液体ヘリウム冷却・11T)やAFM装置(超真空)などを整備することができた。研究室における現在の主力装置は、これらの2装置に加えて、科学技術振興機構さきがけ研究で整備した低温STM装置(超真空・ヘリウム3冷却・7T)である。本稿ではこれらの装置による顕微鏡像を中心に我々の研究室での活動を紹介したい。いずれの装置も、物性研究所A棟地下A026/27号室にあるので、興味を持っていただいた方はお立ち寄りいただければと思う。

2. STMによる2次元トンネル分光法

STMは、トンネル電流を利用して、試料表面の原子構造やステップ・欠陥・吸着物などのモルフォロジー、さらにはその電子状態をサブナノスケールの空間分解能でイメージングする装置である(STMに関する解説記事は多々あるが、先日、物性研創立50周年を記念して出版された「21世紀の物質科学～最先端がわかる～」にも小森先生による解説があるので参考されたい)。長谷川研究室では、特に電子状態分布に関する研究を中心としており、表面構造のイメージング(いわゆるSTM像測定)と同時に、各点でのトンネル分光により局所電子状態密度(LDOS)測定を行う2次元トンネル分光法を利用した研究を進めている。この方法により、表面上の任意のサイトでのLDOSスペクトル(フェルミ準位を中心に最大±2eV程度の範囲)が得られるとともに、切り方を変えて、特定のエネルギーレベルでのLDOS分布像なども得ることができる。

このような方法で得られたLDOS像を図1に示す。試料はCuの(111)表面で、フェルミ準位近傍での電子状態密度分布を示している。同表面に存在するショックレー型と呼ばれる表面準位が、表面上のステップや欠陥に散乱され定在波を形成している様子がみてとれる。このような表面電子定在波の解析から、電子波の波数や散乱強度・位相などさまざまな情報を引き出すことができ、実際、測定された定在波の周期(1.4nm)は、角度分解光電子分光等で測定されている同準位での波の周期の半分に等しいことが確認されている。

実は、この定在波、長谷川がIBMワトソン研究所にボスドクとして研究していた際に偶然見つけたものであり[1](同時期にIBMアルマデン研究所でも発見している)、その後、長谷川が、物性研に雇っていただいたことも含め、いろいろと「御利益」を受けた源である。15年近く経た今なお、その周りにまだ“どじょう”がいないか探ししまわっている次第であるが、次節では、最近捕れたどじょう(多少、小ぶりではあるが)である表面電子系による遮蔽効果とフリーデル振動の実空間観察について述べることにする。

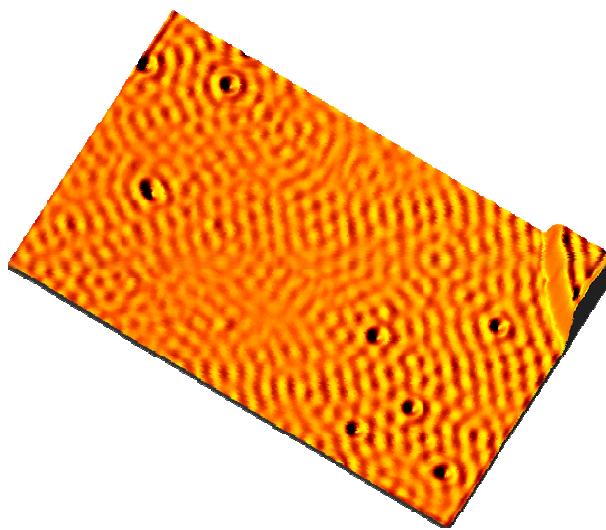


図1: Cu(111)面上での電子定在波

3. 電子定在波とフリーデル振動の実空間観察[2]

金属中に電荷を置くと、電荷によるクーロンポテンシャルは金属自由電子分布の再配列により打ち消され、局所的なポテンシャルへと変化する。この現象は遮蔽効果と呼ばれ、固体物性の基本的な現象の一つである。また電子系の応答を反映して、電子系のフェルミ波長/2 の周期を持つフリーデル振動と呼ばれるポテンシャル振動が現れる。我々は、先に述べた2次元トンネル分光法により表面での静電ポテンシャル分布を測定する手法を見出し、それを用いた吸着原子やステップ近傍でのポテンシャル測定から、表面電子状態による遮蔽効果やフリーデル振動の実空間観察に成功している。

紛らわしいのであるが、「STMによるフリーデル振動観察」というと、先に述べた電子定在波（電子状態密度の振動）の観察を指すことが多い（測定は定在波のほうが簡単）。しかし、本来、フリーデル振動が意味するところは、電子状態密度ではなく静電ポテンシャルあるいは電荷密度の振動構造であり、ここで述べられるものが本来の意味である。

観察には、金属的な表面電子状態が半導体基板上に存在することで知られる Si(111) $\sqrt{3}\times\sqrt{3}$ -Ag 表面を用いた。二次元的な電子系が存在することの証左として、同表面上には電子定在波像が観察されている（図 2）。

静電ポテンシャルは、同表面上の表面電子状態のエネルギー準位のシフト量から求めている。ここでは表面上のステップ近傍での測定について述べる。ステップには過剰な Ag 原子の吸着により、正に帶電した電荷が一列に配列しており、ポテンシャル変化が期待できるからである。

図 3 に示すステップ近傍でのトンネルスペクトルを見ると、表面電子状態に起因するピークがステップに近づくにつれて徐々に低エネルギー側にシフトしている。これがステップ近傍でのポテンシャル低下を示しており、そのピーク値から図 4 に示すポテンシャルのプロファイルや分布像を得ている。

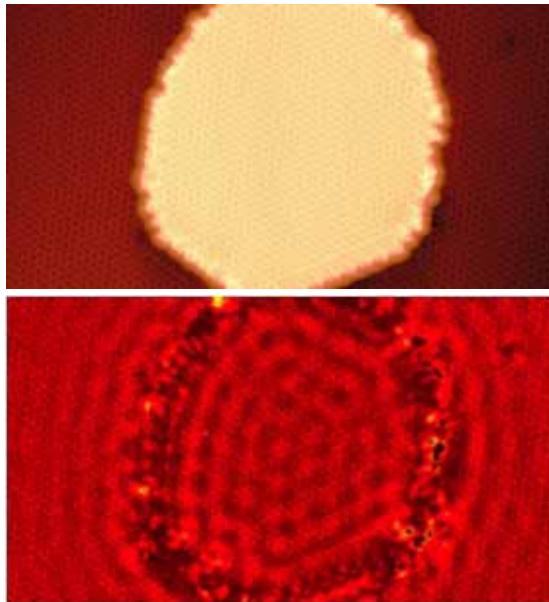


図 2 STM 像（上）と LDOS 像（下）。フェルミ準位より上 0.3eV での電子状態密度分布を表す。

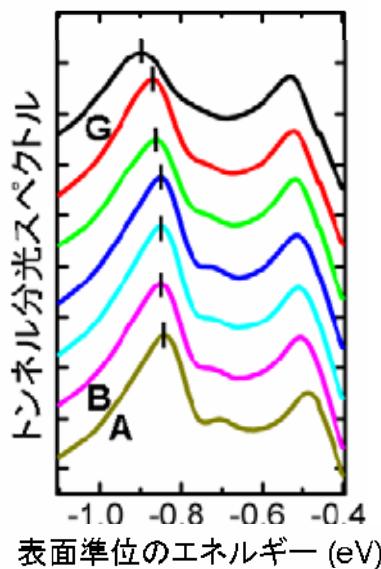
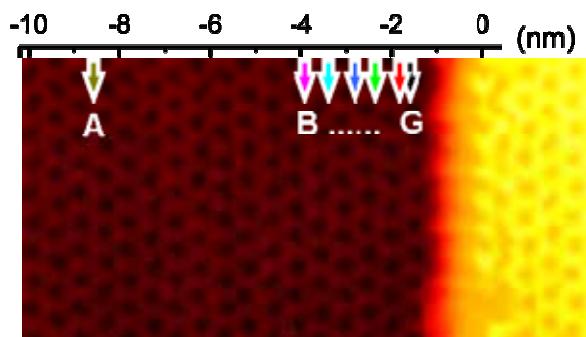


図 3 図 2 の拡大図（上）と各サイトにおけるトンネルスペクトル（左）

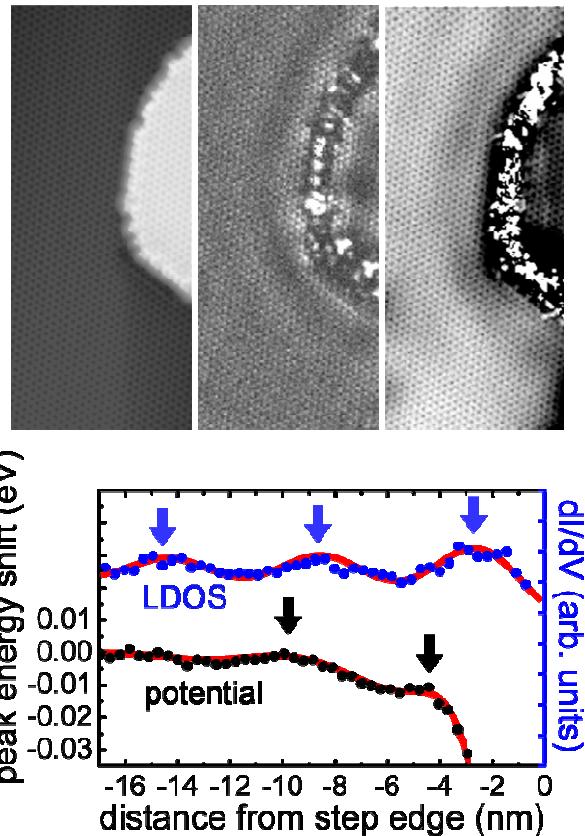


図 4 (上) 左から STM 像、フェルミ準位での LDOS 像、ポテンシャル像 (下) フェルミ準位での LDOS とポテンシャルの分布

4. ナノサイズ超伝導体の磁場中の超伝導特性[3]

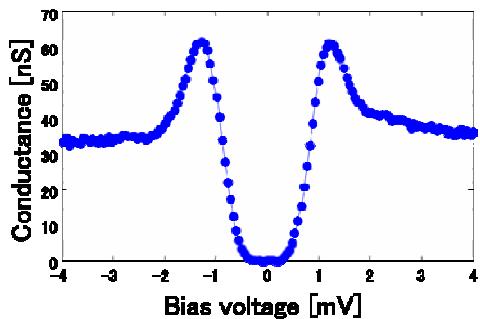


図 5 NbSe₂ 剃開面での超伝導ギャップ
(測定温度 : 0.5K)

Pb のナノサイズのアイランド構造は、シリコン基板上に Pb を蒸着することによって、作成される。Pb/シリコン系は、超伝導転移温度を含む量子サイズ効果の観察により、近年注目されており、アイランド構造の作成条件等が知られている。そこで図 7(a)に示すような、直径約 100nm・厚さ 9 原子層 (3nm) のアイランド構造を作成し、その超伝導特性をトンネルギャップから計測した (測定温度 :

二次元電子系による遮蔽されたポテンシャルは、そのフーリエ変換された関数が (フーリエ変換されたクーロンポテンシャル) / (二次元電子系の誘電関数) で表わされることを利用して求められる。この式から電荷列に対する遮蔽ポテンシャルを求め、実測値とフィッティングしたプロファイルを実線で図 4 に描いている。実験結果との良い一致から、観測されたポテンシャルが表面電子状態による二次元電子系に遮蔽されたポテンシャルであることが確認できた。

さらに、図 4 のポテンシャルプロファイルを見ると、ステップに沿うように振動構造が観察され、その周期が電子系のフェルミ波長/2 に相当する (フェルミ波長は 0V での電子定在波像から測定) ことから、この振動構造がフリーデル振動によるものと確認できた。

図 4 のポテンシャルプロファイルからも解るように、遮蔽ポテンシャルやフリーデル振動の測定は、高い空間分解能 (<1nm) およびエネルギー分解能 (<10meV) でのポテンシャル測定を実現することによって初めて達成される。今後、更なる工夫により、μeV 領域まで分解能を高めることができると考えており、さらに詳細な物性測定への展開が拡がるのではと期待している。

電子状態測定手法としての STM の特長として、磁場下での電子状態の測定が可能な点がある。超伝導に関しても、超伝導ギャップを直接測定することにより (図 5)、磁場下においてもその評価を行うことが可能である。我々は、この特長を生かして、ナノサイズの Pb アイランド (円盤状) 構造の電子状態・超伝導特性を評価した。

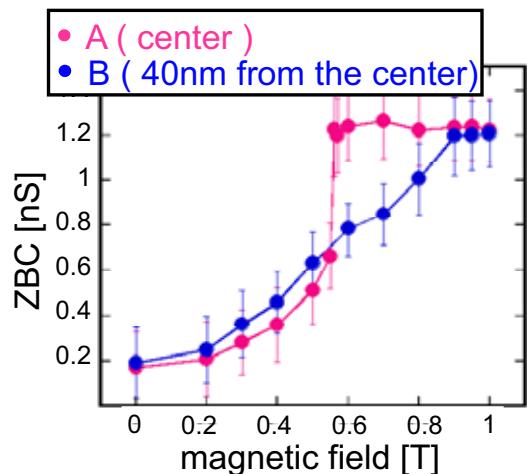


図 6 Pb アイランドの中心部と周辺部での超伝導特性 (ZBC) の磁場依存性

2K)。ちなみに、この膜厚でのコヒーレンス長は 27nm であり、したがってアイランド直径はコヒーレンス長の数倍程度である。

まずはトンネル分光により超伝導ギャップを測定したところ、中心部と周辺部で異なる垂直磁場依存性を示すことがわかった。そこで超伝導の指標として、超伝導ギャップの底すなわち 0V での電気伝導度 (zero bias conductance; ZBC) に着目し、その磁場・場所依存性やイメージングなどを行った (図 6,7)。

磁場を変えての ZBC 測定 (図 6) から、アイランド周辺部では超伝導は徐々に破壊されるのに対し、中心部ではある磁場を境に急に超伝導が壊れることがわかる。中心部での超伝導破壊は、各磁場での ZBC 像 (図 7、特に(d)) でも明らかで、渦糸侵入によるものである。

図 7(d)で観察される中央部での超伝導破壊が渦糸によることは、その ZBC プロファイルがアイレンバーガー方程式から導かれる渦糸のペアポテンシャル分布と一致する点や、ZBC の磁場依存性が掃引方向に依存しヒステリシスを示す点からも明らかである。渦糸侵入前の低磁場での ZBC 像 (図 7(c)) では、周辺部での ZBC が中心部に比べ若干大きくなっているが、これは、外周からの磁場侵入によると思われる。

こうした測定から、個々のアイランド構造ごとに、その渦糸侵入磁場・排斥磁場や超伝導転移温度が測定できる。そこで、アイランドのサイズを変えてこれらの臨界磁場を測定したところ、これらの系統的なサイズ依存性が観察された。その例として、渦糸が侵入する最少のアイランドサイズがあることが判明し、このサイズがギンツブルグ・ランダウ (GL) 方程式から予想される臨界サイズとほぼ一致することが確認されている。

STM 探針からのパルス電圧の印加により、渦糸を励起する現象も見出されており、現在、その機構解明を探索している段階である。

5. AFM による共有結合力および原子間電荷移動の検出

STM は、これまで述べてきたように、表面での原子構造や電子状態に関するナノスケールでのイメージングを可能にすることから、非常に強力な手法と言える。しかしながら、観察対象となる試料は導体に限られる。一方、絶縁体にも適応できるプローブ顕微鏡として AFM が知られていたが、我々がその研究に関わり始めた頃は、プローブ先端と試料表面間に働く力の素性など、まだその物理的な描像が明確にされていなかった。そこで我々は、AFM において探針試料間に及ぼされる原子スケールでの力の解明を目指して、力検出感度が最も優れた非接触型 AFM (最近では、周波数変調型と呼ばれる) による研究を行なった。

STM でのトンネル分光に相当する手法として、AFM では探針・試料間の距離を変えての力の測定であるフォースカーブ測定がある。我々が最初に取り組んだのは、精密なフォースカーブの測定である。図 8 は、シリコン表面 (表面評価手法における標準サンプル) 上で

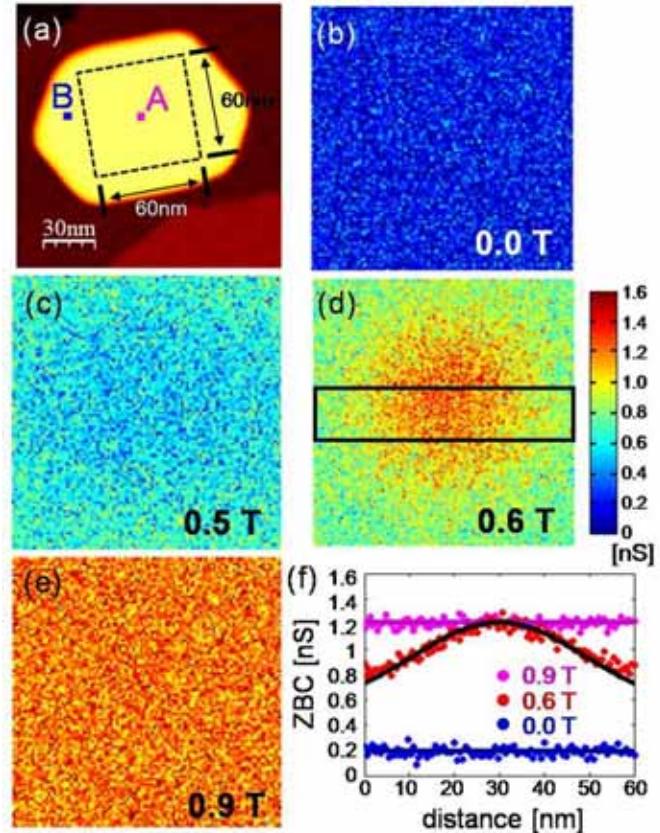


図 7 Pb アイランド(a)とその中の超伝導特性 (ZBC) 分布像 (b~e) (f) は (b, d, e) の断面プロファイル

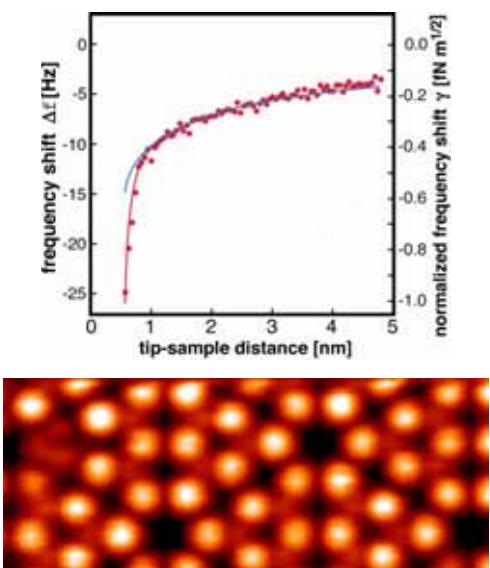


図 8 (上) シリコン表面上でのフォースカーブ
(下) AFM 像

シリコン探針を用いて測定されたフォースカーブである。距離が離れた領域ではファンデルワールス力で説明されるのに対し、近接領域では高い距離依存性を示す共有結合力が働いている様子がみてとれる（実線は単一の共有結合力によるフィッティング）。近接領域で AFM 像を撮ることにより、共有結合力の局所性を反映した高い空間分解能での原子像を得ることができた[4]。

また、バイアス印加時における静電気力の測定を通じて、表面での静電ポテンシャル分布を測定するケルビンプローブ法を立ち上げ、表面原子間の電荷移動に伴う微小なポテンシャル変化 ($\sim 15\text{mV}$) を像として捕えることにも成功している（図 9）[5]。またこの実験では、表面の電子状態の影響を強く受ける STM と、どの程度かは議論の余地があるがさほど影響を受けない AFM のそれぞれの像を比較対照（図 10）から、それまで議論のあった表面原子構造の確定にも寄与することができた[5]。

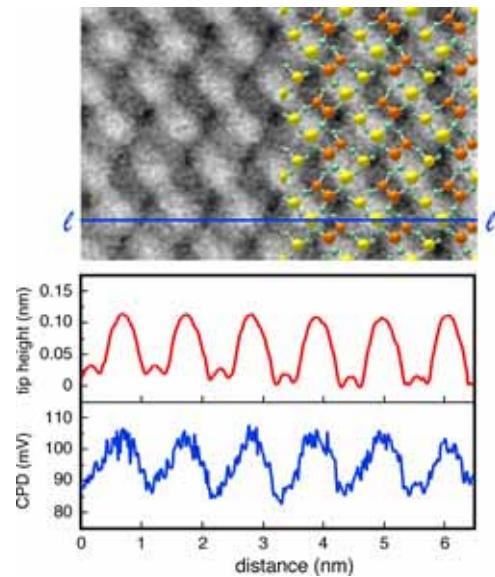


図 9 Ge/Si(105)表面でのポテンシャル像（上）とその分布（下）

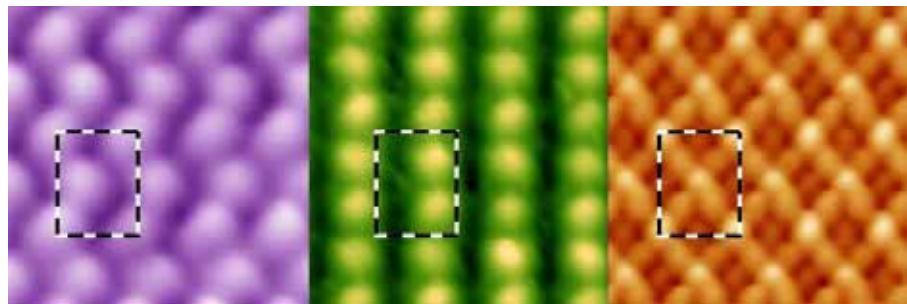


図 10 Ge/Si(105)表面での STM 占有準位像（左）空準位像（中）AFM 像（右）

6. AFM 探針および低温 AFM・リソグラフィー法の開発

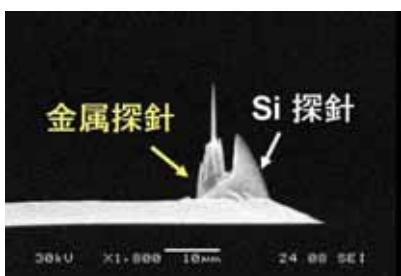


図 11 金属探針カンチレバー（先端径：3.5nm）

上記のケルビンプローブ法による静電ポテンシャル測定を行う際には、金属探針を用いたほうが精度の点で有利である。そこで、市販のシリコンカンチレバー（AFM の力センサー）に金属ワイヤーを取り付け、電顕室の集束イオンビーム（FIB）を借りて先端を針状にし（市原さん、いろいろと有難うございます）、金属探針からなるカンチレバーを開発している（図 11）[6]。

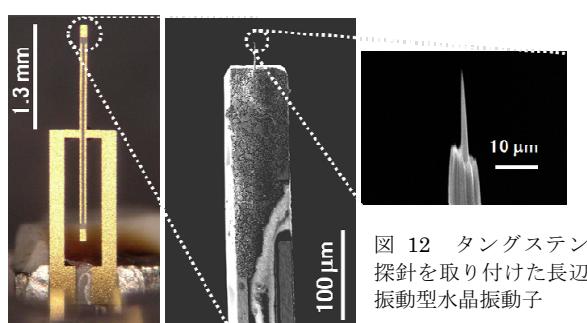


図 12 タングステン探針を取り付けた長辺振動型水晶振動子

FIB による探針作成技術は、その後、いろいろな形で応用され、例えば、水晶振動子に探針を取り付け、光検出に依らない新たな AFM プローブを作成している[7]。図 12 は、長辺振動型水晶振動子に針を付けて AFM プローブとしたものであるが、現在はこれをヘリウム 3 冷却低温 STM に導入し、低温 AFM として動作させている[8]。STM に AFM を結合することによって、例えば、酸化膜上のグラフェンのように絶縁体上に小さな試料がある場合、まずは AFM モードで試料を探し、見つけたのち STM に切り換えて局所的な電子状態測定を行うことが可能となる。

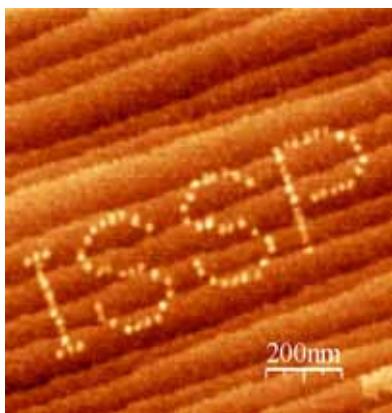


図 13 AFM リソグラフィーによる描画

また、上記の探針作成技術は材料を問わないことから、例えば、金の AFM 探針を作成し、パルス印加による電界蒸発を起こさせて基板上に金のパターンを描くことができる（図 13）。この方法は、AFM リソグラフィーと呼ばれるが、現在、単一分子電気伝導測定における導線描画手法としての応用を睨んで、性能向上に取り組んでいる。

7. 放射光励起 STM による局所元素分析

STM では、表面の原子像は得られるものの、その元素種を知ることはできない。もちろん、トンネル分光により電子状態に関する情報を得ることができるが、得られる情報はフェルミ準位近傍に限られており、元素情報に必要な内殻準位をプローブすることはできない。そこで、放射光により内殻準位を励起し、それに伴い放出される二次電子を STM 探針で検出することにより、元素情報を高空間分解能で得ようとする手法の開発を試みている。

この研究は、軌道放射研究施設の木下先生（現：Spring-8）・奥田氏との共同研究で、測定はつくばのフォトンファクターのビームラインに超高真 STM を取り付けて行っている[9]。1μm 四方の Ni アイランド構造が規則的に配列した基板をテスト試料とし、まずは STM 探針による二次電子検出によってニッケルの吸収スペクトルが得られることを確認した。その後、吸収端前後の光照射下での STM 走査を行い、STM 像と同時に二次電子像を測定したところ、吸収端直上の光でのみ Ni アイランドに対応したコントラストが二次電子像に現れ、この方法による元素分布イメージングの可能性を示した（図 14）[10]。

STM 探針としては、FIB による探針作成技術により作成されたガラス被覆探針を用いているが[11]、実験結果より見積もられた空間分解能は 14nm と、探針先端のガラス被覆されていない領域径 ($>1\mu\text{m}$) に比べかなり小さい。これは、近接効果により探針直下での仕事関数が減少し二次電子が優先的に放出されたことにより、高い空間分解能が実現されたものと考えている。現在、さらなる分解能の向上を試みており、ナノスケールでの元素分析手法としての確立を目指している。

8. おわりに

以上のように、当研究室では STM や AFM をベースとして、いろいろな研究を行ってきたが、これらはもちろん研究室に在籍する（した）助教の江口豊明をはじめとして、JST 研究員の安 東秀、秋山琴音（現：東北大助教）、技術職員の浜田雅之、ポスドクの鈴木孝将（現：ドイツ・マックスプランク研究員）、山崎詩郎、博士学生であった小野雅紀（現：理研基礎特別研究員）、西尾隆宏（現：物性研 JSPS 研究員）や多くの修士学生らによるたゆまぬ努力の成果である。これまでの期間で装置整備に関しては一応のレベルに達したことから、今後は少しずつ共同研究の枠を拡げて、さらにユニークな研究成果を目指していきたいと考えている。

最後に現有メンバーの写真を添えてこの拙文の終わりとしたい。

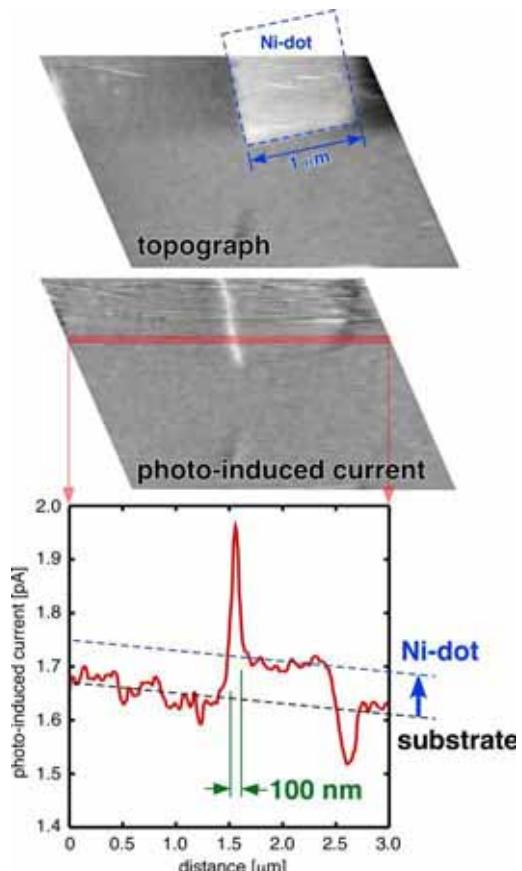


図 14 放射光 STM による Ni 元素分布イメージング

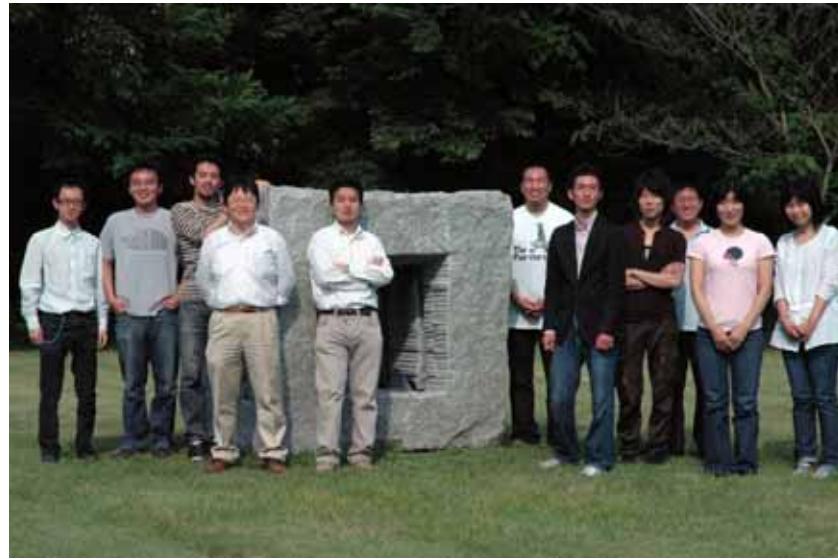


図 15 石のトンネルの前にて。左から、山崎、西尾、安、長谷川、江口、
宮地、浜田、大西、李、秋山、中辻（敬称略）。

参考文献

- [1] Y. Hasegawa and Ph. Avouris: Phys. Rev. Lett. 71, 1071 (1993)、長谷川幸雄、固体物理、29、698、1994年
- [2] M. Ono, Y. Nishigata, T. Nishio, T. Eguchi, and Y. Hasegawa, Phys. Rev. Lett. 96, 016801 (2006)、長谷川幸雄・
小野雅紀・西尾隆宏・江口豊明、固体物理、42、91、2007年
- [3] T. Nishio, M. Ono, T. Eguchi, H. Sakata, Y. Hasegawa, Appl. Phys. Lett., 88, 113115 (2006); T. Nishio, T. An, A.
Nomura, K. Miyachi, T. Eguchi, H. Sakata, and Y. Hasegawa, to be published.
- [4] T. Eguchi and Y. Hasegawa, Phys. Rev. Lett., 89, 266105 (2002).
- [5] T. Eguchi, Y. Fujikawa, K. Akiyama, T. An, M. Ono, T. Hashimoto, Y. Morikawa, K. Terakura, T. Sakurai, M.G.
Lagally, and Y. Hasegawa, Phys. Rev. Lett., 93, 266102 (2004).
- [6] K. Akiyama, T. Eguchi, T. An, Y. Fujikawa, Y. Yamada-Takamura, T. Sakurai, and Y. Hasegawa, Rev. Sci. Instrum.
76, 033705 (2005).
- [7] T. An, T. Eguchi, K. Akiyama and Y. Hasegawa, Appl. Phys. Lett., 87, 133114 (2005).
- [8] T. An, T. Nishio, T. Eguchi, M. Ono, A. Nomura, K. Akiyama, and Y. Hasegawa, Rev. Sci. Instrum. 79, 033703
(2008).
- [9] T. Matsushima, T. Okuda, T. Eguchi, M. Ono, A. Harasawa, T. Wakita, A. Kataoka, M. Hamada, A. Kamoshida, Y.
Hasegawa and T. Kinoshita, Rev. Sci. Instrum. 75, 2149-2153 (2004).
- [10] T. Eguchi, T. Okuda, T. Matsushima, A. Kataoka, A. Harasawa, K. Akiyama, T. Kinoshita, and Y. Hasegawa,
Appl. Phys. Lett. 89, 243119 (2006).
- [11] K. Akiyama, T. Eguchi, T. An, Y. Hasegawa, T. Okuda, A. Harasawa, and T. Kinoshita, Rev. Sci. Instrum. 76,
083711 (2005)

物性研に着任して

物質設計評価施設 野口 博司

5月1日付けで物質設計評価施設に着任しました。これまで以上に研究に精進すると共に、川島先生と協力してスーパーコンピュータの管理・運営を行っていこうと思います。よろしくお願ひします。

4月まではドイツのユーリッヒ研究所(FZJ)の Institute for Solid State Research (IFF)で研究していました。ちょうど物性研究所の英語名の最後の Physics が Research にした同意義に近い名の研究所です。昨年の P.Gruenberg 教授のノーベル物理学賞受賞で知名度が多少上がったと思いますが、ソフトマター3 グループを含む 9 グループで幅広く物性を研究しています。ドイツでも応用研究をより重視しているという流れはありますが、それでも基礎研究を軽視しない伝統のようなものがあって、自由な研究のやりやすい雰囲気があります。ユーリッヒは田舎町ではありますが、四千人規模の大きな研究所で研究環境はいいので、ポスドクとしての渡航先にお勧めです。

私はソフトマター、特に生体膜を、シミュレーションを主に使って、研究してきました。例えば、流れの中で赤血球、脂質小胞がどう変形するかについて調べています。赤血球は変形することで自身の直径より細い毛細血管を流れることができます。糖尿病や鎌状赤血球症などの病気等で赤血球の変形能が落ちると血流抵抗が増え、ひどくなれば血管が詰まります。従って、細胞の変形と運動の仕組みを理解することは、医学的な見地からも重要なテーマです。これまで、主に孤立した赤血球、脂質小胞を計算し、いくつかの新しい形態転移や振動する運動モードなどを明らかにしてきました。例えば、単純せん断流下で円盤状の脂質ベシクルが棒状に伸びる転移だけでなく、条件によっては棒状から円盤状に縮む転移が起ります。今後は多くの赤血球を含んだ系など、より大規模な計算を行っていく予定です。血液には白血球、血小板など他の成分も含まれ、また、血管自体も柔らかい分岐する管という複雑な系なので、そこで起こるいろいろな現象を物理的にどう説明していくのが今後の課題です。

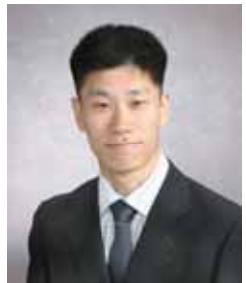
また、他に、生体膜の融合・分裂を研究しています。細胞内では膜小胞によって多くの輸送が行われており、膜の融合・分裂はそこで頻繁に起こっています。これまで脂質膜の分子シミュレーションを用いて、条件により、3種の融合、分裂経路があることを明らかにしてきました。なかでも、中間状態の茎状の結合部の脇に穴があくという経路を新しく見つけました。その後、この経路を示唆する実験結果も報告されています。生体内ではタンパク質が融合・分裂を調節していますが、その仕組みはまだよくわかってなく、その解明が重要な今後の研究課題です。

以上のような研究を主に行ってきましたが、今後はこれらの研究を発展させるとともに、物性研と関東近郊の研究者と協力して、研究の手を広げていこうと思います。ソフトマターは他の固体物理の分野に比べて若いですが、その分、発展の余地がまだまだあると思います。個人的には実験室でよくコントロールされた条件で調べられるソフトマターと動的に刻々移り変わる生体内で起こっている現象をどう結びつけ、物理的に説明するかがもっとも興味のあるところです。また、物性研究の将来を担えるような優秀な学生を育てていきたいと思います。足らぬところがたくさんありますが、ご指導ご鞭撻のほど、よろしくお願ひします。

物性研に着任して

新物質科学研究部門 大串 研也

1月16日付けて、新物質科学研究部門特任講師に着任致しました。ゴールデンウィークに久しぶりに帰った故郷を感じたことを記し、御挨拶に代えさせていただきます。



茨城県日立市は日立製作所の城下町として知られておりましたが、その工業都市としての出発点は鉱山にあります。1905年、久原房之助は日立鉱山を開業しました。久原は、世界最新鋭のダイアモンド試錐機を駆使することで銅の新鉱脈を次々と発見し、経営の道筋を付けます。更に、連携する日本各地の鉱山から鉱石を製錬所へ供給することで、日立鉱山の産出が少ない時でも、安定的に銅を出荷することに成功しました。その一方で、問題も生じて来ました。日立鉱山の鉱床はキースラーガー（層状含銅硫化鉄鉱床）であるために、製錬時に大量の亜硫酸ガスが発生します。有毒ガスを含む煙が、人々の健康や周囲の自然環境に甚大な損害を与えたのです。久原は、1914年当時、世界一の高さ（155.7m）を誇る大煙突を建設し、公害を著しく緩和させました。その後、日立鉱山は多角化を進め、新日鉱ホールディングスとして現在に至ります。また、日立鉱山の修理工場から派生した日立製作所は、世界に名だたる総合電機メーカーへ成長を遂げています。

私は、物質合成と物性測定を通して、新奇な現象を示す物質を探索しています。あまたの物質の中から真に面白い物質を探し出すことは、荒野の中から新鉱脈を発見することに似ているかもしれません。日立鉱山の発展の歴史には、学ぶべき点があるように思われます。私も、高度化された最新の実験機器（超高压発生装置など）を、大いに活用する所存です。また、内外の研究グループと連携を図り、発展的に研究を推進して参ります。実験を行う上では、安全に対する配慮も欠かせません。安全眼鏡の着用、厳格な毒物の管理などに、十分な注意を払います。

今までの研究対象は、酸化物、カルコゲナイト、金属間化合物における強相関電子が織り成す量子液体（磁性体、量子ホール液体、超伝導体など）でした。今後は、専門の枠組みに囚われずに、より学際的な研究を指向していきたいと考えています。今、格別興味を持っているのは、地球惑星科学と凝縮系物理学を融合させることです。鉱物の結晶構造には特異なものが多く、こうした格子上ではスピンが異常な磁性を示す可能性があります。地殻の主要構成元素（クラーク数の小さな元素）から成る機能性材料を開発することは、持続可能な社会の実現に一役買うことでしょう。また、マントル最深部のポストペロプスカイト相を固体物理学的観点から調べることは、地球科学的知見の深化へ大いに貢献すると考えられます。

1981年、日立鉱山は銅鉱山としての天寿を全うしました。ゴールデンウィークに、跡地に建てられた日鉱記念館を訪ねました。霧雨に洗われ鮮やかさを増した新緑に包まれた一帯には、一人の人々が暮らした鉱山町の面影は、ほとんど残されていません。幾多の鉱石を運び上げた第一堅坑の周囲をぶらぶらしながら、これから日々精進していく決意を再確認した次第です。皆様の変わらぬ御指導と御鞭撻の程、何卒宜しくお願ひ申し上げます。

物性研に着任して

先端分光研究部門　板谷　治郎（特任講師）

今年3月1日付けで、先端分光研究部門に特任講師として着任いたしました。六本木の物性研極限レーザー部門で大学院生時代を過ごして以来、実に十年ぶりの「ブッセイケン」で、懐かしい気持ちと同時に、研究の立ち上げの産みの苦しみを感じています。特任講師というのは耳慣れない職分ですが、文科省が行っている「若手自立促進プログラム」の一環であり、テニュアトラック制度を日本の大学に根付かせるための試行であると聞いております。

私のこれまでの研究経歴ですが、物性研を出て以来、理化学研究所（埼玉県和光市）と National Research Council Canada（カナダ）でポスドク生活を送りました。これらの場所では、高強度超短パルスレーザー技術の開発と、高次高調波と呼ばれるコヒーレント軟X線発生の物理（アト秒計測や分子軌道の画像化など）に携わりました。その後、科学技術振興機構 ERATO 腰原非平衡ダイナミクスプロジェクトに参画し、高エネルギー加速器研究機構（つくば市）、後には Lawrence Berkeley National Laboratory（米国）に派遣され、強相関物質の超高速分光実験を行いながら、放射光施設での時間分解実験についても勉強する機会を得ました。こんな感じで十年間、太平洋を行ったり来たりしているうちに、物性研に職を得たという次第です。これまで数年おきに研究環境ががらりと変わりながらなんとか生き延びてきた身としては、物性研で少しばかりは息の長い研究を続けられるという実感が少しずつ湧いてきました。また、これまでの研究生活を振り返ってみると無茶なところもありましたが、海外に出たことが非常によい経験になったと思っています。若い人には、自分の研究スタイルに固執せず、積極的に外へ出て見聞を広げてほしいと思います。

物性研での今後の研究ですが、光科学と物質科学の連携のあり方を考えていくことが大きな課題です。具体的には、先端分光研究部門でこれまで培われてきた高強度超短パルスレーザー技術を更に推し進め、真空紫外から軟X線までの短波長域でのコヒーレント超短パルス光源技術と極限的な非線形光学の開拓を行い、物質科学との連携を模索していきたいと思っています。皆様のご指導ご鞭撻をよろしくお願ひ申し上げます。

物性研を離れて

大阪大学大学院 理学研究科 宇宙地球科学専攻 廣田 和馬

人生初の関西圏での生活を始めて 3 ヶ月が経ちました。転任にあたって色々な人に散々脅かされていたので（最近も阪大保健センターの女医さんに「カルチャーが違うから慣れるまで大変やろうけど…」と言われた）、いったいどんなことになるかと思っていましたが、とくに違和感を覚えることも無く、久しぶりの電車通勤と学部一年生から揃っているキャンパスを楽しんでいます。物性研のときは東海村での中性子散乱研究と日米協力を含む国際・国内共同利用の支援が主たる業務でしたが、阪大に赴任した途端（当然ながら）教育に関する仕事の割合が増えました。期待される役割の違いに多少戸惑いつつ、新しい mode of operation を模索しています。JRR-3 の 5G 分光器を引き続き管理しながら、学部の研究室としての特色と SPring-8 へのアクセスの良さを生かして、新しい形の構造物性研究を進めていきたいと考えています。

物性研に着任したのが 2002 年 10 月ですので、2008 年 3 月まで 5 年半ほどを所員として過ごしたことになります。着任して 5 年が経過すると、そろそろ研究室も落ち着いて研究成果も出てきただろうということで、本誌に「研究室だより」を書く慣習がありますが、それをすっ飛ばして本稿を書くことになってしまいましたので、少しだけ成果をまとめることにします。この 5 年半のうちに博士 2 名と修士 2 名を送り出しました。また、2004 年初めには松浦さんという優秀な助教を得て、中性子散乱研究の主力である三軸分光器の制御システムを完全に新しいものに作り変えました。ちょうどマルチフェロイクスの研究が盛んになってきた頃と重なり、電場によるスピニカイラリティーの制御を偏極中性子回折によって実証することができました。中性子科学研究施設では共同利用課題を独自に公募・審査をしています。長いこと人海戦術でやってきましたが、14 台の分光器に対して 300 ほどもある申請課題を短期間で処理するためには相当な労力が必要となります。Web データベースに興味があったこともあり、技官の浅見さんの助けを借りながらシステムを作り上げ、2003 年度からは仮運用を始めました。2006 年に大幅な変更を行い、現在は募集・申請・審査・通知まで一貫してネット上で出来るようになっています。いずれより良いシステムに変わっていくと思いますが、それまでの間、多少なりとも施設業務の軽減と共同利用ユーザーの役にたって欲しいと願っています。

私は大学院も物性研（凝縮系物性部門石川研究室）で、1988 年から 1993 年までを六本木で過ごしました。それほど昔でないように思うのは、大学院時代に所員だった先生がまだ何人も現役でいらっしゃるためかもしれません（そもそも、始終出入りしていた隣の 2 つの研究室の先生が現在の所長と副所長です）。20 年前とは大学院生の数も建物の大きさも研究のスピードも違いますし、学生と所員の立場の違いもありますから単純には比較できませんが、研究室間・物性研にいる人たち同士のつながりは以前よりも希薄になってしまった気がします。私が東海と柏をしようつちゅう往復していたためか、建物の入り口が何ヵ所もあるせいか、所員会でないとお会いしない先生も大勢いらっしゃいました。あるいは（大学院生のときのように厚かましく）あちこちに積極的に顔を出せば良かったのかもしれません、各分野を代表する物性研究者が数多く集まっている研究所なのだからもっと濃密に交流する機会があっても良いのではとも思います。物性研のそれぞれの研究者の能力の総和は、単純に足し合わせただけでももちろん大きなものですが、研究者間の相互作用がもっと強くなれば単純な総和を遥かに超えたものになるはずです。自然にそういう機運が生まれるのを待っていてもいいのかもしれません。でも、ここは物性研らしく、高い圧力や強い外場を加えて、新しい凝縮相をつくる試みをしてはいかがでしょうか。それぞれの部門や施設が、自分たちの属するコミュニティを主たる対象として外に向かってより多くの関心を向けており、というのが現在の物性研のあり方のような気がします。もちろん、共同利用研として半世紀前にスタートした以上、そのような使命があることは否定しませんが、内部のつながりを強固にすることは、長い目で見れば、物性研究コミュニティ全体に貢献する事に繋がるはずだと信じています。

物性研に着任することになった時から、物性研を離任して今にいたるまで、極めて多くの方々にお世話をになりました。研究室のメンバー、中性子科学研究施設のスタッフ、所員をはじめとする研究者の方々、そして柏事務部の（優秀かつ献身的な！）皆様方に、この場を借りて御礼を申し上げます。有り難うございました。阪大廣田研は豊中キャンパスの正門わきの建物（理学研究科 F 棟）2 階にあり、伊丹空港からモノレールで 2 駅（+ 徒歩 7 分）です。近くにおいでの方は、どうぞお立ち寄りください。

物性研を離れて

(独) 産業技術総合研究所 研究員 大谷 実

(元東京大学物性研究所物性理論研究部門 杉野研究室 助教)

物性研を転出してから 3 ヶ月が経ち、産総研での研究生活にも慣れてきました。この度、転出の挨拶を兼ねて物性研だよりに執筆させていただく機会を頂きましたので、お世話になった方々へのお礼を兼ねて、4 年半の物性研での研究生活や新しい環境での新生活などについて書かせていただきます。

私が物性研に着任したのは 2003 年 10 月のことです。2000 年 4 月から 1 年間ポスドクとして物性研移転の年にもお世話になっておりますので、物性研に着任するのは 2 回目になります。従って、物性研のシステムや研究室の周りの方々も良く知っていたので、着任後はスムーズに研究を始めることができました。研究テーマは杉野先生からいくつかご提案いただきましたが、環境問題などで注目の高い燃料電池関係の仕事が目立つだろうというミーハーな理由で「固液界面での電気化学反応のシミュレーション」というテーマを選びました。最初の約 2 年間は新しい計算手法の開発に費やされました。手法開発は経験のないことなので非常に難航しましたが、杉野先生の適切なアドバイスと粘り強いディスカッションのおかげでどうにか形にすることができました。その後、実際の系へ適用して電気化学反応を実現することに残りの時間を費やしました。プログラム開発や考察などには物性研外の研究者の方々にも非常にお世話になりました。実際の計算は物性研のスーパーコンピュータや地球シミュレータなど国内外を見渡してもこれ以上贅沢な所はないといえるほどの環境で行うことができました。今回の手法開発から実際の計算までの経験は、今後の自分の研究の方向性を決める非常に重要な物になりました。良く分かっていない段階の私をここまで導いて下さった杉野先生に感謝いたします。

さて、産総研に異動して 3 ヶ月が経ちましたが、その間にも様々な経験をしました。まず、一番驚いたのは交通の便の悪さです。物性研もあまり交通の便がいい方ではありませんが、産総研はそのはるか上を行きます。次に驚いたのは新人研修が 8 日間も泊まり込みで行われたことです。今まで大学の職員しか経験がなかったので、一般の会社でやるような研修は初めてで戸惑いました。しかし、この研修のおかげで全く接点のないような方々とも知り合いになれました。産総研は非常に大きな組織で研究者と事務系の方々との接点はほとんどありません。この点は物性研のように小さな組織でみんなが和気あいあいとやっていた頃が懐かしく感じます。研究に関してはまだ始まったばかりですが、共同研究をいくつか立ち上げるなど順調な滑り出しをしております。物性研の皆様にも気付いていただけるような結果を出せるよう頑張りたいと思っておりますので、今後ともどうか宜しくお願いします。

最後になりますが 4 年半の物性研在任中には大変多くの方々のお世話になりました。事務の方々や研究室のスタッフの協力がなければ充実した研究生活を送ることはできませんでした。上でも書きましたが、物性研では研究室のみならず 2 階の事務の方々でさえも顔見知りのような雰囲気で仕事もスムーズに行えました。この点が物性研の非常に良い所だと思います。また、ビアパーティーや一般公開などで様々な交流ができたことは有意義でした。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上げます。物性研も 50 周年という節目を迎えて新たなスタートを切ったことと思いますが、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。

物性研ワークショップ報告

分子性導体の電荷揺らぎと非線形伝導

日時：2008年5月21日(水) 10:00～18:00

場所：東京大学物性研究所 6階講義室

提案者

寺崎 一郎	早稲田大学理工学術院
野上 由夫	岡山大学大学院自然科学研究科
小形 正男	東京大学理学系研究科
妹尾 仁嗣	日本原子力研究開発機構
加藤 岳生	東京大学物性研究所
森 初果	東京大学物性研究所

非線形は広く自然界にみられる現象である。そこでは、正のフィードバックとともに、それと深く関係した負のフィードバックが働き、様々な意外性をはらんだ現象を生み出している。特に、システムが生き物のように自らを組織化していく状態としては、同期現象（シンク）が注目され、ザボティンスキーチ化反応から、惑星の軌道、何千匹もの螢がいっせいに光る生物の集団行動、さらには、心臓の動き、脳内のニューロン同士のネットワーク等の生命現象にまで研究が及んでいる。

近年、分子性導体分野でも、電荷秩序の電場応答による非線形伝導が注目されている。この系は、電荷揺らぎによる外場応答であるため、しきい電場が低く、真の電子系の非平衡科学を研究する舞台が提供されている。その結果、交流発振というシンク現象、外場応答による準安定状態の出現という、重要な非平衡現象が観測され、それらについて、物質開発、電場による動的な結晶構造変化、分光学的実験、時間分解非線形伝導、磁場下での非線形伝導、非線形伝導の理論的研究などが各所で精力的に進められている。このような背景を鑑み、本ワークショップでは、この電荷揺らぎと非線形伝導の進展について、最近の実験と理論の現状を一堂に会して討論し、非線形科学の新たな展開を期して開催した。

1日のワークショップにもかかわらず、所内外から 66 名が参加し、活発な議論がなされた。参加された学外の研究者より、大変啓発的な研究会であったとのコメントもいただき、ワークショップでの議論により今後の研究の進展が期待される。

プログラム

10:00-10:05 森 初果（東大物性研） はじめに

座長 森 初果（東大物性研）

10:05-10:35	寺崎 一郎（早大理工）	θ 型 ET 塩の非線形伝導 輸送現象の立場から
10:35-10:55	渡邊 真史（東北大院工）	θ -(BEDT-TTF) ₂ MM'(SCN) ₄ ; (M=Cs,Rb,M'=Zn,Co)の電荷秩序と構造変調
10:55-11:15	山口 尚秀（物材機構）	非線形伝導を示す BEDT-TTF 系有機絶縁体の誘電特性と磁気抵抗
11:15-11:35	鹿児島 誠一（東大教養）	θ 型塩の一軸性圧縮下非線形伝導
11:35-11:55	宇田川 将文（東大院工）	分子性導体 θ -ET 系における電荷揺らぎの共存と電場下非平衡定常状態の理論的解析

座長 佐々木 孝彦（東北大金研）

13:00-13:20	山本 健一郎、野上 由夫 (岡山大院自然)	θ -(BEDT-TTF) ₂ RbZn(SCN) ₄ の電荷秩序競合と電子輸送
13:20-13:40	松下 未知雄（名大院理）	非線形的導電特性を示す有機導電体の電流印加状態における X 線結晶構造解析
13:40-14:00	新関 彰一（東大物性研）	β -(meso-DMBEDT-TTF) ₂ PF ₆ の誘電応答と電場誘起準安定状態
14:00-14:20	高橋 一志（東大物性研）	meso-DMBEDT-TTF ラジカル塩の電荷秩序と磁気抵抗
14:20-14:40	森 健彦（東工大院理工）	さまざまな電荷移動錯体における非線形伝導
14:40-15:00	田島 裕之（東大物性研） 石川 学（北大院理）	伝導性フタロシアニン塩における電荷秩序と磁性との競合 フタロシアニン塩の非線形伝導

座長 加藤 岳生（東大物性研）

15:20-15:40	松川 宏（青学理工）	密度波の非線形伝導を振り返る
15:40-16:00	妹尾 仁嗣（Spring8）	電荷秩序と電荷フラストレーション
16:00-16:20	堀田 知佐（京産大理）	異方的三角格子の強結合電子系に見られる 1+1 次元性
16:20-16:40	湯川 恵美（東大院理）	θ 型, 及び θ 型(BEDT-TTF) ₂ X の電荷秩序に対する電場の効果の平均場計算

座長 宇治 進也（物材機構）

16:40-17:00	岸田 英夫（名大院工）	一次元モット絶縁体の非線形伝導と電流発振現象の探索
17:00-17:20	佐々木 孝彦（東北大金研）	K-TCNQ の非線形伝導とストライプパターン形成
17:20-17:40	豊田 直樹（東北大院理）	λ -BETS ₂ FeCl ₄ における金属絶縁体転移と非線形伝導
17:40-18:00	鹿野田 一司（東大院工）	θ -ET ₂ X のパルス強電場下 NMR
18:00	寺崎 一郎（早大理工）	おわりに

物性研究所談話会

日時：2008年4月24日（木） 午後1時40分～午後2時40分

場所：新領域基盤棟大講義室

講師：Prof. David Mandrus

(Oak Ridge National Laboratory)

題目：Charge Ordering Materials: The Good, the Bad, and the Ugly

要旨：

Charge ordering phenomena are ubiquitous in correlated electron systems, but despite its conceptual simplicity charge ordering in real materials is poorly understood. In this talk I will first review the concepts and history of charge ordering, beginning with Verwey and Wigner in the 1930s. I will then discuss some new charge ordering materials, Fe_2OBO_3 and LuFe_2O_4 . Fe_2OBO_3 is an excellent model system, displaying nearly ideal ionic charge order. LuFe_2O_4 , on the other hand, is a poor model system, but nevertheless displays rich physics, including the appearance of ferroelectricity as a result of charge ordering. These new materials will be compared with the prototypical material Fe_3O_4 (magnetite), which is still poorly understood despite nearly 70 years of study.

The talk will be mostly based on the following 3 papers:

- [1] Christianson AD, Lumsden MD, Angst M, et al. Phys. Rev. Lett. 100, 107601 (2008).
- [2] Angst M, Hermann RP, Schweika W, et al. Phys. Rev. Lett. 99, 256402 (2007).
- [3] Angst M, Khalifah P, Hermann RP, et al. Phys. Rev. Lett. 99, 086403 (2007).

日時：2008年4月25日（金） 午後1時30分～午後2時30分

場所：物性研究所本館6階 大講義室（A632）

講師：Prof. Yuriy M. Bunkov

(MCBT, Institut Neel, CNRS/UJF, 38042, Grenoble, France)

題目：Spin Superfluidity and Coherent Spin Precession (London Prize Lecture)

要旨：

The spontaneous phase coherent precession of the magnetization in superfluid $^3\text{He-B}$ was discovered in 1984 in the Kapitza Institute, Moscow {A. Borovik-Romanov, Yu. Bunkov, V. Dmitriev, and Yu. Mukharskiy, JETP~Lett.~**40**, 1033 (1984). and was explained theoretically as a direct manifestation of spin supercurrent {I. Fomin, JETP~Lett.~**40**, 1037 (1984).}. The latter is a magnetic counterpart of mass superfluidity and superconductivity. It is also an example of the Bose Einstein Condensation of spin-wave excitations or magnons. The coherent spin precession opened the way for observation and studies of the other phenomena owing its origin to the spin supercurrent, such as spin flow along the channel, phase slips at critical value of spin supercurrent, spin-current Josephson effect, spin-current vortices, nontopological solitons (analogous to Q-balls in high energy physics) etc. New measuring techniques based on coherent spin precession made possible to observe other novel phenomena in ^3He superfluids, such as a mass vortex terminating on a soliton sheet, the Goldstone mode of the mass vortex with non-axisymmetric core in $^3\text{He-B}$ etc. Recently, in ISSP, Kashiwa, Japan, the state with coherent precession of magnetization was found in $^3\text{He-A}$ in squeezed aerogel.

日時：2008年5月14日（水） 午後1時30分～午後2時30分

場所：物性研究所本館6階 大講義室

講師：大串 研也

（東京大学物性研究所 新物質科学研究部門）

題目：ポストペロブスカイトの物性化学

要旨：

高压地球科学、地震学、計算物理学の三分野で執り行われた学際融合的研究の結果、マントル最深部であるD”層の主要構成鉱物がポストペロブスカイト型 $MgSiO_3$ であること[1]に疑いの余地は無くなった。現在の地球科学的興味は、ポストペロブスカイト相の示す物理的化学的性質を調べ、その微視的機構を明らかにする所に移っている。既に、弾性波速度の測定がなされ、また一軸圧力下での選択配向が観察されている。

本講演では、地球科学の枠組みを超えて広がりつつあるポストペロブスカイトの科学に関して、二つのトピックスを紹介する。一つは、新物質 $CaPtO_3$ の合成であり、その構造データを基に「ポストペロブスカイトの結晶化学」を論じる[2]。もう一方は、フィリング制御型金属絶縁体転移を示す $Ca_{1-x}Na_xIrO_3$ の開発である[3]。擬二次元系の反強磁性 Mott 絶縁体である $CaIrO_3$ へキャリアを注入すると、反強磁性金属相を経ず常磁性金属に転移することを示す。

[1] M. Murakami, K. Hirose, K. Kawamura, N. Sata, Y. Ohishi: Science, 304, 855 (2004).

[2] K. Ohgushi, Y. Matsushita, N. Miyajima, Y. Katsuya, M. Tanaka, F. Izumi, H. Gotou, Y. Ueda, T. Yagi: Phys. Chem. Minerals, 35, 189 (2008).

[3] K. Ohgushi, H. Gotou, T. Yagi, Y. Kiuchi, F. Sakai, Y. Ueda: Phy. Rev. B, 74, 241104 (2006).

日時：2008年5月27日（火） 午後2時00分～午後3時00分

場所：物性研究所本館6階 大講義室

講師：Prof. Tai C. Chiang (江台章)

（Department of Physics, University of Illinois）

題目：Thin Film Electronic Structure: Beyond the Particle in a Box

要旨：

The quantization of electronic states in thin metallic films is now well-established, having been observed in a number of systems including films on metal as well as semiconductor substrates. The impact of this quantization on the films' physical properties has been demonstrated in a number of studies, including the dependence on thickness of films' thermal stabilities, work functions, and superconducting transition temperatures. In the simplest model, the electrons are confined to the film by the substrate and vacuum interfaces, which act as mirrors to reflect the electrons back into the film, resulting in discrete standing-wave states. In this picture, the substrate forms a reflecting barrier due to a mismatch of electronic structures between it and the overlayer. This talk will present photoemission results from a variety of thin-film systems that show more interesting electronic structures due to interactions with the substrate and interface. The systems studied highlight various effects, including interfacial scattering and diffraction, hybridization of film and substrate states, and the formation of a composite quantum well from a thin metallic film on a semiconductor substrate. In the latter case, the semiconductor depletion region forms part of the quantum well system via coherent coupling between the film and substrate electronic states.

In collaboration with S. J. Tang, N. J. Speer, Y. Liu, D. Ricci, M. Upton, L. Basile, S.-L. Chang, Y.-R. Lee, and T. Miller

日時：2008年5月29日（木） 午後3時00分～午後4時30分

場所：物性研究所本館6階 セミナー室A615

講師：三宅 和正

（大阪大学）

題目：重い電子系超伝導の新しい側面：反強磁性ゆらぎと臨界価数ゆらぎの競合

要旨：

重い電子系（とくに Ce 系）の超伝導機構としては反強磁性量子臨界点近傍の磁気ゆらぎが重要であるというのが一つのパラダイムとなってから四半世紀になろうとしている。しかし、10年ほどまえから希土類イオンの価数が急激に変化する現象とそれに伴う異常な電子状態と超伝導温度の上昇が観測されて、新しい非フォノン超伝導機構が存在するのではないかということが議論されてきた。この辺りのレビューと新しい発展ならびに今後の展望・スペキュレーションについてお話をしたい。

日時：2008年6月10日（火） 午後2時00分～午後3時30分

場所：物性研究所本館6階 大講義室

講師：Prof. Cedomir Petrovic

（Condensed Matter Physics, Brookhaven National Laboratory）

題目：Heavy Fermion Semiconductor and Superconductor materials: FeSb₂ and CeCoIn₅

要旨：

Unconventional semiconductor FeSb₂ is shown to be a good model material to study new aspects of Kondo Insulator physics in transition metal compounds with 3d ions I will present study of structural, thermodynamic magnetic and electrical transport properties starting from the early anisotropy study in high quality crystals, and ending with a recent discovery of colossal magnetoresistance in Fe_{1-x}Co_xSb₂. This will be followed by brief overview of some recent advances in our understanding of CeCoIn₅ and other projects at BNL.

日時：2008年6月12日（木） 午後4時00分～午後4時50分

場所：物性研究所本館6階 大講義室

講師：野口 博司

（東京大学物性研究所 物性理論研究部門）

題目：流れによる赤血球、脂質小胞の変形

Deformation of Red blood cells and vesicles in flows

要旨：

赤血球は変形することで自身の直径より細い毛細血管をながれることができる。糖尿病などの病気等で赤血球の変形能が落ちると血流に支障が生じる。従って、細胞の変形と運動の仕組みを理解することは、医学的な見地からも重要である。そこで、シミュレーションを主に用いて、流れによる赤血球、脂質ベシクルのダイナミクスを研究した。

単純せん断流において、せん断強度、膜の粘度、ベシクルの体積などに依存して、ベシクルの運動状態が変わると共に、ベシクルの形態転移が起こる。流れによって、円盤状のベシクルが棒状に引き延ばされたり、また逆に縮められたりする。これらのダイナミクスは2変数の微分方程式で理解することができる。

また、細管中を流れる赤血球が、流速の増加に伴い、円盤状からパラシュート状へ形態転移する。それに伴い、溶液の流体抵抗は減少する。これらの結果は赤血球の実験とよい一致をする。

References: H. Noguchi and G. Gompper, PRL 93, 258102 (2004); PRE 72, 011901 (2005); PNAS 102, 14159 (2005); PRL 98, 128103 (2007).

人 事 異 動

【研究部門等】

○ 平成20年4月30日付け

(辞職)

氏名	所属	職名	異動内容
才賀 裕太	極限環境物性研究部門	技術職員 (育児休業代員)	広島大学研究員へ

○ 平成20年5月1日付け

(採用)

氏名	所属	職名	異動内容
野口 博司	附属物質設計評価施設	准教授	ユーリッヒ研究所常勤研究員から

○ 平成20年5月11日付け

(辞職)

氏名	所属	職名	異動内容
城石 正弘	物性理論研究部門	助教	民間(大谷製鉄㈱)へ

○ 平成20年6月15日付け

(辞職)

氏名	所属	職名	異動内容
吉田 正裕	先端分光研究部門	助教	東北大学未来科学技術共同研究センター産学官連携研究員(客員准教授)へ

○ 平成20年6月16日付け

(採用)

氏名	所属	職名	異動内容
宗像 孝司	極限環境物性研究部門	技術職員	育児休業代員(平成21年3月31日まで)

平成20年6月30日付け

(辞職)

氏名	所属	職名	異動内容
松浦 直人	附属中性子科学研究施設	助教	大阪大学大学院理学研究科助教

【事務部】

○ 平成20年6月1日付け

(転入)

氏名	所属	職名	異動内容
水野 裕子	経理担当課	契約チーム主任	理学系研究科等研究支援・外部資金チーム主任から

○ 平成 20 年 6 月 30 日付け

(辞職)

氏名	所属	職名	異動内容
大澤 悅子	人事・労務グループ労務・安全管理チーム	係員	海洋アライアンス特任専門員へ

○ 平成 20 年 7 月 1 日付け

(転出)

氏名	所属	職名	異動内容
宮城 明治	人事・労務グループ人事チーム	係長	海洋研究所総務課総務係長へ
小野間 健二	給与・施設グループ施設管理チーム	係員	医学部附属病院管理課施設管理チーム主任へ

(転入)

氏名	所属	職名	異動内容
阿保 博康	経理担当課	副課長	自然科学研究機構国立天文台財務課課長補佐から
佐藤 弘樹	人事・労務グループ労務・安全管理チーム	係長	教育・学生支援系学務グループ学生総務チーム係長から
古宇田 稔	人事・労務グループ人事チーム	係長	医科学研究所総務課人事係長から
山田 勉	給与・施設グループ施設管理チーム	係員	工学系・情報理工学系等事務部財務グループ施設管理チームから

(部内異動)

氏名	所属	職名	異動内容
土田 淳美	給与・施設グループ	主査	給与・施設グループ給与・旅費チーム係長から
濱田 真実子	物性研担当課総務係	係長	物性研担当課総務係主任から
清水 雅弘	経理担当課契約チーム	係長	給与・施設グループ給与・旅費チーム主任から
水野 裕子	給与・施設グループ給与・旅費チーム	主任	経理担当課契約チーム主任から

(兼務免)

氏名	所属	職名	異動内容
鈴木 和美	物性研担当課	副課長	総務係長兼務を免ずる

「物性研だより」第48号第1号21頁の人事異動の記事において、以下のとおり誤りがありました。

おわびして訂正いたします。

(委嘱)

(誤) 常行真司 附属物質設計評価施設 教授 本務: 大学院理学系研究科准教授

委嘱期間: 平成20年4月1日~平成21年3月31日

(正) 常行真司 附属物質設計評価施設 教授 本務: 大学院理学系研究科教授

委嘱期間: 平成20年4月1日~平成21年3月31日

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

中性子科学研究施設（山室研究室） 助教 1 名

2. 研究内容

本研究室では、液体、ガラスなどの複雑凝縮系の構造とダイナミクスを、中性子散乱法を中心に X 線回折、熱測定、誘電測定などの手法を用いて研究している。本公募では、山室所員と協力して上記の研究に従事するとともに、物性研が日本原子力研究開発機構（東海村）の研究用原子炉（JRR-3）で行う中性子散乱実験の全国共同利用を積極的に推進する意欲が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 20 年 9 月 30 日（火）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附属中性子科学研究施設 准教授 山室 修

電話 04-7136-3494 e-mail yamamuro@issp.u-tokyo.ac.jp

10. 注意事項

「中性子科学研究施設（山室研究室）助教応募書類在中」、または「意見書在中」の旨を朱書きし、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 20 年 6 月 19 日

東京大学物性研究所長
家 泰 弘

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

物性理論研究部門（杉野研究室） 助教1名

2. 研究内容

本公募では第一原理的な計算手法を発展させ、例えば表面・界面における励起状態や動力学的過程といった物質科学のフロンティアを開拓する意欲のある若手研究者を希望する。物性研所有のスーパーコンピュータの運用にも関わっていただぐ。

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20年10月24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物性理論研究部門 准教授 杉野 修

電話 04-7136-3290 e-mail sugino@issp.u-tokyo.ac.jp

10. 注意事項

「物性理論研究部門（杉野研究室）助教応募書類在中」、または「意見書在中」の旨を朱書きし、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20年6月19日

東京大学物性研究所長

家 泰 弘

物性研究所創立 50 周年記念出版

『21世紀の物質科学—最先端がわかる』編集後記

創立 50 周年記念事業のメインイベントは、昨年 11 月 29 日に柏キャンパスで行われたシンポジウム、前夜祭から始まって、六本木での記念シンポジウム、パネルディスカッション「これから 50 年の科学は?」、そして ANA インターコンチネンタルホテルでの記念パーティーまで盛大に行われました。ご講演、ご列席いただいた方々には記念事業実行委員会委員の一人としてあらためて感謝いたします。さて、この大イベントをはさんで前後 1 年間にわたって肅々と進められていた仕事がこの記念出版事業です。5 月 22 日に培風館から販売となり、編集担当者はようやく肩の荷を下ろすことができました。

そもそもこの企画が浮上したのは、記念事業として一回きりの行事だけでなく何か形になるものを残したいという願いがあったからです。サマースクールを開いてテキストを残そうとか、物性研の紹介ビデオを作ろうなどという話もありましたが、検討委員会での議論の末、なるべく多くの方の目に触れる可能性があり、寿命も長いものとして啓蒙書の出版に行き着いたわけです。

昔、「物性科学のすすめ」というシリーズ（全3巻）があったのをご存知でしょうか。1977 年に出版されたシリーズ最初の本は近角先生が企画され、当時の物性研所員が各章を分担執筆して、初等的な固体物理の話から説き起こした力作で、かなりの部数が売れたと聞いています。さらに数年のうちに、三浦、生嶋両先生が編集された続編、続々編が世に出ましたが、その後は物性研として企画した啓蒙書はありませんでした。

ところが、その後の 20 年間に、量子ホール効果、高温超伝導の発見や各種走査プローブ顕微鏡の発明など物性科学の発展は目覚しいものがあり、この時期にあらためて啓蒙書を出版することは大いに意義があるという結論に達しました。実際、最近のノーベル物理学賞を見てみても、物質科学あるいは物性に関係したものが半数以上を占めています。さらに化学賞も物性研の研究領域に属するものが沢山あります。そこで物性研が創立 50 周年を迎えるのを機に、この 20 年間の新しいトピックスを中心とした「物質科学」の啓蒙書を出版することになりました。

この啓蒙書は、ノーベル賞関係を含む新規なトピックスから重要かつ分かりやすいものを選んで解説することにより、物質科学の面白さ、驚き、夢を読者に伝えることを第一の目的としています。大学の 1、2 年生程度の予備知識で十分に読めるように平易に記述する一方で、最先端研究の一端まで何とか垣間見ることができるようという無理難題に応えて、物性研内外の著者が奮闘し、12 のトピックスとエピローグというかたちで一冊の本にまとめました。それぞれの記事は一気に読める長さにしてあり、カラーページも加えて親しみやすくしたつもりです。タイトルは「物性科学」にするか「物質科学」にするかで最後まで悩みましたが、一般の人にも理解しやすくという意味で後者を選びました。表紙デザインや帯の文章にまでこだわって作った「労作」ですが、教養課程向きにしては少しレベルが高くなってしまったので、売れ行きが心配ではあります。逆にいって、「物性研だより」の読者の皆様にも十分に楽しんでいただける内容ではないかと思います。実際、この編集作業のなかで「今さら聞けない」異分野の勉強をさせていただきました。是非、ご一読いただき、若い人たちにも勧めていただけすると、物質科学の更なる活性化につながるのではないかと期待し、この紙面を借りて販売促進を兼ねて紹介記事を書かせていただきました。

目次など詳細は、物性研ホームページのリンクボタンからご覧下さい。

平成 20 年 7 月 編集委員 末元 徹
勝本 信吾

編 集 後 記

こんな私でも図書委員長なので「物性研だより」との関わりが深くなっているわけですが、昨年、ある先生から「君は、全国の研究者コミュニティへの情報発信手段としての『物性研だより』の意義を分かっているか?『物性研だより』を通して説明責任を果たすことが全国共同利用研としてのお役目と作法であり、いまの『物性研だより』はその役割を果たしていないのではないか?ここ数年間、法人化後の対応や将来計画についての記事を目にしたことがないが、これは大変残念である。」という趣旨のメールをいただきました。私は、これはもっともなご意見と思い、それ以降はなるべく物性研の現状や将来計画が見えるような誌面作りを心がけてはおります。しかしながら実際に伝えているのは、現状報告や進行中のプロジェクトについてであり、未だ将来計画を紹介するには至っておりません。物性研を船に喻えるならば、理念が目的地で将来計画はさしづめ航路設定でしょうか。適切な航路設定なしに船が目的地に辿り着くことは不可能だと思いますが、法人化という嵐に遭い、予期せぬ海流の変化によって流された船は、現在新たな航路を設定し直しているところで、天候が回復し、周りの様子がはっきりすれば新しい航路を皆様にお知らせできると信じております。「物性研だより」を通して新しい将来計画が発信されるその時こそ、所外のコミュニティへの説明責任を果たすだけでなく、所内の、あるいは目的地を知らずに乗船している船員への「各員一層奮励努力せよ」の大号令となるのではないでしょうか。

金道浩一