

# 物性研だより

第41巻  
第2号

2001年7月

- 目 1 バイロクロア酸化物Cd<sub>2</sub>Re<sub>2</sub>O<sub>7</sub>における超伝導 廣井 善二

次 物性研究所研究会報告

- 8 ○「物性研究拠点整備計画等に関する物性研究所研究会」  
26 ○「高圧物性セミナー21」  
29 ○「強磁場研究の現状と将来」  
41 ○「磁場が誘起する磁性体の新量子現象」

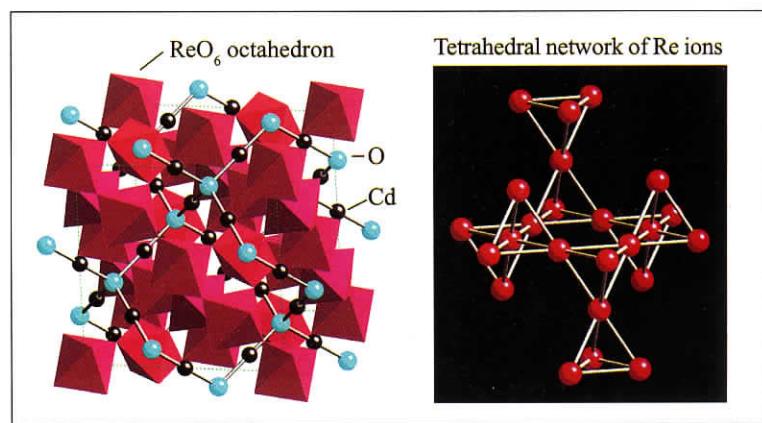
57 物性研究所談話会

物性研ニュース

- 58 ○人事異動  
59 ○東京大学物性研救助の助教授・助手公募の通知  
62 ○テクニカルレポート 新刊リスト

編集後記

バイロクロア酸化物Cd<sub>2</sub>Re<sub>2</sub>O<sub>7</sub>  
の結晶構造



東京大学物性研究所

ISSN 0385-9843

# パイロクロア酸化物Cd<sub>2</sub>Re<sub>2</sub>O<sub>7</sub>における超伝導

物質設計評価施設 広井 善二

## 1. はじめに

ここ2ヶ月半、非常に楽しい研究の日々を送っている（ちなみに、これを書いているのは平成13年6月11日、原稿の締切日です）。というのは、去る3月23日、当研究室の当時博士課程2年生だった花輪君が作った試料が1Kで超伝導を示すことを発見したからである。それ以来、昼夜なく？無差別に？周りの人々を巻き込みながら研究を行ってきたが、最近になってようやく一息ついて文章など書く気になった（締切が…）。

柏に引っ越ししてきたとき、何か新しいことを始めようと花輪君と相談した結果、パイロクロア酸化物で金属絶縁体転移を調べてみようということになった。パイロクロア酸化物はペロブスカイトと並んで2種の金属元素からなる遷移金属酸化物の大きなファミリーをなす。一般式はBを遷移金属元素とするとA<sub>2</sub>B<sub>2</sub>O<sub>7</sub>で、A<sup>3+</sup>/B<sup>4+</sup>またはA<sup>2+</sup>/B<sup>5+</sup>の組み合わせからなり、大ざっぱに言ってAのイオン半径が比較的小さいときにパイロクロア構造、大きいときにペロブスカイト構造が現れる。その特徴は後述することにして、取りあえず、われわれが選んだのはオスミウムのパイロクロアであった。これについては古く1970年代にSleight (BPBOの超伝導を発見した有名な固体化学屋)らの一連の仕事があり、特に面白いのはCd<sub>2</sub>Os<sub>2</sub>O<sub>7</sub>で、これは230Kで高温金属相から低温非金属相への相転移を示すことが報告されていた〔1〕。ここでOsは5価であり5d電子を3つ持つため、t<sub>2g</sub>軌道がちょうどhalf-filledになっていて単純にモット転移が起こっていると考えられていた。この興味深い物質がこれまであまり取り上げられなかった理由の一つは、原料のOsO<sub>4</sub>が臭くて「やばい」ことにある（ちなみにオスミウムの語源は「臭い」と言う意味のギリシャ語）。花輪君はOsO<sub>4</sub>を原料に使用せず合成中にも出来る限りその生成を押さえることを工夫して、Cd<sub>2</sub>Os<sub>2</sub>O<sub>7</sub>の多結晶試料を合成し、その物性を調べた。特にドーピングを行ってhalf-filledからずらしたときにどうなるかに興味を持って研究を行ってきたが、正直言って現時点ではあまり楽しい結果は得られていない。

と言うわけで、モット刺激をということになり、オスミウムのお隣のレニウムへの浮気を考えた（蛇足ですが、その語源はライン川です）。Cd<sub>2</sub>Re<sub>2</sub>O<sub>7</sub>については、その構造がパイロクロア型であること、低温（～4K）まで金属伝導を示すこと、および、電子比熱係数が13.3mJ/K<sup>2</sup>mol Reであることがわかっていた

〔2, 3〕。花輪君がCdO, ReO<sub>3</sub>, Reを原料として石英チューブに封入して反応させたところ、何と最初から1-2mmの「大きな」結晶が得られた。結晶は図1の挿し絵のように三角形の111面がきれいに成長しており、惚れ惚れするような濃い紫色をしている。その後、平均して2-3mm、最大では10mmの八面体状結晶が

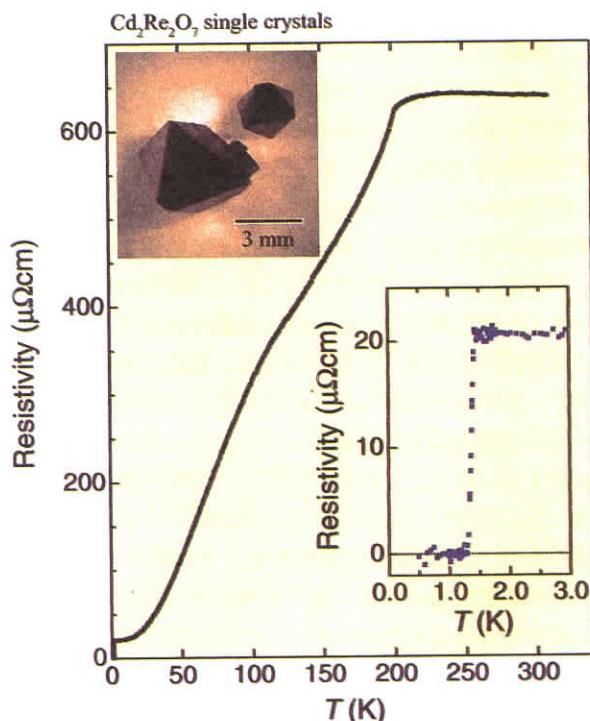


図1 パイロクロア酸化物Cd<sub>2</sub>Re<sub>2</sub>O<sub>7</sub>の電気抵抗と結晶の写真。結晶は(111)面が成長した八面体状で数mmの大きさである。挿入図は超伝導転移による電気抵抗の急激な落ちを示す。

得られている。

さて得られた試料の電気抵抗、磁化率を測定したところ、後述のように200Kあたりで奇妙な振る舞いが見られた。これは結構面白いということで、さらに低温まで比熱を測定した。これが3月23日である。幸い、当研究室には柏移転のお陰でQuantum Design社のPPMSがHe3のクライオスタット付きで入っていた。このシステムは、われわれのようなド素人でも0.35Kまで電気抵抗、比熱などが測定できる大変有り難い装置である。23日の夜中、測定がちょうど1Kに達した頃たまたま装置を見に行ってぼんやり眺めていると、次の測定点が異常に大きく跳ね上がった。どきっとしてそのまま（息もせぬ）眺めていると、何ときれいな

$\lambda$ 型の転移が現れてきた。たまたま居残っていた（夜中はいつもいる）上田研の山内さんを無理矢理呼び出して、二人で盛り上がりました。この転移が超伝導か、はたまた未知の相転移か、気分は羽が生えたように舞上がり、翌日、花輪、山内の3人で電気抵抗が同じ温度で落ちるのを見て、ほっとし、ちょっとがっかりしました（なんだか小学校の作文を書いてるような気分になってきた）。

さて、時は春の物理学会の直前で、次週火曜日から八王子の中央大学に行かねばならない。高温超伝導の教訓で、新しい物を見つけたときは必ず世界のどこかで同時に同じことをやっている人間がいるから、こういうことは素早くやらねばならないと花輪君に言い残し、実験は彼に任せて後ろ髪引かれながら学会に行つたが、やはり学会は上の空で芝生に寝転がって論文の下書きを書いた。その後着々と仕事は進んでいき、論文もPRLに投稿して〔4〕5月31日-6月1日と物性研で開かれたミニ研究会「3Dフラストレーション酸化物の化学と物理」において初めて結果を発表した。

「物語」からはずれるが、このミニ研究会は現在行われている短期研究会の見直し論議を先取りして所長裁量経費により行ったものである。見直し論議とは、現在、前学期に提案して採択されることを条件としている短期研究会では最新のトピックスに臨機応変に対応できないため、これとは別枠で小規模の研究会を隨時、開こうというものである。物性研がそのような機動力をもって研究会を開催することは物性コミュニティの活性化に大きく寄与することであり、是非とも実現されること期待したい。今回の研究会のテーマは最近特に注目を集めている、磁気フラストレーションを示す3次元酸化物の物性であり、物性研外から14件、内部から5件の発表があって活発な議論が行われた。

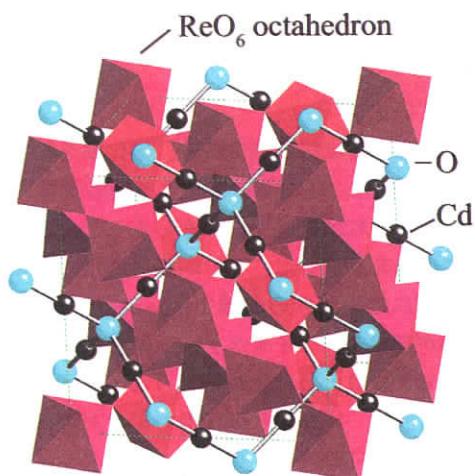


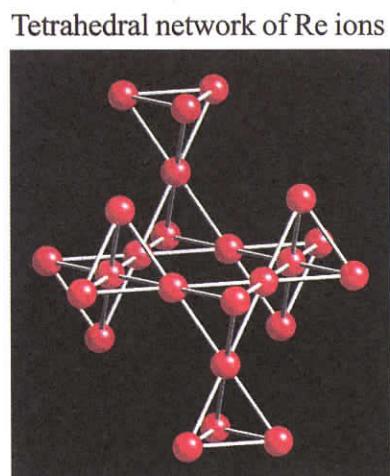
図2 パイロクロア酸化物 $Cd_2Re_2O_7$ の結晶構造（左）とRe原子のみに着目したパイロクロア格子。赤球で示したRe原子は正四面体をなし、これが頂点を共有しながら3次元的な格子を組む。

さて、5月31日の研究会当日に戻るが、われわれが $Cd_2Re_2O_7$ の超伝導を発表する2つ前の講演で、何と驚いたことに別のパイロクロアの物性を話すことになっていた京大の吉村さんが、全く同じ物質の超伝導の話を始めた。瞬耳を疑ったが、確かにほとんどわれわれと同じような電気抵抗や磁化率のデータが示され、1.1Kで超伝導になることが報告された。ただし、彼らのデータは多結晶試料を用いたものであった。平静を装って私も自分の話をしたが、前もってこちら側の話を知っていた人々は、にやにや笑いながら私の顔を眺めていたに違いない。もちろん、吉村さん達もわれわれの結果は知らなかったわけで、お互いにびっくりしたと言うわけである。確かに誰かどこかで同じことをやってるだろうとは思っていたが、まさかこんなに近くであろうとは。ちなみに物性研に来る前に私がいた京大化研の研究室と吉村さんの研究室はほとんど兄弟関係にあり、以前からお互いに大変よく知っていた仲（もちろん仲良し）である。

前置きが異常に長くなつたが、サイエンスの話もしないと呆れられそうなので以下に、パイロクロア格子と酸化物について概観し、 $Cd_2Re_2O_7$ についてこれまでわかったことをまとめ、今後の展望についても触れたい。

## 2. パイロクロア格子と磁気フラストレーション

パイロクロア酸化物 $Cd_2Re_2O_7$ の結晶構造を図2に示す。 $ReO_6$ 八面体をピンクの多面体で $Cd$ 、残りのOをそれぞれ黒、水色の球で書いた。このような3次元構造をわかりやすく書くのは容易ではないが、今注目すべき $Re$ のみ取り出して簡単化すると（ $Cd^{2+}$ は4d殻がすべて埋まっており、一方、 $Re^{5+}$ は4f<sup>14</sup>5d<sup>2</sup>の電子配置を持っているのでそのd電子が電気伝導性および磁性を担う），右図のように $Re$ 原子が正四面体をな



し、これが頂点を共有しながら3次元的に繋がった、極めて対称性の高いパイロクロア格子が現れる。正四面体は正三角形をモチーフとしているため、最近接原子間の磁気的相互作用が反強磁性的ならば3番目のスピンの向きが定まらないという、フラストレーション（3角関係）が生じ、通常の長距離秩序が抑制される。特にスピンが1/2の場合、その基底状態はスピン液体状態になると予想されている〔5〕（余談だが、このようなスピン1/2パイロクロア格子を実現する物質は知られておらず、理論予測は確かめられていない）。

一方、パイロクロア構造（図1）ではCdの占めるAサイトのみ取り出しても、右図のパイロクロア格子が得られる。最近多くの研究が行われているのはAサイトにDyやHoを選び大きな異方性を持つイジングスピンを置いて、Bサイトは非磁性のTi, Snとする。この時、系は絶縁体でAサイト間の相互作用は強磁性的となり、各四面体において、2つのスピンが内に向き残り2つが外を向くようなスピン配列が安定となる。しかし、4つのスピンのうち、どの2つを選ぶかの自由度が6つあり、そのために低温でも長距離秩序が起こらず、「スピンアイス」と呼ばれる状態になる〔6〕。これは、氷の水素結合に残るエントロピー（氷の場合、酸素原子が四面体の中心にあり、4つの頂点が水素原子）と本質的に同じであることからその名が付いた。

パイロクロア格子を内包するもう一つの重要な酸化物はマグネタイトに代表されるスピネル酸化物である。マグнетタイトは相変わらずややこしいが、ZnV<sub>2</sub>O<sub>4</sub>やLiV<sub>2</sub>O<sub>4</sub>などのバナジウムスピネルには面白い物理が見つかっている〔7〕。特に後者は、パイロクロア格子上にあるVの1.5個のd電子が金属状態にあり、低温で大きな質量をもつ「重い電子」的な振る舞いが見出されている（ $\gamma = 200 \text{ mJ/K}^2 \text{ mol V}$ ）〔8〕。局在スピン系でのフラストレーションの概念は直観的に理解しやすいが、このような非局在系でそれがどのような意味があるか不明な点が多い。LiV<sub>2</sub>O<sub>4</sub>の重い電子的振る舞いは、スピンと軌道の自由度が低温まで生き残って電荷の自由度と結合したことによると考えられている〔9〕。一方、高温超伝導以前に酸化物超伝導体として最高のT<sub>c</sub>（13.7K）をもっていたLiTi<sub>2</sub>O<sub>4</sub>もスピネル構造を有する。これはTiあたり3d電子が半分の系であり、パイロクロア格子上の超伝導とも考えられるが、残念ながら単結晶が得られずその物性には不明な点が多い〔10〕。

### 3. パイロクロア酸化物の物性

一連のパイロクロア型遷移金属酸化物の物性の特徴をペロブスカイト型酸化物と比較してみるのは興味深

い。後者はBO<sub>6</sub>八面体をつなぐB-O-Bボンドの角度がほぼ180°であるため、d軌道間にある酸素のp軌道を介した重なり積分が大きく伝導バンドを形成しやすい。3dの場合、大きなクーロン相互作用Uによって絶縁体となることが多いが、一端ドーピングがなされると容易に金属化する。また、180°ボンドを反映して局在スピン間の磁気的相互作用は反強磁性的である場合が多い。これに対して、B-O-Bボンドが110~130°と大きく歪んでいるパイロクロア酸化物では、d軌道間の酸素のp軌道を介した重なり積分が小さく、伝導バンドを形成しにくい。また、磁気相互作用が強磁性的な場合がほとんどである。3d電子を有するパイロクロア酸化物には、V, Cr, Mnのものが知られているが、ほとんどが強磁性絶縁体である。ただし、Tl<sub>2</sub>Mn<sub>2</sub>O<sub>7</sub>は例外で、Tlの6s軌道がわずかにフェルミ面にかかるて金属となっている。これに比べて軌道の拡がりが大きい4d電子では、MoパイロクロアでAサイトのイオン半径を変えることにより、強磁性金属からスピングラス的な絶縁体へと変化する。また、RuパイロクロアではMnと同様にAサイトがTl, Pb, Biの時に6sバンドの助けで金属になるが、Tl<sub>2</sub>Ru<sub>2</sub>O<sub>7</sub>は特殊で、120Kで構造が斜方晶に歪んで絶縁体化することが知られている。一方、さらに軌道の拡がった5dパイロクロアは一般にほとんど金属的である。バンド計算の結果を見るとフェルミ準位近傍での酸素のp軌道の寄与はそれほど大きくない。Re, Os, Irの4価のパイロクロアは金属であるが、前述のようにOs<sup>5+</sup>では温度による金属絶縁体転移が見られる。Ir<sup>4+</sup>に関しては前野らが今年の春の物理学会において、Aサイトのイオン半径により金属から絶縁体へ変化することを報告している。蛇足だが、Uのパイロクロアも報告があり面白そうだが、その物性は調べられていないようである。

パイロクロア構造をとる遷移金属はシリーズの前半であるため、t<sub>2g</sub>軌道が主役となる。そのBO<sub>6</sub>八面体は空間群の対称性から111軸方向に歪むことが出来る。歪みの大きさを決めているのは48fサイトの酸素の原子座標（x, 0.125, 0.125）であり、xが0.3125の時、正八面体となる。ほとんどすべての物質ではx > 0.3125で八面体は111方向に縮んでおり、t<sub>2g</sub>軌道はエネルギーの低いa<sub>1g</sub>軌道と高いe<sub>g</sub>軌道に分裂すると予想される。ところがこれから話をするCd<sub>2</sub>Re<sub>2</sub>O<sub>7</sub>は例外でxは0.309と報告されている。よって、e<sub>g</sub>軌道の方がエネルギーが低くなり、ここに2つのd電子が収容されている可能性が高い。

以上、パイロクロア型遷移金属酸化物の物性はペロブスカイト系とはかなり趣が異なる。簡単にまとめると、3dシリーズではUよりもW（バンド幅）が効い

て絶縁体となる。伝導という観点から面白そうのは4d/5dであり、関与するのは $t_{2g}$ 軌道である。ただし、八面体の歪みから $a_{1g}$ と $e_g$ 軌道に分裂している。d電子間の磁気相互作用は強磁性的である。多くの金属伝導を示す物質があるが、超伝導を示すものは知られていない。

#### 4. $\text{Cd}_2\text{Re}_2\text{O}_7$ の物性

$\text{Cd}_2\text{Re}_2\text{O}_7$ の物性について述べる。電気抵抗の温度変化は図1のように単純ではない。室温付近でほとんど温度依存性がなく、200Kで急に減少を始め、120Kあたりでこぶを示した後、低温で一定値に収めんする。抵抗の絶対値は室温で約600 $\mu\Omega\text{cm}$ 、低温で20 $\mu\Omega\text{cm}$ であり、残留抵抗比は約30である。抵抗値は結晶によって若干のばらつきがあるが、残留抵抗比はほとんど変わらない。低温での温度依存性は、ほぼ $T^3$ に比例し、電子-電子散乱による $T^2$ 則でも音響フォノン散乱による $T^5$ でもない。ただ、後述のように200Kで2次の構造転移があり、その影響が電気抵抗の温度変化を複雑にしていると考えられる。

2K以下に冷却すると、抵抗は超伝導転移により鋭く落ちる。この結晶ではオンセットが1.45K、ゼロ抵抗が1.30Kで得られている（高温超伝導のブロードな転移を見慣れないと妙に感動する）。転移曲線は磁場中でほぼ平行に低温へ移動し、5T以上で落ちが見えなくなる。転移温度については面白い話があるので後でまとめて記述する。

超伝導を確かめるためにマイスター効果を見る必要があるが、われわれの所では1.7K以上でしか磁化測定ができないので、榎原所員、田山助手にお願いしてキャパシタンス法により測定していただいた（「ブ

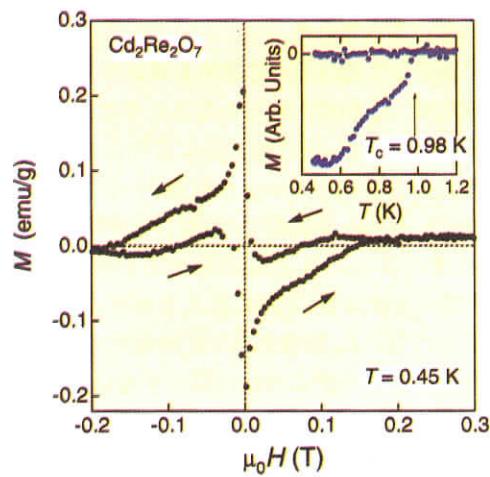


図3 0.45Kにおける磁化の磁場依存性および一定磁場中の温度変化。田山助手、榎原所員による。

ロ」がたくさんいて物性研はよいところである）。図3は抵抗測定に用いた試料と同じバッチの結晶についての結果である。0.45Kで測定された磁化-磁場曲線は明らかに第2種超伝導体のものであり、下部臨界磁場 $H_{c1}$ が20G以下、上部臨界磁場 $H_{c2}$ が2kGあたりである。磁化のピークから大ざっぱに超伝導体積分率を見積もるとほぼ100%となり、超伝導がバルクのものであることが結論される。磁化の温度変化から $T_c$ は0.98Kと見積もられた。

一方、比熱はPPMSを用いて緩和法により測定した。試料は電気抵抗、磁化測定に用いたものと同じバッチである。図4には様々な磁場中で測定したデータから格子比熱をフィッティングにより差し引いた残りの電子比熱 $C_e$ を温度で割ったものをプロットしている。ゼロ磁場中の比熱は1K以下で急激に立ち上がり、入型の転移を示す。転移の中点から $T_c$ は0.97Kであり、これは磁化の温度変化からの値とよく一致する。転移前の値を外挿して電子比熱係数 $\gamma$ は15.1mJ/K<sup>2</sup>mol Reと見積もられる。また、格子の寄与からデバイ温度は458Kであった。 $\gamma$ の値は以前多結晶について測定された値13.3mJ/K<sup>2</sup>mol Reよりも若干大きい。p波超伝導といわれているSr<sub>2</sub>RuO<sub>4</sub>の37.5mJ/K<sup>2</sup>mol Ruと比べるとかなり小さい[11]。ちなみに金属的なIrパイロクロアでは6mJ/K<sup>2</sup>mol Irと報告されており、これに比べると $\text{Cd}_2\text{Re}_2\text{O}_7$ の $\gamma$ は大きい。最近の播磨氏によるバンド計算によると $\text{Cd}_2\text{Re}_2\text{O}_7$ について $\gamma = 2.7 \text{ mJ/K}^2 \text{ mol Re}$ であり、実験値には大きなmass enhancementがあるように見える。 $T_c$ の磁場依存性から $H_{c2}$ は0.21Tと見積もられ、これは400Åのコヒーレンス長に対応する。

さて、この超伝導が普通のBCSか、はたまた、フ

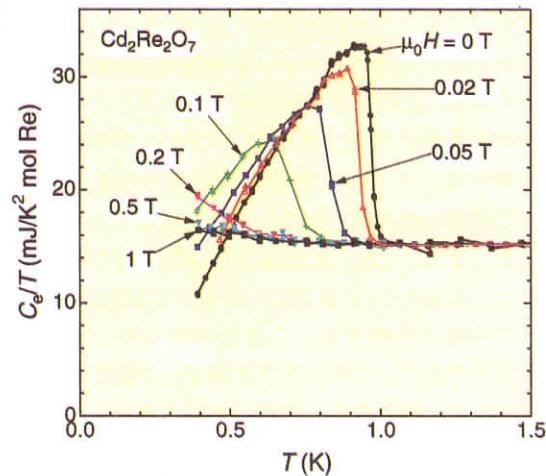


図4 比熱の温度、磁場依存性。格子比熱を差し引いた残りの電子比熱 $C_e$  (Reが1molあたり) を温度で割った $C_e/T$ を温度に対してプロットした。

ラストレーションを含めてパイロクロア格子の特異性が効いたエキゾチックな超伝導かが物理屋にとってもっとも興味深い点であろう。比熱のデータにおいて $T_c$ での飛びをみると、 $\Delta C_e / \gamma T_c = 1.15$ となり、等方的な超伝導ギャップ形成に期待される1.43に比べてかなり小さい。この値は他のバッチの結晶でもほぼ同じで再現性が高い。一方、比熱が絶対零度に向かってどのようにゼロに近づくかが重要な情報を与えるが、0.37K以上のデータではこれを議論することは困難である。超伝導ギャップが等方的な場合比熱は指数関数的に減少するが、異方的またはノードがある場合にはもっとゆっくり減少する。この問題に関する1つの糸口はエントロピーバランスを考えることである。 $C_e/T$ 曲線の下の面積はエントロピーに対応するから、ゼロ磁場曲線と磁場で超伝導を壊した時の曲線下の面積は等しくなるはずである。これを考慮すると、もし非超伝導状態の比熱が単純な $\gamma T$ だとすると、0.4K以下の $C_e/T$ はかなり急激に減少する必要がある。よって、ノードをもつギャップが開いているように見えない。

$T_c$ に関しては不思議な話がある。図1で見られたようにゼロ抵抗温度から決めた $T_c$ は1.3Kであり、これは磁化、比熱から求めた $T_c$ より高い。実際、多くの結晶で測定してみると比熱では $T_c=0.97\text{--}1.04\text{K}$ で約1Kであるのに、電気抵抗からは $T_c=1\text{--}2\text{K}$ であった。さらに驚くべきことに、ある結晶を抵抗測定のために磨いて整形し測定すると2Kできれいに転移したが、その後同じ結晶の比熱を測定するとやはり転移は

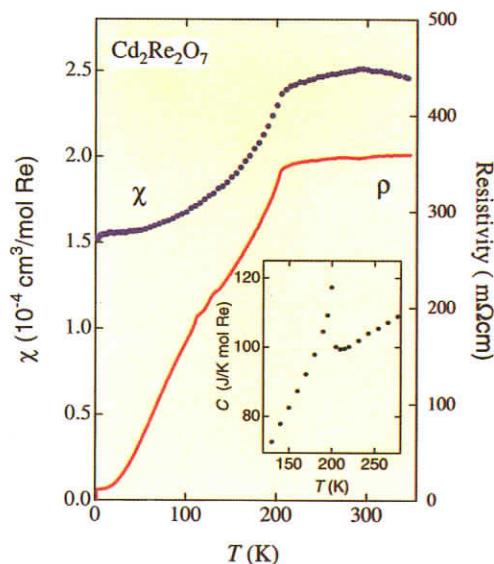


図6 高温での物性異常と格子定数の温度変化。200Kに構造転移があり、格子定数の温度変化が折れ曲がる。比較のためにパイロクロア酸化物 $\text{Cd}_2\text{Os}_2\text{O}_7$ のデータを併せて示した。 $\text{Cd}_2\text{Os}_2\text{O}_7$ では、230Kに金属絶縁体転移があるが、そこでは構造転移がないと考えられている。

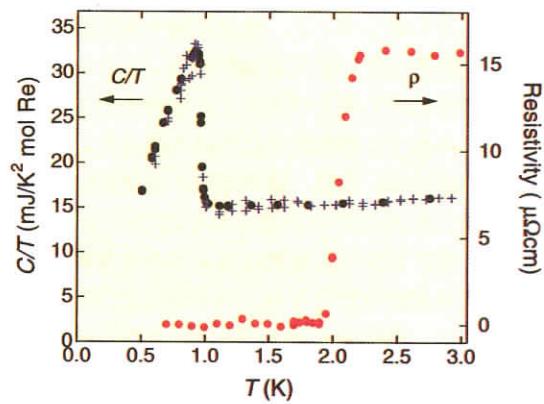
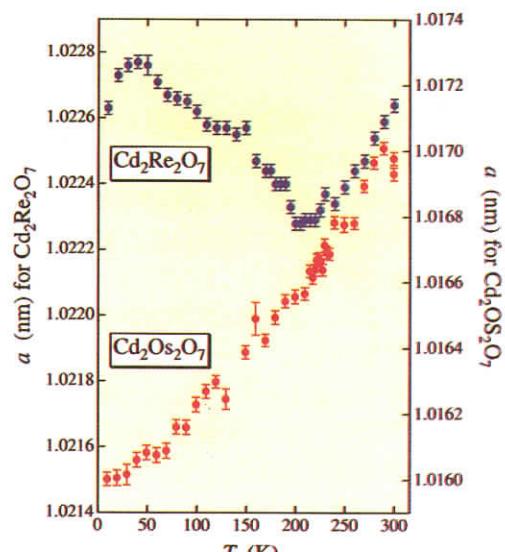


図5 比熱と電気抵抗でみた $T_c$ の違い。黒丸はあるバッチの結晶の比熱データであり、赤丸は同じバッチの結晶を研磨、成形して測定した電気抵抗のデータである。青十字はその抵抗測定した結晶の比熱を再度測定したものであり、明らかに比熱、電気抵抗で見ている転移温度が異なる。

1Kにあった(図5)。これは明らかに表面のみ $T_c$ が上がっていることを意味している。ちなみに結晶を磨かずに電気抵抗を測定すると1.0-1.3Kで転移する。磨いた結晶表面を分析室の坂井助手にお願いしてEPMAで組成分析をしてもらったが、特に異常は見られなかった。考えにくいか、Cd、Re金属が析出したとすると、その転移温度はそれぞれ、0.5K、1.7Kである。しかし、これらは第1種超伝導体でありその磁場依存性から区別できる。よって、2Kの高い $T_c$ は $\text{Cd}_2\text{Re}_2\text{O}_7$ 自身の表面が何らかの変化を受けて起



こったものと考えられる。実際、表面で何が起きているかはよくわからないが、酸素欠損や金属組成のわずかなズレが生じている可能性がある。すると、これを制御できれば  $T_c$  を上げることが出来るかもしれない。

最後に高温での物性異常について述べる。図6に電気抵抗、磁化率、比熱、格子定数の温度変化を比べた。電気抵抗に折れ曲がりが見られた200Kにおいて、磁化率も急激に減少し、比熱には $\lambda$ 型の異常が、格子定数にも折れ曲がりが見られ、明らかにここで2次の相転移がある。磁化率の減少は異常に大きく低温では室温の値の約60%になっている。瀧川所員によるCdのNMRの結果では磁気転移はなく、スピン帶磁率が大きく減少していることがわかっている。これを単純に状態密度の減少によると考えると、転移温度以下で電気抵抗が急激に下がり始めることと相容れない。X線室の山浦助手の協力により、低温でのX線回折パターン解析から低温相は高温相と同じく立方晶であるが、高温の立方晶（空間群  $Fd\bar{3}m$ ）では禁制の反射が見られ、対称性が落ちていることがわかった。 $Fd\bar{3}m$ のサブグループで消滅則を満足する空間群は  $Fd\bar{4}3$ のみである。低温相の結晶構造は大変重要であるが、詳細な議論は単結晶構造解析を待たねばならない。しかしながら、もしこの空間群が正しいとすると、Re原子がその正四面体の中心方向に動けるようになる。面白いことにその結果、各四面体は歪まずに（フラストレーションが解けずに）、一つ置きに膨張したり収縮したりすることになり、プリージングモードが凍結したことになる。これが局在スピン系ならば四量体シングレットになると思われる。その意味でスピン磁化率の減少は意味深であり、構造と物性の相関が興味深い。

## 5. 今後の展望

今日、届いた物構研の門野さんの $\mu$ SRデータは刺激的であった。まだ、多結晶試料でpreliminaryな結果ではあるが、 $\mu$ SRから見積もった磁場侵入長の温度変化は超伝導が単純なBCSではないことを示している。今後、NMRの結果が出てくれば面白いことになるかもしれない。また、阪大産研の播磨氏のバンド計算の結果も非常に興味深い。それによると、この系は低キャリア密度の半金属であり、フェルミ準位直下に極めてフラットなバンドが4本あり、状態密度にシャープなピークを形成している。もし系にホールドープが出来れば  $T_c$  は鰐登りに(200Kへ)跳ね上がるかもしれない？結晶を磨いただけで  $T_c$  が2Kに上昇することもこの辺と関係しているような気がする。現在、各種のドーピングを試行中であり、今後の進展に乞うご期待。

一方、化学としては多くの金属伝導を示すパイロク

ロア酸化物の中で  $Cd_2Re_2O_7$ だけが特殊なのか、それとも、他にも超伝導を示すものがあるのか、大変興味深い。多くの物質が調べられたのは20-30年も前であり、もう一度、片端から冷やしてみるもの一興であろう。しかし、高温で構造転移があり物性に異常が見られている系は少ない（内緒だがもう一つ似たようのある）。この転移が超伝導発現と直接絡んでいるとすると他で見つかる可能性は低くなる。また、1983年のSubramanianのレビューには、Reが $5+$ を取ることは希であり  $Cd_2Re_2O_7$ では  $Re^{6+}/Re^{4+}$ の混合原子価状態にあるだろうなどと、刺激的なことが書いてある[12]。いずれにせよ、Re $5+$ の、または、5d $^2$ の特殊性を考えることは超伝導の機構を知る上で重要であろう。

## 6. おわりに

ちょっとだけ書いてお茶を濁そうと思って書き始めましたが、だらだらと長く書いてしまい、最後までお付き合いいただいた方には申し訳ありませんでした。この系の研究はまだ始まったばかりです。学生さんともう少しじっくり楽しめるかと思っていたのですが、京大の吉村さんという強力なライバルの出現で事態が一変しました[13]。競争は趣味ではありませんが、途中で降りるわけにもいきません。今頃向こうではもっと低温のNMRや比熱をやってることでしょう。こっちもまだやることは沢山あります。物性研の皆様のご援助をよろしくお願ひいたします。

本稿を書くにあたり物性研内外の多くの方々のお世話になりました。ここに感謝の意を表します。

## 参考文献

- [1] A. W. Sleight, J. L. Gilson, J. F. Weiher, and W. Bindloss, Solid State Commun. 14, 357 (1974).
- [2] P. C. Donohue, J. M. Longo, R. D. Rosenstein, and L. Katz, Inorg. Chem. 4, 1152 (1965).
- [3] K. Blacklock and H. W. White, J. Chem. Phys. 71, 5287 (1979).
- [4] M. Hanawa, Y. Muraoka, T. Tayama, T. Sakakibara, J. Yamaura, and Z. Hiroi, to be published in Phys. Rev. Lett.
- [5] B. Canals and C. Lacroix, Phys. Rev. B 61, 1149 (2000).
- [6] A. P. Ramirez, A. Hayashi, R. J. Cava, R. Siddharthan, and B. S. Shastry, Nature 399, 333 (1999).
- [7] S. Kondo, D. C. Johnston, and J. D. Jorgensen, Phys. Rev. Lett. 78, 3729 (1997).
- [8] Y. Yamashita and K. Ueda, Phys. Rev. Lett. 85, 4960 (2000).
- [9] C. Urano, M. Nohara, S. Kondo, F. Sakai, H. Takagi, T. Shiraki, and T. Okubo, Phys. Rev. Lett. 85, 1052 (2000).
- [10] D. C. Johnston, J. Low Temp. Phys. 25, 145 (1976).
- [11] Y. Maeno, Physica B 281 - 282, 865 (2000).
- [12] M. A. Subramanian, G. Aravamudan, and G. V. S. Rao, Prog. Solid St. Chem. 15, 55 (1983).
- [13] H. Sakai, K. Yoshimura, H. Ohno, H. Kato, S. Kambe, R. E. Walstedt, T. D. Matsuda, Y. Haga, Y. Onuki, cond-mat/0106521.

# 物性研究所研究会

## 「物性研究拠点整備計画等に関する物性研究所研究会」

日時 2001年2月20日～2月21日

場所 東京大学物性研究所大講義室(6階A632室)

### 「物性研究拠点整備計画」の活動報告

物性委員会委員長 菅 滋正  
物性委員会事務局 大貫惇睦

物性研究拠点整備計画（以下拠点計画と略す）については第16期ならびに第17期の物性物理専門委員会の課題として多くの方々の努力で議論が進められてきた。平成12年5月29日には物理学研究連絡委員会・物性物理専門委員会報告として最終案が出されたことは記憶に新しい。その後この対外報告書を有効に利用されて、いくつかの大学で予算要求が進行しているとのことで喜ばしいことと考えている。しかし第18期の物性委員会としては、さらに残された計画を具体化するために、対外報告の継続として、計画そのものの周知徹底がはかられる事と、より有効なネットワークの構築とが望ましいと考え、物性研究所の研究会として「物性研究拠点整備計画」を開催することを計画し、幸い物性研究所のご理解を得てさる2月20日21日の2日にわたって開催させていただいた。対外報告のとりまとめでご苦労いただいた多くの方々を代表して遠藤前期物性物理専門委員に拠点計画の経緯についてお話をいただいた。出席をお願いしたのは18計画の責任者の方々、大型計画の責任者の方々、今期の物性物理専門委員会委員と物性委員会委員の方々である。研究会は盛会でのべ出席者にして100名近くに達する活発な研究会になったことは喜ばしい。拠点計画の中には非常にご熱心に複数の参加をお申しでいただいたところもあるが予算の関係からお一人のみの旅費負担とさせていただいたほか委員の中でも自己負担でご出席いただいた複数の方々に感謝したい。18拠点の中で1計画の方からはやむをえない事情での欠席のお申し出があったがまたの機会にと考えている。また全国に拠点計画に関心のある方がたくさんおられる現状にかんがみ、各拠点計画はそれぞれのホームページで計画内容を公開いただくようにお願いしてある。なおホームページアドレスは講演要旨に掲載いただいたほか、物性委員会事務局より百人委員に対してe-mail等で隨時周知する事を考えている。まだ公開されていない拠点計画もすみやかに対応いただくようお願いしたい。

初日夕刻から30余名で懇親会を開催しさらなる情報交換をいただいたが、多くの方からは今回の研究会に対して好意的な評価をいただいたものと感じた。2日目には大型計画も取り上げた。大強度陽子加速器計画の進展ならびに高輝度放射光源計画の現状について最新の情報を含めた意見交換が行われ、今後の問題点や議論の方向などが明らかになった。最後に物性研究所の現状について福山所長よりお話をいただいた。また本研究会に対する意見を物性委員会事務局宛てに出していただくよう全物性物理専門委員ならびに物性委員会委員にお願いしたところ、2名の委員からご意見をいただいた。一つは連絡協議会の継続の必要性に関して、もう一つは文部科学省への継続的な働きかけについてである。これについては拡大物性委員会で議論したいと考えている。いずれにしても今期物性委員会は昨秋にスタートしたばかりであり不慣れな点も多々あり、今後の運営については皆様のご意見をお聞かせ願えれば幸いである。

# 物性研究連絡会議報告、物研連報告書「物性研究拠点整備計画の具体化に向けて」

## 作成経緯

第17期物理学研究連絡委員会・物性専門委員会委員会  
物性委員会、物性研究連絡会議、委員長 遠藤康夫

### 1. 連絡会議設立

「物性研究連絡会議」(連絡会議)は第16期学術会議・物理学研究連絡委員会(物研連)報告「物性研究拠点整備計画」(拠点計画)の提案により設立。第13期以来設置され、前期の「拠点計画」報告に提案された研究拠点整備の実現の推進と物性研究のネットワークの構築を目標。拠点計画の実施具体案の検討と日本学術会議への対外報告に向けての活動。

「物性研究の将来計画の実現に向けて」の目的設定の上、それに盛り込む施策の検討、全国を網羅する共同研究のネットワーク、共同利用計画の策定と推進、各研究拠点における施設設備計画の支援等の内容の討論。各研究機関の代表者からの「ボトムアップ」形式での意見聴取。以上の検討結果は、物性専門委員会の責任において物研連に提案すること。

### 2. 検討の内容

#### (1) 大型・中型施設整備

中性子散乱・中間子科学研究、放射光研究の将来計画など大型予算を必要とする物性物理学研究を「物性物理大型研究」と位置付け、前期に引き続き議論した。結果的に、中性子・中間子利用については、文部科学省の統合に期を得た概算要求として、新しく日本原子力研究所(原研)の東海研究所の敷地内に大強度陽子加速器とその利用施設を建設する「統合計画案」の骨格として現在国会で審議中の来年度予算案に盛り込まれている。

放射光研究については、高工研・物質構造科学研究所・放射光研究施設(PF)と大型放射光施設SPring-8の2大施設の有効利用と、軟X線・極紫外線光源計画を文部省学術審議会加速器部会での結論:「最先端性能を有する全国共同利用施設の実現が緊急課題であるとの認識の上で、東京大学計画が全国共同利用の軟X線・極紫外線光源としてふさわしい計画であり、指摘された事項の検討を行い最優先で実現すべきである。しかしながら諸般の事情に依って東京大学計画の早期実現が難しい場合には、軟X線・極紫外線放射光施設実現の緊急性に鑑み、また国際競争力の低下をもたらさないために、検討会で指摘された事項も考慮した上で東北大学計画の具体化を図ることが望ましい」:を連絡会議も理解して、永年の懸案である新しい軟X線・極紫外線高輝度光源建設の早期実現に最大級の支援をする用意があると結論した。

中型施設整備の内、強磁場、或いは「極限環境物性研究」は予算規模も大型に近い。この研究分野は、先駆者である我が国の研究環境は最近激しい国際競争に巻き込まれ、バックアップ体制が将来の重点研究項目と位置付ける必要性があるとの認識の上に、早急な全国規模のネットワーク構築が検討されてきた。関係者を中心に近く具体的な提案がなされる。

#### (2) 中・小型設備の整備について

第17期の連絡会議の検討の中心課題は「拠点計画」を受けて、特に各研究拠点における設備整備の計画の検討と、その計画の実現化への支援、及び全国的な共同利用の為の推進案(これを狭義のネットワーク化案と位置づける)の提案をすることである。物性研究は中・小型設備による個々の研究と、高度な研究に特化される最先端の実験設備との整合に必要なネットワーク構築案を議論した。前期の「拠点計画」の大枠に基づいて分野を横断したネットワークの重要な拠点(別の言葉で表現すればCOE)設立が実現可能な戦略案と位置付け、ボトムアップ形式で検討してきた。最終的に物研連対外報告「物性研究拠点整備計画の具体化に向けて」の中心がこの検討結果である。

### 3. 今期の将来計画の取り組みに関する提言

東京大学物性研究所（物性研）設立以来、全国共同利用体制は揺るぎ無いものであったが、独立法人化に依ってもこの基本的な考え方は不变であろうと信じている。我々は物性専門委員会、物性委員会が積極的に後援すべきとものと考えるが、特に独法化後の物性研究戦略について検討が必要な時期に遭遇している。例えば、独法化後の大学附置研究所や旧国立研究所、特殊法人の研究所などを結ぶソフトネットワークなどの新しい取り組みや連携の模索、或いは必要性の検討。

大型計画は遅れはあっても将来展望が開けていることは我々としても非常に喜ばしいが、予算獲得は以前に増して困難に成ると共に、国際競争、分野間の競争の激化が予想される。引き続きこれらの大型計画案に対する注文。

競争的研究資金導入が恒常的になる時代に則する共同利用のありかたや、物性研究「ネットワーク」構築、が依然中心検討課題になろう。その上、第17期に積み残した案件について今期も特務作業部会を設立して引き続き積極的な活動をお願いする。

最後に

斯波弘行物性専門員、興地斐男物性専門委員委員長、長岡洋介物研連委員長、3氏が物研連对外報告「物性研究拠点整備計画の具体化に向けて」の報告書作成と物研連での報告書採択に際して、積極的に協力して頂きました。ここに謝意を表します。

### 北海道地区物性研究拠点整備計画に関する経緯

北海道大学大学院理学研究科 熊谷健一

全国的な大学変革の流れの中で北海道地区の大学も大きく変わった。北海道大学では理学・工学研究科で大学院重点化が完了した。北海道大学物理学専攻では実験講座の全てが物性研究に集中するという独自のシフトをとっており、物性研究拠点を整備することの意味は大きい。また、室蘭工業大学では博士課程が増設され、研究基盤が整備されつつある。各大学で実施された外部評価などに見られるように、現在の物性研究の現状は個別研究グループの自助努力により高く評価出来る研究水準にあるといえる。

しかし、研究拠点の中核となる大・中規模実験施設がないことや北海道地区的特殊性による多くの制約のもとで研究活動を強いられている。北海道地区では1) 地理的条件(中央との遠距離、交通費の過大負担)、2) 札幌一極集中化(札幌市と他都市の地理的距離)、3) 産業的背景(北海道価格(液体ヘリウム・窒素等の高価格)、町工場の欠如)、4) 知的状況(公的・民間企業等の研究所が少ない)により研究活動が大きく制約される面がある。一方で、そのような制約がある中で独創的研究も数多くおこなわれてきた。

現在および将来に向けて我々がどの様な特色ある研究を行っていくのか、それを可能とする研究基盤の整備に関して議論を重ねている。しかし、小規模の実験設備に対しては、各研究グループの自助努力により一定の成果を得ているとはいえ、地区拠点整備計画への取り組みが遅れ、組織的な先端研究基盤が脆弱であることを認めざるを得ない。

この間、北海道地区物性研究拠点整備計画に関する意見交換の場として H12/1/14 に「拠点整備計画に関する討論会」(於: 北大理)、H13/2/16 に「日本物理学会北海道支部・講演会」(於: 北大理)を開催した。研究拠点整備計画の基本的な方向性や連携ネットワーク構築に関して、以下に述べる基本的な内容が確認されている。

道内の各大学の研究者が集まり定期的に討論会を開き地域ネットワークの強化を図ること。現在意欲的に展開している各グループの研究分野を拠点研究分野と位置づけ、今後も先端的研究成果を国際コミュニティへ向けて発信し続けるための研究設備獲得の予算化に向けて連携をとりつつ各大学での活動を強化する。特に、北大理学研究科内にある極低温液化センターを物性研究拠点の共同利用の研究センターとして改組を実現し、北海道地区の研究グループとのネットワークによる先端研究を推進する。

## 東北大學・物質創製研究拠点の現状と今後の構想

東北大學大学院理学研究科物理学専攻 豊田直樹

研究分野：物性物理学、物質創製科学、無機・有機固体科学

組織：理学研究科物理学/化学専攻、金属材料研究所をコアとし、科学計測研究所、電気通信研究所、工学研究科の関連研究グループ、および学内の横断的研究組織である学際科学研究センターからなる。

### 講演要旨

#### 1. 仙台での物性物理学、物質科学研究の特徴

実験技術開発（Tool）の重要さとそれが後継者育成・教育の問題とも関わっていることを物性実験に立場から指摘したい。

本多式の電気抵抗、熱膨張、磁歪装置を用いた磁性研究にはじまり、カピツツア型の強磁場、また戦後から今日に至る、低温、X線・電子線回折、中性子分光、光電子分光など現代の物性研究の根幹を成す技術開発とそれを駆使した先導的研究が、金研と理学部物理教室を中心になされた。仙台は我が国の物性物理学の黎明期から今日にいたるまで、この分野の発展に多大なる貢献をなしえると同時に、多くの人材を輩出してきた。

#### 2. 仙台における学内外との共同利用研究体制の現状

現在東北大學には、全国共同利用型研究所として、金属材料研究所と電気通信研究所がある。また学内共同利用としての組織は極低温科学研究センターなどいくつかあるが、平成7年に発足した学際科学研究センターの現状を纏める。

#### 3. 新しい流れとその模索

独立行政法人化

東北大學リサーチフロンティア計画

研究の新しい芽（fashionable vs. unfashionable）－ 求心的流れと分散的流れ

## 東北大學先端光学研究拠点

東北大學科学計測研究所（多元物質科学研究所） 岡 泰夫

### [拠点形成の背景]

東北大學では、レーザー分光法の開発やこれを用いた新物質評価・開拓が、活発に行われてきた。これまでに、「新しい機能性材料の設計・作製・物性制御」、「メゾスコピック粒子の電子物性」、「スピニ制御による半導体超構造の新展開」、「マイクロバンチ電子のコヒーレント放射」、「ナノ構造磁性半導体の巨大磁気光学機能の創出」などの大型プロジェクト研究が、文部省科学研究費（重点領域研究、特定領域研究、特別推進研究など）、科学技術振興事業団研究費（戦略的基礎研究など）により行われ、大きな成果をあげている。これらの活動を発展させて、新しいレーザー分光法の開発とこれを活用した次世代の新物質相創製、極超高速電子緩和現象の解明に関する研究の新展開を図ることが必要とされている。

### [拠点における研究目的と研究課題]

東北大學の理学・工学研究科、附置研究所、学際科学研究センターを中心として「先端光学研究拠点」を組織する。この拠点において、「広光領域レーザーによる新物質相創製評価の研究」を目標として、紫外から赤外にわたる新超短パルスレーザー光源、超高速非線型レーザー分光法、コヒーレント放射分光法、軟X線結像光学系の開発を行い、これらを用いた無機、有機、生体のナノ構造物質、新物質相の創製と物性に関する研究を重点的に実施する。具体的な研究課題は、次のものである。

- 広光領域超短パルスレーザー光源の開発、フェムト秒・アト秒レーザー分光の開発

- 非線形極超高速時間分解分光法の開発研究
- レーザー誘起新物質相創製システムの開発研究
- 放射光、軟X線分光による光誘起物質の研究
- 超構造新物質相における超高速電子緩和現象の分光研究

[研究組織]

東北大学の関連研究室（約20研究室）、学内関連センター（学際科学研究センター、科学計測研究所・超顕微計測光学研究センターなど）の教官、技官により組織される（1）超短パルスレーザー開発班（2）超高速分光班（3）新物質相創製班を設け、共同して研究を進める。また、東北地区の大学関連研究室との研究協力をを行い、企業研究者との共同研究も実施する。東北大学の外国人客員教授ポスト（短期、長期）を利用した外国人研究者の招聘を行い、各種研究プロジェクトに参加する若手外国人研究者との連携も行う。

[研究設備]

波長可変極超短パルスレーザーシステム、高出力紫外域パルスレーザーシステム、超狭帯域発振レーザーシステム、非線形時間分解分光光学システム、軟X線顕微鏡などの開発を行う。また、レーザー励起分子線エピタキシーシステムを設置し、新物質相の創製と電子ダイナミクス、機能性開発に用いる。関連研究室にある現有のフェムト秒パルスレーザー装置、ナノ構造エピタキシー成長装置、超高速時間分解分光装置なども効率的に活用する。

<http://www.rism.tohoku.ac.jp/extra/optics/index.html>

### 東京工業大学「極低温物性研究センター」

東京大学理物理学研究科物性物理専攻 西田信彦

東京工業大学においては、平成13年4月から「極低温物性研究センター」（10年時限）が設置される。この研究センターは、極低温エネルギー実験センター、極低温システム研究センターと続く10年時限の3代目のものである。従来のものが、低温利用技術開発を主たる研究目標にしていたものから、「極低温における基礎物性研究」を行う研究センターとして新しくスタートすることになった。物性研究拠点ネットワークの極低温物性研究のひとつの拠点として活動する。本研究センターは、極低温技術、極低温下の種々の精密物性測定技術と表面物性研究や人工物質系で用いられる最先端の研究手法とを融合させた特徴ある実験装置により基礎物性研究を行うという特徴を持つ。「よく制御された物質表面およびそれをもとに作成される人工物質や低次元系」、「超伝導体や磁性体の秩序変数を実空間測定する場としての極低温表面」の研究を重要な研究課題とみなしている。研究テーマとして、（1）極低温表面物性（表面新物質相）、（2）極低温物性（超伝導、磁性、強相関電子系）（3）低温物質化学（有機導体、フラーレン等）（4）超低温物性（量子液体）である。

本学には約45研究室が液体ヘリウムを用いて研究活動を行っており、センターから年間50,000lの液体ヘリウムが供給されている。センターには、教授1、助教授1、技官1のスタッフがあり独自の研究活動を行い、かつ学内外のプロジェクト研究を主導する。理物理学研究科物性物理専攻と緊密な関係をもち研究が行われる。物性物理専攻は、連携講座（現在、日立基礎研究所）を通じて企業と関連をもつ。新研究センターでは、さらに極低温物性研究を活発化させるために、学内研究グループから3つの研究協力部門をセンターに密接に協力するかたちで組織して研究を進める。研究場所、液体ヘリウム使用優遇等の措置をとる。学外とは、共同研究として現在個々に行われている協力関係を、センターを中心に実験装置、実験場所の提供、液体ヘリウム使用の優遇を行い積極的に進める。そのために、提案された極低温実験プロポーザルをセンターで審査し、採用されたものにはセンター運営費の一部で補助する予定である。また、学長裁量予算により研究支援を申請する。（ホームページ：[http://131.112.106.3/center/index\\_center.htm](http://131.112.106.3/center/index_center.htm)）

## 東京工業大学・光科学研究センター

東京工業大学大学院物質科学専攻 腰原伸也

光によって物質を変化させたり制御することは、今日の科学的一大課題である。この課題は、物理学、化学、半導体工学、光学、量子エレクトロニクスなど基礎、応用の広範な分野の協力によって研究が推進されており、「光科学」とも呼べる新しい分野として発展中である。このような新しい分野を発展させるにあたっては、計測法、対象とする物質開発の両面での進展が必要なことは言うまでもない。東京工業大学は、理学部、工学部が協力して、さらには国、自治体の研究機構とも協力して「光科学」発展のキーともなる重要な貢献を数多くなしてきた。高性能半導体レーザーの開発、近接場光学におけるバイオニアとしての活躍、光機能性高分子、錯体の創出、半導体光磁性の発見、液晶科学とその実用化などはその典型例であろう。また測定装置に関しても、様々な装置の発展、改良、一般利用に（そのほとんどはボランティアとして）協力を行ってきた。例えば光磁性測定装置の場合には、そのノウハウなども含めて公開し、多くの人々が装置を利用したり、所属機間ににおける装置展開を行っている（協力いただいている研究室は学内外およそ25程であるが、中心はおおむね5つ）。

このように東京工業大学は、「光科学」研究のメッカとなる十分なポテンシャルをもっているのみならず、実質的にもその機能の一部を、既に果たしている。以上が、物性研究拠点計画の一部として「東京工業大学光科学研究センター」を提案させていただいた背景である。今回光物性分野で行われた「特徴ある装置」の公募で我々の提案を採用いただいたわけであるが、当日は、現在我々の研究室を中心に共同研究・開発を行っている測定システムの概要、ならびにその利用、展開状況を中心に紹介をさせていただく。

## 高輝度光源計画における超高分解能光電子分光ビームライン

東京大学大学院新領域創成科学研究科 藤森 淳

東京大学柏キャンパスに建設予定の第三世代高輝度軟X線・極紫外光源 Super SOR では、高輝度を生かしたいくつかの利用計画がユーザーグループで検討されている。なかでも、超高分解能光電子分光によるフェルミオロジー・ビームライン計画は、その重要性、必要性から多くの期待を集めている。現在、窮屈の高分解能を目指した直入射分光器の具体的な検討が検討グループにより行われている。1 meV を切る分解能を用いた超伝導体、磁性体、低次元系、ナノ構造等の物性研究に新しい展開が期待されている。また、目標の一つに、微小単結晶試料、微小領域の電子状態の角度分解光電子分光実験があり、その技術的可能性を検討中である。Super SOR における超高分解能光電子分光実験は、現在 SPring-8 で展開されている軟X線領域のバルク敏感光電子分光と相補的な情報を与えるものと思われる。

## つくば地区 コヒーレントコントロール・サイエンス研究拠点

筑波大学物理学系 舛本泰章

筑波大学では”つくば連携融合研究システム”を概算要求中である。このシステムはつくばに集積する産官学の研究機関の間の壁を破った連携研究と人材交流を目的とし、その第一陣としてナノテクノサイエンスとインフォテクノサイエンスを2本柱として10個のプロジェクトを5年間進めるものである。コヒーレントコントロール・サイエンス・プロジェクトはナノテクノサイエンスの一つのプロジェクトで産官学の研究機関の間の壁を破った連携研究を行い、これを核としてつくば地区にコヒーレントコントロール・サイエンス研究拠点を形成し、下記の方向の研究

の進展を図る。具体的な参加機関としては筑波大学、電総研、物質研、FESTA等を想定している。

#### コヒーレントコントロール・サイエンス・プロジェクトの目的と説明

フェムト秒レーザーやフェムト秒測定技術は、現在サブ10フェムト秒領域に突入し、物質中の原子の変位やその振動（格子振動）[1]をコヒーレントに（位相を揃えて）励起したり、止めたり、増幅したりできる段階に入ってきた。また、電子的励起に関わる振動[2]もコヒーレントに（位相を揃えて）励起したり、止めたり、増幅したりできる段階に入ってきた。こうした進歩がめざす比較的ショートレンジの研究ターゲットとしては、電子系スイッチ、量子コンピューター、光コンピューターなどへの応用であるが、フェムト秒レーザー科学は、更に新しい科学を切り開く可能性を有している。つくば地区には、物理、応用物理、化学、電子工学の各分野に属するフェムト秒レーザーを用いた物質中の原子の変位やその振動や電子的励起に関わる振動のコヒーレント制御を志向した高い研究レベルを有する研究グループが多くあり、つくば連携融合研究機構において互いに連携、融合しつつ効率的に最先端研究を牽引する環境がある。例えば、フェムト秒技術研究組合（FESTA）が中心になってつくば地区で毎年行ってきたフェムト秒技術に関する国際会議（International Workshop on Femtosecond Technology）は本年で8回目を迎える。この会議の盛況は、つくばの本研究領域の高いレベルを端的に示すものである。本研究プロジェクトでは上記のような研究を飛躍的に発展させる。

[1]：大きなエネルギーを持つシリコンの光学型フォノンのエネルギーはブリルアンゾーンの中心で  $520 \text{ cm}^{-1}$  であり、振動周期は 64 fs に相当する。

[2]：可視光エネルギー領域（500nm）の電子励起の振動周期は 2 fs に相当し、数フェムト秒のパルス対をこの振動周期に合わせることは可能である。

キーワード：（電子系スイッチ、量子コンピューター、光コンピューター、フェムト秒レーザー科学、など）

#### 新潟大学・物質量子科学研究センター

新潟大学大学院自然科学研究科 後藤輝孝

新潟大学では第二次大戦後の新制大学として発足して以来半世紀の間、環日本海地域の特徴と国際性とを生かしながら総合大学として教育研究を発展させてきた。大学院自然科学研究科では、比較的小規模の施設でも高度に組織された国際水準の研究が可能となる物質科学の研究は特に重視され、極限環境での超音波や核磁気共鳴による強相関科学、ナノ・メゾスコピック構造をもつクラスター物質の創製と構造解析を行うクラスター科学、相対論的バンド計算に基づく電子論など国際水準の物質科学研究が発展し、本学の著しい特徴となっている。このような到達点を踏まえ、新潟大学での物質科学の飛躍的発展を目的とする研究センター設置の必要性が認識されてきた。

本学で新しく設置要求をする物質量子科学研究センターでは、(1) 極低温・強磁場・高圧など極限環境での超音波、核磁気共鳴などの強相関科学研究分野、(2) X線や中性子など粒子線を用いたナノ・メゾスコピック構造物質の創製と物性探索を行うクラスター科学研究分野、(3) 第一原理計算による物質の電子やイオンの構造の解明と設計および強く相互作用をする量子多体系の磁性や超伝導の新画像の構築を目指す計算科学研究分野からなる3研究分野を新設する。さらに、レーザ応用物質科学研究分野、エネルギー材料科学研究分野、クラスター粒子科学研究分野、生体クラスター構造科学研究分野の4協力分野を設け、基幹分野との協力体制を構築し従来の学問分野の枠を越えた新しい学際的研究分野を確立することを計る。

本研究センターは超音波、核磁気共鳴などの極限物性計測を推進し、新規物性を示すナノ・メゾスコピック構造をもつ機能物質の創製と構造解析、計算機を用いた物質設計と超伝導や磁性など新しい物理描像の確立など物質科学の先端研究をすすめ、学内の物質科学研究拠点であると

もに、国内外の物性研究ネットワークの役割を果たす。また、学内の大学院、学部の教育支援を行うとともに、液体ヘリウムの全学的な供給とリサイクルなど研究支援を行う。

本研究センターでは外部評価を定期的に実施し、研究の目標や組織の在り方の改善を進める。急速な進歩が予想される物質科学の現状を考慮して、本研究センターの时限を10年に設定する。将来的には、全国共同利用研究センターとして大きく飛躍することを目指すものである。

<http://www.sc.niigata-u.ac.jp/goto/mqs/top.html>

### 金沢大学の拠点計画

金沢大学理学部 鈴木治彦

「極低温物質解析研究センター」を平成14年度の概算要求として学内における学長ヒアリング等は終了し現在経理部長が文部省に持っている。極低温物質解析研究センターは3部門からなり、1部門に客員部門がある。またPos. Doc. も要求している。これらのポスト予算を使用して拠点としての活動を行いたい。また実験室は共同研究用、および液体ヘリウムのユーザー用の実験室を十分な面積建てたい。(概算要求として予算要求、金沢大学のキャンパス移転計画と合わせて)

センター長・教授(兼任)、( )は兼任、《》は客員。建物 1800 平米

部門別	教授	助教授	助手	技官	計	備考
超低温部門	.. 1 1	.. 1 1			. 2 2	助手の替わりに ポスドク1名を用いる。
機能性材料 部門	.. 1 1	.. 1 1			. 2 2	助手の替わりに ポスドク1名を用いる。
液化部門	(1)	(1)		. 1 1	. 1 1 (2)	超低温部門の教授・助教授が兼任
客員部門	《1》		1		1 《1》	教授は客員教授(2種)であり外 数、助手は純増。
合 計	. 2 2 《1》	. 2 2	1	. 1 1	. . 6 《1》	

### 名古屋大学極低温環境物性開発センター

名古屋大学大学院理学研究科 佐藤正俊

#### ○名古屋大学内での目的・位置付け

理学研究科に現存する極低温室と高圧電顕室とを発展させた「極低温環境物性開発センター」を設置する。これによって、物質科学研究において先導的な役割を果たすとともに、極低温環境を広範な研究分野でたやすく実現できるように整備し、理学、工学はもとより、医学、生物科学、農学にわたる広範な分野の自然科学研究に概念、技術両面で貢献するための新たな研究基盤を形成する。また、本学だけでなく、中部地区の研究拠点として、その役割をはたす。

- 人員要求 専任教官：教授4（振替2）、助教授4（振替2）、助手4（振替5）  
客員教官：教授1、助教授1  
技官：5名（振替2）  
一般：1名
- （プロジェクト型研究）+（サービス、低温技術指導、普及活動）  
物質科学をコアにした研究。ほかに宇宙空間で作動する低温機器開発、素粒子実験における偏極ターゲット、医療機器等のデバイス企画、etc.
- 経費 約8億円+建物
- 設置促進委員会 平成12年5月10日結成一学内教授 約50名（理学・工学・生命農学・環境医学・情報文化の各研究科、および理工総研にまたがる）
- 平成13年度概算要求 文部省提出、14年度も提出予定。
- 国立大学法人化にむけての動きとのかかわり  
組織改革検討委員会共通基盤整備小委員会の全学共通基盤設備ワーキンググループで本計画が取り上げられた。その結果共通基盤設備として概算要求をしていくのが適当と判断された。ただし、ほかの計画（超小型放射光や超高圧電顕）と並列になっており、順位はつけられていない。今後は後は、学内共通基盤としての位置付けと中部地区の拠点としての役割を果たすだけの最低限の規模、人員数の検討を進め、現実的対応を取っていく。
- ホームページ <http://b-lab.phys.nagoya-u.ac.jp/teion/>

名古屋大学「極低温環境・超小型放射光・物性開発センター」  
超小型放射光利用研究センター（NSSR）計画  
名古屋大学理工科学総合研究センター 中村新男

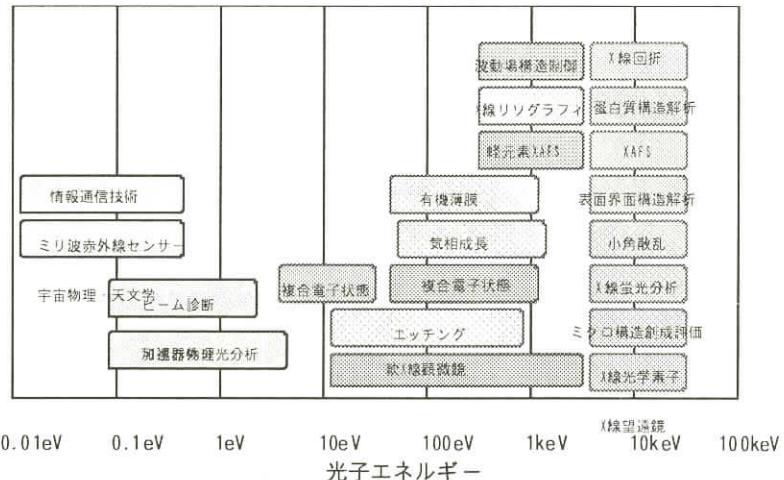
名古屋大学は超小型放射光実験施設設置推進委員会を設けて、大学の教育・研究現場に直結した超小型放射光施設として超小型放射光利用研究センター（NSSR）を提案している。主たる設備は、蓄積電子エネルギー1GeV、最大蓄積電流0.5A、周長36mの放射光発生装置および26のビームラインから構成される。本センターでは、大学という教育の現場で放射光工学や放射光科学の知識を持った若い人材を育成するとともに、大型放射光施設の利用による研究とは異なる独自の最先端研究を、大学内外の異なる分野の融合によって推進する。特に、名古屋大学を中心とした中部地区教育研究機関・公的研究機関と中部地区産業界との連携を図り、新しい産業の創出を目指している。

本計画では、容易な運転と放射光の安定供給を目指した汎用小型加速器を用いる。従来の小型放射光源は軟X線領域までの光源であったが、本計画の特徴は30keVまでの硬X線利用のために7T超伝導ウェーブラーを挿入することである。これは名古屋大学において先導的に進められてきたX線分野の研究アクティビティを活かすためである。また、光子エネルギー範囲6-100eVのアンジュレーター光源を設置し、更にエッジ放射の利用も行う。これらの光源によって、マイクロ波から硬X線にいたる広い波長域において分析・加工に十分なフラックス強度が得られ、種々の放射光応用分野の研究が可能になる。

ビームラインは、クリーンルーム内の放射光利用や各種の理化学分析研究に対応し、分析・加工・製造技術にリンクした周辺装置を準備する。ビームライン数は、偏向電磁石部18本、アンジュレータ部1本、エッジ放射部4本とし、ウェーブラー部を3本に分岐させて硬X線利用研究にあてる。

ここで提案している超小型放射光源は、従来の大型・中型放射光施設に比べて数百分の1のスケールでありながら、長波長のマイクロ波から、赤外・可視光、さらに硬X線にいたる極めて広い波長域、かつ高強度の光を1台の光源で発生できるところに特徴がある。また、大学キャンパスに設置することにより、大型施設利用上の装置的、時間的な制約を受けることなく、随時、研究・教育ができることも本センターの特徴である。

(URL:<http://nssr.xtal.nagoya-u.ac.jp>)



### 京都大学強相関電子系物質・デバイス開発センター

京都大学化学研究所 小松紘一・佐藤直樹・高野幹夫・玉尾皓平・时任宣博  
中原勝・壬生攻・山田和芳・横尾俊信  
京都大学理学研究科化学専攻 斎藤軍治・吉村一良

#### 新規物質の開発/物性・機能の開発/デバイスの開発

無機・有機・無機有機複合系、かたちの制御（単結晶・薄膜・人工格子・微細加工パターン・超微粒子）、物性（磁性・超伝導・光物性など）、デバイス化（薄膜・細線・ドットなど）  
いくつかの具体例

磁性金属・遷移金属酸化物・ガラス、フラン多量体・有機珪素化合物・重金属有機化合物・有機金属錯体

薄膜・微細加工・高压合成・超臨界状態溶液からの超微粒子

磁化・比熱・ホール効果・光電子分光・メスバウア効果・NMR・中性子散乱・非線形光学効果

#### 関連プロジェクト

COE : 「Elements Science (元素科学)」

新プロ : 「新しい研究ネットワークによる電子相関系の研究、物理学と化学の真の融合を目指して。」

### 京都大学・物質科学研究拠点計画について

京都大学 大学院理学研究科 水崎 隆雄

本研究拠点は「低温物質科学研究センター」と「先端光基礎科学研究コア」の2つの研究を連携して進めるものであるが、現在「低温物質科学研究センター」が先行し、概算要求に向けて計画が進行しているので、その計画内容について報告する。

#### 低温物質科学研究センター

低温物質科学研究センターは京都大学大学院理学研究科の附属機器分析センターと極低温研究

室を統合し、低温を利用した科学の最先端研究拠点を形成すること、および既存の化学研究所の寒剤供給施設と現在計画中の桂地区の寒剤供給施設を統合して、寒剤の安定供給を強化し、京都大学の全学の低温研究を支援するとともに、低温環境を利用した高度化されつつある分析・解析・計測技術の利用を促進することを目的とする。研究センターの研究拠点部門を中心にして、物性研究整備計画の拠点として広く全国に開かれた形で共同利用と研究を推進する。

本研究センターは（1）低温科学研究拠点部門と（2）研究支援組織からなる。

（1）低温科学研究拠点部門（5研究部門）

- 1) 先端低温基礎研究部門：超低温の開拓と量子凝縮系の基礎物性研究、
- 2) 分子性材料開拓・解析研究部門：分子性結晶のナノスケール材料を用いた機能性材料開発、
- 3) 学際低温応用研究部門：極低温電子顕微鏡や SOR-X 線による低温環境を利用した生体分子構造解析、
- 4) 低温機能開発研究部門：多量情報処理に関する低温無機材料の開発、
- 5) 国際共同研究部門、国内共同研究部門：物性研究拠点計画の拠点としてセンターを全国、世界に開放された形で運営し、学内外の研究者との共同研究、共同利用を通じて低温科学を推進させる。

（2）研究支援部門（寒剤供給）

- 1) 液体ヘリウム、液体窒素の安定供給体制の確立
- 2) 低温科学教育（学部教育、高圧ガス保安教育、定期的講演会）、情報提供、技術開発
- 3) 学内外に開放された低温・機器分析研究サポート体制の確立  
共同利用最先端計測装置の設置と整備

### 大阪大学・学際融合科学研究センター計画について

大阪大学大学院基礎工学専攻 北岡良雄

#### 基本構想

21世紀、我が国においては、情報化がさらに高度に進展すると考えられ、「正しい情報と最新の知識を獲得し、それを最大限に活かすこと」が求められる。我が国の高度社会の持続的発展には、環境調和型の省エネルギーを基盤とする科学技術の振興・発展が不可欠である。21世紀の新たなビジョンに立脚し、社会に開かれた研究アクションが大学に求められている。近年、科学技術は高度化・複雑化し、研究内容も異分野との境界領域・複合領域に拡大している。

我が国の大学が積年の制度疲労に陥っているとの批判を受けている昨今、大学における教育・研究の自己変革を遂行し、不斷の努力と斬新なアイデアで社会の付託に答えることが不可欠であると考えられる。このような状況下で大学における総合的・学際的な科学研究の振興を図るために、創造的な基礎研究と応用や開発に重点を置いた研究を他分野の研究グループと共同研究・相互分担することが求められる。このような先端的な学際領域研究をバランスよく融合し、“地域に生き、世界にのびる”機動的な中核的拠点となる大阪大学・学際融合科学センター（仮称）の設立を構想する。

#### （I）計画の必要性

大阪大学大学院基礎工学研究科・物理系専攻・物性物理科学分野および理学研究科・物理学専攻では、「多元環境下の強相関電子相」中核的研究拠点（COE：研究代表者・三宅和正教授）が平成10年度より5年の期間で進行中である（パンフレット参照）。卓越した教育研究拠点の形成を進めると共に、平成15年により拡張をもつ学際研究に発展させる。「大阪大学・学際融合科学センター」は「自然科学の学際領域研究」のなかで当面は物質科学（物理・化学）と生物科学

の学際領域を対象として多電子系の多彩な現象の発見と解明、物性開発、機能性複合材料の創成、高次機能制御を通して「科学と技術の学際領域研究の融合」を目指し、「知の創造」と「環境にやさしい材料や技術」の開発を指向する。

基礎工学研究科における高度人材育成の教育プロセスおよび研究システムを発展させる先導的なものとしてセンターを位置づけ、将来は他の研究センターとの連携を緊密にして全学的な組織に発展させる

さらに研究面では、共同研究の提案、組織化などをセンターが”コア”となって積極的に推進する。このような共同研究は、菅グループが SPring-8 で建設した共用ビームラインを使って、曾田教授（名大）、谷口教授（広大）難波教授（神戸大）、会田教授（大阪府大）、大貫教授（大阪大）、川合教授（阪大産研）らのグループとすでに推進されている。COE プロジェクトから一部旅費等の援助が実施されている。物質の表面・界面・バルクの電子状態を識別できる光電子分光法や、さらに数百から数十ナノメーターにいたる as-grown ミクロ結晶の顕微光電子分光、あるいは円偏光を利用したイメージング顕微分光などの共同研究も公開されることになっている。

## (II) センター規模

研究分野：基礎から幅広い応用につながる学際的総合物性研究

研究拠点名：大阪大学・学際融合科学センター

研究者数：常駐研究員 11 名、国内・国外客員研究員 16 名、ポストドック研究員、国内 (10)、海外 (10)

（日本学術振興会）研究科に所属する支援研究員および事務職員 10 名

研究部門構成（常駐研究員数(任期 7 年)、客員研究員数、ポストドック数）

1. 物質機能科学研究部門 (2、2、2)
2. ナノテクノロジー研究部門 (2、2、2)
3. 先端光科学研究部門 (2、2、2)
4. 極限物性・材料科学研究部門 (2、2、2)
5. 学際情報融合研究部門 (3、2、2)
6. 学際応用研究部門 (客員のみ 3)
7. 国際共同研究部門 (客員のみ 3)

## 極限環境凝縮系研究拠点計画（大阪市立大学）

大阪市立大学理学研究科 畑 徹

1. 研究拠点の最終目標としては、① 超低温に至る極限温度域の開発と、② mK、μK 温度での系統的な物性測定を可能とする Facility 「低温機器センター」の建設にある。
2. 研究拠点の当面の目標としては、凝縮系でのコヒーレント現象の研究を進めている 3 つの研究グループ (i. 超流動グループ、ii. 超伝導グループ、iii. 励起子グループ) の研究協力体制を確立し、共同利用、共同研究を推進する。
3. 各グループの主な研究テーマは、
  - i. 超流動グループ (超流動ヘリウム 3 のサイズ、次元効果 (サブミクロン平板内) (エアロジェル中)、量子渦の生成と消滅、渦間、渦一準粒子間相互作用、ヘリウム 3-4 混合液：超流動探索、核磁性 : PrCu6 の磁気秩序相)
  - ii. 超伝導グループ (有機伝導体中の密度波と超伝導、クラスター結晶のスピニ超伝導)
  - iii. 励起子グループ (励起子ポラリトンの新凝縮相、ナノ構造中の高密度光励起状態、光励起量子化状態の階層性、光励起 THz コヒーレント現象)
4. 主な研究成果としては、
  - i. 超流動グループ (サブミクロン平行平板内の超流動 3 He の A-B 転移 (Phys. Rev. B 2000) )

$^3\text{He}$  -  $^4\text{He}$  混合液の超流動探索、世界最低冷却温度  $97\mu\text{K}$  (J.Low.Temp.Phys. 1995)、 $\text{PrCu}_6$  磁気オーダー (Phys.Rev.Lett. 1999) ) .

ii. 超伝導グループ (炭素クラスター結晶の磁性と伝導 (Phys.Rev.Lett. 1998, 2000, Science 1994, Nature 1992))

iii. 励起子グループ (高密度励起子ポラリトンの異常伝播(Phys.Rev. B 2000, J.Lumin 2000))

## 5. 主要な研究設備各グループの主要な研究設備

i. 超流動グループ (希釈冷凍機 4台 : 内一段核断熱消磁 2台、二段核断熱消磁 1台)

ii. 超伝導グループ (希釈冷凍機 1台、走査型原子間力顕微鏡、クラスター用高周波加熱路、SQUID 磁化測定装置 2台)

iii. 励起子グループ (波長可変フェムト秒レーザー、紫外-赤外極狭線幅高出力パルスレーザー、単一光子計数型ストリークカメラ、ピコ秒時間分解発光測定システム)

## 6. 今までの拠点的役割各グループでの共同利用、共同研究

i. 超流動グループ (ヘリウム 3 の精製 : 4 大学 14 件、希釈冷凍機の熱交換機の製作 : 2 大学 1 研究機関)

ii. 超伝導グループ (一一一)

iii. 励起子グループ (半導体超格子・量子井戸構造、半導体ナノ構造の光物性 : 7 大学 2 研究機関)

## 7. 低温機器センター構想

「理系」学舎 ( $60000\text{m}^2$ ) 移転計画調査報告書 (平成 11 年 5 月) の “共通機器室” ( $5000\text{m}^2$ ) および、大学の第三次基本計画 (平成 12 年 11 月) にある “共通機器センター構想”に基づき「低温機器センター」を①. 冷凍機開発室、②.  $1\text{K}$ までの物性測定室、③.  $\text{mK}$ 領域までの物性測定室、④.  $\mu\text{K}$ 領域までの物性測定室、⑤. ヘリウム液化施設で構成する。

## 「神戸大学・分子フォトサイエンス研究センター」について

神戸大学大学院自然科学研究科 難波孝夫

### 1. 拠点校計画にエントリした背景

神戸大学では自然科学系部局における教育研究のいっそうの推進を計る為に平成 8 年から 12 年の 5 カ年にわたって大学院自然科学研究科の 7 専攻での充実計画が進められてきた。この拡充では大学院の一部重点化による専任教官を配置すると共に今後学内の種々の研究施設・センターを整備拡充して更なる研究体制を整えることを目指している。

### 2. 研究拠点「光量子物性研究センター」計画提案後の経過

神戸大学から提案した拠点計画「光量子物性研究センター」は幸い「物性研究連絡会議」の報告にあった拠点校リストにノミネートされた。一方、神戸大学では大学院の整備拡充計画のもとにセンター設立の機運があり、学内においてこの計画を具体化すべく、大学執行部に働きかけたところ、運良く物性物理の分野を含むかたちのセンターが現実のものとなりつつある。即ち、省令化センターとしての「分子フォトサイエンス研究センター」がこの 4 月から発足の予定である。

### 3. 分子フォトサイエンス研究センタの概要

- 平成 13 年度 4 月発足予定
- 建物要求中
- 研究体制 : 次の 3 専門部門と 2 協力部門からなる。い (\*が物理関係)

専門部門 : 極狭線光科学研究部門  
極短パルス光科学研究部門

\* 量子光科学研究部門  
協力部門： 光物性光科学研究部門  
\* 放射光科学研究部門  
・ 地域との連携  
　通産省工業技術院大阪工業所・郵政省通信総合研究所関西支所・  
　(財) 高輝度光科学研究センター

## 広島大学機能物質科学研究センターの構想について

広島大学大学院先端物質科学研究科 高畠敏郎

### 1. はじめに

広島大学では、学問の最先端を切り開き、個性的な発展を推進する母体として、研究センターの充実を計画している。その一環として、全学の物性物理学、固体化学、材料科学分野の研究者 14名をメンバーとして COE 形成基礎研究費を申請してきた。これと平行して、「機能物質科学研究センター新設」を 14 年度新規概算要求として先端物質科学研究科から本部に提出した。センター新設は COE 形成研究費の獲得を前提にしている。

### 2. COE 形成推進計画

「複合自由度をもつ電子系の創製と機能開拓」というテーマの COE 形成を計画している。「複合自由度をもつ電子系」とは、ナノ間隙という空間的自由度、電子の量子力学的自由度、および軌道混成と化学結合による自由度という三つの自由度の複合を活かした物質のことである。「機能開拓」とは、エネルギー変換機能に結びつく、以下のような機能（物性）を物質創製と物性測定、理論解析によって創出することである。具体的には、エキゾチック超伝導、巨大熱電能、巨大磁気光学効果、磁場圧力誘起量子相転移、低密度キャリア強磁性、ナノ構造超伝導接合系の量子効果、ナノ構造物質の水素貯蔵機能などを研究対象とする。この計画は、広島大学の磁性・超伝導分野での優れた実績を活かした研究をさらに発展させるだけでなく、エネルギー変換に結びつく水素貯蔵や熱電冷却などの機能をもった新物質の創製と物性研究の推進を目指すものである。要求する設備備品は、物質合成のための各種炉、微小結晶構造解析装置、微細加工のための電子線描画装置と FIB 加工用走査イオン顕微鏡、一軸圧定加重型高圧装置、パルス強磁場システムなど。研究スペースとしては、2001 年 8 月に竣工する先端科学総合研究棟を利用する。

### 3. 「機能物質科学研究センター新設」概算要求

要求人員 教授 1, 助教授 1, 助手 2, 技官 2, 博士研究員 4, 客員教授 1

#### 要求事由

クリーン・省エネルギーを実現するためには、半導体のみならず、磁性体、超伝導体、熱電変換材料、水素吸蔵材料などの機能性材料の開発が急務である。これらの機能性材料の母体となる新物質を創製し、新機能を開拓するための研究センターを設立する。

#### 研究組織と要求の経緯

大学院先端物質科学研究科の物性グループを核とし、総合科学部、工学部、理学研究科、低温センターの研究者が本センターに結集する。これまで、機能性物質に関して、物質創製、複合極端環境下での物性研究、および固体電子理論解析と物質設計を共同で進めてきた実績を有する。さらに、放射光科学研究センターとも密接な共同研究を進めてきた。物質開発と新機能開拓において重要な情報を得ることができる放射光実験が、すぐそばでマシンタイムの割約が無く行えるところが、他大学・研究所には無い利点である。学内だけでなく、中国・四国地域の物質科学研究センターとして、他大学からの利用や共同研究を推進し、質の高い若手研究者を育成する。

## 九州地区物性研究センターの取り組み

九州大学大学院理学研究院 小田垣 孝

### 1 主旨

九州大学、熊本大学、琉球大学の施設を核とした、地域内の中・小型施設の相互利用を中心とする分散処理型共同利用施設群で、九州・沖縄地区における共同利用・共同研究・研究集会を支援し、地区及びアジア地区の研究者相互の交流の拠点。

### 2 平成12年度の取り組み

平成12年5月29日の日本学術会議の対外報告を受けた九州・沖縄地区の主な動きは次の通りである。

1. 8月30日：九州大学物性科学研究センター設置準備委員会の設置
2. 10月16日：九州・沖縄地区関連大学への依頼書の送付
3. 11月27日：第2回物性研究拠点整備計画研究会「九州における物性研究最前線」(沖縄・那覇)
4. 平成13年1月30日：ホームページ暫定版の作成
5. 2月14日：九州大学物性科学研究センターについて文部科学省に説明

### 3 九州大学物性科学研究センター

設置準備委員会の中におかれた専門委員会で、複雑物性分野、極限物性分野、ナノ構造物性分野からなるセンター構想が策定された。現存の極低温施設、超高圧電子顕微鏡室を基盤施設として含む形のセンターを計画しており、特徴ある研究のための予算措置を要求する。九州大学の研究院組織により研究センターの教官は全て複担であり、時代に即応した機動的な研究組織を目指す。

### 4 琉球大学広域物性開発センター

高温部門、低温部門の2部門からなるセンター計画が学内で準備されている。

### 5 熊本大学衝撃・極限環境研究センター

平成11年4月に設立され活動が始まっている。<http://www.shocomarec.kumamoto-u.ac.jp/>参照。

## 「東京大学高輝度光源計画」

東京大学物性研究所 福山秀敏

本計画の内容・特徴と最近の推進状況を2001年2月5日文部科学省研究振興局3課長によるヒヤリングの際に用いた文書に基づき報告する。

## 東北大学放射光（T S R F）計画

東北大学大学院理学研究科 鈴木章二

東北大学では、理学研究科附属原子核理学研究施設(核理研)を改組拡充し、全国共同利用の「東北大学電子線科学研究センター」を設立し、その中に、真空紫外線・軟X線領域の第三世代高輝度光源を建設する計画を進めている。「東北大学電子線科学研究センター」は、第三世代高輝度光源を利用する放射光科学研究部、放射光先端領域研究部、および原子核物理・電子線応用を中心とする核理学研究部の3研究部と、加速器運転部、放射線管理部等から構成する。「東北大学電子

線科学研究センター」及び、東北大学放射光リング(Tohoku University Synchrotron Radiation Facility: T S R F)は現在の核理研の敷地、富沢キャンパス(総面積約 13.6ha : 仙台市太白区三神峯)に設置し、建設期間は 5ヶ年を予定している。

東北大学放射光計画は、1970 年代から始まり、1990 年に出された日本放射光学会の「中型放射光施設計画に関する調査報告書」を機会に本格化した。それ以降、歴史的に 4 つの規模の計画を経過してきた。現在は 4 番目の案、すなわち、真空紫外線・軟X線領域の第三世代高輝度光源を目標として、計画を推進している。本体及び建屋の概念設計、研究開発設備の整備計画立案は終了している。放射光リングへの入射器となる 12 億電子ボルトストレッチャー・ブースタリングは、平成 9 年度試運転を開始し、平成 10 年度には 1.2GeV までの加速に成功し、原子核実験に本格的な共用を開始している。このストレッチャー・ブースタリングは放射光リングへの入射器としても利用されるが、主として核理学研究に用いられる。

放射光関係施設の実験棟は約 122.5m × 102m で、この中に放射光リング(1.8GeV、DBA 型基本セル 16 組、エミッタンス 4.9nm·rad、周長 245m)を設置する。リングには、長尺の挿入型光源の設置が可能であり、F E L など将来の光源の発展に対応できる 15m の長直線部 2 ケ所と 高周波加速と入射及び超伝導ウェイグラーと短尺のアンジュレーターに用いられる 5m の短直線部 14 ケ所を有している。従って、ビームラインの数は、挿入型光源が 14 ケ所、偏向電磁石部が 26 ケ所を含め、合計 49 本程度引き出し可能である。

東北大学の放射光リングで利用できる光の範囲は、遠赤外線から X 線に至る広い領域にわたり、多くの分野の研究開発の要求に十分応えられる高性能で強力な放射光を供給できる。また、放射光を用いた研究開発設備として、波長領域、研究テーマ毎に 6 つの分野の装置を導入、整備する。

- (1) X A F S による構造解析
- (2) X 線散乱、回折による構造解析
- (3) 真空紫外領域の光物性
- (4) 赤外、遠赤外領域の光物性
- (5) 光学系の応用研究
- (6) 材料、プロセス、生体への応用研究

これらの装置を利用する東北大学内の研究グループは 67 グループ、研究者総数は 150 名以上に及び、本学における伝統的な新物質の創製や新素材の開発研究など、ユニークなテーマが多い。

本計画は、学術審議会、日本放射光学会、地域工業界などから高い評価、支援を受けている。さらに、東北、北海道地区では、本学に加え、多くの大学、研究機関の研究者が、放射光光源の設置を希望している。さらに、1998 年 8 月に、計画に対する放射光研究者の意向を伺うために全国アンケートを行ったところ、400 名以上の回答があり、計画の基本方針は大多数の回答者に支持された。

2000 年 11 月に、学術審議会加速器科学部会の報告がなされた。その報告では、“極紫外・軟X 線領域の放射光源については、東京大学、東北大学において計画されているものの、我が国には高輝度第 3 世代放射光源が未だ建設されていない。”という現状認識の上に、今後の方策として“放射光科学の懸案事項である、全国共同利用型の極紫外・軟X 線第 3 世代高輝度光源の実現に向けて、関係研究者等が、その整備の在り方について早急に検討を行う必要がある。”とされた。

本計画は、東北大学総長を委員長とする「電子線科学研究センター（仮称）推進委員会」により推進され、具体的立案は、放射光科学専門委員会と、実施計画専門委員会により全学的体制で進められてきた。さらに、2000 年 11 月に東北大学評議会のもとに「電子線科学研究センター（仮称）設置構想検討委員会」が設置され、計画実施に向け具体的な動きを開始した。

## 大強度陽子加速器計画（略称統合計画）と中性子科学研究センター構想

東北大学金属材料研究所 遠藤康夫

### 前置き

JHF 計画に永年関わってきた研究者として、この統合計画が平成 13 年度予算化される見通しが出来た事は何にも替え難い喜ばしい出来事であります。漸く我々の希望通りの規模の施設が実現の運びになると考えれば、積年の苦労も吹っ飛んでしまいますし、何よりもこの統合計画の推進者の方々の最後の踏ん張りに感謝する次第であります。同時に我々もこの中性子散乱研究センターのハードウェアが「世界規格」の施設であると理解していますので、真に世界規格で運営する組織（ソフトウェア）を構築しなければなりません。この目的の為に、我々物性物理研究者が牽引して働くと考えております。

### A. 中性子科学研究センターの概念

1. 中性子科学センターは世界に誇れるユニークな施設である。
2. 中性子科学センターは国際的に通用する規格である。
3. 中性子科学センターは、研究機関のみならず、教育機関としても、日本の COE 研究機関である。
4. 中性子科学センターは、産業界（民間企業）に門戸を開く。（門戸を開く道は、産業界と中性子散乱とを結ぶインターフェイスである。特にこの役に相応しい人材を得る事である。）

### B. 中性子科学研究センターの充たすべき条件

1. 原子炉(JRR3M) と Spallation Pulse Source とのプロポーズされた実験課題が同じユーザープログラムでアクセス出来、共同利用採択も一つのパネルで決める。（サブパネルの存在は否定しない。）
2. 共同利用システムはユーザーに優しく、かつ国際規格にする。ISIS 方式は手本となる。
3. 技術支援スタッフの充実がないと、共同利用システムが機能しないことを過去の事例から学んでいるので、是非このことを重視してもらいたい。
4. 学生の教育並びに研究者の養成は大学との連携なしにはあり得ない。ドイツの研究所の方式は手本となる。（ドイツの研究所のスタッフは大学の教授席を選ぶことが出来るし、連携大学の博士コースの学生の指導も出来る。）
5. 教授クラスの研究員や共同利用の事務担当に外国人の雇用が必須である。
6. 長期、短期に関わらず、共同利用研究の為に滞在する研究者の住居環境を整える。
7. 定常的な装置の開発が無ければ、研究所が直ぐに疲弊することを肝に銘じて、装置開発の為の組織作りを怠らない。出来れば、装置開発（一部装置維持の機能も受け持つことを考える。）と研究部は分ける。
8. 研究所運営体制は出来るだけシンプルにし、代わりに評議会は国際レビューが常時出来る仕組みにしておく。

中性子科学研究センターの組織設立の過程は決して単純ではなかろうと想像しています。然し乍ら、上に述べたような研究センターの組織の理念は物性物理中性子散乱実験家が理想とするものでありますし、今後、物性物理研究者、特に物性物理専門委員会、物性委員会の支援を得て、従来パルスサバレーション中性子計画を進めて来た両省庁に所属する組織に提言なり諮詢をし、最終的に理想的な研究センターの設立の実現を切望しています。皆様方の応援をお願いする次第です。

## 大強度陽子加速器計画におけるミュオン利用

KEK 物質構造科学研究所中間子科学研究施設 永嶺 謙忠

1997 年に高エネルギー加速器研究機構(KEK)物質構造科学研究所のなかに中間子科学研究施設ができて、正式な共同利用実験が開始されて 3 年余が経過した。共同利用体制及び研究設備の拡

充などが順調に進み、数々の研究成果があがっている。これまでの利用者総数は 100 名を超し、物性研究を中心とする研究対象は多岐にわたっている。これらの研究者の Users Association として中間子科学連絡会が設立され、現在 131 人の会員が登録をしている。

KEK のホームグラウンドにおけるパルス状ミュオンの利用研究に加えて、固有のビームチャネルがある TRIUMF における直流状ビームの実験が行われていて利用者は 40 人程で、ビームタイムの 3 / 4 は物性実験である。さらに、KEK より 10 倍程強度の強いパルス状ミュオンの得られる理化学研究所の理研 RAL ミュオン施設の利用者は 100 人程あり、ビームタイムの 1 / 2 は物性実験である。

これらに利用者の熱い想いをうけ、ミュオン科学研究の 21 世紀における発展を期して、原研 KEK 統合大強度陽子加速器計画に 1 MW の 3 GeV 陽子を利用する「物質・生命科学研究施設」のなかにミュオン実験施設が建設されることになった。現在計画している施設の内容はホームページ.....[http://msl-www.kek.jp/homepage\\_j.html](http://msl-www.kek.jp/homepage_j.html) に記載されている。

施設建設にはいくつかの問題が存在している。i) 施設設備の予算に制限があり、KEK の現有設備をアップグレードしたのち大量に移設して実現をはかる必要がある。ii) 放射線安全に関する規制が KEK とは異なり、経費の増大が予想される。

施設建設後の利用体制については、統合計画全体の体制を現在検討中であるが、物性利用は中性子の方式に従い、原子核・素粒子利用は、50 GeV 利用の「素粒子原子核施設」と同じく、現在の KEK と同じ方式になることが予想される。

### 「物性研究所の現状」

東京大学物性研究所 福山秀敏

新しく作成した冊子「物性研究所の学術経営の現状と課題」に基づき、物性研究所の現状と課題を説明する。

# 物性研究所研究会 「高压物性セミナー21」

日時 2001年3月8日～9日

場所 東京大学物性研究所第一会議室

物性研究手段としての高压技術はこの十数年著しい発展を遂げ、その技術を用いて物性研究を進めている研究者の数も毎年増え、同時に、多大な研究成果を上げてきました。21世紀のスタートにあたって、高压技術を手段として物性研究を進めている全国の多くの方々にお集まりいただき、「高压物性セミナー21」を開催ができましたことは、今後のさらなる発展の契機として極めて重要な意義がありました。国立研究所は今年度から独立法人化され、大学も数年後には独立法人化される見込みです。ここ数年は高等教育ならびに研究の将来の進むべき姿を決める重要な時期となります。物性研究所は今後ますます物性研究の拠点として期待され、その責務を果たすことが強いられることでしょう。今回の研究会はまさにその一端を示したものと評価されて良いでしょう。年度末という忙しい時期にも関わらず、多数の研究者が集まつて、活発な議論が出来ましたことは、物性研究所に対しても大きな期待が寄せられ、それに物性研究所が応えたことの現れと見て取れるからです。

最後に、この研究会を企画するにあたって、積極的にサポートして下さった福山所長に感謝すると同時に、研究会に参加して下さった方々に感謝する次第です。

尚、予稿集ご希望の方は、物性研究所、森(FAX:0471-36-3331)までご連絡ください。幾分か余裕があります。

(上床美也、高橋博樹、毛利信男)

## プログラム

3月8日	講演者	分	所属
9:00 はじめに	毛利信男	10	東大物性研
座長 巨海玄道(九州大学)			
9:10 改良型ブリッヂマンアンビルを用いた精密 物性測定技術の開発	中西剛司	20	日本大学
9:30 ハイブリッド圧力発生装置およびペンシル 型圧力装置の開発	小坂昌史	20	埼玉大学
9:50 NiCrAl 合金の材料特性	松本武彦	20	金材技研
10:10 高圧下の磁気、電気測定	葛岡孝則	20	広島大学
10:30 CuIr <sub>2</sub> X <sub>4</sub> (X=S and Se)の高圧下の伝導現象	仲間隆男	20	琉球大学
10:50 —————休憩 15分—————			

座長 上床美也（埼玉大学）

11:05	スピニラダー酸化物 $\text{Na}_{1-x}\text{Ca}_x\text{V}_2\text{O}_5$ , $\text{Ca}_{0.7}\text{Li}_{0.3}\text{V}_2\text{O}_5$ の圧力効果	高橋博樹	20	日本大学
11:25	$\beta$ バナジウムプロンズの圧力誘起超伝導	山内徹	20	東大物性研
11:45	$\text{Sr}_3\text{Ru}_2\text{O}_7$ の一軸圧力効果	池田伸一	20	電総研
12:05	$(\text{Sr}/\text{Ca})_2\text{RuO}_4$ の圧力効果	中村文彦・後神達郎	20	広島大学
12:25	$\text{Y}_{1-x}\text{Ca}_x\text{Ba}_2\text{Cu}_3\text{O}_y$ における輸送現象の圧力効果と $\text{Cu}-\text{O}$ チェイン構造との関係	本間龍也	20	旭川医科大学
12:45	多相型銅酸化物超伝導体のTC の圧力効果	渡辺恒夫	20	東京理科大
13:05	———— 昼食 65分 ————			
座長 太田仁（神戸大学）				
14:10	擬一次元分子性フェリ磁性体の加圧下相転移	細越裕子	20	分子研
14:30	CDW 相の臨界圧力近傍における $\text{NbSe}_3$ の輸送特性	安塚周磨	20	北海道大学
14:50	$\text{ZrTe}_3$ の超伝導と電荷密度波の圧力依存性	山谷和彦	20	北海道大学
15:10	希釈冷凍機温度における高圧磁化率測定および 比熱測定	河江達也	20	九州大学
15:30	超高圧下磁化測定	石塚守	20	阪大極限科学 研究センター
15:50	————休憩15分————			
座長 高橋博樹（日本大学）				
16:05	$(\text{Er}-\text{Sr})\text{MnO}_3$ 酸化物の金属絶縁体転移の圧力・磁場効果	江藤徹二郎	20	九州大学
16:25	マンガン酸化物の圧力効果	守友浩	20	名古屋大学
16:45	高圧セルを用いたパルス強磁場磁化測定	金道浩一	20	大阪大学
17:05	高圧下における強磁場ESR 測定装置の開発	太田仁	20	神戸大学
18:00	————懇親会————			

3月9日

座長 村田恵三（大阪市立大学）

9:00	1K 以下の超高圧実験	清水克哉	20	大阪大学
9:20	微小試料の電極形成技術-DAC による輸送現象測定 への応用—	岡山泰	20	佐賀大学
9:40	ジュネーブ大学 Jaccard 研究室の現状	竹下直	20	東大物性研
10:00	氷の低温・高圧X 線回折	山脇浩	20	物質研
10:20	マグネタイトの高圧力下メスバウアーフィル	小林寿夫	20	東北大学
10:40	————休憩15分————			

座長 加賀山朋子（熊本大学）

10:55 UGe <sub>2</sub> の圧力誘起超伝導と SmS の絶縁体・金属転移	佐藤憲昭	20	名古屋大学
11:15 ユラン化合物の磁気秩序の圧力効果	芳賀芳範	20	日本原子力研究所
11:35 NiCrAl - BeCu 複合セルによる比熱測定	高柳滋	20	北海道教育大学
11:55 UGe <sub>2</sub> と CeRhIn <sub>5</sub> の圧力誘起超伝導	小林達生	20	阪大極限科学研 究センター
12:15 5f 電子系 URu <sub>2</sub> Si <sub>2</sub> の異常磁性における圧力効果	網塙浩	20	北海道大学
12:45 —————昼食75分—————			

座長 山田裕（島根大学）

14:00 強磁場中での有機伝導体の一軸圧力の実験	村田恵三	20	大阪市立大学
14:20 一軸ひずみ下における有機導体の構造と物性	近藤隆祐	20	東京大学
14:40 チタン酸バリウムの低温高圧物性	秋重幸邦	20	島根大学
15:00 Fe <sub>3</sub> O <sub>4</sub> の圧力効果	東堂栄	20	東大物性研
15:20 マグネリ相バナジウム酸化物VnO <sub>2n-1</sub> の高圧物性	浦野千春	20	東大低温セ ンター
15:40 —————休憩15分—————			

座長 松本武彦（金属材料研究所）

15:55 軸性圧力化のCeB <sub>6</sub> , Ce <sub>3</sub> Pd <sub>2</sub> 0Ge <sub>6</sub> の相図とdHvA 効果	青木晴善	20	東北大学
16:15 希土類化合物の高圧下の熱膨張	加賀山朋子	20	熊本大学
16:35 PrAgIn <sub>2</sub> の極低温下での物性研究	三田村裕幸	20	東大物性研
16:55 Yb <sub>0.8</sub> Y <sub>0.2</sub> InCu <sub>4</sub> における価数転移の消失と 圧力誘起強磁性	光田暁弘	20	東大物性研
17:15 EuNi <sub>2</sub> P <sub>2</sub> の価数揺動と圧力効果	和田裕文	20	京都大学
17:35 高圧下での物性研究	上床美也	10	埼玉大学

# 物性研究所研究会 強磁場研究の現状と将来

日時 2001年3月2日  
場所 東京大学物性研究所第一会議室

物性研究所短期研究会「強磁場研究の現状と将来」が平成13年3月2日に開かれた。現在、強磁場物性の研究は、新しい研究施設の建設計画を含め、世界的に非常な勢いで進展しつつある。我が国における強磁場物性研究は伝統的に盛んな分野であったが、日本においてもこのような世界の新しい趨勢に対応して、新しい共同利用体制づくり、今後の協力関係強化が急務であると考えられる。また長期的には我が国における新たな施設の計画も必要であると考えられる。平成11年9月に、物性研究所の研究会シリーズの一環として開かれた「極限環境物性研究部門の現状と将来」研究会では、日本の強磁場物性研究について、研究者間のさらなる協力関係の強化や研究機関の間のネットワーク作りの重要性が指摘された。本研究会は、このような将来展望や、我が国におけるネットワークの構築について、いくつかの講演を中心に自由討論することを目的として企画されたものである。これらについては昨年度の研究会でもすでにある程度の議論を行ったが、今回はそのときの結論や施設ユーザーの要望を踏まえて、さらに議論を深めることを試みた。

研究会プログラムは下記の通りである。

## 研究会プログラム

日時 平成13年3月2日（金）  
場所 物性研究所6階第一会議室

### プログラム

座長 後藤恒昭（物性研）

9:00-9:05	所長挨拶	福山秀敏（物性研）
9:05-9:30	はじめに	
——世界の強磁場研究と日本のネットワーク		
		三浦 登（物性研）
9:30-10:00	High magnetic field research and new projects in Europe（特別講演）	F. Herlach（物性研客員教授）
10:00-10:25	東北大学金研の現状と将来計画	本河光博、渡辺和雄（東北大金研）
10:25-10:45	休憩	

座長 長田俊人（物性研）

10:45-11:10	金属材料技術研究所の現状と将来計画	和田 仁（金材技研）
11:10-11:35	大阪大学の現状と将来計画	金道浩一（阪大極限センター）
11:35-12:00	物性研究所の現状と将来計画	後藤恒昭（物性研）
12:00-12:20	物質工学研の現状と将来計画	横井裕之（物質工学研）

12:20-13:30 昼食

座長 三浦 登 (物性研)

13:30-13:50	強磁場ネットワークの構築	長田俊人 (物性研)
13:50-14:05	コメント	嶽山正二郎 (千葉大理)
14:05-14:20	コメント	野尻浩之 (東北大金研)
14:20-14:50	ユーザーの立場からのコメント	村田恵三 (大阪市大) 他

14:50-15:10 休憩

15:10-17:10 討論会「日本の強磁場将来計画とネットワーク」  
座長 本河光博 (東北大金研)

17:30-19:00 懇親会 於カフェテリア

### 1. はじめに ——世界の強磁場研究と日本のネットワーク

物性研 三浦 登

最近の世界における強磁場研究の進展は目覚ましく、欧米の各地には新しい研究施設の提案、建設、拡充などが相次いでいる。またこれらの施設を使った研究成果が続々と学術誌や国際会議で報告されている。特に米国の国立強磁場研究所では、Tallahassee の大規模な定常磁場施設と Los Alamos のパルス磁場施設がそれぞれ特徴ある高性能の強磁場を発生し、多くの共同利用を得て精力的に研究成果を発表している。またヨーロッパでは、EU のいわゆる「100T 長時間パルス計画」という壮大なプロジェクトは望み薄になったものの、「ARMS 計画」という 80T のユーザー用パルスマグネットを作ろうとする国際協力計画が進行している。また各国独自の新施設の建設も盛んであり、Nijmegen では定常磁場施設をこれまでの 6MW から 20MW に拡張しようとする計画が認められ建設が始まり、またパルス磁場についても 2MJ のバンクを導入しようとしている。Dresden では 1.25MJ のバンクを建設したが、将来 50MJ の巨大コンデンサーバンクによって長大パルスを発生しようとする計画を検討している。Toulouse でも 14MJ バンクの運転を開始しようとしており、これまでに実績のある Grenoble, Oxford の他、比較的最近研究の始まった Bristol, Frankfurtなどを加えると、Activity の高い強磁場施設はかなりの数に上る。また Berlin では一巻きコイル法によって 300T におよぶ超強磁場を発生している。しかしながらこのような傾向は比較的最近のことであり、10-15 年程前には強磁場物性の研究は日本が断然世界をリードしていたように思われる。日本では、元々、磁性研究が伝統的に盛んであったこともあって、かなり以前から物性研究所、阪大強磁場施設、東北大強磁場施設、金属材料技術研究所の施設を中心に強磁場技術の開発、強磁場物性研究が行われ、多くの先駆的成果を上げてきた。これらが現在の強磁場に対する世界的な関心を喚起してきたと言っても過言ではないであろう。世界的な強磁場ブームが巻き起こっている中で、我が国としても強磁場のコミュニティーとしての協力体制を強化し、今後の Activity をさらに高めていくことを改めて考える時期に来ているようと思われる。そのためには強磁場研究の全国的ネットワークを作り、共同利用を含む研究協力、情報交換、技術移転、人事交流、若手人材の確保などがスムーズに行えるような体制をつくることが望ましい。我が国では上記の 4 大施設がそれぞれに特徴のある施設、技術、実績を持っており、これに全国の強磁場物性に关心をもつ研究者が

協力することによって非常に強力な研究体制が作れるようと思われる。今回の研究会もこのような討論を目的として企画されたものである。国際的には、同様な国際協力体制をつくるため、1996年に「International Forum on High Magnetic Fields」という組織がつくられた。その活動はまだ本格的には始動していないが、日本のネットワークは将来このような国際的組織とも連携して行く必要がある。

## 2. Development of High Magnetic Field Facilities in Europe.

Fritz Herlach

Europe is the birthplace of research with magnetic fields. The name “magnet” itself derives from the province of Magnesia in ancient Greece. In 1240, Peregrinus adapted the compass for sea travel (the Chinese used it only overland), with far-reaching consequences. In 1660, William Gilbert explained the function of the compass with the magnetism of the earth. Oersted discovered the magnetic field of electrical current, Ampère used this to make the first solenoid; Sturgeon, Faraday and Ruhmkorff developed the iron core magnet as a laboratory research instrument. Finally, very large magnets were built by Weiss, Cotton and Dreyfus – these were pre-runners of the large magnet laboratories.

The first high power solenoid was built by Deslandres and Perot in 1914 at Paris, but this was disrupted by the war. The original design developed later by Francis Bitter (1936) was so successful that it is still used today for generating the highest steady fields. This was the first highlight of magnet technology on another continent. Many Bitter magnets are installed in the two large European magnet laboratories at Grenoble and Nijmegen. These also have hybrid magnets, a concept that was originally pioneered at Oxford and later developed at M.I.T. and Tallahassee.

Pulsed magnets were pioneered in Europe by Kapitza (1924/27) with his lead acid battery and the famous generator (35 T, 10 ms, many experiments). Also in England, Wall generated 45 T with a capacitor discharge; this technique was further developed by Olsen and Shoenberg in the fifties. Several pulsed field laboratories were established in Europe, but the next breakthrough happened in the US when Foner used the newly developed wire with Cu-Nb micro-filaments that gave the impulse for all further pulsed magnet development. In Japan, the Cu-Ag wire was developed thereafter. At present, there are about 30 pulsed field laboratories worldwide; many of these are in Europe, and several important laboratories are in Japan (ISSP Tokyo, Osaka, Tsukuba, Sendai).

The first pulsed magnet with a controlled waveform was developed at Amsterdam. Of the planned next generation of magnets, only the 60 T magnet at Los Alamos was realised in 1999. This resulted in a vivid demonstration of the danger inherent in these large magnets when the magnet blew up in 2000.

Megagauss fields were pioneered in parallel in the U.S. and in Europe, with both explosive-driven flux compression (Fowler, Sacharov), electromagnetic flux compression (Cnare, Alikhanov) and the single turn coil (Furth et al, Shearer, Forster and Martin, Shneerson). For explosive-driven experiments, at present only Sarov in Russia is still operational. Megagauss techniques were developed for experimental applications on a large scale in Japan at the ISSP: both electromagnetic compression and the single turn coil. There is a small laboratory with a single turn coil at Berlin, but the ISSP laboratory is now the foremost laboratory where megagauss fields are available for a large variety of experiments. This has been further enhanced in a substantial way after the move from Roppongi to the new Kashiwa campus where an outstanding new facility has been built.

There is healthy competition as well as co-operation worldwide. Strength of the European magnet laboratories is in the close co-operation within the “Euromagtech” network (founded in 1988). This has resulted in many common projects for the development of advanced pulsed magnets. The latest of these is the “ARMS” project that is aimed at developing an 80 T user magnet to be installed at Toulouse. The level of difficulty is demonstrated by the fact that the specifications of the magnet had to be substantially reduced in the course of the project. As an outgrowth of this co-operation, an extensive study for the “Scientific Case for a European 100 T laboratory” has been conducted under the auspices of the European Science foundation. This is a useful document for the further development of magnet laboratory facilities.

### 3. 東北大金研の現状と将来

#### 東北大金研附属強磁場超伝導材料研究センター 本河光博、渡辺和雄

金研強磁場の歴史は古く、1935 年に 30T のカピツツア型のパルス磁場が導入されたときに始まる。それは戦災により焼失し、研究成果も Bi の磁気抵抗が測定されたという程度しか知られていない。1955 年には第 2 世代ともいべきビッター型の水冷磁石が設置され、超伝導磁石が存在しなかった時代に 12.5T を供給し多くの基礎研究が行われた。第 3 世代は 1981 年スタートした全国共同利用の「超伝導材料研究施設」において、1986 年に独自の技術により建設され 31.1T という当時の世界記録を作ったハイブリッド磁石である。これを用いて超伝導材料開発という当初の目的は達せられ、1991 年に時限により「強磁場超伝導材料研究センター」として改組されたが、組織・設備とも変化なく第 2 期に引き継がれた。このマグネットは物性研究や化学生物などの研究にも供され、現在に至り、再び時限を迎えた。この間多くの研究がなされたが、特に 20 件を選んで資料とし、1999 年 11 月に外部評価を受け、それらの成果が高い評価を受けた。

これらの成果に基づき新しい計画をたて、概算要求を行い、2001 年から第 3 期として再々スタートすることが認められた。組織としては従来、助教授 1、助手 1 だったのが、振り替えではあるが、教授 1、助教授 2、助手 2 の 5 人体制になった。設備は老朽化しているため早期の更新が必要であるが、今回は認められなかった。

今後 10 年の運営は基本的には従来と大きく変わらないが研究目的は、1. 超伝導材料および磁石の更なる開発、2. 磁場中プロセスによる新機能材料の創製、3. 新しい現象の発見と新しい概念の創出、である。1. に関しては、最近当センターで開発された高強度超伝導線を使い無冷媒方式ハイブリッド磁石の建設、半超伝導磁石の建設などが計画されている。半超伝導磁石というのは、高温超伝導体を完全な超伝導状態ではなくある程度抵抗のある状態で、しかし他の導体よりもはるかに抵抗の小さい状態で動作させ、現在大電力を消費する水冷磁石に変わるものとして置き換えようという計画である。これが完成すると消費電力は  $1/10$  以下になりまた現在の冷却水によるノイズも減らすことが可能で革命的なマグネットができる。当センターでは、外部から技術を買うのではなく、われわれ自身の手で新しい発想の磁石の開発を行うことをポリシーとしている。2. に関しては、磁気浮上効果および磁気配向効果を用いて、結晶育成や新しい材料を作ろうという研究である。すでにいくつかの実績があるが、さらに発展させる。3. は言わずもがなのことであるが、物性物理への応用で優れた研究が期待されている。2. および 3. は主として所内外の共同利用を通じて行われるが、それを所内のいくつかの部門がサポートすることになっている。今後は、マシンタイムをあまり小分けするのはさけ、優れた共同研究にはまとめて長時間のマシンタイムを当てるなど考慮したい

と考えている。

#### 4. 金属材料技術研究所強磁場ステーション

金材技研 強磁場ステーション

和田 仁

科学技術庁金属材料技術研究所の強磁場ステーション（通称 Tsukuba Magnet laboratory=TML）には、40 T級ハイブリッドマグネットをはじめとする大小の超伝導、常伝導、パルスマグネットが集中的に配備され、共同利用型施設として、内外の研究者の利用に供されている。

これらのマグネットは、1987 年に開始された超伝導材料に関する研究プロジェクトにおいて開発されたものであり、本来は超伝導材料の研究に使用する装置群であるが、他では得ることが難しい強い磁場が広範な分野の研究者にとって貴重な実験手段となるところから、1998 年以来、外部研究者に開放されてきた。現在、ハイブリッドマグネットは 35 T（世界第 2 位）を提供している。

TML には、共同利用型施設としての運営のために、外部研究者を含む強磁場部会が置かれ、公募された研究テーマの審査にあたっている。選択されたテーマは共同研究として実施されるので、現状では、利用者に使用料などの負担はない。

TML のインハウス研究としては、強磁場発生技術の向上に結びつくものと、これを利用するものがある。前者に連なるものとしては、1 GHz NMR 用超伝導マグネットの開発プロジェクト、高温超伝導磁気分離システムプロジェクトなどがあり、後者の例としては、磁場中における材料プロセスや化学反応素過程の研究などがある。さらに、超伝導標準化のための中核としての役割も果たしている。今後も発生磁場の増大を目指しつつ、超伝導・強磁場応用の中心的、シンボル的な重要プロジェクトを実施して行くとともに、産業に結びつくような材料プロセスへの応用を追求して行く予定である。

TML は強磁場施設の国際ネットワーク化にも取り組んできており、1997 年以来、米国タラハッシー、仏国グルノーブルおよびオランダ・ナイメーゲンの強磁場施設と協力協定を締結して、技術協力、人材交流、情報交換を行っている。

2001 年 4 月から、金属材料技術研究所は独立行政法人物質・材料研究機構に移行する。これにともない、施設の共用が本来業務となることなど、運営上で幾つかの変化があると考えられる。しかし、いずれにしても、強い磁場ができる限り広い分野の研究者に、利用しやすい形態で供するという当初の目標は不变である。

#### 5. 阪大強磁場の現状と将来計画

阪大 極限科学研究センター

金道浩一

上記標題で議論を行うためには、日本全体のパルス強磁場を含めた議論が不可欠である。以下に、阪大強磁場が考える問題点と解決方法をまとめる。

##### パルス磁場 2 施設

##### 物性研（共同利用研）

三浦、後藤、長田、松田、大道、三田村

移転完了、超強磁場フロンティア(200, 600 T)、非破壊強磁場でのサービス、複合極限クネール、一巻きコイル、非破壊、超伝導マグネット

## 阪大極限

金道

極限センターの時限まで 5 年、80T の非破壊パルス強磁場、マグネット技術

## 小型パルス磁場

神戸大：太田、大久保、40T まで ESR や磁化

岡山大：野尻、40T まで ESR、繰り返しパルス磁場

大阪府立大：野口、30T？までの基礎データ（磁化、磁気抵抗？）

福井大：光藤、ジャイロトロンと組み合わせた ESR？

富山県立：？

## 問題点

世代交代、世代間ギャップ、人材不足、後継者育成

NHMFL（米）やヨーロッパと戦うには？

将来を見据えた戦略と施設間の役割分担、共同利用体制の整備

### 問題点

世代交代、世代間ギャップ、人材不足、後継者育成

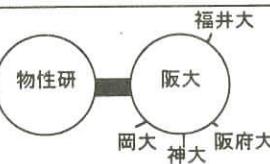
NHMFL（米）やヨーロッパと戦うには？

将来を見据えた戦略と施設間の役割分担、共同利用体制の整備

### 戦略が必要

#### パルス磁場の場合

関西エリアに阪大を核とした拠点を作る



現状の阪大ではサービスは出来ない  
人的、予算的サポートが必要  
阪大の物性が強磁場を必要と考えているか？

#### 物性研に一極集中する



やるからには、野尻、金道を移動させてでも強磁場フロンティアに挑戦する定常磁場はやめる  
パルスでの仕事を評価する  
物性研が強磁場を必要としているか？

## 6. 物性研究所の現状と将来

物性研 後藤恒昭

物性研における超強磁場研究の歴史は 1970 年に始まった第 1 次超強磁場計画に遡ることができる。この計画では電磁濃縮法による約 200T の超強磁場の発生とその下での物性研究が所期の目的をほぼ達成し、1979 年度から開始された第 2 次超強磁場計画の萌芽としての役割を果たした。第 2 次超強磁場計画では、電磁濃縮法による超強磁場発生

のために、超大型の 5MJ の主バンクと 1.5MJ の副バンクが導入された。超強磁場の開発研究が行われ、最高 606T の超強磁場発生に成功するとともに、500T における超強磁場下において磁気光学効果およびサイクロトロン共鳴の測定による各種の物性研究が行われた。また、比較的容易に超強磁場を発生するために、100kJ の(横型)一巻コイル超強磁場発生装置が開発され、150T における超強磁場下において、上記の実験の他に磁化や輸送現象の測定が行われ、より多彩な研究が成された。これらの研究成果は 1995 年に実施された国際的な外部評価によってすでに高い評価を受けている。

物性研究所は 1996 年に全面的に改組され、柏の新キャンパスを前提とした第 3 世代の新しい研究体制に移行し、超強磁場、高圧、低温グループから成る極限環境物性部門が新たに発足した。当部門ではこれまで蓄積された極限環境下における測定技術を一層発展させ、新しい領域での物性研究を開拓すると共に、3 つの極限環境を組み合わせた多重極限環境下における新しい物性研究を行うことを目的としている。当部門は 1999 年 3 月から柏キャンパスへの移転を開始し、新たに電磁濃縮法超強磁場発生装置、200kJ 横型および縦型の一巻コイル超強磁場発生装置および大型の 900kJ コンデンサーバンクが導入された。電磁濃縮法の装置に使用されている主バンクおよび副バンクの蓄積エネルギーは旧装置と同じであるが、700T の超強磁場発生を目指し、主バンク系の残留インダクタンスが減らされ、コイルシステムの改良が施されている。一方、2 種類の一巻コイル超強磁場発生装置は旧横型の発生装置に比べて 1.4 倍高い超強磁場を発生することが可能である。なお、縦型の装置は初めて導入された装置で、液溜型のクライオスタットが使えるので、1.3 K のまでの低温下での物性測定が可能である。また、900kJ コンデンサーバンクは多重極限環境を実現するための、60 T 級の長時間パルス強磁場発生に用いられる。上記の装置はすでに立ち上げが終了し、グループ内の研究の他に外部の多くの研究者との共同研究が行われている。

現在、上記のパルス磁場発生装置を用い、3 所員体制で磁気光学効果、磁性および輸送現象などの研究が行われている。今後も少なくともこの体制を維持して、700T の超強磁場と更に低い温度を実現し、超強磁場下における測定技術を一層進化させて磁気光学効果、サイクロトロン共鳴、磁化、輸送現象など多彩な測定を目指している。また、光吸収スペクトルや磁化は多重極限環境下においても測定が可能になってきたが、多重極限下における測定技術をさらに発展させ、新しい物性研究を開拓したいと考えている。

## 7. 物質工学研の現状と将来計画

### 物質工学研 横井裕之

爆薬の爆発力をを利用して初期磁場を濃縮し超強磁場を発生させる方法は、爆縮法と呼ばれており、1000 テスラ級の磁場を発生させる最も有力な手段と考えられる。物質工学工業技術研究所(物質工学研、以下、物質研と略す)には、屋内で爆薬を用いた各種実験を行う施設があり、

長年、爆縮法による超強磁場発生装置の開発が行われてきた。屋内実験設備には、水平方向 6m、垂直方向 8m のラグビーボール状の爆発チャンバーが設置されていて、10kg までの爆薬を使用できる。チャンバーには、20kV、300kJ のコンデンサーバンクからの電流ターミ

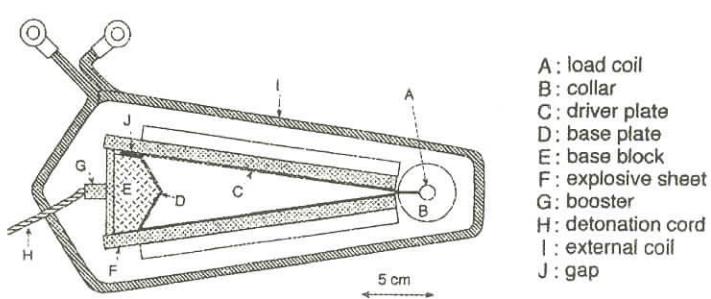


図 1 小型ベロー型爆縮装置

ナルボックス、電気計測用端子ボックス、フラッシュX線装置、光学測定用窓が備わっていて、爆縮装置により発生した超強磁場と電気的計測や光学測定、高速度X線撮影を組み合わせることが可能となっている。

物質研での爆縮法による超強磁場発生技術の開発は、1980年頃（当時は化学技術研究所）から本格的に始まり、内径100mmのステンレス管をライナーとする小型の円筒型爆縮装置を開発して、100テスラ以上の超強磁場を発生させた。筆者は1991年に本研究所に加わり、小型ベロー型爆縮装置の開発を始めた。本開発のねらいは、200g程度の少量の爆薬を利用するだけで、より手軽に超強磁場を利用できるようにすることと試料回収を可能にすることであった。通常ベロー型爆縮装置では、初期磁場をベロー本体に電流を流して発生させるため、ベロー本体を頑丈にする必要があり、その分ベローを閉じるための爆薬量がkgオーダーとなってしまう。我々は、図1に示すように初期磁場コイルをベローと別に用意してベローを小型化し、1994年には10.9テスラの初期磁場を110.7テスラに濃縮することに成功した。また、その際コイル部に挿入してあったポリカーボネート製のピックアップホルダーが形状を保持した状態で回収できた。

次のステップとして、大型の円筒型爆縮装置を開発して1000テスラ域の超強磁場発生を目指しているが、今のところ、予算の確保ができず開発は見合せている。物質研は、爆薬を有効かつ安全に利用する施設とノウハウを保有しているので、予算の目途さえつけば、大型の円筒型爆縮装置の開発に着手したい。また、そのような超強磁場域での測定技術の確立も重要な課題として残っている。超強磁場発生技術と測定技術の両面を解決して、近い将来に日本で1000テスラ域での強磁場物性測定を実現させたいと考えている。

## 8. 強磁場ネットワークの構築

物性研 長田俊人

### 0. 背景

物性研究所の各部門の評価を兼ねた研究会シリーズの一つとして、極限環境物性研究部門を対象とした研究会「極限環境物性の現状と将来展望」が平成11年9月に行われた。その研究会において、マンパワー不足、ピーク指向の開発研究と共同利用の両立問題、研究主題のインパクト不足（極限環境に物理はあるのか）、等の指摘・批判がなされた。一方で米国では近年十分な人員と予算を持った共同利用のための大規模な強磁場施設が完成し、個別研究と共同利用の両方を小人数でこなす我国の中小規模の強磁場施設の競争力が相対的に低下している。この状況を改善するため、国内に分散している強磁場研究者および共同利用ユーザなどを有機的に結び付ける連絡ネットワークを作る必要性が指摘された。本研究会ではそれを具体化するための議論を行った。

### 1. 組織

強磁場研究者コミュニティの名称は例えば「強磁場物性連絡会」とし、主要な強磁場実験施設の研究者、共同利用ユーザ、その他強磁場に関心のある研究者で構成する。当面は三浦（東大物性研）を「代表」とし、世話人の本河（東北大金研）、淡路（東北大金研）、金道（阪大極限センター）、高増（物質・材料研究機構）、野尻（岡山大理）の協力を仰いで長田（東大物性研）が実務を担当することになった。ニチコンやオックスフォード・インスツルメンツなどの関連業者にも賛助会員になってもらうという提案もなされた。

## 2. 活動

### ①ホームページの整備

当初中性子コミュニティに倣い広報・情報交換のメディアとして雑誌を作ることが検討された。しかし労力・費用・効果を考慮した結果、ホームページを作成することで雑誌に代えることになった。

ホームページは、物性研究所計算機室のサーバに置き、物性研の世話人が管理することになった。将来的には外注も検討するが、当面は世話人でプロトタイプを作成することになった。内容的には、ハイライト（研究成果・新技術など）やニュース（研究会・人事公募など）、掲示板を備えると共に、施設利用希望者向けに全施設の共同利用可能装置のスペック一覧、共同利用希望時の問合せ先、各施設の共同利用受付へのリンクのページを作成する。また各強磁場施設のホームページへリンクを張ることになった。各施設の共同利用関連情報やアクティビティ紹介などは施設毎にホームページ上でやって頂くことになった。

### ②定期的会合

コミュニティの face to face の結束を図るため1年に1回程度の頻度で会合を開き、物理的・技術的話題の討論に加え、各施設の現状報告や将来計画など分野のあり方に関する議論を行う必要がある。しかしこの会合はその主旨上、ホットな話題や萌芽的な話題など特定の物理的主題に焦点を絞った学術的研究会とは異なるため、科研費などの資金による研究会や物性研や金研の研究会として定期的に開催することは困難である。幸いなことに福山物性研所長からは所長裁量経費で研究会を開催することも前向きに考えたい旨の御意見を頂いている。従って、物性研や金研の研究会、および物性研所長裁量経費による研究会として申請し、毎年開催するよう努力することになった。

## 3. 問題点

議論の中で、ただでさえマンパワーが不足した現状で、さらに負担となるネットワークを作ることが実質的にどのような利益をもたらすのかという基本的疑問が指摘された。情報発信や共同利用サービスとしてユーザ側にとっての意味はあるだろうが、強磁場施設側にとって負担を補うに足る価値あるものであろうかという疑問である。しかしながらやはり強磁場コミュニティをとりまく外部環境に対処するために協力し合うという点では、非常に意味があると思われる。当然のことであるが、こうした組織論を越えて、最終的には「物性物理学における強磁場の必要性」が実感される水準の研究を蓄積していくこそが重要であると痛感する。

## 9. コメント 強磁場研究の現状と将来

千葉大理 嶽山 正二郎

ヨーロッパ・米国で巨大な強磁場物性研究拠点が形成されている状況の中で、日本のパルス超強磁場物性研究の拠点は一局集中型の方向に指向し、現在の柏物性研究所に作るのが望まれる。現在、物性研強磁場施設は世界の他のどの拠点でも困難である 100 T 以上の多様で高度な物性測定技術とその物性研究の実績があり、メガガウス環境下多様物性研究拠点形成を行うことは、日本物性研究の将来にとって大きなメリットが期待できる。現在の素晴らしい交通環境では、強磁場施設を日本国内の幾つかの場所にばらまくよりは、一ヵ所に集中することの方がいろいろな意味で得策である。パルス強磁場の物性測定では、様々なレーザーや高価な検知器等の周辺測定機器が必要であり、それらと特殊な測定技術が一体となって初めて超強磁場物性研究展開が可能となる。従って、パルス強磁場マグネットが多極にあることはそれだけ効率が悪いことになる。

現在、物性研究所には確実な100T以上のパルス超強磁場発生と物性測定技術が構築され施設も整っている、また、大阪には世界の強磁場施設が実現できていない80Tの非破壊ロングパルス磁場発生技術と多重極限環境下の物性測定技術が蓄積されている。今こそ、大阪の強磁場施設を物性研に融合すれば、今後20年は世界の強磁場物性をリードできることは疑いのないことであろう。60T程度の強磁場物性の主導権がヨーロッパ・米国に移ったとしても、そこで、必要となった超強磁場の物性展開が日本でしか不可能であるとなると、結局は最終ベクトルを日本に向ける結果となり、世界の他の拠点と並び続ける事ができる。現在あるこの2つの核を利用し日本のパルス強磁場物性センターを元気にしておくことは、物性研にとっても楯の力となり、ひいては日本の物性研究全体の活性化にも役立つことと確信する。日本国内の優秀な40歳前後若手のパルス強磁場物性研究者を結集した形でセンターを形成し人材確保も行っておく必要がある。現在の物性研強磁場施設に数億円も足せば、立派な拠点形成が可能と思われ、効率の良い投資である。

## 10. コメント ある中堅の期待と決意

岡山大理 野尻浩之

強磁場コミュニティーでは、今後数年で、各施設の代表者などの日本の強磁場を代表してきた方々が退官等でいなくなる。そのために、今の中堅、若手が自らの将来をかけて、10年後を見据えたルネッサンスプランを自分たちで考えてゆく必要がある。それには、なにを10年後にやりたいのか、そのとき強磁場はフロンティアでとして存続するかを常に意識してゆく必要がある。もう一つの大変な点は、強磁場は分散した幾つかの施設のある分野なので、それぞれが特色をだして、競争と協力のバランスを取ってゆく必要があることである。三角格子は、相互作用が反強磁性だとフラストレーションしているが、強磁性だとスピニンのベクトルはそろう。強磁性では面白みがないが、手裏剣のようにその場で回転しているだけの堂々巡りでも困る。自分達で良い関係になるよう、時に応じて相互作用（関係）の調整が必要である。また、ハードウェアと不可分な分野なので、人材確保を考えるときに、評価のポイントもよく考える必要がある。

その中で、幾つかの点に関して提案をしたい。まず、小型パルス磁場であるが、これは金研、広島、神戸、福井、富山県立、大阪府立、岡山など近年増加しており、それぞれの特色を出すことによって磁場が小さくても生き残れると思われる。互いに技術交流などを進めて活性化すれば、小さな施設で新しい芽の発見をたくさんつくり、その中で光るものを大型施設利用との連携や共同研究で展開してゆくというスタイルが可能である。そのために、中核となる施設、例えば物性研などでは、サバティカル的な集中的共同利用などの制度を作ってほしい。

繰り返しパルス磁場は、現在は生産性があまり良くないが、統合計画で実現する高強度ビームで冷中性子を用いると最低1000倍程度強くなる。したがって、数年後の完成を見据えて 単発50T構造解析、30T繰り返し非弾性の実現に向けてサイエンスのアイデアと技術開発の両側面で立ち上げをはかる必要がある。

さらに、新しいフロンティアとして、マイクロマグネットなどの新分野や新しい研究手段の開発、例えば、放射光、自由電子レーザーとの組み合わせを考えてゆく必要がある。また、関西を中心に、阪大の非破壊60-80T磁場の有効利用を図ることは、このレベルの磁場が日本でしか出せていないことを考えると大切である。強磁場は歴史ある分野だが、日本全体のコミュニティーはまだ赤ん坊である。しかし、そのあゆみの遅さにがっかりすることなく、将来を目指して、中堅、若手がモおなじ釜の飯“の関係になって行くことが必要ではないだろうか、指導的な立場の方々にはぜひ叱咤激励とともに、強力なサポートをお願いしたい。

## 11. Tallahassee の強磁場施設での体験記 ユーザーの立場からのコメント

阪市大理 村田恵三

2000 年 6 月と 2001 年 1 月に各 1 週間、Tallahassee の強磁場施設で実際に実験を行う機会を得た。この体験は数年前の見学的訪問の時とは質が全く異なる強烈なものであった。そこで感じられたものは施設管理より成果で勝負の心といえようか。使いやすさ、能率、改善への日頃の全所挙げての意欲が伝わってくる。日本とは制度が違うのだと片付けたりあきらめずに、なんとかヒントを探したい。

実験は 1 日 6 時間 × 5 日間が標準サイクルである。初日には、computer 付きの結構な広さの個人研究室とその鍵、建物の入り口の鍵と更に技官の部屋の鍵も貸してくれる。技官の部屋には小道具などがある。通常の感覚なら散逸を恐れて入れないものだ。管理も大事だが、使いやすさをこれほど考慮している。

かなり広い stock room には cable のような小物から、電圧計、電流源、電圧源、電力源、さらには NMR 関連の electronics すら一般貸し出し用として揃えてある。貸出簿に書き込むなど能率を落としそうなことは一切しない。こうして、巨大な磁石と空間だけだった実験室が 2 時間もすれば、自分の実験室に早変わりする。

1 日の実験時間は一応決められているが、前の実験者が早く終わったり、施設の不具合があったときなど、割り当ての時間以外も使ってよいと言ってくれる。実験開始後 3He の不足を説明したら、彼らはすぐ 3He を探して補給してくれた。運転を取りしきっているのはひとりの運転責任者で彼は夜も昼も e-mail でやり取りをしている。また、工作技官の人が、前夜に e-mail で頼んだ欲しい加工が、朝の 9 時には出来たものを持って来てくれることもあった。我々の磁石の調子が悪かったとき、さっさと巨大な magnet を開放したかとおもったら、内部のスパナを締めなおしたりしているうちに 1 日でなおしてしまった。日本の現状なら最低 6 ヶ月はかかると思った。とにかく対応が早い。親切だ。不思議なことに、私にそれでも不都合は無いかと聞いてくる。どうやら、提案を聞いて当該施設の発展のネタを捜しているのだと思えば合点がいく。

世界から、当該施設の利用にやってくる。国際交流を成果の機軸においている。また、物理の大家を招くのも熱心で、Schrieffer の給料は 3 箇所から集めて高級を保証しているそうである。人材の集め方、給料の支払い方も規制緩和の国だ。

Tallahassee での体験から日本で実現できるものはどんなものか考えてみた。Visitor の要望や culture を施設に残すことを Visitor の役割とするのは如何か？ 物性研や金研で行ってきた旅費を施設側が準備する制度も、成果を出す良い仕組みである。共同利用係関連電子化も出来ないはずは無い。その他は別稿で述べる。

## 12. 討論のまとめ

東北大金研 本河光博

最初に三浦氏よりこれまでの討議事項の整理として、将来計画と共同利用および強磁場ネットワークの構築に関して要約が行われた。それに対して次のような意見がだされ議論が行われた。

### 1. 設備について

- 1) 小さなパルス磁場は簡単に出来るといつても、安全の問題もあってしろうとには難しく自分で強磁場を持つことは困難である。これは共同研究の形でないとうまくいかないのでもっと数十テスラの施設の充実をはかけてほしい。
- 2) 光の実験に対し磁場中吸収だけでなく、発光とか、顕微分光、圧力との組み合わせを要望する。また顕微測定のためには時間的に稼ぐ必要があり、超ロングパルスが必要である。

- 3) 繰り返しパルス磁場の需要は装置が出来ればユーザーが出来るだろう。
- 4) パルス磁場の実験には測定技術まで面倒をみないと、磁場を出すだけではだめである。

## 2. 施設の形態について

- 1) 一極集中として物性研を強化するべきである。
- 2) 一極集中はよくない。ロングパルスで実績のある阪大をのばすべきで、物性研とは異なる道を歩くべきである。
- 3) 各施設に置いて課題、研究計画の仕分けが必要でお互いに足の引っ張り合いにならないようにする必要がある。

## 3. 連携について

- 1) 国際フォーラムと IUPAP を関係づけた国際連携が必要である。そのために日本がなにをやりたいのかはつきりしている必要がある、漠然とした考えではだめである。
- 2) 国際共同利用をもっと推進するべきである。
- 3) 国内の連絡会議としてのフォーラムをつくる。名前、加入法に関してはワーキンググループで検討する。
- 4) 技術関係として関連会社の人にもフォーラムに参加してもらう。
- 5) 技術の継承という意味では研究者をフラットな年代構成にする必要がある。

## 4. 分野について

- 1) 強磁場を用いた材料研究を増やすべきというような要求もあり、物性研究だけで閉じるのはよくない。金材技研では超伝導材料のプロジェクトが多く、固体物理は少数である。東北大金研でも目玉は材料であって物理は中心でない。
- 2) 分野はある程度閉じた方がフォーラムの運営はやりやすい。分野によっては、例えば強磁場応用関係、マグネットテクノロジー関係などすでに別のコミュニティーのあるものもある。
- 3) 物理だけだと対文部科学省などへの説明が困難で、材料研究も入れないと大きな予算を取るのは困難かもしれない。
- 4) ナイメーヘンなどの計画では、基本的には物性研究が中心であって、国との交渉がうまかったようである。またタラハシや金材技研は高分解能 NMR を目玉にしている。
- 5) フォーラムを狭くして、おたく的にならないように気をつける必要がある。

これら有意義な意見をふまえ連絡会をたちあげることで合意できた。責任者は三浦氏に、実務は長田氏を中心にして、野尻、高増、金道達により細かいことを検討する。

## 物性研究所研究会

# 「磁場が誘起する磁性体の新量子現象」

日時 2001年3月13, 14日(火, 水)

場所 東京大学物性研究所大講義室(6階A632室)

### パイロキシン構造をもつ化合物の磁性

磯部正彦、上田寛

東京大学物性研究所 物質設計評価施設

パイロキシン(輝石, pyroxene)とは、一般に化学式  $XYZ_2O_6$  で表せる鉱物である。中でも  $AM^3Si_2O_6$  ( $A$  = アルカリ金属、 $M$  = Ti, V, Cr, Mn, Fe など) という組成で表される鉱物をアルカリパイロキシン(alkali pyroxene)という。代表的なアルカリパイロキシンは、宝石などに使われている、ひすい輝石(主成分  $NaAlSi_2O_6$ )である。これらの結晶構造は、 $M^{3+}O_6$  が角共有して  $c$  軸方向に1次元のチェーンを形成し、チェーン間は  $SiO_4$  を介して3次元的になっている。 $M$  サイトは、3価の多彩な遷移金属が占めることができる。よって、同構造を保ちながら、Ti から Fe になるにつれて  $S=1/2$  から  $S=5/2$  の1次元チェーンが実現されている。これらの化合物は、主に鉱物として知られていたが、系統的な物性の報告はなかった。我々はこれらの化合物( $Li, Na)M^{3+}(Si, Ge)_2O_6$  ( $M$  = Ti, V, Cr...)において均一な試料の合成を試み、それらの帶磁率を測定した。そして、 $S=1/2$  の1次元チェーンをもつ、 $NaTiSi_2O_6$  において新奇の相転移を観測したので報告する。

$NaTiSi_2O_6$  の帶磁率の測定より、約 210 K に相転移を示し、相転移以下の温度変化は、スピングィップ的な振る舞いを示す。また低温粉末 X 線回折実験より、帶磁率の変化に対応して、構造相転移を示すことがわかった。1次元的な結晶構造から、この相転移はスピン・パイエルス転移でないかと思われたが、転移点以上の帶磁率は、 $S=1/2$  1次元反強磁性 Heisenberg 型の理論曲線(Bnnor-Fisher)と合わず、また低温粉末 X 線回折実験においても、相転移に伴う粉末回折パターンが大きく変化しており、通常のスピン・パイエルス転移とは異なると考えられる。現在のところ低温での結晶構造は確定しておらず、今後の進展が待たれる。また他のスピニン量子数をもつ1次元化合物の磁性についても比較、検討する。

### 一次元量子フェリ磁性体、 $A_3Cu_3(PO_4)_4$ : $A=Ca, Sr$ の磁性

九州大学大学院理学研究院 網代芳民

量子スピン反強磁性体の研究分野における最近の興味は、相互作用経路が特異なトポロジーを持つ低次元磁性体の磁気的性質に関するものである。それらの系では興味ある量子効果やフラストレーション効果が現れる。

本講演では、交叉する二重鎖構造によって特徴づけられる量子スピン反強磁性鎖、 $A_3Cu_3(PO_4)_4$ : $A=Ca, Sr$  の磁性について高磁場磁化及び低温中性子回折の結果について報告する。

4.2K における40Tまでの高磁場磁化曲線はいわゆる1/3磁化ブレークで特徴づけられる中間量子状態を示し、この系が一種類の  $Cu^{2+}$ ( $S=1/2$ )から成る一次元フェリ磁性体であることを明確に示す。三次元秩序状態にあると考えられる 70 mK において中性子回折実験を行ったところ、核散乱強度と比較して非常に強度が弱い磁気散乱が観測された。この結果は、離散的な量子エネルギー順位を持つ量子系の秩序化過程に関連する量子スピン系の特徴の現れと考えられる。

## Ba<sub>3</sub>Mn<sub>2</sub>O<sub>8</sub>のスピニヤップと磁化プラトー

東工大物性物理 内田昌宏, 田中秀数  
東大物性研 後藤恒昭, Mikhail Bartashevich

Ba<sub>3</sub>Mn<sub>2</sub>O<sub>8</sub> は緑色の三方晶化合物で、磁性原子である Mn が 5 倍の陽イオンとして酸素原子で作られる四面体の中に存在しているので、磁性には  $S=1$  であるスピニのみが寄与する。試料は BaCO<sub>3</sub> と MnO<sub>2</sub> から固相反応法によって焼結体として得られたものを用い、SQUID 磁化率計による磁化率の測定と、東大物性研超強磁場研究室の非破壊パルスマグネットを用いて強磁場磁化過程の測定をおこなった。

磁化率測定の結果、 $T=1.8\text{K}$  から  $T=300\text{K}$  までの範囲で相転移は見られなかったが、 $T=18\text{K}$  で極大をとったあと低温にむかうにしたがって急激に 0 に落ち込むのが観測され、基底状態が非磁性であると予想された。結晶格子から、これは Mn イオンと最近接のもう一つの Mn イオンが反強磁性相互作用を介して dimer を形成していることに起因していると考えられ、孤立 dimer 系の磁化率曲線で測定値を概ねよく fitting できる。さらに次近接、次々近接相互作用を分子場としてとりこむと、ほぼ完全に実験値と一致させることができ、この系が比較的大きな dimer 間相互作用をもつたスピニヤップ系であることが確かめられた。

また、 $T=1.4\text{K}$  における強磁場磁化過程の測定結果からギャップの大きさが約 11K と見積もることができ、飽和磁化の 1/2 に dimer の  $S=1/2$  に対応するプラトーが存在することも確認できた。ギャップの大きさは孤立 dimer 系と仮定したものより小さくなっている、ここでも dimer 間相互作用が比較的強く働いているスピニヤップ系であることが、強磁場磁化測定の結果からも言えることが確かめられた。

## Cu<sub>1-x</sub>Mg<sub>x</sub>GeO<sub>3</sub> の圧力効果

東大新領域 益田 隆嗣、内野倉 國光

スピニ・パイエルス物質 CuGeO<sub>3</sub> は、比較的大きな鎖間相互作用を持ち、また大きな反強磁性的な次近接相互作用、つまりフラストレーションを持つ点で特徴的である。Cu-O-Cu の角度が約 100 度に近いことから、例えば圧力による結晶の歪みに対してこのフラストレーションはセンシティブであると思われる。実際圧力によりフラストレーションが増大することを示唆する結果がいくつか得られている。

我々は、不純物置換によりスピニ・パイエルス相を消失させた試料を用いて圧力下磁化率測定を行い、高圧下でスピニ・パイエルス相の復活を観測した。このことは CuGeO<sub>3</sub> のスピニ・パイエルス転移が、フラストレーションとの協力現象であり、フラストレーションの増大がスピニ・パイエルス相を安定化させる ことを強く示唆する結果である。

## Nd<sub>2</sub>Mo<sub>2</sub>O<sub>7</sub> 系の特異な異常 Hall 効果

名大理<sup>A</sup>, CREST<sup>B</sup>, 東大物性研<sup>C</sup> 吉居俊輔<sup>B</sup>, 飯久保智<sup>A</sup>, 影山健友<sup>A</sup>, 小田啓介<sup>A</sup>,  
安井幸夫<sup>A,B</sup>, 佐藤正俊<sup>A,B</sup>, 家泰宏<sup>C</sup>

バイオクロア型金属強磁性体 Nd<sub>2</sub>Mo<sub>2</sub>O<sub>7</sub> では、Mo スピニの強磁性転移 ( $T_c \sim 93\text{K}$ ) に伴って出現する異常 Hall 効果が、温度の減少と共に低温 ( $T \leq 20\text{K}$ ) では Nd モーメントの秩序化に伴ってさらに著しく増大するという異常な振舞を示す。この系の Hall 抵抗  $\rho_{\parallel}$  は、現象論的には Mo 磁化 ( $M_{\text{Mo}}$ ) と Nd 磁化 ( $M_{\text{Nd}}$ ) を独立に考慮することによって  $\rho_{\parallel} = R_0 H + 4\pi R_S M_{\text{Mo}} + 4\pi R'_S M_{\text{Nd}}$  という通常の式でよく表される。この結果は、Mo のみならず Nd も Hall 伝導に寄与していることを強く示唆している。一方、異常 Hall 係数  $R_S, R'_S$  は従来の理論では説明がつかないような特異な温度変化及び異方的な振舞を示すことが明らかとなった。これに対し我々のグループによる中性子散乱実験より、低温で Mo 及び Nd モーメントが共に non-collinear な磁気構造を持つことが明らかとなり、スピニカイラリティの秩序化が Hall 伝導の出現に寄与するという新たな理論との対応が最近注目さ

れている。

また、この系の異常 Hall 効果の特異な振舞をさらに理解するために、Nd 及び Mo サイトを置換した  $Nd_{2-x}Y_xMo_2O_7$  及び  $Nd_2Mo_{2-y}M_yO_7$ (M=Ti,V 等)における系統的な研究も行っている。

### $Nd_2Mo_2O_7$ の磁気構造

名大理<sup>A</sup>、CREST<sup>B</sup>、東大物性研<sup>C</sup> 安井 幸夫<sup>A,B</sup>、近藤 泰幸<sup>A</sup>、伊藤 雅典<sup>A</sup>、  
金田 昌基<sup>A</sup>、原科 浩<sup>A,B</sup>、佐藤 正俊<sup>A,B</sup>、加倉井 和久<sup>B,C</sup>

Pyrochlore 型化合物  $Nd_2Mo_2O_7$  は、 $Nd_4$  と  $Mo_4$  の正四面体がそれぞれ頂点を共有する 3 次元ネットワークを形成している。 $T_c \sim 93$  K で強磁性磁化を持って order し、さらに 30 K 付近から降温とともに磁化  $M$  が減少する。ホール抵抗  $\rho_H$  は  $T_c$  以下の 30 K 付近までは通常の式  $\rho_H = R_0 H + 4\pi R_s M$  でその振舞がよく説明されるが、低温域ではこれとは全く異なる磁場依存性を示す。最近このような  $\rho_H$  の特異な振舞を説明するために、non-collinear な磁気構造により生じるスピニカラリティーの存在がホール伝導に寄与しているという理論も提案されている。そこで  $Nd_2Mo_2O_7$  単結晶の中性子回折実験を行い磁気構造を調べた。

30 K <  $T$  <  $T_c$  の領域では、主に Mo-moment が order し、さらに温度を下げていくと 30 Kあたりから Nd-moment の order が顕著になることがわかった。なお、Mo と Nd の net moment は反平行である。4 K の磁気構造を見ると、Mo-moment は collinear な強磁性秩序の状態から各サイトの主軸方向(正四面体の重心と各頂点を結んだ方向)へ 6° ～ 9° 程度 tilt していると考えられる。一方、Nd-moment は主軸と平行な方向を向き、2 つの moment が内向き、2 つの moment が外向きのいわゆる "2-in 2-out" の磁気構造であると考えられる。

このように少なくとも 4 K では Mo と Nd の moment はいずれも non-collinear であることがわかった。講演では、磁気構造の解析について詳細に報告するとともに、non-collinear な構造とホール抵抗との関係を議論する。

### $Ho_2Ti_2O_7$ のスピン相関

名大理<sup>A</sup>、CREST<sup>B</sup>、東大物性研<sup>C</sup>、都立大理<sup>D</sup> 金田昌基<sup>A,B</sup>、安井幸夫<sup>A,B</sup>、近藤泰幸<sup>A</sup>、伊藤雅典<sup>A</sup>、原科浩<sup>A,B</sup>、  
佐藤正俊<sup>A,B</sup>、奥村肇<sup>C</sup>、加倉井和久<sup>B,C</sup>、門脇広明<sup>D</sup>

バイロクロア化合物  $Ho_2Ti_2O_7$  は  $Ho_4$  と  $Ti_4$  の四面体がそれぞれ頂点を共有した 3 次元ネットワークを形成している。 $Ho^{3+}$  イオン間の交換相互作用は強磁性的で、その大きさは  $J \sim 1$  K であるが、磁気秩序は 0.05 K まで観測されていない。この系では一軸的異方性が強く、基底状態では Ho の磁気モーメントが四面体の重心と頂点とを結ぶ方向に向き、2 つが内向き、2 つが外向きの "2-in 2-out" の構造をとる。このモデルは  $H_2O$  固体で H 原子が 2 つの等価なサイトのいずれをとるかというモデルと等価になっていることからスピンアイス系とも呼ばれている。この系の単結晶試料を用いて中性子散乱実験を行った。

$E=0$  meV,  $T=0.4$  K における  $(h,h,l)$  面内の散乱強度の測定から、 $(0.8, 0.8, 0)$ ,  $(3.2, 3.2, 0)$ ,  $(0, 0, 1)$ ,  $(0, 0, 3)$  付近に強いピークが観測され、温度上昇に伴い Q-依存性が消失していくことがわかった。我々はこの Q-依存性を説明できるようなスピン相関のパターンを考え、モデル計算を行った。その結果、実験結果をよく再現する 2 つのスピン相関パターンを提案することができた。また、 $(0, 0, 3)$ ,  $(0.9, 0.9, 3)$  での散乱強度の温度依存性から  $T \sim 30$  K 以下で温度下降に伴い Q-依存性が現れてくることがわかった。 $(0, 0, 3)$  では ~1 K 以下で温度履歴が観測されており、スピンが徐々にフリーズしていく様子が知られた。

## スピニ1パイロクロアスピニ系の磁気相関

東京大学物性研究所 山下靖文, 上田和夫

正四面体の頂点共有ネットワークであるパイロクロア格子は典型的な三次元フラストレート系であり、この格子構造を副格子として含むスピネル、パイロクロア化合物における特異な性質に本質的な役割を果たしていると考えられる。私達はスピニ1の絶縁体スピネル  $ZnV_2O_4$  の理論的モデルであるパイロクロア格子上の反強磁性ハイゼンベルグモデルに関して、正四面体を基本単位とした VBS 的な変分波動関数を用いた研究を行なった。一次元の VBS 状態との大きな違いは基本単位の基底状態が二重に縮退していることで、その結果スピニ自由度の縮退の解消に由来する新しいヤン・テラー効果が起こることが示された。 $ZnV_2O_4$ において観測されている磁気転移を伴わない構造相転移は、このメカニズムによって定性的に理解出来る[1]。

本研究では構造相転移を伴なわず、スピニ系のみで正四面体スピニシングレットの縮退を解く可能性について議論する。カイラリティーという正四面体群の特徴を良く表している自由度に着目し、その右・左回りの自由度を、各正四面体上で定義された大きさ  $1/2$  の擬スピニを用いて表現する。スピニ間の3次近接相互作用までを取り入れたモデルの有効ハミルトニアンを摂動論的に求めると、XXZ 型のユニバーサリティークラスに属するカイラリティー間の相互作用が導かれることが分かった。

バイバルタイト格子上の XY モデルではスピニはカイラリティーの XY 成分のオーダーが起こるので、カイラリティーのオーダーは起きないことが示された。

[1] Y. Yamashita and K. Ueda, Phys. Rev. Lett. 85, 4960 (2000).

## ハルデン系の温度-磁場相図

埼玉大工<sup>A</sup>、理研<sup>B</sup>、ブルックヘブン国立研<sup>C</sup>、ジョンズホプキンス大<sup>D</sup>  
本多善太郎<sup>A</sup>、勝又紘一<sup>B</sup>、A. Zheludev<sup>C</sup>、S. M. Shapiro<sup>C</sup>、Y. Chen<sup>D</sup>、C. Broholm<sup>D</sup>

スピニ量子数1を持つ擬一次元反強磁性体(ハルデン磁性体)はハルデンギャップに相当する外部磁場によってスピニ一重項状態の基底状態が破壊され、鎖間の相互作用によって低温で磁気長距離秩序を示すことが期待される。実際、 $Ni(C_5H_{14}N_2)_2N_3(PF_6)$  (NDMAP) 単結晶についての磁場中比熱測定により、磁気長距離秩序に伴う比熱の異常が観測され、ハルデン系における温度-磁場相図が得られている[1]。さらに磁場誘起磁気長距離秩序の確認と秩序相における磁気構造の決定のために重水素化 NDMAP 単結晶を作成し、磁場中中性子散乱測定を行った。その結果、温度-磁場相図における磁場誘起秩序相において  $q=(0,0,0.5,0.5)$  に反強磁性プラグ散乱を観測した[2]。

[1] Z. Honda, H. Asakawa and K. Katsumata: Phys. Rev. Lett. 81, 2566 (1998).

[2] Y. Chen, Z. Honda, A. Zheludev, C. Broholm, K. Katsumata and S. M. Shapiro:  
Phys. Rev. Lett. 86 (2001) (in press).

## メゾスコピック分子磁性体のスピニダイナミックスと 巨視的量子トンネリング

前川 覚、上田未紀、佐々木喜則  
京都大学大学院人間・環境学研究科(京大人環)

反強磁性相互作用をする  $Fe^{3+}$  イオン ( $S=5/2$ ) を8個または10個含む分子が結晶を組んだ通称 Fe8、Fe10 磁性体は、分子間の磁気的相互作用が極めて弱く、分子毎に独立なナノサイズ磁石と見なすことが出来、超常磁性や巨視的量子トンネリング現象などを示すメゾスコピック磁性体として注目されている。我々はこれらの磁性体について帯磁率測定やNMRの実

験を行い、その量子力学的なスピングダイナミックスを調べている。

Fe10 は Fe<sup>3+</sup>イオン10個がリング状につながり、基底状態は非磁性の S=0 である。測定帶磁率はスピニングの高温展開や厳密対角化の計算で説明される。高温域の緩和率 1/T<sub>1</sub> は通常の磁性体における常磁性局在モーメントの揺らぎにより説明されるが、4K 以下においては  $\exp(-\Delta/kT)$  型の温度依存性を示し、その磁場依存性から  $\Delta$  は |S=1,M=-1> の第1励起エネルギーギャップであることが明らかになった。しかし、低磁場域の  $\Delta$  は予想値より大きな値を示している。

一方、Fe8 は基底状態において、高スピンの S=10 状態をとる。容易軸型異方性により、M=±10 状態間に 25K のエネルギー障壁を持つ二重井戸型ポテンシャル系をなす。300mK 以下の極低温域においては <sup>1</sup>H 核スピンの緩和時間は 1000 秒以上になるが、我々は磁気量子数 M で特徴付けられるエネルギー準位の交叉磁場毎に合成スピンの巨視的量子トンネリングが起こっていることを磁場掃引 <sup>1</sup>H-NMR スペクトルにより初めて明らかにした。

### フラストレート一次元磁性体モデル化合物の磁化過程

福井大工 菊池彦光

福井大遠赤外領域開発センター 光藤誠太郎、出原敏孝

現在、スピンドラストレートした磁性体の実験的、理論的研究が盛んに行われている。フラストレート磁性体の中でも最も簡単で、理論的に扱いやすいのが一次元磁性体であり、量子相転移などの興味深い性質が予測されている。しかしながら、理論モデルに対応する実在物質の探索は一般的には容易ではなく、理論予測の実験的実証が詳細になされている例は少ない。

今回は、一次元フラストレートモデルのうち、ダイヤモンド鎖とデルタ鎖と称されている 2 モデルに対応する現実物質の実験的研究を報告する。具体的には、Cu<sub>3</sub>(CO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>(OH)<sub>2</sub> (鉱物名アズライト) がダイヤモンド鎖に対するモデル化合物、[[Cu(bpy)(H<sub>2</sub>O)][Cu(bpy)(mal)(H<sub>2</sub>O)]](ClO<sub>4</sub>)<sub>2</sub> が、デルタ鎖に対するモデル化合物として、各々、みなせる事を見いだし、単結晶を用いた磁化率測定および強磁場磁化測定を行った。

### 歪んだダイヤモンド型スピン鎖のスピン・ギャップと磁性

三重大工 佐野和博 豊田工大 高野健一

最近石井らによって報告された物質 Cu<sub>3</sub>Cl<sub>6</sub>(H<sub>2</sub>O)<sub>2</sub>·2H<sub>8</sub>C<sub>4</sub>SO<sub>2</sub> はスピン・ギャップを持つ1次元スピン系として注目を集めている[1]。磁化曲線の折れ曲りなどからスピン・ギャップの大きさは 5K 程度と評価されている。

この物質は、結晶構造の分析などから、反強磁性相互作用として J<sub>1</sub>, J<sub>2</sub>, J<sub>3</sub> の3種類を持つフラストレートした1次元 S=1/2 ハイゼンベルグ系と考えられており、歪んだダイヤモンド型スピン鎖とも呼ばれている。J<sub>1</sub>=J<sub>3</sub> であるモデルは以前に高野らにより調べられ、スピンギャップ相の存在が明らかにされていた[2]。その後現在までに、数値対角化法や数値繰り込み群の方法により J<sub>2</sub> や J<sub>3</sub> をパラメータとして基底状態の相図や磁化曲線が得られている[3]。

しかし、スピン・ギャップの値自体の計算結果はほとんど報告されていないので、我々は数値対角化法を用いて詳しく調べた[4]。使用したのは 12, 18, 24 サイトの有限系で、外挿により無限系におけるギャップの値を評価し、J<sub>2</sub>-J<sub>3</sub> 平面上に等高線の形でまとめた。また、ギャップの値が小さい領域では、ギャップの J<sub>3</sub> 依存性を仮定してその値を推定した。

実際の物質の J<sub>1</sub>, J<sub>2</sub>, J<sub>3</sub> の値はまだ知られていないが、帶磁率の温度変化から J<sub>1</sub> は大ざっぱに 100K 程度と思われる。仮にそうすると、5K 程度のスピンギャップを出すためには、ギャップの等高線の結果から見て J<sub>2</sub>, J<sub>3</sub> の大きさとして少なくとも 60K 程度以上が必要となり、かなりフラストレーションが強い事になる。このような場合の帶磁率の温度依存性を数値対角化法により求めたので、これと実験で得られた

帶磁率とを比較して議論する予定である。

[1] M. Ishii et al.: J. Phys. Soc. Jpn. 69 (2000) 340.

[2] K. Takano et al.: J. Phys. Condens. Matter 8 (1996) 6405.

- [3] K. Okamoto et al.: J. Phys.: Condens. Matter 11 (1999) 10485.  
[4] K. Sano and K. Takano: J. Phys. Soc. Jpn. 69 (2000) 2710.

### 歪んだダイヤモンド型 $S=1/2$ 鎖の磁場中基底状態

神戸大理, 東工大院理工, <sup>A</sup> 阪大院理, <sup>B</sup> 神戸大国際文化 <sup>C</sup> 利根川孝, 岡本清美, <sup>A</sup> 引原俊哉, <sup>B</sup> 鎌木誠 <sup>C</sup>

“歪んだダイヤモンド型  $S=1/2$  スピン鎖”模型:

$$H = J_1 \sum_l \left( \vec{S}_{3l-2} \cdot \vec{S}_{3l} + \vec{S}_{3l} \cdot \vec{S}_{3l+1} \right) + J_2 \sum_l \vec{S}_{3l-2} \cdot \vec{S}_{3l-1} + J_3 \sum_l \left( \vec{S}_{3l-2} \cdot \vec{S}_M + \vec{S}_M \cdot \vec{S}_{3l+2} \right)$$

の基底状態を議論する。この模型は、三量体  $S=1/2$  スピン鎖系  $\text{Cu}_3\text{Cl}_6(\text{H}_2\text{O})_2 \cdot 2\text{H}_8\text{C}_4\text{SO}_4$  の磁気的性質を記述するものとして提案された [1]。ここでは、すべてのスピンがフラストレーションを感じている。我々はこの模型の零磁場、及び、有限磁場での基底状態を、主として数値的方法を用いて調べてきた [2-5]。これらの結果の概要は次のようにまとめられる。

- 1) 零磁場での基底状態相図は、全磁化の大きさ  $M$  が飽和磁化の  $1/3$  のフェリ状態相、最低励起状態との間にエネルギーギャップが存在する  $M=0$  のダイマー状態相、及び、エネルギーギャップが存在しない  $M=0$  のスピン流体状態相からなる。ダイマー状態はハミルトニアンの並進対称性が自発的に破れた状態であり、 $\text{Cu}_3\text{Cl}_6(\text{H}_2\text{O})_2 \cdot 2\text{H}_8\text{C}_4\text{SO}_4$  の基底状態はこの状態である。
- 2) 基底状態磁化曲線には、ダイマー状態のエネルギーギャップに対応する  $M=0$  プラトーの他、 $M=1/3$ 、及び、 $M=2/3$  プラトーが出現する。 $M=1/3$  プラトー状態には、「上記のフェリ状態に対応するもの」と ' $J_2$  が  $J_1, J_3$  に比べて十分大きいときに現れる、スピン対  $\vec{S}_{3l-2}, \vec{S}_{3l-1}$  が一重項状態を形成しているもの'との二種類が存在する。両状態間の転移は二次（より正確には、Gaussian）であり、転移点で  $M=1/3$  プラトーは消失する。一方、 $M=2/3$  プラトー状態は、ダイマー状態と同様にハミルトニアンの並進対称性が自発的に破れた状態であり、 $J_1, J_2, J_3$  の限られた領域でのみ出現する。

講演では、主に、磁場中基底状態について述べる。

- [1] M. Ishii et al., J. Phys. Soc. Jpn. 69 (2000) 340.
- [2] K. Okamoto et al., J. Phys.: Condens. Matter 11 (1999) 10485.
- [3] T. Tonegawa et al., J. Phys. Soc. Jpn., 69 Suppl. A (2000) 332.
- [4] T. Tonegawa et al., J. Phys. Chem. Solids, (2001) in press.
- [5] 利根川 孝他, 日本物理学会講演概要集 第 55 卷 第 2 号 (2000) 253.

### 安定な有機ラジカルから成る低次元量子スピン系の磁化過程

物性研 後藤恒昭、M.I. Bartashevich  
分子研 細越裕子、加藤恵一、井上克也、  
東大工 中野博生

分子研では、理想的なハイゼンベルグ系である有機ラジカルを用いて、様々な低次元ハイゼンベルグスピン系の合成が行われている。本研究会では、最近合成されたスピンラダー系 BIP-TENO と BIP-BNO の磁化過程を紹介したい。

分子内に4つの  $S=1/2$  スピンを含む BIP-TENO は、2つの  $S=1/2$  スpin が  $2J_F$   $\sim 600\text{K}$  で強磁的に相互作用している BNO の二量子体であり、BNO ユニット間の相互作用は反強磁性的で、その大きさは磁化率から  $2J_F$  の  $1/10$  程度と考えられている。 $2J_F$  が十分大きいために、BIP-TENO は近似的に  $S=1$  のスピンを2つ含む分子と考えることができる。結晶中では  $S=1$  スpin がラダーを形成しており、磁化率の測定から leg, rung ともに反強磁的な相互作用でそれらの大きさは同程度と考えられている。50T のパルス強磁場中、1.7Kにおいて BIP-TENO の磁化過程を測定した。低磁場における磁化過程はスピンギャップの存在を示している。磁場を増加させると、ギャップは 11.6T で閉じ、磁化は急激に増加して、44.8T に達す

ると  $1/4$  のプラトーが現れた。

一方、BIP-BNO 分子は 2 つの  $S=1/2$  を含み、分子内の相互作用は反強磁性的である。結晶中では  $S=1/2$  スピンがラダーを構成し、磁化率の測定から leg と rung ともに反強磁性的で相互作用の大きさはそれぞれ 72K、17K と見積もられている。50T のパルス強磁場中、1.6Kにおいて BIP-BNO の磁化過程を測定した。スピニギャップの存在するために磁化は 35T までほとんど誘起されない。35T を越えると徐々に増加し、40T 以上では急激な増加が観測された。磁化過程からギャップエネルギーは 52K と見積もられた。また、理論計算も行なわれたので、実験との比較を紹介したい。

### BIP-TENO 磁化プラトーの理論

東工大院理工 岡本清美  
姫路工大理 岡崎暢寿, 坂井徹

最近、 $3,3',5,5'$ -tetrakis(*N*-tert-butylaminoxy)biphenyl(略称 BIP-TENO)と呼ばれる有機分子磁性体が最近合成され、帶磁率の温度依存と磁化曲線(～50 Tまで)が測定された。磁化曲線の特徴は、非磁性基底状態(～10 Tまで)と、飽和磁化の  $1/4$  の磁化プラトー(～45 Tから始まり、終点は不明)である。

この物質は、簡略化したモデルでは  $S=1$  の 2 本足梯子系とみなせる。非磁性基底状態は Haldane 状態として理解できる。一方、単位胞は  $S=1$  が 2 個だから、 $1/4$  のプラトーは自然には現れず、並進対称性に対する何らかの自発的対称性破れが必要である。本研究では、 $1/4$  磁化プラトーの機構について、解析的数値的両面から調べた。単純な  $S=1$  梯子では  $1/4$  プラトーは現れないことが明らかになり、プラトー形成には次近接相互作用などが必要であることがわかった。プラトー機構には 2 種類あり、我々は Neel 機構、およびダイマー機構と名付けている。両方の機構について相互作用の大きさの平面上で、プラトー有無の相図も明らかにした。それによると、ダイマー機構の方が現れやすい。

講演では他の機構の可能性についても触れる予定である。

### スピニラダーの4体スピニ相互作用

姫路工大理、中須敦志、長谷川泰正、坂井徹  
九大理、戸塚圭介  
東工大理、岡本清美

スピニラダーの各プラケット上に4体スピニ交換相互作用がはたらく系を考える。この系の基底状態における新しい量子相転移及び、磁場誘起ギャップによる磁化曲線のプラトーについて、強結合展開近似、数値対角化、密度行列繰り込み群法、レベルスペクトロスコピー法等の手法に基づいて解析した結果を報告する。

### $S=1, 1/2$ カゴメ反強磁性体の磁化過程

埼玉大理・飛田和男

量子カゴメ反強磁性体については  $S=1/2$  [1]の場合や  $S=1$  [2]の場合に、基底状態及びその近傍の励起スペクトルが理論的に詳しく調べられ、特に  $S=1$  の場合は実験的にも研究が進んでいる[3]。しかし、これまで磁化過程についての研究はあまり進んでいない。ここでは、有限系の数値的厳密対角化によりこの系の絶対零度での磁化過程を調べたところ、 $S=1/2, 1$  とともに次の結果が得られた。

1. 飽和磁化の  $1/3$  のところにプラトーが現れる。
2. このプラトーは  $\sqrt{3} \times \sqrt{3}$  の構造変形が生じると増強され、変形が大きくなるとフェリ磁性状態が基底状態になる。

講演ではこれらのプラトーやフェリ磁性状態の物理的描像についても議論したい。

#### 参考文献

- [1] C. Zeng and V. Elser: Phys. Rev. **B42** (1990) 8436, N. Elstner and A. P. Young: Phys. Rev. **B50** (1994) 6871, T. Nakamura and S. Miyashita: Phys. Rev. B52 (1995) 9174, Ch. Waldtmann *et al.*: Eur. Phys. J. **B2** (1998) 501.
- [2] H. Asakawa and M. Suzuki: Physica **A198** (1993) 210, K. Hida: J. Phys. Soc. Jpn. **69** (2000) 4003.
- [3] N. Wada *et al.*: J. Phys. Soc. Jpn. **66** (1997) 961, K. Agawa *et al.*: Phys. Rev. **B49** (1994) 3975, I. Watanabe *et al.*: Phys. Rev. **B58** (1998) 2438.

### フェリ磁性体の低エネルギー・ спин・ダイナミクス

岡山大学理学部 山本昌司, 中西高士

低次元フェリ磁性体に観る磁場誘起現象を, 核スピン緩和を中心に紹介する。擬一次元フェリ磁性体  $\text{NiCu}(\text{C}_7\text{H}_6\text{N}_2\text{O}_6)(\text{H}_2\text{O})_3 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  におけるプロトン・スピン緩和率の観測結果を, 修正スピン波理論を用いて議論する。直接, ラマン, 3マグノン過程まで計算して, 緩和率の温度及び磁場依存性を解析し, 主たる緩和はマグノン1つを媒介する直接過程に支配されていることを結論する。より一般のフェリ磁性鎖も議論し, 結晶構造により, 極端に緩和の遅いスロー・ダイナミクス・フェリ磁性体が存在し得ることを予言する。

さらに最近の分子磁性分野の物質開拓の現状を紹介し, これを意識して, 鎖間相互作用によりフェリ磁性鎖を高次元化していく場合に期待される物性変化についても言及する。最近分子化学研究所(細越グループ)で合成された混合スピン分子磁性体は, 初の梯子形状フェリ磁性物質の可能性を呈しているが, フェリ磁性梯子の低エネルギー構造の計算を通して, 磁場中比熱観測などの興味を喚起する。

時間があれば磁化曲線のプラトー現象についても言及する。空間構造による複数の磁化プラトーの実現が議論されて久しいが, それは主として結合の変調に拠るものであった。低次元フェリ磁性体は, 新奇な磁化曲線観測の格好の舞台である。

### 二重交換模型における格子構造に由来しないフラストレーション

東京理科大学 理学部 応用物理学科 山中 雅則

以下のハミルトニアンで与えられる1次元、擬1次元、2次元正方格子二重交換模型

$$H = \sum_{\langle i,j \rangle} \left[ t \left( \cos \frac{\theta_i}{2} \cos \frac{\theta_j}{2} + e^{-i(\phi_i - \phi_j)} \sin \frac{\theta_i}{2} \sin \frac{\theta_j}{2} \right) c_i c_j + h.c. + J \vec{S}_i \vec{S}_j \right]$$

の基底状態を調べた。(スピンは古典スピンとし、極座標  $(\theta, \phi)$  で表す。)通常のフラストレーションの研究は、格子構造に起源をもつものが主である。しかし、二重交換模型は正方格子上であっても、実効的に一種のフラストレーションが働いている。これは、局在スピンが強磁性になる方が伝導電子は運動エネルギーを得る(いわゆる二重交換相互作用)ものの、局在スピン間には反強磁性交換相互作用が直接働いているため、この両者が競合するからである。この競合により、基底状態は非整合状態であることが予想されている。我々は、この非整合状態を詳しく調べた。周期的境界条件等を用いた場合、有限サイズ効果が大きく出るという困難がある。(特に多重フракタル解析には致命的である。)これを回避するために、埋め込み境界条件を提案した。(非整合無限系を有限サイズ補正なしに有限系へ解析的に埋め込むことができる。)次元、格子構造に応じて以下の結果を得た。(1) 1次元:  $J$  の大きさと共に強磁性状態、非整合状態(スピングラス)となる。(2) 擬1次元: 強磁性状態、非整合状態(カイラルグラス)となる。非整合状態におけるバンド構造は自己相似となる。エネルギースペ

クトルと波動関数を、数值的な多重フラクタル解析により解析した。準周期系特有の異常な局在状態を示すことが分かる。  
(3) 2次元: 超格子磁気秩序を示すフランクス状態となり、そこではホール係数が量子化される。量子化ホール伝導度を TKNN vortex-Edge state 対応により求めた。種々の二重交換模型のなかでも、最も単純な模型の基底状態が、パイエルス不安定性、電荷密度波、(非)整合磁気構造、エネルギースペクトルの自己相似性、スピングラス、フランクス状態、ホール係数の量子化、ゲージ理論などの物理学の重要な問題と深くつながっているという示唆を得た。

### 有効交番磁場下にある弱結合したS=1/2反強磁性量子 Heisenberg 鎮

東工大理 佐藤正寛、押川正毅

量子1次元系の統計力学には各種方法論があり、有効交番磁場(SF)下のS=1/2反強磁性 Heisenberg Chain の低温での物理は調べられているが、実際の物質においては必ず2、3次元の相互作用がある。そこでその効果を無視せずに取り込んだいくつかの近似理論を展開する。平均場理論では特にSFと鎖間の弱結合が競合する系において非自明な2次相転移があることが予想されその相図(転移面)が得られた。平均場の臨界指数は、このモデルの外場の働きを反映する。またスピニン波理論ではT=0において分散関係、ゴールドストーンモードを確認した。競合系と非競合系ではギャップの開き方に違いがあることが予想できた。さらに鎖間弱結合を平均場近似で取り込み鎖方向を厳密に扱う理論を展開した。この方法では平均場によって生じる有効的1次元問題を厳密に扱え得ることが本質であり、ここでは場の理論の厳密な結果を応用した。その結果、弱結合の系においては秩序相の範囲が通常の平均場近似の予想に比べかなり狭められることがわかった。これは1次元的揺らぎが十分成長してから2、3次元性が重要になってくる為と解釈できる。

### M-I 転移物質 BaVS<sub>3</sub>の強磁場磁化と磁気抵抗

<sup>(1)</sup>阪大極限センター、<sup>(2)</sup>CREST、<sup>(3)</sup>京大工 金道浩一<sup>(1)(2)</sup>、鳴海康雄<sup>(2)(1)</sup>、小林達生<sup>(1)(2)</sup>、  
山崎朋明<sup>(3)</sup>、中村裕之<sup>(3)</sup>、志賀正幸<sup>(3)</sup>

BaVS<sub>3</sub>は、ABX<sub>3</sub>タイプの反強磁性体であり、Vはスピニン 1/2を持つ。高温側から温度を下げていくと、70K付近でM-I転移を起こし、帶磁率には鋭いピークが現れる。これ以降では磁性が小さくなていき、30K付近でorbital orderと反強磁性オーダーを同時に起こすと言われている。中性子回折によれば、オーダーしたモーメントはc面内に寝ており、インコメンシュレートなスパイラルを描いているらしい。

我々は、低温相の非磁性状態から高温相の磁気的な状態への転移を強磁場によって引き起こすことを目的として、強磁場磁化測定及び磁気抵抗測定を行った。結果は、4.2Kの磁化過程で大きな磁化の増加を伴った転移が50T近傍に観測された。この転移磁場には異方性が少しあり、c軸方向で約55T、c面内で約50Tとなった。また、転移は大きなヒステリシスを伴っており、一次転移であるように思われる。この転移磁場は温度上昇とともに低磁場へと下がり、70K付近でゼロを切るような温度変化をする。従って、磁気抵抗でもM-I転移が観測されると期待したが、大きな負の磁気抵抗は観測されず、むしろ転移磁場でステップ的な増加が見られた。また、低温では9T付近に磁化の傾きが変化する程度の転移が観測されたが、これは30K付近で消失しており、反強磁性オーダーに由来する相転移であると考えている。当日までにもう少し測定を重ねて、詳細を発表する。

## 擬一次元 Ising 型三角格子反強磁性体 $\text{CsCoCl}_3$ の高周波強磁場 ESR

大阪大学極限科学研究センター 木村尚次郎、平井丞、金道浩一

$\text{CsCoCl}_3$  は  $\text{ABX}_3$  型構造をとり、磁性を担う  $\text{Co}^{2+}$  イオンは  $c$  軸方向に擬一次元鎖を形成し、 $c$  面内では三角格子を組む。この物質は  $S=1/2$  擬一次元 Ising 型三角格子反強磁性体のモデル物質としてしられる。この物質は  $T_{N1}=21.3\text{K}$ 、 $T_{N2}=9.2\text{K}$  での逐次相転移や  $T_{N2} < T < T_{N1}$  における部分無秩序構造の実現など興味深い振る舞いを示すことが知られこれまでに詳しく調べられてきたが、その反強磁性状態における強磁場磁化過程は現在でも充分には説明されていない。 $H//c$ 、 $1.3\text{K}$  で観測された磁化過程は、 $33\text{T}$  から非線形的な急増を示し  $44\text{T}$  において飽和に達するが、その振る舞いは一般的な古典スピン反強磁性体でみられるようなスピントップル転移やメタ磁性転移とは異なる。我々はこの物質の強磁場磁気相を調べるために、周波数領域  $326\text{--}1980\text{GHz}$ 、 $-60\text{T}$  のパルス強磁場を用いた高周波強磁場 ESR を行ったのでその結果について発表する。

本研究は九州大学理学部 網代芳民教授、福井大学工学部 菊池彦光助教授より提供いただいた試料を用いて行われました。この場を借りて感謝いたします。

## $\text{CsFeCl}_3$ における異常磁化と強磁場 ESR

福井大工、福井大遠赤セ<sup>(A)</sup>、京大原子炉<sup>(B)</sup>

千葉明朗、北井清文、Aripin、井田秀幸、光藤誠太郎<sup>(A)</sup>、出原敏孝<sup>(A)</sup>、戸田 充<sup>(B)</sup>

$\text{CsFeCl}_3$  は  $\text{ABX}_3$  型の六方晶化合物である。この物質の  $\text{Fe}^{2+}$  イオンは fictitious spin  $S=1$  として扱われ、容易面型単イオン異方性のために基底一重項、励起二重項となる。結晶の  $c$  軸に平行に磁場をかけたとき、磁化は  $4\text{T}$  から増大し  $11\text{T}$  付近で飽和する。この事実は交換相互作用で結合した fictitious spin  $S=1$  の系のモデルでうまく説明できる。

一方、強磁場磁化測定により異常な磁化の跳びが  $33\text{T}$  付近で現れることが報告されている[1]。これは fictitious spin  $S=1$  のモデルの範囲内では説明できず、さらなる励起準位( $S=2$ )の一つが磁場の増大とともに下がり基底状態と交差することにより起こると考えられる。この磁化の異常を調べるために、パルス磁場とジャイロトロンによるサブミリ波発信器を用いて、 $40\text{T}$  までの強磁場 ESR の実験を行った。その結果、 $30\text{T}$  を越える磁場下で異常磁化に関連すると思われるスペクトルが観測された。ESR の実験から得られたスピノエネルギー準位の磁場変化と異常磁化の関連について述べる。

[1] M. Chiba, T. Tsuboi, H. Hori, I. Shiozaki and M. Date, Solid State Commun. 63, 427 (1987).

## かごめ格子および歪んだかごめ格子をもつ有機ラジカル反強磁性体の核磁気緩和

福井大学工学部物理工学科 藤井裕

有機ラジカル塩  $m\text{-MePYNN}\cdot\text{BF}_4$  は、強磁性的相互作用  $J_1$ ( $\sim 10\text{K}$ )により結合したラジカルのペアからなる強磁性ダイマーの間に、反強磁性的相互作用  $J_2$ ( $\sim 1\text{K}$ )が働き、全体として  $S=1$  の(歪みのない)かごめ格子反強磁性体とみなされる。また、ピリジン環に付加されるアルキル基によって結晶格子が異なる。例えば、エチル基をもつ  $m\text{-EtPYNN}\cdot\text{I}$  では三方晶から  $0.1\text{--}0.5^\circ$  歪んでいるため、歪んだかごめ格子反強磁性体とみなされ、フラストレーション効果が弱められていると考えられる。

筆者は、フラストレーションにかかわるスピンドイナミクス研究の一環として、かごめ格子の歪みによるフラストレーション効果への影響という観点から、上述2塩について、核スピノン-格子緩和率( $T_1^{-1}$ )の測定を約  $50\text{mK}$  までの温度範囲で行った。 $m\text{-EtPYNN}\cdot\text{I}$  の  $T_1^{-1}$  は、モーメントの誘起を反映して、降温とともに著しい減少を示すのに対し、 $m\text{-MePYNN}\cdot\text{BF}_4$  の  $T_1^{-1}$  はほとんど温度依存しないことから、歪みのない系では、フラストレーション効果に伴う大きな揺らぎの存在が示唆される。

また、*m*-MePYNN-BF<sub>4</sub>において、和田らによる帯磁率測定から約0.25Kのスピニギャップの存在が示唆されていることに関連して、磁場をパラメータとしたT<sub>1</sub><sup>-1</sup>の測定も行った。詳細は当日報告する予定である。

### かごめ格子反強磁性体ジャロサイトのフラストレーションと スピンドイナミクス

京大人環、原研関西研<sup>A</sup> 西山昌秀、前川覚、稻見俊哉<sup>A</sup>

我々はかごめ格子反強磁性体におけるフラストレーション効果や、磁気秩序、スピンドイナミクスを明らかにするため、数少ないモデル物質の1つであるジャロサイト化合物 RFe<sub>3</sub>(OH)<sub>6</sub>(SO<sub>4</sub>)<sub>2</sub>, [R=NH<sub>4</sub>,Na,K,Rb]を用いて、帯磁率、NMR、中性子回折の実験を行った。各Feジャロサイトは60K付近で磁気相転移をし、転移点以下ではカイラリティが正のq=0型120°スピニ構造をとる。この秩序化には異方性が重要な役割を演じていることが明らかになった。また、<sup>1</sup>H核スピニー格子緩和率の測定から、秩序相においてスピニ波励起が存在し、核スピニ緩和はスピニ波の2マグノン過程によって起こっていることを明らかにした。単イオン型の異方性を導入したハイゼンベルグ型かごめ格子反強磁性体についてスピニ波の計算を行い、エネルギーギャップをもつ3本の分散曲線を得、緩和率の温度依存性を解析するとともに、かごめ格子反強磁性体におけるスピニ揺動の特徴を明らかにした。

### 1次元スピニギャップ系の磁場中の核磁気緩和

京大人・環、分子研<sup>A</sup>、後藤喬雄、前川卓英、島岡良之、細越裕子<sup>A</sup>

最近、1次元量子スピニギャップ系に臨界磁場以上の磁場をかけてギャップをつぶした後に現れギャップレス状態(Tominaga-Luttinger液体(TL-liquid))に関心が持たれている。その特徴は、スピニ相関がべき的になり、低エネルギーの揺らぎが支配的になることであり、NMRの1/T<sub>1</sub>の温度依存性にべき的な特徴が現れる。我々は、S=1のハルデンギャップ系TMNINの<sup>1</sup>HのT<sub>1</sub>に関して、H>H<sub>C1</sub>(=2.7T)の磁場域で、TL-状態に特徴的なべき則1/T<sub>1</sub>~T<sup>-α</sup>(α≥0.5)を得て、あわせて、1/T<sub>1</sub>のピークとNMRスペクトルの変化から、秩序状態の可能性も含めた磁気相図を実験的に決めた。これらの結果について報告する。

しかし、TMNINのH<sub>C2</sub>は30Tと極めて高く、ギャップレス状態の全域をカバーすることは極めて難しい。新たに、より低い臨界磁場を持つギャップ系として有機分子結合交替系F<sub>5</sub>PNNに着目し、<sup>19</sup>Fの1/T<sub>1</sub>の磁場中の温度依存性についての測定を行っている。当系は、最近の磁化の測定から、J/k<sub>B</sub>=-5.6K、交換相互作用の比がβ=0.4のギャップ系であり、臨界磁場が約H<sub>C1</sub>=2.5TとH<sub>C2</sub>=7Tである。ギャップレス状態に対応する2つの磁場値(H<sub>C1</sub><H<H<sub>C2</sub>)での1/T<sub>1</sub>は、液体ヘリウム温度域でほとんど温度依存性がない事がわかった。ギャップ状態の測定も行う予定であり、結果について報告する。

### S=1 反強磁性ボンド交替鎖における磁場誘起長距離秩序の観測

萩原政幸、香取浩子  
理化学研究所 磁性研究室

最近、磁場誘起に伴う物理現象が関心を集めている。シングレット基底状態の上にエネルギーギャップを有する系においてギャップ消失後の磁化の現れる磁場範囲で長距離秩序をすることがいくつかの化合物で観測されている。

今回、S=1の反強磁性ボンド交替鎖化合物 Ni(333-tet)(m-NO<sub>2</sub>)(ClO<sub>4</sub>) (333-tet=N, N'-bis(3-aminopropyl)propane-1,3-diamine) (略してNTENP)において磁場中比熱の測定から長距離秩序に伴うと考えられる比熱のピークを観測したのでその結果について報告する。NTENPはこれまでの磁気測定の結果と数値計算との比較から交換相互作用の交

替比がおよそ0.45で、基底状態がシングレットダイマー相にあることがわかっている[1]。この化合物はハルデン物質 NENP と同様に nitorito 基がニッケルイオンを架橋しているが、対称点が nitorito 基の中心にあることからある一方に対し主軸が交互に変わる事がない。従って NENP のように静磁場の印加とともにスタッガード磁場が発生せず、磁化の現れた領域で長距離秩序の観測が期待される。NTENP は鎖方向の磁化測定からおよそ9.3Tで磁化が現れる事がわかっている。最低温度0.4K、12Tまでの磁場中比熱測定から9.5T以上の磁場中で長距離秩序に伴うピークが観測された。ピーク位置を磁場-温度相図上にプロットすると磁場の増加とともにピーク位置が高温側にシフトしていく。これら実験結果の詳細を長距離秩序の観測されたハルデン物質 NDMAP[2]などの結果と比較して報告する。

[1] Y. Narumi, M. Hagiwara, M. Kohno and K. Kindo, Phys. Rev. Lett. 86 (2001) 324.

[2] Z. Honda, H. Asakawa and K. Katsumata, Phys. Rev. Lett. 81 (1998) 2566.

### 強磁場 ESR から見た $S=1$ 一次元ボンド交替反強磁性鎖系

神戸大理 太田仁, 大久保晋, 武田宗竜  
福井大工 菊池彦光

$S=1$  一次元ボンド交替反強磁性鎖系は、ボンド交替比 0.6 を境に  $a=J_1/J_2 < 0.6$  は dimer 相,  $a > 0.6$  は Haldane 相をとり、交替比 0.6 ではギャップレスになることが理論的に指摘され、モデル物質を使った実験的研究がすすめられているが、これまでのところ dimer 相と交替比 0.6 のモデル物質しか知られていない。我々は、これまで  $a=0.6$  のモデル物質をはじめさまざまなボンド交替比  $a$ を持つモデル物質について強磁場 ESR 測定をおこない单一イオン異方性やダイナミクスに関する情報をえてきた[1]。

ここでは現在ボンド交替比  $a=0.45$  に相当するといわれている Ni(333-tet)(NO<sub>2</sub>)(ClO<sub>4</sub>)の強磁場 ESR 測定の結果を中心に報告する。この物質は、約 18K のギャップをもち、Narumi らによる低温の磁化測定から転移磁場  $H_c=9.3\text{--}12.4\text{T}$  で磁化が生じることがわかっている。我々の強磁場 ESR は、周波数依存性からこの転移磁場前後の測定が可能で、 $H_c$  前後で ESR の線幅や強度の変化が観測されたが、共鳴磁場に異常は認められていない。この結果とともに、周波数依存性の測定から見積もられた单一イオン異方性について他の測定やほかのボンド交替系と比較して議論する。

[1] 太田仁, 菊池彦光:物性研究 74-7 (2000) 449.

### Cu<sub>2</sub>(dach)<sub>2</sub>Cl<sub>4</sub> のミリ波・サブミリ波 ESR と温度依存性

神戸大学理学部、福井大学工学部 <sup>A)</sup>  
大久保晋、桐田敬三、太田仁、桜井敬博、菊池彦光 <sup>A)</sup>

Cu<sub>2</sub>(dach)<sub>2</sub>Cl<sub>4</sub> (CHpC)は、次近接相互作用を持つ可能性があり、交代鎖とも梯子とも考えられる物質である。磁化測定では  $H_{c1}=7.5\text{T}$  で磁化が立ち上がり、 $H_{c2}=13.2\text{T}$  で飽和する。フランスのグループは詳細な NMR の測定から磁場温度相図を提唱している。また彼らはこの系を  $S=1/2$  スピンラダー系ではないかと主張している[1]。

我々は、単結晶試料を用いて 1.8K における強磁場 ESR の詳細な周波数依存性の測定を行った。微分磁化には異常は見られない  $H_m=10\text{T}$  で  $g_1, g_3$  軸共に  $g$  値の飛びが観測され、 $H_{c1}, H_{c2}$  の他に 3つ目の磁気相転移の存在を見い出した[2]。さらに我々は、X-band ESR をはじめ[3]様々な周波数における  $g$  値と線幅の温度依存性を詳細に調べたところ低温の転移磁場に対応して変化が異なっていくことが見い出された。これらの結果をもとに Chaboussant らの磁場温度相図との対応も視野において議論する。

[1] G. Chaboussant et al., Eur. Phys. J. B 167-181 (1998) 167.

[2] H. Ohta et al., J. Phys. Soc. Jpn. 68 (1999) 732.

[3] H. Ohta et al., Appl. Magn. Reson. 18 (2000) 469.

## 低次元量子スピン系銅酸化物のマグノン熱伝導

東北大工、北大理<sup>A</sup>、東北大金研<sup>B</sup>  
工藤一貴、黒木章悟、野地尚、小池洋二、熊谷健一<sup>A</sup>、西寄照和<sup>B</sup>、小林典男<sup>B</sup>

最近、スピン相関が強く、揺らぎの大きい低次元量子スピン系において、巨大なマグノン熱伝導  $\kappa_{\text{magnon}}$  が観測され、注目されている。我々は、これまで、二本足スピン梯子格子系(スピンギャップ系)  $\text{Sr}_{14-x}\text{A}_x\text{Cu}_{24-y}\text{M}_y\text{O}_{41}$ (A = Ca, La; M = Zn, Ni)、擬一次元スピン鎖系(反強磁性・スピンギャップ系)  $\text{Ca}_{2-x}\text{Y}_{2-x}\text{Cu}_5\text{O}_{10}$ 、二次元直交ダイマー系(スピンギャップ系)  $\text{SrCu}_2(\text{BO}_3)_2$ 、二次元スピン系(反強磁性系)  $\text{Cu}_3\text{B}_2\text{O}_6$  の熱伝導を測定し、マグノン熱伝導の検証と解析を行ってきた。現在のところ、以下のことが分かっている。(1)  $\text{Sr}_{14-x}\text{A}_x\text{Cu}_{24-y}\text{M}_y\text{O}_{41}$ : 60–200 K に梯子格子のマグノンによる巨大な  $\kappa_{\text{magnon}}$  が存在するが、それはホールドープあるいは不純物置換によって抑制される[1]。(2)  $\text{Ca}_{2-x}\text{Y}_{2-x}\text{Cu}_5\text{O}_{10}$ : 最近接スピン間の相互作用が小さいため、 $\kappa_{\text{magnon}}$  は小さい。(3)  $\text{SrCu}_2(\text{BO}_3)_2$ : 第一励起状態のマグノンが局在するため、フォノン熱伝導が主である。11 K 以下の低温でスピンギャップの形成によりフォノン–マグノン散乱が減少するため、フォノン熱伝導が増加してピークを示す。ピークは磁場で抑制される。(4)  $\text{Cu}_3\text{B}_2\text{O}_6$ : 10 K の反強磁性転移点以下で熱伝導が急激に増加してピークを示す。ピークは磁場で抑制される。この系のマグノン熱伝導に関しては、現在解析中である。当日は、これらの結果から、常磁性状態、スピンギャップ状態、反強磁性状態におけるマグノン熱伝導について、総合的な解釈を試みる予定である。

[1] K. Kudo *et al.*, J. Phys. Soc. Jpn. 70, No2 (2001), J. Phys. and Chem. Solids 62 (2001) 361.

## 磁場中のスピンギャップ系: 磁場誘起ギャップと ESR 禁制遷移

姫路工大理、岡崎暢寿、坂井徹  
東工大理、岡本清美

磁場中で観測される新奇な現象として、フラストレートした  $S=1/2$  スピンラダーの自発的対称性の破れを伴う磁場誘起ギャップ、及び  $\text{CuGeO}_3$  等のボンド交代鎖の ESR 禁制遷移というふたつの問題について、数値対角化によって解析した結果を報告する。

## $S=1$ 反強磁性交替ボンド鎖の磁性

CREST、大阪大学極限科学研究センター 鳴海康雄

$S=1$  反強磁性交替ボンド鎖は、その交互に異なる交換相互作用の比に依存して、ハルデン相とダイマー相という2つの異なる一重項基底状態が現れること、そしてその相境界においてのみギャップレスとなること、さらに磁化過程にプラトーが現れること、などの興味深い物性を示す事が理論的に知られている。我々は、この系の候補物質として数種類の Ni (II) 錯体化合物を合成し、それらに対する系統的な磁気測定、そして得られた実験結果に対する数値計算との比較を行うことで、実験的な観点からの研究を行ってきた[1, 2]。最近、ボンド交替鎖化合物 NTENP とその不純物置換試料を合成し、帶磁率、磁化、ESR 測定を行った。その結果、不純物置換した場合のみ、ピュアな NTENP の示すギャップよりもより低エネルギー領域において、異方的な磁気的状態を観測した[3]。この起源については、不純物サイトの隣にシングレットボンドを組むことのできなかった単イオン型一軸異方性を有する  $S=1$  が誘起された、というダイマー相側に拡張した VBS モデルでうまく説明することができる。この結果を中心に、 $S=1$  反強磁性交替ボンド鎖の磁性について議論する。本研究は萩原政幸(理研)、小林公子(理研)、千原貞次(理研)、奥西巧一(新大)、佐藤竜太郎(阪大)、中野博生(東工大)、河野昌仙(三菱総研)、高橋實(東大)、金道浩一(阪大)の各氏との共同研究である。

[1] Y. Narumi *et al.*, Phys. B 246–247, 509 (1998).

- [2] M. Hagiwara *et al.*, Phys. Rev. Lett. 80, 1312 (1998).  
[3] Y. Narumi *et al.*, Phys. Rev. Lett. 86, 324 (2001).

### 磁場下のハルデン系と磁場誘起長距離秩序

岡山大学・理学部 原田 獻, 西山由弘

擬1次元  $S=1$  量子スピン鎖では、量子揺らぎによる Haldane gap のため低温まで磁気的なネール秩序が現れない場合がある。この系に磁場を印可し、量子揺らぎを制御するとネール秩序が現れると期待される。これらの問題は、量子相転移、量子揺らぎと熱揺らぎなどの観点から興味が持たれている。最近、その典型例である  $S=1$  Haldane 系 NDMAP において磁場誘起ネール秩序が確認された[1]。比熱の実験により決定された NDMAP の温度一磁場相図は、磁場の方向に強く依存する。

私達はこの特徴が1次元系の揺らぎの性質によると考え、まず1次元系の性質を次の2つの場合について詳しく調べる  
[2]:1)磁場が容易面に垂直である場合、Haldane gap が磁場により閉じた後、いわゆる朝永・ラッティンジャー相が現れ、gapless 相特有のスタッガード磁化率  $\chi_{st}(T; H)$  の低温でのべき発散などを示す。2)一方、磁場が容易面にある場合、異方性エネルギーと磁場のため一軸的となり、Ising 型基底状態が出現する。この状態では  $\chi_{st}(T; H)$  などはソリトン型(磁壁)励起に支配され、exp 型の発散を示す。これらの性質と3次元ネール秩序の関係について議論し、実験で得られた相図を再現とともに、その特徴について報告する。

- [1] Z. Honda *et al.*, Phys. Rev. Lett. 81 (1998) 2566.  
[2] Z. Honda *et al.*, Phys. Rev. B63 (2001) in press.

### 量子スピン系 $ACuCl_3$ (A=NH<sub>4</sub>, K)の強磁場 NMR

上智大学理工・細谷茂治、井口香織、鈴木栄男、後藤貴行

東工大理・田中秀数  
金材技研・後藤敦、清水禎  
東北大金研・深瀬哲郎

$NH_4CuCl_3$ 、 $KCuCl_3$  は  $Cu^{2+}$  が二重鎖構造をなす量子スピン系物質であり、特に  $NH_4CuCl_3$  は二重鎖構造であるにもかかわらず、基底状態がギャップレスで、また、低温で磁化曲線に二段のブレートが見られるなど特異な振舞を示す。

我々は試料を回転させながら測定した低磁場スペクトルの解析で、電気四重極相互作用を取り入れたハミルトニアン ( $\ell=3/2$ ) の対角化による数値計算を行ったところ、 $\nu_q = 38\text{MHz}$ 、 $\eta = 0$  で再現することが出来た。これは低磁場に見られる信号が磁気的に単一なサイト(シングレット)であることを示唆するものである。また、高磁場における測定では、一重項サイトからの信号の 5~6T 高磁場側に三重項サイトからの信号が見られた。スペクトル構造が低磁場側の信号と異なることから、超微細場に異方性があるものと思われる。

$NH_4CuCl_3$  の NMR 縦緩和率測定は、第一ブレートから第二ブレートにかけて行い、スピングャップの大きさを評価した。値はすでに報告されている ESR の測定結果よりもかなり大きく、また、ギャップが潰れている 15T においても  $T_1$  の温度依存性が gap-like となっているなど異常な振る舞いを示した。原因は検討中であるが、高エネルギー間の励起も見ているなどの可能性がある。

横緩和率測定では緩和曲線が単純な指数関数ではなく、いわゆるスピニエコー振動を伴つたものとなつた。これは非等価なサイトの存在を示しており、一重項サイトと、三重項サイトからのトランスマゼー磁場を受けた一重項サイトの信号が干渉し、振動となつたものと考えている。振動の周波数は磁場に換算すると百数十 Gauss と小さく、Cu-Cl-Cu の 90 度ボンドを反映したものと思われる。

## 磁化プラトーを示す化合物 $\text{NH}_4\text{CuCl}_3$ の NMR

京大人環、東工大理<sup>A</sup> 島岡良之、後藤喬雄、田中秀数<sup>A</sup>

$\text{NH}_4\text{CuCl}_3$  は超低温での磁化過程において飽和磁化の  $1/4$  と  $3/4$  の大きさの磁化プラトーを示す特異な物質であり、そのプラトー発現の機構に興味がもたれる。 $\text{NH}_4\text{CuCl}_3$  は結晶中に Cl で架橋された  $\text{Cu}^{2+}(S=1/2)$  ダイマーが a 軸方向にのびる形で構成された二重鎖を含み、鎖間に  $\text{NH}_4^+$  イオンが存在している。

我々は第一プラトーおよびそれ以下の磁場領域における NMR の測定を行なってきた。鎖間に存在する  $\text{NH}_4^+$  に着目すると、その回転運動の停止に伴い低温での磁気構造が発達しはじめることが NMR スペクトルおよび核スピニ-格子緩和時間  $T_1$  の測定結果から分かった。

第一プラトー領域での低温における磁気構造について、鎖内では4つのダイマー毎にトリプレットを形成しモーメントを生じていることが、<sup>15</sup>N および <sup>1</sup>H のスペクトルや  $T_1$  の測定結果から示唆される。これらのダイマーの鎖間での相対的な配置を決定するためスペクトルの角度変化を測定中である。

また第一プラトー以下での磁場域において、鎖間の相互作用が寄与すると考えられる磁場依存した磁気相転移が 2K 以下で観測される。以上の測定結果からプラトー域における磁気構造、およびそれらの原因となる  $\text{NH}_4^+$  を介した鎖間の相互作用についても所見を述べる予定である。

## ESR による励起状態の観測: $\text{SrCu}_2(\text{BO}_3)_2$ と $\text{NH}_4\text{CuCl}_3$ の比較

東北大学金研、物性研<sup>A</sup>、東工大<sup>B</sup> 野尻浩之、陰山洋<sup>A</sup>、上田寛<sup>A</sup>、田中秀数<sup>B</sup>、本河光博

ESR によって見いだされた、磁化プラトーを示すスピニギャップ物質  $\text{SrCu}_2(\text{BO}_3)_2$  と  $\text{NH}_4\text{CuCl}_3$  の励起状態に関して報告し、その特徴を比較する。ESR でスピニギャップ物質の励起状態を観測する場合、熱励起された励起三重項内の遷移の観測と、基底状態とから励起状態への直接遷移をみるふたつの方法がある。後者は、系のハミルトニアンに、スタガード磁場や DM 相互作用などがある場合に初めて許容遷移として観測され、スペクトルを複雑にする反面系の対称性に関して多くの情報を含んでいる。

$\text{SrCu}_2(\text{BO}_3)_2$  の最低励起状態は、複雑な分裂と磁場依存性を示すが、最近の詳細な研究から、ダイマー間の DM 相互作用に加えて、スタガード磁場やダイマー内 DM 相互作用も取り入れる必要があることが次第に明らかになりつつある。特に注目されるのは、スタガード磁場が効かない方向に磁場を加えると、基底状態や第一励起状態と、第2励起状態である、two-triplet の束縛状態が強く混成することが判明した事である。一方で、 $\text{NH}_4\text{CuCl}_3$  においては、プラトー状態で現れる、新しいギャップモードは基底状態との混成をあまり示さない。さらに、この磁場誘起スピニギャップのモードと、基本のスピニギャップモードとの混成も小さい。これらの特徴は、両者の磁化過程の違い(プラトーの平らさ)にも反映しているものと考えられる。

## $\text{SrCu}_2(\text{BO}_3)_2$ の高分解能中性子散乱測定

<sup>A</sup>物性研、<sup>B</sup>都立大 温井 克行<sup>A</sup>、阿曾 尚文<sup>A</sup>、陰山 洋<sup>A</sup>、西 正和<sup>A</sup>、加倉井和久<sup>A</sup>、  
門脇 広明<sup>B</sup>、鬼塚 賢三<sup>A</sup>、上田寛<sup>A</sup>

$\text{SrCu}_2(\text{BO}_3)_2$  は、ダイマーが直交する二次元 Shastry-Sutherland モデルが実現する系として注目を集め、陰山等を中心として近年理論・実験ともに盛んに研究が進んでいる[1]。加倉井等による高磁場下( $H<11.8\text{T}$ )での中性子散乱により 3meV、5meV ピークのゼーマン分裂が観測され、特に 3meV ピークでは1つの Singlet と 2 つの Doublet からなることが明らかとなり、ゼロ磁場下での分裂の原因が Dzyaloshinski-Moriya 相互作用の存在によるものと指摘された[2]。

そこで、我々は 3meV ピークの全容を明らかにするために、日本原子力研究所改三号炉に設置された冷中性子源三軸

分光器 HER にて高エネルギー分解能中性子非弾性散乱実験( $E_f=3.09\text{meV}$ ,  $\Delta E=0.1\text{meV}$ )を行った。3meV ピークの磁気分散の結果と考察を発表したい。

#### 参考文献

- [1] H. Kageyama et al., Phys. Rev. Lett. 82 (1999) 3168; ibid 84(2000) 5876; N. Aso et al., J. Phys. Soc. Jpn. 70 (2001) Suppl.
- [2] O.Cepas et al., to be submitted.

#### SrCu<sub>2</sub>(BO<sub>3</sub>)<sub>2</sub> の低エネルギー励起

東理大理工物理 福元好志

2 次元 Shastry-Sutherland 系 SrCu<sub>2</sub>(BO<sub>3</sub>)<sub>2</sub> の非弾性中性子散乱実験が陰山等によって行われ、1-TD 励起状態に由来する第 1 ピークのほか、最近接 2-TD 励起状態に由来すると思われる第 2 ピークが見出されている。

[1] 第 2 ピークの強度は第 1 ピークの半分程度であり、又、それは第 1 ピークと比べ強い分散を示す。

2-TD 励起エネルギーの計算は文献 2, 3 で行われており、実験的に決定された分散関係との比較がなされている。しかし、これらの 2 つの文献の間では第 2 ピークの起源が異なっている。この点を解決するため、中性子散乱強度について議論する。

この系の中性子散乱強度は、励起状態の波動関数中の(正確な意味での)1-TD 状態の振幅に応じて出てくる。1-TD 状態では波動関数の 0 次項から、4 個の最近接 2-TD 励起状態のうちの 2 つ(ガンマ点で 2 重縮退を持つもの、文献 2 の p-type 状態)は波動関数の 1 次補正から散乱強度が表れる。それぞれを第 1, 第 2 ピークの起源と考えると、それらの散乱強度比は 0.4 程度となり、文献 1 の実験結果が説明される。

一方、文献 3 では、最近接 2-TD 励起状態の 14 次までの摂動計算が行われているが、この結果は実験結果を説明しない。この計算を再検討した結果も併せて報告する予定である。

- [1] H. Kageyama et al.: Phys. Rev. Lett. 84 (2000) 5846.
- [2] Y. Fukumoto: J. Phys. Soc. Jpn. 69 (2000) 2755.
- [3] C. Knetter et al.: Phys. Rev. Lett. 85 (2000) 3958.

#### SrCu<sub>2</sub>(BO<sub>3</sub>)<sub>2</sub> の強磁場中 NMR

東大物性研<sup>A</sup>、GHMFL<sup>B</sup> 樹神克明<sup>A</sup>、瀧川仁<sup>A</sup>、陰山洋<sup>A</sup>、上田寛<sup>A</sup>、M. Horvatic<sup>B</sup>、C. Berthier<sup>B</sup>

2 次元スピンギャップ系 SrCu<sub>2</sub>(BO<sub>3</sub>)<sub>2</sub> の低温における磁化過程にはその飽和磁化の 1/8、1/4/、1/3 に対応する磁化でプラトー構造が観測される。このようなプラトーのみられる磁場領域では強い局在性をもつ triplet が超格子を組んでいるという理論的指摘がある。また磁化が増大しはじめる低磁場域では 2 個の triplet が束縛状態を形成し、coherent な運動をしていると考えられている。我々は磁化プラトー相及びその周辺磁場の非プラトー相における磁気ダイナミクスを調べる目的で 1/8 プラトーのみられる 28T までの磁場中で <sup>11</sup>B-NMR を行った。

スピン-格子緩和時間  $1/T_1$  温度依存性をみると、16T 以下ではこの系がスピンギャップをもつことから低温に向かって指数関数的に減少するが、20T 以上では 2~4K でピークをもつ。またスピンエコーの緩和率の Gaussian 成分  $1/T_{2G}$  は低温に向かって単調に増大する。 $1/T_{2G}$  が  $1/T_1$  と比較して非常に低エネルギーのスピンゆらぎをみていることを考慮すれば、これらの結果はプラトー相、非プラトー相とも磁場によって非常に遅いスピンゆらぎが誘起され、そのエネルギーが温度の減少とともに減少していることを示している。

# 物性研究所談話会

日時：2001年5月28日(月) 午後1時30分～午後2時30分

場所：物性研究所 研究本館6階A615室

講師：上床美也

所属：東京大学物性研究所

題目：強相関物質の圧力効果と装置開発

要旨：

希土類金属を含む化合物は、伝導的には超伝導から絶縁体まで、磁的には強磁性、反強磁性さらに常磁性と様々な物性を示す。近年、圧力を加える事により伝導や磁性が変化し、ある圧力で新しい相転移が出現することが報告されている。このような相転移点は量子臨界点と呼ばれている。このような現象はCeおよびYb化合物において多く報告され、その臨界圧力は数GPaから10GPa程度であり、臨界点近傍では超伝導相も観測されている。講演では、このような4f電子を含む化合物の物性の圧力効果の最近の結果を報告する。また、研究に用いた高圧発生装置についても紹介する。

日時：2001年6月4日(月) 午後1時30分～午後2時30分

場所：物性研究所6階 615号室

講師：柿崎明人

所属：東京大学物性研究所

題目：磁性薄膜の構造と電子状態

要旨：

数分の1～数原子層からなる磁性薄膜は、バルクと原子分子の間に位置して特異な構造、電子状態を示す。この講演では、高輝度放射光を利用したスピン角度分解光電子分光などの実験で得られた結果をもとに、磁性薄膜の構造とスピンに依存する電子状態、磁性との関係について報告する。具体的には、Re/Rh(001), Co/Au(111)などの話題をとりあげる。

# 人 事 異 動

## 【研究部門等】

○ 平成13年5月1日付け

(転 入)

氏 名	所 属	職 名	異 動 内 容
柿 崎 明 人	附属軌道放射物性研究施設	教 授	転任(高エネルギー加速器研究機構物質構造科学研究所物質科学第一研究系教授から)

○ 平成13年5月31日付け

(退 職)

氏 名	所 属	職 名	異 動 内 容
小 野 重 明	新物質科学研究部門	助 手	辞職(海洋科学技術センター研究員へ)

○ 平成13年6月10日付け

(退 職)

氏 名	所 属	職 名	異 動 内 容
荻 津 格	附属物質設計評価施設	助 手	休職中辞職(ローレンスリバモア国立研究所助教授へ)

○ 平成13年6月30日付け

(退 職)

氏 名	所 属	職 名	異 動 内 容
小 関 忠	附属軌道放射物性研究施設	助 手	辞職(理化学研究所先任研究員へ)

○ 平成13年7月1日付け

(採 用)

氏 名	所 属	職 名	異 動 内 容
Lippmaa Mikk	先端領域研究部門	助教授	採用(物質・材料研究機構特別研究員から)

## 【事 務 部】

○ 平成13年6月30日付け

(退 職)

氏 名	所 属	職 名	異 動 内 容
佐々木 弘 子	庶務課	共同利用掛長	勧奨退職

○ 平成13年7月1日付け

(転 出)

氏 名	所 属	職 名	異 動 内 容
栗 原 紀 寿	経理課施設第二掛	技 官	施設部電気・通信設備課へ配置換

(転 入)

氏 名	所 属	職 名	異 動 内 容
鈴 木 康 之	経理課施設第二掛	技 官	施設部電気・通信設備課から

# 東京大学物性研究所の助教授・助手公募の通知

下記により助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。

## 1. 研究部門名等及び公募人員数

附属中性子散乱研究施設 助教授 1名

当施設は日本原子力研究所研究用原子炉(JRR-3M)を用いた中性子散乱実験の全国共同利用研究施設であり、茨城県東海村に設置されている。そのため主たる勤務地は同設置場所である。

## 2. 研究内容

主として中性子散乱により、広い意味での固体物性研究を中心になって強力に推進し、かつ同実験法の開発研究にも意欲のある30~40歳前半代の研究者を希望する。なお、本所は全国共同利用研究機関であるため、共同利用実験に関する業務（実験設備の維持管理改良、共同利用者の実験支援等）を分担していただく。また、本所は日米科学技術協力事業「中性子散乱」の実施機関であるため、これに関連する業務もある。

## 3. 公募締切

平成13年9月28日（金）必着

## 4. 就任時期

決定後なるべく早い時期を希望する。

## 5. 提出書類

### (イ) 推薦の場合 :

- 推薦書（健康に関する所見を含む）
- 履歴書（略歴で結構です）
- 業績リスト（必ずタイプし、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（必ずタイプし、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）
- 健康診断書
- 所属の長などによる本人に関する意見書（宛先へ直送）

## 6. 書類提出先

〒277-8581 千葉県柏市柏の葉5-1-5

東京大学柏地区庶務課人事掛

電話 0471 (36) 3205

e-mail jinji-kakari@issp.u-tokyo.ac.jp

## 7. 本件に関する問い合わせ先

〒319-1106 茨城県那珂郡東海村白方106-1

東京大学物性研究所附属中性子散乱研究施設長

藤井保彦

電話029 (287)8901 フックス 029 (283)3922

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

## 8. 注意事項

「附属中性子散乱研究施設助教授応募書類在中」、又は「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。

## 9. 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13年6月29日

東京大学物性研究所長  
福山秀敏

下記により助手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。

1. 研究部門名等及び公募人員数

新物質科学研究部門（八木研究室） 助手 1名

2. 研究内容

当研究室では超高压高温環境を用い、地球惑星深部物質の研究や新物質の探索研究を推進している。また、超高压領域における精密な実験技術の開発、特にシンクロトロン放射光を利用した超高压高温下のX線実験技術や、極微小試料の解析技術の開発もすすめている。本公募では、これらの研究を意欲的に行う若手研究者を希望する。

3. 応募資格

修士課程修了、又はこれと同等以上の能力をもつ人。

4. 任期

内規により5年を原則とする。

この内規は、大学の教員等の任期に関する法律（平成9年法律第82号）に基づくものではありません。

5. 公募締切

平成13年9月17日（月）必着

6. 就任時期

決定後なるべく早い時期を希望する。

7. 提出書類

(イ) 推薦の場合：

- 推薦書（健康に関する所見を含む）
- 履歴書（略歴で良い）
- 業績論文リスト（必ずタイプし、特に重要な論文に○印をつけること）
- 主要論文の別刷（5編程度）

(ロ) 応募の場合

- 履歴書（略歴で良い）
- 業績論文リスト（必ずタイプし、特に重要な論文に○印をつけること）
- 主要論文の別刷（5編程度）
- 所属の長又は指導教官等の本人についての意見書（宛先へ直送）
- 健康診断書

8. ①書類提出先

〒277-8581 千葉県柏市柏の葉5丁目1番5号  
東京大学柏地区庶務課人事掛  
電話 0471 (36) 3205  
e-mail jinji-kakari@issp.u-tokyo.ac.jp

②問い合わせ先

東京大学物性研究所 新物質科学研究部門 教授 八木健彦  
電話 0471 (36) 3230  
e-mail yagi@issp.u-tokyo.ac.jp

9. 注意事項

「新物質科学研究部門（八木研究室）助手応募書類在中」、又は「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。

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13年6月29日

東京大学物性研究所長

福山秀敏

下記により助手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。

1. 研究部門名等及び公募人員数

附属軌道放射物性研究施設 助手 1名

2. 研究内容

本研究施設は、次世代の真空紫外線・軟X線高輝度光源の建設計画を推進し、加速器やビームライン・測定器の設計・開発研究を行っている。今回公募の助手には本計画の加速器に関する設計・開発研究を行うとともに、同計画を積極的に推進して頂く。

3. 応募資格

修士課程修了、又はこれと同等以上の能力をもつ人。

4. 任期

内規により5年を原則とする。

この内規は、大学の教員等の任期に関する法律（平成9年法律第82号）に基づくものではありません。

5. 公募締切

平成13年9月25日（火）必着

6. 就任時期

決定後なるべく早い時期を希望する。

7. 提出書類

(イ) 推薦の場合：

- 推薦書（健康に関する所見を含む）
- 履歴書（略歴で良い）
- 業績論文リスト（必ずタイプし、特に重要な論文に○印をつけること）
- 主要論文の別刷（5編程度）

(ロ) 応募の場合

- 履歴書（略歴で良い）
- 業績論文リスト（必ずタイプし、特に重要な論文に○印をつけること）
- 主要論文の別刷（5編程度）
- 所属の長又は指導教官等の本人についての意見書（宛先へ直送）
- 健康診断書

8. ①書類提出先

〒277-8581 千葉県柏市柏の葉5丁目1番5号  
東京大学柏地区庶務課人事掛  
電話 0471 (36) 3205  
e-mail jinji-kakari@issp.u-tokyo.ac.jp

②問い合わせ先

東京大学物性研究所附属軌道放射物性研究施設 助教授 中村典雄  
電話 0471 (36) 3401  
e-mail nakamura@issp.u-tokyo.ac.jp

9. 注意事項

「附属軌道放射物性研究施設助手応募書類在中」、又は「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。

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13年7月2日

東京大学物性研究所長

福山秀敏

# Technical Report of ISSP 新刊リスト

## Ser. A

- No. 3597** Resonant Raman Scattering at the L-Thresholds with Final 3s Hole in  $3d^{2+}$  Systems(I): Configuration Interaction with Two 3p Hole Final States in Different Systems, by M. Taguchi, L. Braicovich, F. Borgatti, G. Ghiringhelli, A. Tagliaferri, N. B. Brookes, T. Uozumi and A. Kotani.
- No. 3598** Resonant Raman Scattering at the L-Thresholds with Final 3s Hole in  $3d^{2+}$  Systems (II): The CoO Case in the Whole  $L_{2,3}$  Region, by L. Braicovich, M. Taguchi, F. Boratti, G. Ghiringhelli, A. Tagliaferri, N. B. Brookes, T. Uozumi and A. Kotani.
- No. 3599** Holographic Imaging of Surface Atoms Using Surface X-Ray Diffraction, by Toshio Takahashi, Kazushi Sumitani, and Shuji Kusano.
- No. 3600** Structural Study of  $Si(111)\sqrt{21}X\sqrt{21} - (Ag + Au)$  Surface, by H. Tajiri, K. Sumitani, W. Yashiro, S. Nakatani, T. Takahashi, K. Akimoto, H. Sugiyama, X. Zhang, H. Kawata.
- No. 3601** The "Devil's Staircase" Type Phase Transition in  $NaV_2O_5$  Under High Pressure, by K. Ohwada, Y. Fujii, N. Takesue, M. Isobe, Y. Ueda, H. Nakao, Y. Wakabayashi, Y. Murakami, K. Ito, Y. Amemiya, Y. Fujihisa, K. Aoki, T. Shobu, Y. Noda and N. Ikeda.
- No. 3602** Magnetic and Metal-Insulator Transitions through Bandwidth Control in Two-Dimensional Hubbard Models with Nearest and Next-Nearest Neighbor Transfers, by Tsuyoshi Kashima and Masatoshi Imada.
- No. 3603** Path-Integral Renormalization Group Method for Numerical Study on Ground States of Strongly Correlated Electronic Systems, by Tsuyoshi Kashima and Masatoshi Imada.
- No. 3604** Neutron diffraction Study of the Irreversible  $R - M_A - M_C$  Phase Transition in Single Crystal  $Pb[(Zn_{1/3}Nb_{2/3})_{1-x}Ti_x]O_3$ , by Kenji Ohwada, Kazuma Hirota, Paul W. Rehrig, Peter M. Gehring, Beatriz Noheda, Yasuhiko Fujii, Seung-Eek EaglePark, and Gen Shirane.
- No. 3605** Origin of G-type Antiferromagnetism and Orbital-Spin Structures in  $LaTiO_3$ , by Masahito Mochizuki and Masatoshi Imada.
- No. 3606** Magnetic and Orbital States and Their Phase Transition of the Perovskite-Type Ti Oxides: Strong Coupling Approach, by Masahito Mochizuki and Masatoshi Imada.
- No. 3607** Structure and Magnetism of Fe Thin Films Grown on Rh(001) Studied by Photoelectron Spectroscopy, by Kei Hayashi, Masahiro Sawada, Ayumi Harasawa, Akio Kimura and Akito Kakizaki.

## 編 集 後 記

ここ柏キャンパスは、本格的な雨もなく、連日猛暑に見舞われています。コンクリートによる照り返しが強く、六本木より暑く感じられます。

さて、第2号の出版が遅れましたことをお詫び申し上げます。

今回はトピックスとしまして、最近、物質設計評価施設で見出されたパイロクロア超伝導体のお話を廣井所員にお願いしました。物性研では最近いくつかの新物質・新現象が見出され、関連するミニ研究会も開かれるなど、熱い夏を迎えています。

また、2月、3月にはいくつかの研究会が開催されましたが、それらの報告も掲載しています。そのうちの「磁場が誘起する磁性体の新量子現象」につきましては、関連する研究で、科研費特定領域研究(B)が採択されるというニュースも舞い込んでいます。

嬉しいニュースをもう一つ。7月から、東京駅八重洲口－東大柏キャンパス－東武野田線江戸川台駅の高速バスが運行しています。物性研まで八重洲からほぼ40分です。大いに利用してください。

次号の原稿締め切りは8月末です。

所属又は住所変更の場合等は事務部共同利用掛までご連絡願います。

上 田 寛

