

物性研だより

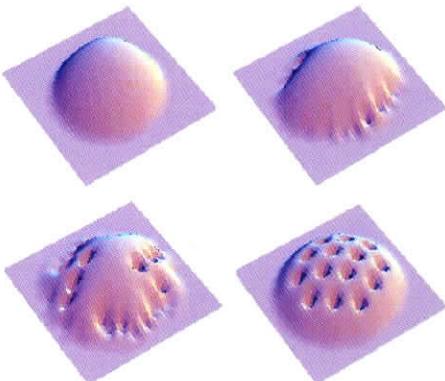
第41巻
第4号

2001年11月

- 目次
- 1 物性研に着任して 上床 美也
 - 3 「法人化」を前に 毛利 信男
 - 物性研究所短期研究会報告
 - 4 ○「遷移金属酸化物の化学」
 - 21 ○「量子凝縮系の超流動と量子渦一超流動ヘリウムと中性原子気体BECー」
 - 46 物性研究所談話会
 - 物性研ニュース
 - 48 ○人事異動
 - 49 ○平成13年度後期短期研究会一覧
 - 50 ○平成13年度後期外来研究員一覧
 - 61 ○平成13年度後期スーパーコンピュータ共同利用採択課題一覧
 - 63 ○平成14年度前期共同利用の公募について
 - 76 ○平成13年度外部資金の受入れについて
 - 77 ○テクニカル・レポート 新刊リスト

編集後記

回転BECでの量子渦格子形成
(坪田・笠松・上田)



東京大学物性研究所

ISSN 0385-9843

物性研に着任して

極限環境物性研究部門 上床 美也

4月1日付けで極限環境物性研究部門に着任いたしました。よろしくお願ひいたします。物性研には、助手時代（熊本大学巨海研究室）から共同利用を通して、平成8、9年には半期ずつ2回客員助教授として昨年度までお世話になっていました。物性研は、私にとって研究設備の充実した所であり、研究をしていく上でのある意味目標でもありました。自分が共同利用を受け付ける立場になろうとはついこの前まで思いもつかぬことでした。物性研は六本木から柏に2000年3月に移転を完了しましたが、極限環境部門は1999年には移転を完了していました。部門の移転直後は、晴れると砂埃がひどく、雨が降るとぬかるみ等で大変な生活環境であったように思います。移転が完了して1年後の着任となったわけですが、建物、設備および生活環境がさらに充実しすばらしい研究環境になっていました。このような研究環境の中で、高圧を一つの物理パラメーターとして研究を行い発展させていかなければならないかと考えると、私にとってものすごい重荷ではありますが、ある意味では緊張感がありがんばりがいがあるようにも感じています。

私が高圧下での物性研究にはじめてふれたのは、助手に採用されてからでした。そのころの高圧下での物性測定は測定精度、圧力精度ともに悪く、測定者によって結果が違うことが多々あり、博士課程時代に所属していた研究室ではあまり受け入れられていませんでした。しかし、当時から圧力を加えることにより、反強磁性が強磁性に転移する等の興味深い研究結果が報告され私としては密かに興味を抱いていました。運良く巨海先生の下で助手として研究を始めることが出来、常圧下での測定と同程度の精度で測定できる測定装置作りを合い言葉に高圧発生装置および測定装置系（主に電気抵抗および熱膨張測定）の作製および整備をはじめました。このときの最高圧力は2.4GPaでどうしても2.5GPaを越えることは出来ませんでした。

同じ頃、物性研の毛利研究室ではキューピックアンビル装置を低温に冷やすことにより10GPa程度の圧力を発生させることに成功していました。私も共同利用で毎年2回のペースで使用していましたが、性能の良さ（簡便さ）に驚くとともに物性研ならではの装置であると感じていました。しかし、この装置にも弱点があり1GPa以下の測定は得意でなかったので低圧での実験を研究室で行い、より高圧の実験を物性研で行うという研究スタイルで研究を進めてきました。

私は強相関系物質の物性を中心に研究を行っています。この分野は物理学会では領域8に属し活発に研究されている分野の1つであり、近年ますます人口が増えています。この分野で特に金属磁性体を中心に研究を進めています。ここ数年圧力誘起超伝導が数多く発見され、私も何とか発見できればとの夢を抱いてきましたが未だ夢のままでです。圧力誘起超伝導は磁性と密接に関係し、磁性

が消失する前後（量子臨界点）で現れることが明らかになってきています。したがって、この物性変化を詳細に明らかにすることが出来れば種々の物性の起源を解明する糸口になると考えられます。しかし、この研究は、出来るだけ低い温度で、出来るだけ高精度で種々の物性測定を行う必要があります。冒頭にも書きましたが、圧力の精度、測定の精度を上げることとより高圧を発生させる事とは相反する面があり、装置開発を伴い多くの時間と知恵が必要です。幸い、研究室には希釈冷凍機、³He 冷凍機、20T 超伝導磁石など最先端装置がそろっており、当分これらを利用した研究を進めたいと考えています。

高精度の物性測定を行うためには、高い静水圧性が要求されるため圧力装置はピストンシリンダー型圧力容器が主になります。最近圧力用材料として、NiCrAl 合金が紹介され注目を浴びています。研究室でも物材機構材料研の松本先生との共同研究で、この材料を用いた圧力装置の開発を行い、現在、4GPa 程度の圧力を発生させることに成功しました。この装置を更に改良し、4GPa、希釈冷凍機、H=20T での環境で使用可能にし、さらに毛利研究室で開発された改良ブリッジマン型圧力装置もより高圧が発生できるよう、また簡便に使えるようにしたいとおもいます。温度および磁場中の多くの物性測定装置が市販されるようになり、50mK まで温度を下げる、20T まで磁場を上げるなどの技術は、ほぼ固まって来ているといえます。これらの装置に圧力装置を導入し電気抵抗、電流磁気効果、磁化、比熱などの種々の物性の圧力効果の測定をより高精度で簡便に測定可能にしたいと思っています。物性研究はすべての情報を総合的に判断し、その起源を明らかにする必要があるので、より多くの測定で圧力効果の研究が可能になることは重要であると思っています。そのためにはそれぞれの物性測定の専門家が、高圧技術を持つ専門家とスクラムを組み研究を進める事が必須だと思います。幸い物性研には共同利用の制度があり多くの人の知恵を結集した装置を完成させることが可能だと思っています。さらに、得られた圧力および測定技術の情報を公開し、誰にでも簡便に使えるようにすることにより、多くのユーザーによる最適化が行われ、フィードバックすることにより、より良い装置が完成すると思います。

装置の面ばかりを強調しましたが物性を明らかにするための一手段としての圧力効果の研究であり、強相関系物質以外にも興味深い研究テーマは、多々あると思いますので、いろいろなジャンルの人々と接し学び、得られたものを積極的に研究に取り入れていきたいと思っています。現在思っていることを列挙しましたが、研究は自分一人だけの力で出来るものでは無く、学生及び回りの先生方の協力及び理解を得て初めて実現できると考えています。精一杯夢を追いかけがんばって研究したいと思っていますので、よろしく願いいたします。

「法人化」を前に

埼玉大学理学部物理学科 毛利 信男

今、原稿を書いているこの瞬間にもテロに対するアメリカの攻撃が続いている。人間の業を前に、科学はどんな役割を果たしてきたのだろうか、自問自答させられる今日この頃である。物性研究所を退職して、早くも半年が過ぎ、17年ぶりの学部学生の講義に力がはいってしまう。

物性研究所を離れて第一に感じるのは、やはり物性研究所には研究に必要な機能が極めて充実しているということである。このような環境は偏に物性研究の重要性を訴え、執拗に説いた先達をはじめとし、全国の物性研究者のたゆまざるサポート、そしてそのサポートを得られるだけの実績を示し、信頼を得てきた物性研究所の構成員の並々ならぬ努力によるものであることは間違いない。

しかし一步外へ出ると、別刷りを外国へ送ろうとして、「封筒を」と思っても、適當なものが無い。もちろんカラーコピー機もなし、図書室の雑誌など言うに及ばず、である。幸いな事にIT化によって、現在有料化があまり進んでいない科学分野の情報の入手に関しては中央にいても地方にいてもその差を感じない。しかし、遅かれ早かれ有料化の波が押し寄せ、それすらもままならぬことになりはしないか、「国立大学の法人化」はそれに拍車をかけることになってしまうのではないか、と懸念している。特に気になるのは法人化後の「国公私トップ30を世界最高水準に育成する」とうたっている点である。時代錯誤と感じるのは小生だけではあるまい。戦後間もない時期ならいざ知らず、これだけグローバル化された多様な社会においてトップ30とは何事であろうか。既にこれまでの施策において“トップ30大学”は世界最高水準と十分肩を並べていける実力を持っていて良いはずであり、少なくとも、物性関係では国際会議等で判定する限り世界をリードして活躍している。むしろ重要なのは多様化に対応できる体制つくり、すなわち、裾野を重視し、そのポテンシャルを上げる事ではあるまい。

とりわけ、“トップ30大学”の中に位置する旧帝大は自己の評価に、汲々としたり酔つたりしてはいけない。研究を志す多くの人に研究の場を与え、成果を上げさせるとともに、優秀な研究者を育てて全国の大学のレベルアップとそこでの研究教育活動を支えていく長期プログラムを提示する義務があろう。特に、世界的に最先端の施設をもち、世界最高水準の研究成果を出している全国共同利用研究所としての物性研究所の果たす役割は重要である。これまでの流れから国際共同研究を進めるのは大いに期待したいところであるが、日本全国の物性研究者の基盤を揺さぶりかねない「法人化」に対して、一研究所としてではなく、物性研究のHeadquarterとしての新しい役割を果たすための機構改革が早急に必要ではないであろうか。

例えば、物性グループ事務局を物性研究所内に設置し、全国の物性研究者への情報提供、物性研究者間の連絡などのサービスなどはすぐにでもできよう。しかし、「法人化」後に予想される「研究意欲があっても環境が許さない」多くの地方大学の研究者の要求にこたえる受け入れ体制などは、これまでの共同利用制度を改めて検討することが必要となる。「法人化」を前に、否、「法人化」のチャンスを利用して物性研究所の将来像を構築するのが第一義であろう。

物性研究所短期研究会

遷移金属酸化物の化学

－新しい機能・物性を目指した物質開発の現状と展望－

日時：平成13年6月18日（月）～6月20日（水）

会場：東京大学柏キャンパス物性研究所大講義室（6階A632室）

司会者 高木英典（東大新領域）
上田 寛（東大物性研）
廣井善二（東大物性研）

近年、強相関電子系の物理を研究する舞台として、一連の遷移金属酸化物が大きな注目を集めている。もちろん、その発端は銅酸化物における高温超伝導であり、そこでの新物質探索は大きな成功を収め、新たな物性物理の進展に寄与してきた。しかしながら、銅酸化物における物質探索成功の一因は、3d遷移金属酸化物の中で銅酸化物が”未開の地”であったことにあると考えられる。実際、その後に続く物質探索は新物質発見よりも、むしろ従来知られていた物質群を新しい物理の視点に立って見直すという趣が強いように思われる。

本研究会の目的は、このような現状を踏まえて、長く遷移金属酸化物の合成、構造、物性について研究を行ってきた研究者が一堂に会し、化学の立場から、最近および今後の遷移金属酸化物研究の進展について議論することにある。特に、これまで物性研では遷移金属酸化物の物性に重きをおいた研究会が多くかった中で、本研究会は固体化学的な研究を中心に今後の物質探索へのヒントを得るための機会としたい。また、従来、物理分野と比較して希薄であった化学分野の結束を強め、物質から新たな物理を切り開くソサイエティー作りを目指す。

このような研究会を物性研において開催することは、化学、物理の密接な協力体制を確立する上で非常に有意義であると考える。

プログラム

6月18日（月）

	座長	廣井善二
13:30 - 13:40		はじめに
13:40 - 14:15	前川禎通 東北大金研	遷移金属酸化物の物性から応用へ
14:20 - 14:45	島川祐一 NEC 基礎研	CMR酸化物の応用：スピン素子と熱放射率可変素子
14:50 - 15:15	木村 剛 東大工	磁気リラクサーとしてのMn酸化物
15:20 - 15:35	休憩	
	座長	高木英典
15:40 - 16:05	桑原 誠 東大工	BaTiO ₃ 半導体粒界における電子物性と自発分極
16:10 - 16:35	細谷正一 山梨大工	傾斜組成単結晶
16:40 - 17:05	田畠 仁 阪大産研	遷移金属酸化物とシリコン素子との融合
17:10 - 17:35	上田 寛 物性研	遷移金属酸化物における酸素不定比性と構造・物性

6月19日（火）

	座長	上田 寛
9:00 - 9:40	十倉好紀 東大工・産総研	オービトロニクス orbitronics
9:45 - 10:10	川崎雅司 東北大金研	スマートなじゅうたん爆撃法：コンピナトリアル材料開発
10:15 - 10:25	休憩	
	座長	高木英典
10:30 - 11:10	藤嶋 昭 東大工	酸化チタン光触媒の最近の話題
11:15 - 11:40	高野幹夫 京大化研	酸化鉄微粒子に関する幾つかの化学的トピックス
11:45 - 12:40	昼食	
	座長	前川禎通
13:00 - 13:25	勝藤拓郎 東大新領域	誘電体の磁場制御
13:30 - 13:55	伊藤 満 東工大応セラ研	酸素同位体置換により誘起されるSrTiO ₃ の強誘電性
14:00 - 14:25	細野秀雄 東工大応セラ研	透明酸化物半導体薄膜
14:30 - 14:55	村岡祐治 物性研	VO ₂ 薄膜およびVO ₂ -TiO ₂ スピノーダル系における金属絶縁体転移
15:00 - 15:15	休憩	
	座長	廣井善二
15:20 - 15:45	渡部行男 九州工大工	遷移金属酸化物強誘電体の接合界面（pn接合等）
15:50 - 16:15	内藤方夫 NTT	薄膜エピタキシーを利用した新銅酸化物超伝導体の合成
16:20 - 16:45	山本文子 超電導工研	超高压を用いた超伝導体の合成
16:50 - 17:15	岸尾光二 東大工	銅酸化物超伝導体の精密組成制御
18:00 - 19:30	懇親会	

6月20日（水）

	座長	寺崎一郎
9:00 - 9:25	中村新男	名大理工総研
9:30 - 9:55	岡本 博	東大新領域
10:00 - 10:25	遠山貴己	東北大金研
10:30 - 10:40	休憩	
	座長	上田 寛
10:45 - 11:10	滝澤博胤	東北大工
11:15 - 11:40	寺崎一郎	早大理工
11:45 - 12:10	小椎八重航	東北大金研
12:15 -	高木英典	東大新領域

遷移金属酸化物の物性から応用へ

東北大学金属材料研究所 前川禎通

半導体エレクトロニクスの材料である Si や Ge はいわゆるバンド絶縁体である。一方、遷移金属酸化物の多くはモット絶縁体と呼ばれる。バンド絶縁体では価電子バンドが電子で完全に占有されており空の伝導バンドがエネルギー・ギャップを隔てて存在している。このエネルギー・ギャップはイオンのポテンシャルにより与えられる。一方、モット絶縁体のエネルギー・ギャップは電子間のクーロン相互作用による。モット絶縁体では電子は他の電子を避ける結果、イオン内に局在する。そのため、電気伝導性を得るために電子間のクーロン反撥力に打ち勝つだけのエネルギーを電子に与えなくてはならない。この値がエネルギー・ギャップに相当する。

電子はその固有の性質として電荷(e)とスピン(S)を持つ。それに加えて、多くの遷移金属酸化物では 3d 電子の電荷分布が周りのイオンの影響を受ける。電子の電荷分布を軌道と呼ぶ。モット絶縁体に電子の穴を導入すると、電子は電荷とスピンに加えて軌道の影響を受けながら動く。すなわち、電子は個性を主張しながら運動すると言える。そのため、金属性を持つ遷移金属酸化物は従来の半導体や金属とは全く違った性質を持っている。講演では高温超伝導を示す Cu 酸化物、巨大磁気抵抗効果を示す Mn 酸化物及び熱電変換材料としての Co 酸化物を電子の個性を通して概観したい。

CMR 酸化物の応用：スピン素子と熱放射率可変素子

NEC 基礎研究所 島川祐一

(La,Sr)MnO₃ に代表されるペロブスカイト型マンガン酸化物 CMR 材料の応用開発に焦点をあて、NEC で進めている完全スピン偏極伝導電子によるスピントンネル MR 素子と人工衛星の熱制御素子について紹介する。

CMR 酸化物の特徴である、伝導電子の「完全スピン偏極」を利用したスピン素子の試みが (La,Sr)MnO₃ / SrTiO₃ / (La,Sr)MnO₃ 積層膜による「スピントンネル MR 素子」である。室温動作、等、に未だ課題を抱えているが、5 K でのトンネル磁気抵抗(TMR)は数 100% に達し、この材料の高いスピン偏極率が実証されている。一方、最近実用化された例として、CMR 酸化物の金属-絶縁体転移を利用した人工衛星搭載用の熱放射率可変素子がある(NEC 航空宇宙システム、文部科学省宇宙科学研究所と共同で開発)。ペロブスカイト型マンガン酸化物では、室温以下の金属状態で熱放射率が低くなり、温度が上がると絶縁体状態となり熱放射率が大きくなる。このことを利用して人工衛星の発熱に応じた熱制御を自律的に行うことが可能となるのである。この熱放射率可変素子は 2002 年度打ち上げ予定の小惑星探査機、等に搭載されることになっている。

磁気リラクサーとしての Mn 酸化物

東京大学大学院工学系研究科 木村 剛、十倉好紀

ペロフスカイト関連構造を持つ遷移金属酸化物において、強誘電特性、高温超伝導、超巨大磁気抵抗効果など多彩な物性を実現させることができるのである。これらの様々な物性の機構解明に向けての最近の研究によって、物質中の微細構造が上記の諸物性に対して重要であることが明らかになってきている。これに関連した最近注目の話題として、「強誘電体リラクサー」と呼ばれる一連の物質群が挙げられる。強誘電体リラクサーの微細構造はナノメータースケールの強誘電クラスターが常誘電マトリックス中に点在したものとして特徴付けられ、この微細構造に起因する強誘電体リラクサーに特徴的な誘電特性の散漫相転移現象が注目されている。通常の強誘電体では、誘電率は Curie-Weiss 則に従い、転移点に向けて急速に増大し、転移点で発散するのに対し、強誘電体リラクサーでは明確な相転移が見られず、また誘電率が周波数依存を持つ。つまり転移点を明確に定義できないという特徴がある。誘電率の実部が広い温度範囲にわたって大きな値を示すので、この特徴を生かして、超音波素子や大容量コンデンサーなどへ向けた応用研究も進んでいる。特に鉛系の複合ペロフスカイト酸化物群[Pb(B'B'')O₃]が代表的な例である。

これに対し、我々が現在研究の対象としているペロフスカイト型 Mn 酸化物 $R_{1-x}A_xMnO_3$ (R は La, Pr, Nd などの+3 価の希土類イオン、 A は Ca, Sr, Pb などの+2 価のイオン) は超巨大磁気抵抗物質として、盛んに研究がなされている。ペロフスカイト型 Mn 酸化物における超巨大磁気抵抗(Colossal Magnetoresistance, 略して CMR) は Mn^{3+} と Mn^{4+} イオン間に働く(強磁性的)二重交換相互作用に起因していることは古くから知られていたが、最近の研究によって二重交換相互作用のみならず、(反強磁性的)超交換相互作用、 Mn^{3+} サイトにおける e_g 電子の軌道の自由度(ヤーン・テラー効果)、 Mn^{3+} と Mn^{4+} の電荷整列(charge order)など競合する他の相互作用もまた本系の物性に重要な役割を担っていることが明らかになっている。この系における現象の多様性は、「スピン」と「電荷」の自由度のみならず、「結晶格子」や「電子軌道」の自由度も極めて密接に関わっている。

ここ数年では、電荷整列絶縁体-強磁性金属転移近傍における電荷が局在した相と遍歴した相の間の「相分離(phase separation)」という問題がクローズアップされ、理論及び実験の両面からの精力的な解析がなされている。 $R_{1-x}A_xMnO_3$ では電荷の局在化に付随するヤーン・テラー歪みのため、相分離した 2 相共存状態では、局所的な歪みが物質中に生じる。一方、先に述べた強誘電体リラクサーの場合も、極性マイクロクラスターが立方晶マトリックスに分散した系であり、結晶系の異なる 2 相の共存状態であり、こちらも局所的な歪みを有している。よって、ペロフスカイト型 Mn 酸化物と強誘電体リラクサーは、格子変形を伴う 1 次相転移過程での 2 相共存状態の凍結という点で共通である。本講演では、ペロフスカイト型 Mn 酸化物における多彩な構造、磁気、伝導特性と強誘電体リラクサーにみられる特異な誘電特性との類似性に注目し、「磁気リラクサー(magneto-electro-relaxor)」の概念を紹介する。

BaTiO₃ 半導体粒界における電子物性と自発分極

東大工 桑原 誠

ペロフスカイト構造を持つチタン酸バリウム(BaTiO₃)は代表的な強誘電体であるが、微量のドナー元素(La, Sb, Nb 等)を添加して得られる半導体セラミックスはそのキュリー点以上の温度で異常な正の抵抗温度係数(PTCR)特性を示すことは良く知られており、既に PTCR サーミスターとして広く用いられている。

この PTCR 特性は強誘電-常誘電相転移に起因した粒界物性であることが判明しており、その発現機構を説明するモデルとしては Heywang の 2 重ショットキー型粒界ポテンシャル障壁層モデルが広く受け入れられてきた。Heywang モデルでは、粒界ポテンシャル障壁層の高さは表面アクセプタ準位の濃度と誘電率によって決定され、キュリー・ワイス則に従う誘電率の温度依存性によって PTCR 特性は説明される。このモデルでは、PTCR 特性はキュリー点以上での現象であるとして自発分極の効果は考慮されていない。

BaTiO₃ 半導体セラミックスは、粒界物性として PTCR 特性だけでなく、キュリー点近傍の温度で顕著なピエゾ抵抗効果を示すことでも良く知られている。このピエゾ抵抗効果もこれまで Heywang モデルで説明されることが多く、室温では顕著なピエゾ抵抗効果は見られないとされてきた。

講演者は、PTCR 特性とピエゾ抵抗効果の発現機構の解明を目的として、直径 10~20 μm の BaTiO₃ 半導体単一粒子が直列に結合したセラミックス細線を作製し、その細線中に形成された単一粒界の PTCR 及びピエゾ抵抗効果についての研究を行った。この単一粒界を用いた研究では、粒界物性に及ぼす自発分極の効果について調べるために、偏光顕微鏡を用いた強誘電ドメイン形態観察も同時に行った。その結果、ゲージ因子で 10⁷ を越える巨大なピエゾ抵抗効果を室温で示す粒界が存在し、そのピエゾ抵抗効果の発現には粒界部でのドメイン形態の変化が直接関与していることが明らかになった。また、PTCR 効果に関しても、粒界近傍においてのみキュリー点以上での最大抵抗値を与える温度まで複屈折現象が見られ(電界印加下で)、PTCR 特性の発現に自発分極(電界誘起)が直接関与していることを裏付ける結果が得られた。

以上の結果から、BaTiO₃ 半導体セラミックスの粒界電子物性の発現において、従来ほとんど考慮されていなかった自発分極が重要な役割を演じていることが明らかになった。

傾斜組成単結晶

山梨大・工 細谷正一

酸化物の中には銅酸化物超伝導や巨大磁気抵抗効果のように遷移金属酸化物へ電子やホール等のキャリヤーをドープすることによって、その物性を著しく変えるものがある。実際そのドーピングは異なる価数の適切な異種金属イオンを固溶することによってなされるが、その際異種金属イオンの添加によってはマクロな結晶構造はほとんど変化しない。我々はこのことに着目し、濃度（組成）が連続的に変化するが、その変化に応じた複数の機能を一つの単結晶の中に実現する方法を確立した。このようないわば傾斜機能単結晶は、同一条件下で育成されるので機能探索や信頼性の高い系統的な実験に有効であると思われる。事実、 $\text{La}_2\text{CuO}_4\text{:Sr}$ 系でキャリヤー濃度に傾斜勾配をつけた単結晶の育成に成功している。この結晶は長さ数 cm の間にキャリヤー濃度の希薄な絶縁体から超伝導相を経て、高濃度キャリアーの金属領域に移行する。当日は表題を含めて、物質探索+結晶化（バルク化）という視点の最近の研究から、「Vをドープしたフォルステライト単結晶の発光」および「次世代パルス中性子源用検出器材料の探索」について言及する予定である。

遷移金属酸化物とシリコン素子との融合

大阪大学・産業科学研究所 田畠 仁

遷移金属酸化物は、強い電子相関のため磁性や誘電性、超伝導特性など多彩な特性を示し、多くの物性研究がなされている。ところで、本研究会のテーマの1つである“応用”的見地からみると、反応活性なシリコン表面に、いかにして遷移金属酸化物薄膜をヘテロ成長させていくかが重要な課題である。結晶成長に必須の格子のマッチングや化学反応性、バンドの連続性等、解決すべき課題が多い。我々は、最も応用に近い（既に実用化されている）遷移金属酸化物の1つである、強誘電体薄膜のシリコン表面へのヘテロ成長において、極薄層（～1nm）の SiON（シリコン酸窒化）が極めて有効であることを明らかにした[1]。

次に、巨大な誘電率の実現をめざした物質創成を考える際、誘電体リラクサーと CMR およびスピングラス[2]において、各々の物性の交番外場依存性（周波数に対する変化）や、履歴（ヒステリシス）現象において、非常に似通った特性を示すことは大変興味深い。これらはすべて、「巨大物性の発現は、2相共存（ヘテロ構造ゆらぎ、フラストレーション）状態が、外部擾動（磁場、電場、光）により刺激されて引き起こされた。」と考えると、物質開発のヒントとなると思われる。巨大物性の発現を目指して、人工格子の手法を用いて“フラストレーション”[3]や3次元的なイオン配列の“秩序—無秩序”[4]を制御した「リラクサー人工格子」を制御形成している。

- 1) J. Appl. Phys. 88 (2000) 6598.
- 2) Appl. Phys. Lett. 77 (2000) 4016. & J. Appl. Phys. 88 (2000) 7223.
- 3) Phys. Rev. B 60 (1999) R12561. & Solid State Comm. 116 (2000) 221.
- 4) Appl. Phys. Lett. 77 (2000) 3257.

遷移金属酸化物における酸素不定比性と構造・物性

物性研 上田 寛

遷移金属の一つの特徴的な性質は複数の原子価状態（酸化状態）を通常の条件下でとれることで、そのため、酸化物においては、酸素不定比性が生じる。程度の大小を無視するなら、遷移金属酸化物のほとんどは不定比化合物で、遷移金属酸化物を扱う場合は酸素不定比性の制御が重要となる。酸素不定比性は、一般的には、酸素分圧により制御することができるが、遷移金属以外の構成金属イオンを酸化数の異なるイオンと置換することによっても、酸素不定比性を導入することができる。酸素不定比性は、結晶学的には空格子点や原子間位置原子などの格子欠陥に由来するもので、格子欠陥を生成するために必要なエネルギーを格子欠陥生成によるエントロピー項で相殺して余りあ

る熱力学的理由に因っている。格子欠陥が少ない場合は、それが無秩序に分布している状態が安定であるが、多くなってくると相互作用が無視できなくなり、相互作用が引力的な場合は相分離が、斥力的な場合は規則配列が基底状態として安定となる。この規則構造は、温度上昇とともにエントロピー的に利得な無秩序状態に変化し、いわゆる規則一不規則転移を起こす。多くの遷移金属酸化物が酸素あるいは金属原子の空格子点生成とその規則配列という概念から理解でき、酸素不定比性は、新たな構造をもつ物質の開発に繋がる。さらに、酸素不定比性は、結果として混合原子価状態を生み出し、新たな電気的・磁気的・光学的性質や触媒機能などの新たな反応性をも生み出す。講演では、多くの例をあげ、遷移金属酸化物における酸素不定性と構造・物性について概観する。

オービトロニクスの可能性

東大・工、産総研・強相関電子技術研究センター 十倉好紀

いわゆる強相関電子系では、スピン秩序・相関が電荷ダイナミクスを規定する。その典型例は、マンガン酸化物系での巨大磁気抵抗(CMR)効果である。しかし、d電子系の酸化物には、伝導電子の軌道の秩序・相関が、スピンの場合と同様に重要であり、これは将来、スピントロニクスと対照あるいは相補的な軌道エレクトロニクス(オービトロニクス、orbitronics)技術を生む可能性がある。従来のスピントロニクスに対して優位なのは、特に光制御の可能性であり、これは通常の光遷移やその異方性が軌道変化そのものから来る事からも明らかである。ここでは、まず、オービトロニクスの基本として、軌道整列状態における、軌道波(オービトン)の光散乱による観察を紹介した後、CMR効果における、軌道自由度の本質的な役割とそれによる臨界相制御技術について述べる。また、軌道光スイッチ効果の一例として、短パルス光(100fs)を用いた、軌道秩序の光融解とその光学異方性の高速変化を紹介する。

スマートなじゅうたん爆撃法：コンビナトリアル材料開発

東北大金研 川崎雅司

エレクトロニクスの進歩の基幹要素である材料・デバイス研究を、超高速化・超高効率化する可能性のある方法論として、コンビナトリアル手法（コンビ）がクローズアップされている。コンビとは、新薬開発の世界で最近一気に普及した発見方法論で、「じゅうたん爆撃」当たりくじを引き当てる」という、上品な物理研究者にはいかにも下品ではしたないとも思えるものもある。しかし、野口英世がスピロヘータで偉くなったのも Dupont がナイロンを発明して女性の足がストッキングにつつまれたのも、じゅうたん爆撃のおかげである。新薬開発では、当たりくじを引き当てる時のリターンは極めて大きい。逆に、競争相手に出し抜かれたときのダメージも極めて大きい。この状況では、コンピュータでドラッグデザインした化合物をひとつひとつ合成して薬理試験を繰り返していくは「らちがあかない」のである。解決策は、良さそうなところを片っ端から漏れなく合成して、当たりくじの可能性を高速にスクリーニングするじゅうたん爆撃である。企業の創薬研究者は、1日に一人で10万個の新薬の候補を合成しスクリーニングしている（最近では100万個への技術革新でしのぎを削っている）。これを可能にしたのはエレクトロニクスの進歩に大きく依存した微量合成・精製・薬理試験法のおかげで、組み合わせ理論と固体表面での逐次溶液化学反応（かつてノーベル化学賞に輝いた Merrifield 法）を駆使したコンビナトリアル合成手法と、抗原・抗体反応等の薬理を瞬時に検出するハイスループットスクリーニング法の確立である。

本講演では、以上の背景をもとに薄膜材料開発にコンビを取り入れた研究例を紹介する。日米欧で熾烈な競争が繰り広げられている分野であるが、これまで培ってきた酸化物薄膜の原子レベル成長制御技術を武器に、超格子やドーピング制御など、これまでの実験を100倍ぐらい高速化した実施例を紹介する。

本研究は、COMET プロジェクト(<http://oxide.rlem.titech.ac.jp/combi/>)で行われた。東工大、鯉沼氏、長谷川氏、松本氏、Lippmaa 氏、ナノマテリアル研、知京氏、東北大、福村氏およ

び多数の大学院生との共同研究である。

酸化チタン光触媒の最近の話題

東大工 藤嶋 昭

酸化チタン薄膜表面に光が当たると、強い酸化力が発生する。この酸化力により、酸化チタン表面にある有機物や細菌が酸化され、殺菌、消臭、防汚などができる。今では空気清浄機などとして広く応用が拡がってきていている。さらに光励起酸化チタンには超親水性効果もあることが数年前に発見され、ガラスが曇らず、またセルフクリーニング効果があることも分かった。この現象は自動車のサイドミラー や各種外装建材に応用が始まっている。これら光触媒の研究現状のほかに、ダイヤモンド薄膜のバイオセンサーへの応用やダイヤモンド表面のナノスケール加工についても言及する。

酸化鉄微粒子に関する幾つかの化学的トピックス

京大化研 高野幹夫

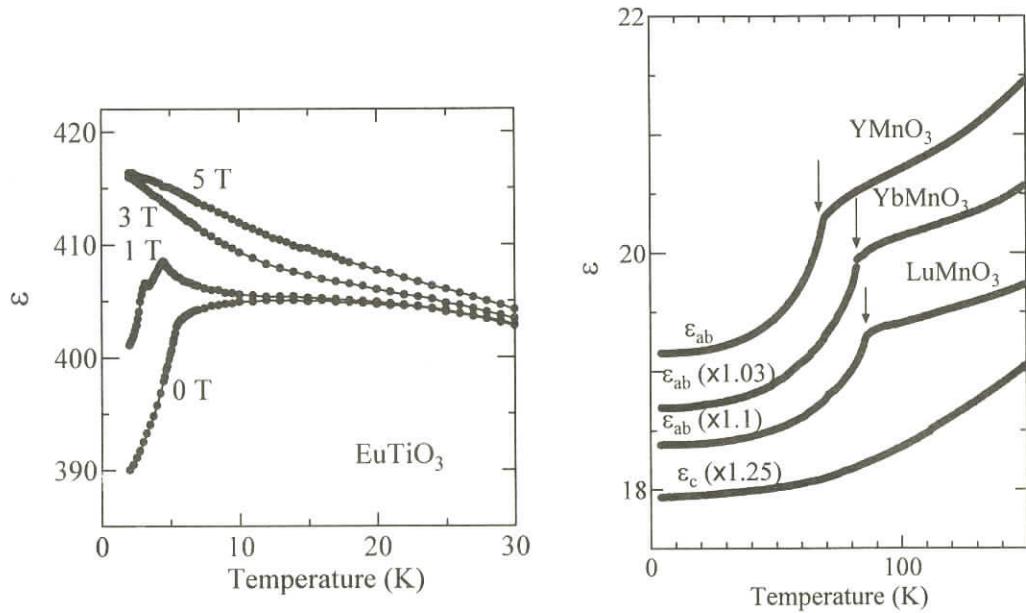
「酸化鉄」には、 Fe_3O_4 （磁鉄鉱/マグネタイト）、 $\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$ （赤鉄鉱/ヘマタイト）、 $\gamma\text{-Fe}_2\text{O}_3$ （マグヘマイト）などがある。「酸化水酸化鉄」には、 $\alpha\text{-FeOOH}$ （針鉄鉱/ゲータイト）、 $\gamma\text{-FeOOH}$ （鱗鉄鉱/レピドクロサイト）などがある。これらの微粒子の色 (Fe_3O_4 : 黒、 $\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$: 赤、 $\alpha\text{-FeOOH}$: 黄) やフェリ磁性 (Fe_3O_4 、 $\gamma\text{-Fe}_2\text{O}_3$) は、長らく実用材料に活かされてきた。用途に応じて形態とサイズを変化させるノーハウは、日本でよく蓄積されている。

酸化鉄や酸化水酸化鉄は、合成容易・安価・安定で環境にやさしい利点をもつことでもあって、最近も利用の途は広がり続けている。演者の周辺で展開されている最近の研究を幾つか紹介する。

誘電体の磁場制御

東大新領域&JST 勝藤拓郎

電気伝導と磁性の結合は、金属多層膜の giant magnetoresistance(GMR), Mn 酸化物の colossal magnetoresistance(CMR)等において詳しく調べられている。しかし、誘電率と磁性が強く結合する例はそれほど多くはない。誘電率と磁性の結合を増強する手段として、①強誘電不安定性を持つ誘電的に「ソフト」な物質を用いる、②磁性相互作用の大きな系を用いる 等が考えられる。①の例として、 EuTiO_3 を取り上げる。この物質は SrTiO_3 と同様に低温で量子常誘電性を示す一方、Eu スピン($S=7/2$)が 5.5K で反強磁的に秩序化する。この反強磁性転移温度において誘電率は鋭く減少すること、これに磁場をかけると低温で誘電率が増大する(2K、1.5T で 7%)ことが分かった(図 1)。詳しい解析の結果、誘電率の変化は隣り合う Eu スピンの対相関 $\langle S_i \cdot S_j \rangle$ に比例していることが明らかになっている。一方、②の例として六方晶 RMnO_3 (R=Y, Lu, etc.)を取り上げる。この系では、70-90K 付近の反強磁性転移に伴い面内方向の誘電率が鋭く減少する(~5%、図 2)。Weiss 温度が非常に高い(T_N の 10 倍程度)ことから、この系の磁性相互作用は非常に大きいものの、三角格子による幾何学的フラストレーションの効果のため転移温度が押さえられていることがわかる。このことが大きな誘電率の変化に寄与していると考えられる。



酸素同位体置換により誘起される SrTiO_3 の強誘電性

東京工業大学応用セラミックス研究所 伊藤 満

SrTiO_3 は数多くの酸化物の中でも最も研究例の多い酸化物の一つである。例えば酸素欠損導入による超伝導性、量子常誘電性、圧力誘起強誘電性、圧電性等、多彩な物性を示すばかりでなく超伝導酸化物用基板としても重要な意味合いをもつ酸化物である。A. Müller がこの SrTiO_3 の誘電性の研究をライフワークとして研究を続けた延長上で銅系超伝導酸化物を発見したことは、単なる偶然以上の因縁を感じるものである。一方、ペロブスカイト型の枠組みの中では SrTiO_3 は理想的なイオンのパッキングをもつ $t = 1.004$ の化合物である。 $t > 1$ の酸化物では変位型誘電体となりやすく PbTiO_3 , BaTiO_3 , KNbO_3 等がこれに相当し、 $t < 1$ では反強誘電体となりやすく、 PbZrO_3 がこれに該当する。これに反して理想的なイオンパッキングをもつ SrTiO_3 は 105 K でゾーン境界 (R_{25} モード) 相転移を起こし、転移点以下で TiO_6 八面体の回転した正方晶構造をとる。高温(100 K 以上)の誘電率を外挿した漸近的キュリー温度は $T_0 = 38$ K であり、これに向かって誘電率は上昇する。しかし、実際には量子ゆらぎ(零点振動)によって双極子の秩序化は阻止され、絶対零度近くで誘電率は一定となる。このような臨界的な SrTiO_3 では同位体置換程度の小さな摂動に対してもゆらぎのバランスがくずれ量子強誘電体化する。

文献

Mahesh and Itoh, J. Solid State Chem., 144(1999)232; Itoh et al, PRL, 82(1999)3540; Itoh and Wang, APL, 76(2000)221; Wang et al, Physica B, 284(2000)1141; Wang and Itoh, PRB, 62(2000)R731; Wang et al, ibid, 62B(2000)R3577; Itoh et al, Korean J. Ceramic Soc., 6(2000)309; Kasahara et al, JPSJ, 70(2001)648; Yamaguchi et al, PRB, 63(2001)172102-1.

透明酸化物半導体薄膜

東工大応セラ研 細野秀雄

これまでに報告されている $\text{In}_2\text{O}_3:\text{Sn}$ (ITO) や $\text{SnO}_2:\text{Sb}$ など透明導電性酸化物 (TCO) は全て N 型半導体である。しかしながら、その用途は透明な電極など金属としての性質に限定されており、半導体としての応用は殆どなされていない。多様な半導体のアクティブな機能の殆どは PN 接合に起因するが、透明 P 型酸化物半導体が最近まで見出されていなかったのがその主因である。1997 年我々のグループは透明 P 型 TCO としてデラフォサイト構造をもつ

CuAlO_2 を報告した。これ以後、同グループは Cu^+ を構成成分とする一連の透明 P 型酸化物半導体を独自の化学設計指針により見出し、最近では CuInO_2 結晶（デラフオサイト構造）を用いて Ca^{2+} または Sn^{4+} のドーピングで P/N 型制御をおこない、ホモ PN 接合の形成に成功した。これは TCO でシリコンなどの典型的半導体のように同一物質で PN 制御に成功した初めての例であろう。また、N 型 ZnO を発光層に用い、透明 P 型酸化物 SrCu_2O_2 (SCO) とのヘテロエピタキシャル PN 接合を形成し、電流注入により近紫外発光を示すダイオード (UV-LED) を試作した。本講演では P 型 TCO の設計指針と UV-LED の形成について紹介する。

VO₂ 薄膜および VO₂-TiO₂ スピノーダル系における金属絶縁体転移

物性研 村岡祐治、速水宏明、広井善二

VO₂ は 341 K で金属絶縁体転移を示す。転移には構造変化を伴い、高温金属相であるルチル型正方晶から低温絶縁相では単斜晶になる。転移温度前後で電気抵抗率は 4-5 枝、また透過率も劇的に変化する。このような特性は、転移温度 T_{MI} を室温付近まで下げることができるならば、スイッチあるいは温度敏感なフィルターやミラーに有用である。今回我々は VO₂ の T_{MI} が c 軸長と関係があると考え、薄膜と基板の格子定数のミスマッチを利用した c 軸方向への一軸圧力により T_{MI} の制御を試みた。VO₂ 薄膜はレーザーアブレーション法を用いて TiO₂ (001) および (110) 基板上に作製した(膜厚は 10 nm)。XRD 測定より c 軸長は TiO₂(001) 上の膜では面内伸張(ミスマッチ 0.86 %)により圧縮されており、また TiO₂ (110) 上の薄膜では伸張(ミスマッチ 3.6 %)されていることを確認した。また電気抵抗率測定より TiO₂ (001) 基板上に作製した VO₂ 薄膜では T_{MI} が 300 K に低下し、TiO₂ (110) 基板上の薄膜においては T_{MI} が 369K まで上昇することがわかった。この結果は T_{MI} と c 軸長に密接な関係があり c 軸長が短くなると T_{MI} は低下することを示している。なお、VO₂ におけるこのような広範囲の T_{MI} 制御は今までに例がなく、本研究で初めて達成された。

一方 VO₂-TiO₂ 系ではバルク体において [001] 方向へのスピノーダル分解の観察が報告されている。本研究ではこの現象を $\text{Ti}_{0.4}\text{V}_{0.6}\text{O}_2$ 単結晶薄膜で確認した。スピノーダル分解時の c 軸方向への変調周期を算出すると 5.6 nm となり、バルク体でみられている周期(6nm)と同程度であった。組成を考慮するとこの薄膜では V-rich 相 3.4 nm、Ti-rich 相 2.2 nm の自然超格子が出来ていると予想される。電気抵抗率の温度依存性測定によると、アニール前の試料は絶縁体であったがアニール後は VO₂ 相の存在に起因する金属絶縁体転移が 340 K 付近に観測された。この結果は組成をチューニングすればスピノーダル分解により VO₂ の 2 次元超薄膜が作製可能であることを示している。

遷移金属酸化物強誘電体の接合界面(pn 接合等)

九州工業大学工学部 渡部行男

【はじめに】 強誘電体の最も単純な理解は自発分極を持つ絶縁体である。一方、 BaTiO_3 等の強誘電体では、PTCR(正の温度係数を持つ抵抗率)効果等の電子伝導現象と応用等が知られている。従来、このような電子伝導の研究や応用は限定され、有用な特性も少なかった。高温超伝導後、遷移金属酸化物のエピタキシャル成長技術が飛躍的に進み、強誘電体表面または接合界面での様々な効果が確認されるようになった。本報告では、報告者らが発見した幾つかの現象について報告する。

(1)【強誘電体の pn 接合】 強誘電体薄膜では、酸素等の欠陥が避けられず、 BaTiO_3 や SrTiO_3 では n 型、 PbTiO_3 では Pb が一緒に抜けるため p 型の伝導を示すことが知られている。この伝導はリーグ電流と呼ばれ、幾つかの強誘電体薄膜応用の障害となり、原理的な解明が必要である。このため、また、強誘電体をヘテロ構造用半導体としての可能性を知るために、強誘電体薄膜を様々な p 型や n 型伝導のペロブスカイト酸化物上にエピシドー検討した。これらは期待通り、通常の半導体と同じようなバンド図に対応するダイオード特性を持ち、強誘電体 pn 接合を提案した^{1,2)}。さらに、このダイオード特性は電流により変調可能でその状態が保持される。この後者の現象(メモリー)は同時期に Blom らが報告し、強誘電体の自発分極のためとしたが³⁾、報告者らは、強誘電性を持たない場合にも見られるため、界面での電荷注入とその異常に長い緩和時間を原因とした⁴⁾。詳細には、強誘電体 pn 接

合で低めの電圧の短パルスを用いた場合にのみ、自発分極に帰属可能な変調が見られる²⁾。この現象は、ナノメータースケールでも見られ、pn接合ではパルス変調で10日以上の変調ができる。pn接合の形成は、これらの現象だけでなく、温度低下と共に増加するトンネル電流の発見や、従来の強誘電体に比べ顕著に大きな光起電力効果によっても支持される。但し、最近、このメモリー効果は、より深い問題を提起する現象につながる可能性が分かった⁵⁾。

(2)【強誘電体の分極による電界効果】高温超伝導体の研究で最も感動したのは常伝導状態の異常である。特に、高温超伝導体の組成と電気特性の相図を見ると、電子相関による金属絶縁体転移を利用して室温動作する素子の可能性があると気付く。即ち、単純にキャリヤを生成消滅させる以上に大きな伝導変調を得る可能性がある。従来の半導体素子はpn接合を利用するため極限寸法が限られるが、電子相関の利用でこの問題を解決できる可能性を持つと考えた。とはいっても、この実証には高い作製技術が必要であり、また、これだけでSiの世界に挑戦するのは無謀である。このため、Si素子では定性的にもできない素子を狙い、高温超伝導体が様々な機能を持つペロブスカイトと相互にエピタキシャル可能であることに注目した。磁性制御と電荷制御の比較検討の結果、強誘電体との組合せに絞り込み、「94年にメモリー応用に向け全ペロブスカイト強誘電体/半導体構造⁶⁾を最初に提案した^{7,8)}(上記(1)はこの研究から派生したものである)。原理的な単純な構造でこの考えを実証したところ、5-7Vの10μs-1msで5-10%の変調で、1日では変化せず、10ヶ月でも変調の半分を保持した^{9,10)}。このことは従来できなかった単パルス(従って強誘電性)による伝導保持が初めて実証されたことを示す。この後、幾つかのグループがこの研究に続いた。その結果を表にまとめる¹¹⁻¹³⁾。

著者	グループ名	材料	変調(%)	電圧(V)	速度(μs)	記憶保持期間	発表日(投稿日)
Watanabe	Mitsubishi Chem.	PZT/LaCuO	5-10	5-7	100 (10)	14 weeks (10M)	95.4.3 (94.11.14)
Ahn	Stanford/ Geneve	PZT/SrCuO	3.5	5	100000	5 min	95.7.21 (95.4.17)
Mathew	Maryland	PZT/LaMnO	>100	100	∞ (DC)	1 day	97.4.11 (96.8.26)
Ota	ETL	PZT/BiSrCuO	20000	9	∞ (DC)	1 day	00.10.30(01.6.15)

参考文献・註：¹⁾Physica C235-240, 739 (1994), ²⁾Phys. Rev. B 59, 11257(1999), ³⁾Blom et al., Phys. Rev. Lett.73,2107(1994), ⁴⁾Appl. Phys. Lett.66, 29 (1995), ⁵⁾Appl. Phys. Lett.78, 3738(2001), ⁶⁾強誘電体をゲート絶縁体とした電界効果半導体素子は'57年にベル研から提案されたが記憶保持できないため実用化せず、後にBell研から提案されたE²PROM(フローティングゲート型)が実用化されている。何れも、既存のメモリー素子より高集積化可能だが、原理的に強誘電体ゲート型はより高速動作で且書き換え耐用回数が多い(このため、通産プロジェクト等で重要検討対象となっている), ⁷⁾Appl. Phys. Lett.66, 299 (1995), ⁸⁾米国特許No. 5418389 (1995), ⁹⁾Appl. Phys. Lett.66, 1770 (1995), ¹⁰⁾応用物理学65, 274 (1996), ¹¹⁾Ahn et al., Science269, 373 (1995), ¹²⁾Mathew et al., Science276, 238(1997), ¹³⁾Ota et al., J. Appl. Phys. 89,8153 (2001).

薄膜エピタキシーを利用した新銅酸化物超伝導体の合成

NTT 内藤方夫

銅酸化物高温超伝導体の薄膜成長研究の多くは、超伝導エレクトロニクス応用を目指し、バルク単結晶に匹敵する(ironicに言えばバルクには決してかなわない)高品質薄膜を作製することに向けられてきた。しかし、最近の我々の研究結果は、薄膜合成がバルク合成を越えるポテンシャルを秘めていることを示唆する。その例をいくつか示そう。

(1) エピタキシャル歪みによる T_c 上昇

プロトタイプ高温超伝導体 $(La,Sr)_2CuO_4$ 及び $(La,Ba)_2CuO_4$ は、単純な結晶構造をもち、ドーピングがカチオンで制御するために、物性研究には適した物質である。しかし、その高品質薄膜は1995年まで得られなかった。その原因是、high- T_c に広く使われている $SrTiO_3$ 基板との格子不整合にあるのではないかと早くから推測されていた。格子整合の良い $LaSrAlO_4$ 基板を用いることにより、この問題は解決できたばかりではなく、薄膜の T_c がバルクの37Kを凌ぐ44Kに上昇した。 T_c 上昇は圧縮性のエピタキシャル歪みによるものであることが明らかになっている。さらに、圧縮性歪みにより、この系に特有な(特にLBCOで顕著な) T_c 低下要因の1/8異常が消失する。現在、これらの現象の微視的

解説を進めているが、「高 T_c 歪み薄膜は低温での残留抵抗が小さい」「残留抵抗はスピノン散乱によるものらしい」ということから超伝導と磁性の(協調でなく)競合が示唆される。

(2) 薄いことのメリット

もう一つのプロトタイプ高温超伝導体は n 型の $(Nd,Ce)_2CuO_4$ 及び $(Pr,Ce)_2CuO_4$ である。上記の p 型の LSCO/LBCO との対比は発現機構に重要な知見を与える。しかし、この系の超伝導発現には「還元」処理が必須で、良質試料を得ることが難しい。「還元」処理の意義は、当初は不可解であったが、現在では成長中に入る頂点位置の過剰酸素の除去にあることが確立している。「還元」は銅酸化物には危険な処理であり、銅一酸素結合が弱いために CuO_2 面の酸素が失われかねない。 CuO_2 面の酸素を保持し、頂点酸素のみを除去する相図空間のウインドウは狭い。また、低温では酸素の拡散は遅く、厚い単結晶試料では(人生をかけた?)時間との戦いとなる。「薄い」形状が処理時間を指数関数的に短縮する。NCCO や PCCO の良質試料が薄膜の方が得やすい原因はこの辺にある。

(3) 低温成長による新物質合成

p 型の LSCO/LBCO と n 型の NCCO/PCCO はともに化学式 A_2BO_4 あるが、結晶構造は前者は K_2NiF_4 (略称 T) 構造と Nd_2CuO_4 (略称 T') 構造と異なる。構造を決める因子は primary には希土類のイオン半径である。イオン半径の大きな La は T 構造をとり、それよりイオン半径の小さな Pr から Gd までの希土類は T' 構造をとる。T-T' 境界は、La と Pr の間にある。La はこの境界の直近に位置するため、T' 構造の La_2CuO_4 を合成することは不可能ではない。La サイトを一部イオン半径の小さな Ce⁴⁺ で置換すれば、いっそ T' 構造が安定化する。そのような試みは過去にあったが、合成温度が 600°C 以下に限られるので、バルクでは良好な結晶性が得られなかった。600°C という合成温度は、バルクにとっては低温であるが、MBE 成長では「適温」である。この特長を活かし、最近良好な特性をもつ $(La,Ce)_2CuO_4$ 薄膜の作製に成功した。 T_c は -30K で、NCCO/PCCO より 5K 高い。

(4) エピタキシー(基板選択)

同じ電子ドープ超伝導体にはさらに構造が単純で、かつ、 T_c の高い (~43K) 無限層構造の $(Sr,Ln)CuO_2$ ($Ln=La,Pr,Nd,Sm$) がある。この物質の唯一の難点は、高圧合成が必要なことである。しかし、薄膜では基板とのエピタキシャル効果で高圧相を安定化できる。end member の $SrCuO_2$ は格子整合する $SrTiO_3$ 基板上に容易に作製できるが、Ln をドープすると面内格子定数が増大するため、 $SrTiO_3$ 基板では良好な超伝導特性が得られない。この問題は、ごく最近、 $KTaO_3$ 基板 ($a_0 \sim 3.989\text{Å}$) を用いることにより解決された。単結晶薄膜の T_c (zero) は 39K である。

超高压を用いた超伝導体の合成

超電導工学研究所 山本文子, N.R. Khasanova, E. Kandyel, S. Lee, 田島節子
新高温超伝導体探索により普及した超高压合成法は、新しい無機化合物を合成する有力な手段の一つである。なぜなら、高圧下での陰イオンと陽イオンの圧縮率の違い、あるいは高密度相への転移により、常圧では安定化できない組成や構造が可能となるからである。また、閉鎖系で熱処理するため、蒸気圧の高い元素が含まれる場合も組成ずれを起こしにくいう利点もある。これらの特性を生かして、我々はここ数年で、いくつかの新しい超伝導体および関連物質を合成したので紹介したい。

Bi 酸化物超伝導体: $K_{1-x}A_xBiO_3$ ($A=La, Bi$ and Ca , $T_c = 5-12\text{ K}$)

正方晶ペロフスカイト型構造, Bi の平均電荷と T_c に相関

Pb 酸化物伝導体: $Ca_{1-x}M_xPbO_3$ ($M=Y$ and Nd),

斜方晶ペロフスカイト型($GdFeO_3$)構造, x の増大に伴い、絶縁体-金属転移

Cu 酸化物超伝導体(Hg-1222):

$(Hg,M)Sr_2(Ln,Ce)_2Cu_2O_7$ ($M=Ti, V, Cr, Mo, W, Re; Ln=Sm, Eu, Gd, Dy, Ho, Er$)

層状ペロフスカイト型構造、萤石層を含む HTSC で最高の $T_c = 75\text{ K}$ を確認

金属ホウ化物超伝導体: MgB_2 ($T_c = 38\text{ K}$)

AlB_2 型構造、単結晶を高圧下で合成、s 波的超伝導ギャップを観測 (ラマン分光)

これらはいずれも、cubic-anvil press (2-6GPa, 900-1600°C) を用いて合成した。

- 参考文献：(1) N.R. Khasanova *et al.*, Physica C 305 (1998) 275.
 N.R. Khasanova *et al.*, Physica C (2001) in press.
 (2) A. Yamamoto *et al.*, Chem. Mater. 11 (1999) 747.
 (3) E. Kandyel *et al.*, J. Solid State Chem. 154 (2000) 488.
 (4) S. Lee *et al.*, Cond-mat / 105545.

なお、本研究は超電導応用基盤技術研究体の研究として、新エネルギー産業技術総合開発機構（NEDO）の委託により実施したものです。

銅酸化物超伝導体の精密組成制御

東大院工 岸尾光二、越智健二、堀井滋、下山淳一

【はじめに】 $\text{FeSr}_2\text{RECu}_2\text{O}_y$ [Fe1212], $\text{RuSr}_2\text{RECu}_2\text{O}_y$ [Ru1212]は、 $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-\delta}$ に代表されるRE123(=Cu1212相)と類似した構造を持つ。構造の違いは主に高価数のFeやRuがブロック層のCuに置き換わっていることを電荷補償するための Cu(1)サイトの酸素の大きな占有率による。 $\text{RuSr}_2(\text{RE,Ce})_2\text{Cu}_2\text{O}_y$ [Ru1222]はRu1212の CuO_5 ピラミッド間に RE_2O_2 ホタル石層が挿入された構造を持つ。従来Fe1212はキャリア不足のため低温で半導体的な振る舞いを示すと考えられていた。また、Ru1212, Ru1222では超伝導と磁性(反強磁性または強磁性)の共存が報告されているが、ミクロに共存しているかどうかという疑問も出てきている。これらの物質の特性には微妙な化学組成の違いが大きく影響することが考えられるが、これを意識した研究例は少ない。そこで、我々はFe1212($\text{RE}=\text{Y}$), Ru1212(Eu,Gd,Tb), 1222(Eu,Gd)化合物について化学組成と低温物性の関係明らかにすることを目的として、高純度試料の合成、後熱処理による化学組成の精密制御および物性の評価を行っている。

【実験】Fe1212, Ru1212, 1222 焼結体試料の合成は通常の固相反応法によって行い、焼成条件はそれぞれ単相またはそれに近い試料が得られるように最適化した。精密熱天秤装置を用いて焼結体試料の平衡酸素量 y を温度、雰囲気酸素分圧の関数として調べ、得られた相図をもとに後熱処理を行った。酸素量の絶対値は高温水素還元による重量変化率から決定した。一部の試料は超高压下で合成し、また、後熱処理は高酸素圧(<300atm)下まで行った。生成相の評価、格子定数の決定は粉末X線回折法により行い、超伝導特性はSQUIDによる磁化測定および直流4端子法による抵抗率測定によって調べた。

【結果と考察】測定した温度、酸素分圧の範囲内で、酸素量 y はFe1212で7.02~7.66, Ru1222では9.84~10.00と大きく変化すること、一方、Ru1212では酸素不定比性が極めて小さく $y \sim 8.0$ であることがわかった。さらに、Fe1212では酸素分圧約 10^{-3} atmの還元雰囲気下、800°C付近の温度で保持することによって、酸素不定比量の振る舞いが異なる新しい相に変化することがわかった。新しい相の試料のX線回折パターンにはFe1212に由来するピークしか認められなかったが、中性子回折によって、従来の相ではFeとCuが大量に相互固溶していること、新しい相ではこれが抑制されていることがわかった。図1のように高圧酸素アーナー(250°C, $P_{\text{O}_2}=300\text{atm}$)によって新しい相(Phase B)は超伝導を示したが、従来の相(Phase A)は半導体的な挙動を示した。しかし、Phase Bにおいても CuO_2 面のCuの6%がFeで置換されており、合成および後熱処理プロセスの最適化によってさらに T_c は改善できるものと考えている(現在の最高は72K)。

図2にRu1212, 1222試料の抵抗率の温度依存性を示す。合成過程で SrRuO_3 の生成を抑制した単相に近いRu1212試料は最終熱処理条件によらずほぼ同じ $T_c(\text{onset})$ で超伝導転移したが、Ru1222の T_c は最終熱処理条件に大きく依存した。これらは、酸素不定比性の違いから説明できる。

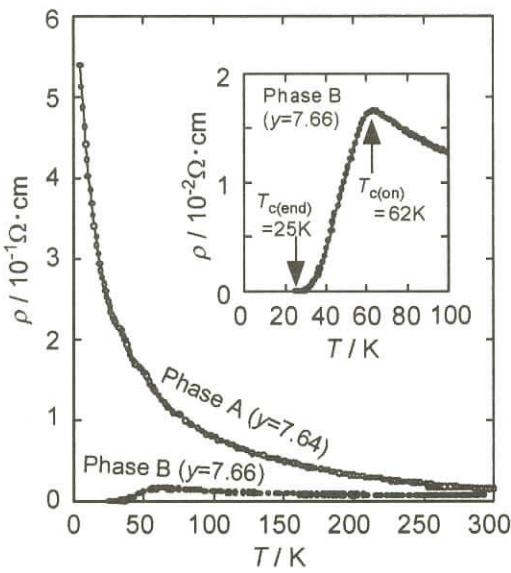


図1. $\text{FeSr}_2\text{YCu}_2\text{O}_y$ [Fe1212]の抵抗率の温度依存性

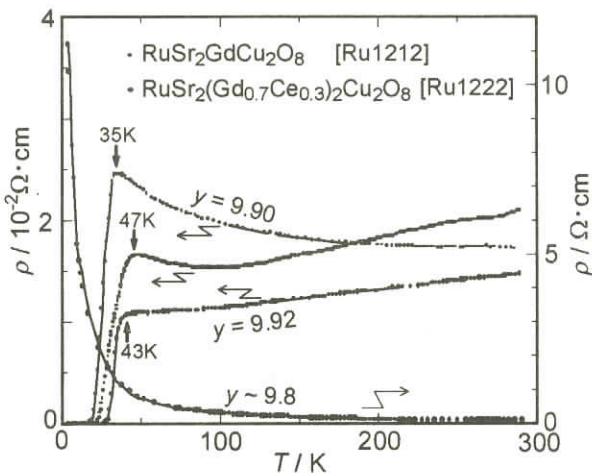


図2. $\text{RuSr}_2\text{GdCu}_2\text{O}_8$ [Ru1212] と酸素量を変えた $\text{RuSr}_2(\text{Gd}_{0.7}\text{Ce}_{0.3})_2\text{Cu}_2\text{O}_y$ [Ru1222] の抵抗率の温度依存性

マンガン酸化物におけるスピン秩序の光制御

名古屋大学理工科学総合研究センター 中村新男

マンガン酸化物では、Srなどの元素ドーピングで Mn イオンの価数制御することによって、絶縁体—金属転移や種々の磁気相転移、巨大磁気抵抗効果などが現れる。Mn サイトのオンサイト交換相互作用がこのような輸送現象や磁性を支配し、その大きさが他の磁性体に比べ非常に大きい($J \sim 3$ eV)ために、磁気的秩序が可視光領域の反射・吸収スペクトルに反映されている。このような系にパルス光によってキャリヤドーピングを行うと、スピン秩序の変化とそれに伴った電気抵抗の変化が期待される。ここでは、光誘起の spin-disorder とその動的挙動について述べる。

1) スピン秩序の光制御と相転移温度近傍における臨界緩和現象

$T < T_c$ の強磁性相における $\text{R}_{0.6}\text{Sr}_{0.4}\text{MnO}_3$ ($\text{R}=\text{Nd}_{0.5}\text{Sm}_{0.5}$ 、 $T_c=170\text{K}$)、 $\text{La}_{0.7}\text{Ca}_{0.3}\text{MnO}_3$ ($T_c=260\text{K}$) では、 Mn^{3+} イオンの e_g 遍歴電子と t_{2g} 局在電子との二重交換相互作用によってスピンは強磁的に order している。常磁性—強磁性転移に伴って e_g バンド間の光学遷移による吸収スペクトルが変化し、その強度は磁化の大きさの二乗に依存して変化する。この吸収スペクトルの変化をモニターすることによって、レーザー光照射による磁気的秩序の変化を調べた。酸素の 2p 電子スピンを Mn の e_g 軌道へ電荷移動励起することによって強磁性的スピン秩序が破れる。このような spin-disorder は、 $T \ll T_c$ では $10\text{--}200\text{ps}$ で起こり、 $\sim 100\text{ns}$ で光励起前の秩序状態に回復する。しかし、磁気秩序回復に対応する緩和時間 τ は温度に強く依存し、転移温度 T_c に近づくと、 τ は $30\text{--}100\text{ns}$ から $30\text{ }\mu\text{s}$ へと発散的に増加する。この振る舞いは $\tau \propto T/T_c - 1^{-1.39}$ で記述され、三次元 Heisenberg モデルの結果によく一致することがわかった。さらに、励起強度を高くするとこの関係が成り立つ温度範囲が広がることから、光誘起された spin-disorder に伴った電荷整列ゆらぎが示唆される。

2) 光誘起 spin-disorder に伴った電気抵抗の変化

二重交換系では、局在スピンが強磁性秩序をもっている場合に e_g 遍歴電子は自由に動き回るので、伝導特性は金属的振る舞いを示す。しかし光励起によって spin-disorder が導入されるならば、電気抵抗が増大することが期待される。 $\text{La}_{0.6}\text{Sr}_{0.4}\text{MnO}_3$ 薄膜の光誘起抵抗変化 $\Delta R/R$ を測定したところ、抵抗の増加が観測され、 $\Delta R/R$ の緩和時定数、温度依存性、励起波長依存性が吸収スペクトル変化の振る舞いによく一致していることがわかった。光で誘起された spin-disorder に伴い、伝導特性が金属から絶縁体的伝導へ変化することが確かめられた。

一次元銅酸化物の巨大非線形光学応答

東大新領域 岡本 博

中心対称性のある構造では、最低次の非線形光学応答は三次となる。この三次の非線形光学応答は光双安定性や光スイッチングなど多彩な非線形光学現象を支配するものであり、応用の観点から大きな三次の非線形光学定数 $\chi^{(3)}$ をもつ物質が望まれている。一般に、一次元系では、電子が一方向に閉じ込められているために大きな $\chi^{(3)}$ が観測される。これまでの一次元系における三次の非線形光学応答の研究は、バンド絶縁体であるポリシランや π 共役ポリマーに集中してきた。これに対して、モット絶縁体の非線形光学応答の研究はこれまでほとんど行われていないのが現状である。本研究では、典型的な一次元モット絶縁体である銅酸化物 Sr_2CuO_3 、 Ca_2CuO_3 およびハロゲン架橋ニッケル錯体の非線形光学応答を、電場変調反射分光、第三高調波発生によって調べた。その結果、これらの物質が、従来のバンド絶縁体に比べてきわめて大きい $\chi^{(3)}$ を示すことが明らかとなった。この $\chi^{(3)}$ の増大の主たる要因は、奇と偶の電荷移動励起状態が縮退することによって、それらの状態間の遷移双極子モーメントが増大することにある。これらの一次元モット絶縁体のもう一つの特徴は、光励起状態の緩和が極めて速いことにある。一連のモット絶縁体について、反射型ポンププロープ分光を使って緩和過程を調べたところ、緩和の時定数はいずれの系でも 20psec 以下であり、その時定数は励起子的な束縛状態の安定性に強く依存することが明らかとなった。

モット絶縁体における光励起状態と非線形光学応答の理論

東北大金属材料研究所 遠山貴己

モット絶縁体の電荷ギャップは、電子間に働く強いクーロン相互作用に起因している。そのため、バンド絶縁体とは異なる非線形光学応答が期待される。実際、Cu 酸化物や Ni-錯体などの一次元モット絶縁体において大きな 3 次の非線形光学感受率が報告されており、モット絶縁体における非線形光学応答の解明が求められている。我々はモット絶縁体を記述する half-filling の Hubbard モデルを用い、有限サイズのクラスターに対するハミルトニアンを数値的に対角化することによって非線形光学応答スペクトルを求めた。一次元系のスペクトルの特徴はスピン・電荷分離により生じた holon (非占有サイトの電荷の自由度) と doublon (二重占有サイトの電荷の自由度) の存在によって説明される。その要点は、スピン自由度を無視できることと、holon と doublon は同じ場所には来られないということから、dipole-allowed 状態と dipole-forbidden 状態はほぼ縮退し、両者の間に大きな dipole moment が生じる条件が整っている点にある。一方、二次元系では、一次元系とは異なり、光によって生成されたホールと電子の運動は、それらの周りに存在するスピンによって大きく乱される。そのため、dipole-allowed 状態と dipole-forbidden 状態が同じエネルギー領域に存在していても、スピン状態は両者で異なっている。その結果、両者の間の dipole moment は大きな値を取り、スペクトル強度も一次元系に比べて小さくなる。光励起状態に対するスピンの効果は共鳴 2 マグノンランダム散乱強度の入射光依存性に顕著に現われる。

スクッテルダイト構造への原子挿入と熱電特性

東北大学大学院工学研究科材料化学専攻 滝澤博胤

スクッテルダイト型化合物（一般式 TX_3 、T:遷移金属、X:ブニコゲン）は体心位置に大きな空隙を有し、原子半径の大きな金属原子を構造中に取り込むことができる。体心サイトを占有した原子は骨格構造とゆるやかに結合するため大きな熱振動を示し、フォノンの散乱による熱伝導率の低減（rattling 効果）に有効であり、現在までに種々の希土類金属やアルカリ土類金属を取り込んだフィルドスクッテルダイト化合物の熱電特性が多数報告されている。我々はスクッテルダイト型 CoSb_3 への高圧力下での原子挿入を検討し、超高压力下では種々の 14 族原子を $\text{CoSb}_3(\text{Co}_4\text{Sb}_{12})$ の体心位置に挿入できること、スズやゲルマニウム原子を挿入した系では母体の半導体性を失うことなく、熱伝導率が大幅に低減できることを見いだした。本研究会では、スクッテルダイト母格子への原子挿入の有

効性について議論する。

CoSb_3 等の 9 族遷移金属元素の化合物は、価電子論的にスクッテルダイト構造が安定であるため、体心位置の空隙サイトに原子を充填することは通常は困難である。例えば CoSb_3 への Ce の充填率は 10% 以下と報告されており、高充填率を満たすには Co を Fe で置換して電荷補償する必要がある。一方、8 族遷移元素を TX_6 八面体の中心金属とすると、骨格構造安定化のためには充填原子からの電子供与が必要であり、結合形成した充填原子は期待ほどには rattling しないように思われる。

安定なスクッテルダイト骨格を有する CoSb_3 母体に小さな金属原子を挿入することで、空隙内でゆるやかに結合した環境を創出できると考え、超高压力場を反応場とした原子挿入を行った。得られた $\text{Sn}_x\text{Co}_4\text{Sb}_{12}$ や $\text{Ge}_x\text{Co}_4\text{Sb}_{12}$ においては、最大充填量においても母体の半導体性は保持されており、かつ、他のフィルドスクッテルダイト系化合物と比較しても大幅な熱伝導率の低減が実現できた。すなわち、スクッテルダイト系においては、“better rattler”的選択が重要である。

強相関電子系酸化物による熱電変換

早大理工 科技団若手研究 寺崎一郎

固体の熱電気現象を通じて、熱と電力を相互変換する技術を熱電変換、それに用いられる材料を熱電変換材料という。これまで熱電変換材料には、高移動度の縮退半導体が用いられてきた。

酸化物はその低移動度と、軽い酸素原子に由来する高い熱伝導率によって熱電変換材料としては「問題外」であると信じられてきた。我々は数年前に層状コバルト酸化物が、従来の熱電変換材料に匹敵する熱電特性を持つことを発見し、以来、酸化物による熱電変換を提唱している。

層状コバルト酸化物は、他の酸化物と同じく低移動度の系であること、また通常の熱電半導体の 100–1000 倍もキャリア濃度が高いこと、それにもかかわらず高い熱起電力を持つことがわかつた。我々は強い電子相関がこの系の熱電特性を特徴付けていると主張してきた。実際、この系の磁化率・電子比熱は通常の金属のそれより 1–2 衍高い。この結果は、この系では Ce 化合物の価数揺動系と類似の電子状態が形成されていることを強く示唆する。実際、Ce 系化合物の熱起電力と抵抗率は本系のそれに近い。本系のバンド構造は価数揺動/重い電子系と定性的にも異なっており、どのような機構で、類似の電子状態が実現しているのかは未だ不明である。

当日は、この系の電子物性について現在得られている実験結果をもとに、高い熱電特性の発現機構について議論し、酸化物による熱電変換の可能性と問題点についても触れる。

熱起電力におけるスピンおよび軌道縮退の効果

東北大学金属材料研究所 小椎八重航、前川禎通

近年、熱電変換材料に対する関心が高まっている。この材料は熱から電気を作り出す。応用面において、これまでに我々がエネルギーを得るために排出してきた廃熱の利用、宇宙空間での探査衛星のエネルギー源など、熱電変換材料は多くの可能性を与えてくれる。また、この発電は基本的に老廃物を伴わず、環境にやさしいことも、この材料への関心が高まっている理由の一つである。

これまでの熱電変換材料開発には多く半導体が用いられてきた。その大まかな設計指針は以下のようである。熱電変換材料には、大きな熱起電力だけでなく小さな抵抗率が要求される。熱から作られた電気を、熱電変換材料自身がジュール熱として放出してしまっては意味が無いからである。半導体の電子物性は、キャリア濃度により制御される。キャリア濃度が減っていくと、熱起電力は対数的に増大するが、抵抗率も同時に大きくなってしまう。一般に、絶縁体に近い物質では熱起電力が大きく、一方、金属のように抵抗率が小さな物質では熱起電力は小さい。応用上、最適なキャリア濃度は $10^{18}\sim 10^{19} \text{ cm}^{-3}$ と見積もられ、この束縛のもとに熱電材料開発は行われてきた。

寺崎ら[Phys. Rev. B56, R12685 (1997).]は、コバルト酸化物 NaCo_2O_4 に新たな熱電変換材料開発の可能性を示した。 NaCo_2O_4 の熱起電力は室温付近で $100 \mu\text{V/K}$ に達し、抵抗率は室温付近でおよそ $200 \mu\Omega\text{cm}$ と、良導体の性質を示す。そして、キャリア濃度は $10^{21}\sim 10^{22} \text{ cm}^{-3}$ に及ぶ。こうした電子物性は、半導体に支えられたこれまでのエレクトロニクス技術における常識と相反している。半導体

の電子状態はバンド理論により、よく理解され、物質設計も行われてきた。しかし、遷移金属を含む酸化物を舞台とする電子系は、典型的な強相関電子系であり、バンド理論の枠組みの外にある。

我々は、強相関電子系における熱起電力を理論的に調べてきた。強相関電子系を理解する上で鍵となるのが、電子のスピンと軌道の自由度である。電子間相互作用が、電子の持つ個性、スピン自由度を引き出し、磁性を発動するように、強い電子相関は軌道もまた電子の自由度として物性に寄与させるのである。

本研究では、数値的対角化法およびHeikesの式の一般化と、多面的に熱起電力におけるスピンと軌道自由度の役割について調べた。数値的対角化法で用いた模型は、各サイトあたり二つの二重占有を禁止した軌道を持ち、二つの軌道間にはエネルギー準位差(Δ)が導入されている。この模型における熱起電力と抵抗率の Δ 依存性を、温度の関数として求めた。 Δ を大きくすると熱起電力は減少していくが、抵抗率は Δ に全くと言って良いほど依存しない。抵抗率は温度に比例して上昇する。また、熱起電力は温度の増加とともに増大していく、高温側で一定値に収束していく。この高温での熱起電力(Q)を与えるのがHeikesの式である。本研究で取り扱った系におけるHeikesの式は次のように求まる：

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

ここで、 k_B はボルツマン定数、 e は電荷素量、そして x はホール濃度であり、 g_e および g_h はホールを含まないサイトおよびホールを含むサイトが担う縮退度である。この式から、数値的対角化法により得られた結果が何を意味しているのかを理解することが出来る。 Δ が小さければ、高温で電子はすべての軌道に分布することとなる。ところが、 Δ を大きくしていくと、電子はより安定な軌道を占めるよう振る舞い、その結果軌道縮退の効果が抑制されてしまう。 Δ によりコントロールされる軌道縮退の効果は、式(1)から明らかなように、 g_e および g_h を通して、直接熱起電力に影響るのである。このとき、 x はもちろん変化せず、軌道縮退の効果は抵抗率には現れない。

式(1)は、 g_e および g_h を Co^{3+} と Co^{4+} が担う縮退度とよみかえることにより、そのままコバルト酸化物に適用できる。 NaCo_2O_4 に対し、我々の理論を適用すると正の値を持つ大きな熱起電力が得られ、実験を説明する。この理論から示唆される重要な点は、スピンそして軌道縮退が司る伝導機構は、熱起電力のみに影響し、抵抗率には関与しないことである。寺崎らの発見は、遷移金属酸化物の特徴であるスピンと軌道の物理を直接反映しているものと理解され、新たな概念に基づいた熱電変換材料開発への発展が期待される。

物性研究所短期研究会

「量子凝縮系の超流動と量子渦－超流動 ヘリウムと中性原子気体BEC－」

日時 平成13年10月18日（木）～19日（金）

場所 東京大学物性研究所大講義室（6階A632号室）

司会人 ○坪田 誠（大阪市立大理）

石本 英彦（東大物性研）

久保田 実（東大物性研）

白浜 圭也（慶應大理工）

町田 一成（岡山大自然）

和田 信雄（名大理）

上田 正仁（東工大理工）

上妻 幹男（東大総合）

畠 徹（大阪市立理）

平野 琢也（学習院大理）

水崎 隆雄（京大理）

レーザー冷却されたアルカリ原子気体のボース・AINシュタイン凝縮（BEC）は、現在、物性物理学の中でも最も活発な研究が繰り広げられているテーマと言っても過言ではない。そして、凝縮体、素励起、量子渦等を対象としたBECの物性物理は、超流動液体ヘリウムを対象とした伝統的な低温物理学の影響を色濃く反映している。欧米では、レーザー冷却を行う量子エレクトロニクスの研究者と、低温物理の研究者の間には緊密な交流があり、それが双方の「量子コヒーレント凝縮系」の研究を推進する大きな要因であった。ところが、国内を振り返ってみると、そのような研究交流は皆無と言って良く、それは双方にとって望ましい状況でない。そのような研究交流をはかろうとする試みが最近、我々によってなされており、本研究会もその重要な一環である。くしくも会期直前に、2001年度ノーベル物理学賞が「希薄なアルカリ原子ガスでのBECの実現と基礎的な研究」の研究に対し授与されることが決まった。その熱気を反映して、本研究会では約80名の参加者があり、活発な議論が行われた。本研究会が、国内における「量子コヒーレント凝縮系」の研究を飛躍的に発展させる契機となれば幸いである。

（坪田誠）

プログラム

10月18日（木）		
10:00 - 10:05	挨拶	坪田 誠 座長 水崎 隆雄
- - BEC (1) - -		
10:05 - 10:35	BEC review 斎藤弘樹（東工大）	
10:35 - 11:05	BECにおける渦生成の臨界角速度の理論 町田一成(岡山大)、水島健	
11:05 - 11:35	回転BECにおける量子渦格子の形成 坪田誠（阪市大）、笠松健一、上田正仁（東工大）	
11:35 - 12:05	F=2 ルビジウム凝縮体の諸性質とその応用 吉川豊（学習院大）、荒木幸治、近藤勝利、桑本剛、平野琢也	
12:05 - 12:35	ボーズ凝縮体を用いた光の凍結、量子渦中の光の閉じ込め 上妻幹男（東工大）、Lu Deng,E.W.Hagley	
*****昼食 *****		
- - 3He (1) - -		座長 白濱 圭也
13:30 - 14:15	Cosmological Experiment in He - 3(Invited talk) Y.Bunkov (CNRS,France)	
14:15 - 14:45	回転超流動3He の実験 水崎 隆雄（京大）	
14:45 - 15:05	回転超流動ヘリウム3のNMR 石黒亮輔（京大）、山下穂、五十嵐武（物性研）、佐々木豊（京大）、 石川修六（阪市大）、水崎隆雄（京大）、 久保田実（物性研）、石本英彦	
15:05 - 15:25	超流動3He の高速回転場中における渦相図 北孝文(北大)	
*****休憩 *****		
- - 3He (2) - -		座長 石本 英彦
15:50 - 16:10	超流動3He における量子渦の生成・消滅機構 畠徹（阪市大）、林有香、中川久司、矢野英雄、石川修六	
16:10 - 16:30	液体3He の密度の磁場依存性から帶磁率極大現象を読む 三沢節夫（日大）、青木悠樹（東工大）、奥田雄一	
16:30 - 16:50	超流動ヘリウム3 薄膜の転移温度 斎藤政通（物性研）、棕田秀和（理研）、河野公俊	
16:50 - 17:10	エアロジェル中3He での音波 市川貴之(広島大)、東谷誠二、永井克彦	
17:30 -	懇親会	
10月19日（金）		
- - 制限された空間中のHe - -		座長 久保田 実
9:30 - 10:00	メゾ多孔体中の1次元ヘリウムボース流体 和田信雄（名大）、谷口淳子（東大）、奥野智久、池上弘樹(理研)	
10:00 - 10:20	孔径50 Å以下の細孔試料に吸着した4He 薄膜超流動転移の孔径依存 山登庸次（東大）、池上弘樹（理研）、和田信雄（名大）	
10:20 - 10:40	ランダムポテンシャル中の希薄ボース気体のボース凝縮と超流動 小林未知数（阪市大）、坪田誠、荒木恒彦、小川伸一郎	
*****休憩 *****		
- - BEC (2) - -		座長 上妻 幹男
11:10 - 11:30	ボーズ凝縮体と回転する非凝縮気体のダイナミクス 二国徹郎（トロント大）	
11:30 - 11:50	ボース凝縮と気体液体凝縮の比較論 国府俊一郎（高知大）	
*****昼食 ****		
- - 4He - -		座長 畠 徹
13:30 - 13:50	渦冷凍機の開発 藤井宗明（熊本大）、中村慶一郎、後藤豊	
13:50 - 14:20	多孔質中He 薄膜の臨界速度と Josephson のコヒーレンス長 久保田実（物性研）、小幡利顕、福田宗行、V.Syvokon	
14:20 - 14:40	多孔質体に吸着したヘリウム4 薄膜上に熱励起する渦対のエネルギー分布 小幡利顕（物性研）、久保田実	
14:40 - 15:00	回転超流動ヘリウム上の2次元電子系 棕田秀和(理研)、西山伸也、河野公俊	
15:00 - 15:20	液体4He の転移にたいする相図の計算 佐々木祥介（静岡理工科大）	
15:20 - 15:40	超流動4He 中のイオンによる渦の核生成 山本洋（横浜市大）、石川幸志	
閉会		

BEC review

東工大理 斎藤弘樹, 上田正仁

中性原子気体を磁気的あるいは光学的ポテンシャルに捕獲し、極低温に冷却することでボース・アインシュタイン凝縮 (BEC) させるという実験が 1995 年以降世界各地で相次いで実現され、爆発的な勢いで研究が進行している [1, 2]。そして早くも 2001 年度のノーベル物理学賞が BEC の実験的研究に貢献した E. A. Cornell, C. E. Wieman (JILA), W. Ketterle (MIT) に与えられた。

原子気体の BEC は超流動ヘリウムと比較してどこが新しいのだろうか。最も大きな違いは、制御性が非常に高いという点にあると言える。レーザー光や磁場を利用して凝縮体に様々な操作を加えたり、系のパラメータを高い精度で自由に制御することが可能である。この高い制御性によってこれまでの系では実現できなかった実験が可能になっており、量子論の基礎的な検証や、量子多体効果の研究、原子レーザーの生成など、BEC を用いた研究は大変多岐に渡っている。

本講演では最近のいくつかのトピックス (マイクロチップ上で BEC を生成し操作する実験 [3], MIT で行なわれた量子渦の実験 [4], ボース粒子とフェルミ粒子を同時にトラップし縮退させる実験 [5], Feshbach 共鳴を用いて相互作用を斥力から引力に変化させて BEC を崩壊させる実験 [6, 7, 8] 等) を羅列的に紹介した。

参考文献

- [1] <http://amo.phy.gasou.edu/bec.html> で BEC に関する様々な情報が得られる。
- [2] レビュー・解説記事等 : *Bose-Einstein Condensation in Atomic Gases*, edited by M. Inguscio, S. Stringari, and C. E. Wieman (IOS Press, 1999); E. A. Cornell *et al.*, cond-mat/9903109; W. Ketterle *et al.*, cond-mat/9904034, 0005001, 0101424; F. Dalfovo *et al.*, Rev. Mod. Phys. **71**, 463 (1999); A. J. Leggett, Rev. Mod. Phys. **73**, 307 (2001); Y. Castin, cond-mat/0105058; 上田正仁, 日本物理学会誌 **53** 633, (1998); パリティ **14**, No. 9 (1999); 久我隆弘, 日本物理学会誌 **55** 90 (2000); 斎藤弘樹, 上田正仁, 固体物理 **36**, 311 (2001).
- [3] W. Hänsel, P. Hommelhoff, T. W. Hänsch, and J. Reichel, Nature **413**, 498 (2001).
- [4] J. R. Abo-Shaeer, C. Raman, J. M. Vogels, W. Ketterle, Science **292**, 476 (2001).
- [5] A. G. Truscott *et al.*, Science **291**, 2570 (2001).
- [6] S. L. Cornish *et al.*, Phys. Rev. Lett. **85**, 1795 (2000).
- [7] E. A. Donley *et al.*, Nature **412**, 295 (2001).
- [8] H. Saito and M. Ueda, Phys. Rev. Lett. **86**, 1406 (2001); Phys. Rev. A **63**, 043601 (2001); cond-mat/0107248.

「BECにおける渦生成の臨界角速度の理論」

岡山大理 水島健, 町田一成

近年、アルカリ原子気体のボース・AINシュタイン凝縮体 (BEC)において量子渦が観測された。ENS のグループ [1] はまず BEC をつくり、それをレーザーを用いて回転させることにより量子渦を生成した。一方、JILA のグループ [2] は、回転している原子集団を、蒸発冷却により転移温度以下に冷やしていくことで量子渦を観測した。特に ENS の実験では量子渦が生じるには非常に大きな外部回転が必要であるという報告がされている。我々は、Bogoliubov 理論に基づく自己無着な手法を用いて渦生成のメカニズムを調べ、その温度依存性を示した。

実際に計算する系は円筒系を仮定する。基底状態は渦無し状態と渦状態を考え、素励起スペクトルを計算することで基底状態の安定性を議論した。渦状態の安定性として、大域的な安定性（渦無し、有り状態での全自由エネルギーの比較）と局所的な安定性（凝縮体と最低の素励起とのエネルギー準位の比較）を考える。

まず、外部回転 Ω に対する基底状態の安定性を調べた（図1）。その結果、比較的高い Ω まで渦なし状態が準安定化し、渦形成を妨げていることがわかる。つまり、ENS の実験のように凝縮体に回転を与えて渦を生成する場合、準安定化している渦無し状態を不安定化させるような高い回転 ($\Omega_{w=0}$) が必要であり、これは実験結果に一致する。さらにその不安定化は、凝縮体表面での有限の角運動量をもった状態への素励起のエネルギーが凝縮体のエネルギー準位よりも低くなることにより生じる。つまり、凝縮体表面で不安定化が起こり、渦が生成されるということを示唆しており、実験結果に対応している。

一方、各種臨界角速度の温度依存性も計算した。その結果、温度の上昇につれて、渦無し状態の不安定化が生じる臨界角速度 ($\Omega_{w=0}$) の緩やかな増加が見られた。これは温度の増加につれて非凝縮体が凝縮体の表面で成長し、非凝縮体間の斥力によりエネルギー準位が押し上げられる結果であり、非凝縮体の影響が顕著に見られた。

前述の JILA の実験では、ENS の場合とは異なった渦生成のメカニズムが実現しているとの報告がされている。それに対し我々は、一つの可能性として渦状態の大域的な安定化 (Ω_{global}^L) が実現していると考えている。しかし、実験的にも不明確な部分があるため、現時点での断定はできていない。その可能性を検証するためにも、回転している原子集団の中からどうのような状態で BEC が生じるのか、つまり、はじめから角運動量をともなって生じるのか、それとも角運動量を持たない状態で生じた BEC が何らかのメカニズムによって回りはじめるのか、ということを理解することが重要である。

なお、本発表は以下の論文の内容を再構成したものである。

T. Mizushima, T. Isoshima, and K. Machida, Phys. Rev. A **64**, 043610 (2001)

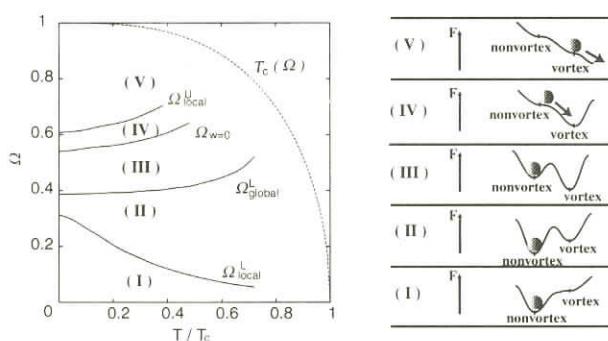


図1: 渦糸相図。各種臨界角速度 Ω_{local}^L (渦状態が局所的に不安定化)、 Ω_{global}^L (大域的に渦状態が安定)、 $\Omega_{w=0}$ (渦無し状態が不安定化)、 Ω_{local}^U (渦状態の不安定化) の温度依存性。

参考文献

- [1] K. W. Madison et al., Phys. Rev. Lett. **86**, 4443 (2001)
- [2] P. C. Haljan et al., cond-mat/0106362

回転BECにおける量子渦格子の形成

大阪市大院理

坪田誠、笠松健一

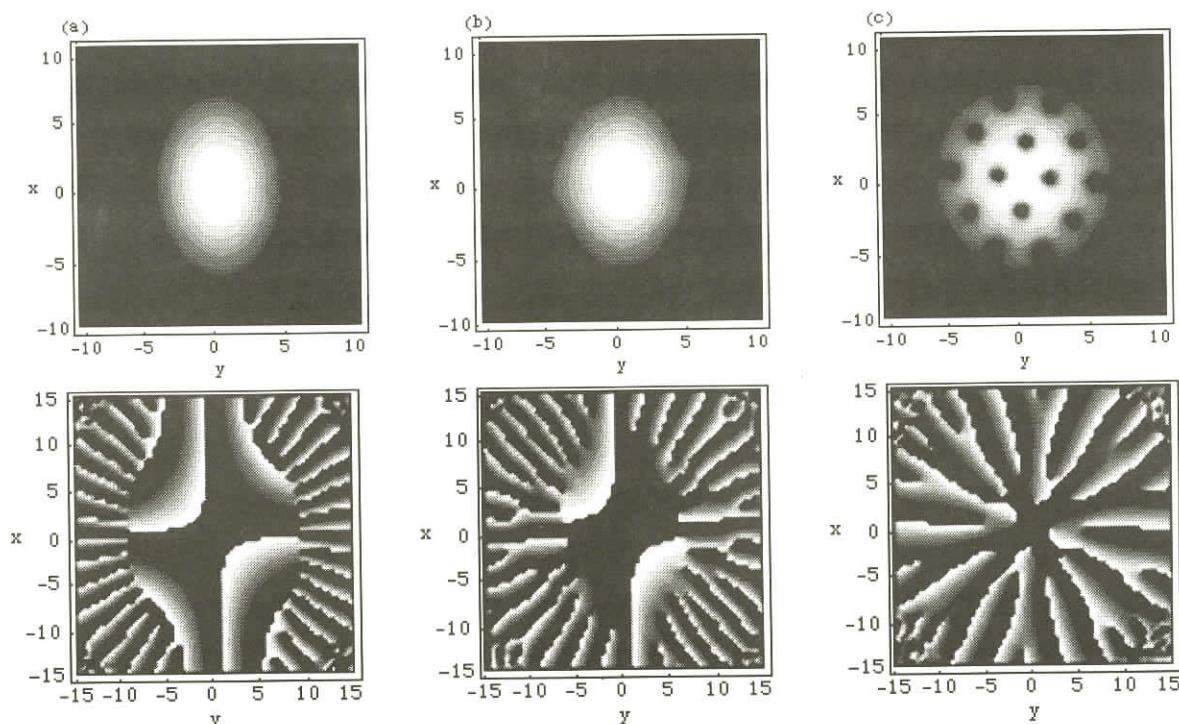
東京工業大院理

上田正仁

近年アルカリ原子気体Bose-Einsteinの凝縮体(BEC)において量子渦が観測された。フランスのEN Cグループ [1] は、量子渦形成の動的過程の観測を行い、渦の核生成は凝縮体の四重極変形モードの不安定性により引き起こされている可能性を指摘した。我々は量子渦形成のシナリオを凝縮体が従う運動方程式である2次元Gross-Pitaevskii方程式に現象論的散逸項を導入したものを数値的に解く事により、理論的に明らかにした。[2]

回転のない閉じ込めポテンシャル中の凝縮体の平衡状態を初期状態とし、突如、量子渦が生成する臨界振動数以上の回転を与える状況を考える。下図の上段は凝縮体の密度、下段は位相場のプロファイルの時間発展を示したものである。まず(a)のように凝縮体は四重極に変形し、振動を始める。その振動は散逸の影響により減衰し、徐々に凝縮体の表面にさざ波が立ちはじめ、それが(b)のように量子渦のコアへと発展する。渦が凝縮体の内部へ侵入すると共に四重極変形が元の形に戻り、(c)のように規則正しい渦格子を形成した。位相場を見れば分かるように、回転が加わるとすぐに凝縮体の外側の、ほとんど波動関数の振幅が零の領域に 2π の循環を持つ位相の欠陥、すなわち量子渦が現れる。それらは凝縮体の密度がほとんど零の領域に存在する位相場の欠陥であるために、全系のエネルギーや角運動量には何の寄与も及ぼさない架空の量子渦として存在する（我々は“ghost vortex”と名付けた）。やがてghost vortexは密度がある程度大きな値を持つ凝縮体の表面に到達してひしめき合い、表面波を励起する。回転振動数に依存して凝縮体の内部に侵入して生き残る数が決まり、それ以外は凝縮体の外輪をさまよう。また最初の渦ができる臨界角振動数は、磯島町田によってなされた [3]、回転下の渦無し状態の安定性の解析結果と一致する。

- [1] K.W.Madisonn,et.al Phys.Rev.Lett 84, 806 (2000).
- [2] T.Tsubota, K. Kasamatsu, M.Ueda, Phys.Rev. A (in press), cond-mat/0104523; J.Low Temp. Phys. (in press), cond-mat/0107174.
- [3] T.Ishoshima and K.Machida, Phys. Rev.A 60, 3313 (1999).



$t=0$ で回転を与え、(a)21msec (b)112msec (c)262msec 後の様子。

上段の図：黒から白になるにつれて密度の値が高くなる。

下段の図：位相の値[0, 2π]は黒(0)から白(2π)に連続的に変化する。

F=2 ルビジウム凝縮体の諸性質とその応用

学習院大学理学部

吉川豊、荒木幸治、近藤勝利、桑本剛、平野琢也

現在、応用実験に用いられる気体原子ボース凝縮体(BEC)の原子種はナトリウム(Na)、ルビジウム(Rb)の2つがほとんどである。Na原子は3体衝突によるBECのロスが小さく、非常に原子数の多い(～ 10^7 個) BECが実現可能な反面、スピノン1のみでしか生成ができない。一方で、Rb原子は3体ロスが非常に大きく数も少ない(～ 10^5 個)が、スピノン2のBECが生成可能である。生成されたスピノン2のBECの寿命は5成分凝縮体の物性研究など非常に興味深い研究材料であるが、Rbのスピノン1に比べてさらに1桁以上短い寿命しかなく、原子数の増大や応用実験が非常に難しい。しかし我々はBEC生成で一番のポイントとなる蒸発冷却過程の最適化によって1桁程度原子数の増加が期待できることを発見した。これは主要なロスである3体衝突の起こる時間を最小限にすることで達成できる。

また、BECの応用実験を行う上で非常に強力な武器となるのがBECの非破壊測定法の確立である。従来、BEC観測のさいには共鳴光の吸収によってできた原子雲の陰を撮像するものであるが、これは破壊測定であるため膨大なデータを必要とする実験などでは非常に効率が悪い。そこで吸収ではなく、非共鳴光が引き起こす分散の効果で原子を検出する分散イメージング法が開発された。我々もダークグラウンド法、位相コントラスト法の2つの分散イメージングに成功し、実際にBECを撮影した。

しかしながら非共鳴光の過熱の効果を注意深く調べてみると、ある一定の照射時間後にはBECに集団励起が誘起され、密度分布が振動する様子が観測された。これは吸収による加熱とは異なりBECを破壊しているのではないが、非共鳴光がなんらかの影響をBECに与えていることを示している。様々な検証実験の結果、現時点ではBEC内部で起こる非共鳴光の屈折に伴って、原子が受ける反跳運動量が原因と考えられる。

Superfluid ^3He as a model for testing the cosmological and high energy physics.

Yuriy Bunkov

CRTBT-CNRS,38042, Grenoble, France

According to standard cosmological model, the Universe has passed through the cascade of symmetry breaking transitions. For example, there are proposed the transition from the state with symmetry $\text{SU}(10)$ to a lower symmetry state $\text{SU}(3) \times \text{SU}(2) \times \text{U}(1)$. The phase transitions of physical systems are usually accompanied by creation of different types of defects, like strings (linear defects), domain walls etc. The theory of T.Kibble [1] as well as the modified theory by W.Zurek [2] have calculated the rating of Cosmic strings creation in the Universe at transition. Up to now the cosmic strings have not been observed, indeed some results of far space observations can be treated as an influence of Cosmic Strings. It was W.Zurek [2] who proposed to test the theory of cosmic string creation in a superfluid ^4He . In reality, the superfluid ^4He is a simplest system, which shows some properties analogous to quantum vacuum of the Universe, but not necessarily the best for the experimental test of Kibble-Zurek mechanism.

In contrast with ^4He , the superfluid transition in ^3He manifest itself not only by the simple gauge symmetry breaking, but also a combined spin and orbit rotation symmetries breaking. These processes have a many similarities with the combined gauge symmetry breaking transitions in the universe. Consequently, the physics of topological defects in superfluid ^3He is very rich. Furthermore, the vortex core at ^3He has dimensions, which much bigger than the one in ^4He . As a result the Ginzburg range of temperatures is very small. Second, in generating the phase transition by nuclear reaction of neutron with ^3He , rather than by mechanical expansion, the quench rate is increased dramatically and its stops at the temperatures much lower than the region of Ginzburg temperature. Apparently, the nuclear reaction creates a fireball of a normal ^3He inside the overcooled superfluid ^3He . At cooling the region of normal ^3He expand and then transfer the temperature of transition, very similar to the universe after a Big Bang. And finally, there is a way of direct and indirect measurements of vortex creation by NMR and calorimetric studies at 100 mK, that have been realized in Grenoble [3] and Helsinki[4] and shows the very good agreement with the Kibble theory in Zurek modification. What is even more interesting development of this subject is the new theory of A-B phase transition named "Aurora de Venice", in which the creation of A phase inside the B phase of ^3He is related to the same mechanism, as a vortex creation at transition. For details see [5].

[1] Kibble, T.~W.~B., (1976) Topology of cosmic domains and strings, *J. Phys. A9*, 1387-1398

[2] Zurek, W.H. (1985) Cosmological experiments in superfluid helium, *Nature* 317, 505-508.

[3] Bauerle, C., Bunkov, Yu.M., Fisher, S.N., Godfrin, H. and Pickett, G.R. (1996) Laboratory simulation of cosmic string formation in the early Universe using superfluid He-3, *Nature*, 382, 332–334.

[4] Ruutu, V.M.H., Eltsov, V.B., Gill, A.J., Kibble, T.W.B., Krusius, M., Makhlin, Yu.G., Placais, B., Volovik, G.E. and Xu, W. (1996) Vortex formation in neutron-irradiated superfluid He-3 as an analogue of cosmological defect formation, *Nature* , 382, 334–336.

[5] Bunkov, Yu. M., Timofeevskaya, O. D., (1998) "Cosmological" scenario for A-B phase transition in superfluid ^3He , *Phys.Rev.Lett.*, 80, 4927-4930.

回転超流動³He 研究の現状と展望

京都大学 大学院理学研究科 水崎 隆雄

(1) 物性研で建設した回転超低温冷凍機の現状と現在進行中の回転超流動³He-Aの実験経過と、(2) 回転冷凍機を用いて計画されている研究課題について報告する。

(1) 回転超低温冷凍機の建設が平成11年度に検討され、平成12年度より物性研（久保田、石本、五十嵐）、京都大学（石黒、山下、佐々木、水崎、早田）と、大阪市立大学（石川）の各チームが協力して、久保田研の古い回転機構をそのまま利用し、新規に希釈冷凍機部分と核断熱消磁冷凍機を建設し、それらを組み合わせて完成した。回転数は最大1回転／秒、希釈冷凍機温度は7mK、核断熱消磁温度で最大回転数下で十分長時間サブmK温度域の実験が可能である。回転下での地球磁場による渦電流による発熱を最小に抑えるために、地磁気の横成分のキャンセルと、銅の核断熱消磁のRRRを適等なところに留めておくことが重要なポイントである。最終的な性能テストは終わっていないが、サブmK温度域の回転超流動³Heの実験には十分な性能を持つ回転冷凍機が完成した。この機会に色々なご助言や御協力いただいた日本の超低温研究者各位に感謝を申し述べたい。この装置で現在進行中の研究は円筒試料中の回転超流動³He-A相の実験である。回転下でのこの試料のテクスチャーはどのようなものか？自発的な巨視的核運動量は発現し、回転と結合するのか等のことを研究する。詳細は次ぎの講演で石黒が報告する。

(2) 上記の円筒試料の回転A相の実験の次の実験についての検討を重ねてきたので、計画について報告する。御意見と御助言を頂きたい。日本での超流動³He実験の実績を生かして、次ぎの4課題について検討した。1) 平行平板という拘束空間中の超流動A相の量子渦一特にP波超流動体に特有なHalf-Quatized Vortev(HQV)を探査したい。平行平板間の距離は双極子コヒーレンス長(約10μm)よりも十分狭く、かつ磁場を平板に垂直に印可しておくと、双極子エネルギーがフラストレイトした超流動が出来る。そのような拘束空間中の量子渦はバルクと異なるものが期待され、HQVはその1つである。2) 京大で開発した超低温共鳴磁気映像法(MRI)を適用して、超流動の渦格子の研究を行う。異方的超流動特有の空間的に歪んだ格子構造のMRI写真や、その安定性の研究は興味深い。3) 強磁場下で存在するA1相の渦の研究は未解決の問題であるが、渦観測の手段が限られている。ここでは奥田や小島等によって観測されたスピニ第2音波を用いて、渦の状態を研究する。更に、超流動⁴Heで用いられた熱第2音波の減衰から超流動と常流動間の相互作用を求めた研究に習い、回転超流動A1でのスピニ第2音波の減衰からスピニ超流動と常流動の相互作用、更には超流動³Heの乱流の研究に進みたい。4) エアロジェル多孔質中の超流動の研究は、最近世界の多くの超低温物理学の研究者が取り組んでいる問題である。エアロジェルをp波超流動の不純物効果の研究として捉えられてきたが、最近多くの実験で不純物効果としてのエアロジェルの効果は破たんし、新しい物理が期待されるているところである。巨視的テクスチャーに対する回転の影響やテクスチャーのピン止め効果、エアロジェル中の渦構造の研究を行い、エアロジェル中超流動で何が起っているかを調べる。

回転超流動ヘリウム 3 の NMR

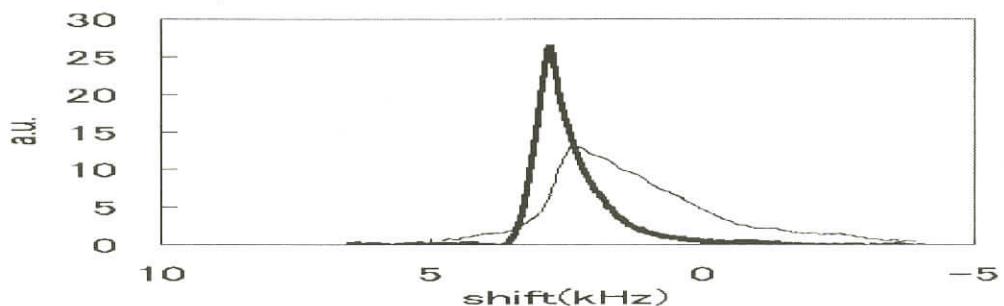
京大 石黒亮輔 山下穣 佐々木豊 水崎隆雄 大見哲巨
大阪市大 石川修六
東大物性研 五十嵐武 久保田実 石本英彦
福井大 高木丈夫

超流動ヘリウム 3、A 相のオーダーパラメーターは空間的異方性を持ち、テクスチャーと呼ばれる織目構造をもつ。テクスチャーの種類によっては巨視的な角運動量を持つものがあり回転によって構造変化する。このテクスチャーの構造変化は NMR によって観測可能である。

我々は直径 $100\mu\text{m}$ 、 $200\mu\text{m}$ の 2 種類の円筒容器中のテクスチャーを NMR で測定している。我々はカリフォルニア大バークレー校における超低温回転実験により、 $200\mu\text{m}$ の容器で回転によって出現する新しいテクスチャーを観測した。このテクスチャーは Mermin - Ho テクスチャーと考えられ、このテクスチャーは回転により変形を起こし NMR の共鳴周波数をシフトさせる。このシフト量を測定することで巨視的角運動量の大きさ、起源（固有角運動量等）を決定できる事を高木が示した。

バークレー校での実験では磁場の均一度が悪く NMR 信号の S/N が悪かったこと、回転による発熱により温度安定性が悪かったという問題により、テクスチャーの変形による NMR の変化を決定するまでには至らなかった。このため東大物性研において我が国初の回転核断熱冷凍機を建設し、より精度の良い実験を行うことになった。冷凍機はすでに完成し、1 回転/秒の回転下での発熱が 10nW 以下（ $1\mu\text{K}/\text{時}$ 以下の温度制御が容易）の温度安定性を得た。また磁場の均一度も改善し、S/N は 10 倍以上に改善された（下図参照）。

最近、実験を再開したが、現在のところバークレーで観測した信号は再現していない。原因は究明中である。また回転速度が高速（1 回転 / s）になったことにより、新しいシグナルの変化も観測され始めている。



（細線はバークレーのシグナル、太線は物性研で S/N が良くなったシグナル、横軸はラマ一周波数からのシフト）

超流動³Heの高速回転場中における渦相図

北海道大学大学院理学研究科物理学専攻
北 孝文

9つの超流動秩序変数をもつ超流動³Heでは、通常の超伝導体とは全く異なる多様な渦構造が可能である。実際、ヘルシンキ工科大学のグループにより、回転場 $\Omega \leq 3$ rad/s での渦構造が実験・理論両面から精力的に調べられ、コアのない渦状態や超流動コアをもつ渦状態など、既に7つの異なる渦構造が発見されている。しかし、 $3 \text{ rad/s} \leq \Omega \leq \Omega_{c2}$ の高速回転場中において、どのような渦状態が実現されるかに関しては、理論的にも未解明のままであった。

この短期研究会では、 $0.1\Omega_{c2} \leq \Omega \leq \Omega_{c2}$ の渦構造を理論的に解明した結果を報告した。用いた手法はランダウ準位展開法で、9つの超流動秩序変数に対する Ginzburg-Landau 自由エネルギー汎関数を直接最小化し、安定な構造を決定した。その結果、 p - Ω 相図上 (p : 圧力)において、少なくとも5つの異なる渦構造が存在することを理論的に明らかにした(図1)。

回転の大きい方から順に、I は polar 状態の三角格子、III は polar コアを持った A 相の mixed-twist lattice、IV は B 相の normal-core lattice、V は B 相で実験的に存在が確認されている A-phase-core lattice である。

また、この計算によると、低圧下の B 相で実験的に見つかっている double-core lattice は、10rad/s-1000rad/s の間で、A-phase-core lattice に相転移することが予想される。

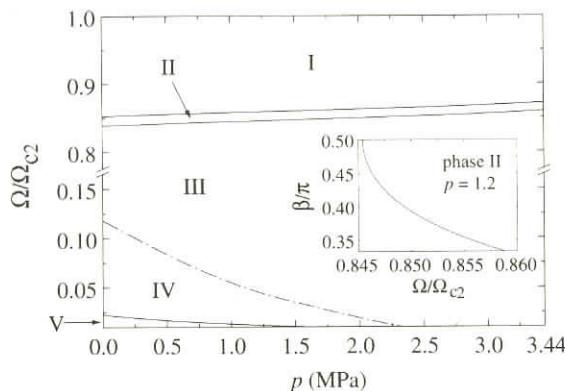


図 1: p - Ω 相図

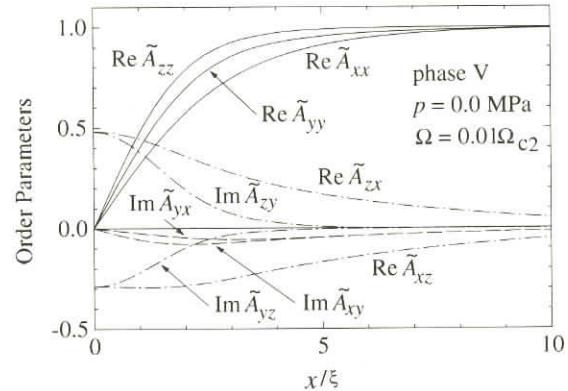


図 2: V 相での秩序変数の空間変化

参考文献： T. Kita, Phys. Rev. Lett. **86** (2001) 834.

超流動ヘリウム 3 における量子渦の生成・消滅機構

大阪市立大学 理学研究科

畠 徹、林 有果、中川久司、矢野英雄、石川修六

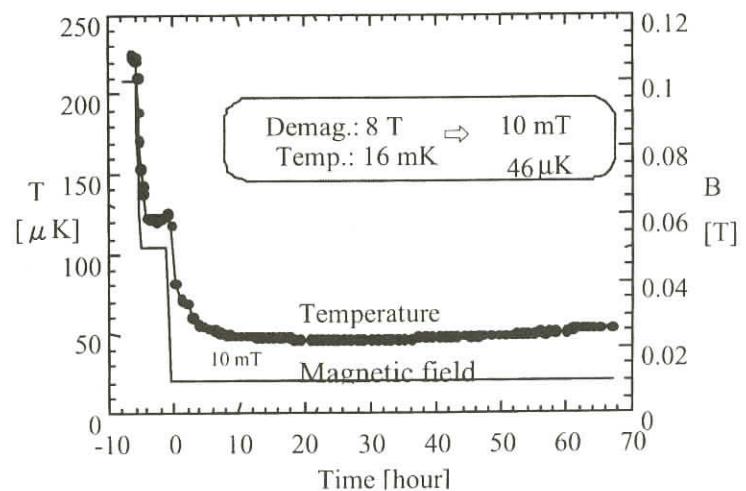
超流動ヘリウム中に量子化された渦を生成する方法としては、回転クライオスタット、急速減圧法、電子泡、振動線、振動ディスク、振動球、中性子照射などがある。また、その量子渦の振る舞いを検出する方法としては、渦生成に用いた方法である電子泡、振動線、振動ディスク、振動球電子の他に、光、第2音波、振動グリッド、振動版、マイクロオリフィス、NMRなど多彩にあるが、今回は、最もきれいと思われる超流動ヘリウム 4 で行われた振動球の実験と、超流動ヘリウム 3 で行われた振動線の実験を紹介し、また、超超流動ヘリウム 3 における量子渦研究についての我々の取り組みを紹介する。

マイクロ球の振動実験では、200 ミクロンの SmCo 5 の磁石球をニオブのお皿に磁気浮上させ、静電場で浮上位置をコントロールし、振動電場で球を振動させる。振動の振幅を徐々に大きくしていくと、最初は球の周りの液体は層流として振る舞うが、球の速度がある値を超えると乱流域に入る。そのため、層流域では球に加えた力に比例して球の速度が増すが、乱流になると速度の変化が急に小さくなる。層流域から乱流域への切り替わり領域では球の振動は不安定となり、層流域と乱流域が時間的にランダムに移り変わる不安定領域が存在する。これは、球のそば（表面）に量子渦が生成されると球の速度が減り、離れると速度が回復すると解釈でき、渦の一つ一つの渦生成が捉えられていることがわかる。

同様な実験が、超流動ヘリウム 3 に対しもゲート型の超伝導の振動線を用いて行われている。ここでも層流から乱流への切り替わりが起こり、臨界速度は両者で異なっているものの、その振る舞いは極めてよく似ている。この結果から、量子渦の生成・消滅機構の解明には、1. 常流動成分の少ない転移温度より十分に低い温度域が必要であること、2. 渦の一つ一つを敏感に検知するために、細い線（ミクロン単位）ほどよい、という 2 つの条件が重要であることがわかった。

そこで、我々は、上記の 2 つの条件を満足させるために、1. 100 μK 以下の温度域を容易に得るために、核断熱消磁の装置をスケールアップし、その冷却テスト実験をした。その結果、低磁場では時間依存するヒートリークは観測されず、第 1 回目の消磁で一気に 50 μK に到達した。何回かの消磁で得られた最低温度は 45 μK だったがこれは温度計の温度であって、試料セルの設置場所である核ステージトップでは 20 μK であることが判明した。これは、核ステージの熱伝導度と核スピニ温度およびヒートリークからの逆算により計算でき、温度計の熱接触が悪いということがわかった。

2. 量子渦を一つ一つ作るためと、より高感度に渦を検出するために、他のグループで使っているミクロンサイズの超伝導線の代わりに、弾性特性の優れているシリコンの単結晶を用いたゲート型振動子の開発も行っている。現時点では、出来の善し悪しを決める Q 値は、まだ 5000 程度であるが、これは今後経験を積んで、精選していくことによって数万という画期的なものに仕上げができると判断している。



液体³He の密度の磁場依存性から帶磁率極大現象を読む

日大 原研 三沢節夫
東工大理 青木悠樹, 奥田雄一

液体³He を始めとするすべてのフェルミ液体(たとえば金属内電子系)において、スピン常磁性帶磁率が温度の関数として極大を示すことが 1970 年に理論的に示された (Misawa). これは、粒子間の相互作用とフェルミ分布関数のとび(不連続性)の相乗効果によるフェルミ液体効果によって、系の自由エネルギーに $H^2 T^2 \ln(c_0 T^2 + c_1 H^2)$ という対数項が現れ、帶磁率が $x(T) = x_0 - b T^2 \ln T$ に従うためである(T ; 温度, H ; 磁場). 最近、金沢大学(鈴木グループ)で金属 Nb の帶磁率極大を発見したことにより、すべての 3 d, 4 d, 5 d 常磁性遷移金属(18 金属)で帶磁率極大の存在が実験的に立証された.

液体³He については、Meyer グループ(1970)による実験では 3.5 mK 以上で極大が現れない. 一方、理論では、Beal-Monod らによるパラマグノーモデルによって帶磁率が $x(T) = x_0 - x_1 T^2$ 則に従うことが主張され、これが実験と矛盾しないために、極大が現れないことが世界中で長く信じ込まれてきた. しかし、このモデルでは、短波長の荷電とスピンゆらぎの効果が取り入れられていない. この効果を取り入れると、自由エネルギーには上記の対数項が現れる. したがって、液体³He の帶磁率に極大が観測されねばならない.

1997 年頃から大阪市大(石川グループ)で液体³He の帶磁率の測定がおこなわれた. 実験で昇温過程の一つの run に注目すると、極大が現れているように見える. しかし、いくつもの run を重ね合わせると極大が消えてしまう. この温度領域では帶磁率の測定誤差が 2 ~ 3 % なので、1 % 以下だと予想される極大のピークを見出すのはかなり困難である.

Misawa は、Aoki と Okuda によって行われてきた液体³He に磁場をかけたときの密度変化 ($n - n_0$) のなかに帶磁率極大の証拠が見つかるのではないかと考えた. じっさい、フェルミ液体モデル(Misawa)とパラマグノーモデルに基づいて磁場による $(n - n_0)/n_0$ の計算を行ってみると、パラマグノーモデルではそれが T^2 に比例して増大し、一方、フェルミ液体モデルでは $T^2 \ln T$ 則に従って先ず減少し、次いで極小を示すことがわかった. 二つのモデルでの結論が正反対なのでモデルの正否をみるのに最適の実験である.

今までの実験結果をみると、 $(n - n_0)/n_0$ はパラマグノーモデルによる予想のように T^2 で増大しておらず、まさにフェルミ液体モデルの予想どおり $T^2 \ln T$ 則に従って極小を示している. 現在、より精密な測定を目指して実験が続けられている. 1970 年に提案された帶磁率極大現象に最終の結着をみることを期待したい.

超流動³He 薄膜の転移温度

物性研^A、理研^B 斎藤政通^{AB}、椋田秀和^B、河野公俊^B

超流動³He はコヒーレンス長程度の狭い隙間では、クーパー対への境界の影響が大きくなり、超流動転移温度の低下、A 相の安定化など、バルクと異なる性質を示すことが知られており、間隔 D の diffusive な壁に挟まれた板状の空間では、 D/ξ (ξ : コヒーレンス長) が 5 ~ 7 以下で A 相が安定となり、さらに π 以下では常流動状態が安定と考えられている。[1][2]

実験は、飽和蒸気圧下で、液面に対し垂直に配置された上下 2 対のくし型電極を用いて行った。今回の実験では、上側電極に 80V と 85V のバイアス電圧を交互に印加し、同時にキャパシタンスを測定することで、バルク液面から下側電極を通り上側電極に流れ込むフィルムフローの観測を行った。このときの膜厚 d は下側電極のバイアス電圧により制御することができる。

その結果、 $7.5 \sim 0.2 \mu\text{m}$ の膜厚について超流動転移を観測した（下図）。実線は自由表面を specular な境界とし、実効的な膜厚が実際の 2 倍としたとき ($D = 2d$) 、 $2d/\xi(T) = \pi$ をあらわす曲線であるが、これと良く一致する結果が得られた。

飽和蒸気圧下での超流動転移温度の膜厚依存の実験としては他に Steel ら [3] による報告があるが、今回の実験でバルク領域から制限空間領域への移行をはじめて捉えることができた。

[1] A.L.Fetter and S.Ullah, JLTP.70, 515(1988)

[2] Ying-Hong Li and Tin-Lun Ho, Phys. Rev. B 38, 2362 (1988)

[3] S. C. Steel, J. P. Harrison and P. Zawadzki and A. Sachrajda, JLTP 95, 759 5/6 1994

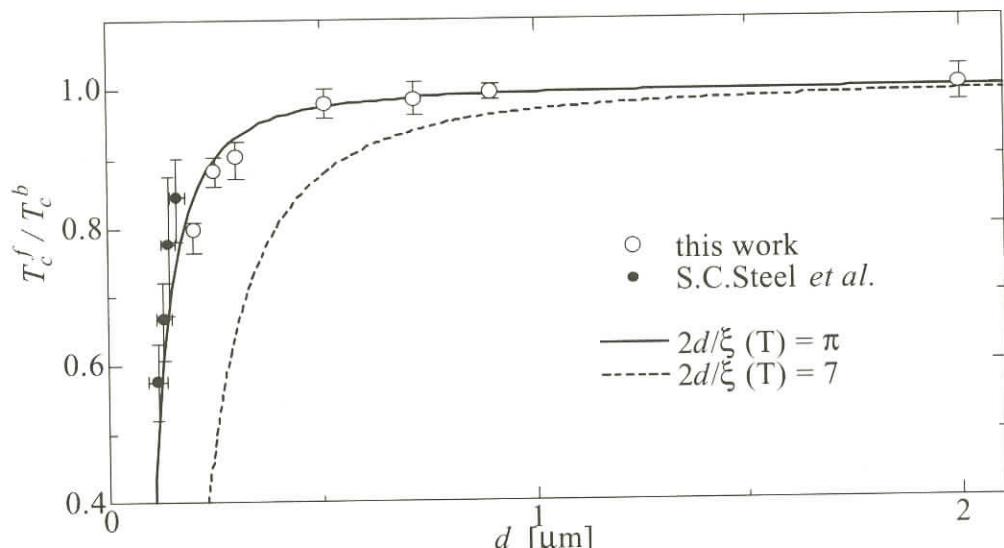


図 超流動転移温度の膜厚依存性測定結果

エアロジエル中 ^3He での音波

広大生物圈科、広大総合科^A 市川 貴之、東谷 誠二^A、永井 克彦^A

最近、Nomura^[1] らにより Aerogel- ^3He 系を伝わる音波の吸収の観測結果が報告された。この実験で観測された吸収の温度依存性は、pure ^3He での温度依存性とは全く異なっている。Nomura らはこの振舞いを、従来の visco-elastic モデルに基づく表式により解析を行い、低温領域での温度依存性に関しては理論と一致する結論を得ている。しかしながら高温領域では理論と大きく外れるため、visco-elastic モデルによる解析を見直す必要があると考えられる。従って、本研究では、Landau-Boltzmann 理論に基づいて、微視的な立場から準粒子相互散乱と不純物散乱を同時に考慮して、音波の吸収の温度依存性を議論した。また、その理論を拡張し、Aerogel 分子の揺れの効果 (Collision Drag effect) も取り入れた議論を行った。

さて、伝播する音波の振動数を Ω 、波数ベクトルを \mathbf{q} とすると、線形化した Boltzmann 方程式は次のように書かれる。

$$(\Omega - \mathbf{v}_F \cdot \mathbf{q}) \delta n_{\mathbf{k}} + (\mathbf{v}_F \cdot \mathbf{q}) n'_{\mathbf{k}} \delta \varepsilon_{\mathbf{k}} = i(I_c + I_i)$$

この式において、 $n'_{\mathbf{k}}$ は Fermi 分布関数の Fermi 面上における微分を意味し、 $\delta n_{\mathbf{k}}$ 、 $\delta \varepsilon_{\mathbf{k}}$ はそれぞれ数密度、準粒子エネルギーのゆらぎを表す。右辺は衝突項を表し、 I_c 、 I_i はそれぞれ準粒子相互散乱、不純物散乱を意味する。ここで、これらのゆらぎに関して部分波展開を次のように定義する。

$$\delta n_{\mathbf{k}} = (-n'_{\mathbf{k}}) \sum_{\ell} y_{\ell} P_{\ell}(\cos \theta), \quad \delta \varepsilon_{\mathbf{k}} = \sum_{\ell} y_{\ell} \frac{F_{\ell}^S}{2\ell+1} P_{\ell}(\cos \theta)$$

まず、不純物が静止している場合、衝突項は緩和時間近似のもとで次のように書き下せる。

$$I_c + I_i = n'_{\mathbf{k}} \sum_{\ell} \frac{1}{\tau_{\ell}} \left(\frac{F_{\ell}^S}{2\ell+1} + 1 \right) y_{\ell} P_{\ell}(\cos \theta)$$

ここで $1/\tau_{\ell} = (1 - \lambda_{\ell})/\tau_c + (1 - \lambda_{\ell})/\tau_i$ であり、S 波成分は粒子数保存則から $1/\tau_0 = 0$ 、P 波成分は運動量保存則が不純物散乱において成立しないため $1/\tau_1 = (1 - \lambda_1^i)/\tau_i \equiv 1/\tau_{\text{tr}}$ となる。また、D 波成分では準粒子相互散乱による緩和時間の項も現れ、 $1/\tau_2 = (1 - \lambda_2^c)/\tau_c + (1 - \lambda_2^i)/\tau_i \equiv 1/\tau_{\eta} + 1/\tau_a$ となる。続いて Aerogel の揺れの効果を取り入れる。Aerogel の密度を ρ_a 、音速を c_a 、変位を \mathbf{u} とすると、Aerogel の従う運動方程式は $\rho_a \ddot{\mathbf{u}} = \rho_a c_a^2 \Delta \mathbf{u} + \mathbf{F}_{\text{DF}}$ となる。ここで \mathbf{F}_{DF} は、Aerogel 分子が準粒子の衝突によってうける力であり、不純物散乱による衝突項 I_i を用いて $\mathbf{F}_{\text{DF}} = -\sum_{\mathbf{k}} (\mathbf{k} \cdot \mathbf{I}_i)$ と記述される。この拡張により緩和時間の P 波成分が変更を受け、

$$\frac{1}{\tau_{\text{tr}}} \rightarrow \frac{1}{\tau_{\text{eff}}} = \frac{1}{\tau_{\text{tr}}} \frac{\Omega^2 - c_a^2 q^2}{\Omega^2 - c_a^2 q^2 + \frac{i\Omega}{\tau_{\text{tr}}} \frac{\rho_3}{\rho_a} (1 + \frac{F_1^S}{3})}$$

となる。さて、第 1 音波の音速を c_1 として分散関係を以下に示す。

$$\Omega^2 \left(1 + \frac{i}{\Omega \tau_{\text{eff}}} \left(1 + \frac{F_1^S}{3} \right) \right) = c_1^2 q^2 \left(1 + \frac{4}{5} \frac{1 + F_2^S/5}{1 + F_0^S} \frac{1}{1 + \frac{i}{\Omega \tau_2} (1 + F_2^S/5)} \right)$$

この表式において、左辺の虚部は不純物散乱において運動量保存則が満たされないために現れた項である。これにより、高温極限では $1/\tau_2 \rightarrow \infty$ となるため、吸収の大きさは τ_{eff} によって決まる有限値となることがわかる。従って、緩和時間を Matthieszen の規則に従って取り扱う visco-elastic モデルに基づいた解析は、不純物効果を議論する場合、適当でないことが明らかとなった。更に、Aerogel の揺れを考慮しない場合においても定性的には実験結果を説明できるが、Nomura らの実験に対応するパラメタを用いた場合、吸収は約 2 衡大きな値となり定量的には説明ができないものとなった。しかし、Aerogel の揺れを考慮を入れた場合、吸収が飛躍的に抑えられ、完全に実験を説明できる結果を得た。なお、今回の報告は cond-mat/0107617 にアップロードしており、JPSJ 70-12 に掲載予定です。

参考文献

- [1] R. Nomura *et al.*; Phys. Rev. Lett. **85** (2000) 4325.

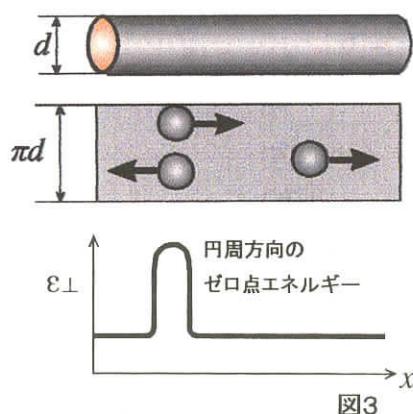
メゾ多孔体中⁴Heの1次元ボース流体

名古屋大院理 和田信雄

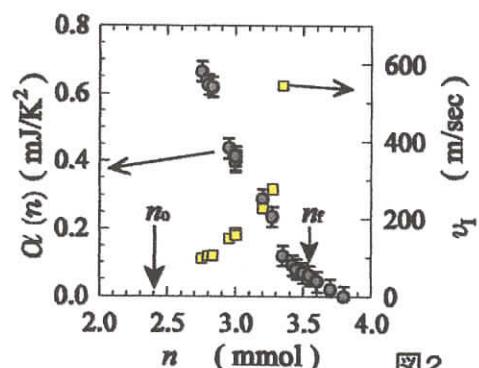
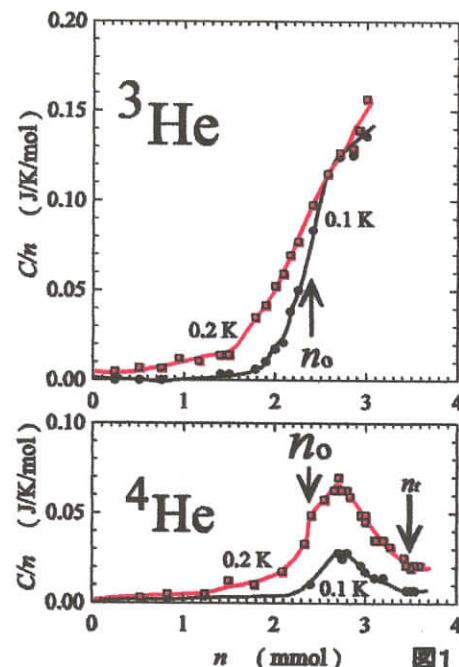
3次元や2次元の⁴Heや³He量子液体の研究は盛んに行われてきたが、1次元の量子流体は、実際に実現するのは今まで困難であったといえる。そこで我々は、FSM-16基盤の直径が18Åの1次元細孔を用いて⁴Heボースおよび³Heフェルミ量子流体を実現する研究を行っている。

細孔に⁴Heがどんな状態で吸着するかは、比熱や吸着圧力測定から求めた吸着エネルギーや圧縮率の吸着量n依存から明らかにした。その結果He原子は細孔壁面に2層まで層形成して吸着する。図1は約0.2gのFSM-16を入れた試料セル(細孔壁の面積: $A \approx 195\text{m}^2$)に吸着させた⁴He比熱の等温曲線である。2層目ができるのは $n_0 = 2.4\text{mmol}$ からであるが、これ以上の吸着量では吸着⁴Heと³Heの比熱が全く異なる大きさを持つので、2層目が量子流体であることが明らかになった。

ハードコアを持つ⁴He原子からなる流体は相互作用のあるボース流体である。このため小さい波数では準粒子はフォノン的な分散を持ち、音速 v_l はバルク液体では約200m/sである。18Åの細孔壁をおよそ3.5Åの厚さの1層目⁴Heでおおった上にできた2層目⁴Heは直径 $d \sim 11\text{\AA}$ の円筒の流体薄膜と考えられる。このため円筒断面内の励起は、エネルギー準位が離散的なので、 $T \ll h\nu_r / (\pi d k_B)$ (~2.5K)では基底状態にある。このため低温ではトンネル方向のみに自由度を持った1次元ボース流体である。図2の $2.7 < n < 3.5\text{mmol}$ で、⁴He比熱の温度依存は、0.3または0.2K以下の低温で $C(n, T) = \alpha(n)T + bT^2$ と書ける。ここで第2項の係数は $b = 1.4\text{mJ/K}^3$ で一定だが、 $\alpha(n)$ の方は図3に示すようにnに対して大きく変化している。従って、 $\alpha(n)T$ が2層目ボース液体の1次元フォノン比熱と理解され、 $\alpha(n)$ からは音速 v_l が見積もられる。(図2)



基底状態にあるトンネル断面内でのHe原子のゼロ点エネルギーは、ハードコア直径を a_0 とすると $\pi d - a_0$ の範囲で動けるので、およそ $\epsilon_\perp \sim (h^2/2m)/(\pi d - a_0)^2$ である。2個のHe原子が同一円周上にある場合は、原子は $\pi d - 2a_0$ の狭い範囲にあるのでゼロ点エネルギーは大きくなる。(図3)これは1次元ボース流体で $(\hbar^2/m)c\delta(x_i - x_j)$ のオンサイト斥力相互作用として働くLiebの1次元ボース流体の厳密解を、例えば $n = 2.75\text{mmol}$ での⁴Heボース流体に適用すると、1次元フォノン音速は $v_l \sim 100\text{m/sec}$ なので、相互作用の大きさは $c \sim 0.7\text{\AA}^{-1}$ と見積もられた。



孔径50 Å以下の細孔試料に吸着した ^4He 薄膜超流動転移の孔径依存

東大理^A、理研^B、名大理^C

山登庸次^A、池上弘樹^B、和田信雄^C

平面の ^4He 薄膜超流動転移はKT理論で説明され、渦対解離が本質的な寄与をしている。これに対し細孔内の ^4He 薄膜では、渦対が閉じ込められる効果（簗口・長岡の理論）によって、転移温度は下式のように孔径が小さくなるにつれ高くなる。

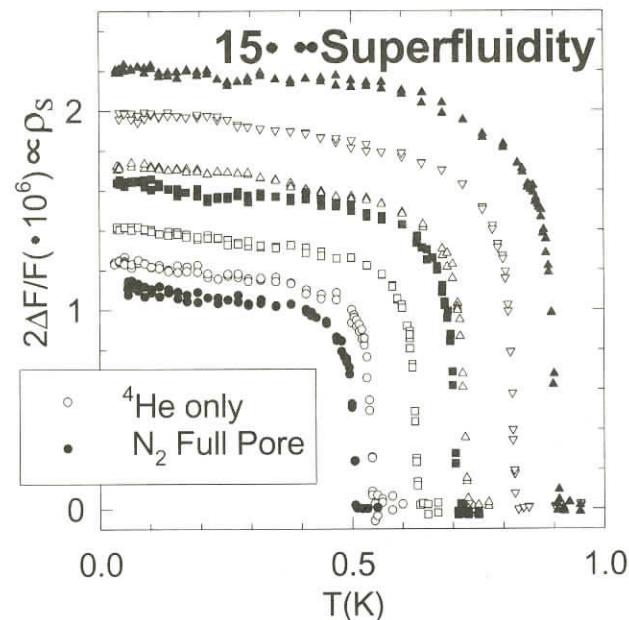
$$T_c = T_{KT} [1 + |b/2\pi \times \ln(\pi d/2a)|^{-2}] \quad d: \text{孔径} \quad b: \text{定数} \quad a: \text{渦芯直径} \cdot (25 \text{ Å})$$

ここで孔径を渦芯直径程度まで小さくしていくと $d < 16 \text{ Å}$ のとき、 $\pi d/2a < 1$ となり T_c が発散して理論が適用できなくなることが容易にわかる。そこで私達は d が 16 Å 近傍のとき超流動転移がどうなるか調べるために研究をしている。

孔径の小さい基盤として、私達はFSMと呼ばれる孔径が 50 Å 以下で一様なメゾ多孔体パウダーを吸着基盤に使い、 ^4He 薄膜超流動を捩れ振り子を用いて測定してきた。今までに測定した孔径は $47, 28, 22, 18, 15 \text{ Å}$ の5つである。捩れ振り子は超流体がセル全体を一周してつながらなければ観測できないため、観測される ρ_s は細孔内の ρ_s とパウダー外表面の ρ_s の和になると考えられる。そこで細孔内の ρ_s を定量的に評価するために、 N_2 で細孔を埋めてから (77K で吸着圧力 0.9atm まで吸着させる) ^4He を吸着させたパウダー外表面のみの ρ_s を、 ^4He のみを吸着させた時の ρ_s から引くという方法を取っている。

右図に孔径 15 Å の ρ_s の結果を示す。 15 Å では ρ_s の温度変化は変わらず、また転移温度の吸着量依存も N_2 で埋めた分だけシフトしてやれば一致したため、パウダー外表面の超流動しか観測できていないことがわかった。 $18, 22, 28 \text{ Å}$ でも同様の実験を行い、 ρ_s を $T=0\text{K}$ での値で比較してやると（同じ転移温度で）、 18 Å では N_2 で埋めた時の ρ_s は $^4\text{H}_2$ のみを吸着させた時の ρ_s の 0.90 倍となり、 22 Å では 0.69 倍、 28 Å では 0.15 倍となった。

今回の実験結果をまとめると、 15 Å では細孔内の超流動は観測されず、また $18, 22, 28 \text{ Å}$ では孔径が大きくなるにつれ、 N_2 で埋めた時と ^4He のみを吸着させた時の ρ_s の差が大きくなり細孔内の超流動が支配的になることがわかった。



ランダムポテンシャル中の希薄ボース気体のボース凝縮と超流動

大阪市立大理 小林未知数、坪田誠、小川伸一郎、荒木恒彦

バイコールグラス中に注入された⁴Heの系を考える。注入量が少なく、バイコールグラスの平均内径が小さい場合、⁴Heは3次元的に振舞うであろうことが言われているが、この場合についてモデル化する。

[1]ハミルトニアンとして

$$\hat{H} - \mu \hat{N} = \int d^3x \hat{\Psi}^\dagger(\vec{x}) \left[-\frac{\hbar^2}{2m} \nabla^2 - \mu + U(\vec{x}) \right] \hat{\Psi}(\vec{x}) + \frac{V_0}{2} \int d^3x \hat{\Psi}^\dagger(\vec{x}) \hat{\Psi}^\dagger(\vec{x}) \hat{\Psi}(\vec{x}) \hat{\Psi}(\vec{x})$$

このハミルトニアンの特徴は

- (i) $U(\vec{x})$ にバイコールグラスの影響を入れる。
- (ii) 希薄であるとして、⁴He粒子間相互作用は剛体芯の影響のみ考える。
さらに以下のことと仮定する。
- (iii) バイコールグラスの内径はコヒーレンス長よりも短いので系はバイコールグラスのポテンシャルの空間平均で効いてくると仮定し、よって系はほとんど一様であるとする。
- (iv) バイコールグラスのポテンシャル $U(\vec{x})$ の内径依存性を考慮し、そのフーリエ変換は内径に相当する波数以上で減衰するような Gaussian の形であるとする。

以上の仮定を用いてこのモデルにおけるボース凝縮体密度、超流動密度、比熱などを計算し、実験との比較や、その振る舞いなどの考察をした。以下がその結果である。

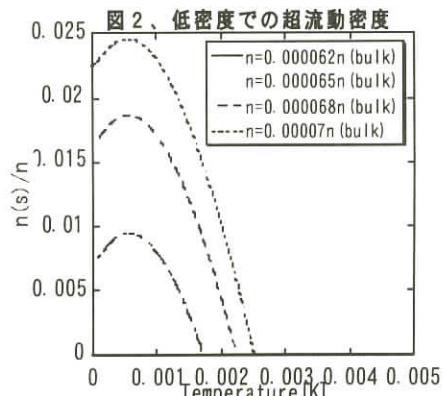
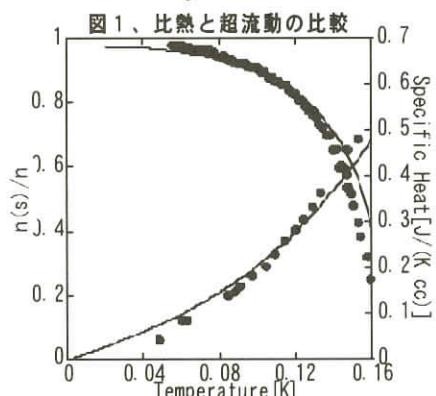
- (1) 低温、低密度において比熱や超流動密度が図1に示すように実験[2]と非常に近いオーダーをとっている。よってこのモデルは低温、低密度である程度正しいモデルではないかと思われる。
- (2) 凝縮体、超流体とともにポテンシャルの存在によって抑えられるが、非常に低密度な領域で凝縮体が存在しているながら、超流体が存在しない領域が現れる。これは物理的には凝縮体がポテンシャルによって捕らえられ、超流動に参加しないという状況が考えられる。
- (3) 非常に低密度な領域では絶対零度でも超流動は消失するが、その付近での超流動の温度変化は図2のように再起型の温度変化をする。これに関してはポテンシャルによって捕らえられていた凝縮体が温度によってその束縛を抜け出し、超流動に参加するという描像が考えられる。このような再帰型の温度変化は実験では確認されていないが、ポテンシャルの大きさを実験的に大きくすることによって観測することができるかもしれない。

今後は計算での温度の近似を上げ、高温での物理量の振る舞いや実験との比較をする予定である。

[1] K.Huang and H.F.Meng, Phys.Rev.Lett.69,644(1992)

[2] John.D.Reppy, J.LowTemp.Phys.87,205(1992).

[3] O.plamtevin et al. Phys.Rev.B.63,224508(2001)



ボーズ凝縮体と回転する非凝縮体のダイナミクス

二国徹郎¹, J.E. Williams², E. Zaremba³, B. Jackson³, A. Griffin¹

¹University of Toronto, Canada, ²NIST-Gaithersburg, USA, ³Queen's University, Canada

JILA の実験グループは最近、Bose-Einstein 凝縮(BEC)気体の量子渦生成に関する非常に興味深い実験を行った[1]。この実験では、まずBEC 転移温度以上で異方的ポテンシャルを回転させることにより、非凝縮体を剛体回転させる。その後に回転ポテンシャルを取り除いてBEC 転移温度以下まで蒸発冷却を行う。このとき非凝縮体は剛体回転を続けるが、その回転角振動数 Ω がある臨界値以下では角運動量を持たない静的な凝縮体が生成される。 Ω がある臨界値を超えると凝縮体中に量子渦が生成される。ENS などでこれまでに行われた実験では、凝縮相で異方的なポテンシャルを回転させて量子渦を発生させていた。この場合は回転するポテンシャルが凝縮体の表面波モードの動的不安定性を引き起こし、渦が生成されると考えられている。一方、JILA の実験では静的な軸対称トラップポテンシャル中で凝縮体の渦が生成される。渦の生成過程では非凝縮体の角運動量が凝縮体へ受け渡されているのである。

JILA の実験における凝縮体の量子渦生成機構の詳細を議論するためには凝縮体と剛体回転する非凝縮体の相互作用を考慮しなければならない。我々はより簡単化された問題として、角振動数 Ω で剛体回転する非凝縮体中における静的な（渦無し状態の）凝縮体の動的安定性を調べた[2]。系を記述する方程式としては、有限温度に拡張された凝縮体に対する Gross - Pitaevskii 方程式と非凝縮体を記述する運動論 (Boltzmann) 方程式を用いた。重要な結果として、角運動量 $l_z = \hbar m$ を持つ凝縮体表面波モードは凝縮体と非凝縮体の間の衝突によって減衰し、その減衰定数は以下のように与えられることがわかった。

$$\Gamma_m = \frac{1}{2\tau} \left(1 - \frac{m\Omega}{\omega_m} \right)$$

ここで $m > 0$ が非凝縮体と同方向に回転するモード、 $m < 0$ が非凝縮体と反対方向に回転するモードに対応する。 ω_m はモード振動数、 τ は凝縮体と非凝縮体の衝突による緩和時間である。非凝縮体の回転が無い場合($\Omega = 0$)は $\pm m$ の二つのモードは縮退しているが、有限の Ω では縮退が解け $m < 0$ のモードの方が $m > 0$ のモードよりも強く減衰する。上式より明らかなように、 $m > 0$ のモードの減衰定数は $\Omega > \Omega_{c,m} = \omega_m / m$ で符号を変える。これは、臨界角振動数以上では非凝縮体と同方向に回転する凝縮体表面波モードが動的に不安定になることを意味する。この表面波モードの動的不安定性が凝縮体の量子渦の生成を引き起こすのではないかと考えられる。

参考文献

- [1] P.C. Haljan, I. Coddington, P. Engels and E.A. Cornell, cond-mat/0106362.
- [2] J.E. Williams, E. Zaremba, B. Jackson, T. Nikuni and A. Griffin, cond-mat/0109172.

ボース凝縮と気体液体凝縮の比較論

高知大 国府俊一郎

ボース凝縮と気体液体凝縮は元来異なる現象とみなされている。前者ではボース統計が本質的であるのに対して、後者は古典ガスでも起きる。前者が自由ガスで起きるのに対して、後者では引力が不可欠である。本講演では、引力の働くボースガスでは両者は極めて良く似た側面を持つ事を指摘した。

ボース凝縮体が引力に対して不安定である事は昔から良く知られている。しかしながら、気体液体凝縮は古典ガスでも起きる普遍的な現象であるから、ボース凝縮体の存在という特殊な条件が気体液体凝縮にとって必要条件であるとは考えられない。むしろボース統計性が気体液体凝縮にどのように作用するかが、興味ある点である。直観的には、低温でボース粒子が持つ小さな運動エネルギーと、同じ状態に入ろうとする性質は気体液体凝縮を促進するように働くと想像される。

ボースガスを低温高密度にすると、ボース統計が貫徹している波動関数が次第に巨視的大きさにまで成長していく。（これはボース凝縮体が出来る以前の段階で、すでにそうである。）ボースガスに働く引力を統計力学の上で扱うに際しては、この巨視的な波動関数を考慮にいれた大分配関数の展開が必要になる。（これは従来からある最初から凝縮体の存在を仮定した扱いとは本質的に異なる。）1960年代にGoudinとLangerにより提案された方法を引力の働くボースガスに適用し、大分配関数を計算した。大分配関数の引力による部分は、寄与する波動関数の大きさで展開した形をしている（Coherence Expansion）。低温高密度になると、上記の展開の中で大きな波動関数による項が発散を起こす。（この結果は昔のファインマンによるボース凝縮の模型に相似している。）その結果、負の化学ポテンシャルがゼロに接近する途中のまだ有限の値を持つ温度、圧力で大分配関数がゼロになり（Yang-Leeの零）、気体が液体に凝縮する不安定を起こした。この事は、引力の働くボースガスでの気体液体凝縮では、ボース統計が貫徹している事が本質的であってボース凝縮体の存在は必要ない事を示している。

(S.Koh, Phys.Rev. B 64,134529(2001), (E) B 64 (2001))

NMR 測定用超流動渦冷凍機の開発

藤井 宗明[†], 中村 慶一郎^{*}, 後藤 墓^{*}

熊本大学衝撃・極限環境研究センター

*熊本大学大学院自然科学研究科

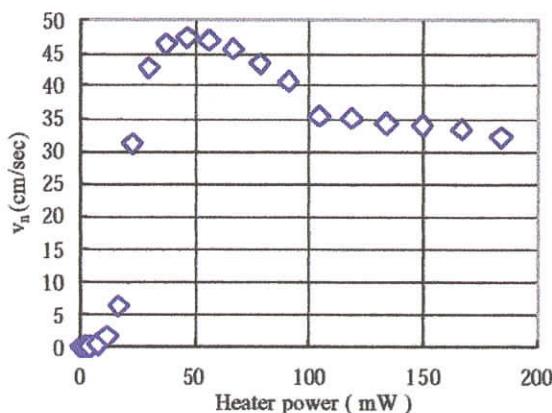
熊本市黒髪2-39-1 ([†]E-mail: fujimune@aster.sci.kumamoto-u.ac.jp)

超流動ヘリウム技術の応用として、まず考えられるのは、そのすぐれた熱伝達特性を利用しての、超伝導機器の冷却であるが、超流動の別の性質をたくみに利用したものに、ここで述べる渦冷凍法がある。これは超流動中の渦(vortex)の流れで熱を運ぶことを利用した冷凍法で、これがその名前の所以である。本研究で、我々は、NMR(核磁気共鳴)の実験に便利な超流動渦冷凍機を開発した。

超伝導機構の解明には、物質の電子状態を知ることが重要であるが、NMRはそのためのシャープで正確な情報を提供する。我々の研究室では、NMRによる物性研究を数十mKの低温までおこなっている。4.2Kから1.5Kまでの温度は液体⁴Heを減圧することにより簡単に得られるが、それ以下の温度を得るには大きな排気量のポンプと太い排気管を必要とする。一方数十mKから1Kまでの温度は³He-⁴He希釈冷凍機により実現できる。物性実験における温度のパラメータで1K前後から1.5Kは適当な冷凍法がないのが実状であった。もちろんその温度範囲は液体³Heを減圧することで得られるが、液体³Heは熱伝達特性が悪いので試料の冷却において不都合が生じ易い。現在のところ1.0K～1.5Kをカバーするものとしては渦冷凍機が適していると思われる。

NMRの観測周波数はMHz帯であり、これは電波分光法としてはエネルギーの低い範囲ではあるが、それでも極低温度の実験ではr.f.磁場による渦電流発熱(eddy current heating)が問題となってくる。そこで共鳴のための同調コイルの近くに金属がないことが望ましい。そのため、今回我々の開発したNMR測定用渦冷凍機の主要な部分は非金属を用いて製作されている。又、熱接触を良くするため、試料を液体ヘリウムの流れの中に直接浸す方式を採用している。

この研究の目的はNMR測定のための超流動渦冷凍機を開発し、その最適の作動条件を見出すことであるが、あわせて、超流動の渦と素励起との相互作用に関する液体ヘリウムの物性研究も行った。



v_n for various values of the heater power to the fountain pump unit

多孔質中He薄膜のJosephsonのコヒーレンス長と超流動臨界速度

東京大学物性研究所

久保田実、福田宗行(現日立中研)、小幡利顕、Vitaliy Syvokon(現カルコフ低温研究所)、
Nikolai Mikhlin、JD.Reppy(コーネル大)、W.Vinen(バーミンガム大)

量子渦は、BEC・超流動・超伝導現象の巨視的波動性から生じ、幾多の興味深い現象が研究されている。渦糸系の多体問題としては、渦格子の生成や乱流現象が、知られている[1]。又、超流動流れの臨界温度 T_c 付近の臨界速度は、渦輪励起と結びつけられ議論されてきた[2]。我々は、多孔質ガラス中の He 薄膜の系が、3 次元超流動の性質を示し、渦固体の融解現象や、乱流現象が見られると指摘してきた[3, 4]が、2 次元渦の振る舞いで説明できるのではないか、或いは、たとえ 3 次元渦が存在しても pinning されて融解現象などは起こらないのではないか等の疑問も提出された。本報告は、捻り振り子法による孔径 1 ミクロンの多孔質ガラス中の超流動単原子膜系の超流動について、超流動密度の絶対値の温度変化、及び、超流動臨界速度の絶対測定について報告し、これらが 3 次元超流動の振る舞いを示すことを示した。参考文献[5]に倣って Josephson の位相相關長を 3 次元超流動密度の絶対値から評価すると、実験結果は、確かに孔径よりも常に大きい 3 次元位相相關長さを持つことが示され、この系の 3 次元超流動性が示された。この様に長い超流動位相相關長(渦芯径)によって、これまで知られた系とは異なる新たな量子渦系が出現したことになる。

精密な超流動密度の絶対値測定とは独立に、捻り振り子の 10^3 に亘る振幅(AC 速度)依存性の研究から超流動に散逸を生じさせ始める臨界速度が温度の関数として求まる。これを整理すると図のように超流動転移温度近くでは超流動密度と同様な臨界的振る舞いを示す。これは、[2]の渦輪励起による臨界速度を再現するもので、確かにこの系で 3 次元的超流動性を示している。我々が渦格子を議論するのもこの温度領域であり、渦糸の mobility は十分にあることが実験結果は示している。なお、次の講演で 2 次元渦の挙動から出発して 3 次元渦輪励起について小幡が理論計算の結果を議論している。又、より大きな孔径の多孔質中の He 薄膜の振る舞い[6]も 3 次元励起による臨界速度の存在を示している。

渦糸状態の研究は、高温超伝導体の出現から新たな展開を見せているが、磁場進入長が無限大に対応する我々の系は独特の性質を持つと期待される[7]。

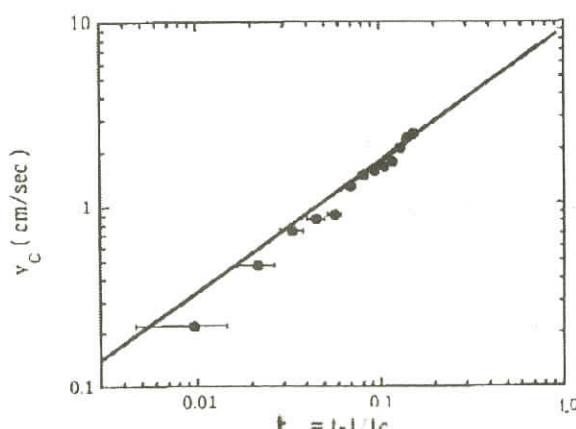


Fig.1 換算温度 $t=1-T/T_c$ に対してプロットした臨界速度 v_c : この速度以上でエネルギー散逸が起こる。直線は $v_c \propto t^{-0.67}$ で 3 次元系の渦輪励起と consistent.

[1] 本研究会の趣旨であり研究会巻頭及び他論文参照。

[2] W.F.Vinen, Proc. Intern. School of Phys. Enrico Fermi, 1963, 336-355; JR.Clew and J.D.Reppy, Phys. Rev. Lett. 19, 291 (1967); JS.Langer and Michael E.Fisher, Phys. Rev. Lett. 19, 560 (1967).

[3] M.Kubota, et.al. J.Low Temp. Phys. 113, 429 (1998).

[4] M.Fukuda, et.al. Physica B 250-252, 117 (2000).

[5] B.D.Josephson, Physics Letters 21, 608 (1966); M.E. Fisher, M.N.Barber and D.J.Tabor, Phys. Rev. A 8, 1111 (1973); G.K.S.Wong, P.A.Crowell, H.A.Cho and J.D. Reppy, Phys. Rev. B 48, 3858 (1993-II).

[6] V.E.Syvokon, et.al., Physica B 250-252, 113 (2000); J.Low Temp. Phys. To be published (2001).

[7] Z.Tesanovic, Phys. Rev. B 59, 6449 (1999-I).

有益な議論で E.Sonin(ヘブライ大学 Jerusalem)に感謝します。

多孔質体に吸着した ^4He 薄膜上に熱励起する渦対のエネルギー分布

東大物性研 小幡利顕、久保田実

多孔質体に吸着した ^4He 薄膜は K-T 理論でよく説明される単純な ^4He 薄膜と同様超流動転移をする。多孔質体に吸着した ^4He 薄膜のメカニズムには 2 次元薄膜に熱励起する渦対の寄与とともに 3 次元的な多連結性を反映した渦環の寄与があるであろうことが議論されてきた。これらの熱励起のエネルギーを記述できれば多孔質体での K-T 理論的な相転移を記述できると思われる。またわが研究室で従来行われてきた「回転下で多孔質体に吸着した ^4He 薄膜の超流動実験」の実験結果を解析するための渦糸の動力学も記述できる。しかし現在のところは正確なエネルギー関数は得られておらず、今回エネルギーの関数形を示唆できればと思い数値計算を始めた。

図上段の様に多孔質体の各枝の軸方向と垂直な方向に渦対が分極した場合について渦対のエネルギーを計算した。この計算結果は始め渦対が分極していくに従いエネルギーが増えるが、ある長さを境に渦対のエネルギーが減少し渦環のエネルギーに近づくように見える。この結果より今まで予想されていた[1]渦対が分極して渦環が出来るという仮定が正しく、しかもそれが熱活性型のプロセスで起きることを示している。

以上のこととを実験的に再現するにはどうしたらよいか考慮した。その一つの方法は回転下での有効的熱伝導の実験である。周知の通り渦糸の動力学はローレンツ力とマグナス力の類似性より電磁気学でよく記述される。 ^4He 薄膜上の速度場を電流、渦糸を磁束量子と見なせば有効的熱伝導の実験は古典的なホール効果と同じと見なせる。渦糸が多孔質体内に入り込むには前述の渦環の励起が必要となる。つまり、回転で生じる渦糸は渦環の助けを借りて熱活性型の移動度をもって超流動流を散逸する。しかも簡単なオーダーエスティメーションにより、熱活性のエネルギー障壁が十分低ければ実験で測定可能であることを示した。

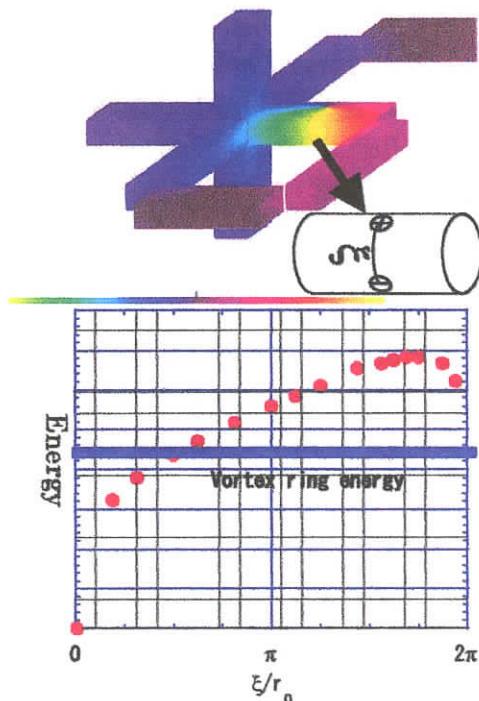


図 解の一例とエネルギー分布
横軸 ξ は上図の ξ に対応。

[1] T. Minoguchi, Surface Science **283** (1993) 393, G. A. Williams, J Low Temp. Phys. **110** (1998) 567.

回転超流動ヘリウム4 液面上の2次元電子系

理化学研究所、東大物性研^A 榎田秀和、西山伸也^A、河野公俊

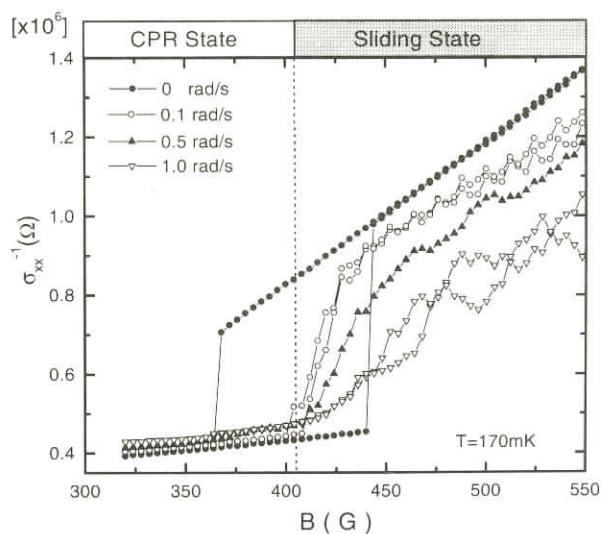
液体ヘリウムの表面上に束縛された2次元電子系は、低温で格子を組みウイグナー結晶に転移する。結晶の格子点近傍に電子が局在化するため、液体ヘリウム表面に小さなくぼみ（ディンプル）をつくり、ウイグナー結晶の移動度はそのディンプルを伴うため著しく小さくなる。このような結晶状態にある電子系を水平方向により大きな振幅の交流電場で揺さぶると、あるしきい値を超えたところで、突然ウイグナー結晶の運動はディンプルからはずれ、表面を滑るスライディング状態に入り、移動度には激しい飛びが現れることが知られている（スライディング現象）。

今回我々は、回転クライオスタットを用いて超流動状態のヘリウムに量子渦を導入し、清浄な液面に意図的にへこみを導入し、2次元電子系の挙動が量子渦上でどういう影響を受けるのか調べた。量子渦表面にできるへこみの深さ（70 Å 程度）は、電子が2次元電子系を形成する液面からの距離100 Å と非常に近いスケールであり、へこみの半径（約2 μm）は、電子間距離のオーダーであることから、自由に運動している電子系には大きな散乱体となるであろうし、ウイグナー結晶を作るほど低温では電子を束縛すると考えられ、ウイグナー結晶の運動にはピニング効果が期待される。

実験装置は、(1) 2つの吸着ポンプを有する連続運転型の³He-⁴He 希釈冷凍機を用い、回転系と静止系の間をつなぐ配管を著しく簡素化し、(2)回転台を圧縮空気で浮かせ、回転駆動源も比較的小規模なシステムで可能にし、(3)データ通信に無線LANを用いるなど、を特徴としている。実際に、毎秒1/6回転程度で、温度域は20mKから1Kの範囲で安定に測定することができた。

電子の移動度は、気相のヘリウムガスとの散乱が移動度を制限する900mK以上では、回転下と静止下では違いが見られなかった。表面張力波リプロンとの散乱が支配的になる900mK以下で静止下と回転下の違いが顕著に現れた。回転数が大きいほど、つまり量子渦の密度が高いほど電子の移動度は小さくなることがわかった。

ウイグナー結晶状態では、スライディング状態からディンプルと結合したCPR状態への転移において、回転による影響が強く現れた。右図に示すように、回転数が大きいほど転移は滑らかになるが、すべてがCPR状態に転移するしきい値は、回転数に依らないことがわかった。量子渦表面近傍で散乱されてエネルギーを失った電子がCPR状態に局所的に転移し、それが全体に広がっていくと推測される。



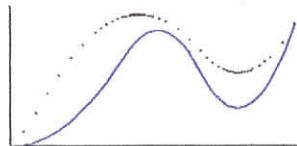
液体⁴Heのλ転移に対する相図の計算

静岡理工科大学 佐々木 祥介

saturated vapor pressure での λ 転移温度の計算値は、Landau理論では2.8K, ロンドン理論では3.16K であり、実験値は2.172K である。そこで、今回、実験ともっと良く合う新しい理論を考えた。

ハミルトニアンの固有状態を表す準粒子の個数 n_p を使って、液体ヘリウムの全エネルギーE を表す。E は、ガリレイ変換共変な形になるべきである。絶対零度でランダウ理論と一致するためには、3粒子以上の相関を無視すると、 $E = \sum_p (p^2/2m) n_p + \sum_{p,q} [\epsilon_{p-q} - ((p-q)^2/2m)] n_p n_q / 2(N-1)$ となる。準粒子のエネルギーは、運動量の小さな所で

$$\omega_p = \delta E / \delta n_p \approx \epsilon_p (n_0/N) + (p^2/2m)(1 - (n_0/N)) + \text{high order terms}$$

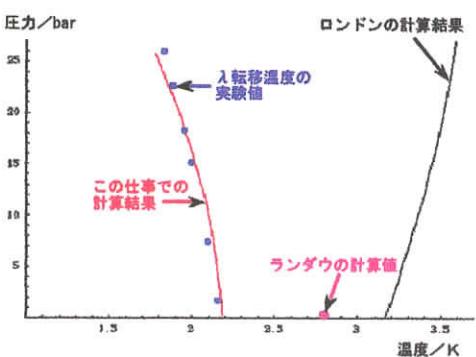


$[\partial \omega_p / \partial p]_{p=0} = C_0 (n_0/N)$ となる。温度変化により、粒子数分布が変わるために、準粒子の速度は、絶対零度で、1st sound の速度 C_0 と一致し、λ点でゼロになる。このため、ディスページョンカーブは、左図のように温度変化する。

この積分方程式は、非線形なので、現在解くことが難しいが、運動量の小さなところでは、上式のように、解の形が分かっている。解が分からないロトンミニマム近くでは Dietrich et al, Phys. Rev. A5(1972)1377 の実験値を使うことにする。実験値はランダウ・パラボラ $\Delta + (p - hQ_0)^2 / (2\mu)$ と良く一致しており、3係数 Δ , Q_0 , μ の圧力Pによる変化は、一次関数で良く近似できる。 $\Delta = 0.409 - 0.0067P$ (単位meV), Q_0 の単位は

$$\text{Å}^{-1} Q_0 = 1.925 + 0.0045P, \mu/m_{\text{He}} = 0.117 - 0.00014P$$

さて、励起エネルギーを左図に示す。領域1では、我々の理論を採用する。領域2は、二次関数で滑らかにつなぐ。領域3は、実験に合うランダウ・パラボラを採用する。領域4は、実験に合う直線で滑らかにつなぐ。領域2の関数が領域3の曲線と連続につながること、微係数も連続につながること、領域1の曲線と接すること、という3つの条件から3つの係数を決めた。その結果、領域2の二次関数の形には、調整できるようなパラメーターがなくなり、完全に決まる。このように、励起エネルギー $\omega_p - \omega_0$ の関数形が中性子散乱の実験値とわれわれの理論だけから決まっている。そこで運動量 p の準粒子の粒子数がボーズ分布として決まる。λ転移温度は次の式が成り立つ温度 T_λ を求めることによって、決定できる。



λ転移温度の決定式

$$N/V = (2\pi\hbar)^{-3} \int_0^\infty [\exp((\omega_p - \omega_0)/k_B T_\lambda) - 1]^{-1} 4\pi p^2 dp$$

各領域にいる準粒子の数のパーセンテージは、圧力 1 bar では、領域1に55.1%, 領域2に6.3%, 領域3に31.4%, 領域4に7.2% 存在する。λ転移点の圧力変動曲線は、左図のような計算値にある。今回の理論による計算値は、実験値とよく合っていることがわかる。

このように、ガリレイ変換共変な全エネルギーの形を採用することが重要である。

超流動He⁴中のイオンによる核生成

横浜市立大学総合理学研究科 山本 洋、石川 幸志

超流動He⁴中において電子によるイオンを加速すると、あるイオンの臨界速度以上でイオンによる運動方向を軸としてイオンの赤道上にloop状の渦を生成すると考えられる。このとき低温側ではトンネリングによる渦生成が、高温側では熱活性化による渦生成が観測される。この現象における臨界速度、エネルギーbarリア、トンネル確率などの物理量の計算を量子力学的に行った。これらの結果は低圧、低電圧側において実験とよく一致する。17barを越える高圧においてはエネルギーbarリア、トンネル確率とも実験値とのずれがみられ、このため高圧側での渦生成のモデルを考え直す必要がある。また実験よりある程度示唆されるように、渦生成を起こすイオンの速度が狭い範囲であることが渦生成確率の計算から確認できる。しかしその物理的意義については検討が必要である。

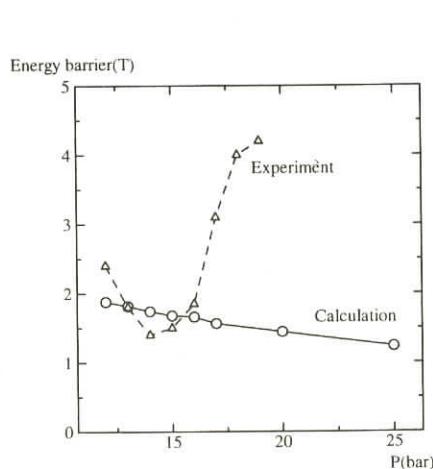


図1:エネルギーbarリア

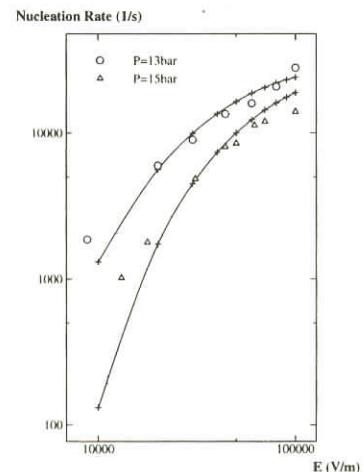


図2:トンネリングによる渦生成確率

物性研究所談話会

日時：2001年8月7日(火) 午後4時～5時30分

場所：物性研究所6階 615号室

講師：Prof. C. S. Fadley

(University of California at Davis and Lawrence Berkeley National Laboratory)

題目：Analysis of materials using scattering, absorption, and fluorescence of soft X-rays in ALS

要旨：

The advancement of analysis using scattering, absorption, and fluorescence of soft X-rays was remarkable in the last decade. Analysis methods using X-rays (total reflection, holography, micro CT, Raman, resonance, circulary polarized, microscpoe, standing wave), X-ray detectors (superconductor, calorimetric, drift type, imaging plates), X-ray optics (lens, multilayers, phase plate, capillary), and X-ray sources (synchrotron, plasma, laser) have been proposed. These novel methods and instruments cover the whole X-ray wavelengths from super soft(light elements)to super heard (superheavy elements) X-rays. The application has also been vastly scattered in industry, archeology, and forensic analysis. The purpose of the Present talk is to summarize the advancement in this field in ALS and to find a new direction in the future.

日時：2001年9月26日(水) 午後4時～5時30分

場所：物性研究所6階 615号室

講師：Prof. Denis Jérôme

(Laboratoire de Physique des Solides, Université Paris-Sud, 91405, Orsay, France)

題目：Quasi 1D conductors and superconductors

Two cases: Organics and Spin ladders

要旨：

We shall consider two families of low dimensional coudcting compounds which look very different at first sight but reveal several similar features. First, quasi-1D organic superconductors pertaining to the TM_2X Bechgaard - Fabre series and second, conducting spin ladders cuprates with composition $Sr_{14-x}Ca_xCu_{24}O_{41}$. Two distinct temperature regimes emerge from the general phase diagram temperature *versus* pressure and/or x . In the high T regime of quarter-filled band organics 1-D correlations develop a Mott - Hubbard localization related to strong intra-chain antiferromagnetic correlations as long as the

single particle transverse motion is not coherent. A low temperature regime is characterized by long range order towards either spin Peierls/antiferromagnetism or superconducting ground states. In the latter situation the transverse motion of single particles becomes coherent (2-D regime)[1]. A gap in the spin excitations of the spin ladders evidenced by the study of the ladder susceptibility leads to the formation of bound hole pairs on the rungs and to metal-like conduction along the legs. The NMR study under high pressure shows that gapped spin triplet excitations persist at 36 kbar when superconductivity is stabilized at 6.7K [2]. The onset of superconductivity above a critical pressure in organics can be attributed to an interchain attractive pairing mechanism leading to a singlet spin pairing with an anisotropic gap. The Josephson tunneling of preformed pairs can be taken as responsible for the superconducting order of spin ladders in the underpressured domain. For both cases we are in the presence of a cross over occurring under pressure between strong and weak coupling situations.

[1]: H. Wilhelm et-al Eur Phys Jour B 21 (2001) 175.

[2]: Y. Piskunov et-al Eur Phys Jour B (2001) submitted.

日時：2001年9月28日(金) 午後1時30分～3時

場所：物性研究所6階 615号室

講師：Zlatko Tesanovic

(Johns Hopkins University, Baltimore, USA)

題目：Fluctuations and Correlations in Cuprates:

QED3 Theory of High Temperature Superconductors

要旨：

I review recent progress in understanding of strong superconducting phase fluctuations in cuprates and related systems. Particular emphasis is placed on the pseudogap state where several experiments indicate presence of fluctuating vortices far above the true superconducting transition temperature. I discuss the physical nature and importance of the topological (Berry phase) quantum interactions between quasiparticles and fluctuating vortices and use this understanding to derive the effective low-energy theory of the pseudogap state. This theory takes the form of a 2+1-dimensional Euclidean quantum electrodynamics (QED3). QED3 theory is the pseudogap state counterpart of the Fermi liquid theory in conventional metals. Its symmetric phase describes a non-Fermi liquid "strange metal", governed by marginal and universal power law singularities, whose various properties and incipient instabilities are calculable in a systematic fashion. In particular, our QED3 theory provides an entirely new insight.

人 事 異 動

【研究部門等】

○ 平成13年11月1日付け

(採用)

氏名	所屬	職名	異動内容
大山越志	新物質科学研究部門	技官	採用

【事務部】

○ 平成13年10月1日付け

(転入)

氏名	所屬	職名	異動内容
平澤敏之	庶務課共同利用掛	共同利用掛長	医学部附属病院管理課研究協力掛主任から昇任

○ 平成13年10月16日付け

(転出)

氏名	所屬	職名	異動内容
園部稔	庶務課人事掛	事務官	総務部人事課へ配置換

(転入)

氏名	所屬	職名	異動内容
三浦勝正	庶務課人事掛	事務官	工学系研究科等から配置換

平成13年度後期短期研究会一覧

研究会名	開催期日	参加予定人数	提案者
量子凝縮系の超流動と量子渦 －超流動ヘリウムと中性原子気 体B E C－	10月18日～10月19日 (2日間)	50名	○坪田 誠(大阪市大・理) 石本 英彦(東大・物性研) 久保田 実(東大・物性研) 白浜 圭也(慶應大・理工) 町田 一成(岡山大・自然) 和田 信雄(名大・理) 上田 正仁(東工大・理工) 上妻 幹男(東大・総合) 畠 徹(大阪市大・理) 平野 琢也(学習院大・理) 水崎 隆雄(京大・理)
新しいコヒーレント光源の利用 研究と将来の展望	11月19日～11月20日 (2日間)	84名	○渡部俊太郎(東大・物性研) 末元 徹(東大・物性研) 辛 埼(東大・物性研) 鎌田 雅夫(佐賀大) 加藤 義章(原研・関西研所長)
高温超伝導体におけるボルテッ クス・マターの物理 －相図、電子状態、ダイナミク スはどこまで分かったのか？－	12月10日～12月11日 (2日間)	80名	○為ヶ井 強(東大・工) 小林 典男(東北大・金研) 松田 祐司(東大・物性研) 前田 京剛(東大・総合文化)

○印は提案代表者

平成13年度後期外来研究員一覧

嘱託研究員

氏名	所属	研究題目	関係所員
河野公俊	理化学研究所 主任研究員	量子流体の表面物性の研究	石本
佐藤繁	東北大理学研究科 教授	高輝度光源を用いた固体分光実験設備の基本設計	柿崎
渡辺誠	東北大多元物質科学研究所 教授	高輝度放射光用多層膜光学素子の開発	"
高橋隆	東北大理学研究科 助教授	高分解能光電子分光による電子状態の研究	"
関一彦	名古屋大理学研究科 教授	高輝度光源を利用する有機固体分光実験設備の基本設計	"
菅滋正	大阪大基礎工学研究科 教授	高輝度光源を用いた固体分光実験設備の基本設計	"
大門寛	奈良先端科学技術大学院大 教授	二次元表示型スピニ分解光電子エネルギー分析器の開発	"
谷口雅樹	広島大放射光科学研究センター 教授	軟X線発光分光及び高分解能光電子分光実験の検討	"
石黒英治	琉球大教育学部 教授	アンジュレータ専用分光光学系の設計	"
宮原恒昱	都立大理学研究科 教授	コヒーレント放射光を用いた分光研究	"
柳下明	高エネ物構研 教授	高輝度光源を利用する原子分光実験設備の基本設計	"
仲武昌史	高エネ物構研 助手	高輝度光源計画におけるスピニ分解光電子分光実験ステーションの検討	"
岡田耕三	岡山大理学部 助教授	dおよびf電子系の高エネルギー分光理論	小谷
魚住孝幸	大阪府立大工学部 講師	共鳴光電子・逆光電分光および共鳴X線発光分光の理論	"
山田鉄二	信州大理学部 教授	Mn ₂ Sbの電子構造と磁性	後藤
手塚泰久	弘前大理工学部 助教授	ビームライン制御の設計	辛
遠山貴巳	東北大金属材料研究所 助教授	強相関物質の光電子分光	"
高桑雄二	東北大多元物質科学研究所 助教授	高輝度光源を用いた固体分光実験設備の基本設計	"
柳原美廣	東北大多元物質科学研究所 助教授	高輝度光源を用いた軟X線発光の研究	"
曾田一雄	名古屋大工学部 教授	高輝度光源使用発光実験装置の開発	"
竹内恒博	名古屋大工学研究科 助手	Bi系超伝導体の角度分解光電子分光	"
河合潤	京大工学部 助教授	銅化合物の発光実験	"
木村真一	神戸大自然科学研究科 助教授	強相関系物質の共鳴逆光電子分光の研究	"
伊藤健二	高エネ物構研 助教授	高輝度光源を利用する原子・分子分光実験設備の基本設計	"
日高昌則	九州大理学研究院 助教授	改造3号炉T2-2ビームポートにおける中性子カメラ回折計の設計・開発	吉澤

嘱託研究員

氏名	所属	研究題目	関係所員
稻見俊哉	原研関西研 研究員	改造3号炉3軸型中性子分光器ネットワーク対応型制御システムの開発	吉澤
高柳滋	北海道教育大教育学部 教授	多重極限関連装置の調整	上床
高橋博樹	日本大学文理学部 助教授	"	"
毛利信男	埼玉大理学部 教授	多重極限関連技術開発研究	"
小坂昌史	埼玉大理学部 助手	多重極限プロジェクトの試料作成	"
小林達生	大阪大極限科学研究センター 助教授	希釈冷凍機温度領域における高圧実験	"
松本武彦	物質材料研究機構材料研究所 主幹研究員	非磁性圧力容器材料NiCrAl合金による圧力装置開発	"
勾坂康男	弘前大理工学部 教授	高輝度光源高分解能斜入射分光ビームラインの設計	木下
加藤博雄	弘前大理工学部 教授	"	"
鈴木章二	東北大理学研究科 助教授	"	"
菅原英直	群馬大教育学部 教授	高輝度光源を利用するコインシデンス分光実験装置の基本設計	"
奥沢誠	群馬大教育学部 教授	"	"
上野信雄	千葉大工学部 教授	高輝度光源における有機薄膜光電子分光ビームラインの設計	"
木村昭夫	広島大理学部 助教授	高輝度光源計画におけるスピニ分解光電子分光実験ステーションの検討	"
小杉信博	分子研 教授	高輝度光源を利用する分子分光実験設備の基本設計	"
見附孝一郎	分子研 助教授	高輝度光源における原子・分子分光ビームラインの検討	"
鎌田雅夫	分子研 助教授	レーザーと放射光を組み合わせた分光研究	"
福井一俊	分子研 助教授	高輝度光源用直入射分光器の設計	"
小池雅人	原研光量子科学研究センター 主任研究員	スーパーソーラー 高輝度放射光源回折格子ビームラインの設計研究	"
原田修治	新潟大工学部 教授	金属中の水素研究用高感度捻り振子法の開発	久保田
佐々木豊	京大理学研究科 助手	超低温回転 ³ He実験立ち上げ	"
荒木秀明	長岡工業高等専門学校 助手	金属中の水素研究用高感度捻り振子法の開発	"
石川修六	大阪市立大理学部 助教授	超流動 ³ HeNMR実験立ち上げ	"
安原洋	東北大理学研究科 教授	ダイソノ方程式とコーンシャム方程式の関連に絡む基礎的研究	高田
加藤礼三	理化学研究所 主任研究員	新しい分子性導体の開発	田島
磯山悟朗	大阪大産業科学研究所 教授	アンジュレータの基本設計	中村
安東愛之輔	姫路工業大高度産業科学技術研究所 教授	高輝度光源計画のリング設計および軌道解析	"

嘱託研究員

氏名	所属	研究題目	関係所員
春日俊夫	高エネ物構研 教授	高輝度光源計画における加速器モニタリング・システムに関する研究	中村
伊澤正陽	高エネ物構研 教授	高輝度光源計画における高周波加速空洞の開発に関する研究	"
堀洋一郎	高エネ物構研 助教授	高輝度光源計画における真空システムの設計	"
本田融	高エネ物構研 助手	高輝度光源計画における電子ビームモニタの設計	"
小林幸則	高エネ物構研 助手	高輝度光源リングのラティス設計及び色収差補正に関する研究	"
佐藤佳裕	高エネ物構研 技官	高輝度光源計画におけるコントロールシステムの設計計画	"
神谷幸秀	高エネ加速器研究施設 施設長・教授	高輝度光源計画の光源設計及び加速器の開発研究	"
小林仁	高エネ加速器研究施設 教授	高輝度光源計画におけるライナックの設計研究	"
設楽哲夫	高エネ加速器研究施設 助教授	高輝度光源計画の低速陽電子利用に関する加速器の研究	"
飛山真理	高エネ加速器研究施設 助手	電子入射器の設計及びフィードバック・システムに関する開発	"
家入孝夫	高エネ加速器研究施設 助手	ビーム計測システムの開発	"
近藤健次郎	高エネ共通研究施設 施設長・教授	高輝度光源計画における放射線安全管理に関する研究	"
小関忠	理化学研究所 先任研究員	高輝度光源加速器の設計及び開発研究	"
河野省三	東北大多元物質科学研究所 教授	高分解能光電子分光・光電子回析による有機/シリコン表面の研究	吉信
大内幸雄	名古屋大理学研究科 助教授	電子分光・放射光分光による有機機能性材料の電子状態研究	"

長期留学研究員

氏名	所属	研究題目	関係所員
横山昌樹	埼玉大理工学研究科 D.C.2	希土類金属間化合物の圧力効果と量子相転移の研究	上床

短期留学研究員

氏名	所属	研究題目	関係所員
朝倉衝	岡山大自然科学研究科 D.C.2	CeFe ₂ におけるCeL吸収端の磁性円二色性	小谷

一般

氏名	所属	研究題目	関係所員
和田信雄 教授	名古屋大理学研究科 理化学研究所 研究員	多孔体中 ³ Heの研究 超低温における液体ヘリウム自由表面の研究	石本 " "
棕田秀和 助 手	横浜国立大工学研究院 岡山大理学部 D.C. 2	非酸化物ペロフスカイト超伝導体Mg(C,B) _x Ni ₃ のバルク合成	上田(寛)
原田勲 教 授	岡山大自然科学研究所 東北大工学研究科 D.C. 1	磁性体の光学的性質	小谷 "
朝倉衝 助 手	岡山大自然科学研究所 東北大工学研究科 D.C. 2	"	"
深道和明 教 授	東北大工学研究科 D.C. 1	極限環境下におけるLa(fe _{1-x} M _x) ₁₃ (M=Al,Si)のエントロピーと磁気体積効果	後藤
藤田麻哉 助 手	東北大工学研究科 助 手	"	"
入澤 覚 助 手	東北大工学研究科 D.C. 1	"	"
藤枝俊 助 手	東北大工学研究科 D.C. 1	"	"
山田勲 教 授	千葉大理学部 C.O.E 研究員	ランダム交替鎖系(CH ₃) ₂ CHNH ₃ Cu(Cl _x Br _{1-x}) ₃ の磁化過程	"
真中浩貴 助 手	高エネ物構研 C.O.E 研究員	"	"
山口益弘 教 授	横浜国立大工学研究院 助 手	金属間化合物を母体にした水素化物・窒化物の強磁場磁化過程	"
光田暁弘 助 手	富山大理学部 D.C. 2	価数揺動Eu化合物の価数転移	"
福田修一 助 手	富山大理工学研究科 D.C. 2	"	"
稻垣祐次 助 手	神戸大理学部 助 手	スピニギャップ系の強磁場磁化過程	"
網代芳民 教 授	九州大理学研究院 助 手	"	"
浅野貴行 助 手	九州大理学研究院 助 手	"	"
菅原仁 助 手	都立大理学研究科 助 手	充填スクッテルダイト化合物の高圧下における研究Ⅱ	"
鹿又武 教 授	東北学院大工学部 助 手	量子臨界点近傍におけるMnSi-CoSi混晶の磁性	"
細越裕子 助 手	分子研 助 手	分子性磁性体の強磁場磁化過程	"
加藤恵一 助 手	総合研究大学院大数物科学研究所 D.C. 2	"	"
松平和之 助 手	九州工業大工学部 助 手	パイロクロア型希土類酸化物の極低温磁性	榎原
手塚泰久 助 教授	弘前大理工学部 助 教授	Ni単結晶の共鳴逆光電子分光	辛
中嶋大介 助 手	弘前大理学研究科 M.C. 2	"	"
樋口透 助 手	東京理科大理学部 助 手	共鳴逆光電子分光装置の開発	"
野沢俊介 助 手	東京理科大理学部 D.C. 3	"	"
竹内智之 助 手	東京理科大理学研究科 M.C. 2	"	"

一 般

氏 名	所 属	研 究 題 目	関係所員
田 中 正 規	新エネルギー・産業技術総合開発機構NEDO 養成技術者	II - VI族半導体量子構造、プラズマディスプレー用蛍光体の共鳴ラマン散乱実験	末 元
坂 井 徹	都立科学技術大工学部 助教授	低次元磁性体の統計力学	高 橋 (實)
川 端 和 重	北海道大理学研究科 助教授	結晶内の孤立境界面のダイナミクス	高 山
根 本 幸 児	北海道大理学研究科 助教授	"	"
新 田 高 洋	北海道大理学研究科 D.C. 2	"	"
松 川 宏	大阪大理学研究科 助教授	"	"
三本木 孝	北海道情報大 教 授	"	"
伊 藤 正 行	千葉大理学部 助教授	遷移金属酸化物のNMR	瀧 川
木 山 隆	千葉大理学部 助 手	"	"
増 渕 俊 仁	千葉大自然科学研究科 D.C.1	"	"
小 原 孝 之	千葉大自然科学研究科 D.C.2	"	"
稻 垣 祐 次	神戸大理学部 助 手	NMRによるスピニギャップ系の磁場中挙動の解明	"
網 代 芳 民	九州大理学研究院 教 授	"	"
浅 野 貴 行	九州大理学研究院 助 手	"	"
吉 岡 大二郎	東大総合文化研究科 教 授	DMRG法による量子ホール系の研究	福 山
有 野 和 真	東大理学系研究科 M.C.2	"	"
渕 崎 員 弘	愛媛大理学部 助教授	四面体分子系の構造緩和過程	藤 井
森 伸 也	大阪大工学研究科 助教授	超強磁場下におけるIII - V化合物半導体短周期超格子の赤外サイクロトロン共鳴に関する研究	三 浦
辻 本 雄一郎	大阪大工学研究科 D.C.2	"	"
百 瀬 英 毅	大阪大低温センター 助 手	"	"
濱 口 智 尋	高知工科大工学研究科 客員教授	"	"
城 谷 一 民	室蘭工業大工学部 教 授	鉄を含んだ新超伝導体の開発	八 木
後 藤 宏 規	室蘭工業大工学研究科 M.C.1	"	"
長谷川 正	東北大金属材料研究所 助教授	非周期構造物質の高圧研究	"
近 藤 忠	東北大理学研究科 助教授	超微細加工技術を用いたDAC用サンプリングの開発	"
船 守 展 正	東大理学系研究科 講 師	液体構造解析用外熱式ダイヤモンドアンビル装置の開発(III)	"
高 久 真美子	東大理学系研究科 M.C.1	"	"

一般

氏名	所属	研究題目	関係所員
平井寿子	筑波大地球科学系 講師	メタンハイドレート高圧構造中におけるメタン分子の ケージ占有率	八木
清水克哉	大阪大基礎工学研究科 助手	ダイヤモンドアンビル表面のレーザーによる微細加工	"
赤荻正樹	学習院大理学部 教授	超高压高温下におけるアルカリ含有珪酸塩鉱物の相転移	"
小沼寿幸	学習院大理学部 D.C.1	"	"
永田貴志	お茶の水女子大理学部 助手	$\text{Ca}_{2-x}\text{Sr}_x\text{RuO}_4$ の輸送特性	吉澤
古川はづき	お茶の水女子大理学部 助教授	"	"
土生田恵美	お茶の水女子大人間文化研究科 M.C.2	"	"
竹下晴子	お茶の水女子大人間文化研究科 M.C.1	"	"
浦田真理子	お茶の水女子大人間文化研究科 D.C.1	"	"
梶本亮一	お茶の水女子大理学部 学振特別研究員	$\text{La}_{1-x}\text{Sr}_x\text{FeO}_3$ における電荷秩序の研究	"
伊藤稔	信州大工学部 教授	フェムト秒高調波レーザーを用いた内殻準位の励起に 伴う緩和過程の研究	渡部
国寄久延	信州大工学部 M.C.1	"	"
猿倉信彦	分子研 助教授	大出力超短パルス深紫外レーザーの研究	"
大竹秀幸	分子研 助手	"	"
矢口裕之	埼玉大工学部 助教授	局在型混晶半導体の発光	秋山
浜窪隆雄	東大先端科学技術研究センター 助教授	FRETを利用した7回膜貫通型受容体のシグナル検出 技術の開発	"
増田一之	東大先端科学技術研究センター 交流研究員	"	"
小柴俊	香川大工学部 助教授	リッジ量子細線レーザーの光学特性の評価と均一性の 改良	"
森田眞	成蹊大工学部 教授	半導体CdSナノ結晶の超高速レーザー分光と量子効果	"
山谷和彥	北海道大工学研究科 教授	電荷密度波とフィラメンタリー超伝導の共存・競合	上床
五十嵐邦明	北海道大工学研究科 M.C.2	"	"
村山茂幸	室蘭工業大工学部 教授	重い電子系セリウム化合物のネスティング相とその量 子臨界点での異常磁性	"
中野智仁	室蘭工業大工学研究科 D.C.3	"	"
藤田香	室蘭工業大工学研究科 D.C.2	重い電子系セリウム化合物のネスティング相とその量 子臨界点での異常磁性	"
谷口範明	室蘭工業大工学研究科 D.C.1	"	"
小池洋二	東北大工学研究科 教授	3次元ペロブスカイト型酸化物 $\text{Ba}_{1-x}\text{K}_x\text{BiO}_3$ の圧力 効果	"
今井良宗	東北大工学研究科 M.C.1	"	"

一般

氏名	所属	研究題目	関係所員
小池 洋二	東北大工学研究科 教授	L _a 系オーバードープ領域におけるストライプ秩序の 圧力効果	上床
高橋 健一郎	東北大工学研究科 M.C.2	"	"
北川 宏	筑波大化学系 助教授	高圧下におけるMMX-Chain錯体の伝導物性の解明	"
谷口 弘三	埼玉大理学部 助手	有機超伝導体の圧力下交流磁化率測定	"
小岩井 貞良	埼玉大理工学研究科 D.C.1	Yb化合物の物性研究	"
石井 康之	埼玉大理工学研究科 D.C.2	Ce化合物の電気抵抗の圧力効果	"
浦野 千春	東大低温センター 非常勤研究員	PrNiO ₃ の圧力誘起量子相転移	"
梅原 出	横浜国立大工学研究院 助教授	高圧下の比熱測定装置の開発	"
海老原 孝雄	静岡大理学部 助手	Ce ₃ Al ₁₁ 単結晶の圧力効果	"
摂待 力生	大阪大理工学研究科 助教授	ウラン化合物における加圧下での超伝導探索	"
中島 美帆	大阪大理工学研究科 D.C.1	"	"
芳賀 芳範	原研先端基礎研究センター 研究員	"	"
櫻井 敬博	神戸大自然科学研究科 D.C.1	強磁場ESR用圧力セルの開発	"
山田 裕	島根大総合理工学部 助教授	FeSr ₂ YC ₂ O ₈ 酸化物超伝導体の超伝導転移の圧力依存性	"
柴田 智広	島根大総合理工学研究科 M.C.1	"	"
岩田 允夫	山口大理工学部 教授	RRh ₂ Ge ₂ (R=Ho,Er) の物性とその圧力効果	"
繁岡 透	山口大理工学部 教授	"	"
福原 万沙洋	山口大理工学研究科 M.C.2	"	"
繁岡 透	山口大理工学部 教授	PrCu ₂ X ₂ (X=Si,Ge) の異常物性とその圧力効果	"
種田 康之	山口大理工学研究科 D.C.2	"	"
巨海 玄道	九州大理工学研究院 教授	極限環境下における希土類化合物の電子物性の研究	"
大橋 政司	九州大理工学研究院 助手	"	"
南竹 一成	九州大理工学府 M.C.1	"	"
加治 志織	九州大理工学府 M.C.1	"	"
矢ヶ崎 克馬	琉球大理工学部 教授	高圧・強磁場における熱電能	"
仲間 隆男	琉球大理工学部 助教授	"	"
内間 清晴	琉球大理工学研究科 D.C.2	"	"

一般

氏名	所属	研究題目	関係所員
徳村政文	琉球大理工学研究科 D.C.2	高圧・強磁場における熱電能	上床
下地由子	琉球大理工学研究科 D.C.1	"	"
野津史耕	琉球大理工学研究科 D.C.1	"	"
神木正史	都立大理学研究科 教授	強磁性超伝導体UGe ₂ の高圧・極低温下の特性	"
佐賀山基	都立大理学研究科 D.C.2	"	"
三浦康弘	桐蔭横浜大工学部 助教授	「アルキルアンモニウム-Au(dmit) ₂ 塩に基づく超電導性ラングミュア・プロジェクト膜の実現」	"
堀切雅史	桐蔭横浜大工学研究科 D.C.1	"	"
高橋博樹	日本大学文理学部 助教授	高圧下における電気抵抗測定	"
柴田淳	日本大学総合基礎科学研究所 M.C.1	"	"
高橋博樹	日本大学文理学部 助教授	多重極限下の物性測定	"
下田尚幸	日本大学総合基礎科学研究所 M.C.1	"	"
池田伸一	産業技術総合研究所 研究員	圧力誘起強磁性体Sr ₃ Ru ₂ O ₇ の一軸圧効果	"
白川直樹	産業技術総合研究所 主任研究員	"	"
田村雅史	理化学研究所 先任研究員	一定荷重型高圧装置を用いた有機導体の物性研究	"
田嶋尚也	理化学研究所 基礎科学特別研究員	"	"
大平聖子	理化学研究所 基礎科学特別研究員	"	"
高梨弘毅	東北大金属材料研究所 教授	金属-非金属系グラニュラー薄膜を用いたスピン依存 単一電子トンネリングの研究	勝本
三谷誠司	東北大金属材料研究所 助教授	"	"
原田修治	新潟大工学部 教授	超低温下における金属中の水素の量子効果	久保田
須田剛	新潟大工学部 助手	"	"
遠藤聰	新潟大自然科学研究所 D.C.2	"	"
渡辺信嗣	新潟大自然科学研究所 D.C.1	"	"
荒木秀明	長岡工業高等専門学校 助手	"	"
佐々木豊	京大理学研究科 助手	回転超流動 ³ HeのNMR実験	"
山下穰	京大理学研究科 M.C.2	"	"
石黒亮輔	京大理学研究科 D.C.3	"	"
川村隆明	山梨大教育人間科学部 教授	結晶表面の原子配列制御	小森

一般

氏名	所属	研究題目	関係所員
石井 晃	鳥取大工学部 助教授	Ge(001)表面の銀原子吸着の第一原理計算	小森
柄原 浩	九州大総合理工学研究院 教授	共吸着に伴う金属表面構造の秩序化	"
陳明樹	九州大総合理工学府 D.C.2	"	"
金沢 育三	東京学芸大教育学部 助教授	低速陽電子ビームによる表面物性の研究	"
新井 亮太郎	東京学芸大教育学研究科 M.C.1	"	"
河村 紀一	日本放送協会放送技術研究所 研究員	ナノ磁性体の応用研究	"
小泉 裕康	姫路工業大理学部 助手	Geometric Phase Current	高田
三木 一司	産業技術総合研究所 主任研究員	X線回析を用いたSiウェハの評価	高橋 (敏)
近藤 寛	東大理学系研究科 講師	金属化合物クラスターの磁性研究	田島
岡本 薫	東大理学系研究科 D.C.2	"	"
永井 研輔	東大理学系研究科 M.C.1	"	"
鳥塚 潔	神奈川工科大工学部 非常勤講師	有機伝導体の熱的性質の研究(II)	"
神藤 欣一	東工大総合理工学研究科 助手	半導体結晶中の転位の電子状態と機械的性質の解明	常行
石井 晃	鳥取大工学部 助教授	動的モンテカルロ法によるSi熱酸化の研究	"
山添 純平	鳥取大工学研究科 D.C.1	"	"
長尾 忠昭	東北大金属材料研究所 助教授	半金属極薄原子層の強磁場STM/STS観察	長谷川
薛其貞	東北大金属材料研究所 助手	バリスティック電子放射顕微鏡による界面超微細加工技術の確立とそれによる電子波デバイス構築の試み	"
藤川 安仁	東北大金属材料研究所 助手	"	"
SADOWSKI, Jerzy Tomasz	東北大金属材料研究所 助手	"	"
桑野聰子	東北大理学研究科 D.C.2	"	"
柳沼晋	東北大理学研究科 M.C.2	"	"
酒井 明	京大工学研究科附属メゾ材料研究センター 教授	磁界下での金の量子化コンダクタンス	"
黒川 修	京大工学研究科附属メゾ材料研究センター 助手	"	"
三木 一司	産業技術総合研究所 主任研究員	SPMを利用したMOS界面の研究	"
山田 高広	高輝度光科学研究センター 協力研究員	3次元フラストレーション酸化物の合成との物性	廣井

物質合成・評価設備Pクラス

氏名	所属	研究題目	関係所員
中山則昭	山口大工学部 助教授	強相関電子系酸化物の透過電子顕微鏡法による微細構造評価	上田 (寛)
中塚晃彦	山口大工学部 助手	"	"
稻辺保	北海道大理学研究科 教授	分子性伝導体における強相関効果の研究	田島
内藤俊雄	北海道大理学研究科 講師	"	"
浅利剛裕	北海道大理学研究科 D.C.1	"	"
森健彦	東工大理工学研究科 助教授	"	"
川本正	東工大理工学研究科 助手	"	"
松平和之	九州工業大工学部 助手	パイロクロア型希土類酸化物の純良単結晶育成	廣井
草野圭弘	倉敷芸術科学大芸術学部 講師	水熱合成によるセラミックスの合成	"

物質合成・評価設備Gクラス

氏名	所属	研究題目	使用実験室
渡辺 康裕 助手	東大生産技術研究所	準結晶合金の原子構造とフェイゾンに関する研究	物質合成室
森岡 稔博 M.C.2	東大工学系研究科	"	"
秋重 幸邦 教授	島根大教育学部	鉛フリー機能性強誘電体の単結晶育成と物性評価	"
深野 勝洋 M.C.1	島根大教育学部	"	"
伊東 和彦 助教授	南大阪大経営学部	物性測定のためのオリビン単結晶の合成	"
安達 弘通 助手	高エネ物構研	希土類化合物の作製	"
横道 治男 助教授	富山県立大工学部	強磁場中で合成されたカーボンナノチューブの形状 に関する研究	化学分析室 電子顕微鏡室
中山 則昭 助教授	山口大工学部	Pt/Mn多層膜の微細構造と磁性	電子顕微鏡室
荒木 邦彦 D.C.2	山口大理工学研究科	"	"
和泉 充 教授	東京商船大商船学部	マンガンスピネル及びペロブスカイト化合物のス パッタ膜の磁化	電磁気測定室
中山 貴博 D.C.2	東京商船大商船学研究科	"	"
沈 肇 M.C.2	東京商船大商船学研究科	"	"
和泉 充 教授	東京商船商船学部	導電性LB膜の2次元弱局在と電子輸送	"
石崎 康雄 D.C.2	東京商船大商船学研究科	"	"
鈴木 信 D.C.2	東京商船大商船学研究科	"	"
大貫 等 助手	東京商船大商船学部	"	"
鈴木 和也 助教授	横浜国立大環境情報研究院	低次元金属カルコゲナイトの電子状態	"
吉田 隆 助手	名古屋大工学研究科	RE系酸化物系超伝導薄膜の微細組織とピンニング 効果に関する基礎研究	"
須藤 公彦 D.C.1	名古屋大工学研究科	"	"
西原 弘訓 教授	龍谷大理工学部	バルクハウゼンノイズを利用した非破壊評価法の研 究	"
原田 将志 M.C.1	龍谷大理工学研究科	"	"
藤井 光広 教授	長崎総合科学大	As-grownおよび熱処理したカーボンマイクロコ イルの磁気抵抗	"

平成13年度後期 スーパーコンピュータ共同利用採択課題一覧

所 属	代 表 者	タ イ ト ル
大(阪理)助教授	松川 宏	摩擦の計算機実験
京(都理)教 授	山田 耕 作	強相関電子系における超伝導の理論
山(教育)助教授	野々山 信 二	微小複合構造における伝導度および非平衡電流の数値計算
福井(工)教 授	利根川 孝	空間構造をもつ一次元量子スピン系の数値的研究
東京(都立)教 授	酒井 治	量子ドットと光照射系におけるlow - spin high - spin転移効果の研究
東京(理)助 手	柳瀬 陽 一	強相関電子系における異方的超伝導の理論的研究
山(教育)助教授	野々山 信 二	量子ホール系における端状態間トンネル電流の数値計算
大阪(工)講 師	菅 誠一郎	乱れた低次元電子系での近藤効果
慶應義塾(理工)教 授	米沢 富美子	複雑液体のダイナミクス
上智(理工)教 授	大槻 東 巳	アンダーソン転移のクロスオーバー
新潟(自然)助教授	草部 浩 一	フッ化炭素系層状物質の電子状態計算
東京(物性研)教 授	上田 和 夫	密度行列くりこみ群による強相関電子系中の不純物状態に対する研究
千葉(自然)教 授	夏目 雄 平	量子反強磁性系の交換散乱スペクトル計算
東京(工)教 授	宮下 精 二	量子スピン系の新しい秩序形態とその動的性質
理化学研 研究員	飯高 敏 晃	第一原理計算による極限物質の研究
埼玉(理)教 授	飛田 和 男	空間構造を持つ低次元量子磁性体の数値的研究
名古屋(工)助教授	田仲 由喜夫	異方的超伝導体における量子干渉効果の理論
大阪(工)教 授	川上 則 雄	幾何学的フラストレーションをもつ強相関係の理論的研究
東京都立大 助教授	川島 直 輝	立方晶・正方晶異方性のある量子スピンモデルのモンテカルロシミュレーション
東京(工)教 授	藤原 毅 夫	第一原理に基づく電子構造計画の拡張と応用
東京(都立)助 手	大塚 博 巳	低次元電子系の相転移
産業技術総合研 研究員	小林 伸 彦	ナノ構造の電気伝導の第一原理計算
山口(工)助教授	尾形 修 司	ハイブリット密度汎関数／分子動力学／有限要素法シミュレーションによるシリコンの破壊と環境効果
愛媛(理)助教授	渕崎 員 弘	非平衡状態での遅い緩和過程
東京(理)教 授	塚田 捷	第一原理電子状態によるナノ構造の物性予測
大阪(工)教 授	広瀬 喜久治	実空間計算手法に基づく第一原理分子動力学シミュレーションプログラムの開発

所 属	代 表 者	タ イ ト ル
北 海 道 大 (工) 教 授	武 藤 俊 一	歪量子ドットにおける原子拡散の研究
東 京 大 (工) 助 教 授	渡 邊 聰	局所高電界場中のナノ構造における電流関連現象の理論解析
東 京 大 (物性研) 学振PD	木 野 日 織	GW法による電子状態の第一原理計算
青 山 学 院 大 (理工) 助 教 授	古 川 信 夫	相転移近傍における二重交換系の電子構造の研究
大 阪 大 (理) 助 手	小 谷 岳 生	FP-LMTO およびFP-LAPW 法にもとづくGW法
群 馬 大 (工) 助 教 授	相 原 智 康	ナノレベルでの構造制御による金属間化合物の高機能化に関する理論的研究
大 阪 大 (工) 助 教 授	後 藤 英 和	第一原理に基づく金属ナノワイヤーの電子輸送現象の計算
東 京 工 大 (理) 助 手	尾 関 之 康	非平衡緩和法の発展と応用
東 京 大 (物性研) 教 授	高 山 一	コンプレックス系における相転移とスロー・ダイナミックス
東 京 大 (物性研) 助 手	福 島 孝 治	複雑系のシミュレーションデータの多変量解析
九 州 大 (理) 助 教 授	野 村 清 英	朝永・ラッティンジャー液体の不安定性と繰り込み群
東 京 大 (工) 助 教 授	伊 藤 伸 泰	粒子系における巨視的現象の計算物理的研究

平成14年度前期共同利用公募要項

関係各研究機関長 殿

東京大学物性研究所長
福山秀敏（印）

平成14年度前期共同利用の公募について（通知）

このことについて、下記のとおり公募しますので、貴機關の研究者にこの旨周知くださるとともに、申請に当たっては遺漏のないようよろしくお取り計らい願います。

また、平成14年度より審査方法や実施報告書等が変更されますので、お知らせいたします。

記

- 1 公募事項（添付の要項参照）
 - (1) 共同利用（一般、物質合成・評価設備）（平成14年4月～平成14年9月前期実施分）
 - (2) 共同利用（スーパーコンピュータ）（平成14年4月～平成15年3月実施分）
 - (3) 共同利用（中性子散乱：東海村）（平成14年4月～平成15年3月実施分）
 - (4) 短期研究会（平成14年4月～平成14年9月前期実施分）

2 申請資格

- 国公立大学及び国公立研究機関の教員、研究者並びにこれに準ずる者。
- 3 申請方法「平成14年度前期共同利用公募要項」をご覧ください。
 - 4 申請期限
 - (1) スーパーコンピュータの共同利用 平成13年12月7日（金）必着
 - (2) 中性子散乱研究施設の共同利用 平成13年11月30日（金）必着
 - (3) その他の共同利用 平成13年12月17日（月）必着
 - 5 採否の判定 平成14年3月下旬

< 外来研究員 >

物性研究所においては、共同利用研究業務として、全国物性研究者の研究遂行に資するため、各種研究員制度が設けられています。これらの研究員の公募は、半年毎に行っております。外来研究員制度は、個々の申請を検討の上、実行されおりますが、特別な事情のある場合を除いて、あらかじめ共同利用施設専門委員会の了承を得る建前をとっておりますので、下記を参考の上、期日までに応募されるようお願いします。

その他、外来研究員制度の内容あるいは利用する設備等に関するお問い合わせにはならないことがあります。ば、外来研究員等委員会委員長 末元 徹（0471）-36-3375までご連絡ください。

「共同利用」又は「留学研究員」に申請される場合は、事前に必ず利用される研究室等の教官と打ち合わせのうえ、申請書を提出してください。

なお、「一般の共同利用」の場合は、1研究課題に許される修士課程の学生数は1名を原則とします（修士課程の学生とは申請時点での修業課程在籍であること。）。

また、申請用紙は、別紙の様式をコピーして使用してください。
申請用紙は、別紙の様式をコピーして使用してください。

1 各種外来研究員

(1) 一般研究員

○ 一般の共同利用

- ① 所外研究者が研究の必要上、本研究所の施設を利用したい場合は、その便宜を提供できるようにしております。また、研究を集中して遂行する「短期集中型」の利用形態が設けられています。「短期集中型」の採用人数は、予算の制約から若干名となりますが、充足率は高くします。採択された場合には、短期集中型を次期に統けて申請することはできません。短い集中型で不採用になった場合には、一般的の共同利用として審査されます。
- ② 申請には、別紙（様式1）の申請書を申請してください。「短期集中型」を希望する場合は、必要性、研究内容及び研究計画の具体的スケジュール等をA4版1枚（様式任意）に詳細に記入したものを併せて提出してください。

- スーパーコンピュータの共同利用（4ページ要項に従ってください）
- 中性子散乱研究施設の共同利用（6ページ要項に従ってください）
- 物質合成・評価設備の共同利用（8ページ要項に従ってください）

(2) 留学研究員
① 長期留学研究員
半年以上の期間、本研究所の所員に指導を受けながら研究を行う大学院学生を対象としています。

ただし、原則として、本研究所からの旅費の支給はなく東京大学柏地区共同利用研究員宿泊施設の利用もできません。

② 短期留学研究員

数ヶ月程度の期間、本研究所に滞在して、若手研究者や大学院学生が研究することにより、新技術の修得などを主な対象としています。期間中は東京大学柏地区共同利用研究員宿泊施設の利用の便宜を供します。

採用人數は、予算及び宿泊の割約から、若干名となりますので、不採択に備えて他の区分への併願も認めています。採択された場合には、次期に統けて申請することはできません。

③ 申請は、別紙（様式2）の申請書を提出してください。

なお、「短期留学研究員」への申請の場合は、別紙（様式2）とともに、「短期留学研究员」として行う研究内容及び研究計画の具体的スケジュール等をA4版1枚（様式任意）に詳細に記入したものを併せて提出してください。

(3) 嘴託研究員

① 所外研究者に、本研究所の研究計画及び共同研究計画の遂行上、必要な研究を委嘱することを目的としています。

② 嘴託研究員の委嘱は、本研究所所員の申請に基いて、研究計画等を検討のうえ、決定します。

2 申請期限及び送付先

申請期限：平成13年12月17日（月）必着

送付先：〒277-8581 千葉県柏市柏の葉5-1-5

東京大学物性研究所 庶務課共同利用掛

電話（0471）-36-3209

※スーパーコンピュータ、中性子散乱研究施設、物質合成・評価施設は、各要項に従つてください。

3 採否決定及び経費

上記各種外来研究員受け入れの可否及び経費の配分は、各部門、施設において、申請された研究計画、過去の共同利用実施報告・成果などに基づいて審査検討して原案を作成したのち、共同利

用施設専門委員会で承認の上、教授会で決定します。ただし、長期留学研究員については、経費の援助はありません。

② 共同利用研究員
採択された共同利用研究の中で、放射線施設を利用される方には、「外来研究員等の放射線管理制度規則」に従って、別紙（様式6）の「放射線業務従事者承認書」を提出していただきます。

4 実施報告書

一般研究員及び留学研究員で来所の方は、1期（半年又は1年）毎に終了後30日以内に別紙5による外来研究員実施報告書を必ず提出してください。報告書は、共同利用施設専門委員会で回覧するとともに、次回以降の経費配分において参考資料といたします。

5 研究成果の報告と公表

外来研究員（嘱託、一般、短期・長期留学）として行った研究に関する論文が出版された場合は、別刷1部を共同利用へお送りください。また、定期的に共同利用における成果報告書を行なう予定ですので、当方からの問い合わせがありましたら論文題目、著者、雑誌（巻・号）等をご回答ください。

また、論文を発表される場合、謝辞のところに東京大学物性研究所の共同利用による旨の文章をいれていただくことを希望します。英文の場合の参考として、次のような例文をあけておきます。

(例1) This work was carried out under the Visiting Researcher's Program of the In-

stitute for Solid State Physics, the University of Tokyo.

(例2) This work was carried out by the joint research in the Institute for Solid State

Physics, the University of Tokyo.

(例3) This work was performed using facilities of the Institute for Solid State Physics, the University of Tokyo.

6 宿泊施設

東京大学柏地区共同利用研究員宿泊施設が利用できます。

（ただし、長期留学研究員は利用できません。）

7 学生教育研究災害障害保険の加入
大学院学生は「学生教育研究災害障害保険」に加入されるようご配慮願います。

8 その他

(1) 予算の支出、諸施設の利用、設備の管理等については、関係する所員の指示に従つてください。

(2) 申請書は、必ず別紙様式のものを使用してください。

スーパーコンピュータの共同利用について

物性研究所では、物性物理学の研究のための共同利用スーパーコンピュータを運用しています。他の計算機センターではできないような大規模計算による研究プロジェクトや先端的な計算手法の開発などに重点を置いて運用しており、利用課題の審査に際しても、研究プロジェクトの目的、その計画と方法、特色を重視します。

システムの性能、キューリング、利用課金等の詳細は、「物性研究所スーパーコンピュータシステム共同利用案内」をご参照ください。

同案内については、物性研のwwwホームページ

<http://www.issp.u-tokyo.ac.jp/super/riyou.html>

をご覧ください。

1 利用 課 金

利用課金は差し当たり所外利用者からは徴収しませんが、予算の関係上場合には、消耗品等を何らかの方法で負担していただくことがあります。

2 申請課題クラス

申請課題は、二つの計算サーバーの申請利用金額の和に対して以下のクラスA, B, C, D, Sに分けて受け付けます。全く異なる課題を並列して行う場合は、同一の研究者が複数の課題を行うことがあります。類似した課題は一つにまとめるようにしてください。利用金額に対応する二つの計算サーバーのCPU時間や各クラスの申請利用金額の上限等については「共同利用案内」を参考してください。

A（小型）：毎月の末日が締め切りで翌月の10日から年度末まで利用できます。本クラスへの申請は一ヶ月毎に1回だけとします。また、A以外のクラスですでに利用している研究代表者（グループ）の申請は受け付けません。

B（中型）：一般の共同利用申請期限の約2週間前（注：平成14年度前期は12月7日）に締め切り、4月1日から年度末まで利用できます。なお、一研究代表者（グループ）が本クラス課題を複数申請する場合には、その総ポイント数は指定の上限以下とします。

C（大型）：一般の共同利用申請期限の約2週間前（注：同上）に締め切り、4月1日から年度末まで利用できます。なお、一研究代表者（グループ）の本クラス課題の複数申請は受け付けません。

D（緊急）：研究の進歩が著しく、緊急の計算を要すると判断される課題のためのクラスです。申請利用金額に制限はありません。随時受け付け、採択後6ヶ月利用できます。

S（特別）：計算物理による物性研究の分野において特に重要な課題で、かつ、大規模な計算を伴うものを重点的に支援するためのクラスです。

申請利用金額に上限はありません（下限がある）。

一般的の共同利用申請期限の約2週間前（注：同上）に締め切り、4月1日から1年間利用できます。

なお、本クラス課題については、スーパーコンピュータ共同利用委員会において研究代表者に申請課題の説明を行っていただきます。

3 利用申請

利用を希望するときは、「物性研究所スーパーコンピュータシステム共同利用申請の手引き」に従って課題申請を行ってください。

同手引きについては、物性研のwwwホームページ

<http://www.issp.u-tokyo.ac.jp/super/shinsei.html>

をご覧ください。

4 申請期限

平成13年12月7日（金）必着

5 採否決定

プロジェクト課題の採否、利用金額の割り当ては、スーパーコンピュータ共同利用委員会の審査を経て、教授会で決定します。

6 利用

所外から電話公衆網又はインターネットを経由したネットワークによってスーパーコンピュータを利用することができます。また、利用が許可された期間中は、物性研究所電子計算機室がオープンしているかぎり、随時利用されてもかまいません。（旅費は支給されません。）

7 利用報告書

次年度初めに利用報告書をスーパーコンピュータ共同利用委員会委員長あて提出していただきます。書式は別途連絡します。

8 研究成果の出版

スーパーコンピュータの共同利用による研究の成果が出版される場合には、必ず「物性研究所スーパーコンピュータを利用した。」旨を論文中に明記し、また、その別刷1部を物性研究所電子計算機室あて送付してください。

（例1）The authors thank the Supercomputer Center, Institute for Solid State Physics, University of Tokyo for the use of the facilities.

（例2）The computation in this work has been done using the facilities of the Supercomputer Center, Institute for Solid State Physics, University of Tokyo.

中性子散乱研究施設の共同利用について

**実験審査委員会（N S P A C）は中性子散乱装置の共同利用研究課題の審査実務を分担する組織で中性子散乱研究施設運営委員会の下部機構です。

(1) 中性子散乱研究施設の共同利用は、通常公募方式によって行われています。

申請期限：平成13年11月30日（金）必着

(2) 申請用紙は下記あて請求し、必要事項を記入の上、同施設あて締切り期日までに8部（7部は複写でも可）提出してください。

〒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

TEL (029)287-8900

FAX (029)283-3922

(9) 課題採択スケジュール
10月中旬 公募の手引き配付
11月30日 公募の締切り
12月中旬 I M Tによる技術的審査、I M T間での意見交換
12月下旬 課題申請書とI M Tの技術的コメントを3人のレフリーに送付
1月中旬 レフリーの判定報告の締切
1月下旬 実験審査委員会（N S P A C）で審査
2月上旬 運営委員会の審議決定

(3) 申請された研究課題は、中性子散乱研究施設運営委員会の審査を経て、教授会で決定された後、結果を実験責任者あて通知します。

(4) 研究課題の申請は、原則として上記のとおり年1回ですが、特に緊急を要する課題が生じた時は、その理由を付して、上記中性子散乱研究施設運営委員会委員長あて随時申請することができます。

(5) 実験終了後、所定の様式で成果報告書を提出することが求められます。

(6) 受付課題の種類

中性子散乱装置の共同利用研究課題として次の2種類の課題を受け付けます。

a) 一般課題

b) 装置グループI M T* (Instrument and Maintenance Team)課題

* I M T課題については、第10、11項を参照ください。

* I M T課題の申請者は、申請書を施設まで請求してください。

(7) 共同利用に供される中性子散乱実験設備については、申請用紙の添付資料「改造3号炉中性子散乱実験設備の概要」を参照してください。

(8) 一般課題の採択手順

- 1) 装置グループ（I M T）による課題の技術的検討
- 2) 3人のレフリーによる課題の学術的内容の審査
- 3) 実験審査委員会**（N S P A C）による審議を経て、運営委員会に提案

(1) マシンタイムの配分

(1-P) : 一般課題に割り当たられるマシンタイムの比率。装置責任者・I M Tメンバーも含めて、各研究者が各自の研究計画に基づき申請書を提出し、実験審査委員会（N S P A C）及び運営委員会の審議により決定されます。

(P) : I M Tに割り当たられるマシンタイム。

なお、比率（P）の値は各I M Tの申請に対し、実験審査委員会（N S P A C）及び運営委員会で審査して年度毎に決定されます。

物質合成・評価設備の共同利用について

物質設計評価施設の物質合成・評価部では、下記の6実験室及び各種合成・評価設備を、全国共同利用として運営しています。利用を希望される方は下記の要領で申請してください。

問い合わせ先：物質合成・評価設備共同利用委員会委員長 上田 篤（0471）-36-3435

1 利用実験室と設備

実験室	利 用 設 備
物質合成室	ブリッジマン炉、引き上げ炉、ハロゲンランプ四槽円型帯域溶融炉、キセノンランプ四槽円型帯域溶融炉、アーク溶解炉、精密ダイヤモンドカッター、フラックス炉、真空蒸着装置
化学分析室	SEM-EPMA（波長分散型X線分析装置および高精度画像記録システム付）、ICP-AES、各種液体顕微鏡、電子天秤(0.1μg~240g)、純水製造装置
X線判定室	粉末X線回折装置（封管型、回転対陰極型）、单結晶四輪回折装置（封管型、回転対陰極型）、ラウエカメラ、ワインベルグカメラ、極低温単結晶イメージングアブレート回折装置（回転対陰極型）
電子顕微鏡室	300kV高分解能電子顕微鏡、200kV分析電子顕微鏡（電界放射型、エネルギー分散形X線分析装置、試料加熱・冷却ホルダ、FIB装置）
電磁気測定室	15テスラ超伝導磁石（ヘリウムフリー超伝導磁石、異方性磁場効果測定システム）、振動式磁力計、2テスラ電磁石、光交流比熱測定装置、16テスラ高均一超伝導磁石、磁化測定装置（7T MPMS）、物理特性測定装置（9T PPMS）
光学測定室	ラマン分光装置（顕微ラマン、クライオスタッフ）、エキシマーレーザー（波長可変バルスレーザー、連続発振レーザー）、フーリエ赤外分光器（含頭微鏡ユニット）（透過・反射・発光・FTラマン分光装置）、近赤外～紫外分光器（含頭微鏡ユニット）

申請に当たっては、所外及び所内の研究代表者を一人ずつ設け、所外研究代表者は所内研究代表者とあらかじめ研究内容や遂行計画等について相談・検討の上、研究組織を構成してください。なお、研究組織には、研究協力者として、若干の学生を入れることができます。申請は一期（半年）毎に受け付けます。

申請書は、物質合成・評価設備共同利用申請書（様式3）及び外来研究（共同利用）申請書（様式1）（「物質設計評価施設希望実験室名」欄には、上記1のうち利用希望実験室名を記入する。また、右上のクラスチェック欄にチェックする。）を提出してください。

2 申請課題クラスと申請手続

利用課題の申請は以下の三つのクラスに分かれます。申請に当たっては、それぞれのクラスに該当する申請書（コピーで可）を使用してください。

(2) 一般課題申請（Gクラス）
従来の一般の共同利用で、共同研究と施設利用を含み、所外研究者が研究の必要上、本設備を利用したい場合の便宜を提供するものです。申請は一期（半年）毎に受け付けます。
申請に当たっては、外来研究員（共同利用）申請書（様式1）（「物質設計評価施設希望実験室名」欄には、上記1のうち利用希望実験室名を記入する。また、右上のクラスチェック欄にチェックする。）を提出してください。

(3) 緊急課題申請（Uクラス）
研究の進捗上、緊急に本設備の利用を必要とする課題です。申請は随時受け付けます。その際、緊急性を明示の上、外来研究員（共同利用）申請書（様式1）（「物質設計評価施設希望実験室名」欄には、上記1のうち利用希望実験室名を記入する。）を提出してください。

3 送付先	〒277-8581 千葉県柏市柏の葉5-1-5 東京大学物性研究所 黒川課共同利用掛 電話 (0471)-36-3209
4 申請期限	平成13年12月17日(月)必着
5 採否決定	申請課題は物質合成・評価設備共同利用委員会の審査を経て、教授会で決定します。

2 申請課題クラスと申請手続

利用課題の申請は以下の三つのクラスに分かれます。申請に当たっては、それぞれのクラスに該当する申請書（コピーで可）を使用してください。

(1) 研究提案型課題申請（Pクラス）
本クラスは、物性研究所との共同プロジェクト研究として位置付けられるもので、利用者が物質合成・評価設備を利用しての独創的な研究を提案し、本施設のスタッフと協力して、比較的長期にわたって遂行する研究が対象となり、旅費や設備の利用時間等について、優先的便宜が図られます。

6 実施報告書

一期（半年）毎に、終了後30日以内に様式5の実施報告書を物質合成・評価設備共同利用委員会委員長あて提出していただきます。

7 研究成果の出版
物質合成・評価設備の共同利用による研究の成果が出版される場合には、必ず「物性研究所物質合成・評価設備を利用した」旨を論文中に明記し、また、その別刷1部を物性研究所物質合成・評価設備共同利用委員会委員長あてに送付してください。

- (例 1) The authors thank the Materials Design and Characterization Laboratory, Institute for Solid State Physics, University of Tokyo for the facilities.
- (例 2) This work was performed using facilities of the Materials Design and Characterization Laboratory, Institute for Solid State Physics, University of Tokyo.

< 短期研究会 >

短期研究会は、物性研究上興味深い特定のテーマについて全国の研究者が1～3日間程度研究会を開き、集中的に討議するもので、提案代表者は内容、規模等について関係研究者と十分検討の上、申請してください。

1 申 請 方 法

提案代表者は、別紙申請書（様式4）を庶務課共同利用掛へ提出してください。

なお、提案者の中に、本研究所所員が1名以上必要です。

2 提案理由の説明

提案代表者は、内容、規模等について共同利用施設専門委員会で説明していただきます。

3 採 取 決 定

共同利用施設専門委員会の審議を経て、教授会で決定します。

4 経 費

共同利用施設専門委員会で査定・審査し、教授会の決定に基づき共同利用施設運営費から支出します。（1件当たりの申請金額については、50～100万円を目安としてください。なお、100万円を超えるものを承認する場合もあります。）

5 報 告 書

提案代表者は、研究会終了後速やかに「物性研究だより」に掲載する研究会報告書を提出してください。執筆に関する要領は庶務課共同利用掛から別にお知らせします。

共同利用施設専門委員会委員

外来研究員等の放射線管理内規

村山茂幸	室蘭工業大学(工)	佐藤英行	東京都立大学(大・理)
三宅和正	大阪大学(大・基礎工)	酒井治	東京都立大学(大・理)
佐藤正俊	名古屋大学(大・理)	後藤輝孝	新潟大学(大・自然科学)
大貫淳睦	大阪大学(大・理)	宇田川眞行	広島大学(総合科学)
北岡良雄	大阪大学(大・基礎工)	矢ヶ崎克馬	琉球大学(理)
鈴木直	大阪大学(大・基礎工)	高柳邦夫	東京工業大学(大・総合理工)
網代芳民	九州大学(大・理)	野上隆	電気通信大学(電気通信)
水崎隆雄	京都大学(大・理)	佐藤直樹	京都大学(化学研)
川合真紀	理化学研究所	薬師久彌	岡崎国立共同研究機構(分子研)
高木英典	東京大学(大・新領域)	大隅一政	高エネルギー加速器研究機構(物構研)
熊谷健一	北海道大学(大・理)	その他物性研究所所員	

(昭和57.7.21制定)
放射線障害予防規程第44条第3項に定める外来研究員等の放射線管理については以下のとおりとする。

1. 柏地区

- (1) 物性研究所放射線管理室（以下「管理室」という。）は、外来研究員等の共同利用申込が承認された時に、その所属する大学又は事業所に対し「物性研究所の放射線施設を利用する外来研究員等の派遣についての了解事項」及び「放射線業務従事承認書」を送付する。
- (2) 外来研究員等は、放射線取扱いに先立って「放射線業務従事承認書」を管理室に提出するものとする。

- (3) 本所の放射線施設及び放射線発生装置等を初めて利用する外来研究員等に対し、当該施設の放射線管理責任者は、放射線取扱いの開始前に放射線発生装置あるいは放射性物質等の安全取扱い、立入記録の記入等についての教育訓練を実施する。
- (4) 放射線管理責任者は、外来研究員等について、フィルム・バッジ等の着用の有無を確認し、それ等を持たない場合は、個人被曝線量計を貸与し被曝線量計を測定し記録するものとする。

2. 日本原子力研究所内（東海村）－中性子散乱研究施設

- 中性子散乱研究施設を利用する外来研究員等は、日本原子力研究所で定める放射線管理上の所要手続きをしなければならない。

- 3. 高エネルギー加速器研究機構（以下「機構」という。）内設置の軌道放射物性研究施設分室を利用する外来研究員等は、機構が定める放射線管理上の所要手続きをしなければならない。

物性研究所の放射線施設を利用する 外来研究員等の派遣についての了解事項

1. 外来研究員等及び所属機関の責任者は、物性研究所の放射線施設の利用に際して、以下の事項を承諾するものとする。
 2. 外来研究員等は、本所放射線障害予防規程及び当該放射線施設の管理内規に従う。
 3. 外来研究員等が利用する放射線施設等に係る管理責任（放射線発生装置、放射性物質の安全取扱い、管理区域等の線量当量の測定等の管理）は、物性研究所にあるが、「放射性同位元素等による放射線障害の防止に関する法律」等で定める放射線業務従事者としての認可及び個人管理は、外来研究員等の所属機関の責任において行う。
4. 放射線業務従事者としての認可及び個人管理とは、
 - (1) 教育訓練(物性研究所における放射線発生装置等の安全取扱いに係る教育訓練は除く)の受講
 - (2) 血液検査などの健康管理
 - (3) 個人被曝線量当量の測定
 - (4) 放射線業務に従事することの可否の判定
5. 放射線業務に従事する外来研究員等は、所属機関の放射線取扱主任者及び管理責任者が認める放電線業務従事承認書を、物性研究所放射線管理室に提出する。
6. 個人被曝線量計（フィルムバッジ等）は、原則として所属機関より持参し、着装して放射線業務に従事するものとする。
但し、個人被曝線量計のない場合は、当該施設又は放射線管理室が貸与する。

外来研究員（共同利用）申請書

No.

P	G
---	---

東京大学物性研究所長 殿	平成 年 月 日	下記研究計画により外来研究員として貴研究所で研究したいので申請します。
所属		研究題目（グループで研究する場合は代表者のみ記入すること）
職名又は学生年級		研究目的（グループで研究する場合は代表者のみ記入すること）
氏名		○研究の実施計画（使用装置・方法等詳細に）（グループで研究する場合は代表者のみ記入すること）
級号奉公年月日（　　年　　月　　日）　　級　　号		
申請者の連絡先　電話　　内線		
FAX		
eメールアドレス		
下記研究計画により外来研究員として貴研究所で研究したいので申請します。		
研究目的（グループで研究する場合は代表者のみ記入すること）		
○放射線業務に従事することの有無　有　・　無（○で囲むこと）		
○短期集中型を希望する場合はこの欄を記入してください		上記のとおり、申請者が貴研究所において研究に従事することを承諾します。
・短期集中型で採用されなかつた場合、一般の共同利用としての審査希望について	希望する	希望しない
・過去5年内に短期集中型で採用されたことの有無　無・有（最新採用年度　平成　年度　前期　後期　他　回）		
○希望部門・研究室名（　　部門　　研究室　　）		平成　年　月　日
○物質設計評価施設　希望実験室名（　　）		
他の研究室又は実験室へ共同利用を同時に申請していますか 申請している場合の研究室又は実験室名（　　）	□していない	□している

※コピーする場合は、A4版両面コピーで使用してください。

① 宿泊を必要としない利用者（日帰り）	月　日～月　日　　期間中（週・月　日）	合計　日
・用務先	□ 物性研（柏）	□ 物性研（東海）
② 宿泊を必要とする利用者	月　日～月　日（泊　日）	月　日～月　日（泊　日）
・用務先	□ 物性研（柏）	□ 物性研（東海）
③ この共同利用の際、貴所所属機関から、鉄道費、日当、宿泊料が支給されますか。	□ される	□ されない
利用頻度：	① 新規	② 過去5年間何回位申請していますか（回）
略歴	（大学院学生は学歴を記入すること）	
.	.	

印

申請者の所属　職・氏名

外来研究員（留学研究員）申請書

No.

東京大学物性研究所長 殿	平成 年 月 日
所属	
職名又は学年	氏名
級号俸発合年月日(年 月 日) 級 号俸	
申請者の連絡先 電話	内線
FAX	
eメールアドレス	
下記研究計画により（長期留学研究員・短期留学研究員）として貴研究所で研究したいので申請します。 (申請する方を○で囲むこと)	
研究題目	
○研究予定期間 平成 年 月 日 ~ 平成 年 月 日	
○研究の実施計画の概要	
○放射線業務に従事することの有無 有・無 (○で囲むこと)	
○長期留学研究員	希望指導教官名
○短期留学研究員	希望部門・研究室名
併願の有無 有・無 (○で囲む) 併願している場合の研究室等名()	

※ 指定された共同利用研究の中で、放射線施設を利用される方には、「外来研究員等の放射線管理内規」に従って、「放射線業務従事承認書」(様式6)を提出していただきます。

○滞在・宿泊場所について	
・長期留学研究員（東京大学柏地区共同利用研究員宿泊施設の利用はできません） 滞在場所（予定）所在地・名称	
・短期留学研究員 □ 東京大学柏地区共同利用研究員宿泊施設	
□ その他 ()	
○この共同利用の際、貴所属機関から、鉄道費、日当、宿泊料が支給されますか。	
□ される	□ されない
○略歴（大学院学生は学歴を記入すること）	
FAX	
上記のとおり、申請者が貴研究所において研究に従事することを承諾します。	
平成 年 月 日	指導教官の所属・職・氏名
印	
申請者の所属長 職・氏名	
印	

*コピーする場合は、A4版両面コピーで使用してください。

物質合成・評価設備共同利用申請書（P-クラス）

申請代表者所属・職・氏名	平成 年 月 日		
申請研究課題			
東京大学物性研究所所長 殿			
東京大学物性研究所所長 殿	(1) 物質合成室 (2) 化学分析室 (3) X線測定室 (4) 電子顕微鏡室	(5) 電磁気測定室 (6) 光学測定室	
提案代表者	所 属	職 名	氏 名
		内線	
提案の目的・背景、実験計画・方法・利用機器等について記入してください。	連絡先 電 話	FAX	e メールアドレス
下記のとおり短期研究会の開催を提案したいので申請します。			
記			
1 研究会の名称			
2 提案理由	理由書は、400字以上600字まで（A4版横書き）とし、提案理由及び研究会内容がよくわかるように記載してください。		
3 開催期間	平成 年 月 日	～	平成 年 月 日 (日間)
4 参加予定者数	約 名		
5 希望事項（○で囲む）	その他希望事項		
予稿集：有・無			
公開・非公開			
6 その他（代表者以外の提案者：所属機関・職名を記入のこと）			

(裏面使用可)

7 旅費の支給を必要とする者

	氏名	所属	職名
1			
2			
3			
4			
5			
6			
7			
8			
9			
10			
11			
12			
13			
14			
15			
16			
17			
18			
19			
20			
21			
22			
23			
24			
25			

8 その他主要参加者

	氏名	所属	職名
1			
2			
3			
4			
5			
6			
7			
8			
9			
10			
11			
12			
13			
14			
15			
16			
17			
18			
19			
20			
21			
22			
23			
24			
25			

外来研究員実施報告書

平成 年 月 日

東京大学物性研究所長 殿

所属・職名
氏名
⑥

研究題目 :	
利用期間 :	
共同研究者(氏名・職名・所属)	
研究実施経過・成果	※①使用機器 ②研究方法 ③成果又は経過について書いてください。

研究成績の公表方法	※予定がある場合にタイトル、雑誌名を書いてください。
要望・感想	※共同利用を行う上で問題点、所への要望・感想等を書きください。

平成 年 月 日

平成 年 月 日

平成 年 月 日

放射線業務従事承認書

平成 年 月 日

研究題目 :	
利用研究室又は実験室名 :	
機関名	④
所在地	
放射線取扱主任者名	
所属機関代表者名	⑤

研究実施経過・成果	※①使用機器 ②研究方法 ③成果又は経過について書いてください。
-----------	----------------------------------

当機関は、「物性研究所の放射線施設を利用する外来研究員等の派遣についての了解事項」を承諾して、下記の者が貴研究所において放射線業務に従事することを承認しましたので、よろしくお願いします。

なお、下記の者については、当機関において放射線障害防止法、あるいは人事院規則(10-5)等の法規に基づいて放射線業務従事者として管理が行われていることを証明します。

記

氏名	年令	身分	所属学科・部課等	年現在の合計被曝線量(rem)	過去1年間の被曝線量当量(mSv)
放射線業務従事期間					
物性研究所利用施設					

(注) この承認書の有効期間は、年末までです。

※) 1期(半年又は1年)毎に、終了後30日以内に提出してください。

平成13年度外部資金の受入について

(平成13年4月1日～平成13年9月30日)

1. 奨学寄附金

(1) 500万円を超える奨学寄附金
該当なし

(2) 500万円以下の奨学寄附金

件 数	金 額
31	8,775,620 円

2. 民間との共同研究

研 究 題 目	相 手 側 機 関 名	共 同 研 究 経 費		研 究 担 当 職 員
		相 手 側 負 担 分	本 学 負 担 分	
高ピークパルス発生技術の研究	三 菱 電 機(株)	420,000 円	——	教 授 渡部俊太郎
蓄積リングの鉛直及び水平方向変位に関する研究	清 水 建 設(株)	420,000	——	教 授 柿崎 明人
材料の水素脆性、及び水素含有前後の物性変化	カシオ計算機(株)	1,000,000	——	助 教 授 上床 美也
金属及びその酸化物単結晶の作成	ユニオンマテリアル(株)	420,000	——	教 授 辛 塤
ペロブスカイト構造酸化物単結晶の育成	三菱瓦斯化学(株) 東京研究所	1,420,000	——	助 教 授 廣井 善二
合 計		3,680,000	——	

3. 受託研究

研 究 題 目 名	委 託 者	受 入 金 額	研 究 担 当 職 員
次世代エレクトロニクスのための物質科学シミュレーション	日本学術振興会	69,182,000 円	教 授 今田 正俊
微細構造におけるスピントリニティの開拓	科学技術振興事業団	2,200,000	教 授 家 泰弘
評価用コヒーレント光源の開発	技術研究組合超先端電子技術開発機構	8,820,000	教 授 渡部俊太郎
中性子散乱を用いた酸化物および硫化物の磁性の研究	技術研究組合オムゲスト ロームテクノロジ研究機構	2,100,000	教 授 吉澤 英樹
合 計		82,302,000	

Technical Report of ISSP 新刊リスト

Ser. A

- No. 3624** Umklapp Electron-Electron Scattering in Weakly Modulated Two-Dimensional Electron Systems, by Seiji Uryu and Tsuneya Ando.
- No. 3625** Superconducting Gap of MgB_2 Observed Using Ultrahigh-Resolution Photoemission Spectroscopy, by S. Tsuda, T. Yokoya, A. Chainani, T. Kiss, Y. Takano, K. Togano, H. Kito, H. Ihara and S. Shin.
- No. 3626** Evidence for a Multiple Superconducting Gap in MgB_2 from High-Resolution Photoemission Spectroscopy, by S. Tsuda, T. Yokoya, T. Kiss, Y. Takano, K. Togano, H. Kito, H. Ihara and S. Shin.
- No. 3627** Direct Evidence of P-Type $SrTiO_3$ by High-Resolution X-Ray Absorption Spectroscopy, by T. Higuchi, T. Tsukamoto, S. Yamaguchi, Y. Ishiwata, N. Sata, K. Hiramoto, M. Ishigame and S. Shin.
- No. 3628** Nature of the Inhomogeneous Distributions in Eu^{3+} Doped Y_2O_3 Crystals Studied by Optical-rf Double Resonance, by Makoto Yamaguchi and Tohru Suemoto.
- No. 3629** Ground-State Phase Diagram of Quantum Heisenberg Antiferromagnets on the Anisotropic Dimerized Square Lattice, by Munehisa Matsumoto, Chitoshi Yasuda, Synge Todo and Hajime Takayama.
- No. 3630** Plaquette-Single Solid State and Topological Hidden Order in Spin-1 Antiferromagnetic Heisenberg Ladder, by Synge Todo, Munehisa Matsumoto, Chitoshi Yasuda and Hajime Takayama.
- No. 3631** Spin-Triplet Superconductivity in Quasi-One Dimension, by Mahito Kohmoto and Masatoshi Sato.
- No. 3632** Enhancement of Superconductive Critical Temperatures in Almost Empty or Full Bands in Two Dimensions: Possible Relevance to $HfNC1$, C_{60} and MgB_2 , by Mahito Kohmoto, Iksoo Chang and Jacques Friedel.
- No. 3633** Electronic Structure of $Bi_4Ti_3O_{12}$ Thin Film by Soft-X-Ray Emission Spectroscopy, by T. Higuchi, M. Tanaka, K. Kudoh, T. Takeuchi, Y. Harada, S. Shin and T. Tsukamoto.
- No. 3634** Electronic Structure of 4d Transition Metal Compound ZrF_4 by Resonant-Photoemission Spectroscopy, by T. Higuchi, T. Tsukamoto Y. Tezuka and S. Shin.
- No. 3635** Magnetic Circular Dichroism of Resonant X-Ray Emission Spectroscopy in Longitudinal and Transverse Geometries, by K. Fukui, H. Ogasawara, A. Kotani, T. Iwazumi, H. Shoji and T. Nakamura.

編 集 後 記

11月2日-3日に一般公開が行われました。地元の要望もあり毎年開催する方針で、昨年に続き移転後2回目です。今年は、宇宙線研とも合同で柏キャンパスとして実施したこともあり、昨年にも増して盛況でした。地元の人が多数来場し熱心に聞いて回っていました。昨今ささやかれる理科離れ現象には疑問を感じるほどでした。昨年度ノーベル化学賞を受賞された白川英樹先生の特別講演では大講義室には収容しきれないほどの聴衆で、会議室やホールに特設会場を設けるほどでした。導電性高分子を題材として物質科学の重要性を分かりやすく説明してくださいました。講演の中で、セレンディピティというあまり聞き慣れない言葉を紹介され、予想しない結果が得られたときにそれを見逃さない平素の心構えの大切さを説いておられました。10月6日には物性研国際シンポジウム一般講演会が近くの県民プラザで、R.B.Laughlin先生、秋光純先生をお迎えして開催され、地元の人も含めて大勢の方が来聴されました。移転して1年半あまりですが、少しづつ柏に根を下ろしつつあるようです。

所内では、任期制や独立法人化に対する議論を深めています。東大高輝度光源計画も最終局面を迎え、次号で朗報をお知らせできることを期待しています。

次号の締切は12月14日です。

所属また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。

高 橋 敏 男

