

# 物性研だより

第19卷  
第1号  
1979年5月

## 目 次

○ 20年ぶりの同窓会 .....	山 田 耕 作 .....	1
○ 研究室だより .....	中 嶋 貞 雄 .....	3
短期研究会報告		
○ 超イオン伝導体の構造と物性 .....		9
世話人 横田伊佐秋, 宮谷信也, 下地光雄, 星埜禎男		
○ 相転移と非線形励起 .....		24
世話人 中嶋貞雄, 福山秀敏		
昭和53年度共同研究報告		
○ ダイヤモンドアンビル装置による超高压下 構造相転移の結晶光学的研究 .....	代表・伊 藤 進 一 .....	34
物性研談話会 .....		36
物性研ニュース		
○ 昭和54年度後期共同利用公募について .....		40
○ 助手公募について .....		54
○ 人事異動 .....		55
○ テクニカルレポート .....		56
編集後記		

東 京 大 学 物 性 研 究 所

## 20年ぶりの同窓会

山田耕作（静岡大工短）

私は昨年4月からこの3月まで、物性研に客員として1年間滞在しました。69年から75年までの6年間物性研の助手でしたから、助手の人や、若い所員の人より長く物性研とかかわりを持ったことになります。ですが、助手は物性研の一時期の客のようなものであり、今度は文字通り客でしたから、物性研の運営や、将来計画についてはよく知りません。従ってそのような問題に関して感想を述べるのも無責任ですし、又期待されていないと思います。物性研の将来計画や運営に関しては主として物性研内の入達が自らの問題として考えるべきことだと思います。

というわけで、物性研だよりに書くべきことは何もないのですが、客員の最後のつとめとして、個人的な毒にも薬にもならない話をしようと思います。

今年の正月2日、実に20年ぶりに私の小、中学の同窓会が兵庫県の田舎がありました。私の母校は来住小、中学校といい、加古川の中流にあります。近くに鴨池という大きな池があり、毎冬、池一面に鴨が訪れ、中学の傾いた2階建の校舎は北側からつっかい棒がしてありました。現在、鴨池一帯はゴルフ場となり、我が母校も来年整理統合され、廃校になるそうです。小、中学の同窓生は一学年2クラスの100名位でしたから、皆9年間のつき合いです。50名余が参加し、恩師はすでに72才でしたが元気でした。皆が20年前の昔にもどり、なつかしい遠い思い出にひたりました。その昔、小さな声でたどたどしく教科書を読んだ女の子が今や堂々たるおかみさんでした。2次会の会場となったスナックのママは同級生で、赤い髪ときらきら光る衣装で、かいがいしく水割りや、おにぎり、たいやき、カラオケの大サービスをしてくれました。20年来、郵便配達をしているF君は毎日、帽子をかぶる為でしょうか、大巾に髪が後退し、広い額がにぶい光をはなっていました。共働きの日雇い入夫から、小企業の社長まで、夫々に意氣軒昂でした。戦後の貧しい時代に育ち、中卒のまま高度成長期に黙々と働き、今や人員削減、不況で苦しい生活をしているのが大部分なのですが、自らの生活と仕事に自信を持っているのには圧倒されました。結局、中学卒業後の20年間の苦労で鍛えられ、それを克服した自信なのでしょう。

このような中で、私などはみじめなもので、「大学の先生というのは皆バカだろう、クイズダービーを見てみい。漫画家の方がえらい。」ともっともなこと(?)をいうのもあり、昔、いやがる私を生徒会長にさせた尊敬の念(?)は今や皆無で、週の半分授業して後は遊んでいるけしからん奴という事になってしまいました。日夜、たゆまず続ける高尚な(?)研究の苦労を知ろうとしないで

ひどい事をいうものです。工業高校を出て、現在鉄鋼の技術屋で、最近仕事上の都合から環境管理の難しい国家試験をパスしたI君などは、NOXの基準はいくらか知っているか、P.P.Mを知っているかとか質問します。どうも大学の先生というのは、役に立たない遊びをする世間知らずのバカの集りのように思っているらしい。私の立場をさらに悪くしたのは我々の高尚な研究のすばらしさをやさしく、もっともらしく説明できなかったことです。私は自分の子供に聞かれると「鉄は何故、磁石になるか」を研究しているというのですが、全く無視されます。

もう少し、まじめに問題を受けとめれば、毎日汗を流して働くこのような同級生（もっとも目先の効くのが、カラオケのセットを貸す商売でかなり荒かせぎをしているようでしたが）の税金で私達の研究が支えられているとするなら、私達の研究はどういう価値をこれらの人達に与えているだろうかということです。めぐまれた研究環境はこれまでの個々人の努力と能力に対する報酬であり、特権として与えられているものでしょうか。学会や、大学の研究者内部では全てが重要で、世界の大問題のように思えたものが同級生の目では河原の石にしか見えないようです。私達の研究の持つ価値について専門外の人にはやさしく説明できる程広く深く考えたことがないという点を正月早々大いに反省させられたのでした。これは又、一生ほんとうに河原の石や、重箱のスミを磨いたり、つづいたりしない為にも必要な事でしょう。

## 研究室だより

### 「中嶋研究室」（理論第3部門）

中 嶋 貞 雄

守谷編集長から久しぶりに「研究室だより」を書くように命ぜられ、科研費申請の例にならって最近4～5年間を振りかえってみることにした。この期間にいわゆる理論第3部門ということでおこった人事の動きは、鈴木増雄氏が本郷へ転出したあと、黒田義浩（現名大理助教授）、栗原康成（現ブラジル・キャンピーナス大客員教授）両氏が中嶋研助手ということになり、鈴木氏の後任として斯波弘之氏が決まった段階で黒田助手が海外に転出（その後へ中西一夫氏が斯波研助手として就任），その1年後に栗原康成助手も海外に転出、後任として栗原進氏が中嶋研助手に就任した。これが1976年のことである。

さて、その前後から、「固体内電子は、不純物や欠陥に妨害されないかぎり、低温で何らかの秩序相へ転移をおこす」という一種の信念のごときものを感じ、電子的相転移に関心を強めるようになった。そんなことは当たりまえで、格別吹聴に値しない、といわれるかもしれない。よく考えて見れば私自身も、液体ヘリウムおよび（久保理論誕生時の）非平衡統計力学を対象にしていた時期を除けば、伝導電子系の多体問題、とくに電子・フォノン相互作用のからむ問題、ばかりを考えてきたようなもので、いまさら信念などと改まることはなさそうである。

以下、考えたこと、考えていること、および考えようとしていることを具体的に（ただし簡略化）記すこととする。

1. 電子系の秩序相としてとくに興味をもったのはCDW状態である。その動機となったのは、私の場合、擬1次元導体や層状導体というよりも、むしろクロムのSDW<sup>1)</sup>とともに格子波の問題であった。たしか金沢での学会で国富先生の特別講演を拝聴しながら、格子波の波数がSDWの2倍であるのは、スピントリニティが時間反転で符号を変えるのに電子密度が不变であるからにちがいない、と考えた。SDWが2倍（偶数倍）波数のCDWを誘起し、後者が電子・フォノン相互作用で格子をひずませるのである。私はクロムのSDWについて素人だったので、この方面でいくらか経験のある栗原康成氏の協力を求め、単純なRiceモデルで計算してみた。ただし、金森先生によれば、いわゆるnestingのみ誇張するこの種のモデルはクロムの定量的理論として不十分とのことである。なお、私たちよりもっとていねいな格子波の扱いが小谷章雄氏によってあたえられている。いずれにしても、私ごとき非磁性理論家には専門外の問題だったわけであるが、CDWというものをはじめてわが課題として、しかも日本の実験に触発され

て、考えたという点で、私には良き経験となった。

2. 当時、花村栄一氏が励起子あるいは励起子分子のポーズ凝縮、さらには励起子の超流動を論じておられ、後者について再三議論する機会にめぐまれたばかりでなく、同氏のおすすめで固体の高励起状態に関する王子セミナーに出席することができた。半導体中の電子・正孔液滴の「写真」、R P A が液滴の性質を定量的に説明できるという Rice の総合報告、などが印象的であった。

話を励起子の超流動にもどすと、私は簡単な 2 次元原子の結晶を考え、そのフレンケル励起子を擬スピンで書いてみた。<sup>2)</sup> 超流動  $^4\text{He}$  の量子論的格子気体モデル、いわゆる松原-松田モデルと良く似た X Y モデルのハミルトニヤンになるが、本質的な相違点として、後者が必ず X Y 面内のスピン回転にたいして不変（ゲージ不変）であるのにたいし、励起子の場合にはこの不変性は保証されない。励起子の凝縮がおこっても、その位相は固定されていてジョゼフソン効果はおこらないのである。ワニエ励起子も同様で、超伝導の南部表示をまねることはできるが、ゲージ不変性に対応するものがないので、オーダ・パラメタの位相は不純物その他の摂動でピン止めされてしまう。CDW や SDW でも同様であろう。一方、超流動や超伝導の場合には、物質波の位相をピン止めできるのは超流体自身しかない。

この結論は一般に正しいとおもわれるが、たとえば 1 次元フェルミ系の位相表示を利用してチェックしてみると面白いだろう（福山秀敏氏の指摘）。もちろん 1 次元系のレスポンス関数の発散は絶対零度でしかおこりえないが、どんな摂動がこの発散を抑止するかしらべるわけである。

3. 強磁場中ビスマスの超音波巨大量子吸収の異常を間瀬正一氏のグループが発見し、福山・長井両氏がエキシトニック転移の前駆現象としてこれを理論的に解釈したのはだいぶ以前のことである。あるとき、都築俊夫氏と当時まだ東北大であった福山氏が物性研に共同利用で滞在中、強磁場中で電子、正孔の運動が 1 次元化すれば、エキシトニックその他の長距離秩序は有限温度で不可能になり、このことをボコリウボフ不等式を使って証明できるのではあるまいか、という議論になった。しかし、このような証明は不可能であることがすぐわかり<sup>3)</sup>、強磁場中の半金属は 1 電子スペクトルは 1 次元的であるが、3 次元的相互作用で相転移をおこしうる面白い系であることがあきらかになった。

まもなく、間瀬グループと物性研田沼グループの共同研究の形で、ビスマスの実験が物性研の超伝導マグネットを利用してくれり返された。温度を固定して磁場をスイープさせたとき、巨大吸収に鋭いトビが現われ、しかもヒステリシスがある、というおどろくべき結果がえられた。これは、電子・正孔系におこる転移がエキシトニック相への 2 次転移でなく、半導体中の電子・

正孔液滴形成に似た 1 次転移であることを示すものにちがいないと予想し、福山氏の東北大グループは半導体の場合の R P A に対応するミクロな計算をはじめた。一方、私と当院大学院学生であった吉岡大二郎氏とは、ミクロな計算を後まわしにし、ごく単純なモデルでまず 1 次転移を定性的に理解し<sup>4)</sup>、次にモデルを現実的なものにし<sup>5)</sup>、最後にモデル・パラメタをミクロに計算した<sup>6)</sup>。電子間および正孔間の相互作用を短距離型と考えてハートレー・フォックで扱えば、強磁場性体のストーナ・モデルと似た形になるが、1 電子スペクトルが 1 次元的であるために運動エネルギーはキャリヤー密度の 3 乗に比例し、1 次転移がおこる（近似を進めても定性的な話は変わらない）。

実験を説明するためには、交換エネルギーの大きさは実験温度のオーダ（1 K）としなければならないが、困ったことにミクロな計算はそれより 1 衡低い値しかあたえないことがわかった。ちょうどその頃、カナダの実験家から田沼氏のもとにコメントが届いた。ビスマスの磁気的異方性が大きい為、強磁場下でサンプルの方向づけに狂いがおこりうるというのである。私たちは、観測された吸収の不連続なトビはビスマスに内在的なものではない、と結論することになった。しかし初期に間瀬グループが発見し、その後電総研で御子柴氏のグループも確認した吸収の異常性は、1 電子近似で説明できないまま残されている。吉岡氏は、上述のように 1 次転移の臨界温度が 0.1 K 付近であっても、ゆらぎの効果は 1 K 付近で観測されている異常を説明できる程度に大きいと主張し、倉本義夫氏は相転移とは無関係に、電子・正孔間の短距離相間に十分現実的な値を仮定するだけで実験が説明できると主張している。最近、東北大の深瀬・御子柴氏のグループが希釈冷凍温度の実験をはじめているので、遠からず実験が黒白をあきらかにしてくれるものと期待している。

4. はじめに書いたように、1976 年には栗原進氏が 1 次元 C D W のピン止めに関する学位論文を土産に助手に就任した年であり、鹿児島誠一氏たちのみごとな X 線実験が発表され、T T F - T C N Q の 3 次元的構造相転移が確立された年でもある。この転移をあたえる簡単なハミルトニヤンとして、いわゆる福山ハミルトニヤンに鎖間相互作用を加えたものを考え、岡部豊氏とセルフ・コンシスティント・フォノン近似を適用した<sup>7)</sup>。低温で重要なものとして C D W の位相（およびその正準共役量）のみ残したのが福山ハミルトニヤンで、鎖間相互作用は位相差に関するジョゼフソン型の結合をあたえる。

私たちのモデルは、T T F, T C N Q という 2 種の鎖があることや  $2k_F - 4k_F$  の問題を無視し、しかも 1 次転移をあたえるという非現実的なもので、これらの点はまもなく長岡洋介氏たちによって改良された。なお近似の問題については最近鈴村順三氏が検討を加えている。

概 1 次元導体流行の発端は、いうまでもなく T T F - T C N Q が構造相転移点付近で示す異

常に大きな電気伝導度であったが、明快な説明は現在でもないようである。転移点よりある程度高い温度の電気伝導度は、熱膨張や圧力の補正を加えると、絶対温度に逆比例することをクーパーが示した。栗原進氏は、CDWの位相のゆらぎとともに電流が流れるとして、この温度依存性と大きさのオーダを説明したが<sup>8)</sup>、これを転移点近傍に拡張することは今後に残されている。

その後、私たちはKCPその他白金錯体の擬1次元系について考えているが、結論をまとめた段階に至っていない。ひとつは白金錯体の混合原子価の問題、他は土井秀之氏たちが発見したKCPの音波のソフト化で、後者は福山秀敏氏と共同で考えている。ここでは前者についてだけ簡単にふれておきたい。

白金の混合原子価にたいする極端なモデルのひとつは、低温で  $\text{Pt}^{2+}$  (孤立していれば平面錯体) と  $\text{Pt}^{4+}$  (孤立していれば六面錯体) の混合であり、温度の上昇とともに  $\text{Pt}^{3+}$  が熱的に励起されてスピンドル磁率や電気伝導に寄与すると考えることである。つまり、 $\text{Pt}^{2+}$  の鎖に酸化によって正孔を導入したとき、正孔間に強い引力が働き、同一の Pt 上に正孔のペアができる  $\text{Pt}^{4+}$  となり、ペアの解離によって 2 個の  $\text{Pt}^{3+}$  を生ずるのである。これをかりに強結合モデルとよんでおく、長沢博氏によれば、KCPのXPSのデータ、および室温から 100 K へかけてのスピンドル磁率、電気伝導度の温度変化は、このモデルと矛盾しない。

引力の原因としては、白金上の正孔がまわりの配位子を電子・フォノン相互作用で引きよせる可能性が考えられる。これによって生ずる正孔間の引力がハバード反発力に勝てばよい。このメカニズムは、P.W. アンダソンがガラス状半導体で考えたものとおなじである。あるいは、電子・フォノン相互作用とは無関係なメカニズムも考えられる。リトルの1次元超伝導体をまねて、正孔が配位子を電子的に分極すると考えるのである。いずれにしても、白金の2価、3価、4価の状態を大きさ 1 のスピンドルの上むき、横むき、下むきの状態に対応させれば、縦方向の強い異方性場がスピンドルに働いていくことになる。これにイオン間のクローン反発に対応するスピンドル間のイジング的相互作用を加えて、強結合モデルの統計を論ずることができる。

ところで、CDWの立場からいえば、強結合モデルはすべての高調波成分をおなじ振幅でふくむという極端な場合である。 $\text{PtCl}_6$  や  $\text{PtBr}_6$  のような錯体でも共有結合性が相当強い事実を考えあわせると、強結合モデルは白金の電荷のゆらぎを誇張しすぎているにちがいない。

強結合モデルに対する弱結合モデルは、ふつう CDW として考えられている单一正弦波である。現実は両極端のどこか中間にあるにはちがいないが、問題はどちらに近いかである。たとえば擬1次元白金錯体ガムマKDOXの場合には、配位子が大きいために3次元的オーダが確立され、白金鎖の非整合单一正弦波的ひずみが観測されている。一応弱結合に近いと考えてよ

いであろう。K C P の場合にも、逆の極限に近い状態になっているとは考えにくいのである。

5. この辺で超低温に話を移したい。だいぶ以前のことであるが、物性研の指導的所員が低温から別の大型プロジェクトへ転進を企画され、一方、所の低温研究の将来を憂える中堅所員がその対策を私に訴えてこられた。超低温開発の意義や方法について、理論家である私が、錚錚たる実験家の居並ぶ所員会を説得せねばならぬ破目におち入ったのである。

これまでの低温開発を科学史的にたどり、外挿してみると、今後 10 年ぐらいの間に、ミリ・ケルビン域が大衆化し、マイクロ・ケルビン域の開発が活発に進行することを確実に見通すことができる。この見通しを、物性研所員会だけでなく、物理学会の夏期講習「極限状態の物理」<sup>9)</sup>でも宣伝した。核磁気冷凍は事実上低温開発の終点であり、日本が低温開発にいくらかでも貢献したいとおもうなら、いまおいてチャンスはないと考えたからである。

幸い物性研の超低温計画は所の将来計画第 1 号ということになり、3 億余の予算もみとめられて順調に進展しつつある。「自前の技術開発しなければ本当にオリジナルな物理はやれない」というのが芳田所長の提唱する将来計画の基本理念であるが、超低温はその第 1 号として恰好の計画といえよう。

ただし、開発進展のテンポについて、私自身はいささか誤算をした。実験家の役にいくらかでも立てばと考えて、液体  $^3\text{He}$  と磁性体の間のカピツア抵抗、核磁気緩和、液体  $^3\text{He}$  の界面磁性について計算をはじめたのであるが<sup>10)</sup>、この程度の協力ではとても間に合わないことがまもなくわかった。超低温実現に成功したときどんな物性実験をおこなうべきかについて、所内低温研究者のワークショップがすでに何回も開かれ、もちろん私も栗原助手も毎回出席しているが、ここに登場する問題はほとんどすべて、その検討に理論家の協力が必要であり、場合によっては理論の改良や新たな展開が必要である。

ごく最近、実験家の努力が実をむすび、格子温度としては世界最低の 50 マイクロ・ケルビンが実現された。予備実験用の小型装置のため冷却能力は小さいが、それでも固体電子論的測定なら可能であるという（1 年から 1 年半後には本格的装置にスケール・アップされる予定で、その詳細はいずれ本誌にも紹介されよう）。何を測定すべきかという問題は一層緊急度をましたわけであるが、理論家に関するかぎりは、その解答を物性研というせまい枠内で求むべきではなく、広く衆智を求めたらよいと私は考えている。

文 献

1. S. Nakajima, Y. Kurihara : J. Phys. Soc. Japan 38 (1975) 330
2. S. Nakajima : Proc. Physics of Highly Excited States in Solids. Springer (1976) 133.
3. H. Fukuyama, T. Tsuzuki, S. Nakajima: J. Phys. Soc. Japan 39 (1975) 1439
4. S. Nakajima, D. Yoshioka : J. Phys. Soc. Japan 40 (1976) 328.
5. D. Yoshioka, S. Nakajima : J. Phys. Soc. Japan. 41 (1976) 368.
6. D. Yoshioka, S. Nakajima : J. Phys. Soc. Japan 41 (1976) 373.
7. S. Nakajima, Y. Okabe : J. Phys. Soc. Japan 42 (1977) 1115.
8. S. Kurihara : J. Phys. Soc. Japan 44 (1978) 2011.
9. 日本物理学会編「極限状態の物理」 丸善 (1976) 21.
10. S. Nakajima : Tech. Rep. ISSP 885 (1978)

## 短期研究会報告

### 「超イオン伝導体の構造と物性」

期　　日　　昭和 54 年 1 月 26 , 27 日  
場　　所　　物性研究所旧棟講義室

世　話　人　横　田　伊佐秋

宮　谷　信　也

下　地　光　雄

星　埜　禎　男

この研究会は、科研費総合研究班（広領域「超イオン導電体の研究」）に属する物性研究者が中心となって企画した。この分野では、すでに 1950 年代から、わが国で二、三の特徴ある研究が行われてきたが、ひろく物性研究者の関心をひくようになったのは、この一、二年来のことである。この研究会に 60 名をこえる参会者があったのは、関心のひろがりを示す証左といってよいだろう。討論は、一部を除いて決して活発であったとはいえないが、研究の現状をもってすれば、止むを得ないことであろう。(代表世話人：横田伊佐秋)

以下に本研究会 プログラムと内容の紹介を行う。内容については、各セッションの座長にまとめを依頼したのであるが、各座長の判断により、まとめ方に不統一が見られたので、それらの調整を行わせて頂いた。従って全体のまとめ方については所内世話人が責を負うものである。(所内世話人：星埜禎男)

#### プロ　グ　ラ　ム　（1月26日）

1月26日（金）

○座　長　米　沢　富美子（京大理研）

Introductory talk

横　田　伊佐秋（新潟大　理）

電気伝導度の周波数依存性

石　井　忠　男（岡山大　工）

準半導体模型理論と超イオン導電体－電気伝導度

石　井　忠　男（岡山大　工）

超イオン伝導体中の集団運動

林　秀光，小林迪助，横田伊佐秋（新潟大　理）

○座 長 横 田 伊佐秋 (新潟大理)

Sub-lattice melting と超イオン伝導体 松原武生, 小倉久和 (京 大 工)

Interacting Brownian Motion in a Periodic Potential

宗 像 豊 哲 (京 大 理)

超イオン伝導体 ( $\alpha$ -AgI) の計算機実験

樋 渡 保 秋 (金沢大理)

$\alpha$ -AgI型構造について

上 田 頤 (京 大 工)

○座 長 星 垒 祐 男 (物 性 研)

沃化銀の構造と化学結合に関する一考察

井 垣 謙 三 (東北大工)

$\alpha$ -Ag<sub>3</sub>SI 中の Ag の拡散

岡 崎 秀 雄 (新潟大教養)

$\alpha$ -AgI型構造のX線散漫散乱の取扱い

佐久間 隆 (茨城大理)

X線異常散乱法による銀カルコゲナイトの散漫散乱の研究

土 屋 良 海 (新潟大理)

$\alpha$ -Ag<sub>2</sub>S,  $\alpha$ -Ag<sub>2</sub>Se 単結晶成長と  $\alpha$ - $\beta$ 相変態

大 鉢 忠 (同志社大工)

ゲル法によるCuI, CuCl 単結晶作成

星 野 英 興 (弘大教育)

○懇 親 会 (Q棟2階第1会議室)

1月27日(土)

○座 長 下 地 光 雄 (北大理)

Ag・Cuカルコゲナイトの物性

宮 谷 信 也 (金沢大理)

混合伝導におけるcross term

宮 谷 信 也 (金沢大理)

横 田 伊佐秋 (新潟大理)

Ag<sub>3</sub>SBr系の熱電能 (組成及び時間依存性)

河村純一, 下地光雄 (北大理)

高圧下における超イオン導電体の物性

遠藤裕久, 虫上雅人, 田村剛三郎 (京 大 理)

Ag<sub>2</sub>HgI<sub>4</sub>の高圧相

神 垣 知 夫 (東北大金研)

○座 長 宮 谷 信 也 (金沢大理)

応用固体イオニクス

高 橋 武 彦 (名 大 工)

RbAg<sub>4</sub>I<sub>5</sub>のブリュアン散乱スペクトル

服部武志, 三石明善 (阪 大 工)

Rb<sub>4</sub>Cu<sub>16</sub>I<sub>7</sub>Cl<sub>13</sub>の相転移

徳本 円, 大西紀男

鹿児島誠一, 石黒武彦 (電 総 研)

拡散原子間の相関効果: NbH<sub>x</sub>Dy の場合

深 井 有 (中央大理工)

LiX·H<sub>2</sub>O (X=I, Br, Cl) におけるLi<sup>+</sup>およびH<sub>2</sub>O の運動-NMRによる研究

曾 田 元 (阪 大 理)

○座 長 横田伊佐秋・星埜禎男

コメント：イオン結晶の融解とイオン半径 小川泰（京大理・Max-Planck-Institut für Kernphysik）

自由討議とまとめ 中山恒義（北大工・M-P-I-FKF）

第1日（26日）午前のセッションは理論に関するものであるが、まず横田伊佐秋氏の Introductory talk があり、超イオン伝導体研究の歴史の簡単なレビューと現状に対するコメントが述べられた。

比較的低温で高いイオン伝導性を示す、いわゆる超イオン伝導体〔superionic conductor〕についての最初の記述はすでに Faraday の Experimental Researches in Electricity に見い出すことができるが、その近代的な研究は 1930 年代に始まる。近年エネルギー問題、環境問題等を背景とした工業技術面からの要請もあって、その研究が国際的に急速に活発化の様相をみていている。しかし superionic conductor という名称すらこんにち必ずしも国際的に受け入れられているとは言えない状況からも判断されるように、まだ若い研究分野である。

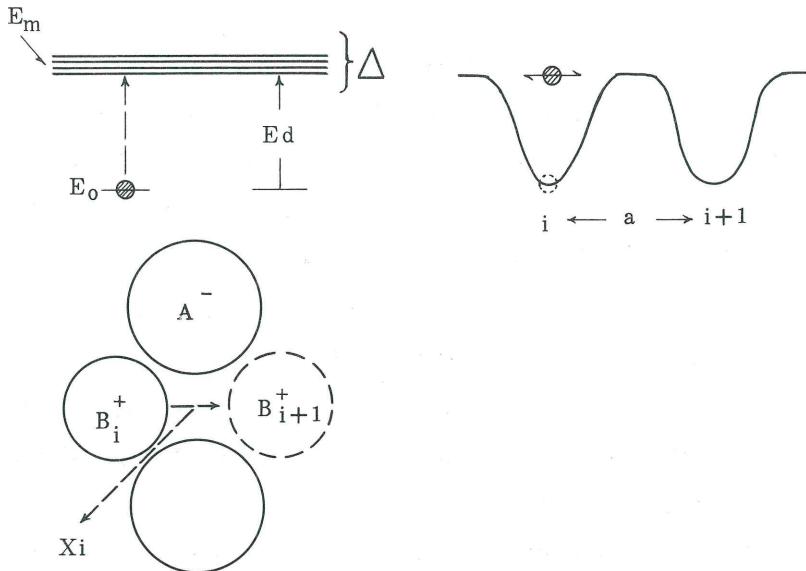
この分野での最初の大きな話題は 1934 年に Strock によって提唱されたアルファ沃化銀の 42 位置の模型にはじまる平均構造の問題に対して、どうやら最終的な結論がくだされたことである。他方、超イオン伝導相への相転移のエントロピー、核磁気共鳴、ラマン散乱、2 体分布函数等の測定結果から、可動イオン（沃化銀の場合は銀イオン）の状態は液体類似のものであるという見解が広くおこなわれており、このような見地から超イオン伝導相の動的特性を説明しようとする理論的こころみもみられる。またこのような見地と関連して、超イオン伝導体でのイオンの拡散においては、イオン間の相関が重要な役割を演じているのではないかという見解もある。

ついで石井忠男氏は超イオン伝導体の電気伝導について、その周波数依存性の問題と、準半導体模型理論について続けて講演された。

周波数依存性については実験的観点からすれば、各グループの結果がお互いに必ずしも一致しないという点で駁々たるものである。μ-波及び FIR の実験は  $\sigma(\omega)$  に  $\omega \sim 100 \text{ cm}^{-1}$ ,  $\sim 15 \text{ cm}^{-1}$  で極大値を与える、 $\sim 5 \text{ cm}^{-1}$  に（鋭い）凹を示している。一方 Brüesch らは 2 種類の Brown 粒子、可動イオン-減衰光学振子、記憶関数表式の相互作用を導入し、2 つの極大を得た。しかし  $\omega \sim 0$  の拡散型特性及び凹を再現せず、また物理的解釈の点からも不明確なものである。他の理論的アプローチとして、small polaron, 自由イオン模型、等があるが実験の説明には程遠い。石井らは、凹が acoustic phonon に起因する引張り効果による（'77 秋学会）とする解釈を行ってきた。低周波側に関しては準半導体模型に基づく更に簡略化された連続体模型を考える。格子系

を  $n_\epsilon$  個の単位胞に分ける。準伝導粒子系と acoustic phonon 系との相互作用は、クローン相互作用及び drag によると考える。一方高周波側の optical phonon については別個に考え、和法則を満足するように有効電荷を考慮する。以上から求められる  $\sigma(\omega)$  は Brüesch らの実験データを非常によく再現する。 $15 \text{ cm}^{-1}$  のピークは hybrid plasmon による共鳴を、 $\sim 5 \text{ cm}^{-1}$  の凹は acoustic phonon による引張り効果を示している。実験データを再現する為に用いたパラメータから得た緩和時間、プラズマ振動数、attempt freq.  $\omega_a$  (acoustic phonon 振動数として用いた) は準半導体模型理論からの結果とよく一致する。以上最も単純な解釈から、 $\sigma(\omega)$  を外観したが、なお問題は多い。更に  $\omega \sim 1 \text{ cm}^{-1}$  に構造があるが、これは  $\omega_a \exp\{-\beta \epsilon_d\}$  の値に対応し、ホッピングに起因するものと思われる。

次に準半導体模型理論と超イオン導電体についての講演を要約しよう。イオン伝導は、大部分  $\epsilon_d$  のエネルギーを持つ可動イオン  $B^+$  によると考えられる。(1)  $\epsilon_d + A \geq \epsilon_m \geq \epsilon_d$ ,  $\beta A \ll 1$  の準伝導空間  $S\{\epsilon_m\}$  を考える。但し  $\epsilon_m = \epsilon_d + \frac{m}{n} A$ ,  $m \leq n$  (粒子数密度)。(2) 局在状態  $B_i^+$



及び path  $X_i$  を占める粒子数 = 0.1 とする。従って  $\epsilon_m \sim \epsilon_d$  を考慮して、 $\epsilon_m' (m' = 0, m)$  の粒子の占有確率は  $f(\epsilon_m') = [\exp \beta (\epsilon_m' - \mu) + 1]^{-1}$ 。可動イオン 1 個当たり  $p$  個の等価な  $B_i^+$  及び  $X_i$  が存在するとき、最も簡単な場合について、 $f p(\epsilon_m') = p^{-1} f(\epsilon_m')$ 。(3) 最も希薄な極限における  $B_i^+ \rightarrow X_i$  の過程は、ほぼ  $\epsilon_d$  のエネルギーを有する粒子が、ある時間  $\omega_a$  で振動した後、 $\omega_a \exp\{-\beta \epsilon_d\}$  の割合で遷移することによる。このことから  $S\{\epsilon_m\}$  の状態密度を  $D(\epsilon_m) = D \sqrt{\epsilon_m}$ 。(4)  $\epsilon_0 \rightarrow \epsilon_m$  の遷移確率は  $W_{0m} = \omega_a \exp(-\beta \epsilon_m) / Z$ ,  $Z = \sum \exp(-\beta \epsilon_m')$ 。同様に  $W_{0m} = \omega_a / Z_0$ 。(5) 電気伝導は  $\epsilon_m \rightleftharpoons \epsilon_0$  間の遷移によって行われる。

以上の模型から  $S\{\epsilon_m\}$  の粒子数  $n\epsilon(\beta)$ , 緩和時間  $\tau(\beta)$ , 及び電気伝導度  $\sigma(\beta)$  が求まる。 $\sigma$  は Rice-Roth 及び通常のホッピング伝導の結果とほぼ一致するが,  $n\epsilon$  及び  $\tau$  の表式は全く異なる。これを用いて, 居住時間/飛行時間, 平均自由行程, 等を  $\alpha$ -Ag I,  $\alpha$ -RbAg<sub>4</sub>I<sub>5</sub> について計算すると, 実験結果とよく一致する。以上の模型は, 形式的類似性から準半導体模型としたが, 遷移確率を別な観点から解釈すれば, 準格子ガス模型としてよい。いづれにしても手軽に動力学が論じえて便利である。

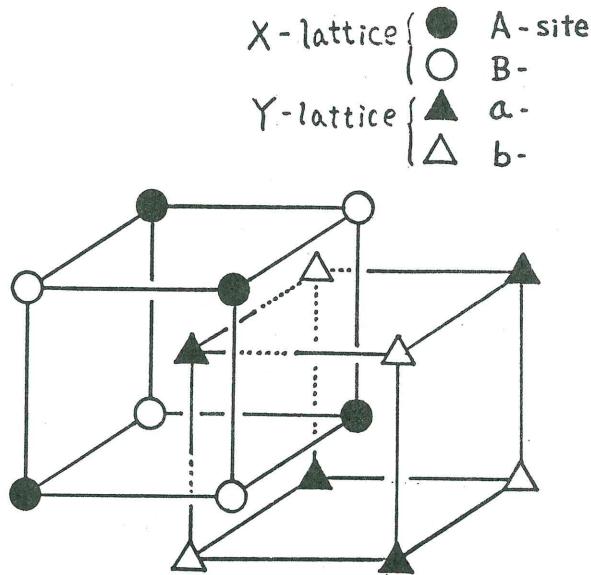
林, 小林, 横田氏は, 超イオン伝導体中のイオン集団運動につき次の報告を行った。すなわち, 超イオン伝導体の動的な性質を調べる目的で, 連続体近似の立場から運動方程式を構成した。この際, 格子は等方的弾性体, 可動イオンは粘性流体とみなすモデルを用い, 格子と液体の間の相互作用として, 短距離の粘弾性力, 長距離のクーロン力を考慮した。これ迄にも, 同様のモデルで理論的研究 [ Huberman A. & Martin R. M., Phys. Rev. B 13, 1498 (1976), Subbaswamy K. R., Solid State Commun. 19, 1157 (1976) ] がなされてきたが, 格子と液体の間の相対運動に對し有限な復元力が考慮されていなかった。また, 格子も可動イオンも弾性体と見なした Jäckle [ Z. Physik B 30, 255 (1978) ] の理論では, 熱伝導に依る集団運動の減衰が考慮されていなかった。林らの方程式では, これらの点に関して改善がなされている。解をフーリエ・ラプラス変換の方法で求め, 6種類のモード(縦・横の音響型及び光学型フォノン, 緩和モード, 熱伝導モード)を得た。これらは, 熱伝導モードを除いては, Jäckle の得たモードと一致している。

以上をふまえて, 動的構造因子, ACイオン伝導率, プリュアン散乱強度につき,  $\alpha$ -Ag I に対する数値計算を行なった。計算された動的構造因子は, 音響型フォノンに依る特徴的な構造と, 光学型フォノンに依る非常に広がった構造を特っている。ACイオン伝導率は, 揺動散逸定理と線型応答理論を用いて, 動的構造因子から計算した。結果は, Brüesch et al. の実験結果 [ Brüesch P., Strässler S. & Zeller H. R., Phys. Status Solidi (a) 31, 217 (1975) ] を良く再現している。特に振動数  $10 \text{ cm}^{-1}$  以下に存在する構造を, 定性的にではあるが, 音響型フォノンに依るものとして再現できた。プリュアン散乱強度は, Subbaswamy と同様の方法で計算した。

第1日目午後の前半のセッションでは, 午前に統いて理論及び計算機実験, それに, これらのものとなっている構造についての講演がなされた。まず, 小倉, 松原氏による部分格子融解の理論では, 超イオン伝導体への転移に際し結晶系が変わらないものとして, 部分格子融解を, LJ D流の融解理論を2成分系へ拡張して扱った。

図の様に, 体心立方格子を2つの部分格子(X, Y)に分け, さらに各々を二種類のsiteに

分ける。X-格子上に anions を、Y-格子上には cations をそれぞれ分布させ、秩序状態ですべての A- 及び a-sites のみが占められるとして、各部分格子上での秩序-無秩序転移を融解と見なした扱いをする。order parameter を  $x$  (X-格子)、 $y$  (Y-格子) とすると  $x=y=1$  の秩序状態は ZnS 型の結晶構造で、 $x=y=0$  の状態は液体状態である。イオン間相互作用は簡単のため逆巾型斥力ポテンシャルでかつ逆巾指数 6 とし、イオンの違いはポテンシャルの強さ（又は相互作用半径）の違いとする。この系の状態方程式は、Bragg-Williams 近似の下で次の形になる。



$$p = \rho + (r + \alpha + 2\beta - (x^2 + \alpha y^2 + 2\beta xy)) \rho^3 \quad (1)$$

ただし、 $p$ 、 $\rho$  はそれぞれ圧力、密度に比例した無次元量で、温度はスケールされて逆巾の形で  $p$ 、 $\rho$  にくり込まれている。 $x$ 、 $y$  は次の連立方程式の解である。

$$\begin{cases} \beta \rho^2 y = -\rho^2 x + \frac{1}{2} \ln \frac{1+x}{1-x} \\ \beta \rho^2 x = -\alpha \rho^2 y + \frac{1}{2} \ln \frac{1+y}{1-y} \end{cases} \quad (2)$$

ここで  $\alpha$ 、 $\beta$ 、 $r$  は定数で、 $\alpha$  は anions 間相互作用の強さと cations 間のそれとの比で  $\alpha < 1$  である。 $\beta$  は anion - cation 間相互作用の強さに比例した量であるが、二種類の sites が同等であるため見掛け上  $\beta=0$  となる。格子が少し歪んで同等でなくなると  $\beta \neq 0$  となる。 $\beta$  が小さい間は二回の一次転移が現われ、部分格子融解の相（超イオン伝導相）が出現する。

X-格子上に二種類の anion を分布させ、A-B 型合金の秩序-無秩序転移を考えると、簡単な読み替えにより同じ状態曲線が Ag<sub>3</sub>Si 型の転移を与えることになる。

つぎに宗像氏により、イオンの運動について次の様な講演がなされた。

周期場内のブラウン運動は多体系の簡単な動的モデルとして重要な役割を果しており、最近、固体電解質内の粒子拡散との関連で若干注目されている。このモデルでは mobile (以下 m<sup>-</sup>) イオンは周期場内でブラウン運動を行うわけであるが、m<sup>-</sup> イオン間の相互作用を考慮に入れた取り扱いは今までにない様である。そこで宗像はこの相互作用を摂動的に取り入れて m<sup>-</sup> イオン間の斥力の拡散係数 D(ω) 及び電気伝導度 σ(ω) に及ぼす効果を考えた。斥力は、①周期場の barrier height を下げ、D(ω=0) 及び σ(ω=0) を増大させ、② σ(ω) の高周波領域の値は D(ω) のそれに比べて大きくなることがわかった。Haven 比は常に 1 より小さくなり、これは摂動的な取り扱いの不十分さ (モデルの不適切さは別として) を示しているように見える。この意味で非摂動論的研究が重要であると思われる。

次に樋渡、上田氏の α-Ag I についての計算機実験についての報告があった。よく知られている様に、超イオン伝導体 (例えば α-Ag I ) 物質では一方のイオンが非常に動き易く、他方のイオンは元の格子を保っている。この様な系に対して簡単で現実に近い相互作用としてどの様なものを考えるのが良いのかを考察する。これ迄融解並びに融解直上付近の液体構造に関する研究から、相互作用の斥力部分の型が重要である事が明らかにされて来た。そこで単純液体で用いた soft-core ポテンシャル物質に応用する事を試みた。α-Ag I に関する計算機実験として Schommers と Ruhman らの仕事があるが、ここではイオン間相互作用としてより簡単なものを用いる。つまり

$$\phi_{ij}(r_{ij}) = A_{ij} \left( \frac{\sigma_i + \sigma_j}{r_{ij}} \right)^n + \frac{Z_i Z_j}{r_{ij}} e^2$$

とする。但し i, j = cation or anion (+ or -), n > 3, イオン半径比 η = σ<sub>+</sub> / σ<sub>-</sub> (0 < η < 1) としては Rahman らの用いた値 η = 0.286, 又 |Z<sub>i</sub>| = |Z<sub>j</sub>| = 0.6 を用いる。A = 1.23 × 10<sup>-2</sup> eV も彼らの値と同じとする。n = 7 として上記モデル系のモンテカルロ法による計算機実験を行った。温度を変化させる事による陽イオン、陰イオンの構造の性質を調べると、このようなモデルに於てもある温度範囲 (融解前の温度) で陽イオンの Sub-lattice melting が観測された。陽イオン-陽イオン、陽イオン-陰イオン、陰イオン-陰イオン等いわゆるイオン間 2 体分布関数も Rahman らによって得られたものとほぼ一致する結果を得た。低温では陰イオンは fcc (面心立方) - like な構造に移る結果を得た。これは α-Ag I が低温で bcc → fcc 転移することと少くとも定性的に一致している。

更に上記 2 体相互作用で Coulomb ポテンシャルを除いた、斥力部分だけを用いると、相分離（陽イオンと陰イオンとに分れる）する事が分り、イオン結晶、液体ではやはり Coulomb ポテンシャルが本質的に重要であるらしい。

以上の理論関係の報告に続いて星埜氏による  $\alpha$ -Ag I 型構造に関するレビュー講演が行なわれた。超イオン導電体にはいろいろのものがあるが、 $\alpha$ -Ag I 型構造を持ったものはもっとも有名で、その歴史も古い。すなわち、すでに 1934~6 年に、Strock Rahlf により、いわゆる averaged structure のモデルが提出され、2 ケの Ag が 42 ケの位置に平均分布するというモデルはその後約 40 年間いつも引き合いで出されてきた。しかし、1974 年に Bührer らによる 24 位置分布モデル、Iida らによる液体状分布モデルが提出され、また、1977 年に Wright and Fender らによる 12 又は 24 位置非調和振動モデル、Suzuki and Okazaki および Sakuma らによる液体様分布モデル、Hoshino らおよび Cava らによる 12 位置非対称非調和振動モデル、Boyce らによる 48 位置分布モデルが相次いで報告されるに至った。一方中性子散乱、ラマン分光などによるイオンの動的振舞についての報告もあり、一挙にモデル花ざかりの様相を示すに至った。現在の所、12 位置分布非対称非調和振動モデルが回折実験、EXAFS、Raman 散乱等の結果を最もよく説明しているものと考えられる。しかし、いわゆる部分格子融解を考える周期場内での液体様分布の考え方も一理あり、今後の更に詳しい dynamical な面を重視した研究が望まれる。いずれにしても、 $\text{Ag}^+$  と  $\text{I}^-$  または  $\text{S}^{2-}$  を、ふつうの取扱いのイオン半径で書いて見ると、Ag イオンの分布と運動には大きな制約があろうことは明らかであり、陰イオンの格子の大きな非調和振動と couple して拡散が行われることは間違いないから。これらの粒子間の相互作用をどう扱うか、又集団運動の取り扱いをどう進めるかが問題であり、漸くわかって来た構造的描像をもとに、今後の発展に期待したい。

第 1 日目の最後のセッションでは 6 人の講師による主に銀ハライド又はカルコゲナイトについての各論的研究報告がなされた。はじめに井垣氏は、Ag I の構造を化学結合の観点から論じた。すなわち、常温・常圧から遠くない状況下で、Ag I が異なった多くの構造をとる点に注目し、特異な構造である  $\alpha$ -Ag I の平均構造について、化学結合の立場から考察した。結合の長さとそれに用いられる価電子数との間の関係式 (L. Pauling の式) の一次近似として採用して評価を行うと、(2+4) 配位の 6(b) 位置は極めて無理な位置として排除され、4 配位の 12(d) 位置は低温相と同一で、かなり安定なものと考えられる。(2+2) 配位の 24(g) 位置は、12(d) 位置が 2 つに分離したものであるが、Ag の高い移動度に結びつくようには考えられない。3 配位の 24(h) 位置を経由しての、12(d) 位置間の移動を考えるのが妥当と考えられる。この両位置への

Ag の配分を仮定すると、  $\alpha$  - Ag I 相は低温相より高いイオン性をもつことになる。良質な低温相単結晶を用いて、 変態の前駆段階での逆格子 Wall に注目すれば、 モデルの成否が判定されるのではないかと思われる。

この様な考察においては、 Ag I における原子の ionicity と covalency の度合い (Ag I では ionicity が 0.6 又はそれ以下とも言われる) が、 原子間相互作用の性質に大きく影響するので、 その様な観点から 2, 3 の討論がなされた。

次に岡崎氏は最近低温での相転移が見出され興味を引いている  $\text{Ag}_3\text{S}$  I について、 Ag の拡散係数に関する研究結果を紹介した。

$\text{Ag}_3\text{S}$  I は 250 °C 以上の  $\alpha$  相で  $\text{Ag}_2\text{S}$  及び Ag I の  $\alpha$  相と同じく、 隣イオンが bcc 格子を組み、 Ag は 1/2(d) の位置に平均分布することが知られている。 単位胞当たり  $\text{Ag}_2\text{S}$  では 4 ケ、  $\text{Ag}_3\text{S}$  I では 3 ケ、 Ag I では 2 ケ Ag が入ることになり、 1/2(d) 位置を Ag が占有する確率が 3 つの化合物で異なり、 超イオン伝導体の伝導機構の一つとして仮定されている cooperative なイオンジャンプの起き易さが異なることが期待される。 cooperative ジャンプの目安として、 イオン伝導度と拡散係数とから Haven ratio を求めてみたところ、 Ag I の値に極めて近い値になり、 予想される  $\text{Ag}_2\text{S}$  と Ag I の中間の値にならなかった。 ただ、 イオン伝導度は測定者により 2 倍近い差があること、 拡散係数にバラツキが多い等、 実験的にもう少し吟味する必要があろう。

続く二つの発展は、 Ag I 型構造の物質による X 線回折等に見られる強い散漫散乱の解析に関するものであった。 佐久間氏は以前  $\alpha$  -  $\text{Ag}_2\text{Se}$  等の X 線回折ハローを制限された液体モデルで解析したが、 その際、 各原子の熱振動を独立振動として取扱って散漫散乱強度からあらかじめ差引き、 残るハローを Ag - Ag 対相関々数を用いて解析した。 これに対し、 次の講演者らは、 ハローの解析に Ag - I (又は S 等) の相関も考慮している。 そこで実際には全原子の相関があるので、 もし熱振動の効果もすべて繰り入れるならば上の場合には I - I 相関も同時に考慮すべきであるとの考えを述べた。

ついで土屋氏は X 線異常散乱を利用した散漫散乱ハローの解析結果について報告した。

ここでは  $\alpha$  -  $\text{Ag}_2\text{S}$  および  $\alpha$  - Ag I についてハローが主に anion - cation, cation - cation 間の干渉関数によるものとして、 X 線異常散乱法によって、 これら 2 つの部分干渉関数を分離して求めた。  $\alpha$  - Ag I では Fourier 変換により求めた部分相関関数が Vashishta & Rahman [ Phys. Rev. Lett. 40 (1978) 1837 ] の計算機実験の結果と良く一致し、 またデバイ線の強度も解析に用いたモデル [ Tschiya, Waseda and Tamaki, J. Phys. C 12 (1979) L 93 ] の近似の範囲で説明できることを示した。

これら 2 講演者は、 ともに液体モデルによる Ag I 型構造による X 線散漫散乱の解析を行って

いるが、上記のように、その解析に際しての相関々数の取り扱いについて見解の相違が見られる。この点についての討論がなされたが、この問題は回折散乱理論を含んだやや専門的な議論であるので、座長の判断でさらに当事者同志でゆっくり討論を行うことにして次の結晶作成についての2つの発表に進んだ。

大鉢氏は  $\alpha$ -Ag<sub>2</sub>S,  $\alpha$ -Ag<sub>2</sub>Se 単結晶の成長と  $\alpha$ - $\beta$  変態につき最近の実験結果を紹介した。すなわち同氏は、両化合物高温相（ $\alpha$ 相）における銀原子化学拡散係数が大きいことに着目し、固体内銀原子輸送によって固相気相反応を制御し、単結晶を成長させた。成長部を毛細管状にした石英二重構造成長管を用い、回転（1回／分）させることによって軸方向の温度の均一化を計った。下方へ向って温度差を与えることにより一次元成長をさせることができる。毛細管内を成長する時は管壁からの核発生により生長速度は約 20 mm/h であり、毛細管先端よりイオウ又はセレン蒸気空間へ成長が始まると核発生がおさえられ成長速度が約 0.2 mm/h に変化した。400 °C にて成長させると、先端が {110} フェセットで囲まれるようになり、面角により軸方向の成長方位を測定することができた。両結晶とも低温相（ $\beta$ 相）への相転移の際、上述フェセット上に表面凹凸の縞模様を生じさせ、転移モデル解析に利用された。

次に星野氏がゲル法による CuI, CuCl 単結晶作成について報告した。

市販のメタケイ酸ナトリウム (Na<sub>2</sub>SiO<sub>3</sub>·9H<sub>2</sub>O) から作った珪酸ゲル中で、ヨウ化銅(I), CuI, 及び塩化銅(I) CuCl, の単結晶作成を試みた。CuI については、二つの方法を試みた。第1法では、ゲル中に予め、Cu<sup>2+</sup> イオン及び Na<sub>2</sub>SO<sub>3</sub> (還元剤) を含ませ、I<sup>-</sup> イオンを外部からゆっくりと拡散させると、 $2\text{Cu}^{2+} + 4\text{I}^- \rightarrow 2\text{CuI} + \text{I}_2$  (還元されて I<sup>-</sup> となる) の反応で CuI 結晶が生じたが、多くは、六角板状であった。第2法では、CuI 粉末を濃KI 液溶液にとかし、錯塩とし、KI を含むゲル中に拡散させ、錯塩を解離させた。この方法では、室温で安定とされている正四面体形の単結晶が得られた。1ヶ月で、約 5 mm 角に成長した。第2法と同じやり方で、CuCl を濃塩酸にとかし錯塩としたものから、CuCl 単結晶作成を試み、正四面体の単結晶を得た。しかし、CuCl は、光に非常に敏感に反応し、すぐに黒化する為、常に暗所で結晶成長させることが、必要であった。この点、CuI は全く問題なかった。

超イオン伝導体で、イオン伝導が大きいのは、大体において高温相である。AgI や CuI などは、多形転移である一次転移を示して、その高温相が超イオン伝導を示す。一般には室温で得た結晶を高温相にすると、こわれてしまうため、これ迄の実験はほとんど粉末によっていた。しかし最近ぼつぼつ単結晶による研究も行なわれるようになったので今後はより詳細な実験データーが蓄積されていくことを期待したい。

第2日午前のセッションは、まず宮谷氏によるAg, Cuカルコゲナイトの物性についての講演より始まった。

銅、銀のカルコゲナイトのイオン伝導度は $\alpha$ 相で数 $\Omega^{-1} \text{cm}^{-1}$ にも達し、典型的な超イオン伝導体 $\alpha$ -AgIの場合と同程度の値を持つ。しかし、カルコゲナイトは、銅、銀飽和の状態で化学量論的組成からかなりずれていて電子または正孔による電子伝導度はかなり大きい。これはFermi準位が伝導帯（または価電子帯）の底部近くに位置することに起因する。この報告はこれらの興味ある銅、銀カルコゲナイトの研究を総括したreviewである。Fermi準位およびイオンの電気化学ポテンシャルの知識を得るために電気化学的測定法、金属濃度制御のためのクーロン滴定、電流on, off時の緩和過程に対する横田の拡散理論等を紹介し、多年reviewer自身の行ってきた研究を中心 $\text{Cu}_2\text{S}$ ,  $\text{Ag}_2\text{S}$ ,  $\text{Ag}_2\text{Se}$ ,  $\text{Cu}_2\text{Se}$ ,  $\text{Cu}_2\text{Te}$ 等の電気的性質の実験結果について詳しく説明した。これらの超イオン伝導相（ $\alpha$ 相）の電気伝導度が大きいのは、 $\alpha$ -AgIの場合と同様伝導にあずかるイオンの数が多いことに原因があり、易動度自体は高々 $10^{-3} \text{cm}^2 \text{V}^{-1} \text{S}^{-1}$ 程度の大きさに過ぎない。また電気化学的方法を用いることによって金属カルコゲナイト系の状態図を精密に決定し得ることが示された。

次に宮谷、横田氏による混合伝導におけるcross termの取扱いの問題が報告された。

$\text{Cu}_2\text{S}$ や $\text{Ag}_2\text{S}$ のような銅、銀カルコゲナイト化合物の電気伝導にはイオンと電子の両方の寄与がある。その結果、電子電流は電子の電気化学ポテンシャルの勾配の外に、イオンの電気化学ポテンシャルの勾配にも比例する。後者の項の比例係数（cross term）は、不可逆過程の熱力学におけるOnsagerの相反関係により、イオン電流に対する電子の電気化学ポテンシャルの勾配の効果の比例係数に等しい。このcross termを $\text{Cu}_2\text{S}$ の電気伝導度の定常法による測定結果を用いて評価し、その値が直接的な項の比例係数の0.01%程度であることを示すと共に、その微視的説明の考察を行なった。更に温度勾配のある場合についても考察を加え、 $\text{Ag}_2\text{S}$ ,  $\text{Cu}_2\text{S}$ の輸送エントロピーとcross termの関係を論じた。

次の講演は河村、下地氏による $\text{Ag}_3\text{SBr}$ 系の熱電能一組成および時間依存性についてのものである。

硫化臭化銀は250°Cから-60°Cまでの間に相転移は見られず、広い温度範囲で $\alpha$ -AgI型構造を特った物質で、高温域では $0.1 \Omega^{-1} \text{cm}^{-1}$ 程度のイオン伝導度を示す超イオン伝導体である。このイオン伝導度は非アレニウス型の温度依存性を示し、またその値は $\text{Ag}_2\text{S}$ 添加の場合に比べ $\text{AgBr}$ 添加の影響を受けることが少い。更に電子プロック電極を用いた熱起電力の測定結果では熱電能値の時間変化が見られない。しかし銀電極使用時は140°C以上での熱電能の測定結果では時間変化が観測される。また添加 $\text{Ag}_2\text{S}$ 濃度が増加するにつれ熱電能は大きな値を示す。Fokker-

Planck の式を用いた解析から、これ等の実験結果が  $\text{Ag}_3\text{SBr}$  構造における銀イオン分布の特異性と関連づけて説明できることが示された。

4番目の報告は、遠藤、虫上、田村氏による高圧下における超イオン導電体の物性についてのものである。

$\text{Ag}_2(\text{Se}_x \text{S}_{1-x})$  の母格子 (bcc) の Se, S 濃度比を変えたときのイオン伝導度、電子伝導度の変化、およびその圧力 ( $\sim 20$  kb) 変化を実験的に検討した。 $\beta \rightarrow \alpha$  転移は Se, S 濃度比がほぼ 0.4 に近い濃度領域で極小を示し、圧力の増加と共に S-rich 濃度領域に移動する。電子伝導度はイオン伝導度より 2 极大きく、その圧力変化は S-rich 側の方が大きい。これは Fermi 準位附近の電子の状態密度の dip の差に起因すると考えられ、また結合のイオン性とも関連があるものと考えられる。また熱電能もその符号が高温で負から正に変化し、その逆点温度は S 濃度の増加と共に高温側に移動し、同じ温度領域で電子伝導度 - 温度曲線に極小が出現する。 $\alpha$  相での銀イオンのランダムな分布によってバンドの端に tail があらわれると仮定すれば、これらの実験結果は Mott 等の提唱する pseudo-gap 模型に対応する電子状態密度曲線を用いて説明することが可能であると考えられる。

このセッションの最後は神垣氏による  $\text{Ag}_2\text{HgI}_4$  の高圧相に関する報告である。

$\text{Ag}_2\text{HgI}_4$  は、 $\text{AgI}$  と  $\text{HgI}_2$  との混合とみられ、 $\text{Ag}^+$  が占めるべき位置二つに対して、 $\text{Hg}^{2+}$  一つが占めるために空格子点が多い。電気伝導に対する圧力の効果は、室温では 0.8 kbar 附近まで伝導度が良好になり、それ以上では低下するように働く。

圧力および温度を変えて電気伝導、示差熱分析を行なった結果、多くの相境界が認められた。室温高圧下の X 線回折によても、相境界に対応して回析線の様子が変化することが認められた。これらの結果を総合して、 $\text{Ag}_2\text{HgI}_4$  の温度・圧力状態図を提案した。

この物質は、1 気圧下で淡黄色、加圧により赤紫色さらに黄白色に変化する。ダイヤモンド・アンビルを用いて光吸収スペクトルを室温で測り、それぞれの相に対応して、吸収端が変化することを見出した。

第 2 日目の最後のセッションは“応用固体イオニクス”と題する、名大工の高橋教授の総合的な講演からはじまった。固体 Ionics という言葉は電子が主役の Electronics の向うをはってイオンが主役を演ずる分野を指すものとして高橋教授により提唱されたものであり、今回の研究会のテーマである超イオン伝導体はその重要な部門を占める。ちなみに Superionic という言葉は米国で作られ日本でもよく使われているが、ヨーロッパの研究者には評判がよくないとの事。大体その定義がはっきりしている訳でなく、人により受け取り方がまちまちである。しかし、定義

を含むような言葉はどうしても固苦しくなるし、このような漠然とした名前の方が多少神秘的な響きもあり、少くとも  $\text{AgI}$  や  $\text{Ag}_2\text{S}$  等が現在まだ被っているペールがはがされるまでは残しておきたい気がする。これは筆者の私見だが。

ともかく、この十数年の間に高イオン伝導体がぞくぞくと発見され、高橋グループはその先頭をきっている感じで心強い。すばやい挙動の電子が売物の Electronics に対して、電荷をもつてゐる点は電子と共通だが、はるかにのろまで且つ個々の物質の特性をもつイオンが主役の Ionics ではその特性を生かすのが当然で、その本命が電池である。云うまでもなく電池の構成は、固体電解質を 2 種類の電極  $M_1$ ,  $M_2$  ではさんだもので  $M_1 | \text{電解質} | M_2$  と書かれる。接触面ではイオンの出入や化学反応が起り、両極間に極の状態によって決まる起電力が現れる。この電池を動力用、電力貯蔵用、または極の状態の検出用等と種々に利用できる。講演で紹介された応用の概略を表にしておく。大型電池の開発は未だ試験中ないし計画中の段階で、実用化は今後の課題である。

導電種	代 表 例	使用温度	用 途	
$\text{O}^{2-}$	$\text{O}_2$ (大気)   安定化ジルコニア   $\text{O}_2$ (被測定雰囲気) 〔起電力より $\text{O}_2$ 濃度検出〕	350 ~ 1000 °C	自動車の排ガス中(入センサー), 各種工業ガス, 溶銅, 鋼中の $\text{O}_2$ 原子炉 Na 冷却パイプの洩れ監視 燃料電池。 水の電気分解装置。	○ △ △
$\text{F}^-$	$\text{Ca}   \text{NaF} + \text{CaF}_2   \text{CuF}_2$	450 °C	自動車動力。	△
$\text{Li}^+$	$\text{Li}   \text{LiI} + \text{Al}_2\text{O}_3   \text{PbI}_2$	常温	心臓のペースメーカー。	○
$\text{Na}^+$	$\text{Na}   \beta\text{-アルミナ}   \text{S}$	300 °C	自動車の動力, 電力貯蔵。	△
$\text{Ag}^+$	$\text{Ag}   \text{RbAg}_4\text{I}_5   \text{RbI}_3 + \text{C}$	常温	小型電池。	△
$\text{Cu}^+$	$\text{Cu}   7\text{CuBr} \cdot \text{C}_6\text{H}_{12}\text{N}_4\text{CH}_3\text{Br}   \text{Se} + \text{C}$ 上記電解質を利用した素子〔電気量 検出〕	"	タイマー (メモリオード)。 着色ディスプレー。	○ △
$\text{H}^+$	$\text{H}_3 (\text{PW}_{12}\text{O}_{40}) 29\text{H}_2\text{O}$	"	電池, 水素メーター, ディスプレー。	△

○市販, △研究中

次に “RbAg<sub>4</sub>I<sub>5</sub> のブリュアン散乱スペクトル” ; 服部, 大門, 三石氏の講演にうつる。この物質は常温でもイオン導電率の大きい物質の筆頭で, 温度を下げるとき 209 K と 122 K で相転移をし, 122 K でイオン導電率が急に小さくなることが知られている。この物質のブリュアン散乱スペクトルを液体窒素温度から高温まで調べた結果, 122 K 以下 ( $\gamma$  相) ではほぼローレンツ型のスペクトルを示すのに対し高温相 ( $\alpha$ ,  $\beta$  相) では低エネルギー側に尾を引くブリュアンバンドを示し, このテールが可動銀イオンに由来するものであることを示唆している。銀イオンの可動性に対しフォノンが重要な役を演じていることが予想されている現在, 今後の研究が期待される。

次の講演 “Rb<sub>4</sub>Cu<sub>16</sub>I<sub>7</sub>Cl<sub>13</sub> の相転移” ; 徳本, 大西, 鹿児島, 石黒氏は Cu<sup>+</sup> イオンの伝導度の大きいことで注目されているこの物質の主として結晶解析の話で, 分子式は複雑だが本質的にはすぐ前の講演の RbAg<sub>4</sub>I<sub>5</sub> の陰イオンの一部が Cl<sup>-</sup> に置き換わったものと考えられ, X 線パターンもよく似ている。

4 番目は “拡散原子間の相関効果; NbH<sub>x</sub>D<sub>y</sub> の場合” ; 深井有氏の講演である。以前から Pd のような金属が水素を多量に吸収し, またその拡散が極めて速いことが知られている。室温の拡散係数が融けた時と大差なく, また水素の占める格子間の位置も Ag I 中の Ag<sup>+</sup> の位置 12 (d) と同じであること等は超イオン伝導との類似を思わせる。勿論 H<sup>+</sup> が伝導電子によって 遮蔽されているとか, 試料をまげると応力によって H<sup>+</sup> の拡散が起る (Gorsky 効果) とか色々違った点はあるが, 両者に関連性があれば興味深い。(Gorsky 効果は実演して見せられたが非常に印象的であった。) この研究では水素と重水素が共存する状態で, H の拡散係数を磁場勾配 NMR 法で測定し, H + D を一定にして H 濃度を減らしてゆくと H の拡散係数が D のそれに近づくことが分り, これは H と D の相互作用の存在を示す。今後の研究の進展が望まれる。

最後の講演は “LiX · H<sub>2</sub>O (X = I, Br, Cl) における Li<sup>+</sup> および H<sub>2</sub>O の運動 - NMR による研究” ; 曾田元氏の発表であった。イオンのミクロな挙動の研究に NMR の測定が非常に有効であることは超イオン伝導に対しても実証されているが本研究でもそれに沿い, 電池の応用が考えられるこの物質について窒素温度より融点まで Li<sup>+</sup> と H<sup>+</sup> の緩和時間を測定し, Li<sup>+</sup> の拡散の速さ, H<sub>2</sub>O の回転の速さとを評価した。イオン伝導度の温度依存性からも予想されるように, Li<sup>+</sup> は低温では平衡位置のまわりで熱振動しているが, 温度を上げるに従って動き回るようになり, NMR から得られた拡散係数の値はイオン伝導度からの値と矛盾しないことが示された。

以上で予定した講演と討論をおわったが, 最近 Max - Planck Institut から帰国した小川氏は, あちらに滞在中に中山氏らと考えたイオン結晶の融解についてコメントを行った。

超イオン伝導体への転移は, 副格子融解と見做せそうであるが, このような転移を示す物質で

は、結晶の格子振動に何らかの兆候が見られるであろうか？より難しい超イオン伝導状態自体に挑戦する前に、この問題を考えてみようというのが、この仕事の動機であるが、ここでは先ず、より単純なアルカリ・ハライドの融解の理解を試みる。

$r_{ij}$  隔った半径  $\sigma_i$ ,  $\sigma_j$ , 電荷  $Z_i e$ ,  $Z_j e$  の二つのイオンの間には、Coulomb potential  $Z_i Z_j e^2 / r_{ij}^{-1}$  の外に、中心斥力  $(\sigma_i + \sigma_j) r_{ij}^{-n}$  が働くものとする、融解を扱うのであるから、高温として振動の分散は無視し、Einstein 模型を使う。斥力のために複数のイオンが同一点を占める事はないので、Coulomb potential は Laplace 方程式を満たし、線型復元力には寄与しない。陰陽イオンの半径差は、second neighbour にある同種イオン間の斥力の差を通じて、小さいイオンの振幅を大きくする。

この扱いで、NaCl 型アルカリ・ハライドの融解におけるイオン半径の役割はうまく説明できるが、副格子融解を起すものについてはまだ計算を行っていない。

続いて、この研究会全般について自由討論に移ったが、数十名の物性研究者が超イオン伝導体の問題について研究会を行ったのは始めてのことでもあり、また、この研究会を出発点として勉強しようという集まりでもあったので、始めに横田教授が述べておられるように、それ程活発な討論はなされなかった。しかし、取り上げられた一つの問題点は、部分格子融解の議論がいくつかあったこととも関連し、超イオン伝導体で大きなイオン伝導に寄与するイオンの振舞いの研究には、はたして液体からのアプローチがよいのか、周期構造をもつ結晶からのアプローチを考えるのがよいかということである。一方のイオンについて液体的分布構造を考えるにしても、それはもう一方のイオンの作る周期場の中のことであり、許される分布状態には当然制約がある。これらの点については従来から液体研究者と結晶研究者の間に考え方の相違があるようであるが、この研究会を機会に、両者の今後の討議によって研究が進展していくことが望まれる。超イオン伝導体の場合には、液体と同程度の拡散係数を示すイオンの運動がある。単なる静的な平均構造の解析の段階はほぼ終ったので、今後はこれら物質内での原子間相互作用と原子の動的挙動についてのより進んだ研究が必要であることを痛感した。

[以上]

## ○ 相 転 移 と 非 線 形 励 起

世 話 人 中 嶋 貞 雄  
福 山 秀 敏

### プ ロ グ ラ ム

3月12日（月）

はじめ	福 山 秀 敏 (物 性 研)
2次元相転移の理論の現状	鈴 木 増 雄 (東 大 理)
2次元XY系の相転移	鈴 木 増 雄, 宮 下 精 二 (東 大 理)
2次元系超流体	恒 藤 敏 彦 (京 大 理)
表面ラフニング転移	川 崎 恭 治 (九 大 理)
XYモデルにおける量子効果と短距離相関	高 田 慧 (筑 波 大)
準2次元強磁性体 $K_2CuF_4$ の Giant Spin Fluctuation	平 川 金四郎 (物 性 研)
液体 $^3He$ の表面磁性	黒 田 義 浩 (名 大 理)

3月13日（火）

2次元の融解現象	藤 堂 清 (物 性 研)
2次元ウィグナー結晶転移	長 井 達 三 (九 産 大)
グラファイトに吸着した希ガス单原子層の不整合一整合相転移	斯 波 弘 之 (物 性 研)
Brownian motion of a domain wall	和 田 靖 (東 大 理)
1次元電子系の多体論	福 山 秀 敏 (物 性 研)
非対称アンダーソン模型の基底状態	芳 田 奎, 桜 井 明 夫 (物 性 研)
First Order Melting Transition in the Incommensurate Phase	山 本 光 (京 大 理)
2次元超伝導	水 上 忍 (基 研)
ま と め	中 嶋 貞 雄 (物 性 研)

## 2 次元相転移の理論の現状

鈴木 増雄（東大理）

2次元スピン系の相転移を中心に、長距離秩序を伴なわない相転移の特徴を概観した。Stanley-Kaplan に始まる高温展開からの予測、それに対するBerezinskiiの低温におけるスピン波の理論、さらに高温での渦の理論（Kosterlitz-Thouless）最近のくりこみ群によるJose達の詳しい解析、それらを数値実験的に確かめようとする我々のモンテカルロ法による研究、物性研の平川達の実験等について解説した。シミュレーションの結果をみると、充分低温では、渦ないし渦の対が見えるが、 $T_{sk}$ （転移点）の近傍では、その低温側でも、渦の対の数が多過ぎるのか、スピンの配位の状態を見て、転移点を決めることが困難なようである。このことは、転移点近傍では、渦とスピン波との相互作用及び渦間の対生成以外の相互作用の効果が非常に強くなることを示唆しているものと思われる。今後、この効果をとり入れた理論を作る計画を立てている。

## 2 次元 XY 系の相転移

鈴木増雄、宮下精二（東大理）

2次元XY模型（量子系）とplanar模型（古典型）をモンテカルロ法によって帶磁率、比熱、エネルギーと外磁場依存性を調べた。1スピン当りの帶磁率のサイズ依存性から熱力学的極限での帶磁率の発散を結論し、そのサイズ依存性の温度変化より、これらの模型に特徴的な指標、 $\alpha(T)$ 、

$$\langle \vec{S}_o \cdot \vec{S}_r \rangle \propto r^{-\alpha(T)} \quad ; \quad T \text{は温度},$$

と評価した。

また低温相の各々の温度の特徴的なスピン配位を示すスピン系でのいわゆる渦の対の意味を考察し、諸理論の妥当性を論じた。

比熱に関しては発散は見られなかった。

帶磁率、比熱とともに両模型で同様な振舞をした。

またこれらと等価な模型と考えられるラフニング転移、中性クローン気体のシミュレーションとの比較もした。（文献 Prog. Theor. Phys. 58 (1977) 1377, Prog. Theor. Phys. 60 (1978) 1669.)

## 二 次 元 超 流 体

恒 藤 敏 彦 (京 大 理)

Kosterlitz-Thouless 理論以後の 2 次元超流体とくに  $^4\text{He}$  フィルムに関する理論および実験的研究を概括する。超流動  $^4\text{He}$  のフィルムは 2 次元系のよい例であり、vortex モデルがそのままあてはまる。K-T 理論のもっとも重要な予言は  $\rho_{\text{sc}} / T_{2D}$ 、すなわち 2 次元的転移温度とそこでの超流体成分の面密度との比が universal な値  $\frac{\pi \hbar^2}{2 m^2 k_B}$  に等しいということであり、これは  $^4\text{He}$  および  $^4\text{He} - ^3\text{He}$  溶液のフィルムにおける多くの実験で支持されている。また動的効果に関して vortex モデルは有効なようである。K-T 理論はたしかに 2 次元超流体の相転移の本質をとらえていると結論してよいが、 $T_{2D}$  以上の領域までよく実験結果を説明しているようにみえるのは不思議である。比較的単純なモデルケースとして、理論・実験の今後の発展が望まれる。なお最近超伝導薄膜も同様の観点から検討されている。

## 表 面 ラ フ ニ ン グ 転 移

川 崎 恭 治 (九 大 理)

結晶表面がある温度  $T_R$  を境にして滑らかな状態から粗い状態に転移する可能性が結晶成長の問題に関連して最初に指摘されたのは今から丁度 30 年前である。最近の臨界現象の画期的な進歩とともに、ここ数年間この問題が再び脚光を浴びるようになった。特に 2 次元 XY モデルで代表される long range order の発生を伴わない新しい型の相転移がこのところ話題になっているが表面ラフニング転移もその実例であることがわかって来た。研究会ではラフニング転移を記述する色々な統計的モデル (SOS, DG 等) と、2 次元 XY モデル等との関係、知られている厳密解や、モンテカルロ法による計算機実験、Kosterlitz 流のくりこみ群の方法の応用、等について話した。 $T_R$  の下から  $T_R$  に近づくにつれて表面の profile が無限に拡がる様子は理論的に興味ある問題であるが、最終的には未だ確立されていない。尚、結晶成長に関連して表面のダイナミクスがこれからより重要になってくると思われるが研究会では詳しく触れる時間がなかった。

## X Y モデルに於る量子効果と短距離相関

高 田 慧 (筑 波 大)

2 D Heisenberg X Y モデルは classical Rotator Model と比較すると,  $T_c$  低温相等不明な点が多い。ここでは, Path integral 及び Green 関数法による打波一高野の共同研究を紹介する。Path Integral の方法を用いて, その特異な振舞が, 摂動論の收れんを仮定すれば, classical rotator model と同等であることを示すことができる。一方 1 D 等方 Heisenberg で, 正確な取扱いと, 非常に良い一致を示す山路一近藤の Green 関数の decoupling の方法を X Y モデルに拡張し, 1 次元, 2 次元, 3 次元及び  $S = \frac{1}{2}$ ,  $S = 1$ ,  $S = 2$  の計算等を行った。1 次元で Exact 解と比較すると, 高温に於て良い一致を示す。1 次元では  $T_c$  はなく, 3 次元では, 有限の  $T_c$  を有する。2 次元では  $\chi_x^{-1}$  を高温から外挿すると, renormalization の  $T_c$  の結果を与える。その温度で  $\chi_x$  は異常に増大するが,  $\chi$  は発散せず,  $T \sim 0$  で  $\chi \sim e^{-\text{const}}/T$  となる。

## 準二次元強磁性体 $K_2CuF_4$ の Giant Spin Fluctuation

平 川 金四郎 (物 性 研)

$K_2CuF_4$  は  $J'/J \sim 6 \sim 8 \times 10^{-4}$  で 2 次元性がよい。相互作用は殆んど Heisenberg 的であるが 1 % 程度の X Y 的相互作用がある。このような系の低温でのゆらぎは殆んど完全に XY 的になることを利用して, 2 次元 X Y 性に特徴的な Stanley - Kaplan 型の異常が現われるかどうかを, Bragg 散乱及び diffuse 散乱の磁場依存性を測定することにより確めた。その結果は磁気的 Bragg 散乱 ( $\propto M_s^2(T)$ ) の他にそれと同程度の強さの  $\chi_{\perp}$  によると思われる巨大なゆらぎが重複して観測されることを見出した。この巨大なゆらぎによる強度は  $M_s^2(T)$  に比し, 従って又同じ  $T_c$  をもつ。同じゆらぎでも, off - Bragg 点でみられる通常の magnon によるゆらぎとは温度依存性が異り,  $q$  と  $-q$  の magnon の couple した状態のように思われる。このゆらぎは内部磁場が有限値になると直ちに消失する。この巨大なゆらぎの温度変化は鈴木らの Monte Carlo simulation (2 D plane rotator) における  $\langle M^2 \rangle(T)$  とよく一致する。

## 液 体 $\text{He}^3$ の 表 面 磁 性

黒 田 義 浩 (名 大 理)

最近のHelsinki, U S C, Grenoble の低温グループの実験によって、マイラー、グラファイト、アルミナ等の固体と接触している液体  $\text{He}^3$  が極低温領域 ( $T \lesssim 10 \text{ mK}$ ) で、強磁的な振舞 (帯磁率が、キュリー・ワイス型になること、但し、実際の転移は未だ見つかっていない) をすることが確かめられた。これらが、固体表面の極く近傍にある  $\text{He}^3$  原子に起因することは、ほぼ間違いないと思われるが、それらの  $\text{He}^3$  原子が、固体をなしているか、液体をなしているかは、未だ明らかではない。もし、仮に、それらが、固体表面に最近接した2次元的な  $\text{He}^3$  液層から来ているものと仮定すると、これは、2次元フェルミ液体に於ける弱い強磁性の典型的な例になると考られる。ここでは、この問題に、スピン揺動のくり込みを考慮することによって、3次元系で大きな成功を収めた弱い強磁性の理論の手法を適用出来るかどうかについて、極く予備的な考察を行なった。

## 2 次 元 の 融 解 現 象

藤 堂 清 (物 性 研)

2次元の触解現象についての理論、計算機実験、及び関連する実験について概観した。

理論的には、Landau, PeierlsあるいはMerminによって示されたように、2次元の結晶長距離秩序は存在しない。このことは、Alder達や、Hockney-Brown の計算機実験によって示された転移をどう理解すべきかという問題をひきおこす。

Imry-Gunther は2次元調和固体において、密度のフーリエ成分  $\rho_{\vec{G}}$  に対する応答  $X_{\vec{G}} = N \langle \rho_{\vec{G}}^2 \rangle - \langle \rho_{\vec{G}} \rangle^2$  が、 $0 < T < T_g$  では発散し、 $T \rightarrow T_g^+$  で発散することを示した。

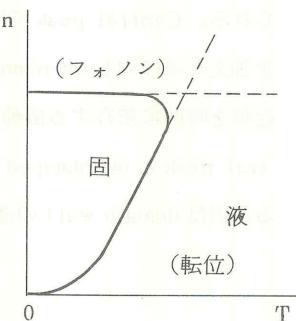
Kosterlitz-Thouless は、転移点近傍では、励起として転位対が重要な役割をはたすことを示唆した。Nelson達は、彼らの考えを数学的に整備されたものにした。

一方 Hockney 達の図は多結晶状態で grain boundary が重要であるように見える。このことは転位対では理解しにくい。

## 2 次元 ウィグナー 結晶 転移

長井 達三 (九産大)

相互作用  $e^2/r$  をもつ2次元電子系の固体-液体転移を調べた。この固体の融解機構としてフォノン・モデル (Platzmaw-Fukuyama) と転位モデル (Thouless) がある。計算機実験 (Hockney-Brown) と液体He面上の電子系の実験 (Grimes-Adams) 結果から、古典的領域では、フォノン機構が効く前に転位機構が効いているようになる。しかし電子密度nの増大に対してはフォノン機構が融解を引起して相図は右図のようになるだろう。(T.Nagai and A.Onuki, J.Phys.C 11, L 681, 1978) 転位モデルで  $T < T_m$  の比熱を求め Hockney-Brown の結果と比較した。一致はかなりよい。Hockney-Brown の結果を発散と見なければ  $T \geq T_m$  でも説明可能と思われる。 $1/r$  相互作用の長距離的性質は転位の性格に取って重要な点で、転位対のエネルギーを小さくするという点で定量的に重要である。



## グラファイトに吸着した希ガス単原子層の不整合・整合相転移

斯波 弘行 (物性研)

グラファイト上のAr, KrのLEEDによると、不整合な (incommensurate) 相のAr単原子層の三角格子は、下地のグラファイトの主軸から数度回転している。Krでは不整合・整合転移が見られる。理論的には、単原子層の弾性エネルギーと、希ガス・下地間相互作用の和を最も低くする構造の決定として定式化すると、下地が平らだとした時の下地と希ガス両者の格子定数の不一致が大きいと (Arの場合) 回転した不整合相が期待される。格子定数の不一致の減少と共に、回転のない不整合相へ移行する。この不整合相では、下地と希ガス単原子層の間のミスマッチが蜂の巣状構造をとったものである。更に格子定数の不一致を減少すると、整合相へ移るが、その直前、ミスマッチが1次元構造した相へ1次転移をするとBakらは主張している。実験ではこの1次元構造は見付かっていない。

## Domain Wall のブラウン運動とCentral Peak

和田 靖（東大理）

1次元  $\phi^4$  モデルでの domain wall と格子振動の非線型相互作用から、domain wall のブラウン運動が生ずることを示した。その diffusion constant は低温で  $T^2$  に比例し domain wall の厚さにはよらない。この仕事は非線型励起とその周囲との相互作用を取扱う一つの典型と考えられる。Central peak に関しては、最近今田君が  $\phi^4$  モデルに random force と friction term を加えた系に対し overdamping の極限で線型応答の理論を作った。Trullinger et al による近似を時間に依存する摂動のときには拡張して適用した。その結果 structure factor は狭い central peak と overdamped phonon peak の和で与えられることが判った。central peak の生ずる原因是 domain wall の運動によると信ぜられる。

## 1 次元電子系の多体論

福山秀敏（物性研）

2体力で相互作用する1次元電子系のハミルトニアンは、フェルミオンの演算子のポゾン表示により、2種類の位相ハミルトニアンに変換される。一方の位相は電荷密度に関係し他方はスピンの自由度を表現する。このいづれも、Sine-Gordon 型の非線型性を含んでいる。このうち、スピンに関係した項は backward 散乱のモデルとして研究されており、大筋の性質は理解できた。このような完全結晶での位相の振舞いは、1次元電子系で重要な不純物散乱に伴なうアンダーソン局在により大きく変化する。そのいくつかの側面を紹介した。

## 非対称アンダーソン模型の基底状態

芳田 奎, 桜井明夫(物性研)

非対称アンダーソン模型は mixed valence 状態の 1 つの簡単なモデルとして, 最近いろいろと議論されている。ここでは,  $U \rightarrow \infty$ ,  $E_d = \text{有限}$  として, この模型の基底状態の特徴を単純な推理によって考察する。推理の基礎は, アンダーソン直交定理と compensation theorem の 2 つに置く。 $E_d = 0$  の場合の上向きあるいは下向きスピンの d 電子数  $n_d$  は  $\frac{1}{4}$  よりかなり小さくなること, 磁気抵抗の  $n_d$  と d 電子のスピン S による表式,  $n_d$  の  $E_d$  による変化についての結論が導かれる。より具体的には, mixing を摂動とする摂動展開のゼロ近似の範囲で, 以上の定性的結論をより定量的数値によって補足する。最後に同じ近似で, 帯磁率を求めその  $n_d$  依存性について論じる。

## First Order Melting Transition in the Incommensurate Phase

山本 光(京大理)

一方向に misfit parameter  $\mu$  を含む 2 次元 sine-Gordon 系をある特定温度で議論する。 $\mu$  が小さいときは, 系が, commensurate (C) であるか incommensurate (IC) であるかを特徴づけるパラメータ  $\delta_0$  は  $\mu$  の半分になり,  $\mu \neq 0$  で常に  $\delta_0 \neq 0$ 。すなわち incommensurate である。 $T=0$  で期待される C-IC 転移は起こらない。 $\mu$  を大きくすると,  $\mu$  のある値のところで 1 次の融解転移が起り,  $\delta_0$  の値に飛びが生じる。以上の結果に基づいて,  $\mu$  と温度  $T$  とでできる平面でどのような相図が書けるかを推論する。

## 二 次 元 超 伝 導

冰 上 忍 (基 研)

超伝導は超流動とはゲージ場があることで異っている。ゲージ場との結合定数、電荷  $e$  についてのくり込み群の計算をうると  $e = 0$  が不安定な点であることが解る。流れは  $e = \infty$  に向かっていて、 $e = \infty$  の模型は最近理論的な発展がある  $CP^{N-1}$  模型 ( $N=1$ ) となる。この模型は 2 次元では相転移がない。従って 2 次元の超伝導は存在しないことになるが、渦間の近距離の相互作用が  $\log$  になるので、準相転移として、みかけ上の  $T_c$  を Kosterlitz に従って議論する。転移点  $T_c$  は、

$$T_c = \frac{\hbar^2 n_s^{(3)}}{m * k_B} \left(\frac{\ell}{\xi_0}\right) \frac{\pi}{2} d$$

となる。 $\ell / \xi_0$  = 平均自由行程 / コヒーレンス距離、 $m * = 2 m_e$ 、 $d$  = 膜の厚さ。超伝導薄膜の実験 ( $d = 10 \text{ \AA} \sim 50 \text{ \AA}$ ) と比べると  $T_c$  の  $d$  - 依存性は上式でだいたい合う。

## 研 究 会 の ま と め

中 嶋 貞 雄 (物 性 研)

最近、主として 2 次元系について、渦や転位やソリトンのような「励起」が、従来知られた素励起に匹敵する重要な役割を演じることが明らかになってきた。この際、専門とする対象は少しずつ違うが、物性理論の基礎的問題には共通の関心をもつ理論家が集まって、理論の現状を確認しこれからの方向を論じよう、というのが研究会の趣旨であった。このために研究会は非公開の形式をとった。

研究会から受けた第一の印象は、多くのモデルが本質的にはたがいに等価であり、しかし注目する物理量が具体的な対象ごとに少しずつ違っていることであった。その意味で今回のような形の研究会は有効であったとおもわれる。第二に、研究会では、生の実験結果および実験から本質的なものを抽出する段階の理論も紹介された。これは、より抽象的な理論にとっても、欠くことのできない栄養素であろう。

最後に 2 次元系について、低温で正負の渦（あるいは転位）のペアが形成され、ペアの集団解離によって 2 次元特有の相転移がおこるという Kosterlitz - Thouless の理論は、少くとも（分子場近似のような）定性的描像としては、確立されたものと結論してよいようである。特に  ${}^4\text{He}$

の超流動薄膜の場合には、いわゆる Kosterlitz - Nelson の universality や渦の拡散運動が定量的に実験とよくあう。ペアの化学ポテンシャルが大きく、密度が比較的小さいためであろうとの指摘があった。超伝導や<sup>3</sup>Heも論じられ、後者は転移点が低いため<sup>4</sup>Heのような理論のチェックはむずかしいことが指摘された。また、2次元固体の融解が流体の場合と本質的に違う点があるか、という点はあまりはっきりしなかった。

一方、XYスピン系に関する鈴木、宮下氏の計算機実験は、転移点近傍で渦ペアという描像があり有効でなく、強い非線形効果を示しているようにみえる。今回の研究会ではこの問題を深く討論するまでには至らず、今後の課題として残された。

## 昭和 53 年度共同研究報告 「ダイヤモンドアンビル装置による超高压 下構造相転移の結晶光学的研究」

代表者 東京工芸大学 伊藤 進一

超高压発生装置のダイヤモンドアンビルは、ルピーの螢光による圧力スケールや 100 kb まで固化しない圧力媒体などの技術的進歩により、様々な分野の研究に使われ始めている。本研究は、ダイヤモンドが可視領域で透明であることを利用して、結晶光学的手段により圧力下の相転移を調べることを試みたものである。

透明な誘電体結晶が構造相転移により、強誘電性、強弾性を示すことが数多く報告されているが、そのような場合に、結晶光学的手段によって、格子の歪み方を高感度で調べられることがわかっている。特にダイヤモンドアンビルを使って圧力下の物質を調べる場合には、X線による測定に比べて一桁以上感度がよい。一般に構造相転移による格子の歪は、わずかであるが、光弾性効果を通して、結晶光学的性質には大きな変化が現われ、複屈折、施光能の変化や、光学弾性主軸の回転などが起こる。例えば、(I)立方晶系から正方晶系に相転移する際には複屈折△ $n_{yz}$ が現われ、(II)正方晶系から斜方晶系に相転移する際には複屈折△ $n_{xy}$ が現われる。さらに、(III)斜方晶系から単斜晶系に相転移する際には、y 軸に垂直な面内で光学弾性主軸が回転する。又、施光能にも相転移による結晶の点群変化に対応する変化がみられるが、今回の研究では、圧力下で複屈折の変化及び光学弾性主軸の回転が相転移により起こる場合を取り扱った。

一方、従来のダイヤモンドアンビルを使った研究では、圧力発生空間が狭いこともある、粉末や单結晶のかけらで測定を行なうことが多かったが、今回の測定では单結晶を特定の軸と垂直に切り出して、結晶方位を明確に定めた上で行なわれ、実際には厚さ 50 μ ~ 100 μ の板を研磨して使用した。

(I)に相当する場合としては、①常圧で立方晶系である  $\text{Ca}_2\text{Ba}(\text{C}_2\text{H}_5\text{CO}_2)_6$  [DBP] に、圧力下で複屈折△ $n_{yz}$  が現われ、正方晶系に転移することが見出された。(II)に相当する場合としては②常圧で斜方晶系である  $\text{Ba}_2\text{NaNb}_5\text{O}_{15}$  [BNN] が、圧力下では複屈折△ $n_{xy}$  がゼロになり、正方晶系に転移することが見出された。さらに、(III)に相当する場合としては、③常圧で斜方晶系である  $\text{NH}_4\text{LiSO}_4$  [ALS] が圧力下では y 軸に垂直な面内で光学弾性主軸が回転して、单斜晶系になることが見出された。

又、このような物質では、相転移が起り強誘電性や強弾性が出現する場合、正負の分域が生

じ、それは銳敏色板を使って直接観察することが可能である。実際に②のBNN, ③のALSにおいて分域構造を圧力下で見ることができた。

一方、一次転移の場合には転移点近傍で高圧相と低圧相が共存し、相境界が見られることがある。①のDBPと③のALSの圧力下の相転移は結晶光学的性質が不連続に変化する一次転移であるためその可能性があったが、今回試作したアンビルでは、圧力変化を細かく行なうことが困難であるため、相境界を見ることはできなかった。

又、この他にNbP<sub>5</sub>O<sub>14</sub>, Gd<sub>2</sub>(MoO<sub>4</sub>)<sub>3</sub>, (NH<sub>4</sub>)H<sub>2</sub>PO<sub>4</sub>でも同様の研究が行なわれている。圧力を加えた状態での温度変化技術も現在開発中である。

以上が今回行なった研究のあらましであるが、今後さらに次のような方向の研究に発展させることが可能である。

- (1) 結晶光学的研究で行なったダイヤモンドアンビル内の圧力下の物質の偏光解析技術は、ダイヤモンドアンビルを使った圧力下での偏光ラマン散乱、偏光ブリルアン散乱の測定に直ちに応用することが可能である。前者については、現在すでに測定を行なっており、後者については、コントラストの高いファブリペロ干渉計を使った分光システムを準備中である。
  - (2) 構造相転移の秩序変数の圧力依存性は、複屈折、施光能の変化や光学弾性主軸の回転角から決めることができあり、圧力下の転移に対して、臨界指数を決めることができる。
  - (3) 複屈折の変化、光学弾性主軸の回転などは、歪に対して非常に敏感な量であることから、従来高压でよく測定されてきた電気的性質にほとんど異常のない相転移も、直接見て判別することができる。
- なお、本研究に対して与えられた研究費20万円は、ダイヤモンドアンビルの加圧器具の製作費として使われた。

共同研究者

東大物性研	中村輝太郎
"	箕村茂
"	浅海勝征
" (院生)	小島誠治
"	高重正明
帝京大学薬学部	光井俊治

## 物性研究所談話会

日 時 3月5日(月) 午後4時～  
場 所 物性研究所 旧棟1階講議室  
講 師 Prof. M. H. Cohen  
(Univ. of Chicago and RIFP, Kyoto Univ.)  
題 目 Fe-Doped 2H-TaSe<sub>2</sub>, A Spin-Density-Wave Class ?  
要 旨

Pure trigonal prismatic 2H-TaSe<sub>2</sub> has a normal to incommensurate charge-density-wave transition at 122°K. Intercalated Fe impurities reduce this transition temperature somewhat and introduce an array of anomalies at lower temperatures, including a susceptibility maximum, a low temperature resistivity minimax, negative magnetoresistance, and peculiar field and temperature dependences of the Hall coefficient. We argue that the Fe, acting as magnetic impurities, stabilize a spin-density-wave on the Ta atoms and give a very simple mean-field theory of the phenomenon. We develop an explicit theory of the susceptibility and Hall effect and give qualitative arguments for the resistivity and magnetoresistance. Finally, we point out that removing the approximations used in the mean-field theory would lead to randomization of the phase and orientation of the SDW, i. e., to an SDW glass, in agreement with the small hysteresis observed and the essentially negative field cooling experiments.

日 時 1979年4月9日(月) 午後4:00～  
場 所 物性研 旧棟1階講議室  
講 師 Prof. K. O. Hodgson  
題 目 X-ray studies using synchrotron radiation)  
要 旨 X線異常散乱因子の測定とその応用。

構造既知の結晶を用い、それに含まれる例えは Cs 原子の  $f'(\omega)$  と  $f''(\omega)$  の値を測定した結果などについて述べ、また nitrogenase など(根瘤バクテリヤ中にあって空中窒素固定を行なう物質)の活性部位の局所構造の研究。EXAFS 測定による解析結果などについての話があった。

日 時 4月10日(火) 午後4:00～  
場 所 物性研究所 旧棟1階講議室  
講 師 Dr. C. Y. Huang  
所 属 Los Alamos Scientific Lab.  
題 目 Anomalies in CuCl  
要 旨

Dr. Huang 氏は昨年  $T_c \sim 100K$  の高温超伝導体かと話題になった CuCl の反磁性帯磁率と電気抵抗の測定を報告された著者の一人であり、CuCl についての理解の現状が紹介された。

日 時 4月16日(月)  
場 所 物性研究所 旧棟1階講議室  
講 師 Dr. P. Schofield  
所 属 Harwell  
題 目 Neutron Beam Research in Western Europe

要 旨

In this lecture I will review the present and planned future developments in neutron beam research in western Europe. At present the major facilities comprise the High Flux Reactor at the Institute Laue-Langevin (ILL), Grenoble and a number of medium flux reactor at various centres. Future developments include the 'deuxieme-souffle' a renewal programme at ILL, the new medium flux reactor 'Orphee' at Saclay and in the United Kingdom the pulsed source based on the Harwell INAC, operational in May 1979, and the spallation source at the Rutherford Laboratory starting up after 1982. Some of the instruments planned for the latter will be briefly described. The range of scientific topics studied with neutron scattering is very wide, and it will only be possible to mention a few of the interesting problems currently being studied, drawn mainly from the Harwell and other U.K. programmes.

日 時 4月17日(火) 午後4:00~

場 所 物性研究所 旧棟1階講議室

講 師 Prof. Elliott H. Lieb

Depts. Mathematics & Physics,  
Princeton University

題 目 Why Matter is Stable

要 旨

Ordinary matter, composed of electrons and nuclei, is held together by Coulomb forces. These forces are potentially catastrophic for two reasons : the short range attraction could lead to a collapse while the long range repulsion and attraction could lead to

an explosion or to strong interaction between macroscopic objects. The fact that neither of these things happens and that matter is essentially inert is a consequence of subtle properties of quantum mechanics and electrostatics outlined here.

日 時 1979年4月23日(月) 午後4:00～  
場 所 物性研旧棟 1階講議室  
講 師 Prof. S. Berko  
(Dept. of Phys., Brandeis Univ.)  
題 目 「陽電子消滅でどのような物性が見えるか」  
要 旨

陽電子消滅実験の権威の一人であるBerko教授が、4月8日～11日に山中湖畔で行われる第5回陽電子消滅国際会議のために来日された機会に物性研で行われた講演である。陽電子消滅は物質の電子状態を調べる最も優れた実験手段の一つであり、特に最近の進歩により合金はもちろん単体の金属においても、dH-vA効果にまさるフェルミオロジーの実験手段となってきた。

イントロダクターな話から現状、将来の見透しについて講演された。

~~~~~  
物性研ニュース  
~~~~~

昭和 54 年 5 月 1 日

関係各研究機関の長 殿

東京大学物性研究所長

芳 田 奎

昭和 54 年度後期共同利用の公募について（依頼）

このことについて、下記のとおり公募しますので、貴機関の各研究者にこの旨周知くださるようお願いします。

記

1. 公募事項（別添要項参照）

A 外来研究員（54年10月～55年3月実施分）

B 短期研究会（ “ ” ）

C 共同研究（ “ ” ）

2. 申請資格：国、公、私立大学および国、公立研究機関の教官、研究者ならびにこれに準ずる者。

3. 申請方法：(1) 一般の外来研究員については、外来研究員申請書を提出のこと。

(2) 軌道放射物性研究施設の共同利用については、申請方法が異なるので 43 ページ  
を参考のうえ、申請のこと。

4. 申請期限：昭和 54 年 7 月 16 日（月）厳守。

5. 申し込み先：〒106 東京都港区六本木 7 丁目 22 番 1 号

東京大学物性研究所 共同利用掛 電話（03）402-6231 内線 503

6. 審査：研究課題の採否、所要経費の査定等は共同利用施設専門委員会において行い、教授会で決定する。

7. 採否の判定：昭和 54 年 9 月下旬

8. 宿泊施設：(1) 東京大学物性研究所共同利用研究員宿泊施設が利用できる。

(2) 軌道放射物性研究施設の共同利用については、東京大学原子核研究所共同利用  
研究員宿泊施設が利用できる。

(3) 東海村日本原子力研究所の共同利用については、東京大学共同利用研究員宿舎  
が利用できる。

9. 学生教育研究災害傷害保険の加入：大学院学生は 51 年 4 月に創設された『学生教育研究災害  
傷害保険』に加入されるようご配慮願いたい。

## 外 来 研 究 員 に つ い て

物性研究所においては、共同利用研究事業として、全国物性研究者の研究遂行に資するため、下記の各種研究員制度が設けられています。これら研究員の公募は、原則として半年ごとに行なっております。

なお、外来研究員制度は個々の申請を検討のうえ実行されておりますが、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、下記ご参照のうえ期日までに応募されるようお願いします。

また、外来研究員制度の内容あるいは利用する設備等に関してお判りにならぬことがあれば共同利用掛（内線503）までご連絡ください。

### 記

#### 1. 客員研究員

- (1) 所外研究者がやや長期にわたって、本所の施設を利用して研究を行う便宜を提供することを目的としています。
- (2) 資格としては、教授、助教授級の研究歴に相当する研究者を対象とします。
- (3) 申請については、本所所員の申請に基づいて、研究計画等を検討のうえ決定します。
- (4) 研究期間は最低1ヵ月とし、6ヵ月を限度としていますが、延長が必要なときは、その都度申請して更新することができます。
- (5) 研究期間中は常時本所に滞在することを原則とします。
- (6) 居室の供用方については、本所はできるだけ努力します。

#### 2. 嘱託研究員

- (1) 所外研究者に本所の研究計画ならびに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) 嘱託研究員の委嘱は、本所所員の申請に基づいて、研究計画等を検討のうえ決定します。
- (3) 研究期間は6ヵ月を限度とし、延長が必要なときはその都度申請して更新することができます。

#### 3. 留学研究員

- (1) 大学、官庁、その他の公的研究機関に在職する若い研究者に、留学の便宜を提供することを目的とした制度です。
- (2) 資格としては、助手ないし大学院博士課程程度の研究歴に相当する方を対象としています。

- (3) 研究期間は6ヶ月を原則とし、研究は所員の指導のもとで行います。
- (4) 東京都内及び東京通勤圏外の機関に所属する者には、本所規定に従って、旅費および滞在費等が支給されます。この研究員の枠として、年間5~6名を予定しております。
- (5) 申請は別紙(様式1)の申請書を提出してください。(必要な方は直接共同利用掛までご請求ください。)

#### 4. 施設利用

- (1) 所外研究者が研究の必要上、本所の施設を短期間利用したい場合、その便宜を提供できるようにしております。
- (2) 施設利用希望の方は、別紙(様式1)の申請書を提出してください。

#### 5. 採否決定

上記各種研究員受入れの可否は、共同利用施設専門委員会において、申請された研究計画、研究歴ならびに所内諸条件を審査検討し、教授会で決定します。

#### 6. 経 費

旅費、滞在費ならびに研究に要する経費は、個々の申請に基づいて、共同利用施設専門委員会で査定のうえ、共同利用研究施設運営費から支出します。

#### 7. その他の

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ってください。

### 共同利用施設専門委員会委員

市 村 昭 二	富 山 大 (工)	金 森 順次郎	阪 大 (理)
佐々木 亘	東 大 (理)	後 藤 道 太	愛 嫄 大 (理)
長 岡 洋 介	京 大(基研)	信 貴 豊一郎	大阪市大 (理)
本 間 重 雄	名 大 (工)	中 山 正 敏	九 大 (養)
石 川 義 和	東 北 大 (理)	渡 部 三 雄	広 島 大 (総)
長 谷 田 泰 一 郎	阪 大(基礎工)	小 口 武 彦	東 工 大 (理)
溝 口 正	学習院大 (理)	達 崎 達	北 大 (応電研)
田 仲 二 朗	名 大 (理)	田 卷 繁	新 鴻 大 (理)
伊 藤 憲 昭	名 大 (工)	宅 間 宏	電 通 大
大 饗 茂	筑 波 大 (化)	加 藤 貞 幸	東 大 (核研)
米 田 速 水	広 島 大 (理)	その他物性研所員	

## 軌道放射物性研究施設の共同利用について

1. 3 GeV 電子シンクロトロン(ES) 及び 0.4 GeV 電子ストーリジリング(SOR-RING)からのシンクロトロン放射を用いる共同利用実験の申し込みについてはマシンタイムの調整を行う必要上、物性研共同利用の正式申し込みの以前に下記の要領で物性研軌道放射物性研究施設にて申し込みください。

### 記

1. 対象となる実験： ES及び SOR-RINGからのシンクロトロン放射を利用する実験
2. 実験期間： 昭和54年10月上旬から昭和55年3月末日までの期間で、 利用できるマシンタイムは総計3カ月間。ただし ESの運転状況により多少変動することがあります。
3. 利用できる設備：
  - (1) ES-SOR ピームライン  
0.5M 濱谷一波岡型直入射分光器， 2M斜入射分光器， 高真空試料槽
  - (2) SOR-RING 第1ピームライン  
1M 縦分散濱谷一波岡型直入射分光器
  - (3) SOR-RING 第2ピームライン  
2M 縦分散変形ローランド型斜入射分光器， 光電子分光測定装置一式
  - (4) SOR-RING 第3ピームライン  
差圧排気系及びMg F<sub>2</sub>窓， 平面回折格子斜入射分光器
  - (5) SOR-RING 第4ピームライン  
ポダール型斜入射分光器， 気体吸収測定装置
- なお、 詳細については、「軌道放射物性研究施設利用者ハンドブック」（施設に請求して下さい）を参照のうえ、 申し込みの前に施設にご相談下さい。

### 4. 申し込み要領

- |  |
|--|
| (1) 希望するピームライン                         |
| (2) 申請研究課題                             |
| (3) 申請代表者及び実験参加者、 所属・職・氏名              |
| (4) 実験期間及び実施希望時期                       |
| (5) 実験の目的・意義及び背景(1,000字程度で審査資料となり得るもの) |
| (6) 関連分野における申請者のこれまでの業績                |
| (7) 実験の方法(800字以内)                      |

(8) 使用装置（持込み機器も含めて）

(9) 物性研共同利用施設運営費よりの負担を希望する消耗品の種類と費用の概算

上記項目につき記入した申請書のコピー7部（Aサイズ用紙）を下記申込み先あて送付してください。

5. 申込先：**〒188 東京都田無市緑町3-2-1**

東京大学物性研究所軌道放射物性研究施設

電話 (0424)61-4131 内線328, 521, 535

（「共同利用申込み」と表記のこと）

6. 申込期限：昭和54年7月10日（火）必着とします。

7. 審査：上記申込みについて、物性研軌道放射物性研究施設運営委員会において審査し、採用された研究課題については実験計画に従い改めて物性研外来研究員申請書及び放射線作業従事承認書を直接共同利用掛（**〒106 東京都港区六本木7-22-1 東京大学物性研究所**）に提出していただきます。

### 短期研究会について

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日間程度の研究会を開き、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うえ、申請してください。

#### 記

1. 申請方法：代表者は別紙申請書（様式2）をご提出ください。
2. 採否決定：共同利用施設専門委員会の審議を経て教授会が決定します。
3. 経費：共同利用施設専門委員会で査定のうえ、共同利用研究施設運営費から支出します。
4. 報告書：提案代表者は、物性研だよりに掲載するため、研究会終了後すみやかに報告書を提出してください。執筆に関する要領は別にお知らせします。

様式 1

外 来 研 究 員      施 設 利 用      申 請 書  
留 学 研 究 員

No.

昭和 年 月 日

東京大学物性研究所 殿

所属・職名

(申請者) ありがな 印

等級号俸

等級号俸発令年月日( 年 月 日 )

下記研究計画により外来研究員として貴所で研究したいので申請します。

研究題目

研究目的

研究の実施計画(使用装置方法等詳細に)

利用頻度： ① 新規 ② いつごろから利用していますか(昭和 年ごろ 回)

希望部門、研究室名

部 門

研究室

研究予定期間

1. 東京都内及び近郊の通勤圏の申請者

月	日～	月	日	週	日
月	日～	月	日	週	日
月	日～	月	日	週	日

2. 来所日数及び所内宿泊希望日数

(イ) 所内へ宿泊を希望される場合はその日数を記入してください。

月	日～	月	日( 泊 日)	月	日～	月	日( 泊 日)
月	日～	月	日( 泊 日)	月	日～	月	日( 泊 日)
月	日～	月	日( 泊 日)	月	日～	月	日( 泊 日)
月	日～	月	日( 泊 日)	月	日～	月	日( 泊 日)

(ロ) 所外に宿泊される方はその日数を記入してください。

月	日～	月	日( 泊 日)	月	日～	月	日( 泊 日)
月	日～	月	日( 泊 日)	月	日～	月	日( 泊 日)
月	日～	月	日( 泊 日)	月	日～	月	日( 泊 日)
月	日～	月	日( 泊 日)	月	日～	月	日( 泊 日)

(ハ) 所外に宿泊される場合どこを利用されますか。

- 自宅     親、親戚の家     友人宅     ホテル、旅館  
 その他

3. この出張の際物性研以外から鉄道賃、日当、宿泊料が支給されますか。

- される     されない

略歴

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。

昭和 年 月 日

申請者の所属長職・氏名

印

様式 2.

## 短期研究会申請書

昭和 年 月 日

東京大学物性研究所長 殿

提案代表者所属職

氏 名

(印)

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

原稿用紙（横書）400字以上600字までとし、別に添付してください。

また、提案理由および研究会内容がよくわかるように記載してください。

### 3. 開催希望期間

月 日 ~ 月 日

4. 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			

5. 参加予定者数 約 名

6. 希望事項（予稿集の有無、公開、非公開等）

7. その他（代表者以外の提案者）

## 共 同 研 究 に つ い て

共同研究は所外の研究者と所内の研究者が研究チームをつくって、物性研究所の施設を利用して研究を行うもので、研究期間は原則として1年とします。研究代表者は関係者とよく協議のうえ、下記に従って申請してください。

研究の規模には大小があり得ますが、研究に要する旅費、消耗品などの経費は共同利用施設運営費の中でもかなわれますので、著しく大型のものは実行が困難であることをお含みください。

共同研究の実施期間は原則として1年としておりますので、従来前期においてのみ募集しておりましたが、昭和50年度から後期（10月～翌年3月までの6ヶ月間）実施のものも予算の許す範囲で公募しております。

### 記

1. 申 請 方 法：別紙（様式3）申請書を提出してください。
2. 提案理由の説明：提案代表者は研究内容及び諸経費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 否 決 定：研究課題の採否は共同利用施設専門委員会で審議検討し、教授会で決定します。
4. 経 費：研究に要する旅費、その他の経費は共同利用施設専門委員会で査定のうえ、共同利用施設運営費から支出します。
5. 所要経費の支出：予算の支出は所員が代行してお世話しますが、諸施設の利用、設備の管理等については責任者の指示に従ってください。
6. 研究報告書：提案代表者はその年度の終りに報告書を提出し、また共同利用施設専門委員会でその研究成果について報告していただきます。

様式 3

共 同 研 究 申 請 書

No.

昭和 年 月 日

東京大学物性研究所長 殿

所 属

代表者 職 名

氏 名

印

下記のとおり共同研究を申請します。

研究題目

研究期間

自 昭和 年 月 日

至 昭和 年 月 日

研究の実施計画（使用装置方法等詳細に）

共同研究とする理由

経 費

品 名	規 格	員 数	金 額
-----	-----	-----	-----

内 容	規 格	員 数	金 額
-----	-----	-----	-----

内 容	規 格	員 数	金 額
-----	-----	-----	-----

内 容	規 格	員 数	金 額
-----	-----	-----	-----

内 容	規 格	員 数	金 額
-----	-----	-----	-----

内 容	規 格	員 数	金 額
-----	-----	-----	-----

内 容	規 格	員 数	金 額
-----	-----	-----	-----

共同研究者	氏名	職名	所属	等級号俸	発令年月日	
	代表者				—	・・
					—	・・
					—	・・
					—	・・
					—	・・
					—	・・
					—	・・
					—	・・
					—	・・
物性研究所	氏名	都外の場合		都内の場合		
		月日～月日	月日～月日	1週日曜日(月)		
		月日～月日	月日～月日	1週日曜日(月)		
		月日～月日	月日～月日	1週日曜日(月)		
		月日～月日	月日～月日	1週日曜日(月)		
	①	所内に宿泊されますか	<input type="checkbox"/>			
	②	所外に宿泊される場合どこを利用されますか (該当するところに×を入れてください)	<input type="checkbox"/> 自宅 <input type="checkbox"/> 親 親戚の家 <input type="checkbox"/> 友人宅 <input type="checkbox"/> ホテル 旅館 <input type="checkbox"/> その他			
	③	この出張の際 物性研以外から鉄道賃 日当 宿泊料が支給されますか	<input type="checkbox"/> される <input type="checkbox"/> されない			
		月日～月日	月日～月日	1週日曜日(月)		
		月日～月日	月日～月日	1週日曜日(月)		
	月日～月日	月日～月日	1週日曜日(月)			
	月日～月日	月日～月日	1週日曜日(月)			
①	所内に宿泊されますか	<input type="checkbox"/>				
②	所外に宿泊される場合どこを利用されますか (該当するところに×を入れてください)	<input type="checkbox"/> 自宅 <input type="checkbox"/> 親 親戚の家 <input type="checkbox"/> 友人宅 <input type="checkbox"/> ホテル 旅館 <input type="checkbox"/> その他				
③	この出張の際 物性研以外から鉄道賃 日当 宿泊料が支給されますか	<input type="checkbox"/> される <input type="checkbox"/> されない				
	月日～月日	月日～月日	1週日曜日(月)			
	月日～月日	月日～月日	1週日曜日(月)			
	月日～月日	月日～月日	1週日曜日(月)			
	月日～月日	月日～月日	1週日曜日(月)			
①	所内に宿泊されますか	<input type="checkbox"/>				
②	所外に宿泊される場合どこを利用されますか (該当するところに×を入れてください)	<input type="checkbox"/> 自宅 <input type="checkbox"/> 親 親戚の家 <input type="checkbox"/> 友人宅 <input type="checkbox"/> ホテル 旅館 <input type="checkbox"/> その他				
③	この出張の際 物性研以外から鉄道賃 日当 宿泊料が支給されますか	<input type="checkbox"/> される <input type="checkbox"/> されない				

物 性 研 究 所 予 定 日	氏名	都 外 の 場 合		都 内 の 場 合		
		月 日～月 日	月 日～月 日	1週 日曜日(月)	1週 日曜日(月)	
		月 日～月 日	月 日～月 日	1週 日曜日(月)	1週 日曜日(月)	
		月 日～月 日	月 日～月 日	1週 日曜日(月)	1週 日曜日(月)	
① 所内に宿泊されますか	<input type="checkbox"/>					
	② 所外に宿泊される場合どこを利用されますか (該当するところに×を入れてください) □ 自宅 □ 親 親戚の家 □ 友人宅 □ ホテル 旅館 □ その他					
③ この出張の際 物性研以外から鉄道賃 日当 宿泊料が支給されますか □ される □ されない						
	④ 所内に宿泊されますか	<input type="checkbox"/>				
		⑤ 所外に宿泊される場合どこを利用されますか (該当するところに×を入れてください) □ 自宅 □ 親 親戚の家 □ 友人宅 □ ホテル 旅館 □ その他				
⑥ この出張の際 物性研以外から鉄道賃 日当 宿泊料が支給されますか □ される □ されない						
	⑦ 所内に宿泊されますか	<input type="checkbox"/>				
		⑧ 所外に宿泊される場合どこを利用されますか (該当するところに×を入れてください) □ 自宅 □ 親 親戚の家 □ 友人宅 □ ホテル 旅館 □ その他				
⑨ この出張の際 物性研以外から鉄道賃 日当 宿泊料が支給されますか □ される □ されない						
	⑩ 所内に宿泊されますか	<input type="checkbox"/>				
		⑪ 所外に宿泊される場合どこを利用されますか (該当するところに×を入れてください) □ 自宅 □ 親 親戚の家 □ 友人宅 □ ホテル 旅館 □ その他				
⑫ この出張の際 物性研以外から鉄道賃 日当 宿泊料が支給されますか □ される □ されない						

## 東京大学物性研究所の助手公募の通知

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

(1) 研究室名及び公募人員数

軌道放射物性研究施設 助手1名

(同施設には施設長教授 神前熙、助教授 普滋正が在職)

(2) 内容

SOR物性研究における新技術開発に意欲を持ち、SOR-RINGの運転及び改良にも積極的に参加する人を希望する。

(3) 資格

応募資格としては修士課程修了又はこれと同等以上の能力を持つ人。

(4) 任期

5年以内を原則とする。

(5) 公募締切

昭和54年7月16日(月)

(6) 就任時期

なるべく早い時期を希望する。

(7) 提出書類

(1) 推薦の場合

- 推薦書(健康に関する所見を含む)
- 履歴書(略歴で結構ですが、学位名・単位取得のみ・論文提出中等を明示のこと)
- 主要業績リスト(必ずタイプすること)、ほかに出来れば主な論文の別刷

(2) 応募の場合

- 履歴書(学位名・単位取得のみ・論文提出中等を明示のこと)
- 業績リスト(必ずタイプすること)及び主な論文の別刷
- 所属の長又は指導教授等の本人についての意見書(宛先へ直送のこと)
- 健康診断書

(8) 宛先

東京都港区六本木7丁目22番1号

東京大学物性研究所 総務課 人事係

〒106 電話(402)6231・6254

(9) 注意事項

軌道放射物性研施設助手公募書類在中、又は意見書在中の旨を表記し、書留で郵送のこと。

(10) 選考方法

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

東京大学物性研究所長

芳田 奎

## 人 事 異 動

- 55 -

発令年月日	氏 名	異 動 事 項	現（旧）官職
54. 1. 1	黒田 寛人	助教授併任（光物性部門）	電総研，主任研究官
54. 3. 10	桜木 史郎	助手昇任（格子欠陥部門）	技官（格子欠陥部門）
54. 3. 16	増田 弘美	事務官配置換	〃（庶務掛）
54. 3. 20	桜木 史郎	辞職	助手（格子欠陥部門）
54. 3. 31	川田 薫	"	〃（超高压共通実験室）
"	斎藤 博	"	〃（光物性部門）
		(併 任)	
54. 4. 1	平野 克己	教授（客員部門）	群馬大，工，教授
"	山中 昭司	助教授（〃）	広島大，工，助教授
"	黒田 寛人	〃（光物性部門）	電総研，主任研究官
		(昇 任)	
"	佐藤 繁	高エネルギー研，助教授	助手（軌道放射物性研究施設）
"	栗原 文良	事務部長	原子核研，事務長
"	佐々木 瞳雄	宇宙線研，総務主任	庶務掛長
"	佐々木 正一	経理課施設掛長	施設部建築課
"	山本 欽一	総務課共同利用掛長	用度主任
"		(配置換)	
"	長谷川 潔	生産研，事務部長	事務部長
"	家高 克己	宇航研，経理課営繕掛長	施設掛長
"	高見 檻男	分院 職員掛長	共同利用掛長
"	東野 史郎	総務課庶務掛長	大型計算機センター，共同利用掛長
		(転 任)	
"	増田 弘美	東北大，理学部	庶務掛
"	村山 妙子	総務課庶務掛，電話交換手	図書館短大
"		(採 用)	
"	家泰 弘	助手（極低温部門）	
"	平林 泉	〃（半導体部門）	
"	藤井 保彦	休職（54.4.1～55.3.31）	助手（結晶第二部門）
54. 4. 2	芳田 奎	所長，評議員併任	(継続)
"	鈴木 平	54.4.1 限り停年退職	教授（塑性部門）
54. 4. 16	吉澤 邦夫	事務官採用（経理課用度掛）	

Technical Report ISSP 新刊リスト

Ser. A.

- No. 951 About the Newly Constructed PANSI --- Polarization Analysis Neutron Scattering Instrument --- in Japan.  
by Yuji Ito, Shiro Takahashi, Yoshihisa Kawamura,  
Kiyoichiro Motoya and Masakazu Nishi.
- No. 952 Charge Density Wave State of Two-Dimensional Electrons in Strong Magnetic Fields. by Daijiro Yoshioka and Hidetoshi Fukuyama.
- No. 953 Perturbation Expansion for the Asymmetric Anderson Hamiltonian. by Kosaku Yamada
- No. 954 Geometrical Characterization of Computer-constructed Metallic Amorphous Structure. by Koji Maeda and Shin Takeuchi
- No. 955 NMR Investigations of the Microscopic Magnetic Properties of  $\text{CoS}_2$ . by Hiroshi Yasuoka
- No. 956 Pulsed NMR Study of Submonolayer and Multilayer  $^3\text{He}$  Films Adsorbed on Grafoil. by Kōzō Satoh and Tadashi Sugawara
- No. 957 The Application of a Position-Sensitive Detector to High-Pressure X-Ray Diffraction using a Diamond-Anvil Cell.  
by Yasuhiko Fujii, Osamu Shimomura, Ken-ichi Takemura,  
Sadao Hoshino and Shigeru Minomura.
- No. 958 Orthogonality Catastrophe for a System of Interacting Electrons II. by Kosaku Yamada and Kei Yosida.
- No. 959 An Estimate of Signal-to-Noise Ratio in Nuclear Magnetic Resonance Measurement at Ultralow Temperatures. by Yositaka Yosida, Itsuhiro Fujii and Akira Ikushima.

## 編 集 後 記

物性研究所も創立以来すでに 20 年を越え、新たな研究計画も  
スタートしております。物性研だよりも第 19 巻となりました。  
ここでは共同利用関係のお知らせ、研究会報告書等と共に所内外  
のニュースや自由な御意見などを掲載することになっております  
が、現状は所外からの御投稿が甚だ稀で残念に思っております。  
皆様の御支援を期待しております。

東京都港区六本木 7 丁目 22 番 1 号

東京大学物性研究所

守 谷 亨

栗 原 進

