

物性研だより

第21卷
第2号
1981年7月

目 次

○所長に就任して	中嶋 貞雄	1
○物性研に着任して	宮原 義一	3
○研究室だより		
守谷研究室	守谷 亨	6
○C棟建築計画について		15
近角聰信, 塩谷繁雄, 矢島達夫		
三浦 登, 黒田寛人		
○低温液化室のメタモルフォーシス		24
田沼静一, 早坂啓一		
短期研究会報告		
○アンダーソン局在		32
物性研談話会		50
物性研ニュース		
○助手公募の通知		55
○軌道放射物性部門および研究施設よりの		
アナウンスメント		58
○人事異動		58
○昭和56年度前期短期研究会予定		58
○テクニカルレポート新刊リスト		59
編集後記		

東京大学物性研究所

後、他の重点研究計画の完成にともなって、同様の要求をしてゆくことが必要です。

ところで、もともと物性研将来計画は、所員の大量交替を見こして建てられたものですが、その交替期がいよいよ始まりました。本年4月に化学系の3所員が退官され、58年春には5人、59年春には私をふくむ6人の所員の退官が予定されています。これから当分の間、新所員人事が物性研の重要課題のひとつになるわけです。

これと関連することですが、55年度から物性研は形の上で大部門制に移行し、去る3月には各部門の主任も決まりました。極限物性部門（超強磁場、極限レーザー、表面物性、超低温物性、超高压の5サブ部門で構成）、軌道放射物性部門、中性子回折物性部門、凝縮系物性部門（田沼、小林細谷、阿部、中村、中田、森垣、竹内、木下、安岡の10研究室）、理論部門（芳田、中嶋、豊沢、菅野、守谷、斯波、福山、高橋、寺倉の9研究室）の5大部門です。このうち、はじめの3大部門は、研究目的も人員構成もすでに確定していますから、所員の交替も比較的簡単だろうとおもわれます。それぞれの研究目的に即して、できるだけすぐれた人材を求めればよいわけです。なお、この場合、交替にともなう組織の再編成もごく小規模であると予想されます。これは物性研にかぎったことではありませんが、教官の退官にともなって一つの研究ユニットが全部空席になるわけではないので、現在のようなきびしい定員の枠の中では、大なり小なり研究組織の再編成が必要になるわけです。物性研のように一時に多数の教官が退官する場合には、これも重要な問題です。

一方、凝縮系物性と理論の存在意義は、重点研究主義や大部門制によっておちいるかもしれない研究所の硬直化を予防し、機動性を發揮して新しい研究の芽を育てることだとされています。したがって、サイズはそれぞれ10研究室および9研究室と決まっていますが、内容は物性研究の進展に応じて柔軟に変わってゆくことが期待されます。10年後の物性研の性格を決めるのは、この2部門であるかもしれません。しかし、現実的な人事の問題としては、結局すぐれた人材を求めるところに帰着するのではないでしょうか。いかにすぐれた着想でも、それを実行する優秀な研究者が見つかなければ、はじまらないからです。

以上、物性研が当面しているいくつかの問題をあげましたが、ひっきよう、これらはすべてショート・レンジな問題であります。ロング・レンジに見るならば、やがて将来計画が当初の予定どおりに実現し、所期の成果をあげるにちがいありません。物性研にとって、この成果が次の四半世紀の発展の基盤になるわけです（明年物性研は創立25周年をむかえます）。それまでの過渡期をできるだけ円滑にのり切ってゆくためのコックスが、私の役割だと考えています。所内外の皆さんのご支援を重ねてお願いする次第です。

物性研に着任して

宮原義一

私は昨年の秋物性研に着任した。私の任務は物性研将来計画の一環として新SORリングを作る事である。着任以来新リングの設計、対外折衝、現リングの改善等を行ってきたが、またたく間に半年は優に過ぎてしまった。月日の経つのは年とともに加速度を増すようである。今まで私は高エ研の加速器の建設に従事してきた。物性研の仕事の話を聞いたのは、シカゴのフェルミラボで反陽子蓄積リングの仕事をしている時だった。あれこれ迷った末、応募してはみたものの、物性研で予定されたSOR関係の人員が計画規模の割には少ないと判って、重荷すぎるという理由で辞退したいと思っていたが、周囲の諸先生の叱咤激励により致頭引き受けてしまった。当時国外にいたのと、SORのことをあまり注意していないかった為に、国内の事情を知らなかつたので、着任してみて驚いたということがない訳ではない。新SOR計画は一見レールが敷いてあるようだが、一寸先は茨の道だというのが実感である。しかし、物性研を始めとして核研、高エ研及びSORユーザーの方々の暖かい御支援は常に肌で感じる所であり、ここに謝意を表すると共に、一日も早く関係者の総意を結集し新SOR建設が軌道に乗ることを願う事切である。とかなんとか固苦しい事はやめて面白い話でも書ければいいのですが、私にはその才はありませんし、新参者への常として折角物性研だよりに紙面を割いていただきましたので、新SOR計画の宣伝を兼ねて、着任してからあれこれ思ったことを二三書いてみたいと思います。SOR関係者には先刻御承知のことばかりだと思いますが悪しからず御了承下さい。

シンクロトロン放射を利用した物性研究の歴史をマシンの立場から見れば明らかに三期に分けられる。第一期はエレクトロンシンクロトロンからの放射を利用し放射光の有用性が確認された時代で、マシンの完成は1960～1965年頃である。東大核研のES(1.3 GeV)は1961年にできた。第二期は電子一陽電子の衝突型リングの時代で、1965～1980年頃である。蓄積リングからの放射光はシンクロトロンに較べるとはるかに安定であり、物性研究上飛躍的な発展があったであろう。しかしこれらのマシンは元々高エネルギー物理実験用であるから、物性研究者達にはマシンタイムやスペースの点でかなり不便であったろうし、今もそれは解消されていないであろう。この時期に物性研究専用の蓄積リングが作られだしたのは当然の成行きで、来るべき第三期の先がけになっている。まず、1969年にTANTALUS(米、0.25 GeV)ができ、次いで1974年にSOR(日本、0.4 GeV)ができた。この建設にとりかかったのが1970年であるから、日本の放射物性研究者の取り組みが世界の流れからみて極めて早かったことがわかる。これは日本で最初の蓄積リングであったし、核研マシングループにバックアップされたとはいえ、マシン未経験者達によって建設されたので、一

方ならぬ苦労があったと思われる。SORが建設されたことの意義は非常に大きい。日本の放射物性物理をいちはやく世界のトップレベルに位置づけ、今までに大約200人余りの研究者グループを国内に作り上げ、フォトンファクトリー建設の最大の起爆剤になった。SORは稼動を始めてから5年余りであるが、既に十分に建設の意義を果したといえる。しかし勿論これで終りではない。現在日本では唯一の稼動中のマシンであり、軟X線領域の光源用マシンとしては世界でも指折りの性能を出していて、研究活動は極めて活発であり、かなりのユーザーが希望にもかかわらずマシンタイムがとれない状態である。さて第三期は1980年からで、専用マシンのラッシュの時代である。現在世界のあちこちで放射物性研究用のマシンが建設中であり1～2年内に一斉に運転を開始する予定である。国内ではフォトンファクトリー、電総研、分子研のマシンが近く動き出す予定である。また建設計画中のものもいくつかある。これらのマシンはビーム電流が500～1000mAと高く、エミッタансが 10^{-8} rad·mと従来より二桁近く小さいので著しく輝度の高いのが特徴である。又リングの直線部にウイグラーやアンデュレーターを設置して従来の放射光より10～100倍の光強度を得ようとしている。ブルックヘブンでは当初2箇のウイグラーを予定していたが設計を変更して5箇のアンデュレーターを入れるようになった。計画中のコロッパ連合リングでは6箇考えられている。又ブルックヘブンでは自由電子レーザーのテスト実験も計画されている。こうした高輝度マシンの出現によって、放射光物性研究は今後数年間に再び飛躍的な発展を遂げると予想される。

さてSOR施設は、1975年核研から物性研に移管され物性研共同利用施設として広く全国のユーザーに利用されるようになった。一般的に言って物性研は諸大学諸研究施設に較べるとはるかに多く所外の研究者に利用されてきたと思うけれども、巷間には兎角その不十分さに不平不満の声がきかれてきた。しかしSOR施設に関しては関係者の大いなる熱意と努力により全国ユーザーへの開放という点で十分にその機能を果してきた。物性研はマシンと測定機器の維持運転に責任を負い、ユーザーの研究テーマの採択は物性研外委員も含めた運営委員会で決定してきた。ユーザーは短期間のうちに測定装置を持ち込み測定後は持ち帰っている。この方式は原子核や素粒子関係の実験者の間で専ら行われていた。物性研究者は装置が小さいせいもあって、常に手元において、いつでも測定できる状態を重宝に思ってきたのであるが、施設が大型になれば自然とこのような共同利用方式に依らざるを得ないのであって、今後この方式は増加すると思われる。しかしこの方式にも難しい問題がない訳ではない。物性研のSOR施設関係職員が施設の維持運転や事務雑役に追われて自ら研究する時間がなくなれば（最近そういう状態に近かったと聞いている）単なるサービス業に陥り、職員の研究意欲を失わせ、ひいては施設の性能向上と研究の主体性を喪失させる恐れがある。又優秀な職員の確保が困難になるであろう。このことに十分配慮しつつ、これまでSORグループによって培われてきた共同利用の精神を堅持していくことが重要である。計画中の新SOR施設においてもこの精神は重要であり、物性研職員の為の施設にしてはならないと同時にサービス業務だけに追い

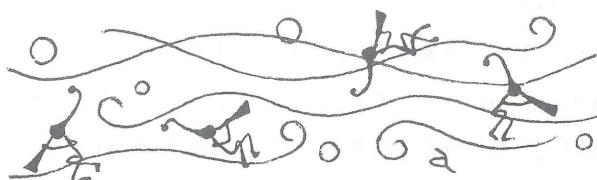
やってもならないと考える。こういうことに関しては職員だけでなくユーザーを含めて卒直な意見の交換が必要なことは言うまでもない。

SOR施設では運転開始以来関係者の様々な努力により年々性能が向上してきた。今後も一層の努力がなされるであろう。現在マシンの状態は良好であるがまだ改善又は検討すべき箇所があちこちにありなお著しい進歩の余地がある。測定系では装置が既に古くなり最先端の技術レベルを維持する為に改良更新の必要性が痛感されている。又ビームラインの増設も重要な問題である。普通の物性測定機器に較べると柄が大きい為に多少の手直しにも大金がかかるので判っていても放置するケースが間々ある。これで良い訳はないが金と人員に限りがある以上やむを得ない。

SORは現在世界に誇れる優れたマシンであるが世界の潮流が前に述べたように高輝度マシンの第三期にはいったのでいざれ近いうちに時代遅れになると思われる。又 SORは核研のシンクロトロンを入射器としているがこれは運転開始以来20年を経過し部品の老朽化が著しいことと、核研の将来計画であるニューマトロン計画によって他の土地へ移動する模様なので、近年中にビームが止まる 것을觉悟しておかねばならない。そこで物性研では数年前から強力な新光源の建設を企画してきた訳である。

フォトンファクトリー、分子研、電総研にマシンができればもう物性研には不要かというとそうではない。電総研(0.6GeV)のは主として標準光源用であるレビームラインの数も少く、共同利用を建前としていない。フォトンファクトリー(2.5GeV)はエネルギーが高いので硬X線源として構造解析用には適しているが、軟X線源としてはミラーや回折格子が焼け易いので使いにくい。分子研(0.6GeV)のは主として化学者の間で分子研究用として使われるようである。又これらのマシンは偏向磁石からの放射光を主としているので、第三期のマシンとしては旧式に属する。従って現 SORに代ってアンデュレーターを主にした軟X線領域の新強力光源を建設することは日本全体の観点から十分に意義のあることである。物性研究に限らずリソグラフィ等の工学や他分野への応用も現在進行中であり近い将来極めて活発になると予想されている。新しいマシンでは広範なユーザーの為に多数のビームラインと色々な付属施設を兼ね備えることを考慮すべき事は勿論である。

加速器を作るには多額の金がかかるので、いくら有益だといっても日本国内に数多く作る訳にはいかない。そこにはおのずと限度があり、全国共同利用方式をとり入れることによってその点をカバーする必要がある。又世界の水準に遅れないよう常に留意しつつその時その時に適切なタイプのマシンを作るべきである。幸い物性研は共同利用を建前としており SOR施設の実績もあることであるから境界条件は整っている。また SOR施設の人員の確保は順調に進んでいるので1~2年内に建設にはいれば4~5年後には運転できるので、世界の潮流に数年遅れはしてもまだとり返すだけの間はあるであろう。要は一日も早くユーザーの総意を結集し建設を軌道に乗せることである。



研究室だより

守 谷 研 究 室

守 谷 亨

1. はじめに

前回研究室だよりを書いてから10年余りたちました。振り返ってみると、この10年間私共の研究室の活動は広い意味での金属強磁性の研究に集中して來たと思います。この間の研究内容については既に解説¹⁾やレビュー^{2,3,4)}をいくつか書きましたので、ここで型どおりくり返す事をせず、むしろ私共がどの様な考え方の筋道をたどって來たかという点を中心に述べてみる事に致します。この研究に参加したメンバーは、川畑有郷、長谷川秀夫、馬越健次、上田和夫、宇佐美寛、高橋慶紀、中山幹夫の諸氏（参加順）であり、現在研究室のメンバーは長谷川（インペリアル・カレッジ滞在中）、高橋両助手と、研究生の田野通保氏、それに留学研究員として阪大望月研から來所中の高岡陽一氏（アクチナイド等を研究中）です。

2. 金属中の局在モーメント

金属強磁性に関して「局在モデルか遍歴モデルか？」という古くからの有名な問題があります。我々がこの問題に取り組む様になったのは1960年代の前半からでした。その頃絶縁体化合物の磁性の基礎研究は終ったという判断の下に、金属強磁性をはじめる事にしました。

局在と遍歴といいう一見矛盾する二つの概念を統一するためには、金属中で相関の強い遍歴電子系が作る局在磁気モーメントを考えればよからうというのが Van Vleck や Anderson の発想で、これを具体化したアンダーソン。モデルが1961年に提出されました。ここで金属中の二つの局在モーメント間の相互作用を取り入れる事により、ハイゼンベルク。モデルとほぼ同様に強磁性、反強磁性が説明できるであろうと考えるのは自然の成行きです。Alexander と Anderson の示唆に富む論文に刺戟されて、我々は1960年代半ばにこの問題をかなり詳しくしらべました。その結果局在モーメント間の相互作用の符号に関する簡単な規則性を見出し、多くの遷移金属やその合金の磁性が定性的又は半定量的にうまく説明できることに気がつきました。この方面的研究は Varenna の夏の学校の講義録⁵⁾に要約されて居りますが、當時我々はこの様な考え方を押し進めて行く事により金属強磁性の問題が解決するであろうと考えていました。そしてそれは半分くらい正しかったと云う事になりそうです。尚この研究はその後当時の助手の井上通子氏と共同で、tight-binding(Wolff-Clogston) モデルの場合にも拡張しました。これらの理論は一種の断熱近似を用いたもので、直観的な部分を含んで居りましたが、後に Schrieffer 等が汎関数積分法をこの問題に導入し、もっとしっかりした数学的記述ができる様になりました。

3. 弱い強磁性金属

ところがここで困った事に気がつきました。それは $ZrZn_2$ とか Sc_3In 等の弱い強磁性金属の存在です。これらの物質は T_c が低く飽和磁化が小さいにも拘らず、帶磁率は $10T_c$ くらいまで非常にきれいなキューリー・ヴァイス (CW) 則に従います。このことはハートレー・フォック (HF) 近似にもとづくストーナー・ウォールフアース理論では全く説明できません。しかもキュリー定数から (局在モーメントの存在を仮定して) 求めた磁気モーメントの大きさは飽和磁気モーメントより遙かに大きく、この事は単純な局在モーメントの描像とも相容れない事を示しています。この事から我々は「 CW 則には局在モーメントを必要としない新しい機構があるのではないか」と考へるに至りました。弱い強磁性金属は強磁性出現の臨界条件に近いところにありますから、電子相関は相対的に弱いと考えられます。したがって従来の HF-RPA の近似の方からそれを一步先へ進めてみるのがよかろうと考えました。その頃 *nearly ferromagnetic metals* に対するパラマグノン効果の理論 (Doniach-Engelsberg, Berk-Schrieffer, Beal-Monod-Ma-Fredkin) は既に存在し、RPA で求めたスピンのゆらぎの効果をくり込んだ自由エネルギーを用いて低温比熱の増大や、低温帶磁率の T^2 の項の係数の増大が論じられていました。ところがこれらの理論は自己無撞着性を欠いており、そのまま強磁性に適用するわけには行かないものでした。そこでくり込みの効果を自己無撞着に取り扱う方法を考案し、計算を実行しました (守谷, 川畠)。その結果新しい型の CW 則が導かれると共に、*nearly ferromagnetic metals* の理論も低温の極限を除き大巾な修正を受ける事がわかりました。

この仕事が終った頃同じ問題を現象論的に取り扱った Murata と Doniach の理論が *Phys. Rev. Letters* に発表されました。これは一見全く異なる理論で、Doniach などは我々の理論に烈しく反対しましたが (私信)、その後 MD の理論は結局のところ我々の理論に対する古典近似に当っている事が示され、物理的には同じ内容 (結果の詳細は異なる) である事がはっきりしました。

この理論はその後 *Self-consistent renormalization theory*, SCR 理論と名付けられ、反強磁性、ヘリカルスピン構造、強磁性と反強磁性の共存の問題等にも拡張され、更にいろいろな物理量の温度及び磁場依存性に関する多くの新しい結果が導かれました。この研究では長谷川、馬越、上田、宇佐美の諸氏がそれぞれ重要な役割を果しました。一方弱い強磁性、反強磁性金属の実験的研究は、主として我国の実験グループ (益田、小川、石川、朝山、安岡各グループ他) によって精力的に取り上げられ、めざましい成果が上りました。³⁾ そして SCR 理論の基本的に正しいことは現在殆んど疑う余地のないところと思われます。

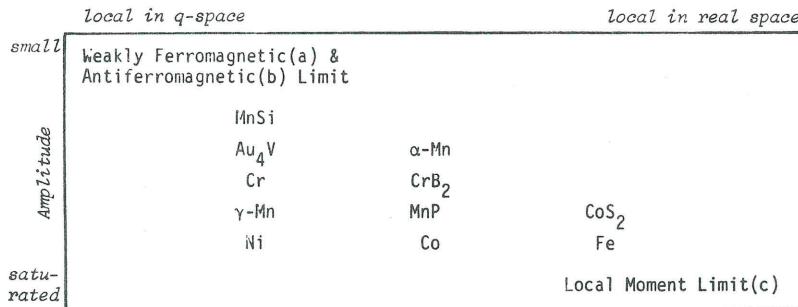
1970 年代半ばに我国の実験及び理論グループの協力の下に行われたこの研究は、磁性研究の上で甚だ重要な意味をもつものではなかろうかと私は考えています。従来よく知られていた局在モーメントの場合と逆の極限である逆空間 (波数空間) で局在したスピンのゆらぎの特性がはじめて明ら

かにされたからです。それがCW帯磁率をはじめ多くの定性的な点で、従来局在モーメント系の特性と考えられていたことと共通するものである事が判ったのは大きな収穫でした。云いかえれば「従来局在モーメントで象徴されていたものが実はもっと一般的なスピンのゆらぎであった」という事です。この事は相関の強い電子系のスピンのゆらぎの性質を一般的に研究することの必要性を示して居り、その様な研究により金属強磁性の統一的描像が得られるものと我々は考えました。

4. 統一的描像 ^{3,4,6)}

一般的なスピンのゆらぎの記述により金属磁性の統一的描像を与える仕事には1976年頃着手し、助手に就任して間もない高橋氏と共に研究を進めました。発想の筋道はスピンのゆらぎをその振巾と空間的なひろがりで特徴づけた第1図に示されています。この問題ではゆらぎの局所的な振巾

(a) SPIN FLUCTUATIONS

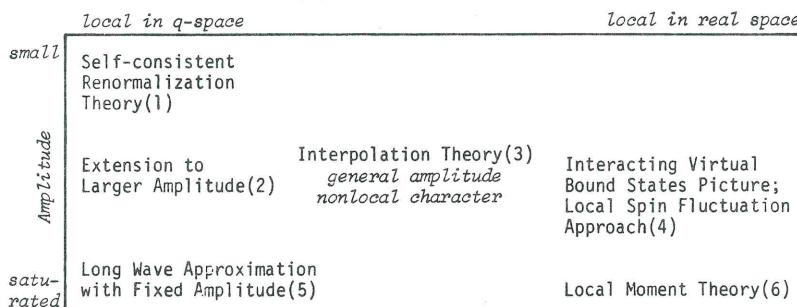


(a) Sc₃In, ZrZn₂, Ni₃Al, Fe_{0.5}Co_{0.5}Si, Ni_{0.43}Pt_{0.57}, etc...

(b) β-Mn, V₃Se₄, V₃S₄, V₅Se₈, etc...

(c) Magnetic Insulator Compounds, 4f-Metals, Heusler Alloys.

(b) THEORETICAL APPROACHES



(1) Murata & Doniach[20]; Moriya & Kawabata[19] (ferromagnetism); Hasegawa & Moriya[42] (antiferromagnetism).

(2) Hertz & Klenin[39].

(3) Moriya & Takahashi[22]; Usami & Moriya[57]; Moriya & Hasegawa[54].

(4) Alexander & Anderson[23]; Moriya[24]; Inoue & Moriya[26]; Schrieffer, Evenson & Wang[27]; Cyrot[32]; Weller[43]; Liu[44]; Hasegawa[55,59]; Hubbard[56,58].

(5) Capellmann[34,52]; Korenman & Prange[53].

(6) Anderson[5] (magnetic insulators); Vonovsky; Zener; RKKY (4f-metals).

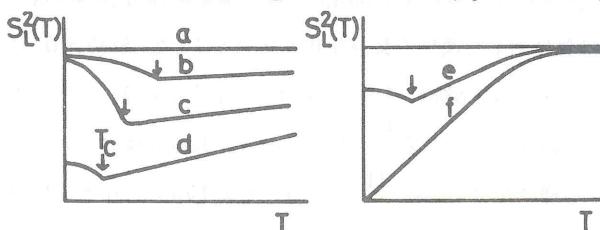
第1図 スピンのゆらぎの性質による磁性体の分類(a)とこれに対応する理論的アプローチ(b)
(文献4)より転載)

が十分大きい値をとり得るという非線型性と、ゆらぎの非局所性と共に取り入れる事が必須の要請です。振巾に関する非線型性の重要さは自明ですが、非局所性の重要なことは、弱い強磁性の極限で short range order が T_c のずっと上まで残っている事からも判ると思います。一般に金属では絶縁体より非局所性が重要であると考えられます。

この様な問題を取り扱うには汎関数積分法が適していると考え、Stratonovitch-Hubbard の方法を採用しました。問題のむづかしいところの一つは空間(時間)的に任意に変動するスピン密度を変数とする自由エネルギー汎関数を求めるところにあります。完全なものを求め得ない事は明らかですから、なるべく簡単でしかも重要な要素をすべて含んだものを採る事が望されます。我々の選んだ関数形は局在モーメントと弱い強磁性の両極限で既知の正しい結果につながるもので、至って簡単なものです。古典的ハイゼンベルク・モデルのスピンの大きさを新たに変数とし、交換相互作用の係数がその大きさの関数で十分長距離迄及ぶとしたものと云ってもよいでしょう。但し自由エネルギーにはスピンの大きさに関する非線型項が加っています。重要な点はこの自由エネルギー汎関数が与えられたバンド構造から計算できるということです。

この理論は次の特徴を持っています。即ち基底状態はバンド理論で記述されるフェルミ面を持った電子状態であり、温度が上ると共にそれぞれの物質に特有の(局在モーメントから長波長のゆらぎに及ぶ)スピンのゆらぎが励起されて来るというものです。その意味で金属中の局在モーメントという従来からあった描像を内包し、更にもっと一般的なスピンのゆらぎの場合まで取り入れたものと云う事ができます。従ってこの理論では short range order がとり入れられています。強磁性はこの様なスピンのゆらぎの励起によって崩されて行き、一般にストーナー理論より低い T_c が得られることになります。この理論では T_c の一般式が与えられ、それは局在モーメントの極限と弱い強磁性の極限で共に既知の結果に一致します。更に帶磁率に対しては CW 則を与える二つの異なる機構を同時に考慮した内挿式が得られました。

この理論から得られたもう一つの重要な結論は、スピン密度の局所的な振巾 : S_L^2 (大ざっぱに局在モーメントの大きさと云ってもよい) が一般に温度変化し得るものだという事です。そしてそれを支配する重要な因子が主としてバンド構造によって決まる longitudinal stiffness constant です。 S_L^2 の温度変化の典型的な例を第2図に示します。これから導かれる面白い結果の一



第2図。スピンのゆらぎの局所的な振巾の二乗平均 : S_L^2 の温度変化の例。a. 局在モーメントの場合
b. longitudinal stiffness の大きい場合(例えばFe), c. インバーなど, d. 弱い強磁性金属, $S_L^2(T_c)/S_L^2(0)=3/5$ となる。e. CoS_2 など。f. CoSe_2 など。

つは longitudinal stiffness constant が小さいとき S_L^2 は温度と共に速かに増大し、飽和に達し得ると云う事です。そしてそこでは short range order の発達した局在モーメント系の性質が現われると考えられます。この現象は temperature-induced local moment と名付けられ、 $\text{CoS}_2, \text{CoSe}_2, \text{FeSi}, \text{V}_2\text{O}_3$ などで観測されて居る帶磁率の異常に対する一つの説明を与えた。

この現象は核磁気緩和率の温度依存性にも反映するという考え方の下に最近安岡研究室で CoSe_2 の実験が行われ、緩和率の飽和が見出されました（高木、安岡、他）。この現象に関しては今後更多くの実例が見出される事と期待されます。 S_L^2 の温度変化は又インバー現象に対しても一つの説明を与えることになりましたがそれは後で述べます。又 T_c 以上で S_L^2 が温度と共に顕著に増大するときは熱膨脹に対する正の磁気効果が予想され、これも実験事実とよく一致します。

5. 定量的な計算をめざして

さてこの様にして統一的な描像と、一般的な理論の枠組みができると、今度は現実的なバンド構造を使ってなるべく定量的な計算を実行する事が次の課題です。ここでも又二つの道がありました。一つは自由エネルギー汎関数を求めるのに長波長近似を用いるものであり、強磁性に近い半導体と考えられる FeSi の異常な性質の記述に適用されました（高橋・守谷⁷⁾）。もう一つは逆に局所的極限からの近似です。ここではコヒーレント・ポテンシャル近似（CPA）を出発点としてまず局所項を求め、更に t -行列の展開により非局所項を求める方法を考えました。³⁾ 又もっと簡単に非局所項の効果を局所帶磁率と一樣帶磁率の差から近似的に取り入れる方法も考案しました（宇佐美・守谷⁸⁾）。特に前者の方法ではスピンのゆらぎの振幅が小さいところから飽和するところ迄非局所項も含めて一つの統一された式で表わす事に成功しました。^{3,9)} そして具体的な計算を単純立方格子の tight-binding バンドを用いて実行し（守谷・長谷川⁹⁾），金属絶縁体転移を含む統一的記述の具体例を初めて与える事ができました。又局所的なスピンのゆらぎ（局在モーメント）間の相互作用に関する 1960 年代に得られた rule を再確認しました。

この理論で非局所項を分子場で置き換えますと甚だ簡単になります。もちろん上に述べた意味での内挿性は失われますが、スピンのゆらぎが局所的になる極限の理論として重要です。この様なシングル・サイト近似の計算は鉄に対して遅く長谷川氏が実行しました。最初計算¹⁰⁾では局所的鞍点近似を採用したため、 T_c 以上のモーメントが常に温度によらない一定値をとり、又理論の適用限界も著しく限られたものでしたが、その後上記の理論^{3,9)}の線に沿って鞍点近傍のゆらぎをとり入れて改良し、合理的な取り扱いができる様になりました。¹¹⁾ 一方同じ頃 Hubbard も鉄に対する分子場近似の計算を手がけました。最初彼は汎関数を特殊な場合について計算し、ハイゼンベルク・モデルとの analogy に頼るという直観的方法を用いましたが、¹²⁾ 後に CPA を用いて汎関数積分を数値的に

評価する事に成功しました。¹³⁾ 現在鉄及びニッケルの T_c の計算値はシングルサイト近似では実験のほぼ 2 倍になります。一方、宇佐美・守谷の計算では大体よい値が出ますが、ここでは short range order に関する仮定が入っているのが不満足です。short range order を正しくとり入れた計算が今後是非必要です。

鉄とニッケルの磁性に関しては short range order をめぐって多くの議論があります。⁴⁾ Capellmann や Korenman と Prange は中性子散乱の実験を主な根拠に強い short range order の存在を主張し、長波長近似（スピンのゆらぎの振巾一定と仮定）の理論を開発していますが、Hubbard と Edwards はこれに反対しています。併しながら Edwards の反対の根拠は主として比熱の実験であり、Hubbard はシングルサイト近似の計算しか実行していないのですから、このままでは決着のつく筈はありません。最近 Heine のグループ¹⁴⁾ が特殊なスピン配列のエネルギーをバンド構造から数値計算で求め、いろいろ定性的な議論をしています。これは short range order を計算する理論とは程遠いものですが、それが重要である事を示していると考えられます。

この問題の解決にはバンド構造にもとづく具体的な計算が必要です。その意味で short range order を求める計算方式を具体的に与えた我々の上述の理論にもとづく実際の計算が実行される事を期待しています。¹⁵⁾

これら汎関数積分を用いた諸理論の現状はすべて静的近似に留って居り、スピンのゆらぎの動的性質がとり入れられていません。その意味で特に低温では甚だ不十分なものです。又高温の取り扱いでも現実との対応をつける為に量子効果が補正として取り入れられています。併しながら多くの重要な特性がうまく捉えられて居り、定量的にもよい見透しを与えているものと思われます。

6. インバー現象

ここで我々の理論の応用の一例としてインバーの問題にふれておきます。この問題は古くから人々の関心を呼び、いろいろなモデルが提案されてきました。我々は上述の一般理論を熱膨脹に対する磁気効果の問題に適用してみました（守谷・宇佐美^{16, 4)}）。既に述べた様に局所的なスピンのゆらぎの振巾 S_L はバンド構造と電子の占拠率によっては著しく温度変化しますから（第 2 図）もし $T=0$ と T_c の間で S_L が顕著に縮むなら温度上昇と共に磁気効果による収縮が起りますから、インバー現象が説明され得ます。f.c.c. の d バンドの状態密度をとて計算したところ、強磁性が不安定になるインバー領域に向ってこの縮みが甚だしく顕著になって行くことが判りました。これはインバー現象とバンド構造とを結びつけるもので、インバーの説明に従来の特殊なモデルを必要としない事を示しています。最近、長谷川氏¹⁷⁾ はインペリアルカレッジに行ってから同じ問題に対してシングルサイト近似の計算を行い、上記の結果を再確認しました。

一方、我々の理論を弱い強磁性及び強い常磁性の熱膨脹に適用すると、甚だ簡単な結果が得られ、調整可能なパラメタなしに実験と理論の比較ができる事が判りました。その結果は甚だ満足すべきものでした。^{16, 4)}

7. 余 談

先にもふれた様に、最近の我国におけるこの方面的研究は理論実験共に大へん進歩していると思われますが、海外の情況は甚だ混乱したところがあります。ヨーロッパでは古色蒼然としたストーナー・ウォールファース理論の信奉者がまだかなり居りますし、その他にも保守的な人々が見受けられます。例えば § 2 で述べた弱い強磁性の理論に奇妙な反対の仕方をする人が特にイギリス人に多い様です。SCR 理論でしか説明できない CW 則、NMR、電気抵抗等々の問題には（個人的に興味がないという理由にならぬ理由で）一切目をつぶり、アロットプロットの直線性の成立つ範囲がより広い事から SCR よりストーナー理論がよいとか、日本で実験している物質はすべて特異体質のものばかりだとか、理解に苦しむ事を叫ぶ人々（有力者もいる）がいるのです。英語に弱い我々にはこの様な変人を言葉で説得する事はむずかしく（英語がうまくても同じことかもしれません）、良識の恢復に待つしかなさそうです。

一方局在モーメント派の中にも弱い強磁性の重要性を認識しない人が居り、例えば Moriya - Kawabata の理論では局在モーメントの性質が記述されていないなどと書いて批判したつもりでいるピント外れの大家？も居るのです。この様な人々にはここで述べた一般的なスピニのゆらぎの重要性はなかなかわからないでしょう。こういう手合は我々が磁性体全般を広い視野から捉えるとの重要性を強調すると、「自分は鉄（とニッケル）にしか興味がない」と答えて昂然としているのです。たとえ鉄の場合でも（実験事実をたよりに）スピニのゆらぎの局所性を仮定するという 1960 年代の研究を超えて、もっと一般的な立場からスピニのゆらぎの性質を理論的実験的に明らかにすべきだというのが我々の考え方です。

幸な事に我国では例えば第 1 図はよく認識されて居ると思われますし、極端な保守反動の人も少ない様で、今後とも健全な研究の発展が期待されます。一部の保守的な外国の研究者もまじめに研究を進めて行けば認識を改めざるを得ない時が来るでしょう。

8. おわりに

局在モデルと遍歴モデルをめぐって半世紀に及ぶ論争の続いた金属強磁性の問題も、以上に略述した経過をたどって「一般的なスピニのゆらぎ」の問題に集約され、一つの筋書きができるどうやら見透しがついて来たと思われます。更にこの様な立場から絶縁体化合物やモット転移を含む磁性体全般を展望する事も少しづつ可能になって来ました。

併しながらこの様な全般を蔽う統一理論は今のところスピンのゆらぎに対する断熱近似にもとづくものであり、広範囲の物質の諸性質を定性的乃至半定量的に捉える事ができるものの、定量的には未だ不十分なものです。又断熱近似の範囲内でも現実的なバンド構造にもとづく計算はごく簡単な近似を用いたものに留って居り、short range order を計算するところ迄到達していません。更に動的効果を取り入れる事は低温で必須の要請であるばかりでなく、既に述べた様に高温の定量的取り扱いにも是非必要です。動的効果は局在モーメント（絶縁体）と弱い強磁性の両極限では取り扱われていますが、中間にある一般の場合に動的効果を取り入れた理論を作る事は今後の最重要課題の一つです。

以上d電子について述べて来ましたが、この問題は4f電子系の混合原子価の問題や、5f電子系の諸問題とも強く関連して居り、これらを含む狭いバンドの電子相関の問題が即ち現在の磁性研究の基礎的課題であると云えると思います。今後ともなるべく広い視野を持ってこれらの問題を取り組んで行きたいと考えています。（1981. 6. 8 記）

文 献

- 1) 日本物理学会誌 27(1972) 470; 31(1976) 101; 34(1979) 473; 科学 47(1977) 258; 固体物理 15(1980) 343.
- 2) Physica 86-88B(1977) 356; 91B(1977) 235
- 3) J. Magn. Magn. Mat. 14(1979) 1.
- 4) Electron Correlation and Magnetism in Narrow Band Systems (ed. T. Moriya, Springer-Verlag, May 1981).
- 5) Theory of Magnetism in Transition Metals (ed. W. Marshall, Academic Press 1967) p. 206.
- 6) T. Moriya and Y. Takahashi : J. Phys. Soc. Japan 45(1978) 397; J. de Phys. 39(1978) C6-1466.
- 7) Y. Takahashi and T. Moriya : J. Phys. Soc. Japan 46(1979) 1451.
- 8) K. Usami and T. Moriya : J. Magn. Magn. Mat. 20(1980) 171.
- 9) T. Moriya and H. Hasegawa : J. Phys. Soc. Japan 48(1980) 1490.

- 10) H. Hasegawa : J. Phys. Soc. Japan 46 (1979) 1504.
- 11) H. Hasegawa : J. Phys. Soc. Japan 49 (1980) 178; 963;
50 (1981) 802.
- 12) J. Hubbard : Phys. Rev. B 19 (1979) 2626.
- 13) J. Hubbard : Phys. Rev. B 20 (1979) 4584.
- 14) M. V. You, V. Heine, A. Holden and P. J. Lin-Chung;
Phys. Rev. Letters 44 (1980) 1282; preprints.
- 15) 小口多美夫, 寺倉清之, 浜田典昭: 物理学会分科会(1981春, 広島) 1 a R 7.
(preliminary な計算の報告)
- 16) T. Moriya and K. Usami : Solid State Commun. 34 (1980)
95.
- 17) H. Hasegawa : preprint.

C 棟建築計画について

近角聰信，塩谷繁雄
矢島達夫，三浦登
黒田寛人

1. はじめに

物性研将来計画の議論が所をあげて開始されたのは丁度5年前、芳田前所長が所長に就任されて間もなくの昭和51年5月のことであった。5年という年月は長いようでもあり短かくもある。周辺を見渡してみて、5年間ほとんど変らなかった部分もあれば、大きな変化をとげた部分もある。C棟建築工事のスタートは物性研のこの5年間における最も大きな変化であることは間違いない。

将来計画は議論開始後約1年で所的にまとまった案がつくられ、さらに1年をかけて所外の御意見を伺って賛同を得た。その結果、昭和53年5月に超強磁場計画と極限レーザー計画とは昭和54年度概算要求として、C棟建築計画を含めて提出された。設備費に対する要求は幸いにして認められ、54年1月初めに内示があった。

この直後から、C棟の具体的建築案の作成に我々は猛烈に忙しくなった。各研究室とも助手・技官総動員でこの作成にあたった。超強磁場と極限レーザーのグループはもともとお互いに近くに来ては貰いたくない間柄である。しかし物性研に残された利用可能な土地の面積から、両者は一つの建物に共存せざるを得ない。両者が互いに好ましからざる隣組であっても、如何にして相手に迷惑をかけないようにして共存できるか、の検討にかなりの時間がかかつた。さらにそれぞれの実験室の部屋割・間仕切のし方の検討、将来設置される予定の設備の建築図面への書込み、また空調、電磁シールド、天井の高さ、特殊床構造などの特殊工事を必要とする理由書の作成など、連日のように打合を続けながら、しばらくの間は眼の廻るような忙しさであった。

ようやくにして物性研の案がまとまり、施設部との具体的打合に入ったのは3月初めだったと記憶している。施設部の方々は研究上の必要から生ずる我々のいろいろな要求、希望をよく聞いて下さり、これらをうまく折込んだ建築計画案をつくって下さった。我々はこの計画案が何とか54年度の建築予算に組込まれることを期待して、ひたすら待ったが、ついに期待通りにはならなかった。このためC棟建築工事は1年遅れることになってしまったが、止むを得ない要因がいろいろあったようである。

55年度になって、C棟建築はようやく55・56年度継続工事として予算が計上された。55年6月から、ふたたび施設部との建築計画の詳細に関する打合せが始まった。C棟は多くの特殊工事を含んだ、東大でも類例のない特殊な実験棟であるため、詳細な設計の完了には予想外の時間を要し、55年度末の3月上旬になってようやく工事の入札、発注にこぎつけることができた。

このようにしてC棟建築工事はスタートした。以下、建物のあらまし、超強磁場実験室および極限レーザー実験室の設計計画について説明する。

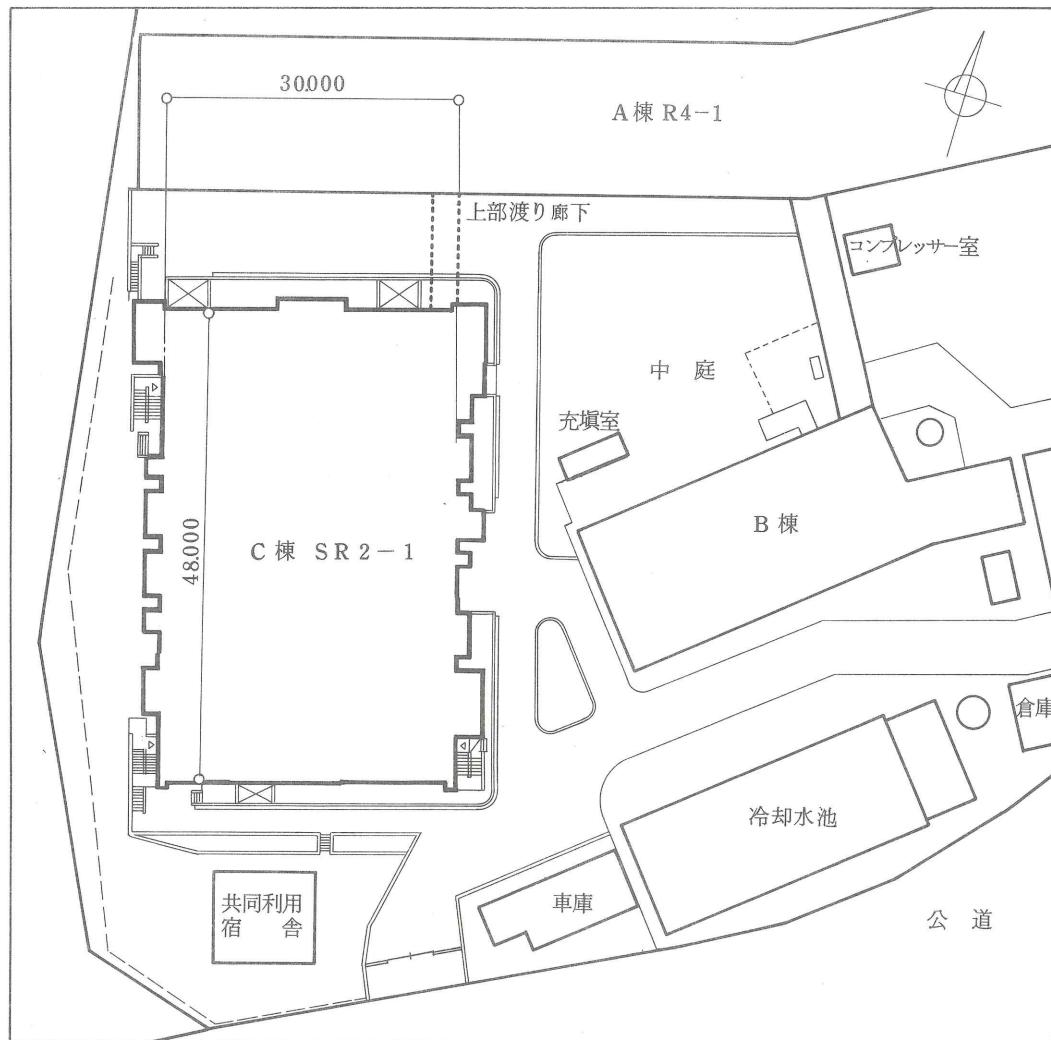
2. あらまし

C棟は図1に示すように、A棟の西南側の空地を一杯に利用して建てられる。地上2階、地下1階で、地上1階の床面の高さがA棟地下1階の床面およびB棟の床面の高さと等しい。1階が極限レーザー実験室、2階が超強磁場実験室で、地下は主として、空調機械室である。建築面積は約 $48 \times 30\text{m}^2$ 、正確には $1,579\text{m}^2$ である。また延べ面積は $3,880\text{m}^2$ であるが、1階、2階ともに一部が人が通れるピットを含む構造になっているため（図面参照）、有効延べ面積は約 $5,500\text{m}^2$ になる。地表面からの高さは17mとなり、屋上の高さはA棟4階の床面よりもさらに少し高くなる。このように高さが高いのは、1階、2階ともにクレーンを必要とするので、天井を5mないし7.5mと高くとってあることと、上述のように一部は人が通れるピットを含む構造になっているためである。入口は建物の東北側にある。また2階とA棟2階とは図に示すように渡り廊下で結ぶ予定で、これが実現されるとA棟の224B号室は通路にとりこまれることとなる。

3. 超強磁場実験室

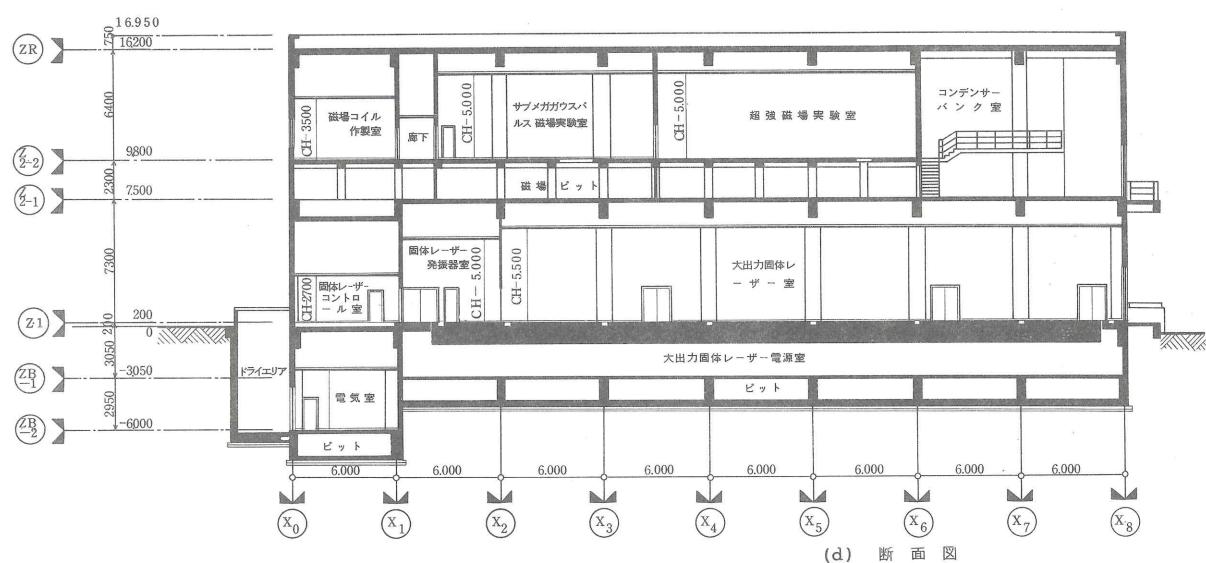
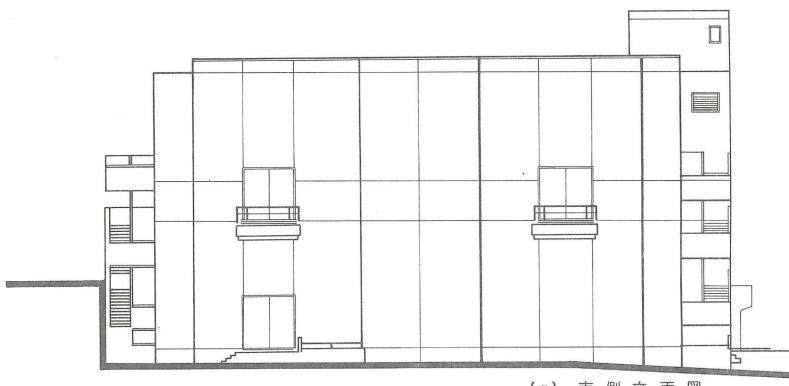
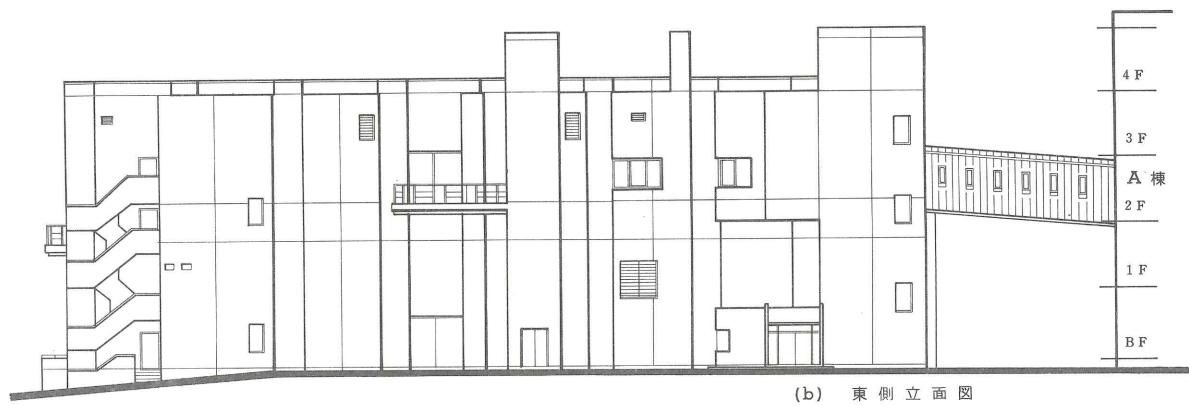
超強磁場研究プロジェクトについては、すでに本誌上等にも度々紹介されているが、（たとえば「物性研だより」20巻3号（1980）p3）、C棟の2階一層がこの超強磁場研究のための実験室として使用される。超強磁場計画は、(1)電磁濃縮法によるメガガウス超強磁場の発生、(2)超高速コンデンサーバンクを用いたプラズマフォーカスおよび一巻きコイル直接放電法による超強磁場の発生、(3)サブメガガウス領域の非破壊的パルス磁場の発生等をその骨子としており、以上の各種強磁場の下で物性測定が行われる。図2が2階の間取図である。

上記の種々のパルス磁場を発生するためには、その電源としてコンデンサーバンクが必要である。特に(1)の電磁濃縮法のためには、主バンクとして5MJ、副バンクとして1.5MJという総重量約20.0トンにもおよぶ大規模なコンデンサーバンクを現在建設中である。南側にある $30 \times 12\text{m}^2$ のコンデンサーバンク室は、これらの超大型コンデンサーバンクの他、(2)の超高速コンデンサーバンクを設置するための部屋であり、この部屋一杯にコンデンサーバンク電源が立並ぶことになる。超大型コンデンサーバンクはコンデンサーの上にギヤップスイッチを積重ねた2段構造で高さが約4.7mがあるので、この上にさらにXY走行型2トンクレーンが走行することを考慮して、バンク室の天井高さは桁下で約7.5mとしている。このように高い天井をもつ部屋で、コンデンサーバンク全体を監視ないし点検するために、東西両側にデッキが設けられている。このデッキからコンデンサーバンクの2段構造の中間に作られた回廊にも直接渡れるようになっている。主コンデンサーバンク



(a) 配置図

図1 C棟建築計画図



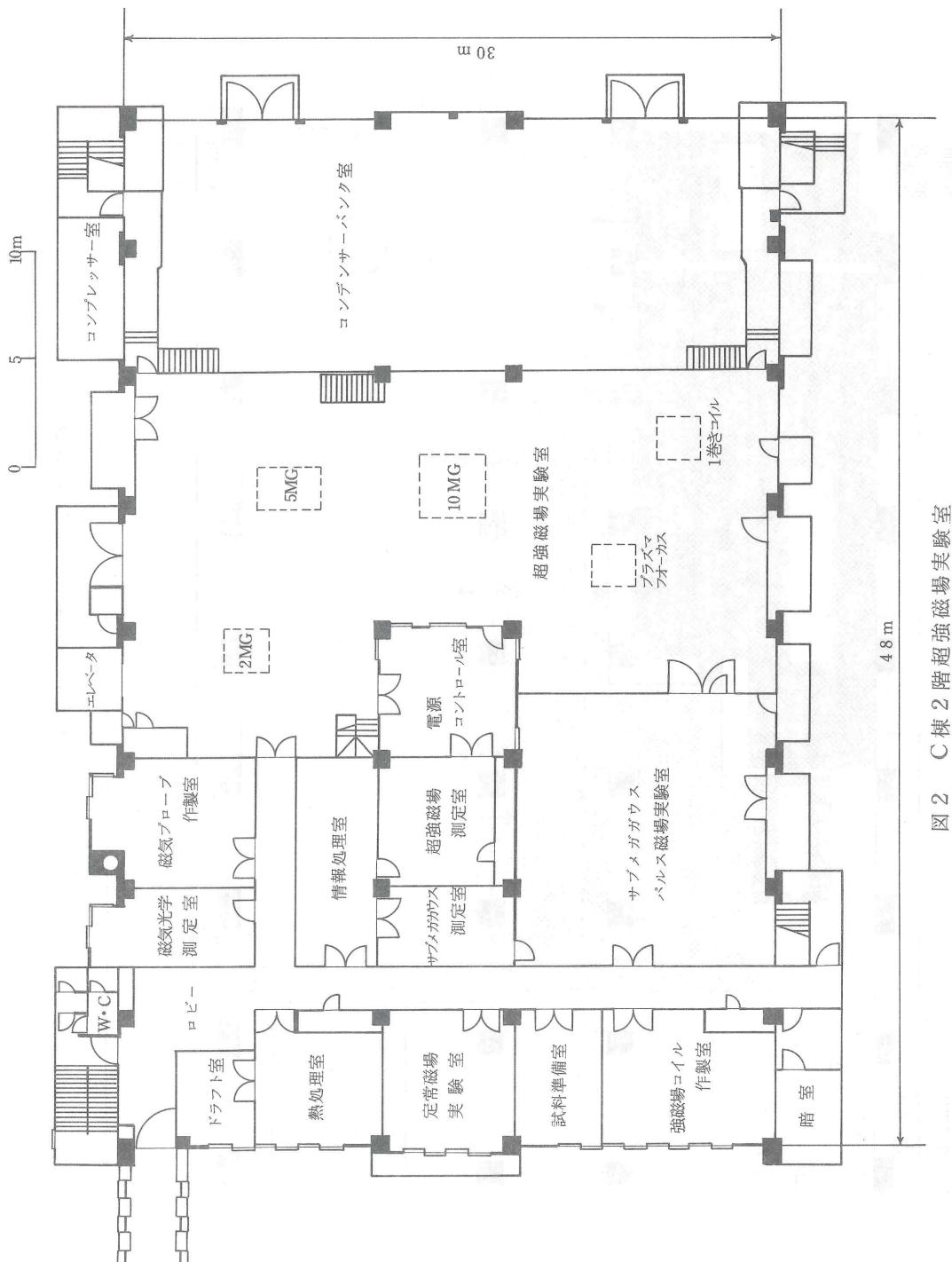


図2 C棟2階超強磁場実験室

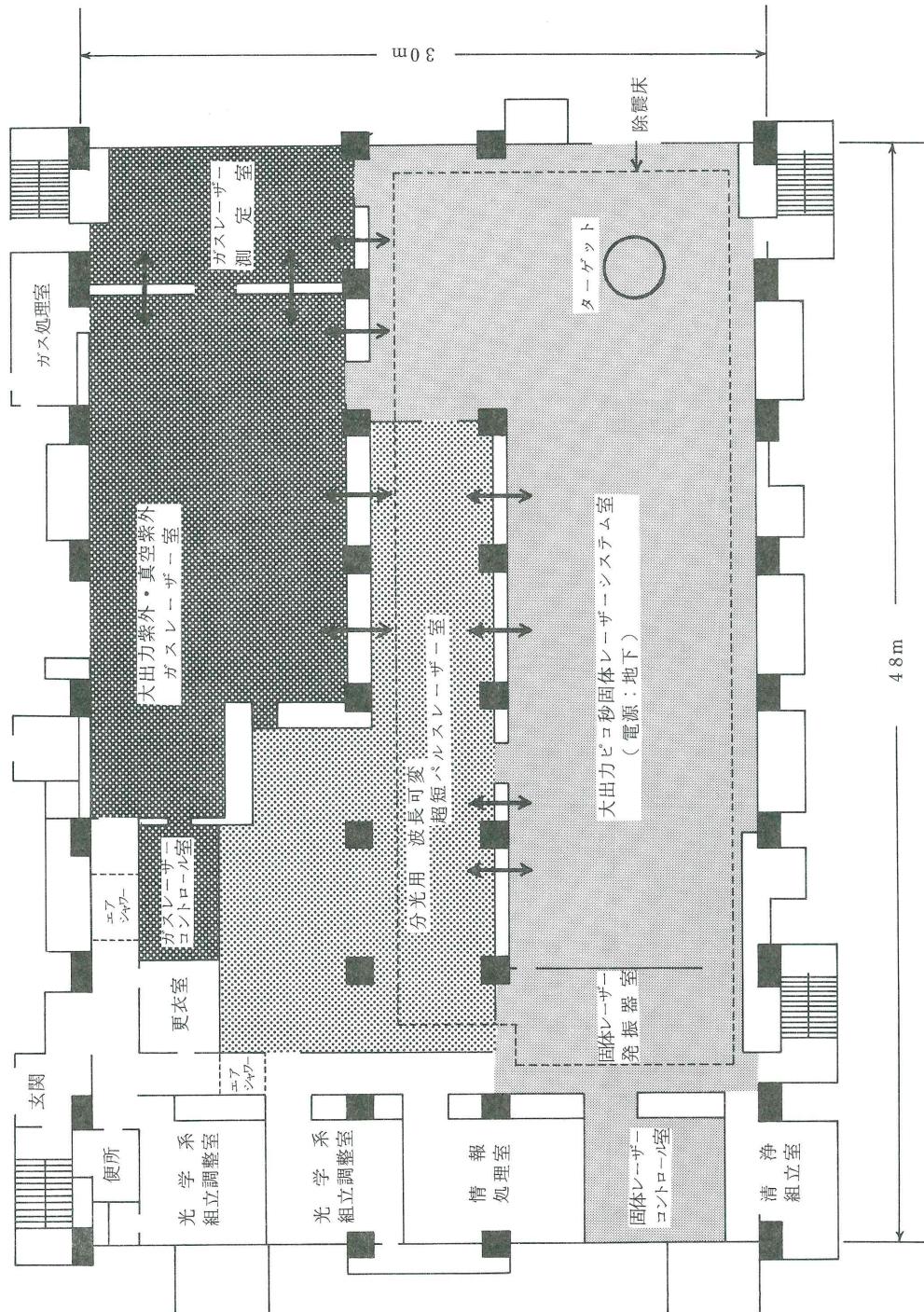


図 3 C 棟 1 階極限レーザー実験室

のスイッチとしては全部で240個のギャップスイッチが用いられるが、ギャップスイッチを動作させるためには圧縮空気が必要である。このためのコンプレッサー室が東側に隣接している。主コンデンサーバンクからは最大6MAの大電流が放電されるので、これによって発生される電磁ノイズが周辺に洩れるのを防ぐため、コンデンサーバンク室全体には、コンクリートの中に鉄の綱目を埋め込んだ電磁シールドが施されている。

コンデンサーバンク室の北側には、超強磁場実験室が隣接しており、ここに各種の超強磁場コイルを設置して超強磁場を発生し、物性測定を行う。この部屋にもXY走行型クレーンが設置されるが、天井の高さは5mとしている。コンデンサーバンク室との間の天井高さの差を利用してこの部屋の床下には、有効高さ約1.8mの総ピットが設けられている。すなわち、コンデンサーバンク室以北の部屋の床レベルをコンデンサーバンク室よりも2.3mだけ高くすることによって、床下全面がピットとして使用できるのである。この総ピットはサブメガガウス実験室や電源コントロール室、測定室にも及んでいるが、実験室を立体的に使うために大変便利な構造である。コンデンサーバンク室から各コイルへ結ぶ配線、配管類は厖大なものであり、また各実験室の間には、何本もの電源用配線、通信用配線が往復しているが、これらはすべてピットを通して行われる。また2MG磁場用コイルや、サブメガガウス磁場用コイルのためのコンデンサーバンクは、コンデンサーバンク室からコイルまでの距離が遠く、またバンク室にスペースもないで、このピット内に設置されて、床上のコイルと最短距離で接続される。この他空調用配管などもこのピット内を縦横に往来しており、この総ピットは超強磁場実験室の一つの特徴であるとともに、必要不可欠なものとなっている。

コンデンサーバンク電源の制御盤は、全体の丁度中央に位置する電源コントロール室に設置されこの部屋でコンデンサーバンクの充電などの制御が行われる。この部屋からは防弾ガラス窓を通して、超強磁場実験室全体が監視できるようになっており、またコンデンサーバンク室を監視するTVモニターなどもこの部屋に集まり、さながら中央指令室のような役割を果している。

超強磁場実験室で測定した信号は超強磁場測定室に送られ、ここでトランジエントレコーダなどの高速記憶測定装置によって記録される。この場合、記録装置を電磁ノイズからシールドするためこの部屋には80dB(IMHz)の電磁シールドが施されている。

サブメガガウスパルス磁場実験室には、5台のパルスマグネットが設置され、サブメガガウス領域の非破壊的パルス磁場のもとでの物性実験が行われる。ここで得られた信号はサブメガガウス測定室に送られてそこで記録されるが、この測定室も隣の情報処理室とともに80dBの電磁シールドに囲まれている。情報処理室では、電子計算機により、超強磁場測定室、サブメガガウス測定室から送られてくるデータの処理が行われる。

この他、廊下を隔てた北、東側には、定常磁場実験室、強磁場コイル作製室（工作室兼用）をは

じめとする、強磁場実験に必要な各種の準備室や準備実験のための比較的小規模の実験室が並んでいる。

以上のような大規模な超強磁場実験のための実験室は世界にも例をみないものであるが、この研究プロジェクトを成功させるために、使い易いものになることを願っている。

4. 極限レーザー実験室

実験室の説明をする前に、物性研将来計画の一環である極限レーザー開発計画とは如何なるものであるか、簡単に復習させて頂こう。物性研要覧(1977-1979)の25ページにあるように、この計画の目的とする所は、1)物性研究用として他に見られない特徴を備えた極限レーザーの研究開発、2)それによる物性研究、および3)X線レーザーの基礎研究である。このために大出力ピコ秒固体レーザーと大出力紫外・真空紫外ガスレーザーという二つの大形レーザー・システムと、比較的小形ではあるが精密高性能の広域波長可変繰返しピコ秒レーザー、極限短パルスレーザーなどをいくつも開発建設する。大出力の固体レーザーとガスレーザーを組合せるなど、これらのレーザーは互に有機的に結合され、全体として極限レーザー・システムを構成するという考えである。物質を強励起するための大出力レーザー技術と、その状態を探るための精密レーザー分光技術とを組合せることを特に意図しており、物性研究用としてユニークといえるレーザー・システムを開発建設する計画である。

そこで建物の与えられた条件の中で、このような極限レーザー計画の目的・趣旨を実行可能にするためには、実験室の部屋割や間仕切を如何にしたらよいか、グループ全員で頭をしぼった。でき上ったのが図3の部屋割図である。全体は(1)大出力固体レーザー(電源は直下のピット(実体は天井高さ2mの地下室)におかれる)、(2)大出力ガスレーザー、(3)分光用各種レーザーの3つの部分に大別され、それらが図に示すように配置され、上記のこれら3種類のレーザーの有機的な結合が可能になるように工夫されている。また結合を実際に行う時のために、境界の壁にはレーザー光用の窓(↑で示す)がいくつか設けられている。この窓はふだんは電磁シールドを妨げないようにふたをしておき。実際にレーザー光を通す時のみふたをとって使用される。

次の特徴は大出力固体レーザー室の除震床の設置と空調の条件である。計画中のテラワット級の大出力固体レーザーでは、レーザー発振器からいくつかの増幅器を経てターゲットまで、レーザー光パルスが走る距離は約100mになる。最終的には複数のパルスのビームを空間的・時間的に一致させながら、直径5~30μmのスポットに集中させねばならない。このために床の振動ができるだけ抑えねばならず、レーザー・システム全体を一つの除震床の上にのせる必要がある。

除震床は図に示す面積をもつ厚さ1mのコンクリート板で、建物の壁からは切離してあり、6m間隔で地中深く打込まれた直径1.0mのコンクリート柱で支えられる構造になっている。除震床に

望まれる条件は振動変位をピーク値で $1 \mu\text{m}$ 以下に抑えることである。この条件は大へん難しい条件で、施設部の方もこれが満足できるかどうか、明確には答えられない、とのことであるが、何とかこれで実験に支障ない条件がつくり出されることを期待している。

このような大出力レーザーでは部屋の温度の安定性と空気の清浄度とが重要である。レーザーの各部品を据えつける架台は金属製で、金属の熱膨脹率は $10^{-5}/^{\circ}\text{K}$ であるから、室温が 1°C 変動すると、レーザービームの光路長に $10 \mu\text{m}/\text{m}$ の変動を与えることになる。また空中のこまかいほこりはレーザー光を散乱する。これによりレーザービームの空間分布に強弱が生じ、これがさらに増幅されるとビームの空間的集中の妨げになり、時によってはレーザーロッドの破壊をもたらす。ほこりはまたロッドやその他の素子に付着すると、レーザービームにより焼付き、素子を破壊する。このため空気の清浄度はできるだけ高いことが望ましい。

我々は空調の条件として、温度士 0.5°C 、湿度50%以下、清浄度1,000を希望した。しかしこれは予算的に無理があり、また技術的にも難しい点があるので、あきらめざるを得なかった。これにより条件は、温度士 1°C 、湿度50%以下、清浄度 $10,000^{*}$ ときめられた。空調機は(1)大出力固体レーザー、(2)大出力ガスレーザー、(3)分光用各種レーザー、の3系統に分けられており、条件はすべて同じだが、最もきびしい条件を必要とする(1)で条件が実質的に最も高くなるように配慮されている。また実験室に入る場合には、まず清浄服に着替え、エアシャワーをあびて入ることになる。

大出力のパルスレーザーは大きなノイズの発生源である。図で分光用各種レーザーの部屋、大出力固体レーザーの発振器室とコントロール室、情報処理室、大出力ガスレーザーのコントロール室と測定室は60 dbの電磁シールドを設けた部屋となっている。

5. おわりに

今我々はC棟の一日も早い完成を待っている。C棟が、完成のあかつきには、物性研の今後の発展に多大の威力を發揮するであろうことはいうまでもない。早くその日が到来することを念願している。

C棟建築計画をこのように実行に移すまで、物性研事務部の方々は實に熱心に仕事を進めて下さった。この間事務部では、事務部長をはじめ経理課長。施設掛長の人事移動があったが、それぞれの方が多大の努力を払って下さった。研究者側を代表して厚く御礼申し上げたい。また我々が承知するかぎりでも、C棟の完成までには、なお工事費並びに工期において施設部に期待する面が多くあり、今後とも関係者のご努力をお願いしている次第である。

* $0.5 \mu\text{m}$ のダスト粒子3,500ヶ/ℓ、 $5 \mu\text{m}$ の粒子25ヶ/ℓ以下の条件。

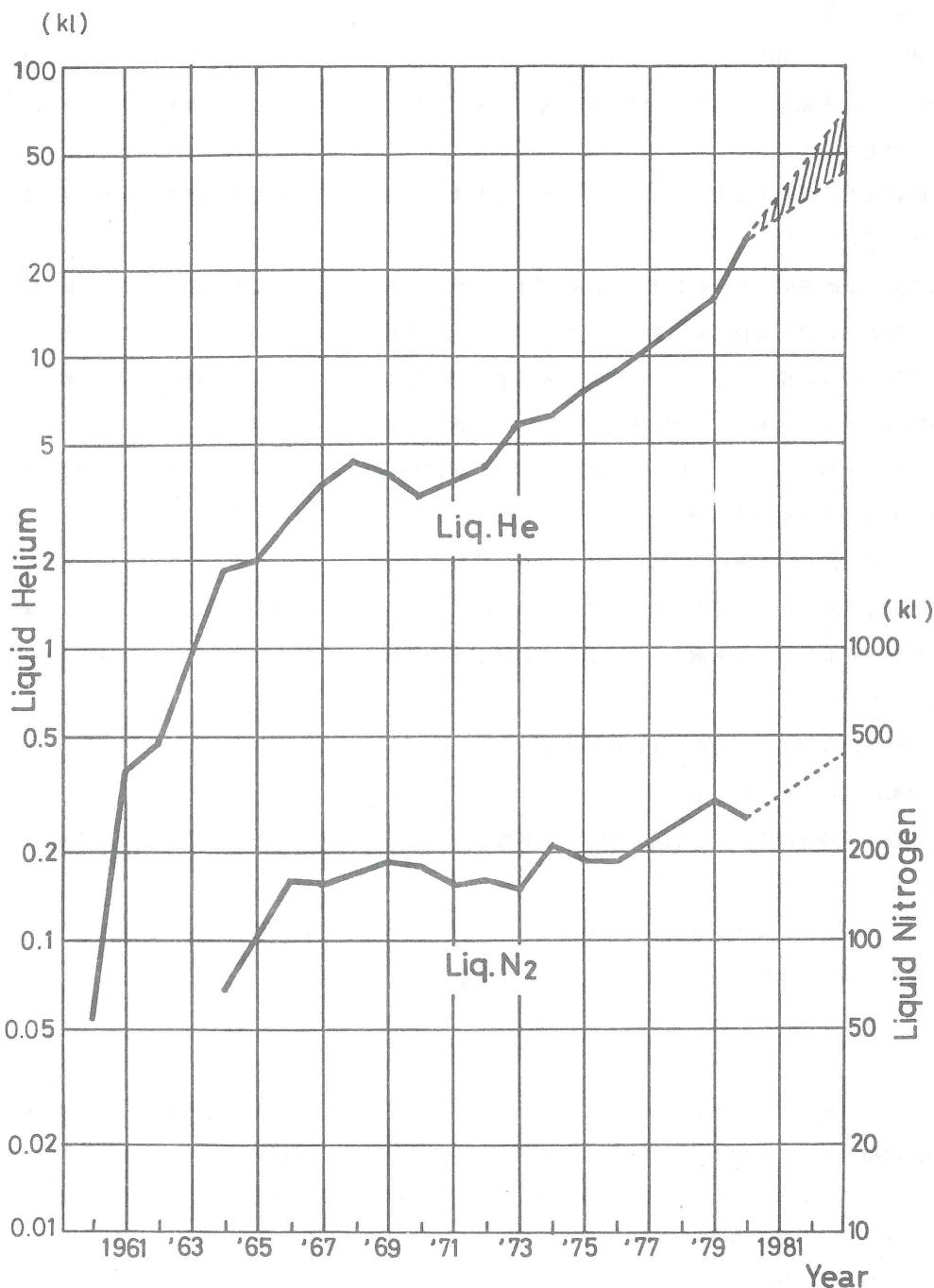
低温液化室のメタモルフォーシス

低温委員会 田沼 静一
低温液化室 早坂 啓一

1. 物性研液化機の変遷

物性研究所では創立当初より低温液化室、つまり液体窒素や液体ヘリウムなどの寒剤を係給する共通室の機能を重視してきた。云うまでもなく、物性の実験研究では、試料温度を下げるには、熱擾乱をしづめて、その物質の個性を浮び上らせるのに、また超伝導その他の巨大量子現象を現出させるのに是非必要なことであり、また真空トラップとか反応の制御とかさまざまの面で寒剤が必要となる。いってみれば液化寒剤は物性研究所という生きもののリンパ液のような役目をしている。

幸いにも創立以来 20 数年液化室は職員の努力と、所の夫々の時点での必要な挺入れによって、まずまず順調にその任を果して来た。挺入れと云ったのは、液体ヘリウムの絶えざる需要増に応じてこれまで 4 台の液化機が設置され、昨年 1981 年には遂に 5 台目の液化機の登場となったからである。数多くの液化機を取換えたことは、自慢にはならないが、液体ヘリウムの需要増も、液化機の開発テンポも世界の趨勢を反映した時間的経過であった。1 台目は大島恵一、永野弘両所員によって作られた国産初のヘリウム液化機で、これは水素液化に転用されて昭和 44 年まで運転された。2 台目即ち実際に液体ヘリウムを供給した 1 号機はコリンズ式の ADL 社 Model 50 でこれは 7l / 時程度の能力を発揮し、B 棟が建った時から（昭和 34 年）設置され昭和 38 年に外部ジュールトムソン弁つきの Model 200-C がもう 1 台増強された。ADL の 1 号機はつい最近の昭和 50 年まで働いた。ADL 1 号機が老朽化し、2 号機では需要に応じきれなくなった昭和 48 年以来住友重機械の SL-225 型ヘリウム液化機が設置された。この定格 25l / 時の機械は 35l / 時を出して昨年まで 6 年間仲々よく働いたが、唯一の欠点は夕刻液化を一時停止し、翌朝再び運転し出すと、クエンチしてしまうので大量液化には屢々徹夜運転を強いられることであった。ともかく ADL の 2 号機と SL-225 型で需要を賄って来たが、1 図に示すように液体ヘリウムの使用量は、この 10 年間ほどんど指數関係的に増大して来た。とくに近年 4 年間は精製能力の隘路から 350l / 週が供給限度で毎週のように多少の汲み込み調整が行われ液化室にとどめても研究者にとっても苦しい年月であった。昭和 50 年ごろから近い将来の液化室の増強計画が検討され始めた。その時点では、ヘリウムガス回収精製機の容量不足が隘路となっていたので、これをまず増強して 1,000l / 週の態勢を樹てることから始めようとした。



1 図

2. 設備の改革

昭和 51 年に芳田所長（当時）のもとで全所的な極限物性のプロジェクトが発足し、超低温物性計画がその先頭を行ことになり、液化室の増強計画は、この中の重要な一翼として組み込まれることとなった。

当時超低温計画の策定者の 1 人であり、かつ低温委員長の菅原忠所員が液化機増強計画を更に練り直すこととなった。

超低温計画の達成のための数台の ^3He — ^4He 希釀冷凍機と共に連なる 1 段又は 2 段核断熱消磁用の装置に必要と見積られる液体ヘリウムの量は当時の液化室から見れば莫大なもので、最大 10 万 $\text{l}/\text{年}$ という規模である。これに対応する新液化機として、50 ~ 100 $\text{l}/\text{時}$ 以上の液化機には、近頃開発されてきたタービン型の熱膨張エンジンの機種が適していると思われた。^{*}

その最も小型のものに TURBOCOOL 50 L（英国 BOC 社 45 $\text{l}/\text{時}$ ）があり、当初予算規模の中でもっとも実現可能な機器と考えられていた。しかし、これでは数年間の一時凌ぎにはなるが、やはり不足ではないかという危惧があり、また一方いくつかのメーカー サイドの急速な技術進歩に伴う出精見積価格の呈示があった。少なくも 80 $\text{l}/\text{時}$ 程度の機械が実現可能の射程内に入ってきた。結局、新液化機と精製機およびそれらの付随設備の仕様として、次のように決めた液化機の選定に入った。

- (1) 供給量は 3,500 $\text{l}/\text{週}$ を安定に維持出来ること。
- (2) 設備には極力自動化し省力化をはかること。
- (3) 回収ガス純度は 85 % と想定し現状の回収配管を用いることにし回収ガス量は最大 $180 \text{ m}^3/\text{時}$ と見なす。
- (4) なるべく一社に全体システムを請負わせ、アフターサービスの責任分岐がないようにしたい。
- (5) 現有設備で使用できるものは、勿論なるべく利用する。

脚注

* レシプロ型は断熱膨張をピストンシリンドラーで出来ている膨張エンジンで行ない、外部仕事は回転機構によって吸収する。ピストンとその弁の開閉軸の上部が液化機の外部に露出しており、パッキングの損傷によるガス洩れに常に注意する必要がある。構造は簡単だが、分解掃除・部品交換等保守は繁雑である。

タービン型は高圧ヘリウムガスをタービンに吹きつけて、ガスを膨張させタービンの 30 万 rpm の高速回転運動による仕事を断熱的にヘリウムガスに負担させて低温にする。運動部が外部に出でていないため、ガス洩れの不安はないがタービン部の精密加工とガス自体による軸受けの構造が複雑でガス中の不純物（空気・水素など）でトラブルが起こる前例が少くなくなかった。

液化機選定の詳細経過は省くが、いずれもタービン型の、BOC-2T-750N型、スイスのスルザー TCF-100型、帝国酸素㈱(仏エールリキド社との提携) THL-45型はそれぞれ魅力があった。帝国酸素のものは回収・精製系が圧力20 atmと低いのがよい代りに、団体が大きく、狭い敷地は適しくない。BOCとスルザーはなかなか甲、乙決めがたかったが、価格やアフターケヤや上記(4)を含めた総合的判断で昭和53年10月頃 BOC-2T-750N型をオプションした。(オプション後価格が上昇したが、われわれは旧価格で入手することが出来た)。このディーラーは小池酸素工業㈱で同社は90 m³/時のヘリウムガス自動精製装置を製作し納入した。また液化機に直結しショール・トムソン弁の開口を内部に挿入して、そこに液化する3,000 lの液体ヘリウム容器は東理社㈱で特注製作したものと小池酸素が納入した。

この3,000 l貯槽も他になかった大型容器で一偉観を呈している。これらは逐次順調に納入され昭和56年3月のブルックハルト回収用コンプレッサーの設置で完成した。ここでADL2号機は撤去されSL-225型液化機は不時の用に備えて主高圧パイプの出口をカットして休眠状態に入った。(休眠させないと毎年の高圧ガス保安検査が相当の負担である。)

こうして液化室は写真のように新鋭装置群が整列して装いを一新し、メタルフォーシスを成し遂げることができた。

次表に新設備の一覧を示す。

(1) ヘリウム液化供給設備

- | ヘリウム液化機
(BOC-2T-750N) 88 l/時 1基(2図)
- II 液体ヘリウム貯槽(液化機付置用)
(東理社製SI型) 3,000 l 1基(2図)
- III ヘリウムカードル
(運搬用) 70 m³ 4基(4図)

(2) ヘリウム回収・精製設備

- I 回収ホルダー 70 m³ 1基(5図)
- II 圧縮機(回収・精製用)
BURCKHALDT社製 C5U-212
90 m³/時 2基(3図)
- III ヘリウム自動精製装置
(小池酸素製 PRH型)
90 m³/時 1基(2図)

IV 長尺カーボル(回収用) 1,980 m³
(精製用) 1,980 m³

(3) 液体窒素供給設備

- i 液体窒素貯槽(小池酸素製・レンタル)
(主にヘリウム液化・精製用)
20,000 ℥ 1基(6図)
- ii 液体窒素貯槽(日本酸素製)
(従来の使用のものを研究室供給用になる)
6,000 ℥ 1基(6図)

3. 液体ヘリウムの供給

勿論ハードウェアが表に掲げたように変身しただけでは意味がない。問題はそれらのスムーズで仕様通りの運転能力である。これは現在きわめて良好で、たとえば液化機は公称 88 ℥/時が実際は 100 ~ 120 ℥/時出ている。(もっとも公称が抑制された値なのかも知れないが。)

総合的に液化供給・回収精製の能力は全体として 5 倍強化され超低温部門の大需要のみならず、一般研究室の需要増にも十分応じられる。また超伝導磁石のためのヘリウムなどで、規制がきつかった共同利用も寒剤面での不便は一掃された。

本年 4 月から 1,500 ℥/週の供給態勢が実行されているが、その供給方法として週 4 回(火木木金)研究所内の研究室、共同利用研究者及び生産技術研究所の研究者に前週金曜日までの予約申込みによって供給している。申込み量によって大口(1 回に 100 ℥を超える量)中口(1 回に 100 ℥以下)小口(1 回に 10 ℥以下)というように区分けを行って、供給日には、どの日も平均に供給するように調整を行っている。目下 100 ℥や 50 ℥の貯蔵容器による持出しが主流となりつつある。

4. 液化室の運営

液化室の運営は 5 名の所員と 2 名の助手代表からなる低温委員会が責任を持ち、現在は田沼靜一(委員長)永野弘、森垣和夫、石本英彦、竹中久、舛本泰章、早坂啓一(常任)である。

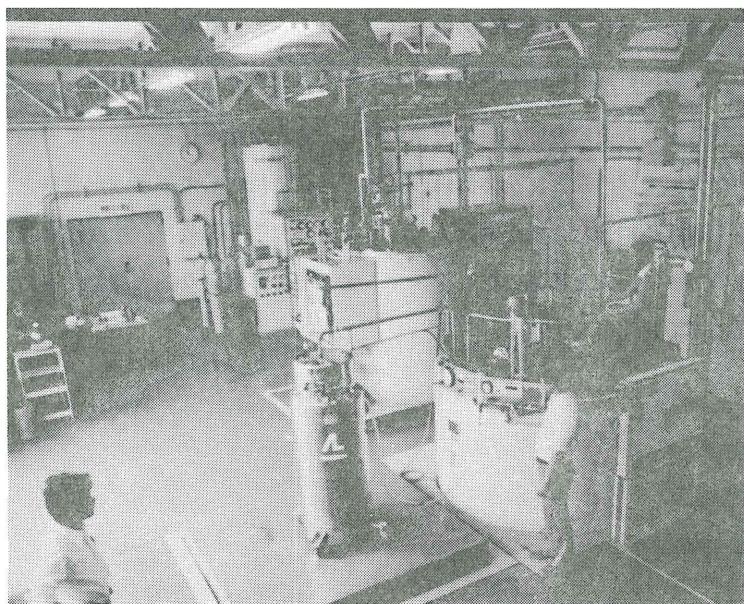
現在液化室の職員は早坂啓一(室長)白土捨松、山崎幸一、荒川忠雄、吉田辰彦、佐藤和久の 6 名で実務を行っているが、

(1) ヘリウム液化機の運転、(2) 回収ヘリウムガスの精製、(3) ヘリウム供給の 3 グループにわかれ互に流動的に作業している。また液化室の職員は、このような寒剤供給サービスばかりでなく、

周辺機器の工夫や、その製作などで液化室の技術水準の向上と研究面での貢献を願っている。

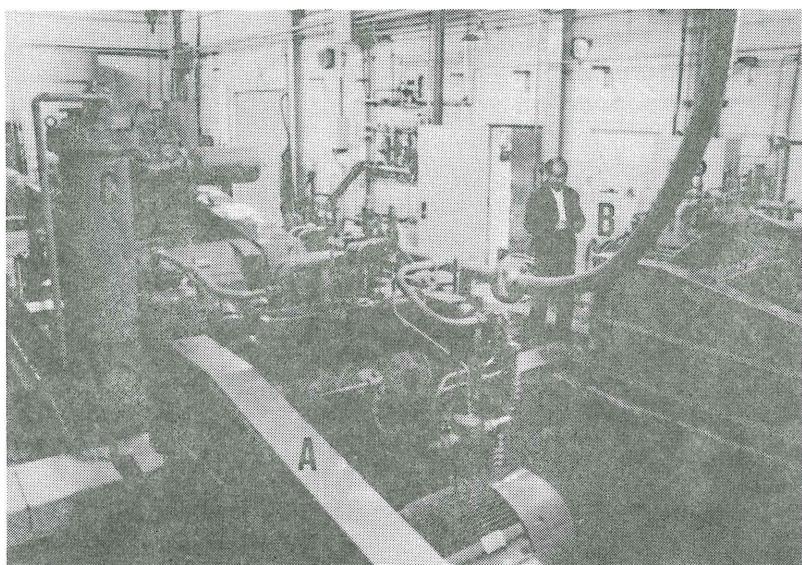
今回の新液化機システムの有効利用の方途は、これから定常運転の年月の中で、つねに求められるべきもので、所内研究者、共同利用者皆さんとのアドバイスと協力をお願いしてゆきたい。

この小文を報告する機会に今回の設備更新に対し、絶大な指導性を發揮して計画の実現を可能にしていただいた芳田奎前所長と、全体計画の立案と推進に尽力して下さった菅原忠名譽教授とに対し深甚の感謝を捧げる。また万端の御協力をいただいた大野和郎教授、物性研事務部長、経理部、施設部その他の方々に、また設備の総合システム化と機器の順調な納入調整に協力された小池酸素工業株式会社に厚くお礼申し上げる。



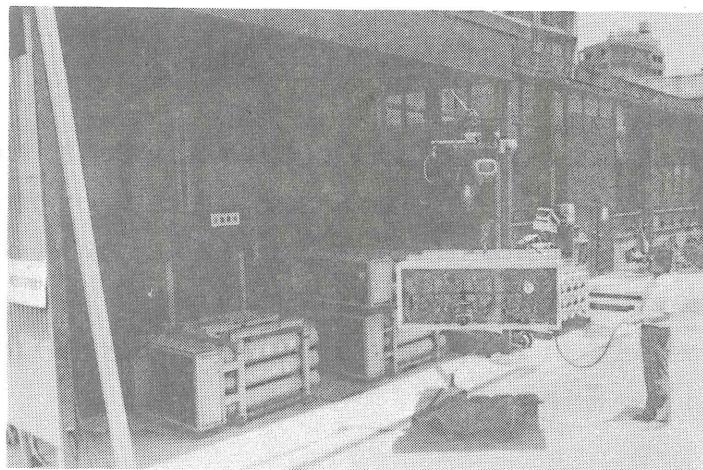
2図 液化機室

手前から、ヘリウム貯槽(3,000ℓ), ヘリウム液化機(2T-750-N)88ℓ/時, ヘリウム自動精製装置(PRH型)90m³/時,

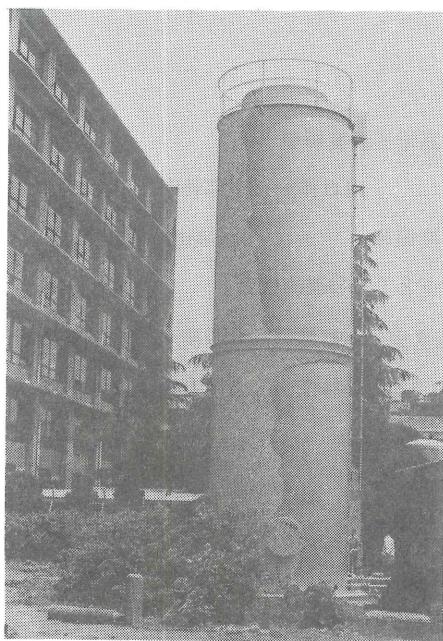


3図 圧縮機室

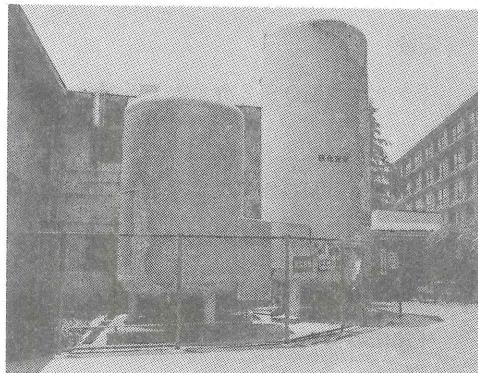
- A. 回収用圧縮機(C5U-212)90m³/時
- B. 精製用圧縮機(回収用と同タイプ)
- C. 液化機用圧縮機(VM-750)1200m³/時



4 図 ヘリウムガスカーボル
(搬入用)



5 図 ヘリウムガス回収ホルダー
容量 75 m³



6 図 液体窒素貯槽
左 内容積 6000 ℥
右 " 20000 ℥

短期研究会報告

「アンダーソン局在」

標記の研究会が4月30日(木)午後より5月2日(土)午後まで公開で開催された。丁度2年前に, Abrahams らによるスケーリング則が提案されて以来, 局在現象についての新しい見方が生まれ, その方向からの研究が現在活発に行われているが, これを反映して連日多く参加者があった。

プログラムと講演者による要旨(提出分のみ)を以下に紹介する。

なお, 今回の研究会提案者は長岡洋介(京大・基研), 小林俊一(東大・理), 川畑有郷(学習院大・理), 福山秀敏(物性研)であった。

(文責 福山)

I はじめに

長岡 洋介

II 2次元系

実験

「シリコンMOS 2次元電子系の負の磁気抵抗」(高電子濃度領域)

川口洋一, 南部利明, 川路紳治

「シリコンMOS 2次元電子系の局在」(低電子濃度領域) 川路紳治, 星 直也

「 $Al_{1-x}Ga_xAs \diagup GaAs$ ヘテロジャンクションFETの物理的性質」 成田信一郎

「銅微粒子薄膜の電気伝導」 小森文夫, 小林俊一, 大塚洋一, 佐々木亘

「超伝導微粒子」 小林俊一, 多田吉秀, 佐々木亘

理論

「相互作用の効果」 福山秀敏

「超伝導とアンダーソン局在」 川畑有郷

「乱れた2次元電子系の非線型伝導度」 都築俊夫

「微粒子薄膜の磁気抵抗」 福山秀敏, 前川禎通

「超伝導とアンダーソン局在」 前川禎通, 福山秀敏

「局在問題でのくりこみ群」 氷上 忍

III 3次元系及び層状物質

実験

「実験から見た3次元局在問題」 佐々木 亘, 小林俊一, 大塚洋一, 小森文夫, 由良信介
「極低温におけるn型InSbの金層型不純物伝導アンダーソン局在」

森田清三, 深瀬哲郎, 伊沢義雅, 石田修一, 小池洋二, 武内義尚, 御子柴宣夫
「遠赤外分光からみたGe, Si の不純物帯の局在状態」 小林融弘

「層状半導体 GeSe, SnSe の不純物伝導」 石田修一, 邑瀬和生

「層状化合物 $IT - Ta_{1-x}Ti_xS_2$ の電気伝導と比熱」 小林典男, 西尾 豊

「照射損傷と局在化」 稲田ルミ子, 田沼静一, 大貫惇睦

「 $IT - TaS_2$ における非線型伝導・ホール係数」 内田慎一, 田中昭二

「 $IT - TaS_2$ における熱起電力・負の磁気抵抗」 谷 俊朗, 岡島健治, 田中昭二

理論

「半導体の金属型不純物伝導領域における抵抗の $\ln T$ 依存性に対するモデル」

伊沢義雅, 森田清三, 武内義尚, 御子柴宣夫

「アンダーソン局在状態における状態内電子相関及び状態間相互作用の効果」

上村 洋, 竹森 直, 黒部 篤

「負の磁気抵抗」 川畠有郷

IV 強磁場

「強磁場下のシリコンMOS 2次元電子系の局在」

川路紳治, 若林淳一, 森山次郎, 馬場俊祐

「Si-MOSFET のHall 効果の精密測定」

吉広和夫, 木下擴止, 稲垣勝哉, 山内睦子, 川路紳治, 森山次郎

「強磁場下2次元電子系の電子局在 - 数値実験とホール効果」 安藤恒也

「強磁場下2次元電子系のランダウ準位のTail States の構造」 小野嘉之

V その他及び追加講演

「計算機実験におけるアンダーソン局在」 吉野さやか

「希土類磁性半導体に於けるアンダーソン局在」 糟谷忠雄

「2次元構造型不規則系の電子状態」 佐藤和弘, 森田 章

「Monte-Carlo Study of Localization
in the Exciton Absorption Band」 M. Schreiber

「ナフタレン同位体混晶系での励起子の挙動とアンダーソン転移」

十倉好紀, 国府田隆夫, 中田一郎

「mk 領域における Si-MOS 反転層の電気抵抗」

小野高義, 小母祺景, 永野弘, 南部利明, 川口洋一, 川路紳治

「2次元アンダーソン局在に対する自己無撞着理論による磁気抵抗と一変数スケーリング則の
破れ」

小野嘉之, 吉岡大二郎, 福山秀敏

「スピノ軌道相互作用と InSb の低温領域における磁気抵抗」

星野公三, 福山秀敏

はじめに

長岡洋介（基研）

不規則なポテンシャル中を運動する電子状態の局在, いわゆる Anderson 局在の問題については, Anderson の論文(1958年)以来, Mott, Thouless らによって多くの研究がなされてきた。Abrahams らは, 数値実験のために Thouless らによって導入された考え方を発展させ, 新しいスケーリング理論を提出了。この理論では, 無次元のコンダクタンス Φ の系の長さ L の関数としての振舞いが検討される。それは, Φ の小さい局在領域と Φ の大きい金属領域とをひとつの視野にとらえることにより, 局在問題への新しいアプローチの道を開いた。Gorkov らはとくに2次元系について, 金属領域における伝導度を摂動論によって求め, ドルーデの式に対するつぎのオーダー ($\sim 1/E_F \tau$, τ は緩和時間) の補正がスケーリング理論と一致して対数的になることを示した。2次元系の伝導度には低温で $\ln \tau_\epsilon \sim \ln T$ ($\tau_\epsilon \propto T^{-p}$ は電子の非弾性散乱によるエネルギー緩和時間) の項が現れ, また磁場をかけると $\ln H$ の負の磁気抵抗が生じる。理論の結果は MOS (川路グループほか), 微粒子膜 (佐々木・小林グループ) などで見事に実証された。しかし, 理論では電子間相互作用が全く無視されており, 相互作用の効果等の問題は今後さらに検討されなければならない。もちろん, これらの研究の発展は局在のひとつの局面, 金属領域における局在の前駆現象を見たものに過ぎない。これらの進歩をふまえた多面にわたる研究の発展が望まれる。

シリコンMOS 2次元電子系の負の磁気抵抗

学習院女子短大^A 学習院大・理^B

川口洋一^A 南部利明^B 川路紳治^B

Si-MOSn型反転層で観測される負磁気抵抗は、 1) 表面垂直方向の磁場成分に依り、 2) 磁気伝導率(負磁気抵抗)の飽和値 $\Delta\sigma_{sat}$ は $\Delta\sigma_{sat} \propto \log T$ に従い、 3) 同時に測定した Hall 係数は温度に依らず、 4) $\Delta\sigma$ の磁場依存は Hikami, Larkin and Nagaoka の式¹⁾ によって良好再現される。これらの現象は、 2 次ランダム系で、 電子がアンダーソン局在するとの考えを支持している。温度 $T = 1 \sim 15$ K, 電子濃度 $N_s = 0.8 \sim 6 \times 10^{12} \text{ cm}^{-2}$ の範囲で測定した磁気伝導率を Hikami らの式にあてはめ、 係数 α およびエネルギー緩和時間 τ_e の T , N_s 依存を得た。その結果、 τ_e は電子・電子散乱により、 α は Fukuyama²⁾ の理論により説明され、 アンダーソン局在模型と矛盾しない。

- 1) S.Hikami, A-I-Larkin and Y.Nagaoka ; Prog.Theor.Phys. 63 (1980)
707.
- 2) H.Fukuyama : Proc. of 15 th Int Conf. Semiconductor Physics. (1980,
Kyoto) p 987.

シリコンMOS 2次元電子系の局在(低電子濃度領域)

学習院大理 川路紳治・星 直也

低電子濃度領域($N_s \lesssim 4 \times 10^{11} \text{ cm}^{-2}$)のシリコンMOS 反転層の電気伝導の温度変化は活性化型もどきの温度依存を示す。われわれの実験は、 伝導率の温度依存は電子濃度依存ではなく、 電子移動度の温度依存によることを明示している。実験結果を Abrahams 等のスケーリング理論の $\sigma = \sigma_c e^{-\alpha_L}$ で $L = (D\tau_e)^{1/2}$ として、 τ_e の温度依存によって説明できる。また、 同じデータを Vollhardt and Wolfle 理論に基づく Ono, Yoshioka and Fukuyama 理論によって解釈することを試みた。この場合、 τ_e が $T = 10 \sim 6$ K で T^{-2} に比例し、 $T < 6$ K で T^{-4} に比例するゲート電圧領域があり、 合理的ではない。また、 角度に依存しない正磁気抵抗成分が存在することを報告した。

Al_xGa_{1-x}As/GaAs ヘテロ接合 FET の物理的性質

阪大基礎工 成 田 信一郎

新らしい2次元電子系として Al_xGa_{1-x}As/GaAs ヘテロ接合をとりあげる。最近この2次元電子ガス密度はゲート電圧 V_G によってコントロール出来るようになり、この系の電気的光学的測定に便宜を与えることになった。Hall 効果、SdH 効果を測定すると V_G の関係としてキャリヤ数 N_S と電子移動度 μ が V_G と共に直線的に減少してゆく ($H \approx 0$)。磁場を 30 kG から 130 kG まで変化させて V_{SD} : 一定で Hall 電圧 V_H と Source-Drain 電流 I_X を V_G の関係として測定し、これを Wick の理論を用いて、 σ_{xx} , σ_{xy} に変換する。V_G を変化させてランダウ準位間で、 σ_{xx} は極めて 0 に近づき、 σ_{xy} は N 倍の e^2/h にてよく近似される。これはランダウ準位のすそのアンダーソン局在とも考えられるが、このヘテロ接合系では Si-MOS の場合に V_G によって N_S が直線的に変化するのとは異なり、V_G によってフエルミ準位が変化してゆく可能性があり、完全に局在化のみによって説明出来るかどうかは今後の問題である。スピントリニティのピーク間のエネルギーを見積って比較することによって、実効 γ -値として 1.2 ± 3 という bulk の γ 値 0.52 に比べて 30 倍に近い大きな値となる。この大きな実効 γ -値の原因も今の所不明である。

サイクロotron 共鳴の実験で CDW が低濃度、高磁場で存在する証拠がこの系でも見つけられた。

銅微粒子薄膜の電気伝導

小森文夫、小林俊一、大塚洋一、佐々木亘

銅の島状蒸着（平均膜厚 10 Å）とその表面酸化を 3 回くり返すことによって作製した高抵抗の薄膜は、直径 30 Å の銅微粒子が二次元的に結合した系と考えられる。このような薄膜のうち、4.2 K における電気伝導度 σ_0 が、数十 $\mu\Omega$ から数 $m\Omega$ までの試料で、 σ_0 の温度依存性が $T < 4.2$ K で、 $\sigma_0 = \sigma_0 + \sigma_1 \ln T$ の形に書ける。同じ試料で、磁気抵抗は、磁場方向に対して、強い異方性を示し、特に磁場が膜に対して垂直のとき、高磁場で負で $\ln H$ に比例する。また低磁場では、どちらの方向に対しても、磁気抵抗は正であり、垂直磁場の方が立ち上りが早い。磁場中の σ_0 の温度依存性は、 $H = 13$ T でも $\ln T$ の項がある。これらの性質を二次元アンダーソン局在に基づく理論と比較すると、多くの点で良い一致を示すが、まだ説明されないものもあり、さらに詳しい研究が必要である。

超伝導微粒子膜の電気伝導

東大理 小林俊一, 多田吉秀, 佐々木亘

薄い酸化膜を介して二次元的にランダムに配列した、直径 300 Å のスズ微粒子の電気抵抗の温度と磁場に対する依存性を調べた。常伝導抵抗値がある範囲の値をもつ試料で、 T_c 以下で一旦減少した抵抗がさらに低温で再び急速に増加することを見出した。また、この低温域では、抵抗は膜に垂直な磁場の増加とともに最初増大し、極大を持ったのち減少することがわかった。これ以外の温度域では磁気抵抗は正であった。

このような系のモデルとして静電エネルギーも考えた ジョセフソン回路網を考える現象論的なものと、超伝導にアンダーソン局在をとり入れる微視的なものが提案されているが、磁気抵抗の結果がこれらのモデルのいづれがよりよく系を記述するかの判定の手がかりになるかもしれない。

相互作用の効果

物性研 福山秀敏

局在化の現象には不規則性のみならず相互作用も重要な役割を果していると考えられるがこれを 2 次元の弱局在領域に於て考えた。

この問題は Altshuler-Aronov-Lee (AAL)¹⁾ と著者²⁾ によって独立に殆んど同時に考えられた。AAL ではスクリーニングの効果が弱い場合のクーロン相互作用が考えられたが後者では相互作用の形については一般にして、 Singular な項について全てを集めた。MOS に於ては、スクリーニングの効果は強いと考えられるのでむしろ後者の枠組みで考えるべきである。この範囲での電気抵抗の温度依存性と磁場依存性について詳細な解析は、相互作用の効果も無視出来ないことを示している。

〔文献〕

1. B.L. Altshuler, A.G. Aronov and P.A. Lee, Phys. Rev. Lett.: 44 (1980) 1288.
2. H. Fukuyama, J. Phys. Soc. Japan. 48 (1980) 2169

超電導とアンダーソン局在

学習院大 川畑有郷

アンダーソン局在のある系では $T = 0$ では、ノーマルな電気伝導はない。しかし超電導の状態になつていればマイスナー効果は存在する。これは、相互作用により電子のペアーが局在状態間を飛び移ることが出来るためである。フェルミ面から Δ (エネルギーギャップ) 以内のエネルギー領域に、

空間的に重りのある局在状態が十分多数あれば、BCSの解は存在する。超電導になっているとすると、多体効果による異常散乱のための超電導破壊のメカニズム（前川一福山）は抑えられる。したがって、問題はセルフコンシスティントに解く必要があるが、局在が十分弱ければ、超電導が存在（分子場の範囲で）すると予想出来る。

乱れた2次元電子系の非線型伝導度

東北大・理 郡 築 俊 夫

弱局在領域における、弱電場極限の電気伝導度の非金属部分 σ' は、電流-電流相関関数に対して拡散モードをひとつ交換する過程を考えることによって説明されることはほど確立したように見える。Dolan-Osheloff の σ' の電場Eに対する依存性も、同じ過程において、拡散モードに対する電場効果を取り入れることによって定性的に説明できることを示した。 $\sigma'(E)$ は

$$\frac{\sigma'(E)}{\sigma_0} = -\frac{1}{2\pi\epsilon_F\tau} F(\epsilon, \eta)$$
$$F(\epsilon, \eta) = \int_1^\infty \frac{dx}{x} \exp[-\eta x - \epsilon^2 x^3]$$

のように2つのパラメータに関するユニバーサル関数で表現される。 $\eta \equiv (\tau/\tau_\epsilon)$ 、 $\epsilon = E/E_0$ 。非線型性の特性電場はふたつあり $E_0 = \sqrt{6}/\tau l_e$ と $E_c(T) = E_0 \eta^{3/2}$ である ($E_0 \gg E_c(T)$)。Tを固定してEを弱電場から強めてゆくと、 $\ln(T_0/T)$ 、 $\ln(1/\epsilon)$ 、 $\frac{1}{\epsilon^2} \exp[-\epsilon^2]$ と変化する。

微粒子薄膜の磁気抵抗

物性研 福山秀敏
金研 前川禎通

最近のCu微粒子薄膜に於ける電気抵抗の温度依存性の実験¹⁾は、この系でも2次元弱局在領域が存在することを示している。しかし磁気抵抗²⁾はMOSの場合と異なり、1) 磁場が面に垂直の場合、弱い磁場で正、次いで磁場の増加に伴ない負の磁気抵抗が見られ、2) 磁場が面内にある場合は正の磁気抵抗が観測されている。ここでは、これらの事実が、スピノ・ゼーマン効果とスピノ・軌道相互作用により定性的に説明出来ることを論じた。³⁾

[文献]

1. S.Kobayashi, F.Komori, Y.Ootuka and W.Sasaki, J.Phys.Japan.
49(1980)1635.

2. F.Komori, S.Kobayashi, Y.Ootuka and W.Sasaki. J.Phys. Soc. Japan. 50(1980)1051.
3. S.Maebara and H. Fukayama, J.Phys. Soc. Japan.

超伝導とアンダーソン局在

東北大・金研, 物性研^A 前川禎通 福山秀敏^A

2次元超伝導薄膜に対するアンダーソン局在化の効果を理論的に調べる。これは従来の dirty 超伝導体に対する Gorkov 理論を拡張し, $(\epsilon_F \tau_0)^{-1}$ の高次の量子効果を取りこむことに対応している (ϵ_F, τ_0 は Fermi エネルギー及び電子の緩和時間)。この量子効果は電子間相互作用と不純物散乱の交互作用として表わされる動的な効果である。そして, アンダーソン局在化の超伝導への影響は対破壊機構となることが導かれる。この機構の異常な温度変化のため, 低温で再び超伝導状態から normal 状態への転移が可能になる。磁場中では, 従来の渦糸生成による対破壊機構とアンダーソン局在化による機構の磁場変化が競いあう。最近, 小林達(東大理)は Sn の微粒子薄膜で興味ある実験結果を得ている。この結果を理論的に議論する。

局在問題でのくり込み群

京大基研 永 上 忍

電子の乱れたポテンシャルによる散乱は, $E_F \tau$ が大きいとして, $1/E_F \tau$ による展開が可能で 2 次元で log 項を導出できる。この log 発散はくりこみ群により系統的に取扱える。その一つのやり方として, 拡散を表わす propagator $D(q, \omega)$ に対しきりこみ群方程式を考え β -函数, localization length を $1/(E_F \tau)^3$ の項まで, スピンがきかない場合, スpinがきく場合について求めた。また, クーロン散乱を取り入れると, 異なった対称性に移り, その場合も 3 種類(オーソゴナル, ユニタリ, シンプレクティック)に分類される。またクーロン散乱がある場合は状態密度にも log 発散があり, それをどのようにくりこみ群で扱うか示した。対称性の観点から, アンダーソン局在の模型として, 非線型シグマ模型が適当であることを議論し, 3 次元の電気伝導, 状態密度の易動端での様子を議論した。

実験から見た 3 次元局在問題

佐々木亘，小林俊一，大塚洋一
小森文夫，由良信介

3 次元における局在問題にかかる現象を SiP 系の金属転移近傍の試料についての実験の中から拾い集めて紹介する。主な話題は次の通りである。

- 1) 電気伝導度をスケールする長さは、不純物濃度と共に変り、最小金属伝導度の存在は疑わしい。
- 2) 電子間クーロン相互作用を反映すると思われる異常が、低温比熱、磁化曲線、NMR に見られる。
- 3) これらの異常を状態内クーロン相関エネルギーで便宜的に説明するとすれば、移動度端近くでの局在状態サイズの発散について一つの制約がつく。

極低温における n 型 InSb の金属型不純物 伝導とアンダーソン局在

東北大通研，*東北大金研，**大阪大理
森田清三，深瀬哲郎*，伊沢義雅，石田修一**
小池洋二*，武内義尚，御子柴宣夫

7 ケの高移動度の n 型 InSb の $H = 0$ Oe と 100 Oe の抵抗の温度依存性を 20 mK 迄測定した。試料の濃度は、完全な金属的なものから金属 - 非金属遷移濃度にかなり近い試料迄を含んだものである。測定の結果 $H = 0$ Oe の 100 mK 以下の抵抗の温度係数が、濃度の減少とともに、2 度反転するのを観測した。最初の反転は、完全な金属的領域から金属型不純物伝導領域に近づくと起こり、二度目の反転は、 σ_{min} に近い抵抗値になる金属型不純物伝導領域内の濃度で超こる。後者の反転が起こる濃度は、金属型不純物伝導領域を 2 つの領域に分ける。磁場をかけると、温度係数は、低濃度では増加し、高濃度では減少（又は反転）した。

遠赤外分光からみた Ge, Si の不純物帶の局在状態

阪大基礎工 小林融弘，成田信一郎

不純物系で見られる金属 - 非金属転移は、アンダーソン転移であると考えられ、クラスターによる光吸収が Thomas 達により報告されている。我々は中間濃度域の As ドープ Ge の遠赤外吸収スペクトルを測定し、源間達の D^- バンドに励起子の効果を入れたスペクトル計算と比較した結果、ドナーのイオン化エネルギーの半分より高エネルギー側では D^- バンドの描像が有効で、低エネルギー側ではクラスターの形成が認められた。一方、試料温度の上昇に伴なって、吸収係数が熱活性化型の増大を示し、Si(P) の場合、 ϵ_1 , ϵ_2 の温度領域で各々約 $\frac{1}{2}$ の活性化エネルギーが得

られた。これらは、易動度端より下の局在状態に熱分布した電子が高周波電界で分極する事による吸收であると考えられる。

層状半導体 GeSe, SnSe の不純物伝導

阪大理 石田修一, 邑瀬和生

これらの結晶には、Se の欠陥によるとされる浅いアクセプター準位があり、価電子帯は層に垂直な a 軸上に極小を持つ 2 谷構造をとるとされている。GeSe の層面内の抵抗と Hall 係数の測定から、 $p_c \sim 4 \times 10^{17} \text{ cm}^{-3}$ で不純物伝導におけるアンダーソン局在が起こり、 p_c での伝導度が 3 次元的極小金属伝導度に一致することを示した。 ϵ_2 領域では、 A^+ バンド内の易動度端以下の局在状態が Hall 係数を生むことを強調した。^{*)} SnSe の金属域では、低温で観測される Hall 係数と抵抗の山が 2 谷構造を支持することを示唆した。この濃度域に特徴的な負磁気抵抗効果の磁場、温度依存及び磁場方向による異方性は大筋において川畠理論により説明されるが、電流と磁場の配置が垂直 ($I \parallel b$, $H \parallel a$) と平行 (I , $H \parallel b$) の場合の異方性の違いは、中間磁場 ($\Delta \sigma \propto \sqrt{H}$) できわだっており、理論では説明出来ない。^{*)} Ishida et al.: Physica B(1981) to be published.

層状化合物 $1T-Ta_{1-x}Ti_xS_2$ の電気伝導と比熱

東北大金研 小林典男, 西尾 豊, 武藤芳雄

層状化合物 $1T-Ta_{1-x}Ti_xS_2$ ($0 \leq x \leq 0.144$) の電気抵抗と比熱を測定し、その結果について報告した。この系では $0.01 \leq x \leq 0.04$ 及び $x = 0.144$ で金属的性質を示し、 $x = 0$ 及び $0.05 \leq x \leq 0.09$ で局在状態にある。すべての試料において、3 K 以下でショットキー的な異常比熱が観測された。異常比熱の大きさは、明らかに電気抵抗の結果と強い相関を示し、局在状態と関係したものと思われる。すなわち、異常比熱は非金属試料で大きく、金属試料では比較的小さい。しかし、金属的な試料でも異常比熱が観測される事実は、この様な場合でも、局在電子が存在していることを示すと考えられる。この異常比熱は局在状態間の相互作用を考えることによって理解されるだろう。

照射損傷と局在化

稻田ルミ子, 田沼静一, 大貫惇睦

$1T-TaS_2$ は遷移金属ジカルコゲナイトの中で commensurate charge density wave が最も強く立ち、低温で Anderson 局在が実現している。これが、低温での電気的・磁気的性質に反映している。

このAnderson局在の原因は、不純物や、層内の格子欠陥と層間に自己インターカレートしたTa原子による欠陥に関係がある。

今迄、 TaS_2 の S を Se で、 Ta を Fe で置換した試料の実験を行ってきたが、特に Se の場合 Se の置換量と共に局在が累進し、それにともなって 2K から 0.5 K の範囲で見出される正の磁気抵抗が大きくなる。又、 $1T-TaS_2$ の帯磁率は 100 K 以下でキュリー的常磁性が現われ、低温での磁化は直線からずれ、ブリルアン関数では説明しえない。

今、行いつつある電子線等の照射は層間にインターカレートする Ta の量を変えることが出来るので、欠陥と局在化の問題を明らかに出来るだろうと考えている。

1 T-TaS₂ の電気伝導 - 非線型伝導とホール係数

東大・工 内田慎一、田中昭二

層状金属 $1T-TaS_2$ の CCDW 相で電気伝導度及びホール係数の電場依存性を測定した。これらの輸送係数は、その温度依存性と同様、試料によって非常に異った振舞を示す。成長条件を色々変えて作った 10 種類以上の試料に対しての測定結果をまとめると次のようになる。

- (1) 伝導度の振舞は、電気伝導度の値 $20 (\Omega \cdot \text{cm})^{-1}$ を大体の目安として、 $\sigma < 20 (\Omega \cdot \text{cm})^{-1}$ (領域 I) では、指数関数的な電場依存性を示し、 $\sigma > 20 (\Omega \cdot \text{cm})^{-1}$ (領域 II) では、より弱い、例えば $\log E$ 依存性を示す。
- (2) ホール係数は、領域 I では、電場に対してピークを示すのに対して、領域 II では、ほとんど電場依存性を示さない。

この結果は、温度依存性とほぼ相似であり、2 次元系における最近の Anderson 局在の理論、MOS 等の 2 次元系で観測されている結果と良く対応している。

1 T-TaS₂ における熱起電力・負の磁気抵抗

東大工 谷 俊朗、岡島健治、田中昭二

低温(4.2 K)で比抵抗に 4 极近くの差のある各種の $1T-TaS_2$ 単結晶試料で、4.2 ~ 360 K で Seebeck 係数(S)を、1.3 ~ 14 K で横磁気抵抗($\Delta\rho/\rho_0$)を系統的に測定し、低温で Anderson 局在を起しているとされるこの系の電子状態を調べた。低抵抗試料($\rho = 0.016 \Omega \text{ cm at } 4.2 \text{ K}$)では S に金属的な T-linear 領域(20 ~ 60 K)が見られるのに対し、高抵抗試料($\rho = 1.2 \Omega \text{ cm}$)では 40 ~ 140 K の範囲で数 10 K の大きさを持つ活性化エネルギーの存在が見られた。低温の電子状態に二種類異なるものが実現している事を示す。 $\Delta\rho/\rho_0$ は主に高温側に現われる負磁気抵抗に注目しているが、低 ρ 試料では 14 K で $\Delta\rho/\rho_0 < 0$ となり、 ρ の増大と共に負の領域がより低温側にほぼ連続的に拡がっている様に見える。ただし $\Delta\rho/\rho_0$ の磁場の層方向に対する

る異方性は、低抵抗の試料と高抵抗のそれでは逆転している様に見える。その意味で、電子状態の変化は両測定で共通に見出されていると考えられる。

半導体の金属型不純物伝導領域における $\ln T$ 依存性に対するモデル

東北大通研 伊沢義雅, 森田清三,
武内義尚, 御子柴宣夫

森田等の $n - InSb$ の極低温での抵抗測定には興味ある対数的温度依存性と大きな正の磁気抵抗が観測されている。これらの説明を試みる第1歩として, Free electron が normal impurity により散乱され, かつ electron-electron 相互作用が存在する系を考察し, 電気伝導度の対数的温度依存性の導出を行なった。さらに, 正の磁気抵抗に対する説明の試みをも行なった。

アンダーソン局在状態における状態内電子 相関及び状態間相互作用の効果

東大理 上村洸, 竹森直, 黒部篤

本講演では, (1) Variable range hopping における磁気抵抗と(2)スピン帶磁率, 電子比熱へのクーロン相互作用の影響について議論した。(1)については, percolation 法により磁気抵抗を計算し, 電子相関のもとでの四つの hopping 過程のうち, 二つが磁場を印加することにより抑制されることから正の磁気抵抗が生ずることを示し, $1T-Ta_2S_3$ とその合金系で観測された正の磁気抵抗がこの機構によって説明できることを示唆した。(2)については, アンダーソン局在状態間にはフェロ的な交換相互作用(軌道が直交していることによる)と配置間相作用による運動交換的な相互作用(反強磁性的)が存在することを示し, これらの大きさがほぼ等しいことから, 正, 負のランダムな値をもった交換相互作用が存在することを示した。次いで交換相互作用の分布にはポアツソン分布を仮定し, また singly occupied state (スピン $\frac{1}{2}$) が対に分れて相互作用すると云うモデルにたって, 一重項, 三重項の分裂に対応する比熱の異常を計算し, $Si:P$ や $1T-Ta_{1-x}Ti_xS_3$ 系でみられる異常比熱の磁場効果が ferro と artiferro のスピン対が適当に混在することによって説明できることを示した。またこの考え方で, 帯磁率が低温までキュリー則に従うことや磁化の H/T 依存性も説明できることを示した。

負 の 磁 気 抵 抗

学習院大理 川 畑 有 郷

金属領域の不純物半導体は一般に負の磁気抵抗を示す。これはアンダーソン局在の理論で説明出来るが、Ge, Siでは0.1 K以下で正の磁気抵抗に転ずる。正の磁気抵抗を説明するメカニズムの一つとして、従来考えられていた多体効果(福山, AAL)の他に、フェルミ面での状態密度の異常による不純物ポテンシャルのスクリーニングの効果を考える。ハートリー項のみを考えれば、フェルミ面より下の状態は押上げられ、フェルミ面での状態密度は増加しスクリーニングは強くなる。これを磁場で抑える事により、抵抗は増加する。計算の結果は、負の磁気抵抗をほとんど打消す程の正の磁気抵抗を与える。ただし、フォック項によりこの効果は%にまで減る可能性がある。

強磁場下のシリコン2次元電子系の局在

学習院大理 川路紳治, 若林淳一
森山次郎, 馬場俊祐

シリコンMOS界面に垂直に強磁場を加えると、エネルギー・ギャップを持つランダウ・サブバンド系が出来る。そして、各サブバンドの上端と下端に局在状態が存在し、低温でフェルミ準位が局在状態内にある場合には、 σ_{xy} は e^2/h の整数倍となることが Ando, Matsumoto and Uemura 理論(1975)によって導かれていた。われわれは、15 Tの磁場下でホール電流法により σ_{xx} と σ_{xy} を測定し、この「電子-正孔の対称性」を確認した。また、T = 1.5 ~ 12 Kの温度領域の σ_{xx} と σ_{xy} の結果から、これらの温度依存性は伝導電子濃度の温度依存性によることを明らかにした。

Si-MOSFET の Hall 効果の精密測定

吉広和夫, 木下攘止, 稲垣勝哉
山内睦子, 森山次郎, 川路紳治

低温、強磁界中におけるSi-MOSFETのHall効果を適当なゲート電圧の下で測定し、 h/ie^2 (i:整数)の値を精密に決定できそうだという実験が昨秋発表されたが、実在の実験条件下で何桁も一致する理論的根拠は今のところ明らかでない。そこで分解能7桁までの測定を、1.4 K, 10 ~ 15 Tの下で行ったところ、次のような結果を得た。

- 1) 長さ対巾の比が6~1までの5個の試料について、測定誤差の範囲内で $\rho_{xy}(i=4)=h/4e^2$ とみてよく、値は試料の形によらない。
- 2) $\rho_{xy}(i=4)$ と $2 \times \rho_{xy}(i=8)$ とが7桁まで一致するためには $\omega_c\tau(i=8) \gtrsim 15$ が必

要とみられる。これから、1.6.5 T 以上の磁界があれば、MOS 試料自体で、抵抗の絶対単位の誤差に制限されずに、 h/e^2 の関係の self test ができそうである。

強磁場下 2 次元電子系の電子局在 —— 数値実験とホール効果

筑波大物工 安藤 恒也

最近、強磁場の中の 2 次元電子系のホール伝導度 σ_{xy} が電子が局在する領域で e^2/h の整数倍に量子化される事実が話題を呼んでいる。理論的な基礎について考察した。その結果、強磁場の極限においては実験事実を説明出来ることがわかる。またホール伝導度の考察より強磁場の 2 次元電子系ではすべての状態が局在することはないことが結論できる。これは Abraham 等の一パラメータスケーリング理論がこの系では成立しないことを示している。移動度端を決めるために数値実験を行った。ランダウ準位の端付近では波動関数が指数開数的に局在していることが示され、またその領域は高いランダウ準位では少くなる。これは Si-MOS の実験を良く説明する。また散乱体の有効到達距離依存も調べられ、長距離力の場合にはほとんどすべての領域で局在がおこることが示された。

強磁場下 2 次元電子系の Landau 準位 Tail 状態の構造

東大・理 小野嘉之

サイクロトロン運動の中心座標 X に対する有効ハミルトニアンは、相対座標を積分して得られる。不純物が唯 1 つでガウス型（強度 V_0 , range a ）の場合、この固有値問題を解くことができる。但し、サブ・バンド間の遷移は、磁場が十分強いと考えて無視する。結果は、固有関数が、Landau 準位指数 N によらず $\Psi_n(X; X_0, Y_0) = C_n H_n [(X - X_0)/\ell] \exp[-(X - X_0 - iY_0)/4\ell^2 - Y_0^2/4\ell^2]$ で与えられる。 C_n は規格化定数、 $\ell^2 = c/eH$ 、 (X_0, Y_0) はポテンシアル中心の座標、 H_n はエルミート多項式である。対応する固有値は N により、 $\epsilon_n(N=0) = \omega_c/2 + V_0 [a^2/(a^2 + \ell^2)]^{n+1}$ 、 $\epsilon_n(N=1) = 3\omega_c/2 + V_0 \{[a^2/(a^2 + \ell^2)]^{n+2} - 1 + n\ell^4/a^4\}$ 等と求まる。この結果から、 δ -関数ポテンシアルの特殊性や局在状態の動的伝導度への寄与等を議論することができる。

計算機実験におけるアンダーソン局在

筑波大・物質 吉野 さやか

2次元不規則系として正方格子上のアンダーソン・モデルをとり、いわゆる $\log T$ 項に対応する項について計算機実験で調べた結果を報告した。通常非局在と考えられていた程度の不規則性を入れたサンプルをつくり、その固有関数を計算し、 $S_x(\eta, L) = \langle \alpha | V_x | \eta / ((E_F - H)^2 + \eta^2) | \alpha \rangle$ ($|\alpha\rangle$: 固有関数、サンプルサイズ $L \times L$) で定義される量の η 依存性をみる。(電気伝導度は $\sigma \propto g(E_F) \lim_{\eta \rightarrow 0} \lim_{L \rightarrow \infty} S_x(\eta, L)$) で得られる。) 周期的境界条件を課した方向で、Drude 則からのズレと $\log T$ 対応項からの寄与とを比較すると次のことがわかった。

- (1) バンド中心に E_F があると Drude 則からのズレは \log 的になるが、これはもともとバンド中心にあった \log 分岐点の影響と考えられる。
- (2) (1)での \log 分岐点の影響のないところに E_F があると、上記のズレの大きさは η 有限の範囲では $\log T$ 対応項 ($\log \eta$ 依存性) の大きさとだいたい合うが、 η が小さくなるとより高次の項との相殺で発散は起こらないと思った方がよいようである。

2次元構造型不規則系の電子状態

東北大・理 佐藤和弘、森田 章

構造型不規則系のモデルとして、イオンを剛体円盤としそのランダムな配置を分子動力学法で決め、一方電子は一電子強結合近似で扱って、電子の状態密度、平均自由行程、波動関数等を計算機シミュレーションの手法を用いて調べた。イオンは 196 個で系には周期的境界条件を課したが、その結果、(i) 平均自由行程 ℓ が平均イオン間距離 D より小さくなる (一般にバンドの両端付近) と電子の強い局在が見られ、(ii) $\ell \sim D$ 付近では狭い領域でのサザ波状の、また(iii) $\ell > D$ では (ℓ はイオン配置のランダムさの度合に敏感に依存するが) ℓ 程度の距離位相をそろえて進む波状の固有関数が得られた。しかし、Mott の提唱した易動度端の存在や、Abrahams らの主張する 2 次元不規則系における全固有関数の局在などの問題と、(i)～(iii)との関連についてはまだはっきり分らない。

Monte-Carlo Study of the Localization in the Exciton
Absorption Band

M. Schreiber^{A, B} and Y. Toyozawa^A

Institute for Solid State Physics^A, Universitaet
Dortmund (West Germany)^B

The Localization of the states in the exciton absorption band is analysed within the Franck-Condon approximation. Following the interaction mode method, a linear electron lattice interaction is introduced by a random potential of Gaussian distribution at each lattice site, originating from thermal vibrations.

From the resulting Hamiltonian (with diagonal disorder) eigenvalues and -vectors were calculated for different temperatures and coupling constants, and different sample sizes up to 1000 atoms of linear, square, and simple cubic lattices. Then the degree of localization for states of different energy was determined from the inverse participation ratio.

In this talk, the dependence of the localization length on exciton energy, on the disorder, and on the dimension of the lattice is analyzed in detail. In one and two dimensions all states are found to be localized, whereas in three dimensions localization sets in only after a critical value of disorder is exceeded.

ナフタリン同位体混晶系での励起子の挙動とアンダーソン転移

東大・工、物性研* 十倉好紀、国府田隆夫、中田一郎*

同位体分子性混晶のフレンケル励起子系は、理想的な置換型対角不規則系であり、不規則系素励起の局在・非局在の問題を考える上でよいモデル系となる。我々は通常のナフタリン分子 ($N-h_8$) と重水素置換した同位体分子 ($N-d_8$) との混晶系を作成し、そこで励起子バンドの局在・非局在転移を分光学的手法を用いて調べた。

この系での励起子バンドの局在・非局在を調べる微視的探針として、励起子と分子内フォノンの束縛局在状態であるバイブロン状態を利用した。この $(N-h_8)_x(N-d_8)_{1-x}$ 系の最大の特徴は $N-d_8$ 分子内フォノン中心のバイブルン V_d が、 $N-h_8$ 分子に由来するゲスト励起子と分子内フォノンとの散乱バンド (2Pバンド) の丁度中央に位置することである。混晶中では、2Pバンド中の励起子が非局在であるときのみ、この2Pバンドに埋もれた V_d は励起子と分子内フォノンの2粒子に解離し不安定化する。混晶バイブルンの反射スペクトルの形状解析より得られた結果によると、 $x \approx 0.11$ 以上で V_d は急に不安定化することが認められ、従ってこの濃度でゲスト励起子バンドがアンダーソン転移を起こすことが明らかとなった。また、この結果はEconomou-Cohenの局在判定条件とも定量的によい一致を示した。

2次元アンダーソン局在に対する自己無撞着理論 による磁気抵抗と一変数スケーリング則の破れ

東大・理 小野嘉之
物性研 吉岡大二郎、福山秀敏

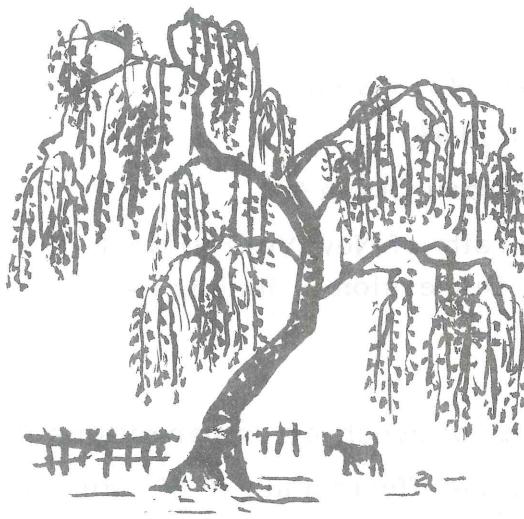
Vollhardt と Wolfle は磁場がない場合の2次元以下のアンダーソン局在を自己無撞着的に取扱う方法を提唱した。彼等は particle-hole 対称性を用いて、緩和核（あるいは、拡散係数の逆数）に対する self-consistent eq. を導いたのであるが、磁場があって、時間反転対称性が破れると、そのまま使うわけにはいかない。

particle-particle 拡散過程には $q \rightarrow q + 2eA/C$ の置換え、particle-hole 拡散過程の q は変わらないという準古典近似で磁場効果を取り入れることによって、2つの緩和核 ($p-p$, $p-h$ 拡散に関連) に対する連立方程式を導いた。強い局在領域でも負の磁気抵抗が得られる。この formulation の意味することは、一変数だけを繰込んでいくスケーリング理論は、時間反転対称性がなければ適当でないということである。

スピナー軌道相互作用と InSb の 低温領域における磁気抵抗

星野公三・福山秀敏

最近, Morita 等が InSb の磁気抵抗の温度依存性を実験的に詳しく調べ, 低温で正の磁気抵抗を示している試料が, より温度を上げてゆくと負の磁気抵抗を示すことを報告している。一方, 理論的には Kawabata により, 不純物散乱による量子論的補正が計算され, 負の磁気抵抗が得られているが, InSb の実験結果を説明するためには, 磁気抵抗を正にするメカニズムが必要である。InSb では γ -因子が非常に大きな絶対値を持つため, スピナー軌道相互作用が重要な寄与をすると考えられるので, 我々は不純物散乱およびスピナー軌道相互作用による磁気抵抗への量子論的補正を計算し, Morita 等の実験結果を定性的に説明できることを示した。



物性研究所談話会

日 時 1981年5月11日(月) 午後4時~

場 所 物性研究所Q棟1階講義室

講 師 平川 金四郎 (物性研)

題 目 二次元容易面型磁性体の相転移

— K_2CuF_4 の実験を中心として —

要 旨 :

Kosterlitz-Thoulessによる二次元XY型磁性体の相転移の理論的研究は、二次元Ising型磁性体でのOnsagerの解以来の画期的な進展であると言えよう。 4He の薄膜に於ける実験はこの理論を裏付けするが、磁性系に於てはまだ実証するに足る実験がない。本講演では先づ、この転移のもつ特徴的な理論的背景を紹介し、次に K_2CuF_4 に於ける相転移が、このK-T転移主導型のものであるということを、多くの実験(中性子散乱・磁化測定等)を基にして紹介する。

日 時 1981年5月18日(月) 午後4時~

場 所 物性研究所Q棟1階講義室

講 師 Prof. Yoshiharu Okaya *

State University of New York at Stony Brook

題 目 Anomalous Dispersion : Studies using Synchrotron
Radiation

要 旨 :

The tunability of synchrotron permits us to carry out extensive studies on the effects and use of anomalous dispersion in X-ray diffraction fields. The present status of such studies with special reference to computer-based instrumentations will be discussed.

* Presently at : KEK; National Laboratory for High-Energy Physics, Tsukuba

日 時 1981年5月21日(木) 午後4時~

場 所 物性研究所Q棟1階講義室

講 師 M. H. Pilkuhn

Stuttgart University

題 目 HIGH EXCITATION PHENOMENA IN SILICON

要 旨 :

The indirect semiconductor silicon has become an interesting material for the study of effects occurring at high optical excitation. Recent results on biexcitons and multiple bound excitons, as well as electron-hole-drops and electron-hole plasmas will be presented and discussed.

Biexcitons are formed at moderate excitation intensity, and recently we have observed the total radiative annihilation of biexcitons. The binding energy of the biexciton will be discussed. In the presence of shallow impurities, bound multiple exciton complexes can form, and their properties are briefly reviewed. Recently, four-particle recombination (two electron-pairs) was observed for these multiple bound excitons.

At high excitation intensity, a phase transition to electron-hole droplets can be conveniently studied in silicon for band structure changes induced by uniaxial stress. New experimental results on phase diagrams, ground states and critical points for stressed and unstressed silicon are presented. They are used to demonstrate the existence of scaling relations between ground state and critical properties for electron-hole liquid condensation.

Above the critical point, an electron-hole plasma can be observed in silicon. Some recent results on the properties of these plasmas are discussed, in particular, the density of

electron-hole pairs and its temperature dependence. The problem of a "Mott-transition" from excitons to electron-hole plasmas will be discussed.

日 時 1981年5月22日(金) 午後4時~

場 所 物性研究所Q棟1階講義室

講 師 Prof. A. Zawadowski

(Central Research Institute for Physics, Budapest,
Hungary)

題 目 Theory of Electron Scattering on Two Level Systems
in Metallic Glasses

要 旨 :

The concept of two-level-system (TLS) is shortly reviewed. The experimental evidence for interaction between conduction electrons and TLS is discussed. A general model is outlined where scaling dependence on the conduction band cut-off holds. The crossover temperature T_K is calculated at which the motion of the tunneling atom and the conduction electron charge polarization cloud is gradually coupled together. The parameters determining the transition temperature are estimated and $T_K \sim 1-5$ K may be achieved. Using the data of the present ultrasound measurements on superconducting materials the couplings can be estimated. It is shown that the formation of bound state provides a realistic explanation for the electrical resistivity minimum and for the inelastic electron scattering rate relevant in localization theory for thin wires.

(The work has been carried out in collaboration with K. Vladár.)

日 時 1981年5月25日(月) 午後4時~

場 所 物性研究所Q棟1階講義室

講 師 芳田 奎 (物性研)

題 目 4スピン交換相互作用についての考察

—NiS₂のスピン構造—

要 旨：

Pyrite 構造をもつ反強磁性体NiS₂は、従来のHeisenberg型スピン・ハミルトニアンでは理解できないいくつかの特性を示す。高温相($T < T_N = 40\text{ K}$)では、スピンは第1種の反強磁性秩序配列をとるが、 $T = T_C = 30\text{ K}$ で1次転移をし、第1種と第2種が共存した複雑なスピン構造に変わる。さらに、この低温相では、複雑な反強磁性スピン構造に付随して、弱い強磁性が[001]方向に発生する。

このような特異な反強磁性を理解する目的で4スピン相互作用が働いているfccスピン格子をもつスピン系の安定なスピン構造をさぐる。

日 時 1981年6月1日(月) 午後4時~

場 所 物性研究所Q棟1階講義室

講 師 松本 元 (電子技術総合研究所)

題 目 非平衡系としての神経

要 旨：

生体系は明らかに平衡から遠く離れた系である。従って、生体系の示す生命現象を非平衡熱力学の立場から捉えられないかというの、ごく普通の発想であると思われる。ここでは、生体現象のうち、神經興奮現象をとり上げ、これが平衡構造から散逸構造への転移として捉えられるという実験的根拠を中心にお話したい。

日 時 1981年6月8日(月) 午後4時~

場 所 物性研究所Q棟1階講義室

講 師 豊沢 豊 (物性研)

題 目 量子力学の解釈問題と観測過程の物性論

要 旨：

波動関数の自乗が存在確率を与えるという量子力学の公理は、このミクロ系を観測してマクロ系の信号にかえるという操作があつて始めて意味をもつ。しかしミクロとマクロをつなぐこの観測操

作自体がやはり量子力学で記述さるべき客観的過程であるにもかかわらず、その物理的な堀り下げが充分行なわれていないばかりに、それを認識という主観的操作にすりかえるコペンハーゲンの立場が今も正統的解釈とされている。

我々はそれと異なり、可逆的な力学法則から非可逆的な熱力学を導びく統計力学と同じ思想で、観測過程の非可逆性と位相喪失を物性論的に考察し、混迷を続ける量子力学の解釈問題に一つの視点を提供したい。

* 題目が変更になりました。

日 時 1981年6月15日(月) 午後4時~

場 所 物性研究所Q棟1階講義室

講 師 Prof. R. A. Ferrel
(University of Maryland)

題 目 Updating the Newton-Laplace Theory of Sound :
Dynamic Scaling of Critical Attenuation

要 旨: In 1816 Laplace corrected Newton's calculation of the speed of sound by noting that a pressure wave in a fluid produces adiabatic heating and cooling. Over one hundred years later Rice and Herzfeld pointed out that these temperature variations produce sound attenuation in polyatomic gases. This is because the internal vibrational modes require time to come into equilibrium, resulting in hysteresis and energy dissipation. J. K. Bhattacharjee and I have built a theory of critical ultrasonic attenuation based on this very same idea. In place of internal vibrational modes we are dealing with the Fourier components of the order parameter having a continuous distribution of relaxation rates. The mathematical details of this theory are contained in the frequency dependent specific heat, which is determined a priori from thermodynamic and hydrodynamic data. The resulting predictions of critical attenuation and dispersion are in excellent agreement with experimental measurements.

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) 研究部門名及び公募人員数

極限物性部門 極限レーザー 助手 1名

(2) 研究分野及び内容

本研究所では現在 塩谷、矢島、黒田、渡部の4所員を中心とするグループが極限レーザー開発計画を推進している。この計画は短波長化、超短パルス化、広域波長可変化などの極限的性能を目指した物性研究用大出力レーザーシステムの研究開発並びに関連した量子光学、光物性の研究やX線レーザーの基礎研究を行うものである。今回の助手は、特に短波長領域の大出力ガスレーザーシステム（電子ビーム及び放電励起）の開発に重点をおいた研究を、主に渡部所員に協力して推進することが要請される。

(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56年8月20日(木)

(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
- 主要業績リスト（必ずタイプすること）
- 出来れば主要論文の別刷

(2) 応募の場合

- 履歴書
- 業績リスト（必ずタイプすること）
- 主要論文の別刷
- 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 人事掛

▼ 106 電話 (402) 6231 · 6254

(9) 注意事項

極限レーザー助手公募書類在中、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 中嶋貞雄

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) 研究部門名及び公募人員数

極限物性部門 超低温物性 助手 1 名

(2) 研究分野及び内容

本研究所では現在 大野、永野、生嶋、石本の 4 所員を中心とするグループが、本研究所将来計画の一つである超低温物性開発を遂行中である。

今回の助手は主として大野、石本所員と協力して 2 段核断熱消磁冷却によって、マイクロ度前後の超低温の開発とその温度での物性研究を意欲をもって推進することが要請される。超低温領域での実験の経験は必ずしも必要としない。

(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 56 年 8 月 15 日 (土)

(6) 就 任 時 期

なるべく早い時期を希望する

(7) 提 出 書 類

(イ) 推薦の場合

- 推 薦 書（健康に関する所見を含む）
- 履 歴 書
- 主要業績リスト（必ずタイプすること）
- 出来れば主要論文の別刷

(ロ) 応募の場合

- 履 歴 書
- 業績リスト（必ずタイプすること）
- 主要論文の別刷
- 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 人事掛

▼ 106 電話 (402) 6231 · 6254

(9) 注意事項

超低温物性助手公募書類在中、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 中 嶋 貞 雄

軌道放射物性部門および研究施設よりのアナウンスメント

物性研SOR将来計画で建設を予定しているビームラインの分光器、試料室、検出器、データ処理系および電子ストーリジリングの設計製作に御協力いただける方を募集しております。旅費については物性研嘱託研究員に申請致します。なお将来計画についての御質問、御意見を歓迎致します。

また SOR物性および電子ストーリジリング加速器技術に興味を持つ若手研究者の方で、昭和57年度日本学術振興会奨励研究員、流動研究員等に応募を考えておられる方は物性研・神前、菅、宮原まで御連絡下さい。

連絡先 神前 03- 402- 6231 内 665
菅 0424-61- 4131 内 328
宮原 " 内 307

人 事 異 動

発令年月日	氏 名	異 動 事 項	現(旧)官職
56. 6. 1	森 田 浩	(昇 任) 千葉大学工学部講師	元 物性研助手
56. 5. 19	長 倉 三 郎	東京大学名誉教授	元 教 授
"	齋 藤 喜 彦	"	"
"	本 田 雅 健	"	"

昭和56年度 前期短期研究会予定

研究会名	開 催 予 定 期 日	参 加 予 定 人 員	世 話 人
アモルファス 金層固体物理 の展望	8月31日 (1日間)	70名	溝 口 正 (学習院大・理) 井 野 博 満 (東大・生研) 竹 内 伸 (物 性 研)

Technical Report of Issp 新刊リスト

Ser. A :

- No. 1129 On the Spin Structure of Two-Dimensional Wigner Solid, by Jun'ichiro Hara and Hidetoshi Fukuyama.
- No. 1130 Relaxation Processes from Higher Excited States of Self-Trapped Excitons in Condensed Neon, by Tohru Suemoto and Hiroshi Kanzaki.
- No. 1131 Multi-Channel Solid-State Detector, by Y. Nakano, T. Fukamachi, H. Kotani, H. Hirata, S. Hosoya and Y. Iitaka.
- No. 1132 Theoretical Studies of Underlayer Chemisorption I: Electronic Structure of Ti_6 and Ti_6N Clusters, by K. Shinjo, S. Ohnishi, M. Tsukada and S. Sugano.
- No. 1133 Dimerization and Solitons in One-Dimensional XY-Z Antiferromagnets, by Takashi Nakano and Hidetoshi Fukuyama.
- No. 1134 Consideration on Four-Spin Exchange Interactions in fcc Spin Lattice with Particular Reference to NiS_2 , by Kei Yoshida and Satoru Inagaki.
- No. 1135 Radiative and Nonradiative Recombination Processes in Hydrogenated Amorphous Silicon as Elucidated by Optically Detected Magnetic Resonance, by Kazuo Morigaki, Yoshio Sano and Izumi Hirabayashi.
- No. 1136 Large-Amplitude Quasi-Solitons in Superfluid Films, by Susumu Kurihara.
- No. 1137 Radom Off-Diagonal Exchange Interaction in $Fe_{1-x}Co_xC1_2$, by Kazuo Nakanishi.

No. 1138 Cross Relaxation Effect in the Polarization Spectroscopy of Condensed Phases, by Yoichi Taira and Tatsuo Yajima.

No. 1139 Effects of Mutual Interactions in Weakly Localized Regime of Disordered Two-Dimensional Systems I: Magnetoresistance and Spin-Susceptibility, by Hidetoshi Fukuyama.

お わ び

前号に掲載いたしました「短期研究会予定」
(p. 36) の中で、「マグネタイトの低温相」
研究会の司会人の表から溝口森二氏(東大・理)
のお名前が、校正の手違いから、落ちていまし
た。御迷惑をおかけしましたことをおわびいた
します。

(斯 波)

編 集 後 記

本号は、前号の芳田前所長にひきつづき、中嶋新所長の原稿をいたしました。御二方とも物性研の将来計画について書いておられます
が、本号では、これに関連して、低温液化室の増強と、C棟建築計画
についての説明を書いていただきました。近い将来、将来計画による
研究の成果を物性研だよりに掲載できるのではないかと期待していま
す。

〒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

吉 岡 大二郎

竹 内 伸

