

北大物理教室物性関係研究グループの横顔

編集 堀 淳 一 (北大理)

1. まえおき

北大の物理では講座と無関係に研究グループが組織されていて、教室の運営もグループを単位として行われています。特集記事の1つとして各グループの紹介を、と思いましたが、研究テーマの羅列では面白くない、といつて先生方の人物評論など面白く且つさしさわりのないように書く腕もない、というわけで考えあぐねていたところ、幸い1964年6月の大学祭の行事として学生が作った小冊子の中に、うまい記事がみつかりました。各グループで行われている研究について、世界における現在の動向、その中での日本の位置、及び北大の役割を解説してほしいという学生の注文に応じて、各グループの有志が書いたものです。研究内容についてはあまりくわしくはありませんが、グループの個性がよく出ているように思いますので、それを借用することにしました。不必要と思われる部分は一部省略しましたが、もともと上記のような注文に対して書かれたものなので、なお冗長なところや、やや本誌向きでない表現などが残っているかと思えます。この点は御了承をお願いします。

極低温グループ及び結晶物性グループの中の有機半導体に関する部分は、上記の冊子では落ちていましたので、渡辺 昂、水谷 寛両氏に別に原稿を書いていただきましたから、そちらを御覧いただきたいと思えます。

研究室のスタッフには、北大物理教室の慣例に従って、大学院DC学生まで含めてあります。

2. 結晶物性グループ

スタッフ：水谷 寛，三井利夫，中村英二，塩崎洋一，山口成厚，坂西明郎，
茂木 博。

A 強誘電体

普通、誘電体を電場の中に入れて電場に比例した分極が生じる。ところ

堀 淳一

がロツシエル塩ではこの比例関係が成り立たず、電場をゼロにしても分極はゼロにならない。この他誘電率が非常に大きく空気の数千倍にもなる。又、大きな圧電効果があることなど奇妙な性質を多く持つている。こうした奇妙な性質は何故おこるか。この問題の追求が強誘電体研究の第1の主題である。

第2の主題は強誘電体がどのように役立つ利用できるかということの追求である。例えば水中にある物体—潜水艦，魚群，海面下岩や冰山など—の探知にロツシエル塩などの圧電効果が利用される。この為、強誘電体を含む圧電効果を示す物質が、戦前から戦争中に系統的に研究された。

強誘電体の研究が行われている国は、大体他の分野の物性研究が盛んな国と一致している。アメリカを筆頭にソビエト，フランス，ドイツ，イギリス，スイス，チェコ，ユーゴ等。それに日本である。しかし、日本では大学に強誘電体の研究室があるところはあまり多くない。北大にはその数多くない研究室があることになる。ここでは、最初にあげた2つの主題の内、第1の主題の追求が行われている。普通強誘電体は高い温度では強誘電体的ではなく、温度を下げていくと相転移がおこり、強誘電的になる。この相転移のメカニズムを実験的に調べることが目的である。実験の手段としては、X線や広い周波数帯域にわたる誘電率測定，磁気共鳴などが用いられている。例えばチタン酸バリウムは、古くから知られ、又、構造が比較的簡単なため進んだ段階の理論があたえられている。その1つとして最近格子力学にもとづく理論が提出されているが、その限界を探る試みの1つとして、X線によつてイオンの振動の様子を詳しくしらべる実験を行つている。同じチタン酸バリウムで、その1部を他の原子で置きかえ—例えば、バリウムをマグネシウムに—その性質の変化から強誘電性の起源をしらべることも行われている。又、他の例は水素を含む強誘電性を対象としたものである。水素の持つている核磁気による共鳴の様子が、水素の運動状態によつて変化するのを利用して、その変化と誘電率の周波数分散から、イオンや原子団の運動と強誘電性との関係をしらべている。この他、強誘電相があらわれる温度の附近では、双極子の間の相関が大きくなり、分極のゆらぎが異常に大きくなると考えられるが、それが誘電率の周波数分散にどうきくかを確かめる試みも行われている。

これらはいずれも、原子論的立場から、より高い段階の理論を形づくるため

に必要なデータをあたえているわけであるが、これと平行して、基礎となる巨視的な諸量の間関係を求める現象論的段階の理論に対応する実験も必要に応じて行われている。(中村)

B 有機半導体

別項 「有機半導体の研究」参照。

3. 雪氷グループ

スタッフ：東 晃，荒川 淳，六車二郎，梅津藤市郎，前 晋彌，
福田明治。

雪氷研究室の基礎は、故中谷宇吉郎先生がこの物理教室創立と共に、雪の結晶の研究を始められ、人口雪の製作によつて雪の結晶形をきめる諸条件を明らかにされた仕事以来の伝統の上に立っている。雪の研究は、積雪の面では低温科学研究所に、降雪の気象学的面では地球物理学教室に移つていつたが、氷の研究は最近の物性物理学の脚光をあびて、この研究室の主要研究題目となつて

いる。

氷の研究の主な推進力は、取扱う学者の立場、各国のおかれている寒冷の環境により異なる。物理学者は氷の結晶構造の解析、結晶成長といつたことに関心をもち、いわばこの世の中に豊富にある水という物質の固体の状態に対する純学問的興味から研究するといえよう。一方、氷河学者の方は地球上に特別な景観を作つている氷河の存在から出発し、氷河の現在の状態を気象学、気候学、地質学、地球物理学、物理学のあらゆる知識と方法を使つて究明しようとする。最近の氷の研究の一番の原動力になつているのは国際地球観測年に始まる極地への関心、それに伴う氷河学の著しい発展である。氷河学自身も最近の固体物理学の発展によつて著しく影響を受け、氷河の流動について物理学的基礎が与えられた。日本では北大低温研、当研究室でこういう意味の物理学的研究が進んでいる。

氷の研究に使われる方法は、他の金属やイオン結晶等のような固体結晶物質に使われる方法と余り変りはない。唯、氷は 0°C という低い温度で融けるので大抵の仕事は低温度の中でしなければならない。研究室で集中的にしている仕事は、氷の結晶の塑性的性質を結晶中に存在する格子欠陥、特に転位と結びつ

堀 淳一

けて明らかにしようということである。どんな物質でもその物性研究を進めるにはその対象物質の純粋な単結晶を得ることが必要である。氷の場合もその例にもれず、質の良い氷の単結晶の大きなものを人口的に作ることは案外むづかしく、今まで二、三の試みはあるが、組織的な研究に役立つほど大量に作られたことはない。ところがアラスカのメンデンホール氷河に大きな単結晶が産出することが15年程前に偶然発見され、アメリカ雪氷凍土研究所で調べられた結果、この単結晶は光学的にはもちろん、X線解析によつても極めて良質のものであることが解つた。故中谷先生が10年前、前記研究所でこの単結晶を使つて氷の塑性について非常に巾の広い研究をされた。

氷の固体物理的研究が動機となり、氷の巨大単結晶を多量に採取して持ち帰ること、又、氷の巨大単結晶が氷河においてどうして出来るかということを知り、これを解明する目的から1960年に第1次アラスカ遠征隊が、又1964年第2次隊がおくられた。

氷の天然単結晶は現在我々が研究を進めている氷の物性研究のための材料として最も純度が高く不完全性の少ない結晶であり、第1次隊の持ち帰つたものがその後の研究に大いに使われ、残り少なくなり、第2次隊は約1トンの採取を目標とした。巨大単結晶から様々の軸方向を持つ棒状の試料を切り出し、曲げ変形、引張り試験をやり塑性クリープや降伏の仕事が進められている。これから応力歪曲線が得られ臨界剪断応力を知り転位の発生、増殖の機構をさぐる事が出来る。又、結晶中の転位の挙動を観察するために、氷の表面の腐食孔の顕微鏡による研究が、又、X線による結晶格子の乱れの研究が行われている。又、内部摩擦やトリチウムによる自己拡散の実験により、氷の結晶中の格子欠陥の様子が次第に明らかにされつつある。将来の問題として考えられているのは、氷の結晶の電氣的性質の研究、つまり、氷の結晶の水素結合、イオンの欠陥と関連して誘電的、半導体的性質の研究、氷の結晶の変態の研究、つまり結晶の六方から等軸への変態点の不明確な点、ガラス状氷等をX線、電子線回折比熱測定等により確かめ、又、高圧下の氷の物性を調べる、氷の結晶成長の研究つまり液体や固相からの結晶成長機構の解明、人工製作におけるいろいろのコントロールのことなどである。

氷のように我々の身近かにある物質の物性が、今日まで余りよく調べられて

いながつたのはむしろ驚くべきことで、世界的にも特異な存在である氷の研究室として未開拓の氷の物性分野をきり開いている。 (六 車)

4. 磁気グループ

スタッフ：宮原将平，三井惟靖，官台朝直，近藤広光，岡田卓也，木野幸治
堀内純子，阿蘇興一

物理の広い意味での最先端は核物理と物性物理（固体物理）との2分野にわかれると思います。最近生物物理という分野が現われていますが、物理とはいきれません。ただ分野を細分化していく事に意味があるかどうか疑問です。専門分野としてマグネがあるのではなく、研究する場合に固体をこの方法でとらえるのです。今世界では磁性の面から固体がどの様にできているかを研究しており、基礎的な方面はスピノオーダーをつくっている物質を明らかにすることで応用につながる事を考えていません。応用的面では磁性材料を扱っており、それを物性の基礎的な面に翻訳しています。アメリカ，オランダは応用につながる方向が盛んで、フランス，英国は純粋にアカデミックな研究です。日本は両方をやっていますし、ソ連も同様だと思いますが、研究論文は応用面が多い様です。

磁気の研究では戦前、日本は世界の第1級でしたが、戦時研究のためかなり遅れました。しかし現在はとり戻しており、アメリカ，フランスをAクラスとすれば、Aクラスの下位といえるでしょう。これは、色々な方面を平均しての話で、ソ連，オランダなどもこのあたりだと思います。日本の磁気の特徴といえますと、磁気構造と酸化物の結晶構造との関係を研究している点で、理論面で大阪の永宮さんが酸化物を中心に世界一級の仕事をしています。又、永宮さんにより国際的な磁気化合物の本の出版が計画されています。実験面ではややおくれています。応用はどうかといえますと、アメリカにかなり遅れています。一例をあげますと、クロームの臭化物が強磁性を有することを東北の広根研究室が発見しましたがこれが実用化されたのは、アメリカのBell Telephone Laboratory によつてで、そこには数千人の研究者をかかえています。それでも規模は州立程度だそうです。新磁性化合物は日本でつくられたものが何割かを占めています。

堀 淳一

現在磁気の研究室は、北大、東北金研（広根）、東大（飯田）、物性研（近角）、京都（高木）等があります。北大ではかつて機械が不足のため研究がおくれていましたが、今回はかなり買入れることが出来ました。赤字が100万円程出まして、これをどうやつて払うか思案しています。

極低温の設備が物理教室にできましたのでこれから期待されます。日本の低温は非常におくれていまして、液化ヘリウムの使用度などは、アメリカに比べるにも比べようがありません。テーマとして「化合物、酸化物、金属の磁気の測定」が行なわれています。物がありませんでしたが、大学院生に優秀な人が多く、成果は非常なものがありました。近角研究室、電気試験所、NHK、松下研究所などで、磁性材料を作っているところは、すべてこの研究室に関係があるといえます。しかし録音テープを開発しているソニー、日立などに北大からも行つておりますが、教室では一緒に研究していたのに、会社利益のため、意見交換もできず、秘密にし合つており、かえつて発展がとめられている点があります。

北大では基礎的なものだけです。理論面では、物性理論研究室がありますが、磁気にはそれ程興味がない様で、数理物理の面から堀さんが格子振動を扱っております。私達は直接理論を研究しているのではなく、自分のやつていることは理論的に解釈できるようにしています。中性子回析が世界の動向となつていますが、北大出身の浜口さんは原研で中性子回析を専門にやり今は日本の權威となつています。剪性関係は茅先生がいた頃はやつていましたが、今はやつていません。渡米中の三井さんが帰つてくれば、超高圧の方面が専門なので、物質の極端な条件のもとにおける質的変化を見ることも面白くなると思います。

（宮原談）

5. 物性理論グループ

スタッフ：戸谷富之、篠原正三、渡辺 宏、武野正三、堀 淳一、朝日 孝、福島正久。

物性理論とは何ぞや、という問いに一般的に答えることは難かしい、定義がはつきり決つているわけではなく、人によつて考えが千差万別であるから、最も広い解釈に従えば、原子核と素粒子に直接には関係しないすべての物理の理

論、ということになるし、最も狭く解釈すれば固体物理学のことである、ということになるが、北大の物性理論グループでやっている物性理論ということに話を限れば、かなりはつきり答えることが出来る。グループのメンバーが興味をもっている対象は極めて多岐にわたり、素粒子論や原子核論と密接な関係をもつ散乱の理論や群論的分光学から、統計力学、極低温現象、不可逆現象に本来の固体論は勿論、熱力学、流体力学や光学機械の理論にまで及んでいるから上の広い解釈の方があてはまるのである。ただ現在グループの中心的なテーマになつていて、論文が実際に出ている分野は、固体分光学と結晶格子力学の2つにしばられるので、この2つについて説明することにしよう。しかしこれはたまたま研究の手がかりとしてこれらの対象が選ばれたのにすぎないのであつて、このグループの研究には、ある特定の物質の性質の説明または予測に終るものは少ない。今なされている仕事もその本質的な内容は分光学とか格子力学という枠にしばられた狭いものでなく、理論物理全般に対して基礎的な知識を提供し得るものであることを強調しておきたい。

原子や分子の分光学に平行して、固体の分光学も1929年の有名なH. A. Betheの論文以来、実験理論両面から広汎に研究されている。その研究が物理学全体の進歩に貢献している面は極めて大きい。実験的研究は研究所に密着した伝統や、研究の必要に応じて生み出される特殊技術者と理論家に依存する度合いが極めて大きい。日本ではそれらの面が予算の不足などから充分には満されていない。このような環境で実験と理論は浅い関係の中に発達している。理論を専攻しているものは実験設備という附属品を持ち歩かないで済むという身軽さもあつて、予算はあるが、理論家の不足をかこつたり、その理論家の提唱する実験を手がけようとする海外の研究者の指導、協力のために、国際的な規模でコンサルタントとして活躍している。渡辺もその一人である。

結晶格子力学はBornやDebyeの有名な研究に端を発して40年の歴史をもち、固体論の重要な部分の1つであるが、その性格が比較的地味であることと、Debye-Bornの研究から大きく前進するためには、実験技術の飛躍的な進歩が必要であつたため、固体物理学の他の分野の華々しい進歩のかげにかくれ勝ちであつた。しかし最近になつて一方では中性子回析や γ 線散乱等の新しい実験方法が開発されて来、また他方では物理現象の不可逆性の問題のよう

堀 淳一

な基礎的な問題が活潑に研究されるようになり、その手がかりとして格子系が見直されるようになって来たために、格子力学が再び物性物理の1つのフロンティアとして注目されるようになった。1963年夏に、Debye, Bornの両パイオニアを迎えてコペンハーゲンで結晶格子力学の国際会議が開かれたのはそのあらわれである。しかしこのようにタイミングよく国際会議が開かれた背景には、Born-Debyeの仕事を受けついで地味な研究を続けて来た多くの人達の努力の積み重ねがあつたのである。

日本では“はやらない”問題の研究をコツコツ積み重ねていくという雰囲気がないため、格子力学の研究者はほんの一握りの少数派にすぎなかつた。そのため日本での研究は非常に立ち遅れており、実験方面では今でも殆んどゼロに等しい状態である。しかし理論の方では京都、東京及び仙台などに自分の問題としてこれに取り組んでいる人達が少しづつおり、北大物性理論のメンバーと一緒に“格子力学グループ”を作つて研究を重ねていたので、数は少ないが、質的には世界の水準に比べて劣らない研究を上記国際会議で発表し、またほぼ同じ時期に今までの成果をProgress of Theoretical Physicsの特集号としてまとめることが出来たコペンハーゲンには北大から戸谷、武野、堀の3人が出席したが、戸谷の電子論から出発した格子振動の理論が満場の注目の的となり、武野も各国の学者にひつぱりだこだつた。また日本の格子力学グループ全体としても、上記特集号が最近の格子力学のreviewの1つとして高く評価された等、その仕事が正当に認められたといつてよいであろう。

日本における結晶格子力学の研究においては、北大は少くとも $\frac{1}{3}$ のウェイトを占め、1つの研究センターになつている。その特徴は、少人数の割に研究がvarietyに富み、各研究者の個性がゆたかなことである。戸谷さんは多体問題に正面からとりくむorthodoxな理論を得意とし、武野は猛烈な計算を行つて沢山の問題を片端から片付けてゆくエネルギーシユタイプ、朝日と堀はなるべく計算せずに色々な問題を統一的に解決する方法を考えるのが好きである。

(堀、渡辺)

6. 極低温グループ

スタッフ：渡辺 昂，鈴木広良，

研究内容については別項「札幌から」参照。

7. 分光グループ

スタッフ：林 正一，星野了介，中島春雄，佐藤信安，上野時宏，笠原 勝
芦田 章

現在の物性物理の最大の特徴の一つが極めて急速な実験的方法の進歩とそれに対応する新しい研究態勢にあることは洋の東西研究室の規模の大小をとわず必然的な流れとなつている。

物理の中での分光の実験は光と電波の領域で盛んに進められている。しかも常に新しい周波数（波長）領域へ、新しい方法によるより微細なエネルギー構造の探求へと進むいわば“縦の前進”と物理学の新しい面への応用と云う“横へのひろがり”とが休みなく続けられている。縦の前進という面は充分な経済的技術的背景を必要とするので、戦後だけを考えると、イギリス，フランス，ドイツ，ソ連等で幾つかの基礎的な前進がみられた外は、もつばらアメリカで進められている。特に電波分光の分野では原子（分子）線以来原子核，物性両方の強固な実験的基礎の上に発展して来ているのはアメリカだけと云えるからである。

戦後日本の技術が飛躍的に発展した為、物性実験の分野での諸外国からの遅れは著しく短縮され、或る面では充分対等とみなされるように迄なつた。分光学の固体物性への応用という面では、日本は質量ともに世界のトップレベルにあるものと確信している。ただこの方面での縦の進歩への寄与は将来への課題である。

我々の研究室でも光と電波の両分野が固体の物性を対象に進められている。

（光の分光） Cu_2O と NiO との吸収スペクトルの研究が主要テーマになつている。 Cu_2O の水素類似の吸収スペクトルは、我々並びにソ連，フランスで独立に見出された。これは exciton のもつともきれいな例といえる。最近迄は活潑なデータの蓄積が行われて来た。この方面では Elliot による優れた

堀 淳一

理論的解析があり、豊沢の吸収線の形に対する理論も注目されている。Cu₂Oでは3種類の水素類似の吸収スペクトルがあり、excitonとして疑わしいものもあるので実験的に調べている。又n=1に相当する吸収線には疑問の余地がある。吸収線の形に対する豊沢の理論の検証結果はやや否定的であつた。impurityを含んだ場合の吸収線の結果は目下検討中である。

NiOについては、バンド理論では導体実験的には絶縁体と云う奇妙な結果に端を発し、その電子構造を探るため吸収スペクトルを研究している。G.E.の報告とLowの理論で見出していない吸収線群がとらえられている。このことは測定手段の相違によるものと考えられ、分光写真器による測定の存在意義を改めて自覚している。この新しい吸収線群には興味ある性質が見出されており、完成途上にある分散の大きな凹面回析格子によるヘリウム温度での測定に期待している。

(電波分光) 固体内の電子や原子核の磁気モーメントをゾンデとするESR, NMR等はミクロな磁氣的相互作用をよく反映し、物質の磁性や磁氣的転移の源を探る重要な手がかりとなる。強(フェリ)磁性体の内部磁場の問題はMössbauer効果やNMRでミクロな側から追求されている。

我々は金属間化合物(Mn_xS_nなど)をNMR, ESRなどで研究している。又錯塩(Ni(C₅H₅)₂, Ni(CN)₂NH₃など)での電子-核間の相互作用及び分子運動の影響の研究などもこの部類に入るものである。

磁性体以外でも、結晶内の原子や電子の配置(その運動)その他相転移などを研究するにも有力な手段である。今迄にNMRを通じての強誘電性の機構の解明への試み(TGSなど)、分子の対象性とその環境による回転転移の変化(Ni(CN)₂NH₃・C₆H₆など)などが研究されて来た。金属の伝導電子の核の周りでの分布を調べる為にはNQRが準備されている。

最近液体ヘリウムが使用可能となつたので、今迄の研究の延長や新しい研究の計画が大いにスピードアップされるものと期待している。ここ半年の内にENDORも使用出来るようになる見通しなので、新しい方面の研究もどしどしやつて行きたいと念じている。

最近物性全般に汎つて分光的な方法や知識が益々必要とされて来ている。

北大の内外を問わず他の研究室とも密接に連絡をとり情報や試料の交換を盛にし、多体問題を含めて物性の究極的な問題に寄与するのが固体物性での分光学の当面の役割と信じて頑張っている。

(中 島)