

教 室 紹 介 －北海道大学の巻－

「どこでどんなことをやっているのだろうか？」

これは、教室紹介Ⅰ，京大物理第1教室の巻の巻頭の部分の言葉である。

このようなことは、実は、大きな(or, 辺鄙な?)大学では、学内でも聞かれる声ではないだろうか?そんなこともあり、今回、北大の巻では、物理教室に加え、各学部、研究所 etc. に散在する物性論に関係深い研究室に声をかけて、集って来たのが以下に登場する研究室群である。原稿は、各講座ごとに執筆者も含めて自由に書いていただき、記事構成上の調整のみ世話人が行いました。

§ 理学部 物理教室

現在物理教室では15のグループに分かれている。内訳は素粒子，原子核，宇宙の3つの理論グループと磁気，結晶物性，極低温，高圧物理，物性理論，荒川，市川，山本，林，中島，三本木，朝日の12の物性関係のグループである。荒川以下個人の名前のついている研究室はスタッフが一人の個人グループである。

磁気研究室

構成メンバーは、宮原(教授)，宮台(助教授)，持田(助手)，田附(助手)のスタッフ4名，DC 5名，MC 2名，研究生2名です。

現在の研究内容は、以下に紹介しますように大体三つの方向があります。

1) 金属－絶縁体の境界物質の磁性と伝導

このカテゴリーに属する物質として、パイライト型二硫化物系， SrRuO_3 系， V-Cr-S 系を扱っています。パイライト系では， NiS_2 ， CoS_2 ， MnSe_2 ， MnTe_2 などを対象にしています。 NiS_2 は，高圧下で金属転移を示す典型的物質として興味をもたれていますが，われわれは，低温の弱強磁性領域の磁性と伝導を調べています。しかし得られたデータが非常に複雑で一筋なわけではいきませんが，何か新しいものが出ることを期待してしつこくねばっています。永田は， NiS_2 の磁気トルク，熱膨張の仕事を終えて，現在磁歪の測定に取り組んでいます。菊池は，滝沢・永田の仕事を引き継いで中性子回折を行

い磁気構造を明らかにしました（中性子回折については、物性研の平川、伊藤両先生の御協力をいただきました）。以上に用いた試料は伊藤の育成した大きな単結晶です。福井は、 NiS_2 単結晶のホール効果を測定しましたが、 T_c 以下で複雑なふるまいを見出し、目下解釈に没頭しています。

伊藤は、 MnSe_2 の T_N において一次的な不連続を帯磁率と熱膨張に見出しました。岡田はパイライト結晶（ ZnS_2 と MgTe_2 ）内の Mn^{2+} のESRから、大きな一軸性結晶場を見出しました。また MnTe_2 単結晶成長に成功し、磁気測定を行っています。（交換相互作用、磁気構造に興味をもっています）

SrRuO_3 系は、上林がMC時代から手がけてきたものですが、最近単結晶成長に成功して磁気測定を行った結果、大きな異方性を見出しました。 SrRuO_3 は、金属的強磁性体で、高磁場における不飽和性が、バンド強磁性によるのではないかと考えられていましたが、上林の結果は、磁性に関しては局在モデルでかなり理解できることを示しました。

田附は、最近、V-Cr-S系に手をつけはじめましたが、現在良い試料ができるようになり、磁性、電気抵抗のデータが出つつあります。（彼は、これの前にはTMCC： Mn^{2+} のESRを行い二つの転移温度があることを見出しました。）

2) 磁性発生の問題

NiRh_2S_4 はスピネル構造をもつパウリ常磁性を示す金属的化合物ですが、伊藤は、RhをCrで置換していくこと強磁性が発生することを見出しました。

掛下は、Cu-Ni合金の臨界濃度附近に着目して、 T_c の濃度依存性の決定版を出そうとしています。この合金は析出型のため、一様な試料をつくるのが困難ですが、種々のトライアルの結果、一様と見られる試料が得られるようになり、目下磁気測定中です。

3) （絶縁体における）交換相互作用の系統性

これは、持田の数年前からの一貫した仕事です。スピネル、ペロブスカイトなどの主として酸化物における交換相互作用の系統的变化を追及しています。交換相互作用の大きさの変化をボンド・アングルの変化としてとらえた点がユニークです。最近ではマイクロな計算を併用することによって、さらに突込んだ解析を行い、従来の未解決問題に解答を出しています。また内部磁場の問題へも研究を進めています。

結晶物性研究室

昭和52年度の構成メンバーは沢口悦郎教授，塩崎洋一助教授，永井達也助手のスタッフ3名とDC4名，MC2名，4年目学生3名，研究生1名，美人秘書1名の総勢14名である。

研究室のテーマとしては，強誘電体の相転移をX線構造解析，X線散漫散乱等の微視的な測定と，誘電率，自発分極，弾性率等巨視的な性質の測定とを並列させて研究している。この流れは前のスタッフの三井（現阪大基礎工，教授）中村（現広島大理，教授）によって基礎が固められ発展させられたものである。沢口教授が研究室に着任したのは5年前であるが，以来研究対象として， $\text{Pb}_5\text{Ge}_3\text{O}_{11}$ ， $\text{Gd}(\text{MoO}_4)_3$ 等比較的新しく発見された強誘電体と， SrTiO_3 ， PbZrO_3 等変位型の強誘電体等に興味を中心が移ってきた。

以下院生の研究テーマを簡単に紹介する。

- 後藤良平（D3） $\text{PbGe}_3\text{O}_{11}$ の転移点で誘電率のPeakにdipが生じる事を見出し，それが表面層によるものである事をつきとめた。（彼は今職を探しています。各種電気的測定の腕は一流です。どこか良い所があったら紹介して下さい。）
- 田中均洋（D3） BaTiO_3 の各原子の電子密度を転移点近くで精密測定し，相転移によって電子雲がどの程度ひずむかを追求しようとしている。X線 Debye-Waller 温度因子を測定しているが補正が多く困難な実験の様である。
- 小野寺彰（DC2） Incommensurate な相転移をするのではないかと注目を集めている $(\text{NH}_4)_2\text{BeF}_4$ のX線構造解析及び散漫散乱の実験を行った。現在も $\text{K}_2(\text{SO}_4)_2$ 等一連の硫酸系についてX線の実験を行っている。
- 藤下豪司（D1） SrTiO_3 はソフトモードがR点で凍結し，構造相転移をする事が知られているが，藤村は低温相の長週期構造を初めてX線的に確認した。現在は PbZrO_3 の中性子線構造解析を行っている。
- 山田光俊（M1） TGS_eのX線構造解析
- 平和俊（M1） 複素弾性率を迅速に測定する技術を開発中である。

極低温研究室

スタッフ 助教授 渡辺昂，講師 都福仁，助手 鈴木広良 の計3名。

大学院 D-3 清水悟，沼沢陽一郎，小山正孝，高田義，D-2 君島義英，湯山

純平, D-1 近沢進, M-2 和田淳一, M-1 佐藤和夫, 佐々木仁 の計10名。

研究テーマ

1. 低次元磁気格子系

i) 10年来 $M^{++}(\text{NH}_3)_2 \cdot \text{N} : (\text{CN})_4 \cdot 2\text{C}_6\text{H}_6$ ($M^{++} : \text{Ni}^{++}, \text{Co}^{++}, \text{Mn}^{++}, \text{Cu}^{++}, \text{Cd}^{++}$ etc) を中心に quasi 2d 系反強磁性における相転移の研究がおこなわれている。

○ $\text{Ni}_x\text{Cd}_{1-x}(\text{NH}_3)_2 \cdot \text{Ni}(\text{CN})_4 \cdot 2\text{C}_6\text{H}_6$ 混晶系の相転移が単結晶の帯磁率, ESR測定 (君島義英)

○ $\text{Mn}_x\text{Cd}_{1-x}(\text{NH}_3)_2 \cdot \text{Ni}(\text{CN})_4 \cdot 2\text{C}_6\text{H}_6$ 混晶系の相転移を単結晶を用いて, ESR測定 (都福仁・近沢進)

現在, ^3He cryostat を使用する ESR cavity を製作: 実験中

○ $\text{Co}(\text{NH}_3)_2 \cdot \text{Ni}(\text{CN})_4 \cdot 2\text{C}_6\text{H}_6$ の C_M, χ (鈴木広良)

○ $\text{Mn}(\text{NH}_3)_2 \cdot \text{Ni}(\text{CN})_4 \cdot 2\text{C}_{12}\text{H}_{10}$ の帯磁率, 比熱 (清水悟)

C_6H_6 Benzene が $\text{C}_{12}\text{H}_{10}$ biphenyl に置換している為に面間隔が約3倍に開き2次元性がよくなったものと考えられている。

ii) $\text{CaCu}(\text{CH}_3\text{COO})_4 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ の磁性と相転移 (沼沢陽一郎)

20 mK 迄の断熱消磁による単結晶帯磁率の測定により, T_N が $\sim 30\text{mK}$ にあることを見出し, 現在 $\chi(H), C_M$ の測定中

iii) $\text{MnCl}_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ の biocritical 近傍における相転移 (小山正孝・佐々木仁)

iv) $(\text{Met amin})_2\text{CuCl}_4 \cdot (\text{Et amin})_2\text{CuCl}_4$ 混晶系の相転移 (君島義英)

2. Spin-glass系 都福仁が中心

1.における混晶系の研究とも密接に協力して, 帯磁率, 比熱, 電気伝導を中心に進められており, ESRも準備中である。

i) V doped- Ti_2O_3 の spin-glass 転移 χ, C_M (都福仁・清水悟・君島義英)

ii) Pd-Mn-Fe 系の " " (都福仁・君島義英)

iii) Cu-Mn 系の " " (都福仁・佐藤和夫)

3. 液体 ^4He の超流動転移

i) $^4\text{He}, ^4\text{He} - ^3\text{He}$ 混合系相転移の圧力効果 (岡路正博→計量研・高田義)

ii) $^4\text{He} - ^3\text{He}$ 混合系相転移における α の universality (高田義)

iii) グラフォイル上に吸着された ^4He 多層膜の超流動転移 (湯山純平・和田淳一)

iv) グラフォイル上に吸着された ^4He 多層膜の 3rd sound (湯山純平)

東大物性研生島研と協力

装置としては現在交流帯磁率測定装置 2 台, 直流比熱測定装置 1 台, 交流比熱測定装置 2 台, 直流帯磁率測定装置 1 台, ESR 24GHz 1 台が稼動中である。又 ^3He cryostat 断熱消磁法等を用いて 20mK~1K において比熱, 帯磁率の測定を行っている。

mixing cryostat を今年 7 月を目標に整備中であるが, これを用いて混晶, spin-glass 系の 0.1K 以下における χ , C_M の測定, 0.1 K 以上での ESR 等を計画している。

高圧物理研究室

物性を支配するパラメータとして, 温度と共に圧力があることはよく知られたことである。

然し技術的困難もあって高圧物理が云々されるようになって来たのは低温物理に比べて歴史的にもまだ日が浅いと言わねばならない。

更に極低温, 強磁場などという極端条件での物性測定の必要性は最近とみに認識されるようになってきた。本研究室はそのような背景のもとに「極低温, 高圧下」という条件を mix させそこでの物性を解明することを主な目的とし昭和 43 年に発足したものである。

研究室の創始者でありスタッフ, 院生の牽引車的役割りを果たしてきた三井教授を昨年 6 月病気で失ったが当時アメリカへ留学中の毛利講師も同 10 月, 帰札し現在講師 1, 助手 1, 大学院 DC 2, MC 2, 研究生 1, 更に東海大より研究員 1 名を加え総勢 8 名でグループを作っている。

発足当時は金属の研究が主体であったが, 現在は化合物の方へも手を伸ばしている。次に目下進行中の実験のうちいくつかを紹介することにする。但し [] 内は主な研究者と () 内は身分, 学年等を示す。

(1) パイライト型遷移金属 2 硫化物の磁性と伝導性

常圧では絶縁体であっても高圧下になると金属になるものが近年たくさん見つけられている。これらの中でも特に興味を持たれているものの中に, それらの機構が電子相関によると思われるものの一群がある。これはいわゆる「Mott 転移」と言われるものでこの機構が低温, 高圧下でどのような振舞いをするのかを明らかにするため, 本研

研究室では典型的物質と考えられている。CoS₂－NiS₂－CuS₂系及びNiSe₂とその固溶体について主に電気抵抗の温度依存を0～70 kbar 4.2～300Kの範囲で測定しNeél温度、電子相関の強さの圧力効果等に関する情報を得、これらの結果を定量的に解析することによってNiS₂系へ対する統一的描像を明らかにすることを指向している。[毛利, 渡部 (DC 2)]

更に強磁性CoS₂を中心とした系の抵抗異常の圧力効果についても同様の実験を行っている。[四方 (研究員)]

又転移の際の対称性や圧縮率などの変化を追求するため低温・高圧下におけるX線回折も並行して行っている。[巨海 (助手)]

(2) 金属セリウム, 及びセリウム合金の低温, 高圧下における輸送現象

金属セリウムは相転移が磁気モーメントの有無と密接に関連しているものの典型的な例である。

更にCeは圧力を変化させると γ 相(fcc, Curie-para)→ α 相(fcc, Pauli para)→ α' 相(? , Super)という変化を示す。この中で特に α 相は交換強調を受けたPauli paraであることが知られ、本研究室では(1)と同じ方法を用い伝導性の面から磁気モーメント発生へ関する知見を得ることを目的としている。[巨海]

(3) Cr, 及びCr-Fe, Cr-V合金の輸送現象

金属クロームはSDWという特異なスピン構造を持っている。又Au, Cuなどへ少量の遷移金属不純物を入れると抵抗極少を示す現象は近藤効果として知られているがCrを母体としたFeとの希薄合金でも同様の振舞いが観測された。この現象の詳細な機構を解明するため～0.5K付近までの実験を行っている [片野 (DC 1)]

又CrはVの添加でNeél点は急激に減少し約4%Vのところで消失する。この付近の濃度での電気抵抗にはnearly antiferromagneticな寄与が大きいと思われるのでこれらを定量的に究明するため低温下での実験を行っている。[中山 (MC 2)]

(4) マグネタイトのVerway転移温度の圧力効果

Fe₃O₄は典型的なferromagneticを示す磁性体であるが、この物質は120°K付近で電気抵抗に約2桁のとびを示し、絶縁体から金属へと変っていく。

この遷移は(1)で述べたものと異なる機構を持つと思われ高圧下での定量的な実験が必要とされる。[角舘 MC 2]

物性理論研究室

構成は堀淳一教授，大野鑑子教授，高山一助教授，和田宏助手と研究生の藤田武彦，岡本幸雄及び河口秀博，水田洋，島田一平のD3トリオとM2の柴田清である。

北大物理教室という地方の小さな教室で，独立に研究及び院生教育を行っているのは非能率的という意見で，本年度4月から堀研，大野研，高山研が合同して新物性理論研究室が発足した。したがって，まだ寄り合い世帯的な面があり，研究室としての研究方向が明確になるまでにはもうすこし時間がかかりそうである。

次に簡単に研究紹介をする。

堀は島田，柴田等と非線型波動現象とそれに伴う不安定性，相転移現象を調べている。特に島田等は乱流のモデルといわれるLorentz modelを計算機を駆使して精力的に検討中である。

大野は多体系の緩和現象，静的動的臨界現象に関心を持ち，現在水田とHeプラズマ中のスペクトル線形の計算を行っている。

岡本は長年一人で超流動と取り組んでいるが，最近非線型のLangevin方程式を使ってボーズ凝縮体の緩和時間を計算した。

高山は北大の金属電子論部門を充実させようと意欲を燃しており，実験のわかる理論家として実験関係者からの期待を一身に集めている。現在はmetal-insulator transitionに関して調べている。

河口はイオン結晶の格子振動の計算を行っている。

藤田は乱れたNetwork modelのスペクトルを，和田はmagnon complexの次元格子依存性を現下のところ調べている。

以上の人達を研究スタイルで分類するならば，次のように三通り位になりそうである。

第一は，物理モデルは既知として，できるだけ近似を行わず数理物理的に厳密な取り扱いを指向する人達。第二は，平衡，非平衡をとわず森羅万象を統計力学的センスで捉えていこうとする人達。第一との差違はかならずしも数理的厳密性を求めないことであらうか。第三は，実験事実を説明することを第一義的と考え適当なハミルトニアンを作ることを指向する人達。

各々のスタイルを尊重しつつ新しい研究室を充実させていきたいものである。

さて。始めに，“地方の小さな教室”という言葉を使ったが，研究意欲に燃え本州方

面との研究交流を高めようとするほど、旅費だけを取ってみても大巾な赤字になるし、近い研究をしている人を身近かに見い出せないという意味でも北大はかなりの辺地に位置付けられている。それでも中央との縦の交流を深める一方で、北大の中で、学部間の壁を取り払ってすぐ話し合える研究者仲間を作って行こうとする意識的な努力が若い人を中心に行われており、その努力の芽がようやく伸びかけているようである。

§ 工 学 部

工学部の中の学科の順序は、集った原稿の多い順としました。その結果、応用物理(4)、数物系共通講座(2)、精密工(2)、電子工(1)、原子工(1)の順に計 10 講座登場します。

◎ 応用物理学科

応用数理物理学講座

A (構成) 昭和 52 年 4 月現在。

小田島晟 (教授), 上野時宏 (助手), 山根茂 (助手), 高瀬義彦 (DC 修了, 非常勤講師), 小関秀夫 (D 2), 沼川幹夫 (D 1), 高橋伸幸 (M 2), 矢川不二雄 (M 2), 千葉敏之 (M 1), 中丸光功 (M 1), 石橋輝雄 (技官), それに道工大講師, 能崎賢治氏も加わっている。

B (近況) 研究テーマ

- (1) 高分子結晶のパラクリスタル構造と繊維組織の解析, 高分子非晶ならびに非晶半導体の非晶構造の解析。
- (2) 圧電性半導体, 水銀カルコゲナイト合金の超音波吸収, 又はフォノン増巾。
- (3) カルコゲナイトガラスの光物性, トンネル現象にもとづくスイッチング効果。

各グループでとり上げている問題を略述する。

- (1) フォルムアルデヒド環状分子の単結晶から γ 線照射固相重合によりポリオキシメチレンの 3 次元的高配向性高分子結晶をつくり, その結晶成長機構, 格子欠陥, 変態特性などの X 線的研究と, 微細構造のパラクリスタル理論にもとづく解析を行っている。また, 非晶構造については, とくに鎖状体よりなる非晶の構造の解明を目的とし, 高分子の分子鎖構造と短距離秩序性の関係, また非晶セレンに対して環状分子と鎖状分子の非晶構造におよぼす影響を RDF 解析の結果にもとづいて検討している。

- (2) GaAs 中の数+GHz帯の音響電気フォノンの増巾のX線ブリルアン散乱による測定と、増巾効果の理論的解明。又、 $Gd_xHg_{1-x}Se$ について、 $x = 0.8$ 付近で内亜鉛鉱型から六方晶型への遷移にもとづく音速の変化と、Phillipsの化学結合論の立場による弾性率の解釈、超音波吸収の測定より、転位の運動を調べている。
- (3) 非晶セレンを中心として、光照射による球晶成長の促進、赤色セレンから黒色セレンの変態を光伝導、吸収端の変化よりしらべている。一方、金属イオンのフォト・ドーピングとそれに伴う構造の変化とか表面物性の変化を、X線回折ならびに表面弾性波の研究からしらべている。

カルコゲン非晶質もスイッチング効果が着目されているが、これらがトンネル現象に関係していると考え、SiのMIS構造のトンネル効果に $p \cdot n \cdot p$ 接合を組み合わせた $p \cdot n \cdot p \cdot I \cdot M$ 構造を試作し、そのスイッチング特性の研究を行っている。物性的な面では、半導体の界面順位と密度、寿命などに関する情報が得られる。

応用物性学第2講座

講座構成メンバーは秀島光夫(教授)、角館拓郎(講師)、柿崎磨恵子(助手)、石井文明(助手)のほかDC 2名、MC 3名である。

当研究室でとりあげられるテーマはすべて高分子物質の構造と物性の相関々係に関するものであるが、とくに高分子の物性と切りはなせない緩和現象についての研究が主となっている。高分子物質に生ずる緩和現象は高分子に特有の種々の様式の分子運動に起因するので、結局構造、分子運動、緩和現象という三題ばなしのようなことになるが、三つの部分にそれぞれ不明の点が多いので、はなしはなかなかうまくまとまらないのが実状である。

現在行なわれている研究の主なものをあげると、一つはポリエチレンのモルフォロジーと力学的性質、誘電的性質に現れる多重緩和との相関の問題である。ポリエチレン、とくに線状ポリエチレンは高分子物質の中ではもっとも結晶化度の高いものであるが、それでも常に10ないし20%程度の無定形部分が存在しており、その所在、ディスオーダーの程度、そこに生ずる分子運動の様式などが多重緩和の出現に密に関係し、物性に影響するものと考えられている。当研究室では試料を酸化した場合、放射線照射によって分子間架橋を作った場合、種々の低分子溶媒で膨潤させた場合等について、応力緩和

や可聴周波数域での内部摩擦のような力学物性，吸収電流や複素誘電率のような電気物性の温度周波数変化を主に検討している。またこれに関連して広幅 NMR による共鳴吸収曲線の温度変化，DSC による熱的挙動の変化の測定なども行なわれている。現在のところこれ等の結果を総合すると，ポリエチレンの無定形部分は少なくとも 2 種類あるものと考えられ，その分子運動様式の差異や固体構造との関係も明らかになりつつある。

同じような研究はポリオキシメチレンについても行なわれており，とくにこの物質は固相重合体が高分子の伸び切り構造を含むとされているので構造と物性の関係に興味を持たれている。また無定形高分子物質としては，種々のメタクリレート系ポリマーのガラス状態における力学緩和，誘電緩和の緩和強度と側鎖長との間の規則的關係が見出され，その分子的機構が研究されている。従来は固体の研究が主であったが，最近はポリジメチルシロキサンやポリプロピレンオキサイドのような高分子液体の研究も少しづつとりあげており，今後はこの分野の研究がもっと増加するものと思われる。

応用 X 線粒子線講座

講座のスタッフは，佐藤進一（教授），丸川健三郎（助教授），高間俊彦（助手），武沢和義（助手），小林一介（技官）であり，現在大学院に DC 1 名，MC 6 名が在籍している。講座名のとおり，X 線回折，電子顕微鏡を手段として用いた研究が中心であって，研究対象は，金属の相変態，金属中の格子欠陥など広い意味での結晶構造に関連したものである。

- (1) 熱弾性型マルテンサイト変態と形状記憶効果。形状記憶効果とは変態温度を中心とした温度履歴を試料に与えた際に，変態点以上の温度であらかじめ与えておいた試料外形が温度履歴後に再現されることを言う。この間に低温で変形を与えたとしても，それには影響されない。この効果にマルテンサイト変態が関与していることは明らかであるが，その詳細についてはまだ明らかでない点が多い。Cu-Zn 系合金を用いた研究で，変態で生ずるマルテンサイトの兄弟晶（バリエント）がこの効果を担っていること，歪みを伴った残留母相が核としての役割をはたしていることなどを明らかにして来た。また，反復的に形状記憶効果を起させる新方式を発見した。
- (2) 加工または変態で生ずる積層欠陥の生成消滅機構。相境界近傍の組成を持つ Cu-Ge 合金単結晶で回折線のピークシフト，回折線プロファイルの解析を行い，熱処理

に伴う積層欠陥の秩序化の様子を調べて来た。

- (3) 固体検出器 (SSD) を用いたエネルギー分散型回折法の応用に関する研究。この回折法は試料および測定器を固定したままで測定を行えるという利点がある。この利点を生じて残留応力分布の測定への応用を試みた。上記の利点のほかに、短波長のX線まで利用できるという利点があるため、より広範な応力分布状態が測定できることが分った。さらに単結晶の散漫散乱への応用を検討中である。この場合も特殊状況下 (高温, 低温など) での測定に有望である。
- (4) 転位の運動速度に関する研究。現在, Mg 単結晶で, エッチピット法およびX線トポグラフィ法を用いて研究中。
- (5) 双晶境界の原子的構造に関する研究。コンピューターシミュレーションにより検討を行って来たが, この構造を電子顕微鏡コントラストから決定する方法を見出した。これを Fe-Si 合金の双晶境界に適用した結果, シミュレーションで求められていた2つのモデル (対称型, 変位型) のうち対称型であることを確認した。境界構造は境界の動きやすさ, いい換えれば双晶変形の起りやすさに関係しているので重要である。なお双晶先端の構造についても, ディスクリネーションとの関連において検討中である。

最近の論文題目。

- Shape Memory Effect in β_1 -CuZnAl alloys
- A Study on the Recovery of Heavily Faulted Cu-Ge Single Crystals
- 白色X線を用いた新しい残留応力測定法
- Etch pits at Dislocations in Mg Single Crystals
- Electron Microscope Study of the Atomic Structure of Twin Boundary in bcc Crystals

応用物性第1講座

構成は、国際的に活躍している東晃教授をヘッドに福田助教授, 庄子非常勤講師, 本堂助手, 大伴研究生, M2 高橋, M1 北寄崎と木村の総勢8人である。当講座は英名をIce Research Laboratory と言っており, 中谷宇吉郎先生以来の雪氷研究の伝統を受け継いでいる。

主な研究テーマは氷の塑性であるが, 結晶成長, 誘電緩和等も格子欠陥と関連づけられ

て研究されている。以下に最近の研究の概略を述べる。

1. 単結晶氷の塑性：X線ラング法によって転位の運動の直接観察が行われている。運動速度がせん断応力に比例することはすでに確認されており（福田，東，1973年），その温度依存性の実験が現在高橋により行われている。氷結晶中の転位の運動の律速過程として，プロトンの再配列過程がGlenらによって提唱されているが，実験との不一致が大きく，温度依存性を明らかにすることによって，律速過程の解明が期待できる。また，転位の相互作用が福田により理論，実験両面から研究されている。
 2. 多結晶氷の塑性：南極氷床深部氷の高圧力下での塑性実験が庄子によって進められている。氷床深部氷は溶存空気を含んでいるが，常圧下に放置すると気泡が現われてくる。氷床深部氷の正しい塑性データを得るために高圧下に戻して，気泡を消滅させてから塑性実験を行う訳である。また，氷結晶の塑性を deformation map としてまとめる仕事も進められている。

塑性変形時の結晶粒界のふるまいを調べるために本堂は bicrystal をわずかに変形させ，転位源としての粒界および粒界上に発生する欠陥をX線ラング法で観察，研究している。
 3. 融液からの結晶成長：低転位密度氷単結晶の育成が，小黒（現北海道教育大助教授）によって精力的に進められ，現在量産装置もほぼ軌道に乗っている。小黒は，成長中の転位の導入機構を大試料X線ラングカメラを使って「その場観察」し多くの実験事実を明らかにしたが，現在その解釈を統一的にまとめつつある。さらに，得られた単結晶によるX線ペンデル縞の観察から構造因子の測定も行われている。
 4. 固相成長：再結晶，結晶粒成長の実験が古くから続けられており，現在固相中の核生成の実験が北寄崎により行なわれている。また，大傾角結晶粒界の移動速度に著しい異方性があり，それが粒界の faceting と密接な関係にあることが，本堂によって明らかにされた。この事実は粒界の移動が step growth によることを示唆しており，粒界の構造を知る手がかりとなることが期待される。
 5. field 研究：過去3回に渡ってアラスカメンデンホール氷河の調査が行われ，1975年の調査で巨大単結晶生成の機構が，大伴によってかなり明らかにされ，さらに検討が続けられている。
- 以上が当研究室の近況であるが， -20°C の実験室での作業は厳しく，ある者は若さ

にまかせて、ある者は老骨にムチ打って、寒さと戦いながら実験に没頭している。

◎ 教物系共通講座

工業数学講座

当研究室は、物性理論研究室として発足してから約3年を経たばかりの新しい研究室である。研究室の構成は、佐久間哲郎（教授）、中山恒義（講師）、田村信一郎（助手）吉田文夫（D2）、成田雅昭（M2）、館彰之（M1）である（昭和52年4月現在）。最近の主な研究テーマとしては、次のようなものが取り上げられている。

- (1) 表面モードフォノンの減衰と増幅に関する理論的問題、特に表面モードフォノンと他の素励起の表面モードとの相互作用。最近固体表面物理の分野で、種々の素励起の表面モードや、薄膜あるいは一般に固体の表面構造の物性が活発な研究対象となっているが、表面モードフォノンはこれらの素励起の状態あるいは固体表面の物性をさぐる有力な手段を与える。また、固体エレクトロニクスの分野でも、表面モードフォノンの応用は重要な位置を占めつつある。当研究室では、固体表面での点欠陥、密度ゆらぎ、タンネリング状態をもつ非晶質薄膜および非調和相互作用による表面フォノンの減衰に関する系統的研究が行なわれ、更に圧電半導体薄膜中でのGHz表面モードフォノンの増幅の量子論が田村によって展開される等多面的な研究が進行中であって、これらに関する多くの論文が発表されている。
- (2) 非均質媒質特に不純物または界面をもつ媒質中におけるソリトンの反射および透過の問題。フェルミの計算機実験に端を発するソリトンの研究の最近の発展は著しいものであるが、当研究室では吉田（D2）が格子ソリトンについて、質量不純物および質量界面によるソリトンの反射、透過の問題を計算機実験を中心として調べている。この研究は、質量分布が δ -関数的または階段関数的に変化する場合のソリトンのふるまいに関する最初の仕事として注目されている。最近のソリトン研究の動向は、より物性に結びついたソリトン物理への発展の可能性を示しているので、このテーマは当分続くと思われる。
- (3) 吸着ヘリウム原子によるフォノン吸収およびカピッツァ熱抵抗の理論的問題。この問題に対するハラトニコフの音響不整合理論は、0.1 K 以上の実験を説明できないことが指摘され、これまで種々の理論が提出されたが決定的なものはない。最近中山は液

「教室紹介Ⅳ」－北海道大学－

体ヘリウム－固体の界面でのヘリウム原子層のタンネリング状態によるピッツァ熱抵抗の新しい理論を提出しており、この機構によって多くの実験が統一的に説明される可能性がある。

日常的な研究活動の主なものには、毎週水曜の文献速報があり、レターを中心として新着文献中の興味のある論文の紹介が行なわれている。また月曜と金曜には大学院生および学部4年生を対象としたセミナーがあり、初歩的なものからかなり専門的なものまでが取り上げられている。

工業数理科学講座

この4月に発足したばかりの新設講座で、まだスタッフは教授だけである。(6月中には助教授が、10月には助手1名が加わる予定である。)この講座は工学部の共通数物系の一つで、教育の主な任務は工業高等専門学校からの編入生の基礎的教科(応用数学、物理学)の教育である。ここ数年は、音響電気効果、超音波の減衰、電子－フォノン相互作用特にプラズモンの影響等の音波物性の理論的研究を行う予定である。その他、広く音波物性といわれるものを手がけてみたいと考えている。例えば、強誘電体中での相転移点近傍での超音波の異常吸収も食思をそそる問題である。あるモデルハミルトニアンから出発する方法と、Mori方程式との関係について、具体的系について調べている。長年心にあたためていた超準解析学(Non-standard Analysis)の統計力学・場の理論の数学的基礎への応用も研究題目として本格的にとりあげたい。

◎ 精密工学科

物理工学講座

この研究室では、金属合金の再結晶現象の実験的研究を中心テーマとしている。そのやゝ具体的内容は

- 1) 再結晶核または粒の生成とその成長過程
 - 2) 結晶粒成長における粒界移動機構と集合組織の形成過程
- 等があげられる。しかしこれらの問題は必然的に
- 3) 結晶粒界のエネルギー的ならびに機械的構造と、それに関与する不純物および合金添加元素の役割

を明らかにする必要があることを意味している。

再結晶核の生成，成長および結晶粒界移動は上の現象の基本現象であるが，特に本研究室では，これらの動的現象が，格子欠陥，不純物および合金添加元素の非平衡状態の下に起るという予想の下に研究を進めているのが特長である。これは，これまでの粒界構造または不純物分布の観察が，多くは平衡状態に持ち来たらされたものを対象としているのとは異なる。

材料は鉄を基本として数%までの Si, Se, Ge, Sn および Zn を添加して 2 元合金と，これらに更に微量の他元素を添加した 3 元合金を用いている。解析には線源を用いた。X線，電顕，SEM，EPMA，AES および ESCA 時の方法，電気抵抗，比熱および硬度等の測定に，更に磁気測定も併用している。

精密機器学第 2 講座

構成は滝沢英一（教授），五十嵐悟（助教授），渋谷勝久（助手），長島知正（助手），及び大学院学生 4 名である。

北大の精密工学教室は工学基礎を研究する教室であるが，教室の中での物性理論を研究する部門としてスタートしたのは 1971 年 4 月である。

研究室としては，「力学系セミナー」を毎月，公開で，一回程度持ち，北大内の物性論研究者との交流を計っている。講座の人員のうち，五十嵐，渋谷は工業力学の応用についての研究を行っている。滝沢は，緩和機構と関連して，linear passive system，や非線型格子振動，非線型波動等について研究している。又，長島は不可逆過程の統計－熱力学に興味を持ち，最近は，開放系に於る緩和現象や，非線型領域での不可逆過程に於る不安定性の理論に関する仕事を行っている。

◎ 電子工学科

固体電子工学講座

本研究室は，電子工学材料の基礎的研究を行っているが，現在大別して物性関係では 3 つの分野の研究を行っている。第一はシリコン単結晶の表面物性，第二は非晶質磁性合金の内部摩擦，第三は強磁性薄膜の物性に関する研究である。以下にその内容を簡単に述べることにする。

- (1) シリコン単結晶を弗酸中で陽極酸化すると、かなり厚い表面皮膜を生成するが、この被膜を通してシリコンが溶解をつづけると、皮膜に接して多孔質層が生成する。この多孔質層は、実用的にも超 LSI 技術において極めて重要な役割を果すと考えられるが、現在のところ物理的には生成機構が明らかにされていない。われわれは、シリコンの溶解に際して vacancy の注入が行なわれるとの仮定の下に、この vacancy の挙動の追求を行っている。過飽和の原子突孔は集合して void を作るが、この過程を、電子スピン共鳴吸収や X 線マイクロアナライザーを武器として、空孔の荷電状態、不純物との相互作用、シリコンの弾性的特性などの面から追求している。実験結果はほぼ仮定の正当性を裏づけている。
- (2) 非晶質合金の電子工学的利用では、特に機械的特性と磁気的特性とが問題となる。本研究室では、示差熱分析によって、構造変化を調べると共に、それに対応して内部摩擦の変化を測定している。特定の成分の折出や再結晶などに対応して、超音波吸収に大きな変化があらわれる。この機構の解明が目的である。
- (3) 強磁性薄膜の磁気的特性は従来から多数の研究が行われてきたが、当研究室では現在特に Fe-Co 系のいわゆる半硬質強磁性体の磁気異方性を制御するための基本的物性の測定を行っており、電着法で作製した薄膜には 3 種類の磁気異方性が存在することを明らかにした。このうち 1 種だけが、作製条件によって大きさ方向共に自由に制御できることを明らかにした。また、薄膜中に作製中に吸蔵される気体、特に水素が、その特性に大きな影響を及ぼすので、この挙動を質量分析、熱分析と合せて追求し、水素の状態も決して単一のものではなく、複雑な形で吸蔵されていることを明らかにしている。

◎ 原子工学部

量子計測工学講座

構成メンバーは、阿部寛（教授）、山谷和彦（講師）、今井和明（助手）、大学院生の石塚繁広（D2）、大川博樹、赤浜裕一、塩尻常晴、長谷川好道（M）と研究生の芳賀哲也である。毎週一回、固体論に関するゼミナー（主として Master の学生を対象）と、文献紹介を行っている。

研究室として現在実験を進めているテーマは、

- 1) In Se層状半導体の結晶成長と、その電氣的及び光學的性質について
- 2) Al-Ge合金の超伝導性に関する研究
- 3) 高速イオンビームを利用した物性の研究

である。1) に関しては、次の様な観点からこの実験を進めている； In Se 単結晶は層状構造をもっているが、他の層状半導体と比較して層内の In-In 結合鎖が 3.16 \AA と異常に長く、層間の弱い結合に依存した結晶変態の他に層内の格子歪による結晶変態が存在して、これが電気伝導度の温度依存性の異常に反映されていると考えられる。一方、GaSe 等にみられる二次元励起子の存在が InSe においても期待される。しかし、我々は InSe における強い異方性が intrinsic な性質の他に、層間の格子不整等による「みかけ」の異方性を伴っている事に注目し、より良好な結晶の育成と、X線、示差熱分析、蛍光X線解析を行って慎重に実験を進めている。

2) の実験は、Al-Ge 共晶合金の超伝導性に関する実験的研究であるが、主眼は Al-Ge の超伝導遷移温度が組成によってどの様に変化するかという点と合金内の微細構造の遷移温度に与える効果を見極めようとするものである。Al₇₀Ge₃₀ 合金では、双晶化した Ge の単結晶が成長して薄層集団を形成している部分が多く発生し、一方、遷移曲線は、低温側に著しく尾を引く特徴的な振舞いを示す。現在 SEMにより、grain size、微細構造と超伝導遷移温度の相関を調べている。超伝導に関する他の実験として、外部よりレーザー光照射を行った際の準粒子励起に伴う超伝導状態の破壊の過程と、準粒子の再結合の温度依存性について実験を行っており、光照射に伴って発生する resistive state の出現のメカニズムについて検討を行っている。

3) の研究は、最近材料科学の分野で非破壊試験の手段として注目されているイオンビームによる物質、特に固体単結晶の格子不整、不純物分布の決定等に関連した研究である。北大には、国産第一号のバンデグラフが古くからあり、鉄くず同然の様相を呈していたが、4年前からこの改造に着手し、本年その改造計画が完了した。この種の仕事は、それ自体では特別な成果を発表する機会が少なく、その割には技術的な困難が非常に多く、割のあわない仕事であるが、幸い、Si 単結晶 ($3 \mu\text{m}$) のプロトン透過の実験に成功し、今後、プロトン・カメラとして結晶構造の解明に威力を発揮するものと期待される。

§ 応用電気研究所

強誘電体部門

構成員は達崎教授以下、徳永（理論）、笠原（NMR）、八木（光散乱）、加土（技官）、蛸島（研究生・NMR）、川島（D3・超音波）、辻見（D1・NMR及光散乱）、田中（M2・光散乱）、沢藤（M1）。実験装置としてはNMR、超音波吸収、ブリルアン散乱の順に入り、これは達崎教授の関心の移り方や研究の拡大過程をも示している。主な分担をカッコの中に示したが、八木氏が移ると卒業期に当たったので移動もある。ここ数年、強誘電体の臨界現象、特に動的現象を主な研究対象としてきた。試料の単結晶は全て自家製であるのと、準メンバーの進藤氏（電子計測開発施設）のお蔭のデータ処理システムの威力が特徴で光散乱をはじめとして面白い実験結果が出ている。

ブリルアン散乱に伴ってKDPで観測されたcentral peakと同じものを昨年 $\text{KH}_3(\text{SeO}_3)_2$ でみつけ、このpeakが試料のpurificationやannealingにより小さくなったり大きくなったりすることを検証したのは痛快な仕事であった。この方向の研究は重水素置換した試料等についても行なわれ、central peakの問題に結着をつけようと意気込んでいる。この物質のacoustic soft modeの温度依存性（臨界現象）や、isotope効果の研究もKDPとの類似性という点から理論的にも面白く、更に進行中。TGSのブリルアン散乱スペクトルの巾の異常の角度依存性の測定も、分極ゆらぎの双極子－双極子相互作用による異方性と関連して重要な結果であった。

超音波吸収の測定は、この異方性やエネルギー緩和機構からのずれの説明として、分極の二つのmodeを通じての緩和も必要であるという問題に関連して、プロピオン酸系系統、TGS系統で行なわれてきた。現在は RbHSO_4 も同じ議論ができそうなので測定と整理が行なわれている。

NMRは磁気を通してみるので、分極の挙動を直接的にはみれないという弱点があるが、逆に局所的な情報が得られる利点を生かして、いい着想があれば面白い結果が得られる。部門発足以来問題にしているのは、転移点以下の電場勾配の温度変化が秩序度のそれをどれ位反映しているかという点で、結晶の対称性との関連でかなり一般的なことが言え、逆にferroelasticsとよばれる $\text{KH}_3(\text{SeO}_3)_2$ 等の相転移機構の議論に役立つ情報も得られている。 T^{-1} の温度変化がuniaxial dipole系の性質を反映して対数発散になる

話は、baseline の引き方の問題が留保つきで、終わったわけではない。KH₂AsO₄ の As 線巾の異常が磁場の方向によることは、AsO₄ 正四面体が $T < T_c$ で局所的にひずんでいることを示した面白い結果であった。

最後に理論の方は、上の実験と関連したもの以外にuniaxial dipole 系の臨界現象の応用として、弾性的臨界現象と誘電単分散の問題をまとめている。

物理部門

応用電気研究所は理学系，工学系，医学系の部門をもち，電子技術に関する学理およびその応用を研究する総合研究所である。その中にある物理部門は電子スピン共鳴と，その物性論への応用を目的として電子計測を重点に研究を行ってきたが，現在はそれと併行して磁性体の物性論的研究を遂行している。電子スピン共鳴では 1 GHz ~ 50 GHz の周波数帯の装置をもっているが，近く超電導磁石を用いて，150 GHz 帯まで拡張して，高磁場，ミリ波帯の精密実験を行う計画である。こゝでは常磁性状態だけでなく，強磁性，反強磁性状態の電子の動的な挙動に関する研究を行っている。反強磁性共鳴の研究としては NiCl₂ の 9.5 ~ 75 GHz 帯の研究，臨界磁場の小さな (C₂H₅NH₃)₂CuCl₄ の 1 GHz 帯の研究がある。また二次元的反強磁性体 K₂MnF₄ の臨界点近傍の研究，K₂Mn_cMg_{1-c}F₄ の研究，特に希釈による次元性質の変化に関する研究がある。一方一次元的磁性体 TMMC，CsMnCl₃ · 2H₂O の強磁場下における帯磁率の磁場依存性の研究があり，これを二次元的磁性体に拡張することを試みている。

その外，光学的手段による磁性体の研究として，ファラデー効果の研究があり，二次元磁性体のこの効果の波長依存性を研究している。

§ 触媒研究所

◎戸谷グループ

大きくわけて理論と実験グループがあり，全体的には表面関係のテーマが多いが，研究分野は多方面にわたっているので，想いつくまゝにテーマを並記し，簡単に紹介していく。

理論グループ

★金属クラスター (Cu, Ni とその合金) 上への H₂, Co 吸着と, MoS₂ 上へのイソ

「教室紹介Ⅳ」－北海道大学－

プレンの吸着を分子軌道法によって計算し、軌道エネルギーの遷移、吸着エネルギー、電荷移動等を求めている。また最近是有機金属化合物の結合エネルギーの計算にも手を出している（伊藤洋行：研究生）

★金属表面からの脱離ガスの角度分布の計算（戸谷：教授，大野：助手）

★ガス吸着による白金線の電気抵抗の変化の実験と理論（渡辺：助手）

★LEEDの回折スポットの多重散乱の効果迄とり入れた強度分布の計算。分子線の固体表面の共鳴散乱を入射粒子と表面格子振動との相互作用をとり入れた解析（浜渦：研究生）

★結晶の凝集エネルギー（Li，Naについて）の計算（大野：助手）

★遷移金属上への希ガスの吸着エネルギーをCI法で計算（石：DC 5）

★吸着のみならず金属水素化合物迄含めた場合についての金属と水素間の電子的な相互作用について（荻野：DC 2，永井：DC 1）

実験グループ

★ZnO上への水素の特性的な吸着についての測定（渡辺：助手）

★分子線（He，H₂）を使って、銀，金表面での散乱分子線の角度分布の測定から、気体分子と表面格子の動的相互作用を調べている。表面のデバイ温度や、表面格子の振動モードや相互作用ポテンシャルがわかる（浅田：学振研究員）

★NMR法より金属表面上への吸着水素の吸着状態の研究。還元法によってこしらえた金属微粒子（Pt，W，Cu，Cu-Ni合金）を使って、吸着水素のNMRの観測に成功したのは他に例がなく、共鳴吸収線幅の温度依存性から吸着水素の表面拡散の為の活性化エネルギー、共鳴位置のずれ（ナイトシフト）から吸着に関与している電子に関する情報が得られている（伊藤太郎：研究生，柴沼：MC 1，門脇：技官）

取り扱っているテーマは以上の他にもあり多岐にわたっているので、まとまったゼミナールは持てないが、吸着ゼミ，理論ゼミ，等が他グループとも合流しながら開かれている。

なお聞くところによると、当グループには奇人がおり、自ら犠牲的精神を発揮して、アルコールの人体に及ぼす影響を調べたり、学問的に「芽」が出ないので、草花（野菜も含む）に異常な興味を示し、大学構内に栽培しているとかや。

最後に、編集部より依頼を受けて以来、今回の教室紹介をまとめるに当り、理学部堀淳一、工学部佐久間哲郎、同北村正直の各氏の御協力を受けたことを記して、御礼にかえさせていただきます。北大の物性論グループの現在の姿が浮び上っているならば messenger boyとしての世話人の役割の大半は果たしたといえるのではないのでしょうか？