

ワトソン・リサーチ・センターにおける研学生活

18 Months As A Visiting Researcher In Watson Research Center

榎 裕 之*

Hiroyuki SAKAKI

1976年3月より77年9月までの18カ月間、米国ニューヨーク市の北方約50kmヨークタウンハイツにあるワトソン・リサーチ・センター（以下リサーチ・センターと略称する）において、江崎玲於奈博士の研究グループの一員として半導体中の量子効果に関する研究に携わる機会が与えられた。このリサーチセンターは、公式にはIBM株式会社の研究センターであるが、電子工学・情報工学・固体物理学などの諸分野において世界有数の学術機関としての役割も果たしてきている。ここでの研究の進め方、ことに研究者の研究姿勢、研究者間の協力、継続教育、創造意欲の促進のための人事管理などには、日本の大学には見られない多くの特色があり、私は何度か眼を開かれる思いがした。以下にそのいくつかを記し皆様の参考に供したい。また最後に、私の行った研究内容に簡単に触れる。この仕事は私にとって全力を投入したものであり最も印象的な事項であるが、紙数の制限のためにその詳細は別に発表した論文^{1~4)}および近日執筆予定の別稿に委ねたい。

§ 1. 組織のあらましと相互協力

リサーチ・センターはニューヨーク市からハドソン河に沿って汽車で1時間、森と湖が多いヨータウンハイツの丘陵の頂きにあって約600名の研究者（博士号取得の者）が、約600名の技官、事務、サービス部門の人々に支えられて、研究に携わっている。これらの permanent employees のほかに米国内外から毎年約50名の客員研究者が招かれ1,2年間の任期で研究陣に加わっている。これらの研究者は、宇宙や生命科学など純粋科学を対象とする「一般科学部門」を除いて、2系列5部門に組織化されている。第1の系列は、もの、すなわち hardware 関連系列であり、物性（ことに固体物理と量子エレクトロニクス）を対象として長期的な視野に立って研究する「物理科学部門」と、応用物性・電子素子・集積回路技術などを対象とする「応用研究部門」とから構成されている。第2の系列は software 関連系列であり、「数学部

門」、「計算機科学部門」、「計算機システム部門」から成立している。

この組織のひとつの特色は、部門間および部門内グループ間の壁が薄く、研究を進める上での相互協力が極めて緊密な点にある。私の参加した江崎博士のグループを例にとると、半導体超格子の研究を進める際には、少なくとも8研究グループとの間に協力関係があった。超格子の試料の評価には、X線回折グループとXMA組成分析グループが協力し、磁気抵抗の測定には磁性グループが装置を提供し、ラマン散乱の測定に関しては分光グループが協同研究者として協力し、論文をまとめる際には物性理論のグループの協力があつた。逆に私達のグループが他のグループの研究に協力した例としては、太陽電池グループや半導体レーザグループへの試料提供、発光素子グループへの実験装置の提供が挙げられる。

この協力関係はリサーチセンター内に留まらず、ワシントンの海軍研究所やオランダのニーメンゲン大学との間で磁気光学に関する共同研究が、またローマ大学との間で分光光学に関する共同研究が企画および開始されていた。さらにボストン郊外の Francis Bitter National Magnet Laboratory では、米国科学財団 (NSF) の方針で、外部の研究者に対し実験用電磁石が開放されていたので、私達はリサーチセンターで作製した試料を持参して、世界最強の電磁石を使った実験を20日間にわたり行うことができた。こうした出張実験は他にも多くあり、例えば表面物理で先駆的な仕事を行っている Eastman はシンクロトン放射 (SOR) 装置を使うためにウィスコンシン大学や西独まで、しばしば出かけていた。この種の協力関係は、仕事の能率を高めたり、他の研究者との接触で新たな刺激を与える点で著しい価値があるが、それ以上に研究姿勢への影響が大きい。つまり、何事も自分の所で揃えて、関心を分散低下させるスーパーマーケット的ワンセット主義ではなく、一分野に的を絞って獨創性を示す専門的な方法を奨励するのに大いに貢献している。

次にリサーチ・センターの管理組織について述べる。研究員は相互に関連のある4~5名がグループを構成し、

*東京大学生産技術研究所 第3部

これに2~4名の実験助手を加えたものをマネージャがまとめている。このグループの上位にピラミッド状の管理組織があるが、管理職任命は年功序列によらず、管理者としての適性がより重視されている。実際、マネージャが任を解かれて研究員に戻る点も珍しくなく、研究上の時間を確保し現役に留まるために、物理部門の高位の管理者が自分の希望で任を解いてもらった例があった。最初から管理職就任を研究上の後退と考えている研究者も多くいて、管理職採用すなわち功績評価というせい見方はあてはまらない。

管理のためのピラミッド構造内で意志の疎通を柔軟にするために、二つの短絡経路が作られている。一つは部門のディレクターへの経路であり、各研究員が直上の管理者を通じて意向を表明するだけでは不十分と考える場合に、相談に乗る人であり、他の経路はリサーチセンターの所長の直下にある組織を通すものである。後者の組織では、仕事の専門分野別に数名の研究者が補佐として選任され、期限を付けて専従しており、研究員の相談に乗ったり、所長への助言を行っている。選任される補佐には採用後三年未満の若い研究者を含ませ、新鮮で批判的な眼の確保を心がけているとのことである。

上述の管理組織とは別に、研究上顕著な功績のあった研究者に Fellow という資格を与える制度がある。この資格を得ると、5年間に限り研究課題・方法について完全な自由が与えられると共に、相応の待遇を受ける。江崎博士のほか、ガンダイオードの発見・発明者の Gunn 博士、色素レーザーの実現に功のあった Sorokin 博士、電子ビーム技術、X線顕微鏡などで功のあった Broer 博士などが含まれている。

§ 2. 開かれた部屋・開かれた国

リサーチ・センター内では研究員に小さな個人部屋(オフィス)が与えられるが、その扉は常に開放しておく習慣になっている。これは他の研究者との接触の機会を増し、学術上の意見交換を促すために始められた習慣である。プライベートの点からこの制度を嫌う人もあるが全体としてはよく生かされている。例えばオフィス内で2人で討論を始めると、時の経過と共に、廊下を通行中の人が加わりグループ全体の討論に発展することがしばしばあったし、オフィス内に置いた組立中の実験装置を見て質問や議論を始める人が多くあったものである。私はこの扉開放制度だけを取り上げて特に高く評価するものではないが、米国における各種の組織および国家そのものが、外に対して扉を開いておくことを意識的に努力していることの象徴として注目したいと思う。

江崎博士の研究グループは研究者、助手、秘書を含め11人からなっている。そのうち米国生まれは3名だけで、他は日本・中国・ドイツ・ハンガリー等六つの異なっ

た国から来た人たちである。従ってグループ内の標準用語は米国英語とは風格をいささか異にする言葉であった。米国生まれの秘書は「このグループに永くいすぎたために、私の英語がすこしおかしくなったと指摘する人がいる」と冗談とも皮肉ともとれることを言っていたが、私達外国生まれの研究者は意に介さず、道具たる英語を自分流に駆使して大いに議論の実を上げたものであった。

外国人特に研究者や特殊技能を持つものへの門戸開放は、日本にいて想像するよりはるかに徹底している。ドイツ生まれのキッシンジャに外交を委ね、日本生まれの小沢征爾に最も伝統的なボストン交響楽団の音楽監督をさせるやり方はその代表であろう。リサーチセンターでは、外国生まれの研究者数はひかえ目に見積っても3割は越していたようで、IBMの頭文字I(International)は国際的多様性を示すために付してあるような気がしたものである。

このように開放された組織の中にいると外国生まれの人の多いことのために、リサーチセンター内に特色ある雰囲気形成されていることに気づく。その一つは、伝統による保護や束縛を離れて自分の居場所を自分で選び、これを作りあげていくところの「移民者の自立的な能動性」であり、また他の一つは多様な文化背景と価値観を持つ個人の集団の中で、社会的な存在として生きていく際に要求される「説得力と論理性」とである。既に多くの指摘があるように、日本の研究機関における研究設備の充実は近年目覚ましいものがあり、さらに研究者の持つ学術的知識や情報についても、日本と米国との間の差異をそれほど強く感じる事がなかった。しかし個々の研究者がそれらの設備や情報を用いて研究に取り組む時の精神的な姿勢と、そうした研究者群が作り出す雰囲気には、きわめて印象的な違いを覚えたものである。こうした微妙な違いを表し伝えることは、困難で一人よがりの試みに終りやすいが、それが重要であるだけに次節であえて試みてみたい。

§ 3. 研究者の能動的な精神と自己表現の技術

リンカン大統領の言葉にややなぞらえて言えば、米国は「能動的な精神の所有者による、能動的な精神の所有者のための社会」と呼ぶことができるように思う。ここで「能動的な精神の所有者による」とは、自分の代にあるいは父祖の代に故国を離れる決断をし、米国を新しい自己実現の土地と選んだ能動的な精神を持つ移民者による社会作りのことを示している。望まざる形で渡りさせられた黒人やその他余儀なく移民した人々も多くいるが、米国における支配的な発想の中に、自分を守り自分を伸ばすためには、地縁の血縁的な支えを棄てても、目的に適合した地に移り住むことをよしとする空間救済的考えが根強く存在しているといえよう(難局からの自己救済

を時間的なものと空間的なものとに分類把握する考えは社会学者見田宗介氏による)。この移民の発想は、諦念、伝統への依存、所属集団への責任回避などに代表される精神の受動的な姿勢をよしとしないという意味で、自発性の高い考えの一つであると思う。職場を移ることを忠誠心や適応力の欠陥の証しとしてではなく、個人の適性と能力を開花させるための積極的な努力として評価する背景にはこの発想がある。リサーチ・センター内の研究者の多くには前述のように第一世代の米国市民が多いこともあり、米国に渡り、リサーチ・センターに職を得た動機が日常の研究活動にも反映されていて前述の積極性を感じさせられることが多くあった。この移民者の発想は低劣な品性と結合する時、自己中心主義に墮落するが、私の家族が急病の際に民間有士救急隊員として駆けつけてくれた一研究者や車の故障の際に得られた近隣からの助力などを振り返ってみると、むしろ自分を大切にできる能動性が他人を大切にできる積極さにつながっているとの印象をより強く、よりしばしば受けたように思う。

移民者が主構成員である社会のもう一つの特色として、個人の価値観が多様であるために集団として共有しうるような価値観が存在しないことが挙げられる。そうした傾向は近年我国においても著しいと考えられている。しかし私達はしばしば「宜しくお願いします」という表現を用いて、漠然とした依頼や期待を表すことがある。実はそうした表現の背後には自分と他者との価値観の共有が無意識のうちに前提とされている。つまり他者が望むところを表明する前にこれを推察しそれに応えてゆくことが要請されている。この仕組みによって私達は他者を護りまた他者に護られる利点を得ており、また同じ仕組みによって、共通の思考方法の枠内にお互いを無意識のうちに縛りつけてもいる。

こうした粘性の高い社会と比べると、米国はさらりとした雰囲気のある社会であると思う。そこでは、社会の構成員を形成してきたところの伝統・文化・個人体験等の相違が個人の価値観や好みを著しく多様なものにしており、お互いの感じ考えるところを、本人の意志表明なしに、推察することが不可能に近いという認識がある。そこでは下手な推察は非礼であり、望むところがあれば、自分の感じ考えるところを表明し、また説得すべきであるという共通の了解が存在している。こうした雰囲気をさわやかで自由とを感じるが、冷たく突き放した社会と感ずるかは価値観の問題であって、ここでその是非は論じない。そうした厳しいほどに自由な社会では、一つの常識は異種の常識に常に挑戦を受けており、個人の精神はこれを育てた伝統や集団に依存することを許されず、常に能動的自発的たることを要求されていることを指摘しておきたい。

リサーチ・センターでは、研究テーマと進め方に関し、

また給与の査定に関し、共同研究発表のauthorship等に関して、研究者がマネージャーに対して積極的な意志表明を行っていた。逆にマネージャーは研究者に対して、それらの諸点についての見解を表明し、両者の説得性の動的なバランスの上で、ことがらが決定されていたようである。こうした場合の討論は、お互いに価値観を異にする他者に自分の意向を伝えることについての重要性和困難さを深くわきまえたものであるために、遠慮のない厳しいものでありながら感情のわだかまりのない気持ちのよいものだった。こうした自己を表現することへの積極性は、日常生活の諸側面で必要とされているだけに、研究者の研究姿勢にも影響を及ぼしているように思われた。

B. Barberはすぐれた科学者の資質として「他人は間違っているに違いないという感情」があることを指摘している。この感情が単純な自信過剰以上の意味を持つこと、つまり他人の知的産物に対する時に、未検討のまま借用・承認・服従することをせず、自己の見解と徹底して対決させようとする積極的な精神の一つの象徴であることを考慮すれば、リサーチ・センターで知りあった研究者達にそうした感情が表出するのをしばしば認められたことは、極めて意味深いことであつたと思う。近代科学と技術は「相手は間違っている」という強固でかつ柔軟な信念が何重にもぶつかりあう中で創りあげられたものであって、確立したものの受容に慣れた社会では忘れがちになるところのものである。「対話」という言葉は日本において使い古びた言葉になっている。しかし異なる二つの見解が出会う時、一方通行やなれあいあるいは相互拒否に終らないために要求されているところの「対話の精神」を私は研究者達の討論の中で新たに体験したように思っている。

さて、こうした自己の意志や見解を表明する場合に、それが理解され説得力を持つためには、相手にわかる言葉と論理を使うことが必要である。研究をリサーチ・センター内外で発表したり、学術雑誌に投稿する際には、特にこの点に注意が払われる。学会発表に先立ち研究所内で予行演習が行われるが、そこではグループ内の人達によって、多くの厳しい注告と提言とを受けて改善が加えられる。論文投稿ではこの過程がさらに徹底して行われる。私の書いた論文を例にとると、小変更まで加えらるると十度近い改訂版が作られたように記憶している。このような改善作業の中で印象的なことは、発表のねらいを仕事の意義を鮮明に相手に伝えること一点に絞っている点である。研究上明らかにされた素材を取捨選択し論文中に再配列してゆく過程では、客観的に充実した内容を持つ材料よりも、いくぶん難点があっても仕事の意義に直結した材料が重要視される。このため、作り上げられた論文の論旨には一つの筋があり、理解が容易であると共に、力強い説得力を持つてくることになる。

また仕事の意義の捉え方は常に積極的である。客観的に言えば重箱の隅をつつくような研究であったとしても、米国での多くの研究者は「重箱の中心に関する研究がしつくされたが故に隅を対象とすることにした」といった弁明的な言い方をせず、「これまでの研究を重箱の中のみ留めていた制限が本研究の独創的な方法により除かれたこと、また将来重箱の枠の世界を越えるような意義深い研究へと発展してゆく契機が本研究で明示された」という脈路で論文を構成するであろう。そのように書くことによって、他人と自分を説得し、その信念（または自己暗示）の下で努力を重ねることは、弁明的な言い方によって自分自身の仕事を護ると同時に制限してしまうことと比較すれば、より積極的でより創造的といえよう。

このように、他人にとって理解しやすい言葉と論理を用いて自己の見解や立場を積極的に表明する訓練は研究者に限らず、5才児の通学する幼稚園ですでに始められている。「Show and Tell」と呼ばれる時間では、園児が一人ずつ自分が経験したことを話題にして、クラスの前で何か見せながら数分間の話をするのである。こうした訓練は、米国社会で生きていく上で、おそらく九九訓練などよりずっと重要なことと考えられているようである。実際リサーチ・センターに就職を希望する大学院生は、リサーチ・センターの研究者達を前にして1時間の研究発表セミナーを行うことが要請される。この時の発表内容・発表方法・質疑への回答などに関して、参加した研究者のコメントが採否の1要素となるのであるから、自分の研究を他者に十分理解させ得るか否かに生活がかかっているといえる。米国で書かれた教科書や論文が日本人の手になるものと比して、平均的にはより理解しやすいという評価があったり、研究の意義がよりよく表現されているという背景には、前述のような自己表現の精神とその技術を磨く不断の訓練とがあるように思われる。故瀬藤象二先生がある会合で「工学者には専門分野で力量があっても説得力に欠けている場合が多くあり、自分の仕事を他の人々に理解させ、評価させる点でより多くの努力をする必要がある」という主旨の指摘をしておられたが、その意味するところを私は今回の滞米でより深く理解したように思っている。

§ 4. Expert にならぬために

一研究者の相互啓発と継続教育一

米国において、トルーマン元大統領は独創的で有能な大統領として評価が高く、いくつかの逸話が残されている。山積する仕事を前にすると歴代の大統領は仕事中毒（アルコール中毒と同じ意味での中毒）にかかり、執務時間を増して体力の限界まで働こうとするのに対し、彼はホワイトハウスの庭園で孫を集めて球戯をすることを怠らなかつたといわれている。そのトルーマンがある時

「専門家（Expert）とは新しく未知の物事を学ぶことを拒否する人達のことだ」と定義したと伝えられている。この挑戦的な言い方には一つの真理が含まれている。

リサーチ・センターではそうした専門家が生まれることの危険性が十分認識されており、研究対象および研究方法のマンネリ化を防ぐために、研究者を常に新しい人にさらし、新しい情報にさらすための種々の努力を行っている。大学関係の研究機関では大学院学生の出入りが常にあるので、教師と学生の交わりの中で、お互いが新たにされてゆく機能が果たされてゆくが、そうしたものないリサーチ・センターでは、ひとつの努力として外部の人間を客員研究員として招くことと、内部の人間をリサーチ・センター外へ一時的に出すことを行っている。客員研究員は、諸外国および米国内の大学から来るものであり、長期（1～2年）と短期（2～3カ月）をあわせてかなりの数に達する。内部の研究者を外に出す制度では、一年の間国内外の大学および研究所あるいは社内別の事業部門に研究者を送り出すこと（Sabbatical Leave）が行われている。

研究のマンネリ化を防ぐための努力の二つ目つまり研究者を良質の新しい情報にさらす試みとしては、講義形式の教育プログラムと内外の研究者によるセミナーとがある。毎年春秋には REPEP (Research Personnel Education Program の略で、再び (re) 元気づける (pep) という意味もある) という教育プログラムが開かれ、種々のテーマに関して1回1ないし2時間10回程度の講義および実習が行われる。テーマは、大学院での講義科目に類似したものから、電子計算機による研究室の自動化、プログラミング、特許法などまで多岐に互っている。講師は研究者のうちでその分野に精通した人が勤めるが中にはその分野の世界的な研究者が含まれていたり、講義の準備が発展して著名な著書になった例もあり興味深い。私の参加したある半導体関係の講義では、磁性物理の世界的な権威者が聴講に来て初歩的な質問をたびたびしていたことと、講義のやり方が大学の教師のそれに劣らないほど巧みであったことが印象的であった。

内外の研究者によるセミナーは、60分の講演と質疑からなるもので、1日あたり2ないし3件の割合で開催されていた。私達は週間予定表の中から適当に選択してセミナーに参加したが、60分間という時間は学会での講演時間よりも長いので、研究者本人から序論より結論までを詳しく聞くことができる点で極めて有益であった。さらに、必要であれば、セミナーの講師と別に討論する時間が別に得られるので、リサーチ・センターにいながらして、米国内外の代表的な研究者と情報交換をしたり、個人的な面識を得ることができた。こうしたセミナーをする講師としては、大学や国立研究所の研究者は勿論のこと、ベル研究所など他の民間研究所からの人々も含

まれていた。これは民間企業における産業機密の保持を拘り定規にあてはめるよりは、研究者間の相互啓発の機会を保証するほうがより望ましいという冷静な判断があるためであろう。

このほかに、大学卒業の資格のない実験助手には夜間大学や夜間大学院に行かせる制度があり、自助の努力に報いる仕組みができています。

§ 5. 研究者を支える人と組織

リサーチ・センターにおける研究が円滑に進められた理由には、意欲的かつ友好的な研究者の相互協力が中心にあるが、それを背景から支えた管理者・試作工場・電産機部・実験助手及び国立磁石研究所の存在が極めて貴重であった。以下にそれらの人々と組織とについて感謝を持って記してみたい。

まずリサーチ・センターのディレクター Gomory 博士を中心とする管理者について述べる。管理者の任務は①組織内部の人間が意欲的に仕事に取り組むように動機づけと環境作りをすること、②組織外の人間（ことに組織を財政的に支援するもの）に組織の存在理由および意義を納得させることがその中心であろう。仕事への動機の中には、企業倒産とか解雇・減俸といった不安から自由でありたいことが源となるものがあるが、IBM では企業業績が良好なことと終身雇用に近い形の制度があることなどから、その種の動機づけは無効であり、親方日の丸的傾向を防ぐには別の方策が必要である。その一策として多種の顕彰・褒賞制度が実行されている。学術上および企業管理上の大きな業績に対しては Outstanding Innovation Award という賞が主として研究者に与えられ、比較的小きな業績に対しては Informal Award という賞が実験助手および事務関係に与えられ、リサーチ・センター内の各所に掲示が出されるとともに、特別賞与が授与される。このほかに特許の手得についての賞、製品や製法上の改良提案に関する賞、企業全体への総合的な貢献に対する賞などがあり、新入社員の年俸と等しいほどの特別賞与が授与された例もある。研究者の多くは、顕彰の如何にかかわらず、仕事に興味や情熱や使命感を持つものであるが、こうした制度がさらに励みになっていることはいうまでもない。

「研究所というものは無駄なものではないか」という外部からの声に、特に研究所を財政的に支える母体からの声に対して、研究所の存在理由を納得させることは極めて重要であり、また極めて困難なことである。その困難さのために、米国でもいくつかの研究所が縮小されたり、開発部門に変換されてきている。リサーチ・センターは、そうした中で、なおかつ拡張が行われている数少ない研究所の一つである。40万人を越す従業員を持つ企業の中にある研究所としては比較的小さいために、問題

が深刻化していないという面もある。しかし、それだけではない。「外部に対して、研究の意義を説き、その成果を十分に知らせ、将来に向かって投資することの重要性を説得する努力が、現在のゴモリー所長になって以来、よりよく行われるようになった。したがって私は現所長を支持する」という指摘を幾人からも聞いた。所長は § 1. で述べた管理組織を通して研究所員に間接的な働きかけをするほかに、研究者との対話集会で直接に意見交換をしたり、所内食堂で種々の人と食卓を囲んだり、クリスマスには各研究室を回って全所員に挨拶をするなどして、リサーチ・センター内の官僚主義化の防止と現状の把握の努力を重ねていた。さらに半年に一度程度、副社長級の人を研究所に招いて、経済環境の現況を研究者に知らせるための講演と対話の会を開き経営担当者と研究者の相互理解に努めるなどしており、私のような客員研究者にも鮮明な印象を与える卓越した管理者であったと思う。

リサーチ・センターの試作工場 (machine shop) は実験をするものにとって、ことに市販されていない装置を必要とする独創的な仕事をするものにとって、極めて重要な存在であった。事実、私達が実験に用いる分子線エピタキシー装置の中心部、ことにクヌートセン・セルは工場内で作られていた。私は低温実験のための試料回転・温度制御装置を作るために、たびたび試作工場に行ったが、そこでは X 線顕微鏡や走査形電顕の一線の研究者等が工作の専門家としばしば打ち合せをしており、実験の研究の舞台裏の活気に満ちた雰囲気存分に味わった。

この工場では、工作の専門家達が順番に半日交代で受け付けにすわり、新しい仕事をその人の全責任で受け付ける制度がある。受け付けにすわった人は、model maker of the day と呼ばれ、仕事を自分でする場合でも他の人に回す場合にもすべて進行状況をとらえており、自分の仕事としての責任を持ってくれるので、極めてよく機能していたと思う。

リサーチ・センター内の計算機サービスは、科学用計算・実験の自動化・論文原稿の編集が主で、そのいずれもが豊富にある端末機器を用いて便利に使えるようになってきた。私の仕事では計算機を駆使することはなかったが、APL 言語を用いて電卓なみの気安さでプログラムが組めたこと、グラフ表示の出力が簡単に得られたこと、論文を書き、また修正する場合に、記憶編集機能が大いに役立ったことが印象的であった。ことに論文を書いた場合、下書きを秘書に渡すと、半日以内に計算機の記憶装置に打ち込まれ、編集後に本原稿が出てくる。それを皆に配布し、コメントをもらい、それに従って原稿に変更を加える作業を何回か繰り返すのであるが、変更個所だけタイプで打ち込めば、すぐに完成した原稿がでてくるので、極めて迅速に処理することができた。論文投稿の際査読者から修正勧告を受けた場合には大いに感

力を発揮する。

リサーチ・センターにおける実験助手は多くは短期大学修了程度の教育を受けたもので、研究者の未熟な者としてではなく、技術上の専門家として働くことを、自覚しました期待されている人たちである。江崎博士のグループにいた4名の実験助手はそれぞれ、分子線装置の機器の設計とその計算機制御、分子線装置の維持管理、電子機器の設計・管理と低温実験、結晶試料の各種処理を各々分担していた。毎年夏に、この人達が夏休みをとる時、担当の仕事が停止するので、私達研究者はそれに合わせて研究計画を作るのに苦労したものである。どうしても具合が悪い場合があって、自分がにわか実験助手から、試料の処理のコツを教えてもらったことがあるが、かなりの器用さを要し、日頃してもらっていることの有難みを思い知らされた。近年、定員の制限のために、研究者数に比べて、実験助手の数が少なくなったそうであるが、高度の実験の遂行には不可欠の人達で、論文の謝辞に書かれていることの重要性を改めて知ったものである。

私の取り組んだ研究は次節で述べるように強力な磁界を必要としたので、試料が完成すると、測定器を車に載せ300km離れたボストン郊外の Francis Bitter National Magnet Laboratory まで出張し、実験を行った。ここには、鉄芯を使わない常伝導磁石(ビター磁石)があり、最高220 KGauss までの直流磁界を使うことができた。この研究所は米国科学財団(NSF)の援助で運営され、米国全土から利用者が来て磁石を使うことができる制度を持っている。共同利用設備というものにしばしば見られる排他性や官僚的な色彩が殆んどなく、親身な指導と助力が得られたのは、その共同利用部門の管理者 L. Rubin 氏の人柄に負うものが大きいと思う。いずれにせよ、この施設と Rubin 氏のお蔭で私達は貴重な実験を行うことができた。

§ 6. 研究テーマ-半導体超格子

量子力学によれば、電子は波動としての性質があり、適当な構造内では光や音などと同様に干渉効果を示すことが期待される。この現象を自然界に存在する物質の内部で実現観測することは殆んど不可能に近いが、厚さ0.01ミクロン程度の半導体を2種類交互に積み重ねた構造(超格子)を人為的に作り得れば可能となることが

江崎博士により指摘され、以来純粋科学上の興味と新しい電子素子への応用との関連で、超薄膜多層構造の作製が分子線エピタキシーという方法で試みられるようになった。私は江崎グループの研究者と共同で GaAs と GaAlAs で作られた超格子内で、予測される干渉効果が存在することを実験的に検証する研究に取り組み、強磁界中での電気抵抗の振動的变化の観測からその検証に成功した^{1), 2)}。続いて InAs とで作られるヘテロ接合の特殊性を指摘し、通常存在する p-n 接合の整流特性が消失すること³⁾、およびこれを用いた超格子にも前述の電子波の干渉効果が存在することを実証した⁴⁾。これらの詳細は別稿に記す予定であるが、最後に研究グループ全員の著しい熱意と好意で、仕事を伸び伸びとしかも集中的に行うことができたことを感謝を持って記しておきたい。

謝 辞

ワトソン・リサーチ・センターにおける研究活動を可能にし、十八カ月の間終始暖かい励ましと貴重なご指導を頂いた江崎玲於奈博士に、深甚の謝意を表します。また快く共同研究を進めさせてくれた同僚の L.L.Chang, R.Ludeke, C.A.Chang, と G.Sai-Halasz の諸博士に対し、また国立磁石研究所での実験に助力頂いた L.Rubin 氏に対し、さらに研究と生活の両面で励ましを頂いた A.B.Fowler, F.Stern, と O.Wells の諸博士に対し、リサーチ・センター滞在の実現に尽力頂いた日本アイ・ビー・エム学界活動担当の高橋、唐沢、足立、岡本、酒葉の諸氏に対し、研修のための渡航の実現にご尽力頂いた東京大学の多くの方々、ことに生産技術研究所前所長 武藤義一教授および浜崎襄二、菅野卓雄両教授に対し、心からの謝意を表します。

(1978年1月6日受理)

参 考 文 献

- 1) H.Sakaki, L.L.Chang, C.A.Chang, and L.Esaki, Bull. Am Phys. Soc 22, 460 (1977)
- 2) L.L.Chang, H.Sakaki, C.A.Chang, and L.Esaki, Phys. Rev. Lett 38, 1489 (1977)
- 3) H.Sakaki, L.L.Chang, R.Ludeke, C.A.Chang, G.Sai-Halasz, and L.Esaki, Appl. Phys. Lett. 31, 211 (1977)
- 4) H.Sakaki, L.L.Chang, G.Sai-Halasz, C.A.Chang, and L.Esaki, to be published in Phys. Rev. Lett. (1978)

