

## MIT における 研 究 生 活

齋 藤 成 文

1. 緒 言 わたくしは昭和 30 年 9 月より昨年 9 月まで 2 ケ年間 visiting fellow として米国の MIT (Massachusetts Institute of Technology) のエレクトロニクス研究所 (Research Laboratory of Electronics, 以下略して RLE と呼ぶ) に滞在し、研究生生活を送って帰国した。この間われわれの生産技術研究所と同じく大学付置研究所である RLE における生活を通じてわたくしが経験して来た研究所のあり方、研究の方法など思いつくままに記すことも、何かのお役に立つかとも思い、筆を進めることにする。

2. エレクトロニクス研究所 (RLE) MIT については余りにも有名であり、またわたくしが行った昭和 30 年の前年度に当研究所の高橋先生が同じく MIT に滞在しておられたので、すでに先生の帰朝記にもあると考えられるので省略させて頂く。さてこの MIT の数多い付属研究所の一つであるエレクトロニクス研究所は電気工学科と物理学の interdepartmental laboratory で、したがって物理と電気の間領域にある部門の基礎研究をその目的としている。後で研究標題などは述べるが、わたしの感じでは名前の示すエレクトロニクスは最近わが国で広く用いられているよりやや狭い意味で、たとえば電気計算機、自動制御、電気音響のごときものは別の研究所で主として行っている状況である。歴史的にみると第 2 次世界大戦中にレーダを開発するために MIT 内に作られた Radiation Laboratory が終戦後に解体されると同時に、幾つかの新しい研究所が、その研究施設を利用して生れたうちの 하나가 RLE であって、その規模からいうと軍研究のための特種な別格研究所である Lincoln Laboratory を除いては MIT 第一のものである。すなわち人容からいうと 1957 年 8 月現在第 1 表に示す通り、総数 316 名でそのうち研究者は同表上から 4 段までの計 182 名となっている。ただし第 1 段のうちの教授、講師は大部分が電気科または物理科と兼任になっているため、常時の実動を約半数とみると、結局研究者は総人員の約半数ということになっている。特にこれら研究者のうち、その中心となっているのは第 3 段目の research assistant クラスの人で、若い大学院の master および doctor の candidates であることは特に注目すべきで、他の半数の常勤職員がすべてこれらの若い人達の研究を補助するためにあるように見受けられた。このことは民間会社などの研究所とその性格の異なった大学付置研究所として、われわれのよく考えなければいけない点であ

第 1 表 RLE の 人 容

Faculty, instructors and Research Associates	67
Staff Members and visitors	59
Research Assistants and Students	91
Industrial Fellows	5
Draft Room	4
Machine Shop	19
Secretaries	21
Stock Rooms	7
Technician and Assistants	26
Tube Laboratory	11
Technician's Shop	6
Total	316

る、と感じた次第である。

次に建物施設などだが、この研究所は前述のように戦時中にできた木造で MIT 第一の見すばらしい建物であることは間違いない。ただし木造といっても内部の電源、各種瓦斯、水の配管や暖房装置など、同時代に建てられたわれわれの研究所とは少し趣きが異なるようだった。またこの 9 月に新しい最新式の高層建築ができ、順次そちらに移動しつつある。設備としては米国の他の研究所に比して特に優れているとは決して思われないが、一応研究を行うために必要な装置、測定機器にはことかかない有様で、また無い物でも要求に応じて極めて短時間にしかるべき手続により、ほとんど研究者の手をわずらわせることなく入手することができる。また第 1 表からわかるように、Machine Shop の人員は比較的少ないのにもかかわらず、研究試作装置はほとんど全部研究所内で製作することができる。Tube Laboratory は研究所全体の要求による電子管、放電管その他の真空装置の試作が可能のようになっている。計算機関としては二、三の研究所と共通な計算班があり、小型電動計算機を用いて簡単な数値計算を行っていると共に、他研究所所属の大型アナログ計算機およびデジタル計算機 (Whirlwind および IBM) を比較的自由に使用し得ようになっている。

研究課題は第 2 表に示すようにエレクトロニクス全体をカバーするというより、各研究者の特長を發揮しており、また応用方面よりどちらかという大学の研究所らしい基礎的な方面が主となっている。ただし MIT は大学としては比較的応用方面に傾いており、これは近くにある Harvard 大学にある同種の研究所と比較するとよく判る。たとえば第 2 表の Atomic Beams の研究室では基礎的研究のみならず、セシウム・ビームを用いた

第2表 RLEの研究課題

Physical Electronics  
 Microwave Gaseous Discharge  
 Solid State Physics  
 Microwave Spectroscopy  
 Nuclear Magnetic Resonance and Hyperfine-Structure  
 Microwave Electronics  
 Atomic Beams  
 Statistical Communication Theory  
 Process Analysis and Synthesis  
 Processing and Transmission of Information  
 Transistor and Diode Studies  
 Noise in Electron Devices  
 Statistical Thermodynamics  
 Speech Analysis  
 Mechanical Translation  
 Communication Biophysics  
 Neurophysiology  
 Circuit Theory  
 Networks Synthesis  
 Microwave Theory

NH<sub>3</sub> 時計より精度の高い原子時計を試作し、その小型化したものはすでに民間会社より市販品として売り出されている。研究課題の一つの傾向として電気工学関係では information theory や noise 等の fluctuation phenomena の問題が大きな主流になっているように思われ、これは歴史的にみてもこの方面の先覚者 Prof. Wiener の影響が多いことがしのばれる。

次に RLE の機構上特に気のついた二、三の点を述べる。まず Stock Room のことだが、前々から米国の研究所を見学されたり、滞米しておられた方々から、測定機器や部品までが研究所の Stock Room に一括管理され、極めて能率よく研究者各人が利用できるよになっていると聞いていた。なるほどわたくしが研究所に行くと、まず第一に面くらったのは、研究室に余分な測定器はもちろんのこと、抵抗、コンデンサーの類まで余分のものとはなく、何か実験を初めようとする場合すべての器具、部品、工具まで Stock Room から借用しなければならぬことだった。

Stock Room は大別して、高価な、またはまとまったセットを保管しているところ、部品、真空管および配電盤用丸型計器までを保管している部品室および工具、金属などの材料を保管しているところの三つに分けられる。最初こそ非常にはん雑に感じられたが、必要なものは所定のところに行けば必ずすぐ手に入り、不要になったら手元にごたごた置かずすぐ戻すことができ、実験室の整理の上からも極めて好ましく感ぜられた。殊に各人の責任において借用するので、その取扱いおよび保管は各研究者が極めて慎重で、不要の場合は自然直ちに返却する傾向にある。機器保管室には修理室が付属し、機器の修理に当たっている。一番問題なのは工具類で、わが

国と同じようにやはりふん失する機会が多く、この場合は各人が弁償しなければならない(測定器の場合もちろん同じ)ので、この点は学生達も頭を悩んでいる。要するに研究者各人の責任において必要な機器なり工具なりを最も有効に使用することが主眼で、そのためには若干の人員がその一括保管に当たって研究者のロードを軽くしているといえよう。

なお研究者が RLE を去る場合、各人が借用したもののすべてを返却しなければ最終の月給が渡されないことになっている。

次に研究ノートのことだが、研究所へ入ると必ず通し番号を打った所定のノートを渡される。すべての計算、設計々画や実験記録はこれに記入することが強要されるわけで、この点は各人の記録が研究所として一括保存されるはずで、研究の一貫性という点で極めて有効と考えられた。前の詳細な記録を見ることにより、直接の引継ぎがなくとも支障なく研究が続行されるわけである。ただし本人の手元に記録が残らぬ不便はある。

次に RLE の quarterly progress report について述べよう。これは3ヶ月ごと、年4回 RLE から発行される中間報告誌だが、3ヶ月間に行われた進捗状況を各研究室ごとに発表するわけである。これはこの間に特記すべき進歩のないものは除くようにとの注意があるので、担当研究者の頭を痛める問題である。装置の試作には簡単に3ヶ月はおろか半年以上も要するものがあるので、勢い実験家でも理論計算を行わざるを得ないような有様で、ある意味では尻をたたかれている感じがする。RLE にはこの外にまとまった研究の報告のための technical report が不定期に出版されているが、この両者の発表に加えて、各研究者がすべての学会誌に投稿する場合の窓口がある。ここでは論文のタイプはもちろんのこと、各学会雑誌に適合した形式に論文内容から脚注の付け方まで訂正してくれる。

わたくしども外国人が書いた英文が直されるのは当然であるが、ここにいる Dr. おば一ちゃんが、教授の英文まで直しているのには驚いた。研究者としては一応の形式で論文を書けばあとは全部ここでやってくれるので全く便利である。

次に Machine Shop のことだが、前にも述べた通りここに fore-man を入れて 19 名の工具が働いているが、研究所の試作装置をほとんど一手に引き受けて製作していることは驚くばかりである。人数に比して多少多くの工作機械があるが、特に優れた精密機械というほどのものでないのに、大型のアンテナ装置、高速度カメラ、海底用カメラ、アナログ計算機の x, y 軸プロッターから後述する真空装置、大型真空管部品、大型電磁石、マイクロ波回路までほとんど全部をここで作っている。特に感心したのはこの fore-man 一人が one-

man で他はすべて一率に工員として実際に仕事をしている。かれは職人上りの人によくある narrow-minded のタイプとはおよそほど遠い人で、教授や学生と一体となって新しい方式や材料を特に好んで試みようとしている。かれのところには米国の各会社からの部品、材料のカタログがおびただしく来ており、これらを参考にして新しい技術、材料の取入れに努めており、教授連も研究装置の試作に当ってはかれに相談し、教を乞う有様である。この点がわれわれの眼に何ともうらやましく感じられた次第であった。

最後に RLE の財政についてだが、これに関しては公けの発表がないので正確なことは判らないが、わたくしが聞いたところでは年に数百万ドルの予算で、その 99%までが軍からの研究費で、残りの 1%は National Research Foundation と民間会社からだとのことだった。

たゞし軍からの研究費といっても研究課題その他が制肘を受けることは全くなく、現にある特殊な一部の研究を除いてはほとんど全部が公開になっている。わたくしの経験でも研究題目は研究者間の討議の結果生まれることが大部分で、また財政的にもわれわれが必要なものの購入等には予算をほとんど考慮することがないようで、

(もちろん上部の教授連は頭を悩ますこともあるようだが)、この点うらやましい次第だった。ただ若い助教授との雑談のときに出た話であるが、研究所には金はあるが、一度研究を初めたが最後その結果の良否にかかわらず目鼻がつくことが要求されるため心を使わねばならぬとのこと、この点は考えさせられることが多くあった。

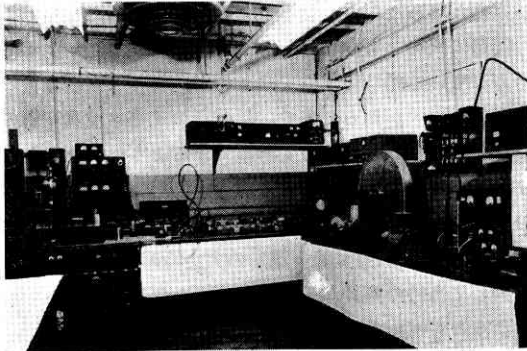
**3. RLE における研究の体験** わたくしはこの 2 ケ年間、上述の RLE の中の Tube Laboratory でマイクロ波真空管の雑音の問題について研究を行って来たが、この間に直接体験した事柄の二、三を述べてみよう。まず第一にわたくしが痛感したのは研究とは unknown の事柄を known にするという、つまり何人も知らぬ分野の開拓であるという精神が極めてはっきりしていることで、研究は entirely new ということが必須条件であると共に、このことがすべての研究方針に対して強調されていた。このことはわが国においてややもすればまねごとにおちいる研究方針に対してその困状の差はあるが、大いに反省すべき点であると考えられる。米国の研究者は自分達が unknown を known にしなければ頼るものがないという考えで一歩一歩前進するため、いかに些細な一見つまらぬような現象の研究に対しても、その白黒を確めるまでは決して止めない、とことんまでつきとめるという精神があらわれている。またこの反面、その見付けた現象を何か他の方面に利用の途はないかということに常に心掛けている次第である。わたくしが米国に行く前に米国の雑誌などにアッというほどの大きな発見なり発明なりが出ているが、その結果よりもいかに

してそのようなものが生れてきたかという、その雰囲気を知りたいとかねがね考えていた。今考えてみるに上述のような精神がその大きな原動力の一つとなっているのではないと思われる。他人のやったことは決してまねをしない、逆にそのことを何とかして現在自分のやっている研究に採り入れられないかということに常々考えている。このことは数多くの米国々内の研究者がわれわれの実験室に見学にきての質問などで明らかに知られる。さて以上の事柄をやや具体的にわたくしの研究に関連してお話ししよう。詳細は省くが、わたくしが RLE に行ったときにマイクロ波の雑音で問題になっていたのは、マイクロ波電子流の雑音の二つの成分である電流雑音(電子が陰極から random に放出されるためのもの)と速度雑音(陰極から放出される電子の初速度が一様でなく Maxwell 分布をもっているためのもの)の間に相関々係があるやなしやという問題だった。このことは数年前から MIT, Stanford 大学および RCA で論争されていたもので、一見極めて基礎的なアカデミカルなこの問題が数年にわたり各方面で真剣に採り上げられていることは大いに考えさせられる点で、わが国でなら、さしずめ問題とならなかつたらうと思われた。わたくしがこの問題に興味をもって新しい測定法を考案し、2 ケ年間努力している間に徐々にではあるが、マイクロ波雑音の基礎的な現象が判って来て、低雑音マイクロ波真空管の改良の指針といったことも希望できるようになり、たゆまぬ unknown から known の途への努力がいかなるものかを少しは知り得たような気がする。帰国の途上に参加した URSI (国際無線会議)の大会の席上、この研究に対して当時の座長から elegant な研究結果だといわれたことが唯一のおみやげとなった次第である。

余談になったが、次に上記の研究を行っている際に感じた若干の点について述べてみよう。まずこの研究には大きな真空容器の中に低雑音電子ビームを作り、数個の空洞共振器を設け、これらを 20cm ほど移動せしめることが必要で、容器の内部は常に  $10^{-7}$ mm  $H_0$  程度の高真空に保たねばならぬかなり厄介な装置が必要だった。これらの設計に当っては上述の Machine Shop の fore-man が極めて親切に相談に乗ってくれ、新しい製品の使用等をすすめてくれたが、製造図面までわれわれが画かなければならぬ、この点恥しい次第だがこの方面の知識にとぼしく、さらに吋システムに不馴れなわたくしには相当の悩みだった。若い大学院の学生達の様子を見てみると、undergraduate の時代の教育によるのか、実社会での教育 (undergraduate から会社へ一度入社して後、graduate course に入るものも多いので)によるのか機器の設計や図面を作成したり、工具番号まで熟知しているのには驚いた。この点機械家まかせの電気家であるわたくしが反省されると共に教育の方法についても考えさ

せられた。ただし MIT の graduate course では応用的なものが皆無で、理論的基礎的のもののみが採り上げられている。さて実験装置が Machine Shop から出来上がってくると、各部のリーク・テストから始めてすべての調整を各研究者それぞれが比較的程度の低い technician を指揮して行わねばならないが、たとえば相当な教授でも直接みずからこれを行っている。特に土、日曜の2日続きの week end は真空管屋にとっては極めて具合の悪いことで、この間は工具を使うことができず、教授1人が装置ととっ組んでいる場面もしばしば見受けられた。

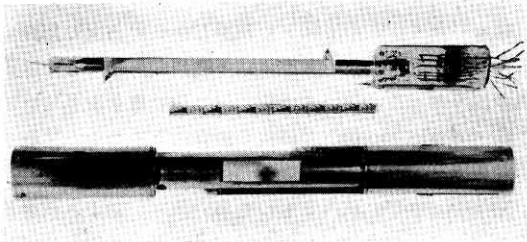
研究を行っている間に設備その他の点で気の付いたのは何といっても研究所の中でほとんどすべてが、でき得ることで、いちいち外注に出したり、会社に行ったりする必要のないことはわが国の現状と比べてうらやましい次第だった。真空装置などでは特に変わったことはないが、液体窒素をトラップ用としてふんだんに使用していること、ヘリウムをごく普通に使用していることは真空技術の上でわが国と大きな差異があるといえよう。第1図にわたくしの行って来た実験装置の全体の写真を示し



第1図 電子ビーム雑音測定装置

であるが、week end や夜中の落ち着いたときにハンガリヤから来た大学院の学生の助手と2人で実験をしたことなど今では楽しい思い出の種となっている。

私の RLE 滞在中のもう一つの研究課題は従来高い周波数帯で使用されていた進行波管を低い周波数帯、すなわち 500 Mc 帯で使用して低雑音管が得られないかという問題だった。第2図はこのとき作った真空管とその結



第2図 500Mc 帯進行波管とその立体回路

合回路の写真であるが、この実験のときに感じたことは

研究者が決して小成に甘んじないことで、さらによいもの、よいものと先へ先へと進むことである。この研究課題は私自身が提案したものではないので、主任の教授と常に相談の上研究を進めて行ったのでこの点をつくづく感じた。

最後に MIT の大学院学生について一言すると、米国のどこの大学でもそうであるが、入学後の成績によって容赦なくふるい落とされるが、本人があきらめて degree を取るものが極めてわずかである。master は余り問題はないが、doctor になると一般課目に対する中間試験がまず第一の難関で2度落ちたものはその資格がなくなるそうである。現にわたくしのいた研究室で4人受けて1人が及第、1人が来年度をみざし、あとの2人は doctor と master の中間の engineering degree のみを探ることにあきらめてしまった。これあればこそ MIT の doctor の世間の評価が高いのだと感じた次第である。

4. あとがきに代えて 大過なく2ヶ年間の MIT での研究生生活を終ったが、ああもすればよかった、こうもすればよかったと今になって思われることの多いのも身の至らぬためと残念に思っている。ただ米国の生活の豊かさを思うにつけ、何とか日本の一般生活のレベルを少しでも上げることができぬものかと、そのみが、滞米中からの念願となっている。それに少しでも役に立つ何かの仕事をしたと考えざるを得ない。もし現在の日本の一般レベルが余り大きくない数倍程度に上昇したなら、恐らく日本は世界の楽園であろうと信じているものである。

なお、米国人の対日感情についてだが、帰国された方々が今までに口をそろえて言われているように全く大戦のしこりはなく、好意的でわたくしの滞在中にいやな目に会ったことはなかった。ただ現在の世界情勢からいって止むを得ないかも知れないが、テレビの日曜午後の番組で対独および対日戦争当時の映画を毎週やっているのには少し閉口した。わたくし共はそれほど感じなかったが、かえって下宿のおばあさんが気の毒がり、その番組になるとスイッチを切ってしまうような始末だった。対日感情を知る一つのエピソードを上げて本文を終ることにしよう。MIT の近くの会社の open house に招待されたが、その当日の数日前にその open house の日をお忘れないようにとの印刷した葉書を受け取った。その葉書には大きく Remember と書いてあり、横に Remember Pearl Harbour, Remember Our Open House-Day とあった。わたくしはこれは面白い、アメリカの友人達がどんな反応を示すかと思ひ、まず同室の最近ドイツから来た男に見せると、彼は赤い顔をしておこり出し「失礼なやつだ、お前はこんな会社へは行ってやらない方がよい」と同情してくれた。次にアメリカ人達(大学院学生、工員や女子職員が同席していた)の雑談のときにこの葉書を見せたら、皆がどっと笑い出し、「われわれも決して Pearl Harbour は忘れないよ」といとも無邪気にはやし立てた。(1958. 1. 6)