

アメリカでの研究所生活

—生体工学研究の現状—

合 田 周 平

1. はじめに

近年、海外渡航者とくにアメリカにしばらく滞在する研究者が多く、私が、ガラにもなく、こと新しく書くこともないわけであるが、まったくの駆けだし研究員として、私がしばらく滞在した、ワシントン D.C 郊外の National Biomedical Research Foundation (NBR) を中心にしてみた医学と生理学の工学的研究一般および生活一般について述べてみよう。したがって、表題の“アメリカでの……”という見出しは、話をたいへん極限したアメリカで、あくまでも、私の属した研究所、ワシントン郊外、または以前、学生として滞在したカリフォルニア州パークレー市や、友人たちの話を多少おりませるとい程度で、あくまでも、私のみた、主観的なアメリカの一片であるということ、を、まずお断わりしておくことにしよう。

2. 研究所のおい立ち

生体に関する工学的な研究が、新しい分野であることから、この研究所も創立以来、5年ほどの新しい研究所である所長の Dr. Ledley は、ワシントン D.C にある National Academy of Science の Medical Science Division の部長として、1957 年以来、主として電子計算機の医学と生理学への応用研究に従事してきた人で一応の研究成果を得た 1960 年春に、国庫研究費をもとに幾人かの研究員とともに独立し、いわば半官半民の研究所を設立した。したがって、現在でも、研究所の運営はあとに述べるような研究題目のもとに、アメリカ公衆衛生院 (National Institute of Health) を主とした国よりの研究助成金により、まかなわれている。ここで、研究所創設の立役者となった Dr. Ledley について、二三紹介すると、彼は、1926 年 6 月ニューヨーク生まれの、ユダヤ系アメリカ人で、コロンビア大学大学院で、数学と理論物理学を修め、同時に、ニューヨーク大学にて歯学部を卒業、それぞれ M.S と D.D.S の学位を得たのが 1948、9 年である。このような彼の学歴が示すように、その後の研究活動も広範囲にわたり National Bureau of Standards, Johns Hopkins University 等の Computer や Operation Research の研究に従事し、研

究所創立まで George Washington University の電気工学科教授と、National Bureau of Standards の数学コンサルタントをもちかねていた。



写真1 Dr. Ledley (左から3人目) による研究打合せ

現在は、研究所の研究指導と運営にあたるかたわら Johns Hopkins University 医学部の講師として、また広範囲の学会活動など、連日大活躍である。Dr. Ledley の著名な研究は Computer を用いた医学における診断理論に、Bayes の定理を導入したことで共同研究者の Dr. Lusted とともに、Ledley-Lusted の理論として、有名である。また、Computer の Hard Ware, Soft Ware とともに、つぎの3冊の本を McGraw Hill より出版し、最近のこの方面の研究をリードしている一人であるといえよう。すなわち “Digital Computer and Control Engineering” 1960. “Programming and Utilizing Digital Computers” 1962, “Use of Computers in Biology and Medicine” 1965.

ここで、だいたいわかるように、この研究所は Dr. Ledley の研究上の業績により創立された特殊な研究所で、全員わずか 30 人足らずの研究員、技術者等より成り、Computer (IBM) を応用することが一貫した研究方針ともなっているようである。おもな研究員のうちわけは Dr. Ledley を中心に、工学関係 (電気・機械出身の Ph.D または M.S 以下同様) が 8 人、化学生物系が 4 人、数学系が 2 人、医学や自動制御のコンサルタント数人、その他電気技術者、Computer プログラマー、

助手および事務系職員から成っている。一見すると、各分野のよせ集めであるが、さきにも述べたように、彼らの共通した興味であり、また研究員たる必要条件？は、IBM 計算機を研究の手段として使用し得ることである。したがって、時おり、IBM 社員によるプログラミングの講習会が所内で開かれ、全員簡単なプログラムは、プログラマーの手をわずらわさずできるよう、またおおまかなことをプログラマーに与えられるように、テストも交じて行なわれる。

各自の専門分野が、まちまちであるように、この研究所にはまた、さまざまな人種が集まっている。私もその一人として1年余り滞在したわけで、そのほかに、ドイツ、イスラエル、中国、韓国、イギリスなどの国籍をもった人達が研究員またはコンサルタントとして研究に従事していた。したがって、多くの意味で、国境を越えたいかにもアメリカ的な研究所ということができると思う。

3. 研究テーマと内容

さきに述べたような国庫研究助成金をもとに、この研究所が、従来、行なってきた基礎研究、または将来ともにおし進める研究部門は、つぎのように部門化されている。

Biomedical Computer Programming
 Chemical Biology
 Biophysics
 Medical Data Processing
 Information System (Neurophysiology)
 Dental Research
 Medical Electronics

現在のところ、これらの部門が、それぞれ独立されているわけではないが、いちおう重複しながらも各学会に研究成果を公表し得る程度の研究成果をあげている。

ここで、個々の研究テーマについて、多少の解説をつけて、紹介してみよう。これらのなかには、すでに研究を完了または中断したものも含まれているが、多くのは、目下進行中で、それぞれの研究員は2~3テーマの研究に従事していた。

Computer Aids to Medical Diagnosis

計算機を用いた、診断理論の研究で、ブール代数による論理回路のかつ確率的に Bayes の定理を用いて、解析し、患者を診断する最適検査を決定し、Value Theory などを用いて、治療方針を決定することを目的としたものである。臨床研究は University of Rochester と Johns Hopkins University 医学部との共同研究で行なわれてきた。いままでに発表した文献の大半は、さきにあげた Dr. Ledley の “Use of Computers in Biology and Medicine” にみられる。

Behavior of Genetic Control Mechanisms

たんぱく質の構造モデル DNA や RNA を細胞における構造を中心に研究する。

Programming for Biological Simulations

自動プログラムを、生体シミュレーション研究のために開発し、複雑な生体現象の研究に導入することを目的としている。

Special-Purpose Biomedical Computers

臨床用における患者のモニタ用計算機の試作研究
 Computer Aids to the Biochemist

たんぱく質におけるアミノ酸の配列順位を決定するために計算機応用の可能性を研究するものである。

Coordinate Information Retrieval System

国立国会図書館 (Library of Congress) との共同研究で、計算機のプログラムにより、多くの文献より個々の研究者が必要とするものをすみやかに得るもので、特にアメリカにおける IGY の文献整理に用いられた。

Automatic Diagnosis and Clinical Report Writing in Pediatric Psychology

いわゆる “問題児” の心理テストを中心に、計算機プログラムにより診断し、治療方針を決定する試みで、Johns Hopkins University 医学部との共同研究である。

Hydrodynamics of Blood Flow

大動脈における血液の流体力学上の研究を目的としたもので、流量を予測するために、微分方程式の数値的な解を、計算機で求め研究資料とする。University of Maryland との共同研究である。

Cancer Chemotherapy Rationale Through Quantum Chemistry

この研究の目的は、複雑な化合物にみられる量子力学的な特性と化学的反応性またはがんの化学治療との相関を探究することである。

Dental Force Analysis of the Stability of Obturators and Complete Denture Prosthesis

そしゃく中に、すべての歯が受ける力学的解析についての研究で、Georgetown University 歯学部との協同研究である。

Concept Analysis Through Syntax Processing

高度のプログラム技術により、つぎの三つの概念をもたせるものである。すなわち、形式化、学習、認識、このことは、自動プログラムによるほん訳を文章構造の解析とともに可能にするものである。

Development of Picture Scanning Devices

生体現象を撮影したフィルムを入力とする計算機の入力装置の試作研究で Biological Picture Data Processor として、いちおうの成果をあげている。この装置は、細胞組織、染色体、脳におけるニューロンの結合、毛細管現象その他、生体内の諸現象をとらえて、これらを計算

機入力とする定量分析に大いに有益である。

この装置は FIDAC と呼ばれ、高分解能、高スピード、オン・ライン、実時間という能力をもち、さらに改良研究中で多くの生体現象の写真そのものからのデータ処理に用いることができる。目下進行中の FIDAC による応用研究について二三ふれてみよう。

染色体

染色体における X 型および Y 型の分析に用い、そこから細胞組織の研究に応用するもので Yale University などと共同研究で進めている。

ニューロン

中枢神経における種々の細胞状の組織にたいする形態学の研究に、カナダの Laval University などと共同研究中である。

X線フィルム

X線写真による診断に計算機を用いることが可能となるわけで多くの共同研究者を得ている。

電子顕微鏡

電子顕微鏡によりとらえた DNA のセンイを解析することなどに生物物理学者との共同研究をすすめている。

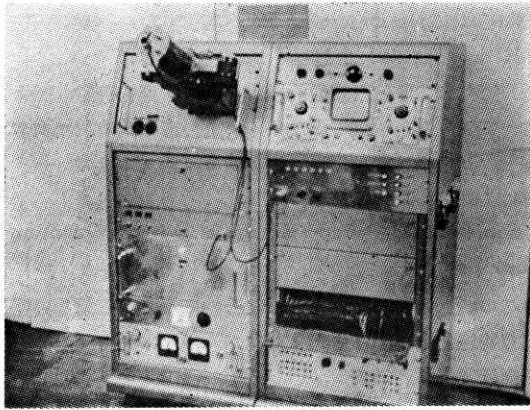
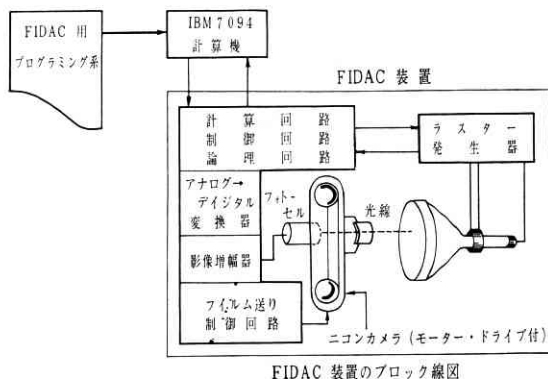


写真2 開発した FIDAC 装置



FIDAC 装置のブロック線図

データ処理

Photographic な情報をそのままの型で速かに処理す

ることができ、有機化学における分子構造なども図形的に示すことにより、自動的に式化することも可能となる。

つぎに述べる三つの研究テーマは、筆者が滞在中に直接従事する機会を得たものである。

Analysis of Biocontrol Systems

自動制御のフィードバックやサンプル値系の制御理論を生体現象の解析に直接応用する研究で、コンサルタントとして、自動制御で著名な J. Tou 教授を迎えて理論的討論を行なっている。

生体の情報伝達は、生理学的実験より得られた On, Off および On-Off リスponsより成る一連のパルスにより行なわれているとみなされる。したがって、電気的には非同期な Interval Modulation に類似した形式で情報処理が行なわれると考え、これを TIMIC (Theory of Interval Modulation Information Coding) とよび、その解析にサンプル値系のモデルを考案し、さらに数式的にも、拡張 z 変換の手法を用いることなど、理論的な研究も行なっている。

これらの解析のもとに Artificial Neurons を考案して、さらに神経系についての計算機によるシミュレーションを行なう。ついで、これらの生理学的な概念を導入した計算機および自動制御用の有機的機能をもった演算装置などを完成するのが目的である。

Realization of a Billion Gate Computer

さきの研究とともに、新しい要素をもった計算機を設計試作するための研究で、生体の情報処理を手本として新しいシステム概念を導入しようとするものである。

すなわち、さきの TIMIC の研究で、これにはつきのような利点をあげることができる。

(1) アナログ系のような動作を示すが、デジタル系として実現可能である。

(2) 同じ程度のデジタルまたはアナログ系よりも、より多くの情報をもたすことができる。

(3) デジタルとアナログの変換に特殊の装置を用いず、一般的にアナログ信号と考えられている情報処理とデジタル信号の情報処理を容易に結合することができる。

(4) さまざまな情報源をもつ信号を、固有の関数で表わすことができる。

これらの概念のもとに、記憶、閾値、不応期、遅れなどをもつ要素 (Component) を考案し、それらによる回路網の計算機によるシミュレーションを行ない、いちおうの結論を得ているが、さらに On, Off リスponsを主体とした生理学的な論理回路の研究を行ない、最終的には、マイクロモジュールにより、生体機能に類似した、有機的要素を実現することが目的である。

さきの研究テーマとともに、海軍の研究費 [NONR

3265 (00)] によるものである。

Statistical Methods for Early Detection of Cancer.
Quantitative Analysis of Cancer Survival.

これら二つの研究テーマは、一連のもので、X線フィルムや検たんなどのデータをもとに、肺がんの可能性を計算機により統計的に判断するもので、この統計的な解析を、診断により確定したがん患者の生存期間決定、さらにそれをもとに、過去のデータより最適治療方針を決定することに適応したものである。

新来がん患者の 40 種類にもおよぶ、医学的検査をもとに、過去の同種のがん患者のデータから、条件つき確率により、今後 1 年生存する確率を求め、それをもとに今後の治療方針を決定するものである。

治療についても、投薬、放射線、外科的手術などをいくつかに分類し、それによる効果係数と患者の状態遷移を確率的に決定しておき、ダイナミック・プログラミングの“最適性の原理”などを用いて、それぞれのがん患者の最適処置を順次決定するもので、計算機プログラムと、がんの進行過程のシミュレーションなど、臨床的にもニューヨークのがん病院といわれるメモリアル病院との共同研究ですすめつつあったが諸事情により中断されてしまった。

以上、とりとめもなく、この研究所で行なわれているおもな研究テーマをあげたが、これらのことから研究所としての性格、また国の援助によることから、アメリカ全体のこの方面の研究についての、大まかな動向なども多少はのぞくことができると思う。その他、骨の發育の力学的解釈など、新しいテーマについて述べることができず残念である。これらの成果は時おり NBR Progress Report として出版され関連各研究所に配布され、また IEEE, ISA 共同の学会 Eng. in Medicine and Biology などに、それぞれのテーマ別に研究発表される。

4. 研究費および一般

それぞれの研究を担当する研究員の数は、さきに述べたようにわずか 10 人あまりであるが、いちおう能率的に基礎研究の成果をあげている、ということができるだろう。総予算年額 30 万ドル余りで、研究員の給与その他は、国の職員に準じたもので、年俸 9000 ドル以上の研究員を上級研究員または上級技術者と、いちおう呼んでいるが、他に階級的な格づけはなく、筆者は客員研究員としての待遇を受け、さきのような研究に従事していた。

おのおののテーマ別の予算は、まったくまちまちで、最高数万ドルのものから IBM 計算機 20 時間使用というような物的なものもあるが、すべてが研究費でまかなわれる関係上、それぞれの研究員は少なくとも一つの大口を持たねばならないことになっていたようである。

国の機関への研究費の申請は、わが国の各個研究や本所の申請研究などと同じような形式であるが、研究計画書の内容は、少なくとも十数ページ以上で、それぞれ詳細な文献などを付けることが必要であった。

研究所での生活は、いちおう 9 時からスタートするわけであるが、顔がそろうのが 10 時ごろで、比較的自由になっていたが、報告書切の頃になると、休日も出勤している人も少なくなかった。とくに、Dr. Ledley は、休日が彼自身のかせぎどきで、マイク片手に論文や講演の原稿を、タイピストのためにレコードしていることがしばしばであった。アメリカにおける、タイピストと科学者の関係は極めて大切で、速記またはレコードされた原稿を、すさまじい速さで論文化してゆく過程は、まるで一連の論文製造工程の観を呈するほどである。このあたり、わが国でもなんらかの方法を考えねば、公的にはいつも先を越されることになりかねないと思った。アメリカ人の能率の良さは、こんなところにも一因があるわけである。

本研究所でも講師以上になれば水曜会があるようだが、われわれも毎週水曜には、研究員以上のスタッフが十数人昼食をともにし、食後、それぞれの専門分野で興味のある話題を提供して、議論することになっていた。また時には、外部から講師を招いて、おもに生化学などの解説的な話を聞くことも、しばしばであった。ワシントンには国の研究機関も多く、したがって一流の研究者の話を聞く機会を得たことは、筆者などの大きな収穫であったと思う。最近、生研が主体となって始め、筆者も出席させていただいている“CM 研究会”のような集まりも、しばしば行なわれ、境界分野の研究に意欲的な人達が、夜も遅くなるまで討論したこともあった。これらの席上息抜きの話題となったことを二三述べてみよう。

National Institute of Health (NIH) という、大きな研究所は、ワシントン郊外の美しい芝につつまれてそびえ、アメリカ全国にばくばく研究費を提供している。いわば研究所の総もとじめということができるところである。したがって、研究員も世界各国から一流の研究者を集め、医学、生物または工学的な分野でもよく成果をあげているが、研究施設としての建物は、あとまわしとなり、偉風堂々とそびえている建物の多くは、研究費分配の事務系統がしめているとのことであった。外国から来た人がよく、なるほど NIH はすばらしいといって帰るが、多くは研究そのものよりも事務部門の建物のすばらしさをたたえられているわけで、なんともおかしな気がするというあたり、金がいかにものをいうかが NIH を通しても、アメリカでは大きな問題と思った。わが国の場合などは、1, 2 桁下まわったあたりで、このようなアメリカナイズが、あちこちにただよっているようで、こうなるともはや、息抜きをとおりこして、大きなため

いきにならざるを得ない。

研究テーマの選択は、生化学の分野ではノーベル賞につながるから、研究者と研究テーマと研究費、その成果については、かなり激しく議論されるとのことで、研究テーマを選んだ理由について、堂々とノーベル賞につながるから、と答えた研究者がいたのには、ちょっと驚かされた。したがって研究者同志の勢力争いも、こうした世界的な業績または賞につながる研究上のことが多く、わが国で、よくみられるような、個人的な研究外のゴタゴタした勢力争いは、あまりないように感じた。

境界領域の研究者にとって、セクショナリズムはやはり、アメリカでも問題となっている。多くの場合、基礎研究の段階では、よい共同研究者を得ることは、容易なことであるようだが、一歩進めた、大がかりな、もしくは実用的な研究となると、個人的な研究者の協力ではなく、各研究機関の協力となるので、さまざまな点で対等な共同研究を行なうことが困難となった場合も二三あったようである。

この種の研究を行なう場合、やはり問題となるのが、それぞれの研究分野を、いかに相手に納得させ、かつ相手の分野を自分の分野に導入するかということである。そこで、概念的に、あるいは数学的に共通の用語を求め近年、盛んになってきた“システム理論”などを勉強することを、すすめていたが、さまざまな討論のすえ、けっきょく、各自のそれに対する理解が異なり、ふり出しにもどってしまったようなこともしばしばであった。このような研究上のロスや、いかにしてなくすかということが、目下の大きな問題で、さきにも述べたように、せめて共通な研究手段として計算機を用い、より高級なプログラムや入出力装置などを開発して、計算機の未開発の分野への応用研究に役立てようとしているものである。

ここで、ちょっとふれておきたいことは、この研究所の空気として、現用の計算機に満足しているものではないことである。すでに、述べてきたことから、おわかりのように、計算機の情報処理の能力を、プログラムなどの改良により、フルに応用しようとするもので、主体は IBM 7090 または 7094 を使用していた。したがって、現用 IBM 計算機の長所をできるだけ見出し、ばくだいな情報処理を必要とする研究に役立てようとするもので、さきに示したように、生理学的条件を手本とした、計算機そのものに対する研究も行なっているわけで、少なくともよく見られる計算機万能という考えは少しもなかったことである。

IBM 計算機は、主として、近くの University of Maryland 計算機センターのものを使用し、計算機に興味ある研究員のために、土曜日半日は完全に解放され、自由に操作までできることも、しばしばであった。この計算センターは比較的新しく、大学を中心に、近郊の会

社、研究所に開放され、その所長は、われわれの研究所のコンサルタントもかねていた。

5. 他の研究所、アメリカ etc ……

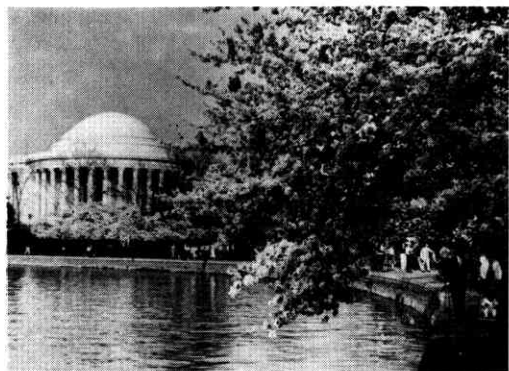
アメリカにおける、多くの研究所については、すでに諸先生方の滞在記などもあり、ちょっと訪問したぐらいではさきの NIH の例のように、ピントのずれた感心をしかねないので、ここでは、4年に一度しか公開しないという海軍兵器研究所 (NOL) を、運よくそこに勤務する友人と訪問することができたので、ちょっと外観的にふれてみよう。

まず驚いたのは、入口に広大なゴルフ場があることである。職員専用のゴルフ場でのしむパーティーを眺めながら行くと、軍事研究所にしては、おそまつな建物が並んでいた。もちろん、4年に一度の一般公開にふさわしくお祭り気分であるが、ミサイルの模型やレーザの実験など、なかなか興味深いものがあった。当然、秘密研究に関することを公開する由もないが、民間の軍事研究施設などに比べると、警備が予想外にルーズな点、いささか期待はずれであった。

海軍研究所にふさわしく、深さ何十mにも及ぶというプールがあり、海中における潜水夫の生理学的な状態の試験や、補助機器による海中の労働などについて、テレビ・カメラなどととも宇宙空間とは逆に、深海における人間の活動について研究しているとのことだった。話に聞いていた、イルカによる海中の作戦活動を見ることができず残念だった。帰りがけに立ち寄った友人の研究室には、冷房のエアコンがなく、むんむんとしているのには、さらに驚いてしまった。聞くと、エアコンのない研究室も多いとのこと、建物が古いので仕方がないにしても、民間の研究員であるためか、と思ったりもしたが、目下改良中との友人の言葉に、軍籍にある研究員との差など、問いたずらのもやめてしまった。

アメリカには秘密に属す研究所が多く、目下のところその本山でもあるような、NASA (米国航空宇宙局) の本部が、やはりワシントン郊外に、広大な土地を嚴重な金網でかこって立っている。筆者の属した NBR とも共同研究があり、その内容についてはもちろん関知されなかったが、一般的には、各国、各地のフライト・センターとの通信網が完全であることなどを聞き及んでいた程度で外国人である筆者の入所は NASA の手続きがめんどろで訪問する機会がないままに終わった。昨年、本所の野村教授が来られたおり、その模様をお聞きすることができ、情報処理の通信網のすばらしさには驚いたことであった。

一般に、このような研究機関で働く人達は、アメリカ国籍を持つか、または特別な保証を得ることが必要で、筆者などはある軍事研究施設で、トイレに行くにも所員



ジェファーソン大統領記念館をのぞむポトマック河畔の桜

にエスコートされ、必要とする部屋以外の立入は禁止された経験がある。その点、今度属した NBR は、ごく一部を除いてこのような研究はなく、われわれのビルにはきれいなプールもあり、夏には窓ごしはるかに色とりどりの水着姿を眺めたこともたのしい思い出となっている。

ワシントンに滞在するようになって、まもなく全世界を驚かした、ケネディー暗殺事件が起き、1週間近くもその渦中に巻き込まれてしまった。アメリカ人の友人とこの点については、なにも話したおぼえがないほど彼らはそのことになると外国人である筆者に口をとじた。何年前か、カリフォルニア大学に在学当時、浅沼暗殺が起き、日本人一同、言葉もなかった日々のことを思い出した。イスラエルからの研究員 Dr. Issacson が、日本のときには映画でみたが勇気があり、まだまだ防ぐ予地があるが、ケネディー暗殺のような方法を、今後どのような手段でアメリカは防止するのか？と問い切ったときの、アメリカ人達の顔を忘れることができない。

日常の研究所での生活は、いまだ小人数のために、家庭的なごやかさがあり、研究員クラスでは、給与の点を除いては、上下の差はまったくないといってよいほどで、たえず冗談と笑いがあふれているときもあった。年に1回クリスマス・パーティーとピクニックを行ない、家族ぐるみの交際もさかんであった。

気候的に、冬がきびしく陰気であることも手つだってかこのあたりの人々はカリフォルニアの人々にみられる陽気さには、いくぶんおとるけれども、アメリカ人特有ともいえるユーモアはさして変化はなかったが、黒人の多いワシントンでは、首都だけに黒人問題には見えてい

てたいへんだな、と感じることはしばしばだった。春ともなると、Rock-Creek Park という大きな自然公園を、白人たちの入る余地を残さず黒人たちが、ガヤガヤ集まるのには、なんとなく異状な感じさえした。黒人街での風紀も極めて悪く、文化国家アメリカの首都とは、どうしてもいえない一角が、しだいに広がりつつあるようだった。筆者も時もあるうにケネディー国葬の日に、この街はずれで、災難にあたりしたことなどから、悪循環とはいえ、黒人の人種差別も現状では、ある程度やむを得ないと考えるようにもなった。

6. おわりに

思いつくままに述べるうちに、もう紙面がつきてしまい、とりとめない一文になってしまったが、外国に生活するという事は、仕事の面でも、人生の上でも、多くの諸先生にお会いする機会があり、大きな特権を得たようなものだと思った。アメリカはたしかに、比較の上において、日本よりも文化国家であるが、文化という定義をかえると逆になる要素も多々含んでいる。ハエのブンブンいる貧しい街なみに、皮膚が白いことだけに、かろうじて優越感をもち続けている白人達。そこはもう、アメリカ式文明からはほどとおく、そしてさらに貧しい黒人達の群と、ごくわずかの考えるアメリカ人など……。

わずかのエリートにより繁栄するアメリカ、その中にわれわれは学ぶべき多くのことを見出すことは、いかにも残念ではあるが、彼らがきずいてきた、たくましい開拓者精神には、文句なしに敬意を払うべきで、科学技術においては、感情的になりやすい一時的な愛国心は無用と思う。原子力や計算機などの産業は、たしかにわが国の研究をリードしている現在、ただそれらの追従的な研究に集中することなく、現状ではアメリカに一任し、その成果を用いる新しいつぎの研究に、着手すべきではないかと思う。よく外国にでると、愛国心が強まる、ということを知りながら、筆者の考えでは、それはどうも日本にたいする劣等感の現われでしかないと思う。

一般的にみられる外国崇拜、そういうものにこそ、われわれは厳しく立ち向かうべきで、科学技術の上においては、感情的な問題をすて、冷静に、ことに対処するときである。宇宙開発も、原子力も、電子技術も、すべて現在の大きな対策が、将来の日本の科学技術の水準を左右することは明らかだろう。

(1965年2月10日受理)