

アメリカ大学事情

—MIT 材料加工研究室からみた一断面—

University Situations in United States

—A View from The Material Processing Laboratory at MIT—

佐藤 壽 芳*

Hisayoshi SATO

筆者は昭和 41 年 9 月より約一カ年アメリカ合衆国マサチューセッツ州ケンブリッジ市のマサチューセッツ工科大学 (Massachusetts Institute of Technology, 略称 MIT) 機械工学科材料加工研究室 (Material Processing Laboratory) に出張する機会を与えられた。本稿では筆者がその間の生活を通じて見聞したことについて、研究環境などを中心にとりまとめることとする。

1. ま え が き

米国の東部、わけてもマサチューセッツ州を中心とするニュー・イングランド諸州には、イギリスと同名の土地が多い。ケンブリッジの名もその例外ではない。アメリカでもっとも古い歴史・伝統を誇り、近くはケネディ大統領を卒業生にもつハーヴァード大学の設立と、ケンブリッジ市の命名のどちらが先であったかはきまらなかったが、同大学の設立者 J. ハーヴァードがケンブリッジ大学出身であったこともこの名にあなたがち無関係なことではないであろう。MIT は 1861 年に設立された。1630 年代には設立されていたハーヴァード大学に比べて、その歴史的な深みにおいて一步を譲るにしても、理学・工学教育に重要な役割を果たしてきたことは広く知られていることである。さらに第二次大戦中の Radiation Laboratory による電気工学の分野における成果は、その声価を一段と高めたということである。またこの二つの大学を頂点として、この近郊には特色のある大学が数多く集まっている。一方ケンブリッジ市とチャールス川をへだてて隣り合うボストン市は革命の始まったところであり、アメリカ人にとっては歴史的な土地柄である。このような歴史的、文化的環境が、ケンブリッジ市を全アメリカにおいて独特な存在にし、またハーヴァード、M. I. T. をはじめとする大学の学風の一つのふんい気ともいふべきものを与えているようにみうけられた。

2. 大学の こと

まず総長の年次報告などによって MIT の沿革などについてのべよう。1965~1966 年度で、学生総数は 7,408 名、この構成は学部学生が 3,755 名、大学院学生が 3,653 名となっている。大学院学生は、175 のアメリカの大学、129 の国外の大学 72 カ国の出身であり 951 名である。同年度に与えられた称号は、学士 829、修士 845、博士 360。この他日本の制度にはないが Engineering Degree が 126 である。また就職先の平均給与は学部卒業予定者 \$ 690、修士修了予定者 \$ 835、博

士修了予定者 \$ 1,050 となっている。79% の学部修了予定者が、MIT、他大学を問わず大学院へ進学を希望している。

学部ともいふべき School は、Architecture and Planning, Engineering, Science, Humanities and Social Science, Management の五つからなっていた。このうち最後の Management は、MIT の出身で、アメリカ最大の企業 General Motors の社長をつとめたこともあり、MIT の有力な後援者でもあった A. P. Sloan の名譽をたたえ、とくに A. P. Sloan School とも呼ばれていた。

これらの学部にも全部で 23 の学科 Department がおかれている。学科の中には工学・理学各学科のほか学部の名前からわかるように、経済、政治、心理、経営などの学科もようし、経済の P. A. Samuelson 教授の例にみるように、本来の分野である工学・理学に加えてこれらの分野でも名声を高めている。筆者が着任して早々のころ総長が替わって新総長の就任式があり、平均すれば十数年に一度という珍しい機会に恵まれた。新総長は 42 才、Sloan School の Dean をつとめたことのある人で、これまでの例からすると総長をだした学科が強化されているということから、今後 Humanity あるいは Management の分野にも力を入れてゆこうとする MIT のなみなみならぬ意図がくみとられた。

また、縦の線ともいえる学部の活動とともに、横の線ともいえる学部間に共通な問題の研究を活発にするため共通施設として、Center for Materials Science and Engineering, Center for Space Research, Computation Center などがおかれていた。これらの中には Cambridge Electron Accelerator のように、6 BeV のシンクロトロンを M. I. T. ハーヴァード大学が共同して運営し、効率よく研究をすすめるような態勢も整えられていた。また単位の取得に関しても両大学は協力し、互いの講義に出席できるようにしている。

Computation Center には IBM 7094 がおかれ、M

* 東京大学生産技術研究所第 2 部

T の教官・学生、ならびに MIT と協定を結んだニュー・イングランドの 50 の大学も使えるようになっていた。

先にもふれたように、着任早々のころに総長就任式に参列する機会を得たが、これがなかなか儀式ばったもので、アメリカの意外な一面をかいまみた気がした。教授達が四角い帽子に黒のガウン、学位の種類によって異なる色の「首かけ」をつけてならび、しづしづと行進、式場に進む様子からは、歴史が浅いだけに儀式を大事にし、またそれが深くヨーロッパの影響を受けていることが推察された。同じ印象は 6 月におこなわれる卒業式からも受けた。このときは卒業の喜びというはなやかさが加わるが、総長みずから卒業生一人一人に学位記を授与する念の入れようには、数が多いだけに驚かされた。

しかし、総長の選任が教授陣の選挙ではなく、大学を運営する理事会の推挙という過程をふんでいるようであり、The Corporation と呼ばれる理事会の中でも、総長 (President) は Chariman の次にならんでいることなど、大学のなりたち、運営にわが国とかなりの違いのあることが察せられた。同じく着任早々およびその後数回にわたって出席の機会があった機械科の教官会議において、学科主任の権限がかなり大きいという印象を受けたことから、この違いが感ぜられた。学期最初の機械科教官会議では、筆者も紹介をうけたのであるが、イギリス、ドイツ、スイスなどからの客員の紹介、また名声をきそい合っているかにみえる C. I. T. で Ph. D. をとってすぐに MIT にきた新進の紹介もあり、国内外からの教授、研究者をうけ入れ交流をはかっている様子を目のあたりにみて、これまたいささかの違いを感じさせられた。

3. 研究室のこと

さて、材料加工研究室は、表面工学研究室 (Surface Laboratory) と密接な関係を保っておかれていた。加工の研究には、摩擦そのほか材料の表面物性に関する研究も不可欠であるとの観点から、この処置がとられたときく。材料加工研究室は、N. H. Cook 教授、P. A. Smith 準教授 (Associate Professor)、インド人の P. N. Nayak 助教授 (Assistant Professor)、Research Associate の筆者、ほかに Technical Instructor 3、技術員 1、作業員 1、秘書嬢 1、大学院博士課程学生 1、修士課程学生 4 (内インド人 2)、ほかに研究室の所属は異なるけれども、Cook 教授の指導をうけるために研究室内に机をもらっている Engineering Degree 候補の学生 1 という構成であった。参考までに表面工学研究室の構成をかきそえると、教授 1、準教授 1、助教授 2 (内 1 名はカナダ人)、技術員 1、大学院学生 2 となっていた。

Cook 教授は、Nayak 助教授、インド出身の修士課程学生 2 名とともに、工具の摩耗の問題を熱力学的な考慮

をはらい分子運動論にまでたちかえって解明する研究をすすめていた。そのほか同じく修士課程学生のテーマとして電解加工の能率向上、博士課程のテーマとして研削作業と砥石摩耗の研究をすすめていた。これらの研究の進捗状況は、当初想像していたもっと盛んな研究活動の姿に比べると、いささか意外であった。しかし同時に当然のことながら、MIT が研究の場でもあるが、一層の重点が教育におかれていることを強く印象付けられた。一方、Lincoln Laboratory のように国家予算をうけて、国防・宇宙開発研究のみをすすめている施設もあったが、日ごろ接する教授・研究室をみている限り、滞在期間を通してこの印象は変わらなかった。しかし電解加工の研究なども、現在実用を旨として研究されている電流密度が $1,000 \text{ amp/in}^2$ 程度にたいして、精度はともかくも加工能率の向上を旨として、 $10,000 \text{ amp/in}^2$ の実験にとりくんでいるというように、先端をゆく意欲には満ち溢れていた。

工作機械類は旋盤約 20 台、フライス盤 3、研削盤 2、ボール盤 3、そのほか放電加工機、帯鋸盤などの特殊なものも適宜補充し、教育・研究に活用していた。また、Cook 教授、Smith 準教授の設計になり、1号機は National Science Foundation から、2号機よりは Ford Foundation から研究費をうけて作られた万能加工試験機 5 台がおかれていた。この機械は小型旋盤の形をしており、付属装置を組み合わせて切削以下 8 種類の加工と、切削力測定などそれにとりあう測定、引張試験以下 8 種類の材料試験ができるもので、学部学生の実験に活躍していた。

筆者自身の学生時代の材料実験をふりかえってみると、引張試験片が数人のグループに一本与えられて実験をおこない、各人が報告書をまとめた記憶している。それに比べて MIT では、4 人ないし 5 人のグループごとに、各人に別種の材料が与えられ、旋盤を実地に使用して試験片を作ることから始めていたのをみて、その徹底した実際の教育法に、良し悪しの論議は別にしても考えさせられるところが多かった。カリキュラムの中にはパンチ・テープをつくり、数値制御ボール盤を使用して簡単な工作を一人一人がやること、バラック・セットではあったが、レーザによる穴あけなども、技術の進歩に即応してとり入れられている点印象深かった。講義の方でも、毎週の宿題、一学期間に 3 回おこなわれる試験と、たえず課題を与える方法とあわせて、“Doing is learning.” がモットーということもなるほどとうなずかせるものであった。実験報告が提出されると、採点の上、最も優秀なものに \$200 が与えられていたことなど、いかにアメリカらしいことであった。

すでにのべた研究室の多数の工作機械も、実はその大部分が第二次大戦後に Cook 教授の前任者の Shaw 教

授がほん走して軍の払い下げを安く買い集めたものであることをきいたとき、アメリカはアメリカなりに経済を考えていることを知った。それだけに古い機械が多く、精度、振動などの点で精細な実験をおこなうには問題のある機械が多かったことも事実であるが、一方数値制御ボール盤など新しい機械は中古品を会社から譲りうけたり、ある期間借用したりして実習・研究に用いていた。そのほか研究室が所有していた測定器類には、シンクロスコープ 5 台、メモリ・スコープ 2 台、デジタル式低周波発振器、可変フィルタ式周波数分析器、25 kg 出力電磁式加振器などをそろえていたのには蓄積の大きさを感ぜられた。

ところで、このようになかば工場ともいえる環境の中で実験的研究をすすめることについては、州政府および MIT の安全に対する細かい配慮があった。実験室入口にはプラスチック製眼鏡が置いてあり、実験室内ではだれもがこれをつけること、定時以後の実験的作業は必ず二人以上でおこなうこと、化学室には、万一薬品を浴びて一時的に目がみえなくなるようなことがあっても、手さぐりでもひっかけられるようなつり環が天井からさがっていて、これを引けば一定量の水が一気に落ちて応急の洗浄ができるような仕掛けを作っていることなどが、至極当然のこととして実行されていた。

すでにのべた三人の Technical Instructor は研究室のスタッフ、それぞれ 40 代、50 代、60 代の人達で、学部学生の実験指導をうけていた。この人達はまた、一人はストレインゲージ測定の、一人は電気測定の、一人は機械加工の専門家であった。三人とも工作機械の操作には習熟しており、大学院学生が実験装置を作るときの指導・計器類の管理運営をも委ねられていた。けれどもお互いの間の仕事の区分は非常に厳格に守られ、日本の感覚で仕事をたのむことはよい結果をうまなかったようである。アメリカでは機会をもとめて転職する者が多いときいていたが、この人達に関するかぎり、これはあてはまらず、20 年、30 年選手であった。このことについては、アメリカの中にも、二つの流れがあったように思う。Cincinnati Milling Machine Co. のように精度のよい工作機械をつくる技術を温存するため、永年勤続者の名前を会社玄関のところにかきだし、襟にも永年勤続のあらわすバッジをつけているような会社もあれば、以前より聞いていたように、自分の能力をのばすために転職をしたという人にも会った。また総長報告の最後には日本の感覚からすれば非常に激しいと思われる教授陣の移動がのせられている一方、機械科の教授陣をみると 10 年、20 年を過している人が決して少なくないことなど、流動性がわが国に比べれば遥かに強いことは確かであるが、やはり同時に固定的な面もあることを知った次第である。ともあれ優秀な技術をもったスタッフを大学

に温存できるあり方に考えさせられることが多かった。

4. 研究費のこと

たとえば研究室がどのくらいの研究費で運用されているかということなどは最後までわからずじまいであったが、豊富・潤沢であったとは必ずしもいえないようである。

空軍からの研究費をとって Cook 教授とともに研究をすすめていた Nayak 助教授は、筆者が滞在中に Ph. D. をとったが、論文を作る過程ではとくに研究費はなく、研究室に既存の設備等を利用して研究をすすめたということであった。このことは、日本の大学や、米国の州立大などのように基礎となるべき定常的な研究費のない MIT のようなところではかなり不自由なことを意味している。筆者自身も給与は支給されたが、研究室にとくに project があるわけでなく、この意味での不自由さを知るのにはそう日時を要せず、研究室手持ちの機器類のみを使って研究をすすめたような次第であった。

彼によれば、だいたい一つの project にくる研究費は通常 \$ 20,000 ぐらいということであった。しかしこの金額も半分以上は人件費に使われるときいたから、実質上、研究費が余るほどでないことは察せられる。この金額もいろいろで、他大学の例であるが、1 件 \$ 500 あるいは \$ 200,000 というような数字を聞く機会もあった。金額は定かでないが、先にのべた電解加工の研究は陸軍の、研削の研究については研削材製造会社の研究費をうけていた。空軍や陸軍の研究費をうけると四半期ごとの中間報告書が要求され、これをまとめるのにもかなり骨を折っているようであった。筆者のみるところ、これによっていろいろな分野で膨大な報告書が作成されそのエネルギーに感嘆させられた反面、なかには随分とおどろきの報告もあったように思う。

ある日、Cook 教授が、政府関係の project によっては案をだしてから研究費がくるまでに一年半もかかることがあり、金が来たときにはテーマが古くさくなってやる気がなくなってしまうと怒ったような口調で洩らされていたが、どこも同じようななやみはあるものとおらためて知った。またこんなこともあった。あと数カ月で Ph. D. の論文をだすという大学院学生の M 君が“一寸このところ忙しい。ある会社からもらっている project がきれて継続の申請をかかされているものだから、何しろこれが通ってくれないと生計がたたなくなってしまう”とつぶやいていた。研究費集めの一面を物語っているかと思う。とはいえアメリカ全体としてみれば、膨大な研究費で研究がすすめられていることはたしかである。しかし筆者のみるところ、そのパイプには分野によってやはり太いところと細いところがあるように思えた。

MIT 全体としては 1965~1966 年度に各学科および学科間の直接の研究費を除いた一般教育支出として \$ 41,999,000、各学科の一般研究費 \$ 37,382,000、

Lincoln Laboratory などでの研究費 \$ 93, 972, 000 となっている。全体では全年度に比べて 9% 増である。

一昔前は世の中が不景気になると、会社がまず一番に研究費を絞ってきたから委託をうけていた大学も苦しかったが、今は逆うと Instructor の一人がいった。しかし筆者の帰国するごろからベトナム戦の影響からか国の機関がだしている奨学金が新年度よりなくなり、それをうけている日本人研究者も否応なしに帰国しなければならないという話なども耳に入るようになった。他事ながら一昔前の再現にならないこと望みたいものである。

5. 研究のすすめ方など

最近ではわが国でも大学院学生がずいぶん増えてきた。そして研究室ごとのあるいは同様なテーマを持った人どうしの研究会や、輪講会がさかんである。この点に関する MIT での様子は、筆者の見た範囲内では少し異なっていたように思う。機械科全体としての研究会的な集まりは、外部から講師を招いて時の先端をゆく話題を教授・学生が共に聞き、質疑を重ねる会合、大学院博士課程の学生が論文をほとんど完成した段階で講演したり、教授がトピックスを話す昼休みを利用した会合（本学機械系では修士論文をも含めてもう少しゆとりのある時間で数年来やっている）等が、週に一回持たれてはいた。しかし筆者のいた研究室では、一年間の期末に数回にわたって、博士課程の学生がまとめつつあることを報告、修士課程の学生が論文とは別に科目のレポートとしてまとめたものを研究室のメンバーが聞くという会合があったのみで、研究室全員あるいは大学院の学生どうしが、何か共通したことで向上をはかるということとはまったくないようであった。大学院学生と教授との接触は、教授と一人一人の学生という形でおこなわれていた。アメリカの場合、授業できびしく教育されるから時間のゆとりがないということも理由の一つかもしれない。しかしこういうことは教授の考え方によっても決まることで、一、二の例で全体をおしはかることは危険であるものの、同様な感想は同じごろ他大学に客員として滞在中の日本人教授からもきいたことから、国民性にもとづいた、研究における一つの風土なのかもしれないとも思われた。

博士・修士論文について、わが国できびしい審査がなされていることは言うをまたないが、MIT の場合、博士論文については主査をはじめとする教授・学生の前での公開発表があって、質疑応答がかわされ、その直後教授陣のみの秘密会で最終的な決定がなされていた。この公開発表にこぎつけるということが論文通過をほぼ約束していることのようにであった。修士論文については、試問といった形式のことはおこなわれていなかった。日本では修士論文についても発表審査の機会があるという筆者の発言に Nayak 助教授が、MIT もそうすべきだと言っていたのを思いだす。

計算機も必要に応じて使われていたことはもちろんである。Computation Center も新しい建物を作りつつあり IBM 360 をあらたに導入するということがあった。筆者のいた研究室での使用は、必ずしも盛んというほうではなかった。当然のことではあるが必要とあれば使う、ただ使う場合にはよくその価値を判断しながらにするというふんい気があったように思う。さきの工具摩耗の問題で温度分布の決定などについても、デジタル計算機を使いもするが、一方では等電位線測定で模擬する模型なども考えて両方法の是非に評価を下していた。

計算機の使用が利用者にとっては便利にできていたことはたしかである。終日運転で、一日 4 回の計算結果を受けとれる仕組みになっていたから、計算依頼のサイクルタイムの点でどのように便利か想像していただければよい。カード・パンチについてはいっさい自分でやることになっていたが、長いプログラムやデータになるとなかなか面倒なことであり、本学の計算センターでとられているパンチを依頼できるシステムによい点があると感じたことである。残念ながら、筆者は使用する機会を得なかったが、Time Sharing System も日常のこととして使用されていた。機械科でも流体力学研究室などで入出力端をもち使用していた。このあたりが MIT の MIT たるところかもしれないということを感じたことであった。学科としては土木工学科が IBM 360-20 をもち、授業に、システムプログラムの開発に活用していた。機械科にも導入しようという計画があるということであった。

6. あとがき

以上簡単であるが、筆者が MIT に滞在中の生活を通じてとくに印象深かったことなどをまとめてみた。できるだけとらわれない立場で広く見、聞くように努めていたつもりではあるが、その範囲にはどうしても限りがある。またふり返ってみて、一年という期間はまったく早く感ぜられ、無我夢中で過ぎて来たの感をぬぐい得ない。言葉の点でもハンディギャップあり、見のがし、ききのがし、まちがいがあられるかもしれないことを恐れるものである。個々のことについてはアメリカの長所を多くの点でみるとともに、また日本での良さをあらためて認識したことも多い。ここにまとめたことについては良し悪しの判断は別に、あるがままにのべようとしたつもりである。なにかがご参考になることがあれば幸いである。また意をつくしえなかった点をおわびしたい

終わりに、この機会を快よく与えて下さった岡本前所長、二部教官各位、また MIT 材料加工研究室 Smith 準教授と親交があり、快よくご紹介の労をおとり下さった本学工学部鶴戸口教授、終始励ましを頂いた同工学部藤井教授、一年間を有意義に過ごす場を与えて下さった MIT Cook 教授、Smith 準教授ならびに、材料加工研究室諸氏に心からの謝意を表するものである。

(1968 年 3 月 2 日受理)