

計算機械研究餘談

——計算機械を研究せざるの記——

山内 恭彦

友人のK君は式の計算が誠に達者である。黑板一杯にはじから計算して行つて決して間違えることがない。時に書き誤りをしても、その部分だけを黑板拭でちよいちよいと直して最後の式を正してしまう。またもう一人の友人A君は、十数人でめしを食つて、勘定書を出された瞬間、あつという間に一人分の割り前をいい當ててしまう。二桁の数字の九々を全部暗記しているのである。このような計算のうまい人の間に伍して、理論物理と、應用數學の境のような研究をするのははなはだつらいことである。私ときたら、計算は一度目は必ず間違えるものという強い確信を持つている。だからやり直して誤がないと、どうも不安で先に進める氣が出ない。いつかどうしても誤が見出されないので、大に困惑して、K君に見てもらつたら、それでよいのだといわれたことがあつた。してみると私の間違も統計現象のようなもので、たまには賢くじが當るような稀な現象も起るものだとすることをさつた。

このような情ない生れつきの人間が考え出した逃げ道は、できるだけ計算を少くして、誤があればすぐわかるような方法を見出すこと以外にない。そこで工夫したことは、計算をできるだけ系統立て、無駄な計算を極力避けるようにして、ぎりぎり必要な計算だけで済むようお膳立てをすることである。‘無精物理’とか‘スタイリスト’とかいろいろいわれたが、その裏には實は血のにじむような苦心がかくされていたのである。そのような計算のすじ道を系統立てるのには、群論という抽象數學が役に立つ。そこで一見はなはだ應用數學とは縁の遠い群論を使つて、複雑な計算を單純化することを試みた。特にその場合都合がよいのは、そこに現われる数字が非常に必然性を持つたものばかりなので、間違わうにも間違いない、誤ればすぐに氣が附くようなものばかりであることである。このようにして、多電子問題を解くかなり一般的方法ができ上つたので、いよいよ實際問題に應用する段になつて、再び厄介な問題に當面しなければならなかつた。

というのは、量子力學で取扱う微分方程式は、とてもまともには解けないもので、近似解法以外に手はない。實用上はまたそれで十分なのである。ところが近似解を解析的に求める計算は、そこに現れる数字がまつたく必然性に乏しいものばかりだから、一つ間違えば後の計算は全然誤つてしまうのであるが、この誤を見出すことは

なかなかむずかしい。例えば壓縮流體の近似解などでも有名な研究者の計算に誤があることを、T君やI君が度々指摘している。計算の神様のような方でもその通り、私のようなものは逆立ちしてもどうにもならない。

それを十分以上認識しているので、この方法は初から一度も試みなかつたのは我ながら自を知るものとして、誠に賢明といたいところであるが、これはどうも餘り自慢にはならない。その代りに、解析的近似よりはもつと近似度のすぐれた數值的近似をやつてみようと思ひ立つた。これは一つは少しでもよいもの、正しい値に近いものを求めたいという殊勝な氣持からでもあつた。計算の下手な奴が數値計算をやるといふのは少々矛盾した話であるが、これが計算機械との因縁をつけるのであるから、しばらくこの愚劣な話しを續けさせていだだこう。

まず日高孝次君の本から始めて、少しづつ微分方程式の數値積分法をしらべてみると、思つた程面倒なことはなさそうである。というので一つ二つ手近な方程式を解いてみると、わり合すらすら解ける。無味乾燥な數字の羅列と思つたのが、色々小さな工夫を凝らすと、うまく行つたり簡單化されたりして、小刀細工的の興味はある。というわけでしばらく毎日のようにタイガー計算器を回していたのであるが、それもしばらくすると倦怠期に入つた。どうも同じような勘定を朝から晩まで繰返しているのは單調極まる。これは大丈夫のやるやる仕事ではないと悟つたのである。

そこではじめて computer, いや computress をやとい入れることに氣がついた。幸い大學という名前の魅力で、女子大出の優秀なお嬢さん連が来てくれて、大に助かつたのであるが、困つたことはその報酬の出し方であつた。當時は文部省の科學研究費を人件費に使うことができたのであるが、その研究費の額が固定したものでなく毎年變動する。三年繼續の研究ならば、三年たつと後は無くなつてしまう。こんな金のことで苦勞していたのでは研究が愉快には進められない。もう一つの困難は、二、三人の計算手をいつも遊ばせざるには問題を引續き出しておかなければならない。ところが基礎的計算の部分で引きかかると、それが解決しないうちは數値計算に移れない。もちろん容量の大きい人なら、いくつかの問題を並列に取扱つて、そのすきをうずめるという器用な藝當ができようが、一度に一つの問題がやつつという私には、これにはまことに閉口した。これに反しても

との方程式ができると、せつかちの私には、今度はまた一度に多量の計算がしたくなる。それには人手が不足である。どこかに多数の熟練した計算手が澤山そろつていて、そこへ頼めば、短時間で結果が得られるところがあるとよい。—日本中の計算を引受ければ、平均してそう休業するようなこともあるまい。各所で少しづつ計算手を無理して雇い、そして、しばしば遊ばせているよりは、ずつと能率的だろう。ということに佐々木達治郎博士に話したら、それならそういう研究所を作ろうというので、同博士のお骨折りで、計數研究所というものを作られた。

しかし人が計算器を回しているのでは如何にもまだ一つこい。また間違いを避けることが困難である。よく二人に同じ計算を獨立にやらせる方法がとられるが、不思議のことに、相當熟達した計算手になると、誤る個處はきまつていて、二人とも同じところで間違ふから、これも餘り信用できる方法ではない。まあいろいろに檢算の方式を考えるより仕方がない。そこでこれはどうしても機械的に誤なく、速かに計算をする方法を研究する外はないということに痛感するに至つた。

ところが幸いに、當時という戦争の前、昭和14年の頃と記憶しているが、電気工學科の方々にも計算機械に興味を持たれる方があつたので合同で研究をしようということになり、まずどんなものができているのか、文献を調べることから始めた。電気からは、瀬藤象二、福田節雄、山田直平の諸先生、これに力學教室の佐々木達治郎、雨宮綾夫、志賀亮ならびに私などが加わつて、一週一度會合して、諸外國の研究を紹介し合つた。これはかなり大變なことだろうと豫想したが、しらべてみると計算機械にはアイデアだけのものが多く、實物を作られて役立つものは極く少數であることがわかつた。そこで結局日本で試作してみようと思ひ立つたのは、機械的のものでは、Bushの微分解析機、Wilburの連立方程式を解く装置、電氣的のものでは Mallock のやはり連立方程式を解く機械が主なものとなつた。ここで機械的の方は當時の航空研究所で佐々木博士が主として擔當し、電氣的の方は、千葉へ移つた福田博士が試作するというに話がきまつた。ただしその設計には全員が參與しているいろいろ檢討した。瀬藤先生の教示はしばしば非常に有益であつた。例えば、機械のことには全然無經驗の私が、ここの恰好が悪いなどといういろいろ思ひ付きの改良案を唱えたときなど、Bushは十年間もいろいろに研究してここへ落附いたのだから、まず最初は原形をまねるべきであるといわれたことなど、痛い思ひ出である。

さて十年以上もすでに工學部でめしを食つていながら不勉強のたたりで、機械の構造を理解するのに大骨を折つた。高等學校のとき一度平齒車のドローをしたきりの

私には、齒車にこんないろいろな種類があるのかとまずあきれる程度のことから勉強をはじめなければならなかつた。佐々木さんの方の機械は、志賀君の協力で研究が進み、戦時中にもかかわらず、昭和航空計器の試作工場に、まず積分器4臺の微分解析器が形だけはでき上り、航研にすえつけて使用してみることになつた。さて實用してみるといろいろ具合の悪いことが見出され、あちこち改造を要することが明かになつた。トルク増幅器にまきつけるベルトが何がよかろうかと、絃楽器の絃をいろいろ試みてついに琴糸が一番よいということがわかつた。アメリカでは何を用いたのかしらと怪んだりした。とにかくいろいろと動かしている中に段々具合よく運轉するようになったので、大に自信を得て、次の4臺の積分機を注文して大に張り切つていたのであるが、これは完成したまま工場で戦災に逢つてしまつた。志賀君はその前すでに應召してしまい、次には航研の機械も荷作りして疎開するという仕儀になり、研究は中斷の悲運にあつてしまつた。

福田さんの方も、瀬藤さん、山田さんのカスケード式というような妙案も出て、三元一次方程式を解くものは一應でき上つたが、さて電氣というものは教科書に書いてあるような簡單なものでなく、抵抗があつてはまずいところに抵抗があつたり、逃げてはいけぬ磁束が漏れたり、なかなか理想的の結合はできないものである。それである程度以上誤差を少くすることははなはだ困難であることがわかつた。鐵心材料、補償回路などにも随分苦心されたが、結果は方程式の係数の具合で或る場合はほとんど誤差がなく、或る場合は2-3%以上の誤差がでるという調子で、これを直ちに多元方程式へもつて行くことは幾分躊躇された。その中やはり戦争のため、この研究も中止されてしまつた。今日、digital machineがあのようにはなばなしく登場しては、この analogne machine は影が薄くなつたと思われる。

こんな調子で、われわれの計算機の研究は戦争によりまつたく中絶されてしまつた。戦後外國の文献がはいるようになってみると、その間に諸外國、殊にアメリカではこの方面にすばらしい進歩のあつたことを知つた。積分機が20臺もついて、トルク増幅にも新機構を用い、シャフトの連結も非常に便利になつた微分解析機、それれにもまして、100年分の計算を2週間でやつてのけるという電子計算機械の話など知るにつけ、日本の遅れ方が痛感され、また經濟力の點から考えてもとても、どうもならないという絶望感におそわれて、すつかり意氣沮喪してしまつた。それに航研の後もどうなるかわからず戦後一年位の間は、戦時研究から解放されたよるこびで紙と鉛筆の基本的計算に没頭し、數値計算の方は全くブランクであつた。

その後航研が理工研として再出發をすることになり、

佐々木さんが退官されたので、福田さんと私とが研究擔任となつて、微分解析機の研究を引きつぐことになつた。二工の講師渡邊勝君に厄介な數値計算を要する研究をやつてもらつたのが縁となつて、同君が解析機の研究に興味を持たれ、専心研究されるようになったので、この研究は順調に進んだ。ついで大學院特別研究生三井田純一君がこれに協力するようになり、まず荷物を解いて機械を組み上げこれを運轉して、二三の問題を解いてみた。しがしどうも思うような精度が得られない。その原因を片つぱしから調べて行くと、いろいろ手を入れなければならない箇所があることがわかつた。それにしても何しろ素人の集りだから、不安が多かつたのであるが、そこは工學部の有難さ、各方面の専門家がそろつてゐるから、いろいろの方を引張つてきて見ていただいてその忠告を聞くことができて、多くの缺陷が見出されたことでちよつとわき道へそれるが、病人の診察にもこんなことがあるのではなからうか？ 結核の名醫は、レントゲン寫眞を主とし、血液の専門家は、その方の反應を診断の要素とするというようになって、醫學の専門が分科すればする程、総合的判斷は困難になるだろう。計算機械の場合は、都合よく皆さんのお考えに従つて直して行くといずれも大に効果があつて、段々によくなつて行つた。素人考えて、ここが具合が悪い、何か専門家にはもつとまい手があるだろうと想像した個處が、案外今日の機構ではそれ以上のものはないというようなこともあつた。それに渡邊君は私と違つて、機械や電氣の知識が豊かで、工作方面にも趣味があり、三井田君は工學部出身だから、私のように頓間なことはなく、なまじ私がつまらぬ口出しをしない方がよいことがわかつたので、すっかり兩君にまかせたところ、やがて見違えるように精度が上つてきた。こんなお笑い話もある。軸を回轉する速度は、計算の都合で、かなり廣い範圍で變える必要がある。理工研では當時直流電源が得にくかつたので、交流モーターを使用した。それに變速モーターがあるのであるが、これがかなり高價だつたので、私はインダクション・モーターでよからうといつたら、それでは速さが變わらないという。何抵抗を入れればよいのだといつたらそうはいきませんとのこと、どうも腑に落ちないので、電氣の星合さんにきいたら、やはりインダクション・モーターでは抵抗を加減して速さを大幅に變えることはできないとの御宣告を受けて、學生時代、應用電氣學の講義を振つたことが今更後悔され、大に面目を失した次第であつた。

しかし無智もこの程度になるとお愛嬌で、反つて都合がよいことがある。何しろ専門は應用數學ということになつてゐるので——これもなほはだ怪しいものであるが工學部にいるときにはどうやら大してぼろを出さずにすんだのは、無鳥の蝙蝠であらうか——外のことは知らな

いでもあまり恥ではないときめこんで、わからないことは誰にでも臆面なく、うかがいを立てることができる。きかれた方もあまりの無智に同情して手をとるように詳しく教えて下さる。ええ面倒だ手傳つて上げようという方も出てくるようになって、從來ややともすれば困難とされた違つた方面の方々の協力が簡単に實現されることになつた。このことは理學部へ行つてからも経験したことで、理論家が實驗に似たことをしようとして、實驗家さんにききに行くと、君では無理だやつて上げよう、或いは理論家に使われては後が大變、こちらで作つて差上げますという調子で、全然信用のないことが幸ひして、結局自分では全然手を下さないで、材料も集まり、小さな装置もできてしまつたことがある。捨身の戰術、素人の強身とでもいうのであらうか。

さて理工研の機械も、渡邊、三井田兩君の不斷の努力で、一應十分役立つようになり、追々外部からの委託も受けて、かなり多くの問題を解いた。そうなつてくるとどうも積分機がたつた4臺という制限がはなはだ不滿になつてくる。その爲解ける問題の種類が限られる。何とかしてこれをつやしたいと考えるのは自然である。例えば核力を湯川型としてその深さと到達距離を變える問題にしても、中心力しか取扱えない。テンソル力を入れるとすれば、積分機8臺は少くとも必要である。止むを得ず中心力だけの結果を出したところ、アメリカからも問い合わせがあつた位であるが、この問題は Harvard の Schwinger が、同大學得意の Mark という計算機械で完全にといてしまつた。もちろん別にそう獨創的研究というわけではないから、あまり口惜しがるほどのこともないが、それより解析的計算にあれほど長じている Schwinger が、この問題を數值的に、計算機で解いたところに、大に注目しなければならない點があるであらう。

そこでこれを擴張しようとして、まず考えたのは、この現存の機械につきたすことであるが、この機械、數年間いろいろ手を入れて改造したのであるが、どうも間に合わせの手入れではこれ以上期待できない、根本的に作り直すに越したことはない。それと、これは後で誤解によることがわかつたのであるが、理工研では居候の形とびがんだため、研究にも不便があつた。そこで新考案の機械を生産研にすえつけようということを考えた。瀬藤さんはそもそもこの研究の發端からお世話になつていたし、兼重さんもまた非常に理解が深く、大に激勵して下さるし、所員の諸君も好意ある贊助があつて、このことはすらすらと進み、この機械のために二工の講堂であつた建物の一部を改造して、將來は20臺の積分機をおける位のスペースを、基礎工事から萬事機械の設置、運轉に適するように改造することができた。そしてこの機械のために委員會が作られて、各部からこの方面の専門

家が集つて、設計についても慎重に討議して、まず4臺の積分機をそなえた機械を發註して、すでにでき上つてはいるはずのところ、再秋の電力事情のため少々遅れてしまつたが、もう近く完成する豫定である。以後繼續して積分機を増して行けば、微分方程式を解くことは、非常に特異のものでない限り、どんなものでもお引受けてきると思う。一方各部分の改良、全體の計算の組織化、簡單化についても、鋭意研究を續けている。これとは別に全部を電氣的に操作する解析機が第3部の野村君により作られた。これは仕事の早いのが特徴で、そう高い精度を要しない問題で、手早く結果が知りたいときに便利である。例えば、パラメーターの値を變えて行つて、運動が安定から不安定にうつる境を見出すときなどにもつてこいである。パラメーターの値が大體きまつたら、機械的の解析機で精密な結果を出すというように、コンビにして使えばはなはだ効果的であろう。このようにして、生産技研の方では研究所全體の總合研究といふところまで發展して、各方面の所員に協力して完成を期することとなつたので、前途は大いに明るいと期待している。理工研の方も立派な室が提供され、委員會が作られて山下次郎君などが研究をつづけられるので、残してきた機械も立派にお役に立つことと安心してゐる。

計算機械の研究の動機は、自分が數値計算に使いたいということであつた。だから誰かが作つてくればよいのだが、そう注文通りに行かなくなつたので、やむを得ず自分でやるより仕方がないということになつた。しかし結果においてはやはり他人に作つていただいたことと同等である。私自身の考案といふのは一個所もないし、

第一今でも一人で機械を運轉する自信もない。だが申しわけのようであるが、それだからこれだけにでき上つたともいえよう。専門違ひのものが、始めから勉強して、一人で作る氣になつたら、自分の能力を秤量して、とてもここまで漕ぎつけられなかつたと思う。自分が計算に苦んで、世の中には同じ憂ひの人も多からうと思ひ、またこのようなものができれば計算の得意な人にも大に役に立つことを考え、日本の科學、技術が世界の大勢に遅れず進むには、どうしてもこのようなものが必要であるという信念が、何年も執拗に持ちつづけた念願が、全く非力の私に、この研究を形の上では續けさせ、研究所の主要な研究項目の一つとして取り上げられて、優秀な研究者の協力によつて、強力に推進させるところまできた。そういうと、科學の研究にもはなはだ非科學的の要素があるということになりかねないが、これは例外的の事態であろう。

今日では計算機械の重要さはかなり深く認識されている。私の次の希望は電子計算機を作りたいことである。この方は眞空管回路とか、Storage 裝置とか、私には機械より更に苦手なわからないことだらけである。しかしこの方のエキスパートで、電子計算機に興味を持つてゐる方々は少くない。渡邊、三井田兩君もその方の勉強にはおさおさ怠りがない。外國の研究も段々まとまつて來たから、もう金さえあれば日本でも製作できるところにきていると思われる。微分解析機とはまた別な意味で非常に役に立つこの digital computer をどうかして日本のどこかに作り上げなくては、私の執念は消散しそうもない。(27. 1. 24)

次 號 豫 告 (5 月 號)

トラス橋の耐力.....	岡本 舜三
——市川橋の試験結果——	
燃料ポンプ・プランジャの超仕上.....	竹中 規雄 益子 好三
鑄物の凝固速度.....	千々岩健兒
サイクロン收塵裝置.....	渡 邊 仁 川 端 弘
超音波探傷器.....	高 木 昇
——その實用化への歩み——	
マイクロ波導波管の壁の表面損失の測定.....	齋藤 成文
化學的に見た漁業用纖維.....	高橋 武雄
技術メモ	
干渉色による膜厚の測定.....	安野 惟夫
クローン滴定法.....	木本 浩二
その他 速報 海外研究情報	ニュース等

森脇義雄・猪瀬博共著

「分布結合回路の帯域濾波特性」

生産技術研究報告 第2巻 第5號豫告

結合回路が帯域濾波特性を示すことは集中定數回路についてはよく知られており、また分布結合回路についても線路の損失を無視した場合についてはある程度明らかにされている。しかし分布結合回路を實際に使用するときには線路の損失および絡端インピーダンスが特性に大きい影響を與えるので、これを考慮に入れて複雑な計算を遂行し、回路のQ、結合指數、離誤度等を適當にとれば、短絡端結合回路、開放端結合回路、開放短絡端結合回路等の周波數特性がすべて集中定數結合回路と同じ形の式で表されることを示し、これらの回路の設計に必要な關係を導いてある。

若干の増刷分がありますから願布御希望の方は當所業務課まで御申出下さい。(代金は實費申受)
なお1巻1號から2巻4號までの分についても同様で、いつでも申出に應じるようになっております。