

## 電子計算機随想\*

—特にメーカーに希望する—

高橋 秀俊\*\*

電子計算機のもたらす輝かしい将来について“ばら色の夢”を語ることは今はやらなくなっている。それどころか“情報公害”などという言葉さえ出てきて、電子計算機の普及による“情報化”の流れに警告を発しようとする者が、電子計算機屋の中からもあらわれている。技術自体も、ようやく先が見えてきたという声もあるが、さりとて、まだあと10年ぐらいは今までのような進歩の勢は衰えないというのが一般の考えのようである。実際、IC、LSIの進歩、特に今までどちらかといえば進歩の遅かった記憶装置の分野への進出はわれわれに大きい希望をもたせてくれる。ユーザーはハードウェア技術に大いに期待してよかろう。

しかしながら、計算機システムについて見るとき、それをつくる側、具体的には日本の大メーカーは、ユーザーの要求する方向に十分な努力をしているかという、必ずしもそうはいえないというのが、われわれ大学にいるユーザーのいつわらざる印象である。メーカーの提供するシステムは大学の要求と、特にソフトウェアにおいてあまりマッチしない。もし輸入が自由化され、また極端な値引政策がなかったら、国産メーカーの大部分は大学の市場を完全に外国製品に明け渡すことになりかねないであろう。

今回は、かつて自分等で作ったPC-1、PC-2等をユーザーとして使った経験、また東大大型計算機センターにおける経験などにもとづいて、国産メーカーに対するユーザーとしての希望、さらに今後の努力目標等について、思ったままを言わせてもらうことにする。これはあくまで一自由人としての私の個人的意見で、何等客観性のあるものではなく、いわば私個人の、計算機観を話しているのだと思って、きいていただきたい。

ユーザーの意見といっても、私はメーカーにはきわ

めて同情的な立場にある。実際、ユーザー、特に大学のユーザーは、さんざん買いたたいておきながら、いろいろの人がめいめい勝手な注文をつける。メーカーとしては、“いい加減にしてくれ”と言いたくなるのももっともだと思う。ユーザーの要求は玉石混淆である。だからメーカーの方々はそれを全部聞き入れる必要はないので、明確な基準にもとづいて、容れるものは容れ、ことわるものははっきりことわってもらえばよいのである。基準とはその要求に(1)一般性があるか、(2)他の方法で代替できないか、(3)将来その重要性が増すと期待されるか等のことであろう。メーカーは、いかに顧客が大切であろうとも、ある見識をもつべきであると思う。

## 使う立場で考えてない設計

国産メーカーの通弊は(これは計算機に限ったことではないが)基本的性能においてはすぐれているが、“使う立場”に立って設計がなされていないことである。これは要するにユーザーからのフィードバックの途がどこかで切れていること、特に、社内のユーザーからの意見が反映されていないのではないかと疑いたくなる。どうも感心しないそのような例として、

○コンソールの設計、特に、レジスターやフリップ・フロップのセット、リセットに、押しボタンを使っているもの、これは上下に倒すスナップスイッチの方が、一目でその状態がわかること、セットとリセットが逆方向の運動となって直観に合致すること、等から良いにきまっているのに、デザイン上の理由か何か知らないが、そうでないものが多い。一番悪いのは二進スイッチ型である\*\*\*。

○プログラムを最初に入れるのに、いわゆる bootstrap を記憶装置にセットするため、数個～十数個の命令をコンソールから手で入れなければならないもの。これを間違いなく入れるのは神業である。

これらの点は最近はいよいよよくなったが、まだミニコンなどには同じ欠陥が見られる。

\* Some thought on Computers, 情報処理学会第10回通常総会特別講演(昭和47年5月12日)

\*\* 東京大学理学部物理学科

\*\*\* 第五物理の散歩道(岩波)p.209 参照

なお、これはメーカーとは限らないが、設計上の考慮が足りないために、いちじるしい欠陥を生じている例として、

○入力コード、入力命令の“余分な機能”。初期の機械では、入力命令（紙テープ）にいろいろと余分の機能があって、あるコードは無視されたり、あるコードは特別の制御機能をもっていたりして、たとえば他の計算機の出力として得たテープを処理することが不可能であった。今日でも、多くの機械は強制的な奇偶検査がついていて、他機種との融通性を欠くことが多い。

○負数の表示に“1の補数”あるいは符号と絶対値を用いたもの。これはIBMに右へならえをした結果であろうが、多重精度計算で言語に絶する困難をひきおこす。IBMがSystem/360で“2の補数”になおしたので、他もそれにならってなおしたようだ。

そんなことで、初期に見られた、どうにも我慢のならない悪設計もだんだんと改善されたようだが、一つだけ、今日も改まらないのは“IBMカード”である。

IBMカードはHollerith以来の統計機のために発達したカードコードを、電子計算機の今日そのまま引き継いでいるのだから無理もないことだが、①チェックビットがなく、穴が一つ読み誤まると他のvalid codeに化ける、②特にno holeが有効なcodeであり、したがってスプロケット孔がないので、columnの位置ぎめはもっぱら紙の寸法の精度に依存していること、③カードの大きさに比して情報量が少い、など、まるで欠点の見本のようなものである。孔の位置が0.2mmずれたために読めないといって、それが穿孔器の調整不良のせいになるなど、言語道断なことがまかり通っている。

しかし、残念ながら、このような欠点だらけのIBMカードもここ当分は存続しそうである。IBM自身がつくった新しいタイプのカードすら、あまり広くは普及しないというような実情で、どのメーカーもこれに謀叛をしても勝ち目がないからである。恐らく、これが退陣するのは、全く異った型の入力、たとえばキーボードによる計算機への直接入力一般化した時のことであろう。それまでは、愚痴を言いながらも、カードの捨て難い利点に惹かれて、しぶしぶ使いつづけるほかはなさそうである。

### 計算機本体について

計算機の本体、つまり処理装置と記憶装置について

は、これは各大メーカーが技術の粋をあつめてしのぎをけずっている部分であるから、いまさら何も言う必要はないと思う。しかし、折角の機会だから少しばかり言わせてもらおうと、まず、大型、超大型、超々大型というエスカレーションはそろそろ頭打ちになるだろうということである。大型化にともなうソフトウェアの複雑化が大型化の利益を帳消しにするというのは、明らかにその一つの要素である。また、大型化の有利性の根拠であるいわゆるGroschの法則自身が今や飽和点に達している。素子の速度に限界が見え、これ以上速くするのにユニットの並列動作が考えられているが、そのようにしてまで速くすることに意義があるのはやや特殊な科学技術計算、特に実時間計算の場合である。ILLIAC IVに例を見るそのような特殊目的のための超々高速度計算機は今後もつくられるであろうが、それは巨大加速機と同様の研究用特殊装置であり、商業的な一般製品とはならない。一般商品としての計算機はこれ以上大きくすることにあまり利点が見られず、むしろ努力は、ハードウェアの機能の分化を進める方向へ進み、それによってソフトウェアの複雑化を少しでも軽減する方向へ向うと思われる。

論理素子としてはLSI中心に向うのは当然として、どのくらい大きい単位をLSI化するかは、製造の歩留りと同時に、あとから不良になったときの損失が重要なファクターであろう。特に、所要電力が小さくなればなるほど、外からの過電圧に対して弱くなるから、誤って過電圧が加わることを防ぐような物理的インターフェースの必要が考えられる。それにはnon-galvanic coupling、たとえば磁気結合、光結合といったものの方がよいかもかもしれない。

### 入力について

今日の計算機で、システムとして最も弱い部分は入力のところである。入力カードをパンチするために、何十万人かのパンチャー嬢が職業病の危険を心配しながらはたらいっている。単にコーディングシートや伝票に書かれた文字を機械に読める形になおすという、情報的には何の生産をも伴わない仕事のためにである。この無駄と非人間的労働をなくする方法は、すべての情報はそれが発生した時と所において、機械に入力可能な形で直接記録することである。それには、①小型廉価で取扱の容易なパンチ機械または計算機端末を分散配置する、②マークセンスカードの類を用いる、などの方法がある。今あるカードパンチは高価すぎる

し、key to cassette tape として発売されている装置は、高級品以外は入力結果を目で見られないので、専門のパンチャーでなければ使えない。今後、安価なテレプリンターとミニコンを使った入力装置の開発が望まれる。

マークセンスカードは、全くオフラインの入力として、自宅でも訪問先でも自由に使用できる点で他に類がない。今日は数字のものだけなので、用途がかなり制限されているが、これを文字にも使えるようにするには、マーク位置で示す方式ではなくて、文字の形をしたマークを読みとる文字読取り方式にすることがどうしても必要である。つまり、規格化された手書き文字を読みとる装置で、その開発に重点点が置かれるべきであろう。これは郵便番号のそのようにさまざまな書体を受け入れる必要はなく、その字形はむしろマークセンスの延長として、機械に読み、人にも読める符牒と考えると良いようなもので、それを読むのはタイプ印書文字を読むよりは容易であると考えられるが、機械があまり高価でなくできることが不可欠の条件である。それができるまでは、各種の数字コードの使用もやむを得まい。

今日、日本で計算機の入力に一つの障害となっているのはタイプライターが普及していないため、一般人がタイプのキーをたたくのがへたなことであるので、これからは、男子でも、早くからタイプライターに親しめるようにしたい。それと同時に、ミニコンによる簡単な編集プログラムを使えば、英文の手紙や論文原稿なども自分でタイプする習慣ができればよい。打ち誤りをなおす方法さえあれば専門のタイピストをたのむ必要はないのである。

もっと高級で本格的な、ふつうの印刷文字の自動読取りも研究しなければならない。それはすでに存在する文献、文書の情報を収集するために是非必要である。自由に書いた手書き文字の読取りも開発すべきではあるがそれには大きい困難が伴うこともたしかである。一方、手書き文字のいわゆるオンライン読取りは、それがキーパンチにくらべて価格的に競争できるものでなければあまり意味がないのではないと思われる。入力はオフラインとオンラインで実用価値に大きい違いがあるからである。

音声入力も、いわゆるパターン情報の双壁として文字読取りとならんで興味のまよになっている。しかし、純粋な基礎研究としての意義は別として、実用的な入力としては文字入力ほどにはその必要性がみとめ

られないように思う。音声の特徴はそのリアルタイム性にあり、リアルタイムで迅速に情報を直接人間から入力したい場合に音声に適するわけであるが、そのような意味で役に立ちそうなのはオペレーターが通常はコンソールから入れる指令ぐらいのものである。これは、音で送れば多少離れたところからでも操作ができる利点があるが、その程度の簡単な、犬にでも聞き分けられる程度の合図を入力するのは、一般の音声の研究とはかなり異ったレベルの問題である。一方、いわゆる音声タイプライターを実現することはわれわれの宿年の願望ではあるが、その実用的意義は、人が決して正確な文章を話さないこと、恐らく莫大な費用がかかるであろうことなどから、いささか疑問視される。

### 出力について

今日多くの大型計算機をもつ計算センターで出力がネックになっていることを考えると、出力機器の改良、特にラインプリンターをもっと高速にすることが重要問題と考えられるかもしれない。しかし一方においてラインプリンターは高能率の紙クズ製造機になっていることを忘れてはならない。ラインプリンターが印刷して出す情報のうちで恐らく 90% 以上が一度も読まれることなく、ただ一目見られただけぐらいい積んでおかれ、せいぜい裏が計算用紙になるぐらいの役しか果さない。要するに今日の計算機の用法は、必要な情報でなくて、必要になるかもしれない情報を打ち出すシステムになっているからである。

もちろん、どの情報が必要になるかはあらかじめわからないのが普通であるから、現在の方式を急にあらためるのは困難であるが、COM (computer output microfilm) の活用、ソフトウェアの改良による余分な出力の減少、さらに TSS との併用によって最終的に必要な出力だけをプリントする方法により、紙の浪費を減らす努力をすべきであって、これ以上に紙屑を多く出す機械を開発する必要はないと思われる。

漢字プリンターの開発は今日の日本に課せられた最重要課題の一つであり、将来はこれは組版印刷の技術全体の姿を一変するものであると信ずる。

### ファイルについて

ユーザーに、記憶容量がどれだけあればよいと思うかとときくと、答はいつも「現在の 2 倍ほしい」という

ことだったといわれるが、今や大型計算機で  $10^5$  語程度が使えるようになってきて、記憶容量の不足を訴える人の割合はかなり少なくなったように思う。そこで今後これにかわって、いくらあっても足りないもの、システムの中で最も高価なものは、ファイルということになりそうである。処理能力が増し、データやプログラムが複雑になればなるほど、それを毎回入れることは実際的でなくなり、ファイルの要求が増す。将来は  $10^{12}$  bit ぐらいの容量のファイルが要求されるかもしれない。そのような要求を妥当な形で満たす方法はまだ知られていない。もちろん、それだけ全部がディスク程度の速いアクセスをもたなくてもよいだろうが、少くとも人手でつけはずしをしないですむ範囲の容量がこの程度はほしくなるのである。

そのようなものが得られないうちは、ファイルがいっぱいになったら、使用見込の比較的少ない情報は、取外し可能な媒体にダンプする必要がある。このダンプ用として今日の大きく重い磁気テープは全く不適格である。これにダンプしたとしても、ただ万一のとき使えるという安心感があるだけで、それから再びロードするのは簡単でないし、個人のファイルのダンプには普通大きすぎる。

そのような、取外しでき、軽く便利で、使い捨てができる程度に廉価な媒体として、円板またはカード型式の磁気シートが開発されることを強く希望したい。そのようなものは手で着脱することも自動的に着脱することもでき、数秒から十数秒ぐらいで情報の出し入れができ、個人用ライブラリーの保管、小型機との情報交換に威力を発揮するであろう。また、大型計算機への原始データの入力にしても、キーボード、紙テープ等からミニコン等に入力して編集した上で、磁気シートに入れたものを大型機に入れるようにすれば、入力の能率化が行なわれる。

カセットテープが同じような目的に使用できることは明らかであるが、情報転送速度がそれほど速くできないことが不利な点である。大体、磁気テープのような、何千年も昔の“巻物”形式の情報媒体しか保存用の媒体として存在しないのはおかしなことである。現に DEC 社の機械では紙テープを巻かないで折りたたむようにして使っている。

### TSS について

TSS については各メーカーともかなりの熱意をもってその開発に努力しているので、現在まだ実用化に至

っていないメーカーには、とにかく早くものにしてほしいと望むだけである。とにかく TSS におけるアメリカと日本の格差は甚だしいものがある。しかし、いや、それだからこそ、アメリカの実状を見てそれをそのまままねしようという態度は警戒を要する。具体的にいえば、TSS の会話的な面を強調しすぎる傾向には問題がある。悪く言うと“TSS あそび”になりがちである。

TSS の特徴がその会話性にあることはいうまでもないことで、また、そのことをフルに活用した TSS 独自の応用、たとえばゲームとか、図形処理などが重要であることに異存はないが、また現在バッチ処理で行なわれているような仕事に対しても TSS は有効であり、かつその方が現時点では効果の大きい部分ではないかと思われる。プログラムのデバッグに TSS が有効なのはいうまでもないが、また完成したプログラムを使う際も、パラメータ値を選ぶのに会話的に試算をくりかえして、実際に適当な値がきまった段階でバッチで本番を行なう等のことによって、不要な計算をしないで済むことにより、計算機時間、出力量を著しく節約できることも多い。そのような意味で、TSS は処理効率が表向きは低くても実効上はより効率的な計算機利用につながることを知る必要がある。なお、そのような場合、処理を時間的にあまりコマギレにするのは不利であり、また、会話の度毎に大型計算機に割込をかけるのは大型計算機の効率をおとすので、むしろ小型計算機を通して端末をつなぎ、簡単な仕事、たとえば入力情報の編集のような仕事は小型計算機で処理してしまうようにして、大型機は実際の計算だけを受け持つような形を考えるべきであろう。

### 通信回線との結合

計算機システムに関するわれわれの理想と、メーカーの考え方との間に、最も強烈な対立があらわれるのは、計算機ネットワークの形成の問題においてである。

計算機を人間にたとえて考えるわれわれの考え方では、今日の計算機は、主人以外の人と話をしないように舌を切られたヌビア人の奴隸のようなものである。計算機同志が直接（人手を介さないで）情報を伝達できることによって、ファイルの共用、個々の計算機の特徴とする面たとえば図形入出力機能などを他の計算機のユーザーが利用できる等、さまざまな新しい可能性がひらかれてくる。ところが今日の状況では、遠隔

の地はおろか、同じ室内にあってメーカーのちがう機械の間での情報交換はせいぜい磁気テープやカードを通してしか可能でない。

われわれの理想は、われわれが電話で世界のどこでも話しができるように、計算機もまた世界中のどの計算機の間でも情報を交換できるという状態である。そのための第一条件は計算機と通信線間の物理的な適合性および外からの妨害による事故からの保護であるが、これは幸に電電公社の権威の下につくられた MODEM という標準インターフェースがあり、また低伝送速度では音響結合の方法もあるので問題はあまりないはずである。

第二は言語の問題であるが、伝達する情報内容をあらゆる言語については個々のケースで適当に協定すればよいので問題はないとして、問題は通信連絡手順、つまり情報の伝送開始、終了等に関するいろいろな信号の約束であり、その基本は ISO などである程度標準化ができるが、細部、特に異常状態処理の方法についての約束がきまっていないのが支障になっている。今まではそのような通信連絡手順の仕様について、各社マチマチであるばかりでなく、自社の仕様の公表さえも拒否され、各社が自社の機械同士の通信にいわば秘密の暗号を使っていたといえるような状態であった。このことについては、全国大型計算機センターのセンター長連名で各メーカー宛に要望書が送られたが、一方、実際にはいくつかの場所で異メーカーの大計算機と端末計算機との結合が実現され、また通信手順の公表が約束されるなど、事情は若干好転していることは喜ばしい。しかし、これはいわば親と子の対話の実現であり、任意の二つの計算機が交換網を通して自由に会話できるという未来像にはまだ程遠いものであるが、そのために解決しなければならない技術的問題も多々あることなので、このような目標を確認した上で一歩一歩前進するように、メーカー、電電公社の前向きの御協力を切に御願したい。なお、通信線として現存の電話網を利用するか、全く別のデータ通信網を新設するかの二つの可能性があるが、私は、より広くどこでも通信ができるという点で、電話網を使う方が望ましいと思う。“新幹線”は旅客輸送には人が足で乗りかえてくれるから良いが、貨物には不適當であったことを想起しよう。

### 計算機は金持ちのものか

全般的に言って、私が今日の国産大メーカーについ

てもつ印象は、彼等が計算機の本体、つまりそのシステム設計や、IC、LSI などの基礎電子技術の研究には非常に力を入れ、またそれらの担当者も社内のエリートを以て任じているが、入出力機器の開発にはそれだけの熱意は持たず、さらにテレプリンター、カセットテープユニットなどについては、やっけても下請けのような意識であることである。そのことはまた、「計算機は金持ちのもの」という意識のあらわれとも受けとれる。何十億円もする超大型計算機に社運を賭し、そのために何百人もかけて、何百キロバイトの記憶容量がなければ使えない大ソフトウェアをつくるのも必要なことではあるが、世の中にはミニコンを一台手に入れるのにも散々苦労している人もたくさんいることを忘れてほしい。1000 万円以下の機械はオモチャだというような観念を捨ててもらいたいのである。

最近行なわれたミニコン用フォートランのコンクールに対する大メーカーの冷たい態度もその一つのあらわれであるが、またこの企てに対して“大学のえらい先生がミニコンなんかで遊んでいてよいのか”という声もきかれる。しかしこれも日本のメーカーがミニコンの立派なソフトをつくってくれないからであって、通産省の過保護にあまえた日本の大企業に、計算機は1億人のものという心構えが欠けているからである。“コンピューター暮らしの手帖”がないのが残念である。

だが本質はそもそも“ミニコンなんか”という考え方自体にある。これは何も計算機に限った話ではないが、問題をいま流行の“重要問題”と、古いはやらない問題とに分類し、前者をやるのがエリートで、エリート大学の先生が“つまらない”問題に興味をもつのは分限をみだすことだとする考え方がかなり広く支配している。しかし何が“重要”かは、やっている本人が判断すべきもので、そのことは大学のような全く自由な研究を生命とするところでは特にあてはまる。むしろそういう態度の欠除こそ、日本で新しい独創的な研究が生まれぬ原因なのではなからうか。

### パターン情報処理について

話が多少ずれるが、最後に今大きくクローズアップされているパターン情報処理の問題について私見を述べたい。

パターン情報を処理する技術が情報処理技術の中のものから中心問題の一つであることには異存はない。その中でパターン生成、表示等はどちらかといえ

ば技術レベルの問題であり、実用との結びつきが強いが、一方、パターン認識の問題となるとこれは今日ではきわめて困難な問題を含み、したがって問題は、困難な本質の問題の解決に真向から挑戦する基礎的な研究と、比較的実現しやすいものについて、実用化を考える実用研究とに分かれる。この二つの面は互に関連はあるがかなり異質的なものであるので、研究のやり方も、どちらの型の研究であるかを明確にしなければならない。ここでも、そのどちらの型の研究がより高尚なものであるといった見方は厳に排除すべきである。

ところで、このいずれの型の研究にせよ、今や画期的な新しい原理の発見によって問題の解決に大きい前進が見られるという可能性は遠のいたと見られる。むしろかなり個別的な問題に対する、具体的な方法の小さな改良の積み重ねの努力が、これからは大切であろう。ある程度の一般性をもった原理的着想も、その有効性が具体的な問題に適用して証明されない限り評価できない。今日必要なのは実際に“もの”(ハードウェアまたはソフトウェア)をつくり、十分多くの実例に適用することによって検証する研究であり、単なる理論的な解析ではない。逆に言えば、原理はすでに知られていても、それを実際に実行してプラスまたはマイナスの結果を出したような仕事には十分の評価を与えるべきであると信ずる。原理がわかることと実際にものできるのとの間に驚くべき距離があること

は、ソフトウェアのように“すべて論理だけでわかる”はずの研究においても真理である。

パターン認識の研究で重要な点の一つは、物理的な入力(図形入力、音声入力等)は必ず機械でやる必要があるということである。文字認識の研究で文字をビットパターンになおすを手でやったような研究は、(1)その段階で人間の判断が入り込みやすい、(2)多数の例について実験できない、の二つの理由から価値が半減する。一方、あとの処理をハードウェアでやるかわりにソフトウェアでシミュレートしても何等本質を失なわない。いずれにせよパターン認識の方法には決め手というものはまだないのだから、多数の人がそれぞれ独自のアイディアを出して、百花斉放で技術を競うのが研究を進展させる最善の途だと思う。そのためのパターン認識コンクールを行なうのもよからう。ただそれには多くの研究者がミニコンや入力装置などを自由に使えるようになることが先決であろう。

以上あまりまとまりのない感想をあれこれとならべてしまった。これがつまらぬお説教と取られなければ幸である。また、何分、いままで言いたくて言う機会のなかったうっぶんを一度に出したので少し言葉が過ぎた点もあるかも知れない。しかし、現状に対する私の信念をのべたのにはかならないので、その意とするところを汲みとっていただきたい。