

自動計算機に関する覚書

工藤, 昭夫
九州大学理学部

<https://doi.org/10.15017/12724>

出版情報 : 統計科学研究. 1 (3), pp.28-36, 1956-09. Research Association of Statistical Sciences
バージョン :
権利関係 :

綜合報告

自動計算機に関する覚書

工藤 昭夫 (九大理学部)

1. 自動計算機発達の現状

近年オートメーション、サイバネティックス、或は又、人工頭脳と云つた言葉すら話題に上る程になった。現在産業の自動化の中で最も後れて居るのは、争務関係の部門であると云われて居るが、近年に於る穿孔カード式統計機、或は会計機、更に自動計算機の発達普及は、目ざましいものがある。

穿孔カード式統計機は、米国に於ては著しく普及して居り、日本に於ても既に相当量輸入されては居るが、未だ一部官庁会社にのみ限られ、科学研究者に普く利用されて居る段階にはない。

自動計算機の方も、相似型のものは日本で既に相当製作され、計数型のものも、継電気式のものも既に三台製作され活躍して居る。その速度は電子管式のものに比べて勿論劣るが、自動計算機とは一見何の関係のない論理代数の拡張である論理数学の研究を基礎とした独特の設計により、完全なチェック方式を持ち、絶対に誤計算をしないと云う性質を持って居るとのことで特に電気試験所の E. T. L. Mark II は、気象庁の台風の数値予報に使用されて居るとのことである。然し乍ら最近報告されて居る米国に於る丹週率の計算と比較して見る時、自動計算機としての世界的水準から見れば未しの感を免かれ難い。

諸外国に於る数理統計学、計量経済学、計量心理学等の諸論文には、明かに、高性能の計算機を以て計算されたことが分る。数表或は解析の実例が記載されて居るが、上述の如き日本の現状は、それらに使用された諸機械に関する基本的な常識すら得ることがそれ程容易ではない状態にある。

吾々は一剋も早く高性能の機械が国内に於て生産され各方面に利用される時の来ることを望むものではあるが、ここに忘れてはならないことは、自動計算機の製作及び運転は高度の技術水準があつてのみ可能であると云うことで

ある。

積上げられたカードを、一分間に数百枚の速度で機械の中に流し込み、整然として分類し、その頻度をタイプに打って行く。電子管式の分類統計機を初めて見たものは、必ずその速度と正確さに驚くのである。然し乍ら、この分類機の最も簡単なものですら、日本で現在は製作されて居ない。穿孔機と分類機は統計機械の内、最も必要不可欠なものであるのみであるが。

筆者がカルカッタの印度統計研究所で見た I. B. M. 諸機械は、米国で製作されたものは殆どなく、ドイツ、フランス、ベルギーはもとより、イタリア製のものもあつたと記憶して居るが、日本製のものは殆ど機械とは云えない様な最も簡単な手動式穿孔機のみであつた。その原因には、日本の技術水準の低さのみではないであろうが、やはりこの方面に於ては、日本の技術水準が低いことは否むべくもないであろう。

然し乍ら、自動計算機特に電子計算機の技術的困難さは、この方面で最も発達して居る米国ですら例外ではない。大型の自動計算機は、その調整が非常に困難で電子計算機の「調整はもう半年かかる」と云うことが何時でも云えると云う所謂ノイマン公式が存在するらしく、設計、製作に要する時間よりも、完成後の調整に要する時間の方が遙かに長く、時としては無限大となり、又たとえ動き出しても一日の大半は調整に費され、実働時間は非常な少部分のみを占めるのが現状であるらしく、このことは特に大学関係で製作された電子計算機の場合に多いとのことである。

本稿は筆者の数少ない見聞と経験を基にして纏め上げたものに過ぎない。それも計算機の原理設計運転に関係しては居らず、あく迄もそれを道具として使用するものの立場にある数理統計学を専攻するものとしての覚書である。

2. 電気計算機の基本的術語

計数型計算機と相似型計算機 (Digital type and Analogue type)

数値の形であるデータを数値の形で計算機に入れ、数値の形で計算し、数値の形で結果が出て来るものが計数型計算機で、数値を長さ、角度、電気抵抗、電流などの形に変換し、その物理的性質を用いて計算した結果を量的な形で出て来るものが相似型計算機である。云うなれば、算盤は計数型計算機で計算尺は相似型である。

後者の方は始めのデータをを入れる時の目盛の合せ方読み方の誤差物理

的な内部機構の誤差等が 集積して 誤差が案外な大きさになることが多く、又数式が複雑な時にはその誤差をはつきりと評価出来ない場合も多い。この誤差の評価と関連して、数理統計学が新しい発展分野を見出す可能性もある。

これに反して 計数型計算機は 原理的には 筆算にて行うことが出来ることを 素晴らしい速度で行うに過ぎず、原理的には現在の数値計算論で誤差の評価を行うことが出来る。問題は、膨大な計算を行った時に 如何にして 簡単にその誤差を評価するかと云う技術的な問題である。

相似型計算機では 精度を一桁上げること、相当な面倒な問題であるが、計数型では比較的簡単で、機械の規模と値段が大体 桁数と比例して増加することである。又例えば $(a10^n + b) \times (c10^n + d) = ac10^{2n} + (ad+bc)10^n + bd$ なる関係を用いて桁数を上げること可能である。

例えば前述の円周率の計算では

$$\pi = 4 \sum_{n=0}^{\infty} (-1)^n \left[100(0.2)^{2n+3} - (1/239)^{2n+1} \right] / (2n+1)$$

なる式を用いて、各項を3093 桁迄計算し、それが $(10)^{-3093}$ 以下になる所は $n=2214$ であつたから 最後の四桁を捨てて、3089桁迄を発表して居る。これは数値計算論より当然のことである。

因みに、この計算に要した 計算機の実効時間は13分であつたとのことである。
パンチカード (Punched Card)

本号に添附してあるカードは I B M. (*International Business Machines*) 会社の統計機にひろく用いられて居るカードで 穿孔機で各列の数値の場所及び上の空欄の二行程の場所に孔をあけてそれを機械に入れるものである。

入力、出力 (Input, Output)

上のパンチカードを機械に入れると、機械は 電気ブラシでその穿孔された場所を読み取るわけである。そしてインプットは パンチカードで行われると云うことになる。

人間が、機械の前で、数字や命令を読み上げればその情報がそのまま機械の中にはいつて行くと云うわけではないのだから、現在の所この柵方法に頼らざるを得ない。インプットの方法としては他に 電動計算機の柵に、機械のキーを直接用いるもの、印刷電信機の柵にテープを用いたものなどがある。

アウトプットの方はその反対で、カードやテープに穿孔したり、印刷したり、電動或は手動計算機の柵に機械上に表示されたりする。

カードやテープにアウトプットされたものはそれを再びインプットに使うことが出来るし、又、印刷機械にかけて印刷をすることが出来る。

インプットのカードやテープを作製することは案外に時間と手間のかかることで、演算が非常に時間のかかる場合や、同じ数値を度々用いる必要がある場合以外には、かえって人間が計算をやった場合が速い場合すら生じて来る。これは余談であるが日本の算盤の存在がかえって事務機械の発達を後らせて居る要因の一つとなって居る様な気がする。

分類機 照合機 (Sorter Collator)

テープに穿孔した場合にはその数値の順序を入れ替えることは出来ないが、カードの場合には出来るわけである。これを行う機械が上の二つの機械である。

例えば、第五行目の数値によって分類しようとする場合には、第5番目の目盛に合わせてカードを流すと、才5行目に孔のないもの 0.1.2, … 9 及び上の二つの場所に孔のあるものとに分けて、カードが各々の13コの場所に落ちる。又各々の箱の中に落ちたカードの数が表示されるもの タイプする機械もある。例えば、5行目と6行目に18の数字が穿孔されて居るカードだけを拱び出そうとする時には、才一回目に1の場所に落ちたカードを6行目の所でもう一回分類すれば 拱び出すことが出来るわけである。

例えば、図書室で、文献の名前、著者、雑誌名及びその巻号、題目別分類等を上部にタイプし、下に予め定められた規約に従って 穿孔して置けば、著者別の文献表を作ることなどは全然必要がなく、僅かな時間でカードを分類し直すことが出来るわけであるから 重複してカードを作る必要がなくなる。このことが、何処かで実際に行われて居るかどうかは知らない。

照合機の方はその逆で二つのカードの組を一組にまとめ上げるのが主たる役目と考えてよいであろう。例えば、1, 2, 5, 8, 10等の番号のカードと、二, 三, 五, 七, 十等の番号のついた 二組のカードを、2, 二, 5, 五, 10, 十の順序に一組とし、残りを、夫々1, 8, … ; 三, 七, …の順序の二組のカードの組にしてしまう等の働きをする。

この二つの機械がカード式統計機の妙味を発揮させるのであり、カード式統計機の設置してある所では必ずこの二と云ってよい程、この二つの機械が必要不可欠の役割を果たして居る。

コード (Code)

リレー (継電機) の状態は、切、入 の二つしかないことから容易に想像がつく様に、二進法に数値を変換するのが 数値を表わすに最少のリレーで足りると

云われて居るが、演算回路の設計、其他の技術的見地から必ずしも二進法コードが使われるとは限らない。それ故に、インプットのカードやテープが必ずしも I. B. M. のカードと同様に素人に分りやすく出来て居るとは限らない。

移動小数点式、固定小数点式 (Floating Point System, Fixed Point System)。

例えば、 $+0.0123456 = +1.2345 \times 10^{-2}$ 即ち $(-2, +123456)$ と表わすのが、移動小数点式である。換言すれば、有効数字と 10 の^{べき}冪で表わすのが移動小数点式である。上の数字は、固定小数点式では、小数点以下7桁であるが、移動小数点式では6桁である。 $0.123456 - 0.123333$ を固定小数点式で計算すれば、 0.000123 であるが移動小数点式で計算すれば $(-4, +123000)$ となるから、 0.000123000 の結果を得た如き錯覚を与えるから注意しなければならない。特に $\sum_{n=1}^k a_n b_n$ の計算やもつと複雑な形のものの場合などには、十分な注意が必要である。前者の場合には、確かに精度は上がるが、誤差の評価が難しい。計算機により、両者の方式で出来るものと、どちらか一方のものがある。

計算計画 — 命令と記憶, (Programming — order and memory)。

プログラミングとは、計算の段取のことである。これはつまり、詰将棋か操車場の貨車の入れ替えの様な、特殊な熟練と至験とを必要とし、自分でプログラムを立てて見ないことには、その難かしさも分らないし、又プログラム自体はつきり分らないことが多い。日本でも、高速度の自動計算機が普及すれば、プログラマーなる名の職業及びそれを養成する職業教育機関が出現するであろう。そして、一週同もかかって、プログラムを作り穿孔した計算問題を機械が数分間で計算をしてしまい、プログラマーは、計算機とそれを利用する人達との間に板ばさみになり、その両者に酷使されると云う争態が現出するであろう。

FACOM-100 と云う機械のプログラミングが驚異的に簡単であつたのには、驚いたことがあつたが、難しいものでもこれらの幾分複雑な組合せがあるだけで、円周率 π を一万桁迄計算しろと云う様な、命令をただけでは、計算をすぐやってくれるものはない。

電子管式では、命令も記憶してしまう様なものであるが、継電気式では、命令と数値とを別なテープを用いて居れるのが通例の様な。例えば、加、減、乗、除及び数値の移動の外に、簡単な命令さえあれば、相当の程度の計算が出来る。例えば $\{(a+b)c + (a+d)\} / e$ を計算する時には、数値テープに

(a, b, c, d, e)

の順序に数値を穿孔して置く。命令の方は

$$\begin{pmatrix} TTTT356 \\ 1214T \\ 123456 \\ \rightarrow +X++\div P \end{pmatrix}$$

と記号的に書いて見よう。意味は

- (1) テープ(T)の数字(a)を読んで1番目の記憶装置に記憶せよ。
- (2) テープ(T)の数字(b)を読みそれを1番目の記憶にある数字(a)とを加え(+),その結果を2番目の記憶装置に記憶せよ。即ち $a+b$ の計算が出来るわけである。
- (3) テープ(T)の数字(c)を読んで2番目の記憶にある数字(a+b)と掛けて3番目の記憶装置に入れて置け。即ち $(a+b)c$ が計算出来たわけである。
- (4) テープ(T)の数字(d)を読んで1番目の記憶の中にある数字(a)とを加え(+),4番目の記憶の中に入れよ。これで $(a+b)c$ 及び $a+d$ が別々に計算されたわけである。
- (5) 次に両者を加え合わせる。即ち3番目の記憶の中にある数字 $(a+b)c$ と4番目の記憶の中にある数字 $(a+d)$ とを加え(+)5番目の記憶の中に入れよ。
- (6) 5番目の記憶の中にある数字をテープ(T)の数字で割って、6番目の記憶に入れよ。
- (7) 最後に6番目の記憶装置にある数字を印刷せよ(P) で計算が完了する。

オ3段階の計算で (T.2.2.X) 即ち $(a+b)$ なる数字はもう必要ないから、それを $(a+b)c$ なる数字で入れかえて、テープの数字cと2番目の記憶の数字 $(a+b)$ とを乗じて、再び2番目の記憶に入れると云うことも出来る。この様にすれば、記憶装置は2つだけですむ。

実際のプログラミングは数値のテープが二本以上、更に命令テープも二本以上、それに印刷が同時に何行も出来る様になって居るからもっと複雑であるが、このことから容易に分る様に、加減乗除及びテープ等の読取り速度、印刷速度、及び記憶容量、即ち何桁の数字を何ヶ程と云うことが計算機の能力を表わす目やすになるわけである。

この外に、重要な機能として、大小判別と云うことがある。例えば、函数 $f(x)$ の数表を $x=1, 2, \dots, 100$ 作るとする。その時には1及び100を何処かに記憶させて置き、 $f(x)$ を計算印刷する命令テープの終りに x に1を加え100と比較

する。そして、 $x+1 \geq 100$ ならば計算を停止し、 $x+1 \leq 100$ ならば計算を続ける様に命令を組んで置き、更にその命令テープをループ状（環状）にして置き、 $x+1 \leq 100$ ならば、再び $f(x+1)$ を計算印刷する様にすれば $f(1), f(2), \dots, f(100)$ を計算した後に計算機は自動的に停止するわけである。

以上はリレー式計算機の場合であるが、電子計算機の場合にはインプットの速度が演算速度に比して非常におそいから、命令も記憶させる。例えば (A, n, m, p, q) とすると n 番目と m 番目の所にある数値を加えて ($A = \text{addition}$) p 番の場所に記憶し、次には q 番目の所に記憶されて居る命令を実行する。更に命令自体を計算機の中で作り出して行くことも工夫されて居る。

サブルーティン (Subroutine)

例えば、 e^x , $\sin x$, $\cos x$ 等の計算が度々表われる計算を行う時には、 e^x , $\sin x$ 等を数値の形で入れるよりも、 x を基礎にして、計算機の中で計算してしまった方が早い。テープを用いて居る時にはループの形の命令テープ及び必要ならば数値テープを作って置けばよい。この様な命令群をサブルーティンと呼ぶ。又サブルーティンを計算機の回路の中に組込んであるものもある。FACOM-128 の場合には、加減算 0.15 秒、乗算 0.15~0.4 秒 に対して $\sin x$ 5 秒、 $\tan^{-1} x$ 6 秒、 $\log_{10} x$ 5 秒、 10^x 5 秒である。

このことは非常に重要である。このことは初等函数の中程度の数表の、利用価値が、或意味で下って来ることを意味するのではなからうか。実用に供される小さな数表及び自動計算機でも計算が簡単でない複雑な数表、大きな桁数の数表以外の我々が数値計算の途中でのみ使用する中程度の規模の数表の数値はその計算の途中で自動計算機が速い速度で計算してしまうのであるから。

計算穿孔機 会計機 総括カード穿孔機 (Calculating Punch, Tabulator, Summary Card Punch).

I. B. M. 或は Remington Rand の統計機は、その目的上、余り複雑でない演算を多量に繰返すとが、或は、その結果の総和を求める問題に適して居る。

前者は、計算結果がカードに穿孔される加減乗除其他の演算を行う機械、会計機は加減のみを行い、結果は印刷する。総括カード穿孔機は、会計機と運動して、穿孔する機械と云ってよいであろう。

パネル. プラグギング (Panel, Plugging)

上述の機械では、演算のプログラムを立ててから、それに適合する様にパネルにプラグを差込んで配線を行う。例えば、単位電力当りの料金及び基本料

金其他の数字の打つてあるカードを通すとそれが記憶される。次に各消費者の電力使用量を穿孔したカードが来ると機械はパネルの上のフラッキングのやり方に従って加減乗除を更に切捨て、切上げを行い、料金を算出し穿孔する。最後に、何も打つてないカードが来る。それには消費電力の総和及び料金の総和が穿孔される。それから別の料金の算定基準を穿孔してあるカードが来る。その後再び消費者別のカードが来る。——計算を終ったカードは分類機で、消費者カードのみが取り出される。請求書が作製される。数字の組合せからカナ文字を印刷することも出来る。

この種の機械ではフラッキングを変えずにカードの穿孔方法を変えるだけで、異なった種類の計算を行う様に工夫することが重要である。

3. 日本にある機械 (計数型のみ)

I. B. M. 及び Remington Rand の諸機械は余りにも有名である。日本製では電子計算機では

TAC. 東京大学 (東芝製)

FUJIC. 富士写真フィルム (同社研究部製)

の二台が目下調整中である。

継電気式計算機としては

ETL. Mark I. 電気試験所

ETL. Mark II. (富士通信機製)

FACOM 100. 富士通信機 ()

FACOM 128. 統計数理研究所 ()

が動いて居る。尚 FACOM-128 がもう一台、東京の有隣電気精機 K.K. に据附けられ、料金を取つて計算するとのことである。

外に単能機として

総理府統計局分類集計機 (日本電気製)

東京都庁分類集計機 (富士通信機製)

FACOM-415 A 統計量計算機 ()

FACOM-416 A 統計量計算機 ()

最後の二台は、統計資料から 平均値 分散共分散 等の諸統計量の計量に必要な量 $\sum f$, $\sum fx$, $\sum fy$, $\sum fxy$, $\sum fx^2$, $\sum fy^2$ を同時に計算する機械である。インプットは押釦、アウトプットは光表示。

4. 結 語

本稿は最初に言及した様に 単なる覚書程度のものに過ぎないが、現在動いて居る諸計算機械に対する理解と共に、数式を立ててから機械が動き出す迄に存在する問題に対する 理解に資することが出来れば幸である。計算計画法と云うものは決して簡単なものではない。そのことを知って置くことは、機械を運転する者ではなく、それを利用するものとしても是非必要である。

相似型計算機については殆どふれなかつたが、それは余りに誤差が大きいために、私達にとっての利用価値が余りないと考えたからであるが、その誤差に何か統計的な問題がありそうであることは、忘れてならないであろう。

最後に一々御名前はあげないが色々御世話になった方々に感謝の意を表したい。

5. 文献等について

邦文の文献では

OHM. vol. 42. NO. 14. (1955) 電気計算機号がよい。外に

FUJI. vol. 6. NO. 4. (1955) 電気計算機特集号

は 富士通信機K.K.からの雑誌であるが参考になる。

パンチカードの方は I. B. M., Remington Randからのパンフレットもあるし、日本科学技術連盟では P. C.委員会なるものがあり、使用法の研究が行われ、テキストも出して居る。

欧文の文献では

Mathematical Tables and other Aids to Computation, (National Academy of Sciences - National Research Council) が是非見落してはならない雑誌である。新らしく発表された数表の Review も出て居り、その中での統計関係の数表が案外大きな部分を占めて居る。

円周率 π の計算は、上の雑誌の vol. IX. (1955) p. 162-164 に S. C. Nicholson and J. Jeanel; Some Comments on a NORC Computation of π . に報告されて居る。その前の π の計算は 2035 桁迄で 同じ雑誌の vol. 4. (1950) p. 11-15. に

George W. Reitweiser, "An ENIAC determination of π and e to more than 2000 decimal places." で報告されて居る。