

解説

—日本における計算機の歴史—

真空管とブラウン管による計算機 TAC*

村田 健郎**

はしがき

‘日本における計算機の歴史’シリーズに TAC のことを書けと言われてから久しい。いつまでぐずぐずしていても、編集幹事に御迷惑をかけるばかりだと思い直して、筆をとり上げた。TAC は、Todai Automatic Computer の略だというのが‘正式’のようであるが***、T は Tokyo で、東大と東芝の両義をかけたものという話や、日本名は‘東京自動算盤機’この算盤機というゆかしい名前は東芝の三田さんのおつけになったものであるとかないとか。TAC が始まったのは、私が雨宮峻夫先生のもとに TAC の一員として参加する以前の、昭和 25~26 年頃のことの由である****から、TAC の本当の神代の話は知らない。私が参加した昭和 27 年中頃以降のことに関しても、すでに主なできごとの年代の記憶からして怪しくなっている。それで、ここでは、大変個人的色彩の強いところの、

‘TAC のむかしばなし’

とでもいうべき、ごくくだけた物語りをするこゝろによって責を果したい。従って、‘である’調でなく、‘です’‘でした’調で書かせていただく。

1. TAC は稼動した

初めにこのよおな題名で書き出すにはわけがあります。すなわち、今でも、「ほう、あの機械動いたんですか、そおでしたか、それはどうも…」といった人に出会うことがあるのです。たしかに、動かない TAC として有名であった期間が余りにも長く、後か

ら始まった PC-1 などの方が先に動いて、世間の関心が離れたころになってやっと稼動しだしたのでした。

そこで関係者一同の名誉のために、‘動いてからの TAC’の話から先にさせていただくことにした次第です。

TAC が動き出したのは、昭和 34 年の 1 月であったか。その瞬間の感概を直接に、すなわち自分の書いたプログラムを自分で書いた論理図の機械、自分で調整した機械に入れて、プログラムがブラウン管メモリに入っていくところから、答がタイプ紙にポッポッと出てくる緊張した時間を味わったのは、中沢喜三郎君でした。私はそのとき、メモリ用ブラウン管の出力波形を、テクトロ 524D の画面上で、これまた息をつめて見ていました。

それから約 2 年半、すべての真空管が 1 万数千時間の天寿を全うして、昭和 37 年 7 月運転を停止するまで、学内の多くの研究計算を行いました。今の若い人には、真空管 7000 本の機械を、その寿命一杯動かすということが、当時どんなことであっただかお判りにならないでしょうが、ともかくこの真空管やブラウン管を製作された主として東芝の、(一部日立の)技術者の方々の名誉のためにも、ひとこと言っておきたかったのでした。

さて、TAC によって行われた主な計算を表-1 (次頁参照)に見ることができます。大分偉い先生の名前がのっていますが、20 年近くも前のことですから、みなそれだけ若いわけです。(この表を始め、カコミの中の表、図は文献 7)より転写させていただきます。)

3. ユーザー側から見た TAC の仕様

さて、ここで、ユーザー側から見た TAC という機械はどういうものであったかを申し上げておかねば、先程の表-1 のユーザの諸先生方が、どおいう苦勞をして TAC で計算されたかという話をしようにも話がつながらないでしょう。(表の計算時間は文字通り

* Vacuum tube Computer 'TAC' using cathodelay tube Memories by Kenro MURATA (Hitachi Ltd.)

** (株)日立製作所

*** 東大自動電子計算機というのが、東大総合試験所年報(昭 37.3)の表紙にあるからこれが日本名の正式のものと思われる

**** 昭和 26 年度文部省科学研究費による総合研究班、‘電子計算機の研究’(班長、山下英男(東大)、研究協力者雨宮峻夫(東大)、三田繁(東芝))が公文書にあらわれ TAC たの最初のもののような

表-1

題 目	依 頼 者	計 算 種 別	計 算 者	所 要 番 地 数	使 用 時 間	発 表 誌 名
固体内の励起子	日置 隆一	定積分	三村 宏	850		博士論文 (昭35)
光学系における skew ray		函数計算	中沢喜三郎			理化学研究報告35, 5
クローン場における正負電荷 対の束縛状態		変分	井口 道生 勝浦 寛治			Prog. Theor. Phys (Kyoto) 23(1960)186
放射線照射した高分子の固有 粘度の変動		函数計算	三村 宏 井口 道生 勝浦 寛治			物性論研・2-7-5 (1969)368
放射線照射した高分子の固有 粘度	久保 田広 松居 吉哉	定積分	勝浦 寛治	1,000		J. Phys. Soc. Japan 14, 1379
眼鏡レンズの非点収差とコマ の計算			雨宮 綾夫			修士論文 (昭35) J. Phys. Soc. Japan 15(1960) 2310
水晶の振動	古賀 逸策	超越方程式の根	森口 繁一	910	35	
閉水路乱流の統計	中村 隆英	統計計算 Fourier 変換	日野 幹雄	1,000	60	15土木学会年次講演会
数値解析		常微分方程式	松谷 泰行	150	20	修士論文 (昭35)
軸対称流の観測点		常微分方程式	吉沢 能政	150	40	10応力連合会
地磁気ダイナモ		常微分方程式	行武 毅	650	15	
閉水路の分流		連立方程式の根	緒形 博之	550	8	35農業土木学会
産業連関分析		逆行列	森口 繁一	450	7	
アーチダムの振動		行列の固有値	井上 肇	620	16	
構造物の伝達函数		Fourier 解析	伯野 元彦	200	25	
LK による証明		命題の証明	岩村 勝, 他	1,024	5	
丸い森		整数論的計算	森口 繁一	365	20	建築資料集成
産業連関分析	行列の固有値	清水留三郎	500	10		
数値解析	常微分方程式の固有値	井上 謙蔵	550	16		
結晶中の転位	函数計算	黒沢 達美	450	20		
気体電子回折	Fourier 変換	飯島 孝夫	600	5		
電力系統の負荷分析	連立一次方程式	豊田 淳一	700	50		
パタンのフーリエ解析	Fourier 変換	山口 楠雄	600	13	1 情報処理学会大会	
熱中性子利用率	モンテ・カルロ法	安 成弘	890	7		
鉛片による γ 線の散乱 カム	モンテ・カルロ法	清水留三郎	1,024	30	35応力連合会	
振動の固有振動数	函数計算	池田 泰明	800	8	修士論文 (昭36)	
数値解析	行列の固有値	三浦 宏文	220	2		
2次元パネルフラッタ	線型計画法	大橋 明	300	10		
診断	代数方程式の根	小林 繁夫	280	12		
分布の推定	行列の固有値	清水留三郎	1,024	5		
KCl の伝導帯	モンテ・カルロ法	古村 功	600	10		
神経のモデル	定積分	大山 精一	980	20		
アーチダムの振動解析	偏微分方程式 行列の固有値	大橋 明 伯野 元彦	500	10		

時間です。)ところで、それを現代風の言いかたで言ってしまったのでは、身もふたもないことになりかねませんから、当時どおいう示し方をしていたかを見る意味で、文献からそのまま転載させていただきます。

表-2のカコイの中の記事を、現代風に言ってしまうと、命令は短語 17 ビット、数値語は長語 35bits の体系で主記憶容量 1,024 短語 (512 長語相当) のミニ・ミニコンぐらいの仕様のものということになって、そのために 180cm の高さの筐体 32 をならべて、足かけ 9 年でやっと動かしたという伝説、実は真話が、いかにもこっけいになるでしょう。しかし、このカコイの記事を見て、'ほう' と思う人もなかにはあるでしょう。多少の共感を覚えていただくために、蛇足の解説を致

しましょう。たとえば、除算装置と浮動小数点命令が金物で用意されているとか、今の言葉で言うところ「精度のよい計算をするための'ガードディジット'が、演算器の中に用意されているぞ」とかいったことが誇らしげに書いてあります。また、数値語や命令語の形式がいきなりバイナリー表示で書いてあったり、Bディジットが1ビットながらついています。これはインデックス・レジスタ指定ビットのことです。

それでも、1024 短語のランダムアクセスメモリと、金物で用意された浮動小数点四則演算、そしてBレジスタ有りということで、使いようによっては、国内最高の性能を誇ったものでした。実際 表-1 にもでていた日野さんだっと思いましたが、初めしばらく TAC を使いに来ておられました。ところが、毎晩真夜中か

表-2

1.1 TAC の概観

ATC は東京大学に建設された 2 進法直列方式の真空管式の電子計算機であって、昭和 34 年 2 月に固定小数点方式の計算機として完成し、同年 6 月には浮動小数点用の演算回路が付加されたものである。

記憶装置は Braun 管を用いたランダムアクセス方式のもので約 18,000 ビットを有し、刻時周波数 333 kc で動作し、1 ビット当りの正味動作時間が 3 μs であり、読出し、書込みが、すこぶる高速である。

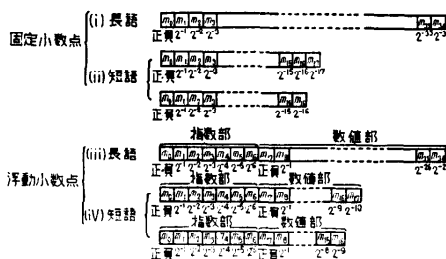
TAC は EDSAC を手本として製造されたものであるが次の 3 点において EDSAC よりも進歩している。

- (a) 除算用演算制御回路が組み込まれていること。
- (b) 浮動小数点演算制御回路が備え付けられていること。
- (c) ある一つの命令による計算過程において溢れが起こっても結果自身があふれなければ正しい結果が得られること。

1.2 TAC の性能概要

(1) 数値語

- (a) 固定小数点方式では長語を用いた場合、2 進法 35 桁で第 1.1 図 (i) に示すように最初の桁はサインディジットであり、負数は 2 の補数として示される。



第 1.1 図 固定小数点並びに浮動小数点における長語及び短語の構成したがってこの方式で取扱い得る数値 x の範囲は

$$-1 \leq x \leq 1 - 2^{-34}$$

となる。

上記の 35 桁を同図 (ii) のように 18 桁と 17 桁の短語に分割して数値を表示すれば、

$$-1 \leq x \leq 1 - 2^{-17} \quad \text{または} \quad 1 - 2^{-16}$$

となる。

- (b) 浮動小数点方式では長語を用いる場合には同図 (iii) のように数値部 2 進法 28 桁、指数部 2 進法 7 桁であって、数値 $2^p \times x$ の範囲は

$$-64 \leq p \leq 63$$

$$-1 \leq x \leq 1 - 2^{-27}$$

となる。

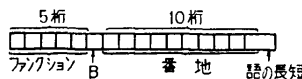
短語を用いる場合には p の範囲は同上で図 (iv) に示すように

$$-1 \leq x \leq 1 - 2^{-10} \quad \text{or} \quad 1 - 2^{-9}$$

となる。

(2) 命令語

命令語は 1 アドレス方式でその構成はファンクションに高位の 6 桁、B デジットとして 1 桁、番地 (0~1023) を表示するために 10 桁、語の短、長を指定するために最後の 1 桁を用い、合計 17 桁を用いる。(第 1.2 図参照)



第 1.2 図 命令語の構成

(3) 演算速度

演算速度は第 1.1 表に示すとおりである。

演算の種類	所要時間 (ms)	
	固定小数点	浮動小数点
加 算	0.48	1.44~23.52
減 算	5.04	5.28~26.88
乗 算	9.84	9.84~31.44
除 算		
無条件飛躍	0.24	

ら明け方まで先輩(筆者)をつき合わせるのには気の毒ということで、IBM の 650 を使えるよう大先生におねがいで、しばらくそちらに行かれたのですが、TAC で 2 時間ぐらいい、ブラウン管の気嫌がよければできる計算が、1 シフト 8 時間でもまだ済まない。いくら大先生の御口添えでも、そう何度も 1 シフト借り切るわけにも行きませんというわけで、再び TAC にもどって来られたというようなこともありました。筆者はすっかりうれしくなって、また幾夜かブラウン管のお守りをしたというわけです。

つまり、これでも、32 筐体の偉容にふさわしく、実力があつたわけです。

それというのも、IBM 650 は、当時まだドラムが主メモリの機械でしたから、TAC の 1024 語 (今の言葉でいうと約 2 キロバイト) ながら、ランダムアクセスの威力が出る問題ではこういう勝負になったわけです。

こういう事情は、今でも形を変えてしばしば現われます。例えば近頃はやりの「パーチャルメモリ方式」においてあらわれます。実際には 2 メガバイトの主メモリしかない機械に、3 メガバイトを要求するプログラムを入れる場合、プログラムの局所性に気をつけないでやると、予想していた計算時間の 10 倍とか、ときには 100 倍も時間がかかってしまうことさえある。というたぐいです。

さて、せっかく表-1 を出したのでもうひとつ。

この表の下から 6 段目、「二次元パネルフラッタ」とあるのを文献 7) からその内容の一部を転載させていただきますと、表-3 (次頁参照) のような記述が目にとまります。これで見てもお判りのように、これは二次元の板の曲げ振動の偏微分方程式を、ガレルキン法によって空間離散化を行い、常微分方程式にして解こうというものです。

このような問題を近頃の若い人に与えたら、

「これは有限要素法の何々 (例えば NASTRAN とか、ASKA とかを使ってうんぬん...)」

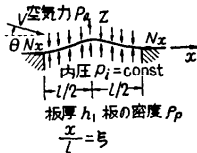
というようなことになって、2 キロでなくメガバイトの機械を使って解きましょうといったことになりかねません。

ところが、こういう問題がすでに TAC で、ガレルキン法によって解かれているということは、教訓的に思われるのですが如何でしょう。何しろ今ではミニ・ミニコンでも 8 キロバイトや 16 キロバイトは持っていますから、相当のことができそうだと改めて認識す

表-3 TAC で行われたガレルキン法による計算例

例 [4] 2次元パネルフラッタ
 前縁後縁固定パネルの超音速パネルフラッタについてフラッタ境界線の数値計算が航空学科小林繁夫助教授によって行なわれた。

(1) 基礎方程式



第 2.1 図

薄板の取付け形状 (軸力=0) は

$$Z_i = a_1 f_1 + a_2 f_2 + a_3 f_3 + a_4 f_4 \quad (1)$$

↑
取付け前の板の初期形状 ↓
取付けによって生じた撓み

$$\begin{cases} f_1 = \cos \pi \xi \\ f_2 = -\sin 2\pi \xi \end{cases} \quad \begin{cases} f_3 = 1 - 4\xi^2 \\ f_4 = 12\sqrt{3} \left(\xi^3 - \frac{1}{4} \xi \right) \end{cases}$$

平衡方程式、空気力 p_a 、軸力 N_x 、内圧 p_i が作用した状態での板の形状 $Z(x, t)$ は

$$D \frac{\partial^4 (Z - Z_i)}{\partial x^4} + N_x \frac{\partial^2 Z}{\partial x^2} + \rho_p h \frac{\partial^2 Z}{\partial t^2} - p_i + p_a = 0 \quad (2)$$

軸力 N_x は、 Z_i の状態からの両端の遠ざかった量を u 、板の温度上昇を T 、熱膨張係数を α と記すと

$$N_x = -\frac{E'h}{2l} \Big|_{-1/2}^{1/2} \left[\left(\frac{\partial Z}{\partial x} \right)^2 - \left(\frac{\partial Z_i}{\partial x} \right)^2 \right] dx - \frac{E'h}{l} u + E'haT \quad (3)$$

空気力は

$$p_a(x, t) = \frac{\rho_a V^2}{\sqrt{M^2 - 1}} \left[\theta + \frac{\partial Z}{\partial x} + \frac{M^2 - 2}{M^2 - 2} \frac{\partial Z}{\partial t} \right] \quad (4)$$

Galerkin 法による近似計算。 Z_i の状態からの撓み

$$w = Z - Z_i = w_1 \phi_1 + w_2 \phi_2 \quad (5)$$

$$\begin{cases} \phi_1 = \frac{1}{2} (1 + \cos 2\pi \xi) & \text{1次及び2次座屈モード} \\ \phi_2 = \frac{-\sqrt{k}}{2 \sin \sqrt{k} \pi} [(\xi - 2 \sin \sqrt{k} \pi) - \sin(2\sqrt{k} \pi \xi)] \end{cases}$$

$$k = 2.048$$

を仮定すると、(2)式より、 w_1, w_2 に関する二階連立の常微分方程式を得る。それが、数値計算の出発点となる。

(この最後の二行は、以下の文を省略するため筆者が入れたもの。)

る次第です。こういうことが手許のミニ・ミニコンでもできるということならば、学問・技術も飛躍的に進歩してもおかしくないはずと思えてきます。ネックがもしあれば、計算機よりもむしろ頭、あるいは教育の方にある：というのが、マクロな見方としては当てているかも知れません。

3. 金物の話

TAC が難儀をした最大の原因は、主記憶装置として採用されたブラウン管記憶装置にありました。また、おくれればせながら動き出してから、その威力を発

* '有限要素法' は、今でも、数学者仲間では、リッツ・ガレルキン法と呼ばれることがしばしばです

** CaWO₄ とか BaWO₄ とかの微粉粒を適当な膠着物質とともに沈殿法によって層状に堆積させたもの

揮して面目をとりもどした原因も、そのランダムアクセス性にあったわけです。当時、日電、日立など国産メーカーの開発機は、みなドラムを主記憶装置とするものでした。IBM の 704 はコアメモリでしたが、日本に入ってきた 650 はやはりドラムでした。気象庁に IBM 704 が入ったのは、TAC が動いて直後のことでしたが、ともかく後だったわけで、国産ではランダムアクセスは、東大の PC-1 の二周波メモリと、この TAC のブラウン管だけであつたわけです。



写真-1 制御卓から TAC を望んだところ



写真-2 記憶用 Braun 管に pick-up mesh, 遮蔽円筒などを取り付けたところ

さて、ブラウン管記憶装置の動作原理を、図-1 (次頁参照) にもとづいて説明しましょう。'原理' の文章だけは、'である' 調の文章がふさわしいでしょう。図-1. A~E を適宜見ながら読んで下さい。

(1) ブラウン管の蛍光体面**を、電子ビームによって照射すると、蛍光体から二次電子が、ある速度分布をもって放出される。照射の初期は、二次電子放出比:

$$\delta_e = (\text{二次電子数}) / (\text{一次電子数})$$

が 1 より大きい場合蛍光面の局所は正に charge up されるが、そのため形成された正電位が放出された二次電子に対して吸引電場として働き、二次電子をひきもどすようになり、やがて収支バランスのとれた状態に落付く。(実はそれまで待てない。)

(2) この定常状態は、電子ビームをその照射点に集中して与えたとき ('dot' と呼ぶ) と、照射点のまわ

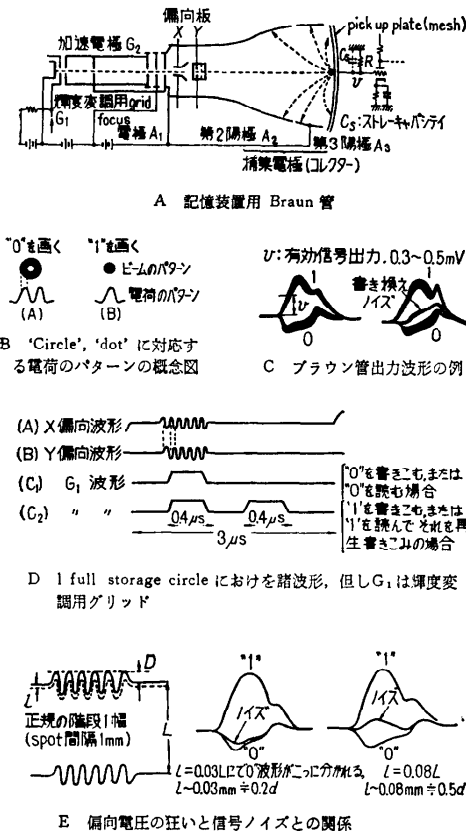


図-1

りに小さな円を画かせてやったとき ('circle' と呼ぶ) とで異なる。照射を止めたあとの、照射点近傍の電荷分布も異なる。'dot' 後の状態を 1. 'circle' 後の状態を 0 と約束する。〔0, 1の記憶の原理〕(図-1. B)

(3) あとになってその点を再び 'circle' によって照射すると、もともと、'circle' であったか 'dot' であったかに依存した異なった電荷の流れが生起し、それが '捕集電極' にとりつけられた電流検出装置によって検知される。そこで、検知された信号によって、もしもともと、'circle' すなわち 0 であったのなら、この読み出し 'circle' を画いたのちはそのままとし、もしもともと 'dot' すなわち 1 であったことが検知されたのであれば、いまそれを読み出し 'circle' によってこわしたわけだから、それを 'dot' を照射することによって再生させる。〔読み出し、再生の原理〕(図-1. C, D)

* 後日談ながら、このために使用した電磁遅延線が、のち HITAC 5020 の汎用レジスターに变身した

** これは厳密には、統計物理学的にみて無理な要求です

以上(2), (3)で、ブラウン管一本に1ビットの 0, 1を記憶し、読み出し、再生する原理は一応判った。

(4) ブラウン管1本に多数のビットを記憶するには、ブラウン管螢光面の螢光体が、かなりよい絶縁体であることをベースに、ブラウン管面上に多数のビット位置を定め、その位置ごとにアドレスを与え、所望のアドレスを参照するためにはその対応する位置に、対応した X, Y 偏向電圧を与えることにすればよい。〔アドレッシングの原理〕

電子ビームの位置を、あるアドレスに対応した位置からある別のアドレスに対応した位置に動かすための、X, Y 偏向電圧の変化の過渡時間が、記憶装置としてのアクセスタイムの本質的な部分であり、そのあとの読み出しと再生の時間を加えたものが、そのサイクルタイムの本質的な部分となる。

'circle' を画かせるためには、X, Y 偏向板に90°位相の異なる正弦波形を重ねてやればよい*。(図-1. D)

以上が、Williams-Kilburn (発表は1949年)のブラウン管記憶装置の、TAC version の粗い原理です。これは当時としては大変うまい着想で、事実、1950年代の前半から中頃にかけて、世界的に一世を風びたもので、IBM の 701, 702 など、多くの機械がこのブラウン管メモリを採用して、苦勞しながら動かしたものです。IBM が 704 においてコアメモリの実用化に成功して、その座をゆずったものです。日本では、TAC が、最初にして最後のブラウン管メモリの機械となったわけです。

さて、原理のどこが実際にはむずかしいのでしょうか。それは、デジタル計算機のデジタルな情報の扱いを、0, 1の書き込み、読み取りはもちろん、アドレッシングにいたるまで、すべてアナログな電子技術によって行っているところにあるといえましょう。

すなわち、記憶動作を満足に行わせるためには、

- 1) 螢光体表面近傍の、電子物性的に見たときの記憶動作に関連する状態の一様性**と、それを包むブラウン管およびその付帯装置を、荷電粒子の動く電磁場として見たときの空間的整合性。
- 2) 電子ビームの太さ、すなわちブラウン管のカソードの電子物性的な性質と、偏向系の電子幾何光学的な一様性、整合性。たとえば、電極の位置が、いつでも、正しい位置にあることなど。(温度の変化によって歪んではいけぬ)
- 3) X, Y 偏向板に与える偏向電圧と、輝度変調板

に与える電圧に関する時間的制御の問題

4) 信号読み出し用の電磁場の構造と、信号読み出し回路の問題。

こういういわば、電子技術的問題に加えて、次の事項が問題を難かしくしております。

5) 電子ビームを 'circle' あるいは 'circle-dot' のいずれかで問題にしている記憶面に与えるわけであるが、そのバラエティーは、時間的にも空間的にもプログラムの命ずるところに従って行われる。

この 5) のことは、いわゆるノイマン流の現代コンピュータにとって、あたりまえといえはあたりまえのことですが、そのことが、上述のブラウン管記憶装置の動作原理と、大変整合性のよくないものであるということが、最後の段階になって表面化して、その克服のために多大の月日を要したわけであります。

何しろ足かけこの記憶装置だけで7年もかけてしまったわけですから、この間の事情を話したらきりがないわけです。またどんなに簡潔に要約しようと思っても、文脈として閉じた話をするにはあまりにも紙面がたらの過ぎます。従ってそれは割愛して、ここでは二つだけのそう話を話すに止めましょう。

(第1話)

ブラウン管1本に1120ビット詰めてそれを16本で運転し、前述の諸計算をやったわけですが、実は完成ひろうのデモンストレーションまではブラウン管1本に560ビットであったのです。ところが、これではわずか512アドレス、長語換算では256語にしかありません。イニシャルオーダと最低限の入出力ルーチンで約300アドレスはとってしまいます。残りが200アドレスというのではどうにもTACの偉容にふさわしくないわけです。そこで無理を承知で、デモンストレーションの翌日から、アドレスを倍に増して運転を試みたわけですが、原理的にはY偏向板に与える階段状電圧のきざみを倍にふやせば良いわけです。こうすれば、ユーザエリアは2倍でなく、約4倍の800アドレスになります。当時のユーザの人達が、「すこしぐらいやり直しをしても構わぬから、是非それで頼みますよ。」というのも無理からぬことでしょう。私達にはPC-1と良い意味での競争意識もありました。それやこれやで結局1024アドレスでがんばることにしたわ

けですが、そのため、信号出力が、3mV程度あったものが0.3~0.5mV程度に低下し、しかも、それまでMTBFが4日ぐらいいはあったものが4時間程度になってしまい、つきっきりで保守調整をせねばならぬことに相成ったわけです。

さて、上述のような、全アナログ的な記憶原理のものを、いくらデジタル信号に直して使うからといっても、千差万別のユーザのプログラムの通りに間違いなく動作させるのに0.3mVの出力というのはむずかしいことだということは、ムービングコイル形のハイファイ用のカートリッジをお使いのマニアのかたならお判りでしょう。実際、丹精こめて作られたブラウン管が、最後まで10本に1本ぐらいの割でしか良好に動作しなかったのも、ひとつにはこの1024アドレス/16本というところにありました。東芝の、ブラウン管製作に当たられたかたがたには、今でも頭がさがるのです。

さて、この16本のブラウン管を動かすのに、電源はすべて6AS7-G(あるいは8080)という大きな双三極管をシリーズバルブにした、定電圧電源を使いました。ひとつのユニットごとに6AS7-Gを20本程度パラレルに接続し、そのグリッドをドライブする増幅器終段は、6CL6という、パワー管並みの力のあるハイGm管ですから、すごいものです。こういうものをたくさん作って、総計では6AS7-Gを300本程度使いました。大切なところは、この定電圧電源一段ではまだだめで、これを二段重ねる必要がありました。何故かという、一段では、電源電圧のゆるいけれどもややランダムな変動がとりきれないからです。これは、真夜中にブラウン管の調子がよくて、大きな計算はすべて真夜中に行ったことと関係があります。しかし真夜中でも、一段では全くといってよいほど使いものになりませんでしたし、この点に関しては、一本520ビットでもだめでした。その原因は、都市の負荷変動もさることながら、当時はまだ水力発電もはなやかでしたから、深夜筆者は、南アルプスのどこかの、ダムや取水口、そして発電所と水車を脳裏に描きながら、オッシロ波形をながめて長歎息したものです。

(第2話)

表-1の中ほどに、LKによる証明 岩村聯他 というのがあります。これは、数学の定理の証明を、電子計算機にやらせるという、数学基礎論的な研究なのでして、これが機縁となって、元来は基礎論畑の島内剛一さんなどの数学者仲間、後のHITAC 5020にま

* この、3KP1を改造した東芝特製のブラウン管は、米国RCA社製のメモリ用ブラウン管とくらべ、断然勝れたものであったことが、実証されていました

でいろいろ指導願えることになったものなのです。そのプログラムたるや、それこそフォン・ノイマン流コンピュータのプログラムの可能性の限界一杯の使い方がなされていたものですから、ブラウン管記憶装置にとって、空前絶後の難動作が実現したわけです。これは結局、真夜中は当然のこととして、プログラムの進行と、ブラウン管の動きを身につけたうえで、プログラムの進行に伴ってうまく輝度変調電圧その他を adjust して切り抜けました。

今、コアメモリ時代から MOS メモリ時代に移り、MOS メモリのなかに、 $1T_1$ /ピットのダイナミック MOS メモリというものが登場しております。いうまでもなく、これはブラウン管のように何から何までアナログというわけではないわけですが、若干似たところがあるものですから、それを計算機に組込む前に、どのようなプログラムによってテストすれば十分かという点が、テストに要する費用とのからみで問題になってまいります。筆者がこういうときに特にやかましいのは、昔の痛みがよみがえるからで、あるいは時代錯誤かもしれませんが、半導体メモリをやっている若い技術者が、ノイマン流コンピュータのプログラムパターンが多様性についていささか鈍感であるのも否めないようです。さて、もとにもどって、TAC のブラウン管メモリの試験プログラムで、もっともシビアなものは、上述の経験にもとづいて、岩村さんに作っていただいたものとなりました。

さて、当時われわれは、上述のプログラム依存性をもった 'ノイズ' を、'書き換えノイズ' と短い言葉で呼んで、その原因の究明と対策のために多大の年月と労力をついやしたわけです。'書き換えノイズ' の出ている有様が、[図-1C] の右側にみられます。

演算制御装置に使った真空管の論理回路についてもひとことふれておかねばなりません。ときどき、'TAC は真空管の寿命が、使用している本数とのかね合いにおいて短かすぎたことが、なかなか動かなかったことの原因' と言う人があります。それは全くの誤った '伝説' で、事実はそうではありません。TAC に使われた東芝の真空管は、当時の国産真空管の平均品質をはるかに抜いて (TAC 計算機用の動作を保有するという意味での)、平均寿命は一万数千時間。(この寿命の定義が問題になりますが、めんどろになりますから、ここではふれないでおきましょう。) しかも、寿命にいたる以前の故障率は、寿命即 1 本当りの MTBF

と仮定したときのそれと比べると極度に小さいものでしたから、この '伝説' は事実と反します。ただ、若干思い当る事実は、むしろ我々真空管を使用する側の、初期の時代の未熟のために、真空管屋さんにぬれぎぬをさせるような言い訳があったことでしょうか。その未熟というのは、やはり根本をたどれば、ノイマン流の計算機はプログラムによって動く。ということに再びつき当ることが多いのですが、要するに、信号として見たときには、直流から始まる広い帯域を持つ、ということ、従って、回路としては、時間的にも電圧的にも、'徹底的にデジタル' なものでなければならぬということに、初期の時代に鈍感であったときがあったのです。

初期の頃には、今で言うところの「デジタル回路技術」といったたぐいのものは全然ありませんで、真空管回路技術といえば、ラジオや、ハイファイの回路技術ですから、ノイマンコンピューター用の回路技術にそぐわぬことをやっていたこともあったわけです。そのために、真空管としては当然の、ちょっとした特性変化が、デジタルな誤動作を引き起こすことにもなったのでした。そういうことのための「ベカラズ集」を真面目になって書いたこともありました。

おわりに

TAC を、その性能と機能の面で今の機械とくらべてみますと、初めのほうでもふれましたように、今やミニコンを通りこして、マイクロコンでもできそうなことになってきました。180cm の高さの筐体を 32 筐体ならべたものが、手のひらにのる時代になるまでに、わずか 18 年たらずとは、今さらながら驚くわけです。しかも、TAC は、事を起こしてから足かけ 9 年かかっているのです。私自身 8 年間従事したのですが、今となっては、それがどういう意味をもっているのか、よく判りません。ただ、私にしても、中沢喜三郎君にしても、TAC が縁でコンピュータ屋になり、今でもコンピュータ屋をやっているという、はなはだ個人的なことが何となく実感されるだけでして、情報処理学会の解説記事にふさわしいことを書けと言われると、私でなく中沢君でもやはり困るでしょう。そう思ってお引き受けしたわけでした、これでも何か今の若い人のためになることは書けないかと意識して書いたつもりです。たとえば、当時は、作る人と使う人間との会話がよく成り立っていたという話。そのためかえって年寄りのお説教めいたところもあるでしょう。

しかし、なお思うのは、近頃あまりにもユーザとメーカーの会話がとぎれてしまったということです。特に日本はそれがはなはだしいように思います。止むを得ない面は多々ありますけれども、やはりそれを克服して、計算機を使う人間と作る人間との会話をとりもどさないことには、具合がわるいと近頃思うものですから、最後にひとこと言わせていただいた次第です。

参考文献

- 1) F. C. Williams & Kilburn: P1EE pt III p.81. (1949)
- 2) 山下, 林, 佐藤, 紀平, 元岡: 電気演算機に関

- する研究, 総合試験所年報, 第14号, (昭30.12)
- 3) 村田, 中沢, 船木: TAC Braun 管記憶装置について, 電気通信学会電子計算機専門委員会資料, (昭33.6)
 - 4) 村田, 中沢: TAC の製造経験より得たる主たる成果 (同上) (昭34.6)
 - 5) 三山, 船木: 大型電子計算機 TAC の概要とその運用について, 総合試験所年報, 第19.2号, (昭36.3)
 - 6) 森口: TAC プログラミング基本教程 (昭35.1)
 - 7) 東大自動電子計算機報告
総合試験所年報, 第20.別冊, (昭37.3)
- (注) TAC の公式記録を総合的に収録しているのは文献7)である
(昭和51年11月8日受付)