

*** エッセイ ***

トヨタとパラメトロン電子計算機 FACOM 202

石橋 善弘

(元 豊田理研理事, 名古屋大学名誉教授)

第1節 まえがき

トヨタ自動車工業株式会社（以下では親しみをこめてトヨタとよぶ）の電算化の歴史を調べると、非常に早い時期、すなわち1950年代初期の頃から電算化が始まっている事がわかる。ただし、それは事務の機械化とも言うべきもので、設計生産部門での電算化はそれより約10年遅れている。1960年1月に事務処理用に導入されたIBM650は一部技術用に利用されてはいるが、科学技術専用に関して言えば、1962年10月に富士通信機製造株式会社（富士通）から購入された電子計算機FACOM202が最初である。これは我国の電子計算機発展史上、特記すべき事柄なのである。何故か？ 実は、FACOM202は真空管やトランジスターを使った電子計算機ではなく、パラメトロンという我国特有の演算素子を使った純国産の電子計算機だからである。しかも、FACOM202を購入した民間企業はトヨタだけであり、そのあとパラメトロン電子計算機は製造・市販されていないらしいのである。

その辺の特殊事情を説明するために、時を1958年まで遡らなければならない。筆者は当時東京大学理学部物理学科高橋秀俊研究室の大学院生（修士課程1年）だったが、同年夏後藤英一先生（当時助手）の指導の下に行われたパラメトロン計算機PC2設計のための軽井沢合宿に参加した。基本構想に関する討議に参加したのは勿論だが（といっても、駆け出しの大学院生の寄与はたかが知れている）、具体的な設計作業では、主として演算回路のうち4進乗算回路の論理設計を担当した（この乗算回路は全論理回路の極々一部にすぎないのであまり大きな顔はできないが、後日高橋秀俊編「パラメトロン計算機」（1968年7月、岩波書店）の一部執筆を担当したのは事実）。実は、この合宿で設計されたのが、のちにトヨタが購入したFACOM202になるのである。したがって、基本設計を行った我々東大高橋研究室の仲間うちでは、当然のことではあるが、いまでもパラメトロン電子計算機PC2とよんでいる。このようなわけで、筆者は「なぜトヨタはFACOM202（PC2）を購入したのか」、「トヨタにおいて、PC2がどのような使われ方をしたのか」などについて長年疑問を持ち続けていた次第である。

他方、1994年（平成6年）に豊田理化学研究所理事を拝命して以来、機会を捉えてトヨタ系の何人かの方にFACOM202にまつわる事情をお尋ねして来たが、わからずじまいであった。実際、FACOM202を導入・使用した世代の方々は、今（2024年）から30～40年以上も前に退職しておられる筈で、1994年の時点で考えても、FACOM202の設置場所や使われ方がわからなくなっているのはやむを得ないことである。そのため、調査をあきらめていたのだが、2020年頃幸いにも斎藤卓前常務理

事から情報を頂き、手がかりを得る事ができた。2024年の現時点では、PC2の設計に携った者のうち存命者は筆者を含めて3名のみであるが、この際PC2イコールFACOM202のことを記録に残し、記憶を次世代につなげる努力をしておくことは、PC2側およびトヨタ側の双方にとって有益なことだろう。とはいっても、本稿は研究的調査報告ではなく、部分的には筆者の記憶に頼った単なる技術エッセイともいべきものなので、その有益さが限られているのはやむを得ない。この点については、あらかじめ読者のおゆるしを乞うておきたい。

第2節 パラメトロンとパラメトロン計算機

我国の電子計算機製造の歴史は米国、英国にくらべてかなり遅れて始まっている。第2次大戦中(1945年8月以前)、原爆製造において電子計算機が駆使されているし、英国では暗号解読に電子計算機が使用されたのは周知の通りであるが、戦後疲弊しきった我国ではそれどころではない時期が続いた。フォン・ノイマン型(プログラム内蔵型)計算機という概念は1949年頃我国に伝わって来たようだが、間もなく、1951年に東京大学工学部を中心にデジタル電子計算機の製作計画(TAC計画)がたてられた。ところが実際にはTACの製作がうまくいかず、関係者の責任問題さえ持ち上がるような状況になったようだ(1957年10月4日の朝日新聞に「超スローモーの電子計算機」という見出しの批判記事が出ているし、それに引き続いて文部省、大蔵省の視察(査察?)があったとのことである)。

その間、1954年に東大理学部の後藤英一氏(当時高橋研究室の大学院特別研究生)が演算素子としてパラメトロンを発明した。パラメトロンはパラメトリック励振・発振の原理に基づく演算素子で、素子自体は非線形インダクタンス L 、線型キャパシタンス C の共振回路(並列抵抗 R をふくむ)である。パラメトロンの場合、周波数2分割、つまり周波数 $2f$ の励振により共振回路に周波数 f の波が立つのであるが^{*1}、その際位相の引き込み作用のために、発振波の位相は 0 か π かにきまり、その位相を情報 $0, 1$ として用いるのである。

演算論理は多数決論理(原則として3入力1出力(閾値2))を採用している。いうまでもなく、共振回路は受動回路であるから、動作が安定している上に、なによりも安価に製造でき、当時の我国の状況にぴったりのものであった。

パラメトロン発明のあと、1955年9月に研究成果が公表されると同時に幾つかのメーカーがパラメトロン研究に乗り出し、1957年8月には日立製作所のHIPAC-1が、1958年1月には日本電気のNEAC-1101が運転を開始した。ご本家の高橋研究室で手作りのパラメトロン計算機PC1が動作を開始したのは1958年3月26日夕刻である。^{*2}

高橋研究室では直ちにプログラム・ライブラリーの作成・整備に着手し、PC1の動作が安定した5月頃からは(その頃には入出力用の基本的プログラムのほか、かなりの数の数値計算用のプログラムが準備されていた)、主として東大理学部内の研究者に開放された(理学部以外、東大外からも、噂を聞きつけて利用に来られた方も多い)。また、翌1959年8月末から9月初めにかけての4日間、日本物理学会主催の全国の会員を対象にした夏期講習(プログラミングの講義、実習)が行われた(受講希望者が多く、最後は抽選が行われたようだ)。図1はそのプログラムである。ほとんどの受講者は、この

^{*1}このようなパラメトリック励振・発振の身近な例としては、ブランコ、ヨーヨーがある。

^{*2}単なる共振回路に情報伝達のために方向性を持たせるための3拍励振方式の発明、パラメトロン回路と整合性のある磁心(コア)記憶装置の開発等、PC1は創意工夫に満ち満ちた計算機である。

日本物理学会主催
「電子計算機講習会」日程表

期日 昭和34年8月31日～9月7日

(講義 8月31日～9月3日)
(実習 9月4日～9月7日)

会場 講義：東京大学工学部2号館大講堂
実習：東京大学理学部1号館

第1日(8月31日)

9.00~10.20	電子計算機概説	東大理学部	高橋秀俊
10.40~12.00	電子計算機概説	東大理学部	高橋秀俊
13.00~14.40	パラメトロン計算機 PC-1 の演算命令	東大理学部	後藤英一
14.50~15.20	電子計算機の使用経験	東大理学部	島内武彦
15.30~16.00	幾何光学等への応用	日本電気KK	岡崎文次
16.10~17.00	結晶解析への応用	東大理学部	竹内慶夫

第2日(9月1日)

9.00~10.20	電子計算機のための数値解析 I	東大工学部	森口鑑一
10.40~12.00	電子計算機のための数値解析 II	東大工学部	雨宮綾夫, 山正孝
13.00~14.40	プログラムの作り方 (流れ図とその実例)	東大理学部	石橋善弘
15.00~15.50	気象学への応用	東大理学部	都田菊郎
16.00~16.50	流体力学への応用	東大理学部	今井功

第3日(9月2日)

9.00~10.50	プログラムの作り方 (サブルーチンの使い方)	東大理学部	相馬嵩
11.10~12.00	プログラムの作り方 (R0 R1 によるテープの作り方)	東大理学部	中川圭介
13.00~13.30	大学における電子計算機 I	東大理学部	森野米三
13.30~14.00	大学における電子計算機 II	東北大通研 東北大工学部	大桂重 大桂重
14.10~15.00	モンテカルロ法	東大核研 東大理学部	藤後陽英 藤後陽英
15.10~16.00	量子力学への応用	東大理学部	小谷正雄
16.10~17.00	OR および制御工学における応用	鉄道技研	穂坂一雄

第4日(9月3日)

9.00~10.50	プログラムのエラーを見つける方法について	東大理学部	和田英一
11.10~12.00	これからの電子計算機とプログラミング	東大理学部	高橋秀俊
13.00~16.00	パネルディスカッション「電子計算機の現状と将来」		
司会	山内恭彦(東大理)		
出席者	磯部孝(東大工) 穂坂衛(鉄研) 高橋秀俊(東大理)		
	森口繁一(東大工) 小谷正雄(東大理) 和田弘(電試)		
	喜安善市(電々公社通研) 茅野健(電々公社)		

第5日(9月4日)
第6日(9月5日)
第7日(9月6日)
第8日(9月7日)

実習 実習の日程の詳細については実習受講者に案内書を講習会初日にお渡しいたします。

おわび： この講習会の案内に書きました「加速器設計への応用」は講師大河千弘氏が急に渡欣されることになり、他に適当な講師が見つからなかつたのでこの講義はとりやめ、代わりに「プログラムのエラーを見つける方法について一和田英一氏」を追加し、日程を多少変更いたしました。ただし大河氏に出発前テキスト原稿だけは書いていただいたので掲載いたしました。上記の予定変更により御迷惑をおかけいたし、まことに申し訳ございません。おわび申し上げます。

図1 夏期講習プログラム

講習ではじめてプログラミングに接したと思われるが、後日全国各地で計算機利用に関して指導的役割を果たした方も多い。

他方、PC1の動作開始直後から、第1節で述べた様に、後藤先生の指導のもとで、2号機PC2の基本設計が始まり、夏には設計のための合宿作業が行われた。それが、FACOM202につながるわけである。高橋研究室で設計したPC2の仕様と富士通で市販したFACOM202の仕様との間には差異が生じていると思われるが、設計段階でのPC2の仕様は概ね以下の通りである（右側の括弧内はPC1の仕様）。

使用パラメトロン素子	約38000個	(約4000個)
入力	さん孔テープ (6ビット)	(同左)
テープの読取り	フォトリダー	(同左)
出力	さん孔テープ 及びテレタイプ	(同左)
メモリー容量	24576ビット	(9218ビット)
1語	2進48桁	(2進36桁)
短語 (2進24桁) として使用可能		(2進18桁)
パラメトリック励振周波数	6 MHz	(2 MHz)
クロック周波数	約67 kHz ^{*3}	(10 kHz)
加算	0.04 m秒	(0.4 m秒)
乗算	0.4 m秒	(3.8 m秒)
除算	2 m秒	(16.0 m秒)
プログラム言語	ALGOL等	(PC1固有)

2024年の現時点でこのような仕様をみると、PC1は言うに及ばずPC2でさえもまるでオモチャかそれ以下とを感じるが、当時は「すっごく早いなァ」と感激したものである。また、多くのPC1利用者の希望は「メモリーが倍（約2万ビット）あればなァ」というものであった。なんとささやかな願望だったのだろう!!

ともかく、PC1を先行機とし、パラメトロン計算機としては最大、最高速のPC2は、富士通の手でFACOM202として都合3台製作販売された。その1号機は東大（設置場所は理学部物理教室）、2号機は東大物性研究所に設置され、そして3号機がトヨタに納入されたのである。

第3節 FACOM 202の導入

パラメトロン計算機としては最後に市販されたものとなるFACOM202の3号機がトヨタに導入されたのは1962年10月である。図2はそれを報じる1962年9月9日付けの日刊工業新聞である。^{*4}

それによると、それまでに導入されていたベンソンレーナー製オスカー（「グラフからさん孔紙テープへ」、「さん孔紙テープからグラフへ」の変換を半自動的に行う装置）と連結して高度な利用法を開発したい意向とある。また、それまでIBM650に依存していた設計計算、実験データ処理はFAC

^{*3}PC2の設計段階ではクロック周波数として100 kHzを想定していたが、パラメトリック発振波形のなまりなどのために、実際には67 kHzあたりに落ち着いたようだ。そのため、加減乗除の計算時間はPC1の1/7程度（当初の想定では1/10）になっているはずであるが、論理回路・制御回路の工夫により、それよりも若干早くなっていると思われる。

自動車・自転車

トヨタが科学用電算機採用

軍産から導入 来月末には突働



名古屋(トヨタ自動車工業)は技術計算の機械を計画していた、このほど富士通信のFACOM202科学用電子計算機の使用を決定し、十二に同社に購入、十月から実験に入り、設計、実験データ処理OR(オペレーション・リサーチ)などの計算能力の拡大をかることになった。

同電子計算機は演算部はパラメトロン、記憶部は磁気コアで、記憶容量は二千語(二語は四十八ビットから成る)販売価格は正価が六千万円のもの。

トヨタ自工が導入するFACOM202型科学用電子計算機

トヨタ自工は買取りの形で導入するが、同機は東大理学部、東大物産研についてわが国三番目

の導入となる。

民間の研究所で科学用電子計算機を導入する例としても比較的少なく、また導入の中心となっていない第二技術部はすでにアナログ計算機が入っていること、ペンソンレーナー製のオスカーというグラフからさん孔紙テープ「さん孔紙テープからグラフ」の同交換を半自動的に行なう装置もすでに入っていることなどから、FACOM202も、これらと連結して高度な利用方法を開発していきたい意向である。

またメーカー側が東大物産研の井上助教の協力をえて同電子計算機のALGOL(人間の言葉に近い、電子計算機用の特殊の語をつくり、近々完成のみこと)として、トヨタ自工としてはALGOLを採用、能率的にプログラムを組む方針である。

同電子計算機の入力は六桁位のさん孔紙テープを讀むとるフォトリター、出力はハイスピードデータ、パンチャーとデータ・ライターがつき、このほか計算機本体からさん孔紙テープを直接出すことができる。オスカーは二次元上のX-Y座標にかかれたグラフからさん孔紙テープをつくる部分と、逆にさん孔紙テープからX-Y座標上にグラフをかくいく部分からなり、FACOM202と新たに連結して、能率的な実験データ類の処理ができる。またすでに入っているアナログ型計算機は日本電業製のものといわれるがこれは将来、アナログ・デジタル交換機を入れて、FACOMとの連絡をはかる。

これにより設計計算、実験データ処理の効率が高まり、導入の事務用電子計算機IBM六五〇に依存していたものは、FACOM202科学用計算機に切りかえるほか、データ処理の高速化を利用して、モンテカルロ法、マルコフプロセス解析、シミュレーションの作成(各作業単位程度の規模) 需要予測方程式の改良、などOR的な活用を拡大する意向がある。

図2 日刊工業新聞 (1962年9月9日付)

OM202に切替え、さらにモンテカルロ法、マルコフプロセス解析、シミュレーションの科学技術計算のほか、需要予測方程式の改良などOR的活用を拡大する意向との記述がある。

FACOM202はこのような意向・期待に応えたと思われるが、1967年1月にはFACOM230-50に切り替えられ、このあたりからトヨタにおける電算機利用分野が、トランジスターの進歩と連動するかのようになり、一挙に拡大していくのである。したがって、FACOM202がトヨタで活躍したのは、1962年10月から1967年1月迄の4年強であるが、それはトヨタが本格的なIT化に備えて力を蓄えていた期間と見なすことができよう。

*4この記事によると、FACOM202の販売価格は正価で6000万円となっているが、FACOM202の価格は4000万円～1億円とする記述も存在する。

第4節 パラメトロンの盛衰

この「4年強」を長いと見るか、短いと見るかは見解のわかれるところだろうが、パラメトロン計算機の活躍はこのFACOM202 3号機をもって終焉を迎えるのである。何故そうなったのか？ 実は、このあたりからトランジスターの進歩が著しく、高速かつ安定性の高い計算機が製作されるようになったのである。とくに速度に関しては、パラメトロンは位相によって0,1を識別しているが、確実な位相識別には少なくとも10～20周期（共振波の立ち上がりをふくめて）の波が必要だろうから、とてもパルスにはかなわない訳である。

この状況に対する関係者の気持ちは、上記「パラメトロン計算機」の高橋先生が書かれた「まえがき」に良く表されている。いわく、「パラメトロンは日本で生まれた数少ない技術の一つとして世の中からも注目をあび、関係者一同は張り切って、産学協同でその研究開発に尽力した。こうして1960年前後の頃日本の電子計算機技術は遅ればせながら自信と誇りを持って世界の学界、産業界にデビューすることができた（アンダーラインは筆者）。パラメトロンのその後は日進月歩のトランジスターに押され気味で、今日の電子計算機技術に占める地位は重いとは言えないのは残念である（以下省略）。そう、一時期、動作の安定性や価格の点で優位を保ち（その上ある時期迄は接合型トランジスターで作られた電子計算機より速かったと言われている）、日本人関係者に自信と誇りを与えていたパラメトロンは、演算速度の点で、最後は日進月歩のトランジスターに席を譲らざるを得なかったのである。

第5節 あとがき

トヨタのFACOM202導入に関して筆者が持っていた疑問は、要約すれば、「さん孔紙テープによる入出力制御のパラメトロン電子計算機と他の機種との共立性・融和性」の問題につきるが、斎藤卓氏からヒントを頂いたあとの早い段階でその疑問は氷解した。すなわちパンチ・カード入力があった時代には、トヨタはそうではない「オスカー」を持っていたのである。FACOM202選定当時の詳しい事情はわからないが、その登場はトヨタから見て非常にタイムリーだったのではなかろうか？

次に、FACOM202の使い勝手についてであるが、それは富士通からどの程度のソフトが提供されたかによるところ大である。しかし、1962年の時点では、トヨタの内部にもすでにプログラミング経験者がおられたはずだから、基本的な入出力ソフトの提供さえあれば、あとは自前で処理できたに違いない。そして、当時としては最高速のFACOM202が真に有効利用され、トヨタのIT化に貢献したと信じたい。

以上見てきたように、トヨタのIT化の黎明期にあって、後藤先生の発明によるパラメトロンを用いた純国産の電子計算機がしかるべき役割を果たしたのは確かである。トヨタのIT化過程については、多くの研究報告があるようだが、FACOM202の特殊性に言及したものはほとんど見当たらない。その意味で、この拙文が、見過ごされていた歴史の一側面を関係者の記憶に残し、将来に引き継ぐ役割を果たす事ができれば幸いである。

最後に、本稿を豊田理研報告に掲載することをお許しいただいた玉尾皓平所長、本稿執筆のきっかけを作っていたいただいた斎藤卓氏に感謝する。

追記

[1] PC2は現在国立科学博物館に保存されている。

[2] 執筆に当たって参考にした書籍、報告、記録等を以下に列記する（順不同、書式不統一）。

1) 高橋秀俊 編「パラメトロン計算機」（1968年、岩波書店）

2) 日本物理学会1959年夏期講習会テキスト「電子計算機」

3) トヨタ自動車75年史 第7章

その他、Wikipediaはじめ、いくつかのネット情報を参考にしたが、それらの詳細は省略する。

蛇足：パラメトロン計算機よもやま話

①パラメトロンは後藤英一先生によって発明されたものであり、我国が世界に誇るべき電子工学上の産物である。と、思っていたのだが、実は後藤先生より前に、同様のアイデアで特許を取っていた人物がいたのである。それは、「人間のフリをした悪魔」といわれるフォン・ノイマンである。それで、当然のこととしてフォン・ノイマンとの間に特許権争いになったが、審査過程で類似性の指摘はあったものの、最終的には無関係と判断されたようで、結局は後藤先生側が勝ったのである。

②フォン・ノイマンについてもう一つ（本文中にも名前がでていたので、三つ目）。1960年代始めの頃のことであるが、「お宅の電子計算機はいつ完成しますか？」という問いに対する答は、いつも「半年後」。また、定義として「電子計算機とは常に半年後に完成するものである」は、おきまりのジョークであった。最近Wikipediaで知った事だが、この「半年後」は我国に限った事ではないようで、「フォン・ノイマンの法則」というらしい。で、トヨタが購入したFACOM202はどうだったのだろうか？

③筆者の専門は「強誘電体物性」であるが、専門を同じにする外国人研究者との会話で大学院時代に話がおよぶ場合がある。そのようなときにパラメトロンのことを持ち出しても、当然のことながら「そりゃ何じゃ？」でスルーされるが、一度だけそれなりの反応を得た事がある。それは、同年輩の、したがって1960年代の電子計算機事情を知っているイギリス人研究者からで、「パラメトロンのことは知っている。トムソン社（フランス）で研究したがものにならなかったのではないの？日本では本当に計算機をつくったの？」というものであった。ヨーロッパでは、パラメトロンがまったく無視されていたわけではないらしい。深い意味はないが、筆者にとってはなんとなく嬉しくなることであった。

④筆者が大学院生の頃、後藤先生がいまの修士課程1年のころ書かれたパラメトリック励振の論文がまるで理解できなかったが（要するに数学が理解できなかった）、いまでもそれがトラウマとして残っていて、マシュウ方程式（非線形微分方程式のひとつ）と聞くとつい身構えてしまう。ところが、ごく最近、偶然のことからランダウ・リフシッツ物理学教程「力学」にパラメトリック励振が

単なる演習問題として取り上げられているのを知った。物理学教程ではこのようなことがしばしば起こるので驚くにはあたらないし、すべてのロシア人学生がその演習問題を解ける訳ではなからうが、それでも「何たる彼我の差!!」である（この場合の“我”は筆者個人）。

- ⑤筆者は1966年9月から約2年間米国フォード社科学研究所（ミシガン州ディアボーン）に出張・在籍した。1967年のはじめの頃と記憶しているが、助手役の技術員に「計算機を使いたい」と手続きを頼んだところ、「手続きしないでも、あそこに座って電源をオンにすれば計算機が使えるらしい」と廊下の片隅におかれている端末を指さした。そこで、端末に表示されている指示に従って操作すると、直ちに約50 km離れているミシガン大学（アナーバー）の電子計算機センターにつながり、計算機との対話型でALGOLの使い方を教えてくれたので、2,3時間のうちに目的を達する事ができた。

翻って、帰国後10年近く経った1970年代なかばの名古屋大学（名大）でのことである。大型計算が必要な場合、プログラムをパンチしたカードを東大の電子計算機センターに送り（名大の計算センターが毎夕まとめてトラック便で送ったようだ）、結果が返送されてくるのを待たなければならなかった。確かではないが、往復に1週間ばかりかかったと記憶している。多くの場合、結果は「プログラムに欠陥があるため実行不可能」というものであって、所期の目的を達するのには3,4往復、つまり1ヶ月近くかかった。「何たる彼我の差!!」と思ったことである。そして、PC1, PC2を自由に使えた院生時代を懐かしんだ。パラメトロン計算機が遅いとはいえ、どんなに悪くしても1ヶ月はかからない、……………。