

解説

—日本における計算機の歴史—

富士通における計算機開発の歴史*

松山 辰郎**

1. まえがき

継電器式の自動計算機の開発に着手して以来 20 余年、超 LSI 計算機の時代を迎えようとしている現在から見れば、児童に等しいような技術の開発に日夜苦勞していた当時がなつかしくしのばれる。しかし、現在の高水準の技術もすべてこれらの小さな成果の積重ねであって、過去の開発の歴史を記録することも大いに意義があると思われる。

今日の計算機産業の発展を予見して企業化を強力に推進された富士通元会長岡田完二郎氏、前会長清宮博氏、初期の計算機の開発から現在の LSI 超大型計算機 M シリーズに至るまで一貫して卓越した創造力と指導力を発揮された元専務池田敏雄氏も、ここ数年の間に相次いで故人となられ、開発にまつわる種々の記録、逸話なども失われつつあるのが現状である。

昭和 51 年 8 月に操業を開始した当社沼津工場の一角に、故池田敏雄氏の功績をたたえと共に富士通における計算機開発の歴史的資料を展示する目的で池田記念室が設けられ、同年 10 月開所披露式が行われた。この記念室には、当社の計算機事業の歴史的発展の経過を示す各種説明と写真、主要構成部品などの資料が展示されると共に、初期の商用継電器式計算機 FA-COM 128B が展示、運転されている。

本稿では、初期に開発された計算機の中で、昭和 30 年代までの機種について、その開発の背景、技術的問題点、苦勞話、後継機種への影響などについて述べてゆくことにする。

2. 計算機開発の背景

富士通における計算機関連装置開発の歴史は、古く戦前にさかのぼる。当時、自動交換機の各種部品、特

に継電器とその回路網の応用について研究、試作が進められ、昭和 10 年はじめて個数加減算回路と呼ばれる 2 進計数回路が試作された。昭和 14 年には加減集計装置が試作され、15 年 3 月から 5 月まで東京上野で開かれた“輝く技術博覧会”に展示された。これは単に加減算の原理を示すものに過ぎないが、電気回路が数値計算を迅速に行うことを最初に世に示したものであった。その後、昭和 16 年に総計数装置、18 年に乗算回路、除算回路、選択計数回路などが試作された。選択計数回路は複数個の記憶装置と共通の演算装置との間で連続演算を行うもので、暗号電信符号解読用として海軍省から換字計数という名称で設計製作の委託を受け、終戦直前空襲で焼失するまで有効に動作していたといわれている。

戦後の空白期間を経て再び計算装置に対する関心が高まったころ、東京都庁統計部では戦災で焼失した IBM 会計機の代りに当時東京大学の山下英男氏の研究室で開発された統計分類集計方式を採用することになり、当社が製造を委託され昭和 26 年 5 月継電器式の統計分類集計機を完成し納入した。

その後朝鮮戦争の影響を受けて我が国の経済は激激に復興し、そのため株式証券界は空前のにぎわいを呈し、毎日の取扱い高も急増して取引所の精算事務の合理化、機械化の検討が始められた。その一方式として継電器による取引高精算用計算機の開発が山下氏を介して当社へ打診され、技術部長尾見半左右氏（現技術相談役）、開発課長小林大祐氏（現社長）の下で、池田氏、山本卓真氏（現常務取締役）らによって試作機が 28 年 3 月に完成した。この装置は分類操作に電信用のせん孔テープを用いたため速度が遅く受注には至らなかったが、従来社内で開発された装置に比較して大規模の分類、演算、作表を行うもので、次に続く継電器式自動計算機の開発に多くの示唆を与えることとなった。

このころ、一時途絶えていた海外技術文献も自由に入手できるようになり、ENIAC や EDSAC など真

* History of Fujitsu Computer Development by Tatsuro MATSUYAMA (Systems Engineering Division, Fujitsu Limited.)

** 富士通(株)システム統轄部

空管式計算機の内容もかなり詳細に知ることができるようになっていた。また、国内ではTACの開発も始められようとしており、当社でも真空管を使用したカウンタなど基本回路の実験を行っていた。しかし、当時の技術的及び経済的事情から、ただちに電子計算機の開発に着手することは至難の業であった。したがって、株式取引高精算用計算機の試作経験を生かし、速度は遅いが確実に動作する継電器を用いた自動計算機の開発を始めることになり、その対象としては分類操作の必要のない技術用計算機を選ぶことになった。

3. 継電器式計算機

3.1 FACOM 100

以上のような経緯から、昭和28年5月ごろから技術用計算機の設計が油田氏の指導の下に始められ、同年4月入社した筆者も参画することになった。計算機の名称としては、当時ENIAC、EDSACなどACで終るものが多く、富士通信機製造(株)の頭文字Fで始まってACで終る名称を皆で考えたがごろの良いものがなく、最終的に尾見氏の命名でFuji Automatic Computerの頭文字をとってFACOMに落ち着いたと記憶している。その後社名の変更により、FujiをFujitsuと読み替えて現在に至っている。なお、電算機という言葉も当社が使い始めた言葉であろう。継電器式計算機は電子計算機ではないが電気計算機であり、その省略形として電算機とした。当時デジタル計算機の和訳として電子算盤(さんばん)機という名称が一部で使用されていたので、これの省略形にもつながるという理由もあった。しかし、当社以外にはほとんど普及することはなかったが、当社の製品がすべて電子計算機に移って社内でもその名称が消滅した後になっても、外部で電算室というような形で電算の名称が現在でも見受けられるのは皮肉である。

電子計算機のように高速であり、かつ高速で大容量の記憶装置がおける場合には2進法を採用することが好ましいことは分かっていた。しかし、継電器式では時間的制約から10進-2進の相互変換を行うことは難しく、専用装置の設置も素子の増大につながる。したがって、10進数を採用することとし、科学計算を対象とすることから、数値の表現形式は浮動小数点方式を採用した。また、計算機では演算結果の信頼度が高いことが要求されるが、株式取引高精算用

計算機の経験から、交換機回路と異なり計算機回路では接点の動作回数が飛躍的に増加し、接触不良や配線時に使用した線材やはんだくずによる短絡障害に基づく誤動作が致命的であることが分かった。これを防ぐために主要回路にはすべて自己検査回路を採用する必要があり、また、1継電器当りの接点数の制約から、コードの選定にはかなりの検討時間が費されることになった。最終的には演算回路には3増しコードが、入出力には5から2をとるコードが採用されることになった。

3増しコード採用の理由は次のとおりである。乗算の高速化をはかるために被乗数の1, 2, 4, 8倍を求め2進的な組合せで1~9倍を求める方式が用いられたが、その基本となる2倍回路が4けたの2進加算器の結果を3増しコードに変換する補正回路(これを±3回路と呼ぶ)と入力順序を入れ換えるだけで全く同一回路を使用できることにあった。また、開平算の場合べき指数の1/2を求める計算が必要であるが、1/2回路もまた±3回路の入力を入れ換えるだけで容易に達成することができる。開平算は除算回路に若干の回路を付加することによって可能になることから付け加えられた。これらの基本演算の速度は表-1(次ページ参照)に示すとおりであって、現在の電子式卓上計算機の速度に比較して一まわり遅い速度であり、隔世の感にたえない。各演算は0.3秒ないし数秒間を要するが、各演算ごとに動作する継電器群が異なるので、演算種類によって動作時の音が異なる。これによって現在どの辺りを計算中であるか大体知ることができたのも継電器式ならではの現象であった。

3増しコードに自己検査機能を持たせるためには、



写真-1 FACOM 100 全景

表-1 継電器式計算機の性能

機種名	FACOM 100	FACOM 128A
演算方式	10進並列、浮動小数点方式 仮数部 符号+8けた 指数部 ± 99 3増しコード	10進並列、浮動小数点方式 仮数部 符号+8けた 指数部 ± 19 2-5進コード、5から2をとるコード
命令	3アドレス方式、16種(基本)	3アドレス方式、27種(基本)
インデックスレジスタ	—	3個
演算速度		実数 複素数
加減算	0.3~0.4秒	0.15秒 0.3秒
乗算	0.3~2.0秒	0.15~0.4秒 1.8秒
除算	0.5~6.0秒	0.2~1.0秒 5.5秒
開平方	0.5~6.0秒	0.2~1.0秒
トランスファ	0.3秒	0.15秒
記憶装置		
一般記憶	20語(継電器)	180語(クロスバー)
定数記憶	—	85語
印刷用記憶	4語	4語
テープ記憶	3語	4語
特殊記憶	—	10語
入出力装置		
数値テープ入力	3台	4台
数値テープ出力	3台	4台
命令テープ入力	4台	4台
命令カード入力	—	4台
印刷装置	1台	1台
使用素子	56号型継電器 約4,500個	111号型継電器 約5,000個
所要電力	約2kVA(本体)	約7kVA



写真-2 60単位テープせん孔機

10進数を構成する4個の素子にそれぞれ逆の動作を行う素子を付加する必要があり、1けた当り8個の継電器が必要となる。しかし、計算回路の主要部分をすべて自己検査コードで組むことにより、単一の誤動作はすべて検出される。部品の障害、例えば継電器接点の接触不良や紙テープの穴のあき具合が不完全な場合には計算機は自動的に停止する。すなわち、例え計算機を停止させても誤った結果を出力させないという考えが基本になっており、これが実用的な計算機として成功した要因となったと思われる。実際には、タイマーを用いて一定時間経過しても出力のないときには自動的に再試行を行わせる方式を採用したので、接触不良によって停止しても反復して再計算を行う。この場合、同一接点が引き続いて接触不良を起こす機会は少ないから、2回目には停止することなく計算が進行し、障害度数としては数えられないことが多い。また、再試行で停止した場合でも、その原因となる障害を取り除くことによって計算は正常に進行することができる。

命令読取り用及びデータ読取り用の入力テープとしては60単位の紙テープが用いられた。プログラム記憶方式を採用できない継電器式計算機にあっては各演算ごとに1命令を読み取る必要があり、時間短縮のた

めには1行で命令を読むことが望ましく、データ長と合わせて60単位の同時読取り装置の開発が行われた。当初、テープ幅198mm、1列60単位のものを開発したが、湿度による紙の膨張が無視できなかったため、後に、108mm、2列60単位に交換されることになった。写真-2に1列60単位のせん孔機を示す。すなわち、晴天の日にせん孔したテープは雨天の日に膨張して紙幅が合わなくなる。そのため、乾燥用に電熱器を必需品として常備する必要があり、その逆の場合として膨張させるために霧吹きが必要になるという調子であった。したがって、天候によってはときどき紙テープの穴とピンの位置が合わなくなり、ピンが引っ掛かって読取り機は停止してしまう。これに衝撃を与えると読取り機は再び動作を開始する。読取りピンの位置が合わない場合に停止するのは紙テープが自己検査符号でせん孔されているからであって、このように自己検査に注意を払ったために誤ったデータを読み取る心配はなかったから、計算が進行する以上は結果は正しいという確信をもつことができた。しかし、天候によってテープの伸縮に一喜一憂することには耐えられず、紙テープの代りにさく酸セルローズのフィルムを使うことによって逃れたが、最終的には2列60単位に置き換えられることになった。これら60単位の読取り機及びせん孔機は(株)新興製作所に製作を依頼した。印刷装置としては60けたのラインプリンタが岩井麟三氏(現電子事業本部長代理)、泰松望氏(現周辺機技術部長)らによって開発され、当社における計算機用入出力装置開発の第1号機となった。これは毎分130行の印字速度をもち、当時としてはかなり高速の

印刷装置であり、4個の印刷専用記憶装置から固定形式で印刷できるようになっている。また、光数字表示装置といってランプの組合せで任意の記憶装置の内容を常時表示できるようにしたが、これは見学者の好評をえたものであった。

昭和29年4月から石井康雄氏（現（株）ソーシアルサイエンスラボラトリ代表取締役）も加わり、設計開始後約1年半後の29年10月末に完成、各種の数値計算が実行された。当時国内には使用可能な実用計算機は皆無であったから大きな反響を呼び、社内はもとより、官庁、大学及び民間会社など各方面で広く実用に供せられた。計算種類からいえば多元連立一次方程式、高次代数方程式、逆行列の計算が多く、毎週日曜日を除いてほとんど連日使用された。記憶容量がわずか20語しかないが、これは数値専用であり、命令は全部テープから与えられるから命令用の記憶装置は無制限といってもよい。しかし、20語の記憶容量で計算を行うにはかなりの工夫を必要とした。その後商用機としてFACOM 128Aを開発したとき、その記憶容量が180語でそれ以外にも100語の読取り専用記憶装置をもっていたので、あまりにも記憶容量が多過ぎて、最初はとまどったものであった。

このように、最初の継電器式計算機FACOM 100は実験機として、各種の珍談を残しながら次機種へと成長していった。

3.2 FACOM 128 A/128 B

FACOM 100の完成後、すぐに商用機の設計に着手し、FACOM 118と名付けられた。現在も一部の資料にその名をとどめているが、この名称は机上設計に終り最終的にはFACOM 128と変更された。この名称

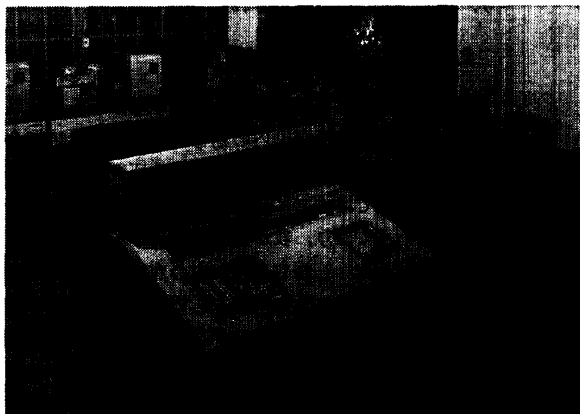


写真-3 FACOM 128 A の操作室

の由来は、100位の数字の1が継電器式、2が電子式、10位の数字は連続番号、1位の数字は計算機のけた数を表している。ただし、試作機は下2けたに00をつける。したがって、128は設計上2台目の商用継電器式計算機で、けた数は8けたということになる。しかし、この命名法も計算機の種類が増加すると共に実情に沿わなくなり、FACOM 230シリーズの誕生と共に消滅していった。128はその後128Bの開発により、128Aと呼ばれることになった。

FACOM 100の設計及び使用経験から128の設計には幾多の点で改良が加えられ、格段に優れた性能をもつようになった。設計に当たっては特に次の点に考慮が払われた。

- 主要構成要素としての継電器として、計算機専用の多接点型の継電器を設計し、素子自体の動作速度を高めると共に、演算回路を充実して演算速度を上げる。
- 記憶装置として専用の機械的記憶装置（クロスバー式記憶装置）を採用して大容量を安価かつ小型にとう載しうるようにする。
- インデックスレジスタを設けるほか、各種の付属回路を加えて演算の機能を増し、更に先取り制御を行うことによって演算の高速度化をはかる。
- 四則以外の論理演算回路をおき、組み込み命令群と組み合わせる指数関数その他の初等関数を容易に計算できるようにする。

FACOM 100では3増しコードを使用して自己検査符号とするため10進1けた当たり8個の素子を使用した。128では1継電器当りの接点数が多いので、2-5進コードを用い、1けた当たり7個の素子ですみ、また、2-5進コードは10進数との対応が容易なので加算回路が簡単に構成でき、2倍、5倍、10倍（1けた上位へシフト）回路の組合せによって、1~9倍の積を高速で求めることができる特長がある。これら演算及び制御回路の高性能化、演算素子の高速度化により、FACOM 100に比べて128では演算時間は著しく短縮され、加減算では約2倍、乗除開平算では平均して約2倍から5倍を達成することができた。更にこれらの基本演算を組み合わせる複素演算、三角関数など初等関数を数秒間以内に計算できるようになった。

FACOM 128に採用された方式の中で特筆すべきものとしては、複雑な割込み制御、進んだ

検査方式と非同期方式の確立。インデックスレジスタの採用、カードによる半固定記憶装置、ハードウェアによる倍数精度浮動小数点演算装置などをあげることができる。継電器式としてはほとんど完全に近い検査方式とそれに基づく非同期方式によって、素子の速度の限界に近い形で使用しながら高い信頼性を確保したことは、後に開発する電子計算機に対しても少なからぬ影響をもたらした。

このようにして、現在でも一部使用可能な有効な手法が相次いで考案され、FACOM 128 で実用化された。注目すべきことは、これらの考案のほとんどが池田氏個人によって考えだされたもので、現在ではこのように個人の力に依存することはありえないことであろう。その後電子的な素子の発達によって、論理構成自体の複雑化よりも素子の高速化によって全体の高速化をはかる方向に進み、当時の技法はすぐには活用されなかったが、素子の速度が限界に近付くと従来の技法が再び検討の対象となり、更に高速の素子の開発によって単純化から複雑化への過程を繰り返しているように思われる。入出力装置についても同様であって、FACOM 100 用の 60 単位、128 用の 72 単位の紙テープ読取り機及びせん孔機は、その単位数の大きさは現在では全くその価値を失っているが、その経験は現在の高速度せん孔機の機構に大きな影響を与えている。



写真-4 72 単位テープ読取り機

FACOM 128 は当社における商用第 1 号機として、昭和 31 年 9 月に文部省統計数理研究所に納入された。また、同年 11 月に有隣電機精機 (株) に納入された 2 号機はわが国最初の計算センターとなった。昭和 33 年 5 月、128A の使用経験に基づいて機能の追加と修正を行い性能を向上した FACOM 128B を完成し、キャノンカメラ (株)、引き続いて日本大学などへ納入された。128B でははじめて利用者のためのマニュアルが作成された。これはガリ版刷りによるものではあるが、かなり細かい操作方法まで記述されている。前述の当社沼津工場池田記念室に展示されている FACOM 128B は、昭和 34 年から 49 年まで 15 年間、日本大学理工学部で使用された機械である。

3.3 その他の継電器式計算機

FACOM 128B に続いて開発された FACOM 138A は、記憶容量を減らし演算速度を下げて小型化、低価格化をねらった機種であり、FACOM 318A は更に簡易型として設計された。これら両機種は特に光学会社でレンズ設計用として数多く採用され、当時のわが国のレンズ設計技術の発展に貢献したと聞いている。そのほか、各種の統計量計算の目的で単能機 FACOM 415A/416A が、相関係数計算用単能機 FACOM 426A が開発、納入された。

FACOM 514A/524A は事務用として開発された機種である。これらは投資信託及び株式精算事務その他一般事務計算を行うために設計されたもので大和証券 (株) に納入された。これらの機種の中で採用された任意のけたを指定できるけた指定 (フィールド選択) の方式は、その後のトランジスタ式計算機 FACOM 222 でも採用され、当時としては非常に進んだ方式であり、世界に先駆けて採用されたものであった。

4. パラメトロン式計算機

商用計算機として継電器式を手掛けながらも、諸外国特に米国の現状及び国内の動きから、将来早い機会に電子計算機の開発に着手すべく調査研究を行っていた。当時米国ではすでに真空管式の計算機が商品化の時期にはいっており、我が国でも TAC や FUJIC が製作中であった。しかし、我が国の真空管技術では信頼性及び使用電力から商用機として開発するには問題が大きく、これに代るトランジスタも通信機器の分野では実用化の時期にはいっていたが、多量の素子を使用する計算機の分野にはまだ解決すべき問題が多く残されていた。一方、我が国では昭和 29 年東京大学の

後藤英一氏によってパラメトロンが発明され、これを用いた計算機の開発が方々で進められていた。

このような状況から、電子計算機の論理素子として何を選択するかは非常に難しい状態にあった。パラメトロンとトランジスタにはそれぞれ特長があり、当時の回路技術ではいずれが優れているか明確な判定を下すことは困難であったので、両者について並行して研究を進めることになった。パラメトロン素子については日本電信電話公社電気通信研究所の研究成果が入手できるようになったので、まずパラメトロン式計算機の開発が始められた。これに先立って、昭和31年現在の数値制御装置の前身としてターレットパンチプレスの自動制御装置の演算回路にパラメトロン素子を採用し、素子の使用に関して種々の経験をうることができた。

4.1 FACOM 200

昭和32年に開発に着手したFACOM 200は論理演算素子としてパラメトロンを用いた10進計算機で、はじめてパラメトロン素子を多量に使用する実験機であった。記憶装置としてはパラメトロン式磁心記憶について十分なデータが得られていなかったこと、当時欧米ですでに実用化されていた磁気ドラム装置の研究も同時に行う目的から、磁気ドラム式を採用した。

パラメトロンの励振周波数は2MHz、切換え周波数としては24kHzを採用した。これは当時入手可能な磁気ドラムのクロック周波数が120kHzで、演算回路が3増しコードの直並列で検査ビットを入れて5ビットであったから、これを磁気ドラムに直列に記憶するために1:5の比率をとったことによる。演算回路に3増しコードを用いたのはFACOM 100と全く同じ理由による。命令形式には2アドレス方式を用い、第2アドレスに次命令の格納アドレスを指定することによって、最少アクセスのプログラム作成により等価的にアクセス時間を縮小するようにした。

FACOM 200に使用されたパラメトロン素子はまだ不安定であって、個々の回路は問題なく動作したが、総合試験の段階では安定に動作しなかった。パラメトロン素子には磁気ひずみ振動による雑音電圧発生を防止するために磁心とコイルをパラフィンで固めてあったが、パラフィンの量が多過ぎて素子がプリント板上に固定されるとかえって磁気ひずみ振動が増加する。その影響は、たまたま1,000~2,000個程度ま

では一見安定に動作するが、それ以上になると無視できなくなり、位相の制御が不安定になるといった形で現れることが分かった。これを抑えるためには不要なパラフィンを除去する必要があったが、当時は試作機のことでもあり、実装方法が部品の交換に適したように設計されていなかったため完全な除去は不可能であった。一時は全素子の交換も考慮したが、時間的、経済的な制約から断念し、最終的に安定な動作はえられないことになった。この事実は同時に製作していた他のパラメトロン式計算機に反映され、他機種の素子についてはただちに改善を行って問題は完全に解決された。これらの素子については単体では十分に試験され、しかもかなりの個数までは問題なく動作するものであり、多数の暴力ということ強く思い知らされると共に、実装技術の重要性を認識した貴重な経験であった。この機械は完全な形では日の目を見なかったが、その各種の経験は素子をトランジスタに替え、方式的にも飛躍的に発展させた形でFACOM 222へ受けつがれていった。

4.2 FACOM 212A

当社の技術用計算機としては各種の継電器式計算機が製作納入されて稼動していたが、カード装置を必要とする事務用の分野は不得手であり、この分野へ進出する必要に迫られていた。

昭和32年9月、日本電子測器(株)でパラメトロン式計算機の開発に従事していた山田博氏(現開発事業部長)が技術者グループと共に入社し、この分野へ適用する機種としてFACOM 212Aの設計に着手した。この機種は昭和34年3月完成し、同年6月日本電子工業振興協会へ納入され、当社における商用電子計算

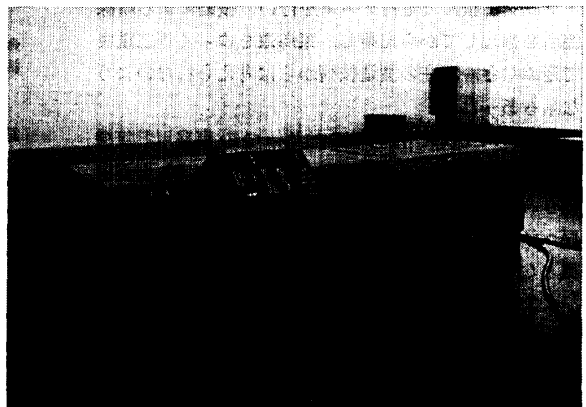


写真-5 FACOM 212 A とカード入出力制御装置

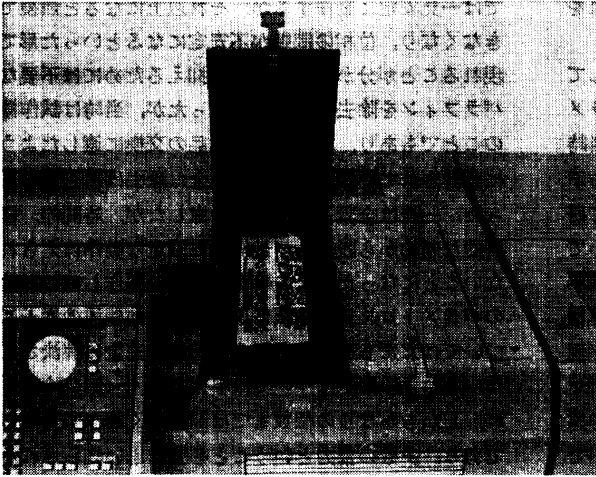


写真-6 フジカード読取り機

機の第1号となった。

FACOM 212A は PCS の機能拡張をねらった計算せん孔機型の計算機で、すでに使用中の PCS の機械と結合して能率向上をはかると共に、紙テープ装置を接続してテレタイプとの連動を可能にすることを目的とした。カード機器としては IBM 社から 513 型集団複写せん孔機と 405 型英字式会計機を購入して接続した。記憶装置はパラメトロン式 32 語で、容量の不足を補うために FACOM 128B などでも使われたフジカードと呼ばれる定数記憶装置を 2 台付加することにより、128 ステップの命令と 8 語の定数を記憶することができた。

2号機は昭和35年2月富士電機(株)三重工場へ納入されたが、電子計算機の遠隔地への出荷ははじめての経験であったので、輸送による障害発生を懸念してトラックに積んで走行テストを行い、振動による断線箇所を修理してから出荷し、東海道をゆっくり三重まで運ぶなど、現在の製造技術からは考えられないような話もあった。

FACOM 212A は当社のただ一つの事務用計算機としてトランジスタ式計算機の完成まで約 30 台が出荷されたが、昭和 39 年にはフィリピンのマニラ関税局へ納入され、当社における電子計算機輸出の第 1 号機となった。

4.3 FACOM 201/202

FACOM 212A の開発に先立って、昭和 32 年 3 月、日本電信電話公社通信研究所では MUSASHINO 1 号が完成していたが、当社はその商品化を委託さず、同研究所の指導の下に全く同じ論理構成で商用機として

製作し FACOM 201 と名付けられた。FACOM 201 は昭和 35 年 3 月 1 号機を MUSASHINO 1B の名称で同研究所に納入した。

同じころ、東京大学高橋研究室では PC-1 の製作に引き続いて PC-2 の開発が進められ、当社がその製作を担当することになり、同研究所の指導の下に商品化が行われ FACOM 202 の名称で、昭和 35 年 6 月同研究室へ 1 号機を、引き続いて 2 号機を東京大学物性研究所へ納入した。これは当時の商用機としては最高の速度をもつ IBM 704 を目標とするもので、励振周波数 6 MHz、切換え周波数 50~100 kHz、パラメトロン式記憶装置 4,096 語を有する大型機であった。FACOM 202 には物性研究所の井上謙蔵氏(現東京工業大学)によって ISSP ALGOL が開発され、当社の最初のコンパイラとなった。

5. トランジスタ式計算機

パラメトロン式計算機の開発と同時にトランジスタ式計算機のための基本回路の研究が桜井正夫氏(前富士通カリフォルニア社長)や二宮昭一氏(現本体事業部長)によって進められていた。当時我が国では、電気試験所で開発されたダイナミック型のフリップフロップが、トランジスタの個数が少ないという利点から、国内各社でも採用され主流を占めていた。しかし、トランジスタの製造技術の進歩により価格が急激に下

表-2 FACOM 212 A の性能

演算方式	10 進直列、固定小数点方式 符号 + 12 けた 3 増しコード
命令	1 アドレス方式、32 種(基本)
演算速度	加減算 3 ms 乗算 15 ms 除算 30 ms
記憶装置	一般(磁心) 32 語 入力(磁心) 8 語 出力(磁心) 8 語 定数(フジカード) 8 語
入出力装置	紙テープ読取り機 200 字/秒 8 台 紙テープせん孔機 30 字/秒 } 8 台 テレプリンタ 8 字/秒 IBM 513 1 台 IBM 405 1 台
使用素子	パラメトロン 約 6,000 個 励振周波数 2 MHz 切換え周波数 14 kHz 真空管 約 200 本
所要電力	約 3 kVA



写真-7 FACOM 222A 全景

表-3 FACOM 222A の性能

演算方式	10進直列、固定及び浮動小数点方式 固定 符号+ 12 けた 浮動 符号+ 10 けた (仮数部) 49~50 (指数部)
命令	5-2進コード、5から2をとるコード 1½アドレス方式、100種 (基本) インデックスレジスタ 100個 (磁心)
演算速度	固定 浮動
加減算	160 μs 350 μs
乗算	920 μs (最大) 800 μs (最大)
除算	3,900 μs (平均) 3,300 μs (平均)
分岐	160 μs
主記憶装置	磁心 10,000 語
磁気ドラム装置	10,000 語/台、アクセス時間 10 ms、10 台
磁気テープ装置	25 kHz, 333 又は 208 bpi, 10 台
カード装置	読取り、せん孔各 4 台 読取り装置 毎分 500 又は 800 枚 せん孔装置 毎分 200 又は 250 枚 読取りせん孔装置 毎分 200 又は 250 枚
紙テープ読取り装置	毎秒 200/400 又は 500/1,000 けた、4 台
紙テープせん孔装置	毎分 8,000 けた、4 台
ラインプリンタ装置	毎分 500/300 又は 800/460 行、4 台
タイプライタ装置	毎分 588 字、4 台
使用素子	トランジスタ 約 12,000 ダイオード 約 50,000 クロック周波数 200 kHz
所要電力	約 2 kVA (本体)

る傾向にあったこと、計算機の論理構成が複雑化してより高い性能が要求されるような傾向にあることから、試験、保守に容易なスタティック回路を採用することになり、クロック周波数 200 kHz の回路を完成した。

5.1 FACOM 222/241

FACOM 222 の開発に先立って、多くの事前調査と試作が進められた。このころから開発要員も次第に増え、小島久郎氏(故人)、井上直敏氏(現ファコムハイタック(株)取締役)、野沢與一氏(現小型機技術部

長)、久保田喜夫氏(現 CE 技術部長)、平栗俊男氏(現電算機第一技術部長)などが戦列に加わっていた。通称マメコン(豆コンピュータ)、テスコン(Test computer)の試作を経て、昭和 35 年 FACOM 222P (Prototype) の試作を完了し、商品としての FACOM 222A の 1 号機は昭和 36 年 11 月(株)協栄開発センターに納入された。

当時は中央処理装置の演算速度を上げることが計算機の性能評価に直接つながり、また論理構成の単純化によって素子数を減らすことが価格構成上必要であったから、入出力装置の同時並行動作や入出力データの編集に対する考慮は、どちらかといえば二の次であった。FACOM 222 ではこれらの点に対し新しい方式を組み入れ、かつ継電器式計算機の経験に基づき、自己検査機能に対してもできるだけ厳密な方式を採用することにした。

トランジスタ素子の採用によって部品の信頼度は格段に高くなっているため、自己検査機能の必要性はあまり高くないという意見や、高速処理が可能なので誤りが発生したときには再計算を行えばよいという意見もあった。実際、当時の計算機では記憶装置と演算装置との間のデータの移動及び入出力のみについて奇偶検査を行い、演算装置内部の自己検査機能をもつものはほとんどなかった。しかし、最終的に内部コードはすべて自己検査符号を使用することに決定し、演算関係では 5-2 進コードと 5 から 2 をとるコードを併用し、磁気テープについては 5 から 2 をとるコードと 2 から 1 をとるコードを、ほかはすべて 5 から 2 をとるコードを採用することにした。回路素子及び製造技術の進歩したその後の機種にあっては採用されることはなかったが、この完全検査方式の採用は計算結果が常

に正確であるという使用者の確信につながり、大いに有効であったと思われる。

FACOM 222P では主記憶装置は磁気ドラム装置を中心に構成され、10,000 語のうち磁心記憶は 400 語を占めるに過ぎなかったが、これは大容量の磁心記憶装置の商品化が困難であることに起因していた。しかし、FACOM 222A では主記憶は磁心記憶装置のみとなり、4,000 語を基本として 2,000 語単位で最大 10,000 語まで実装可能となり、磁気ドラム装置は完全に補助記憶として使用されることになった。これは技術進歩によることが大きい、油田氏の、必要なものはぜひとも開発するという信念が完成に結びついたものということもできる。FACOM 222A のもつ特長としては、次の 2 点をあげることができる。

- それぞれが独立に動作する可変語長と固定語長の 2 組の記憶装置の採用
- けた指定 (フィールド選択) の採用

可変語長記憶装置は磁気ドラムや磁気テープ装置以外の入出力装置と接続され、その特長とする編集機能が生かされている。この方式は続いて開発された FACOM 231 や 230-30 など可変語長計算機へ発展していった。けた指定はすでに継電器式計算機 FACOM 514/524 に採用され有効であったので、222A にも採用された方式で、これと独立に IBM 7070/7074 などにも採用されて世界的にその方式が広められたのは周知の事実である。

FACOM 222A の設計が完成に近付いたころ、FACOM 241 の設計が計画された。FACOM 222A は浮動小数点演算装置をもち、当時としては大型に属する機種であったので、FACOM 系列としてはより小型の事務用計算機が必要になった。FACOM 241 は 222A から事務用としては不必要な点を除いて小型化をはかったもので、可変語長機能をもった当時の中型機としてはかなりぜいたくな計算機であった。FACOM 241 の 1 号機は 241C 型が昭和 37 年 12 月関西電力(株)に納入され、その後新しい入出力装置の接続を行い、チャンネルの一般化をはかった 241D 型が開発された。素子としては 222 と共通で、方式的にもかなり類似した特徴を備えている。しかし、ソフトウェアの面では 222 と十分な互換性はとられておらず、これは次世代の機種 FACOM 230 シリーズ開発の際の重要な課題となった。

一方 222A 完成の直前から、磁気テープ装置を接続する際の能力拡大の検討が始められた。これは 222 開

発の初期には十分な性能の磁気テープ装置はなくその使用経験も不足していたので、磁気テープ装置接続に対する能力拡大は第 2 次計画と考えていたからであった。このような背景から開発されたのが FACOM 322 であって、322 は 222A の設計変更を行うことなしに 222A の記憶装置を共用して磁気テープ装置を効率よく接続することを可能にした計算機である。222A は、いわゆるメモリ限界の状態にはないので、322 を接続してもほとんどその速度は影響を受けない。322 を接続した 222A は FACOM 222D と呼ばれた。FACOM 222D は、複合計算機システムの思想に通ずるもので、ハードウェア上の種々の新しい試みも行われた。複合システムを完全に活用するためのソフトウェア上の問題解決が十分でなかったため、その後の機種にはその経験は生かされなかったが、複合計算機システムの先駆けとして歴史的には興味のあるシステムであった。

5.2 FACOM 231

IBM 1401 の発表に刺激され、当社でもより効率のよい可変語長計算機の開発の必要性が痛感され、FACOM 222A や 241C より小型の可変語長計算機を計画することになった。可変語長としては次の 2 点が検討対象となった。

- ワードマーク方式又はけた指定の選択
- 文字表現を 1 けた又は 2 けたのいずれで行うかの選択

前者については、小型から中型まではワードマーク方式が優れていると判断し、後者については 1 けたで文字を表現する FACOM 242 を、また 2 けたで表現する FACOM 231 の両者の試作を行った。FACOM 242 は試作機完成後宝塚で長期にわたる展示を行ったが、このころようやく重要視され始めたソフトウェアの充実をはかるため機種をできるだけ制限する方針の下に、いずれか一方の選択を迫られることになった。将来への発展性、事務用だけではなく科学計算分野への適用を考慮した結果、浮動小数点演算機構をもつ FACOM 231 の採用が決定された。

FACOM 231 の特長としては次の点があげられる。

- 1 けたの数値を 2 けたの表現に交換又はその逆の交換を行う。
- どのような種類のコードも使用できるよう、コード変換命令をおく。

前者は現在最も多く採用されている 8 ビット/バイトにつながるものということができる。また FACOM

231 用に開発された ALGOL コンパイラは可変語長の特長を生かして、けた数が任意に指定できるように拡張された。

FACOM 231 の商用 1 号機は、昭和 38 年 4 月神奈川県に納入され、以後約 100 台を出荷し、当時の国産計算機のベストセラーの一つになった。また、昭和 39 年から 40 年にわたって米国ニューヨーク市で開催された世界博覧会の日本館に、日本の電子技術の現状を紹介する目的で展示、運転された。

6. 周辺装置

当社の周辺装置の開発は昭和 28 年に始まる。この年、継電器式計算機 FACOM 100 用のラインプリンタ装置の設計が開始され、翌 29 年 10 月完成した。その後これに改良が加えられ、FACOM 128A/128B 用の出力装置として数多く出荷された。この改良のためのリンク機構の設計には FACOM 100 が使用されており、当社における CAD の第一歩となった。昭和 32 年大和証券(株)に納入された FACOM 514/524 用のラインプリンタ装置は、対象が事務計算用であったため 100 けたのものを納入した。

昭和 33 年ごろから FACOM 222 用として、各種の周辺機器の開発が行われるようになった。当時の少ない技術力で現在商品化されているほとんどの機種種の開発に同時に着手せざるをえなかっただけに、完成するまでには多くの問題点を解決しなければならなかった。開発当初の目標値は次のとおりであった。

ラインプリンタ装置	500 行/分
カード読取り装置	500 枚/分
カードせん孔装置	200 枚/分

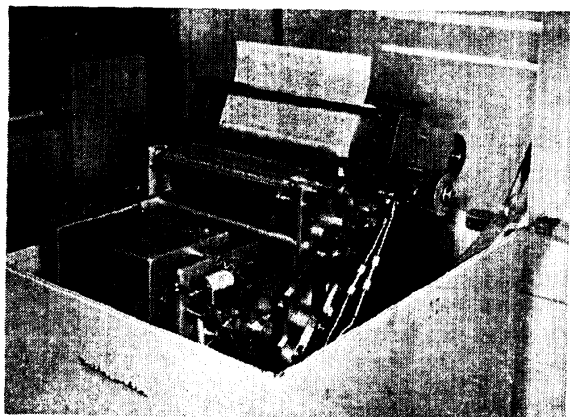


写真-8 60 けたラインプリンタ装置

紙テープ読取り装置	200/400 字/秒
磁気テープ装置	200 けた/インチ, 25 kHz

これらの値は当時としてはかなり高い水準であった。外国からの技術導入なしに独力で開発を行い、ひとつおりの周辺装置が整備されたのは昭和 37 年ごろであった。

FACOM 222 用のラインプリンタ装置 FACOM 521A ははじめてのフライング方式によるものであったので、活字輪は母型に素材を押し付け回転させながら成型する、いわゆる転造によって製作されたが、精度の向上に苦勞した。その後活字輪はフォトエッチングの手法を採用するよう改善された。カード機器は当時新規に開発されたパルスモータを各駆動部分に採用した新しい型式のものであった。磁気ドラムや磁気テープ装置は FACOM 222 に先行して昭和 31 年ごろから開発に着手し、昭和 34 年ごろから大学や研究所などへの単体での納入が行われており、昭和 36 年から計算機用として、FACOM 222, 241, 231 などに使用されるようになった。

昭和 37 年から 39 年ごろにかけてはこれら周辺装置の安定化と性能向上の時代であり、各種周辺装置の処理速度の増加と共に外観意匠なども統一されて、本格的な周辺装置群を構成するようになった。

7. あとがき

継電器式計算機に始まった当社の計算機は、パラメトロン式計算機を経てトランジスタ式計算機へと移行してゆき、FACOM 231 はその後に開発された FACOM 230 シリーズ及び 270 シリーズへつながることになった。FACOM 230 及び 270 シリーズはソフトウェア体系の充実及び互換性を考慮した当社にとってははじめての計算機シリーズであって、新しい機種を生み出しながら、現在なお広く使用されている。したがって、FACOM 230 及び 270 シリーズについては本稿の対象から除外することにしたが、ここ数年ないし 10 年後以内には、富士通における計算機開発の歴史の第 2 部として紹介の機会が与えられることを期待する。

FACOM 230 及び 270 シリーズの成功には、それ以前に開発された各種の計算機の経験が大きく生かされており、決して一朝一夕になったものではない。このような計算機開発の創世期からその一端に参画しえたことは筆者にとって

も大きな幸せであった。

撰筆に当って、本稿で述べた各種の計算機の開発に際し御指導及び御協力を賜った社外の各位に対し深く感謝の意を表す。また、本稿の執筆に当って御協力いただいた社内の各位に感謝する次第である。

参考文献

- 1) 松山：継電器式計算機 FACOM-100 について，電子工業，Vol. 3，No. 9，pp. 19~22 (1954).
- 2) 高田，赤羽：富士継電器式自動計算機 FACOM-100，FUJI，Vol. 6，No. 1，pp. 1~11 (1955).
- 3) 池田：リレー式電気計算機について I，科学，Vol. 25，No. 6，pp. 278~285 (1955).
- 4) 池田：リレー式電気計算機について II，科学，Vol. 25，No. 7，pp. 354~361 (1955).
- 5) 赤羽：自動計算機 FACOM-100 を使用した計算の実例，FUJI，Vol. 6，No. 4，pp. 251~253 (1955).
- 6) 池田：リレー計算機の諸問題，FUJI，Vol. 6，No. 4，pp. 257~265 (1955).
- 7) 松山，石井：FACOM-128 について，FUJI，Vol. 6，No. 4，pp. 277~312 (1955).
- 8) 高田：富士リレー式計算機発展の 20 年をたどる，FUJI，Vol. 6，No. 4，pp. 345~355 (1955).
- 9) 池田，石井，松本：FACOM-128B について，FUJI，Vol. 9，No. 5，pp. 435~447 (1958).
- 10) 山田，岡崎，県：FACOM-212 について，昭和 33 年電気通信学会全国大会，p. 387.
- 11) 松山，白鳥ほか：パラメトロン計算機 FACOM-200，電子計算機専門委員会資料 (1958 年 12 月).
- 12) 山口，飛田，田中：事務用計算機 FACOM-514，524，FACOM-711，721，FUJI，Vol. 10，No. 1，pp. 21~37 (1959).
- 13) 山田，岡崎ほか：FACOM-212A システム，FUJI，Vol. 10，No. 3，pp. 214~227 (1959).
- 14) 池田，白鳥，久保田：FACOM-241 について，昭和 35 年電気四学会連合大会，p. 316.
- 15) 池田，小島ほか：FACOM-222A の命令と構成，昭和 35 年電気四学会連合大会，p. 373.
- 16) 桑島：FACOM-212A の使用経験について，FUJI，Vol. 12，No. 2，pp. 87~94 (1961).
- 17) 渡部：事務における FACOM-222，FUJITSU，Vol. 13，No. 5，pp. 551~554 (1962).
- 18) 山崎ほか：富士通電算機センター設置 FACOM-222P 電子計算組織の使用実績，FUJITSU，Vol. 13，No. 5，pp. 567~600 (1962).
- 19) 石井，辻ヶ堂：FACOM ソフトウェアについて，FUJITSU，Vol. 16，No. 1，pp. 106~112 (1965).
- 20) 桜井，二宮：FACOM の基本回路と記憶装置，FUJITSU，Vol. 16，No. 1，pp. 113~123 (1965).
- 21) 海輪，西岡：入出力装置について，FUJITSU，Vol. 16，No. 1，pp. 124~130 (1965).
- 22) 野沢：FACOM 231 電子計算組織，FUJITSU，Vol. 16，No. 1，pp. 149~163 (1965).
- 23) 久保田，石上：FACOM 241D 電子計算組織，FUJITSU，Vol. 16，No. 1，pp. 171~183 (1965).
- 24) 田中，金光：FACOM 222 電子計算組織，FUJITSU，Vol. 16，No. 1，pp. 184~194 (1965).
- 25) 桑原，梅村：FACOM 稼働実績について，FUJITSU，Vol. 16，No. 1，pp. 310~317 (1965).
- 26) 石井：国産コンピュータの裏話，材料科学，Vol. 8，No. 2，pp. 121~125 (1971).

(昭和 52 年 1 月 12 日受付)