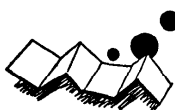


解 説

初期のシステムソフトウェア†

——FONTAC 8040 MONITOR の開発までを中心として——



川 口 喜三男**

1. はじめに

最初の一群の商用電子計算機を国産計算機メーカー各社が競って世に出した時期（1959年～1962年頃）——この時期がわが国の電子計算機の歴史における黎明期であると見られる¹⁾——の中葉に当る1961年4月に、筆者は富士通信機製造株式会社に入社し、計算機ハードウェアの設計と、後には FONTAC 8040 MONITOR の設計に携わってきた。これによって、わが国の電子計算機の発展の一局面に関与する幸せを得ることができたのである。しかしながら、特定の環境の中で、二、三のハードウェアとソフトウェアの設計に従事したに過ぎなかった。こうした経験の狭さから、日本の初期のシステムソフトウェアの歴史についてあらゆる側面から公平な立場でこれを記述するということは、筆者にはあまりにも荷が勝ち過ぎると言わざるを得ない。本稿では、多くの面で、筆者がその中にあって仕事をしてきた富士通を中心としての記述になることを、あらかじめお断りして置きたい。

2. 夜明け前から黎明へ

わが国の電子計算機史における黎明、即ち国産の商用電子計算機の実現を見るまでには、長い開拓の時期があったことを忘れることはできない。

2.1 リレー式自動計算機まで

過去にさかのぼり、自動計算機以前の計算装置をも視界に入れると、現在の国産計算機メーカーである富士通においては、1935年に個数加減算回路（2進計数回路）、1939年に加減集計装置、1941年に総計計数装置、1943年には乗算、除算、選択計数諸回路（海軍省の暗号解読用）といったように「演算器」の開発が行われてきた²⁾。これらの装置には使用法が付随して存在したには違いないが、ソフトウェアは存在しなかつ

たと断定してよいであろう。1940年代からは東京大学の山下英男教授等によるリレー式統計機の開発も始められた。リレーを用いた自動計算機の開発は主として富士通において進められ、1950年代には株式取引高精算用計算機をはじめ、FACOM 100（1954年完成）、FACOM 128 A（1956年完成）を代表機種とする13機種が設計製作された³⁾。ソフトウェアの面から見ると、1954年の自己相関係数計算機では、記憶装置を持たなかったので計算手順はすべてリレー回路に組み込まれていた。したがって、この計算機はハードウェアだけで動作し、ハードウェア完成後に投入されるソフトウェアは一切無かった。1953年の株式取引高精算用計算機は、演算装置として加算回路のみを持ち、主記憶装置を持たない会計用計算機であるが、ソフトウェアが配線式プログラム（ROMに相当）として組み込まれている。プログラムの適用範囲は、株式銘柄、会員、売方／買方に対する株価、取引高などの銘柄別、会員別の分類、計算、作表である。分類項目はプラグ盤で切換え指定された。科学技術計算一般に使用することを目的としたFACOM 100では、四則演算のほかに開平算回路を持ち、記憶装置はリレー式で一般記憶用に20語を用意し、これはデータ用に使用された。命令はすべて紙テープ上に記憶されていたが、命令テープを作成することにより種々のプログラムを集積することができた。表-1により計算例を知ることができるが、FACOM 100のソフトウェアはいくつかの数値計算プログラムの集合であるということが出来る。FACOM 100が改良されてできた計算機がFACOM 128 Aである。安価大容量の記憶装置がなかったその当時リレーで記憶容量を大きくとることは困難であったが、FACOM 128 Aではクロスバー記憶装置180語（一般用）、リレー記憶装置18語（特殊用）、および85語（常用用）を持った。しかし、未だストアプログラム方式を採ることはできず、いわゆる外部プログラム方式を続けた。この機種では各種レンズ計算用プログラム、線型計算プログラム等が開発され

† System Software in the Early Days by Kimio KAWAGUCHI, IZAWA (Department of Information Engineering, Nagoya Institute of Technology).

** 名古屋工業大学工学部情報工学科

表-1 FACOM 100 による計算の実例⁴⁾

通 用 例	解 析 方 法	備 考
フィルタ計算	高次代数方程式 フーリエ解析	7次 12成分
水晶振動子	固有値	3次
4端子網	複素行列の連続乗算	連乗10回
磁場	シンプソン則による数値積分	18分割
架空地線	複素関数の絶対値	
円筒波	ベッセル・ノイマン関数	
梁の応用	連立一次方程式	10元
メッシュ電流	同 上	23元
機械振動系	複素係数振動方程式	
タービン	初等超越関数を含む連立方程式	
レンズ近軸光線追跡		10面
レンズ斜光線追跡		10面
老眼鏡設計(非点収差)		
恒星視位		
数値予報	ポアソン型偏微分方程式	12時間後
水路の水面高度	常微分方程式の数値積分	
航跡計算		
Erlang の呼損率		
計量抜取りの数表		
相関係数		n=150
直行行列		

た。

2.2 電子計算機の開発

英国ケンブリッジ大学のウィルクス等による世界最初のストアプログラム方式の電子計算機(電子管式)EDSAC は1949年に完成されている。これと比較すると、我が国の電子計算機の開発は10年近く後れをとっていた。しかし、50年代にわが国における研究も一段と進展した。大阪大学の城憲三教授等による電子管式計算機の研究、富士フィルムの岡崎文次氏による日本最初の電子計算機(電子管式)FUJICの完成(1956年)、電電公社通研のパラメトロン^{*}式MUSA-SHINO1の試作(1957年完成)、東京大学(理、高橋研)でのパラメトロン式PC1の運転開始(1958年3月)、電気試験所の高橋茂、西野博二両氏等によるトランジスタ式ETL Mark IVの完成(1958年)、東京大学/東京芝浦電気の電子管式TACの完成(1959年)、等の先駆的の仕事が大学や研究所でなされた。メーカにおいても、まず日立製作所では、1,054語の磁気ドラムメモリを持つHIPAC1が試作された(1957年10月運転開始)。これは、PC1よりも早く日本(世界)で最初に動き出した本格的パラメトロン計算機であった⁵⁾。ほぼ時を同じくして日本電気のパラメトロン式NEAC 1101の試作も完成した。これはわが国最初の浮動小数点式計算機であった。富士通最初のパ

ラメトロン式計算機FACOM 200は1958年9月に試作された。これは4,000語の磁気ドラムメモリを持った。

1957年と1958年は、わが国における電子計算機(パラメトロン式およびトランジスタ式)の試作がいずれも成功裏に完成し、それにより、大容量の記憶装置を持ち、ストアプログラム方式を採った計算機がついに実現したという点で重要な2カ年であった。

ストアプログラム方式を採った計算機が実現したことは、わが国においても種々のシステムプログラムの開発が可能になったことを意味する、その最初の顕著な一歩は、東大PC1の運転開始に伴って始められた一般性のある今日でいうシステムプログラムやユーティリティに相当する諸ルーチンの開発である。その代表的なものに入力ルーチンがある^{5), 6)}。入力ルーチンは、EDSACではイニシャルオーダと呼ばれたが、テープ上の外部言語で書かれたプログラムをメモリ内部における内部言語(機械語)に変換する翻訳機能を持つプログラムであった。これを発展させたものがアセンブラやコンパイラである。高橋秀俊教授と和田英一氏によりそれぞれ作られたPC1用の最初の入力ルーチンはR0と命名された。後には島内剛一氏作のTAC用に機能の強化されたものも作られた。1960年には、東大森口繁一教授が中心となってSIPが作られた。これは、いくつかのメーカの仕様の異なる機械に共通なプログラムを可能にしようという考えで作られた入力ルーチンであった。最後に、これまでの我が国の計算機システムをオペレーティングシステム(OS)の面から見れば、無OS、即ち第0世代²⁰⁾であったと要約することができる。

3. ソフトウェアの草創期

大容量の記憶装置を持ったストアプログラム方式の商用電子計算機の出現(1959年)から3社共同開発の大型計算機FONTACの完成(1965年)までの時期は、システムソフトウェアの草創期であるといえよう。

3.1 ハードウェアとソフトウェアの状況^{3), 5), 7)}

日立製作所では、磁気ドラムメモリ2,048語を備えたパラメトロン式HIPAC 101が1959年に完成した。これは、同年、パリで開かれた第1回国際情報処理会議のうちに催された展示会に、日本電気のトランジスタ式NEAC 2201と並んで出品され、両機種とも好調に稼動した。続いて、中型機HIPAC 103が完

^{*}パラメトロンは1954年に後藤英一氏(現東京大学教授)によって発明された。

成した。これは、磁心記憶 1,024 語、磁気ドラム 8,192 語の記憶容量を備えた。納入は、1961 年 11 月の東北電力が最初である。ソフトウェアは、HARP 103 (FORTRAN コンパイラ)、HISIP 103 (アセンブラ) といった自動プログラミングシステム、I/O ルーチン、チェックルーチン等のユーティリティ、LP、PERT、CPM 等の応用プログラムが開発された。トランジスタ式では ETL Mark IV を手本にした HITAC 301 が最初の商用機として製作され、1959 年 5 月に日立神奈川工場に 1 号機が納入された。この機種に備えたソフトウェアは、入力プログラム SIP-II、アセンブラ SAP-II 等である。RCA との技術提携機種 HITAC 3010 が完成した 1962 年には、HITAC 5020 が発表され、技術提携時代の流れの中の純国産機として注目された。その 1 号機は 1964 年 3 月に完成された。

日電では、東北大学（通研大泉充郎教授）と協力して、パラメトロン式 NEAC 1102（東北大名称 SENAC 1）を設計製作し、これを 1958 年 4 月から 1963 年 3 月までの 5 年間で同大学での実用に供した（しかし、ソフトウェア的には裸同然であったようである）。トランジスタ式では、HITAC 301 と同様に ETL Mark IV を手本とした NEAC 2201、続いて実用機 NEAC 2203 が製作された。NEAC 2203 は、自動プログラミングシステムとして SNAC（アセンブラ相当）、NARC（FORTRAN 相当）、ユーティリティとして SORT、等を備えるようになった。1 号機の納入は、1959 年 5 月であった。

東芝は、TAC の後、TOSBAC 2100、等が 1959 年 3 月から、TOSBAC 3100、等が 1960 年 3 月から納入開始という状況であった。

三菱電機において最初に成功した商用機種は MELCOM 1101 であった（1961 年 11 月から納入開始）。

沖電気では、1960 年、OKITAC 5090 を完成させた。これは、磁心記憶を用いたわが国最初の機種であった。他社の機種が磁心記憶を採用するようになったのは、その後のことである。また、沖電気は、入出力装置はすべて自社製でまかなえるだけの伝統的技術を持っていた。

富士通は、この時期に、パラメトロン式計算機として PCS 的な FACOM 212（1959 年 6 月納入）、東京大学との共同研究により設計製作された大型科学用 FACOM 202（東大名称 PC 2）が完成した。FACOM 202 は、1960 年 6 月に東大理学部へ納入され、富士通最初の ALGOL コンパイラとして東大物性研の井上謙

蔵氏等により文法に制限もしくは変更を加えた ISSP ALGOL コンパイラが作成された⁸⁾。

一方、富士通独自の計算機としてトランジスタ式の大形汎用 FACOM 222P（1961 年 2 月試験終了）、FACOM 222 A（1961 年 12 月）、小型汎用 FACOM 231（1962 年 9 月）等も完成した。

1959 年、FACOM 222 の検討開始とともにそのソフトウェアも研究が始められ、翌 1960 年にはローダ、アセンブラ、FORTRAN プログラミングシステム、IOCS、SORT/MERGE 等が試作された。記憶容量は大容量化したとはいえ、FACOM 222 P の頃は、磁心記憶装置は未だ開発途上にあり、不安定であった⁹⁾。論理設計上は 10,000 語の主記憶容量を持ったが、磁心記憶の実装は 400 語が限界であった。残り 9,600 語は内部磁気ドラムで補われた。23 桁アロケータ¹⁰⁾は、プログラムを外部磁気ドラム、磁気テープ等の補助記憶上に格納し、データは一部内部磁気ドラム上に置くなどして、必要に応じてプログラムを内部磁心記憶上にブロックトランスフェして動かすように考えられていた。これは、英国で考案されたページング（マンチェスター大学のキルバーン教授等による ATLAS 計算機において初めて実施され、1962 年に発表された¹¹⁾）のわが国における萌芽であったとも評価することができる。このような記憶管理の将来的な意義を見抜き、積極的に研究に取り組むべきではなかったかと惜しまれる。

この時期におけるベーシックソフトウェアの開発状況をまとめると、記憶装置の以前とは比較にならない程の大容量化によって、各種言語処理プログラム——プログラミングシステム——、SORT/MERGE、IOCS、応用プログラム、等の開発が旺盛に行われるようになった。言語処理プログラムとしては、アセンブラの外にも、ALGOL コンパイラ、FORTRAN コンパイラが開発された。アセンブラは、1957 年または 8 年頃から IBM 650 上で動く SOAP* がわが国にも導入されたが、60 年代初頭には国産各メーカーも作るようになった。1960 年に Report on the algorithmic language ALGOL 60 として発表された ALGOL に対しては、同年にはすでに大阪大学工学部の竹中靖氏により、文法に制限を加えて、日電 NEAC 2203 上で働くコンパイラが作成された¹²⁾。FORTRAN は、IBM が大型計算機 704 のために 1954 年の夏にプロジ

* Symbolic Optimal Assembly Program

表-2 FACOM ソフトウェア (1963年)¹⁷⁾

システム名	他社の相当システム	F-222	F-322	F-241	F-231
IOCS	IBM の IOCS	完 成	作成中	完 成	作成中
FASP	IBM の Autocoder	完 成	作成中	完 成	作成中
FAST	IBM の FORTRAN	完 成			
ALGOL					完 成
COBOL		1 部実験			1 部実験
SORT		完 成	作成中	作成中	作成中
UTILITY		作成中		作成中	作成中

ェクトを開始し、2年半の年月と18人年の労力を費やして言語とトランスレータを作り上げたのが最初である¹³⁾。富士通最初の FORTRAN コンパイラは FAST (CDT 402 型) であり、FACOM 222 用に作られた¹⁵⁾。他方、COBOL は、わが国ではコンパイラ作成の動きが直ぐにはなく、1964 年までは一部実験的

な試作があっただけであった^{16), 17)}。

OS の面から 1963 年までのシステムを見ると、記憶容量の不足などの制約があって、各プログラミングシステムはその一つ一つが閉じた体系を作っていて、包括的な OS は存在しなかった。例えば、FACOM 222 FAST は、それ自身の中にモニタ、ローダ、IOCS、および諸ルーチンを持っていた。わが国における包括的な第 1 世代の OS²⁰⁾、バッチ処理システムは、後に HITAC 5020 によって初めて完成を見ることができた。

この時期のソフトウェア開発の進展状況を一目で見るために例を富士通にとると、1963 年には表-2 のごとくであったのに、1965 年には表-3 のように拡大した。

ベーシックソフトウェアの最初の経験が一通り集積された 1965 年の初頭に、当時富士通電子工業部電算

表-3 FACOM ソフトウェア一覧表 (1965 年)¹⁸⁾

機 種	FACOM 222	FACOM 222 D†	FACOM 241	FACOM 231	FACOM 230	FONTAC CENTRAL
ソフトウェア 管理 プログラム						
MONITOR		System control program		231 MCP 1601	230 MCP 1601	8040 MONITOR
コンパイラ						
COBOL			241 COBOL 504	231 COBOL 1604	230 COBOL 1604 230 COBOL 3204	8040 COBOL
ALGOL				231 ALGOL 3202 231 ALGOL 1603	230 ALGOL 3203 230 ALGOL 1603	8040 ALGOL
FORTRAN	222 FAST 402 P 222 FAST 813			231 FORTRAN 1604	230 FORTRAN 1604 230 FORTRAN 3204	8040 FORTRAN
アセンブリ	222 FASP 414 222 FASP 614 222 FASP 804	222 D FASP 804	241 FASP 404 241 FASP 504	231 FASP 0400 P 231 FASP 1600 P 231 FASP 1604	230 FASP 0800 P 230 FASP 1600 P 230 FASP 1604	8040 FONAS
分類併合						
SORT-MERGE	222 SORT 404 222 MERGE 403	222 D SORT MERGE 804	241 SORT 404 241 SORT 406 241 MERGE 403	231 SORT 1603 231 SORT 1604	230 SORT 1604 230 SORT 1603 230 DISK SORT 230 DRUM SORT	8040 SORTG
ローダ						
RELOCATABLE LOADER	222 FAST LOADER					8040 EXACT
入出力制御						
IOCS	222 MTCS 401	222 D IOCS 801	241 IOCS 401	231 IOCS	230 IOCS (A) 230 IOCS (B)	8040 IOCS
ユーティリティ						
LIBRARY EDITOR BASIC MONITOR	222 FAST LIBRARY EDITOR 222 BASIC MONITOR		BASIC MONITOR			8040 LIBE
UTILITY	MTCS RESTART 401 MT TO LP 401 TRACER 411 その他 科学用サブルーチン 86種	SNAP SHOT 801 MGTAPE DUMP 801 TRACER 801 MAG TAPE TO MAG TAPE 802 その他	MTCS RESTART 501 DEBUGGING PROGRAM CARD TO TAPE 401 TAPE TO PRINTER TAPE TO TAPE その他	UPG 1604 (utility program generator) 科学用サブルーチン 88種	230 UPG 1604 230 RPG 1604 1401 CONVERTER 230 UTILITY PROG 230 LIBRARY 3203 88種	CARD TO TAPE TAPE TO CARD TAPE TO PRINT TAPE TO TAPE
LIBRARY						

注) プログラム名称に続く数字は、このプログラムを動作させるに必要な記憶装置の最小構成をコア (単位 1,000 語または 1,000 桁)、ドラム (単位 装置台数および磁気テープ (単位 装置台数) の順に表わしている。OBJECT PHASE における容量は、行われる仕事によるものであり、この記号とは一致するものではないから注意すること。

† FACOM 222 A と FACOM-322 の複合計算機を FACOM 222 D と称した。FACOM 322 は FACOM 222 A と主記憶を共用して複合システムを形成し、磁気テープ装置を最大 4 チャンネルまで同時運転することによりソーティングの高速化を達成した。

* 配布は遅延し、しかも配布されたときに現実には動かなかった。フィールドテスト時になってもバグが多く、最重要部分のあるものは未完成であった。このように文献 14) は伝えている。

機技術部長の職にあった故池田敏雄博士は、次のように指摘した¹⁹⁾。

「……、今後
……

Real time 用 Compiler
Multiprogramming
Monitor の質的な変化と向上

は注目すべき Software の方向である。」

この指摘は、次の世代の OS のあるべき姿を明確に示していた。次の世代、即ち第2世代の OS²⁰⁾ は、多重プログラミングによるシステムの共有と多重プロセッシングによる処理能力の増大、ロジカルユニット概念(デバイスインデペンデンス性)の発生等によって特徴付けられる。また、タイムシェアリングシステム、リアルタイムシステムもこの世代に属する。そして、このときには FONTAC 8040 MONITOR が開発の途上にあった。

3.2 メーカー体制の整備

電子計算機の試作成功以来、各メーカーともその重要性に着目し、各様の対応をとり始めたが、ここでは例として富士通について回顧する。

1959年11月に宇部興産から富士通に転じたばかりの岡田完二郎社長は、いち早く電子計算機の企業化を明確に打ち出し、積極的に推進を図った。その最初の表われは、1960年度の新入社員を一挙に前年度の2倍に当たる1,200余名の採用にふみ切ったことである¹⁾。また、組織面では1961年3月電子工業部を発足させ、通信工業部と共に2工業部とした。尾見半左右電子工業部長の下に小林大祐電子技術部長、池田敏雄電算機課長、等の陣容であった。更に、設備の面では同年11月電子計算機および自動制御機器の量産のため新たに電子計算機工場を建設した。このようにこの時期は、メーカーの体制が急速に整いつつあった時期でもあり、この面から見てこの時期を電子計算機の黎明期であるというのは適切である。

ソフトウェアに対する環境整備の面では^{18), 21)}、リレー式 FACOM 100 以来、プログラムに関する基礎的な経験を集積しつつあったが、1958年、FACOM 128 B を設置した計算センターを朝日生命館(東京)に設立するとともに、ハードウェア設計に付随していたプログラムの研究を独立部門とした。1961年9月には FACOM 222 P を浜ゴムビル(東京)内に設置し、新しく富士通電算機センターを開設した。ソフトウェアグループを構成する社内組織部門としては、大

阪電算機グループの結成(1960年)、東京営業強化(1960年)、電子サービス部に教育課、技術課、サービス課を設置(1962年)、電算機方式部プログラム課の設置(1962年11月1日)等の強化策がとられ、これにより、ソフトウェアの研究、開発、保守、管理、広報、教育、共同研究を実施するための組織が一応確立した。

3.3 電子計算機の設置状況

設置台数累計は次の通りに推移した⁷⁾。

1957年、3台(内訳、国産2、輸入1); 1960年、103台(国産45、輸入58); 1965年、2,101台(国産1,204、輸入897)。

国産、輸入とも急速に増大していることが分る。

4. FONTAC の開発

4.1 背景

1959年以来、国産化もようやく軌道に乗りはじめた。しかしながら、先進米国との技術格差はあまりにも大である。国内市場には IBM 社をはじめとする米国メーカーの電算機が続々と輸入されはじめていた。国産電子計算機メーカーが米国メーカーと競争して国内市場を確保、拡大し、更にわが国電子工業の発展を図るためには、国産機の商品化を推進し、国際競争力を培養することが急務とされた。1960年8月、通産省は翌年度の重要施策の一つに「電子計算機国産化のための対策」を掲げ、次のように強調した。

「電子計算機は今後のわが国電子工業の本命となる産業用電子機器の中核的存在である。」「近い将来に余儀なくされるであろう電子計算機の貿易自由化に対処するには、急速な国産技術の向上が絶対条件となる。」現在のままでは「わが国電子工業の発展そのものがきわめて望み薄となるであろう。」

このような見地に立って、国産技術育成のための諸施策が実施された。例えば、国産各社から計算機を買い取って、ユーザにレンタルで提供するという日本電子計算機株式会社(JECC)の設立、電子計算機産業への新規重要物産免税制度の適用、電子計算機技術研究組合の設立などである¹⁾。

4.2 研究組合の設立

通産省は、鉱工業技術研究組合法に基づく電子計算機技術研究組合を結成し、補助金を交付して、高性能大形電子計算機を国産化することを計画し、昭和37年(1962年)2月この旨を公布し、組合参加会社を公募した。その結果、富士通、沖電気、日本電気の三社が応募し、同年7月、研究組合は発足し、鉱工業技術試

表-4 FONTAC 製造会社名²¹⁾

FONTAC 装置名	製造会社製造名	製造会社名
FONTAC Central	FACOM 250	富士通信機製造株式会社
FONTAC Sub-I	NEAC 10	日本電気株式会社
FONTAC Sub-II	OKITAC 5090 S	沖電気工業株式会社
磁気テープ装置	NEAC 22	日本電気株式会社
磁気ディスク装置	NEAC 32	日本電気株式会社
カードパンチ	FACOM 682	富士通信機製造株式会社
カードリーダー	OKITAC 5194	沖電気工業株式会社
ラインプリンタ	OKITAC 5193	沖電気工業株式会社
紙テープパンチ	OKITAC 5197	沖電気工業株式会社
紙テープリーダー	NEAC 52	日本電気株式会社
タイプライタ	OKITAC 5191	沖電気工業株式会社

験研究補助金制度はじまって以来最大の3億5,000万円の交付金を受けて共同研究を開始した。当時市場に発表され、輸入されつつあった IBM 7090, 7094, 7074, 7040, 7044, UNIVAC U III, 等*と同等あるいはそれ以上の商業価値を有し、なお3,4年後の外国の進歩したものにも対抗できる大形機を研究開発することが課題であった。この大形機を三社の頭文字を取って FONTAC (Fujitsu-Oki-Nippondenki-Triple-Allied Computer) と呼称した。各社の研究開発対象の分担は表-4の通りである。各構成機器の性能と他機種との性能比較は表-5~表-8、図-1に示す通りであった。FONTAC の Sub I, Sub II, Central 計算機をそれぞれ単独に使用するときのシステムは、FONTAC 8010, 8020, 8040 と呼び、Central に衛星計算機 Sub I, Sub II の両者とも結合した最大の複合システムは FONTAC 8070** と呼んだ。その構成は図-2に示される。組合は、約3カ年を目標として、1962年度は基礎研究、すなわち計算機の構想をまとめ、必要な演算素子、記憶素子の研究とパイロットモデルの試作を行い、1963年度、1964年度の2カ年で試作を完了する計画を立てた。組合の研究活動は、理事長尾見半左右（富士通）、理事中島章（日電）、理事仲田包忠（沖電気）の各氏の下、技術運営委員会および下部の分科会、事務運営委員会および事務局を置いて開始されたが、他に学識経験者によって構成される顧問団を置いてその援助を受けた。学識経験者として情報処理学会会長山下英男氏をはじめ多くの方々が顧問団に参加した^{22), 23)}。

* 出荷開始年は、IBM 7094 I, UNIVAC 1107 が1962年、IBM 7040, CDC 3600, Burroughs 5000 が1963年、IBM 7094 II, Burroughs 5500, CDC 6600, GE 635, が1964年 (FONTAC も1964年)、IBM 360, HITAC 5020 が1965年とされている²¹⁾。

** 下位から2桁目の数は1 (Sub I), 2 (Sub II), 4 (Central) の和 (複合システム) を表わす。例えば、Sub I と Central の複合システムは FONTAC 8050 である。

表-5 FONTAC Central 計算機の構成および性能一覧²¹⁾

構成	1. 記憶装置	32,768 語を1架に実装 2架 65,536 語まで実装可
	2. 多重化装置	
	3. 演算装置	
	4. データチャネル A	演算装置に直結
	5. データチャネル B~H	
	6. 操作卓	コンソールタイプライタおよびコンソール リーダーを接続
	7. 入出力装置	各データチャネルには各種入出力装置8台 まで接続可能
性能	1. 数値の表現	
	固定小数点	データ 36 ビット フラグ 4 ビット
	浮動小数点	指数部 9 ビット 仮数部 27 ビット フラグ 4 ビット
	2. 磁心記憶装置	
	記憶容量	最大 65,536 語
	サイクルタイム	2.2 μ s
	3. 入出力チャネル	最大 8 チャネル
	4. 演算時間	
	加減算	固定小数点 4.4 μ s 浮動小数点 15.4 μ s
	乗算	固定小数点 25.2 μ s 浮動小数点 30.8 μ s
	除算	固定小数点 35.2 μ s 浮動小数点 39.6 μ s
	分岐	2.2 μ s

表-6 FONTAC Sub-I 計算機の構成および性能一覧²¹⁾

構成	1. 中央処理装置	4,000 桁の記憶装置を内蔵
	2. 記憶装置	16,000 桁単位に96,000 桁まで増設可能
	3. 入出力装置	
	磁気テープ装置	最大 8 台
	ラインプリンタ	1 台
	磁気ディスク装置	1 台
	紙テープリーダー	2 台
	紙テープパンチ	2 台
	カードリーダー	1 台
	カードパンチ	1 台
	割込みタイプライタ	9 台
性能	1. 数値の表現	
	1 桁	7 ビット
	1 語	可変長 (ワードセパレータマークで区切る)
	2. 磁心記憶装置	
	記憶容量	最大 100,000 桁
	サイクルタイム	5 μ s
	3. 演算時間	
	加減算	150 μ s (5 桁)
	分岐	70 μ s
	比較	150 μ s (5 桁)
	編集	170 μ s

表-4 に示した分担一覧にはソフトウェアという語はないが、ハードウェアのほかに勿論ソフトウェアの開発グループが作られた。Central 用のソフトウェアは富士通が担当した。筆者は、富士通辻ヶ堂信、丸山武*, 久保宏志**等の諸氏に協力し、特に辻ヶ堂信氏***

* 丸山氏は ALGOL, COBOL の両コンパイラの設計を受持った。

** 久保氏は FONAS, EXACT, BLCP の設計を受持った。

*** 辻ヶ堂氏は各設計者間の調整を図る役目もあった。

表-7 FONTAC Sub-II 計算機の構成および性能一覽²³⁾

構成 1. 中央処理装置	
テープリーダー、テープパンチ、タイプライタが直接接続可能	
2. ラインプリンタチャンネル	
最大 4チャンネル	(ラインプリンタ 1台/1チャンネル)
3. カードリーダーチャンネル	
最大 4チャンネル	(カードリーダー 1台/1チャンネル)
4. カードパンチチャンネル	
最大 4チャンネル	(カードパンチ 1台/1チャンネル)
5. 磁気テープチャンネル	
最大 7チャンネル	(磁気テープ装置 10台/1チャンネル)
性能 1. 数値の表現	
固定小数点 10進12桁および正負符号	
浮動小数点 (オプション)	
指数部 10進2桁	
仮数部 10進10桁および正負符号	
2. 磁心記憶装置	
記憶容量 4,000~8,000語	
サイクルタイム 8μs	
3. 入出力チャンネル	
最大 7チャンネル	
4. 演算時間	
加減算	110 μs
分岐	38 μs

表-8 入出力機器性能一覽²³⁾

磁気テープ装置	転送周波数 80 kc
ラインプリンタ	印字速度 435 行/分
	活字の種類 120種
カードパンチ	さん孔速度 250 枚/分
カードリーダー	読取速度 1,000 枚/分
紙テープパンチ	さん孔速度 200 字/秒
紙テープリーダー	読取速度 1,000 字/秒
磁気ディスク装置	最大容量 2値 5,000万ビット
	アクセスタイム 200 ms

と共に FONTAC 8040 MONITOR を設計製作することを任務とした*。

FONTAC ソフトウェアの仕様は、富士通、沖電気、日本電気三社の技術者と学識経験者の交流によって決定された。学識経験者は、東大教授高橋秀俊、東大教授森口繁一、学習院大助教授米田信夫、小野田セメント(株)和田英一、立教大助教授島内剛一、統計数理研究所渋谷政昭、東大講師清水留三郎、電子協((社)日本電子工業振興協会)電子計算機部長藤本久敏、電子協電子計算機部主任山本欣子の諸氏であった。仕様決定のた

* 筆者は他に LIBE の設計を受持った。

** 1959年、IBM 704 FORTRAN MONITOR が気象庁に導入された。

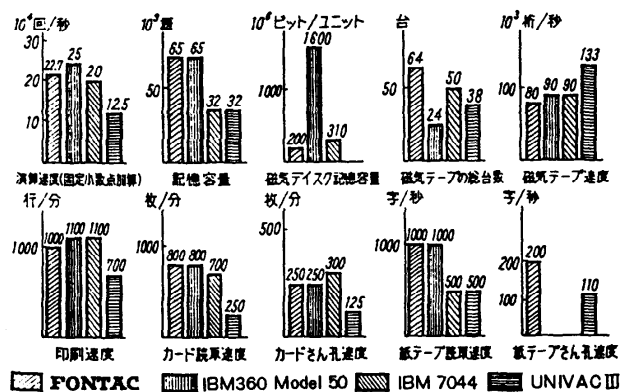
めに約 15 カ月の日時が投入され、原則として毎月 3 回の熱心な討議を経て、FONTAC のハードウェアの特色と実用上の諸目的とを考慮したソフトウェアの仕様を完成した。

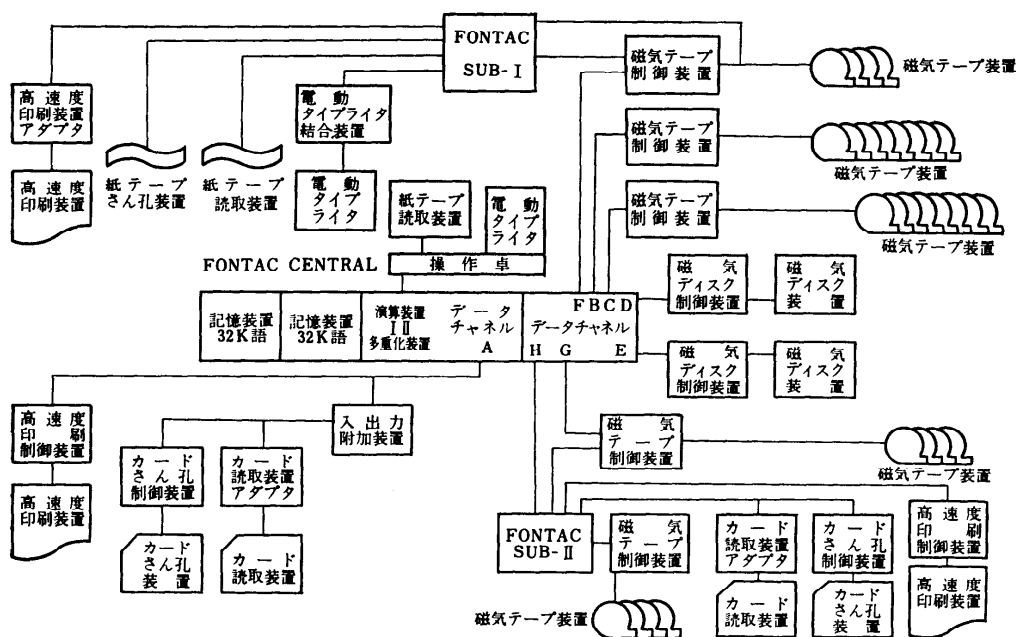
FONTAC のソフトウェアは、すべて管理プログラムの制御下において動作する(表-9)。FONTAC Central は三つのコンパイラ (ALGOL, COBOL, FORTRAN) とアセンブラ (FONAS), SORT-ジェネレータ、ライブラリエディタ (LIBE)、エグゼキュータブル コーデッド テープ プロジューサ (リンケージェディタ相当, EXACT と称する)、およびユーティリティプログラムを用意し、オブジェクトプログラムとともにモニタの管理下に動作する。このモニタはオンラインで結合される衛星計算機を制御するためのサブルーチン (Unificator と呼ぶ) を持っており、このユニフィケータによって各計算機は互いに情報の授受を行った。この他応用プログラムとして GPSS (慶大浦昭二教授の指導により電子協電子計算機部が作成) が用意された²⁴⁾。

5. FONTAC 8040 MONITOR の設計

5.1 モニタに対する認識

1962 年当時、モニタとしては IBM の FORTRAN MONITOR が最も顕著な存在であった**。このモニタは、コンパイルーション、アセンブリ、オブジェクトプログラムの実行、さらにチェインジョブの実行、等を連続して行った。オペレータ操作の一部をモニタプログラムが代行することにより誤操作と計算機時間の損失を減少させるのがねらいである。富士通の FACOM 222 FAST プログラミングシステムも同じ考

図-1 FONTAC と他機種との性能比較²³⁾

図-2 FONTAC 8070 システム構成例²¹⁾表-9 FONTAC ソフトウェア体系¹⁴⁾

第三研究支所 (富士通)	—	MONITOR	
		—FONAS	: FONTAC ASSEMBLER
		—ALGOL	: ALGOL COMPILER
		—8040 FORTRAN	: FORTRAN IV COMPILER
		—COBOL	: COBOL COMPILER
		—SORT	: SORT MERGE GENERATOR
		—LIBE	: LIBRARY EDITOR
		—EXACT	: EXECUTABLE CODED TAPE PRODUCER
		—Utility	: Peripheral to/from Massive Storage
		—Object program	
第一研究支所 (日電)	—	MONITOR I	
		—FONAS I	: FONTAC SUB I ASSEMBLER
		—SORT I	: SORT MERGE GENERATOR
		—LOADER I	: RELOCATABLE LOADER
		—Utility	
		—Object program	
第二研究支所 (沖電気)	—	MONITOR II	
		—8020 FORTRAN	: FORTRAN II 相当の COMPILER
		—FONAS II	: FONTAC SUB II ASSEMBLER
		—LOADER II	: RELOCATABLE LOADER
		—SORT II	: SORT MERGE GENERATOR
		—Utility	
		—Object program	

えのもとに開発された。計算機の処理速度が上がるにつれてこのようなジョブの自動継続処理の必要性がはっきりしてきたので、例えば、富士通などはソフトウェア体系を作る個々のプログラムに優越する制御プログラムの存在が前提であるとして、MCP (Master

Control Program) を FACOM 231, 230 用に開発していた¹⁷⁾。モニタに対する認識が徐々に高まってきた1962年頃から FONTAC 8040 MONITOR の仕様決定に至るまでの間、モニタが満たすべき条件を明確にしようという努力が関係者によって払われた。

「モニタシステム」²⁵⁾における和田英一氏の考察を参考にしながらモニタの備えるべき条件についての当時の認識をまとめると次のようになる。

第一に、ユーザがどんなプログラムを作っても、またプログラムがどんなに暴走してもモニタは絶対に破壊されてはならない。この点はハードウェアと同列である。また、プログラムの実行が途中で停止して、その結果、モニタを含めて計算機システム全体が仮死状態になることもあってはならないし、プログラムが意味ある仕事をしないでいつまでもループしている状態に対処できなければならない。

このような要請を満足させるにはハードウェアの助けを借りるのが最良である。関係するハードウェアとしては、

- 1) 記憶領域保護機構
- 2) 割出し機構
- 3) モード (モニタモード/ユーザモード) 設定機構
- 4) 割込みに対する割込み禁止機構
- 5) 時計 (インタバルタイマおよび実時間時計)
- 6) モニタ専用の諸命令

等がある。FONTAC Central ではこれをすべて備えた²⁶⁾。

第二に、よどみない連続処理ができなければならない。

このためにモニタが備えるべき機能としては、

1) ジョブを連続して処理するため、コンパイルーションからユーザのオブジェクトプログラムの実行までとジョブ切替え作業をオペレータの操作を俟たずに自動的に進行させることが必要である。但し、磁気テープの掛け替え、カードデッキのセット、プリンタ用紙の取替え、等はオペレータの手作業によるが、それとてもモニタの指示によって作業を行う。これらの手作業の自動化は数年後になって初めて現実の問題となった²⁷⁾。また、実行途中に生じた異常事態は直ちにモニタによって検出されなければならない。

2) 事前にユーザによるジョブの準備が完全に行えるためには、計算センタにおける実行時の装置の状況を顧慮することなく装置の割当てが論理的にできるようになっていなければならない。これがロジカルユニットの概念である。物理的な装置 (フィジカルユニット) の割当ては実行時に行う。

3) 第一の条件とも関連して、入出力等は必ずモニタを通じて行う。これにより、暴走によるファイルの

破壊を防止する。

第三に、スループットを最大限に向上させる。

オペレータの生理的機能速度と計算機システムの高速度とのアンバランスから生じる計算機時間の損失は、第二項に述べた連続処理のための自動進行機能によって救うことができる。しかし、計算機システム自体の構成要素間に存在するアンバランスに対しては別途対策を講じなければならない。

中央処理装置 (CPU) の速度が入出力機械の速度に比較して非常に早い場合、これまでの用法では CPU が遊んでしまうことは明らかである。そこで、多重プログラミングを実施して計算機資源の遊びをできる限り無くそうという考えが生じてきた。FONTAC Central の場合も、磁気テープとの情報転送に必要な時間と CPU でそれを処理するのに要する時間の比は 3:1 から 8:1 ぐらいになり、またユニットレコード機械の場合にはそれは 33:1 から 150:1 ぐらいになると予想された²⁴⁾。

IBM 7070 の SPOOL は、多重処理の初期の方法の一例である。これは、カードから磁気テープ、磁気テープからカードの両方向の変換プログラムと、主要なプログラムの 3 種類を制御するものであり、主記憶上で 3 種類のプログラムの置かれる場所は定まっていた。IBM 7090 (磁気テープベース) 1 台と IBM 1401 (磁気テープとユニットレコードベース) 2 台の結合システム (FONTAC 8070 システムはこれに相当する) があったが、この 3 台の作業を 7070 1 台の時分割使用で行うのが SPOOL (Simultaneous Peripheral Operation On Line) であった。UNIVAC III の SUPERVISORY BOSS III では、主要なプログラム 1 本と symbiont (共生プログラム) と称する何本かのユーティリティ的なプログラムが同時動作する形をとっていた。FONTAC ではもっと一般化して主従関係のない互いに対等のプログラムを複数個並行処理することが考えられた。

第四に、人間工学的配慮をなおざりにしない。

要は、使い易く、覚え易いシステムを作れということである。

5.2 FONTAC 8040 MONITOR の内容

前述のような認識を基底に置いて、関係者間の討議を経て、FONTAC 8040 MONITOR の仕様が固められた。仕様の決定は 1964 年 12 月であった²⁸⁾。

FONTAC 8040 MONITOR の内容は次の通りである^{28)~30)}。

1) 最大 28 個までのプログラムを同時に制御する。

FONTAC 8040 では動作中のプログラムの再配置 (dynamic relocation) が可能である。FONTAC においては命令中のアドレス部をベースレジスタで修飾している上に、location dependent な量と location independent な量の入る場所がそれぞれモニタに明確に分るようになっていたため、ある時点に主記憶中のある場所で動作しているプログラムを別の場所に移動して、そのまま動作を続行させることができた。このため、多数のプログラムが効率良く主記憶領域中に入り得たのである。この動的再配置または詰め合わせ (compaction) は、あるプログラムの終了時にその領域 (連続領域) が不要になって記憶領域の中間に空きが生じたときに行い得る。実際には、プログラム終了ごとに行う訳ではなく、オーバヘッドを大きくしないため、どうしても行わざるを得なくなるまで行わないよう工夫した。また、移動させられるプログラムに属する周辺装置が動作中であれば、その動作の完了を待ってリロケートする。コンパクションによって主記憶領域の使用効率を向上させる努力は、各プログラムの占有領域が単一の連続領域であったために必要であったのであるが、後の時代にページング方式が導入されると、コンパクションの必要は解消することになった。

多重プログラミングにおける複数個のプログラムの同時動作は、CPU 処理に関しては時分割サービスであるが、そのために必要なプログラム間の制御の遷移は、FONTAC においては次のように行われた。

(1) CPU リリース

CPU を占有しているプログラムが入出力の状況によって進めなくなった場合は CPU をあけ渡す。またユーザプログラムが入出力に関するモニタ内ルーチンを使用するときも CPU をあけ渡す。

(2) IO オペレーションの完了

データチャネルコンプリーションまたはアテンションによりモニタに制御が移るが、ディスパッチャ (入出力処理ルーチン) に制御を一旦移し、エラーのリカバリまたは他の入出力装置を動作させることによってデータチャネルをビジーにした後、再び制御を受取る。この時 IO オペレーションが完了していれば、この装置を使用しているプログラムに制御を移し、未完了であれば、このトラップにより中断したプログラム

に制御を戻す。

(3) データチャネルアテンション

オンラインリアルタイム装置からデータ出現を知らせるアテンションがあると、その処理ルーチンへ制御を移す。

(4) 時計によるプログラムスイッチ

640 m sec 以上連続して CPU を使用すると、プログラムスイッチが行われ、他のプログラムへ制御が渡される。

2) 同時に流れる他のプログラムのことを顧慮せずにプログラム作成が行える。

多重プログラミングが行われる場合、どのプログラムも、主記憶中の動作場所をコーディング時に知ることとはできない。個々のプログラムにとって番地とはそのプログラムの先頭番地を原点とする相対番地である。実行時のアドレッシングは相対番地をベースレジスタの内容で修飾することによって行うから、コーディング時に絶対番地を考える必要はない。

多重プログラミングの環境下では実行時に使用できる装置の機番をプログラムのコーディング時に知ることとはできない。そこで、ファイルの媒体を識別するためロジカルユニット名を使用し、フィジカルユニットとの対応付けは実行直前または実行中にモニタが行う。

3) シケンシャルアクセスデバイスを基礎とする。

FONTAC 8040 MONITOR では取敢えず磁気テープベースで設計を急いだ。

4) オペレータの負担を少なくする。

処理方法は次の 3 種類があった。

バッチプロセス

スケジュールドプロセス

インスタントプロセス

バッチプロセスは複数個のプログラムやデータカードを「積み重ね」て制御カードの制御のもとに、またスケジュールドプロセスはあらかじめ作られたプログラムテープの指示のもとに自動連続処理を行うものであり、インスタントプロセスは切迫した事態の発生またはオペレータの意志によって適当にプログラムをタイプライタから呼び出し処理させるものである。

以上のように、このモニタは、わが国における最初の第 2 世代 OS²⁰⁾ の特徴を備えていた。

このモニタはインタチェンジ (Interchange) ルーチンを核として構成された。仕事がないときコントロールは、インタチェンジ内で時間の推移を視ながらループして割込み信号の到来を待ち、この状態、あるいは

* 富士通では、FACOM 230-エイト (8) シリーズ、FACOM M シリーズでページングを採用した。

他の処理ルーチンで何かの仕事であっても一度割込み信号が到来すれば、信号の意味をハードウェアと共同して解釈し、対応する処理ルーチンへコントロールを移した。処理ルーチンは仕事を終了したとき、または中途でもプログラムスイッチの必要があれば、必ず一旦インタチェンジへコントロールを戻すようにした。ルーチン間のコントロールの遷移はインタチェンジを通過しなければならない点、あたかも高速自動車道路網の如くであった。

IBM 360 シリーズの発表 (1964 年) 以来、OS に関する新しい諸概念が我々の関心を惹いた。その中でタスク概念とリエントラントプログラムは、我々が設計しつつあったような多重プログラミングを制御するモニタが元々そうであるべきであった性格をびったりと表現していた。我々は、初めは自然に、中途からは意識的にリエントラントなプログラム (FONTAC Central は多重割込みが可能であったが、割込みのマスク機構もあったので、文字通り任意の時点でタスクを中断できるように無理をした訳でもない。かえって余計な作業を誘発することもあるからである。この意味では疑似リエントラントプログラムと言うべきであり、それが最適であった) を書いた。

デバッグ中、コンソールタイプライタの状態があまり良好ではなかったので、時々、コンプリーション信号が戻って来ないことがあり、それが原因でシステムが失神状態に陥ることがあった。そのようなとき、我々は、機械の点検再調整を待つことなく、たちまちモニタを改造して、本来は機械の方で出すべき信号をモニタ自身でタイマを使って人工的に作り出し、いわば機械のシミュレーションを行いながらデバッグを進めたりもした。また、深夜、周辺装置が動かなくなったりすると、我々自身で機械を点検し、簡単な障害、例えばヒューズが飛んでいたりすると、手分けしてあちこち探しまわり代りの品を求めるのであった。すると、やがてどこからか新しいヒューズが現れ、仕事が再開できたのである。

このモニタは 1965 年 12 月に設計および製作を完了した。なお、コーディングに入ってから、更に 1 名の者が参加し、筆者と共に 2 名で製作した。使用した言語はシステム開発用アセンブリ言語 L3 であった。

6. その後の発展

FONTAC 8040 MONITOR の製作が完了すると、FONTAC 8040 を富士通の製品とするため、これを

FACOM 230-50* 用のモニタ FACOM 230-50 MONITOR II に改造する仕事を 1966 年前半期に行った。FACOM 230-50 は、労働省その他に納入された。

また、同年 11 月 21 日 (月) から 11 月 26 日 (土) まで東京晴海で電子計算機ショーが開催されることになっていた。これを目差して極く短期間 (3 カ月) のうちに再び改造を加えて TSS モニタを製作した³¹⁾。ショー期間中、富士通川崎工場内に FACOM 230-50 を置き、晴海の会場にはタイプライタとキャラクタディスプレイ (ストロンバークカルソン製) を数台端末装置として設置した。このシステムがわが国最初の TSS となった。改造期間中筆者などはある月には 280 時間余りの残業を行って期日に間に合わせた記憶している。しかし、いよいよショーが始まってモニタ中に「虫」が一匹残っていて、それを見付け出して潰すまでは時折システムが停止し (特殊な条件が揃わないとダウンしない障害であったので、我々が人為的に再現できるような代物でなかった)、舞台裏の我々は虫捕りに大わらわであったが、会期後半には虫 (インタチェンジ内の 1 語に誤りがあった) を駆除したため突に好調に動いた。関係者の一人は、晴海の会場からの帰りのバスの中で日本 IBM の人達が「富士通はよくやったね」と話しているのを耳にしたとの事である。その後、このシステムは関西でも公開することになり、川崎 (FACOM 230-50) と大阪 (端末) を電電公社のラインで結び、実演を行った。

1964 年 4 月、日本 IBM は '360 シリーズ' の発表を行った。これは、第 3 世代の OS³⁰⁾ が出現することを意味した。第 3 世代の OS は多重モードシステムであり、バッチ処理、タイムシェアリング、リアルタイム処理、および多重プロセッシングの全部または一部を同時にサポートするものである。

富士通は、大型機では固定語長で性能重視型、中小型では可変語長で経済性と個性重視型の開発方針をとっていて、IBM の 'One Machine Concept' とは異なった行き方をしていたが、1965 年 9 月 17 日、経団連倶楽部と川崎工場において 'FACOM 230 シリーズの完成について' の発表を行った。これは、IBM 360 シリーズに対する国産機メーカー富士通の新たな '挑戦宣言'³¹⁾でもあった**。

* FONTAC Central の富士通名は FACON 250 であったが、230 シリーズ化以後、FACOM 230-50 と改称された。

** 後の展開を観察すると、必ずしもこのような対置構図そのままに進展したという訳でもない。後の M シリーズは、機械語レベルで IBM コンパティブル + α (チャネル DAT 等) となったから、計算機アーキテクチャに関しては富士通が IBM と同方向へ向うように推移した。

MONITOR II (M-II) 完成の後、FACOM 230 大型機のモニタ系列は、多重プログラミング機能のない縮小型 M-I, M-II にインプットジョブスタックとアウトプットジョブスタック機能を追加した M-III, リアルタイムジョブとバッチジョブを併行処理する M-IV, ローカルバッチ処理, リモートバッチ処理, リアルタイム処理およびデマンド (会話型) 処理を統一的概念の下に制御する M-V* (2CPU の多重プロセッシングも行う), M-V を更に強化し, ネットワーク, OB/DC (データベース, データコミュニケーション) による処理を行い, APU (アレイプロセッサユニット) を制御する M-VI/VII* と発展し^{31), 29), 32)}, 第Ⅲ世代ないしは第Ⅳ世代の OS³⁰⁾ へと大きく育って行った。

7. おわりに

わが国の計算機政策の歴史, また富士通が一貫して '純国産電子計算機' を開発し続けたのに対し, 他の国産各メーカーが

1961 年	日立製作所	—RCA
1962 年	三菱電機	—TRW
1962 年	日本電気	—ハネウェル
1963 年	沖電気	—ユニパック
1964 年	東京芝浦電気	—GE

というように米国メーカーと技術提携を行ったことの考察, 更に, 後に起った業界再編成をも含めて業界動向のダイナミックスの考察等, 計算機の技術面の歴史のほかにも現在あるいは将来考えるべきことが多々あるようである。

最後に, ご意見をいただきました東京大学教授米田信夫氏, 同教授和田英一氏, 同講師川合慧氏, 富士通研究所取締役山田博氏, 同所長付石井康雄氏, 富士通ソフトウェア開発企画本部開発企画室長辻ヶ堂信氏, 同電事本ソフトウェア事業部河田汎課長に深く感謝致します。

* M-V および M-VI は FACOM 230-60 用, M-VII は同 75 用である。

参 考 文 献

- 1) 社史 II (昭和 36 年~50 年), 富士通株式会社 (1976).
- 2) 山本卓真: FACOM の誕生まで, 池田記念論文集, 富士通株式会社 (1978).
- 3) 'FACOM 性能一覧', 池田記念論文集.
- 4) 井上直敏, 松山辰郎, 岡本 彬: 継電器式計算

機 FACOM 100, 池田記念論文集.

- 5) 高橋秀俊: 電子計算機の誕生, 中公新書 273, 中央公論社 (1972).
- 6) 和田英一: PC 1 のイニシャルオーダー R0, bit, Vol. 4, No. 12, pp. 57-69 (1972 年 11 月).
- 7) 日本の電子計算機 '66, (社) 日本電子工業振興協会/日本電子計算機株式会社 (1966).
- 8) 井上謙蔵他: ISSP ALGOL のコンパイラ, 情報処理, Vol. 5, No. 1, pp. 9-20 (1964).
- 9) 石井康雄: FACOM 222 開発の回想, 池田記念論文集.
- 10) 辻ヶ堂信他: FACOM 222 ALLOCATOR, FUJITSU, Vol. 13, No. 5, pp. 593-596 (1962).
- 11) Kilburn, T. et al.: One-level storage systems, IEEE Trans. on EC, EC-11 (2), pp. 223-235 (1962).
- 12) 竹中 靖: ALGOL Compiler の作成について, 情報処理, Vol. 2, No. 1, pp. 21-29 (1961).
- 13) Backus, J. W. et al.: The FORTRAN Automatic Coding System, Proceedings of the Western Joint Computer Conference, Los Angeles, pp. 188-198 (1957).
- 14) Rosen, S.: Programming Systems and Languages, A Historical Survey, Proceedings of the Spring Joint Computer Conference, Washington, pp. 1-15 (1964).
- 15) 辻ヶ堂信, 丸山 武: FACOM 222 FAST (CDT 402 型), 情報処理, Vol. 4, No. 5, pp. 241-248 (1963).
- 16) 情報処理学会 COBOL 研究会: 国産の COBOL コンパイラ, 情報処理, Vol. 8, No. 3, pp. 140-144 (1967).
- 17) 佐々木高夫: FACOM のソフトウェア展望, FUJITSU, Vol. 14, No. 6, pp. 716-721 (1963).
- 18) 石井康雄, 辻ヶ堂信: FACOM ソフトウェアについて, FUJITSU, Vol. 16, No. 1, pp. 107-112 (1965).
- 19) 池田敏雄: 電子計算機の発展過程 (FACOM 系列に流れる基本思想), FUJITSU, Vol. 16, No. 1, pp. 95-105 (1965).
- 20) Deitel, H. M.: An Introduction to Operating Systems, Addison Wesley (1983).
- 21) 山本卓真, 井上直敏: FACOM 開発のあゆみ, 池田記念論文集.
- 22) 小林大祐, 長森享三, 橋本南海男: FONTAC システムについて, FUJITSU, Vol. 16, No. 1, pp. 24-33 (1965).
- 23) 小林大祐: FONTAC について, FUJITSU, Vol. 16, No. 1, pp. 20-23 (1965).
- 24) 石井康雄, 辻ヶ堂信: FONTAC の SOFTWARE について, FUJITSU, Vol. 16, No. 1, pp. 52-58 (1965).
- 25) 和田英一: モニタシステム, 情報処理, Vol. 3, No. 5, pp. 267-277 (1962).

- 26) 黒崎房之助, 山田 博: FONTAC 主計算機, FUJITSU, Vol. 16, No. 1, pp. 34-51 (1965).
- 27) 伊澤喜三男: 計算機運転無人化システム, 80 年代のエレクトロニクス第 2 巻, pp. 127-131, 日本ビジネスレポート社 (1978).
- 28) 辻ヶ堂信, 伊澤喜三男, 竜田和彦: FONTAC 8040 MONITOR, 情報処理, Vol. 7, No. 5, pp. 256-262 (1966).
- 29) 辻ヶ堂信, 伊澤喜三男: FACOM 230-50 のモニタについて, FUJITSU, Vol. 17, No. 3, pp. 379-387 (1966).
- 30) 金光良衛, 辻ヶ堂信, 鈴木 滋: FACOM 230-50 ソフトウェア, FUJITSU, Vol. 17, No. 1, pp. 53-57 (1966).
- 31) 伊澤喜三男, 山崎真義: 実験的 Time Sharing System について, 昭和 43 年度電子通信学会全国大会 (1968).
- 32) 森 崇, 泉谷隆男, 辻ヶ堂信, 藤崎 勘, 井手 総輔: オンライン用管理プログラム, FUJITSU, Vol. 19, No. 5, pp. 743-758 (1968).
(昭和 57 年 12 月 3 日受付)
-

