

北海道大学大型計算機センターにおける 学術情報処理とシステムレベルアップ計画

Computing Service System and Level-Up Planning at the Hokkaido University Computing Center

北海道大学大型計算機センターは、全国の7大学に設置されている学術研究のための計算処理サービスを目的とした全国共同利用施設の一つである。学術研究を目的とした利用は非常に多種多様な処理を含み、かつ計算規模も極めて広い範囲に分布しており、本論文ではこれら学術情報処理の特徴を、その歴史的推移も含めて紹介する。更に、このような利用環境のもとで、昭和54年10月に行なわれたリプレースの際のシステム計画の実例を述べる。また、学術情報処理における今後の展望と課題についても論ずる。

大野公男*	Kimio Oono
栃内香次**	Kôji Tochinnai
久保 洋***	Hiroshi Kubo
千葉正喜****	Masaki Chiba
天野 要***	Kaname Amano
三谷 滋*****	Shigeru Mitani

1 緒 言

大学大型計算機センターは、日本学術会議の勧告に基づき昭和40年4月学術研究のための全国共同利用施設として東京大学に第1号が設置され、続いて図1に示すように、全国7大学に逐次設置された。その後現在に至るまで各センターともほぼ二度ずつ機種更新とレベルアップを行なってきた。現在のシステム規模は東京大学が最も大規模であり、次が京都大学で、他の5センターはほぼ同規模である。

大学大型計算機センターの業務内容は、全国の大学などに籍を置く研究者に、学術研究のための計算処理サービスを提供することである。センター創立以来、計算機とその利用技術の進歩は目覚ましく、これとともにセンターに要求される計算サービスも複雑化、大規模化、多様化の一途をたどっている。本論文は、このような計算機の一つの特殊な利用環境を紹介する意図も含めて、昭和54年10月のリプレースの際の北海道大学大型計算機センターでのシステム設計の実例と、学術研究を目的とした利用分野での今後の課題について論ずる。リプレースの際のシステム移行、新運用システムの構築については、本号掲載の別論文¹⁾「北海道大学大型計算機センターのシステム構成とシステム建設・移行作業」で論ずる。

また、センター創立以来のシステム構成と処理状況の推移、本システムの処理内容・方法の特徴、サービス方式、運用方式などについても述べる。

2 新システムの需要予測と処理内容

北海道大学大型計算機センターは、昭和45年4月に第6番目のセンターとして設立され、昭和49年11月と、今回紹介する昭和54年10月の計2回、レベルアップに伴うシステム変更を行ない現在に至っている。この間の年度ごとの処理件数、及びCPU(Central Processing Unit: 中央処理装置)使用時間の総計推移を図2(a)(b)に示す。計算規模の拡大、潜在需要の顕在化などにより、計算処理量が年々増加することが大学センターの一つの特徴である。図2は今回のシステム変更計画作業の一環として計算需要の伸びを予測したものであり、同図中の昭和52年度までの実線は実績を、それ以降はこれに



図1 全国の大学大型計算機センター 全国を七つの地区に分け、各地区の中核となる国立大学に全国共同利用の大型計算機センターが設置されている。

基づく予測を示している。また、当センターの利用者は大学院学生などが約半数を占め、論文などの締切の関係で例年12月、1月、2月の3箇月間の利用が非常に混雑するが、図中の下側の線はこの繁忙期での各々の値を示している。参考のために、図3に昭和54年度の当センター利用者の所属別、身分別の構成割合を示す。

* 北海道大学大型計算機センター 理学博士 ** 北海道大学工学部 *** 北海道大学大型計算機センター 工学博士
**** 北海道大学大型計算機センター ***** 日立製作所ソフトウェア工場

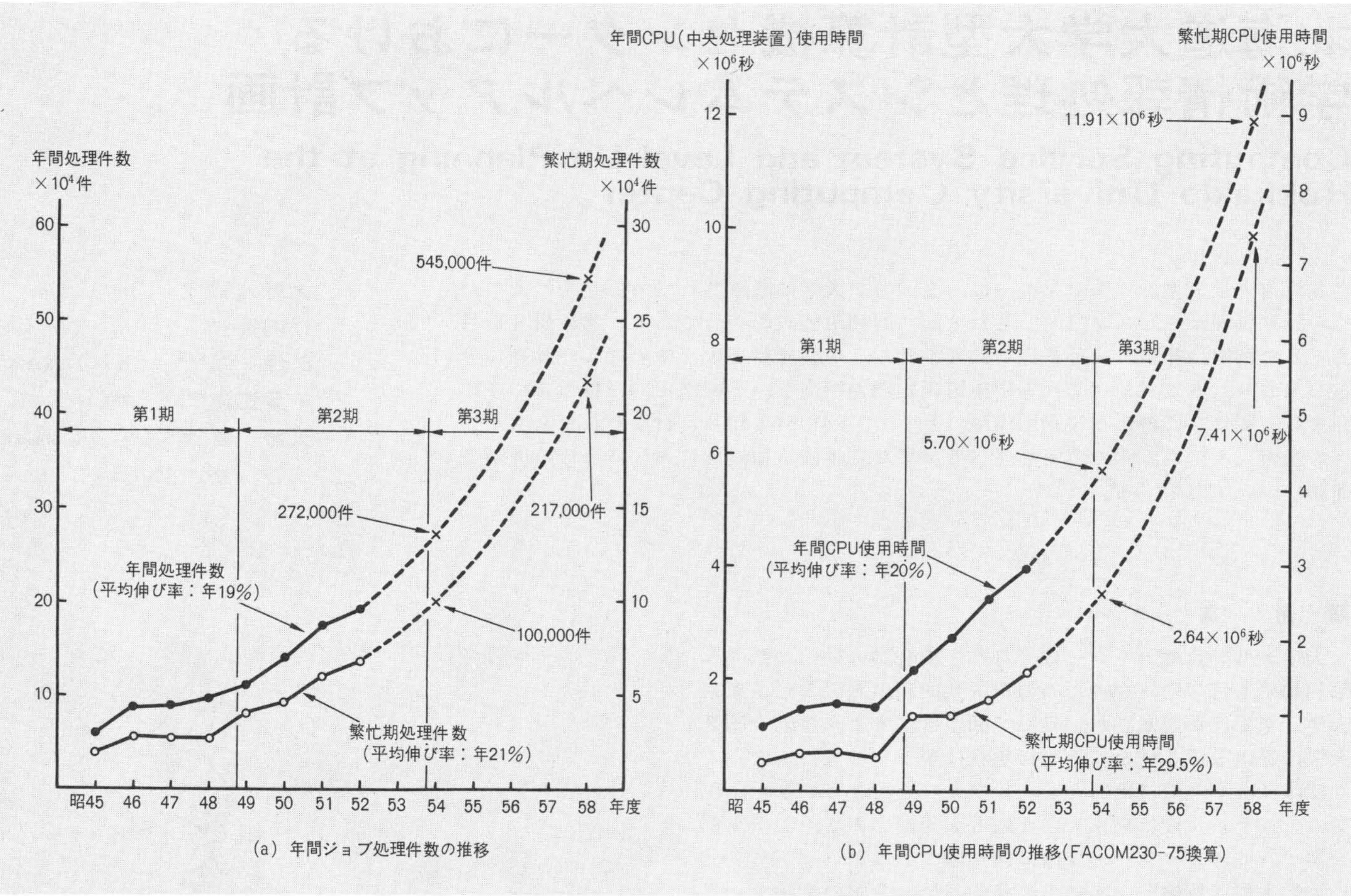


図2 計算処理状況の推移と予測 昭和45年度から昭和52年度までのセンター利用実績を用いて、昭和54年度から昭和58年度までの年間ジョブ処理件数、及び年間CPU使用時間の推移を予測した。

図2で、昭和46年から48年までの繁忙期の場合、件数、CPU使用時間ともに頭打ちになっているのは、計算処理量が第1期システムの能力の限界に達したためである。この結果から判断して、昭和49年に導入した第2期システムでも昭和54年度で計算処理量はその能力の限界に達することが確実な状況となったため、システムのレベルアップ計画が開始された。システム計画の策定、機種を選定などの作業は当センター運営委員会のもとに委員15名から成る次期システム計画委員会

が設置され、昭和52年、同53年の2年間にわたってこの委員会で精力的に進められ、昭和54年2月に次期システムとして日立製作所提案のシステムを上記運営委員会で決定した。

2.1 次期システム計画の基本方針

システムのレベルアップ計画に際して、利用者に対するアンケート調査、システム計画に関する公聴会などによる利用者のニーズの調査分析、新たな計算機利用技術に関する調査、センターでの問題点の分析などを行ない、次期システム計画

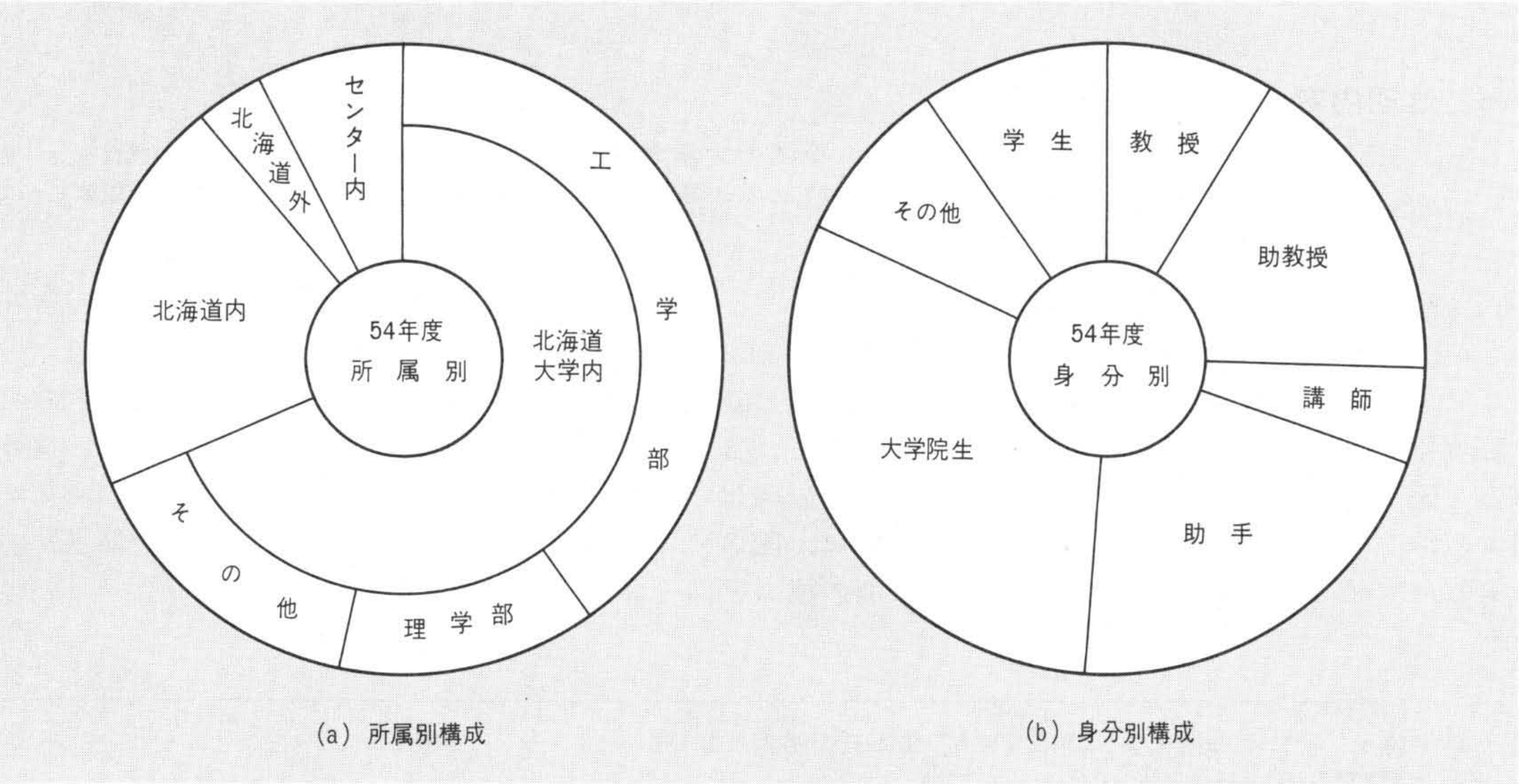


図3 利用者の構成(総課題1,294) 北海道大学大型計算機センターでは、第1地区内の利用者が大部分を占める。また、大学院生の利用者が第1位である。

の基本方針として以下に示す3本の柱を、計算サービスの内容方式の特徴としてまとめた。

(1) 情報処理の高度化、多様化への対応

- (a) センター内外の端末からの利用の増大と高度化
- (b) 入出力特に図形、画像及び漢字の入出力機能の多様化
- (c) 大規模計算
- (d) 学術情報データベースシステム
- (e) 高速データ通信網によるセンター間ネットワーク

(2) 情報処理の能率化、オープン化

- (a) 端末機器からのファイル編集・計算制御を中心とするオープン処理
- (b) 大量データのOCR(Optical Character Reader:光学文字読取り装置)による入力
- (c) 図形出力を中心とした出力方式の多様化

(3) センター運用の能率化、省力化

- (a) システムの信頼性、保守性の向上
- (b) 運転操作の省力化、無人化
- (c) 消費電力、発熱量及び設置スペースの節減

2.2 センターが提供するシステム資源

上記の基本方針では、新システムの提供するシステム資源として(1)ファイル利用、(2)TSS(Time Sharing System)、リモートバッチ処理、(3)図形出力、(4)データベース、ネットワークの4項目を極めて重視している。そこで、これらについてセンター創立以来の推移を簡単に説明する。

2.2.1 ファイル利用

利用者ファイルは磁気ディスク容量が240Mバイトになった昭和46年9月からサービスが開始され、ソースプログラム、中間結果の格納などに利用が増大の一途をたどった。第2期最後の昭和53年12月のシステム構成では、磁気ディスク総容量3,200Mバイトであり、利用者にはそのうち1,600Mバイトを公開した。

2.2.2 TSS, リモートバッチ処理

通信回線による利用は、昭和47年8月に室蘭工業大学に、翌昭和48年には小樽商科大学にデータステーションが設置されたのを最初とするが、これらはいずれもリモートバッチ処理主体であった。TSSサービスは第1期は全くの試験的使用が行なわれただけで、正式サービスは第2期の昭和50年5月、OS(Operating System)のバージョンアップとともに始まったと考えてよい。それも、センター内端末は100bpsタイプライタ端末2台、1,200bpsキャラクタディスプレイ端末が2台だけであった。しかし、その後データステーションは着実に増加し、昭和53年12月には北海道大学内も含めて12箇所データステーションが設置されるに至った。また、昭和52年12月から交換回線によるサービスが開始され、利用者側の設置端末数が急速に増加した。昭和53年度のTSS、リモートバッチ処理は、全ジョブ処理の約18%を占めた。

2.2.3 図形出力

創立当初から小形XYプロッタを1台設置したが、図形による出力が年々増加し途中高性能なものへの変更、台数の増加などを行なった。昭和53年12月には3色の小形XYプロッタが3台、昭和53年度の処理件数の中で図形出力を含むものは約13%であった。

2.2.4 データベースと大型計算機センター間ネットワーク

昭和50年ごろから、文献情報などのデータベースが注目され、同年東京大学大型計算機センターでは、独自のDBMS(Data Base Management System)を開発してその公開を始めた。また、昭和54年から東京大学、京都大学の大型計算

機センター間でN-1ネットワークシステムの開発が始められた。

2.3 新たな処理需要とサービス方式

大型計算機センターは、世界の最先端の研究に利用されるために、新しいシステム資源、新しい利用技術をできる限り迅速に提供しなければならない。4章でこのような大学大型計算機センターの特殊性について更に触れるが、上記データベースサービス、大型計算機センター間ネットワークなどのほかにも、図形画像の入出力と処理、論文編集などの新たな需要も高まりつつあり、これらは次期システムで満たすことが必要不可欠であった。

サービス方式については次の3章で触れるが、センター創立以来の環境と入出力処理の経緯を簡単に説明する。センターの職員数は非常勤も含めて約45名であり、創立以来ほとんど増減はない。創立当初はジョブの入出力はすべてクローズド処理であったが、年々増加する処理量、多様化するサービスに対処するため、利用者のセルフサービスによるオープン方式を逐次取り入れてきた。昭和51年5月には特注によるベルトコンベアを用いた出力陳列方式が完成し、ラインプリンタ出力のオープン化が完成した。

3 新システムの運用方式

前章の基本方針から導かれた基本構成を述べる前に、処理方式について説明する。一般的な計算処理過程は、図4に示すようなサイクルとなるが、従来のパンチカードをベースにした処理方式に代わって、図5に示すようなファイルベースの処理方式を積極的に採用することとした。このような、ファイル利用を中心としたサービス方式は次のような特徴をもつ。

- (1) 計算処理での入出力部・マンマシンインタフェース部の分散化が図れる。
- (2) 遠隔地からの利用の格差を減少しやすい。
- (3) TSS利用はシステム資源の制御なども利用者にゆだねる

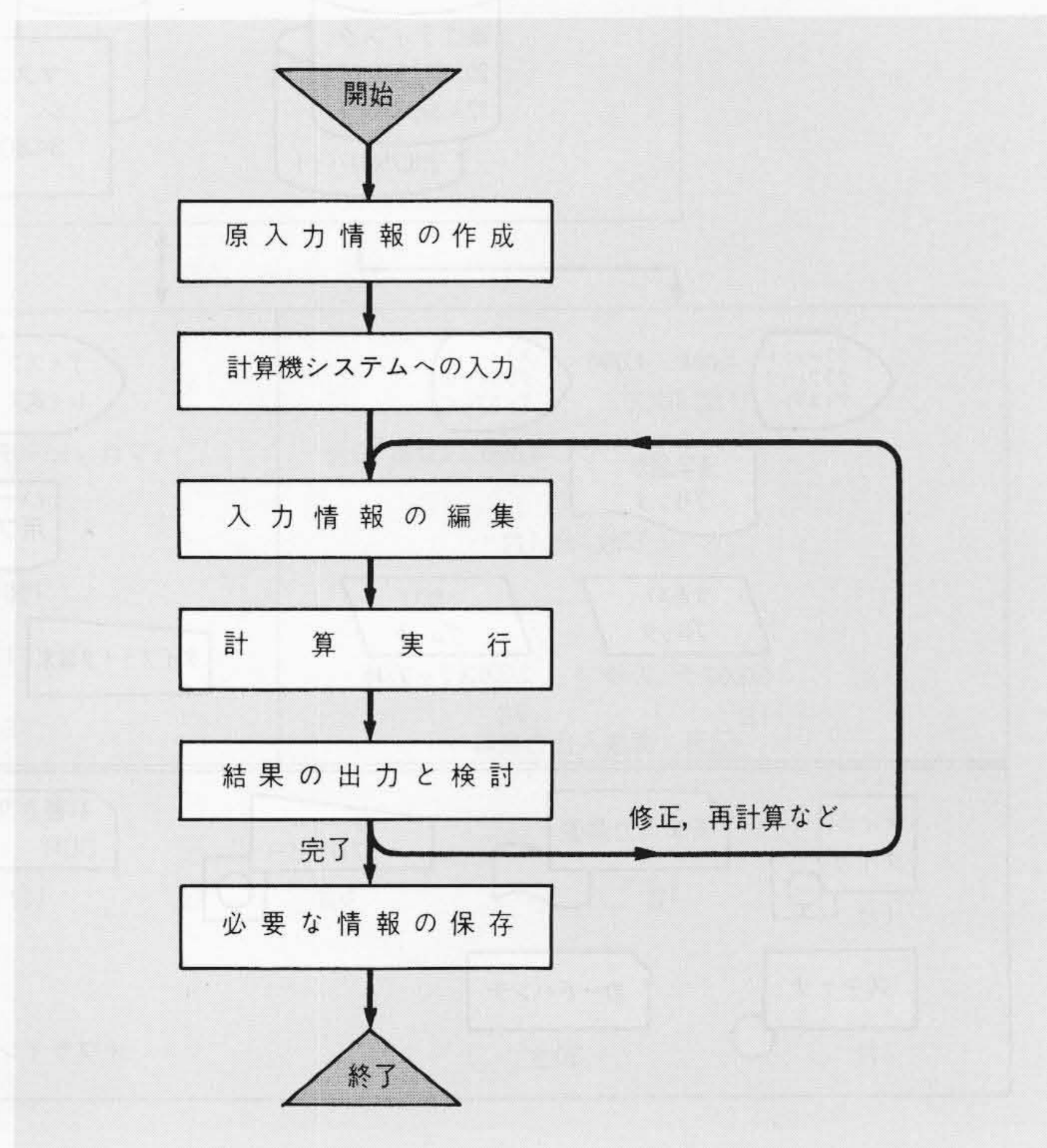


図4 計算処理過程モデル プログラムやデータの一部を変更して、繰り返し計算が実行される。

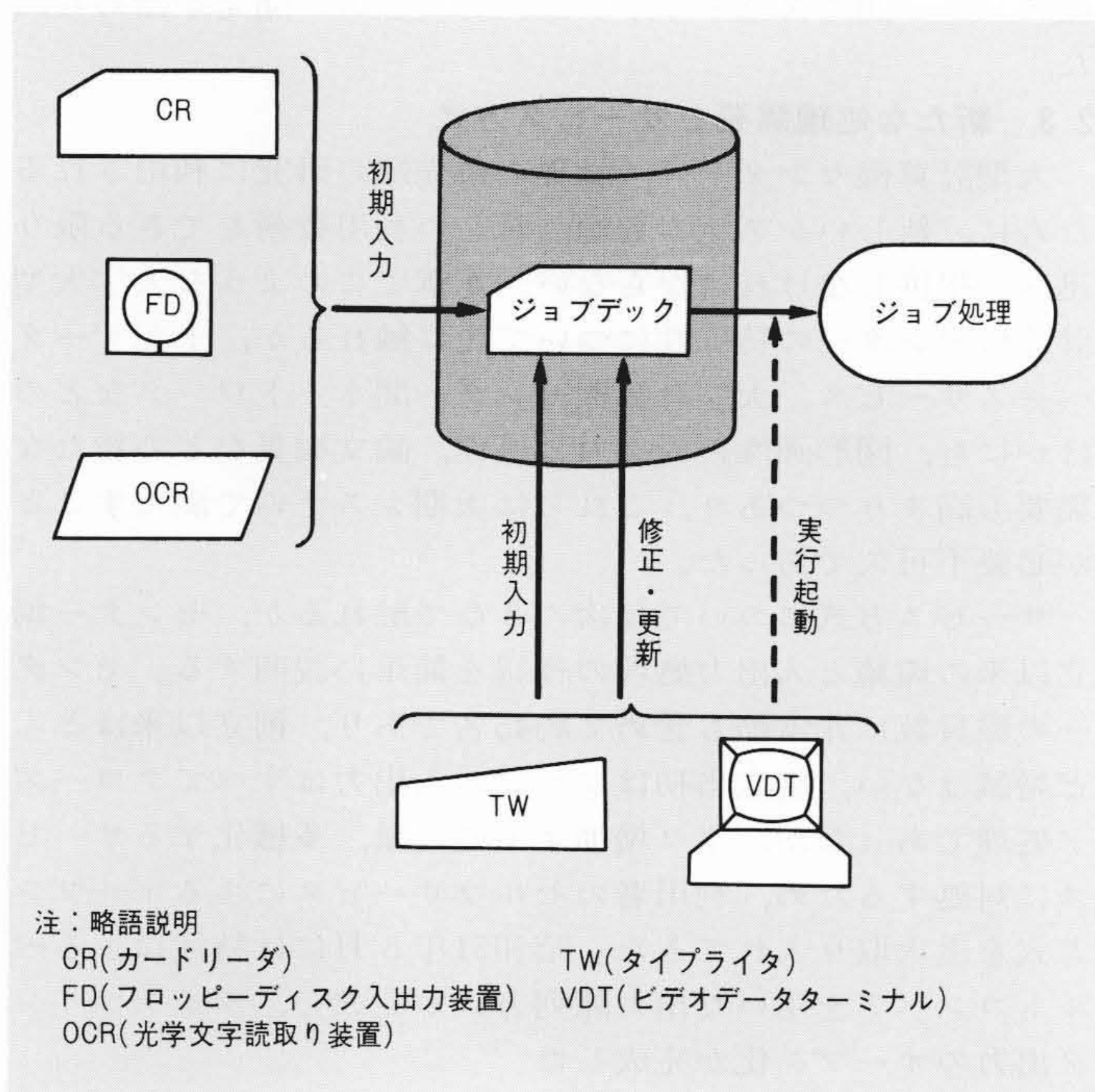


図5 ファイルベースの処理過程 最初カードリーダーなどから入力されたプログラムやデータをファイル内に保存し、その追加、削除、更新などの編集処理をTSS端末から行ない、ジョブの実行もさせる。

ことができ、オープン化に適している。

システム計画でカバーする処理能力は、昭和58年ごろまでをめどとし、先の図2に示したような単純な量的予測のほかに上記ファイルベース、TSS利用のような新たなシステム資源とシステム利用技術の発達などの予測しにくい因子も含めて、第2期システムの5倍以上の総合処理能力が必要であると考えられた。また満たすべき要件としてTSS処理は、アクティブ100端末でレスポンスタイム平均1秒以下、バッチ処理は6Mバイト程度のジョブが常時処理できて1時間当たり250件以上、ターンアラウンドタイムは平均的なジョブで10分程度と設定した。処理能力以外の基本構成として、ファイル中心の利用のために利用者ファイルとして8,000Mバイト以上、センター内端末100台以上、前章の処理内容を満たすような各種図形入出力機器、データベースシステムなど非常に多くのハードウェア、ソフトウェア資源が必要であると考えられた。第3期システムとして選定されたシステムの概念図を図6に示す。このシステムは、次期システム計画委員会の策定した処理能力、諸機能をほとんど全部満足していると判断された。

次に、運用方式の基本概念と基本的な運用パラメータについて述べる。ファイルを中心とした端末からの利用、多数の入出力機器の接続とこれらのオープン方式による利用を実現するために、図7に示すようなジョブ処理と入出力処理を分

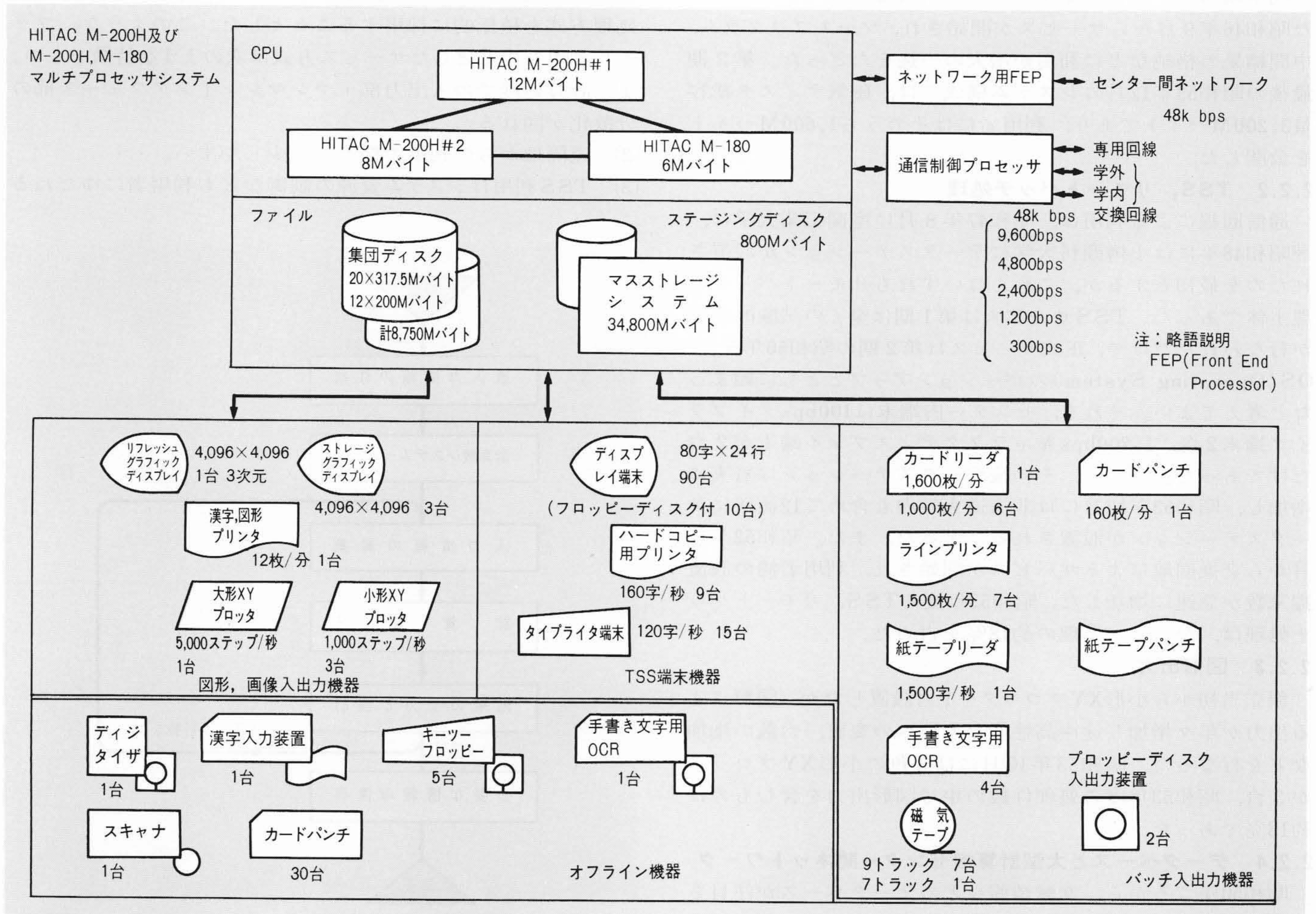


図6 第3期システム概念図 3台のCPU(HITAC M-200H×2, M-180×1)から構成され、3台が個々独立のオペレーティングシステム(VOS 3: Virtual Storage Operating System 3)で動作するが、各CPUはチャンネルで結合され、利用者からみるとCPUを意識することなく、一つのシステムとして扱うことのできる疎結合マルチプロセッサシステムとなっている。また、多様な入出力機器をもっている。

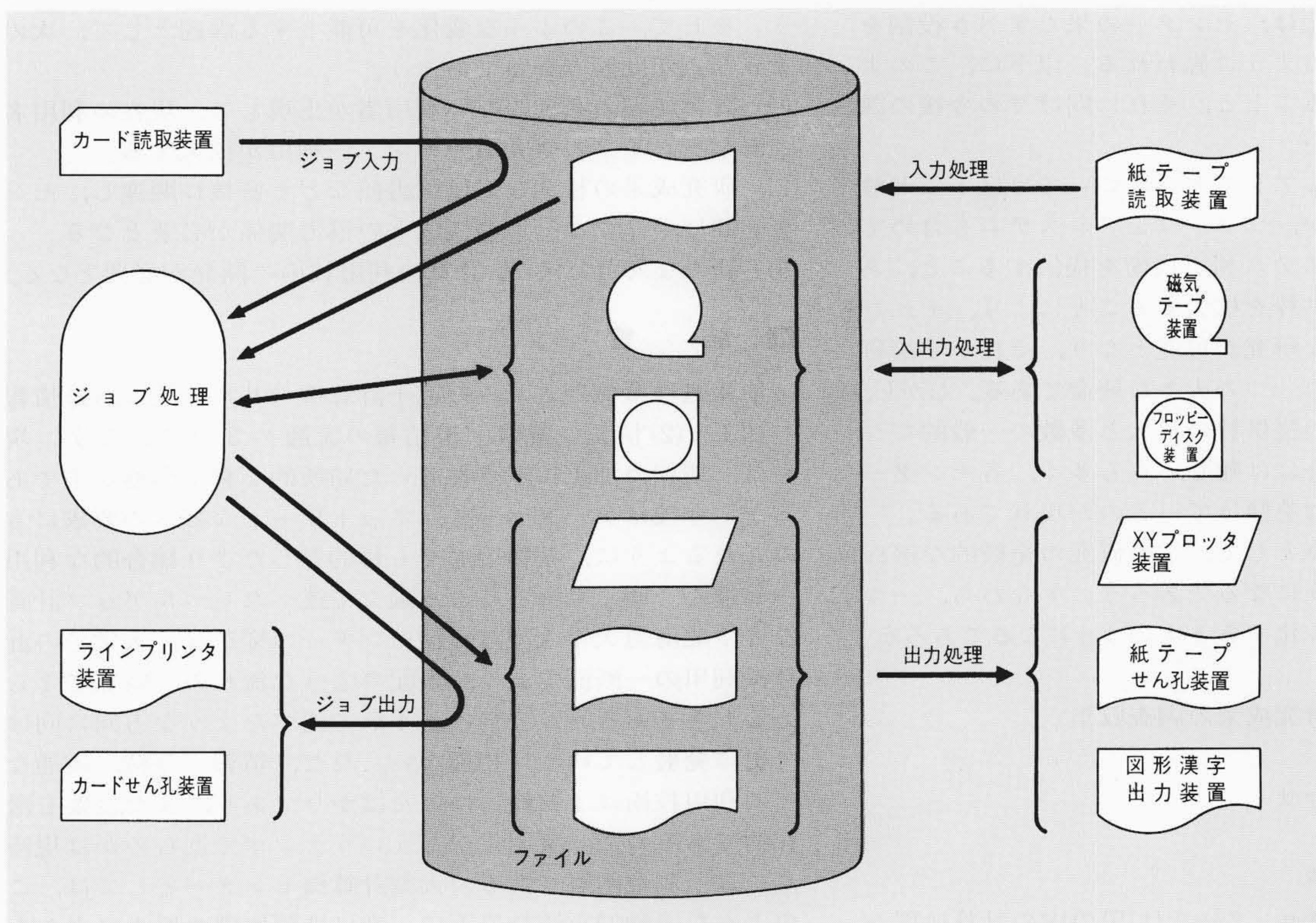


図7 ジョブ処理と入出力処理の分離 ジョブの実行時の入出力は、すべてファイルを相手とするジョブ処理と、入出力装置とファイル間のデータ転送を即時に実行する入出力処理とに分離した。

離する運用方式を採用することとした。計算処理は基本的には演算能力を使うと考えられるが、これをジョブ処理と呼ぶことにし、原則的に利用者にはファイルのアクセスだけを認める。各種装置、媒体は媒体～ファイル間の転送を行なう入出力処理を介して一度ファイル上のデータとして格納し、ジョブ処理からアクセスする。この方式は次のような特徴をもつ。

- (1) 各種装置の利用効率が高められる。
- (2) バッチ処理、TSS処理いずれからも媒体を同じに扱える。

しかしこの方式が有効に作動するためには、前提条件として利用者へ提供できるファイル量が十分であること、初心者にもファイル操作が容易に行なえることなどが必要である。このために、後述するように利用資格のある間確保される保存データセットと保存日数を指定でき、1週間程度で自動消去する短期データセットの2種類のファイルを十分に提供することと、入出力処理はメニュー方式として利用者が操作しやすいように配慮することとした。

運用パラメータとしてのジョブ区分、ファイル提供容量などは、提供する計算処理サービスの規模を定めるものとしてシステム設計上の大きな要因となる。学術研究のための計算処理の特徴の一つとして、システム資源の利用できる枠が大きければそれだけ進んだ研究が可能となることは既に触れた。この点から、運用パラメータとして表1に示すような規模を考えた。一般的には、運用パラメータは管理的な色彩が強く、ファイル容量なども同表(b)をどのような時点でも保証できるかどうか心配されたが、時間的な保証よりは研究規模のほうを重視する運用方針が採られた。

4 学術情報処理におけるセンターの今後の課題

2章で述べた次期システム計画の基本方針は、第3期システムで大部分が実現された。なかでもセンター内外の端末からの利用は大幅に拡大した。昭和53年12月と昭和55年12月のTSS処理件数は約10倍に伸び、昭和55年12月の時点でジョブ

表1 基本運用パラメータ ジョブ区分は、バッチ系で4区分とした。ファイル容量は制限を緩めて、利用しやすくした。

(a) ジョブ区分

区分名	項目 内容	CPU時間		仮 想 空 間	
		標準値	上限値	標準値	上限値
A	デバグジョブ	10秒	10秒	1Mバイト	4Mバイト
B	小形ジョブ	1分	1分	1Mバイト	1Mバイト
C	普通ジョブ	1分	10分	1Mバイト	3Mバイト
D	大形ジョブ	1分	60分	1Mバイト	6Mバイト
T	TSSジョブ	—	10分	0.5Mバイト	3Mバイト
Y	特殊・要審査ジョブ	1分	要審査	1Mバイト	要審査

(b) ファイル容量

種 類	容量の上限値	保 存 期 間	個数の上限値
短期データセット	3,000トラック	期間がきたら自動消滅	両方で30個まで
保存データセット	12,000トラック	課題番号のある間存続	

注：1トラック＝19kバイト

処理件数全体に占めるTSS処理件数は約46%にまで上昇した。また、大規模計算に関しても、メモリ6Mバイト、HITAC M-200HでCPU使用時間60分の大規模なジョブクラスが利用者に公開され利用されている。

なお、現システム計画の処理内容として必要性を指適したデータベースや大型計算機センター間ネットワークなどの新たな利用技術に関しては、着実に準備が進んでおり、第3期の現在のシステムで正式公開され利用が拡大してゆくであろう。このように、センター創立以来変化してきた処理内容の

複雑化・大規模化・多様化は、センターの果たすべき役割を加速度的に変化させているように思われる。以下に、このような変化の目標を見定めることと、それに向けての今後の課題について簡単に論じたい。

本論文では、ソフトウェアシステムについてはほとんど触れることができなかったが、ソフトウェアシステムも含めて新たなシステム資源とシステム利用技術を提供すること、あるいはシステム資源の提供枠を拡大することにより、それだけ新たな研究、より高度な研究が可能となり、それが学術研究を目的としたセンターの一つの大きな使命である。しかし、新たな資源の提供、資源の提供枠の拡大と多数の一般的なジョブ処理との運用上の整合には難しい点も多く、各センターともその解決に多くの努力を傾けているのが現状である。

もう一つの変化の到達点として、学術研究の全般的な過程に計算機が利用されるようになるであろう。すなわち、一つの学術研究の過程をモデル化すると次のようになるであろう。

- (1) 研究テーマの設定
- (2) ある分野の学術上の研究成果の調査収集
- (3) 研究計画の立案
- (4) 研究者間の連絡、打合せ
- (5) 研究の実行
- (6) 研究成果の発行と蓄積

このうち現在の大型計算機センターでは(5)の中の計算処理が主で、(1)、(6)のわずかな一部のサービスを行なっている程度であり、今後は計算機の利用技術の進歩とともに、上記すべてのステップで計算機が利用されるようになるであろう。このような変化は、センターにとって「大型計算機センター」から「大型学術情報処理センター」への変革と考えられるであろう。

う。そして、このような変化を可能とする課題として、次のような点が問題となるであろう。

- (1) 計算処理の必要のない利用者が出現して、現在の利用者とは異なるタイプの研究者のセンター利用が拡大する。
- (2) 研究成果の検索などは図書館などと密接に関連し、センター間ばかりでなく他の機関との協力関係が必要となる。
- (3) 新たな入出力機器、計算機利用技術の開発が必要となる。

4 結 言

情報処理機械としてみた電子計算機の基本機能は、(1)情報の加工、(2)情報の蓄積、(3)情報の流通の3点であろう。現在は、情報の加工に重点を置いた局所的な利用形態が主であるが、今後はデータベース、ネットワークなどへの要求にもみられるように、蓄積流通をも目的としたより総合的な利用へと進んでゆくであろう。本論文で述べたレベルアップ計画など、北海道大学大型計算機センターの変遷は、大学での計算機利用の一断面であり、上記のような流れの一時点でとらえるべきであろう。今後は、4章で述べたような方向に向けて更に発展してゆくに相違ない。ただ、情報の蓄積、流通などの利用技術はまだ緒についたばかりであり、また需要も潜在的であるので、実用化がどのようなテンポで進むのかは現時点では予測が困難である。大型計算機センターとしては、このような流動的な情勢の下に、常に情報処理の原点に立ちもどって最終目標を見つめることが必要であると考えている。

参考文献

- 1) 江丸、外：北海道大学大型計算機センターのシステム構成とシステム建設・移行作業、日立評論、63、417～422 (昭56-6)

論文抄録

超高速演算の動向

日立製作所 小高俊彦・河辺 峻
情報処理 21-9, 927-937 (昭55-9)

科学技術の発展に伴い、コンピュータによる技術計算も大形化し、計算速度の向上に対する要求はますます高まりつつある。

ここで対象としている超高速演算コンピュータは、一般にスーパーコンピュータとも呼ばれている大規模技術計算を高速に処理するコンピュータである。これらは、主として気象予報、地震波の解析(資源の探査)、原子核物理、航空工学などの計算に使用される。

1970年代前半に、有名な幾つかのスーパーコンピュータが開発された。それらはSTAR-100, ASC (Advanced Scientific Computer) 及びILLIAC-IVである。STAR-100は40nsピッチの演算パイプラインを2個、ASCは80nsピッチの演算パイプラインを最大4個もつ構成である。一方、ILLIAC-IVは、64個のプロセッサエレメントを並列に動作させ、高速演算を行なわせる方式である。

しかし、これらのコンピュータは、初期の半導体技術を使用し、物理的にも大きな

構造となり、数多くは作られなかった。

1970年代後半から最近にかけて、半導体技術の進歩をベースに、新しいコンパクトな技術計算専用コンピュータの開発が始められた。演算方式上特長的なものとして、HITAC M-200H IAP (Integrated Array Processor), CRAY-1, BSP (Burroughs Scientific Processor), DAP (Distributed Array Processor) などを挙げることができる。

HITAC M-200H IAPは、汎用超大形コンピュータM-200HにIAP機構を付加することにより、演算パイプライン処理を可能とするもので、使いやすさが特長である。

CRAY-1は、演算パイプライン処理を追求した設計で、12.5nsピッチのパイプライン方式で演算器を動作させる。これにより、1秒間に 80×10^6 個の浮動小数点演算を行なうことができる。

BSPは、演算ユニットを16個並列に動作させて、高速演算を行なわせる方式である(しかし1980年末、BSPは開発を中止された)。

DAPは、並列処理方式を更に推し進めたもので、1ビット直列処理の小さなプロセッサエレメントを $32 \times 32 (1,024)$ 個、あるいは $64 \times 64 (4,096)$ 個アレイ状に配列し、これらを並列に動作させて高速演算を行なわせる方式である。

現在、米国のNASAでは、風洞実験のシミュレーションを行なうため、1秒間に 10^9 個以上の浮動小数点演算を行なう専用コンピュータの開発を計画している。

この目標は、CRAY-1の10倍以上の性能であるが、CRAY-1は既に12.5nsピッチの演算パイプラインであり、このピッチを $\frac{1}{10}$ にすることは技術的に困難と思われる。

このため、将来の高速演算のニーズにこたえるためには、並列処理化の道を歩まざるを得ないと思われる。並列処理コンピュータを、効率良く動作させるためのプログラムやアルゴリズムの開発が容易な並列処理アーキテクチャの開発が将来の課題である。