

HIDIC V90/50 基本制御ソフトウェア

Basic Control Software for HIDIC V90/50 Computer System

計算機制御システムは近年ますます多様化、大規模化しており、システムの機能は極めて複雑なものとなってきている。ここで要求されるシステム性能は、高速応答性及び処理性の両面にわたり、更に大規模化したシステムの建設、保守及び拡張の容易さが必要不可欠な課題となっている。

日立製作所は、これらのニーズに対応して、機能分散マルチプロセッサを基本構造とする32ビット制御用計算機HIDIC V90/50を開発した。その基本制御ソフトウェアでは、ファームウェア技術を活用して徹底的に高速応答性を追求するとともに、システムの仮想化技術によるソフトウェアの作りやすさと、使いやすさを目的とした対話処理機能の充実を重点に、オンラインOSと標準サブシステムの体系化を図った。

中西宏明* *Hiroaki Nakanishi*

林 利弘* *Toshihiro Hayashi*

中根啓一** *Keiichi Nakane*

迫田行介*** *Kôsuke Sakota*

1 緒 言

HIDIC V90/50(以下、H-V90と略す。)は、年々大形化、多様化、複雑化してきている制御用計算機システムの市場ニーズにこたえるべく、日立製作所が開発した32ビットスーパーミニコンピュータである。制御用計算機システムは、目覚ましい半導体技術の進歩と大形計算機からのテクノロジートランスファによる性能向上により、その処理能力は汎用中形機を超えるレベルに達しており、処理する業務も拡大の一途をたどっている。その結果、ソフトウェアは急激に大規模化、複雑化してきており、ソフトウェアの生産性を向上させることが極めて重要な課題となっている。一方、計算機制御システムとしてのリアルタイム性、すなわち高速応答性や信頼性、システムの拡張性など、制御用としての基本ニーズはますます重要性を増してきている。

H-V90では、これらの課題にこたえるため、バーチャルシステムアーキテクチャを基本構造とするソフトウェア開発支援システムを体系的に整備するとともに、HIDIC 80シリーズでの豊富な計算機制御システムの経験を基に、OS(オペレーティングシステム)の機能の拡充、性能の向上を図った。更に、プログラミングをはじめとしシステム建設に至るソフトウェア開発の具体作業を容易にする対話形機能を拡充整備し、これらを基本制御ソフトウェアと名付け体系化を図った。すなわち、基本制御ソフトウェアはスーパーバイザ、ファイル管理及びジョブ管理を中心としたオンラインOSを中心に入出力標準サブシステム、マルチネットワークシステムの基本制御機構を含むOS(V90 OS)の中核をなすものである。

2 基本制御ソフトウェアの思想と体系

V90 OS基本制御ソフトウェアの開発に当たっては、2,000システムに及ぶHIDIC 80シリーズでの計算機制御システムの経験を基に、その基本設計思想^{1),2)}を継承発展させることを最重点課題とした。更に、処理装置の性能、機能の向上をベースに、トータルシステムとしての機能の拡充及びOSとしての性能向上を図るとともに、アプリケーションソフトウェアの生産性向上を追求して以下の諸点を重点とした。

(1) オンラインリアルタイムOSとしての性能向上

H-V90は、制御用計算機として徹底したリアルタイム性の追求を第一の課題とし、一つの処理装置を複数台のプロセッサ群で構成する機能分散マルチプロセッサ構造を基本アーキテクチャとしている。基本制御ソフトウェアのうち、特にファイル装置の制御、入出力管理、ネットワーク管理などの基本制御メカニズムは、各々FCP(ファイルコントロールプロセッサ)、IOP(入出力制御プロセッサ)、DWP(データフリーウェイ制御プロセッサ)などに分散配置し、本来のユーザープログラムが実行されるべきJOBP(ジョブプロセッサ)の負荷を著しく低減し、システム性能の向上を図った。また、JOBP内部で多数のタスクを統括制御し、資源管理を行なうOSの核を徹底的にファームウェア化し、機能の向上に伴うレスポンスの低下を許さず、むしろ向上させることを実現した。

(2) 使いやすいシステム機能の実現

システム設計からプログラム設計、テストに至るまでのシステム建設作業での種々のハードウェアの制約を解消することを主眼とし、バーチャルシステムアーキテクチャとして体系化、ソフトウェア生産性向上を図った。特に、基本制御ソフトウェアでは、32ビットのアドレス空間を生かした仮想記憶制御を実現することでメモリサイズの制約を解消すること、入出力制御を統一的に取り扱う入出力アーキテクチャの実現、プロセスデータ処理の標準化を支えるアクセス機構、ネットワークシステムでの論理回線サポートによる端末ハードウェアの制約解消など、多面的な機能の拡張を仮想化技術という観点から推進した。

(3) 標準サブシステムの整備

従来のアプリケーションソフトウェアの中で、多様な入出力装置に対応したデータの編集、変換、制御などは、メカニズムとしては共通でありながらも、個別システムの事情に応じた設計、システムの拡張に伴う保守に多大な人手を必要とするソフトウェアであった。H-V90では前記のバーチャルシステムアーキテクチャの一貫として、データ構造の定式化を軸に、入出力標準サブシステムの体系化と整備に力を注いだ。

* 日立製作所大みか工場 ** 日立製作所中央研究所 *** 日立製作所システム開発研究所

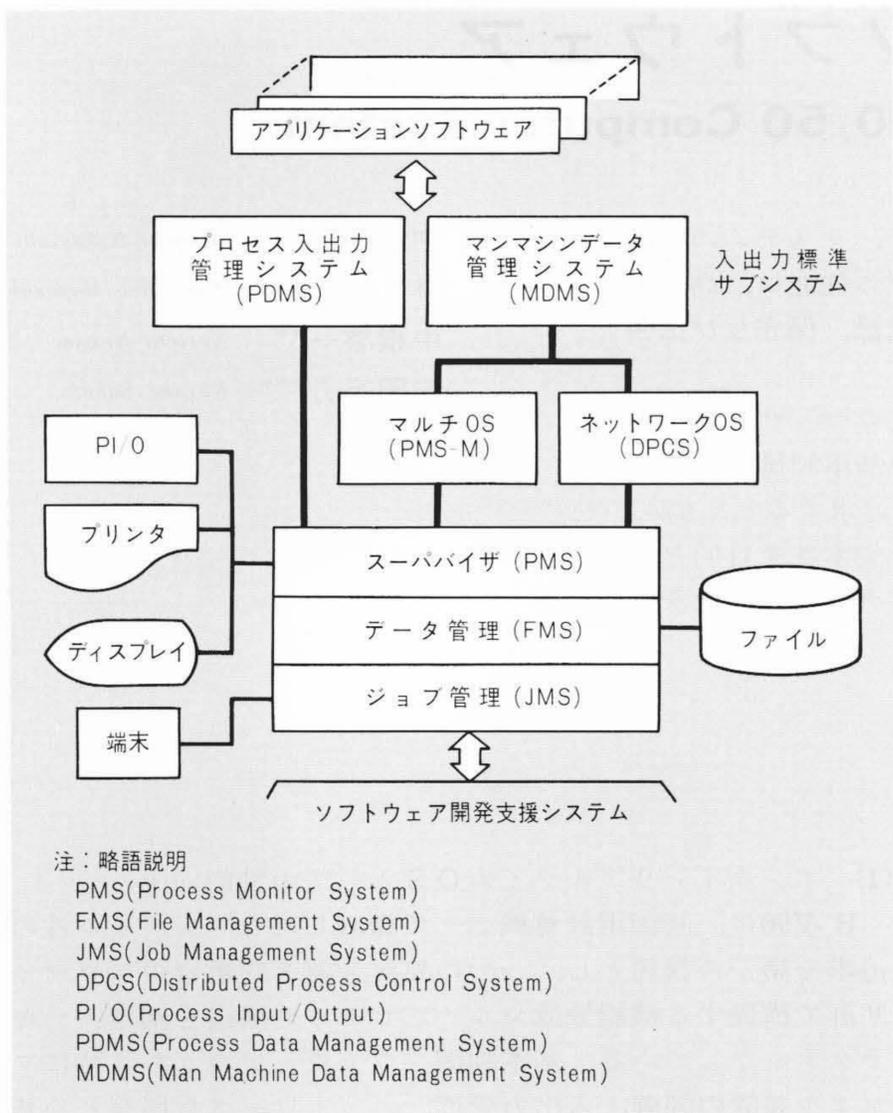


図1 HIDIC V90/50基本制御ソフトウェア体系 HIDIC V90/50基本制御ソフトウェアは、スーパーバイザ(PMS)を核として、データ管理(FMS)、ジョブ管理(JMS)の基本制御機構と、マルチ、ネットワークに対応したサブOS及び入出力装置に対応した標準サブシステムから構成され、多様なシステムを構成できる。

(4) 使いやすい対話形機能の充実

キャラクタディスプレイに代表される対話形端末に向かって、システムと直接対話しながらプログラムの開発からシステム建設、保守を行なうことのできる対話形機能は、今後のソフトウェア生産の必要不可欠な機能である。プログラミング言語から種々のソフトウェアユーティリティ群を一つのコマンド言語体系として統一化整備し、ユーザーにとって親しみやすい対話形機能を実現するための多端末制御、ジョブスケジューリング、ユーザープログラムやデータを格納するファイル管理機構など、種々の基本制御機構を整備した。

以上の諸点を特長とするH-V90システムの基本制御ソフトウェアは、図1に示すように核となるスーパーバイザPMS(Process Monitor System)を中心に、データ管理FMS(File Management System)、ジョブ管理JMS(Job Management System)を基本制御メカニズムとし、マルチコンピュータシステム、ネットワークシステムなどシステム構成に対応したサブOSと、マンマシン入出力機器、プロセス入出力装置などに対応した入出力標準サブシステムから成る。

3 オンラインOS

オンラインOSは、システムの資源を一元管理するスーパーバイザPMSを中心とし、多様なシステム構成に対応する種々のオプションモジュール及びサブOS群から成り、制御用計算機システムとして要求される下記の諸項にこたえる基本構造となるものである。第一に、システム性能の基礎をなす

資源のスケジューリングや、またOSオーバヘッドのほとんどがこのオンラインOS部分に依存している。したがって、徹底したリアルタイム性追求の鍵がここにあることである。第二に、種々のハードウェア、ソフトウェアの誤動作、不良を検出排除し、更には障害部位の検出、解析支援を行なうための基本機構として機能しなければならないこと。第三に、多様な展開を必要とするソフトウェア生産性向上のためのツール、支援ソフトウェアの動作環境を整え、そのオンライン制御部分としての機能を果たすことである。第四には、ユーザーのアプリケーションプログラムのインターフェースであるマクロ命令が豊富に備わっており、かつ目的機能が同一であればシステム構成にかかわらず同一マクロ命令とし、アプリケーションプログラムの互換性、システムの容易な拡張を可能とすることである。

3.1 スーパーバイザ(PMS)の機能と特長

JOBPを中心とする処理装置及びFCP, IOPに接続された入出力装置などのハードウェア資源、プログラム、データなどのソフトウェア資源を効率良く運用できるように管理するものをPMSと呼ぶ。PMSは以下に述べる機能と特長を備えている。

(1) タスク管理

各種資源の使用権をPMSはタスクを単位として管理する。H-V90ではタスク数の最大を4,095とし、大規模システムの実現を容易にしている。また、タスクは優先順位に従ってCPU(中央処理装置)の使用権を得るが、この優先権を0から30までの31レベルとした。優先権の制御については、図2に示すようにリアルタイムタスクの先着優先を基本とし、複数の端末を使用する対話機能をつかさどるインタラクティブタスク群には一定時限を区切ってCPUの使用権を与えるラウンドロビン方式をも可能としている。更に、タスク相互のきめ細かな制御がリアルタイムシステムでは重要であり、このためタスクの起動、停止、一時停止、再起動、同期制御、優先順位のダイナミックな変更、排他制御などのマクロ命令を備えている。

優先レベル	タスク種別	スケジューリング
0 2	システムタスク	タスク
3 23	ユーザーリアルタイムタスク	先着優先 (レベルごと)
24 26	インタラクティブタスク	ラウンドロビン
27 30	インタラクティブタスクバッチタスク	先着優先
31	アイドル	

図2 HIDIC V90/50のタスクスケジューリング タスク優先順位は31レベルであり、リアルタイム処理を迅速に行なう先着優先と、時分割にCPU(中央処理装置)を割り付けるラウンドロビンの二様の制御を可能としている。

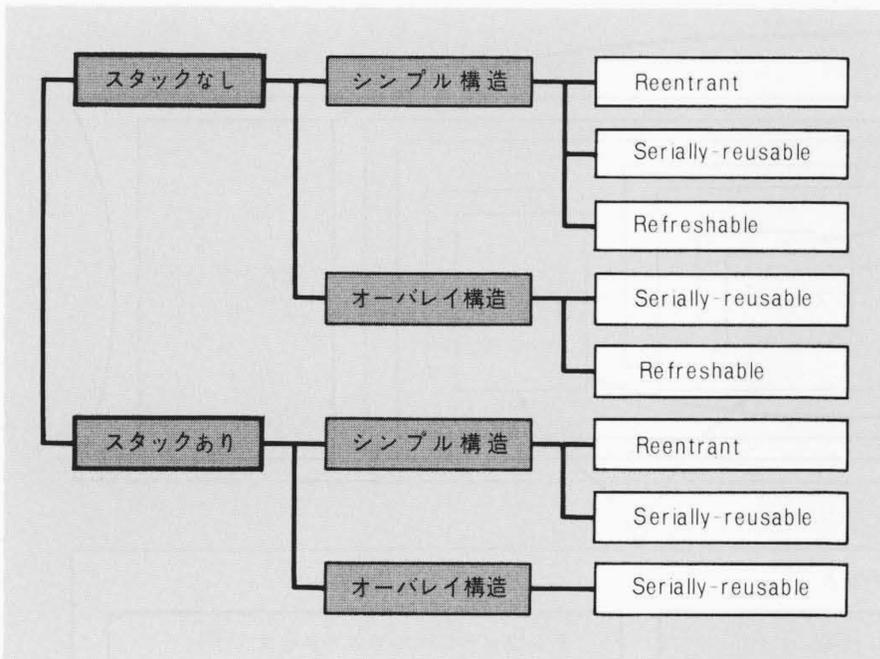


図3 HIDIC V90/50のプログラム構造によるタスクの種類 HIDIC V90/50のPMSは、多様なプログラム構造をタスクとして統一的に管理する機構を備え、きめ細かなシステム機能の実現を可能としている。

(2) プログラム管理

プログラムの管理は、タスクとプログラムの対応及び主記憶装置へのローディング、並びにサブルーチンとタスクプログラムの結合及びそのローディングを管理する。

主記憶容量が拡大傾向にあるとは言え、リアルタイムシステムでのタスク群は、その応答性能が設計予測値内にあることが不可欠であり、これを可能とするプログラム管理方式として、図3に示す四つのタスク種別と3種の主プログラムの管理を行なっている。タスクの分類はプログラムが使用するワークとしてスタックが有りか無しかということと、プログラムが一括ローディング可能なシンプル構造とセグメント単位のローディングを行なうオーバーレイ構造とで分類される。後者は、あらかじめ定められた順序で分割され、非常駐化された単位で補助記憶から主記憶へのプログラム転送を行なうためにきめ細かなタスクとプログラムの設計が可能である。また、サブルーチンについては、常駐、主プログラム内に組み込む非常駐、更に必要に応じて主記憶にローディングするバルクサブルーチンの3種を備えた。

(3) 主記憶管理

H-V90の論理的なアドレス領域の大きさは、アドレス長を32ビットとしたことにより、4Gバイトまで拡張が可能である。この無限に近い領域をもった領域を仮想記憶(Virtual Storage)と呼び、この仮想記憶上のアドレスを仮想アドレス(Virtual Address)と呼ぶ。プログラムはこの仮想アドレスを想定して作成することが可能であるが、実際の主記憶(Main Storage)は最大でも8Mバイトであり、仮想アドレスは実アドレスに変換して、参照、更新されなければならない。実アドレスを物理アドレス(Physical Address)と呼び、この仮想アドレスから物理アドレスに変換する機構がアドレス変換機構であり、メモリコントロールユニットに実装されている。この変換の実態を図4に示す。OS領域はこのアドレス変換領域を介さずに直接実空間を参照する。アドレス固定領域は、仮想アドレスと物理アドレスとの対応を固定的に決定している領域である。リアルタイムタスク群は、この固定領域を使用して高い応答性をもって動作させることができる。アドレス可変領域は、タスクの起動時に必要な実空間をダイナミックに割り当て動作させる領域であり、リアルタイム性を必要

としないプログラムは、この領域を使用することでアドレスの制約を考えずに作成することを可能とした。

(4) 入出力管理

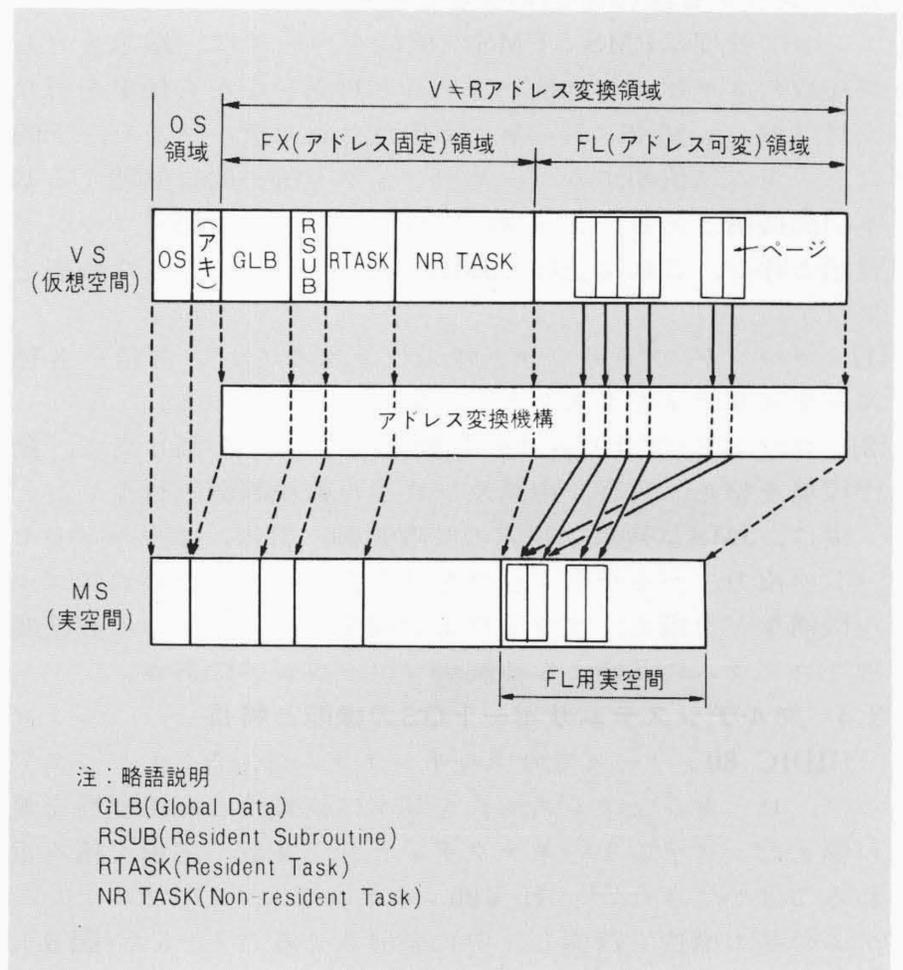
H-V90の入出力装置はFCPやIOPなどの専用プロセッサに接続され、この各々にはエラー処理や順序管理などの従来OS機能が配置されている。このため、FCPやIOPとJOBP内のOSとのリンケージは、システムバスと主記憶を介したプロセッサ間通信を基本としており、JOBPの負荷の軽減と個別装置の物理的特性からの独立を可能とした。

(5) システム管理

ハードウェア機器群のエラーの検出、回復、故障情報の収集及び蓄積、また、タスク単位のループ監視やマクロ命令のパラメータチェックなど種々の高信頼化技法を盛り込むと同時に、H-V90システムではシステムの大規模化に耐えられるシステム管理情報の採集、蓄積を可能とした。システム規模の拡大はすなわち複雑化を意味し、システムの実稼動がどのような状態にあるかをオンラインで監視できる機能として、各種資源の使用状況、負荷率、タスクのトレースなどの機能を備えた。

3.2 データ管理(FMS)の機能と特長

制御システムの規模及び範囲の拡大に伴い、制御用計算機システムが処理するデータ量は、5年に1桁の割合で増加してきていると言われている。また、対話形機能の活用によるシステム保守のために、ソースプログラムやデータを常時ディスク装置上に置いておく傾向も強くなってきており、計算機システムとして管理しなければならないデータファイル容量は拡大の一途をたどっている。H-V90では、これらファイルを統一的に管理、参照するためのデータ管理機構として、基本データ管理(FMS)と拡張データ管理を備えることとした。



注：略語説明
 GLB(Global Data)
 RSUB(Resident Subroutine)
 RTASK(Resident Task)
 NR TASK(Non-resident Task)

図4 HIDIC V90/50主記憶領域 HIDIC V90/50では、32ビットアドレス空間をリアルタイム用タスク群のためのアドレス固定領域と、応答性を問題としないプログラムのためのアドレス可変領域とに分割し、自由度の高い主記憶管理を実現している。

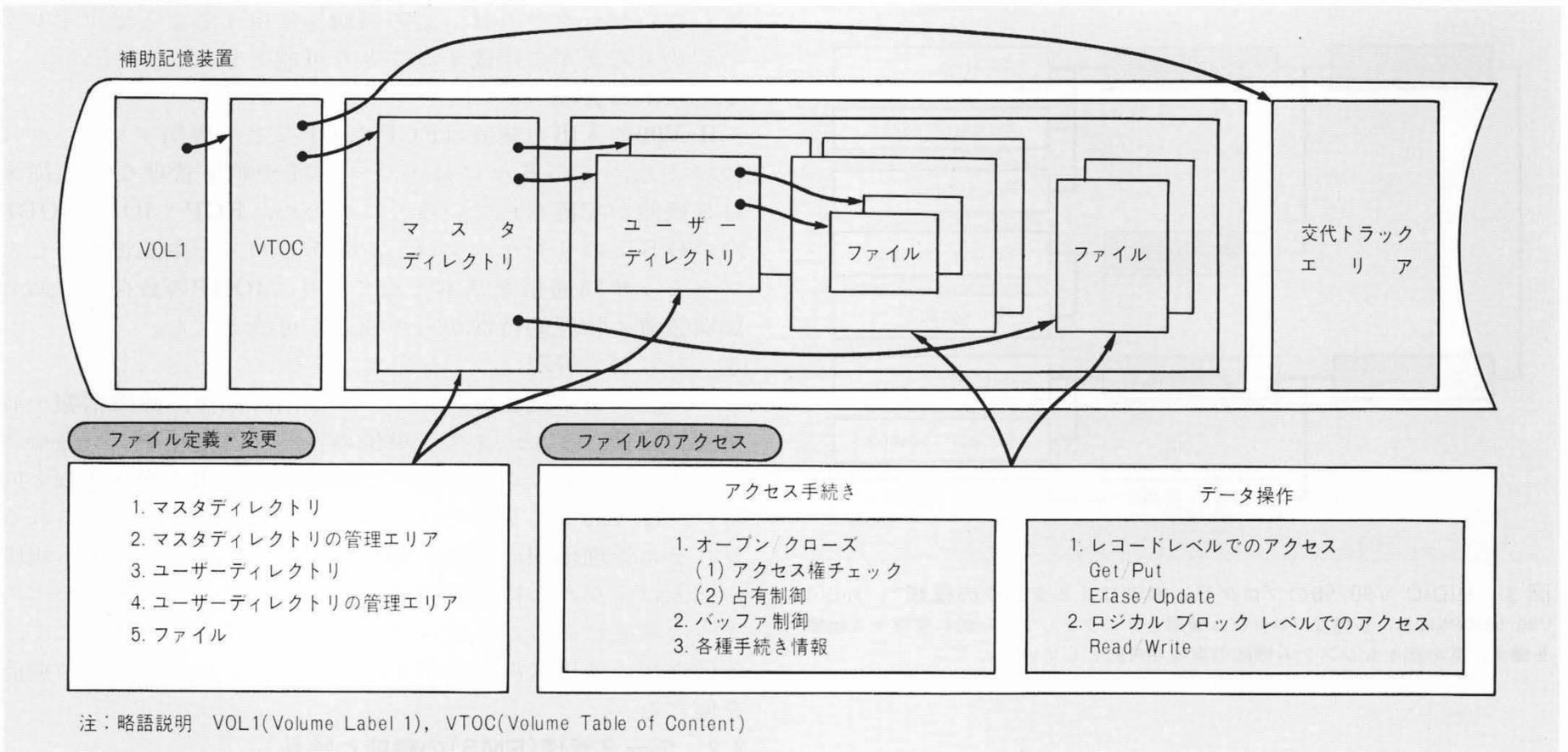


図5 HIDIC V90/50ファイル管理の機能と構造 HIDIC V90/50基本データ管理では、ディレクトリの管理手法をB+Treeに統一し、種々のファイル編成とそのアクセスを可能としている。

FMSは、図5に示すディスク装置を主体としたファイルアクセス機構、及び管理システムであり、最新のディレクトリ管理技法であるB+Tree構造により種々のファイル編成とそのアクセスを可能としている。また、制御用として主記憶上のデータもファイルとしてアクセスし処理できるデータ管理技法を開発し、リアルタイム性を損わずに大量のデータを処理する機能をも備えた。

3.3 ジョブ管理(JMS)の機能と特長

ジョブ管理はPMSとFMSの機能をベースに、端末を介して複数のユーザーが直接システムと対話しながら仕事を行なう対話形ジョブや、あらかじめ用意されたデータをバッチ的にシステムに依頼するバッチ形ジョブを統一的に処理する基本制御機構である。ジョブの実行を指示する言語をコマンド言語と呼び、これを受けてJMSは以下に述べるような機能を果たす。

- (1) コマンドプロセッサと呼ぶプログラミング言語や各種ユーティリティをタスクとして生成し、起動する。
- (2) コマンドプロセッサの必要とする資源を割り当て、動作環境を整え、実行、中断及び終了の監視制御を行なう。

更に、JMSは複数の端末の管理制御、警告、エラーメッセージの出力、バッチ形ジョブを効率良く行なうためのスプール機構などを備え、ソフトウェア開発支援システムの各種処理プログラムの基礎となる制御ソフトウェアである。

3.4 マルチシステムサポートOSの機能と特長

HIDIC 80シリーズでのマルチシステムは、N:1バックアップ、ロードシェアシステムを基本に信頼性と高処理性を兼ね備えたシステムアーキテクチャとして多数の応用を積み重ねることができた^{3),4)}。H-V90システムでは、このマルチシステムの基本構造を踏襲し、更に発展させることとした(図6)。主な機能は、処理装置の自己診断、相互監視を通し、バックアップ系への自動切替えを実現する構成制御、入出力装置を共有使用させる共有入出力管理、処理装置間の相互通信、系間の資源の排他制御を行なわせる共有資源管理などである。更

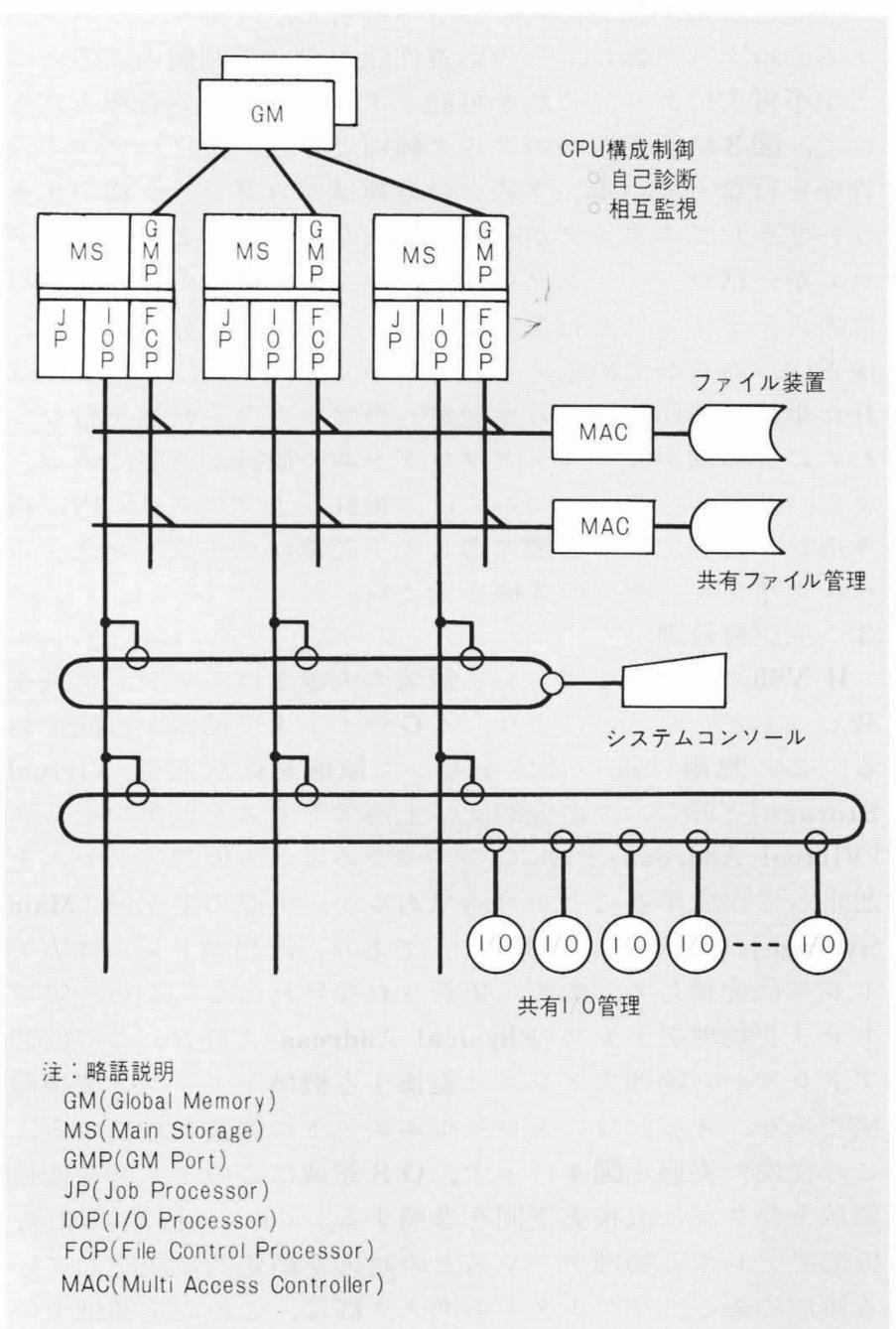


図6 HIDIC V90/50マルチシステムの構成 マルチシステムは、グローバルメモリを中心に複数台の計算機を配置し、バックアップ機能を備えた高信頼化システム、計算機間で負荷を分担するロードシェアシステムを実現する。

に、マルチシステム内の処理装置をデバッグ系とすることによって、オンライン運転中の他の系に外乱を与えることなく、システム建設に伴うリアルタイム環境でのテストを可能とするデバッグモード機能をも実現した。

3.5 ネットワークOSの機能と特長

ネットワークOSは、通信回線あるいはDFW(Data Free Way:データフリーウェイ)を介して広域に分散した端末装置、計算機を結合し、統合システムの実現を目指したものである^{5),6)}。ネットワークは本質的に結合する処理装置の機種によらず生き物として拡張、統合されていかねばならぬとの位置付けから、H-V90では図7に示すシステム構成を実現し、光DFWを中心に遠隔入出力装置の統一的なサポート、ネットワーク全体の資源管理などの機能を備えた。更に、機能分散マルチプロセッサの長所を生かし、ネットワーク管理に伴うOSオーバヘッドを大幅に削減し、システムの処理性向上を図った。

4 入出力標準サブシステム

計算機制御システムにとって、プロセスとの入出力と帳票の入出力やプロセス情報をオペレータに知らせるマンマシン入出力は、極めて大切な入出力機能である。しかし、これらの装置は多様な構成、種類をもち、かつシステムの拡張に伴って最も変更を受けやすいものである。したがって、その制御ソフトウェアの開発、保守に必要とする人手は極めて多量で、これを標準的にサポートする体系的な制御機構が不可欠

である。この観点からH-V90システムでは、PI/O(Process Input/Output:プロセス入出力装置)を制御するPDMS(Process Data Management System:プロセス入出力管理システム)と、プリンタ、カードリーダー及びカラーCRT(Cathode Ray Tube)を制御するMDMS(Man-Machine Data Management System:マンマシンデータ管理システム)とを開発し、バーチャルシステムアーキテクチャの一つの柱とした。

4.1 PDMS(プロセス入出力管理システム)の機能と特長

PI/Oは一点一点で変換、各種計算といった入出力の処理仕様が異なること、物理的なポイント番号があらかじめ決定しにくく、しかも変更が行なわれる場合が多々あることという特徴がある。更に、対象となるプログラムのテストも従来は実機を必要としていた。このような特質に注目し、PDMSでは各点に対する処理、データ構造をあらかじめ定義、生成し、プログラムからは、論理的なPV[(Process Variable)主としてアナログデータを扱う。]とLV[(Logical Variable)主としてデジタル入出力データを扱う。]を扱うことができるようにした。また、これら論理的なデータを仲介として、テストサブシステムにより実機を使わずにプログラムのテストができるようにした。図8にPDMSの機能と構成を示す。

4.2 MDMS(マンマシンデータ管理システム)の機能と特長

計算機システムが扱うマンマシンデータには多種多様なものがあるが、ここでは極めて多用されているCRT画面と帳票について述べる。CRTとその他の入出力機器とではその機能、性能の両面で大きな相違があるものの入出力する情報そのも

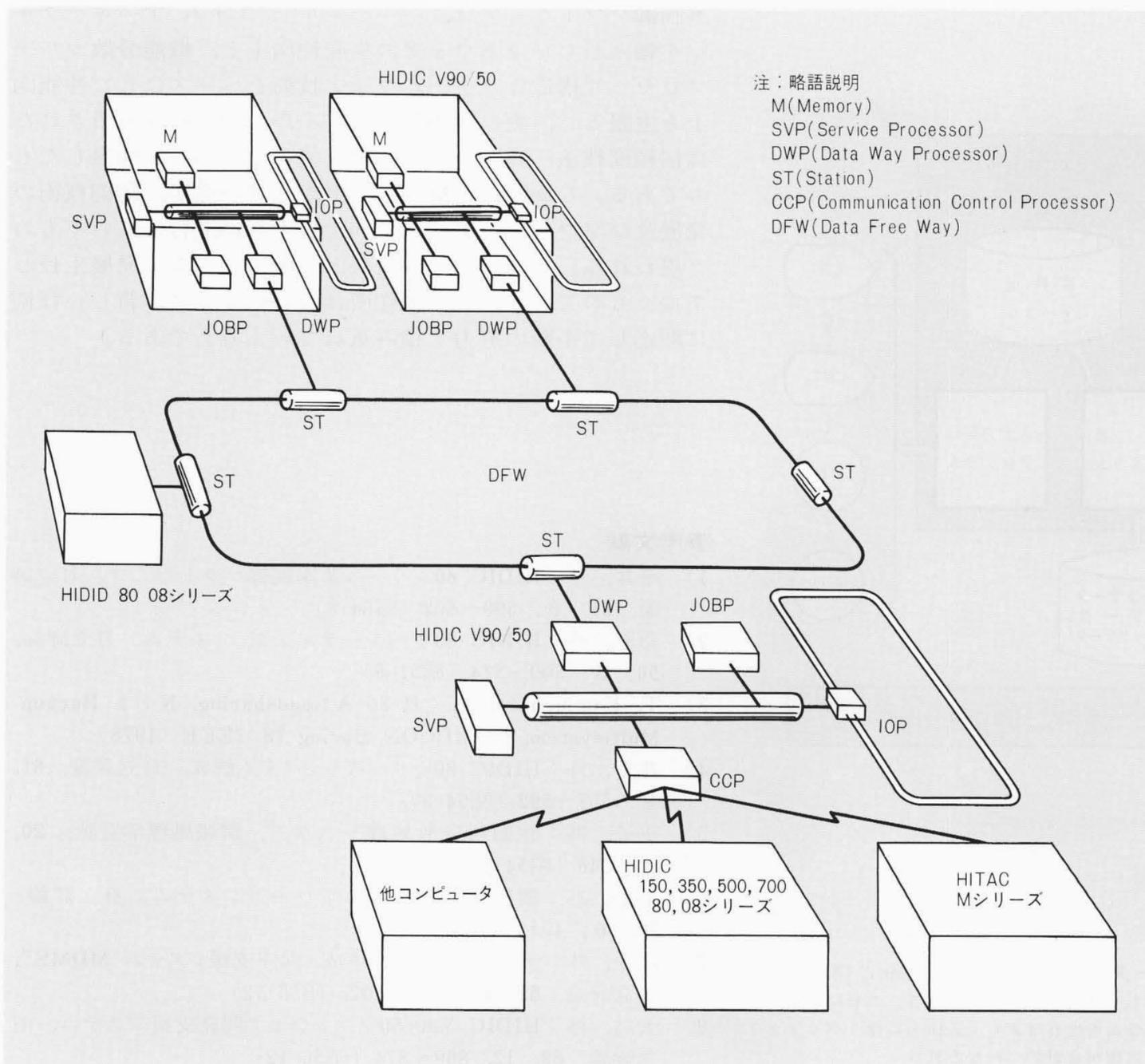


図7 ネットワークシステムのサポート HIDIC V90/50システムでは、データフリーウェイによるDPCS(広域分散制御システム)と、通信回線を使用した多様なネットワークシステムを可能としている。

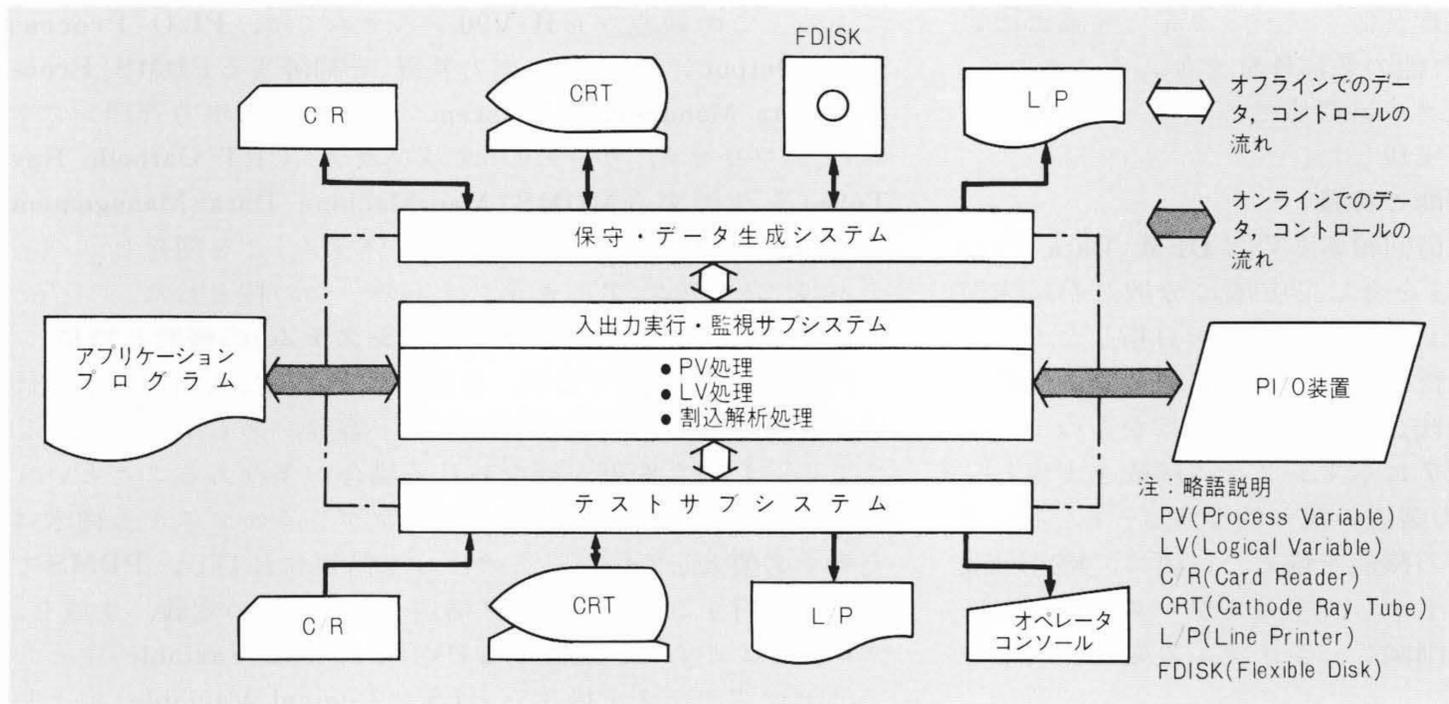


図8 PDMS(プロセス入出力管理システム)の機能と構成 PDMSでは、PI/O(プロセス入出力装置)のデータ構造を標準化し、論理的なレベルでのプログラミングを可能とするとともに、実機がなくてもユーザープログラムのテストができるように配慮してある。

のは両者に相違がないはずである。すなわち、帳票はCRT画面をラインプリンタやタイプライタなどにハードコピーしたものと考え、これらを統一的に扱う図9に示す機能群を整備した。MDMSはマンマシンデータ(帳票やCRT画面情報)をあらかじめ定義可能とするMDMS/DPS(MDMS/Data Production Software:マンマシンデータ生成・保守サブシステム)とユーザープログラムからの入出力要求を受け付けて、これらのデータを参照しながら変換し、入出力処理を実行するMDMS/Data Control Software:マンマシンデータ入出力サブシ

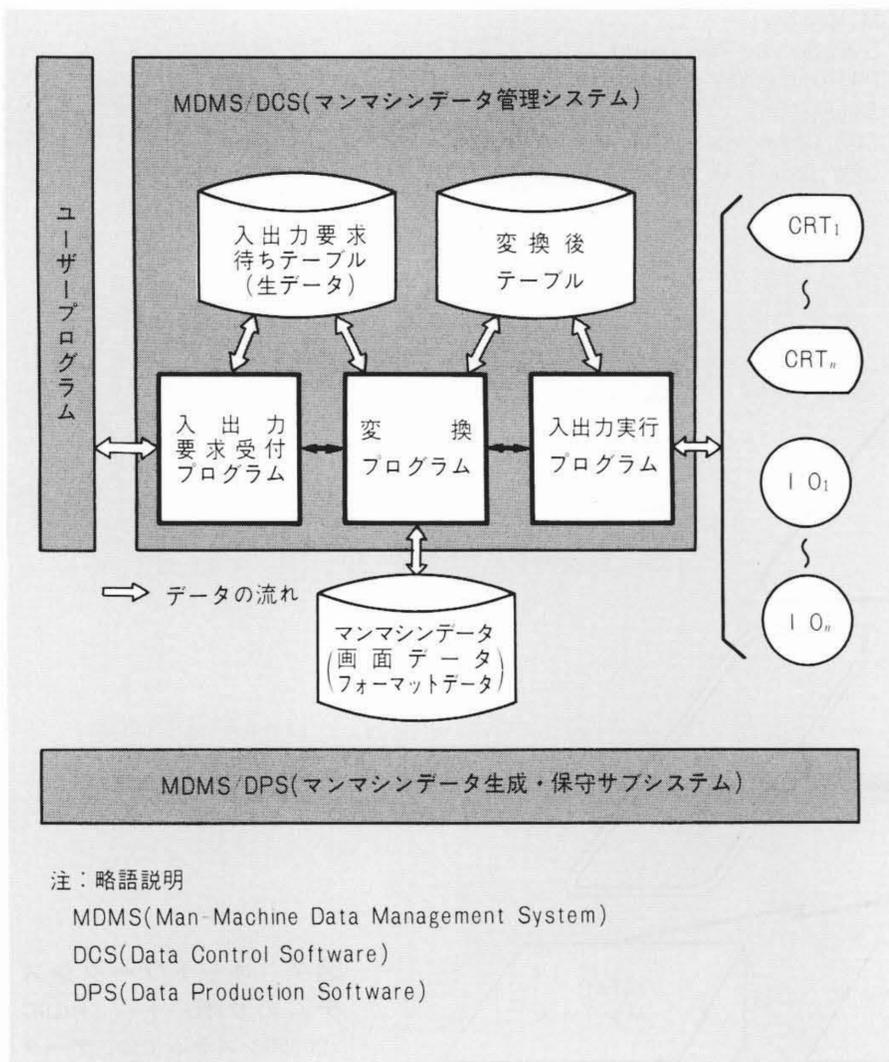


図9 MDMS(マンマシンデータ管理システム)の機能と構成 MDMSでは、データと手続きを分離して作成することができる。これにより、ユーザーは論理的なレベルでプログラムを作ればよく、入出力に伴うバッファの管理やフォーマットの変換などの処理が自動的にこなされる。

テム)とから成る。これにより、ユーザーは高級言語でのREAD/WRITE文(CRTの場合は専用マクロ)によって論理レベルで入出力が可能となり、入出力装置を制御することに伴うバッファの管理、コード変換、入出力装置間の競合制御などを自動的にこなさせることができる。

5 結 言

計算機制御システムの多様化、大形化及び複雑化の動向にこたえる32ビット・リアルタイムマシンHIDIC V90/50の基本制御ソフトウェアは、バーチャルシステムアーキテクチャを軸としたソフトウェアの生産性向上と、機能分散マルチプロセッサ構造とファームウェア技術をベースにした性能向上を主眼とし、更にはHIDIC 80シリーズ以来の蓄積された高信頼度技法、高いシステム構成能力を目指して開発したものである。しかし、今後共ハードウェアの進歩、制御技術の発展及びソフトウェア技術の向上は不断に進行していくものと思われる。システムは今後共とどまることなく発展成長してゆくものであり、日立製作所は新しいニーズ、新しい技術に即応して不断の努力を積み重ねていく考えである。

参考文献

- 1) 平井, 外: HIDIC 80シリーズ基本制御ソフトウェア, 日立評論, 61, 8, 599~602 (昭54-8)
- 2) 桑原, 外: HIDIC 80オペレーティングシステム, 日立評論, 58, 6, 509~514 (昭51-6)
- 3) T. Kamiuchi et al.: H-80-A Loadsharing, N: 1 Backup Multisystem, COMPCON Spring 78. IEEE (1978)
- 4) 井手, 外: HIDIC 80シリーズのシステム構成, 日立評論, 61, 8, 557~592 (昭54-8)
- 5) 平子, 外: 制御用分散処理システム, 情報処理学会誌, 20, 4, 346 (昭54-4)
- 6) 平子, 外: 制御用計算機ネットワークシステム, 日立評論, 58, 6, 491~496 (昭51-6)
- 7) 政井, 外: マンマシンデータ生成・保守支援システム“MDMS”, 日立評論, 62, 12, 899~902 (昭55-12)
- 8) 大島, 外: HIDIC V90/50ソフトウェア開発支援システム, 日立評論, 63, 12, 869~874 (昭56-12)