

HIDIC 80 オペレーティング システム

The Operating System for HIDIC 80

制御用計算機の適用分野の拡大、多様化に伴い、制御用としてのオンライン リアルタイム性、あるいはシステムの信頼性に加え、顕著な動向としてシステムの保守、拡張及びソフトウェア生産コストの増大が問題となってきた。

日立製作所はいち早くこの動向をとらえ、HIDIC シリーズ ソフトウェアに対応機能を反映してきたが、HIDIC 80では飛躍的な保守拡張性の強化を目標として、システム基本思想であるモジュール化技法をオペレーティング システムにも徹底するとともに、言語、デバッグ機能の強化とプログラム構造の統一によりソフトウェア生産性の向上を図っている。

桑原 洋*	Kuwahara Hiroshi
平井浩二*	Hirai Kôji
林 利弘*	Hayashi Toshihiro
神内俊郎**	Kamiuchi Toshirô
片岡秀雄***	Kataoka Hideo
寺田松昭****	Terada Matsuaki

1 緒 言

ここ十数年、計算機制御の適用分野の拡大と多様化に伴い、各適用対象に最適なシステムを構成できるようにするため、制御用計算機のシリーズ化が進められてきた。しかし、この結果、(1)機種の違いによりハードウェア、ソフトウェア共に保守員が各計算機に張り付けになる、(2)プラント全体の生産効率、運用効率の向上という観点から、分散システムの統合を図るうえで機種間のミス マッチングが発生する、(3)被制御対象の時系列的拡張に対し計算機の拡張限界がネックとなるなど、機種の違いによるシステム保守、建設、拡張コストの増大が顕在化してきている。また、システムに占めるソフトウェア コストはますます増大する傾向にあり、ソフトウェア生産性の向上が強い要求として表面化してきている。

このような計算機制御システムに対するニーズに対処するため、HIDIC 80(以下、H-80と称する)ではプラント データベースと名付けた計算機制御システムの定式化を軸に、モジュール化技法をシステム基本思想として定めた。この基本思想を基に、H-80オペレーティング システム(以下、OSと略す)の開発基本方針を次のように定めた(図1)。

(1) OSのモジュール化と制御思想の統一

OS自体を、基本部を中心に機能単位のモジュールを積木細工のように積み上げるビルディング ブロック方式とする。これにより多彩なシステム ニーズに対し必要な機能だけを持つ最適、かつコンパクトなOSを提供するとともに、小形から大形、更にはマルチ コンピュータ システムに至るOS制御思想の統一を実現し、ユーザーにおける保守・教育の省力化及びシステムの容易な拡張性を図る。

(2) 制御用OSとしての性能の強化と機能の拡充

制御用OSとして第一に要求される性能は、いかに迅速に被制御対象の変化に応答するかというリアルタイム性であり、このため、優先制御方式、メモリ管理方式の改善を図り、更にスケジューリング機能の強化によりシステム資源の使用効率を増大させて、システム処理性の向上を図る。

また、システムの信頼性確保もますます重要な要素となりつつあり、このため、ハードウェア障害に対するフェイル ソフト機能、ハードウェア障害の統計管理機能、更に各種リソースのバックアップを含む高信頼化システムを容易に建設できる構成制御機能の拡充を図る。

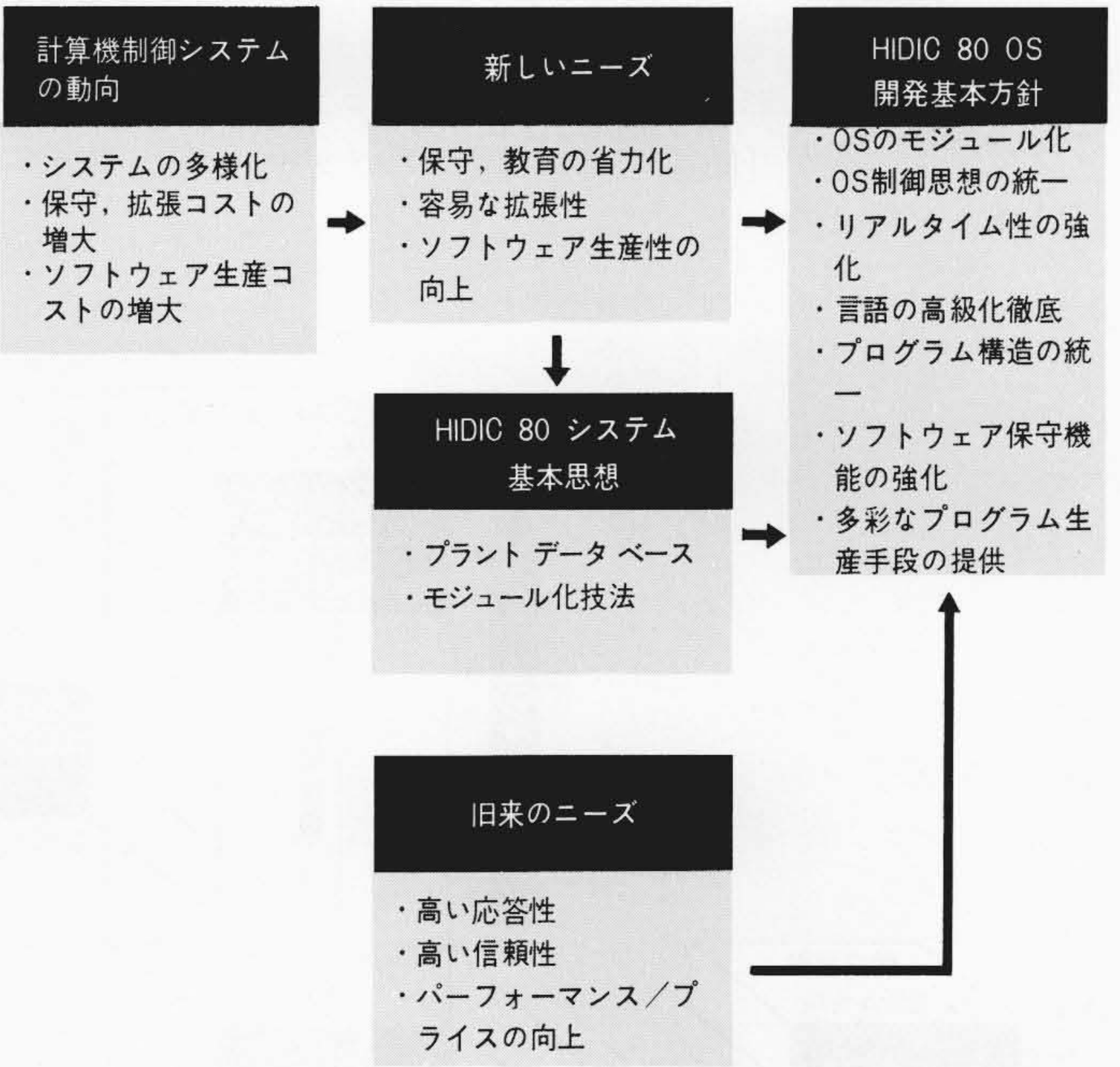


図1 H-80 OSの開発基本方針 H-80 OSは、H-80システム基本思想を基に小形から大形システムに至る制御思想の統一を保ち、保守性及び拡張性の飛躍的向上を目指した。また、プログラム生産機能の強化により、高いソフトウェア生産性実現を目的としている。

(3) アプリケーション プログラム生産性の向上

制御用計算機でのアプリケーション プログラムの生産は、単に個々のプログラムを作成するという狭義のものだけではなく、個々に作られたプログラムを複数個結合し、更にオンライン システムとして組み上げるまでの過程を考える必要がある。更には、被制御対象の増設、あるいは制御方式の変更に伴う再配置及び修正を極少にとどめ得ることも重要である。このため、言語としては制御用高級言語 **Process Control Language** (以下、PCLと略す)を主言語とし、プログラムの分割作成と分割モジュールの繰返し使用を容易にする保管、結合システムの強化を図る。また、前記モジュール操作及び実稼動システムでのメモリ効率を高めるため、プログラム構

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

造をすべてリロケータブル、かつリエントラントに統一する。更に、デバッグ機能を豊富にし、オンラインメモリ管理の柔軟性を高め、プログラムのテスト及び変更効率を高める。プログラム生産手段としては、ターゲットシステム自体のオンライン空き時間を利用するバックグラウンド処理システムのほか、高能率センタシステム、あるいは大形汎用計算機の利用システムを備え、多様なニーズに対処する。

2 H-80 OSの体系

H-80用OSは図2に示すように、オンライン処理を管理するオンラインOS、オンラインでのプログラムデバッグ、メモリ配置、プログラムやデータのローディングをサポートするオンライン保守システム及びオンライン空き時間を利用してプログラムの作成テストを処理するバックグラウンドシステムから構成される。更にプログラム作成支援として、HIDIC 700とH-80の複合構成より成り、高度なテストデバッグ機能を備えた高能率センタシステム、このセンタを電話回線を通して利用できるリモートデバッグシステム(RDS)、更にユーザー保有の大形計算機を利用してクロスコンパイル/アセンブル、テストが可能なプログラムデバッグシステム(PDS)を備えた。

3 オンラインOS

オンラインOSは図2に示すように、コアオンリーシステムをサポートする基本部を中心に、各種オプションモジュールの付加により次の拡張性を備え、これらの組合せにより多様な複合システムを構成できる。

(1) 大容量処理

コア分割制御モジュールの付加により、磁気ドラム、あるいは磁気ディスクを補助メモリとするシステムへ、更にマルチシステムモジュールと負荷分割制御モジュールを付加することにより2台以上の計算機を用い、互いに情報の連絡を行ないながら負荷を分担するシステムへと拡張でき、大規模システムの構成が可能である。

(2) 高信頼度

マルチシステムモジュールと構成制御モジュールにより、デグラデーション、 n 台の計算機に対し1台のバックアップを持つ経済的な $n:1$ バックアップシステム、磁気ドラムや磁気ディスクのバックアップ制御など、高稼働率システム構成を目的とする。

(3) 大容量情報処理

大容量情報を扱うシステムに用いられ、コアメモリ、磁気

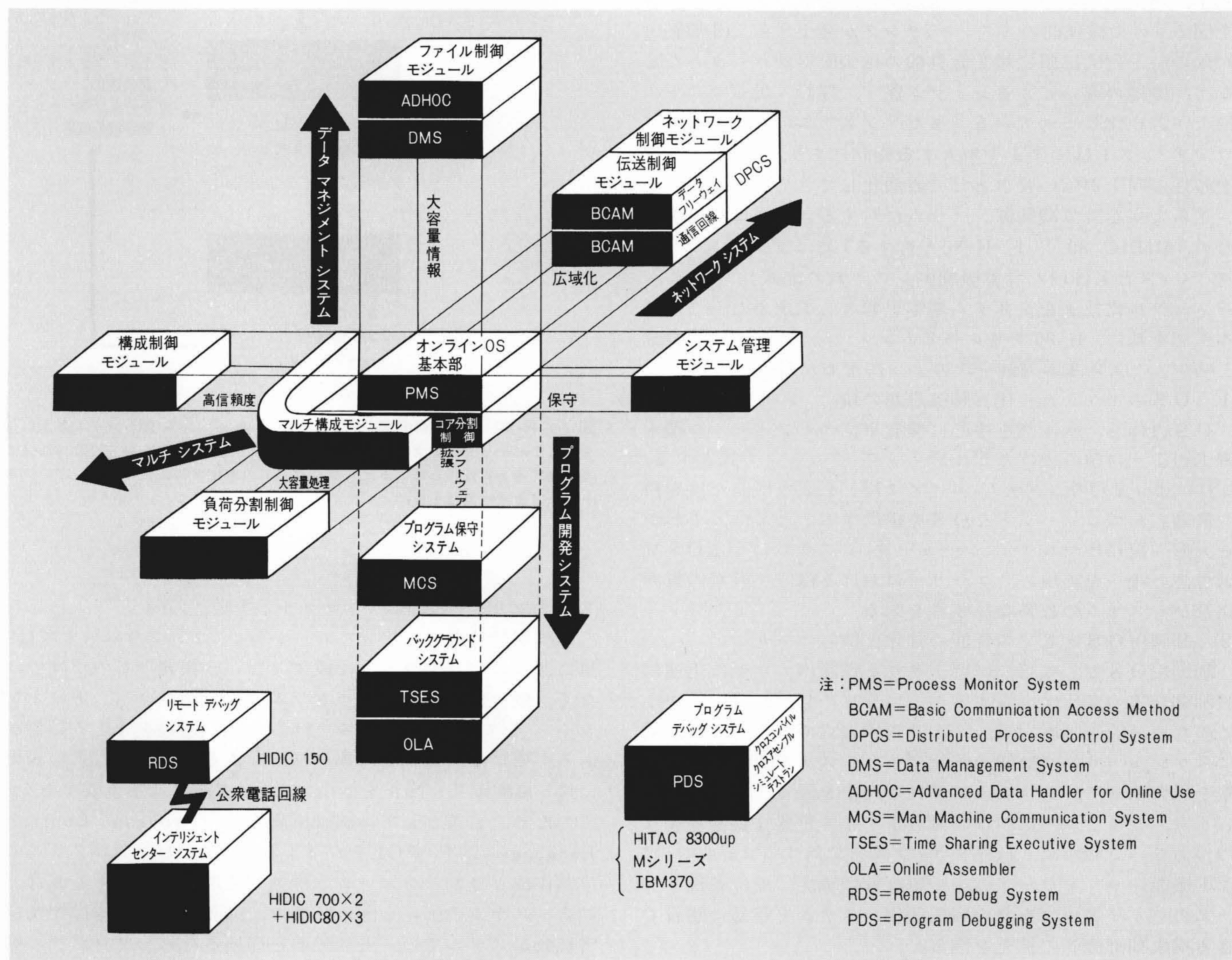


図2 H-80 OSの体系 H-80オンラインOSは処理性、信頼性、情報量、広域性、保守性など、多方面への拡張性を備えている。また、プログラム開発サポートは、実機でのバックグラウンドシステムのほか、他機種によるプログラム作成支援システムを備えた。

ドラム、磁気ディスク、磁気テープなどのアプリケーションデータを統一的に扱う手段を提供する。このシステムは、論理レコード単位のシリアル/ダイレクト アクセス サポート (DMS) と更に高度なファイル編成法、データ間の関連性サポート (ADHOC) と大きく二つに分けている。

(4) 広域化

通信回線、あるいはデータ フリーウェイ (以下、DFWと略す) のアクセス モジュール、更には通信路を意識することなく端末の入出力機器、あるいはプログラムとの交信が可能なネットワーク制御モジュールを備えている。

(5) 保守性

システム内のハードウェアの故障統計、システム内資源のユーティリティ統計を取り、システムの保守、拡張資料を提供する。

3.1 オンラインOSの基本機能と特長

制御用オンラインOSは図3に示すように、制御対象に働きかけるアプリケーション プログラム (以下、タスクと略す) と制御対象との間に位置し、タスクの要求処理内容を制御対象へ伝える機能と、制御対象の状態 (プラント データ) をタスクへ伝える機能を果たしている。したがって、オンラインOSに要求される機能は、(1)タスクを必要に応じて制御するタスク管理、(2)タスクの要求に応じて入出力機器を制御する入出力管理、(3)実時間を実現するタイマ管理、(4)各機器の異常を制御するシステム管理が基本となる。次にH-80 OSの各機能の特長を述べる。

(1) タスクの概念

従来、プログラムそのものがタスクに1対1に対応していたが、これを分離し、複数の計算機に定義づけられたタスクが同一のプログラムを共有できるようにし、補助メモリ利用効率とプログラム保守性の向上を図った。

(2) タスク管理

システム構成の柔軟性を確保するため、タスク番号とタスクの優先順位とを分離し、更にプログラムによるタスク優先度のダイナミックな変更が可能なオプション モジュールを備えた。更にコア分割制御については、非退避方式からダイナミック アロケーション方式まで5方式の制御モジュールを備え、多様性を持たせた。また、タスクの同期制御にはイベント コントロール方式を採用し、きめ細かな制御を可能にした。

(3) 入出力管理

入出力装置の指定は物理的番号そのものではなく、半論理番号であるファイルNo.に統一し、アプリケーション プログラムの可搬性を持たせた。また、磁気ドラムや磁気ディスクなどの高速入出力装置に対しては、専用の待ち行列を備え、システムの処理性向上を図った。

(4) タイマ管理

内部管理テーブルをすべて時刻起動に変換し、最も近い時刻までの時間をハード タイマにセットする方式を採用し、誤差を1ms以内とした。更に時刻待ちテーブルをプール制としすべてのタスクで共用できる方式とし、コア容量の削減を図った。

(5) システム管理

各機器に対応したインターミット エラーのリトライ処理、各機器単位の終了時間監視、タスク単位のループ監視、機器単位のエラー回数、使用回数統計、タスク、計算機、補助メモリの負荷率統計、サイクリックな処理経過記録、更にハードウェアのオンライン トレース機構を通じた命令ステップ単位のタスク経過記録など、各種のモジュールを備え、シ

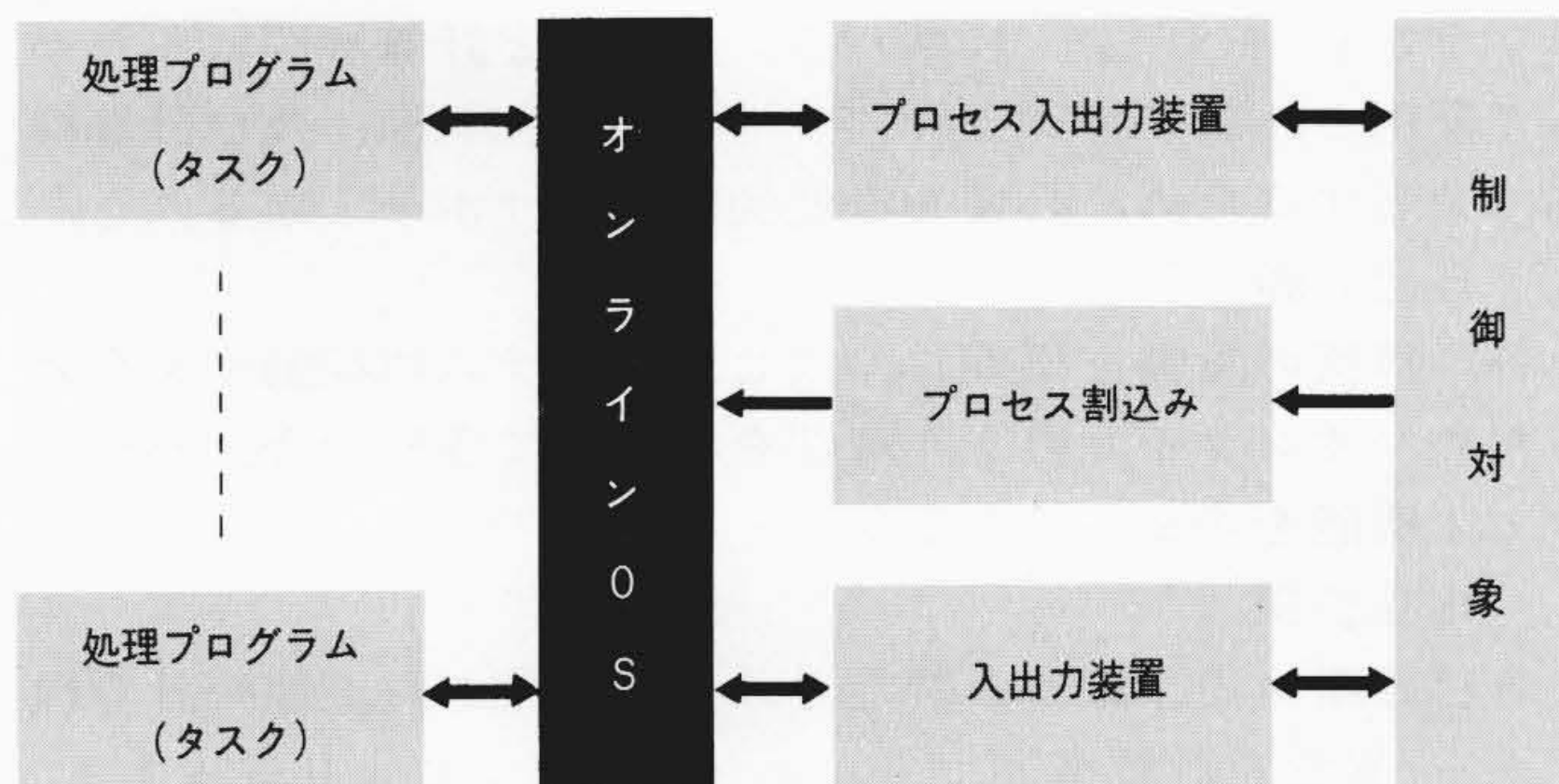


図3 オンラインOSの基本機能 オンラインOSは、処理プログラムと制御対象の間に位置し、処理プログラムの要求を効率よく制御対象へ伝える役割を果たしている。

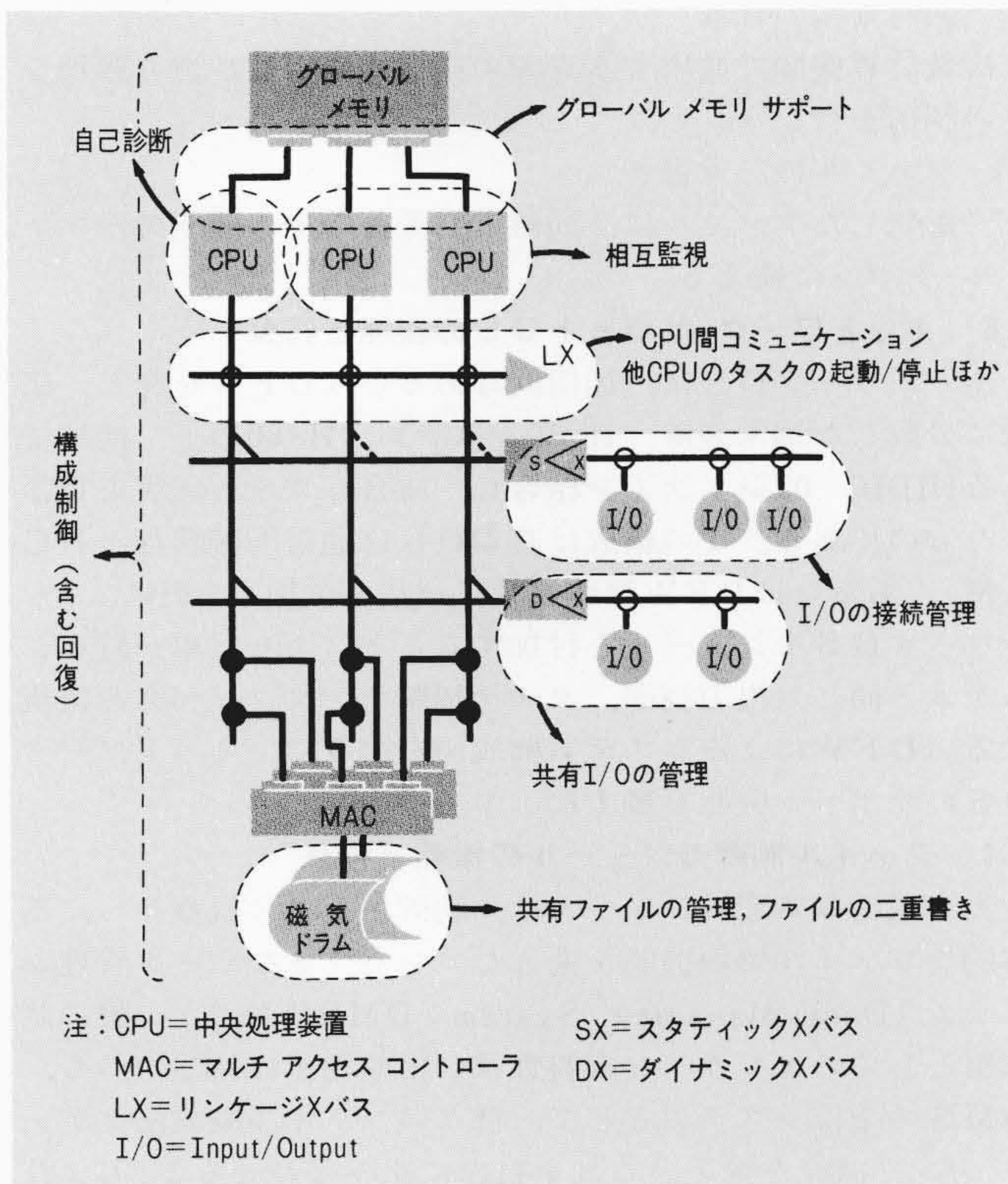


図4 マルチシステムのサポート マルチシステムは、グローバルメモリを中心に複数台の計算機を配置し、バックアップを備えた高信頼化システム、あるいは計算機間で負荷を分担する大容量処理システムを実現する。

システムの監視、信頼性向上及びプログラム バグの早期発見を可能にしている。

3.2 マルチシステム サポートOSの機能と特長

H-80マルチ システム用OSの機能を図4に示す。

(1) 構成制御と回復処理

構成制御は、システムの中に必要な資源のバックアップをあらかじめ設置しておき、資源の障害時にバックアップに切り換え、システムの停止期間を最小限にするための処理である。OSには計算機、補助メモリ、入出力機器に対応して構成制御モジュールを備えており、系切換えの自動化、 $n:1$ バックアップ制御、更には切換え時のデータの連続性を保証する手段を提供する。

一方、回復処理は、切り離された資源を再度自動的に、しかもオンライン処理を妨げることなく投入するものである。

(2) グローバルメモリサポート

プラント イメージ、制御パラメータなど計算機間にまたがって使用されるグローバル データのアクセス法、及び計算機間で共有するために必要な排他的制御をサポートする。

(3) 自己診断

各計算機の障害を早期に検出し、システムの稼働率を高めるため、オンラインの空き時間を利用して各種命令、ハードウェア機能をチェックする。

(4) 相互監視

自己診断により正常と判定された計算機から、他の計算機の正常/異常を計算機間コミュニケーションにより監視する。

(5) 計算機間コミュニケーションと他計算機タスクの制御

これは負荷分割処理をサポートする機能で、複数の計算機間でデータを交換したり、タスクの起動・停止などを制御する。

(6) 共有資源の管理

複数計算機間で共用する資源の排他的使用及び待ち管理などの制御を行なう。

(7) ファイルの二重書き

二重化したファイルに、同時に二重書きする機能で、ファイル ダウンに備える。

3.3 ネットワーク サポート OS の機能と特長

ネットワーク OS は、通信回線あるいは DFW を介し、広域に分散した端末装置、H-80 システム、H-80 の下位機種である HIDIC 08 システムを結合し、統合システム実現を目指したものである。この構成は基本 OS に通信制御管理 (BCAM)、あるいは DFW 管理モジュールを付加し、更に、ネットワーク OS モジュールを付加することにより、単一計算システムと同じ入出力制御、タスク制御インタフェースを実現する。DFW によるシステム構成例を図 5 に、ネットワーク OS のサポート機能を表 1 に示す。

3.4 ファイル制御モジュールの機能と特長

大容量情報処理モジュールは、制御用という観点から、基本的なファイル処理機能を備えたコンパクトなデータ管理システム (Data Managing System: DMS と略す) と更に制御用としてのオンライン応答性及び信頼性を維持しつつも、DMS の上位システムとして、種々のファイル編成法とデータ リンク機能を備え、これを自由に組み合わせることにより各適用システムに合ったデータベース システムを容易に構築することのできるデータベース管理システム (Advanced

表 1 ネットワーク OS のサポート機能 ネットワーク OS は、総合システムの相互会話機能をサポートするだけでなく、保守、プログラム作成の集中化による省力化サポート機能を備えている。

項 目	説 明
プログラミングサポート	H-08 プログラムのアセンブル、コンパイル、リンクエディットを H-80 にて行なう。
メッセージ交換	H-80、H-08 タスク相互間でのメッセージ交換
入出力装置へのアクセス	H-08 に接続された入出力装置を H-80 からアクセスできる。
入出力装置の共有管理	H-08 に接続された入出力装置へ H-80 からアクセスする場合の排他制御
タスクの制御	H-08 内のタスクに対して H-80 から起動、起動禁止、及び起動禁止解除などを行なう。
ネットワークリソースの制御	ネットワーク内リソースの組込み、切離し制御。
エラー メッセージの出力	ネットワーク内で発生したエラーを H-80 にて収集し、エラー メッセージを出力する。
プログラム保守	H-08 プログラムのデバッグ サポート
RAS サポート	エラーの検出と再試行及び代替経路への自動切換。

注: RAS=Reliability, Availability, Serviceability

Data Handler for Online Control Use: ADHOC と略す) との 2 システムを備えた。図 6 に両システムの機能と構成を示す。

4 オンライン プログラム保守システム

オンライン プログラムの保守には、(1) コア、磁気ドラム及び磁気ディスクのプログラム、データ領域の定義付け、領域へのプログラムやデータの登録などのメモリ管理機能と、(2) オンラインでのプログラム デバッグを能率よく進める機能が必要である。これらの機能をまとめた保守システムをマンマシン コミュニケーション システム (MCS) と呼んでいる。本システムは既に定評のある従来 HIDIC シリーズ用 MCS を基に、更に次のような点を強化し操作性及び保守性の向上を図った。本システムの全体機能を図 7 に示す。

- (1) メモリ領域の配置機能を本システムに持たせ、オンラインでのシステム変更を容易にした。
- (2) プログラム、データのメモリ領域への登録を自動化し、煩雑なメモリ マッピング作業を不用にした。
- (3) プログラム削除により生ずるメモリ上の空き領域を自動的に詰める機能を持たせ、利用効率と保守性の向上を図った。
- (4) デバッグに有効な浮動小数点ダンプ/変換、入力データと入力結果との比較照合機能などのユーティリティを強化した。

5 プログラミング システム

既に述べたように、他計算機による多彩なプログラム作成支援システムを備えるとともに、実機でのバックグラウンド処理システムにも、高能率なプログラム作成システム (Time Sharing Executive System: 以下、TSES と略す) と、簡易な紙テープ ベース、アセンブラ ベースのプログラム作成システム (Online Assembler: OLA と略す) の 2 種を備えた。このうち、TSES は制御コマンドに至るまで他計算機によるプログラム作成支援システムと互換性を持たせており、以下、TSES を中心にプログラミング システムの機能と特長を述べる。

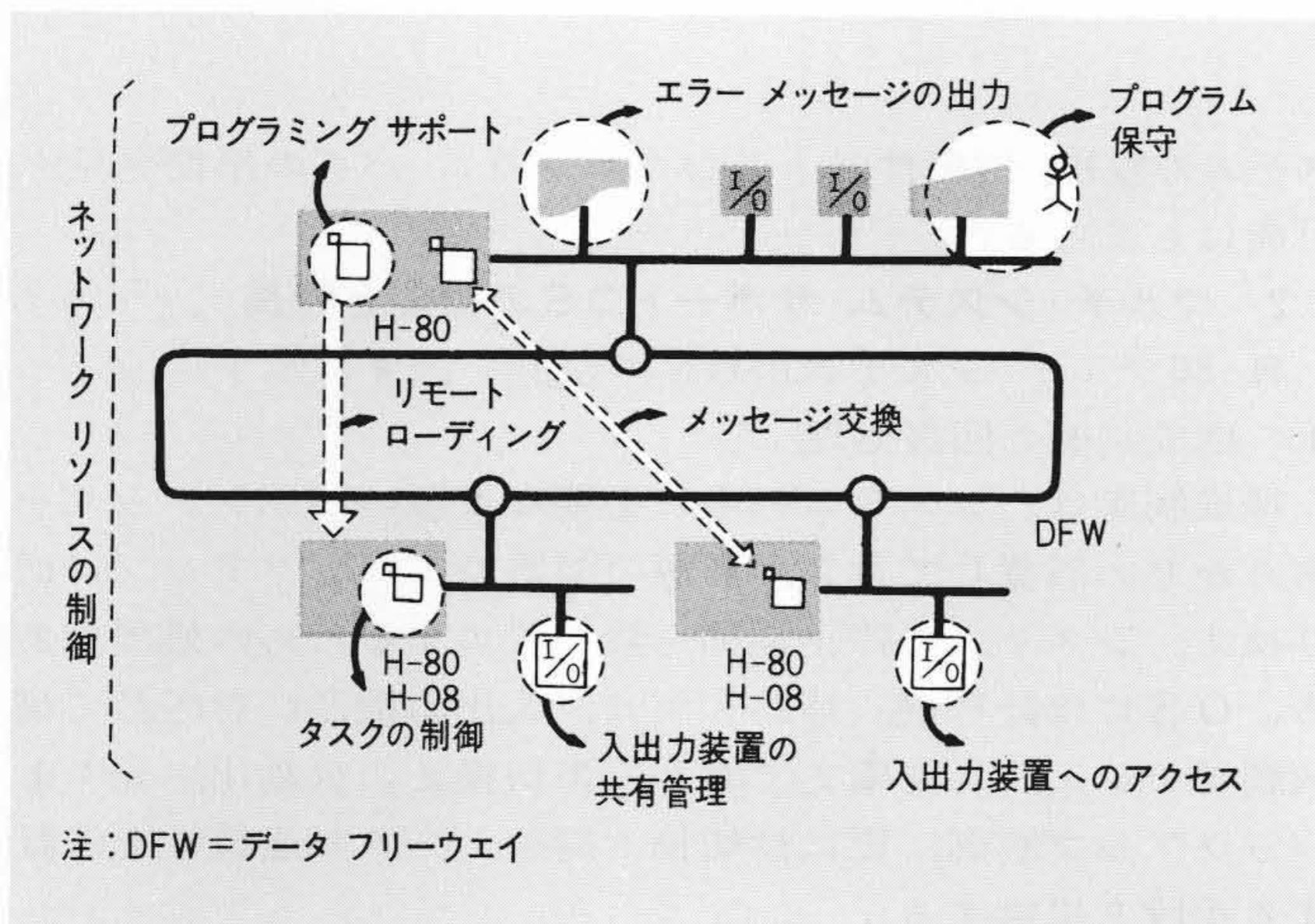


図 5 ネットワーク システムのサポート ネットワーク システムは、広域に分散した計算機と端末装置とを伝送ラインで相互に結合し、統一思想で全体の統合を図るものである。

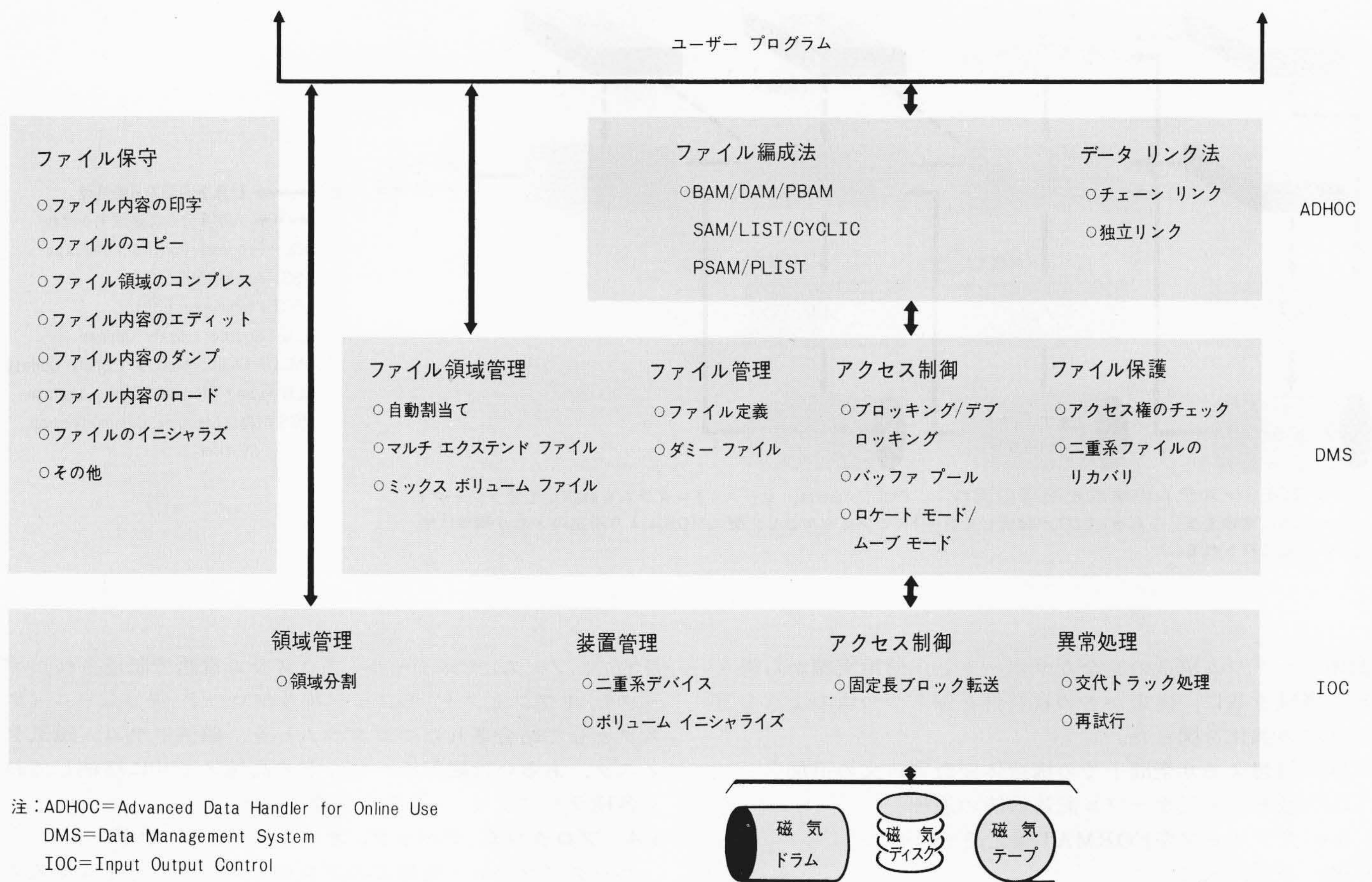


図6 ファイル制御モジュールの機能と構成 ファイル制御は、基本機能を備えたコンパクトなDMSと容易にデータベースシステムを構築できるADHOCの二つに大きく分割した。

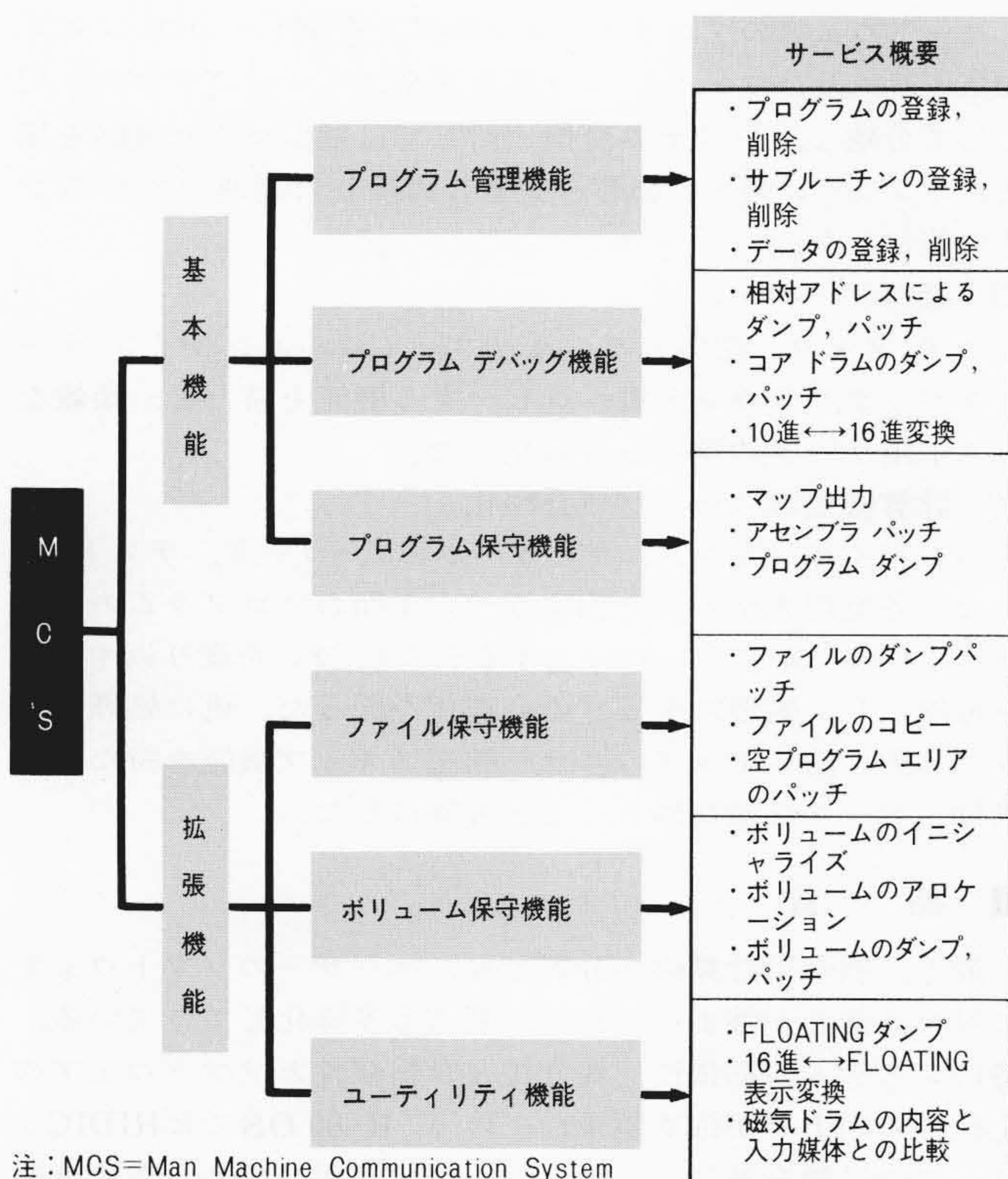


図7 オンラインプログラム保守システム(MCS)の機能 オンラインプログラム保守に必要なデバッグサポート及びメモリの保守、管理機能は、従来HIDICで定評のあるMCSを基に、H-80では更に機能の強化による操作性、保守性の向上を図った。

5.1 プログラム構造

既に述べたシステムの統一思想、システムの拡張性を維持するためには、プログラム構造を統一することが重要である。更に、プラントデータベース思想から、プログラムの手続部とデータ部とを分離することが必然的に必要となり、更に、メモリ効率を向上し、マルチシステムでの構成制御を容易にするためには、プログラムのリロケータブルな構造が望ましい。したがって、H-80のプログラムはすべてベースレジスタによるリロケータブル、かつ手続部とデータ部とが分離した構造に統一した。この結果、すべてのプログラムがリエントラントになるとともに、補助メモリ上に一つだけ置いたサブルーチンのタスク間での共用、コアメモリで必要なプログラムのデータ作業エリアを補助メモリから容易に排除できるなど、メモリ効率が大幅に向上する。

5.2 プログラム言語

H-80用言語はPCLのほか、特殊な小形プログラムの記述を目的としてアセンブラを備えている。

(1) PCL

PCLは、言語形式としてFORTRANをベースに次に示す制御用として特に必要な言語仕様の強化を図り、昭和47年に従来HIDIC用として開発した制御用高級言語である。

(a)IMPLICIT文の導入、(b)構造指定による階層形式データ文、(c)豊富なビット処理機能、(d)タスク間にまたがるコア、補助メモリ上のデータ宣言文、(e)補助メモリ上のデータに対する仮想メモリ概念、(f)システム交信文の組込み、(g)豊富な入出力機能、(h)アセンブラ記述プログラムとの容易な結合、(i)豊富なデバッグユーティリティなどである。H-80では、

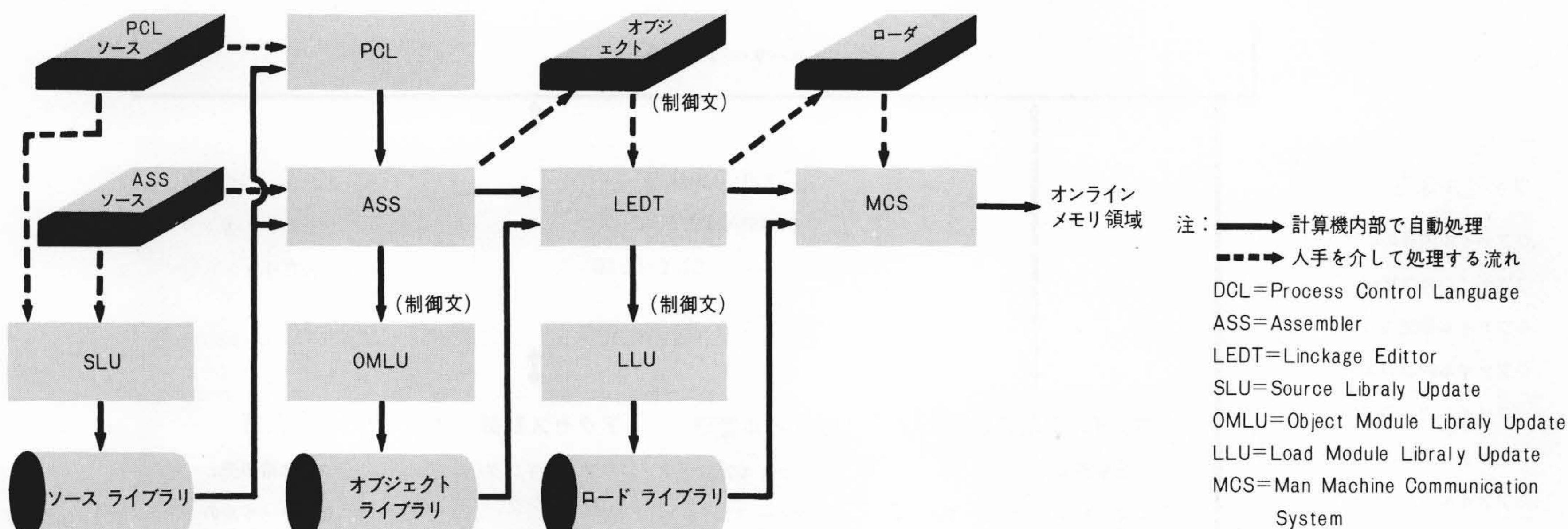


図8 TSESシステムの構成と処理の流れ PCL, ASSは、ソース プログラムを翻訳してオブジェクト モジュールに変換する。これをLEDTが結合してロード モジュールとし、更にMCSにより所定のメモリ領域に格納された後実行される。

前項プログラム構造の完全なサポートと、適用実績から得られた経験を基に、従来からの移行性を保ちつつ次のような言語仕様の強化を図った。

- 仮想メモリ空間上での構造体変数宣言文の追加
- 数ビット長テーブル記述機能の追加
- ピクチャ型FORMAT欄記述子の追加
- 多重代入文
- 上下限值を持つ宣言子添字
- POINTER変数とBASED変数を追加し、テーブルによる間接番地指定機能を実現。

更に、最適化処理の強化を図り、制御用として必要なオブジェクト メモリ効率を対アセンブラ比で1.1~1.2としている。

(2) アセンブラ

H-80アセンブラは、PCLと同様前記プログラム構造をサポートし、言語仕様としては、命令語長の自動調整機能、ベースレジスタの自動割当て機能、タスク間共通データの設定機能、更には豊富なデータ定義機能などを強化し、記述能力の向上を図った。また、アセンブル時のリストには豊富なオプション マップを備え、プログラム操作性を向上させている。

5.3 TSESの構成と特長

図8はH-80 TSESシステムの構成と処理の流れを示しており、プログラムの生産、保守効率の向上という観点から次のような機能の充実を図った。

(1) プログラム モジュールの標準化サポート

個々に作られる比較的小さなプログラム モジュール（デック）のコーディングと、これらモジュールを組み合わせてタスク プログラムとする結合操作とを完全に分離し、コーディング時に結合結果のタスク構造を意識する必要を除き、デック単位のコンパイル、あるいはアセンブルされたモジュール（オブジェクト モジュールと呼ぶ）単位の標準化を可能にする。このため、結合操作システム（リンケージ エディタ：LEDT）にオブジェクト モジュール相互に呼び合う結合名称の変更取消し機能を持たせるとともに、単純構造から複雑なオーバレイ構造まで多様なタスク構造を定義できる機能を持たせた。

(2) 多様なプログラム ライブラリのサポート

コンパイル、アセンブル回数を縮減する、あるいは入力時間を短縮しプログラム生産に要する計算機時間を最少にする

目的で、ソース モジュール（プログラム言語で記述されたデック）、オブジェクト モジュール及びロード モジュール（タスクとして結合されたプログラム）を、磁気ドラム、磁気ディスク、あるいは磁気テープなどの高速メモリに格納しておく各種ライブラリ システムを備えた。

5.4 プログラム デバッグ、オペレーション サポート

バックグラウンド処理でのプログラムのデバッグはタスク単体のテストまでとし、これを能率よく進めるため、メモリダンプ、テスト データの自動セット機能、入出力シミュレータなど従来機能に加え、下記機能を追加した。

(1) 安全フリー ラン

ハードウェアのプロテクション機構を充実し、コア メモリ磁気ドラム及びファイル エリアを完全にバックグラウンド用として分離し、システム交信に対しては疑似マクロ機能を備え、オンライン側への影響を完全に排除した高速テスト ランを可能にした。

(2) 疑似データ

コア メモリ、磁気ドラム及びファイルのオンライン データをバックグラウンド側へコピーする機能を持たせ、煩雑なテスト用データの準備を簡略化した。

(3) 計算機処理ステップの合理化

コンパイル、リンク、データ セット、ロード、テスト ランなど各処理ステップを独立させ、1回のプログラムのコンパイルで幾つかのデータに対するテスト ランを繰り返すことを可能にし、処理ステップの合理化を図った。更に処理ステップ制御に前ステップのエラー判定スキップ機能を持たせ、無効ステップを飛び越すことを可能にした。

6 結 言

最近、制御用計算機の分野でも、ユーザーのソフトウェアに対する関心が強まっており、要求も多様化してきている。特にシステムの拡張性、保守性及び信頼性とソフトウェアの生産性の向上とが強く望まれている。H-80 OSではHIDICシリーズの経験を基に、これらニーズの実現に努め、各種機能の整備を図った。

しかし、システムは今後ともとどまることなく発展生長して行くものであり、新しい要望、新しい技術に即応すべく、不断の努力と改善を積み重ねていく考えである。