

制御用計算機HIDIC 500システム

Control Computer HIDIC 500

The HIDIC 500 is a control computer which has been newly added to Hitachi's control computer family including the H-7250 and the H-100. In its maximum configuration, the HIDIC 500 can be linked with the H-7250 and in its minimum configuration, with the H-100. In designing this new computer, emphasis was placed on the feasibility of system extension, high-speed processing, and on the modular construction of hardware to achieve better performance/cost of a system. Also, for improving system reliability, this computer was made available for dual systems. These features are discussed in this article.

平井 浩二* Kôji Hirai

桜川正三郎* Shôsaburô Sakuragawa

1 開発の背景

制御用計算機は、一般にプラントと直結して使用されるため、本質的にオンライン・リアルタイムの処理が前提となる。このため、プロセス入出力装置、オペレータコンソールなどの機器が必要になるとともに、実時間応答性の良いことが要求される。また、一日24時間休みなく稼働させることが多いうえに、いったん故障で停止するとプラントに与える損害が大きいため信頼性が非常に高くなければならない。

H-500の開発にあたっては、このような基本的要件とともに、以下に述べるような考え方が背景となっている。

(1) システム構成の多様化

中央制御室で象徴される制御の集中化とともに、複数台のローカルプロセッサを配した、いわゆるシステムの階層化が進む傾向にある。また、制御内容も、化学プロセスのDDCなどの直接的制御から、鉄鋼、自動車の生産管理システムにみられるような大量の情報処理を行なうものまで、処理内容が多様化している。さらに、制御領域は空間的にもますます広域化しつつあり、伝送技術、通信制御技術に基礎をおいた計算機相互間のリンケージ、端末機器とCPU（中央処理装置）間を結合するラインシェアリングシステムなどが必要となっている。このような傾向に対して、プラントのシステムエンジニアリングに基づいた、いわゆる機器のワイドセレクションの可能なことが不可欠である。

(2) 信頼性

MSI, LSIの利用で機器のMTBF（平均故障間隔）は大幅に改善されているが、さらにデータの信頼性、ソフトウェアの信頼性などが重視される。また、瞬時のシステムダウンも許されない場合、あるいは、一重系の稼働率では満足できない場合などには二重系構成をとるシステムが増加している。そのため、複数台のCPUを結合するリンケージ手段と、デュアルアクセス用磁気ドラムなどのような二重系用周辺機器が必要になる。

(3) コストパフォーマンス

コアメモリ、論理素子の高速化、CPUと周辺機器の情報転送、あるいは、オペレーティングシステムの効率向上などが性能面に直接寄与するが、さらに、コストパフォーマンスの改善には、徹底したビルディングブロック方式をとる必要がある。これには、記憶容量、周辺機器の台数などの量的要素のみならず、命令セット、ソフトウェアなど機能面での拡張性を改善することが有効で

ある。また、ソフトウェア、要員の教育、保守体制、ドキュメンテーションなど既存資産の活用と、ハイアラキシステム構成上のメリットなどの観点から、機種をシリーズ化し、これらをファミリーとすることがコストパフォーマンスの改善に密接な関連を持っている。

2 開発思想と特長

図1は3機種の相互関係を示したものでH-500の領域は、H-100、H-7250とそれぞれ1部分オーバーラップさせてある。

これは、適用対象に最も適した機種を経済的な構成でユーザーに提供するという基本方針のもとに機種のシリーズ化を図った結果である。さらに、同様な考えのもとに、図2の空間で各項目のバランスを考慮しつつオプションとなるモジュールの充実を図っている。

次に、H-500のシステム上の特長とそれらに対する基本的な考え方について述べる。

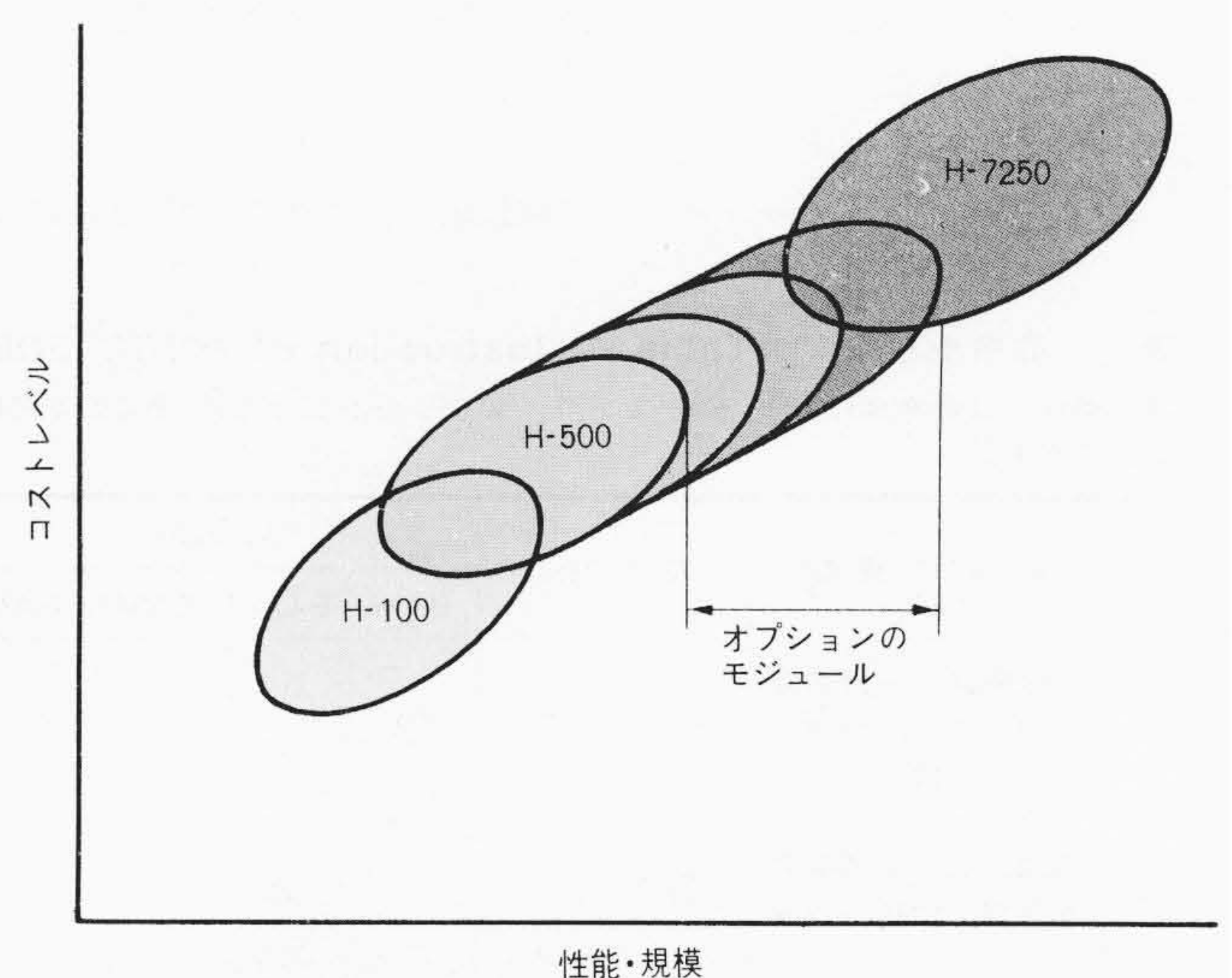


図1 3機種の相互関係

Fig. 1 Performance-cost Map of HIDIC Series

H-500の領域は、H-100、H-7250とそれぞれオーバーラップさせ、機種のシリーズ化を図っている。

* 日立製作所大みか工場

に加えて、二重系システム用の磁気ドラムメモリ、インターフェース切替用スイッチ、チャンネルのトランクエキスパンダおよび広域制御に必要な通信制御装置、ラインシェアシステム（データフリーウェイ）、あるいは、図形表示を行なうカラーディスプレイなどを開発し標準化した。特にラインシェアシステムは、CPUと遠距離にある多数の端末機器を一本の同軸線で結合する方式であるので、布線工事の費用低減にきわめて有効である。

(4) 信頼性の向上

MSI、広温度帯域のコアなどの採用により、MTBFの向上を図るとともに、メモリプロテクション、各種のチェック機能、異常時のステータス表示などを充実させて、故障個所の早期発見と復旧時間の短縮を図っている。また、システムとしての信頼性を向上させるため、図3に示すような二重系を構成することができる。

(5) 処理の高速化

サイクルタイム 0.9μsのコアメモリと、高速TTL (Transistor-Transistor Logic) のMSIを中核とする高速論理系により、表2に示すようなスループットの高速化を実現した。総合的には、H-100の約6倍、H-7250の約2倍の高速処理が可能である。また、オプションでフローティング命令を備えているので、ギブソンミクスは約6μsとなる。

表2 スループット Table 2 Through-put

処 理		スループット (kW/s)
1	演 算	2 5 0
2	セ レ ク タ チ ャ ネ ル	2 0 0
3	マ ル チ プ レ ク サ チ ャ ネ ル	8 0
4	P C I O	2 . 5

総合的にはH-100の6倍、H-7250の2倍の高速処理が可能である。

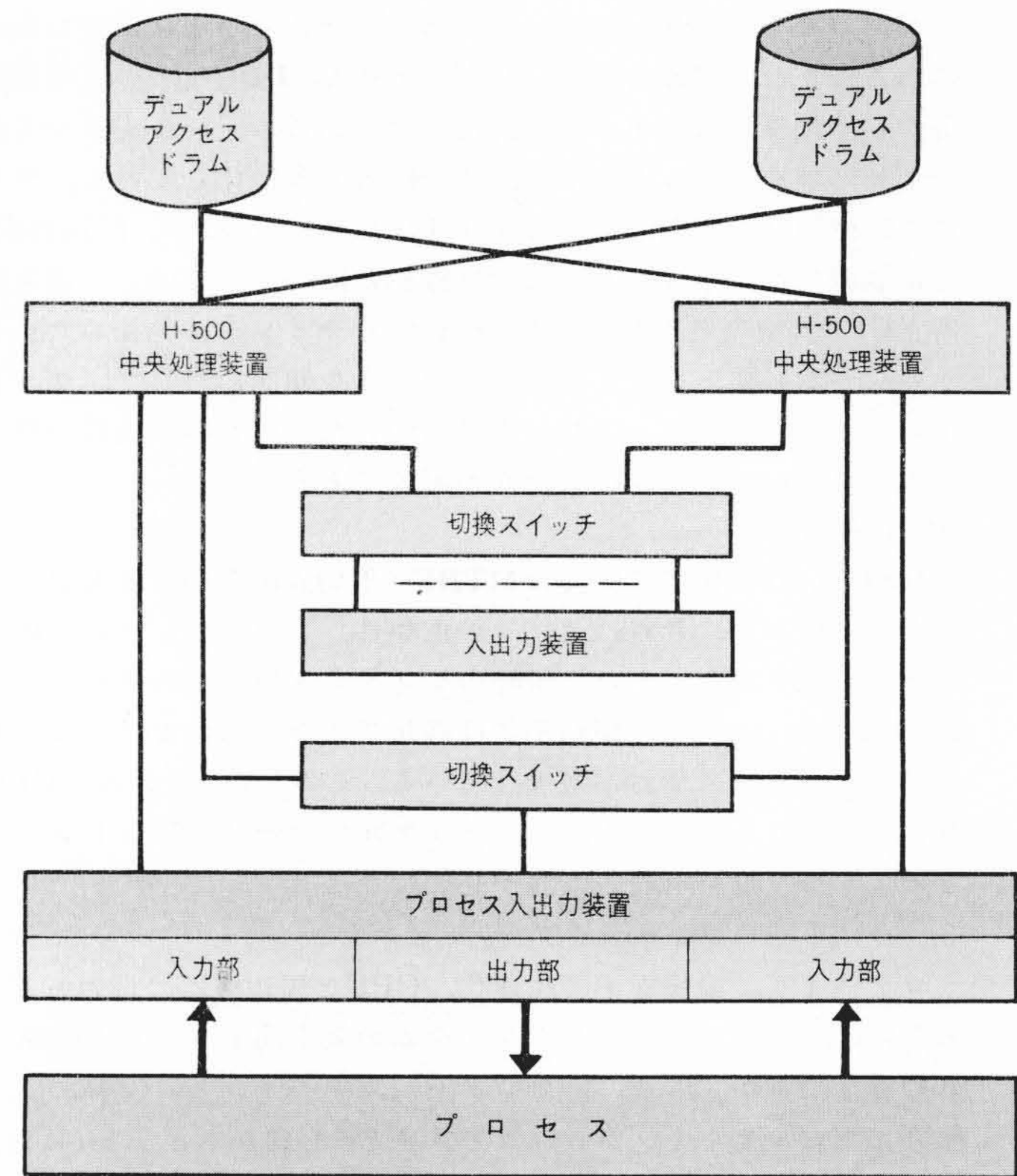


図3 二重系の構成例
Fig. 3 An Example of Dual System Structure

ハードウェアおよびソフトウェア両面から二重系の構成をサポートし、システムとしての信頼性の向上を図った。

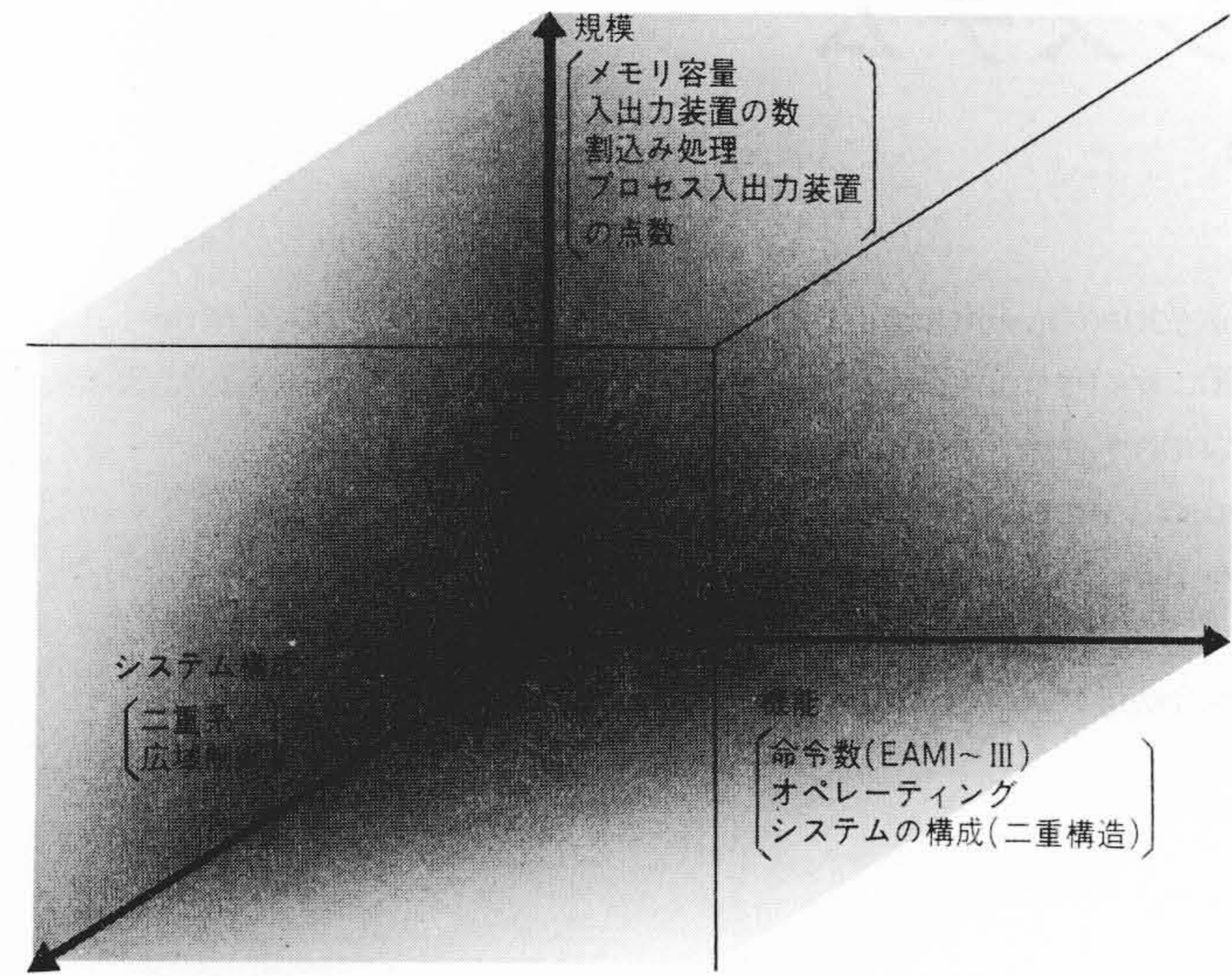


図2 拡張性の方向
Fig. 2 Expandability of Computer System

規模だけでなく、機能や構成についてもオプションとなるモジュールをもうけて、各種適用対象に最も適した経済的なシステムをユーザーに提供できる。

(1) ファミリ化

3機種のコマンドフォーマットを合わせるとともに、ソフトウェア、周辺機器などを相互にできるかぎり互換性を持たせるようにしてある。ソフトウェアとしては、H-100、H-7250のそれぞれのオペレーティングシステムを基本としたコンパクトシステム、エクステンデッドシステムの2種を備え、両機種用に開発したソフトウェアを大幅に利用できるようにしてある。

(2) モジュール化の徹底

表1に示したようにコマンドセットの基本(BAM)はH-100と同一であり、増設用モジュール(EAM)によりH-7250と同等にまで機能の向上ができる。

EAMを実装していない場合は、疑似命令の扱いとなり、自動的にサブルーチンにリンクするので、演算速度が低下するのみでソフトウェアの変更は不要である。このほか、メモリプロテクション、アドレスチェックの機能、チャンネル、コアメモリなどすべてモジュール化して、プリント板のそり入のみで容易に付加できるようにしてある。

(3) 周辺機器の充実

従来のテープ、カードベースの機器、プロセス入出力装置など

表1 コマンドセット Table 1 Instruction of HIDIC 500

基本構成では命令はH-100と同一であり、オプションによりH-7250まで機能を向上できる。

命令の種類	H-7250	H-100	H-500			
			BAM	EAM I	EAM II	EAM III
1 一語転送、一語演算 一語シフト、分岐 入出力、停止	○	○	○			
2 二語転送、二語演算 乗除算、二語シフト	○			△		
3 比較、インデックス 転送	○				△	
4 フローティング演算	○					△

○：標準 BAM: Basic Arithmetic Module
△：オプション EAM: Extended Arithmetic Module

注 BAM: Basic Arithmetic Module
EAM: Extended Arithmetic Module
TK: Trunk

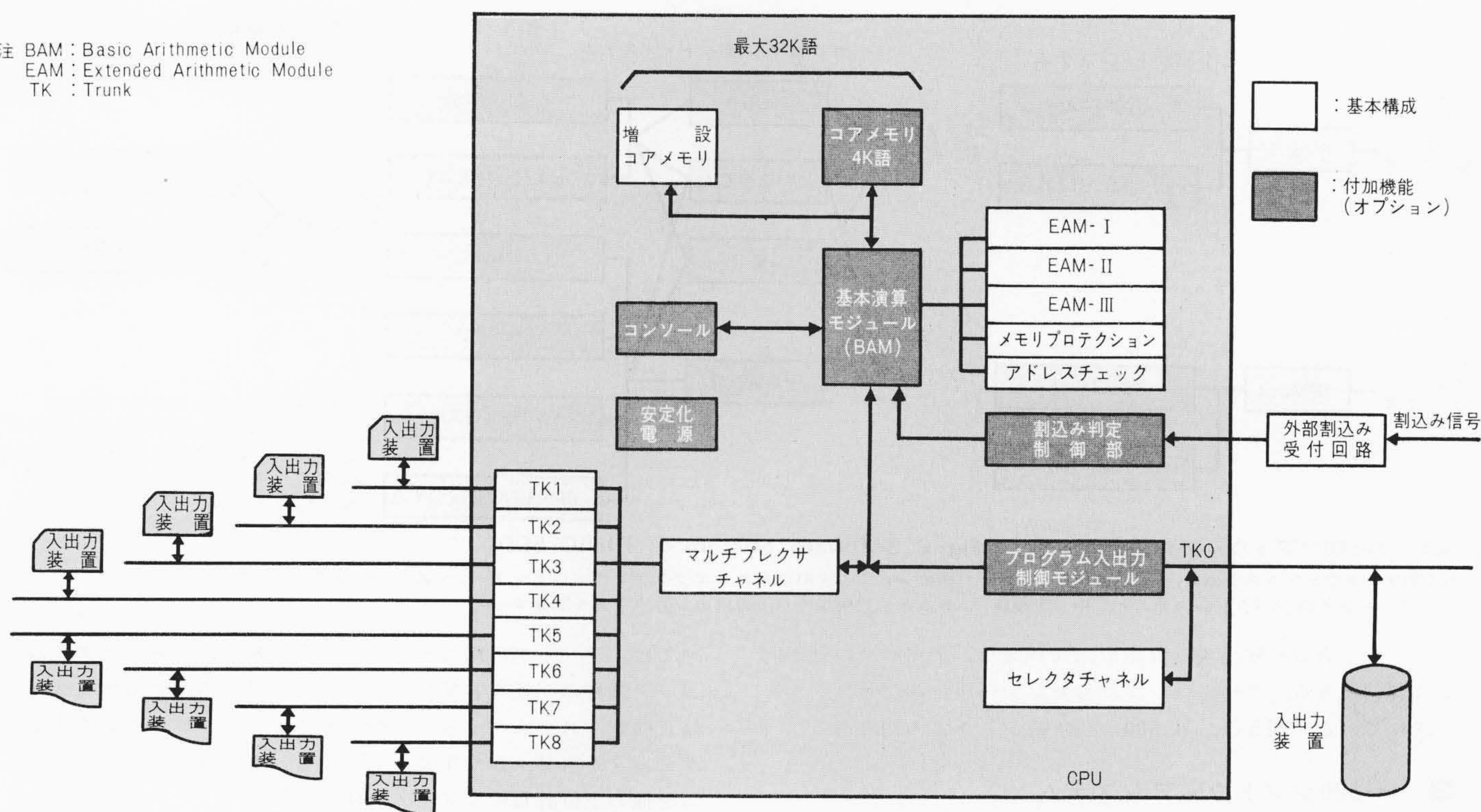


図4 システム構成 Fig. 4 System Structure of HIDIC 500

基本構成ではH-100と同等以上の機能を持ち、これに、付加機能(モジュール)を追加することにより、H-7250と同等程度まで、機能および規模を容易に拡張することができる。

3 ハードウェアシステム

次にハードウェアシステムの概要についてCPUを中心に述べる。

(1) CPUの基本構成

図4に示したように、基本構成は、4K語のコアメモリ、BAM、割込制御部、プログラム制御(PCIO)による入出力制御部、コンソール部、安定化電源などでありH-100と同等以上の機能を持っている。

(2) コアメモリ

18ミルの広温度帯域用コアを使用し、サイクルタイムは $0.9\mu s$ で、4K語ごとにモジュール化してある。したがってプリント板を追加するのみで最大32K語まで容易に拡張できる。

(3) 演算部

命令語、数値語のフォーマットはともにH-7250、H-100と同一であり、一語は16ビットで、一語命令と二語命令がある。演算部は、すでに表1で示したような区分でBAMとEAM I~IIIに区分しており、EAMを追加することにより命令を最大37種まで増強できる。EAMを実装しない場合は、その部分の命令は疑似命令となりサブルーチンで実行する。レジスタは合計21個でこのうち18個がプログラムで参照できる。

(4) 割込み制御

割込み制御部のうち、外部割込み信号用の要因レジスタはプロセス入出力装置内に実装される。割込みレベルは、レベル0、レベル1、タスクレベルに大別され、レベル0は、停電、CPUエラーなどの内部要因に使用される。レベル1は、さらに10個のサブレベルに区分して、タイマ、入出力機器用のレベル、外部割込み用レベルなどに割り当てられる。外部割込み信号用に使用可能な要因数は、 $8(\text{レベル}) \times 16(\text{要因})$ で実時間処理の機能が強化されている。

(5) 入出力制御

接続する周辺機器の動作速度と接続台数に応じて、経済的で転

送効率のよい制御方式とするためPCIOを標準に、チャンネルをオプションとしてある。PCIOは入出力命令を用いてプログラムで一語ずつ転送を行なうもので紙テープ、カードベースの入出力機器など比較的速度の遅いものを接続する。チャンネルは、磁気ドラムメモリなど高速転送を必要とする機器を接続するセレクトチャンネルと、多数の機器を接続することに主体をおいたマルチプレクサチャンネルの2種に分けられ、いずれもサイクルスチール方式により高速化が実現している。周辺機器を接続するトランク(TK)は合計9個で、トランク間の同時処理を可能にして、転送効率を向上させている。

(6) メモリプロテクション、アドレスチェック

前者はコアメモリの特定領域(256語/ページ)に対し、プログラムミスによる書込みを防止する機能で、違反するとその書込みは無効になるとともに、割込み処理あるいは停止となる。

後者はエントリースイッチで指定した特定のアドレスを参照し



図5 HIDIC 500のシステム例

Fig. 5 An Example of HIDIC 500 System

このシステムは二重系構成をとり、生産管理に適用した例である。CPU 2台、磁気ドラム2台、その他PI/O、テレタイプ、CRT、通信制御、CR、LPなどから構成されている。図の左側制御卓は、システムの監視、操作を行なうシステムコンソールである。

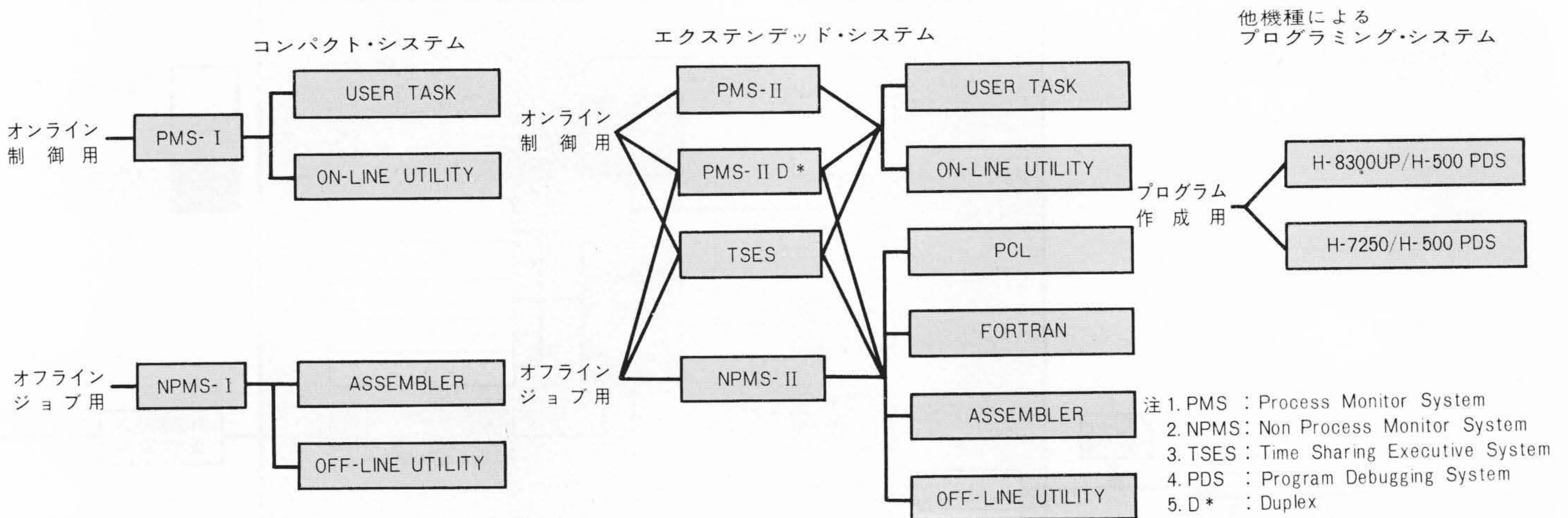


図6 H-500ソフトウェアシステム体系

Fig. 6 Software System of HIDIC 500

H-500ソフトウェアシステムは、小規模構成システムで用いられるコンパクトシステムと、中・大規模構成システムで用いられるエクステンデッドシステムと、他機種でH-500用のプログラムを開発するシステムから成っている。

ようとする命令を検出する機能で、プログラムデバッグの効率向上に有効である。これらはいずれもモジュール化されオプション化されている。図5は、H-500の二重系システムの例である。

4 H-500ソフトウェアシステム

H-500ソフトウェアシステムは、これまでの数多い計算制御システムにおける豊富な経験と実績を基に、オンラインリアルタイム性の強化と、ユーザーの使いやすさに重点をおいて開発されたものである。

(1) 応答性の向上

割込みがはいってからのタスクの起動、あるいは入出力制御におけるオーバーヘッドを極力縮小するため、高速化に重点をおいて設計し、従来システムと比べて、メモリの若干(2%)の増加により、処理性の30%向上を実現している。

(2) 信頼性、オフラインバッチ処理性の強化

このニーズにこたえるため、待機予備系を持つシステムをサポートする、“デュプレックスシステム”を開発した。これにより、通常は、処理性の高いバッチ処理を行ない、万一の主系の故障時には直ちに主系をバックアップしてオンライン処理を続行するシステムを実現できる。

(3) 拡張性の強化

命令語レパートリーに拡張性をもたせるため、 $\times$, $\div$, 浮動小数点演算などはオプション化されているが、すべてのオプション命令にソフトウェアによる疑似命令が用意されており、オプションの選択によるプログラム変更の必要性をなくしている。オペレーティングシステムには、小形から大形までのシステムをサポートするため、コア専用あるいは小容量ドラム付用のオンラインオペレーティングシステムPMS-I、ドラム付システム用のPMS-II、オンラインの空き時間を使用してプログラムの作成、デバッグを行なうことのできるTSES、能率の良いバッチ処理を可能にするPMS-II D, H-500をプログラミングシステムとして使用するNPMS-I, NPMS-IIが準備され、さらにこれらをおのをモジュール化し、最も経済的なシステムの構成を可能にしている。

(4) プログラミングの容易化

プログラミング言語として本格的な制御用言語PCL(プロセスコントロールランゲージ)を提供する。これは基本文法を現在最も普及しているFORTRANにおき、データ構造はPL/Iをベースとしオペレーティングシステムとの連けい、制御用のI/O機器の制御を強化し、すべての制御用プログラムを能率良く、かつやさしく記述できるものである。また、デバッグの容易化につ

いては、デバッグ専用ステートメントの充実によりプログラムチェック論理の記述を容易にし、ソース言語レベルでのプログラム修正機能、スナップショット機能などによりプログラムの修正、チェックを容易、かつ正確にしている。なおH-500用のプログラムを他の上位計算機システムを使って作成し、デバッグすることもできるよう、H-7250/H-500, H8300up/H-500プログラムデバッグシステムを完備し、上位計算機をすでに持っているユーザーの便を図っている。

(5) 保守性の強化

プログラムは、システムの改良、拡張、修正などのため現地で各種の保守を必要とするケースが多い。このため、H-500オペレーティングシステムでは、タスク間共通データエリアの自動管理、プログラム格納空きエリアの自動管理などの機能が整備されており、プログラム保守ドキュメントの不備によるトラブルは未然に防止されている。

また、異常時のトラブルシューティングを容易にするため、必要な場合は、異常発生までのプログラムの主要ポイントの処理履歴が調べられる機能も備えている。

図6はH-500システムソフトウェアの全体体系を示したものである。

5 結 言

HIDIC 500は、H-7250, H-100で得た豊富な経験と実績をもとに拡張性、高速性に重点を置いて開発されたものであるが、システム構成のうえでも広域制御、高信頼化を目的とした種々の新技術が結集されている。本システムの開発により制御用計算機は、H-7250, H-500, H-100と性能、規模、価格の面で連続的にラインアップされたことになり、より高性能で経済的なシステムの構成が可能となった。

すでに、二重化システム、H-500を中核とするハイアラキシステムが好調に稼動中であり、今後は、これらのフィールドデータの蓄積によって信頼性に対するフィードバックを図るとともに、さらに広い分野への適用に努力する所存である。終わりに、本開発に対してご指導とご協力を賜った関係各位に深く謝意を表する次第である。

参考文献

- (1) 森田：火力発電, 18, 943 (1967-10)
- (2) 曾我, 三浦：制御工学 Vol. 11, No. 2
- (3) 森田, 曾我：日立評論 51, 153 (昭44-2)
- (4) 森田, 曾我：日立評論 51, 714 (昭44-8)