

圧延機制御システムの新展開

New Development of Rolling Mill Control Systems

鉄鋼圧延制御システムに対するニーズが多様化する中で、日立製作所はミニмумインタフェースを目指して、システム全体に光伝送装置を採用した新システムを開発した。

バス結合装置と新形マイクロコンピュータHISEC 04-Mによるマルチマイクロコンピュータシステムを制御の中核とし、これとリンケージする各種の制御、検出、操作、監視などの小規模ステーションにもすべて光インタフェースを採用し、操作デスクと監視システムとは、電子化、デジタル化、音声化技術などを駆使してマンマシン性を飛躍的に向上させるとともに、集中操作、集中監視を可能にした新しいミニмумインタフェースを実現した。本稿では、キーコンポーネントとシステム構成の実際について報告する。

浅川征雄* Yukio Asakawa
鮎川 隆* Takashi Sukegawa
上金良博* Yoshihiro Kamigane
高倉満郎* Mitsurō Takakura
加藤享良* Takayoshi Katō

1 緒 言

鉄鋼生産技術は、量から質への転換が行なわれている。板材の圧延を例にとっても、同一圧延システムで取り扱う材料の寸法はもとより材質種類は極めて多く、製品寸法精度は長手方向板厚だけでなく、形状や幅方向厚さ、板幅などの均一性を確保することに焦点が移り、圧延スケジュールの面では、段付圧延、走間ゲージ変更、ワークロールシフトなどの新技術を使用した連続式圧延機が実用化されつつある。このように多様化、複雑化するニーズに対して、これを実現するための鉄鋼圧延制御システムを次のような方針のもとに新しく開発した。

(1) 経済的観点から採用が見送られてきた小規模光伝送装置をシステム全体に適用して、工事費の低減と信頼性の向上を

飛躍的に向上させる。

(2) 危険分散と高機能ソフトウェアの作り込みを可能とするマルチマイクロコンピュータシステムを構築するための新形マイクロコンピュータHISEC 04-Mの開発

(3) 操業と保守の負荷を低減するための、電子化、デジタル化、音声化された操作、監視システムを開発し、これを集中配置して省人化、省スペース化を図る。

(4) システム中の状態信号は、マルチマイクロコンピュータによって一元管理して、信号の共有化と同時性を確保することにより、センサの設置及び信号入力を必要最小限とする。

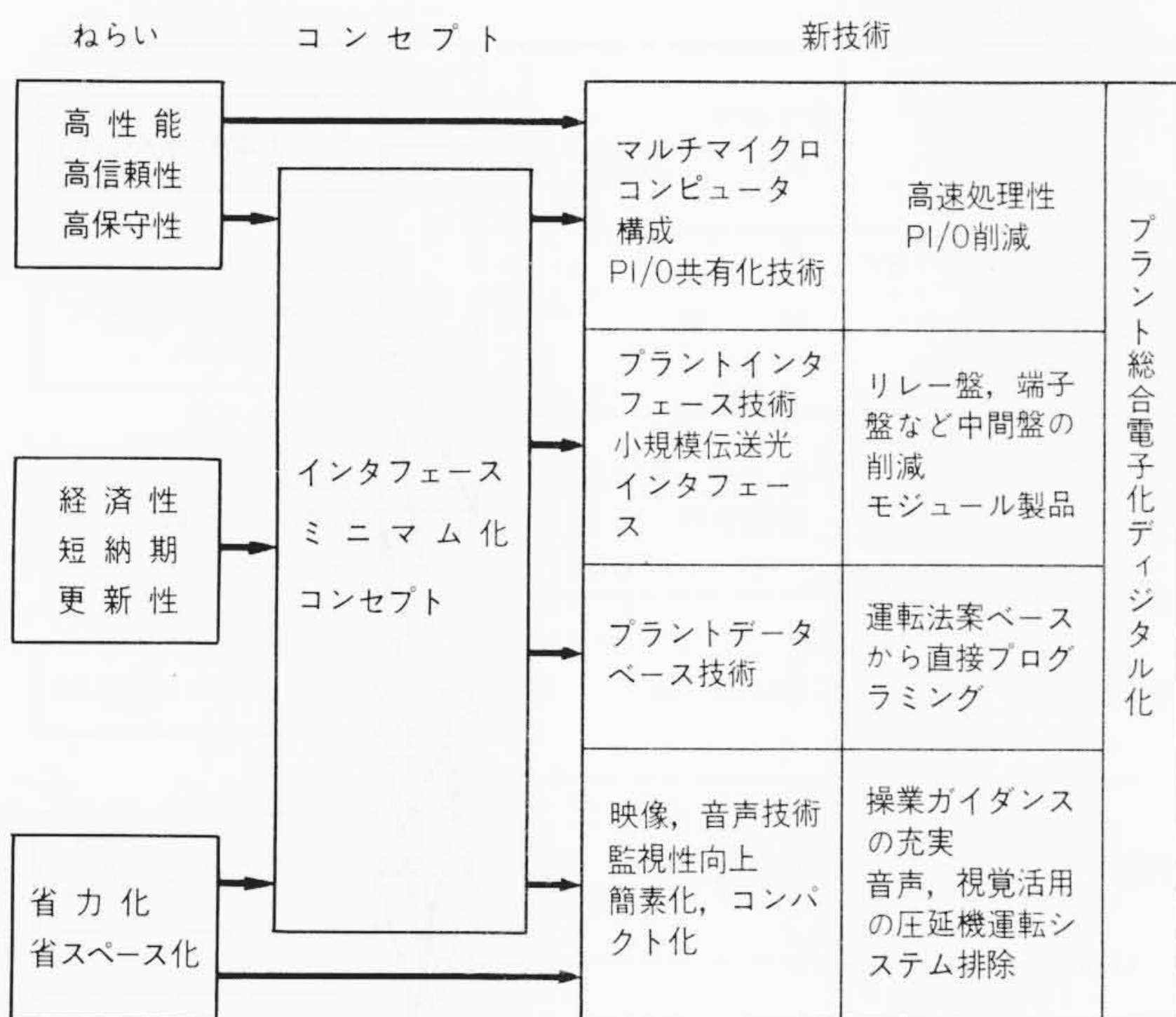
(5) ハードウェアとソフトウェアを、機能別モジュールで構成するとともに、システム構成をデータベースで表現して、システム計画と設計を短期間で完了させる。

以上の新技術を整理したものが図1である。この新技術はシステム計画だけでなくシステムの更新をも容易にすることができ、ニーズの多様化が急速に進む鉄鋼圧延制御システムに柔軟に対応出来るものである。

2 システム構成概念

2.1 プラント制御技術の変遷

鉄鋼圧延制御システムで、その制御技術の高度化、複雑化に伴い、第1段階として、昭和40年代に、制御用コンピュータの導入が急速に行なわれた。このコンピュータ化は、それまでの制御技術の中でも、難しいとされた特殊制御、例えば自動位置決め制御や自動板厚制御などが対象として適用された。したがって、大部分の制御はリレーロジックとして残っていた。第2段階は、昭和50年代前半である。リレーロジックによるシーケンス制御の代わりに、シーケンサが用いられるようになった。このシーケンサの適用により、それまでのシステムの中核をなしていた主幹制御や、シーケンス制御装置の集約化が行なわれた。第3段階として、上記シーケンサの機能とコンピュータの演算機能をもつマイクロコンピュータが、プラントコントローラとして登場し、制御の中核となった。第4段階として、マイクロコンピュータの高速化によ



注：略語説明 PI/O(Process Input/Output)

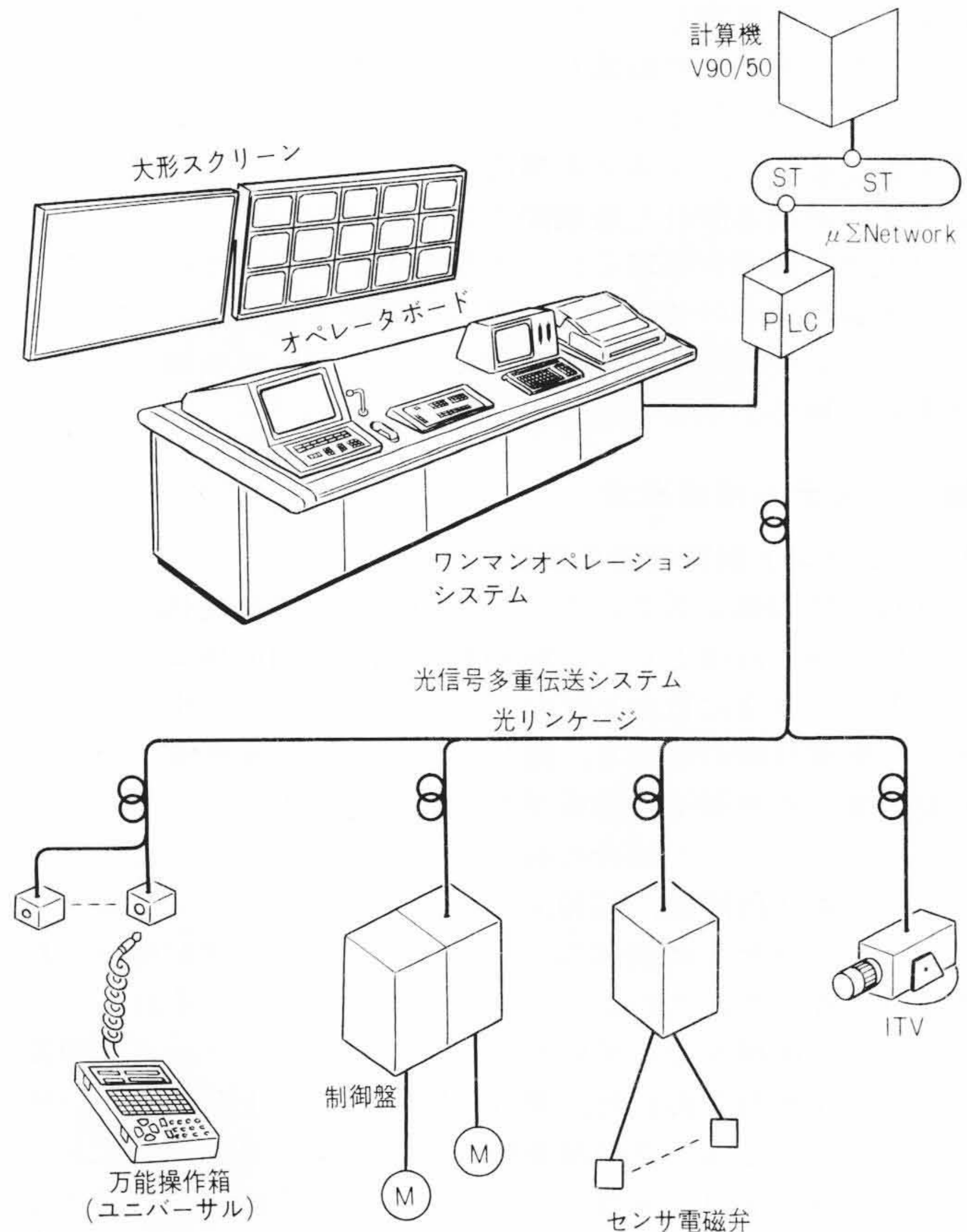
図1 ミルプラント制御システムの新技術 ミルプラント制御システムの新技術は、ミニмумインタフェースをコンセプトとしている。

* 日立製作所大みか工場

り、アナログ主体で高速応答性を図っていたサイリスタレオナード装置なども、デジタル化が行なわれるようになった。また、一方では、これらマイクロコンピュータの適用により、プロセス相互の信号を、シリアル信号により通信する小規模信号伝達装置が開発され、プラント間の入出力装置として普及した。第5段階として鉄鋼技術の高度化に伴い、複数のマイクロコンピュータがプラント制御を分担するマルチマイクロコンピュータ制御技術が確立した。このマルチマイクロコンピュータによるプロセス制御を実施する場合、そのプロセスと入出力データは、各マイクロコンピュータが共有する形をとっている。この方法により、制御の高度化、高速化が図られている。他方、機能面では、電気技術者ベースでの取扱いやすさを追求するとともに、ソフトウェア生産性の向上及びソフトウェア品質の向上を実現してきた。その具体例は、HISEC 04-E以降のシリーズに見るような電気シーケンスシンボルでのプログラミングを可能としたほか、更に、運転法案ベースから直接プログラミングを実現する、ソフトウェア面で生産性の向上と保守性の改善が挙げられる。

2.2 ミルプラント制御システム“MACCS-90”

ミルプラント制御システム“MACCS-90”(Motor Application Control Complex System 90)は、高性能、高信頼性、高保守性をもち、製作の観点からは経済性、更新性、最短工期の実現ということをその目的として開発された。図2にMACCS-90のシステム構成例を示す。HISEC 04-Mとバス結合装置により、マルチマイクロコンピュータシステムを構成している。PLC(Plant Controller)を制御の中核とし、マ



注：略語説明 PLC(Plant Controller), ITV(工業用テレビジョン)

図2 ミルプラント制御システム“MACCS-90”の構成のシステム構成例を示す。

ンマシンオペレーションを可能にするオペレータボードと大画面スクリーンを備え、上位計算機とはμΣNetworkで結ばれ、端末のITV(工業用テレビジョン)、センサ、電磁弁、電動機用制御盤、万能操作箱などとはいずれも小規模光伝送装置で接続されている。以下、各構成要素について説明する。

3 光伝送装置

マイクロコンピュータの進歩に伴い、その制御及び機能の範囲は拡大し、その取り扱うデータ量も増加の一途をたどっている。更にそのデータの範囲も上は上位計算機などからのプロセスコントロール指令データのレベルから、下はプロセスに直結したセンサレベルの非常に高速なデータまで広範囲にわたっている。マイクロコンピュータはこれらの広範囲、大容量、高速なデータを適切に処理することにより、その課せられた制御の質を高く維持することが必要である。従来から日立製作所では小規模データ伝送装置として、STU(Serial Signal Transmission Unit)を開発し、データ伝送に適用してきたが、上記を踏まえて、データの伝送手段を顧みした場合、次のとおりとなる。

- (1) データ伝送装置STUの数を増やす。
- (2) 1台当たりのデータ伝送容量を増やす。

上記(1)の方法は装置の数が増えるために、スペースが必要となる。更に伝送用ケーブルが増すので、保守性、経済性が悪くなる欠点がある。(2)の方法は、容量が増すに従い1回の伝送周期が延び、その結果高速にデータが伝送できなくなる欠点がある。またこれら従来のSTUでは、伝送ケーブルに電気信号を用いていたため、その浮遊容量の点などから高速かつ大容量化を図るのは困難であった。

表1 光ファイバ伝送の特長と応用分野 光ファイバを使用した伝送装置の特長と適用分野の区分を示す。

項目	メタリックとの比較 (光ファイバ) (メタリック)	特長	応用
外径	<0.5	曲げやすい。 スペースファクタが良い。	布設工事配線が容易
重量	<0.2	軽量	航空機、船舶などに好適
耐環境性	≧1	耐火性、耐水性、 耐腐食性	悪環境下での監視 制御システムに好適
資源性	→∞	ほぼ無尽蔵	システムコストの低減
誘導性	0	雑音対策不要	CATVなどの情報 伝送システムの形成
帯域	>10	高速・大容量化	多重伝送システムに 好適
損失	<0.5	長距離化	公衆通信網への適用

注：略語説明 CATV(Cable Television)

この問題点を解消したのが光ファイバを用いた伝送である。表1に光伝送の特長を示す。伝送帯域が特に広く、損失が少なく、耐ノイズ性に優れている。

光ファイバの伝送損失周波数特性は図3のように同軸ケーブルと比較しても格段に優れており、高速・大容量伝送に適していることを示している。ミルプラント制御システム“MACCS-90”では、この光ファイバを用いたシリアル伝送装置(以下、光STUと称する。)を制御装置間のインタフェースの中核として適用したので、従来のSTUを使用した場合に比較して伝送用信号ケーブルの本数を大幅に削減した。

この光STUをマイクロコンピュータ相互間、プロセス直結の機器との間をはじめ、マイクロコンピュータと端末機器との信号伝送など、広範囲のデータ伝送に適用する必要がある。その回路は表2に示すように構成される。同表に基づき大別すると、インテリジェントなステーション間を結ぶループ式のもの、現場機器をシリーズに結ぶマルチドロップ式のもの、及びマイクロコンピュータ間や制御盤間を1対1で結ぶポイントツーポイント式のものが挙げられる。ループ式は、特にインテリジェントなステーションが分散し、相互通信が必要な場合に有効な方法である。マルチドロップ式は、プラントの機側に設置される運転台の操作器具の入力など、数箇所に

小規模ながらデータが集中しているケースに有効である。ポイントツーポイント式は、まとまった情報の伝送に特に有効な方法である。光STUは以上の三つの伝送方式をとることができる。ループ式としてはマイクロコンピュータとデジタル化レオナード装置に、マルチドロップ式としては機側操作スタンドとマイクロコンピュータに、ポイントツーポイント式としては電気室内インタロック信号の伝送などに適用される。

これら光STUの特長は、従来の電気STUと比較して伝送容量がケーブル1本当たり8倍になり、伝送速度は20倍にもなることである。また、耐ノイズ性が大幅に向上したことから、高速のアナログ信号の入出力にも使用することが可能となり、各種のインタフェースが容易に行なえるようになった。

以上述べたように、光STUの採用により、伝送速度の高速化、伝送容量の増加が実現され、制御の高度化に対応でき、かつケーブル本数の低減に伴う保守性の向上、更には、伝送装置の員数削減による省スペース、省エネルギーも可能となった。

また、光STUは大量のデータを送るため、信頼性確保には次のような手段により万全を期している。

(1) データの誤り検出方式

CRC(Cyclic Redundancy Check)によるデータチェックをはじめ、データ語長のチェック、合理性チェックにより誤ったデータの伝送を防止している。

(2) システムの信頼性向上

受信側での信号パターンの規則性監視を中心とする異常検出のほか、回線断線検出などのRAS(Reliability, Availability, Serviceability)機能を充実させ、装置固有の信頼性に加えシステムの信頼性向上を図っている。

以上述べたように、光STUを適用することによりマイクロコンピュータのデータ処理に必要な種々の装置の削減に伴う省スペース、省エネルギーのほか、伝送用ケーブルの大幅な削減による保守性向上が実現できる。

4 HISEC 04-M

従来のマイクロコンピュータHISEC 04-Eを高速化し、マンマシンインタフェースの充実と情報機器のインタフェースを容易にすることを目的として、新しくHISEC 04-Mを開発した。HISEC 04-MはD形プロセッサを標準装備し、G形プロ

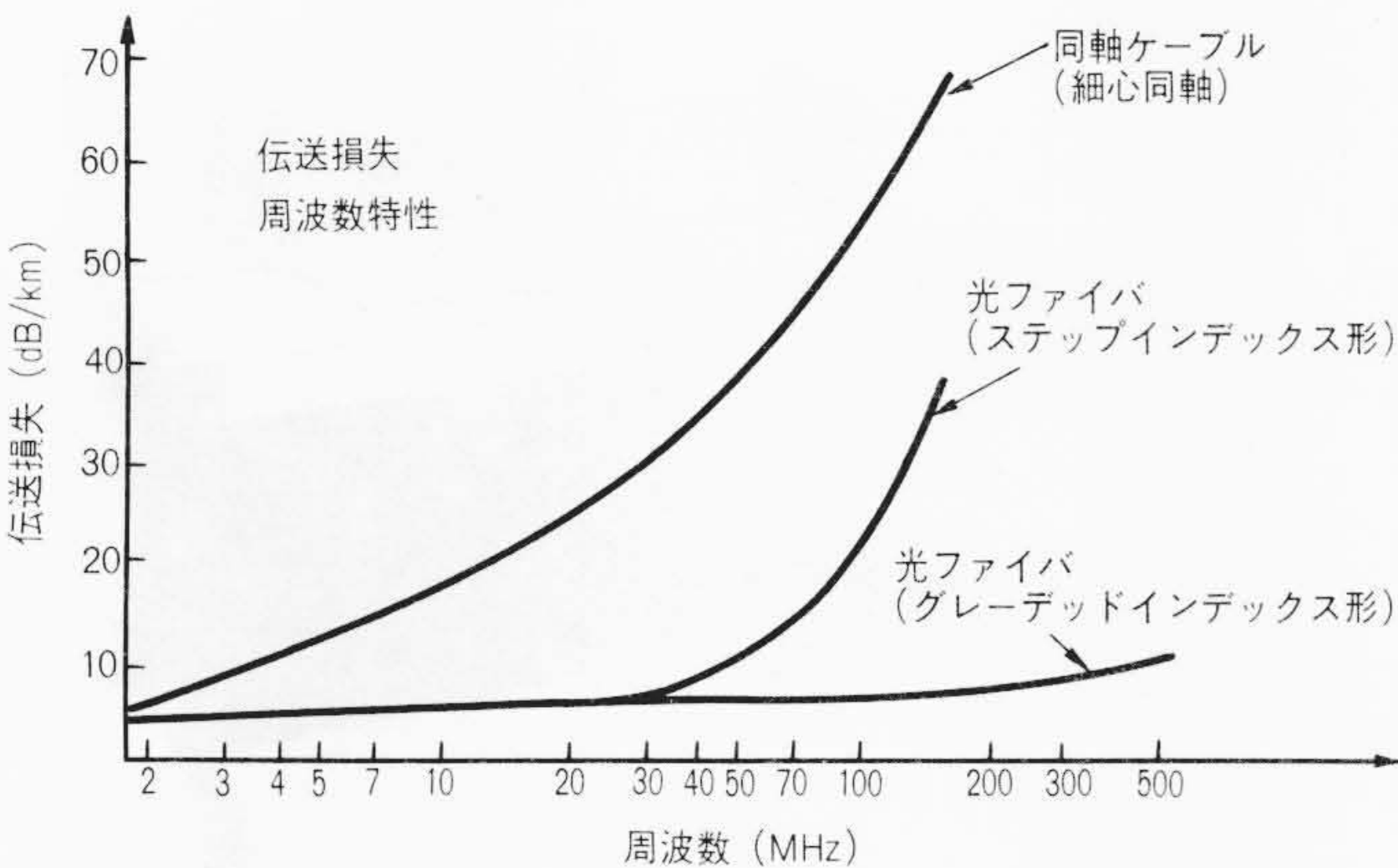


図3 光ファイバの周波数特性 電線に比べ、光ファイバの伝送特性の優位性を示している。

表2 光STU(Serial Signal Transmission Unit)のバリエーション 本表はSTUの適応例を示すものである。

項目	伝送方式	ループ式	マルチドロップ式	ポイントツーポイント式
システム構成				
用途		コンピュータ相互間、広域高速大容量システム	現場機器間 現場機器、端末コンピュータ間	電気室内、制御盤間 現場、端末コンピュータ間
規模		ST数：4/ループ	最大8ST 32点/ST	256点/回線
伝送路		光ファイバ	光ファイバ	光ファイバ
伝送距離		ST～ST間：1～2km	総長1～2km	0.2～2km
特長		広域システムで威力発揮	双方向通信可能 200点/STの点数集約のとき有利 200点/100ms～1s	危険分散が図れ故障時復旧容易 20～50点/STの点数集約のとき有利 スキニングサイクルが速い。32点/2.4ms

注：略語説明 ST(ステーション)、MST(マスタステーション)

セッサをオプションとする構成である。Dプロセッサは、データフロー形の容易なプログラミングを可能にするPOL (Problem Oriented Language)による対話形プログラマ PADT(Programming and Debugging Tool)を備えている。Gプロセッサは、データ処理を主要目的として、情報機器とのリンケージにも使用される。Dプロセッサ、Gプロセッサは、1台のCPU(Central Processing Unit)内に実装され各々機能を分担し、独立して制御を行なうことが可能である。表3に2種類のプロセッサの仕様を示す。

HISEC 04-Mは図4に示すスタンドアロンのPLCシステムから、バス結合装置によるマルチPLCシステムまでの構成を可能とし、シーケンス制御、DDC(Direct Digital Control)だけでなくデータ処理としてのCRT(Cathode Ray Tube)表示、タイプライタ印字などの入出力機器の制御をも可能としている。

一方、光インタフェースの適用とその適用範囲の拡大、DFW(データフリーウェイ)、 $\mu\Sigma$ NetworkによるHIDIC上位計算機シリーズとのネットワークを構成できるなどの特長がある。これらを図5にまとめて示す。

この特長を実現しているキーテクノロジーであるバス結合装置とPADTについて説明する。

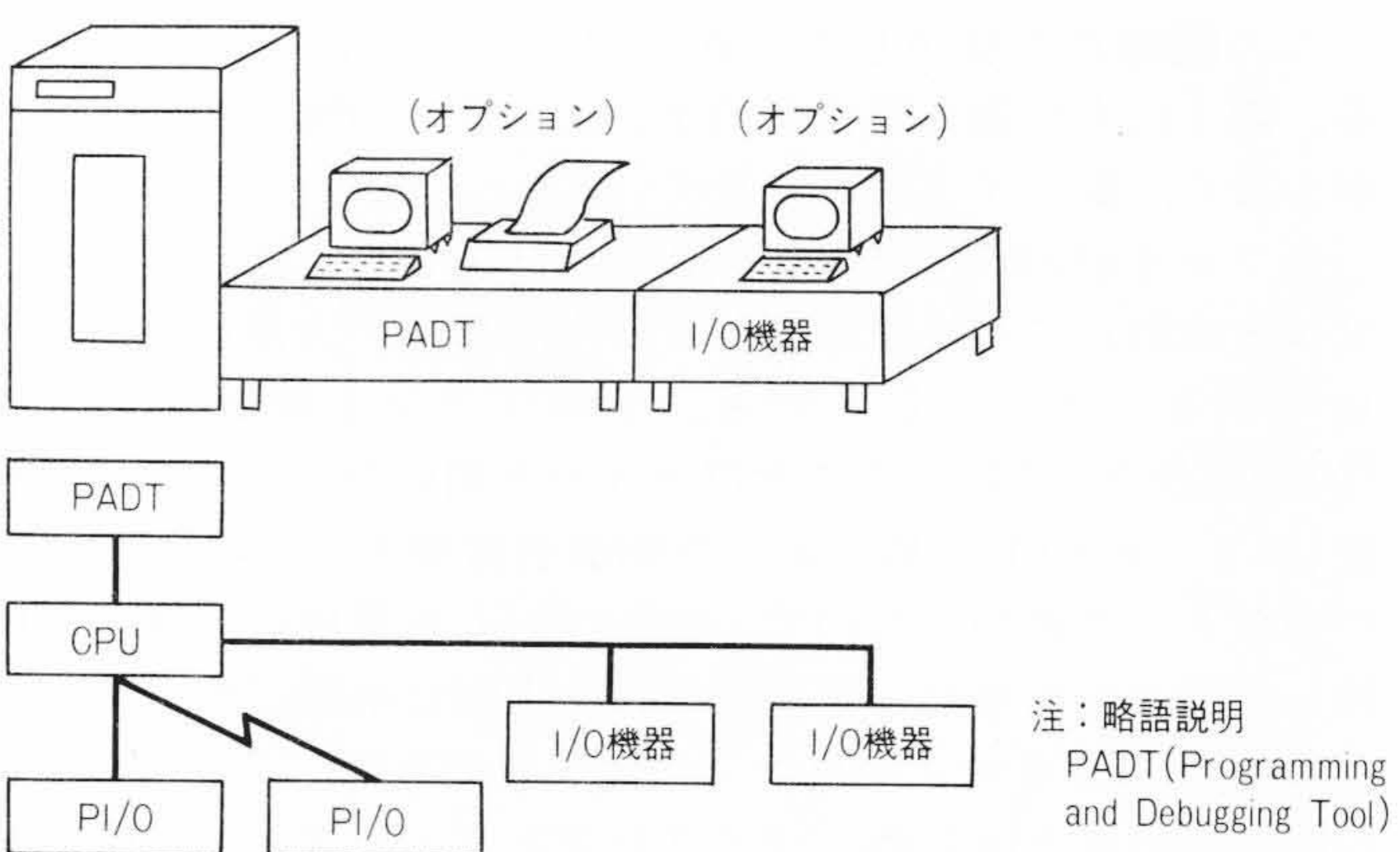
(1) バス結合装置

これは、機能を分散された複数台のPLCの入出力バスを結合することにより、各PLCが入出力データを共有化し、かつPLC相互間の通信まで手順なしで実行する装置である。PLCと入出力装置とはサイクリックディジタル方式と言われるハードウェアだけで結合されており、数ミリ秒で全データが全PLCに対して同時に交信を完了できるので、データの共有化と同時性が確保される。PI/O(プロセス入出力装置)の共有化

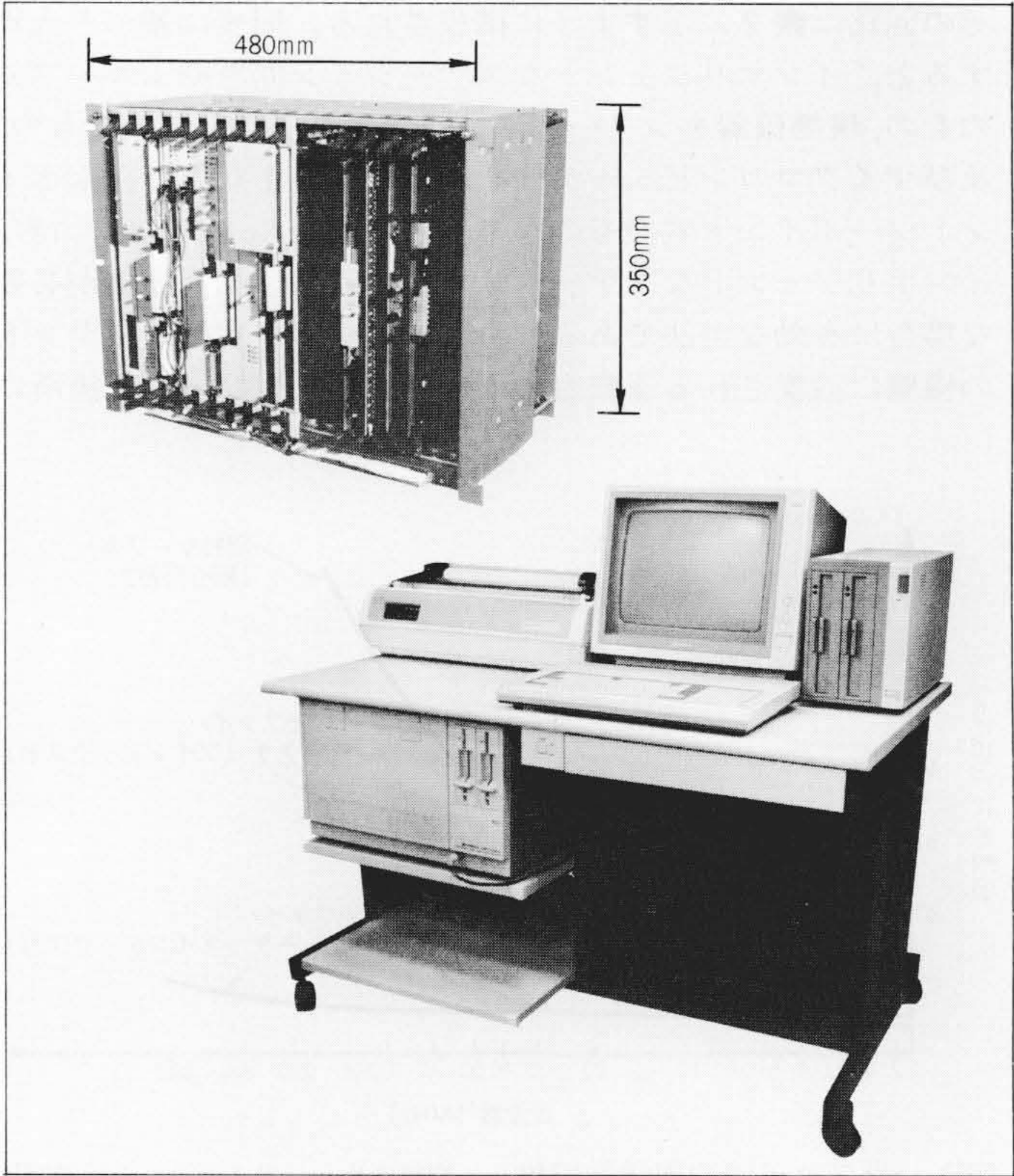
表3 HISEC 04-Mの仕様 従来のHISEC 04-Eとのシーケンス命令の速度比は2倍となっている。

項 目			形 式	HISEC 04-M	
				Dプロセッサ	Gプロセッサ
プロセッサ	D	D	C	○	—
	デ ー タ 処 理			—	○
適 用				高速DDC	データ処理 (CRT表示, タイプライタ出力, 上位リンケージ)
最大メモリ容量				64k語 (POL)	512k・2Mバイト
命 令 実 行 (μs)	シ ー ケ ン ス (POL)		1.0		
	加	算	(POL) (アセンブラ)	2.0 1.5	
	乗	算	(POL) (アセンブラ)	6.0 9.8	
言 語				POL	POL & C
リンケージ	上 位 計 算 機		μΣNetwork/DFW		
	コントローラ間		バス結合/μΣNetwork/STU		
	端 末 間		STU/PIO(リモート)		

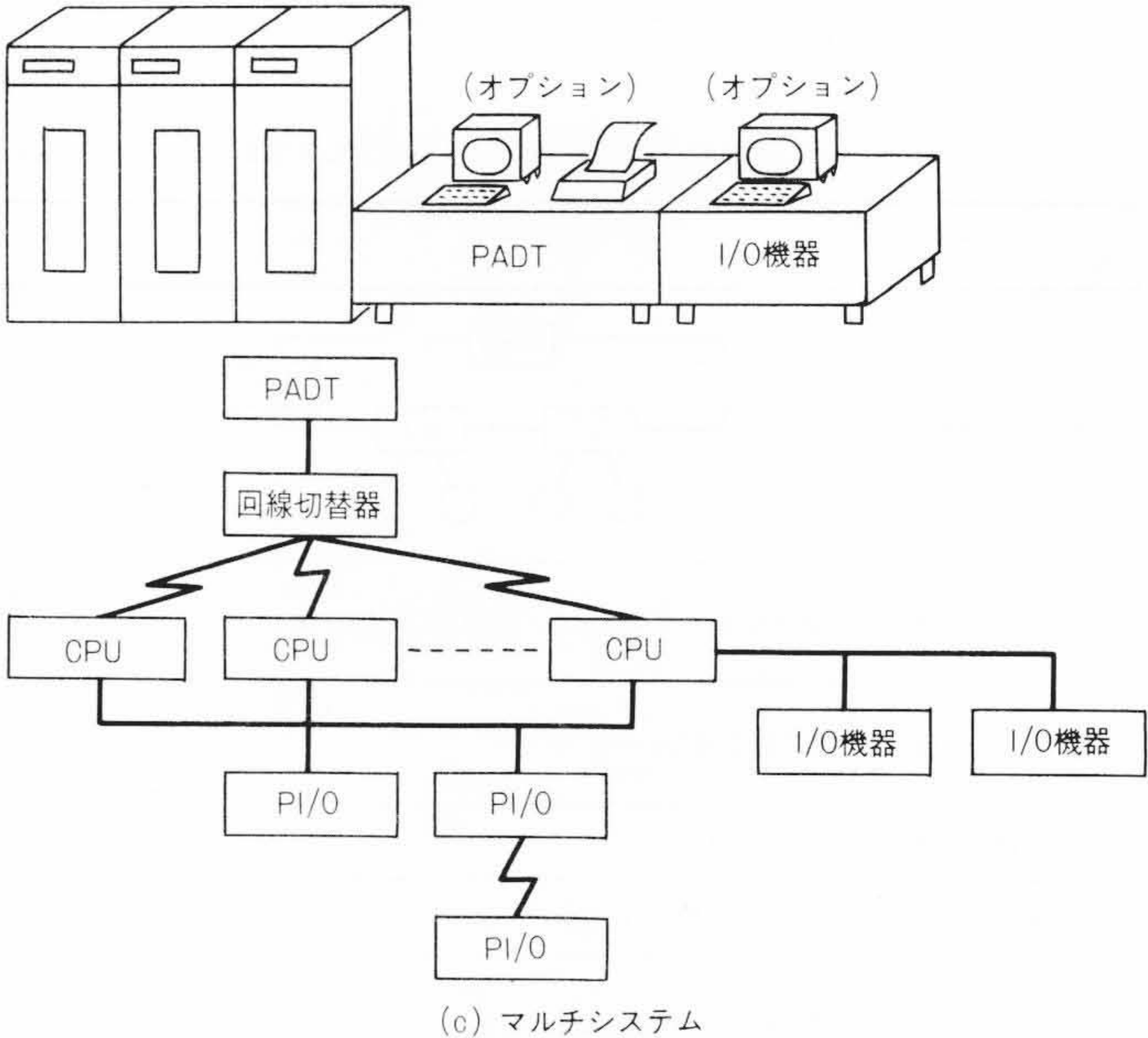
注：略語説明
DDC(Direct Digital Control)
POL(Problem Oriented Language)
DFW(データフリーウェイ)
STU(Serial Signal Transmission Unit)



(a) スタンドアロン(I/O機器オプション付き)



(b) HISEC 04-M(上)とPADT(下)



(c) マルチシステム

図4 HISEC 04-Mのシステム構成 CPU 1台のスタンドアロンから、複数台のCPUをBUS結合させたシステムの例を示す。

使いやすい・高速・高信頼性のPLC	高いソフトウェア生産性と使いやすさ	●データフロー形の処理方式 ●プラント調整容易 ●現場でのプログラム作成、修正、編集可能 ●プログラムと制御シーケンス図面との対応性	●ビット処理とワード処理の混合処理機能 ●ビットアクセス、ワードアクセス機構 ●オンライン・オフライン運転指定するプラントインタフェース機能 ●オンラインパラメータチューニング ●オンラインモニタ（入出力モニタ、演算結果モニタ） ●制御用シンボリック言語の採用 ●逆アセンブル機能 ●プログラムの文法チェック機能 ●シート番号管理機能によりプログラムと制御シーケンス図の対応を図っている。
	高速性	●高速制御システムへの適用可	●マイクロプログラム方式による高速アーキテクチャの採用 ●マルチプロセッサ構成 ●高速データリンク装置 ●高機能PI/O
	高信頼性と保守性	●RASの充実	●カスタムLSIをはじめとするLSIの採用 ●高信頼度部品 ●トラブル解析用データ集能力強化 ●トラブル発生前のプログラムの流れをトレース ●アプリケーションメモリエリア故障とシステムメモリエリア故障の分離 ●トラブル解析手順とテストプログラムの完備
	システム構成能力	●データリンク装置	●HISEC 04-M間及び上位計算機結合用リンク装置 ●リモート入出力装置のレパートリー豊富

図5 HISEC 04-Mの特長 使いやすく、高速で高信頼性である具体的な特長を示す。

はシステムとしてのPI/O点数を必要最小限に抑えてミニマムインタフェースを実現する基本的コンセプトである。

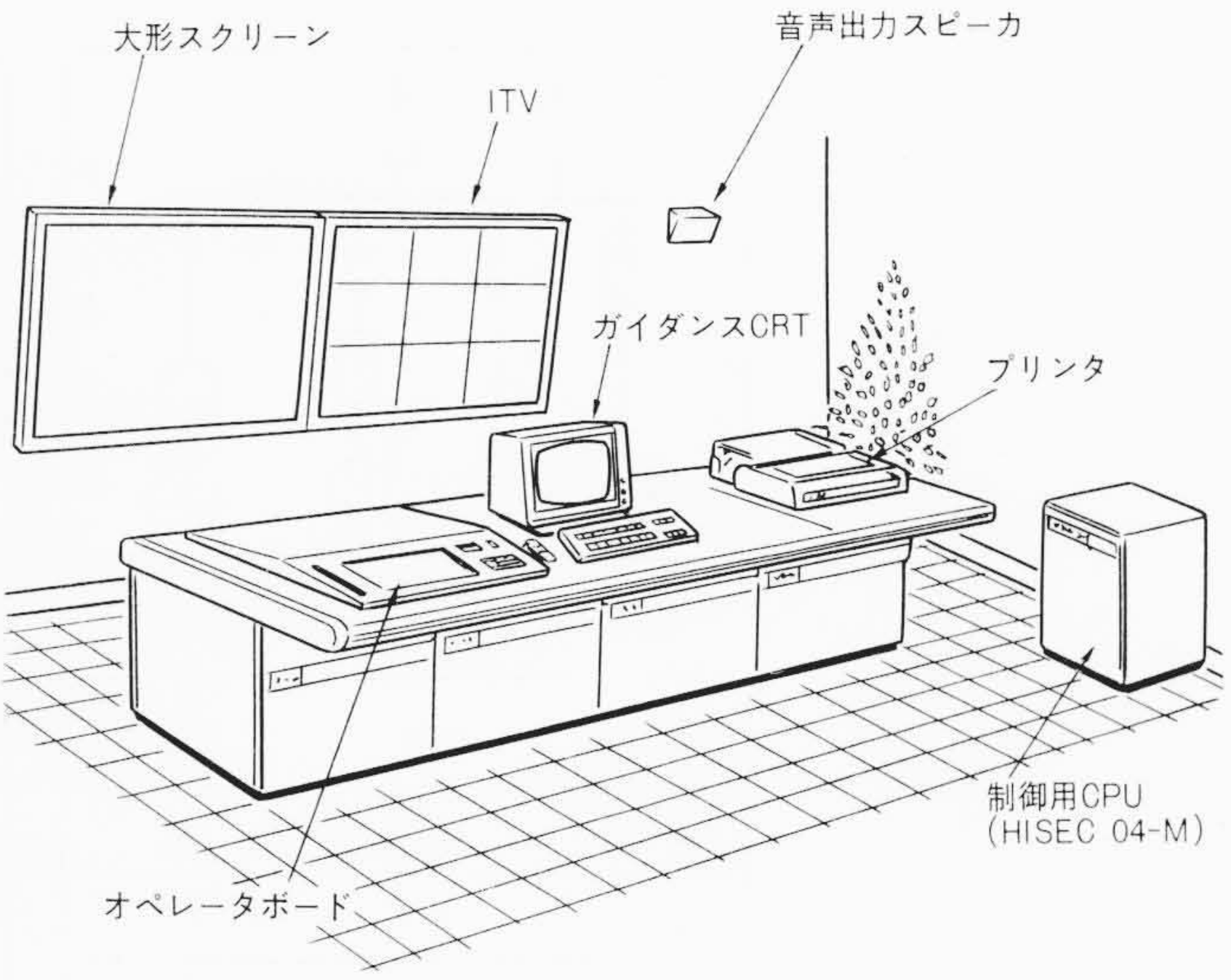
(2) PADT

プログラムの作成、保守をはじめ、マンマシンインタフェースを行なうツールである。電気技術者が使いやすいシンボルで、プログラムの作成編集を可能としているので、プログラミングのための難解な言語を修得することなしに取扱いができる。マンマシンインタフェースには、I/Oモニタ、トレースバック、トレンドモニタ、デバイスコメント表示などの機能を備えており、アプリケーションに適合したプログラミングとデバッグ手法を展開することが可能である。

5 インテリジェント運転デスク

マンマシンインタフェース機能がいったん充実したHISEC 04-Mと、電子化、デジタル化、音声化技術などを導入して構成した運転デスクを図6に示す。

HISEC 04-Mの表示機能を活用することにより、従来は機能ごとに必要となっていた操作器具を多機能化することが可能となり、従来に比べ運転デスクをコンパクトにすることが



No.	マンマシン機能	オペレータボード	制御用CPU (HISEC 04-M)	ガイダンスCRT	大形ビデオプロジェクタ	ITV	音声
1	選択制御	○	○	—	—	—	○
2	操作ガイダンス	○	○	○	○	—	○
3	状態監視	○	○	○	○	○	—
4	故障監視	○	○	○	○	○	○
5	選択計測表示	○	○	○	○	—	—
6	記録	—	—	○	—	—	—

図6 新ミル制御システムの運転デスク 最新の電子化、デジタル化技術との結合を図った運転デスク例を示す。

可能となった。運転デスクに必要な機能は、大別すると次のようになる。

- (1) プラントの運転モードを設定するモード切替
- (2) プラントに対するデータ設定
- (3) プラント状態のモニタリング
- (4) オペレータへのガイダンス
- (5) 計測表示、記録

これらの諸機能が有機的に結合されてプラント制御の運転デスクが構成されている。

従来の運転デスクでは、これらの機能ごとにすべて切換スイッチ、押しボタンスイッチ、ランプ、メータ、LED(Light Emitting Diode)表示器、CRT、ブザーなどが割り当てられていた。このため、プラントの規模に比例してこれらの器具の数も増加していた。

インテリジェント運転デスクは、情報化時代に合致したシステム構成により、この問題点を解決したものである。本運転デスクの内容を図6により具体的に説明する。

運転デスクに装備したオペレータボードは、前述のデータ設定を各種スイッチを用いず実現するものである。この操作は、数個の標準的な押しボタンスイッチを表示器によるガイダンスに基づいて行なう。ガイダンスは、HISEC 04-Mが行なう。この方式により、1台のデスクに複数の機能をもたせることが可能となり、従来方式に比べ運転デスクをコンパクトにすることが可能になった。

次に、マンマシンインタフェース機能としては、従来のCRT、プリンタによる表示に加え、運転デスク前方に設置した大画面スクリーンによる表示、ITVによる遠方監視、音声

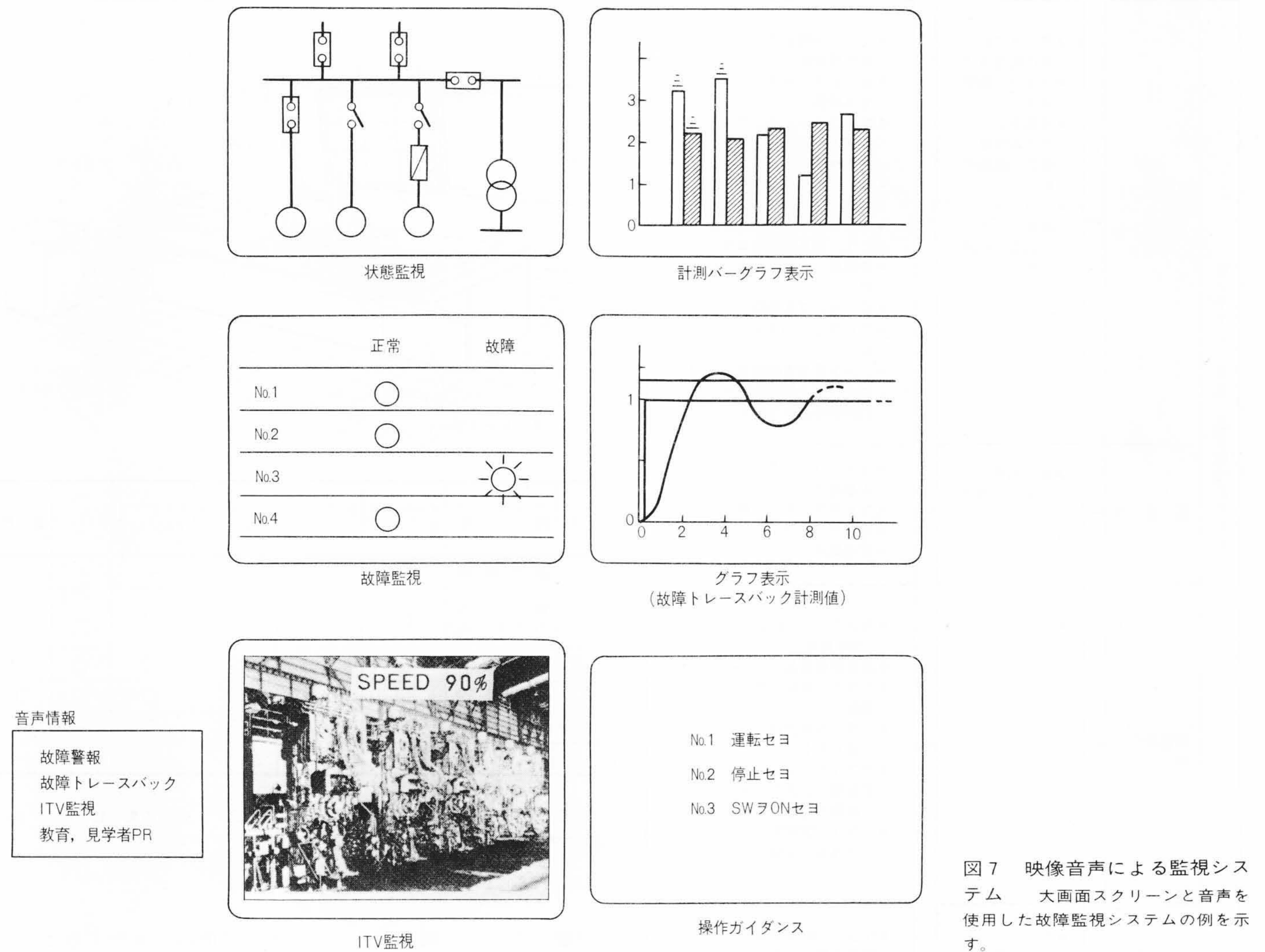


図7 映像音声による監視システム 大画面スクリーンと音声を使用した故障監視システムの例を示す。

出力装置によるガイダンスがある。これらは、HISEC 04-Mによる情報集約化の下に実現した機能である。次に、本機能の内容を具体的に述べる。

前述のオペレータボードからの操作内容は、従来のランプ、メータに代わりガイダンス用CRTに表示される。また、プラントの状態やシステムの故障表示はHISEC 04-Mからオペレータの視覚に訴えるため準備した大画面スクリーンに表示させたり、音声出力装置により逐次オペレータに通報する。したがって、オペレータの操作内容は、オペレータキーボードによる操作完了後にガイダンスCRTにより確認を行なう。次に大画面表示スクリーンに映し出されたプラントの状態を監視し、必要な操作を再びオペレータキーボードから入力するだけである。このように、本運転デスクにより、オペレータの操作方式が大幅に改善されるうえ、従来に比べてデスクの台数も低減することができ、運転室の機能拡張が可能となる。

更に、ITVによる遠方監視とHISEC 04-Mによる実績データ表示機能の統合とにより、従来分散していた運転室を1箇所にとまとめた総合指令総括室を実現することも可能となる。以上述べたインテリジェント運転デスクの機能を、まとめて次に記す。

- (1) 制御ゾーン運転の総合化
- (2) 操作器具の集約、多機能化
- (3) 大画面表示による集中故障監視、プラント状態表示

(4) 音声ガイダンスによるアラーム機能

これらの機能により、操作しやすく、かつ非常時対応の容易なシステムを構成できる。

これらを合わせて、図7にCRT、大画面表示を用いた映像と音声出力による監視システムの一例を示す。

映像情報としては、プラントの状態をスケルトンの形式で表現したり、故障箇所の表示、統計計算結果のグラフ表示のほか、操業中のプラントのITV監視などが可能である。

また、音声出力としては人声によるアラーム、操作ガイダンスのほか、プラント状態の逐次報告、操作に対する応答などが可能である。

6 結 言

光伝送装置により、システムの構成要素を有機的かつミニマムインタフェースとなるように結合し、大画面スクリーンをはじめとする電子化、デジタル化技術によりマンマシン性を飛躍的に向上させた。また、新ミルプラント制御システムが開発されたが、このシステムは新設備だけでなく、システム更新にも適用が容易であり、その適用範囲は広い。

今後は更に、知識工学や人間工学の立場からいっそう使いやすく、かつ信頼性の高いシステムの構築に努力する考えである。