U.D.C. 681.323/.324.012.022:681.5

制御用計算機における分散処理ネットワーク技術の動向

Trend of Distributed Control Computer Network System

平井浩二* *Hirai Kôji*
伏見仁志* *Fushimi Hitoshi*
谷中雅雄** *Yanaka Masao*
寺田松昭*** *Terada Matsuaki*
堀　雄太郎**** *Hori Yûtarô*
安元精一**** *Yasumoto Seiichi*

最近，計算機制御の分野では，応答性／信頼性の確保という分散処理の利点と，トータル運転効率の向上及び保守の省力化という集中化の利点とを共に備えた分散処理ネットワーク システムの適用が拡大しつつある。

日立製作所では，処理の分散とファイルの集中，プログラム開発保守の一元化，端末及びプログラムのリモート／ローカル制御の統一，伝送デバイスからの独立性を特長としたHIDIC 80ネットワーク システム“DPCS”を開発し，実用に供している。これは，高速／高信頼伝送制御技術とネットワークソフトウェア技術の二つを中心とした分散処理計算機技術がその基幹となっている。本稿では，これらの技術の動向と今後の展望について述べる。

1 緒　言

分散処理技術すなわち計算機ネットワーク システム技術は，大別して次の三つの分野のニーズに対応して生まれ相互に影響を与えながら発達してきている。その一つは，米国の大学，研究所間を結ぶARPA(Advanced Research Project Agency)NETに代表されるような大形計算機間の資源の共用を目的としたもの，もう一つは汎用計算機のオンライン化に伴うシステムの拡張性，系全体の保守性の改善を主目的としたもの，第三は本稿で取り上げる制御用ネットワークシステムで，計算機制御の最新技術として急速に発展しつつある。

計算機制御システムの発展過程を分散化，集中化という観点から見てみると，当初は分散化に重点が置かれていた。すなわち，計算機システムの能力から，高速応答性の確保，危険の分散，プラント全体の拡張性の実現などが重視され，必然的にプロセスあるいはライン単位での計算機化が実施された。次に，制御技術の進歩と計算機能力の向上とが相まって，

(1) 各プロセスを有機的に動作させ，全体制御効率を高める。
(2) 運転員の削減など，工場全体の運用効率を向上させる。
(3) 計算機システムの利用効率を向上させる。

などをねらいとし，端末は広域に分散するが，処理は中央に集中するという方式が採られるようになった。

しかし，この方式も計算機システムの大規模化に伴い，計算機への負荷の集中，システム拡張性の困難さが問題として表面化し，分散処理と集中化のメリットを合わせもったシステムへのニーズを生み出した。これを実現可能としたものが，大規模集積回路(LSI)及びマイクロコンピュータの発達による経済性の実現と，データ伝送技術及びネットワーク ソフトウェア技術の2点を中心とした効率的システム総合化技術の進歩である。

日立製作所では，これらのシステム動向をいち早くとらえ，HIDIC 80シリーズ(HIDIC 80，HIDIC 08)間の総合ネットワーク システム〔Distributed Process Control System(以下，DPCSと略す)〕を開発，実用に供している。以下，DPCSを中心に背景，特長，更に今後の展望について述べる。

2 制御用分散処理ネットワーク システムの動向

2.1 ネットワーク化の技術背景

まず，分散化とそれを総合化したいというシステムニーズに対して，火種を投じたのが下記の技術進歩である。今まで原理としては明白であっても，経済的に成立しなかったシステムがこれらの技術によって急速に現実のものとなった。

(1) 半導体技術の進歩

低価格で高信頼性をもったマイクロコンピュータとメモリの進歩によって，十分妥当なコストで計算機をふんだんに分散配置できるようになった。

(2) データ伝送技術の進歩

分散した計算機と端末を有機的に結合するための基本技術である。例えば，高速かつ経済的に，広域に分散された計算機相互を接続できる構内専用データウエイの実用化，高効率・高信頼な伝送制御手順High Level Data Link Control（HDLC）の実用化などがある。

(3) ネットワーク技術の進歩

分散された計算機を有機的に結合して，全体として高効率，高信頼，高性能に機能させるために，多くの概念や技法が開発されてきた。例えば，リソースの共用，プロトコール，プロトコールの階層化，ネットワーク オペレーティング システムなどである。

2.2 最適分散とネットワーク

高速応答性，危険の分散，拡張性など分散には数々のメリットがあるが，依然として，集中システムのニーズも根強く存在する。したがって，下記のようにその両ニーズを融合し，「最適分散」を図ることが重要であると考えられる。

ネットワーク全体を管理するホスト計算機とプラントに分散配置された端末計算機群とを伝送装置で相互に結合し，処理の分散と運用保守機能の中央集中を図る。端末計算機はプラントと接し，高速応答を要求される処理を行なう。ホスト計算機は，ファイルやプログラム開発のための周辺装置（カード リーダ，ライン プリンタなど）を備えるとともに，システム全体を統括する。処理を複数の計算機に分散させることによって計算機ダウン時の危険を分散し，プラントとの応

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

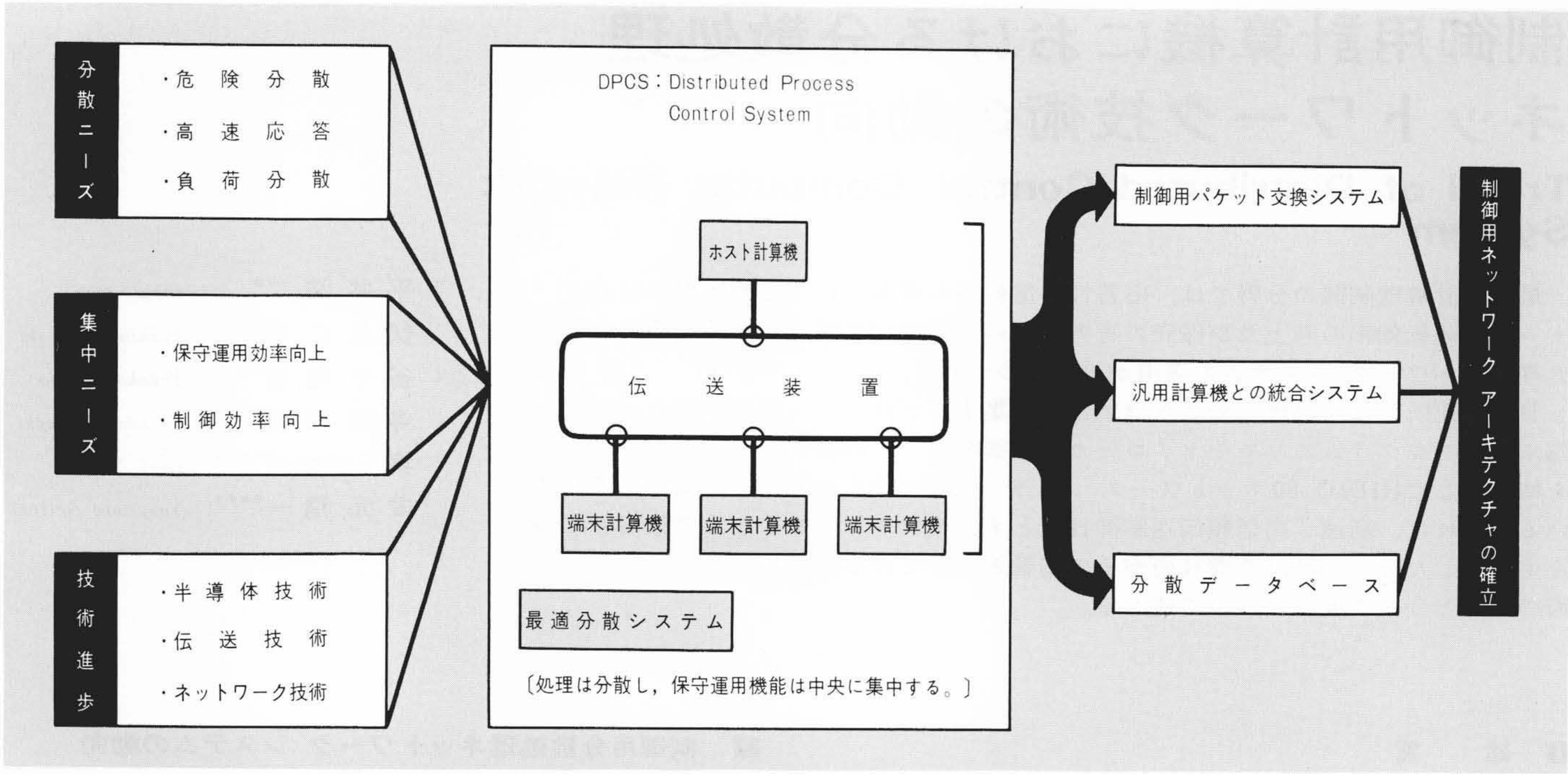


図1 制御用ネットワーク システムの動向 分散化のニーズ，技術進歩により実現されたDPCSのシステム構成と今後の動向を示す。

答性を良くする。システムの運用・保守機能をホスト計算機に集中することによって，端末計算機サイドを無人化するなど，システムの運用，保守コストを低減する。

日立製作所は，このような考え方に基づき，**図1**に示すように，データウエイを用いた制御用ネットワークシステム“DPCS”を実用に供し，好評を得ている。

2.3 今後のシステム展望

モデム伝送をベースにした広域システムにおいても，トータル化は着実に進んでおり，任意の計算機相互を高速かつ高効率に接続したいという要求は日増しに強くなっている。このため，制御用のパケット交換システム(本稿**4.3**項参照)の開発が望まれる。

計算機制御システムは，幾つかのレベルに分けて統合化/トータル化が進められており，今後更に上位レベルとのトータル化が進むと考えられる。このため，分散された処理を上位レベルの計算機やネットワーク システムとフレキシブルに結合できる手段が求められている。

更に，システムを使いやすくするためには，処理の分散に引き続いて，データやファイルの分散をも可能にする分散データ ベースなど，より高度な結合機能の開発が必要であろう。

このような方向を踏まえ，日立製作所では1980年代に向けて，現在のDPESを発展させ，性能，使いやすさ共に画期的な制御用ネットワーク アーキテクチャを確立するため開発を進めている。

3 分散処理ハードウェア技術の動向

プロセス制御の分野で，分散処理システムを実現する結合ハードウェア システムを，その適用する伝送形態から分類すると次の二つに大別される。

一つは，構内に広域に分散する計算機やプロセスに隣接するI/O(Input/Output)機器群を高速シリアルバスにより結合する，いわゆるデータウエイ システムであり，他は，主として電話回線を伝送媒体とする汎用通信システムである。

既に前章で触れたように，分散制御システムでは，高速性，計算機負荷の軽減，システムの信頼性確保，中央集中形保守の実現といった項目が，分散制御システムの成否を決定する重要な技術課題であると考えられる。

この章では，上記技術課題の具体的実用化の紹介に主眼を置き，日立製作所で現在製品化し，多数のユーザーに使用されている構内広域データフリーウエイ(Data Free Way：以下，DFWと略す)システム，及び汎用通信制御装置を例にとり分散処理システムを支える結合ハードウェアの基本的な考え方，及び具体例を紹介するとともに，今後の動向について展望する。

3.1 構内広域DFWシステム

DFWシステムは構内に布設するケーブル本数の削減を目的として開発された高速ラインシェアリングデータ伝送システムであり，**図2**に示すように，分散するサブシステム間をステーションを介して，1本の共通母線でループ状に接続し，任意のサブシステム間でデータ伝送ができるよう構成されている。このDFWは分散処理システム形態の核となるように先に述べた技術課題を下記の手段で実現している。

3.1.1 母線の高速性の確保

データウエイ方式では，1本の共通母線を時分割的に使用して情報伝送するため，母線に同軸ケーブルと高速再生中継器を併用して，2Mビット/秒の高速性を確保している。一方，伝送方式には回線効率の良い可変長パケット方式を採用し，更に，最大パケット長を255バイトに制限することにより，制御用として不可欠な応答性を確保している。

3.1.2 計算機負荷の軽減

ステーションに高速マイクロプロセッサを使用しデータ送受信用のバッファメモリをもたせ，ホスト計算機のプログラムを介在せずに計算機メモリとのデータ転送(DMA)ができること，また，回線エラー発生時，ハードウェアだけで自動再送によるエラーリカバリー処理を行なうなどの手段により，計算機ソフトウェアの負担を最小限に抑えている。

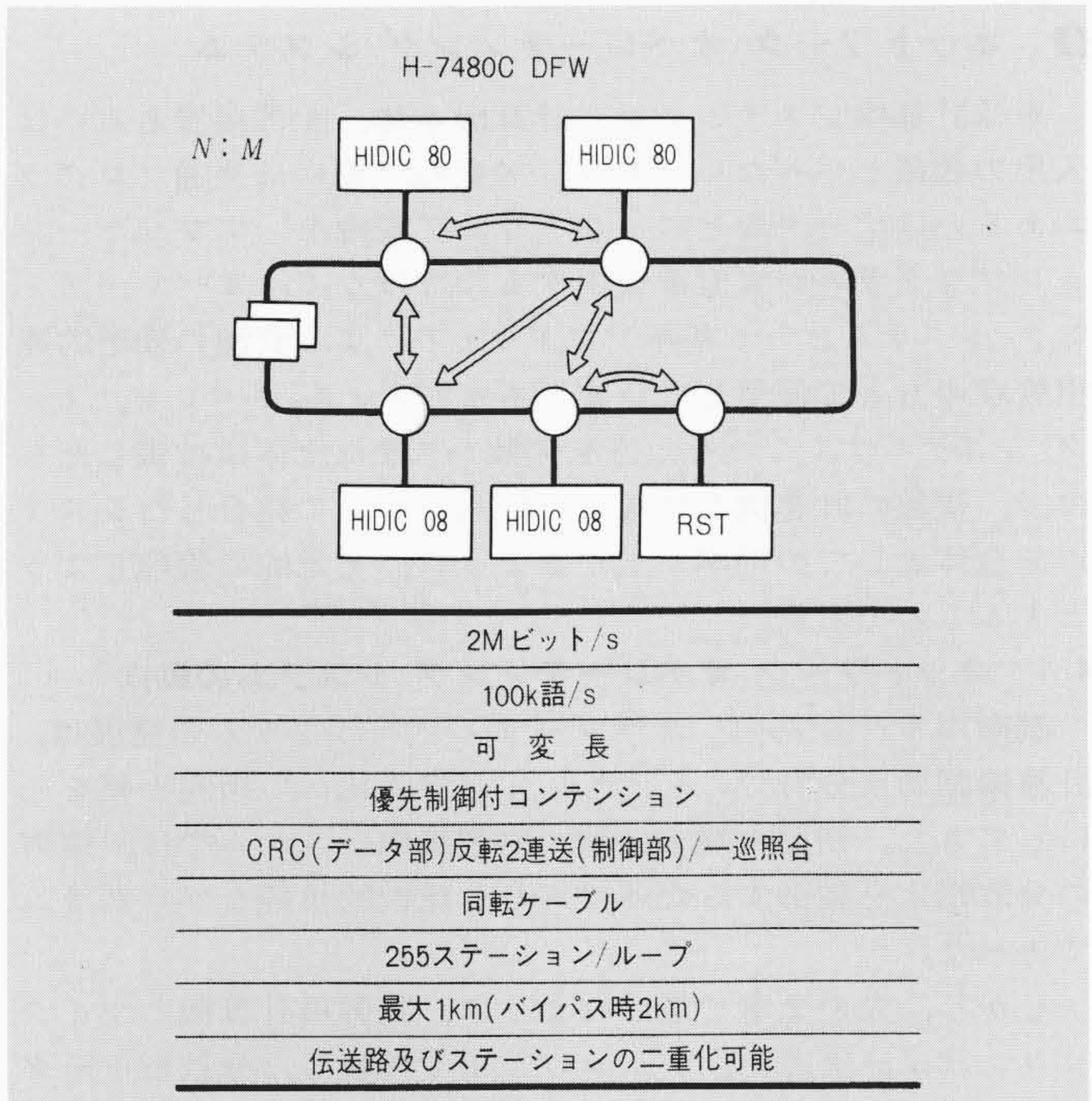


図2　データフリーウエイ(DFW)の主な仕様　データフリーウエイを使用したループタイプのネットワーク構成とその主な仕様を示す。

3.1.3　システムの信頼性確保

1本の共通母線を使用するため，DFWでは，(1)故障ステーションは自動的に，若しくはホスト計算機からのリモート指令により共通母線からバイパスできる構造としている。(2)共通母線にノイズリジェクションの高い同軸ケーブルを使用し，誤り制御では，反転二連送照合とCRCチェックに加え，更に一巡データの完全照合チェックを実施することにより，外来ノイズに対しては万全を期している。更に，(3)システム的な観点から，ループの二重化及びループ内ステーションの二重化構成を可能とするなどの技術により，システムの高信頼性を確保している。

また更に，構内の広域に分散した多数の計算機やI/O機器群を個別に保守，運用するのでは人手が多くいるばかりでなく操作も煩わしい。そこで1箇所からシステム全体の保守・運用を行なえることが重要となってくる。そのため，DFWでは，前項のシステム信頼性に加えて，更にホスト計算機から各リモートサブシステムへのリモートローディング，リモートリードバック機能をもたせるなど，**図3**に示す保全体系を確立した。

3.2　汎用通信システム

電話回線を用いた通信方式は，一般にモデムを適用し，伝送速度もたかだか50Kビット/秒程度と低速であるが，そのプロトコールがある程度規約化され，その点データウエイ方

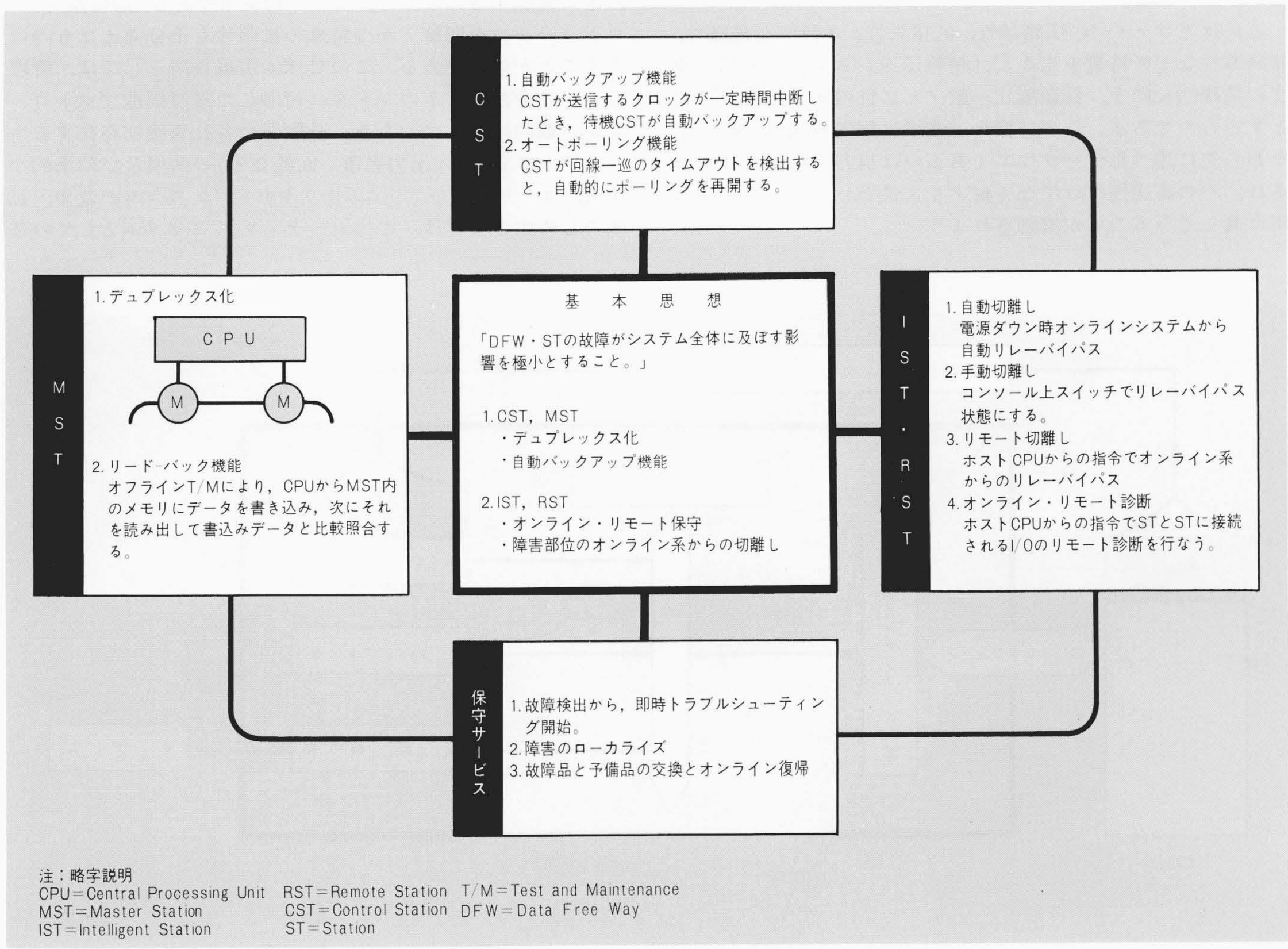


図3　H-7480C形DFWシステム保全体系　分散システムでの中央集中形保守機能の基本的な在り方を示す。

式に比べ他社とのリンケージが比較的容易であるなどのメリットがあるため，制御系の分野においても従来よく用いられてきている。しかし従来方式のプロトコールは分散処理システムという観点から見ると，伝送レベルとデバイスレベルの非分離性，メッセージの信頼性の欠如，回線効率の低さ，高速化に対処し得ないなどの欠点があった。これに対し，ビットオリエンテッドな新しい情報伝送方式を用いることにより，これらの欠点を解決し，伝送レベルとデバイスレベルの完全な分離，メッセージの信頼性確保，回線効率の向上などの特長をもった新しい伝送制御手順HDLCが現在ISO（国際標準化機構）で規格化されつつあり，徐々に従来形の汎用通信方式にとって変わりつつある。この通信方式は，上記特長と相まって，このプロトコールをサポートするLSIが実用化している点などから，高速性，信頼性，経済性を追求する制御系の分野においても，今後の標準方式として採用されつつある。

従来，これら汎用通信のプロトコールは，接続される計算機に内蔵する通信制御プログラムでサポートすることを常としていたが，日立製作所では計算機，負荷の軽減を目指して，**図4**に示すように汎用通信ハードウェア心臓部にマイクロコンピュータと送受信全二重用データバッファメモリを装備し，前記プロトコールのハードウェア化を実現した新しい理想的な汎用通信システムを提供している。

3.3 今後のハードウェア技術

以上，分散制御システムの現状について述べてきたが，今後この分野にインパクトを与える最新技術として，光通信技術が予想される。

これは光ファイバの広帯域性，低損失性，本質的な絶縁性，非誘導性などの特質を生かし，情報伝送システムでの伝送速度の飛躍的な向上，長距離化，耐ノイズ性の向上を実現可能とするものである。この技術は，まずは構内専用伝送路，すなわち先に述べたデータウエイあるいは構内専用回線に適用され，その高速性だけでなく耐ノイズ性ということで，制御用に適していることが実証されよう。

4 ネットワーク オペレーティング システム

単体計算機システムでは，計算機本体，記憶装置あるいは入出力装置といったハードウェア資源，更には共通プログラムあるいはデータなどのソフトウェア資源を，アプリケーションプログラムから直接使用するのではなく，オペレーティング システムという基本ソフトウェアによる資源の効率的運用管理のもとで使用している。ネットワーク オペレーティング システムは，この考え方を分散システム全体に拡張したもので，複数の計算機及び端末が伝送ラインで結合したシステムを全体としての効率が上がるように，一元的に管理しようとするものである。

4.1 ネットワーク オペレーティング システムの動向

制御用ネットワーク オペレーティング システムの発展は，計算機制御用分野でのトータル システム化への指向と軌を一にしてきた。初期の端末分散，処理集中システムでは，遠方の分散端末を制御するだけであり，比較的単純なプログラムであった。

しかし，先の**2**章で述べたように，制御用計算機とマイクロコンピュータとを，データウエイで接続した分散形トータル システムのニーズに対応して，制御用計算機システムの分野でも本格的なネットワーク オペレーティング システムが要求され始めた。

ネットワーク オペレーティング システムは，**図5**に示すように広くネットワーク内に分散して存在しそれらが相互に正確に機能するには，計算機間の約束事である「通信規約(プロトコール)」を明解でかつ将来の拡張性も十分備えたものにすることが必要である。この具体的実現技術としては，管理レベルの分割と，そのレベルに対応した階層構造プロトコールが一般的になりつつある。分散した各計算機に存在するネットワーク資源(入出力装置，回線など)の共用及び効果的な使用，ユーザープログラムの作りやすさ，システムの変更，拡張のしやすさなどは，オペレーティング システムとしての基

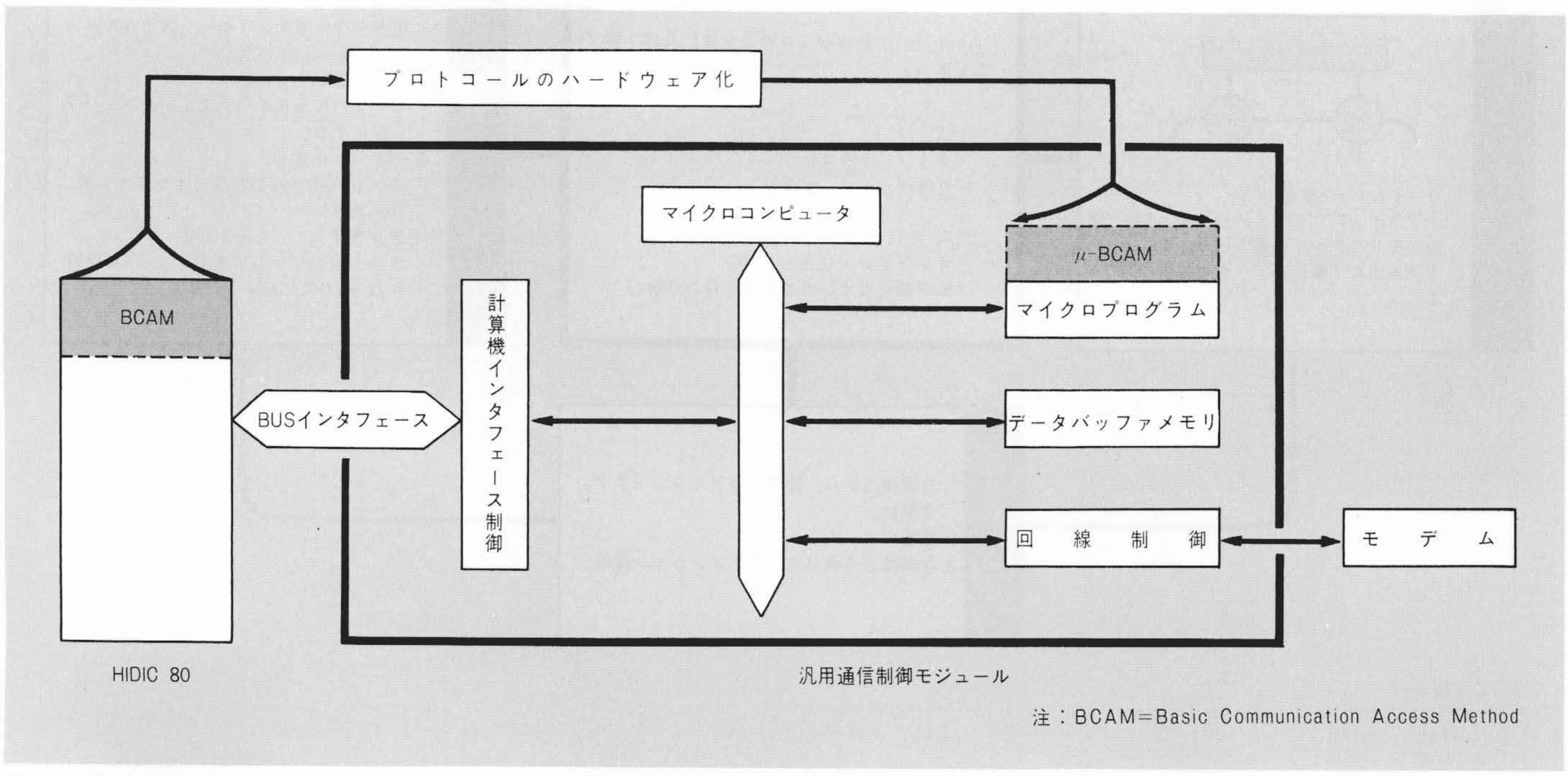
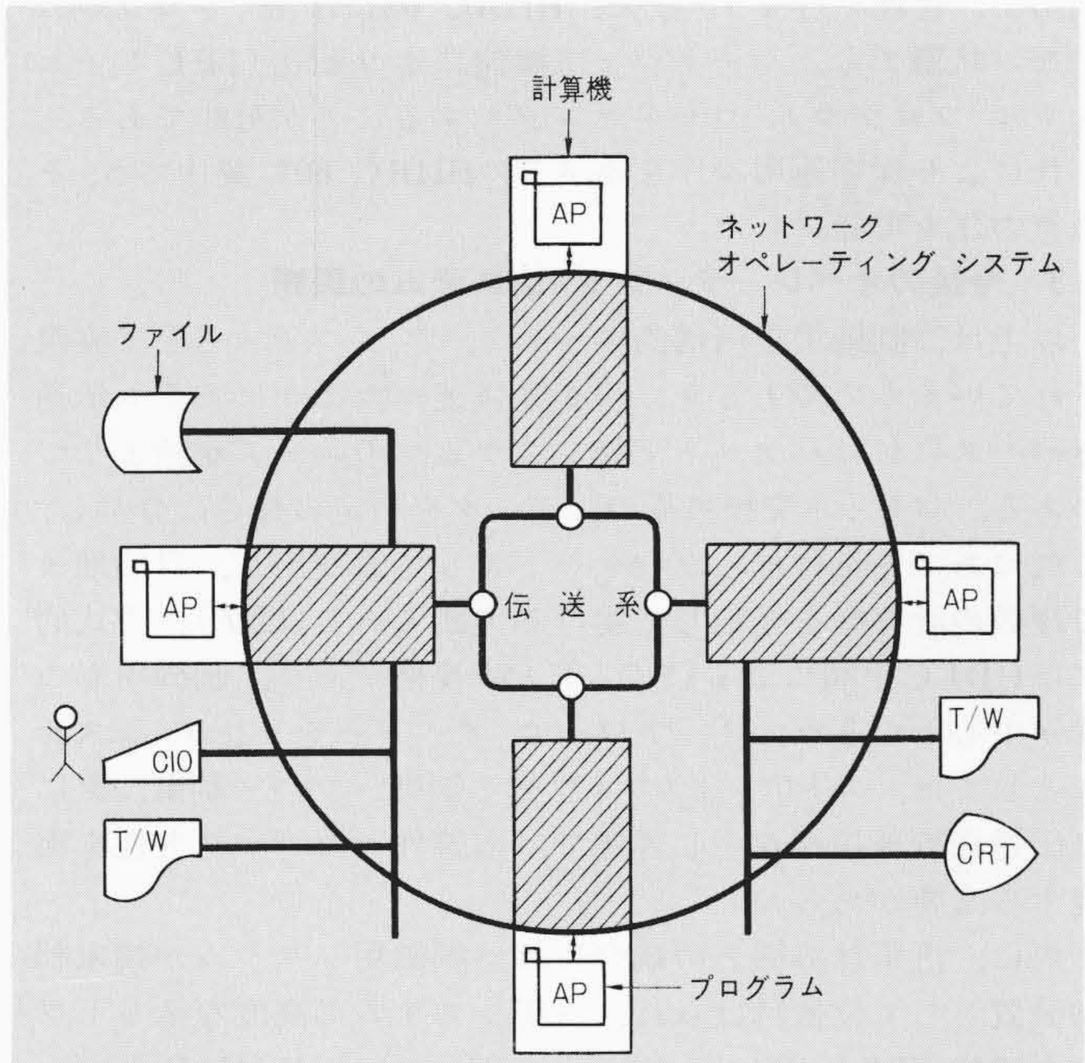


図4 汎用通信制御モジュールの構成
伝送技術とLSI技術の進歩により，実現された汎用通信制御モジュールの新しい構造を示す。



注：AP＝アプリケーション プログラム

図5　ネットワーク オペレーティング システム　ネットワーク オペレーティング システムは，広域に分散する計算機システム内にそれぞれ存在し，全体として一つのオペレーティング システムとして動作する。

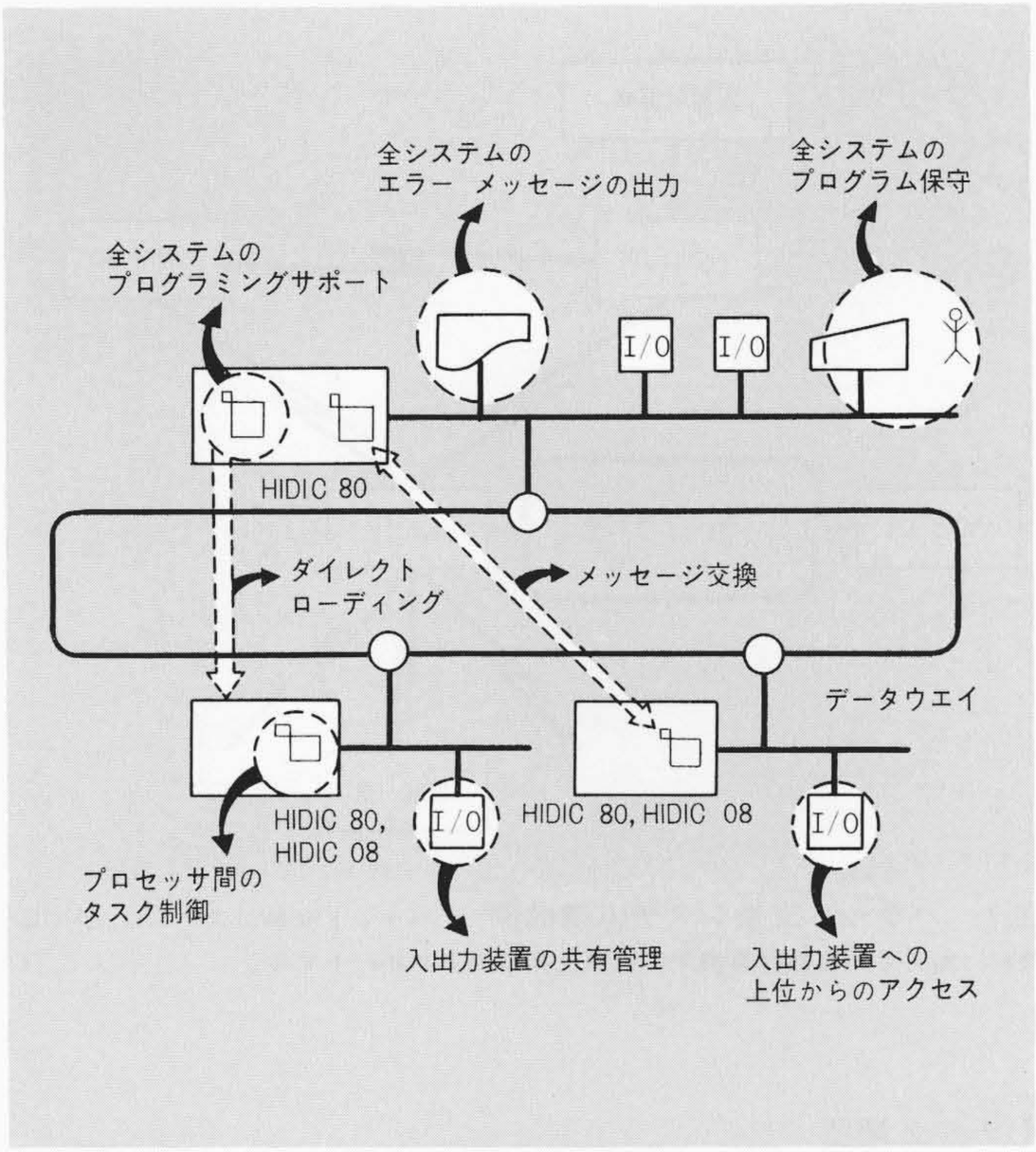


図6　DPCSにおけるシステム構成例　DPCSは，分散計算機間の有機的結合と，プログラミング サポートを中心にしてシステム全体を統一的に管理している。

本的条件である。

制御用固有の問題としては，高い信頼性，優れた応答性をもたせるとともに，主記憶装置の容量を圧迫しないコンパクトなソフトウェアが望まれる。

一方，保守，運用効率の向上としては，分散された多数の端末計算機を別々に保守，運用したり，また，それぞれの端末にプログラムローディング用の入出力機器を設置しては効率が悪いという観点より，保守，運用機能の徹底的なホスト計算機への集中化を図ることが重要となる。

4.2　構内ネットワーク システム

DPCSは，以上の背景のもとにまず構内用として開発した本格的制御用ネットワーク システムである。DPCSのシステム構造は，HIDIC 80をホスト計算機として，マイクロコンピュータHIDIC 08，入出力コントローラ(RST，リモート ステーション)を，高速データウエイ(2M bps)で結合する。DPCSでのシステム構成例を**図6**に，DPCSの機能一覧を**表1**に示す。以下，システムの特徴的な機能について述べる。

(1)　プログラム開発支援

HIDIC 08で動作させるためのアプリケーションプログラムは，HIDIC 80のプログラム開発システムによって，コンパイル，アセンブル，リンクエディット及び実行を可能とした。更に，デバッグを完了したHIDIC 08のプログラムは，伝送回線経由でダイレクトローディングされる。これにより，プログラマの作業をホストに集中することができる。

(2)　通信管理

ホスト計算機と端末計算機間でのメッセージ交換機能であり，ネットワークの種々の機能をサポートする基本になる。DPCSでは，システムのハードウェア構成から独立した「論理伝送路」という概念を実現し，システムの拡張性の確保と使いやすさの向上を図った。

(3)　データ管理

ホスト計算機と端末計算機相互間で，互いの入出力装置やファイルを共用しあえるようにする機能である。DPCSでは，例えばHIDIC 80のプログラムからみたとき，自計算機の入出力装置を使うときと，HIDIC 08の入出力装置を使うときでは，全く同一のマクロ命令でアクセスが可能である。

表1　DPCSのサポート機能一覧　DPCSは，システム全体のプログラム開発支援，メッセージ交換，タスクの制御，保守，運用機能などを，システム全体にわたってサポートしている。

項　目	説　明
プログラミング サポート	HIDIC 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HIDIC 80にて行なう。
メッセージ交換	HIDIC 80，HIDIC 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	HIDIC 08に接続された入出力装置をHIDIC 80からアクセスできる。
入出力装置の 共有管理	HIDIC 08に接続された入出力装置へHIDIC 80からアクセスする場合の排他制御
タスクの制御	HIDIC 08内のタスクに対してHIDIC 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HIDIC 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	HIDIC 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

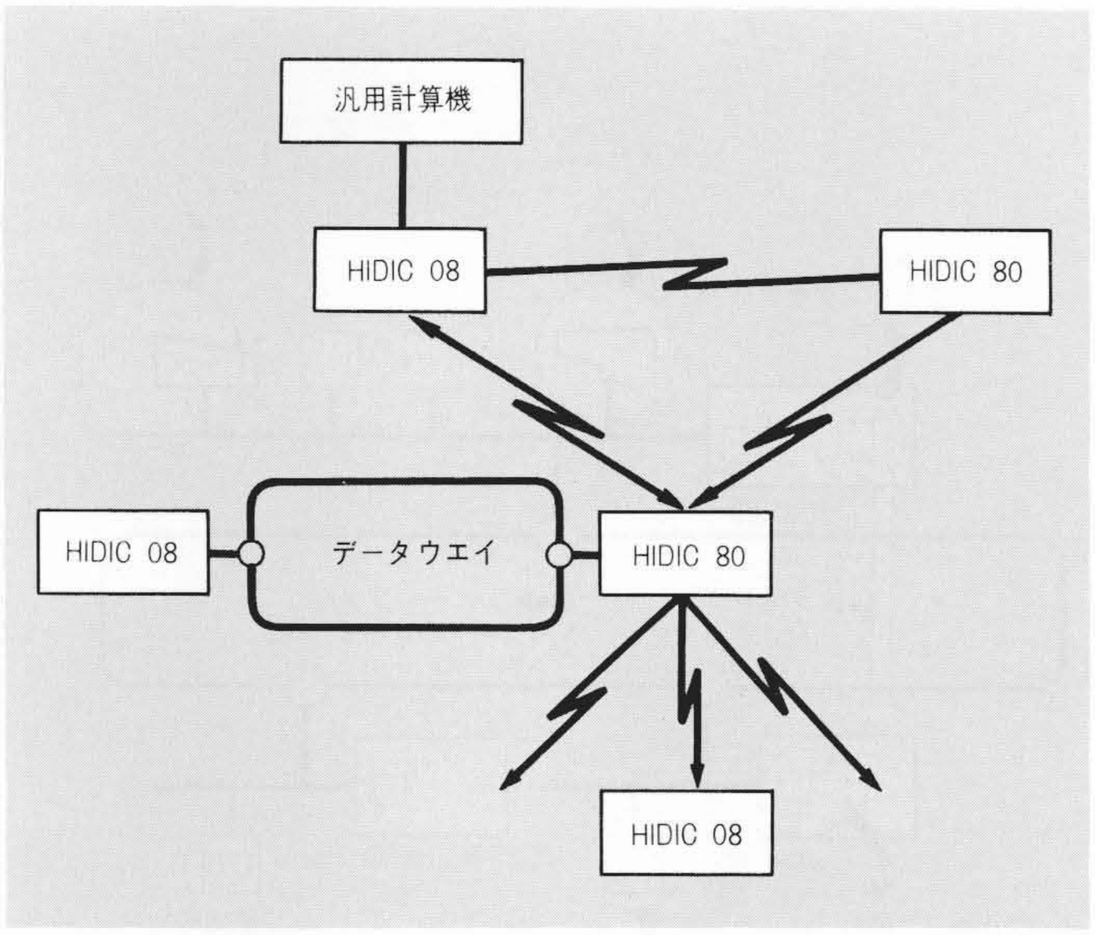


図7　パケット交換システム構成例　パケット交換システムは，DPCS機能に加えて，複数計算機間の蓄積交換機能をサポートする。

(4)タスク管理

HIDIC 80から，端末のHIDIC 08のプログラムの起動/停止が，自計算機内と同一マクロ命令で行なえるようにし，ホストからのテストとデバッグ操作とを実現した。

(5) 保守運用サポート

HIDIC 80のコンソール端末より，HIDIC 08のメモリ内容の参照，変更(パッチ)及び印字が可能なほか，メモリ領域の割当て，管理を行なう。また，HIDIC 08には全くプログラムがない状態でも，ハードウェア機能により転送(IPL：イニシャル プログラム ローディング)することが可能である。これにより保守運用操作をホストのHIDIC 80に集中でき，その省力化を可能にした。

4.3 今後のオペレーティング システムの課題

以上は，制御用専用構内ネットワーク システムとして実現されているものであるが，現在先に述べたようにモデム伝送をベースにしたパケット交換システムへのニーズが強まりつつある。パケット交換技術は，データを一定の長さに分割し，これにあて先を付加したパケットとして送り出し，目的地まで複数の計算機を経由して届ける方式である(**図7**)。方式的にはHDLC手順によるISO X・25規格があり，制御用もこれが中心となろう。ネットワーク オペレーティング システムとしては，ストアード/フォワード制御，フロー制御，更には伝送網管理技術が中心課題で，応答性とコンパクト性を実現する必要がある。

更に，汎用計算機との統合化は，制御用システムが端末制御装置として位置付けられ，汎用システムの高度なネットワーク機能〔TSS(Time Sharing System)，RJE(Remote Job Entry)，データベース〕などをエミュレートする方向に進むと考えられる。

5 結　　言

既に実用に供されている日立制御用ネットワーク システムDPCSを中心に，分散処理計算機技術の発展過程と今後の展望について述べた。この分野は，計算機技術の中でも新しく，今後性能，信頼性，保守性を中心に急速な発展が予想される。

図形表示方式

藤方健一・堀野　寛・平野睦房

特許　第885831号（特公昭52—14054）

本発明は，計算機から出力される図形や文字情報を表示するために，ビデオメモリを用いるラスタスキャン方式のディジタルディスプレイ装置において，より高品質の図形や文字を表示する方式に関するものである。

図1で，ビデオディスク①内のクロック信号用トラック③からヘッド⑤により画素クロック信号を読み取る。周波数てい倍器⑥により，画素クロック信号のnてい倍のてい倍クロック信号⑦を発生する。このてい倍クロック信号⑦により，図形信号発生器⑧を動作させる。この図形信号発生器⑧は，ラスタ方向に画素の$1/n$の位置精度をもつ直線図形信号を発生させる。この直線図形信号をヘッド⑨により，トラック④に書き込まれる。この直線図形信号は，必要に応じてヘッド⑨により読み出され，テレビモニタ⑩に表示される。**図2**はこのような表示図形の例として三角形$P_0P_1P_2$を本発明により表示したテレビモニタ⑩の画面を示す。ここでは簡単のために，X軸，Y軸方向ともに24の絵素から成り，$n=4$とした場合を示す。Y軸方向には絵素単位の位置精度で表示する点は従来と同じであるが，ラスタスキャンの方向であるX軸方向には，各絵素のX軸方向の長さの$\frac{1}{4}$の位置精度でもって，1絵素の大きさの輝点を表示するのが本発明の特徴である。この結果，線分P_0P_1上の，隣接する輝点は，X軸方向には最大$\frac{1}{4}$絵素の長さしかずれていない。したがって，図形全体としては直線図形を従来より滑らかに表示することができる。

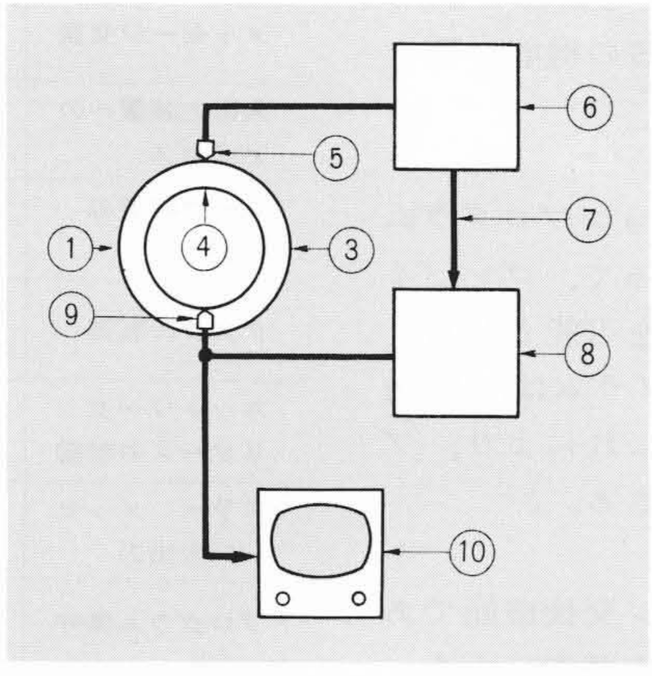


図1　表示装置のブロック構成図

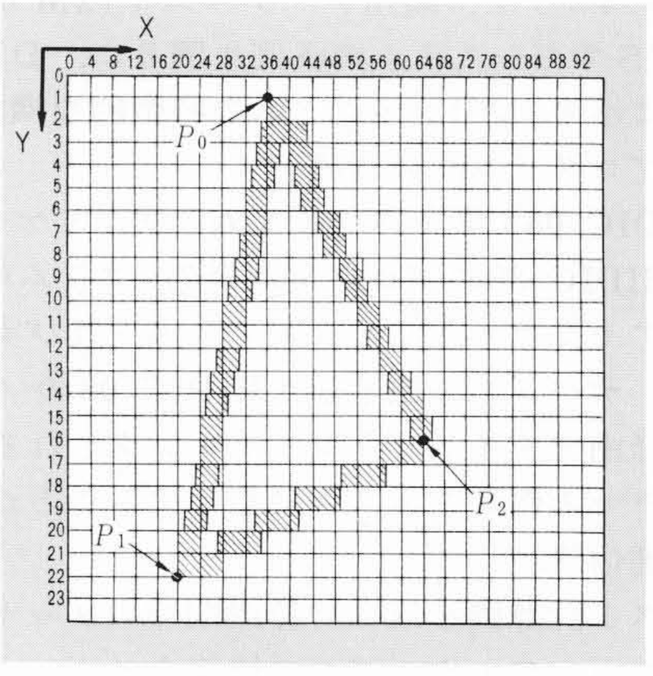


図2　表示図形の一例