

# 計算機制御におけるデータ伝送

## The Data Transmission in Computer Control System

Computer control techniques have shown a phenomenal progress of late, and computer systems have become increasingly large scaled. They cover so broad area that the function of data transmission has come to assume major proportions. Data transmission systems used in a computer control system can be classified into a data transmission system used mainly for data process in a plant and a data transmission system connecting distributed locations to handle management information. And in particular in the former type is noticed the above-mentioned trend. This article describes general trends of data transmission systems for computer control system use, considerations to be taken when introducing new computer control systems, and the characteristics of a data transmission system for Hitachi HIDIC.

大沢 晃\* Akira Ôsawa  
 伏見仁志\* Hitoshi Fushimi  
 猪瀬文之\*\* Fumiyuki Inose  
 山田新一\*\*\* Shinichi Yamade

### 1 緒 言

計算制御技術の発達に伴い、その適用システムも、当初の小規模、ローカルなシステムから、最近の大規模、広域化システムへと進み、遠隔端末の制御、計算機間の情報交換機能など、計算機とデータ伝送技術の結合は、いまや計算制御システムにとって必要なものとなりつつある。計算制御システムにおけるデータ伝送の形態は、大別すると、より直接的な制御データを転送する構内システムにおけるデータ伝送と、管理的なデータの転送を行なうデータ通信とに分類できる。後者は伝送される情報量が比較的少なく、また伝送距離も長いいため、通常、電話品質回線を用い、計算機とは通信制御装置で接続されるのが普通であるが、前者は、回線コストからの制約を受けることが後者より少なく、適用するシステムの要求に応じた特色ある伝送形態がとられることが多い。本稿では、これら制御用データ伝送システムについて概説するとともに、日立HIDICシリーズにおける代表的なデータ伝送装置について説明する。

### 2 制御用計算機分野におけるデータ伝送

制御用計算機分野におけるデータ伝送のニーズは当初、散在する検出点や操作端表示器などに対する配線コストが、システムの大形化、広域化に伴って急激に増大することに対する対策として生まれた。図1は、このような意味から計算制御システムにおけるデータ伝送の発展段階を図示したもので、(a)はデータ伝送を用いない計算制御システムの基本形、(b)はパラレル・バス方式によるリモートPI/O(プロセス入出力装置)の考え方、(c)および図2はさらに進んで構内に散在する構成機器間を共通のシリアル転送データバスで接続するフリーウェイ方式データ伝送を示すものである。特に(c)の方式は、従来、プロセス制御で大きな問題とされていた工事費節減に有効な手段で、図1(a)および(b)に示すような、プロセスの検出端と計算機室に設置されたPI/O間の並列配線を廃し、図1(c)に示すように、検出端の近くに小規模のPI/Oを分散配置し、その間を同軸線による共通シリアル転送バスで結合して、回線を時分割使用できるようにしたものである。この方

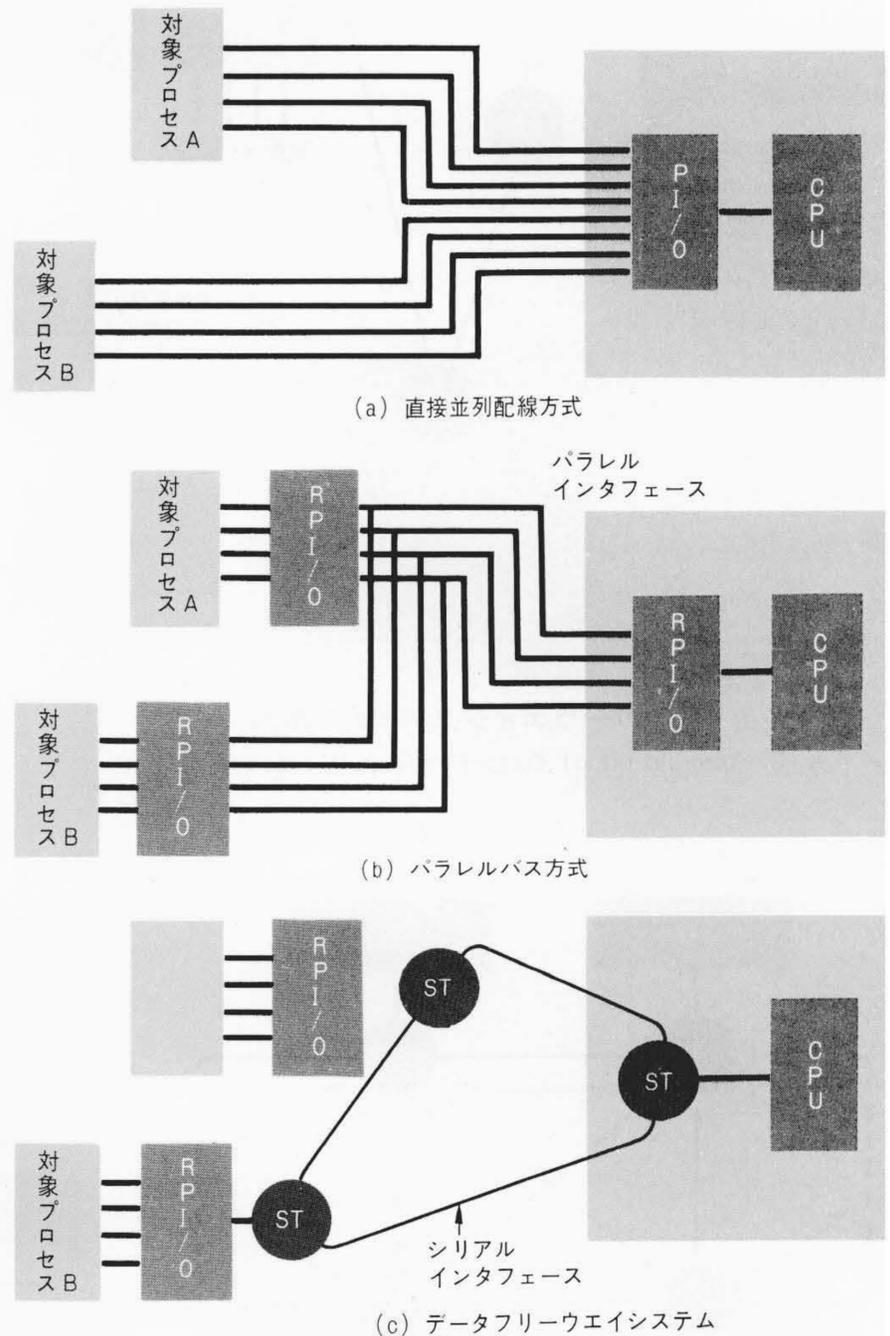


図1 構内制御システムの形態 (a)直接並列配線方式、(b)パラレル・バス方式、(c)データフリーウェイシステム。

Fig. 1 Computer Control System Examples

\* 日立製作所大みか工場

\*\* 日立製作所中央研究所 工学博士

\*\*\* 日立製作所日立研究所

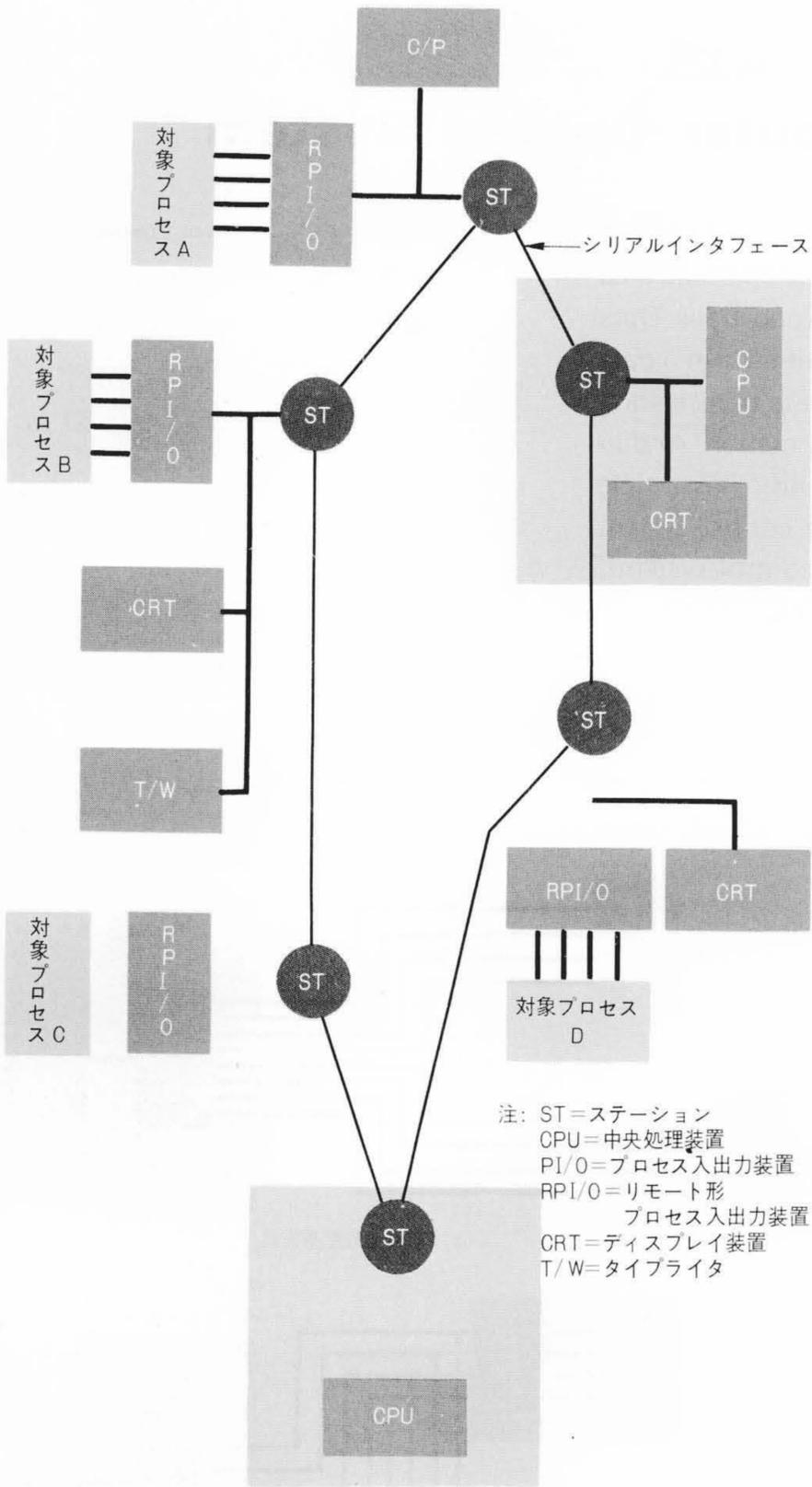


図2 データフリーウェイシステムの適用例  
 Fig. 2 Application of Data-Freeway System

式では、共通バス上の情報転送の交通整理（時分割シリアル回線処理）を行なうためのステーション（以下、STと略す）が必要となる。

情報転送方式には、図3(a)および(b)に示すように、中心となる親STと複数のST間でのみ転送可能な方法（シングルアクティブ方式）と、任意のST間で相互転送が可能な方法（マルチアクティブ方式）とがあるが、機能的には前者は後者に包含される。図1(b)の平行・バス方式（16ビット並列）の簡単な一例としては、HIDICシリーズPI/Oで用意されたバスDI、バスDOがあり<sup>(1)</sup>、またこれを同軸線にして高速化し、シリアル伝送方式を採用したものにシングルアクティブ方式日立データハイウェイ<sup>(2)</sup>、マルチアクティブ方式日立データフリーウェイ<sup>(3)</sup>がある。

次にシステムのトータル化がさらに進み、一つの工場内だけにとどまらず、本社と遠隔地にある工場を伝送回線で結んで総合的な統括管理を行なうような場合には、図4に示すように工場側のローカルコンピュータと本社の大形中央コンピュータとを電話回線で接続したハイアラキ構成がとられるようになる。この場合、ローカルコンピュータでは直接的で煩雑な下位のデータ処理を行ない、中央コンピュータとの通信では、よりマクロな管理データの伝送のみを行なうようになる。このような電話回線によるデータ伝送には、世界的に統一された規格（CCITT（国際電信電話諮問委員会）勧告）に基づいた通信方式が用いられるので、異なる機種（制御用計算機と事務用計算機など）や、異なるメーカーのコンピュータ、あるいは端末間の結合が比較的容易に行なえる利点がある。日立制御用計算機HIDICシリーズには、この種の目的に使用される通信制御装置として、多数回線用通信制御装置CLC-Mと、単一回線用通信制御装置CLC-Sが用意されている。

一方、計管制御システムの大規模化に伴って、信頼性や、処理性向上の目的から、複数のコンピュータを結合して、デュアル、デュプレックスなどのシステム構成がとられるような場合が多くなってきている。このための結合用としては、短距離ではあるが高速の計算機間リンケージ装置が必要とされる。HIDICシリーズにおけるこの種のリンケージ装置には、

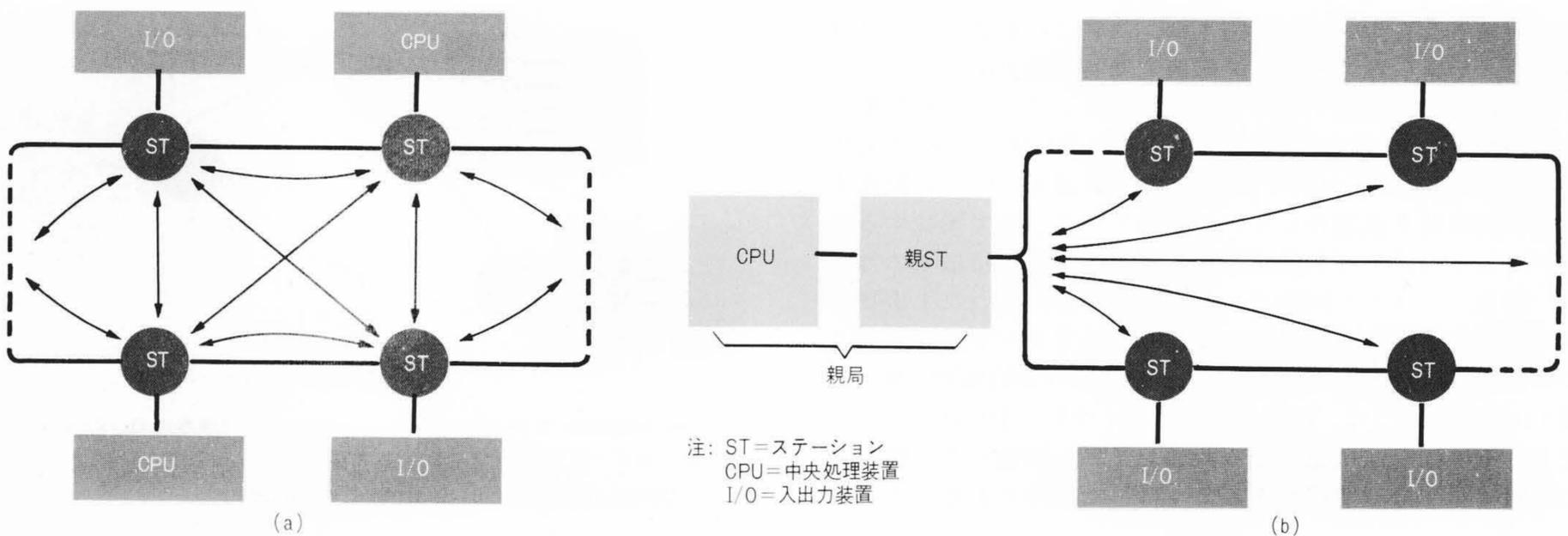


図3 情報転送方式 情報の起動転送方式には2種類がある。DFWでは、任意のステーションの情報転送が可能な Multi Active 方式としている。

Fig. 3 Data Transmission System Configuration

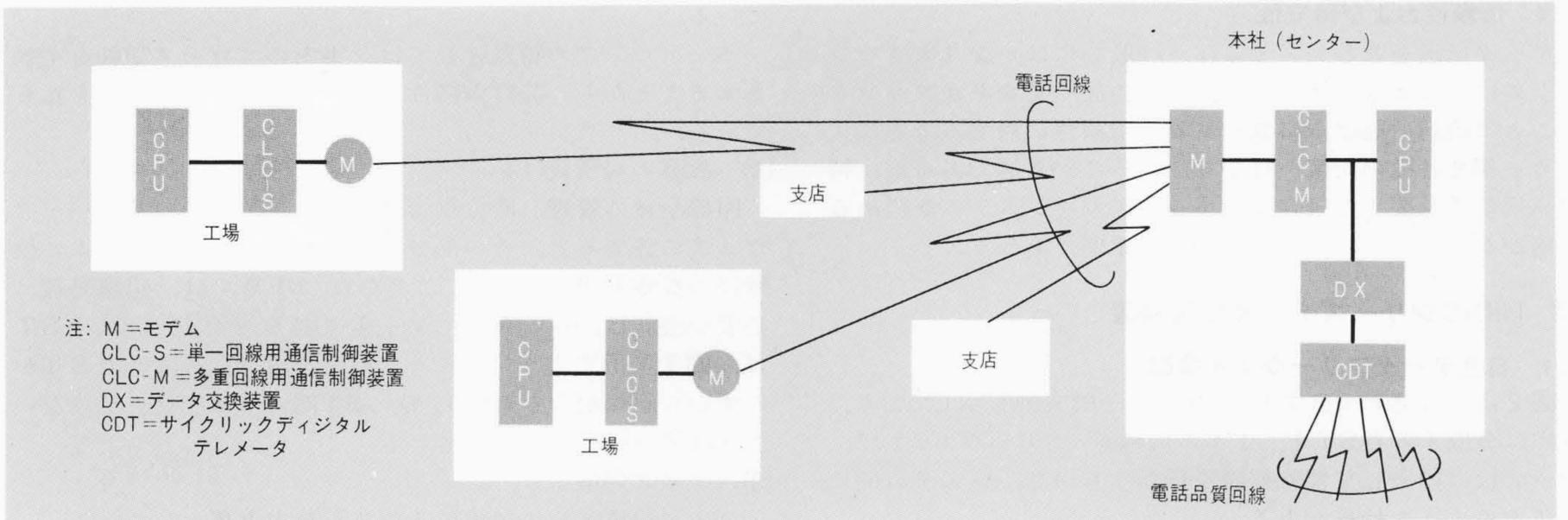


図4 場外伝送システムの例 場外システムでは、情報の伝送量が比較的少ないこと、速度を要せぬことから、電話品質回線を使用した通信制御装置が用いられる。

Fig. 4 Data Communication System

計算機間リネージ制御装置CLC-Pがある。

その他、発電所や上下水道のように制御対象が遠隔地にある場合には、従来からコンピュータを用いないスーパー・テレメータのような遠方監視制御装置が多く使われ、電話回線またはそれに準ずる専用回線によるデータ伝送を行っていたが、システムの大規模化に伴い、制御用計算機と結合して、より効率的、経済的な制御を行なう必要が生じてきた。日立HIDICシリーズには、このような目的でスーパー・テレメータ装置と効率的に結合する装置として、DXI/Oを用意している。

### 3 データ伝送システム導入時の検討事項

一般にユーザーが、データ伝送システムを導入するにあたって検討すべき事項は、次のような点であると考えられる。

#### 3.1 距離・速度・価格

データ伝送システムの価格は、大別して送受信装置の価格と伝送回線の価格に分けることができる。装置の価格は送受信方式に関係し、一般的にはシリアル方式のほうが回路が複雑で平行方式よりも高価になる。また、伝送速度の速い

ものほど高価になることも一般的な傾向といえる。一方、回線の価格は伝送距離に比例するので、長距離伝送を行なう場合には、自然、安価な電話回線またはそれに準ずるものを使用するが、構内程度の距離の場合には、速度を重視したり、装置の価格とのバランスを考慮して同軸線や平行ケーブルを使用したりする。図5および図6は一般的な傾向を参考として示したものである。

#### 3.2 システム構成のフレキシビリティ(増設, 拡張性)

一般にユーザーにとって当初から将来のために、大きな増設余裕をとることは不都合であるため、システムの増設、拡張性が非常に重要な問題となってくる。システムの増設時、新しい制御点が容易に追加できること、既設システムに大きなダウン時間を与えないことなどが重要な検討事項と考えられる。

#### 3.3 ソフトウェア

データ伝送システムの処理手順は、伝送回線にのるノイズ、回線の切断の可能性に対処するため、ハードウェア的にもソフトウェア的にもその処理は一般には複雑となる。したがって、この複雑さからユーザーを解放し、効率的、かつ柔軟性のあるオペレーティングシステムの完備が重要な要件となる。

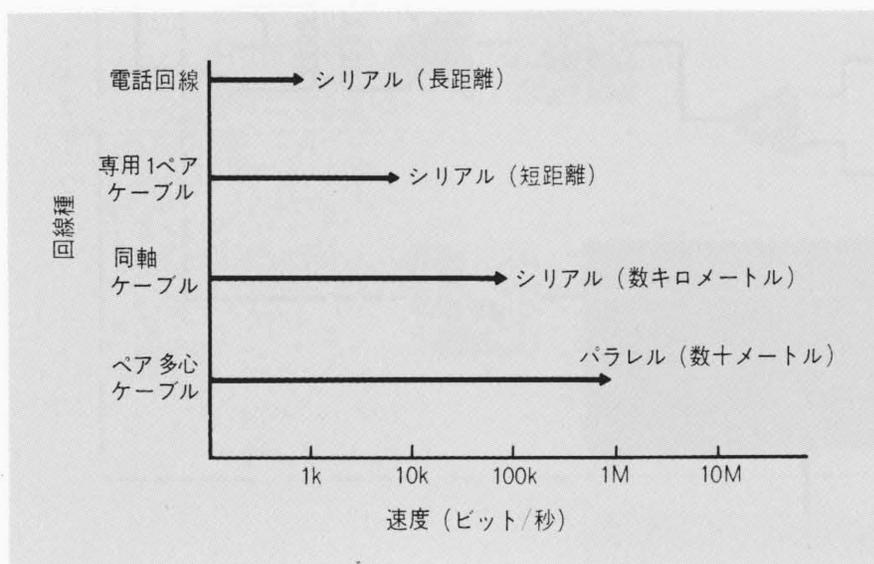


図5 回線種と回線速度の関係 一般的には近距離になって、回線コストが重要な問題とならない範囲で各種の回線が用いられる。

Fig. 5 Relations between Line and Transmission Speed

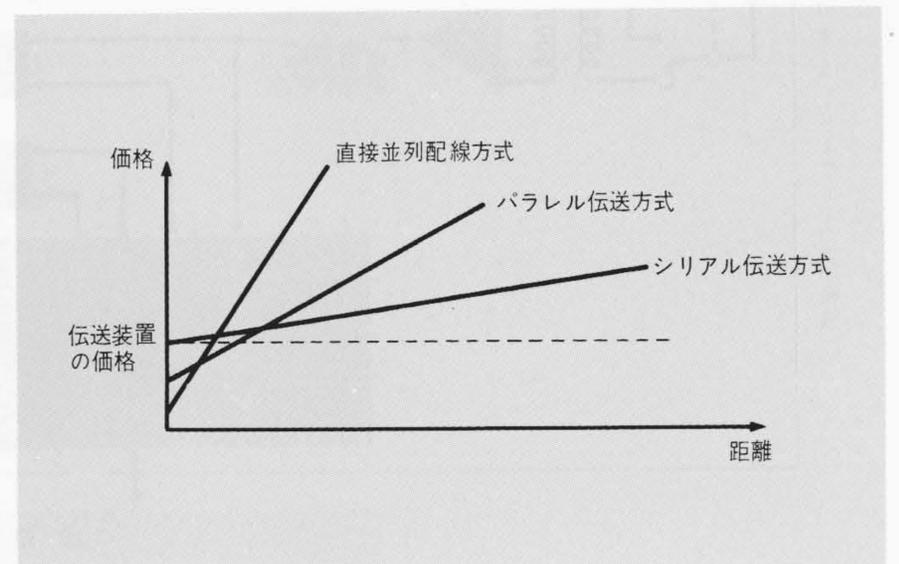


図6 伝送方式による距離と価格の関係 シリアル伝送方式は、装置価格は他と比較して高価であるが、伝送距離が長くなるほど有利となる。

Fig. 6 Relations between Cost and Transmission Distance

### 3.4 信頼性および保守性

データ伝送を含むシステムは、一般的にはかなり大きなシステムになることが多いため、一部の故障で全系がダウンすることは絶対に避ける必要がある。信頼性に対する考慮はメーカー側で各種の対策を行なっているのが普通であるが、特に高信頼性を要する場合は、バックアップシステムが組める配慮がなされているか否かの検討が重要であろう。

## 4 HIDICシリーズデータ伝送装置

### 4.1 日立データフリーウェイ装置

図2は、日立データフリーウェイの一構成例を示しており、場内に分散する各STを、1本の同軸線（フリーウェイ）で、ループ状に結合して情報転送を行なうもので、システム的にみて次のような特長がある。

- (a) システムが広域化するほど、工事費節減の効果が期待できる（経済性）。
- (b) 将来の増設が容易であり、拡張性がある。
- (c) さらにマルチアクティブ方式を採用してシステムの中に複数のCPUを結合することができることから、バックアップシステム（二重系など）が構成できる。
- (d) マルチコンピュータネットワークが構成できる。

フリーウェイシステムの規模は、1 STに接続可能な機器の台数を最大8台までとし、また大規模システムへの拡張を考慮して、1ループあたり最大16台のSTが接続できるようにしている。システムの要求に応じ、1台の計算機に複数ループの接続も可能であり、HIDICシリーズCPUのオペレーティングシステムでは、1台の計算機で最大256台の機器を管理できる。接続可能な機器は、HIDICシリーズCPUを始め、PI/O、タイプライタのような低速機器、CRT、カードパンチャのような高速機器の接続も可能である。また、必要に応じて他メーカーのCPU、端末機器の接続も考えている。ソフトウェアに関しては、これら多数の機器を効率的に管理するため、フリーウェイ専用のプログラムがモジュール化されてシステムプログラムに組み込まれており<sup>(2)</sup>、ユーザーがフリーウェイを意識することなく多数の遠隔設置端末を制御できるようにし

ている。

ハードウェアの特長としては、場内のプロセス制御を主眼とすることから、特に信頼性について次のような考慮を払っている。

#### (1) 故障の局所化

回線全体の管理（時分割管理など）を、1台の共通ハードウェアに任せると、その部分の故障がそのままシステムの故障につながる場合が多い。このため、DFWでは、回線処理に必要な機能は、個々のSTに独立して持たせた。さらに、各STは、図7に示すようにバイパス回路を設け、故障したSTがみずから回線処理からおり、他のST間の情報交換を乱さないよう故障の局所化を図っている。

#### (2) ノイズ対策

ノイズ対策としては次の3項目を基本思想としている。

- (a) まず、ノイズの混入しにくい伝送形態をとること。
- (b) 万一、ノイズが混入しエラーが発生しても、確実に検出し、誤り制御が可能なこと。
- (c) 誤り制御がソフトウェアに負担をかけないこと。

このため、(a)に対しては、ノイズが混入しにくく、しかも高速データ伝送に適した同軸線を採用し、さらに回線とSTとの結合部はトランス・カップルとして耐ノイズ性と耐圧性の向上を図っている。また、回線中の信号は、長距離伝送による減衰と位相ひずみに強い位相変調(PM)による搬送方式を採用している。(b)に対しては、ノイズの混入場所により、データが誤る場合と、同期ずれの生ずる二つの場合が考えられるため、全データについて8ビットごとにパリティを付加するとともに、バースト誤り、同期ずれに効果のある反転二連送方式を採用している。この効果については、計算上では、通常の使用率では10年に1回以下の誤動作で実用上問題はないという結果がでている<sup>(3)</sup>。(c)については、万一エラーが発生したときには、ハードウェアで自動再送を行なうことにより、ソフトウェアの煩雑さを避けている。

本装置は単純なプロセス制御、試験設備などから、場内MISシステムのような生産管理、工程管理、在庫管理などのトータルオンラインシステム（マルチコンピュータシステム）ま

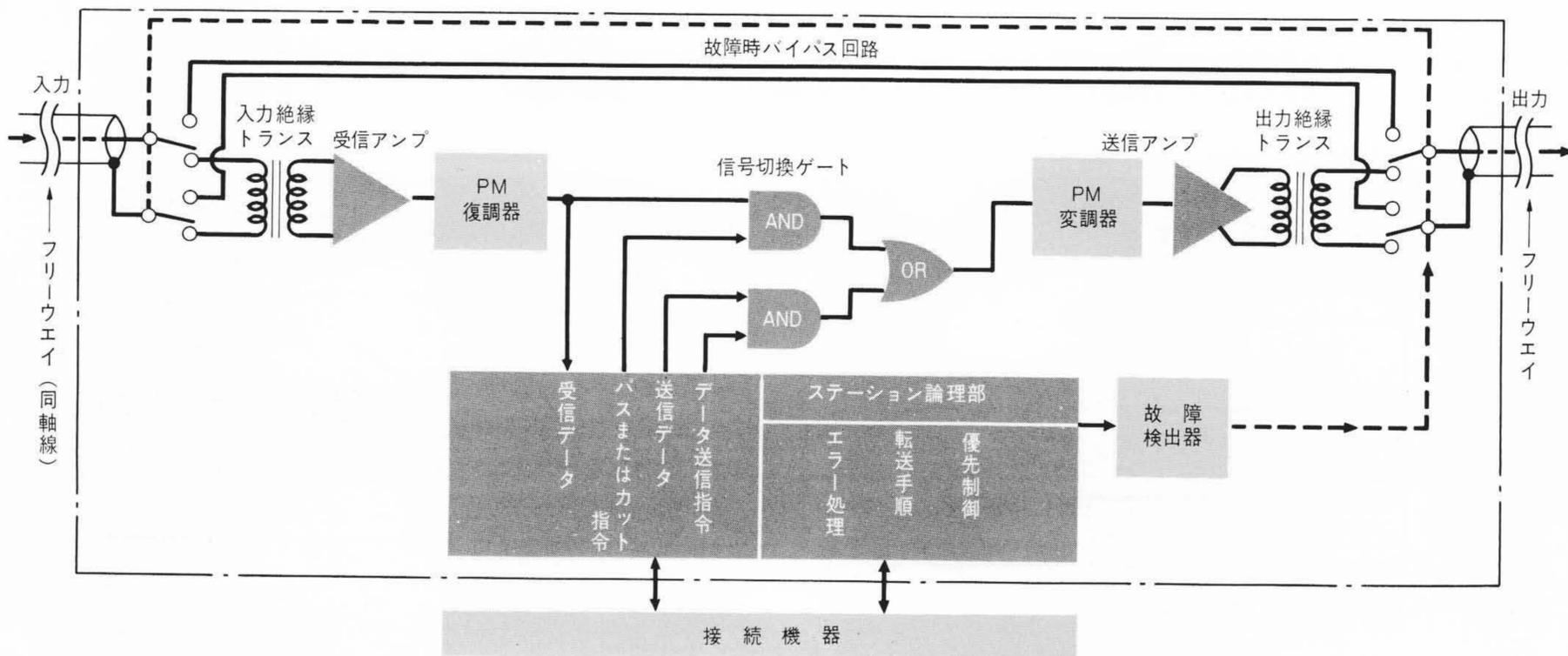


図7 DFWステーションのブロック図 絶縁、エラー処理、故障時バイパスなど、信頼性向上を最重点とした設計になっている。

Fig. 7 Block Diagram of DFW Station

表1 データフリーウェイ概略仕様 日立データフリーウェイは、誤り制御の充実、ソフトウェア完備による使いやすさ、接続機器の豊富なこと、など多くの特徴を有する。

Table 1 Specification of Data Freeway

項目	仕様
フリーウェイ	同軸ケーブル1本
信号伝送速度	100 kビット/s
規模	max×16ST/ループ, 8 デバイス/ST
ステーション間距離	2 km
誤り制御	パリティ+反転2連送
フレーム構成	固定長/可変長(オプション)
データフォーマット	アドレス、データ、コマンド、相手機器情報(同一フレーム内で送付)
システムソフトウェア	接続機器(max 256台)の同時処理エラー処理を行なう。
接続機器例	リモートPI/O、カラーCRT、C/P、T/W、CPUなど
周囲条件	温度0~50°C、湿度10~90%

で、広く適用可能である。表1はデータフリーウェイの概略仕様を示すものである。

#### 4.2 日立データハイウェイ装置<sup>(5)(6)</sup>

本システムは、シングルアクティブのシステムであり、中央管理室に計算機と中央ステーションがあり、現場におかれたローカルステーションとの間でデータ交換を行なう。図7はシステムの構成を示すものである。ローカルステーションには、複数のプロセスポイント(情報発生点および情報受信点の総称)が集約される。さらにプロセスポイント側から計算機に対する割込信号も多重化して伝送される。

プロセスポイントと計算機との通信においては、1語のランダム転送が多いこと、割込みがあること、信号数が非常に多いこと、リアルタイム性の要求が強いこと、低レベル信号や高精度アナログ信号などを含むことなどデータ通信とは異なった状況がある。データハイウェイシステムは、これらの要求を満たすよう考慮したものであり、計算機インタフェースの合理化、移動、変更などに対する融通性、システムの拡張性の増大および配線コストの低減や融通性、拡張性と合わせて全体システムとしての経済性などの特長を有する。

張性の増大および配線コストの低減や融通性、拡張性と合わせて全体システムとしての経済性などの特長を有する。

ハイウェイは、アドレスライン、データラインの2本の同軸ケーブルから成り、100kビット/s以上の高速データ伝送ができる。ローカルステーションには、マルチプレクサ、デマルチプレクサ、A/D、D/A変換、レベル変換回路や通信制御を行なう制御回路が含まれる。応用分野は、プロセス制御、自動検査、試験システム、製造工場の自動化システムなど、構内規模のオンラインシステムに広く適用可能である。

以下は、本システムの自動試験装置への実用例を示すものである。

ハイウェイ：同軸ケーブル(5 DBE) 2本

信号伝送速度：100 kビット/s

伝送距離：2 km

語長：16ビット

アクセスタイム：340 μs

最大ステーション数：162

有効アドレス数：256/ステーション

割込み：16要因

計算機：HIDIC 100 (16 k語)

ローカルステーション：アナログ入力=102点

デジタル入力=128点

デジタル出力=48点

パルス出力=12点

#### 4.3 通信制御装置

日本電信電話公社の回線の自由化に伴い、通信制御装置に対する需要は、今後ますます増加することが予想される。制御用計算機の分野においても生産管理、工程管理、在庫管理などを目的に、多数の現場設置端末と中央計算機を結合して、オンラインで会話を進めて行く要求が増加してきており、このために、効率的な回線制御を行なう多重通信制御装置が欠かせないものとなっている。一般にこのような通信システムの規模は、小は数回線から、大は100回線以上に至るまで種々あり、さらに接続する端末の種類も機種、メーカーごとに多種多様である。したがって、多重通信制御装置に要求される最も重要な機能としては、次の点が考えられる。

(a) 少数回線から、多数回線まで経済的に拡張可能なこと

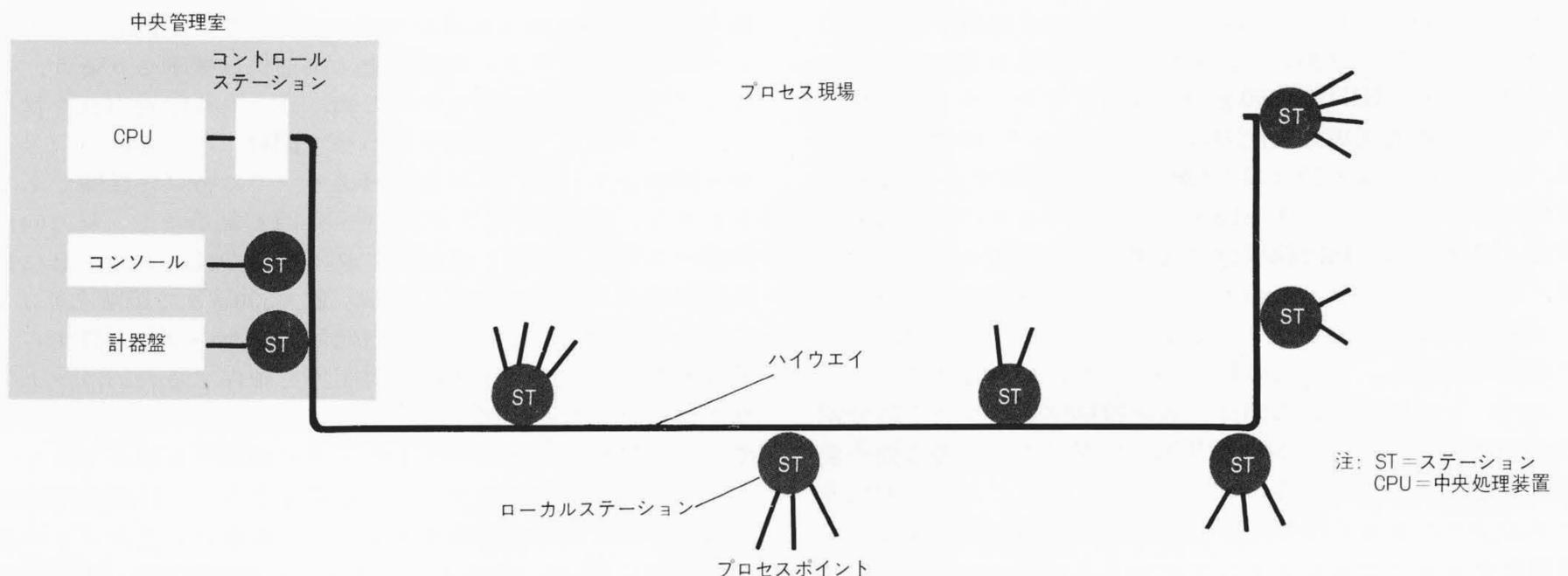


図8 データ・ハイウェイ システムの構成 中央管理室に設置したCPUにより、共通母線(データ・ハイウェイ)に接続した多数のプロセスポイントの时分割制御を行なっている。

Fig. 8 Configuration of Data Highway System

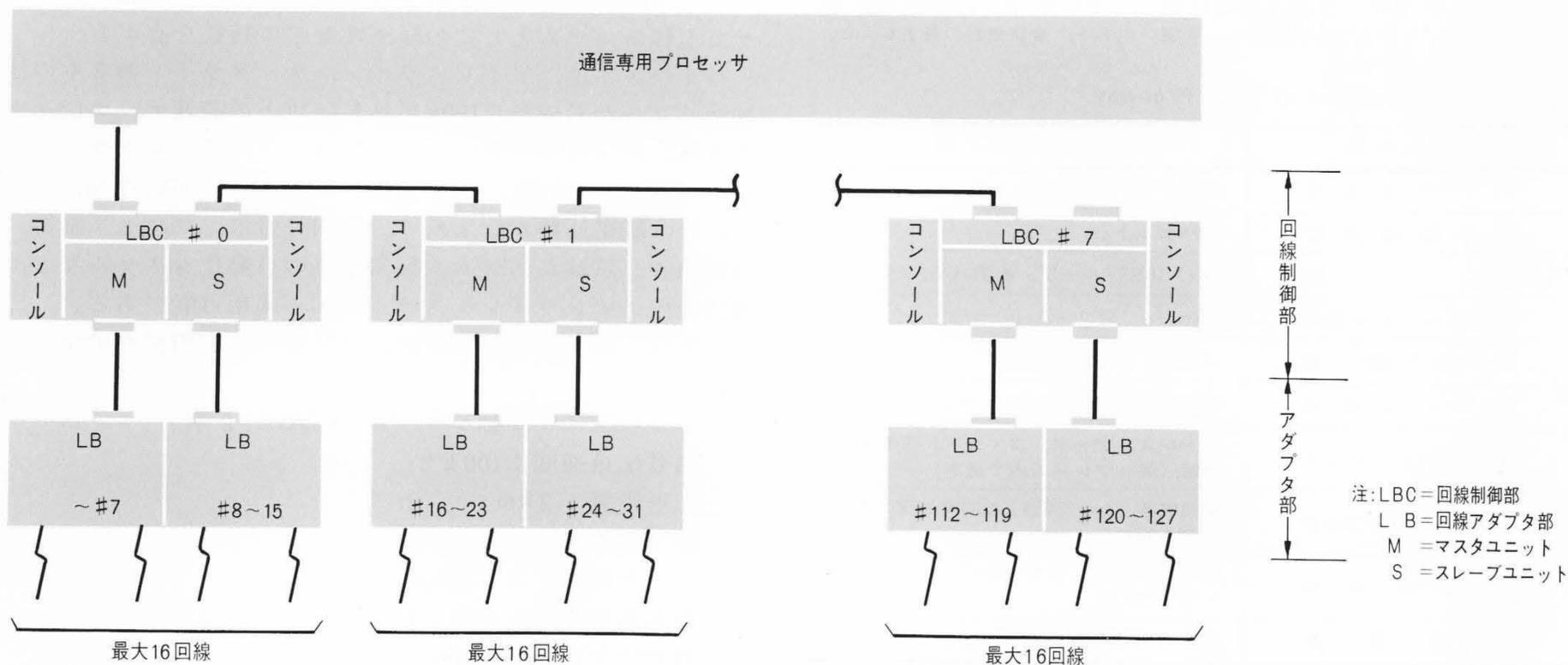


図9 CLC-Mブロック図 増設の容易さ、拡張性を考慮して8回線単位に増設できる。

Fig. 9 Block Diagram of CLC-M

(拡張性)。

(b) 低速から高速まで広範囲の端末を経済的にサポート可能なこと (処理性)。

(c) 自社製品にかぎらず、他社の機器も接続可能なこと (汎用性)。

(d) 各回線の保守が容易にできること (保守性)。

HIDICシリーズ多重通信制御装置には以上の点に主眼をおいて開発された、HIDIC 7410形通信制御装置 (CLC-M) がある。本装置は、制御用計算機HIDIC 700に接続されるフロントエンドタイプの通信専用プロセッサであるが、制御用計算機HIDIC 350を処理装置として用いているので、HIDIC 350システムにおいても、多重通信制御装置として使用される。

処理の分担については、各社の端末、計算機を接続できること、将来統一されるであろう通信制御手順をサポートすることなどを考慮して、通信制御手順の処理はソフトウェア処理とすることで汎用性を持たせている。また、高速性が要求される回線の選択機構および速度、ビット構成、同期方式など比較的簡単な回路で端末ごとの特異性を吸収できる部分をハードウェアに分担させ、処理性、汎用性および経済性を持たせている。HIDIC 350を通信専用プロセッサとして使用する場合の最大回線処理能力は、1,200ビット/秒換算で40回線、接続可能な端末数は最大128回線まで拡張できる。図9は本装置のハードウェア構成図を示すものである。図の回線制御部 (LBC) は、16回線単位に回線の優先制御を行なう部分で、通信制御プロセッサの専用トランクに接続され、カスケード接続により最大8台まで拡張可能である。さらに、1台の回線制御部は、8回線単位のユニットに分割できる。

また、1台の回線制御部は、8回線単位のユニットに分割して、HIDICシリーズの標準CUBに実装でき、電源も他の装置と共用可能である。各ユニットには、回線ごとの主要信号のチェック、あるいはローカル状態で回線制御部の優先制御機能をチェックできるメンテナンスコンソールを付加しているので、保守、調整、あるいは回線障害時のエラー原因の分離が容易に行なえる。アダプタ部は、先に述べた回線ごとの特異性を吸収する部分で、通信速度、ビット長、通信コー

ドなどのパラメータの相違は、スイッチで簡単に切り換えられるようにして、アダプタの種類を減らしている。また、1回線ごとにアダプタをそう入することにより、容易に回線の増設ができる。

#### 4.4 高速データ伝送装置 (CLC-P)

HIDIC 7320形リンケージ装置は図10に示すように2台の計算機を1対1に結合し、16ビット平行にデータを高速伝送する装置で、HIDICシリーズまたはHITACシリーズの計算機に接続される。その構成は、計算機間の距離に応じ、図10に示す3種のタイプが用意されている。

いずれのタイプもユニット化されており、HIDICシリーズの標準I/O CUBに簡単に実装でき、また電源も他の制御ユニットと共用できるなど拡張性および経済性に考慮が払われている。計算機との接続は、計算機の処理性を妨げないこと、オンラインでの高速転送を必要とすることから、チャンネル接続としている。転送速度に関しては、接続する計算機のチャンネルの速度および距離などにより異なるが、通常30kW/sから最大100kW/sの高速転送が可能である。CLC-P間のインタフェースは適用システムの性格上、高速性は要求されるが、それほど長距離を必要とせぬため、平行伝送方式を採用し、データバス、制御信号合わせて図11に示す7種の信号線から構成している。AおよびBタイプでは特に短距離であることから、CLC-PインタフェースをIC結合とし、双方向性共通バス方式を採用している。タイプCでは、タイプBに長距離伝送用アダプタをそう入し、最大500mまで距離を延ばすことを可能としたもので、構内建屋間をケーブル布設することも考慮して、耐ノイズ性、耐圧性を確保するため、フォトカプラを用いた差動形のトランスミッタ、レシーブを採用している。起動方式は、ソフトウェアの処理性を低下させないよう、いずれの計算機からでも必要なときにだけ転送開始起動を相手側に割込み要求できる、いわゆるコンテンション方式を採用している。さらに、ソフトウェアからみて、CLC-Pを特殊なデータ伝送装置として意識させないため、使用するコマンドおよびデータの扱いは、一般入出力装置と同一の取扱いができるよう考慮されている。

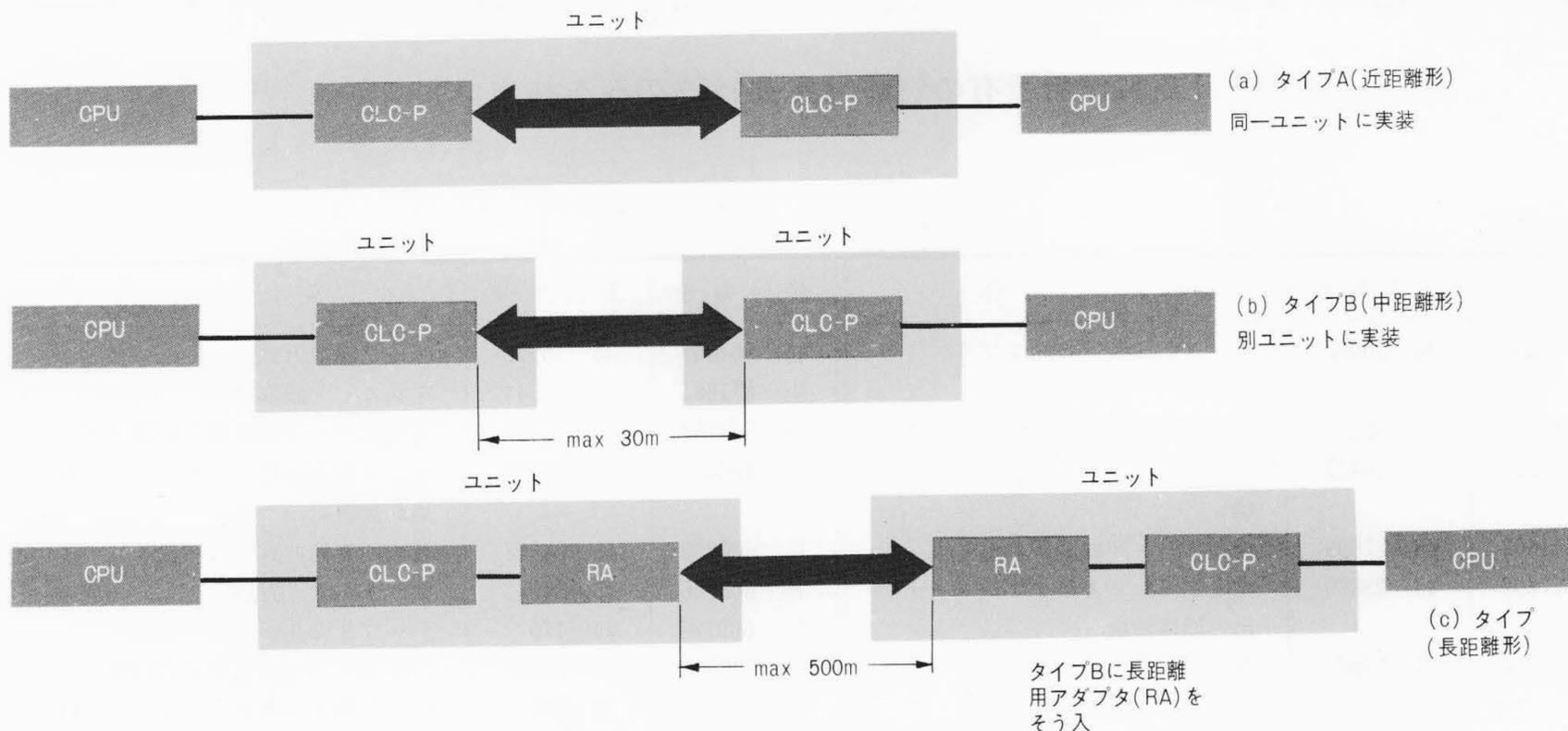


図10 CLC-Pへ構成 (a) 近距離型(タイプA) 同一ユニットに実装 (b) 中距離型(タイプB) 別ユニットに実装 (c) 長距離型(タイプC) タイプBに長距離アダプタをそう入

Fig.10 Configuration of CLC-P

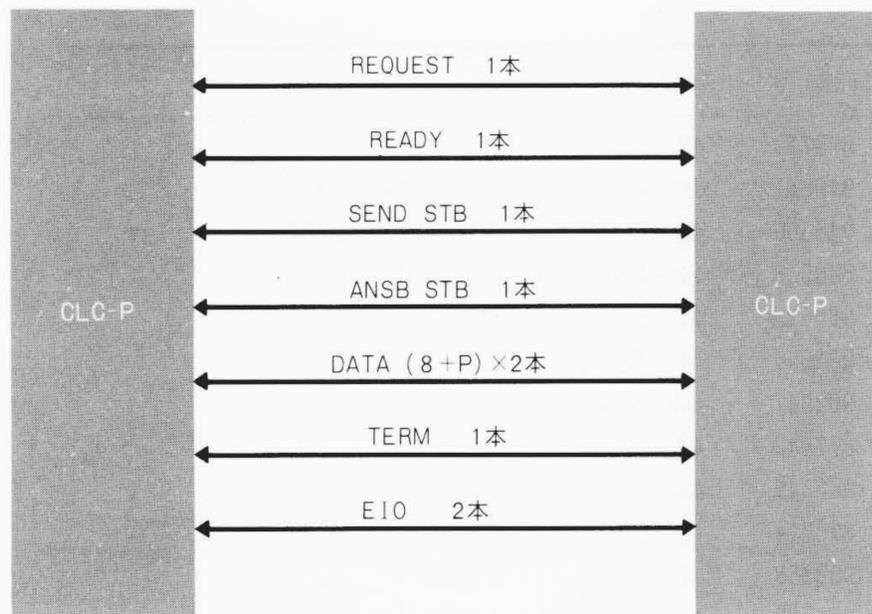


図11 CLC-Pインタフェース上の信号 ソフトウェアの処理性の低下を防止するため、コンテンション方式のインタフェースとしている。

Fig.11 CLC-P Interface

#### 4.5 データ交換入出力装置

自動給電システムの例に見られるように、制御用計算機と遠方監視制御装置を組み合わせ、1個所の制御所から遠隔地の多数の設備を集中制御したり、これらの下位システムを支店あるいは系統給電指令所が集中制御し、さらに中央給電指令所では、大形制御用計算機システムにより系統全体の総括制御を行なうというハイアラキシステムが増加してきている。このような遠方監視制御装置と制御用計算機とを結合して、効率のよい監視制御システムを構成する手段として、日立データ交換装置<sup>(4)</sup>がある。本装置は処理装置とデータ交換入出力装置DXI/Oから構成されるが、処理装置としてHIDICシリーズ計算機を用いているため、単純な入出力処理、データ交換処理に加え、計算処理などの広範囲な処理要求も満足できる。DXI/Oはデータ交換装置に特有なハードウェアであ

り、次のような特長を有する。

- (1) ハードウェアで処理要求の発生している回線を選択し、報告するのでソフトウェアの負担が少ない。
- (2) プログラムで行なうと時間の要するコード変換機能をハードウェア処理しているため、処理装置の効率を低下させない。
- (3) また、遠方制御装置の各回線の時間監視を行なっているため回線の障害を検出できる。

#### 5 結 言

以上、制御用計算機分野におけるデータ伝送システムの一般的傾向に触れるとともに、日立製作所のデータ伝送装置の代表例についてその特徴を紹介したが、場外データ通信分野においては、日本電信電話公社の回線解放により、また構内システムにおいては、なおいっそう増大するシステムの広域化、トータル化の要求により、データ伝送システムに対する要求はさらに複雑化、多様化するものと考えられる。このような傾向に対しても、日立データ伝送装置は、その柔軟性、拡張性を生かして、信頼性の高い最適伝送システムを実現できるものと考えている。終わりに、本稿をまとめるにあたり、ご指導、ご協力をいただいた関係各位に対し深く感謝する次第である。

#### 参考文献

- (1) 松井田：「プロセス用入出力装置」オートメーション 16, 195(昭46-8)
- (2) 河井, 松家：「工場内データ伝送の具体例と問題点」OHM 17, 78(昭47-5)
- (3) 大沢, 安田ほか：「データフリーウェイ装置の開発」日立評論 55, 2(昭48-2)
- (4) 中野, 管家ほか：「高速データ伝送と集中制御用計算機システム」554日立評論 52, 6(昭45-6)
- (5) 日立評論「データハイウェイシステム」54, (1) 27(昭47-1)
- (6) 高杉, 猪瀬：「データハイウェイシステム」計測と制御 117(昭47-1)