

高速データ伝送と集中制御用計算機システム

High-speed Data Transmission and Centralized Control Computer System

中 野 修 一*
Shūichi Nakano

菅 家 辰 紀*
Tatsunori Kanke

谷 中 雅 雄**
Masao Yanaka

要 旨

制御用計算機による集中制御システムでは、計算機と、テレメータあるいは遠方監視制御装置などの情報伝送装置とを、いかに機能的に結合するかがシステム構成上の要点である。

ここでは、主として給電用システムを対象として、集中制御用計算システムにおける計算機と情報伝送装置との接続方式について述べ、さらに、近年採用されつつあるサイクリック・ディジタル情報伝送装置による高度な集中制御システムでは、データ交換装置が適用されるべきであることを説明している。

1. 緒 言

近年、各種の情報伝送技術の発展に伴い、総合的な管理による効率向上をめざして、一個所の制御所から遠隔地の多数の設備を制御する、いわゆる集中制御が、多方面で進められている。この結果として、制御所で処理すべき情報量は増大し、従来と比べて少数の運転員にかかる負担は大きくなる。このような多量の情報は、制御システムに電子計算機を組み込み、集中制御計算機システムとすることによって有効、かつ適切に処理することができる。さらに、計算機を利用することによって、これまでなし得なかった高度で、総合的な制御が可能となる。

図1は集中制御システムの一例として、自動給電システムの構成を示したものである。図では、下位の制御所では三次あるいは二次変電所などの下位システムの電気所を集中制御し、支店、あるいは系統給電指令所では、下位の制御所あるいは一次変電所などを集中制御し、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って全系統にわたる総括制御を行なうという、いわゆるハイアラーキー・システムとなっており、集中制御の最も発展した形体を示している。

このような集中制御システムの構成要素は、制御用計算機システム、および計算機と制御対象とを接続する情報伝送システムでありこの両者は、それぞれの機能がじゅうぶん発揮されるような方式で接続されなければならない。本文では、この計算機システムと、情報伝送システムとの接続方式を中心として、集中制御用計算機システムの構成上の問題点について述べる。

2. 制御用情報伝送システム

2.1 制御用情報伝送の特質

情報伝送と計算機との結びつきは、汎用計算機分野では、座席予約、銀行預金業務、在庫管理などのオンライン・リアルタイムシステムに見られるようにすでに広く実施されている。これに対して集中制御に見られるような、制御用計算機と情報伝送の結合はそれほど一般的ではなく、その対象となる情報の性質には汎用の情報伝送に比べると特異なものがあり、これを従来の情報伝送の技術の延長として処理することはできない。

制御用情報伝送の一例として、給電用の情報伝送システムについて考えてみる。給電業務は大別すると、運用計画、運用、運用結果の処理、の三つになる。

このうち、運用業務には、周波数・有効電力制御、電圧・無効電力制御、平常および事故時の系統操作、系統状態の監視などが含ま

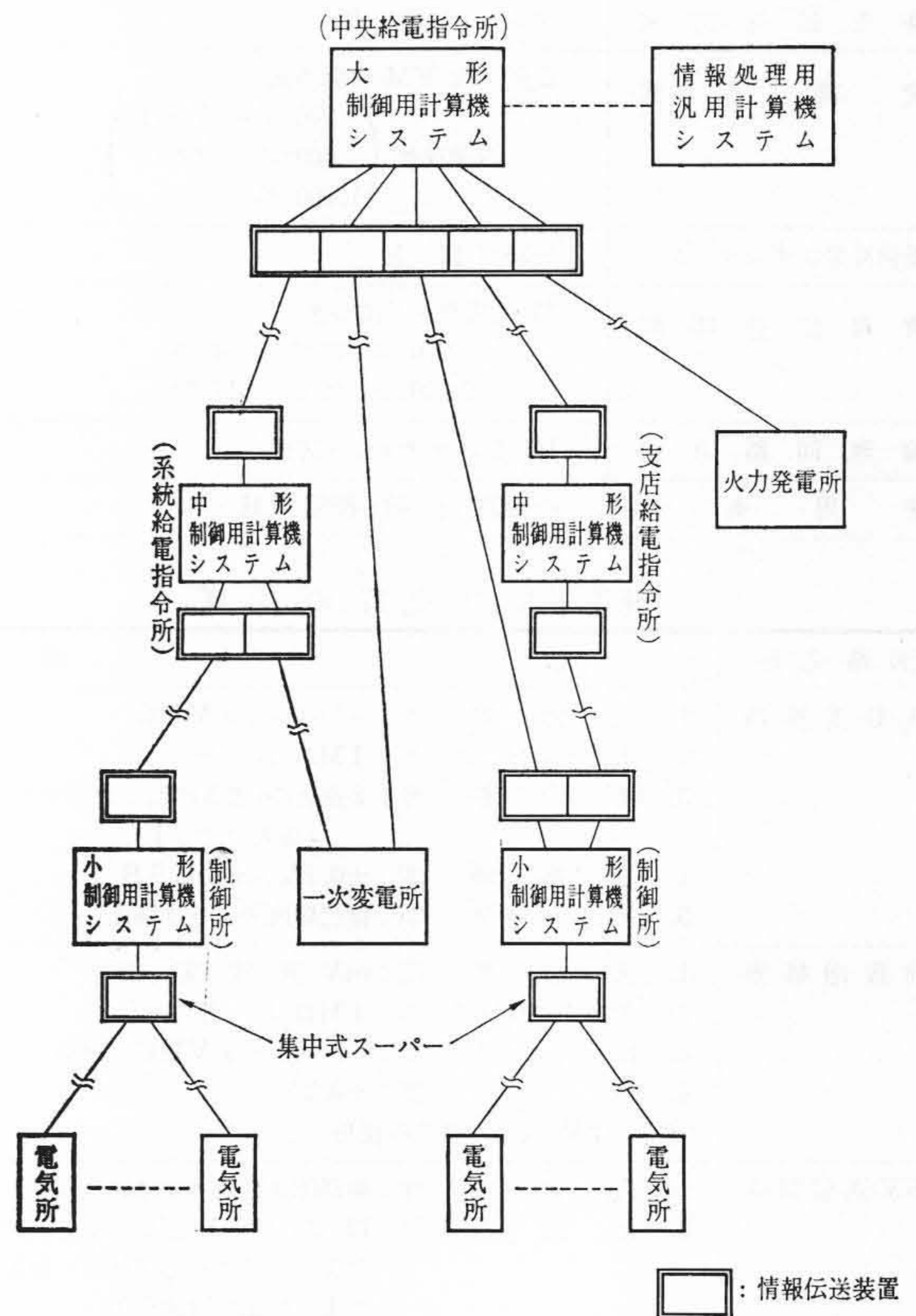


図1 集中制御システム構成例

れる。これらの業務では、各地に散在する電気所から、発電所出力、潮流、電圧、無効電力、機器の状態などを制御所へ送り、制御所から電気所へ、指令値、機器の操作指令などを送る必要がある。これらのデータには、遅延時間0.1~0.5秒程度という即時性を要求されるものを含み、多くのものは常時連続伝送となる。また、データの内容は、数値、あるいは機器の状態などを表す2値情報などが多いなど、汎用の情報伝送にはない特質をもっている。このようなデータを、本文ではリアルタイムデータと呼ぶことにする。

一方、運用計画および運用結果の処理業務には、需給予測、保守計画、各種の記録、統計業務などが含まれる。これらの業務のためには、上記のリアルタイムデータも必要になるが、このほかに、出水予測など、リアルタイムに得ることのできないデータを電気所から制御所へ伝送し、また、各種の運用計画を制御所から電気所へ伝送することが要求される。これらのデータは、従来ファックス、電話などの手段によって送られているものが多いが、集中制御による自動化を進めるに従い、符号伝送によって計算機と直結することが

* 日立製作所大みか工場

** 日立製作所日立研究所

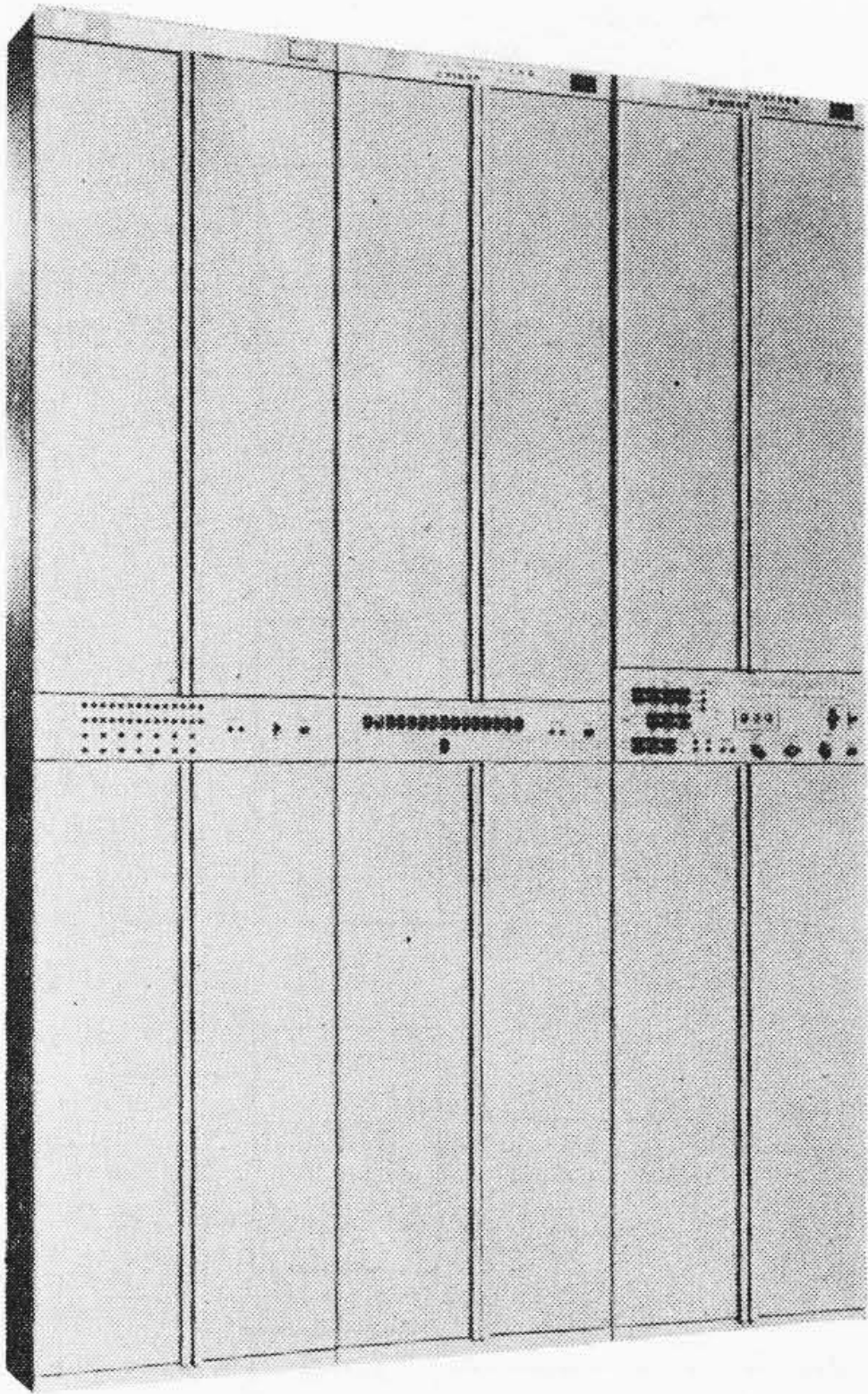


図2 サイクリック・デジタル情報伝送装置

望まれる。この場合、これらのデータは、前記のリアルタイムデータのような即時性はそれほど強く要求されず、また、データの内容は文字、記号などがメッセージといわれる単位にまとまって、意味をもつなど、汎用の情報伝送に近い性質をもっている。本文では、このようなデータを、バッチデータと呼ぶことにする。

2.2 情報伝送装置

制御用のリアルタイムデータの情報伝送の手段としては、従来、アナログテレメータ、遠方監視制御装置などが使用されており、高信頼度の実績をもっている。しかし、計算機による高度な総括制御が実施されるに従い、これらの装置は、伝送効率、速度、精度ともに不十分であり、これらの装置にかわって、サイクリック・デジタル情報伝送装置(CDT)が採用されつつある⁽¹⁾。この方式については、電気学会通信専門委員会から標準方式が提示されており、電力会社間で多少の方式の差異があっても、今後の給電システムにおける情報伝送の大勢を占めるものと考えられる⁽²⁾⁽³⁾。図2は、CDTの外観を示したものである。

なお、CDTも含めて、上記の各装置はいずれも、送受信装置が1対向ずつ独立しているいわゆる1対1方式であるが、より効果的な集中化を図るために、遠方監視制御装置では、共通の親局装置に複数の子局が接続される1対nの集中方式が使用されている。

今後は、これら各種の方式の装置が併用されていくが、その中でも、伝送効率、精度、計算機との接続などの面ですぐれているCDTが重要な位置を占めるものと考えられるので、計算機と情報伝送装置との結合も、CDTとの結合を主として考慮して行かなければならない。

次に、バッチデータの情報伝送装置としては、それだけを切りはなして考えれば、汎用のオンラインシステムで使用されている通信制御装置を使用すれば、端末装置などもそのまま使用でき、システムとしては簡明である。しかし、制御用バッチデータでは

- (1) データ量がそれほど多くない。
- (2) 比較的低速伝送でよい。
- (3) CDTと並行に別の伝送チャンネルをもうけることは経済的でない。

などの理由から、CDTの時分割チャンネルにバッチデータをのせることも考慮するなど、今後じゅうぶん検討して行く必要がある。

3. 計算機と情報伝送装置との接続方式

制御用計算機と情報伝送装置との接続方式としては、従来の同一構内の計算機制御の技術であるプロセス入出力装置を使用する方式が第一に考えられる。しかし、CDTのような伝送効率のすぐれた情報伝送装置に対しては、計算機側もこれに対応した効率の良い接続方式をとらなければならない。この条件を満足するものがデータ交換装置である。以下にこの兩者について説明する。

3.1 プロセス入出力装置方式

3.1.1 接続方式

制御用計算機で一般に使用されているプロセス入出力装置を通して、各データを並列に入出力する方式である。図3はこの方式の構成を示したものである。各装置と計算機の接続方式は次のようになる。

(1) CDT

上り回線では、CDTに全データのメモリが用意され、このメモリの内容をプロセス入出力装置によって計算機にとり込む。下り回線の場合には、計算機からプロセス入出力装置によって全データが並列に出力され、CDTはこれを順次走査して送出する。この場合、デジタル形式のまま接続する方式が普通であるが、アナログ信号で接続し、CDTにDA変換器、あるいはAD変換をおいて、デジタル伝送にする場合もある。しかし、これはアナログ指示計、設定器などと信号形式を合わせなければならない特殊な場合にのみ、とられる方式であり、CDTの特長を効果的に生かしているとはいえない。

(2) 遠方監視制御装置

遠隔地から伝送されてくる表示内容は、遠方監視制御装置に記憶されており、この内容をプロセス入出力装置のデジタル入力として計算機にとり込む。また遠隔地への制御指令は手動で操作を行なったときと同様の信号をプロセス入出力装置のデジタル出力で出力する。

なお、遠方監視制御装置とプロセス入出力装置との接続にあたっては、次の理由で中継装置を設けるのが普通である。

- (a) 遠方監視制御装置が計算機導入以前に設置されていて、ノイズ対策が不十分のとき、ノイズ除去を図るために中継リレーをおく。
- (b) 状態変化時、フリッカする信号を連続信号に変換する。
- (c) プロセス入出力装置との接続配線を減少させるために、切換回路をもうけて、1局ごと程度に分割して計算機入力とする。
- (d) この場合、計算機が常時全点を走査すると時間がかかるので、状態変化が発生したときだけ走査させるために、状態変化時に割込み信号を発生する。

(3) アナログテレメータ

アナログ信号のまま、プロセス入出力装置のアナログ入力、アナログ出力とする。

3.1.2 特徴

プロセス入出力装置方式の利点は次のとおりである。

- (1) 方式が単純で、計算機と伝送システムを分けて考えることができるので、システムをまとめやすい。
- (2) 従来技術のハードウェアのみで対処できる。
- (3) 計算機のプログラムは従来の構内制御の考え方でよい。
- (4) データが常に計算機外のメモリにあるので、データ伝送のタイミングと非同期に、必要とするときにいつでも入出力することができる。
- (5) 情報伝送装置が既設であっても、接続は比較的容易である。

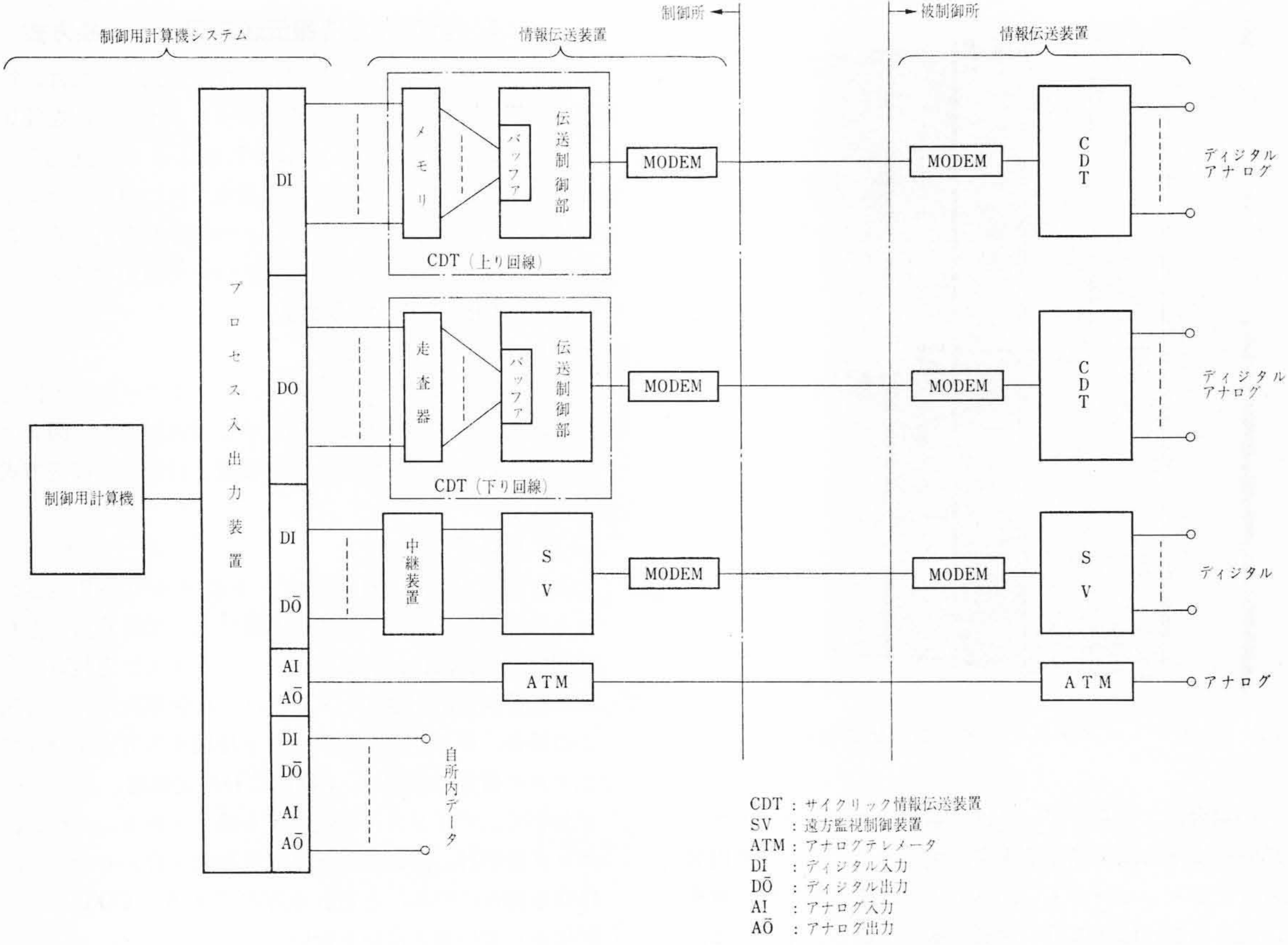


図3 プロセス入出力装置方式構成図

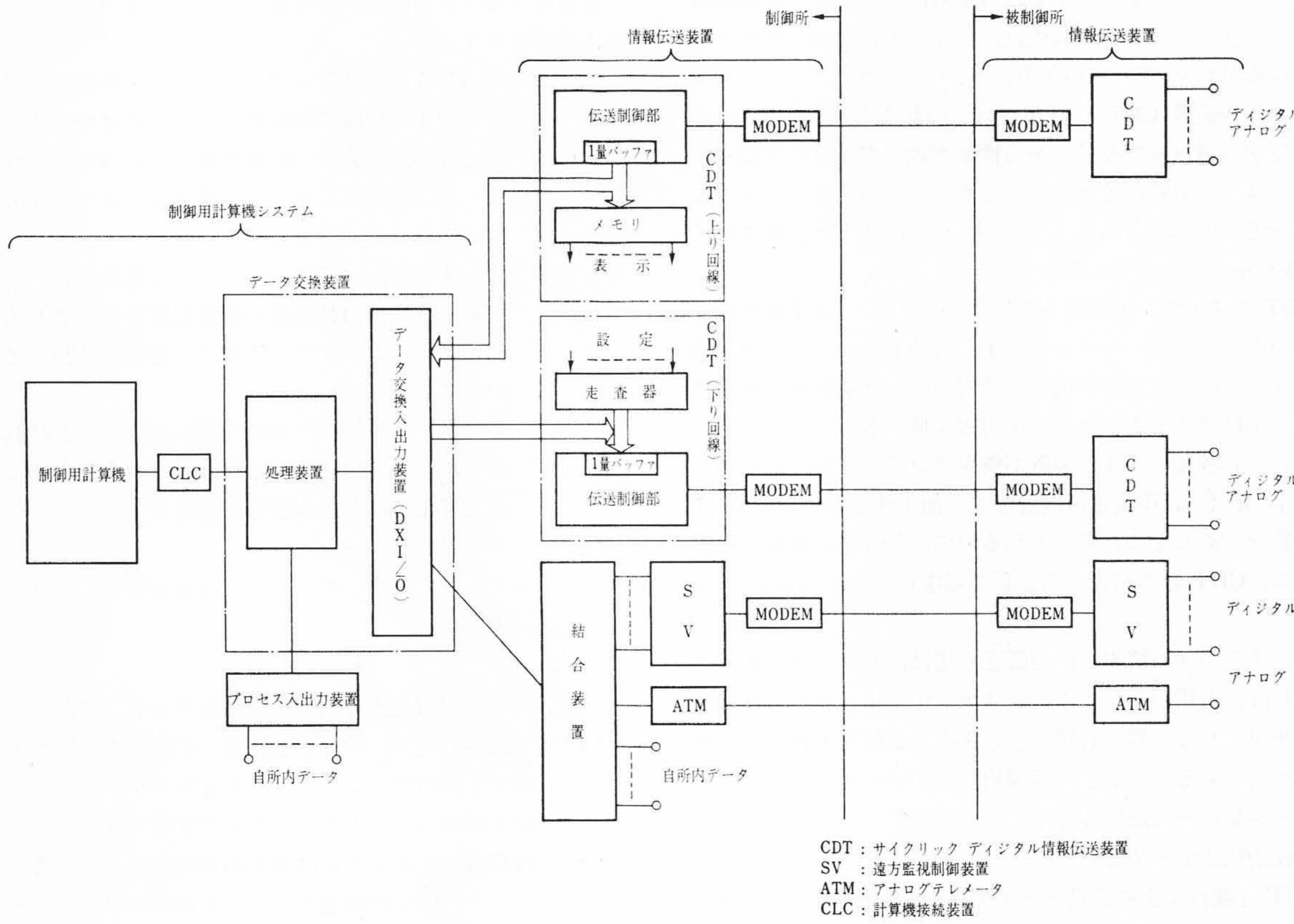


図4 データ交換装置方式構成図

これに対して、この方式は次のような欠点をもっている。

- (1) 全データのメモリが計算機外に必要になり、データ量が多い場合には経済的でない。
- (2) プロセス入出力装置点数および配線本数が多くなる。
- (3) 計算機の入出力処理が伝送時間と非同期であるため、データとり込みに時間遅れが生ずる。
- (4) メモリ書き換え途中で計算機がデータを取り込まないようにしなければならない。

これらの欠点は、システムの規模が大きくなるにつれて重大になる。このため、この方式は対象とするデータの少ない場合、あるいは既設の情報伝送装置を利用する場合などに採用されることが多い。

3.2 データ交換装置方式

3.2.1 接続方式

データ交換装置において、情報伝送装置に対する入出力処理を行なわせ、上位の制御用計算機で必要とするデータのみをデータ交換装置から高速で転送する方式であり、特に CDT と計算機との接続を効率よく行なうことができる。

図4はデータ交換装置を適用したシステムの構成を示したものである。図に示すように、制御用計算機とデータ交換装置とは、計算機接続装置(CLC)によって接続され、必要なデータのみを高速で転送することができる。また、データ交換装置と CDT とは1量分のバッファレジスタにより、伝送速度と同期した1量ごとのデータ直列接続とする。アナログテレメータ、遠方監視制御装置、および自所内の各種データについては、プロセス入出力装置によって入出力することもあるが、結合装置を設けて CDT と同様に1量ごとのデータ直列で接続し、データ交換装置の処理方式を統一することが望ましい。

なお、遠方監視制御装置のうち、1対n方式のものも含めて、CDT と類似のサイクリック伝送形式をとるものは、設計当初から考慮すれば、結合装置を介さず、CDT と同様な方式で容易にデータ交換装置と接続することができる。

3.2.2 特徴

データ交換装置方式では、プロセス入出力装置方式に比べて、次のような特徴がある。

- (1) CDT とデータ交換装置との接続がデータ直列なので、配線数は各回線ごとに1量分のみでよい。
- (2) CDT 用の外部のデータメモリは必要最小限のみでよい。
- (3) 従来のプロセス入出力装置によるプログラムの技法で、データ直列で入出力すると、入出力処理のオーバーヘッドが非常に大きくなるが、データ交換装置にその処理を行なわせることによって、計算機の負担を軽くすることができる。
- (4) データ交換装置の処理内容は単純なものになるので、プログラムもオーバーヘッドの少ない能率のよいものにすることができ、プロセス入出力装置方式では不可能な高速多回線の処理ができる。
- (5) 各回線について同時に、伝送時間と同期してもれなく処理することができる。
- (6) データ量が多くなるにつれて、使用目的が多様化するデータの交換、中継を行なうことができる。
- (7) データの交換、中継などの過程で必要な各種のデータ処理を容易に行なうことができる。

4. データ交換装置

データ交換装置は前章のように制御用計算機と併置されて、集中制御システムの一部の機能を分担する用途もあるが、それ自身でも

表1 日立データ交換装置仕様一覧表

機種	HIDEX-100	HIDEX-500
項目		
プログラム方式	ストアドプログラム	ストアドプログラム
主記憶装置	コアメモリ	コアメモリ
記憶容量	8. 12. 16 K語	8. 16. 24. 32 K語
サイクルタイム	2 μ s	約 0.9 μ s
語長	16 ビット	16 ビット
命令数	16 種	基本 17 種
演算速度		
加減算	16.5 μ s	約 1.8 μ s
乗算	170 μ s (オプション)	約 10.3 μ s
除算	204 μ s (オプション)	約 11.5 μ s
外部メモリ	—	磁気ドラム 64, 128, 256, 512 K語
伝送速度	最高 1,200 ボー	最高 1,200 ボー
処理可能回線数	1,200 ボー換算 20 回線	1,200 ボー換算 80 回線
伝送データ量	最大 2,000 量	最大 4,000 量
2進 $\leftrightarrow$ 2進化10進コード変換	ハードウェア	ハードウェア
周辺装置	ASR-33, PTR, プロセス入出力装置 タイプライタ, CRT	ASR-33, PTR, 磁気ドラム, プロセス入出力装置, タイプライタ, CRT

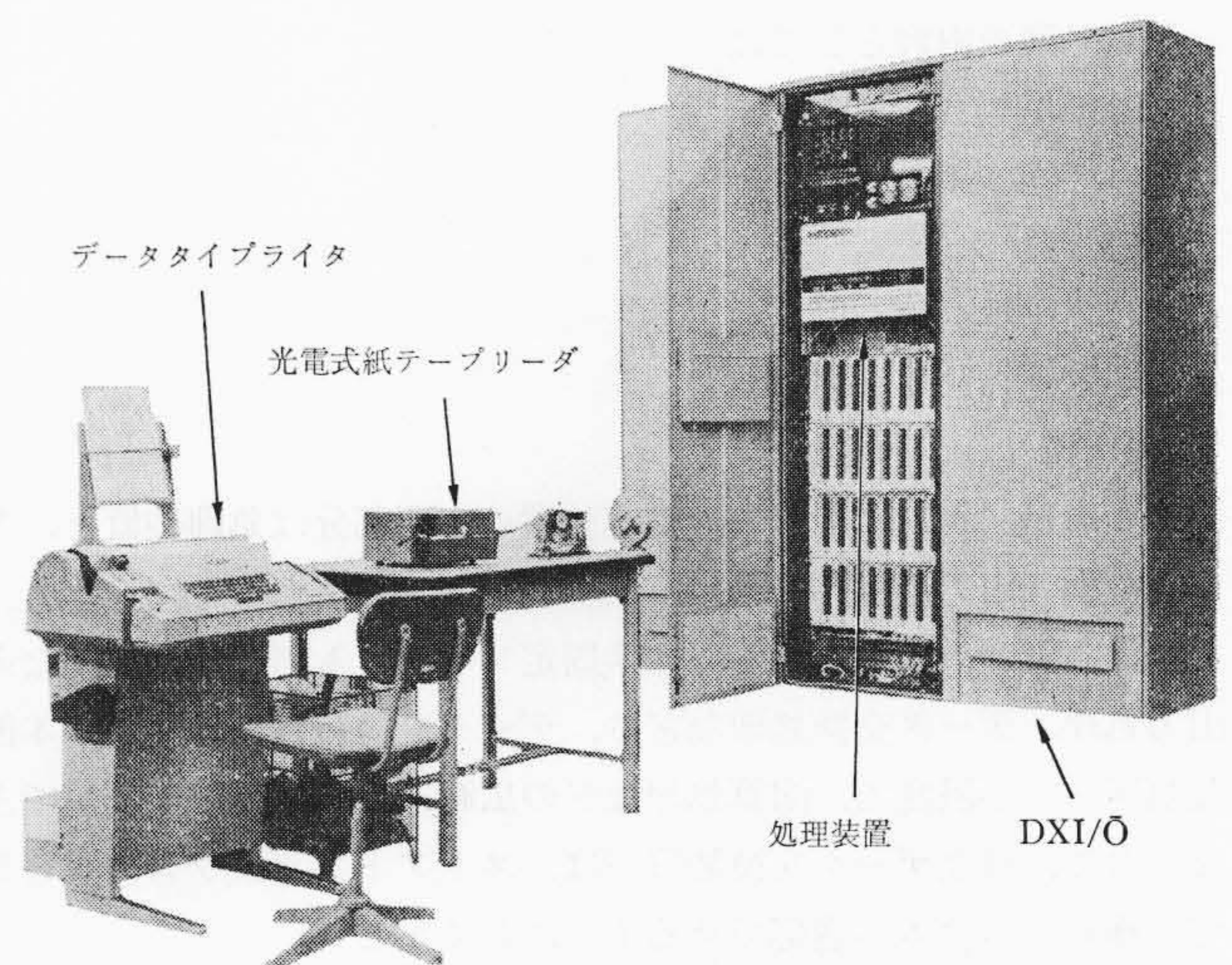


図5 データ交換装置

かなりの処理能力をもっているので、図1のハイアラキーシステムにおける下位の計算機のように、データ量、処理内容ともに少ない場合には、制御用計算機を別におかず、データ交換装置のみで、必要な処理をすべて行なうシステムにすることができる。

このような機能をもっている日立データ交換装置の仕様は表1に、またその外観は図5に示すとおりである。

4.1 機能

データ交換装置の基本的な機能は次のとおりである。

- (1) データの収集、分配、交換、記憶
- (2) 速度変換
- (3) 上下限監視
- (4) コード変換(2進, 2進化10進)
- (5) スケール変換
- (6) フラグビットの処理
- (7) 返送照合
- (8) 上位計算機とのデータ転送
- (9) 演算処理
- (10) コンソールによるデータ表示、設定
- (11) データロギング

これらの機能のうち(1)～(7)はデータ交換装置として必須のも



図6 データ交換装置入出力インタフェース

のであり、このほかに時間と記憶容量にどれだけの余裕が残るかによって、(7)以降の機能の実施範囲がきまる。この余裕は、処理対象の伝送速度、回線数、データ量によってきまる。

演算処理の内容としては

- (1) 総合計算
- (2) 偏差計算
- (3) 最大値計算
- (4) 平均値計算

などが考えられる。

4.2 構成

図3に示すように、データ交換装置の主要部分は処理装置と、データ交換入出力装置(DXI/ $\bar{O}$)である。

処理装置は、固定、あるいは半固定プログラム方式では単純な入出力処理、データ交換処理などの、データ交換装置としての基本的な処理までが限度で、演算処理などの広範囲な処理要求を満足できないので、日立データ交換装置では、ストアプログラム方式として各種のシステムへ適応できるようにしてある。

DXI/ $\bar{O}$ は、データ交換装置特有なハードウェアであり、次のような特長をもっている。

- (1) 処理要求の発生している回線だけを選択して走査するのでプログラムによる走査を簡単にすることができる。
- (2) 伝送データは2進化10進形式であるのに対し、計算機内部は2進数であるので、コード変換が必要になる。これをプログラムで行なうと、これだけで本来の送受信処理に匹敵する時間を要し、能率が悪いので、DXI/ $\bar{O}$ にハードウェアの変換回路を設け、プログラムの指定によって任意に使用できるようにした。
- (3) CDT各回線の時間監視を行ない、CDTの障害を検出できるようにした。

CDTのバッファメモリは、回線速度が低く回線数が少なければハードウェアの経済性だけを考えると、最小1ビットバッファとすることも考えられるが、CDT単体としても、表示あるいは設定などのための入出力装置との接続、あるいは伝送データのチェックなどを行なうために、1量分のバッファメモリをもっている。1量分の並列形式でデータ交換装置と接続することにした。この方式は、データ交換装置故障時に、手動によるバックアップが容易にできること、データ交換装置の負担が少なくなることなどの利点がある。

データ交換装置とCDTとの接続は、伝送速度、あるいは伝送データのフォーマットの多少の差異などにはかわらず、図6に示す

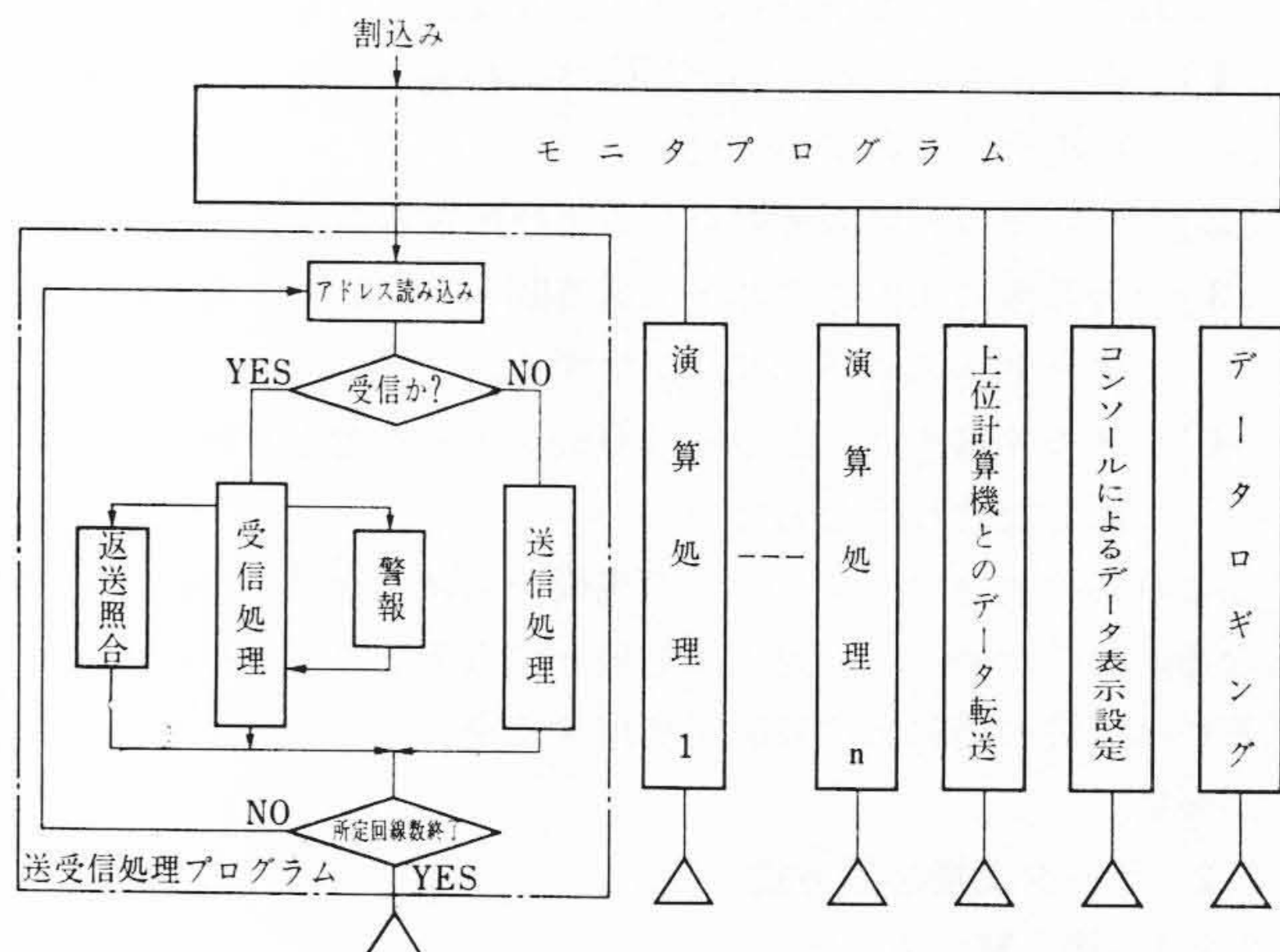


図7 データ交換装置のソフトウェア

ような統一された標準インタフェースによるものである。したがって、この標準インタフェースを満足すれば、CDT以外の装置、たとえばサイクリック伝送方式の遠方監視制御装置でも、データ交換装置に接続することができる。

4.3 ソフトウェア

図7はデータ交換装置のソフトウェアの構成を示したものである。図においてモニタプログラムは、各種のプログラムを総括管理するプログラムである。

送受信処理プログラムはデータ交換装置の主プログラムであり、モニタプログラムのもとで、最優先で処理され、DXI/ $\bar{O}$ からの割込み信号によって回線の伝送速度に応じた時間間隔で起動される。データ交換装置は各回線のデータをもれなく処理するために、たとえば、回線速度が1,200ボーの場合には、1量のデータ伝送時間約35msの間に、少なくとも1回、全回線について1量ずつのデータが処理できるように送受信プログラムを起動させなければならない。さらに、演算処理、上位計算機とのデータ転送などの処理を効率よく行なうためには、上記の35msの時間に送受信処理プログラム以外のプログラムが動作する余裕時間が、できるだけ分断されずに長時間発生することが望ましい。このため、日立データ交換装置のソフトウェアでは次のような考慮が払われている。

- (1) オーバーヘッド時間を極力少なくした専用のモニタプログラムをもっている。HIDEX-100ではモニタプログラムのオーバーヘッド時間は、最大約4ms、HIDEX-500では、約1msである。
- (2) 余裕時間を分断しないようにするために、送受信処理プログラム動作中は割込み禁止状態として、所定の回線に対する処理をまとめて行ってしまう。

5. 結 言

以上、制御用計算機による集中制御、遠隔自動制御を行なうにあたっての、システム構成上の要点となる計算機と情報伝送装置との接続方式について、給電用のシステムを中心として述べた。

最近、各電力会社では、中央の自動給電システムに引き続いて、系統の総合運用自動化が推進されているが、これらのシステムにおいて、本文に示すような方式を適用したハイアラーキー・システムが、実現するものと確信する。

参 考 文 献

- (1) 岩田, 小林: 日立評論 51, 808 (昭44-9)
- (2) 電気学会通信専門委員会: 電気学会技術報告 第91号 (昭44-8)
- (3) 谷中, 中野, 小林: 日立評論 52, 205 (昭45-3)