

高信頼性シーケンサ

High Reliability Sequence Controller

プロセス制御のDDCシステムでのワンループコントローラの出現は、制御ループの分散化を極限まで進めたもので信頼性の高いシステムの構築を可能とするものである。シーケンス制御でも、これに対応した高信頼シーケンサが要求されている。一方、制御規模の拡大により制御情報の広域分散化が進んでおり、これに対応したシーケンサの要求も強くなってきている。

DSC-8形シーケンサは、これらの新しいニーズに対して開発されたもので、制御部の二重化と自己診断機能の充実により高信頼性を、伝送速度の高速化により全入出力のリモートI/O化を実現した。

DSC-8形シーケンサとワンループコントローラとの組合せにより、信頼性の高い完全分散形制御システムの構築が可能となった。

大櫃憲三* *Kenzô Ôbitsu*
野里一七** *Kazuna Nozato*

1 緒言

プロセス制御での分散形DDC(直接計算機制御)システムは、分散単位を1ループとしたワンループコントローラの出現により、完全分散化が可能となった。これは、従来のアナログ計装と同等の危険分散が達成できたもので、システム信頼性の大幅な向上が得られる。

一方、シーケンス制御では、プログラマブルなシーケンスコントローラ「シーケンサ」が、従来のハードワイヤリングで機能を得ていたリレーシーケンスの欠点を解決するものとして、各種の産業分野に広く用いられている。プロセス制御への適用に際し、ワンループコントローラの出現により、信頼性の高いシステムの構築が可能となった現在、これに対応する高信頼性のシーケンサが要求されている。DSC-8形シーケンサは、このようなニーズに対して開発されたシーケンサであり、次の三つの大きな開発主眼をもつ。第一に高信頼性の実現、第二に広域分散化に対応したリモートI/O(リモート入出力)機能の標準装備、第三に自己診断機能の充実、を主眼とする。

2 高信頼性システムへの対応

シーケンサは、周知のように計算機の手法を取り入れたプログラマブルなコントローラであり、そのハードウェア構成は、プロセスの入出力機器と個別に取り合う入出力部と、この入出力部に対して共通に働く制御部とから成る。ここで制御部とは、主制御部、記憶部、演算部、入出力制御部、及び電源部のすべてを総括して表わしたものとする。

上記の構成をとるシーケンサで、制御部(共通部)のトラブルはシーケンサの全機能の停止となり、システムダウンにつながるのに対し、入出力部のトラブルは一部機能の停止にとどまるのが一般的である。

表1に、制御部(共通部)と入出力部の構成方式によるシステム信頼性の比較を示す。一重共通方式は、従来一般に用いられているシーケンサの構成であり、コストが安い反面、制御部のトラブルでシステムダウンとなる。系単位での分割方式は、各系の分散度は高いが、共通系制御部のトラブルでシステムダウンになることがある。また、系単位での分割方式

の制御部は、一重共通方式での制御部よりも入出力制御機能を小さくできる利点があるが、シーケンサとして要求される機能の削減はできないので、コストの低下は小さい。二重化共通方式は、切換回路の信頼性が確保されれば、システム信頼性、シーケンス作成の容易さ及びコストの点で他方式に比べ優れている。

高信頼性シーケンサを実現するため、DSC-8形シーケンサでは、二重化共通方式(制御部の二重化)を採用し、切換回路の信頼性確保と切換方式の簡素化を図った。

図1に二重化制御部の構成図を示す。同一機能の制御部2台を用い、1台を常用系(マスタ側)、他方を待機系(スレイブ側)とし、入出力部とはデュアルCE(二重化制御部)を介して取り合う。切換を容易にするため、制御部は機能分割されたモジュール(主制御部、記憶部、演算部及び入出力制御部)構成とし、主制御部からの起動により入出力処理(入出力制御部が実行)、演算処理(演算部が実行)、タイマ、カウンタなどシーケンス補助機能処理(主制御部が実行)が行なわれる。

高信頼性切換回路とバンプレス切換の実現を図るために採用した手法を中心として、以下に二重化制御部の動作概要を述べる。

(1) 高信頼性切換回路の実現

入出力制御部と入出力部間の情報伝送を直列化することにより、入出力部との取合信号本数を2ペアに低減し、デュアルCEでの切換は出力情報1ペアとした。これにより切換回路は、極めて簡素化され信頼性の向上が得られた。また入出力制御部では、直列化信号との取合を容易にするため、入出力情報テーブルにビット構成のRAM(Random Access Memory)を用い回路の簡素化を図っている。

(2) バンプレス切換の実現

バンプレス切換を行なうには、マスタ、スレイブ両入出力制御部のもつ出力情報と、これを送出するタイミングの一致が必要である。両入出力制御部は、デュアルCEからの起動により同時に入出力処理を開始する。入出力部からの入力情報は、デュアルCEを介して両入出力制御部へ分配されており、同一入力情報の取込が行なわれ、かつこの入力情報で両入出

* 日立製作所那珂工場 ** 日立製作所計測器事業部

表1 制御部と入出力部の構成方式 二重化共通方式は、切換回路の信頼性が確保されれば、システム信頼性が最も高い方式である。

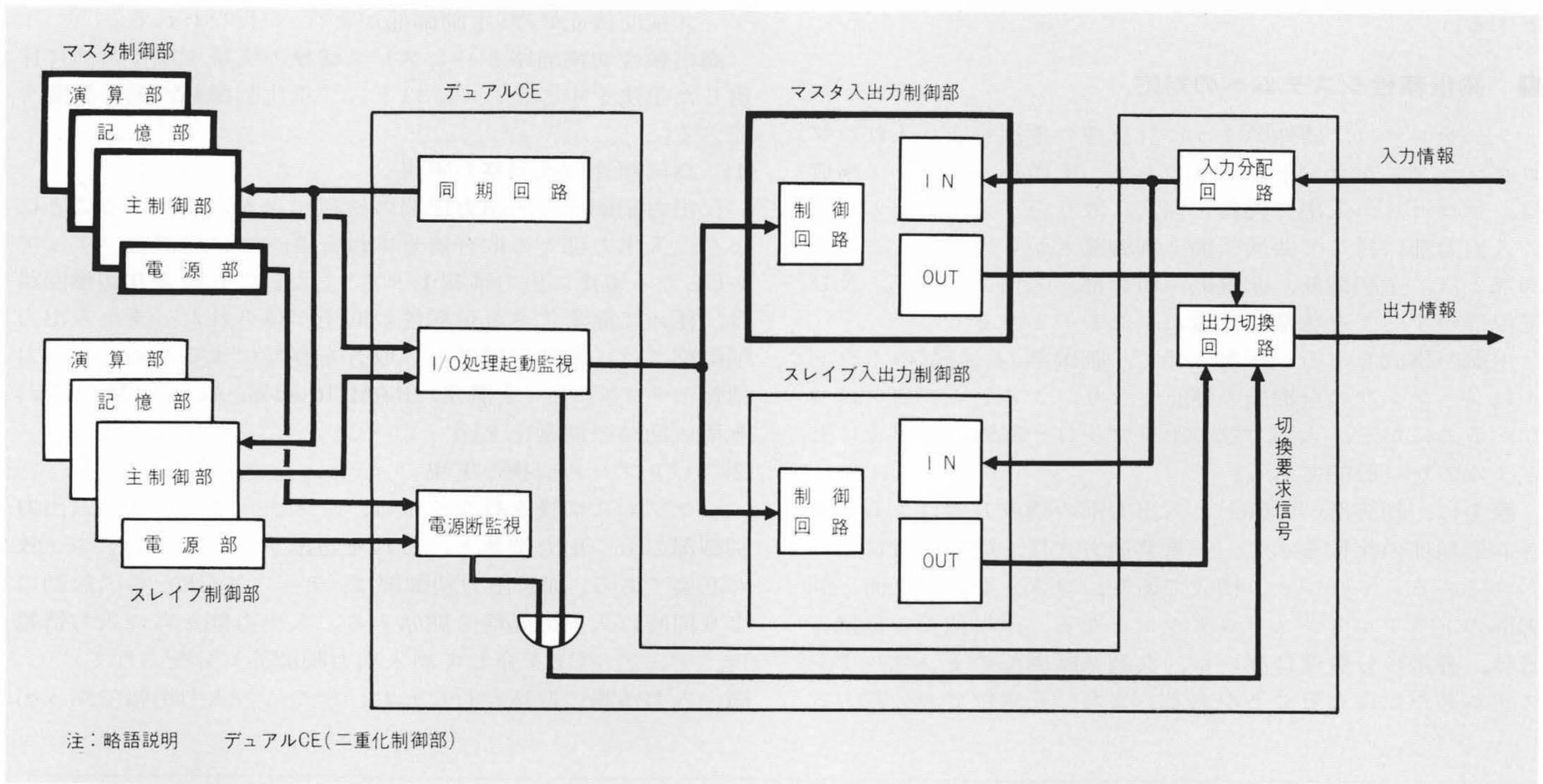
| | 一重共通方式 | 二重化共通方式 | 系単位での分割方式 |
|----|---|--|---|
| 構成 | | | |
| 長所 | <ul style="list-style-type: none"> ●各系シーケンスのつなぎ,共通系シーケンスの作成が容易である。 ●コストが安い。 | <ul style="list-style-type: none"> ●待機系CPUで運転が継続される。 ●各系シーケンスのつなぎ,共通系シーケンスの作成が容易である。 | <ul style="list-style-type: none"> ●各系の分散度が高い。 |
| 短所 | <ul style="list-style-type: none"> ●CPUダウンでシステムダウンとなる。 | <ul style="list-style-type: none"> ●切換回路の故障でシステムダウンとなる。 | <ul style="list-style-type: none"> ●共通系CPUダウンで,システムダウンになる場合がある。 ●各系シーケンスのつなぎ用入出力が必要である。 ●コストが高い。 |

注：略語説明 CPU(制御部), I/O(入出力部)

力制御部の基本クロックの同期化がなされているので、動作タイミングは完全に一致している。また、同一入力情報による同期化された演算処理のため演算結果は同一で、両入出力制御部の出力情報も一致している。

主制御部は、前周期の処理でエラーがなかった場合は入出力処理起動を出し、エラーがあった場合は起動をかけない。デュアルCEは、両主制御部からの起動の有無を監視し、マスタ側からの起動がなければマスタダウンとし、スレイブ入出

力制御部へ起動をかけ、切換回路をスレイブ側に切り換える。逆にスレイブ側からの起動がなければスレイブダウンとし、スレイブ制御部の切離しを行なう。入出力処理中に、マスタ側電源ダウンが発生した場合は、発生時点で切換回路をスレイブ側に切り換える。いずれの切替でも、両入出力制御部の出力情報は一致しているため、バンプレスに切り換えが行なわれる。



注：略語説明 デュアルCE(二重化制御部)

図1 二重化制御部構成図 入出力情報の直列化により、切替信号ペア数の低減を図り、高信頼性切替回路を実現した。

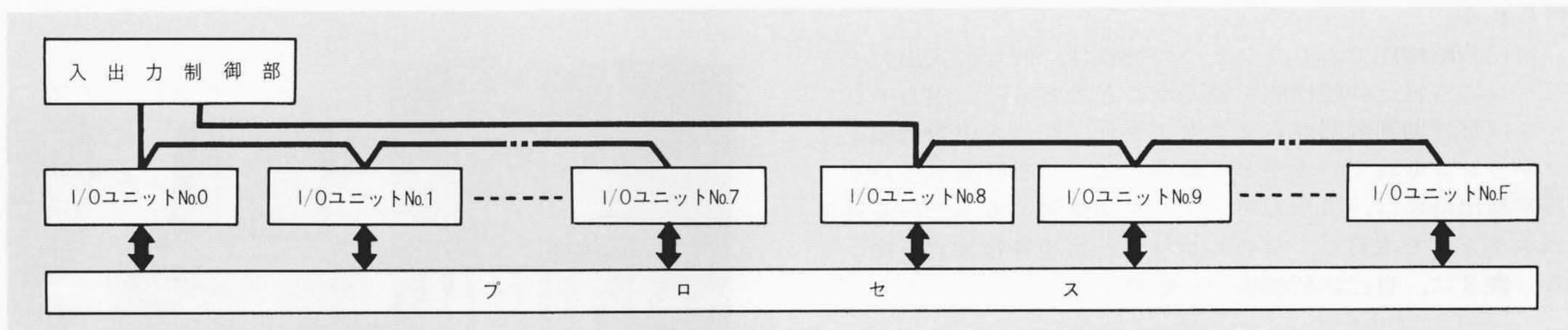


図2 リモートI/Oシステム構成図 最大16台のI/Oユニットの分散設置が可能である。制御部の二重化構成時は、デュアルGEとの接続になる。

表2 リモートI/O仕様 リモートI/Oの概略仕様を示す。

| 項目 | 仕様 |
|--------|---------------------------|
| 接続台数 | 最大16I/Oユニット(8I/Oユニット/ポート) |
| 伝送路構成 | マルチドロップ方式 |
| 伝送ケーブル | 2対一括シールド付ケーブル |
| 伝送距離 | 最大1km(1ポートからの延べ配線長) |
| 伝送方式 | 時分割サイクリック伝送 |
| 伝送速度 | 250k bps |
| 誤り制御 | 反転2連送照合方式 エラー時自動再送 |

3 広域分散化への対応

プロセス計装システムの大規模化、高度化は、制御情報量の増大とともに情報の広域分散化を生ずる。この広域分散化に対し従来の個別配線方式では、材料費や配線工事費に多額の費用を必要とし、更に布設後の保守性や増設に対する柔軟性に欠けるなどの問題があり、その解決策が強く求められている。これらの問題を解決する手段として、入出力部のリモートI/O化があるが、従来のリモートI/Oは限られた適用であったため、制御部、入出力部のいずれの側にも伝送路の直列信号に対する変換回路を必要としたものであった。リモートI/O機能は、広域分散化に対応した入出力部の分散設置に欠かせぬ機能であり、シーケンサの標準装備すべき機能の一つとなってきた。

DSC-8形シーケンサでは、伝送速度の高速化により、全入出力をリモートI/Oとして扱うことを可能にし、更に情報伝送の直列化を末端の入出力回路まで進めることにより、信号本数の大幅な低減を行ない信頼性の高い安価なリモートI/Oを実現した。

図2にリモートI/Oシステムの構成図を、表2に概略仕様を示す。入出力制御部は接続ポートを二つもち、それぞれに対し最大8台のI/Oユニットが2対一括シールドケーブルにより、マルチドロップ方式で接続される。これにより、I/Oユニット単位(入出力点数128点)での分散設置を可能としている。伝送速度は250k bpsの高速伝送で、これはすべてのI/Oユニットに対し後述するエラーリトライを繰り返した最悪状態でも、制御部の処理時間内に入出力処理が完了する伝送速度である。伝送データのチェックは、反転2連送照合方式でエラー時自動再送を行なう。伝送エラーが続けて発生した場合、入出力制御部は、I/Oユニット不良と判断し、表示及び警報を出力するとともに、次周期からこのI/Oユニットに対するアクセスを停止する。

I/Oユニットの電源をOFFしても、伝送路につながっている他のI/Oユニットへの影響はなく、また伝送路を中断することなく切離しができるので、不良I/Oユニットの保守が可能である。

I/Oユニットは現場設置を考慮し、次に述べるような配慮を行なった。

- (1) 信号接続部はすべてダブルコンタクト方式を採用し、接触信頼性の強化を図った。
- (2) 入出力機器との接続にはコネクタ式端子台を採用し、配線を外すことなくモジュールの交換ができるようにした。
- (3) 壁掛け式前面保守構造とし、現場盤への設置を容易にした。
- (4) モジュール内のAC/DC分離、金属ケースへの収納により耐ノイズ性の強化を図った。

4 自己診断機能の充実

DSC-8形シーケンサでの自己診断機能の特長のひとつは、エラーリトライ方式の採用である。自己診断機能により、パリティエラー、アドレスエラー、情報伝送エラーなどのエラーを検出した場合、実行中の処理を中断し、その処理の先頭から再開し、再度エラーを検出したときだけ永続故障として外部に警報を出し処理を停止する。このリトライ方式により瞬時エラーによる不必要なダウンを防止し、稼働率の向上が

表3 自己診断機能 エラーリトライ方式により、瞬時エラーによる不必要なダウンを防止している。

| 診断項目 | 検出方法 | 異常表示 | 警報接点 |
|-------------------|---------------------------|------|----------|
| メモリパリティエラー | 偶数パリティチェック回路(エラーリトライ) | ○ | CPUアラーム |
| アドレスエラー | 処理終了アドレスのソフトチェック(エラーリトライ) | ○ | |
| シーケンス演算異常 | シーケンス演算チェックプログラム | ○ | |
| RUNストップ又はソフトルーピング | ウォッチドッグタイマ回路 | ○ | |
| CPU電源ダウン | 警報リレー回路 | ○ | I/Oアラーム |
| 入出力情報伝送異常 | 反転2連送照合回路(エラーリトライ) | ○ | |
| メモリバックアップ電池電圧低下 | 電池電圧レベル検出回路 | ○ | — |
| 温度上昇 | サーマルリレー | — | 温度アラーム |
| 入力回路短絡 | 入力回路ヒューズ | ○ | 警報ヒューズ接点 |
| 出力回路短絡 | 出力回路ヒューズ | ○ | 警報ヒューズ接点 |
| 入出力モジュール作動停止 | ウォッチドッグタイマ回路 | ○ | ユニットアラーム |
| バッファモジュール発振停止 | ウォッチドッグタイマ回路 | ○ | |
| 入出力情報伝送異常 | ウォッチドッグタイマ回路 | ○ | |
| I/O電源ダウン | 警報リレー回路 | ○ | |

得られる。

自己診断機能でのもうひとつの特長は、個々の入出力モジュールにも自己診断機能を備えたことである。入出力モジュールは毎周期制御部からアクセスされ、かつ入出力情報がリフレッシュされているかどうかのチェックを行なっている。異常検出時には、入出力モジュールが個別にもっている異常表示ランプを点灯し、そのユニットの共通警報接点を働かせる。表3に、自己診断機能の一覧を示す。

5 完全分散形制御システムの構成例

以上述べたDSC-8形シーケンサの主な仕様を表4に、外観図を図3に示す。DSC-8形シーケンサとVI87M-E形ワンループコントローラを用いた完全分散形制御システム（ユニットロール3Sシリーズ）の構成例を図4に示す。

制御システムの機能には、PID演算制御、シーケンス制御及び集中監視操作があり、本システムでは各機能ごとに機器を対応させ一元化された通信により結合を行なっている。表5に機能区分と適用機器を示す。

実用形スーパーバイザリコンソールPOC-Mは、DSC-8形シーケンサが最大2台、制御ループが最大64ループまでのシステムに適用され、高機能形スーパーバイザリコンソールPOC-Dは、DSC-8形シーケンサが最大8台、制御ループが最大256ループまでのシステムに適用される。

表4 DSC-8形シーケンサ仕様 DSC-8形シーケンサ各部の基本仕様を示す。

| 項目 | 仕様 | | |
|--------------|---------|--|--|
| 制御部(CPUユニット) | 制御方式 | ストアードプログラム・サイクリック処理方式 | |
| | 処理速度 | 60ms/16k語(最大) | |
| | 記憶素子 | ICメモリ(バッテリーバックアップ付) | |
| | 記憶容量 | 8k語(ユーザーズエリア7.5k語) 16k語(ユーザーズエリア15.5k語) | |
| 処理機能 | 入力点数 | 最大1,024点 | |
| | 出力点数 | 最大1,024点 | |
| | 補助機能 | 内部リレー512点, タイマ64点 キープ32点, カウンタ16点 | |
| I/O共通仕様 | I/Oユニット | 8モジュール/ユニットベース | |
| | 実装点数 | 16点/モジュール | |
| | 配線接続 | モジュール前面コネクタ式端子台による。 | |
| | 入出力表示 | 個別LEDランプ | |
| 入力モジュール | 保守方式 | 前面保守方式 | |
| | 電圧 | AC100/110V, AC200/220V DC24V, DC48V | |
| | 絶縁方式 | ホトカプラ | |
| | 出力モジュール | 電圧, 電流 | AC100~220V 1A, ソリッドステートリレー出力 AC100~220V, DC24V 1A DC48V 0.5A リレー接点出力 DC24V 0.2A トランジスタ出力 DC48V 0.2A トランジスタ出力 |
| 絶縁方式 | | ホトカプラ又はリレー | |
| 処理部 | | 処理ユニット | 内蔵マイクロプロセッサ |
| | | 記憶素子 | IC RAM(8k語) |
| 操作部 | | キーボード | 付属専用キーボード |
| 表示部 | モニタ装置 | 12in CRTディスプレイ(モノグリーン) | |
| 記録部 | 記録装置 | カセット磁気テープ装置 | |

注:略語説明 LED(半導体発光ダイオード), RAM(Random Access Memory), CRT(Cathode Ray Tube)

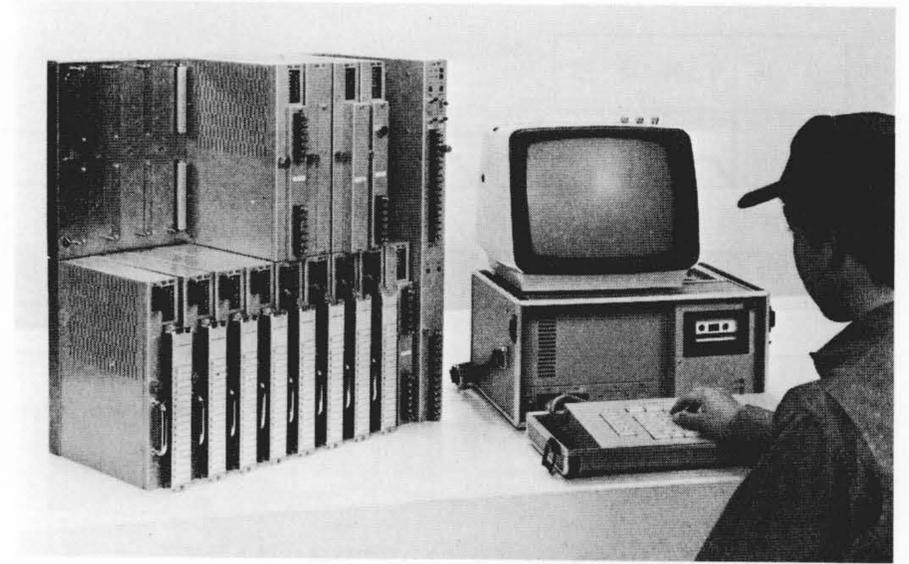


図3 DSC-8形シーケンサ 壁掛け式前面保守構造により、現場盤への設置が容易である。

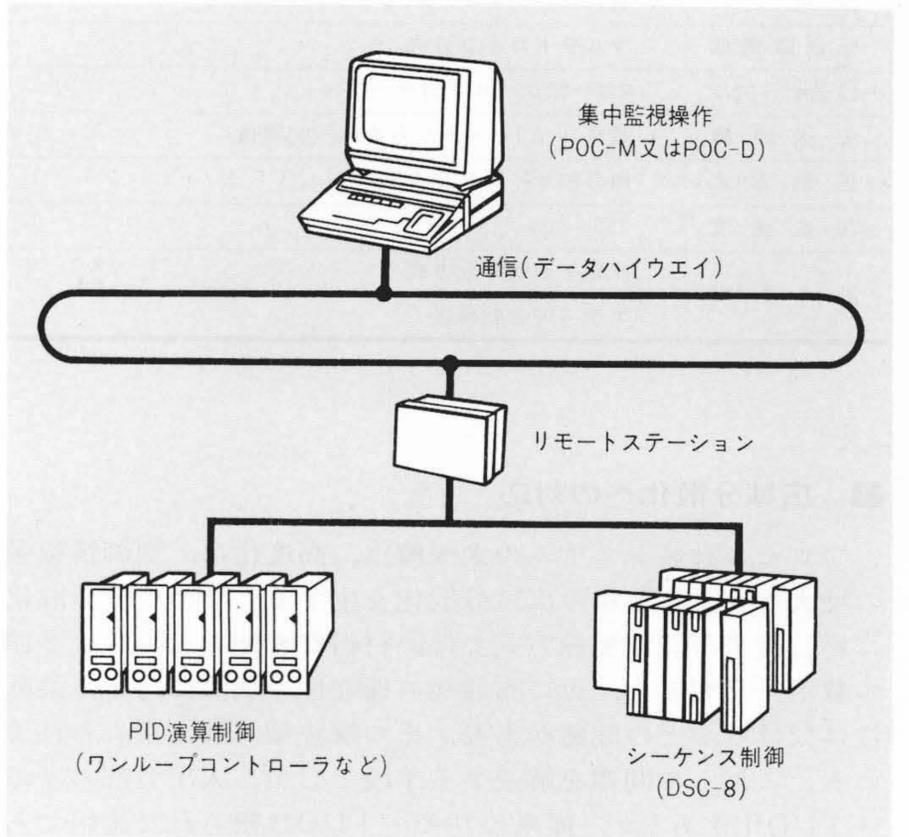


図4 完全分散形制御システム構成図 管理とシーケンス制御及びPID演算制御のそれぞれが、機能分散された完全分散形制御システムである。

表5 機能区分と機器 完全分散形制御システムの機能区分と適用機器を示す。

| 機能 | 機器 |
|---------|---|
| PID演算制御 | 1ループごとに分散化されたワンループコントローラを主体とした計器群 |
| シーケンス制御 | 二重化可能なDSC-8形シーケンサ |
| 集中監視操作 | 実用形スーパーバイザリコンソールPOC-M又は高機能形スーパーバイザリコンソールPOC-D |
| 通信 | 高速C250k bpsデータハイウェイリモートステーション |

6 結 言

以上、DSC-8形シーケンサの概要と主な機能について述べた。制御部の二重化構成による高信頼性、広域分散化に対応したリモートI/O機能の標準装備などは、今後ますます発展する分散形制御システムに活用されていくものと考えられる。