

日立ユニトロールΣシリーズ

新しいデジタル計測制御

New Digital Control System "Hitachi Unitrol Σ Series"

半導体技術の進歩により出現したマイクロ コンピュータは、アナログ計装にもインパクトを与えている。

日立ユニトロールΣシリーズでは、アナログ計装におけるパネル計器の演算部をマイクロ コンピュータに置き換えたものである。このため、在来のアナログ計装と同一感覚で計装を進めることができ、しかもその機能を著しく拡大することができる。更に、ループの拡張、増設が容易などの利点が得られる。

佐藤 隆* *Takashi Satô*

石田正浩* *Masahiro Ishida*

1 緒 言

プロセス制御システムには従来よりアナログ計装方式が用いられ、現在もまたこの方式のものが市場の過半を占めている。しかし、その機能はすべて個々のアナログ計器のそれにより固定され、一般に拡張性に乏しく、従ってデジタル技術がこの不足を補うものとして適宜取り入れられてきた。このため、デジタル ハードウェアの進歩をインパクトとして計装方式も様々な変遷を経てきた。すなわち、計算機に簡単なオペレーションガイドの機能を持たせたモニタ、あるいはデータ ロガーの段階から一歩進んで計算機よりアナログ調節計へ設定値を与える Set Point Control (SPC)、更には計算機より調節計を介さず直接操作量を操作端に出力する Direct Digital Control (以下、DDCと略す)へと進展してきた。この動きはまたプロセスの運転管理をどのように集中化すべきかを主眼として進んできたともいえるが、反面機能の集中化はシステム ダウン時の影響が広範囲に及ぶという弱点を招き、DDCがアナログ計装の限界を破るものとして提唱されながら、依然として信頼性及び価格の面でアナログ計装方式と正面から競合することは困難であったように思われる。

しかし一方、LSI (大規模集積回路)技術の進歩によるマイクロ コンピュータの登場は、従来のミニ コンピュータによる集中形のデメリットを改良する新しいDDCの可能性を示唆するものと考えられ、新しい計装システムの動きが現われてきた⁽¹⁾⁻⁽³⁾。表1は従来のアナログ計器による計装、マイクロ コンピュータによる分散形DDC、ミニ コンピュータによる集中形DDCの比較表であり、同表よりシステムの信頼性及び価格についてはアナログ計装のほうが勝り、通信やディスプレイ機能、拡張性などについては集中形DDCのほうが利があることが分かる。分散形DDCは処理能力としてはミニ コンピュータに劣るが、マイクロ コンピュータを専用化、分散化して配置することにより自らの劣性能をカバーし、総合的に両者の短所を補う機能を持たせることが可能である。すなわち、計器一品ごとの完全分散形としてのアナログ制御とミニ コンピュータによる集中形の間位置し、両者の弱点をカバーする新しい構成のDDCを提供することができる。

本稿における日立ユニトロールΣシリーズのデジタル制御

システムは、16ビットのバイポーラ形の高速度マイクロ コンピュータを使用し、アナログ制御とデジタル制御とを融合した一体形の制御システムとしての考え方に基づき新システムを開発したものである。

2 マイクロ コンピュータの占める位置

ユニトロールΣシリーズのデジタル制御では表2に示す能力をもつマイクロ コンピュータが制御機能の中核となるが、ユニトロールΣシリーズにおいてこれが占める機能上の位置に

表1 アナログ制御とDDCとの比較 分散形DDCをアナログ制御及びミニ コンピュータによる集中形DDCと比較しその特長を浮彫りにする。

比較項目	計装方式		
	アナログ計装	DDC (マイクロコンピュータ分散形)	DDC (ミニコンピュータ集中形)
通信、機能 ディスプレイ機能	貧弱 アナログ記録計、 指示計程度	強力 } 専用のプロセッサを 強力 } 用意することも可。	強力 強力
フレキシビリティ	少	大 分散化した専用プロセ ッサの協力による。	大
システム信頼性	高い	高い 分散配置により、危険 を分散する。	高い 集中化のデメリット に対する対策要
バックアップ	不要 オペレー タにより カバー	部分的バックアップ要 分散化の単位は、これ によりある程度決まる。	完全バックアップ要 { CPU 二重化 { PID バックアップ
価 格	安価	左と競合可 ループの構成、その他 による。	高価
その他 多変数制御 アドバンス制御	困難	可能	可能

* 日立製作所那珂工場

表2 マイクロコンピュータの仕様 16ビットのショットキーバイポーラLSIを使用したサイクルタイム1μsの高速高性能の処理装置である。

項目	仕様
方式	プログラム ストアドプログラム方式 演算 16ビットパラレル 語構成 16ビット+パリティ 基本命令 16種+オプション(マイクロプログラム)
演算速度	加減算 6μs
コアメモリ	サイクルタイム 1μs 記憶容量 4/8/16K語 書込禁止機能 あり
割込	レベル数 4(内部1 入出力1 外部2) 要因数 8要因/レベル
入出力方式	プログラム制御(PCIO)方式及び バーストチャンネル方式
入出力装置数	標準 16以内
タイマ	水晶発振器 ベース100ms (200, 500, 1,000msも可)
周囲条件	温度 0~50°C 湿度 10~95%
CPU素子	回路方式 ショットキーバイポーラLSI 制御方式 マイクロプログラム制御

その信号分岐などを考え、DC 1~5Vに統一している。PID調節部はラック計器として一つのブロックを構成し、ここからパネル計器の指示操作部への接続は専用ケーブルにより行なわれる。このような計器の機能分割によるとDDCの場合に、マイクロコンピュータとの接続が次のように合理化される。すなわち、DDCの場合には図1(b)の多数のアナログ計器でのPID演算部が集約して1台のマイクロコンピュータにそのまま置換できるからである。ユニットロールΣシリーズでは集約化によるプラントの操作性、安定性、経済性なども考慮し、1台のマイクロコンピュータの最大制御ループ数を32ループとしている。DDCの場合、I/Oモジュールとの信号受渡しを行なうハードウェア部をループパッケージと称し、アナログ入力AI(プロセス入力、操作出力アンサーバック)2点、パルス出力PO(操作出力)1点、デジタル入力DI(DDCの指定、ほか)2点及びデジタル出力DO(コンピュータ故障表示、ほか)2点のプロセス入出力装置を、1枚のプリント板にまとめてこれを単位として実装している。

3 システムの構成

システムの構成については、対象とする規模、システムの性格、あるいは運転方法に関連して各種のレイアウトが可能で、マイクロコンピュータ1台の最小構成や、アナログ制御との混用構成もあるが、図2に比較的大規模な例を示す。この場合、複数台のDDC用マイクロコンピュータを使用し、このほかに1台の通信制御用マイクロコンピュータを設けることにより、ここでマイクロコンピュータ間及びオペレーターズコンソールとの相互通信制御、運転操作に必要な機能のほかに、簡単なデータ処理なども行なうことができる。

図3にDDCの場合の1ループ分の機器間接続の詳細を示す。フィールドからの伝送器信号はI/OモジュールでDC 1~5Vに変換され、ホールドアンプ間のラッピング配線を通してマイクロコンピュータに取り込まれ、ここでPIDその他所要の演算処理を施された後、再び経路を逆にたどってI/Oモジ

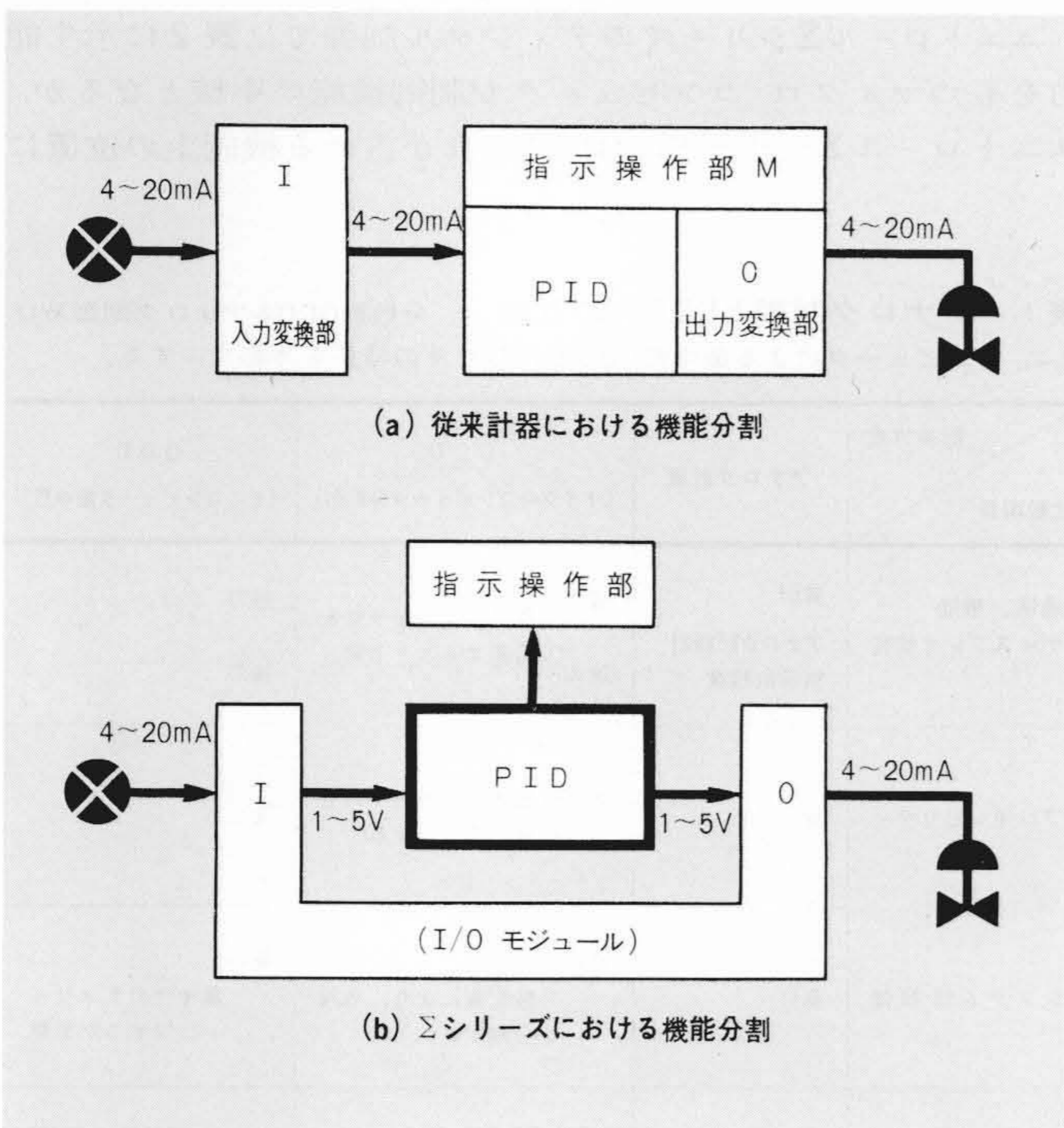


図1 計器の機能分割 ユニットロールΣシリーズでは、在来計器の機能を分割させ、分離した構成をとることによって融通性を増すことができる。

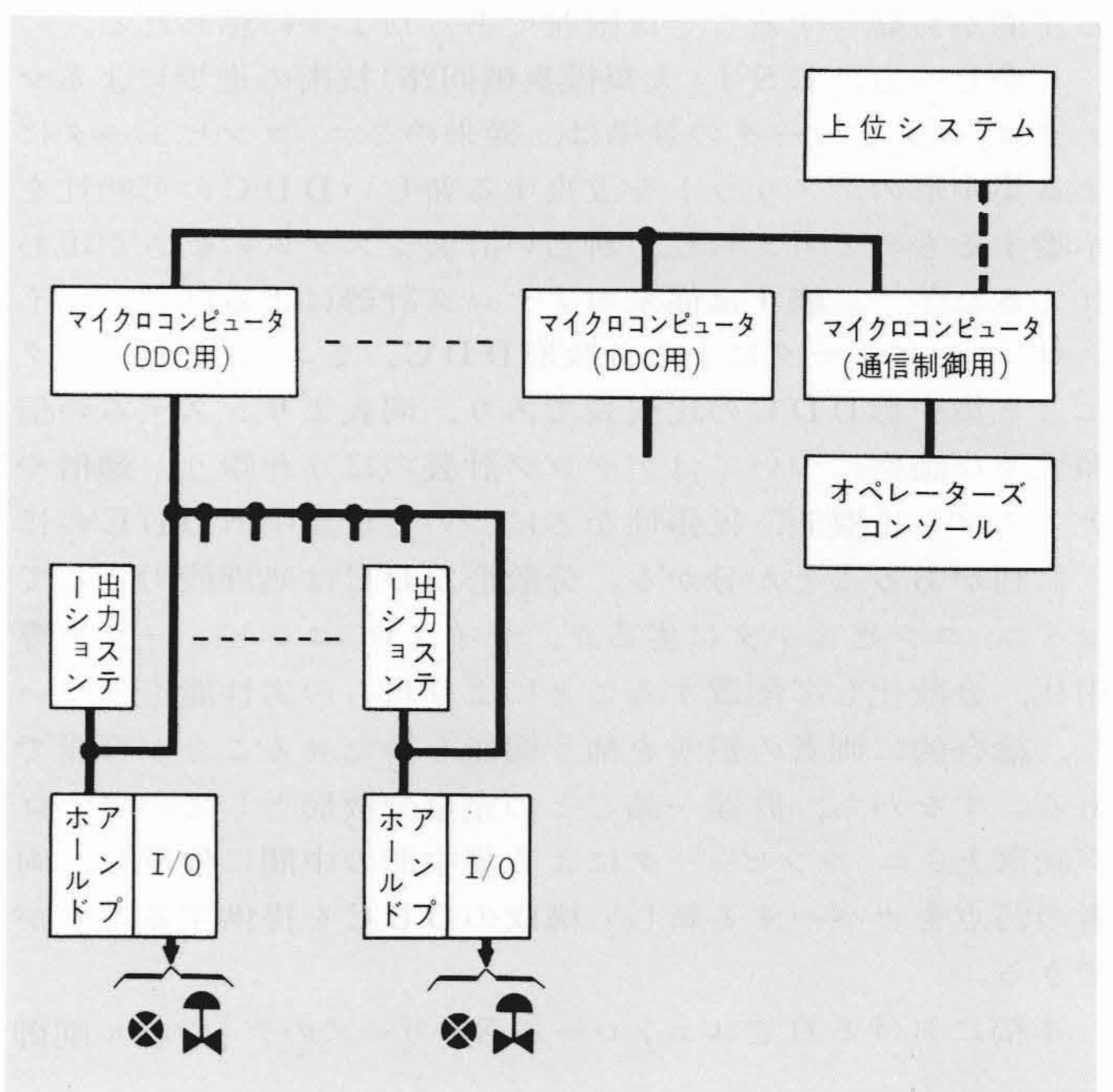


図2 DDC構成図 比較的大規模な例で、DDC用マイクロコンピュータと通信制御用マイクロコンピュータから構成される。

つき次に説明する。

図1(a)の在来のPID調節計では入力変換部IとPID調節部、出力変換部O及び指示操作部Mの二つに大別されているのに対し、Σシリーズのアナログ制御部分では、これを同図(b)のようにモジュール化した。すなわち、入出力変換部分の機能を集約して一緒にしてI/Oモジュールとし、I/Oモジュールの外部との信号受渡しは従来計器と同一とするも、モジュールの内部ではDDCにおけるマイクロコンピュータとの結合、

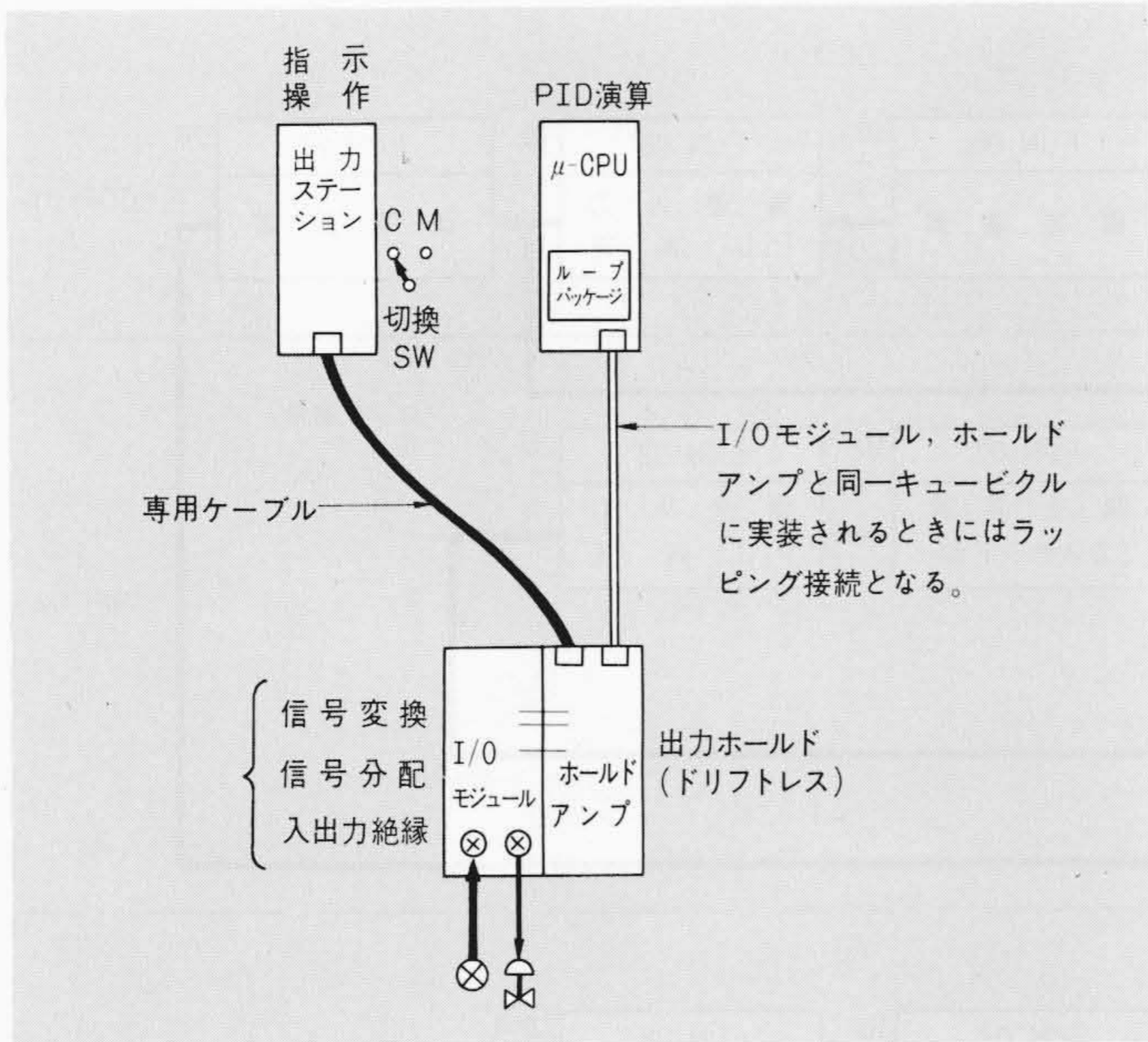


図3 DDCの場合の機器間接続 ラッピング接続や専用ケーブルを使用し、配線作業の合理化を図っている。

ユーニからDC 4~20mAの統一信号となってフィールドへ出力される。同図のループパッケージは、この1ループのDDCに関する入出力信号処理を一括して行なうための標準化されたプロセス入出力装置であり、ループ単位に増減される。

4 DDCプログラムの作成

ユニトロールΣシリーズでのDDCループの構成は、Softless Control Program (SLC)を介することにより、アナログ計装と同様の感覚で極めて簡単に作成できる。後述の実例中でも使用されている炉の空燃比制御ループを例にとって、ループの作成法を具体的に説明する。

図4は在来の計器によるループスケッチであり、図5はこれを分散形DDCによって計装した場合を示す。両者は入力処理及び出力処理のブロックを除きほぼ同一であることが分かる。すなわち、従来計器の機能に対応する演算ブロックを計器の代わりに1対1に置換するだけであり、ブロックごとのファンクション(FUN)番号が従来の工業計器に相当する固有の機能を示す。従来、計器での制御は連続であるのに対し、この場合にはマイクロコンピュータを時分割に使うサンプリング制御であるから、このため演算順序を各ブロック右肩に付けた数字(ブロック番号)で示す(番号の若い順に演算が行なわれる)。

分散形DDCの考え方の基本は、従来の計器をそのままこれと等価なDDCブロックで置き換えるものであるから、入力情報はアナログ計装の場合と明確に対比でき、表3にこれを示す。

表4は図5のLOOP03の場合の入力情報例で、入力は次の順序で行なう。

① ループ名の登録(TL)

ループ名を登録して、そのループのサンプリング周期を登録する。

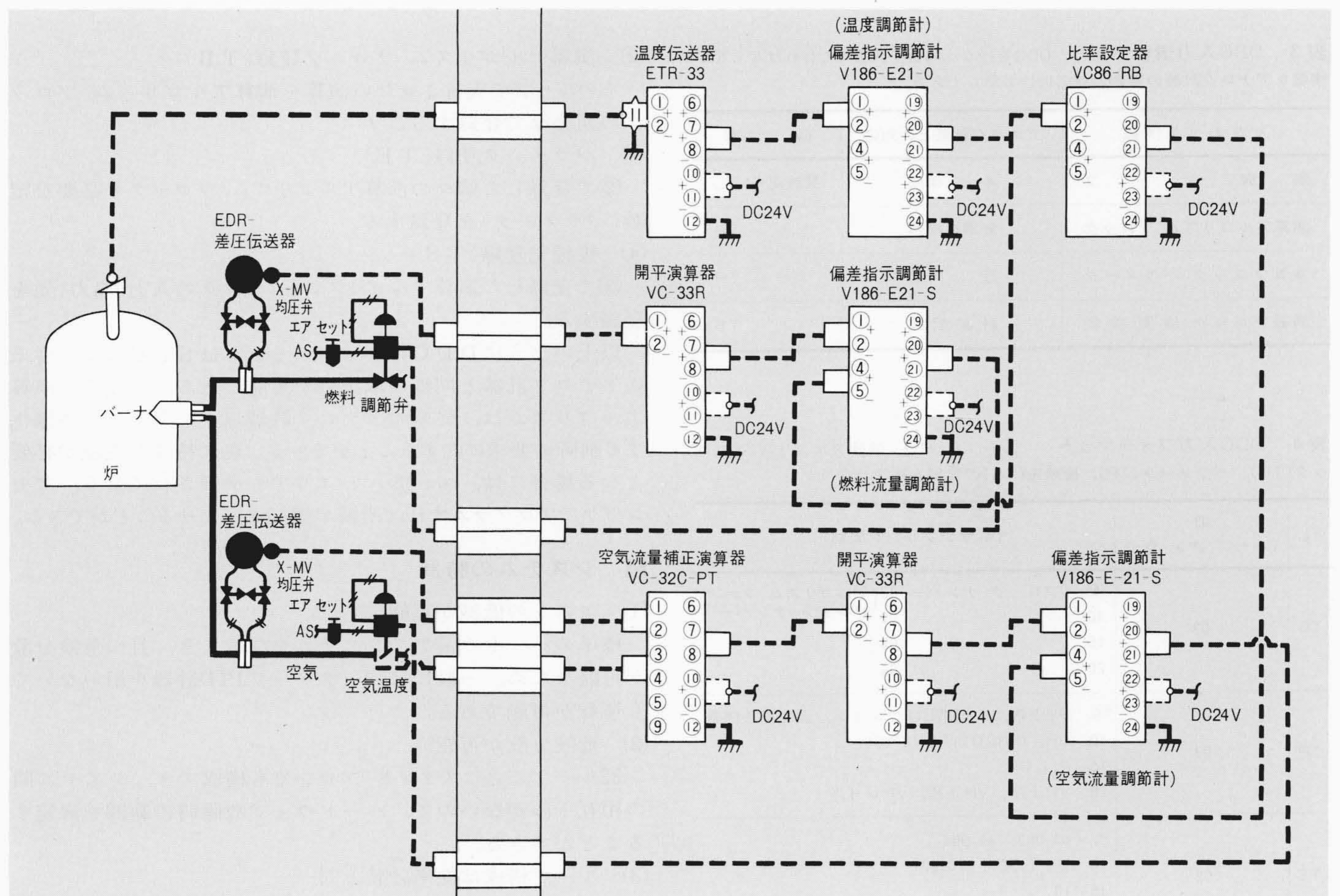


図4 従来計器によるループスケッチ 計器の端子間接続が示されている。

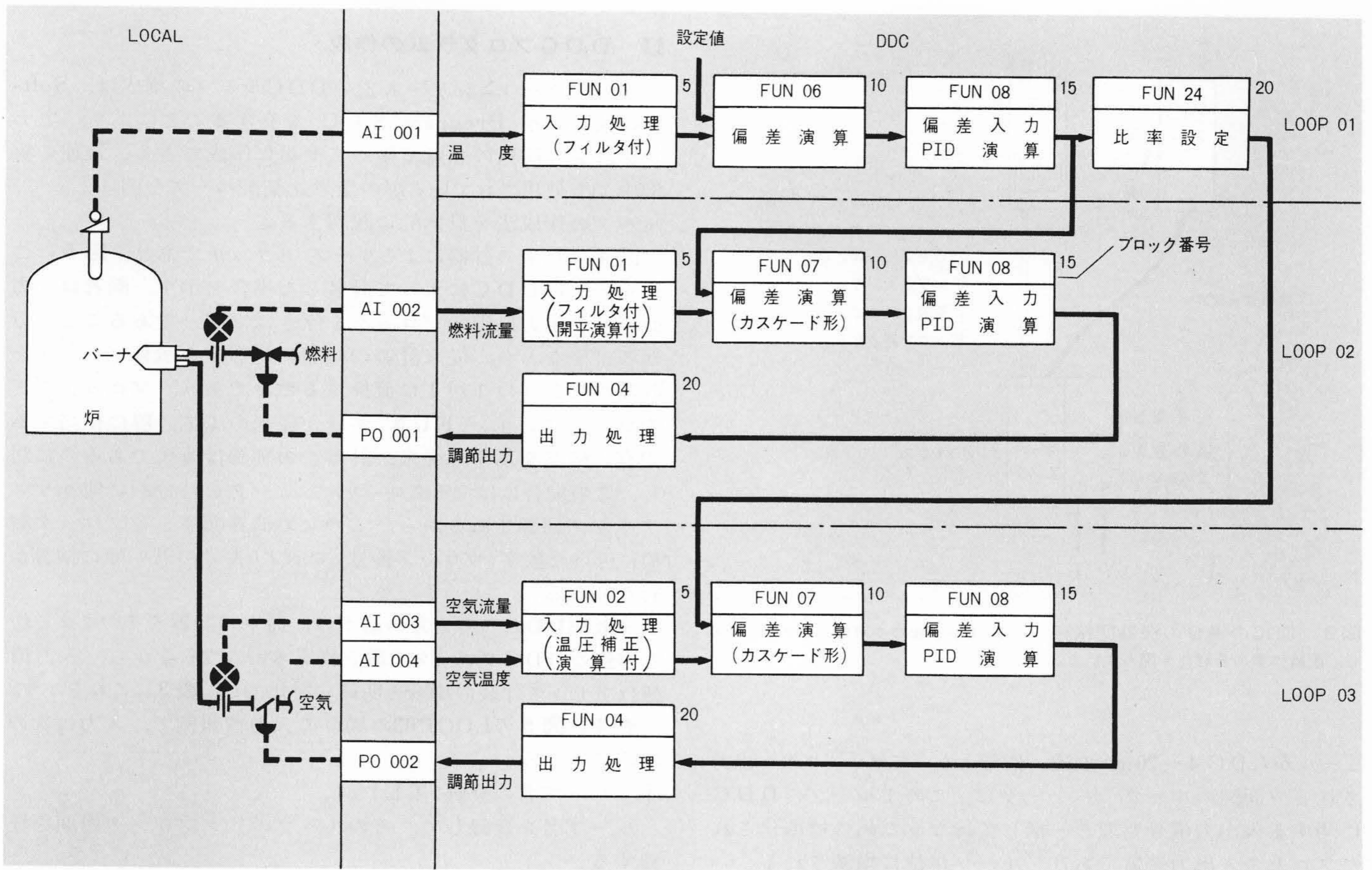


図5 分散形DDCによるループスケッチ 演算ブロックが個々の計算に対応する。

表3 DDC入力情報一覧 DDCを行なう場合、入力しなければならない情報をアナログ計装の場合と対応付けて示してある。

入力すべき情報	アナログ計装との対応	備考
制御ループ	ループ構成	登録記号 TL
演算アルゴリズムブロック	計器の種類	" TB
演算ブロックパラメータ	設定	" TP
演算ブロック相互接続	計装配線	" TS

表4 DDC入力フォーマット ループ名(TL), 演算アルゴリズムブロック(TB), パラメータ(TP), 接続先(TS)の登録を順次行なう。

TL	03 (ループナンバー)	Ts(サンプリング周期)
TB	03	5 (ブロックナンバー)02 (アルゴリズムファンクションナンバー) 10 07 15 08 20 04
TP	03	5 PV上限, PV下限, PVレイト, 温圧補正係数 10 SP, DIRECT/REVERSE 15 P, I, D 20 VP上限, VP下限, VPレイト
TS	03	5 AI 003, AI 004 10 5, LOOP 01の20 15 10 20 15, PO002

② 演算アルゴリズム ブロック登録(TB)

そのループで実行させたい演算を演算アルゴリズム ブロックの組合せで登録する。

③ パラメータ登録(TP)

②で登録した個々の演算アルゴリズム ブロックの必要な定数(パラメータ)を登録する。

④ 接続先登録(TS)

②で登録した演算アルゴリズム ブロックの入力(出力)先を登録する。

以上のようにDDCのプログラミングはSLCにより従来のアナログ計器と同様の取扱いが可能である。またその演算アルゴリズムは、従来のアナログ計器以上に豊富で、多様化する制御の要求に応ずることができる。更に特殊な機能が必要となる場合には、ユーザズ エリアも準備されており、アセンブラでプログラムすれば所要の機能をもたせることができる。

5 システムの特長

(1) コストの低減が可能

標準のハードウェアでシステムを構成でき、且つ危険分散が可能のため、一般にはバックアップPID計器を用いなくても運転が可能である。

(2) 危険分散が可能

32ループごとにスタンドアロンでも構成でき、システム間の相互干渉がないので、ハードウェア故障時の範囲を限定することができる。

(3) ループ構成は従来計装と同一

ループ構成には、従来計器によるループスケッチをそのまま利用でき、DDCのための特別の教育は不要である。

(4) ループ構成、制御方式の変更が容易

運転結果のフィードバックによるループ構成の改良、制御方式の変更に対してハードウェアは無関係で、オペレーターズ コンソールから制御パラメータの変更、あるいはPTR(紙テープ読取装置)、TTY(テレタイプライタ)からの変更で簡単に処理できる。

(5) 増設が容易

従来の計装配線がソフトウェアに置き換えられているため、簡単な操作で増設ができ、また上位コンピュータとも標準のインタフェースにより容易に接続できる。

(6) 表示、操作機能が豊富

ユニットロールΣシリーズのアナログ出力操作器がそのまま使用でき、またプラズマ ディスプレイやCathode Ray Tube (CRT)の付いたオペレーターズ コンソールが使用できる。

(7) 混合計装の実施が可能

特殊ループは、アナログ演算モジュールを使うこともできるなど、アナログ系、デジタル系の混合計装が容易に実施できる柔軟なシステム構成となっている。

(8) シーケンスも並列に同時制御可能

シーケンス制御も同時に行なえるので、バッチ制御にも使用できる。

そのプログラムとしては、プログラマブル ロジック コントローラ用のリレー シーケンス回路をそのまま書き込む方式を使用できる。

(9) 上位コンピュータの負担の軽減

上位コンピュータは、DDCソフトウェアを必要とせず、

そのため、Supervisory Computer Control (SCC)用として十分その能力を発揮できる。

6 炉計装への適用例

鋼塊の熱処理を行なう熱処理炉10基、及び鍛造工程の前処理として加熱を行なう加熱炉5基の計装にユニットロールΣシリーズ分散形DDCシステムを適用した。

図6はそのシステム構成で、熱処理炉用・加熱炉用アナログラック2面、管理用・熱処理炉DDC用・加熱炉DDC用のデジタルラック3面、手動操作器を並べたパネル1面、記録計・アナンシェータを実装した運転監視パネル1面、その他オペレーターズ コンソール1台、タイプライタ2台(コンソール用・ロギング用)及び紙テープリーダ1台が周辺機器として接続されている。図7はデジタルラック、アナログラックの外観を、図8はバックアップ用手動操作器を実装したパネルを示す。なお図9は、プラズマディスプレイを使用したオペレーターズ コンソールである。

熱処理炉の制御は1ゾーン当たり1ループ(各炉は1~3ゾーンに分かれている)であり、合計27ループの温度制御ループより構成される。これをDDC用マイクロコンピュータ(図6のCPU-2)1台が受け持っている。加熱炉は空燃比制御も行なっているため、1ゾーンの制御は温度制御ループをマスターとし、燃料及び空気制御ループをスレーブとするカスケード構成となっている。加熱炉は合計20ループであり、これをもう1台のDDC用マイクロコンピュータ(図6のCPU-3)が受け持っている。上記2台のマイクロコンピュータはDDC

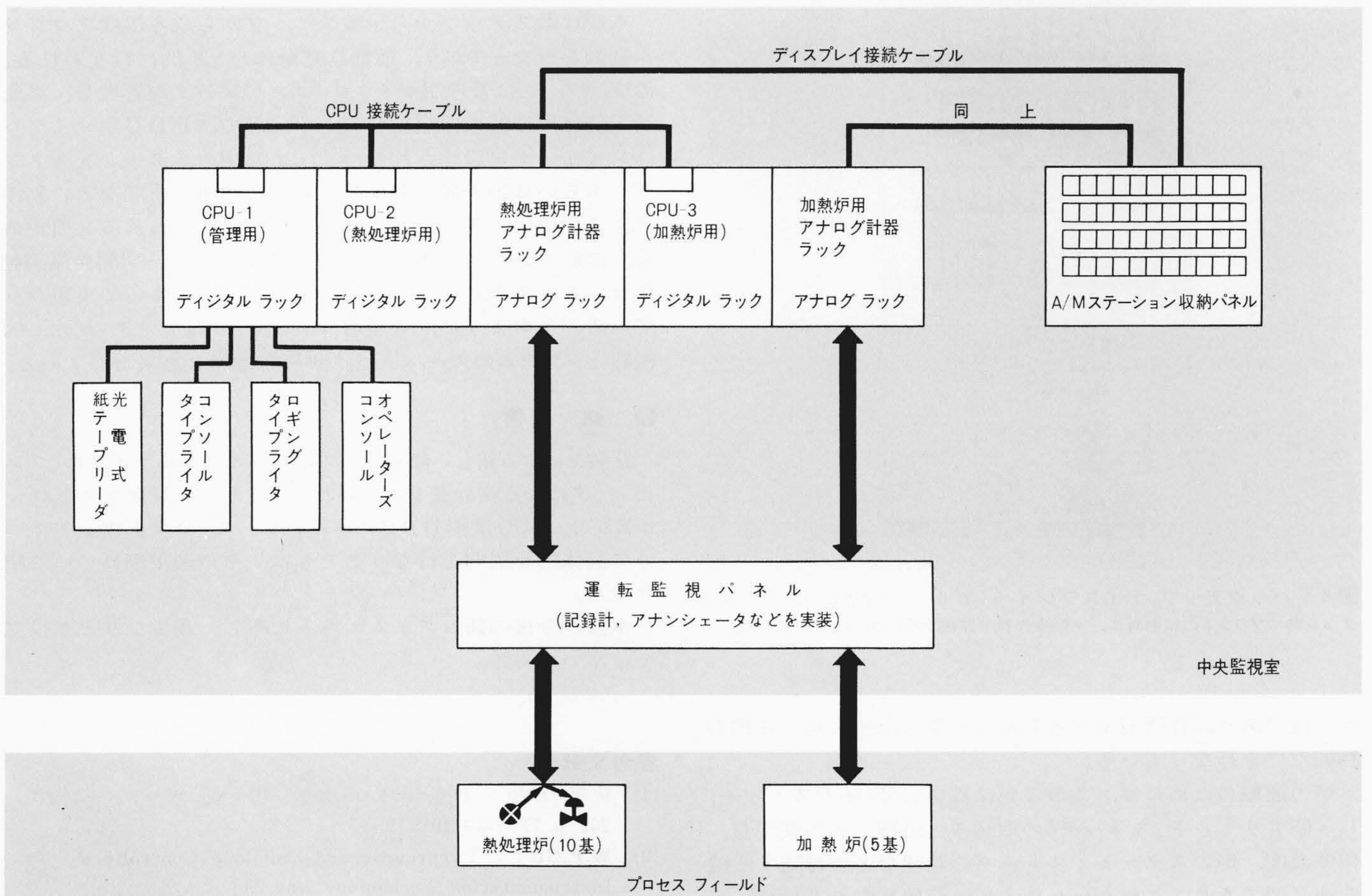


図6 熱処理炉、加熱炉制御システム構成図 DDC用マイクロコンピュータ2台、管理用マイクロコンピュータ1台より構成されている。

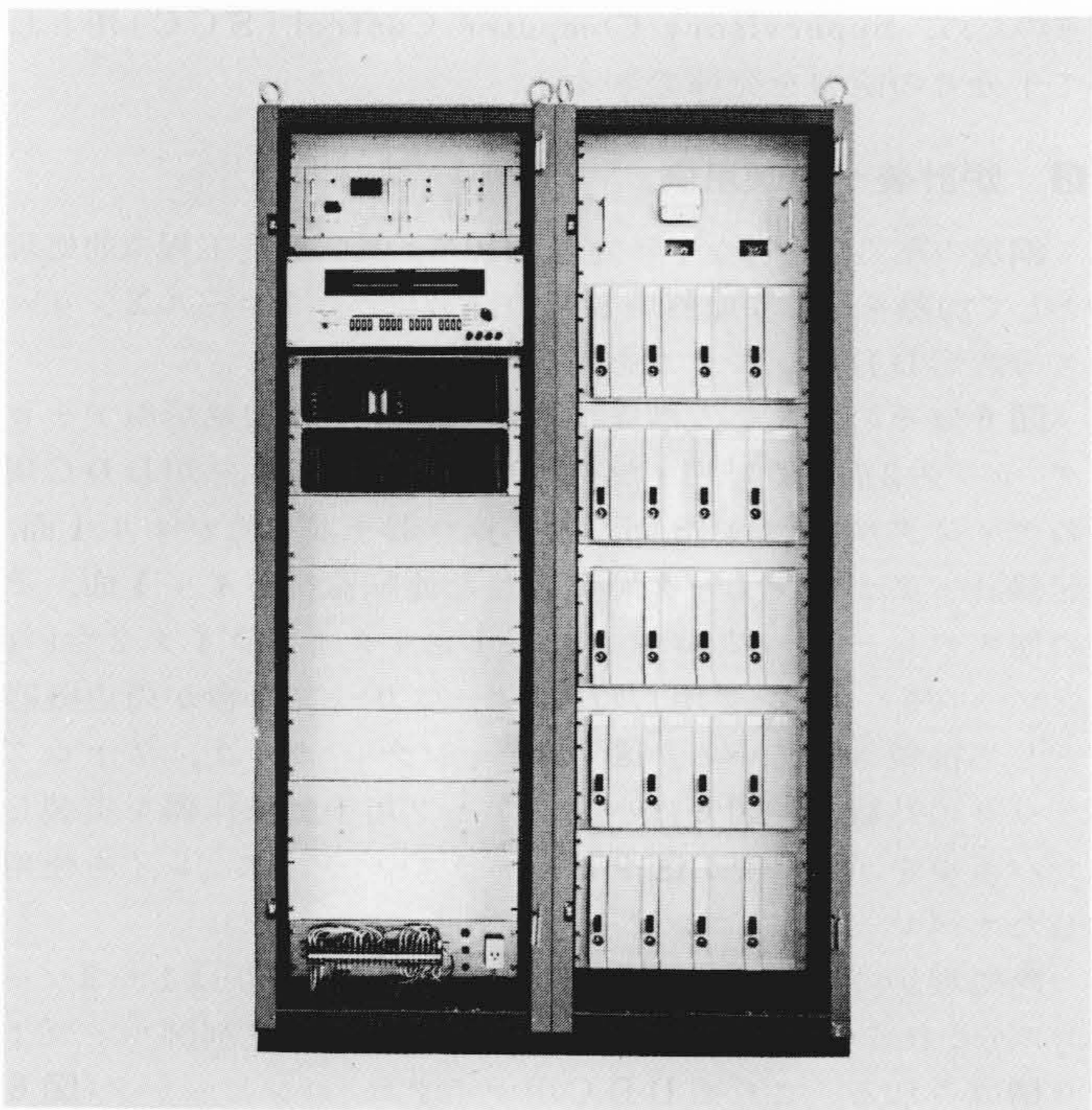


図7 加熱炉ラックの構成 左側キュービクルは、マイクロ コンピュータ及びループ パッケージを含むデジタル ラックで、右側キュービクルは、I/Oモジュール及びホールド アンプを含むアナログ ラックを示す。

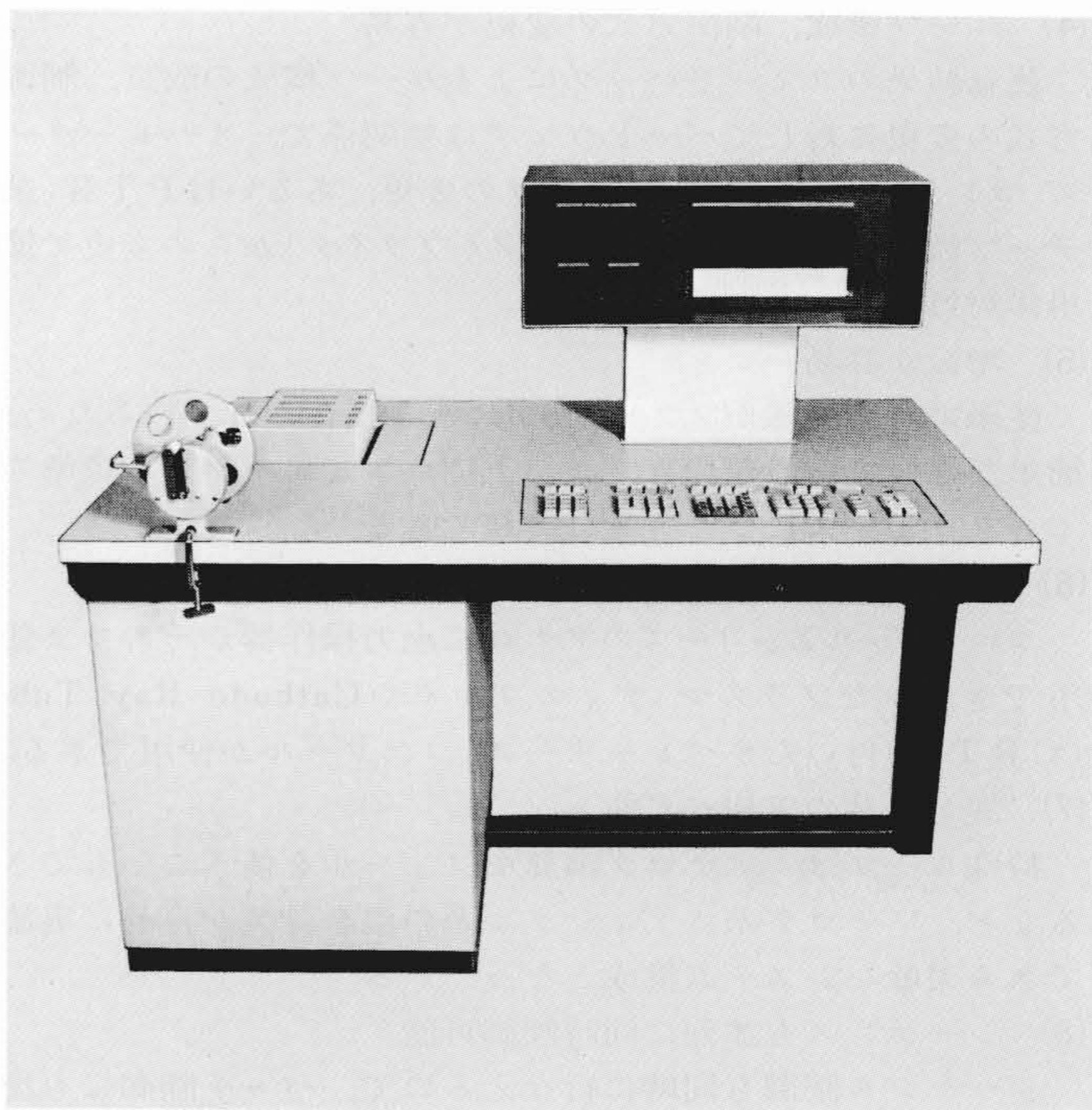


図9 熱処理炉，加熱炉DDC用オペレータズ コンソール マイクロ コンピュータを使用したインテリジェント ターミナルとなっている。

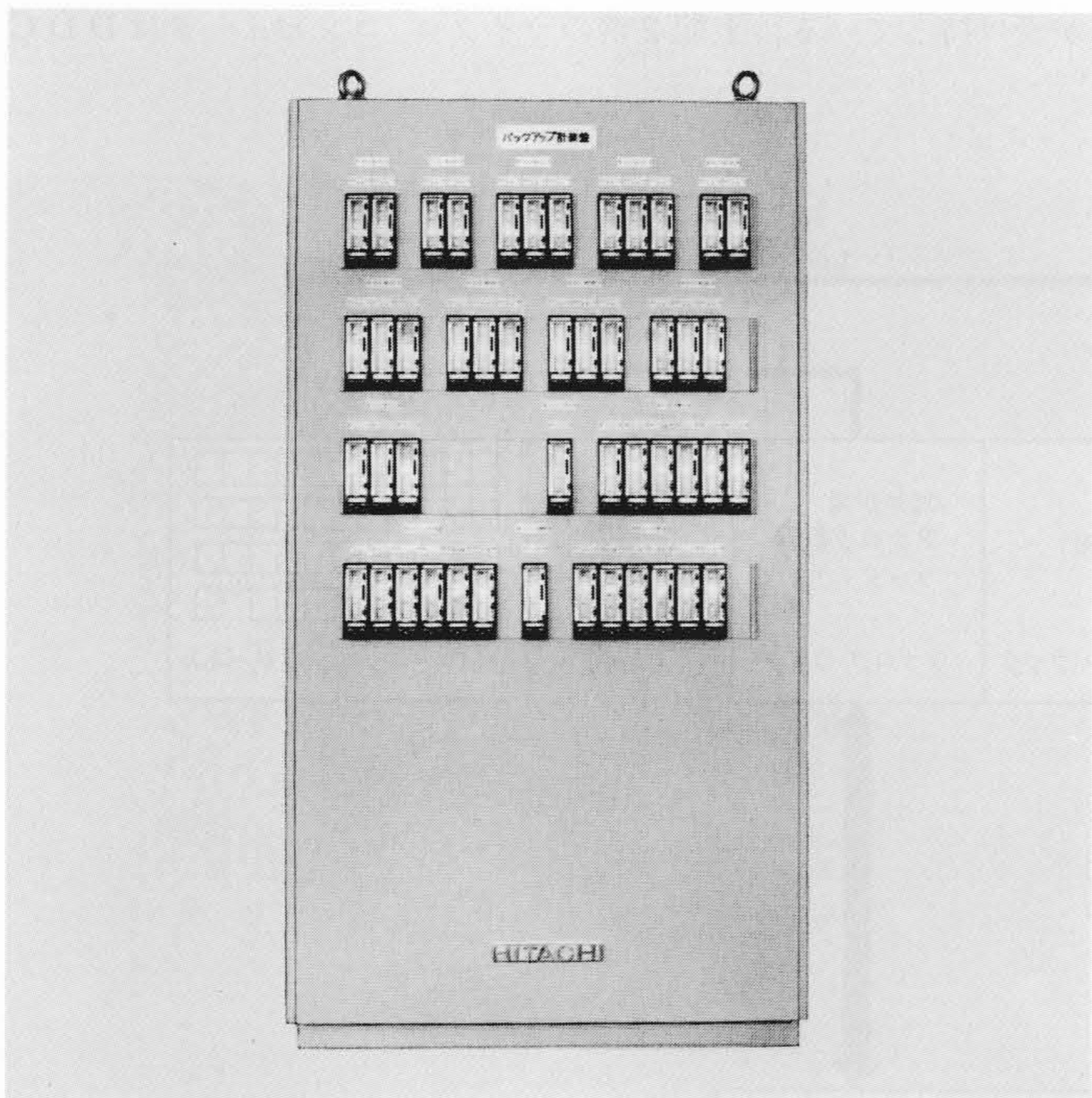


図8 バックアップ ディスプレイ パネル マイクロ コンピュータダウン時やプラントの始動時に、手動操作器で運転するためのパネルを示す。

専用機であり、管理用より送られてくる設定値に対するPID制御だけを行なっている。

炉の運転のためには、このほかに異常信号(圧力スイッチ、しゃ断弁リミット スイッチ)の取込みと処理、燃料使用量、側壁温度、炉のスタート・ストップの管理などの付随する機能が必要であり、これらいわゆる炉の管理業務を受け持っているのが管理用マイクロ コンピュータ(図6のCPU-1)である。マン マシン コミュニケーションを行なうオペレーター

ズ コンソール、炉の運転状態の印字、あるいは操業報告書の作成を行なうロギング タイプライタなどのI/O機器はすべて管理用マイクロ コンピュータに接続されている。

本炉は数ステップから十数ステップから成る温度プログラム制御を行なっており、運転は完全にバッチ的に行なわれる。温度パターンは管理用マイクロ コンピュータが管理し、温度設定値は周期的に設定値変更という形で、DDC用マイクロ コンピュータに設定されてゆく。また炉のスタート・ストップ、あるいは炉の異常発生時の制御の中断・再開などの動作は、1炉の中の各ゾーンについて同時に行なわれる必要がある。これらいわゆる1炉の制御を構成するループ間の協調動作は、すべて管理用マイクロ コンピュータによって実現されている。このように、管理用コンピュータはデータ ロガー的機能とシステムのスーパーバイザー的機能とを果たしている。

7 結 言

計装をめぐる新しい傾向として注目されているマイクロ コンピュータによる新計装システムの一環として、日立ユニットロールΣシリーズ分散形DDCのハードウェア、ソフトウェアについて具体的な説明を行なうとともに、その適用例について紹介した。

本稿が今後の新システムの導入に際し、多少なりとも役立てば幸いである。

参考文献

- (1) 佐藤，松原：「日立ユニットロールΣシリーズ」オートメーション，20，p. 77(昭50-10)
- (2) W.F.GUY：“Preprogrammed Multiloop Controllers” Instrumentation Technology Nov.75
- (3) 源馬ほか：特集「マイクロコンピュータの計装への展開」計装，18-4 (昭50-4)