U.D.C. [681.323-181.48:681.53/.54]:66.012-52

# プロセス計装における計算機技術の応用

# Application of Computer Technique in Instrumentation

前川　修* *Maekawa Osamu*
石村寧敏* *Ishimura Yasutoshi*
鈴木正典* *Suzuki Masanori*

最近のプロセス産業では，複雑化・高級化指向の制御システムに対し，マイクロコンピュータの導入が増加している。

省エネルギーを要求する鉄鋼プロセスや効率的な設備運用を要求するファインケミカルは，共にこのような傾向が強い。

鋼材連続式加熱炉では，マイクロコンピュータを用いて，複雑な多変数演算制御を高精度で行ない，残存酸素濃度を，アナログ制御との比較で数分の一に低減することができた。

また，特殊ポリマ製造プロセスでは，シーケンス制御内容の変更が対話形式でできるシステムを開発することにより，運転方法の変更に対する柔軟な対応が可能となり，新しいポリマの工業化や品質，製法改良の促進に寄与することができた。

## 1 緒　　言

プロセス計装の分野では，従来のアナログ計装やリレーシーケンスによる計測，制御方式に代わって，その拡張性，柔軟性などにより，制御用計算機の導入が盛んになり，現在では対象となるプロセスの制御や運転管理に適応した，より使いやすい計算機システムが開発されてきている。

DSC-23形マイクロコンピュータシステムを含む「日立ユニトロールΣシリーズ」[1)~3)]総合計装システムは，ソフトウェア面であまり計算機を使用した経験のない計装エンジニアでも制御プログラムを作成することができ，ハードウェア面でも従来のアナログ計器と同じ感覚で運転操作が行なえるような計装システムとして開発され，発展してきている。

## 2 プロセス計装用計算機システム

プロセス計装での計測，制御の特徴は，対象となる産業分野が多種多様にわたっていることと，制御内容に物理量，化学量の計測と制御を行なうプロセス制御，製造工程の操作手順の制御を行なうシーケンス制御など，手法の異なる制御があり，しかも，有機的な結合を必要とするところにある。

また，最近の経済状勢下で，計装システムに対して

(1) 省エネルギー，省資源
(2) 多品種生産での製造設備の効率的運用と付加価値の高い新製品開発のための柔軟な対応
(3) 品質の安定化，収率の向上

などの要求が増加している。

これらの要求を満足させるには，従来のアナログ計装とリレーなどによるシーケンス制御の組合せ方式では，そのハードウェアの機能に不足のあることや柔軟性に欠ける面があった。したがって，計装エンジニアにとって，より使いやすい計装用機器の開発が望まれていた。

「日立ユニトロールΣシリーズ」のディジタル制御部には日立制御用計算機HIDIC 80シリーズとプログラム互換性のあるDSC-23形マイクロコンピュータが使用されているが，その特徴のひとつは，プロセス計装用に開発された制御用プログラムパッケージSLC[3)](Softless Controller)にある。

SLCは現在，次の3種類が開発され実用に供されている。

(1) SLC-1

連続プロセス制御用で，DDC(Direct Digital Control)を主に行なう。

(2) SLC-2

バッチプロセス制御用で，DDCとシーケンス制御を有機的に結合した制御を行なう。

(3) SLC-3

産業機械などの制御用で，シーケンス制御を行なう。

これらのSLCでは，高精度の計装ループや柔軟な制御シーケンスの構成，プロセスの状態に応じた制御系の切換えや制御パラメータの変更機能の付加などを行なうことができる。

また，新たに開発された対話形SLC[4)]の付加により，シーケンス制御の内容の変更が，CRT(Cathode Ray Tube)ディスプレイとキーボードの操作により行なえる。

次に，先に述べた種々の要求に対し，これらのSLCを適用した代表例について具体的に説明する。

## 3 鉄鋼プロセスへの応用

### 3.1 連続式加熱炉の制御

連続式加熱炉は，鋼材の加熱を連続的に行なう炉で，鋼材は，次の圧延工程で効率良く作業が行なわれるよう，圧延に適した温度に加熱される。

加熱炉の主な制御は，温度制御，燃焼制御，炉内圧制御などである。近年，省エネルギーの観点から，炉本体の改良，例えば，断熱の強化，バーナの改善などとともに，低残存酸素濃度制御(以下，$O_2$制御と略す。)が注目されるようになった。$O_2$制御は，低い空気過剰率のため，わずかな不平衡から黒煙を発生しやすく，環境保全の面からも，より高精度の制御が要求されるようになった。

一方，製品の多品種化に対応して，連続して投入される個個の鋼材について，品種に応じた温度制御が要求され，効率良く加熱炉を運転するために，管理用コンピュータからの温度設定，また，マンマシンシステムの改良など，制御システムの高級化が望まれるようになった。

以下，これらの要望に応じた制御システムについて述べる。

* 日立製作所那珂工場

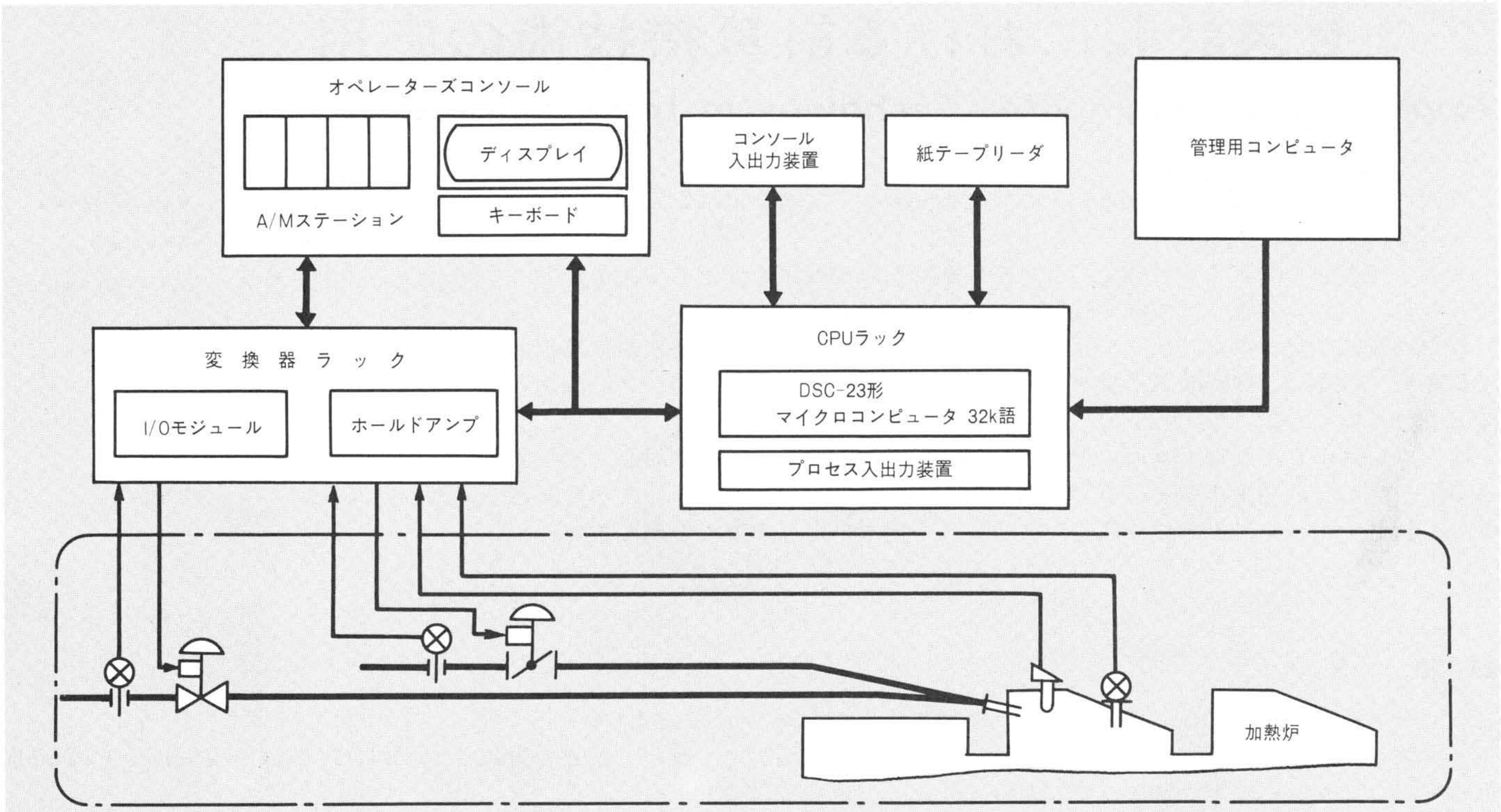



図1　連続式加熱炉制御システム構成図　DSC-23形マイクロコンピュータによりDDCが行なわれる。
品種情報は，管理用コンピュータから与えられる。

### 3.2　システム構成

DSC-23形マイクロコンピュータを適用した連続式加熱炉制御システムの構成例を**図1**に示す。一般に，連続式加熱炉は，予熱帯，加熱帯，均熱帯と呼ばれる部所から成る。各部所では，それぞれ温度制御，燃焼制御を行なうが，そのほかに，炉内圧制御，放射温度計による鋼材温度監視などの計装制御ループがある。これらの約30の制御ループは，DSC-23形マイクロコンピュータ1台で，DDCを行なっている。また，制御ループの設定値などの値を自由に変更，監視するために，カラーCRTとキーボードを用いたマンマシンシステムを設けている。DDCの入出力は，入出力(I/O)モジュール，ホールドアンプモジュールを経由して，外部の計装機器と接続されている。

ホールドアンプモジュールは，バックアップのための機能をもっており，万一のコンピュータ故障の場合には，直前の操作量を保持することができるようになっている。

### 3.3　制御内容

**図2**に，この制御システムの制御内容を示す。加熱炉の目

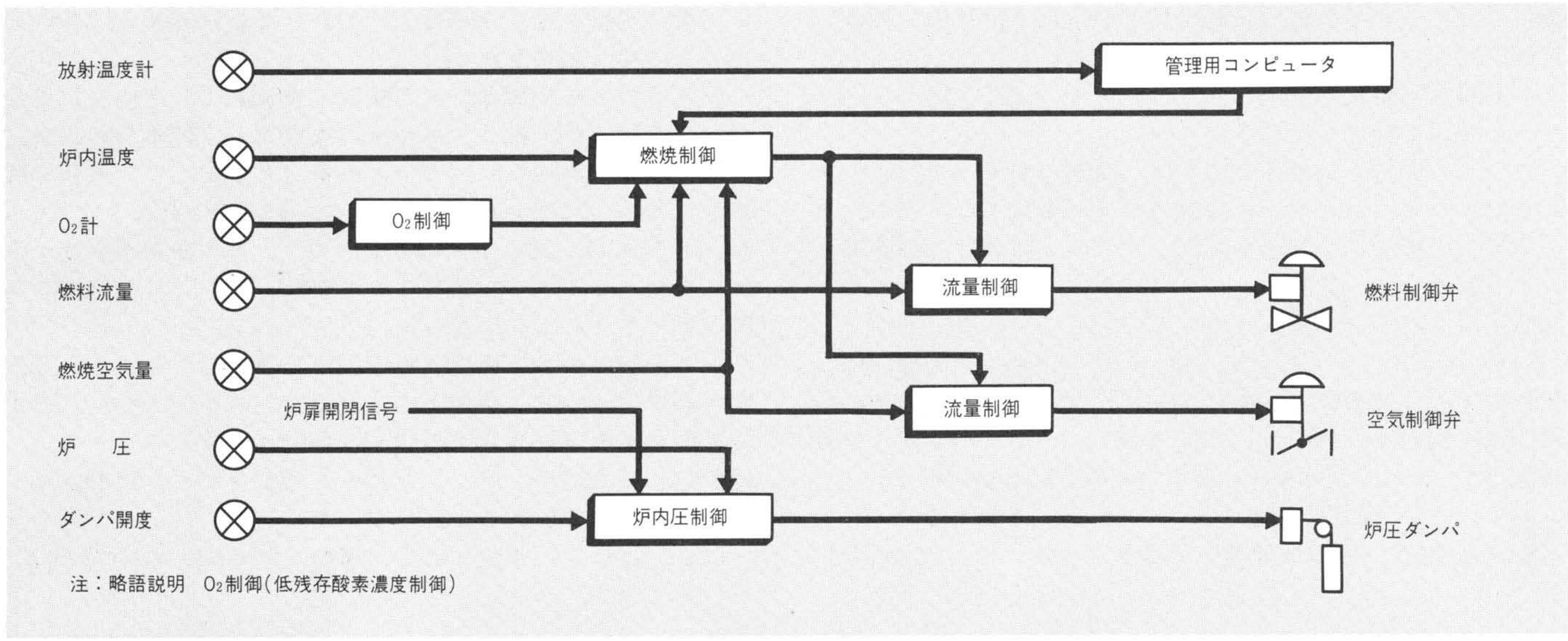



図2　連続式加熱炉制御ブロック図　炉温度制御とO2制御は燃焼制御に密接に関係している。

的は，$O_2$制御を満足させながら，鋼材を圧延に適した温度にまで加熱することである。管理用コンピュータから，圧延スケジュールにより決定された炉内温度設定値（鋼材の種類に依存するため，頻繁に設定変更が行なわれる。）が制御用マイクロコンピュータに与えられる。

燃焼制御系は，上記設定値と$O_2$制御系からの信号で，燃料と空気流量制御系の比率設定を行なう。一般に，燃料系は空気系よりも応答が速いため，加熱量変更時に空燃比の変動を生じやすい。そのため，燃焼制御系は，それぞれの流量を検知して過渡補償を行ない，空燃比を一定に保つようにしている。また，炉内圧制御系でも，炉扉開閉による炉内圧の変動を防止するため，炉扉開閉信号により煙道ダンパへフィードフォワード制御を行なう。

この制御システムでは，これらの制御内容を，分割した機能のそれぞれに対応する約160個のプログラムモジュールの組合せ，すなわちSLCで構成している。

この例のように，プロセス変数が多く，その演算内容が複雑な制御系では，システム構成の自由度が高く，演算精度の高いマイクロコンピュータの使用が有効である。運転実績からも，従来のアナログ演算方式に比較して，残存酸素濃度を数分の一に低減して，安定な制御が継続され，省エネルギー化に寄与することができた。

## 4　ファインケミカル工業への応用

塗料，接着剤などの特殊ポリマや薬品のような高付加価値製品指向の工業，いわゆるファインケミカル工業ではその製造プロセスが多品種生産プロセスであり，その品種ごとの制御方式が異なるうえ，更に製品の移り変わりが激しいという特徴をもっている。このようなプロセスに対する制御装置に要求される機能として，

(1)　品種ごとの制御パラメータの自動切換が行なえること。

(2)　品種ごとの制御方式の変更及び追加が容易であること。

などが必要であるが，特に(2)の要求に対しては，オペレータが簡単に，かつ間違いなく操作できるシステムが必要となる。この要求を解決する手段として，CRTとキーボードによる対話形のプログラム入力方式を採用した。この制御システムを特殊ポリマ製造プロセスを例にとり説明する。

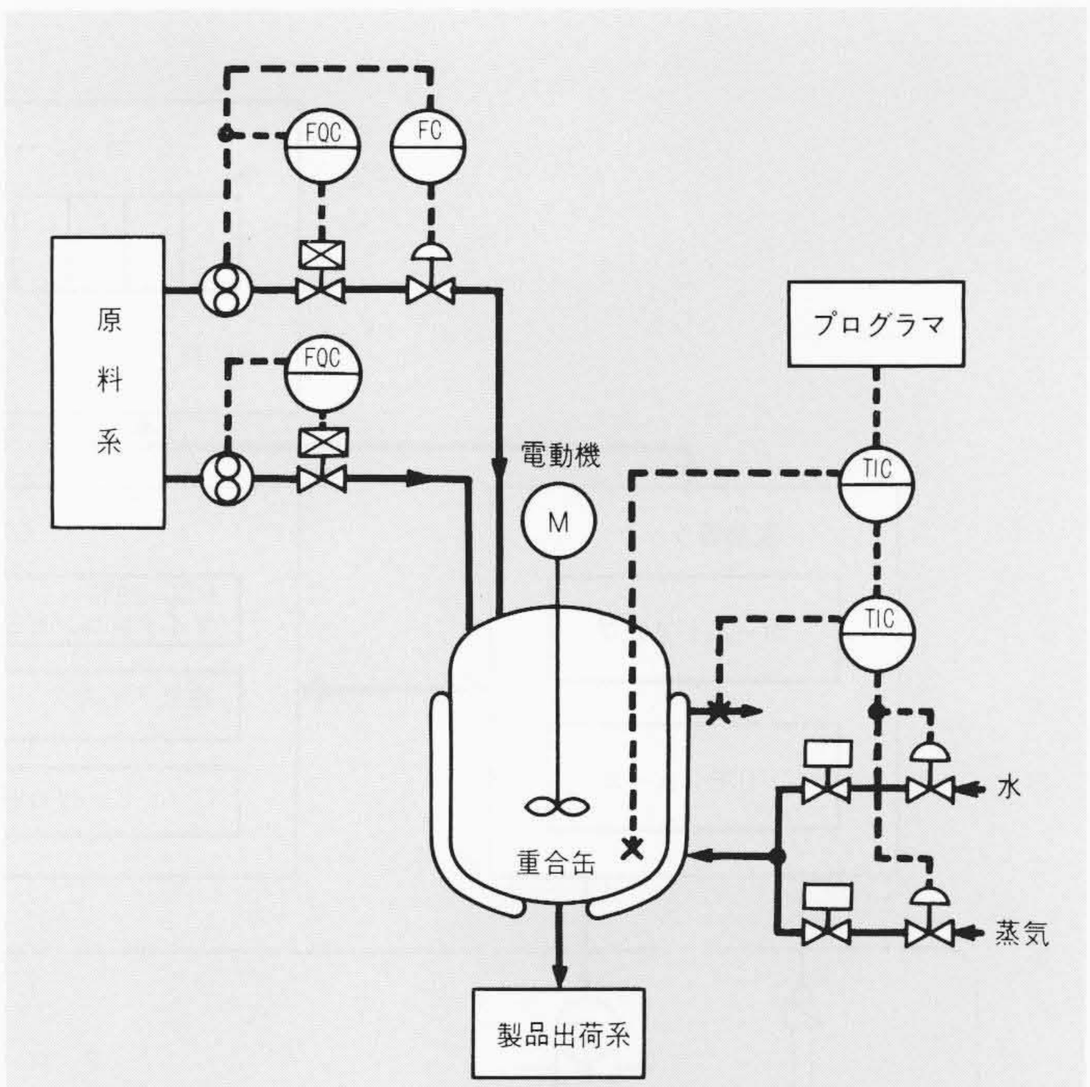
### 4.1　特殊ポリマ製造プロセス

特殊ポリマの製造プロセスにはいろいろな種類のものがあるが，基本的には，**図3**に示すようなフローとして表わすことができる。製造品種により選択した原料を重合缶に仕込み，一定温度に昇温する。次に，他の副原料，触媒を添加しながら缶内温度をあるプログラムパターンに従って制御することにより製品が得られる。これらの制御は，DDCによるフィードバック制御とシーケンス制御によって実行される。

このような一連の制御の内容は，製造する品種によってそれぞれ異なるが，製品の改良，また新製品の出現により，更に異なった制御内容が必要となる。

### 4.2　制御システムの構成

システム構成を**図4**に示す。CPU（中央処理装置）ラックには制御部のDSC-23形マイクロコンピュータのほかに，品種ごとの情報，すなわち原料の種類，プログラムパターン，シーケンス制御などの情報を格納した磁気ディスクとPI/O（プロセス入出力装置）が収納されている。CRT，キーボード及びA/M（Auto/Manual）切替ステーションから成るオペレータズコンソールは，運転操作や品種情報の設定などを行なうほか，制御方式の変更，追加に伴うプログラム作成を行なう機能をもっている。




注：略語説明
FQC（流量積算調節計）
FC（流量調節計）
TIC（温度指示調節計）

図3　特殊ポリマ製造プロセス　原料の定量仕込制御と温度プログラム制御及び各弁の順序操作が重要で，製造品種により異なってくる。

このシステムを適用したプラントの規模は，原料5～6種，製品約20種であり，品種選択を行なうことにより各品種に応じた仕込，反応，冷却，移送までの一連の工程の運転が自動的に行なわれる。また，対話形マンマシンシステムを採用したことにより，このプロセスが必要としている品種情報の設定及びプログラムの変更が容易に行なえるようになった。

### 4.3　対話形マンマシンシステム

一つの製品に対し必要な制御情報は下記のように大別することができる。

(1)　仕込量，ロット番号などバッチごとに異なる情報

(2)　DDCループ，シーケンス制御，プログラムパターンなど，品種により異なる制御方式に関する情報

(1)はオペレータが運転前にCRT上に設定画面を呼び出し，それを見ながら必要な運転情報をキーボードから入力する方式をとっている。(2)の制御方式に関する情報は，品種ごとに磁気ディスクに格納されており，運転前に品種を選択することにより，その品種に対応する制御方式が決定される。通常の運転では上記の機能で十分であるが，新製品が開発されて制御方式の変更が必要となった場合には，以下の方法で対処できるようにした。

**図5**にシーケンスマップの画面を示す。SLCではシーケンス制御の内容を16ステップ×16出力のステッピングプログラマの出力パターンと，ブール代数式で表わす2種類の条件式によって記述する。2種類の条件式とは，ステップ移行のための移行条件式，及びあるステップでの出力の修正動作を指定するための修正条件式である。**図5**の画面の左欄は弁やポンプに対応した出力点を表わし，中央の棒グラフの部分でそ

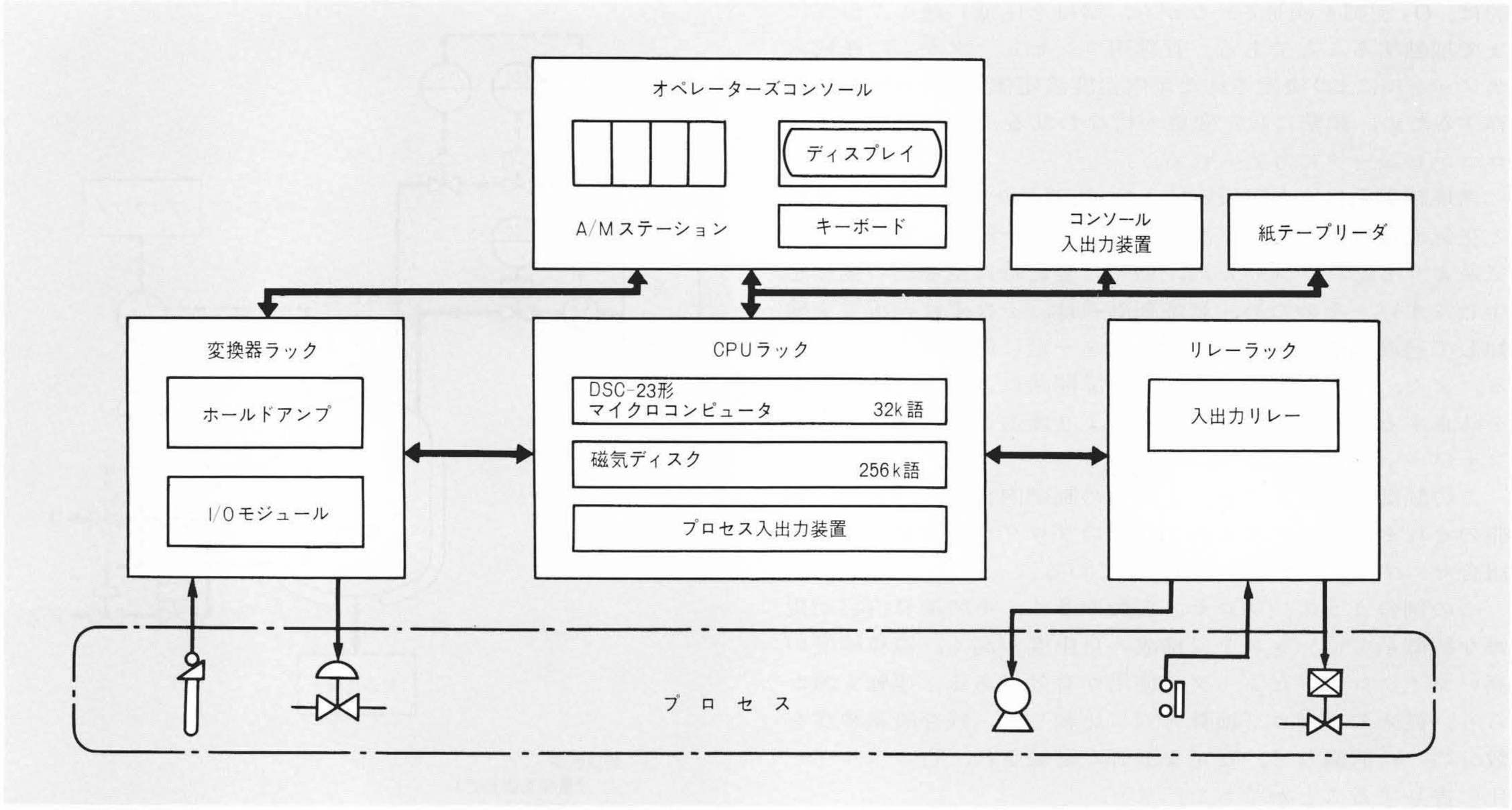



**図4　制御装置のシステム構成**　DSC-23形マイクロコンピュータを中核とし，CRTとキーボードによる対話形式のプログラム入力方式を採用したシステムの構成例を示す。

の出力の各ステップでの出力パターンを表わしている。右欄は移行先と移行条件式番号及び修正条件式番号を表わしている。出力パターンの変更は，CRT画面上のコミュニケーションエリアを使って行なう。まず，キーボードからステップ番号を指定することにより，現在登録されているそのステップでの出力パターンが表示される。次に，登録すべき出力パターンを現在のパターンと比較しながら入力し，エントリキーを押すことにより新しいパターンが登録できる。また，条件式の変更のときは，条件式フレームの画面上に，キーボードを使って直接ブール代数式を書き込み，確認のうえ入力する。このようにして対話形式で入力した内容は紙テープなどに記録させ保管することができる。

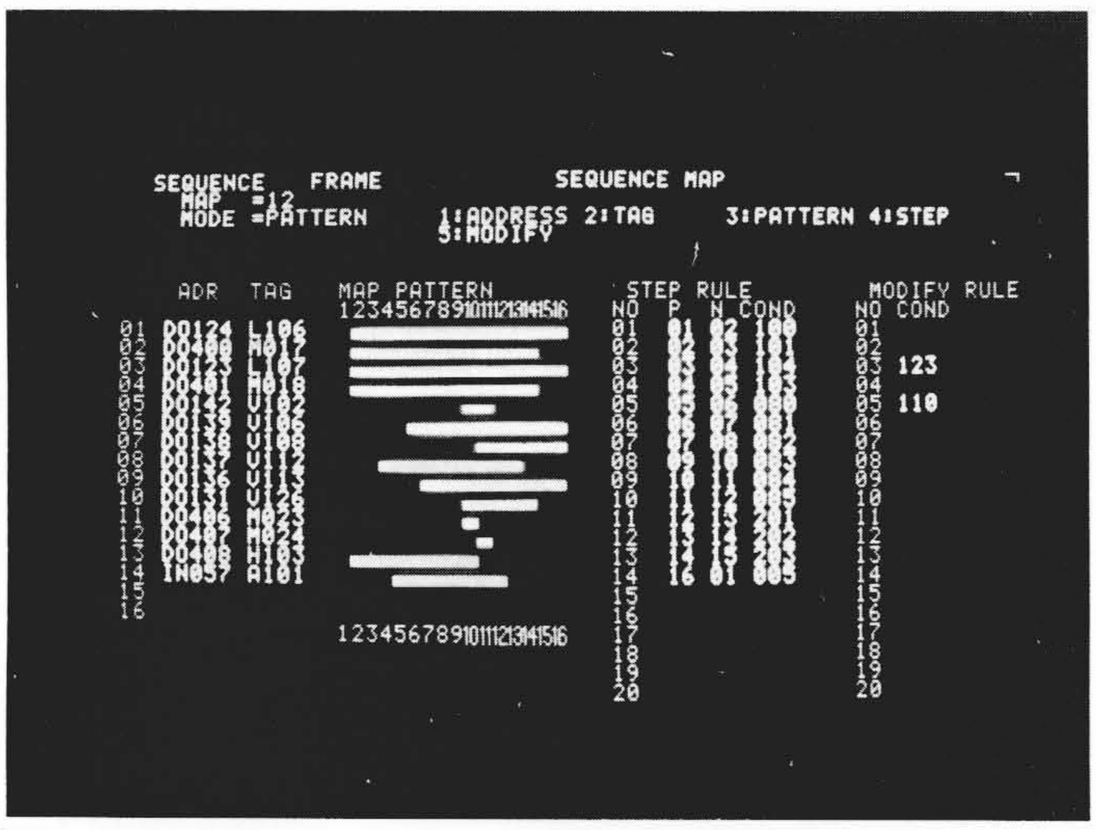



**図5　シーケンスマップのCRT画面**　左端に並んだ各出力先に対する，出力ONの状態のパターンを棒グラフで表わしている。

このシステムの適用により，

(1)　バッチごとの設定及び制御の結果が一定なため，品質が向上し，操業を安定化することができた。

(2)　品種切換の操作が容易なため，誤操作がなくなり，運転が簡単になった。

(3)　容易に品種情報，制御方式を変更できるため，製品の改良，新製品の追加が容易になった。

などの効果を得ることができた。

## 5　結　　言

「日立ユニトロールΣシリーズ」による，高精度の演算制御や柔軟性の高いシーケンス制御などの特徴的な応用例について紹介した。

最近のプロセス産業では，操業の省エネルギー化や高付加価値製品の効率的生産を目指して，制御システムを複雑化，高級化する傾向にあるが，更に，多様化していく要求に対しても，DSC-23形マイクロコンピュータシステムの効果は大いに期待できる。

今後とも，これらの実績を踏まえ，更に，より使いやすいシステムへの改善と向上に努力したいと考える。

### 参考文献

1)　宮添，ほか3名：全電子式制御システム日立ユニトロールΣシリーズ，日立評論，**58**，169～172（昭51-3）

2)　佐藤，石田：新しいディジタル計測制御，日立評論，**58**，179～184（昭51-3）

3)　石田，横川，田崎：マイクロコンピュータの計装システムへの応用，日立評論，**59**，379～382（昭52-5）

4)　T. Yamaguchi et al.：New Instrumentation System Permitting Easy Change of Control Mode, Hitachi Review, **27**, 339 (1978)