

マイクロコンピュータの産業システムへの応用

Application of Microcomputers to Industrial Plants

産業システムには非常に多くの分野があるが、それらの制御に共通していることはアナログ制御系とリレーシーケンスを組み合わせる場合が多いことである。しかし、制御内容が複雑、高度な場合は計算機化が強く要求される。

更に信頼性を上げるためには機能の分散化が要求されるが、1台でプロセス制御とシーケンス制御の処理ができるマイクロコンピュータは、このニーズに応ずることができるため産業システムでは応用範囲の広いものである。

ここでは具体例をもとに、従来技術に近い方法でマイクロコンピュータを使用するための手法、技術について解説する。

石川真佐男* *Ishikawa Masao*

高木正興* *Takagi Masaoki*

小池敏行* *Koike Toshiyuki*

進士三千男** *Shinji Michio*

1 緒 言

産業システムでの制御の特徴は、温度、流量、圧力などのいわゆるプロセス量の制御、モータを利用してロールやテーブルを制御する位置決め制御、更にモータの入切、弁の開閉、装置間のインターロックなどを行なうシーケンス制御が密接に関係していることである。従来はアナログ調節計、位置決め専用装置及びリレーシーケンスを用いてこれらの制御を行ってきたが、装置の大形複雑化に対応するには種々の問題がある。特に新しく開発されたプラントの場合には、制御定数だけでなく、制御方式そのものが不確定であり、試運転結果に即応して回路を変更する必要がある、従来技術に代わって計算機化の試みがなされてきた。

しかし、高価な計算機を使用する場合は必然的に多くの機能を1台で処理させることになり、処理時間、信頼性の面から実用的なシステムはごく限られたものであった。特に、リレーシーケンスの機能を計算機で処理することはむだが多く、プログラマブル ロジック コントローラ(PLCと略し、シーケンサとも呼ばれる)が先に実用化されてきた。

マイクロコンピュータの発達は機能の分散化を容易にしたが、プロセス制御とシーケンス制御を別のハードウェアにしたのでは両者間のインタフェースが従来どおり必要となり得策ではない。そこで図1に示すように、両者の一括処理が必須の条件となる。

図2にプロセス制御とシーケンス制御を処理する場合の基本的な考え方を示す。メモリ内には、コンピュータとしての命令(Cモード命令)とデータ、及びシーケンサとしての命令(Sモード命令)とデータが記憶される。そしてCモードが主導権をもって全体の動作を規制するようになっている。すなわち、タイマからの信号によりSモード命令が実行され、一巡すると再びCモード命令が実行される。タイマの間隔はシーケンスの動作遅れの許容値によって決まるが、10~100msとする場合が多い。

表1はこのようなマイクロコンピュータの例であるHIDIC 08Sの特徴をまとめたもので、Cモード命令は実用上HIDIC 08と同じであり、HIDIC 08用に開発されたプログラムをそのまま使用できる。一方、シーケンサとしてみた場合、既に実用化されているシーケンサがほとんど論理式を積和の形に分解する必要があるのに対し、HIDIC 08Sでは論理式をそのまま

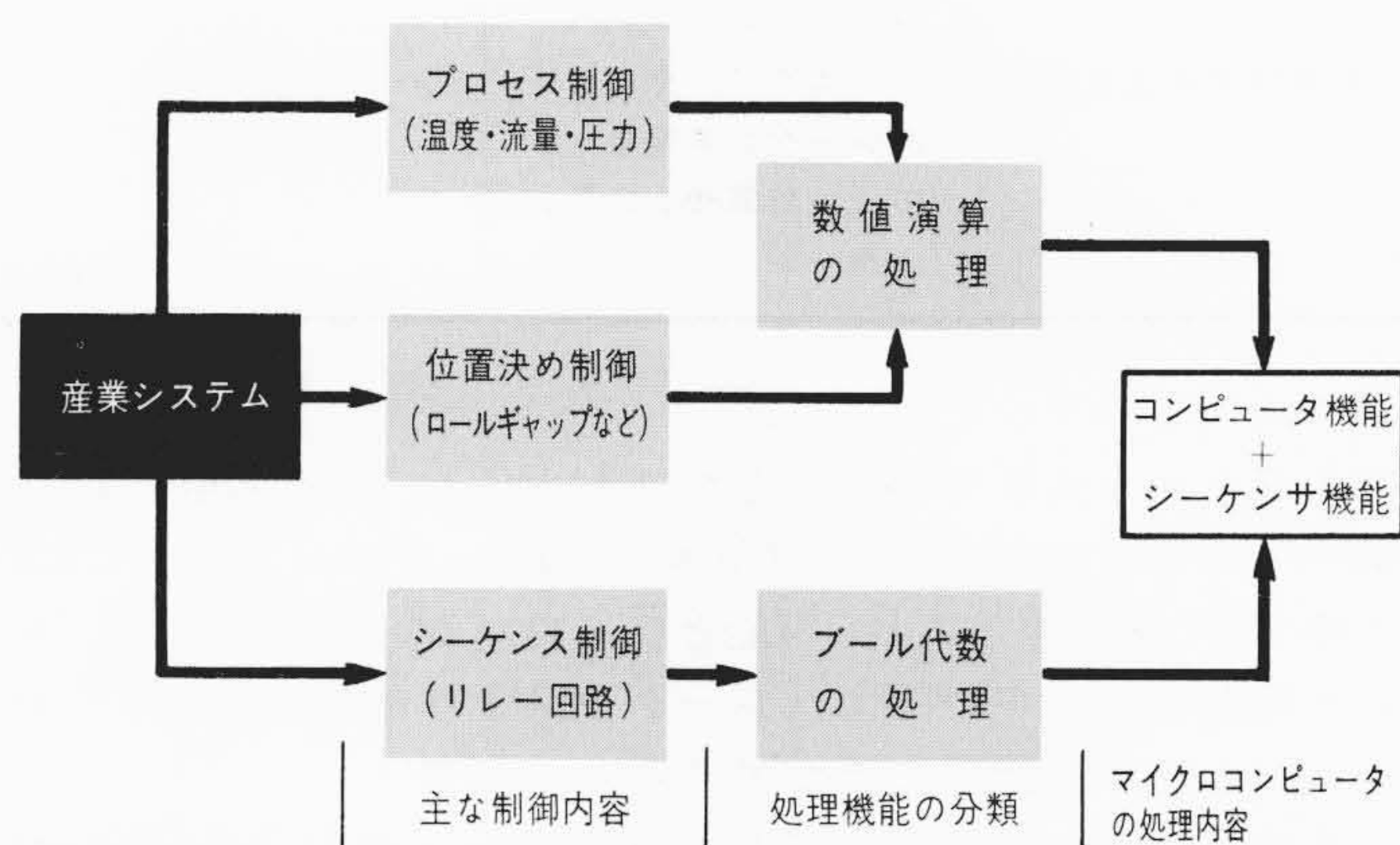
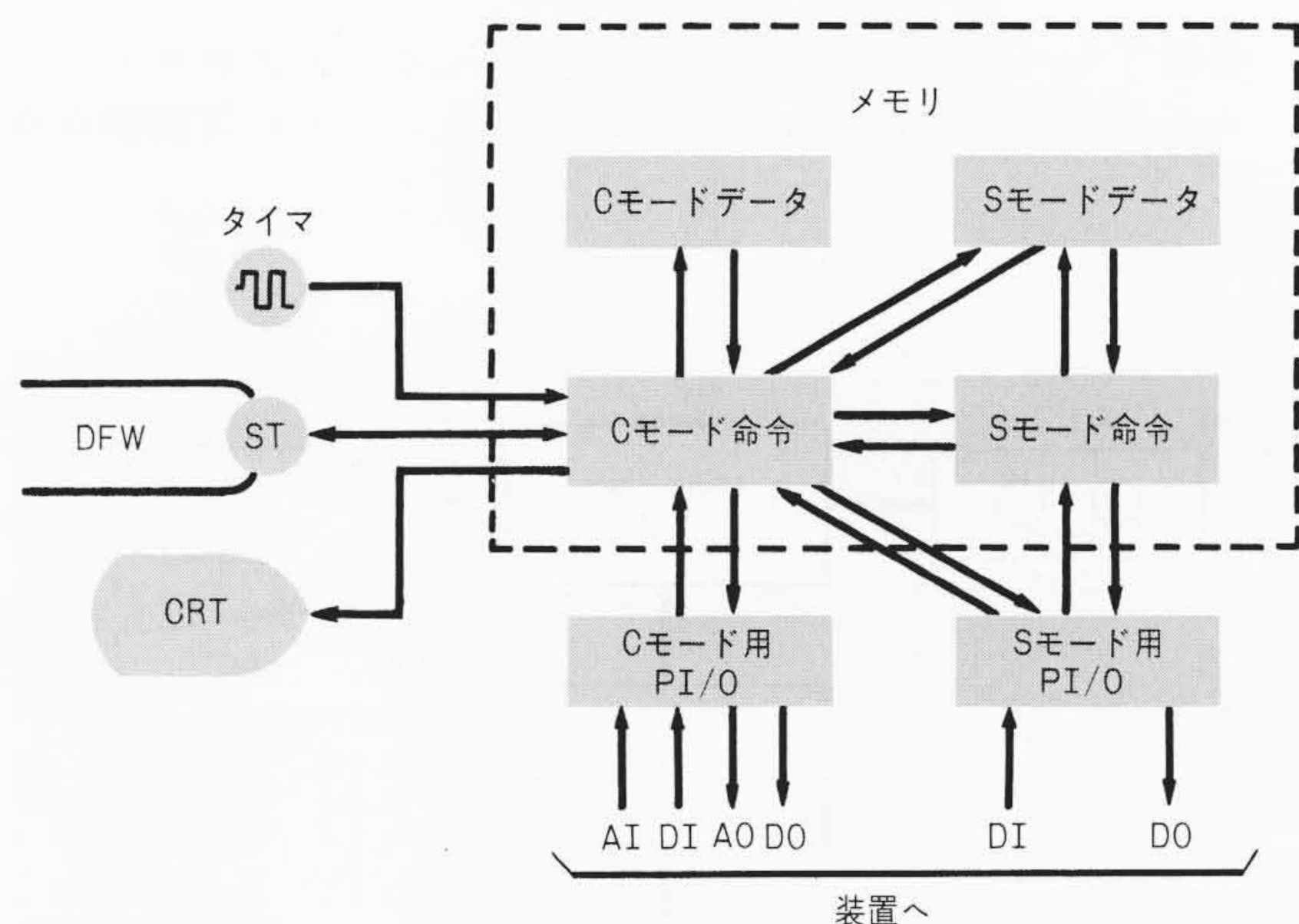


図1 産業システム制御の特徴 産業システムでは、コンピュータ機能とシーケンサ機能とを有機的に結合することが大切である。



注: DFW=Data Free Way
CRT=Cathode Ray Tube
PI/O=Process Input/Output
AI=Analog Input

DI=Digital Input
AO=Analog Output
DO=Digital Output

図2 産業用マイクロコンピュータの基本的な考え方 コンピュータとしての機能(Cモード)とシーケンサとしての機能(Sモード)とを同居させ、両者間のリンケージを簡単にしている。

* 日立製作所大みか工場 ** 日立製作所習志野工場

表1 HIDIC 08Sの特徴 HIDIC 08のフローティング命令の代わりにシーケンス制御用命令が設けられている。

モード	Cモード	Sモード
項目		
1.命令体系	HIDIC 08のフローティング演算命令を除くすべての命令とコンパチブルあり。	論理式と1:1に対応する命令を具備
2.入出力機器	(1)プロセス入出力装置 (2)CRTディスプレイ (3)DFW (4)タイプライタ (5)カセットテープメモリ (6)その他HIDIC 08用はすべて使用可。	Sモード専用プロセス入出力装置
3.関係する主な機能	(1)プロセス制御 (2)位置決め制御 (3)データロギング (4)モニタリング (5)シーケンス作成 (6)上位計算機とのリンケージ	シーケンス制御

扱えるという大きな特長をもつほか、Cモードの活用により、シーケンスをラダー形式でCathode Ray Tube(以下、CRTと略す)で表示することも可能となっている。これにより、リレー回路を扱っているオペレータや保守員が容易にマイクロコンピュータを扱うことができる。

その他、プロセス制御では化学プラントのDDC(Direct Digital Control)技術を取り入れるなど、従来技術とのつながりを重視している。次に具体例をもとにそれらの技術について説明する。

2 シーケンス作成への応用

電磁リレーによるシーケンスに代わってマイクロコンピュータを利用する場合、リレーロジックをシーケンス制御命令

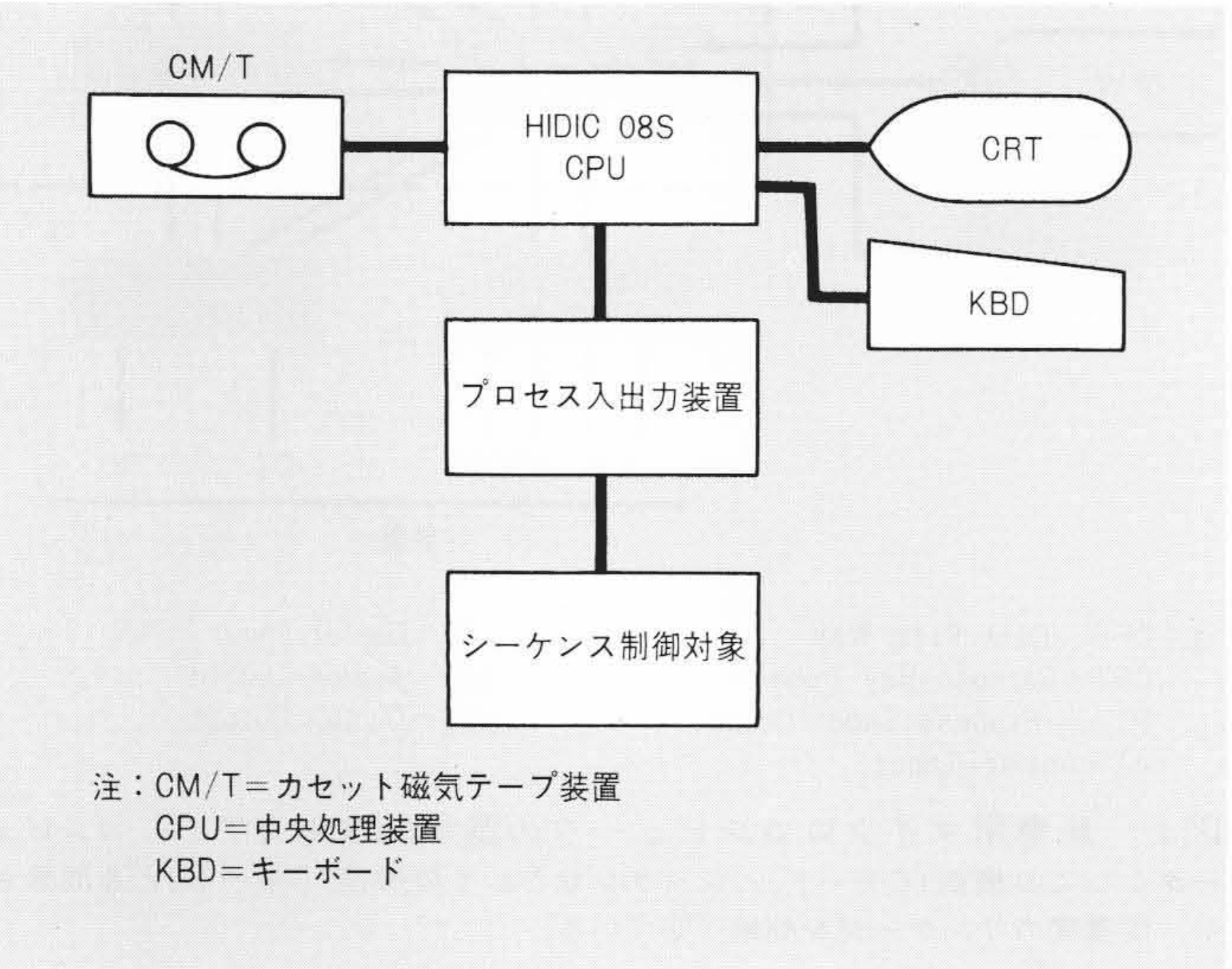


図3 システムの最小機器構成 キーボードはシーケンスの入力を、CRTはシーケンス回路の表示を、CMTはプログラムの保存用に用いられる。制御そのものは、処理装置とプロセス入出力装置とで行なう。

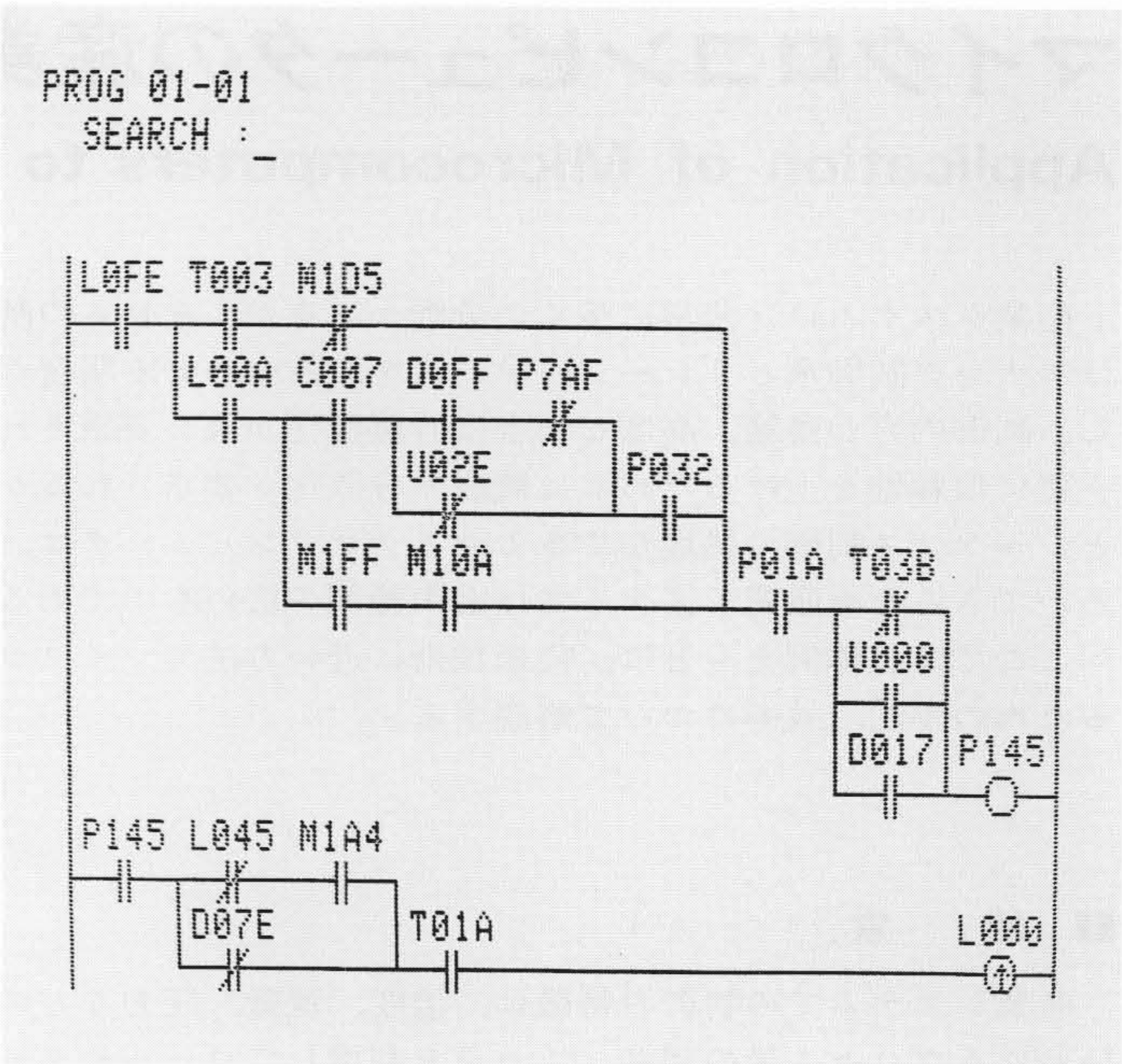


図4 シーケンス回路表示例 CRTのハードコピーを示す。実際の作業はカラーCRTを用いて行なう。

に変換する必要がある。従来、これはシーケンサとは別の計算機を用いて変換していた。このため、シーケンス制御命令変換用の計算機が設置されていない現地でシーケンスを変更するためには、命令語に関する詳しい知識が必要であり、かつ多くの手数を必要としていた。

マイクロコンピュータでは自分自身のCモード命令を利用して、シーケンス制御命令への変換を行なうことにより、この問題を解決することができる。図3はこのための最小機器構成である。すなわち、キーボード(リレー回路のシンボル付)はシーケンスの入力、CRTディスプレイはシーケンス表示に、カセットM/T(磁気テープ記憶装置)はでき上がったシーケンス制御命令(Sモードプログラム)を保存するために用いる。リレー回路シンボルキーボードよりリレー回路情報が入力されると、HIDIC 08Sはこれをシーケンス制御命令に変換しながら、それと並行してCRTディスプレイにシーケンス回路図を表示する。CRTディスプレイに表示されたシーケンス回路図の例を図4に示す。

もしここで、Sモードプログラムの一部修正の必要ができた場合は、変更したい回路名称を指定して変更要求を入力すれば、変更しようとする回路情報がメモリより呼び出され、シーケンス回路図に変換されたのちにCRTディスプレイに赤色で表示される。その後回路図の先頭より順次変更内容を入力していくと、変更が終了した部分は緑色、未完部分は赤色で表示される。

更に、命令を実行してシーケンスが進行している状況を表示するために、指定した回路の接点のうちメークを赤色、ブレークを緑色で表示して、各々の回路の現状を速やかに知ることができる。これは接点の接触不良などによりシーケンスの進行に異常が発生した場合、その原因追求のための故障診断装置として使用することができる。

このように、Sモードプログラムの作成、変更がシーケンス回路図イメージで行なえるうえに、シーケンス動作状態もチェックできるため、HIDIC 08Sのシーケンサとしての機能を十分に発揮することができる。

3 水道設備への応用

両方の制御が同時に要求されるシステムの例として、上下水道設備があげられる。表2に上水での代表的な設備と制御の内容を示す。これから分かるように、水道関係の設備はプロセス制御とシーケンス制御が密接に関係している。更に、水の有効活用を図るために、河川の状態、需要家の動向といった広い範囲にわたる情報をもとにして、各々の設備を制御するトータルシステムが要求される¹⁾。この二つの要求に応ずるのがHIDIC 08Sを使用したコントローラである。

シーケンス制御については、2.で説明したように、CRTディスプレイの応用により、リレーシーケンスとほとんど同じ方法でシーケンスを組むことができるため、ここではプロセス制御の方法について説明する。図5(a)は流量制御を例にとった場合で、HIDIC 08S内のメモリに5種類のテーブルを設ける。これは、アナログ式のPID調節計の同種機能に対応したものである。

- TAGNO：タグナンバー、測定値目盛及び単位を記憶する。
- INDICATOR：工学単位への変換方法、入力取込方法などを指定する。
- ALARM：上下限值、偏差などのモニタ機能を指定する。

表2 上水道設備における制御の内容 上水道設備は、ほとんどプロセス制御(単なる計測も含む)とシーケンス制御の組合せが要求される。

設 備	プロセス制御	シーケンス制御
受 電 設 備	電圧、電流、電力などの計測	力率調整用スタティックコンデンサの入・切制御
導 水 設 備	原水流量制御	ポンプ台数制御
薬品注入設備	注入量制御	注入系統選択
汙 過 池	汙過流量制御	汙過池洗浄
送 配 水 設 備	流量制御 吐出し圧制御	ポンプ台数制御
汚 泥 処 理	薬品注入制御	脱水機連動制御

- CONTROL：操作量の計算アルゴリズムを指定する。
- OUTPUT：モニタ結果の出力、操作量の出力方法などを指定する。

これにより従来のアナログ計装とほとんど同じ方法で計装フローを決定して機能、定数をDDCテーブルに記憶すればよ

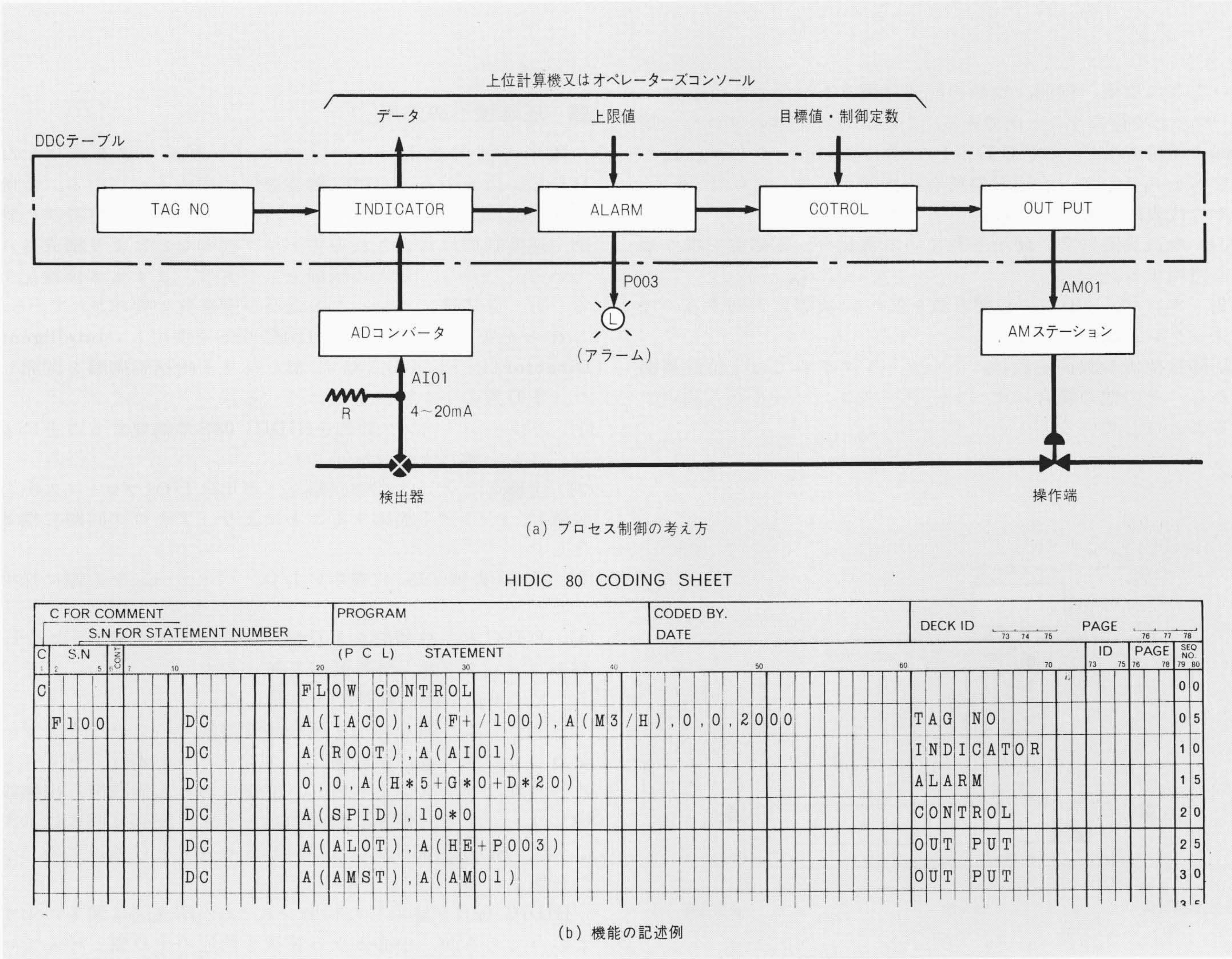


図5 プロセス制御の方法 アナログ式の調節計に近い形にテーブルを構成し、POLにより記述された機能を記憶する方式となっている。

表3 クーラークレーンカー制御内容 クーラークレーンカーの主な制御項目で、細部は省略してある。
C：Cモード、S：Sモードを示す。

No.	制 御 項 目	内 容	モード	備 考
1	クレーンカー走行位置決め制御	クーラーの各位置の定位置停止 ($n_i, i = 1, 2 \cdots 13$)	C	シンクロトランスミッタとシンバータによるデジタル現在値取込み
2	クレーンカーの停止位置設定	初期挿入位置はデジタルスイッチによる設定(n_i)。 順次 $n_i + 1, n_i + 2 \cdots$	C	BUS DIによるデジタルスイッチ取込み
3	レオナードの速度設定	(1)クレーンカー走行 (2)クレーンカー昇降	C	_____
4	クレーンカー走行現在位置表示	シンバータによる現在値取込み (零調含む)	C	ニキシー表示
5	クーラー内各位置の材料有無表示	_____	S	_____
6	自動運転シーケンス制御	(1)クレーンカー走行及び昇降 (2)爪 旋 回 (3)入出側設備	S	操作スイッチ、及びリミットスイッチなどの取込み
7	手動運転シーケンス制御	_____	S	同 上
8	運 転 条 件 判 断	自動条件、手動条件回路	S	_____

いことになる。機能、定数の記述は図5(b)に示すようなフォーマットで行なうことができる。これは既に化学のプロセス制御で使用されているPOL²⁾(Problem Oriented Language)をベースにして、水道設備特有の機能を追加したものである。その代表的なものは次に述べるとおりである。

- (1) 水道設備に多く使用されている電動弁、電磁弁を操作端に使用する。
- (2) ポンプ、ブロワの必要台数を求める(実際に入切するのはシーケンス制御で行なう)。

制御目標値や制御定数は、トータルシステムでは上位計算機から、その他の場合はオペレータズコンソールから設定することになっている。

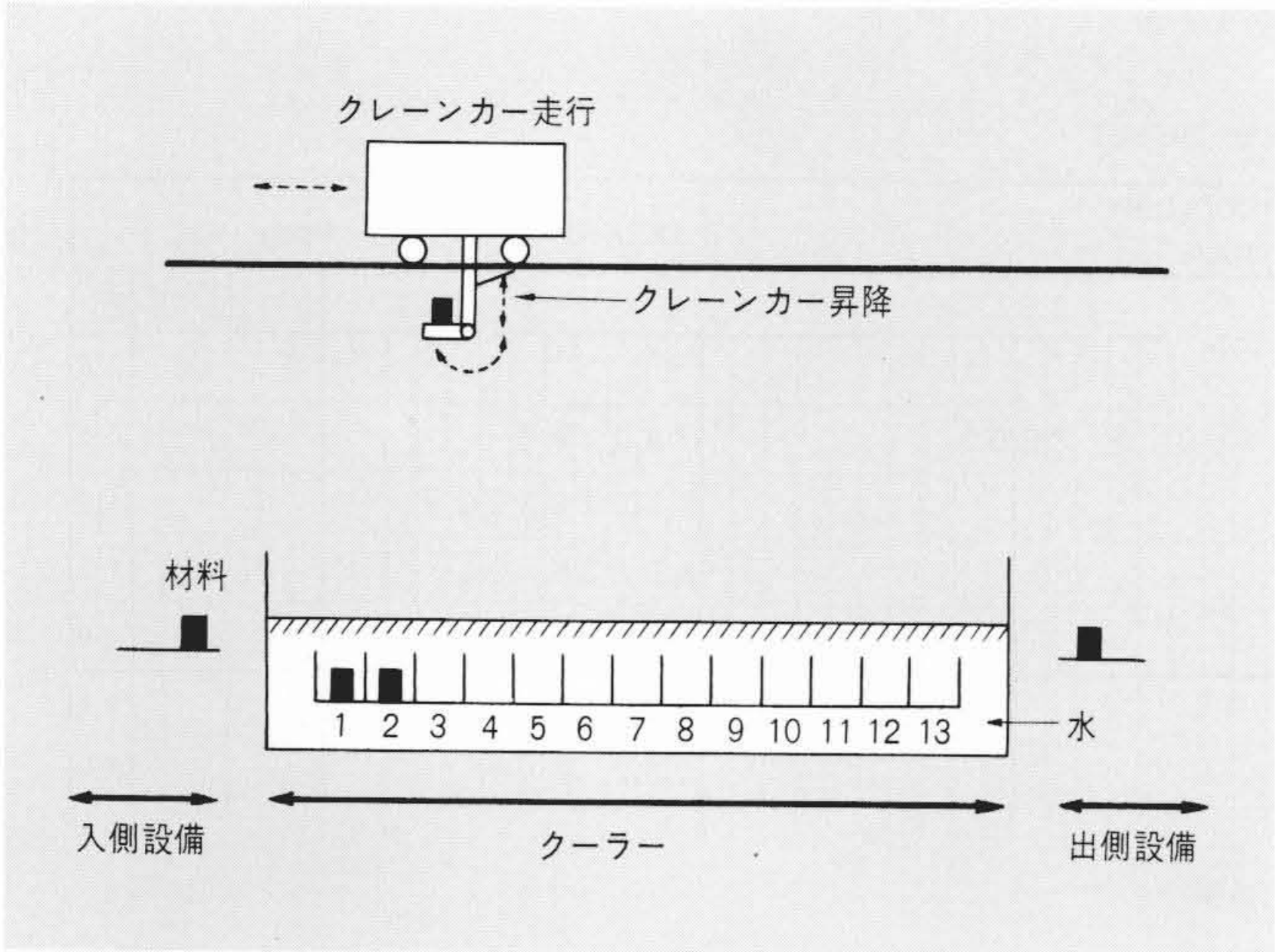


図6 クーラークレーンカー設備 制御対象機器の動作、及び概略配置を示す。

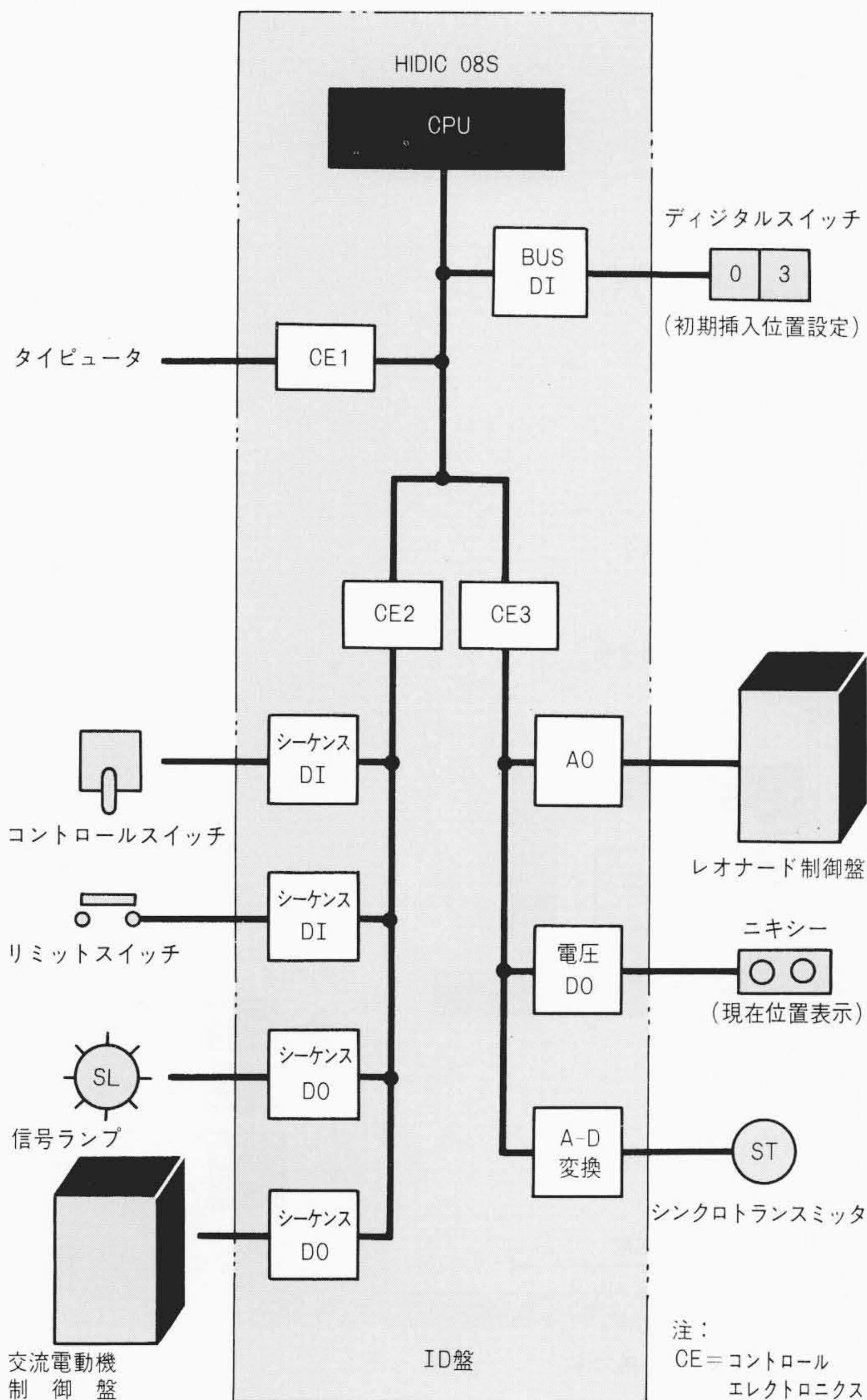
4 圧延機への応用

従来の制御装置は、マイクロコンピュータを使用したDDCシステムと、主機制御装置とで構成されている。主機制御装置は、リレーシーケンスによる順序制御、位置決め制御、速度制御に代表されるアナログ制御などにより構成されている。しかし、最近の制御システムは、ますます複雑化する一方、保守性、コンパクト化及び標準化が要求されている。これらを実現するためにHIDIC 08Sを使用したIntelligent Director(以下、IDと略す)盤と称する総括制御盤を開発した。ID盤の主な特長を次に述べる。

- (1) リレーシーケンス制御をHIDIC 08Sで処理することにより、リレー盤を大幅に縮小した。
- (2) 主機のアナログ制御回路を、専用P I/O(プロセス入出力装置)でダイレクト制御することにより、アナログ回路を標準化した。
- (3) IC(集積回路)化専用P I/O、パッケージを大幅に採用した。
- (4) DDCと主機制御をID盤により一体化することにより、盤のコンパクト化、外部配線を縮小した。
- (5) P I/Oの故障診断機能を採用した。

一例として、図6に示す連続鋳造設備でのクーラークレーンカーで説明する。本設備は、クレーンカー走行、クレーンカー昇降及び爪旋回より成り、前後にある入側設備、出側設備にリンクする。表3に制御内容を示す。制御は同表に示すように、HIDIC 08Sが持っているSモードとCモードの二つに分類される。

HIDIC 08Sを使用した制御システムの構成図は図7に示すとおりであるが、中心となる装置を前述のID盤と呼んでいる。この方式の採用により、制御装置の小形化と標準化が図られた。



5 自動倉庫への応用

自動倉庫の荷役設備であるスタッククレーンの制御に、マイクロコンピュータを応用した場合の構成を図8に示す。

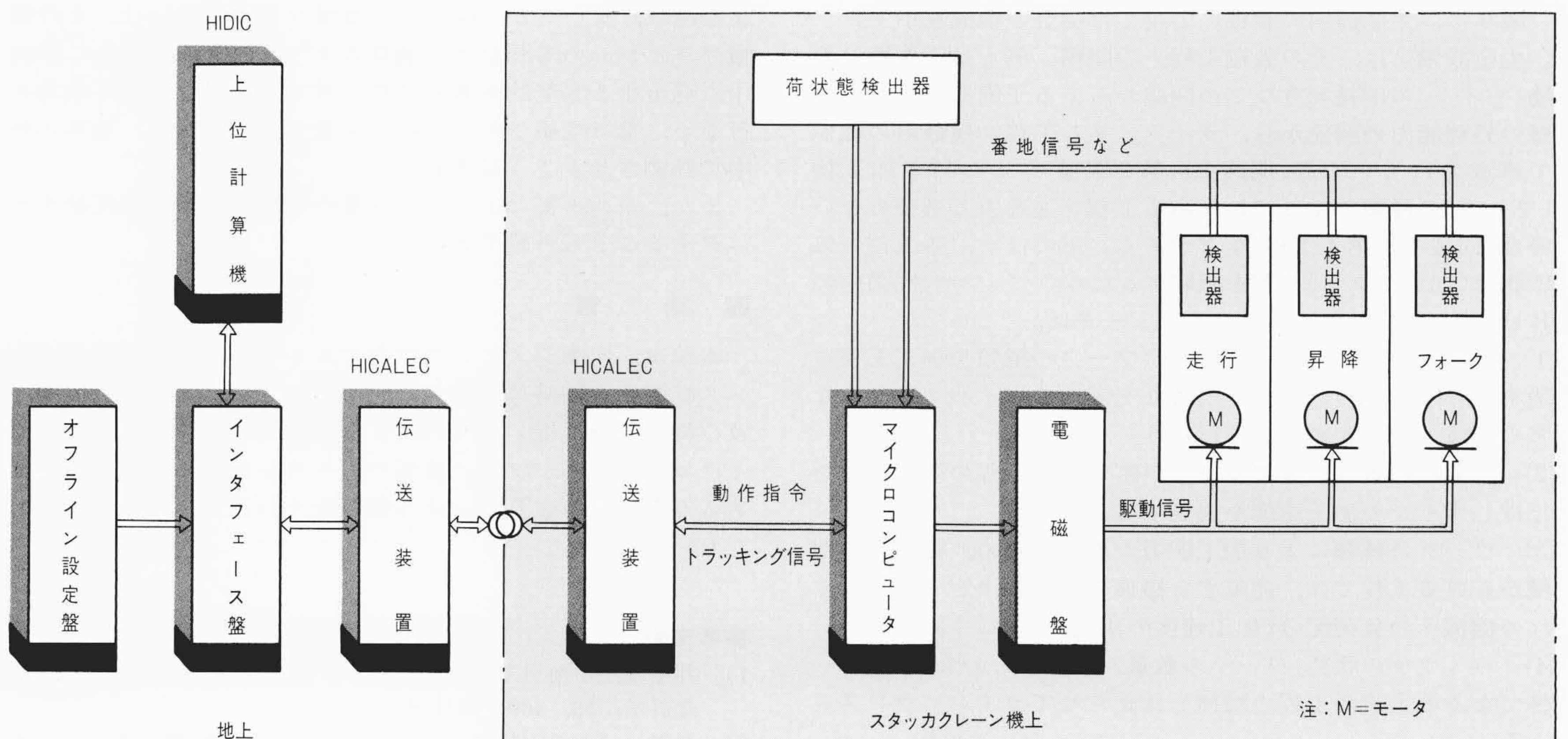
一般に、自動倉庫で品物を格納する場所を棚と呼んでいるが、その棚には個々に番地付けがなされている。スタッククレーンは、基本的に、ある棚への入庫動作、棚からの出庫動作及び棚から棚への棚間移動動作を行なうものである。スタッククレーンは、現在番地と、上位計算機あるいはオフライン設定盤から設定された行先番地や格納方式の指定により、移動方向及び速度の決定を行ない、目的の棚に移動して指定に応じた入出庫動作を行なう。

この際、移動方向の決定や減速などの制御は、現在番地と行先番地との大小比較や番地演算(加減算)によって行なわれる。従来、これらはリレーによるシーケンス回路と番地演算専用回路などのハードワイヤードロジック方式で行なっていた。しかし、その速度の決定、格納方法などの制御方式及び格納方式は、倉庫の大きさ、格納数量などによる機械の構成の違い、取り扱う品物の種類及び形状の違いによって、多種多様の仕様が要求されている。

そこで、このハードワイヤードロジックをマイクロコンピュータに置き替えることにより、プログラムの変更で多様な構成をもつ自動倉庫への適用を可能にしている。更に、大規模なシステムでは、上位計算機の負荷軽減やダウンに対する配慮として、機能の分散化が進められ、制御内容も高度かつ複雑になってきている現在、このような分野にマイクロコンピュータを応用することは、工数や仕様変更などに対する柔軟性の点からみて極めて有効である。その他にも、従来のリレーシーケンスでは実現できなかった各種異常状態の監視や合理性のチェックをも可能にしている。

6 自動生産ラインへの応用

大量生産を行なう自動生産ラインでの生産設備の稼働率の向上、及び高効率化は、企業経営で非常に重要なウェイトを



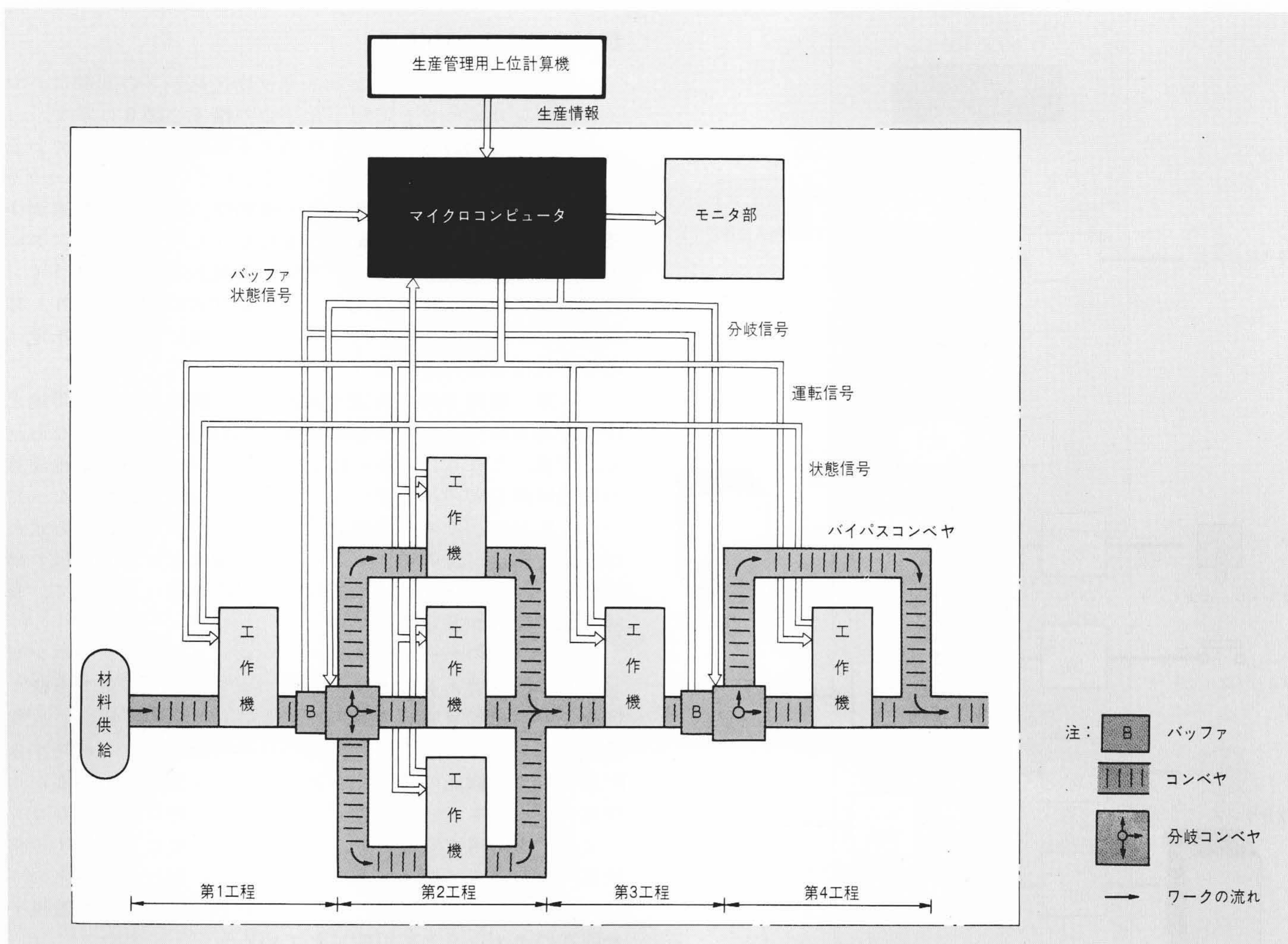


図9 自動生産ラインへの応用 マイクロコンピュータは、生産ラインの状況を把握し、常に最高効率でラインが稼働するように管理する。

もっている。そのため、設備のダウンや復旧などに対する処置は、迅速かつ正確であることが要求される。

図9に、生産設備の管理に応用した場合の構成を示す。

生産設備には、その製造工程上の問題、例えば工作機の刃物（バイト）の消耗頻度などの問題からくる予備機の設置や機械の処理能力の関係から、ラインのある工程が複数台の機械で構成されていたり（同図中の第2工程）、また対象加工物（ワーク）の種類によっては、ある工程を通過する必要のない場合（同図中の第4工程）などがある。そのほか、各工程の処理能力（加工タクト）の差を吸収するためのバッファ（同図中のB）などがある。マイクロコンピュータは、

- (1) 上位計算機からの生産情報（ワークの種類や加工工程に関する情報）により、ワークの流れを変えてバイパスさせるなどの分岐コンベヤの制御を行なう。
- (2) 各機械の状態信号により、ラインの各工程の処理能力を把握しラインの加工速度を決定する。
- (3) ワークの種類により加工能力が異なるため、複数台の機械から成る工程では、運転する機械の台数の決定と、それぞれの機械への負荷配分（加工速度の決定）を行なう。
- (4) バッファの状態（ワークの数量）を監視し、バッファが一杯になると上流の工程の機械を休止させてラインバランスをとる。
- (5) 複数台の機械から成る工程で、ある機械がダウンした場

合、その機械のラインからの切離し及び予備機への切替えと、それに応じた分岐コンベヤの制御をダイナミックに行なう。また逆に、ダウンから復帰した機械がある場合には、その機械のラインへの参画など、通常のラインの管理のほかに稼働中に発生する偶発的な異常状態に対する迅速な判断と処置を行ない、常に生産ラインの能力を最大限に生かし、最高の効率で稼働させるようにする。

また、モニタ部によって、設備の稼働状況や稼働実績をモニタすることも可能である。

7 結 言

本稿は、産業システムの特徴であるプロセス制御とシーケンス制御とを同時に処理するマイクロコンピュータの概要、及び従来技術に近い形で利用する方法について解説した。マイクロコンピュータは、産業のあらゆる分野に応用が可能であるが、今後もよりいっそう使いやすいシステム作りに努力したいと考える。

参考文献

- 1) 井原ほか：河川及び上水道における計算機制御システム，日立評論，58，469（昭51-6）
- 2) 長谷川ほか：化学プラントにおける計算機制御システム，日立評論，58，451（昭51-6）