

マイクロコンピュータの計装システムへの応用

Application of Microcomputers to Process Control Systems

「日立ユニtrolΣシリーズ」は、従来の電子式工業計器と新たに導入したマイクロコンピュータとを使用し、総合的な計装システムとして構成した計測制御装置である。

この中でマイクロコンピュータは、高度な機能をもっている集合計器として独立して使用されるほか、通信機能を活用し、相互、又は上位の制御用計算機と結合して、階層的な制御システムを構成する中核として使用される。

本稿では、「日立ユニtrolΣシリーズ」に使用されるマイクロコンピュータと、その応用例について紹介する。

石田正浩*
横川信幸*
田崎春二*

Ishida Masahiro
Yokokawa Nobuyuki
Tasaki Syunji

1 緒 言

マイクロコンピュータ技術の飛躍的な進歩は、プロセスの計装制御システムに大きな変化をもたらした¹⁾。マイクロコンピュータによる分散形の計装制御システムは、従来の個々の演算器や調節計などによるアナログ計装の機能の限界を超えるものとして、また制御用計算機による集中形の制御方式の欠点を補うものとして、その用途は急速に広がりつつある。

「日立ユニtrolΣシリーズ」^{2),3)}はマイクロコンピュータを1台の集合計器として用い、これを分散配置し互いに通信回線で結合して、計装制御システムを構成するものである。

この集合計器は、単にアナログ計器の集合体にとどまらず、高級な制御機能をもち、また、アナログ制御の機能だけでは

なく、シーケンス制御の機能も併せもつ集約された計測制御装置である。

ソフトウェアは、通常のコンピュータのソフトウェアと異なり、新たに開発された専用の制御用言語Softless Controller(以下、SLCと略す)を用いることにより、計装エンジニアが従来の制御用機器を扱うときと同様な方法で容易に制御系の記述、変更が可能な構成である。

2 DSC-23形マイクロコンピュータ

「日立ユニtrolΣシリーズ」のデジタル制御部として使用するDSC-23形マイクロコンピュータの概要を表1に示す。本機は、中央処理装置、主記憶装置、デバイスカード及び電源がコンパクトに一筐体内に実装されており、従来の盤計器と同等の設置条件で運転することができる。

機能として、乗除算演算のファームウェアによる高速化、強力なオペレーティングシステムによる速い応答、計装システム用に開発されたSLCによる容易なプログラミングなどの特長をもち、また、命令体系が制御用計算機HIDIC 80と統一されているため、一貫した大規模計装制御システムの構成も容易である。

3 「日立ユニtrolΣシリーズ」

「日立ユニtrolΣシリーズ」は、従来のアナログ計器も包含する新しい計測制御システムであるが、ここではマイクロコンピュータを中核とするデジタル制御について述べる。

3.1 制 御 性

- (1) Direct Digital Control(以下、DDCと略す)
- 従来から、アナログ計器で行なわれてきた制御方式のほか
- にアナログ演算の機能を超越する、より高級な制御機能として、
- (a) 演算パラメータの自動変更
- (b) 非線形制御、サンプル値制御
- (c) 任意伝達関数法
- などの制御を行なうことができ、更に特殊な機能が要求される場合には、新たな演算アルゴリズムをブロックとして追加することにより、容易に機能の拡張が可能である。
- (2) DDCとシーケンス制御
- 特に、バッチプロセスの制御では、DDCとともにシーケ

表1 DSC-23形マイクロコンピュータの仕様 中央処理装置、記憶装置、電源及びデバイスカードを一体化し、コンパクトに実装した高速高性能の処理装置である。

項 目		仕 様
主記憶装置	語 長	16ビット
	容 量	16, 32K語
	サイクルタイム	1.4μs
演 算 部	命 令 数	基本 47
	演算レジスタ	2
	ベースレジスタ	3
	インデックスレジスタ	3
	アドレス修飾	二重修飾機能あり
演算時間	加 算	3.5μs
	乗 算	30μs
	除 算	40μs
入出力制御	転 送 速 度(DMA)	400K語/s
	〃 (PCMA)	2 K語/s
	入出力装置数	64
割 込	レ ベ ル 数	2
	要 因 判 定	ベクタリング(ハードウェアによる)

注：DMA=Direct Memory Access
PCMA=Processor Controlled Memory Access

* 日立製作所那珂工場

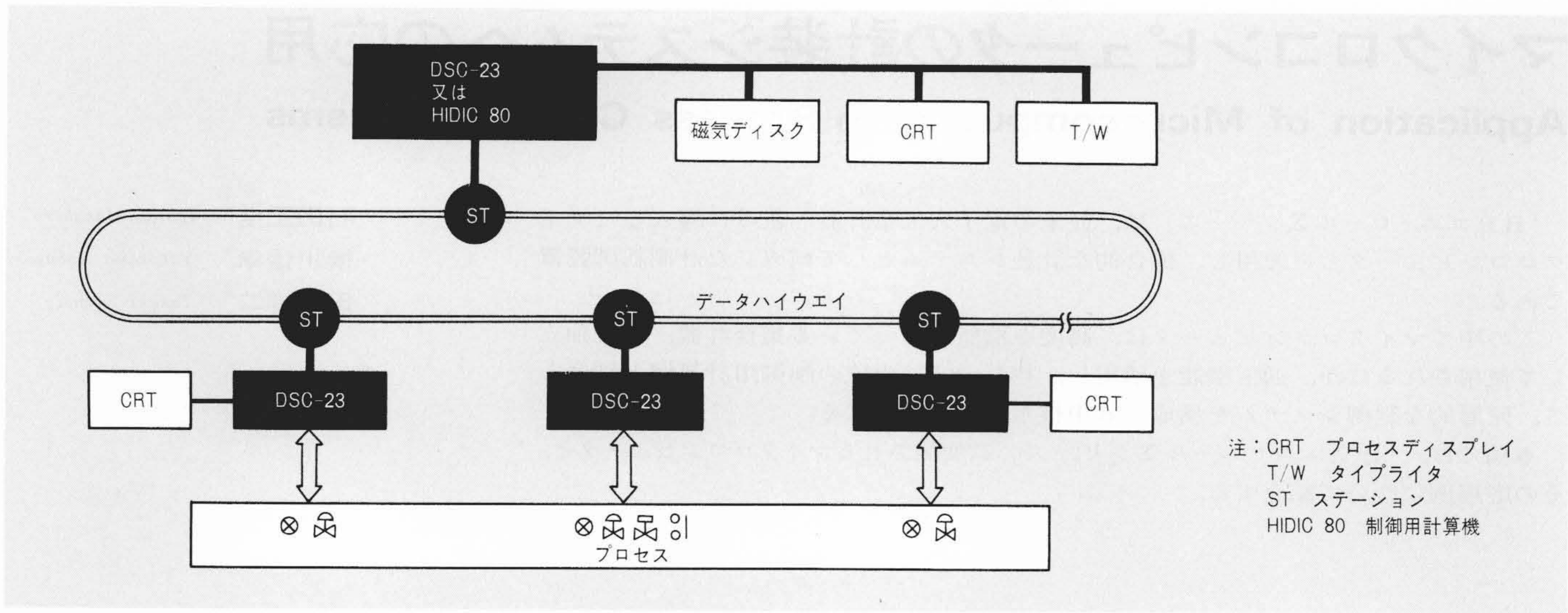


図1 分散形DDCシステム 複数台のDSC-23形マイクロコンピュータがデータハイウェイにより相互にデータ交換を行なうことができる。

ンス制御を行なう必要がある。DSC-23形マイクロコンピュータは、同一の機器でDDCとシーケンス制御とを同時に処理できるので、危険分散の観点からプロセスを主体に制御系を区分することができ、計装制御システムの理想的な分散化を図ることができる。

3.2 運転操作方式

運転操作方式には、アナログオペレーション方式と、コンソールオペレーション方式が用意されている。

(1) アナログオペレーション方式

従来の調節計の演算部をマイクロコンピュータに移したもので、操作表示部はアナログ計器と同一である。そのため、アナログ計器と混在して使用する場合にも、アナログ計器と同一の操作で対応でき、運転員に違和感を与えることがない。

(2) コンソールオペレーション方式

操作表示部をオペレータズコンソールに集約した方式で、CRT (Cathode Ray Tube) 使用の高度な表示機能により、より高度な運転管理を行なうことができる。

3.3 信頼性・保守性・安全性

(1) 危険分散

マイクロコンピュータは、1台当たり最大32ループとし、スタンドアロン構成であるため、相互干渉がなく、万一の障害時にも故障の局所化が可能である。他方、相互のデータ交換などのために、データハイウェイが用意されており、階層構成のトータルコントロールシステムを容易に実現することができる。一例を図1に示す。

(2) 信頼性と安全性

厳重な品質管理、使用部品のディレーティング、SLCによるバグの入りにくいソフトウェアなどにより高い信頼性を、また、ループコントローラ概念を導入し、ループごとの入出力、電源を絶縁し、更にCRT用高圧バリヤを含む本質安全方式により高い安全性を確保している。

(3) 故障診断

マイクロコンピュータの機能を有効に活用することにより、充実した故障診断を行なうことができる。

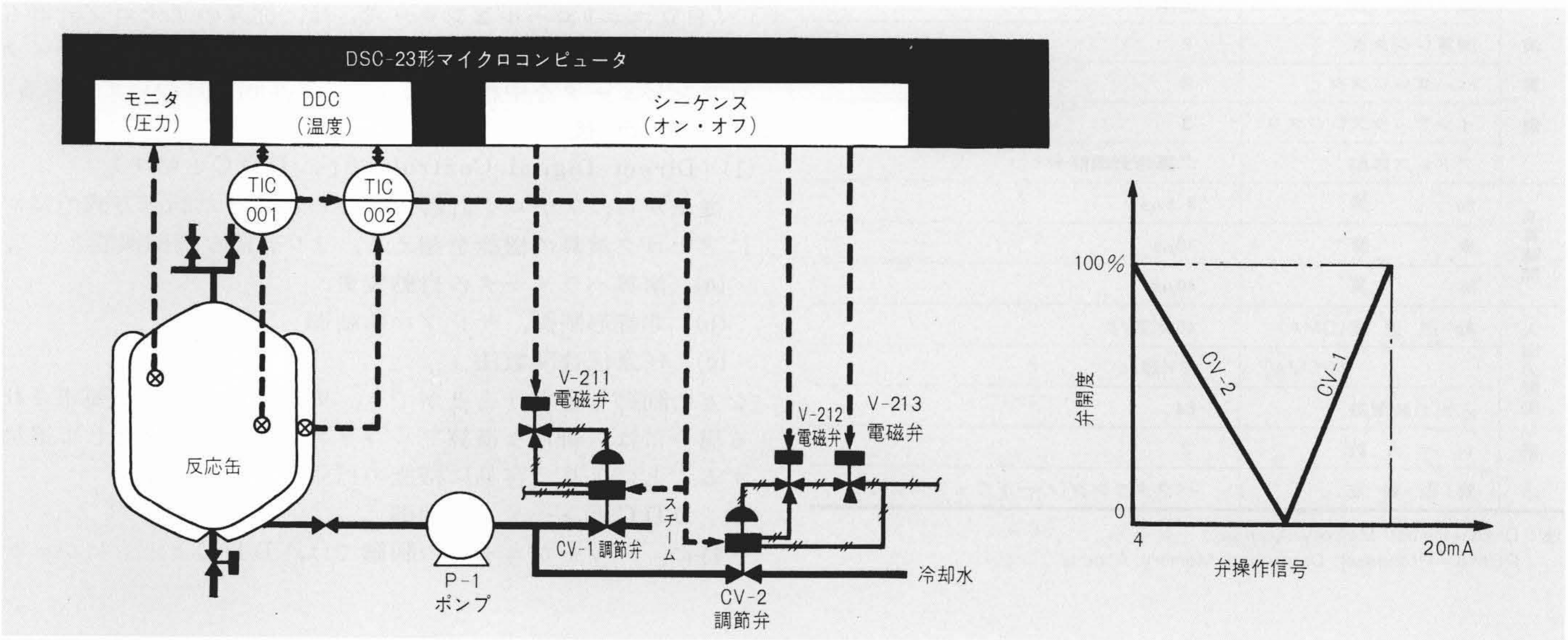
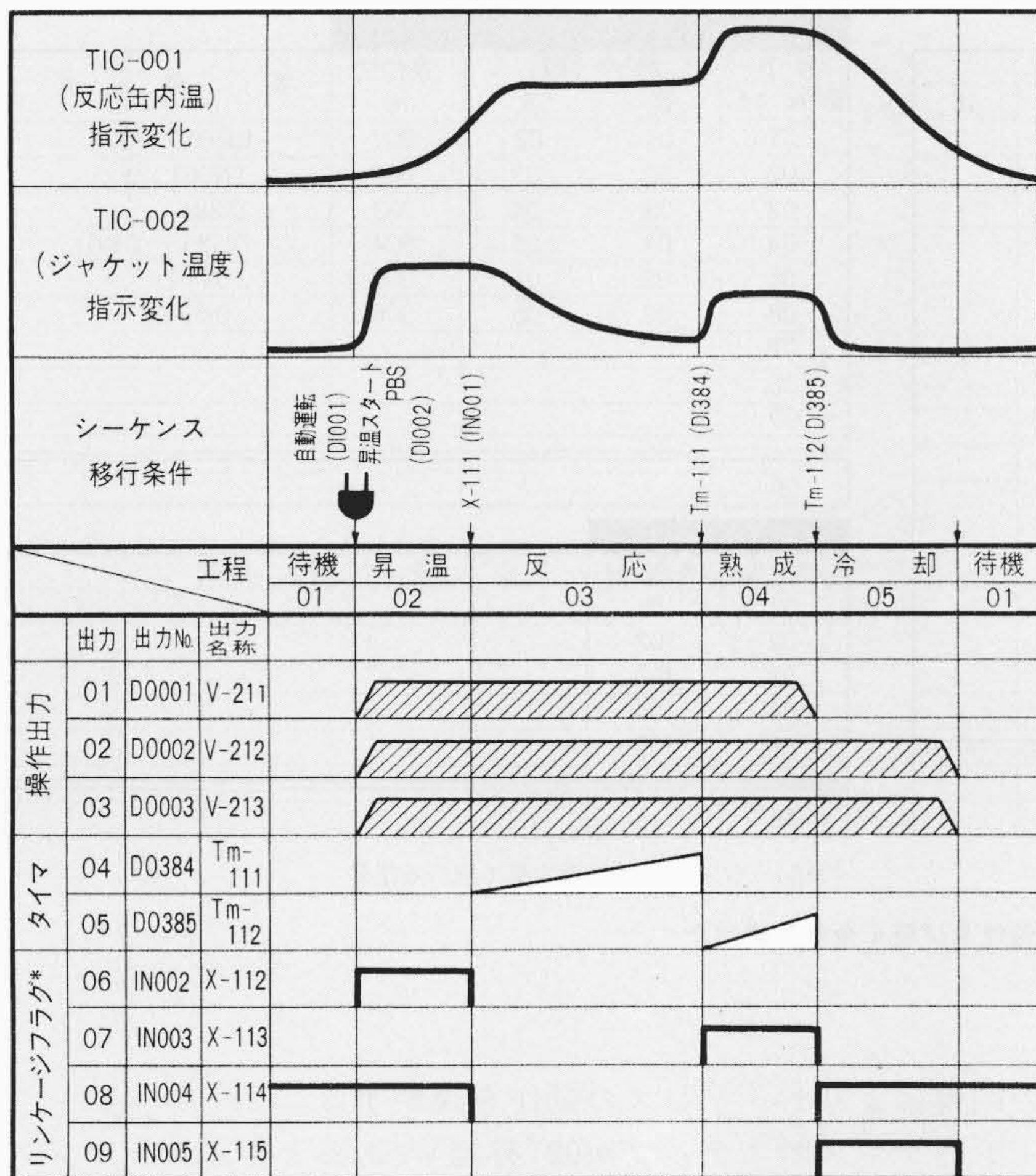


図2 計装フローシート 反応缶の計装フローシートと調節弁の弁開度特性を示す。



注：*リンケージフラグ シーケンス制御とDDCとの接続信号

図3 タイムチャート 昇温スタート信号により、昇温から待機ステップまで自動運転される。

(a) オフライン診断

テストプログラム、プロセス入出力装置(PI/O)テストにより、動作の診断を行ない、診断結果はデータタイプライタ(ASR)、PI/Oテストに表示される。

(b) オンライン診断

ウォッチドグタイマ、パリティ、アドレス、タイムアウトなどのチェック、Read after Write、強制ON-OFFチェックなどの方式により、常時監視を行ない、異常時には、オペレータズコンソールに警報表示するとともに、PI/Oなど個別パッケージについては表示灯により故障位置の表示を行なう。

4 バッチプロセス制御への適用

「日立ユニtrol Σシリーズ」の適用例として、バッチプロセスの制御で順調に稼動している制御システムの一部を引用して説明する。

一般にバッチプロセスにおいては、アナログ制御、シーケンス制御及びこれらの結合が制御機能の中心となる。

本プロセスは、原料と触媒を反応缶へ仕込んだ後、昇温・反応・熟成・冷却の各ステップを経て生成物を抜き出し、1バッチを終了するバッチプロセスで、製品の種類によって反応缶内温制御ループの設定値変更及び制御モード切換えが必要である。図2に計装フローシートを、図3にタイムチャートを示す。

4.1 DDC

DDCの処理内容は、アナログ計器に対応する演算アルゴリズムブロックの組合せで定められる。演算アルゴリズムブロックは、比例積分微分(PID)演算、警報設定などの機能ごとのプログラムモジュールであり、これは従来のアナログ計器の形式名に相当するものである。

SLCには約30種のアルゴリズムブロックが標準ソフトウェアとして用意されており、従来のアナログ計器と同様の考え方で制御ループを構成することができる。図4にSLC方式で記述した反応缶内温度をマスタとし、ジャケット温度をスレイブとするカスケード制御ループを示す。本ループでの

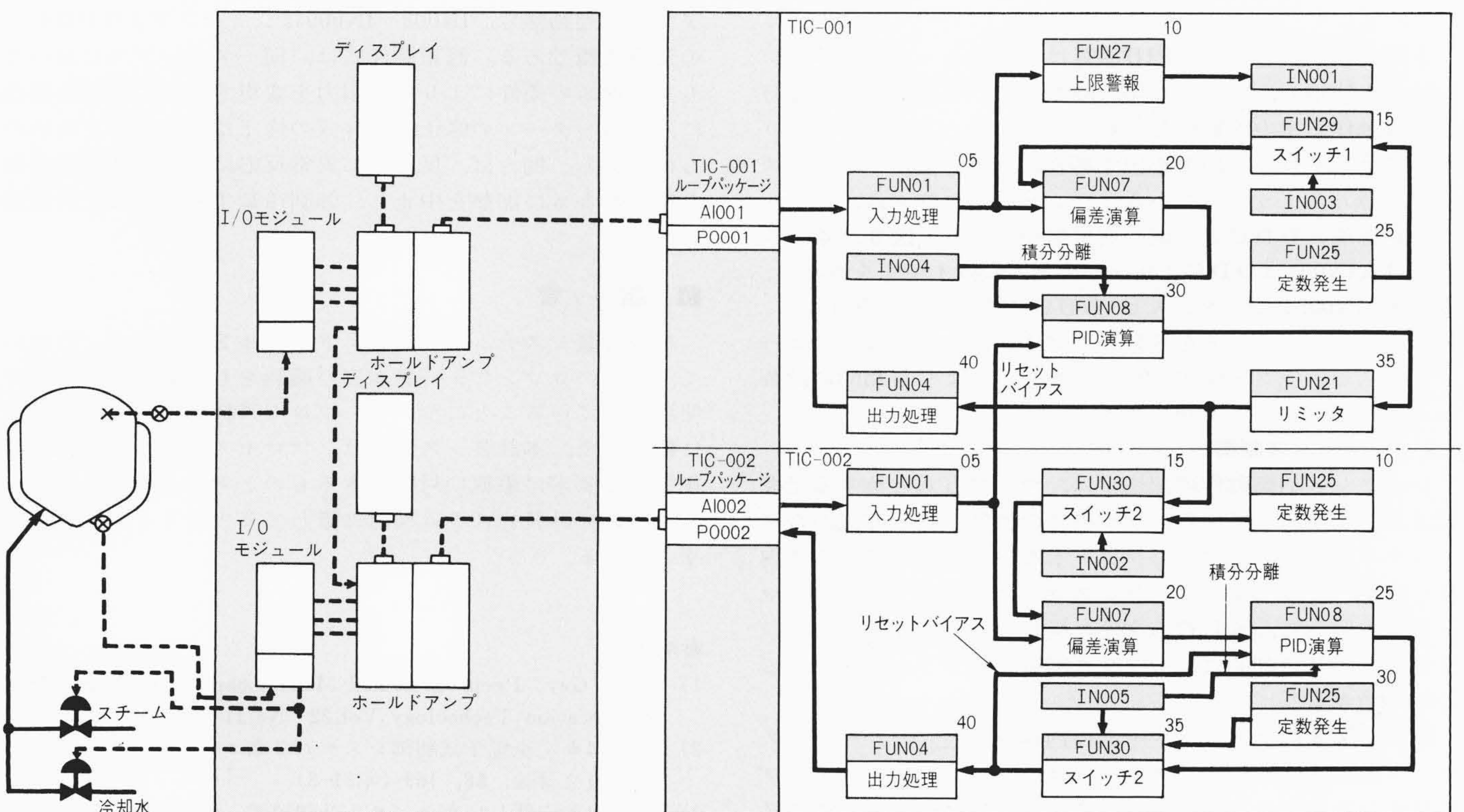
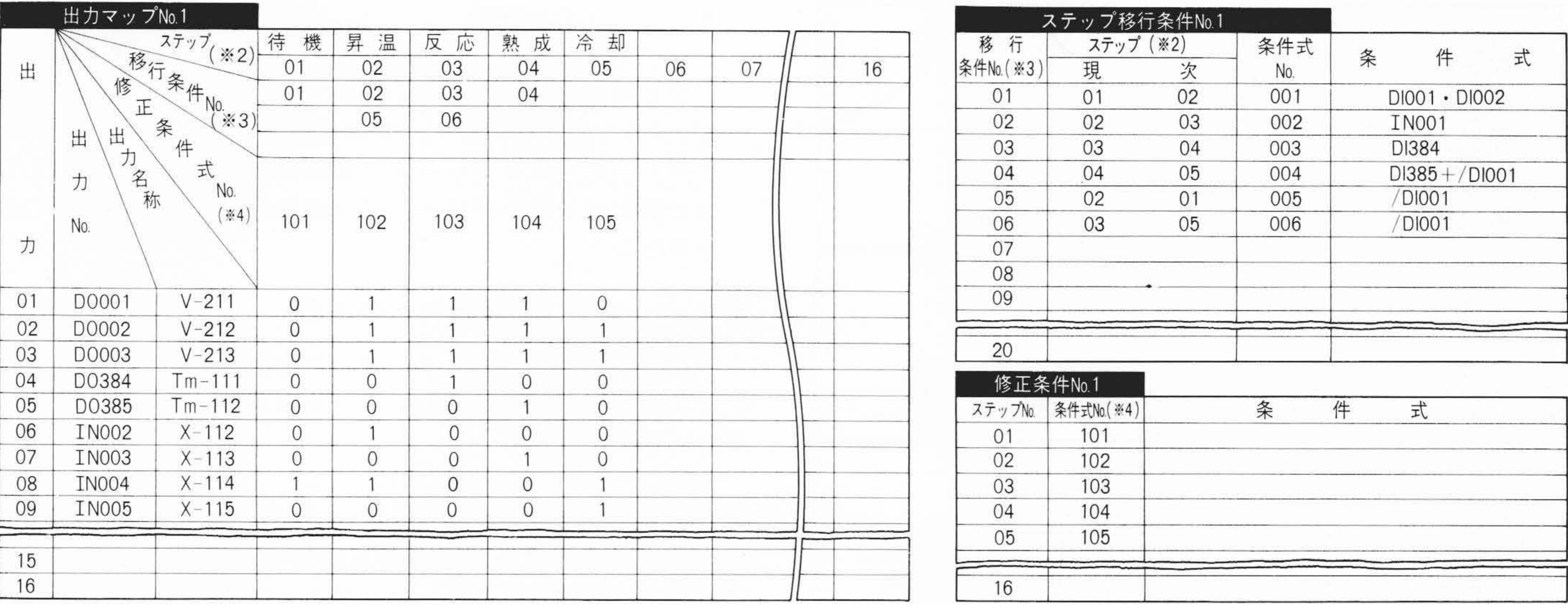


図4 DDCループスケッチ DDC演算ブロックは、従来のアナログ計器と対応する。



(※5) シーケンス演算内部で用いる信号

図5 シーケンスマップ シーケンスマップは、出力マップ、シーケンス移行条件及び修正条件で構成される。

温度制御モードは、シーケンスのステップに対応し次のように分類される。

(1) 昇温ステップ……カスケードのマスタを切り離し、スレイブ単独の定値制御

リンテージフラグIN002がON(昇温中)は、スイッチモジュールによってカスケード開、すなわちスレイブ側の設定値は定値に切り替えられる。

(2) 反応、熟成ステップ……PIDカスケード制御
温度設定値はリンテージフラグIN003(熟成時ON)のパターンを条件とし、スイッチモジュールにより反応温度設定値、又は熟成温度設定値が選択される。

(3) 冷却ステップ……PID制御を停止し、強制冷却
リンテージフラグIN005がON(冷却中)のとき、固定値が出力される。

上記の制御において、PID演算は外部リセット付PIDモジュールを使用し、ループが切り離されている間、及び昇温時に積分動作で出力が飽和しないよう、また、スイッチを切り替えてコントロール出力を出す場合に、出力値がバンプレスに切り替わるようにしている。リンテージフラグは、シーケンス制御部とDDCとの間の交換情報であり、図3、4、5におけるIN001はDDCよりシーケンスに渡す情報を意味し、IN002～IN005はシーケンスよりDDCに渡す情報を意味する。図4のループスケッチをSLCの文法に従って機械的にコーディングしテープを作成すれば、SLCにより自動的に計装ループを構成することができる。

4.2 シーケンス制御

シーケンス制御動作の記述には、マップ方式と称する空欄記述方法を使用している。プロセスの特性と運転方式からタイムチャート、インタロックシートなどを作成して、その内容を書式に従ってまずシーケンスマップに転記する。そのマップを参照して、SLCの文法に従いテープを作成すれば、SLCにより自動的にシーケンス制御プログラムを作成することができる。

図5に図3のタイムチャートの内容を記述したシーケンスマップを示す。シーケンスマップは、シーケンスのステップに対応した出力のパターン、次ステップに移行するために必要な条件などを一覧表に書き表わしたものである。本マップ

の内容によりシーケンスの動作を説明する。
シーケンスのステップが02(昇温)にあるとき、シーケンス処理移行条件No.02及び05に対応するステップ移行条件判定が行なわれる。すなわち、ステップ移行条件テーブルを参照して移行条件No.02(現ステップ02より次ステップ03への移行条件を示す)に対応する条件式No.002の条件の判定(IN001がONか?……反応缶内温度が規定値に達したか?)が行なわれる。条件成立のときはステップは03に移行し、不成立のときはもう一つの移行条件、条件式No.005に対応する条件の成立・不成立判定が行なわれる。どちらの条件も不成立であるときは、ステップは02にとどまり、ステップ02に対応する出力パターンが出力される。出力No.のDO001～DO003はシーケンスバルブ操作出力であり、DO384、DO385はソフトウェアタイマ起動信号、IN002～IN005はシーケンスよりDDCへの交換情報である。修正条件式は、同一ステップ内においてもプロセスの条件により操作出力を変更する必要がある場合に、出力パターンの修正、条件式の修正などを行なうためのものである。例えば、反応中に異常反応により温度が規定値を超えたときに加熱を中止し、強制冷却する場合などに適用される。

5 結 言

総合計装システム「日立ユニtrol Σシリーズ」において、マイクロコンピュータが高い機能をもつ集合計器として使用されていることについて、プロセス制御の応用例とともに紹介した。本計装システムは、プロセス制御の複雑化、高級化する要求に柔軟に対応できるものと考える。

本稿が、計装システム検討に際して多少なりとも役立てば幸いである。

参考文献

1) W. F. Guy : Preprogrammed Multi-Loop Controllers, Instrumentation Technology Vol.22 No.11 (1975)
2) 宮添ほか：全電子式制御システム日立ユニtrol Σシリーズ、日立評論、58、169 (昭51-3)
3) 佐藤ほか：新しいデジタル計測制御、日立評論、58、179 (昭51-3)