

プラント総合デジタル計装制御システム “HIACS-P10”の開発

Development of Integrated Digital Instrumentation and Control System “HIACS-P10”

デジタル計装システムへのニーズは、単にアナログ計装の置換ではなく、従来のアナログ計装では実現できなかった高い操作性、高度な制御性能を得ること、更に進んでその通信機能を生かし、工場のトータルFAシステムとの有機的な統合を図ることにある。このようなニーズを小規模なデジタル計装システムに対しても満足させるため、HIACS-P10システムを開発した。

本システムは、豊富なCRTマンマシン機能、より進んだ制御機能を持つとともに、電気制御・生産管理・工場統括管理の機能を自律分散アーキテクチャのもとに統合し、工場全体のトータルFAシステムとしての成長性を志向したものである。

宮本 章*	Akira Miyamoto
田所 秀之*	Hideyuki Tadokoro
佐藤 朝勝*	Tomokatsu Satô
三木 保**	Tamotsu Miki
瀬古沢照治***	Teruharu Sekozawa

1 緒 言

石油化学、合成繊維、培養、医薬品、上下水道プラントなどの装置産業では、高付加価値化、多品種中少量生産化が叫ばれており、PA(Process Automation)も生産管理、工場統括管理といったマネジメント機能との有機的な結合が必要である。そこで、プラント総合デジタル計装システムHIACS-P(Hitachi Integrated Autonomic Control System for Process Automation)シリーズを、トータルFAシステムのPAサブシステムをサポートするシステムとして開発した。本論文では、本シリーズの下位システムであるHIACS-P10システムについて述べる。本システムは、小規模なデジタル計装システムをカバーする。

2 HIACS-Pシステム開発の背景と基本方針

トータルFAシステム構成と、HIACS-Pシステムの位置づけを図1に示す。トータルFAシステムとは、経営管理から直接制御レベルまで有機的に結合され、システム全体の高効率化、経済性が問われるシステムである。HIACS-Pシステム(図2参照)は、主にPAプロセスに適用され、同一ネットワーク上に接続されたプロセスコンピュータとともにサブシステムの生産管理まで含めた機能を分担する。システム開発の基本方針を下記に示す。

- (1) 機能階層形自律分散システムアーキテクチャ
- (2) 電気、計装制御用コントローラのハード、ソフトの統一
- (3) プロセスコンピュータ(HIDIC)とデジタル計装システム(HIACS-P)のソフト言語の統一、及びデータベースの統合化

HIACS-P10はサポート規模が512タグ(計器や調節計の表記記号)、デジタル入出力が3,072点までの小規模プロセスであり、HIACS-P200は8,196タグ、デジタル入出力1万5,680点までの大規模プロセスをサポートする。以下では、HIACS-P10システムの特長と構成について述べる。

3 HIACS-P10システムの構成と特長

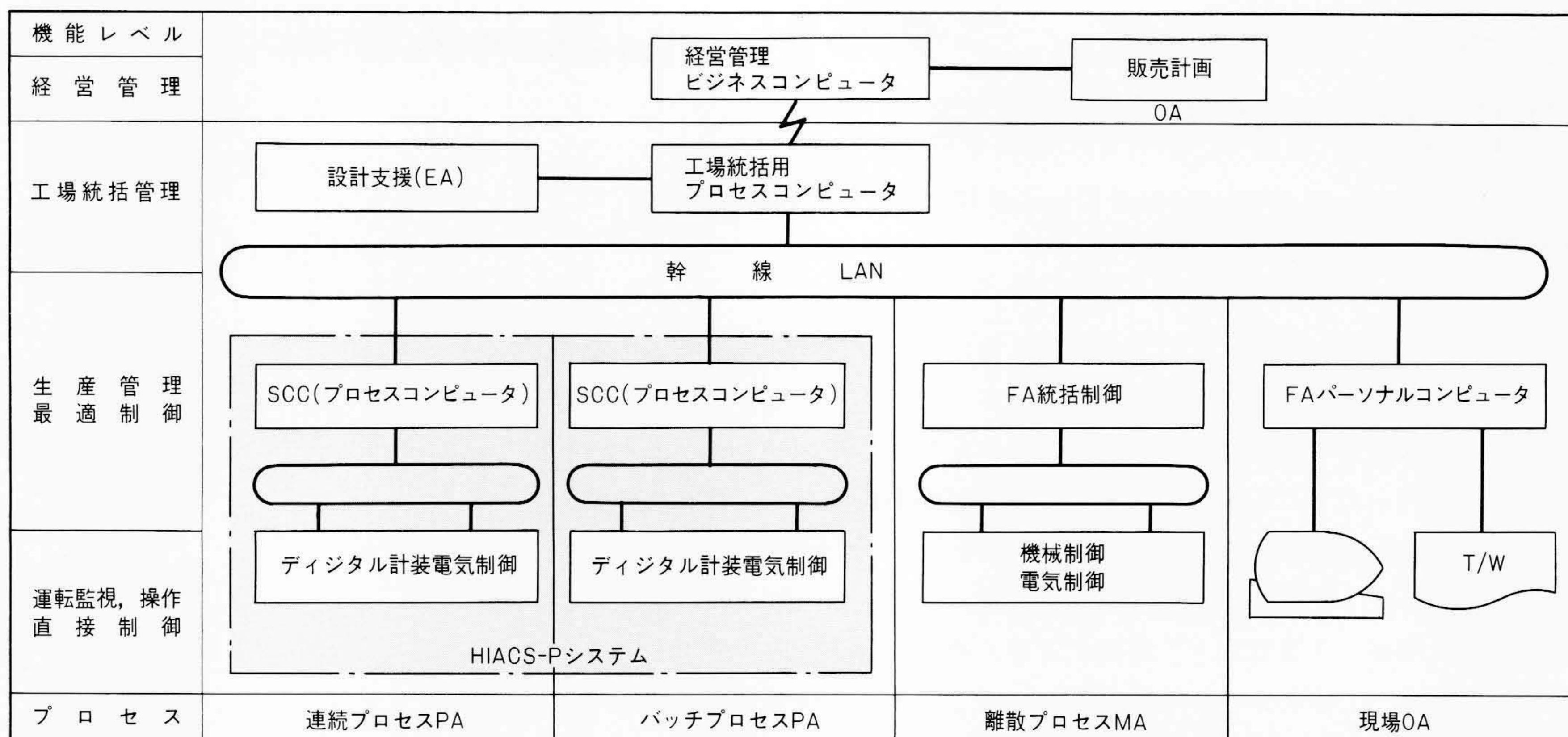
3.1 システムの構成

システム構成を図3に示す。上位には、CRT(Cathode Ray Tube)操作監視機POCS-P10、高度制御機能を分担するACU(Advanced Control Unit)、及び上位幹線LAN(Local Area Network)と接続するためのGWU(Gateway Unit)が配置される。下位には計装制御を行うPCU(Process Control Unit)や、電気制御を行うPLC(Programmable Logic Controller)が8台まで配置される(図4)。これらはCV-NETWORKで相互に接続される。本システムでは、従来別々の伝走路に接続されていた計装制御・電気制御コントローラが、同一のネットワーク上に接続され、POCS-P10から一元的に監視操作ができるのが大きな特長である。

3.2 自律分散アーキテクチャ

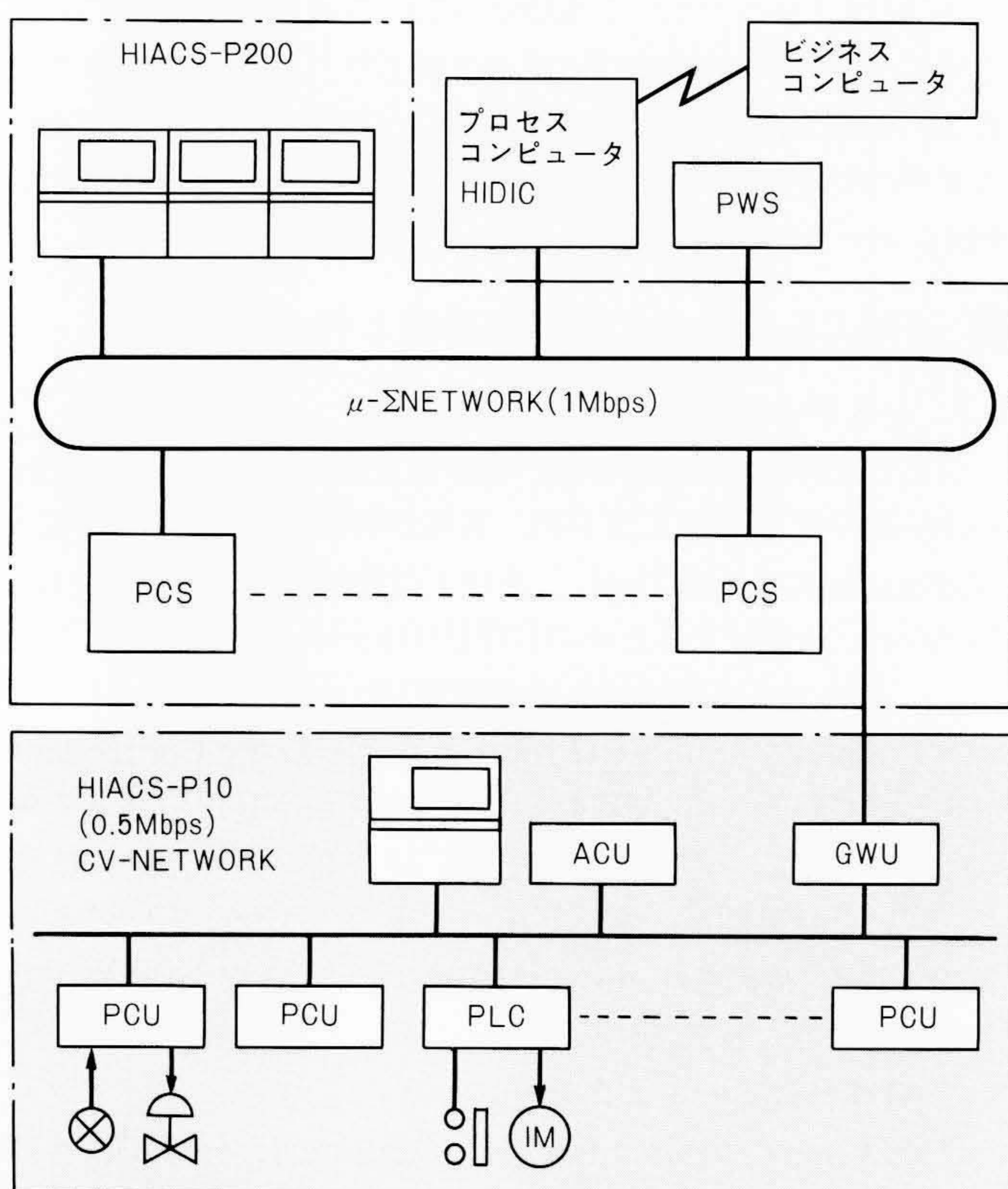
自律分散システムは、稼働中に拡張、改造、保守が容易にできる保全性と、部分故障を全体に波及させないフォールトトレランス性を備えている。システム概念を図5に示す。本システムでは、各要素を機能単位に分散し、機能要素間のデータ通信は、データフィールドとみなしたCV-NETWORKを通じて行う。すなわち、送信側はシステム全体で定義した

* 日立製作所大みか工場 ** 日立製作所機電事業本部 *** 日立製作所システム開発研究所



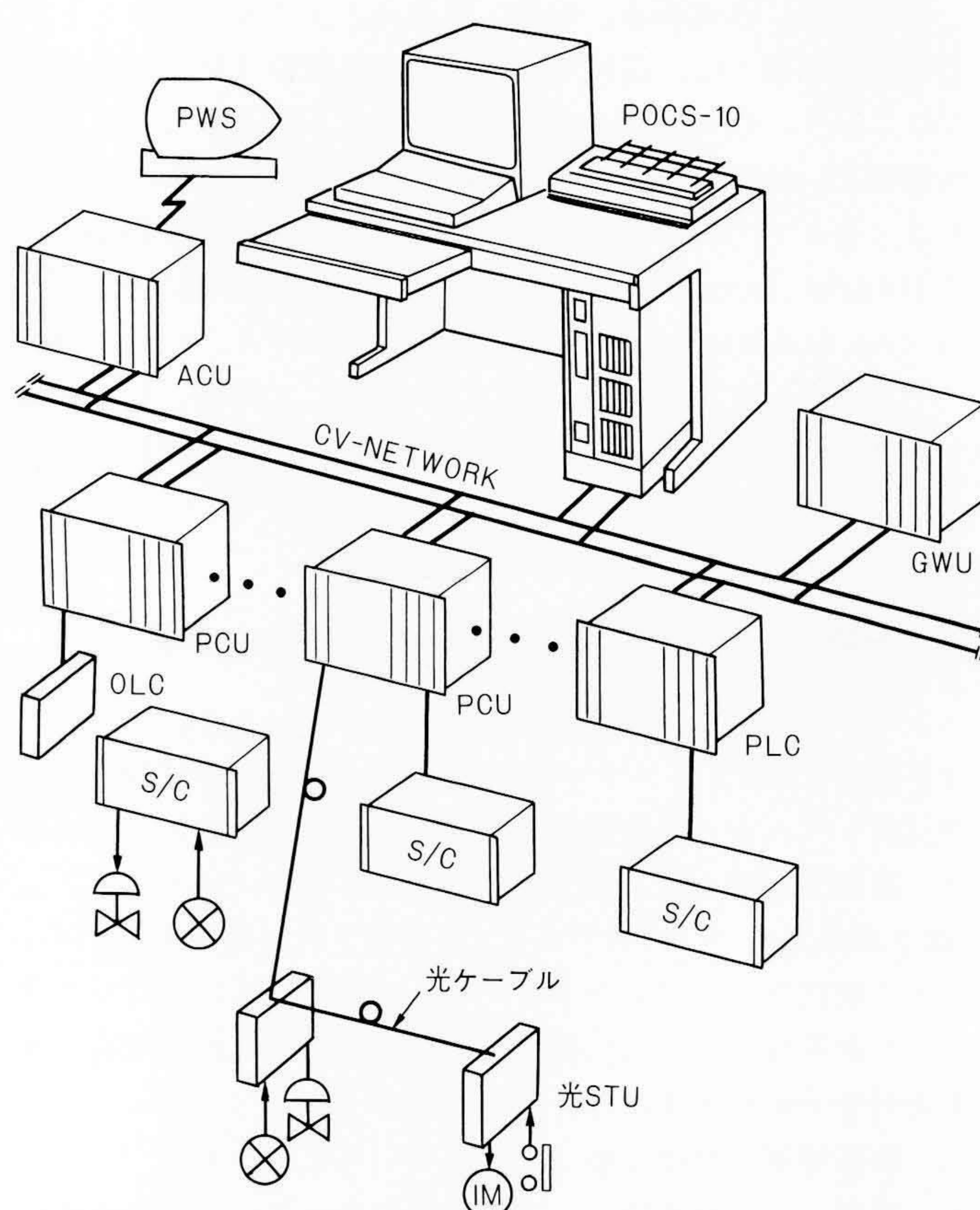
注：略語説明 OA(Office Automation), EA(Engineering Automation), SCC(Supervisory Computer Control), FA(Factory Automation)
PA(Process Automation), MA(Mechanical Automation), T/W(Typewriter)

図1 トータルFAシステム構成 生産プロセスは、連続、バッチプロセス及び離散プロセスから成り立っている。HIACS-Pシステムは、本図のPAシステムに該当する。



注：略語説明 PWS(Program Work Station)
PCS(Process Control Station)
ACU(Advanced Control Unit)
GWU(Gateway Unit)
PCU(Process Control Unit)
PLC(Programmable Logic Controller)
IM(誘導電動機)

図2 HIACS-Pシステム構成 中・大規模システムはHIACS-P200, 小規模システムはHIACS-P10で構成される。プロセスコンピュータ(HIDIC)とも同一ネットワーク上に接続される。



注：略語説明 OLC(One Loop Controller)
POCS-10(Process Operator Console-10)
STU{Signal Transfer Unit(Remote Process Input Output)}
S/C(信号変換器)
PWS(前出：プロセスノウハウルール編集)

図3 HIACS-P10システム構成図 マンマシンステーションとしてPOCS-10, コントローラとしてPCU(H-04M/F), ACU, GWにH-04M/Lを適用したシステム構成となっている。

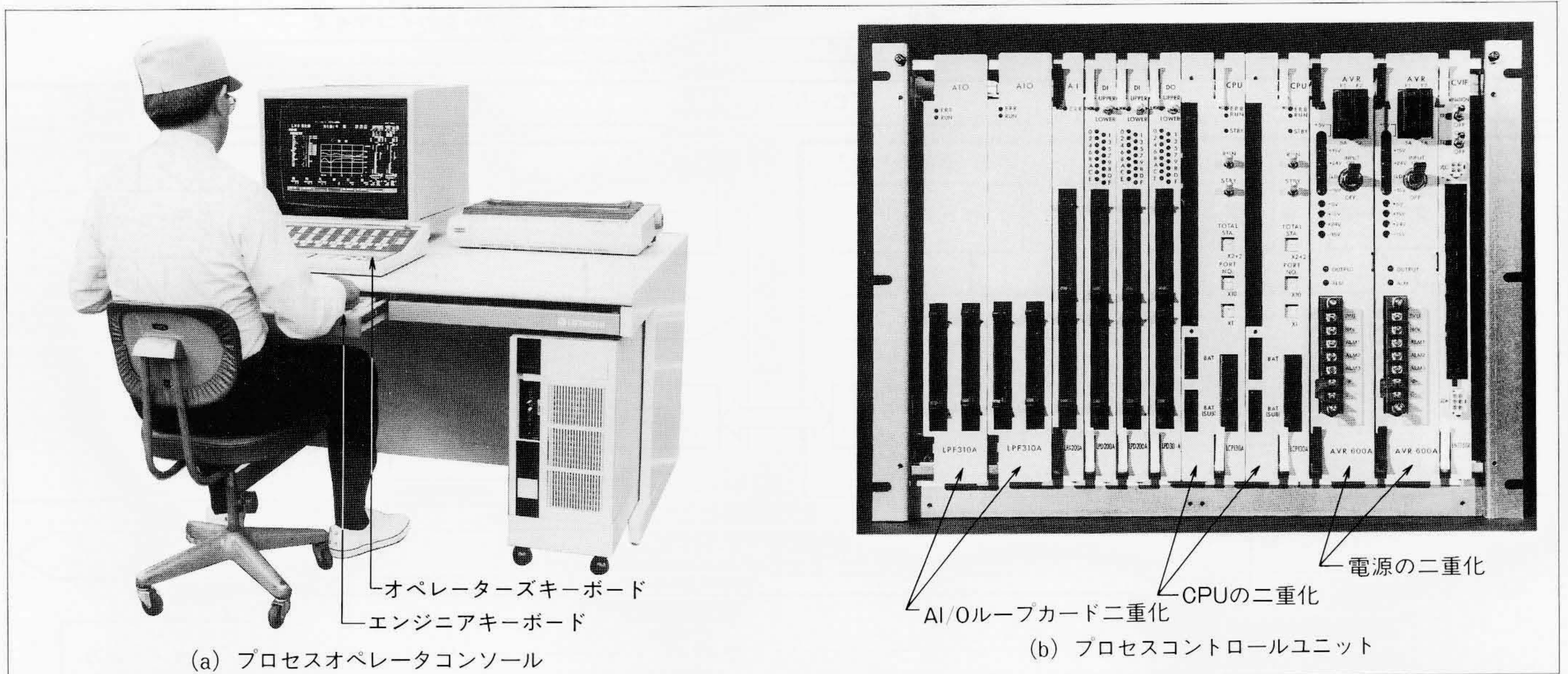


図4 プロセスオペレータコンソール及びプロセスコントロールユニット プロセスコントロールユニットは、電源、CPU、PI/O二重化構成が分かる。

FC(機能要素コード)をデータに付け、これをデータフィールド内に送信、巡回させる。各機能要素は、データフィールドを巡回するデータからFCで要、不要を判断し、選択受信する。したがって、送受信側が互いに相手を意識する必要がなくなり、機能要素間の独立性・平等性の高いシステムが構築できる。

3.3 高信頼化技術

HIACS-P10では、以下の方法でシステムの高信頼性を確保

している。

(1) 各構成要素の完全二重化

PCUのCPU(中央処理装置)、電源、メモリ、AI/O(Analog Input Output)ループカードの二重化、回線及び伝送制御装置の二重化を図っている。伝送制御装置は、すべての局が制御局になれるトークンパッシング方式を採用しているため、より信頼性を向上させている。

(2) 二重化ハードバンプレス切換方式

PCUは図6に示すように、プロセッサ、メモリ、伝送インタフェースが二重化されている。プラントに対してバンプレスに切り換えるため、本システムではホットスタンバイ、バックアップ方式を採用している。A系CPUはプロセスとの入出力を行い制御を実行するが、制御演算開始前に入力したプロセス入力値をB系CPUに伝送する。B系CPUは上記プロセス入力値の受信タイミングで、受信データをもとに制御演算を実行し、演算結果をメモリに退避する。この方式により、B系の制御演算結果は常時A系のそれに追従でき、A系→B系切換え時のバンプレス切換が容易である。

3.4 CRTオペレーションでの操作性重視

(1) 豊富な標準監視画面

標準監視画面は、DDC標準4画面、SEQ(シーケンス)標準4画面、トレンド画面(リアルタイム、ヒストリカル、イベント、ログの4種)、グラフィック画面、アラームサマリ画面、オペガイド画面などプラントの監視操作に最適な監視画面を標準で持っている。グラフィック画面例を図7に示す。

(2) ワンタッチオペレーション

標準監視画面の呼び出しは、全体監視レベルの画面から詳細レベルの画面を順に呼び出すトップダウン オペレーションを基本としているが、アラーム発生時の対応画面へのワンタッチの呼び出しは、画面最上段(集合警報表示部)に常時表示される最大16個の最新アラームに対応したソフトキーの操作によって可能にしている(ALARM JUMP機能)。

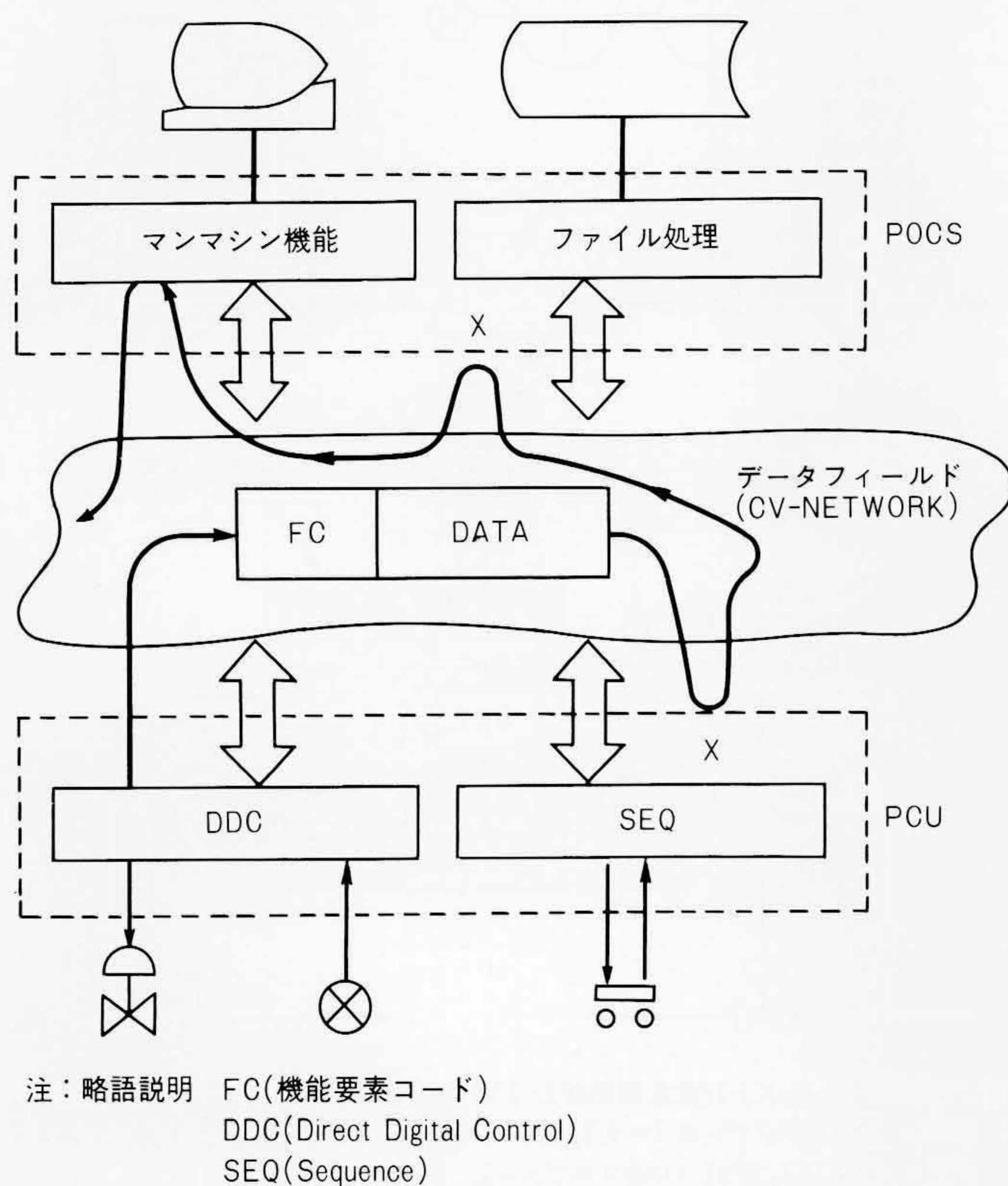


図5 自律分散アーキテクチャ 本例では、DDC機能要素がFC(機能要素コード)を付加して送出したデータが、データフィールドを巡回し、マンマシン機能要素がこれを選択・受信している。

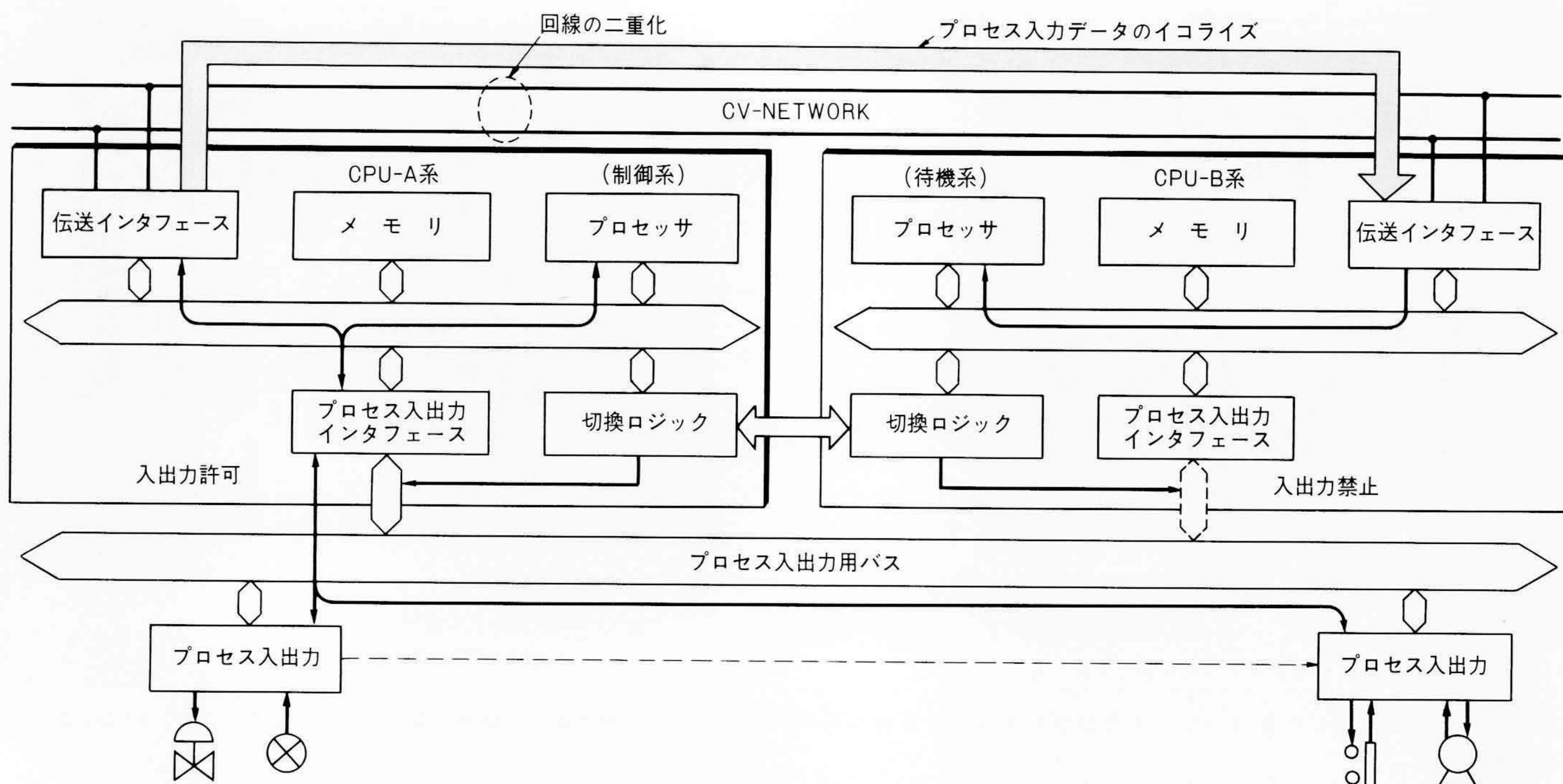


図6 CPU二重化システム CPU-Aは、プロセス入出力にアクセスし制御演算を実行する。CPU-Bは、NETWORK経由でプロセス入力を得て、制御演算を実行するプロセス出力は行わない。

(3) 32個のユーザーファンクションキー

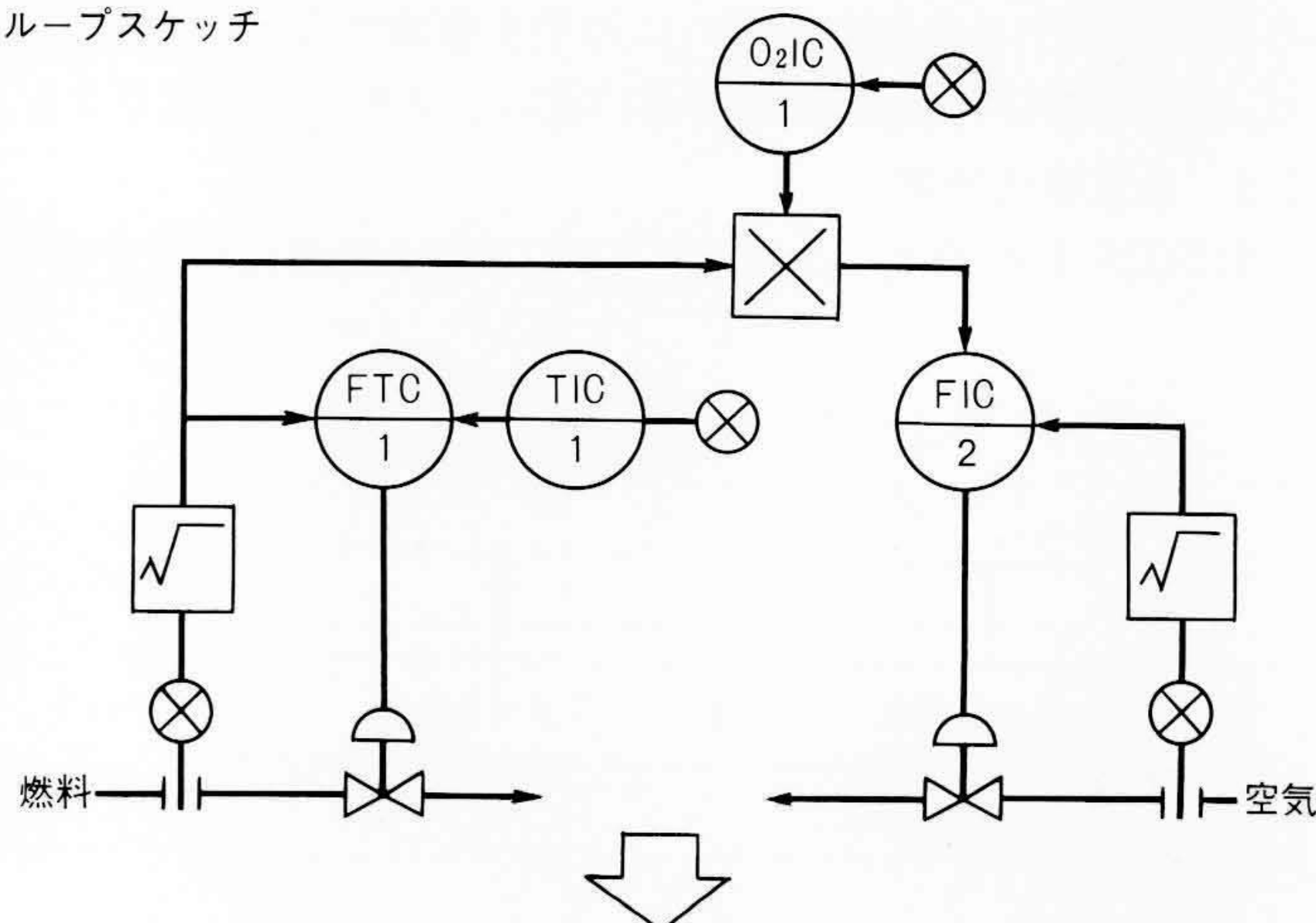
32個のLED(発光ダイオード)表示(アラーム表示)の付いたユーザーファンクションキーに任意の標準画面又はグラフィック画面を割り付けることによって、ワンタッチで目的の画面が呼び出せる。本機能により、故障発生時操作の迅速化を図っている。

3.5 DDC, シーケンス機能の強化

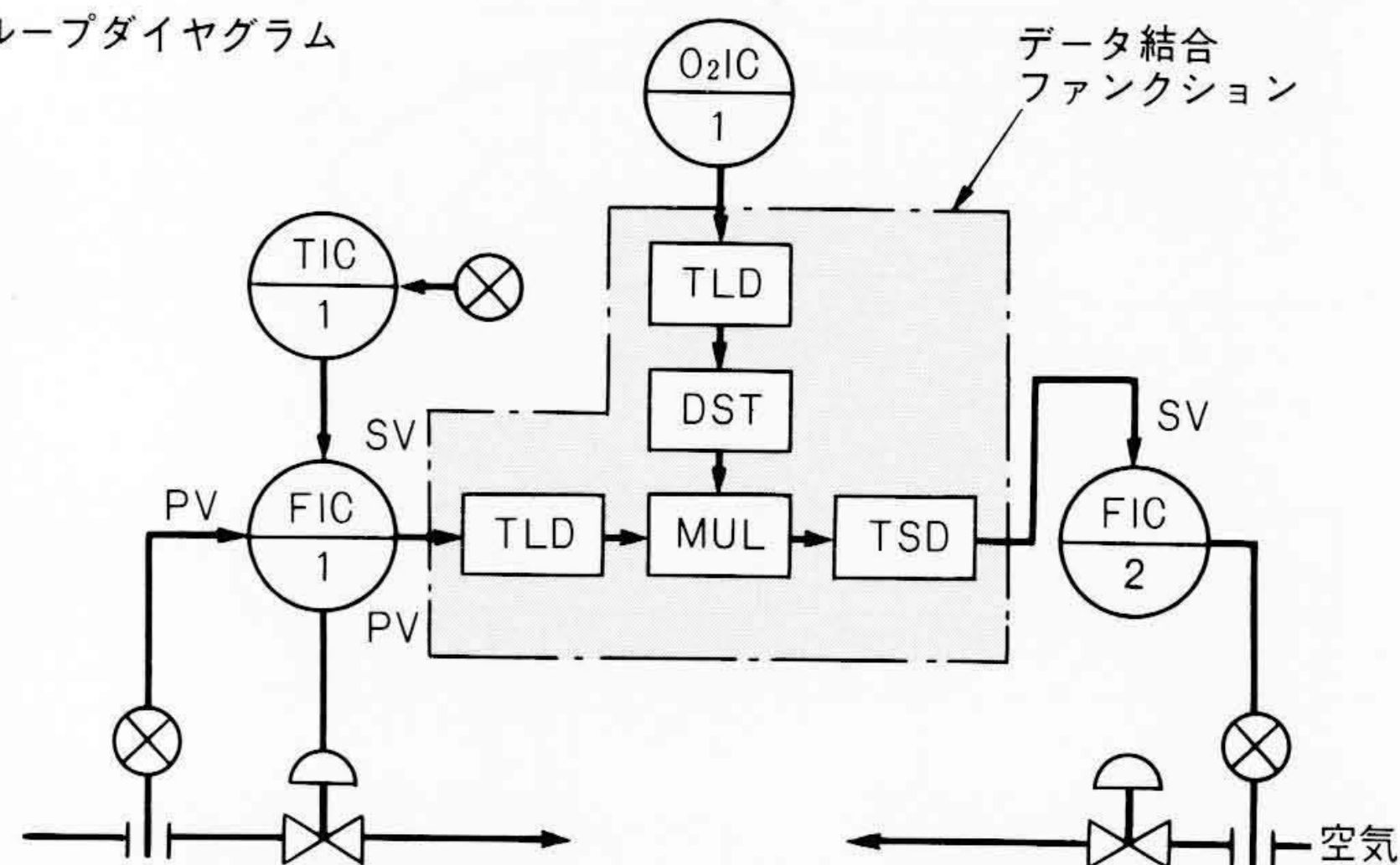
(1) DDC機能

DDCは、従来のアナログ工業計器のフローに慣れたユーザーに違和感なく使用してもらえるように、ループダイアグラム方式を採用している。図8にフローシートからループダイアグラムに変換した例を示す。ループダイアグラムは、従来

ループスケッチ



ループダイアグラム



注：略語説明 O₂IC(O₂指示調節計), FIC(流量指示調節計), TIC(温度指示調節計), TLD(タグデータリード), DST(データストア), MUL(乗算), TSD(タグデータストア), PV(プロセスバリュー), SV(セットバリュー)

図8 DDCプログラミング方式 ループスケッチからループダイアグラムに変換することによって、ループダイアグラムから直接プログラミングが可能である。

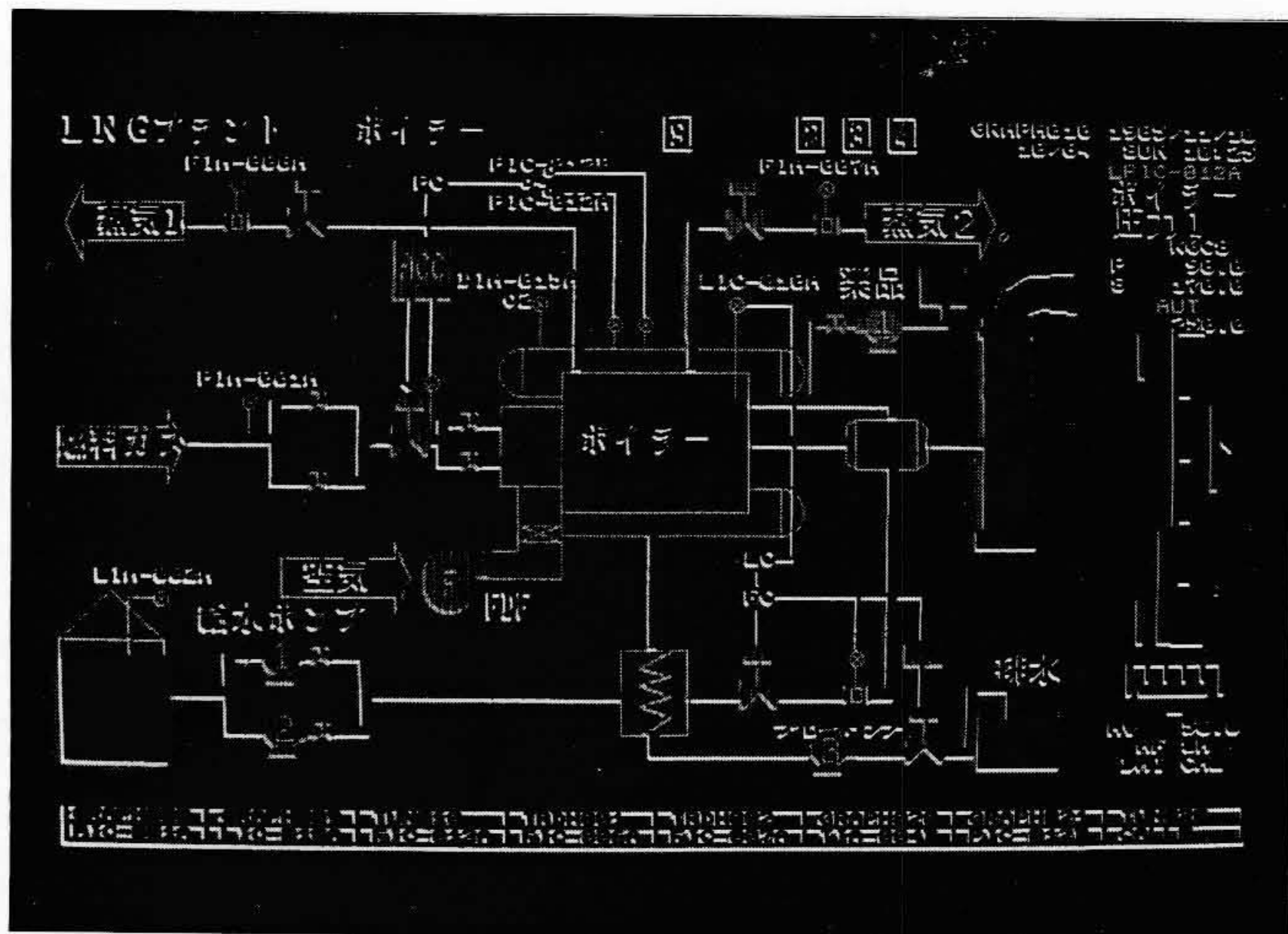


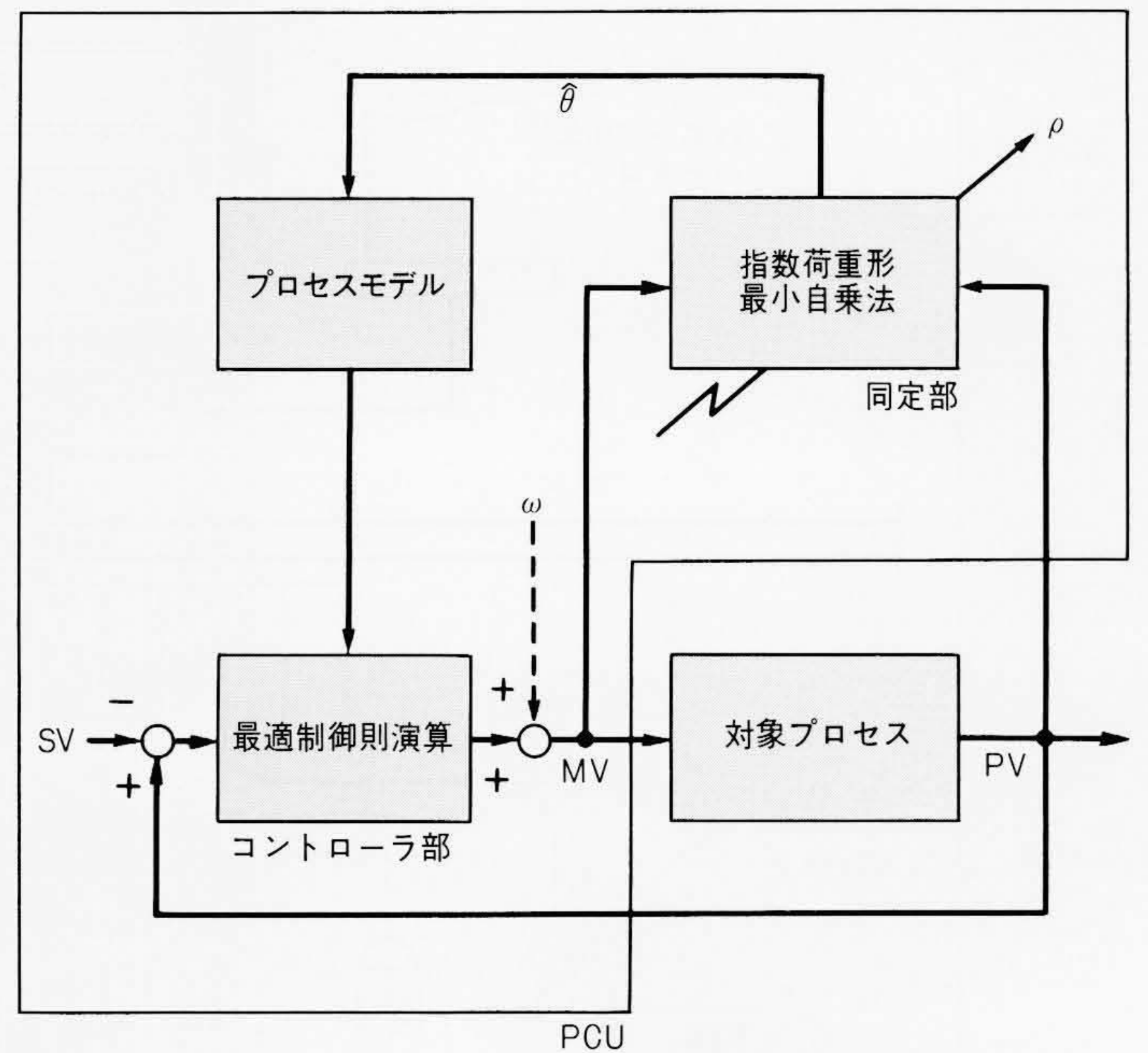
図7 グラフィック画面 プラントの状態監視及び計器表示エリア（画面右）で、タグの操作が可能である。

の計器をタグに置換させている。タグ間の結線に「データ結合ファンクション」を設けることによって、タグ間のデータ演算、ループ切換、選択などの機能を持たせている。ユーザーはフローシートに類似したループダイヤグラムから直接プログラミングが可能であり、複雑な制御系をも容易に構築できる。

(2) シーケンス制御機能

シーケンス制御機能を図9に示す。シーケンスは大きく分類して、常時実行シーケンスと工程歩進シーケンスに分けられる。前者は電気シーケンス及び故障監視のようなインタロックシーケンスに対応し、後者はバッチプロセスを代表とする計装システムに多い工程歩進シーケンスに対応する。工程歩進にはディシジョンテーブル+ロジックシーケンスを採用している。ディシジョンテーブルは、トップダウン構造を採用していること、ロジックシーケンスをサブルーチンとしての利用可能なことで、シーケンスプログラムの生産性、保守性を大幅に向上させている。更に、ディシジョンテーブルからDDCの起動・停止、カスケード要求、常時実行シーケンスとの信号授受、サブルーチンとして算術演算(簡易BASIC)、比較式などの起動ができるようになっており、複雑なロジックをも容易に構成できる。

以上述べたように、本シーケンス機能で電気シーケンス(常時実行シーケンス)、計装シーケンス(工程歩進)、DDC・演算



注：略語説明 SV(設定値), PV(測定値), MV(操作量), ρ (重み係数), $\hat{\theta}$ (推定プロセスパラメータ), ω (同定信号)

図10 アドバンス制御(STRによる。) 対象プロセスが時変系であることによる同定精度低下を防止を図るため、重み係数 ρ を適応的に変化させる指数荷重形最小自乗法による同定を行う。また、同定信号 ω は極力付加しない。

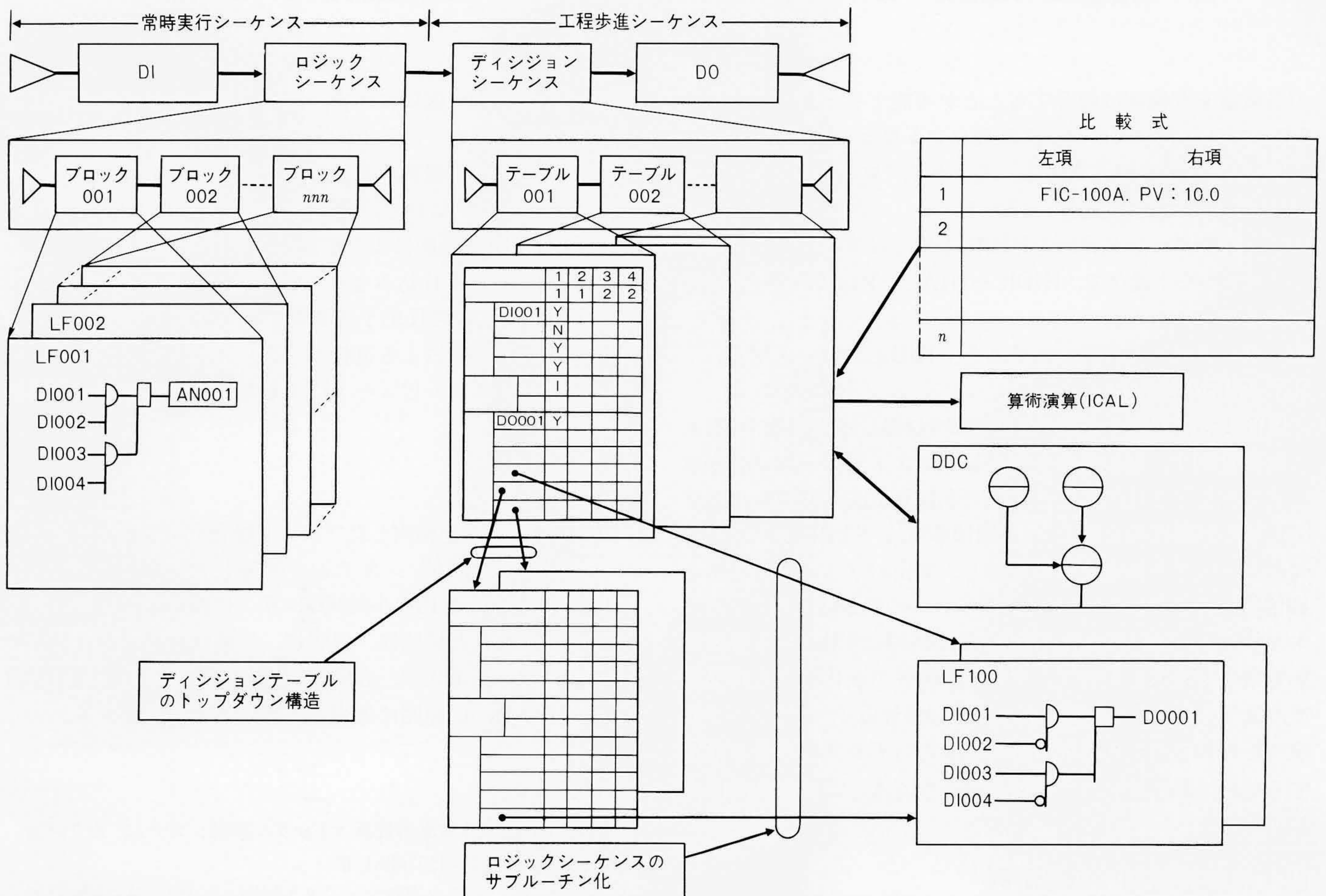


図9 シーケンス制御機能 常時実行、工程歩進シーケンスの分類及びシーケンスのトップダウン構造、柔軟性がよく分かる。

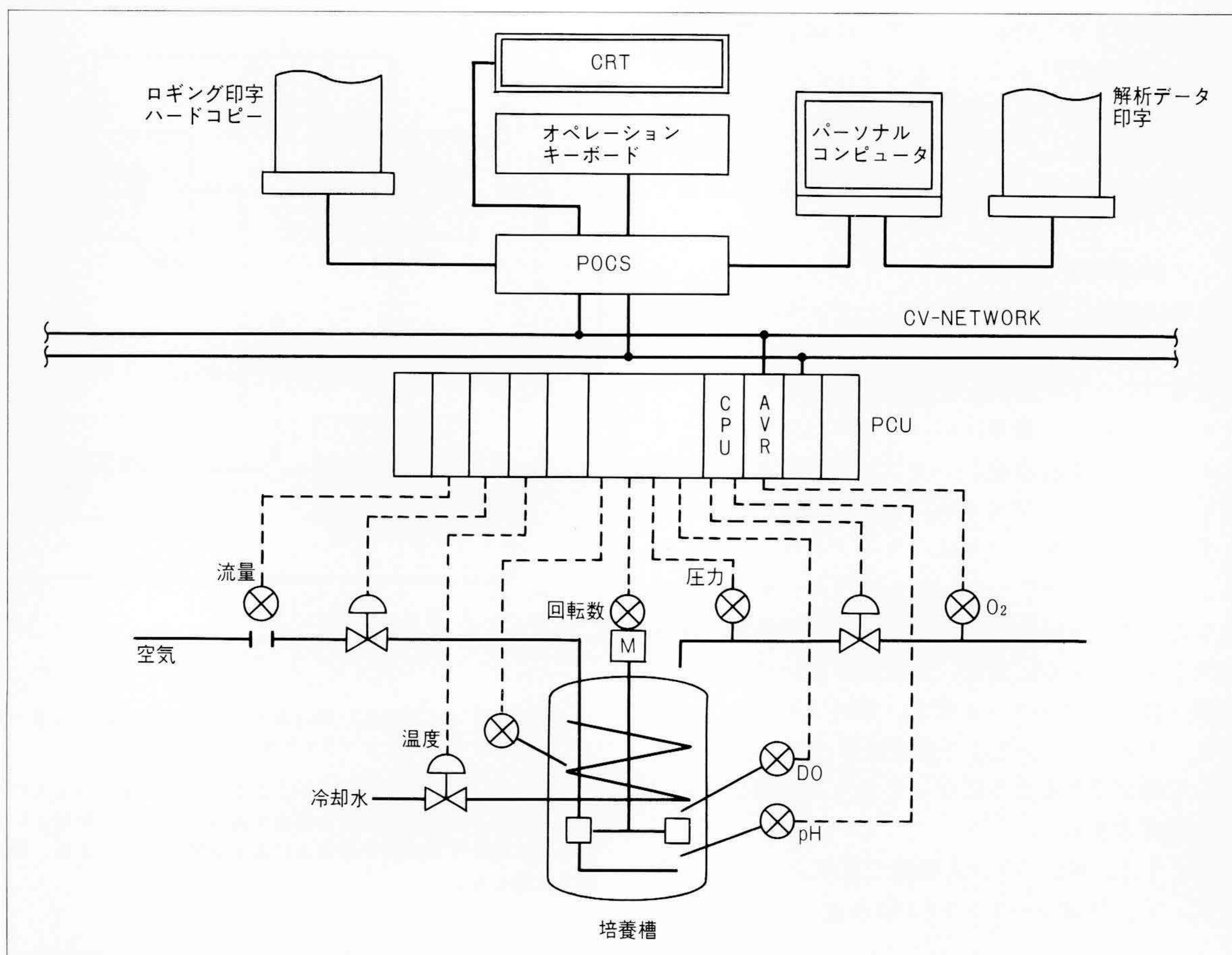


図11 培養槽制御への適用例 DDC, シーケンス制御, 反応予測演算, データ解析演算機能を備えたシステムを示す。

の各機能を有機的に統合することが可能となった。

3.6 プロセスコンピュータとのソフトウェアの統合

HIACS-P10システムでは、次の点でプロセスコンピュータ (HIDIC) との統合化を図っている。

- (1) プログラミング言語をHIDICと同一にする。
- (2) 機能コード通信で、HIDIC↔HIACS-P10間のデータ授受を統合する。
- (3) データベース管理システムを、HIDICと同一とする。

3.7 制御の高度化

PID(比例・積分・微分)演算制御では難しい時変系プロセスの制御性向上、運転条件変更などで生ずるチューニング作業の省力化などを目的としてSTR(Self-Tuning Regulator)による適応制御技術確立した(図10参照)。STRは、プロセスのパラメータを推定する同定部と、推定パラメータに基づき操作量を決定するコントローラ部の二つの部分に大別できる。本方式では、同定部に重み係数 ρ を適応的に変化させる指数荷重形最小自乗法を用いて、プロセス特性の変化による同定精度の低下を防止している。また、同定信号 ω は、パラメータ推定のためのものであるが、操作量に対し不必要な信号を重畳するため、操作量だけで同定ができなくなった場合だけに付加している。

4 培養槽制御への適用例

多様な機能を要求されるバッチプロセスを代表し、培養槽

制御への適用例を図11に示す。複雑な挙動を示す微生物反応を扱う培養槽制御システムには、DDC, シーケンス制御のほかに、反応の予測演算、運転データ解析演算を行う機能が必要とされる。これに対し、本例では次のように実現している。

- (1) PCUでDDC機能による培養反応条件の制御
- (2) PCUで殺菌、仕込みなどの自動化シーケンス制御
- (3) PCU/POCでの反応予測演算とデータ加工処理
- (4) ロギング機能による運転データ、メッセージの印字
- (5) パーソナルコンピュータによる運転及び実験データ解析演算処理

5 結 言

トータルFA化を指向したプラント総合ディジタル計装システム“HIACS-P10”システムを開発した。本システムは、HIACS-Pシリーズ内の小規模システムに該当し、自律分散を大きな特長とした拡張性、保守性、信頼性が高いシステムである。今後、石油化学、合成繊維、培養、医薬品、上下水道プラントなど、広範囲に適用されることが期待できる。

参考文献

- 1) 小特集 火力発電所最新ディジタル制御システム, 日立評論, 68, 6, 437~456(昭61-6)
- 2) 藤田, 外: 上下水道新ディジタル制御システム, 日立評論, 68, 9, 743~748(昭61-9)