

分散形デジタル計装システム 「ユニットロールEX-1000シリーズ」の開発

Distributed Digital Control System “Unitrol EX-1000 Series”

分散形デジタル計装システムは、プロセス産業の分野で着実に発展してきた。運転実績の増加に伴って、更に使いやすさの改善、自動化水準の向上と範囲の拡大、システム信頼性の向上などが強く望まれるようになった。一方、マイクロエレクトロニクス関連技術の長足の進歩によって、これらニーズを実現する道が開けた。

EX-1000シリーズは、これらのニーズにこたえて開発した分散形デジタル計装システムである。EX-1000シリーズは、統合オペレーションという新しい概念により、すべての制御対象を統一して扱うことができること、品種管理機能の強化によって、多品種生産プロセスの高水準の自動化が可能であること、全二重化構成により、高いシステム信頼性を確保できることなどの特長を持っている。

本稿では、システムの構成及び特長とする機能の基本的な考え方を中心に述べる。

小宮山茂雄* *Shigeo Komiyama*
横川信幸* *Nobuyuki Yokokawa*
本名孝男* *Takao Honmei*
山口敏夫* *Toshio Yamaguchi*
野里一七** *Kazuna Nozato*

1 緒言

分散形デジタル計装システムがプロセス計装の分野に登場して、今年で十年余りになる。この間の大きな変化として、オペレーションの変革を挙げることができる。従来の計装盤に代わり、CRT(Cathode Ray Tube)とキーボードによるオペレータコンソールがプロセス運転の中心となった。計測制御機能、性能の向上、それに伴って、従来は上位計算機でだけ実現されてきた機能が、徐々に計装システムに取り込まれるようになった。また、よりいっそうの生産性の向上を目的に、トータルFA(Factory Automation)化を指向する要望にこたえて、トータルシステムの中で、計測と制御を担当する機器として全体との調和が重視されるようになった。

日立製作所は、昭和50年に、分散形デジタル計装システム「ユニットロールΣシリーズ」¹⁾を発表し、昭和57年には、Σシリーズで培った経験を基に「ユニットロールEXシリーズ」²⁾を送り出し、それぞれ広い分野で使用してもらうことができた。その後も、計装システムを製作する技術、特にマイクロエレクトロニクス関連技術は長足の進歩を遂げた。昭和61年、上述の要望にこたえて、計装技術を基盤にして最新のマイクロエレクトロニクス技術を駆使して、新しい分散形デジタル計装システム「ユニットロールEX-1000シリーズ」³⁾を完成した。以下、新しい提案である統合オペレーション、多品種管理機能、機能・性能・使い勝手の向上点などを中心に、「ユニットロールEX-1000シリーズ」について紹介する。

2 システム構成

EX-1000シリーズは、**図1**に示すように階層構成を基本とした、機能分散形の計装システムである。本計装システムは、オペレータコンソール、コントローラ、ゲートウェイ及びこれらを結合するデータハイウェイから成る。

(1) オペレータコンソール

オペレータコンソールの外観を**図2**に示す。オペレータコンソールは、計装システムの集約化したマンマシンインタフェースであり、プロセスの運転操作の窓口であるとともに、計装システムのソフトウェアの作成、変更にも使用される。

EX-1000シリーズでは、コンソール形と卓上形の2種のオペレータコンソールを用意しているため、中・小規模システムから大規模システムまで、用途に応じて使用することができる。また、同一システム内の混在使用も可能である。オペレータコンソールの仕様を**表1**に示す。

(2) コントローラ

コントローラは、プロセスの制御、すなわちループ制御、インタロック、シーケンス制御などを行う。シリーズとして、シングル構成、共通部二重化構成、全二重化構成の3種の構成が可能であり、混在設置もできるので、プロセスの信頼度要求に応じた計装システムを構築することができる。これら3種のコントローラは、使用部品を共通化しているため、取扱いや保守の簡素化にも役立つ。コントローラを**表2**に、プロセス入出力部の仕様を**表3**に示す。

* 日立製作所那珂工場 ** 日立製作所計測器事業部

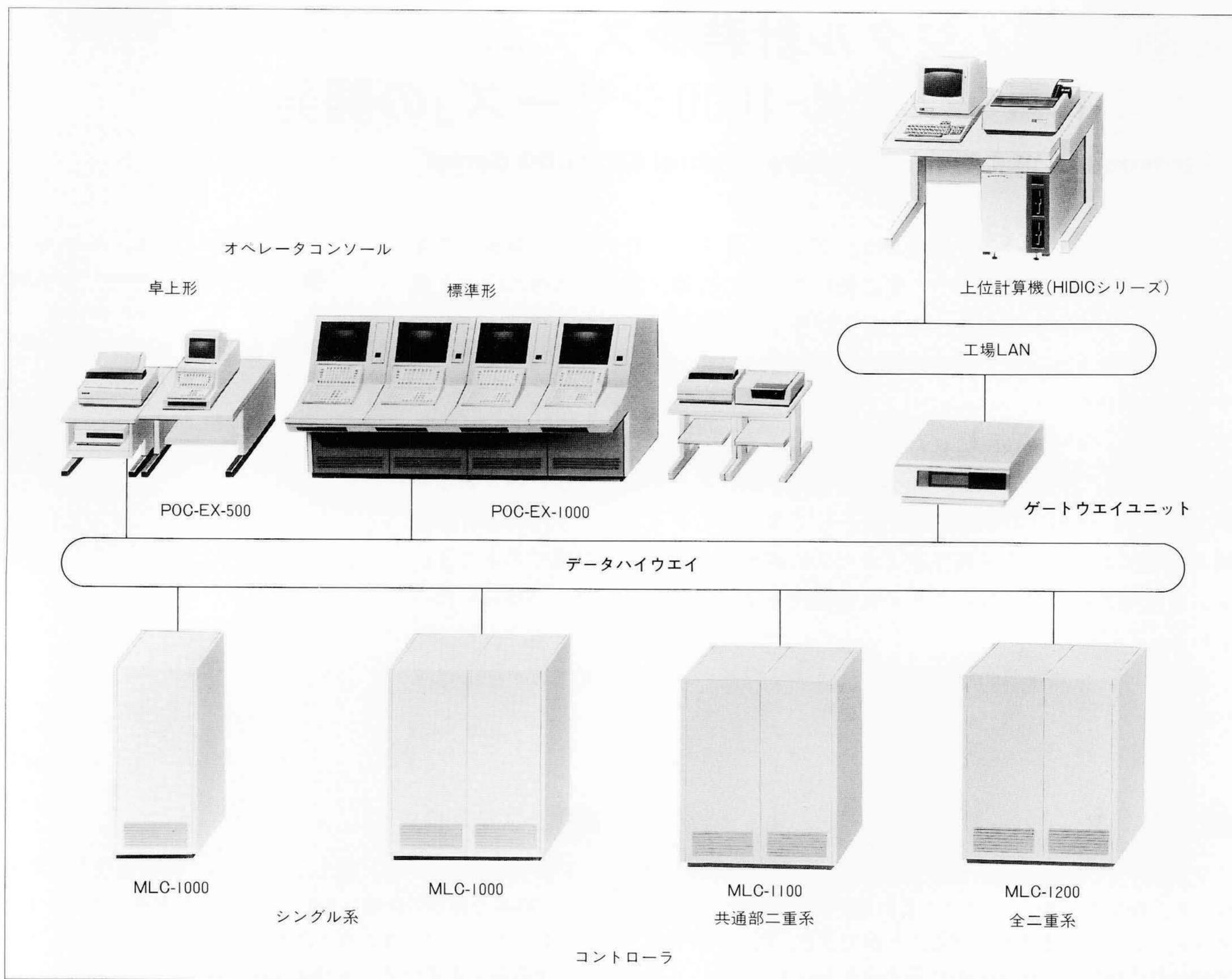


図1 ユニtrol EX-1000シリーズのシステム構成 オペレータコンソール、コントローラ、ゲートウェイユニット、及びこれらを接続するデータハイウェイから成る。

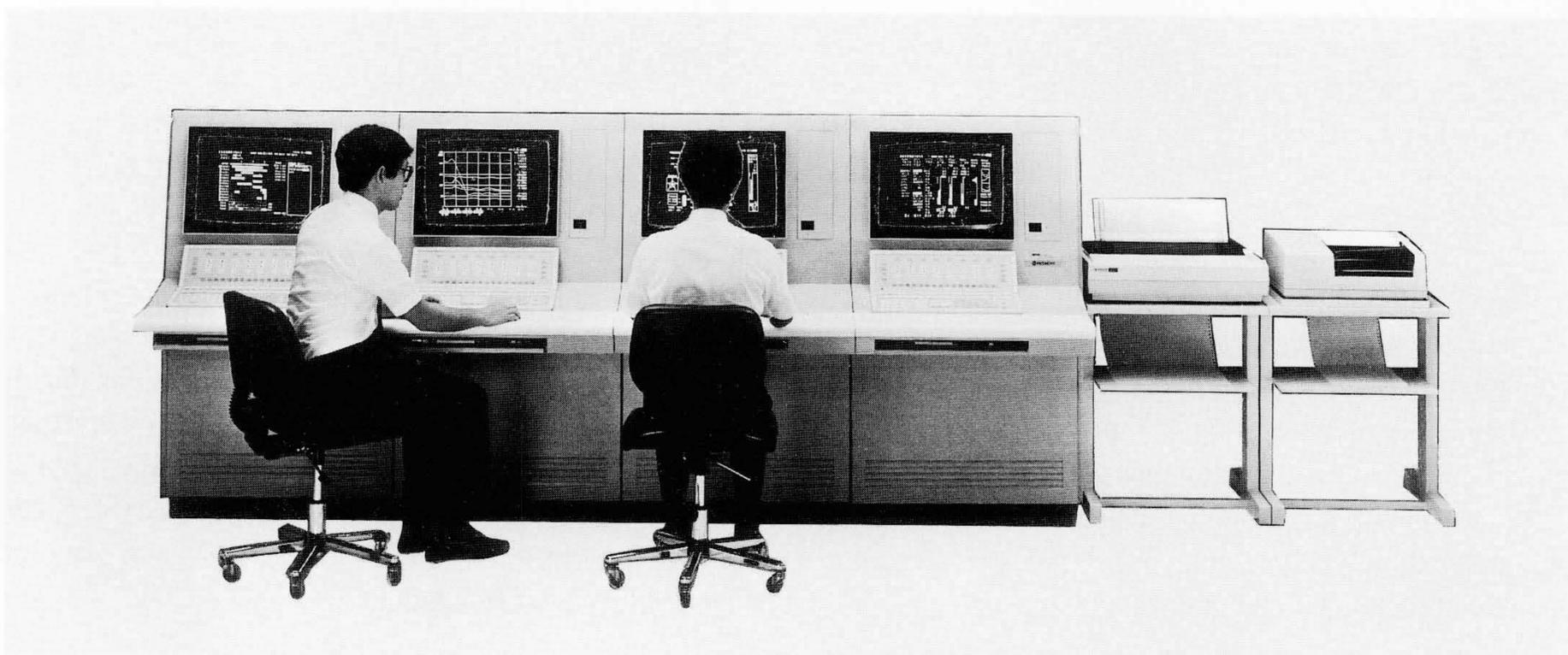


図2 EX-1000シリーズのオペレータコンソール 20inカラーCRT、専用キーボード、プリンタなどから成る。プロセスの操作・監視と計測・制御機能の作成・変更を行う。

表1 オペレータコンソールの仕様 最大約9,000点のタグナンバー管理, 最大約2,300点のトレンド記録が可能である。

項 目		コンソール形	卓 上 形
接 続 コ ン ト ロ ー ラ 数		16台	8台
サ ブ コ ン ソ ー ル 数		2台	—
グ ラ フ ィ ッ ク フ レ ー ム 数		128枚	64枚
サポ-トタグ数	計 器	4,096点	512点
	バ ル ブ	4,096	512
	シ ー ケ ンス	1,024	128
ト レ ン ド 点 数	リアルタイム	128点	128点
	バ ッ チ	128	128
	サイクリック	256	128
		~2,048	
C R T	寸 法	20in	14/20in
	表 示 色	16色	同 左
	分 解 能	720×512ドット	同 左
キ ー ボ ー ド	オペレーション: 専用フラットキー エンジニアリング: JIS配列ストロークキー		

表2 コントローラの仕様 16ビットマイクロプロセッサと計測制御用ソフトウェアパッケージにより, ループ制御とシーケンス制御を行う。

項 目	仕 様
演 算 部	16ビットマイクロプロセッサ
メ モ リ	LSIメモリ バッテリーバックアップ付き 256kバイト
制 御 規 模	制御ループ 40ループ, 監視ループ 88ループ デジタル入力 512点, デジタル出力 512点 シーケンスマップ 80枚(サイズ可変) タイマ 256点 プリセットカウンタ 64点
制 御 機 能	PID制御, ON-OFF制御, 加減乗除算, 温圧密度補正, 一次遅れむだ時間(補償)演算, ゲイン付き不感帯演算, 移動平均フィルタ, 最大値・最小値・平均値演算, 上下限警報, 比率設定, アナログ積算, 温度補正付きバッチカウンタ, プログラム制御, 論理演算など

表3 コントローラ入出力部の仕様 このほか, シグナルコンバータ, リレーユニットも併せて用意しており, 入出力部に組み合わせて使用できる。

(a) 入出力ユニットの仕様

接 続 台 数	4 ユニット・マルチコントローラ
実装パッケージ枚数	入出力パッケージ 最大16枚・ユニット ただし, AI/AOパッケージは2枚分のスペースが必要である。

(b) 入出力パッケージの仕様

パッケージ	仕 様	最大実装パッケージ
アナログ入力パッケージ	DC1~5V入力	16点又は32点
アナログ出力パッケージ	4~20mA出力	8点
デジタル入力パッケージ	接点入力	32点
デジタル出力パッケージ	トランジスタ接点出力	32点
パルス入力パッケージ	接点入力	32点
パルス列入力パッケージ	接点入力	8点

(3) ゲートウェイ

ゲートウェイを通して, 上位計算機, 制御用計算機HIDIC V90シリーズなどと接続し, プロセスの制御から工場全体の管理まで, すなわちトータルFAシステムを構築することができる。

(4) データハイウェイ

データハイウェイは, 各構成機器を接続するもので, 一段と高い信頼性が要求される。共通部のない対等通信方式とし, 論理回路部は専用LSI化し, 送受信回路部と伝送路を二重化して高い信頼性を確保している。

データハイウェイは一般の通信と異なり, 通信量よりも応答性が重視される。このように事象駆動形の通信に適した通信方式, 手順を採用することによって, 警報は約1秒, 通常の画面は1~2秒でオペレータコンソールに表示される。

3 システム機能

EX-1000シリーズの特長のある機能例として, 統合オペレーション機能と品種管理機能について述べる。

3.1 統合オペレーション機能

従来の分散形計装システムは, ループ制御, シーケンス制御, トrend記録など個々に標準画面を持つので, 必要な情報を得るためには, 頻りに画面を切り替える必要があった。そのために, PFキー(プログラマブルファンクションキー)を増すなど, 画面切替えを簡略化する努力が払われてきた。別の対策として, 関連する情報を一画面に集約することのできるグラフィック画面の多用も試みられたが, 個々に異なる画面の作成には多くの時間を要するため, 必要最小限の画面に限定せざるを得ない状況であった。

上記の制約は計算機からのものであり, オペレータはループ制御, シーケンス制御などとは無関係に, 必要な関連情報を同一画面に表示させて, 監視・操作することを望む。

EX-1000シリーズでは, 統合オペレーションの概念を導入

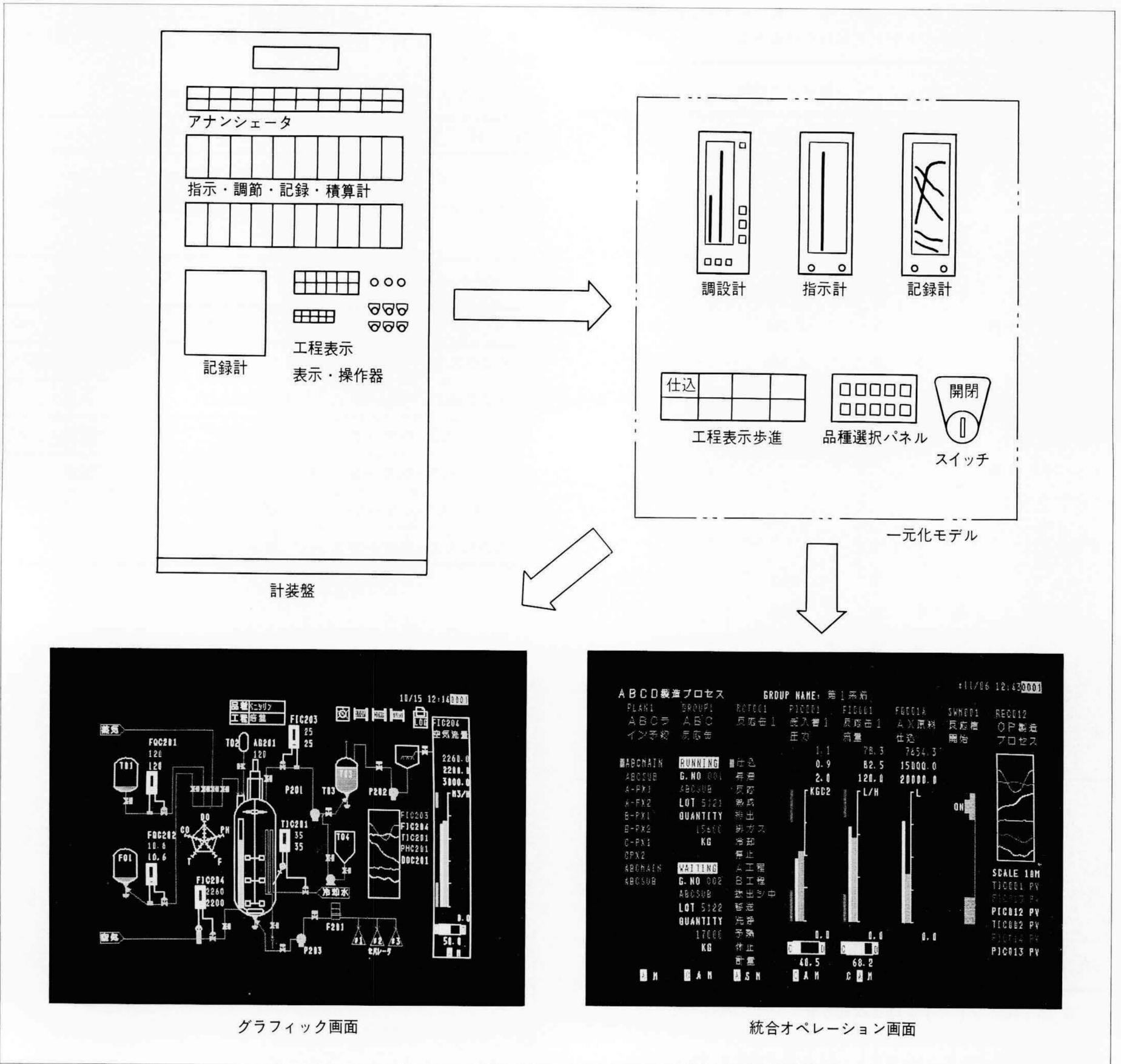


図3 統合オペレーションの概念 プロセス計装に必要な機器を一元化したモデルとし、CRT画面上に再構築することで、すべての機器を統一した思想で取り扱うことができる。

し、必要な情報を同一画面に表示する機能を実現した。新しく開発した統合オペレーションの概念を図3に示す。統合オペレーションの基本思想は、計装盤の機能をすなおにCRT画面上に再構築することである。計装盤は、多くの人々が長い年月をかけて改良を重ね、使いやすい形に整えられてきた。計装盤を、その機能を損なうことなく、より使いやすくオペレータコンソールの上に実現する方法として、計装盤上の種々の機器を個々に分析し、一元化したモデルとして、CRT画面上に再構築する方法を採用した。モデル化した機器は、調節計、指示計、記録計に始まり、アナンシエータ、工程表示器、選択スイッチ、各種表示灯、押しボタンスイッチまで、計装盤で使用されるすべての機器を包含している。

図3のグラフィック画面と統合オペレーション画面の作成は、それぞれの画面作成ツールの上でタグナンバーを指定することで、計器や機器を容易に画面にはめ込むことができる。また、計算機の内部では、各機器の機能がタグナンバーで整理されて、一元化した形で管理されているので、運転操作についても表示と同様に統一した手法で、取り扱うことができる。

図3の統合オペレーション画面の表示例は、画面が8分割されており、左から順に、品種予約器、品種設定器、工程表示器、調節計2台、指示計、スイッチ、トレンド記録計と並んで表示されている。それぞれ状態表示をするとともに、必要な操作は下部のキーボードの対応したキーで、画面を見ながら行うことができる。

3.2 品種管理機能

デジタル制御システムは、ループ制御とシーケンス制御が密に結合した制御システムを、比較的容易に実現できる。しかし、多品種生産プロセスでは、これらの機能だけでは不十分で、各制御機能の内容が生産品種の変化に対応して自動的に、ダイナミックに切り替えられなければならない。この切替機能は、プロセスごとに異なり複雑であるので、個々に製作することが通例であった。しかし、多品種生産プロセスは生産方式の改良や新品种の追加を必要とすることが多く、個々に作成したプログラムでは改造、追加に多大の時間を要し、標準化が強く要請される項目であった。

EXシリーズでは、早くからこの問題に取り組み、品種管理システムとしてソフトウェアの標準化を図ってきた⁴⁾。EX-1000シリーズでは、これらの経験を踏まえて統合オペレーション機能と統合し、品種管理機能として完成させた。

品種管理機能の概念を図4に、その仕様を表4に示す。品種管理機能も、その基本思想はプロセスでの情報の流れをそのまま計算機内の情報の流れに乗せることである。多品種生

表4 品種管理機能の仕様 品種管理機能を標準ソフトウェアパッケージとしたことによって、新品种の追加や処方の変更を容易に行うことができる。

仕様	標準	最大
カテゴリー数	2	8
グループ数	8/MLC, 32/カテゴリー	32/MLC, 256/カテゴリー
予約ロット数	10	10
予約待ち行列	2/MLC	10/MLC
処方数	100/カテゴリー	999/カテゴリー
処方データ数	200/処方	999/処方

注：略語説明など MLC(マルチコントローラ), カテゴリー(処方データ管理の単位), 最大どうしの組み合わせは、実現できない場合もある。

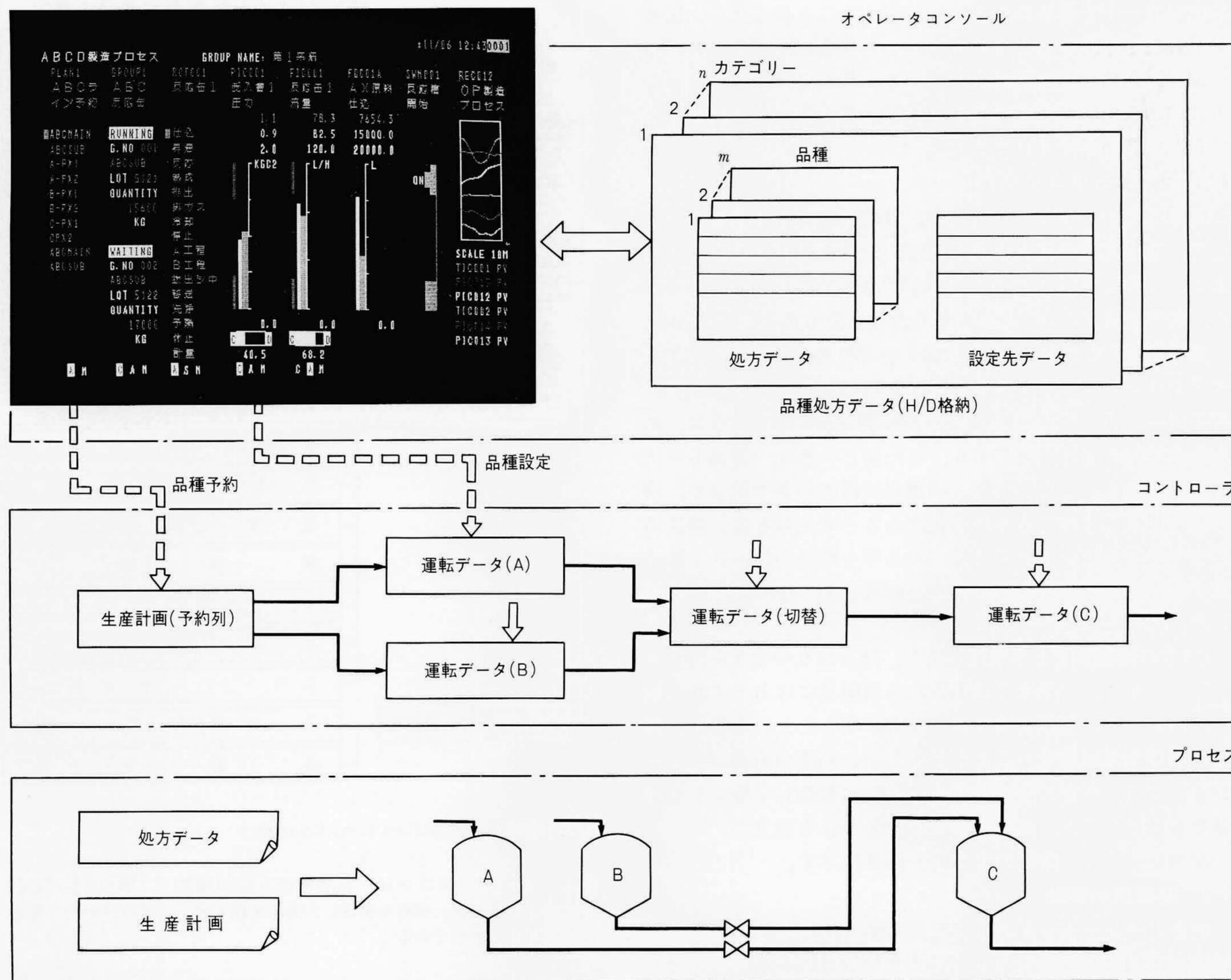


図4 品種管理機能の概念 プロセスに対応して機能ブロックが設けてある。各機能ブロックは、処方データと生産計画によって動き、ループ・シーケンス制御を統括する。

産プロセスは、生産計画と品種ごとの処方データを基準に運転される。具体的には、生産計画に従って生產品種と生産量が決まり、生產品種によってあらかじめ定められた処方データと生産量をループ制御、シーケンス制御などの制御系へ目標値として設定しプロセスを運転する。

EX-1000シリーズには、生産計画に対応して品種予約器が、処方データに対応して品種設定器が設けてある。品種予約器には、製品名、生産量、ロットナンバーなどを設定する。品種設定器は予約器からの指令に従って、あらかじめ設定してある処方データを、設定先であるコントローラに伝送して自動運転を実行させる。設定項目は、仕込量、温度などループ制御定数からシーケンス制御の定数、動作手順まで包含しているため、柔軟性のある制御系を構築することができる。運転操作についても、上述のようにデータ構造が生産計画書と処方せんに準拠しているところからなじみやすく、したがって誤りなく、容易に実行できるようになった。

4 オペレーション機能

計装システムへのマイクロコンピュータの導入で、見える形での大きな変革はCRTによるオペレーションであろう。CRTとキーボードを運転操作の中心に据えることによって、従来の計装盤を中心としたものから、いわゆるボードレスオペレーションへの移行が進められている。新しいオペレーション方式の導入で各所で日々新しい経験が生まれ、その結果として新しい要求が生まれてきた⁵⁾。

4.1 オペレータコンソール

CRTオペレータコンソールが、計装盤と大きく異なる点として、表示機能の拡大と表示面積の縮小を挙げることができる。この2項目は、その差異がけた違いに大きいところから、他の相違点はこれら要因から派生したものと考えられる。

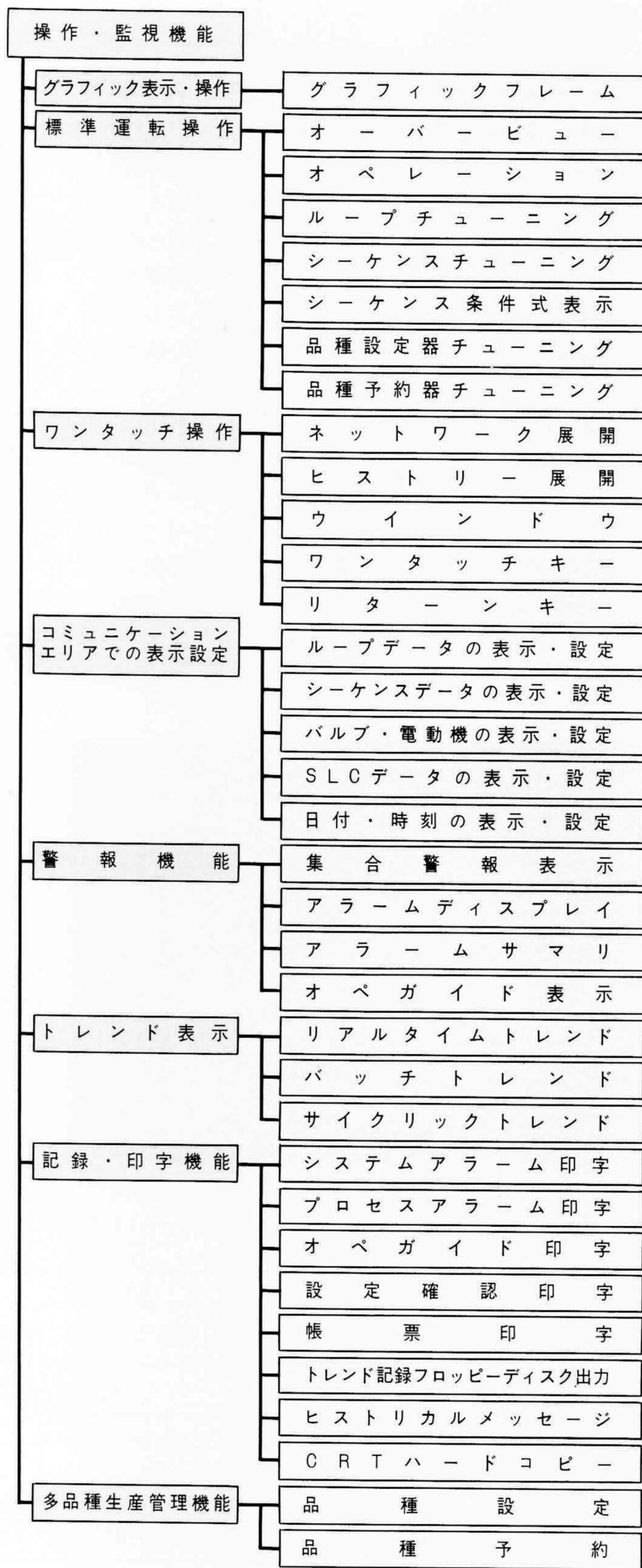
表示機能の拡大は、CRTの表示能力の高さだけでなく、マイクロコンピュータの演算機能によるところが大きい。図5のオペレータコンソールの操作・監視機能に示すように、あらゆる機能が包含されており、また新しい機能の追加も比較的容易である。したがって、問題点は機能の量ではなく、統一して扱うことのできる標準化にあると考えられる。前述のようにEX-1000シリーズでは、あらゆる機器を統一して取り扱う統合オペレーションの概念を導入して、この問題を解決した。

CRTの高精細化と多色化により、読み取りやすさを向上させた。しかし、一画面で読み取れる情報量にはおのずから制限があるので、画面を切り替えて表示することになるが、画面の切替頻度は少ないことが望ましい。前述の統合オペレーションでは、任意の関連情報を一画面に集約して表示して操作することができ、画面切替頻度の減少にも役立つ。

オペレーション画面の表示例を図6に示す。

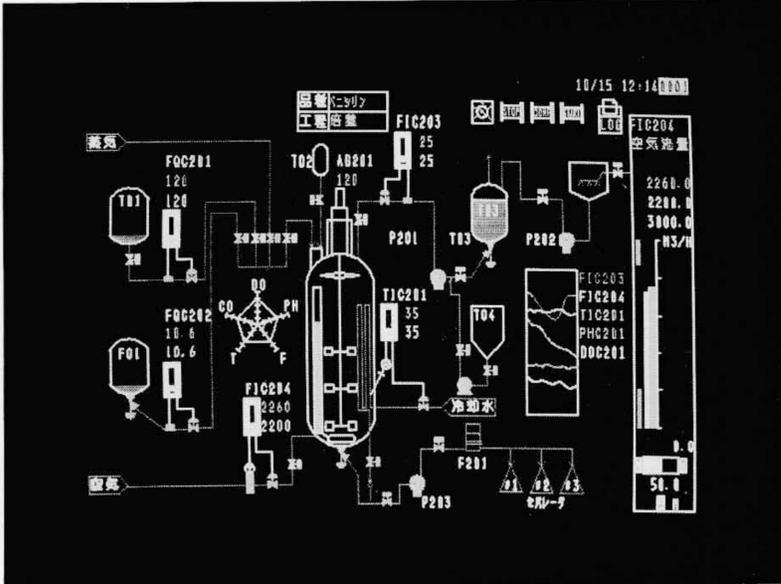
4.2 画面表示機能

統合オペレーションの採用で画面切り替え頻度を低減させたが、CRTオペレーションでは必要画面を簡単に呼び出せる機能は大切である。EX-1000シリーズでは、下記のように記憶に頼ることなく、統一した手法と最少のキー操作で画面を

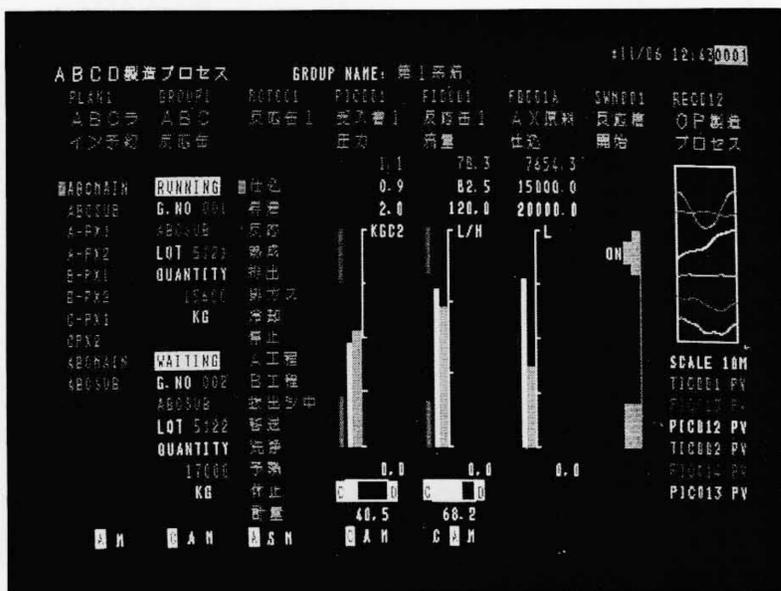


注：略語説明 SLC(Soft Less Controller)

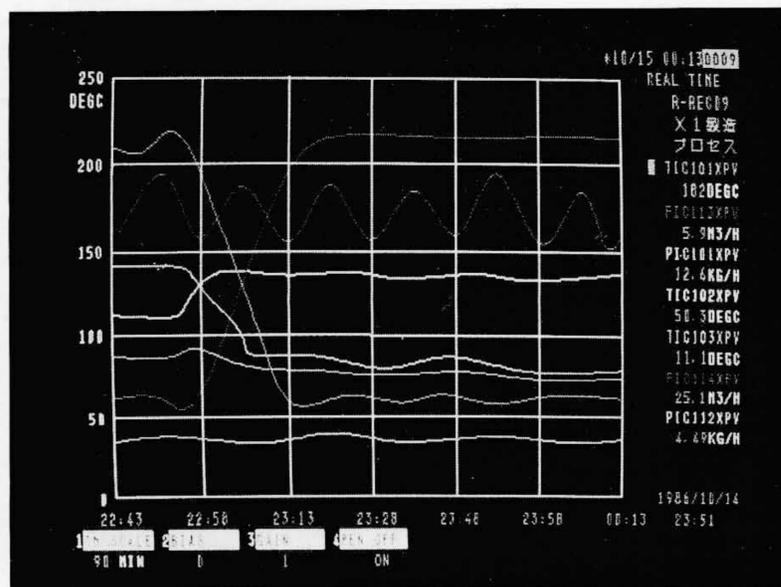
図5 オペレータコンソールの操作・監視機能 操作・監視機能は多岐にわたるが、機能を整理し、操作手順を統一しているため、容易に操作することができる。



(a) グラフィックフレーム



(b) オペレーションフレーム



(c) トレンドフレーム

図6 オペレーション画面の表示例 画面を監視しながら、制御機器の設定や操作ができる。(a)グラフィックフレーム：各種制御機器は右側のウィンドウに呼び出せる。(b)オペレーションフレーム：各種制御機器を任意に混在表示できる。(c)トレンドフレーム：スムーズスクロールで、任意時のデータを表示する。

呼び出す機能を充実させている。

- (1) PFキー……使用頻度の高い画面などをPFキーに割り付けておくと、ワンタッチで目的画面を表示できる。
- (2) アラームディスプレイキー……アラーム要因ごとに、対応に必要な画面を割り付けておくと、アラーム表示場所に対応したキーで必要画面が呼び出せる。
- (3) ヒストリー展開キー……最近使用した8個の画面を記憶しているので、対応キーの操作で目的画面を呼び出せる。
- (4) ネットワーク展開キー……各種画面に、あらかじめ8個の関連画面を登録しておき、対応キーで呼び出すことができる。
- (5) 階層展開……標準画面は、画面体系が階層構成である。対応キーとクライミングキーで各階層の画面を呼び出す。

4.3 トレンド記録

より高水準のプロセス運転、すなわち高品質、省資源、省エネルギーを求めて、運転状態を正確に把握し改良を行うために、トレンド記録機能の充実が要望されている。

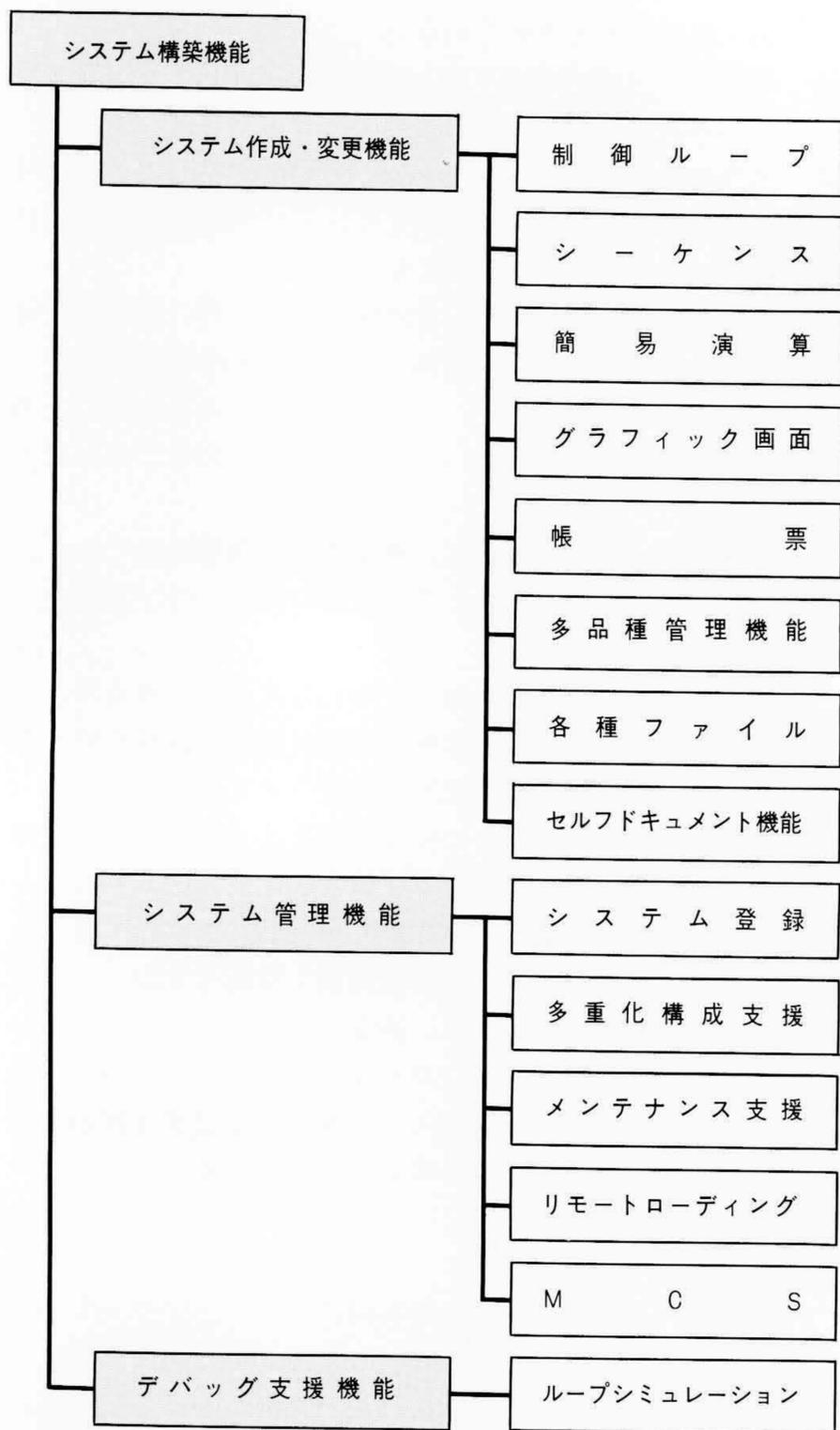
EX-1000シリーズではこの要望にこたえて、トレンド記録機能を強化している。トレンド記録表示画面を図6(c)に、トレンド記録の仕様を表5に示す。ハードディスクメモリにより多量のデータが蓄積でき、高精細表示機能を生かして画面いっぱいにデータを表示する。画面はスクロールキーによって時間軸方向にスムーズスクロールするとともに、ヘアラインカーソルによって任意時刻のデータをデジタル表示するので、高精度にデータを読み取ることができる。

5 システム構築機能

デジタル計装システムの制御機能は、ハードウェアの基盤の上にソフトウェアで構築される。EX-1000シリーズでは、実績ある制御用言語SLC(Soft Less Controller)で記述される。SLCは問題向き言語の一種で、計算機からの問い合わせにこたえて空欄を埋めてゆく空欄記述式言語である。SLCに

表5 トレンド記録の仕様 CRT表示は、スケールの拡大、縮小、スムーズスクロールなどが可能で、ヘアラインカーソルにより、データのデジタル読み取りができる。

種類	点数	記録時間	収集間隔	表示幅	備考
リアルタイムトレンド	128	60分	10秒	60分	時間軸拡大可
サイクリックトレンド	128~2,048	2日	1分	9時間	POC-EX-500, 700では128点 POC-EX-1000は256~2,048点 記録時間は128点・256点の場合
		4日	2分	18時間	
		8日	4分	36時間	
		16日	8分	3日	
		32日	16分	6日	
バッチトレンド	128	6時間	30秒	4.5時間	タイマ、カウンタもトレンド記録可
		12時間	1分	9時間	
		24時間	2分	18時間	
		48時間	4分	36時間	



注：略語説明 MCS(Man Machine Interface System)

図7 オペレータコンソールのシステム構築機能 計測・制御機能の作成と変更を行う。オペレータガイダンスが表示されるので、複雑なシステムの構築も容易である。

よるシステム構築には、オペレータコンソールを使用するが、この作業を行うときはキー操作量が増えるので、専用にエンジニアリングキーボードを用意している。

システム構築機能、すなわちSLCの体系を図7に示す。図示のように、システム構築機能には、SLCによるソフトウェア作成機能だけでなく、システム管理機能やデバッグ支援機能が含まれている。

システム構築用画面の表示例を図8に示す。

(1) ループ制御機能

ループ制御は、機能ブロックを選択し、ブロックを接続してパラメータを決めることで作成できる。図示の表示例は、ブロック接続後、画面左側にウィンドウを開き、パラメータをキーインしている状態を示す。同一画面で作業が進められるので、ループ制御機能の作成が一段と容易になった。

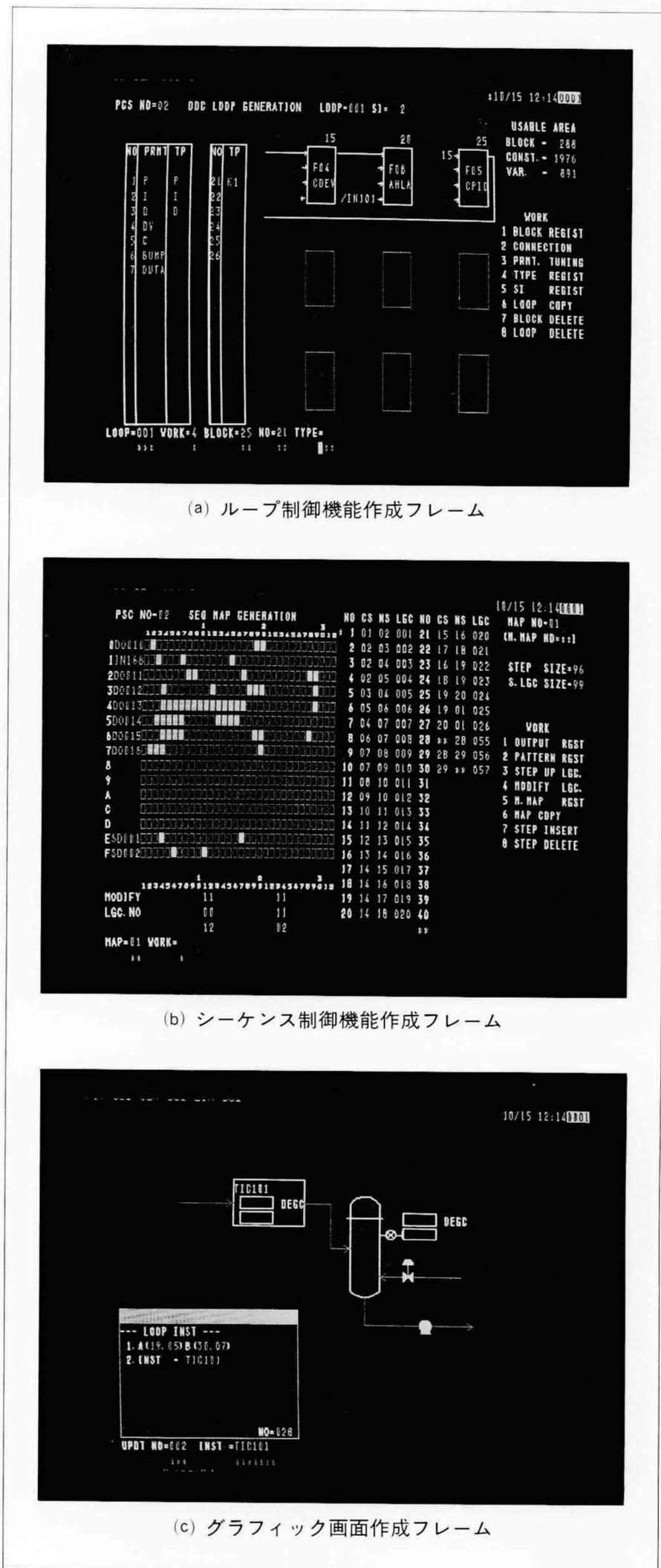


図8 システム構築用画面の表示例 画面と対話形式で、各種機能の作成と変更ができる。(a) ループ制御機能作成フレーム：ウィンドウにより、同一画面で作業が進められる。(b) シーケンス制御機能作成フレーム：マップ表示部は、左右にスクロールする。(c) グラフィック画面作成フレーム：ウィンドウで、表示方法を設定する。

(2) シーケンス制御機能

シーケンス制御など論理演算制御機能は、タイムチャートの機能を拡張したマップとブール代数式によって記述される。ほとんどの機能は、記述と検証の容易なマップで表現できる

が、複雑な動作を要求する部分については、記述内容の豊富なブール代数式で対応できる。マップ表示部は左右にスクロールするので、画面を切り替えることなくシーケンス制御ユニットを完成することができる。

(3) グラフィック画面

グラフィック画面は、固定画部と動画部から成る。図8は、固定画に動画をはめ込む状態を示す。画面左下に開かれたウィンドウを通して、対話形式で作業が進められる。標準的な動画は、単に座標とタグナンバーを指定するだけで完成する。

また、統合オペレーションの思想により、動画の種類にはループ制御系だけでなく、シーケンス制御系、あらゆる制御用機器が含まれており、統一して取り扱われる。

6 システム高信頼化

計装システムはプロセスの運転に直結しているため、特に高い信頼性が要求される。EX-1000シリーズでは、以下に記す高信頼化技術を駆使して、高信頼化を実現している。

システム信頼性について基本的な考え方を記す。

- (1) 本質的に信頼度の高い設計と製作
- (2) 万一故障したときに、その影響が波及しない構成
- (3) 故障箇所の発見が容易で、修復しやすい構成

本質的な高信頼化は、信頼性を十分に考慮した設計と、徹底した品質管理が基本である。具体的な対策として、

- (1) 信頼度の高い部品を余裕をもって使用する。
- (2) VLSI化によって部品数を削減し、故障確率を低減する。
- (3) 耐ノイズ性などについては、徹底した実証試験を行う。
- (4) 大容量メモリには、ECC(Error Checking and Correction)を採用し、1ビットエラーは自動修復する。
- (5) リトライ機能を充実し、一過性のエラーへの耐力を増す。などの施策により、本質的な高信頼化を実現している。

故障を波及させないためには、コントローラの不具合時の出力信号のロックなどがあるが、多重化構成に負うところが多い。オペレータコンソールは、多重設置により相互バックアップをする。また、外部メモリとして、ハードディスクメ

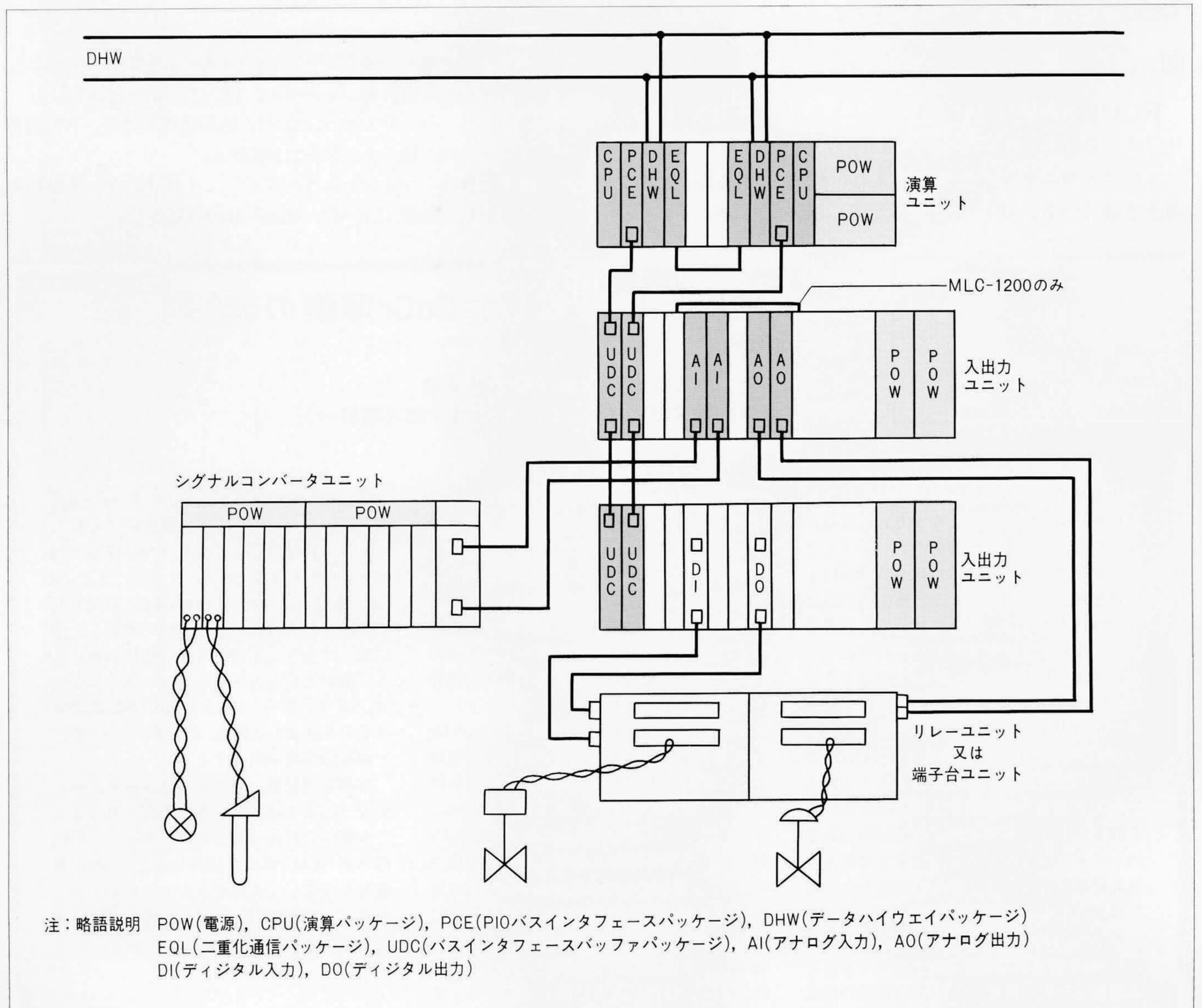


図9 全二重化コントローラの構成 各プリント基板から電源、通信路まで、全二重構成である。万一の異常時には、自動的に待機系に切り替えられる。

モリを使用しているが、二重化構成としており、万一の故障時には、自動的に待機系に切り替えられる。

コントローラは、高信頼部品の使用、部品数の削減など高信頼化に留意しているが、構成上の配慮も重要である。コントローラの構成として、シングル系、共通部二重系、全二重系が用意してある。全二重化コントローラの構成を図9に示す。演算部、入出力部、データハイウェイ、電源などは全二重化構成であり、故障時には自動的に待機系に切り替えて運転を継続する。コントローラは、稼動状態で故障系を修復することができる。

データハイウェイは標準で、通信路と送受信回路は二重化されているが、上記のように必要に応じて全二重化構成も可能である。

保守のしやすさのために、自己診断による故障箇所の検出とオンラインメンテナンスを充実させた。自己診断機能の充実によって、交換部品単位での故障箇所の検出と表示ができる。全二重化コントローラ以外にも、プロセス入出力部は活線状態でプリント基板の交換が可能であり、プロセスの継続運転の確保に寄与することができる。

7 結 言

新しい分散形総合計装システム「ユニットロールEX-1000シリーズ」を完成させた。EX-1000シリーズは、最新のマイクロエレクトロニクスの技術を導入し、機能・性能共に大きく向上させている。新しい思想として、統合オペレーションの

概念を導入し、すべての機器を統一して同一の手法で取り扱うことができる。品種管理機能を強化し、多品種生産プロセスの計装設計と運転操作を容易にすることができた。各機能について使い勝手に留意し、ユーザーフレンドリーなシステムとして一段と前進したものと確信している。

しかし一方では、より高機能に、より高信頼に、そしてより使いやすいシステムへと発展することが要望されており、それを支える技術、マイクロエレクトロニクス、ソフトウェア、通信など急速な進歩を続けている。これらの技術をバランスよく導入して、要求にこたえてゆくことが使命であり、今後いっそうEX-1000シリーズの発展を図ってゆく考えである。

参考文献

- 1) 宮添, 外: 全電子式制御システム日立ユニットロールΣシリーズ, 日立評論, 58, 169~172(昭51-3)
- 2) 小宮山, 外: ユニットロールEXシリーズ(1)~(4), 計装, 26, 1, 71~76(昭58-1)
計装, 26, 4, 73~78(昭58-3)
計装, 26, 5, 74~78(昭58-4)
計装, 26, 6, 74~80(昭58-5)
- 3) 小宮山: 分散形計装システム ユニットロールEXシリーズ ニューモデル, 日立計器ジャーナル, 12, 1, 4~11(昭61-9)
- 4) 山口, 外: バッチプロセスにおける他品種管理機能, 日立計器ジャーナル, 10, 1, 8~21(昭59-3)
- 5) 産業委員会: マンマシンインターフェイスアンケート分析報告, 計測と制御, 23, 12, 1028~1033(昭59-12)



Ge下地層上に形成したCoCr薄膜のc軸分散と磁気特性

日立製作所 本多幸雄・二本正昭・他4名

電子通信学会論文誌 J69-C, 1, 85~92 (昭61-1)

垂直磁気記録方式は、記録媒体面に垂直に磁化し情報の記録を行なう方式である。この場合、減磁界の影響を小さくできるため、従来の長手記録方式に比べて10倍以上の高密度記録が可能となる。垂直磁気記録用の媒体としては、膜面に対して垂直に磁化しやすいことが要求される。蒸着法やスパッタ法で形成した15~28wt%のCrを含むCoCr合金膜は、hcp(最密六方格子構造)の単一構造を示し、薄膜を構成する微結晶粒はc軸方向に磁化容易軸をもつ。CoCr合金膜は、Cr量や膜形成条件を変えることにより、飽和磁化や保磁力を広範囲に制御できる利点があり、有望な垂直磁気記録用媒体の一つと考えられている。高密度の垂直磁気記録を行なうには、膜面に垂直方向に磁気異方性をもった膜を形成する必要がある。このためには、薄膜を構成するCoCr微結晶粒のc軸を膜面に垂直に高配向化させることが重要となる。筆者らは、CoCr薄膜の形成

過程を調べ、高配向のCoCr膜を得るためには、基板の表面状態を制御することが有効であり、特に非晶質状のGe膜上にCoCr膜を形成することにより、CoCr膜の高配向化が可能であることを示した。

本研究は、真空蒸着法でGe下地層上にCoCr膜を形成したときの、形成条件と膜のc軸分散、磁気特性及び記録再生特性の関係を検討したものである。

高分子フィルム基板上に厚さ30nmのGe下地層を設け、この上に同一真空中で連続してCoCr膜を形成した。CoCr膜の形成条件について検討した結果、以下のことが明らかになった。(1) Ge下地層上に形成したCoCr膜は、下地層界面から表面まで一様な太さのc軸を成長軸にもつ柱状結晶となる。(2) 膜の形成基板温度を250℃以下にすることにより、CoCr膜厚350nm, Cr量18~28wt%の領域で、6度以下のc軸分散(X線回折でのCoCr(002)回折ピークに関するロッキング

曲線の半値幅)をもつ配向性の良いCoCr膜を形成できる。(3) CoCr膜の高配向性を保ちながら、飽和磁化100~500kA/m, 保磁力24~96kA/mの領域で直線的に制御できる。(4) Ge下地層上に形成したCoCr膜は、面内方向の保磁力と角形比が垂直方向で測定した値に比べて小さく、また2回対称性の良いトルク曲線となる大きな垂直磁気異方性を示す。(5) リングヘッドによりCoCr膜の記録密度特性を評価した結果、高配向のCoCr膜ほど線記録密度が向上する。

本研究の結果、高密度の垂直磁気記録を行なうには、CoCr膜のc軸を高配向化することが重要であり、c軸分散が6度以下の配向性の良いCoCr膜で、100kbp以上線記録密度を安定して実現できることが明らかとなり、Ge下地層はCoCr膜の高配向化に有効であることを確認した。