

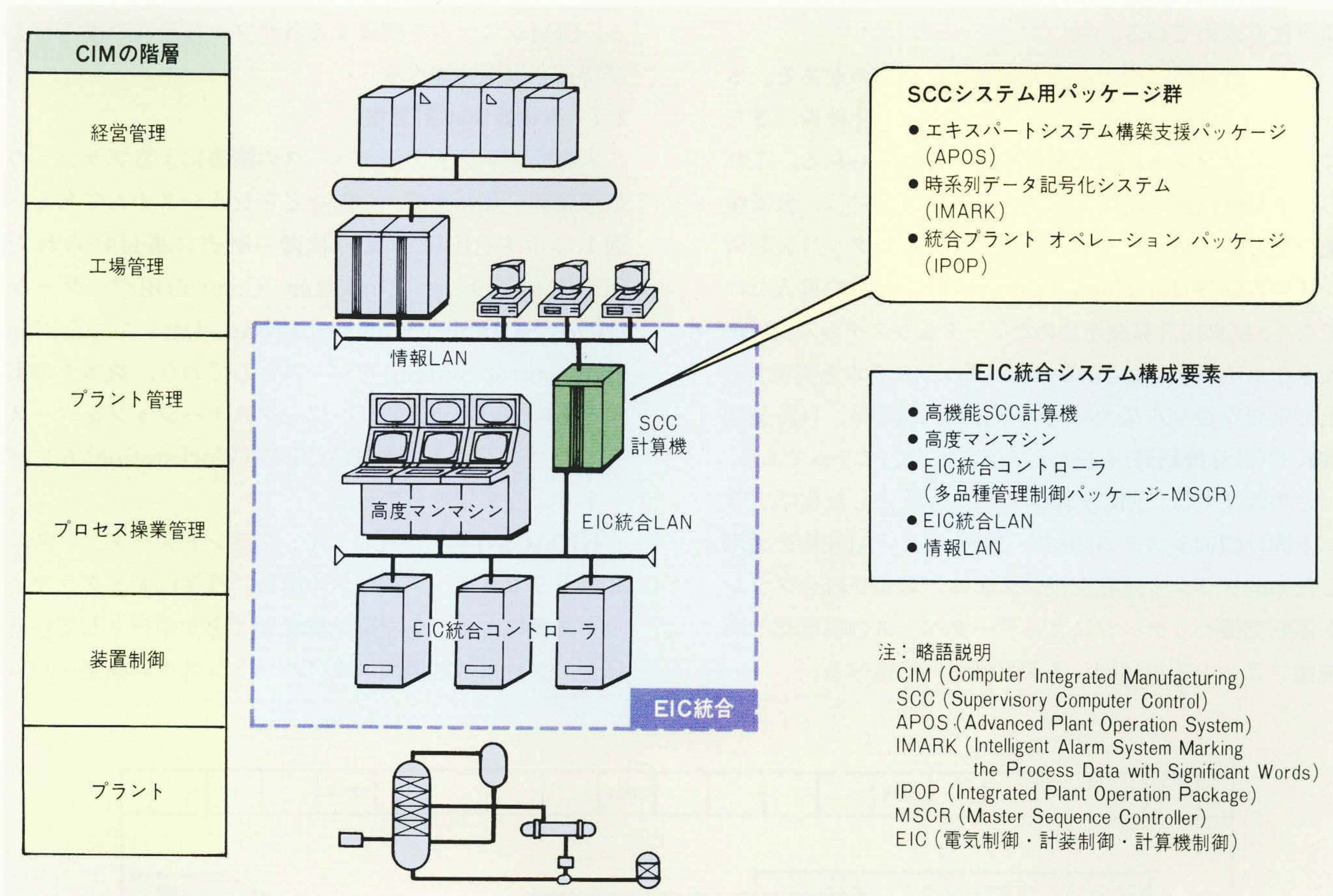
# 統合化・高機能化を図った化学プラント用 制御システム

Integrated and High-level Functioned Control System for Chemical Plant

川口幸一\* *Kōichi Kawaguchi*

花島勝美\* *Katsumi Hanashima*

大関敏之\*\* *Toshiyuki Ōzeki*



CIMの階層モデルとEIC統合システムを核としたトータルシステム 化学プラント向けシステムとしてEIC統合システムHIDIC-AZを核としたトータルシステムを構築する。システムの実現では各種のソフトウェアパッケージ群が有効に貢献する。

化学プラントを中心としたプロセス制御分野での制御システム高度化の傾向が著しい。計算機による統合生産CIM (Computer Integrated Manufacturing), AI応用知的プラント運転支援, プラントデータベースの高度化などである。日立製作所ではE(電気制御), I(計装制御), C(計算機制御)を統合したHIDIC-AZを核に, CIMシステムの構築, 高機能マ

ンマシンシステムによる運転員の負担低減, インテリジェントアラームなどの知的プラント運転支援, および統合運転支援パッケージによるプロセス管理機能の高度化と高度運転支援・プロセス診断を実現している。これらHIDIC-AZを核とした化学プラント向けCIMシステムは, 今後の制御システムの高度化に大きく貢献できるものと確信している。

\* 日立製作所 大みか工場 \*\* 日立製作所 機電事業部



## 1 はじめに

近年、市場競争の激化、国際化、運転員の高齢化などが背景となって、プラント制御システムの高度化、高機能化、高効率化などの要望が高まっている。石油化学、都市ガス、食品、薬品などのプロセス産業分野では比較的早くから計算機を用いた自動制御を行ってきているが<sup>1)</sup>、近年の環境はよりいっそうの高度化、高機能化、高効率化を求めている。

一方、計算機技術の進歩も目覚ましいものがある。ネットワーク技術、ソフトウェアパッケージ化技術、さらには知的プラント運転支援技術などがあげられる。これらの計算機技術を活用したシステムの構築には、装置産業分野で広く活用されている分散形デジタル計装制御システムDCS (Distributed Control System)の導入だけでなく、制御用計算機を含めたトータルシステムの実現が大きなポイントとなる。このトータルシステムを実現する上で重要な役割を果たすものがE(電気制御)、I(計装制御)、C(計算機制御)を統合したEIC統合システムである。

この論文では、EIC統合システムを核とした化学プラント向けCIMシステムの紹介と合わせて、AI技術を活用した知的プラント運転支援システム、および統合プラント運転支援パッケージによるデータベースの高度化と高機能プラント監視制御システムについて述べる。

## 2 電気制御、計装制御、計算機制御の統合

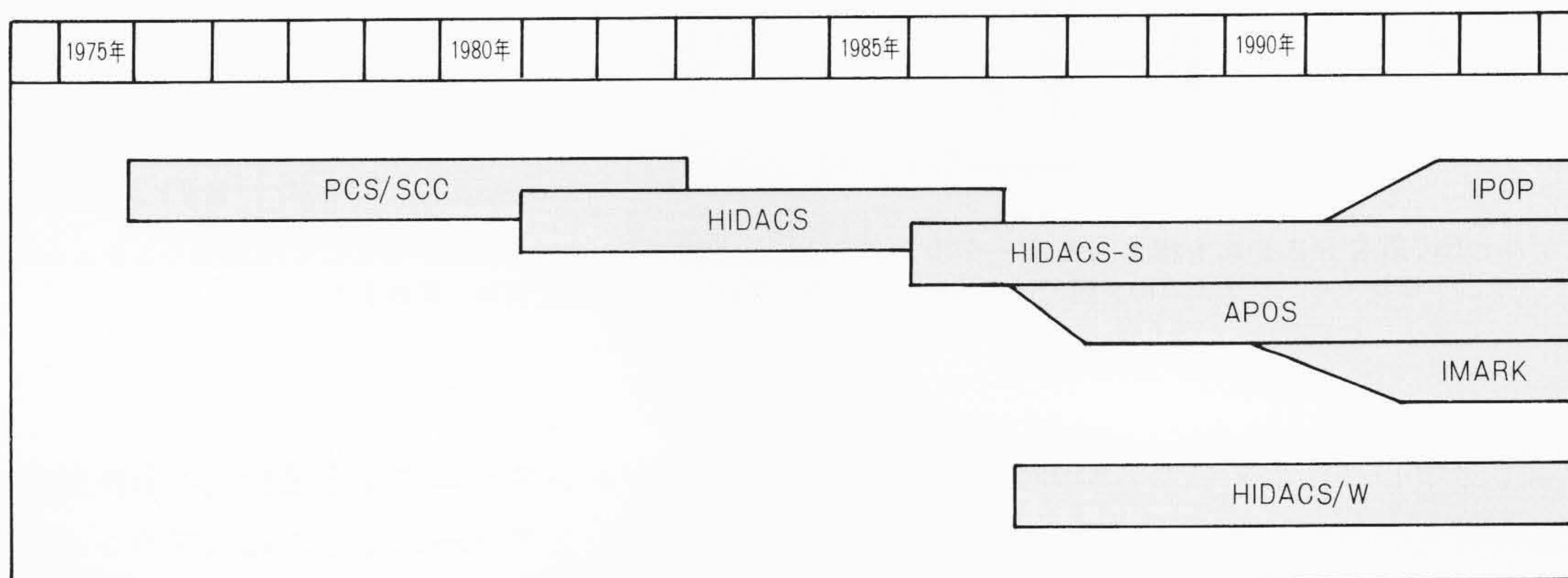
日立製作所ではEIC統合システムとして、HIDIC-AZを製品化している<sup>2),3)</sup>。EIC統合システムを核とした計算機による統合生産システムCIMの構成を口絵に示す。プラントの制御(装置制御)だけでなく、プロセス操業管理、プラント管理を統合し、工場管理のための情報提供を行い、企業経営管理をサポートするトータルシステムである。CIMシステムを構成する各サブシステムの機能および特長を以下に述べる。

### 2.1 高機能SCC計算機

大規模プラントデータベースの構築によるプラントの最適制御、運転支援、診断などを行うシステムである。

図1に示すHIDICの長い制御の歴史に裏付けられたSCC(Supervisory Computer Control)用パッケージHIDACS(Hitachi Standard Process Data Acquisition and Control System)をベースとしており、数多くの実績をあげている。さらに、ワークステーションをベースとしたコンパクトなHIDACS/W(Workstation)もレパートリとして用意している。

HIDACSの基本機能として、プラントデータベース、ヒストリカルデータベースの構築、標準画面・グラフィック画面によるマンマシン機能などをサポートしているほか、プロセス制御用エキスパートシステム構築用パッ



注：略語説明 PCS/SCC (Process Control System for Supervisory Computer Control)  
 HIDACS (Hitachi Standard Process Data Acquisition and Control System)  
 HIDACS-S (HIDACS for Supervisory Computer Control)  
 HIDACS/W (HIDACS by Workstation)

図1 SCC用ソフトウェアパッケージの歴史 HIDICシリーズ向けに開発されてきたSCC向けソフトウェアパッケージの開発経緯を示す。プラントデータベースの構築パッケージHIDACS-Sのほか、エキスパートシステム構築パッケージAPOS(Advanced Plant Operation System)、時系列データの記号化によって知的運転支援を行うIMARK(Intelligent Alarm Marking the Process Data with Significant Words)、プラントデータベースの高度化を図るIPOP(Integrated Plant Operation Package)、さらにはワークステーションを活用した小形SCC(Supervisory Computer Control)システムなど、機能・レパートリを広げている。



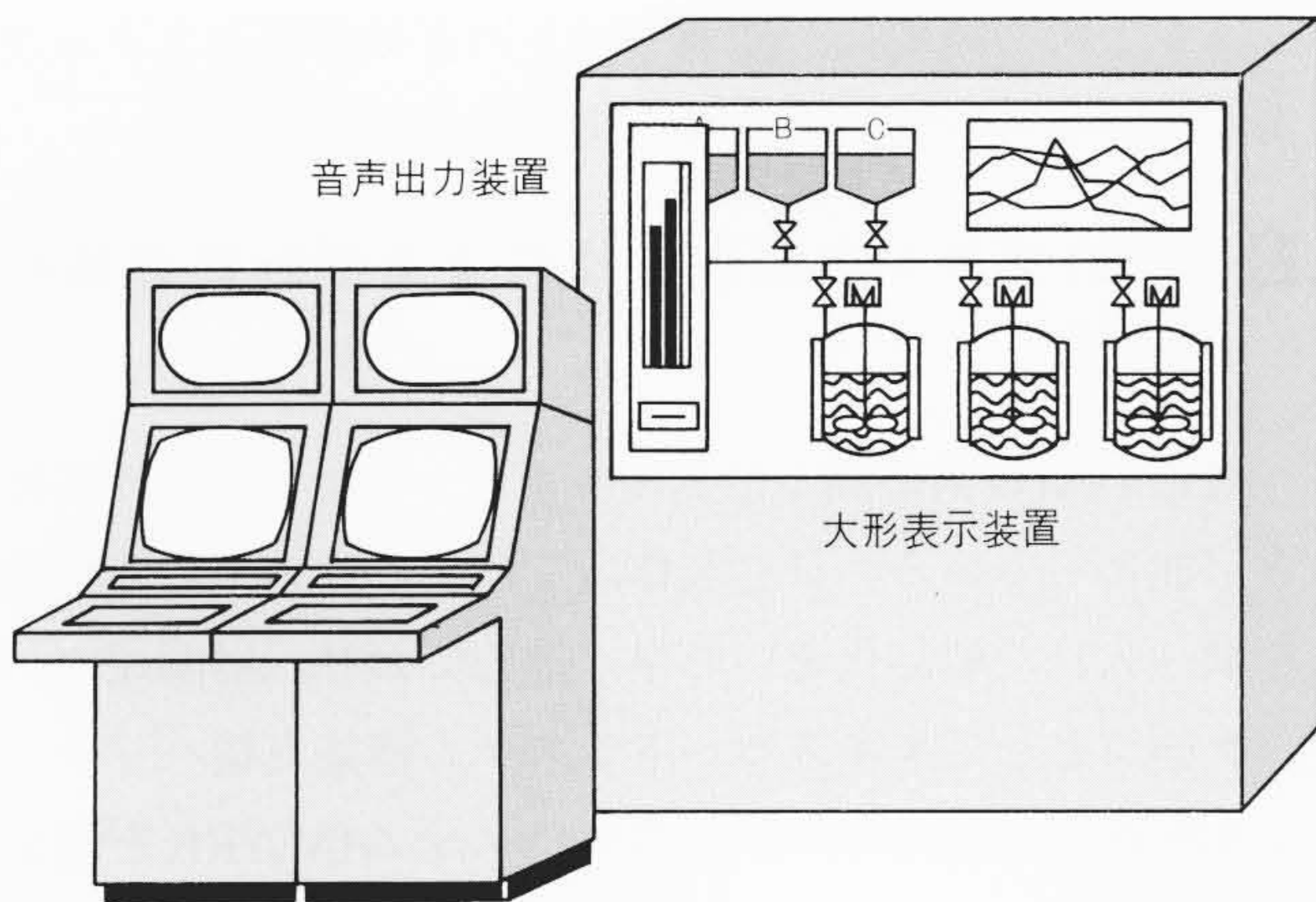


図2 高度マンマシンシステムの構成例 HIDIC-AZでは、高精細ディスプレイによる目に優しいマンマシン機器を中心に大形表示装置、音声出力装置などによって高度マンマシンを実現し、運転員の負担を低減している。

ページAPOS(Advanced Plant Operation System), 時系列データを記号化してインテリジェントアラーム機能を実現するIMARK(Intelligent Alarm System Marking the Process Data with Significant Words), さらに高度プラントデータベースによって高機能プラント管理制御を行うIPOP(Integrated Plant Operation Package)などにより、そのサポート機能を拡充している。これらのパッケージの詳細については後述する。

## 2.2 高度マンマシン

HIDIC-AZでは、超高精細ディスプレイを核とした人に優しいマンマシンシステムを構築している。タッチパネルによるウインドウ展開、グラフィック画面を基本としたグラフィックオペレーションなどに加え、大形表示装置の活用、音声出力装置による適切な運転ガイダンスなどを実現している(図2)。これら人に優しいマンマシンは、運転員の負担を大幅に低減するものである。

## 2.3 EIC統合コントローラ

HIDIC-AZではコントローラでの制御機能として、1秒周期を基本とする計装制御だけでなく、圧延機の板厚制御など数ミリ秒周期の制御を行う電気制御、数分周期またはイベント対応動作を基本とする計算機制御を統合してサポートする。このため、32ビットマイクロプロセッサを採用しているほか、特に数ミリ秒の制御のために専用の付加プロセッサを用意することで、高い制御性と統合制御を実現している。また、計装制御と計算機制御の機能を同時に実現する機能として、マクロ記述式シーケンス制御を用意していることも特長のひとつである。

さらに、バッチプロセス制御用として多品種管理制御パッケージとしてMSCR(Master Sequence Controller)を用意している<sup>4)</sup>。MSCRは図3に示すように、バッチを構成する工程をボックスに対応させて処方定義、運

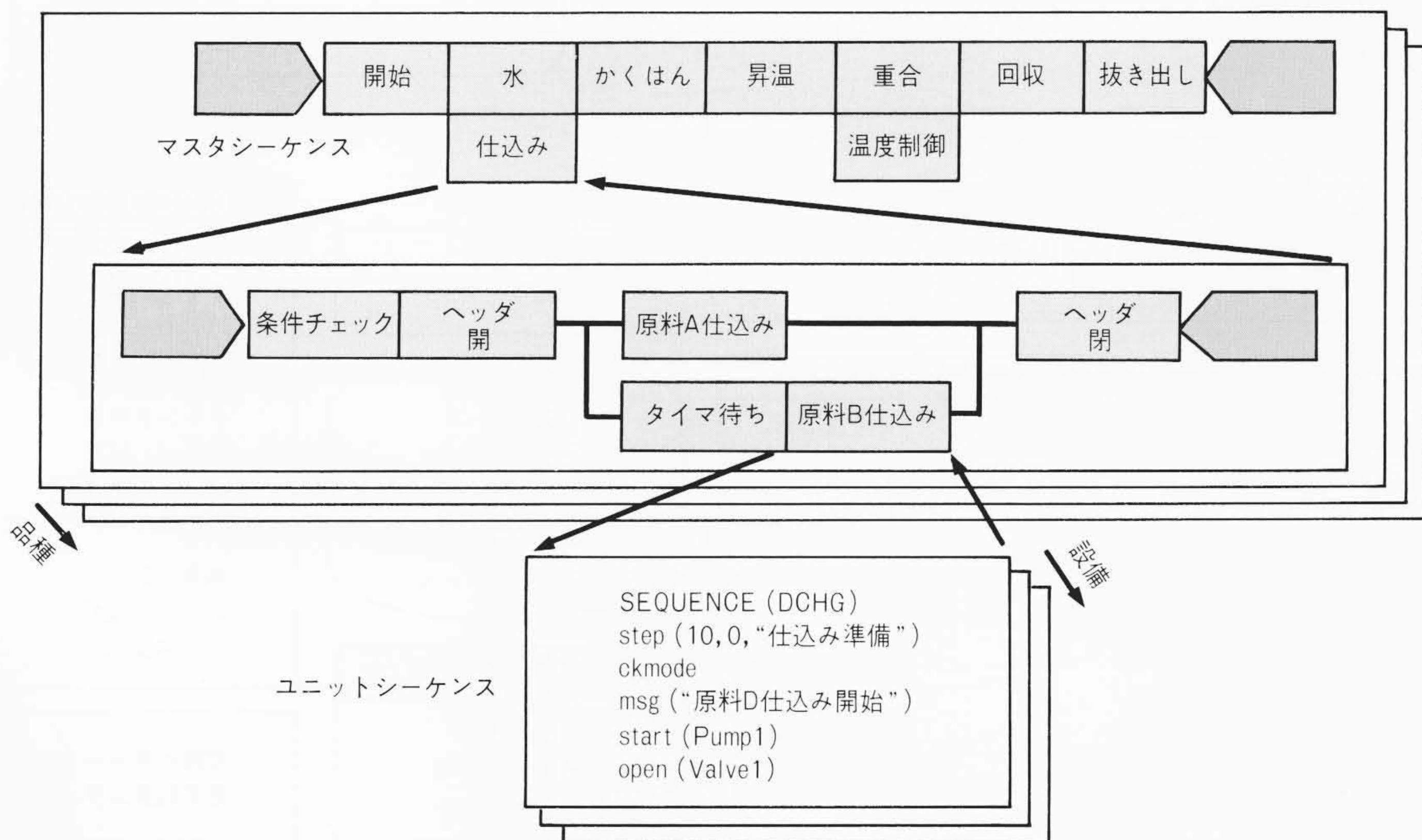


図3 MSCRの基本構成 MSCR(Master Sequence Controller)は品種管理を行うためのマスタシーケンスと設備制御を行うユニットシーケンスによって構成される。マスタシーケンスでは制御手順をボックスの並びとして与えることにより、多品種少量生産形態をフレキシブルにサポートする。



転監視を行うものである。品種による制御手順のフレキシブルな変更に対応しながら、運転員による制御状態の監視を用意していることを特長とするパッケージである。

### 2.4 EIC統合制御LAN

10Mビット/sの伝送スピードを持った $\mu\Sigma$ Network/10により、制御LANを構成する。プラントデータをすべてのステーションに伝達するメモリ転写機能、個々のステーションが自律して機能する自律分散システムサポート機能、さらには光スターカップラを活用した高信頼性などを特長としている。

### 2.5 情報LAN

SCC計算機で蓄積されたプラントデータベースは、情報LANを介して工場管理および経営管理に対してサービスされる。情報LANに国際標準であるIEEE802.3およびFDDI(Fiber Distributed Data Interface)を採用することにより、オープンシステムを構築すると同時に、グラフィック ユーザー インタフェースを含めたマルチベンダの環境を提供するものである。また、ワークステー

ションとの接続では、流通ソフトの有効活用とスタッフ業務のフレキシブルな支援を実現するものである。

## 3 知的プラント運転支援による運転員の負担低減

最近のAI技術の向上は高度なプラント診断、運転支援を可能としている。日立製作所では、これらの最新技術を取り入れた製品化をいち早く進めており、AI関連のパッケージとしてエキスパートシステム構築支援パッケージAPOS、時系列データ記号化システムIMARKを製品化している。

### 3.1 エキスパートシステム構築支援パッケージAPOS<sup>5)</sup>

APOSはオペレーターの高齢化、プラント操業の安定化に伴い熟練オペレーターに頼った操業が困難となる状況で、熟練オペレーターの運転ノウハウを計算機に取り込み、熟練オペレーターと同等の運転支援を行うエキスパートシステムを構築する目的で開発されたパッケージである。図4に示すように、知識ゼネレータや簡易知識エディタでルール記述にプラントデータベースを参照で

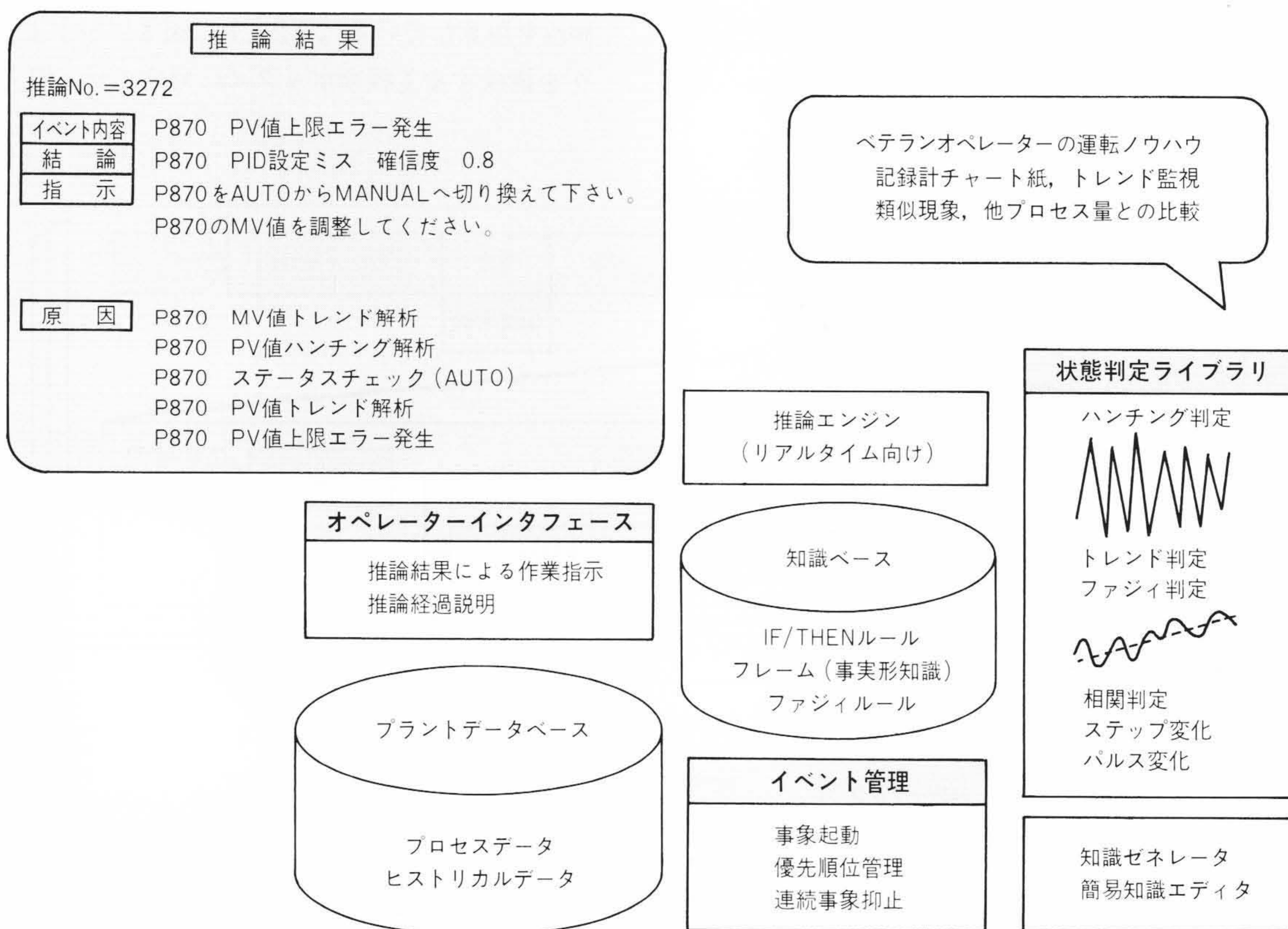


図4 APOSの機能構成と推論結果表示画面例 APOSでは、ルール記述でのプラント データベース アクセスのほか、イベント管理、数値処理でルール記述を補う状態判定ライブラリ、オペレーターインタフェースを用意している。さらに、ファジィ推論、運転員による知識ベース構築を可能とする簡易知識エディタを加えている。



きるようにしているほか、プラントのイベント発生に対応した推論起動、ルール記述では困難な記録計チャート紙の監視に相当する機能を実現する状態判定ライブラリ、およびプラント状態に従ったファジィ推論サポート、ルール記述だけで推論結果・経過が表示されるオペレーターインターフェースを完備した本格的なりアルタイムエキスパートシステムである。

さらに、近年では知識処理の専門家による知識ベースの構築ではなく、順次知識の内容を増強するためには運転員みずから知識ベースのメンテナンスが可能でなければならないとの見地から、簡易知識エディタを用意している。実際に運転に携わっている人が直接知識をメンテナンスすることにより、いっそう実用的なエキスパートシステムを可能とする。

### 3.2 時系列データ記号化システムIMARK<sup>6)</sup>

DCSの導入、計器室の統合、プラントの安定稼働などによってプラント運転現場での運転員が監視しなければならないプロセスデータ量は拡大の一途をたどっている。このような中で、プラントの状態を的確に運転員に伝える知的アラームシステムの一つがIMARKである。すなわち、**図5**に示すようにプラントからの時系列データに対して、その挙動を示す「ことば」を付加して、その状態を運転員に知らせるものである。従来の瞬時値ベースの上下限警報などとはまったく異なり、一定から上昇へ、上昇から下降へなどのプラントの挙動をリアルに伝える画期的な機能である。これは生体の視覚情報処理

を模倣した処理方式によって実現しており、膨大なプラントデータの挙動を計算機システムが監視するため、運転員の大幅な負担低減が期待されている。

さらに、付加された「ことば」をデータベース化することにより、「ことば」を用いた知識ベース構築を可能とするエキスパートシステム、類似データ・類似パターンの検索などを実現する。

## 4 統合プラント オペレーション パッケージ IPOP<sup>7)</sup>による制御の高度化

従来のシステムでのプラントデータベースは、温度、圧力、流量など入力信号に対応した個々のデータを管理するものであった。このため、プラントを構成する設備のデータは演算機能によって組み込む必要があった。通常、演算機能はシステム個別にユーザーが作成する必要があり、SCCシステム構築上の大きな負担のひとつであった。

今回、新たに開発したIPOPは、プラントを構成する機器および装置を装置単位に管理をする画期的なパッケージである。IPOPが動作するハードウェア環境と実現する主な機能を**図6**に示す。SCCシステムとしてHIDIC V90を核として、DCSとの接続を行うほか、国際標準化が進んでいることに着目し、情報LANを介したワークステーションの活用によってシステムを構成する。実現する機能はDCS通信、運転監視をはじめ化学工学解析、最適化制御、プラント立ち上げ停止などの非定常制御、さら

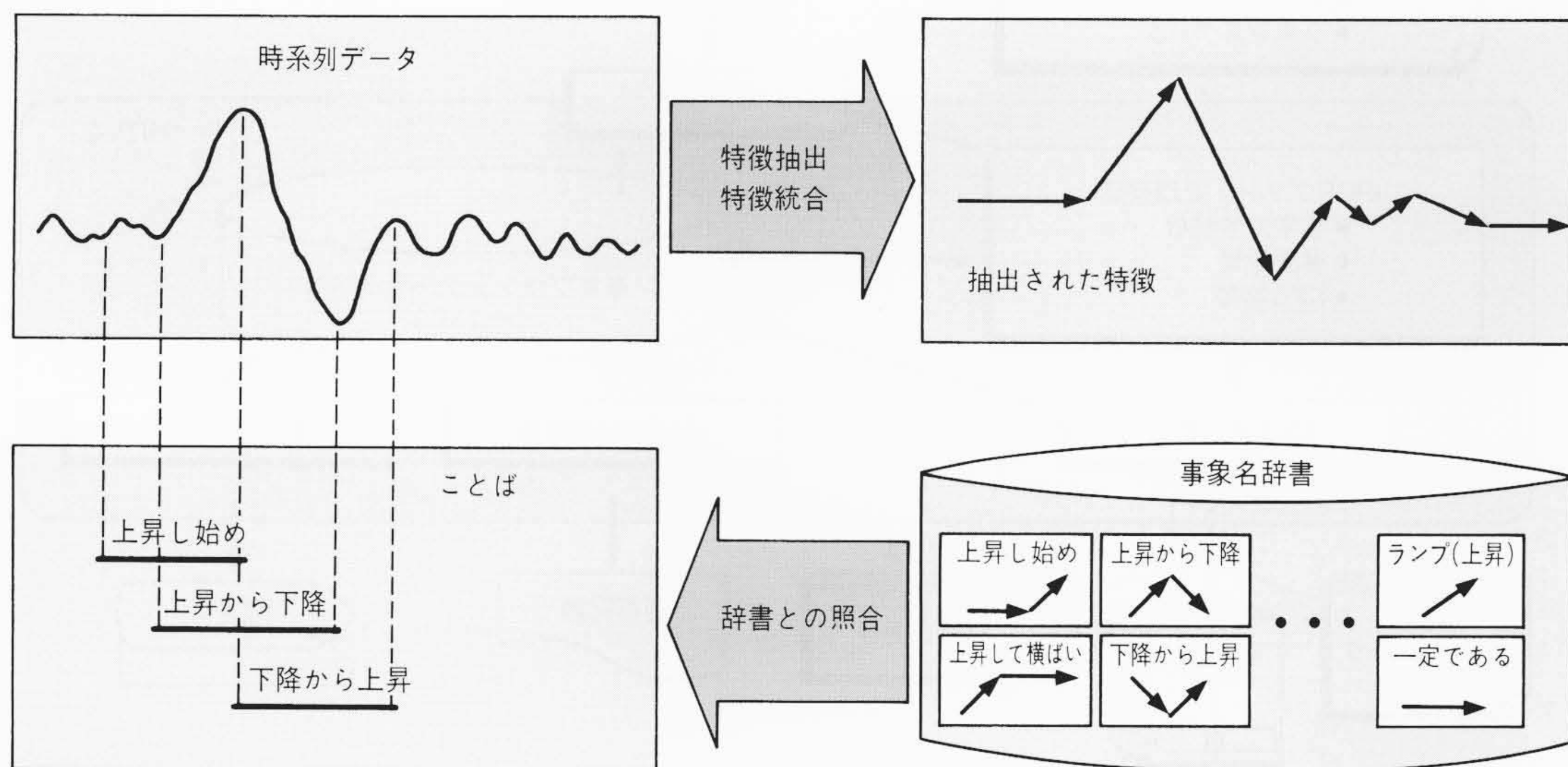
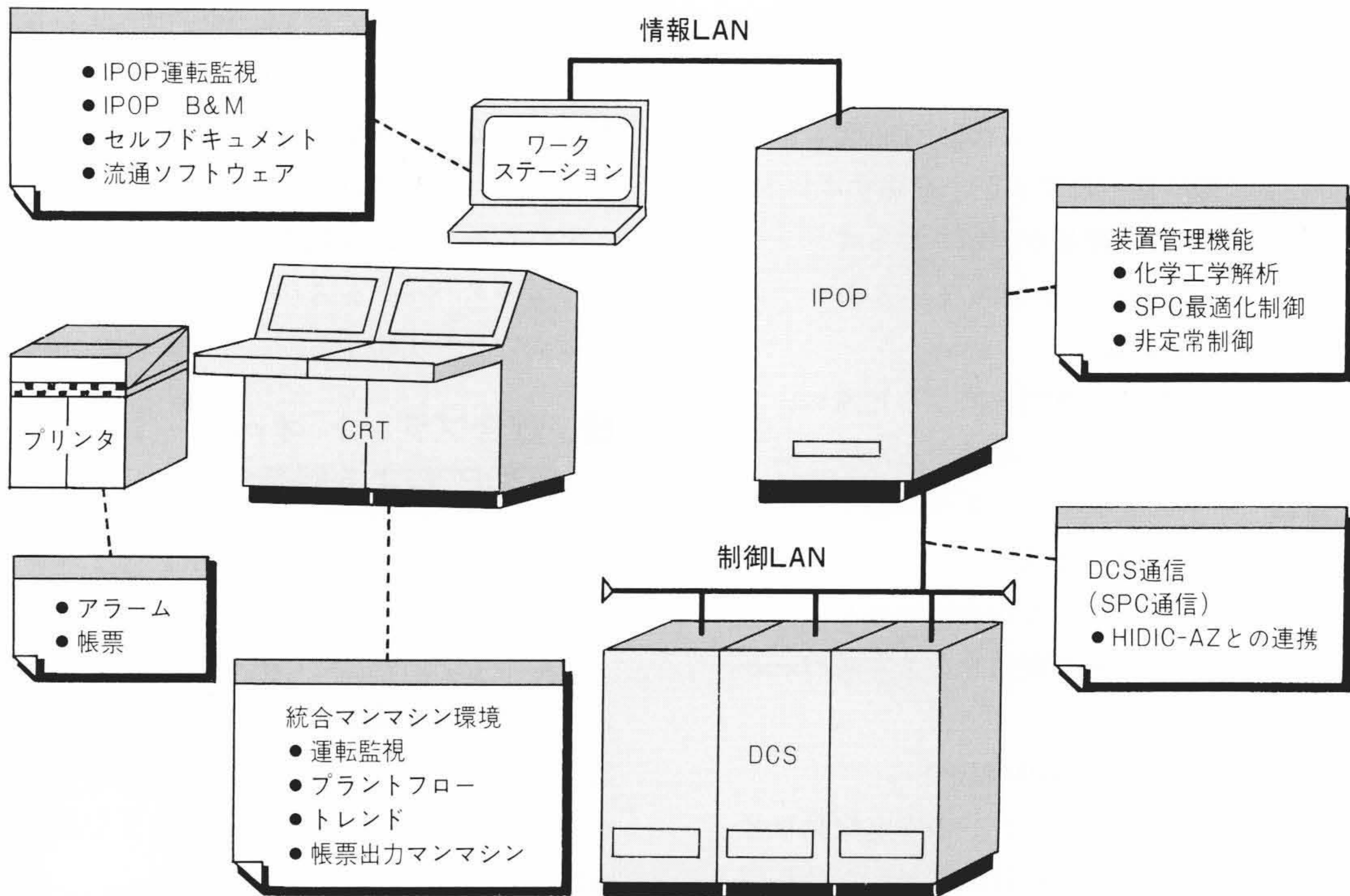


図5 IMARKの処理概要 生体の視覚情報処理を模倣した特徴抽出、特徴統合、辞書との照合の三つの処理過程により、時系列データにことばを付加することによって、高度なプラント監視を実現する。





注：略語説明 DCS (Distributed Control System), SPC (Set Point Control), B&M (Builder and Maintenance)

図6 IPOP全体構成と機能 IPOPはDCS通信のほか、ワークステーションを活用したシステムでその機能を実現する。

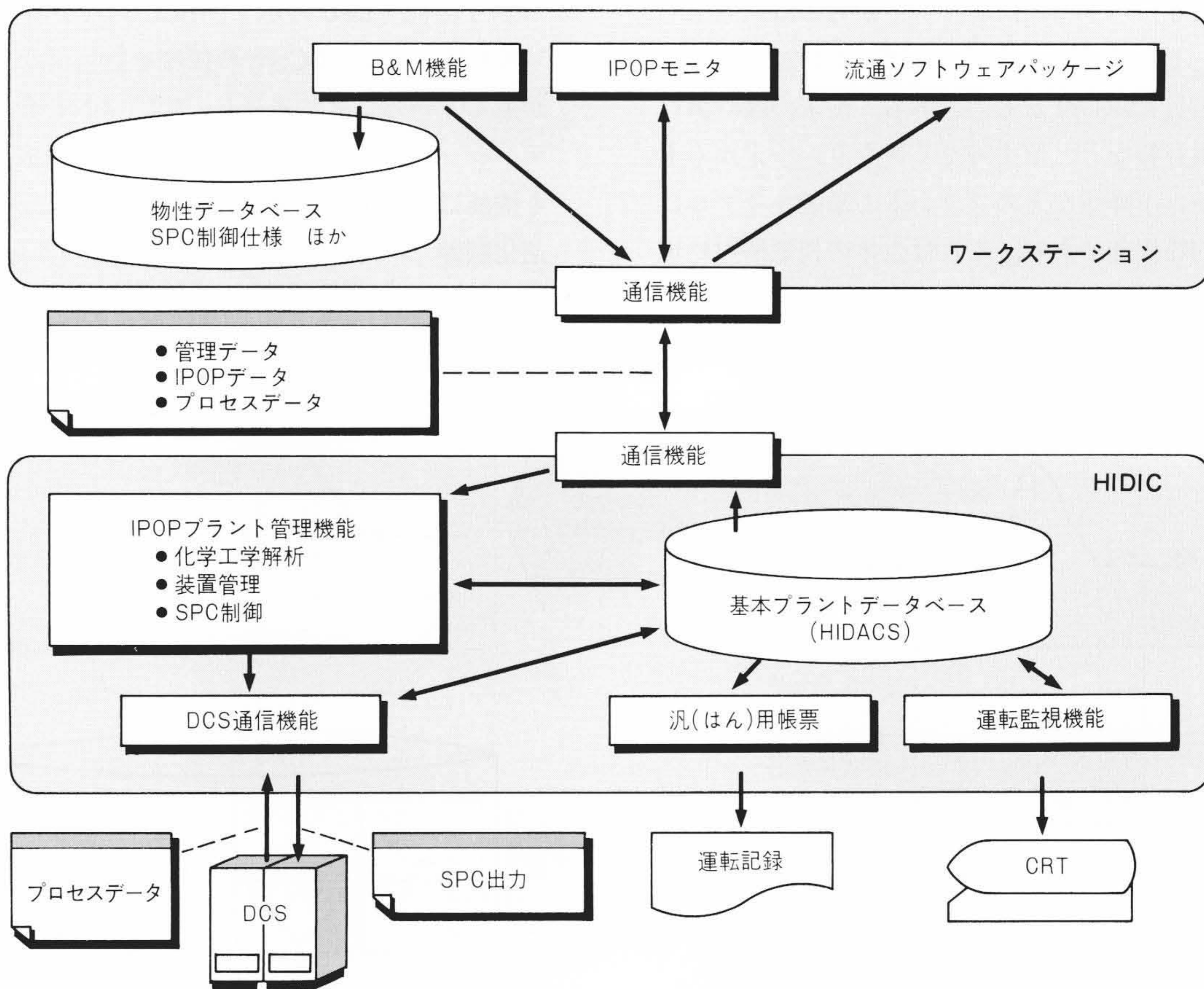


図7 IPOPソフトウェア構成図 HIDACSのプラントデータベースを活用し、IPOPのオンライン機能を実現しながら、ワークステーションで運転状態モニタ、エンジニアリング機能、流通ソフトとの接続などを実現する。



にはワークステーションによる運転状態監視機能, B&M (Builder and Maintenance)機能をはじめとしたエンジニアリング機能, 流通ソフトウェアの活用などである。IPOPのソフトウェア構成を図7に示す。

#### 4.1 装置管理機能

IPOPの最大の特長は入出力信号単位ではなく, プラントを構成する設備, 装置ごとにプロセス管理を行い管理データを数か月から数年に及ぶ長期ヒストリカルデータを装備している点にある。蒸留塔, 反応器, 熱交換器, 吸収塔などの設備機器に関し, その性能計算などプロセスの運転管理に必要な各種管理データを作成する。そして汎(はん)用的な化学工学解析処理をライブラリとして用意することにより, システム構築上のユーザーの負担を大幅に低減している。これらの機能の活用により, 装置およびライン内の物性の推定計算(物性推算), マテリアルバランス, ヒートバランスなどの入出力バランスの管理を可能とする。

さらに, ライブラリにない処理あるいはユーザー固有の処理をユーザーで簡単に組み込めるよう, 簡易演算機能を用意している。これは, ユーザープログラムで従来データベースのタグデータに加え, IPOPが管理する各

種管理データを直接記述できるようにするものである。また, 機器状態変化を待つための機能を具備することにより, 設備の立ち上げ・停止のための非定常制御の組み込みも可能とするものである。

#### 4.2 統合マンマシン環境

データベースの高度化に伴い, 画面の機能も向上させている。運転監視用ディスプレイだけでなくワークステーションでも, 図8に示すようにグラフィック画面でプラントの運転状態の監視ができるほか, ポインティングに対応して表示されるウィンドウでは, IPOPの管理するデータが表示されるようにしている。通常のプラントデータだけでなくプロセス装置としての管理情報, すなわち化学工学解析結果, 物性推算結果, 計器チェック結果, さらに非定常制御状態などもウィンドウ表示されるため, プラントの稼動状態の確認がきわめて容易としている。

またワークステーション上では, B&Mほかのエンジニアリング機能を用意しており, 流通ソフトウェアパッケージの活用とあいまって, プロセス解析, 診断, シミュレーションなどのスタッフ業務に対する統合マンマシンをも実現している。

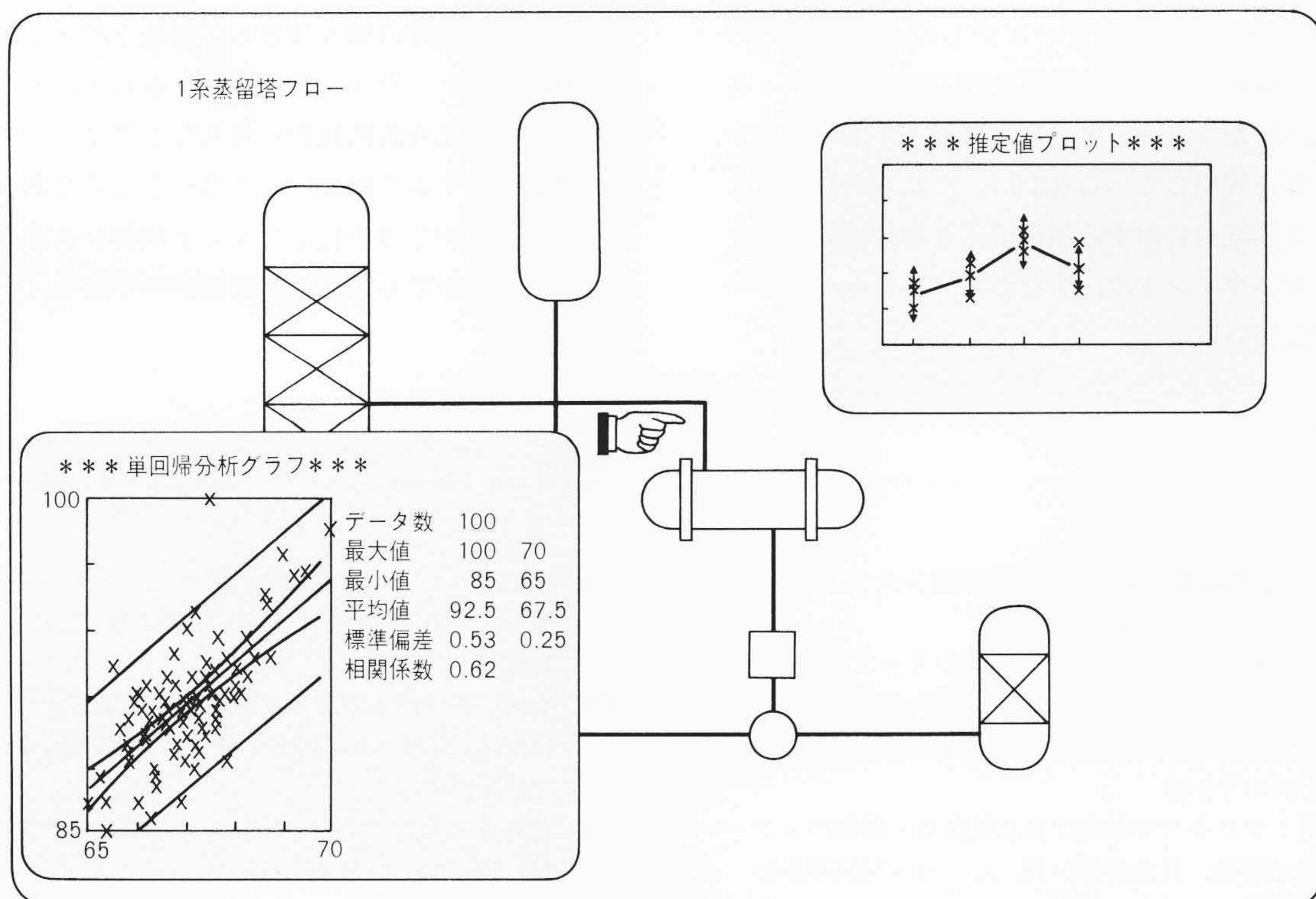


図8 IPOP運転監視画面の例 IPOPでは, 工業用ワークステーションの採用により, IPOPデータのウィンドウ表示をマルチベンダ環境で実現するほか, 流通ソフトウェアパッケージの活用も合わせて実現している。



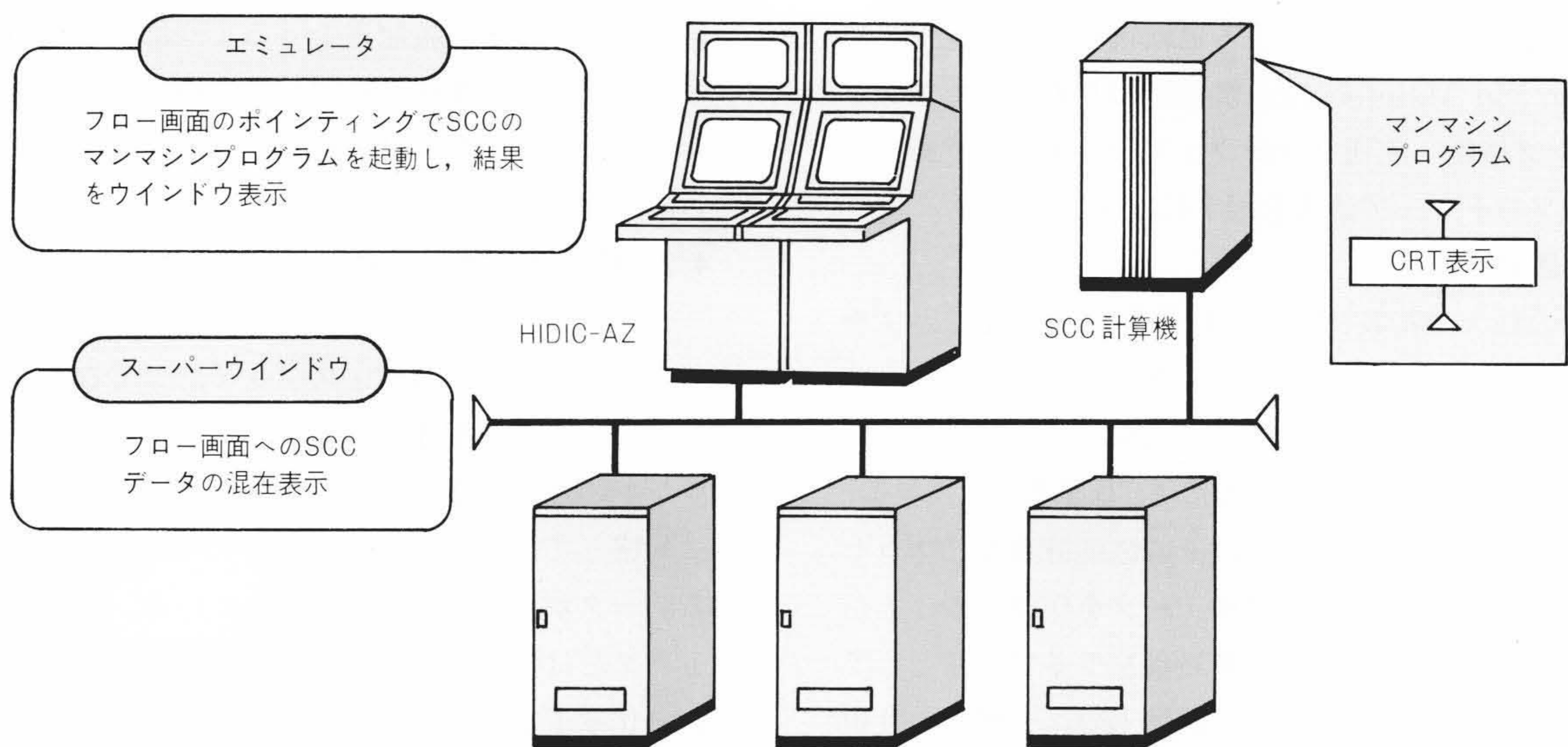


図9 IPOPとHIDIC-AZの連携 HIDIC-AZのフロー画面で、IPOPを含むSCCデータの混在表示を行うほか、SCCのマンマシンプログラムの動作結果をウインドウに表示する。

### 4.3 HIDIC-AZとの連携強化

IPOPは、HIDIC-AZとの連携により、他のDCSとの組み合わせでは得られないEIC統合の最大限のメリットを生かした運転支援環境を提供し、運転員の負担低減を実現する。具体的には、HIDIC-AZのディスプレイ上にSCCデータを混在表示させるスーパーウインドウ機能、HIDIC-AZの画面をポインティングしたときSCC内のプログラムを起動して、その結果をHIDIC-AZのディスプレイに表示したり、データ設定を可能とするエミュレータ機能などを実現している(図9)。これらの機能により、プラント運転員に対する制御情報と管理情報を混在させたシングルウインドウ、すなわちプラントの窓の一本化を実現している。

### 5 おわりに

化学プラント制御システムの最近の動向について述べた。知的プラント運転支援、プロセス管理の高度化は、化学プラントの操業状態の改善に大きく貢献するものと期待される。今後はニューラルネットワークやファジィなどの最新技術の導入はさらに加速されると同時に、現場運転員のいっそうの負担低減も求められるものと思われる。今後とも最新技術の導入などにより、化学プラント制御システムの機能向上に努めるものである。

この論文が今後の化学プラント制御システムの高度化に、いささかでも貢献できれば幸いである。

### 参考文献

- 1) 川口, 外: 装置産業における計算機制御システム, 日立評論, 70, 5, 513~519(昭63-5)
- 2) 佐藤: EIC統合システム「HIDIC-AZシリーズ」の概要とシステムコンセプト, 計装, 33, 4, 55~62(1990-4)
- 3) 天日, 外: EIC統合システム「HIDIC-AZ」日立評論, 73, 8, 807~814(平3-8)
- 4) 川口, 外: プロセス分野向け多品種管理・制御パッケージMSCRの開発, 日立評論, 73, 8, 781~786(平3-8)
- 5) 小山, 外: プロセス制御用エキスパートシステム構築支援システム「APOS」の開発, 日立評論, 71, 8, 717~723(平1-8)
- 6) 小河, 外: 時系列データの記号化によるプロセス状態変化検出システムIMARKの開発, 日立評論, 73, 8, 775~780(平3-8)
- 7) 花島: プラント統合運転システムアーキテクチャ, 計装, 34, 12, 18~23(1991-11)