

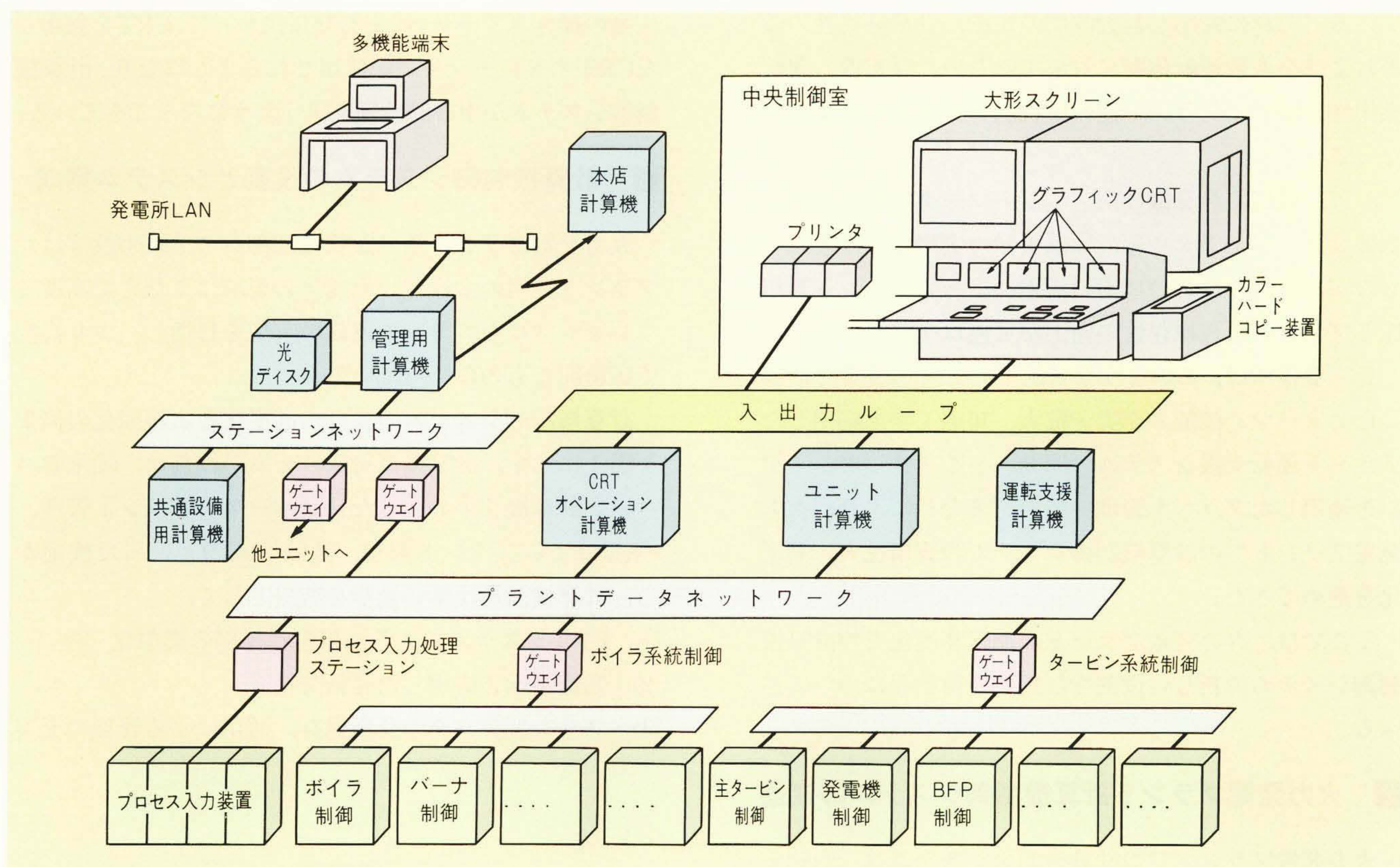
# 火力発電所の運用高度化を支える計算機制御システム

Computer Systems Improving the Operational Performance of Power Plants

射場大造\* Daizō Iba

鍛冶 明\*\* Akira Kaji

松葉健司\*\*\* Kenji Matsuba



注：略語説明 BFP (Boiler Feed Pump)

火力発電プラント計算機制御システムの構成

管理用計算機、ユニット計算機、運転支援計算機などそれぞれの役割を持った計算機がネットワークによって有機的に結合されている。

近年の火力発電プラントは、電力の安定供給のかなめとして、設備の信頼性はもとより高い運用性、環境保全性が求められており、運転制御の高度化とそれをバックアップするプラントのきめ細かな管理が重要になってきている。

このような背景のもと、火力発電プラントの自動化システムの中核として発展してきた計算機制御システムの役割は、制御装置のデジタル化、ネットワークによる情報伝送の発展と相まって、ますます

広範囲、高度化してきた。

最近の火力発電プラントでは、プラントの運転高度化を目的に、計算機制御システムの適用拡大を進めており、高機能マンマシン機器の採用によるマンマシンシステムの高度化、CRTオペレーションシステムによる運転監視操作の集中化、知識工学を応用した運転支援システムの導入、および業務支援システムによるプラント管理の高度化・合理化を図っている。

\* 株式会社日立情報制御システム

\*\* 日立製作所 大みか工場

\*\*\* 日立製作所 電力事業部



## 1 はじめに

近年の火力発電プラントでは、大容量石炭火力発電プラントや、コンバインドサイクル発電プラントの建設を推進する一方、既設発電プラントでは電力需給への対応から中間負荷運用やDSS(毎日起動・停止)運用を進めている。これに対応し起動時間の短縮、負荷応答性の改善および小人数運転体制に対応するため、運用性、運転操作性に優れたプラント運転監視制御システムが重要となっている。

一方、最近の計算機技術、ネットワーク技術の発展、制御装置のデジタル化、知識工学の実用化には著しいものがあり、これらの技術の活用によってプラント運用性とプラント監視操作性の向上が可能になっている。

日立製作所は、このような状況下、高機能CRTを活用したヒューマン機能の充実・拡大、知識工学を応用したプラント運転支援システムの開発、ハイブリッドシステムを適用したプラント管理機能の充実などにより、火力発電プラントでの計算機制御システムの適用拡大、高度化を進めてきた。

ここでは、火力発電プラントの運転高度化での計算機制御システムの新しい役割や最近の技術動向について述べる。

## 2 火力発電プラント計算機制御システムの変遷

火力発電プラントでの計算機制御システムは、当初データロガーとしてプラントの運転日誌作表、監視モニタを目的として導入され、計算機制御技術の進展に沿って順次拡大、発展してきた。

'80年代に入ると計算機制御システムは、全自動化システムの中心的役割を担い自動化機能が拡大する一方、多くの情報を取り込むようになり、プラント監視面でも重要な役割を果たすようになってきた。

最近では自動化機能の面ではプラント機器に直結したDDC(直接計算機制御)機能や、シーケンス制御機能はデジタル制御装置で処理するようになり、計算機制御システムはプラントの運用性の向上を目的とした管理運転、スケジュール運転に役割が移ってきている。

一方、プラント監視の面では、最近の小人数運転体制に対応して、中央操作室での集中監視を充実するため、現場盤や制御装置の個別警報要因を計算機で監視するようになり、また、デジタル制御装置と計算機間のネットワーク接続により、制御装置の内部情報を取り込んで、

従来ブラックボックスであった制御装置の制御進行状況や異常状態の詳細内容を監視するようになり、計算機制御システムの役割、処理内容が飛躍的に拡大してきている。

プラント操作の面でも小人数運転に対応した中央操作室での集中監視操作、監視操作盤のコンパクト化により、従来の操作スイッチ、設定器類に代わって、CRTを使用したCRTオペレーションが採用されるようになり、計算機制御システムが中心的役割を担うようになってきている。

## 3 計算機制御システムの役割とシステム構成

火力発電プラントでの計算機制御システムの役割は、プラント運用の多様化、高度化の要求にこたえて高度でフレキシブルなプラント運転の実現を目指し、より高度で広範囲なものになっている。

計算機制御システムの役割の高度化と広範囲化の概要を図1に示す。計算機制御システムの役割は、従来のユニット計算機を中心とした日誌ベースのプラント管理、CRTによるプラント監視、計算機制御といった機能から、計算機関連技術の進歩を背景として、

- (1) CRTシステムによる運転監視操作の集中化
- (2) 知識工学を応用した運転支援
- (3) プラントデータの長期保存、活用による管理の充実

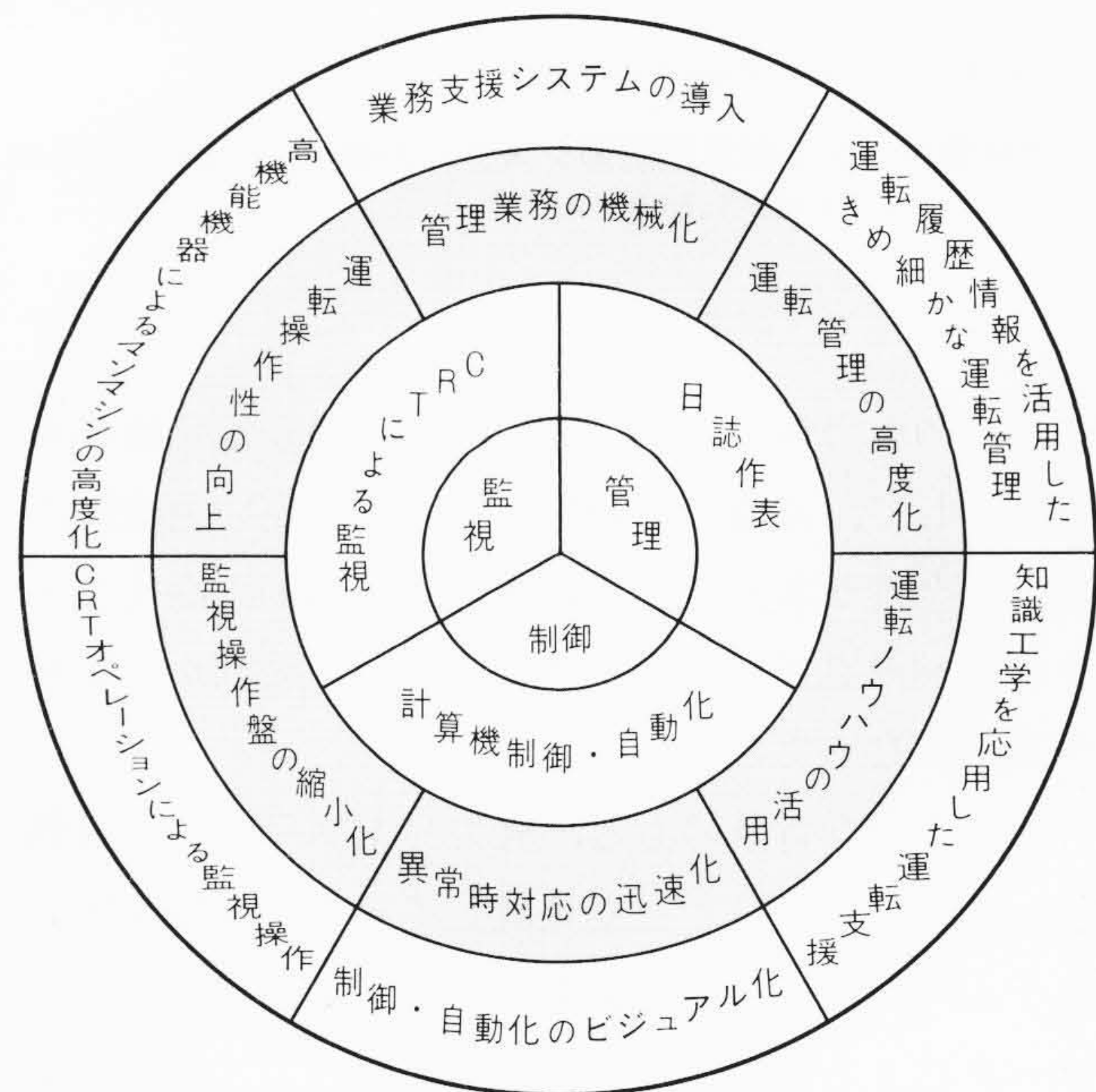


図1 火力発電プラント計算機制御システムの役割拡大  
火力発電プラントでの計算機制御システムの役割はますます広範囲化・高度化している。



などにより、高度の機能へと拡大している。

このような新しい機能を実現するための計算機制御システムの構成概要を59ページの図に示す。計算機制御システムは管理用計算機、共通設備用計算機、ユニット計算機、運転支援計算機などそれぞれの役割に対応した計算機によって構成し、各計算機はネットワークで結合している。発電所レベルのステーションネットワークは管理用計算機とユニット計算機、共通設備用計算機などを接続して、下位の計算機で収集した運転管理情報をネットワークを介して管理用計算機にデータ伝送し、管理用計算機による運転管理情報の一元管理を可能にしている。また、ユニットレベルのプラントデータネットワークはユニット計算機、運転支援計算機、CRTオペレーション計算機などとデジタル制御装置、プロセス入力処理ステーションを接続し、下位の装置が収集したプラントデータをネットワーク上に流して、各計算機がプラントデータを共用することを可能にしている。

#### 4 マンマシンシステムの高機能化

火力発電プラントが運用性の向上、小人数運転体制に対応するためには、運転しやすい(運転員との親和性の高い)プラントにすることが重要である。このため、最近の火力発電プラントでは、計算機技術の応用によってさまざまなヒューマンコミュニケーションの改善を図っている<sup>1)</sup>。以下に最近のマンマシンシステムの主要な技術動向について述べる。

#### 4.1 高機能機器による使いやすいマンマシンシステム

火力発電プラントの運転状況を迅速かつ的確に把握し、円滑な運転を行う上で、プラントのきめ細かな運転情報を集約し、グラフィック表示などのわかりやすい方式で情報を提供するヒューマン機能は、ますます重要となっている。ヒューマン機能を充実し、運転しやすいプラントとするために、高機能CRT、大形スクリーンなどの新しい高機能機器を採用した、高度で使いやすいマンマシンシステムが最近実用化されてきた。

##### (1) 高機能CRT

CRTによる集約監視、集中操作を実現するためには大量の情報から必要な情報を簡単に表示、操作ができるようにする新しいCRTとヒューマンソフトウェアが必須(す)である。CRTについては、従来のプロセスCRTの機能、性能を大幅に向上し、しかもコンパクトな構成のハードウェア(HC-5158CRT装置)を開発してユーザーの要望にこたえるようにしている。

新ヒューマンソフトウェアには運転員にとってわかりやすく操作できることと、必要時には情報を迅速的確に提供できることが求められている。このため、次のような新しい技術をヒューマン機能の中に組み込むようにしている。

- (a) 必要時に監視画面上の該当箇所をタッチすることにより、関連する詳細情報をウインドウ表示する。
- (b) 監視画面に関連した対話操作は、画面下部に設けた10個の機能表示エリア(ソフトキーと呼び、監視画面に応じて機能が変化する。)を選択し、タッチすることにより、関連する詳細情報をウインドウ表示する。

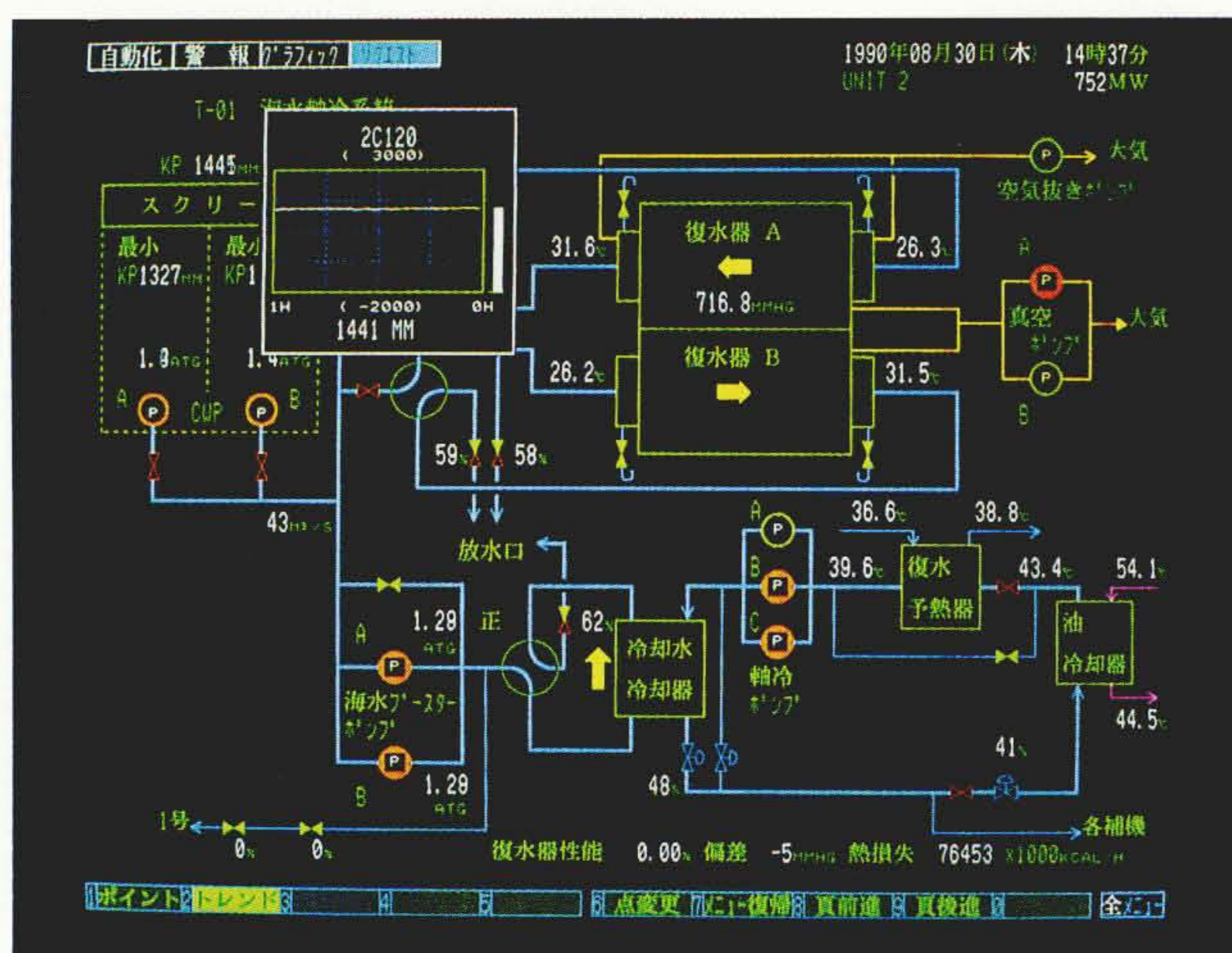


図2 トレンドウインドウ 系統図上にプロセスデータのトレンドグラフをウインドウ表示する。



図3 警報窓表示 警報窓の状態を実際の窓のイメージで表示する。



よって行うことができる。

(c) 複数の画面を縮小し、組み合わせて表示することによって同時監視を可能にする。

以上の技術を利用した機能例として、トレンドウィンドウ、警報窓表示、2画面モニタがある。次にそれぞれの機能について述べる。

#### (a) トレンドウィンドウ

系統図表示画面上の任意のプロセスデータをタッチすると、過去1時間分のデータをトレンド表示し、しかも更新していく(図2参照)。

#### (b) 警報窓表示

警報窓のイメージを表示し、窓をタッチすることによってその要因をウィンドウ表示する(図3参照)。

#### (c) 2画面モニタ

監視中の画面の関連画面を一時的に見るとき、または同時に監視するとき、監視画面を縮小して残りの領域に関連画面を表示する(図4参照)。

### (2) 大形スクリーン

中央操作室での運転監視をより充実させるため、計算機で処理したCRT画面や現場監視のためのITV(工業用テレビジョン)画面を70インチまたは110インチの大画面で拡大表示できる大形スクリーンを使用するようになってきた。大形スクリーンの適用例を図5に示す。

大形スクリーンによって離れた場所から複数の運転員が同時に必要な情報を監視できるようになり、監視盤上の指示計、記録計を読みに行く必要がなくなり、運転員相互の協調に効果をあげている。また、ワークステーシ

ョン、パーソナルコンピュータで処理した情報や書画装置からのドキュメント情報を拡大表示して、ミーティング時などの情報伝達にも使用できる。

### 4.2 CRTオペレーションによる監視操作性の向上

プラントの小人数運転体制への対応として、プラントの自動化が推進される一方、自動化の補完操作を含む各種運転操作に対しても、監視操作の集中化、監視操作盤のコンパクト化が重要な課題となっている。

特に、近年建設が推進されている大容量石炭火力プラントやコンバインドプラントでは、監視操作項目が膨大なので、従来の監視操作盤に代わるCRTによって監視操作を集約化したCRTオペレーションの採用が不可欠となっている。

CRTオペレーションでは、従来の監視操作盤の操作器や計器の代わりにCRTを使用することによって監視操作盤の大幅な縮小化を実現する一方、計算機のヒューマン機能を活用することにより、単なる操作器、計器の代用から高度で使いやすい監視操作機能へと高機能化を実現している。

#### (1) 系統図CRTオペレーション

CRTオペレーションでは操作スイッチ、設定器に相当する操作端画面をCRTに呼び出して表示し、共通の操作キーによって操作する。系統図CRTオペレーション方式では、プラントの運転監視を行う系統図画面上の対象操作機器をタッチすることにより、当該操作項目の操作端画面を系統図画面の左端または右端にウィンドウ表示し

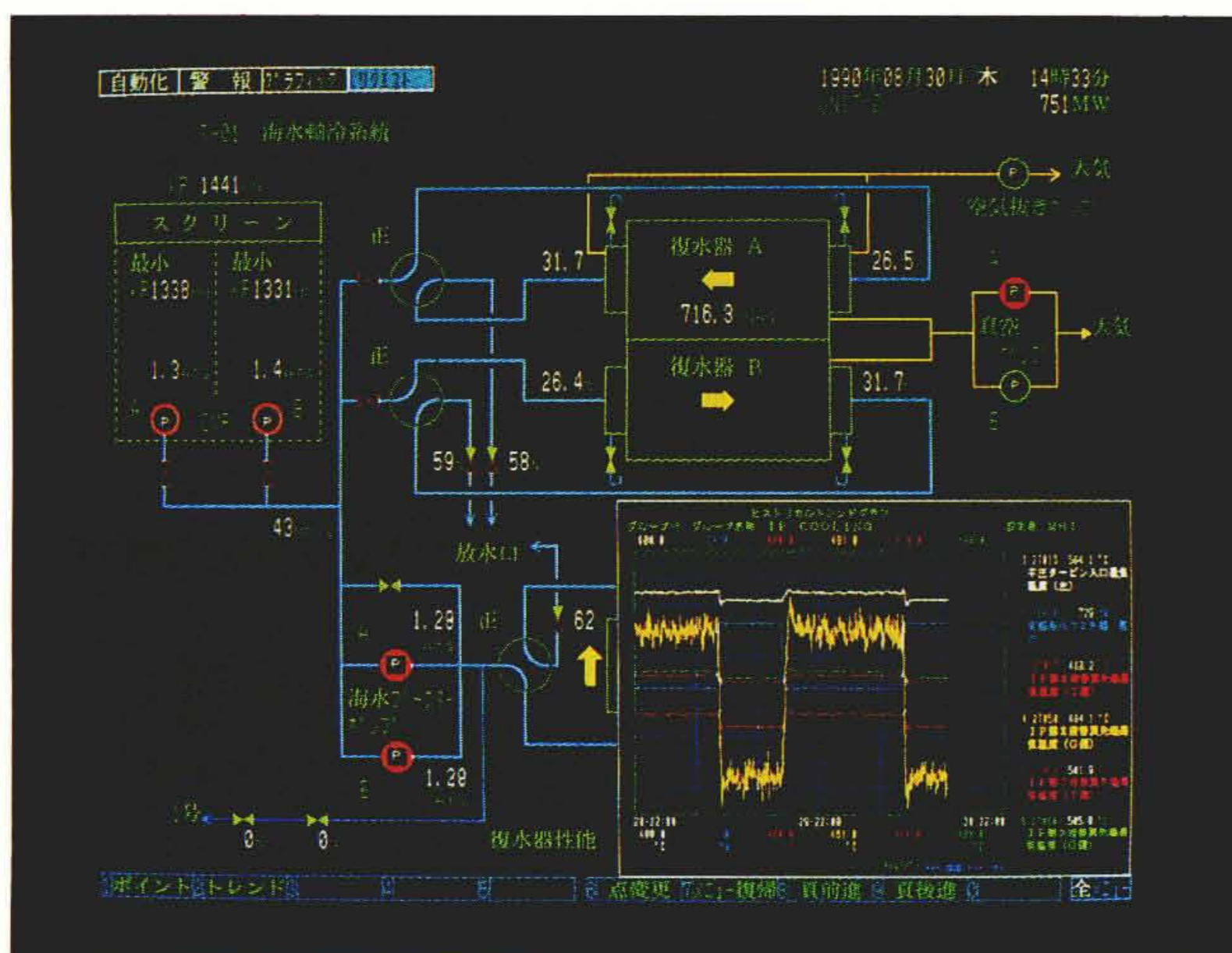


図4 2画面モニタ 二つの画面を同時に表示し、監視可能とする。



図5 大形スクリーン適用例 大形スクリーンは計算機のCRT画面、現場監視ITV(工業用テレビジョン)画面などの画面情報を拡大表示し、運転員全員へ情報提供を行う。



て、操作可能にしている。その概要を図6に示す。これにより、操作端画面の呼出し操作の簡略化と誤選択の防止を図るとともに、系統図画面によってプラント監視を行いながら操作ができるようにしている。

#### (2) 運転ケース別グループCRTオペレーション

プラント起動準備操作やプラント異常発生後の対応操作などでは、いくつかの系統にまたがって複数の操作端を連続して操作することがある。このような運転ケースに対しては、関連する操作端をグループ化し、操作端画面を一括して呼出し可能とし、対応操作の簡略化、迅速化を図っている。

#### (3) デジタル制御装置の状態監視と対応操作

CRTオペレーションでは、ネットワークによってデジタル制御装置の詳細な情報を受け取り、制御の進行状況や不具合発生状況をCRTに表示することにより、従来ブラックボックスであった制御装置の制御の動きや異常の詳細内容を可視化している。また、不具合発生時に当該操作端の操作画面を呼び出すことにより、運転員による対応操作の迅速化を図っている。

### 4.3 集中中操方式による発電所運転の集中化

計算機システムを中核とした総合デジタル制御システムの適用拡大、マンマシンシステムの高機能化、および自動化範囲の拡大に伴い、小人数運転体制に対応した中央操作室での監視操作の集中化が進められてきた。

最近ではこれをさらに進展させ、既設発電プラントの近代化、リフレッシュ化の一環として、発電所の全ユニットの運転を集中中央操作室で行う集中中操方式の導入

が行われるようになってきている。

集中中操方式では、発電プラントと中央操作室が離れているので、ネットワークによる情報伝送、CRTによる運転操作、現場盤を含めた集中監視が不可欠であり、計算機制御システムの役割はますます重要となっている。

## 5 運転支援システムによる運転の高度化

火力発電プラントの運転は、高効率運転の追求や運用性能の向上、運転の高信頼性の要求に対応して、ますます高度な技術を必要とするものとなってきている。また、自動化が進んだ現在でもプラント異常時の対応には豊富な運転ノウハウが必要であり、これらの課題にこたえるものとして、計算機の高情報処理能力と優れたヒューマン性を活用した運転支援システムの導入が進められている。最近では知識工学を応用してプラントノウハウや運転ノウハウを取り入れた高度な運転支援システムの開発、導入が行われるようになってきた<sup>2)</sup>。知識工学を応用した運転支援システムの一例として、異常時運転支援システムの概要を図7に示す。

異常時運転支援システムは、知識工学を適用したHITREX(Hitachi Tree Based Realtime Expert System)をベースに、プラント異常発生時に異常原因の推定、対応処置のガイダンス、および異常波及の予知機能によって運転員を支援するシステムである。HITREXでは、プラント異常に対する運転ノウハウ、プラントノウハウをプラントエンジニアの思考に合わせてフォールトトリ形式で表しており、そのままの形でCRT画面上に描くことにより、知識ベースを容易に構築できる。

異常時運転支援システムでは、構築された知識ベースによってフォールトトリ上の各ブロックの異常度を算出し、これを基に最も確信度の高い異常波及経路を探索して異常原因を推定し、その結果をCRTにガイド表示する。ガイダンス画面例を図8に示す。

ガイダンス画面は、異常に対する対応操作ガイド、推定原因とその異常度、推定原因に対する対応処置ガイド、および関連データ表示から成る。関連データ表示としては関連系統図、トレンドグラフ、関連フォールトトリのいずれかが選択表示でき、状況把握を容易にしている。

## 6 発電所管理業務の高度化

火力発電プラントでは、運転の自動化、高度化を推進する上で、設備の運用管理、保守管理のいっそうの充実が重要となってきており、きめ細かな情報を基にした高

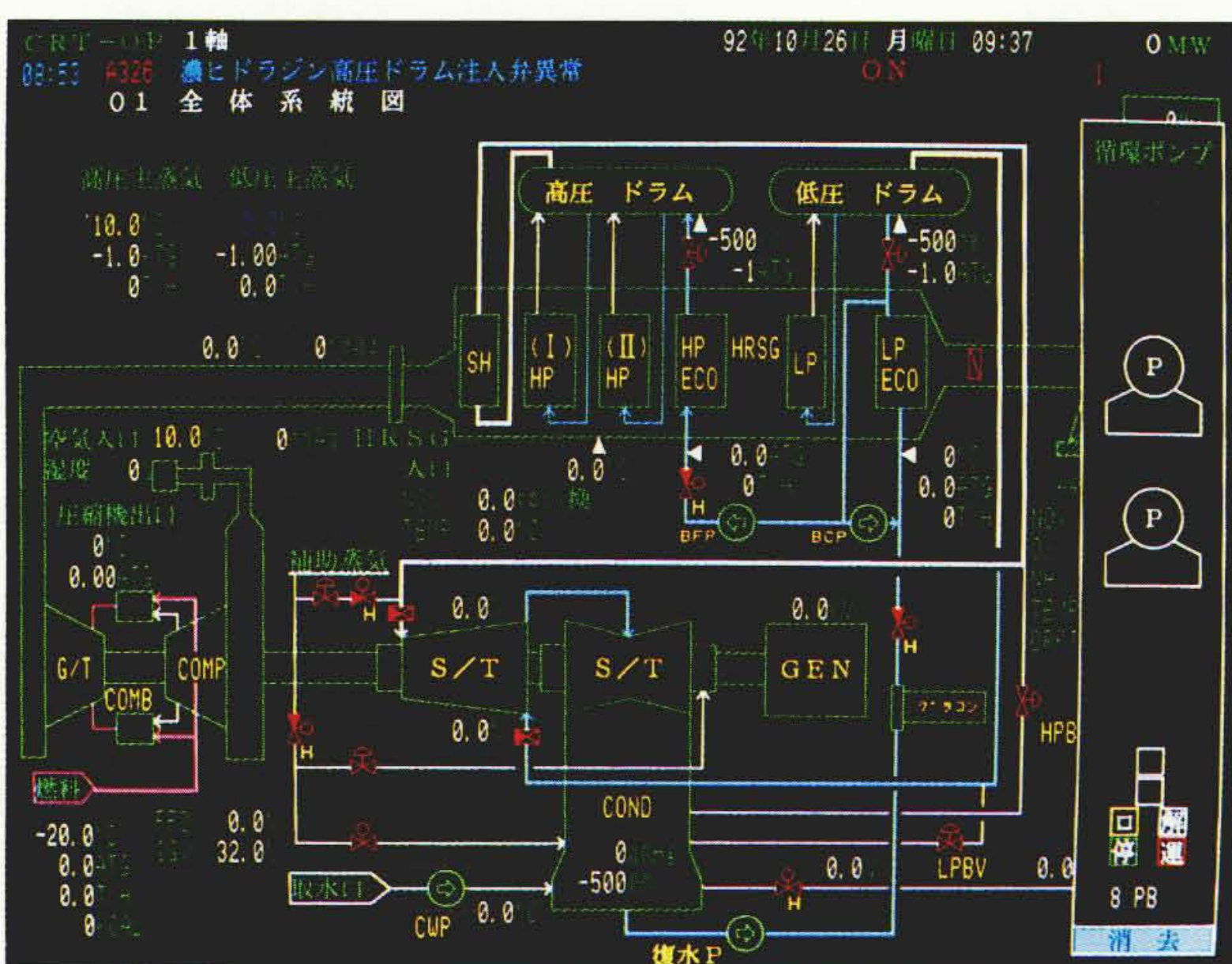


図6 系統図CRTオペレーション方式 系統図画面上に操作端画面をウインドウ表示し、プラント監視を継続しながら操作する。



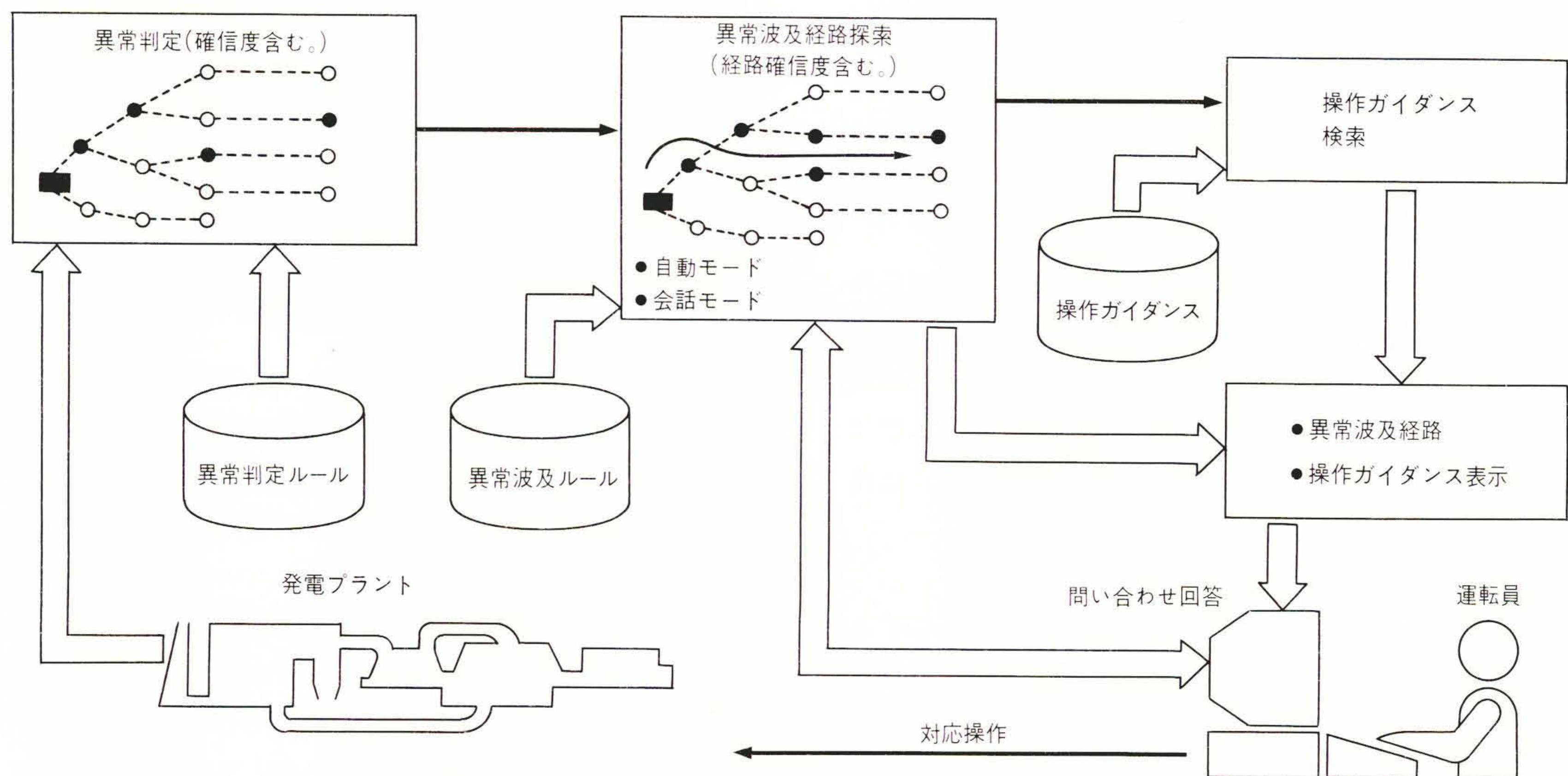


図7 異常時運転支援システムの概要 推論機能によって異常原因を推定し、異常対応操作をガイドする。

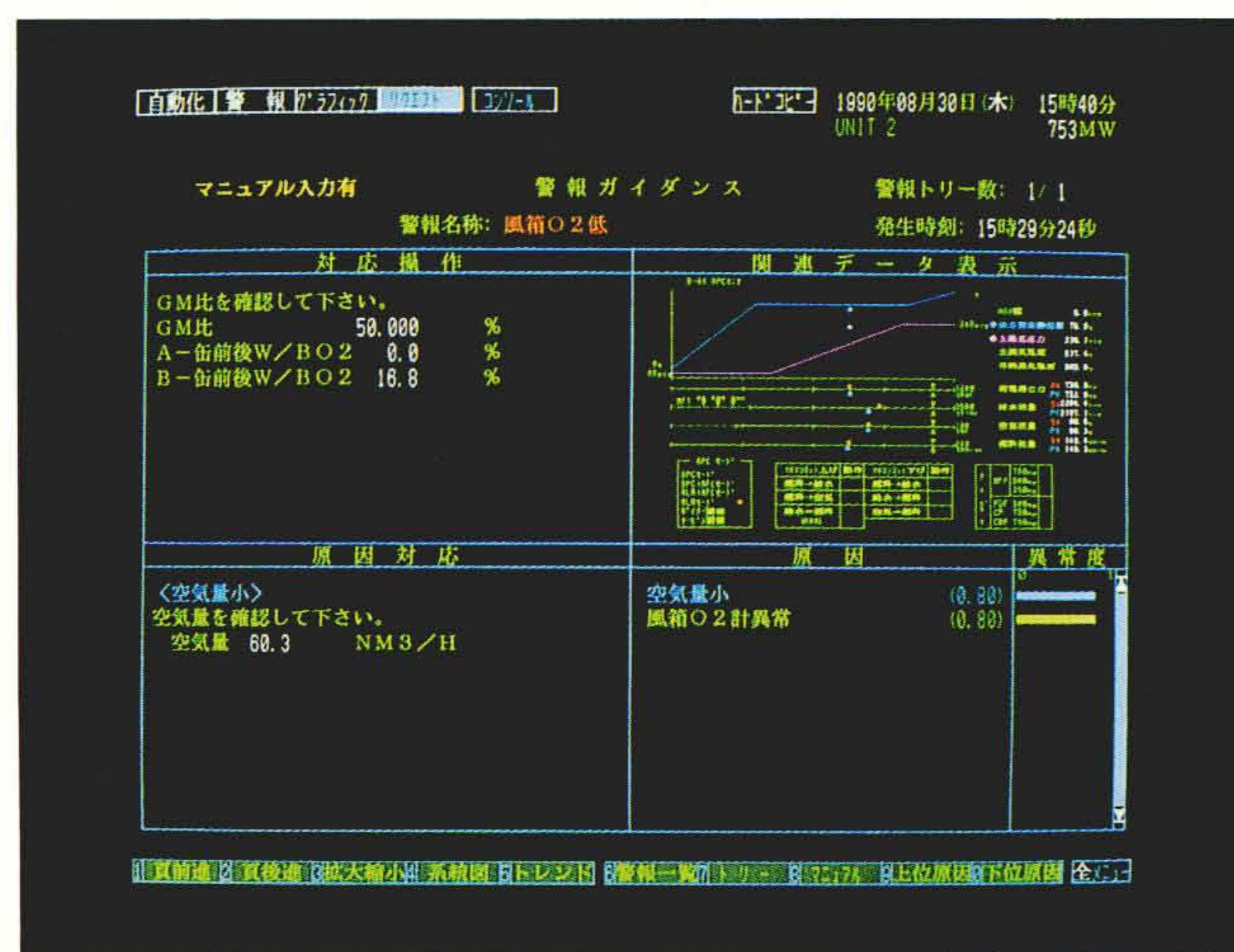


図8 運転ガイダンス画面 異常推定原因、対応操作ガイダンスといっしょにプラント情報を表示して、運転操作の便宜を図っている。

度な管理業務が求められている。

このニーズにこたえるものとして、最近の計算機技術やワークステーション技術を応用した業務支援システムが導入されるようになってきた<sup>3)</sup>。

火力発電プラント業務支援システムの構成と機能体系を図9、10に示す。

業務支援システムでは、ユニット計算機、共通設備用

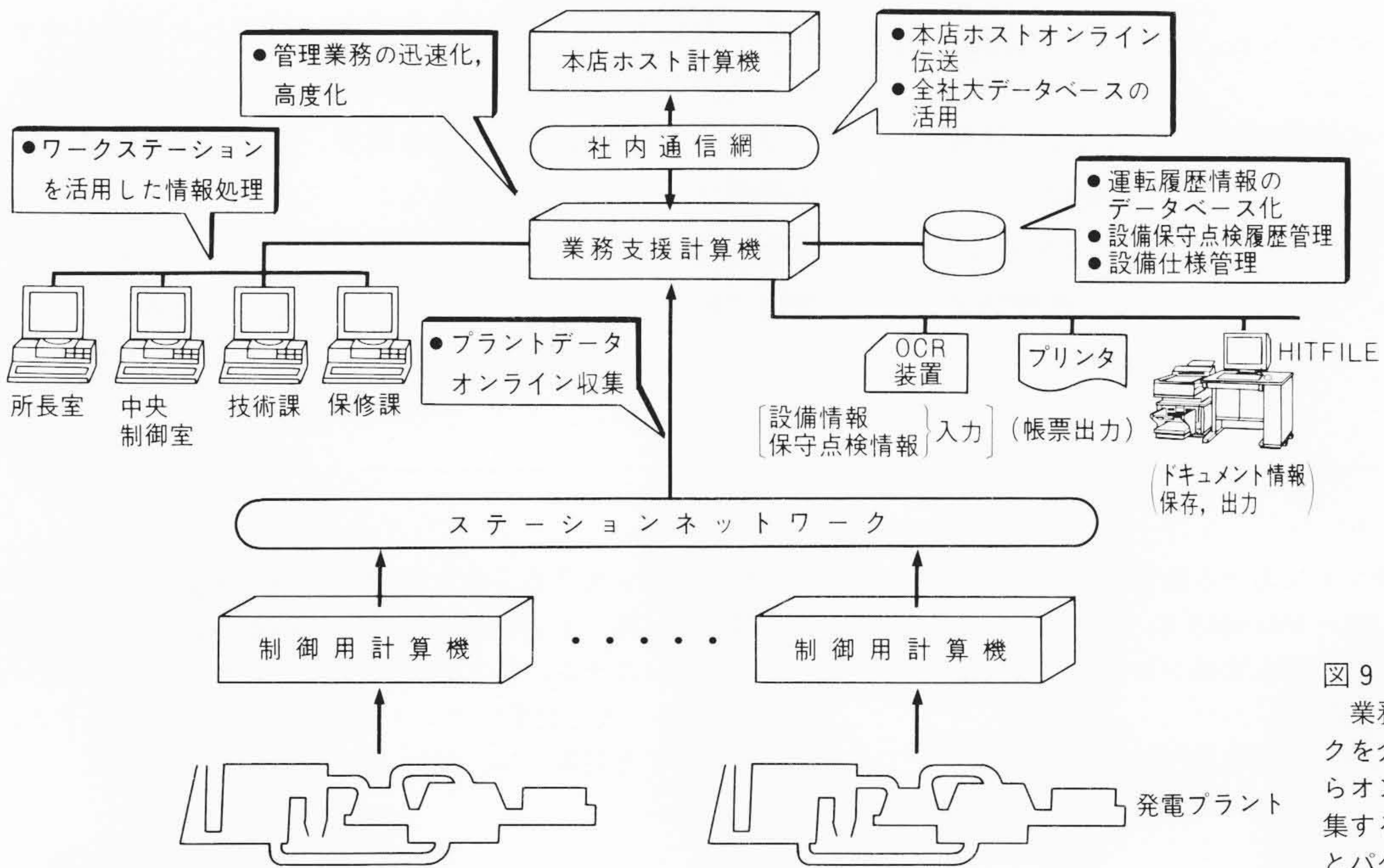
計算機とネットワークで接続し、オンライン伝送によってプラントデータを収集し、集中管理を行っている。収集したプラントデータは、運転履歴データとして光ディスクに長期保存し、蓄積されたデータをもとにプラント特性解析、経年変化解析、性能管理、損失管理などさまざまな管理目的に沿った情報を提供し、運転管理の高度化を支援している。

また、パケット通信網を介して本店ホスト計算機と接続し、本店での全社大管理に必要な管理情報のオンライン伝送を行って、管理業務の効率化、迅速化を実現している。

業務支援システムは、当初オンラインで収集したプラントデータをベースとした管理業務の支援が中心であったが、システムの普及に従って管理の範囲が拡大してきており、設備管理情報、保守点検情報などの保全関連情報をも含めて一元管理して、これらの情報を基にした運転管理、保守管理の高度化を総合的に支援するようになってきている。

最近ではこのシステムがさらに発展し、汎(はん)用計算機の高度な情報処理能力を生かして、発電所の保守業務、運用計画業務の機械化、高度化を図ったシステムが実用化されるようになってきた<sup>4)</sup>。





注：略語説明 OCR（光学式文字読取り装置）

図9 業務支援システムの構成

業務支援システムは、ネットワークを介して各設備の制御用計算機からオンラインでプラントデータを収集するとともに、本店ホスト計算機とパケット交換網によって情報交換を行う。

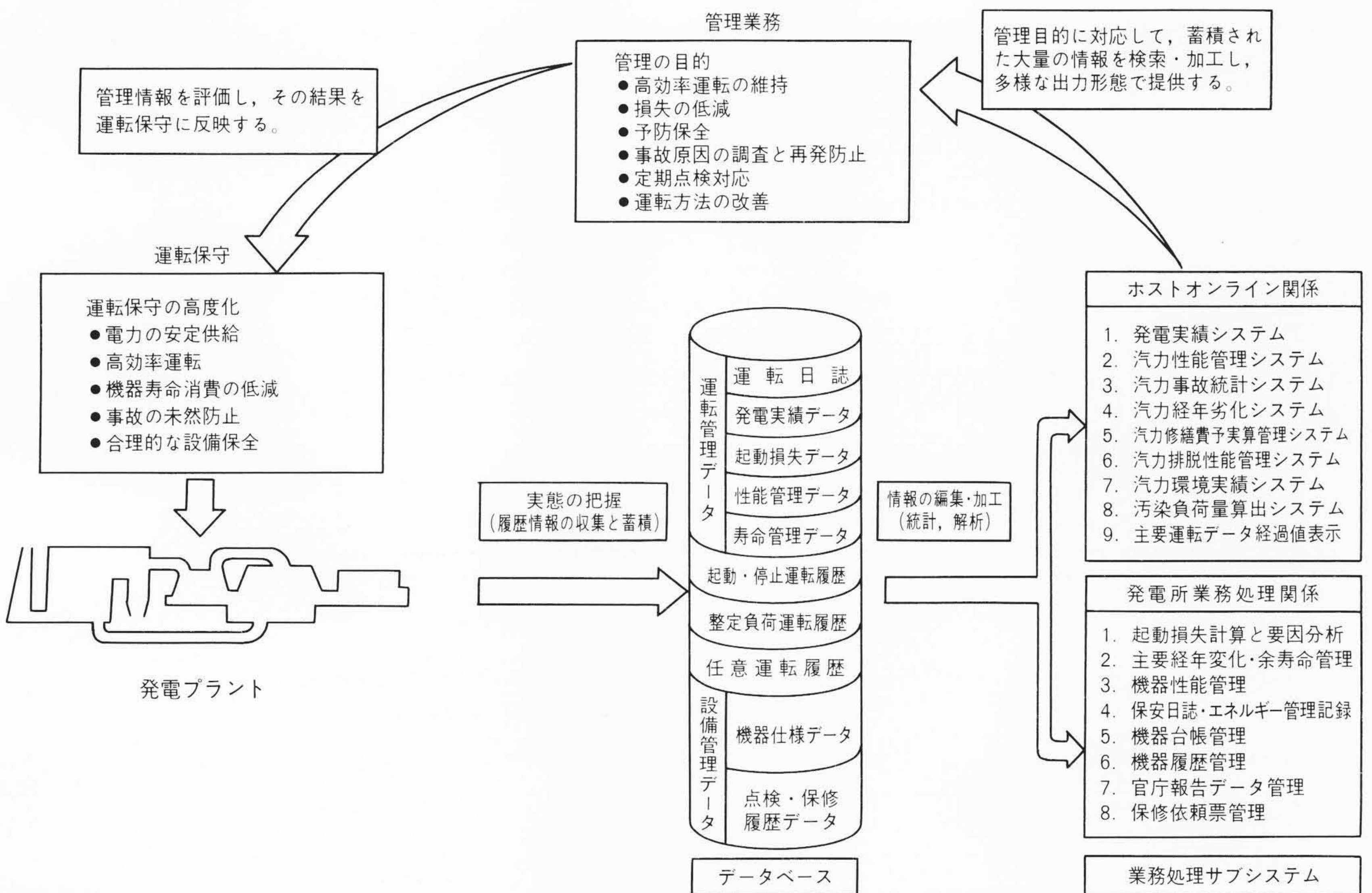


図10 業務支援システムの機能体系  
業務支援システムは、プラントの履歴情報を収集蓄積し、管理目的に対応したさまざまな情報を提供して、運転、保守の高度化を図る。



## 7 おわりに

以上、火力発電プラントの運用高度化を支える計算機制御システムの役割、機能拡大、最近の技術動向について述べた。火力発電プラントでの計算機制御システムは、ハードウェア、ソフトウェアの両面にわたる計算機関連

技術の発展とともに、より広範囲に、またより使いやすいシステムへと進歩してきている。

今後とも計算機関連技術の進歩、発展を踏まえて、火力発電プラントのさまざまなニーズに対し、それらの技術を積極的に取り入れて、計算機制御システムの役割、機能の拡大および充実を図っていく考えである。

## 参考文献

- 1) 鍛冶, 外: 火力発電プラントにおける計算機制御システム, 日立評論, **70**, 5, 461~466(昭63-5)
- 2) 二川原, 外: 火力発電設備の運転支援システム, 日立評論, **69**, 10, 953~959(昭62-10)
- 3) 児玉, 外: 九州電力株式会社松浦発電所納め火力発電所業務支援システム, 日立評論, **72**, 6, 549~556(平2-6)
- 4) 四郎丸, 外: ヒューマンウェアを重視した火力発電所業務支援システム, 日立評論, **74**, 2, 188~194(平4-2)
- 5) 花渕, 外: 火力発電プラント高機能マンマシンシステム, 火力原子力発電, No.431, Vol.43, 8-1992