

Computer Control Systems for Thermal Power Plants

鍛治 明* *Akira Kaji*
阿部倫夫** *Norio Abe*
松葉健司*** *Kenji Matsuba*

1 緒言

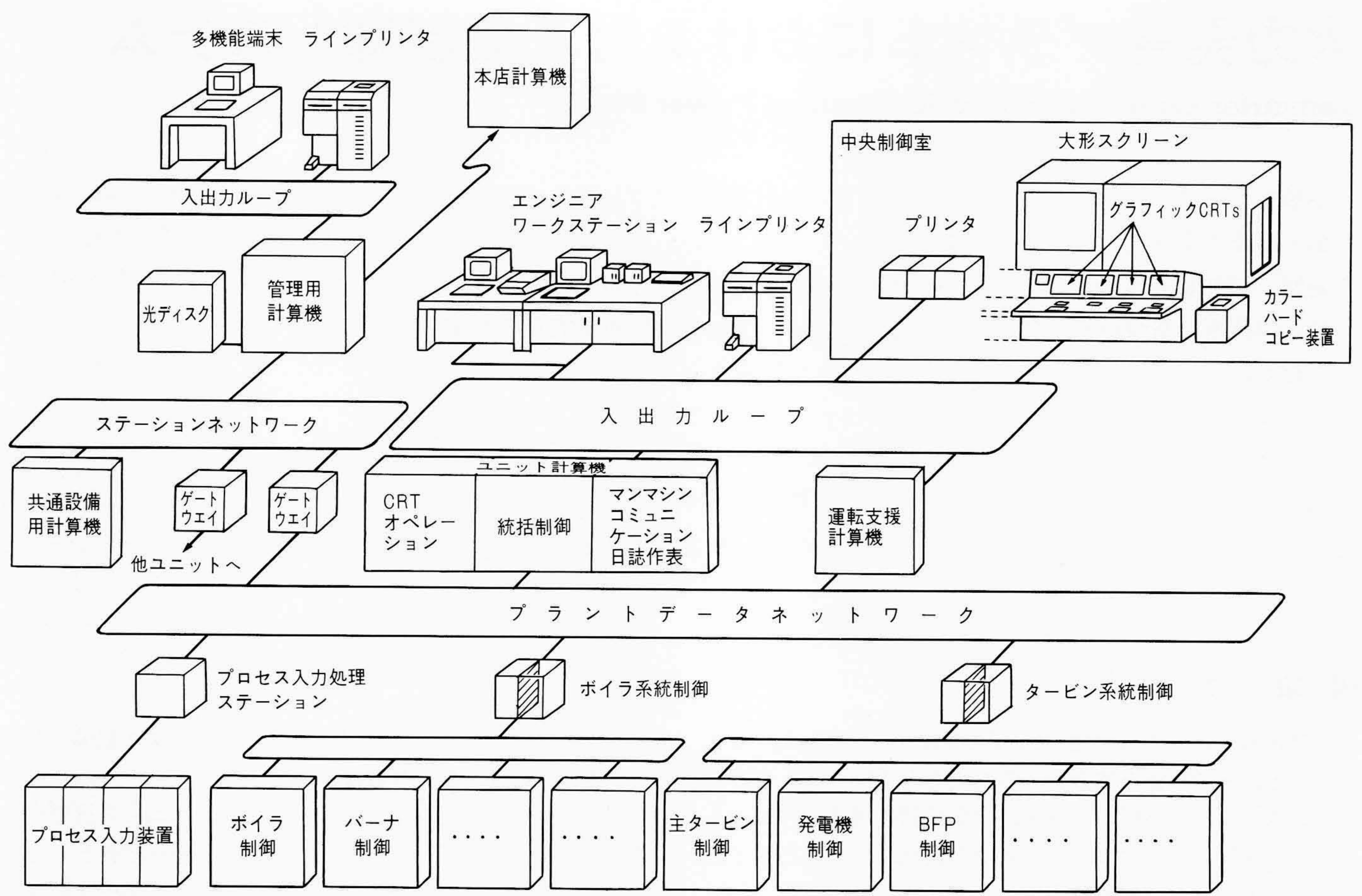
タネットワークにはユニット計算機とデジタル制御システムが接続される。各計算機はネットワーク上を流れる任意のプラントデータを読み込むことができる。ユニット計算機の構成としては、CRTオペレーションを従来の機能とともにHIDIC V90シリーズの最上位機種に組み込んだ集中化構成、及びCRTオペレーションの追設などの対応を考慮し、HIDIC V90シリーズの中位機種複数台によって構成する分散化構成を可能としている。エンジニアリングワークステーションに

2 計算機の役割とシステム構成

- このような新しい機能を実現するための計算機システムの構成を図2に示す。計算機システムはネットワークを中心に構成されており、発電所レベルのステーションネットワークには管理用計算機、ユニット計算機、共通設備用計算機などが接続される。また、下位のユニットレベルのプラントデー

図1 火力発電所における計算機の役割の高度化・高範囲化
火力発電所での計算機の役割はますます高度化・高範囲化している。

* 日立製作所大みか工場 ** 日立製作所日立工場 *** 日立製作所電力事業部



注：略語説明 BFP(ボイラ給水ポンプ)
図2 計算機システム構成図 高速プラントデータネットワークを中心に計算機や制御装置が有機的に結合する。

は、システムの保守機能を持たせており、プラントの運用の変更などに応じて修正が必要となることの多いCRT画面、日誌帳票フォーマット、運転自動化の手順、プラントデータ入力仕様をワークステーションCRT画面上でプログラミングの知識がなくても修正することができる。また、システムには他社の制御装置、計算機が接続されることがあるが、種々標準インタフェースを持ったゲートウェイにより、これらをネットワークに組み込むことを可能としている¹⁾。計算機システムを構成する装置の特徴を表1に示す。

3 高機能マンマシン機器による運転操作

プラントの少人数運転に対応して操作、監視範囲のコンパクト化がマンマシンコミュニケーションの重要な課題となってきた。これに対して、自動化の補完作用又はバックアップとして設けられている操作スイッチ、設定器類の代わりにCRTオペレーションを採用し、操作範囲をコンパクト化することが行われつつある。したがって、CRTの表示及び操作機能を、プラントの単なる監視ではなく運転・操作の中心としてとらえ、その機能の高度化を図ることが必要となってきた。CRTによる運転操作を実現するに当たっては、図3に示すように、CRT操作回数の最小化、プラント状態把握の迅速化、自動化及び制御の可視性強化、並びに監視・操作画面の修正及び改編の簡易化といった課題を解決する必要がある。

(1) 新しいマンマシン機器の導入

表1 計算機システム構成機器の特徴 計算機システムを構成する各計算機は、役割に対応した機能、特徴を持っている。

システム		特徴
ユニット計算機	統括制御	・ネットワークによる制御装置との高速情報交換
	CRTオペレーション	・タッチスクリーンを利用した系統図画面上での操作
	高度マンマシン	・プラント系統ベースの情報提示 ・大形スクリーンの援用
	日誌作表	・事故解析日誌の強化
運転支援計算機		・問題向き知識構築ツールの整備 ・プラントデータと知識データの結合
プロセス入力ステーション		・プラント監視データの高速取込み
エンジニアワークステーション		・CRT作画・日誌フォーマットの定義 ・制御ロジックの保守 ・問題向き知識構築ツールによる知識ベース構築
管理用計算機		・大容量光ディスクによるデータ長期保存 ・リレーショナルデータベースによる柔軟な検索
共通設備用計算機		・共通設備情報をネットワークにより収集

70インチ、110インチと大形のスクリーンが中央制御室での実用に耐えうる段階にきており、従来のように監視盤上の指示計、記録計を読み取りにゆくことなく、離れた場所から複数の運転員が同時に必要情報を集約した形で監視できるよう

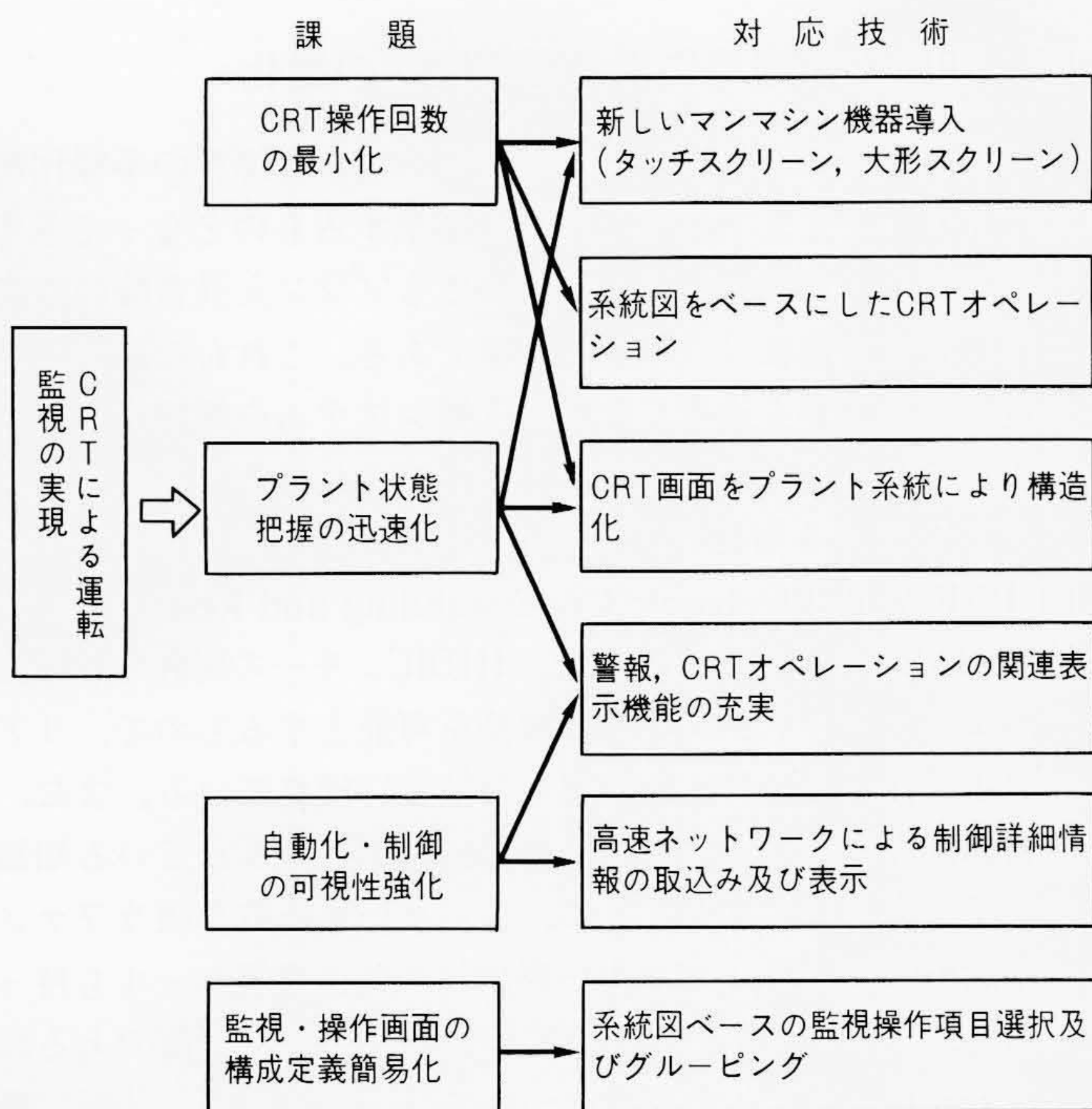
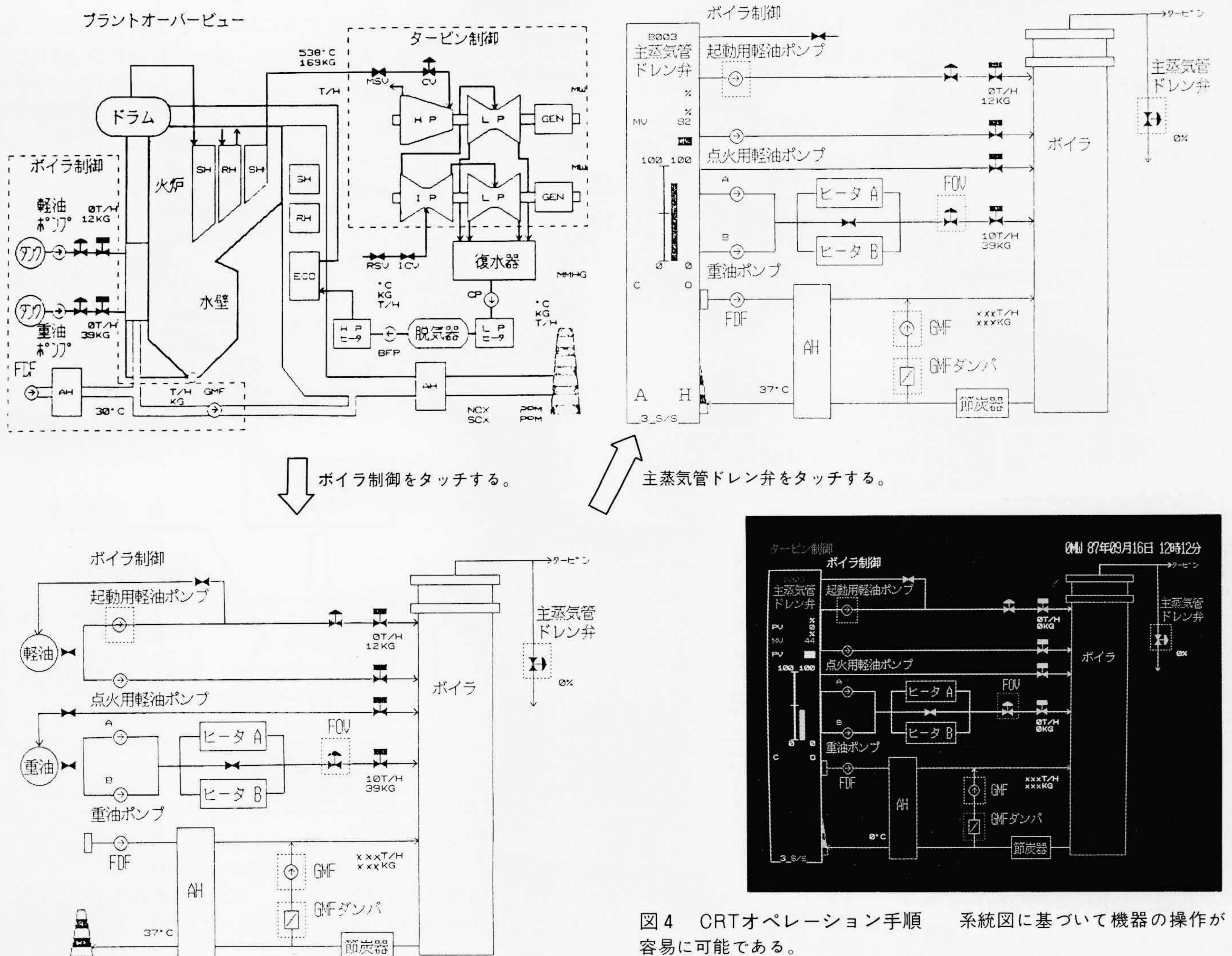


図3 マンマシンシステムの課題と対応技術 マンマシンシステムの役割の増大により, 新たな課題の解決が必要となってきた。

になってきた。また, CRTの操作には, キーボードを使用してカーソルを移動させ, 選択又はデータをキーインするのが従来の方法であったが, 感度が良く信頼性にも優れた赤外線方式によるタッチスクリーンの導入も可能となり, 操作性を著しく向上することが可能となった。

(2) 系統図をベースにしたCRTオペレーション

CRTオペレーションは, 調節制御のステーション操作, 弁の開度設定操作, 機器のオン・オフ操作をCRT表示画面及び操作キーによって行うものである。これにより, 監視操作盤の大幅な縮小化が可能となるが, 操作端画面を表示するまでのステップ数を少なくすることが課題となる。これを解決するために, CRT系統図スクリーン上で操作対象機器をタッチすることにより, その操作画面を表示系統図の一領域にウィンドウ表示し操作可能とした。その一例を図4^{※1)}に示す。まず, プラント全体を監視するオーバービュー画面上でボイラ制御の部分タッチして選択する。このボイラ制御画面上で主蒸気管ドレン弁をタッチすれば, 画面左端にその操作画面がウィンドウ表示されることになる。したがって, 同一画面で系統図を監視しながら操作が可能である。また, 系統図は全体監視画面から, 希望の部分タッチすることにより詳細



※1) 本図のCRT画面は, 東京電力株式会社との共同研究「火力プラントの新自動化・集中化システムの開発研究」で使用したものである。

な系統図へ、逆に「上位画面」のキーを押すことにより上位の系統図へ戻ることも容易にできる。

(3) CRT画面のプラント系統による構造化

監視用の画面には、系統図、トレンドグラフ、棒グラフ、数値周期表示など幾つかの種類があるが、これらをプラント系統により分類することによって、メニュー画面から検索するという煩わしさをなくし容易に選択可能とした。図5に示すようにタービン系統が選択されている場合、系統図を選択すればタービン系統の系統図が表示される。同系統に複数枚の系統図がある場合は、ページ前進・後退により一覧することができる。また、同系統の棒グラフを見たい場合は、棒グラフの選択キーを押せばよい。ボイラ系統の系統図を表示するときは、ボイラ系統を選択するだけでよいことになる。

(4) 警報、CRTオペレーションの関連表示

複数台のCRTにより運転操作する場合、他のCRTに関連する表示が簡単に表示できれば便利である。警報及びCRTオペレーションの操作端にあらかじめ関連する表示画面を割り付けておき、関連監視の選択キーによりそれら呼び出すことができる。

(5) 高速ネットワークによる制御詳細情報の収集・表示

高速ネットワークにより制御装置から詳細な情報を受け取り、制御の進行状況、不具合情報などをCRTに表示する。これにより、自動化や制御の動きの可視化が可能となる。

(6) 系統図上で監視操作項目選択

トレンドグラフ表示項目の選択などの監視グループの構成、CRTオペレーションの操作端の組合せは、従来、入出力点リストを参照し、希望する入力点や操作端を探し出すという方法を取っていた。このような煩雑さを取り除き、入力点番号を意識せず、系統図上で入力点を選択することにより、監視グループの構成、CRTオペレーション操作端の組合せを決めることを可能にする。

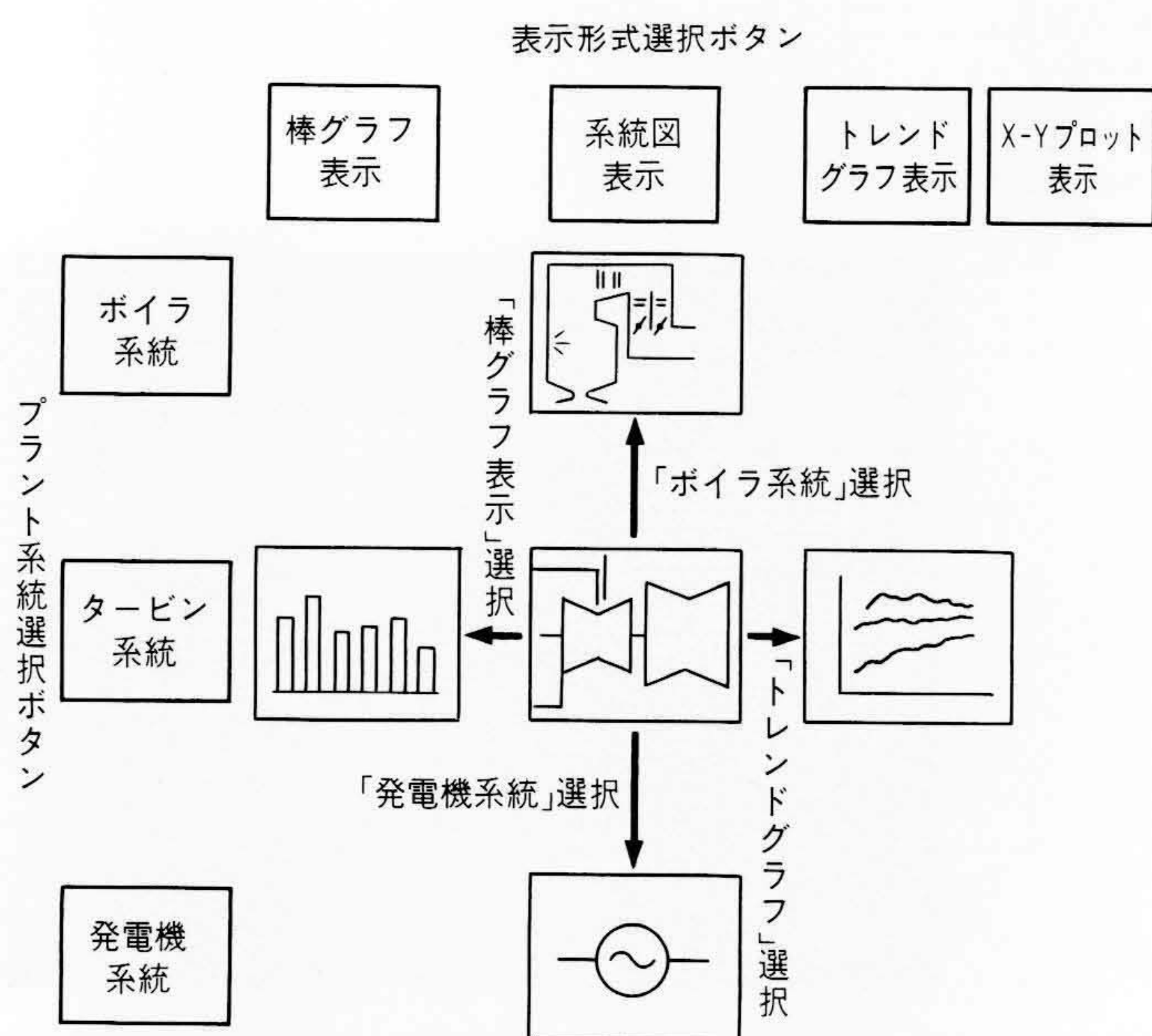


図5 系統選択と監視手段選択による画面要求操作の効率化

プラント系統選択ボタンと表示形式選択ボタンによって、希望の情報を迅速に得ることができる。

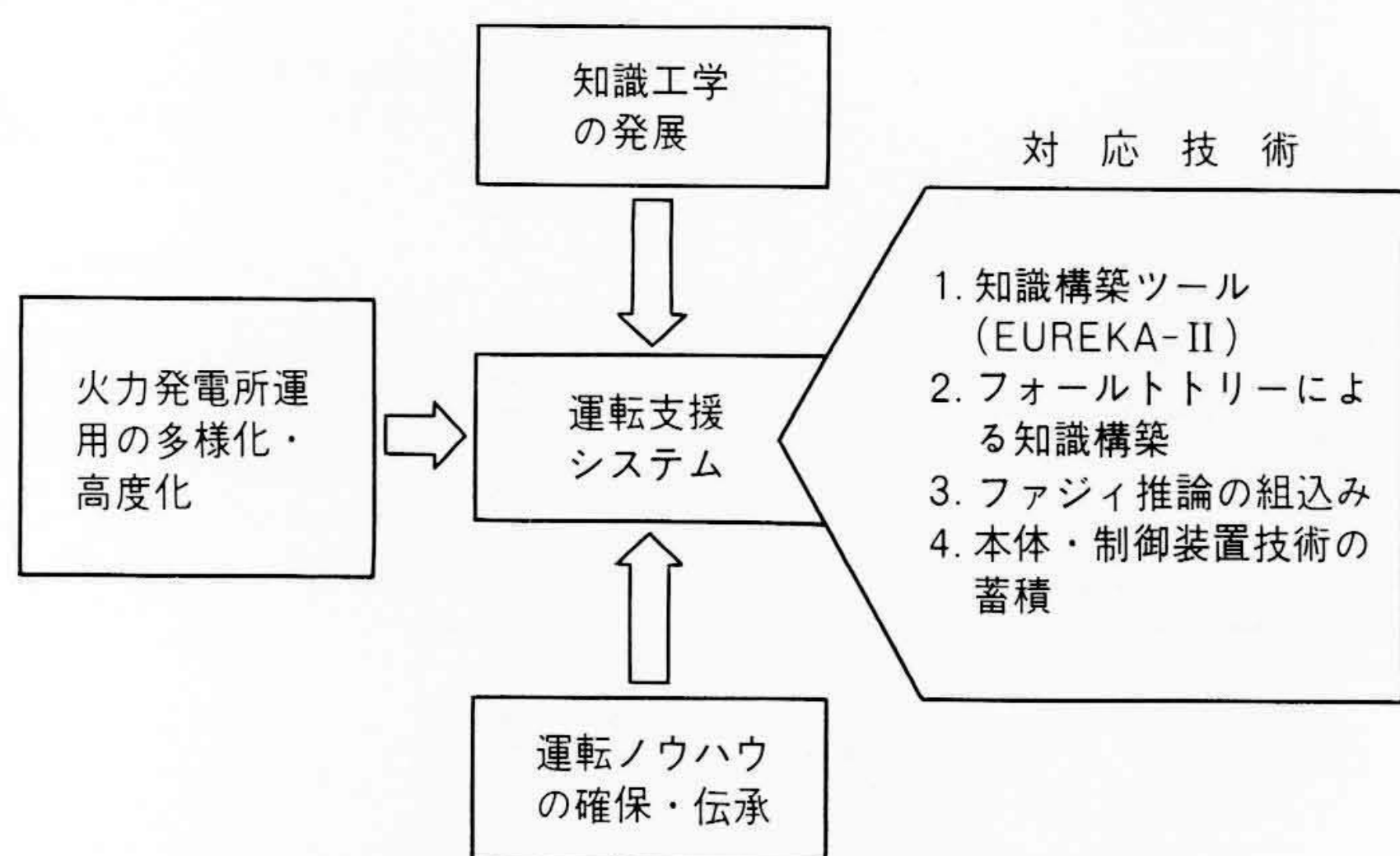
4 知識工学応用による運転支援の強化

火力発電所の運転は、高効率運転の追求や燃料の多様化対応により、ますます高度な技術を要求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る。これらの課題に、最近の知識工学を適用した運転支援システムを構築することによってこたえることが可能となってきた。この運転支援システムを支える対応技術を図6に示した。知識構築ツール²⁾ EUREKA-II (Electronic Understanding and Reasoning by Knowledge Activation-II)は、HIDICシリーズ制御用計算機で、エキスパートシステムの構築を可能とするもので、リアルタイム性、オンライン処理との結合に優れている。また、異常診断などのフォールトトリーにより整理されている知識の構築を容易にするとともに、あいまい性を取り扱うファジィ推論^{※2)}を組み込んだ火力分野向けの知識構築ツールも持っており、プラントエンジニアでも知識の構築が可能である。

運転支援システムの機能については、異常監視、診断、最適運転と種々あるが³⁾、ここでは、これらの知識を構築するためのフォールトトリーに基づいた知識構築ツールHITREX (Hitachi Tree Based Realtime Expert System)について紹介する。従来、知識を構築するには、フレームと呼ばれる構造化された事実知識、及びif条件部、then実行部の形式で表現されたルール知識を定義する必要があり、ある程度知識工学に関する専門知識を要した。また、プラントのデータを知識として利用するには、それに対応したプログラムの作成が必要であった。これらの問題を解決するために、下記の2点を考慮して、図7に示すようにEUREKA-IIの外側に設けたソフトウェアがHITREXである。

- (1) オンラインデータベースとの結合を自動的に行う。
- (2) ナレッジエンジニアを必要とせず、プラントエンジニアでもフォールトトリーに基づいた知識構築を可能とする。

プラントエンジニアは図8^{※3)}に示すように、CRT画面上で



注：略語説明 EUREKA-II (Electronic Understanding and Reasoning by Knowledge Activation-II)

図6 運転支援システム対応技術 火力発電所運用の多様化・高度化に伴い運転支援システムがクローズアップされてきた。

※2) ファジィ推論：高い、重いといった定性的な事実を基にした経験則を扱うのに適した推論方法である。

フォールトトリを簡単に構成可能である。また、トリの各ブロックの定義は該当ブロックをタッチすることによって、定義用のウィンドウが表示される。ここでプラントデータ識別番号(入力点番号)を用いて異常の定義をすれば、自動的に知識ベースが生成されるとともに、知識ベースとプラントデータベースを結合するマッピングテーブルが作成される。したがって、プラントエンジニアは、ルール、フレームといった知識工学の知識なしで、フォールトトリに基づいた知識を構築することができる。構築された知識は異常予知、異常解析の推論に組み込まれ、異常診断システムとして機能することになる。

図9※3)は、異常診断システムが異常を予知したときに、運転員に提示されるCRT表示例の写真である。異常波及の推定をトリにより表示すると同時に、異常要因及び対応処置のガイドメッセージも表示される。また、関連のプラントデータのトレンドグラフ表示により、運転員はプラントの動きを視覚的に理解できる。異常の波及進行は、波及が予想される最左端のブロックの色を変えることによって理解できるようにしている。

HITREXでは、ファジィ推論をCRT画面から定義する仕組みも用意しており、制御、最適化への対応も可能である。

なお、東京電力株式会社とは、共同研究「火力プラントの新自動化・集中化システムの開発研究」において、運転支援システムの研究を進めており、HITREXを使用して知識を構築する予定である。

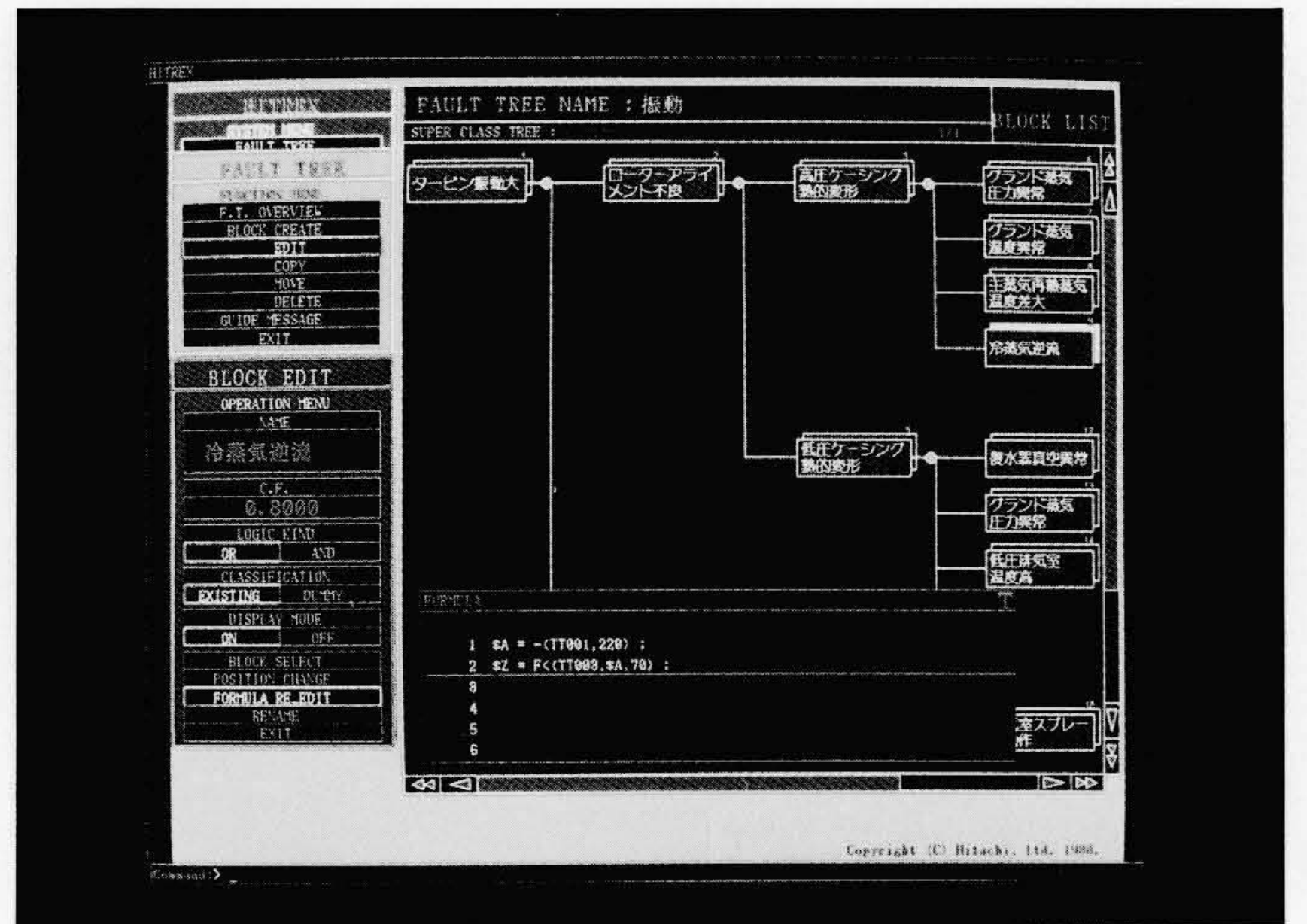


図8 フォールトトリ構成例 フォールトトリをCRT画面上で描くことによって、知識が構築される。

5 発電所管理の機械化、OA化

計算機の高速化や処理可能データ量の増大により、運転管理業務の機械化、OA (Office Automation) 化に計算機が導入されるようになってきた4)。

管理用計算機の機能及びそれを支える技術を図10に示す。管理用計算機では、各ユニット計算機からのデータを高速かつ多量に取り込むと同時に、環境データ、共通設備データもプロセス入力装置を介して取り込んでいる。環境管理、共通設備管

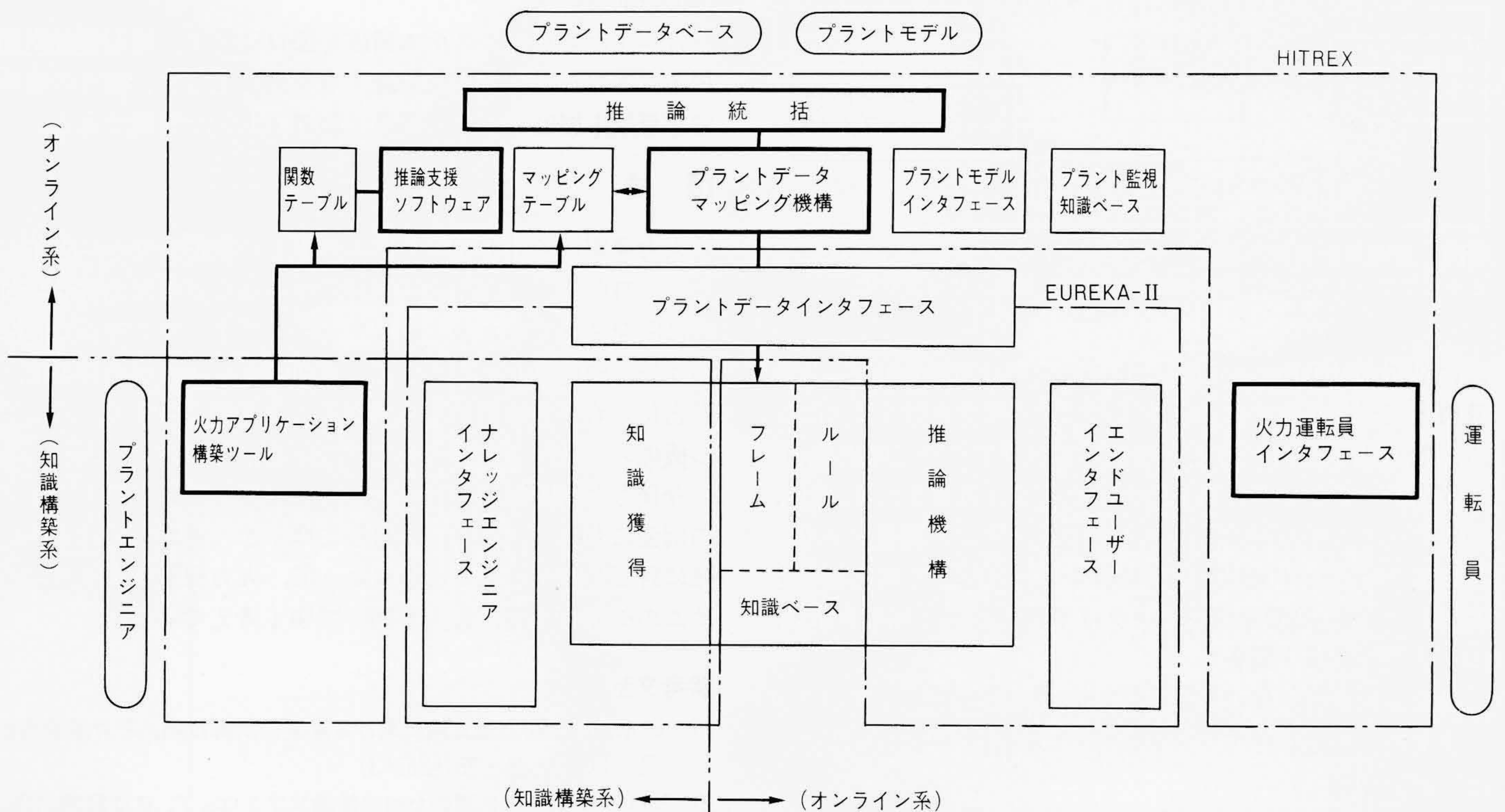


図7 フォールトトリベース知識処理システム 従来ナレッジエンジニアという専門家によって行われていた知識構築を、プラントエンジニアでも可能とする。

※3) 図8, 9に示すCRT表示画面上の異常診断に関する知識は、東京電力株式会社との共同研究「火力プラントの新自動化・集中化システムの開発研究運転支援システム」に基づいたものである。

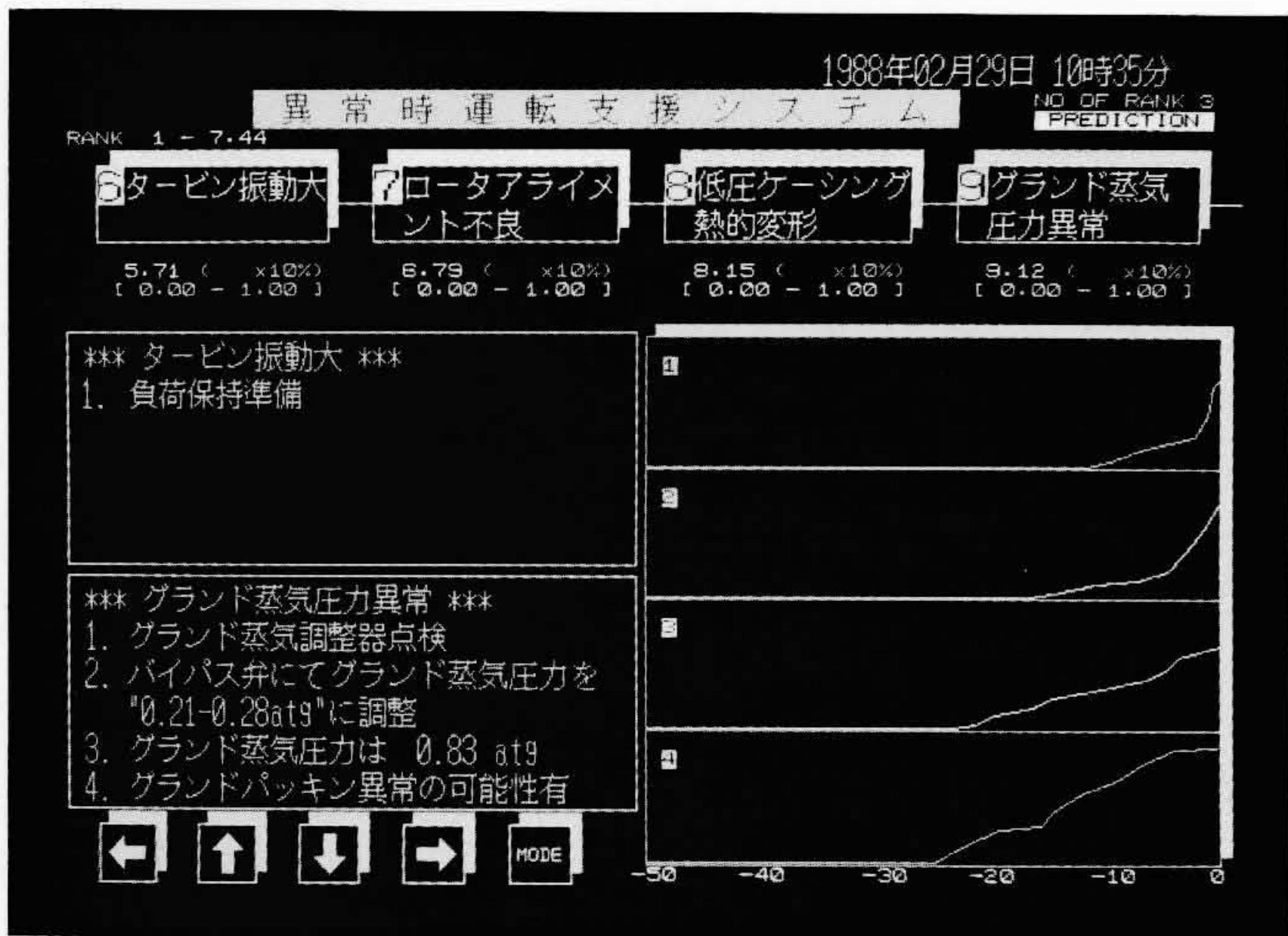


図9 運転ガイダンスフォーマット例 プラントの異常を予知すると、関連フォールトトリートメントとガイドメッセージ、トレンドグラフが一画面に表示される。

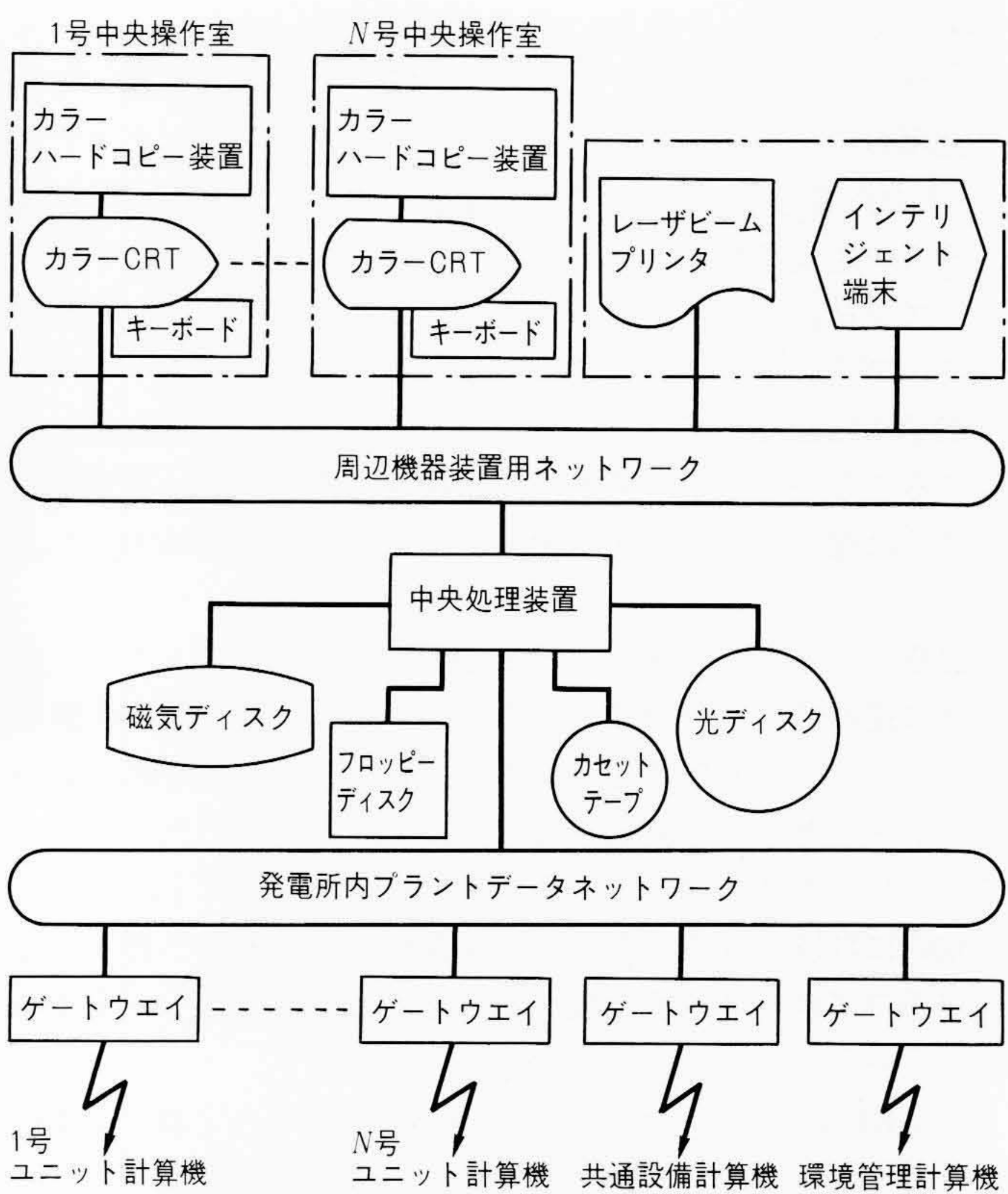


図11 管理用計算機システム構成 発電所内ネットワークを介して、各ユニット計算機からデータを収集する。

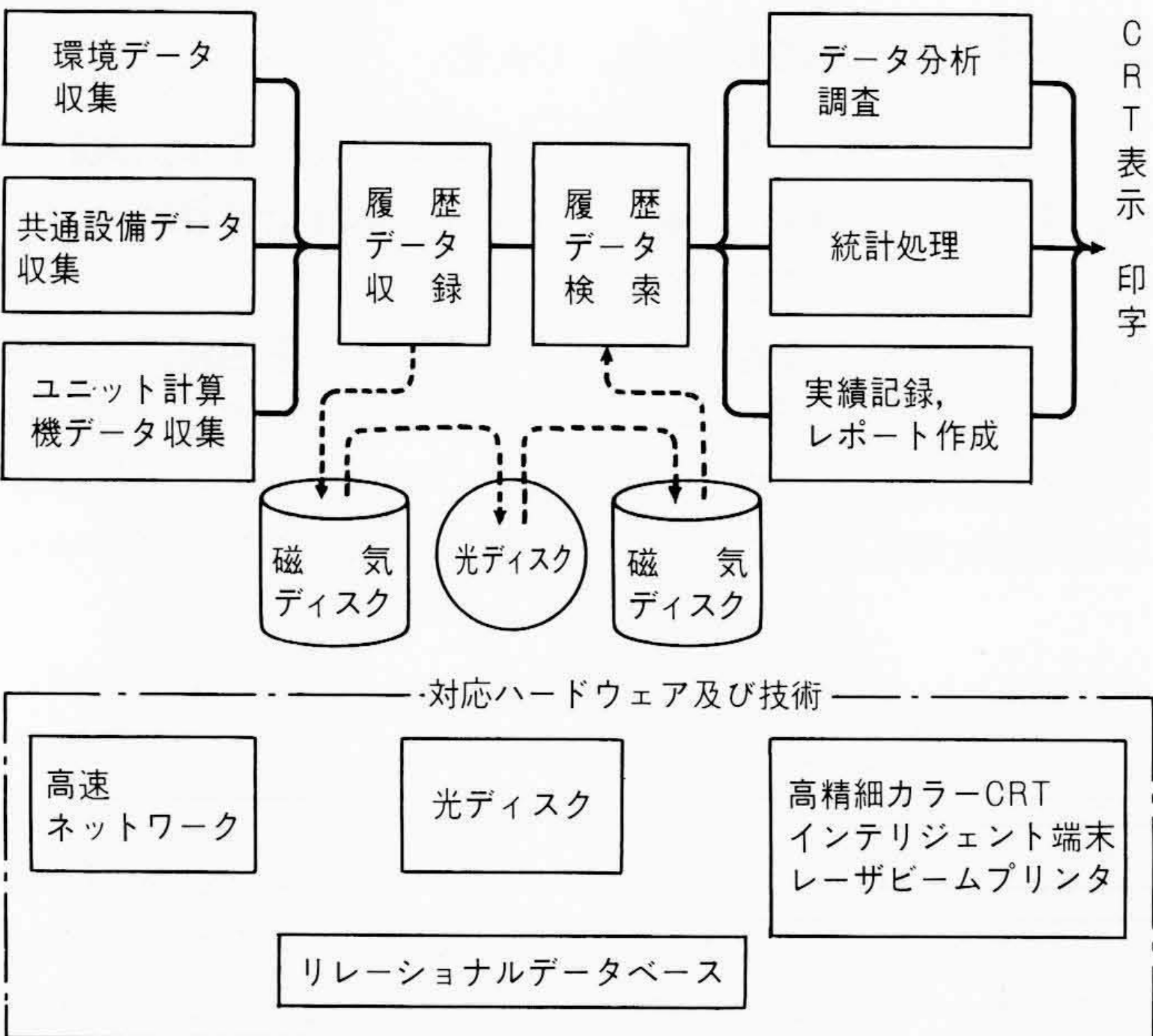


図10 管理用計算機の機能 大容量ディスク、光ディスクの利用によってプラントデータの履歴収録及び検索が可能となってきた。

理に別置の計算機がある場合は、それらの計算機はユニット計算機と同様にデータ伝送によりデータの授受を行うことになる。取り込んだデータは、一時的に磁気ディスクに格納後、長期保存データとして大容量の光ディスクに保存される。また、履歴データの検索時も、いったん磁気ディスクに関連ファイルを転送し、データの加工・編集を行うことによって高応答性を確保している。検索されたデータは下記のように利用される。

(1) データ分析・調査

異なる起動時、異なるユニット間の振動などの主要パラメータ比較、指定したプラント条件での関連データ収集など。

(2) 統計処理

起動・停止損失—停止時間の相関分析、 $\bar{X}$ -R管理図による経年変化分析など。

(3) 実績記録、レポート作成

発電実績集計、性能試験データ集計など。

上記処理を施されたデータは、高精細カラーCRT、高速の

レーザビームプリンタへ定型フォーマットで出力される。また、インテリジェント端末を利用して非定型フォーマット出力も可能である。

管理用計算機のシステム構成を図11に示す。周辺機器装置用ネットワークに端末を接続することによって、種々の場所でプラント履歴データの編集・加工・出力が可能である。

6 結 言

火力発電所の計算機システムの新しい機能を中心に紹介したが、自動化、ソフトウェア保守ツールなどの火力発電所向けに開発されてきた多くのソフトウェアも、マンマシン機器の性能、機能向上に対応して、自動化メッセージの詳細化・ち密化、音声告知機能の充実など、より使いやすく、役に立つ機能の実現へと改善されてきている。

今後も計算機関連の技術は、ハードウェア、ソフトウェアの両面にわたって進歩、発展してゆくが、それらの技術を的確に評価し取り入れることによって、火力発電所計算機システムの機能の充実、拡大を図ってゆく考えである。

参考文献

- 1) 鈴木, 外: 火力発電所における最近の制御技術, 火力原子力発電, 39, 3, 45~55(昭63-3)
- 2) 増井, 外: 知識処理のための推論ソフトウェア, 日立評論, 67, 12, 939~944(昭60-12)
- 3) 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)
- 4) 山口, 外: 東京電力株式会社富津火力発電所火力発電所管理用計算機システム, 日立評論, 69, 10, 961~966(昭62-10)