

高度情報化を目指した火力監視制御システムの新技術

—“HIACS-5000”の開発—

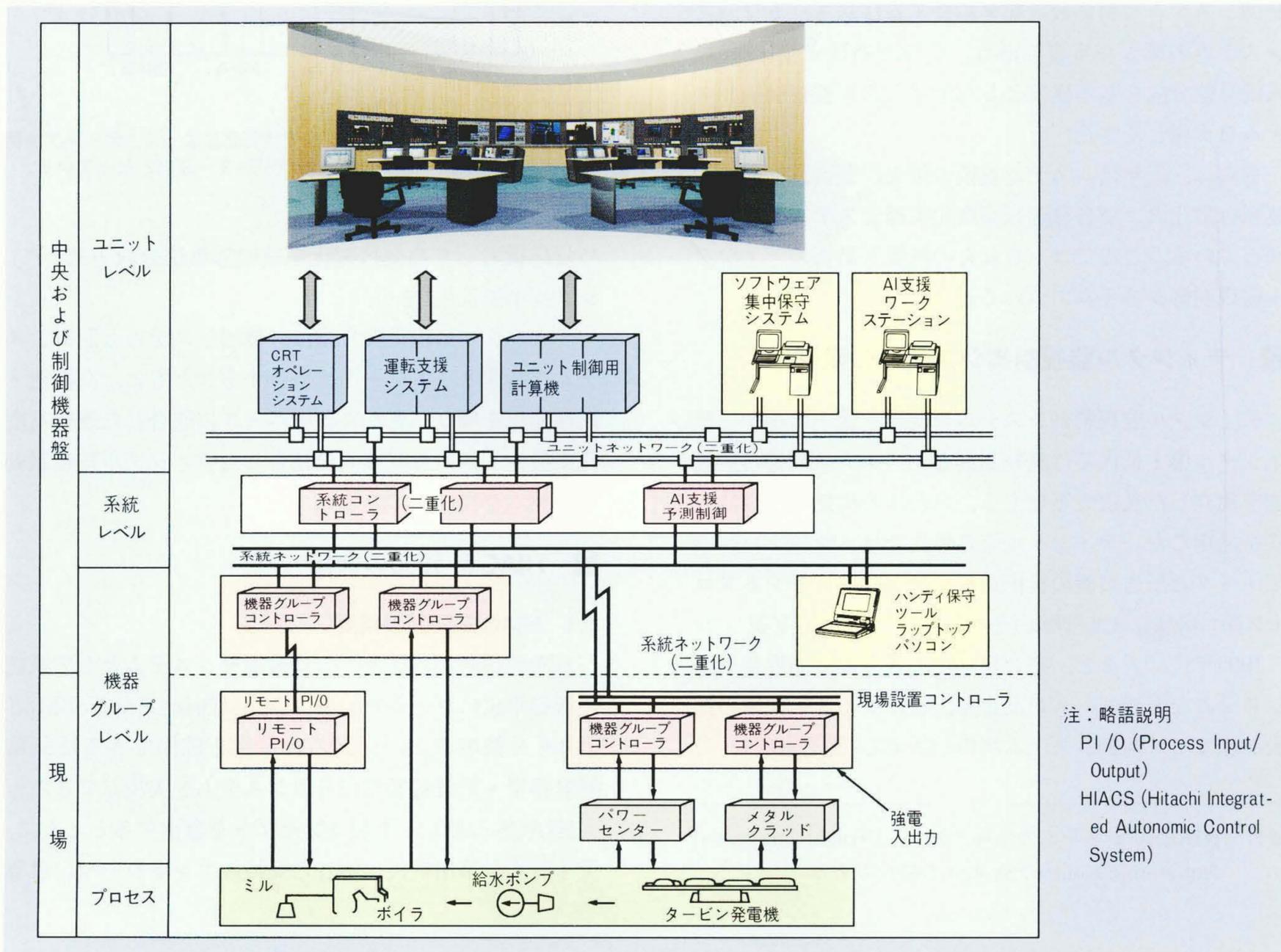
Latest Technologies for Thermal Power Generation Supervisory and Control System

伊藤明男* Akio Itô

天日康博* Yasuhiro Tennichi

菊池正幸* Masayuki Kikuchi

花岡 浩** Hiroshi Hanaoka



最新の火力監視制御システム構成 高性能コントローラ、ネットワークおよび高機能マンマシンを備え、高度情報化にこたえた最新鋭の火力監視制御システム“HIACS-5000”を開発した。

火力システムではプラント規模の拡大，監視制御の高度化，運転保守の省力化などにより，デジタル技術を高度に統合したシステムが要求されている。そのため，高速情報ネットワークと計算機および高機能コントローラを用いた最新鋭の火力監視制御システム“HIACS^{*1)}-5000”を開発した。

このシステムは，(1)コンパクトな高性能ハードウェアと使いやすい共通ソフトウェアの開発により，

各発電制御装置に全面適用でき，機種統一が図れる，(2) AIを応用した予測，適応制御の開発により，制御性能の改善と調整作業の低減が図れる，(3) CRT対話型保守によるソフトウェア集中保守システムの開発により，ソフトウェアオンライン保守の簡素化と一元管理ができる，(4) 大型スクリーン，マルチメディア技術を適用した高度情報化監視制御システムと融合できるなど，多くの特長を持っている。

* 日立製作所 大みか工場 ** 日立製作所 日立工場

1 はじめに

最近の火力監視制御システムは、集中化、自動化の方向を指向しており、これらの新しいニーズにこたえるには、ハードウェア・ソフトウェアの統一化はもとより、制御システムと制御装置間を結合する伝送ネットワークシステムの構築が重要である。そのため日立製作所は、系統単位分散を基本構成としたデジタル監視制御システムを実現してきた^{1),2)}。

さらに、近年はシステム規模の拡大、制御性能向上、運転自動化および各種運転高度化支援システムの導入を図っている。ここでは、これらの概要と最新のデジタル監視制御システムについて述べる。

2 デジタル監視制御システムの変遷

デジタル監視制御システムの変遷を図1に示す。デジタル第I世代では調整制御とシーケンス制御の両機能を独立した装置で処理する、いわゆる機能単位分散方式を適用した。デジタル第II世代では、マイクロコンピュータと伝送装置の技術進歩を生かし、プラントプロセス系に最適な機能階層系統機器単位分散方式を実現した。

1990年代に入ると、総合自動化、各種運転高度化支援システムなどのニーズが高まり、またプラント規模の拡大と相まって制御システム規模は増大し(図2参照)、こ

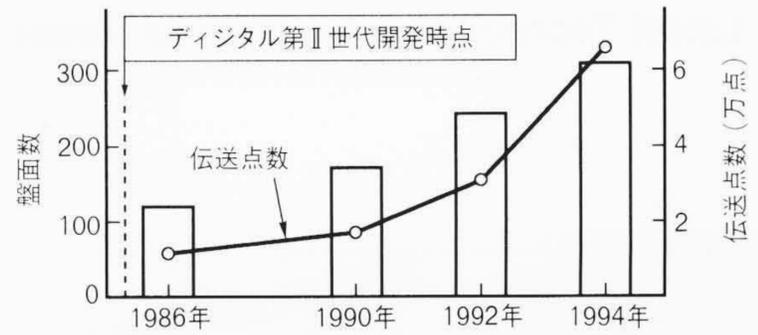


図2 制御システム規模の変遷

現在はプラント規模の拡大、高度情報化によって、デジタル第II世代開発時点よりもシステム規模が約3～6倍となっている。

の対応策として高度情報化系統機器単位分散方式(デジタル第III世代)を指向した。

デジタル第III世代では、計算機システムと制御システムを高速ネットワークで結合するとともに、高機能・高性能化を図り、さらに各種ニーズに適合した運転高度化支援システムを有機的に統合したデジタル監視制御システムを指向している。

3 HIACS-5000の構築

3.1 HIACS-5000の概要

日立製作所は、プラントに最適なシステムとして系統や機器単位にコントローラ、DCM(Drive Control Module)を分散配置し、制御の自律性を確保できる機能階層自律型・系統機器単位分散システムを実現してきた²⁾。

HIACS-5000は、上記コンセプトを継承するとともに、デジタル第III世代に応じた高機能コントローラ、計算

※1) HIACS：システムの名称であり、Hitachi Integrated Autonomic Control Systemの略称である。

	1980年代			1990年代			
要素技術	デジタル制御	音声告知	伝送システム	CRTオペレーション	大型ディスプレイ	AI技術	巡視ロボット
自動化推移	計算機自動化			計算機・マイコン統合自動化		統合自動化	
システム構成	デジタル第I世代 機能単位分散 計算機			デジタル第II世代 系統機器単位分散 計算機		デジタル第III世代 高度情報化系統機器単位分散 計算機 CRTオペ 高度運転、保守支援対応	
	制御装置単位分散システム			B/TG分離統合化システム		B/TG統合化システム	

注：略語説明

マイコン(マイクロコンピュータ)、GW(Gate Way)、B/TG(Boiler, Turbine, Generator)、CRTオペ(CRTオペレーションシステム)

図1 デジタル監視制御システム変遷

システムの基本構成は、機能単位分散から系統機器単位分散へ、さらに高度情報化へと向かっている。

機および高速情報ネットワークを開発し、以下のニーズを実現可能とした。

3.2 性能向上

3.2.1 コントローラ、ネットワーク高性能化

デジタル第III世代のシステムを実現するには、膨大な情報を伝送できる大容量・高速ネットワークシステムと高度情報処理を可能とする高性能コントローラの開発が必要となった。このため、従来システムに比べ大幅な仕様の向上を図った(表1参照)。

(1) 大容量・高速ネットワークシステム

第II世代のシステムに比べ伝送速度で10~20倍、伝送量で5~10倍のネットワークシステムを開発した。このため、制御装置間の伝送を高速化でき、CRTオペレーションなどの応答性が向上した。

(2) 高性能コントローラ

CPUを32ビット化するとともに、第II世代のコントローラに比べ約4倍の高速化、メモリの大容量化を実現した。これにより、全体のコントローラ台数を削減でき、設置盤面数が減少した。

さらに、メモリチェック機能として新たにECC(Error Check & Correct)機能を適用し、1ビットエラーは自動検出、自動回復させ信頼性の向上を図った。また、コントローラの自己診断機能で検出された故障、動作状態は、

表1 ネットワーク、コントローラのハードウェア仕様
大容量高速ネットワーク、コントローラの実現により、制御性能、応答性が向上した。

項目		HISEC 04-M/IX	HISEC 04-M/CX
適用機種		系統コントローラ	機器グループコントローラ
制御仕様	制御方式	ストアードプログラム方式	ストアードプログラム方式
	語長	32ビット	32ビット
	処理速度	100~500 ms	100~200 ms
	メモリ	プログラム容量 素子	4/8 Mバイト ICメモリ(バッテリーバックアップ付き)
伝送機能	ユニットネットワーク	10 Mビット/s	—
	系統ネットワーク	10 Mビット/s	10 Mビット/s
RAS機能		<ul style="list-style-type: none"> ●自己診断機能 ●停復電メモリ保護機能 ●ユニット二重化, 電源二重化可 	<ul style="list-style-type: none"> ●自己診断機能 ●停復電メモリ保護機能 ●CPU二重化, ユニット二重化, 電源二重化可

注：略語説明 HISEC(Hitachi Sequence Controller)
RAS(Reliability Availability Serviceability)

カードの前面パネルに要因別に文字表示することとし、故障要因の識別および復旧の迅速化を図った。

3.2.2 AI応用予測制御システム

近年、火力プラントはミドル火力としての運用と炭種の拡大要求が高まっている。このため、従来にも増して負荷追従性の向上、起動時間の短縮など、より過酷な運転条件となり、高度な運転制御技術の開発が期待されている。火力プラントの制御上の問題点は、時定数が数分~数十分と長く応答が遅いこと、かつ多数の制御ループが干渉系を構成しているために、蒸気温度の制御が難しい点にある。このため、従来のフィードバック制御だけでは制御性に限界があり、プラントの応答遅れを補償する予測適応制御が効果的である。

予測制御は偏差が生じてから対応しては制御量の変動が大きくなるため、あらかじめ制御量の変動を予測し、この予測値によって操作量を修整することにより、制御量の変動を従来に比べて小さく抑えることができる。蒸気温度の予測手法としては精度が高く、かつ比較

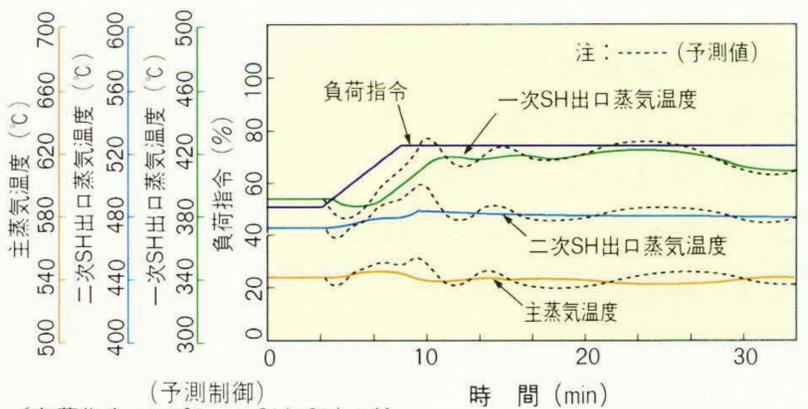
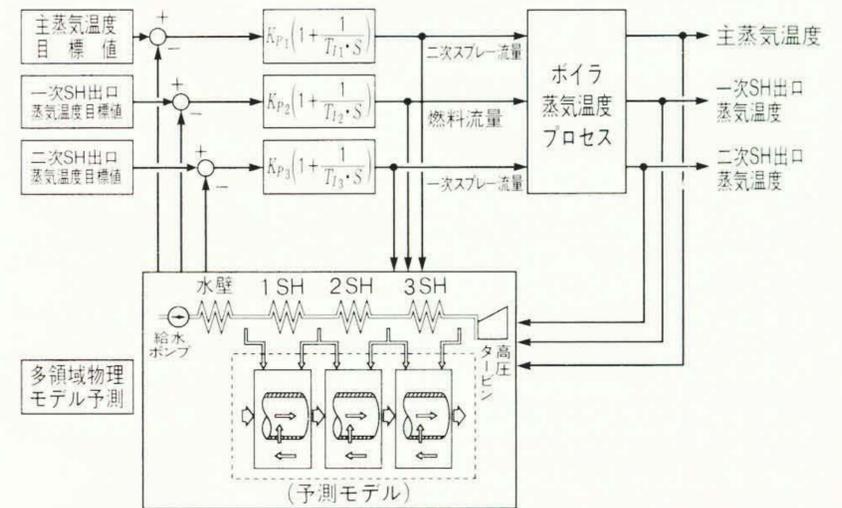


図3 予測制御システムの構成とシミュレーション評価結果
多領域物理モデルを適用した新予測制御システムにより、精度の高い予測が可能となった。

的小規模で実現できるボイラ過熱器の物理モデルを用いる。さらに複数の過熱器を組み合わせて上流過熱器の予測値を下流側過熱器の入力値とする多段過熱器モデルにより、精度の向上を図ることができ、HIACS-5000の高性能コントローラの開発によって実現できた。構成とシミュレーション結果を図3に示す。

3.2.3 制御パラメータのオートチューニング

火力監視制御システムは大幅な自動化と制御性能向上の要求により、複雑・大規模化の一途をたどっており、試運転調整によって設定値を決定する制御パラメータ数も、この10年で約10倍程度に増大している。さらに、これに対応できる熟練調整員も限定されており、試運転調整期間の短縮と調整工数低減のため、制御パラメータの自動調整が求められている。

オートチューニング(調整業務自動化)の技法としては、AI技術(ファジィ推論、ニューラルネットワークなど)を応用し、制御応答波形の特徴量をとらえ、調整員の経験的知識・ノウハウを調整ルールで表現し、構築する方法が考えられる。

オートチューニングの対象は自動プラント制御システムの比例・積分制御パラメータおよび動的・静的先行制御(FFC: Feed Forward Controller)信号のパラメータなどで、例えば、主蒸気温度の特徴量から燃料流量指令に対する動的FFCの調整を行う(図4参照)。

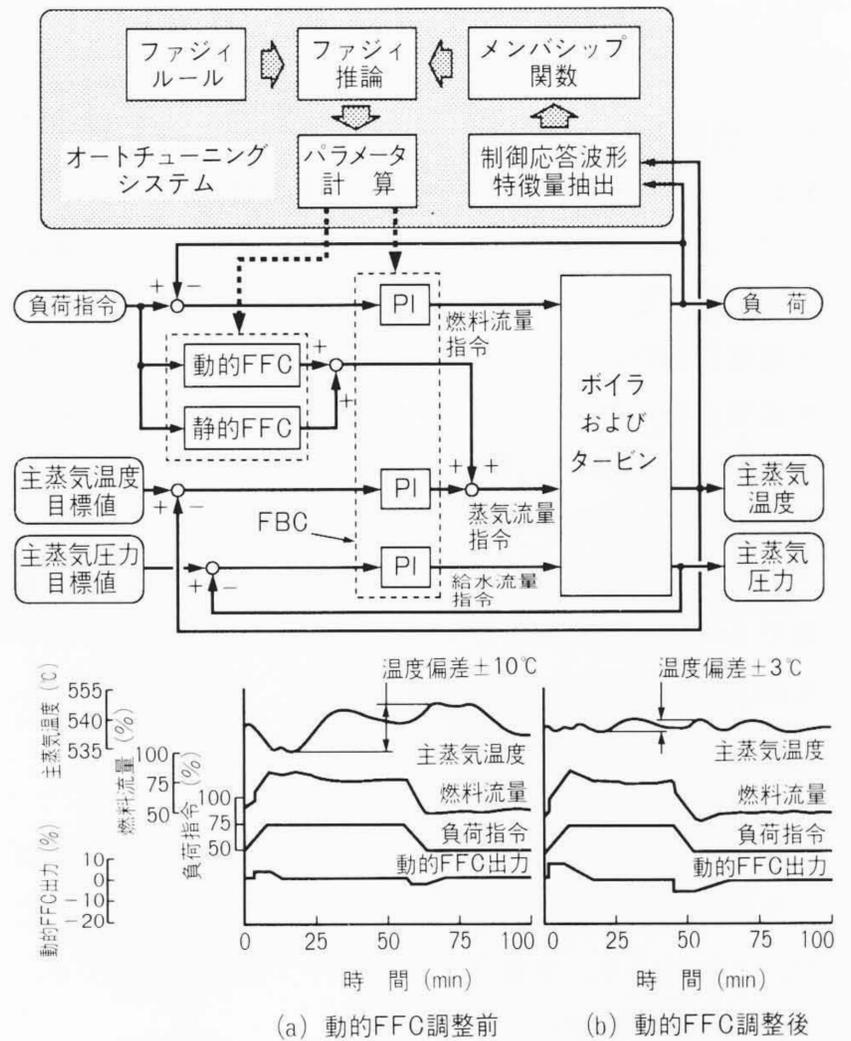
オートチューニングシステムは、制御システムとネットワークで接続され、制御システムからのプラント情報をもとに、調整パラメータのガイダンスを画面上に表示したり、自動的に制御システムのパラメータを書き換えることもできる。オートチューニングシステムを適用したシミュレーション結果を図4に示す。

オートチューニングシステムにより、試運転調整期間の短縮と工数低減が図れるとともに、プラントの経年変化に対しても、常に最適な調整が可能となり、プラントの運用性向上に寄与できる。

3.3 監視・操作性向上への対応

3.3.1 高度情報化監視制御システムの構成

高度情報化監視制御システムの構成を図5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、ユニットレベルのユニットネットワークには、各系統制御システム、ユニット計算機などが接続され、ユニット監視制御システムを構成する。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、業務機械化計算機などが接続され、発電所運用管理システムを構成す



注：略語説明 PI (比例積分演算), FFC (Feed Forward Controller) FBC (Feedback Controller)

図4 オートチューニングシステムの構成とシミュレーション結果

AI技術を応用し調整工数を低減するとともに、プラントの経年変化に対しても常に最適な調整を提供できる。

る。各計算機は、ネットワーク上を流れる任意のデータを読み込むことができるようになっており、それぞれのシステムが有機的に結合して、高度情報化監視制御システムを形成している。

3.3.2 ユニット監視制御システム

近年のユニットレベルの監視は、ユニット計算機のCRTを主体に行われており、系統図、ヒストリカルトレンド、警報窓表示などの機能が提供され、効果的な運転監視が行われている。最近では、タッチオペレーションによるCRT操作、2画面・4画面表示が可能な高機能CRTを用いたマンマシンシステムが適用されて、より高度な監視が可能となってきている。また、複数の運転員が同時に必要情報を共有する目的で70インチ、110インチの大型スクリーンが導入され、監視盤上の指示計、記録計および警報窓に取って代わりつつある。

運転操作に関しては、CRTによる機器操作(CRTオペレーション)が全面的に適用され、従来のハードスイッチ

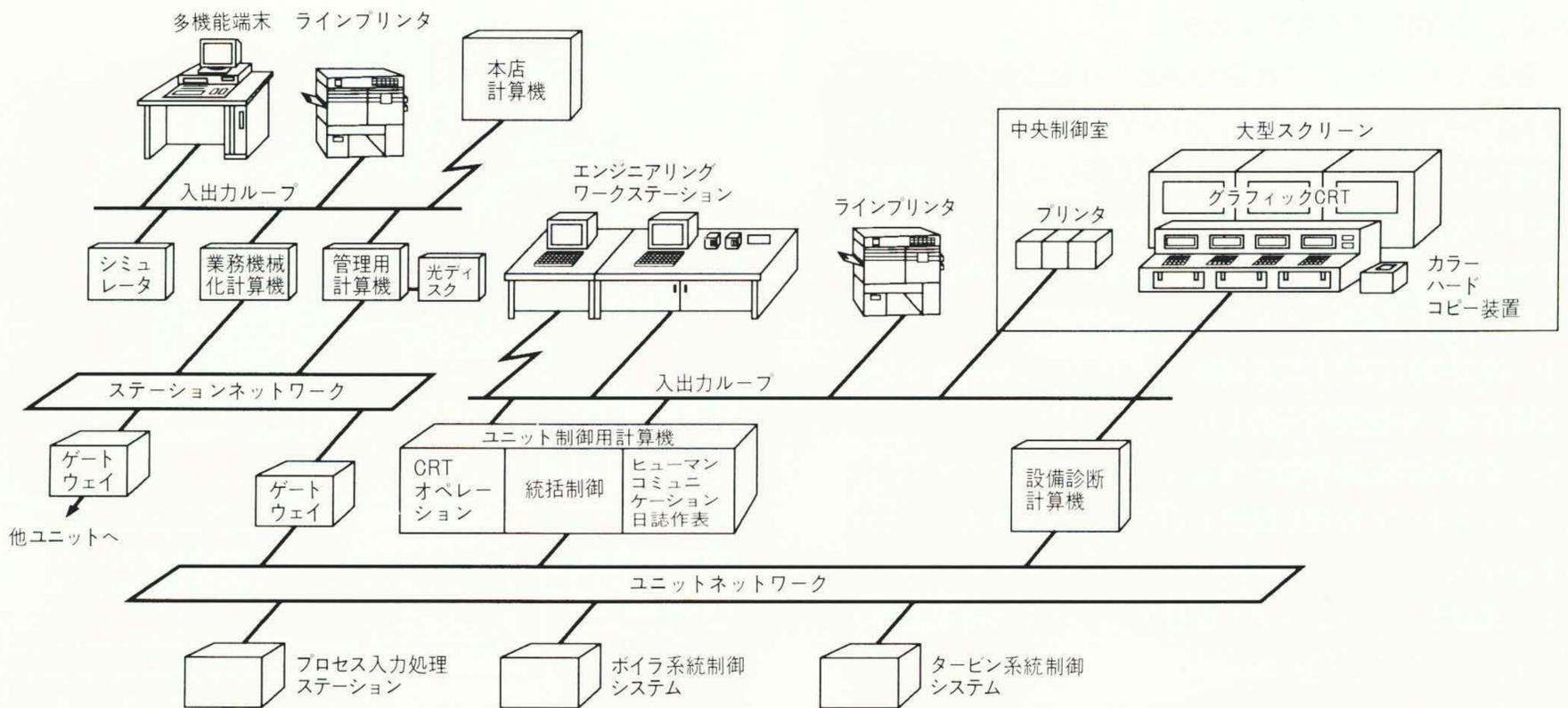


図5 高度情報化監視制御システム構成 高速プラントデータネットワークを中心に、計算機や制御装置が有機的に結合する。

は必要最小限のものを残すだけとなり、盤面の大幅な縮小化を実現した。

近年の火力発電所への計算機システムの適用拡大に伴い、CRTの台数が増えているが、これは従来のCRTが計算機の周辺機器であり、異なった計算機で1台のCRTを共有することは不可能であったためである。しかし、発電所の運転員は限られておりCRTを適切な台数に抑えることは必須(す)である。このような背景から、CRTを独立した装置とし、複数の計算機からアクセス可能なマルチホストCRTを開発した。このCRTにより、ユニ

ット計算機の監視機能とCRTオペレーション操作を同一のCRTで行うことができ、CRT台数の削減が可能となった。

また、ITV(工業用テレビ)画面とCRT画面を組み合わせるなどのマルチメディア技術を応用し、より臨場感のある表示・監視を可能とした。画面表示例を図6に示す。これらのCRTを主体とした、より高度な監視システムにより、中央操作室をパネルレス感覚のオフィスとすることが可能となった。これにより、サービスビル内への中央操作室設置に十分こたえることができる。

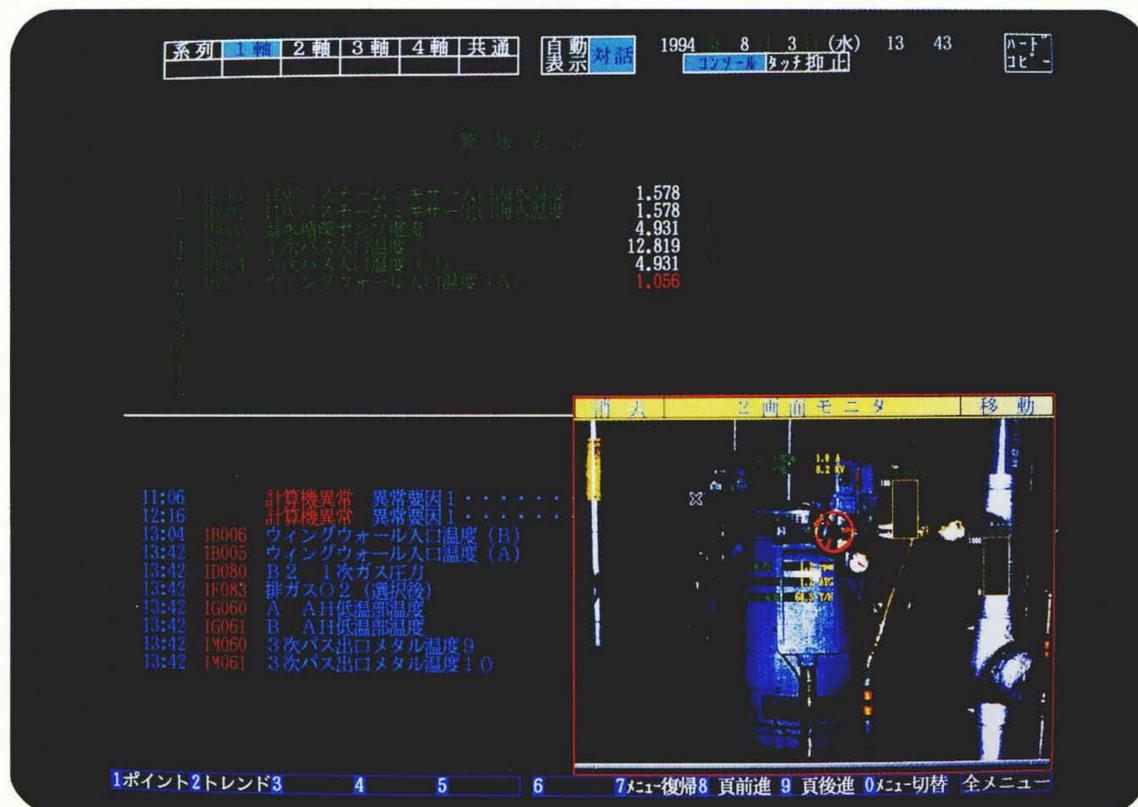


図6 マルチメディア統合監視画面

CRT画面とITV画面を表示することにより、臨場感のある監視が可能となる。

3.3.3 発電所運用管理システム

最近のネットワーク技術の発展，計算機技術のオープン化(ワークステーション，パーソナルコンピュータの高機能化)により，ユニット監視制御システムと発電所運用管理システムの有機的な結合が可能となってきた。すなわち，発電所にはユニット監視制御システム以外に下記の計算機が導入されている。

- (1) 管理用計算機：運転履歴データを元に発電所の発電実績管理，性能評価支援を行う。
- (2) 業務機械化計算機：発電所の保守管理に必要なドキュメントを一元管理し提供するなど，発電所業務の機械化を行う。
- (3) 訓練用シミュレータ：自動化プラントの運転訓練を行う。

これらをネットワークで結合することによって，例えば，プラント異常発生をユニット計算機で検知したとき，関連するドキュメントを業務機械化計算機でCRTに自動表示することにより，迅速な異常対応操作が可能となる。このように，発電所運用管理システムとユニット監視制御システムを有機的に結合することによって，より高度で効率的な発電所の運用管理が可能となる。

3.4 保守性向上

3.4.1 ソフトウェア集中保守システム

火力発電所に設置される各種デジタル制御装置は，年々多くなるとともに，各装置内のソフトウェアをメンテナンスする保守ツールも個々に必要となる。このため，1台のツールで全デジタル制御装置のメンテナンスを一元管理するとともに，ネットワークを介して行いたいとのニーズを実現したのがソフトウェア集中保守システムである。

HIACS-5000では，高速・大容量ネットワークに直結できる32ビットワークステーションの導入により，発電所制御装置の保守・管理の一元化を実現した。その結果，従来の計算機に比べて経済的であるとともに高精細CRTによるマルチウィンドウ表示，マウスによるオブジェクト指向の操作により，マンマシン向上と容易な操作を実現した。主な機能を図7に示す。

今後はワークステーションの特長を生かしたCRTの

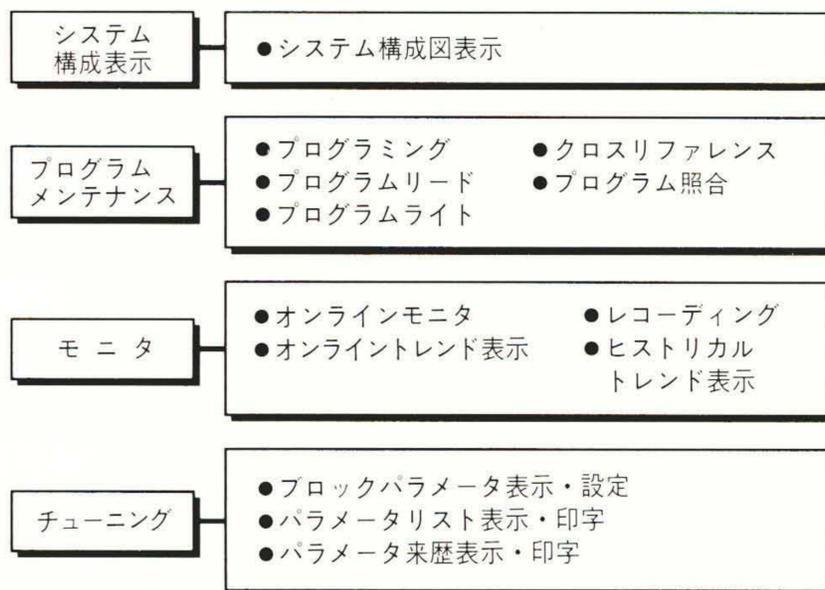


図7 ソフトウェア集中保守システム概観と主な機能
制御用ネットワークに直結可能な新型ワークステーションにより，制御装置の保守・管理の一元化を実現できる。

増設による多人数操作機能や，CADシステムとの融合を図り，より優れた保守性を実現する計画である。

4 おわりに

プラント規模の拡大，監視制御の高速化，運転保守の省力化などのニーズにこたえる最新鋭の火力監視制御システム“HIACS-5000”について述べた。

火力発電プラントでの監視制御システムは，ハードウェア，ソフトウェアの画面にわたるデジタル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。今後は，プラント全体に積極的にこれらの技術を適用し，その効果としてより経済性が高く，さらに使いやすい総合システムの実現を図っていく考えである。

参考文献

- 1) 飯岡，外：火力発電プラント最新形監視制御システム“HIACS-3000”，日立評論，68，6，437～440(昭61-6)
- 2) 菅野，外：機能階層自律形系統機器単位分散制御システム，日立評論，68，6，445～450(昭61-6)