火力・原子力発電所における計算機制御システム

Process Computer Systems for Fossil and Nuclear Power Plants

火力・原子力発電所へのプロセス計算機の適用は既に定着化の段階にあり、計算機は発電プラントの必須の機器となっている。すなわち、火力ユニットに対しては、計算機は運転の自動化を主目的として導入され、煩雑なプラントの起動、停止を含め数名の運転員だけでプラントの運転を可能としている。一方、原子力プラントに対しては、計算機は複雑な原子炉の状態を常時監視し、プラントの安全性向上に寄与している。本稿は、このような発電プラントへの計算機応用の現状及び将来の動向について述べる。更に、プロセス計算機HIDIC 80が、今後予想される高度化された複合計算機システムに適合することをシステム構成例により示した。

飯田 宏* Iida Hiroshi
松村重兵衛** Matsumura Jûbe
中村日出雄** Nakamura Hideo
中野善之*** Nakano Yoshiyuki

1 緒言

近年、発電設備の大形化、複雑化に伴い電力の安定供給、発電設備の信頼度向上が強く要求されている。このため、火力プラントに対してはプロセス計算機の自動制御装置としての役割がますます重要となっている。一方、原子力発電所への計算機応用では、計算機による原子炉の挙動の把握がプラントの安全性向上のため必須と考えられている。日立製作所は、火力・原子力発電プラントに対する計算機制御に関し実績を重ね、火力発電ユニットについては、少数の運転員で複雑なプラントの操作を可能とする広範囲自動化に十分な実績をもつに至っている。一方、原子力発電プラントについては、将来の動向を見極め、いち早くカラーCathode Ray Tube (以下、CRTと略す)の導入を図り、特色のある原子力計算機システムを確立した。

以下,発電ユニットに対する計算機適用の現状,及び将来の動向につき述べる。

2 火力計算機制御システムの発展経過

火力発電ユニットへの計算機の適用は、昭和35年ごろ各国でその萌芽をみ、後年本格化したがその本格的な適用のステップは、表1に示すように次の4段階に分類できる。

- (1) プラント性能モニタ
- (2) シーケンス モニタ
- (3) 操作自動化システム
- (4) 総合全自動化

これに対し日立製作所は、図1に示すように火力発電所への計算機適用段階を着実に歩み、現在ではプラントの起動・停止、通常運転を含めた広範囲自動化に十分な経験と実績をもつに至っている。広範囲自動化システムの最初の適用は、昭和49年6月運転開始の中国電力株式会社玉島火力発電所3号機に始まり、以後更に納入実績を増やしている¹⁾。本システムでは、準備操作を除くほとんどすべての起動・停止操作をその自動化の範囲に含み、また一方、従来主機主体であった

表 I 火力計算機制御システム発展過程 火力計算機制御システムの発展過程は,4段階に大別され 我が国では既に広範囲自動化の段階にある。

			計算機機能		日立製作所実績	
No.	発力	展 段 階	プラント運転制御	プラント情報制御	納入プラント	1号機 納入年 (昭和)
ı	プラン	ト性能モニタ	監視警報	(I)データ ロギング (2)プラント性能計算	関西電力株式会社 堺港火力発電所 5, 6号 他 8 セット	43年
2	シーケ	ンス モニタ	プラント起動・停止操作ガイド		関西電力株式会社 海南火力発電所 I, 2号	44年
		サブループ統括制御	計算機, サブループ協調制御によるプラント起動・停止自動化	紙テープによるサイト,電力会社本店との データ リンク	東北電力株式会社 秋田火力発電所 I 号 他 9 セット	45年
3	操 作 自 動 化 システム	計算機直接制御部分自動化	1.タービンDDC 2.ボイラDDC	カラーCRTの導入	中国電力株式会社 玉島火力発電所 I 号 他 9 セット	45年
		広範囲自動化	計算機による広範囲プラント運転自動化	グラフィックCRTの導入	中国電力株式会社 玉島火力発電所3号 他2セット	48年
4	総合全自動化		1.サブループ装置の計算機化 2.プラント事故防護	(I)CRT化中央制御盤(2)プラント情報ファイル		

注:DDC=Direct Digital Control

^{*} 日立製作所大みか工場 ** 日立製作所電力事業本部計装技術本部 *** 日立製作所日立研究所

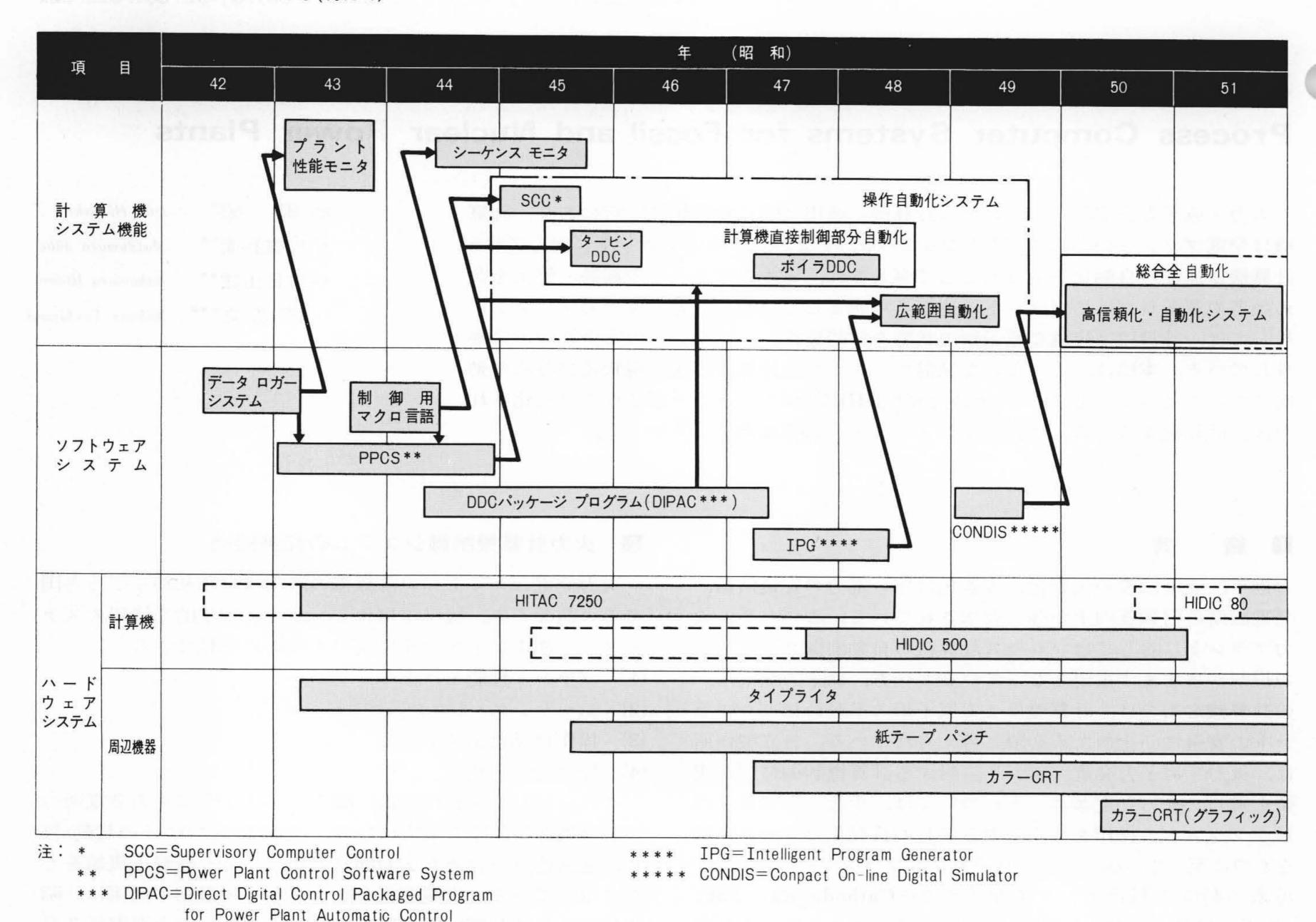


図 I 火力計算機制御システムの発展経過 日立製作所は、火力計算機制御システムの開発ステップ を着実に歩み、広範囲自動化システムに対しても十分な実績を持っている。

計算機直接制御の範囲を更にボイラ給水ポンプの切換操作など,補機の自動化へも拡大し,実質的には3名の運転員によりプラントの運転を可能としている。

火力発電所の広範囲自動化は、上記のように技術的に確立されたものとなり、総合全自動化が今後残された課題となっている。総合全自動化システムは、プラントの性能向上、信頼性向上のためにマン マシン機能、プラント診断機能などを中心として高度化されたものであり、日立製作所はこの将来のシステムを目指して新しいハードウェア・ソフトウェアの開発に力を注いでいる。その一例を次に述べる。

(1) 運転制御盤(BTG盤)のCRT化を予見し、高密度カラー グラフィックCRTの積極的適用を図り、これを昭和49年、北海道電力株式会社伊達火力発電所1号機へ適用した。高密度CRTは、従来のCRTに比べ一画面の表示文字数が5倍の3,200文字となり、このため一度に多量の情報表示が可能である。そこで、画面の有効利用を図るため、一画面を3ないし4個の領域に分け、それぞれの領域に有機的に関連する情報を表示する方式を採用した。更に、CRTをタイプライタの代替機、すなわち高速情報記録装置としてではなく、指示計と同様のプラントの現状値を示す表示装置としてとらえるアプローチをとった。図2にプラント運転操作の補助を目的とした表示例を示す。本表示例では、CRT画面は4領域に分けられており、画面上端には4個のディジタル表示が割り当てられ、規定周期でプラント状態量の表示が更新される。

画面下端には警報表示があり、警報発生、復帰によりアラーム、メッセージが追加、削除されるとともに、現在のプラント状態及び状態変化の傾向が常時更新される。更に画面中央部には、左半面に各機器の操作前条件のうち条件が満足されておらず運転員が処置すべき項目を、また右半面には操作指

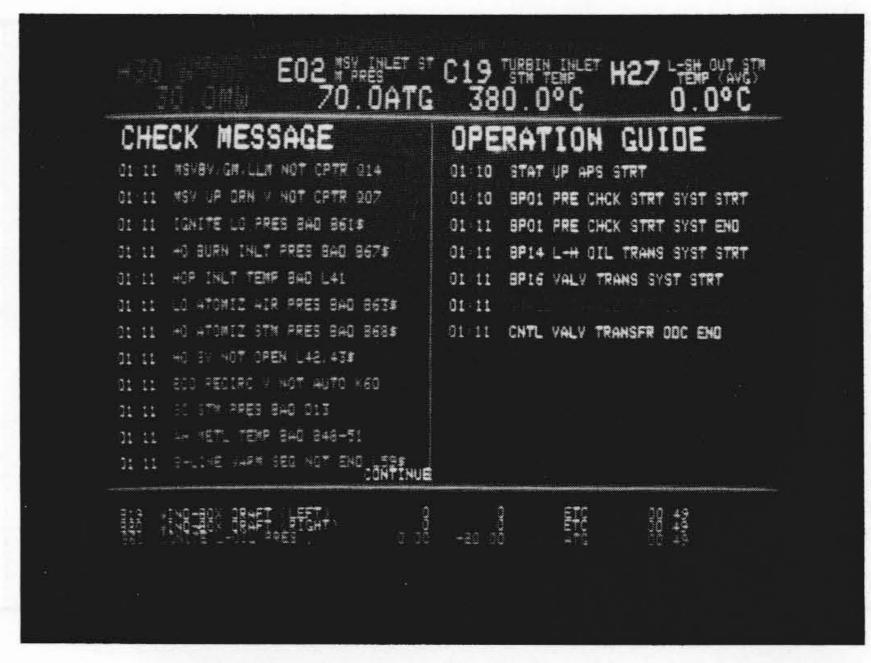


図 2 CRT画面分割表示例 CRT画面が4領域に分割され、各分割領域 単位に独立のデータが表示されている。

表 2 タービン事故防護システム適用例 タービンの熱分布異常に関する事故防護の適用例を示す。

シュマニック	機能	適用範囲		
システム名	機能	データ収集	予 知	予防制御
熱応力強度防護 システム	熱分布を基に熱応力を予 測し,熱応力の増大を防 止する。	0	0	0
疲労防護 システム	熱応力の極値より寿命消 費を求め、プラント運転 計画に反映させる。	0	0	0
クリープ ラプチャ 防止システム	熱応力よりクリープ積算 量を求め、運転の指針と する。	0	0	×
伸び差防止 システム	熱分布より伸び差を予測 し,伸びの発生部分を示 し運転の指針とする。	0	0	×

示のガイド用のメッセージを表示している。

(2) プラントの事故防護が今後の計算機適用の重要な一分野であり、その一部であるタービン事故防護システムを伊達火力発電所1号機で実用化すべく計画している²⁾。その内容を表2に示す。

この事故防護システムは、プラント状態量、あるいはそれを用いた計算により事故インデックス(例えば、タービン ロータの熱応力)の現在値を求め、また数式モデルを使いインデックスの今後の推移を予測し、その結果から制限値に至るまでの余裕時間と異常の進行程度を予知し、必要な修正動作(例えば負荷の低減)を決定して処置を行なうものである。

图 原子力計算機システムの発展経過

原子力発電所へのプロセス計算機の適用は世界的にも広く行なわれている。しかし、原子炉の型式によりプラント制御計装、運転方式が大幅に異なるため、計算機の機能も表3に示すように炉型式により大きな相違がみられる³)。このうち、運転中の原子力発電ユニットの約77%を占める軽水炉については、計算機は専ら複雑な原子炉の状態を実時間で正確に把握することを主目的としている。ひるがえって、我が国の現状をみると、運転中の事業用原子力プラントも11機と火力ユニットに比べ運転経験も少なく、かつ工期が長いことも災いして、計算機の機能は火力プラントでの計算機適用での第1段階(プラント性能モニタ)にとどまっている。

これに対し、日立製作所は昭和47年、中国電力株式会社島根原子力発電所1号機(出力460MW)にHITAC 7250を適用し、我が国初の国産計算機システムを完成した⁴⁾。本計算機システムの機能は、アメリカ、GE社で開発された沸騰水型原子力発電所用標準計算機の機能を包含するとともに、世界に先がけてカラーCRTの導入を実現している。このカラーCRTは、原子炉の状態を視覚的、直観的に把握を可能とし好評を博している。更に、このCRTの導入の成功は、同社島根原子力発電所1号機に続くすべての沸騰水型原子力発電プラントにCRTが装備されるという結果をもたらした⁵⁾。

一方、発電単価の低減を目的とした発電ユニットの大容量化は、必然的に中央制御盤の大形化と結びつき運転操作性の低下を引き起こしている。そこで、これを改善するため現在GE社では、多数のカラーCRTを適用し、盤のコンパクト化を図った新形制御盤NUCLENET 1000の開発を進めている。このように、CRTを適用した盤の小形化が、原子力発電プラントに対する計算機応用の一つの大きな動向と考えられる。

表 3 原子力計算機システムの機能 原子炉形式の違いによる計算機機能の相違を示す。

No.	炉 型 式	開発元	目 的	主要機能
1	BWR	GE社	炉心の挙動の把握	炉心性能計算
2	PWR	WH社	"	"
3	ガス炉	イギリス	運転情報の集約	CRT化中央制御盤
4	重水炉	カナダ	自 動 化	計算機直接制御

注:BWR=Boiling Water Reactor
PWR=Pressurized Water Reactor

4 将来の動向

諸外国及び我が国における発電プラントへの計算機適用の 将来動向を展望すると,今後は計算機応用の量的拡大ととも に,次に述べる質的拡大が予想される。

- (1) CRT化中央制御盤
- (2) プラント事故防護
- (3) サブループ装置の計算機化
- (4) プラント運転情報記憶/検索/連繋
- (5) 発電所周辺環境監視
- (6) 放射線被曝管理(原子力ユニットのみ)

上記の計算機応用の将来動向は、計算機システムに次のような技術的インパクトを与えるものと考えられる。

- (1) 計算機の処理機能が増大し、計算機の処理能力、危険分散の観点より、複数の計算機で機能を分担することになる。
- (2) 計算機の機能が広範となるため、計算機故障時の運転員の負担が過大となる。このため、計算機の信頼性が特に重視され、計算機事故時の機能縮退を可能とするバックアップシステムの導入が不可欠となる。
- (3) 上記(1), (2)及びユニット管理情報の授受を目的とした事務用計算機とのリンケージのため、計算機間コミュニケーション ネットワークが出現する。

日立製作所では、上記計算機システムの将来動向に適合した計算機として、新たにHIDIC 80を開発した。HIDIC 80は、バス構造による入出力装置の共有管理、高速度コモン メモリの装備などにより、負荷分担形複合計算機システム、複数計算機に対し1台のバックアップ用計算機での共通バックアップ、すなわち経済的なN:1バックアップ システムなどの種種の複合システムが容易に実現できる。図3に今後の発電所計算機システムへのHIDIC 80の一適用例を示す。

本システムは、HIDIC 80を今後火力・原子力発電所への導入が予想されるCRTを活用した計算機化中央制御盤に適用した例であり、次に述べるようなシステム構成上の特徴をもっている。

- (1) プラント状態変化から状態量のCRTへの表示まで応答の速応化を図るため、2台の計算機を導入し計算機負荷を分担させている。
- (2) 2台の計算機間の情報交換の円滑化及び計算機故障時のデータの連続性を保持するため、グローバルメモリを配置している。
- (3) ケーブル及びケーブル布設費用の削減を実現するため、

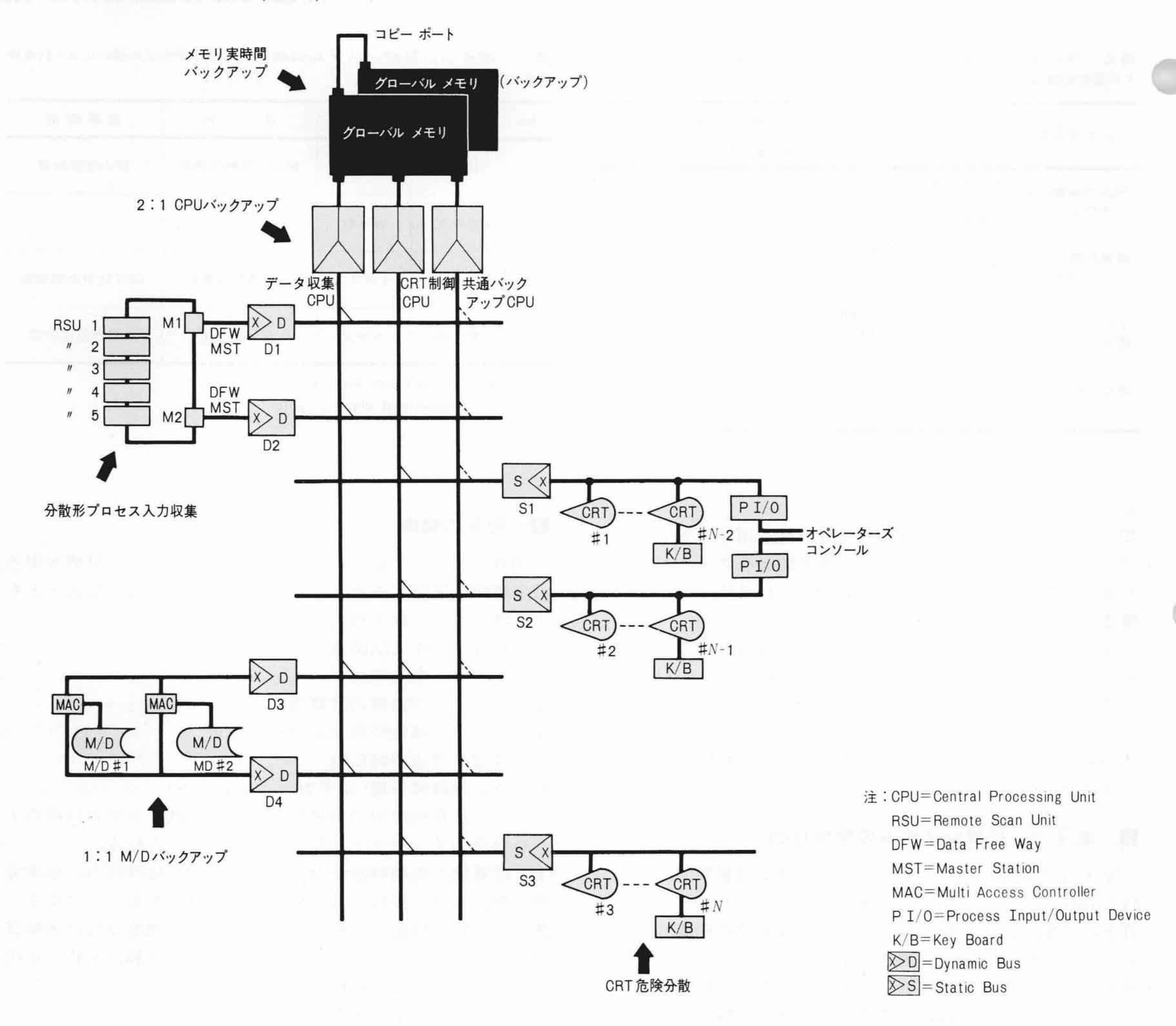


図 3 HIDIC 80による計算機システム構成例 入出力共有管理, グローバル メモリなどの特徴により高信頼度システムが経済的に実現されている。

プラント入力は検出器,変換器側にプラント入力装置を置き, 入力装置以降は同軸ケーブルで計算機本体へ送信している。 一方,計算機化制御盤では計算機システム ダウン時のプラ

ント運転に与える影響が大きいため、計算機の信頼性が特に 重視される。このため、本システムでは次に述べるような高 信頼化に対する考慮を払っている。

- (1) 2:1計算機バックアップ
- (2) グローバル メモリの二重化による実時間バックアップ
- (3) 1:1ドラム バックアップ
- (4) 1:1 Data Free Way(DFW)バックアップ
- (5) バスの二重化
- (6) CRT用バス故障時の故障局所化

5 結 言

火力・原子力発電所計算機システムの発展過程及び将来動向につき述べた。日立製作所は、火力・原子力計算機システムのいずれに対しても確固たる実績を持つとともに、今後の計算機応用の動向を的確につかみいち早くHIDIC 80を開発し

社会のニーズにこたえるべく万全の体制をしいている。

終わりに、火力・原子力計算機システムの開発及び実用化 について平素御指導をいただいている各電力会社の関係各位 に対し、深謝の意を表わす次第である。

参考文献

- 1) 花岡, 二川原ほか:「中国電力玉島3号機の計算機制御システム」 火力原子力発電, 26, 843 (昭50-8)
- 2) 中野:「プラントのオンライン信頼性管理」 計装, Vol.214 21~29 (1976-1)
- 3) B. R. Welch: "Technical Survey No.10 Computer Applications in Power Plant Control", Nuclear Engineering International, 25 (Jan., 1973)
- 4) 正岡,中田ほか:「プロセス計算機システム」 日立評論, 55,833 (昭48-8)
- 5) Niki, Iida et al.: "Importance of Graphic Display for Nuclear Power Plant Operation" Proceedings of the Specialists Meeting, Meeting on Control Room Design, IFAC, San Francisco, July 22~24 (1975)