

電力系統制御システムの高度化

Advanced Computer Control Systems for Electric Power Utilities

電力系統の拡大に伴う系統運用システムの複雑化と、供給信頼度向上のニーズにこたえ、いわゆる制御用メガミニコンピュータの電力系統制御への適用が増大を続けている。大規模なデータ処理に伴うデータベースメンテナンス機能の導入、平常時・事故時の系統監視業務へのCRTディスプレイの大幅な導入、停電監視などの機能の高度化がなされている。系統運用計画計算、水系運用計画計算でのCRTディスプレイを用いた対話方式によるマンマシン系、計算機能そのものなど、電力系統制御システムに導入される機能とそのシステム構成は、ますます高度化する傾向にある。本論文ではこれらの傾向につき代表的なシステムを選び、その概要、導入の効果について述べる。

平河内良樹* *Yoshiki Hirakouchi*
高 津 正 雄** *Masao Takatsu*

1 緒 言

電力系統制御システムへの計算機システム適用は、中央給電指令所、系統給電指令所、店所給電所での自動給電システム、発・変電所での集中制御システム、大容量発・変電所でのデータロギングシステムなどへの個別導入から始まり、最近では電力系統規模の拡大と運用の複雑化に伴う制御システムの機能高度化、高信頼度化のニーズ並びにこれに応ずる計算機システムのハードウェア性能及びソフトウェア機能の大

幅な向上、計算機ネットワーク技術の進歩、マイクロコンピュータ応用技術の進展とがあいまって、電力系統一貫運用という観点から計算機システムを構成する電力系統総合自動化システムとして、階層・分散化あるいは集中化・大規模化される動向にある。

図1は¹⁾、電力系統総合自動化模式図を概念的に示したものである。最近の動向は、(1)レベル1の中央制御所・中央給電

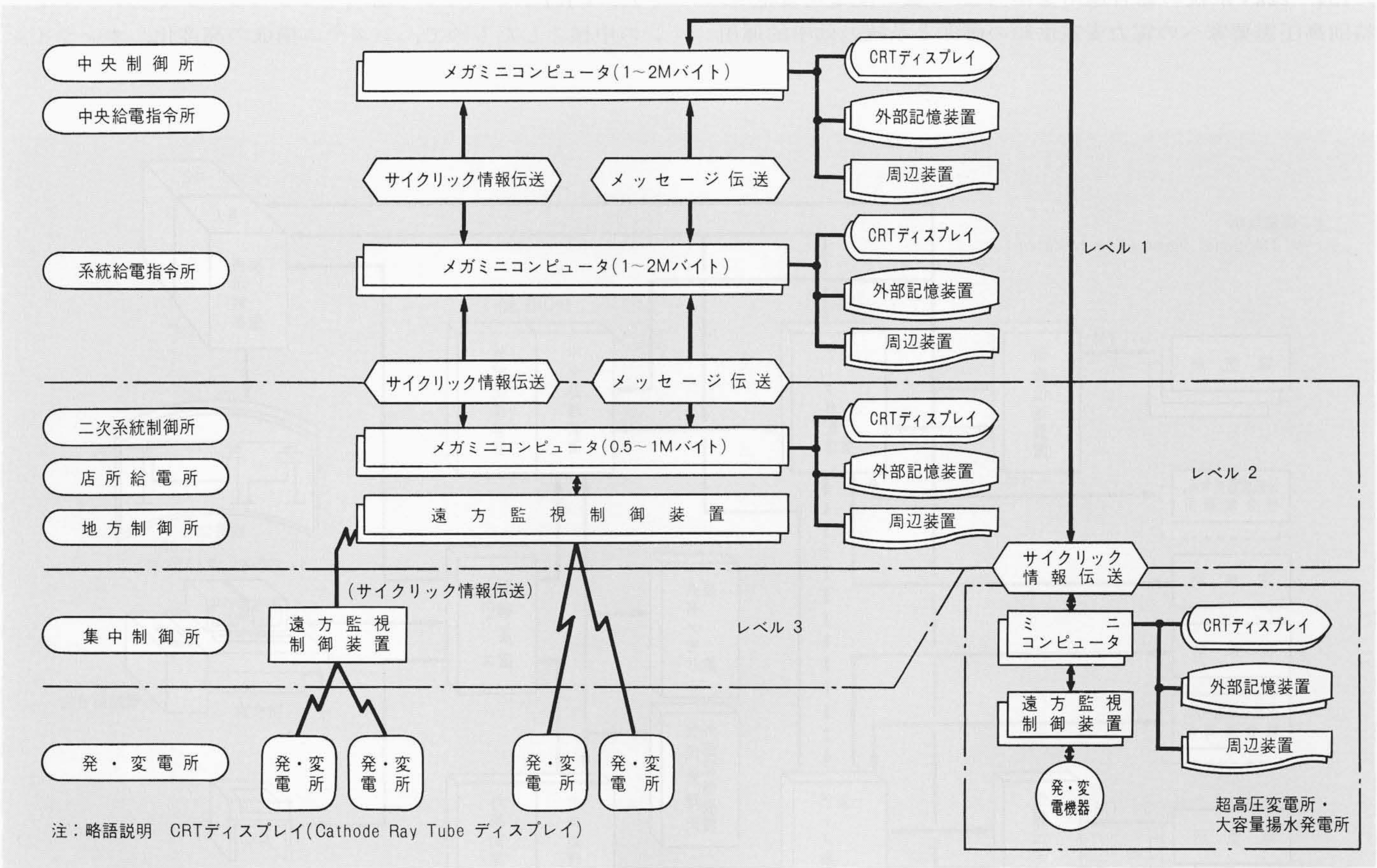


図1 電力系統総合自動化模式図 ハイアラーキ構成形の典型的な模式図を示したものである。各レベルは、サイクリック情報伝送装置、MSG (メッセージ伝送装置)により結合されている。

* 日立製作所大みか工場 ** 日立製作所電力事業部

指令所・系統給電指令所に1～2Mバイトの主記憶をもつメガミニコンピュータを導入し、給電業務の機能高度化、8～10台のCRT(Cathode Ray Tube)ディスプレイ導入によるマンマシン性能及び運転員と計算機との間の対話機能の画期的向上、(2) レベル2の店所給電所・二次系統制御所とレベル3の集中制御所を統合、給電業務と系統操作業務とを一体化した地方制御所・大形集中制御所へ同じくメガミニコンピュータを導入し、6～8台のCRTディスプレイによる監視制御機能、情報処理の高度化、(3) 大容量超高压変電所へのミニコンピュータの導入による監視制御機能の高度化、系統操作の省力化・確実化、(4) 総合自動化への対応としての計算機ネットワーク技術の導入など、計算機システムを中核とし、マンマシン用CRTを十分に活用した電力系統制御システムの機能高度化が着々と実現されている。

本論文では、これら電力系統制御システムの機能高度化の動向につき、代表例として(1)店所給電所自動化システム、(2)大形集中制御システムとしての水力総合制御所システム、(3)500 kV系大容量超高压変電所監視制御システムを取りあげ、その概要と導入効果を以下に述べる。中央制御所レベル、地方制御所レベルで更に新しい動きがあるが、これらについては別の機会に論ずることとしたい。

2 店所給電所自動化システム²⁾

2.1 給電業務のハイアラーキ構成

電力系統運用の給電業務形態は、一般にハイラーキ構成がとられ、図2はその代表的な例である。店所給電所は管内の154～22kV系統の総合運用を担当し、多数の配電用変電所、特別高圧需要家への電力安定供給の確保と系統の効率的運用

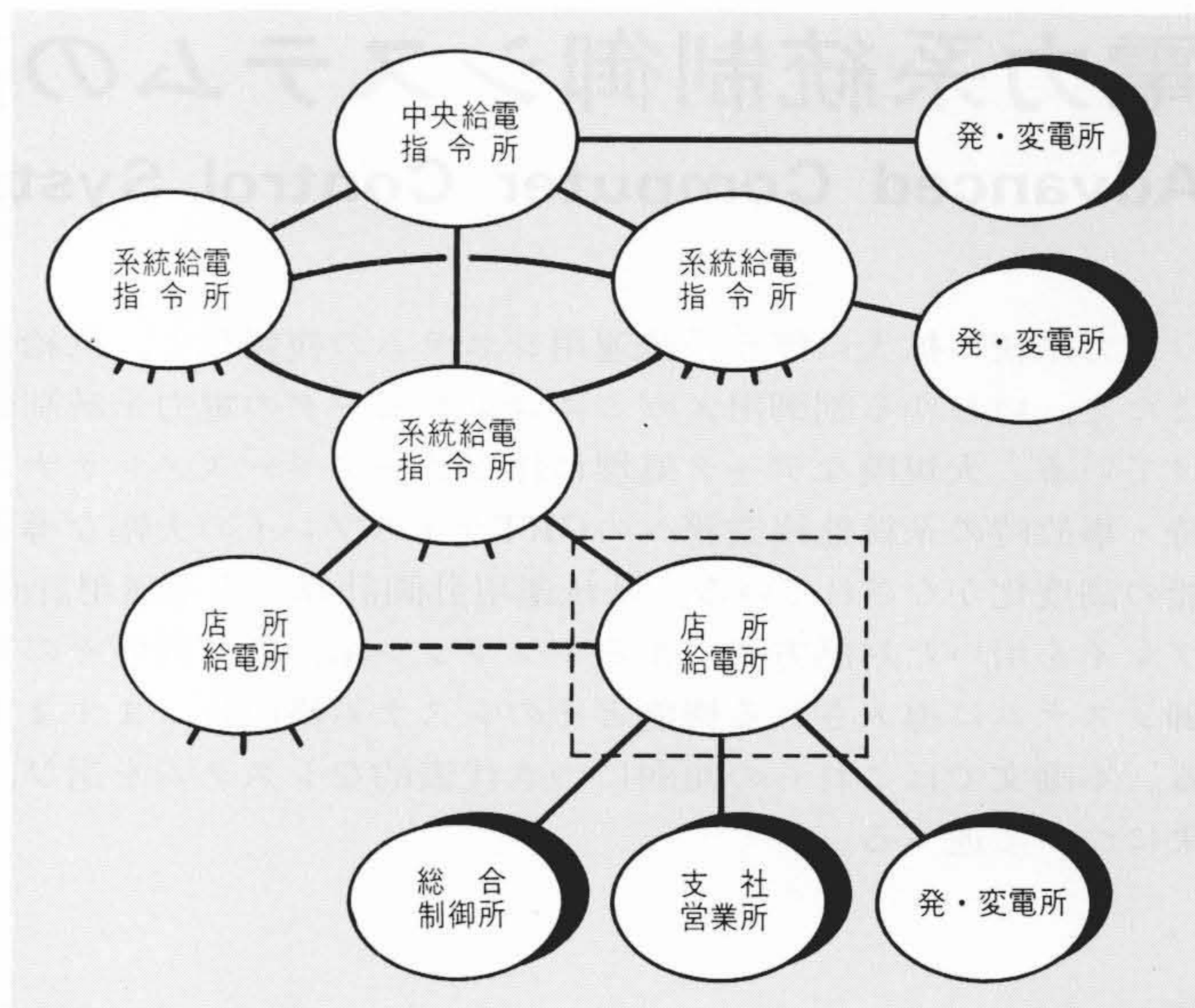


図2 給電業務のハイアラキー構成 代表的電力会社での系統運用のハイアラキー構成を示す。

に努めている。上位系統給電指令所，下位総合制御所とはデータ伝送網を介して情報連絡される。本システムの機能高度化として，現在これら上位系，下位系の計算機を，ネットワーク網で完全結合する総合自動化が計画されている。

2.2 システムの構成

本システムは、制御用メガミニコンピュータ2台系で構成され、CRTディスプレイ8台をマンマシンコミュニケーションの中核としたもので、システム構成の高度化、オンライン

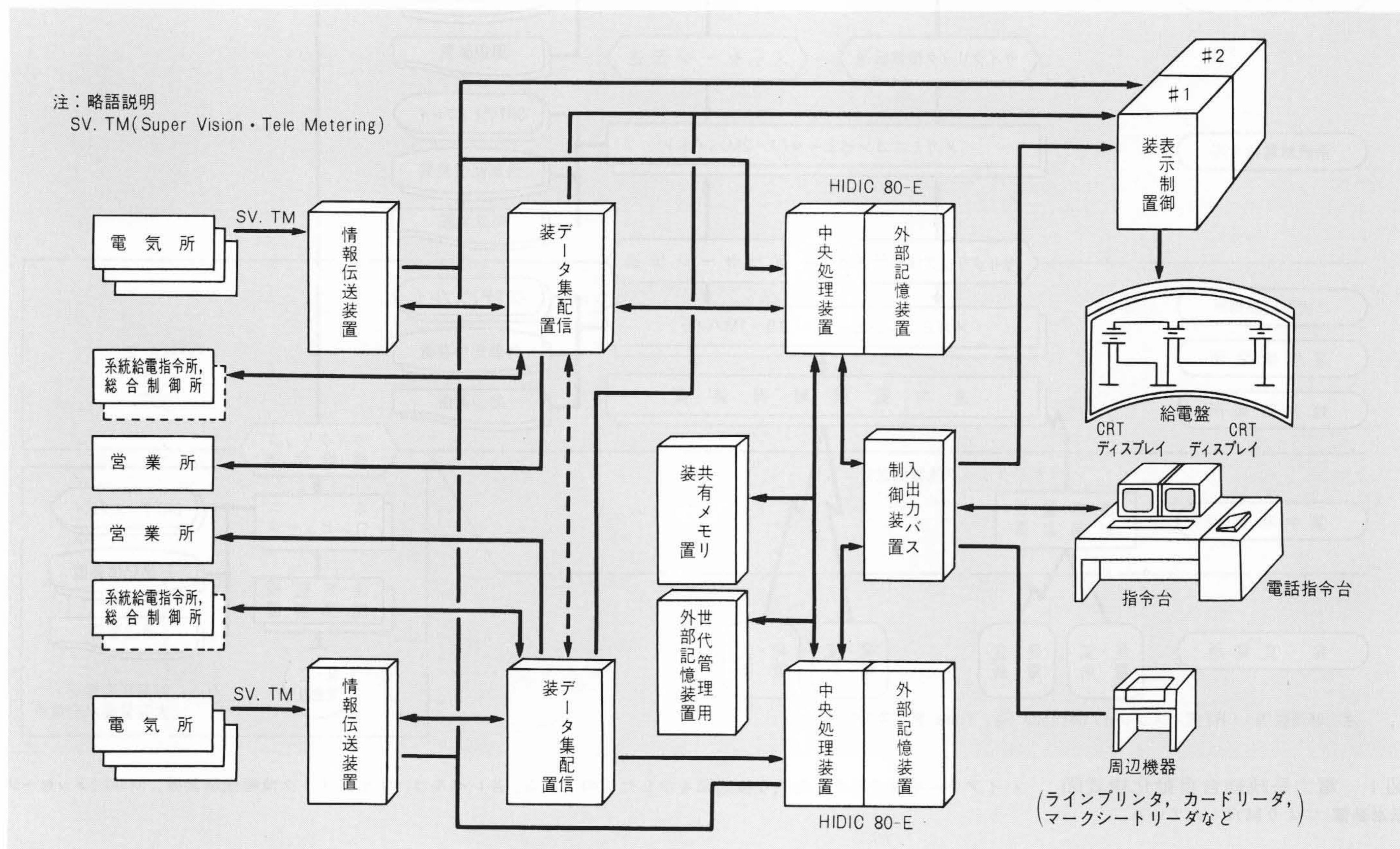


図3 店所給電自動化システム構成図 HIDIC 80-E 2 台系から構成されるシステムであり、二重化を基本構成としたハードウェア構成で、各々の計算機は常時業務分担したロードシェアシステムである。

系統情報処理の高度化など、以下に述べるような特長をもっている。

- (1) オンラインで使用されるハードウェアは、すべて二重化構成をとることにより、信頼性の向上を図っている。
- (2) 2 台の計算機は、常時ロードシェアを行ない、障害発生時には、オンライン系統情報を欠損させることなく相互にバックアップする機能をもつ構成で、処理性を向上した。
- (3) 電気所から情報伝送装置経由で収集したオンライン系統情報を共有メモリ装置上に配置し、自動又は手動による業務切替時の処理連続性を確保するマルチコンピュータシステムを実現した。
- (4) 指令台は全く同一な構成、仕様とし、計算機とのマンマシンコミュニケーションを十分発揮できる操作性を確保するとともに、互換性、保守性の向上を図った。

図 3 に、店所給電所自動化システム構成を示す。

2.3 自動化項目概要

表 1 に、店所給電所での給電自動化システムとしての機能概要を示す。店所給電所の自動化項目は、系統監視、記録統計、系統操作及び運用計算に区分される給電業務と、電力系統設備変更に伴う設備データメンテナンス業務とに区分される。これらの自動化項目は、CRTディスプレイによるマンマシン系を用いて、対話形で実行されるように機能の高度化が図られている。前述の業務で達成した諸元の一例を次に述べる。極めて高速の処理が実現されており、リアルタイム制御性能を十分に満足させている。

- (1) CRTディスプレイ画面表示……0.6～2.1秒/1画面
- (2) 電力潮流計算……1.5秒/(204ノード、352ブランチ)
- (3) 停電設備判定……3～8秒/1系統事故
- (4) 操作手順表作成……1.5秒/1目的指令手順追加

2.4 設備データメンテナンス

店所給電所自動化システムの機能高度化の一つに、設備データメンテナンスがある。この設備データメンテナンスの概念図を図 4 に示す。この設備データメンテナンスの主な処理機能は、次に述べるとおりである。

- (1) 各種条件を加味して作成する二次データは、すべて計算機内部で自動生成する。
- (2) 電力設備のすべてを、所名、設備、機器コードの組合せで表現し、記述を簡略化、一元管理化している。

表 1 店所給電自動化システム処理項目表 店所給電所自動化システムの処理業務を示す。

No.	業 務	自 動 化 項 目
1	系 統 監 視	潮 流 監 視
		電 圧 監 視
		系統状態変化の監視
		事 故 監 視
		停 電 監 視
2	記 録 統 計	記 録 の 保 存
		編 集 資 料
3	系 統 操 作	操 作 件 名 登 録
		操作手順表の作成
		操作手順表の伝達
		操作指令の実行
		操作の模擬演習
4	運 用 計 算	オンライン運用計算
		オフライン運用計算
5	設 備 データ メンテナンス	設備データの登録
		設備データの印字

- (3) 設備データをマスタファイル化し、大容量ディスクに格納することにより、カードレス化を実現している。
- (4) 設備データのメンテナンスは、追加、変更、削除しようとするカード入力あるいはライトペン操作によるCRTディスプレイ画面からの入力に対応できる方式としている。

2.5 システム開発の成果と導入効果

2.5.1 システム開発の成果

本システム開発の成果の主なものは、次に述べるとおりである。

- (1) 高いシステム応答性と処理性を、共有メモリ形マルチコンピュータシステムで実現した。
- (2) 多重化システム構成、モジュール化手法の採用などにより、高信頼性・高安全性を実現した。
- (3) 設備データメンテナンスソフトウェアの導入、ソフトウェアモジュール化手法採用により、高拡張性・高保守性を実現した。
- (4) 大形・大容量カラーCRTディスプレイの大幅採用と対話

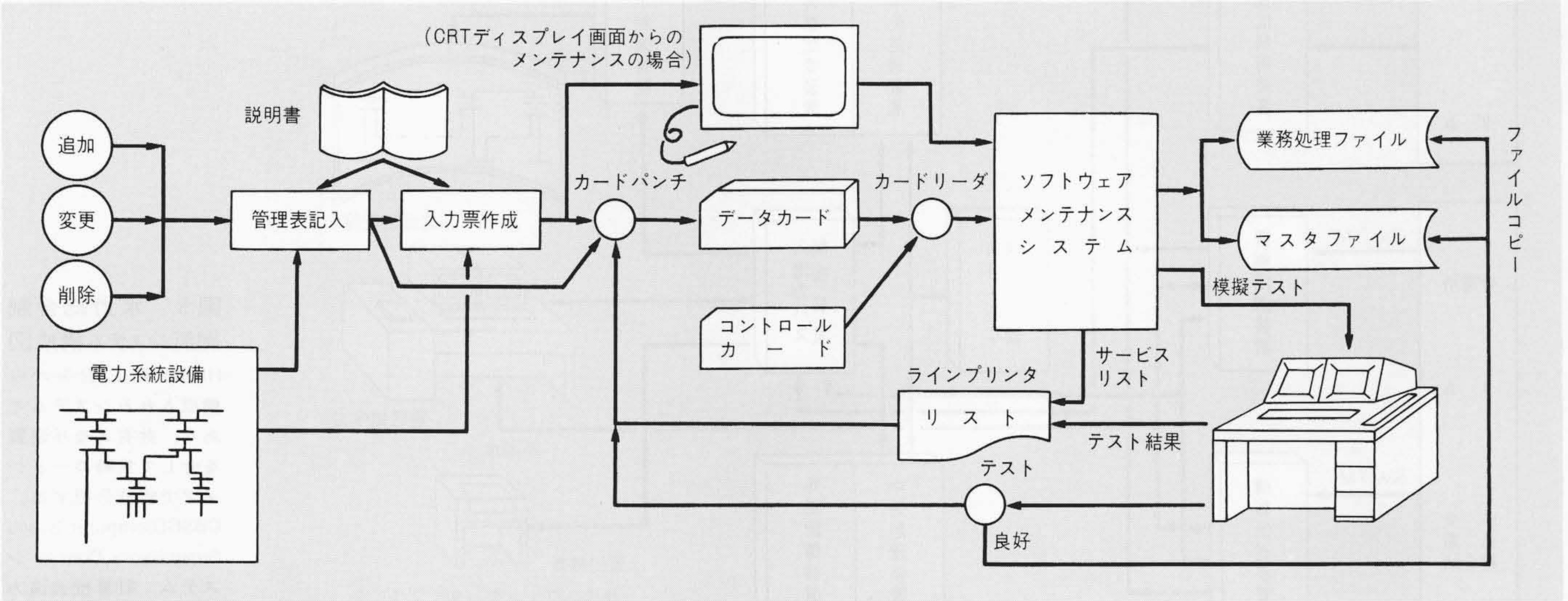


図 4 設備データメンテナンス方式概念図 電力設備データをメンテナンスするときの方式を示す。

機能の充実により、高い操作性を実現した。

(5) 電力系統規模の拡大及び需要家サービス要請の高度化という社会的ニーズにこたえられる高度な自動処理機能を、CRTを用いた対話形システムとして実現した。

2.5.2 システム導入の効果

- 本システムの導入により期待される効果は、次に述べるとおりである。
- (1) 系統の状態変化、事故発生を検出、停電区間判定など系統状態の自動監視により、的確な系統安定運用及び異常時対応の迅速性の向上が図れる。
 - (2) 自動アルゴリズムによる操作手順の作成、計算機による合理性チェックにより、確実かつ正確な系統操作が実施でき、系統の安定運用が図れる。
 - (3) 系統の運用計画、現在系統での異常想定などの運用計算の高速処理により、系統特性の迅速な把握が容易にでき、系統安定運用の向上が図れる。

3 水力総合制御所システム

3.1 システムの概要

近年、電力需要増加に伴い、電力系統はますます拡大複雑化しつつあり、電力安定供給のために、より高度な運用技術が必要となっている。このような背景のもとで、電力設備を効率的に運用するため総合自動化が推進されている。

水力総合制御所は、揚水発電所をはじめとし、水系の流域に点在する水力発電所群と各ダム及び取水口を監視制御する大形集中制御システムの機能、並びに店所給電所及び中央給電指令所と連動して需給制御を行なう給電自動化システムの機能をもっている。

水力総合制御所に導入される集中監視制御システムは、高度に計算機化されたシステムで、水力発電所及びダム群のオンライン情報を制御用計算機に収集入力し、監視、制御、操作、記録、運用計算などの各種業務を自動的に処理し、業務運営の迅速・的確化と効率化を図るものである。

3.2 システムの構成

図5に、水力総合制御所システムの基本構成を示す。シス

テムの中核は、制御用メガミニコンピュータと多数台のCRTディスプレイ装置である。本システムでは、制御用計算機が遠方監視制御システムの親局の機能を果たしており、遠方監視制御用子局との間のデータ伝送を情報伝送装置で受け持たせ、この情報伝送装置を³⁾マルチマイクロコンピュータ形システム構成とし、高信頼度・高機能構成としている。

制御用計算機はデュプレックス方式とし、通常、運転は片系常用、他系待機とするが、待機系で、高度な水系運用計画計算を行なわせるロードシェア方式として、システム全体の処理性・応答性を高めている。

3.3 システム機能概要

本システムは、水力総合制御所が担当する水力発電所、変電所設備の運転状態と、それらが近傍接続する電力系統の系統情報を制御用計算機に収集入力し、監視、制御、操作、記録、運用計算及び情報伝送の各種業務処理を自動化することを主な機能としている。

表2 システム自動処理機能の概要 監視制御機能のほかに、機能の高度化をねらい、水系運用計画計算、土木予測計算、シミュレータ機能及びソフトウェアメンテナンス機能が導入されている。

No.	業 務 と 自 動 化 項 目	
1	監 視 機 能	状 態 変 化 監 視
		計 測 値 監 視
		保 守 管 理
2	制 御 ・ 操 作 機 能	機 器 操 作 ・ 制 御
		自 動 操 作
3	記 録 ・ 作 表	記 録
		作 表
4	運 用 計 算	水 系 運 用 計 画 計 算
		土 木 予 測 計 算
5	シミュレータ機能	系統操作シミュレーション
		土木シミュレーション
6	ダ ム 計 測 解 析 計 算	
7	ソフトウェアメンテナンス	

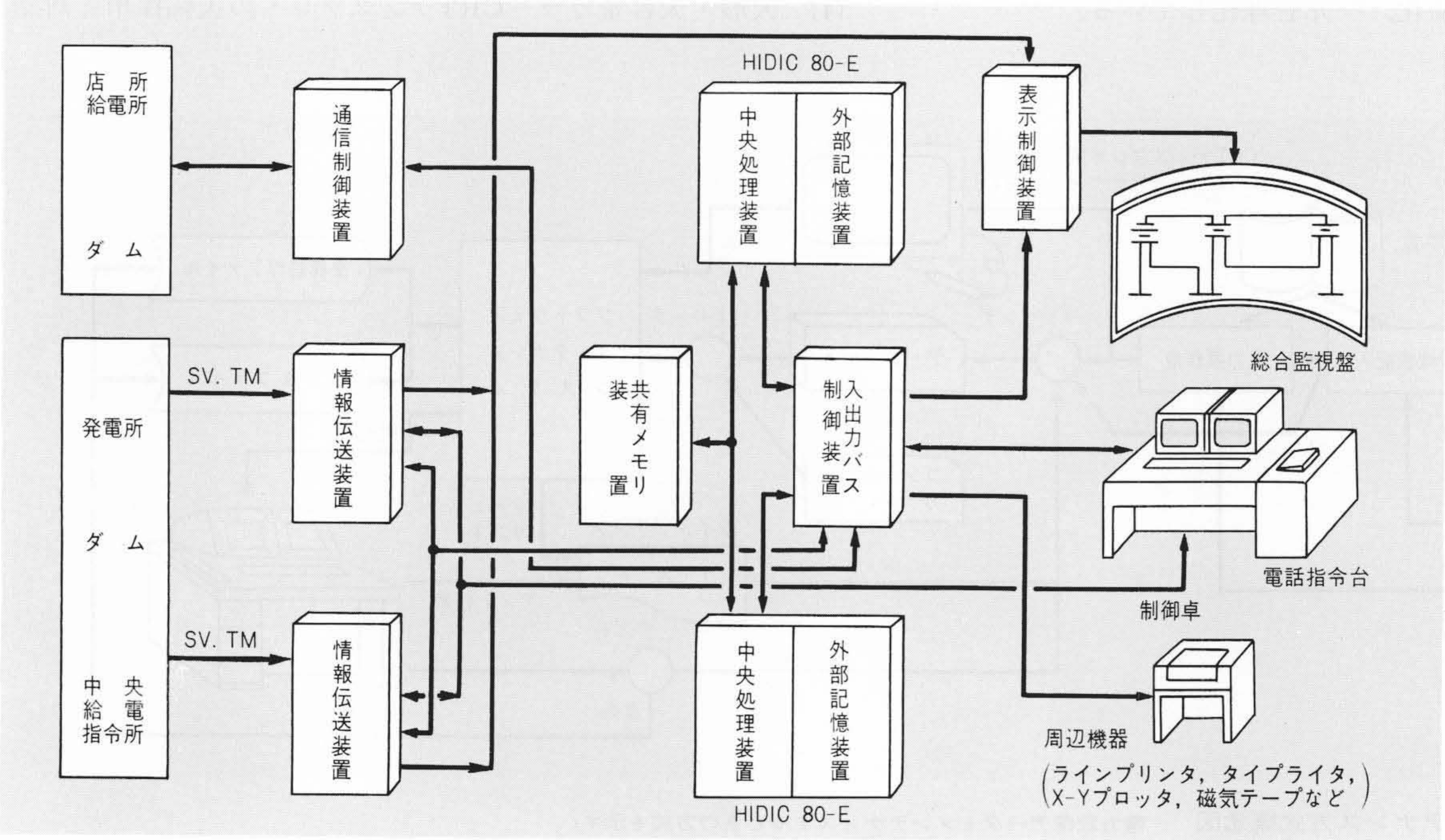


図5 水力総合制御所システム構成図 HIDIC 80-E2台系から構成されるシステムであり、共有メモリ装置を介して常時ロードシェアで機能分担する。CBSC(Computer Based Supervisory Control システム：計算機式遠方監視制御システム)方式となっている。

本システム機能概要を自動処理機能概要として、表2に示す。シミュレータ機能、ダムの保守管理機能、CRTディスプレイを用いたソフトウェアメンテナンス機能など、高度な機能が導入されている。

3.4 システム開発の成果と導入効果

3.4.1 システム開発の成果

本システム開発成果の主なものは、次に述べるとおりである。

- (1) 監視制御、運用計算、保守管理など広範囲にわたり本格的に自動化し、発電所及びダム側装置との有機的結合も図られたシステムを開発できた。
- (2) 大容量CRTディスプレイ2台を有機的に組み合わせることにより、監視、制御、操作が円滑かつ確実に実施できるマンマシンシステムを開発した。
- (3) マルチマイクロプロセッサ形でデータバスを二重化した情報伝送装置を開発し、信頼度を更に向上させた。
- (4) 共有メモリ形マルチコンピュータシステムによるロードシェアデュプレックス方式により、応答性の良いシステムを実現した。

3.4.2 システム導入効果

本システムの導入により期待される効果は、次に述べるとおりである。

- (1) 電力系統、水系全体の運用管理の高度化により、水資源の有効活用が図れる。
- (2) 運転状況の集約、設備の保守管理機械化などにより、事故予防・保守管理強化が図れ、安定した電力供給が可能となる。
- (3) 事故時復旧操作を含む機器操作・制御の自動化により、的確・確実な水系運用、発電調整が可能となる。

4 500kV大容量超高压変電所制御システム

4.1 システムの概要

500kV大容量超高压変電所の監視制御システムは、対象とする設備の大規模なこと、大容量であることに対処するために、機器・設備の自動監視、自動記録など、監視・制御・記録の省力化、設備管理の省力化を目的としたもので、主要機能は次に述べるとおりである。

- (1) 監視制御の省力化のための自動記録、監視、操作
- (2) 誤操作防止のための運転ガイド・制御ロックの表示
- (3) 設備管理の省力化のための自動作表
- (4) 設備増設に伴う修正作業簡略化のためのメンテナンス

以上の機能を満足し、かつ高信頼度システムを実現するため、制御用計算機を中核とした自動処理システム³⁾と、マルチマイクロコンピュータ形の遠方監視制御システムが導入されている。

4.2 システムの構成

図6に、500kV大容量超高压変電所の監視制御システム構成を示す。設備拡張時の対応、TC(遠方監視制御装置)の縮小化、系統盤・監視盤、制御卓などとのインタフェースの簡略化などをねらい、次に述べるとおりとした。

- (1) TCは高信頼度構成とし、親局は1:N方式の2系列化とする。常用方式と待機方式の切替は手動切替とする。
- (2) TCの伝送路の高信頼化を目的とし⁴⁾、メタリック方式と光ファイバ方式とで2ルート構成とする。
- (3) 自動処理システムは、高信頼度化を目的として制御用計算機の2系列方式(常用方式、待機方式)とする。
- (4) TC親局と自動処理システムとの結合及び自動処理システム相互の結合は、粗結合とする。

4.3 システム機能概要

表3に、500kV大容量超高压変電所の監視制御システムの機能概要を示す。機器、設備の自動監視機能の高度化、誤操作防止対策機能の高度化が図られており、500kV大容量超高压変電所の高信頼度運転、ひいては電力系統の安定運用に寄与している。

4.4 システム開発の成果と導入効果

4.4.1 システム開発の成果

本システム開発の成果の概要は、次に述べるとおりである。

- (1) 超高压変電所の監視・制御を高信頼度システムで構成する方式を確立できた。
- (2) 監視・制御、誤操作防止付自動操作、設備管理など、超高压変電所の総合自動化に必要なとされるソフトウェア体系の基礎を確立できた。

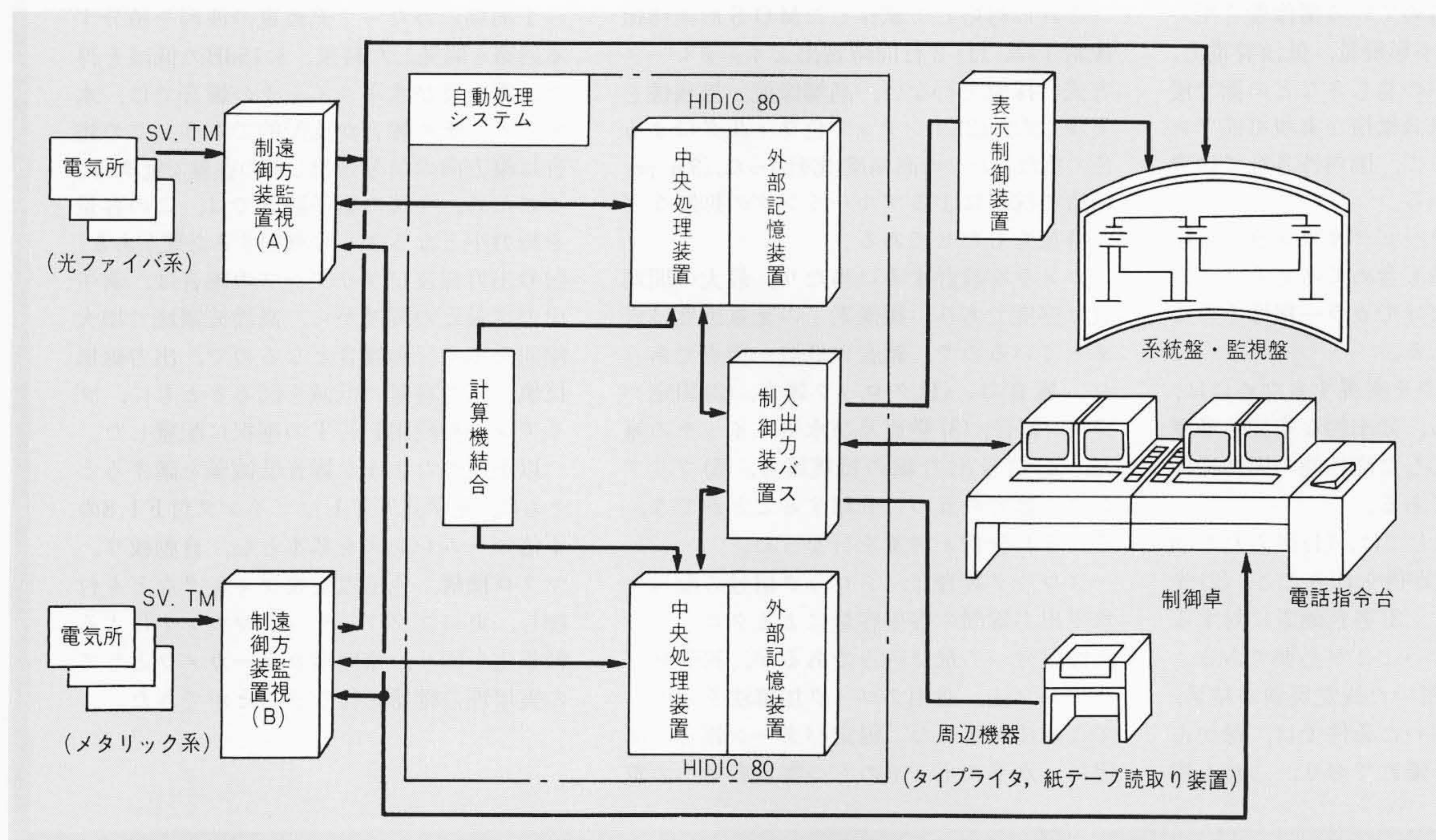


図6 超高压変電所監視制御システム構成図 HIDIC 80 2台系から構成されるシステムであるが、2台のHIDIC 80の結合は、コンピュータリネージ装置による粗結合方式としている。CRTディスプレイは2台を一組みとして監視・制御に用いる。

表3 機能概要 監視制御システムでの自動処理システムで実施する業務・項目とその概要をまとめて述べた。系統操作での誤操作防止には、特に配慮が払われている。

No.	業 務	自 動 化 項 目
1	監 視 制 御	機器状態の集約表示
		機器制御の集約
		計測値の表示
		計測値の自動監視
		変電機器の自動監視
2	系 統 操 作	操作伝票の作成及び表示
		作業時など必要な機器の選択制御ロック及びアース表示
		事故時の復旧操作手順の表示
3	自 動 記 録	事故時及び平常時での機器状態変化の自動記録
		指定時及び任意時での計測値の自動記録
		日誌、月報、第3水曜日などの運用実績報告書などの自動作表
		しゃ断器動作管理表など、保守管理報告書類を削除しCRTディスプレイに表示
4	メンテナン	設備変更に伴う画面作成、印字フォーマットなどのCRTディスプレイによるメンテナンス

4.4.2 システム導入の効果

- 本システムの導入により期待される効果は、次に述べるとおりである。
- (1) 自動監視、自動操作及び自動記録の本格的導入により、監視制御の省力化が図れる。
 - (2) 誤操作防止システム導入により、変電所機器の的確・確実な操作が可能となり、系統安定運用が図れる。
 - (3) 設備管理の自動化により、保守の省力化、設備管理の省力

化、ひいては予防保全が図れ、変電設備の安定運用に役立つ。

5 結 言

以上、店所給電所自動化システム、水力総合制御所システム、500kV大容量超高压変電所制御システムについて、システム構成の高度化、システム機能の高度化の面から、その概要を述べた。32ビットアーキテクチャのメガミニコンピュータの本格的適用⁵⁾により、電力系統総合自動化システムもますます大規模化、分散化の方向へと進んでおり、計算機技術、ネットワーク技術及び制御技術を三位一体として、バランスのとれたシステム構成の必要性がますます強くなっている。日立製作所は今後も、より良いシステムをユーザーに供給するため、いっそう研究・開発に努力する考えである。

終わりに、各種システムの完成に御協力、御指導をいただいた関係各位に対し、厚くお礼を申し上げる。

参考文献

- 1) 高津，外：最近の電力系統制御用計算機システム，日立評論，61，8，551～554(昭54-8)
- 2) 穂本，外：店所給電自動化HIDIC 80-Eシステム，日立評論，63，4，279～282(昭56-4)
- 3) 寺田，外：マイクロコンピュータを用いた遠方監視制御装置，日立評論，63，6，197～202(昭56-6)
- 4) 寺田，外：発・変電所における光伝送システムの導入，日立評論，63，6，179～182(昭56-6)
- 5) 平河内：マイクロコンピュータの電力システムへの応用，日立評論，59，5，369～372(昭52-5)



小形MOS形単板カラーカメラ

日立製作所 長原脩策・高橋健二・他2名
テレビジョン 34—12, 1088～1095 (昭55-12)

固体撮像素子を用いたカラービデオカメラは、現在主流を占めている撮像管を用いたカメラに比べて、小形軽量、低消費電力、長期安定性、取扱いの易しさなどの面で優れているほか、将来低価格が実現可能であるという期待もあって、国内外各社で研究開発が活発化している。

小形の家庭用カラービデオカメラを目指したとき、レンズ系も含めて考えると、固体撮像素子を1枚だけでカラー撮像を行なう単板式が有利である。

単板式カラーカメラを実現するためには、画質や感度の点から、効率的な空間色多重方式と、これに対応した高性能の固体撮像素子の開発が必要である。

空間色多重方式としては、(1)限られた画素数で最大の解像度が得られること。(2)光の利用率が高いこと。(3)各色画素に対する飽和光量の差が少ないことが必要である。画像シミュレータを用いた視覚実験の結果、3原色フィルタを用いた条件では、緑が市松のペイヤー配列が優れており、これを採

用した。

これに対応して試作したMOS形固体撮像素子は、(1)2行同時読出しインタレース方式の採用を行ない、高解像度・無残像を実現した、(2)オンチップ色フィルタによる色の重ね合わせの高精度化を図った、(3) n^+pn 構造の採用によるブルーミングの抑制などの特長をもたせてある。

カメラを設計するに当たり、最大の問題は感度であり、撮像素子の光電感度は定まっているので、雑音の低減が要点であった。雑音は、(1)クロック雑音、(2)固定パターン雑音、(3)垂直及び水平スイッチの雑音、(4)信号出力線の抵抗雑音、(5)プリアンプの雑音の五つに分類することができ、それぞれ分析と対策を行なった。

クロック雑音は、クロック信号の配線と水平出力線間の寄生容量によるクロックの画像信号への飛び込みであるが、狭帯域プリアンプ法、逆相クロック加算法を考案してこれに対処した。固定パターン雑音の原因は、水平スイッチのもつ寄生容量への電

荷の充放電のばらつきであるが、クロックの1同期にわたって充放電の波形を積分する回路を開発した結果、約15dBの低減を得た。垂直及び水平スイッチの雑音では、水平スイッチの雑音が支配的であり、この雑音は縦方向の信号読出し線の容量で定まる。このため、今後の素子設計では、この容量を極力小となるように検討する必要がある。信号出力線及びプリアンプの雑音は、素子出力容量との関連から、高周波領域で増大傾向を示す三角雑音となるので、出力線抵抗値、出力容量の低減を図るとともに、プリアンプ初段用FETの選択に配慮した。

以上述べたような雑音低減策を講ずるとともに、光学式TTLファインダ付F1.8の4倍ズームレンズを基本とし、自動絞り、マクロ機構、色温度変換フィルタなどを付加し、更にプラスチックマウントによる軽量化を図り、家庭用カラーカメラとしての実用性の確認を行なうことができた。