

電力系統総合自動化における中央制御自動化システム

Central Automatic Dispatching System for Total Operating System at Electric Power System

河野道信*
Michinobu Kôno

菊地栄吾*
Eigo Kikuchi

中野修一**
Shuichi Nakano

平河内良樹**
Yoshiki Hirakozi

加藤猛**
Takeshi Katô

要 旨

電力系統が複雑、大規模化してくるにつれて、系統運用が非常にはん雑化してきている。この問題を解決するため、東北電力株式会社では、全系統の総合運用自動化に取り組み、日立製作所との共同研究によって、今回、わが国で初めて最新式の総合運用中央制御自動化システムを実用化した。

本論文では、システムの構成や特長、特にデータ交換システム、プロセスディスプレイ・システム、ハイアラキシステムおよび新開発のソフトウェアなどについて説明する。

1. 緒 言

最近の電力系統は、ますます複雑大規模化してきており、一方では電力の質的向上に対する要求がいっそう大きくなってきている。日立製作所は東北電力株式会社との共同研究により、電力系統総合運用自動化のためのシステムの開発を行ってきたが、今回、中央制御自動化システムの完成をみたので、システム構成およびソフトウェアの概要について述べる。中央制御自動化システムは、制御用電子計算機 HITAC 7250 を中心とし、系統運用計画、平常時の系

統運用、事故時の系統運用を対象業務としたもので、情報収集、マシンインタフェース向上などのために多くの新開発がなされている。特にデータ交換装置、カラー CRT (Cathode Ray Tube) によるプロセスディスプレイ装置などはユニークなものである。

2. 中央制御自動化システムの構成と特長

2.1 システム構成

図1にシステム構成を示す。

システムは、HITAC 7250 を論理判断の中心とし、その下に、デ

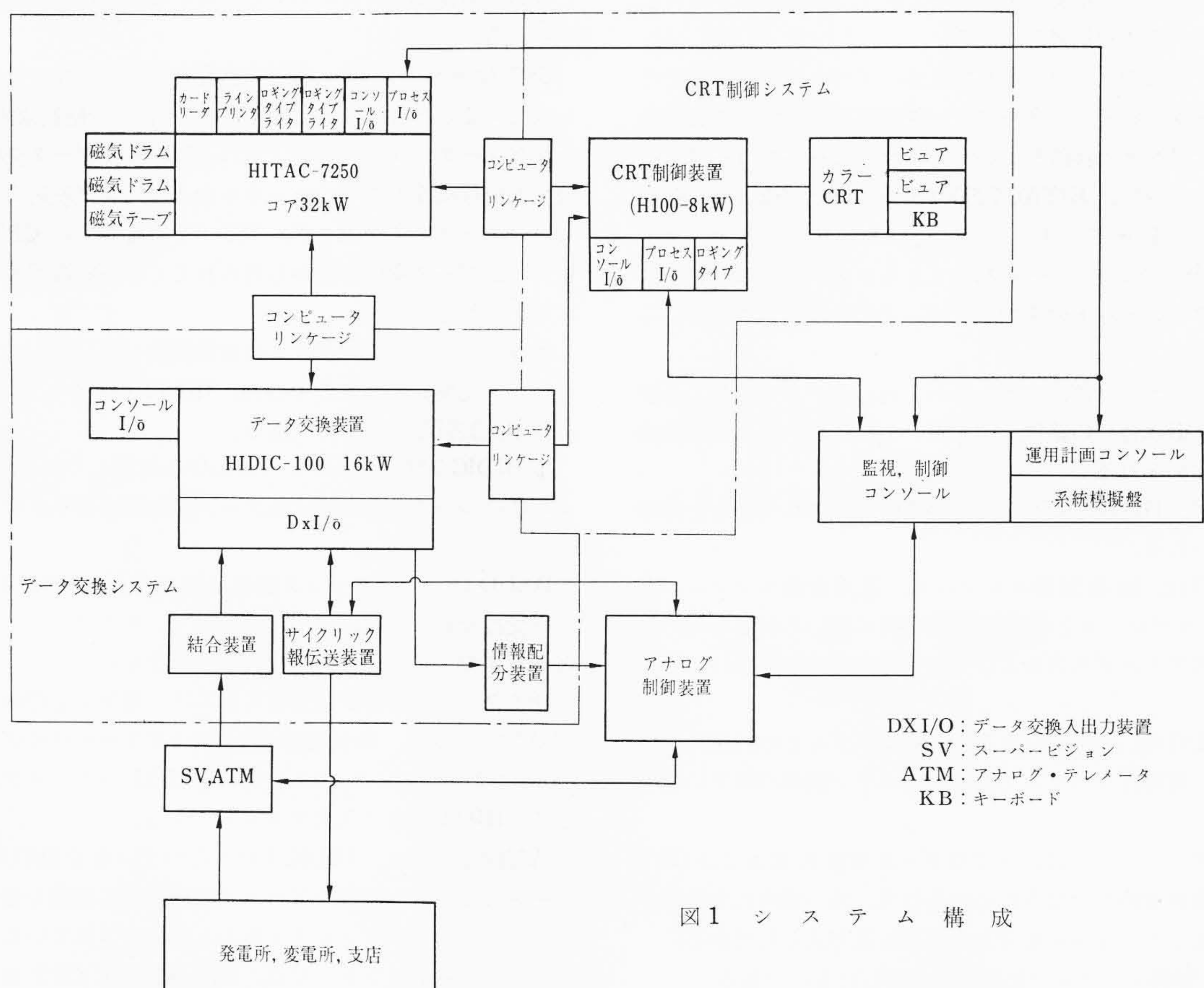


図1 システム構成

* 東北電力株式会社

** 日立製作所大みか工場

表1 HITAC 7250 システム仕様概要

処 理 装 置	コア 32 kW 割込レベル 32 レベル
コンソール I/O	光電式テープ読取器, 万能入出力装置 一式
カードリーダー	80 欄カード, 750 枚/分
ラインプリンタ	印字文字 110 (かな付) 速度 300 行/分
磁気ドラム	容量 512 kW×2 台, 平均アクセスタイム 10 ms
磁気テープ	記録密度 1,600 BPI 書込み読出し速度 120 KB/s
ロギングタイプ	モデル B-1 台, モデル 735-1 台
プロセス I/O	デジタル出力 384 点, デジタル入力 320 点
コンピュータリンケージ	データ交換装置用, CRT 制御装置用 各一式

表2 CRT 制御システム仕様概要

処 理 装 置	HIDIC 100 コア 8 kW
コンソール I/O	光電式テープ読取器, ASR 33 入出力装置
プロセス I/O	デジタル出力 128 点, デジタル入力 128 点
CRT	カラー 7 色, 表示文字 40 行×16 列, 文字 63 種 ビューア 2 台
コンピュータリンケージ	HITAC 7250 用, データ交換装置用各一式, 並列転送
ロギングタイプ	モデル 735-1 台

ータの一元収集を行なうためのデータ交換システム, マンマシン・インタフェースをつかさどる CRT 表示装置の制御を行なうための CRT 制御システムを配した, いわゆるハイアラキシステムを構成している。

表1は HITAC 7250 システムの仕様概要を示したものである。

HITAC 7250 は外部記憶装置として, 容量 512 kW のドラムを 2 台と記憶密度 1,600 BPI, 書込読取速度が 120 KB(キロバイト)の磁気テープ装置を備えている。これらの外部記憶装置には多数のプログラムおよび多量のデータが記憶され, 必要の都度, HITAC 7250 のコアメモリに読み出されて使用される。磁気テープは事務用の大形計算機 IBM 360-65 と互換性を持たせてあり, 磁気テープを介してのトータルシステムを構成している。

HITAC 7250 の入力システムとしてはカードベースを採用したので, カードリーダーを接続し, 多量のデータを高速に印字する必要性から, ラインプリンタも接続している。また, これらのカードリーダー, ラインプリンタは, HITAC 7250 TSES (Time Sharing Executive System と称して, オンライン制御をしながら, オフラインで新しいプログラムのデバッグができるシステム) においてはデバッグプログラムカードの入力, デバッグ結果の出力にも用いられる。

ロギングタイプライタは, モデル B が 1 台, モデル 735 が 1 台接続され, モデル B は毎日の給電記録に用いられるほかに, 実績潮流図の印字にも用いられる。

モデル 735 は, HITAC 7250 から各発電所に出された指令を記録するのに用いられる。

プロセス I/O は, 監視制御コンソール, 運用計画コンソールと HITAC 7250, オペレータとの間の情報交換に用いられるものである。したがってアナログ入力およびアナログ出力は特に設けられていない。

コンソール I/O は, オペレータと計算機システムとの対話に用いられるもので, 常時はシステムで検出したエラー情報の印字に用いられる。

コンピュータリンケージは, 下位のデータ交換装置および CRT 制御装置との情報交換を行なうためのもので, 同一室内に全機器が配列されることよりチャンネルを介した並列転送方式としてある。

表2は CRT 制御システムの仕様概要を示したものである。

CRT 制御システムの中心は, HIDIC 100 でコアメモリ 8 kW を有し外部記憶装置なしのものである。

HIDIC 100 には, コンソール I/O が付属しており, このコンソー

表3 データ交換システム仕様概要

処 理 装 置	HIDIC 100 コア 16 kW
コンソール I/O	光電式テープ読取器, ASR 33 入出力装置
DX I/O	MAX 1200 ボー, 送信 7 CH 受信 13 CH
コンピュータリンケージ	HITAC 7250 用, データ交換装置用各一式 並列転送
結 合 装 置	アナログ入力 67 点, デジタル入力 331 点
情 報 配 分 装 置	アナログ出力 20 点, デジタル出力 427 点
サイクリック情報伝送装置	電気学会標準方式, 1,200 ボー 2 ルート伝送方式, 優先伝送機能付



図2 計算機室全景

ル I/O についている光電式紙テープ読取器によりプログラムを入力する。

プロセス I/O は, 監視制御コンソールと HIDIC 100, オペレータとの間の情報交換に用いられる。特に CRT 画面の呼出し制御に用いられる。

CRT はカラーであり, 標準の英数字以外に多数の特殊文字が設けられている。ビューアは 2 台設けられ, 1 台は予備機兼用としてある。コンピュータリンケージは, HITAC 7250, データ交換装置との情報交換を行なうもので, チャンネルを介した並列転送方式となっている。ロギングタイプはモデル 735 が 1 台接続され, CRT 画面のコピーおよびデータ交換装置から送られてくる系統情報等のデータ印字に用いられる。

表3はデータ交換システムの仕様概要を示したものである。

データ交換システムの中心は, HIDIC 100 でコアメモリ 16 kW, 外部記憶装置なしのものである。

本 HIDIC 100 にもコンソール I/O が付属しており, このコンソール I/O についている光電式紙テープ読取器によりプログラムを入力する。

DXI/O は, サイクリック情報伝送装置と HIDIC 100 との間でデータ受授を行なうための特殊な I/O で, サイクリック情報伝送装置と一量ずつ直列にデータの受授を行なうものである。

サイクリック情報伝送装置としては, 電気学会標準方式のものを採用している⁽¹⁾。結合装置は既設の SV (スーパービジョン), ATM (アナログテレメータ) からの情報を, DXI/O インタフェースに変換して, HIDIC 100 に入力するものである。

情報配分装置は, HIDIC 100 からのデータを DXI/O⁽²⁾ インタフェースで受信し, 既設のアナログ制御装置に情報を渡すもので, アナログ出力およびデジタル出力とが接続されている。

コンピュータリンケージは, HITAC 7250, CRT 制御装置との情報交換を行なうもので, チャンネルを介した並列転送方式となっている。

図2は本システムの全景を示したものである。

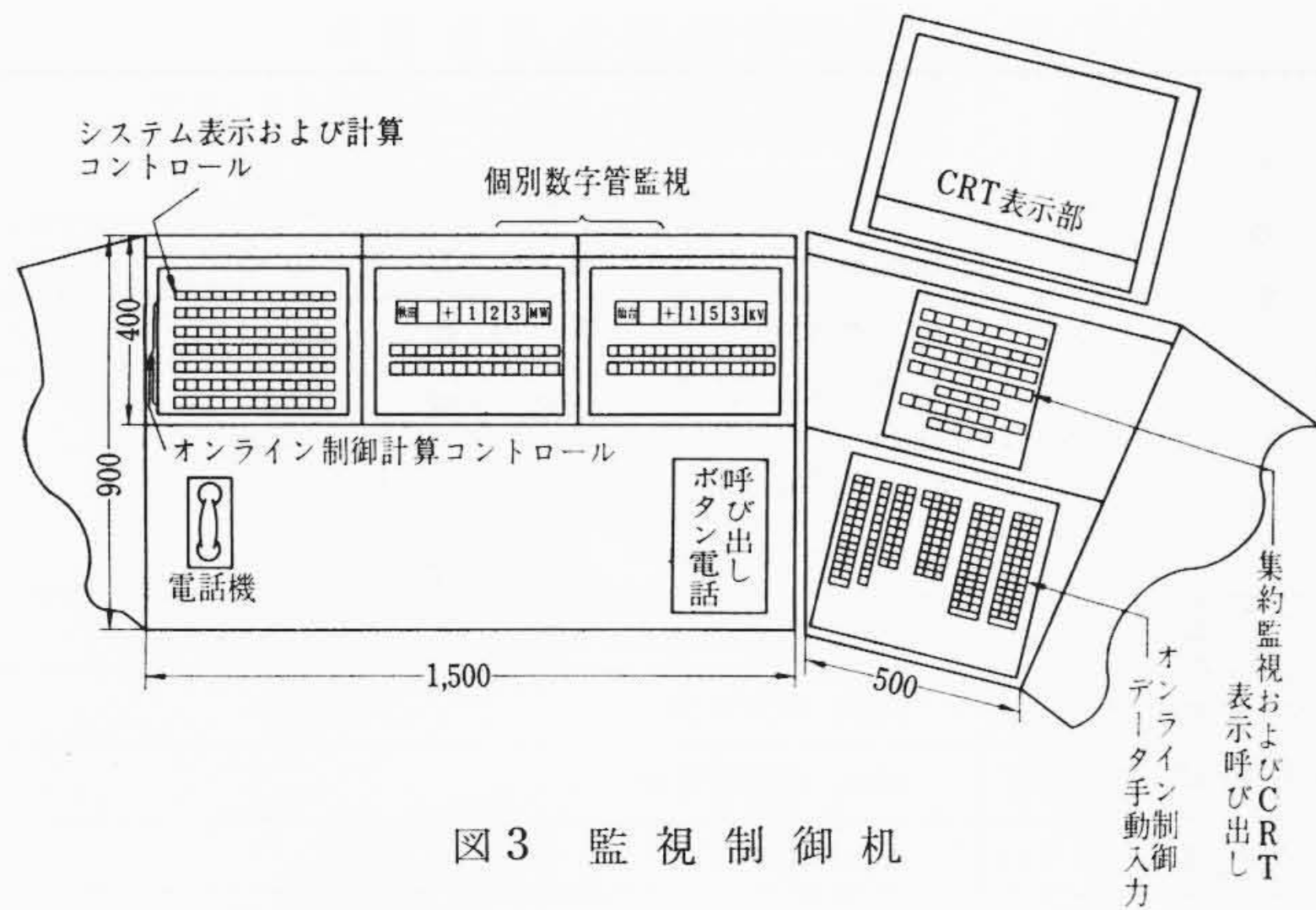


図3 監視制御機

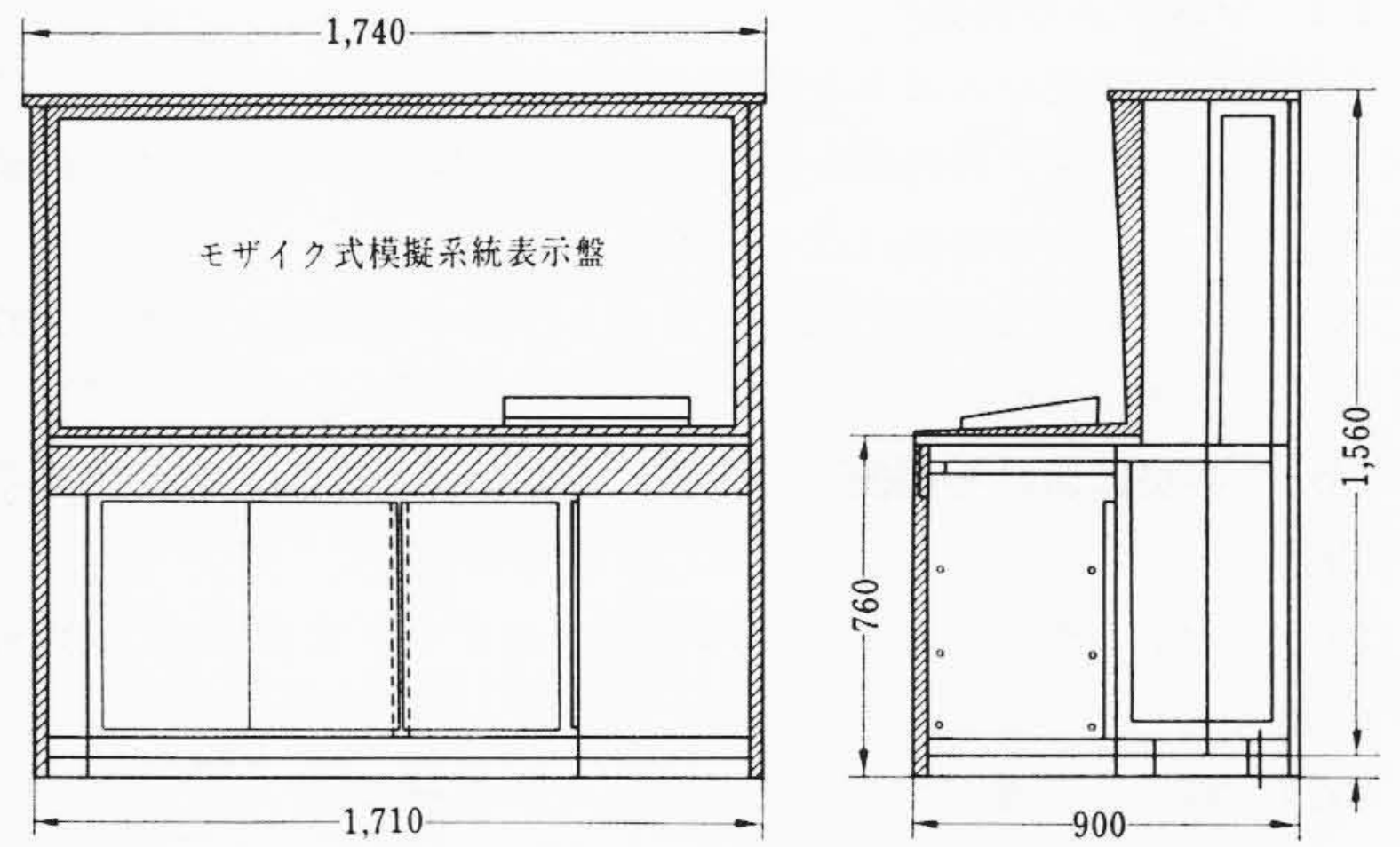


図4 運用計画機

アナログ制御装置は、既設のオートセッタ、経済負荷配分装置、自動周波数制御装置とから構成され、計算機システム異常時のバックアップ機能を有している。

オペレーターズコンソールは、運用者が総合的に本システムのコントロールをつかさどるもので、

- (1) 監視制御機
- (2) 運用計画機

とから構成される。

監視制御機は図3に示すように、監視およびオンライン制御を総合的に、オペレータがコントロールするものであり、大別して次の部分より構成される。

- (a) システム表示および計算コントロール

ランプ表示、スイッチより構成されて、計算のコントロール、システム状態の表示を行なう。

- (b) オンライン制御計算コントロール

ランプ表示、スイッチより構成されており、

- (i) 有効電力予測制御
- (ii) 電圧無効電力制御
- (iii) 信頼度監視計算
- (iv) 事故波及未然防止制御
- (v) 事故波及防止制御

などの計算状況を一元的に管理する。

- (c) 集約監視およびCRT表示呼出し

系統状態を監視し集約表示するもので、異常状態のランプ表示および異常、平常時のCRT表示呼出しを行なう。

- (d) オンライン制御データ手動入力

オンライン制御計算におけるスケジュールデータおよびオンラインの実績データを修正する場合に使用する押しボタンSWから構成されている。

- (e) 個別数字管監視

デジタル数字表示管に火力出力、水力出力、一次系有効潮流、一次系電圧をボタン指定により自動表示する。

運用計画機は、オペレータが運用計画計算を総合的にコントロールするもので、図4の構造を持っている。

この運用計画機は、大別して次の部分より構成されている。

- (a) 計算コントロール部

図5にその概要を示すように、オフライン計算の流れをコントロールするもので、

- (i) 系統運用計画計算
- (ii) 負荷予想計算
- (iii) 需給計算およびELD予想計算
- (iv) 記録処理

などの計算状況を総合的に管理する。

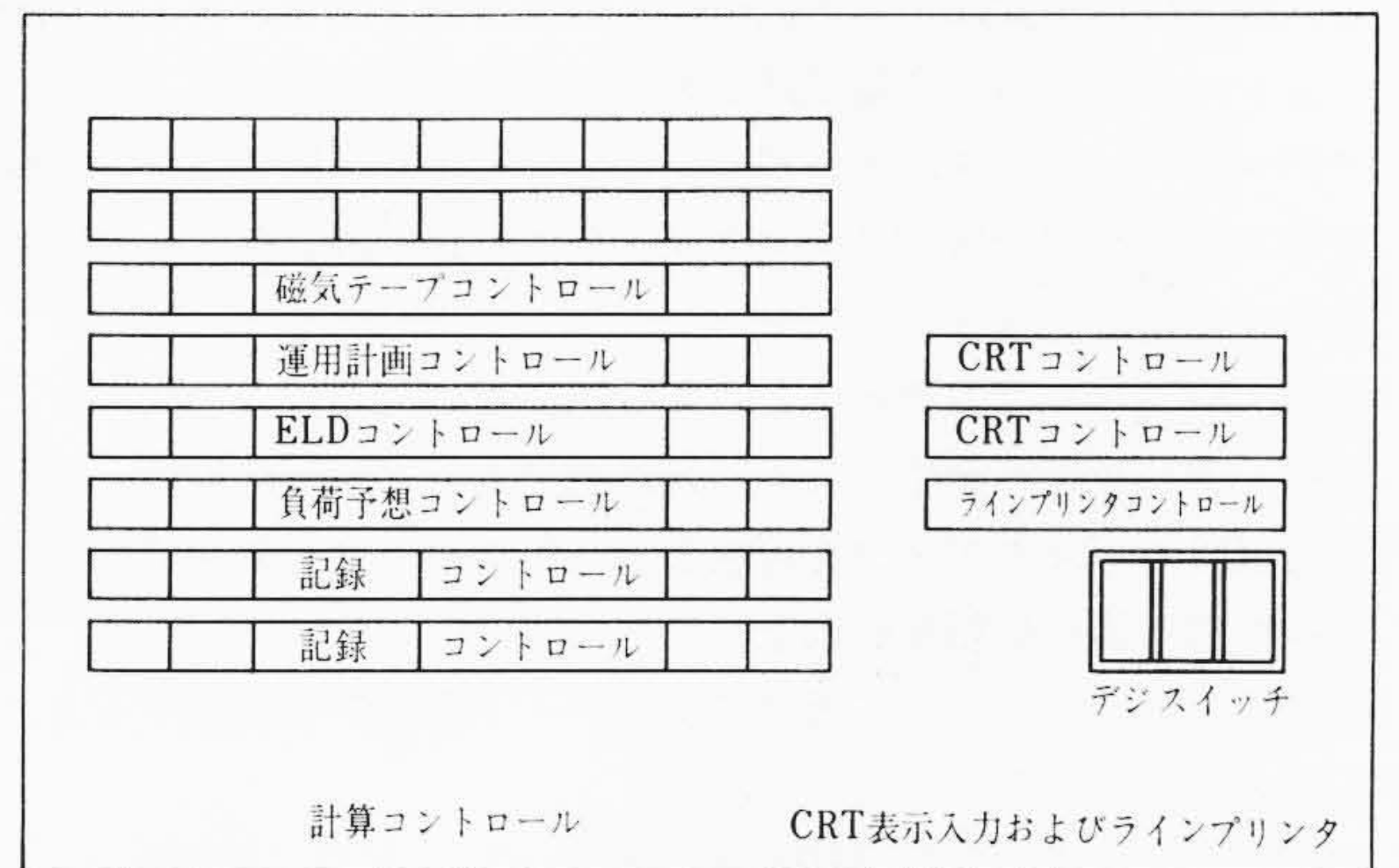


図5 運用計画機計算コントロール部

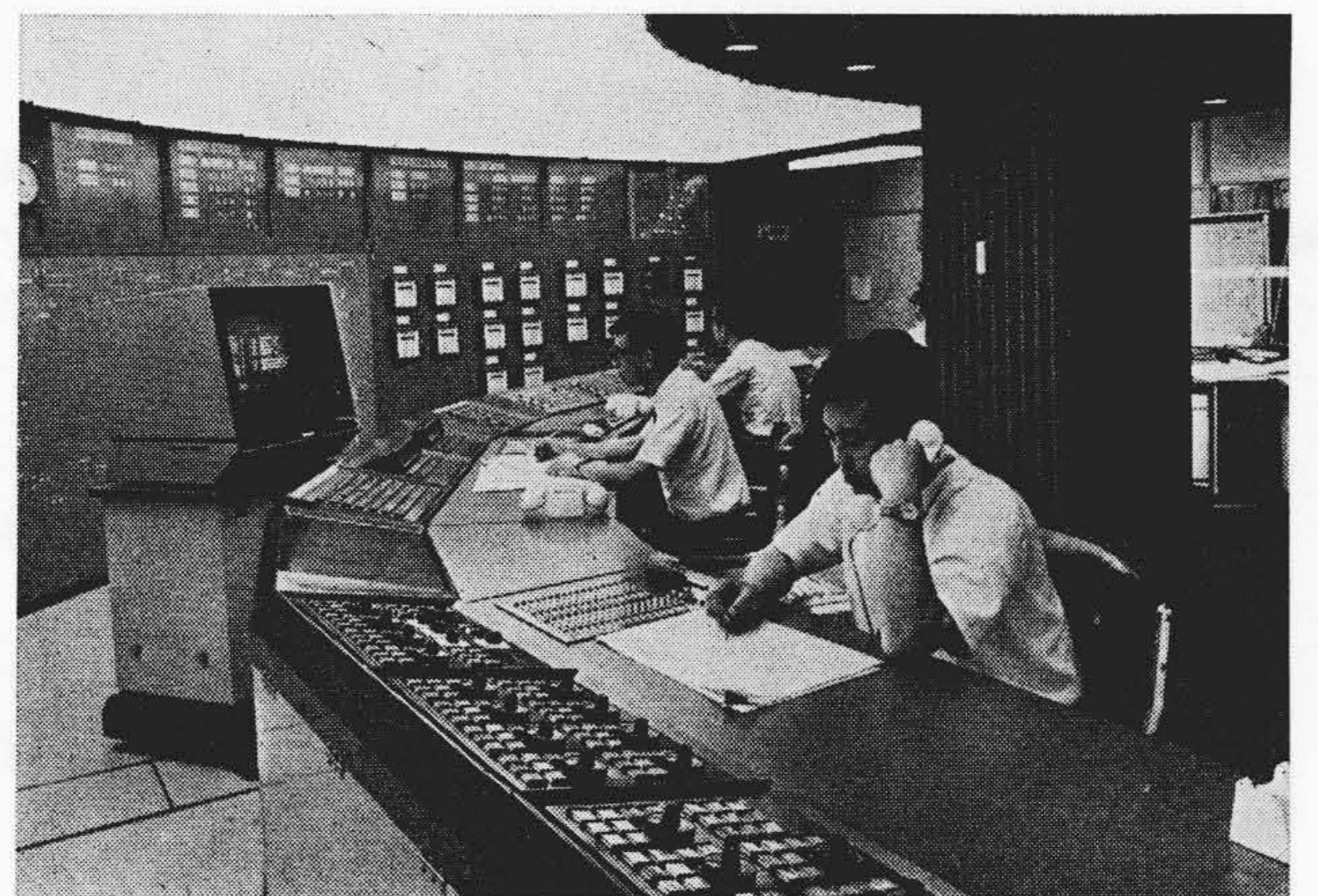


図6 中央給電指令所全景

- (b) CRT表示入力およびラインプリンタ印字選択

CRT表示による記号入力方式によりデータの入力およびラインプリンタの印字選択を行なう(図5右側参照)。

- (c) 模擬系統表示盤

系統盤はモザイク方式による表示盤で、他社製である。本盤により、

- (i) 現状系統監視
- (ii) 信頼度監視計算
- (iii) 系統運用計画計算

などの結果に従って、系統の主要個所の電圧、潮流、相差角などをランプ表示する。

図6はオペレーターズコンソールを配置した中央給電指令所の全景である。

2.2 システムの特長

中央制御自動化システムを構成するにあたっては、ハードウェアおよびソフトウェアの両面から総合的に検討を行ないシステム構成を決定したが、その特長は次のとおりである。

- (a) 一次系、二次系の系統運用および集中制御所と協調のとれたオンライン自働化システム
 - (b) 中央における系統運用機能に適した計算理論、制御方式の開発
 - (c) 大量のデータを一元的に管理するデータ交換装置の新規開発
 - (d) 電子計算機システムに適応したカラー CRT および運用計画コンソールを新しく導入して計算機とオペレータとの対話を円滑に行ない、かつ系統監視機能を効率化する。
 - (e) 電気学会で標準化した仕様に基づいた方式を全面的に採用し、優先伝送方式による事故時の高速伝送およびサブコンピュータによる常時の多量伝送を兼ねた情報伝送装置の導入およびアナログテレメータ、スーパービジョンと電子計算機システムを結合する結合装置、既設アナログ制御装置と電子計算機システムを結合する情報配分装置の開発
 - (f) 磁気テープの導入による多目的使用
 - (g) 万一故障が発生しても、既設のアナログ制御装置により必要最低限のバックアップを可能とし、かつデータ交換装置による系統監視機能の信頼性の向上
- 特に本システムのために開発されたハードウェアを列記すると、下記のとおりでである。

- (a) データ交換装置 (HIDEX-100)
- (b) 電気学会標準方式に基づいたサイクリック情報伝送装置
- (c) カラー CRT (H7833)
- (d) HIDIC 100 対 HIDIC 100 のコンピュータリンクage
- (e) 結合装置および情報配分装置

なお、本中央制御自動化システムは、二次系統制御所、集中制御所と情報伝送網により結合されて、電力系統総合運用自動化のためのハイアラキシステムを中心となるもので、青森モデル地区の青森二次系統制御、青森集中制御所に関しては下記の特長を備えている。

- (a) 二次系統制御所、集中制御所には、HITAC 7250 とファミリを構成する HIDIC 500, HIDIC 100 を採用し、計算機の接続を容易ならしめている。
- (b) HITAC 7250 は、二次系統制御所、集中制御所に導入される HIDIC 500, HIDIC 100 のシミュレータを有し、これらの計算機用のプログラムデバッグが可能である。
- (c) 各レベルにおいてデータ交換装置を採用し、このデータ交換装置が情報伝送網の中心となっている。
- (d) 集中制御所においては、1:N スーパーを採用し、データ交換装置と接続するインタフェースとなっている。
- (e) 各レベルにおいて、マンマシン・インタフェースの中心となるカラー CRT を採用し、系統状態監視、操作手順表示などが容易にできる。
- (f) 二次系統制御所と中央との間に、メッセージ伝送装置を導入し、中央の HITAC 7250 を遠隔から使用して、運用計画計算、無効電力計算などを行なわせる。

また、二次系統制御所と集中制御所の間も同じく遠隔使用するためメッセージ伝送装置で結合される。

3. 中央自動化システムのソフトウェア概要

中央自動化のソフトウェアシステムは、HITAC 7250 システムを有効に稼働させるため、プログラムの作成およびデバッグに使用す

表4 中央制御対象発電所

有効電力制御	火力発電所	周波数自動制御 経済負荷配分制御	八戸, 仙台, 新潟各 1, 2 T
		経済負荷配分制御	八戸, 仙台, 新潟各 3 T, 秋田 12 T, 新仙台
		運転基準値指令	全火力発電所
	水力発電所	周波数自動制御	八久和
		周波数自動制御 経済負荷配分制御	本名, 上田
		経済負荷配分制御	宮下, 柳津, 片内
		運転基準値指令	自社: 新郷 他11 他社: 東和 他 5
ループ潮流制御		仙台, 新潟, 秋田変電所	
電圧無効電力制御	発電所	八戸, 秋田火力	
	変電所	仙台, 秋田変電所	
事故制御		一次系発電変電所	

(制御予定箇所を含む)

る NPMS (Non Process Monitor System) およびデバッグ済みの制御用プログラムをコントロールする PMS (Process Monitor System) を総合化した TSES を採用し、制御を実行しながらデバッグを可能とした。

アプリケーションプログラムとして、正常時および事故時における有効電力制御、電圧無効電力制御、事故時制御、系統監視、記録処理などのプログラムを開発した。これらのプログラムは、タスクコントロールプログラムにより計算の流れのコントロールや優先処理が行なわれる。またファイルコントロールプログラムによりデータの保存および流れがコントロールされ、各計算プログラムにデータをサービスする。

各計算プログラムは図7のように構成されており、内容は大略次のとおりである。

(a) 系統運用計画計算

系統運用計画計算は、常時の系統運用計画、作業停止計画、事故時運用計画および系統操作時の事前検討などについて与えられた系統条件のもとに直流法および交流法の潮流計算を行ない、系統の電圧、有効無効潮流、相差角、電力損失などを算出し、運用計画コンソールの系統表示盤に表示する。

(b) 前日計画計算

前日計画計算は負荷予想計算の結果に基づいて、運用計画コンソールにより HITAC 7250 と対話しながら需給計算を行ない、次にこの需給条件のもとに送電容量運用目標値の制限内で有効電力の経済負荷配分予想計算をする。

(i) 負荷予想計算

翌日負荷予想計算は大ロ一般および一般電灯電力の負荷予想を行なうもので、過去のデータおよび翌日の天候予想を入力し、曜日特性を考慮した7日移動平均指数平滑法により翌日の負荷を予想する。

(ii) 需給計算

需給計算は計算機と対話により水火力の大略の需給バランス計算を行ない、運転スケジュールを求める。

(iii) 経済負荷配分予想計算

経済負荷配分予想計算は需給計算によって求められた需給条件のもとに、送電容量運用目標の制約条件を加えて平均グラジェント法による水火力併用経済負荷配分計算を行ない、水火力の運転目標を求める。

(c) 当日運用計算

当日運用における各制制計算は、緊急の度合いおよび計算間隔に従って、あらかじめ実行の優先順位がつけられており、通常は系統監視および運用記録、有効電力予測制御、ループ潮流制御、電圧無効電力制御、事故波及未然防止制御などは定められた時間

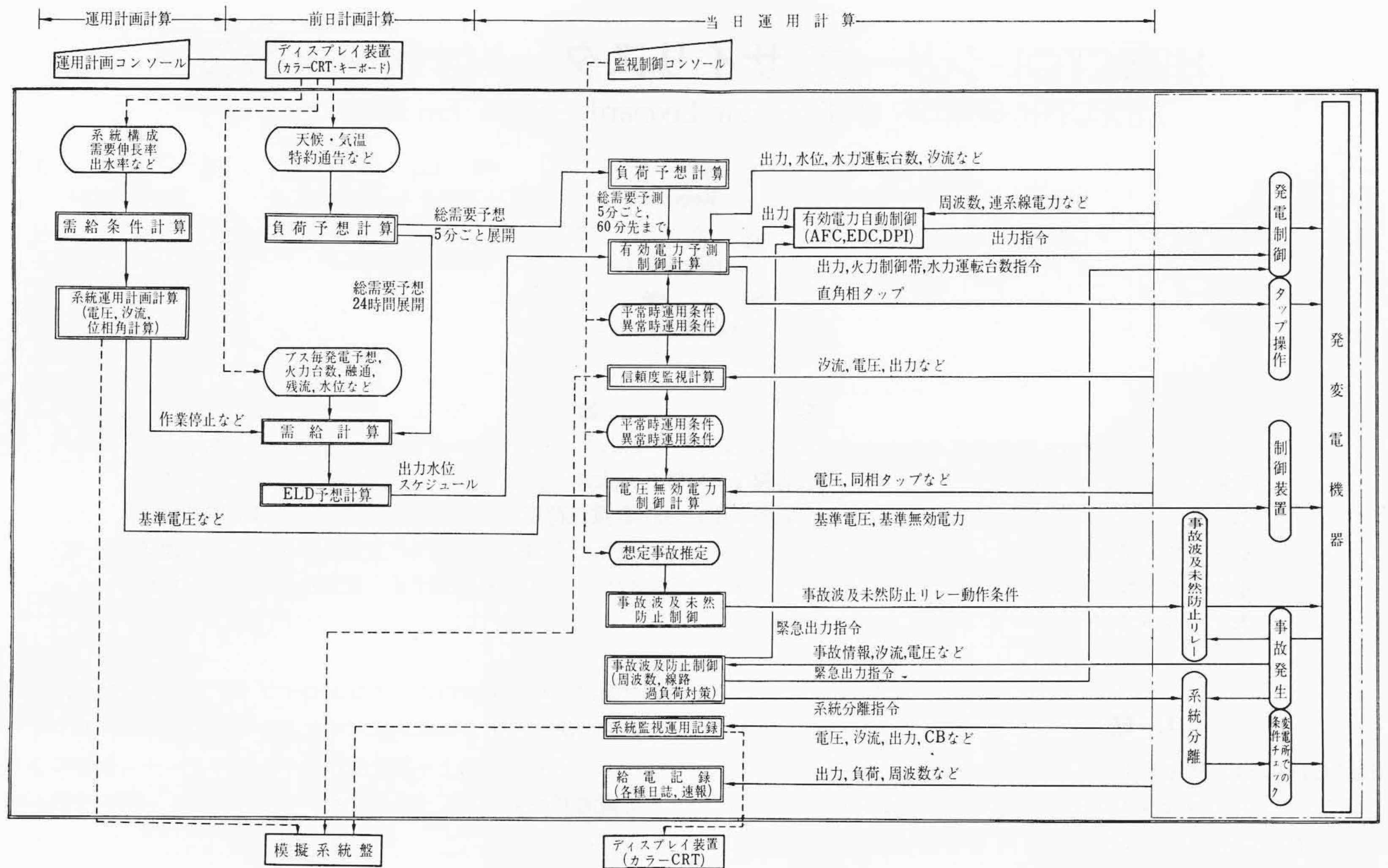


図7 各計算プログラム構成

間隔または運用者の指定した時刻に実施される。事故発生時にはこれらの計算がいったいに中止され、事故波及防止制御が実施されるとともに、事故時の運用記録が行なわれる。

(i) 系統監視および運用記録

オンラインで系統情報を取り込み、これにより自動的に系統を監視するとともに系統の変化を自動的に記録する。

(ii) 有効電力予測制御

有効電力予測制御は5分ごとに60分先までの負荷を予測し、前日計画計算結果のスケジュール値を基準として、予測修正計算をする。送電容量運用目標内において水火力の配分計算を行ない。火力運転バンド、水力運転台数および出力指令計算を行なう。

(iii) ループ潮流制御

ループ潮流制御は実潮流をオンラインで入力し、種々の制御条件のもとにループ潮流の最適化を移相器タップを制御することにより行なわせる。

(iv) 電圧無効電力制御

電圧無効電力制御は電圧制御地点を電圧制限条件の範囲に制御し、かつその範囲内で電力損失を最小とする計算を行ない、電圧および無効電力目標値を指令、制御する。

(v) 信頼度監視

現状の系統において事故が発生したと想定した場合の事故様相の計算を行ない、信頼性をチェックし、模擬系統盤やCRTに表示する。

(vi) 事故波及未然防止制御

事故波及未然防止制御は事故前に事故を想定して脱調、過負荷、周波数異常などの事故波及様相を算出し、その対策を計算し結果を事故波及未然防止制御装置に遠隔設定しておき、事故

が発生するとこの装置により事故時制御する。

(vii) 事故波及防止制御

事故波及防止制御は事故が発生すると、他の計算がいったいに中断され、オンラインで系統情報を入力し、周波数および過負荷対策計算を行ない、最適な発電制御量および系統分離の必要性を計算し、中央より制御指令を行なうとともに事故時記録をする。

(d) 記録処理

給電記録は発電電力、融通量、電圧潮流、可能流量など電力系統の運用実績を記録処理し、給電日誌として印字する。

4. 結 言

以上、東北電力株式会社納め中央自動化システムのシステム構成、ソフトウェア概要について述べた。

これらのソフトウェアは逐次運用にはいり、すでに実運用にはいつている青森集中制御所の HITAC 100 システム、および二次系統システムの自動化（昭47年度予定）とあいまって全系統の総合自動化が完成する予定である。

最後に本システムの完成まで、終始ご指導とご協力をいただいた東北電力技術部技術開発課および中央給電指令所のかたがた、日立製作所日立研究所技計室河竹部長、日立製作所日立研究所企画部奥田部長、谷中氏、日立製作所日立研究所 91 研後藤氏、日立製作所日立研究所 93 研平沢氏、日立製作所大みか工場配設部溝口氏に深くお礼申し上げる次第である。

参 考 文 献

- (1) 秋山, 小林: 日立評論 51, 808 (昭44-9)
- (2) 中野, 菅家: 日立評論 52, 1142 (昭45-12)