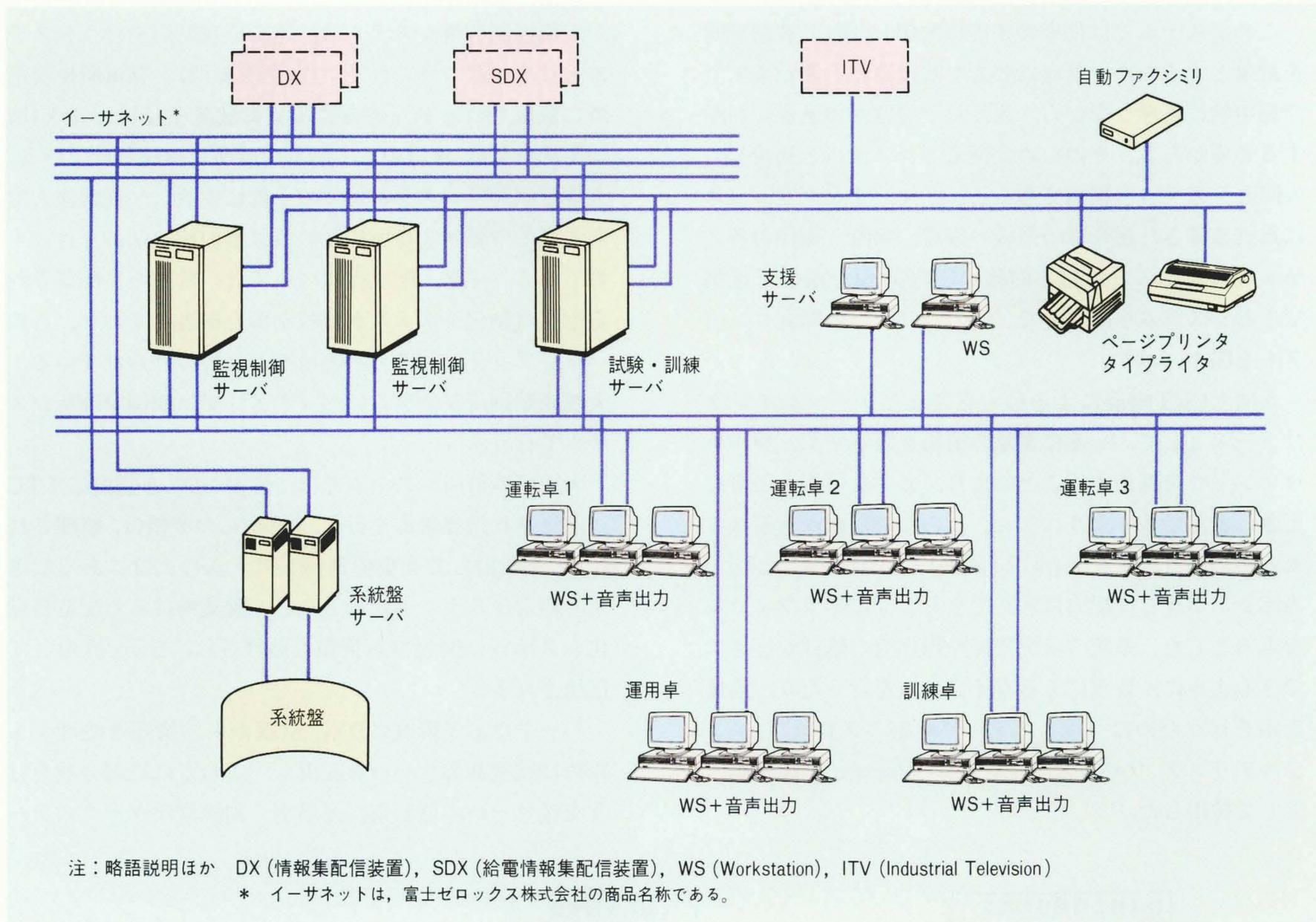


高度ヒューマンインタフェースで運用する大規模制御所システム

Distributed Computer Control System for SCADA (Supervisory Control and Data Acquisition) Using Multimedia

宮川義文* *Yoshifumi Miyagawa* 野内隆夫** *Takao Yanai*
伊達義明* *Yoshiaki Date* 稲葉正弘*** *Masahiro Inaba*



注：略語説明ほか DX (情報集配信装置), SDX (給電情報集配信装置), WS (Workstation), ITV (Industrial Television)
* イーサネットは、富士ゼロックス株式会社の商品名称である。

大規模制御所のシステム構成

大規模制御所システムは、監視制御サーバと試験・訓練サーバの三重系システムに運転端末のワークステーションなどがLANに接続された分散構成となっている。

電力システムの監視制御システムは効率的な運営のため大規模化してきており、従来のヒューマンインタフェースのままでは情報の洪水が発生する。このため、運転に必要な情報を集中的かつ選択的に提供する技術が必要となってきた。

そのため、運転端末として高機能化しているマルチメディア対応ワークステーションを使用し、ウィンドウ表示や音声出力、画像表示機能を適用した。これら基礎技術の電力システムの監視制御システムへの適用にあたって中国電力株式会社と日立製作所は共

同開発を行い、電力システムの監視制御情報をマクロからミクロへ表示できるマルチウィンドウ表示システムとして音声ガイダンスや画像表示を効果的に使用し、運転員が的確かつ迅速に電力システムを監視制御できるシステムを開発し、大規模制御所に適用した。また、各種作業支援や訓練などの業務もこの運転端末で行えるようにGUI(Graphical User Interface)を統一し、従来のヒューマンインタフェースを大幅に改善した、人に優しいシステムとしている。

* 中国電力株式会社 ** 日立製作所 大みか工場 *** 株式会社日立情報制御システム

1 はじめに

中国電力株式会社では、従来の制御所システムを電力所単位の制御所として集約化する大規模制御所システムの導入を開始した。

このシステムでは従来の3倍程度(60か所)の被制御所を対象とするため、運転に必要な監視情報を運転端末上で集中的に処理しながら、運転員が的確かつ迅速に判断する必要がある。そのため、従来のシステムと比較して人間とシステムの接点であるヒューマンインタフェースに重点を置き、運転員の系統の確認、判断、操作の各ステップに対応した情報を的確にCRT画面を通して提供できるシステムを開発した。このシステムの開発コンセプトを図1に示す。

人間とCRT画面による最も重要なヒューマンインタフェースとして、一度に多量の情報を表示せず、マルチウィンドウを採用することにより、必要な情報を必要なときに表示できるようにした。このため、画面を遷移させるための各種ボタンをCRT画面内に階層的に配置し、表示シンボルも直観的に判断できるようにグラフィカルなものとした。系統の状況把握や操作時の確認が容易にできるように、音声によるガイダンスを行ったり、画像表示を行うためにマルチメディア対応のプロセスエンジニアリングワークステーション“Presto”を運転端末として採用した。¹⁾

ここでは、いっそう集中化された大規模制御所システムの運転に対応できるヒューマンインタフェースの概要について述べる。

2 大規模制御所システムの概要

大規模制御所システムは、遠方監視制御を行うシステムとして位置づけられている(図2参照)。発電所や変電所に設置されるTC(遠方監視制御装置子局)は、DX(情報集配信装置)を経由して制御中継所に接続されている。大規模制御所システムはこの上位に位置し、通常無人である制御中継所3か所程度の電気所の監視制御を行うものである。平常、配電線については、営業所に配備される配電自動化システムが監視制御を担当しており、このバックアップとしてもその役割が位置づけられている。大規模制御所システムのバックアップは制御中継所システムで行う。

大規模制御所システムでは、情報がDXを経由してTCに伝送され監視制御を行う。TCからの情報は、整理されてDXを経由して大規模制御システムの上位にある給電所の給電システムへ伝送される。営業所にある配電自動化システムに関連する情報も整理され、DXを経由して伝送される。

ハードウェア構成はDX、SDXからの情報を処理するために監視制御サーバを配置し、この下に処理分散を行う支援サーバ、運転卓、運用卓、訓練卓用ワークステー

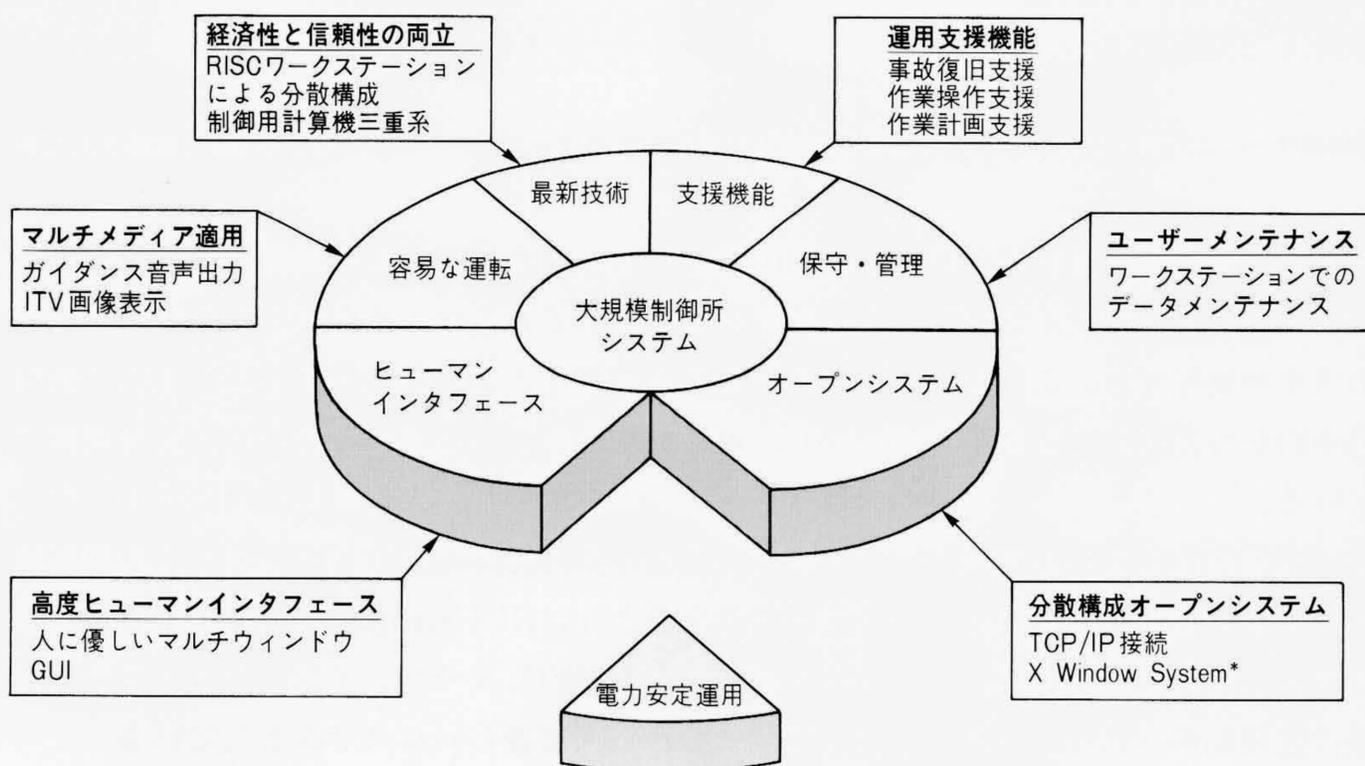
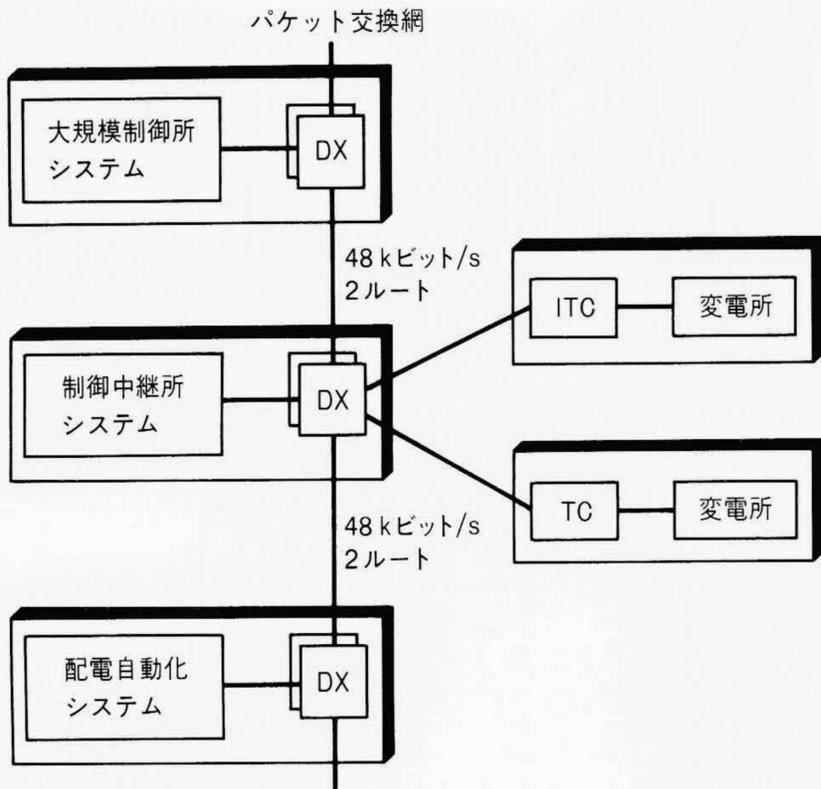


図1 開発コンセプト

ヒューマンインタフェースの改善を大きな柱として、容易な運転を可能とするためのアプローチを図っている。



注：略語説明 ITC (Intelligent Telecontroller)
TC (Telecontroller)

図2 大規模制御所の位置づけ

大規模制御所システムは、制御中継所システムに接続しているITC、TC、および配電自動化システムと情報伝達を行っている。

システムをLAN接続している(39ページの図参照)。監視制御サーバは、DXと直接接続することにより、監視制御サーバの停止時でも表示可能としている。運転卓、運用卓、訓練卓は、おのおのワークステーション3台で構成し、音声出力、画像入力を備えている“Presto”を使用している。監視制御サーバ2台と試験・訓練サーバ1台は、三重系の構成制御が可能である。支援サーバは、各種支援業務用エンジンとして監視制御サーバの計算機負荷分散を可能としている。おのおのサーバとLANを二重化し、単一故障時のシステムダウンを回避することによって信頼性を確保している。

大規模制御所システムの機能を表1に示す。系統監視、設備監視、操作、記録といった従来の基本機能に、新規機能として、業務を支援する事故復旧支援、作業操作支援、作業計画支援や訓練機能を追加している。従来機能である系統監視、設備監視、操作、記録でも各種オペレーションの際のガイダンス音声出力を付加し、ヒューマンインタフェースの向上を図っている。

このような機能は、ハードウェア構成でも述べたように、サーバとワークステーションをLAN接続とした分散構成によって実現している。LAN内のプロトコルとして業界標準であるTCP/IP(Transmission Control Pro-

表1 大規模制御所システム機能

従来機能に新規機能として各種支援機能を追加している。各機能は音声出力や画像表示といったマルチメディア機能を付加している。

分類	機能	概要
従来機能	系統監視	系統の運用状態把握*
	設備監視	各種運転状況監視**
	操作	電力設備停止・使用*
	記録	実績データの保存*
	他所伝送	給電記録伝送ほか
	データメンテナンス	設備データの保守・管理
新規機能	事故復旧支援	事故復旧操作の支援
	作業操作支援	操作票作成、操作実行支援*
	作業計画支援	年間、月間作業計画表作成
	訓練・試験	平常時・事故時訓練*

注：記号説明

* (音声出力適用)

** (音声出力・画像表示適用)

ocol/Internet Protocol)を採用し、ワークステーション端末はX Windowを採用している。

このシステムの機能の特徴について以下に述べる。

(1) 系統監視機能

状態監視、事故監視、停電監視を行うほか、あらかじめ設定された事故パターンによる事故を一定周期で検証し、過負荷発生などの系統ネックをチェックし、異常を事前に検出する系統健全性監視機能がある。

状態に対するモニタ出力は、管轄単位などのソフトキーボタンを付加することによって選択的な情報の提供が可能である。また、特定の回線では、TCのハードウェア故障などで短時間に規定値以上の状態が繰り返し発生した場合にそれをロックする多量状態発生監視機能があり、運転員の判断によってDXに対し回線単位に状態パケットの破棄を設定することができる。

(2) 選択制御機能

誤り制御を防止するため、充停電などの系統状態、作業状態および操作禁止等の開閉路の設定状態などを条件として、制御の妥当性(操作可、要注意操作、禁止操作)を判定するインタロックチェックを備えている。新しい機能としては、入・切制御での機器選択時点で、制御結果を想定した系統状態に対するシミュレーションを行う。先行シミュレーション機能や、制御結果を予想した充停電判定を行って予想結果を画面上に表示する予想充停電表示機能がある。

制御の操作では、モード概念を導入して誤操作防止を図っている。すなわち、監視、制御、強制制御の三つの

モードによって業務実行範囲を決定している。監視モードでは、選択計測、運用状態設定などの操作だけを可能としている。制御モードでは、インタロック判定、先行シミュレーション判定を実施して操作を行う。制御モードで判定が“NG”となった場合の操作を可能とするため、強制制御モードは一部のインタロック判定だけを実施して操作を行う。

(3) 自動制御機能

電圧、無効電力制御や現場の電圧制御装置のバックアップ制御のほかに、再閉路不使用中のバンクで配電線事故が発生した場合に一定時間を置いて制御条件を判定後、配電線CB(遮断器)の自動投入を行う配電線自動再閉路制御などがある。

(4) 制御権切換機能

制御対象によっては、配電自動化システム、制御中継所システム、および大規模制御所システムと制御を担当するシステムが複数あるため、競合が存在する。その競合を防止するために設けられたソフトスイッチが制御権であり、配電バンク単位などのグループに分けられ、バックアップ拠点のDXの内部情報として管理される。制御の際は、制御権を自所に切り換えておく必要があり、これはインタロック条件の一つである。

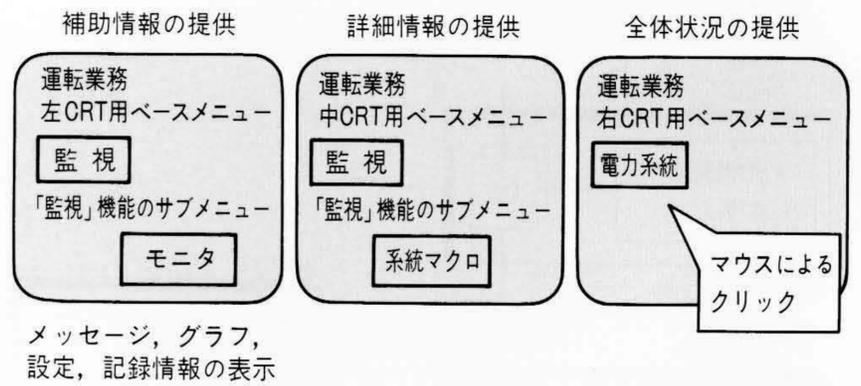
(5) 配電自動化システム操作禁止指令制御機能

大規模制御所システム側と配電自動化システム側の監視制御の協調をとるために、双方の制御状態、システム状態をやりとりする機能である。大規模制御所システムからは、配電自動化システムでの制御のインタロックのためにシステム切換情報、バンク単位の電源システム情報などを送り出す。配電自動化システムからは、大規模制御所でシステム監視を行う配電線ループ情報、CPU(Central Processing Unit)再閉路情報を送出する。

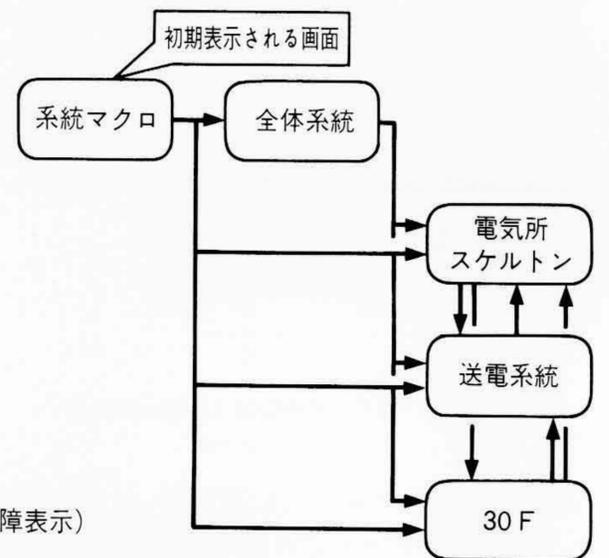
3 ヒューマンインタフェースの特徴

3.1 運転卓の階層別表示

監視制御業務では、運転員は概要の把握、主要因の把握、補助要因の把握という三つのプロセスを経由して判断を下し、対応処置を行う。したがって、操作実行までに操作そのものに必要な情報のほかに、常に全体の状況把握および操作の実行可否を判断するための補助情報が必要である。このような観点から、CRT表示は3画面必要であり、画面の分担を決定している。右画面では全体概要を把握するための電力システムのマクロ的な情報を提供し、中画面では実際の操作を実行させ、左画面では判断の補



(a) CRTレイアウト



注: 略語説明
F (フリッカ付き故障表示)

(b) CRT画面渡り

図3 運転卓の階層別表示

3台のCRTでマクロからミクロな情報提供を可能としている。

助となる状態モニタ、電圧グラフなどの必要情報を提供する。

その具体例を図3に示す。基本的な画面の遷移はベースメニューと呼ぶボタン配列で定義し、個々の遷移用としては、その下のサブメニューと呼ぶボタン配列で定義している。運転業務での電力システム監視制御画面の場合、右CRTにはシステム全体をマクロ的に表示するシステムマクロ画面を初期表示しておき、その画面内の電気所をマウスでクリックすることにより、中CRTに電気所スケルトンを表示する。左CRTには、サブメニューからモニタをマウスでクリックすることにより、メッセージ出力である状態モニタを表示する。この結果、CRT3台に、全体情報を提供するシステムマクロ画面、詳細情報を提供する電気所スケルトン画面、および補助情報を提供する状態モニタ画面が表示されるので、マクロからミクロな情報の提供が可能となる。

Presto上でこの機能を実現するにあたっては、ヒューマンインタフェース画面の構築が必要であり、この構築システムとしてHyproof/MMS II (Hyperprogramming System by Object-Oriented Formula/Man-Machine

System Support II)を使用した。このシステムで作成した画面例を図4に示す。画面の上に3列、下に2列のボタン配列がメニューである。同図は、系統全体をマクロ的に表示する系統マクロ画面を、電気所間の接続状態によって系統別に色分けした表示例である。その他、電圧階級別の表示、通常の同一色表示などが可能であり、監視情報をビジュアル化することによって運転員の系統状況のマクロ的な把握を容易にしている。

マルチウィンドウでの表示例を図5に示す。この画面は、電気所スケルトンでCB選択した場合の中央のCRT画面の表示例である。操作を行うための選択であることから、制御ボタンでの色替えによって運転員に制御モードであることを認識させている。ウィンドウは「制御ダイアログ」という名称で、CBのマーク設定状態や、制御権個所の表示、送電線の計測値の状況などの詳細情報の表示を行っている。このようにして、電気所スケルトン内に多量の情報をすべて表示することによる複雑さから運転員を解放している。機器選択時および操作時には、音声によるガイダンスを行い、運転員の誤認識を防止するとともに他卓の運転員への情報提供を行っている。画面内に電気所スケルトンが収まり切らない場合のために、各卓にはジョイスティックを設置しており、全体が簡単に認識できるようにしている。

3.2 マルチメディア機能

Prestoにはマルチメディアサポートシステムであるメディアサーバがあり、この機能を利用することにより、画像表示を行うことができる。監視制御での画像入力としてITVがある。ITVにはカメラのズーム、パン、チルトなどの制御が必要であり、この制御をメディアサーバ機能によって実現している。ITVカメラからの画像は、CRT上にウィンドウ表示を行うことにより、専用の表示装置を不要としている。

通常の運転状況では、表示を行っていない気象情報などのデータを受信した場合や、数値監視の逸脱発生など、運転員への注意喚起のために音声によるガイダンスをPrestoで行い、運転員の状況判断の遅れや誤りを防止している。

3.3 卓モード切換

運用業務である作業計画や訓練では、専用端末を置いて実施している場合があるが、運用者からみると機器ごとのヒューマンインタフェースを覚える必要がある。

大規模制御所システムでは、すべての業務を同一のGUIで実現することによって運用者のヒューマンインタフェースの違いによる不便さを解消している。これら業務の切換のために、卓モードボタンを設置している(図6参照)。卓モードボタンの押し下げにより、CRT画面のべ

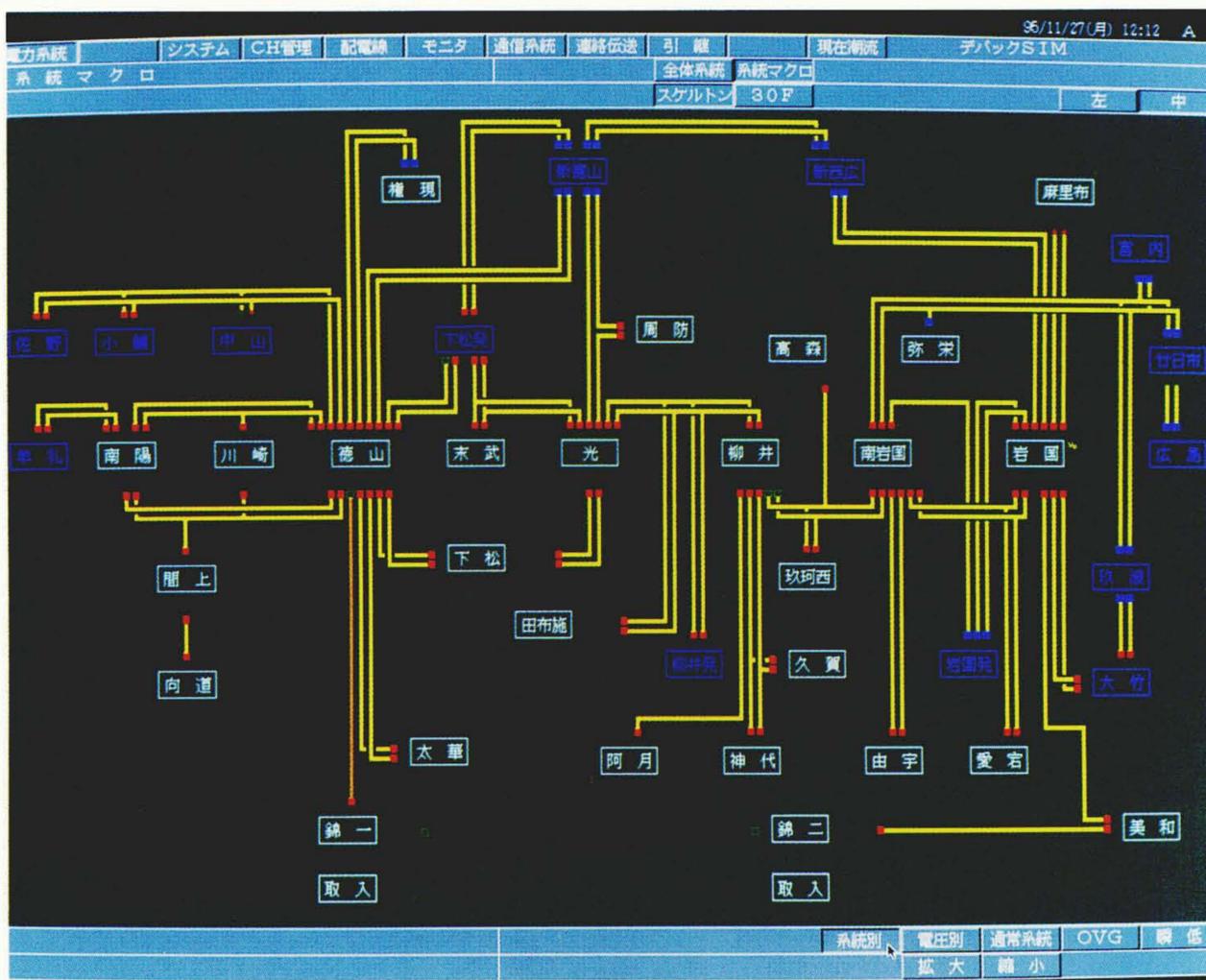


図4 系統マクロ画面例
監視制御対象の全体状況を表示する。電源系統別表示や電圧別表示を可能としている。

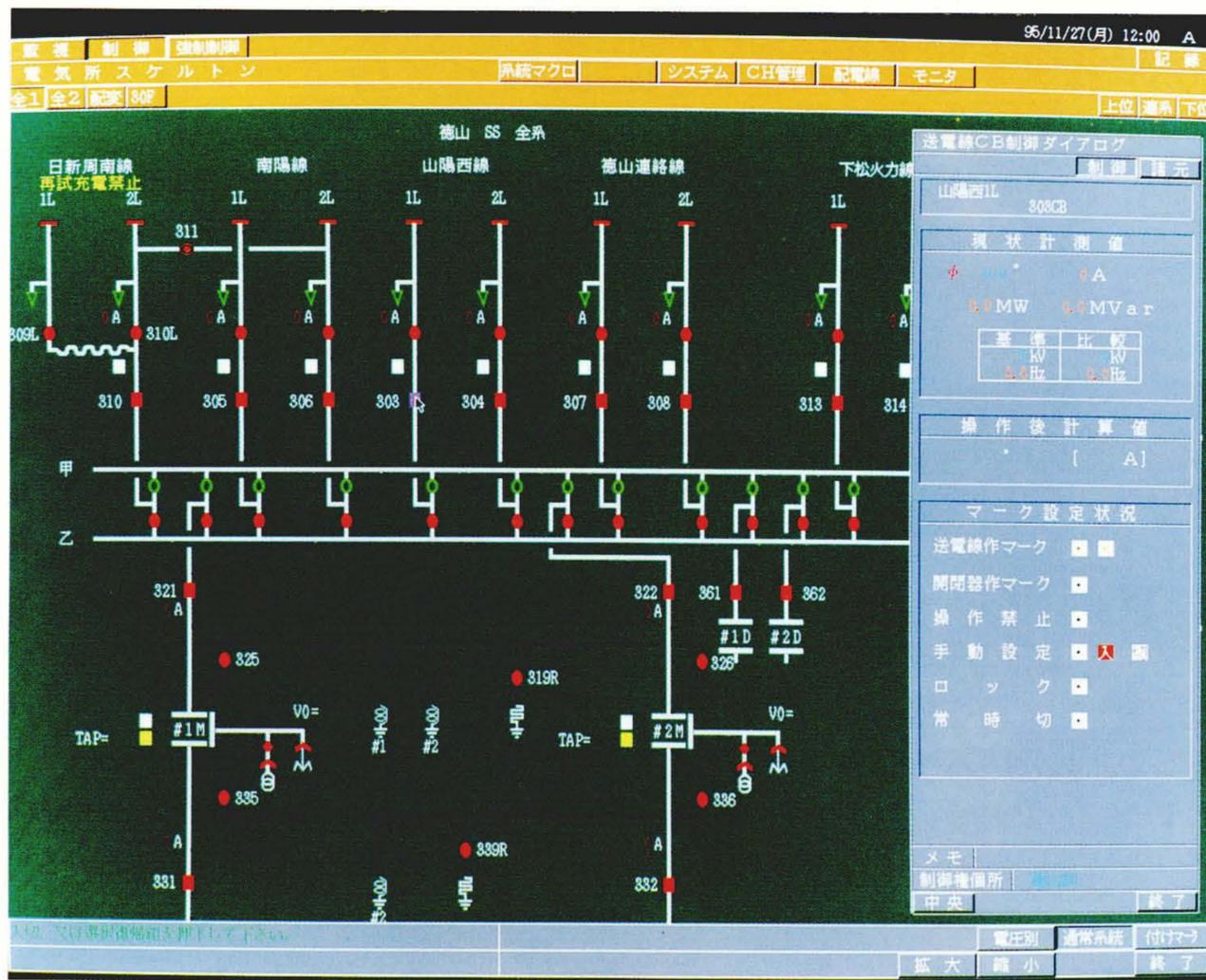


図5 電気所スケルトン画面例
「ダイアログ」と呼ぶウィンドウ表示により、設備の詳細情報を提供する。

一メニューを色替えし、オペレーションに関しては同一画面を使用することにより、卓モードを認識させながらオペレーションの違いを感じさせないようにしている。

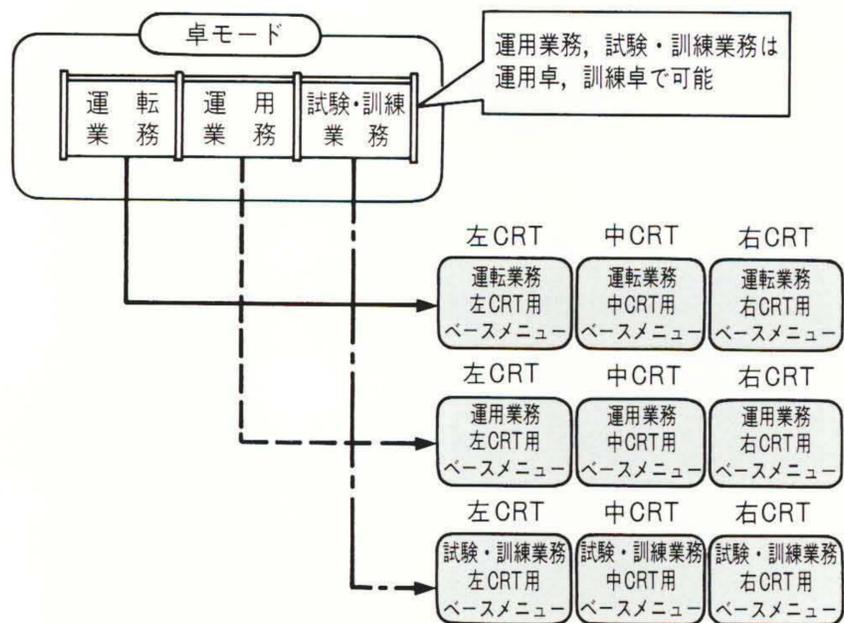


図6 卓モード切替
卓モード切替の概念を導入することによって複数業務の遂行を可能としている。

4 おわりに

ここでは、ヒューマンインタフェースを改善することにより、これまでよりも集中化された大規模制御所システムでの運転が可能となることを実例をあげて述べた。電力系統の多種多様な情報を的確に判断するための手法として、ハードウェア的な情報階層分離(CRTの階層別表示)とソフトウェア的な情報選択表示(ウィンドウ表示)を採用することにより、人に優しいシステムとすることができた。

ヒューマンインタフェースの重要性は今後ますます増大していくと予想され、電力系統の監視制御の分野でも、これまでよりも洗練されたGUIの適用が拡大していくと考える。

参考文献

1) 西川, 外: 高度ヒューマンインタフェースを備えた監視制御システム, 日立評論, 77, 7, 469~474(平7-7)