

知識処理を適用した変電所監視制御 運転保守支援システム

Supervisory Control and Operation and Maintenance Guidance System
for Substation

丸山 彰* Akira Maruyama

藤川歳幸* Toshiyuki Fujikawa



関西電力株式会社 東近江開閉所の制御室 系統のマクロ監視を系統盤で、ミクロ監視および機器操作はCRT制御卓から行う。

電力系統の安定供給のため、電力流通設備としての変電所の役割はいっそう重要なものとなっており、変電設備は大規模・複雑化してきている。各電力会社では、500 kVの基幹系変電所はその重要性にかんがみ計算機システムを導入して、変電所の監視制御を強化するとともに事故時対応の支援、設備機器の

予防保全、構内巡視点検の支援など機能強化を図っている。一方、154 kV以下の変電所は無人数化が進み、集中制御所から遠方監視制御されているが、従来の監視制御機能強化に加えて、事故対応の支援システムの導入、高速・大容量の情報収集が可能なインテリジェント遠方監視制御装置の導入が進んでいる。

* 日立製作所 大みか工場

1 はじめに

高度情報化の発展，生活環境の電力依存度の増大により，電力の安定供給に対する要請はますます強くなってきている。

電力供給の要(かなめ)である変電所の役割はきわめて重要である。日立製作所では，長年のプラント・ノウハウに裏づけられた系統制御技術に加え，電力向け制御用計算機技術，AI，ファジィといった知識工学技術などを融合することにより，これまでの監視制御機能に加え，事故発生時の運転員への事故状況把握，復旧手順ガイダンスの提示などの運転支援機能，およびセンサ情報を基にした変電設備の予防保全，巡視点検支援などの保守支援機能の開発を進めてきている。開発の成果は，すでに一部機能については基幹系変電所へ導入している。変電所監視制御運転保守支援システムでの技術の推移を表1に示す。

この論文では，次世代変電所監視制御運転保守支援システムの構成・機能とキーテクノロジーである知識処理およびヒューマンインタフェースの現状と動向について述べる。

2 変電所監視制御運転保守支援システム

2.1 システム機能

電力環境の変遷に伴い，変電所の役割は重要なものとなってきており，これを支えるハードウェア・ソフトウェアの技術進歩に合わせて変電所向け支援用計算機シス

テムの機能は，初期のデータロガーに始まり，CRT付き監視システム，計算機ベースの監視制御システムへと拡大し，さらに，変電所全体の運転および保守支援へと発展してきている。

変電所監視制御運転保守支援システムの機能，キーテクノロジーおよびヒューマンインタフェースを表2に示す。

今後，さらに拡大，充実すべき機能として下記があげられる。

- (1) 操作票の自動作成
操作開始前の系統状態，操作対象の設備(個別機器でなく線路，母線などの単位)および操作目的(切り換える，停止するなどの目的)から知識工学を応用し，個別の機器操作，確認などの手順に自動的に展開していく機能
- (2) 各種管理業務のOA化

EWS(エンジニアリングワークステーション)や図面管理システムを導入し，例えば設備停止計画，点検スケジュールなどの計画立案の効率向上，各作業段階での必要な図面の自動検索などの合理化を図る。

2.2 システム構成

変電所監視制御運転保守支援システムの構成例を図1に示す。このシステムの主な特徴は下記のとおりである。

- (1) 高信頼度設計
計算機システムおよび変電設備制御端末のように，変電所全体の監視制御を行う装置は二重化して信頼性を向上させている。
- (2) 高速推論
運転支援向けの知識処理には推論専用の計算機を設置

表1 データロガー，監視制御に始まり，ハードウェア，ソフトウェア技術の進歩とともに，運転支援，保守支援へと進展していく。

	昭和45年	昭和50年	昭和55年	昭和60年	平成2年	平成7年
監視・制御	CASCによる集中制御 ランプスイッチによる監視・制御	CRTによる監視・制御	CBSCによる集中制御 トレンドグラフ	AIによる事故判定 グラフィックCRTによる監視・制御	大画面応用監視	事故時自動復旧
記録・統計	データロガー	日報・月報印字(L/P)，状態変化記録(T/W)	高分解能事象解析(SOE)	大規模記録・統計(LBP)	汎(はん)用機・ワークステーションによる記録処理	
運転支援 予防保全			操作手順自動作成	AI応用復旧ガイダンス表示 巡視ガイダンス表示 AI応用機器劣化診断	AI応用設備停止計画 ハンディターミナル用機器データ収集	運転履歴管理，設備データベース管理 保全計画管理

注：略語説明 CASC (計算機補助遠方制御)，CBSC (計算機主体遠方制御)，LBP (レーザ ビーム プリンタ)，SOE (Sequence of Event)，L/P (ラインプリンタ)，T/W (タイプライタ)

し、運転員に対し迅速・的確な支援情報の提供を行う。

(3) ヒューマンインタフェース

CRT操作卓には、迅速・的確なリアルタイム運転を目的として、監視制御および運転支援機能を持たせている。

(4) 変電設備

変圧器やガス絶縁装置には、監視制御に必要な制御端末や保護端末に加え、機器監視端末を設置している。この機器監視端末では、最新のセンサ技術である絶縁特性、開閉特性、通電特性、変圧器油中ガス分析などにより、機器内部に進行している異常の兆候を常時監視し、デー

タとして保存して計算機システムでの予防保全に活用している。

(5) 光情報伝送

現場にある変電設備の情報を、本館の計算機システムなどに伝送する情報の神経系統とも言える非常に重要な役割を担っている伝送としては、高速情報伝送が可能であり、耐ノイズ性に優れている光LANによるデジタル伝送方式を採用している。

表 2 変電所監視制御運転保守支援システムに期待される機能 従来の監視制御機能に加え、事故異常時対応の運転支援機能、予防保全などの保守支援機能の充実への期待が大きい。

No.	機 能		キーテクノロジー	ヒューマンインタフェース			
	項 目	仕 様		系 統 盤	C R T 操作卓	漢字プリンタ	そ の 他
				系統全体状況をマクロ的に監視する。	系統のミクロ的監視，機器操作，支援情報の表示	帳票出力	大形ディスプレイ，オシログラフ波形出力ほか
1	系統監視	(1) 計測情報表示，上下限監視と警報出力 (2) 機器状態監視 (a) 平常時 (b) 事故時	●マンマシン	●電圧・電流値の表示 ●遮断器，開閉器の入切状態表示 ●トリップ遮断器のフリッカ，30F出力	●現在潮流状況表示 ●上下限設定値変更と違反時警報 ●スケルトン画面表示 ●ベル鳴動，ランプ点灯 ●スケルトン画面(トリップ遮断器，停電範囲)	●現在潮流図印字 ●動作遮断器，リレーの時系列出力	●ITV表示による機器の外観チェック ●オシログラフ波形出力
2	制 御 (機器操作)	(1) 機器個別操作 (2) 件名操作(操作票作成，模擬実行，連続操作)	●ソフトインターロックマシン	●操作結果表示(フリッカなし) ●操作結果表示	●スケルトン画面からライトペンで個別機器を選択し，入切制御を行う。 ●画面から一連の機器操作入力，事前チェック模擬実行，実操作起動	●操作経過記録 ●操作票出力	●CRTモニタによる操作の第三者チェック
3	記録統計	(1) 給電記録(日報，月報) (2) 事故記録	●マンマシン	——	●記録データ表示，修正入力	●日報，月報の帳票出力 ●事故速報出力	——
4	運転支援	(1) 事故状況把握(事故個所判定，事故様相推定) (2) 復旧方針，巡視点検，処置ガイド	●知識工学 ●診断アルゴリズム	——	●動作遮断器，リレー，事故前後潮流 ●停電個所，事故個所，事故様相 ●復旧・巡視・処置ガイダンス表示	——	——
5	保守支援	(1) 日常巡視，点検ガイド (2) 機器の兆候・異常の診断	●予防保全アルゴリズム	——	●巡視データのトレンド表示 ●兆候・異常の機器と内容，トレンド表示 ●巡視，連絡などの処置ガイダンス表示	●遮断器，動作回数記録出力	●ハンディ端末による巡視点検と結果入力，保存
6	その他	(1) 訓練，シミュレーション	●シミュレーション技術	——	●訓練件名登録(事故シーケンス入力) ●CRT操作卓のうち1台を訓練用に使用	——	●大形ディスプレイで訓練状況表示
		(2) メンテナンス	●データメンテナンス	——	●データメンテナンスの事前チェック	——	●ワークステーションにより，データベースのメンテナンス

3 主な機能

3.1 監視制御

従来、系統盤による監視が主体であったが、CRTの高精度化に伴い、CRTにその主流が移っていった。また、計算機の大規模・大容量化により、監視機能も高機能化していった。

(1) 系統監視

(a) CRTに全体系統、電圧階級別とマクロからミクロへの系統状態を表示する。

遮断器、断路器の入切状態、線路および母線の充停電状態を色別に表示する。

(b) 電圧、電流を周期的に上下限監視し、違反時に運転員に警報出力する。

(2) 制御(機器操作)

従来、系統盤で機器の開閉状態を確認しながら、制御卓のスイッチを操作して機器の操作を行っていたが、最近ではCRTが操作の主流になってきた。

(a) 個別操作

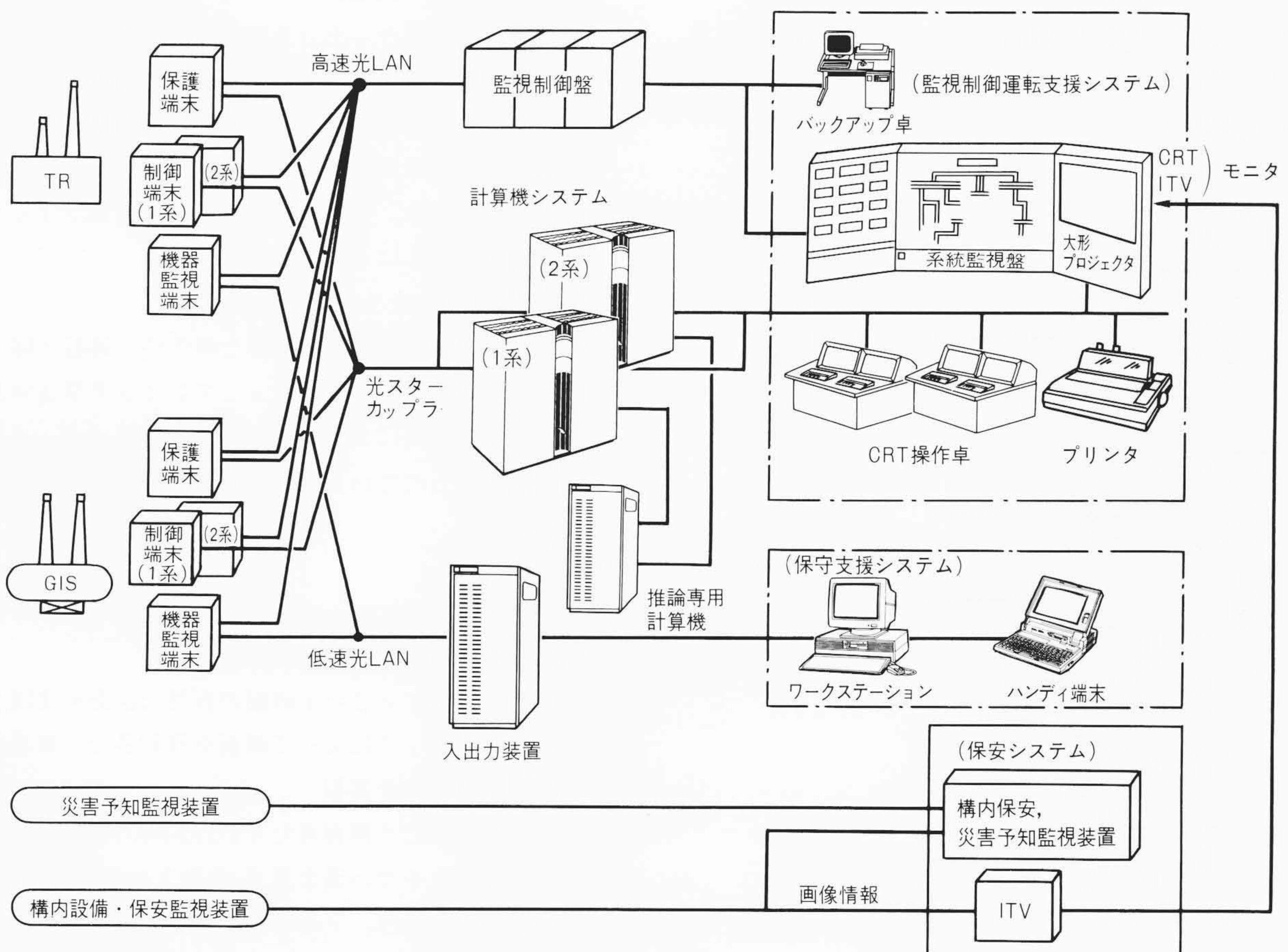
(i) CRTのスケルトン画面で当該系統状態を確認しながら、操作対象の機器をライトペン、スタイラスペンによって選択すると、該当するシンボルがフリッカし、該当する機器に関する計測値(電圧、電流、電力、ほか)が表示される。

(ii) 「入、切」操作は、誤操作防止の意味もあり、操作卓のスイッチの操作によって行う。

(b) 自動操作

(i) 予定されている設備停止に関する操作を、事前にCRTスケルトン画面から事前系統の状態設定、予定の機器操作、確認項目を操作票として登録しておく。また、その操作票を模擬実行して、その操作内容、手順の妥当性を自動チェックすることにより、信頼度の高い操作票の作成ができるようになった。

(ii) 作業当日は、CRT画面によって事前に作成、登録された操作票を呼び出し、卓スイッチから起動すると計算機が順次自動的に連続操作を行っていく。



注：略語説明 TR (変圧器), GIS (ガス絶縁開閉装置), ITV (工業用テレビジョン)

図1 変電所システム構成図 変電設備、光情報電送、計算機ほか処理装置および運転員へのマンマシンインタフェースから構成される。

3.2 知識処理

変電所システムの業務で、運転・保守に関する業務はベテラン運転員のノウハウによるところが大きい。このシステムでは、若年層運転員への技術伝承をカバーするため、事故判定と事故対応処理、復旧手順のガイダンスを目的としたエキスパートシステムを導入している。

エキスパートシステムの特徴は下記のとおりである。

- (a) 監視制御用計算機とは別の推論専用計算機を付加し、オンラインリアルタイム推論を実施
- (b) 事故、障害処置の全過程(事故情報入力から復旧手順まで)を支援
- (c) 事故時の電圧変化、事故、障害、検出リレーの相別動作判定など情報内容を詳細化し、リレー動作判定など支援情報の精度と機能を向上

(1) 事故推論フロー

事故発生時の推論のフローを図2に示す。

- (a) 事故が発生すると、機器から事故情報(動作リレー、動作遮断器、系統状態など)が入力される。
- (b) 事故状況把握は、入力情報を編集表示する。
- (c) 入力情報を受けた推論マシンは、あらかじめ設定された「応急処置」の推論を行う。
- (d) 応急処置

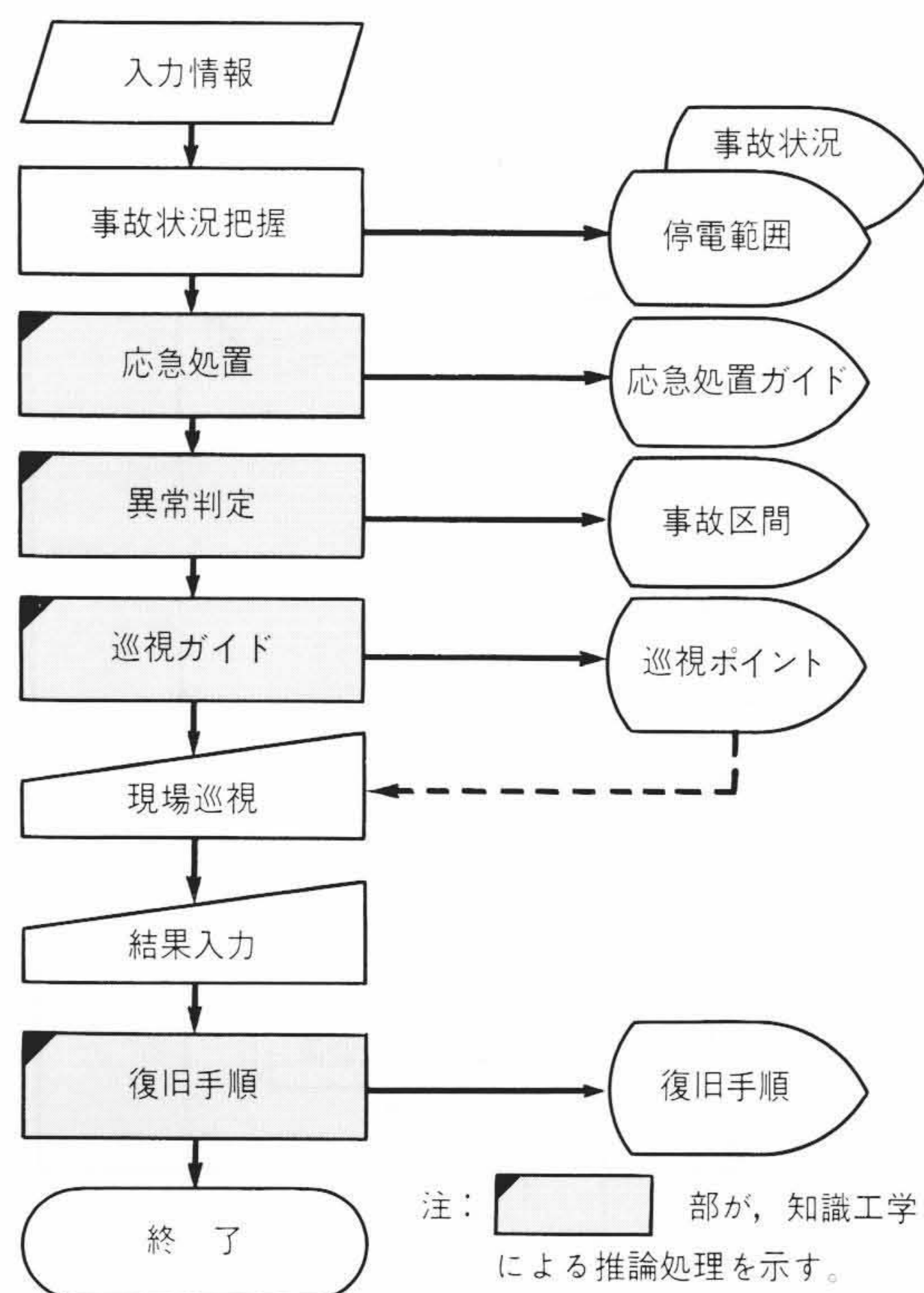


図2 事故推論フロー 電力系統事故発生時の従来の運転員の処置、判断をルール化して分類し、計算機で自動推論させる。

事故発生時、緊急に処置が必要な過負荷処置などの推論を行う。過負荷判定は、機器フレーム内に持っているメソッド機能(手続き形プログラム実行)を用い、許容過負荷時間を計算して負荷切替処置の要否を推論し、ガイドメッセージする。

(e) 異常判定

リレー誤動作判定を行い、おのこの動作リレーの保護範囲を導出する。重複保護範囲判定、誤不動作リレーの有無を判定し、保護範囲を絞り込んで事故区間として確定する。

(f) 巡視ガイド

推論された事故区間に含まれる機器に対し、その使用可否の確認、事故機器を特定するための巡視ポイントを推論する。

(g) 復旧手順

巡視結果(事故機器、操作可能機器)をマニュアル入力し、事故点切り離し、健全系統を復旧する操作対象機器とその手順を推論する。

(3) 推論結果の画面表示

推論用計算機から出力される事故区間などの推論結果は、制御用計算機で、より実際の設備構成に近いグラフィック画面を用意し、その画面上に推論結果を表示する方式とし、運転員が視覚的に判断できるよう使い勝手を向上させている。変電所の母線構成をグラフィック化した画面例を図3に示す。

3.3 ヒューマンインタフェース

変電所の監視・制御の容易な操作性、運転・保守支援の豊富な情報提供には、ヒューマンインタフェースの果たす役割は非常に大きい。

最近用いられている入出力装置の特徴について次に述べる。

(1) CRT

最近のインテリジェント化されたCRTには、下記に示すような多機能を持っている。

- (a) 縦・横 $2 \times 2 = 4$ 画面の仮想大画面を実現し、ジョイスティックによって画面を移動させ、容易な電力系統広域監視を実現
- (b) 高精彩で1画面当たり6,272字の大容量表示
- (c) 親しみやすい漢字表示、各種文字表示(反転文字表示、網かけ表示、メモ書き機能など。)
- (d) トレンドグラフによる計測値の時間的推移表示
- (e) 事故区間や巡視場所をガイドする機器の構造図などのグラフィック画面表示

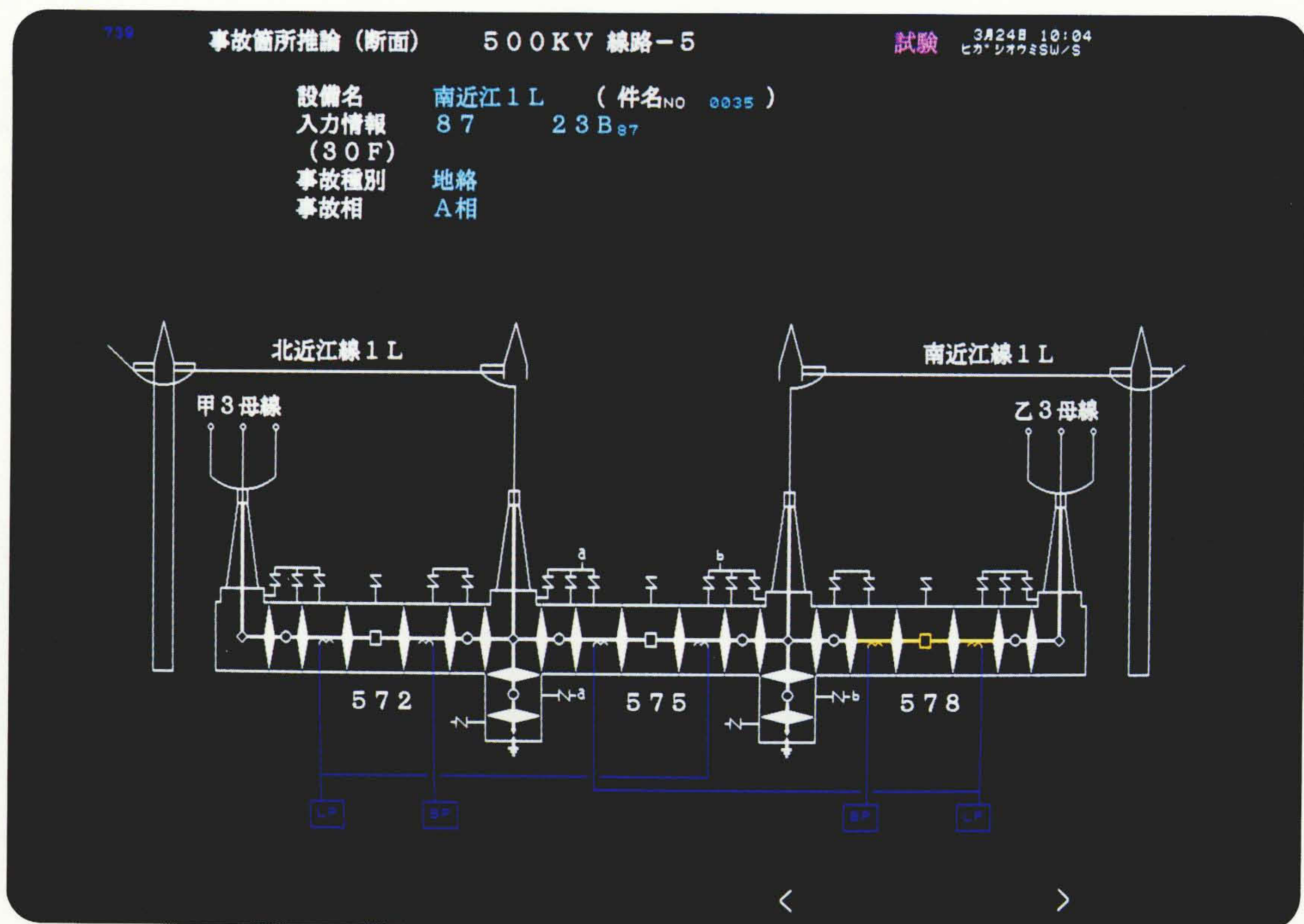


図3 事故箇所推論結果のCRT表示例 関西電力株式会社開閉所納め運転支援システムでの、ガス絶縁開閉装置内部事故発生事故箇所推論の結果(黄部が推定された事故箇所)である。

(2) 大形ディスプレイ

系統監視盤を補助する多目的表示盤〔CRT画面モニタ、ITV(工業用テレビジョン)、VTR、一般テレビジョン放送などを切り替えて表示〕として、大形ディスプレイが採用されてきている。

(3) ワークステーション

データメンテナンスなどの入力作業は、オンライン業務とは独立しているのでマンマシン性の良いワークステーションの利用が進んできている。また、最近のグラフィック機能を利用することで、変電所構内の事故点などを三次元のグラフィックを用いて立体的に表示し、現場

巡視などに活用することができる。

4 おわりに

送配電網の要である基幹系の変電所への計算機システムの導入は、ますます促進される気運にある。

今後のシステムの主機能となる予防保全機能については、これからの稼動実績によって機能の再評価を行い、充実させていく必要がある。また、運転保守に必要な支援情報が簡単に提示できるヒューマンインタフェース機能の充実も重要であり、運用者の声を反映したシステムにしていく考えである。

参考文献

- 1) 山極, 外: 最近の変電設備における予測保全技術, 電気学会B110, 5(1990-5)
- 2) 丸山, 外: 変電分野におけるコンピュータ利用, マンマシンインターフェイスの動向, 電気評論, 臨時増刊(1990-6)
- 3) 丸山, 外: 電気系統運転支援エキスパートシステム, 日立評論, 71, 8, 767~772(平1-8)
- 4) 森: 関西電力におけるAI技術導入の現状と未来, OHM, 55~65(1991-1)
- 5) 藤川, 外: 変電所運転支援システム, 日立評論, 73, 6, 587~594(平3-6)