

配電自動化計算機制御システム

Automatic Computer Control Systems for Power Distributing Networks

配電系統は、地理的要素を含んだ面的な広がりを持つだけでなく、お客様にもっとも密着した系統であり、高度情報社会で重要な電気エネルギーの流通設備を構成している。このため九州電力株式会社では、配電自動化を積極的に推進し、電力の安定供給、お客様へのサービス向上に努めている。

九州電力株式会社と日立製作所は共同でこれを支援するために、制御用計算機HIDICシリーズを中核とした地図利用配電系統図表示、負荷融通計算、作業計画操作などの高度な情報処理とマンマシン機能を持つ配電自動化計算機制御システムを開発した。本システムは、九州電力株式会社小倉営業所ほか7営業所に導入し、順調に稼働している。今後、電力安定供給の向上に貢献できるものと期待する。

大島 洋* Hiroshi Ôshima
臼井敏雄** Toshio Usui
平野隆三** Takazô Hirano

1 緒 言

高度に発展した現代社会で、電気は日常生活に欠くことのできない重要なエネルギーである。

この電気エネルギーを流通する配電系統は、電力系統の末端に位置し面的に広がり、次のような特徴を持っている。

- (1) 配電設備は電柱に装着され、お客様に密着している。
- (2) 配電設備は雷・台風などの過酷な自然環境下にさらされている。
- (3) 社会の変化に合わせて、配電設備の変更が多い。

このような配電系統を効率よく運用管理し、お客様へ安定した電力供給を行うため、九州電力株式会社はお客様サービスの窓口となっている営業所に、計算機を中核とした配電自動化システムを導入している。

配電自動化システムの目的は次のとおりである。

- (1) 電力供給信頼度の向上(停電時間、停電範囲の最小化)
- (2) お客様への情報サービスの向上
- (3) 配電業務の効率化・省力化

九州電力株式会社と日立製作所は共同でこれを支援するために、制御用計算機による配電自動化システムを開発し実用化した。

2 システムの概要

配電業務は、お客様サービス窓口業務、電力量検針、配電設備計画、配電系統運用、設備の保守点検など広範囲な業務にわたっており、配電自動化システムは、これらの業務のう

ち6kV、22kVの高圧系配電系統運用に関するものである。システム概要を図1に示す。配電自動化システムは、大別して次の二つのサブシステムから構成される。

(1) 配電自動化計算機制御システム

電力会社の営業所に設置され、配電系統監視制御、事故復旧処理などの高度な情報処理およびそれに伴うマンマシン機能を分担する。

(2) 遠方監視制御システム

配電用変電所情報および配電線路用開閉器情報を収集するとともに、配電線路用開閉器の入、切、ロックなどの制御信号の伝送を行う。

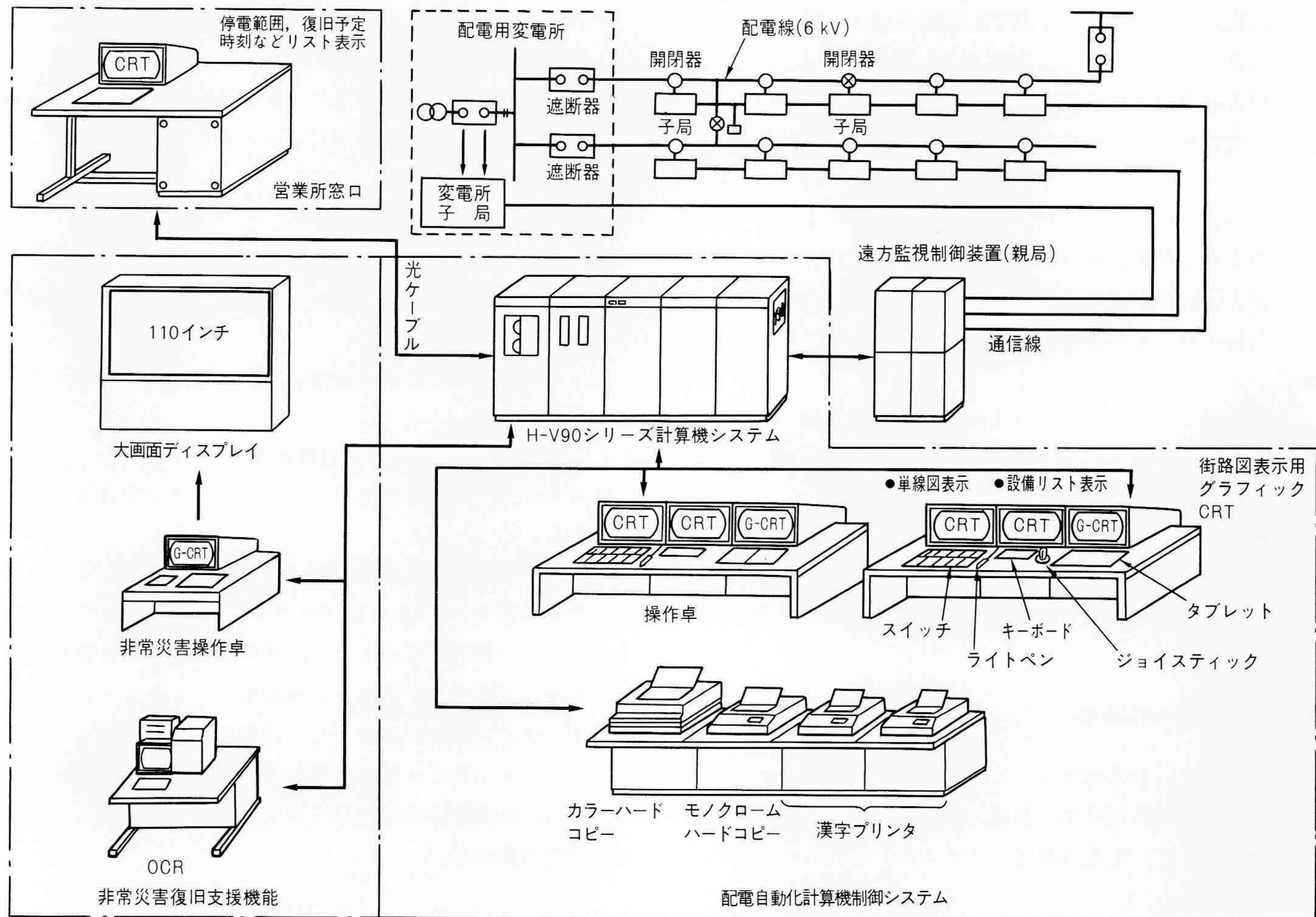
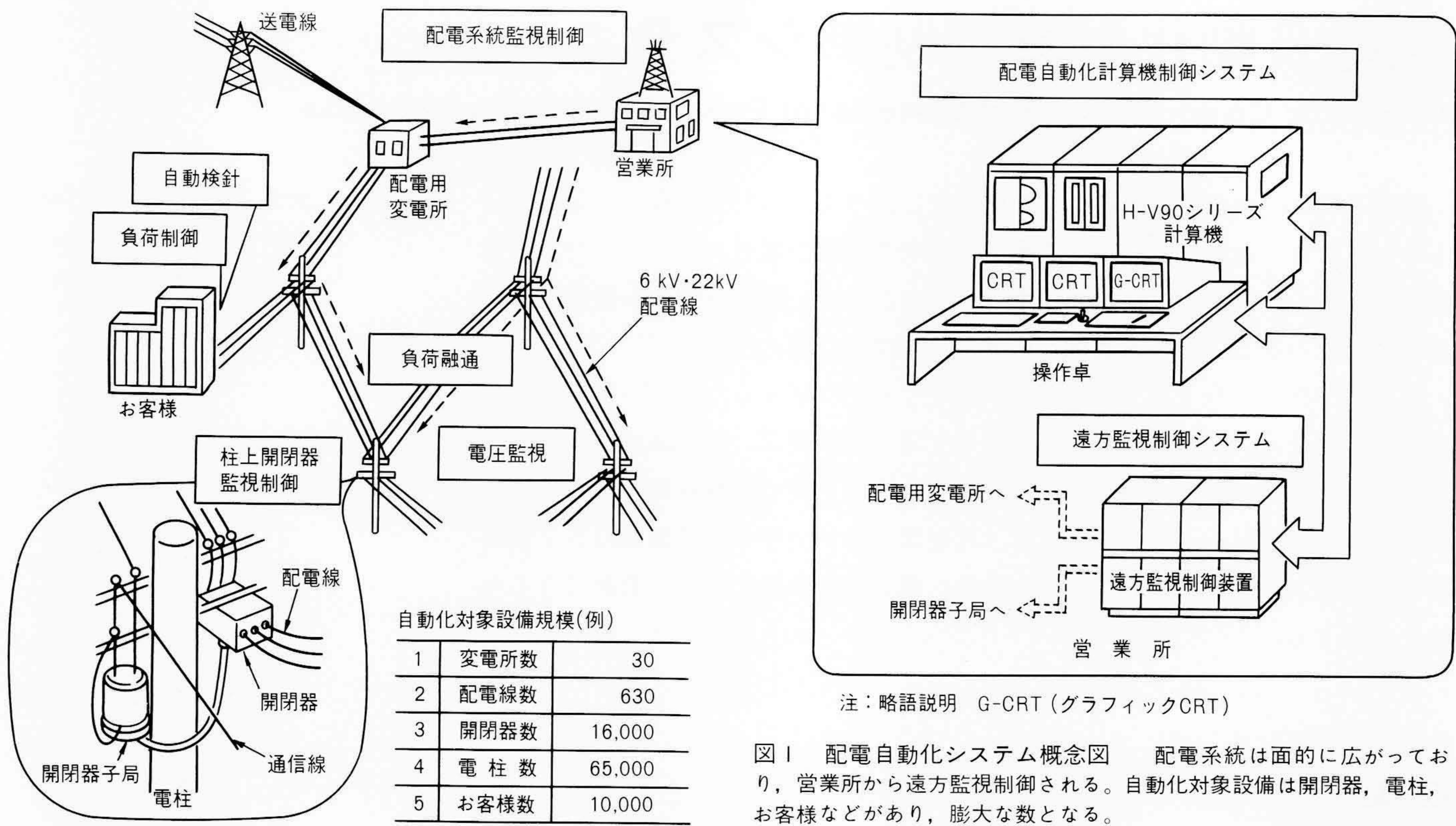
以下、配電自動化計算機制御システム(以下、計算機システムと略す。)について述べる。

2.1 計算機システムの基本的考え方

計算機システム構築に当たっての基本的考え方は次のとおりである。

- (1) 配電設備の地理的位置確認のため、地図利用配電系統図表示機能を導入する(高性能グラフィックCRT適用)。
- (2) 制御の信頼性を高めるため、負荷融通などの自動操作手順は事前にオフライン系統上で模擬実行できるようにする。
- (3) オンライン業務と並行して、作業計画、データメンテナンスなどのオフライン業務を可能とするため、操作卓を2台準備する。各操作卓は相互バックアップによってマンマシンの信頼性を高める。

* 九州電力株式会社配電部 ** 日立製作所大みか工場



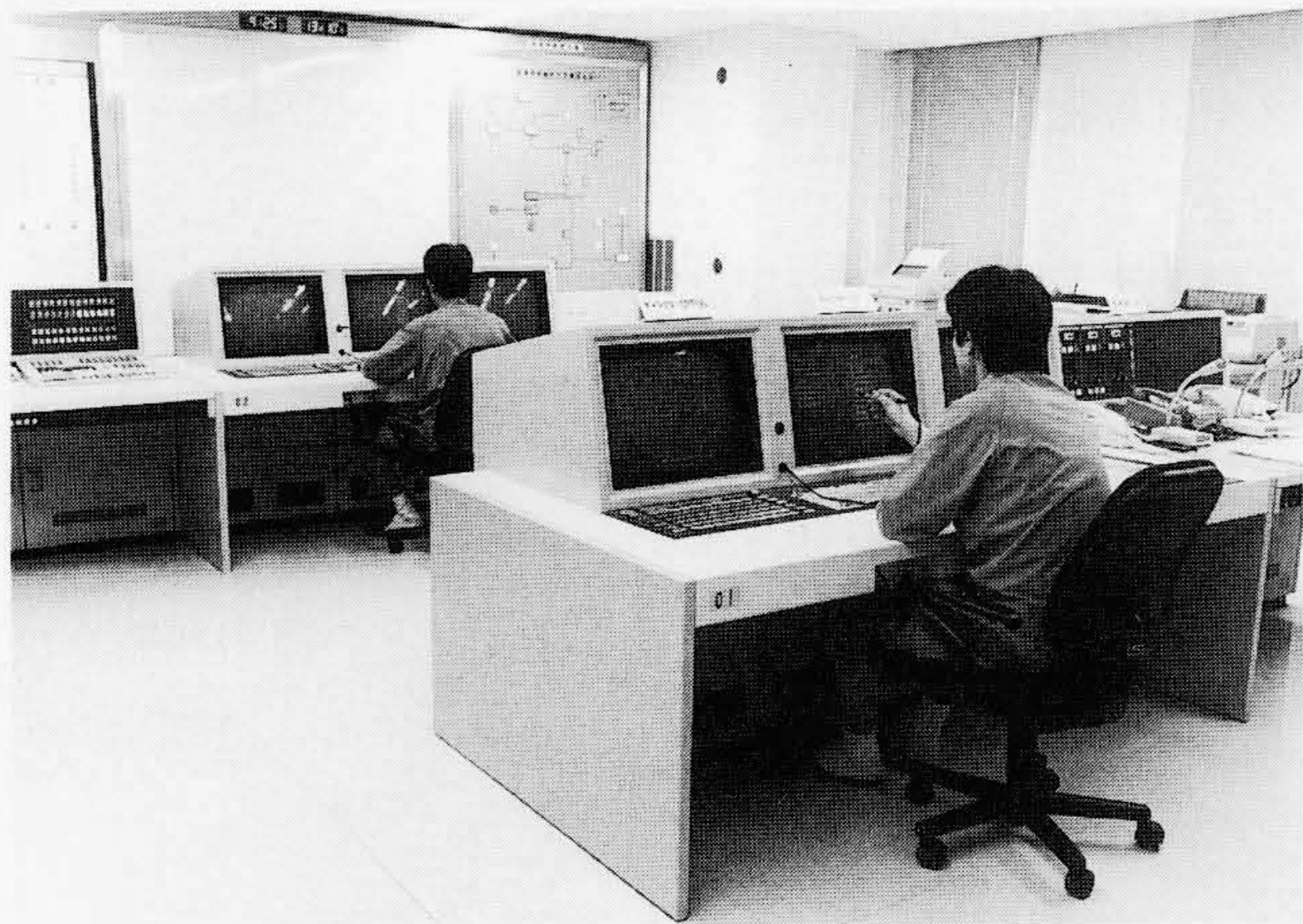


図3 配電系統運用の運転指令室 操作卓は2卓あり、おのおの独立に業務できる。操作卓には3台のCRTとタブレット、ジョイスティック、ライトペン、キーボードおよびスイッチが組み込まれている。右端のCRTに地図利用配電系統図が表示される。

- (4) 膨大な配電設備情報の保守性を考慮して、リアルタイムデータベースを構築する。
 - (5) 構成は、CBSC(Computer Based Supervisory Control)方式の計算機システムとする。
- 以上の考え方をもとに、計算機システムを開発した。

2.2 システムの構成

配電自動化計算機制御システムの構成を図2に示す。監視制御の中核となる中央処理には信頼性の高い制御用計算機HIDIC V90シリーズを適用した。マンマシン装置には、CRT 3台を一組みにした操作卓を2系列準備した。その外観を図3

に示す。

さらに、計算機システムの拡張機能として多人数が同じ状況が把握できる110インチ高精細大画面ディスプレイを接続し、広域停電時の配電系統復旧などが迅速に行えるようなシステム構成とした。

3 機能概要

配電自動化システムでの計算機システムの機能概要を表1に示す。

配電自動化機能は、大別して監視・制御・記録・運転支援の各処理から成る。この中から計算機システムの主要機能である地図利用配電系統図表示機能、事故時自動復旧操作、作業計画操作、データメンテナンス、非常災害復旧支援の各機能について以下に詳細を述べる。

3.1 地図利用配電系統図表示機能

地図利用配電系統図表示機能は、リアルタイム情報を反映した配電線路図と地図とを重ね合わせて表示する。この機能は、位置情報を必要とする配電系統運用には最適なマンマシンインタフェースである。

本機能の特徴は次のとおりである。

- (1) 表示画面の任意方向へのスムーズスクロールが行え、広範囲な監視ができる。
- (2) 縮尺に応じた配電系統のシンボル、文字サイズの設定画面が見やすい。
- (3) 表示目的に応じた各情報層の重ね合わせ

表1 配電自動化計算機制御システムの機能概要 配電自動化計算機制御システムで実現している機能概要を示す。

No.	処 理	機 能	内 容
1	監 視	配電系統監視	- 配電用変電所および開閉器子局から、配電設備および系統情報を読み込む。 - 配電機器の状態監視、配電線の過負荷監視などを行う。
		地図利用配電系統図表示	- 配電系統と地図を重ね合わせ表示する。 - 表示中画面は、リアルタイム情報で表示更新される。 - 表示画面は、任意方向に4画面分スクロールできる。 $\frac{1}{1,000} \sim \frac{1}{8,000}$の4段階に縮尺可能である。
2	制 御	事故時自動復旧操作	- 配電系統事故時の停電区間の検出を行い、健全停電区間に対し、電圧降下計算を配慮した最適融通操作と配電系統切換操作を行う。 - 事故復旧後、事故前系統へ切戻操作を行う。
		作業計画操作	- 配電系統の作業計画内容を事前に登録することによって、作業予定日の系統を基に最適負荷融通操作手順を自動作成する。 - 作業当日の停電操作、送電操作および作業完了後切戻操作を行う。
		緊急操作	火災など緊急の停電操作や系統切換操作判定の作成および操作を実行する。
		過負荷解消操作	配電系統の過負荷発生時、過負荷解消のための操作手順を自動作成し、配電系統切換を行う。
		機器操作	配電線路用開閉器などの開閉器入・切操作、操作禁止・解除をグラフィックCRTの画面から実行する。
3	記 録	負荷記録	日報、月報、第3水曜日実績、夏季実績などの負荷記録を出力する。
		運用記録	作業停電および事故停電報告書、設備情報などの運用記録を出力する。
4	運転支援	メンテナンス	配電設備データ、配電系統図の保守および登録を行う。
		非常災害復旧支援	災害時の停電状況、復旧状況、動員状況など時々刻々に変化する災害復旧状況を、大画面ディスプレイに表示する。

画面が明るい。

地図利用配電系統図は、電子化された地図データベースと配電系統図データベースから構成される。地図データベースは図4に示すように、道路・鉄道・河川・主要建物などの各線分層と町名、建物名などの各文字層から成る。配電系統図データベースは、配電線単位に径間・引込線の線分属性、変電所・開閉器・電柱などの各シンボル属性および開閉器番号・お客様名などの文字属性から構成される。本システムでは、数十キロメートルの広い地図から任意の範囲を切り出し、かつ高速表示を実現するため、図5に示すような方法を採用した。同図でシステム構築時、図形ソースデータからグラフィ

ックCRT(以下、G-CRTと略す。)のセグメントバッファに図形展開(以下、これをオブジェクト図形と称する。)し、このデータを計算機に読み込み、オブジェクト図形データベースを構築しておく。

以降のオンライン運転では、表示範囲が指定されると、当該範囲のオブジェクト管理区図を接合し、さらに当該管理区図を通過するオブジェクト配電系統図を検索する。この配電系統図は、オンライン状態によって、開閉器の入・切、線路の充電、融通充電、事故停電、作業停電などの運用状態を反映して、直接G-CRTのセグメントバッファに書き込み、表示される。

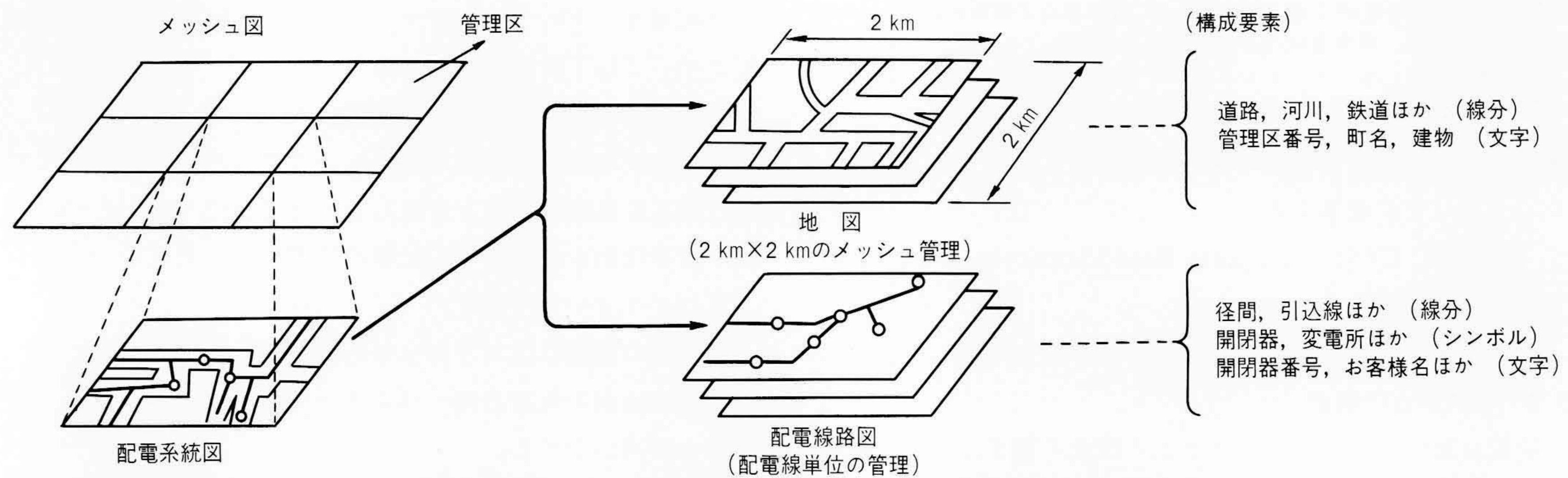


図4 地図利用配電系統図図形データベース構成 表示範囲が指定されると、計算機は2 km×2 kmに分割した当該管理区図を接合し表示する。配電線は当該管理区を通過している配電線路図だけを編集・表示する。

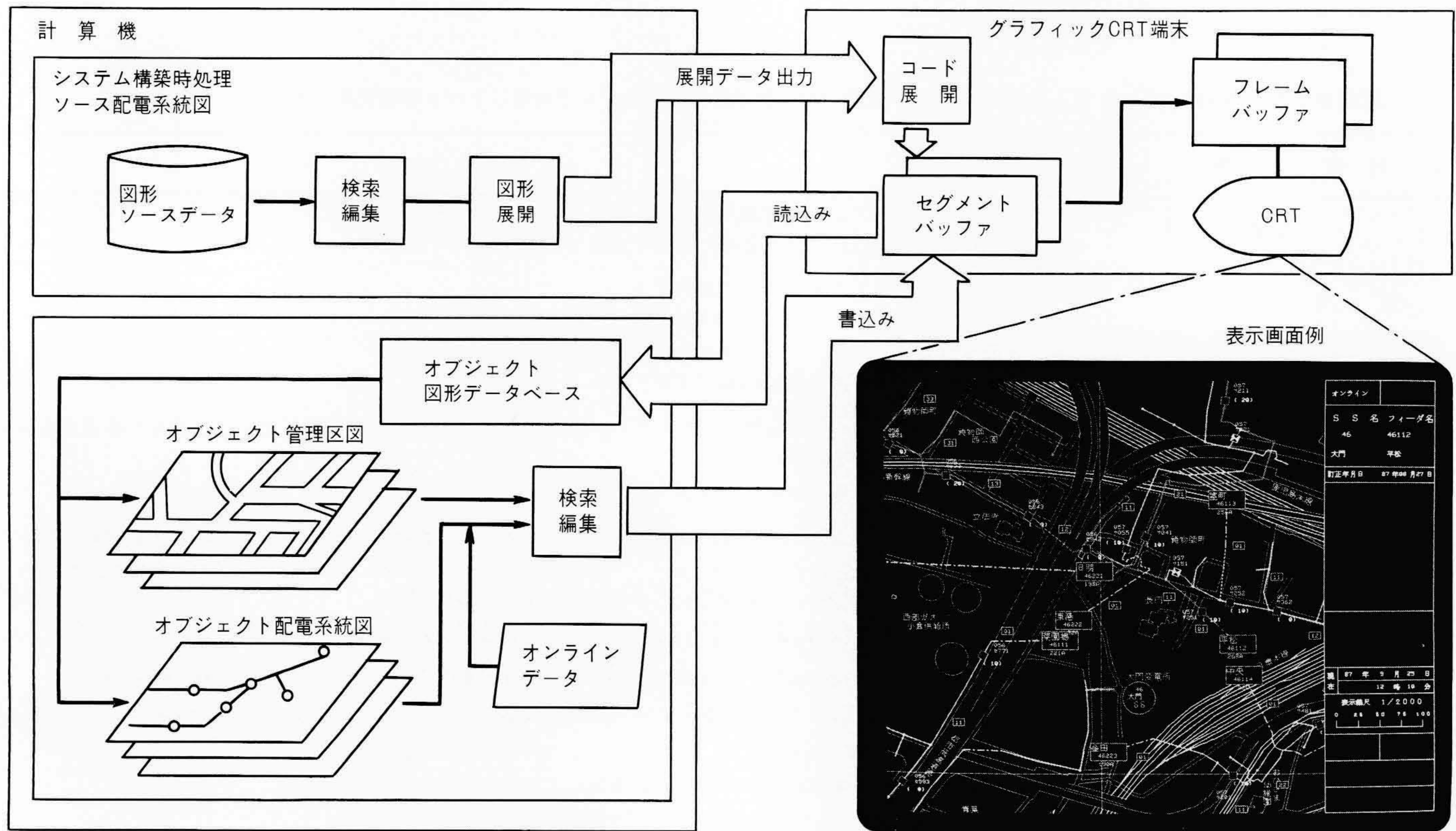


図5 地図利用配電系統図表示説明と表示画面例 オンライン運転での表示は、システム構築時作成したオブジェクト図形データを直接グラフィックCRT端末のセグメントバッファに書き込みを行う。表示中の配電系統図は、状態変化発生のとど表示更新される。

表示中の画面は、配電系統状態変化の発生のとど表示更新される。したがって、事故発生などの緊急性が要求される場合でも、運転員は即座に事故点の判断ができ、迅速な配電運用ができる。

3.2 事故時自動復旧操作

配電系統事故発生時の営業所の運用では、事故点を除く健全停電地域に早く電気を供給することが重要な使命である。各配電線は、連係用開閉器(常閉開閉器)によって結合された系統構成となっており、事故時自動復旧機能は、連係用開閉器と線路用開閉器を営業所から遠隔操作して、健全停電地域の停電復旧を自動的に行う機能である。

配電線事故時の自動復旧操作の例を図6に示す。同図の配電系統で、配電線Aの線路用開閉器SW2～SW3区間で事故が発生した場合、事故区間は配電線Aの配電用遮断器と線路用開閉器SW1とSW2の動作状態を監視することによって把握できる。次に、事故区間を除いて健全停電区間の復旧を行うため、配電用開閉器SW1を「入」操作、SW2を「切」操作して電源側区間の停電復旧を行う。次に、SW3以降の負荷側停電復旧を行うため、負荷融通計算によって応援可能な配電線の最適融通経路²⁾を求め、操作手順を作成する。

融通経路の最適化評価基準は、

- (1) 融通不能区間の総停電量の最少化
- (2) 時限順投開閉器の「切」操作の最少化
- (3) 異系統配電線からの供給回避
- (4) 時限順投開閉器の逆送電と手動連係開閉器による融通操作の最少化

であり、さらに融通末端区間までの電圧降下チェックおよび融通経路の各設備の過負荷チェックを行い、最適な融通経路を計算する。

図6は単純に配電線Bから融通しているが、実際の系統は複雑な構成で融通経路は複数ある。同図の例は連係用開閉器SW10を「入」操作し、続いてSW4「入」、SW3「切」操作によって負荷側健全区間の復旧を遠隔操作で行う。本機能によって、健全停電地域の事故復旧時間が従来に比べて大幅に短縮できる。

3.3 作業計画操作

配電系統設備はお客様に密着しているため、日常頻繁に新設、撤去、変更の作業が行われる。小規模工事は数日前から、大規模なものは数か月前から予定される計画操作である。作業計画操作は当該予定作業に対し、それ以前の予定作業をオフライン データ ベース上の仮配電系統に自動展開し、次に作業停電のための最適系統切換操作手順を負荷融通計算によ

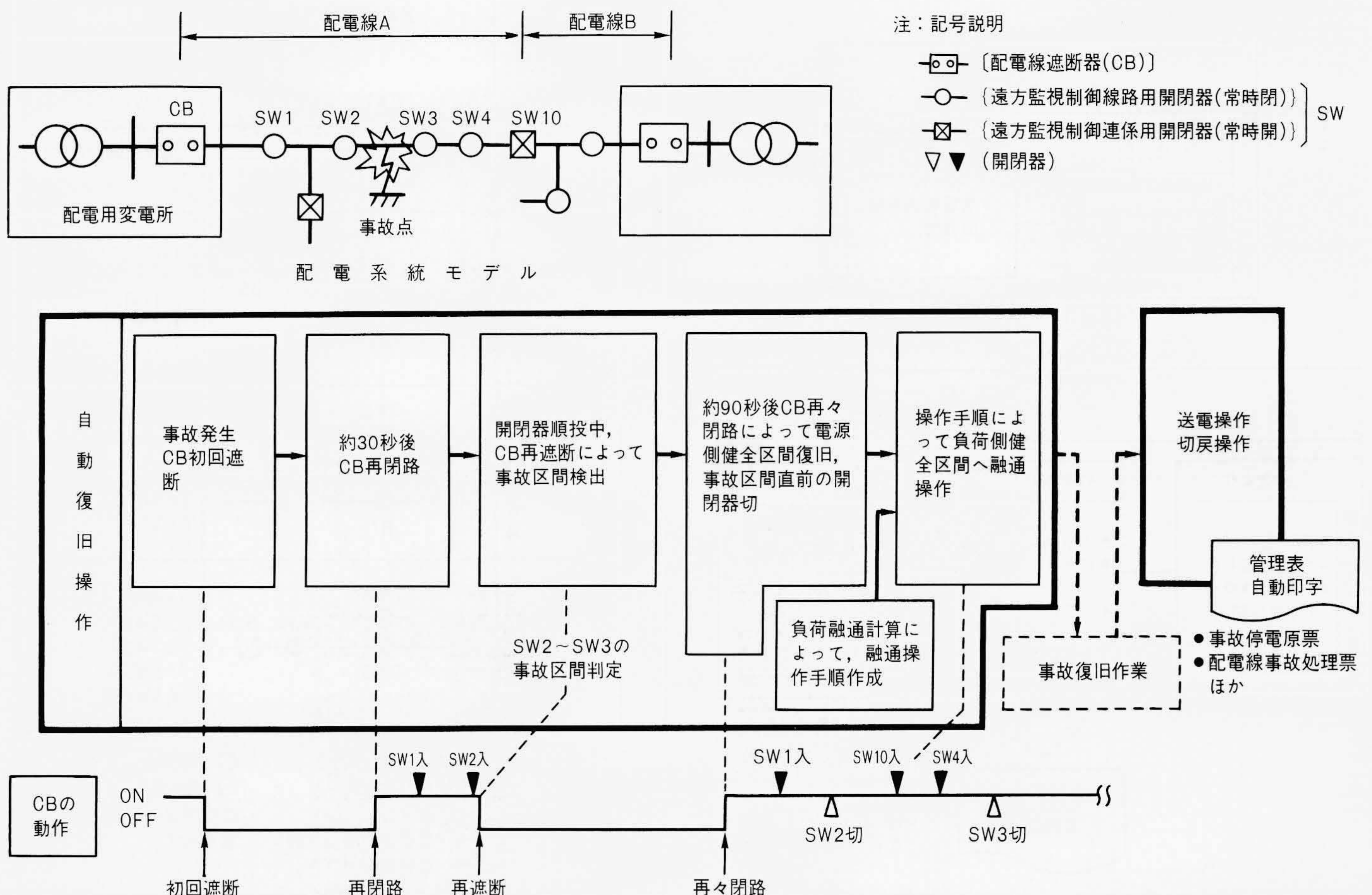


図6 事故時自動復旧操作例 SW2とSW3で事故が発生した場合、SW1～SW2までの区間は配電線Aから、SW3～SW10までの区間はSW10を「入」にして配電線Bから融通操作する。本システムでは、この一連の操作を自動的に処理する。

って作成するものである。

近年は、お客様に対して無停電で工事をする無停電作業工法が開発され、計算機システムもこれに対応する作業計画業務を支援している。

以下、無停電作業計画操作機能について説明する。

無停電作業計画は図7に示すように、各段階で「切換操作」、「切戻操作」の手順作成フェーズに区分される。この作業手順は計画段階と作業実施段階で、そのつど計算し、手順の模擬実行によって作業の安全性を確認することができる。

計画段階での作業手順は、仮配電系統上に作業開始日時までの実施予定作業計画を展開した仮配電系統で行う。仮設備の接続状態は、自動的に展開仮配電系統に付加され、地図利用配電系統図で確認することができる。実施段階でもオンライン配電系統に自動的に付加しているため、運転員は作業箇所を確認した安全な配電系統運用ができる。無停電作業計画による操作手順実施例を図8に示す。

3.4 メンテナンス

日常頻繁に行われる工事に対応する計算機システムの設備データメンテナンスは作業計画操作機能と表裏一体であり、当該作業の実工事完了と同時にメンテナンスデータを展開して、オンライン設備データと配電系統を常に一致させることが重要である。このため、メンテナンス操作は容易に効率よ

く行えるように配慮した。作業計画件名とメンテナンス件名は関連づけて管理し、運転員が現場から作業完了の報告を受けると、当該件名をセミグラフィックCRTから指示することによって、簡単にオンライン設備データベースに登録できるようにした。

メンテナンス業務は、図9に示すように操作卓の1台を使用する。まず設備データのメンテナンスを行い、続いて図形メンテナンス指示がされると、メンテナンス処理は設備データから自動的に配電系統の接続情報を作成して、作画順に操作ガイダンスをG-CRTに表示する。運転員がガイドに従って、G-CRTの入力装置であるタブレットから位置情報だけを指定することによって、メンテナンス処理は自動的に図形展開をする。

3.5 非常災害復旧支援(大画面表示)

台風、水害、落雷などによって広域停電が発生した場合、復旧工事責任者は営業所管内の停電状態、被害状況、復旧動

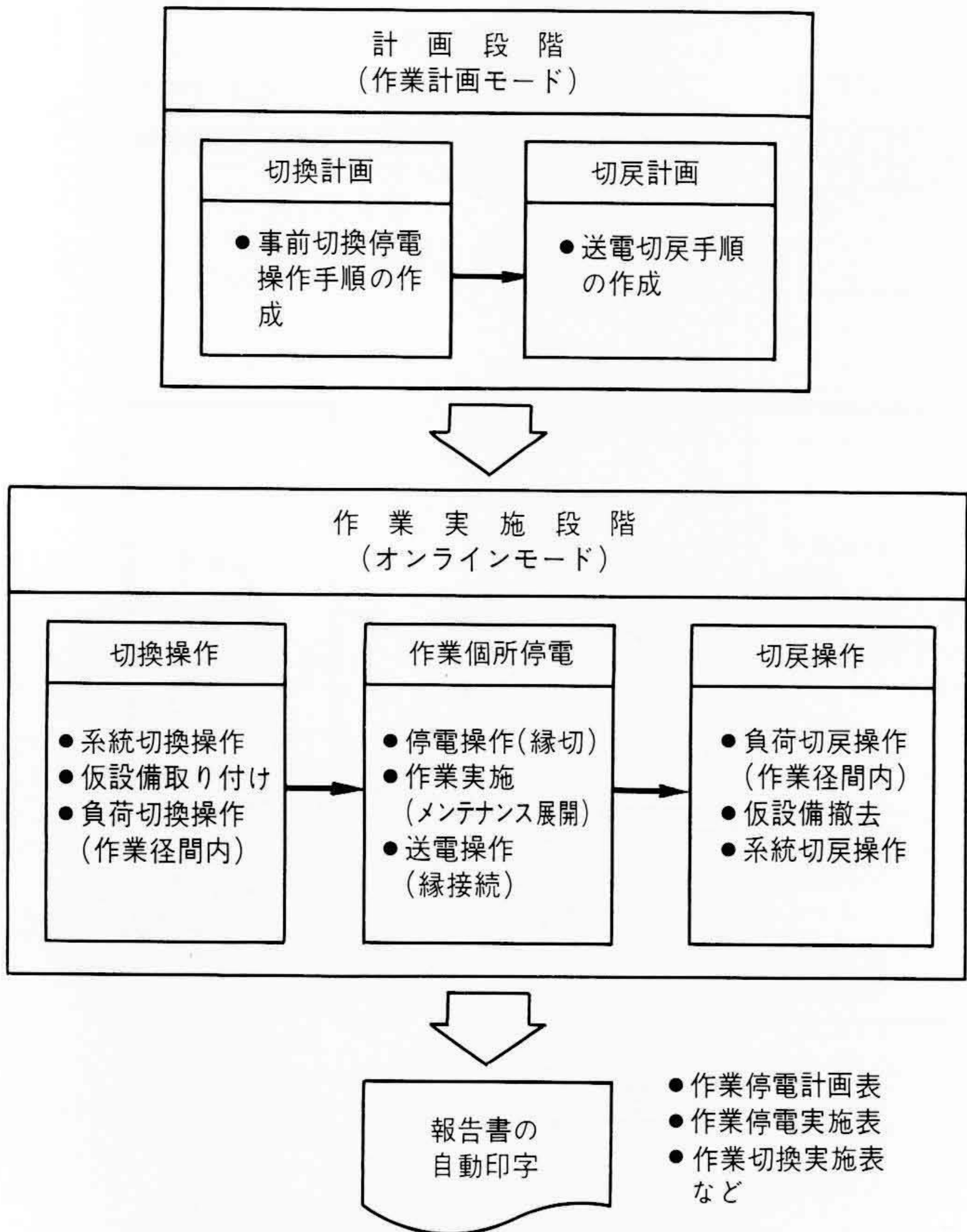
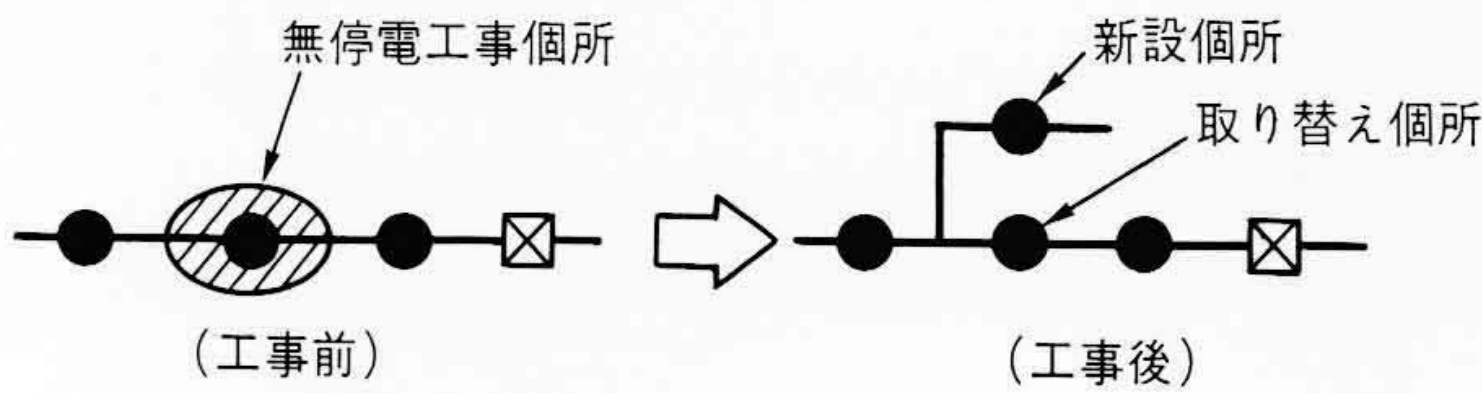


図7 無停電作業計画の処理 作業計画の段取りは計画段階と作業実施段階から成る。各段階で当該作業直前の配電系統を作成して、操作手順の模擬実行によって安全性が確認できる。



内 容		系統状態の変化	手順処理
切 換 操 作	系統切換 操作		① SW4入 ② SW3切 ③ 仮設備取り付け
	負荷切換 操作		④ 負荷切換 ⑤ S1入 ⑥ J2開放 ⑦ SW2切 ⑧ J1開放
切 戻 操 作	作業終了		⑨ メンテナンス展開 ⑩ J1接続 ⑪ J2接続 ⑫ 負荷切戻 ⑬ S1切
	系統切戻 操作		⑭ 仮設備撤去 ⑮ SW5入 ⑯ SW2入 ⑰ SW3入 ⑱ SW4切

注：記号など説明 J1, J2 (縁開放箇所) ○ (線路用開閉器)
S1 (工所用開閉器) □ (連係用開閉器)
● (電柱) 塗りつぶし箇所は「入」状態を示す。
← (負荷融通操作範囲) ~~~~~ (工所用ケーブル)

図8 無停電作業計画による操作手順実施例 無停電作業計画は、作業区間の需要家に対して無停電で工事するための一連の操作手順を作成し、実行する。

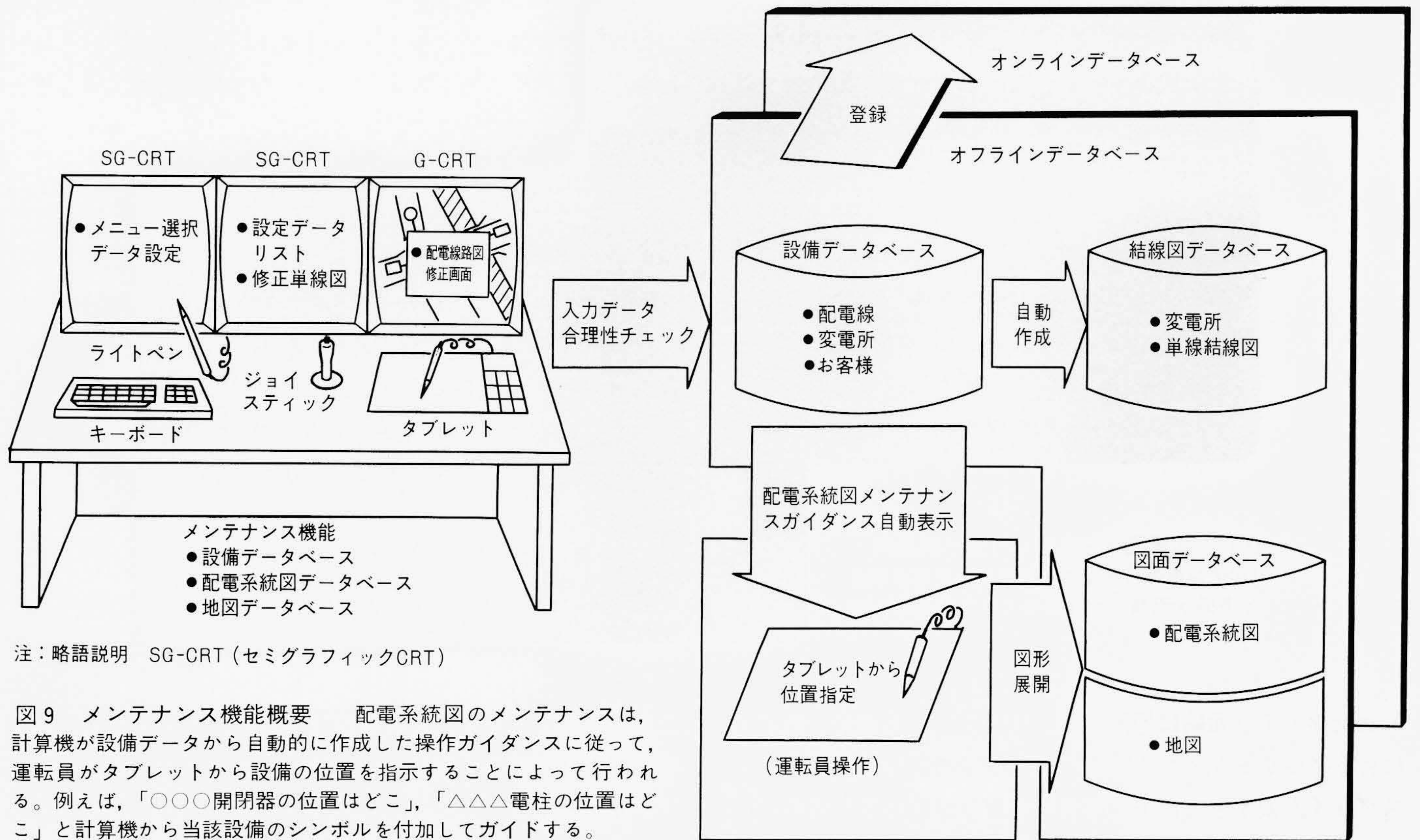


図9 メンテナンス機能概要 配電系統図のメンテナンスは、計算機が設備データから自動的に作成した操作ガイダンスに従って、運転員がタブレットから設備の位置を指示することによって行われる。例えば、「○○○開閉器の位置はどこ」、「△△△電柱の位置はどこ」と計算機から当該設備のシンボルを付加してガイドする。

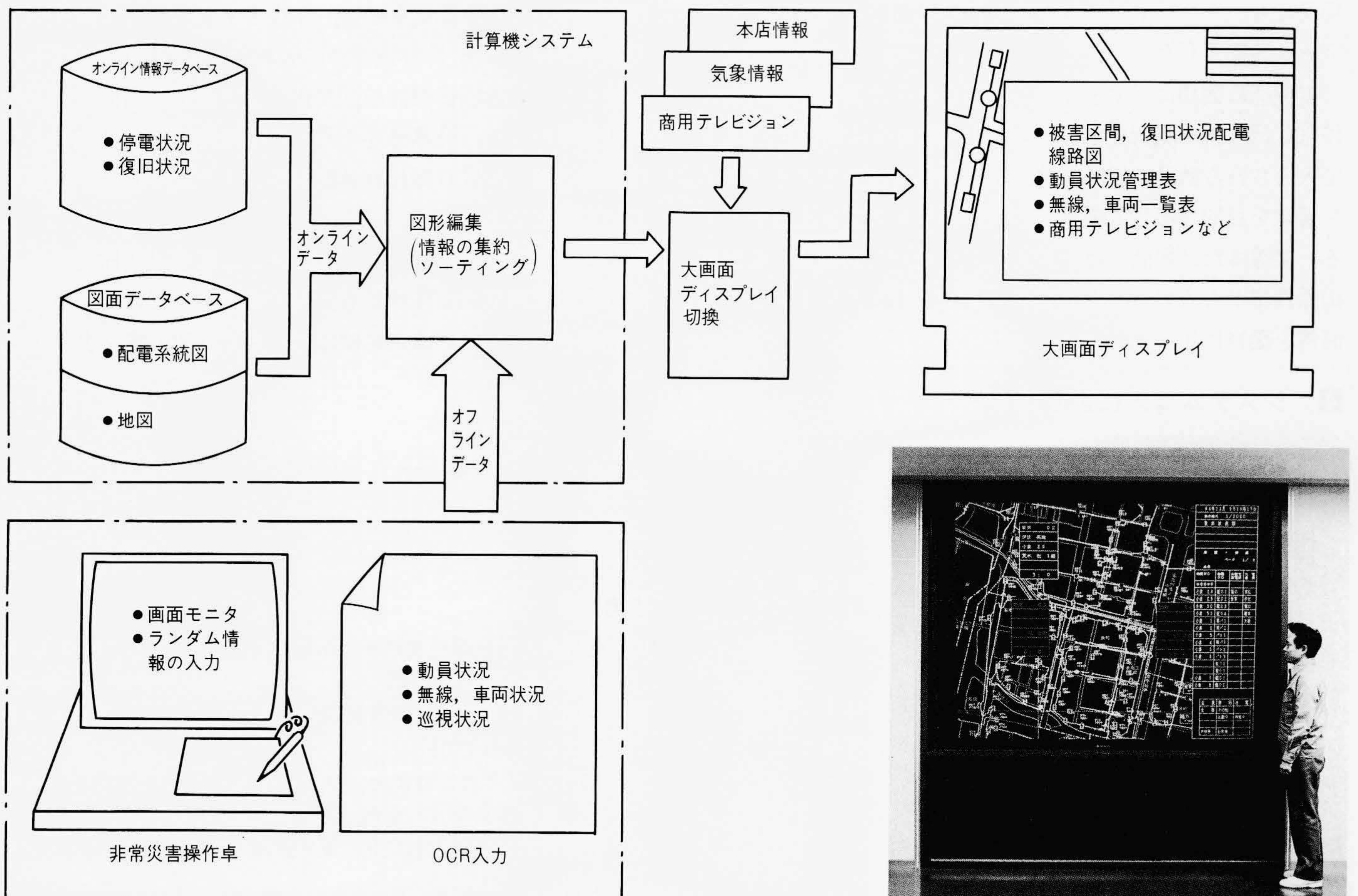


図10 非常災害復旧支援機能概要 地図利用配電系統図上に停電範囲、被害状況などを重ねて大画面ディスプレイに表示することによって、関係者が同時に状況を把握することができる。



図11 大画面ディスプレイ表示画面例
110インチの大画面に、地図利用配電系統図と復旧状況情報が重ね合わせて表示されている。

員状況などを一元的に把握して、復旧指示を迅速かつ効率的に行う必要がある。このため、110インチの高精細大画面ディスプレイを使用し、復旧工事責任者および関係者が同時に同一情報を把握することによって、迅速かつ効率的に復旧支援ができるようにした。高精細大画面ディスプレイは、明るい場所でもハイコントラストが得られる背面投写方式のディスプレイ装置とした。

本機能は図10に示すように、運用自動化計算機システムの停電状況、復旧状況などのオンライン配電系統情報と、OCRで入力される動員状況、無線、車両設備状況などのオフライン情報を目的に応じて編集し、大画面ディスプレイに表示する。無線または電話でランダムに寄せられる情報も、災害復旧操作卓から入力し、大画面ディスプレイに表示される。画面例を図11に示す。

4 システム導入による効果

- 計算機システム導入による効果として、
- (1) 事故時での停電時間を大幅に削減する。
(停電時間：1.0～1.5時間→3～15分)
 - (2) 全配電系統状態把握により安全に配電系統を運用する。
 - (3) 線路用開閉器の遠隔制御によって現場作業を大幅に削減する。
 - (4) 配電系統運用業務を機械化によって効率化する。
- が挙げられ、供給信頼度の向上だけでなくお客様サービス向上にも大きく寄与できるものと考える。

5 結 言

以上、配電自動化の計算機システムの主要機能について述べた。配電系統は、送電系統に比べて対象設備が膨大であり、

これを効率よく安全に監視制御するために本システムは地図利用配電経路図表示機能、メンテナンス機能、大画面ディスプレイの適用などマンマシンおよびメンテナンス機能などの充実を図っている。本システムは、九州電力株式会社小倉営業所ほか7か所に導入され順調に稼動中である。お客様に直接結びついている配電系統は、今後ますます供給信頼度向上の要求が強くなり、計算機制御に依存する度合いが高くなる。今後とも、自動制御機能の高度化および設備計画機能などの機能拡張のほか、計算機システムの増強検討を含めて、より信頼性の高い配電自動化計算機制御システムの開発を推進していく考えである。

本システムの開発に当たっては、ニシム電子工業株式会社、株式会社正興電機製作所にも共同で参画いただいた。多大なご指導をいただいた関係各位に対し深く感謝の意を表す次第である。

参考文献

- 1) 配電線自動化専門委員会：配電自動化方式，電気共同研究，第36巻5号(昭55年12月)
- 2) 今村，外：配電系統の負荷融通計算アルゴリズム，電気学会全国大会(昭63年3月)
- 3) JATEC日本技術経済センター：配電自動化システムの実用化，構築システムの事例，新技術開発(昭63年7月)
- 4) 電気評論社：配電自動化，電気評論，第73巻，第8号(昭63年8月)
- 5) 電気学会：電力分野における自動化技術の最近の動向，電気学会雑誌，108巻，9号(昭63-8)