

東京電力株式会社大島給電所向け

設備総合自動化用給電システム

New Total Computer System for Dispatching Station of Tokyo Electric Power Co.,Inc.

我が国の経済発展に伴う電力需要は、増加傾向から安定期に入り、近年では、供給信頼度とサービスの向上に対する社会的要請が強くなってきている。このような経緯の中で制御用計算機による自動化システムは、業務効率向上、省力化を主眼として、給電、発電、配電の各部門で進展を遂げてきた。これまでの自動化システムの運用経験と、大形化、高速化、高信頼化を中心とする計算機技術の発展を生かし、今回、東京電力株式会社では、地方供給系統を対象とした設備総合自動化システムの開発を行った。

その一環として、東京電力株式会社大島給電所に日立制御用計算機HIDIC V90/50を中核とした給電自動化システムが納入され運用を開始した。本システムは、デュアル運転による信頼性確保のほか、平常時・事故時での系統操作、試験・訓練機能など、一段と重要な任務を担った多くの自動化機能を持っている。

加藤正則*	Masanori Katô
飯塚 茂*	Shigeru Iizuka
井上 汎**	Hiroshi Inoue
塩永凱夫**	Yoshio Shionaga
高津正雄***	Masao Takatsu
方 守****	Mamoru Kata

1 緒 言

東京電力株式会社では、昭和40年代から、電力系統の自動化を給電・発電・配電の各部門で積極的に推進してきた¹⁾。これらの自動化は、その時代のニーズに対応したものであったが、電力系統のふくそう(輻湊)化と計算機技術の進展があいまって、自動化機能の高度化ニーズは年々高まりの様相を呈するようになってきた。

このような背景のもと、東京電力株式会社では地方供給系統の運用をつかさどる関係部門が一体となり、よりいっそうの供給信頼度と需要家サービスの向上、及び電力系統設備の高効率運用を目指した設備総合自動化システムを開発した。日立製作所では、店所給電自動化システムを共同研究を通して開発し、このたび東京電力株式会社大島給電所に実証試験装置を製作納入し、運用を開始した。

本システムはハイラーキ構成をなす地方供給系統の運用のうち店所給電所業務の自動化にかかわるもので、HIDIC V90/50の2台系システムを2系列化した高信頼度システムとして実現したものである。

総合自動化システムの主要テーマは以下のとおりである。

- (1) 系統運用(平常時・事故時)での指令と操作の一体化
- (2) マンマシン機能を主とした処理業務及び系統運用の標準化
- (3) 系統事故時での自動復旧論理の開発と関連部門への迅速・的確な情報提供
- (4) 店所給電所と総合制御所間で関係をとった設備データメンテナンス方式の確立

- (5) システムの信頼度を損なわない運転下での試験・訓練シミュレーション機能の開発
- (6) 上記を包含した通信ネットワークの形成と系統運用情報の情報処理方式の統一

2 システムの概要

設備総合自動化システムは図1に示すように店所給電所が担当する電力系統の運用を総合自動化するもので275kV, 154kV, 66kV, 22kV, 6.6kV系統を対象としたものである。

系統運用はハイラーキ構成に配置された各レベルの制御用計算機システムが機能分担し、相互関係を取りながら実施する。店所給電所と総合制御所、支社・営業所のデータ伝送はパケット交換方式によるものとし、店所給電所へも専用のDX(データ集配信装置)を、伝送網の制御用に導入した。

2.1 店所給電所システムの構成

店所給電所システムの構成を図2に示す。本システムは2台のCRT(Cathode Ray Tube)を配置した指令台4台を、マンマシン中核装置(図3)としており次の特長を持っている。

- (1) 系統運用情報の集配信機能をつかさどるDXとの結合部に、高速データ伝送装置(HDIF: High Speed Data Link Interface)を開発導入した。多数の伝送回線(9,600bps)により給電所へ収集された系統情報を、DXにて1MbpsのHDIF回線1ルートにませ換える。DXとの結合の本装置は、光ケーブルを伝送路として相互に二重化し、高速・大量の情報入出力を可能にした。これにより、電力系統設備情報の増加に対し、

* 東京電力株式会社開発研究所 ** 日立製作所大みか工場 *** 日立製作所電力事業本部 **** 株式会社日立コントロールシステムズ

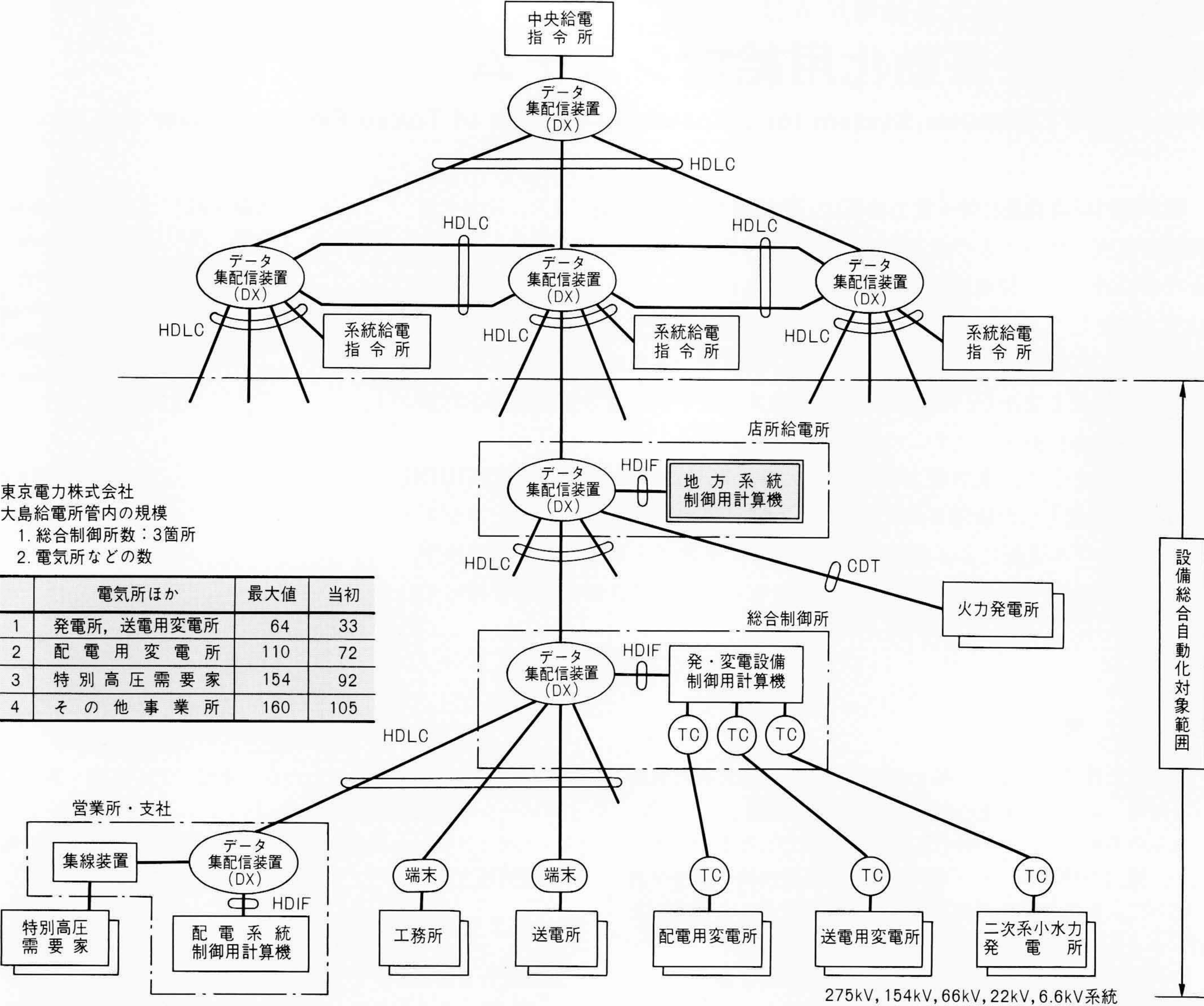


図1 設備総合自動化全体構成 中央給電指令所, 系統給電指令所は, 基幹系統運用をつかさどる。今回の設備総合自動化は地方供給系統を対象としており, 店所給電所以下が該当する。

ハードウェアの増設が不要となり, システムの拡張性がより容易となった。

- (2) 漢字プリンタ, 漢字CRT, OCR(光学式文字読取り装置), 音声出力装置など, 最新の入出力装置を採用することによって, 従来システムに比べ操作性の向上を図ったシステムとした。
- (3) 信頼性確保のため主要ハードウェアはすべて二重化構成をとり, 電力系統の監視制御にかかわる計算機の重要処理業務についてはデュアル処理を基本とした。

2.2 店所給電所システムの機能概要

店所給電所での系統運用業務の基本は, 時々刻々変動する電力系統の状況を的確に把握し, 状況の変化に対しては総合制御所に適切な指示を与えるとともに, 電力供給諸設備(送電線, 変圧器, 開閉器など)の保守・点検作業などを, 供給信頼度を損なうことなく, 立案・実行することにある。今回自動化した機能概要を表1に示す。

設備総合自動化システムでは, これまでの系統監視, 記録統計, 運用計算, 平常時系統操作機能の高度化のほかに, 電

力系統設備の高効率運用と需要家サービスの向上を目的とした, 停止計画・平常時操作業務及び事故時での対応業務の自動化を図っている。

3 主な開発機能の内容と特長

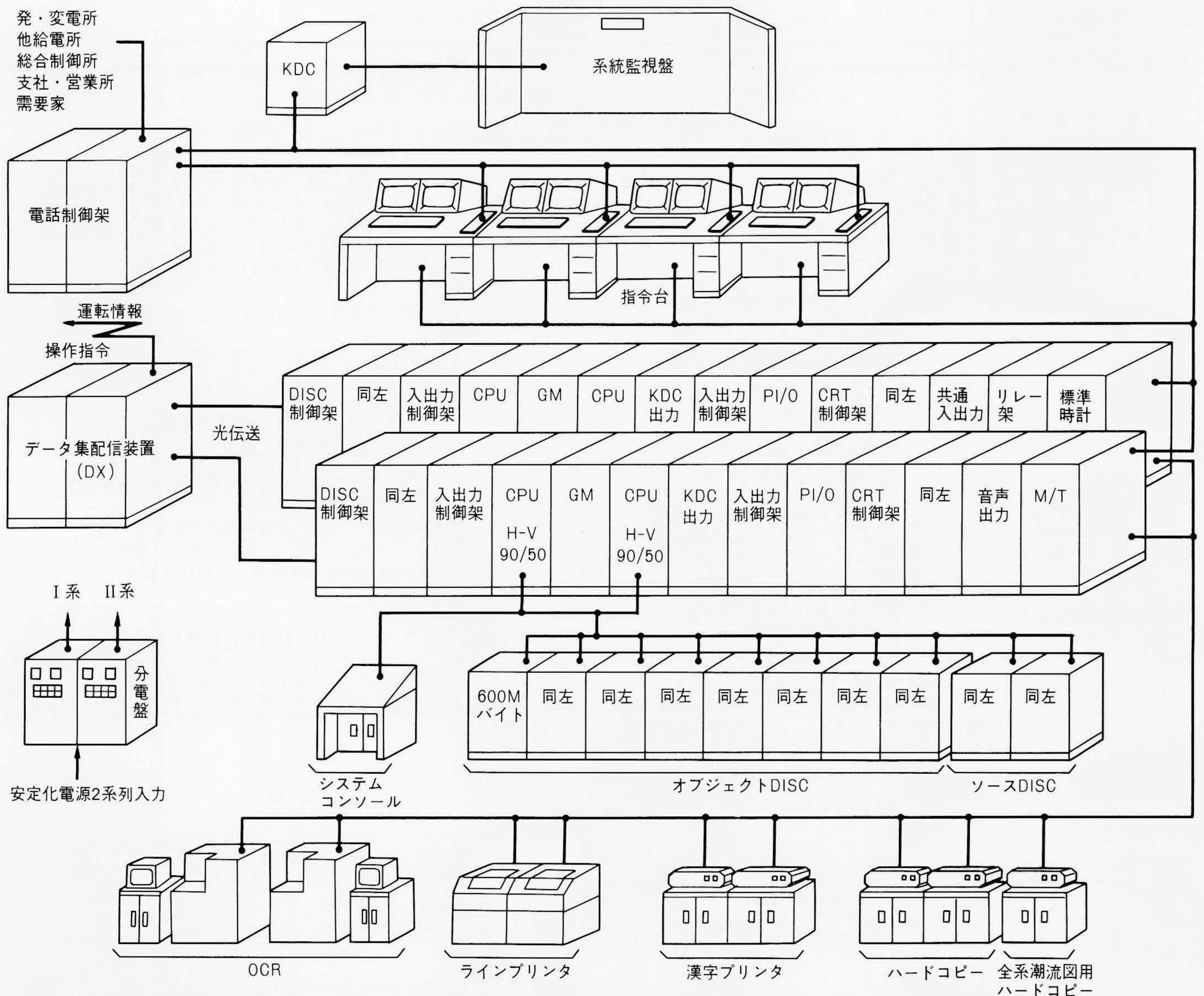
本自動化システムは地方供給系統の総合運用を目指したもので, 系統操作をはじめとして種々の新規開発機能が盛り込まれている。以下, その主な業務処理機能の内容と高信頼度システムの実現手法について述べる。

3.1 系統操作

系統運用の目的は良質の電力を効率的かつ高信頼度で需要家に供給することであり, そのための系統操作とは, 電力系統の様々な事態に対して行われる電力流通経路上の開閉器の操作であり, 大別して平常時と事故時の二つに分類される。

3.1.1 平常時系統操作

平常時での系統操作の自動化業務の流れは図4に示すように電力系統設備の保守・点検作業などによる停止計画業務か



注：略語説明 DISC(磁気ディスク装置), OCR(光学式文字読取り装置), CRT(ディスプレイ装置), KDC(系統盤駆動装置), PI/O(プロセス入出力装置), GM(グローバルメモリ), M/T(磁気テープ装置)
 図2 店所給電所システムの構成 2台系のロードシェアシステムを2系列化し、系列間でデュアル運転を行うことを基本方式とした高信頼度システムを実現している。



図3 東京電力株式会社大島給電所指令室 同一機能の指令台が4卓並んでいる。系統盤，気象情報表示盤は計算機により駆動されている。

表1 店所給電所システムの機能概要 給電システムの自動化業務名と、その自動処理内容を示す。

No.	業 務	自動化項目	概 要
1	系 統 監 視	潮 流 監 視	有効潮流の運用目標値、連続許容値を監視。異常発生、復旧はCRT系統図で表示。
		電 圧 監 視	母線電圧の許容範囲について監視。異常発生、復旧はCRT系統図に表示。
		系 統 状 態 変 化 の 監 視	系統状態(CB, LSなど)の変化を監視。充停電状態を識別し、CRT系統図に表示。
		事 故 監 視	事故を検出し、CRTに系統図、事故内容表示。CB, RYの動作状況から事故設備判定。
2	記 録 統 計	記 録 の 保 存	系統の計測値、操作内容、系統構成の保存。保存期間別(長, 中, 短期)及び件数指定でファイル。
		編 集 資 料	保存ファイルを編集し、CRT表示及び帳票印字(潮流電圧実績, 停止実績, 事故原簿記録など)。
3	停 止 計 画	計 画 表 の 作 成	予定停止作業(内容, 月・日)の登録(OCR入力)運用者により、停止計画表を会話形編集。
		決 定 通 知 の 伝 達	決定済み予定停止作業を関連機関(総合制御所, 工務所, 送電所など)へ自動伝達。
4	平 常 時 操 作	操 作 件 名 登 録	決定済み停止件名を関連件名で集約し、操作件名(操作手順表の一単位)に編集・登録。
		操 作 手 順 表 の 作 成	操作内容に応じ、手順表を作成(3方式) ●論理生成方式：標準操作可能な手順表一定の規則で計算機が自動作成。 ●手動設定方式：CRTによる会話方式。 ●ファイル方式：上記2方式の操作手順をファイル保存し、該当分だけ再利用。
		操 作 の 模 擬 演 習	作成済み手順表を、CRT系統図上で模擬操作(操作手順表の事前チェック)。
		手 順 表 の 伝 達	作成済み手順表を、事前に当該総合制御所へ自動伝達。
5	事 故 時 復 旧 操 作	操 作 指 令 の 実 行	操作手順表とオンライン系統情報を基に、総合制御所などと給電指令の送受を実施。
		給 電 再 送 電	事故検出後、再送電対象送電線があれば、再送電指令を総合制御所へ伝達。
		復 旧 手 順 の 作 成	復旧操作の給電指令手順の自動作成・表示(事故設備切離し, 停電設備の復旧操作)。
6	そ の 他 操 作	復 旧 指 令 の 実 行	系統状態をCRTへ表示、確認しながら、給電指令を総合制御所へ伝達し、系統の復旧を実施。
		緊 急 時 操 作	緊急時対応として、1操作1指令方式により手順表の作成・実行を行う。
7	系 統 事 故 情 報 の 自 動 通 報	効 率 停 止 操 作	高効率運用のため、軽負荷時間帯の稼働停止及び負荷立上り時の使用操作の自動生成・実行。
			系統事故情報(事故, 停電検出から復旧操作終了まで)を総合制御所, 工務所などへ通報。
8	運 用 計 算	運 用 計 画 計 算	オンライン系統状態をベースとした運用計算(潮流計算, 短絡容量計算……CRT会話形)。
		最 適 系 統 構 成 計 算	任意系統対象の計算も可能(OCR入力)。
9	設 備 デ ー タ メ ン テ ナ ンス	運 送 損 失 最 小 と なる 系 統 構 成 計 算	送電損失最小となる系統構成計算。
		設 備 デ ー タ の 登 録	電力系統の諸設備をデータベースとして「ソース」ファイル登録、目的別に整理して印字。
10	試 験 訓 練	デ ー タ ベ ー ス の 生 成	「ソース」ファイルに登録したデータベースを、「オブジェクト」ファイルへ展開。
		設 備 デ ー タ メ ン テ ナ ンス 実 施 後, オ フ ラ イ ン で 設 備 デ ー タ の 妥 当 性 を チェック (オンライン業務処理継続)。	設備データメンテナンス実施後, オフラインで設備データの妥当性をチェック(オンライン業務処理継続)。
		オ フ ラ イ ン で, 平 常 時 ・ 事 故 時 の 給 電 指 令 手 順 の 作 成 ・ 指 令 実 行 を 模 擬 的 に 行 う (オンライン同上)。	オフラインで, 平常時・事故時の給電指令手順の作成・指令実行を模擬的に行う(オンライン同上)。

注：略語説明 CB(遮断器), LS(線路開閉器), RY(保護リレー)

ら始まり、当該設備の停止・使用手順の作成及び実行から、計画と実績の集計処理に至る。

この一連の業務での操作指令手順表(以下、単に手順表と略す。)の自動作成・実行機能は、運用者の負担を軽減することになり、安全性の向上と労務環境の改善に大きく寄与するものであり、以下の特長を持っている。

- (1) 手順表の作成はアルゴリズムによる論理生成方式を基本とし、いったん作成された手順表はファイルに登録され、以降同様の系統操作に対しては、優先的に適用されるため、実績のある手順による操作が可能となり、安全性を高めている(論理生成方式による手順表の作成例を図5に示す)。
- (2) 店所給電所で作成する手順表は「××線を使用する。」といった「目的」とする「操作」を表す目的指令用語による給電指令方式を原則とする。作成された手順表の伝達時には目的指令用語のほかに当該操作による具体的操作対象機器の状態を付加することによって、総合制御所が、指令受信内容について設備と指令用語の組合せ、操作対象機器、系統状態などの実行前チェックを行えるようにした、「操作と指令の一体化方式」を採用した。
- (3) 手順表による実系統操作の実行は1指令台当たり6手順表、4指令台で24手順表の並列操作が可能である。

3.1.2 事故時系統操作

電力系統に事故が発生した場合、保護リレーが動作し、数秒～十数秒後には事故後の状態で系統は安定状態となる。この安定状態を初期条件として、事故によって停電した系統を復旧させることを目的とした事故時自動復旧操作方式を開発した。

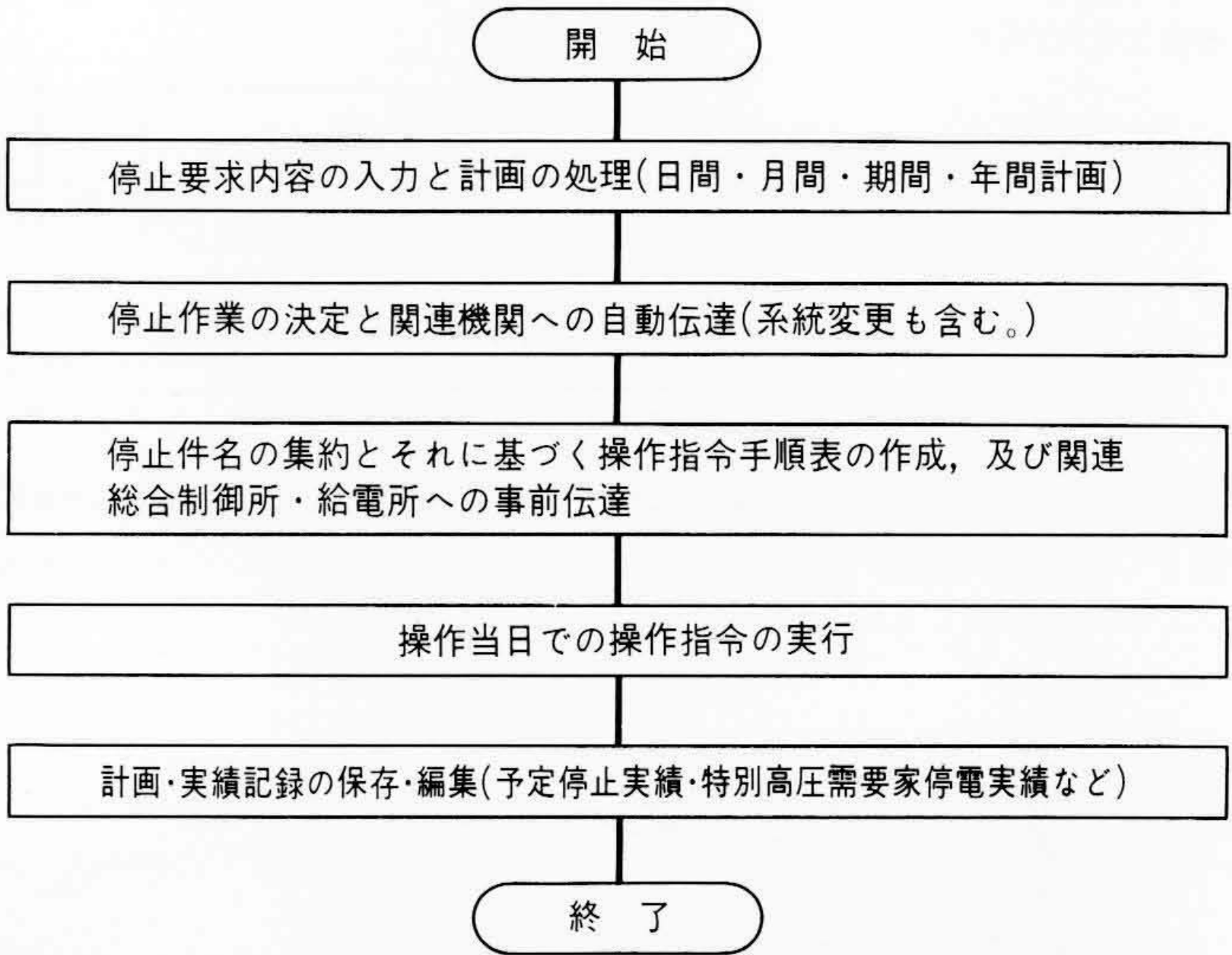


図4 平常時系統操作自動化業務の流れ OCRシートなどよりの停止要求入力から停止決定をし、操作指令手順の作成・実行までを自動化対象としている。

図6に、給電所と総合制御所が連携して復旧操作を行う例を示す。給電所で復旧操作指令手順表を作成し、総合制御所では給電所からの指令に基づいて系統操作を実施している。給電所で行う復旧手順表の自動作成機能は、潮流計算によって復旧後の予想潮流分布を算出し、潮流ネックを生じない復旧後の系統形態を求めた後、事故後の系統を復旧後の形態にするための手順を作成する方式とし、系統の安全操作を図るものとした。系統復旧論理の基本的考え方は次に述べるとおりである²⁾。

- (1) 負荷変動予測に対し過負荷を発生させないように復旧さ

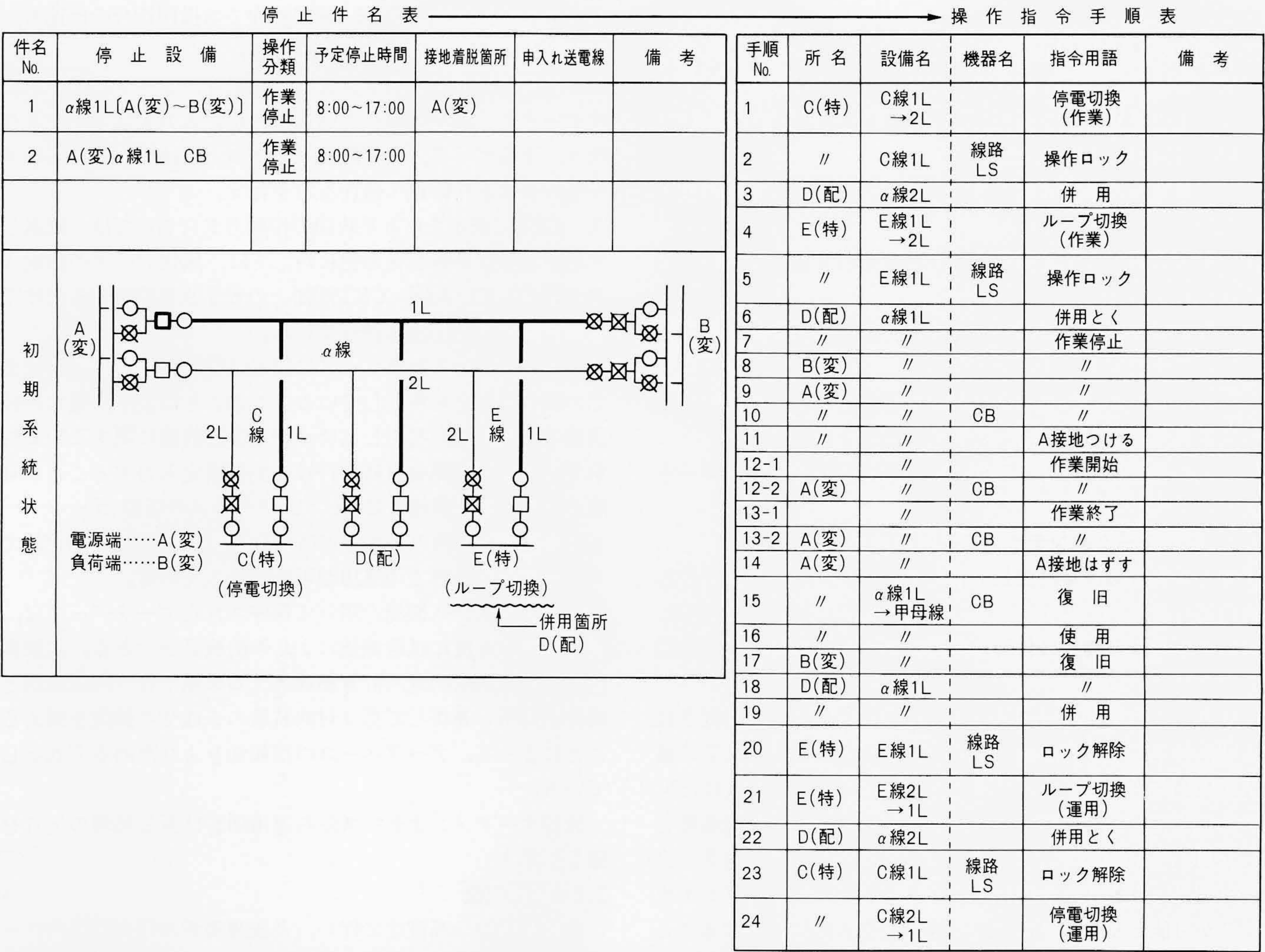


図5 論理生成方式による系統操作指令手順表の作成例 目的指令用語を用いた手順表の作成を基本としている大島給電所システムでは、全系統設備に対し論理生成方式の適用が可能である。

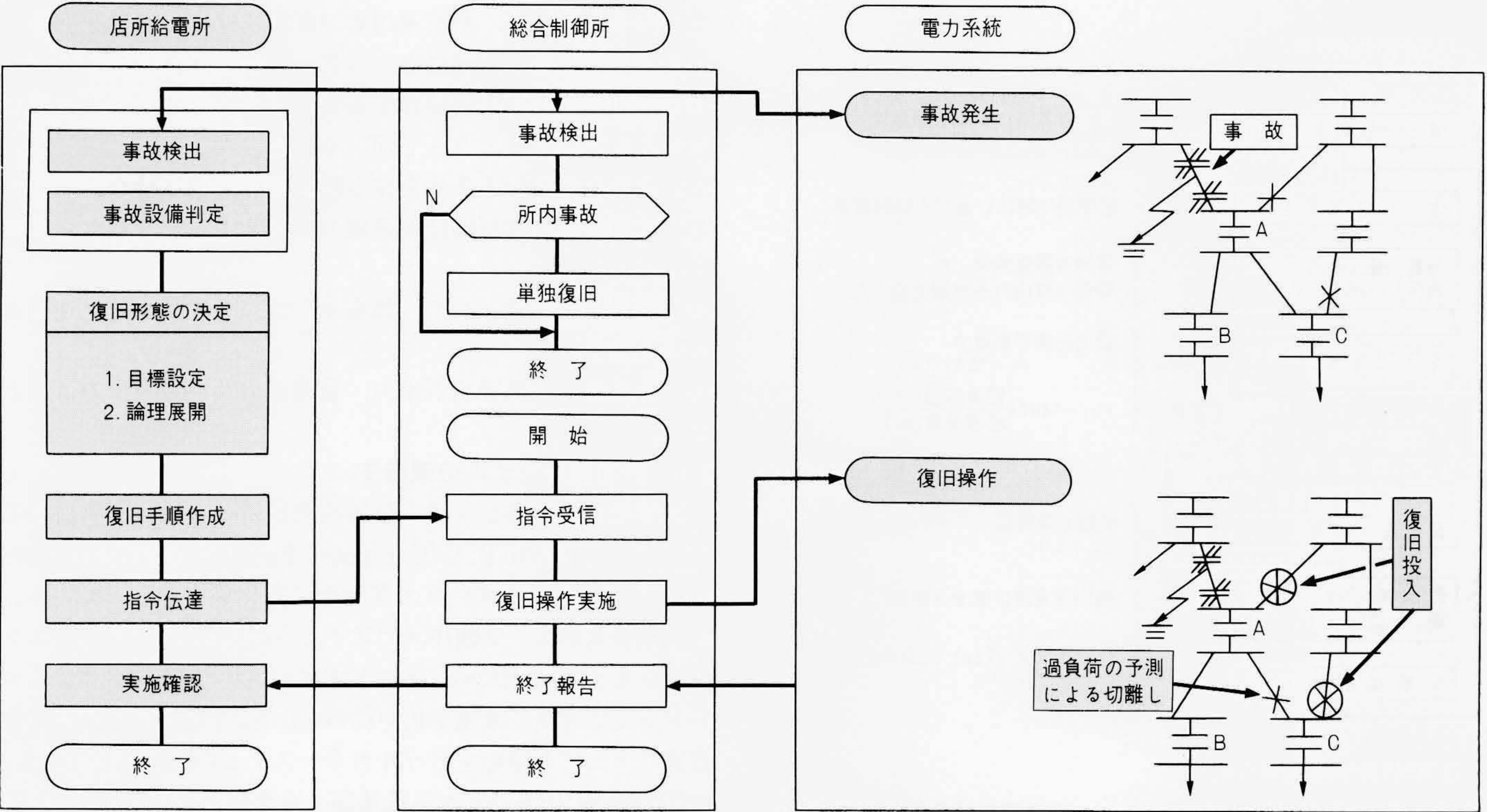


図6 事故時自動復旧方式 店所給電所と総合制御所が連携して、系統復旧操作を実施する例を示す。

- せる。
- (2) 復旧の優先順位は下記とする
 - (a) 事故前の系統により近い形態へ復旧させる。
 - (b) 上位電圧階級を優先的に復旧させる(対象電圧階級275kV, 154kV, 66kV, 22kV)。
 - (c) 変電所の停電母線の復旧を優先, 次いで送電線の復旧を行う。
 - (3) 事故設備への加電操作, 及び事故前後共健全な系統の操作は行わない。
 - (4) 復旧操作指令手順表は, 平常時操作と同様目的指令用語を用いて作成する。
 - (5) 復旧後の系統形態は系統が放射状となるように復旧し, 事故設備修復後の原系統への切戻し操作を容易にする。

以上の基本的考え方に基づいた, 系統復旧論理のフローを図7に示す。

3.2 設備データメンテナンスと試験機能

電力系統設備は年々成長変化しているが, これに伴う計算機内部の設備データベースを, 系統の変更に対応して更新していくことは自動化に付帯した運用者の行う業務として位置づけされている。

従来, この設備データメンテナンスはメーカーに委託される場合が多く, そのため, 保守の方法及びソフトウェアの構成は業務処理ソフトウェア構造を意識した傾向が見られた³⁾。

今回開発した設備データメンテナンス方式は, OCR装置と漢字CRT装置の採用によって, 電力設備用語を用いたデータの記述法と計算機との対話方式による設備データのメンテナンスが可能となり, マンマシン操作性を大幅に向上することができた。その機能の主な特長は以下に述べるとおりである。

- (1) 電力系統設備は図8に示すように4階層のキーコード体

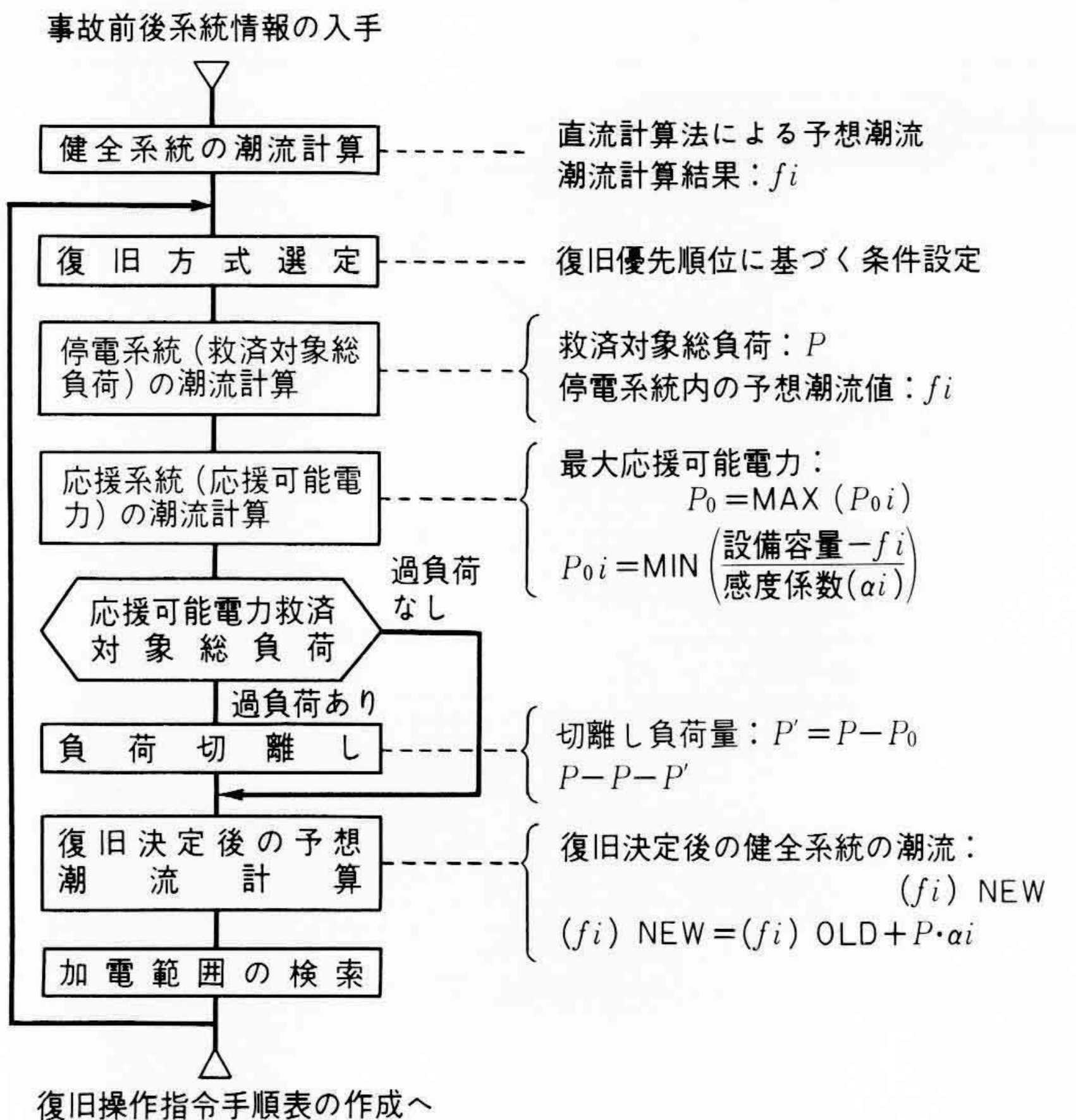


図7 系統復旧論理の概略フロー 系統復旧論理の概略フローを示す。

系ですべてを分類している(系統操作での操作指令の伝達も, 基本的には本コード体系で実施する)。

- (2) 設備データメンテナンスは, 前記キーコードに対する属性データを, 順次判明しているものから入力することにより行う。不足データ, 不合理データについては計算機からのメッセージにより修正・追加などを行う。

- (3) CRTに表示される系統図の作画方式については, 繰返し使用が可能な系統設備形態に対しては, 属性データの設定入力が完了していれば, CRT画面上の表示点を指示するだけで自動作画できる機能を持っている。

- (4) メンテナンス対象データの設定は現時点から10断面先までの設定入力を可能としている。このことにより, 電力系統設備の拡充計画が判明した時点で, 当該設備に関する変更対象データに運用開始日時を付けて先行設定入力することが可能となり, 運用開始当日にはデータベースの切替(データベースは現運用と将来の至近時点用の2面構成としている)だけでスムーズな新系統での運用が可能になっている。

- (5) メンテナンス機能を用いて保守されたデータベースは, 運用に供する前に試験機能により事前検証ができる。試験機能は, 更に店所給電所計算機システム単独で行う内部試験と総合制御所と連係して行う対向試験の二通りの機能を備えることによって, データベースの信頼性をより高める方式としている。

設備データメンテナンスから運用切替に至る処理の流れを図9に示す。

3.3 訓練機能

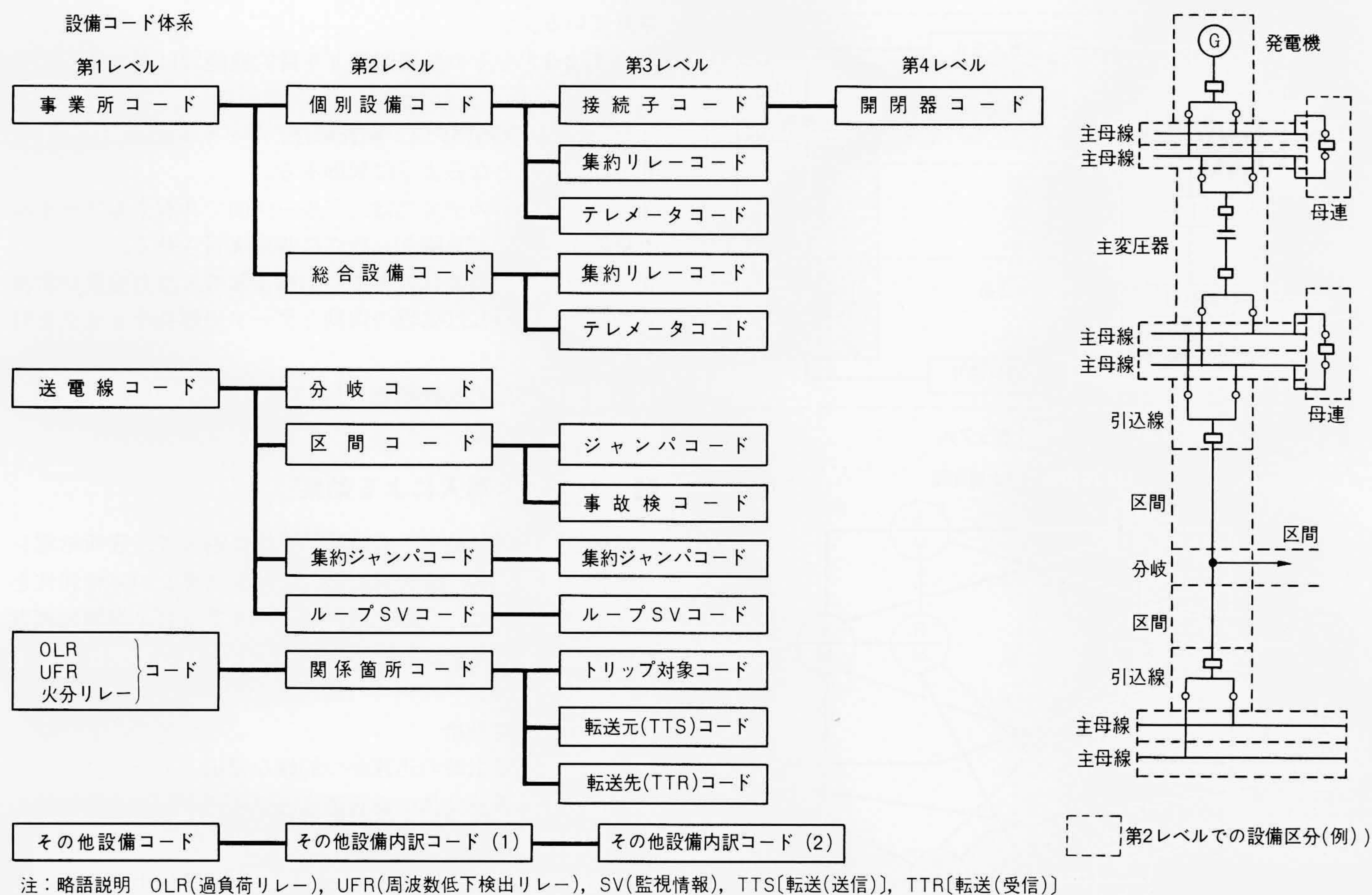
自動化機能の高度化に伴い, 系統運用者が電力系統のひっ迫した場面に遭遇した場合でも, 本システムの機能を十分使いこなせるように, 系統操作の訓練機能を開発した。実系統の運用と並行して実行される機能のため, 臨場感を味わう上での制限を伴うが, 系統運用者の育成には十分有効な内容である。訓練機能の開発に当たって, 下記を配慮した。

- (1) 訓練機能実施時に動作するプログラムはオンライン時に稼動するプログラムと全く同一ものとした。
- (2) 訓練を実施する条件を作る設定機能を別に持つ。
- (3) 訓練機能の実行時は実系統のダイナミックな動きを模擬する。
- (4) 訓練用指令台として, 指令台(1台)をオンライン運転から切り離す。
- (5) 系統盤への訓練状況出力, 警報出力及び音声出力は行わない。

3.4 計算機システムの運転モード

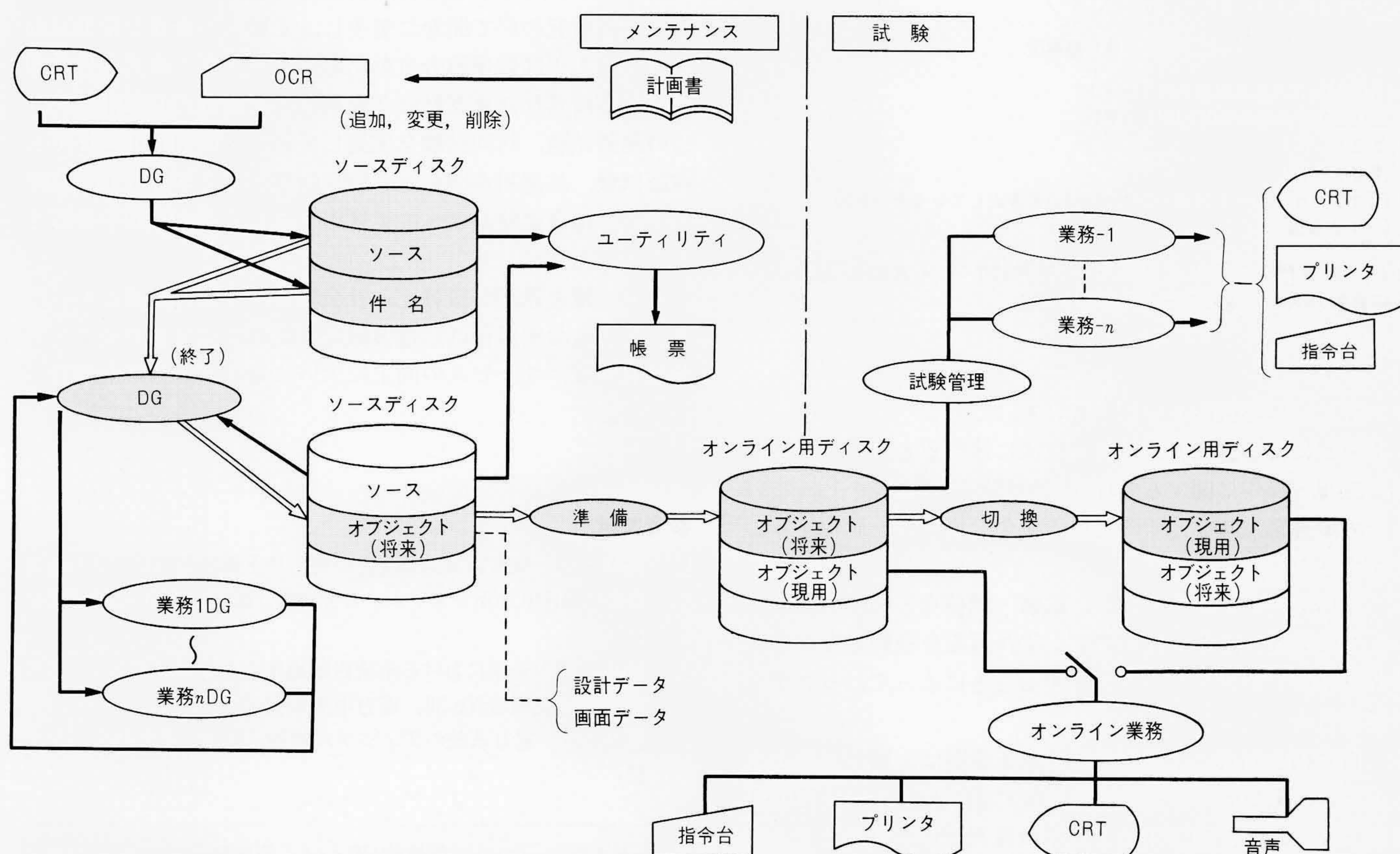
設備総合自動化システムは店所給電所から総合制御所までを含めた広義のCBSC (Computer Based Supervisory Control) 方式となり, すべての装置が二重化構成をとっている。給電所システムでは図10(a)に示すように, FEP(フロントエンドプロセッサ)とHOST(ホストプロセッサ)が密結合によるロードシェア方式で業務分担を行いながら, I系とII系が疎結合方式でデュアル運転を行う4台系システムの構成としている。

FEPはHDIFを介した系統情報の送受信とリアルタイム情報の監視制御を分担し, HOSTは論理判断・演算処理機能及び



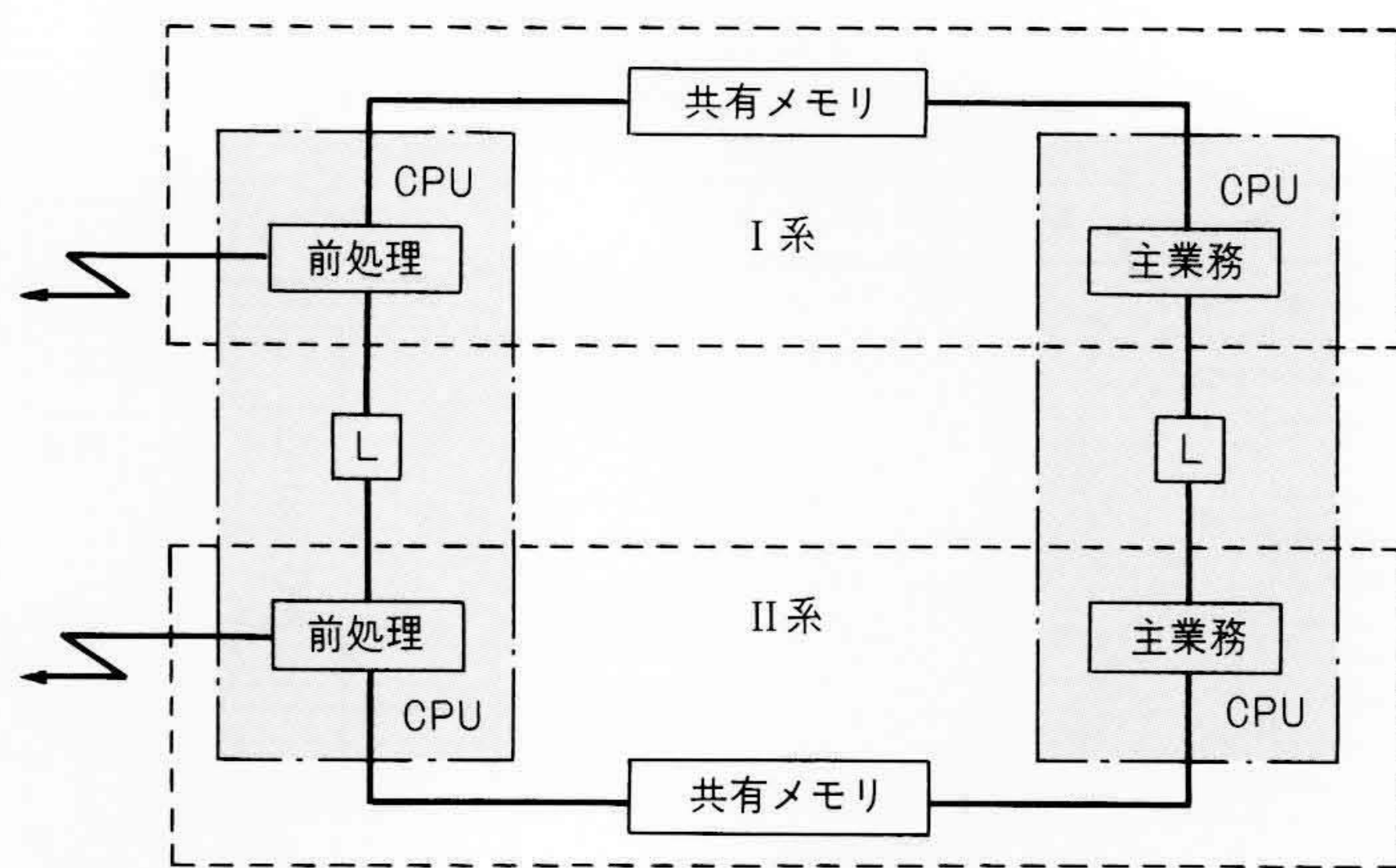
注：略語説明 OLR(過負荷リレー)，UFR(周波数低下検出リレー)，SV(監視情報)，TTS[転送(送信)]，TTR[転送(受信)]

図8 設備コード体系と設備区分例



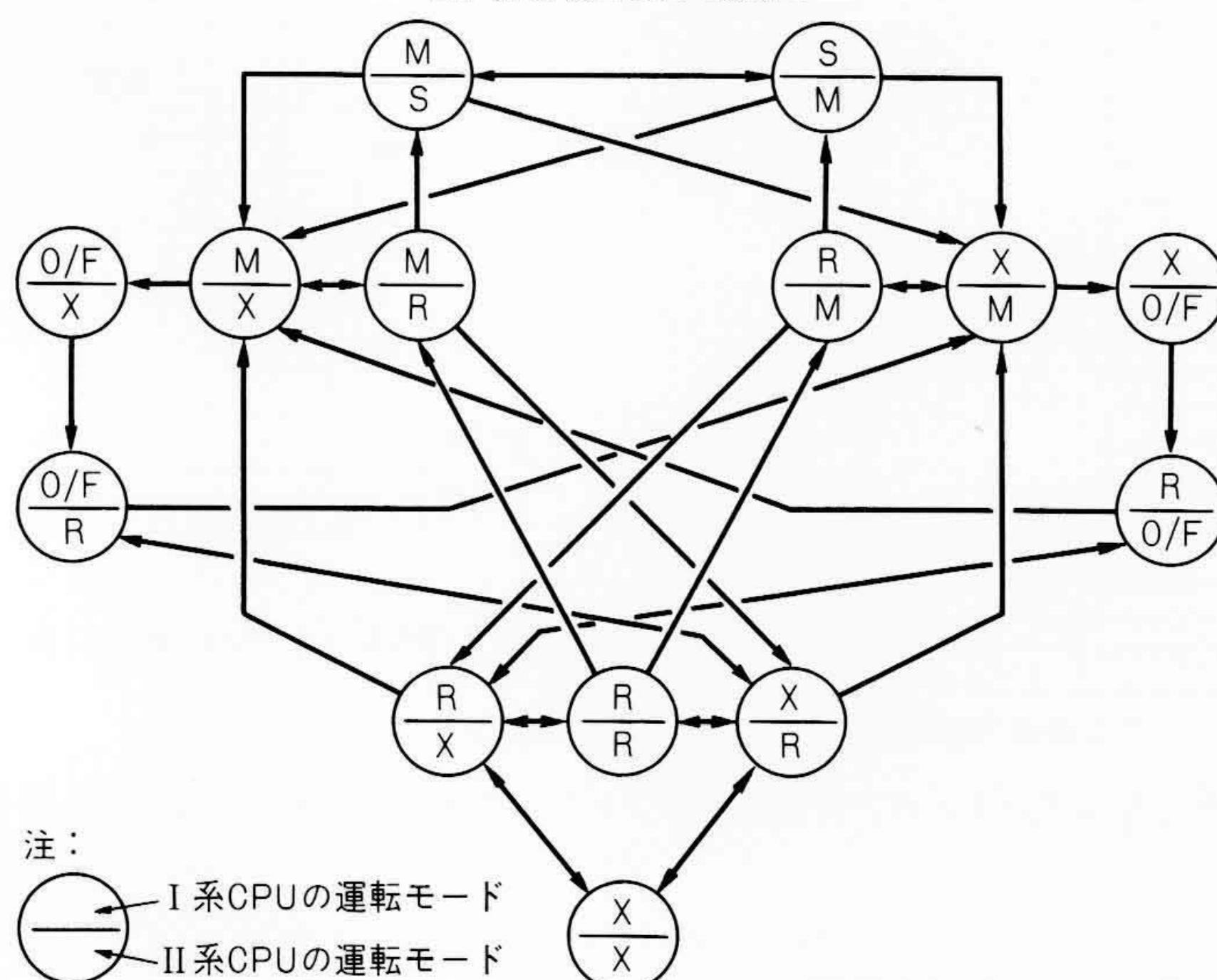
注：略語説明 DG(設備データメンテナンスソフトウェア)，業務1DG～業務 n DG(各業務個別メンテナンスソフトウェア)，業務-1～業務- n (各業務用プログラム)

図9 設備データメンテナンス機能と試験機能の構造 設備データの入力から、試験までの一連の構造を示す。



注：[---] ロードシェア，[] デュアル

(a) 計算機の基本構成図



注：
 (M) I系CPUの運転モード
 (S) II系CPUの運転モード

(b) 遷移図

M(主従運転での主系業務処理モード)
 S(主従運転での従系業務処理モード)
 R(準備モード)
 X(停止モード)
 O/F(オフラインモード(4台のCPUのうち3台停止しているモード))
 L(リンク装置)

図10 計算機システムの運転モード遷移図 4台系計算機システムの運転方式と、運転モードの遷移を示す。

マンマシン処理機能を分担している。

本方式による運転方式の特長は次に述べるとおりである。

- (1) 監視・操作に関する処理機能はデュアル処理を行っているため障害発生時などでの処理の完全な連続性を確保することができた。
- (2) 設備データメンテナンス、試験・訓練などのシミュレーション機能は、主系・従系のデュアル運転を継続しながら、従系計算機で処理を行う方式とすることによって、システムの信頼性向上を図った。
- (3) 自動構成制御による最低限の運転範囲は、FEP単独となったときの系統盤での系統監視機能の継続、あるいはHOST単独となったときのCRTによる系統監視機能の継続とする方式とした(構成制御による運転モード遷移を図10(b)に示す)。

また、デュアル運転制御方式は下記の考え方をもとに開発

されている。

- (1) タスク※)をその処理内容より目的機能別にグループ分けを行う。
- (2) 各グループ内のタスク動作順序、ファイル更新順序がI, II系間で同じとなるように制御する。
- (3) 各グループのタスクは、グループ間で共有するファイルの更新タイミングを除き、独立に並列実行させる。
- (4) 一連の処理の流れの中で、制御情報の入出力時及び演算処理結果算出時には処理の同期とデータの照合チェックを行う。
- (5) 障害時の解析支援機能として、タスクの動作トレース機能を装備している。

4 システム導入による効果

設備総合自動化システムの開発目的に沿って、店所給電システムでは新技術、新方式を採用してシステムの高信頼性を確保するとともに、自動化項目のレベルアップと機能の充実を図った。本システムの導入により期待される効果は次に示すとおりである。

- (1) 電力の安定供給
- (2) 系統事故発生時の迅速かつ的確な復旧
- (3) 地方供給系統全体の業務運営の効率化
- (4) 各種情報のタイムリーな提供によるサービス性の向上
- (5) 訓練機能導入による運用技術水準の維持向上

5 結 言

本システムは東京電力株式会社と日立製作所が、昭和55年8月共同研究の形で開発に着手し、工場での厳重な評価試験の後、約1年間設備総合自動化関連の東京電力株式会社墨東総合制御所及び江東支社、北東京電力所関係の自動化システムの連係試験、対向試験を実施してきた。昭和62年2月から実証試験、試運用を開始し、昭和64年まで2年間を実証期間として、地方供給系統への実運用を通してその成果を検証することになる。

今後、電力系統の複雑化、社会構造の多様化が進む中で、本システムの実用化は、地方供給系統の業務運営の効率化、供給信頼度、サービスの向上に大いに寄与するものと期待している。

参考文献

- 1) 穂本, 外: 東京電力株式会社荒川, 埼玉両給電所納め店所給電自動化HIDIC80Eシステム, 日立評論, **63**, 4, 279~282(昭56-4)
- 2) 鈴木: 電力系統における系統自動操作方式に関する研究, 技術研究所研究報告No.30, 電力中央研究所(昭51-7)
- 3) 藤本, 外: 電力系統のデジタル制御・保護, 電気書院(昭61-12)

※) タスク: 一つの処理機能(例えば, 系統事故時の事故設備判定)を持つプログラムの集合で, 計算機のオペレーティングシステムが処理実行を管理する1単位となる。