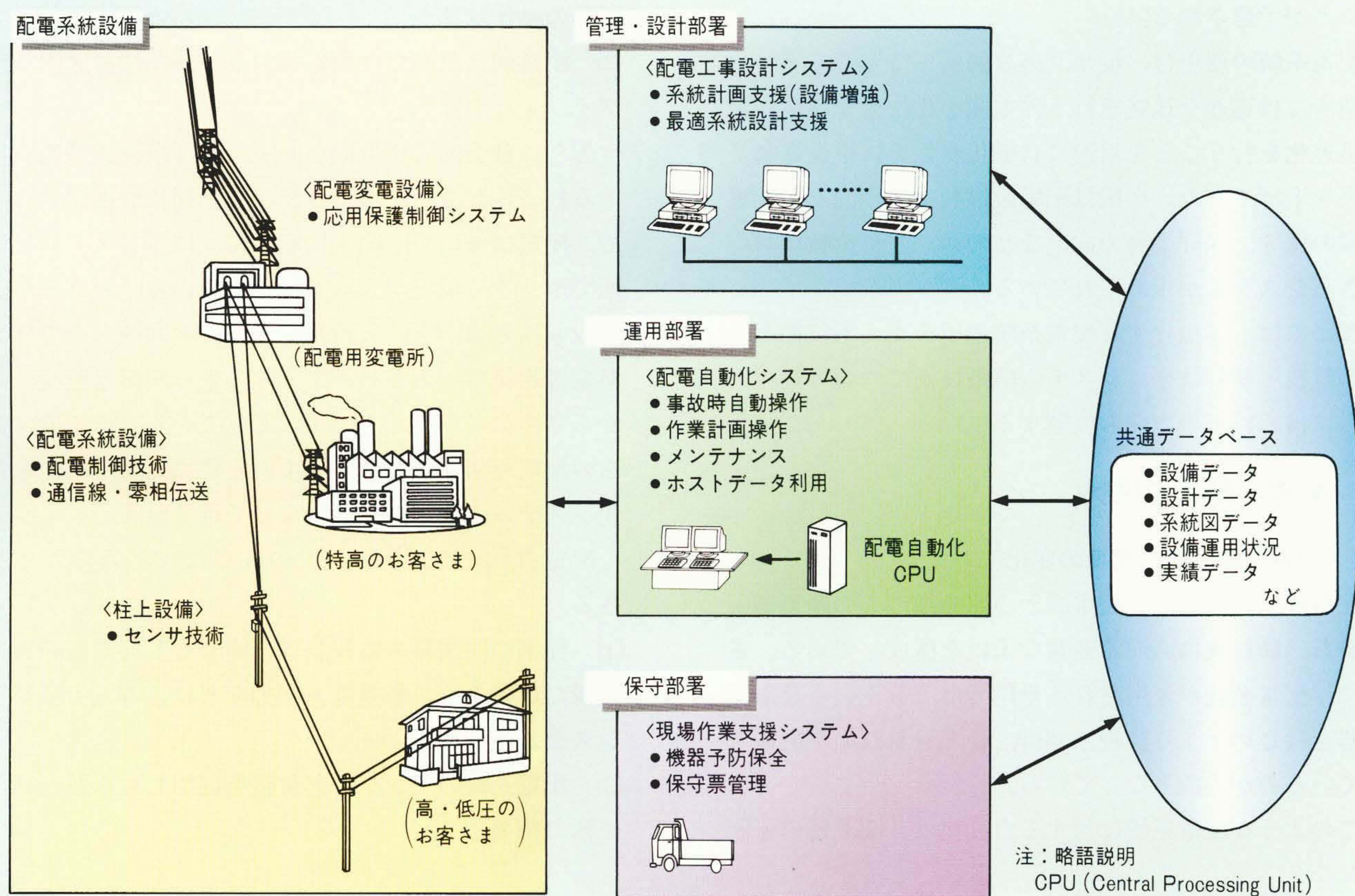


多様化する配電系統運用を支える高度情報制御技術

Advanced Information and Control Technologies for Expanding and Growing Power Distribution Systems

速水 光夫* Mitsuo Hayami 叶井 実*** Minoru Kanoi
中村 満** Mitsuru Nakamura



配電運用を支える基礎技術

配電自動化は、運用部門と配電系統の機器制御を中心に発展してきた。今後は管理系各部門、保守部門にまで幅広く展開していくと考えられる。

配電自動化システムでは、従来の停電区間極小化や配電機器操作時間の迅速化によって成果が上げられてきた。ここにきて、設備投資効果向上のために運用自動化に対するニーズが急速に変化してきている。つまり、設備利用率向上、設備の計画業務支援、配電設備の保守、保守業務の向上へと従来の運用中心の自動化から設計、保守まで守備範囲を広げたシステム作りが求められている。

一方、オープン化、ダウンサイジングの浸透により、制御システムの信頼性を考慮しながら、用途に

合わせた汎(はん)用ワークステーションやパソコン(パーソナルコンピュータ)を積極的に取り込んだシステム構成になってきている。

これらの多様化する配電系統運用に対応していくために、配電用分散化システム構築技術、パワーエレクトロニクスを応用した系統監視制御、事故予知技術などを実用化に向けて開発した。今後は、これらの技術を生かして次世代の配電自動化システムを構築していく考えである。

* 日立製作所 大みか工場 ** 日立製作所 国分工場 *** 日立製作所 日立研究所

1 はじめに

配電系統では、社会の高度情報化に伴って接続する機器の多様化、複雑化が進んできている。一方、規制緩和によって分散型電源などの系統への電源連系が推進されてきており、配電系統運用が今後ますます多様化していくことが予想される。

配電系統の運用は、従来、事故個所を特定し、その他の個所には迅速な送電を行う停電極小化技術や現地作業の迅速化を行うことを目的に自動化が強力に推進されて成果を上げてきた。今後は配電設備利用率の向上、配電設備の保守、保守業務の向上などのニーズに柔軟に対応できるシステムが求められている。

ここでは、多様化する配電系統運用を支える技術として、監視・制御技術、システム構築技術について述べ、さらには、将来の方向も展望する。

2 配電自動化の現状

2.1 配電を取り巻く環境の変化

配電線は、隣接する配電線との間で幾つもの連絡個所を持ち、網目状に広がる複雑な系統を構成している。さらに、配電系統が運用される単位では、数千にも及ぶ開閉器をはじめとする監視、制御、管理対象設備が配置されているのが特徴となっている。

このような配電系統に対する自動化は、開閉器の遠制

化により、開閉器の入・切状態の監視制御技術が確立された。さらに、配電自動化システムにより、次のような充実したシステム機能が整備され、配電運用の省力化、簡易化が実現されてきた。

- (1) 停電区間への自動制御による送電操作実行
- (2) 事故時には、変電所スケルトンへの事故リレーや遮断器の動作状態表示
- (3) 街路図に対応した配電線および各開閉器区間状態のグラフィック表示

近年、社会的な電力品質向上への要求、設備投資に対する経済性が厳しく追求され、規制緩和が推進される中で、配電についても図1に示すように、システム技術の面で取り巻く環境が大きく変化している。配電運用面では設備稼働率向上、負荷平準化、配電系統の面では分散型電源連系の導入というように従来の開閉器監視・制御からさらにニーズが多様化してきている。そこで、これらの配電運用を取り巻く環境の変化に追随した配電自動化システムの構築が必要になってきている。

配電自動化の課題は、次の3点にまとめることができる。

- (1) 従来の開閉器の監視制御を中心とした系統の充停電監視だけでなく、無効電力制御などによる電力品質管理システムの充実
- (2) 配電系統のセンシング情報を応用した系統状態解析技術の開発

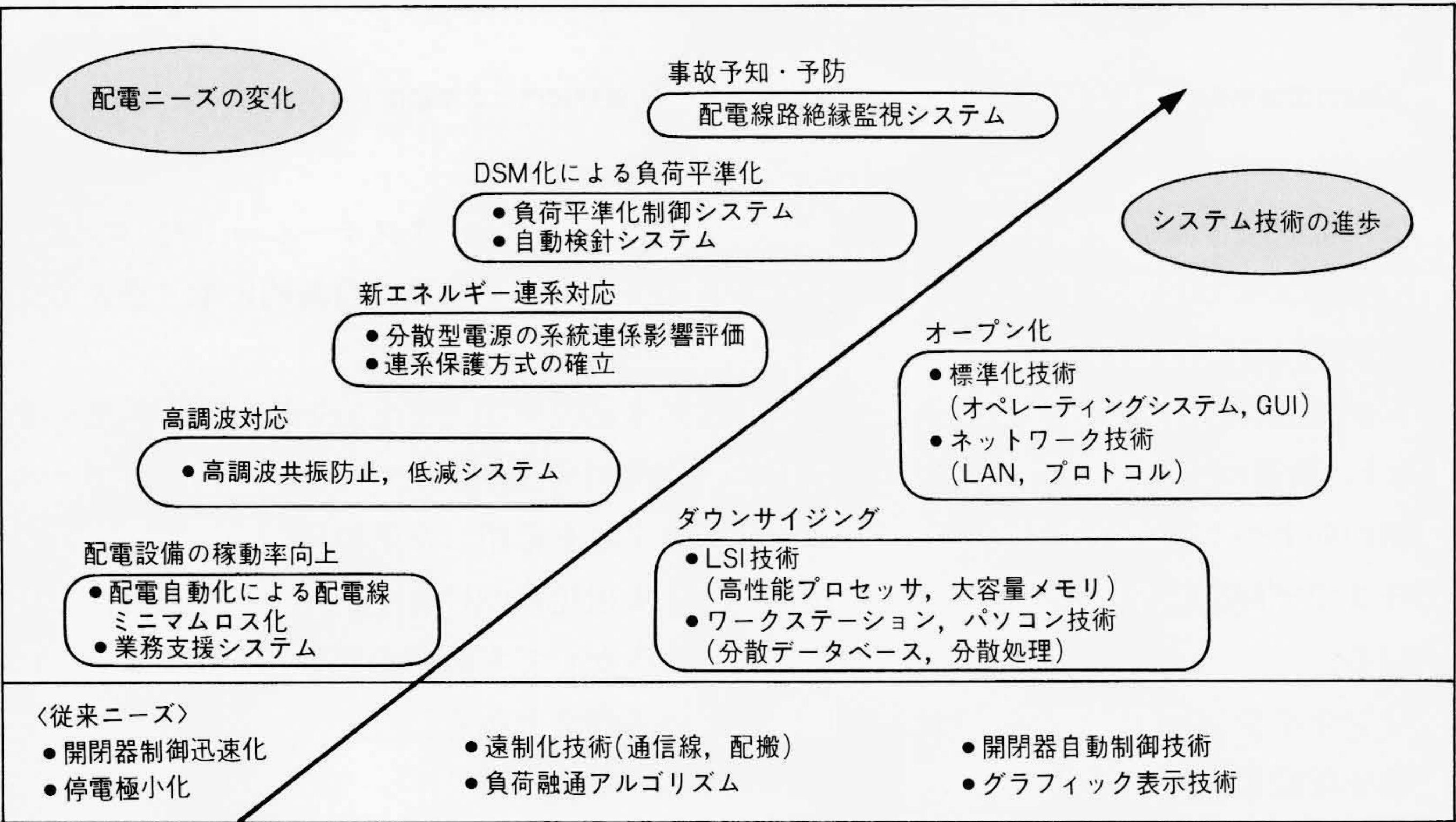


図1 配電自動化システムを取り巻く環境
配電運用面へのニーズの変化に合わせて、システム化技術を駆使した配電自動化システムが必要となってきている。

(3) 計算機システムの構成機器は、従来の制御用システムの信頼性を確保しながら、ダウンサイジング、オープン化の浸透により、汎用機を活用したシステム作りと配電計画業務を支援する機能の整備

3 監視制御技術の高度化・多機能化

3.1 電力品質監視

近年、冷房設備の普及により、最大電力は特に夏期の昼間帯に集中している。昼夜間および季節間格差はますます増大する傾向にあり、配電系統の電圧変動が拡大している。

電圧変動や高調波を低減する有効な手段としてパワーエレクトロニクス応用製品、例えばAF(アクティブフィルタ)があり、電力品質維持のため、配電系統にも設置が必要になると予想される。

そこで電圧・無効電力制御の目的に使用する配電用AFを開発した。これについて以下に述べる。システム構成を図2に示す。

パワーエレクトロニクス応用製品である電圧・無効電力制御装置、ピーク潮流カット装置は、配電線上に複数台設置され、営業所装置の親局と通信線を介して接続される。親局では計測情報を定周期に収集し系統状態を把

握し、各装置へ制御指令値を与えて系統の電圧抑制を行う。

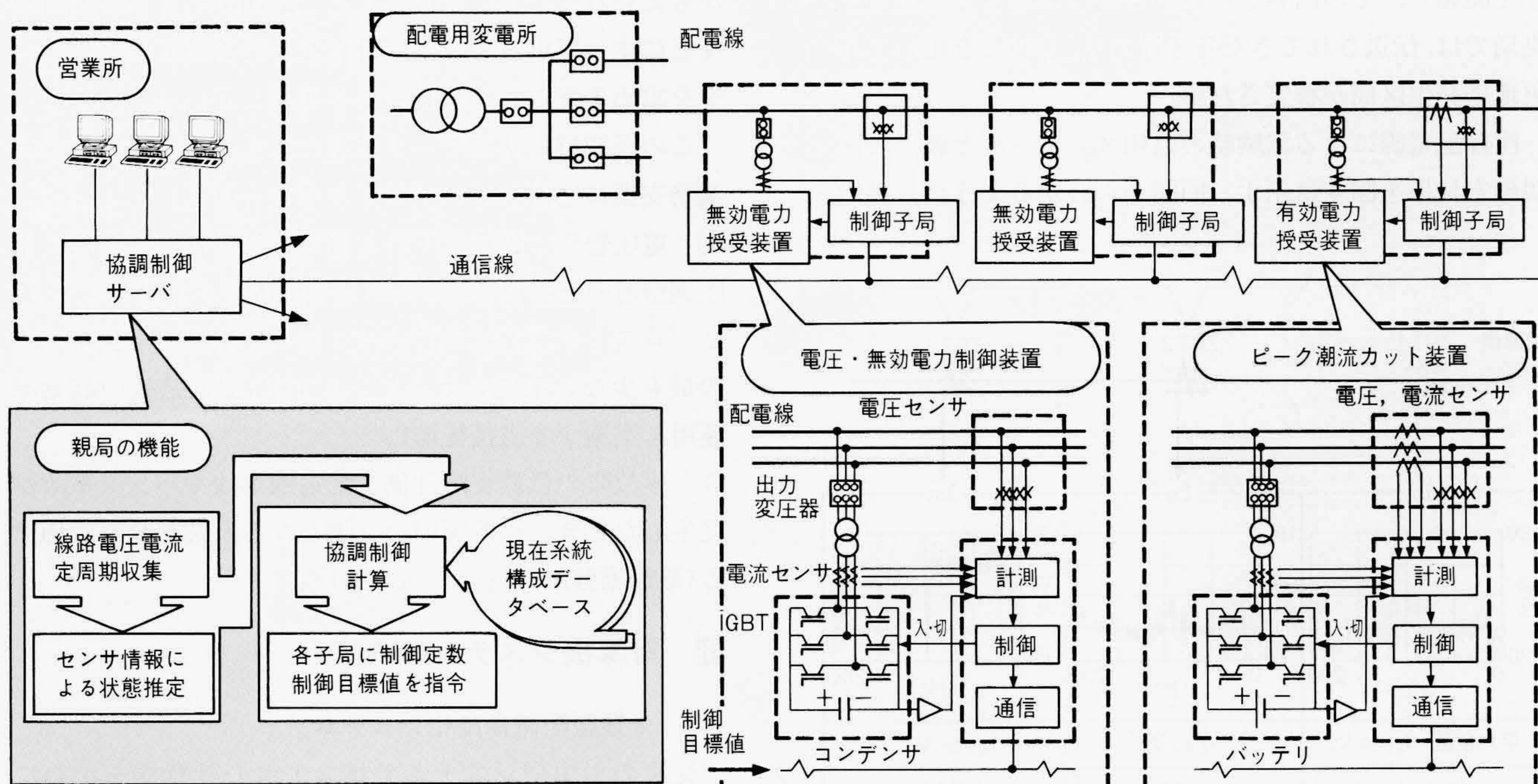
今回開発した配電用AFは、インピーダンスが変化する配電系統でも安定して動作するように電圧検出制御方式を採用しており、制御部はシングルチップRISC(縮小命令セットコンピュータ)マイクロコンピュータを使用し、高速デジタル演算処理を行っている。

このような配電用AFを使って無効電力制御、ピーク潮流カット制御を併用することにより、経済的な電力品質監視システムを構築することが期待できる。

3.2 絶縁監視システム

非接地配電系統の地絡停電事故は前駆現象的な間欠地絡を伴うことが多く、また、再送電に成功するいわゆる回復性地絡事故が地絡事故の大部分を占めると言われている。したがって、微地絡や回復性地絡事故(以下、まとめて前駆地絡と言う。)の発生区間や発生点をあらかじめ標定できれば、停電事故の未然防止および巡視効率の向上が可能になる。

そこで、配電線に沿って零相電圧(V_0)センサと零相電流(I_0)センサを設け、区間単位で前駆地絡発生を検出する監視システムを開発した。絶縁監視システムの構成を図3に示す。



注：略語説明 IGBT (Insulated Gate Bipolar Transistor)

図2 配電用AFのシステム構成

営業所親局は、配電線上に設置された配電用AFから計測情報を収集し、これによって系統状態を把握し、各装置へ制御指令値を与え、系統の電圧安定化を図る。

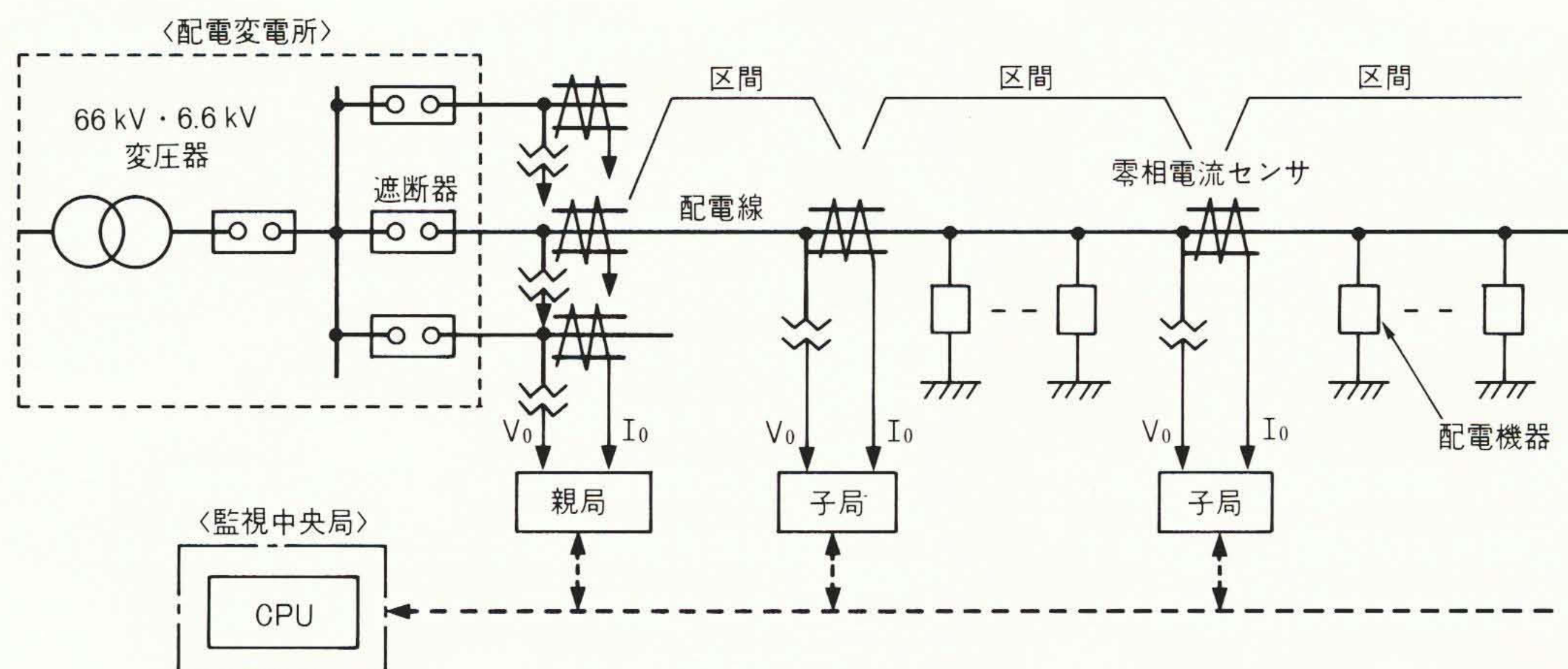


図3 絶縁監視システム
区間単位に零相電圧(V_0)センサ、零相電流(I_0)センサを設置し、前駆地絡発生時に各局データを中央局に集めて地絡発生区間を特定する。

配電変電所から引き出される各配電線に V_0 センサ、 I_0 センサを設置するとともに、配電線に沿っても適当な距離を置いて V_0 センサ、 I_0 センサを設置する。親局では、 V_0 レベルがあらかじめ設定された一定値を超過していないかを常時監視する。

V_0 レベルが一定レベルを超過した場合には、前駆地絡発生と判定され、親局から自局も含め各子局にメモリホールド指令が出力される。親局は、メモリ内の V_0 波形と各配電線の I_0 波形から前駆地絡発生配電線を特定するとともに、特定された配電線に設置されている子局内のメモリにホールドされている V_0 、 I_0 波形データのポーリングを開始し、その内容を監視中央局に伝送する。監視中央局では、伝送されてきた各子局の V_0 、 I_0 波形を用いて前駆地絡発生区間が標定される。

模擬配電線による試験時の位相スペクトルと親局の区間標定結果を図4に示す。同図からわかるように、平均

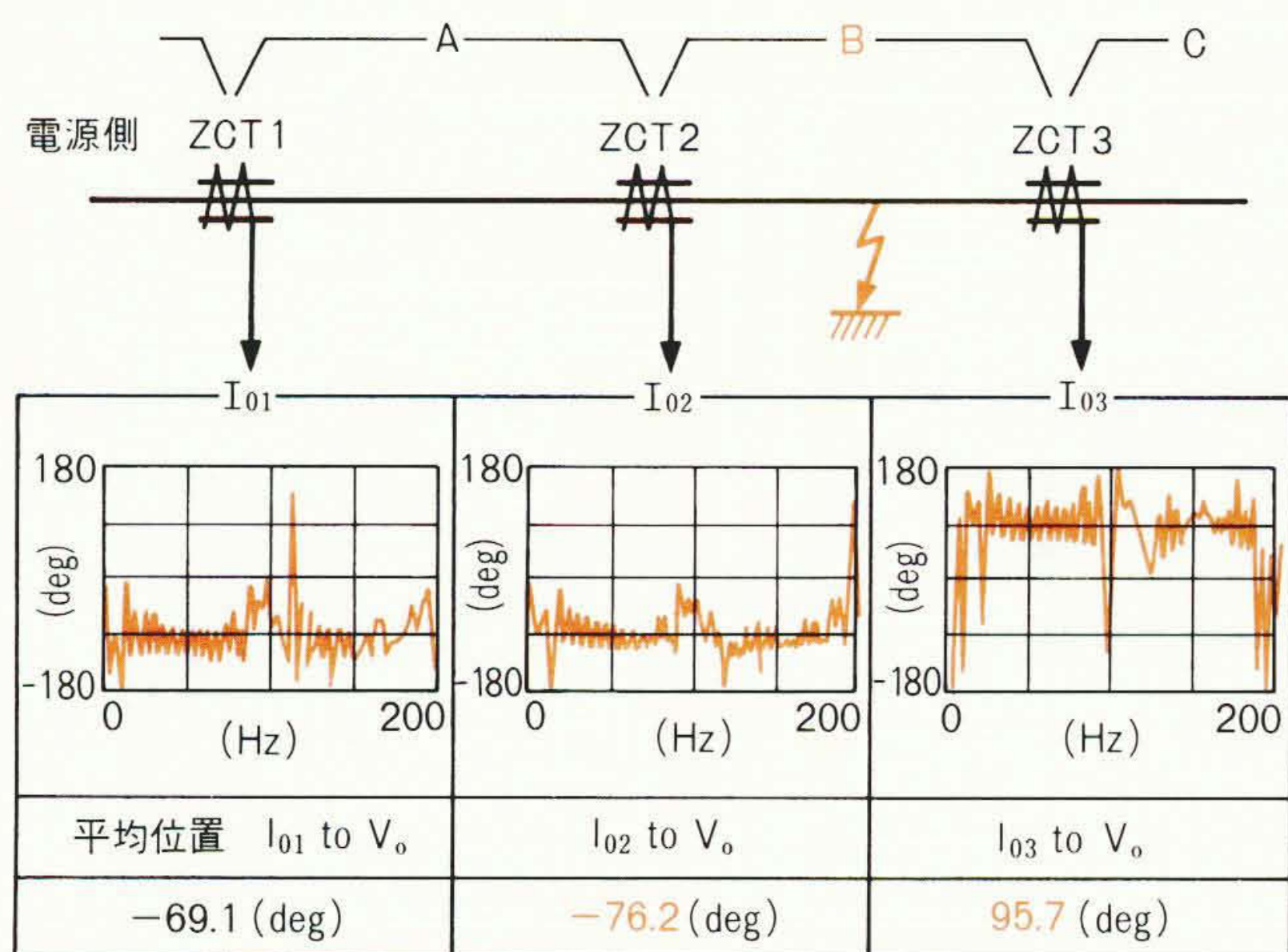


図4 位相スペクトル

模擬配電線による地絡波形と位相スペクトルを示す。平均位相によって地絡区間Bが正しく標定されることが確認できた。

位相値から前駆地絡が区間Bで発生と判定されており、正しく標定できていることがわかる。

配電線に沿って零相電圧(V_0)センサと零相電流(I_0)センサを設け、区間単位で前駆地絡発生を検出する監視システムについて実験的に検討し、実規模模擬配電線によって前駆地絡波形を検出し、さらに発生区間が標定できることを実証した。

3.3 業務支援

配電自動化システムで運用されている設備データや日負荷、年最大などの配電系統計測データを解析し、系統計画などの運用にフィードバックして利用する機能整備が考えられている。一例として、計測データを潮流計算などによって解析し、電圧分布などの系統計画基礎データを求める配電シミュレータを開発している。

この系統解析基礎データを基にして、次のような計画業務支援に応用していくことが考えられる。

- (1) 電圧管理：供給電圧の品質を評価するとともに、電圧調整用の配電機器増設時の最適配置をガイダンスする。
- (2) ロスミニマム系統計画：管轄の配電系統で送電ロスの最も少ない系統をガイダンスする(配電系統の高効率運用を実施する支援機能)。
- (3) 事故時の供給支障評価：配電線事故やバンク事故が発生したとき、停電復旧の支障となる系統部分を評価する(設備増強計画への情報支援)。

4 計算機システムの構築

4.1 分散型配電自動化システム

従来の集中型システムでは、1台の計算機を中心にCRT、プリンタ入出力機器や外部機器との接続ポートを増設することにより、システムの機能拡張などに対応してきた。しかしこれは単に、計算機のメモリ容量、性能、

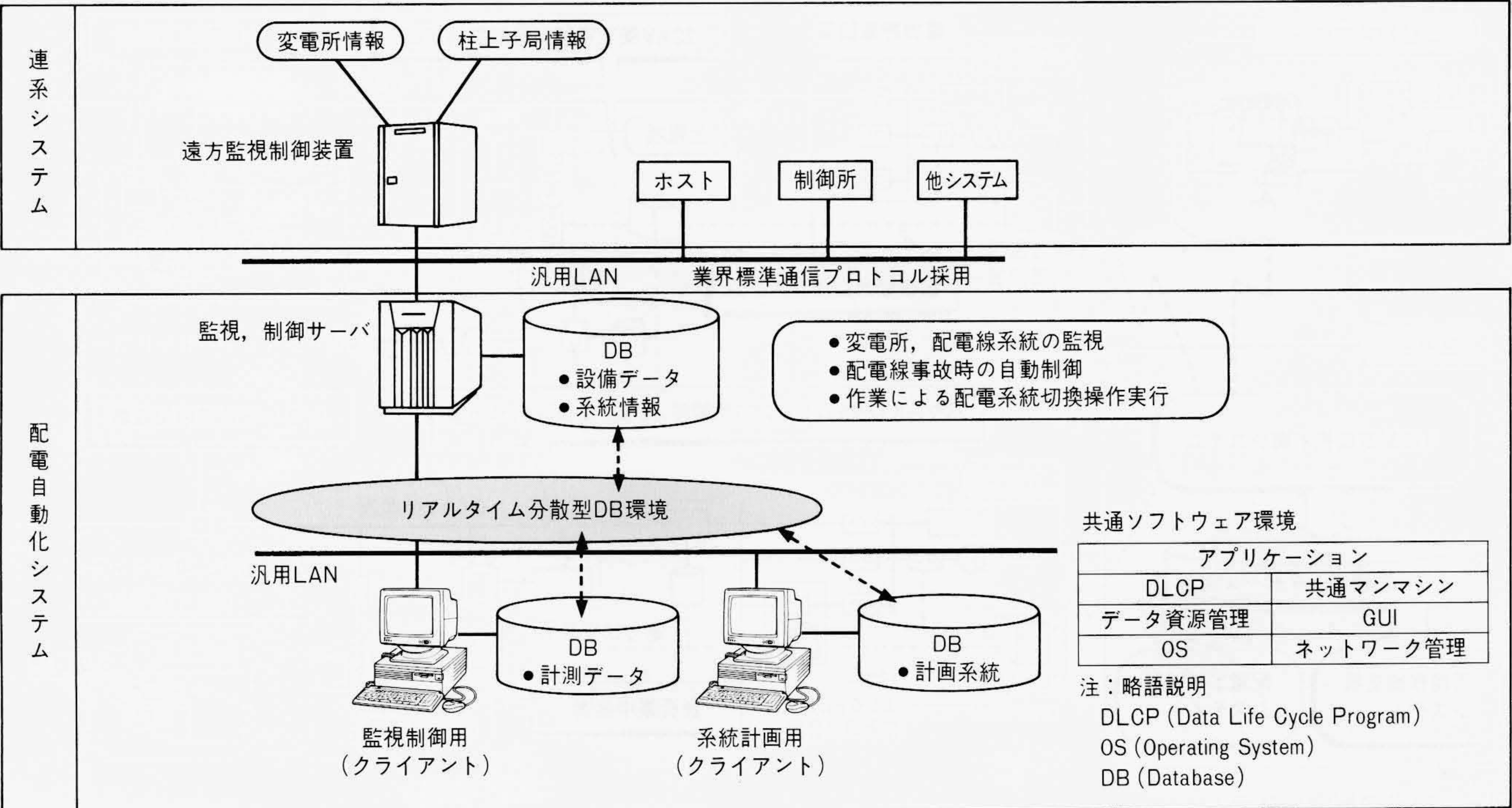


図5 分散型配電自動化システムの概念図

汎用LANをベースに各装置が連係されており、機器拡張時にも容易に対応できる構成となっている。ソフトウェアの面では、DLCPによってリアルタイムデータベース環境が整備されている。

最大接続機器数などの各種ハードウェアの制約を考慮してシステムを構築、増設するシステム作りであった。

分散化技術の進歩によって配電でも、図5に示すような分散処理システムの構成をとるようになってきた。配電設備と連係する遠方監視制御装置および他システム連係部には、リアルタイムサーバの適用によって信頼性を確保し、マンマシン処理部には汎用ワークステーションを採用することによって監視制御、計画業務を行うことを特徴とした構成としている。

計算機システムで最も重要な他システムとの連系では、汎用LAN、広域ネットワーク通信の通信設備などの技術が整備され、変電所情報および開閉器情報の入出力を行う遠方監視制御システム、制御所システム、本店ホスト計算機システムなどの各システムとの接続が標準的な通信手段で可能となった。これらの連系により、制御範囲の拡大、配電系統実績データの有効利用、他システムデータの有効利用が可能となった。

これらの特徴に加えて、分散するデータベースの管理をリアルタイム用データ管理システム(DLCP)の仕組みによって確保している。各機器ではプログラム部とデータ部を分離することにより、プログラムはデータの所在、更新タイミングなどを意識することなくアクセス可能な

構造になっている。DLCPによるシステム構築により、拡張性に富む、高レスポンスなマンマシン性能を確保したシステム構成が可能となった。

5 将来の展望

規制緩和などに代表されるように、電力を取り巻く環境は、今後21世紀に向けてさらに大きくその様相を変えていくものと考えられる。そのような環境変化は、顧客に直接電力を供給する配電システムにも大きな影響を与え、具体的には配電系統に次のような変化をもたらすものと考えられる。

- (1) 経済的電力システム構築への要求の高まり→高効率系統運用技術導入、電力貯蔵技術導入などによる負荷平準化制御技術の導入
- (2) 規制緩和→分散型電源の系統連係容量増大
- (3) 電力品質向上要求の高まり→電圧、高調波規制強化
- (4) 電力需要増大対応→22 kVなど配電電圧の上昇

以上の変化に対処するため配電系統でも、分散型電源の発電状態、負荷状態などを監視して潮流制御するなど、現在に比較してより高度な制御が要求されるようになる。その際の制御システムとして、階層型機能分散制御システムの導入が考えられる。これは、現在、地方単位

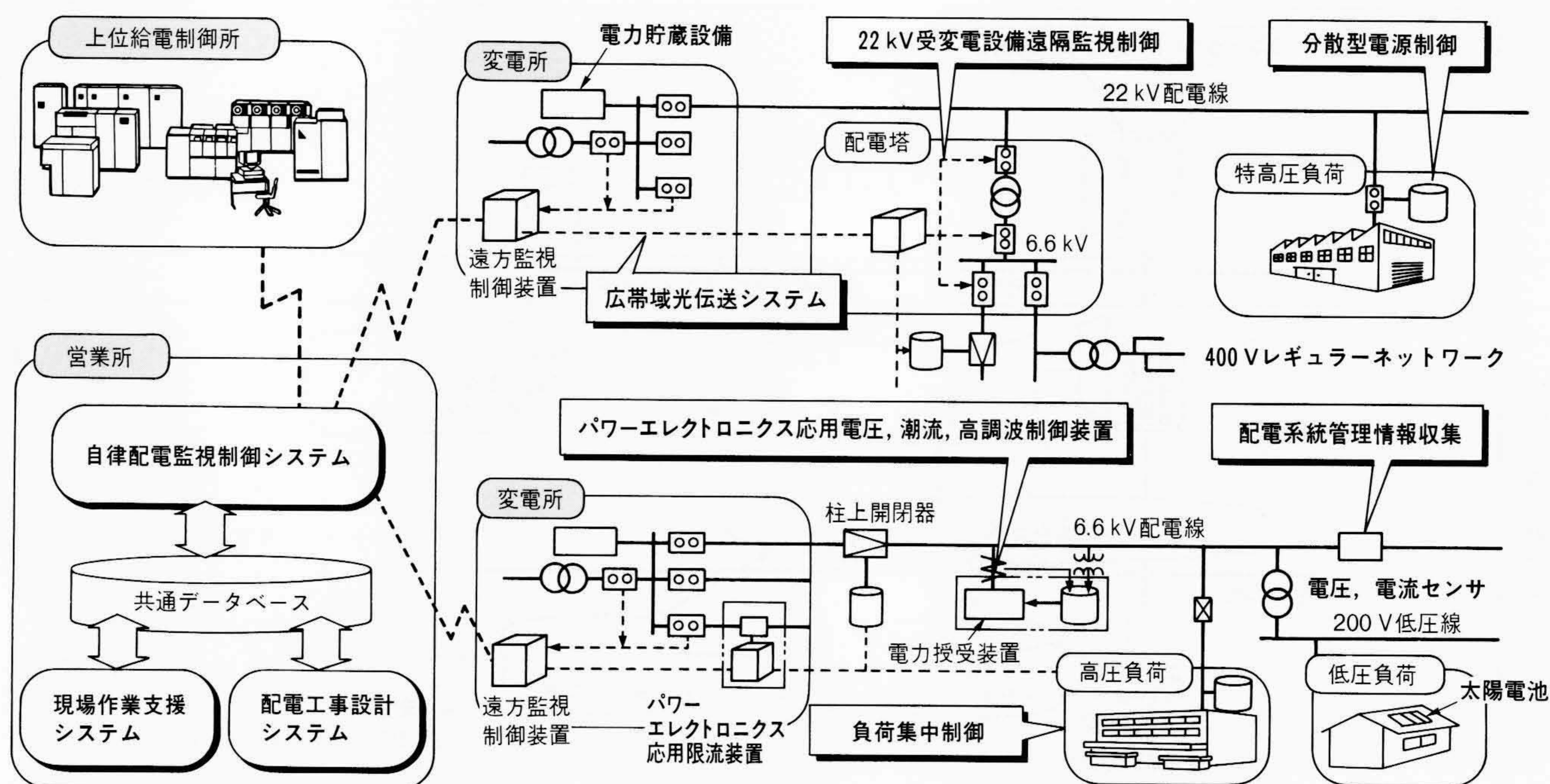


図6 将来の配電システム

自律配電監視制御システムは、面的に広がる配電系統に対して高度情報処理技術、パワーエレクトロニクス技術、電力貯蔵技術、センサ技術などを駆使し、電圧、有効・無効電力、高調波電圧・電流などを統合監視制御するものである。

に設けられている制御所の下位に配電監視制御所を設け、面的に広がる配電系統に対して高度情報処理技術、パワーエレクトロニクス技術、電力貯蔵技術、センサ技術などを駆使して電圧、有効電力、無効電力、高調波電圧・電流などの統合監視制御をしようとするものである。このような制御所を自律型配電監視制御所と名づけ、配電系統の将来イメージと重ねて図6に示す。

自律配電監視制御システムの働きにより、上位および配電系統全体として電圧、有効電力、無効電力、高調波電圧・電流などの点で適正化を図ることができると考える。また、地方単位制御所では上位系統との接続点となる配電変電所での電気量だけを監視すればよく、配電系統は自律的かつ適切に制御されるブラックボックス的存在になるため、上位制御所の監視制御負担が軽減できるというメリットもあげられる。

また、共通データベースを核として先に述べた自律配電監視制御システム、現場作業支援システムや配電工事管理設計システムがリンクされ、配電業務全般のいっそうの高度化、効率化を目指したシステムの導入が加速されるものと考えられる。

6 おわりに

ここでは、多様化する配電運用業務を支える高度情報処理技術と将来展望について述べた。これらの情報処理技術を生かして次世代の配電総合自動化システムの実現を目指す考えである。

今後も、運用に対するニーズの変化や日々発展しているマルチメディア技術、センサ技術、無線情報通信技術などのシステム構成要素技術にマッチしたシステム作りに努めていく考えである。

参考文献

- 1) 奈良，外：高柔軟・高信頼エネルギー流通システムの研究，平成6年電気学会電力・エネルギー部門大会
- 2) 関根：配電技術総合マニュアル，オーム社(1991-11)