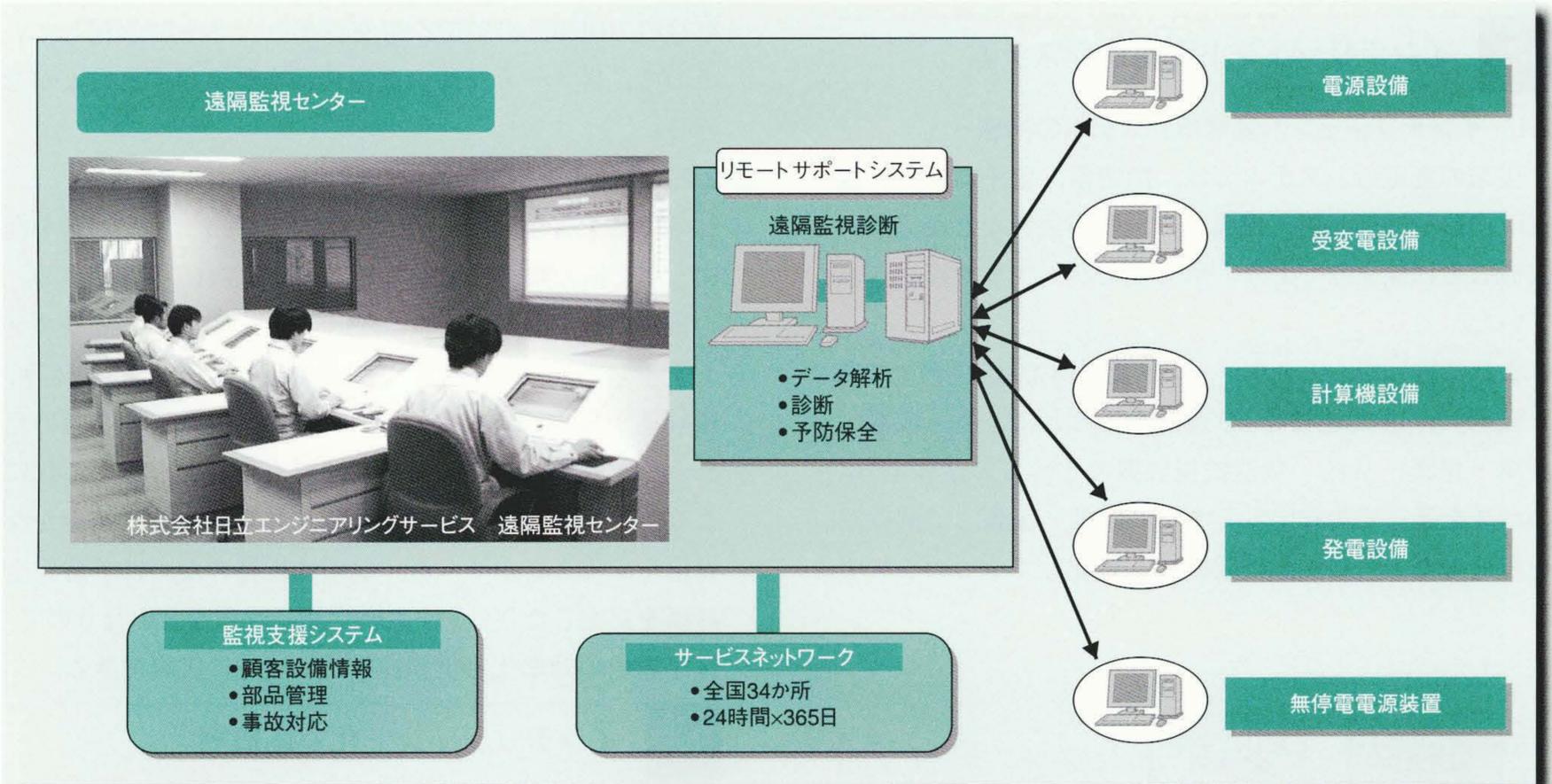


# 電力流通システムにおける新技術

## —インテリジェント変電所対応の保護制御— 一体化システム—

### New Technologies for Electric Power Distribution Systems

柏崎 博 Hiroshi Kashiwazaki 佐藤雅一 Masakazu Satô  
脇田孝之 Takayuki Wakida 佐藤康生 Yasuo Satô



#### 遠隔監視センターの概略構成例

設備に取り付けたセンサで機器の状態を遠隔監視する。また、設備の稼動状況や点検来歴などを管理することにより、保守管理のサポートも可能である。

近年、電力流通システムでは、電力自由化、規制緩和、地球環境負荷の低減、電力供給の信頼性確保など社会的ニーズが高まっており、変電システムや機器監視などでも、半導体高速素子応用による「デジタル技術」や「IT関連技術」を適用したインテリジェント化、高速通信を指向したシステム構築の検討、開発が進められている。

その中で、次世代の電力流通システムにおける変電所制御・保護・監視・通信システムには、高機能・機能分散、情報の共有・統合管理などの特徴を生かすシステム構成が求められている。一方、従来の機器構成に対しては、機能の統廃合、センシング技術の改善、インタフェースの標準化が求められている。これらを推進することにより、機器監視・運用・保守の面での遠隔監視と設備状況の統合管理に基づくメンテナンス費用の低減、構成機器の小型化など、システム全体のコスト低減が期待できる。

## 1 はじめに

電力業界では、500 kV基幹系統増強整備がほぼ整い、電力系統が大幅に強化された。一方、IPP (Independent Power Producer) の参入や電力の部分自由化による分散型電源の導入などに対処するためにコスト低減が求められる状況にあり、電力各社は、設備の有効利用、運用の効率化による支出の抑制、および設備投資の抑制を図っている。

その中で、変電システムに対しても、機器の単価や小型化など初期投資をはじめ、変電システムの運用・保守費用を含めたライフサイクル全体のコスト低減が求められている。

このようなニーズに対応するため、近年急速に進歩している「デジタル技術」と「IT (Information Technology) 関連技術」を適用した、新しい電力流通システムの構築が検討されている。これは、機器単価の低減だけでなく、設備の設置計画、施工、運転、保守までのトータルコ

スト ミニマムを目指すものである。

ここでは、電力流通システムにおける変電システムをインテリジェント化した場合の構成と、これを実現するために開発した新技術の例として、保護と制御を一体化させた保護制御一体化システムについて述べる。

## 2 インテリジェント変電所システム

### 2.1 インテリジェント変電所システムの構想

従来の変電所システムでは、開閉器、変圧器などの変電所機器や制御装置、保護装置、監視装置などが機器・装置ごとに独立しており、信号別にケーブルで接続されていた。

これに対してインテリジェント変電所では、「デジタル技術」と「IT関連技術」を適用することにより、機器・制御・保護・計測・機器監視装置のすべての情報を1本のバスを通して共有する。また、制御・保護・計測機器を現地のキュービクルに収納、一体化して一つのシステ

ムに統合することにより、高機能・小型化を実現する(図1参照)。

このようなインテリジェントシステムでは、機器と装置間の情報を光バスで共有するので、ケーブル本数を大幅に低減することができる。また、通信規格に国際化標準(IEC61850, 61375など)を採用し、オープン化しているので、異メーカー間の機器仕様を標準化することができる。

### 2.2 機器監視システム

各機器を監視、計測したすべてのデータは、光バスを経由して上位の機器監視システムに伝送され、利用される。

電力会社や製造メーカーの保守拠点では、イントラネットやインターネットを介して必要なデータを取り込み、遠隔地から監視する。トレンド管理、履歴管理を含めたデータベースの構築、解析、診断も可能となる。これにより、異常の前兆を確認したり、異常発生時に速やかな対応をすることができる。信頼性維持のために予防保全計画を立案したり、点検来歴や部品管理などを行うので、保守運用の効率化と信頼性維持も同時に実現できる。

## 3 インテリジェント化対応機器

### 3.1 開閉器、変圧器

機器に取り付けられたPCT(Potential Current Transformer)を含むセンサの信号はセンサ出力端でデジタル化するので、PCTの負荷はA-D(Analog-to-Digital)変換器だけとなり、負荷を大幅に低減することができる。これにより、電流計測センサとしてロゴスキーコイルを、電圧計測センサとしてコンデンサ分圧形をそれぞれ適用することが可能となり、機器自体の小型化が図れる(図2参照)。

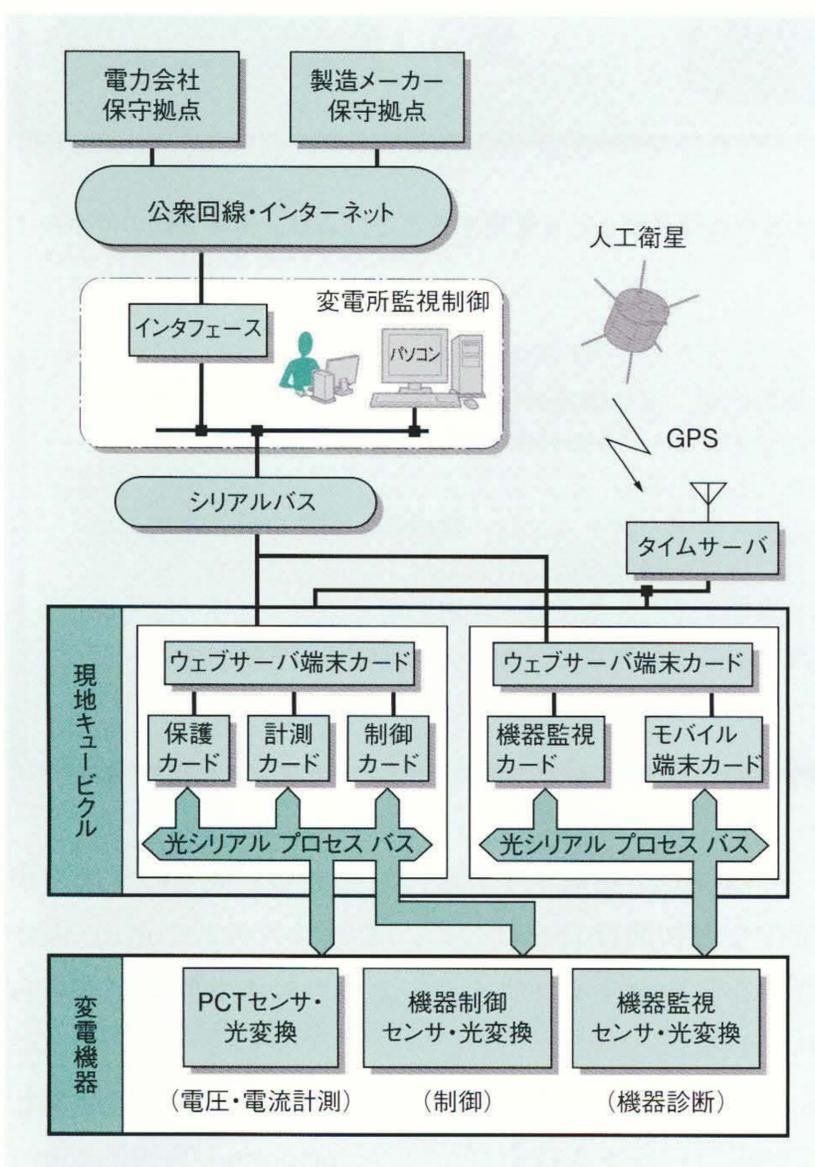
現在、標準化シリーズで従来機器の小型化を研究中であり、それぞれのニーズに対応してデジタル化し、いっそうの小型化を図っていく考えである。

### 3.2 保護・制御装置

インテリジェント変電所に適用する保護・制御装置には、屋外設置が可能であることと、現地キュービクルに収納できるようにコンパクトな機器構成とすることが要求される。

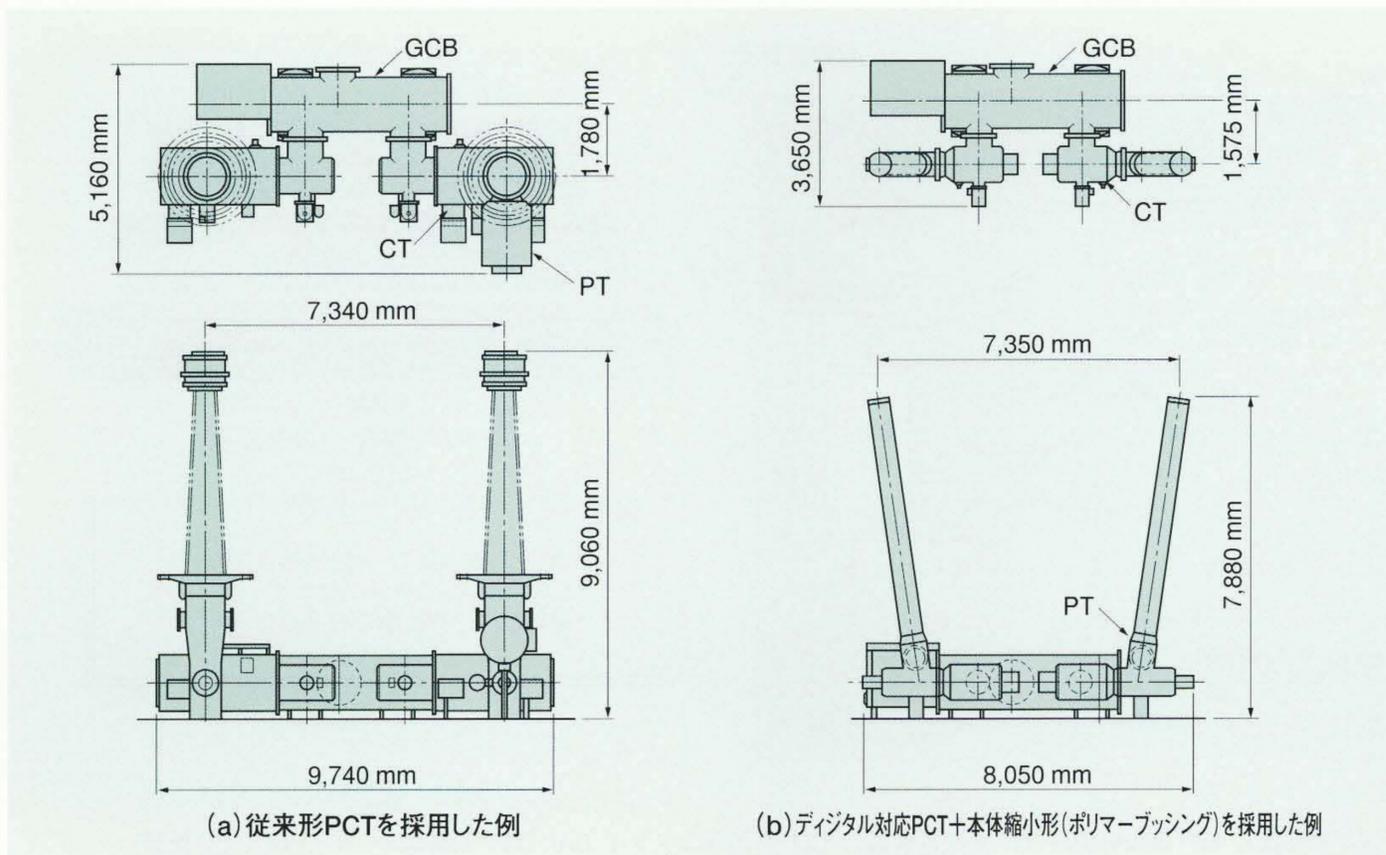
屋外設置には、部品信頼性のほか、断熱性と気密性の向上が求められ、保護、制御装置のコンパクト化には、保護、制御の一体化や装置実装の高密度化が必要になる。

コンパクト化が可能になる最新の保護・制御システムについて以下に述べる。



注：略語説明 GPS(Global Positioning System)  
PCT(Potential Current Transformer)

図1 インテリジェント変電所のシステム構成例  
変電所システム全体を光LANで結合し、装置構成を簡素化した。



注：略語説明

GCB (Gas Circuit Breaker)

PT (Potential Transformer)

CT (Current Transformer)

図2 デジタル対応センサ適用によるGCS (Gas Combined Switchgear) 小型化の例

550 kV GCSの例を示す。

## 4 最近の保護・制御システム

### 4.1 保護・制御システムの動向

近年の情報化社会の急速な進展に伴い、電力システムの安定供給を支援する保護・制御システムでも、デジタル技術を応用してIT機能を付加することにより、保守機能の向上が図られている。

わが国の保護・制御システムでは、1980年代の後半からデジタル化が進められてきた。従来の装置個別のアナログ形からデジタル形への転換は、保守の省力化と信頼性の向上という、デジタル特有のメリットを活用することによって進められてきた。

しかし、技術の進歩に伴って現在では、装置単独の単機能のデジタル化にとどまらず、変電所全体を総合的に運用する、「業務・運用に必要なシステム化」が求められている。このようなシステムでは、ITにより、運用・保守の効率が一段と向上している。

これらのニーズを実現するためのキーワードは、以下のとおりである。

- (1) 保護制御装置としてのシステムのスリム化→装置の一体化
- (2) ITによる運用・保守業務の支援の高効率化→遠隔操作による運用・保守の拡張
- (3) 保護制御対象機器に直結したシステム→機器近傍への分散設置

このように、システム全体のコンパクト化とITの統合

による、高効率化に向けたシステムを構築することが求められるようになってきている。

### 4.2 保護装置と制御装置の一体化

変電所の保護装置と制御装置は、機能・用途ごとに個別の設計・装置配置となっている。装置は保護対象、制御対象ごとに構成しており、保護—制御装置間の情報の結合は、ケーブルまたは専用LANで行われている(図3参照)。

具体的には、保護装置の情報を光伝送によって機器の制御を行うDAUへ送り、上位系の電気所端末へ伝送する方式が一般的になっている。

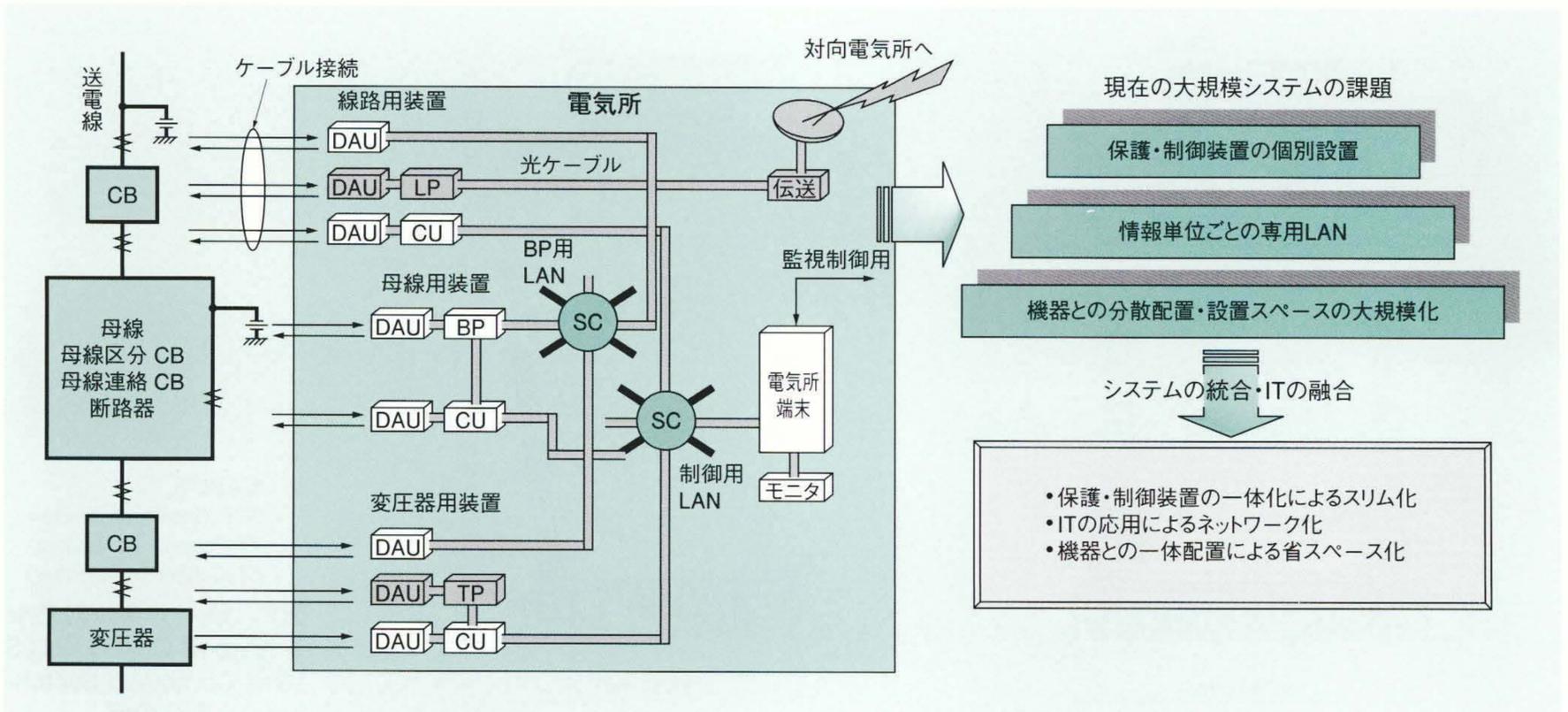
これらのデジタル装置では、機器の保護項目、制御項目、および機器情報に共通性があることに着目し、対象機器が同一である場合、回線単位の制御装置と保護装置を一体化構造で実装することで、システムトータルのスリム化を図った。

保護装置と制御装置を1面構成でコンパクトに収納する一体化構成にすると、装置実装が高密度となるので、ハードウェアの大幅な縮小化・省電力化を実現する必要がある。

この課題については、装置の中枢部にあたる演算ユニット部を高機能化、共通化することで実装点数の低減を図り、装置全体に占める容積割合を50%低減して、一体に実装することを可能とした。このオールインワン演算ユニットの特徴は以下のとおりである。

#### (1) 演算ユニット部

装置の中枢にあたる演算ユニット部については、保



注：略語説明 CB(遮断器), LP(送電線保護), BP(母線保護), TP(変圧器保護), CU(制御ユニット), DAU(信号収集ユニット), SC(光分配器)

図3 光LAN応用システムと保護・制御装置の結合例、および大規模システムの課題

現在の変電所システムは、情報単位ごとの専用LANで構成している。

護・制御の分離独立が必要なことから、それぞれのCPU (Central Processing Unit)を完全分離し、独立させて構成した。また、32ビットRISC (Reduced Instruction Set Computer)演算形の高機能CPUの採用により、従来のCPU基盤構成枚数を70%に縮小した。

(2) 入力変換器部

システムの電流・電圧の入力を演算部に取り込むための入力変換器は、これまでは演算部とは個別に実装していた。これに対して、トロイダルコイルの採用により、容積を $\frac{1}{2}$ 、実装数を2倍とし、演算ユニット部に実装が可能な、カードタイプに改善した。

(3) 電源ユニット部

ユニットへの供給電源となる電源ユニットについては、演算ユニット部の適用CPU基板の削減と保護・制御部分での適用回路の標準化により、電源容量を $\frac{1}{2}$ に低減し、容積を50%縮小することで、演算ユニット部に実装できるように改善した。

(4) インタフェース部

汎用標準ネットワークインタフェースであるTCP/IP (Transmission Control Protocol/Internet Protocol)に準拠したイーサネットLANポート<sup>\*)</sup>を演算ユニット部に標準実装することにより、柔軟なネットワーク構成に対応できるものとした。

これらの高機能化したオール イン ワン演算ユニット

を適用し、これまでは装置が独立していた保護機能と制御機能を350 mm幅1面に実装することで、保護・制御一体型装置としてのシステムのスリム化を実現した(図4参照)。

この装置の特徴は以下のとおりである。

- (1) 設置スペースの大幅縮小(従来比 $\frac{1}{2}$ )
- (2) 入力から出力まで保護部と制御部を完全分離
- (3) 保護部—制御部は絶縁されたインタフェースで直接結合

4.3 ウェブ対応による遠隔操作機能

デジタル保護・制御装置では、運用・保守の省力化のほか、システムを安定運用するための故障発生時情報、現地の機器が変化した際の情報などを、詳細かつリアルタイムで運用管理者へ伝達することが必要とされる。

また、制御所などの有人施設から遠隔地の無人変電所設備へ、操作を指令して制御する、遠隔運用のニーズも高まってきている。

一方、従来のデジタル装置にも、CPUによる高度な自動監視機能や、事故時の系統情報(電流・電圧データ)を保存し、解析する機能などが備えられてきている。

これらの自動監視による診断結果や、固有のネットワークで装置内部に保存されている電圧・電流データを遠隔

\*) 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。



図4 コンパクト形演算ユニットと保護・制御一体形装置  
保護演算部と制御演算部を分離独立構造とし、演算CPU、入力変換器および電源ユニットを一つのユニットに実装した。保護演算ユニットを図の右に示す。

の保守拠点に収集するシステムも、ネットワーク技術の進歩に伴って順次開発、適用されている。

これらのネットワーク技術の進歩を視野に入れ、変電所に設置されている保護・制御装置からネットワーク経由で直接データを取得するインタフェース機能を演算ユニット部に標準装備し、遠隔からの各種業務・運用支援が可能なシステムを構築した(図5参照)。その特徴は以下のとおりである。

- (1) 専用ネットワークへのアクセスが容易にできるように操作性を重視し、汎用標準ネットワークインタフェースであるTCP/IPを採用した。汎用ブラウザにより、汎用パソコンでのアクセス方式も取り入れた。
- (2) 装置自体にサーバ機能を実装し、個別詳細情報はウェブ情報としてクライアント形式で操作者に開示される。また、専用ネットワークで複数のクライアントからのアクセスも可能であり、緊急時の装置データも複数の個所から同時に運用することができる。
- (3) 汎用のブラウザでのアクセス方式であることから、通信媒体が限定されることがなく、専用ネットワーク以外の一般公衆回線による接続も可能である。通信設備と

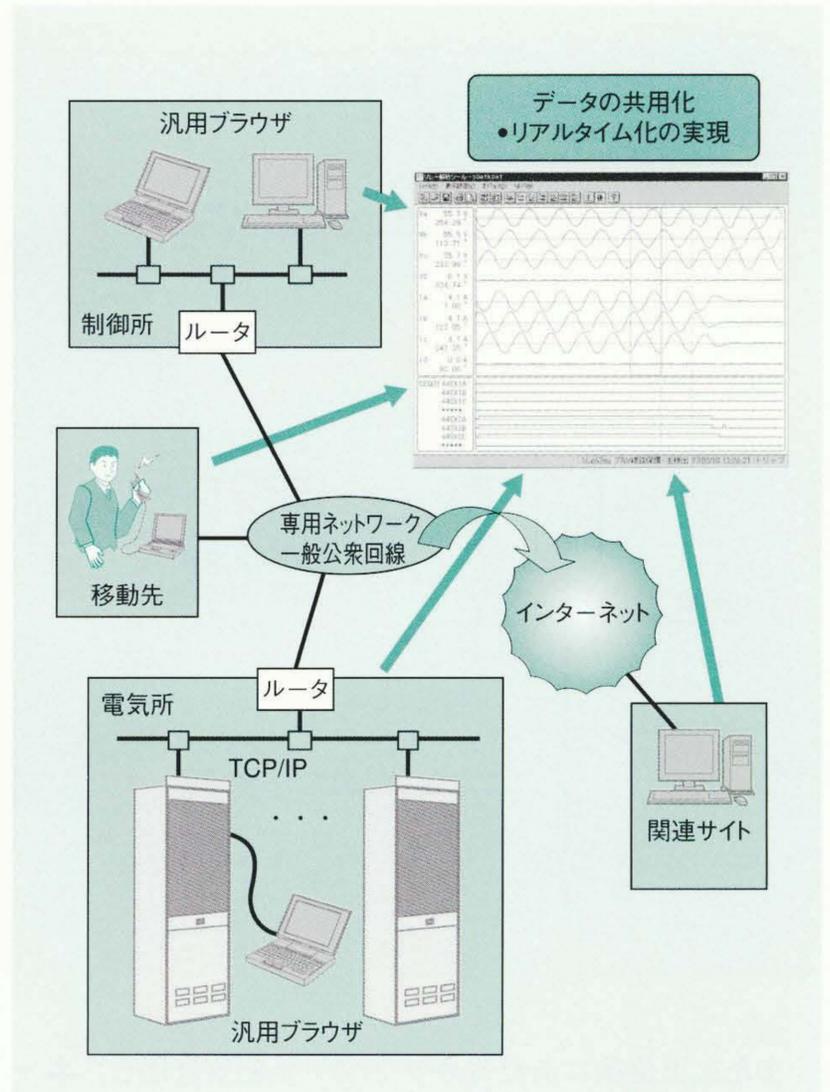


図5 ネットワークの構築例とデータの同時運用化  
汎用標準ネットワークインタフェースの実装により、汎用ブラウザで他所の装置と同時に運用し、データを確認することが可能である。今後、さらに運用効率の向上が図れるシステム構成も期待できる。

ネットワーク設備費を低コストに抑制し、システムを効率よく構築することで経済性を改善した。

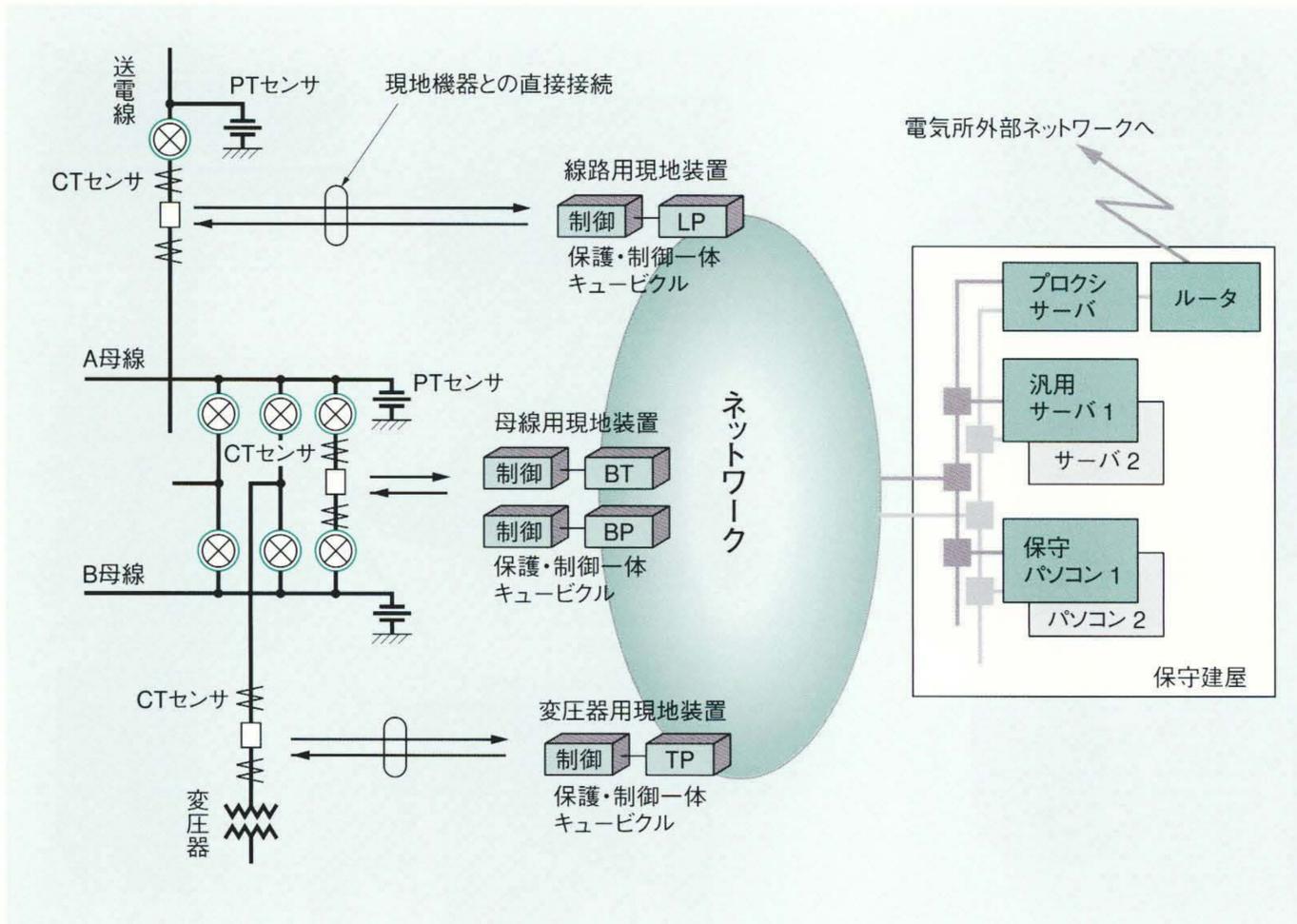
#### 4.4 保護・制御一体形装置と機器との結合

電気所装置間と保守拠点間を専用ネットワークによるランダムタイムな接続としているため、データの共有化と同時刻性を持つシステム構成が可能であることは前述のとおりである。

さらに、保護・制御装置をキュービクル仕様で屋外に分散配置し、機器との相互情報を直接やり取りすることで、大規模な電気所システムを低コストで構築することもできる(図6参照)。

これらのシステムでは、保護・制御装置が機器近傍に隣接されることから、以下のような利点を得られる。

- (1) 保護・制御装置用の建屋スペースの削除
- (2) 機器—装置間のケーブルルート短縮による布設費用の低減と工事期間の短縮
- (3) 機器直結の情報がネットワークで直接に伝送される方式であることから、情報の信頼性が向上する。



注：略語説明  
BT(母線分離保護)

図6 機器の直接結合とネットワークの応用例

機器近傍にキュービクル形の保護・制御一体装置を配置し、その間をネットワーク結合することにより、機器情報と制御・保護情報の集中管理が可能となる。

また、上位系にあたるネットワークを多重化し、ネットワークを常用・待機運用することで、いっそうの信頼性の向上が期待できる。

この場合、両保守拠点・電気所に専用のサーバを設置することにより、個別装置ごとの定期診断ができる。将来的には、機器の診断に活用することも可能となる。

## 5 おわりに

ここでは、電力流通システムにおける新技術について述べた。

通信技術の進歩とIT関連技術適用の拡大が相まって、最近の電力流通システムでは、インテリジェント化を指向したコンセプトに基づいた装置・機器にとどまらず、システムそのものの構成についての検討、開発が進められている。

今後、この分野では、顧客のニーズが多様化することが考えられる。日立製作所は、時代の要求に合わせ、低コストで、汎用性のある製品の開発とシリーズ化を図っていく考えである。

## 参考文献

- 1) 岩谷，外：効率的な設備形成に果たした保護リレーシステム技術，保護リレーシステム研究会(2001.10)

## 執筆者紹介



### 柏崎 博

1973年日立製作所入社，電力・電機グループ 電機システム事業部 変電システム本部 電力流通システム部 所属  
現在，電力流通システムの取りまとめ業務に従事  
電気学会会員  
E-mail：hiroshi\_kashiwazaki@pis.hitachi.co.jp



### 脇田孝之

1990年日立製作所入社，電力・電機グループ 電機システム事業部 変電システム本部 電力流通システム部 所属  
現在，電力流通システムの取りまとめ業務に従事  
E-mail：takayuki\_wakida@pis.hitachi.co.jp



### 佐藤雅一

1991年日立製作所入社，株式会社日本エーイーパワーシステムズ 国分事業本部 受変制御設計部 所属  
現在，電力系統用保護制御装置の設計に従事  
電気学会会員  
E-mail：masakazu-a\_satou@pis.hitachi.co.jp



### 佐藤康生

1994年日立製作所入社，日立研究所 IT応用研究センター 情報制御第六研究部 電力情報制御ユニット 所属  
現在，電力系統設備におけるLCM(Life Cycle Management)技術の研究に従事  
電気学会会員  
E-mail：satoya@hrl.hitachi.co.jp