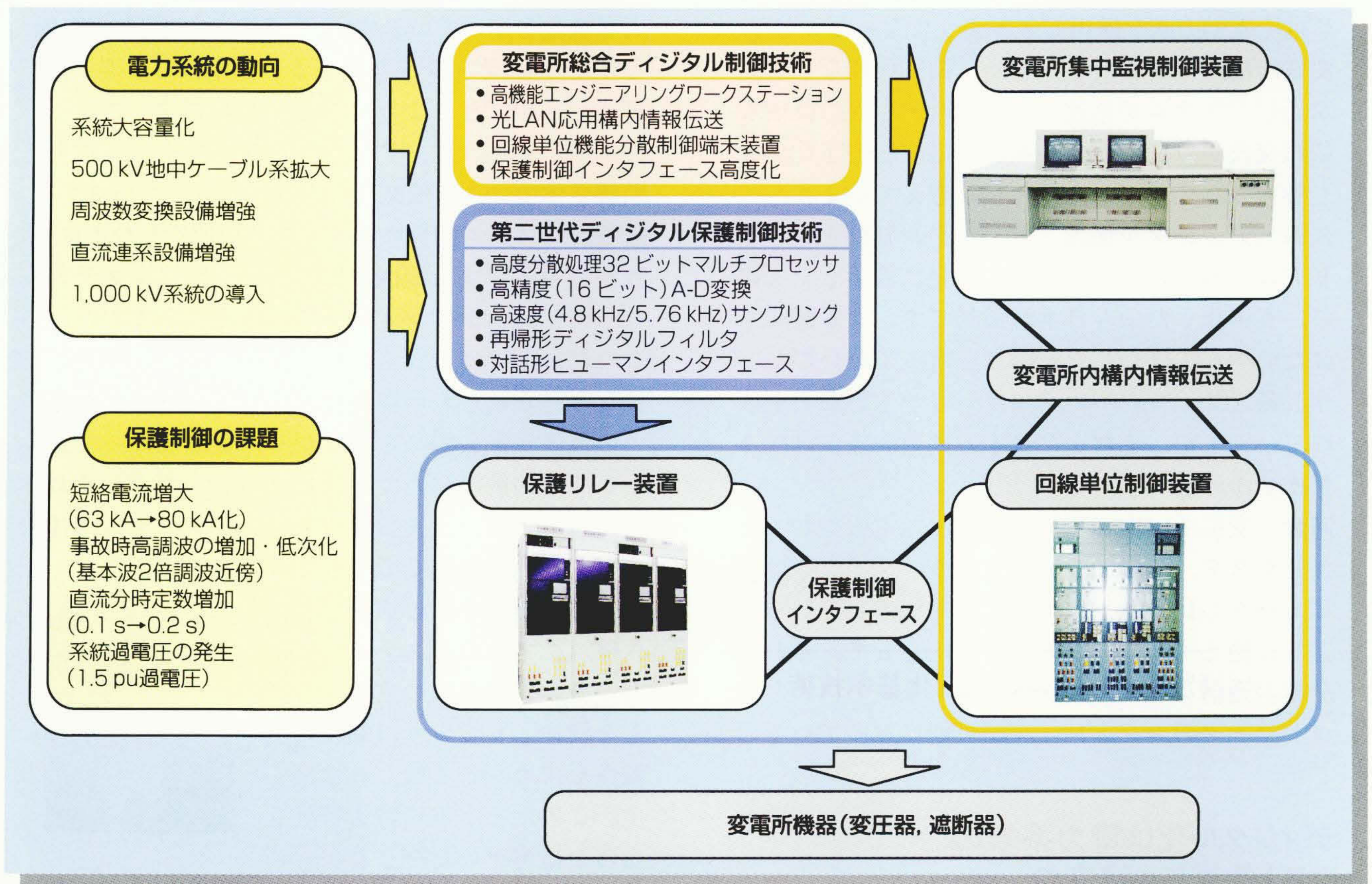


最近の電力系統保護制御システム技術の動向

Recent Trends of Power System Protection and Control Technology

久保 隆生* Takao Kubo 岩谷二三夫* Fumio Iwatani
河合 忠雄** Tadao Kawai



最近の電力系統保護制御システム技術

電力系統の動向に基づいたニーズと課題を踏まえて保護制御システムの高度化が図られている。

最近の電力系統では、500 kVケーブル系の都市部への導入、周波数変換設備・直流連係設備の増強、1,000 kV系統の導入計画など、いっそうの大規模化・多様化が図られてきており、これらのシステムの中核としての機能をつかさどる保護制御システムには、その高度化がますます重要になってきている。これらのニーズにこたえるためには、最新のデバイス技術、デジタル技術、情報伝送技術および高信頼度化技術を積極的に活用し、高度な保護制御システムを構築していくことが必要である。

日立製作所は、保護制御システムの高度化ニーズにこたえるため、高度分散処理32ビット マルチプロセッサシステムを採用した第二世代デジタル保護制御システム技術、および高機能エンジニアリングワークステーショ

ンや光LAN応用構内情報伝送を適用した変電所総合デジタル制御システム技術の開発を行った。これらの技術は、電圧階級ごとの各種保護リレー装置や変電所制御装置へのシリーズ化の展開を図ることと、将来の500 kV地中ケーブル系や1,000 kV系統などの計画に対応できる次世代保護制御システムを構築していくことを目的として開発したものである。これらの技術を適用した保護制御システムでは、機能、性能の高度化ニーズにこたえるとともに、最新のデバイス技術の採用による固有信頼性の向上、自動監視機能の高度化による運用・保守の省力化、機能の統合化による装置のコンパクト化などを図っている。

*日立製作所 電力事業部 **日立製作所 国分工場

1. はじめに

電力系統では、500 kV地中ケーブル系統の拡大や系統の大容量化、周波数変換設備・直流連携設備の増強、1,000 kV系統の導入などの計画に伴い、系統事故時の高調波増加・低次化、直流分時定数の増加、系統過電圧現象の発生、変圧器励磁突入電流と事故電流の識別が困難などの問題が顕在化してきている。また、社会生活の高度化に伴い、電力供給の信頼性の向上と経済性の追求もいっそう望まれている¹⁾。

電力供給の要(かなめ)である保護制御システムでは、電力系統の変化に伴う課題や社会的ニーズを先取りし、最新のデバイス技術、デジタル技術、情報伝送技術および高信頼度化技術を積極的に活用して高度なシステムを構築していくことが重要である。保護制御システムの機能、性能および信頼性向上の成果は、電力系統設備や電力機器の経済性向上に寄与でき、供給電力の品質と供給の信頼性の要求レベル確保にも大きく貢献できる。

ここでは、これらを背景として開発を行ってきた、最近の保護制御システム技術について述べる。

2. 保護制御システムの高度化基本技術

2.1 保護制御システムの課題分析手法と高度化技術開発

電力系統が大容量化することによって短絡電流が80 kA化すると、これに伴って保護リレーの入力部では、ダイナミックレンジは直流分100%重畳を考慮し、「80 kA×

2倍=160 kA」とする必要がでてくる。この課題に関連づけて、保護制御システムのアナログ入力部の高度化のニーズ・課題を横断的に分析し、高度化基本技術の開発を行った。これらの分析結果の代表例を図1に示す。アナログ入力部のダイナミックレンジ拡大の課題に関連し、フルスケールの標準化、機能統合のためのA-D変換の高分解能化、保護制御性能向上のためのサンプリングの高速化、信頼性向上、耐ノイズ性向上、経年変化特性向上など、有機的に関連するニーズ・課題が分析の結果明らかとなった。

これらの課題を横断的に解決するため、保護制御のアナログ入力部の高度化技術開発を行った²⁾。これらの高度化基本技術では、図1に示すとおり、入力処理については、(1)高精度演算(16ビットA-D変換器採用)、(2)高速サンプリング(4.8/5.76 kHz)、(3)アナログフィルタの簡素化、(4)デジタルフィルタ化(非再帰フィルタ採用)、および(5)入力部の自動調整化(人為調整の排除化)の開発を行い、機能、性能、信頼性の向上、コンパクト化などの課題にこたえた。これらの成果は、今後の保護制御システムへのシリーズ展開を可能とする基盤技術であり、「第二世代デジタル技術」として適用を開始している。

2.2 第二世代デジタル保護制御システムの

基本構成と高度化対応の基本技術

アナログ入力部以外の部位についても、電力系統の動向を踏まえたニーズ・課題を基に、同一の手法によって

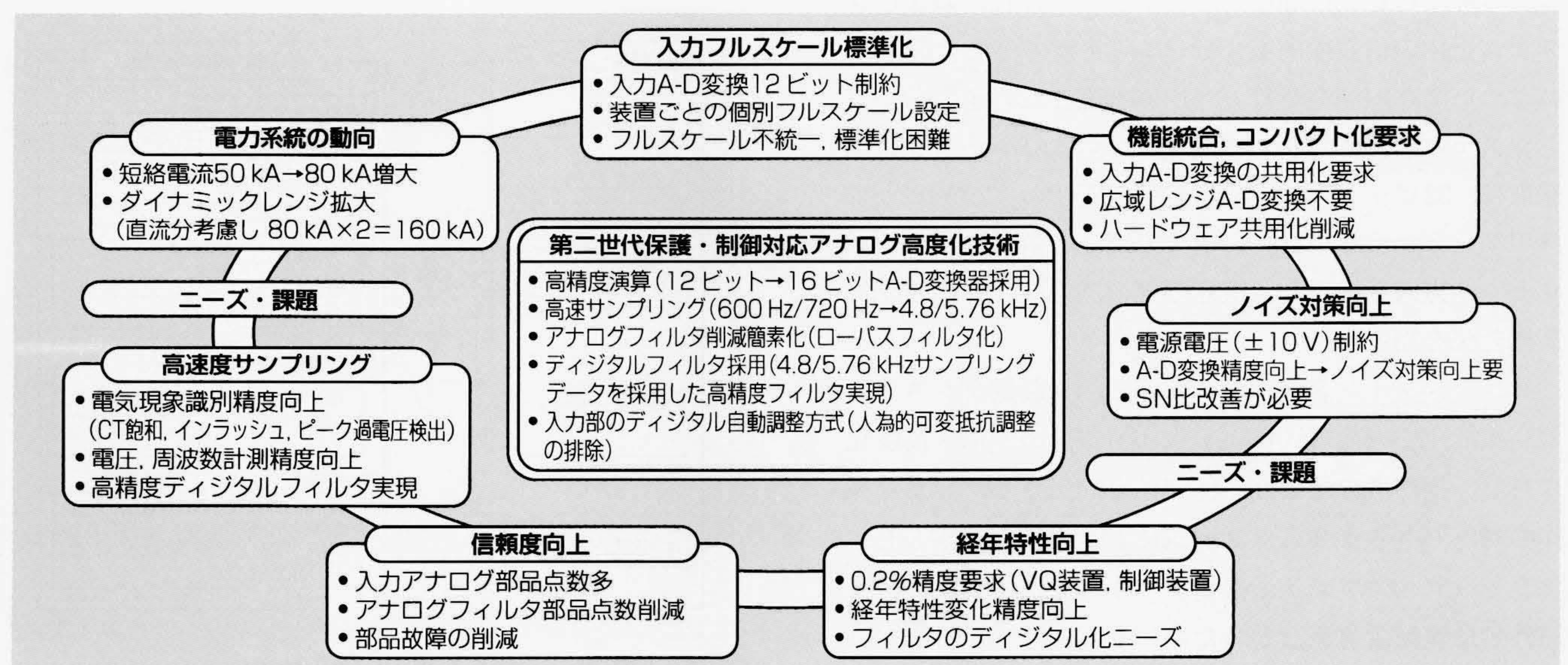
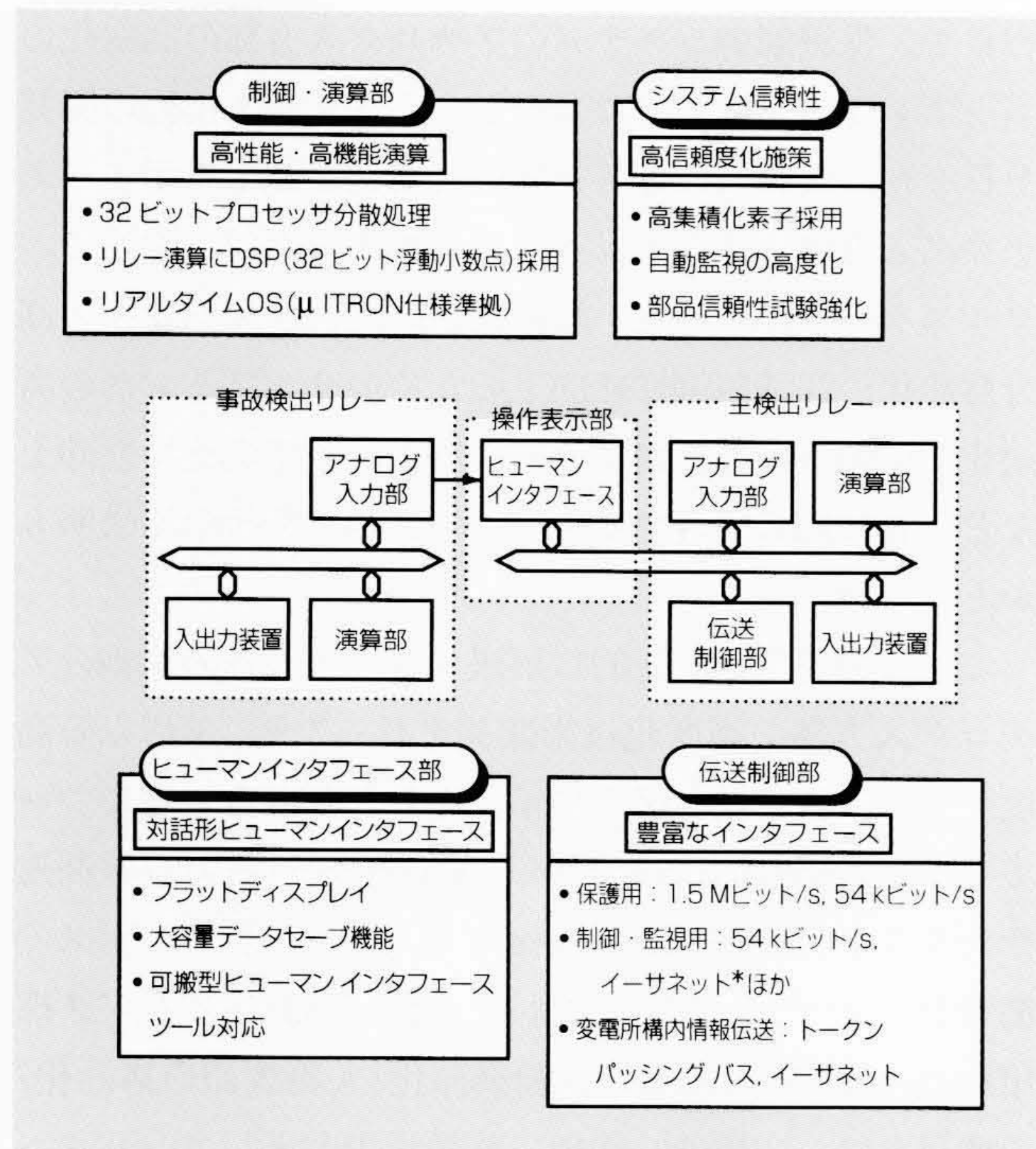


図1 アナログ入力部の課題分析と高度化技術の開発

保護制御システムのアナログ入力部の高度化ニーズ・課題を横断的に分析して技術開発を行う。



注: 略語説明ほか DSP(Digital Signal Processor)
OS(Operating System)
 μ ITRON(μ Industrial The Real-time Operating System Nucleus)
*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2 第二世代デジタル保護制御システムの高度化基本技術
各種保護制御システムへのシリーズ化を展開し、次世代システム構築のための高度化技術を開発した。

高度化対応の基本技術開発を行った。この技術は、アナログ入力部のほか、制御・演算部、ヒューマンインタフェース部、伝送制御部の各ハードウェア部位、およびシステム全体の信頼性向上に分けることができる。それぞれについて今回開発を行った内容を図2に示す。

システム制御部、リレー演算部、およびシーケンス演算部は、32ビット浮動小数点演算型DSPおよび32ビット汎用プロセッサを中心に構成する高度分散処理マルチプロセッサ方式を採用し、演算処理の高性能化、高速化、高機能化を図った。

ヒューマンインタフェース部では、保護制御システムの高機能化や機能統合による操作情報量の増加・高度化に対し、操作者の運用性と保守性を向上させ、容易な操作で対応できるように対話形式による操作を基本とし、フラットディスプレイとタッチパネルを採用した。また、屋外分散盤配置対応などのためのヒューマンインタフェース部の可搬ツール型化も可能とした。

伝送制御部では、保護制御システムの多様化する通信

手段のニーズにこたえるため、豊富な通信インタフェースをそろえて対応した。光LAN応用の変電所構内情報伝送、保護用としての各種通信方式に対応したPCM(Pulse Code Modulation)リレー、保護制御間または監視制御装置間との各種機器とのシリアルインタフェースなど、多様なインタフェースにフレキシブルに対応できるインタフェース機能を充実している。

システム信頼性については、電気協同研究会が具体的な信頼度性能の目標数値を提言している²⁾。これに対し、高集積化素子採用による部品点数削減や部品信頼性試験の強化を図るとともに、高性能・高機能化による盤面数やハードウェア量を削減することにより、信頼性の向上に寄与することができた。

2.3 自動監視機能の高度化

保護制御システムの高性能化・高機能化によって機能統合を図ったり高集積化部品を採用すると、一過性故障や間欠故障など故障様相が複雑になっていくほか、故障部位の特定も高度な技術が必要となってくる。また常時、監視レベルの高感度化を図る場合、系統の現象にも敏感に応動しやすくなるため、不要検出しない配慮が必要になってくる。第二世代デジタル保護制御システムでは、これらの観点から、自動監視手法についても改善を図った(図3参照)。

高調波重畳監視は、系統現象と弁別でき、なおかつ、本来の演算に影響を及ぼさない、偶数調波の高調波を常時印加して監視するものである。リトライ機能は、一過

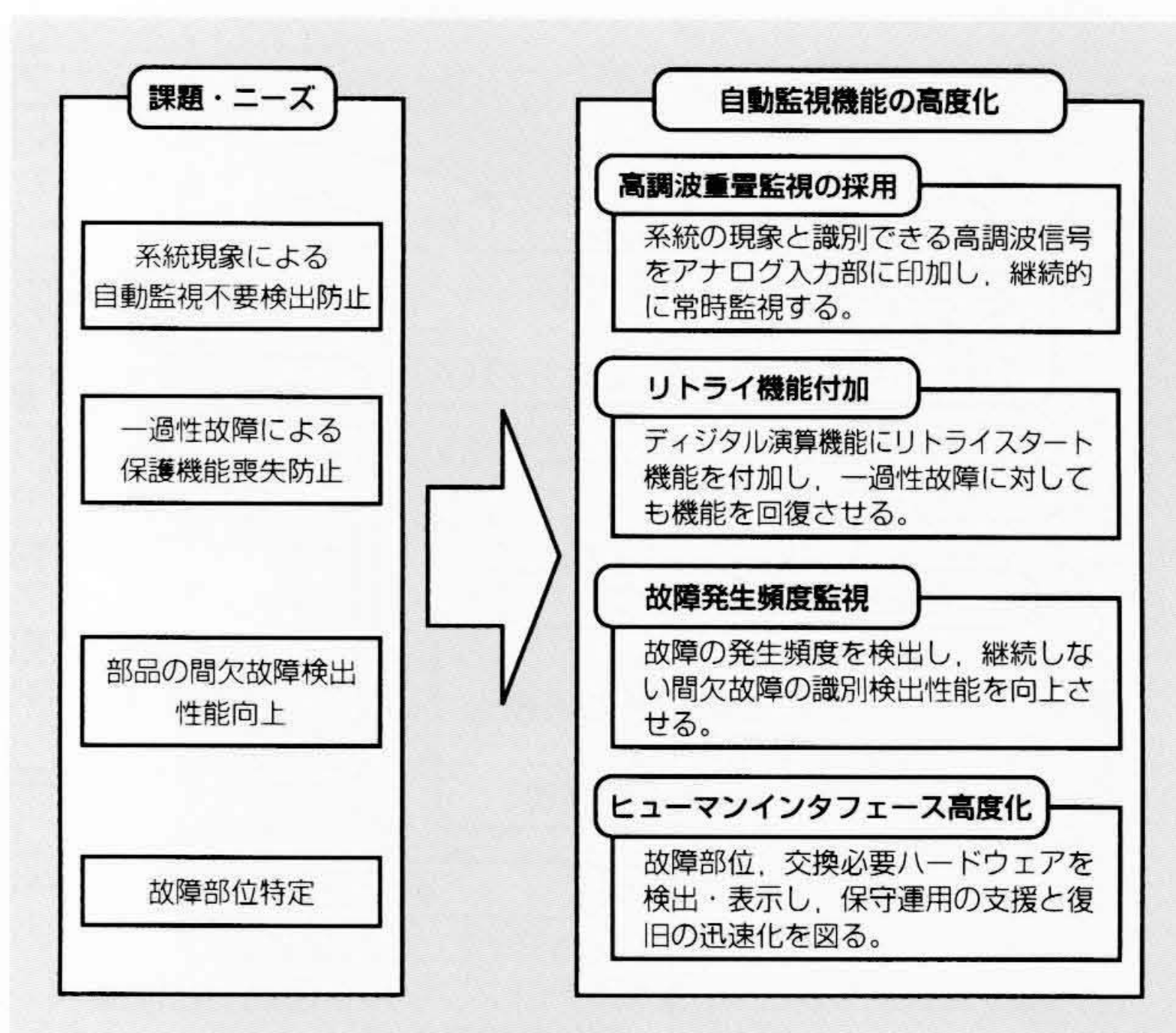


図3 自動監視機能の高度化による信頼性向上

稼働信頼性を向上させるためには、自動監視機能の高度化が必須となる。

性故障で本来の保護制御機能が回復しているケースでは、リトライスタートによってシステムを再立ち上げし、正常に復旧させるものである。このほか、頻度監視採用による間欠故障の検出、ヒューマンインタフェースの高度化、故障部位特定情報の提供による保守運用の支援と復旧迅速化を実現している。リトライ機能や頻度監視機能は一過性非再現故障や間欠故障に対して効果が期待でき、また、ヒューマンインタフェースの高度化と相まって保守性の向上に寄与できると考える。

3. 各保護リレーへの高度化技術の応用展開

第二世代デジタル技術として開発した高度化基本技術は、従来の第一世代の各デジタル保護リレー装置の課題解決に応用展開を行って成果を出している。その代表例を図4に示す^{7), 8)}。

基幹系送電線保護リレー装置では2系列化構成とされることが多い。従来は、主保護、後備保護および過負荷保護それぞれを別盤構成としたうえに2系列化したために盤面数が多く、機能統合によるハードウェアのコンパクト化が課題としてあげられていた。今回、第二世代デジタル技術を使うことにより、演算処理性能が向上し、アナログフィルタをデジタルソフトウェア処理化してハードウェアが削減でき、入力部の高精度化、ダイナミ

ックレンジ拡大による標準化統合を図ることもできた。このため、盤1面に主保護、後備保護、過負荷保護が統合でき、ハードウェアのコンパクト化を図ることができた。このことはハードウェア削減による部品故障率の削減に寄与している。

母線保護リレー装置や変圧器保護リレー装置では、アナログ入力部の高分解能A-D変換器(16ビットA-D)採用による精度向上、高速サンプリング方式(4.8 kHz/5.76 kHz)により、検出性能を向上することができた。母線保護については、既設CTの共用化、CT仕様見直しニーズにより、外部事故時のCT飽和現象検出精度の向上の課題が顕在化してきた。これに対しては第二世代の高度化技術を採用することにより、従来の30°サンプリングデータから、15°サンプリングデータを使ったCT飽和外部事故検出が容易になり、事故検出精度の向上を図ることができた。このため、母線保護と他装置との既設CT共用を可能としたり、CT仕様の見直しによって、経済的効果を発揮することができるようになった。

発電機保護リレーでは、高速サンプリングデータを使用した精度の良い広帯域デジタルフィルタ特性が実現でき、発電機起動時の低周波特性・性能を改善することができた。

これらの例のほか、通信装置との機能統合化を図った送電線保護リレーなどの適用事例もある。今後さらに下位系保護リレー装置への適用拡大を図り、効果を創出していく考えである。

4. 変電所総合デジタル監視制御システムの高度化技術⁹⁾

変電所の総合デジタル監視制御システムは、回線単位に制御・監視・計測などの機能を集約した回線単位制御装置と集中監視制御装置、運転支援装置、保守支援装置、変電所復旧支援装置、機器監視端末などで構成する。その高度化技術を図5に示す。

回線単位制御装置、変電所復旧支援装置、および機器監視端末は第二世代デジタル技術を反映したハードウェアと同一のものが適用されるケースが多く、図2、図3で示した効果を期待することができる。

集中監視制御装置や運転支援・保守支援装置では、高機能EWS(Engineering Workstation)を積極的に採用し、コンパクト化、経済性の追求が図られてきている。

変電所構内情報伝送については、基幹系変電所ではトークンバス方式の光LAN応用構内情報伝送方式(ISO

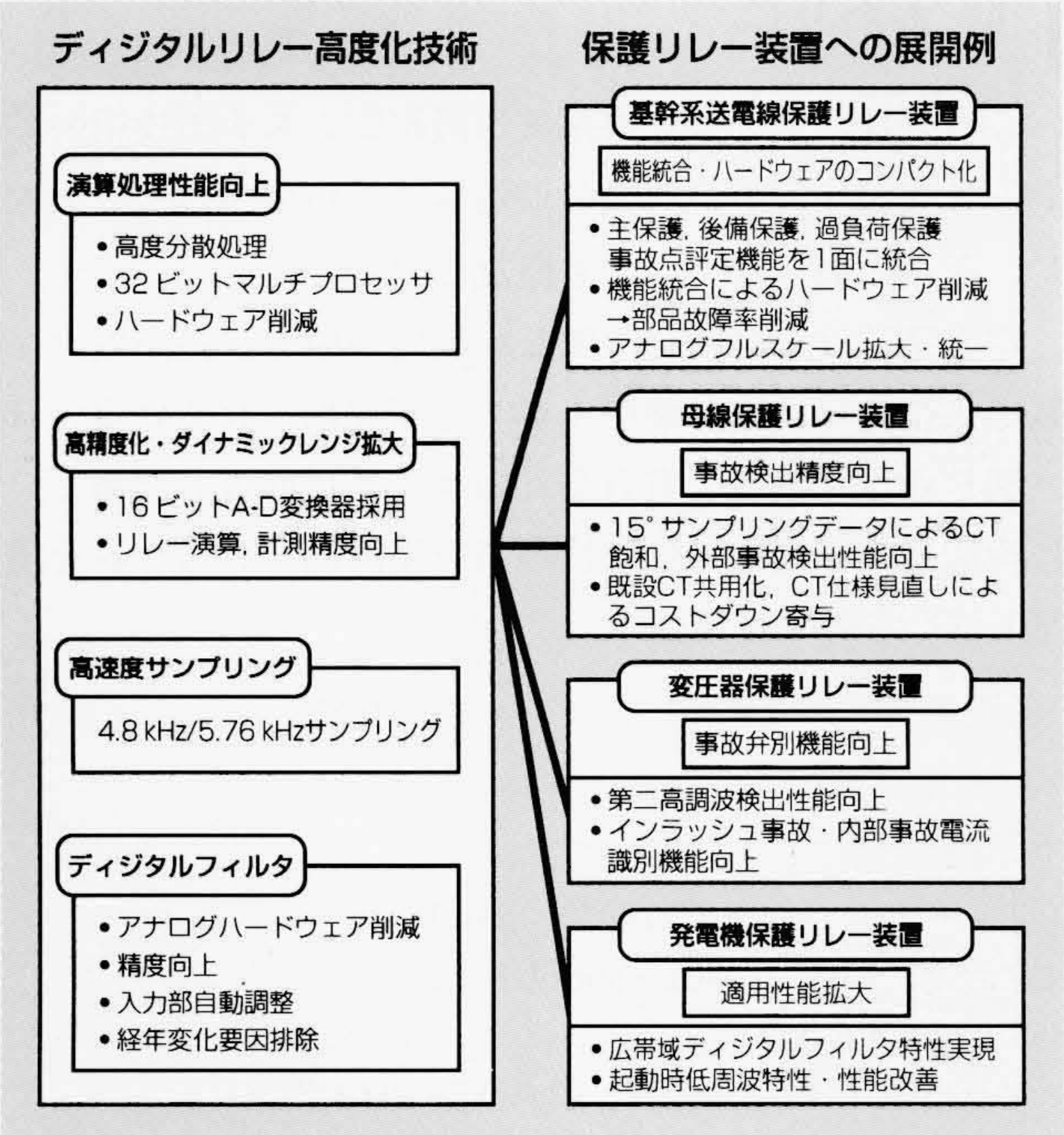


図4 デジタルリレー高度化技術と保護リレー装置への応用展開
各リレー装置の課題に応じて高度化技術が展開される。

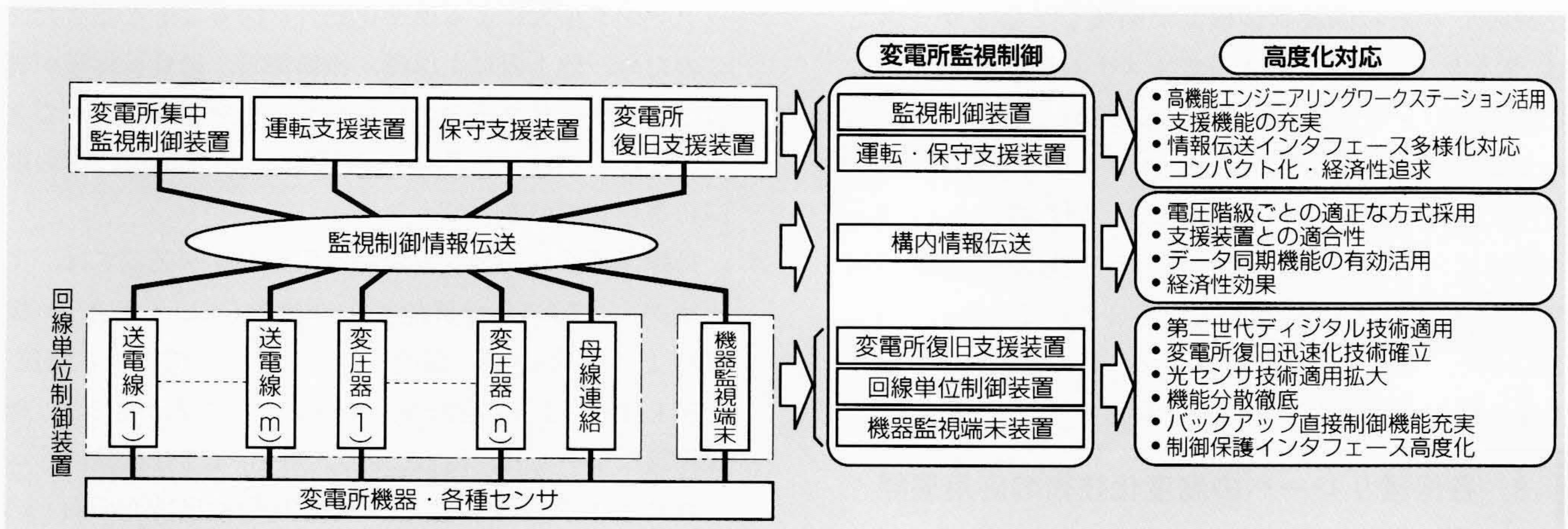


図5 変電所総合デジタル監視制御システム

監視制御機能の高度化に合わせて各種支援システムの充実が志向されている。

8809・2準拠)が幅広く活用されている。下位系変電所では、仕様見直しによる機能の統合に合わせて、光HDLC (High-Level Data Link Control) 伝送など、経済性を追求したシステムが開発され、採用されてきている。

5. 電力系統保護制御システムの今後の展望

微細加工技術や高集積技術に支援されたデバイス技術、光スイッチング素子をはじめとする技術などは、今後も長足の進歩を遂げるものと思われる。このため、マイクロプロセッサをキーコンポーネントとする、電力系統保護制御システムの高度化はさらに発展していくと考える。これらの成果は、システムのいっそうのコンパクト化と経済性の追求の課題にこたえてくれるものと期待される。またあわせて、光PDや光CTなどの各種センサ、遮断器や断路器などの光インタフェースの標準化の採用により、変電所主機器との光絶縁の徹底を図ることができ、保護制御装置の絶縁耐量の低減化、低電源電圧デバイスの採用への道も開き、いっそうのスリム化、コンパクト化に拍車をかけるものと予想される。さらに、情報伝送機能の高度化により、変電所と上位系制御所間のデータの同期系の確立や変電所間のデータ同期系の確立を

可能にすることが見込まれている。これにより、保護制御システムの演算性能向上との相乗効果で、広域アダプティブ(適用型)などの斬新な概念を積極的に導入したシステムの道も拡大していくものと考ええる。

保護制御システムには電力供給の信頼性と品質をつかさどる重要な使命があるため、性能・機能・信頼性・経済性などの基本課題を常に明確にし、最新の要素技術の動向、信頼度の評価結果を注視しながら積極的に導入し、新たなシステム開発に挑戦する努力が必要であると言える¹⁰⁾。

6. おわりに

ここでは、最近の電力系統保護制御システム技術の動向と日立製作所での開発の取組みについて述べるとともに、今後の展望についても概説した。

電力系統は社会情勢の厳しい制約の中で、高い電力品質と供給の信頼性を確保することが要求されている。日立製作所は今後とも電力会社のニーズに適合した新しい技術開発を推進し、信頼性の高い保護制御システムを構築していく考えである。

参考文献

- 1) 電気協同研究会：第二世代デジタルリレー，第二世代デジタルリレー専門委員会，Vol.50，No.1(平6-4)
- 2) 堤，外：電力需給の安定化を実現する高信頼性周波数変換装置，日立評論，76，12，861～866(平6-12)
- 3) 柳橋，外：1,000 kV用保護システムの開発，日立評論，76，12，855～860(平6-12)
- 4) 千葉，外：第二世代の系統保護制御システムを支える最近のデジタル技術，日立評論，79，3，285～290(平9-3)
- 5) 滝口，外：第二世代デジタル保護継電装置の開発，日立評論，79，3，291～296(平9-3)
- 6) 中村，外：電力用機器保護継電装置のデジタル化，日立評論，79，3，297～300(平9-3)
- 7) 天雨，外：変電所総合デジタル監視制御システム，日立評論，79，3，301～306(平9-3)