

配電自動化システムの最新技術動向

特集1

松田 秀樹 (まつだ ひでき)

金澤 康久 (かなざわ やすひさ)

小島 浩 (こじま ひろし)

1 まえがき

高度情報化社会の進展，都市高度化・多様化に伴い，膨大化・複雑化する配電システムに対し，供給信頼度の向上・設備の効率的運用などを目的に IT を適用した配電自動化システムが本格的に導入されて，すでに 20 年が経過した。

配電自動化システムとは，電力会社の営業所より，配電システム上の開閉器を遠隔にて監視・制御することで以下を実現し，電力システムの供給信頼度向上に重要な役割を果たしてきた。

- 故障点の確定・切離し，自動融通による停電区間・停電時間の極小化

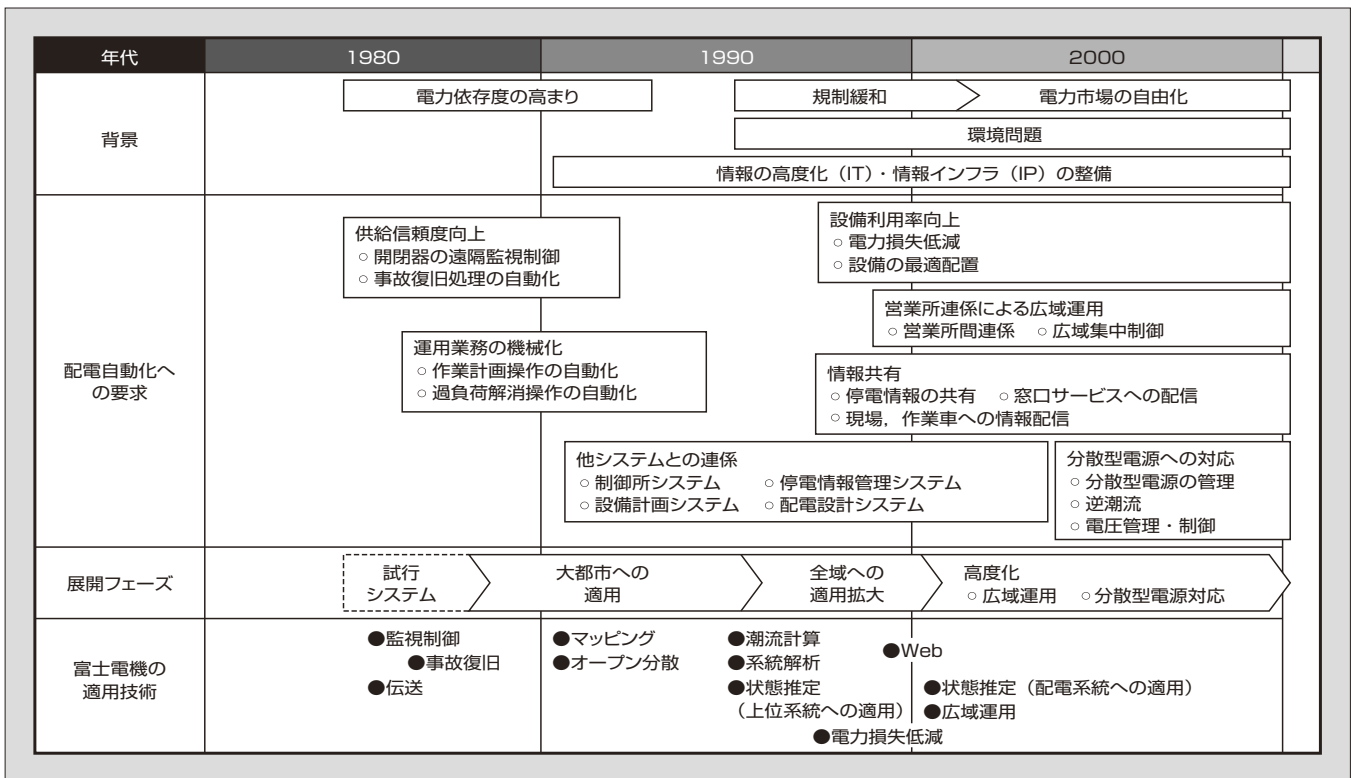
- 作業・工事における停電区間の極小化
- 運転員の省力化・業務効率化

近年電気事業における世界的な規制緩和の流れ，地球環境問題への対応，IP (Internet Protocol) ネットワークの充実，情報処理技術の飛躍的性能向上により，配電自動化技術もこれまでの価値観や枠組みを越えた取組みがなされている。

特に CO₂ 削減を目的とし，自然エネルギーを利用した分散型電源が系統に多数連系されることによる運用が，今後大きな課題と予想される。

以下に分散型電源対応を含めた富士電機の取組みを紹介する。

図1 配電自動化システムの展開と要求仕様の変遷



松田 秀樹

配電自動化分野のエンジニアリング業務に従事。現在，富士電機システムズ株式会社制御システム本部エネルギーソリューション統括部電力システム部担当課長。



金澤 康久

配電自動化分野のエンジニアリング業務に従事。現在，富士電機システムズ株式会社制御システム本部エネルギーソリューション統括部電力システム部担当課長。電気学会会員。



小島 浩

電力系統解析，シミュレーション手法の開発に従事。現在，富士電機システムズ株式会社技術開発本部技術開発統括室主任。電気学会会員。

2 配電自動化システムの動向

図1に配電自動化システムの展開と要求仕様の変遷を示す。

1980年代から各電力会社が積極的に導入推進してきた配電自動化システムに対し、富士電機では、各分野で高い信頼性と実績を持つ“オンライン監視制御技術”を中核とし、これに各ユーザーの配電システムの運用に関するノウハウを盛り込んだ高機能・高信頼性なシステムを構築し、ユーザーごとに展開してきた。

今日、電気事業・配電システムを取り巻く環境の変化、CPU性能の飛躍的向上、IPネットワークの普及により、配電自動化システムに対する仕様も、従来の供給信頼度の

向上のみならず、今までの一つの営業所管轄の配電システムを監視制御することから、複数の営業所管轄の配電システムを監視制御する広域分散へといった要求に変化している。また、分散型電源が系統連系してくることに對しての、機能・運用の高度化などの要求も出てきている。

富士電機では、これらの要求を満足するため、日々たゆまなく技術開発を行い、各ユーザーにシステムを提供している。

これらの富士電機における配電自動化システムの取組みのうち、本稿では広域分散監視制御システムおよび分散型電源への対応について紹介する。

3 広域分散監視制御システム

富士電機は電力流通コストの低減（システム構築コスト、システムランニングコストの削減）と経営資源の有効活用を目的とし、複数営業所管轄の配電システムに対して広域配電サーバ構想による一括監視制御を各電力会社に提案してきた。これは、拠点営業所に複数営業所のデータ管理およびアプリケーションソフトウェアを動作させるサーバを設置し、広域ネットワークを介して各営業所に設置するクライアントと関係することで、どの営業所のクライアントからでも配電自動化システムに搭載されているすべての機能を利用できるというものである。

これを容易に実現可能としたのが、図2に示す富士電機が開発した「分散DF-ROSE」と「分散P-FILE」である。

従来、システム間の関係を考える場合、各システム間の伝送、データベースの等化はアプリケーションソフトウェアによって行ってきた。しかし、分散環境下のアプリケーションソフトウェアの起動管理を行う分散DF-ROSEおよび分散環境下でアプリケーションソフトウェアが意識

図2 広域分散とミドルウェア

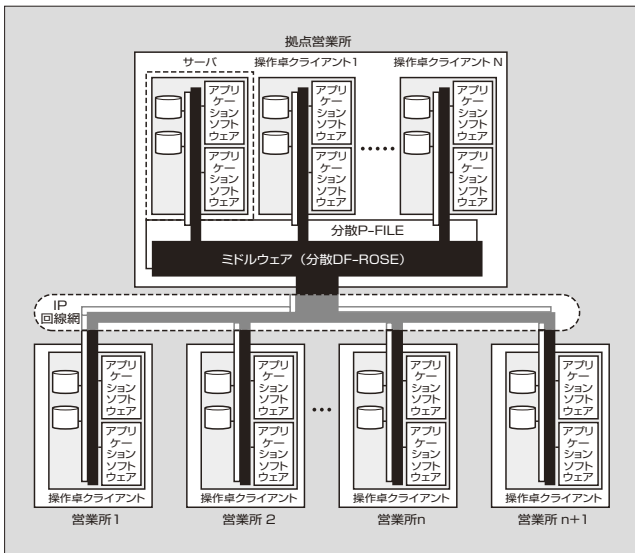
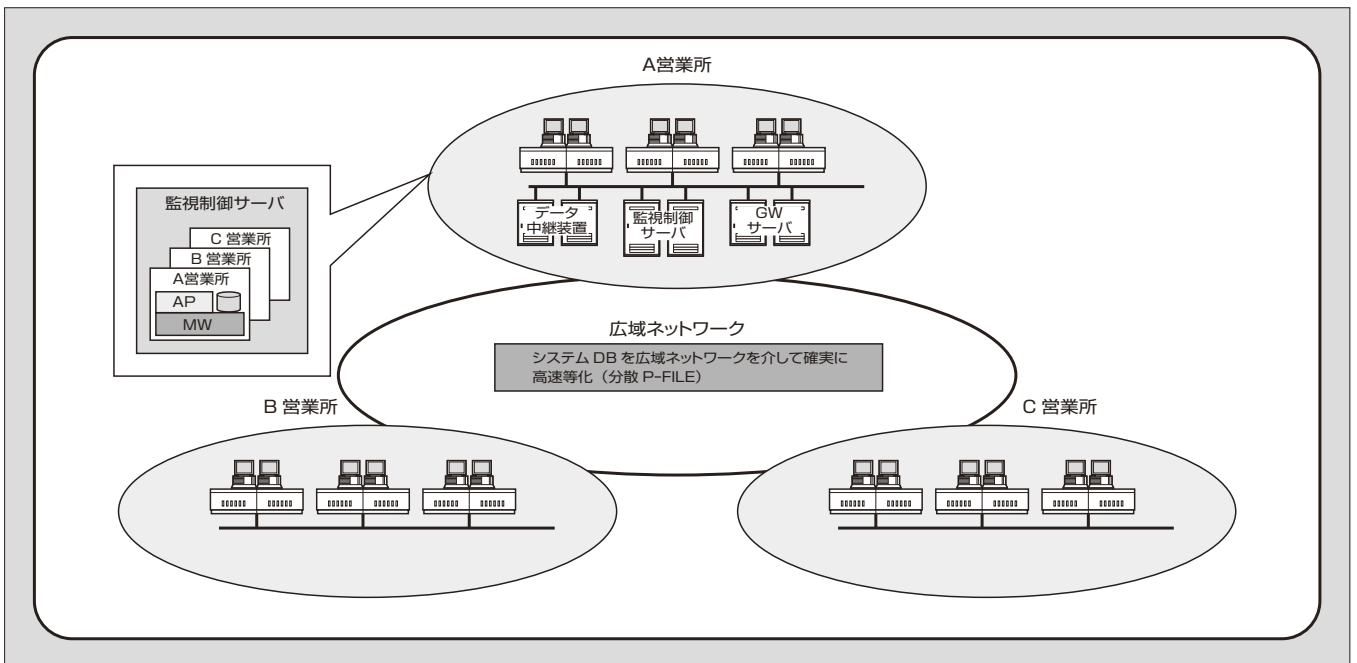


図3 サーバ集中型システムのイメージ



することなく、自動的にデータベースの等化が可能な分散P-FILEを開発した。各サーバ・操作卓クライアントのアプリケーションソフトウェアは、他のアプリケーションソフトウェアやデータベースがどこに配置されているかまったく意識することなく動作できるようにした。このことにより、広域ネットワークを経由して数十km先に設置されている操作卓クライアントも、まるで同一のフロアに設置されているかのように隣接営業所の監視制御が可能な仕組みを実現している。

分散DF-ROSE、分散P-FILEを活用した広域分散監視制御システムの構築例を以下に紹介する。

(1) サーバ集中型システム（集中監視制御システム）

サーバ集中型システムのイメージを図3に示す。

本システムは、拠点営業所にサーバを集中し、拠点以外の営業所には操作卓クライアントのみを配置し、広域ネットワークにて各営業所間を結合することにより、複数営業所でサーバを共有化し、システム資源を有効活用する方式である。

この方式のメリットは、複数営業所でサーバを共有化することで、営業所ごとにサーバを設置する必要がなく、拠点営業所以外の営業所にはクライアントを設置するだけで、コンパクトに低コストのシステムを実現できることである。そのためシステム初期導入費用ならびに運用費用を抑えることができる。

従来は営業所ごとに独立したシステム構成であったが、広域に張り巡らされたネットワークをあたかもLAN(Local Area Network)のように使用することで、数十km離れた営業所間で、クライアントサーバ方式を実現でき、かつ拠点営業所のみならず、どの営業所でも同じよう

に配電自動化システムに搭載されているすべての機能を利用できる。

この方式のデメリットは、サーバを設置している拠点営業所が大規模災害などの被害に遭った場合、サーバ内のデータ消失の可能性があるため、配電自動化システムの復旧に時間を要する点である。ただし、アプリケーションソフトウェアならびにデータを遠隔地にリモートセーブする仕組みを確立しておけば、比較的早く復旧できる。

(2) サーバ分散型システム（相互バックアップシステム）

サーバ分散型システムのイメージを図4に示す。

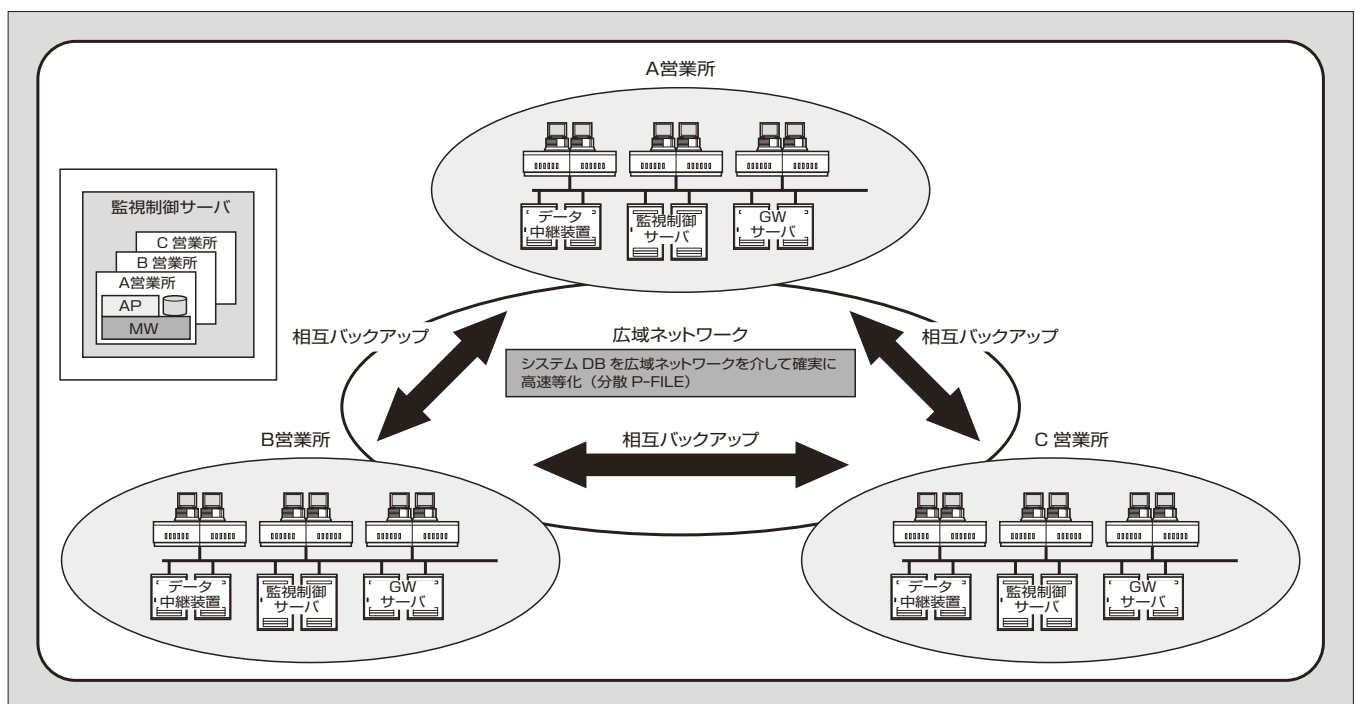
本システムは、各営業所にサーバを設置し、広域ネットワークにて各営業所間のサーバを結合することにより、お互いの営業所間の運用を相互にバックアップする方式である。

この方式のメリットは、各営業所間で常にデータを等化する仕組みを構築することで、操作卓の運用を他営業所に切り替えることで、広域バックアップ運転が可能な点である。本システムでは、ある営業所が大規模災害などの被害に遭った場合でも、他営業所でバックアップ運転ができ、配電システムの運用に支障をきたすことがない。

デメリットとしては、やはりサーバを複数営業所に設置するため、システム初期導入費用ならびに運用費用が高くなることである。

しかし、近年サーバマシンが10年前に比べると安価となっているので、初期導入費用は従来に比べ低く抑えることができる。さらに費用を抑えた形でリスク分散を考える場合、サーバをすべての営業所に設置するのではなく、あらかじめ決められた2か所に設置し、リスク分散する形態もある。

図4 サーバ分散型システムのイメージ



4 配電自動化システムの分散型電源への対応

配電自動化システムでは、事故復旧および配電系統の切替えを実施するために系統の電圧および負荷を管理している。

従来の配電自動化システムで管理している電圧と負荷は分散型電源が考慮されておらず、以下の系統状態で電圧、負荷を算出している。

- (a) 配電系統は負荷のみの系統であり、電源は上位側の配電用変電所のみと想定
- (b) 上位系電源からの短絡容量に対してのみ、機器や配電線の容量を決定
- (c) 電気の潮流方向を一定とした電圧・電流を算出

しかし、ここ数年において、風力発電などの分散型電源の配電系統への連系により、今まで上位側のみと想定していた電源が負荷側にも複数配置され、電気の潮流方向も一

定ではなくなってきた。

これらの課題に対して富士電機では配電自動化システムの分散型電源への対応として、潮流計算および状態推定の開発と適用検討を進めている。潮流計算の適用により、今まで変電所から配電系統の末端まで一定方向の潮流を想定して算出していた電圧および負荷について、分散型電源が連系され逆潮流が発生する配電系統においても算出可能となった。

限られたセンサ情報から電力系統全体の電圧、潮流などの状況を把握する状態推定手法では逆潮流が発生するような系統においても、計測器の誤差、計測データの非同期性、計測データの欠損などを考慮し、計測データを基に対象となる電力系統に対して最も矛盾の少ない状態をオンラインで算出することができる。

状態推定手法の概念図を図5に示す。状態推定も潮流計算も上位系の系統制御システムなどですでに適用されている技術であるが、富士電機では系統制御システムで培った技術を活用し、さらに配電系統に特化した手法の開発を進めている。

特に潮流計算は上位系で用いられているループ運用に対応可能なNR法(Newton-Raphson法)に対し、配電自動化システムにはBFS法(Backward-Forward Sweep法)適用の潮流計算を採用している。BFS法は放射状配電系統に特化した計算手法であり、通常においてループ運用のない日本の配電系統では、NR法に比較して、計算速度が速く収束性がよいという優位性がある(図6)。

図5 配電系統の状態推定手法の概念図

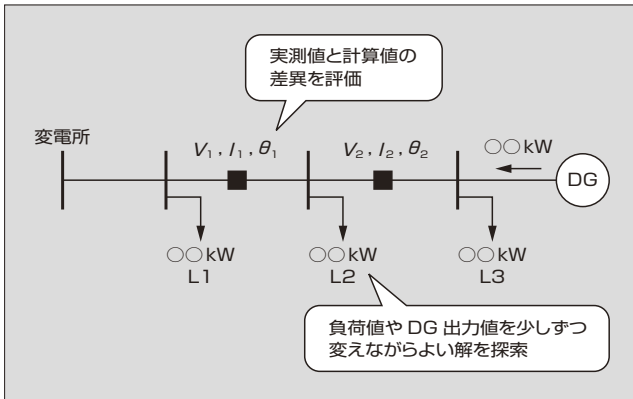
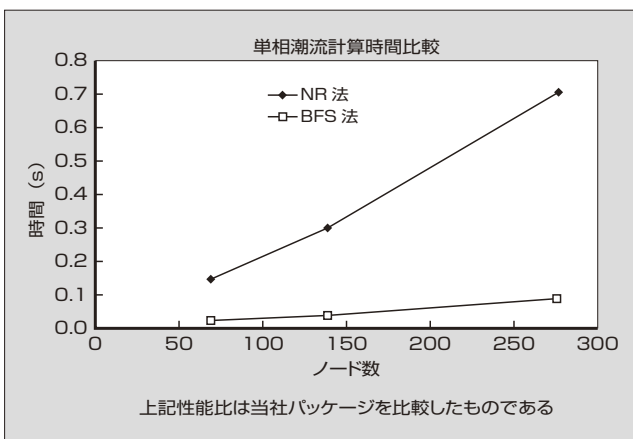


図6 潮流計算手法と計算時間比較



5 あとがき

配電自動化分野は、情報通信インフラの発展と整備、個々のお客さまのニーズの高度化・多様化ならびにセンサなど関連技術の進歩に伴い、今後ますます進化していくと考える。

富士電機は今後とも将来の動向を見定め配電自動化分野の発展に寄与していく所存である。

参考文献

- (1) 配電業務へのIT適用調査専門委員会. 配電業務におけるIT適用状況と今後の展望. 電気学会技術報告第1076号. 2006.
- (2) 配電自動化技術特集. 富士時報. vol.71, no.9, 1998.
- (3) 志岐仁史ほか. 配電系統向け状態推定手法の実測評価. 電気学会電力・エネルギー部門大会. 2005.



*本誌に記載されている会社名および製品名は、それぞれの会社が所有する
商標または登録商標である場合があります。