

# 電力システムの監視

工学研究院電気電子工学研究系 教授 渡邊 政幸



## はじめに

再生可能エネルギーの大量導入や調整市場の開設など電気事業を取り巻く環境が大きく変わってきています。発送配電を統合する電力システムにおいては、特に太陽光発電や風力発電といった自然変動電源の大量導入に伴って周波数や電圧の変動などの様々な課題が生じているなかで、こうした電源をうまく統合して有効活用を図っていくための技術開発が進められています。

当研究室では、電力システムの監視・解析・制御をテーマに電力流通の過程で生じる種々の課題を対象と

しています。ここでは、送電網における電力の流れを監視することでシステムの安定運用につなげるための研究の一つを紹介します。

## 同期計測技術によるオンライン監視

電力システムは面的に広がっているため、ある一つの事象が波及して大停電（ブラックアウト）に至る可能性があることを常に意識しながら運用されます。そのためには、現在の状態をできるだけ正確に把握することが重要で、各所における電力の流れや周波数等を常にモニタリングしています。かつてはその時間粒度が粗く、状態推定の精度も高くなかったのですが、1990年代にGPS（全地球測位システム）の時刻情報を用いた時刻同期型の計測装置が開発され、それまで計測が困難であった電圧位相を多地点で同期して高サンプリングで計測できるようになり、状態推定の精度が飛躍的に向

上しました。高速大容量の通信が容易となったことで、オンライン監視や制御の手段としてシステム規模が大きな欧米では先行して導入が進みました。

本学では、100Vコンセントで計測可能な小型の装置を全国の大学構内に多数配置し、CampusWAMSと称した計測網を構築して、得られる大量の観測データを用いて電力網の状態を推定する方法の構築を進めてきました。電氣的に交流でつながっているのでコンセントからでも50万V送電網の様子をモニタリングすることが出来ます。電力網においては電力のやり取りによって絶えず微小な動揺が生じています。この動揺は多地点で同期計測することで捉えることができ、システムの大きさに応じて特徴的な動揺を観測することができます（図1）。簡単な信号処理で特徴的な成分のみを抽出することで、電力システムで生じる動的な振る舞いを見える化でき、そこからシステムの特性変化などを分析することが出来ます。

## 電力システムの低慣性化

近年、再生可能エネルギーの導入が進むなかで特に懸念されるのが、システムの低慣性化による大停電リスクの増大です。従来の発電方法は水車やタービンに発電機を直結して発電する方式で、回転機であることから大きな慣性を有しています。これが一時的なエネルギーのバッファ

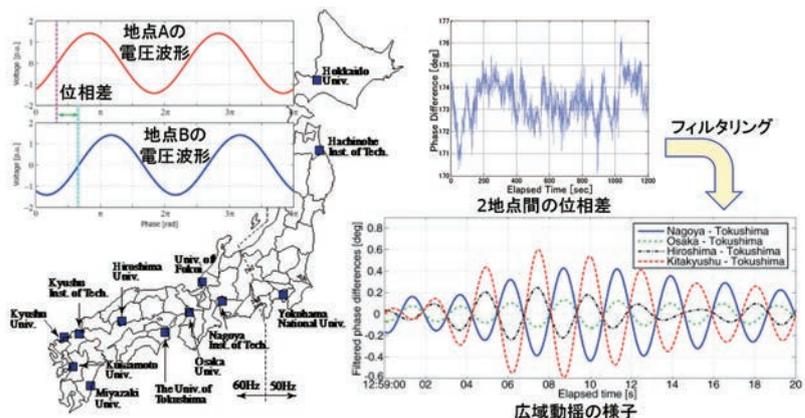


図1 CampusWAMSと広域動揺の様子

となつて、周波数の変動を抑える重要な役割を担っています。一方で、太陽光発電はパワーコンディショナと呼ばれる電力変換器(インバータ)を介して接続されることから慣性を有しておらず、こうした電源が増加して相対的に従来型の電源が減少するとシステム全体の慣性が低下することになります。つまり周波数変動を抑える能力が低下することになり、大規模電源停止などの大きな事象に対して大きな周波数変動をもたらすことになります。このとき周波数の変化率がある閾値を超えると、各電源は保護等のため切り離される仕組みになっていきます。一斉に大量の電源が切り離されることになれば圧倒的に供給不足となつて大停電に至ります。日本や英国等の島国ではこの問題が顕在化しやすいと言われており、その対策として慣性のモニタリングや電力変換器に仮想的な慣性を発生させる制御技術などの開発が進められています。

### 慣性のオンライン監視

適切な対策にあつては現状を把握することが重要になりますが、電

力システムには電力会社が管理する発電機以外にも、工場等に導入されている自家発電設備等が多数接続されていることからすべての発電機の状態を把握することは困難です。発電機以外にも負荷として利用される各種電動機等も慣性を有しており、周波数変動の抑制力として作用することが知られていますがその数は膨大です。そのため、把握できる発電機のみを数え上げておおよその指標とする方法や、需要から負荷側の貢献度を推定する方法などいくつかの方法が提案されています。

本学では同期計測技術を用いて慣性の変化をオンラインで監視する方法を検討しています。図2は電力動揺の周波数と慣性が反比例の関係にあることを利用して、夏季のある1週間にとつて動揺周波数の推移を観察した結果です。太陽光発電が大量導入された結果、動揺周波数が高くなる、すなわち、慣性が低下したことがわかります。定性的には変化量が評価するため、抽出した動揺成分を簡略化した電力システムモデルに当てはめることでシステム全体

の実効的な慣性を推定する方法を構築しています。この推定には2地点で計測した電圧位相の情報とある送電線に流れる電力の情報のみが必要で、その他システムに関する詳細な情報を必要としないという特長を有しています。また、常時観測される微小動揺の情報が利用できることから継続的に推定可能で、オンライン監視の実証を進めています。

### おわりに

カーボンニュートラル実現に向けて再生可能エネルギーの主力電源化は不可欠ですが、システムの安定運用を維持する上では、エネルギー貯蔵など個々の技術に加えて、システム面では監視に基づいた合理的かつ経済的な対策が急務になっています。世界的に見ても信頼性が高い日本の電力システムを維持していくために、こうした監視の技術は重要になっていくと考えられます。

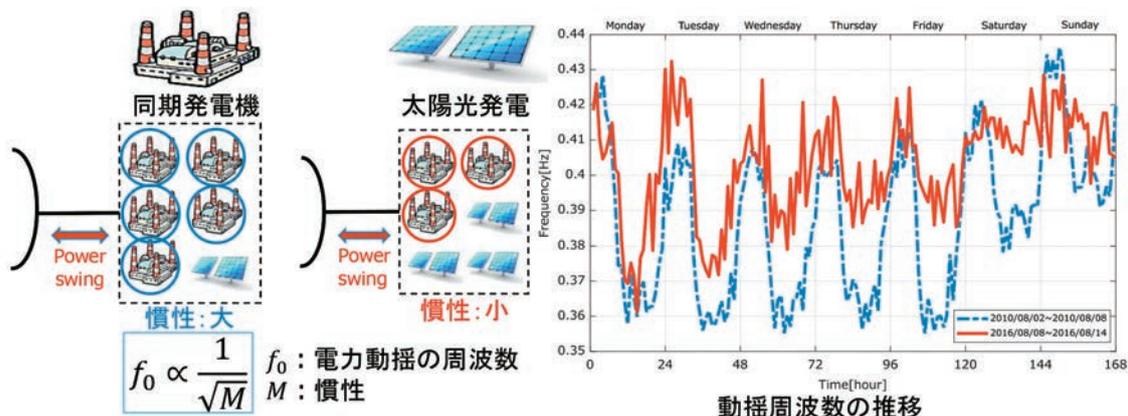


図2 太陽光発電導入に伴う慣性の変化