

中部全域における空間平均日射変動特性

名古屋大学大学院 工学研究科 電子情報システム専攻 准教授 加藤 丈佳

Associate Professor Takeyoshi Kato
Department of Electrical Engineering and Computer Science,
Graduate School of Engineering, Nagoya University



はじめに

東日本大震災以降、見直しが行われているわが国のエネルギー基本計画では、CO₂排出削減だけでなく、エネルギーセキュリティの向上、災害に対する耐性・回復力が重要項目として位置づけられ、省エネと並んで様々な再生可能エネルギーの重要性が今後さらに高まると考えられる。再生可能エネルギーの中で、わが国では、様々な場所で利用可能な太陽光発電システムへの期待が高い。しかし、天候によって出力が大きく変動する太陽光発電システムの大量導入は、既存の電力系統における電圧・周波数の維持管理など、様々な影響を及ぼすことが懸念されている。そこで、効果的な対策を講じるためには、その変動特性を適切に評価することが重要である。

太陽光発電システムの出力変動特性やその一次情報としての日射変動特性については、大学・研究機関によって古くから様々な検討が行われてきた。それらの多くは単地点あるいは十数km四方程度の比較的狭い範囲を対象としたものであったが、2009年度からは電気事業連合会において、「分散型新エネルギー大量導入促進システム安定対策事業」が実施され、全国320ヶ所で日射量を観測し、その変動特性が評価されている。筆者も、少ない観測点のデータを用いて、各観測点の周辺で期待される平滑化効果を考慮して、空間平均日射変動特性を評価するための手法を開発している。本稿では、提案手法を概説するとともに、これを用いて算定した中部全域の空間平均日射変動特性について紹介する。

空間平均日射変動特性の算定手法

空間平均日射量の変動特性を評価する最も簡単な方法は、できるだけ多くの地点で日射量を観測し、そのアンサンブル平均値を算定することである。将来的に多数の太陽光発電システムが導入され、スマートグリッドにおいてそれらの発電状況をオンラインで把握できるようになれば、アンサンブル平均値によって大量導入された太陽光発電システム群全体の合計出力を適切に把握できるようになることが期待される。しかし、現時点で

利用可能な観測点は限られるため、何らかの方法で観測点の不足を補う必要がある。

各観測点の日射変動は同じではないため、多地点のアンサンブル平均値を計算すると、その変動幅が小さくなる、いわゆる平滑化効果が期待できる。したがって、少ない観測点データのみで空間平均日射量を算定する場合、観測点周辺の平滑化効果をいかに適切に評価するかがポイントとなる。

この点に関して、遷移仮説を用いることで、観測点密度に応じた平滑化効果を表現できることが北陸電力によって示されている。遷移仮説とは、各観測地点間で日射変動が同期していると仮定した場合の空間平均日射量の周波数特性 $S_{coh}(f)$ から各観測地点間で日射変動がランダムであると仮定した場合の周波数特性 $S_{ran}(f)$ に遷移する過程に仮説を立て、 $S_{coh}(f)$ と $S_{ran}(f)$ および同期が崩れる周期 T_x を用いて空間平均日射変動の周波数特性 $S_{tra}(f)$ を定式化するものである。

著者らは遷移仮説を応用し、代表1観測点の日射変動特性に基づき、一定範囲内の空間平均日射変動特性を表すローパスフィルタ(LPF)を構築している。そして、中部地域内に分散した各観測点について、代表する範囲に応じてそれぞれLPFを構築して観測点周辺の平滑化効果を考慮した日射変動を算定し、それらの加重平均値として中部全域の空間平均日射量を算定している。

2地点間の日射変動の独立性

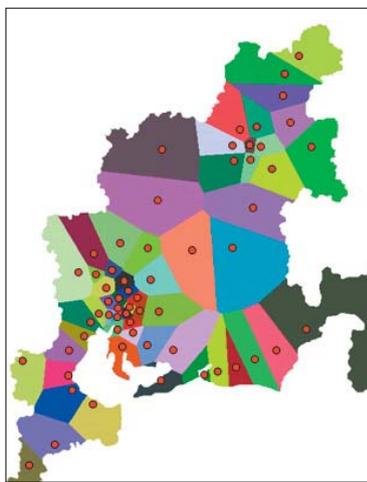
上記のLPFを用いると、観測点が代表する範囲内の空間平均日射量の短周期変動成分は、範囲内を x km 間隔の格子で表した格子点数 N を用いて、観測点の値の $1/\sqrt{N}$ 倍として算定されることになる。これは、2地点が x km 離れれば「日射変動の確率分布は同じであるが時系列の変動は独立である」ことを前提としている。そこで、2地点がどの程度離れば、日射変動が独立になるかについて、各周波数成分におけるコヒーレンス等によって評価した。その結果、日射変動という自然現象であるためばらつきはあるものの、例えば30分周期程度の変動であれば2地点間距離が5~10km程度で独立とみなせ、短周

期の変動ほど短距離で独立とみなせることを確認している。

ただし、このような方法を用いる場合には、適用可能な範囲に注意する必要がある。すなわち、対象範囲が広いとそもそも地点間で天候が異なり、地点ごとの日射変動の確率分布が同じではなくなる。このため、標準偏差の大きな値と小さな値の発生頻度を過大評価することになる。そこで、上記の方法が適用可能な範囲に関して検討した結果、地域や天候によって異なるものの、名古屋市域を中心とする平野部全体では半径20km程度の範囲に適用可能であることを確認している。

空間平均日射量の変動特性

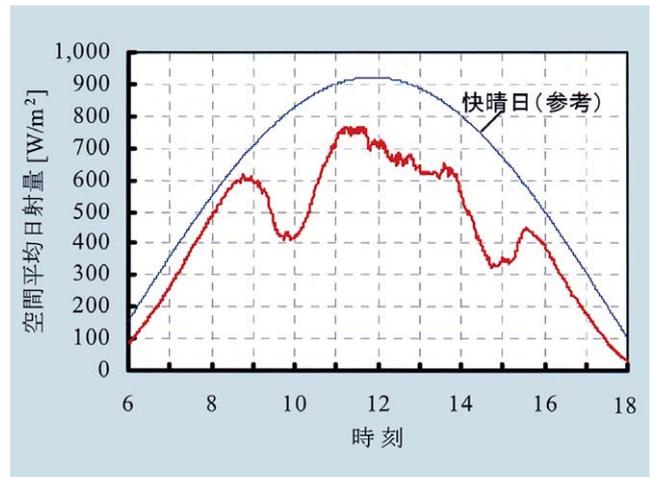
上記の手法を第1図に示す中部地域内の61観測点の日射量に適用し、空間平均日射量の時間変化を算定した。なお、第1図のように、隣接する2地点を結ぶ直線の垂直二等分線によって分割(ボロノイ分割)して各観測点が代表する領域を決定し、各領域内の戸建住宅数を用いて加重平均の重みを算定している。



第1図 ボロノイ分割による観測点代表領域の決定

算定した空間平均日射量の時間変化の一例を第2図に示す。同図において興味深いことは、61点の観測データそれぞれについて観測点周辺の平滑化効果を考慮し、そのアンサンブル平均値を計算しているにも関わらず、9時～11時および14時～15時半において、空間平均日射量が大きく変動していることである。このような大きな変動は、大きな雲が比較的早いスピードで上空を通過したり、広範囲で雲が一斉に発生・消滅したりする場合に発生すると考えられる。もちろん、日の出後と日の入り前は、太陽高度が大きく変化するため、空間平均日射量は毎日大きく変化するが、太陽高度の移動以外にも、第1図のような雲の移動/発生消滅に起因する大きな変動が年に数日発生することが確認できた。このように発生頻度は少ないものの長周期の大きな変動を的確に予測するためには、日射量予測の高精度化・高信頼度化が重要な課題である。

一方、第2図からわかるように、短周期の変動は非常に小さい。32分周期以下の変動成分のみ抽出して、年間を通じて算定した1時間あたり標準偏差は、1時間平均



第2図 空間平均日射量の一例(変動が大きい日)

値の1～2%であった。今後、さらに詳細な検討が必要であるが、短周期の日射変動は平滑化効果によって非常に小さくなるのが期待できるため、太陽光発電システム群の短周期の出力変動そのものが負荷周波数制御に必要な発電機容量の増加要因とはなりにくいと考えられる。ただし、太陽光発電システム群の出力によって系統発電機の供給割合は減少するにも関わらず、電力需要の短周期変動は変化しないことから、負荷周波数制御の調整力が不足する可能性がある。そこで、調整力不足を補うため、電気自動車やヒートポンプ給湯機等の可制御負荷の利用や太陽光発電システム群の出力抑制の可能性を検討する必要がある。その際、調整力不足に陥る状況を的確に予測することが重要であり、その意味でも太陽光発電システム群の合計出力や空間平均日射量の予測手法の確立が重要になると考えられる。

おわりに

2030年・53GWの太陽光発電システムの導入目標を実現するためには、太陽光発電システムのコスト削減だけでなく、その出力変動が電力系統に及ぼす影響を緩和することが不可欠である。そのためには、本稿で紹介したような出力変動特性について、さらに長期間のデータを用いて統計的に評価するとともに、これを高精度かつ高信頼度に予測する手法の開発が望まれる。

加藤 丈佳(かとう たけよし)氏 略歴

平成 8年 3月	名古屋大学工学研究科博士課程後期課程修了 博士(工学)
8年 4月	名古屋大学理工科学総合研究センター 中部電力寄附研究部門 助手
12年 4月	名古屋大学工学研究科 助手
13年10月～14年9月	国際応用システム分析研究所(IIASA) 研究員
17年 5月	名古屋大学大学院工学研究科 助教授 現在に至る(現職名は准教授)