

太陽光発電の発電予測・把握技術における 発電実測データを用いたアップスケーリングの誤差分析

海崎光宏・宇野史睦・大関崇

産業技術総合研究所 太陽光発電研究センター システムチーム

研究の背景と目的

- 近年の太陽光発電システム（以下、PVS）の導入量急増により、電力システムの安定化を目的とした、PVSの出力制御の必要性が高まっている。最適出力制御量算定のためには、広域発電電力量の予測が必要となる。また、予測の前段階として、現時点での出力把握も重要となる。
- 発電電力量を基に把握・予測を行う場合、計測対象サイト（PVS）は通常限られているため、一部サイトの実測値・予測値をアップスケーリングする手法が取られるが、方位・傾斜や影の有無などが反映する発電特性が、参照サイトとその他のサイトで大きく異なる場合、アップスケーリングは大きな誤差を生み出す場合がある[1]。そのため、アップスケーリングの際には、参照サイトの適切な選別が重要となる。
- 本研究は、アップスケーリングにおける適切なサイト選別法の明確化を目的とし、本発表では、九州電力管内に設置済みの低圧サイトの発電実測データを使った、アップスケーリングによる出力把握と予測の誤差分析結果を報告する。

使用データと評価手法

○使用データ

- 実測値**
九州電力管内に設置されたPVS（定格容量50 kW未満が主。以下、 kW_p は定格容量を示す）2219サイトの2016年2月から12月までの発電電力量の実測値（30分値）を用いた。2月から4月までのデータは予測値作成のためだけに用い、分析対象は5月以降のデータとした。

- 予測値**
発電予測を行い、5月以降の実測値に対する、翌日/1時間先の予測値を得た。翌日予測は、Fonseca et al. (2014)[2]に基づき、気象庁のメソ数値予報モデルGPVとSupport Vector Machine（以下、GPV-SVM）により、前日9時配信の予測値を作成した。GPV-SVMとPersistence modelとの融合モデルを開発し[3]、1時間先の予測値を作成した。

○評価手法

全2219サイトに対し、 r ($r=10, 50, 100, 200, 300, 400, 500, 750, 1000, 1500, 2000$)サイトを無作為に10,000回抽出し、抽出毎に、アップスケーリングによる出力把握（式1）と予測（式2）の誤差を計算した。また、母数 m を、1500、750、500、100に変更した場合の感度分析を行った。なお、評価時間帯は、4:00から20:00とした。

$$RMSE_e = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{t=1}^n \left(\frac{\sum_{i=1}^r P_i(t)}{\sum_{i=1}^r P_{i,max} - P_{tot}(t)/P_{tot,max}} \right)^2} \quad (1)$$

$$RMSE_f = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{t=1}^n \left(\frac{\sum_{i=1}^r \hat{P}_i(t)}{\sum_{i=1}^r P_{i,max} - P_{tot}(t)/P_{tot,max}} \right)^2} \quad (2)$$

ここで、 n は評価期間におけるデータ数、 $P_i(t)$ は時刻 t におけるサイトの発電電力量、 $P_{i,max}$ は $P_i(t)$ の期間最大値、 $P_{tot}(t)$ は時刻 t における広域発電電力量、 $P_{tot,max}$ は $P_{tot}(t)$ の期間最大値、 $\hat{P}_i(t)$ は翌日/1時間先予測によって得た $P_i(t)$ の予測値を表す。

参考文献

- Saint-Drenan, Y. M., Good, G. H., Braun, M., Freisinger, T.: "Analysis of the uncertainty in the estimates of regional PV power generation evaluated with the upscaling method", Solar Energy, Vol. 135, pp. 536-550 (2016).
- Fonseca, Jr. J. G. S., Oozeki, T., Ohtake, H., Takashima, T., Ogitomo, K.: "Regional forecasts of photovoltaic power generation according to different data availability scenarios: a study of four methods", Progress in Photovoltaics Research and Applications, Vol. 23, pp. 1203-1218 (2015).
- Umizaki, M., Uno, F., Oozeki, T.: "Development of short-term prediction method for optimum power control based on actual measurement data analysis of photovoltaic power generation", PVSEC-27, 9ThPo.257.

この成果は、国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構（NEDO）の委託業務の結果得られたものです。発電電力量データは、ソーラーフロンティア株式会社・株式会社NTTスマイルエナジーから提供されました。

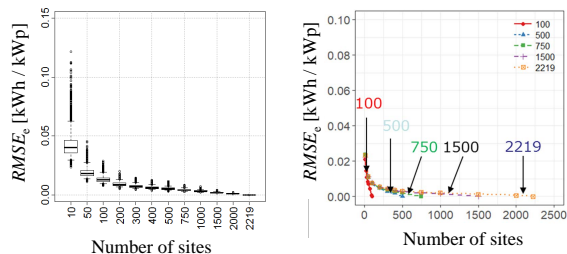
まとめと今後

- 九州電力管内に設置された2219サイトの発電電力量とその予測値を用い、アップスケーリングによる出力把握と予測の誤差解析を行った。
- 予測に関しては、抽出サイト数が多い場合、参照サイトの選別は無作為で十分であることが示された。
- 出力把握および予測ともに、母数が誤差に与える影響は飽和することが確認された。
- 今後は、サイト数を増やし、高圧・特別高圧サイトも含めた解析を行う。

評価結果

○出力把握

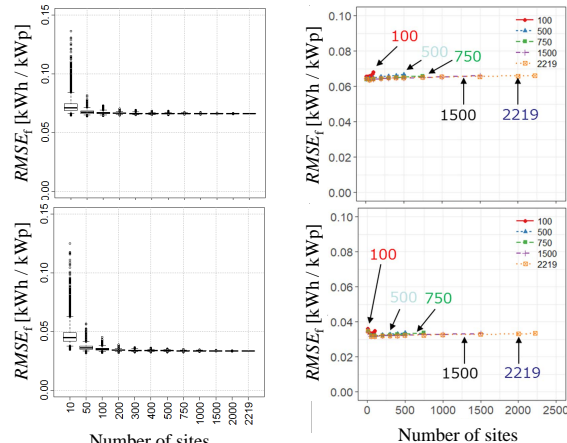
- ✓ 抽出サイト数が増えるほど、誤差分布が狭くなり、最小誤差が減少した。
- ✓ 母数1500サイトと2000サイトでは1000サイト以上の結果に大きな差がないことを示した。



推定誤差の抽出サイト数依存性（左）と最小誤差の母数依存性（右）

○予測（翌日/1時間先）

- ✓ 抽出サイト数が多ければ、無作為選別で十分であることを示唆する結果を得た。
- ✓ 一定以上の母数であれば、誤差が選別サイト数そのものに依存する傾向を示した。



予測誤差の抽出サイト数依存性（左）と最小誤差の母数依存性（右）
（上段：翌日予測、下段：1時間先予測）