

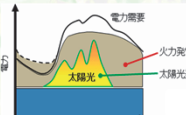
気象庁領域数値予報モデルによる 日射量予測の精度検証

大竹 秀明
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

研究の目的

システムチーム>>電力インフラ形成のためのPVシステムの発電量予測技術に関する取り組み

○ PV発電:お天気まかせで、時間・空間的な変動が大きい
(変動電源:安定した電力の供給が困難)



現状:
FITの導入後、PVの大量導入が加速
電力システムではPVの系統連系:△

出典: 太陽光発電研究センター HPより

- 太陽光による発電量が少ない場合
→ 火力発電機を起動し、少ない分を補充
→ 発電回遊、燃料費 (電気代の上昇)
 - 太陽光による発電量が多い場合
→ 十分な火力発電機の停止 (コスト低減)
- 翌日の火力発電機の起動・停止計画
(前日の夕方まで)
✓ 最適かつ効率的な運転計画の作成
翌日の太陽光の発電電力量(発電量)の予測

日射量予測をベースに発電量予測の研究
(気象予報技術を電力システムに応用)

- ・ PV発電を含めた、電力需給バランス、電力システムの**安全・安定的な運用**
- ・ **低コスト・高効率化した太陽電池**を世の中に普及、拡大
→ 予測技術が必要(天気予報の技術の電力システムへの応用)

気象庁気象予報(数値予報)モデル

メソモデル、局地モデル: 現象の気象モデル、防災気象情報、航空予報の支援

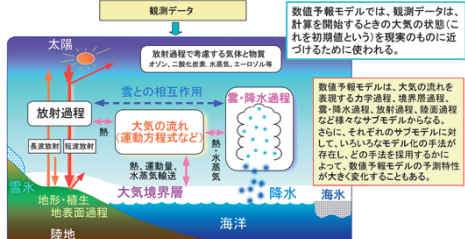
- ✓ 物理モデルであり、直接日射量の予測が可能
(翌日、当日の発電量予測へ利用を検討)
- ✓ 予測値には必ず予測誤差が含まれている(季節性、地域性)
(e.g., Ohtake et al., 2013, 2015, Solar Energy)
- ✓ 全球モデルによる日積算値での検証 (大竹他, 2014, 電気学会論文誌B)

目的

- ・ PV発電予測のベースとなる**日射量予測の誤差分析**
- ・ 予測誤差の**特性**、及び**要因分析**(→モデルの改良・開発)
- ・ 日射量予測値の**信頼度情報**の付加(ピンポイント予測、広域エリア予測)

本研究は、独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構(NEDO)の「発電量評価技術等の開発・信頼性及び寿命評価技術の開発」及「AIST CREST「太陽光発電の予測不確実性を許容する超大型規模電力最適配分制御」の場において気象研究所との共同研究の中で実施されました。

気象予報モデルの概要



地球の大気を格子点に分割し、それぞれの格子点で運動方程式(気温、風、日射等)を解く。

メソモデル(MSM)

・ 水平解像度(5km)

・ 1日8回 39時間先予測

(火力発電の起動・停止計画に利用可能)

局地モデル(LFM)

・ 水平解像度(2km)

・ 1日24回 9時間先予測

(起動・停止の修正に利用)

・ 2012年8月から運用開始

(出典: 気象庁 ホームページ
http://www.jma.go.jp/jma/kishou/knownwhite/1-3-6.html)

- ✓ 気象予報モデルをベースに、日本全国を対象に日射(PV発電)予測が可能
- ✓ 高解像度化する**地形**が現実に近いものをモデルに組み込める。
- ✓ 積乱雲(水平:10km程度)などの**雲**を表現できる可能性。

雲のタイプ



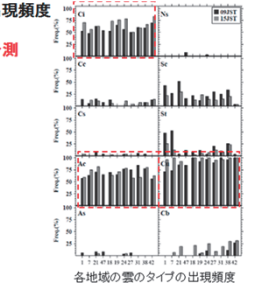
✓ 雲のタイプは上層、中層、下層に分けて、さらに雲の形状によって10種類に分類

日射予測の大外れ事例と、その時の雲のタイプの出現頻度

雲のタイプの出現頻度
2012年
(夏季の過小予測
大外れ事例)

(右図の横軸は
観測点番号)

1. 札幌
7. 仙台
21. 新潟
47. つくば
18. 甲府
19. 名古屋
24. 大阪
27. 広島
31. 福岡
38. 宮崎
42. 石垣島



(Ohtake et al., 2015, Solar Energy)

- ✓ 特に、日射予測の大外れ時は**巻雲、高積雲、積雲**が観測されることが多い。地域差も有り。
- ✓ モデル上での雲のタイプの表現の改善(モデル開発)は日射予測、PV発電予測の精度向上へ

予測誤差のマッピング

メソモデル(MSM, 5km)

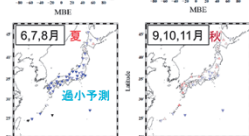
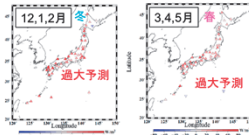
Mean Bias Error (MBE)

$$MBE = \frac{\sum_{i=1}^N (FCST_i - OBS_i)}{N}$$

FCST 予測値
OBS 観測値

2012年の例

- ✓ 季節毎に日射量予測値の誤差傾向は異なる
- ✓ 特に、**冬季の過大予測と夏季の過小予測**は日本全域で顕著



(Ohtake et al., 2015, Solar Energy)

2013年6月(夏季) LFM(2km) MSM(5km)

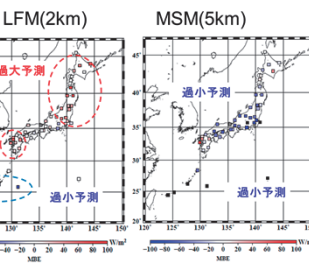
Mean Bias Error (MBE)

$$MBE = \frac{\sum_{i=1}^N (FCST_i - OBS_i)}{N}$$

FCST 予測値
OBS 観測値

評価時間帯: 7-15h

✓ MSMでは夏季の過小予測が顕著
LFMでは全国的に**過小予測が改善**
✓ RMSE: LFMでも劇的な組みの改善は見られず



広域エリア予測・信頼区間の推定

冬(12-2月)

夏(6-8月)

春(3-5月)

秋(9-11月)

東京電力管内

観測値

予測値

信頼区間

信頼区間の推定

信頼区間の推定

信頼区間の推定

信頼区間の推定

信頼区間の推定

信頼区間の推定

信頼区間の推定

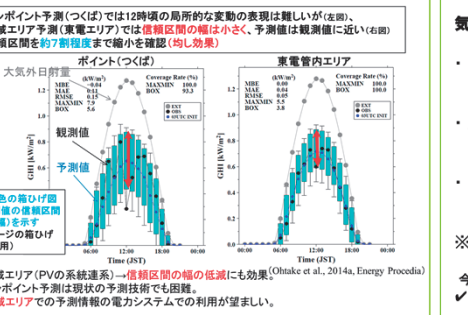
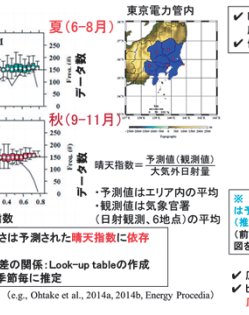
信頼区間の推定

信頼区間の推定

信頼区間の推定

信頼区間の推定

信頼区間の推定



【参考文献】

Ohtake, H. et al., 2015, Solar Energy, Vol. 116, pp. 83-99.
Ohtake, H. et al., 2014a, Energy Procedia, Vol. 57, pp. 1247-1256.
Ohtake, H. et al., 2014b, Energy Procedia, Vol. 59, pp. 278-284.

大竹ら, 2014, 電気学会論文誌B, Vol. 134, No. 6, pp. 501-509.
Ohtake, H. et al., 2013, Solar Energy, Vol. 98, Part B, pp. 138-152.

まとめ

気象庁領域数値予報モデルによる広域エリア日射量予測の精度

- ・ 日射量予測誤差の要因分析を行い、メソモデル(MSM)の**日射予測の大外れ時の雲のタイプ**との関係を調査(巻雲と積雲の雲など)
(Ohtake et al., 2015, Solar Energy)
- ・ 局地モデル(LFM)による日射量予測は従来のMSMよりも、夏季における日射量の**過大予測が改善**
(大竹ほか, 2015; エネルギー・資源学会誌, 投稿中)

- ・ 日射量予測値の**信頼区間の推定**を予測誤差の実績から求める方法を提案。**広域エリア**では予測の区間幅の低減
(e.g., Ohtake et al., 2014a, 2014b, Energy Procedia) 気象衛星から求めた地上の推定日射量

- ※ PVシステムの送電線への連系
→ 広域エリアでの運用で予測を上手に利用
今後の課題と課題
✓ 気象官署の少ない地点で広域エリアを代表しているか → 気象衛星を利用した**面的な検証**
✓ 日射量予測の大外れ予兆の検出
(出典: 竹中博士(東京大)HPより)