

高解像度気象予報モデルによる 雲・日射予測の高精度化の検討



大竹 秀明^{1,2} (気象予報士)・大関 崇¹・宇野 史睦^{1,2}・山田 芳則²

- 1 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
- 2 気象庁気象研究所



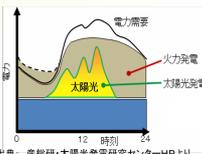
本研究はJST CREST「太陽光発電予測に基づく調型電力系統制御のためのシステム理論構築(System Theory for Harmonized Power System Control Based on Photovoltaic Power Prediction, HARPS)」(研究代表者、東京工業大学井村教授) (JPMJCR15K1) の中において、気象庁気象研究所と共同研究で実施中。

HARPS ホームページ <http://harps-crest.jpn.org/>

はじめに

- 太陽光(PV)発電:お天気まで、時間・空間的な変動が大きい (エネルギーマネージメント側:安定した電力の供給に課題)

現状:
・FITの導入後、PVの大量導入が加速 (平成28年11月末時点で31 GW)
・電力システムではPVの系統連系接続 → 2014年の9月末「九電ショック」



・高効率・低コスト化した各種太陽電池を広く世の中へ普及 → 気象予測技術の活用

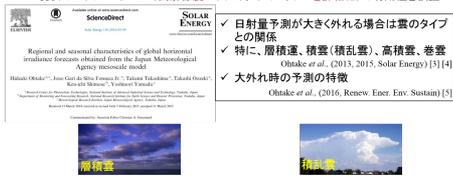
- ✓ 電力供給の安定運用 → 太陽光発電出力予測(火力、揚水、蓄電池などの運用)
- ✓ NEDO「電力系統出力変動対応技術研究開発事業/再生可能エネルギー連系拡大対策高度化」:PV出力抑制の必要性を議論
- ✓ CREST HARPS:PV予測を活用した火力・蓄電池の制御 → 予測を活用した電力供給 (例えば 小池ら(2014)[1], 益田ら(2014)[2])

現在のPV導入量(稼働済、2016年11月現在) 将来のPV導入想定(認定量)

| 都道府県別 | 合計 | 1 茨城県 | 2 千葉県 | 3 東京都 | 4 埼玉県 | 5 栃木県 | 6 群馬県 | 7 静岡県 | 8 愛知県 | 9 岐阜県 | 10 三重県 |
|-------|--------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| 合計 | 30108.6 [MW] | 1948.2 | 1593.1 | 1511.9 | 1475.0 | 1453.0 | 1274.7 | 1180.8 | 1162.1 | 1106.7 | 1096.0 |
| 合計 | 80180.0 [MW] | 5043.0 | 4242.0 | 3822.0 | 3788.4 | 3744.6 | 3448.8 | 3085.9 | 2858.4 | 2716.9 | 2711.8 |

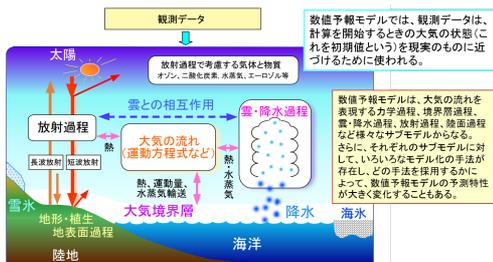
| 市町村別 | 合計 | 1 静岡県浜松市 | 2 大分県大分市 | 3 福岡県北九州市 | 4 三重県津市 | 5 兵庫県姫路市 | 6 岡山県岡山市 | 7 茨城県水戸市 | 8 群馬県前橋市 | 9 鹿児島県鹿児島市 | 10 鹿児島県鹿児島市 |
|------|------------|----------|----------|-----------|---------|----------|----------|----------|----------|------------|-------------|
| 合計 | 856.0 [MW] | 321.8 | 245.7 | 222.3 | 187.9 | 178.5 | 174.9 | 167.9 | 165.8 | 162.9 | |
| 合計 | 856.0 [MW] | 856.0 | 748.6 | 691.1 | 646.2 | 631.4 | 629.3 | 573.4 | 541.2 | 517.2 | |

- ✓ 現実モデル(水平解像度:GSM 20 km, MSM 5 km, LFM 2 km)
- ✓ 次世代の数値予報モデル(10、20年後を想定)、計算機の高性能化 → 1 kmメッシュ以下の水平解像度による雲・日射量の予測の検討(計算コストの増加)
- ✓ 現状のモデルスケームで高解像度モデル(水平のメッシュを詳細化)の有用性を検証



- ✓ 日射量予測が大きく外れる場合は雲のタイプとの関係
- ✓ 特に、層積雲、積雲(積乱雲)、高積雲、巻雲
- ✓ 大外れ時の予測の特徴 (Ohtake et al., (2016, Renew. Energ. Environ. Sustain.) [5])

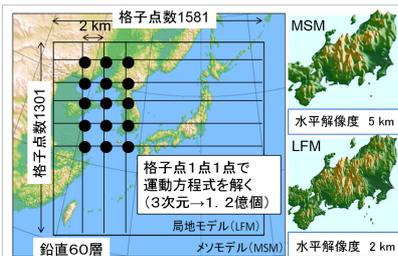
数値予報モデル



日射量予測 ①短波放射 ②雲・降水のプロセス

出典:気象庁 <http://www.jma.go.jp/jma/kishou/kuon/white/p1-3-1.html>

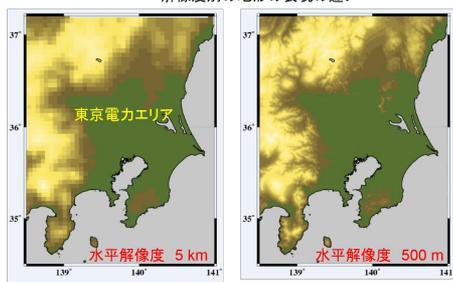
- ✓ 数値予報モデルでは日射量の予測が可能
- ✓ しかし、完全なモデルではないので予測誤差が付きもの



メソモデル(MSM) 局地モデル(LFM) 鉛直60層

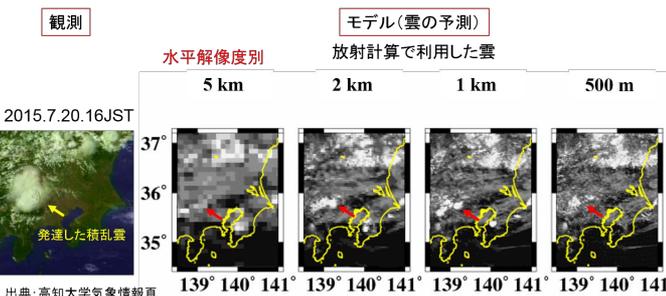
- ✓ 気象庁:水平解像度5 kmのメソモデルに加えて、局地モデル(2 km)を採用
- ✓ 高精度化:地形性の雲や積乱雲(水平スケール10 km程度)などの予測に期待

モデル地形 解像度別の地形の表現の違い



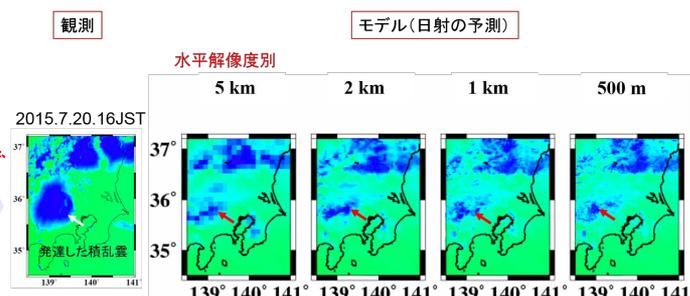
- ✓ 水平解像度を高精度化 → モデルに組み込む地形をより精緻に

結果 雲と日射量の予測 (東京電力エリア)



出典:高知大学気象情報頁 <http://weather.is.kochi-u.ac.jp/>

- ✓ 水平解像度2 km, 1 kmの実験:発達した積乱雲に相当する雲を表現
- ✓ 水平解像度500 mの実験:雲がまばらに表現
- ✓ 全体的には、北関東の雲の表現は良好。モデルでは個々の雲の位置がややずれる。
- ✓ 茨城南部、千葉県:雲の観測無し。しかし、モデルでは光学的に薄い雲を表現。



元データ:太陽放射観測システム <http://amaterass.org/>

- ✓ 雲の予測は、地表面の日射の予測にも影響:「PV発電量」→「出力」過大予測
- ✓ 発達した積乱雲:地上の日射量を減衰
- ✓ 各実験結果:雲は予測されているが、その広がりが弱い→広域エリア:PV発電量過大予測(停電の恐れ)

結論

- 【水平解像度を高解像度化(500 mメッシュ)】
- ✓ 積乱雲:雲・日射量予測の高精度化はできず → 地上気温の負バイアス傾向やエアロゾル(雲の卵(凝結核)として)の取扱導入なども予測の改善には必要
- 気象観測に基づく雲の知見、数値予報モデルの改良が不可欠
- ✓ 高解像度化することで、積雲系の水平スケールの細かい雲の表現は可能となるが、個々の雲の位置までは予測することはできていない

【今後の予定】

- ・ 鉛直層数を上げた場合の比較実験の検討
- ・ 冬季のケースの分析(2016年1月12日~2月18日)

謝辞

- 本研究はJST CREST「太陽光発電の予測不確実性を許容する超大規模電力最適配分制御」(JPMJCR15K1)の中において実施された。
- 予測データは気象研究所予報研究部の重点課題研究「メソスケール気象予測の改善と防災気象情報の高度化に関する研究、副課題1:高精度高分解能モデルの開発と精度検証」において計算された結果を利用した。

参考文献

- [1] 小池 雅和ら, 電気学会論文誌B, 134, 545-557 (2014).
- [2] 益田 泰輔ら, 電気学会論文誌B, 134, 286-295 (2014).
- [3] H. Ohtake et al., Solar Energy, 98 Part B, 138-152 (2013).
- [4] H. Ohtake et al., Solar Energy, 116, 83-99 (2015).
- [5] H. Ohtake et al., Renew. Energy Environ. Sustain. 1, 371-4 (2016).