

世界の複数予報機関の全球アンサンブルを用いた 予測大外しの検出力評価

宇野史睦^{1,2}・大竹秀明^{1,2}・松枝未遠³・大関崇¹・山田芳則²

1, 産業技術総合研究所(AIST), 太陽光発電研究センター (RCPV)
2, 気象庁/気象研究所 予報研究部, 3, 筑波大学

1, 研究背景

- 前日における日射量予測は火力発電等の運用計画に利用される.
- 大きな予測誤差は電力需給バランスを崩す可能性がある. (Fig.1)
- 日射・太陽光発電予測の精度は入力データとして自国の単一の予測値を利用するため(日本は気象庁), その予測精度に依存する. (Fig. 2)

複数の予報機関の予測値を併用し, 事前に需給バランスに大きな影響を与える予測の大外し*予見手法を提案する.

*上位10, 5, 1%の予測誤差事例を大外しとする.

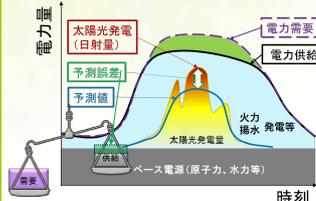


Fig. 1. 太陽光発電予測の大外れ時の電力需給概念図

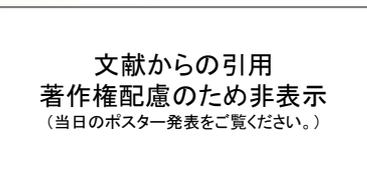


Fig. 2. 日射量予測コンペティションのモデル間比較 Kato 2015^[1]

4, まとめ

安定的な電力システム運用のため, **日本・欧州・英国・米国**の4つの予報機関で運用されている**確率予測技術(アンサンブル予測)**を用い, 日本の気象庁が運用している領域予測(MSM)の関東域における日射量大外し事例の**事前の検出指標**を開発した.

- MSMの予測誤差($|F_c|$) 大外し検出指標(LNES_g)の**相関係数**は2015年10月において**0.68**であった. (Fig. 4)
- 相関係数は特に**冬季で高い**傾向にあった.
- LNES_gの大外し検出力を評価したところ, 1-6日先予測における上位10, 5, 1% (それぞれ110, 55, 11ケース)の大外し事例**全てで有意な**検出力を持つことがわかった. (Fig. 6, 7)
- 指標は3日先予測(上位1%)で最も検出力が高くなる(Fig.7)

今後の方針

- 過去の日射量予測の大外し事例において, 電力需要の変動も加味した上で, 実際の発電量として電力需給バランスが大きく崩れた事例の検出力を評価する
- 予測の大外し時の気象条件から, 数値予報が苦手とする大気場を評価する. → 気象モデルの改良に繋げる.

3, 結果

3-1. 予測誤差(F_c) 大外し検出指標(LNES_g)との関係

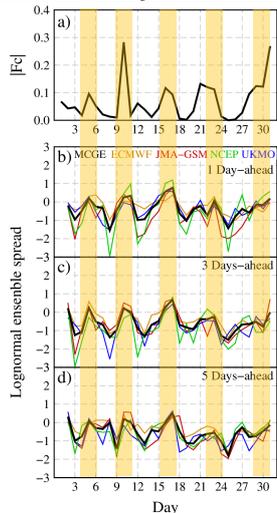


Fig. 4. 2015年10月における日平均の翌日予測の誤差(a)と翌日(b), 3日先(c), 5日先(d)の予測大外し検出指標. 黒線は複数予報機関, 各色は個々の予報機関のアンサンブル予測から評価した指標を示す.

- 単一の予報機関のみで評価した大外し検出指標(色付き線)は, それらを荷重平均したMCGEより相関係数(R)は低い.
- 2015年10月における日射量の予測誤差($|F_c|$)とMCGEの予測大外し検出指標(LNES_g)は翌日予測(Fig.4b)で相関係数が0.68であった.
- 大外し日の $|F_c|$ は, 3日先, 5日先(Fig.4c, d)予測においても指標との相関は高い.

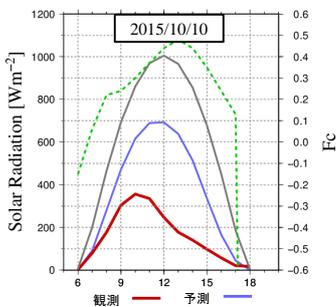


Fig. 5. 2015年10月10日(年最大の大外し)における4つの大外し事例における観測値(赤)と予測値(青)の比較.

2, 予測データと大外し検出指標

2.1. 使用データ概要

Table 1. 予測データと観測データ

解析期間	2014-2016年
予測データ	決定論的予報: 気象庁 領域モデルMSM (5 km 水平解像度) アンサンブル(確率)予報: 4予報機関 全球モデル (Table 2参照)
観測データ	気象庁気象官署6地点+臨時観測1地点 (Fig. 3参照)

Table 2. 全球アンサンブル予測 (TIGGE) データ

予報機関	水平解像度 (km, (°))**	アンサンブル予報サイズ
JMA-GSM(日)	120, (1.25 x 1.25)	26 + 1
ECMWF(欧州)	40, (0.3 x 0.3)	50 + 1
UKMO(英)	40, (0.3 x 0.45)	11 + 1
NCEP(米)	100, (1.0 x 1.0)	20 + 1

** モデルの水平解像度は気象庁の解像度120 kmに合わせた.

2.2. 規格化予測誤差と大外し検出指標

複数予報機関の重み付平均はMulti-center grand ensemble (MCGE)と表記する.

$$\text{予測誤差}(F_c) \quad |F_c| = |I_f - I_o|$$

I_f : MSM 予報値 (5 km)

予測大外し検出指標(LNES_g, LNES) I_o : 地上観測 (日平均, 関東域平均)

$$LNES_g = \ln(ES_g)$$

NES: 規格化アンサンブルブレッド (標準偏差)

N: 予報機関数, m: 月

$$ES_g = \frac{1}{N} \sum_{k=1}^N \frac{NES_k}{NES_{m,k}} \quad N = 4,$$

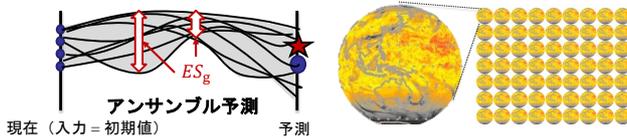
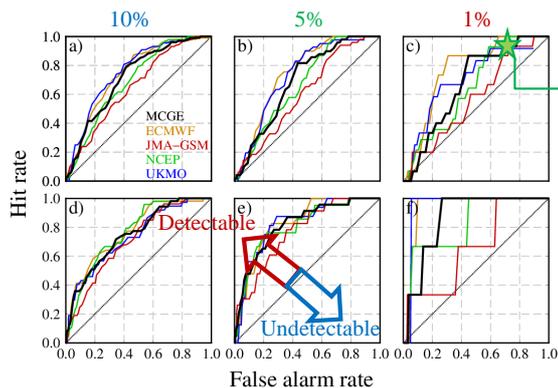


Fig. 3 アンサンブル予測とスプレッドの概念図

3-2. 過去3年間に於ける予測大外し事例の検出力評価

3つの閾値(上位10, 5, 1%)の大外し事例においても複数予報機関(MCGE)の大外し検出指標は, 大会検出力を持つ. (ROCカーブが点線より左側に位置している.) (Fig. 6)



		Regional forecast error ($ F_c > 0.25$)	
		Busts	No Busts
$LNES_g > 0.0$ Predict of forecast busts	Busts (Alarm)	12 (TP)	321 (FP)
	Busts (No Alarm)	1 (FN)	643 (TN)

的中率 TP/(TP+FN), 誤検出率 FP/(FP+TN)

- 前日予測において, ROCスコアはどれも同程度であった. (Fig. 7)
- ほとんどの場合, 3つの大外し閾値(10, 5, 1%), 予報時間で複数予報機関(MCGE)を利用したものが最も検出率が高い.

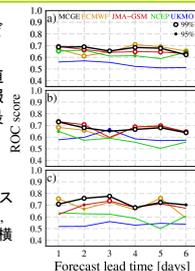


Fig. 7. 大外し上位10, 5, 1% (a,b,c)毎のROCスコア (0.5以上で検出力あり). ○は95, 99%で有意なスコアを示す. 予報時間(横軸)は1日先~6日先

参考文献 & 謝辞

- [1]加藤文佳: 日射強度・風力発電出力の前日予測に関する第一回コンペ実施報告. 平成27年電気学会全国大会, 2015年3月24-26日, 東京都市大学, (2015).
- 本研究はJST-CRESTのHARPSプロジェクト(JPMJCR15K1)により実施された.
- Uno, F., et al., 2018. A diagnostic for advance detection of forecast busts of regional surface solar radiation using multi-center grand ensemble forecasts, Solar Energy, 162, 196-204, (2018).