

複数予報機関のアンサンブル予報を利用した 予測大外しの予見

宇野史睦^{1,2}・大竹秀明^{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 予報研究部

研究目的

- 1日先以降の太陽光発電予測には数値予報モデルよく利用される。
 - 多くの日射量・発電量予測モデルは気象庁の予測値を利用しており、気象庁が大きく予測を外すと、どのようなモデルでも同じように外す。
- ⇒ 複数予報機関の予測値やアンサンブル予報の有用性評価が必要

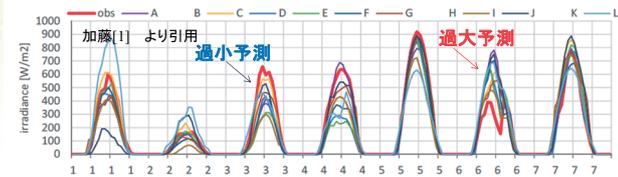


Fig. 1, 中部地域の空間平均日射強度の実測値および予測値 (日射量予測コンペ)

結論

- 2014/3の関東域における気象庁MSMによる予報値の大外し事例についてアンサンブルスプレッドを用いた大外しの予見可能。複数機関予報値のアンサンブル平均で予報誤差が1.2%減少した。
- 日射量の大大外し事例は、日射量だけでなく海面更正気圧のアンサンブルメンバー間のばらつき(スプレッド)が大きい。
- 気象庁が大きく予測を外した事例において、他の予報機関の予測値の誤差は小さい事例があり、複数予報機関の予測値を併用することは予測誤差を減少させる可能性が高い。
- 極端な気象庁MSMの大大外し事例(95 Percentile)とアンサンブルスプレッドに相関関係が見られ、大外し係数が小さい事例を含むほど相関係数は小さくなった。(Fig.6)

解析結果

1. 大外し係数 vs アンサンブルスプレッド* 2014/3 関東

- 各予報機関におけるアンサンブルスプレッドとMSMと地上観測から求めた大外し係数(E_o)が良く一致した。(Fig.1)
- ⇒ 前日の予報機関のアンサンブルスプレッドを評価することで翌日の予測の外しやすさを事前に知ることができる可能性がある。

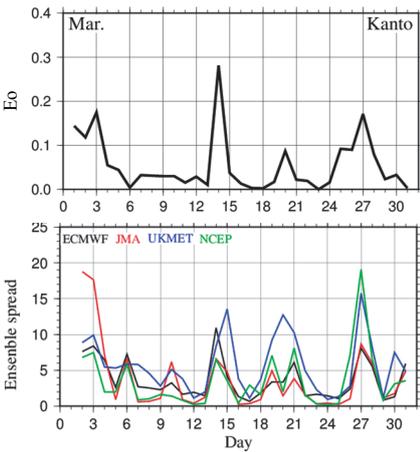


Fig. 2, 2014/3の日射量大外し係数E (上)と各予報機関のアンサンブルスプレッド

- 気象庁の3/27の予報は関東域でばらつきが大きい事例であり、外しやすい事例であった。(Fig.2 赤丸)

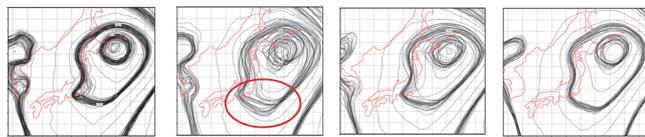


Fig. 3, 2014/3/27の地上気圧のスパゲッティダイアグラム*。
*各アンサンブル予報の等値線を一つの図に描画し、アンサンブルメンバー間のばらつきを表現。

2. 大外し事例における各予報機関の予報値比較

- 3月の大外し事例では5kmMSMより低解像度の予報値(50km-)が事例が多い。(年間で見るとMSMの方が高精度)
- 年間RMSEを評価したところ、各予報機関の値よりも予報機関アンサンブルが年間でRMSEが1.2%改善した。(図省略)

Table 2, 日射量大外し事例における各観測・予報値。
赤字:CTLよりPTBaveが良く、赤字:MSMより予報精度が良い事例

| Day | Method | OBS | | Forecast | | | | |
|---------|--------|---------|-----------|----------|-------|------------|------|-------|
| | | surface | satellite | MSM(JMA) | JMA | ECMWFUKMET | NCEP | |
| Mar. 03 | CTL | 106.3 | 117.6 | 160.1 | 59.7 | 31.8 | 34.5 | 56.9 |
| | PTBave | | | | 103.5 | 72.8 | 66.2 | 104.3 |
| Mar. 14 | CTL | 85.5 | 111.0 | 180.2 | 82.9 | 70.5 | 61.4 | 90.0 |
| | PTBave | | | | 52.6 | 44.2 | 38.7 | 53.9 |
| Mar. 27 | CTL | 54.2 | 70.4 | 117.4 | 145.8 | 116.2 | 98.9 | 163.7 |
| | PTBave | | | | 112.9 | 78.0 | 63.5 | 112.0 |



Fig. 4, 2014/3/14, 27の地上天気図。(気象学会「天気」より)

使用データと解析手法

解析期間

2014年 一日先予測 (Forecast Time : FT = 24)

予報データ

気象庁メソ数値予報モデル (MSM) Resolution: 5km

アンサンブル予報 (TIGGE) モデル初期値摂動あり (PTB)・なし (CTL)

Table 1, 各予報機関の数値気象予報モデル概要

| Institute | Resolution (km) | Ensemble Member |
|-----------|-----------------|-----------------|
| JMA(日) | 55 | 26 |
| ECMWF(欧州) | 50 | 50 |
| UKMET(英) | 55 | 23 |
| NCEP(米) | 100 | 20 |

JMA; 2014/3~, UKMET 2014/7~11は欠損

観測データ

気象庁AMeADS 関東域(5地点平均)

衛星推定日射量^[2] Resolution 1km (30分間隔)

大外し係数 日積算値(世界標準時)で評価した。

$$E_o = \frac{I_f - I_o}{I_{toa}}$$

I_f : 予測値, I_o : 観測値
 I_{toa} : 日積算大気外日射量

用語解説

アンサンブル予報・メンバー・スプレッド

数値気象モデルの初期値/境界値は不完全であるため、異なる摂動(ノイズ)を加え、少しずつ異なる未来を複数予報(メンバー)する。摂動を与えても結果が変わらなければ、精度の高い予測、各メンバーのばらつき(スプレッド)が大きければ、精度が低く予測が外れやすい事例であることがわかる。予報モデルやモデル内パラメータを変更するアンサンブル予報もある。

- ECMWF, UKMETと比べてJMA, NCEPは関東域で課題評価傾向。
- 北陸以北・西日本はどのモデルの同じ傾向にあり、関東域のみ各予報機関で予測が異なる
⇒ 予測が難しい事例

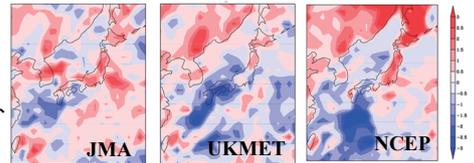


Fig. 5, 2014/3/27の日射量。ECMWFとの差

3. アンサンブルスプレッドを用いた大外し予見可能性

- 極端な大外し事例はアンサンブルスプレッドとの相関が高い。
 - 大外し係数(E_o)が95 percentile rank以上であれば、有意な相関がある。
- ⇒ 極端な日射量の大大外し事例はアンサンブルスプレッド(できれば予報機関すべてのアンサンブルスプレッド平均値: Ens_Mean)を評価することで、予見可能である。

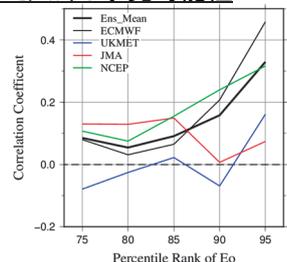


Fig. 6, 2014年における大外し係数(E_o)の極値とアンサンブルスプレッドの相関。

注:JMA, UKMETは一部の大外し事例でデータが欠損しているため、他の機関と比べて相関係数が低い。

参考文献

- [1]加藤文佳 2015: 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, 東京都大学。
- [2] Takenaka H., T. Y. Kamajima, A. Higurashi, A. Higuchi, T. Takamura, R. T. Pinker, T. Nakajima, 2011: Estimation of solar radiation using a neural network based on radiative transfer, J. Geophys. Res, 116, D08215, doi:10.1029/2009JD013337.