

PV発電予測に向けた気象庁数値予報モデルの 日射量予測検証と問題点

大竹秀明・下瀬健一・Joao Gari da Silva Fonseca Jr.・高島工・大関崇
産業技術総合研究所 太陽光発電工学研究センター システムチーム
山田芳則
気象庁 気象研究所 予報研究部

はじめに

太陽光発電電力の主な変動要因 → 気象要素(日射量、曇量、気温...)

日射量の予測
今後、太陽光発電(PV)システムを大量に導入することを考えると**太陽光発電電力の推定**や他の発電システムと連携した**電力系統の安定化**を図るために必要

気象庁メソ数値予報モデル(MSM) 日々の現業の気象モデル、防災気象情報として利用

- ☑ 翌日の**発電量予測**へ利用 (※気象庁は日射量は予測しているが未公開)
- ☑ 地上の観測値に比べてどのくらい**の予測誤差**が含まれているのかを把握
- ☑ PVシステムでは詳細な**時間・空間的な予測誤差の検証**が求められる
- ☑ 日射量予測誤差 → ①気象モデルの問題点の把握
プロダクト ②予測値とその予測誤差幅の把握
⇒ **発電量の予測の精度向上**

研究目的
MSMで予測された日射量について地上観測データを用いて予測精度の検証

- ① MSMの日射量予測の**経年・季節変化、地域特性**
- ② 日射予測の**大外れ**をする時の**雲のタイプ**を統計的に解析

(※ NEDO「発電量予測技術の研究開発」気象研・産総研の共同研究)

数値予報モデル

観測データ → 数値予報モデルでは、観測データは、計算を開始するときの大気の状態(これを初期値という)を現実のものに近づけるために使われる。

数値予報モデルは、大気の流れを表現する力学過程、境界層過程、雲・降水過程、放射過程、雲微物理過程など様々なサブモデルからなる。さらに、それぞれのサブモデルに対して、いろいろな数学形式の手法が存在し、どの手法を採用するかによって、数値予報モデルの予測特性が大きく変化することもある。

日射量予測 ①太陽光発電→短波放射 ②雲・降水のプロセス

数値予報による予想天気図 ※モデルでは**日射量**そのものを予測

まとめと今後の課題

- 季節特性
- ☑ MBE: -60~40W/m²程度
- ☑ 夏季の過小傾向、冬季の過大傾向
- ☑ RMSE: 約90~160W/m²程度 夏季(梅雨期など): 大
- ☑ 予測誤差: 予測のリードタイムが短い方が予測誤差: 小
- 地域特性
- ☑ 南西諸島(沖縄電力管内): 夏季の過小傾向
- 雲のタイプの出現頻度
- ☑ 巻雲(Ci)、高積雲(Ac)、層積雲(Sc)、層雲(St)、積雲(Cu)の出現時に予測を大外れをする傾向

【問題点】気象庁の現業モデル

- ☑ 日射量予測誤差: 季節性と地域性
- ☑ 低緯度(亜熱帯)域の予測: 難
- (予測精度に地域差 → 曇量からの発電量予測にも影響)
- 【今後の課題】
- 日射予測改善のためのモデル内の雲の表現を改良
- 予測誤差を考慮した予測値の信頼性区間の検討

解析データ

- **日射量観測データ**
気象庁各気象官署で観測された全天日射量データ(熱電堆式全天日射計: 時刻別値)
- **メソモデル(MSM)**
計算領域: 日本周辺
水平解像度5km
水平721x577格子
鉛直50層
1日8回
15時間予報(初期時刻: 3.9, 15.21時)
33時間予報(初期時刻: 0.6, 12.18時)
- 予測誤差の評価
ME = MSM予測値 - 観測値
RMSE = $\sqrt{\frac{\sum (MSM \text{予測値} - \text{観測値})^2}{N}}$

検証結果1: 日射予測の季節・地域特性とは?

日射予測誤差の時系列解析

MBE
☑ -60~40W/m²程度
☑ 夏季の過小傾向と冬季の過大傾向

予測誤差のマッピング

- ☑ 南西諸島、関東から中国・四国にかけて → 日射予測過小
- ☑ 北海道、九州では過大予測
- ☑ 沖縄・南西諸島、日本の南海上 → RMSE: 大

RMSE
☑ 約90~160W/m²程度: 特に夏季(梅雨期など)
☑ どの月においても21UTC(日本時間6時)初期値: 予測誤差が軽減

検証結果2: どのような時に日射予測が外れやすいか? → 雲のタイプの統計解析から

様々な雲のタイプ

☑ 巻雲(Ci)、高積雲(Ac)、層積雲(Sc)、層雲(St)、積雲(Cu)の出現頻度: 大
⇒ これらのタイプの雲の予測がMSMでは難

雲のタイプ	2011 15JST 全年										
	巻雲	高積雲	層積雲	高積雲	高層雲	乱層雲	層積雲	層雲	積雲	積乱雲	雲なし
札幌	36.8	1.1	1.9	32.7	1.4	0.0	7.1	24.2	81.3	9.3	7.0
仙台	40.7	1.4	3.3	44.0	7.1	0.3	21.4	15.7	76.4	18.1	4.0
つくば	36.8	3.6	6.6	47.3	3.3	0.8	26.9	5.5	64.3	6.0	8.0
名古屋	44.0	1.4	2.2	47.5	3.6	3.3	16.8	3.8	79.9	2.2	5.0
福岡	39.8	2.5	1.9	40.9	6.0	0.3	8.5	11.5	88.5	4.9	6.0
石垣島	31.6	3.3	0.5	59.3	4.9	0.0	37.6	5.2	100.3	7.7	0.0

雲のタイプ	2011 15JST 冬季の過大事例										
	巻雲	高積雲	層積雲	高積雲	高層雲	乱層雲	層積雲	層雲	積雲	積乱雲	雲なし
札幌	17.6	0.0	0.0	5.9	0.0	0.0	0.0	0.0	76.5	47.1	0.0
仙台	30.0	0.0	0.0	20.0	10.0	0.0	10.0	0.0	80.0	0.0	10
つくば	14.3	0.0	0.0	42.9	28.6	0.0	71.4	0.0	57.1	0.0	0.0
名古屋	0.0	0.0	0.0	28.6	0.0	0.0	28.6	0.0	100.0	0.0	0.0
福岡	10.7	0.0	0.0	25.0	7.1	0.0	7.1	10.7	96.4	0.0	0.0
石垣島	0.0	0.0	0.0	23.5	0.0	0.0	0.0	0.0	100.0	0.0	0.0

雲のタイプ	2011 15JST 夏季の過小事例										
	巻雲	高積雲	層積雲	高積雲	高層雲	乱層雲	層積雲	層雲	積雲	積乱雲	雲なし
札幌	81.8	9.1	0.0	72.7	0.0	0.0	0.0	27.3	90.9	0.0	0.0
仙台	83.3	0.0	5.6	72.2	0.0	0.0	16.7	5.6	88.9	127.8	0.0
つくば	65.2	26.1	8.7	60.9	0.0	0.0	26.1	4.3	52.2	26.1	0.0
名古屋	66.7	0.0	0.0	80.0	0.0	0.0	0.0	0.0	100.0	0.0	0.0
福岡	81.8	18.2	0.0	63.6	0.0	0.0	0.0	0.0	100.0	127.3	0.0
石垣島	85.7	7.1	0.0	64.3	0.0	0.0	3.6	0.0	100.0	117.9	0.0

定義式 $\frac{|I_{pred} - I_{obs}|}{I_{obs}}$

- 地域毎の違いをみるため、札幌、仙台、つくば、名古屋、福岡、石垣島の6地点で解析
- 解析期間: 2008年~2011年(4年間)

e.g., Ohtake et al. 2012 (Solar Energy, in press)