

# 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改良

下瀬健一・大竹秀明・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

### 研究の背景・目的

太陽光発電量は、気象要素(特に日射量)により変動する。変動する発電量を取り込んだ電力システムの安定化のためには、気象要素の予測精度の把握が太陽光発電量予測の向上に対して重要である。我々の過去の研究では、つくばにおける気象庁MSM数値モデル(MSM)が予測した日射量の誤差要因の解析を行い、**雲の表現が外れているときに日射量の誤差が大きくなっている**ことを明らかにした。

本研究では、**MSMの雲の表現が日射量にどれだけ影響があるかを調査**することを目的として、雲の表現にかかわるスキームに関して感度実験を行うことにより、日射量予測改良に向けた改善点を模索する。

### 解析データ・手法

実験設定を下の表に示す。実験は大きく分けて以下の2つに分類できる:

1. 雲の出現を変更させることを目的としたモデルの解像度に関する感度実験
2. 雲水・雲氷の有効半径(雲の光学的厚さ)に関する感度実験

雲氷の有効半径は温度(または雲水量)の関数となっており、それぞれの関数の詳細は図3に示されている。日射量の予測誤差の評価には、日積算値について大気外日射量で規格化された絶対誤差(MAE)を用いた。

$$MAE = \frac{\sum (EMS_{観測日射量} - EMS_{大気外日射量})}{EMS_{大気外日射量}}$$

つくばにおいて、予測値が観測値より過大・小(MAE > 0.2)と微過大・小(MAE ~ 0.1)になった事例各3事例計12事例に関して実験を行った。

### まとめ

モデルの解像度依存性について  
鉛直層数が増えると雲量が増加する傾向がある。  
水平解像度を上げることでより適切な表現となった。

雲の有効半径依存性  
有効半径を変えることにより、一定の効果が表れた。  
適切な有効半径を与える必要がある。

今後の課題  
MSMで雲の表現の改良に向けたスキームのパラメタ調整や開発を行う予定である。

## 結果

### 1. モデルの解像度依存性

表1a: 解像度依存性実験の設定(塗つぶしは変更点)

| 実験名       | 水平解像度 | 鉛直層数 |
|-----------|-------|------|
| MSM       | 5 km  | 50   |
| lev90     | 5 km  | 90   |
| 2km lev90 | 2 km  | 90   |

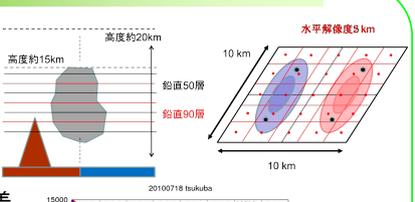


表1b: 規格化された絶対誤差(塗つぶしは0.01以上の改善)

|     | 年月日      | MSM  | lev90 | 2km lev90 |
|-----|----------|------|-------|-----------|
| 過大  | 20100202 | 0.34 | 0.33  | 0.33      |
|     | 20100216 | 0.21 | 0.20  | 0.18      |
|     | 20100315 | 0.27 | 0.28  | 0.29      |
| 微過大 | 20100111 | 0.19 | 0.13  | 0.16      |
|     | 20100112 | 0.06 | 0.04  | 0.04      |
| 過小  | 20100803 | 0.30 | 0.34  | 0.30      |
|     | 20100811 | 0.38 | 0.44  | 0.42      |
|     | 20100915 | 0.29 | 0.32  | 0.31      |
| 微過小 | 20100630 | 0.12 | 0.13  | 0.11      |
|     | 20100718 | 0.16 | 0.19  | 0.16      |
|     | 20100725 | 0.15 | 0.15  | 0.12      |

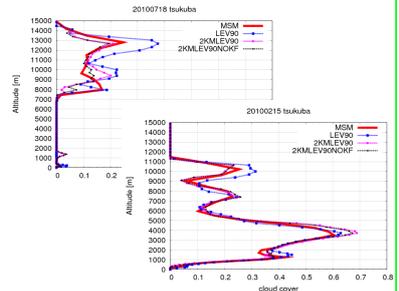


図1(右上): 日中平均したつくばにおける雲量の鉛直構造。右下図: 微過大事例(2010年2月15日), 左上図: 微過小事例(2010年7月18日)

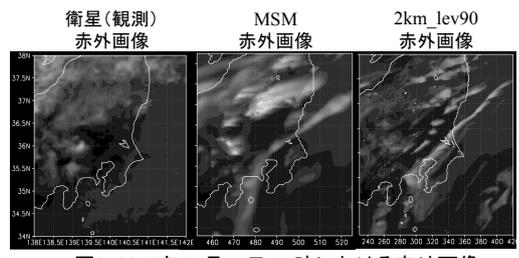


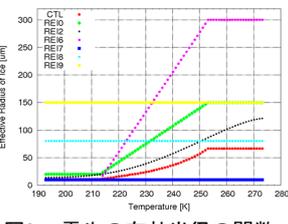
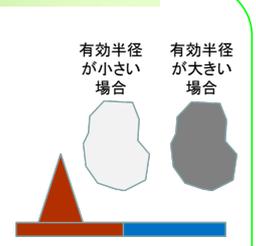
図2: 2010年07月25日 13時における赤外画像

- 過大事例では、下層の雲をモデルで薄く表現してしまっていることが多かったため、鉛直解像度を上げることで表現がよくなった
- 過小事例では、雲をモデルで厚く表現してしまっていることが多かったため、解像度を上げることで雲がより厚く表現されてしまった。水平解像度も上げると表現が改善された。

### 2. 雲の有効半径依存性

表2a: 有効半径依存性実験の設定(塗つぶしは変更点)

| 実験名   | 有効半径(雲水) | 有効半径(雲氷)   |
|-------|----------|--|
| MSM   | 15 μm    | Ou and Liou (1995)                               |
| REL05 | 5 μm     | Ou and Liou (1995)                               |
| REIa  | 15 μm    | Linear function(20 μm at -60°C, 150 μm at -20°C) |
| REIb  | 15 μm    | Wysor (1998)                                     |
| REIc  | 15 μm    | Linear function(20 μm at -60°C, 300 μm at -20°C) |
| REId  | 15 μm    | Constant (10 μm)                                 |
| REIe  | 15 μm    | Constant (80 μm)                                 |



有効半径について(浅野2010より)

$$n(r) = \frac{E}{4\pi r^2} \frac{V}{G}$$

n(r): 粒径分布, V: 粒子の総体積, G: 粒子の総断面積

図3: 雲氷の有効半径の関数 雲水鉛直積算値が一定の時、有効半径と光学的厚さは反比例する。

表2b: 規格化された絶対誤差(塗つぶしは0.01以上の改善)

|     | 年月日      | MSM  | REL05 | REIa | REIb | REIc | REId | REIe |
|-----|----------|------|-------|------|------|------|------|------|
| 過大  | 20100202 | 0.34 | 0.35  | 0.34 | 0.35 | 0.34 | 0.34 | 0.34 |
|     | 20100216 | 0.21 | 0.15  | 0.29 | 0.27 | 0.31 | 0.07 | 0.28 |
|     | 20100315 | 0.27 | 0.23  | 0.35 | 0.34 | 0.36 | 0.20 | 0.36 |
| 微過大 | 20100111 | 0.19 | 0.14  | 0.23 | 0.22 | 0.23 | 0.15 | 0.22 |
|     | 20100112 | 0.06 | 0.03  | 0.08 | 0.07 | 0.09 | 0.02 | 0.07 |
| 過小  | 20100215 | 0.09 | 0.08  | 0.10 | 0.10 | 0.10 | 0.08 | 0.10 |
|     | 20100903 | 0.30 | 0.32  | 0.28 | 0.30 | 0.28 | 0.36 | 0.30 |
|     | 20100811 | 0.38 | 0.42  | 0.34 | 0.34 | 0.35 | 0.40 | 0.35 |
| 微過小 | 20100915 | 0.29 | 0.32  | 0.29 | 0.29 | 0.28 | 0.30 | 0.29 |
|     | 20100630 | 0.12 | 0.16  | 0.12 | 0.13 | 0.12 | 0.13 | 0.13 |
|     | 20100718 | 0.16 | 0.18  | 0.14 | 0.15 | 0.13 | 0.31 | 0.14 |
|     | 20100725 | 0.15 | 0.20  | 0.14 | 0.13 | 0.14 | 0.18 | 0.13 |

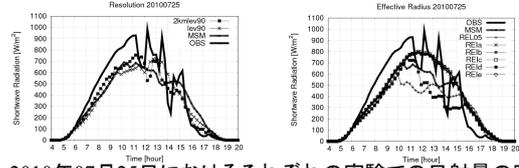


図4: 2010年07月25日におけるそれぞれの実験での日射量の時間変化

- REL05, REId(雲を厚く)では過大(過小)事例に関して改善(改善)
- REI a,b,c,e(雲を薄く)では過小(過大)事例に関して改善(改善)

### 謝辞

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「太陽光発電システム次世代高性能技術の開発/発電量予測技術の研究開発」においてなされた。また、太陽光発電量予測グループである気象庁数値予報課、気象研究所予報研究部、高層気象台の皆様にも支援を頂いた。