

PV発電予測に向けた気象庁メソ数值予報モデルの日射量予測精度検証

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

背景

太陽光発電(PV)の主な変動要因 → 気象要素(日射量、気温..)

○ 気象予報モデルを用いた日射量の予測

今後、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帯した電力システムの安定化を図るために必要

○ メソ数值予報モデル(MSM;日々の現業の天気予報, 防災気象情報として利用)

☑ 翌日の発電量予測へ利用

☑ 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?

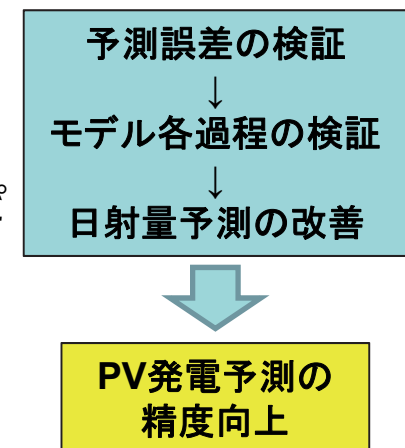
☑ PVシステムではより詳細な時間・空間的な予測誤差の検証が必要

目的

☑ MSMによる予測日射量を地上観測データを用いて予測精度の検証(本発表)
どの程度現実の日射量を予測・再現できるのか、高精度な観測値があるサイトでピンポイントの検証を行うことにより基礎的な知見を得る(ピンポイントの検証であるが、ピンポイント予測のみを目的としているのではなく、広域予測も視野)

☑ 日射量予測および発電量予測の精度向上(将来的な研究)

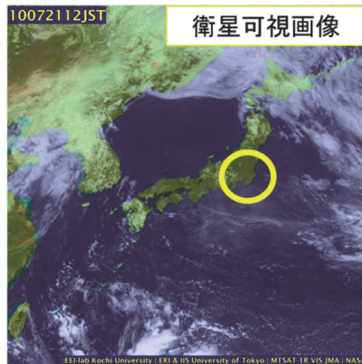
発電量予測はMSMの予測値を用いて行われるので、大本のモデル改良による予測値の精度向上がPV発電量のピンポイントおよび広域予測への改善につながる



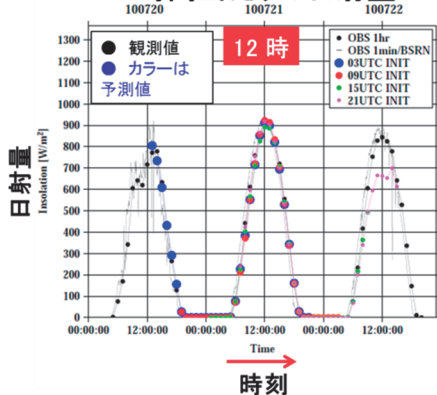
検証結果

予測が良好な場合

快晴時@つくば
2010年7月21日

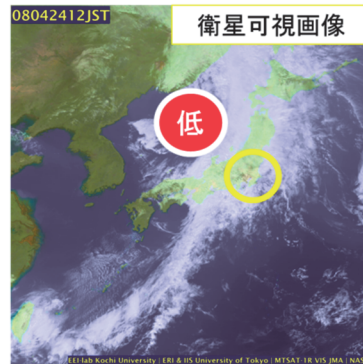


1時間当たりの日射量

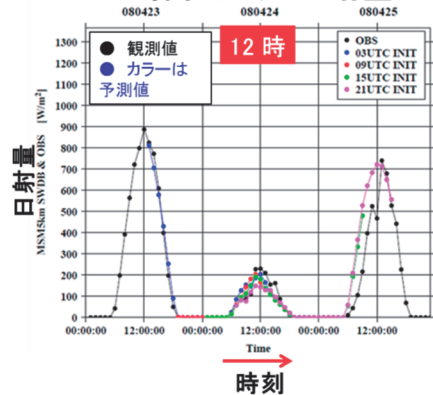


快晴時は観測値と予測値が一致する。曇天時でも低気圧に伴う光学的に厚い雲が広がっている場合であれば、予測値は観測値に近い値をとる。

曇天時@つくば
2008年4月24日

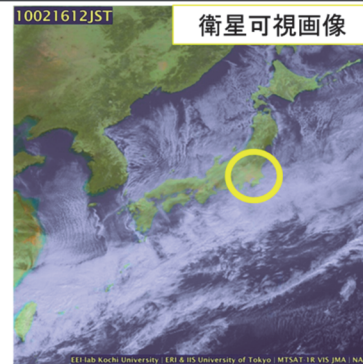


1時間当たりの日射量

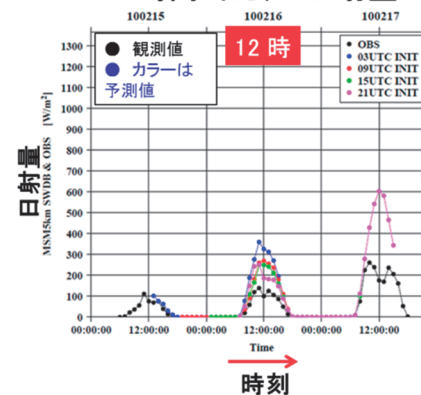


予測が大外れ

予測過大時@つくば
2010年2月16日



1時間当たりの日射量



← 日本付近の衛星可視画像(12時)。黄丸は関東付近を示す。

← つくばにおける1時間毎の日射量の時系列。黒丸線は観測値、カラー線は予測値を示す。

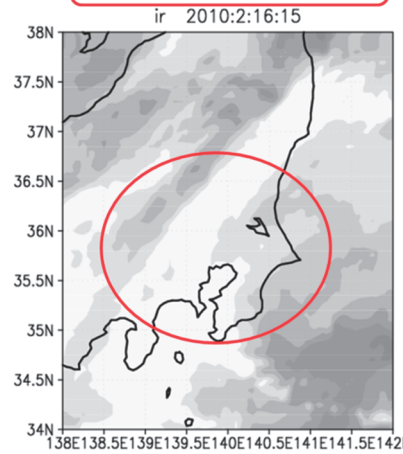
予測が大外れ(誤差>20%)したとき、つくばの雲の目視観測から、下層(高度2km以下)に厚い層積雲が存在していた。

検証結果

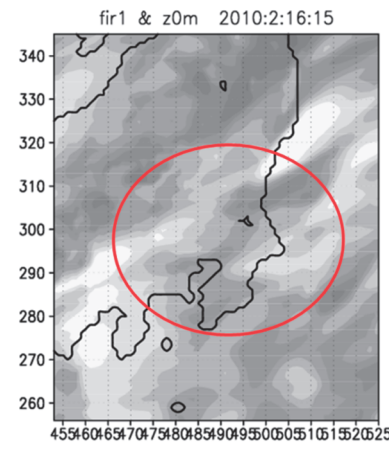
予測が大外れした時の雲の様子(2010年2月16日15時)

雲の分布だけを見るとやや観測の方が雲が広がっているように見える。しかしながら、予測値の各層における雲の量を見てみると、目視観測であった下層の層積雲が表現できておらず(下図の赤丸内)、これが一因となって日射量が過大に予測されてしまっている。

雲の衛星観測

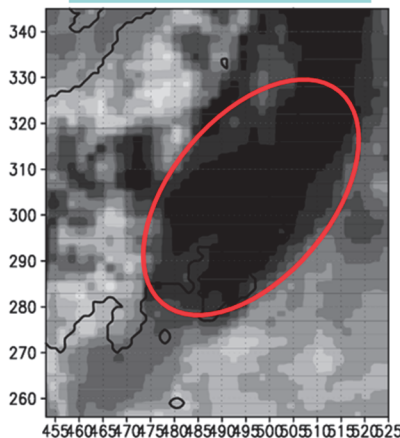


雲の予測値

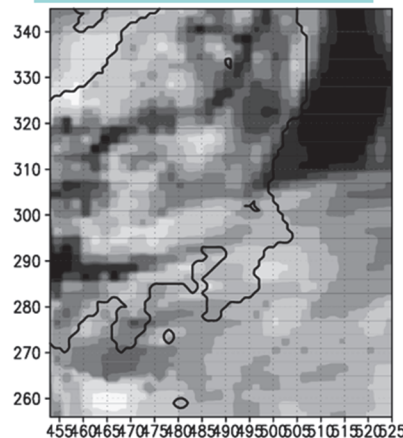


← 関東付近の雲の衛星観測(赤外画像, 左図)と雲の予測値(右図), (15時)。

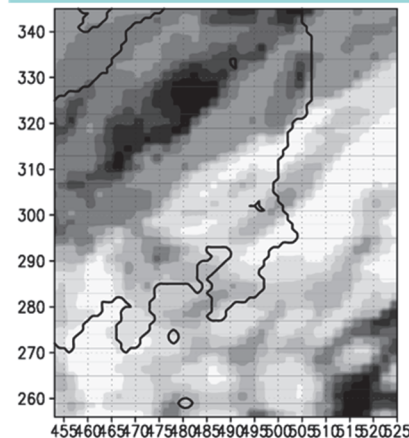
下層(~2km)



中層(2~5km)



上層(5~10km)



← 関東付近の各層における雲量の予測値(15時)。

まとめ

気象庁メソ数值予報モデル(MSM)の検証結果

- ☑ 快晴時 → モデルの放射過程は良好
光学的に厚い雲が広がる曇天時 → 概ね予測日射量は観測値と整合
- ☑ 予測を大きく外してしまった事例 → モデルの内部での雲の表現が不十分であることが一因
- ☑ 夏季: 層状性の雲の時にモデルは観測値から外れやすい傾向
- ☑ 日射量予測誤差の地域特性
関東から南西諸島、南海上地域: 夏季の過小傾向

今後の課題

○予測日射量の外れ要因の分析

- ☑ これまでは2次元データによる検証
→ 予測が外れた時の事例(数例)を対象にMSMを再実行し、より詳細な解析を実施
- ☑ 全天日射量のみならず、モデルでは直達・散乱に分けた計算を実施可能 → 検証

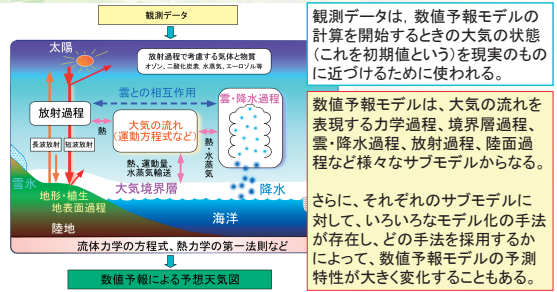
謝辞

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、気象庁数值予報課、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。

PV発電予測に向けた気象庁メソ数値予報モデルの 日射量予測精度検証

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

気象で用いられる数値予報モデルとは



研究の背景

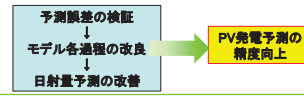
太陽光発電(PV)の主な変動要因 → 気象要素 (日射量、気温)

○ 気象予報モデルを用いた日射量の予測
今後、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帯した電力系統の安定化を図るために必要

○ メソ数値予報モデル(MSM;日々の現実の天気予報、防災気象情報として利用)
☑ 翌日の発電量予測へ利用
☑ 地上の観測値に比べてどのくらい予測誤差が含まれているのか?
☑ PVシステムではより詳細な時間・空間的な予測誤差の検証が必要

研究の目的

- ☑ MSMによる予測日射量を地上観測データを用いて予測精度の検証(本発表) どの程度現実の日射量を予測・再現できるのか、高精度な観測値があるサイトでピンポイントの検証を行うことにより基礎的な知見を得る(ピンポイントの検証であるが、ピンポイント予測のみを目的としているのではなく、広域予測も視野)
- ☑ 日射量予測および発電量予測の精度向上(将来的な研究) 発電量予測はMSMの予測値を用いて行われるので、大本のモデル改良による予測値の精度向上がPV発電量のピンポイントおよび広域予測への改善につながる



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;時別値) → 1時間値(一日積算値)でMSMと比較
 - メソ数値モデル(MSM)
 - 計算領域: 日本周辺 水平解像度 5km 水平721x577格子 鉛直5層 1日8回 15時間予報(初期時刻:3:15,21時) 33時間予報(初期時刻:06:12,18時)
 - JMA-NM(気象庁非静力学モデル)の現実版
 - 解析期間: 2008年-2010年(3年間)
- 放射過程:部分凝結スキームを導入(07年5月~) (※サブグリッドスケールの凝結を扱うことが。格子が粗くても部分雲を形成し、全体としてある程度水平方向に広い雲域を形成可。) 2格子間引きあり、計算間隔15分毎
- 太陽光発電では前日に発電量予測が必要

まとめ(気象庁メソ数値予報モデル(MSM)の検証結果)

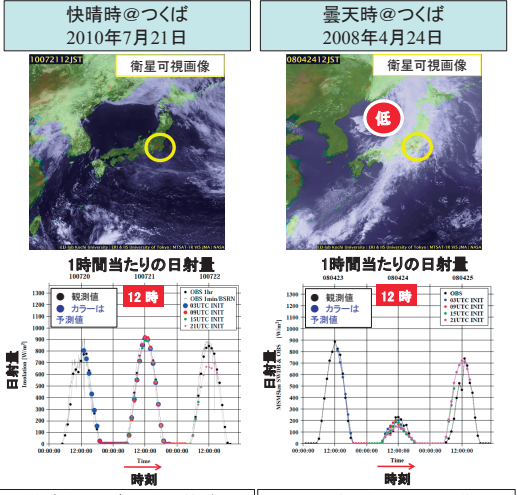
- ☑ 快晴時 → モデルの放射過程は良好 光学的に厚い雲が広がる曇天時 → 概ね予測日射量は観測値と整合
- ☑ 夏季:層状性の雲の時にモデルは観測値から外れやすい傾向
- ☑ 日射量予測誤差の地域特性 関東から南西諸島、南海上地域 → 夏季の過小傾向

今後の課題

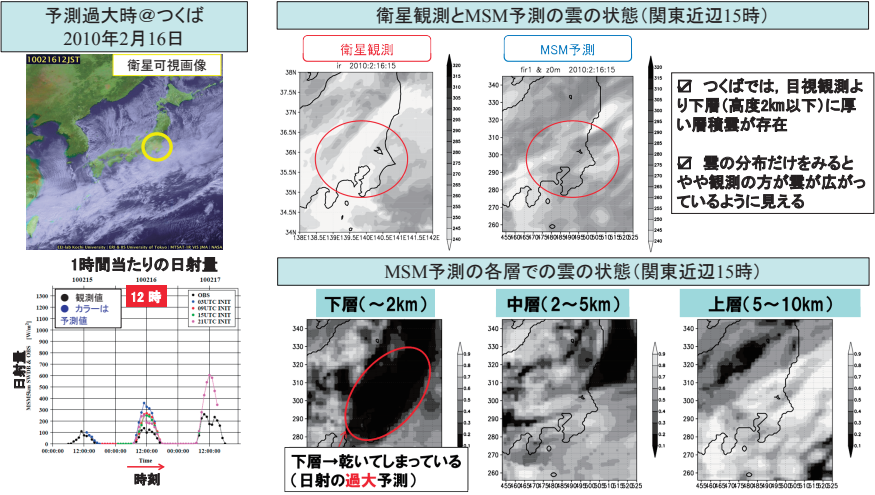
- 予測日射量の外れ要因の分析
- ☑ これまでは2次元データによる検証 → 予測が外れた時の事例(数例)を対象にMSMを再実行し、より詳細な解析を実施
- ☑ 全日射量のみならず、モデルでは直達・散乱に分けた計算を実施可能 → 検証

検証結果

検証その1. 予測が良好な場合



検証その2. 予測が大外れ(誤差>20%)した場合



検証その3. 予測が大外れする場合の雲のタイプの出現頻度

目視観測@銚子(81事例/3年)

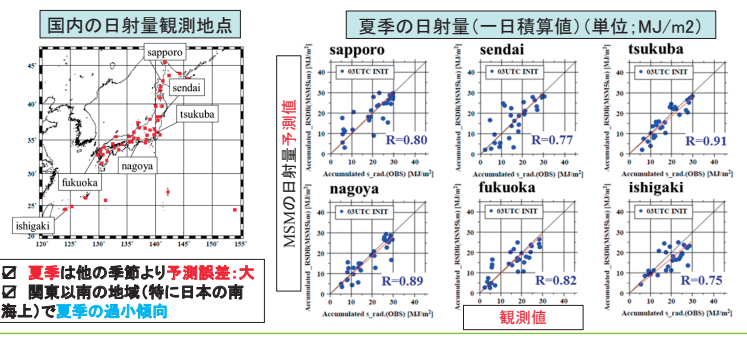
| 層 | 観測 | 回数 | 出現頻度(%) | MSM | 回数 | 出現頻度(%) |
|------|------|------|---------|------|------|---------|
| 上層雲 | 巻積雲 | 22 | 27.2 | 巻積雲 | 25 | 30.9 |
| | 高積雲 | 0 | 0.0 | 高積雲 | 1 | 1.2 |
| | 巻層雲 | 0 | 0.0 | 巻層雲 | 0 | 0.0 |
| 観測なし | 59 | 72.8 | 観測なし | 55 | 68.1 | |
| 中層雲 | 高積雲 | 42 | 51.9 | 高積雲 | 39 | 48.1 |
| | 乱層雲 | 3 | 3.7 | 乱層雲 | 1 | 1.2 |
| | 観測なし | 36 | 44.4 | 観測なし | 41 | 50.8 |
| 下層雲 | 層積雲 | 37 | 45.7 | 層積雲 | 30 | 37.0 |
| | 積雲 | 33 | 40.7 | 積雲 | 36 | 44.4 |
| | 層雲 | 7 | 8.6 | 層雲 | 5 | 6.2 |
| | 積乱雲 | 0 | 0.0 | 積乱雲 | 3 | 3.7 |
| 観測なし | 4 | 4.9 | 観測なし | 7 | 8.6 | |
| 合計 | | 81 | | 81 | | |

☑ 層状性(雨が降りそうで降らないような)雲が主。☑ 積乱雲(対流性の雲)の出現頻度:少

(注:中、上層の雲は下層の雲により目視できない場合も多い)

☑ 夏季は他の季節より予測誤差:大 ☑ 関東以南の地域(特に日本の南海上)で夏季の過小傾向

検証その4. 予測誤差の地域特性:日本を大まかな気候区分で分けた場合



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、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。