

太陽光発電量予測に向けた気象庁モデルにおける短波放射量予測の検証

*大竹秀明¹・山田芳則²・Joao Fonseca¹・高島工¹・大関崇¹・太陽光発電量予測研究グループ
 1.(独)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 2. 気象庁気象研究所

はじめに

研究内容のキーワード
 太陽光発電、発電量予測、気象予報
 気象モデル、モデル検証、雲と放射

気象要素の予測(太陽光発電電力の主な変動要因):

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も必要

- ① メソ数値予報モデル(MSM)の予測する短波放射量が地上の観測値に比べてどのくらいの誤差が含まれているのかを把握する必要あり
 気象庁ではルーチ的な日射量予測の検証は行っているものの...

→ 太陽光発電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求められる
 気象庁メソ気象数値予報モデル → 翌日の発電量予測へ利用

- ② MSMの積分時間は最長でも33時間 → MSMの結果を利用した太陽光発電量予測は前日にしか行えない

気象庁全球予報モデル → 2, 3日前に短波放射量が予測可能かどうか検討

目的 MSMとGSMで予測された短波放射量について地上観測データを用いて予測精度の検証

解析データ

観測値

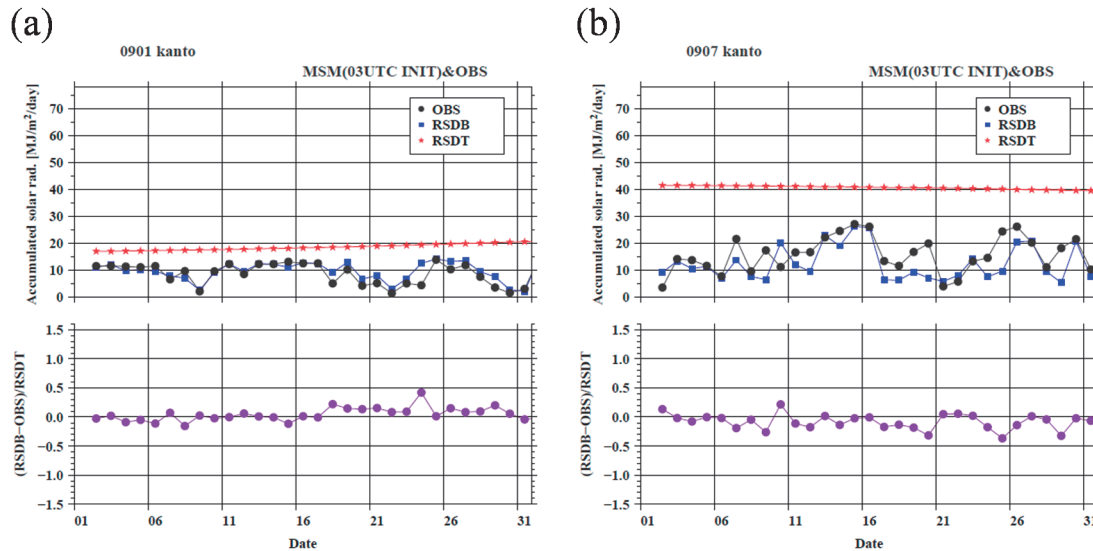
比較する地上観測データは気象庁各気象官署で観測された全天日射量データ(熱電堆式全天日射計:時別値)を用いた。ここでは解析領域を関東地域に絞って紹介。



数値予報モデル

	メソ数値予報モデル(MSM)	全球予報モデル(GSM)
水平解像度	5km (但し, 放射計算は計算コストを抑えるためx, y方向に2格子ずつ間引いて行われるため, 実質的な格子間隔は10km)	約20km(但し, 東西4格子数を1格子に間引き)
短波放射の計算	15分毎	1時間毎
積分時間	33時間	84時間
初期値	1日4回(03, 09, 15, 21UTC)	12UTCを使用
解析期間	2008年-2010年(3年間)	2009年-2010年(2年間)

メソ気象モデル(MSM)における短波放射量予測の検証



■ 観測値とMSMの短波放射量(日積算値)の時系列を比較すると冬季(図1a, 2009年1月の例)では、モデル値は概ね観測値の変化に対応しているが、日によっては±数MJ/m²程度の観測値からの差も見られる。一方、夏季(図1b, 2009年7月の例)では、太陽高度が高くなるため日積算短波放射量は冬季よりも増加するが、その時間変動も大きくなる。これは関東地方に雲域がかかることが多いためと考えられる。また、この年の夏季ではモデル値は観測値よりも小さい値を取ることが多く、10 MJ/m²以上の過小傾向の事例も数日ある。

図1. 日積算短波放射量の時系列。(a) 2009年1月(冬季)の例で(上)地上観測値(全天日射量データ, OBS)とMSM5kmの地表面下向き短波放射フラックス(RSDB)及び大気上端での下向き短波放射フラックス(RSDT)から求めた日積算値, (下)モデル値の観測値からの差を大気上端での下向き短波放射量で規格化した時系列を示す。(b) (a)と同様で2009年7月(夏季)の例。03UTCを初期値とした予測値である。

■ 夏季は冬季に比べモデル値の過小傾向が顕著であり、ばらつきも大きく相関係数が下がる(図2)。観測値からの差を大気上端の下向き短波放射量で規格化した時系列から変動幅の季節的な違いを見るとその差は小さい(図1下段)。同様な傾向は他の年についても見られる。ほぼ快晴時の時系列データから概ね短波放射量は観測値と整合していると言える。モデルの放射過程は良好に働いていると考えられるが、夏季の雲域が広がる時期では負のバイアスが大きな傾向がある。この点は今後、事例毎に詳細に調べる必要がある。

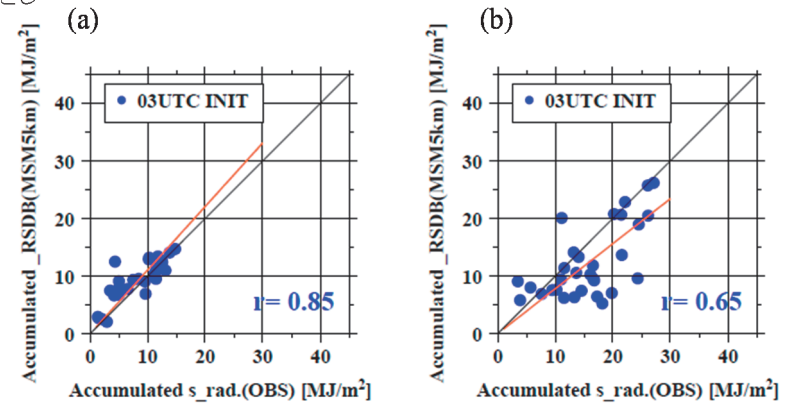
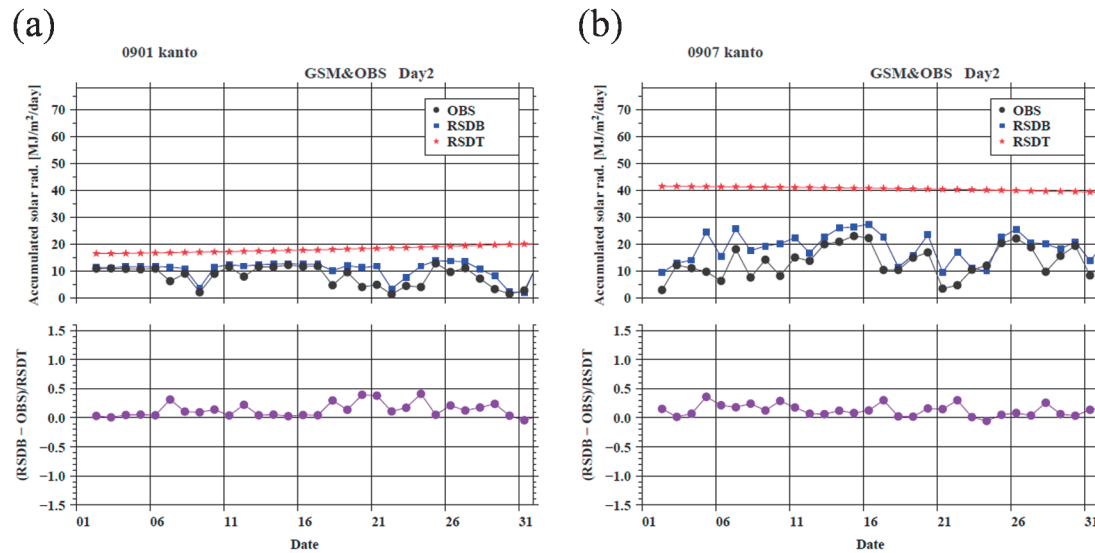


図2. 日積算短波放射量の散布図。横軸は観測値を、縦軸はモデル値を示す。(a) 2009年1月, (b) 2009年7月の例。数値は相関係数(r)を示す。

全球モデル(GSM)における短波放射量予測の検証



■ MSMと同様に観測値、モデル値ともに関東地域の複数地点または複数グリッドを用いて領域平均値を作成した。冬季（図3a, 2009年1月）の日積算短波放射量の時系列の比較から快晴時では（例えば1月1-6日）、モデル値は観測値にかなり近いが、雲域が広がる事例では（例えば1月18日以降）、観測値との差は数MJ/m²程度の過大傾向を示している。一方、夏季（2009年7月, 図3b）ではモデル値は観測値と比べて過大傾向が顕著であり、日積算値で10MJ/m²以上の差が見られる事例も数日ある。このような傾向は他の月や年にも見られる。

図3. 日積算短波放射量の時系列。(a) 2009年1月(冬季)の例で(上)地上観測値(全天日射量データ, OBS)とGSMの地表面向き短波放射フラックス(RSDB)及び大気上端での下向き短波放射フラックス(RSDT)から求めた日積算値, (下)モデル値の観測値からの差を大気上端での下向き短波放射量で規格化した時系列を示す。(b) (a)と同様で2009年7月(夏季)の例。

■ GSMでは84時間先までの予測値を利用していることから、1～3日予測の日積算短波放射量の計算結果とそれに対応する日時の観測値を比較した（図4）。夏季では上記で述べたように明瞭なモデルの過大傾向が見られるが、予測時間が長くなるにつれて相関係数が小さくなり（ $r=0.72 \rightarrow 0.17$ ）、ばらつきも大きく、予報誤差が大きくなっているものと考えられる。GSMの短波放射量が季節に依らず、過大傾向であることから、モデルの中で表現される光学的な雲の厚さが実際よりも薄い、または空間的に雲域が広がっていないことが推測される。

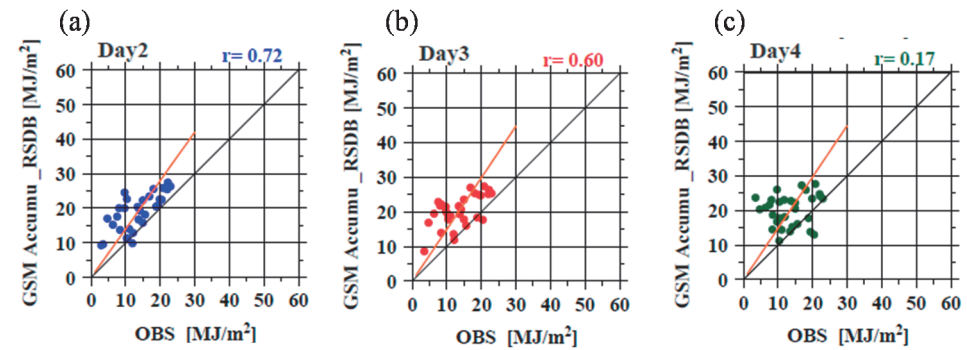


図4. 積分期間を(a)1日予測, (b)2日予測, (c)3日予測値と観測値の比較で2009年7月(夏季)の例。横軸は観測値を, 縦軸はモデル値を示す。数値は相関係数(r)を示す。

まとめ

① 気象庁メソ数値予報モデル(MSM)の検証結果

快晴時 → 概ね短波放射量は観測値と整合 → モデルの放射過程は良好
夏季の雲域が広がり易い時期(梅雨期など)でモデルの予測値が観測値からずれる傾向

② 気象庁全球予報モデル(GSM)の検証結果

短波放射量の予測値が季節に依らず過大傾向(数MJ/m²程度)
→ モデルで表現される光学的な雲の厚さが実際よりも薄い、または空間的に雲域が広がっていないことが推測される

今後の課題と展望

- モデルの予測値がどのような時期(層状雲や対流雲が広がる事例など)にどの程度ずれ易いのか?
- モデルの検証結果 → MSMで用いられている放射過程の改良(雲の取り扱いなど)や雲物理過程の改良へ
- 気象モデルのより精度の高い短波放射量予測 → 発電量予測の精度向上

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。太陽光発電量予測研究グループの中では気象庁数値予報課、気象研究所予報一研の皆様にも支援を頂いた。