

# 太陽光発電量予測に向けた短波放射量予測の検証

\*大竹秀明<sup>1</sup>・山下克也<sup>1(現気象研)</sup>・山田芳則<sup>2</sup>・Joao Fonseca<sup>1</sup>・高島工<sup>1</sup>・大関崇<sup>1</sup>

太陽光発電量予測研究グループ

1. 独立行政法人 産業技術総合研究所 太陽光発電工学研究センター, 2. 気象庁気象研究所

## 1. はじめに

太陽光発電システムでは天候（日射量）により発電量が変化する。太陽光発電電力の主な変動要因である気象要素の予測は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である。気象庁メソ気象数値予報モデル（MSM）の出力結果を用いて、翌日の発電量予測を行うためには、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予測誤差が含まれているのかを把握する必要がある。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ている。一方、MSMの積分時間は最長でも33時間であり、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。そこで気象庁全球予報モデル（GSM, 12UTC初期値）の84時間予報の短波放射量を用いて、2, 3日前に下向き短波放射量がどの程度予測可能かどうか検討を行う。本研究では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、予測精度の検証を行った。

## 2. データ

MSMの水平解像度は5kmであるが、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である。また、放射計算は15分毎に行われている。MSMでは、積分時間は33時間であり、6時間毎に初期値、境界値を変えた計算が1日4回（03, 09, 15, 21UTC）行われており、本研究ではこれを解析に用いた。解

析期間は2008年-2010年の3年間である。

GSMの水平解像度は約20kmであり、初期値、境界値には12UTCのものを用い、積分時間84時間までを解析した。GSMにおいても東西4格子数を1格子に間引き、短波放射の計算は1時間に一度行われている。解析期間は2009年-2010年の2年間である。

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する。

## 3. MSM短波放射量の検証

まず観測値は関東地域の複数地点、モデル値では地上観測地点付近の複数グリッドで領域平均値を作成した。日積算短波放射量の観測値とMSM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/m<sup>2</sup>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。また、その時間変動も大きい。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、この月の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/m<sup>2</sup>以上の過小傾向の事例も数日ある。1月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っている（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値から予測誤差の季節的な相違をみるとその差は小さい（図1下段）。同様な傾向

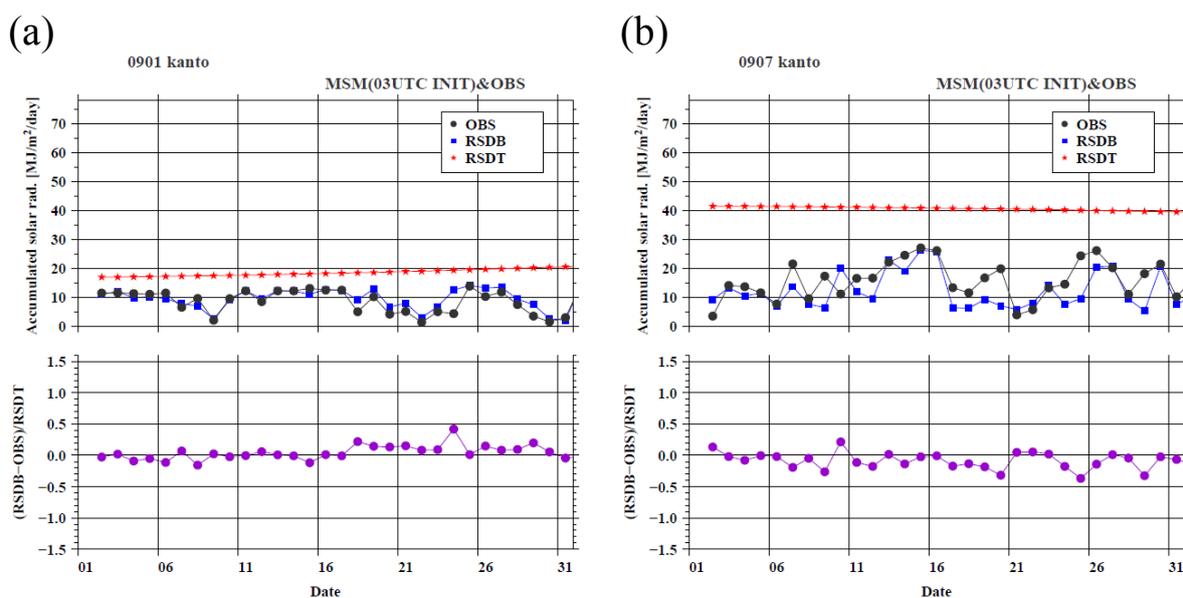


図1. MSMの日積算短波放射量の時系列。(a) 2009年1月（冬季）の例で（上）地上観測値（全天日射量データ、OBS）とMSMの地表面下向き短波放射フラックス（RSDB）及び大気上端での下向き短波放射フラックス（RSDB）から求めた日積算値、（下）モデル値の観測値からの差を大気上端での下向き短波放射量で規格化した時系列を示す。(b) (a)と同様で2009年7月（夏季）の例。MSMは03UTCを初期値とした予測値である。

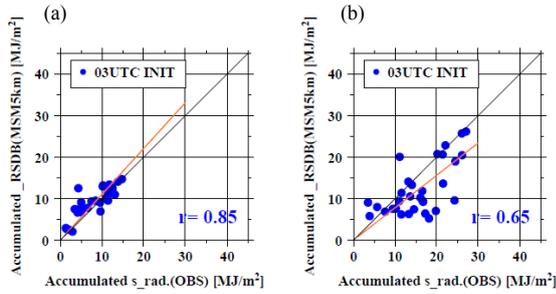


図2. MSMの日積算短波放射量の散布図。横軸は観測値を、縦軸はモデル値を示す。(a) 2009年1月, (b) 2009年7月の例。図中の数値は相関係数を示す。

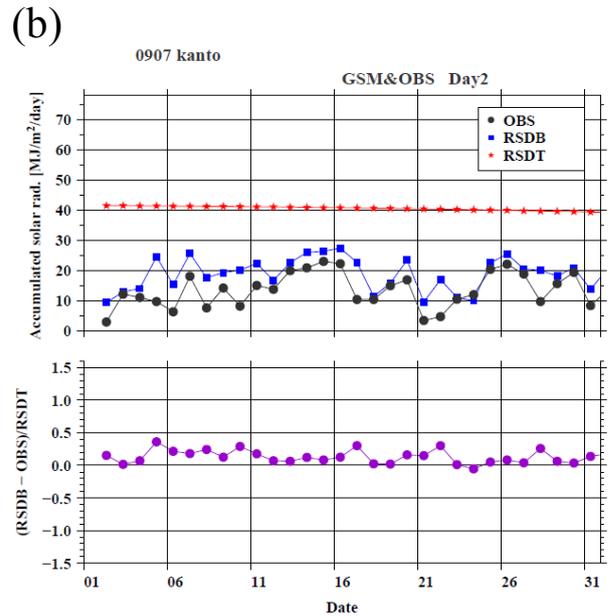
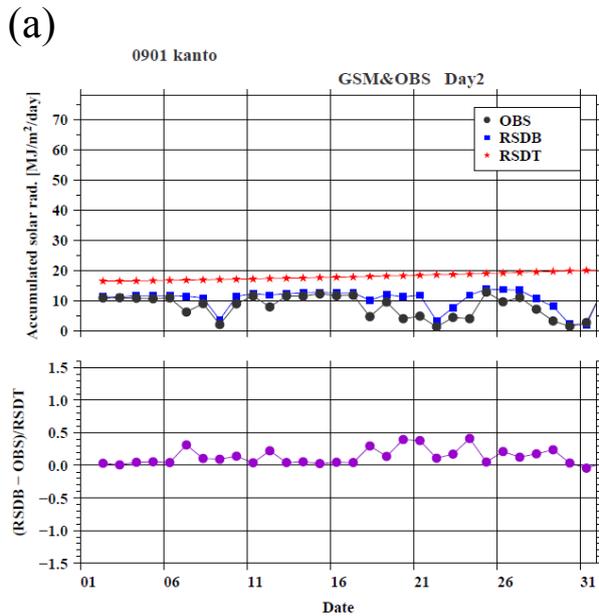


図3. GSMの日積算短波放射量の時系列。(a) 2009年1月(冬季)の例で(上)地上観測値(全天日射量データ, OBS)とGSMの地表面下向き短波放射フラックス(RSDB)及び大気上端での下向き短波放射フラックス(RSDT)から求めた日積算値,(下)モデル値の観測値からの差を大気上端での下向き短波放射量で規格化した時系列を示す。(b) (a)と同様で2009年7月(夏季)の例。

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た。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バイアスが大きくなる傾向がある。この点は今後、事例毎に詳細に調べる必要がある。

#### 4. GSM 短波放射量の検証

MSMと同様に観測値、モデル値ともに関東地域において領域平均値を作成した。冬季(図3a)の日積算短波放射量の時系列の比較から快晴時には(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/m<sup>2</sup>程度の過大傾向を示している。一方、夏季(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/m<sup>2</sup>以上の差が見られる事例も数日ある。この傾向は他の月や年にも見られていた。また、本研究では84時間先までのGSM予測値を利用しているため、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)。夏季では上記に述べた

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ばらつきが大きくなり( $r=0.72 \rightarrow 0.17$ ), 予報誤差が大きい。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、モデルの中で光学的な雲の厚さが実際よりも薄い、または雲域が広がっていないことが推測される。

#### 5. まとめと今後の課題

MSMでは特に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ばらつく傾向が見られた。一方、GSMの短波放射量が季節に依らず過大傾向(数MJ/m<sup>2</sup>)が顕著であることから、モデルの光学的な雲の厚さが実際よりも薄い、または雲域が広がっていないことが推測される。今後はど

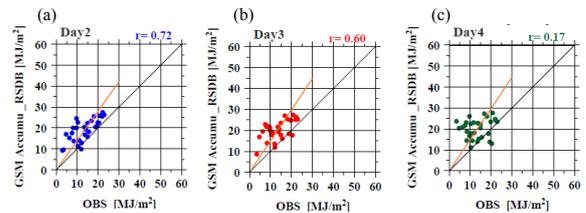


図4. GSMの日積算短波放射量の散布図。積分時間を(a)1日予測,(b)2日予測,(c)3日予測とした場合の観測値との比較で2009年7月(夏季)の例。横軸は観測値を、縦軸はモデル値を示す。図中の数値は相関係数を示す。

のような時期(例えば、層状雲や対流雲など)において予測値がどの程度ずれ易いのか個々に調べる必要がある。

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。