

電中研の研

電中研ニュース

No.485 2018 Feb



電力流通

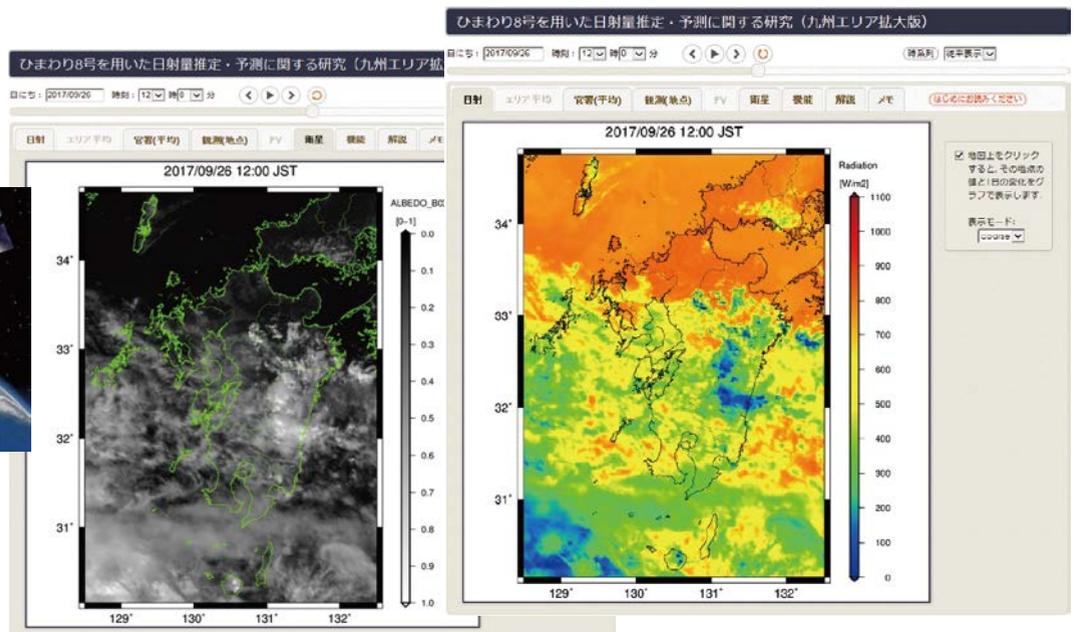
電力安定供給のための 日射量・太陽光発電出力の 推定・予測システムの開発

—「ひまわり8号」の衛星画像を利用した手法の適用—



気象衛星画像から 日射量を推定するイメージ

左：ひまわり8号（画像：気象庁提供）
中：気象衛星画像（可視画像）
右：気象衛星画像に基づく日射量推定結果



電力会社の電力システムに太陽光発電(PV)が大量に導入されると、その出力変動により電力会社の需給運用に大きな影響を及ぼすことが懸念されます。安定した系統運用を行うためには、系統全体の広域レベルから配電用変電所単位の地区レベルまで、様々な規模のエリアにおけるPV出力を、リアルタイムで正確に予測する必要があります。電力中央研究所では、気象衛星画像(可視画像・赤外画像)を用いて、これまで困難とされていた現時点および最大6時間先までの日射量とPV出力を高精度に推定*1・予測*2できるシステムを開発しました。

*1:観測された現時点(今時点)での値、*2:観測された時点より将来の値

ひまわり8号の衛星画像から日射量を算出

気象衛星画像に基づく日射量の推定・予測手法の開発

2015年7月から、ひまわり7号に代わり、ひまわり8号の運用が開始されました。ひまわり8号は、水平解像度の高解像度化、観測時間の短縮、観測バンド数の増大など、観測機能が大幅に向上しており、様々な分野での活用が期待されています。

当研究所ではこれまでに、ひまわり7号の衛星画像から現況の日射量を推定し、つぎに最大6時間先の日射量を予測する手法を開発しました。この手法をひまわり8号に適合・最適化させるとともに、新たな手法を加えて計算精度を向上させました。

まず日射量推定では、気象衛星の可視画像と赤外画像を用いて雲分布を把握し、衛星画像の撮影時刻における地表面の日射量を推定します。当研究所の我孫子地区(千葉県)に設置した日射計を用いた観測値と推定値(ともに10分平均値)の比較を図-1に示します。推定値は観測値に見られる時系列の変動傾向を良好に再現しました。この図は6日間分の比較ですが、1カ月間の誤差を評価した結果、ひまわり7号を用いた推定結果よりも誤差(RMSE)は21%低下すること、時間変化の変動再現性の指標となる10分平均値のRMSEは68W/m²と高い精度

を持つことを確認しました(表-1)。4月正午の快晴時の日射量は1,000W/m²程度ですから、RMSEはこの10%以下となります。

つぎに日射量予測では、過去と現在の衛星画像を用いて雲域の移動速度ベクトルを予測し、衛星画像の撮影時刻より先の雲分布を予測して、地表面の日射量を予測します。その際、予測が大きく外れることを防ぐため、新たな手法(品質チェック手法)を開発し追加しました。この手法は、移動速度ベクトルを用いる予測手法のほかに、過去画像データが予測期間中一定で持続すると仮定する持続モデルを追加したものです。この2種類の予測手法を用いて、3時間前から予測開始時刻までの再現計算を行い、予測精度が高かった手法を採用して、最大6時間先までの予測計算を行います。

10分平均値の観測値と予測値の時系列を比較し(図-2)、1カ月間の誤差を評価した結果、予測開始から3時間先までの期間平均のRMSEは190W/m²以下、3~6時間先までは230W/m²以下を達成し、品質チェック手法を用いることでRMSE(3~6時間先)は平均で32%低減する高い予測精度を確認しました(図-3の水色矢印)。

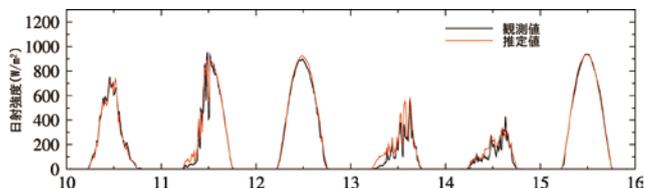


図-1 我孫子における10分平均値の観測値と推定値の時系列の比較 (期間: 2016年4月10日~15日)

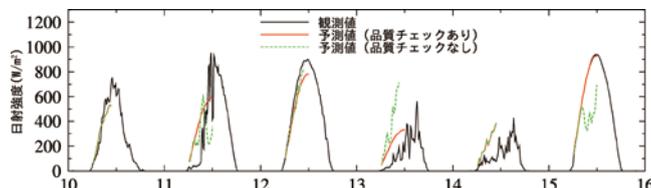


図-2 我孫子における10分平均値の観測値と予測値の時系列の比較 (期間: 2016年4月10日~15日)

表-1 我孫子における統計量評価

(期間:2016年4月1日~30日、太陽天頂角 $\theta < 85^\circ$)

ひまわり7号の30分平均値のRMSEは70W/m²ですが、ひまわり8号のRMSEは55W/m²と21%低下しました。なお、ひまわり7号の統計量評価期間は2011年9月15日~30日です。

	推定手法	BIAS (W/m ²)	RMSE (W/m ²)	相関係数
1分平均値(1分値)		26	87	0.96
10分平均値	可視+赤外	26	68	0.98
30分平均値		26	55	0.99
30分平均値(ひまわり7号)	可視+赤外	6	70	0.97

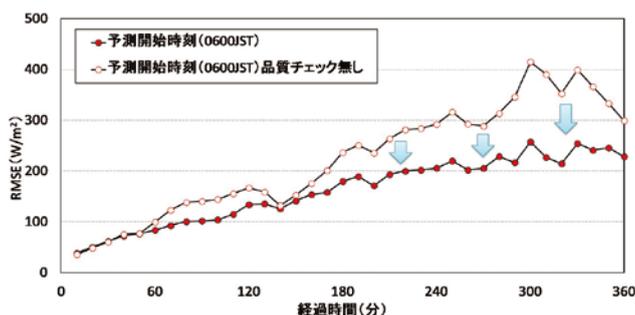


図-3 予測経過時間に対する10分平均値のRMSEの時系列の比較 (2016年4月、我孫子、朝6時予測開始)

2

日射量・太陽光発電出力の推定・予測システムの開発

システムの構成

「開発した手法に基づいて、日射量と太陽光発電出力を2.5分間隔で推定し、最大6時間先までの10分毎の予測計算を日々自動で実施する日射量・太陽光発電出力の推定・予測システムを開発しました。計算結果はWebブラウザ上に表示されます。

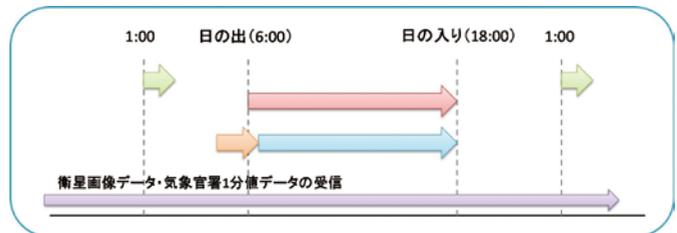
図-4に、日射量の推定・予測システムの1日のスケジュールを示します。当日の午前1時に、気象衛星画像データと気象官署の観測値をもとに、日射量の計算に必要な補正係数を算出します。夜明け前の朝4時から赤外面像のみを用いた予測計算を開始し、夜明け後、可視画像と赤外面像を用いた予測計算に切り替えます。また、可視画像と赤外面像を組み合わせた推定計算を開始します。推定と予測の計算は日没まで実施します。

図-5に、データ受信からWeb表示までの一連の流れを示します。一般財団法人気象業務支援センターから気象庁のひまわり8号の衛星画像データ(2.5分間隔)と気象官署の1分値データ(1分間隔)を受信します。受信したひまわり8号の衛星画像データを1分、3次メッシュ間隔(空間解像度約1km)のデータに変換し、推定計算を実施します。並行して、10分間隔で最大6時間先までの日射量予測計算を実施します。なお、画像データは観測時刻から7~8分程度遅れて受信するため、推定結果の配信は10分程度、予測結果は20分程度遅れてWebブラウザ上に表示されます。推定結果は、高解像度日射量データとして日々蓄積されます。

Webシステムの機能

Webブラウザ上に、日射量分布および可視・赤外の気象衛星画像を10分間隔で表示することが可能です(表紙図)。また、気象庁の気象官署における観測結果と本システムによる日射量の推定・予測結果をリアルタイムで表示し、比較することが可能です(図-6)。この気象官署を含め、指定した地点の推定・予測結果をCSV形式でダウンロードすることも可能です。

PV出力は、発電所では近傍格子点の日射量と太陽光発電パネルの仕様(出力、方位、設置角度など)、電力系統エリアでは対象エリアの平均日射量と太陽光発電の導入実績に基づくシステム係数を組み合わせることで算出され、Webブラウザ上に表示されます。



- 日射量推定・予測計算用の補正係数 α 、 β 、 γ の更新(更新サイクル:1日1回)
- 可視画像と赤外面像を組み合わせた日射量推定計算(更新サイクル:2.5分間隔)
- 赤外面像のみを用いた日射量予測計算(更新サイクル:10分間隔)
- 可視画像と赤外面像を組み合わせた日射量予測計算(更新サイクル:10分間隔)

図-4 本システムの一日の計算スケジュール

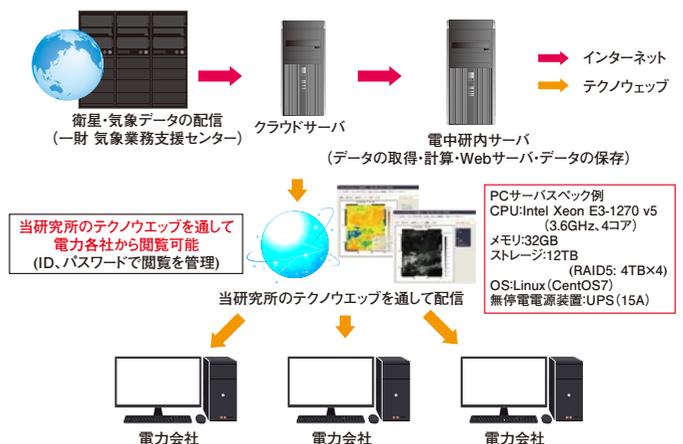


図-5 電力会社が本システムを研究目的として試用する場合のイメージ
※テクノウェブは当研究所と電力各社間との研究情報・資源の共有化などを目的とする接続が制限されたエクストラネットです。
※試用終了後は、各社でシステムを導入して独自に運用するか、予報業務許可を受けた民間気象事業者を経由した配信を想定しています。

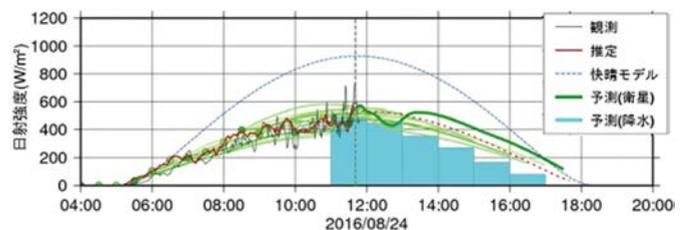


図-6 関東エリアの気象官署(6地点)における日射量の推定結果の平均値と予測結果の平均値の時系列のWeb画面の表示例

30分間隔で最大6時間先までの予測計算を実施した例である。観測は観測値(黒実線)、推定は推定値(赤実線)、赤実線から延びる赤点線は前10分平均の推定値に基づく持続モデル、快晴モデルは快晴時を仮定した快晴モデル(青鎖線)、予測(衛星)は30分間隔の予測値(緑実線)、30分間隔で実施した過去の予測値(緑細実線)、予測(降水)は気象庁の降水短時間予報に基づく予測値(水色棒グラフ)である。

3

発電出力をより正確に予測するために

当研究所施設や電力系統エリアにおける推定・予測システムの検証と高精度化

当研究所の赤城試験センター（群馬県）では、各種の日射計による日射量観測と併せて、多種類の市販太陽電池の太陽光発電システムの発電出力を計測しています（図-7）。前述の推定・予測システムを本センターや我孫子地区の気象観測サイトに適用し、日射量推定手法の検証と高精度化を実施しています。また、日射量や気温などの観測値から太陽光発電システムの発電出力をより正確に推定・予測する技術の開発などに取り組んでいます。

さらに、実際の電力系統エリアを対象に、推定・予測システムの妥当性を検証しています。例えば、沖縄本島を4エリアに分割し、本システムを用いて各エリアの日射量の観測値と太陽光発電の導入実績から作成されるシステム係数を組み合わせて発電出力を推定しています。そして各エリアの発電出力の合計値（本島全体の発電出力値）と、実際に本島全体で一年間にわたり計測された太陽光発電の発電量の検針実績値とを比較することにより、推定・予測システムの妥当性を検証しています。図-8は、本システムで沖縄本島全体の太陽光発電出力を推定・予測した結果の表示例です。

今後は、当研究所施設や電力系統エリアでの検証で培われた分析・評価技術に基づき、推定・予測手法の更なる高度化を図るとともに、実系統エリアでの運用に適したシステムを継続して開発していく予定です。



図-7 赤城試験センターに設置した太陽光発電の屋外計測サイト

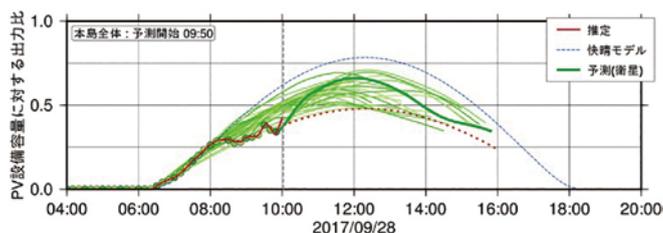


図-8 沖縄本島を対象とした本島全体の太陽光発電出力の推定結果と予測結果の時系列のWeb画面の表示例

10分間隔で最大6時間先までの予測計算を実施した例である。日射量の推定値に基づく発電出力（赤実線）、赤実線から延びる赤点線は持続モデルに基づく発電出力、快晴時を仮定した快晴モデルに基づく発電出力（青鎖線）、予測値（緑実線）、10分間隔で実施した過去の予測値（緑細実線）である。

ひとこと

地球工学研究所 主任研究員 橋本 篤 / 材料科学研究所 上席研究員 宇佐美 章

ひまわり8号の運用開始により、これまで困難と考えられていた現時点から数時間先までの高精度な日射量推定・予測の実現可能性が高まりました。このタイミングに合わせ、これまで行ってきた研究と蓄積した経験に基づき、実務への適用を目指した技術とこれに基づくシステムを開発しました。

本研究で開発した技術とシステムが実際に活用されることで、電力の安定供給に少しでも貢献できれば非常に嬉しく思います。



| 関連する研究報告書 |

- N13003「太陽光発電出力予測のための衛星画像データを用いた日射量推定・予測モデルの開発」
- Q14012「太陽光発電の出力把握に向けた日射量現況値推定への気象衛星の適用性評価」
- Q15014「太陽光発電のリアルタイム発電出力把握技術の開発(V)ー沖縄本島への適用ー」
- N16001「ひまわり8号を用いた日射量推定・予測システムの開発」

報告書は当所ホームページよりダウンロードできます