

《様式B》

研究テーマ	「雲影観測用小型日射計の開発と太陽光発電量予測」		
研究責任者	所属機関名	国立大学法人 豊橋技術科学大学	
	官職又は役職	講師	
	氏名	針谷 達	メールアドレス harigai.toru.un@tut.jp
共同研究者	所属機関名	株式会社 エイム	
	官職又は役職	相談役	
	氏名	平塚 元久	

(平成 30 年度募集) 第 31 回 助成研究 完了報告書

1. 実施内容および成果ならびに今後予想される効果の概要 (1, 000 字程度)

地球環境問題などの深刻化が懸念される中で、太陽光発電が大量に導入され、これにともなって太陽光発電による発電量の増減が、電力供給全体に与える影響が大きくなり、問題となってきた。太陽光発電量を予測することで、電力供給の安定性が保たれる。

我々の研究グループでは、地上日射データを対象とした太陽光発電量の予測システムを開発している。短時間における発電量の大きな変動は、雲の影の移動が主な原因となる。発電量予測対象とする太陽光発電施設の周囲に、日射強度を測定するセンサを複数配置することで、日射強度の変化から太陽光発電施設に到達する雲影を事前に捉え、対象施設に到達するまでの時間やその雲影到達時の発電量を予測する。しかし、市販の日射計は、気象観測用に開発されたものが多く、高精度ながら高価な装置であるため、多点配置には適さない。

本研究では、市販の気象観測用日射計ほどの精度は持たないが安価かつ、小型など多点配置のための機能を備えた日射計を開発した。また、日射センサとともにカメラを備え付けることで、日射強度変化と雲の到来の関係を記録できるようにした。開発した日射計の受光部には小型太陽電池を用い、白濁シートと組み合わせることで、防水・防汚機能を付与した。日射計のデータ取得速度は 0.1/s とし、雲の影の移動にともなう日射強度変化を捉えるのに十分なサンプリング速度を得た。また、安価な魚眼レンズカメラによる上空撮影を実施し、雲の移動を記録可能であることを確認した。また、日射強度から太陽光発電電力を計算により導いた。実測値と計算値の比較では、正午前後の乖離が大きく、パネル温度による発電効率の変化等を、より正確なパラメータとして与える必要性が示唆された。

本研究により、新たに多地点配置を想定した日射計を開発し、日射強度変化から雲の影の移動を捉えることが可能になった。今後は、さらに装置の評価・改良を重ねることで、広域フィールドでの多地点配置による太陽光発電量予測システムの実現を目指す。

2. 実施内容および成果の説明（A4で、5ページ以内）

2.1 はじめに

地球環境問題などの深刻化が懸念される中で、再生可能エネルギーを利用した発電の重要性が増している。これにともない、日本国内においても太陽光発電施設は増加の一途である。太陽光発電は、日射量によってその発電量が大きく異なる。太陽光発電の大量導入にともなうこの発電量の増減が、電力供給全体に与える影響が大きくなり、問題となってきた。太陽光発電量を予測することで、電力供給の安定性が保たれる。

太陽光発電量の予測には、衛星情報などが用いられるが、我々の研究グループでは、地上日射データを対象とした太陽光発電量の予測システムを開発している。太陽光発電量は、地上から見る太陽の角度とともに、雲の影の到来に大きく左右される。特に、短時間における発電量の大きな変動は、雲影が主な原因となる。太陽光パネル上に雲影が存在する状態は、太陽と太陽光パネルの間に雲があることを意味しており、雲が太陽光を遮ることで太陽光パネルに到達する日射量が低下し、発電量が低下する。発電量予測対象とする太陽光発電施設の周囲に、日射強度を測定するセンサを複数配置することで、日射強度の変化から太陽光発電施設に到達する雲影を事前に捉え、対象施設に到達するまでの時間やその雲影到達時の発電量を予測する。本研究グループの提案する予測システムの特徴は、予測対象発電施設周囲の地上日射強度変化を捉えることで、これまでにないオンタイム（5分前）発電量予測システムの実現を目指している。しかし、市販の日射計は、気象観測用に開発されたものが多く、高精度ながら高価な装置であるため、多点配置には適さない。

本研究では、市販の気象観測用日射計ほどの精度は持たないが安価かつ、小型など多点配置のための機能を備えた日射計を開発した。また、日射センサとともにカメラを備え付けることで、日射強度変化と雲の到来の関係を記録できるようにした。

2.2 雲影観察用小型日射計

多点配置に適した日射計には、高速サンプリング・無線データ通信・電源・小サイズなどが求められる。開発した日射計の受光素子には、小型太陽電池（AM-8705、パナソニック）を採用し、この小型太陽電池と白濁シートを組み合わせた小型日射計を作製した。採用した太陽電池の短絡電流は、屋外日射強度に対して直線相関を持つことから、ソーラーシミュレータ光の既知の日射強度と、小型太陽電池の出力短絡電流値の相関係数を算出し、校正することで、太陽電池の電流値から日射強度を得られるようにした。白濁シートは、太陽電池の劣化・破損等を防止する。また、

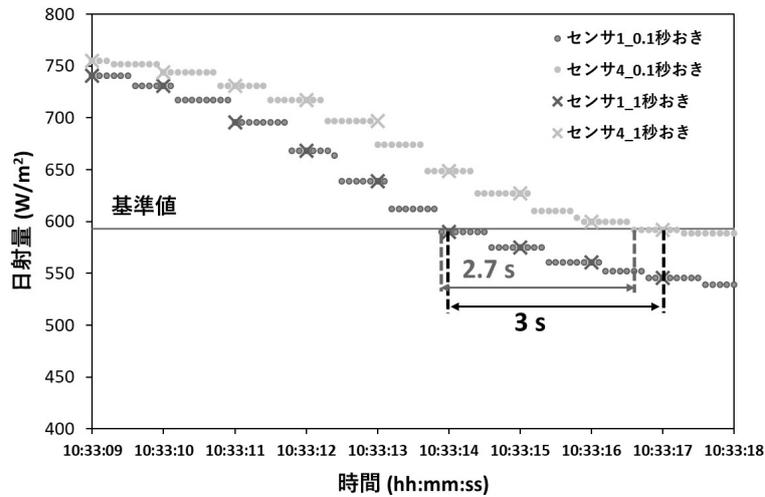


図 1 高速サンプリングした日射強度データ

作製した日射計に、安価な魚眼レンズカメラを取り付けた。魚眼レンズカメラを用いることで、日射計の上空を天球画像として取得し、到来した雲および到来する雲の状態を観察できる。

図 1 に、0.1 s 間隔および 1.0 s 間隔でサンプリングした日射強度データを示す。作製した日射計を複数台、近距離で配置した（センサ 1～センサ 4）。図 1 では、雲影がセンサ 1 を通過後、センサ 4 を通過した。作製した日射計において、0.1 s 間隔の高速サンプリングが可能であることを確認した。また、センサ 1 が基準値となってから、センサ 4 が基準値となるまでの時間を比較すると、0.1 s 間隔でサンプリングした結果のほうが、日射の時間変化を正確に捉えられていることがわかった。

図 2 は、魚眼レンズ付きカメラによって撮影した雲の様子である。図 2(a)を 0 s とし、それから 5 s の画像が図 2(b)である。大きな雲が画像右から左へ移動し、太陽光を遮る様子が観察できた。簡易なカメラを用いても、十分に雲および上空の様子を観察できた。

2.3 太陽光発電量予測

日射強度から太陽光発電量を予測するためには、雲影の到達予測の他に、測定した日射強度

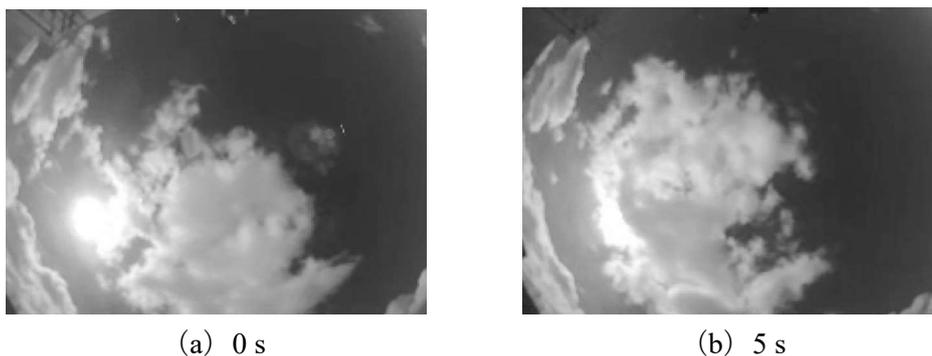


図 2 魚眼レンズ付きカメラにて撮影した雲の様子

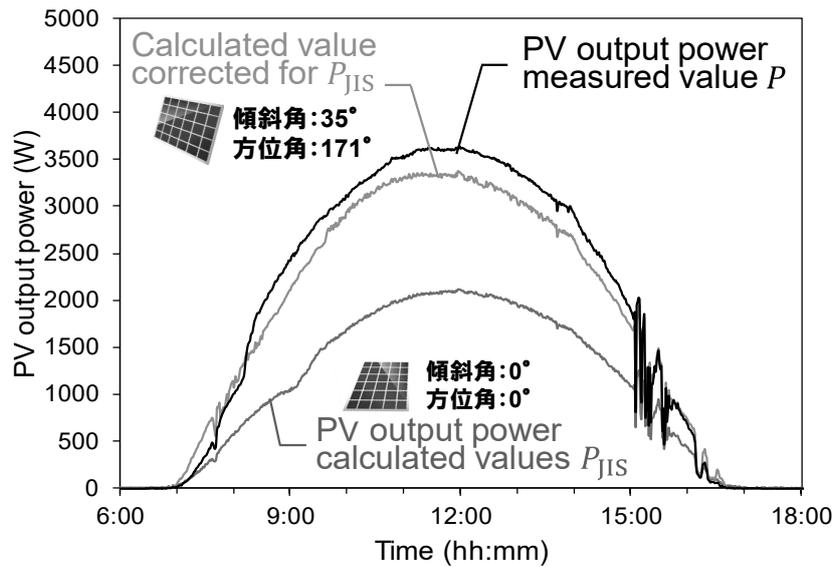


図3 JIS規格を用いた日射強度に基づいた太陽光発電電力推定

を発電量に変換し、発電量を推定する必要がある。本研究では、日射強度からの発電量推定に、JIS規格（JIS C 8907:2005）として採用されている太陽光発電システムの発電電力量推定方法を適用した。

図3に、本学自然エネルギー実験棟屋上の太陽光発電システムにおける実測発電量と、測定日射強度より算出した発電量を比較した。測定日射強度は、水平面日射強度にあたることから、傾斜角および方位角を考慮した場合と考慮しない場合の2パターンの計算を行った。傾斜角および方位角を考慮しない計算結果は、実測発電量と大きく乖離した結果となった。太陽光パネルは、より効率よく発電を行うために、太陽の方向に向け、角度をもって設置されている。これにより、太陽光パネルが受ける日射量を最大化している。一方で、測定日射強度は、水平面日射強度であるため、実際に太陽光パネルが受ける日射強度と大きな差が生じ、発電電力の推定結果にも大きな乖離が生じたと考えられる。これに対し、計算時に傾斜角と方位角を考慮し、日射強度を補正し、計算を行うことで、実測発電電力に近い、推定発電電力結果を得られた。しかし、全体的に実測値と推定値には乖離が生じており、特に正午前後の日中における乖離が大きくなった。太陽光発電電力は、日射強度の他に、変換効率などの発電システムとしての効率を考慮する必要がある。JIS規格の計算式にはこれらが考慮されている一方で、これら計算に適用する値、特にパネル温度（モジュール温度）は、実際の値を適用することが難しく、気温を補正し代入している。パネル温度が上昇すると、太陽光パネルの発電効率が低下するなど、発電効率そのものに大きく影響を与える。したがって、パネル温度をより正確に捉えることで、正午前後の日中における実測値と推定値の乖離を抑制できる可能性がある。

2.5 おわりに

本研究で開発した日射計は、従来の気象観測用日射計とは異なるこれまでにない新たな装置である。簡易的な構成で安価ながら、日射強度の高速サンプリングを可能とし、多地点配置を見据えた装置を開発した。また、魚眼カメラを備えることで、日射データと上空の様子との比較を可能にした。今後は、同装置の耐候性や防水性を検証し、屋外フィールドにおいて常時データ計測可能な装置としての評価・改良を重ね、最終的な目標である多地点配置による太陽光発電予測システムへの昇華を目指す予定である。