

太陽光パネルの日射センサーとしての利用可能性に関する研究

松山市 非会員 笹方裕平 愛媛大学大学院 学生会員 ○相原研吾
 広島県 正会員 宮尾渉 愛媛大学大学院 非会員 都築伸二
 愛媛大学大学院 正会員 藤森洋文 愛媛大学大学院 正会員 森脇亮

1. はじめに

近年、局所的な集中豪雨による災害が頻繁に発生しており社会問題になっている。局所的な集中豪雨は都市化が原因であると考えられ、降水強化メカニズムの関連を示した研究は多くあるが、未だ決定的ではない。松尾ら¹⁾は降水の前段階である雲に注目して、雲の有無や厚さは日射量の低減量と密接な関係があることを報告している。このことから、日射量分布を把握できれば雲の分布を把握することができると考えられる。しかし、日射計は気象台などが置かれた場所にしかなく日射量分布を測定することはできない。日射量と太陽光パネルの発電量の変動には正の相関関係があり（図-1）、太陽光パネルを日射センサーとして利用できれば、日射量分布を高密度で把握できると考えられる。

水平面に設置された太陽光パネルの発電量から日射量を推定する研究は梶房ら²⁾によって既に行われているが、本研究では実際の家屋や公共施設などの屋根への普及が進んでいる一般的な結晶系太陽光パネルを利用し、斜面など様々な角度に設置されることを想定して、太陽光発電量から日射量を推定する手法を提案する。また、太陽光発電と日射計の計測データを用いてその推定手法の検証を行い、太陽光パネルの日射センサーとしての利用可能性を検討した。

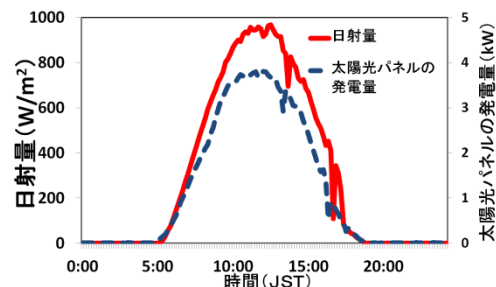


図-1. 日射量と太陽光パネルの発電量

2. 研究方法

2.1 観測概要

愛媛大学の建物屋上に設置している太陽光パネル（Panasonic 社製 VBHN233SJ01A）2枚を南向き、傾斜角 20° と 30° で設置し計測を行った。太陽電池の最大出力が得られるよう電子負荷（Array, 3721A）を自動制御して計測を行っている。同地点で全天日射計（Kipp & Zonen, CMP-3）を用いて全天日射量を観測、同型の全天日射計を太陽光パネルにも併設し、傾斜面の日射量を観測している。観測場所を超える高さの建物はないが、屋上へ上がるための階段がパネル設置場所の西方向にあり日没頃に太陽光パネルに影がかかる場合がある。

計測データは1分間隔で取得した。データは10分間の平均値にして用いている。例えば、12時00分のデータなら12時00分から12時09分までの平均値である。太陽光パネルの発電量はそれぞれ種類や大きさで出力が異なるため、発電量を最大出力で除したものを「出力比」と定義し、以降本研究ではこの用語を用いる。

2.2 斜面日射量の推定方法

傾斜して設置された太陽光パネルの出力比から傾斜面日射量 (W/m^2) を推定するために、ある晴れた日の実測の傾斜面日射量と太陽光パネルの出力比を用いて以下の式(1)に示す換算係数 (W/m^2) を同定する。

$$(\text{換算係数}) = (\text{実測傾斜面日射量}) \div (\text{太陽光パネルの出力比}) \quad (1)$$

式(1)によって求められた換算係数を他の日の太陽光パネルの出力比に乗じて斜面日射量を推定する。正確には実測傾斜面日射量と出力比の相関図をとり、切片を0とした線形近似を行い、近似線の傾きを換算係数とする。

2.3 全天日射量の推定方法³⁾

本研究では推定された傾斜面日射量を直散分離を利用することによって水平面日射量（全天日射量）へ変換を行う。直散分離とは全天日射量を直達日射量と散乱日射量に分離することである。全天日射量に含まれる散乱日射量の割合である散乱比には経験式に基づいた様々なモデルが存在するが、本研究では Erbs et al.⁴⁾ の提案するモデルを用いた。傾斜したパネルから見える半球は全天の一部と地表面の一部から構成される。地表面に

おける日射量の均一反射の仮定により地表面からの放射影響を全天日射量に置き換えることが出来る。また、散乱光の均一散乱の仮定により、天空からの散乱光は面積率の補正により推定している。直達光については角度による補正を行うだけである。そして、直達光と散乱光の和をとって全天日射量を推定する。

3. 解析結果及び考察

南向き・傾斜角 30° の結果について示す。換算係数同日は 2015 年 2 月 14 日（晴れ）とした。この換算係数を同じ時期の晴れの日、晴れ一時曇りの日、曇りの日の太陽光パネルの出力比に乘じ、前述の推定手法により全天日射量の推定を行った。全天日射量の推定値と実測値の比較を図-2, 3, 4 に示す。また、相関係数など各種適合度指標を表-1 に示す。適合度指標は日の出から日の入りまでの時間帯におけるデータを対象としている。（図-2～4）においてどの図においても雲による日射低減パターンが良く表現できている。（表-1）から全天日射量の推定値と実測値は相関係数が 0.99 と非常に高い相関があると言える。また、その他適合度指標では晴れの日に比べ曇りの日の方が誤差は少なくなっている。考えられるその要因としては本研究で用いた Erbs et al. モデルは計測された散乱比を過小評価する傾向があるということである。そのため雲のない晴れた時間帯では直達光成分が多く推定されたと考えられる。適合度指標としては良好な結果であることが示された。これによって南向き・傾斜角 30° の条件において、天気に関係なく傾斜して設置された太陽光パネルの発電量から、全天日射量を推定することが可能であると示唆された。また、本推定手法の妥当性を示すことができた。結果としては示していないが南向き・傾斜角 20° の条件においても推定が可能であることが確認されている。

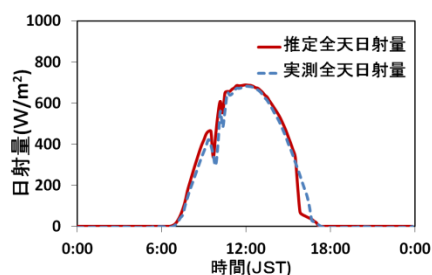


図-2. 晴れの日（2月1日）

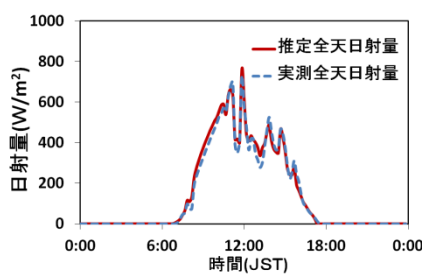


図-3. 晴れ一時曇りの日（2月2日）

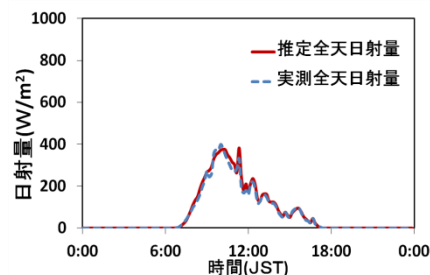


図-4. 曇りの日（2月4日）

表-1. 全天日射量の推定値と実測値の適合度指標

	相関係数	RMSE	ME	NSEE
2/1晴れ	0.99	45.31	14.34	0.10
2/2晴れ一時曇り	0.99	33.27	10.41	0.09
2/4曇り	0.99	18.20	7.12	0.10

4. 今後の課題

本研究では検証に用いたデータの期間や条件が限られているため、様々なパネル条件（角度、方位）での実験を行い、本推定手法の適用範囲などを定める必要がある。特に傾斜した太陽光パネルが複数並んでいる場合や影が映り込む場合は本研究の仮定が成立しなくなるため注意が必要だろう。また散乱比モデルについても検討の余地があり、実測データをより良く表現するモデルの提案が必要である。

謝辞

本研究は総務省・戦略的情報通信研究開発推進制度(SCOPE)の援助を受けた。ここに記して謝意を表す。

参考文献

- 1) 松尾悠平, 森本一行, 森脇亮: 土地利用の違いが雲の発達に与える影響 ～松山平野における日射量及び後方散乱強度観測による検討～, 土木学会四国支部, 講演概要集, pp. 69-70, 2013.
- 2) 梶房開, 森脇亮, 松尾悠平: 太陽光パネルの日射センサー化に関する基礎的検討, 土木学会四国支部, 講演概要集, pp. 59-60, 2014.
- 3) 新太陽エネルギー利用ハンドブック, 日本太陽エネルギー学会, pp. 1-42, 2010.
- 4) D. G. Erbs, S. A. Klein, J. A. Duffie: Estimation of the diffuse radiation fraction for hourly, daily and monthly average global radiation, Solar Energy, Vol.28, No.4, pp. 293-302, 1982.