

太陽光発電システム計測データの品質診断法

学生員 井澤 敏泰 (東京農工大学) 大関 崇 (東京農工大学)
会員 大谷 謙仁 (産業技術総合研究所)
会員 都筑 建 (自然エネルギー推進市民フォーラム)
会員 黒川 浩助 (東京農工大学)

The Quality check method of Measured data
in Photovoltaic systems

Toshiyasu Izawa*, Takashi Oozeki*,
Kenji Otani**, Ken Tsuzuku***
and Kosuke Kurokawa*

*Tokyo University of Agriculture and Technology (TUAT)
Naka-cho, Koganei, Tokyo, 184-8588 Japan
E-mail:kurochan@cc.tuat.ac.jp, Phone:+81-42-388-7132,
Fax:+81-42-385-6729

**National Institute of Advanced Industrial Science and
Technology(AIST)
Umezono, Tsukuba, Ibaraki, 305-8568 Japan

***Renewable Energy Promoting People's Forum (REPP)
Kamimaruokotenjin-cho, Nakahara-ku, Kawasaki-shi,
Kanagawa, 211-0007 Japan

ABSTRACT

When a PV system is evaluated, the measurement of irradiation is one of important parameters, which specifies the input energy to the system. Its data quality directly affects the accuracy of measured efficiencies and wrong data may give the one exceeding 100%. Doubtful data can be so frequently seen in a number of monitored PV systems supposedly due to shading on a pyranometer, soiled surface of its glass dome or the degradation of its sensitivity. The authors has developed a new approaches to improve those doubtful irradiation data remarkably by identifying the shading effects and sensitivity changes according to the reference data estimated by the sunshine hours which is delivered from AMeDAS, the Automated Meteorological Data Acquisition System.

キーワード：日射量，品質診断，AMeDAS

Keywords：Irradiation, Quality check, AMeDAS

1.はじめに

太陽光発電（以下，PV）は，年々着実にその数を増やしている。そして，多くのシステムで日射量，発電量，モジュール温度等のデータが収集され，研究・開発などに広範囲に利用されている。しかし，それらのデータが必ずしも品質が高く，信頼できるものであるとは言えない。日射量に関して言えば，日射計の劣化によって，または晴天日でもシステム周辺の建物や樹木などで日射計に日陰がかかることによって，正しい日射量を測定できない場合があるからである。PVシステムの運転特性を正しく把握するためにもデータの品質を明らかにし，不適切な場合には何らかの方法により，データの品質を保障する必要がある。本報

告では，計測データの品質を保障する手段として「計測データの品質診断法」^[1]を提案し，その中でも特に日射量の品質診断法について詳しく述べる。

2.「計測データの品質診断法」の概要

2.1 対象計測データ

品質診断の対象となる計測データは，システムの性能を表すときに頻りに利用されるシステム出力係数 K ¹の算出に大きく影響を及ぼす，以下の2点とした。

時積算傾斜面日射量 H_A [kWh/m²]
時積算システム出力電力量 E_P [kWh/m²]

1 システム出力係数 K

$$K = \frac{E_P}{P_{AS} \frac{H_A}{G_S}} \quad \dots (1)$$

P_{AS} ：PVシステム定格出力[kW]

G_S ：参照日射強度（1[kW/m²]

2.2 品質診断の項目

データの測定・収集時に起こるいくつかの現象を想定して，先述の2つの計測データを対象に品質診断を行う。想定される現象を考慮して，以下のような4つの品質診断項目を設けた。ここでは，その概要を紹介する。

異常値の検出・削除

この項目では，後述のようなデータの検出・削除を行う。

1) 日の出以前，日没以後の時間帯 $H_A=0, E_P=0$

2) $H_A > 0, E_P=0$ $H_A=0, E_P=0$

3) $H_A=0, E_P > 0$ $H_A=0, E_P=0$

1) は日射計へのノイズやインバータの待機電力による積算値の異常（深夜などは太陽電池の発電がないためインバータの待機電力により積算値が減少してしまい，時刻別発電量がマイナスを示すことがある）への対応である。ただし，日射量に直流ドリフトが含まれる場合は全データをドリフト分シフトする。2) と3) は日射計，インバータいずれかの故障または停止への対応である。

日射量の補正（日陰の影響）

この項目では，日射計に日陰がかかることによる日

射量の損失を補正する。ここでいう日陰とは、PV システム周辺の建物、樹木やテレビのアンテナなどによってある特定の時間帯に発生するものである。つまり、日射の直達成分によって発生する日陰を示す。日陰の判断方法、日射量の補正方法に関しては後述する。

日射量の補正（日射計の劣化・汚れの影響）

この項目では、日射計の劣化および汚れによる日射量の損失を補正する。日射計の受光部センサーの黒色塗料は、紫外線および日射計内部の温度上昇により劣化し、感度定数が経時変化することがわかっている。また、日射計の保守・点検が行われていない場合、日射計のカバードームには砂、ホコリなどの汚れが付くことも考えられる。両者ともに補正が必要となってくる。日射計の劣化・汚れの判断方法、日射量の補正方法に関しては後述する。

システム出力係数 K

この項目では、前項、 H_A が行われ正常と判断された時積算傾斜面日射量 H_A と時積算システム出力電力量 E_P より各日のシステム出力係数 K を求め、最終的なデータの診断を行う。システム出力係数 K の閾値としては、

$$K < 0.5, K > 0.9^{[2]}$$

を用い、この範囲に該当した1日のデータをエラーとし、その原因を目視により調査する。

3. 日射量の補正方法

3.1 概要

目的：日陰、日射計の劣化・汚れによる日射量の損失を補正する。

対象：時積算傾斜面日射量 H_A

および、時積算水平面日射量 H

方法：1ヶ月間のデータを対象として、各時刻の最大値を取り出す。次に、抽出した最大値と同日・同時刻の日射量を最寄りの AMeDAS より推定して同時にプロットする。そして、その2つの値の差を日陰、日射計の劣化・汚れによる損失と仮定し、その損失分を元の日射量に補うことで日射量の補正とする。以後、実測値によって作成される日射量のパターンを実測パターン H_{max} 、AMeDAS より推定した日射量より作成されるパターンを理論パターン H_{th} と呼ぶ。

3.2 AMeDAS より日射量を推定する方法とその精度

3.2.1 AMeDAS より日射量を推定する方法

気象庁の AMeDAS (Automated Meteorological Data Acquisition System) は、全国 1,300 ヶ所、約 17km 間隔で設置されており、そのうち約 840 ヶ所で日射量の推定に必要な気温、日照時間、風向・風速が約 21km 間隔で観測されている。AMeDAS より日射量を推定する方法には、二宮・赤坂らの方法^[3]を用い日射計設置サイトに最も近い AMeDAS を利用する。

3.2.2 推定精度

日射計の保守・点検が行われている気象庁の地域気象観測所の気象月報データ（以下、JMA）に対して AMeDAS より日射量の推定を行い、推定精度の確認を行った。図 1 は、JMA の日射量と AMeDAS より推定した日射量の相関をとった結果であるが、比較的高い精度で日射量が推定できている。また、相関係数がほぼ 1.0 となるデータは、図 2 のように快晴日に集中している。快晴日において相関が非常に高いということは各時刻の最大値に対しても相関が高いということになり、品質診断においては AMeDAS より推定した日射量は理論的な値として、十分に比較対象になると判断した。なお、JMA の日射量は水平面日射量 H である。

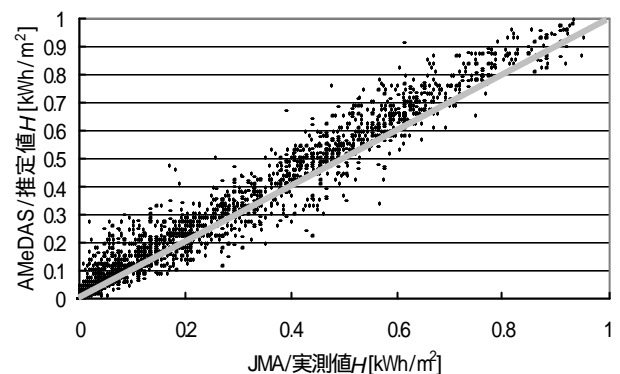


図 1. 実測値と推定値の相関

JMA：東京，AMeDAS（東京）との距離：0km

期間：1999年1月～12月，相関係数：0.985

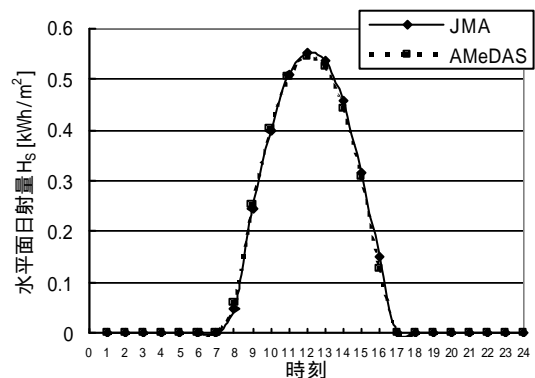


図 2. 快晴日の相関

相関係数：0.999

3.2.3 AMeDAS との距離が及ぼす推定精度への影響

AMeDAS を利用する場合には、PV システムの最寄りの観測地点を利用する。しかし、AMeDAS の観測地点は限られているので距離差が生じてしまう。ここでは、そのような距離差が日射量の推定精度、特に品質診断で利用される理論パターンにどのような影響を及ぼすかを検討する。表 1 は、JMA より作成した実測パターン H_{JMA} と同一気候区、距離差 0～10、10～20、20～30[km]にある AMeDAS より作成した理論パターン H_{th} との差を RMSE² (Root Mean Square Error) に

より評価したものである。評価は1999年1月～12月までのJMAに関して行い、RMSEは各月24時間の平均値をさらに総月数で平均したものである。以上の結果より、同一気候区内であれば、理論パターン H_{th} には AMeDAS と対象 PV システムとの距離の影響はでないと言える。

表 1.理論パターン H_{th} の評価

JMA (気候区)	AMeDAS	0～10[km]	10～20[km]	20～30[km]
	RMSE	RMSE	RMSE	RMSE
	[kWh/m ²]	[kWh/m ²]	[kWh/m ²]	[kWh/m ²]
札幌 ()	0.034	0.021	0.063	
福岡 ()	0.076	0.074	0.072	
東京 ()	0.089	0.085	0.094	
名古屋 ()	0.097	0.100	0.100	
鹿児島 ()	0.100	0.113	0.111	

2 RMSE [kWh/m²]

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum (H_{th} - H_{JMA})^2}{24 \text{ hour}}} \quad \dots (2)$$

3.3 各損失の判断方法

理論パターン H_{th} が、その月の理論的な快晴日の日射パターンであるので、それをを用いた日陰、日射計の劣化・汚れによる損失の判断方法について述べる。

3.3.1 陰の判断方法

3.1 概要の方法に従い、PV システム計測データより実測パターン H_{max} 、そして理論パターン H_{th} を作成すると図 3 のようになる。両者のパターンの差は、日陰、日射計の劣化・汚れによる損失である。ここでは、陰の影響だけを判断したいので、理論パターン H_{th} を縮小し 2 番目にぶつかった実測パターンの日射量（時間値）にフィッティングさせることで、日射計の劣化・汚れによる損失を除外する。このとき、新たにできたパターンを理論パターン（日陰の判定） $H_{th_shading}$ とし、このパターンと実測パターン H_{max} の差を、その月の各時刻における日陰による損失とする。

3.3.2 日射計の日陰損失率 R_{hs} の定義

各時刻の日陰による日射量の損失は、以下のような日射計の日陰損失率 R_{hs} として定義する。

$$R_{hs} = \frac{\text{実測パターン } H_{max}}{\text{理論パターン } H_{th}} \quad \dots (3)$$

3.3.3 日射計の劣化・汚れの判断方法

理論パターン（日陰の判定） $H_{th_shading}$ と理論パターン H_{max} との差を日陰による損失としたので、日射計の劣化・汚れによる損失は残りの部分、すなわち理論パターン H_{th} と理論パターン（日陰の判定） $H_{th_shading}$ の差となる。

3.3.4 日射計の劣化・汚れ損失率 $R_{DS,DD}$ の定義

各時刻の日射計の劣化・汚れによる日射量の損失は、以下のような日射計の劣化・汚れ損失率 $R_{DS,DD}$ として定義する。

$$R_{DS,DD} = \frac{\text{理論パターン (日陰の判定) } H_{th_shading}}{\text{理論パターン } H_{th}} \quad \dots (4)$$

3.4 各損失の補正方法

1 ヶ月間の各時刻における日陰、日射計の劣化・汚れによる損失率より、日射量を補正する。

3.4.1 日陰による日射量の損失補正

日射計にかかる日陰は、直達光によるものを対象としているため日射量の補正対象も直達光になる。補正は、図 4 のような流れで行う。

3.4.2 劣化・汚れによる日射量の損失補正

日陰による損失が補正された傾斜面日射量 H_A および水平面日射量 H に対して、日射計の劣化・汚れによる損失量を補正する（図 4 参照）。

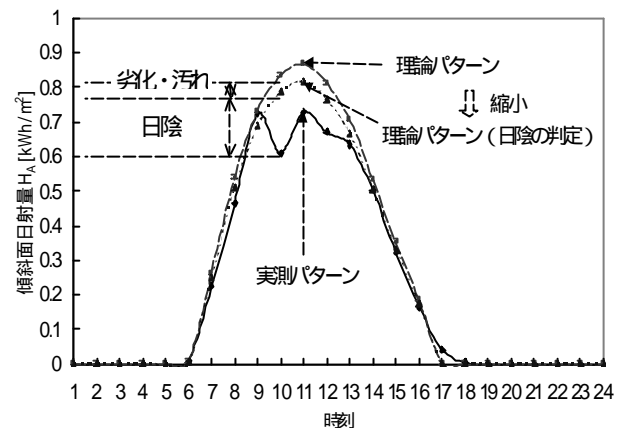


図 3.理論パターンの作成

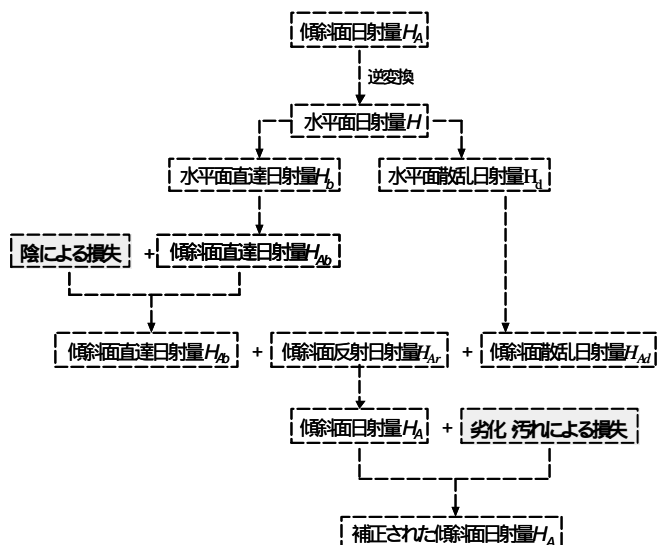


図 4.日射量の補正（傾斜面日射量 H_A の場合）

4.補正結果

提案した日射量の補正方法により、実際の PV システムの日射量を補正した。補正結果を図 5,6 に示し、補正前後のシステム出力係数 K (式 (1) 参照)、日陰

損失率 R_{hs} , 劣化・汚れ損失率 $R_{DD,DS}$ (R_{hs} , $R_{DD,DS}$ は 24 時間の平均値), また雨による汚れの洗浄効果をみるために月間降水量をあわせて示した。

4.1 フィールドテスト (FT) 事業プラントにおいて

システム出力係数 K が 1.0 (100%) を大きく越える月がみられ, K の変動が非常に大きい FT の大阪府のサイトに「計測データの品質診断法」を適用し, 日射量の補正を行った。その結果, 図 5 のように補正後 70% 前後の安定したシステム出力係数 K が得られた。また, 1997 年 6 月に日射計の改良, 特に受光部フィルターの交換が行われたことが報告されており, 1997 年 7 月の劣化・汚れ損失率 $R_{DD,DS}$ が 1.0 を示したと一致している。補正結果より, 日射計の劣化が顕著であったことが言える。このサイトでは, 日陰の影響は見られなかった。

4.2 REPP 住宅用サイトにおいて

自然エネルギー推進市民フォーラム (REPP) の住宅用サイトについても同様に, 日射量の補正を行った。5 サイトについて補正を行なったが, その中でも月間降水量と汚れの関係が大きかった茨城県石岡市のサイトの補正結果を示す (図 6)。月間降水量が少ない 1999 年 11 月~2000 年 3 月に $R_{DD,DS}$ が小さくなり, それ以降は月間降水量が多くなるにつれ 1.0 に近づくことが確認できた。また, 他サイトについても同様に言えることであるが, 月間降水量がだいたい 100mm 以上得られた場合に $R_{DD,DS}$ は回復する傾向にある。

5. まとめ

「計測データの品質診断法」, 特に日射量の補正方法について詳しく述べてきた。本方法により日陰, 日

射計の劣化・汚れといった日射量測定の諸問題を解決することができ, 今後 PV システム運転特性の解析などの方面に有効であると思われる。また, 補正結果より日射計の汚れに関して月間降水量 100mm というボーダーを得ることで, 日射計の保守 (清掃) 度合いに簡単な目安を示した。

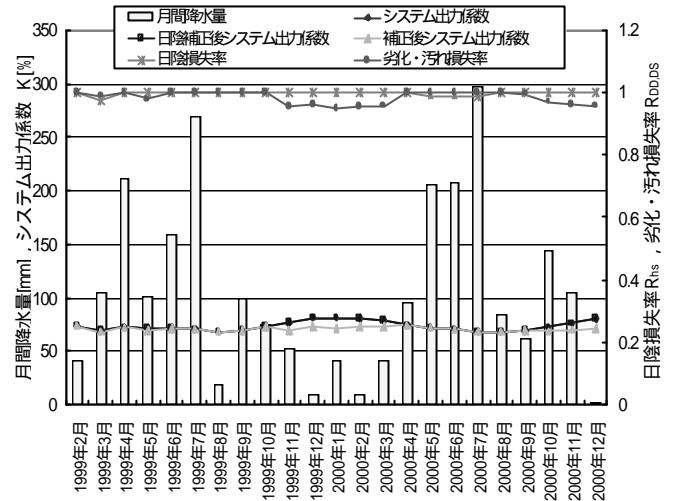


図 6.補正結果 (REPP)

6. 参考文献

- [1]井澤, 大関, 黒川他, 「太陽光発電システム計測データの品質診断法」, 平成 13 年度電気学会全国大会
- [2]大谷他, 「住宅用太陽光発電システムの運転特性評価」, 電気学会新エネルギー・環境研究会資料 FTE-00-05 (2000)
- [3]二宮, 赤坂他, 「AMeDAS のデータを用いた時刻別日射量の推定方法 第 2 報 回転式日照計および改良型太陽電池式日照計への適用」, 空調調和・衛生工学会論文集 (1997)

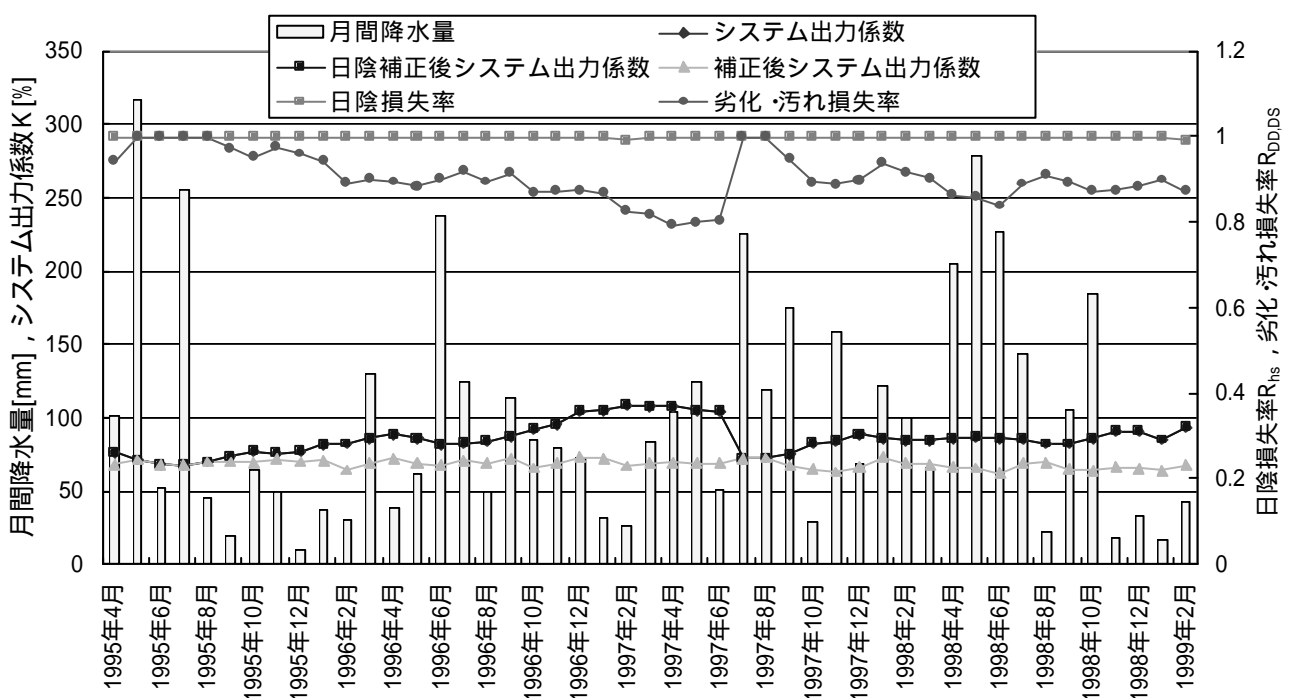


図 5.補正結果 (FT)