

太陽光発電における計測データの品質診断方法

A Quality check method of measured data in Photovoltaic systems

大関 崇 *1
Takashi OOZEKI

井澤 敏泰 *2
Toshiyasu IZAWA

大谷 謙仁 *3
Kenji OTANI

都筑 建 *4
Ken TSUZUKU

黒川 浩助 *5
Kosuke KUROKAWA

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, 太陽光発電システム, 評価手法

Key words

: Irradiation, Quality check, AMeDAS, Photovoltaic systems, an evaluation method

1. 緒言

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限らない。日射量に関して言えば、日射計の汚れや劣化もあれば、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がある。それにより、正しい日射量を測定できないものも少なくない。PVシステムの運転特性の計測指針や評価指針などもJISやIECなどに規格されたものが存在するが⁽¹⁾⁽²⁾⁽³⁾、デー

タを評価するには、サンプリング間隔や評価期間だけでは十分とはいえない。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」を提案した。

2. 計測データ

品質診断を行う計測データについては、PVシステムの諸特性を評価する時に、頻繁に計測される以下4つの項目を取り上げた。日射量データは、PVシステム評価の入力エネルギーとして重要であり、アレイ・システム出力は、PVの電気特性評価には欠かせない。また、PVは日射の次に温度依存が大きく、その温度も重要な計測項目といえる。また今回は、計測サンプリングと期間は、時積算値データを対象に評価期間1ヶ月を基本とした。

*1 国立大学法人 東京農工大学 工学教育部 電子情報工学専攻 博士後期課程 学生 (〒184-8588 東京都小金井市中町2-24-16) e-mail: oozeki@cc.tuat.ac.jp

*2 東京農工大学 工学研究科 電子情報工学専攻 博士前期課程 学生 現 横河電機株式会社

*3 独立行政法人産業技術総合研究所 電力エネルギー研究部門 研究員 (〒305-8568 茨城県つくば市梅園1-1-1 中央第2)

*4 自然エネルギー推進市民フォーラム 理事長 (〒110-0015 東京都台東区東上野1-20-6 丸幸ビル3F)

*5 国立大学法人 東京農工大学 共生科学研究部 教授 (原稿受付: 2004年8月2日)

- | | |
|--------------|--------------------------------|
| a. 傾斜面日射量 | H_{Ag} [kWh/m ²] |
| b. アレイ出力電力量 | E_A [kWh] |
| c. システム出力電力量 | E_P [kWh] |
| d. モジュール温度 | T_c [°C] |

3. 品質診断概要

品質診断は、異常な計測データの発見が主体となっている。項目としては、基本的な異常値の発見をはじめ、短期的な事象では分からぬよう日射計の感度などの事象を包括している。また異常値を発見・抽出することに加えて、該当した場合には補正やデータの補完等により、欠測扱いせず、有効なデータとして再利用する方法も品質診断のもう一つの重要な特徴である。以下に、主な計測データへ影響を与える項目について列挙する。

- a. 計測系の時刻のずれ
- b. 热電対の逆接続
- c. 日射量の品質診断
 - 日射計の設置ミス
 - 日射計の感度定数
 - 日射計にかかる日陰
 - 日射計の劣化・汚れ
- d. 計測データの異常値

3.1 計測系の時刻のずれ

計測機器にPCを利用した場合、時刻データはあいまいで、長期計測の場合不規則にずれることがある。通常、データ間の関係は、時刻に依存しないが、PVシステムが太陽エネルギーを基本としているため、理論式(日の出・日の入、太陽方位、高度の計算等)を利用する必要がある場合には、絶対時刻が重要になる。時刻のずれは、そのずれ幅がわかれば、データを平行移動することで補正可能である。抽出方法は、まず計測データを1ヶ月のうち各時刻における最大値のデータを抽出する。これは、その月の快晴日の日射パターンを作成することを意味し、以下快晴日パターンと呼ぶ。Fig.1に快晴日パターンの一例を示す。

これに対して、基準となる理論値には式(1)を用いる。第1項は、大気透過率 τ が決定されているときの直達日射強度の理論式、また第2項は、散乱日射強度を表しており、

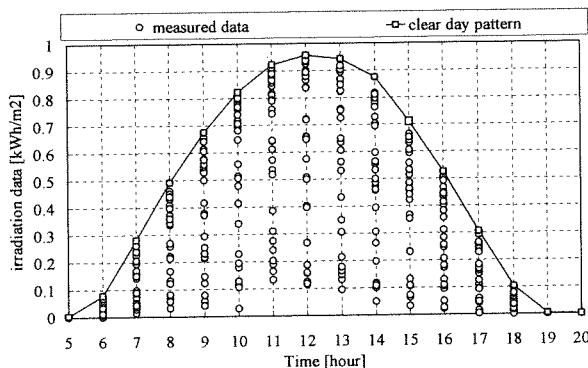


Fig. 1 An example of clear day pattern

Berlageによる経験式⁽⁴⁾⁽⁵⁾を用いた。実測快晴日パターンを時刻に比例して平行移動させ、理論式との相関が最も高い時刻を正しい値とし、ずれ幅を決定する。ここで、式(1)内の大気透過率の値が必要となるが、相関関係を利用するため、理論式の絶対値にはそれほど依存しないと考えられ、0.6~0.8の範囲の任意の値で可能である。この時間のずれに対して、全データを平行移動することにより補正を行う。また、傾斜面の場合は、水平面からの変換が必要となる。これには、直散分離手法および、合成手法として様々開発されており、文献⁽⁶⁾⁽⁷⁾にも各々の精度が比較されている。本手法では、簡便さと精度の関係より直散分離には、Erbsモデル⁽⁸⁾、合成には、Perezモデル⁽⁹⁾を採用している。

$$H_{gth} = \tau^{AM} \cdot I_{on} \cos \theta_z + 0.5 \frac{(1 - \tau^{AM}) \cdot I_{on} \cdot \cos \theta_z}{1 - 1.4 \ln(\tau)} \quad (1)$$

記号は、(記号表参照)

3.2 热電対逆接続

热電対は、極性を誤って逆に接続してしまうと正しい温度測定が行なえず、+の温度が-で出力されてしまう。計測上、このような人為的なミスは十分に考えられるため、品質診断の1項目とする。傾斜面日射量とモジュール温度を同時にプロットすると、Fig.2に示すように日射量と温度が逆のパターンとなる。本来は、日射量と比例してモジュール温度が上昇するはずであり、異常値であることが分かる。従って、モジュール温度と日射量との相関係数がマイナスとなったときに熱電対の逆接続(接続ミス)とする。補正方法は、計測データを生かすべきであるが、現状では方法論が確立できていないため、モデル式からの推定補完とする⁽¹⁰⁾⁽¹¹⁾。モデル式には、外気温・風向風速が必要となるため、現地での実測があればそれを用いる。ただし無い場合は、気象庁のデータインフラ等から代替する。その場合は、必ず距離などの誤差が含まれることを考慮して各モデルを利用する必要がある。

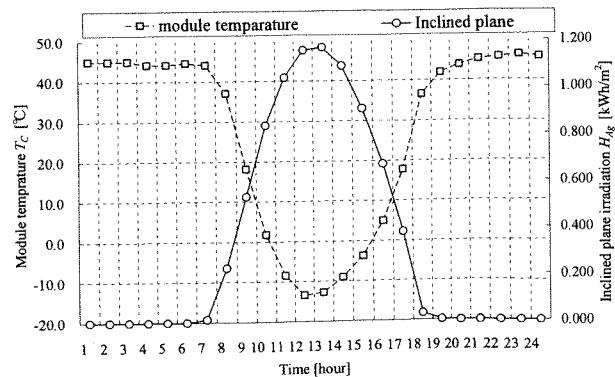


Fig. 2 Relation between module temperature and irradiation data under the condition the thermocouple is misconnected

3.3 日射量の品質診断

(1) 日射量の品質診断方法概要 日射量のエラー（日射計の設置ミス、感度定数掛け間違え、日陰、劣化・汚れ）に関しては、前述の快晴日パターンを利用する。実測日射量の快晴日パターン（以下、実測快晴日パターン）とAMeDASより推定した日射量の快晴日パターン（以下、AMeDAS快晴日パターン）を比較することにより、エラー要因を月単位で判断することができる。

(2) AMeDAS データを用いた日射量推定方法 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⁽¹²⁾⁽¹³⁾。AMeDASより日射量を推定する方法には、二宮・赤坂らのモデル⁽¹⁴⁾⁽¹⁵⁾と板垣らのモデル⁽¹⁶⁾が代表的である。著者らはこの2つのモデルを併用したモデル⁽¹⁷⁾を提案している。併用モデルでは、エアマス4.0未満については赤坂・二宮らのモデルを利用し、エアマス4.0以上については板垣らのモデルを利用する。Fig. 3に推定モデルのフローチャートを示す。本手法内の推定法には、併用モデルを採用している。

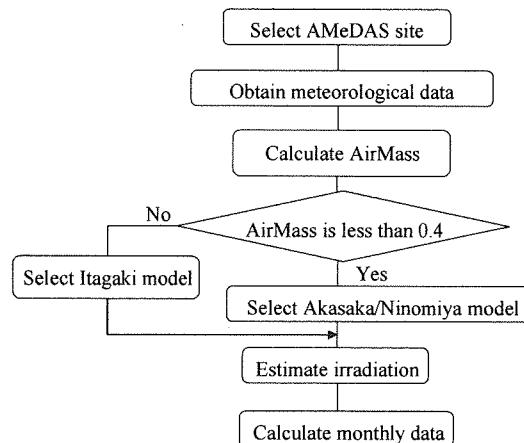


Fig. 3 Flow chart of estimated method of irradiation by using AMeDAS data.

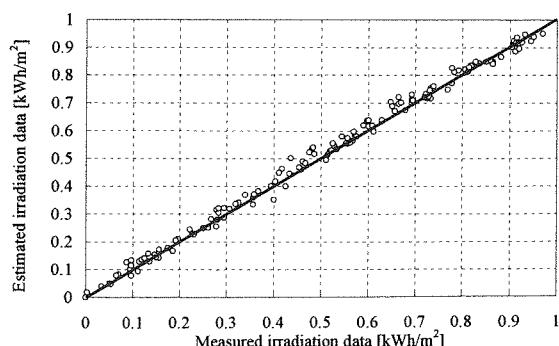
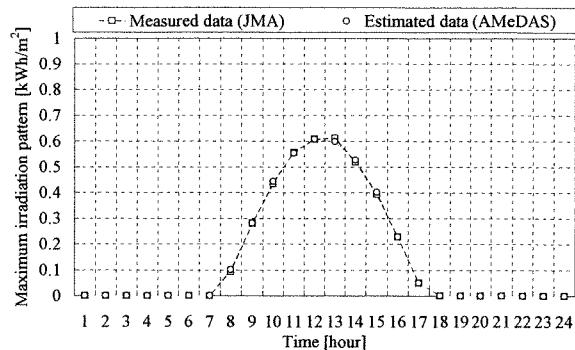
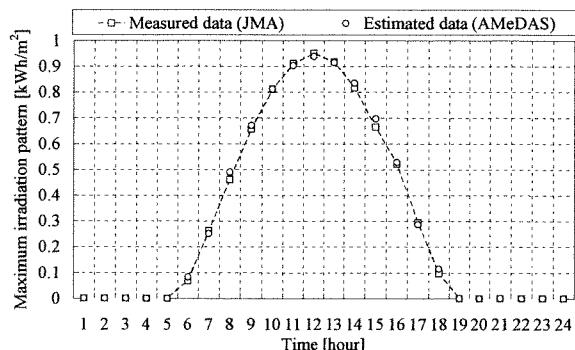


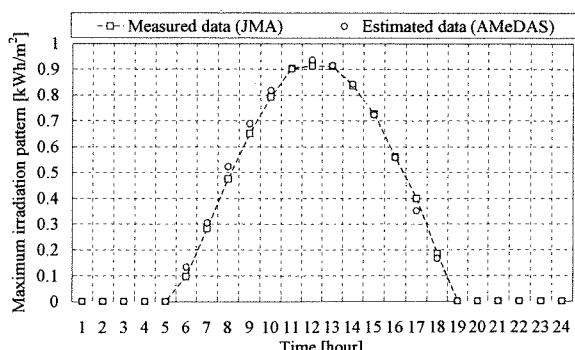
Fig. 4 Correlation chart between measured data and estimated data in clear day pattern of irradiation at Tateno from 2000/1 to 2000/12



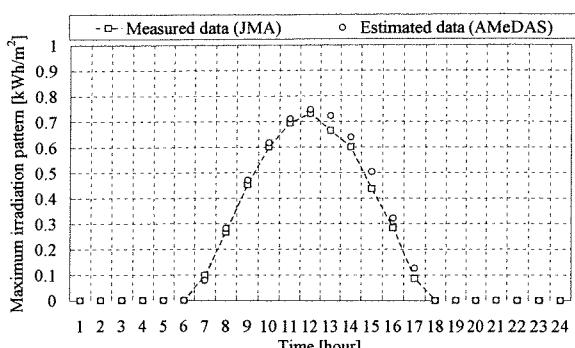
(a) 2000/1, Tateno



(b) 2000/4, Tateno



(c) 2000/7, Tateno



(d) 2000/10, Tateno

Fig. 5 Compared between measured data and estimated data in clear day pattern of irradiation in summer

(3) 推定精度の検証 日射量の推定検証として、日射計の保守・点検が行われている気象庁の地上気象官署（以下、JMA）に対して AMeDASにおいて計測されている日照時間より日射量の推定を行い、推定精度の確認を行った。ここでは、JMA のサイトに館野を利用した。特に今回利用するのが快晴日での日射量であるため、それに重視して検証を行った。Fig.4 は、毎月の JMA 実測日射量を用いた快晴日パターン（以下 JMA 実測快晴日パターン）および、AMeDAS 快晴日パターンについて 12 ヶ月分のデータを利用した結果の相関図である。また Fig.5 は、季節ごとの日射量の比較結果である。結果から、季節にも依存せず快晴日パターンにおいて、非常に高い精度で日射量が推定できていることがわかる。

(4) AMeDAS 推定精度における距離の影響 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快晴日パターンにどのような影響を及ぼすかの検討を行った。Table.1 は、JMA 実測快晴日パターン： $H_{AJM\max}$ と同一気候区、距離差 0 ~10, 10~20, 20~30 [km] にある AMeDAS 快晴日パターン： $H_{Ath\max}$ との差を RMSE (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 24 時間の平均値をさらに総月数で平均したものである（式(2)参照）。同一気候区内であれば、AMeDAS と対象 PV システムとの距離の影響はないことがわかる。また、気候区分にみると札幌と鹿児島とでは推定精度に若干の差はあるものの、最大でも $0.111 \text{ [kWh/m}^2]$ 程度であり、十分に高い精度を得ていると考えられる。これらの差は推定モデル精度の地域差の影響と考察する。AMeDAS サイトがおよそ 21 km メッシュで存在することからも、最寄りの AMeDAS データからの推定値を快晴日パターンの理論値として利用できることを確認した。

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum (H_{Ath\max} - H_{AJM\max})^2}{24 \text{ hour}}} \quad (2)$$

Table. 1 Relation between accuracy and distance from AMeDAS sites.

AMeDAS JMA	0-10[km] RMSE [kWh/m ²]	10-20[km] RMSE [kWh/m ²]	20-30[km] RMSE [kWh/m ²]
Sapporo (I)	0.034	0.021	0.063
Fukuoka (II)	0.076	0.074	0.072
Tokyo (III)	0.089	0.085	0.094
Nagoya (IV)	0.097	0.100	0.100
Kagoshima (V)	0.100	0.113	0.111

Words in parentheses are indicated to be climatic province⁽¹⁸⁾.

(5) 日射計の設置ミス PV システムは、設置方位・傾斜角度が多種多様である。それにあわせて、日射計の設置も複雑になり、設置方位、傾斜角度が基礎情報と異なる場合がある。日射計の設置ミスがあった場合、Fig.6 のように AMeDAS 快晴日パターンとアレイ出力電力量の快晴日パターンにずれが見られる（ここでは、方位角の誤り）。通常は、日射量とアレイ出力電力量には強い相関関係があるため、日射計とアレイ面の設置方位・角度が異なっていると判断できる。しかし、当然アレイ出力電力量には、日陰などの他の損失要因などにより日射量とは非線形関係となるが、快晴日パターンをとることにより、その影響を緩和できる。この場合、目視および相関係数をとることにより抽出が可能である。補正方法は、方位・傾斜角をパラメータとして、AMeDAS 快晴日パターンを推定する。推定されたパターンとアレイ出力電力量の快晴日パターンとの相関係数をとり、最も相関係数が高くなるときの方位・傾斜角を設置条件とする。Fig.7 は補正後の結果である。しかしながら、データに日陰や傾斜角の間違いが混在する場合は、補正是非常に困難となる。異常値の抽出を行い、現地での確認作業を行い、フィードバックを行うことが現実的である。

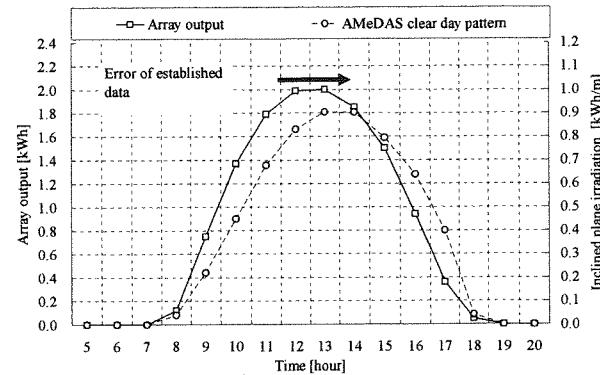


Fig. 6 An example of established error of pyranometer.
(Azimuth is error)

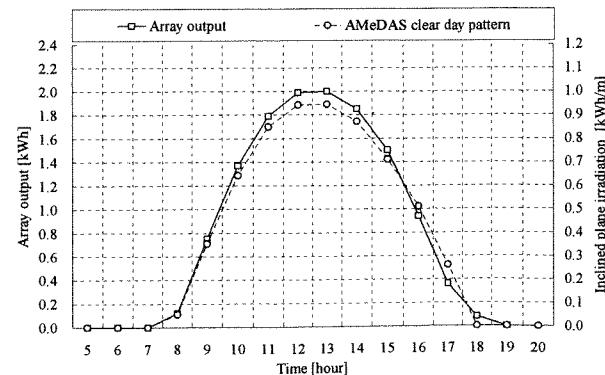


Fig. 7 After corrected azimuth data.

(6) 日射計の感度定数の影響抽出 周知の通り、日射計の出力はmV単位であり、それに各日射計の感度定数を掛けることにより kWh/m^2 としている。この間の作業（データロガーでの感度定数の設定、もしくは表計算ソフト上での計算）は、人間が行うため値の掛け間違いが十分に考えられる。また、感度定数の値が正しくないことも考えられる。仮に、感度定数が真値より大きい場合には、太陽光発電システムへの入力エネルギーを誤って評価してしまう（真値より小さい場合には、後述の日射計の劣化となり、処理される）。Fig. 8は、日射計の感度定数掛け間違いと思われるサイトの実測快晴日パターン： H_{Amax} とAMeDAS快晴日パターン： H_{Athmax} の比較である。実測快晴日パターンが、AMeDAS快晴日パターンを大きく越え、また傾斜面日射量が経験上起り得る最大が $1.2 \text{ [kWh/m}^2]$ 程度と考えると、明らかに異常である。このような場合、月ごとに2つのパターンより感度定数損失率： R_{sens} を算出し補正を行う。補正式は、式(3)に示すとおり、月ごとに各パターンの日積算値を比較することにより求める。

$$R_{sens} = \frac{\sum H_{Amax}}{\sum H_{Athmax}} \quad \text{ただし, } R_{sens} > 1.0 \quad (3)$$

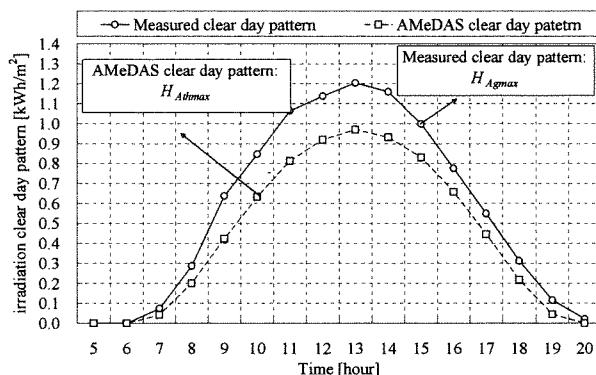


Fig. 8 An example of setting error about sensitively parameter of pyranometer.

(7) 日射計にかかる日陰の影響抽出 日射計は、設置場所次第で周辺の建物、樹木、テレビのアンテナ等により、ある特定の時間帯に日陰がかかってしまう場合がある。特に、住宅システムは周りに住宅が密集しているため、このようなケースが少くない。実測快晴日パターンがAMeDAS快晴日パターンより下にある場合には、日陰、汚れ・劣化による日射量の損失が原因となる。Fig. 9は、AMeDAS快晴日パターンと実測快晴日パターンの差が日陰、劣化・汚れによる損失となる様子を表している。日射計に日陰がかかつってしまった場合、実測快晴日パターンは上に凸のきれいなカーブとならないので、AMeDAS快晴日パターンを同時にプロットすることで、日陰を分離可能である。日陰と劣化・汚れの分離方法は、新たに快晴日パターンを導入す

ることにより行なう。1ヶ月のうち数時間は、日陰による損失がない時間帯があると仮定し、AMeDAS快晴日パターンを等倍で縮小し、実測快晴日パターンの2番目にぶつかった点にフィッティングを行う（Fig.10参照）。2番目にする理由は、快晴日よりも変動が激しい日に日射強度は最大となるため⁽¹⁹⁾、経験的に2番目の値としている。この等倍で縮小する作業により、劣化・汚れによる損失を除外することができる。新たに作成したパターンを日陰分離用快晴日パターンとし、Best fitting パターン： H_{BP} と呼ぶ。Best fitting パターンと実測快晴日パターン： H_{Amax} の差が日陰による日射量の損失となり、式(4)に示すように日陰損失率： R_{HS} を各時刻において算出できる。

式(4)は、理論と実測の値を比較する場合に、日陰を直達光のみをさえぎることを想定している。ここで快晴日における散乱比に関して、直散分離モデルの一つであるErbsモデル⁽²⁰⁾では、晴天日と思われる晴天指数0.8以上では、散乱比16.4%をモデルに採用していることや、文献⁽²⁰⁾の計測結果などから10~20%程度が妥当と考えられる。ここでは簡素化のため、快晴日では散乱比を20%固定と仮定している。Fig. 11に日陰の影響抽出の概念図を示す。日陰は直達成分のみに影響するとの仮定から、散乱比は実測、理論

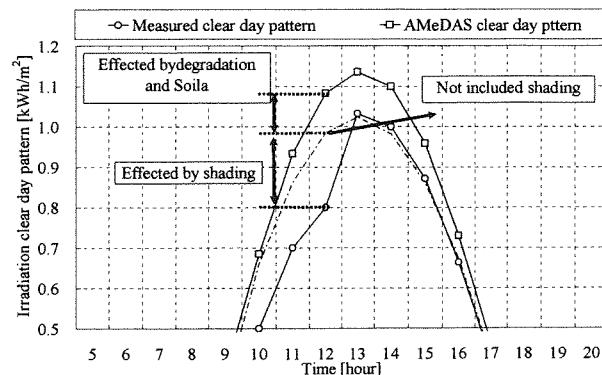


Fig. 9. An example of error about shading, degradation, and soil on pyranometer.

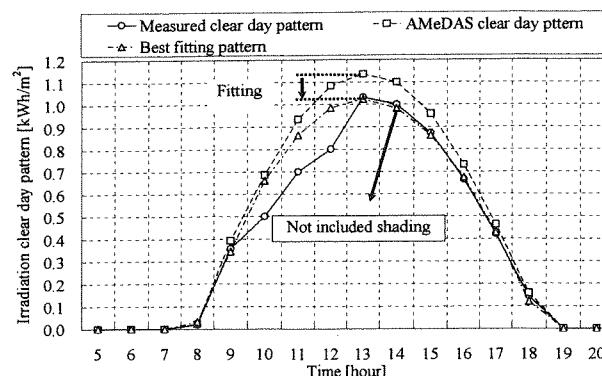
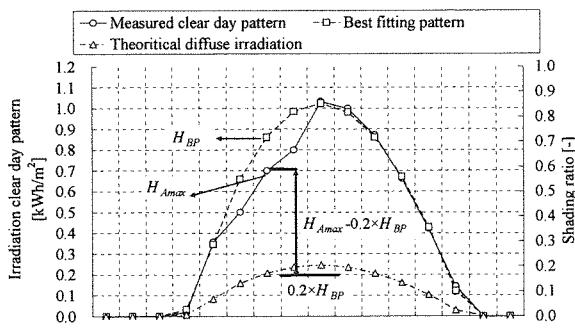


Fig. 10 Disticting effects of shading from degradation and soil on pyranometer.

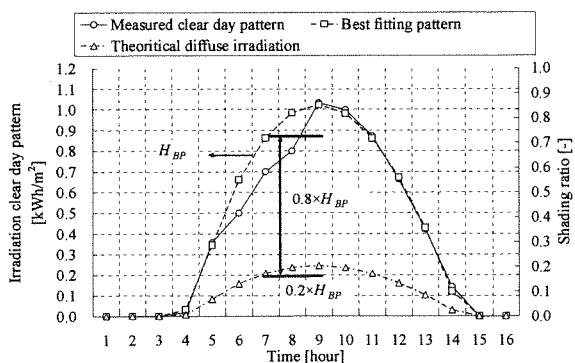
値とともに同じ値になる。実測の日陰を含む直達成分は、実測の全天から散乱分を引いたものであり、式(4)の分子に相当する(Fig.11(a)参照)。また、理論値の直達成分(日陰を含まない)は、全天の8割となり、式(4)の分母に相当する(Fig.11(b)参照)。両者の比が日陰損失率となる(Fig.11(c)参照)。

$$R_{HS} = \frac{H_{Amax} - 0.2 \cdot H_{BP}}{0.8 \cdot H_{BP}} \quad (4)$$

(日陰が無い場合 : 1.0)



(a) Measured Irradiation components



(b) Ideal Irradiation components

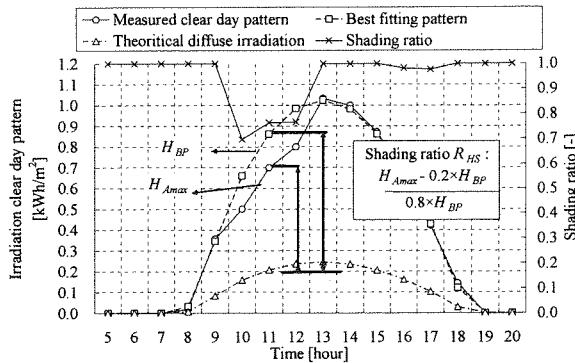


Fig. 11 Identified monthly shading ratio every hour.

(8)日射計の劣化・汚れの影響抽出　日射計の受光部センターの黒色塗料は、紫外線および日射計内部の温度上昇により劣化し、感度定数の経時劣化の原因となることが報告されている⁽²¹⁾。また、保守・点検が行われていない日射計では、カバードームに砂、ホコリなどの汚れが付き正しい日射量測定が行えないことが考えられる。日射計の劣化・汚れの影響の抽出方法をFig. 12に示す。劣化・汚れがある場合は、理論値に線形して値が小さくなると考えられる。日陰の影響抽出の際にAMeDAS快晴日パターンを等倍縮小により作成したBest fitting pattern : H_{BP} と、理論値であるAMeDAS快晴日パターン : H_{Amax} との差が劣化・汚れによる要因となる。この影響を劣化・汚れ損失率 : R_{DS_DD} と定義し日射量を補正する。日射計の劣化・汚れはどの時間でも線形で影響を受ける値のため、日積算による比とし、式(5)のように表す。

$$R_{DS_DD} = \frac{\sum H_{BP}}{\sum H_{Amax}} \quad (5)$$

(劣化・汚れが無い場合 : 1.0)

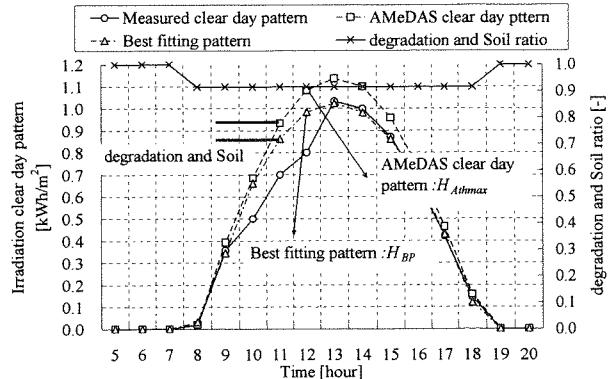


Fig. 12 Identified monthly degradation and Soil ratio

(9)時積算値データの補正方法　1ヶ月単位での日陰、汚れ・劣化の影響抽出方法を示してきたが、実際には時積算値の補正を行う必要がある。Fig. 13に補正のフローチャートを示す。ここでは、利用するデータを傾斜面日射量 : h_{Ag} とした。水平面 : h_g の場合は、傾斜面の方位、傾斜角0度とすることで対応できる。まず、日陰は前述のように直達光分のみを対象としているため、直達成分のみを補正対象にする必要がある。そこで、傾斜面の直達、散乱成分に分離(直散分離)する必要がある。水平面データの場合は、Erbsモデルを用いて直散分離が可能である。しかし、傾斜面データしかいない場合は、傾斜面全天から直接傾斜面の直散分離は難しい。そこで、傾斜面しかデータがない場合は、一度水平面を推定してから直達光と散乱光成分を分離する必要がある。前述のErbsモデルおよび、傾斜面への変換モデルであるPerezモデルを応用して、計測値である傾斜面デ

ータ相当する水平面を推定する。その時に得られる傾斜面の散乱、直達を各要素として利用する。ここまで、各変換では、日陰の影響を含むものとする。日陰の補正を行うため、式(6)のように時積算直達日射量: h_{Ab} を1ヶ月の各時刻における日陰損失率: r_{HS} で割ることにより時積算直達日射量: h_{Ab} の日陰分を割り戻す。

$$h_{Ab} = \frac{h_{Ab}}{r_{HS}} \quad (6)$$

日陰の補正後、水平面から傾斜面へ Perez モデルにて再度変換を行う。汚れ・劣化は全体を減じる影響であるため、合成された傾斜面日射量: h_{Ag} 関して、式(7)のように汚れ・劣化損失率を用いて補正を行う。

$$h_{Ag} = \frac{h_{Ag}}{r_{DD_DS}} \quad (7)$$

以上の手順で、実測データを時積算値ごとに補正を行うことができる。

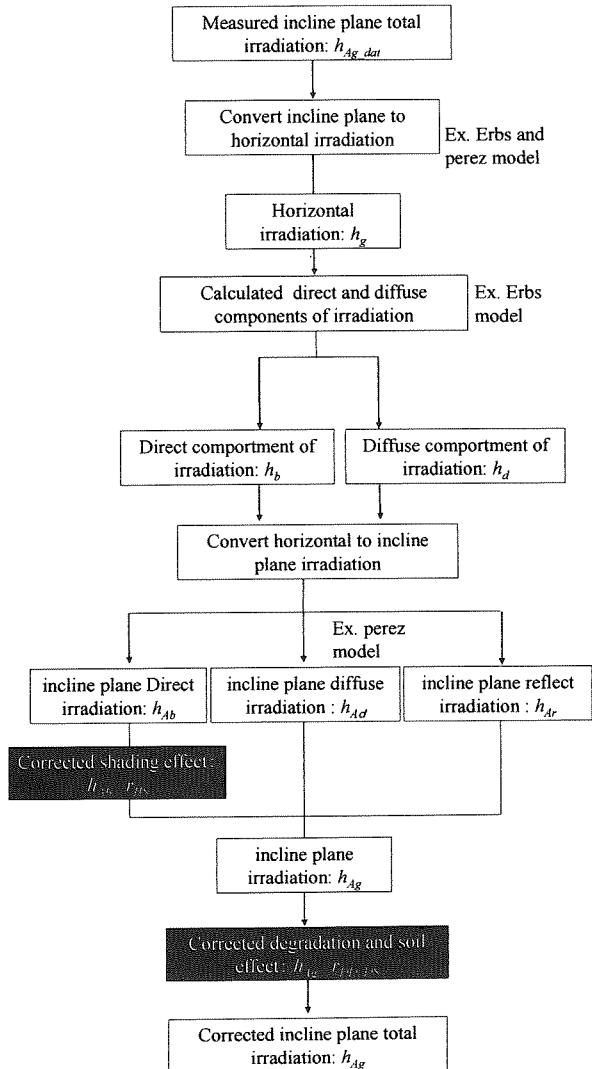


Fig 13 Flow chart of correction method

3.4 異常データの処理

他データとの関係より、物理的におこりえないとと思われるデータは、計測上ノイズなどにより存在する。この項目では、Table. 2 に示すデータの検出・削除を時積算値に対して行う。日の出、日没前後のデータは基本的に日射量: h_{Ag} 、アレイ出力電力量: e_A 、システム出力電力量: e_P は、0 とする。 e_A, e_P に関しては、システム定格の定数倍以上、0 以下は値として扱わない。また、日射量がないが、出力電力がある場合、 h_{Ag} に関しては、外部データとの比較をおこない、日射がない場合は、 e_A, e_P を0とする。 e_P があり、 e_A がない場合は、インバータ効率曲線から e_A を推定するなどがある。これらは、あくまで目安であり、時系列のデータの関係などをみて最終的には、総括的に決定する必要がある。また、計測機器のオフセットなどの計測誤差はこの範囲ではない。

Table. 2 Error data of monitoring data

conditions	Treatments
Hour at before sunrise and after sunset.	$h_{Ag}=0, e_P=0$
$e_P > 1.2 \times P_{AS}, e_A > 1.4 \times P_{AS}$	$e_P=0, e_A=0$
$e_A < 0, e_P < 0$	$e_A < 0, e_P < 0$
$h_{Ag}=0, e_A \text{ or } e_P > 0$	Comparing AMeDAS or JMA data and the $h_{Ag}=0, e_P=0$
$e_A \leq 0, e_P > 0$	e_A is estimated by using inverter efficiency curve.

3.5 システム出力係数 K

システムの性能評価には、システム出力係数 K (式(8))を用いることが多い。式(8)の分母は規格化された日射量にシステム定格容量を乗じることにより任意の日射条件での標準状態の出力を表している。分子は、実測出力でありその比は、期待される出力のうち、実出力がどの程度かを示す指標として用いられる⁽²²⁾。PV システム損失が全く無い場合は、1.0 を示し、損失要因をマイナス要因、ゲインをプラス要因として表す。平均的な PV システムでは 0.6~0.8 程度の値をとる⁽²³⁾。システム出力電力量: E_P 、時積算傾斜面日射量: H_{Ag} は、それぞれ K のパラメータのため、ともに大きく影響を与えることがわかる。ここで、正常と判断された傾斜面日射量、システム出力電力量より各日の K を求め、最終的なデータの診断を行う。 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。0.5 以下に関しては、PV システムの各種損失により K を低減させていると考えられる。これは評価をおこなう PV システムの性能に含まれるため、計測系のエラーが認められない場合は、そのままの値を採用する。0.9 以上に関して

は、計測系のエラーである日射計の汚れ・劣化を除いた状態であるため、評価対象となる PV システムの定格の値に間違いなどが考えられる。システム定格の見直しなどが必要となる。

$$K = \frac{E_p}{P_{AS} \cdot \frac{H_A}{G_s}} \quad (8)$$

記号は、(記号表参照)

4. 品質診断実施例

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例を示す。補正結果を Fig. 14・15 に示し、補正前後のシステム出力係数、日陰損失率、劣化・汚れ損失率(各損失率は 24 時間の平均値)を示す。

4.1 フィールドテスト(FT)事業プラントにおいて

新エネルギー・産業技術総合開発機構における、公用フィールドテスト事業⁽²⁴⁾におけるサイトについての例を示す。このサイトでは、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いる。Fig. 14 に示すように、設置から交換時期まで、システム出力係数が 1.0 (100%) を大きく越える月がみられ、システム出力係数の変動が非常に大きいことが確認できる。しかし、品質診断法を適用した結果、70% 前後の安定したシステム出力係数が得られた。また、受光部フィルター交換直後の 1997 年 7 月において、劣化・汚れ損失率 $R_{DD, DS}$ が 1.0 を示していることも分かる。従来は、欠測扱いもしくは、異常データとして処理されるデータも有効に利用できていることが分かる。

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⁽²⁵⁾についての例を示す。このサイトは、概観調査より周辺の樹木、建物により日陰がかかることが確認されている。Fig. 15 に 1999 年 4 月～2002 年 9 までの診断結果を示す。太陽高度が低くなる冬季に日陰損失率(1.0 が日陰なし、0 が完全日陰を示す)が小さくなっているが、日陰の損失があることが分かる。このことから、日陰の影響を抽出でき、有効に診断できていることが分かる。システム出力係数は、日射計への日陰の影響を補正したため、実測よりも小さい値になっているが、同時にシステムにも日陰がかかるため、FT サイトのケースと異なり、 K の値の変動は均されない。

5. まとめ

PV システムの計測データ品質診断法として、以下の 7 項目についてまとめた。a～c に関しては、データ処理時・施

工時などの人為的要因のため、除去は比較的容易である。しかしながら、c～f は、日射計の性質上、長期観測の場合、メンテナンスなどを行うことは、通常は困難である。しかしながら、本手法を用いることにより、計測データを収集後にデータの品質をチェックでき、有効なデータの抽出が可能である。さらに補正を行うことにより、できる限りのデータの有効利用も可能であることを示した。また、本手法を利用した品質診断結果例を 2 例ほど示し、その有効性について言及した。

- a. 計測系の時刻のずれ
- b. 熱電対の逆接続
- c. 日射計の設置ミス
- d. 日射計の感度定数
- e. 日射計にかかる日陰
- f. 日射計の劣化・汚れ
- g. 異常値の検出・削除

PV システムは、その特質上様々なシステムが多いため、同じ土俵での評価が非常に重要になる。その際の入力エネルギーである日射量データの品質には十分な注意が必要である。本手法が、今後 PV システム運転特性の解析などの前段階として利用されることを期待する。

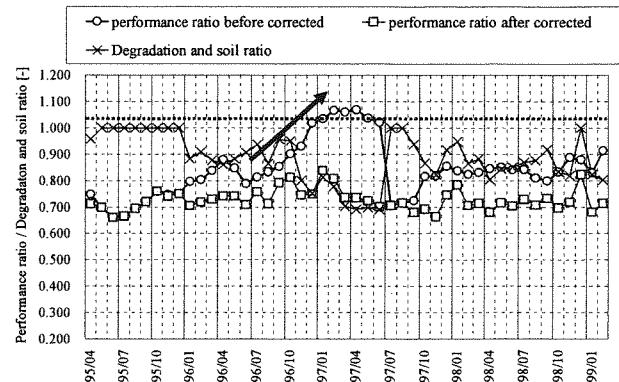


Fig. 14 An example of quality check for PV system at Field test

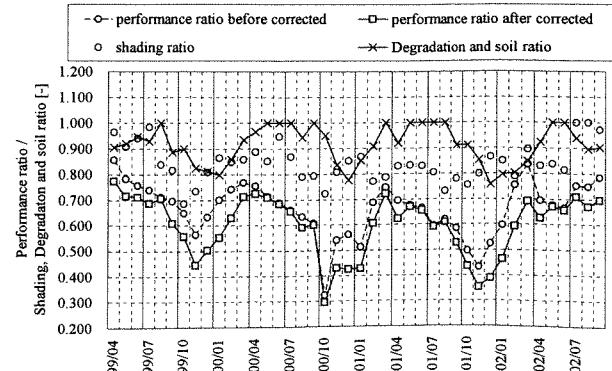


Fig. 15 An example of data quality check for residential PV system of REPP.

記号表

H_g	: 水平面全天日射量	[kWh/m ²]
H_b	: 水平面直達日射量	[kWh/m ²]
H_d	: 水平面散乱日射量	[kWh/m ²]
H_{Ag}	: 傾斜面全天日射量	[kWh/m ²]
H_{Ab}	: 傾斜面直達日射量	[kWh/m ²]
H_{Ad}	: 傾斜面散乱日射量	[kWh/m ²]
H_{Ar}	: 傾斜面反射日射量	[kWh/m ²]
E_A	: アレイ出力電力量	[kWh]
E_P	: システム出力電力量	[kWh]
T_C	: モジュール温度	[°C]
K	v システム出力係数	[·]
P_{AS}	: PV システム定格出力	[kW]
G_S	: 参照日射強度 (1.0 [kW/m ²])	[kWh/m ²]
H_{AM4max}	: JMA 快晴日パターン	[kWh/m ²]
$H_{Athrmax}$: AMeDAS 快晴日パターン	[kWh/m ²]
H_{Amax}	: 実測快晴日パターン	[kWh/m ²]
R_{SENS}	: 感度損失率	[·]
R_{HS}	: 日陰損失率	[·]
R_{DD_DS}	: 劣化・汚れ損失率	[·]
(各損失率は、損失が無い場合を 1.0 に設定)		
H_{gh}	: 理論水平面日射強度	[kWh/m ²]
τ	: 大気透過率	[·]
AM	: エアマス	[·]
θ_z	: 天頂角	[deg]
I_{on}	: 大気外法線面日射強度	[kWh/m ²]
	小文字は、時積算値を表す	

参考文献

- 1) JIS C 8906:2000, 「太陽光発電システム運転特性の測定方法」, Measuring procedure of photovoltaic system performance"
- 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) 井澤, 大閑, 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
- 4) Berlage, H.P., Meteor. Zeit., 45(5), pp174, (1928)
- 5) 「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, pp20, (1985.3)
- 6) 曽我, 赤坂, 二宮: 「全天日射量から直達日射量と天空日射量を推定する各種モデルの比較と評価」, 日本建築学会計画系論文集, 第 512 号, pp17-24, (1998.10)
- 7) 曽我, 赤坂, 二宮: 「全天日射量から斜面日射量を推定する各種モデルの比較」, 日本建築学会計画系論文集, 第 519 号, pp31-38, (1999.5)
- 8) D.G.Erbs, et al : "Estimation of the diffuse radiation fraction for hourly, daily and monthly average global radiation", solar Energy Vol.28, No.4, (1982), pp.293-302
- 9) R.Perez, et al : "Modeling Daylight Availability and Irradiance Components from Direct and Global Irradiance, Solar Energy Vol.44, No.1, (1990), pp.1-7
- 10) 湯川他:「太陽電池モジュールの温度上昇の推定」, 電気論 B, 116 卷 9 号, (1996)
- 11) 西川:「スタンドオフ型アレイの太陽電池温度特性」, 平成 7 年度 日本太陽エネルギー学会 太陽／風力エネルギー講演論文集 (1995), pp29
- 12) 「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, pp30-31, (2000.11)
- 13) 気象庁 Web site : <http://www.jma.go.jp/>
- 14) 二宮, 松尾, 赤坂, 曽我: 「AMeDAS のデータを用いた時刻別日射量の推定法 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・衛生工学論文集, No.65, (1997/4), pp53-65
- 15) 「拡張アメダス気象データ」, 日本建築学会編, 丸善 (株), (2000.1) pp1-pp427
- 16) 日本気象協会: 「日射関連データの作成調査」, 平成 9 年度 新エネルギー・産業技術総合開発機構委託業務報告書, (1998)
- 17) 大閑, 井澤, 大谷, 黒川「太陽光発電システムの評価に関する日射量の推定方法」, 平成 16 年電気学会部門大会, (2004.8)
- 18) 日本気象協会: 「発電量基礎調査」, 昭和 60 年度 新エネルギー・産業技術総合開発機構委託業務報告書, (1985)
- 19) 太陽光発電技術研究組合, 東京農工大学: 「太陽光発電システム実用化技術開発 太陽光発電地域発電特性に関する基礎的問題解明」, 平成 11 年度新エネルギー・産業技術総合開発機構委託業務報告書, (2002.3), p30-31
- 20) 田村, 大谷, 黒川: 「多傾斜面日射量の測定と評価に関する研究」, 平成 12 年度 日本太陽エネルギー学会 太陽／風力エネルギー講演論文集 (2002), p225-228
- 21) 日本品質保証機構: 「太陽光発電システム評価技術の研究開発」, (ニューサンシャイン計画) 平成 11 年度新エネルギー・産業技術総合開発機構委託業務成果報告書 太陽光発電システム実用化技術開発, (2000/3), pp111-116
- 22) 黒川, 若松: 「太陽光発電システム設計ハンドブック」, オーム社, 太陽光発電技術研究組合, (1995/5/25), pp44-45
- 23) 財団法人電気安全環境研究所/独立行政法人産業技術総合研究所: 「太陽光発電技術研究開発 大量導入に向けた共通基盤技術の研究開発及び調査 太陽光発電システム評価技術の研究開発」, 平成 14 年度 新エネルギー・産業技術総合開発機構委託業務報告書, (2003)
- 24) 日本品質保証機構: 「公共施設等用太陽光発電フィールドテスト事業における収集データ評価解析」, 平成 11 年度 新エネルギー・産業技術総合開発機構委託業務報告書, (2002) pp111-116
- 25) 自然エネルギー推進市民フォーラム: 「自然エネルギー推進市民フォーラム データ分析報告書」, (2003)