

## 太陽電池出力への部分影の影響

## - 日射強度の測定値と推定値の比較 -

## Influence of the Partial Shadow to a Solar Cell Output

## - Comparison of the Measured Value of Solar Irradiance, and an Estimate -

○相川将樹<sup>1</sup> 比留間一彦<sup>2</sup>, 柿谷隼輝<sup>2</sup>, 西川省吾<sup>3</sup>,\*Masaki Aikawa<sup>1</sup>, Kazuhiko Hiruma<sup>2</sup>, Junki Kakitani<sup>2</sup>, Shogo Nishikawa<sup>3</sup>,

Abstract: When installing a PV array on a building, it is common to install PV system on the roof of good sunshine conditions. But a lightning rod, TV antenna, the exterior unit of air-conditioning, etc. are installed on the roof in many cases, and these shadows may take a part of solar array by the time zone and season. Although the output fall of the solar array by a shadow is subject to bigger influence than that of a shadow area in many cases, in order to perform exact output prediction, it changes with the area of the shadow made in the shape of a solar array, depth of the shadow from, etc. In this research, in order to perform output prediction of a solar array, the area of the shadow made on a solar array, depth of the shadow, form, etc. are predicted. This paper compares the measured value and estimated value of solar radiation intensity.

## 1. はじめに

太陽電池を住宅やビルなどの建物に設置する場合、日照条件のよい屋根や屋上に設置することが一般的である。しかしながら、屋根や屋上には避雷針、TV アンテナ、空調の室外機などが設置されることが多く、季節や時間帯によってこれらの影が太陽電池の一部にかかることがあり得る。

影による太陽電池の出力低下は、影の面積以上に大きな影響を受けることが多いが、正確な出力予測を行うには、太陽電池上にできる影の面積、濃さ、形状などにより異なる。

本研究では、複雑な形状の影がかかる場合の太陽電池の出力予測を精度良く行うことを目的とする。

本稿では、日射強度の測定値と推定値を比較する。

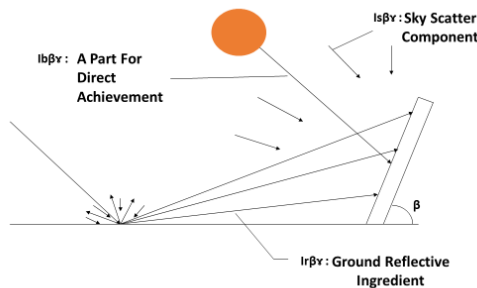
2. 日射強度の推定式の導出<sup>[1]</sup>

Figure 1. The ingredient of solar radiation

Figure 1 のように、日射は直達成分  $I_{\beta\gamma}$ 、天空散乱成分  $I_{s\beta\gamma}$ 、地面反射成分  $I_{r\beta\gamma}$  の 3 つの成分からなる。このことから影の部分に達する日射成分は天空散乱成分のみとなるのがわかる。

まず、直達成分を求める式を導出する。太陽光に垂直な時間積算法線面日射強度を  $I_n$  とする時、水平面と斜面が受ける直達成分は、以下のように表せる。

$$I_b = I_n \cos \theta_z \quad (1)$$

$$I_{b\beta\gamma} = I_n \cos \theta \quad (2)$$

ただし、 $I_b$ : 水平面が受ける直達成分

$I_{b\beta\gamma}$ : 斜面が受ける直達成分

$\theta_z$ : 天頂角

$\theta$ : 斜面への太陽光線の入射角

また、両者の比  $rb$  は次のようになる。

$$rb = \frac{I_{b\beta\gamma}}{I_b} = \frac{\cos \theta}{\cos \theta_z} \quad (3)$$

直達成分は、全天日射量から散乱成分を差し引いた値と考えられるので、(3)式を書き換えることにより、時間積算斜面日射強度の直達成分は(4)式で表される。

$$I_{b\beta\gamma} = \frac{(I - Id) \cos \theta}{\cos \theta_z} \quad (4)$$

ただし、 $I$ : 時間積算全天日射量

$Id$ : 時間積算水平面天空散乱日射量

次に反射成分を求める式を導出する。地表に達した日射強度が地表において、全ての方向に同じ強さで反射されるとする。 $\rho$  はアルベドといい地表面の日射の反射率を表す。

$$I_{r\beta\gamma} = I \rho (1 - \cos \beta) / 2 \quad (5)$$

ただし、 $I_{r\beta\gamma}$ : 時間積算斜面日射量の地面反射成分

次に、天空散乱成分を求める式を導出するために Perez のモデルを用いる。天空散乱日射強度を全天空一様な強さの散乱光、太陽周辺光、地平線光の 3 成分で

表現する．空の状態を直散分離によって得られる時間積算天空散乱日射強度  $I_d$ ，時間積算直達強度  $I_b$  だけで表すようにする．

$$I_s \beta \gamma = I_d(0.5(1 + \cos\beta)(1 - F1') + F1'(X_c/X_h) + F2' * \sin\beta) \quad (6)$$

ただし、 $I_s \beta \gamma$ :時間積算斜面日射量の天空散乱成分  
 $\beta$  :斜面の傾斜角

$F1'$ ， $F2'$ は(7)，(8)式でもとまる．

$$F1' = F11'(\epsilon) + F12'(\epsilon) * \Delta + F13'(\epsilon) * \theta_z \quad (7)$$

$$F2' = F21'(\epsilon) + F22'(\epsilon) * \Delta + F23'(\epsilon) * \theta_z \quad (8)$$

$\epsilon$  及び  $\Delta$  は、それぞれ晴天パラメータ、散乱光パラメータと呼ばれる． $F11'(\epsilon)$ ， $F12'(\epsilon)$ ， $F13'(\epsilon)$ ， $F21'(\epsilon)$ ， $F22'(\epsilon)$ ， $F23'(\epsilon)$ の数値は参考文献 [1] による．

### 3. 日射強度の推定値と測定値の比較

測定は 2014 年 8 月 20 日の日本大学理工学部駿河台校舎 4 号館屋上(東経 139.77° 北緯 35.70° )にて測定を行った．天候は晴れで影が確認できた．時刻は 12 時から 15 時まで 1 時間刻みで行った．影の長さ と日射強度を測定するために、長さ 79.3cm，直径 4.9cm の試料を用いた．日射強度は、影の根本(0%)，影の真ん中(50%)，影の先端(100%)，影のない所の 4 点を測定した．

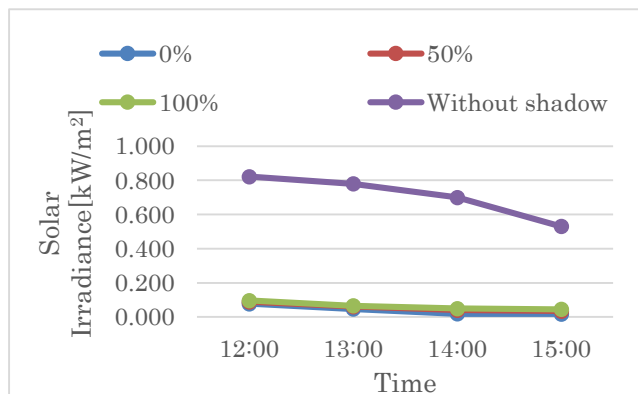


Figure 2. The measurement result of solar Irradiance

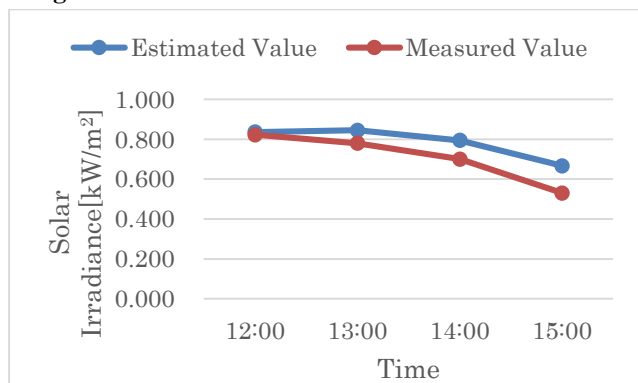


Figure 3. Comparison of measured value and an estimated value

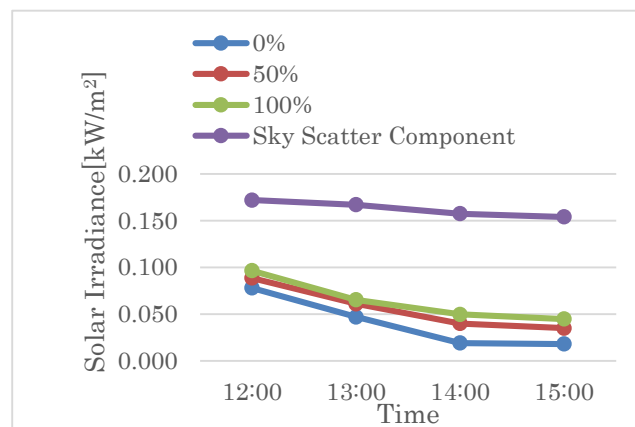


Figure 4. Comparison of measured value and an estimated value

Figure 2 を見ると、影なしの日射強度が 1 番大きい値となり、続いて影ありの 100%，50%，0%の順に小さくなっている．これは、影のかかっている部分には直達成分が届かないため日射強度が低い値となっているためである．影ありの値に変化があるのは、測定する位置によって天空散乱成分の変化があるためだと考えられる．また、日射強度と時刻との関係を見ると、時間が経つと日射強度は小さくなっている．これは、日射が放射するエネルギーが地面に到達するまでの距離が次第に長くなり、日射強度が下がっているためである．

Figure 3 は影がない部分の日射強度の測定値と推定値を比較したもので、若干の測定誤差が生じた．これは、測定方法に起因する誤差や直散分離の散乱誤差が主な理由と考えられる．

Figure 4 は影のある部分の日射強度の測定値と計算から導いた天空散乱成分を比較したものである．天空散乱成分の値と測定値では、大きく誤差が生じている．これは、Figure 3 で述べたように測定データ自身あるいは測定方法に起因する誤差や計算式の問題、直散分離の散乱誤差が主な誤差の原因が考えられる．

### 4. まとめ

日射強度を測定し、影のない部分、影のある部分の値と推定した値を比較したが、影のない部分の推定は誤差が小さかったが影のある部分の推定は誤差が大きくでてしまった．今後の課題としては、推定値の精度を高めるために推定式や補正式を検討する必要がある．

### 5. 参考文献

[1] 日本太陽エネルギー学会:「新 太陽エネルギーハンドブック」, pp.1-29, 2001