

二種類のフォトセンサを持つ新型日射計における スペクトル誤差の解析手法の開発

学生員 平田 啓二 正員 黒川 浩助 (東京農工大学)

非会員 三宅 行美 非会員 加藤 正 非会員 中村 幸三 (英弘精機株式会社)

Development of Analysis Method of Spectral Error on A New Pyranometer Composed of Multiple Photosensors

Keiji Hirata, Student-member, Kosuke Kurokawa, member, (Tokyo University of Agriculture and Technology)

Yukiharu Miyake, Non-member, Tadashi Kato, Non-member, Kouzou Nakamura, Non-member, (EKO INSTRUMENTS Co., Ltd.)

1. はじめに

太陽光発電システムの発電量推定や評価を行う上で、日射量は重要な要素である。本研究では、安価で長期安定性に優れた半導体素子を二種類用いることで、従来の Si 日射計の弱点であるスペクトル誤差を改善し、高精度な日射の計測を可能とするデュアルセンサ型日射計 (Dual 日射計) の開発を目的としている。

現在、データの収集は屋外計測にて行っている。しかし、得られる出力電圧には、スペクトル誤差の他、温度特性や角度特性による誤差が同時に存在するため、Dual 日射計のスペクトル誤差のみを評価することが困難であった。

本稿では、分光放射強度と各センサの絶対分光感度を用いて、各々の理論出力電圧を推定することで、Dual 日射計が持つ角度特性および各センサが持つ温度特性の影響を受けずに、スペクトル誤差のみを評価する手法を開発した。

2. デュアルセンサ型日射計

Dual 日射計は、Si センサ (分光感度域: 300 ~ 1100nm) および GaAsP センサ (分光感度域: 300 ~ 680nm) で補うことができない日射の長波長域に分光感度を持つ InGaAs センサ (分光感度域: 900 ~ 1700nm) を追加することで、二種類のセンサから得られる出力電圧により、正確な日射強度が計測できる。図 1 に、計測に用いた各センサの相対分光感度特性および基準太陽光スペクトルを示す。

図 1 に示すように、Dual 日射計の組合せは、Si+InGaAs と GaAsP+InGaAs の二通りが考えられる。

また、Dual 日射計の日射強度は、次式から求められる⁽¹⁾。

$$G_{dual} = (2-C) \times K_1 \times E_1 + C \times K_2 \times E_2 \dots\dots\dots (1)$$

ここで、 G_{dual} : 全天日射強度、 E_1 , E_2 : 各センサの出力電圧、 K_1 , K_2 : 感度定数、 C : 感度定数を最適化するための補正係数とする。

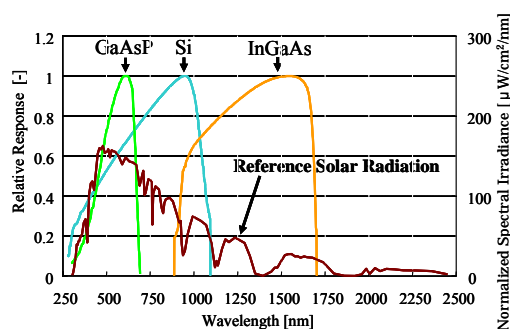


図 1 各センサの相対分光感度と基準太陽光スペクトル
Fig. 1. Relative Spectral Response and Reference Solar Spectrum.

3. スペクトル誤差の解析手法

3-1 問題点および解析手法

Dual 日射計は、Si 日射計では感知することができない長波長域の日射を捉えることで、スペクトル誤差を減少させ、より高精度な日射計測が可能になると考えられる。

しかし、日射の屋外計測においては、各センサの出力電圧にスペクトル誤差の他、温度特性、日射計の角度特性による誤差が同時に存在するため、Dual 日射計のスペクトル誤差のみを評価することが困難であった。

そこで、本稿では分光器 (MSR-7000/00, オプトリサーチ) を用いて、実測した分光放射強度と各センサの絶対分光感度から各センサの理論出力電圧を推定することで、日射計の角度特性および各センサの温度特性の影響を受けずに、Si+InGaAs および GaAsP+InGaAs, Si 日射計のスペクトル誤差のみを評価する手法を開発した。

3-2 理論出力電圧の算出手法

各センサの理論出力電圧は、分光放射強度を I 、各センサの絶対分光感度を K とすると、次式で求められる。

$$E = \left(\sum_{\lambda 1}^{\lambda 2} I_{\lambda} \times K_{\lambda} \right) \times S \times R \dots\dots\dots(2)$$

ここで、S：各センサの受光面積、R：検出抵抗値、 $\lambda 1$ ：各センサの感度波長域における始点波長、 $\lambda 2$ ：各センサの感度波長域における終点波長とする。

任意の快晴日 1 日を検定日と定め、分光放射強度と推定した理論出力電圧から各センサの感度定数を決定する⁽¹⁾。得られた感度定数を用いて、天候別の理論出力電圧を回帰式(1)に適用し、Dual 日射計の日射強度を求め、精密日射計(MS-801, EKO)で計測された日射強度を基準値とし、その値と比較することより、Dual 日射計である Si+InGaAs および GaAsP+InGaAs のスペクトル誤差の評価を行う。また、Dual 日射計が持つスペクトル誤差の比較対象として、Si 日射計の日射強度に関しても、同様に本手法を用いて求める。

4. 解析結果

表 1 に示す快晴日 216 データ、曇天日 192 データの分光放射強度から各センサの出力電圧を式(2)より推定した。そして、2005/04/06 を検定日と定め、各センサの感度定数を決定し⁽¹⁾、式(1)より各日射計の日射強度を算出した。

基準値は精密日射計で計測された日射強度を用い、式(3)より Si+InGaAs および GaAsP+InGaAs, Si 日射計における基準値からの誤差を算出した。

図 2 に快晴日、図 3 に曇天日の結果をそれぞれ示す。また、評価指数として用いた MBE および 1σ , RMSE の結果を表 2 に示す。

$$Error = G_s - G \dots\dots\dots(3)$$

ここで、 G_s ：各日射計の日射強度、 G ：精密日射計の日射強度とする。

表 1 検証に使用したデータ

Table 1. Using data for the verification.

	年月日
Fine day	2003/4/22, 2004/10/1, 2004/12/16, 2005/3/31, 2005/4/6
Cloudy day	2003/7/22, 2003/8/28, 2005/5/20, 2006/4/14, 2006/4/19

快晴日における誤差分布は、時間変化に伴う影響を受けず、ほぼ一定の誤差分布を示していることがわかる。つまり、求められた日射強度に関しては、日射計の角度特性および各センサの温度特性による影響を受けていないと考えられる。(図 2, 表 1 参照)

また、曇天日における誤差分布からは、Si 日射計において誤差が大きく、且つ基準の日射強度よりも大きい日射強度が出力されていることがわかる。これは、天候の違いから相対的な太陽光スペクトルが変化し、その結果 Si 日射計のスペクトル誤差が大きくなるという特徴⁽²⁾と類似した結果を表しており、この点からも本稿で提案した手法を用いることで、スペクトル誤差のみを抽出できていると考えられる。(図 3, 表 1 参照)

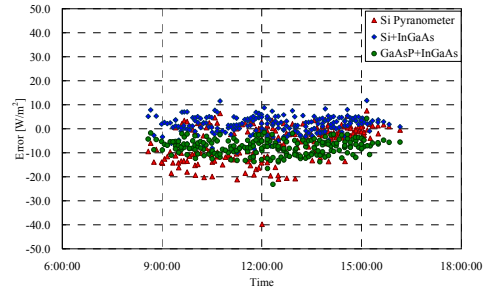


図 2 快晴日における誤差分布

Fig. 2. Error distribution in fine days.

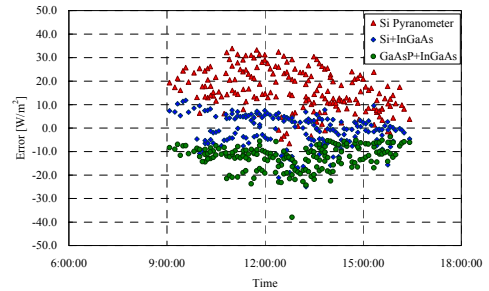


図 3 曇天日における誤差分布

Fig. 3. Error distribution in cloudy days.

表 2 各日射計における評価指数

Table 2. Characteristic of evaluation for each pyranometer.

	weather	MBE [W/m ²]	1 σ [W/m ²]	RMSE [W/m ²]
Si+InGaAs	Fine	2.0	4.0	4.0
	Cloudy	-1.0	7.0	7.0
GaAsP+InGaAs	Fine	-8.0	3.0	8.0
	Cloudy	-12.0	5.0	13.0
Si Pyranometer	Fine	-6.0	7.0	9.0
	Cloudy	16.0	9.0	18.0

5. まとめ

日射計のスペクトル誤差のみを評価するために、分光放射強度と絶対分光感度から理論出力電圧を推測し、評価する手法を新たに開発した。そして、この手法から推測した天候別の理論出力電圧を用いることで、日射計の角度特性および各センサの温度特性による影響を受けずに、日射計のスペクトル誤差のみを評価することが可能であることを示した。今後は、年間を通じてのデータ数を収集することで、Dual 日射計の精度や組み合わせを含めた検証を目指す。

文 献

- (1) K.Hirata, Y.Miyake, T.Kato, K.Nakamura and K.Kurokawa: "Development of a Reliable, Long Life Pyranometer Composed of Multiple photo sensors", Proceeding of the 15th International Photovoltaic Science and Engineering Conference, pp.832-833, October 2005.
- (2) 井上・三宅・中村・加藤・黒川「デュアルセンサ型日射計の開発」, 平成 15 年電気学会電力・エネルギー部門大会論文集 pp.567 ~ 568