

日射量の直散分離に関する検討及び新しい直散分離手法の提案

広島県 正会員 ○宮尾渉 愛媛大学大学院 正会員 森脇亮
愛媛大学大学院 正会員 藤森祥文 愛媛大学 非会員 麓由紀子

1. はじめに

太陽光発電は再生可能エネルギーの一つとして、日本において急速に普及が進んでいる。太陽光パネルの導入にあたっては、事前に年間の発電量を推定する必要がある。一般には太陽光パネルの傾斜に合わせた斜面日射量の推定が必要となる。この斜面日射量は水平面日射量を直達日射量および散乱日射量に分離し、それぞれの日射量に対し水平面から斜面への換算が行うことで求められる。ここで重要になるのが、水平面日射量を直達日射量と散乱日射量に分離する直散分離モデルである。直散分離モデルにはいくつかのモデルが存在するが、著者らが取得した水平面日射量などを用いてモデルの検証をしたところ、薄曇りや天候の変動が大きい時には十分な精度が得られなかった。本研究では、直散分離モデルの推定精度に影響を与えると考えられる雲に着目し、上述の気象観測データを用いて、雲が散乱比（散乱日射量と水平面日射量の比）に与える影響について検討を行った。また、既存の直散分離モデルを改良するための新たな気象要素を検討し、Erbs モデル¹⁾をベースとした新しい直散分離モデルを提案する。

2. 観測方法

2.1 日射量観測 計測場所は愛媛大学工学部二号館屋上である。全天日射計(Kipp&Zonen 社,CMP-3)を用いて全天日射量を計測し、直達日射計(Kipp&Zonen 社,PCH-2)、散乱日射計 (PREDE 社,PHSX-2GPSEU)により直達日射量・散乱日射量をそれぞれ計測している。日射計の計測期間は2014年1月～2015年2月で現在も継続中である

2.2 シーロメータによる雲の観測 シーロメータ(Vaisala 社, CL31)は鉛直方向にレーザーを上空に向けて射出し、雲やエアロゾルにぶつかった後に返ってくる後方散乱光を感知する。後方散乱光の強度から上空における雲の有無、雲の生成高度を調べるツールとなる。

3. 直散分離モデル(Erbs モデル)と推定精度の検証

水平面日射量は一般的に次式のように表される。

$$I = I_b + I_d \quad (1)$$

ここで、 $I[\text{Wm}^{-2}]$ は水平面日射量、 $I_b[\text{Wm}^{-2}]$ は直達日射量、 $I_d[\text{Wm}^{-2}]$ は散乱日射量である。水平面日射量に含まれる散乱日射量の割合である散乱比(I_d/I)には経験則に基づいた様々なモデルが存在するが、本研究では最も一般的用いられている Erbs et al.(1982)の提案する以下のモデルを検証する。

$$\frac{I}{I_0} \leq 0.22 \text{ のとき, } \frac{I_d}{I} = 1.0 - 0.99 \frac{I}{I_0}$$

$$0.22 < \frac{I}{I_0} \leq 0.80 \text{ のとき, } \frac{I_d}{I} = 0.9511 - 0.1604 \frac{I}{I_0} + 4.388 \left(\frac{I}{I_0} \right)^2 - 16.638 \left(\frac{I}{I_0} \right)^3 + 12.336 \left(\frac{I_0}{I} \right)^4 \quad (2)$$

$$0.80 < \frac{I}{I_0} \text{ のとき, } \frac{I_d}{I} = 0.165$$

ここで、 I_0 は大気外全天日射量であり、天文計算から任意の日時、緯度・経度の I_0 が求められる。なお、 I/I_0 は晴天指数である。散乱比は晴天指数の関数として、図-1のように表現される。赤線が Erbs モデルによる推定の散乱比、青点が実測の散乱比である。Erbs モデルが実測散乱比に近いほど直散分離は高精度といえるが、晴天指数が0.3~0.7の範囲にある場合に乖離が大きくなる傾向があり、Erbs モデルの推定精度は十分に高いとはいえない。

4. 新しい直散分離モデルの提案

4.1 散乱比と上空における雲の関係

晴天指数が0.3~0.7の範囲にあり、モデルと実測の乖離が大きくなったデータに着目して、散乱比とシーロメータによる上空の後方散乱強度を比較した。実測散乱比が Erbs モデルより大きいケース（図-2中の赤矢印、11:20）では図-3に示すように、上空3kmに雲が出現していた。一方、実測散乱比が Erbs モデルより小さいケース（図-2中の青矢印、7:20）では、明確な雲は存在しない（図-3中の青破線）。このことから、同様の晴天指数であっても雲の存在の有無により散乱比が大きく影響を受けていることが示唆された。雲の生成に直結する指標を Erbs モデルに組み込むことで直散分離の予測精度を向上できると考えられる。

4.2 雲の生成高度に関する指標

本研究では入手が簡単な気象データから雲の生成高度を表現するために、持ち上げ凝結高度(Lifted Condensation Level, 以下LCLと呼ぶ)を用いる。

LCLは Henning の公式より(3)式で算出される。

$$LCL = 125(T - \tau_0) \quad (3)$$

ここで、 $T[^\circ\text{C}]$ は地表気温、 $\tau_0[^\circ\text{C}]$ は露点温度である。LCLは温度や湿度から求められるのが特徴である。

4.3 新しい直散分離モデルの提案

上述のことを考慮し、本研究では次の直散分離モデルを提案する。

$$\frac{I_d}{I} = \left(\frac{I_d}{I}\right)_{Erbs} + \alpha \times (LCL^\beta - \gamma) \quad (4)$$

ここで $(I_d/I)_{Erbs}$ は Erbs モデルから得られる散乱比、LCLは持ち上げ凝結高度、 α 、 β 、 γ は4月3日の観測値から同定されたモデルパラメータである。それぞれの値を表-1に示す。図-4は4月1日における Erbs モデルによる推定散乱比と実測散乱比の相関図(a:改良前)、新しいモデルによる推定散乱比と実測散乱比の相関図(b:改良後)である。改良後の相関係数が上昇しているのが確認された。このことから、新しい直散分離モデルは有用であることが示唆された。

参考文献：D.G.Erbs,S.A.Klein,J.A.Duffie:Estimation of the diffuse radiation fraction for hourly,daily and monthly average global radiation,SolarEnergy,Vol.28,No.4,pp.293-302,1982.

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。

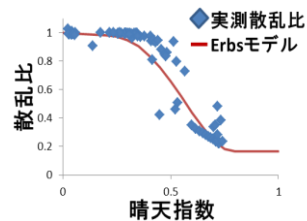


図-1 散乱比と晴天指数の関係
(2014年4月3日)

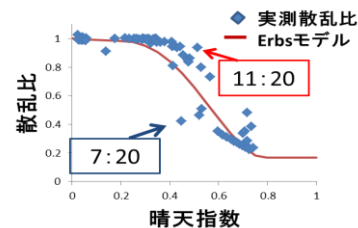


図-2 散乱比と晴天指数の関係
(ある時刻における散乱比)

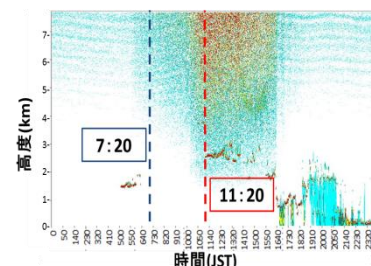
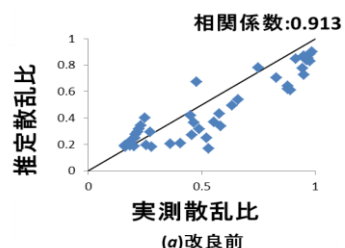


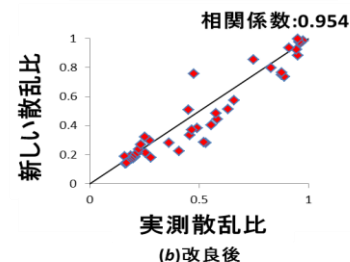
図-3 後方散乱強度の日変化
(ある時刻における雲生成高度)

表-1 4月3日から同定されたモデルパラメータの値

α	-0.00005
β	1.1
γ	4000



(a)改良前



(b)改良後

図-4 実測散乱比と推定散乱比の相関図
(2014年4月1日)