

気象衛星ひまわり 8 号の観測値を用いた地上全天日射量の推定

愛媛大学大学院 学生会員 ○井上咲 愛媛大学技術職員 正会員 重松和恵
愛媛大学大学院 正会員 藤森祥文 愛媛大学大学院 正会員 森脇亮

1. はじめに

日射量の空間的な分布を知ることは、局所的な気候解明や太陽光発電の効率的な土地利用の点から重要であるが、地上において日射量が観測される地点は気象官署などに限られている。一方で、気象衛星は広範囲の観測を行える。これを用いて地上における日射量が推定できれば、地上の任意地点の日射量を高密度に観測することができる。特に、2014年10月7日に打ち上げられた静止気象衛星「ひまわり 8 号」は観測波長帯数を 16 バンド持ち、日本域の観測に関しては 2.5 分毎と高頻度の観測を行っている。また、空間分解能も最小で 0.5 km と従来のひまわり 7 号よりも高い性能を持っている。しかし、ひまわり 8 号の観測値は静止軌道上から見た情報を記録しているため、どこまで地上の日射量を推定できるのかが不明である。

本研究では、ひまわり 8 号の観測値を用いて地上の日射量を推定する回帰モデルを作成し、地上の日射量をどの程度推定できるか検討を行うことを目的としている。

2. 研究方法

ひまわり 8 号の観測値の解析期間は、2015 年 4 月 15 日から 4 月 20 日、6 月 2 日から 6 月 8 日、6 月 20 日、7 月 9 日から 7 月 11 日の合計 17 日間、0:00 から 23:55 までの 5 分毎である。また、日射量は愛媛大学工学部 2 号館屋上に設置されている全天日射計(株式会社 PREDE CMP-3EU)から得た同時期・同時刻の値を使用した。全天日射量と観測位置を対応させるため、ひまわり 8 号の観測値は日射量観測地点(緯度 33.85°, 経度 132.77°)における各バンドの値を用いた。なお、全天日射計の観測値が 0 未満の時間は解析から省いた。

日射量を推定する回帰モデル作成のため、17 日分のデータの内 15 日分を使用して重回帰分析とディープラーニングを行う。また、残り 2 日分を用いて推定値と実測値の比較を行う。

全天日射量を目的変数とし、ひまわり 8 号の 16 個のバンドを説明変数としてステップワイズ法¹⁾による重回帰分析を行う。ステップワイズ法は説明変数を重回帰モデルに出したり入れたりしながらより良い重回帰モデルに近づける方法である。次に、ディープラーニングにより日射量の推定モデルを作成する。ディープラーニングとは生物の神経回路網を模倣した人工ニューラルネットワークを多層にわたり行ったものである。また、目的変数と説明変数間に直線性を仮定する重回帰式とは異なり、直線の関係が仮定されなくてもモデルの作成が行える。より最適な学習を行うために、ディープラーニングのパラメーターを調整し合計 450 個の組み合わせでそれぞれディープラーニングを行った。

3. 結果及び考察

7 月 11 日について、重回帰分析の決定係数とディープラーニングによる 450 個の組み合わせのうち、より決定係数の大きかった 5 個の組み合わせを表 1 に示す。図 1 は重回帰分析による 7 月 11 日の日射量の推定値と実測値、図 2 はディープラーニングによる同日の推定値と実測値のグラフである。表 1 から、重回帰分析の場合、決定係数が 0.63 とディープラーニングと比べて小さくモデルの説明力が低いということが分かる。また、図 1 の 7:00 から 7:50 の推定値と実測値から分かるように変化の挙動が似ているものの、波形の細部が一致していない。図 2 では、パラメーターの組み合わせや決定係数によらず 16:00 から 16:30 のように、推定

表 1 重回帰分析とディープラーニングの決定係数

	モデルの決定係数	
	7月11日の決定係数	
重回帰分析	0.74	0.63
ディープラーニング①	0.84	0.74
ディープラーニング②	0.86	0.74
ディープラーニング③	0.85	0.74
ディープラーニング④	0.85	0.77
ディープラーニング⑤	0.81	0.76

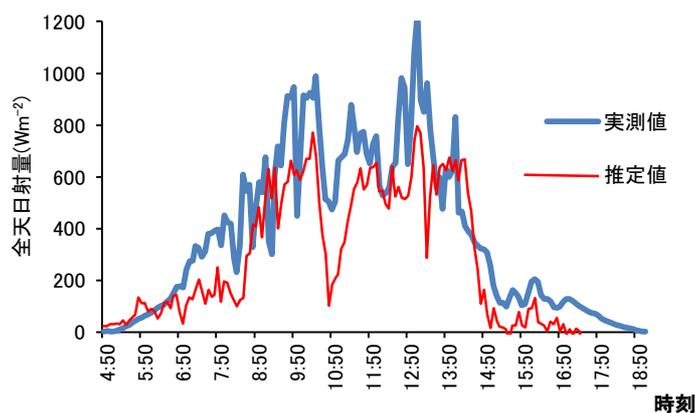


図1 重回帰分析の実測値と推定値

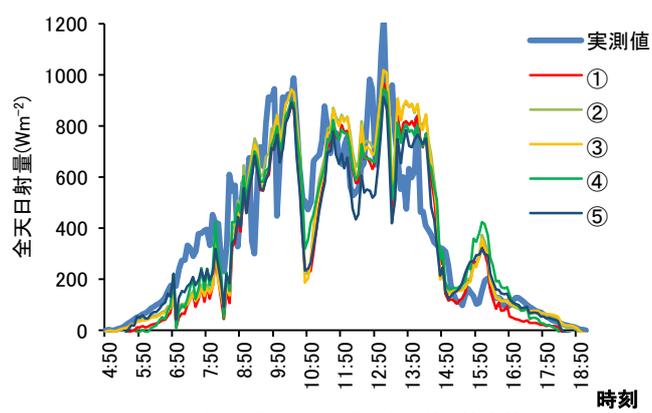


図2 ディープラーニングの実測値と推定値

値と実測値が逆の挙動をしている時間があると分かる。この推定値と実測値の差には、日射量に影響を与える雲の状態や太陽高度が関係していると考えられる。そこで、新たに太陽高度に見立てた時間を説明変数として追加し、ディープラーニングを用いてモデルを作成する。この時間は12:00に最大値0をとり、0:00と23:55に向けて減少するものとした。図3は450個のパラメータの組み合わせのうち、決定係数が大きかった5個の組み合わせの日射量の推定値と実測値である。また、表2にはその組み合わせの決定係数を示す。

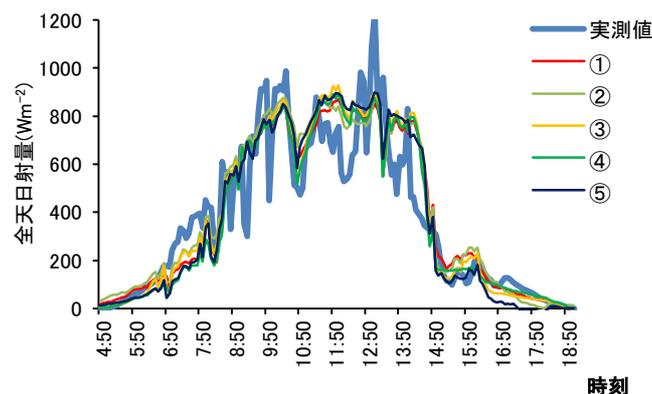


図3 ディープラーニングの実測値と推定値

表1と表2を比較してみると、時間を説明変数に加えたことで決定係数が大きくなったことが分かる。また、09:40から10:00などを見ると実測値が下がっているのに対し、推定値は上がっていることが分かる。このとき、観

表2 時間を加えたディープラーニングの決定係数

	モデルの決定係数	
	7月11日の決定係数	
ディープラーニング①	0.91	0.82
ディープラーニング②	0.91	0.82
ディープラーニング③	0.91	0.82
ディープラーニング④	0.90	0.81
ディープラーニング⑤	0.91	0.81

測地点における全天カメラの写真(図4)を見ると小さい雲が多数存在している。ひまわり8号は空間分解能が最小で0.5kmであるため、それよりも小さい雲が存在している時、識別できないことが影響していると考えられる。

4. 今後の課題

ひまわり8号から得られる観測値を用いて決定係数0.8程度、地上の日射量を推定できることが分かった。しかし、推定した日の決定係数が大きい場合でも、時間によっては変化の挙動が推定値と実測値で一致しない時があった。より正確に全天日射量の推定を行うためには、ひまわり8号では捉えられない大きさの雲に影響すると考えられる、観測地点周辺の観測値をモデルに組み込み、データ数を増やす必要があると分かった。



図4 7月11日09:45の全天カメラの写真

参考文献

- 1) W. N. Venables, B. D. Ripley Springer : Modern Applied Statistics with S. Fourth edition., Springer-Verlag New York, 2002.

謝辞

本研究は JSPS 科研費 15K06236 の援助を受けた。