

ひまわり 8 号熱赤外データの解析

日大生産工(院) ○村井 渉 日大生産工 野中 崇志
日大生産工 朝香 智仁 日大生産工 杉村 俊郎

1 はじめに

2014年10月7日, 打ちあげられた新世代静止気象衛星「ひまわり8号」は, 確認試験が問題なく終了し, 2015年7月7日より正式運用が開始された. 観測波長帯数は16 バンドに, 赤外の空間分解能は4 kmから2 kmに, 全球の観測時間が10 分にそれぞれ向上している. また日本域等特定の領域は2分半毎に観測が行われている.

衛星が観測する温度情報は大気上端におけるもので, 大気の影響を受けた地表面温度を観測している. 地表面温度を推定するために種々補正手法が開発されており, 本研究ではまず, ひまわり 8 号の 6 バンド間の観測値を比較し, スプリットウィンドウ法を用いた地表面温度推定に有効なバンドについて検討した.

2 使用データ

AHI はTable 1 に示すように16 の観測波長帯バンド^①を有し, そのうちの6バンドが8~13 μm に設定されている. Table 2は地球表面の温度情報を知るために提供される^②放射輝度への変換式の係数である.

$$I = \text{gain} \times \text{DN} + \text{offset} \quad (1)$$

I: 放射輝度, DN: 観測値

また, 放射輝度は, 同様に提供されている変換式(2)を利用すると輝度温度 (T_b) に変換出来る. 各バンドの係数 c_0, c_1, c_2 はTable 2のとおりである. 2015年5月14日に観測された画像において, 関東地方を対象として調査を行った. Fig.1 は午前9時の北緯 $34^\circ \sim 37^\circ 20'$, 東経 $139^\circ \sim 142^\circ$ の可視・近赤外カラー合成画像 RGB=Band432, および熱赤外モノクロ画像 Band14である.

$$T_e(\lambda, I) = \frac{hc}{k\lambda} \cdot \frac{1}{\ln\left(\frac{2hc^2}{\lambda^5 I} + 1\right)} \quad (2)$$

$$T_b = c_0 + c_1 T_e + c_2 T_e^2$$

λ : 中心波長

h, c, k : 定数

c_0, c_1, c_2 : 提供される係数

Table 1 AHIの特徴

バンド	分解能 (km)	中心波長 (μm)	バンド幅 (μm)
1	1.0	0.4705	0.0407
2	1.0	0.5105	0.0308
3	0.5	0.6399	0.0817
4	1.0	0.8563	0.0345
5	2.0	1.6080	0.0409
6	2.0	2.2570	0.0441
7	2.0	3.8848	0.2006
8	2.0	6.2383	0.8219
9	2.0	6.9395	0.4919
10	2.0	7.3471	0.1871
11	2.0	8.5905	0.3727
12	2.0	9.6347	0.3779
13	2.0	10.4029	0.4189
14	2.0	11.2432	0.6678
15	2.0	12.3828	0.9656
16	2.0	13.2844	0.5638

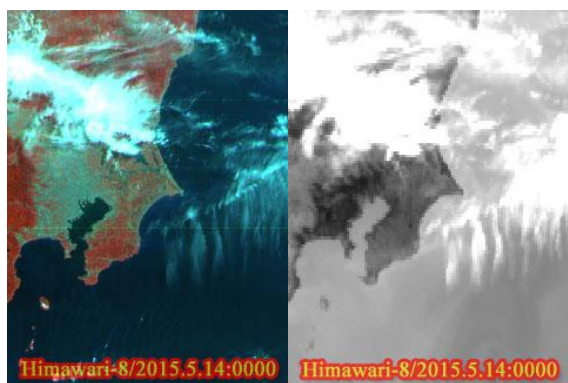
Table 2 観測値から輝度温度への変換係数

	B11	B12	B13	B14	B15	B16
中心波長(μ)	8.5926	9.6372	10.4073	11.2395	12.3806	13.2807
カウント値→放射輝度 gain($\times 10^{-3}$)	-4.0007	-3.9260	-3.7525	-3.5027	-3.1174	-5.7635
カウント値→放射輝度 offset($\times 10^{-1}$)	1.6203	9.6372	1.5198	1.4186	1.2625	1.1527
放射輝度→輝度温度 $C_0(\times 10^{-1})$	-1.5917	-3.9260	-1.1613	-2.4267	-3.5125	-0.9101
放射輝度→輝度温度 C_1	1.0011	1.5900	1.0010	1.0023	1.0036	1.0010
放射輝度→輝度温度 $C_2(\times 10^{-4})$	-1.6925	-1.1305	-1.7696	-4.4007	-7.7588	-2.3232

人工的土地被覆(都市域等), 自然的土地被覆(植生域等)および水域において, 各熱赤外バンドによる観測値から算出した放射輝度温度はTable 3のとおりである. バンド11, 13, 14, 15は同程度の値に, バンド12, 16は異なる値に算出された. 地上の実測値は本学内で同時刻に行った赤外線放射温度計による観測値の平均値, 海上のデータは海洋速報の値を判読した. 各バンドの輝度温度と地上での実測値, 海洋速報の値を比較してみるとバンド11, 13, 14, 15において近い値になった.

Comparison of Himawari-8/AHI Thermal bands

Syo MURAI, Takashi NONAKA, Tomohito ASAKA and Toshiro SUGIMURA



RGB=Band 4 3 2 Band 14
Fig.1 ひまわり8号/AHI画像

3 熱赤外バンド間の観測値の比較

輝度温度推定法の一つにスプリットウィンドウ法が知られている。2つの波長帯域で観測された輝度温度はそれぞれ異なる大気の影響を受けている。この温度差を用いて（ある係数を乗じて）、地表面の輝度温度を推定する手法である。

AHI バンド 11～16 で観測された DN 値を輝度温度に変換し、バンド間の相関を調べた結果を Table 4 に示す。Table 4 から各熱赤外バンド間で相関が認められる。このことから各バンドに見られる差異は大気による影響と考えられる。

スプリットウィンドウ法は 2 バンドの観測値の差を修正値としている。i, j バンドにおける輝度温度を T_i , T_j , 補正係数を γ , 地表面温度を T とすると一般式は式(3)と表すことが出来る。

$$T = T_i + \gamma (T_i - T_j) \quad (3)$$

各バンド間の γ と補正残差を Table 5 に示す。

提供された補正係数による推定値の残差平均（バンド 11, 13～15）において、それぞれ 6.0, 3.4, 3.1, 5.8℃であった。一方、2つのバンドを利用したスプリットウィンドウ法による推定値の残差平均は約 1.0℃であり、その効果が認められた。

4 今後の展望

本研究では、ひまわり 8 号の熱赤外バンドへのスプリットウィンドウ法の適用を想定し解析を行った。

その結果バンド 13, 14, 15 の連続したバンド間で特に相関性が高い結果となった。理由として大気の影響を受けにくい波長帯であり、安定していることが起因していると考えられる。

Table 3 提供された係数による推定値[℃]

	人工的土地被覆		自然的土地被覆		水域(黒潮)		水域(東京湾)	
B11	23.7	25.7	18.8	18.3	13.9	16.4	14.4	14.1
B12	-9.3	-8.1	-11.2	-12.2	-13.6	-12.3	-14.3	-14.4
B13	26.7	28.6	21.5	20.6	16.3	18.9	17.0	16.4
B14	27.0	28.9	21.3	21.1	16.8	19.3	17.3	16.8
B15	23.6	25.3	18.5	17.7	14.8	17.0	15.4	14.7
B16	4.0	4.7	1.2	0.1	-0.5	1.3	0.0	-0.5
地上観測	32.5	32.5	24.8	24.8				
海洋遥観					21.0	22.0	18.0	18.0

Table 4 各熱赤外バンド間の相関係数

	Deg.B11	Deg.B12	Deg.B13	Deg.B14	Deg.B15	Deg.B16
Deg.B11	-					
Deg.B12	0.9325	-				
Deg.B13	0.9832	0.9636	-			
Deg.B14	0.9869	0.9584	0.9945	-		
Deg.B15	0.9613	0.9727	0.9855	0.9859	-	
Deg.B16	0.8897	0.8945	0.8883	0.9077	0.9356	-

Table 5 係数 (γ) と残差平均
 γ の値

	B11	B12	B13	B14	B15	B16
B11	-	0.199	-2.293	-2.062	-2.153	0.354
B12	-1.199	-	-1.103	-1.094	-1.191	-2.715
B13	1.293	0.103	-	-7.895	1.379	0.174
B14	1.062	0.094	6.895	-	1.154	0.158
B15	1.153	0.191	-2.379	-2.154	-	0.341
B16	-1.354	1.715	-1.174	-1.158	-1.341	-

残差の平均[℃]

	B11	B12	B13	B14	B15	B16
B11	-	1.08	1.11	1.18	5.49	0.96
B12	1.08	-	1.10	1.13	1.45	4.03
B13	1.11	1.10	-	1.84	1.02	1.01
B14	1.18	1.13	1.84	-	0.92	1.05
B15	5.49	1.45	1.02	0.92	-	1.24
B16	0.96	4.03	1.01	1.05	1.24	-

今後は算出された回帰係数の意味づけ、3バンド以上を利用した推定式について、また、ASTERなどを用いて比較する予定である。

謝辞：本研究で使用したひまわり8号データは気象庁「静止気象衛星ひまわり8号データ品質評価」のために提供いただいた「評価用データ」である。ここに記して感謝の意を表します。

「参考文献」

- 1) 佐々木政幸, 操野年之, 静止地球環境観測衛星ひまわり 8 号及び 9 号について, 日本リモートセンシング学会誌, Vol. 31, No.2, pp. 255-257, 2011
- 2) ひまわり標準データ利用の手引き, 気象庁,
<http://www.data.jma.go.jp/mscweb/en/himawari89/>
- 3) 放射計(AHI), 気象衛星センター
http://www.data.jma.go.jp/mscweb/ja/himawari89/space_segment/spsg_ahi.html