

(56) 「ひまわり8号」熱赤外バンド間の観測値の比較

内田 裕貴¹・村井 渉²・朝香 智仁¹・野中 崇志³・杉村 俊郎⁴¹正会員 日本大学生産工学部土木工学科 (〒275-8575千葉県習志野市泉町1-2-1)

E-mail: uchida.yuuki@nihon-u.ac.jp

²学生会員 日本大学大学院生産工学研究科土木工学専攻 (〒275-8575千葉県習志野市泉町1-2-1)³正会員 日本大学生産工学部環境安全工学科 (〒275-8575千葉県習志野市泉町1-2-1)⁴正会員 日本大学生産工学部土木工学科／リモート・センシング技術センター
(〒275-8575千葉県習志野市泉町1-2-1／〒105-0001東京都港区虎ノ門3-17-1)

2014年10月に打ち上げられた「ひまわり8号」は、従来より大幅な観測機能の向上が図られた新世代静止気象衛星である。地球全体を10分、日本付近においては2.5分間隔で観測を行い、地表面温度の日変化を詳細に監視することが出来る。

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、種々補正手法が開発されている。その中でも簡単な補正手法として、近接した観測波長帯域の観測値から大気の影響を推定し地表面温度を求める手法(スプリットウィンドウ法)が知られている。「ひまわり8号」は熱赤外波長帯域に6バンドを有することから、これらバンド間の観測値を比較し、大気の影響の違いを確認した。また地表面温度推定に有効なバンドについて検討した。

Key Words : Himawari-8, thermal information, continuous observation, split window

1. はじめに

2014年10月7日、新世代静止気象衛星「ひまわり8号」が打ち上げられた。従来の「ひまわり6・7号」と比較すると、観測波長帯域は5から16バンドに、空間分解能は赤外が4kmから2kmに、観測時間は全球の場合30分から10分にそれぞれ機能が向上している。特に日本周辺等特定の領域を2分半毎に観測する機能により衛星による短時間間隔連続観測が実現し、より高度な利用が期待されている¹⁾。

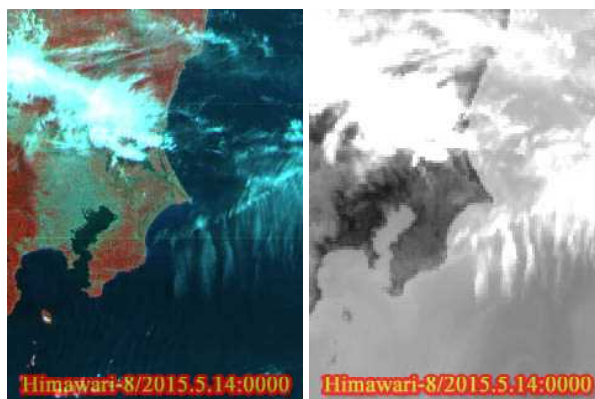
従来の衛星観測ではある特定の時間でしか観測できなかった地表面温度情報が、連続観測により日変化としてとらえることが可能となった。観測値から放射輝度および輝度温度への変換式は、観測データと共に提供されている²⁾。しかし、その観測値は大気上端におけるもので、地表面温度を求めるためには大気の影響を除去する必要がある。

本研究は簡単な算出方法として知られているスプリットウィンドウ法の適用を想定し、「ひまわり8号」の熱赤外バンド間で観測した値を比較した。その結果、バンド11, 13, 14, 15は同程度の輝度温度が算出されたが、バンド12, 16は異なる値が算出された。実測値を使った回帰分析によりスプリットウ

インドウ法の有効性、精度等について検討を行った。

2. 「ひまわり8号」による地表面温度

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。図-1は午前9時の北緯34°～37°20′、東経139°～142°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。



RGB=Band432

band14

図-1 関東周辺の「ひまわり8号」画像

放射輝度への変換は式(1)により行った。

$$\text{放射輝度}(I) = [\text{gain}] \times \text{観測値}[\text{DN}] + [\text{offset}] \quad (1)$$

ここでoffsetおよびgainは表-1に示すとおりである。さらに放射輝度温度への変換は式(2)により行った。

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

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

λ : 中心波長

h, c, k : 定数

c_0, c_1, c_2 : 提供される係数

各バンドの係数 c_0, c_1, c_2 を表-1に示す。

地表面温度の日変化は土地被覆により異なることが知られている³⁾。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表-2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。

これら値が相対的に同様な値であるかを確認するため、バンド間の相関係数を表-3に示す。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。

3. スプリットウィンドウ法

スプリットウィンドウ法による輝度温度推定の基本は、2つの波長帯域で観測された輝度温度にそれぞれ係数を乗じ、一定の定数を加えるものである。同日、同時刻に、コンクリート、樹木、等の表面温度現地観測を実施した。これら観測結果と海洋速報⁴⁾から読み取った水域の表面温度を実測値として、市街地、植生域、水域での2つのバンド(i および j)を組み合わせた下記回帰式(3)を求めた。

$$T = a_1 T_i + a_2 T_j + b \quad (3)$$

求めた回帰式による推定値と実測値の差を比較した結果、バンド14と15の組み合わせが最も良好な推定結果となった。そのときの係数は $a_1=5.20$, $a_2=-10.86$, $b=-71.80$, 残差の絶対値の平均は 0.01°C であった。

4. 展望

新世代静止気象衛星「ひまわり8号」は観測性能が向上し、気象分野での利用に限らず、広く他の分野での応用の可能性が認められる。地表面温度は熱赤外域を観測する6つのバンドで測定されているが、各バンドはそれぞれに大気の影響を受けている。

表-1 放射輝度および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 $\text{gain}(\times 10^{-4})$	-4.0007	-3.9260	-3.7525	-3.5027	-3.1174	-5.7635
カウント値→放射輝度 $\text{offset}(\times 10^{-4})$	1.6203	1.5900	1.5198	1.4186	1.2625	1.1327
放射輝度→輝度温度 $c_0(\times 10^{-4})$	-1.5917	-1.1305	-1.1613	-2.4267	-3.5125	-0.9101
放射輝度→輝度温度 c_1	1.0011	1.0009	1.0010	1.0023	1.0036	1.0010
放射輝度→輝度温度 $c_2(\times 10^{-16})$	-1.6925	-1.5132	-1.7696	-4.4007	-7.7588	-2.3232

表-2 土地被覆毎の観測輝度温度と実測値($^\circ\text{C}$)

	人工的土地被覆	自然的土地被覆	水域(黒潮)	水域(東京湾)
Band 11	25.0	16.8	16.0	15.2
Band 12	-9.0	-13.3	-12.5	-12.9
Band 13	27.9	19.4	18.5	17.7
Band 14	28.1	19.7	18.9	18.0
Band 15	24.3	17.4	16.7	15.9
Band 16	3.9	0.5	0.5	0.3
地上観測	32(コンクリート) 37(アスファルト)	25(樹木) 28(芝草)	-	-
海洋速報	-	-	22	18

表-3 熱赤外バンド間の相関係数

	B11	B12	B13	B14	B15	B16
B11	1.000	0.983	0.997	0.996	0.987	0.971
B12	0.983	1.000	0.990	0.989	0.992	0.980
B13	0.997	0.990	1.000	0.998	0.994	0.976
B14	0.996	0.989	0.998	1.000	0.996	0.984
B15	0.987	0.992	0.994	0.996	1.000	0.992
B16	0.971	0.980	0.976	0.984	0.992	1.000

本研究ではスプリットウィンドウ法での推定について、適用の可能性と期待される精度について一つの知見を示すことができた。今後回帰分析から得られた回帰係数の意味づけや3バンド以上を利用した推定式について、その可能性と効果を検討する予定である。

謝辞：本研究で使用した「ひまわり8号」データは「静止気象衛星ひまわり8号データ品質評価」のために気象庁より提供いただいた「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, pp. 255-257, 2011.
- 2) 気象庁: ひまわり標準データ利用の手引き, <http://www.data.jma.go.jp/mscweb/en/himawari89/space_segment/hsd_sample/HS_D_users_guide_jp_v11.pdf>, (入手2015.6.1).
- 3) 永山透, 岡谷隆基, 沼田佳典, 山田美降, 堀野正勝, 斉藤和也, 沼田洋一, 赤松幸生, 森大, 宮坂聡, 望月貫一郎: ヒートアイランド現象の解明・対策に資する土地被覆整備の試み, 日本写真測量学会平成18年次学術講演会発表論文集, pp. 11-12, 2005.
- 4) 海上保安庁海洋情報部: 海洋速報&海流推測図, <<http://www1.kaiho.mlit.go.jp/KANKYO/KAIYO/qboc/>>, (入手2015.6.22).