

静止衛星からの地表温度推定アルゴリズム改良

長崎大学 森山雅雄

目的
GOES-R, S/ABIからの地表温度推定アルゴリズムの改良

熱赤外放射の内訳

$$I = \tau(L_s + L_g), \quad L_s = \tau(T_s) + (1 - \tau) \frac{F_0}{4}$$

- L_s : 衛星観測輝度
- L_g : 地表放射輝度
- T_s : 地表温度
- τ : 地表からの下向き放射照度
- $\tau(\theta)$: 透過率
- L_p : パスラジアン
- F_0 : 地球外からの放射照度
- $F_0/4$: 地球表面での放射照度
- τ, L_s, L_g, F_0 : 大気プロファイルから計算可能(大気補正)
- T_s, τ, c : 未知数(帯域数+1)

※決定問題(そのままだと解が得られない)

地表温度推定アルゴリズム

- Split window (MODIS, ...): 地表放射率を事前規程し、複数帯域での観測輝度と地表温度の重回帰式により推定
- 準解析推定法(ASTER, SGLI): 複数帯域での衛星観測値を大気プロファイルを用いて大気補正し、観測値と地表温度、放射率の間の統計的な関係式を加えて、求解可能な連立方程式を作り、それを解いて地表温度、放射率を同時推定する。

準解析型地表温度推定アルゴリズム

大気補正モデルを用いた大気補正 T_s, F
未知数 τ, L_g, F

$$L_s = \tau(L_g + L_p) + (1 - \tau) \frac{F_0}{4}$$

$$L_g = \epsilon \sigma T_s^4 + (1 - \epsilon) \sigma T_a^4$$

$$L_p = \epsilon \sigma T_s^4 + (1 - \epsilon) \sigma T_a^4 + \epsilon \sigma T_s^4 - \epsilon \sigma T_a^4$$

$$L_s = \tau(\epsilon \sigma T_s^4 + (1 - \epsilon) \sigma T_a^4) + (1 - \tau) \frac{F_0}{4}$$

※この式を Split window (重回帰式、地表温度、放射率の統計的な関係式)

$$T_s = \frac{1}{\epsilon} \left(\frac{L_s - (1 - \tau) \frac{F_0}{4}}{\tau} - \sigma T_a^4 \right)^{1/4}$$

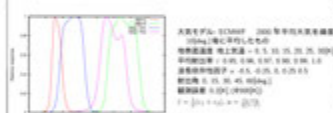
ABIへの適用

- 利用帯域(chs. 13, 15)
- 簡易放射伝達方程式の確立
- Split window 係数決定

簡易放射伝達方程式
計算時間短縮のため、可降水量(u)、地表気温(T_s)、観測天頂角(θ)から透過率、パスラジアン、下向き放射照度を計算する簡易放射伝達方程式を開発した。

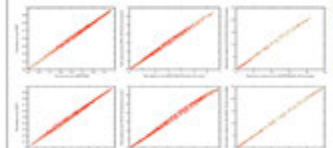
総光学的厚さ $\xi = a + u^b + c$
 総透過率 $\tau(\theta) = \exp[-\xi / \cos(\theta)]$
 パスラジアン $L_p(\theta) = A + x^2 + B + x$
 $x = [1 - \tau(\theta)] B(T_a)$
 下向き放射照度 $F = \alpha x^2 + \beta x$
 $x = [1 - \tau(\theta)] B(T_a)$

下記の大気観測条件でMODTRAN3.7により、透過率、パスラジアン、下向き放射照度を計算し、回帰係数を決定



L: Relative response, R: Simulation condition

透過率、パスラジアン、下向き放射照度比較

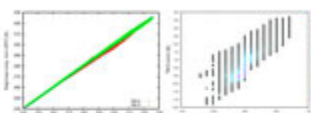


Comparison of transmittance(L), pathradiance(M) and downward irradiance(R) of ABI(chs. 13(T) and 15(B))

FY2020 改良点: Split window 係数決定
高温、高射出角の取り込み
→ 数値シミュレーション条件に、射出角 75°、地表温度=地表気温 40°を追加

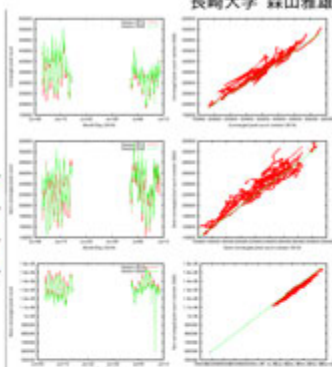
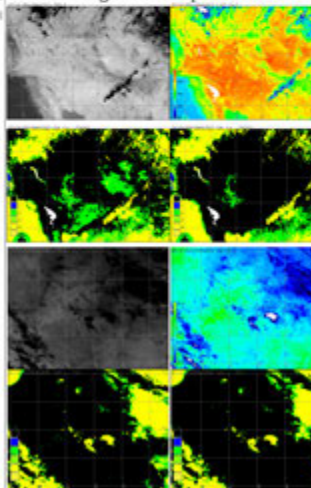
簡易放射伝達方程式の誤差

ch. 13: Bias: 0.11[K], RMS: 0.399[K]
ch. 15: Bias: 0.35[K], 0.777[K]



Left: Brightness temperature comparison, Right: Error histogram

収束率比較
2019/06/10 - 17, 07/04 - 10 GOES-R CONUS brightness temperature.



まとめと今後

- ABI向け準解析型 LST 推定アルゴリズムの改良として、射出角、地表温度の範囲を広げて、新しい Split window 係数を定義した。
- 高温域での収束性が向上した。
- ひまわり 8 号 AHI 向けアルゴリズムの実装中であり、より多岐に渡る静止気象衛星への展開も予定している。
- 雲検知アルゴリズム実装が急務