

次世代静止気象衛星からの地表面温度推定アルゴリズム開発

長崎大学 森山雅雄

目的
ひまわり8号AHIからの地表面温度推定アルゴリズム開発

熱赤外放射の内訳

$$I = \tau(\theta)I_s + \epsilon_s B(T_s) + (1 - \tau(\theta)) \frac{F_d}{\pi}$$

- I : 衛星観測輝度
- $\tau(\theta)$: 透過率
- I_s : 地表温度
- ϵ_s : 地表放射率(帯域毎)
- F_d : 地表での下向き放射照度
- $\tau(\theta)$, I_s , F_d : 大気プロファイルから計算可能(大気補正)
- T_s : 未知数(帯域数×1)

※決定問題(そのままで解が得られない)

地表面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温度と地表面温度の重回帰式により推定
- 準解析推定法(ASTER, SGLD): 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、観測値と地表面温度、射出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、それを解いて地表面温度、射出率を同時推定する。

SGLI 地表面温度推定アルゴリズム

観測輝度温度 T_{obs} と地表面温度 T_s の関係式

$$I_s = \tau(\theta) \epsilon_s B(T_s) + (1 - \tau(\theta)) \frac{F_d}{\pi}$$

$$T_{obs} = \tau(\theta) T_s + (1 - \tau(\theta)) T_{atm}$$

総透過率 $\tau(\theta) = \exp[-\sum \kappa(\theta) \cos(\theta)]$

バスラジアンズ $I_{0,0}(\theta) = A * x^2 + B * x$, $x = [1 - \tau(\theta)] / B(T_0)$

下向き放射照度 $F_d = \alpha x^2 + \beta x$, $x = [1 - \tau(\theta)] / B(T_0)$

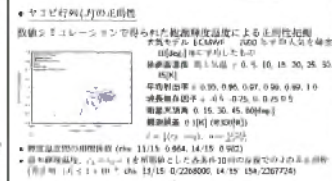
上記大気/観測条件で MODTRAN3.7 により透過率、バスラジアンズ、下向き放射照度を計算し、回帰係数を決定

準解析推定法を選択した理由

1. 射出率事前設定の困難さ
2. 品質情報としての残差の活用

AHIへの摘要: 帯域選択

透過率の高い chs. 13, 14, 15 から、2帯域選択(観測誤差の混入を極力防止するため)



chs. 13, 15 を選択

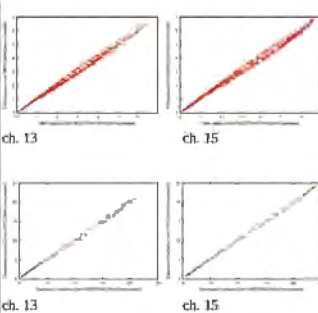
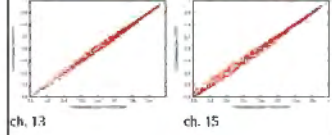
実装: 簡易放射伝達方程式
計算時間短縮のため、可降水量(w)、地表気温(T_s)、観測天頂角(θ)から透過率、バスラジアンズ、下向き放射照度を計算する簡易放射伝達方程式を開発した。

総透過率 $\tau(\theta) = \exp[-\sum \kappa(\theta) \cos(\theta)]$

バスラジアンズ $I_{0,0}(\theta) = A * x^2 + B * x$, $x = [1 - \tau(\theta)] / B(T_0)$

下向き放射照度 $F_d = \alpha x^2 + \beta x$, $x = [1 - \tau(\theta)] / B(T_0)$

上記大気/観測条件で MODTRAN3.7 により透過率、バスラジアンズ、下向き放射照度を計算し、回帰係数を決定

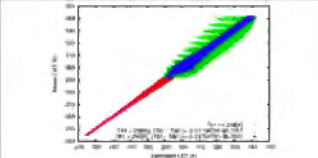


輝度温度比較

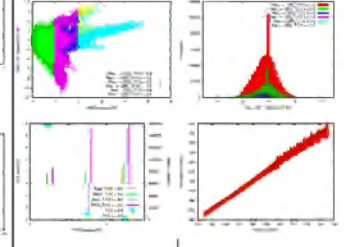
ch.	Bias [K]	RMS [K]
13	-0.082	0.373
15	-0.104	0.664

Split window 係数決定 3種の係数セット

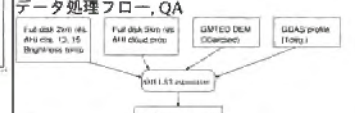
Case	Condition	RMSE [K]
0	$T_{13} \leq 290 [K]$	0.630
1	$T_{13} > 290 [K]$ $(T_{13} - T_{15}) \leq 0.3170 T_{13} - 88.79$	1.056
2	$T_{13} > 290 [K]$ $(T_{13} - T_{15}) > 0.3170 T_{13} - 88.79$	2.057



数値シミュレーションによる推定誤差把握



連立方程式の RMS 残差と ch. 13 の透過率が推定精度に関連がある → QA 情報として利用



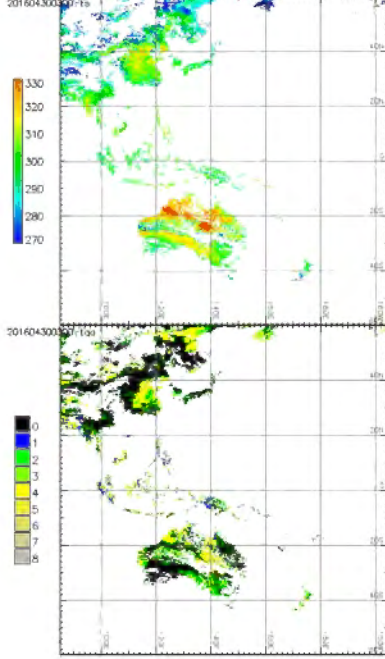
Bit	condition	Bit	condition
0	$T_{13} \leq 41.6$	4	Cloudy
1	$1 < Res. \leq 2 [K]$	5	T_s is out of range
2	$Res. > 2 [K]$	6	Non land
3	Probably clear	7	Non data

(誤フラグを実物理値で代替しているが日観時のみ作成)

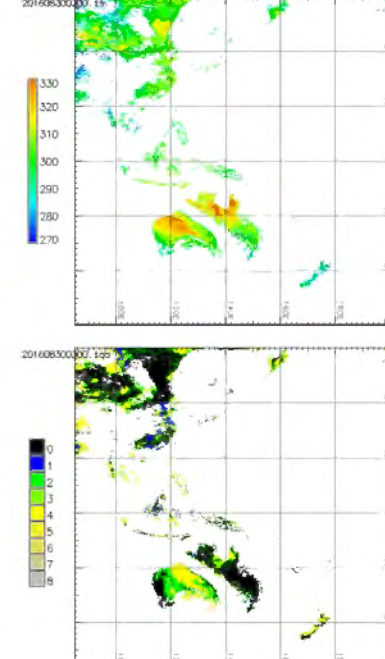
まとめと今後

- AHI 向け LST 推定アルゴリズムとして、準解析推定法を実装した。
- 数値シミュレーションから、ch. 13 の透過率が 0.6 以上であれば推定誤差が 3 [K] 未満となることが示された。
- 雲検知アルゴリズム実装、他衛星(GOES, METEOSAT)への展開を予定している。

データ処理例(2016043003Z)



データ処理例(20160830 03Z)



データ処理例(20161230 03Z)

