

1

---

## ひまわり8号を用いた 二方向性反射特性の解析

松岡真如<sup>1</sup>・赤塚 慎<sup>2</sup>・本田理恵<sup>1</sup>・高木方隆<sup>2</sup>

1: 高知大学・教育研究部  
2: 高知工科大学・システム工学群

---

第19回 環境リモートセンシングシンポジウム 2017年2月16日 (千葉大学けやき会館)



2

---

## 背景と目的

**背景:**

- ▷ ひまわり8号AHI → 気象のみならず、陸の解析にも利用可能
- ▷ 二方向性反射特性
  - 地表面に関する基礎情報の一つ
  - BRDFモデルを用いて解析 (アルベド、植物生産量などの推定に利用)
- ▷ ひまわり8号 → 極軌道衛星とは異なる観測幾何


**目的:**

ひまわり8号AHIの二方向性反射特性をBRDFモデルにより解析

- ① どのカーネルが良いか?
- ② 反射率か、太陽光反射率か?

---

第19回 環境リモートセンシングシンポジウム 2017年2月16日 (千葉大学けやき会館)



3

---

## 使用データ：日本域データ

**AHIの観測範囲:**

- ・フルディスク
- ・日本域
- ・機動観測域
- ・ランドマーク域

**使用バンド:**

- ・3: 赤 (500m)
- ・4: 近赤外 (1km)

解析は500mで実施


**観測日:**

- ・2016年8月12日
- ・2016年8月13日

**観測時間:**


- ・8時台から16時台
- ・8時間分
- ・2.5分間隔
- ・192シーン/8時間

R:G:B = Band 3:4:1




---

第19回 環境リモートセンシングシンポジウム 2017年2月16日 (千葉大学けやき会館)

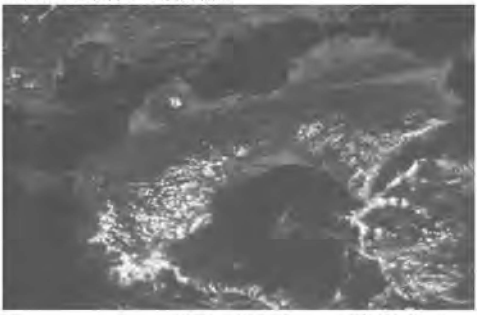


4

---

## 幾何補正

- ・走査ごとにGCPを取得して幾何補正




補正後 (動画) 2016年8月12日

詳細: 松岡ら, ひまわり8号「日本域」データの幾何精度向上の一手法, 写真測量とリモートセンシング, 54(6), 280-289, 2015.

---

第19回 環境リモートセンシングシンポジウム 2017年2月16日 (千葉大学けやき会館)

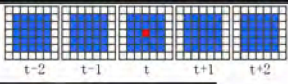
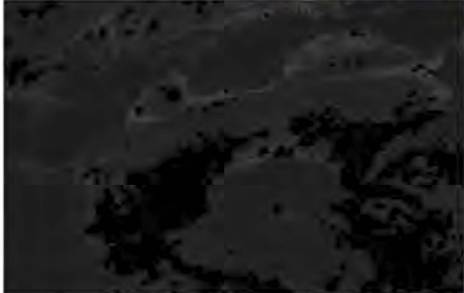


5

---

## 雲判別


- ・赤の反射率が0.16を超えたら雲
- ・周囲2画素もマスク (時間的&空間的)
- ・改良の余地あり

マスク後 (動画) 2016年8月12日

---

第19回 環境リモートセンシングシンポジウム 2017年2月16日 (千葉大学けやき会館)



6

---

## BRDFモデル


### カーネル型BRDFモデル

$$\rho(\theta_s, \theta_v, \phi, \lambda) = f_{iso} + f_{vol}k_{vol} + f_{geo}k_{geo}$$

- ・反射率 $\rho$ を  $k_{vol}$ ,  $k_{geo}$  の線形和で表現、回帰係数が3つ
- ・ $k_{vol}$ ,  $k_{geo}$  は観測角度 (太陽天頂角, 衛星天頂角, 相対方位角) から計算
- ・多数の反射率、観測角度のセットから重回帰で求められる
- ・MODISのプロダクトで使用されている
- ・利点
  - 地表面の情報が不要
  - 回帰係数から地表面の情報が得られる可能性

---

第19回 環境リモートセンシングシンポジウム 2017年2月16日 (千葉大学けやき会館)



## BRDFモデル

Volume kernel:  $k_{vol}$       Geometric kernel:  $k_{geo}$

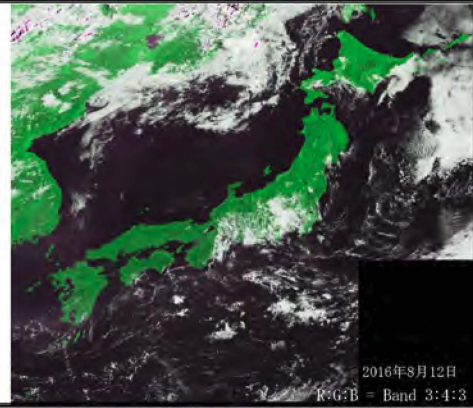
• Ross-Thin (RTN)      • Li-Sparse-R (LSR)  
 $k_{vol} = \frac{(\pi/2 - \xi) \cos \xi + \sin \xi}{\cos \theta_s \cos \theta_v} \frac{\pi}{2}$        $k_{geo} = 0 - \sec \theta'_s - \sec \theta'_v + \frac{1}{2}(1 + \cos \xi) \sec \theta'_s \sec \theta'_v$   
 $\cos \xi = \cos \theta_s \cos \theta_v + \sin \theta_s \sin \theta_v \cos \phi$

• Ross-Thick (RTK)      • Li-Dense (LDN)  
 $k_{vol} = \frac{(\pi/2 - \xi) \cos \xi + \sin \xi}{\cos \theta_s + \cos \theta_v} \frac{\pi}{4}$        $k_{geo} = \frac{(1 + \cos \xi) \sec \theta'_s}{\sec \theta'_s + \sec \theta'_v} - 2$   
 $O = \frac{1}{\pi}(1 - \sin t \cos t)(\sec \theta'_s + \sec \theta'_v)$   
 $\cos t = \frac{h\sqrt{D^2 + (\tan \theta_s \tan \theta_v \sin \phi)^2}}{b \sec \theta'_s + \sec \theta'_v}$   
 $\cos \xi' = \cos \theta'_s \cos \theta'_v + \sin \theta'_s \sin \theta'_v \cos \phi$   
 $\theta'_s = \tan^{-1}\left(\frac{b}{h} \tan \theta_s\right)$   
 $\theta'_v = \tan^{-1}\left(\frac{b}{h} \tan \theta_v\right)$

2×2で4とおりのカーネルセット  
 目的①: どのカーネルが良いか?

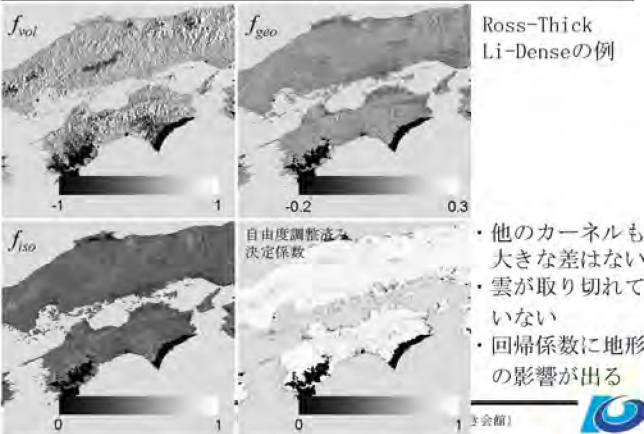
第19回 環境リモートセンシングシンポジウム 2017年2月16日 (千葉大学けやき会館)

## データ



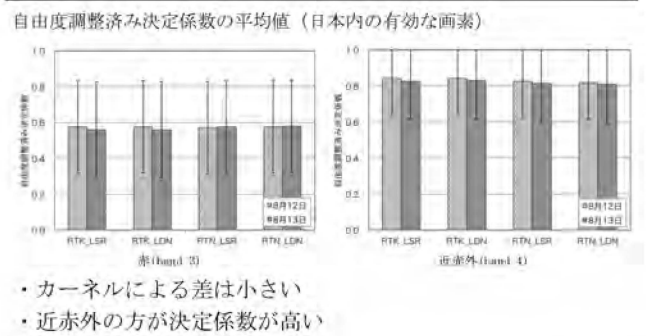
第19回 環境リモートセンシングシンポジウム 2017年2月16日 (千葉大学けやき会館)

## 結果: 回帰係数と決定係数



第19回 環境リモートセンシングシンポジウム 2017年2月16日 (千葉大学けやき会館)

## 結果: ①どのカーネルが良いか?



第19回 環境リモートセンシングシンポジウム 2017年2月16日 (千葉大学けやき会館)

## 結果: ②反射率か、太陽光反射率か?

上の結果は、大気上端での (=大気補正をしていない) 反射率

$$\rho_\lambda = \frac{\pi d_s^2}{E_\lambda \cos \theta_s} L_\lambda$$

$L_\lambda$ : センサが観測した分光放射輝度 ( $W \cdot m^{-2} \cdot \mu m^{-1} \cdot sr^{-1}$ )  
 $\rho_\lambda$ : 分光反射率 (無次元)  
 $d_s$ : 太陽と地球との距離 (天文単位)  
 $E_\lambda$ : 大気上層での分光太陽照度 ( $W \cdot m^{-2} \cdot \mu m^{-1}$ )  
 $\theta_s$ : 太陽天頂角 (ラジアン)

AHIでは太陽光反射率というのを計算できる\*

$$A = c' I$$

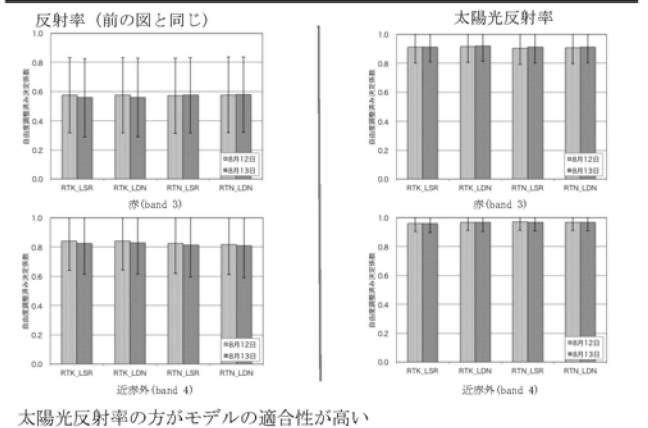
$I$ : センサが観測した分光放射輝度 (上の $L_\lambda$ と同じ)  
 $c'$ : 補正係数

• 両者の大きな違いは、太陽天頂角で割っているかどうか  
 • どちらがモデルに合うか比較する

\* 気象庁、ひまわり8・9号 ひまわり標準データ利用の手引き ([http://www.data.jma.go.jp/wws/obs/himawari89/standard/hnd\\_sample/RS\\_D\\_users\\_guide\\_jp\\_v11.pdf](http://www.data.jma.go.jp/wws/obs/himawari89/standard/hnd_sample/RS_D_users_guide_jp_v11.pdf))

第19回 環境リモートセンシングシンポジウム 2017年2月16日 (千葉大学けやき会館)

## 結果: ②反射率か、太陽光反射率か?

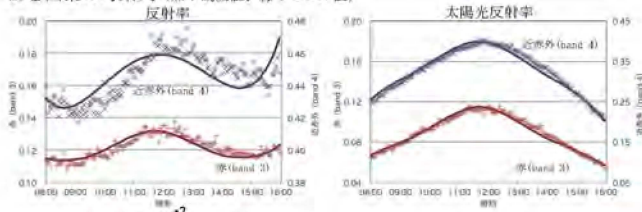


第19回 環境リモートセンシングシンポジウム 2017年2月16日 (千葉大学けやき会館)

## 結果：②反射率か、太陽光反射率か？

13

ある画素の時系列 (点：観測値、線：モデル値)



$$\rho_{\lambda} = \frac{\pi d_s^2}{E_{\lambda} \cos \theta_s} L_{\lambda}$$

$$A = c' l$$

- ・ 反射率：太陽高度が低い朝夕で反射率が上昇 (モデルの適合性が下がる)
- ・ 太陽光反射率：適合性が良い  
→ 分光放射輝度の方が適合性が良い
- ・ 大気補正をすれば別かも

第19回 環境リモートセンシングシンポジウム 2017年2月16日 (千葉大学けやき会館)



## まとめ

14

ひまわり8号AHIの二方向性反射特性をカーネル型の

BRDFモデルを用いて解析

- ①どのカーネルが良いか？  
カーネルによる違いは見られず
- ②反射率か、太陽光反射率か？  
大気補正していない反射率よりは、太陽光反射率が良い  
→ 分光放射輝度でモデル化してから反射率を求める(?)

今後の課題：

- ・ 他の季節のデータを用いた評価
- ・ 雲判別の高精度化
- ・ 大気補正 (を誰かしてくれないか...)

謝辞：本研究の一部は千葉大学環境リモートセンシング研究センター共同利用研究として実施されました。

第19回 環境リモートセンシングシンポジウム 2017年2月16日 (千葉大学けやき会館)

