

# 気象衛星ひまわりの品質評価に おける衛星シミュレータの利用

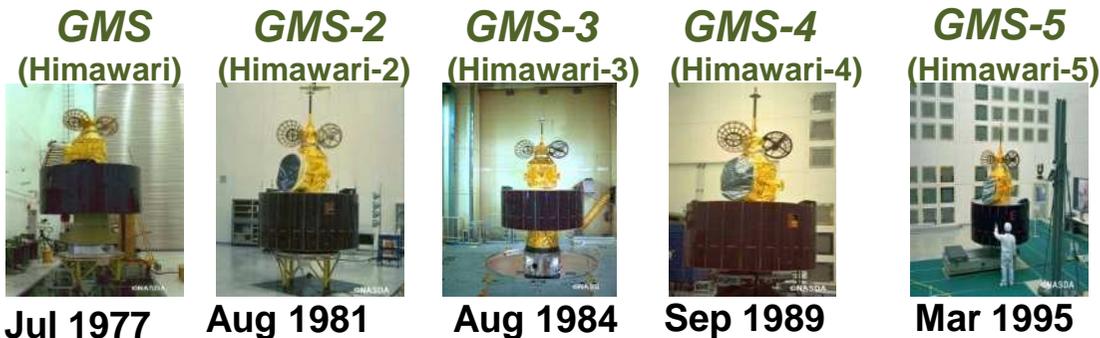
気象庁 気象衛星センター  
村田英彦

# はじめに

- 衛星データの定量的な利用には、十分な品質評価が必要。
- さまざまな参照データと比較して、品質特性を把握する。
- 衛星シミュレータは、直接的、または間接的に利用できる。
- 気象衛星ひまわりの品質評価を例に
  - ひまわり8号の初期評価等

# 日本の静止気象衛星「ひまわり」の歴史

## GMS (Geostational Meteorological Satellite)



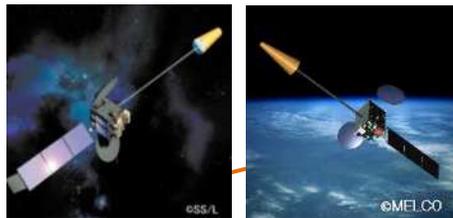
One of the tri-Ranging Station for GMS was operated by Australian Bureau of Meteorology

## (GOES-9)

Back-up operation of GMS-5 with GOES-9 by NOAA/NESDIS May 2003 - June 2005

## MTSAT (Multi-functional Transport SATellite)

**MTSAT-1R** (Himawari-6)  
**MTSAT-2** (Himawari-7)

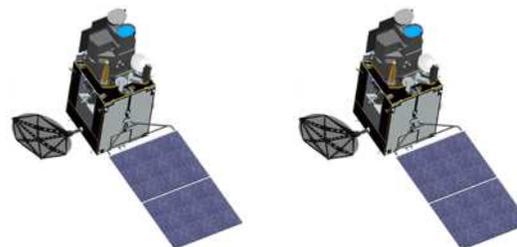


Feb 2005      Feb 2006

**Himawari-8**  
**Himawari-9**

2014

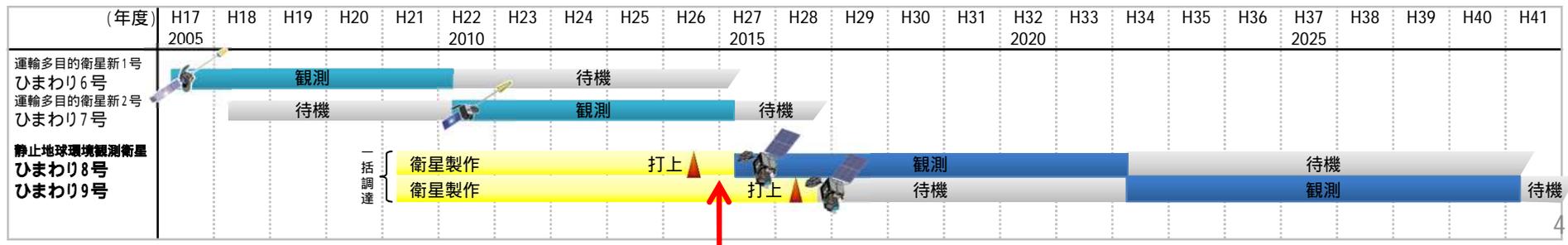
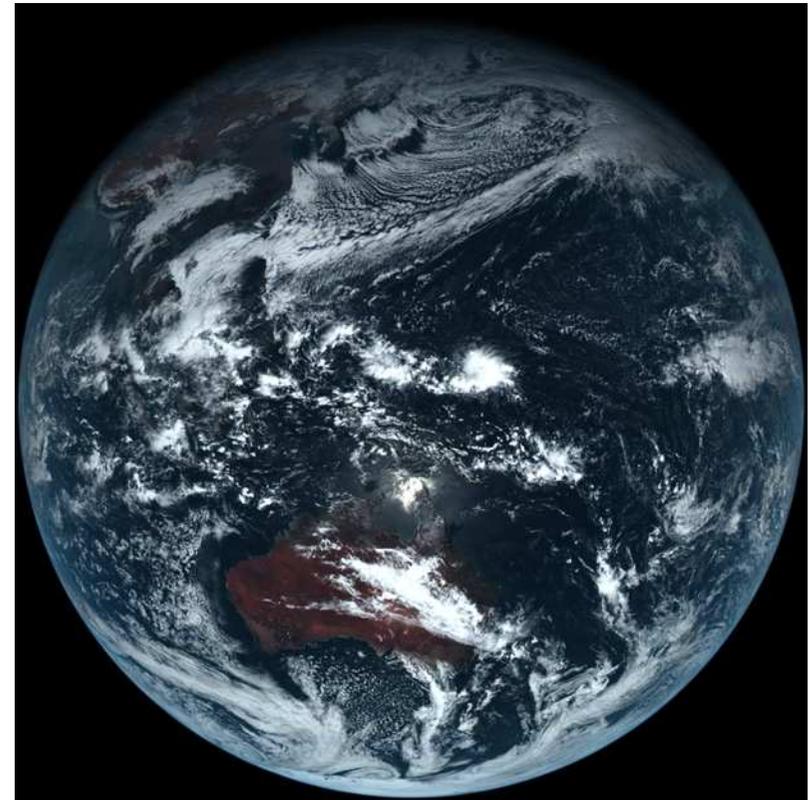
2016



Satellite	Observation period
GMS	1977 – 1981
GMS-2	1981 – 1984
GMS-3	1984 – 1989
GMS-4	1989 – 1995
GMS-5	1995 – 2003
GOES-9	2003 – 2005
MTSAT-1R	2005 – 2010
MTSAT-2	2010 –
Himawari-8	Launch in 2014
Himawari-9	Launch in 2016

# ひまわり8号 経過と予定

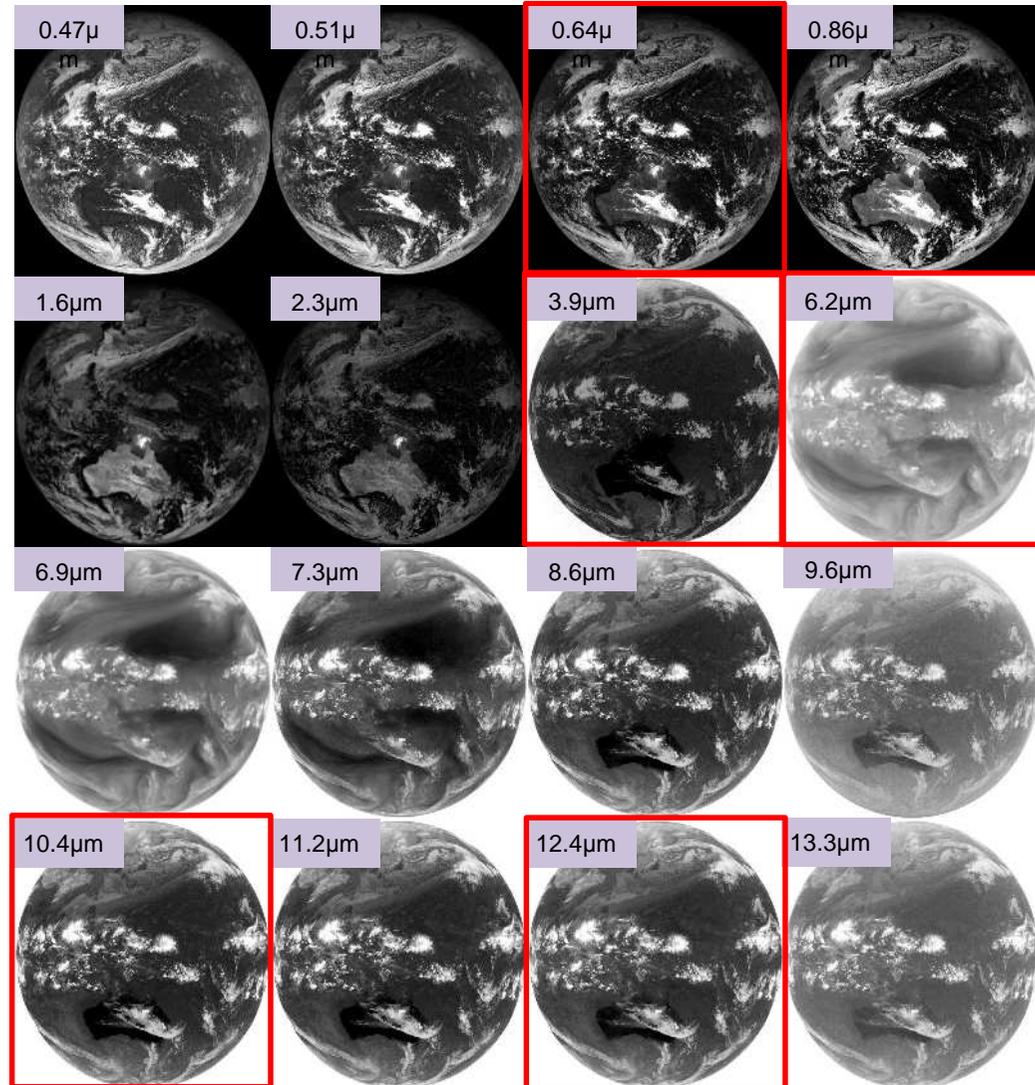
- 2014年
  - 10/07 : 打ち上げ
  - 10/16 : 東経140.7度に静止化
  - 12/18 : 初画像公開
- 2015年
  - 3月末 : 軌道上試験の終了
  - 夏頃 : 運用開始



# 可視赤外放射計 Advanced Himawari Imager (AHI)

MTSAT-2相当  
のバンド

バンド	MTSAT-2	ひまわり8号・9号	
	波長帯	波長帯	空間分解能
1		0.47 $\mu\text{m}$	1km
2		0.51 $\mu\text{m}$	1km
3	0.68 $\mu\text{m}$	0.64 $\mu\text{m}$	0.5km
4		0.86 $\mu\text{m}$	1km
5		1.6 $\mu\text{m}$	2km
6		2.3 $\mu\text{m}$	2km
7	3.7 $\mu\text{m}$	3.9 $\mu\text{m}$	2km
8	6.8 $\mu\text{m}$	6.2 $\mu\text{m}$	2km
9		6.9 $\mu\text{m}$	2km
10		7.3 $\mu\text{m}$	2km
11		8.6 $\mu\text{m}$	2km
12		9.6 $\mu\text{m}$	2km
13	10.8 $\mu\text{m}$	10.4 $\mu\text{m}$	2km
14		11.2 $\mu\text{m}$	2km
15	12.0 $\mu\text{m}$	12.4 $\mu\text{m}$	2km
16		13.3 $\mu\text{m}$	2km



# 品質評価の局面

- 衛星打ち上げ後の初期評価
  - 衛星の観測機能を確認
  - 処理アルゴリズム不具合改修
- 運用開始後の系統的誤差
  - 経年劣化、季節変化、日変化、特性変質
  - 補正して使用する目的
  - 気候目的の長期データセット
- 突発的な異常の検出
  - 階調異常、迷光など
  - 異常を報知する目的

# 品質評価手法いろいろ

さまざまなデータ  
と比較する

手法	可視 近赤	赤外	時間 分解能	空間 分布	精度	即時性	備考
他の静止衛星の似たセンサーと 直接比較	可	可					応答関数の違いを考慮する 必要あり。
極軌道衛星の似たセンサーと直 接比較	可	可					応答関数の違いを考慮する 必要あり。場所と時間が限ら れる。
極軌道衛星のハイパースペクトルセン サーで応答関数を再現して比較	?	可					場所と時間が限られる。
統計値で比較(発達した積乱雲)	可	?		×		×	応答関数の違いを考慮する 必要あり。長期トレンド用
数値予報モデルを入力とした シミュレーション画像と比較	可	可					数値予報モデルの誤差を考 慮する必要がある。
他の衛星等でリトリブしたパラ メータを使って作成したシミュレー ションデータと比較	可	?					雲パラメータを極軌道衛星か らリトリブ。場所と時間が限 られる。
月観測	可	?		×		×	月観測データが必要。長期ト レンド用。
太陽光拡散板	可	/		×		×	ひまわり8号に搭載。 常時観測は出来ない。

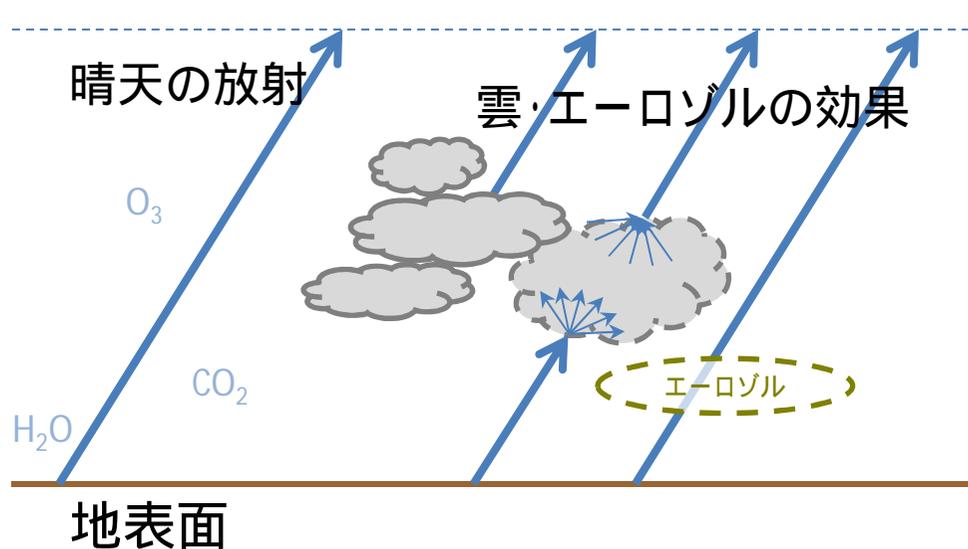
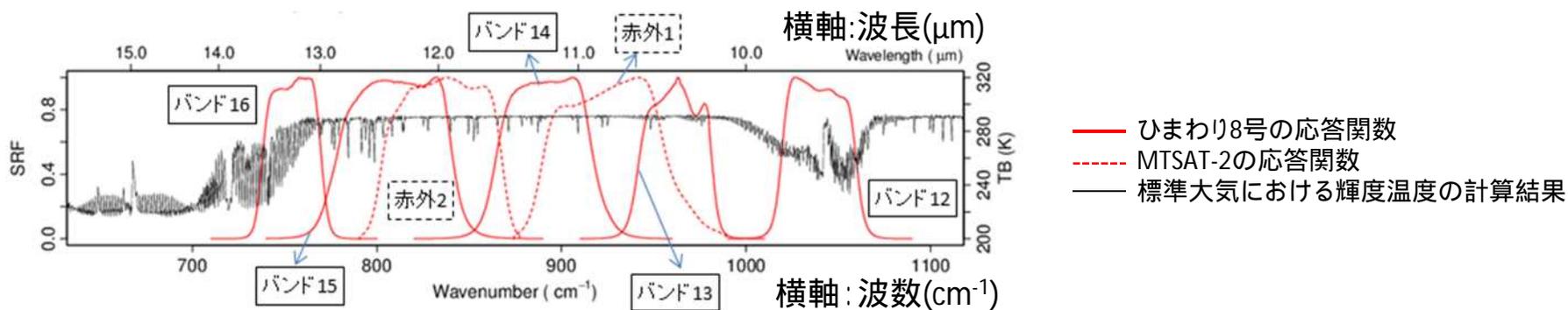
他にも手法はあると思います。

赤字:衛星シミュレータ(放射伝達モデル)の利用場面

# 衛星シミュレータ(放射伝達モデル)

用途:

シミュレーション値(計算値)と観測値を比較する。  
応答関数の違いを考慮する。



入力をどうするか?

- ・数値予報モデル
- ・他の衛星によるプロダクト  
(雲パラメータ等)
- ・気候値
- ・標準大気

# 数値予報モデルを入力としたシミュレーション画像 (RSTAR)

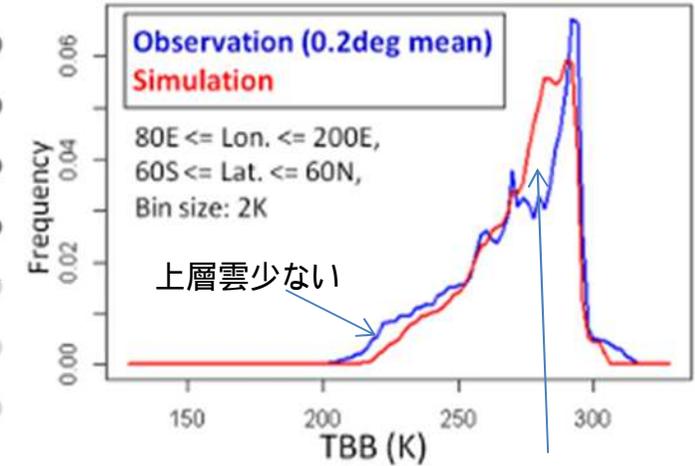
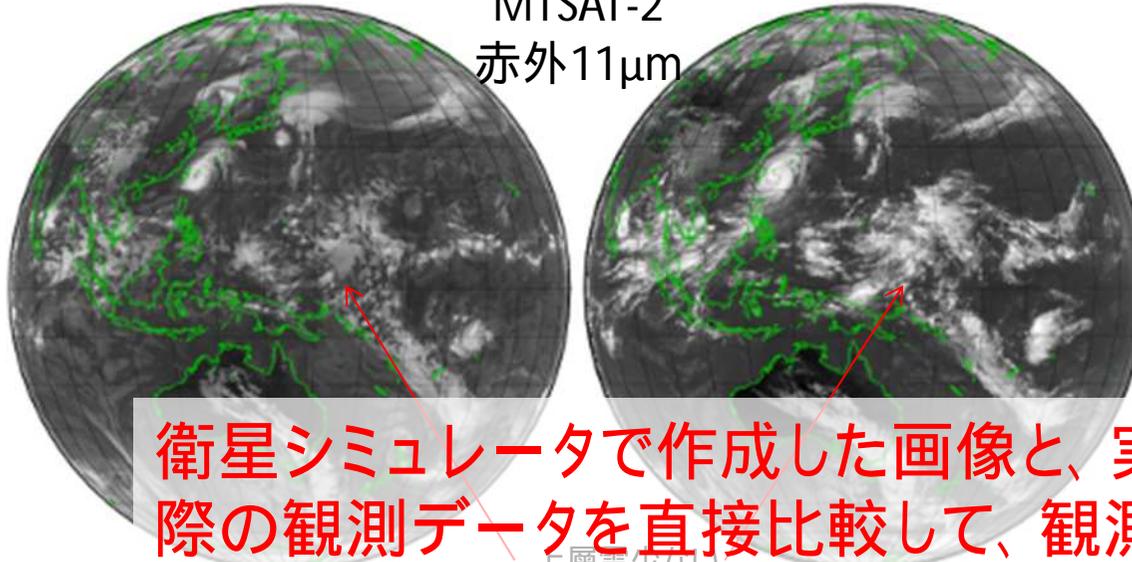
シミュレーション

観測

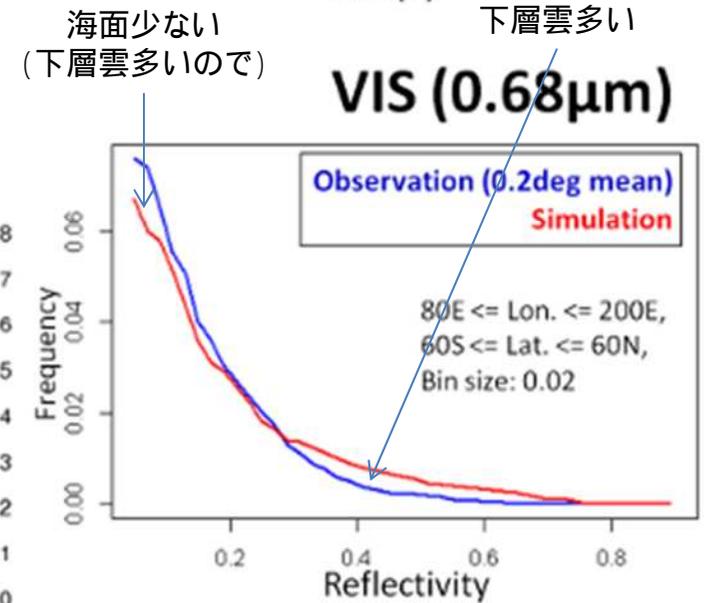
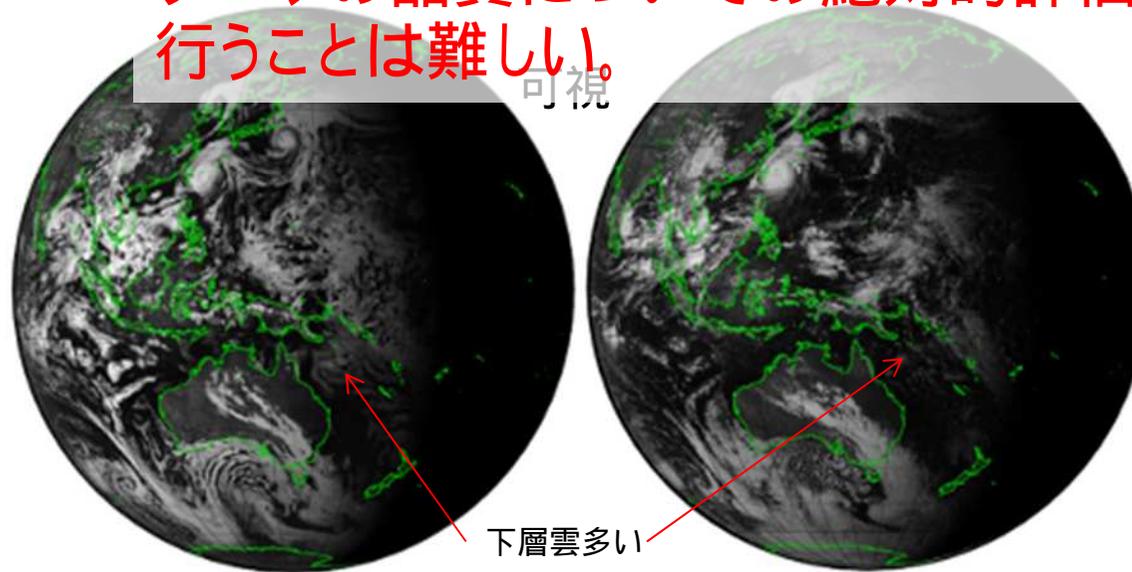
MTSAT-2  
赤外11 $\mu\text{m}$

2012/09/28 06UTC

IR1 (10.8 $\mu\text{m}$ )

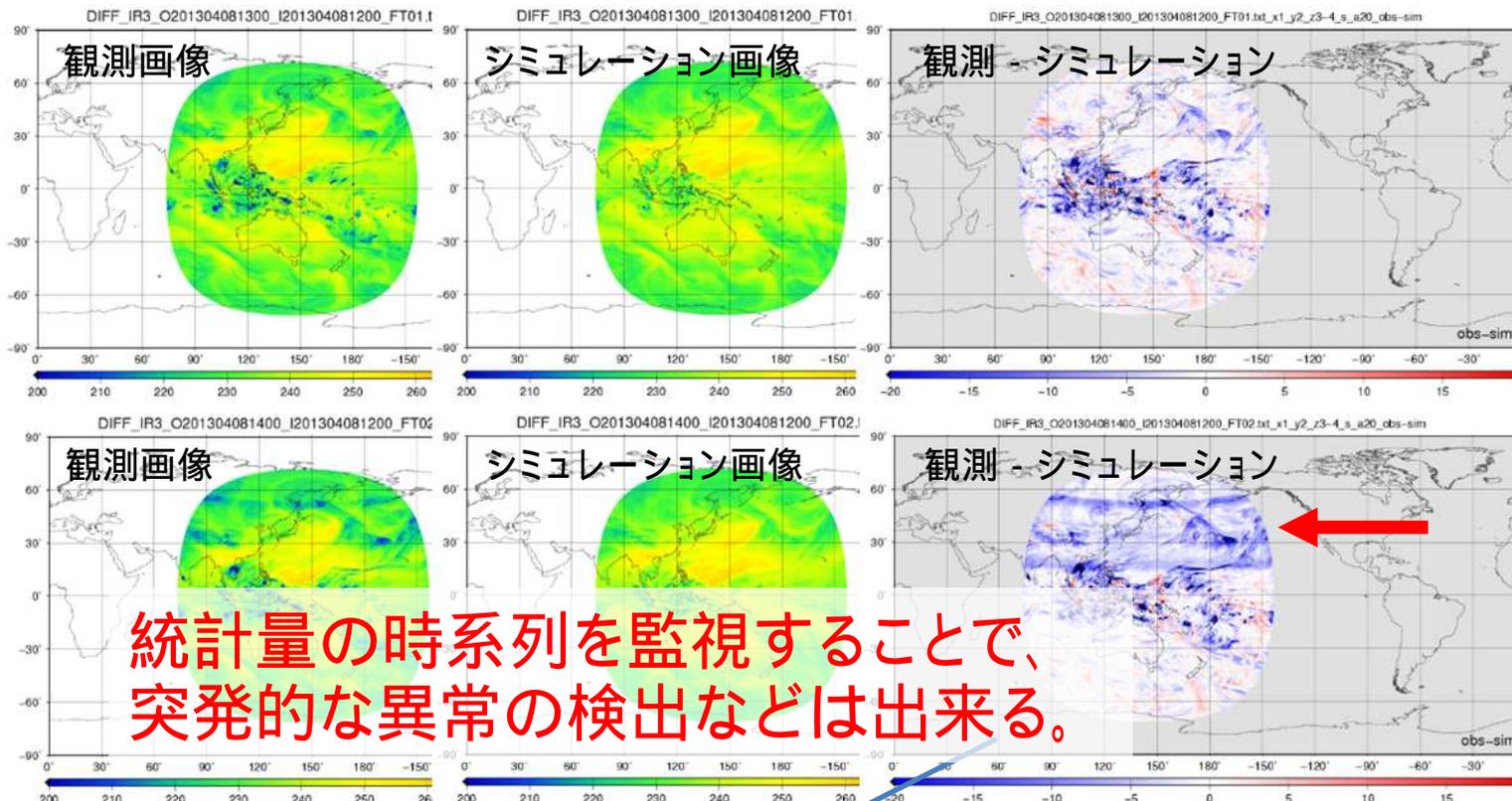


衛星シミュレータで作成した画像と、実際の観測データを直接比較して、観測データの品質についての絶対的評価を行うことは難しい。



# シミュレーション画像を用いた品質モニター (案)

衛星シミュレータには  
RTTOV (v10.2) を使用

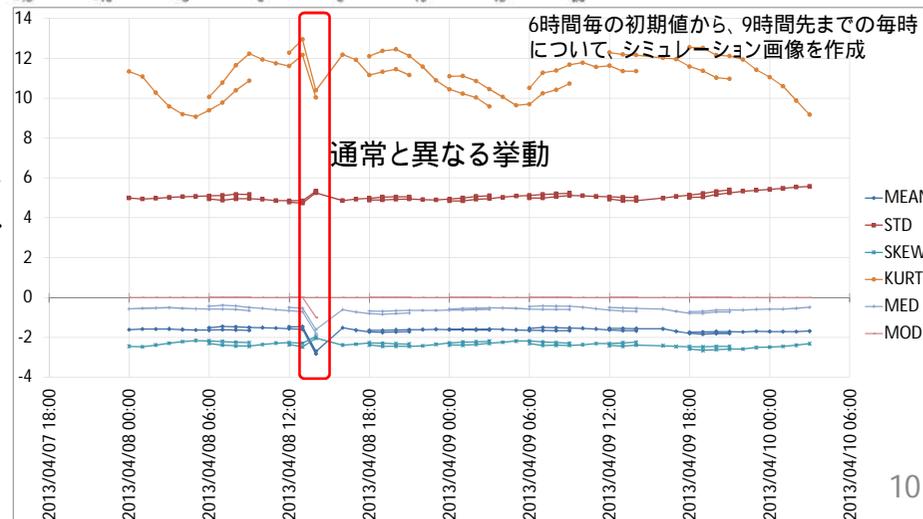
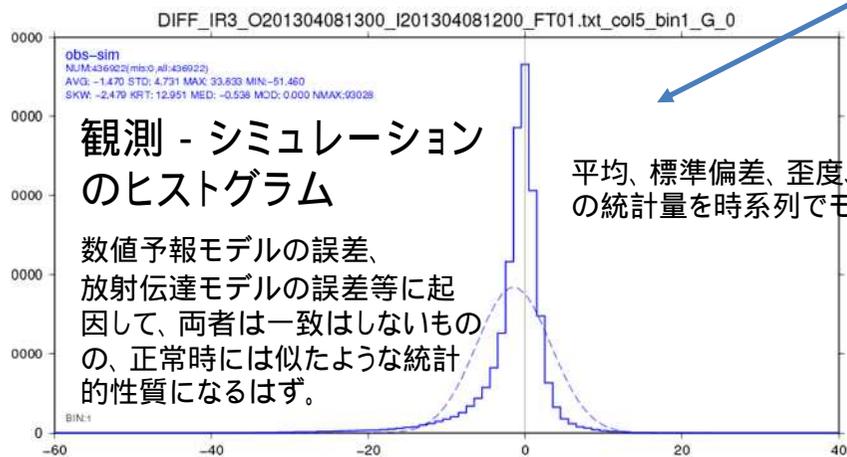


MTSAT-2  
水蒸気チャンネル

2013/04/08 13UTC  
(正常時)

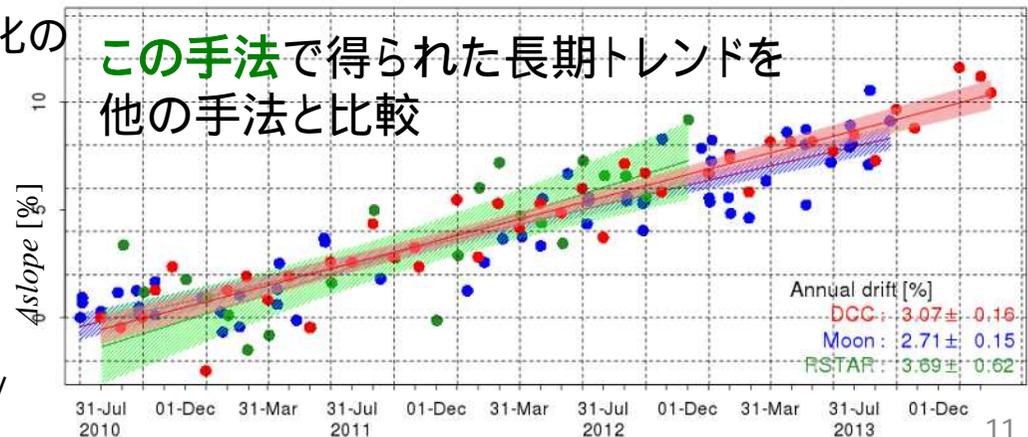
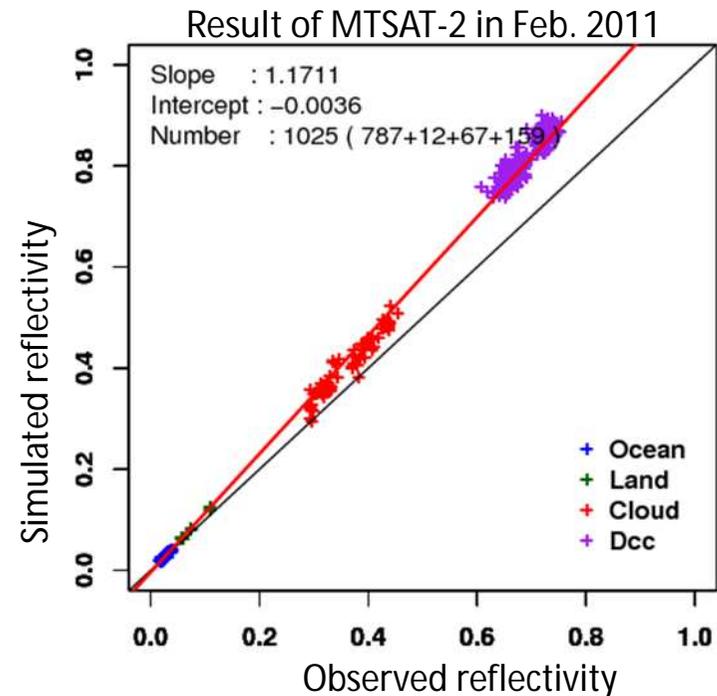
2013/04/08 14UTC  
(異常時)

統計量の時系列を監視することで、  
突発的な異常の検出などは出来る。



# 他の衛星でリトリブしたパラメータを使って作成した シミュレーションデータと比較 (MTSAT-2の可視チャンネルの例)

- 校正テーブルを再作成する目的で、静止衛星観測値を、RSTARによる放射伝達計算を介した計算値で値付けする。
- 可視チャンネルの観測輝度範囲を網羅するため様々な輝度のターゲットを採用
  - ✓ 晴天海面
  - ✓ 晴天陸面 (オーストラリアの砂漠)
  - ✓ 一様な水雲
  - ✓ 発達した対流雲 (Deep Convective Cloud)
- 雲の計算に必要なパラメータは、他の衛星 (Aqua, Terra/MODIS) の観測値からリトリブ
- 誤差を軽減するため、空間的・時間的な変化の小さいエリア (ターゲット) を選択



詳細：  
<http://ds.data.jma.go.jp/mscweb/data/monitoring/gsics/vis/techinfo.html>

# 他の衛星の似たセンサーと直接比較

- 特徴

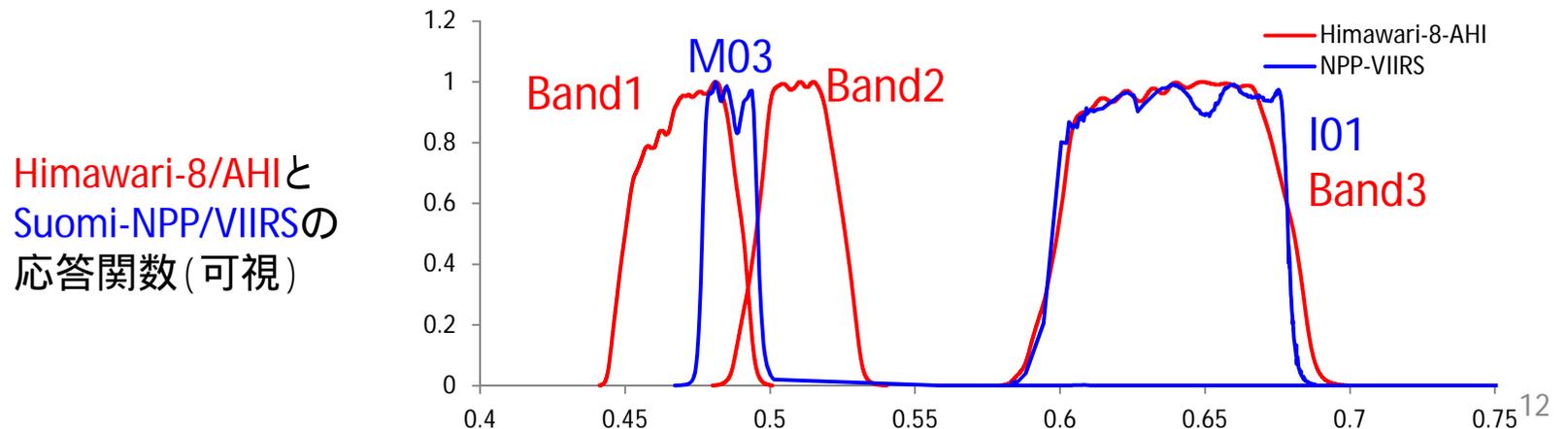
- 他の衛星に搭載された、特性の似たセンサーと観測値を直接比較し、過大/過少などの評価を行う。精度がよく知られたセンサーと比較するとよい。

- 問題点

- 他のセンサーの応答関数は、似ていても異なる。そのため、同じ時刻・同じ場所を同じ条件(衛星天頂角、太陽天頂角等)で観測していても、観測結果は異なる。

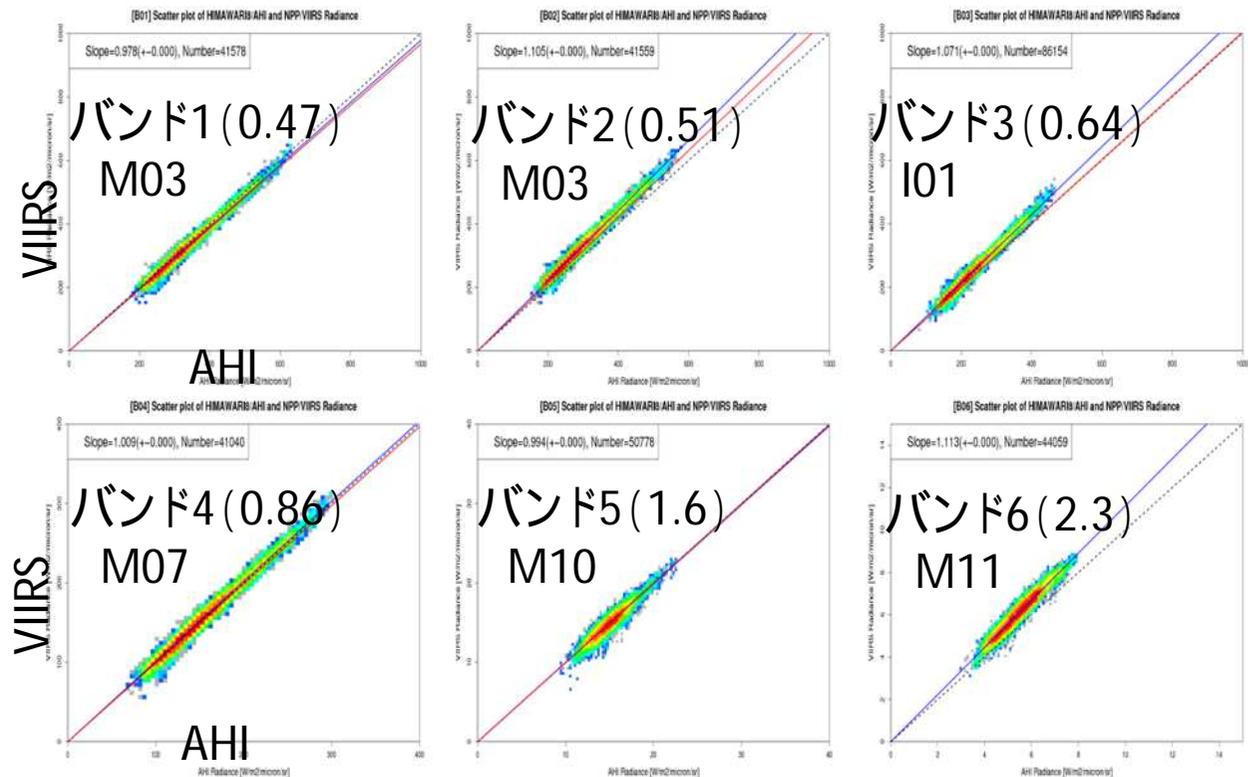
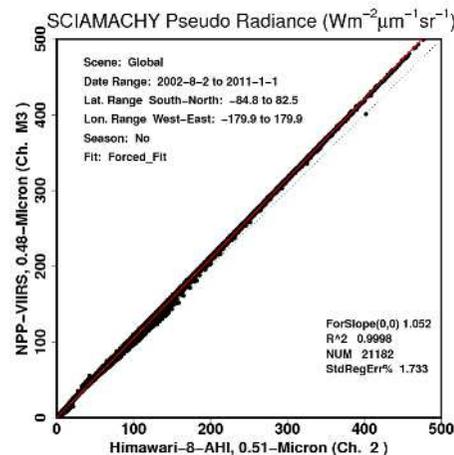
- 解決策

- (1)ハイパースペクトルセンサーから、応答関数を再現した観測データを作成し、どの程度の違いになるのかを把握しておく。
- (2)放射伝達モデルによるシミュレーションで、どの程度の違いになるのかを把握しておく。



# ひまわり8号の可視・近赤外バンドを Suomi-NPP/VIIRSと比較 (2015/02/20)

試験観測中データの仮評価。今後、処理手法変更に伴って特性が変わる可能性がある。



黒: 1対1の直線 (応答関数が違うので、比較した結果、この線に乗るとは限らない。)

赤: 応答関数を考慮した場合の参考値 (期待される関係)

青: 実際のデータによる回帰直線

応答関数の違いによる観測値の違い (バンド2の例)  
(SCIAMACHYのデータを使用したNASAのツール)

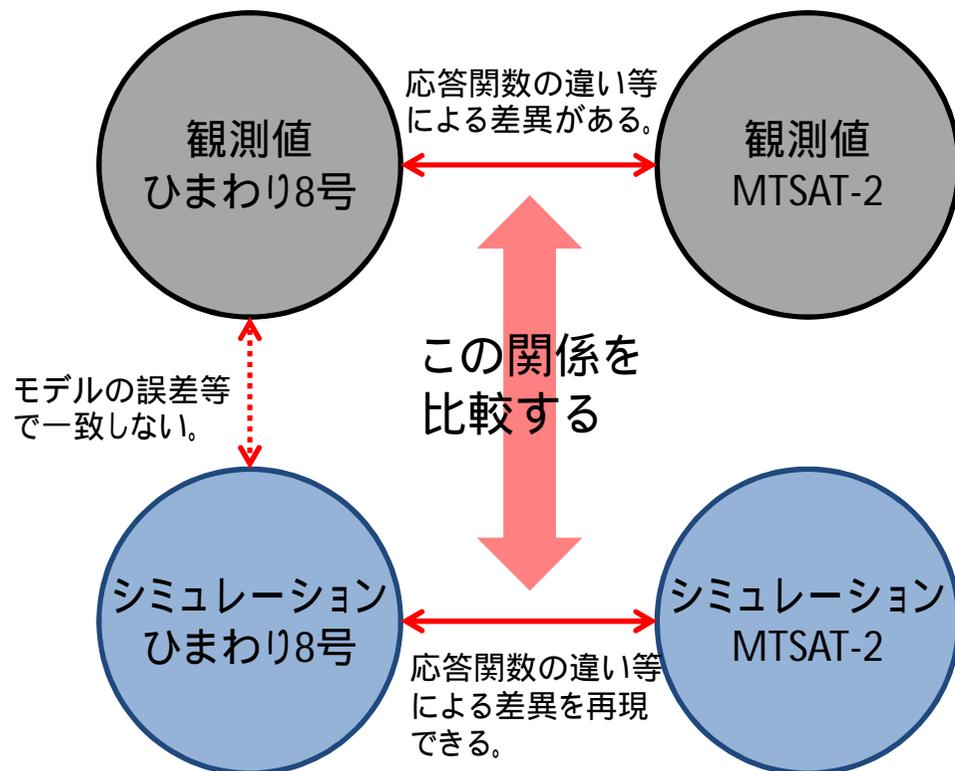
<http://angler.larc.nasa.gov/cgi-bin/site/showdoc?mnemonic=SBAF>

	B01	B02	B03	B04	B05	B06
SCIMACHY	0.966	1.052	1.003	0.991	0.998	---
RSTAR	0.975	1.051	1.002	0.991	1.004	1.000

← 応答関数を考慮した場合、どれくらいの傾きになるはずか、を見積もった結果。  
(1)ハイパースペクトルセンサーで応答関数を再現して見積もる方法と、(2)放射伝達モデルで見積もる方法がある。

# ひまわり8号をMTSAT-2と比較

- 2つのセンサーで応答関数が違うので、同じ観測条件(場所・時間・衛星天頂角等)でも同じ観測値にはならない。
- シミュレーション結果を用いて特性の近いバンドを選んでおく。
- **観測値同士の比較結果と、シミュレーション値同士の結果を比較する。**
- 静止衛星同士の比較は、絶対的な精度はないが、面的な特徴を、即時的に掴むことが出来る。
- (絶対精度は、ハイパースペクトルセンサーで応答関数を再現した方法で確認。)

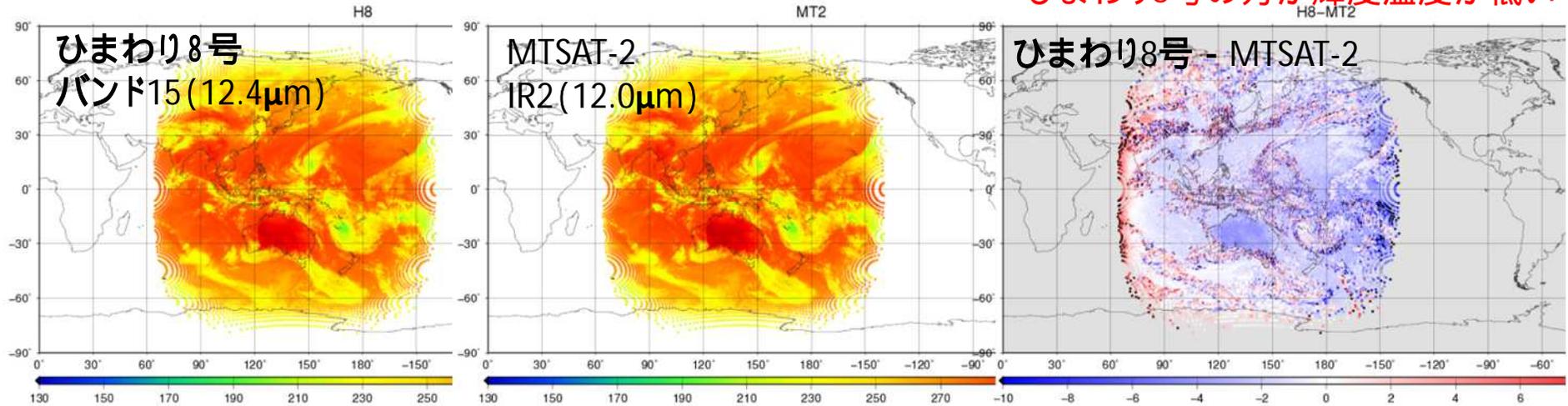


#	Himawari-8 中心波長(μm)	MTSAT-2 中心波長(μm)
1	0.47	
2	0.51	
3	0.64	0.68
4	0.86	
5	1.6	
6	2.3	
7	3.9	3.7
8	6.2	6.8
9	6.9	
10	7.3	
11	8.6	
12	9.6	
13	10.4	10.8
14	11.2	
15	12.4	12.0
16	13.3	

試験観測中データの仮評価。今後、処理手法変更に伴って特性が変わる可能性がある。

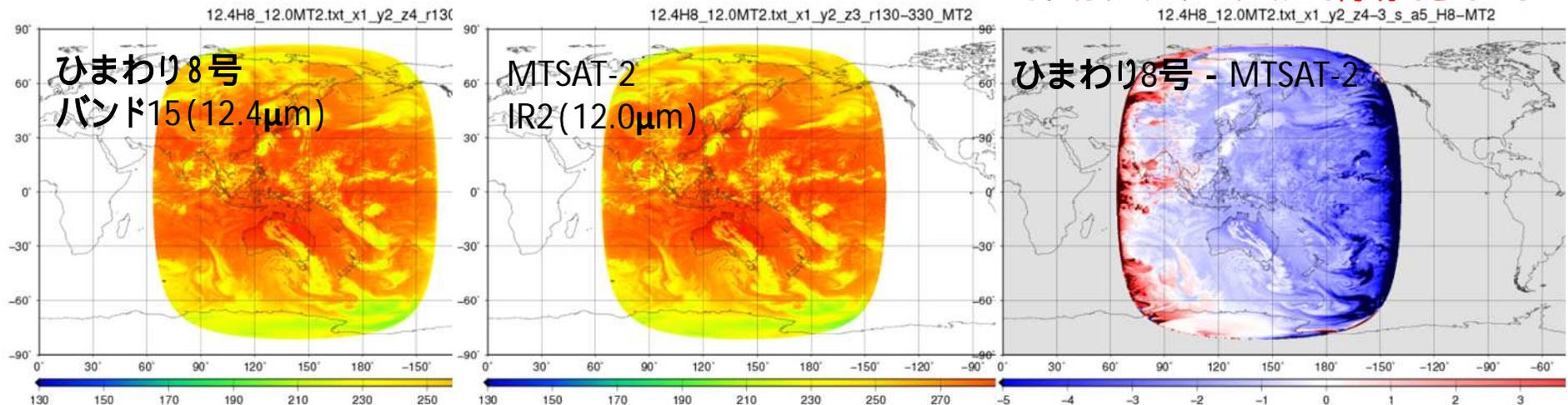
## 観測 2015/03/14 06UTC

ひまわり8号の方が輝度温度が低い



## シミュレーション 2012/09/28 06UTC

それはシミュレーションで再現できている



シミュレーションに使用したデータの日付は同じではない。

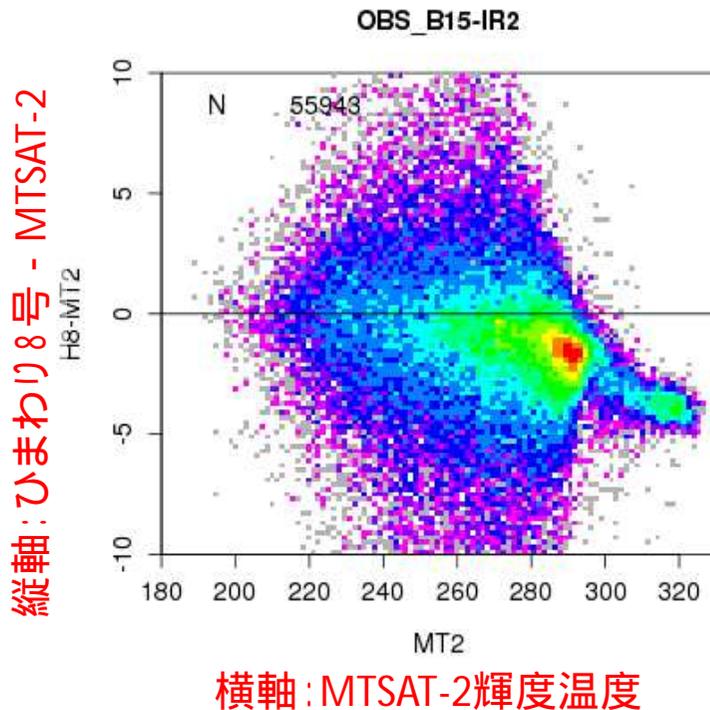
試験観測中データの仮評価。今後、処理手法  
変更に伴って特性が変わる可能性がある。

# 二次元ヒストグラムの比較

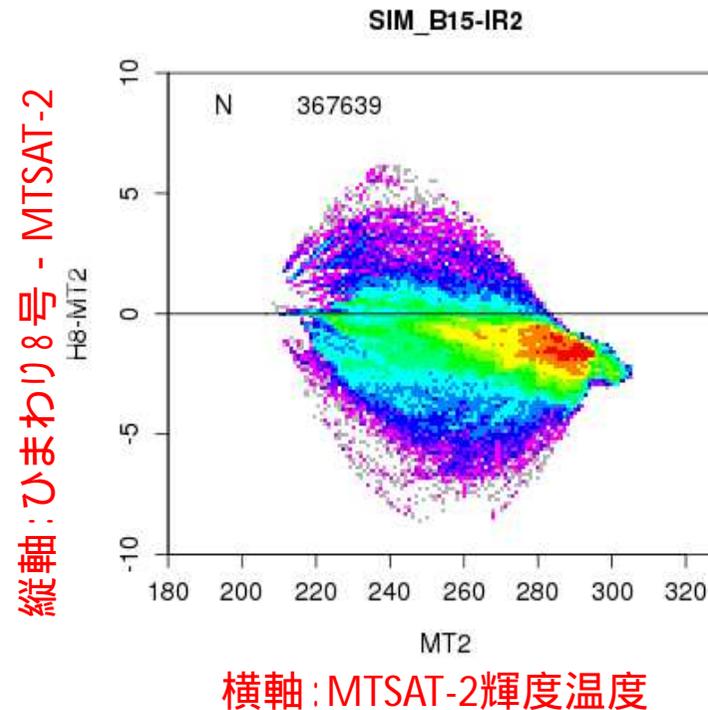
ひまわり8号:バンド15 (12.4 $\mu$ m)  
MTSAT-2:IR2 (12.0 $\mu$ m)

二次元ヒストグラム上の同じような範囲に点が分布。  
→観測結果がシミュレーション結果と調和的

観測  
(2015/03/14 06UTC)



シミュレーション  
(2012/09/28 06UTC)



シミュレーションに使用したデータの日付は同じではない。

# まとめ

- 気象衛星ひまわりの品質評価において、さまざまなデータとの比較を行っている(さらに拡充の予定)。
- 衛星シミュレータは、ひとつのツールとして、直接的、または間接的に利用できる。
- さまざまな手法により、多角的・総合的に評価することで、評価結果の確からしさが増す。