

衛星による大気中微粒子 の観測と放射

中島 孝(東海大学)

平成22年12月20日(月) 放射観測機器の校正に関する専門家会合

リモートセンシングにおける 放射計校正の必要性

- 衛星リモートセンシング

順問題 $y=f(x) \rightarrow$ 逆問題 $x=f^{-1}(y)$

x :推定物理量, y :輝度・輝度温度, f :アルゴリズム

- x の精度を確保するために、 y の精度保証が必要

(1) y の精度保証→衛星センサ(放射計)の校正

- x の検証のために地上測器(もっぱら放射計)が使われる(Skyradiometer, Sunphotometer etc.)。

(2) 検証精度の確保→地上測器(放射計)の校正

きょうの話の流れ

- よく校正された放射計(センサ)を用いて推定した(正しい)物理量をもとに地球の放射収支を見積もる。
- 物理量として雲とエアロゾルをターゲットとする

Ship Tracks

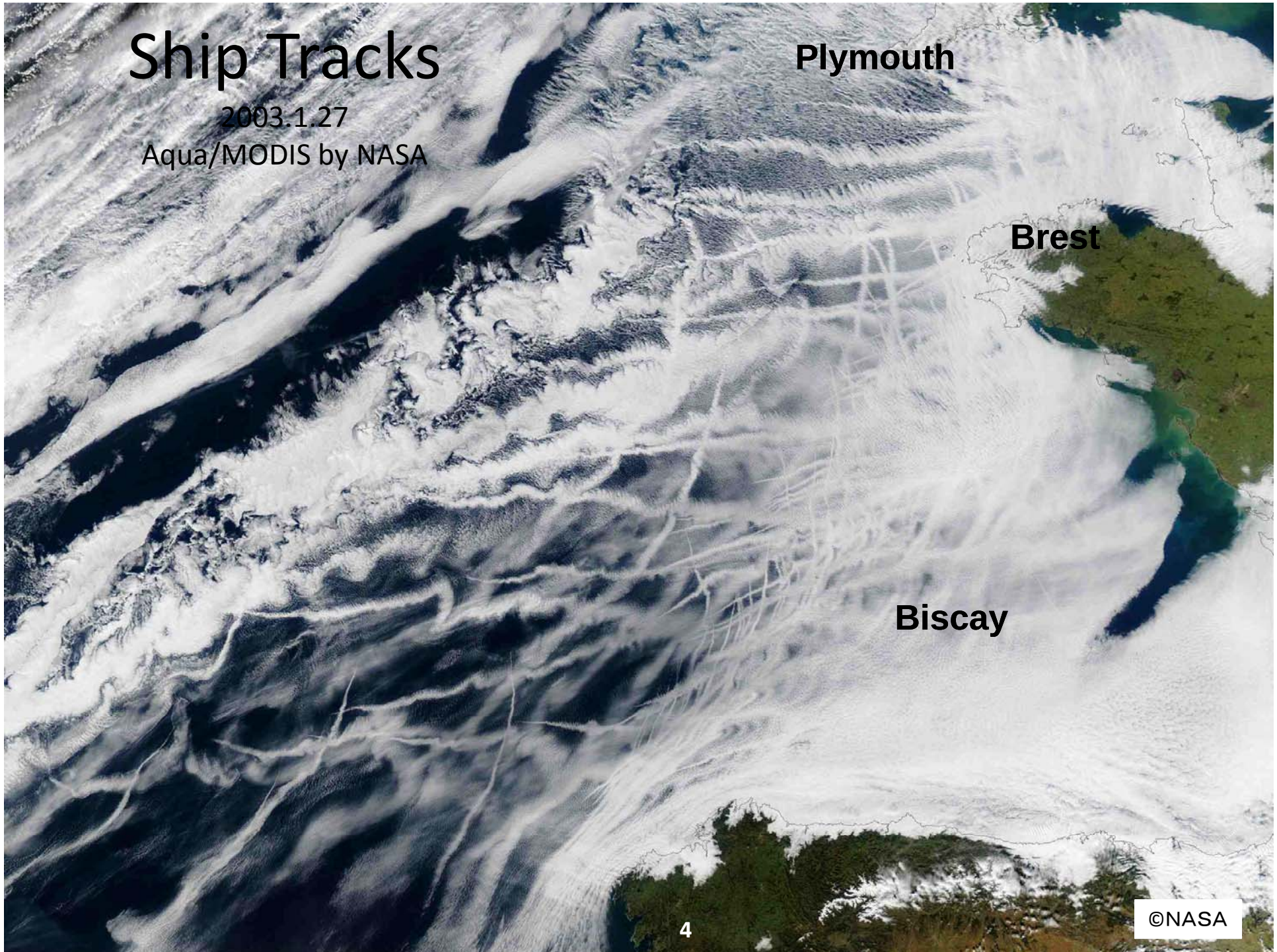
2003.1.27

Aqua/MODIS by NASA

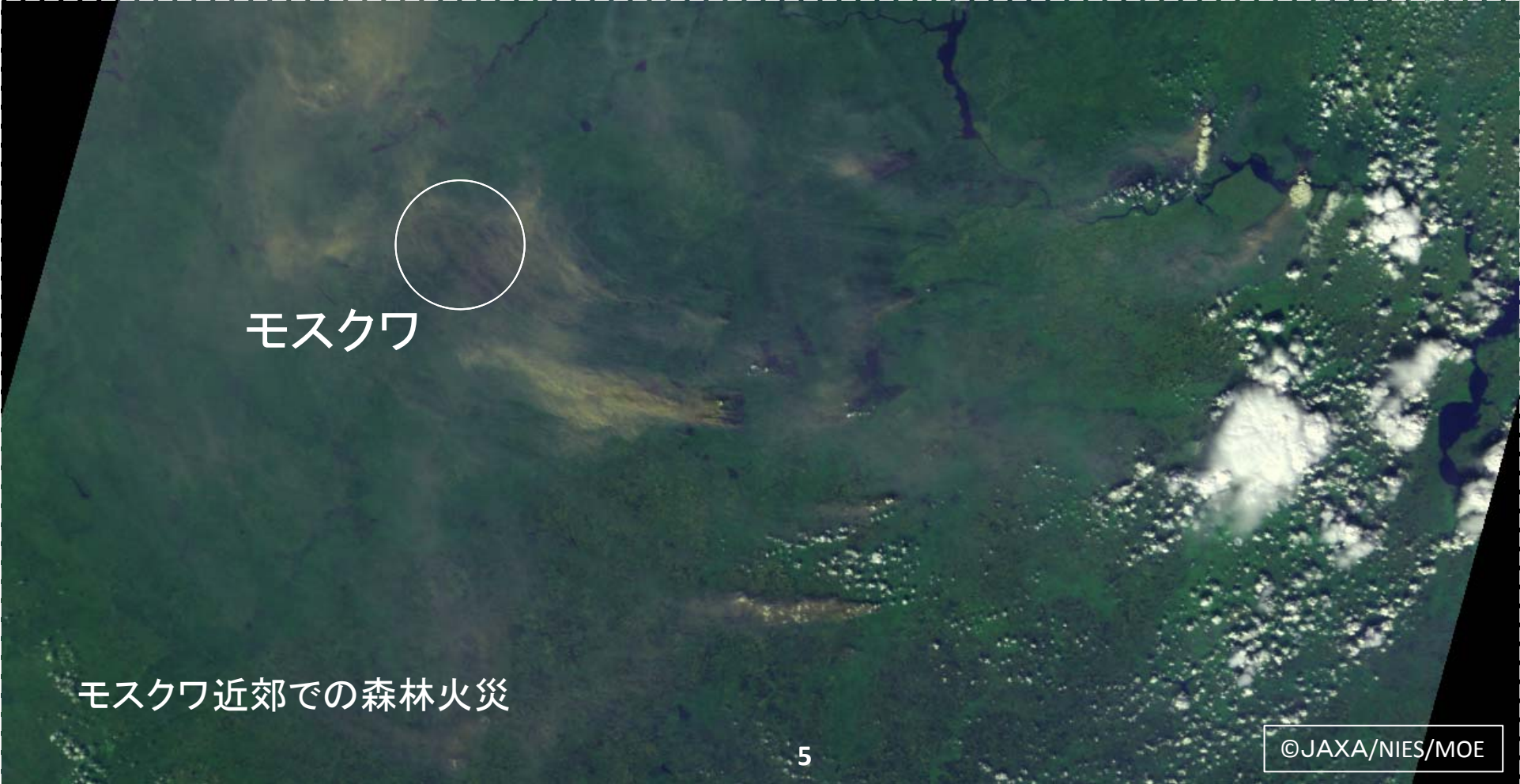
Plymouth

Brest

Biscay



いぶき TANSO-CAIイメージ
2010年8月8日撮影(拡大)
R:G:B=チャンネル2:3:1



モスクワ

A satellite image showing a large area of smoke and haze over a forested region, likely near Moscow. A white circle highlights a specific area of interest. The image is a false-color composite of TANSO-CAI channels, with R:G:B = 2:3:1. The smoke appears as a lighter, more textured area against the darker green of the forest. The image is framed by a blue header and a black border on the left and bottom.

モスクワ近郊での森林火災

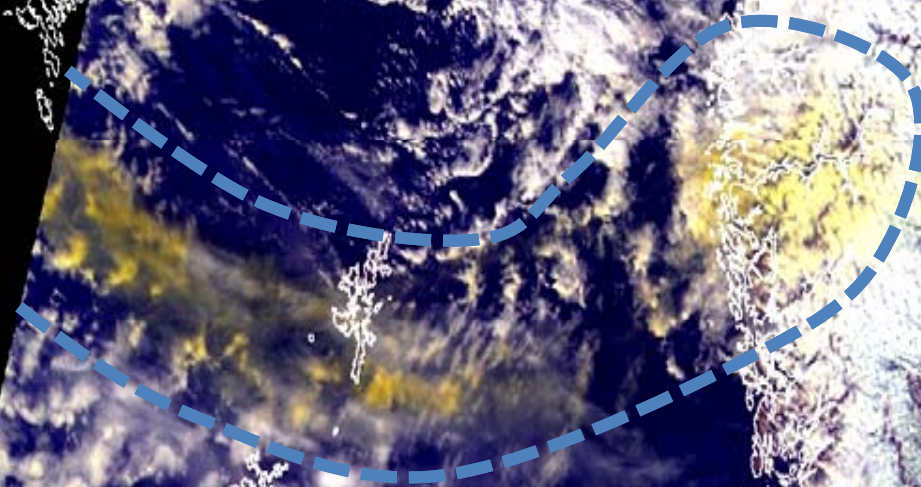
©Takashi Nakajima



コロラド州での森林火災

©Takashi Nakajima 2010, Forest Fire Smokes and “Red” sun. (Ft. Collins, CO.)

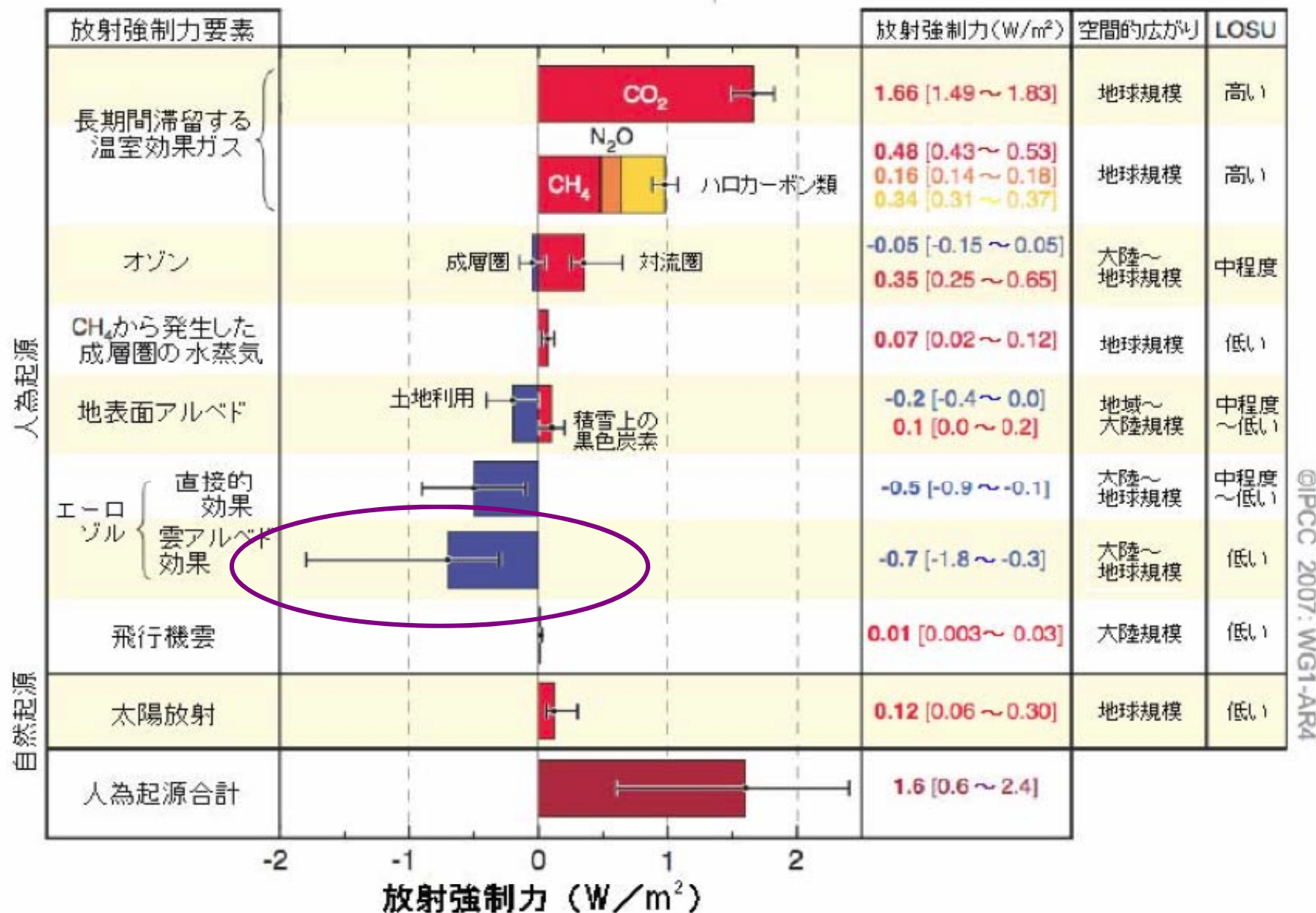
GOSAT CAI obs: 2010/4/15



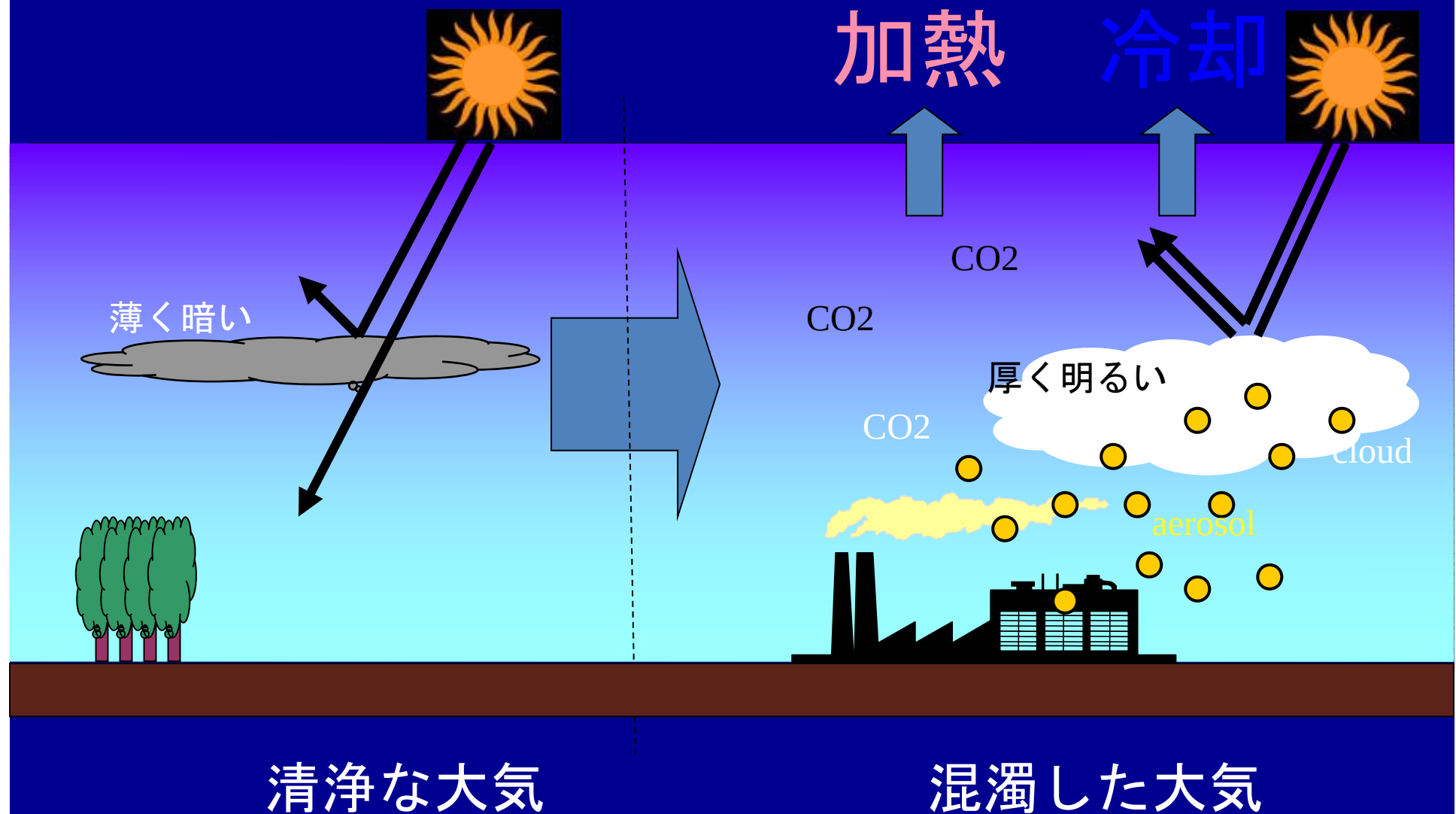
Ash plume and Clouds
→ distinguished

©JAXA/NIES/MOE

Kikuchi (2010)



エアロゾルの雲アルベド効果

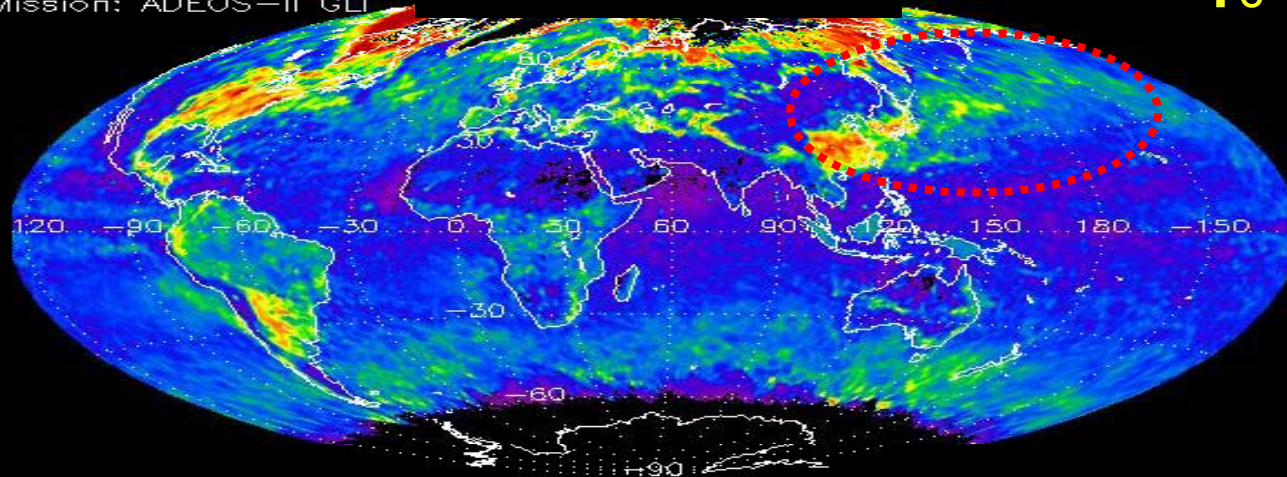


Start: 20030402 01:37:
End : 20030501 00:07
Mission: ADEOS-II GLI

雲の光学的厚さ

JAXA EORC, Tokyo, Japan

T_c



Cloud Optical Thickness (Water Cloud by Reflection Method)

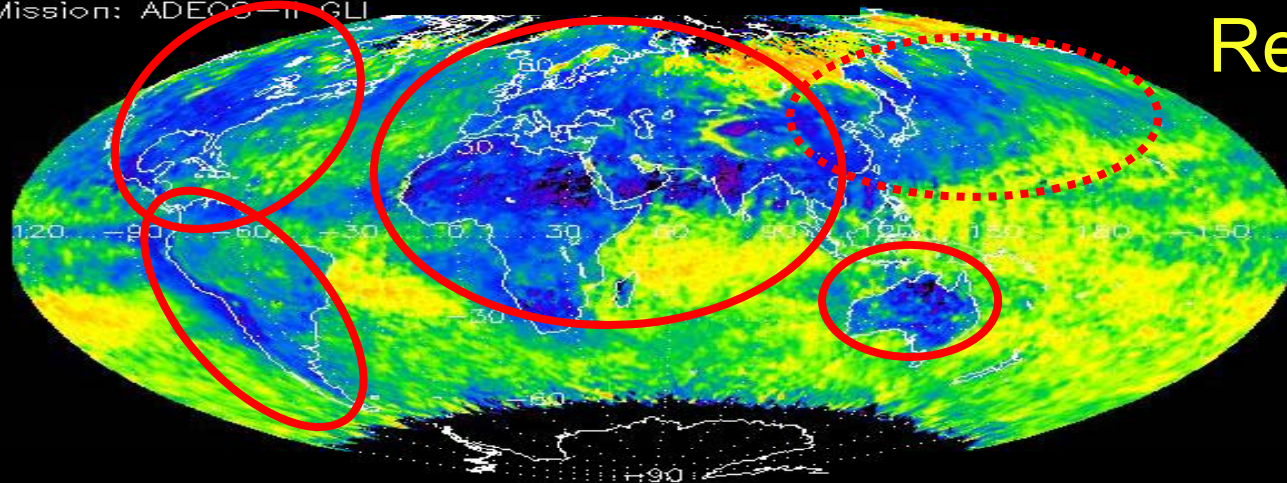
0 Thin 8 16 24 Thick 32

Start: 20030402 01:3
End : 20030501 00:
Mission: ADEOS-II GLI

雲粒の有効半径

JAXA EORC, Tokyo, Japan

Re



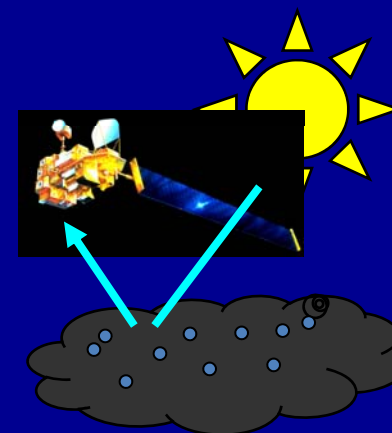
Cloud Effective Particle Radius (Water Cloud by Reflection Method)

4 Small 8 12 16 10 20 Large

Apr. 2003

Warm
Water
Cloud

Version2



Nakajima and Nakajima
(2005, SPIE)

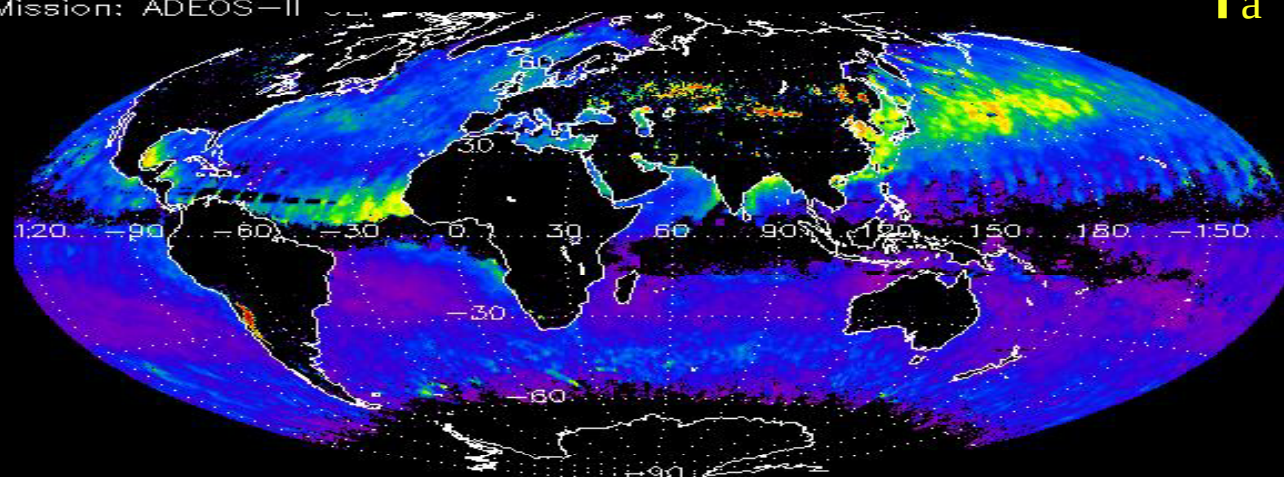
Start: 20030402 (エアロゾルの光学的厚さ
End : 20030501
Mission: ADEOS-II

IORC, Tokyo, Japan

T_a

Apr. 2003

Aerosol



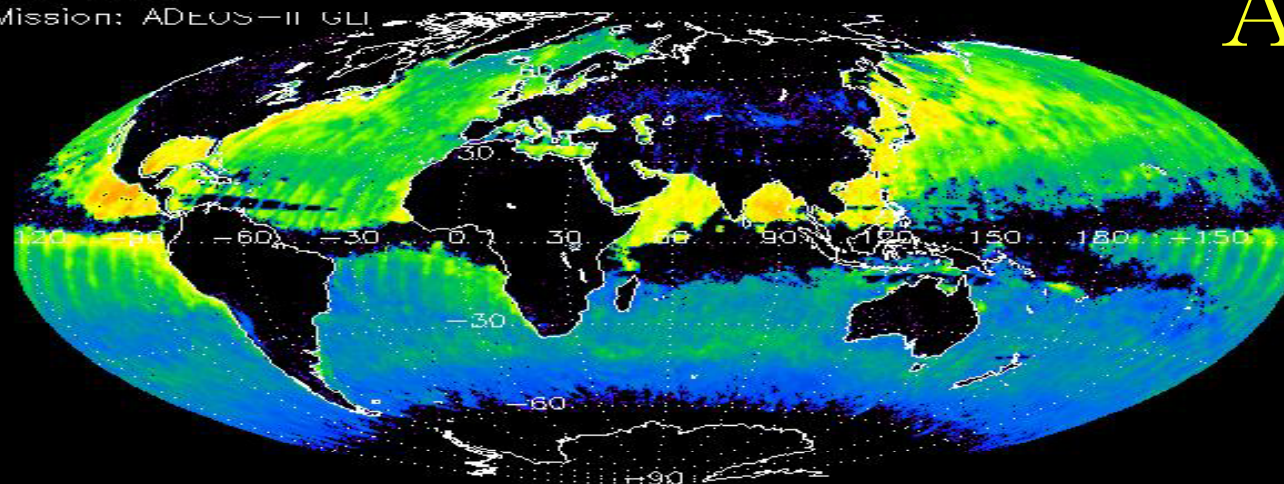
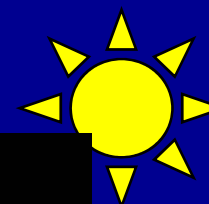
Aerosol Optical Thickness at 500 nm
Thin 0.2 0.5 0.8 Thick 1.0

Version2

Start: 2003 エアロゾルのオングストローム指数
End : 200
Mission: ADEOS-II GLI

A_{Japan}

GLI



Aerosol Angstrom Exponent
Large particles 0 1 1.5 2 Small particles 3

2ch method by Higurashi

下向き短波放射の変化 ΔF_{sw} （雲水量一定の場合）

$$\begin{aligned}
 \Delta F_{sw} &= -S_0/4 * n * e^{-0.2} * \Delta \alpha \\
 &= -S_0/4 * n * e^{-0.2} * \{-\alpha(1-\alpha) * \Delta CDR / CDR\} \\
 &= 343 * 0.6 * 0.81 * 0.51 * (1-0.51) * \Delta CDR / CDR \\
 &= 42 * \Delta CDR / CDR
 \end{aligned}$$

where, $\Delta \alpha / \alpha = -(1-\alpha) * \Delta CDR / CDR$

where, $\alpha = (1-g)COT / \{1+(1-g)COT\}$
 $= \dots\dots = \underline{0.51}$ (@COT=7, g=0.85)

仮に水雲の全球平均($\tau \sim 7$)でCDRが5%減少すると ΔF_{sw} は -2 w/m^2

MSI band specification

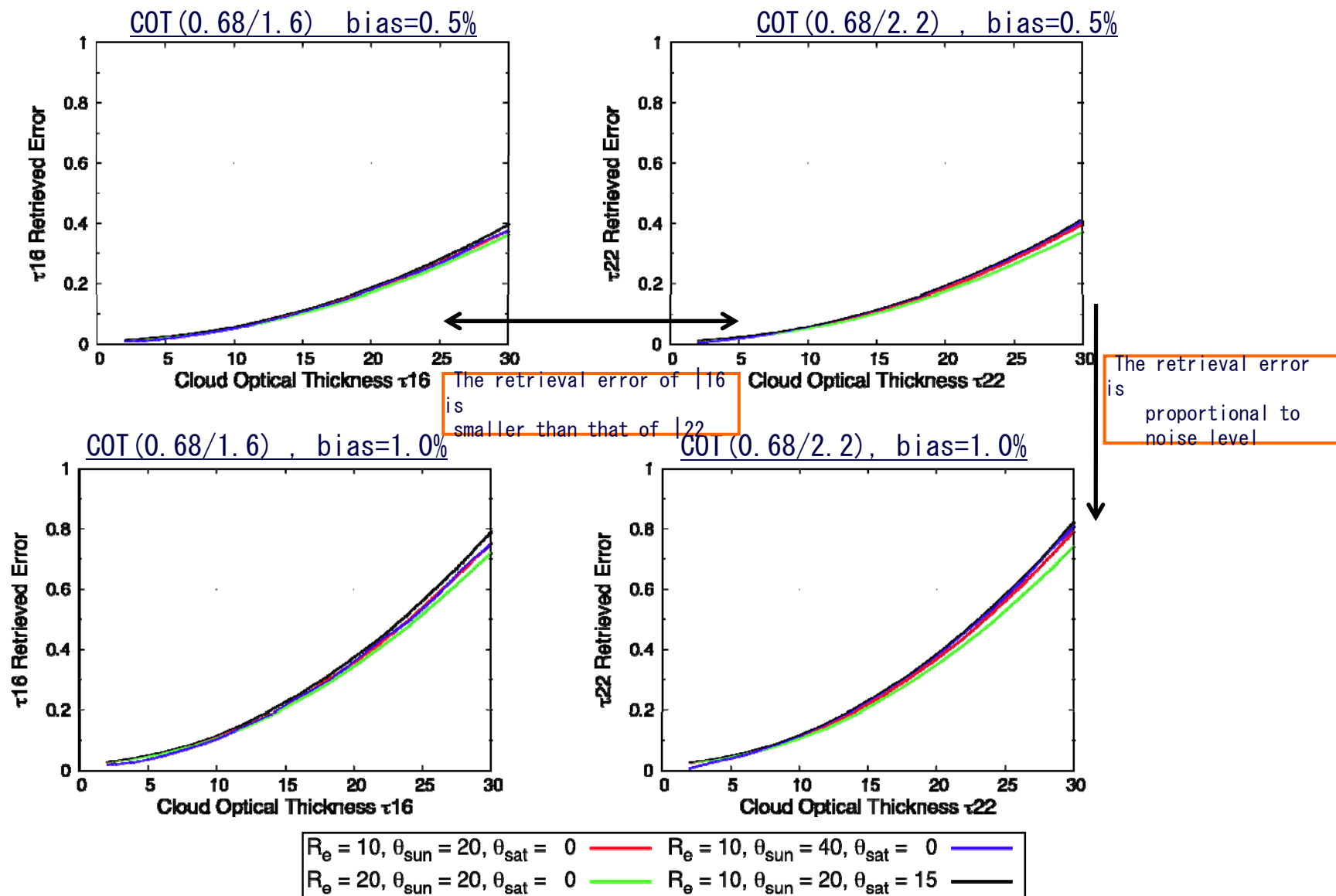
Band	Centre(width) [μm]	L _{max} [W/m ² /sr/μm]	L _{low}	L _{high} (SNR or NEDT)	Use in cloud retrieval	NER* for L _{low} : L _{high} [W/m ² /sr/μm]
1	0.67 (0.02)	489.1	30(75)	444.6 (500)	○	L0.40 : H0.89
2	0.86 (0.02)	311.0	17(65)	282.7 (500)		L0.26 : H0.57
3	1.65 (0.05)	69.3	1.5(18)	67.9 (250)	○	H0.08 : H0.27
4	2.21 (0.10)	24.6	0.5(21)	24.6 (250)	○	L0.024 : H0.098
5	8.8 (0.9)	350K	220K	350K (0.25K, 0.1K)		---
6	10.8 (0.9)	350K	220K	350K (0.25K, 0.1K)	○	---
7	12.0 (0.9)	350K	220K	350K (0.25K, 0.1K)		---

*NER : Noise Equivalent Radiance = $L_{\text{low or high}} / \text{SNR}$

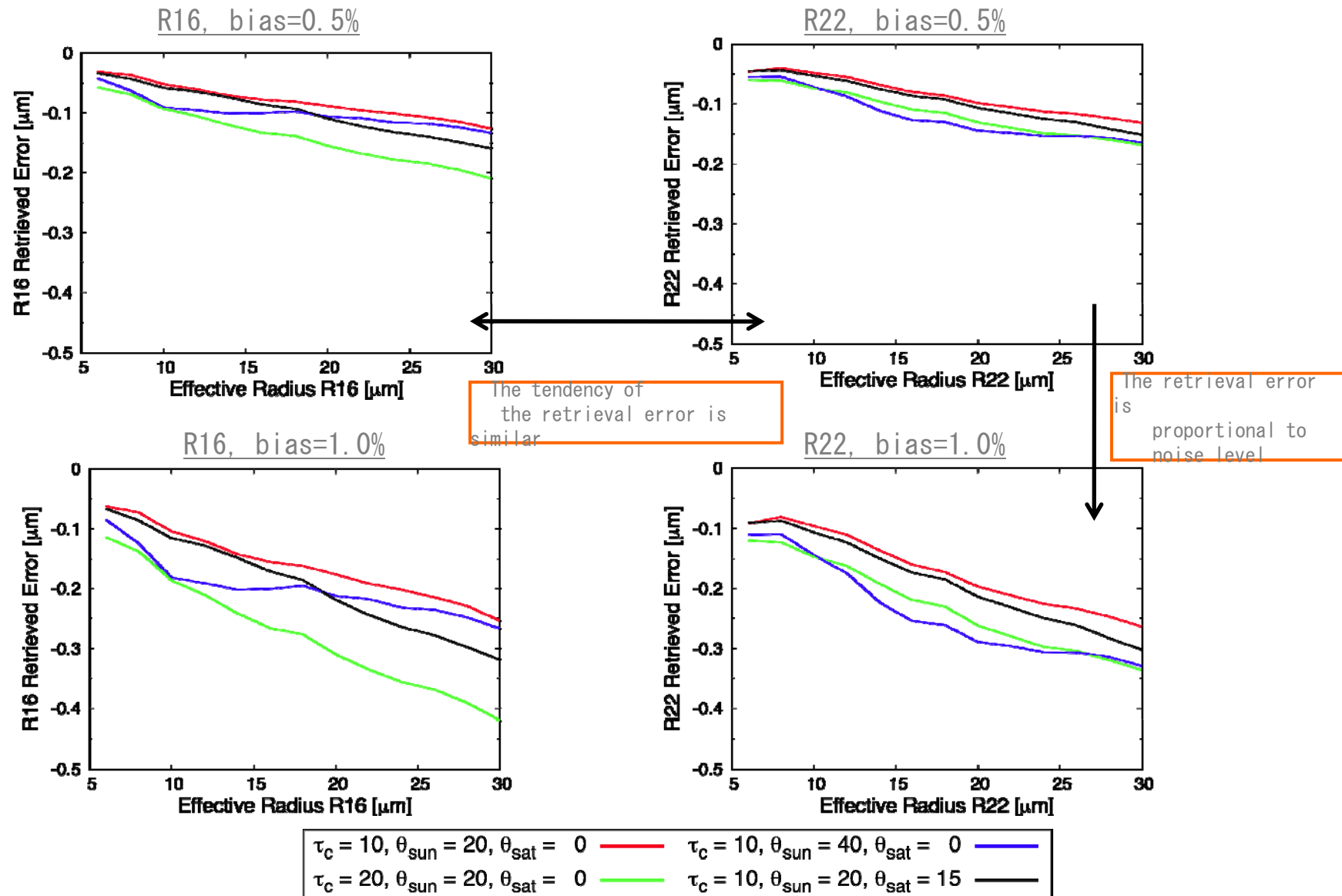
EarthCARE and MSI characteristics

Characteristic	
Geometric altitude	410km
Orbit	14:00 local solar time
MSI Swath (relative to nadir)	-35km to +115km

Impact of stray-light on τ_c retrieval

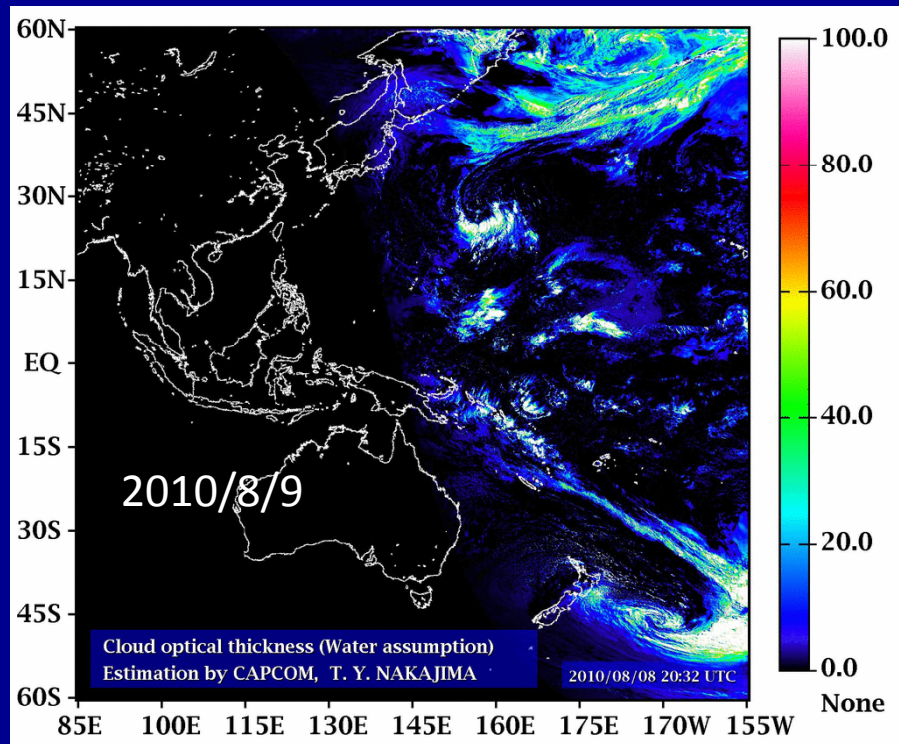


Impact of stray-light on R_e retrieval

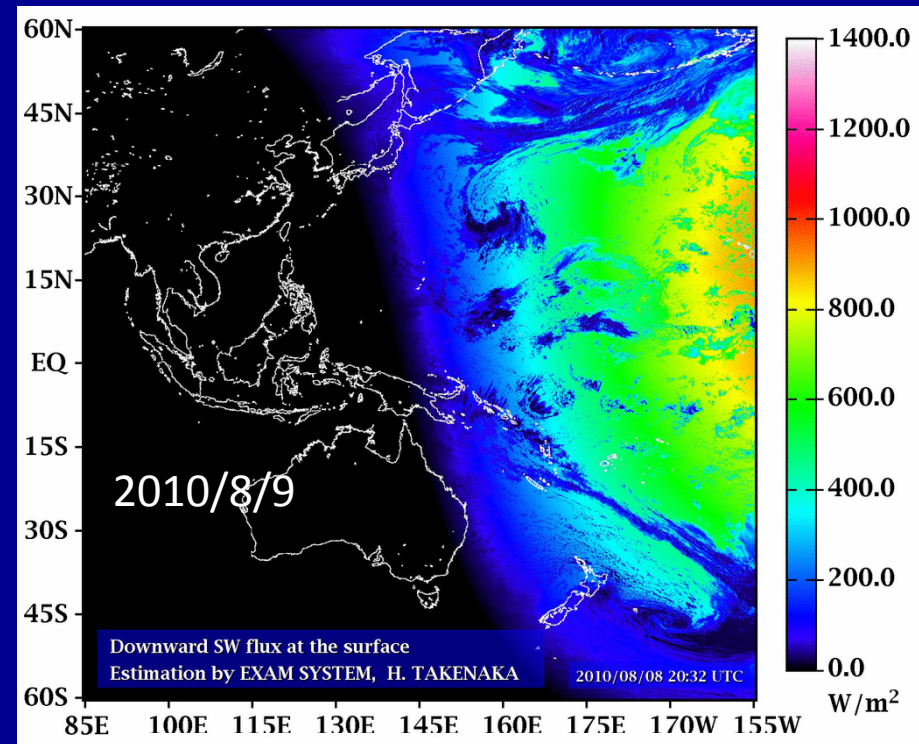


Radiation budget by *EXAM* system (Takenaka, Chiba-U)

Cloud Optical Thickness
(*CAPCOM*, T. Y. Nakajima)



Downward SW flux at Surface
(*EXAM*, H. Takenaka)



<http://atmos.cr.chiba-u.ac.jp/takenaka>
Takenaka et al. (2010) in revision.

まとめ

- 衛星観測では、物理量推定に絶対放射量を用いるため輝度(温度)校正が重要。
 - 数パーセント以下
 - 打ち上げ前校正(積分球、基準黒体など)
 - 打ち上げ後校正(月、高(低)反射率ターゲット、黒体、深宇宙)
 - 代替校正も有効
 - 素子間偏差の解消も大きな課題
- 地上検証機器でも放射計が用いられるため、検証が重要
 - 年1回以上の定期校正(基準器校正)
 - 相互校正(個体差を把握→相対補正)
 - 定期メンテナンス(絶縁処理、可動部チェック、清掃など)