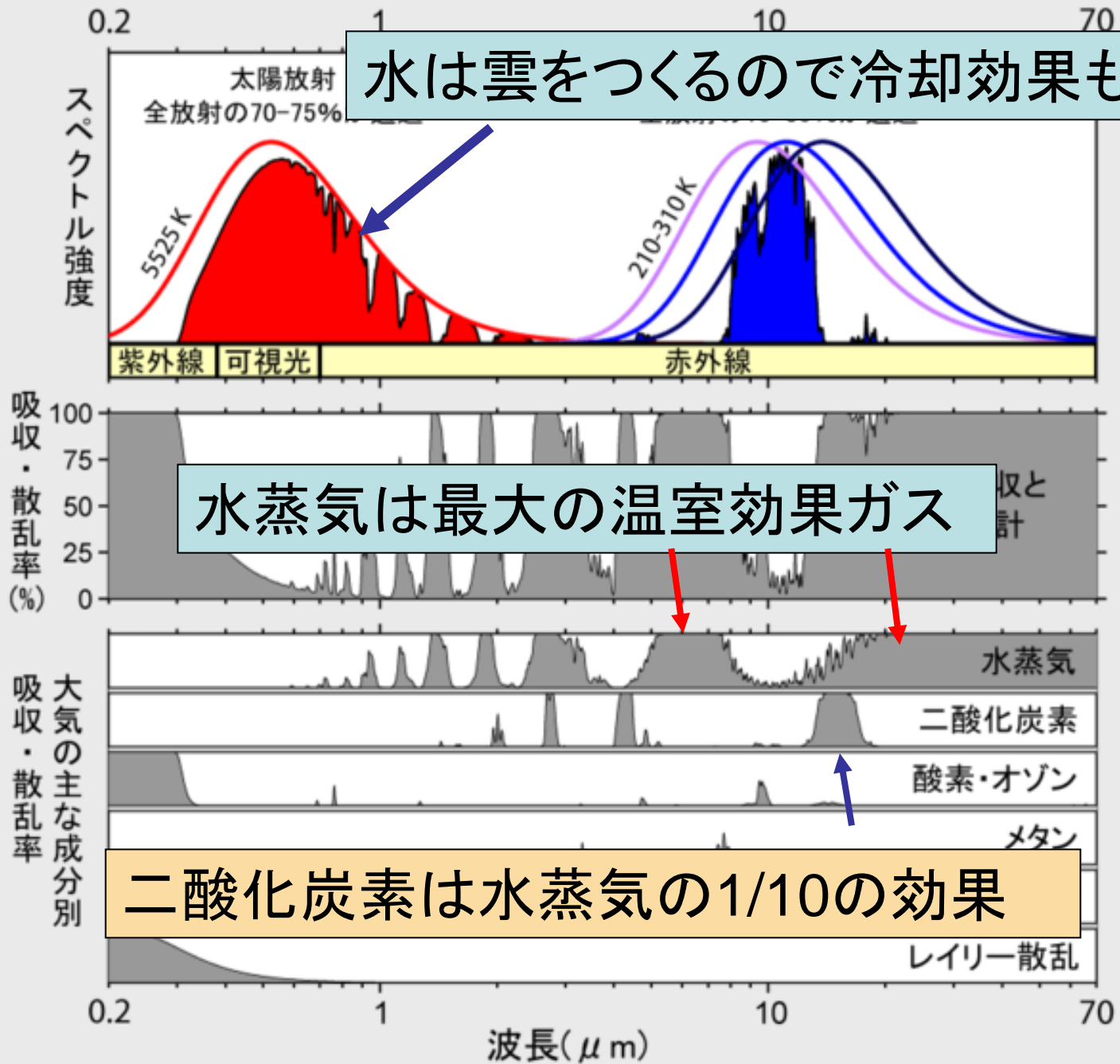
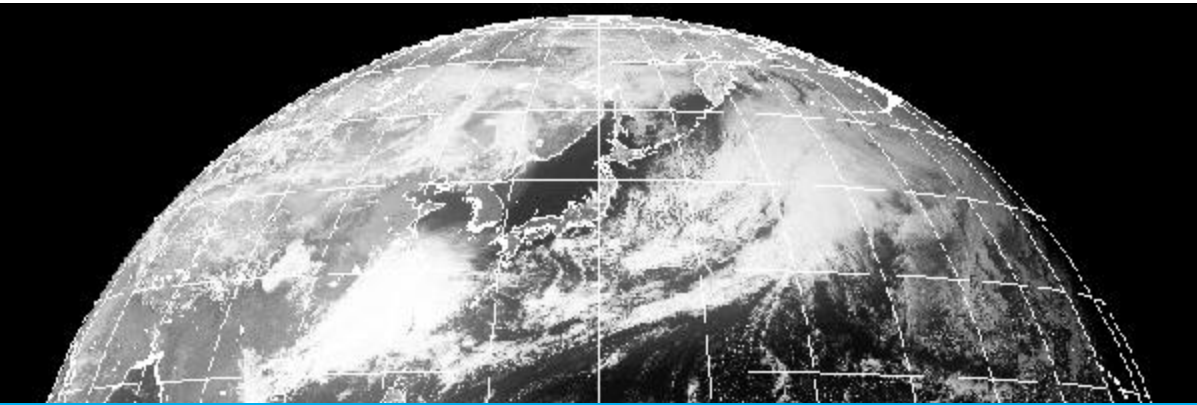


宇宙ステーションからの雲被覆
率の観測と低層雲対流セルのシ
ミュレーション
エアロゾルの間接効果

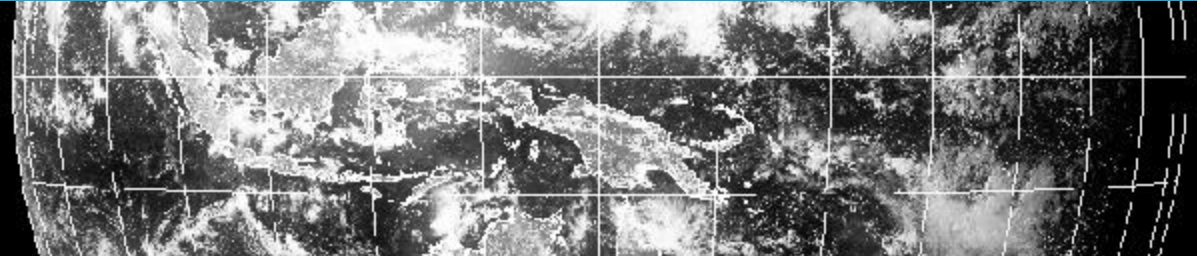
戎崎俊一
理化学研究所

大気通過後の放射スペクトル分布

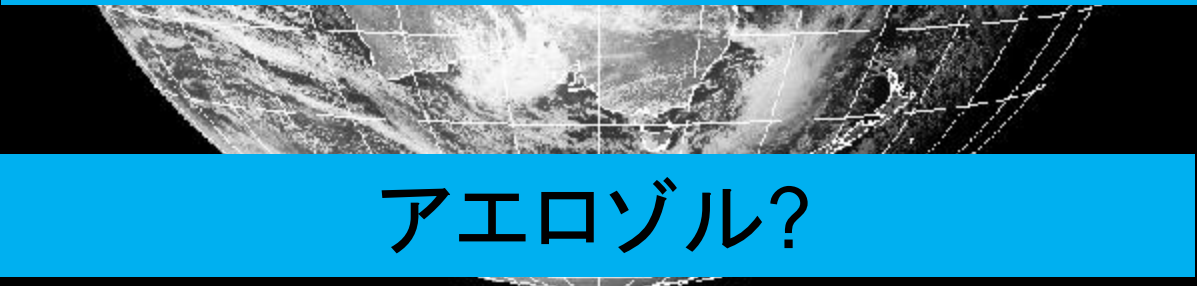




雲の被覆率が気候を決める

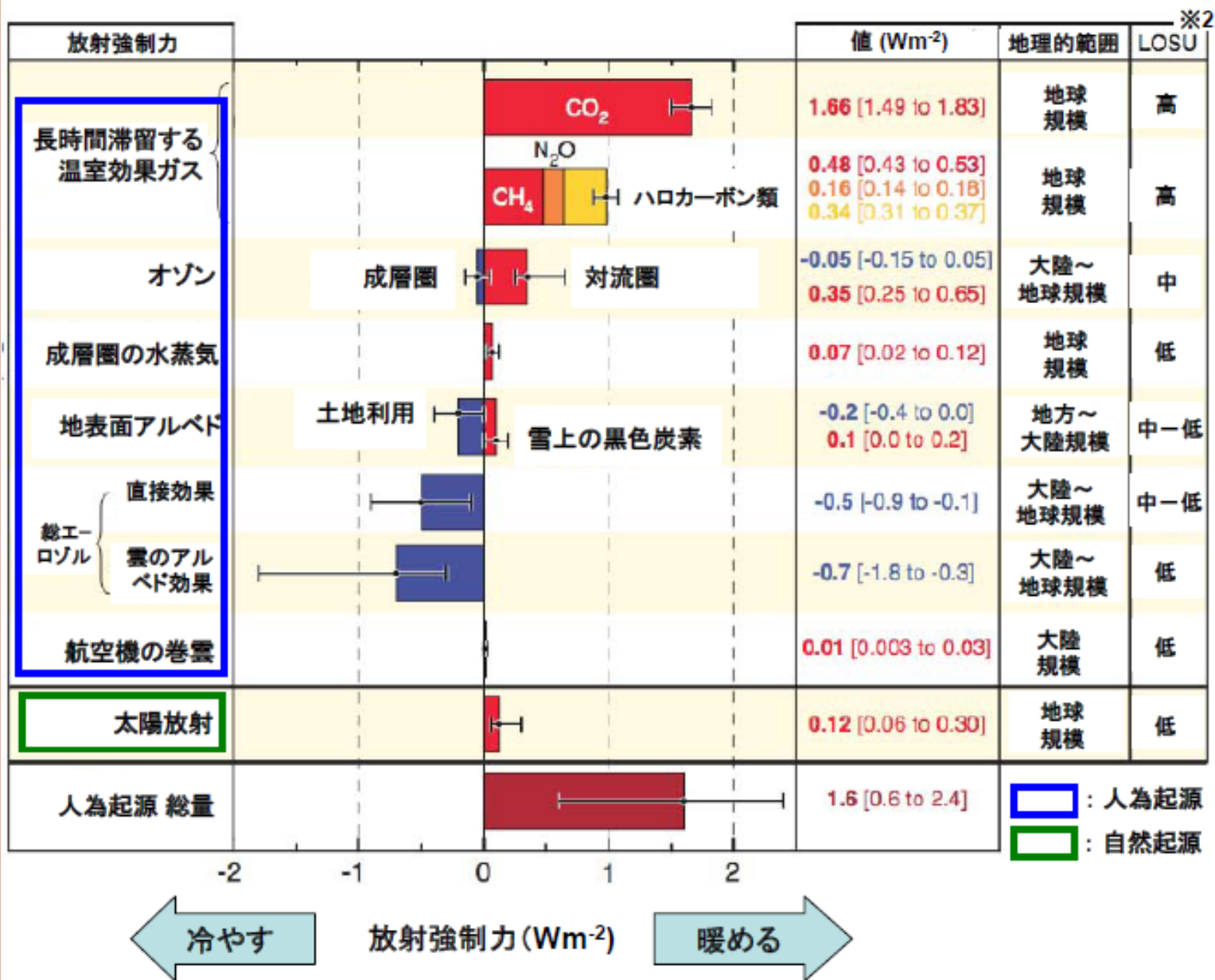


では何が雲を決めているのか？



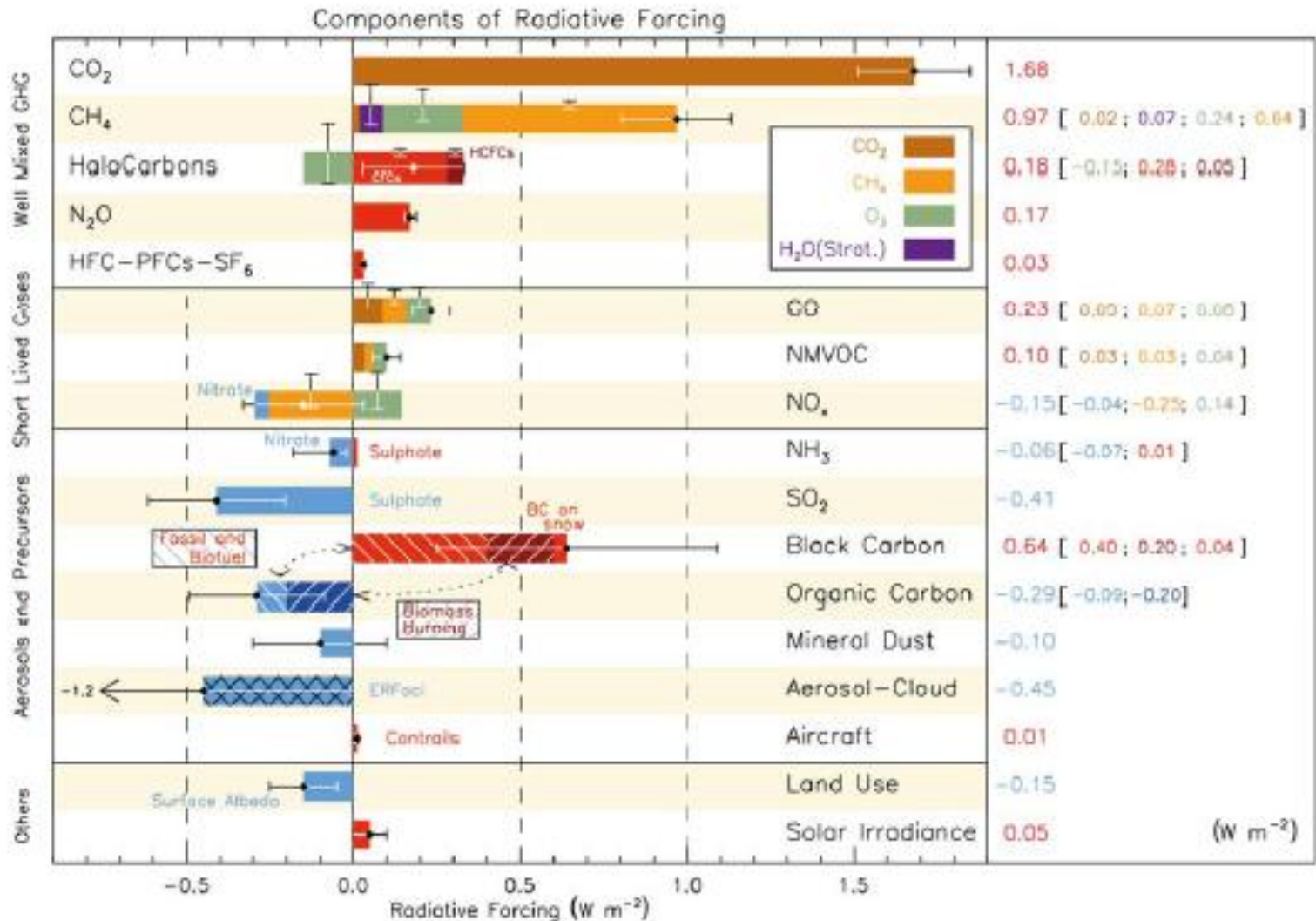
エアロゾル？

放射強制力の構成要素(1750~2005年)

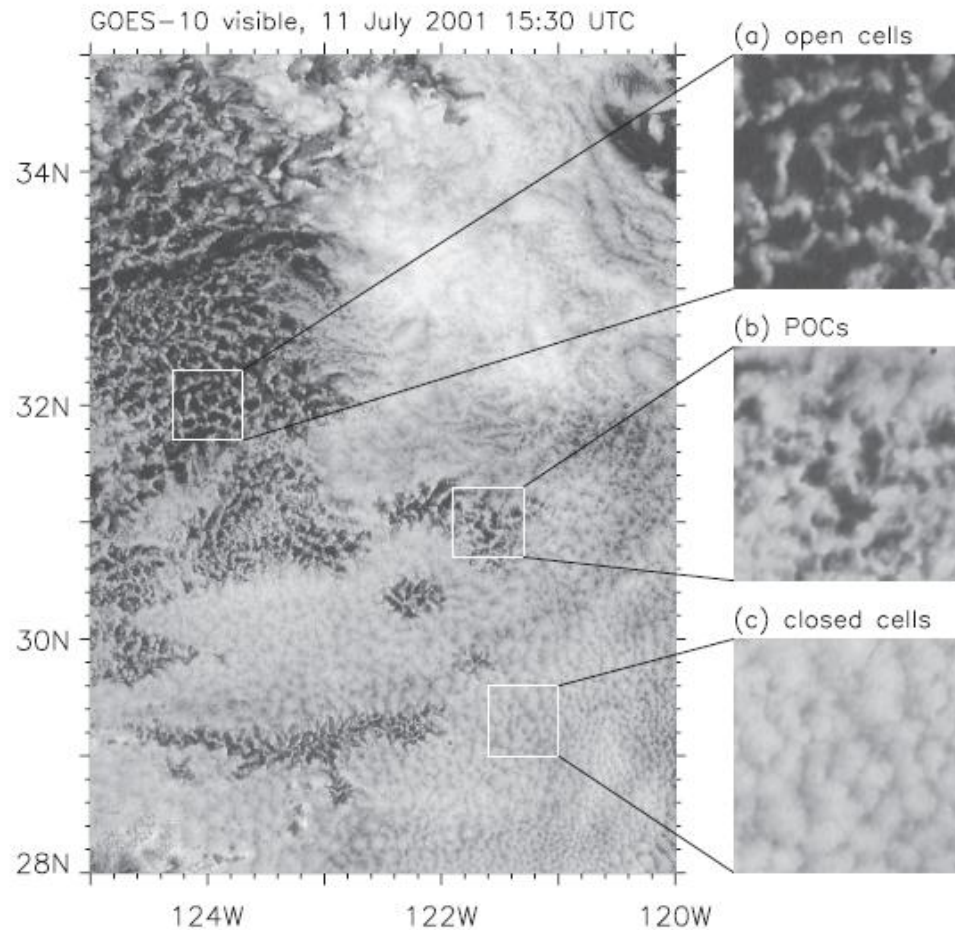


※2 「Level Of Scientific Understanding」の略で科学的知見レベルのことを示す。

IPCC5



Open cell and Closed cell



航跡雲

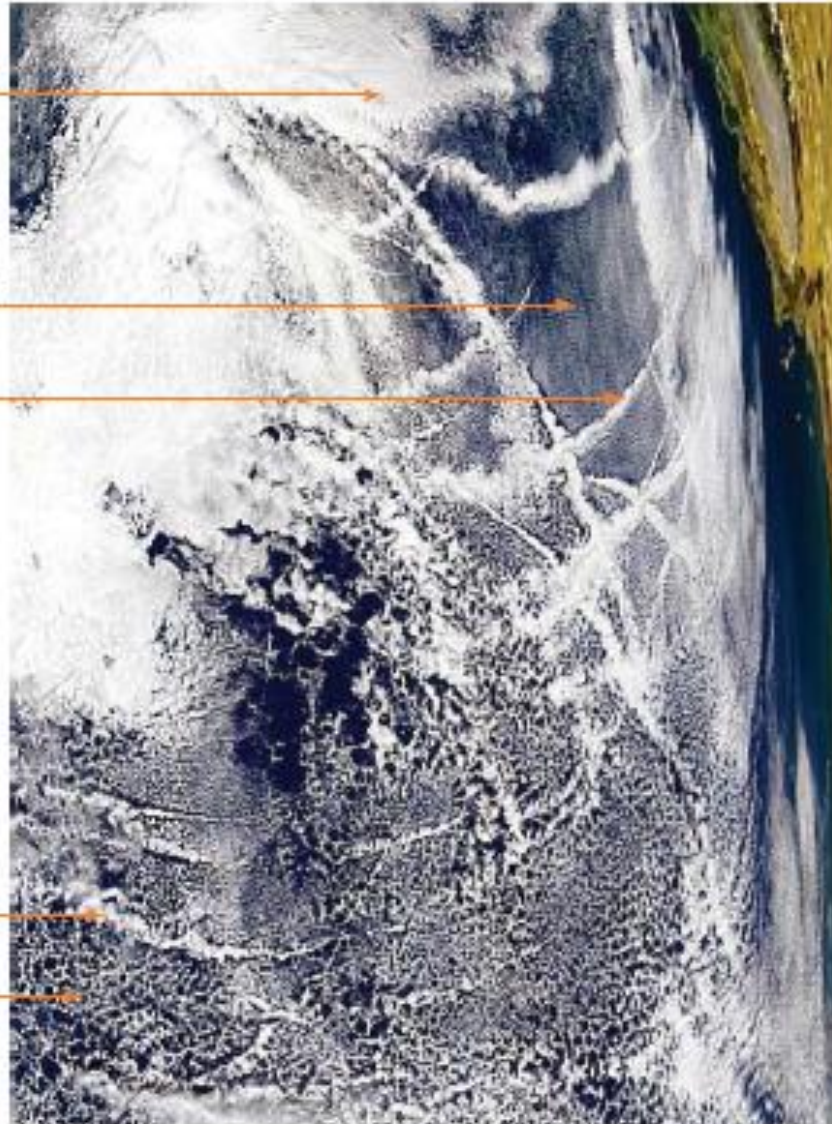
Thick closed-cellular
stratocumulus convection

Thin closed-cellular
stratocumulus convection

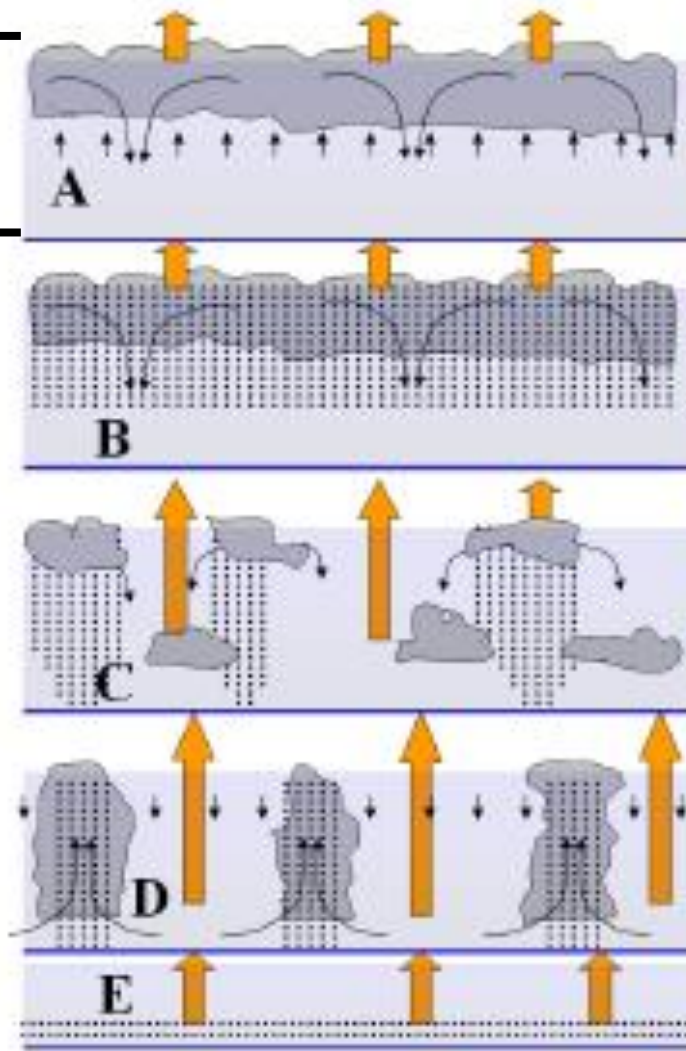
Ship tracks brightening
clouds (albedo effect?)

Ship tracks filling open
cells (lifetime effect?)

Open-cellular convection



100m~
1 km



Closed
Benard
Cells

Transition

$>30-40 \text{ cm}^{-3}$

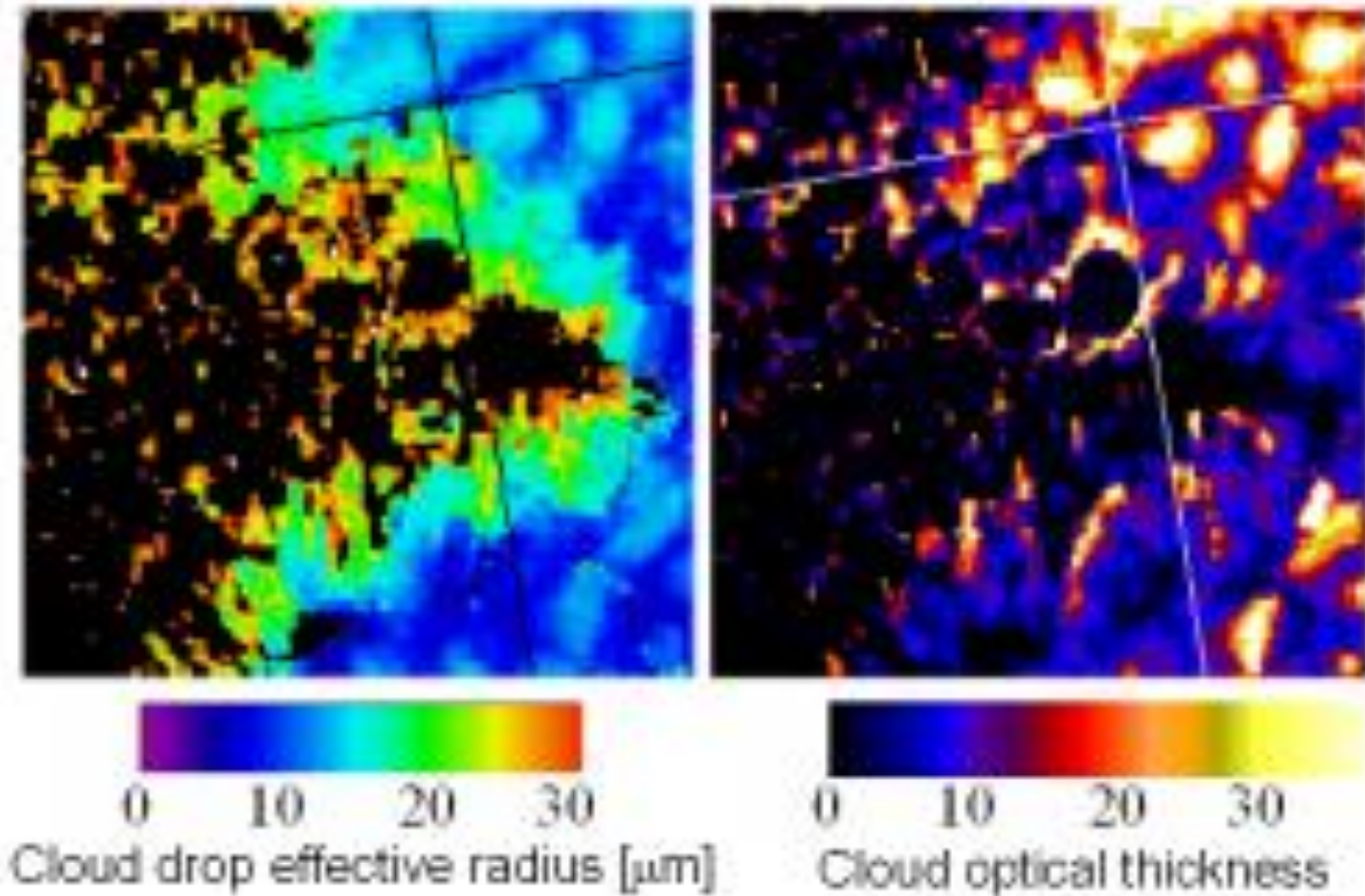
$<30-40 \text{ cm}^{-3}$

Open
Benard
Cells

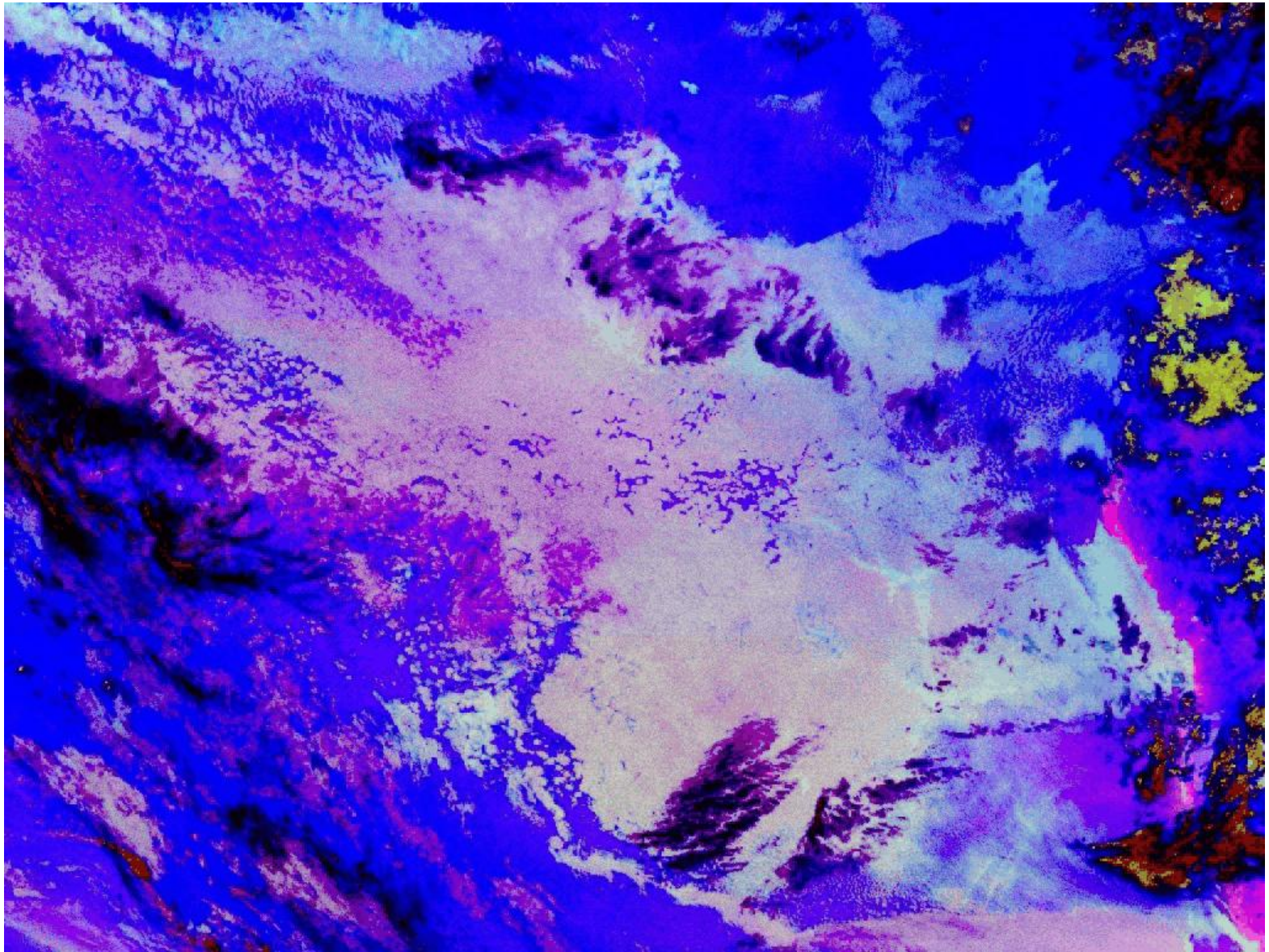
Collapsed
Boundary
Layer

Taken from Rosenfeld et al. 2006

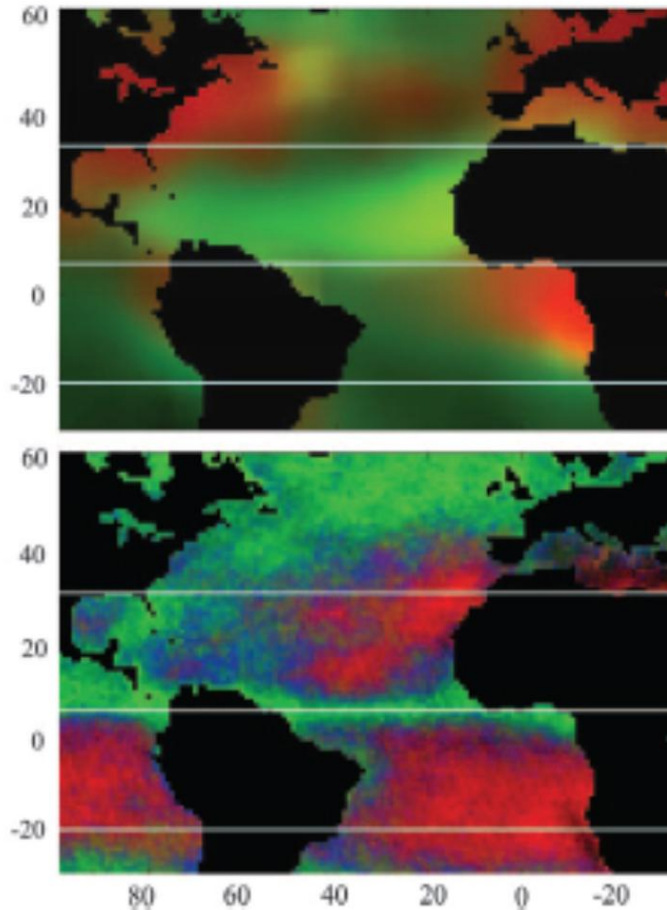
$N_a < 30-40 \text{ cm}^{-3}$



Taken from Rosenfeld et al 2006

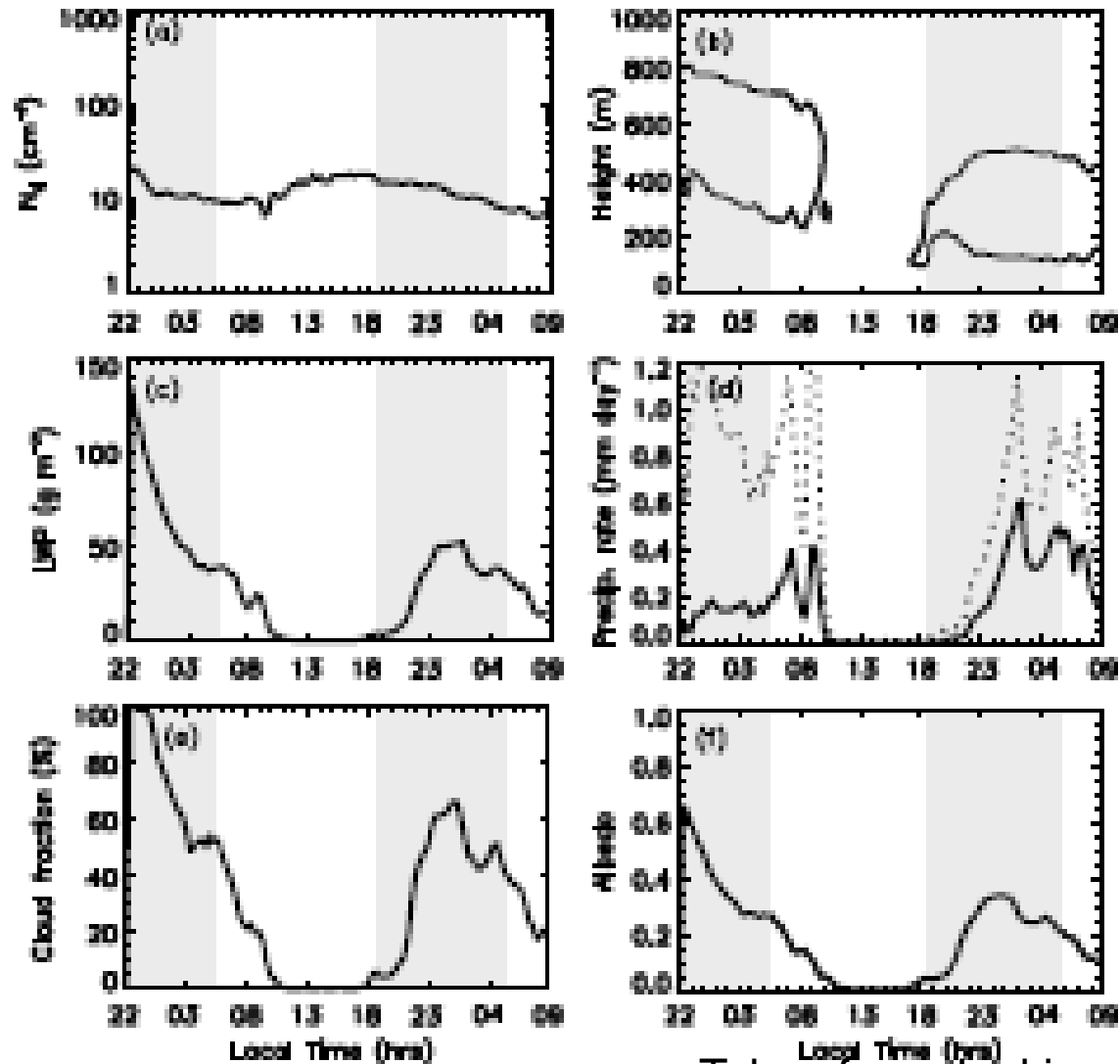


大西洋における エアロゾル—雲効果



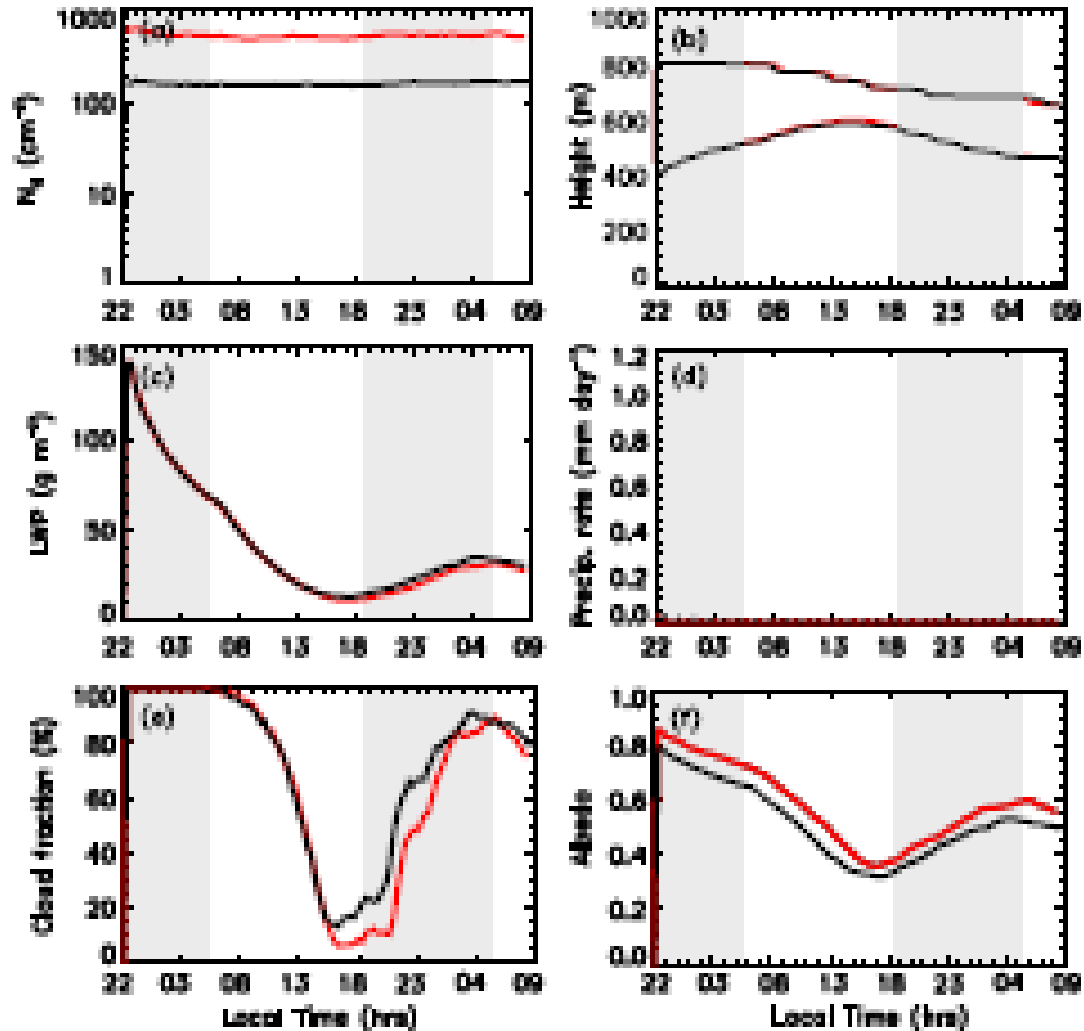
- 大西洋を4つの領域に分割
 - S30-20度: 清浄 (海洋エアロゾルのみ)
 - S20度-N5度: 煙領域、
 - N5-N25: ダスト領域
 - N30-N60: 汚染領域
- アエロゾルの間接効果
 - 大西洋平均: $-11 \pm 3 \text{ Wm}^{-2}$
 - 全球平均: $7.7 \pm 2 \text{ Wm}^{-2}$
- IPCC5
 - 0.9 Wm^{-2}

日夜變化: open cell 計算結果



Taken from Jenkins et al. 2013

日夜變化: closed cell 計算結果



Taken from Jenkins et al. 2013

アエロゾル間接効果研究

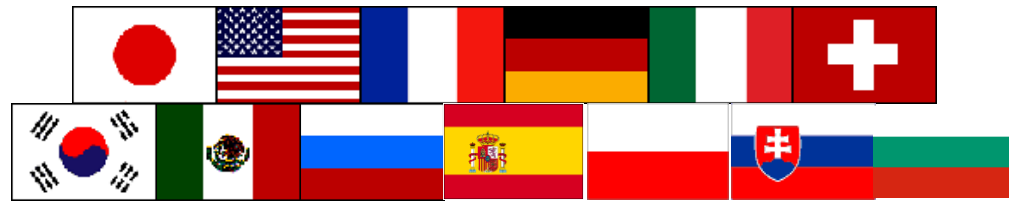
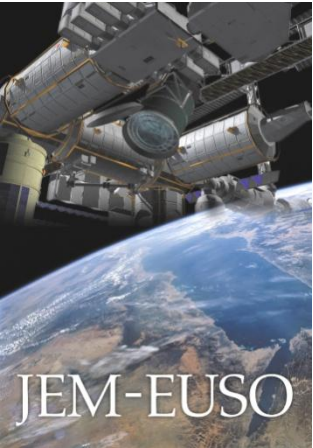
- 数値シミュレーション
- 観測（雲とアエロゾル）

シミュレーション

- 超雲解像シミュレーション
 - 横方向100m: 対流セル～1kmを分解する
 - 縦方向10m: 海面対流層(0-1km)を分解する
 - N-S方程式+Large Eddy 近似
 - 物質の循環:
 - 水: 海面からの蒸発と降雨
 - アエロゾル: 輸送と形成、降雨による落下
 - 硫黄(硫化物)、窒素(窒素酸化物)、炭素(有機物)など
 - 日夜変化を追いかける
 - 全球である必要は必ずしもない

観測（雲とエアロゾル）

- A-train衛星（13:30ごろ）だけではだめ
 - 日夜変化が追えない
- 夜の低層雲（ $< 1\text{ km}$ 以下）の観測が重要
 - 現在は遠赤外線観測（ $10\mu\text{m}$ ）
 - 高度の精度 $\sim 2\text{ km}$
- JEM-EUSO: 2.5m口径の紫外線望遠鏡
 - 国際宇宙ステーションからの観測
 - すべての局所時間
 - 夜も夜光の反射で低層雲（霧）を識別可



宇宙から地球を見下ろして宇宙と地球を知る:地文台

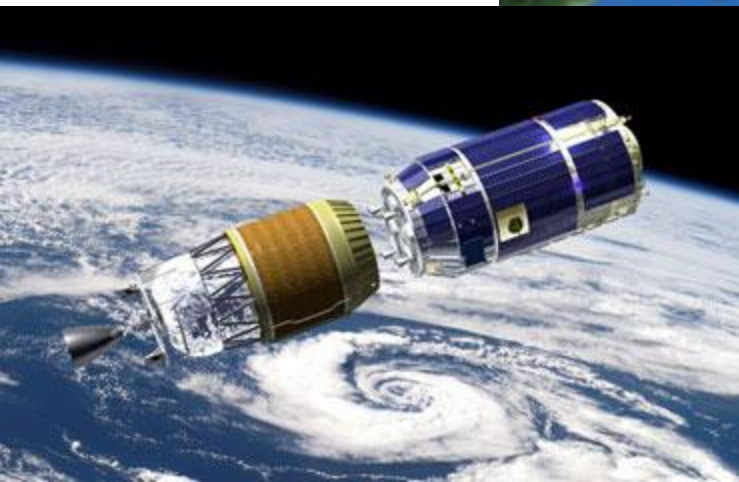
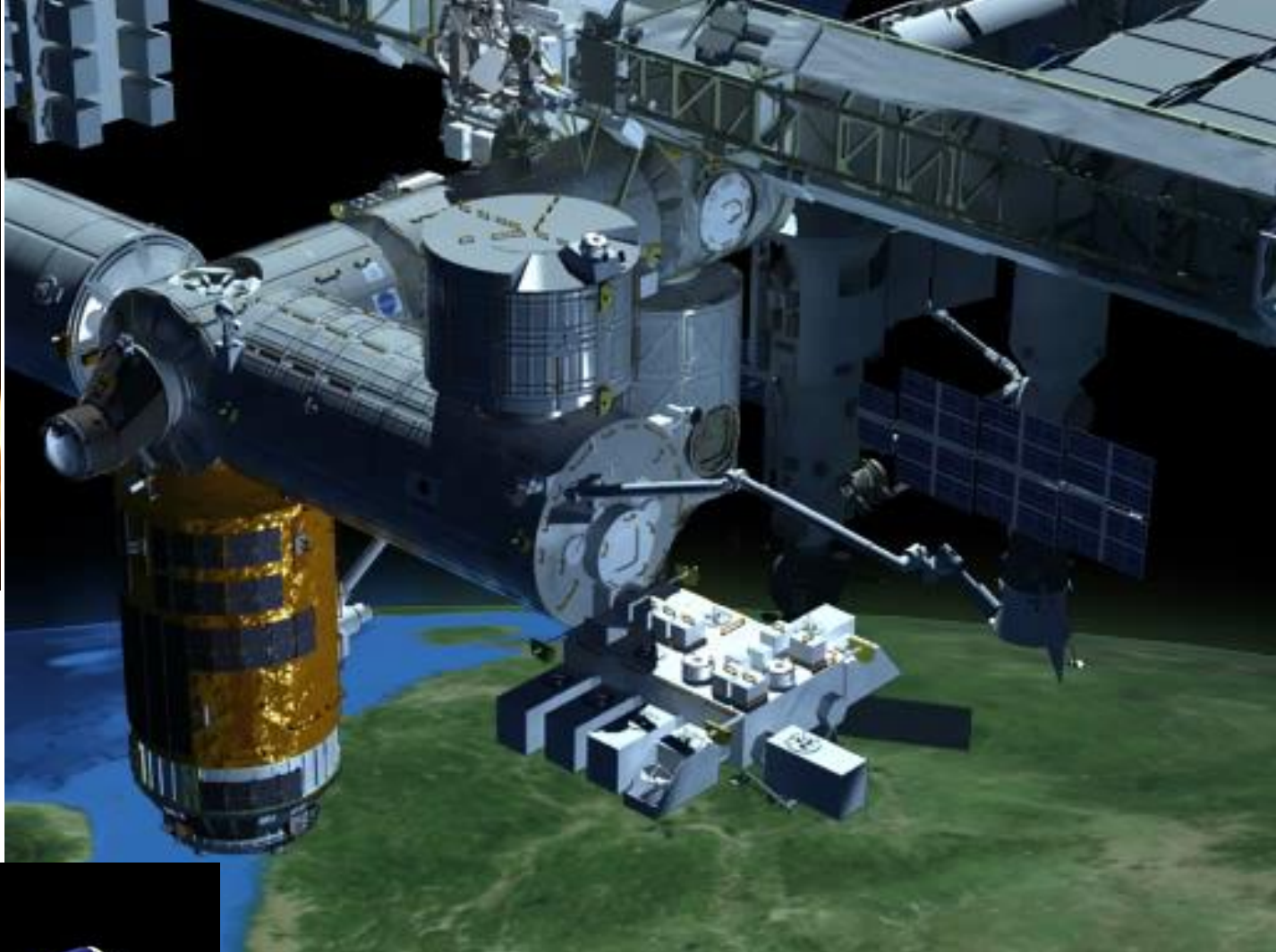
JEM—EUSO

きぼう

Japanese Experiment Module
"Kibo" July 2009

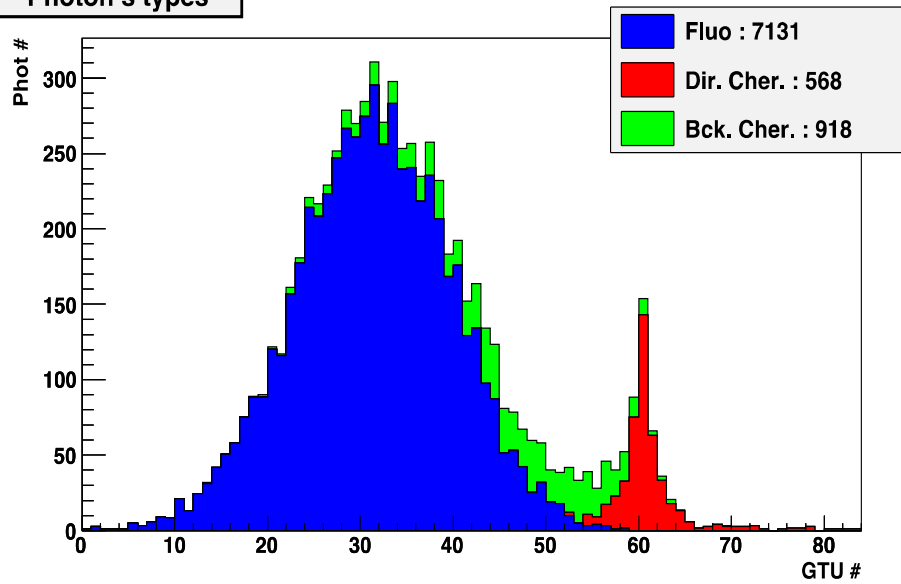


51.6°



Successful Launch of HTV
September 11, 2009

Photon's types



a) 蛍光

b) 散乱チェレンコフ光

c) 地上散乱チェレンコフ光

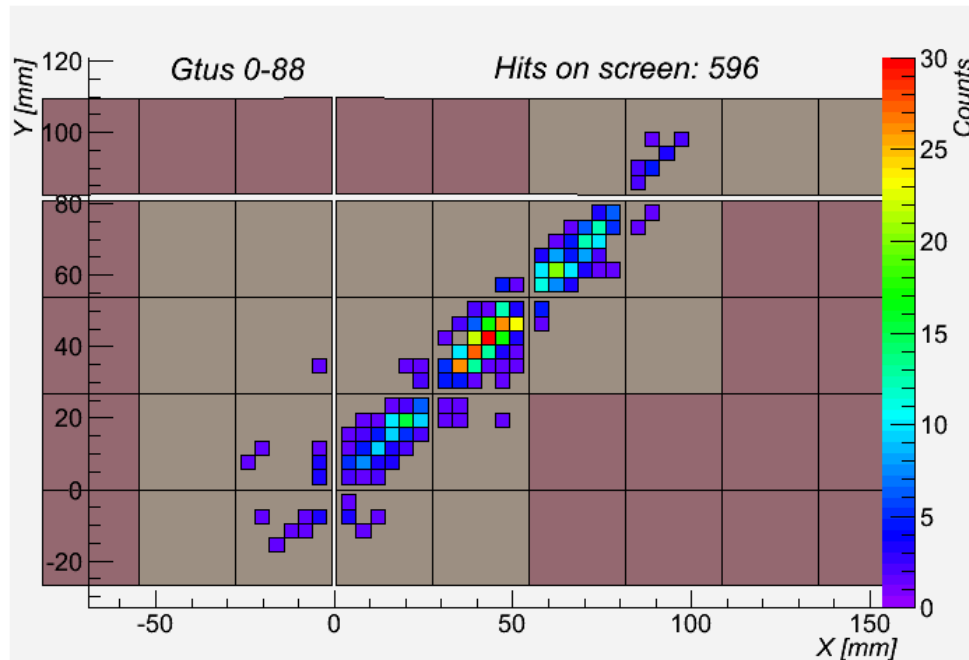
$$1 \text{ GTU} = 2.5 \text{ msec}$$

$$\text{Back.} = 500 / (\text{m}^2 \text{ sr ns})$$

GTU time units

高速のシグナル

duration » 50 - 150 ms



国際協力

DAQ Electronics



Optics



Rear Fresnel Lens

Precision



Focal Surface Detector



Telescope Structure

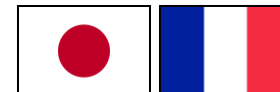


BUS System : JAXA



Front Fresnel lens

On-board Calibration



Housekeeping



Ground Based Calibration



Simulation : Worldwide

Atmospheric Monitoring



Ground Support Equipment

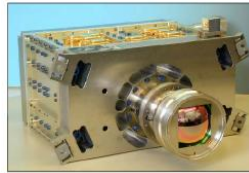


Atmospheric Monitoring System

Atmospheric Monitoring System

- IR Camera

Imaging observation of cloud temperature inside FOV of JEM-EUSO

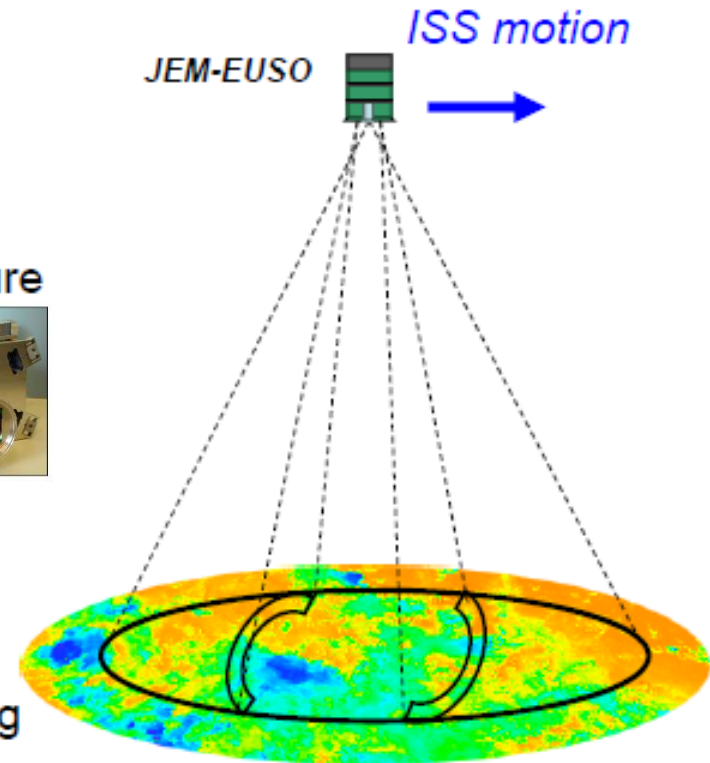


- Lidar

Ranging observation using UV laser

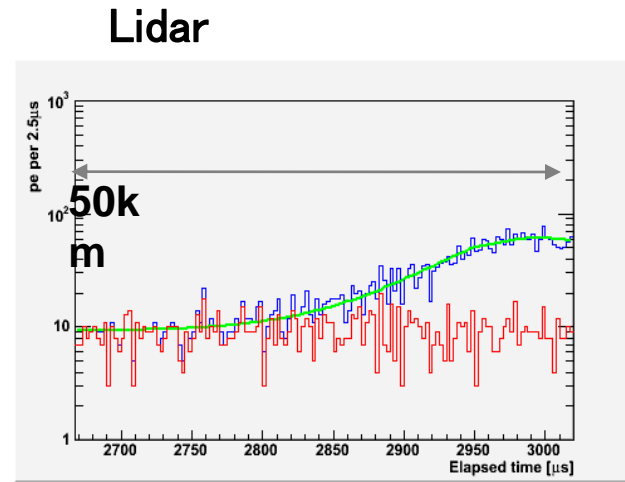
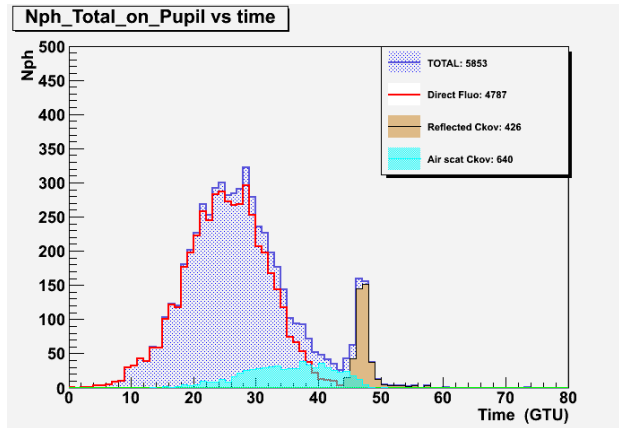
- JEM-EUSO “slow-data”

Continuous background photon counting



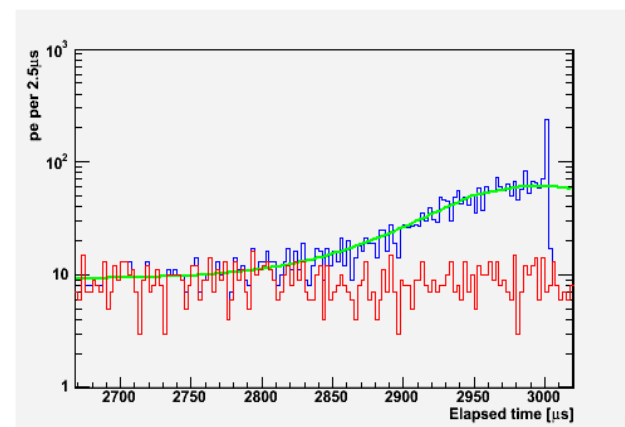
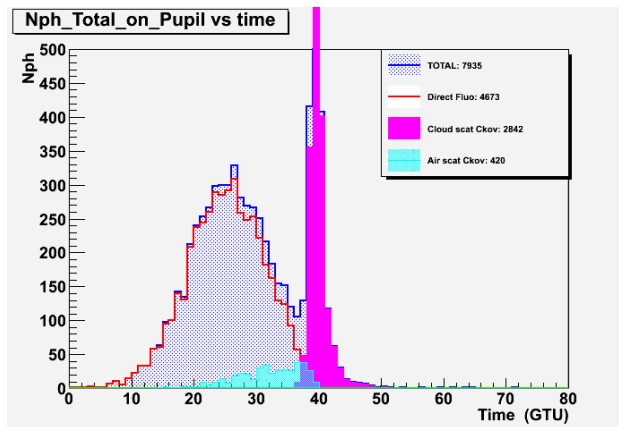
- *Cloud amount, cloud top altitude:* (IR cam., Lidar, slow-data)
- *Airglow:* (slow-data)
- *Calibration of telescope:* (Lidar)

Cloud Simulation No Cloud



Low cloud

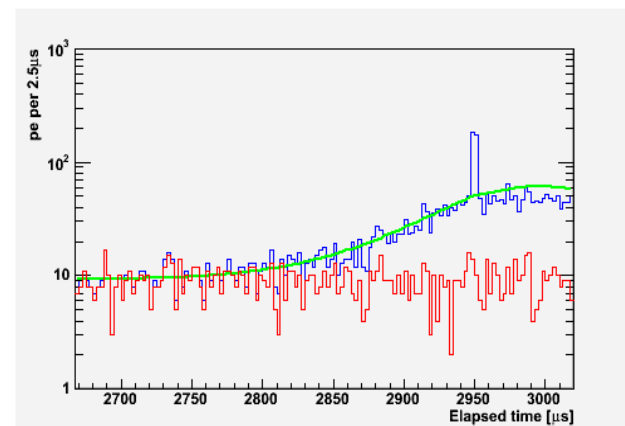
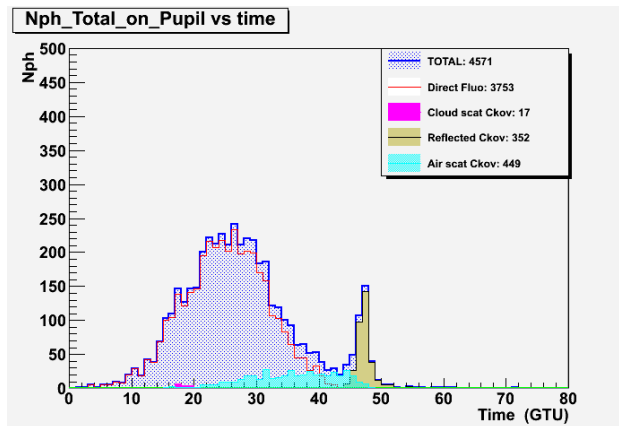
-Strong Cherenkov mark



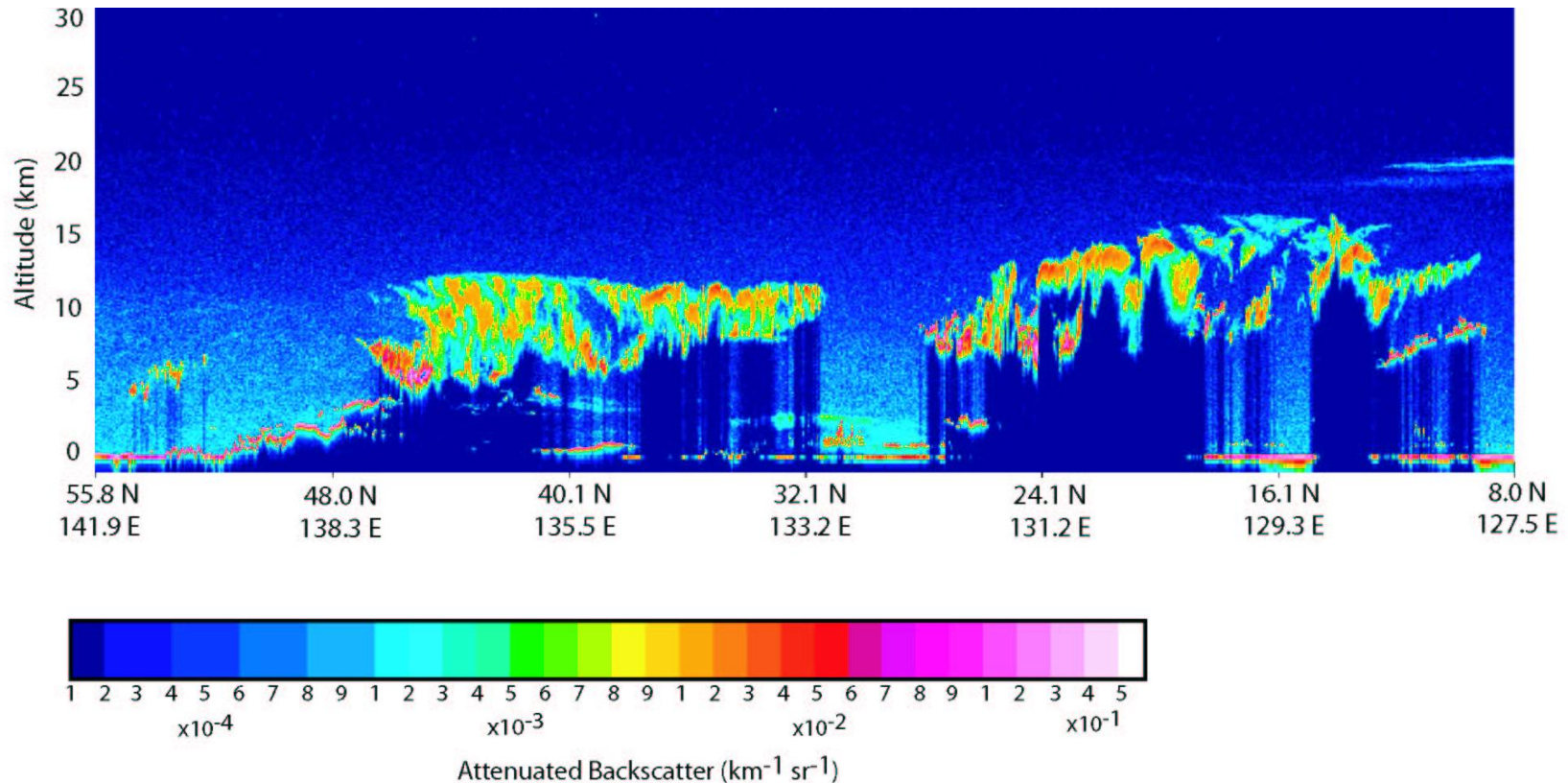
High Thin Cloud

Arrival Direction
Large error in Energy
Detection by Lidar

10/10/4



Another spaceborne lidar– first CALIPSO results (#2)



Space Lidars for Earth Observation

Lidar	Wavelength (nm)	Lidar Altitude (km)	Pulse energy (mJ)	Pulse rate (Hz)	Mirror Diameter (m)	operation
LITE	355/532/1064	250	560	10	1.0	1994
ICESAT	532/1064	600	35/75	40	1.0	2003
CALIOP	532/1064	700	110/110	20	1.0	2006
ALADIN	355	400	150	100	1.5	-
JEM-EUSO	355	400	20	50	2.5	2018

まとめ

- 海洋上の低層雲の対流セル開-閉遷移
 - アエロゾル量に敏感 ($> < 40$ 個 cm^{-3})
 - アエロゾルの間接効果は、大きい
 - 全球で $\sim -7 \text{ Wm}^{-2}$
 - 海洋アエロゾル生成はイオンを通して形成
 - 寒冷化 \rightarrow 海退による風成アエロゾルの増加
- 二つのアプローチ
 - 超雲解像シミュレーション
 - JEM-EUSOによる夜間低層雲(霧)観測
- 銀河宇宙線フラックスに敏感
 - 11年周期で $\sim 1 \text{ Wm}^{-2}$: \sim 平均気温1度の変化
 - 小氷河期?