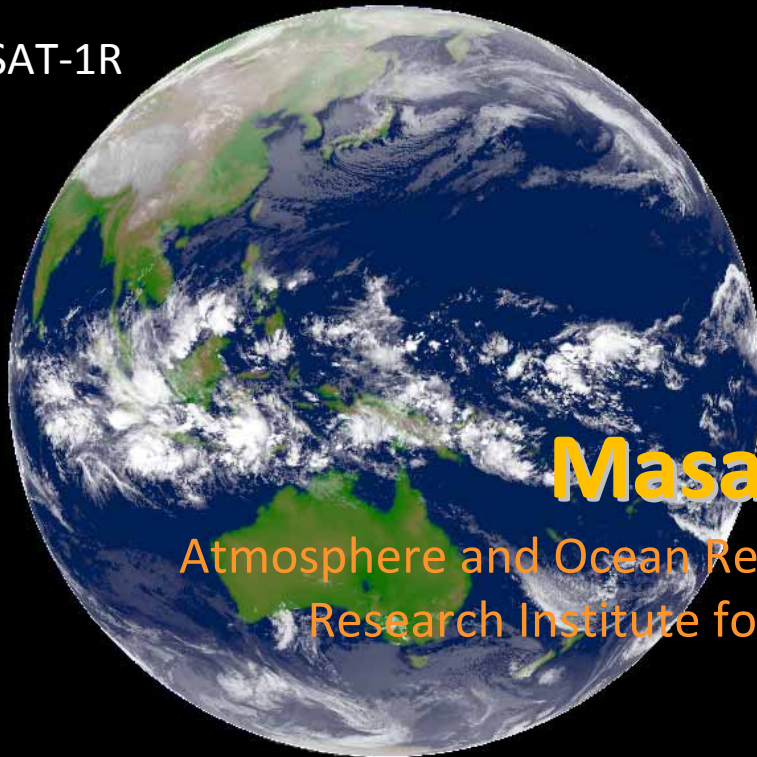


# 全球雲解像モデルの衛星データによる検証と GPMの今後の利用について

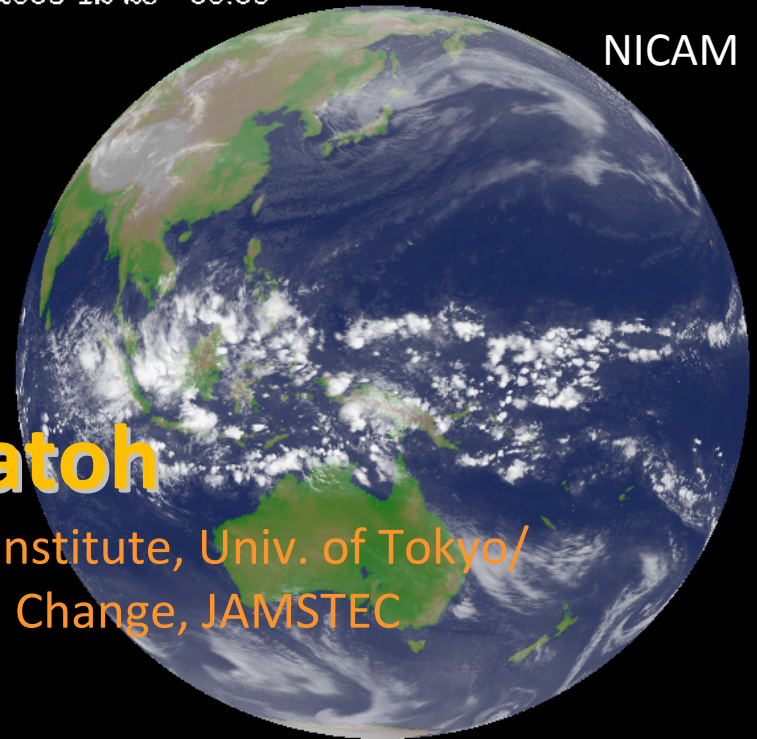
Evaluation of the global cloud-resolving model using satellite  
observation and a future outlook of the use of GPM

2006-12-29 00:00

MTSAT-1R



NICAM



**Masaki Satoh**

Atmosphere and Ocean Research Institute, Univ. of Tokyo/  
Research Institute for Global Change, JAMSTEC

熱帯降雨観測衛星(TRMM)15周年記念シンポジウム  
大手町サンケイプラザホール 2012年11月12日(月)

# 内容

- 全球雲解像モデル
  - 対流雲を解像する超高解像度全球大気モデルNICAM
  - 地球シミュレータ、京コンピュータ
- 衛星観測データによる数値モデルの検証
  - 衛星シミュレータ Joint Simulator for Satellite Sensors (Joint-Simulator)
  - TRMM 今後の衛星観測ミッション GPM, EarthCARE
- 今後のTRMM, GPMの利用について
  - GsMAP, データ同化

# 全球雲解像モデル

## 大気大循環と「積雲対流」

- 大気大循環の駆動源、熱帯収束帯の上昇運動、ハドレー循
- 台風、熱帯の積雲集団、マッデンジュリアン振動
- モンスーン循環
- 集中豪雨などの極端現象

## 気候モデルの不確定性の最大要因

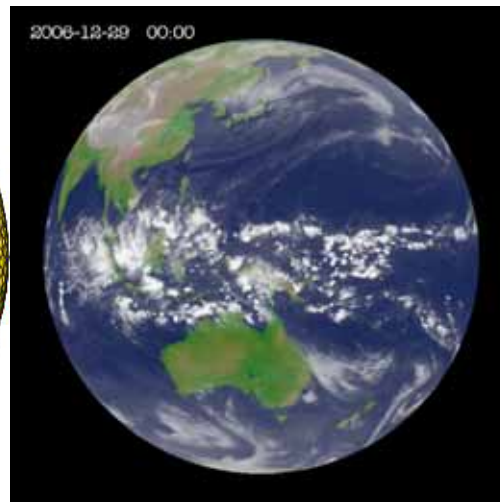
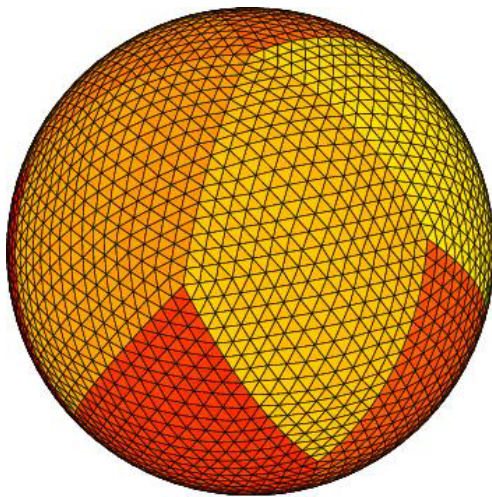
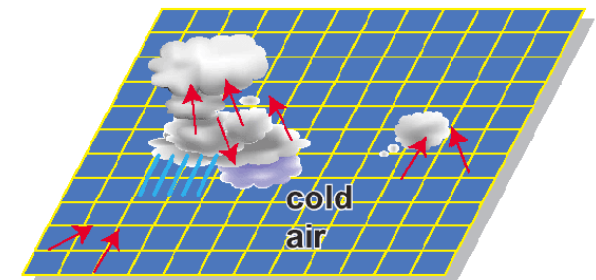
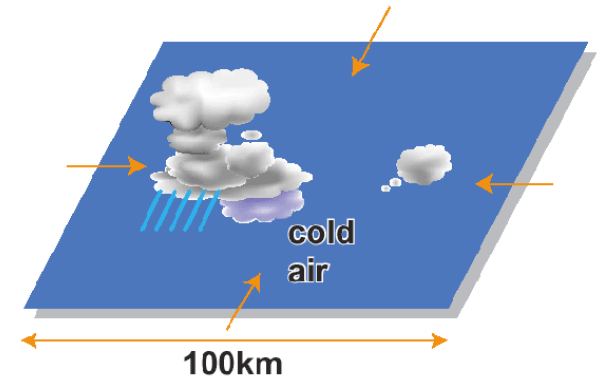
- 格子間隔 10-100km の気候モデルでは積雲対流を解像で
- 積雲パラメタリゼーションが不確定性の大きな要因

## 全球雲解像モデル

- 格子間隔 km スケールの全球非静力モデル
- 対流雲を陽に表現
- 非静力学正20面体大気モデル

Nonhydrostatic Icosahedral Atmospheric Model (NICAM)

Thunderstorms seen from the Space Shuttle

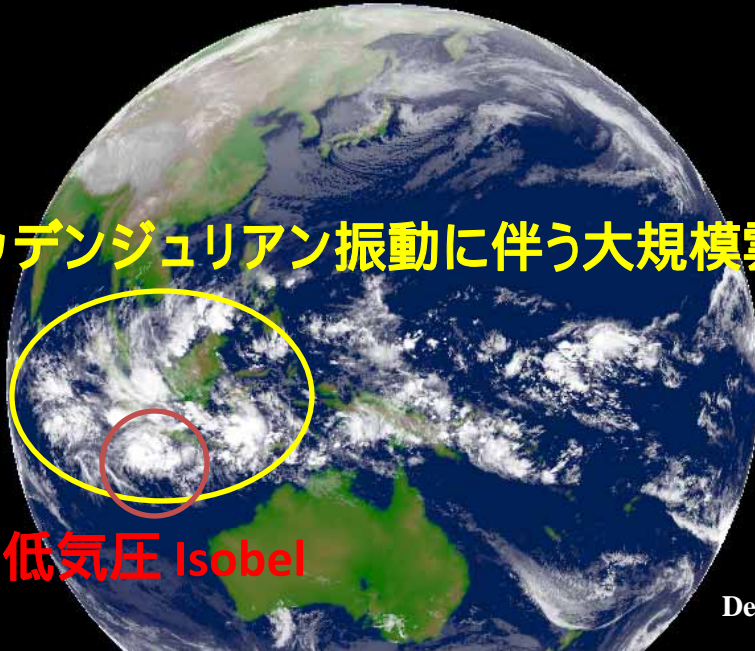


MTSAT-1R

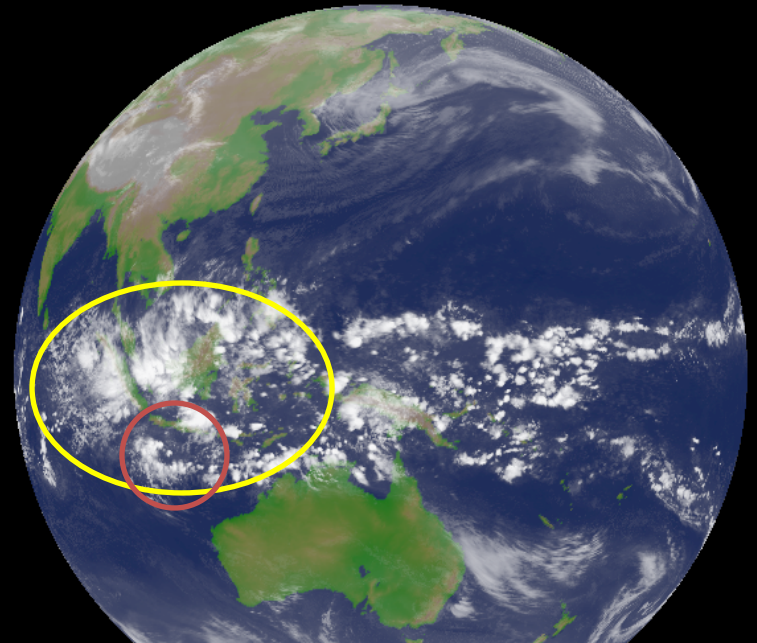
NICAM

マッデンジュリアン振動に伴う大規模雲集団

熱帯低気圧 Isobel

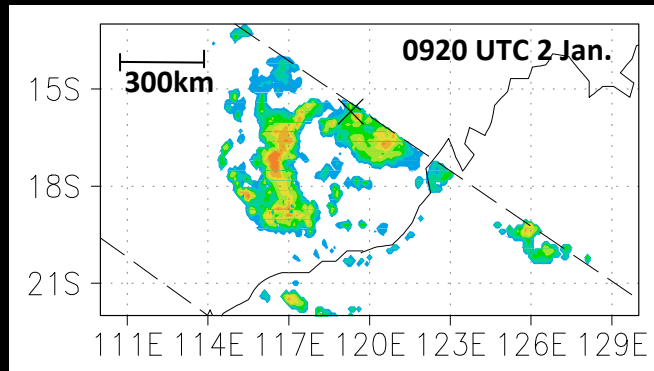


Dec. 29 2006

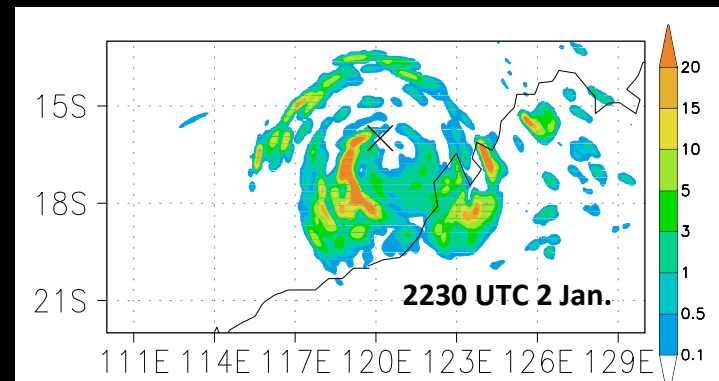


3.5kmメッシュ全球雲解像しミュレーションにより、熱帯の積雲対流の階層構造を再現：  
マッデンジュリアン振動、積雲クラスター、熱帯低気圧、その内部構造

Surface rain rate (mm hour<sup>-1</sup>) by TRMM-TMI

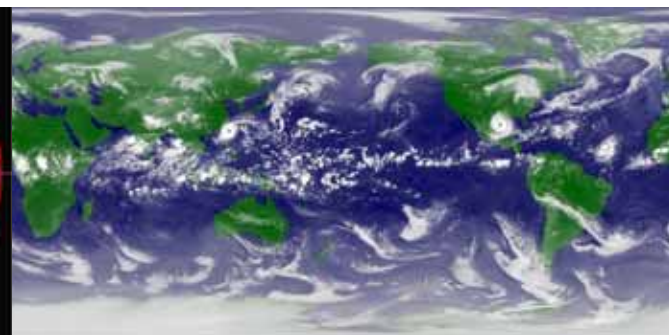
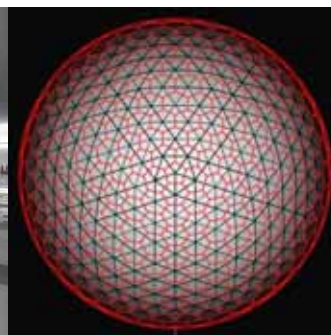


Surface rain rate (mm hour<sup>-1</sup>) by NICAM



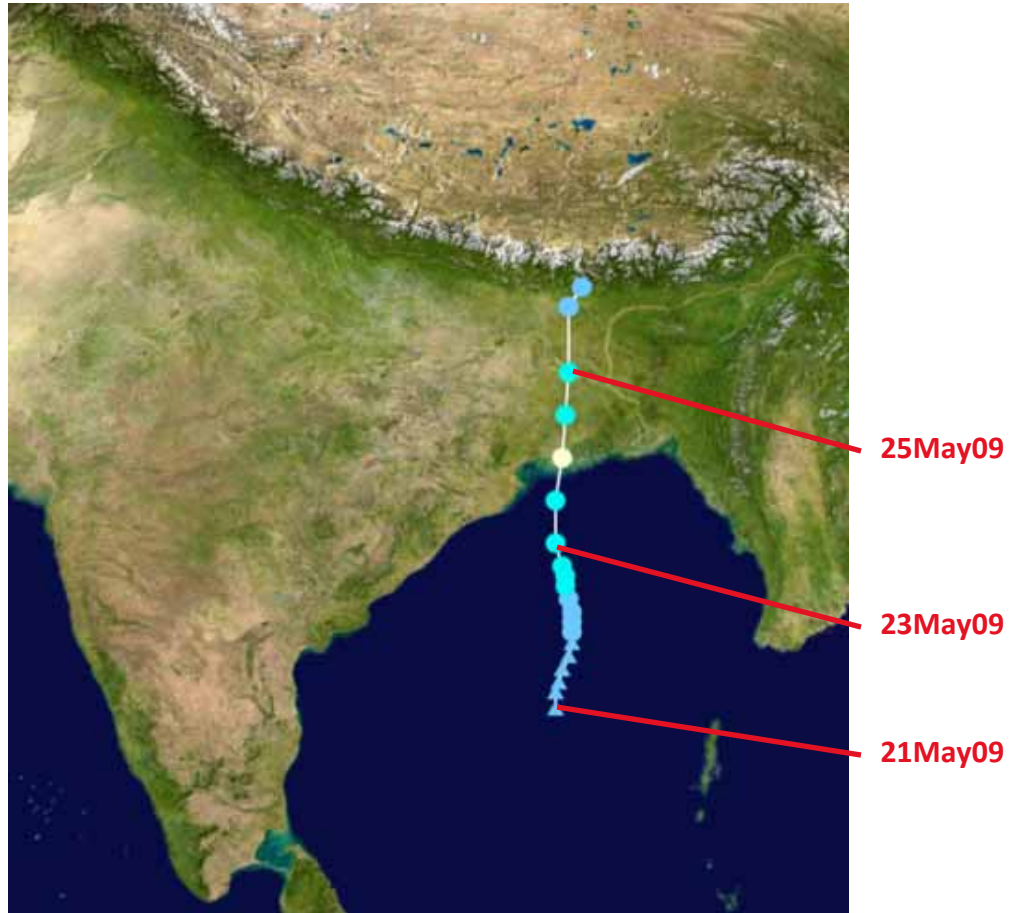
# NICAMを使った研究

- **2000年頃から開発開始: 東京大学+JAMSTEC**  
Tomita and Satoh(2005, *Fluid Dyn. Res.*), Satoh et al.(2008, *J. Comp. Phys.*)
- **2004年: 地球シミュレータを利用した世界初の格子間隔3.5km全球雲解像実験**  
Tomita et al.(2005, *Geophys. Res. Lett.*), Miura et al.(2007, *Science*)
- **2011年より: 「京」コンピュータ(神戸、理研) HPCI 戦略プロジェクト**  
分野3 防災・減災に資する地球変動予測  
2週間以上の延長予測、地球温暖化による台風変化  
さらなる高解像度へ: 格子間隔1.7km, 880m, 440m
- **国際的な連携**
  - Athena プロジェクト (2009-10): COLA, NICS, ECMWF, JAMSTEC, 東京大学
  - G8 ICOMEX (2011-): 日独仏英米



# NICAM(7km格子)の3か月間のシミュレーション Athenaプロジェクト

2009年5月21日～8月31日  
初期の5日間では、熱帯低気圧  
Ailaを現実的に再現



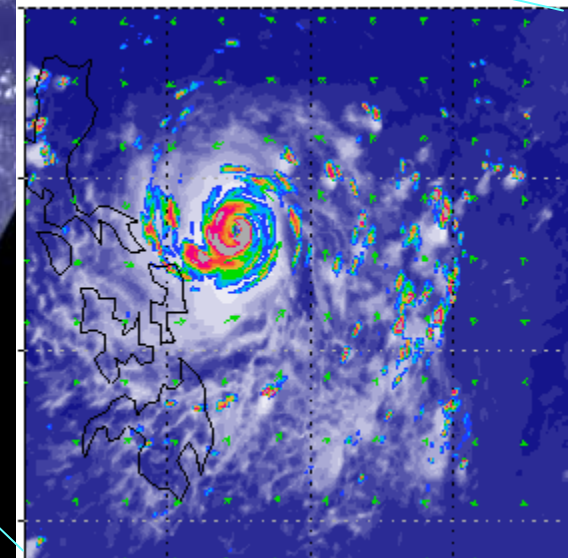
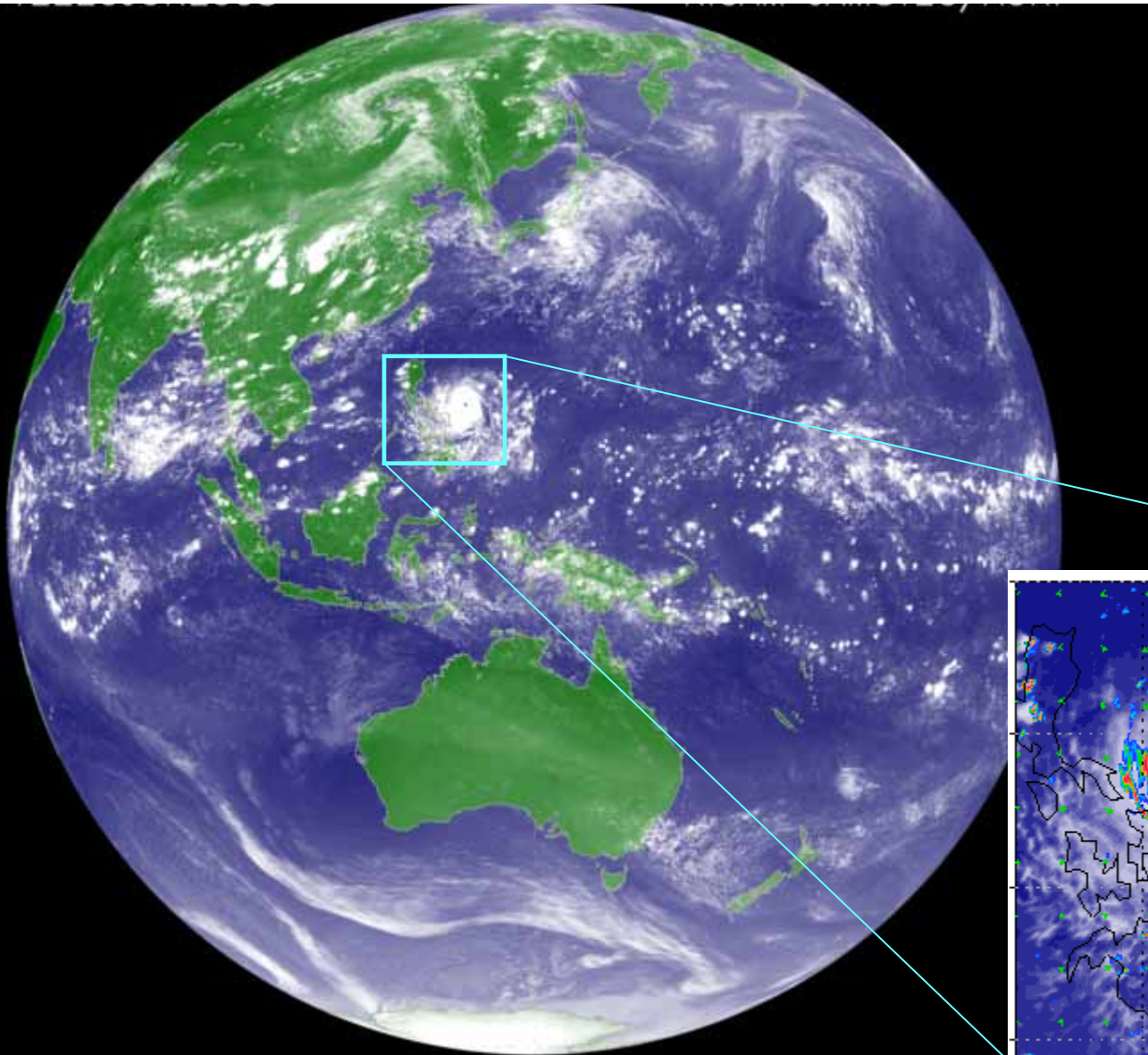
Tropical Cyclone Aila made landfall in India on the Bangladesh border region on May 25 as a borderline category 1 hurricane. TC Aila had sustained winds of 65 - 75 mph at landfall. Approximately 150,000 people were left homeless in India, and at least 45 people have died. In Bangladesh, 10,000 people are homeless, and 89 have died with hundreds missing. The death toll is expected to rise.

Credit: NOAA

# 衛星データによる全球雲解像モデルの検証

3.5km格子NICAM  
2008年6月20日  
12UTC

台風 Fengshen



協力 那須野智江 (JAMSTEC)、山田広幸 (琉球大学)、端野典平 (東京大学)

# Joint-simulator

## (Joint Simulator for Satellite Sensors)

### 衛星シミュレータ

数値モデルの結果から衛星のシグナルを計算

観測からリトリーブされた物理量ではなく、シグナル値により観測とモデルを比較・検証

JAXA-NASA-名大で開発が進められる

センサー間の整合性のとれたマルチセンサー衛星シミュレーター

EarthCARE (2015)衛星を念頭に開発

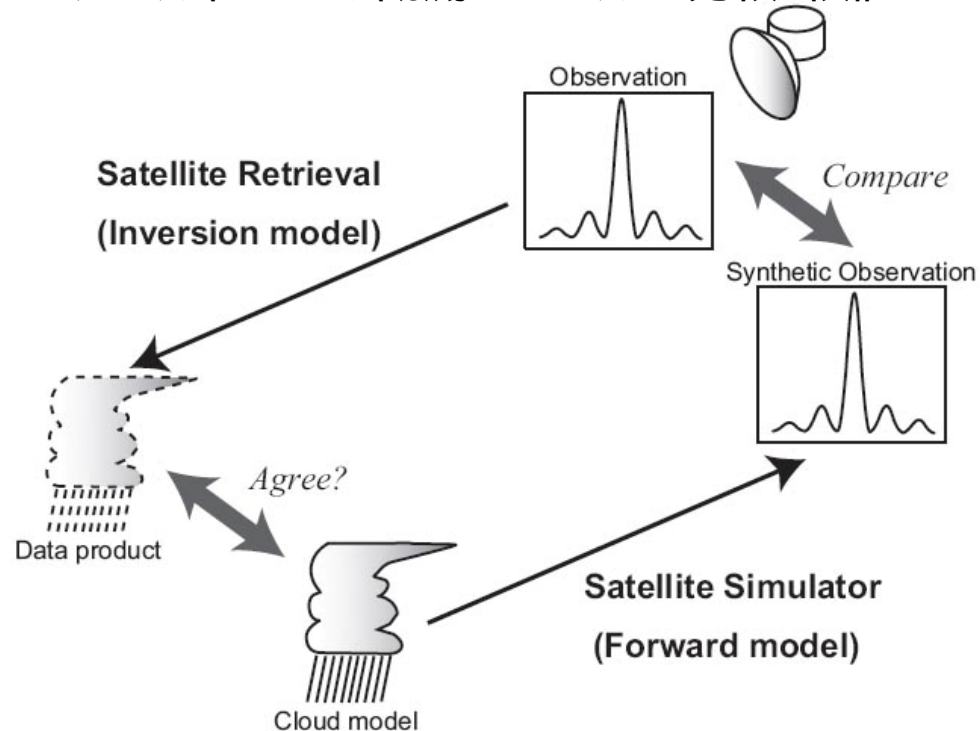
### 雲、エアロゾルの検証

フォワード計算によるシグナル値の比較により、直接的に不確定性を評価

例: 雲粒、雨粒の効果を分けて評価可能

### アルゴリズム開発

リトリバル、データ同化

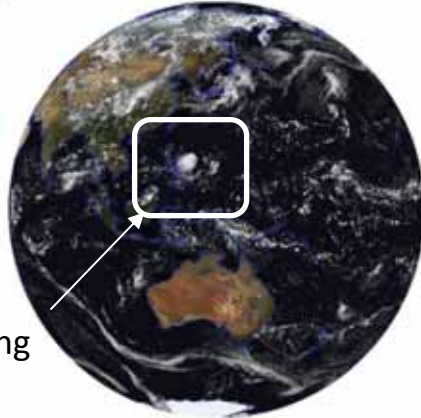




# NICAMシミュレーションへのJoint-simulatorの適用例

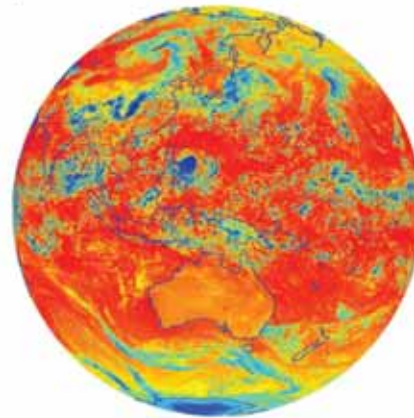
Hashino et al. (2012, JGR, in review)

a) 可視 0.62  $\mu\text{m}$

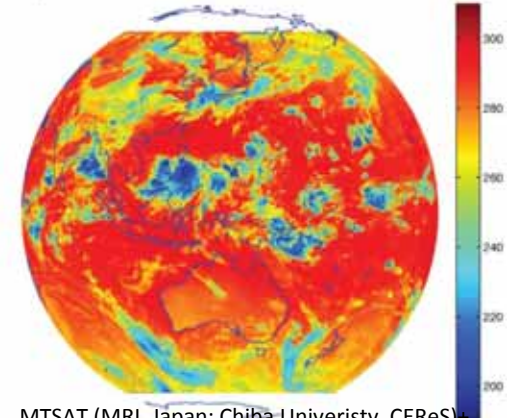


台風Fengsheng

b) 赤外 10.8  $\mu\text{m}$  TB [K]

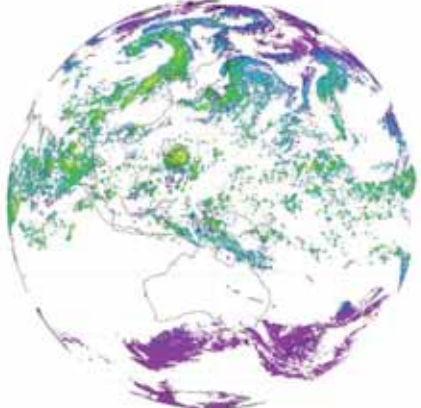


c) 赤外 (観測) 10.8  $\mu\text{m}$  TB [K]

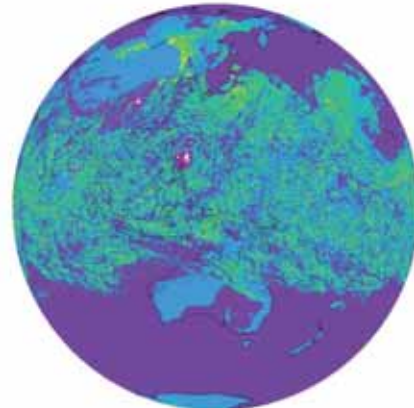


MTSAT (MRI, Japan; Chiba University, CERES)  
globally-merged IR (CPC, NOAA)

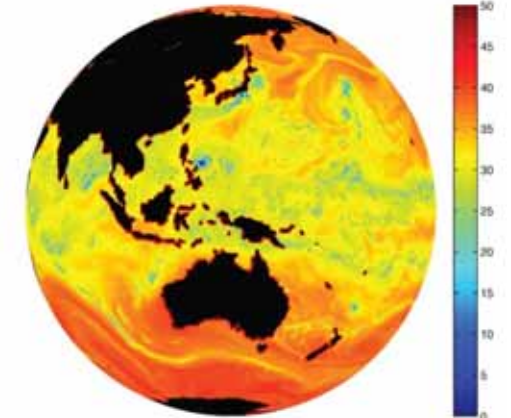
d) 雲レーダー (高度10km)  
94 GHz CPR [dBZ]



e) ライダー (高度14km)  
532 nm 反射因子 Log10[1/m/str]



f) マイクロ波 Pol diff for 19GHz

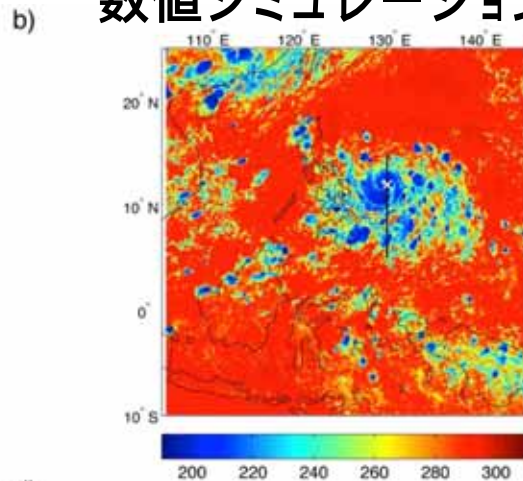
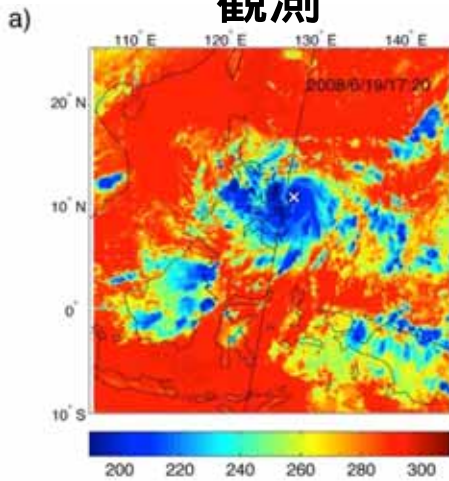


観測

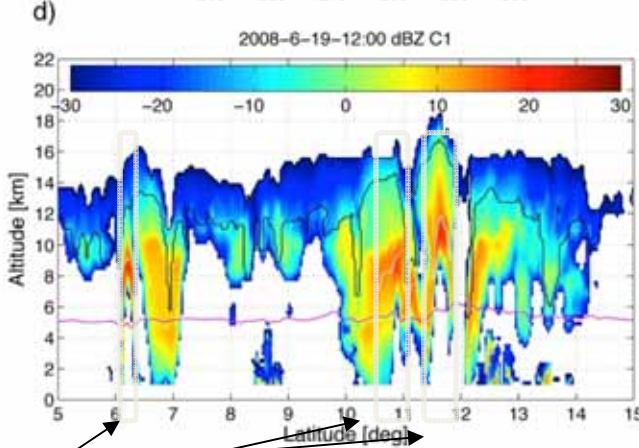
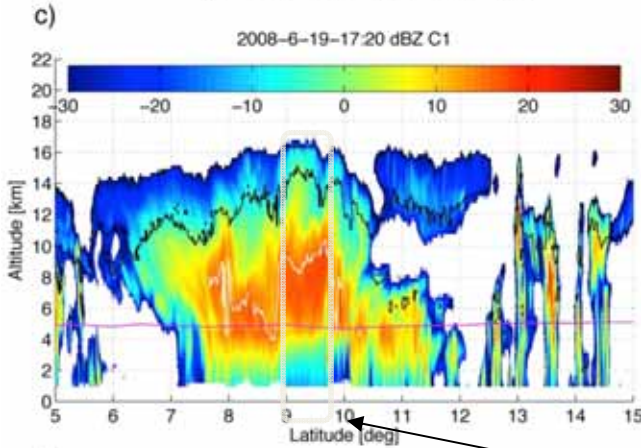
数値シミュレーション

# 台風Fengshen の比較

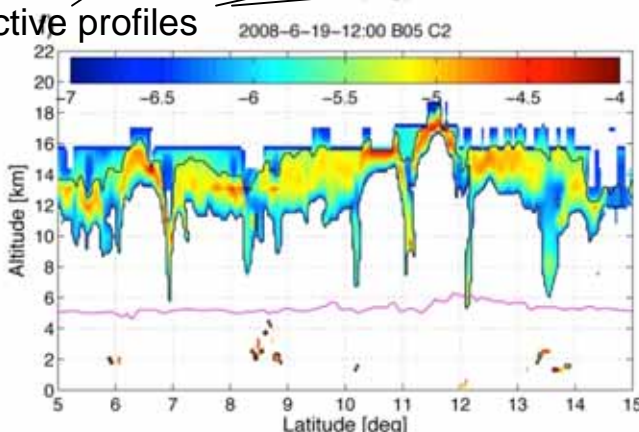
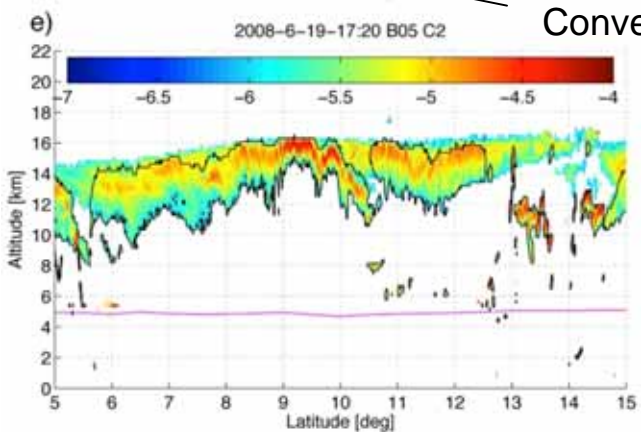
IR T<sub>b</sub>



CloudSat 95 GHz



CALIPSO 532 nm



Convective profiles

- Overlap regions of C1 and C2 mask (black lines) extends up to ~4 km both in OBS and NICAM.
- The altitude of multiple scattering onset (white lines, Battaglia et al. 2011) and high  $\beta_{532}$  suggest the convective profiles.
- Simulation: a lack of radar reflectivity found in the convective cores where water contents are high.
- Both of OBS and NICAM show the dark band.

# 雲の出現頻度の全球分布

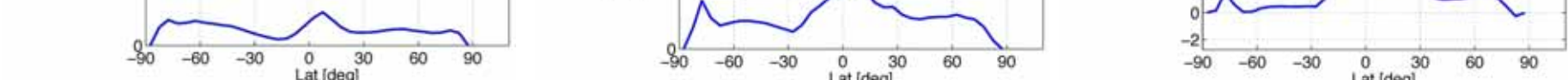
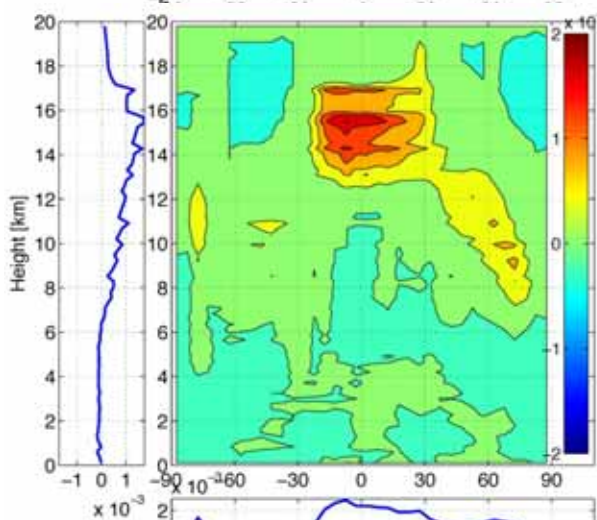
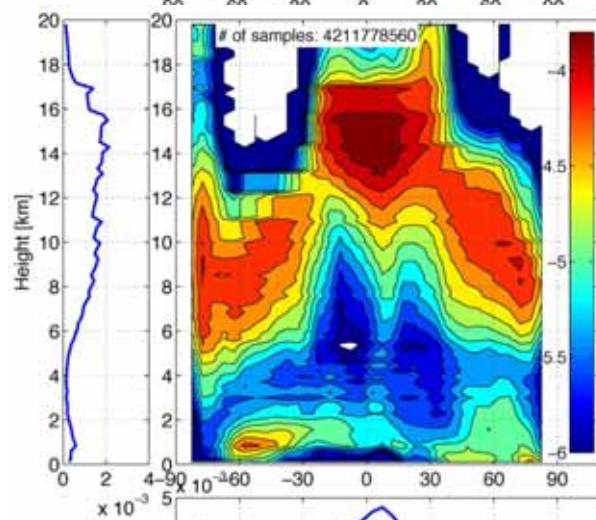
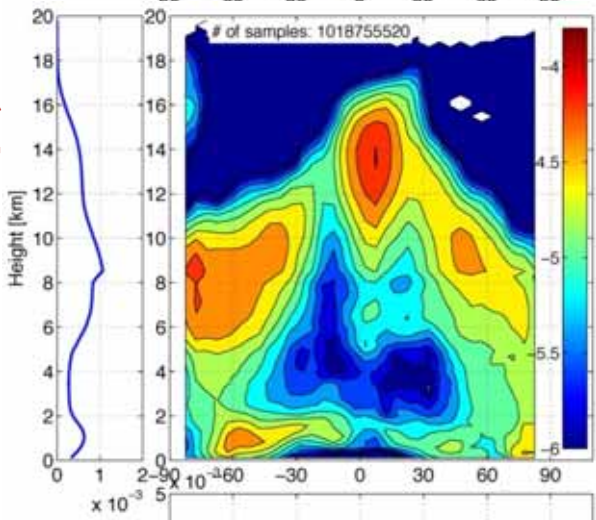
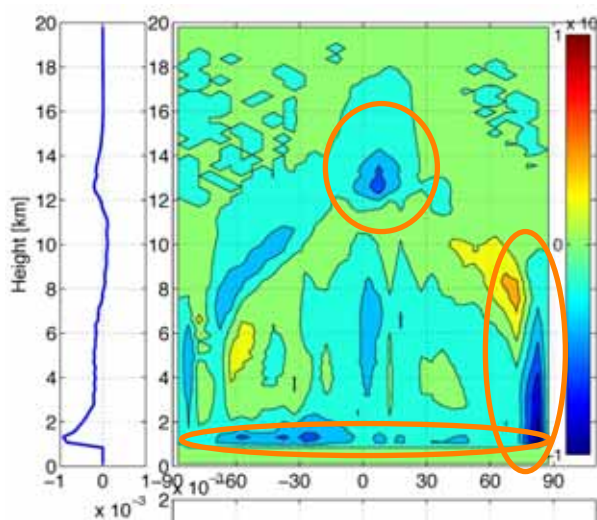
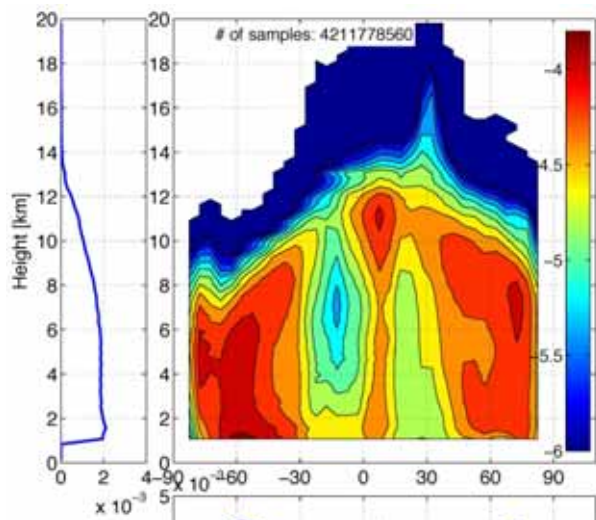
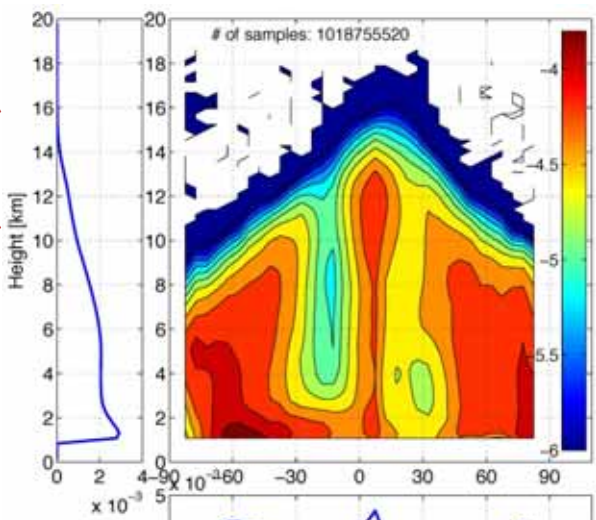
観測

NICAM 数値シミュレーション

差: NICAM-観測

CloudSat ライダー

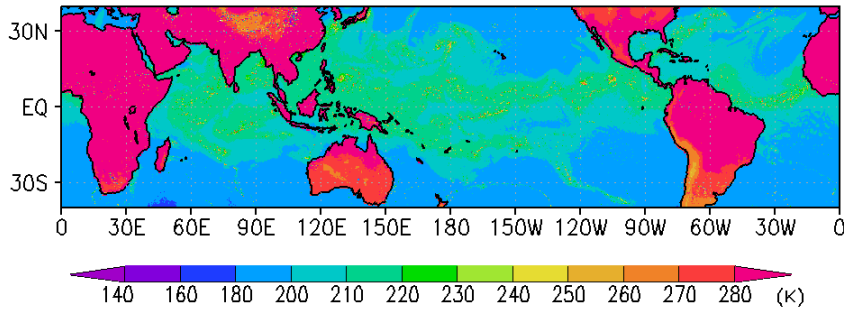
CALIPSO ライダー



# NICAMとTRMM/TMIとの比較

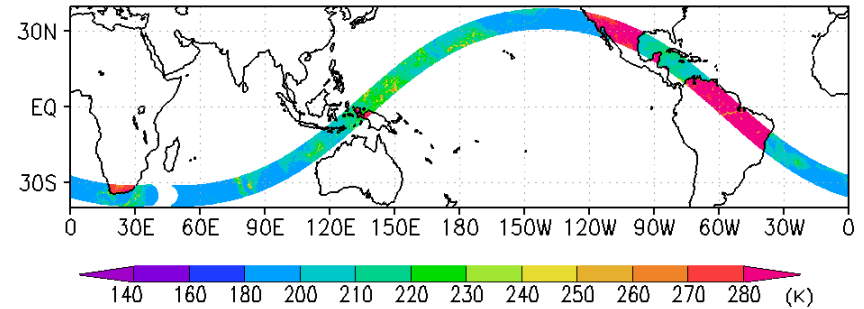
Joint-SimulatorによりNICAMから計算した輝度温度

Tb19v (NICAM & J-simulator): 12Z19JUN2008

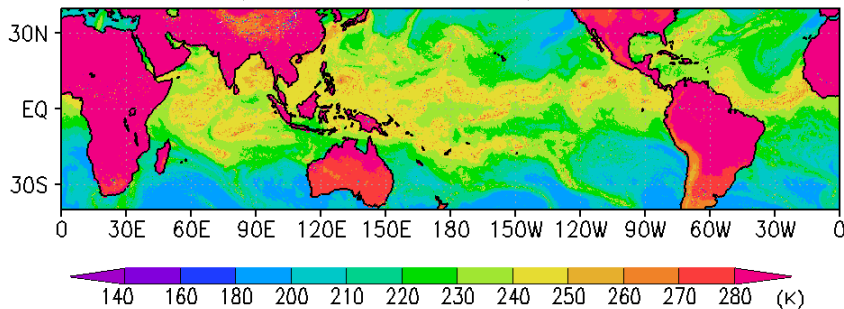


TRMM/TMI観測の輝度温度

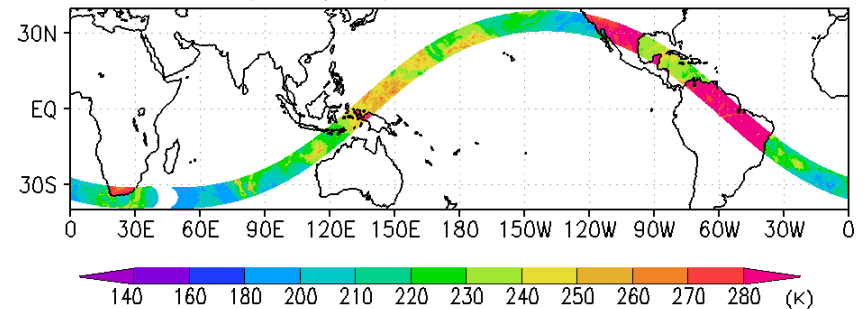
Tb19v (TRMM/TMI): 11:13Z-12:45Z19JUN2008



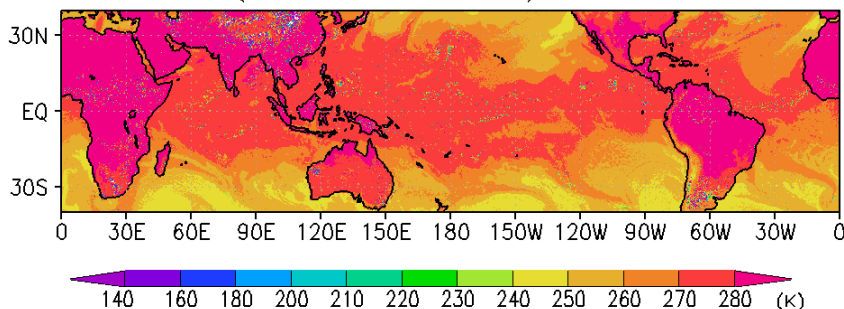
Tb21v (NICAM & J-simulator): 12Z19JUN2008



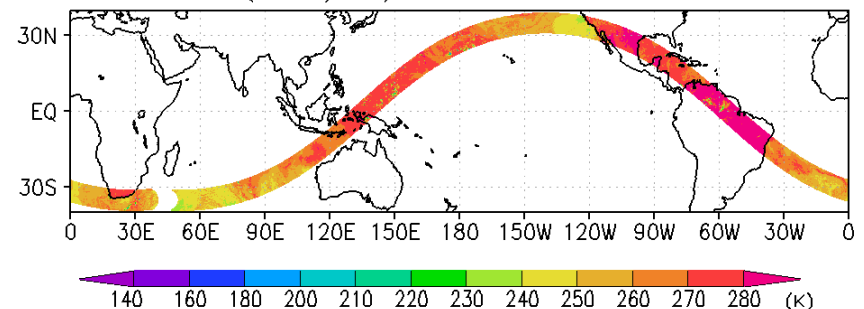
Tb21v (TRMM/TMI): 11:13Z-12:45Z19JUN2008



Tb85v (NICAM & J-simulator): 12Z19JUN2008



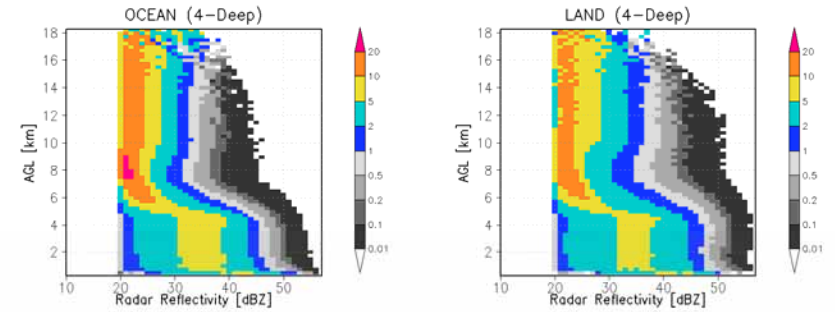
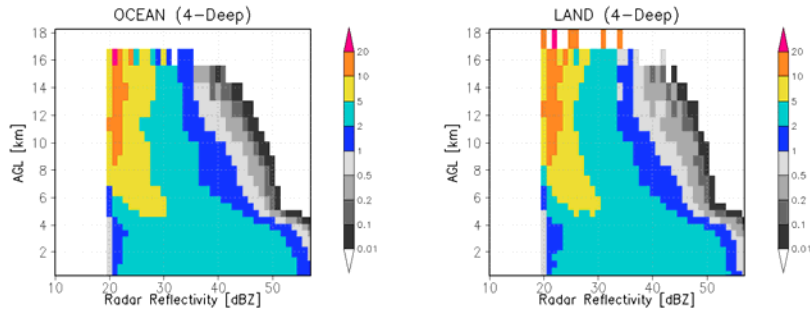
Tb85v (TRMM/TMI): 11:13Z-12:45Z19JUN2008



# CFAD (Deep) : NICAM vs TRMM

NICAM 2008:6:1:0

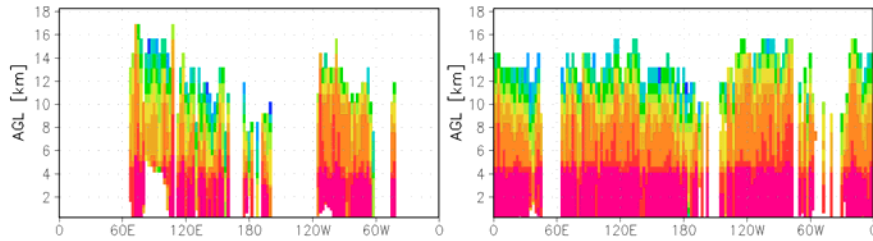
TRMM 2008:6:1:0



Maximum radar reflectivity

Latitude=30deg

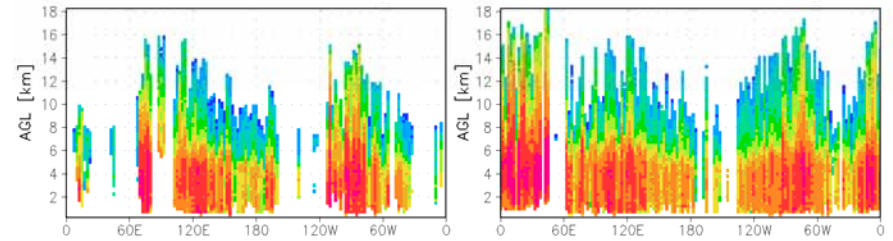
Latitude=10deg



Maximum radar reflectivity

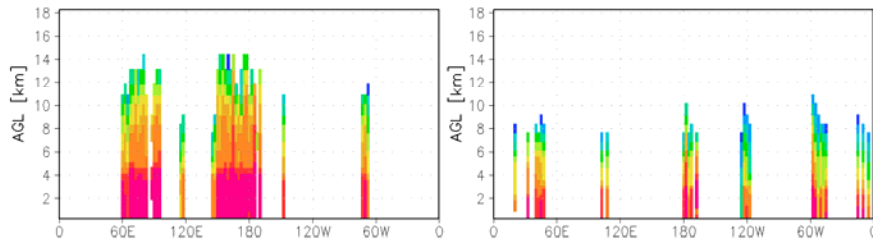
Latitude=30deg

Latitude=10deg



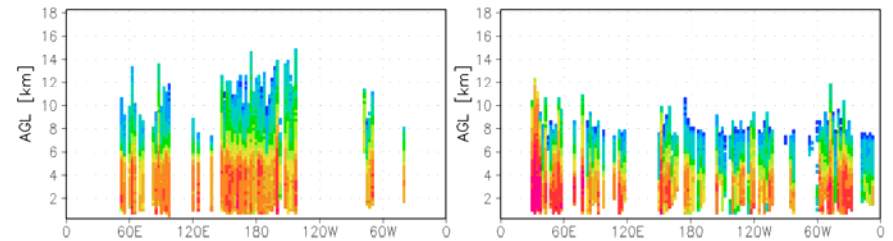
Latitude=-10deg

Latitude=-30deg



Latitude=-10deg

Latitude=-30deg



Max PR Echo (deep) [dBZ]



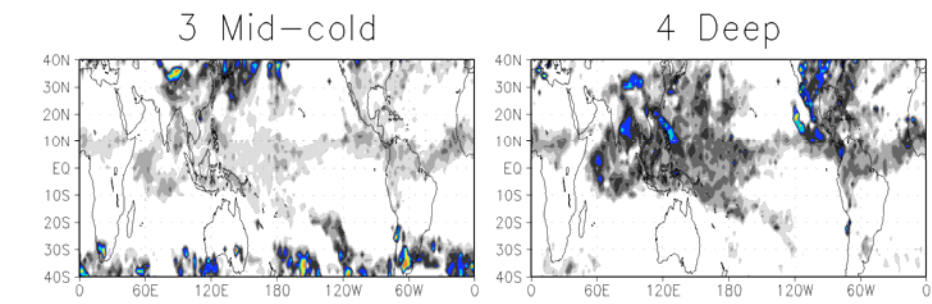
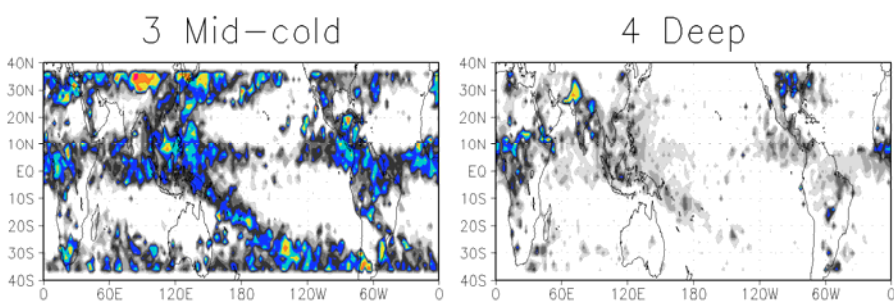
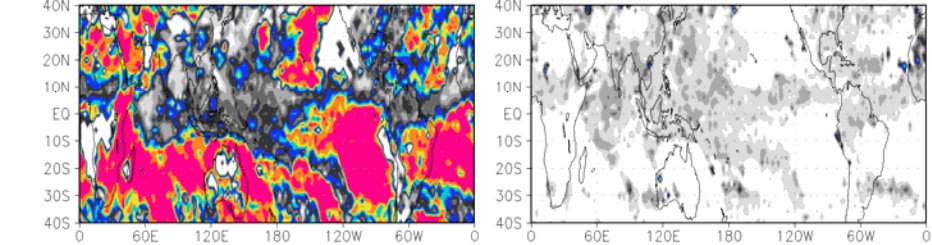
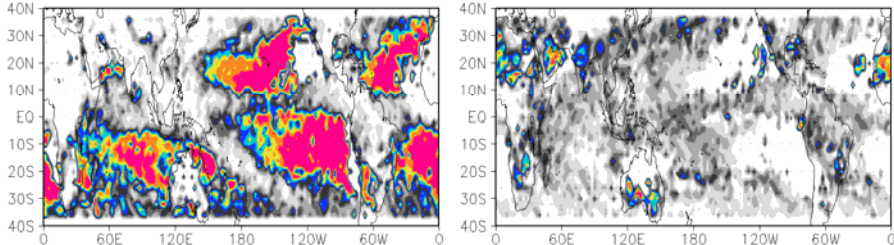
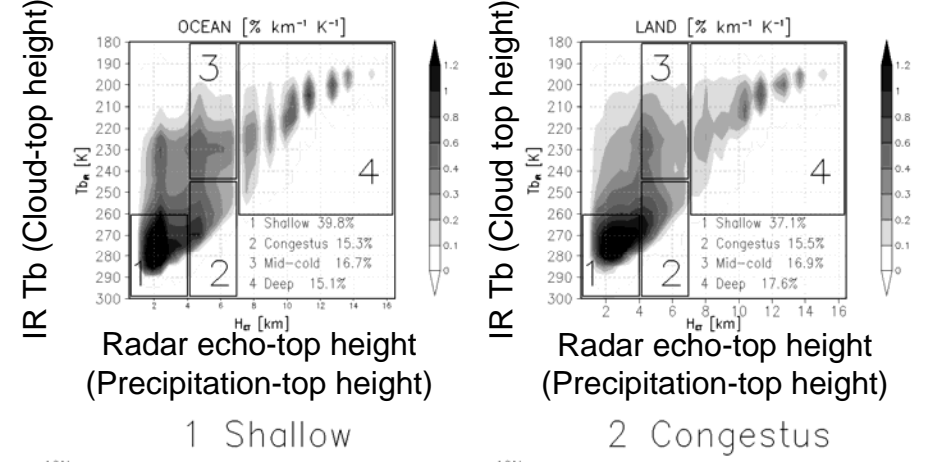
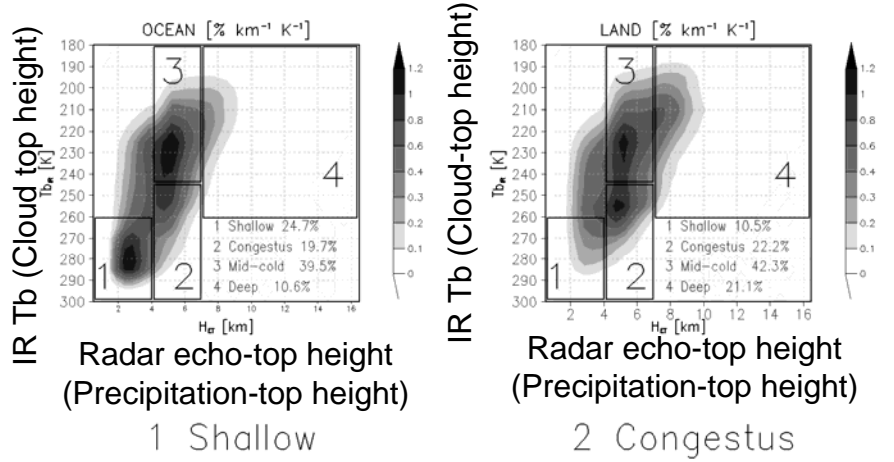
Max PR Echo (deep) [dBZ]



# 雲頂と降雨レーダー(PR)頂ダイアグラム

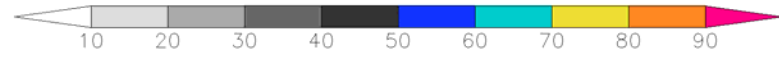
TRMM 2008:5:1:0

NICAM 2008:6:1:0



Frequency [%]

Frequency [%]



**TRMM観測データ**

**NICAMデータ**

# 降雨プロダクト GSMaP

## JAXA Global Rainfall Watch

JAXA/EORC

>> Japanese

Last up date: 2012/Nov/01 09:55:11 UTC

### [ Information ]

No need to register to view full cloud images.

Date: 2012 / Oct / 28 12:00-12:59 UTC

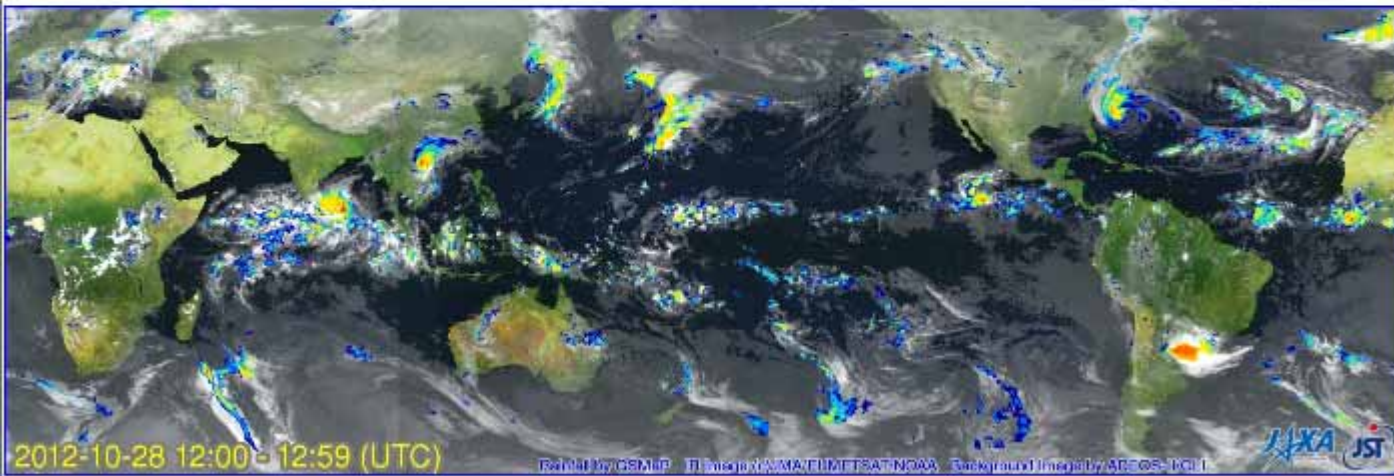
Latest  
10 hours



Pre <<

Latest

>> Next



Rain 0.1 0.5 1.0 2.0 3.0 5.0 10.0 15.0 20.0 25.0 30.0 [mm/hr]

<http://sharaku.eorc.jaxa.jp/GSMaP/>

### 次世代 GSMaP

■ 数値モデルによる同化を利用

NICAMによる降水  
同化 dx<10km

■ 多様な衛星データの  
利用

Joint-Simulator

■ 雲・雪・降水粒子の4  
次元場解析

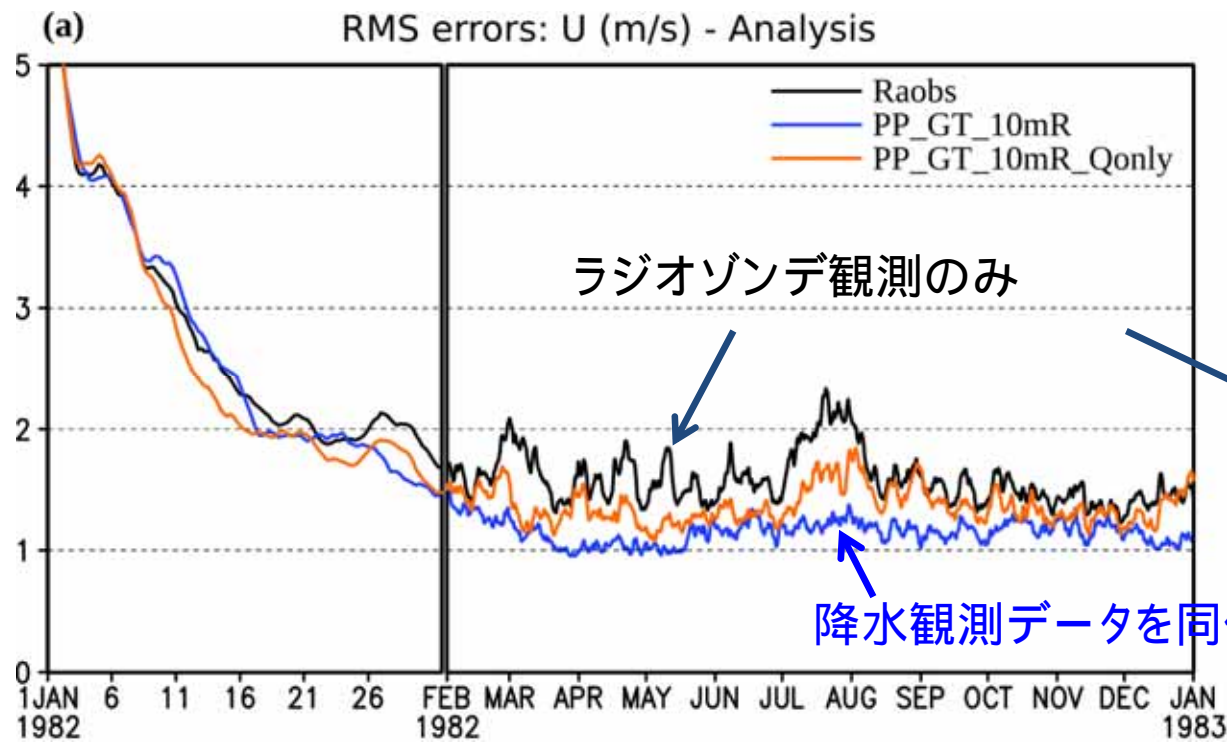
# 降水のデータ同化

協力: 三好建正(理研)

低解像度の全球モデルSPEEDYを用いた理想化実験で、全球降水観測データの同化による数日を超えた数値予報の改善に初めて成功。

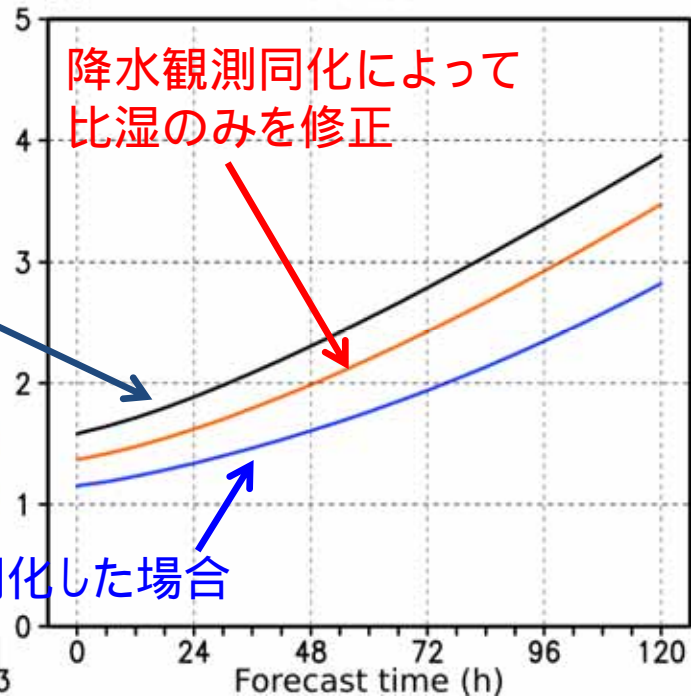
### 東西風の解析誤差

RMS errors: U (m/s) - Analysis



### 5日までの予報誤差

(b) Forecast



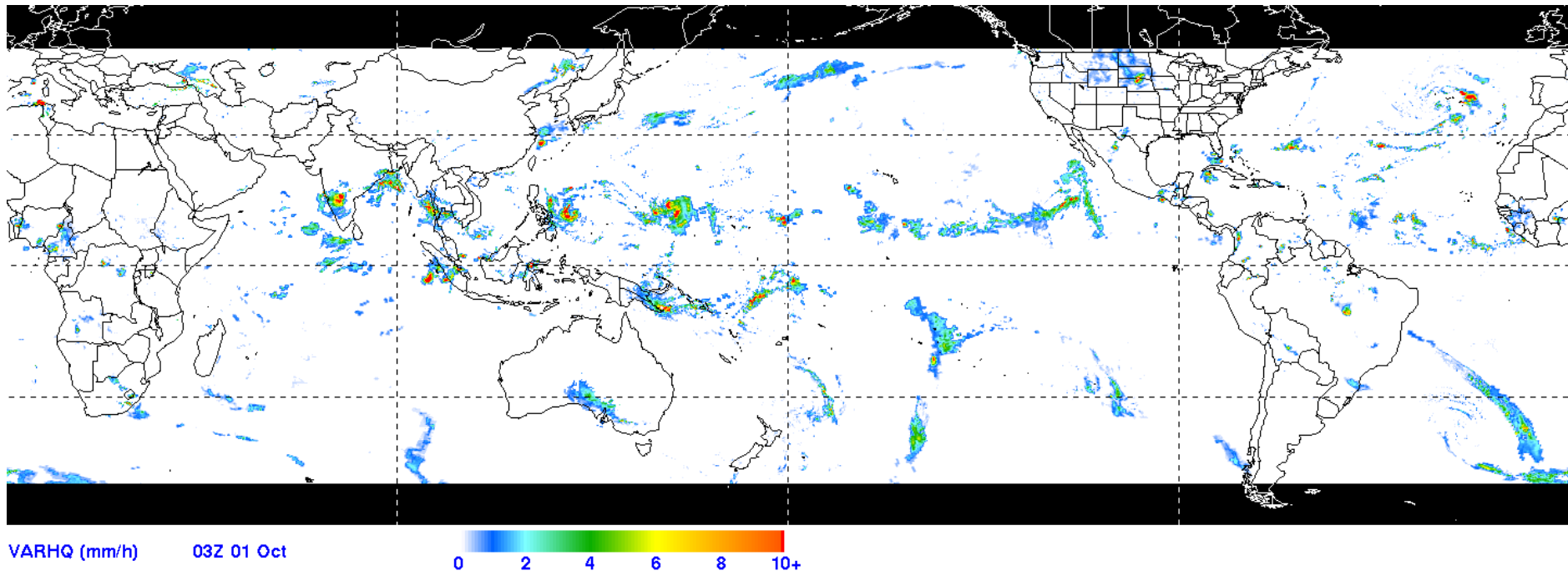
(Lien, Kalnay, Miyoshi 2012)



# 全球降水観測データ同化計画

- 詳細な降水過程を含む全球モデルNICAMに、実用的なアンサンブルデータ同化手法LETKFを適用し、衛星による降水観測データを有効に活用するデータ同化手法を確立
- NICAM-LETKFによって解析される全球降水分布は、これまでのGSMaPとは異なる方法で推定された新たな全球降水マップとして期待

2009/10/1のTRMM Multisatellite Precipitation Analysis (TMPA, Huffman et al. 2007)



# まとめ

- NICAMによる全球雲解像計算
  - 雲微物理を考慮したkmスケールの全球計算
  - 地球シミュレータ、京、東大等で比較的容易に計算できるようになってきた
- 衛星観測データによる数値モデルの検証
  - 多様な衛星データの利用
  - 衛星シミュレータ Joint-simulator によるシグナル値による検証
- 今後のTRMM, GPMの利用について
  - 降雨データの同化
  - NICAM-LETKFによる雲・雪・降水の4次元プロダクト