

21世紀気候変動予測革新プログラム A④課題 (A④\_04)

全球雲解像モデルによる  
雲降水システムの気候予測精度向上

佐藤正樹

(海洋研究開発機構 地球環境フロンティア研究センター)

2007年度成果発表会

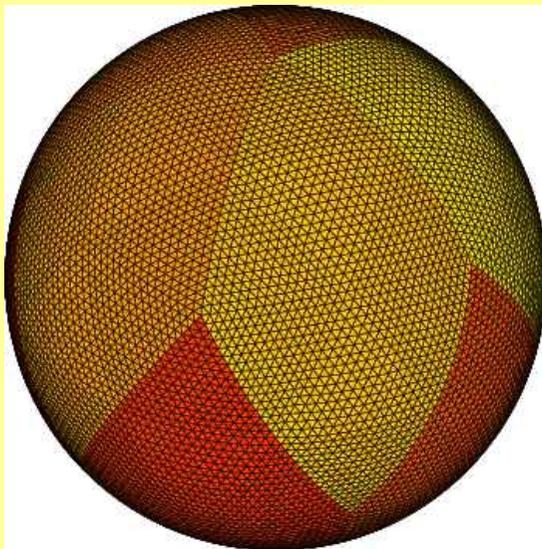
国立オリンピック記念青少年総合センター(代々木)

2008年1月18日

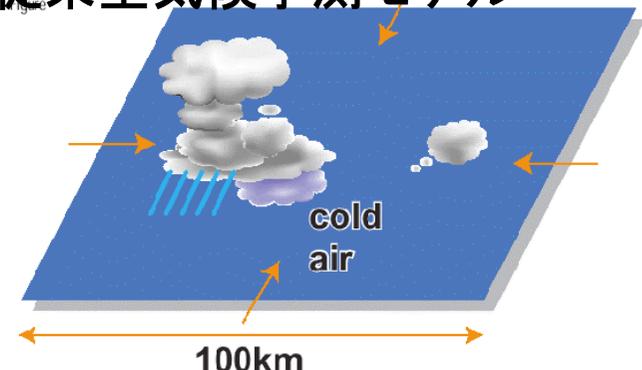
# 全球雲解像モデルとは

- 全球を数kmメッシュで覆い、地球全体の「雲」を解像するモデル
- モデル名: NICAM 非静力正20面体大気モデル
- 地球シミュレータを有する日本が世界に先駆けて2000年より開発
- 独創的で先進的なモデル

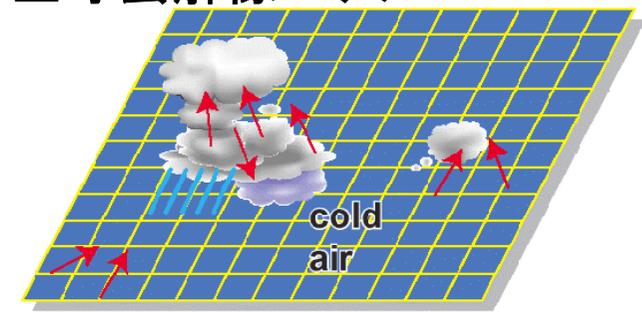
正20面体格子



従来型気候予測モデル



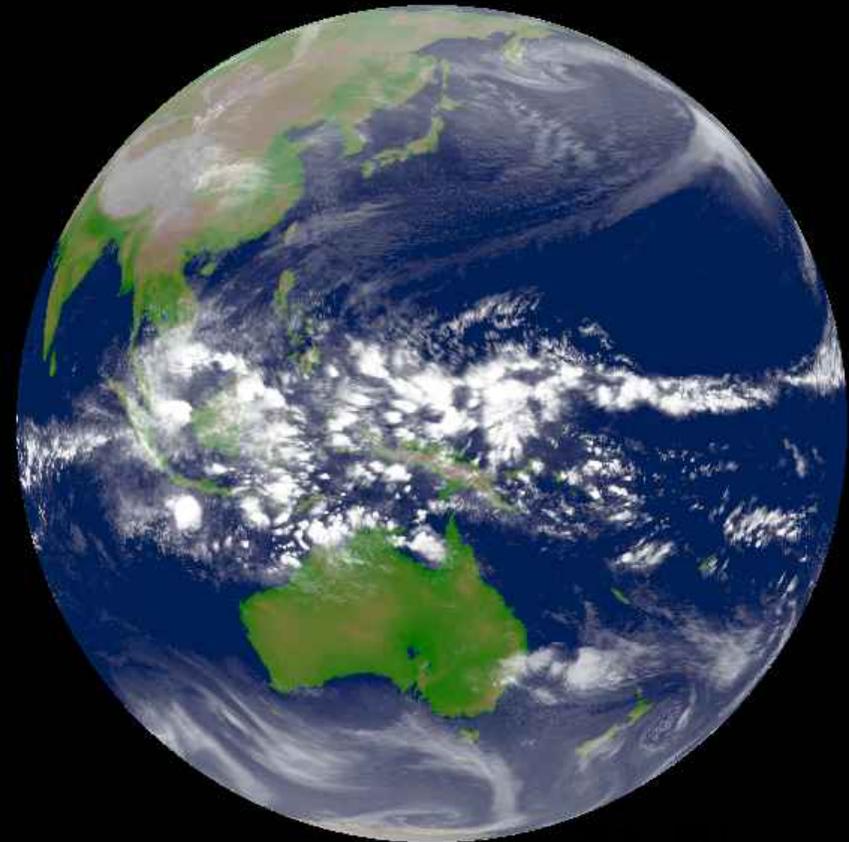
全球雲解像モデル



# NICAM 3.5kmメッシュ実験で空間構造を詳細に再現

ひまわり6号(MTSAT-1R)

3.5kmメッシュ実験



**Miura et al. (2007, Science)**

マッデン・ジュリアン振動に伴う組織化した雲の大規模な集合体を再現

- 東西スケール数千キロにわたる積乱雲の活動域
- その中に、水平スケール数百キロの組織化した雲が複数存在

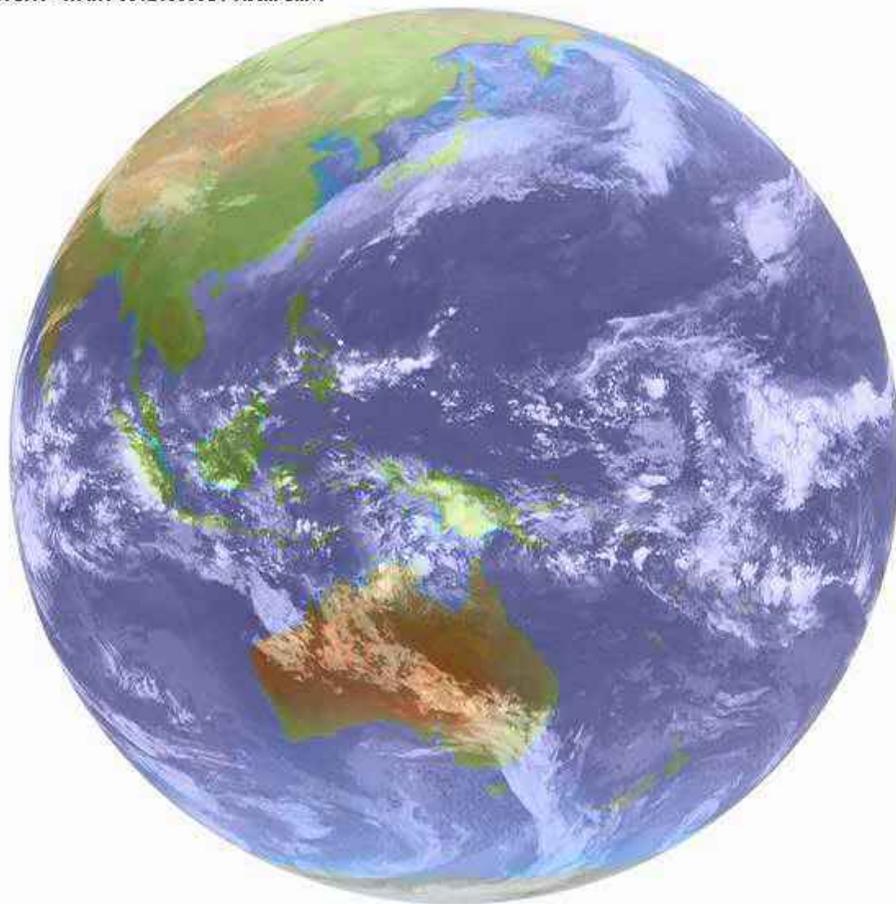
# 7kmメッシュ実験で時間発展を現実的に再現

2006年12月15日からの雲の時間発展(1ヶ月)

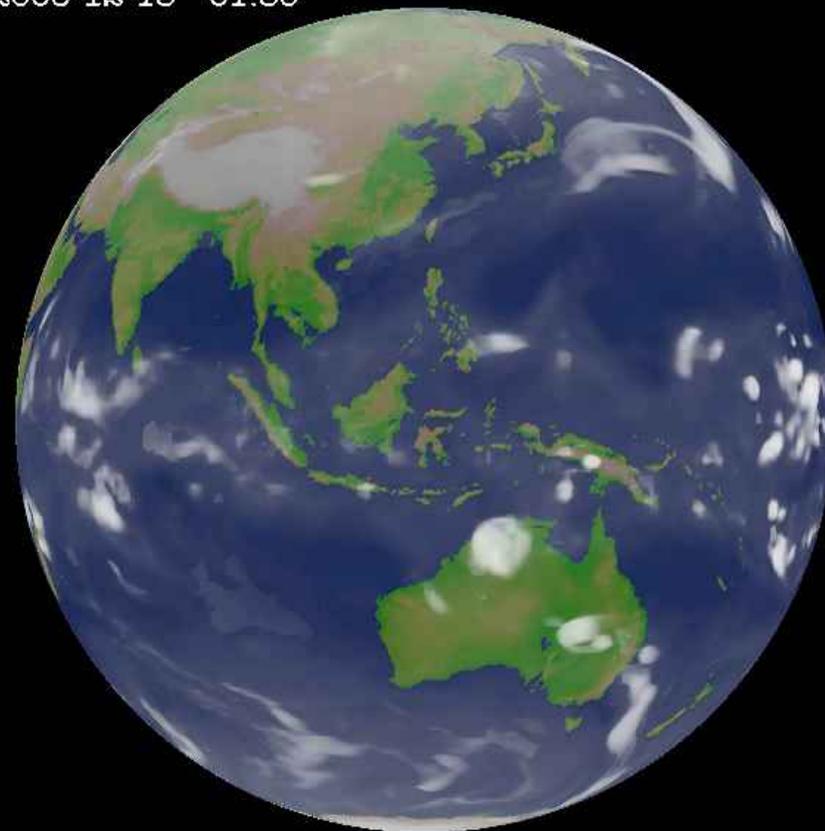
ひまわり6号(MTSAT-1R)

7kmメッシュ実験

MTSAT-1R IR1 06121500JST Kochi Univ.



2006-12-15 01:30



高知大学気象情報頁の画像を利用  
<http://weather.is.kochi-u.ac.jp/>

# 巨大な雲集団 活動状況を再現

長期天気予報の精度向上へ

赤道付近で発生し規模が数千kmに達する巨大な雲の集団の動きの再現に、海洋研究開発機構などが世界で初めて成功した。巨大雲は、エルニーニョ現象や熱帯低気圧などの発生にかかわるため、各国の長期天気予報の精度向上に役立ちそうだ。14日付の米科学誌サイエンスに発表した。

巨大雲集団は、インド洋で積乱雲が集まって形成される。自転車（毎秒約5km）ほどの速度で東へ進み、1〜2カ月後に太平洋で消える。197

月中旬に太平洋に到達したのに対し、コンピューター上でもその動きをほぼ正確に再現した。1月2日にオーストラリア北西に発生した熱帯低気圧や1月中旬にニューギニア島を通過後に一部の雲が消滅するなど詳細な動きも描き出した。

最近の研究で、巨大雲集団が消えた直後にエルニーニョ現象が終息したり、インド洋でより活発な積乱雲が生じたときに日本が暖冬になりやすいうことが分かってきた。佐藤准教授は「1カ月先のマッデン・ジュリアン振動の動きを、発生直後に予測できる可能性が出てきた。週間や季節予報の精度向上につながる」と話す。

【田中泰義】

同機構の三浦裕亮研究員と佐藤正樹・東京大准教授（ともに気象学）からは、雲の生成・消滅や分布に影響する地形を再現できる超高度解像度の気候モデルを開発。スーパーコンピュータの地球シミュレータを使い、06年12月〜07年1月に発生したマッデン・ジュリアン振動の再現を試みた。実際の巨大雲集団は、12月中下旬にインド洋に広がった後に東進し、1



◎2006年12月29日に気象衛星ひまわり6号がとらえた赤道上空の巨大な雲集団◎コンピュータでほぼ正確に再現された赤道上空の巨大雲集団◎海洋研究開発機構提供

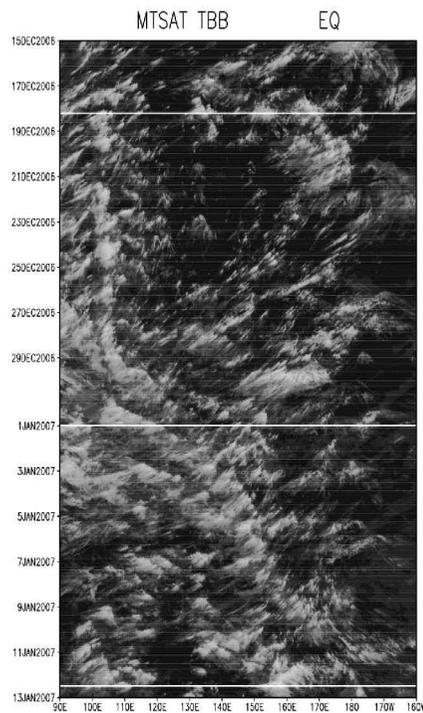
# マッデン・ジュリアン振動

MTSAT-1R TBB  
by T.Nakazawa

NICAM 7km 実験  
OLR

DX7

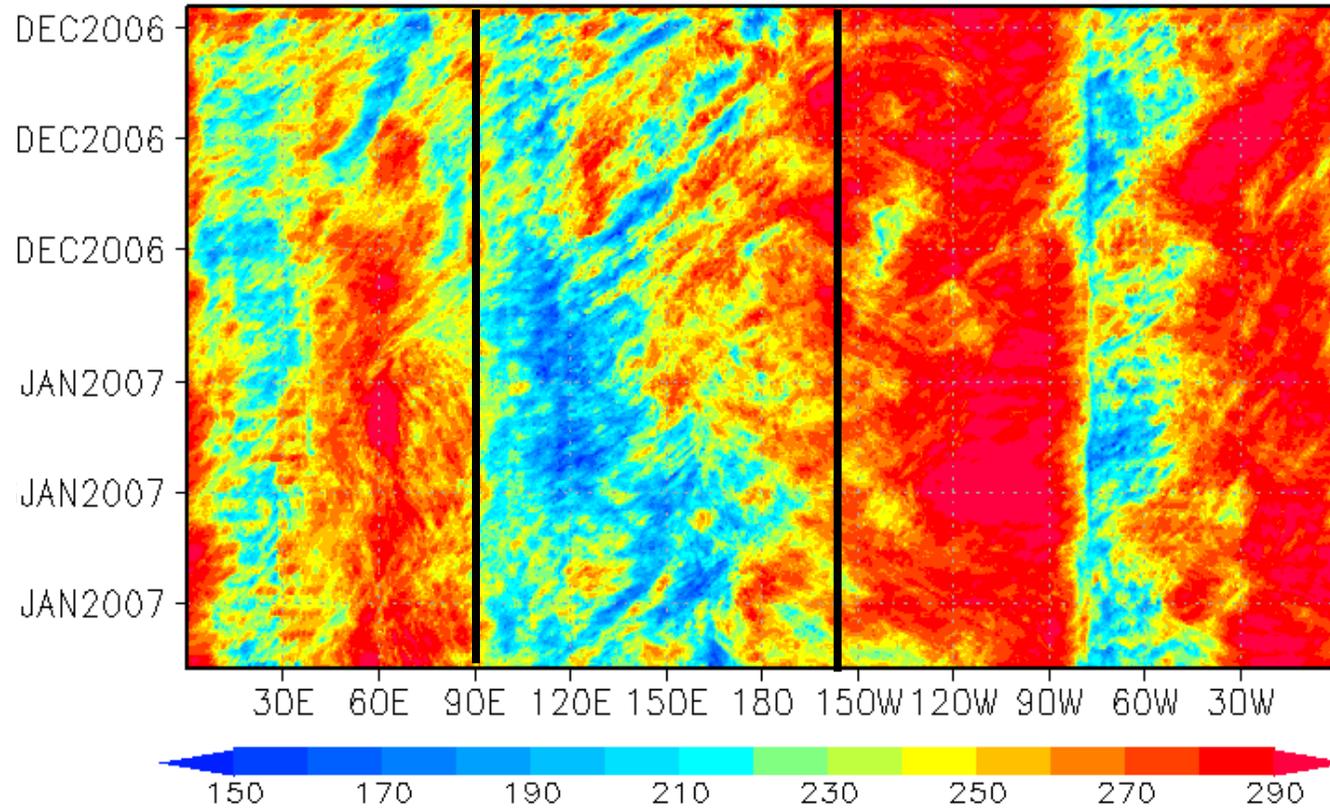
average(10S-10N)



©NAS: OSA/GS

2007-04-16-18:42

OLR

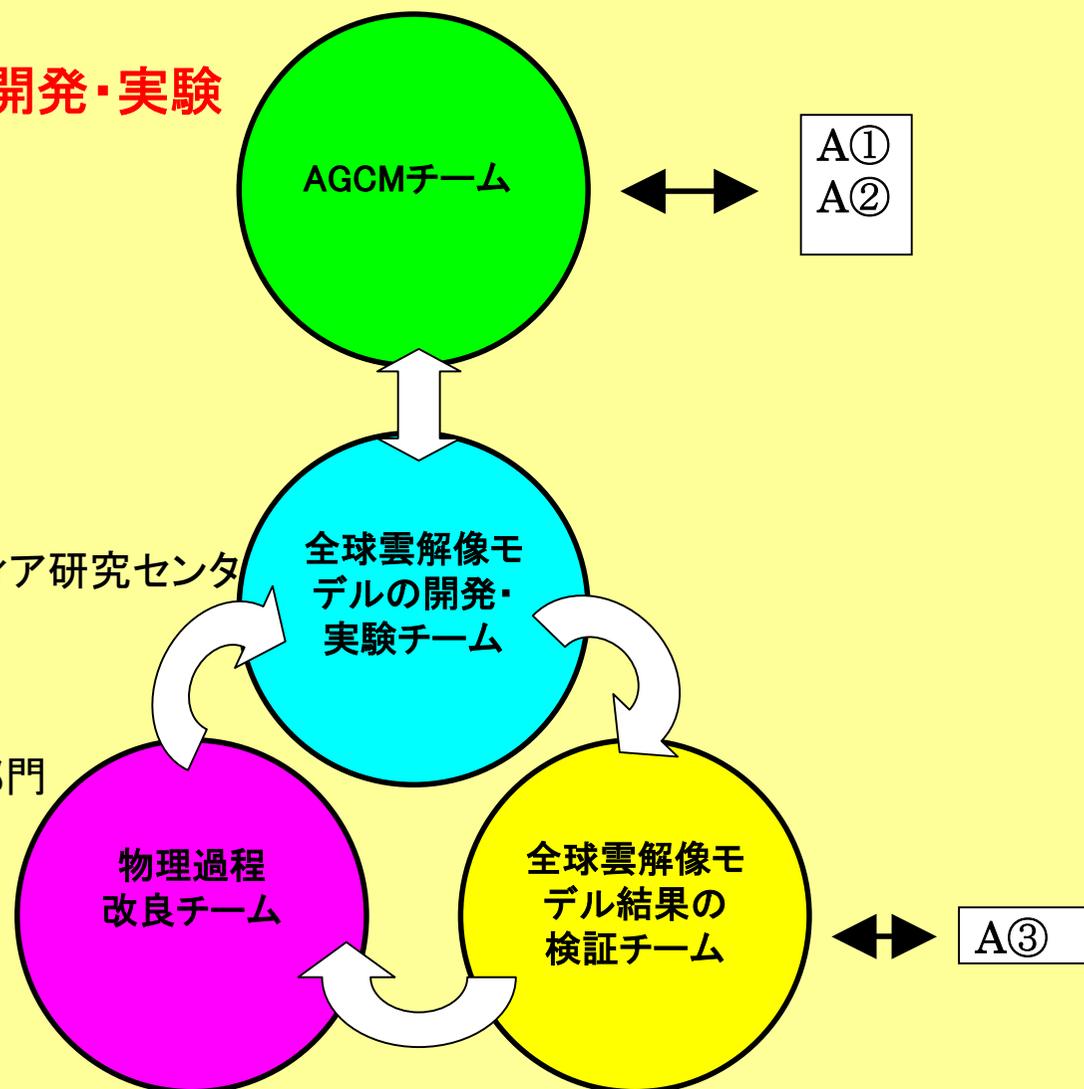


# 研究目的・体制

- 目的: 全球雲解像モデルを用いて、特に雲降水システムの気候予測に関する不確定性を低減する
- 手法
  - 全球雲解像モデルの開発・実験
  - 結果の検証
  - 物理過程改良
  - AGCMとの連携

## 参加機関

海洋研究開発機構地球環境フロンティア研究センター  
東京大学気候システム研究センター  
北海道大学低温研究所  
名古屋大学地球水循環研究センター  
九州大学理学研究院地球惑星科学部門  
京都大学防災研究所  
防災科学技術研究所  
国立環境研究所



# 研究計画

## 革新プログラムでの課題

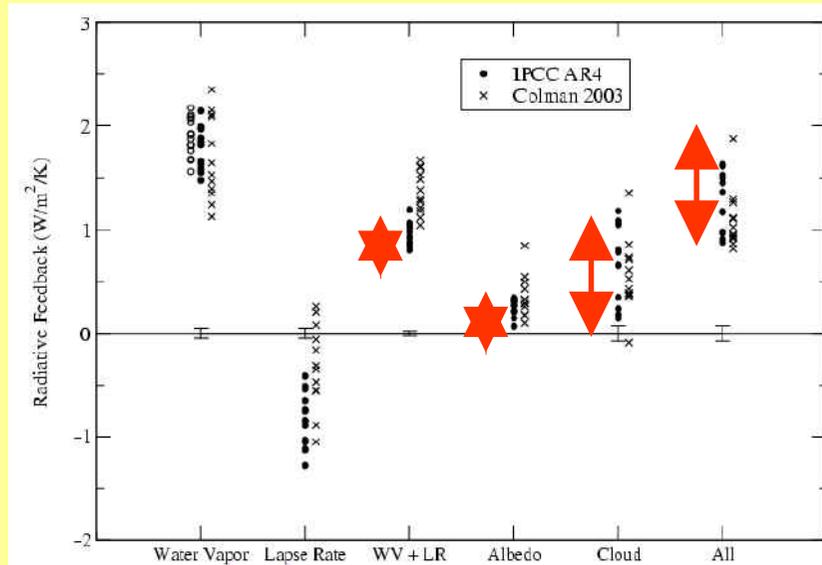
- より長期な実験での気候特性
- 熱帯の擾乱の再現性の向上
  - モンスーンの季節進行
  - MJO:周期性
  - 台風の気候特性
- 気候感度
  - 放射強制力、浅い雲の気候場の改善
  - 物理過程(雲物理、境界層)に関する依存性
- 7月条件実験～3ヶ月季節進行

## 平成19年度に実施した実験

- 季節進行実験
  - 2004年夏季(台風が日本に多数上陸した年)
  - 14kmメッシュ(6-10月)、7km(6-8月)
- 7月条件実験
  - 台風
  - 気候感度

# 従来の気候モデルの不確定性 放射フィードバックに関わる地表大気要素

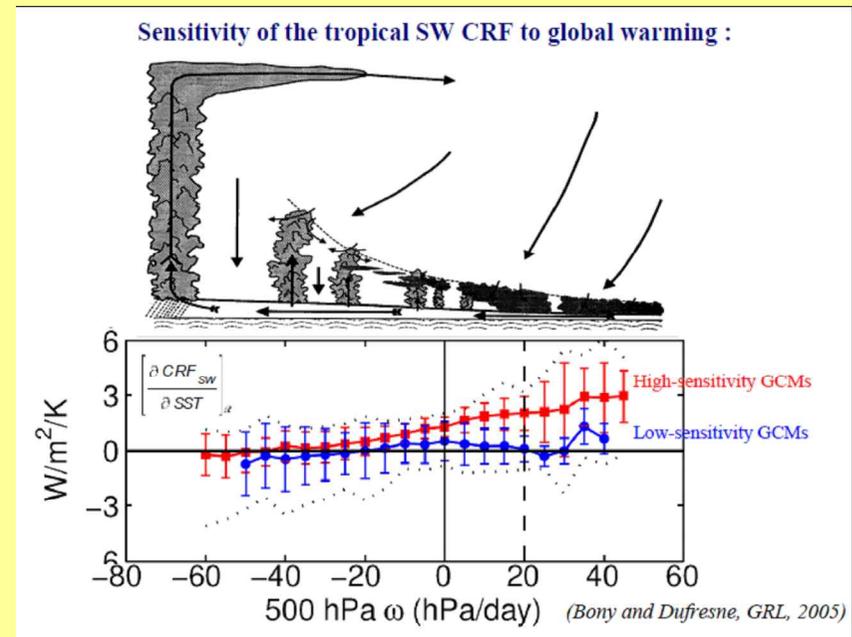
Soden and Held, 2006



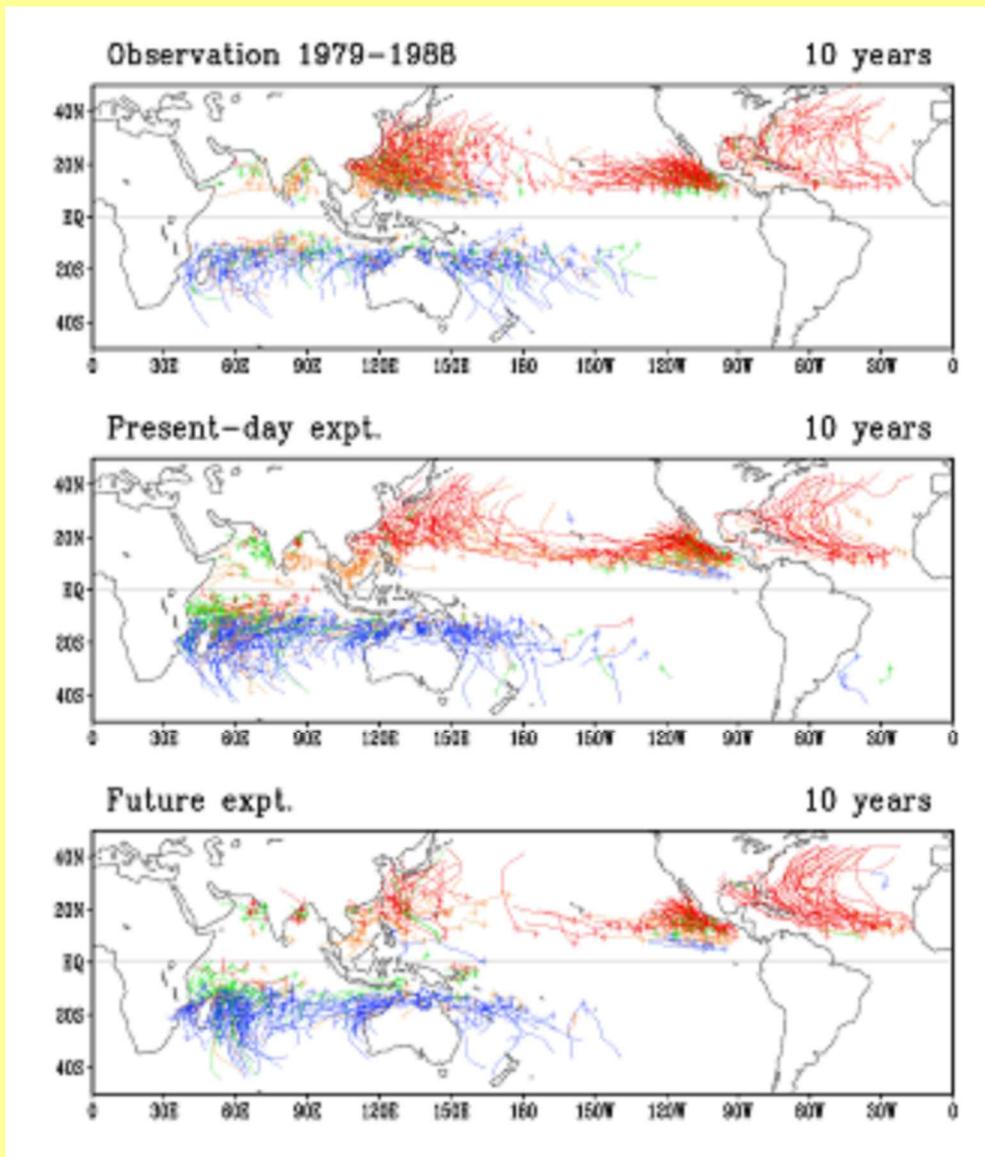
水蒸気  
+ 気温減率

雲 全体

アルベド



# 従来のモデルによる台風予測 気象研究所 20km格子大気大循環モデル



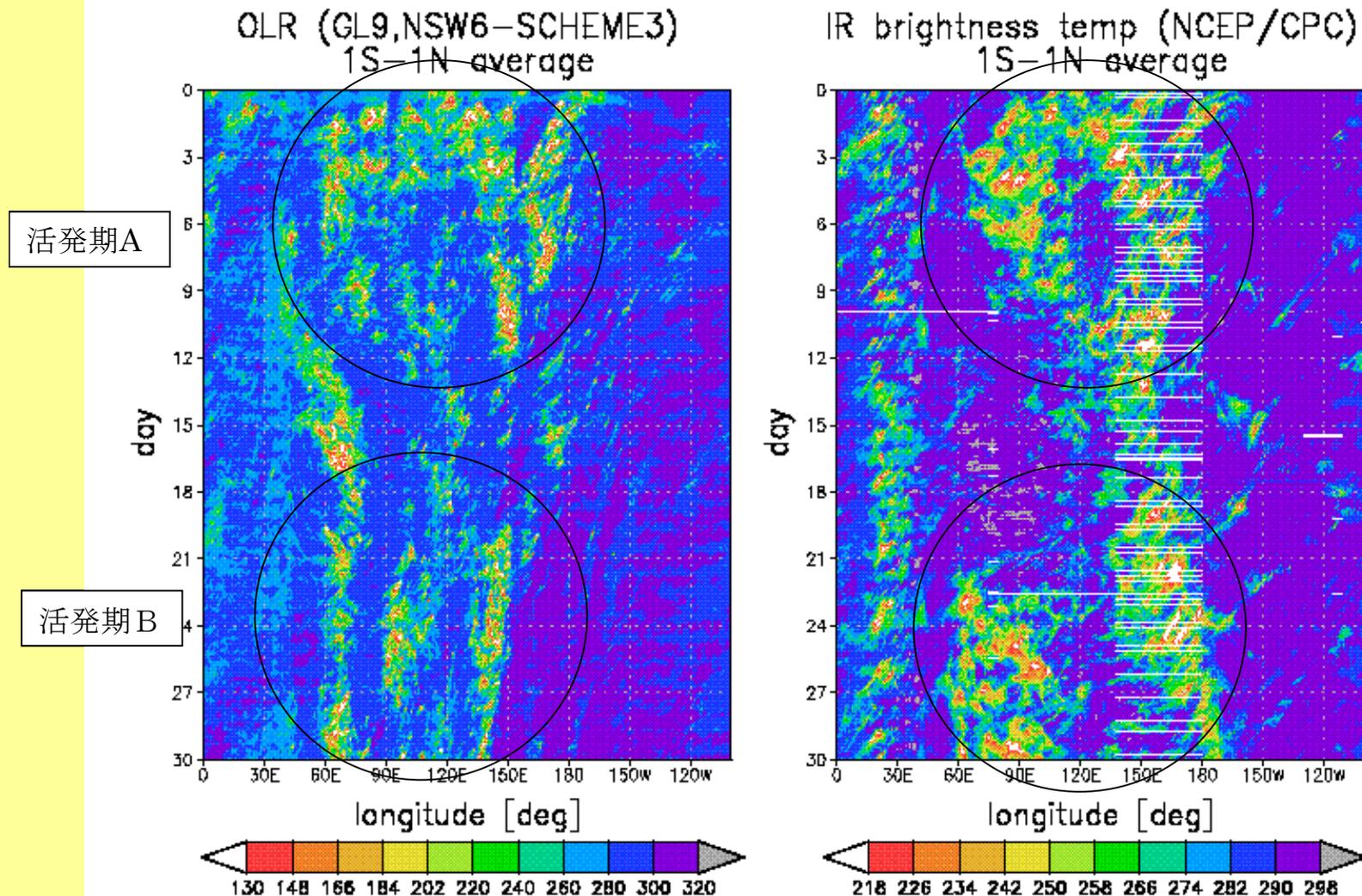
観測

現在気候シミュレーション

将来気候シミュレーション

Oouchi et al.(2006)

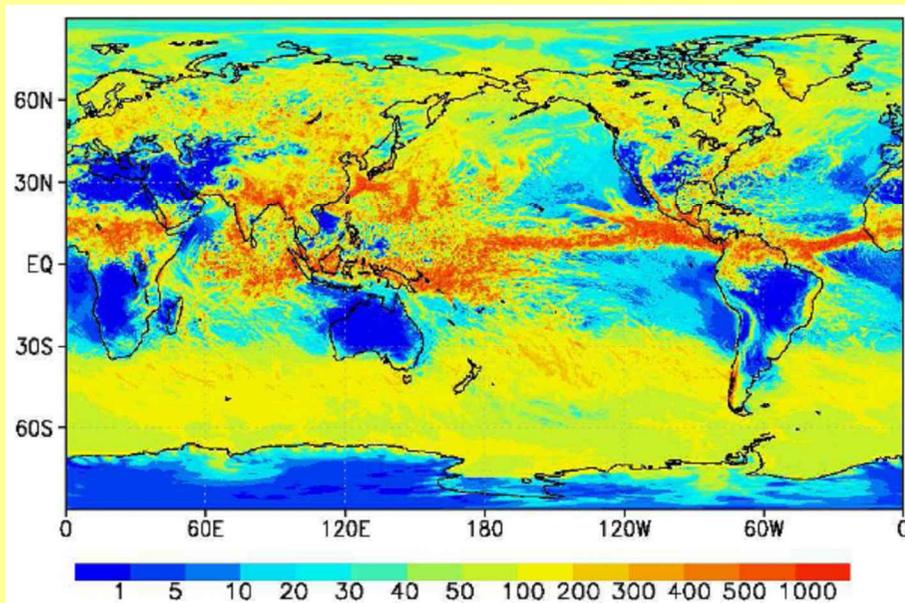
# 季節進行実験 2004年6月-



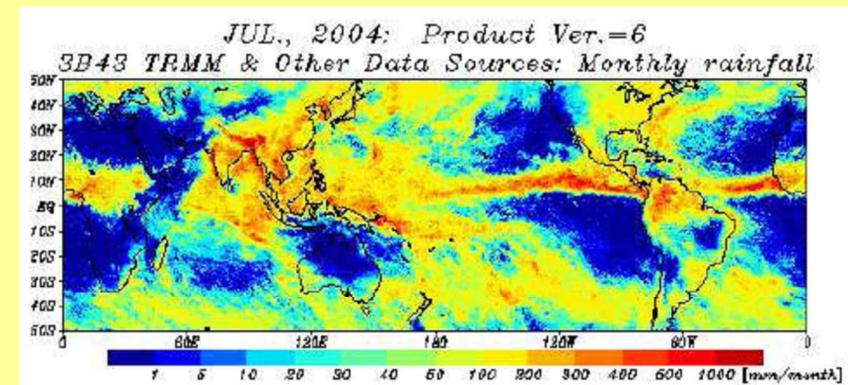
## MJOの再現性について

- 1ヶ月程度の周期性が再現
- MJOの進行もとらえられている

# NICAMによる気候感度実験 7月条件実験



NICAM 14km 1ヶ月平均降水量



TRMM他 2004年7月

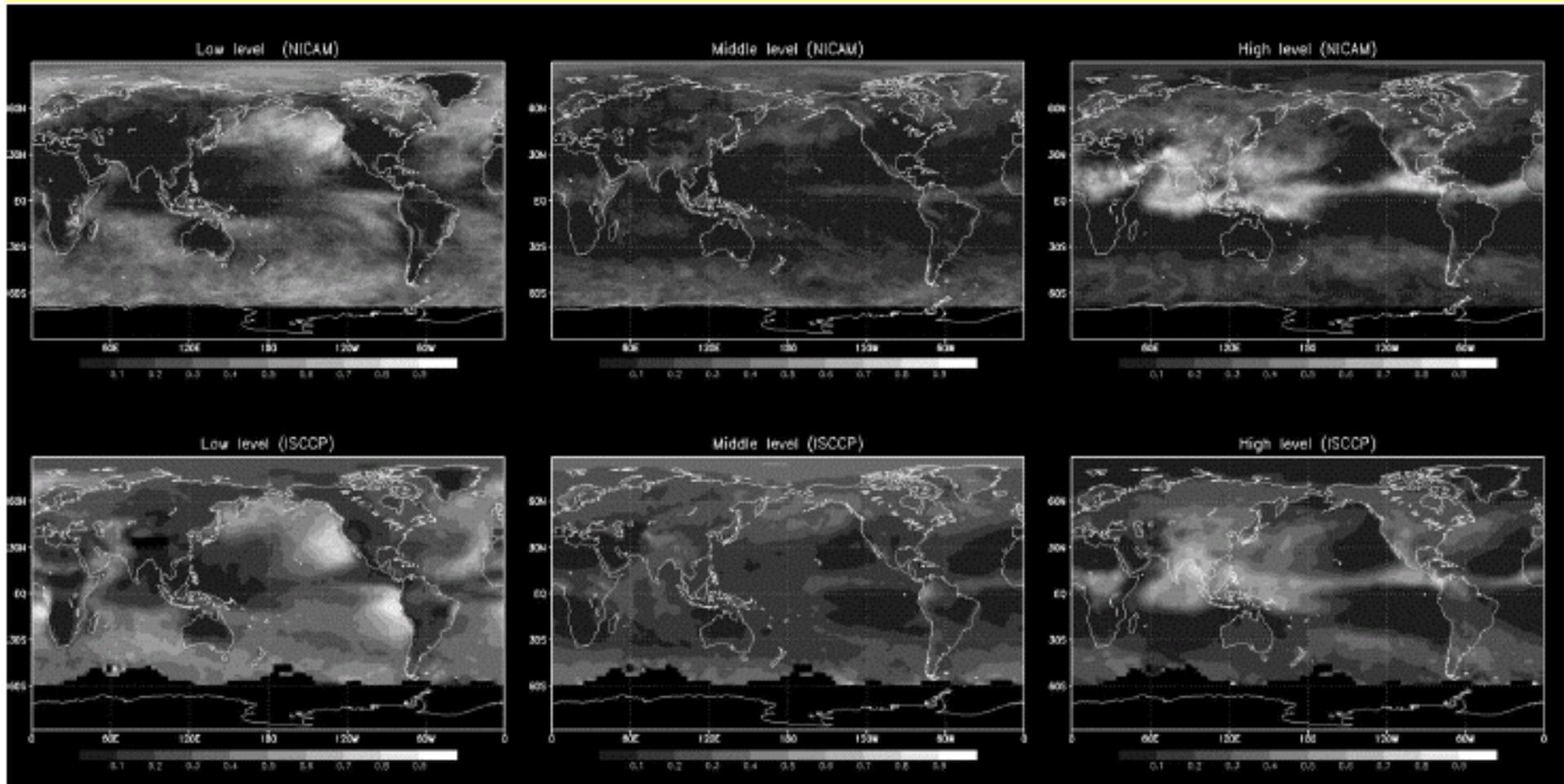
# ISCCP Cloud fraction

NICAM:

lower

middle

upper clouds



ISCCP:

lower

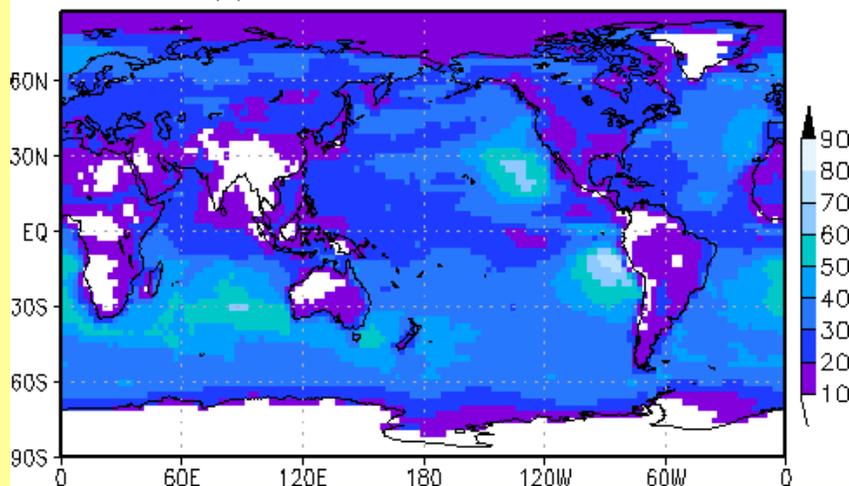
middle

upper clouds

# 下層雲 季節進行実験

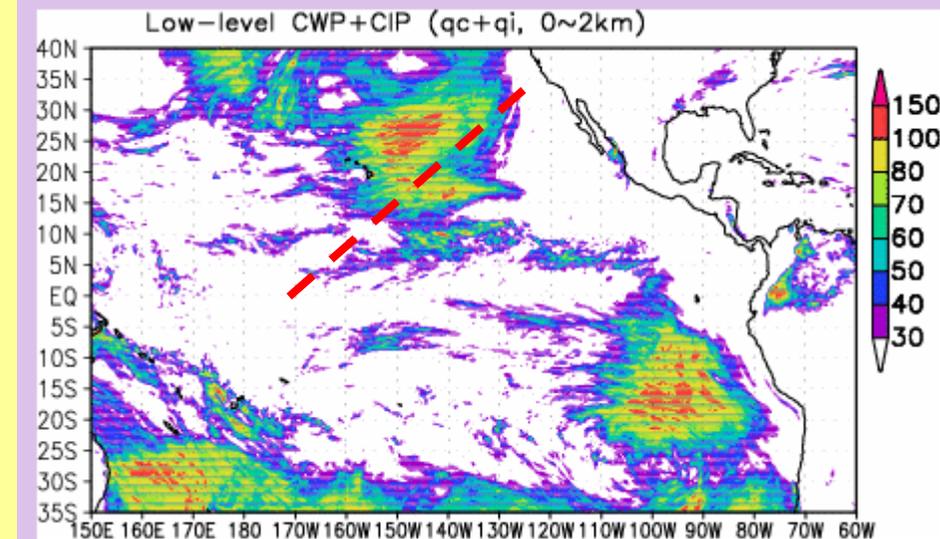
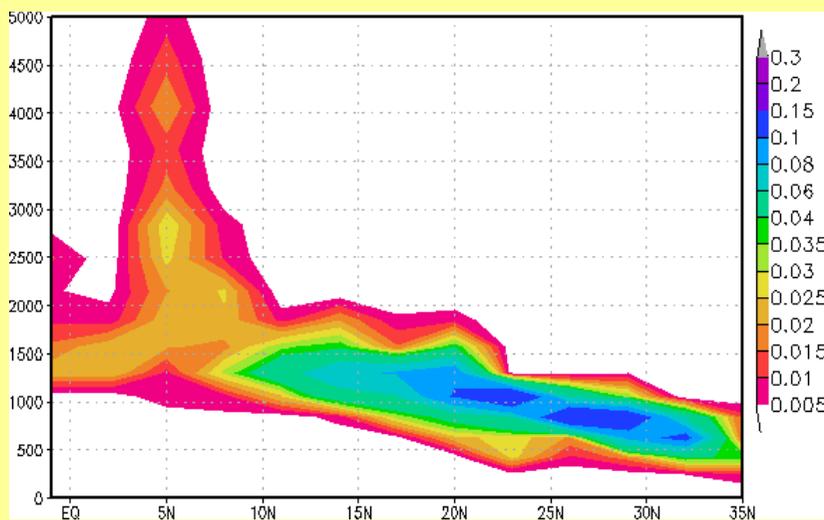
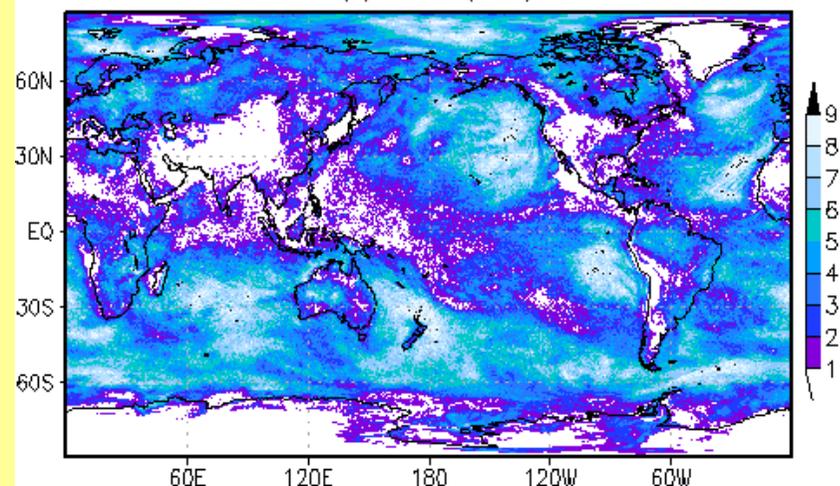
## 観測 ISCCP

(a) ISCCP low cloud amount



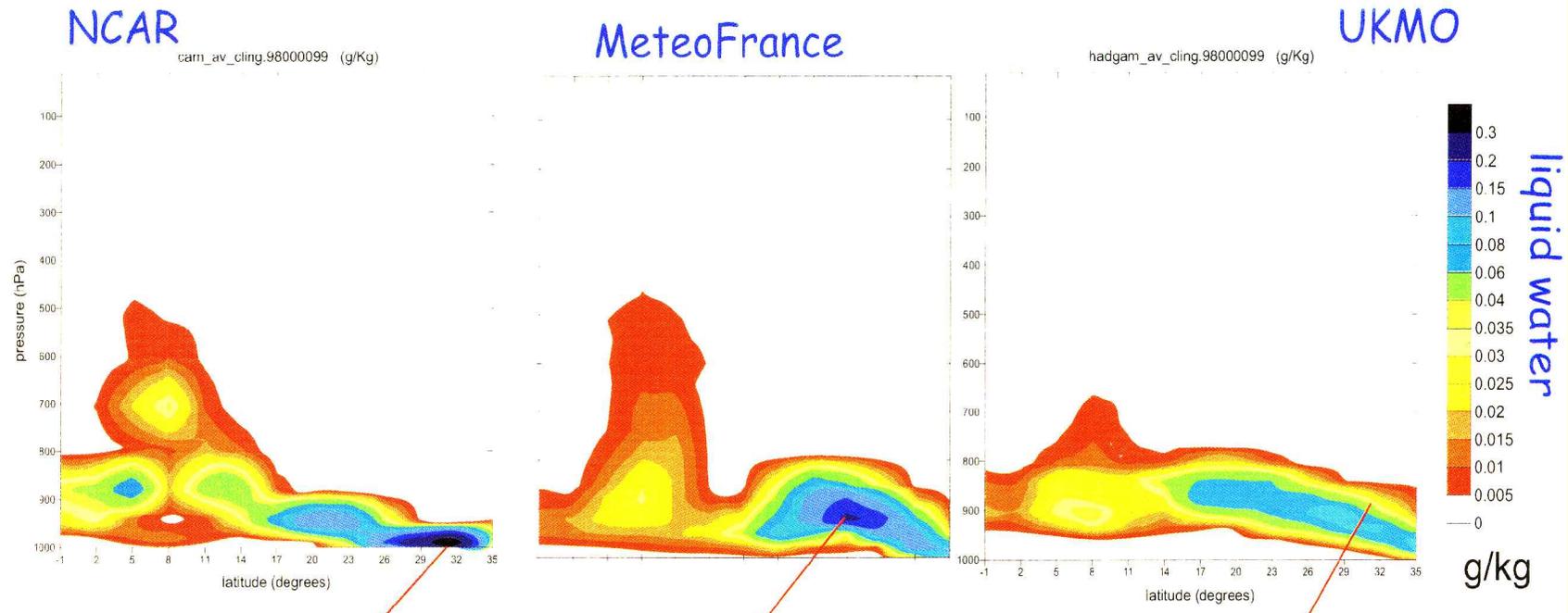
## NICAM 14kmメッシュ

(c) NICAM (NEW)



- MYNNモデル (Nakanishi and Niino 2004) の導入
- 14kmメッシュモデルにより劇的に改善

# Mean GPCI liquid water crosssection - JJA98



Too shallow -> fog

Is this too much  
liquid water?

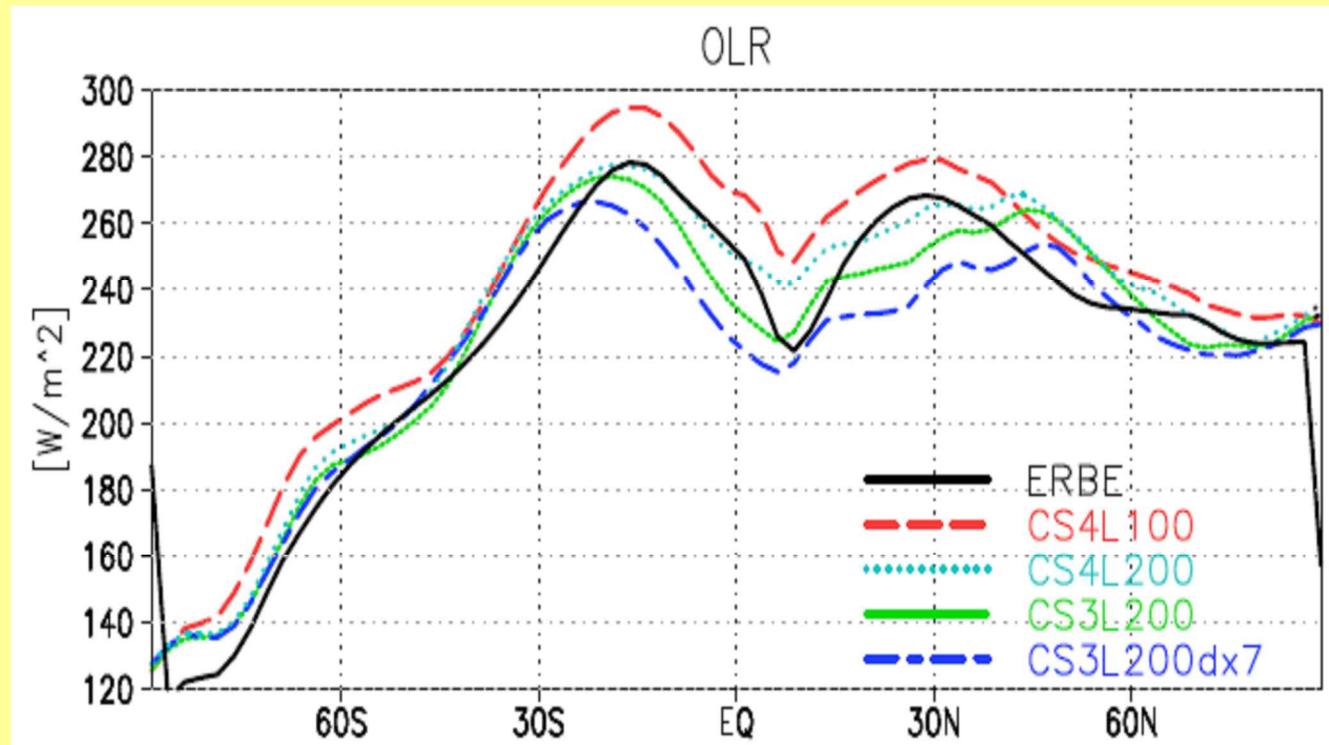
How deep should  
the PBL be..?

We need observations of cloud and boundary layer (PBL)  
parameters: PBL height, liquid water,...

Slide by Joao @ GISS meeting

# 外向き赤外放射 物理過程に対する依存性

Iga et al.(2007,GRL)



- Control: CS4, L100,  $dx \sim 14km$
- Slower Snow sedimentation speed: CS3
- Enhanced boundary mixing: L200
- Higher resolution:  $dx \sim 7km$

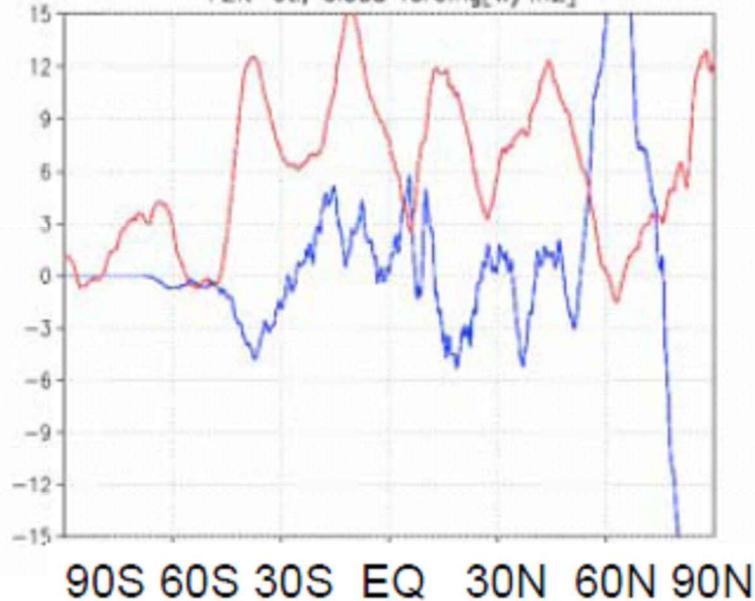
# 雲放射強制力の感度

SW cloud forcing change  
LW cloud forcing change

NICAM

(a) 全球雲解像モデル

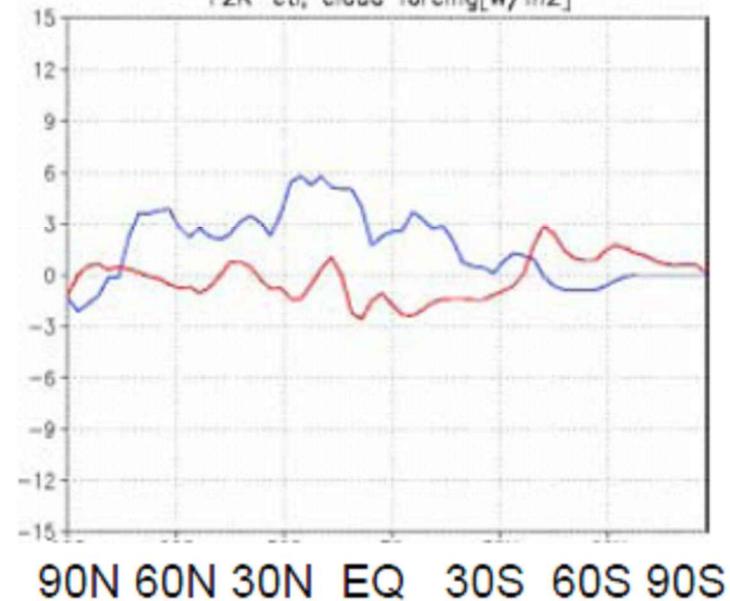
+2K-ctl, cloud forcing[W/m<sup>2</sup>]



MIROC

(b) 従来型大気大循環モデル

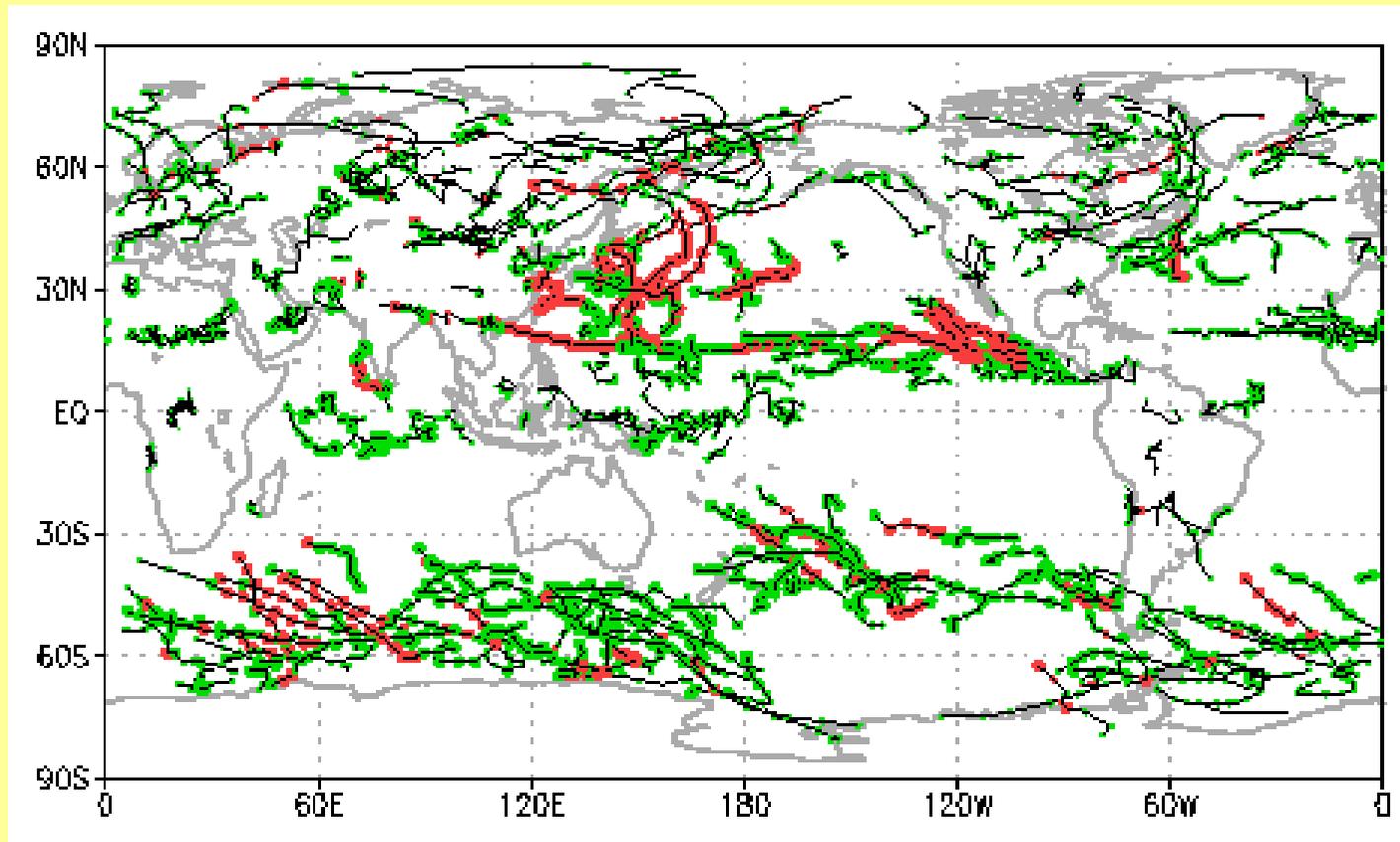
+2K-ctl, cloud forcing[W/m<sup>2</sup>]



- 全球雲解像モデルの感度は、従来型のモデルと逆
- 上層雲が増加している
- 雲物理に対する依存性: かなりrobust, 継続して調査中

# 台風のリ再現性

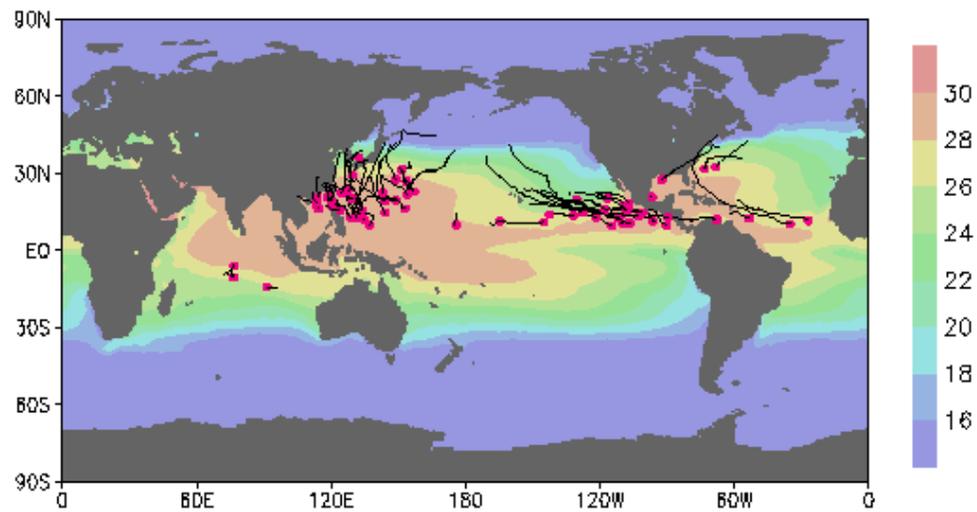
低気圧のトラッキング: 人為的な閾値を使わない  
7月条件実験 30日



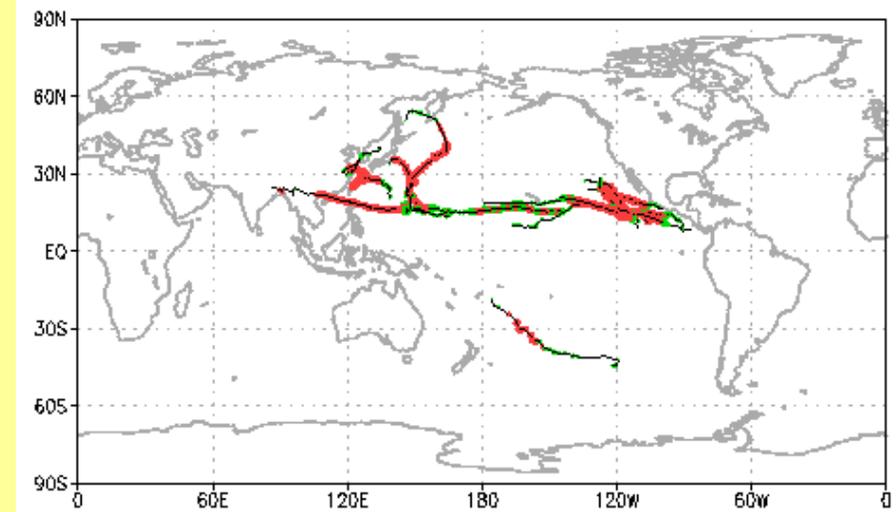
**Size:** wind speed; large:  $>17\text{ms}^{-1}$ , middle:  $>8.5\text{ms}^{-1}$ , small  
**Color:** red: warm core ( $>2\text{K}$ ); green: others

# 熱帯低気圧の再現性

Best track in July 1999-2000 (150day)

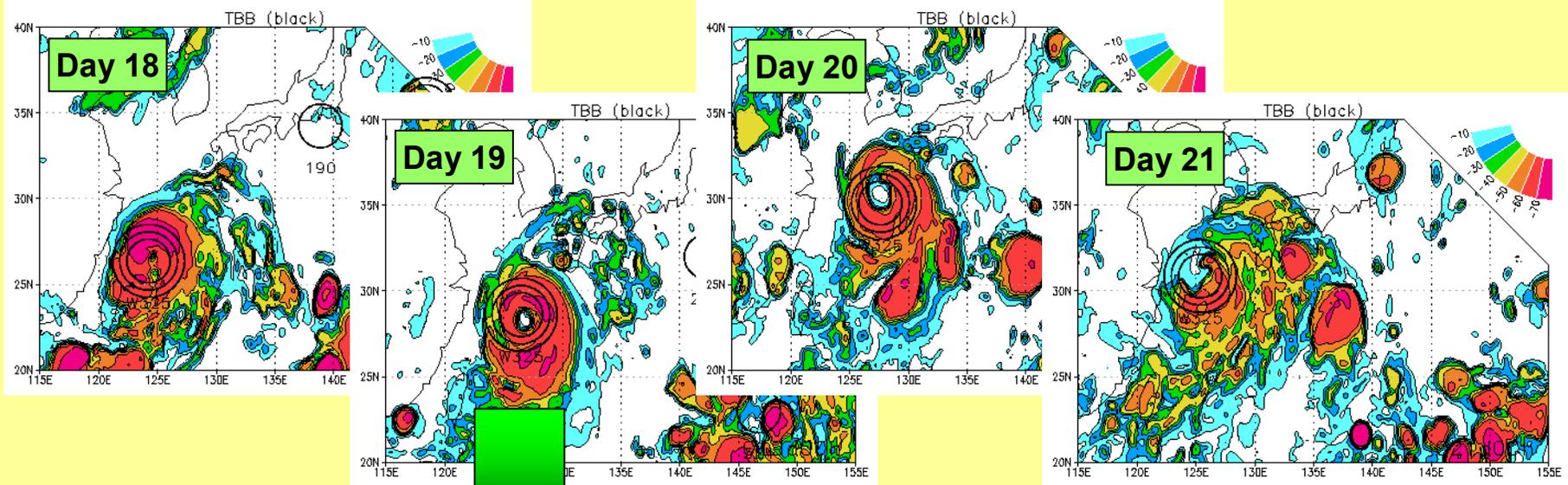


NICAM (30day)

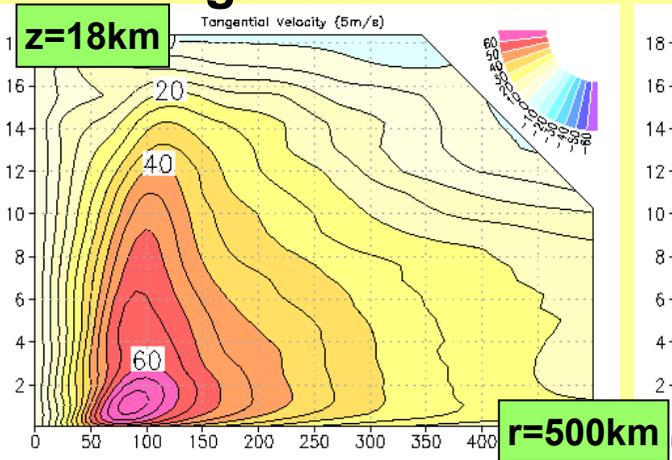


- 東太平洋: good: 偏東風波動の再現性
- 北西太平洋: 数は少ない
- 北大西洋: 発生がない: 気候場の問題

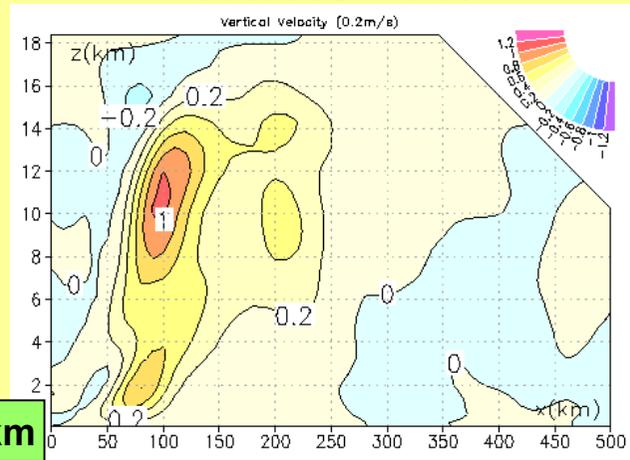
# 台風の内構造の再現性



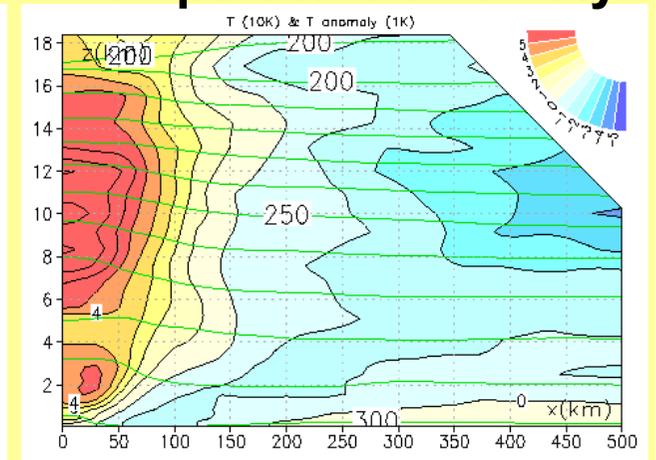
## Tangential wind



## Vertical wind



## Temperature anomaly



# まとめ

- 全球雲解像モデルNICAMによる気候特性の研究
- 限られた資源の中で気候特性の改善を試みている
- 熱帯の雲の再現性の向上
  - マッデンジュリアン振動
  - 台風
  - 浅い雲
- 物理過程に対する依存性に対する理解が課題
  - 境界層: 浅い雲だけでなく、OLRや台風にも影響
  - 雲物理: 気候感度との関係
  - サブグリッド対流: 台風の再現性の向上
  - エアロゾル、海洋混合層の効果なども考慮
- スケジュール
  - 研究1-3年目: モデルの改良
  - 研究3-5年目: プロダクト実験: 温暖化時を想定した実験
  - IPCC AR5 (2013年)のスケジュールを念頭において計画を進める