

---

# 台風予測高度化のための 積雲対流スキーム

---

海洋研究開発機構

杉 正人

# 目 次

---

1. 積雲対流スキームの改良が台風予測の改善に大きく貢献した実例
2. エントレインメントが重要
3. エントレインメントを決めるには
4. まとめ

# 1. 積雲対流スキームの改良が台風予測の 改善に大きく貢献した実例

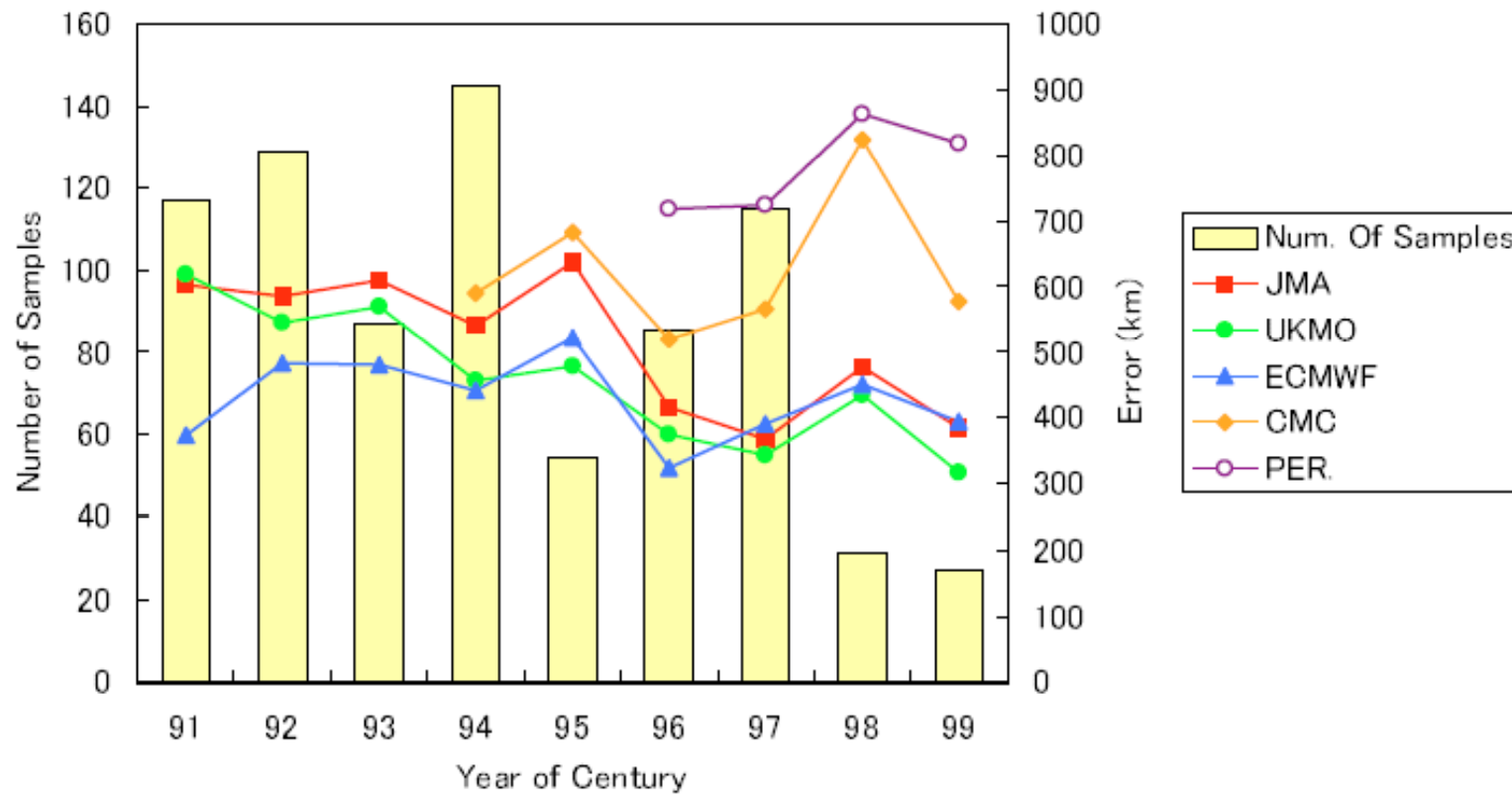
---

(1) 1996年のJMA-GSMへのArakawa-Schubert  
スキームの導入

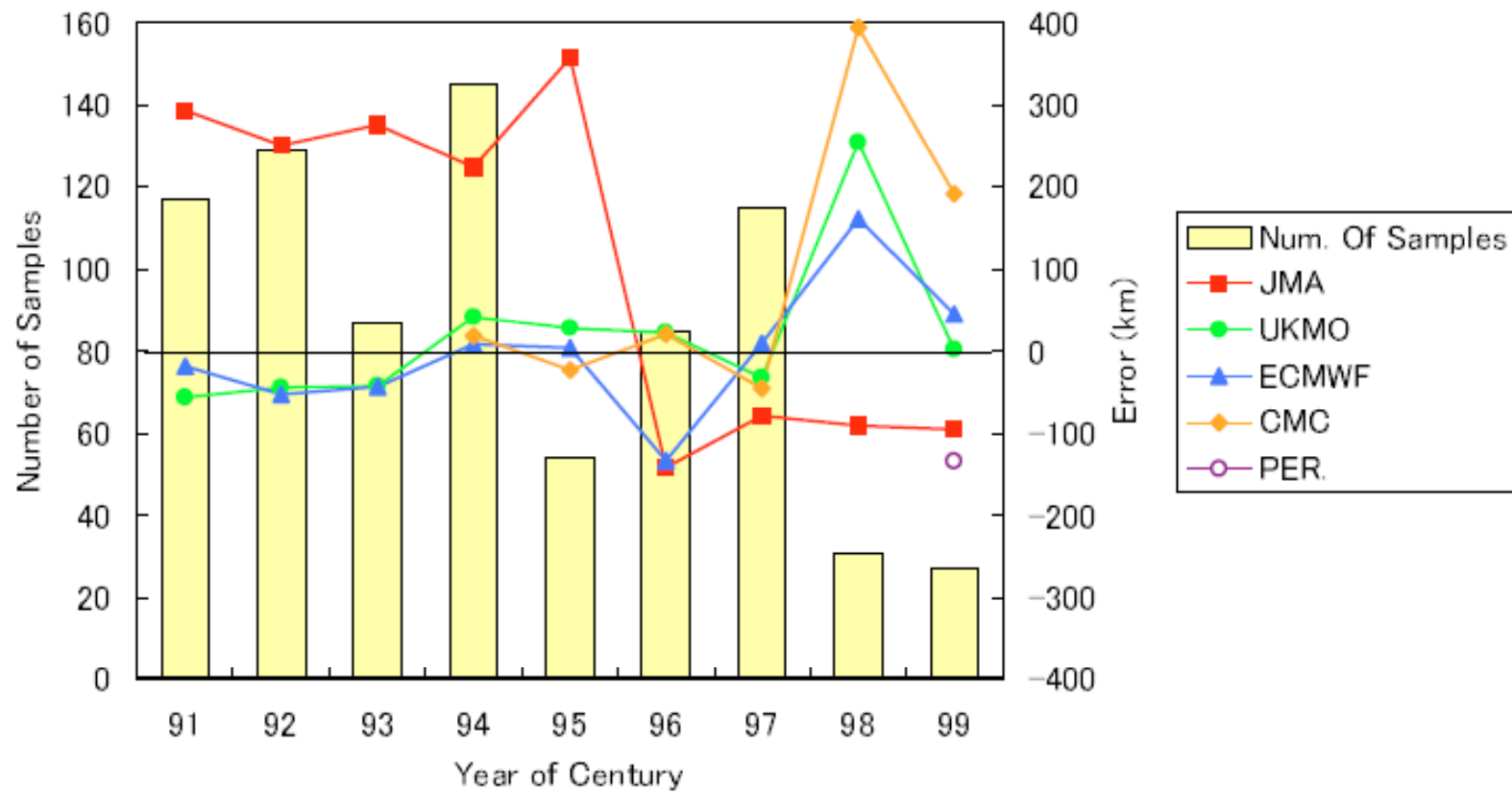
(2) 2008年11月のECMWF-IFSの積雲スキーム  
の改良

(3) 2009年MRI-AGCMへのYoshimuraスキーム  
の導入

# (1) 1996年のJMA-GSMへのArakawa-Schubertスキームの導入

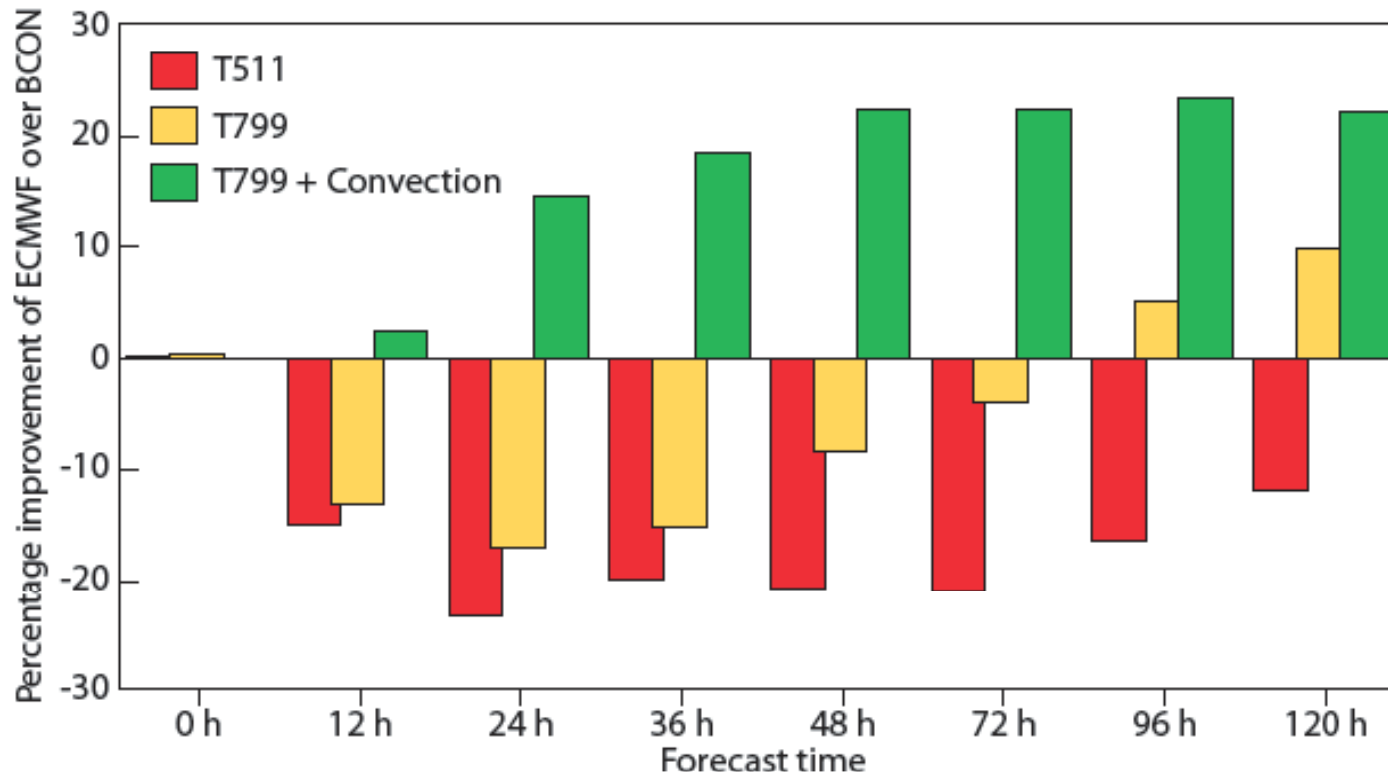


1995年までKuoスキーム。1996年からPrognostic Arakawa-Schubertスキーム。



北上バイアスが大きく減少

## (2) 2008年11月のECMWF-IFSの積雲スキームの改良



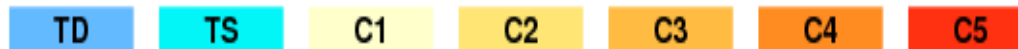
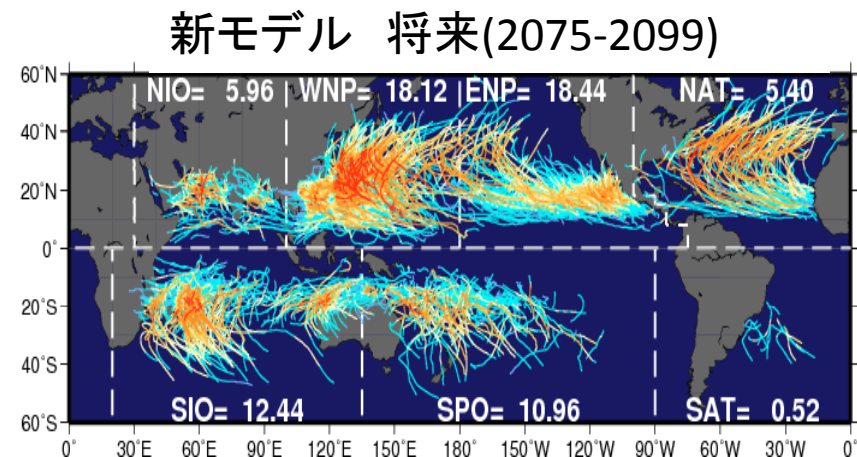
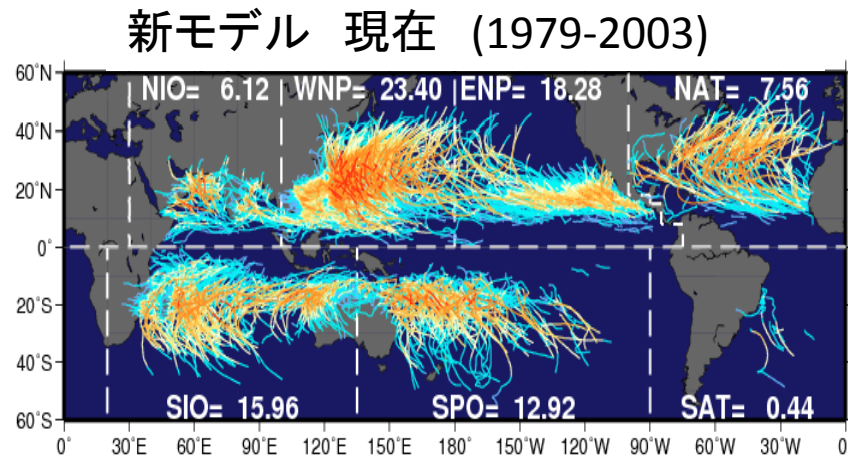
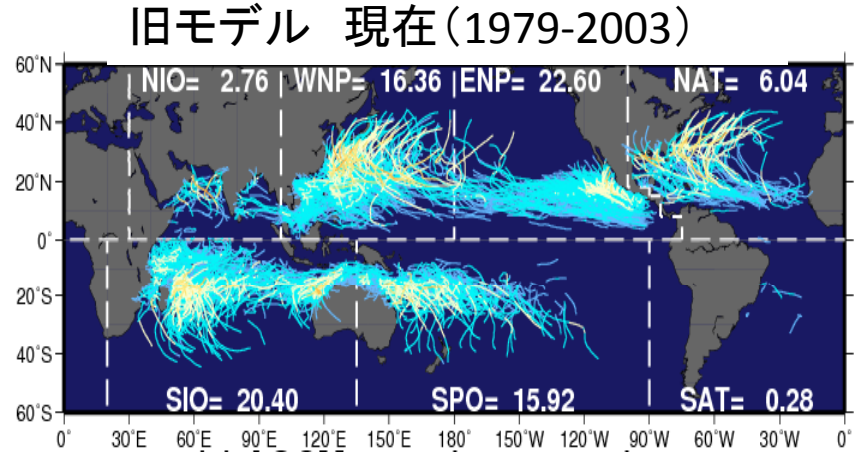
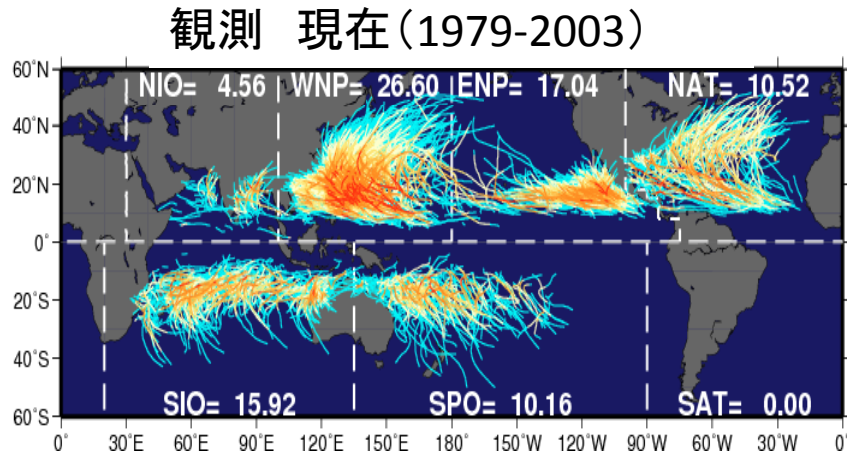
2006.2 : T511 (40km) → T799 (25km)

2008.11 : New Convection Scheme

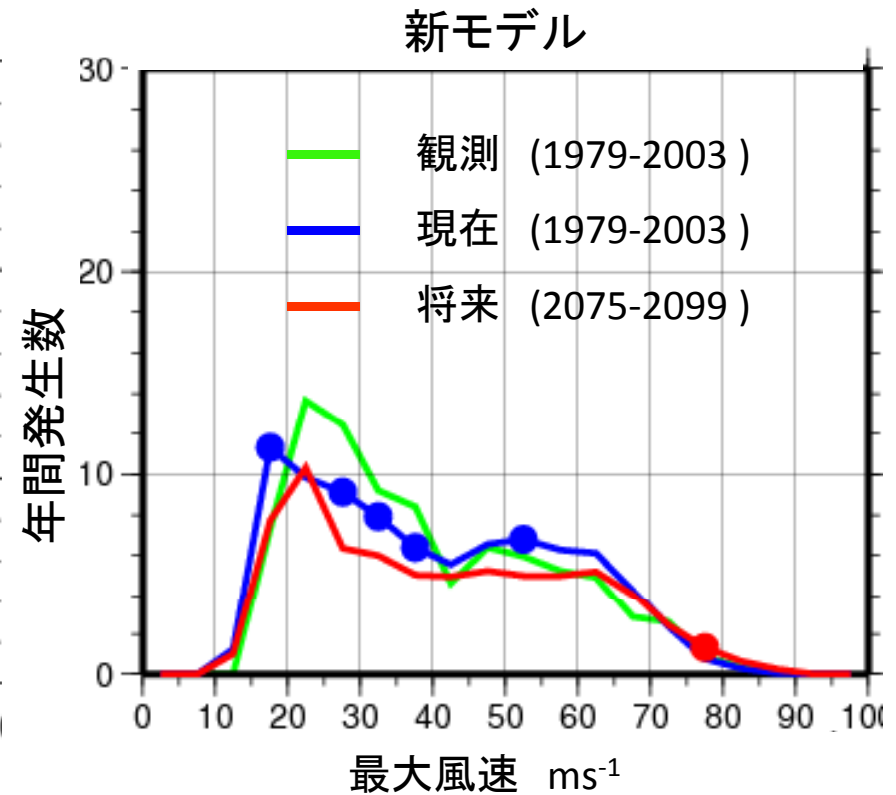
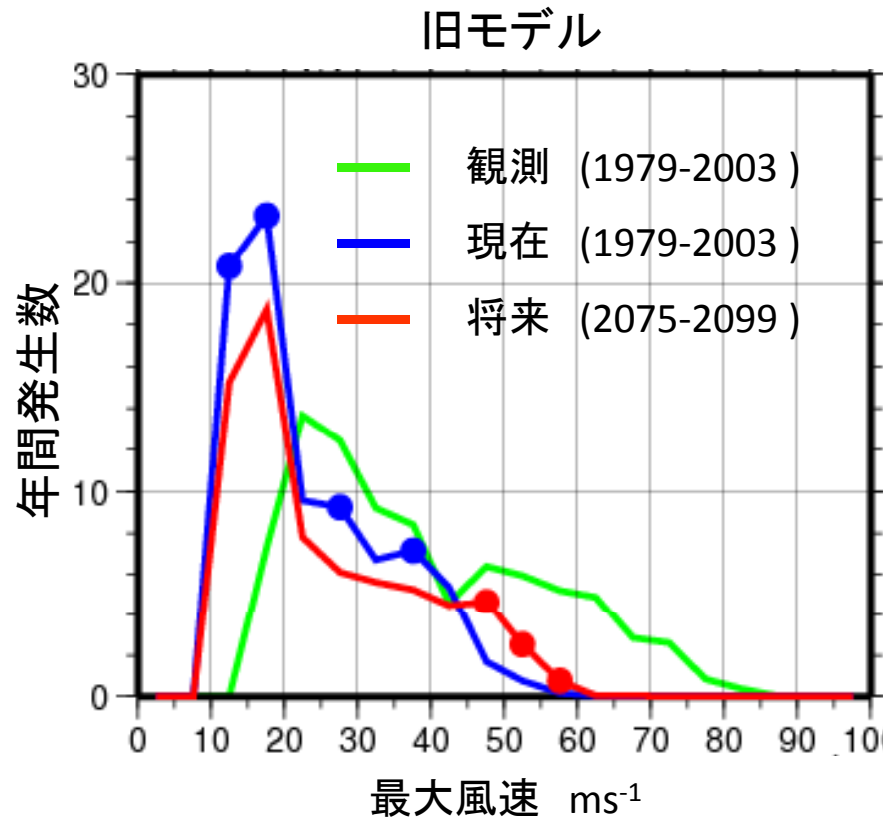
Fiorino (2008)

ECMWF News Letter 118

### (3) 2009年MRI-AGCMへのYoshimuraスキームの導入



# 台風の強度分布



台風の数は減るが、非常に強い台風の数が増える。



## 2. エントレインメント(デトレインメント)が重要

環境場の水蒸気のコントロールが重要 (Q2が重要)

---

(1) 2008年のECMWFの積雲対流スキームの改良 (Bechtold et al. 2008, QJRMS)

◆ saturation deficit  $q_s - q$  と  $q_s^3$  に比例するエントレインメント率を導入。

⇒ 台風、MJO大きく改善

(2) 2009年MRI-AGCMの新積雲スキーム(Yoshimuraスキーム)

◆ Tiedtkeスキーム(雲頂以外でもデトレインメントあり)をベースにした積雲対流スキーム。

◆ 層状雲スキームもSmithスキームからTiedtkeスキームに変更。

⇒ 台風、MJO大きく改善

(3) MIROCの新積雲対流スキーム(Chikira and Sugiyama 2010, JAS)

◆ 環境場に依存するエントレインメント率の導入

⇒ MJO、ENSO大きく改善

## 台風の発達にとってもエントレインメントが重要

---

- ◆積乱雲のupdraftでは、凝結熱による加熱と、上昇流による断熱冷却がほぼバランス(台風が発達するときは、凝結熱のほうが少し大きい)。
- ◆断熱冷却は、updraft のマスフラックスに比例。一方、凝結熱は水蒸気フラックスに比例。
- ◆同じマスフラックスでも、水蒸気フラックスが大きいか小さいかによって、台風(ウォームコア)が発達するかしないかが決まる。
- ◆水蒸気フラックスは、エントレインメントによって大きく変わる。したがって、台風の発達にとってもエントレインメントが重要。

### 3. エントレインメントを決めるには

---

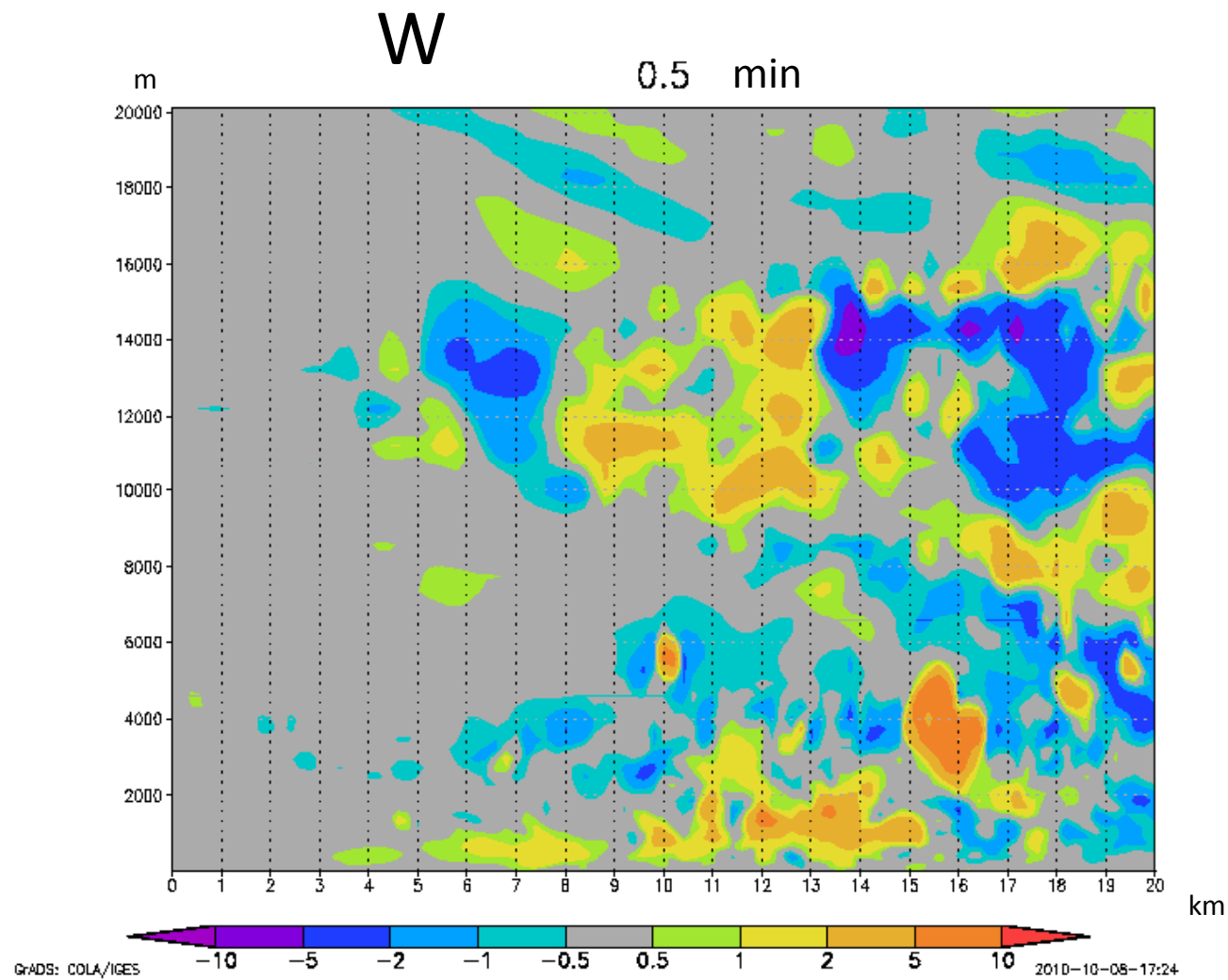
(1) 雲解像モデル(CRM)の実験から

200mメッシュの熱帯太平洋積雲対流実験

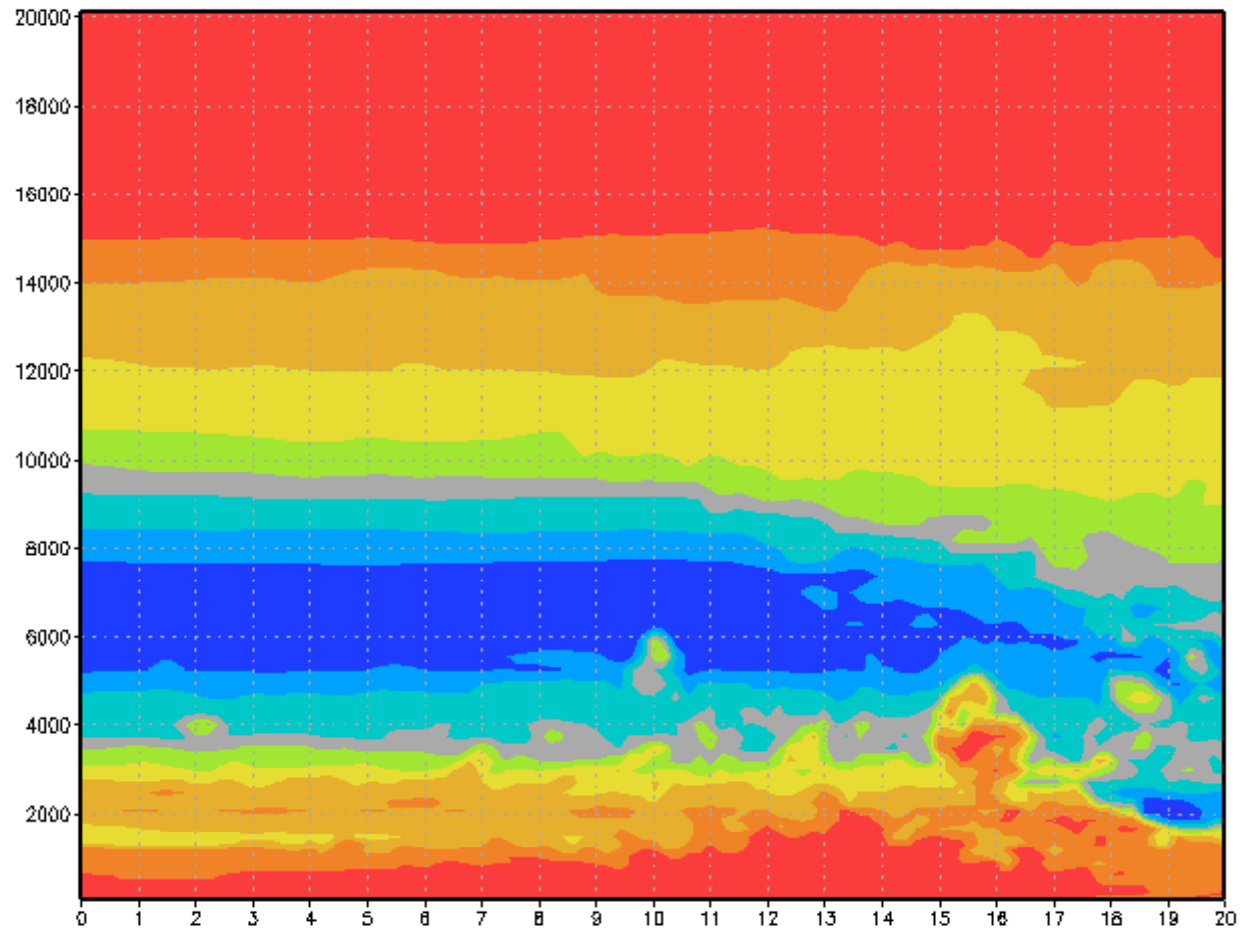
(2) モデルのバイアスから

バイアスを小さくするエントレインメントを求める

# (1) CRM実験からエントレインメントを決める

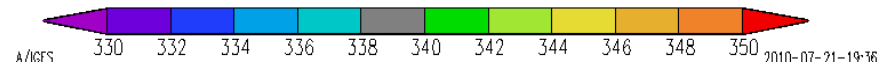


# MSE

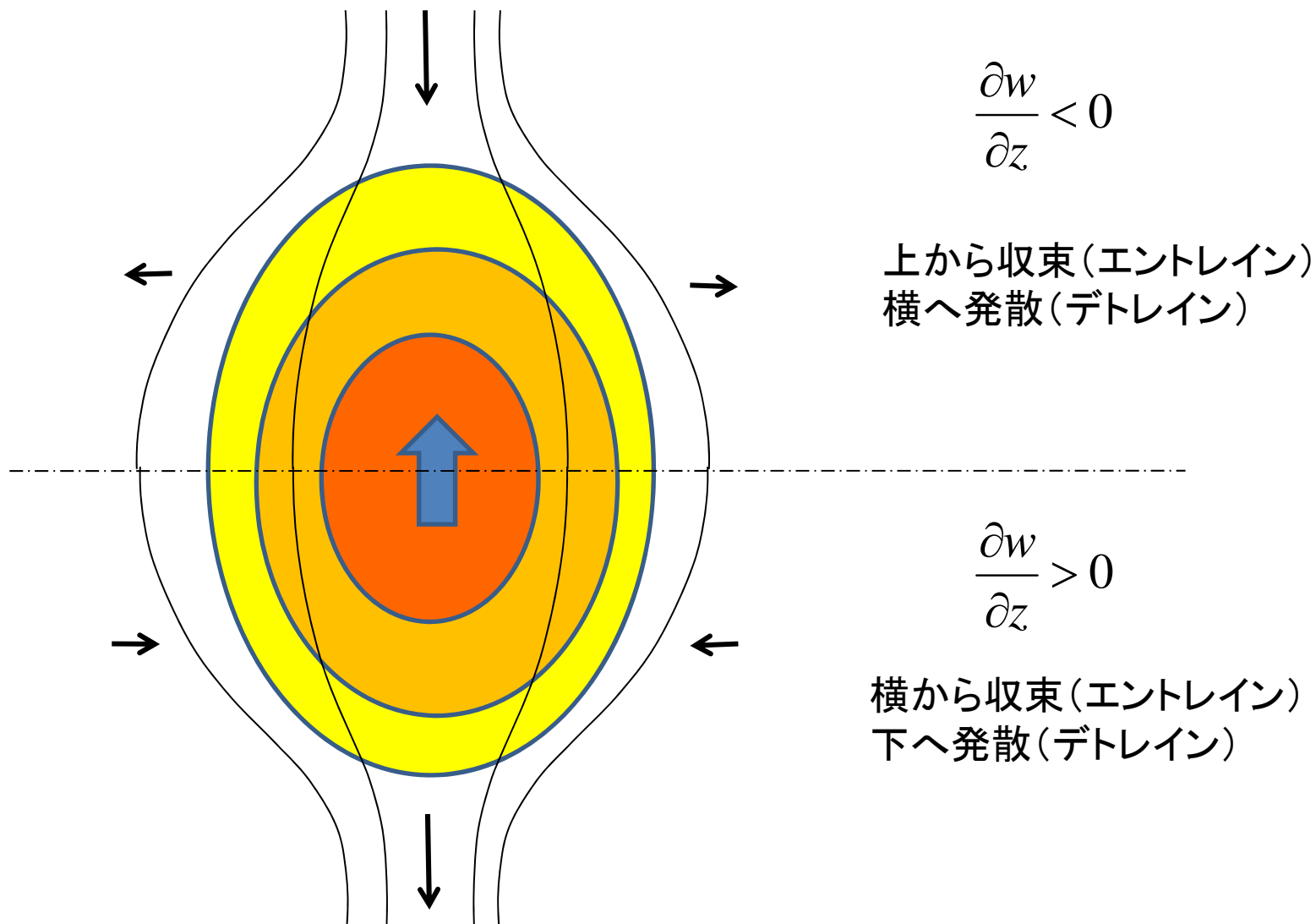


GrADS: COLA/IGES

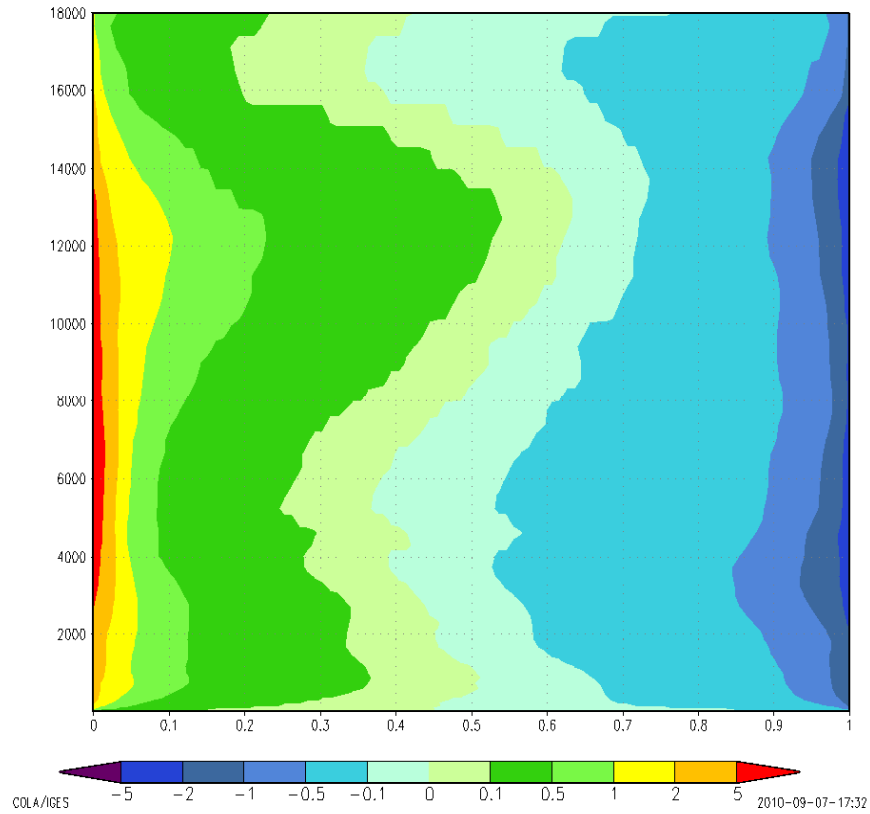
2012-09-03-18:03



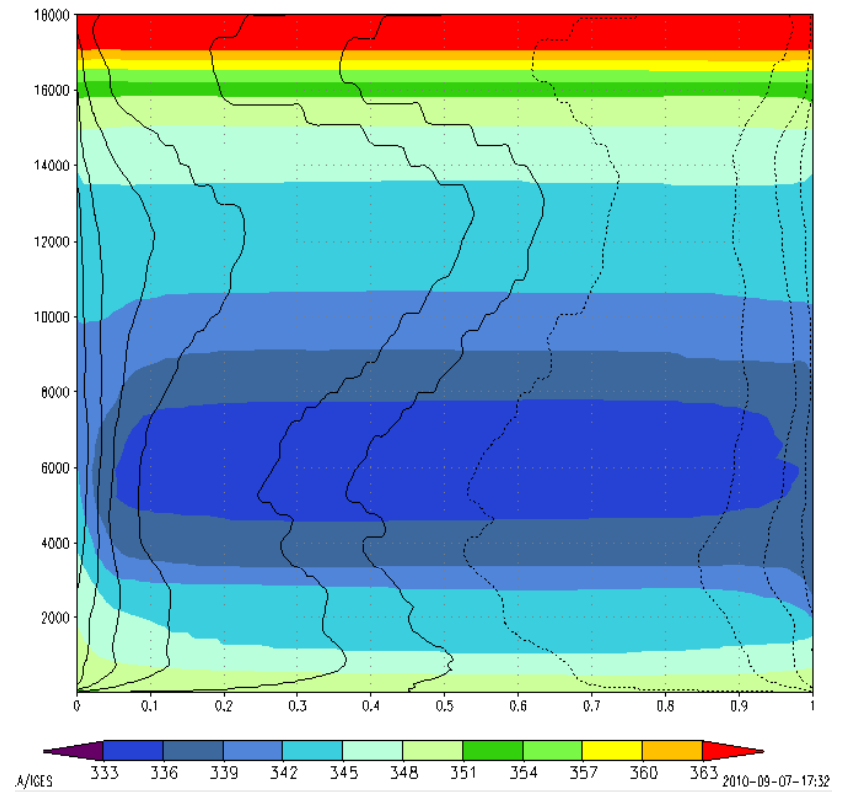
# バブルに相対的な空気の流れ



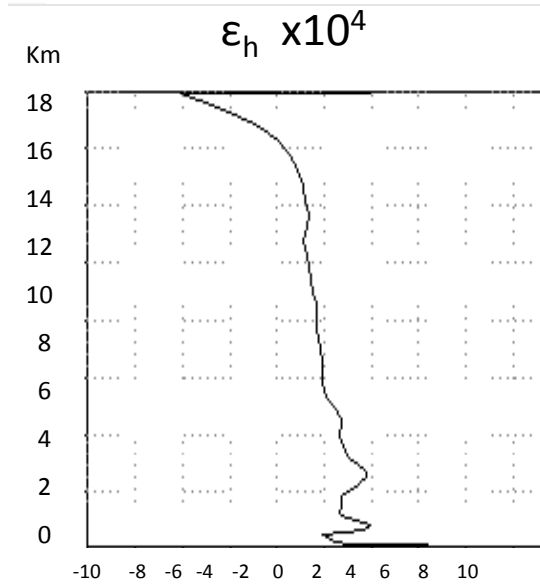
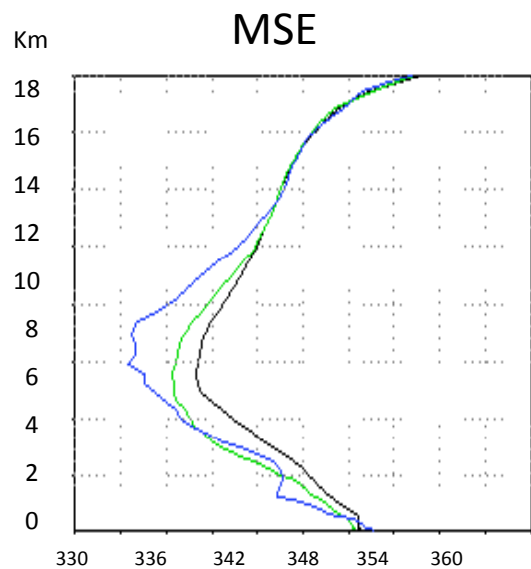
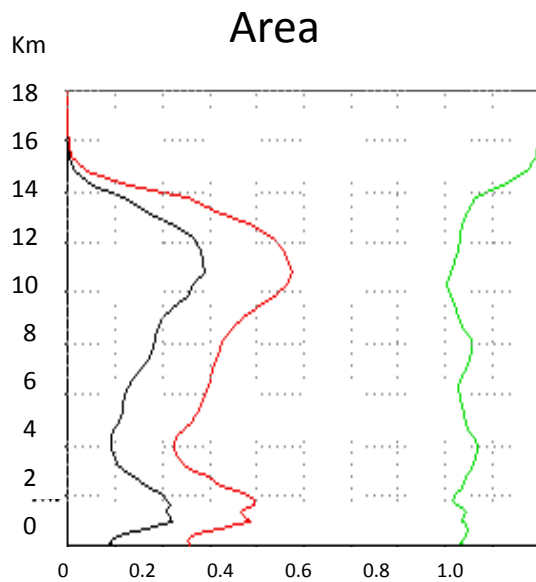
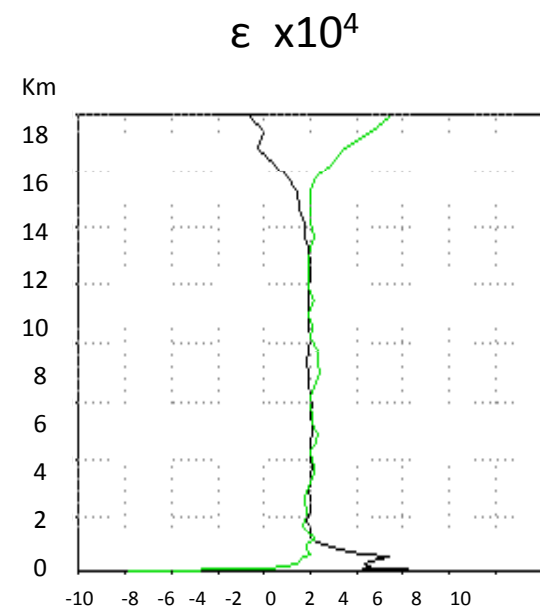
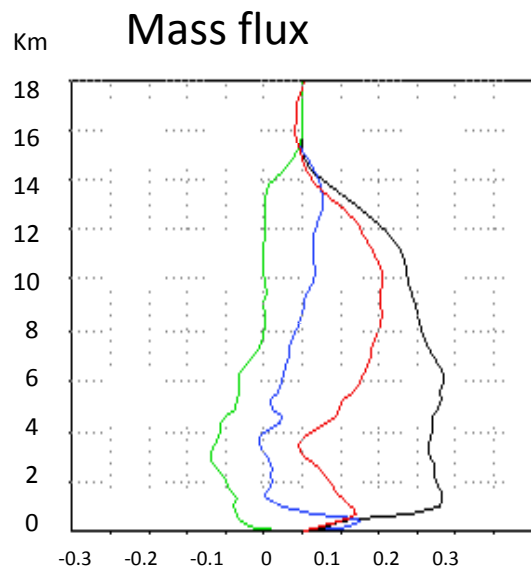
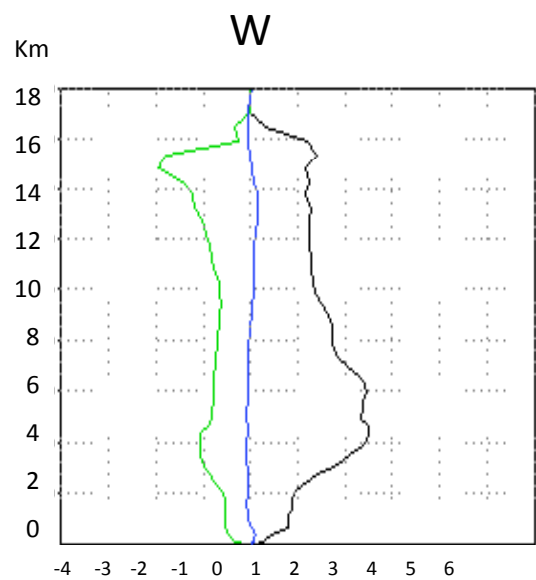
### Vertical Velocity



### Moist Static Energy



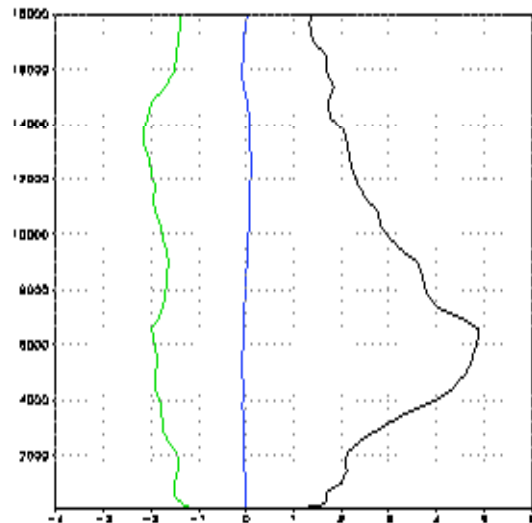
Updraft: QCR > 0.1 g/kg    W > 0 m/s



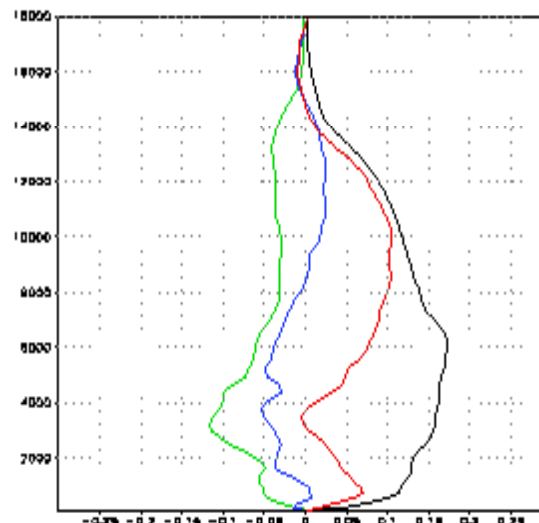


# Updraft: $W > 1\text{m/s}$

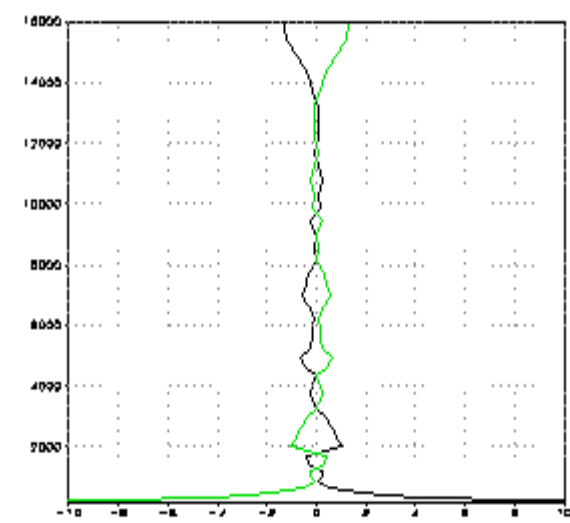
## W



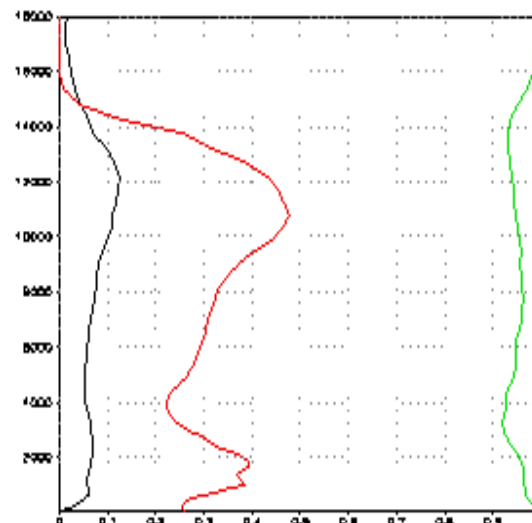
## Mass Flux



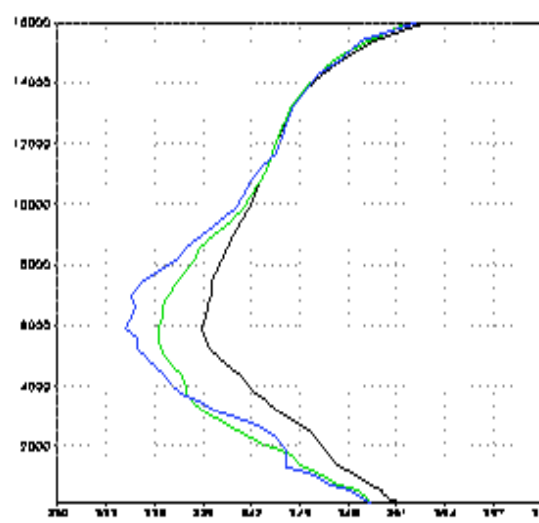
## $\epsilon$



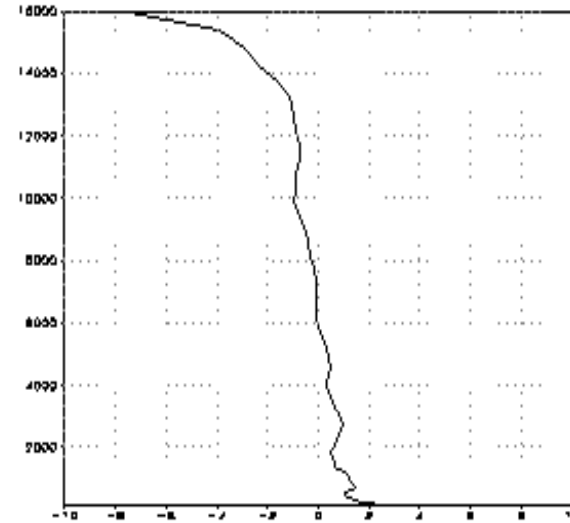
## Area



## MSE



## $\epsilon_h$

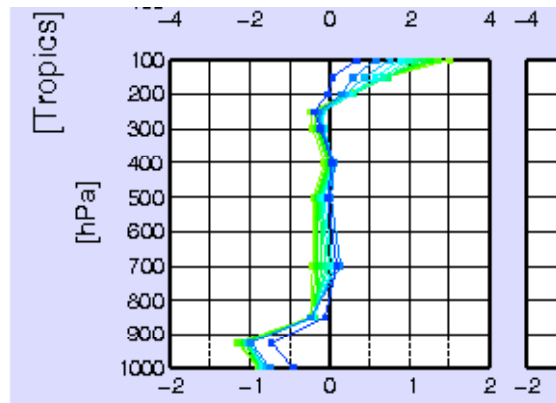


## (2) モデルのバイアスからエントレインメントを決める バイアスを小さくするエントレインメントを求める

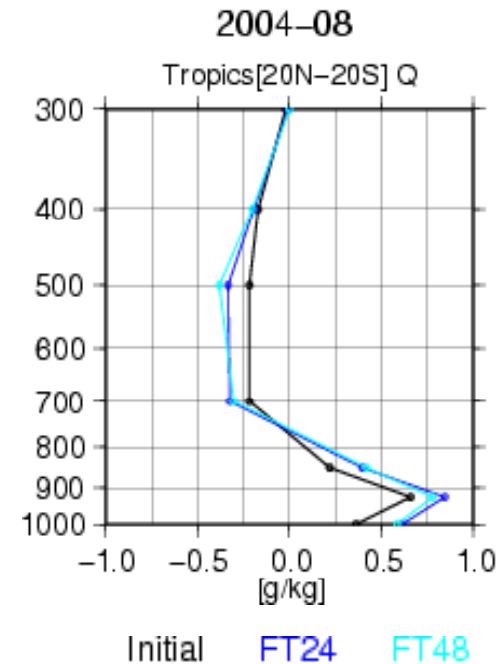
### バイアス問題

北川(2008.2)

- 対流圏下層の低温
- 境界層の湿潤と対流圏中層の乾燥
- なぜ改善しないのか？



FT=0  
FT=24  
FT=48  
FT=72  
FT=96  
FT=120  
FT=144  
FT=168  
FT=192  
FT=216



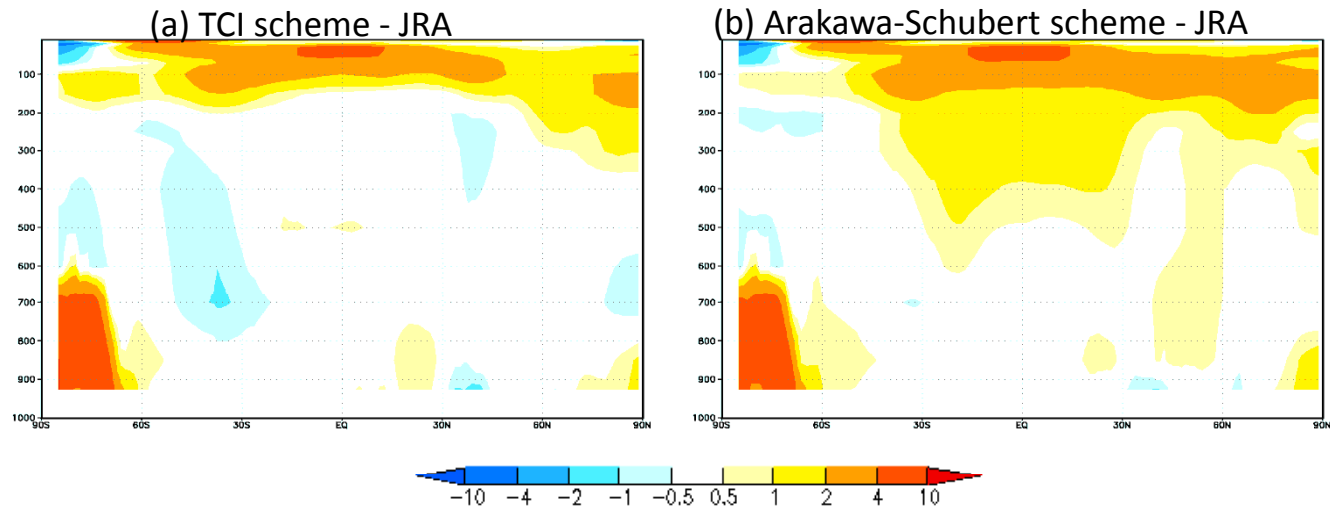


Figure 12 Zonal mean temperature (3 years run), Differences from JRA

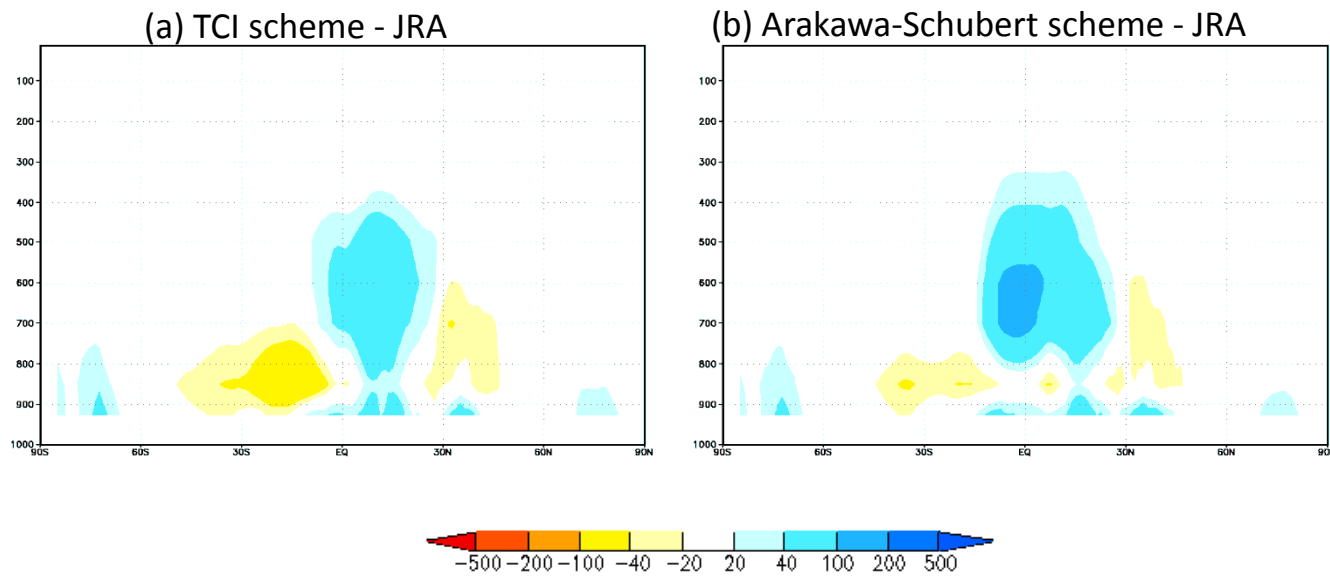
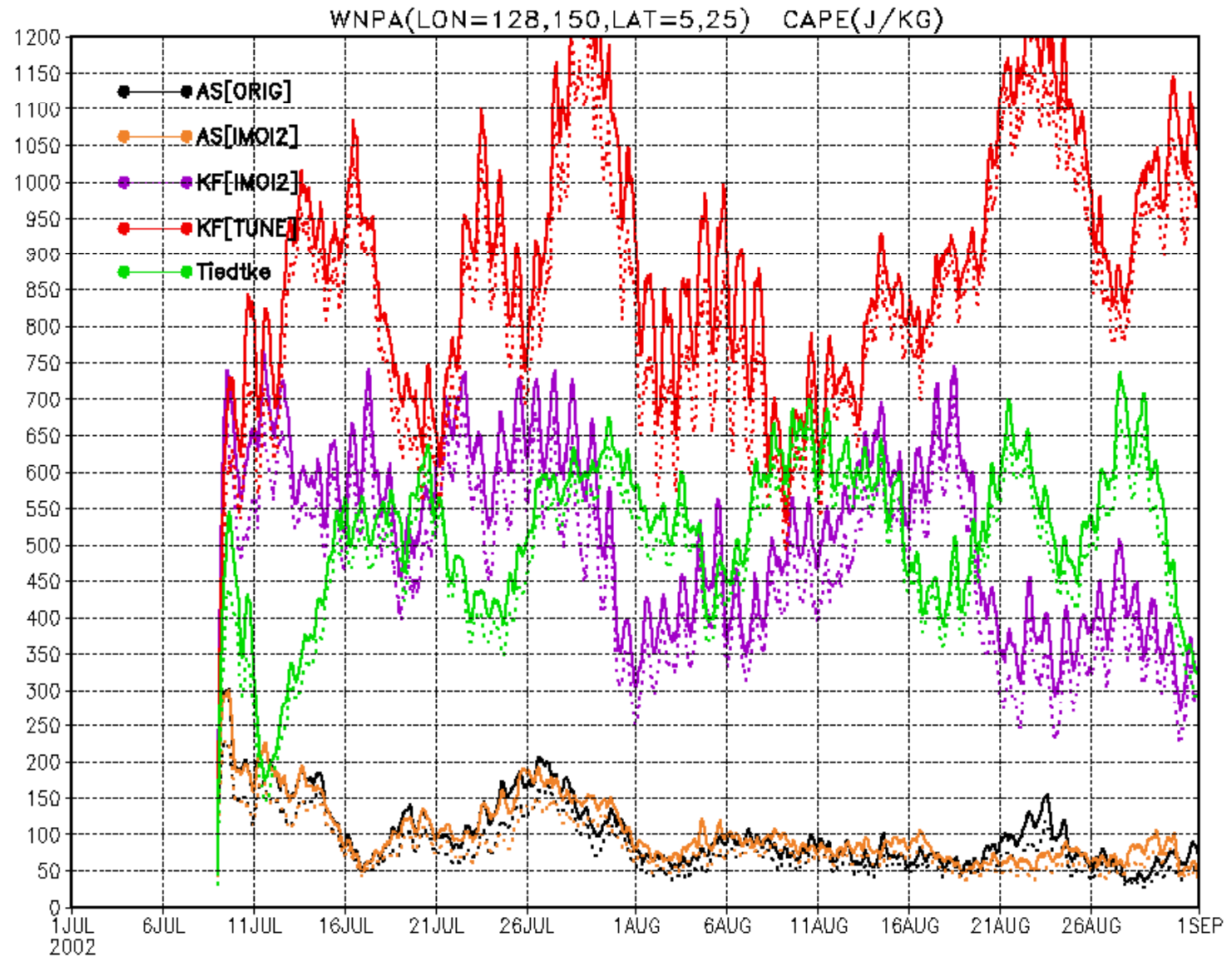


Figure 13 Zonal mean water vapor (3 years run), Differences from JRA

積分開始  
から最初の  
2ヶ月  
(WNPA)

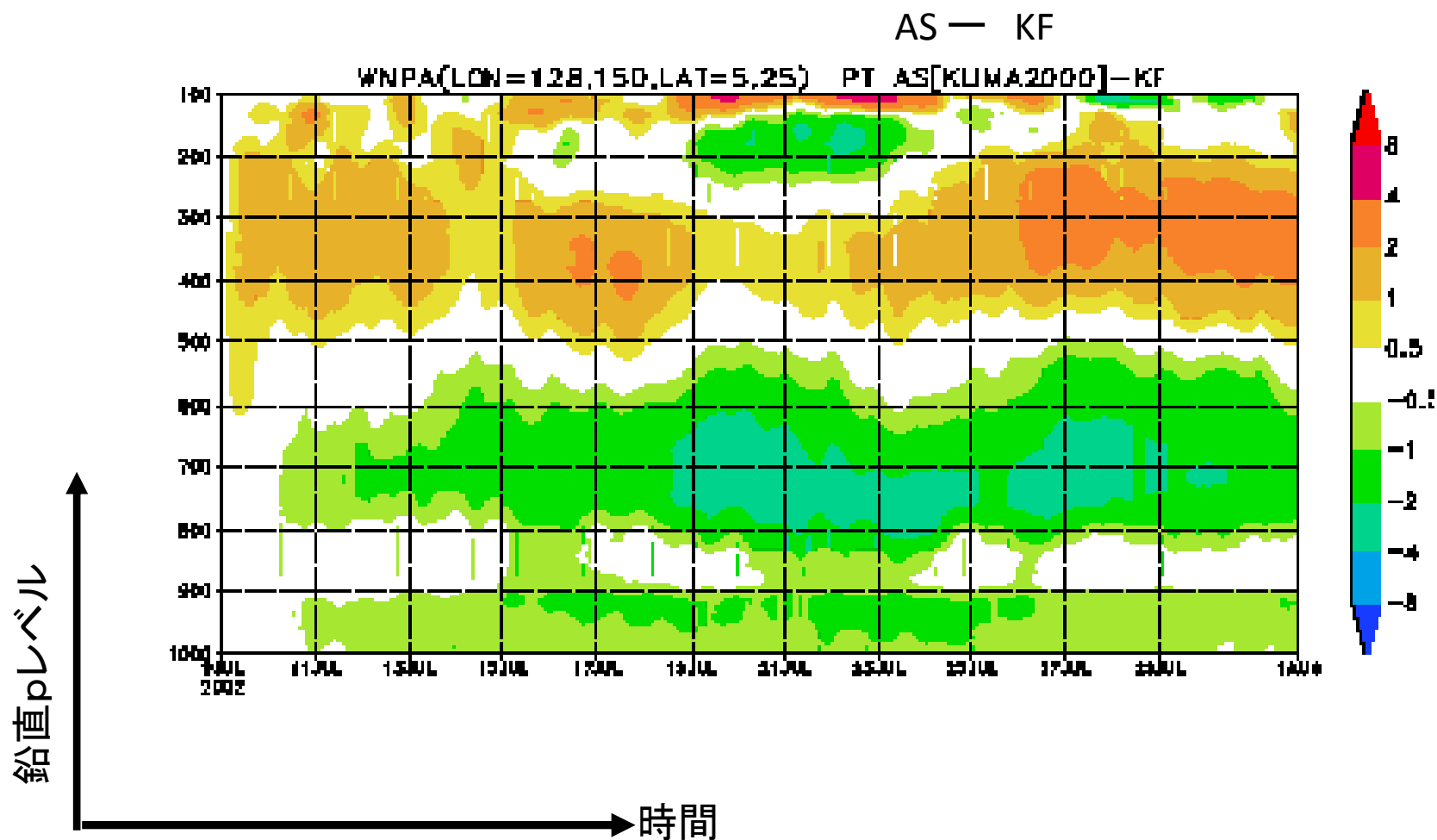
# CAPE

村上 2008.11



実線: gmoist計算前  
点線: gmoist計算後

温位の差,2002.07.09. 00Zの積分開始から最初の1ヶ月(WNPA)

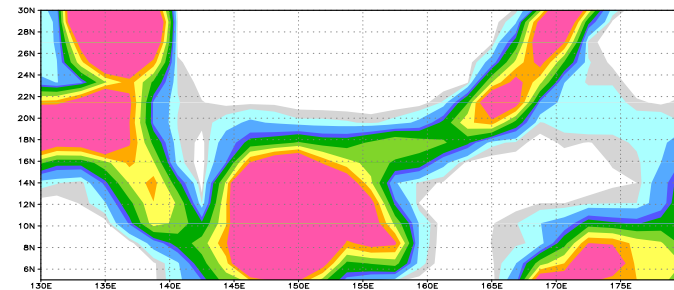
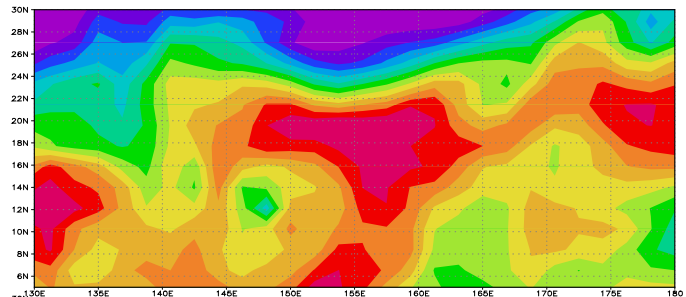


# 北西太平洋(5-30N, 130-180E)のCAPEと降水強度の変化

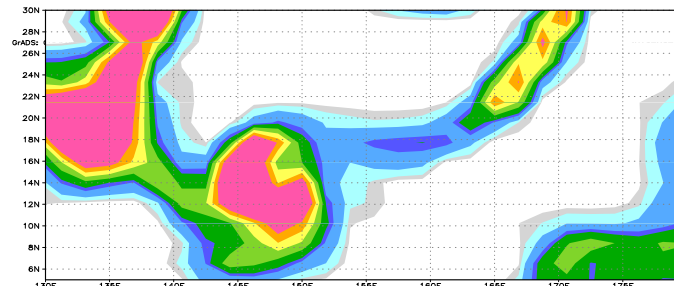
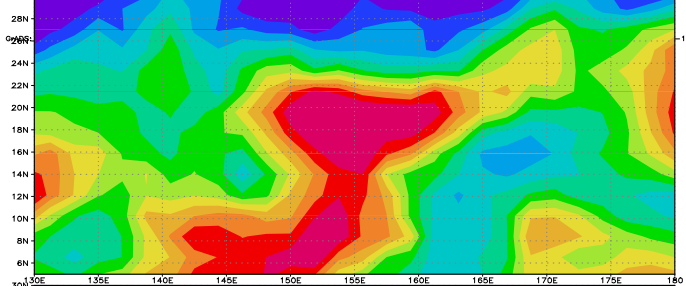
## CAPE

## 降水強度

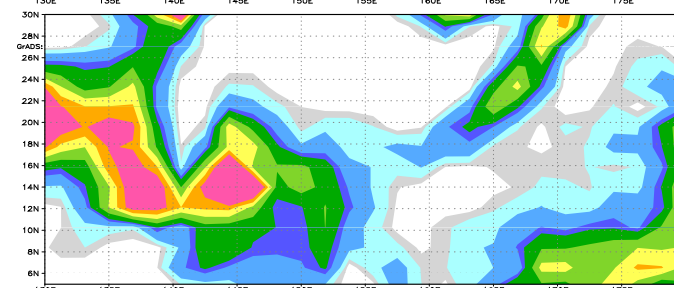
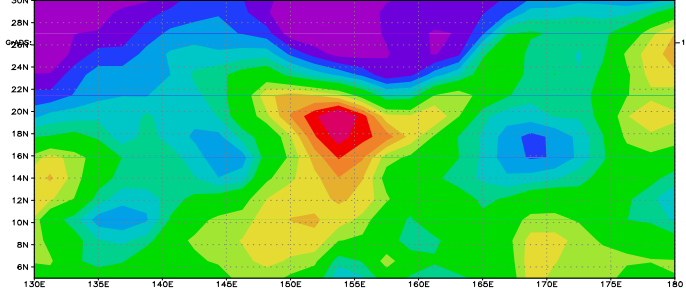
12h



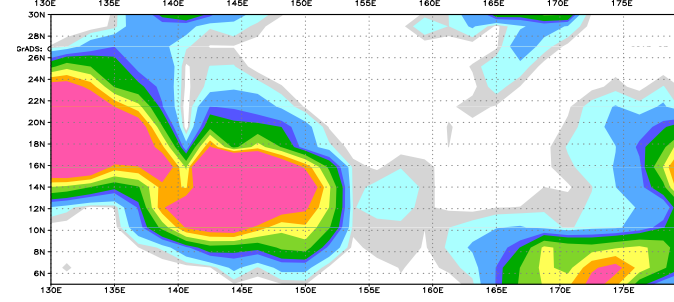
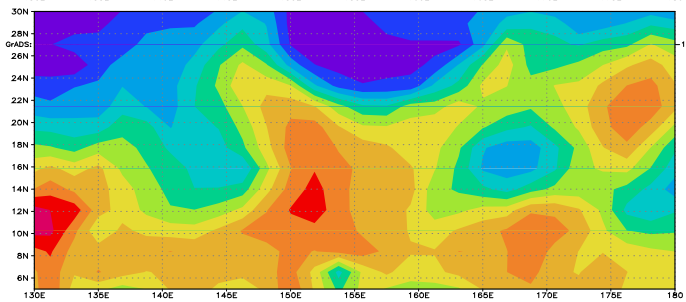
24h



36h

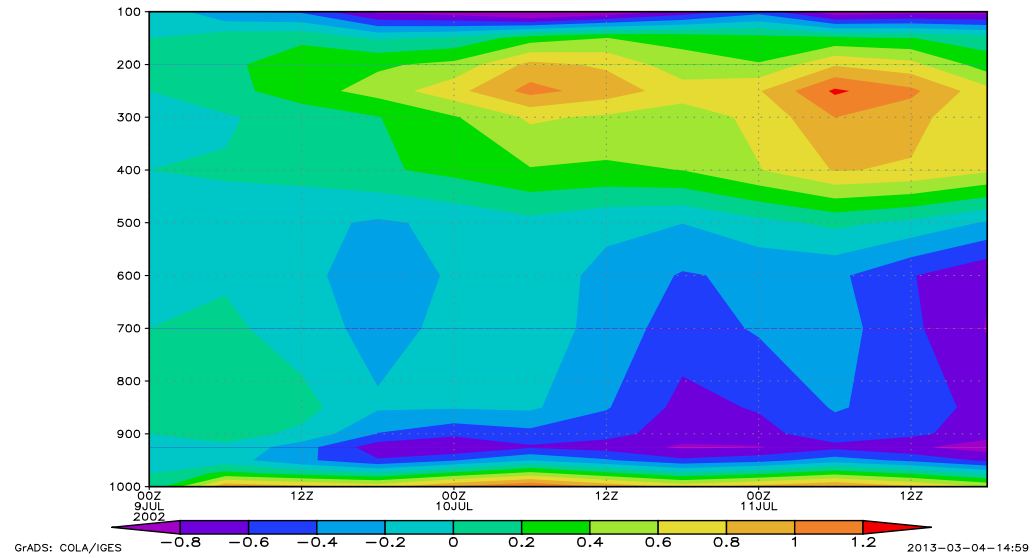


48h

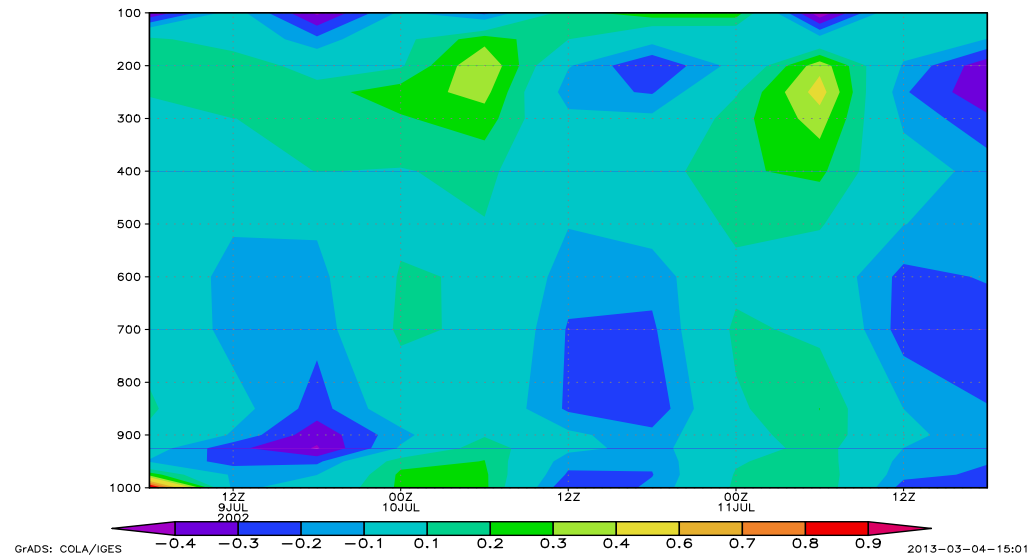


# 北西太平洋 (5-30N, 130-180E) の気温変化

$$T - T_0$$



$$\frac{\Delta T}{\Delta t}$$



# まとめ

---

1. 積雲対流スキームの改良は台風予測の高度化に重要。
  2. 積雲対流スキームのエントレインメントが重要。
  3. エントレインメントの改良に向けた二つの道
    - (1) CRM実験から
    - (2) モデルバイアスから
- 

## 今後の計画

- ◆ Q1, Q2のバイアスを補正する。
- ◆ エントレインメントをQ1, Q2のバイアスが小さくなるように決める。