
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

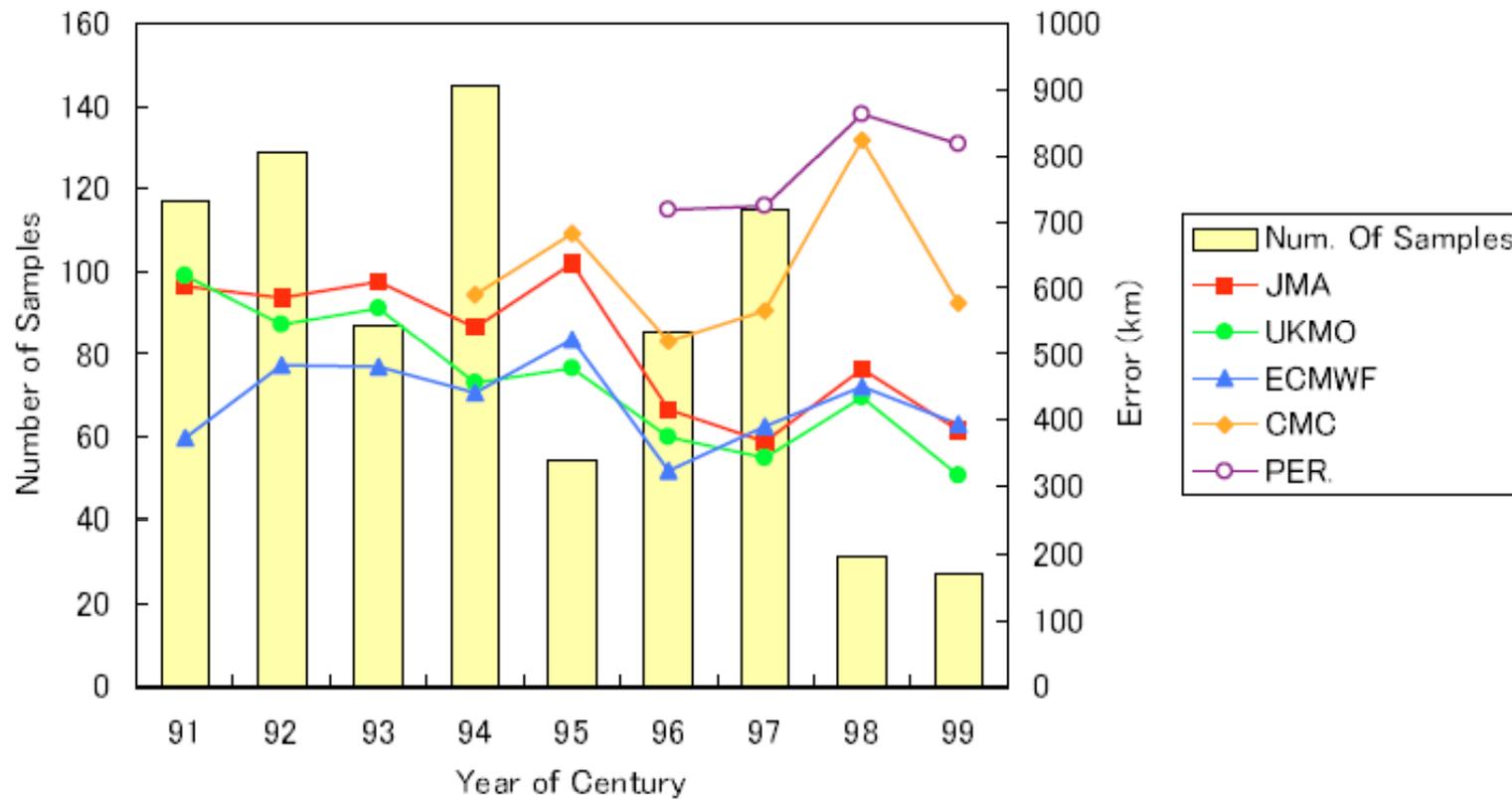
1. 積雲対流スキームの改良が台風予測の 改善に大きく貢献した実例

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

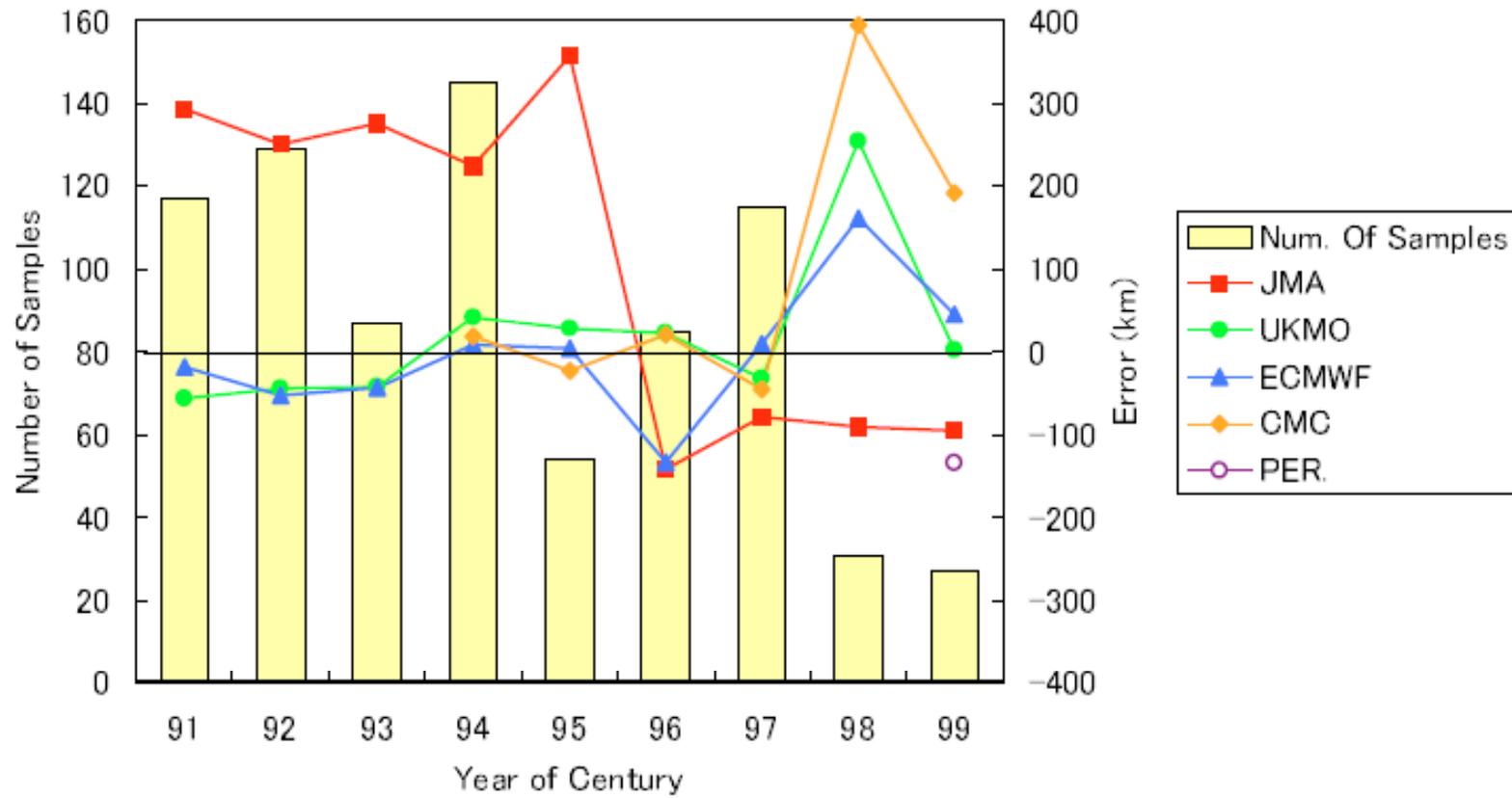
(2) 2008年11月のECMWF-IFSの積雲スキーム
の改良

(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

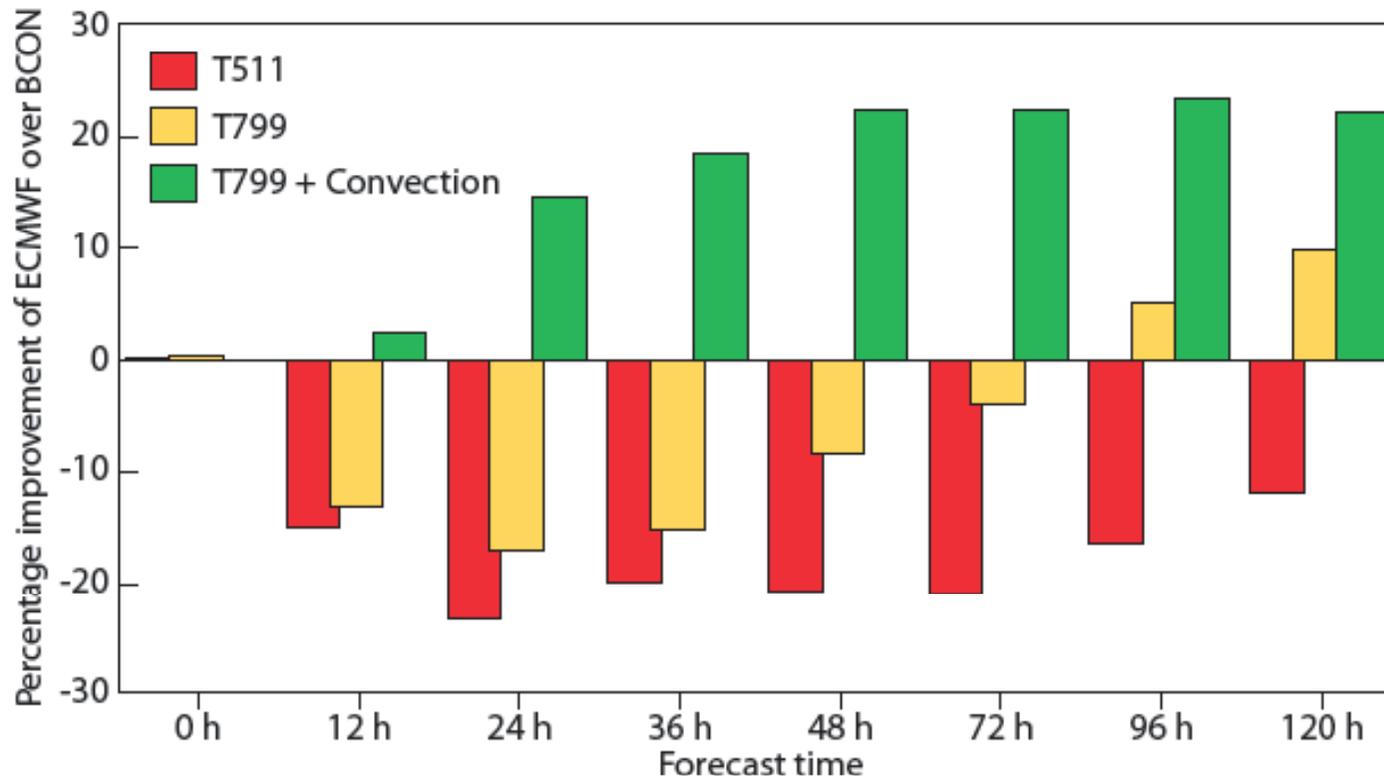


1995年までKuoスキーム。1996年からPrognostic Arakawa-Schubertスキーム。



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



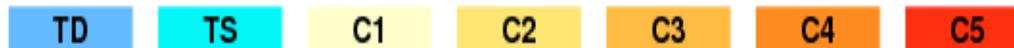
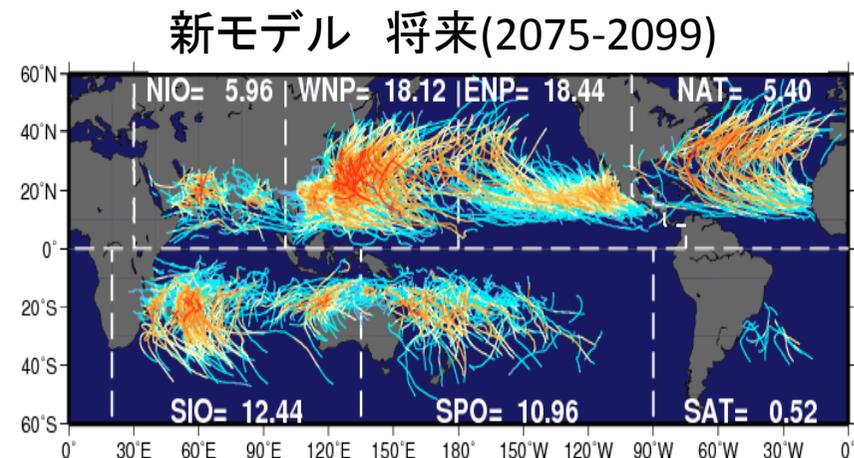
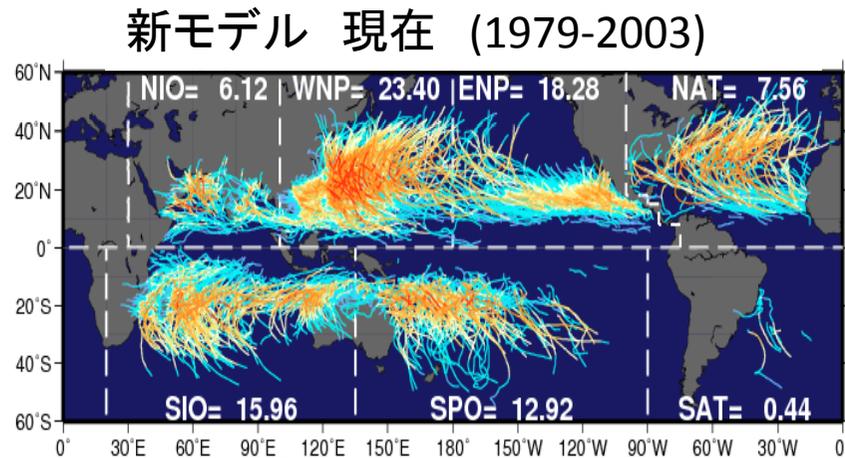
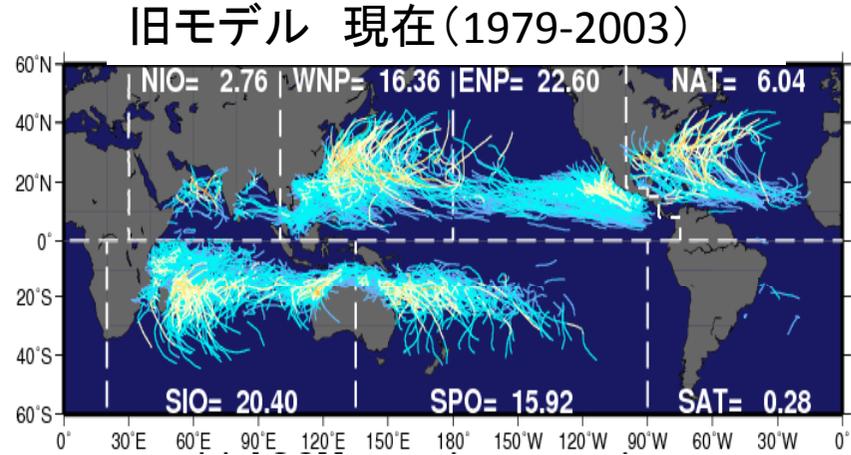
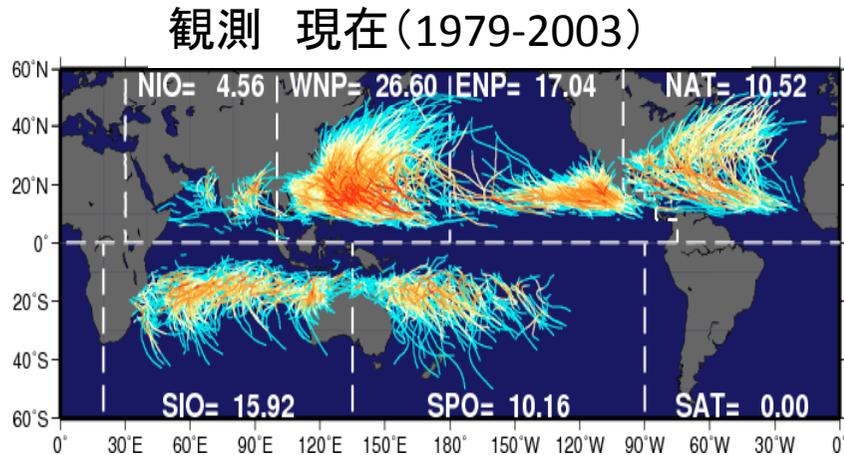
2006.2 : T511 (40km) → T799 (25km)

2008.11 : New Convection Scheme

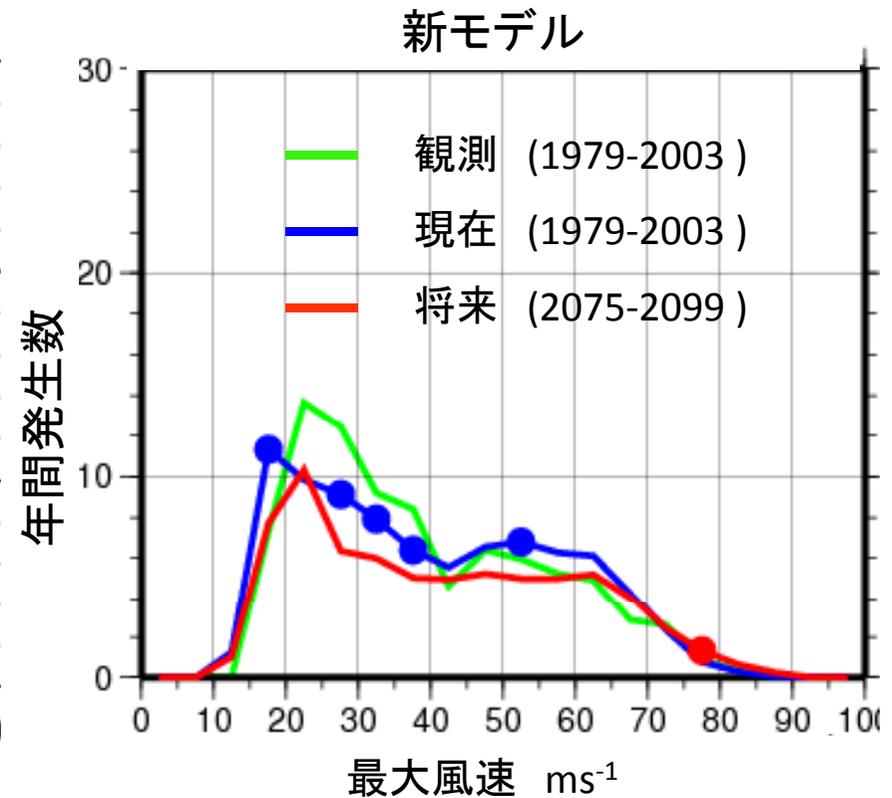
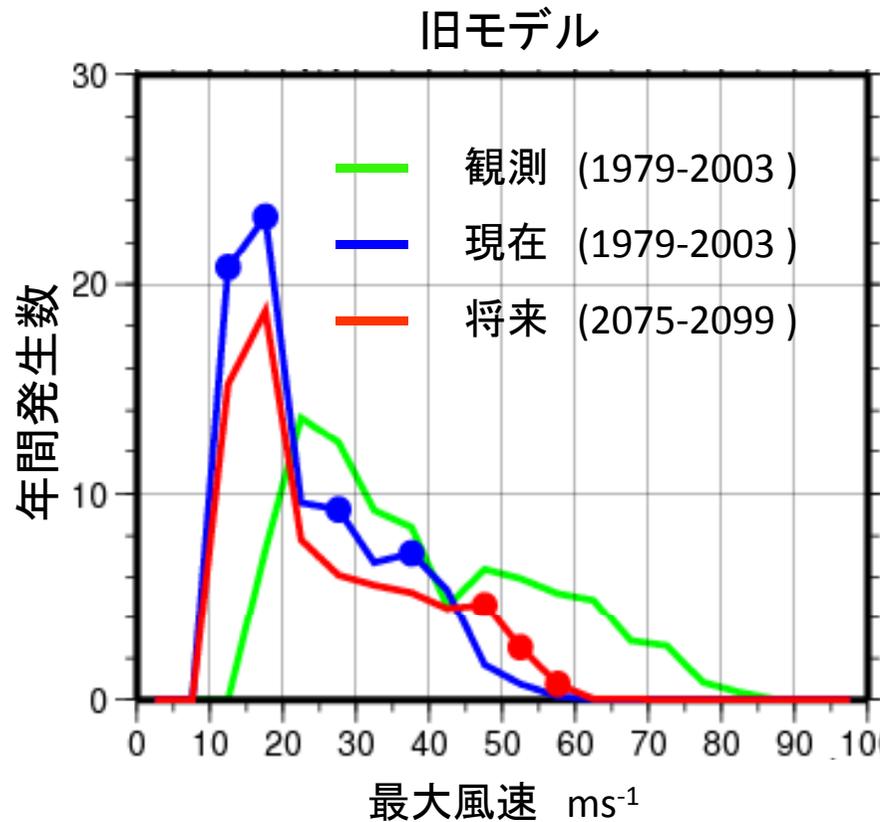
Fiorino (2008)

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

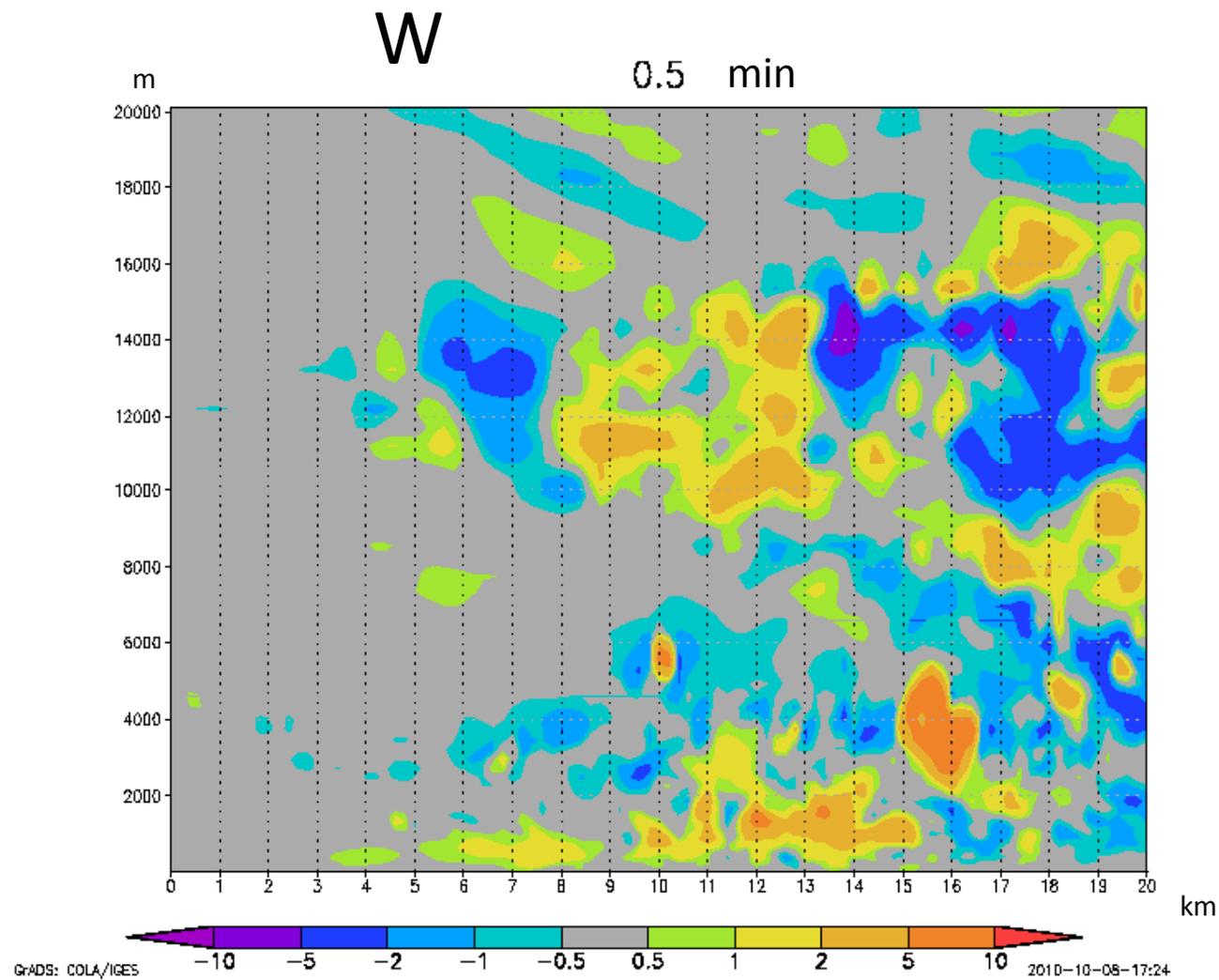
(1) 雲解像モデル(CRM)の実験から

200mメッシュの熱帯太平洋積雲対流実験

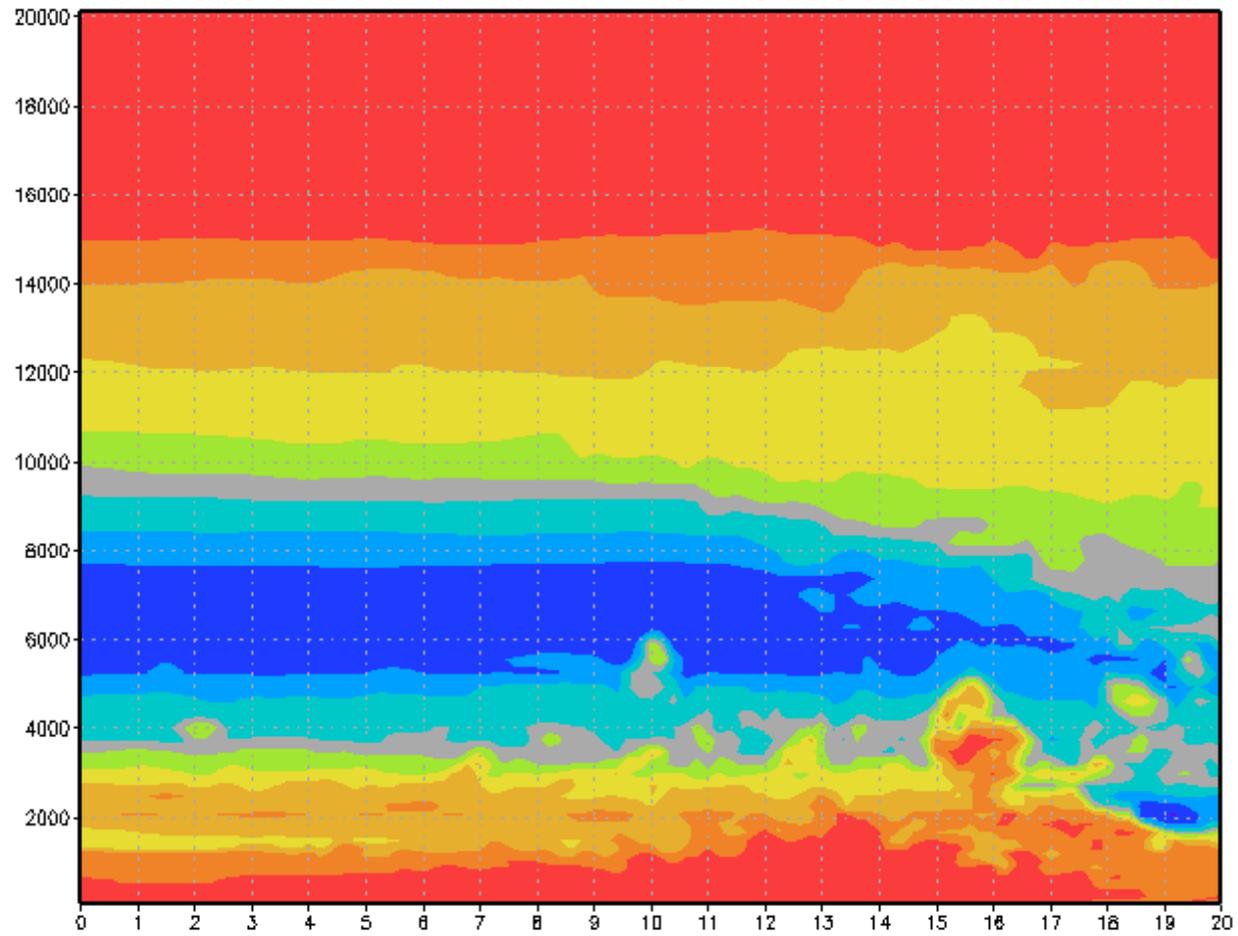
(2) モデルのバイアスから

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

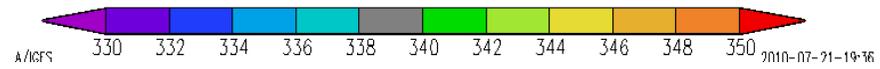


MSE

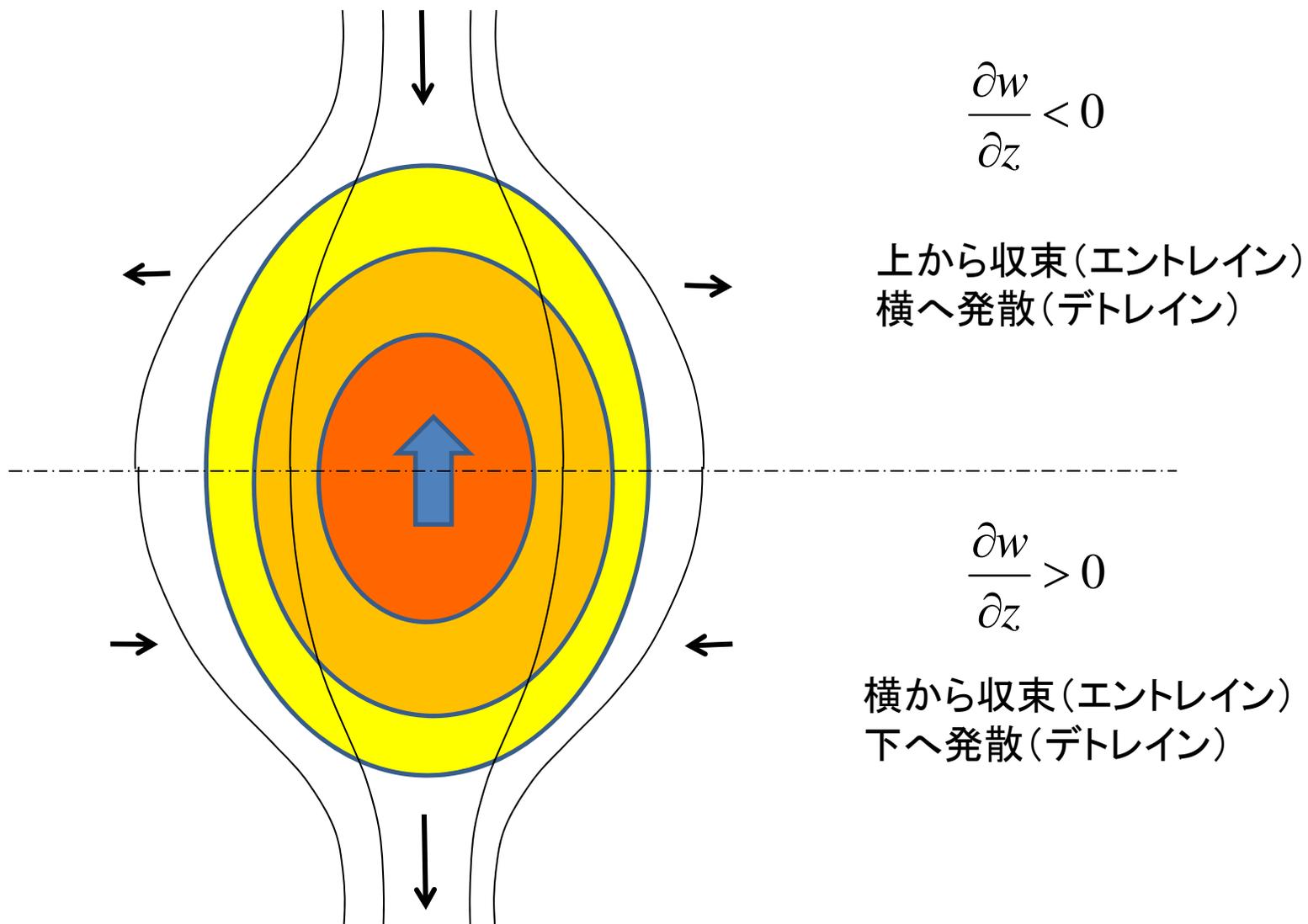


GrADS: COLA/IGES

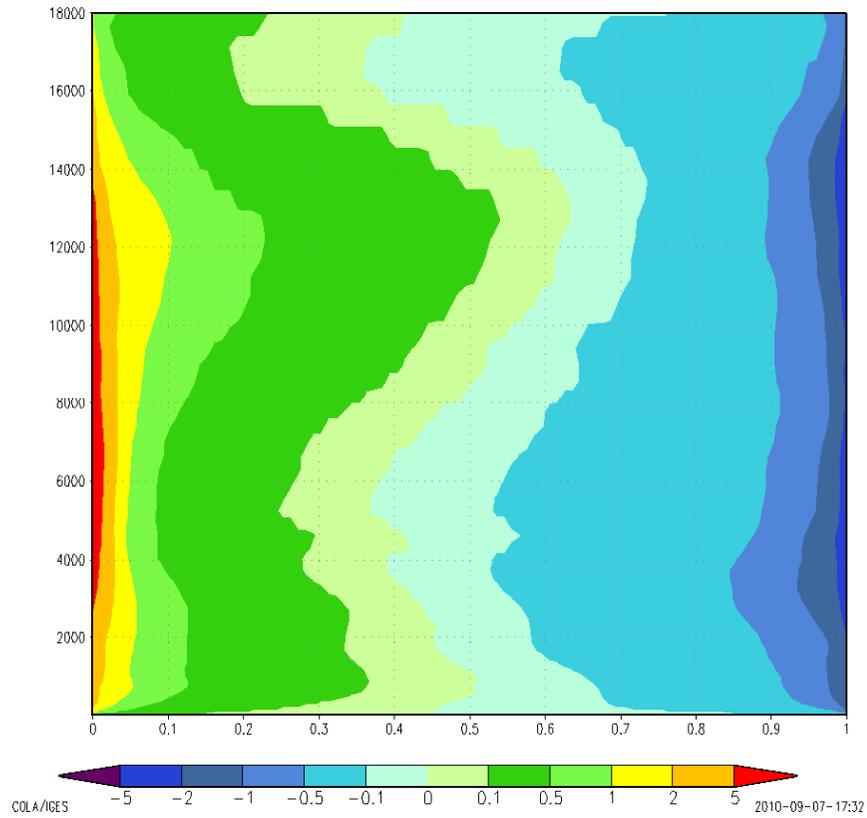
2012-09-03-18:03



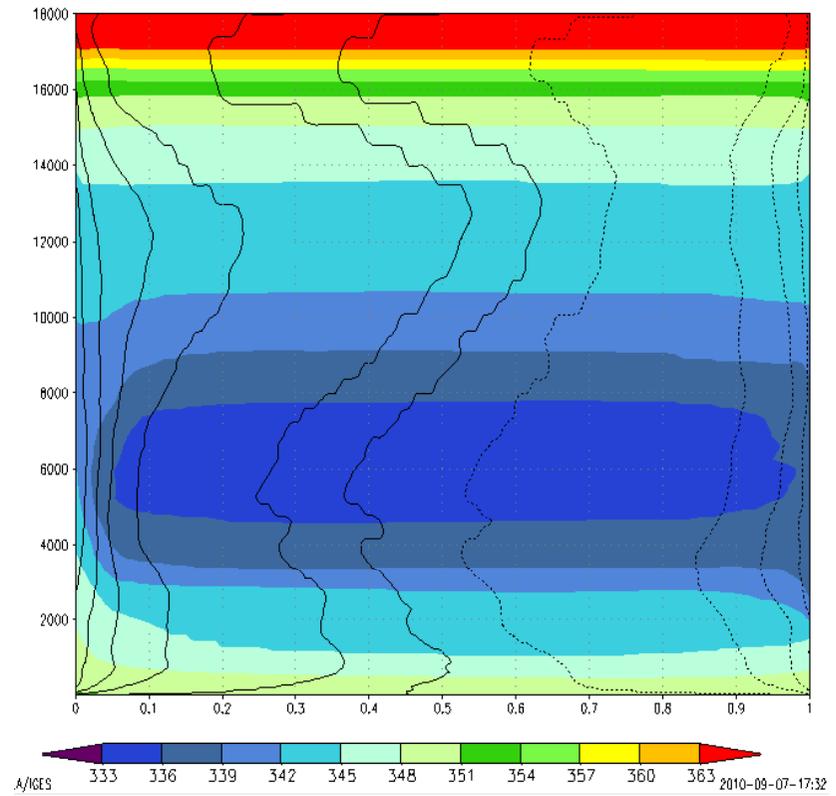
バブルに相対的な空気の流れ



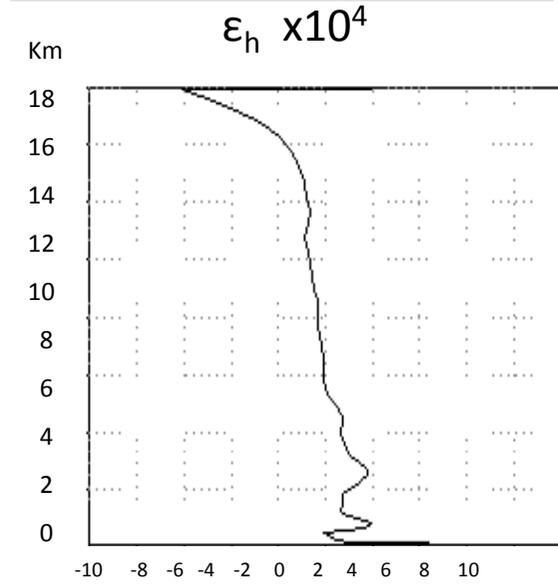
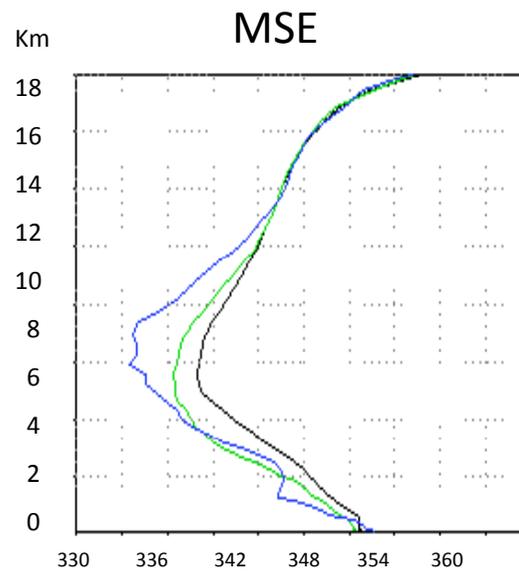
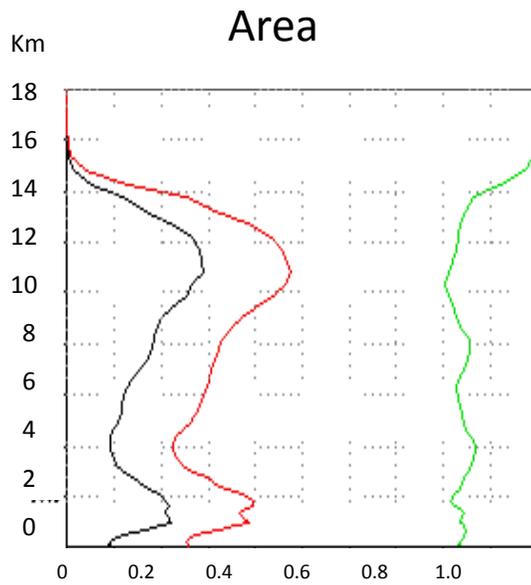
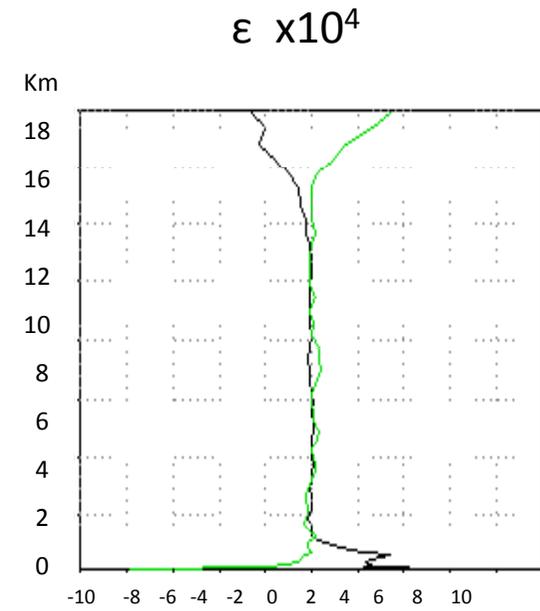
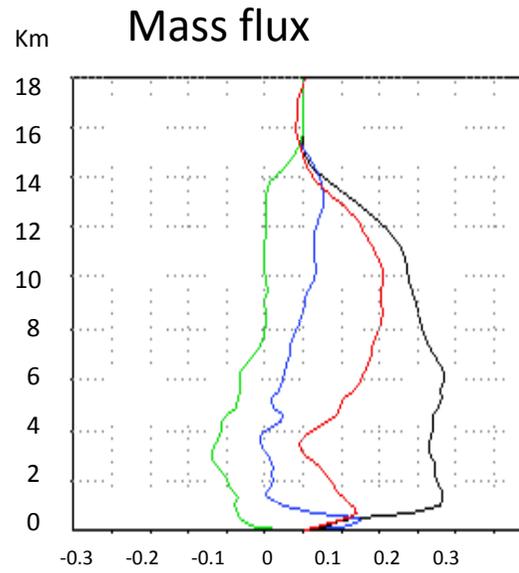
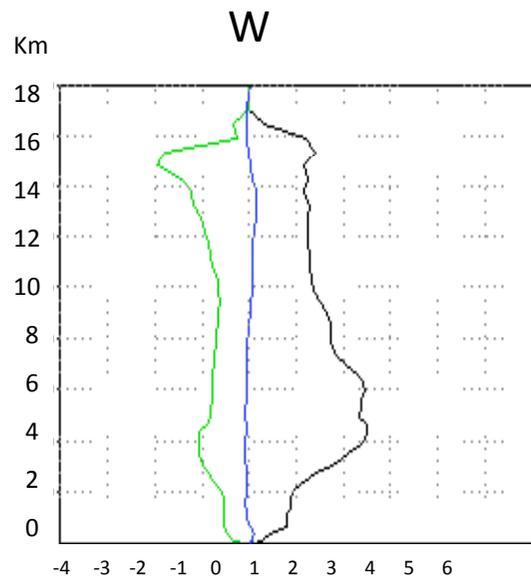
Vertical Velocity



Moist Static Energy

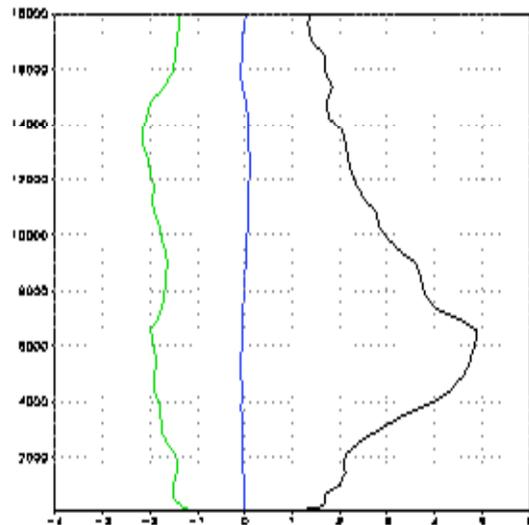


Updraft: QCR > 0.1 g/kg W > 0 m/s

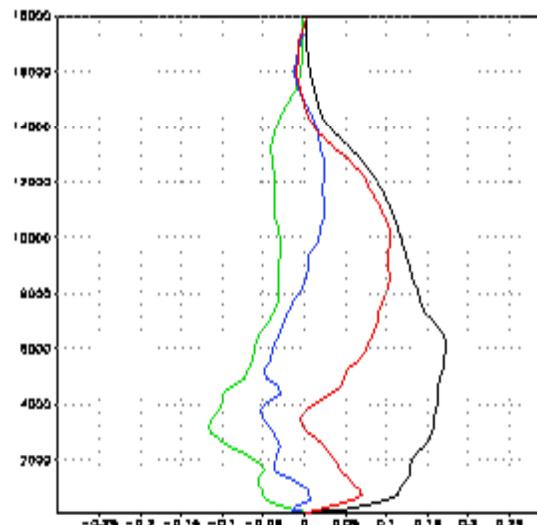


Updraft: $W > 1\text{m/s}$

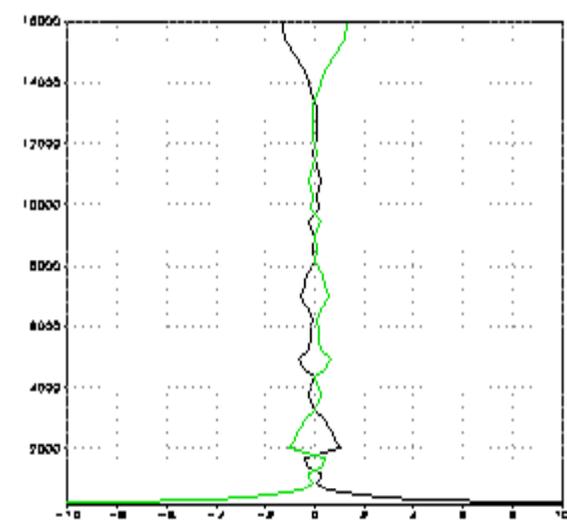
W



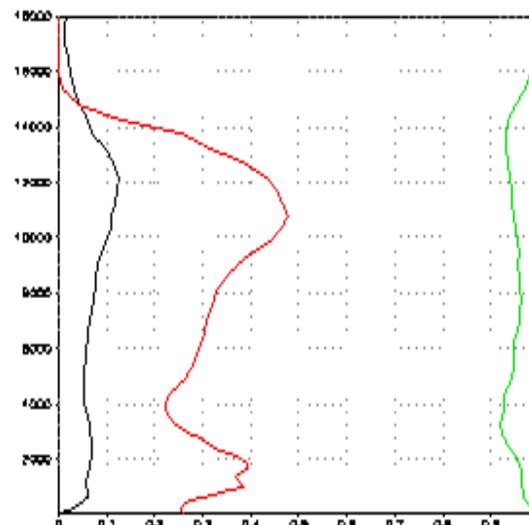
Mass Flux



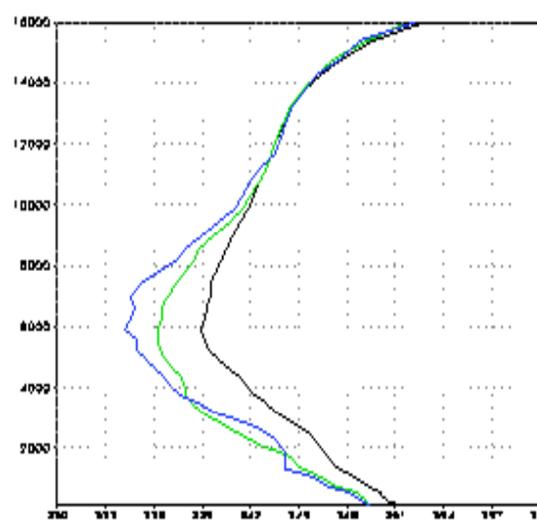
ϵ



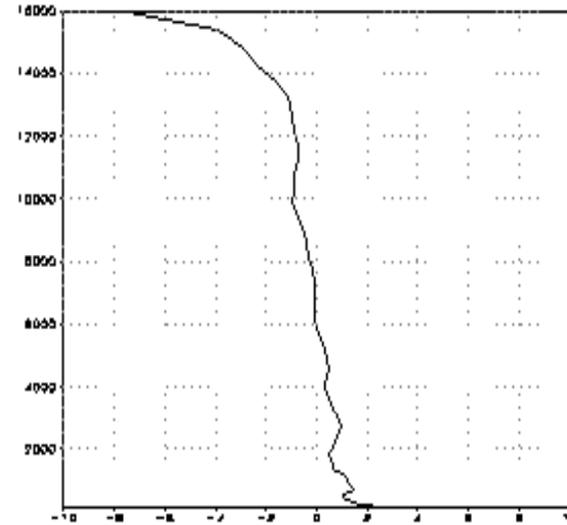
Area



MSE



ϵ_h

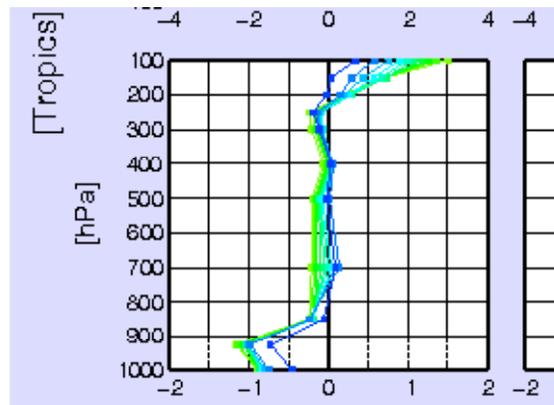


(2) モデルのバイアスからエントレインメントを決める バイアスを小さくするエントレインメントを求める

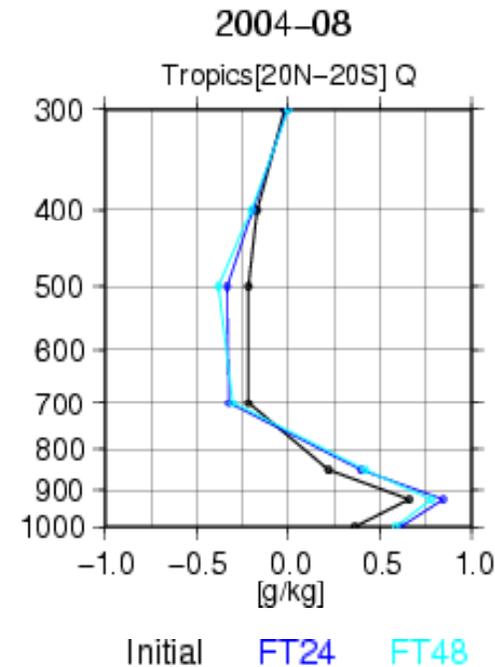
バイアス問題

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



Initial FT24 FT48

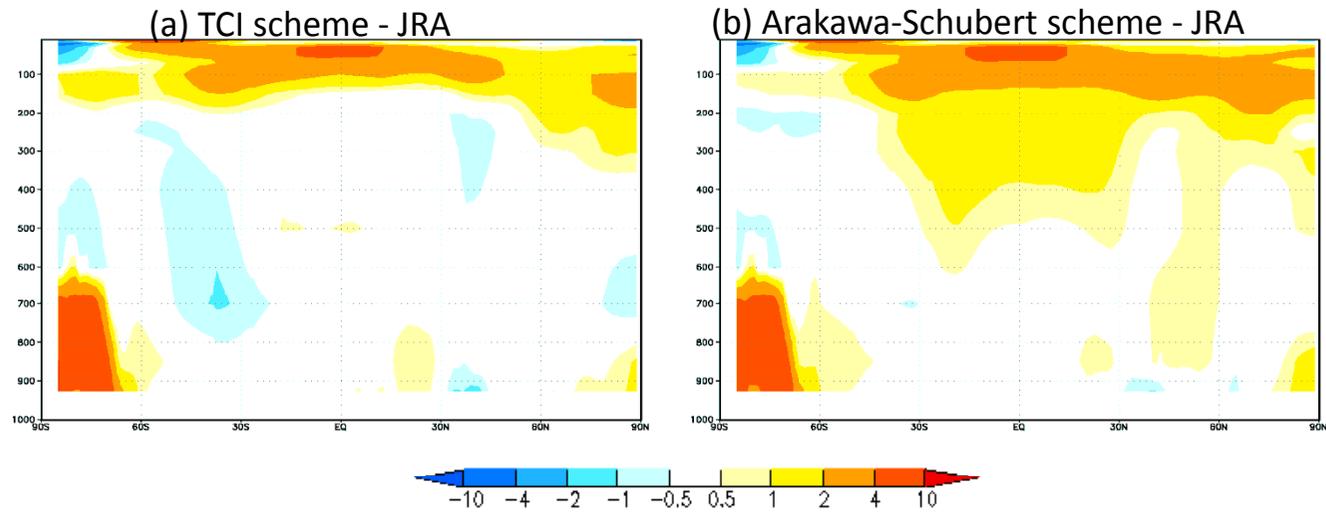


Figure 12 Zonal mean temperature (3 years run), Differences from JRA

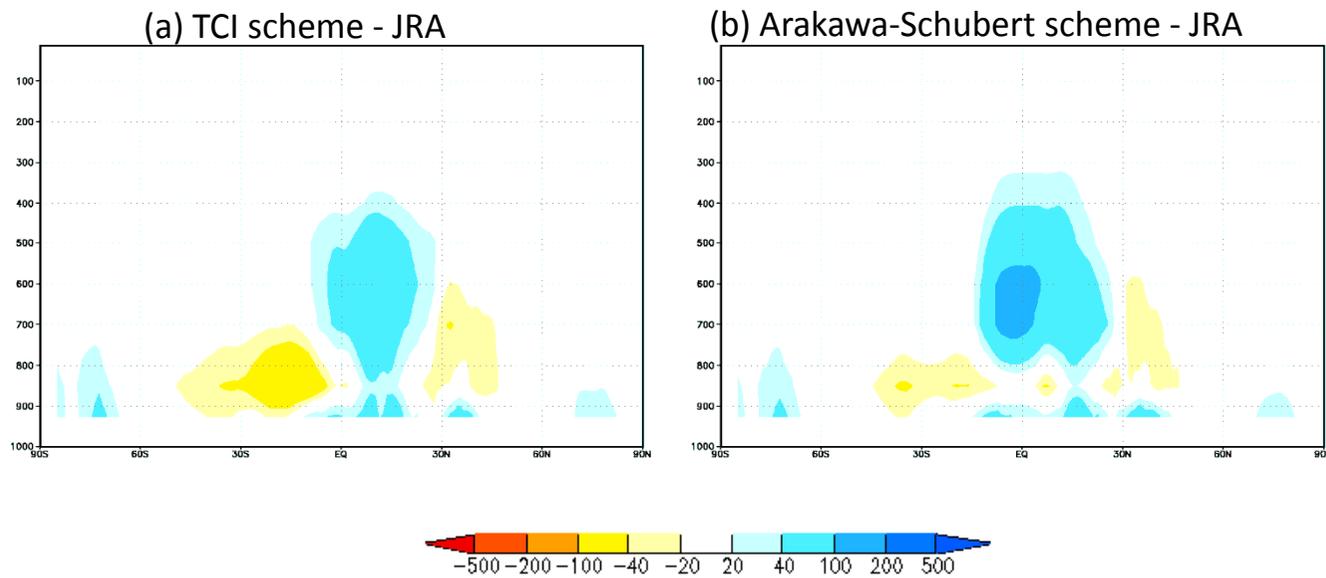
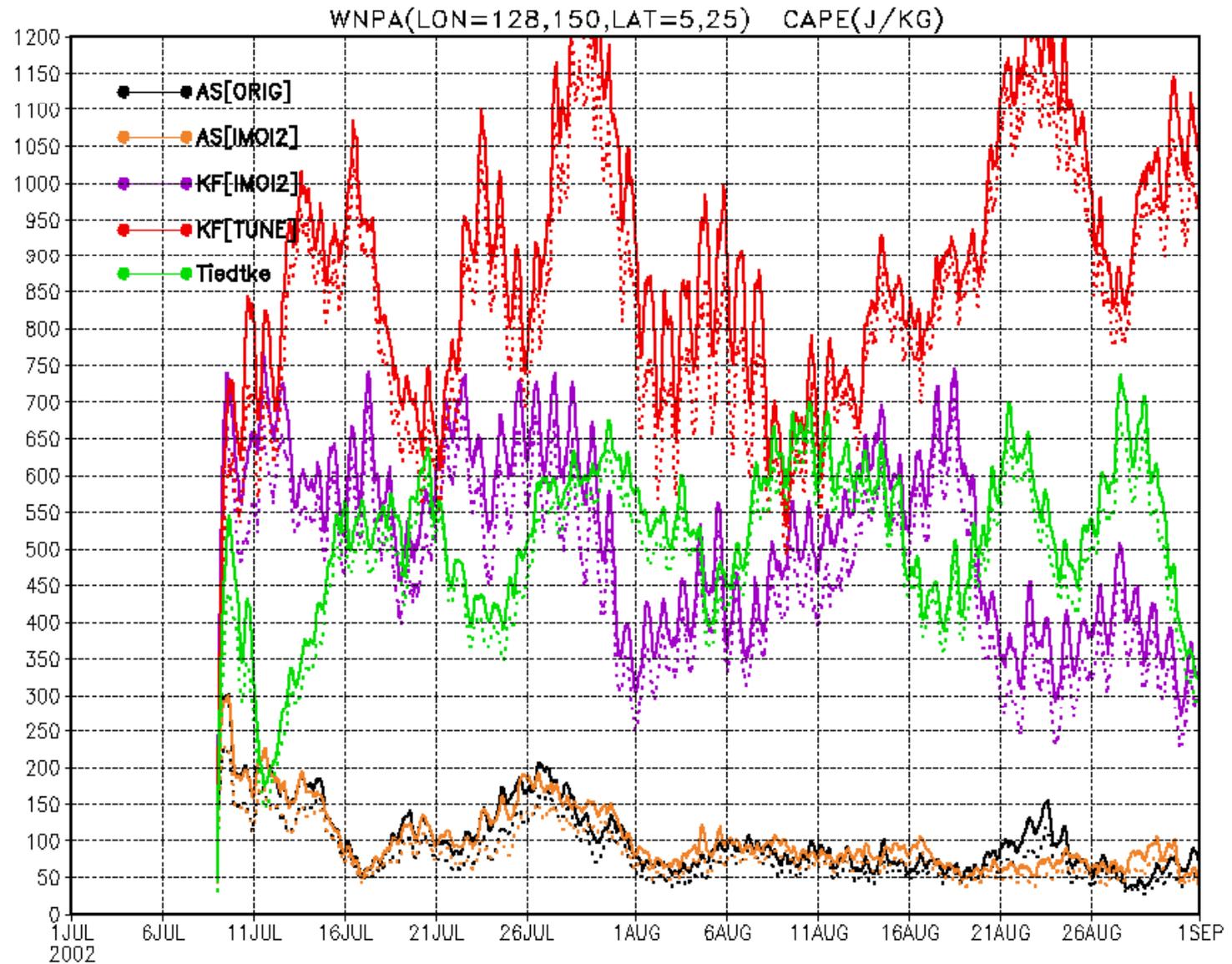


Figure 13 Zonal mean water vapor (3 years run), Differences from JRA

積分開始
から最初の
2ヶ月
(WNPA)

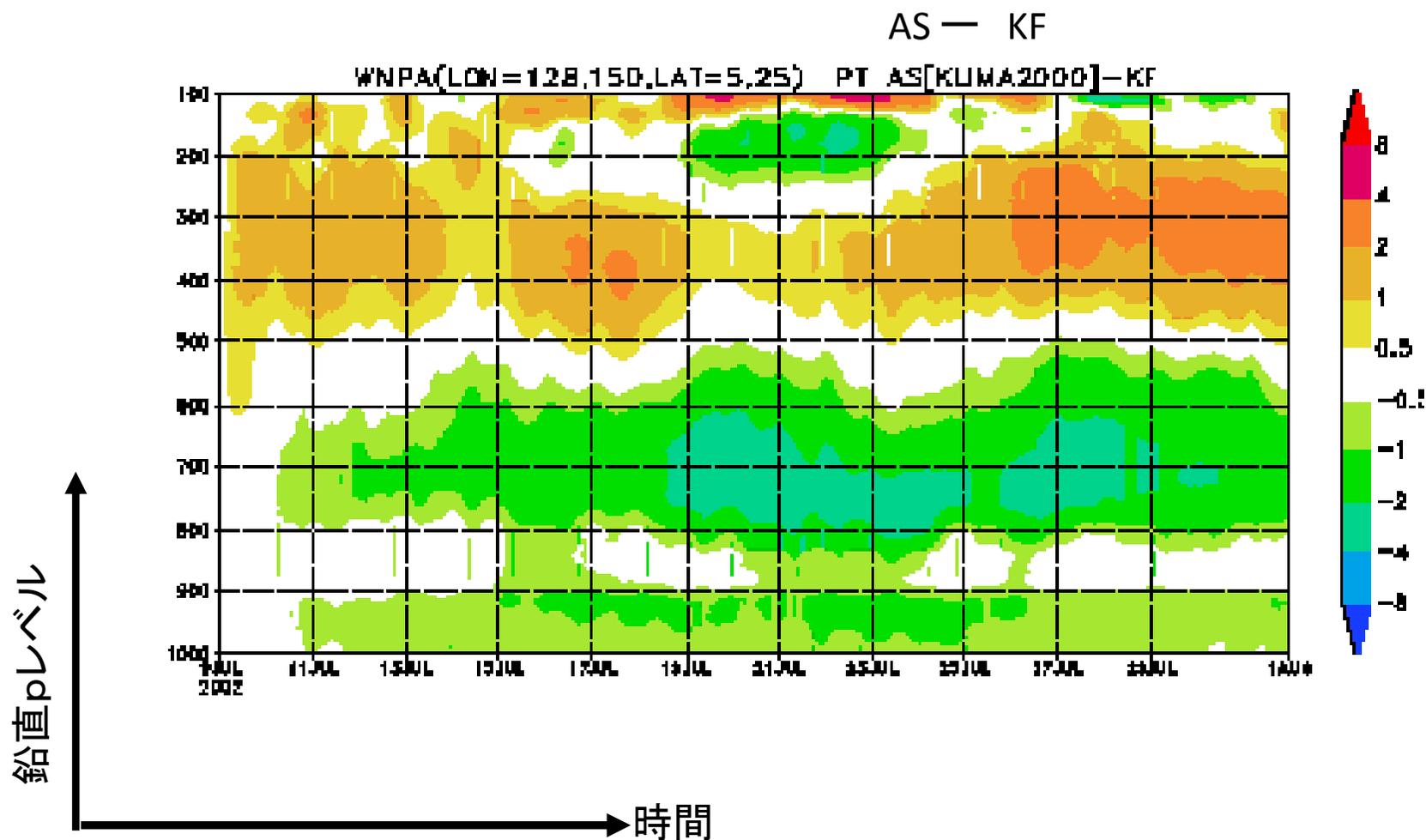
CAPE

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)

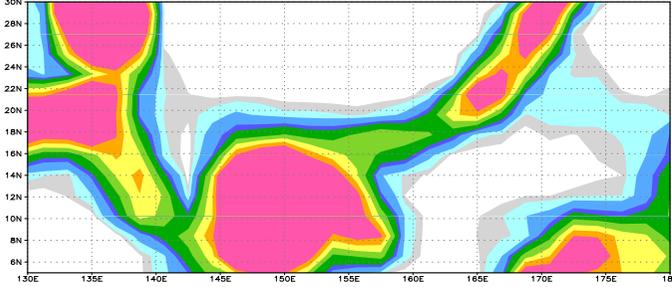
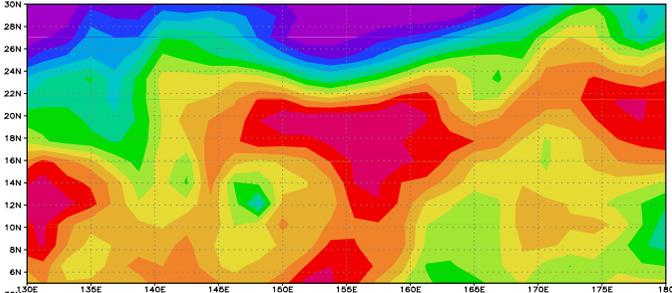


北西太平洋(5-30N, 130-180E)のCAPEと降水強度の変化

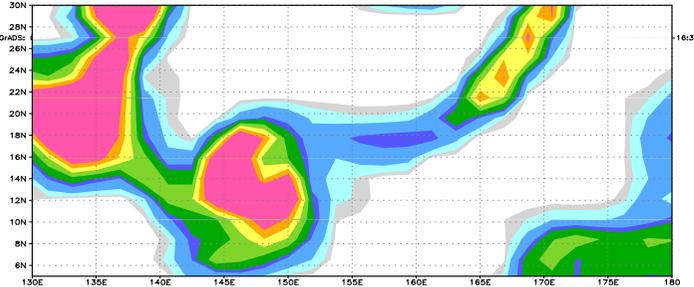
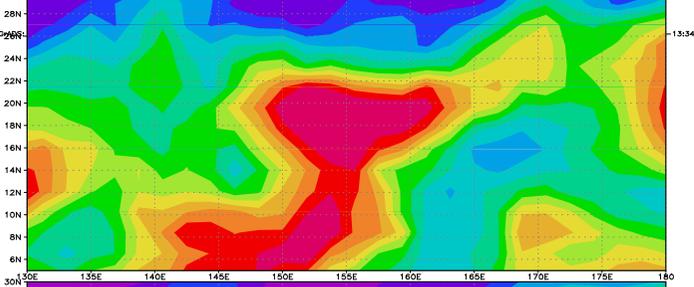
CAPE

降水強度

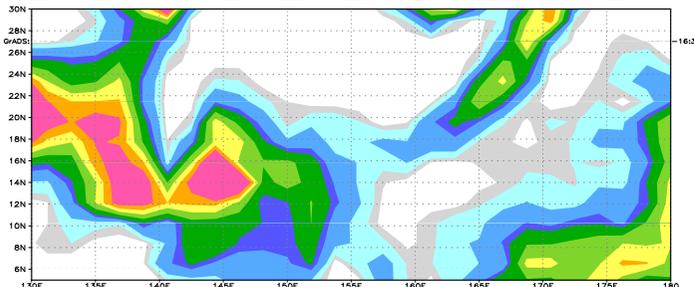
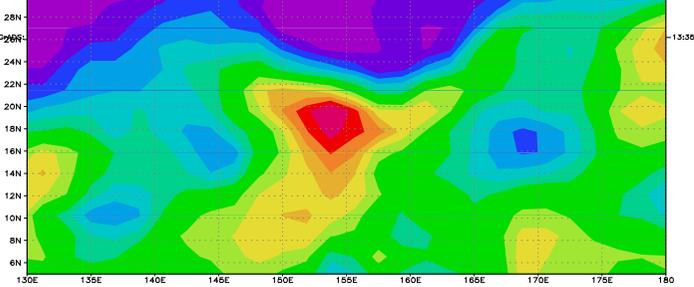
12h



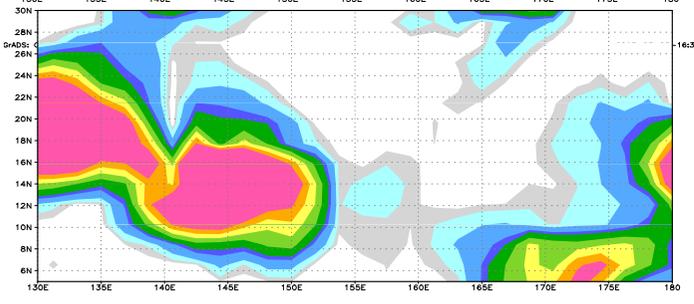
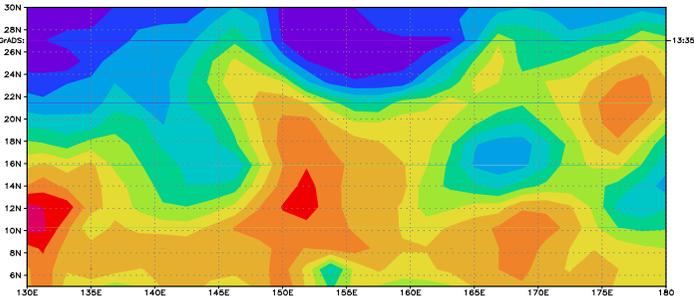
24h



36h

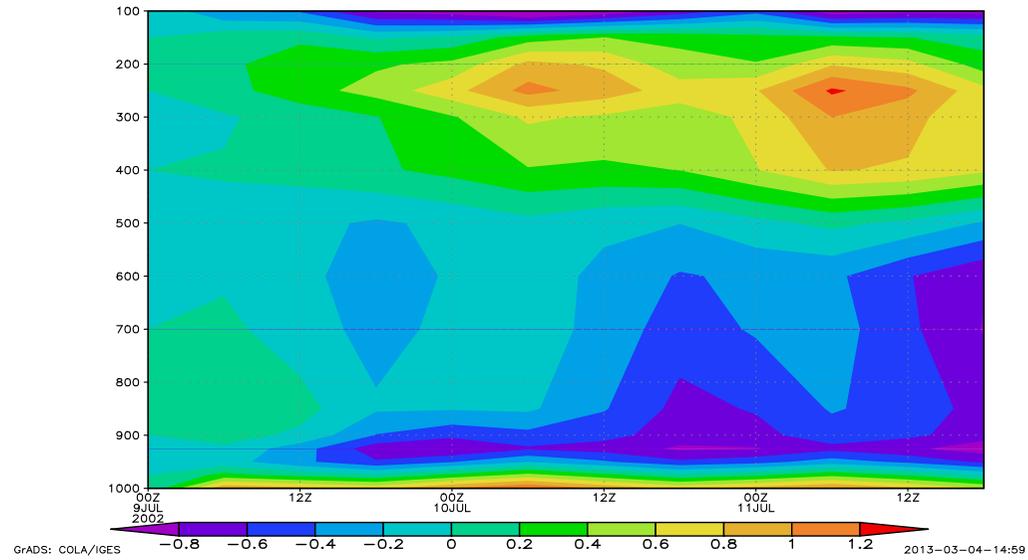


48h

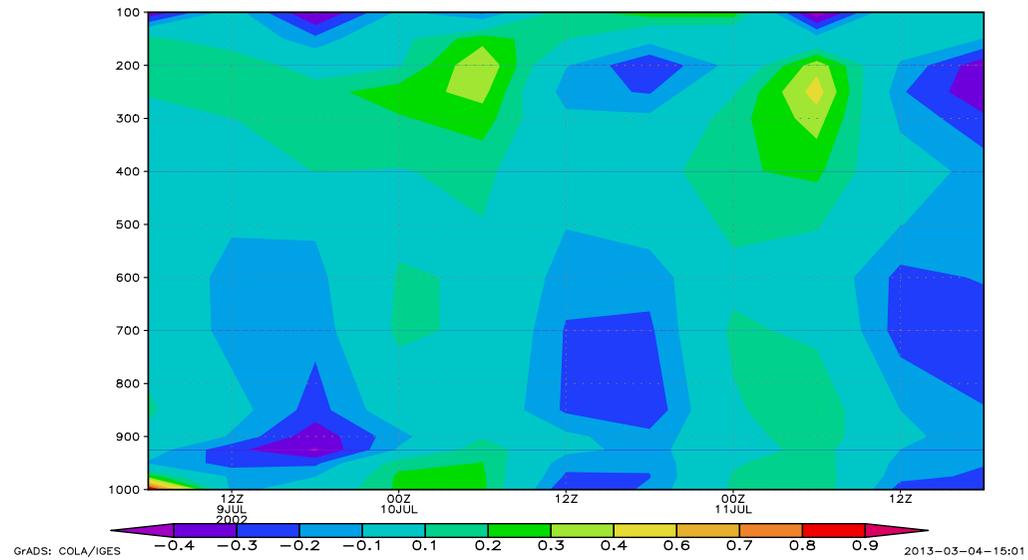


北西太平洋 (5-30N, 130-180E) の気温変化

$$T - T_0$$



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



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。