

AFESにおける雲分布改善への の試み

吉田 聡、榎本 剛
海洋研究開発機構 地球シミュレータセンター
2005. 7. 22.
第2回積雲対流ワークショップ
@東京大学気候システム研究センター

はじめに

- 全球大気・海洋結合モデルでは、雲の分布の再現性が重要であるが、AGCMの雲分布は観測と大きく異なっており、結合時の海面水温バイアスの一因と考えられている。

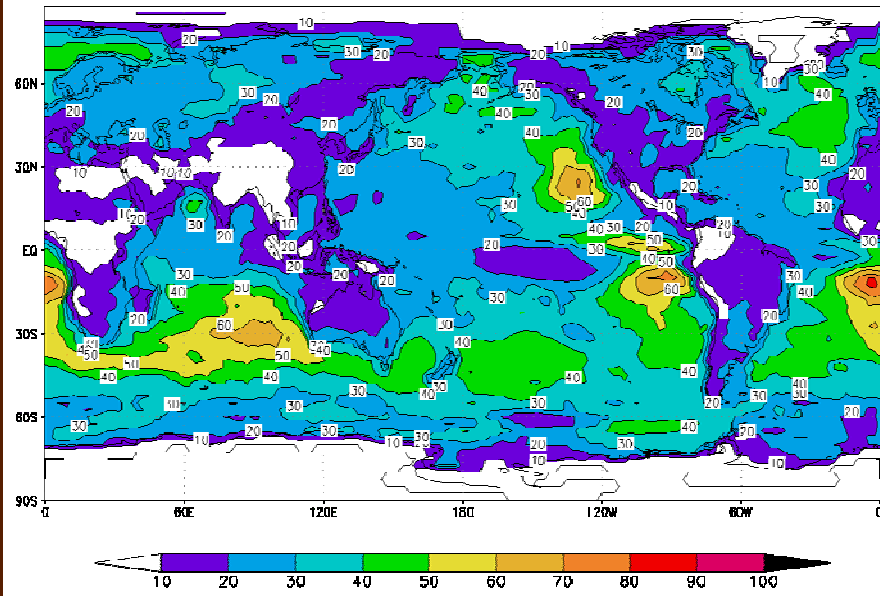
使用モデル

- AFES (AGCM for ES)
 - 積雲スキーム: Emanuel (浅い対流も含む)
 - 解像度: T79L48, T79L96, (T239L48)
 - 初期値: ERA40, 1999年7月29日0000UTC
 - 積分期間: 1999年7月29日～11月1日(3ヶ月)
Wang et al. (2004)と同じ期間

下層雲量

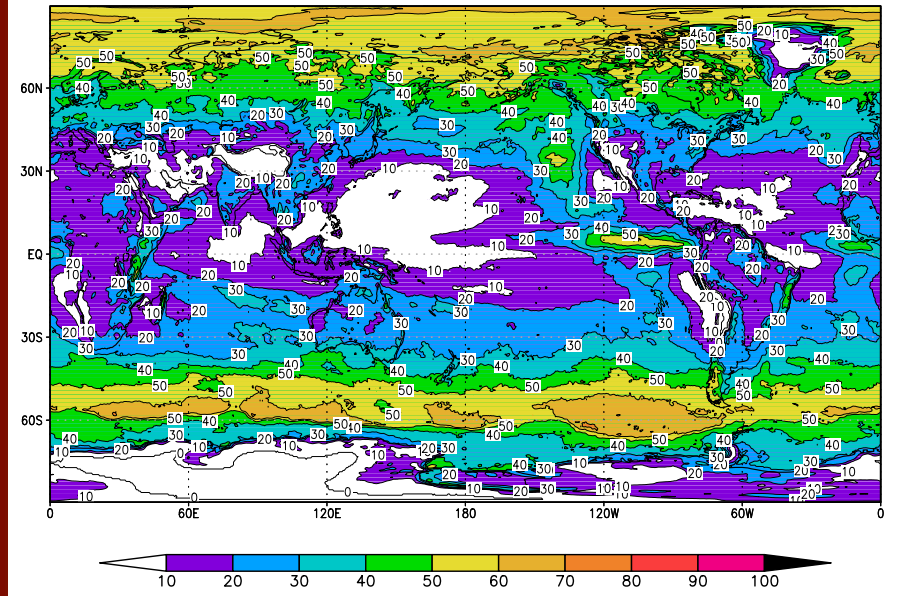
観測: ISCCP D2

ISCCP D2 1999 ASO: FQLW



従来のAFES

FQLW: AFES T239L48 oldgz

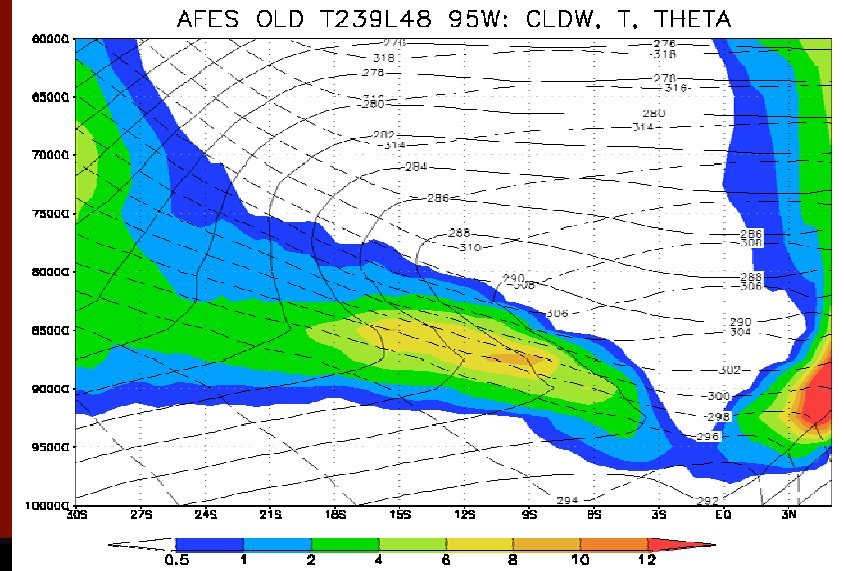
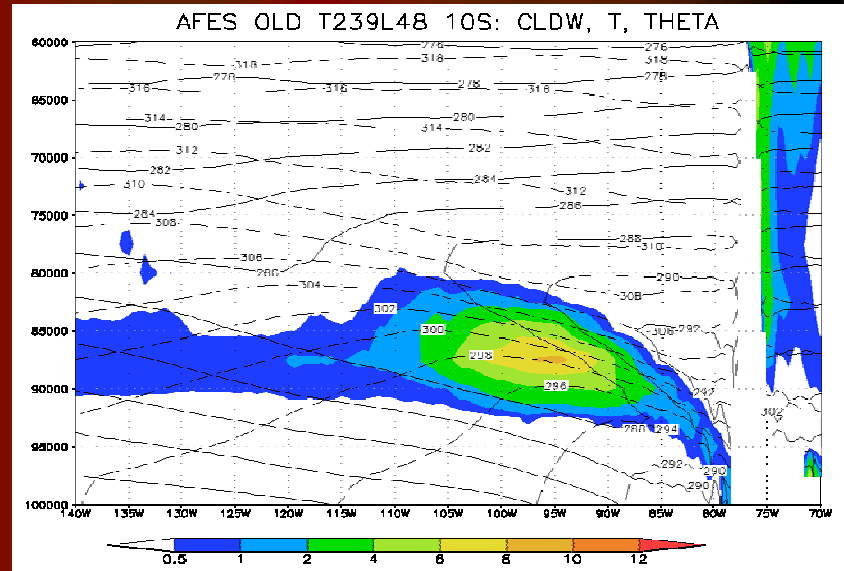
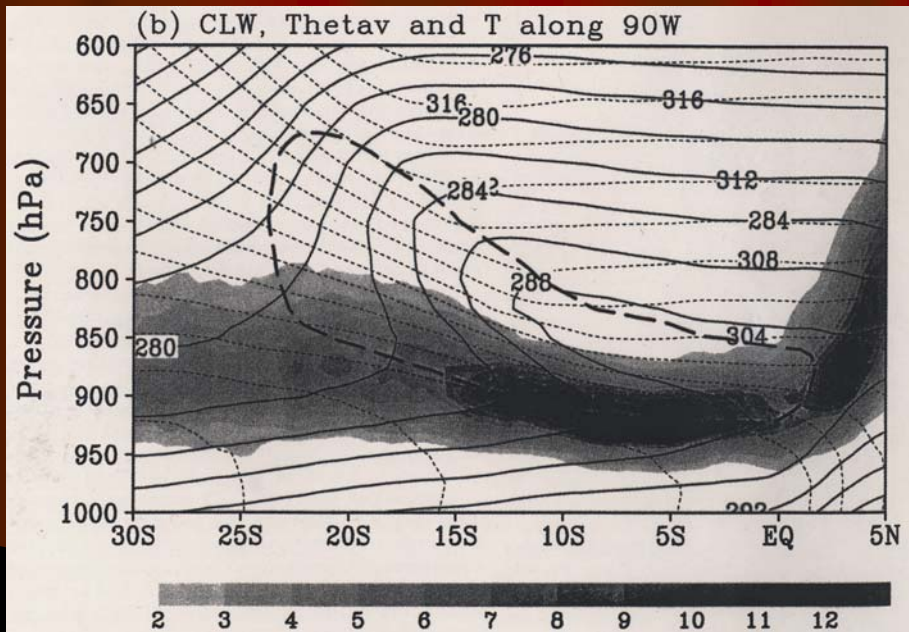
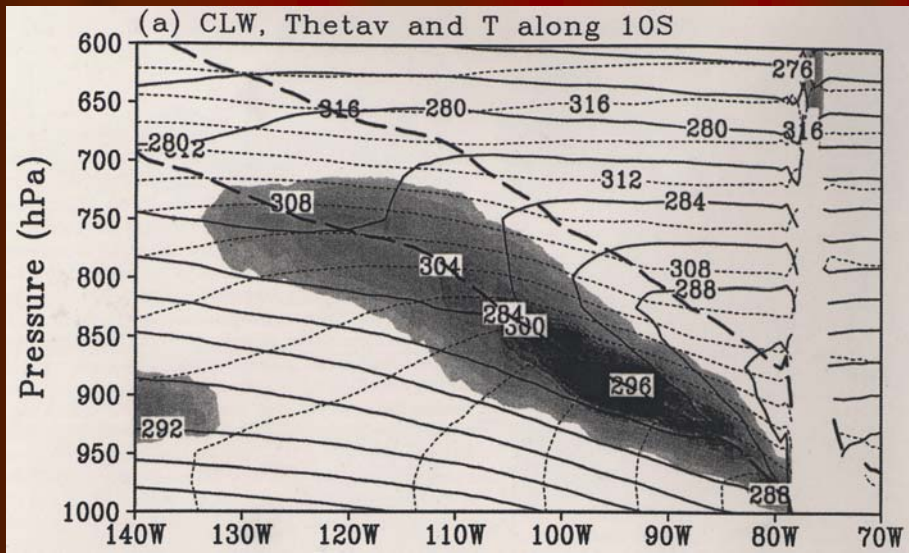


- 高緯度で下層雲過多
- 南インド洋、東太平洋、南東大西洋上で下層雲過少
- 水平解像度をあげても、あまり変わらない

東太平洋域の下層雲

IPRC-RegCM: Wang et al. (2004)

AFES T239L48



問題点

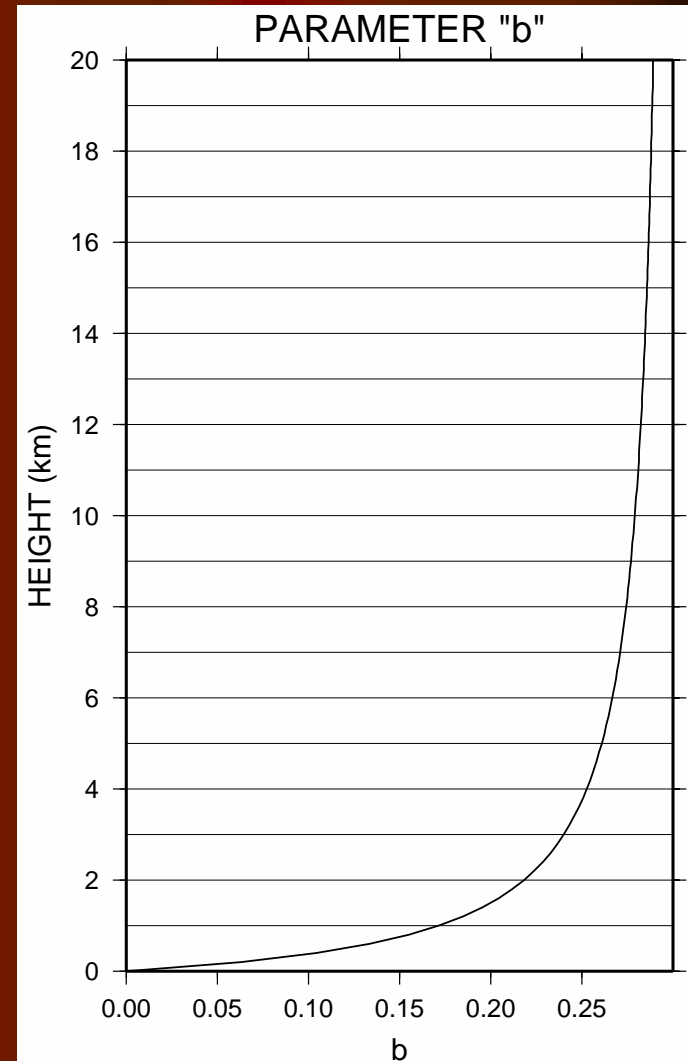
- 大規模凝結過程のパラメータチューニングでも下層雲がうまく再現されない。
 - 逆転層はある程度形成されているのに、雲が少ない。
→雲の診断方法が悪い？
 - 対流による水蒸気の持ち上げが少ない。
→浅い対流がきちんと再現されていない？

方針

- 大規模凝結過程の改良
 - 場の局所的な特徴を反映
- 物理過程の見直し
 - 場の計算の精緻化

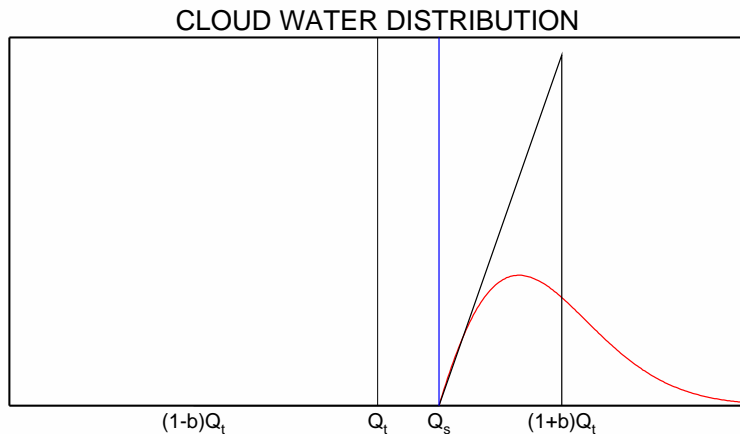
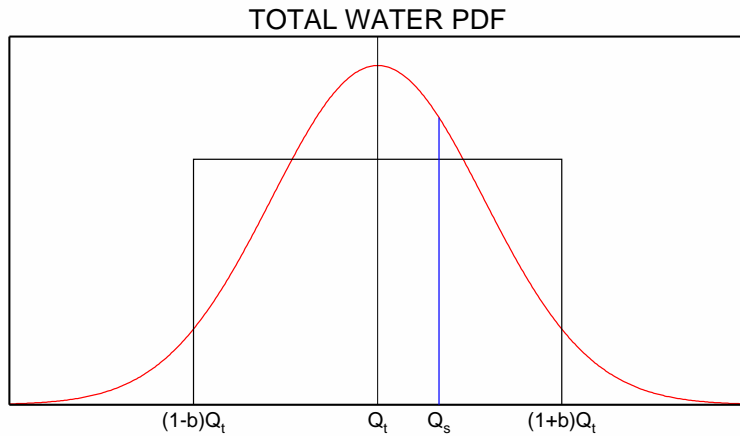
大規模凝結過程の改良

- 総水量 ($q+q_l$) の確率密度関数の幅 (b) は混合長に比例
- 場の局所的な変動を反映しない



大規模凝結過程の改良

乱流スキームから総水量の標準偏差を診断



$$-\overline{wq_w} = K_H \frac{\partial q_w}{\partial z}$$

$$K_H = \sqrt{B_1 (1 - R_{if}) \tilde{S}_M \tilde{S}_H} l^2 \frac{\Delta |\mathbf{v}|}{\Delta z}$$

$$\overline{q_w'^2} = \sigma_{q_w}^2 = \frac{B_2 l}{q} (-\overline{w'q_w'}) \frac{\partial q_w}{\partial z}$$

$$q = l \sqrt{B_1 (1 - R_{if}) \tilde{S}_M} \frac{\Delta |\mathbf{v}|}{\Delta z}$$

$$\sigma_{q_w} = l \frac{\partial q_w}{\partial z} \sqrt{B_2 \tilde{S}_H}$$

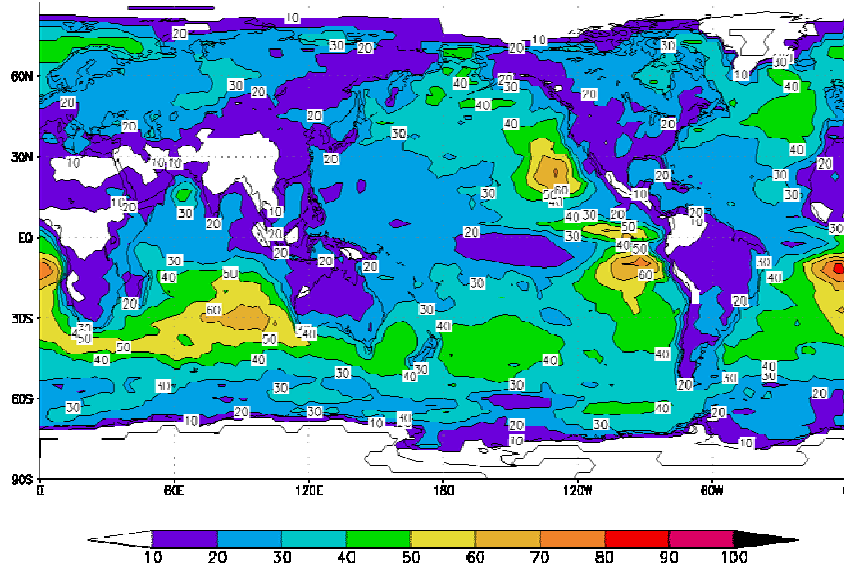
物理過程でのジオポテンシャル高度の精緻化

- 力学過程ではArakawa and Suarez (1983) の手法が用いられていたが、物理過程では使用されていなかった。
 - 力学過程と物理過程で場に不整合が起こる。
 - 物理過程各所に誤差

改良結果1: ジオポテンシャル高度

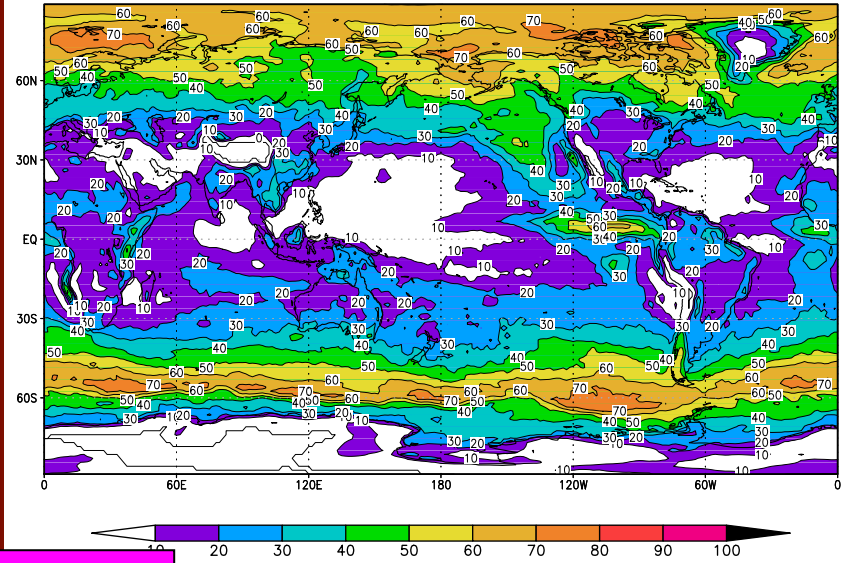
観測

ISCCP D2 1999 ASO: FQLOW



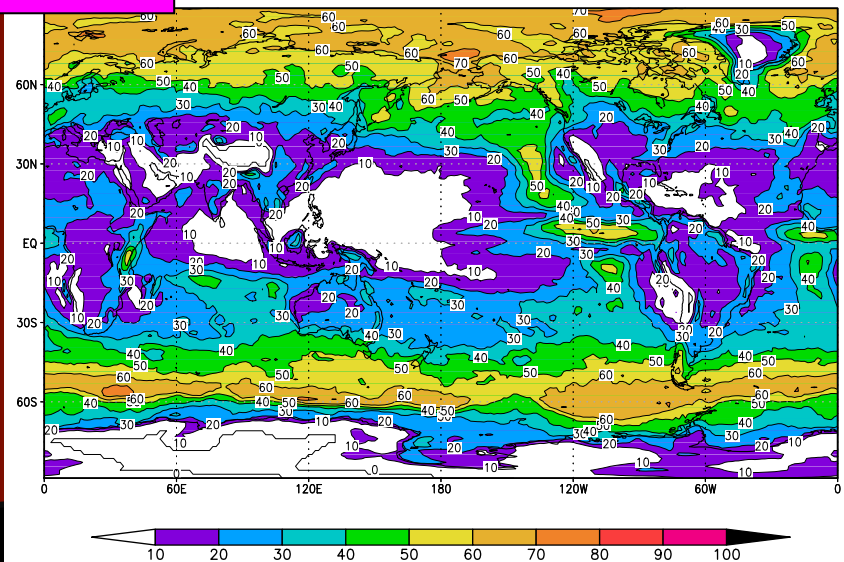
改良前

FQLOW: AFES T79L48 OLDGZ



改良後

FQLOW: AFES T79L48 NEWGZ



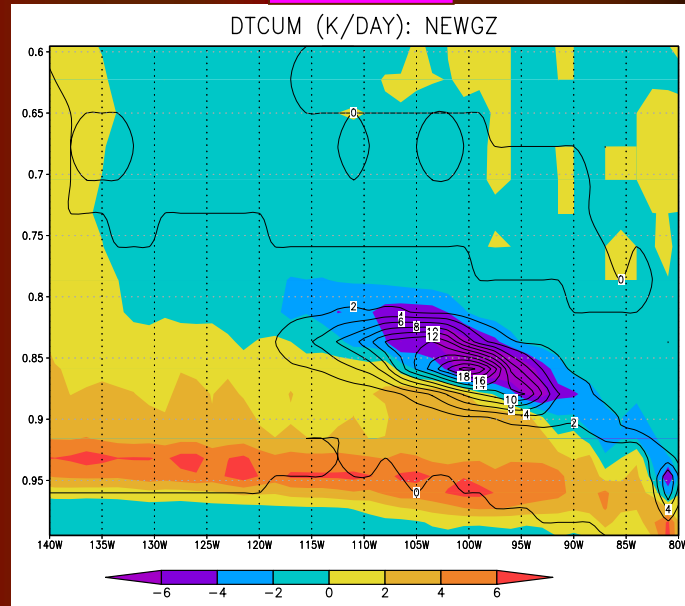
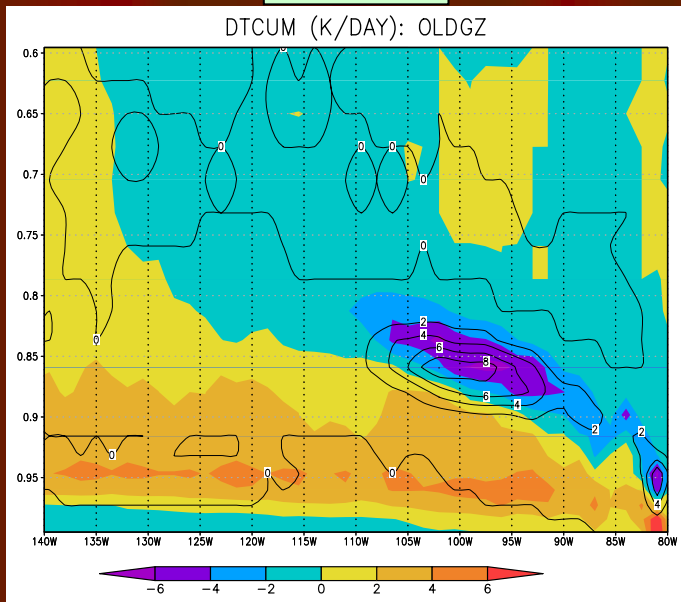
- 東太平洋、インド洋上の下層雲に改善が見られる。
- 高緯度はあまり変化なし。

対流による温度、水蒸気変化率

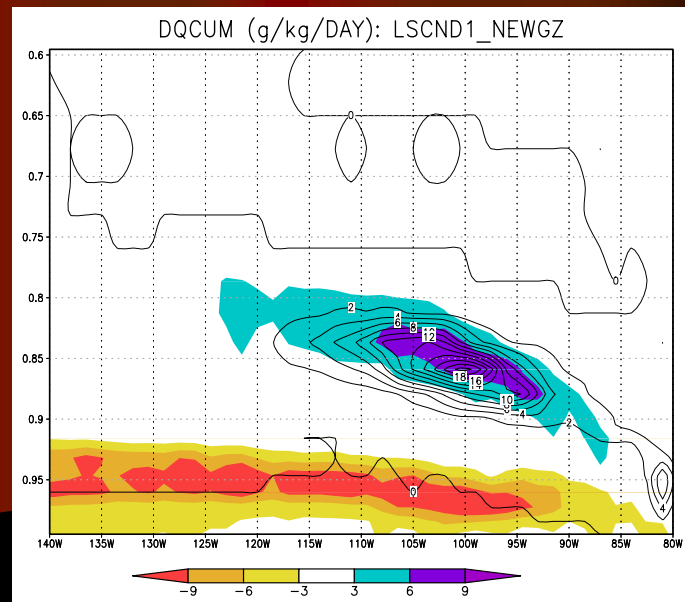
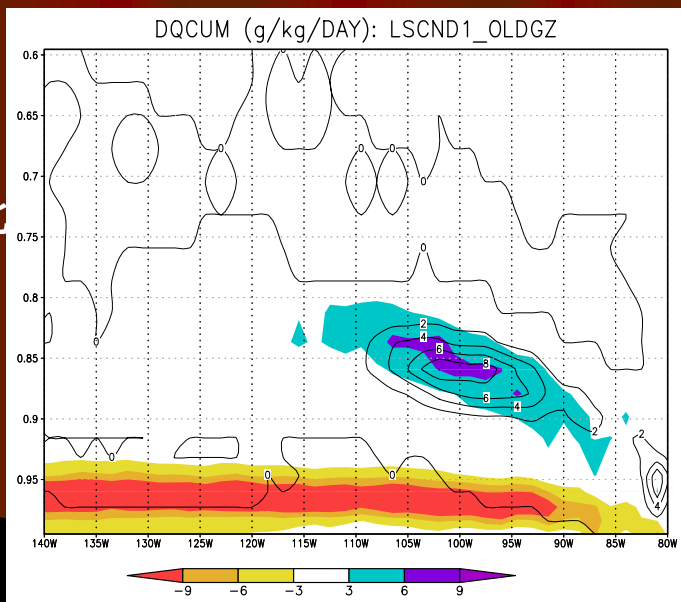
改良前

改良後

温度変化

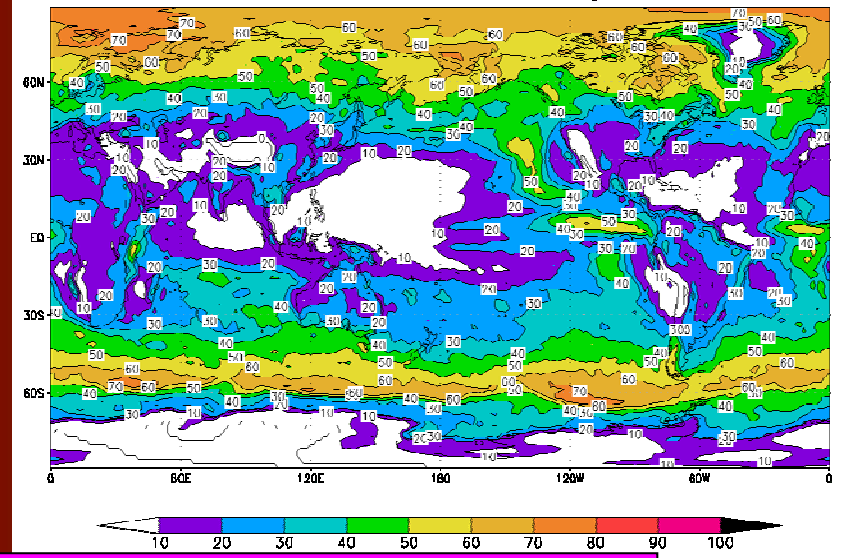
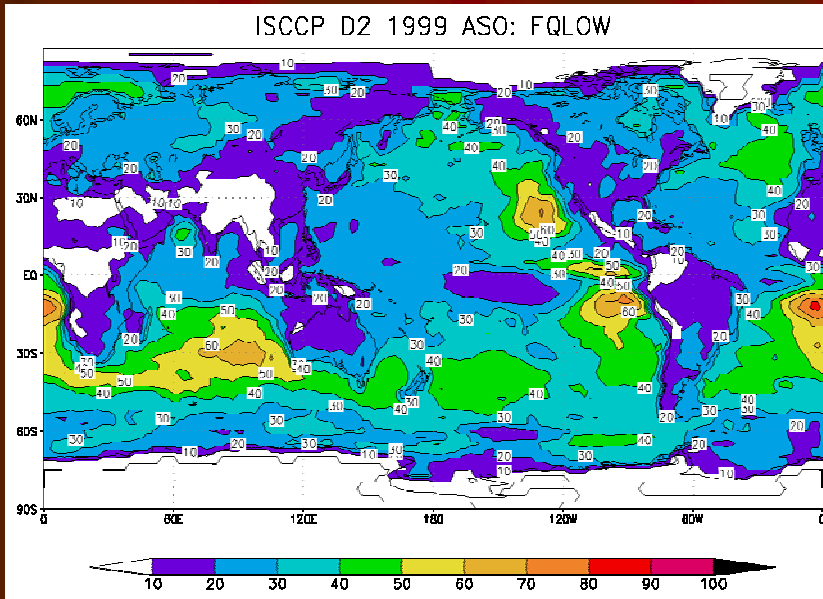


水蒸気変化



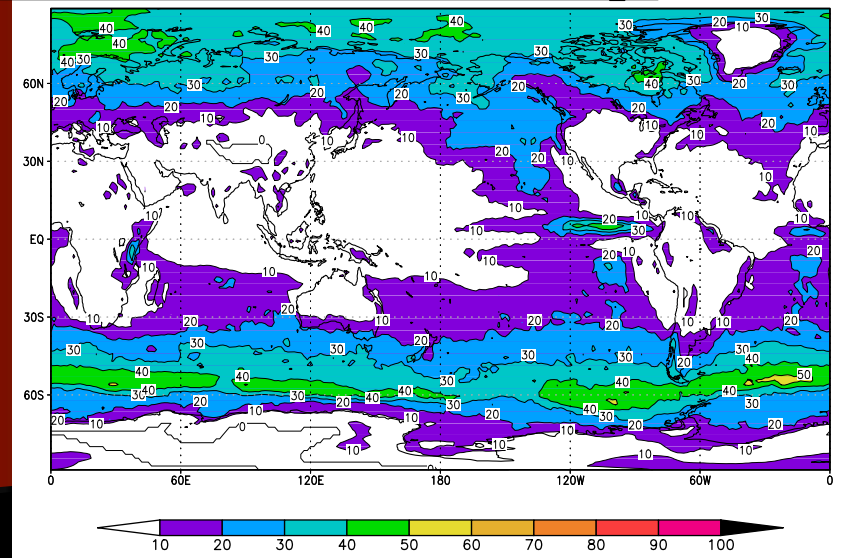
改良結果2: 大規模凝結

ジオポテンシャルのみ改良



ジオポテンシャル+大規模凝結

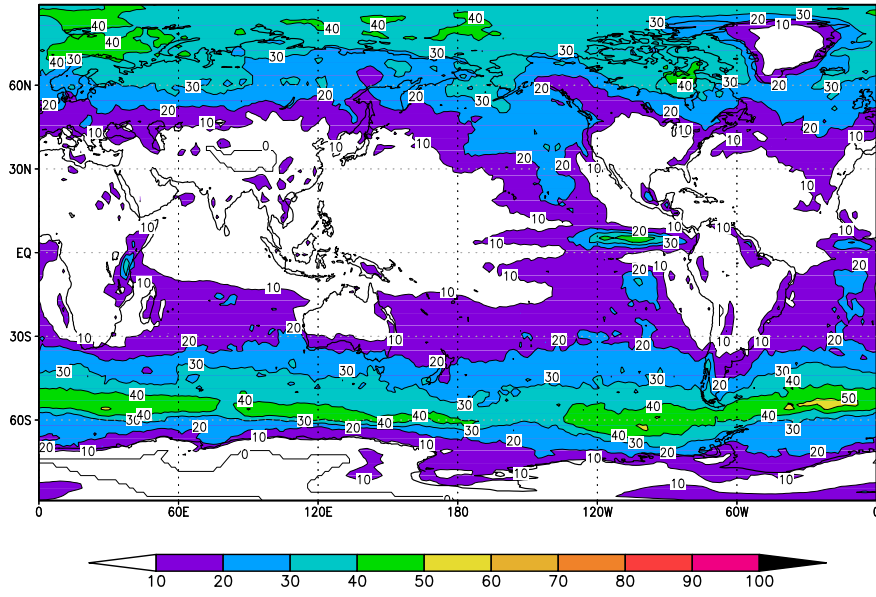
- パターンはよいが、大きさが少ない。



鉛直解像度？

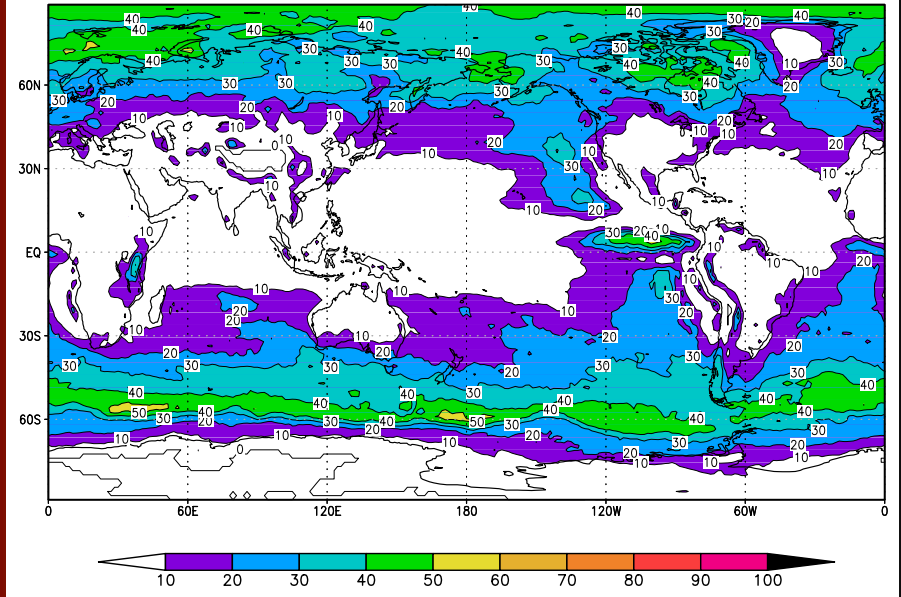
T79L48

FQLW: AFES T79L48 LSCND2_1



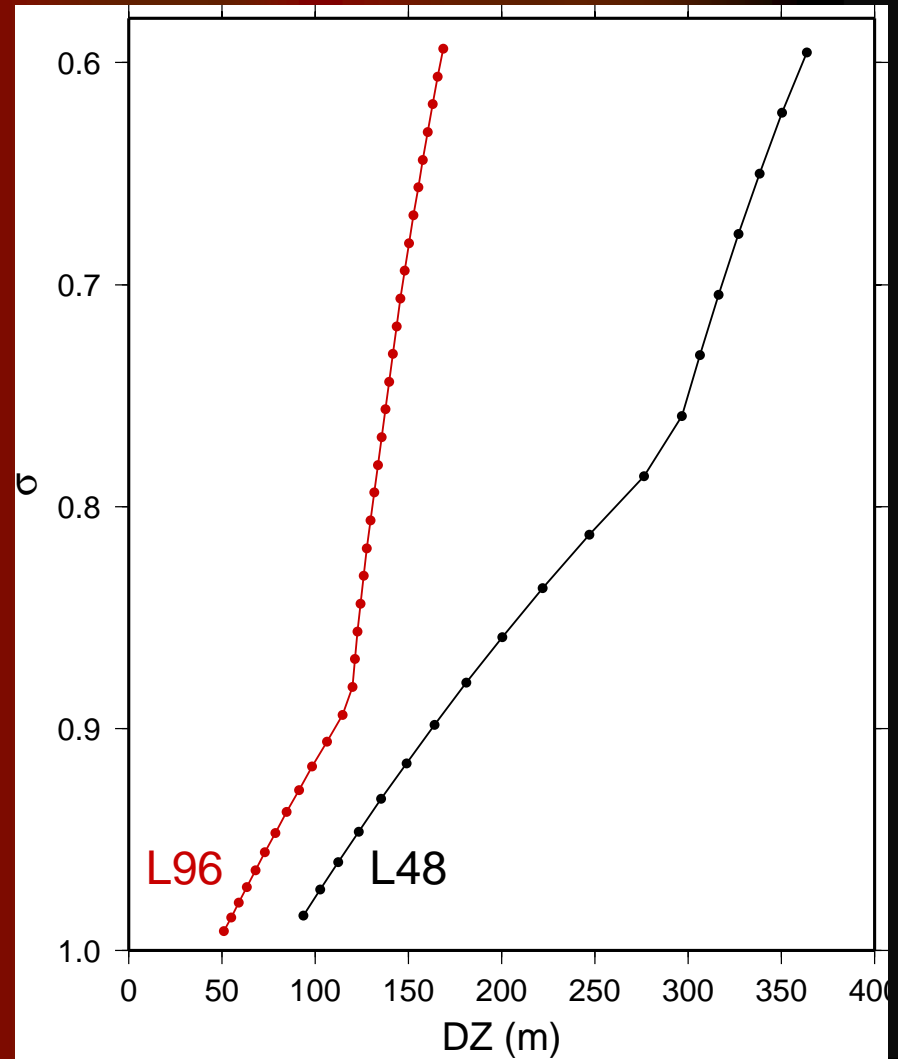
T79L96

FQLW: AFES TT79L96L48 LSCND2

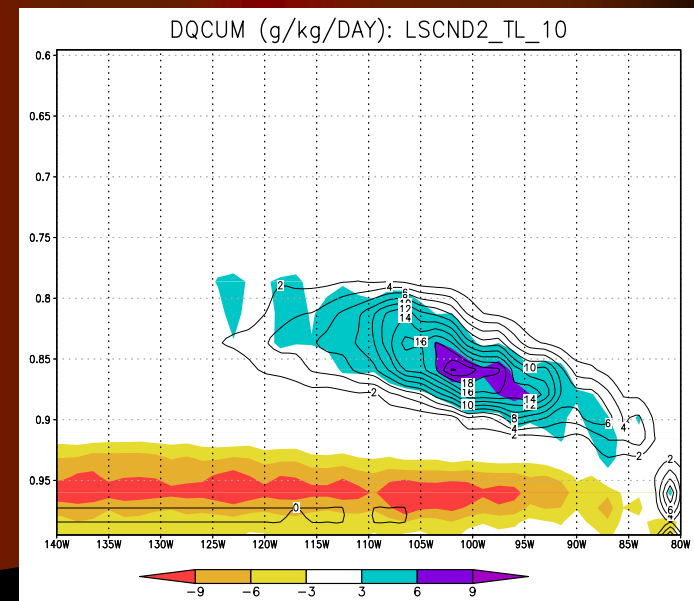
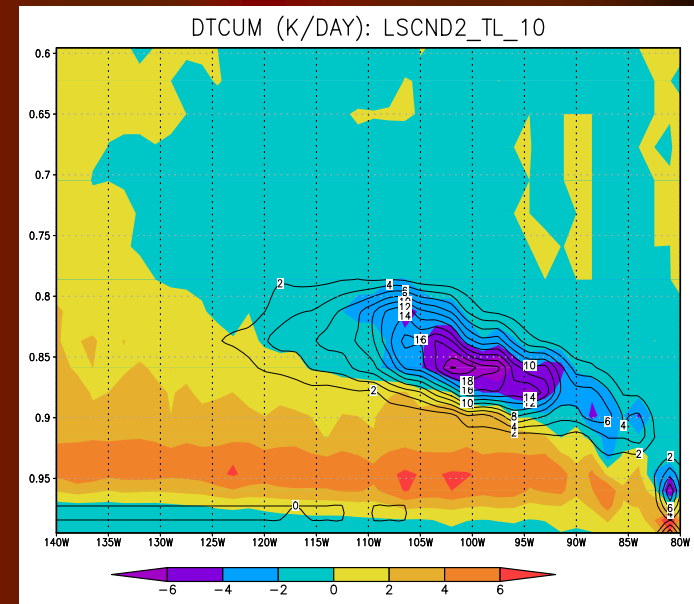
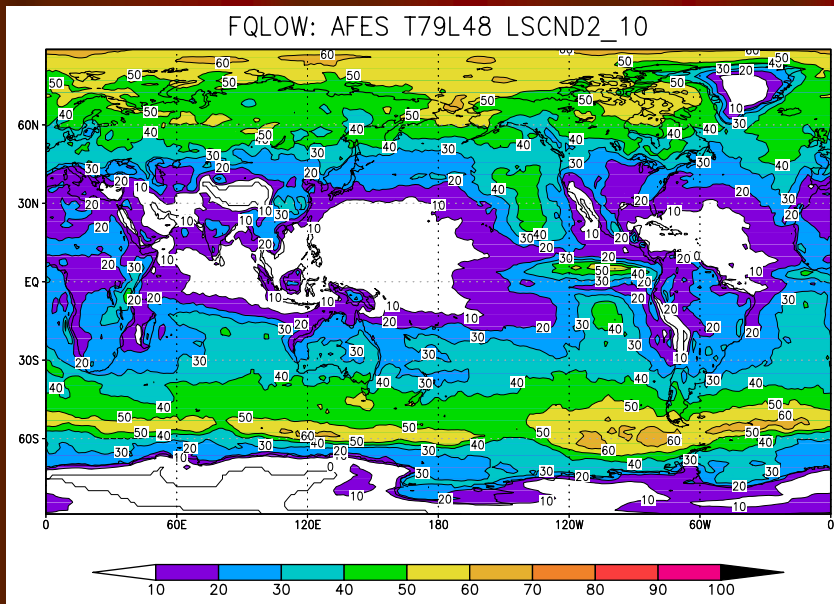


乱流スキームの鉛直解像度依存

- Bechtold et al. (1996)によれば、鉛直解像度100m以上では、乱流スキームは正しく働かない。
- 境界層トップの鉛直解像度が足りない？



チューニング



- 標準偏差を10倍にしてみる
- 量的に改善

結論

- 物理過程のジオポテンシャル高度診断の精緻化によって、対流による水蒸気、熱の鉛直分配が変わり、下層雲量に改善が見られた。
- 乱流スキームを利用した大規模凝結過程は、量的に問題がある。
 - 鉛直解像度の問題？
 - GCMの解像度に合わせてCRM、LES実験で、適切な乱流を全層でパラメタ化しなければならない。

参考文献

- Bechtold et al., 1996: Modeling a stratocumulus-topped PBL: Intercomparison among different one-dimensional codes and with large eddy simulation. *BAMS*, 77, 2033-2042.
- Wang et al., 2004: Regional model simulations of marine boundary layer clouds over the southeast Pacific off south America. Part I: Control experiment. *MWR*, 132, 274-296.