

研究進捗報告

水惑星灰色大気大循環の数値実験(INTH98 の再試)の補足

河合 佑太

海洋モデルミーティング(2016/??/??)

概要

- INTH98 再試実験において、鉛直計算領域を拡大した実験ケースにおいても、他の実験と同じように7万日まで積分した。
- 水平拡散の時定数3時間の場合でも、5~7万日の間に大気上層が低温へと遷移し始める傾向が見られた。
 - さらに数万日積分を続けると大気上層が低温になる解に落ち着くことが確認された。
- SigTop1e-4, SigTop1e-5 の実験ケースでは、遷移中にスポンジ層付近の場の振動が大きくなり、計算が発散する。
 - スポンジ層を増やし、タイムステップをいくらか小さくすると平衡状態まで積分できるようになる。

実験ケース

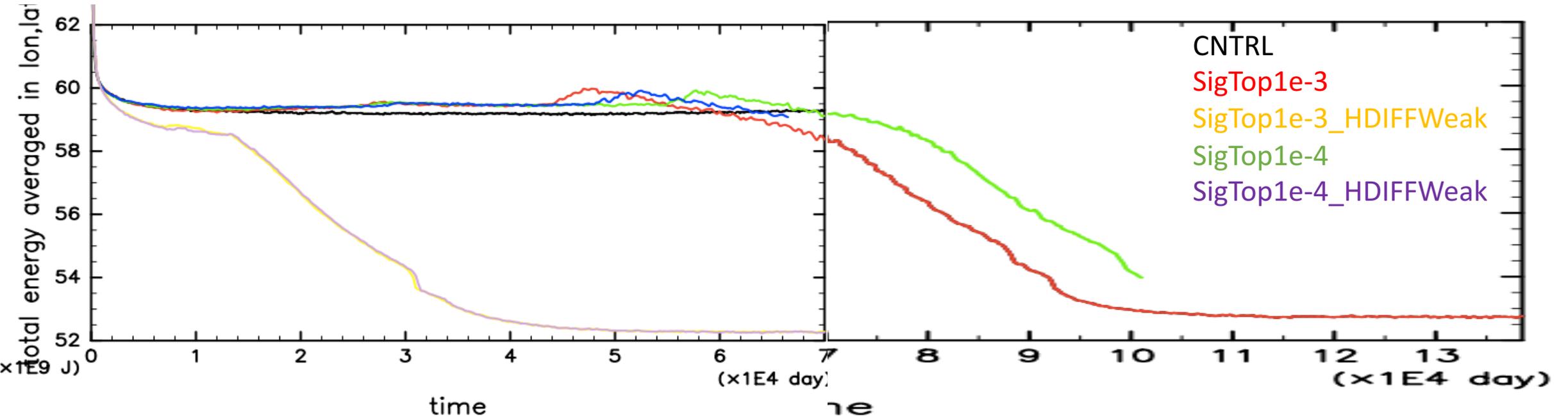
- CNTRL
 - $\sigma_{\text{top}}=1\text{e-}2$ (L26), $T_{\text{hdiff}}=3$ h, $N_{\text{spl}}=5$
- SigTop1e-3
 - $\sigma_{\text{top}}=1\text{e-}3$ (L36), $T_{\text{hdiff}}=3$ h, $N_{\text{spl}}=5$
- SigTop1e-3_HDWeak
 - $\sigma_{\text{top}}=1\text{e-}3$ (L36), $T_{\text{hdiff}}=24$ h, $N_{\text{spl}}=5$
- SigTop1e-4
 - $\sigma_{\text{top}}=1\text{e-}4$ (L46), $T_{\text{hdiff}}=3$ h, $N_{\text{spl}}=10$
- SigTop1e-4_HDWeak
 - $\sigma_{\text{top}}=1\text{e-}4$ (L46), $T_{\text{hdiff}}=24$ h, $N_{\text{spl}}=5$
- SigTop1e-5
 - $\sigma_{\text{top}}=1\text{e-}5$ (L56), $T_{\text{hdiff}}=3$ h, $N_{\text{spl}}=10$

σ_{top} : モデル最上層の σ レベル
 T_{hdiff} : 最大波数に対する水平拡散の時定数
 N_{spl} : スポンジ層の層数

- SigTop1e-4, SigTop1e-5 の実験ケースでは, スポンジ層数が 5 だと, 遷移期間中にスポンジ層近くで振動が大きくなり, 計算が発散する.

時系列

全エネルギーの全球平均値



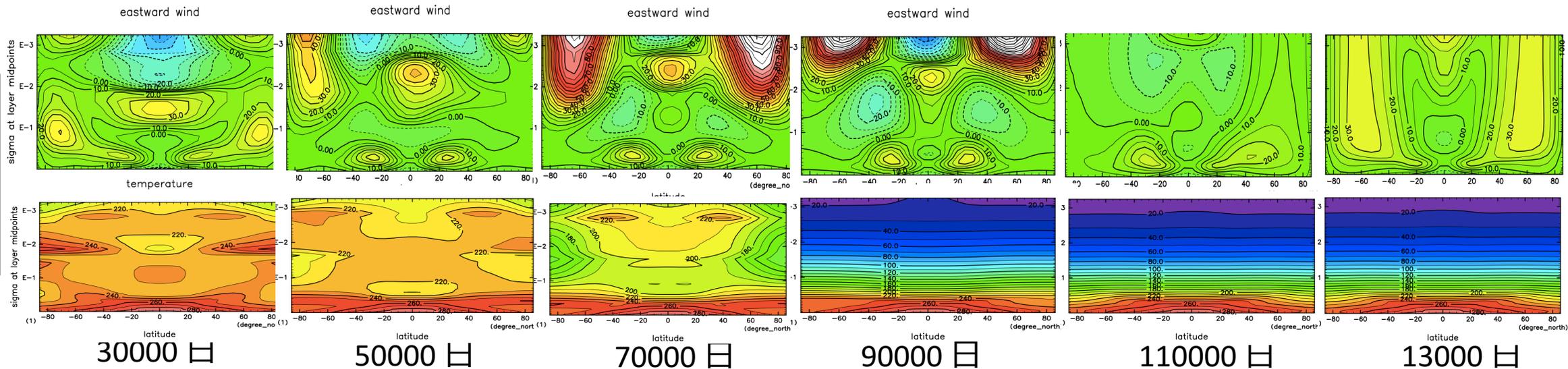
*鉛直計算領域を拡大した計算では、これまで約4万日後の計算結果において統計的平衡状態を判断していた。

- しかし、さらに積分を続けると、水平拡散の時定数が3hの場合も、大気上層が低温な解に落ち着くことが分かった。
 - 実はCNTRLも10万日積分すると解が遷移するかもしれない(未確認)

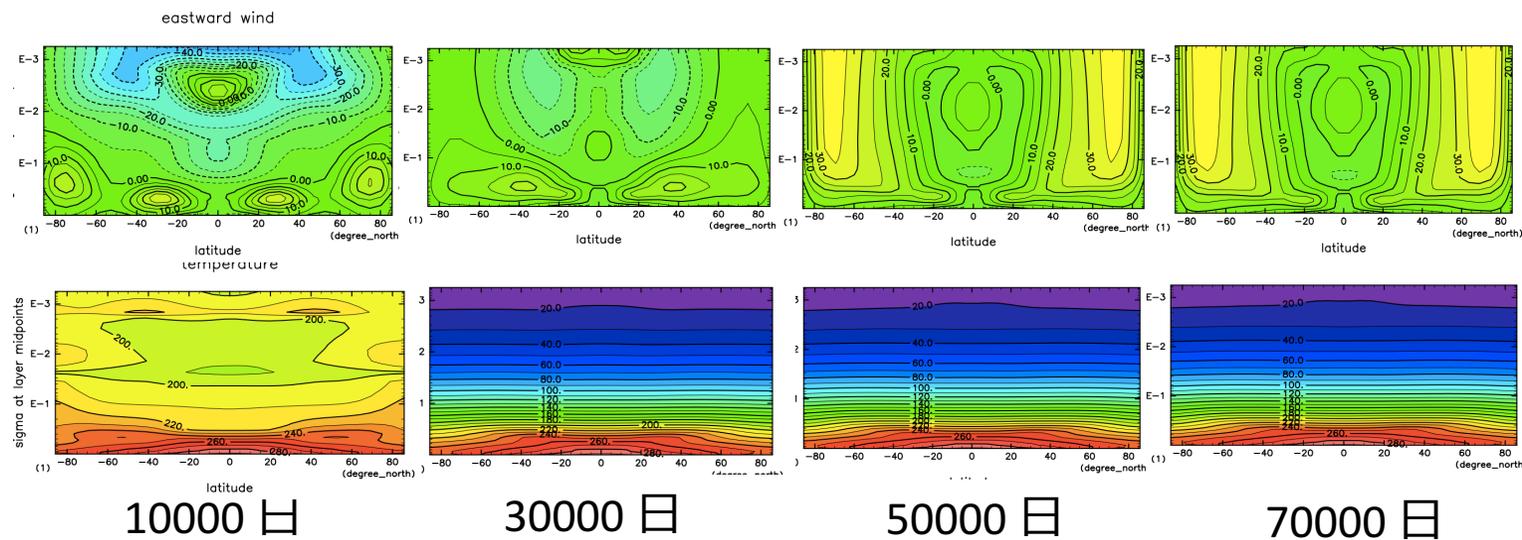
時系列(大気上層)

- 各時刻の前後 10 年間を時間平均した東西風と温度の子午面分布
- 鉛直 log p 座標

SigTop1e-3



SigTop1e3_HDIFFWeak



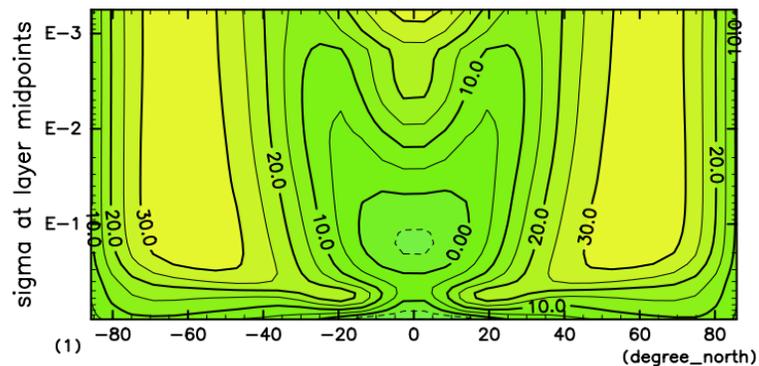
*水平拡散の時定数が 3 h の場合も, 長時間積分すれば, 大気上層が低温になる解に落ち着く

統計的平衡状態(大気上層)

* 最後の10年間を時間東西平均

SigTop1e-3

eastward wind



CONTOUR INTERVAL = 5.000E+00

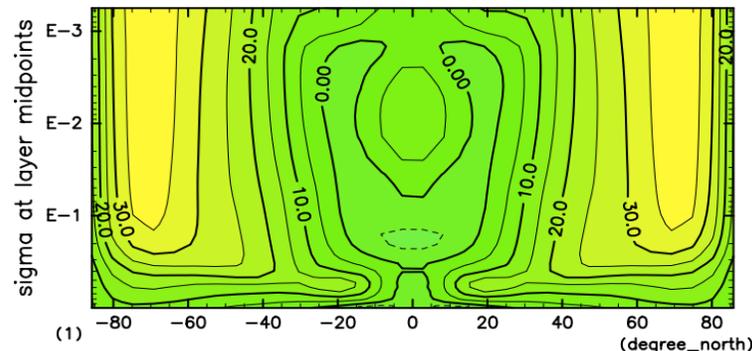


temperature

(mean) lon:0..354.375
(mean) time:134500..138500

SigTop1e3_HDIFFWeak

eastward wind

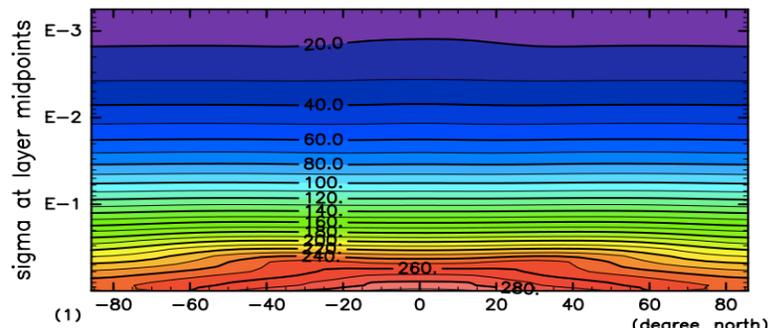


CONTOUR INTERVAL = 5.000E+00

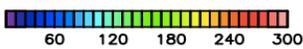


temperature

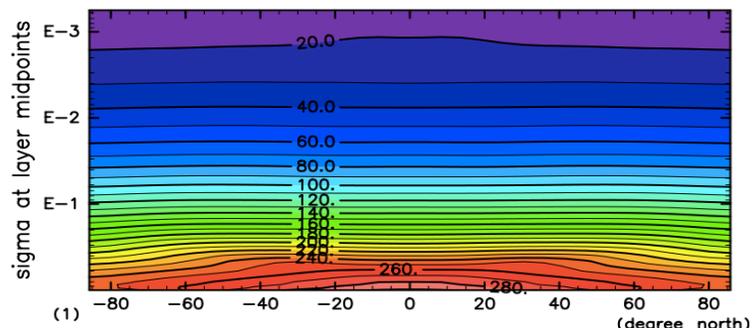
(mean) lon:0..354.375
(mean) time:70000..73650



CONTOUR INTERVAL = 1.000E+01



(mean) lon:0..354.375
(mean) time:134500..138500



CONTOUR INTERVAL = 1.000E+01



(mean) lon:0..354.375
(mean) time:70000..73650

*水平拡散の時定数が3hの場合も,長時間積分すれば,大気上層が低温になる解に落ち着く.

- その時の,循環場の特徴は両者でほぼ同じように見える.

- ただし,赤道のジェットは長周期の振動があるために,10年間平均では両者の特徴にやや違いが見られる.

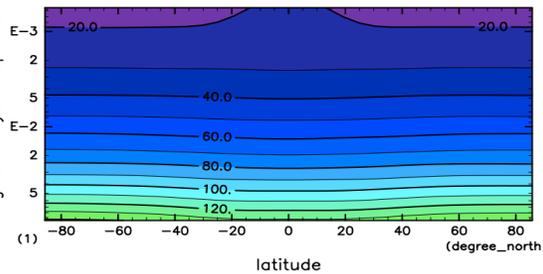
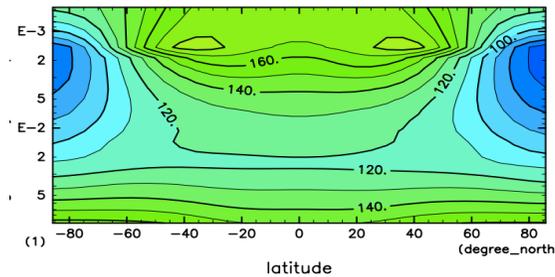
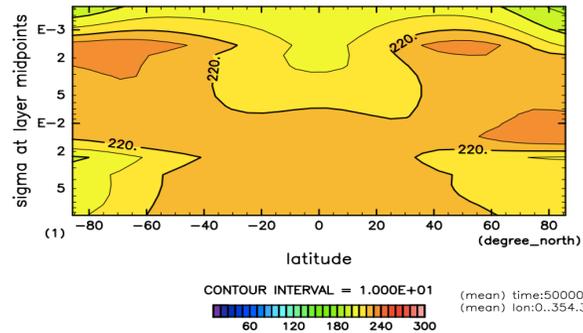
遷移中の大気場の様子

50000 日

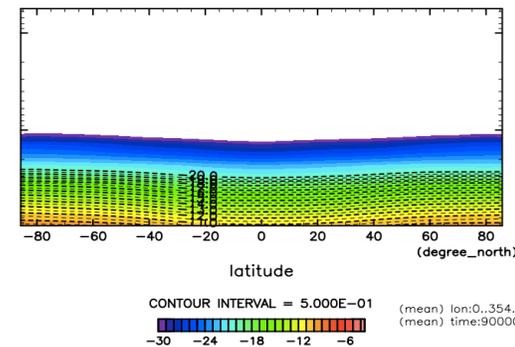
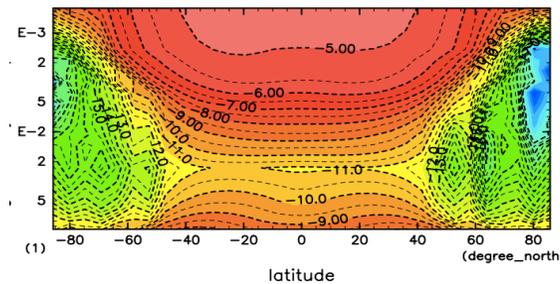
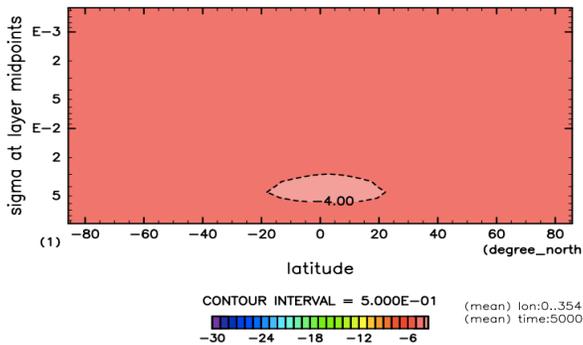
80000 日

90000 日

U

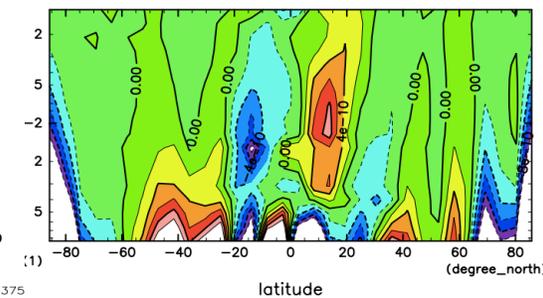
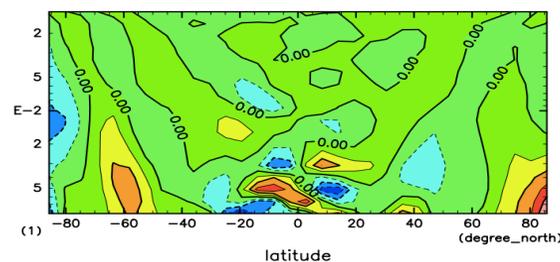
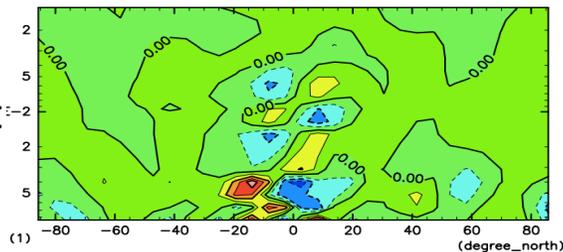


q_v



sigma-vertical velocity

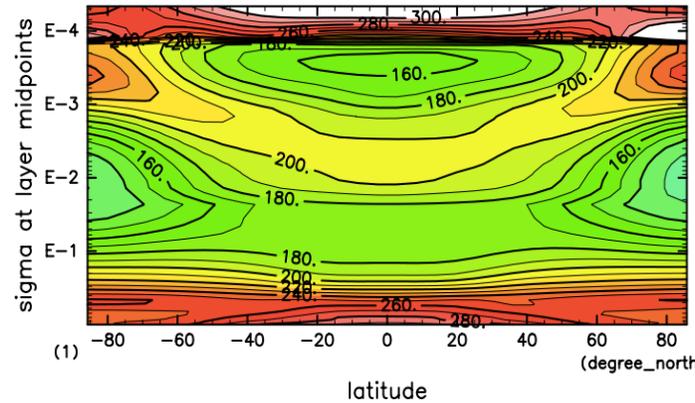
SigDot



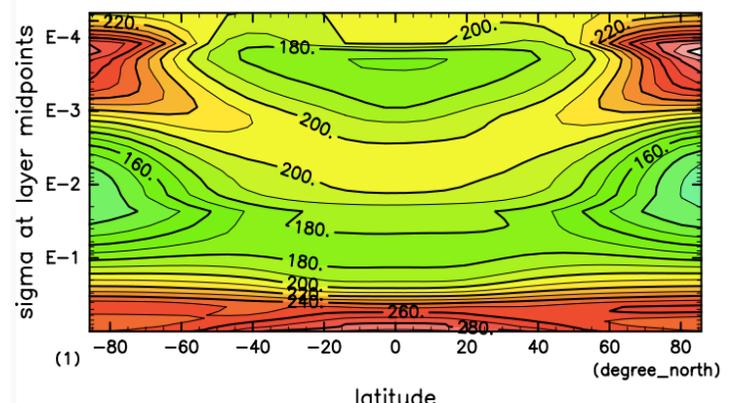
- 各時刻の前後 10 年間を時間平均した温度, 比湿, 鉛直速度の子午面分布 (SigTop1e-3)
- 鉛直 log p 座標

SigTop1e-4 実験におけるスポンジ層数の効果

SigTop1e-4
(スポンジ層数 5)



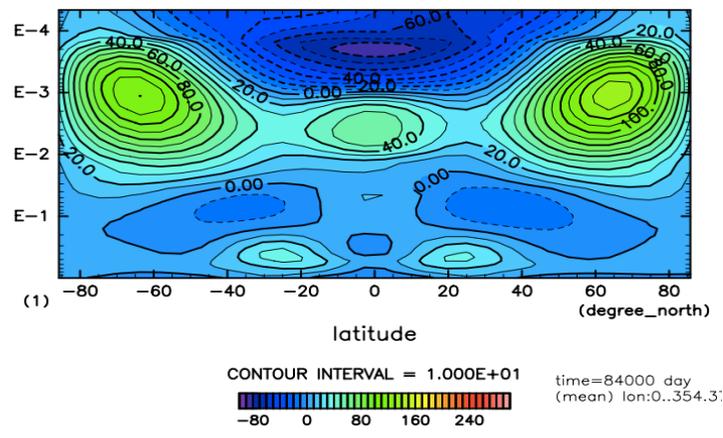
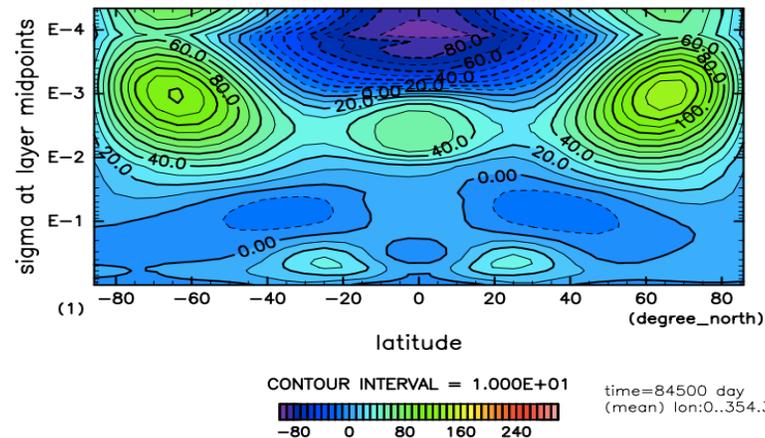
SigTop1e4
(スポンジ層数 10)



* 84000 日ごろの東西風, 温度の子午面分布

*スポンジ層数 5 の場合は, この後, 大気上端の振動が大きくなり計算が発散する.

• このタイミングは, 大気上層の温度が急速に低下する(温位の一様化が始まるタイミング)と対応している.



• 妄想: 遷移中は波の鉛直伝搬の振幅が大きく, 鉛直領域を拡大した場合には, スポンジ層 5 枚では足りないのではないだろうか?

付録