



木星大気大規模渦の数値モデリング

* 加藤 亮平 (九大院理)

杉山 耕一郎 (北大院理)

中島 健介 (九大院理)

発表の流れ

▶ 研究の背景

- ▶ 木星の概観、大規模渦の変化
- ▶ 大規模渦に関する数値実験: Williams(1996)

▶ 数値実験・結果

- ▶ 強制によって大規模渦の振る舞いがどうなるか？
- ▶ 平均場はどう変化していたか？

▶ 今後の課題



木星の全体像(可視光)と推測されている内部構造

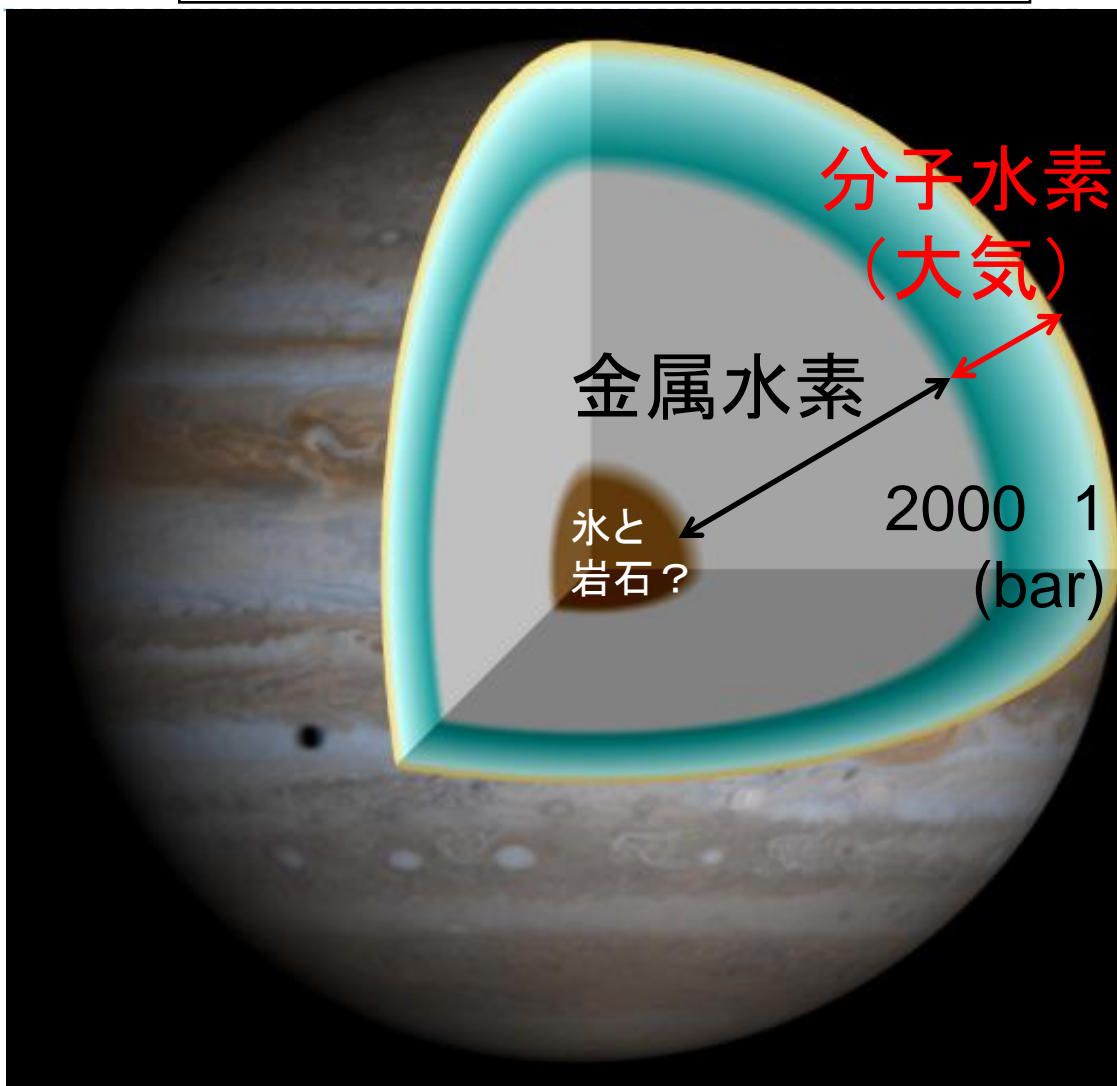
木星概観

▶ 特筆すべきパラメータ

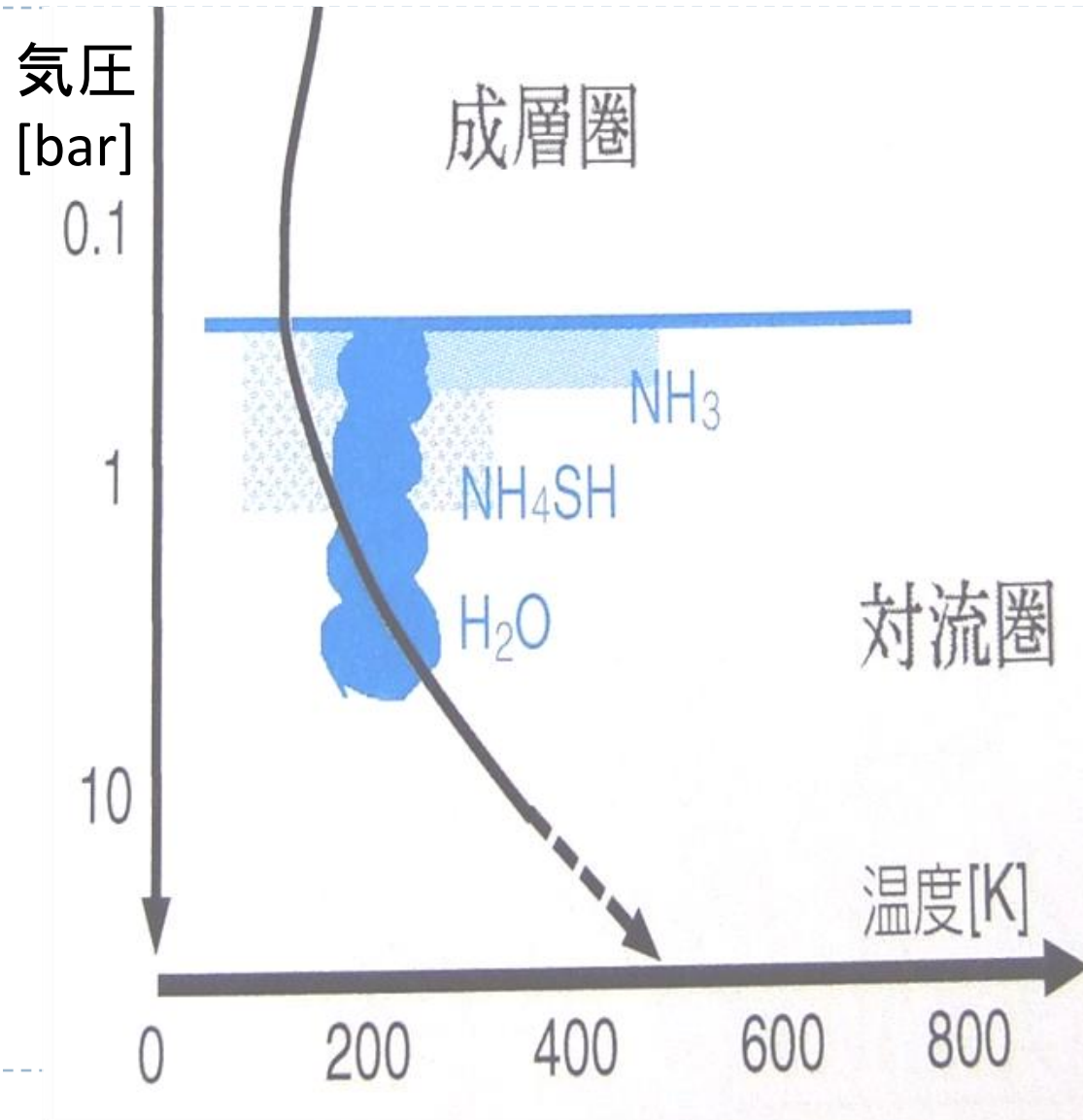
- ▶ 半径 約7万km
- ▶ 自転周期 約10時間
- ▶ 大気組成(全体も)
 - ▶ 水素 約90%
 - ▶ ヘリウム 約10%

▶ 特筆すべき点

1. 明確な地面がない
2. 内部熱源がある



木星大気の鉛直温度構造(想像)

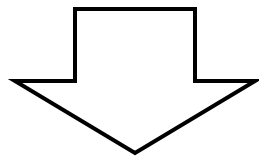
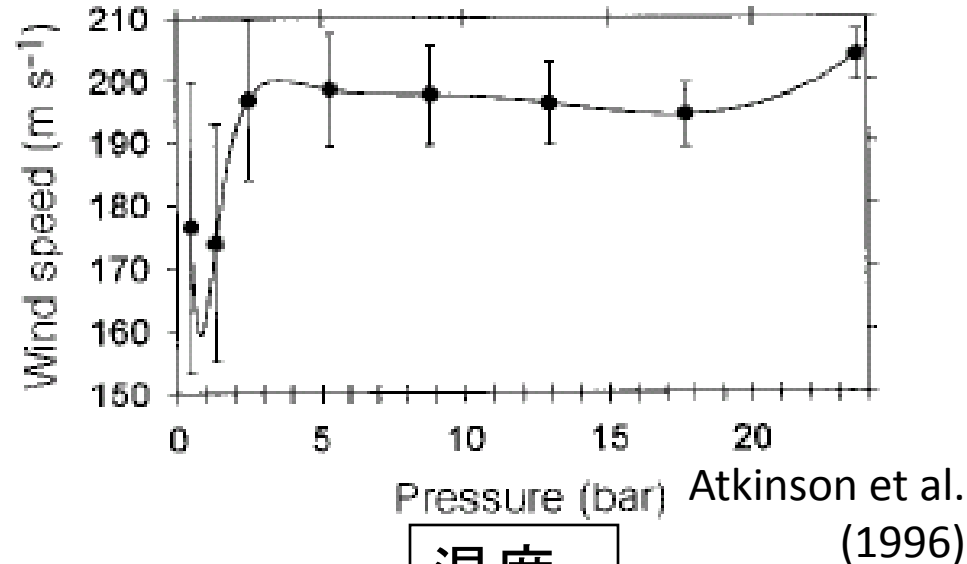


Nakajima(2005),
天文月報より

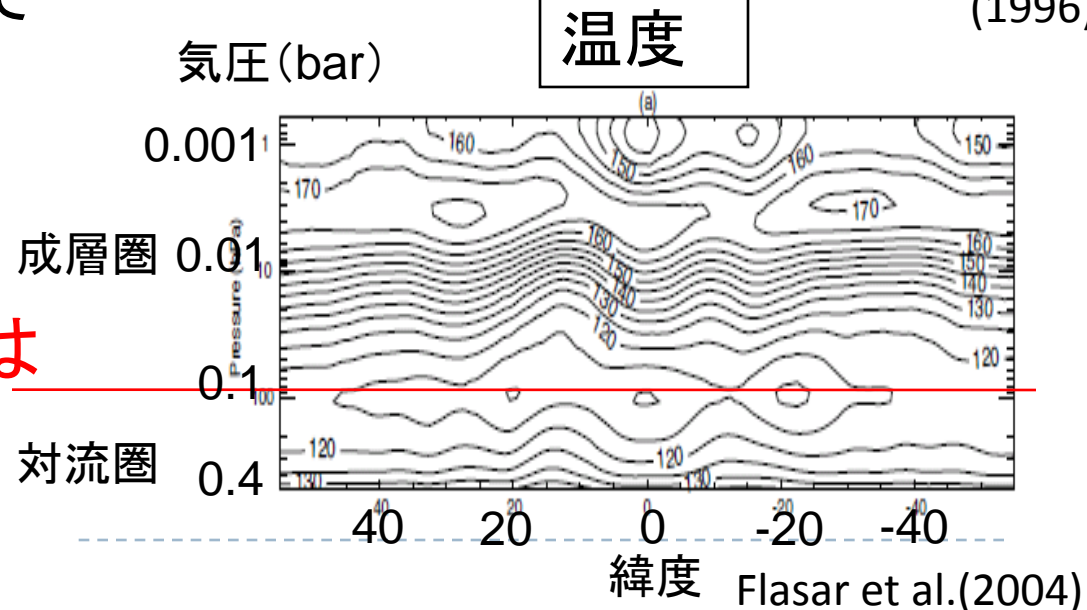
木星大気の鉛直構造の観測

東西風速

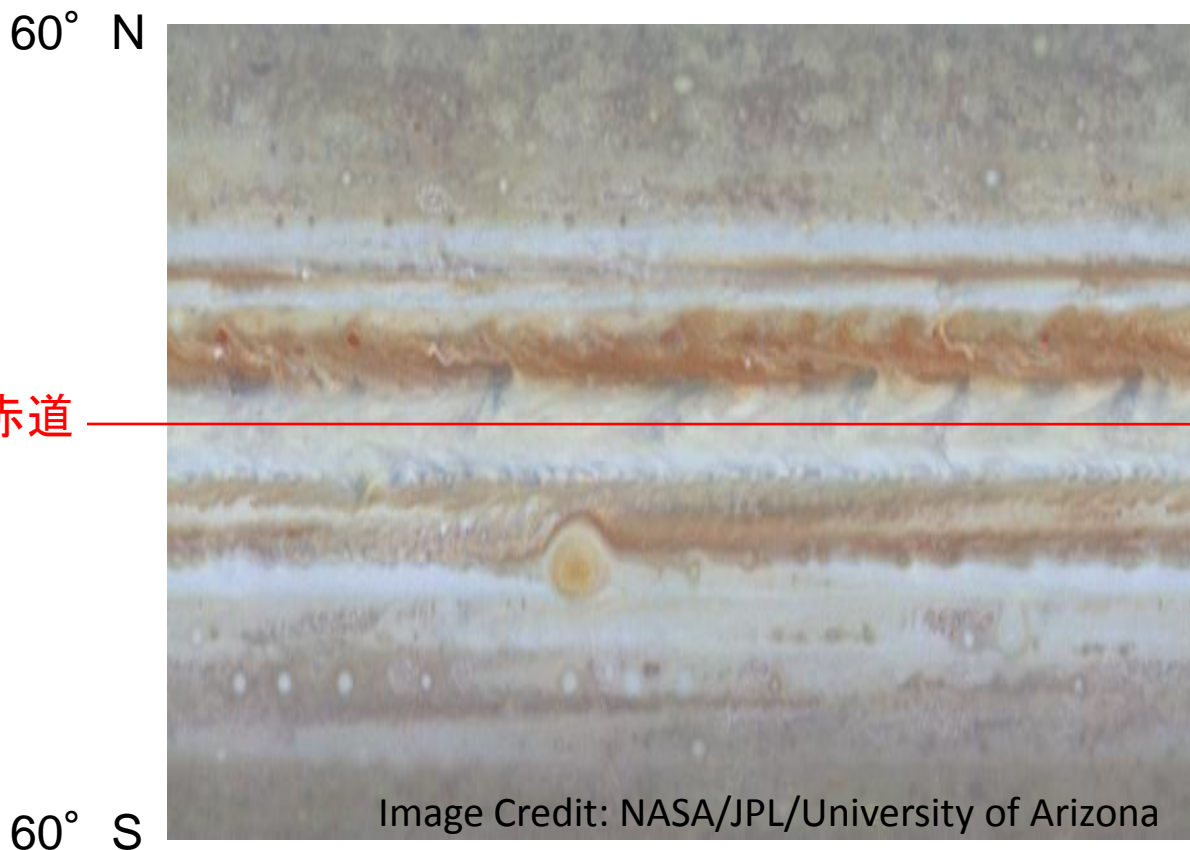
- ▶ 直接観測：Galileo Probe
 - ▶ 落ちた場所：「hot spot」
 - ▶ 乾燥した「特異」な場所
- 全球的な組成は謎のまま
- ▶ 赤外線観測：Cassini
 - ▶ 0.4気圧(上部対流圏)まではわかるが、**深部は不明**



木星大気の鉛直構造は
大気のごく表層まで
しか分かっていない

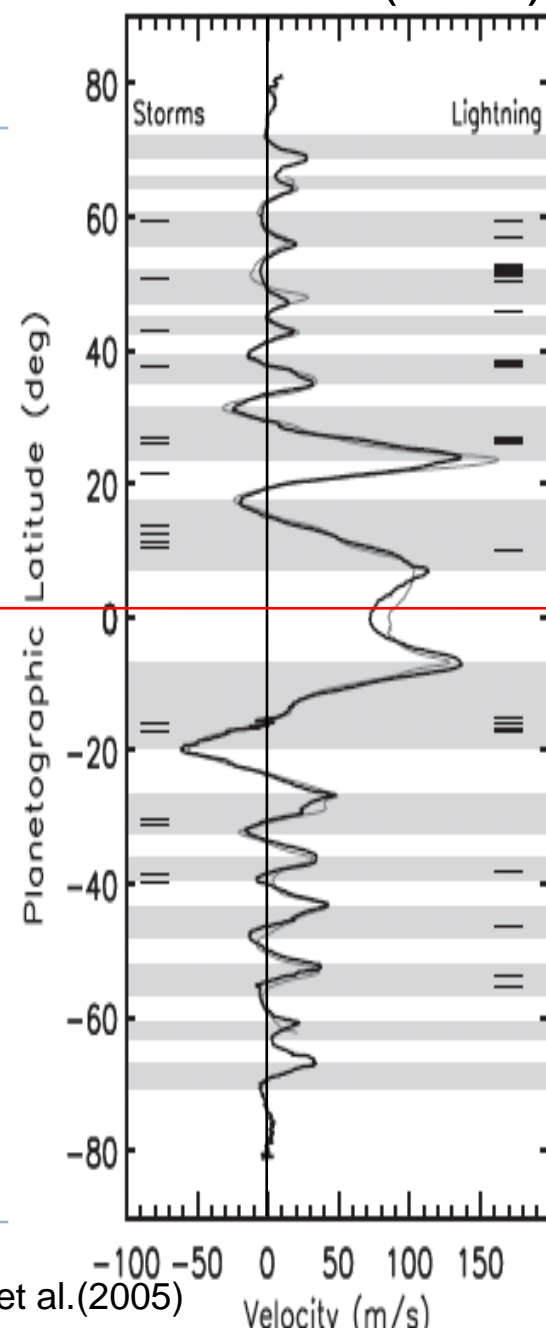


木星大気の帯状構造と大規模渦



- ▶ Cassini のフライバイ
- ▶ 60N-60S; 周方向360度(空間分解能: 赤道上で600km)
- ▶ Oct 31 から Nov 9, 2000 (24木星日)

東西風速(雲層)



Vasavada et al.(2005)

近年の大規模渦の変化

▶ 大赤斑の変化

(Simon-Miller et al.,2002)

▶ 大きさ:減少

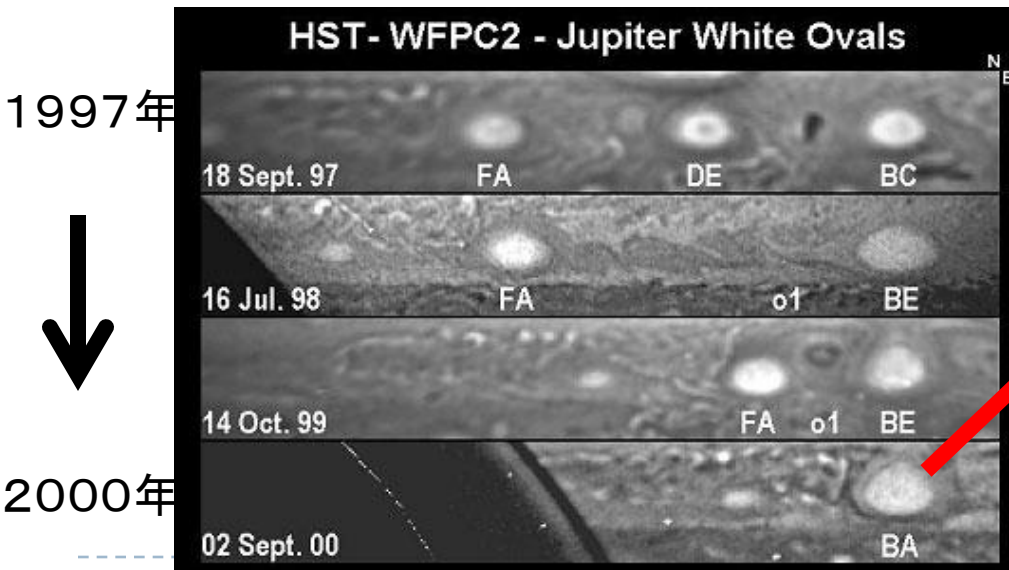
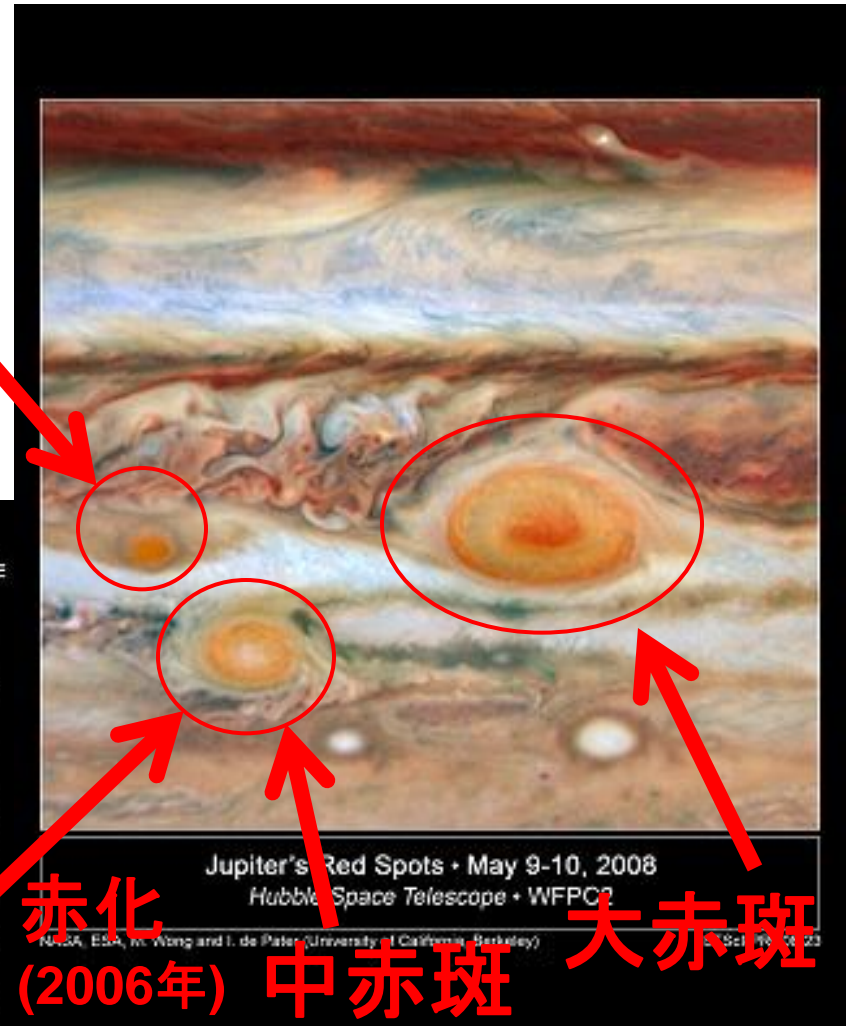
▶ 風速:増加

▶ 中赤斑の出現

(Simon-Miller et al.,2006)

大規模渦を研究する
新たな手がかり

小赤斑
(2008年)

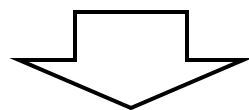


Jupiter's Red Spots • May 9-10, 2008
Hubble Space Telescope • WFPC2
NASA, ESA, M. Wong and I. de Pater (University of California, Berkeley)

NASA,ESA,M.Wong and I.de Pater
http://science.nasa.gov/headlines/y2006/02mar_redjr.htm
<http://hubblesite.org/newscenter/archive/releases/2008/23/>

大規模渦に関する先行研究: Williams(1996)

- ▶ 3次元モデルを用いた数値実験
 - ▶ (結果)渦の振る舞い: 大気鉛直構造に密接に関連
 - ▶ (実験例)南北に交互に変わるジェット→東風ジェットの不安定→小規模な波動が生じる→大規模な孤立渦へ成長
- ▶ (問題点)渦の強さ(風速、温度偏差)が減少していった
- ▶ (原因?)ジェットの風速や温度構造などの東西平均場が初期状態から変化していた。



本研究の目的

東西平均場を維持するような強制を加えると、ジェットから生まれる渦の振舞いがどうなるか調べる。

数值实验



モデルの基礎方程式系

(ビジネス流体の球面3次元、静水圧近似)

運動方程式

$$\frac{\partial u}{\partial t} + L(u) - fv + \frac{uv \tan \phi}{a} = -\frac{1}{a \cos \phi \rho_0} \frac{\partial p}{\partial \lambda} + \nu_H \nabla^4 u + \nu_V \frac{\partial^2 u}{\partial z^2} + \frac{u_i - \bar{u}^x}{\tau_M}$$

移流項

$$\frac{\partial v}{\partial t} + L(v) + fu + \frac{uvtan\phi}{a} = -\frac{1}{a\rho_0} \frac{\partial p}{\partial \phi} + \nu_H \nabla^4 v + \nu_V \frac{\partial^2 v}{\partial z^2}$$

$$\frac{\partial p}{\partial z} = -g\rho$$

運動量強制

温度の式

$$\frac{\partial T}{\partial t} + L(T) = \nu_H \nabla^4 T + \nu_V \frac{\partial^2 T}{\partial z^2} + \frac{T_i - \bar{T}^x}{\tau_T}$$

熱強制

連続の式(非圧縮)

$$\frac{1}{a \cos \phi} \left[\frac{\partial u}{\partial \lambda} + \frac{\partial}{\partial \phi} (v \cos \phi) \right] + \frac{\partial w}{\partial z} = 0$$

状態方程式

$$\rho = \rho_0 [1 - \alpha(T - T_0)]$$

λ : 経度	u : 東西風速
ϕ : 緯度	v : 南北風速
z : 高度	w : 鉛直風速
a : 惑星半径	T : 温度
g : 重力加速度	T_0 : 参照温度
α : 熱膨張係数	ρ : 密度
L : 移流項	ρ_0 : 参照密度
F : 散逸項	p : 圧力
u_i : 初期の東西風速	T_i : 初期の温度
\bar{u}^x : 東西平均東西風速	\bar{T}^x : 東西平均温度
τ_M : 運動量強制の緩和時間	τ_T : 熱強制の緩和時間

* 差分法

* 対流調節

パラメータ

▶ 惑星パラメータ(木星の値)

- ▶ 惑星半径 $71400(km)$
- ▶ 自転角速度 $1.76 \times 10^{-4}(s^{-1})$
- ▶ 重力加速度 $26(ms^{-2})$
- ▶ 平均密度 $0.1323(kgm^{-3})$

▶ 水平粘性係数(4階微分) $-10^{17}(m^4s^{-1})$

▶ グリッドスケールで効く数値粘性

- 1度~1000km ~ 緩和時間:100日

▶ 大赤斑スケール(3万km)にはほぼ効かない

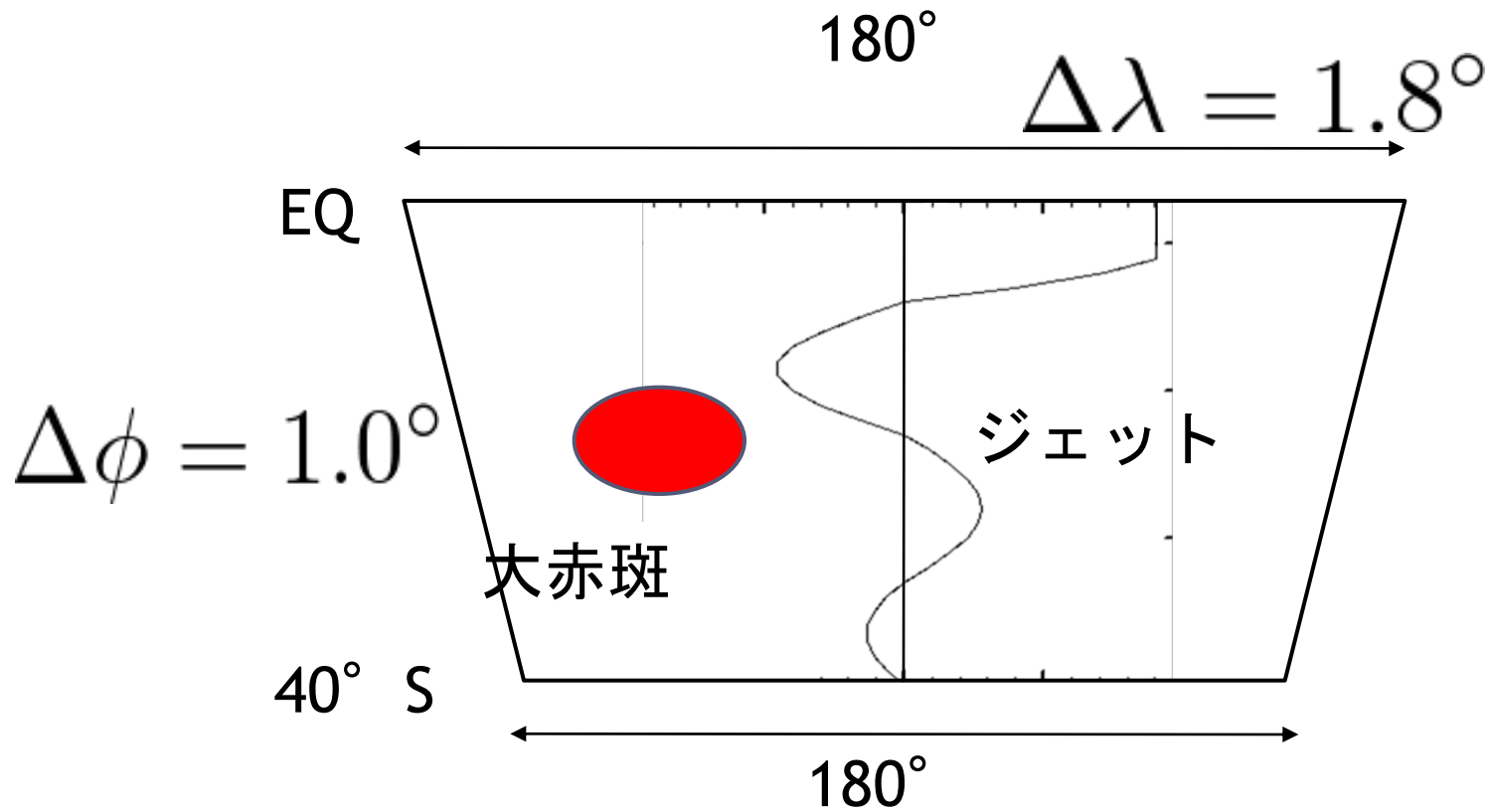
- 10度(~1万km)~緩和時間:100万日

▶ 鉛直粘性係数(2階微分) $10^{-8}(m^2s^{-1})$ (ほとんど効かない)

▶ 熱膨張率 $1/200(K^{-1})$

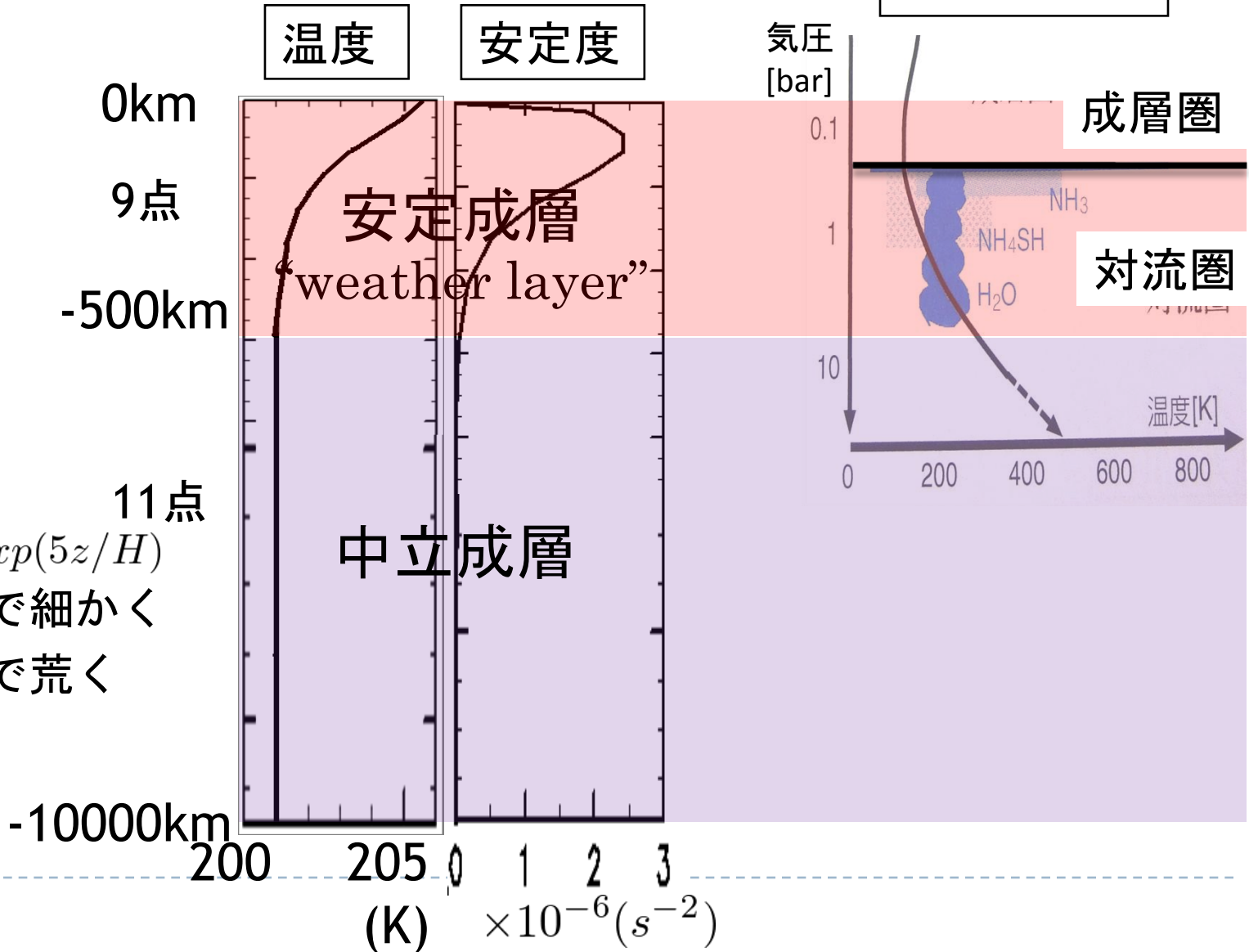


計算領域と分解能(水平方向)



計算領域と分解能(鉛直方向)

温度構造
(推測)



▶ 境界条件

▶ 東西方向・・・周期境界

▶ 南北方向

▶ 赤道 : 対称($v = 0$), 温度フラックスなし($T_\phi = 0$)

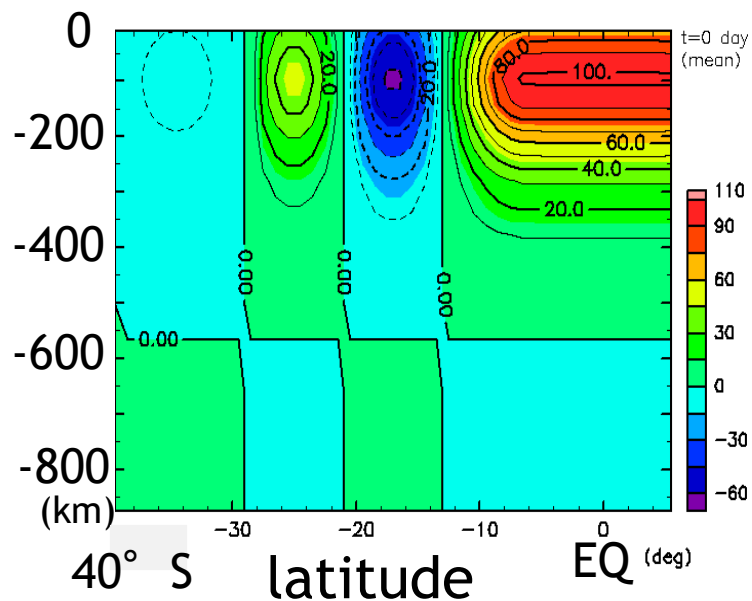
▶ 40° S: すべりなし($u = v = 0$), 温度フラックスなし($T_\phi = 0$)

▶ 鉛直方向・・・ $w = 0$, 摩擦なし($u_z = v_z = 0$),
温度フラックスなし($T_z = 0$)



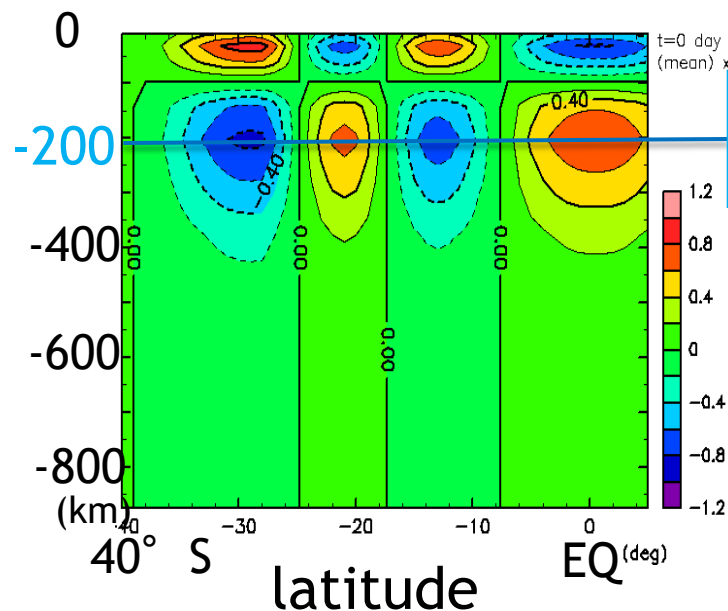
初期条件 (南北鉛直断面)

東西風速



温度偏差

(基本場の温度からのずれ)



この断面を見る

$$U_j(\phi, z) = U_j(\phi) \times \operatorname{sech} \frac{N}{H}(z - d)$$

$N=100$
 $d=100\text{km}$

ジェットと温度風バランス

鉛直構造:

上部100kmはガリレオプローブを意識

実験設定

運動量強制の緩和時間

(日)		運動量強制の緩和時間				
$\tau_T \backslash \tau_M$	30	100	300	1000	∞	
30	○				○	熱強制のみ
100		○			○	
300			○		○	
1000				○	○	
∞	○	○	○	○	○	強制なし

両方の強制

運動量強制のみ

熱強制のみ

強制なし

6000日間積分

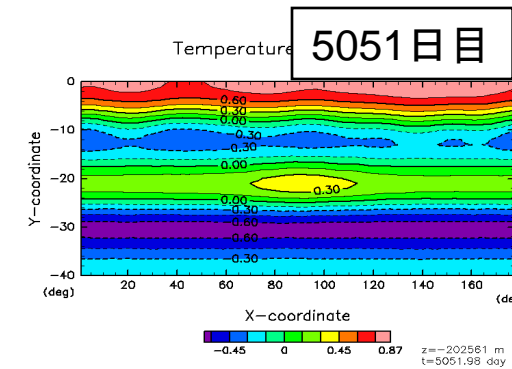
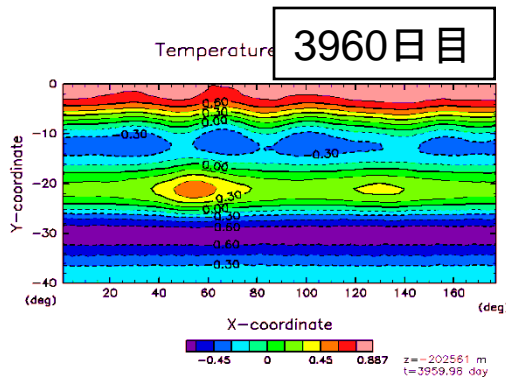
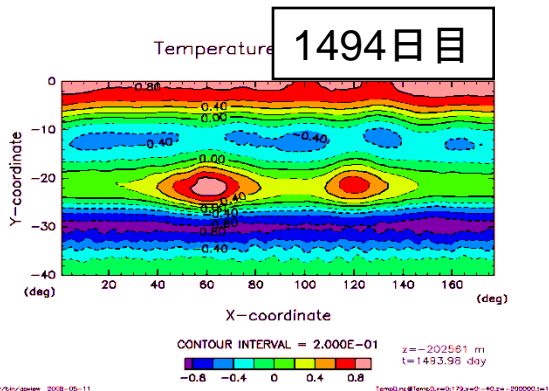
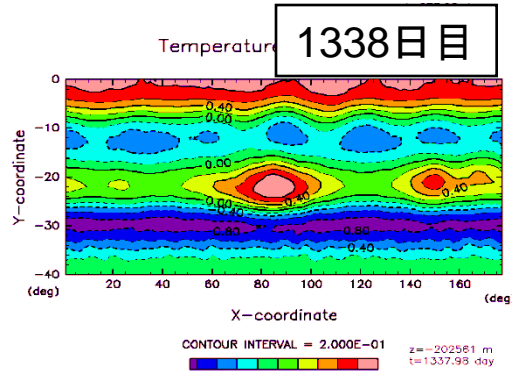
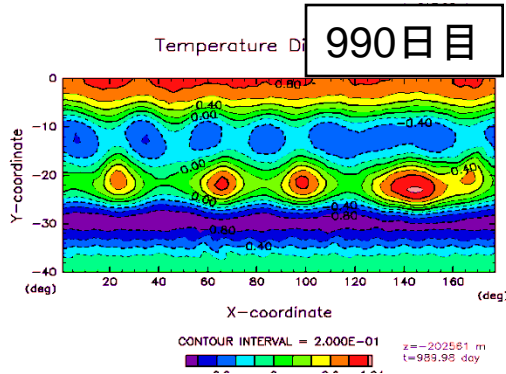
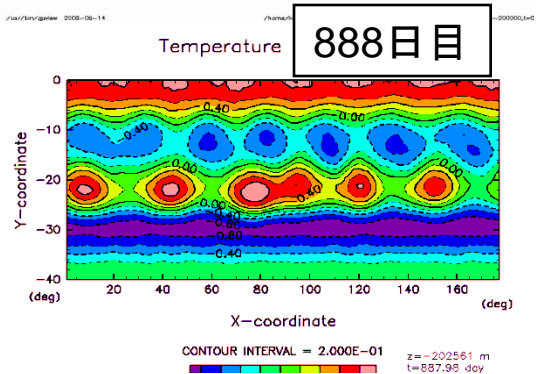
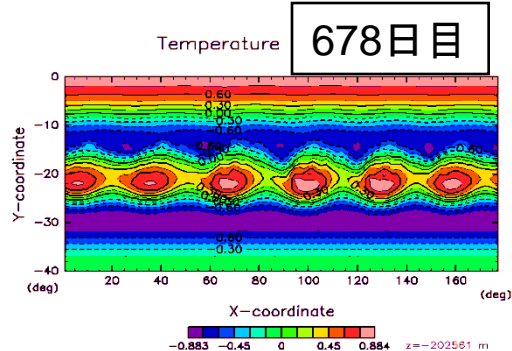
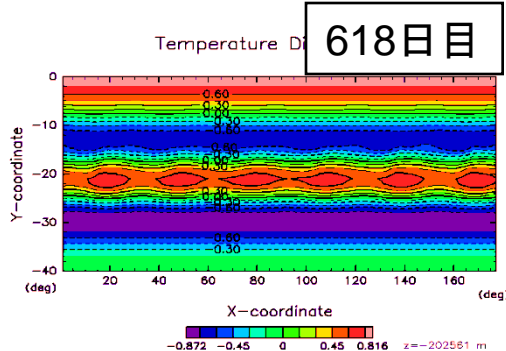
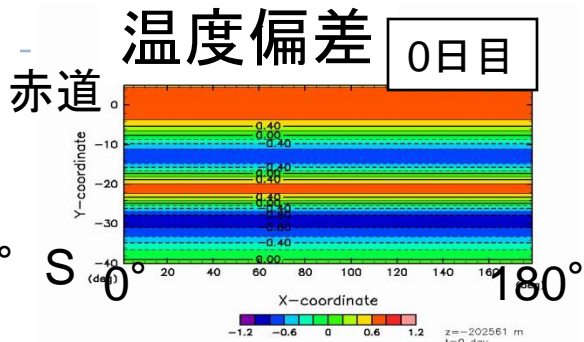
(統計的定常状態になることを期待)

Williams(1996)と同じ

結果



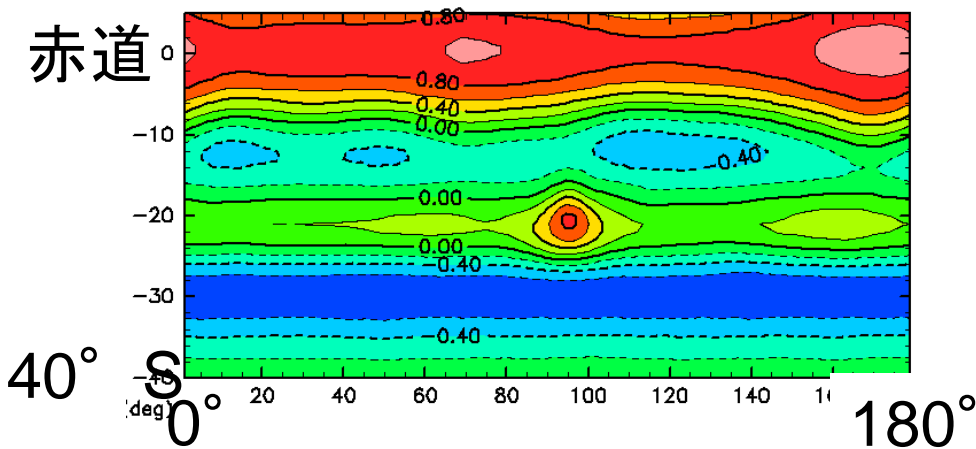
強制がない場合の時間発展の様子(z= -200km)



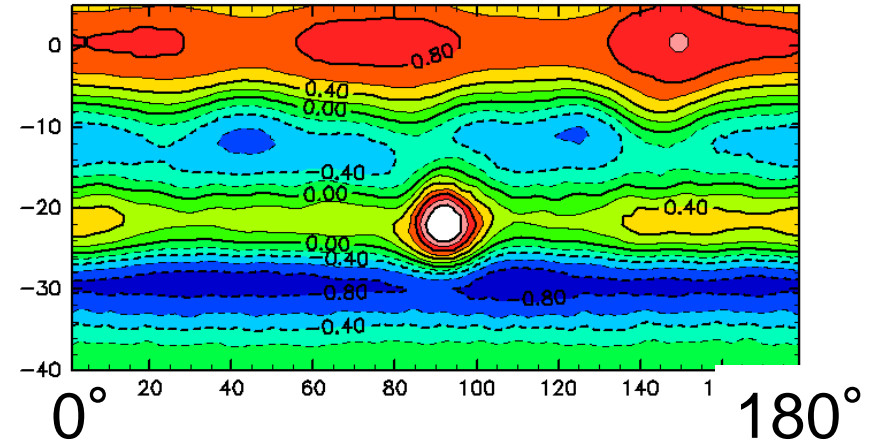
緩和時間が1000日の場合

温度偏差の水平分布 ($z = -200\text{km}$)

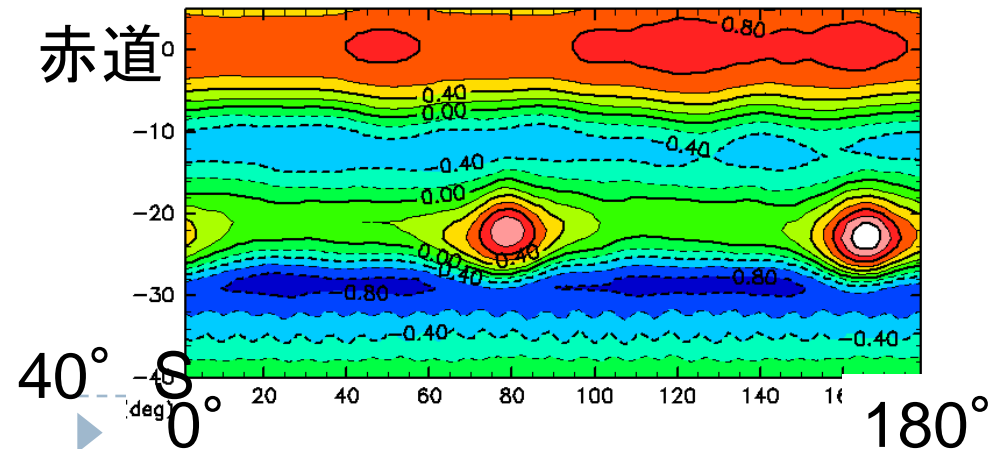
運動量強制 5981日



両方の強制 5927日



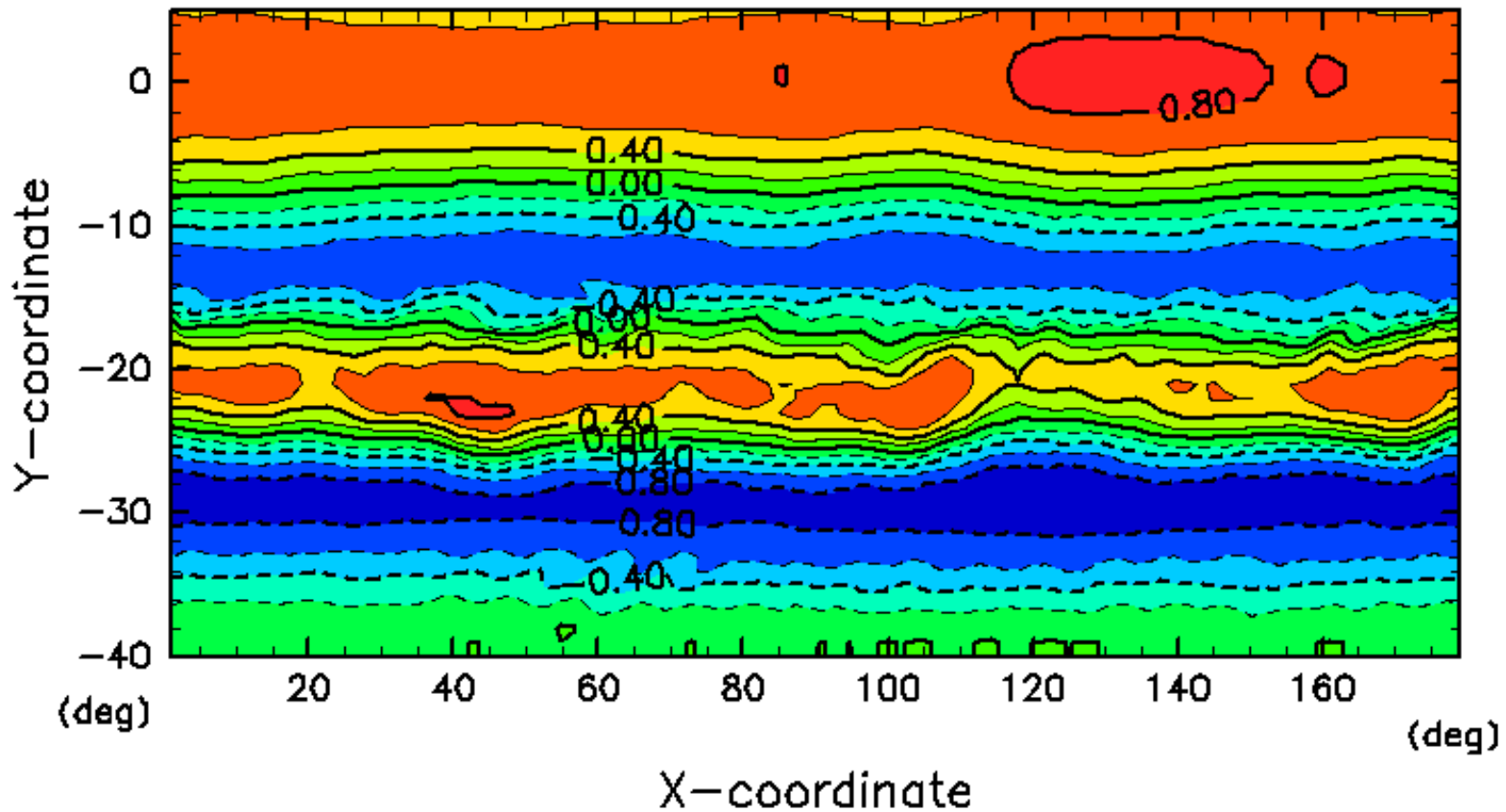
熱強制 5994日



大規模渦は
温度偏差を保ったまま持続

熱強制のみ ($\tau=30$ 日)

温度偏差の水平分布の時間変化
($z = -200\text{km}$, 4500日から5500日まで)

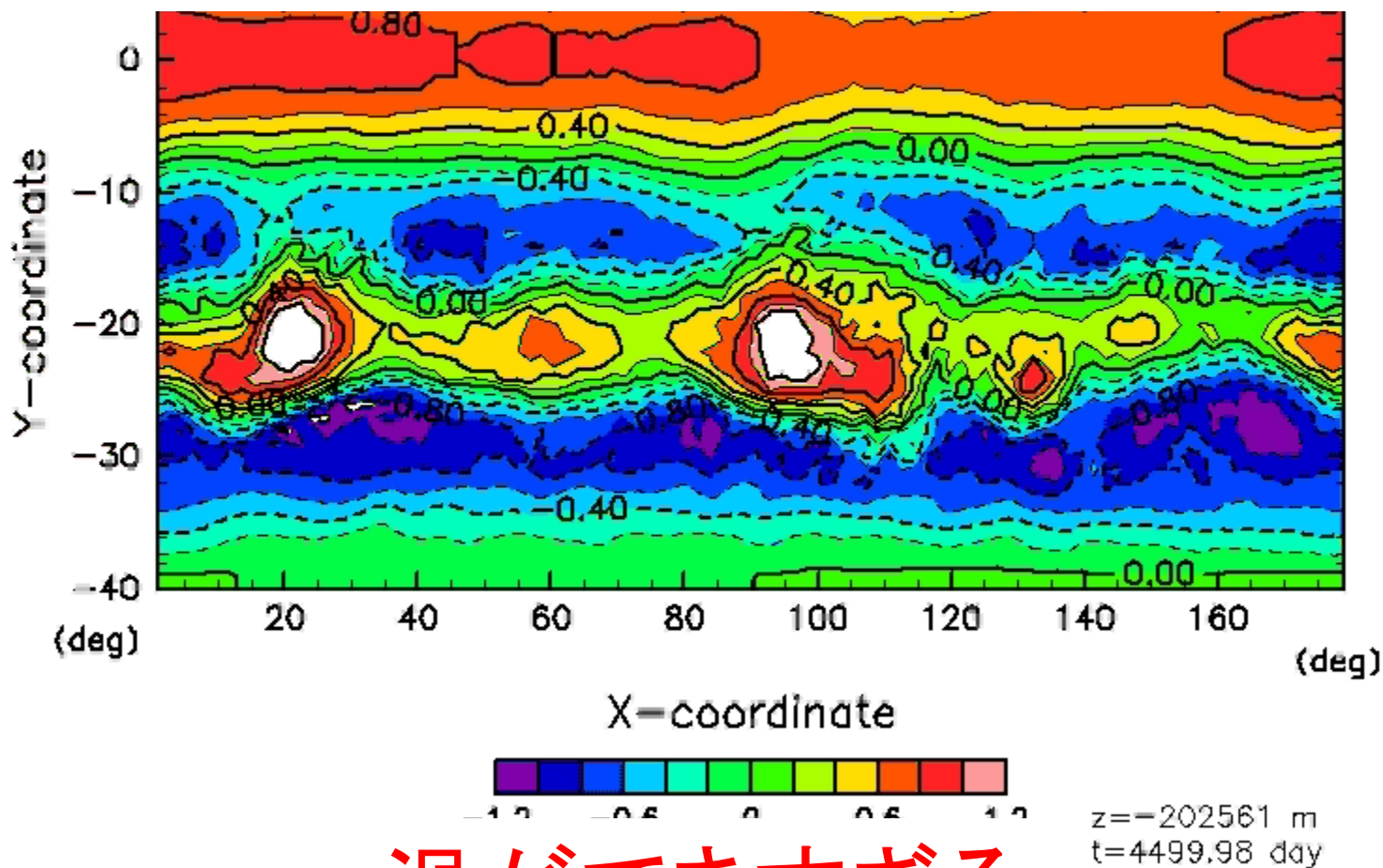


渦ができなくなる

$z = -202561\text{ m}$
 $t = 4499.98\text{ day}$

両方の強制 ($\tau=30$ 日)

温度偏差の水平分布の時間変化
($z = -200\text{km}$, 4500日から5500日まで)



渦ができすぎる

大規模渦は形成・持続するか？

運動量強制の緩和時間

熱強制の緩和時間

$\tau_T \backslash \tau_M$ (日)	30	100	300	1000	∞
30	△				×
100		△			×
300			△		×
1000				◎	◎
∞	△	△	◎	◎	○

× : 形成されなくなる

△ : 多数出来るが寿命は短い

◎ : 形成され、長期間(5000日以上)持続

○ : 形成されるが次第に減衰

大規模渦の振る舞い(形成・維持)は強制の種類・緩和時間に強く依存する

渦の生成・維持に違いが生じたのはなぜか？

- ▶ 東西平均場（南北・鉛直断面）をみて見る

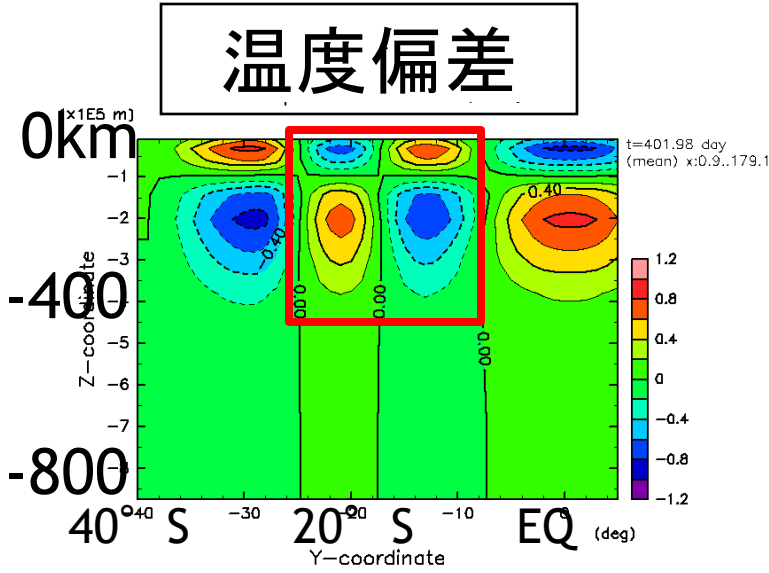
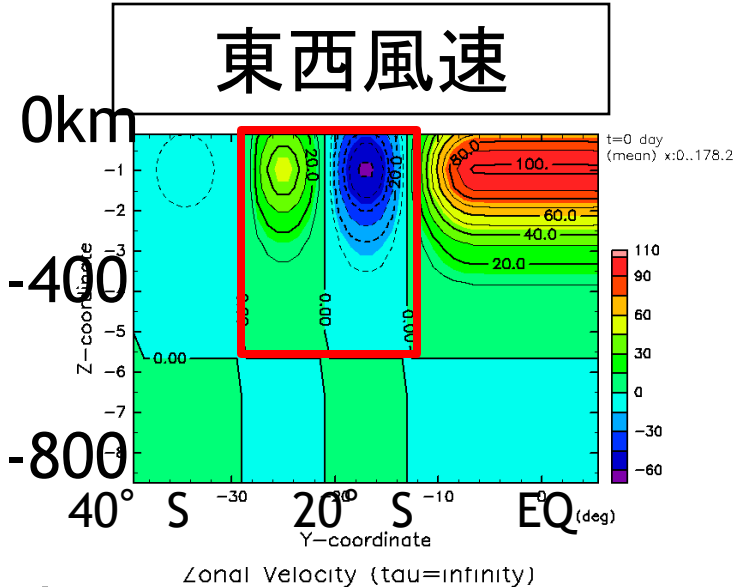


強制なし

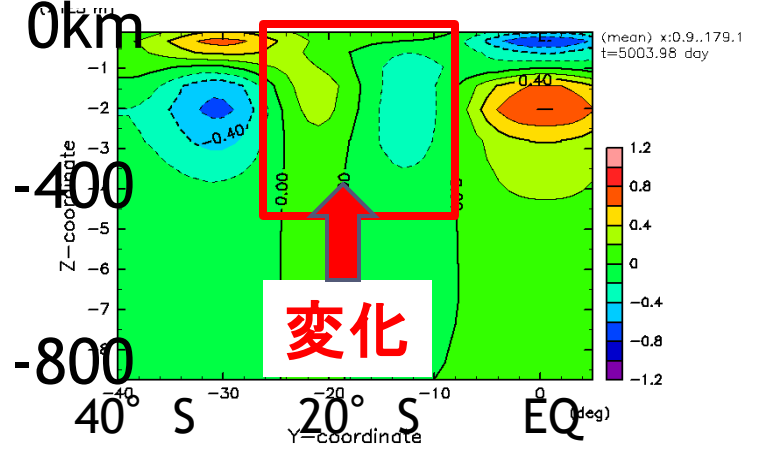
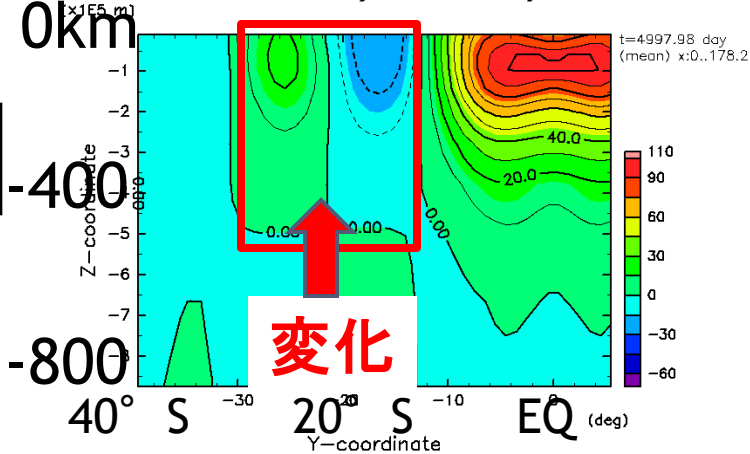
大規模渦の振る舞い

○: 形成されるが次第に減衰

初期



5000日

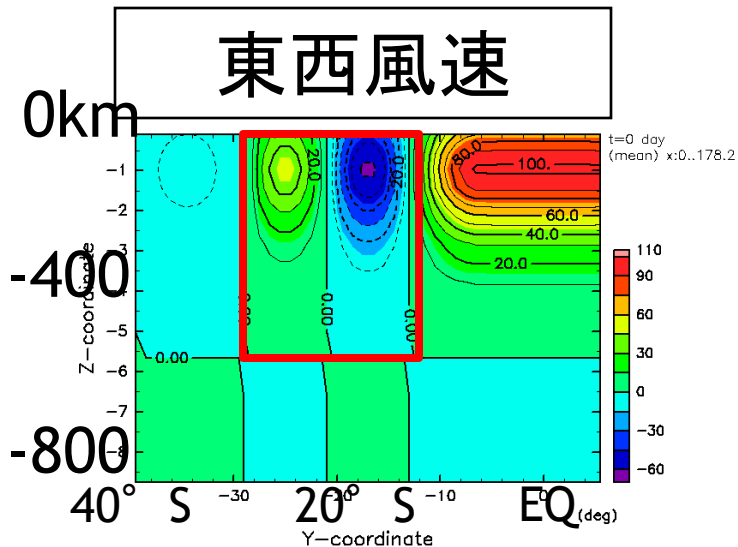


▶ 東西風速、温度構造ともに初期状態から変化

両方の強制 ($\tau=1000$ 日)

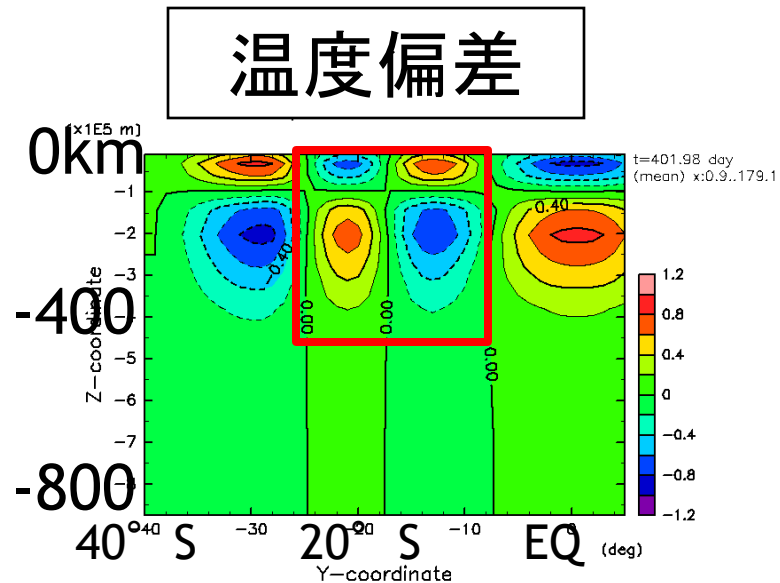
◎ : 形成され、長期間 (5000日以上) 持続

東西風速

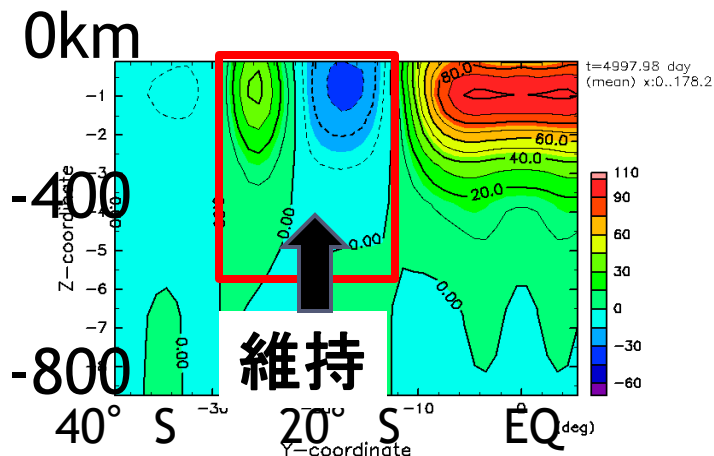


初期

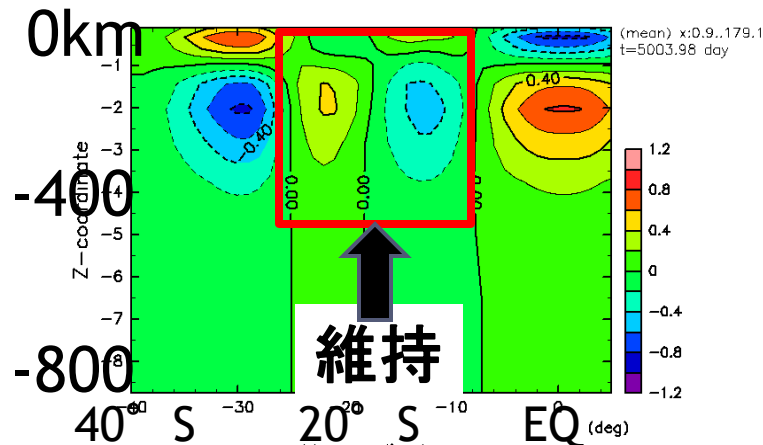
温度偏差



5000日



維持



維持

ある程度初期の構造を維持

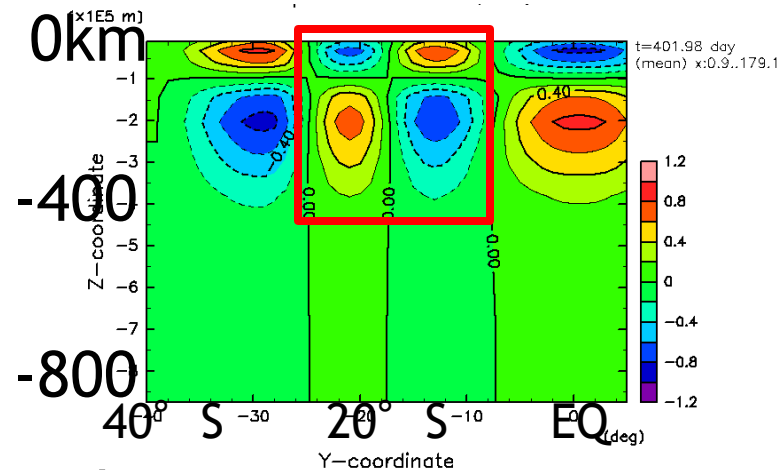
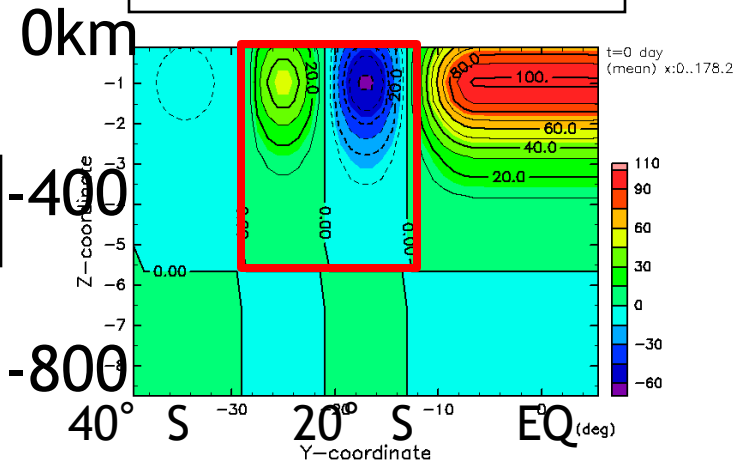
両方の強制 ($\tau=30$ 日)

△: 多数出来るが
寿命は短い

東西風速

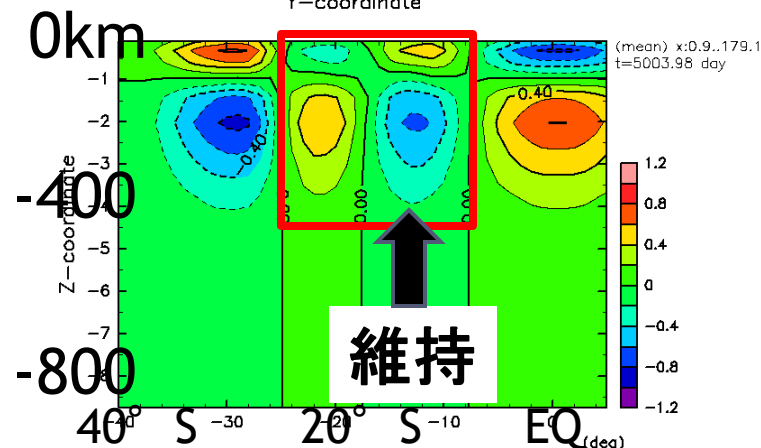
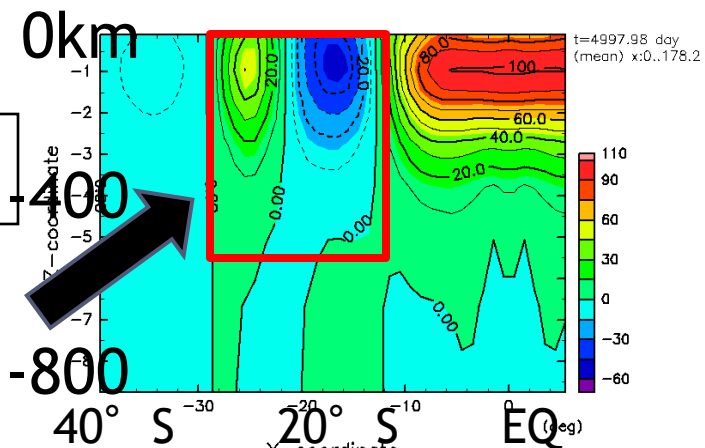
温度偏差

初期



5000日

維持



ほぼ初期の構造を維持

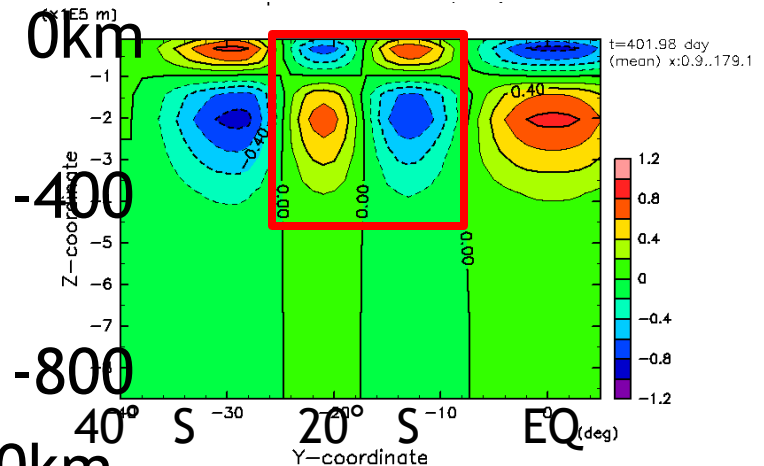
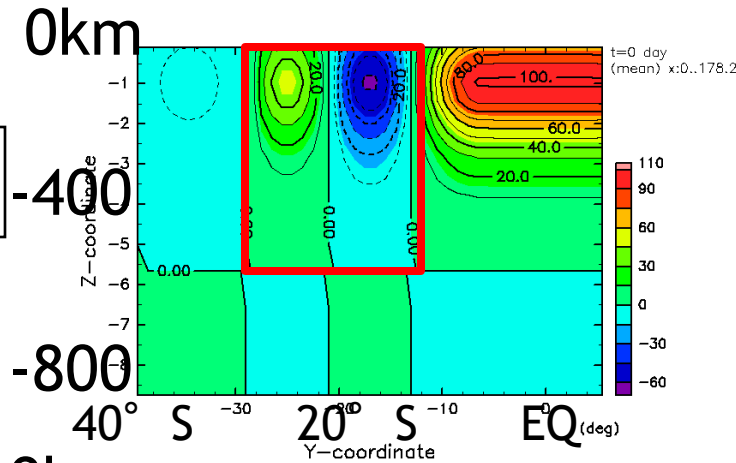
運動量強制 ($\tau=30$ 日)

△: 多数出来るが
寿命は短い

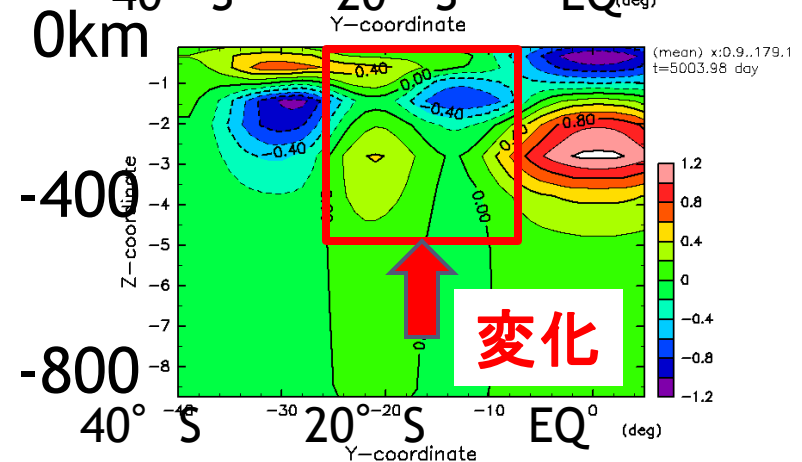
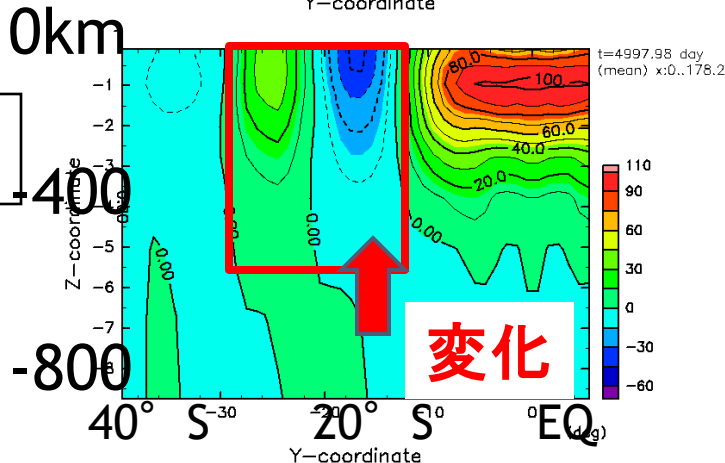
東西風速

温度偏差

初期



5000日



温度構造が大幅に変化

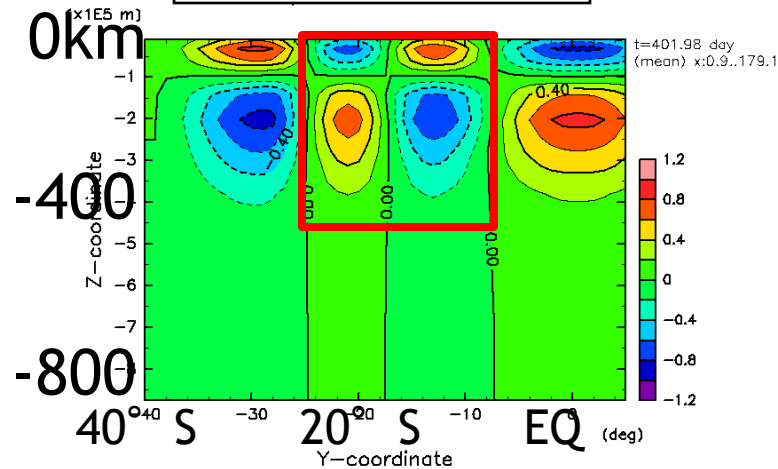
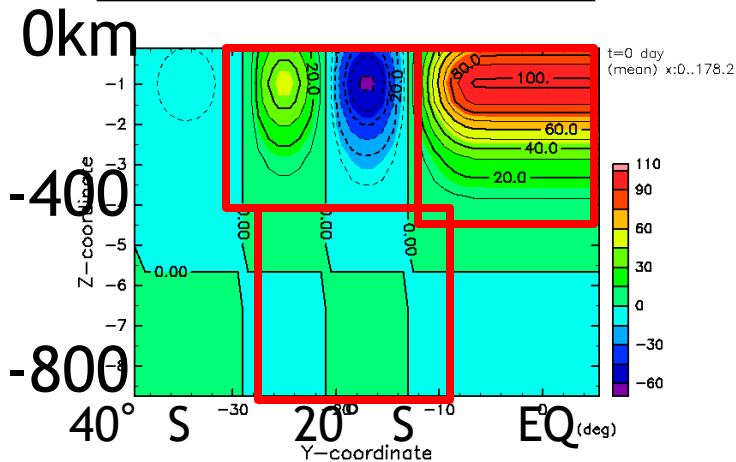
熱強制 ($\tau=30$ 日)

× : 形成されなくなる

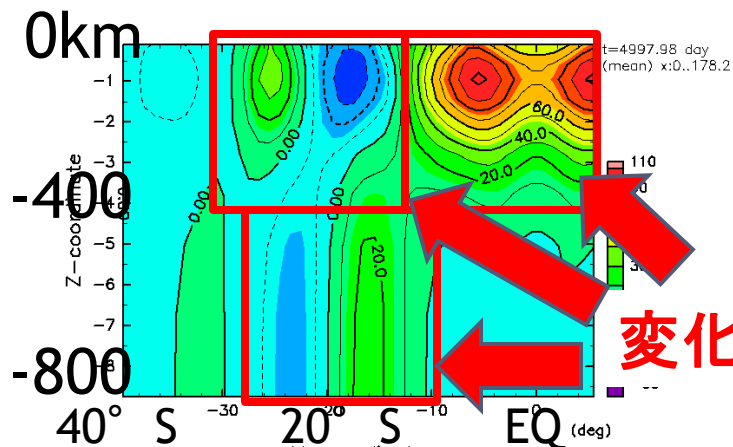
東西風速

温度偏差

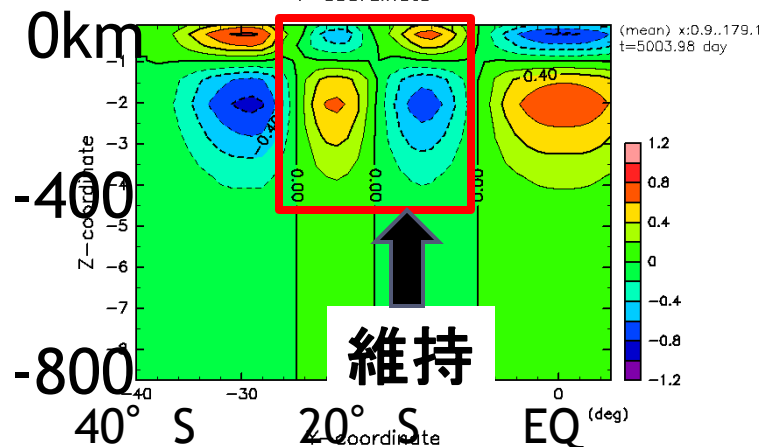
初期



5000日



変化



維持

ジェットの間風速・構造が大幅に変化

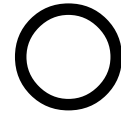
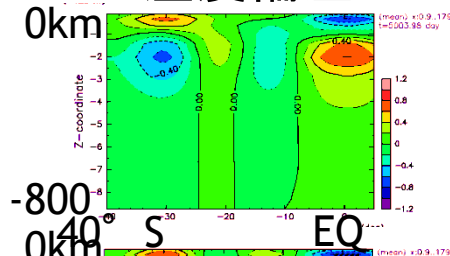
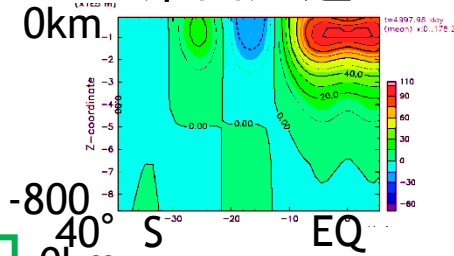
長時間計算後の東西平均場違いが 大規模渦の振る舞いに影響を与えた？

東西風速

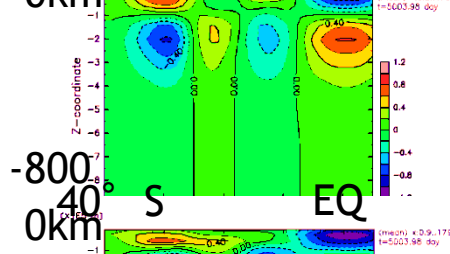
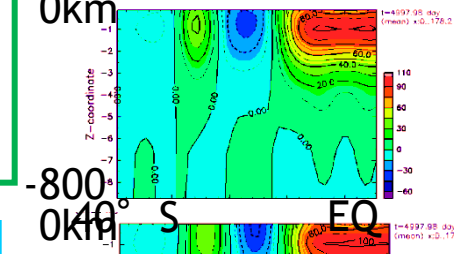
温度偏差

渦の振る舞い

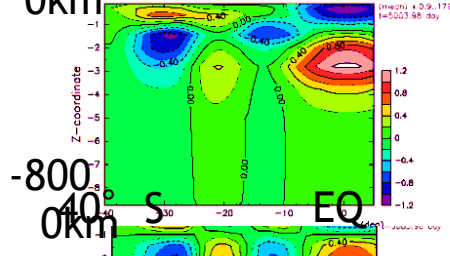
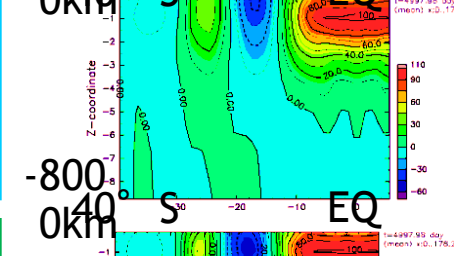
強制なし



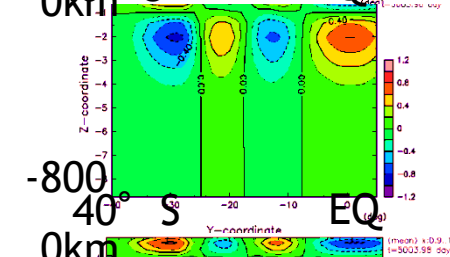
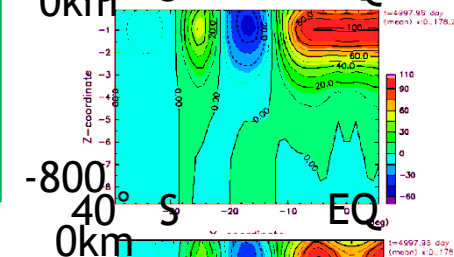
両方の強制
($\tau=1000$ 日)



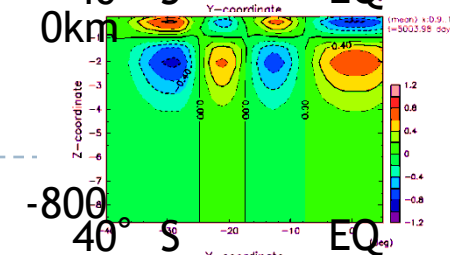
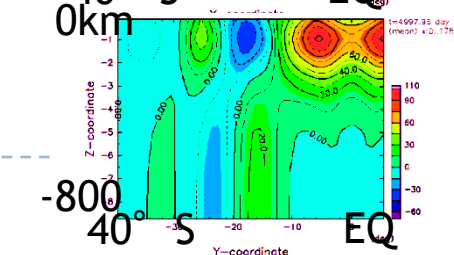
運動量強制
($\tau=30$ 日)



両方の強制
($\tau=30$ 日)



熱強制
($\tau=30$ 日)



まとめ

- ▶ 東西平均場を維持するような強制の種類・緩和時間の違いによって、**大規模渦の振る舞いに違いが生じた。**

- ▶ **大規模渦の振る舞い**

- ▶ 持続する τ : 長い (1000日)

- ▶ 持続しない τ : 短い

- 新たな渦が多数できる or 渦ができなくなる

渦の振る舞いの違い

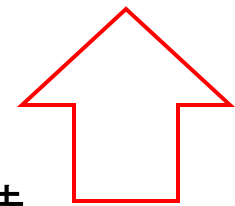
- ▶ **平均場**

- ▶ 両方の強制 → 温度場ジェットともある程度維持

- ▶ 運動量強制のみ → 温度場が大きく変化

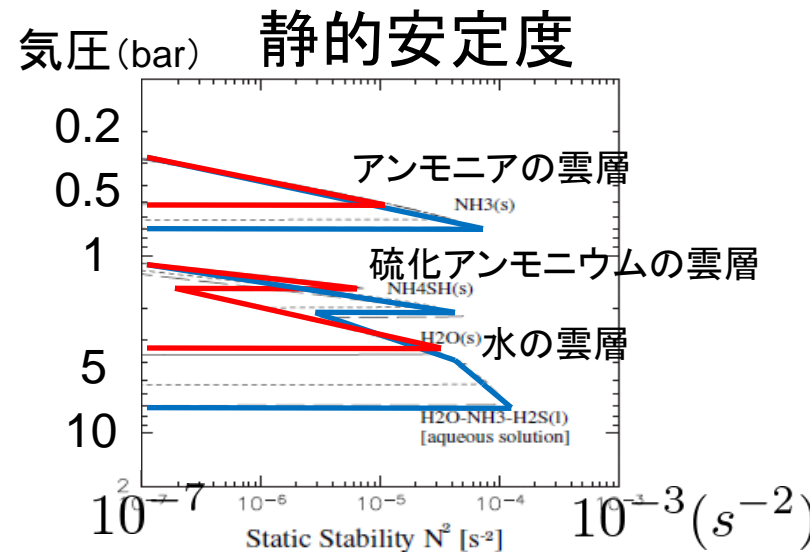
- ▶ 熱強制のみ → ジェットが大きく変化

平均場の違い



今後の課題

- ▶ 平均場の変化は何によって引き起こされたか？
 - ▶ 渦による運動量・熱輸送などを調べる
- ▶ 異なる初期場(参照場)を仮定するとどうなるか？
 - ▶ ジェットの鉛直構造
 - ▶ Deep jets ではどうか？
 - ▶ 複雑な成層構造
 - ▶ アンモニアの雲、水の雲を想定
- ▶ 線形安定性解析
 - ▶ 初期の波動の形成メカニズム
 - ▶ 大規模渦の維持の可否の要因



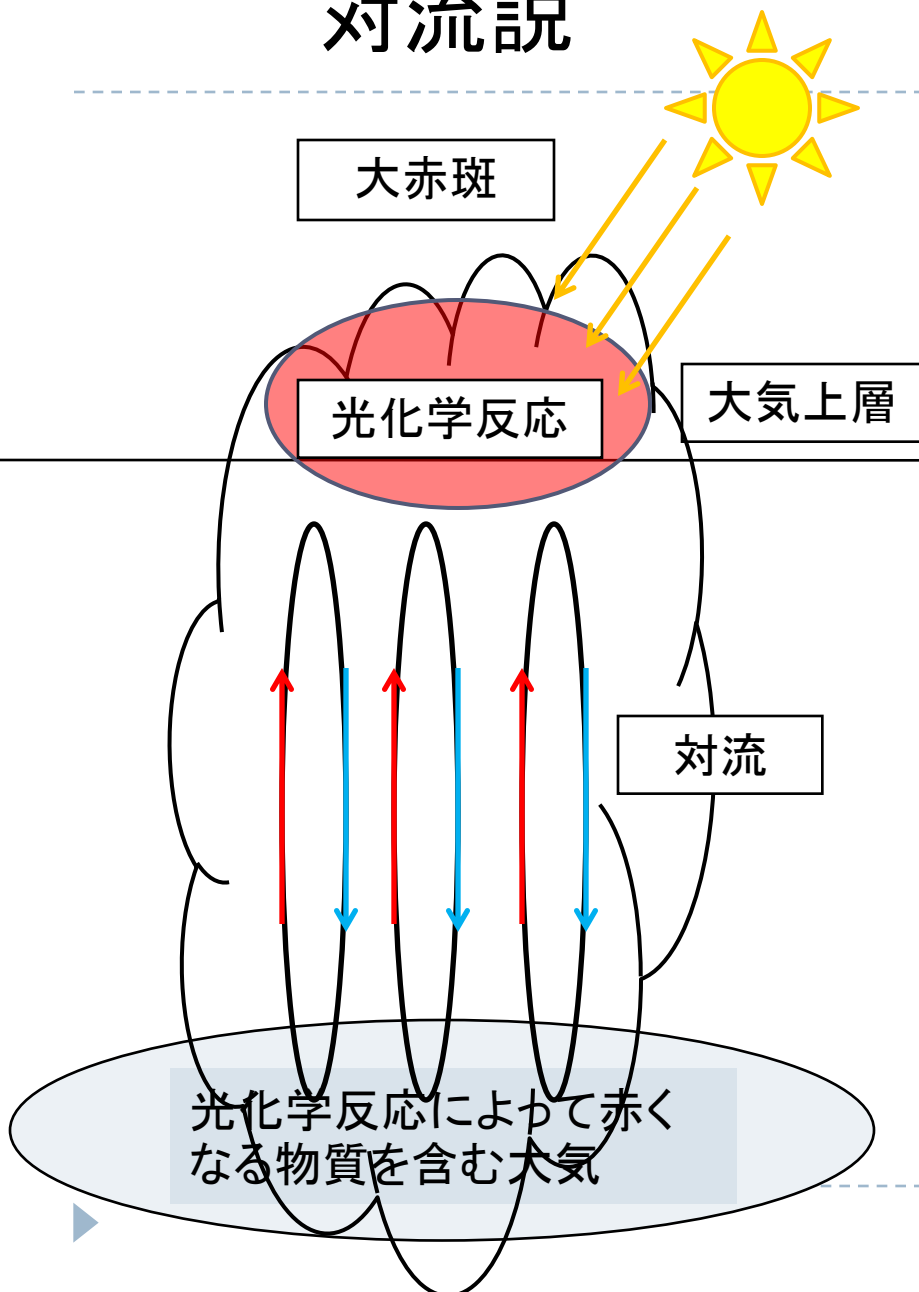
Sugiyama et al.(2006)
の熱力学計算より。

凝結成分気体の存在度は太陽組成
の1倍(赤線)、10倍(青線)

補足資料

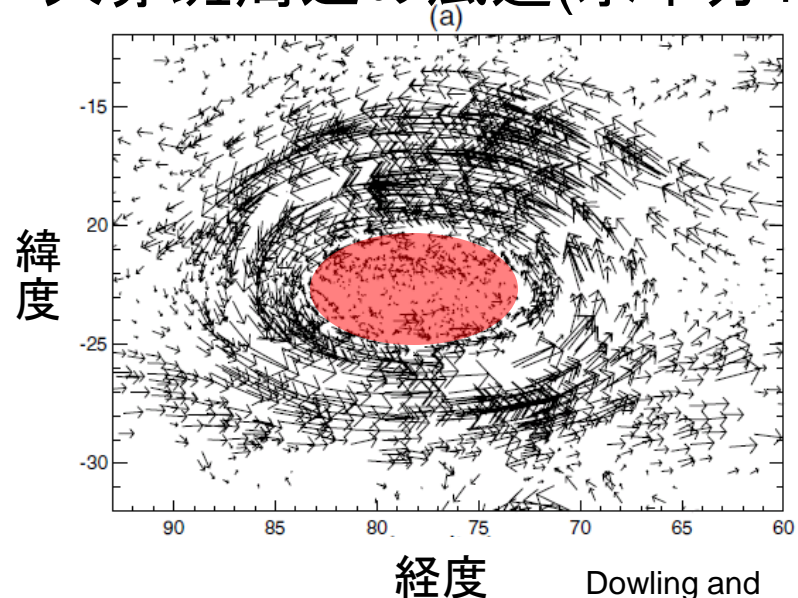


対流説



隔離説

大赤斑周辺の風速(水平分布)

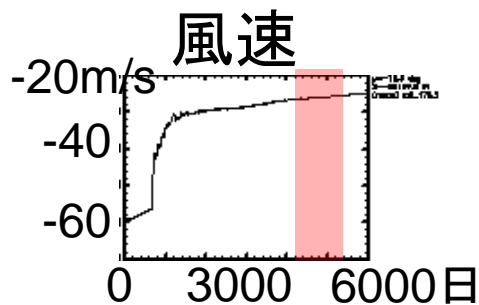


Dowling and
Ingersoll (1988)

- 渦の周囲の風速: 大
- 渦の内部と外部の物質が隔離
- 渦の内部の物質が長時間
紫外線を浴びる
- 赤くなる

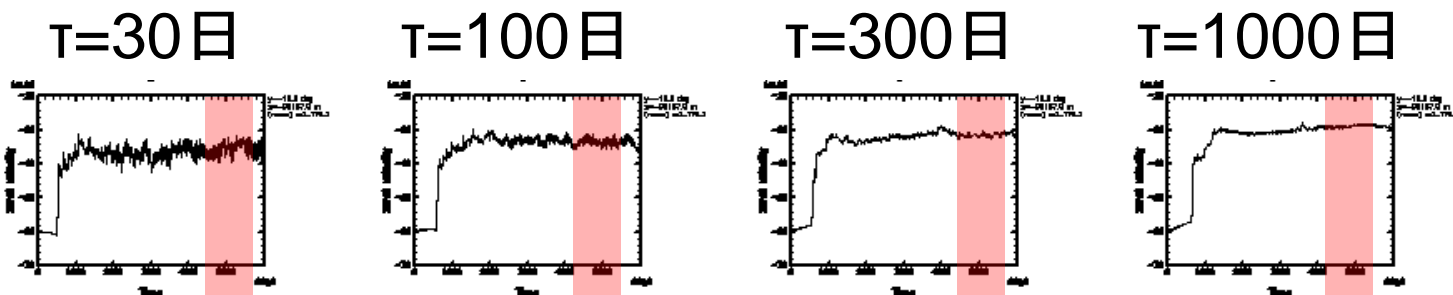
東西平均風速 (16.5° S, z = -100km)

強制なし

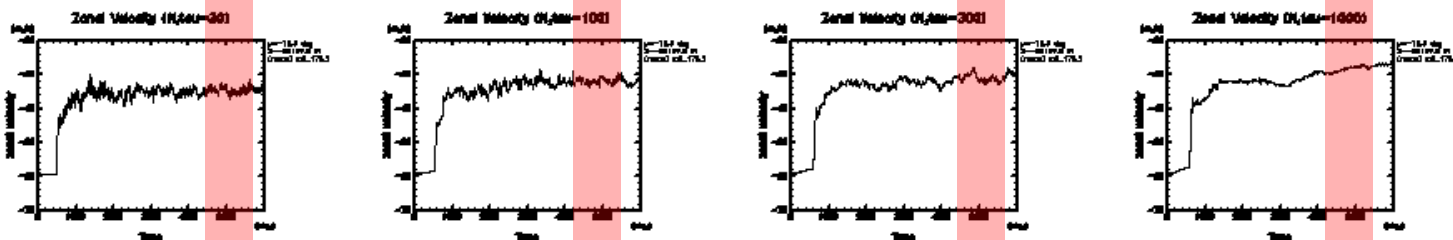


4500日から5500日の間は、東西平均風速は大体一定に維持されている

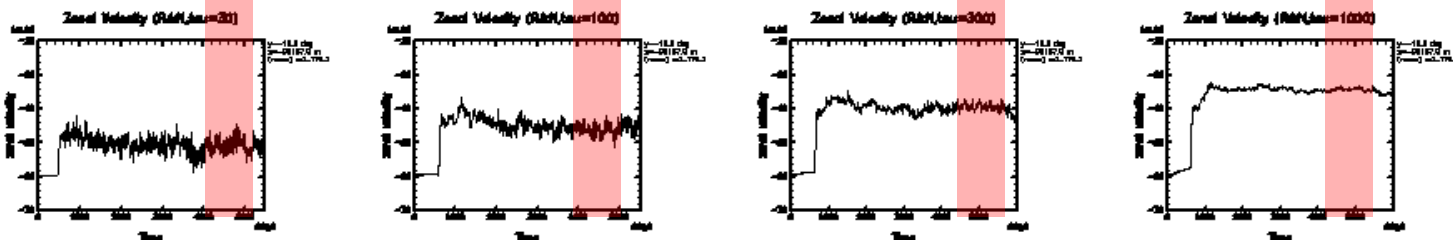
運動量



熱



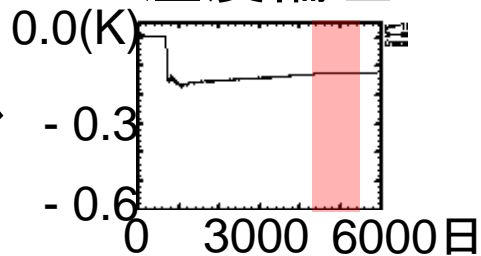
両方



東西平均温度偏差 (16° S, z = -100km)

温度偏差

強制なし



4500日から5500日の間は、
東西平均温度偏差は大体一定に
維持されている

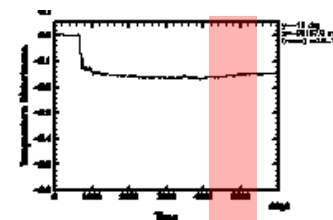
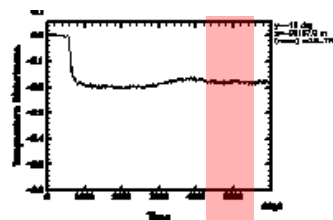
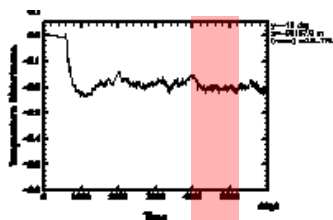
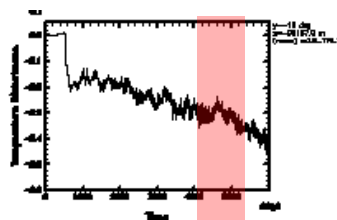
$\tau=30$ 日

$\tau=100$ 日

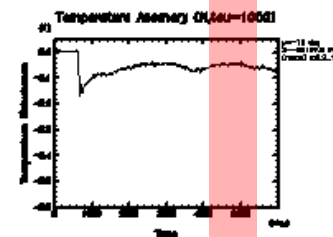
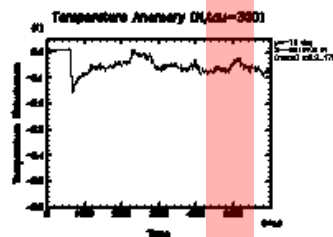
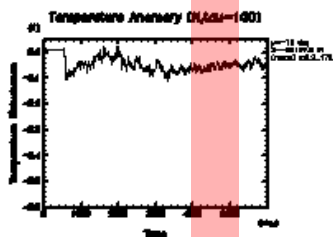
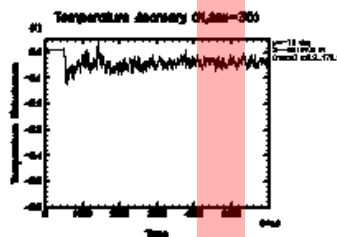
$\tau=300$ 日

$\tau=1000$ 日

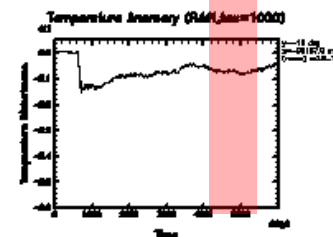
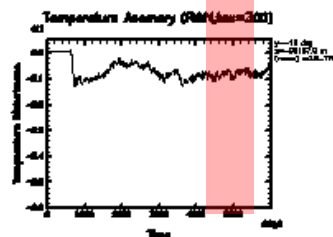
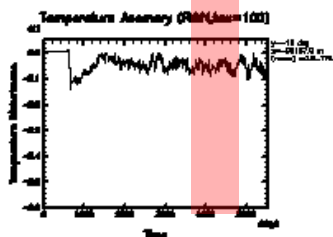
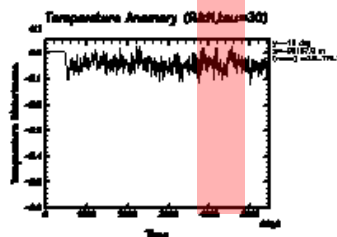
運動量



熱

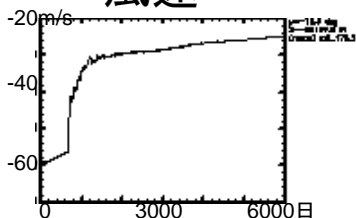


両方



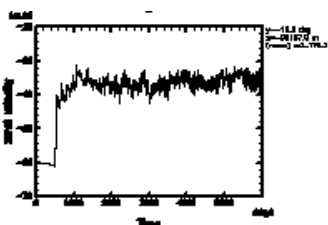
東西平均風速 (16.5° S, z = -100km)

風速

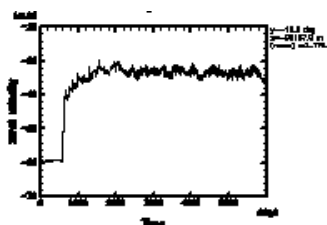


強制なし

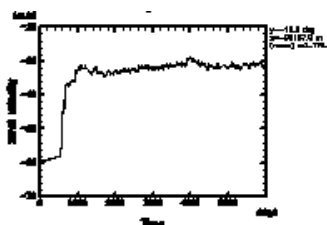
$\tau=30$ 日



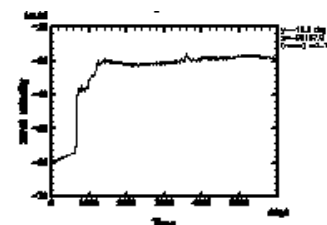
$\tau=100$ 日



$\tau=300$ 日

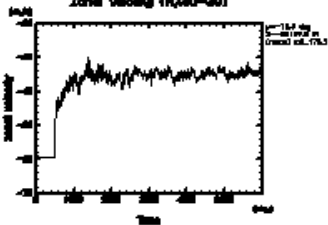


$\tau=1000$ 日

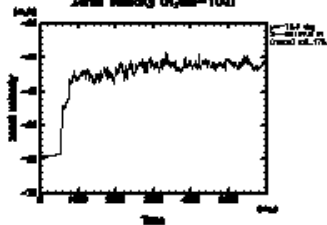


運動量

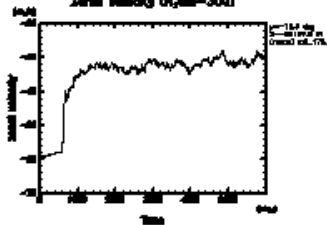
Zonal Velocity (R&M, tau=30)



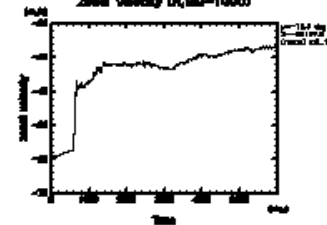
Zonal Velocity (R&M, tau=100)



Zonal Velocity (R&M, tau=300)

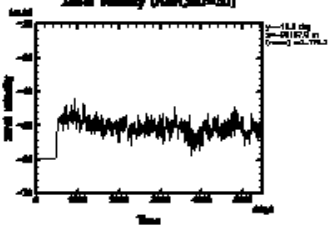


Zonal Velocity (R&M, tau=1000)

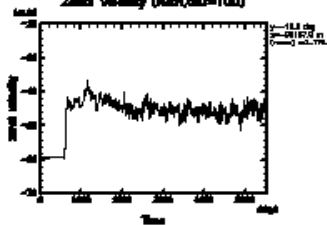


熱

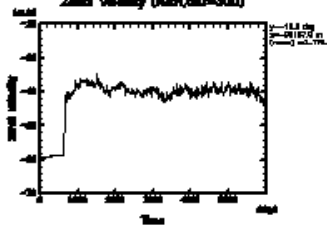
Zonal Velocity (R&M, tau=30)



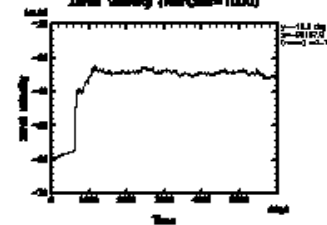
Zonal Velocity (R&M, tau=100)



Zonal Velocity (R&M, tau=300)



Zonal Velocity (R&M, tau=1000)

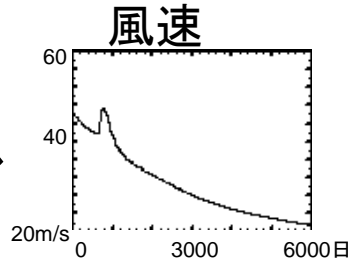


両方



東西平均風速の時間変化 (いつ定常状態になるか?) (25.5° S, z= -100km)

強制なし



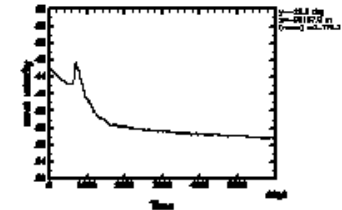
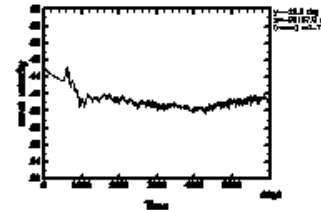
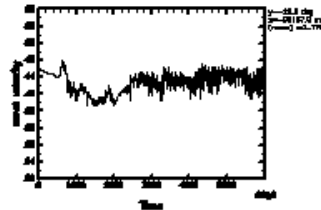
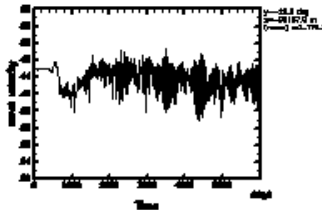
$\tau=30$ 日

$\tau=100$ 日

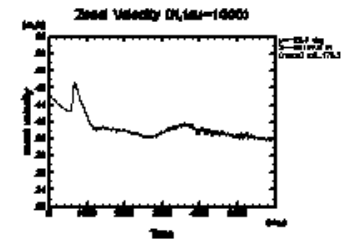
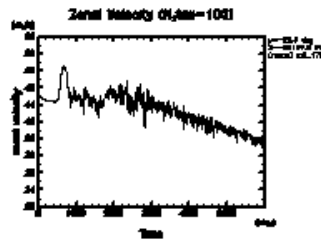
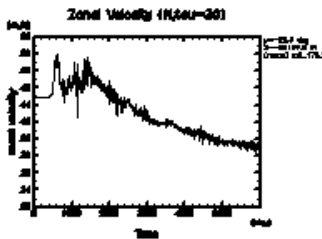
$\tau=300$ 日

$\tau=1000$ 日

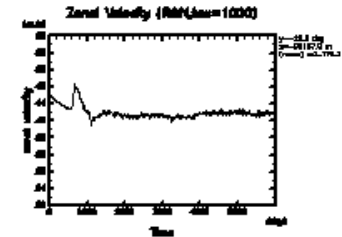
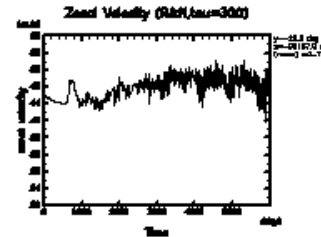
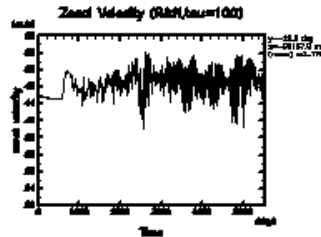
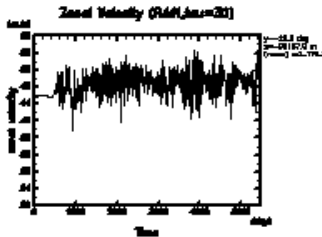
運動量




熱



両方

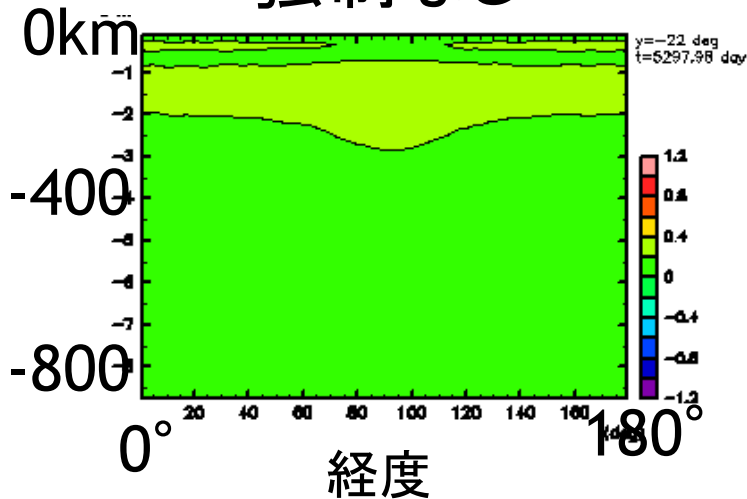


渦の鉛直構造

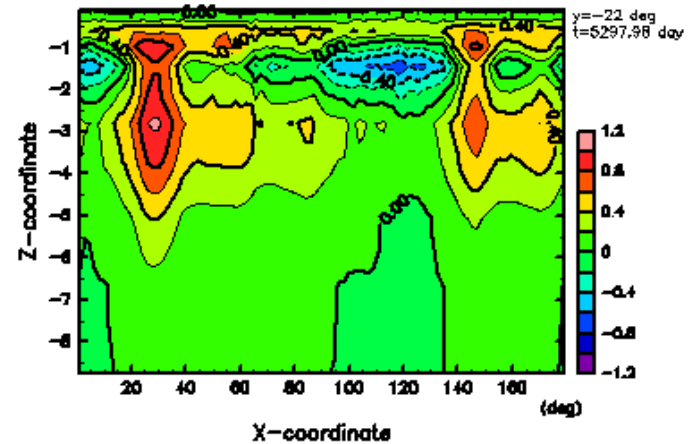


温度偏差の鉛直分布(東西・鉛直断面) ($\phi = -22^\circ$, 5300日)

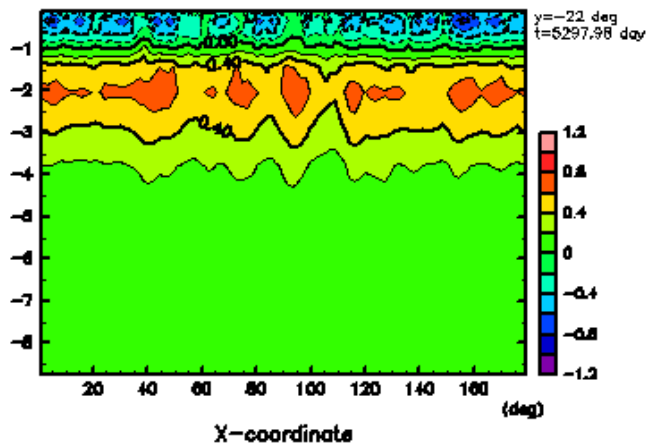
強制なし



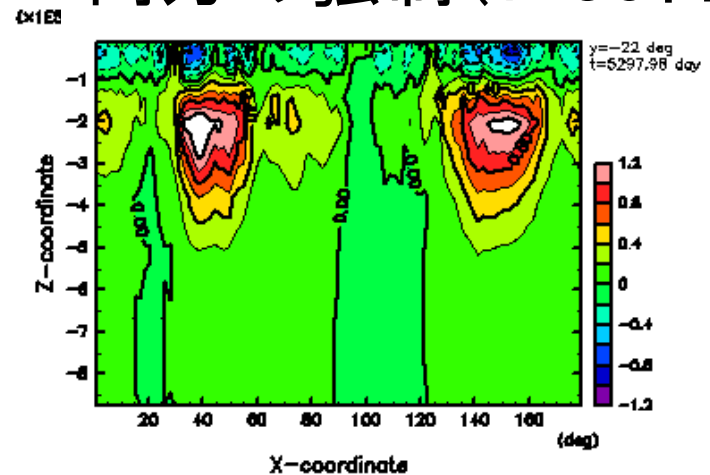
運動量強制($\tau=30$ 日)



熱強制($\tau=30$ 日)

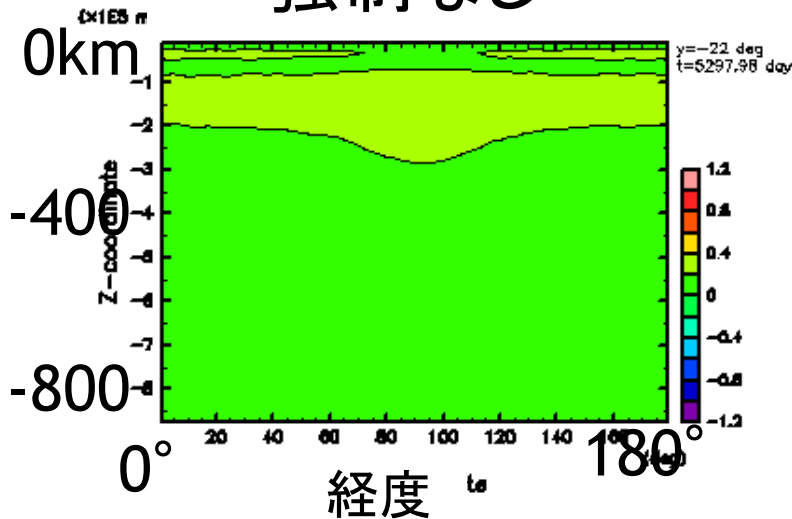


両方の強制($\tau=30$ 日)

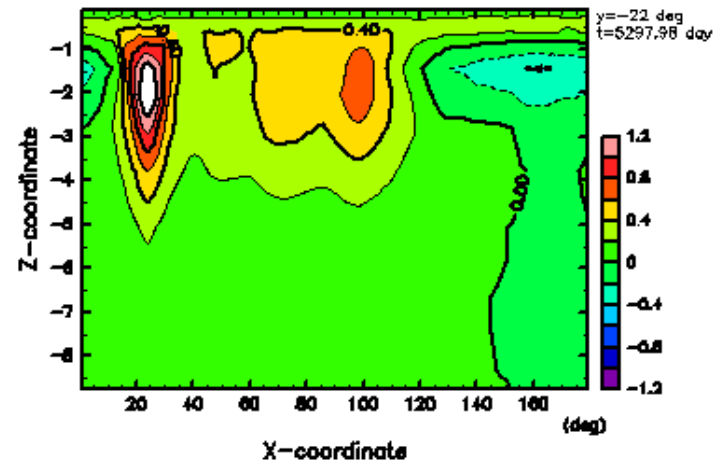


温度偏差の鉛直分布(東西・鉛直断面) ($\phi = -22^\circ$, 5300日)

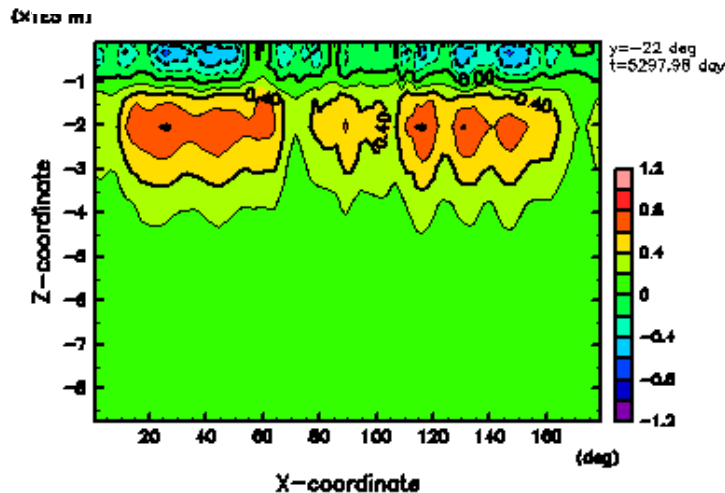
強制なし



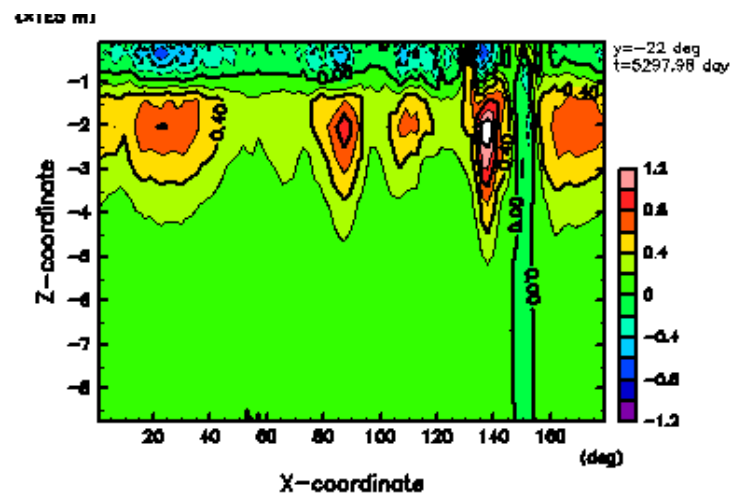
運動量強制 ($\tau = 100$ 日)



熱強制 ($\tau = 100$ 日)

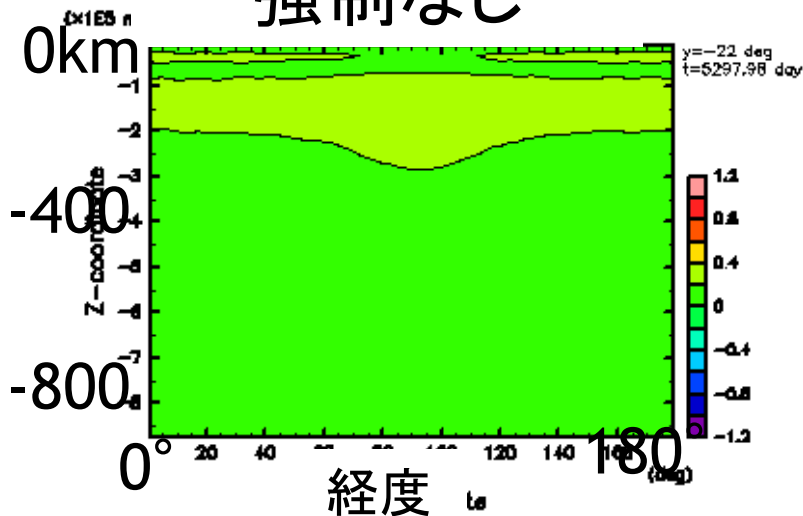


両方の強制 ($\tau = 100$ 日)

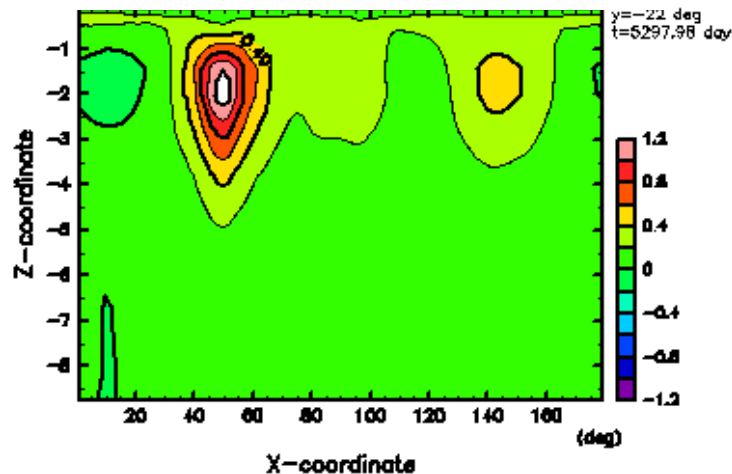


温度偏差の鉛直分布(東西・鉛直断面) ($\phi = -22^\circ$, 5300日)

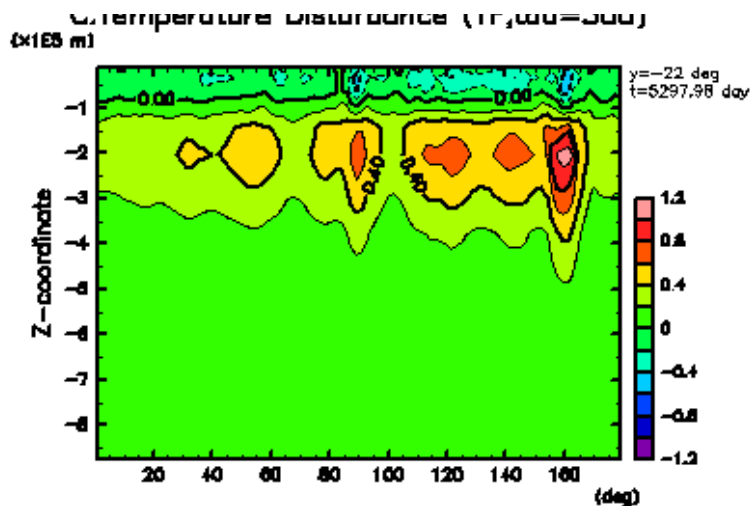
強制なし



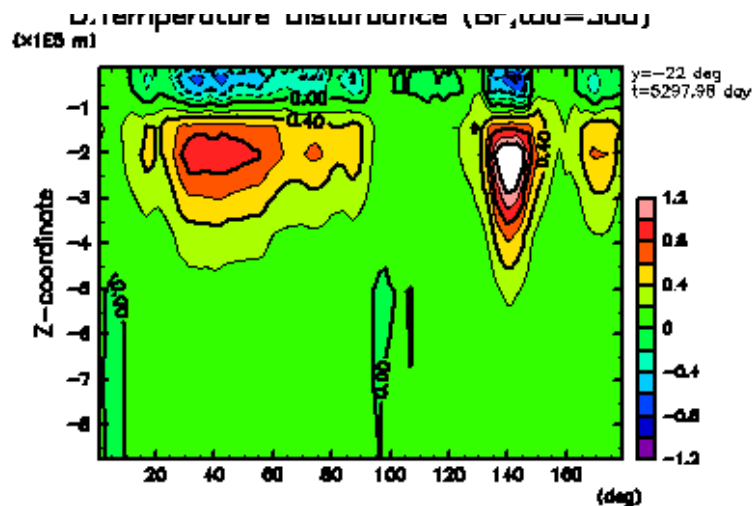
運動量強制 ($\tau = 300$ 日)



熱強制 ($\tau = 300$ 日)

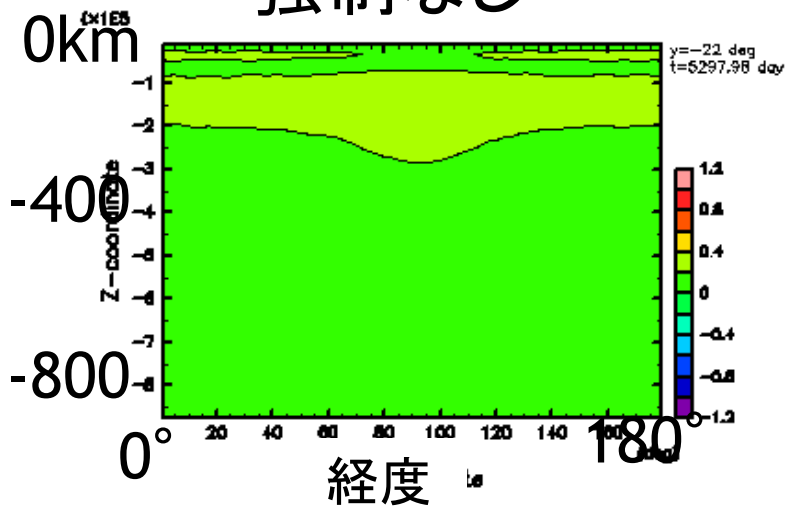


両方の強制 ($\tau = 300$ 日)

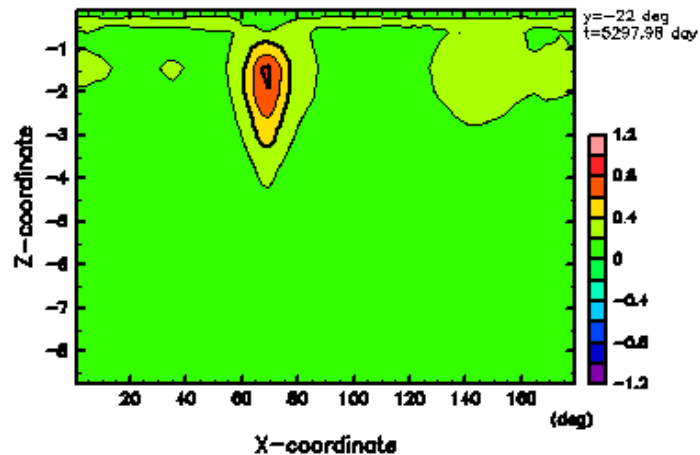


温度偏差の鉛直分布(東西・鉛直断面) ($\phi = -22^\circ$, 5300日)

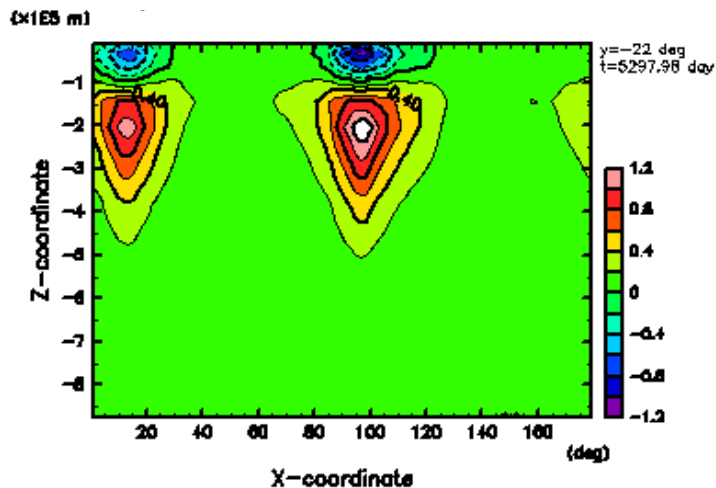
強制なし



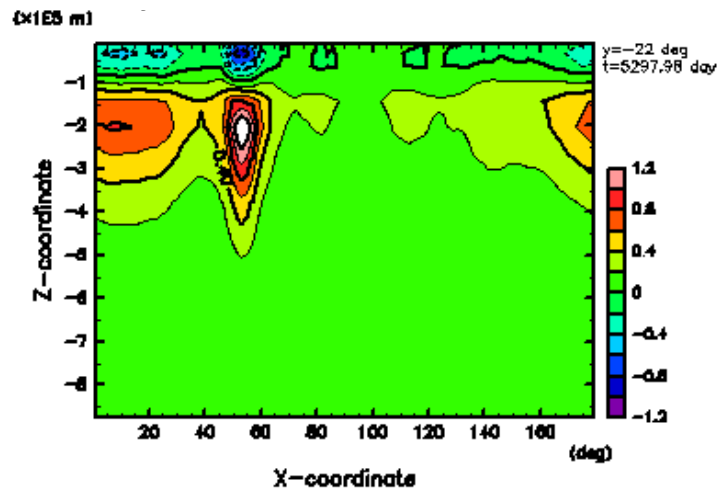
運動量強制 ($\tau=1000$ 日)




熱強制 ($\tau=1000$ 日)



両方の強制 ($\tau=1000$ 日)

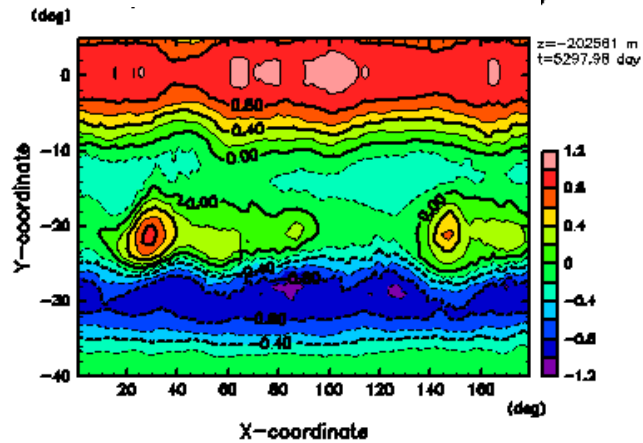


緩和時間による違い

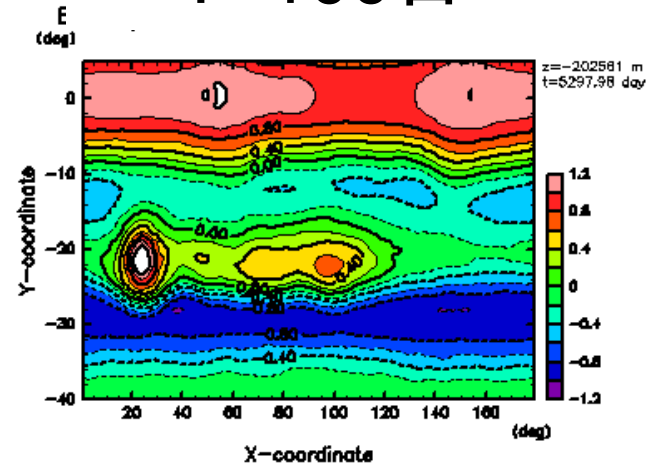


緩和時間による違い(運動量強制を加えた場合) 温度偏差の水平分布(z= -200km, 5300日)

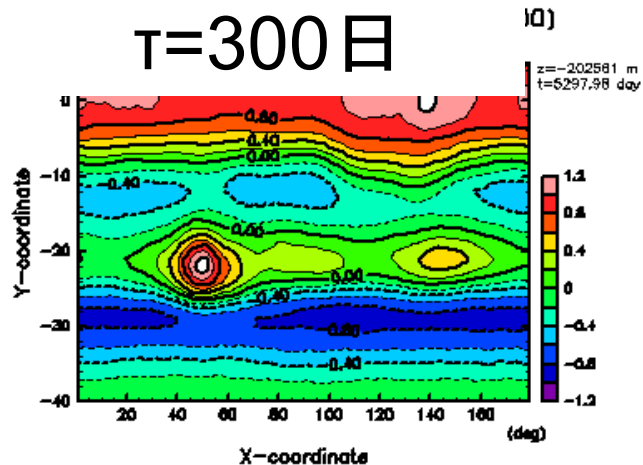
$\tau=30$ 日



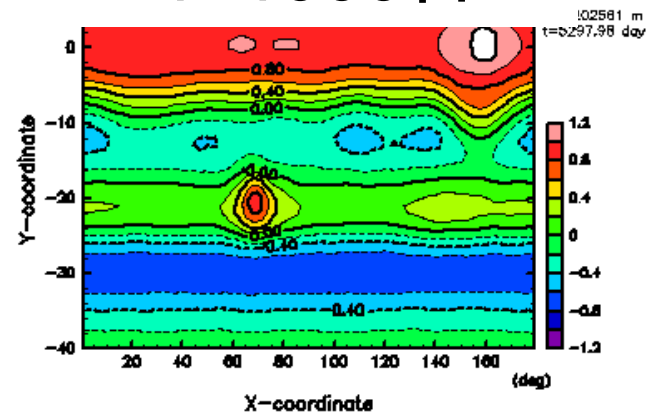
$T=100$ 日



$\tau=300$ 日

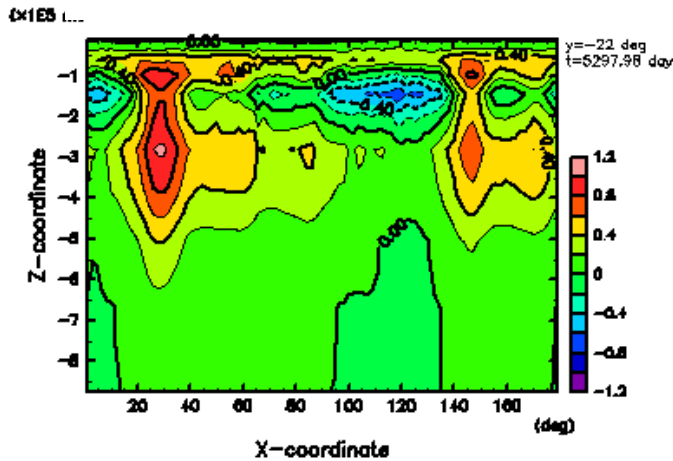


$\tau=1000$ 日

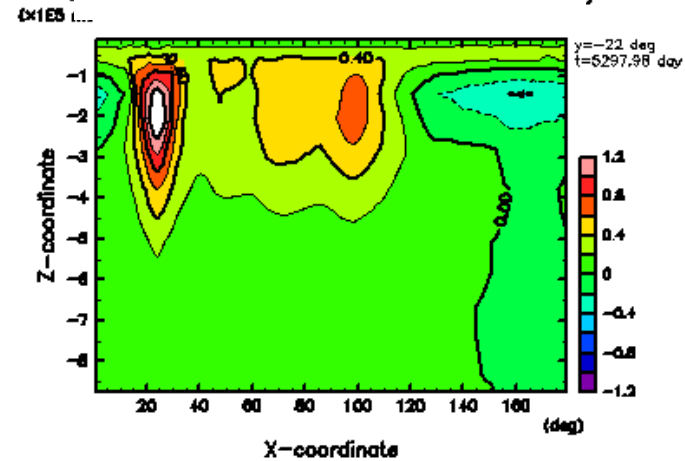


緩和時間による違い(運動量強制を加えた場合) 温度偏差の南北・鉛直分布($\phi = -22^\circ$, 5300日)

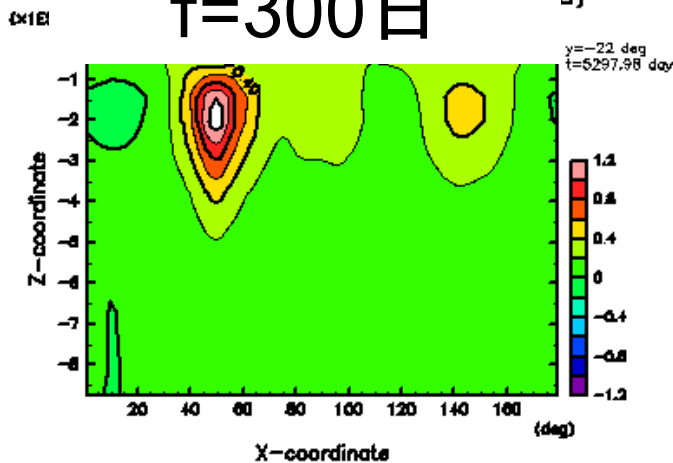
$\tau = 30$ 日



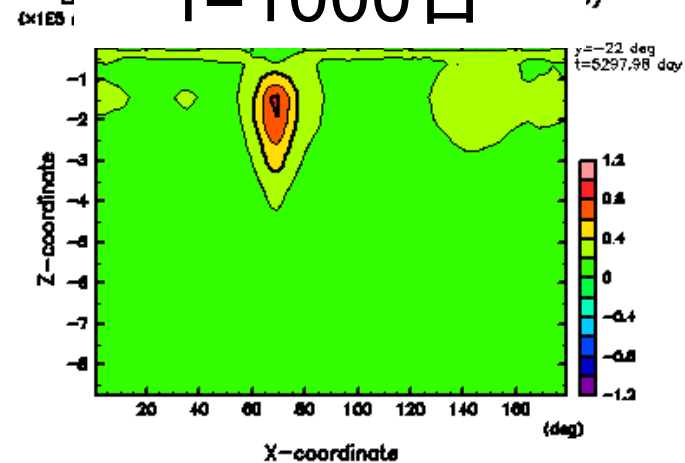
$\tau = 100$ 日



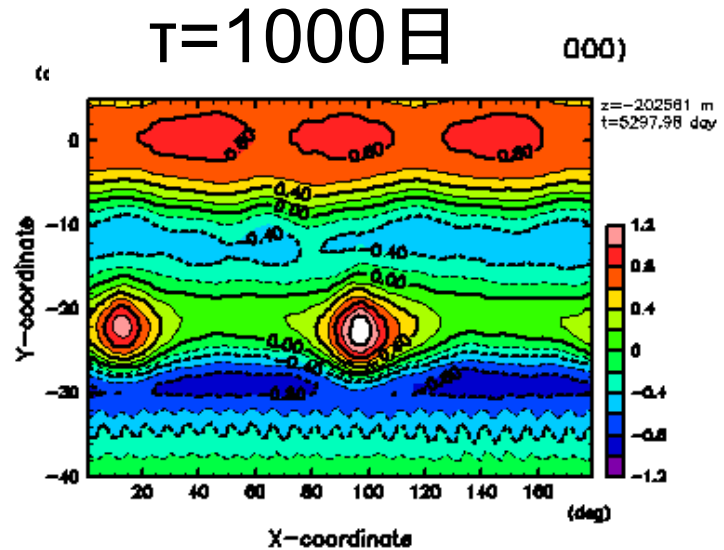
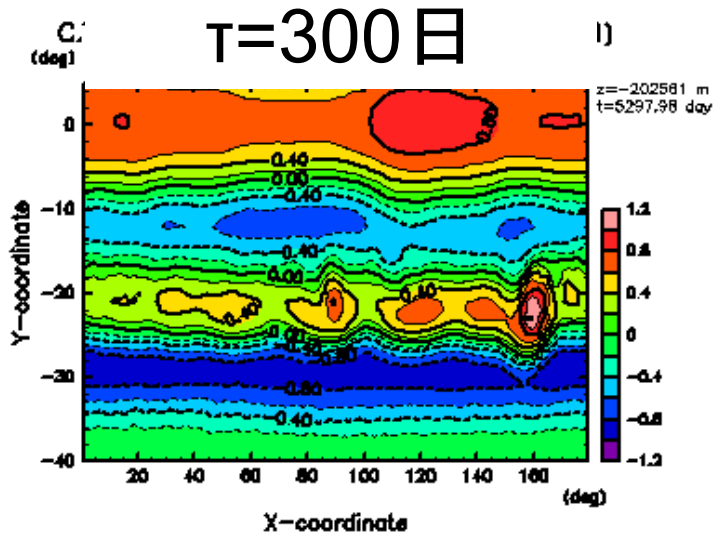
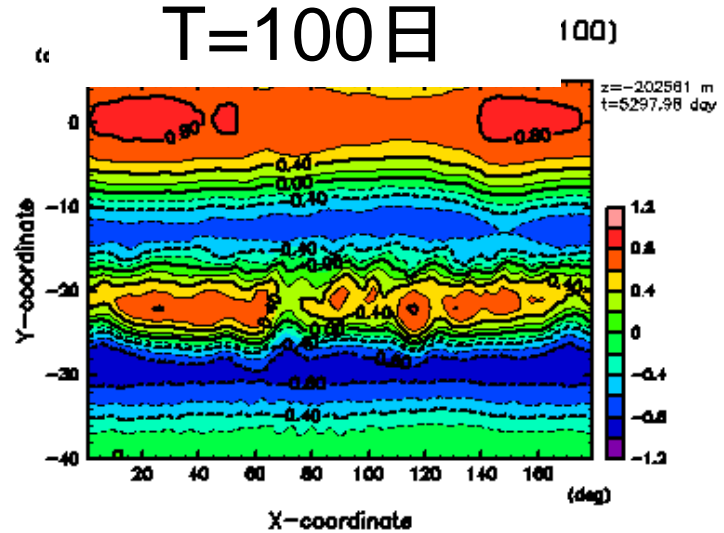
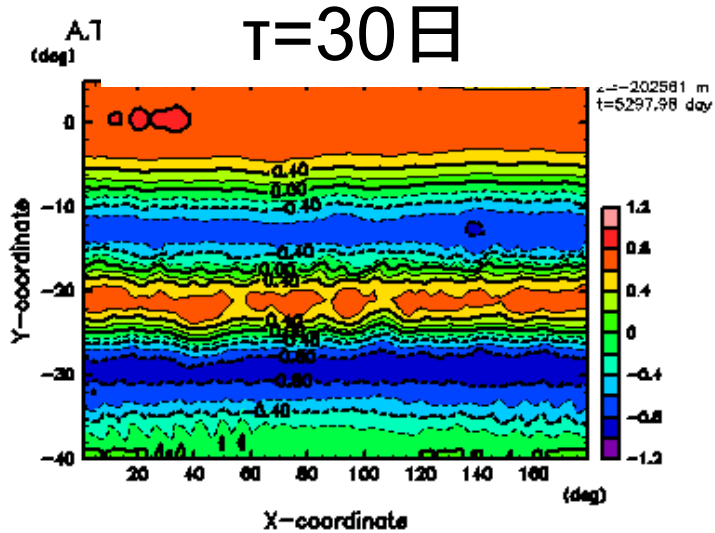
$\tau = 300$ 日



$\tau = 1000$ 日

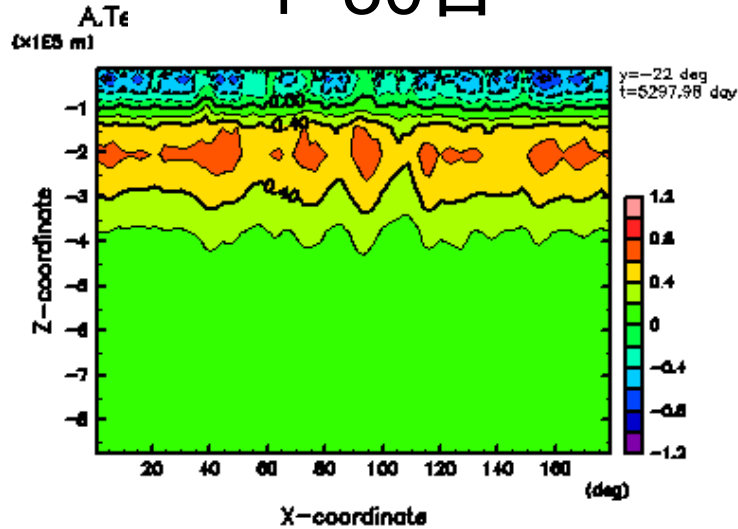


緩和時間による違い(熱強制を加えた場合) 温度偏差の水平分布(z= -200km, 5300日)

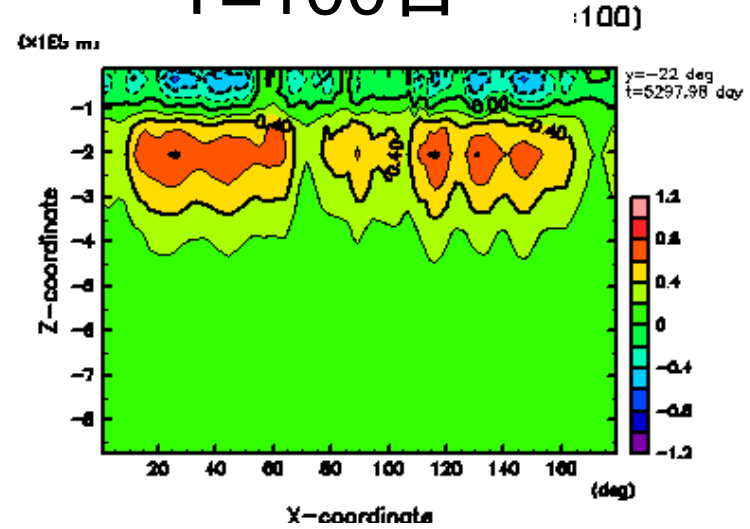


緩和時間による違い(熱強制を加えた場合) 温度偏差の南北・鉛直分布($\phi = -22^\circ$, 5300日)

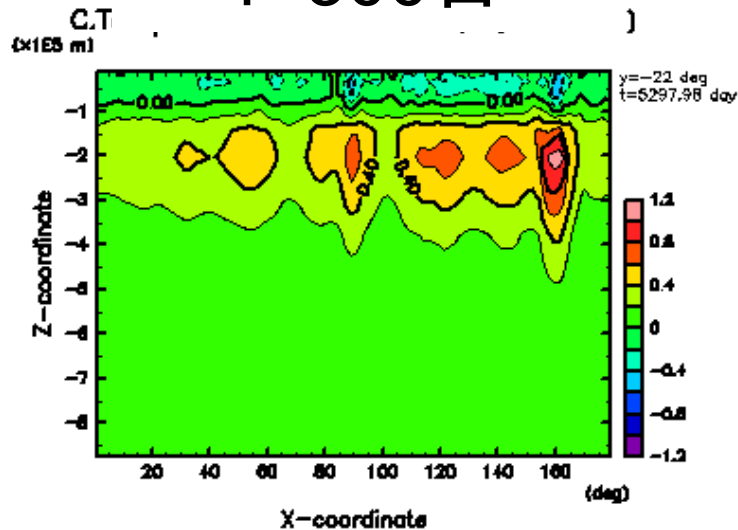
$T=30$ 日



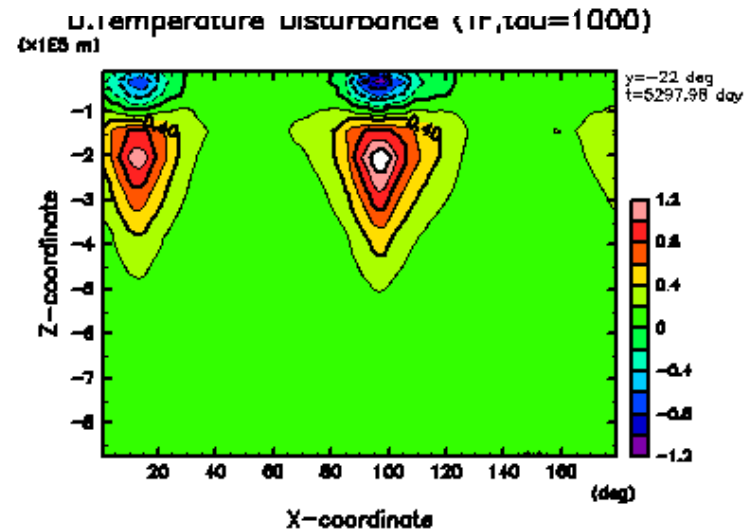
$T=100$ 日



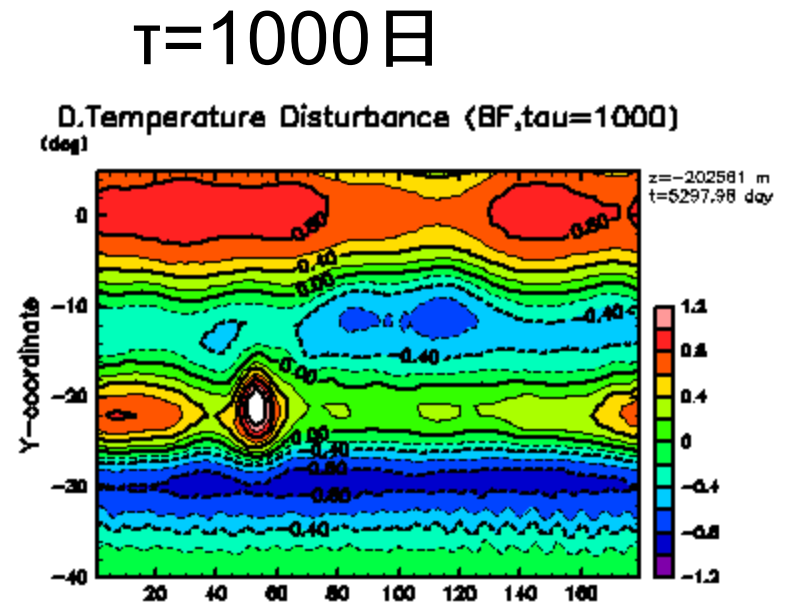
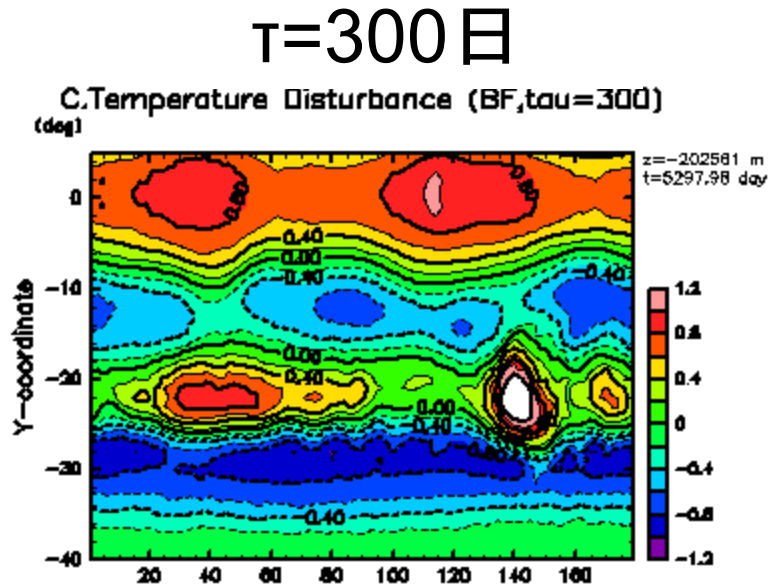
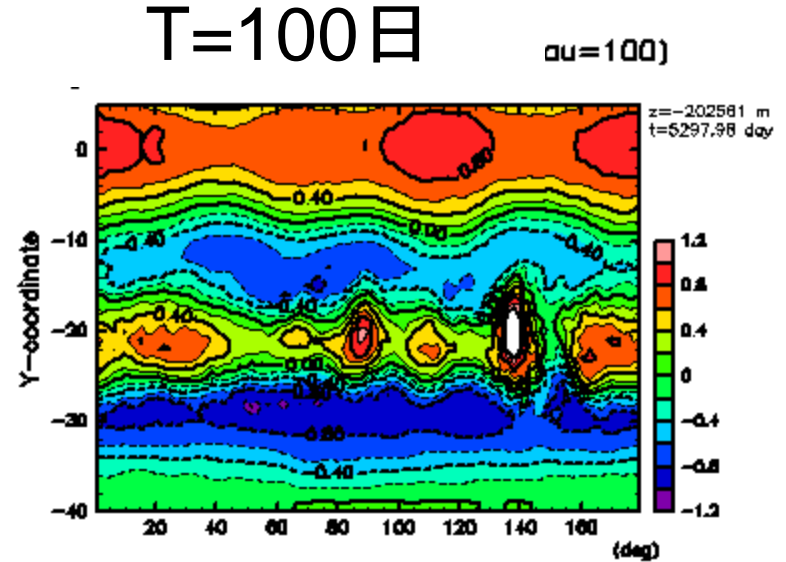
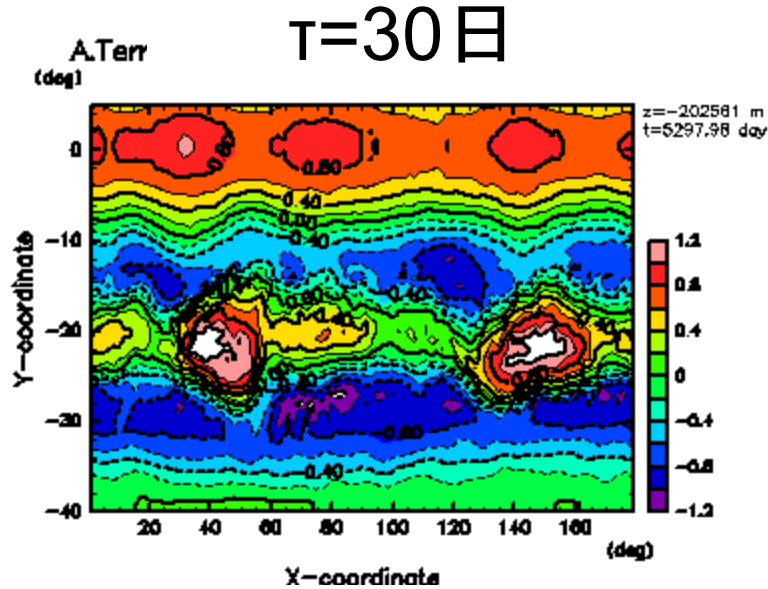
$T=300$ 日



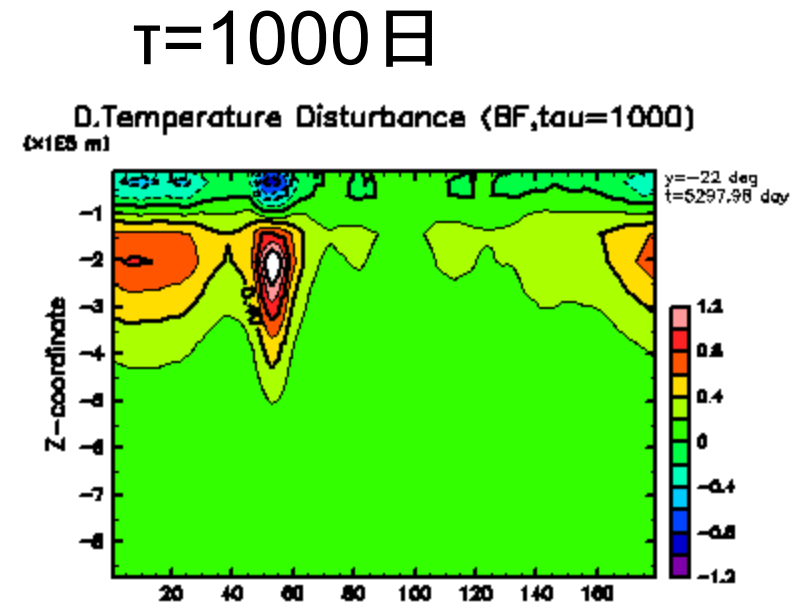
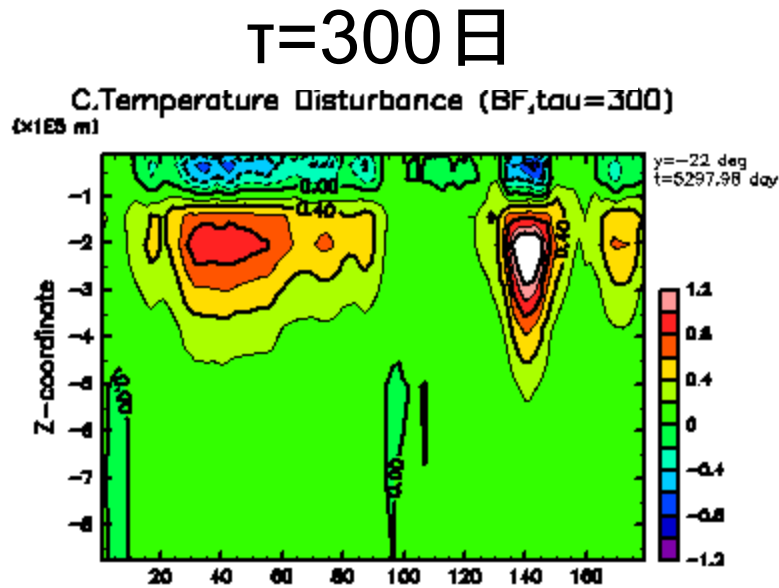
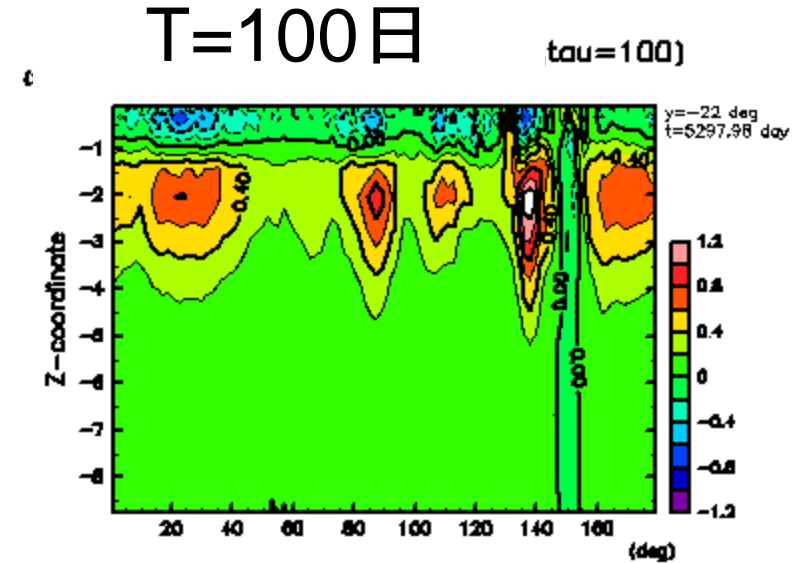
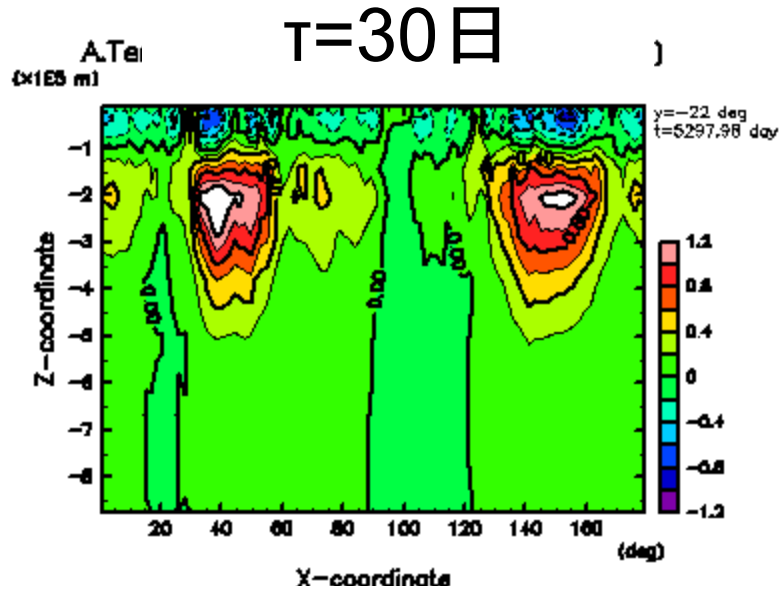
$T=1000$ 日



緩和時間による違い(両方の強制を加えた場合) 温度偏差の水平分布 ($z = -200\text{km}$, 5300日)



緩和時間による違い(両方の強制を加えた場合) 温度偏差の南北・鉛直分布($\phi = -22^\circ$, 5300日)



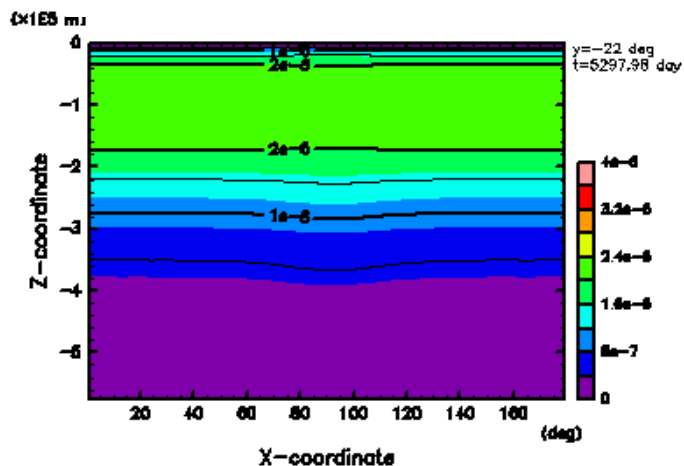
静的安定度 の鉛直分布

($\phi = -22^\circ$, 5300日)

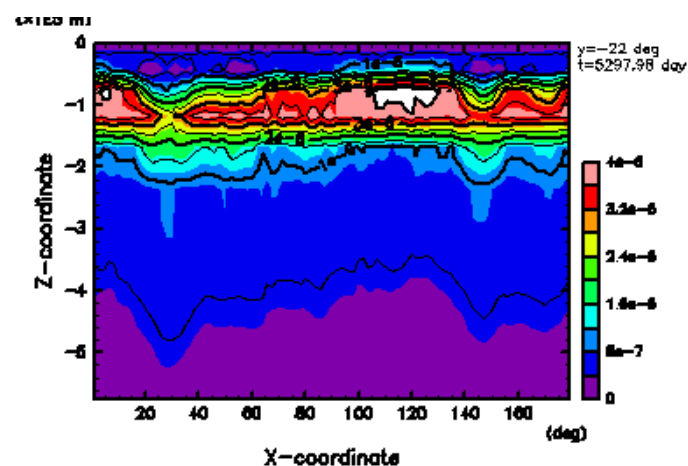


静的安定度の鉛直分布 ($\phi = -22^\circ$, 5300日)

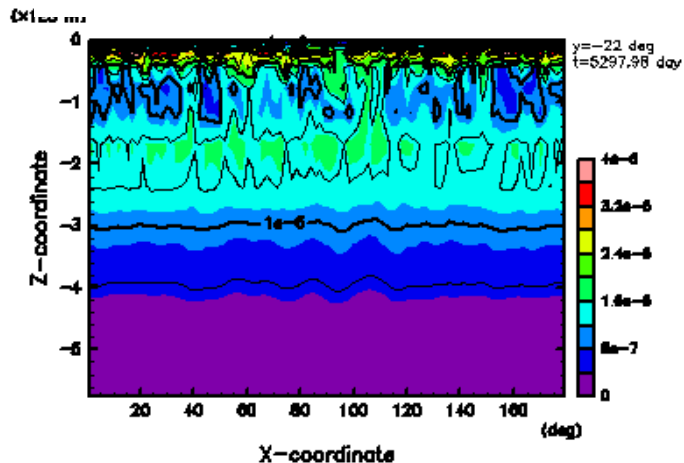
強制なし



運動量強制 ($\tau = 30$ 日)

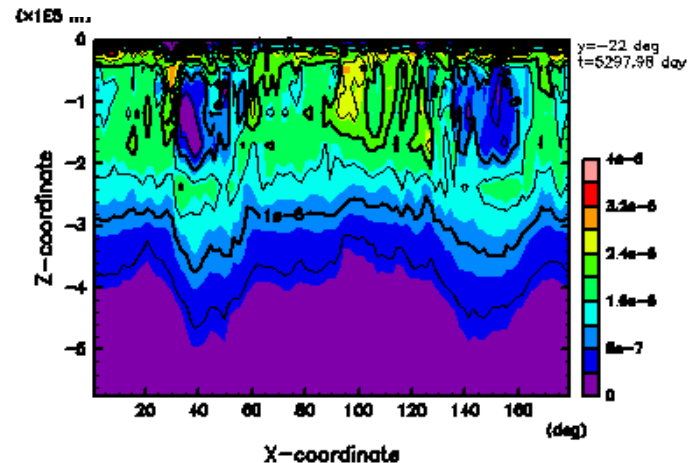


熱強制 ($\tau = 30$ 日)



CONTOUR INTERVAL = 5.000E-07

両方の強制 ($\tau = 30$ 日)

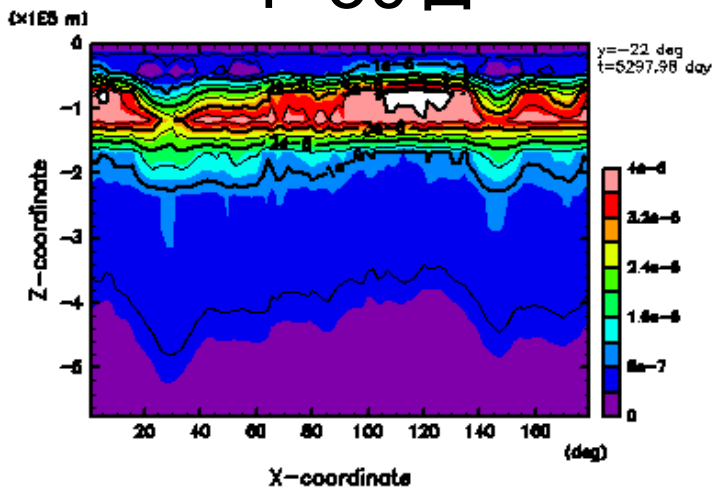


CONTOUR INTERVAL = 5.000E-07

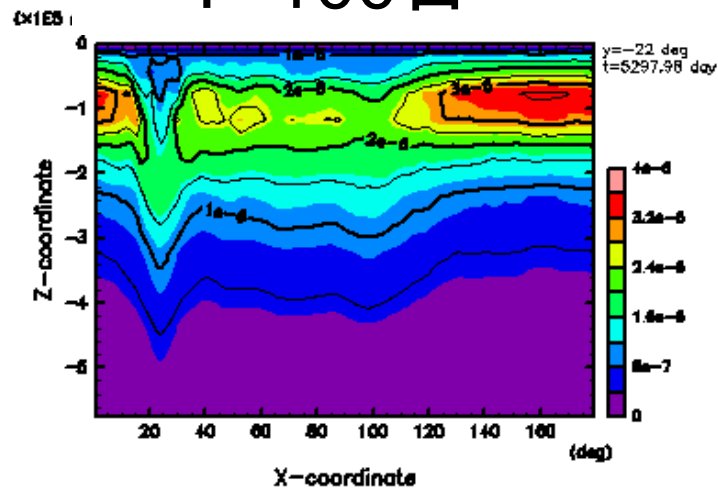
静的安定度の鉛直分布(運動量強制)

($\phi = -22^\circ$, 5300日)

$\tau = 30$ 日



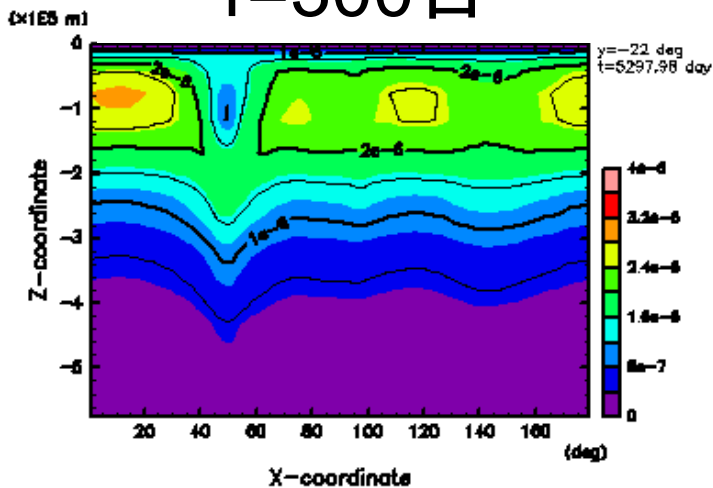
$\tau = 100$ 日



CONTOUR INTERVAL = 5.000E-07

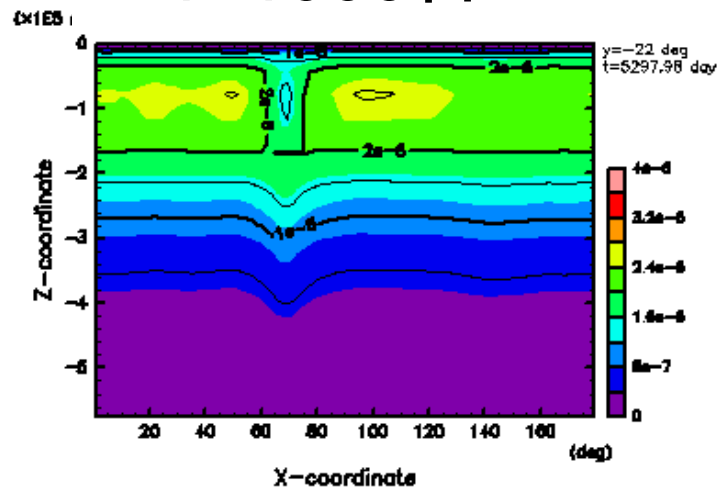
CONTOUR INTERVAL = 5.000E-07

$\tau = 300$ 日



CONTOUR INTERVAL = 5.000E-07

$\tau = 1000$ 日

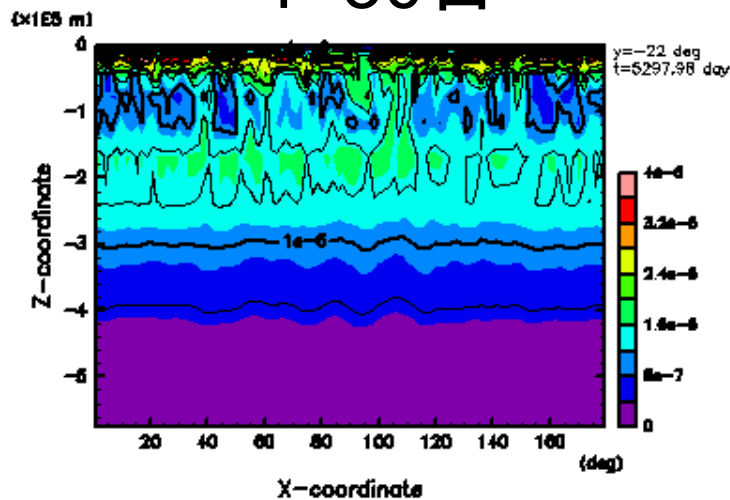


CONTOUR INTERVAL = 5.000E-07

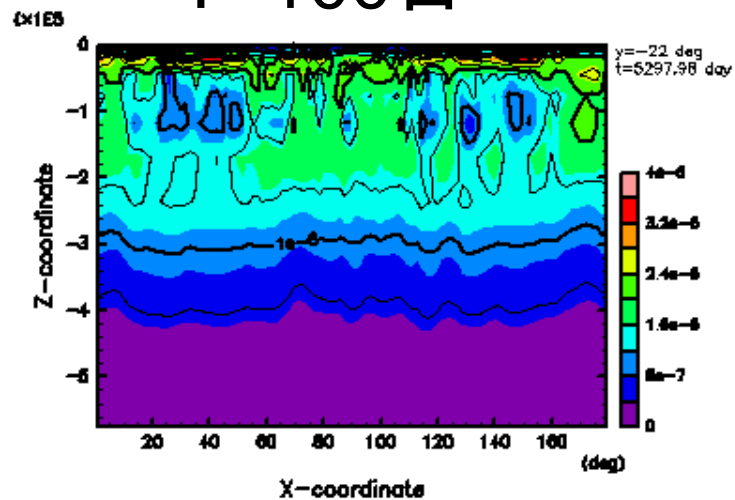
静的安定度の鉛直分布(熱強制)

($\phi = -22^\circ$, 5300日)

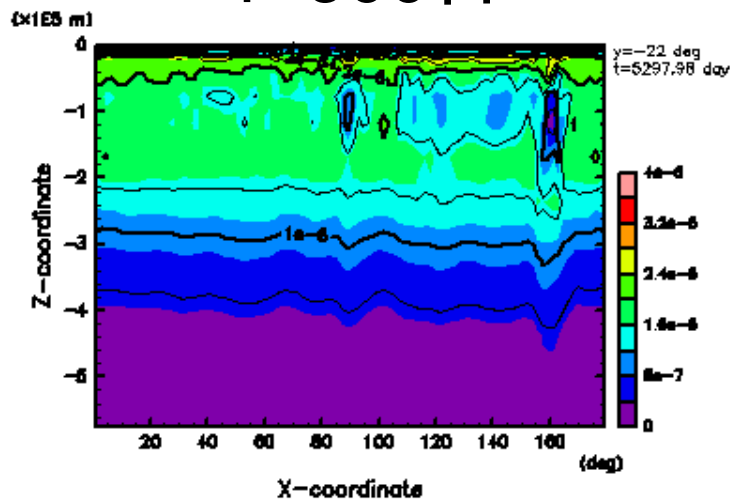
$\tau = 30$ 日



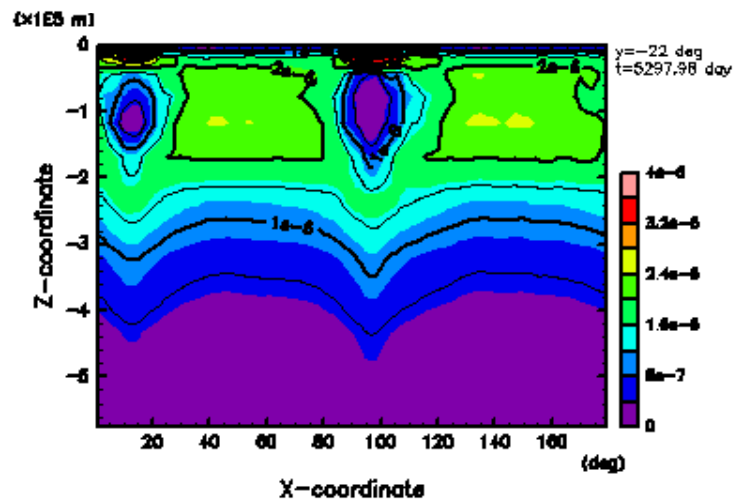
$\tau = 100$ 日



$\tau = 300$ 日



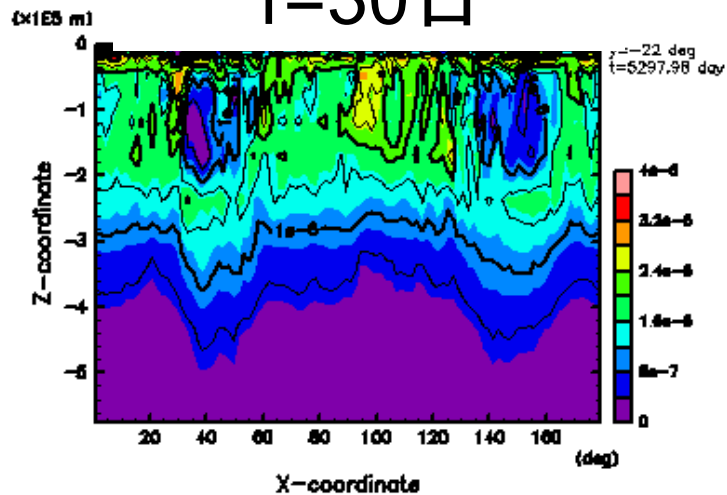
$\tau = 1000$ 日



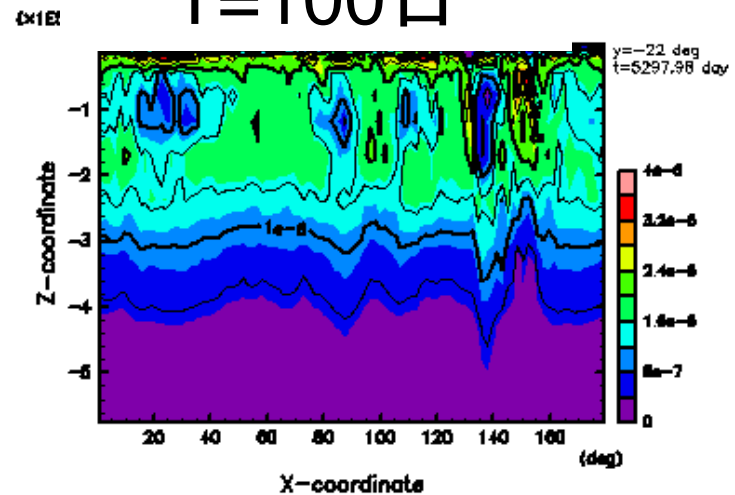
静的安定度の鉛直分布(両方の強制)

($\phi = -22^\circ$, 5300日)

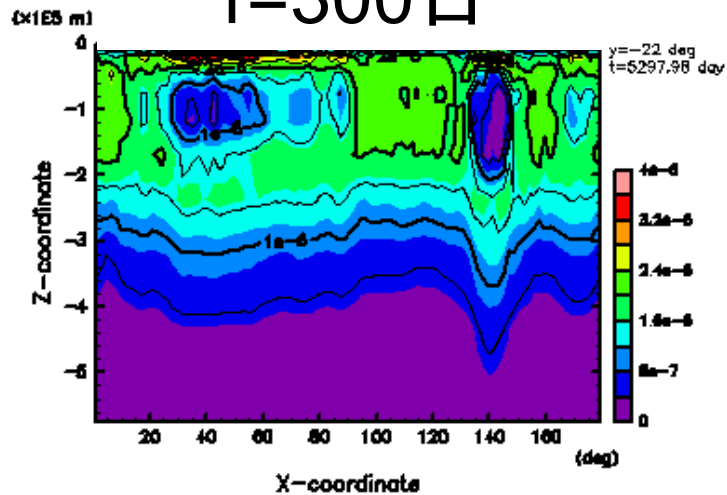
$T=30$ 日



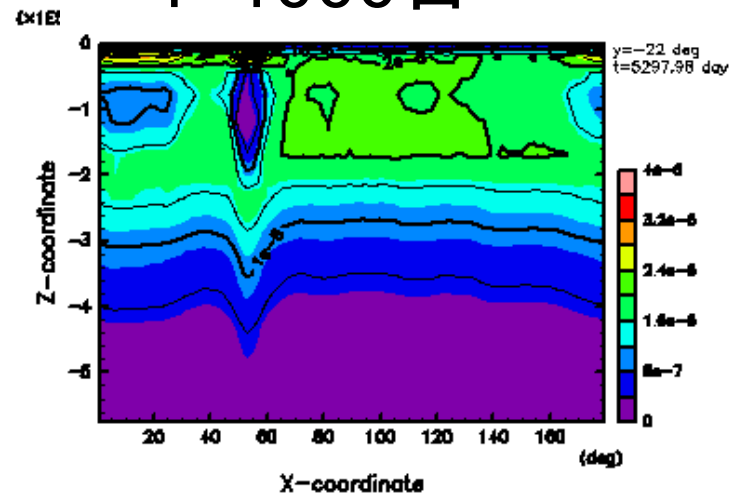
$T=100$ 日



$T=300$ 日



$T=1000$ 日

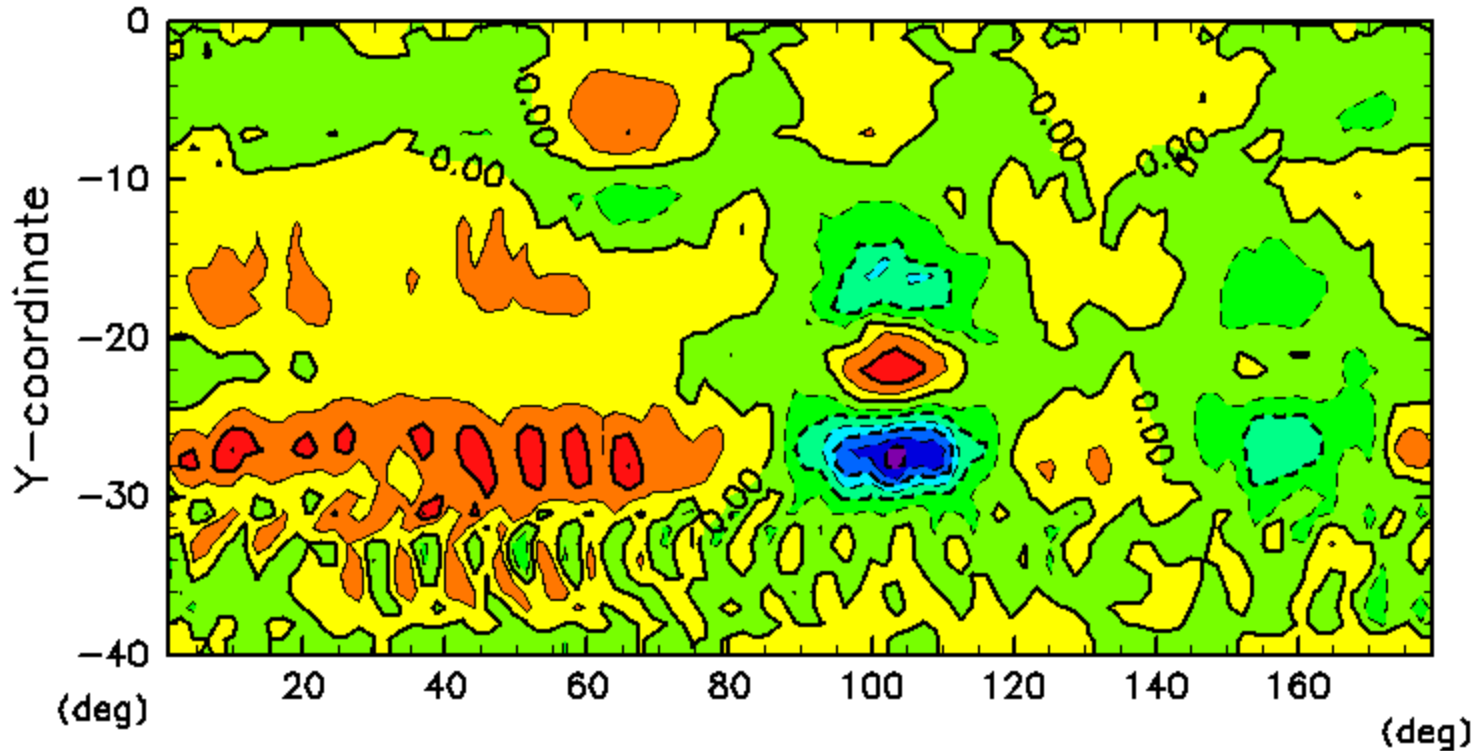


渦のEPVD (NF, $t=2000$)



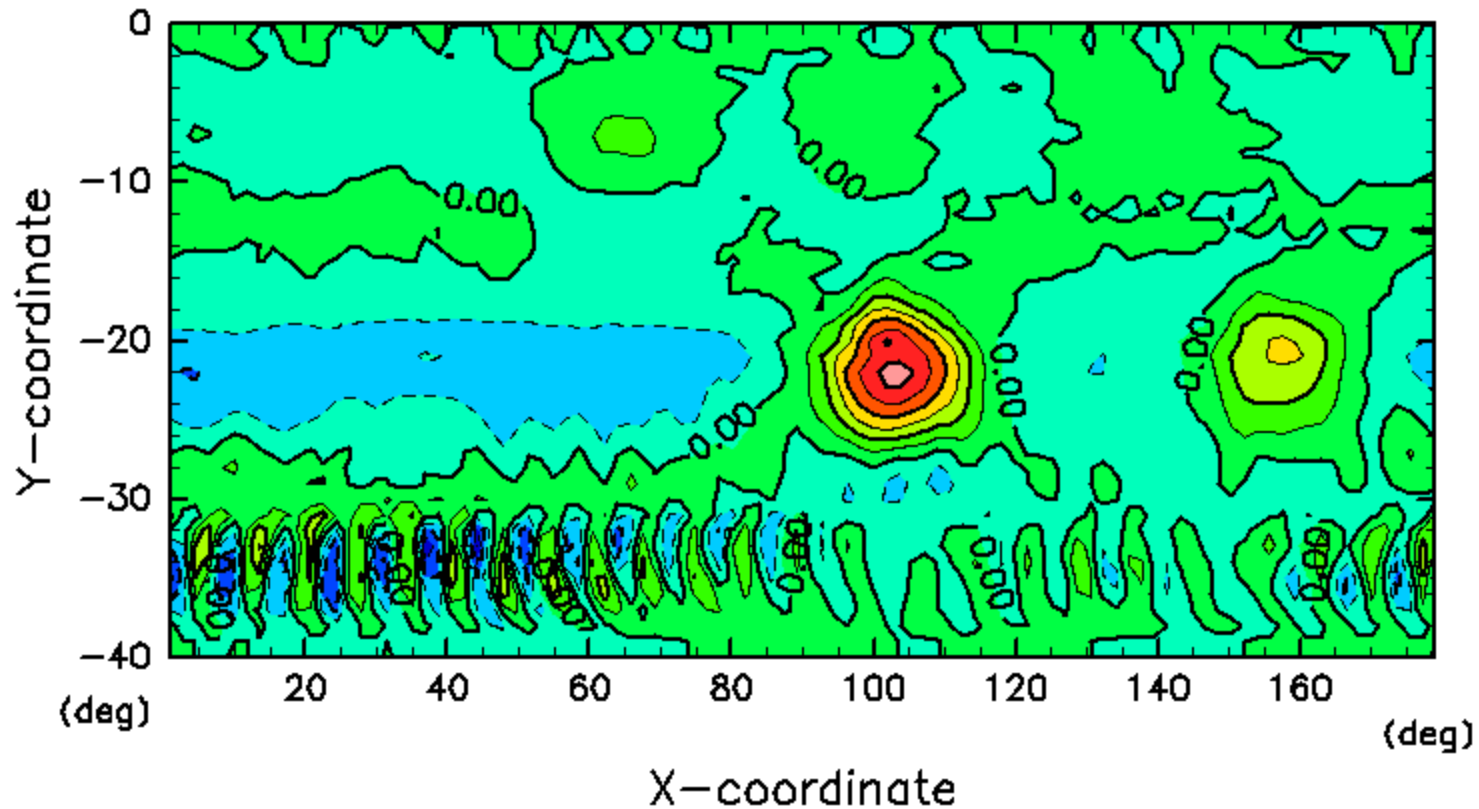
Z= -200km

Eddy Ertel PV

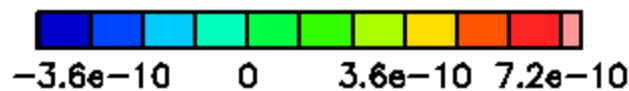


Z= -140km

Eddy Ertel PV



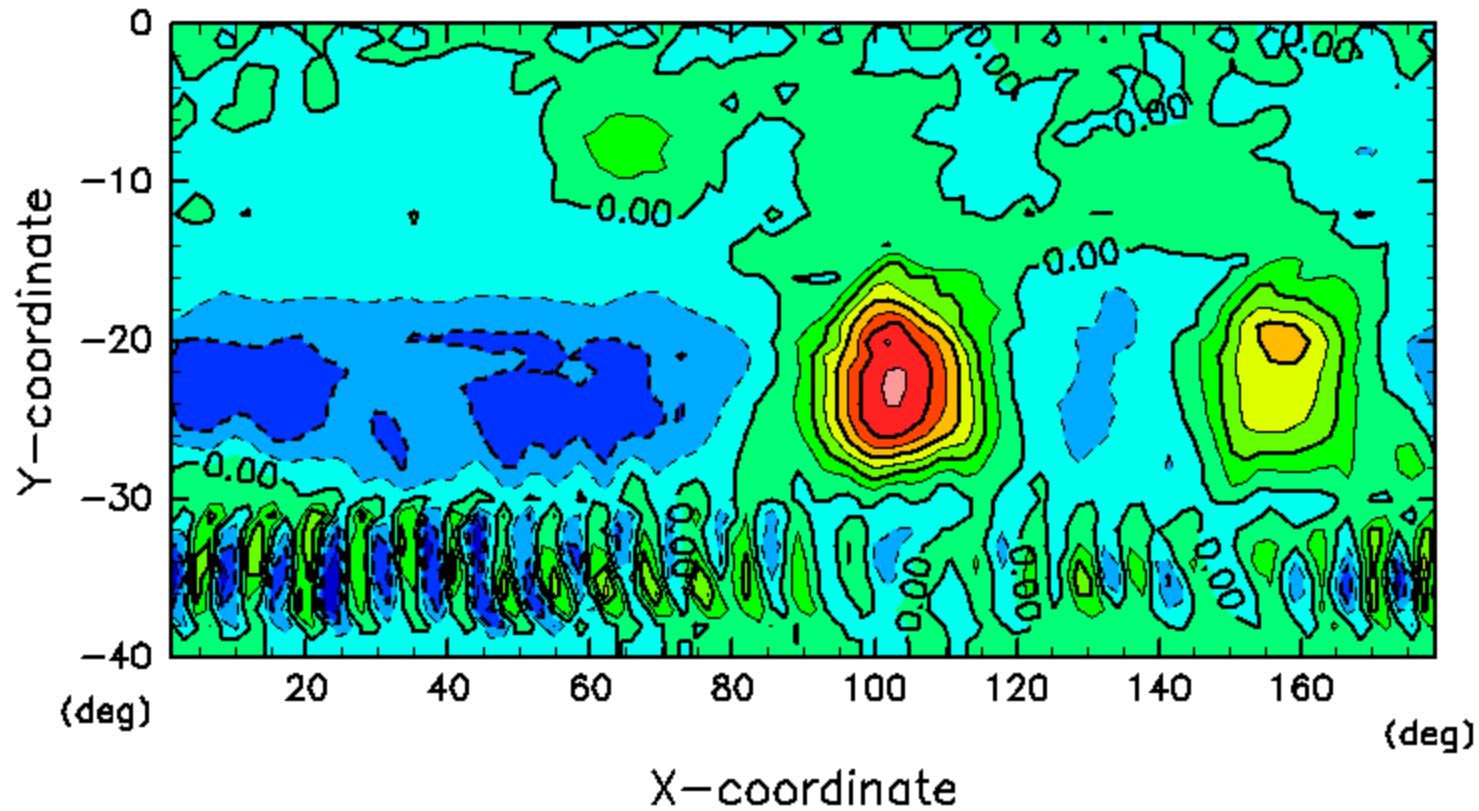
CONTOUR INTERVAL = 1.200E-10



z=-142749 m
t=1998 day

Z= -100km

Eddy Ertel PV



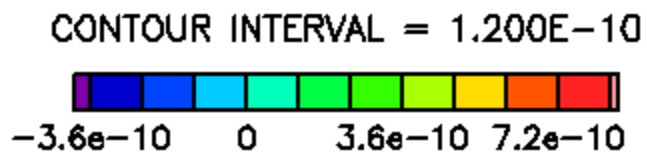
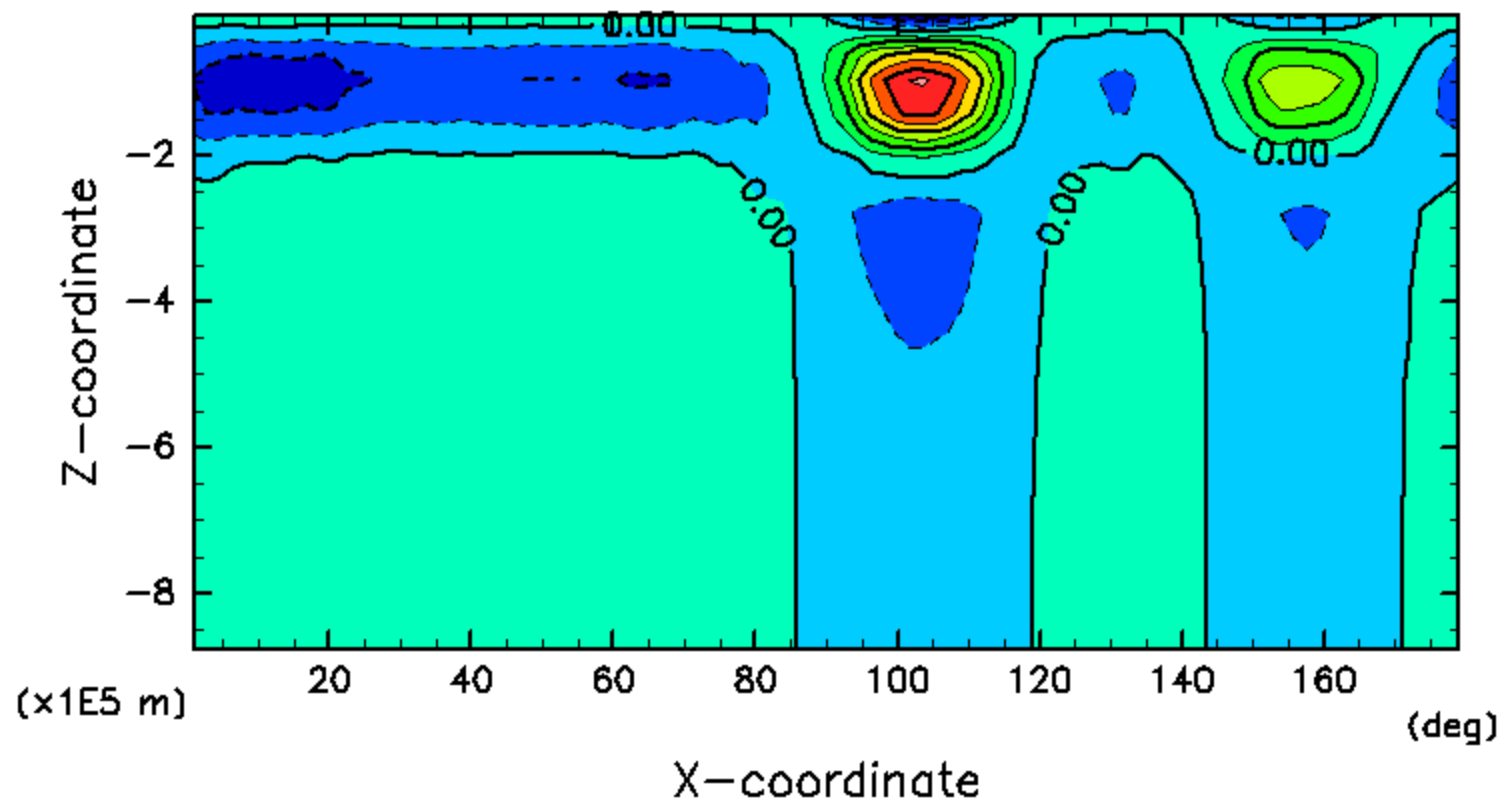
CONTOUR INTERVAL = 1.200E-10



z=-96167.9 m
t=1998 day

$\phi = -22^\circ$

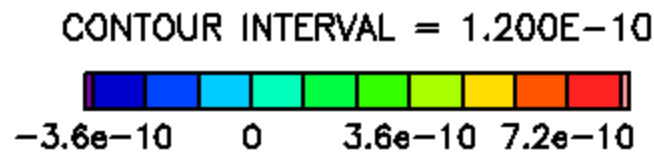
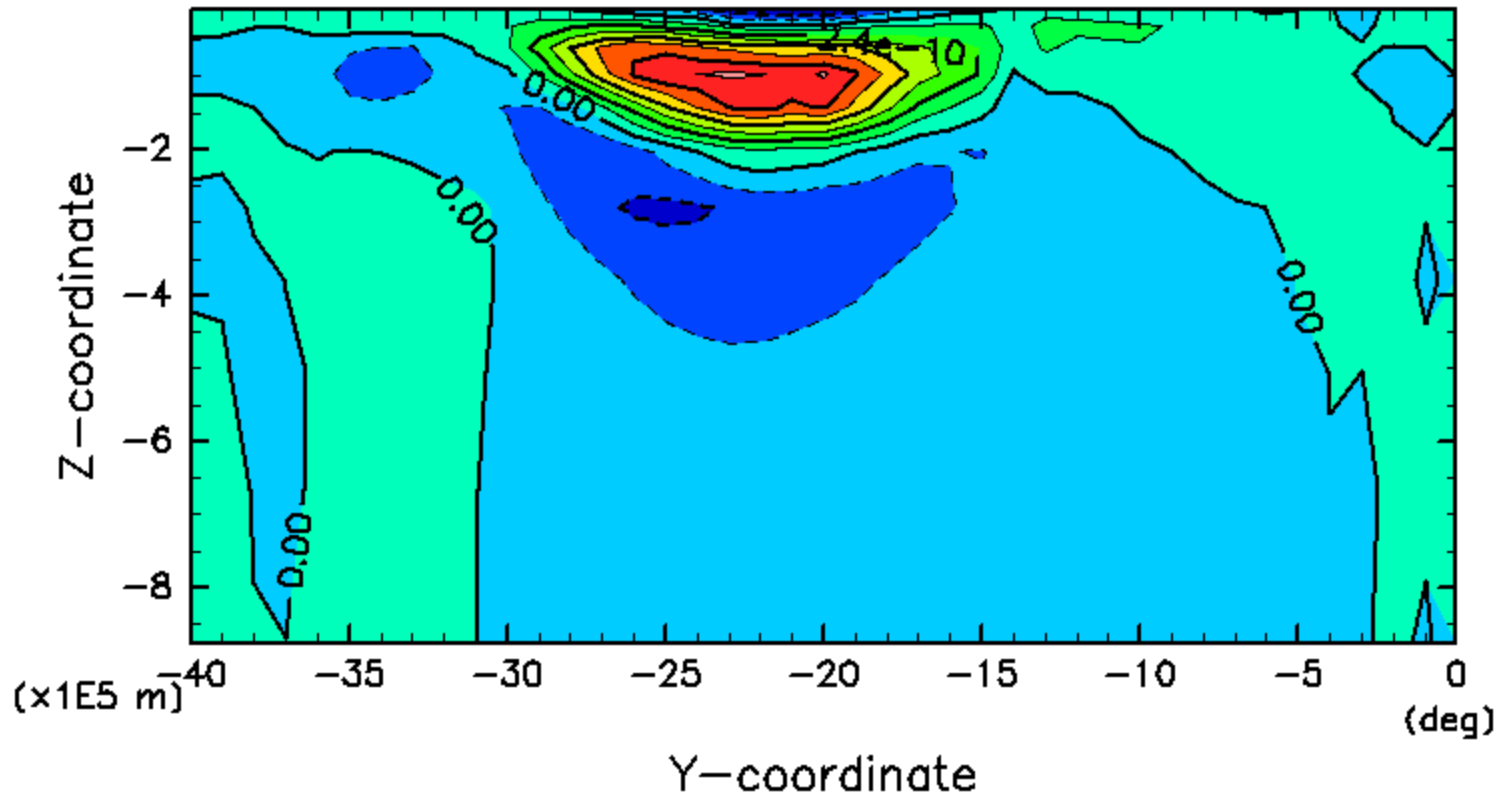
Eddy Ertel PV



y = -22 deg
t = 1998 day

$\lambda = 102^\circ$

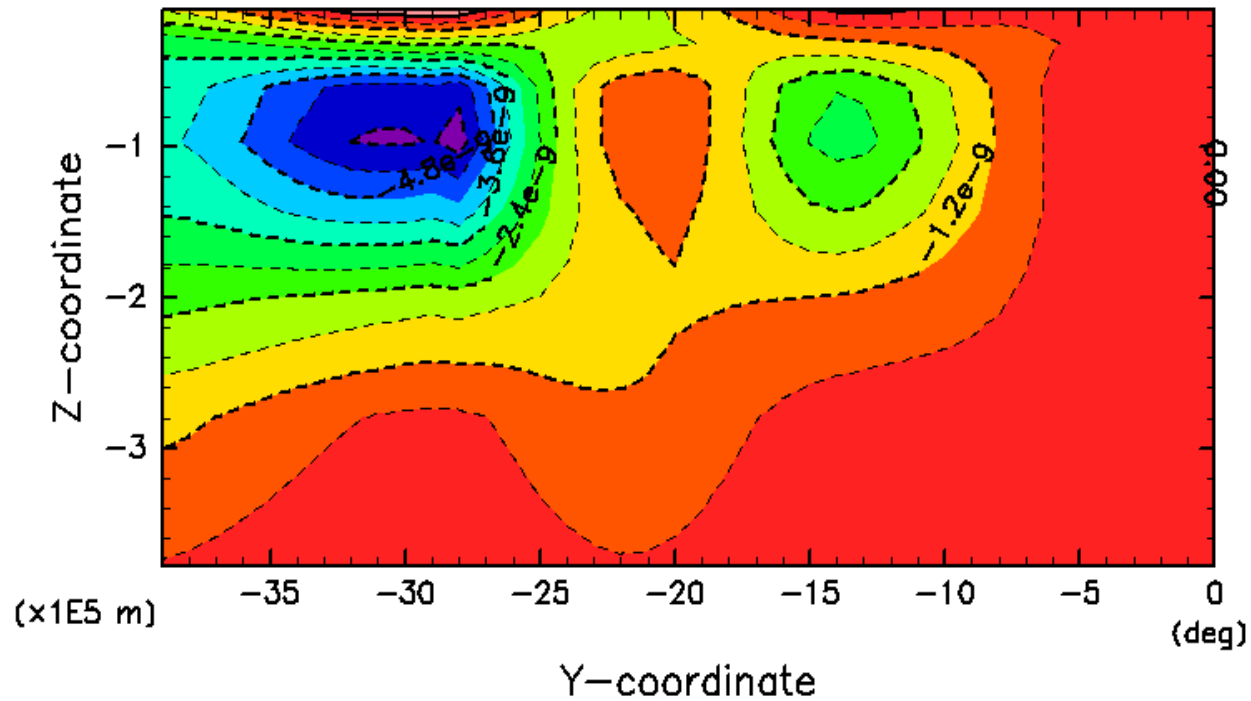
Eddy Ertel PV



$x = 101.7 \text{ deg}$
 $t = 1998 \text{ day}$

初期のPV(緯度高度断面)

Zonal mean Ertel PV



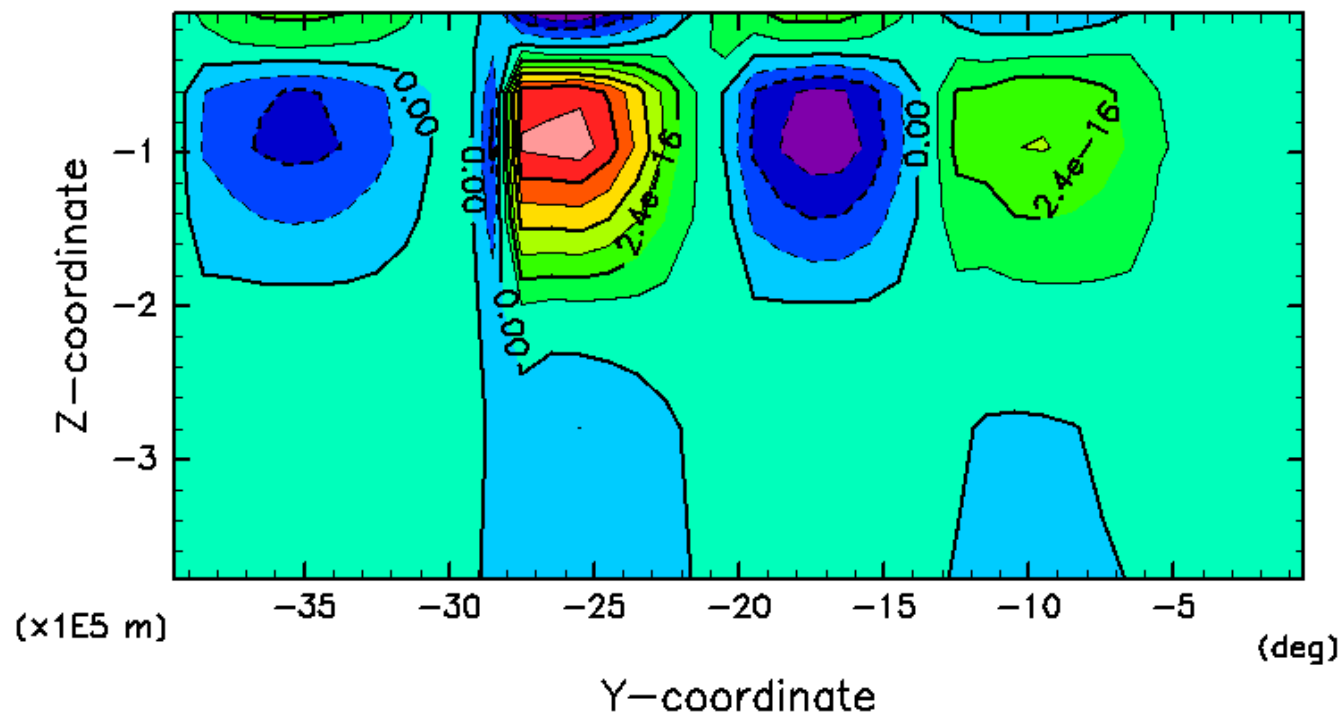
CONTOUR INTERVAL = $6.000E-10$



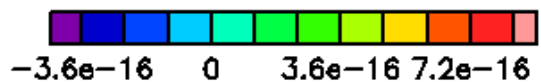
t=0 day

初期のPVの南北微分(緯度高度断面)

Meridional gradient of zonal mean EPV

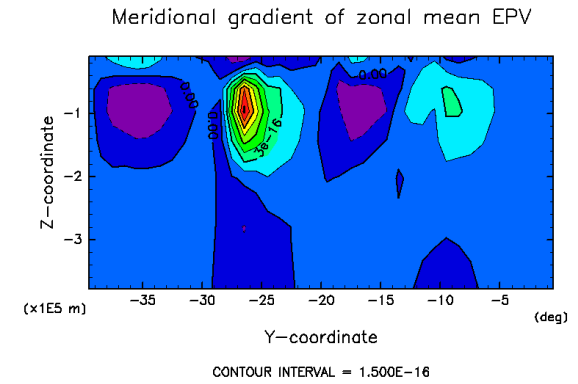
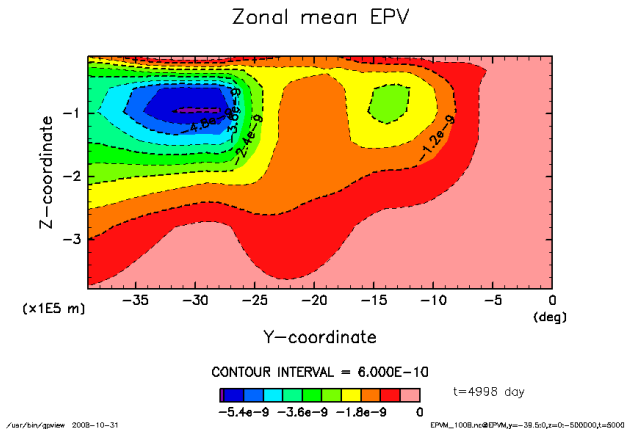


CONTOUR INTERVAL = 1.200E-16

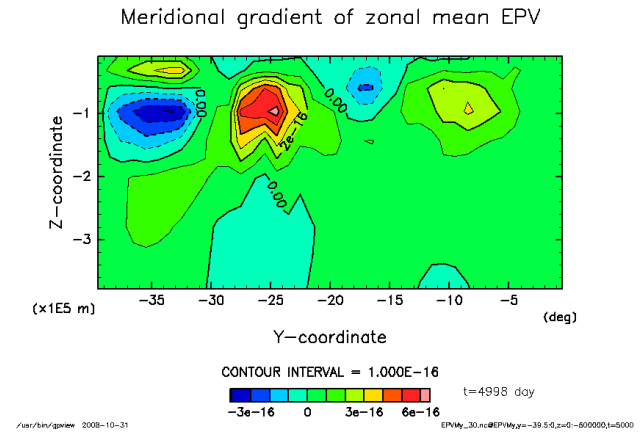
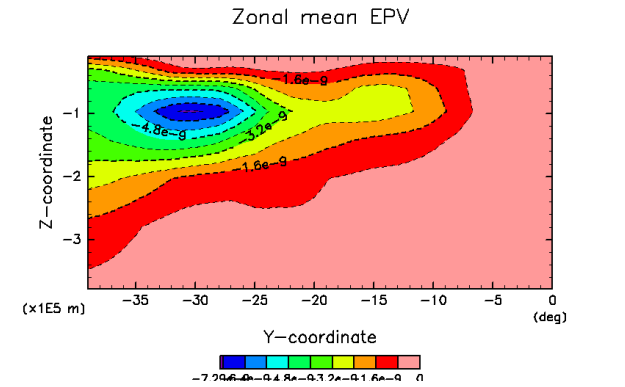


t=0 day

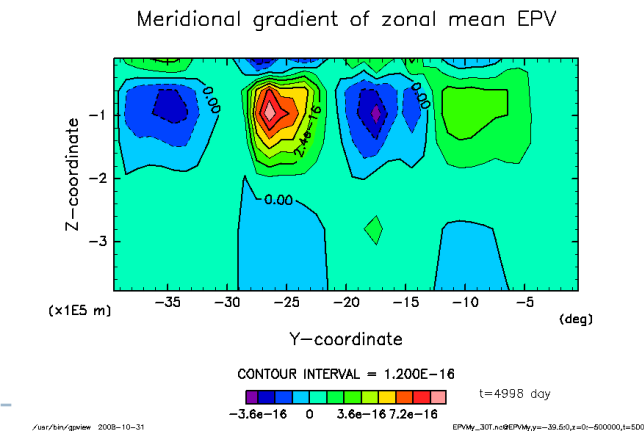
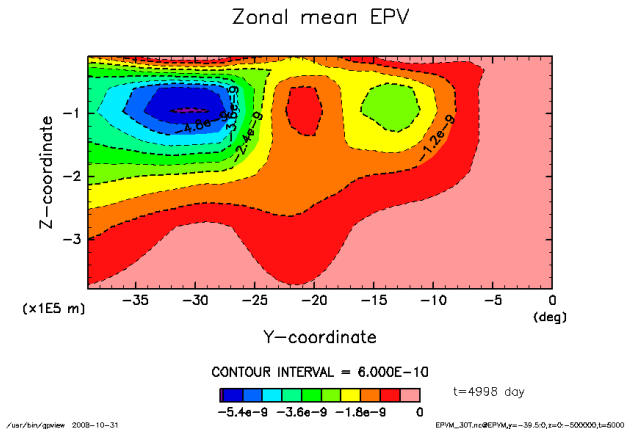
B100



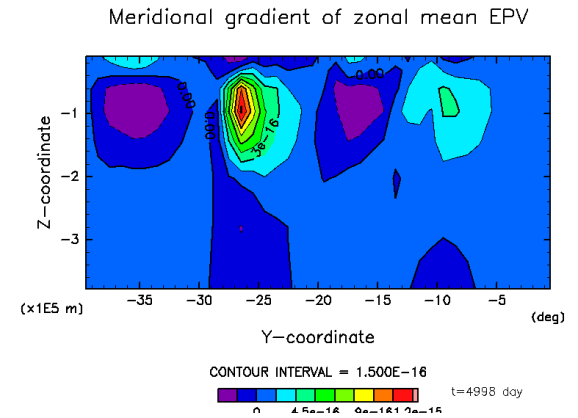
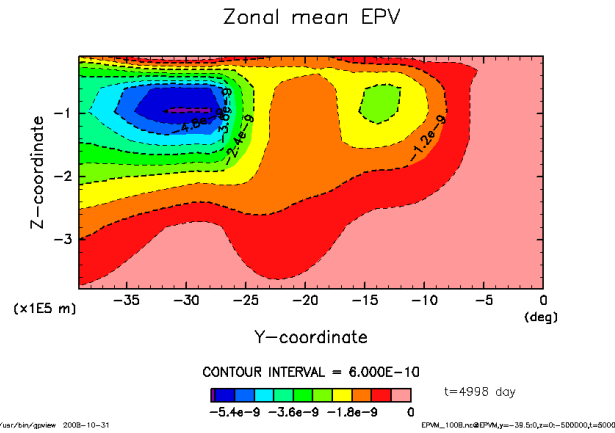
M30



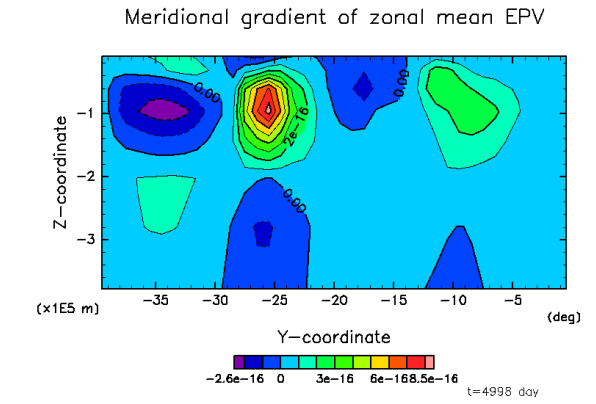
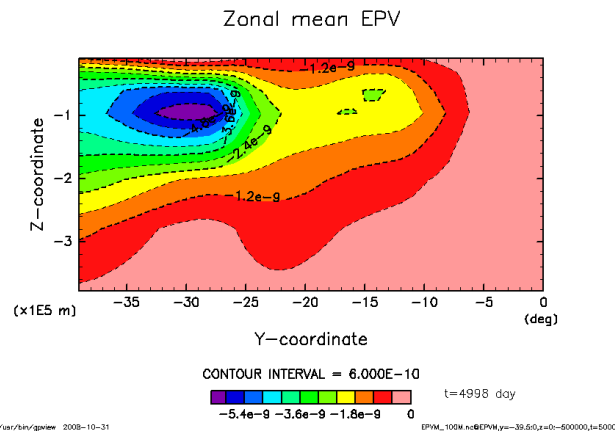
T30



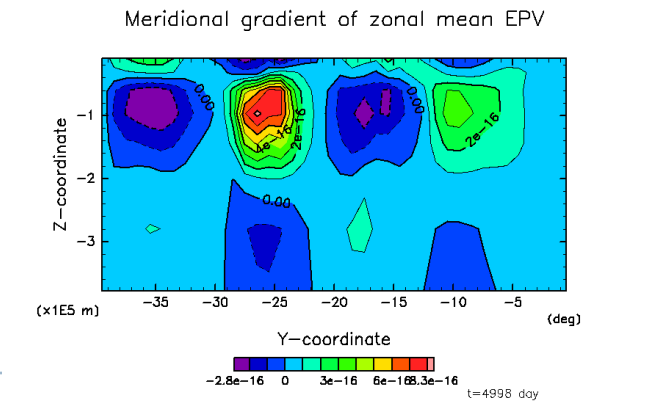
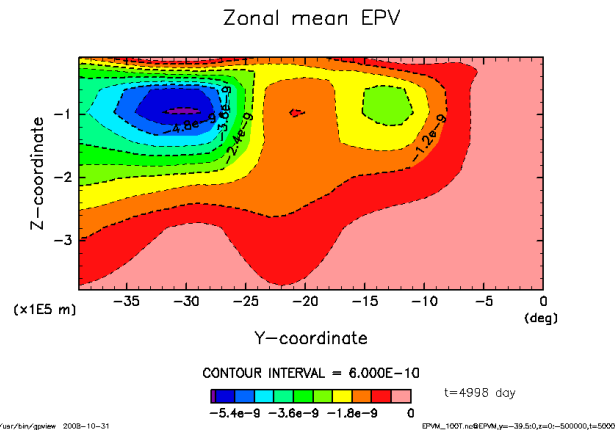
B100



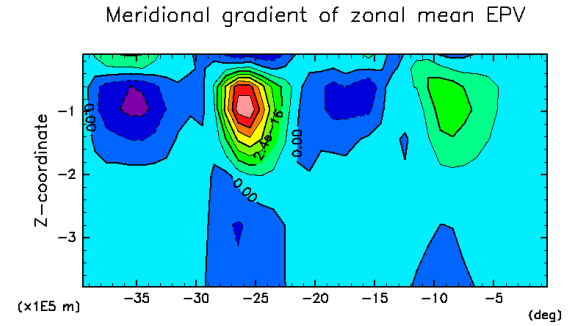
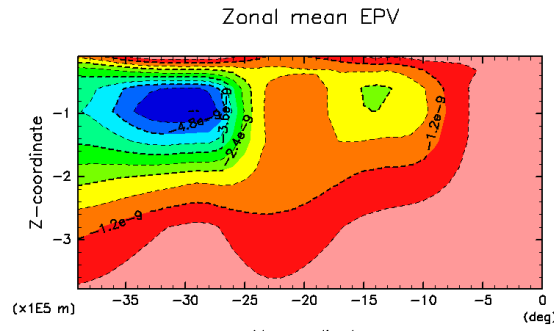
M100



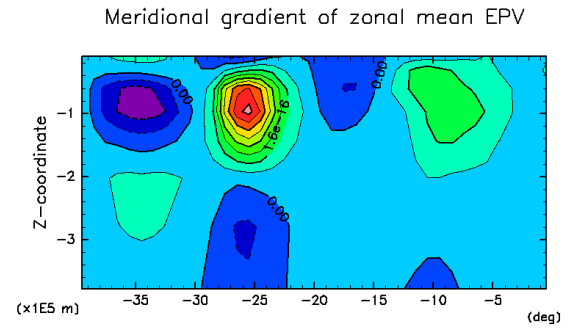
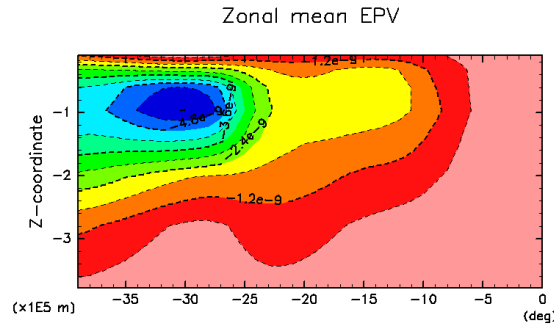
T100



B300



M300



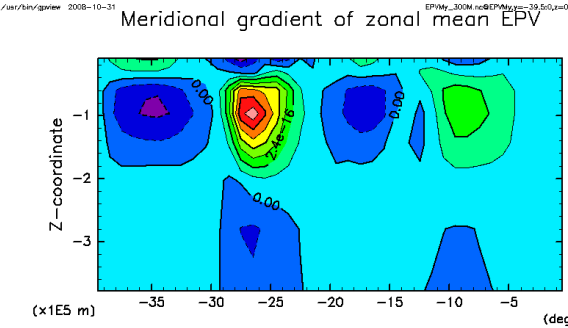
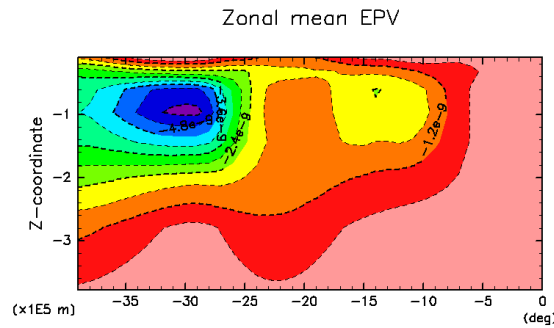
CONTOUR INTERVAL = 6.000E-10
t = 4998 day
-5.4e-9 -3.6e-9 -1.8e-9 0

/usr/bin/gview 2008-10-31 EPV_M_300M.nc#EPV_M_y=-39.50,x=0-500000,z=5000

CONTOUR INTERVAL = 1.200E-16
t = 4998 day
-2e-16 0 2.4e-16 4.8e-16 7.2e-16

/usr/bin/gview 2008-10-31 EPV_M_300M.nc#EPV_M_y=-39.50,x=0-500000,z=5000

T300



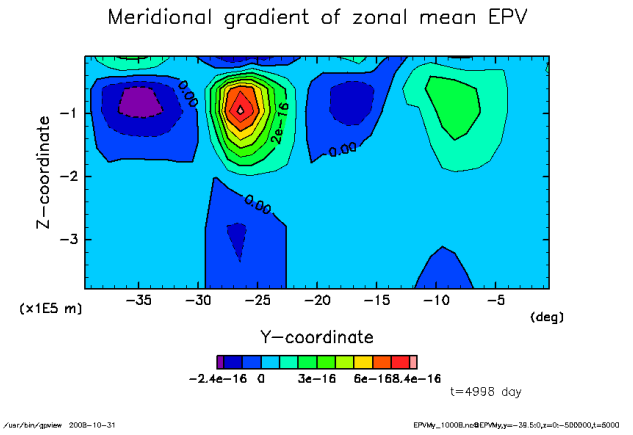
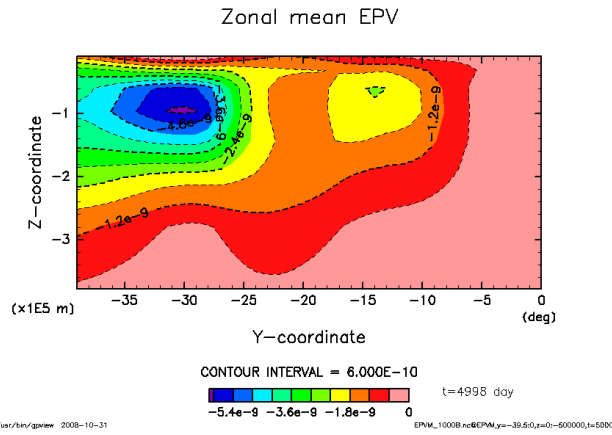
CONTOUR INTERVAL = 6.000E-10
t = 4998 day
-5.4e-9 -3.6e-9 -1.8e-9 0

/usr/bin/gview 2008-10-31 EPV_M_300T.nc#EPV_M_y=-39.50,x=0-500000,z=5000

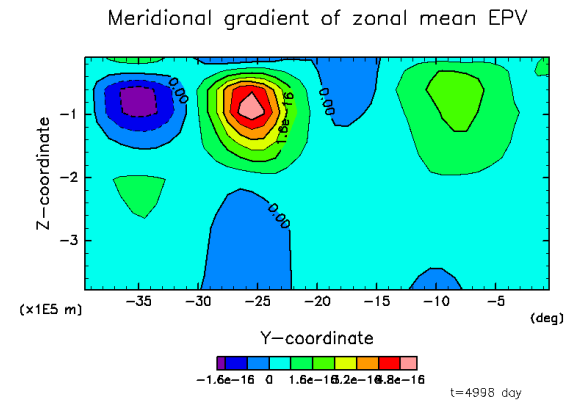
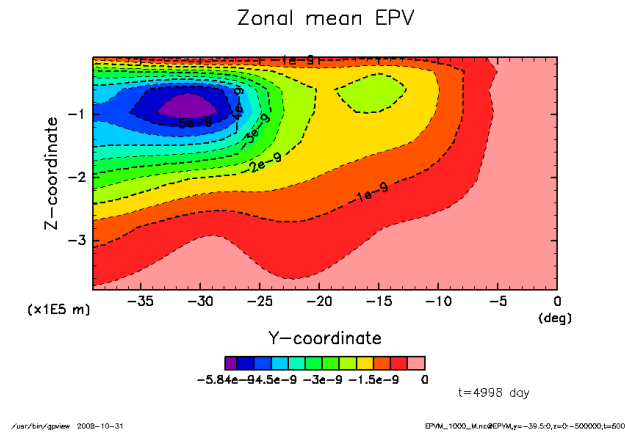
CONTOUR INTERVAL = 1.200E-16
t = 4998 day
-3.1e-16 0 3.6e-16 7.2e-16

/usr/bin/gview 2008-10-31 EPV_M_300T.nc#EPV_M_y=-39.50,x=0-500000,z=5000

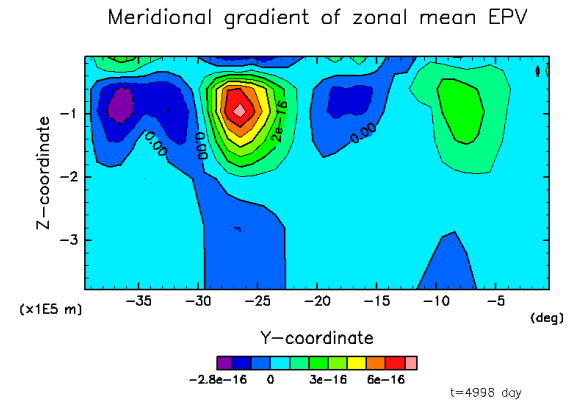
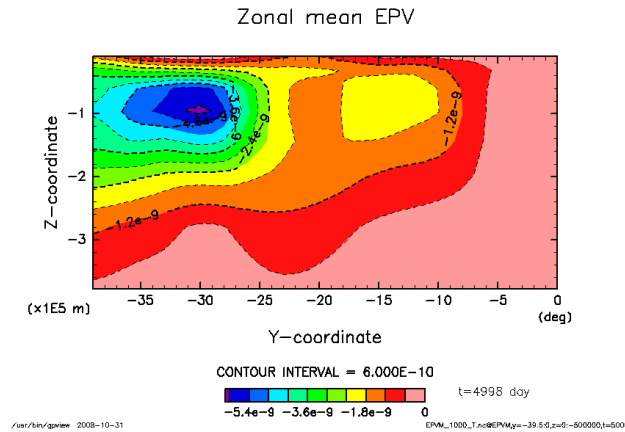
B1000



M1000

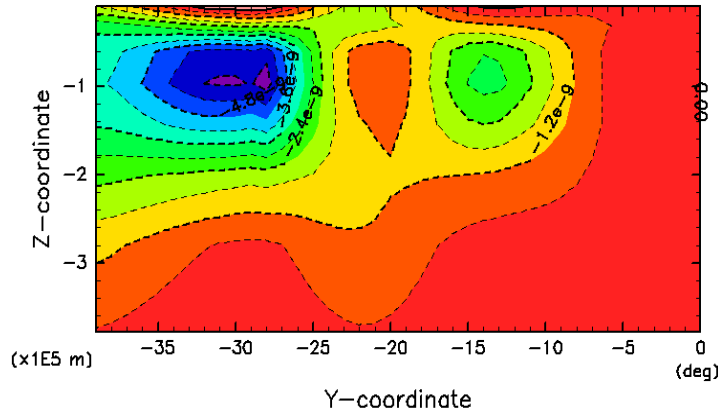


T1000

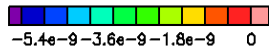


init

Zonal mean Ertel PV



CONTOUR INTERVAL = 6.000E-10

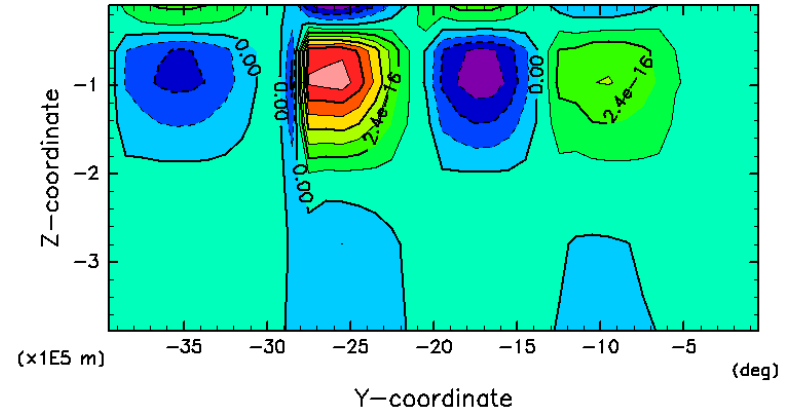


t=0 day

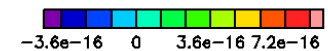
EPV.nc@EPVM,z=0--500000,y=-39.5;0,x=0

/usr/bin/gpvizw 2008-10-30

Meridional gradient of zonal mean EPV



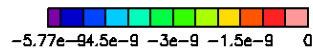
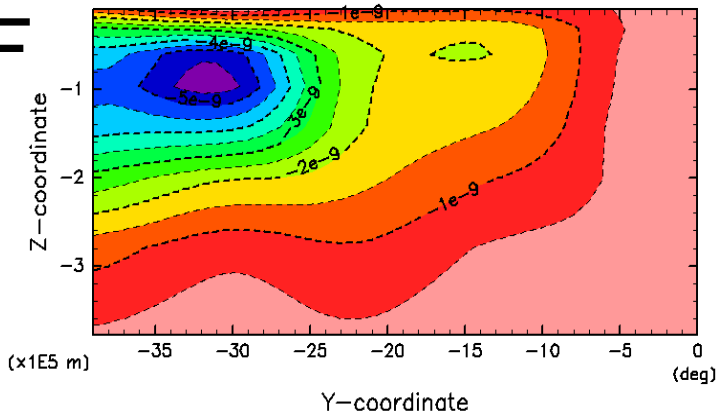
CONTOUR INTERVAL = 1.200E-16



t=0 day

Zonal mean EPV

NF

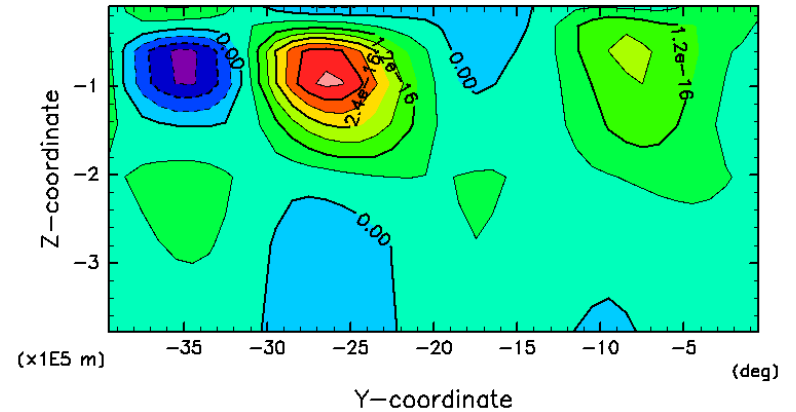


t=4998 day

EPVM_NF.nc@EPVM,z=0--500000,t=5000,y=-39.5;0

/usr/bin/gpvizw 2008-11-01

Meridional gradient of zonal mean EPV



CONTOUR INTERVAL = 6.000E-17



t=4998 day

/usr/bin/gpvizw 2008-11-01

EPVM_NF.nc@EPVM,z=0--500000,t=5000,y=-39.5;0