

同期回転惑星の 大気大循環の数値計算

石渡正樹(北大理)
中島健介(九大理)
森川靖大(北大理)
高橋芳幸(神戸大理)
倉本圭(北大理)
小高正嗣(北大理)
林祥介(神戸大理)



同期回転惑星

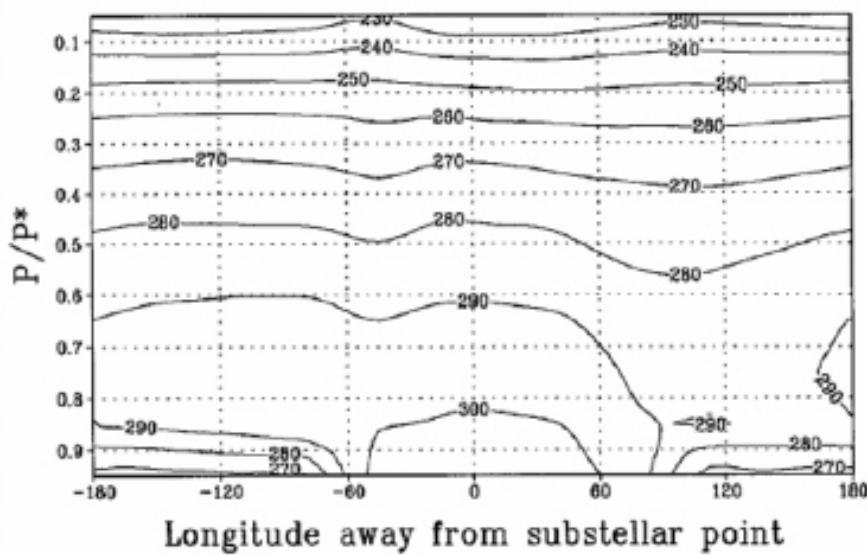
- 系外惑星の1つの姿かもしれない
- 地球型惑星でハビタブル？



これまでの研究

■ Joshi et al. (1997)

- 二酸化炭素大気、水無し
- 太陽定数は地球の値、自転角速度はタイタン



ここでは水を含む大気を考える

- 水を入れないと面白くない

- 生命存在可能性

- 水を入れると

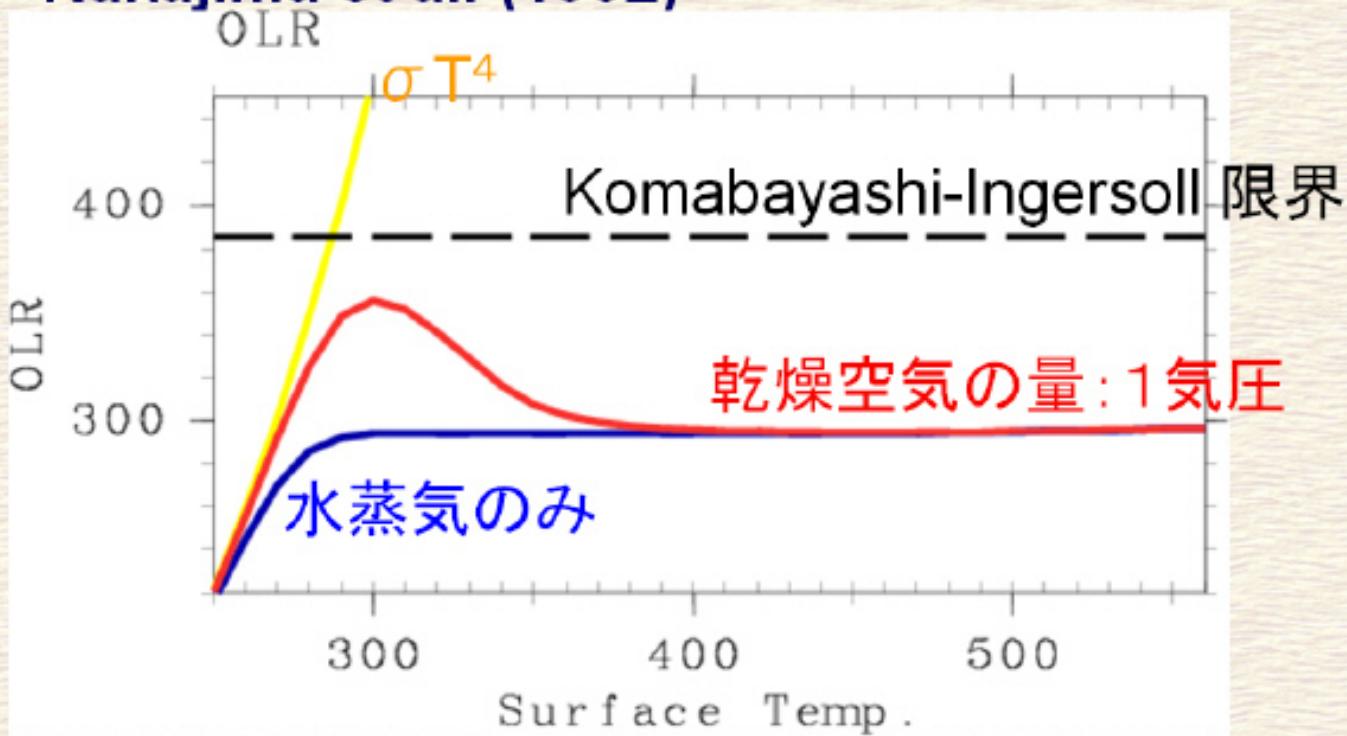
- いとも簡単に暴走するのでは？
 - (いとも簡単に凍結するのでは？)

暴走温室状態とは

- 大気の放射限界を超えたエネルギーfluxスが入射する状態
- 成層圏モデル
 - Komabayashi (1967)
 - Ingersoll (1969)
- 鉛直1次元放射対流平衡モデル
 - Nakajima et al. (1992)

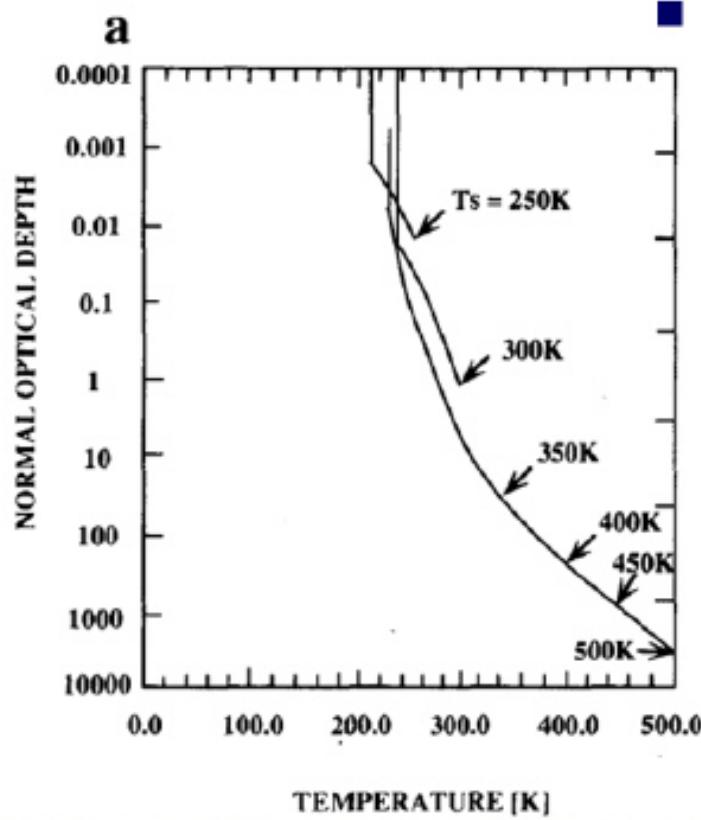
1次元放射対流平衡モデル

- Nakajima et al. (1992)



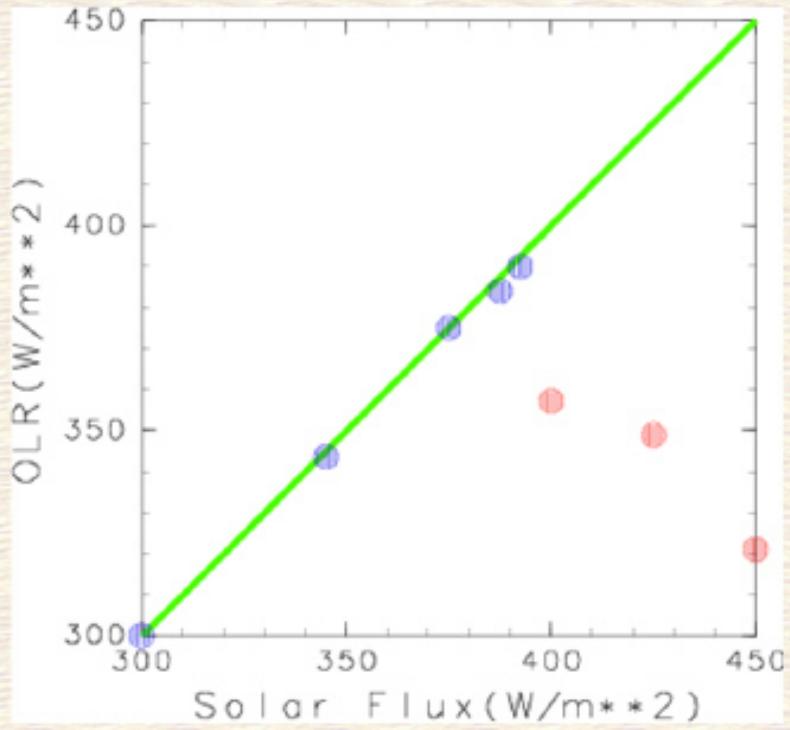
1次元モデルの鉛直温度構造

■ Nakajima et al. (1992)



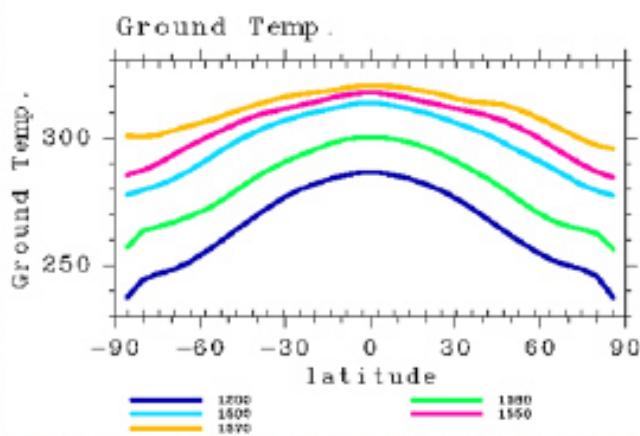
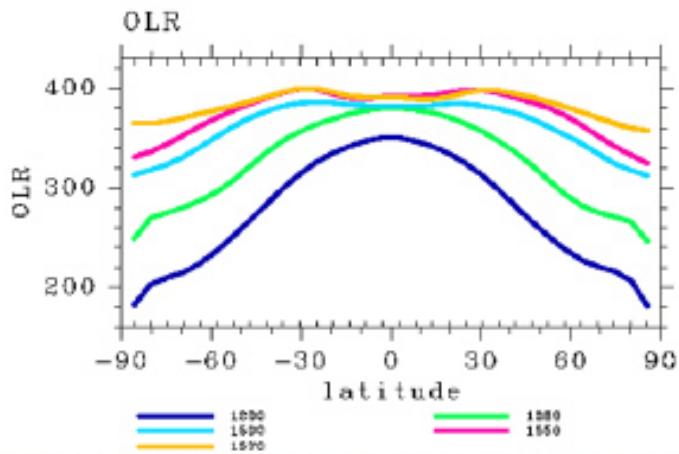
GCMにおける太陽定数増大実験

- Ishiwatari et al. (2002)



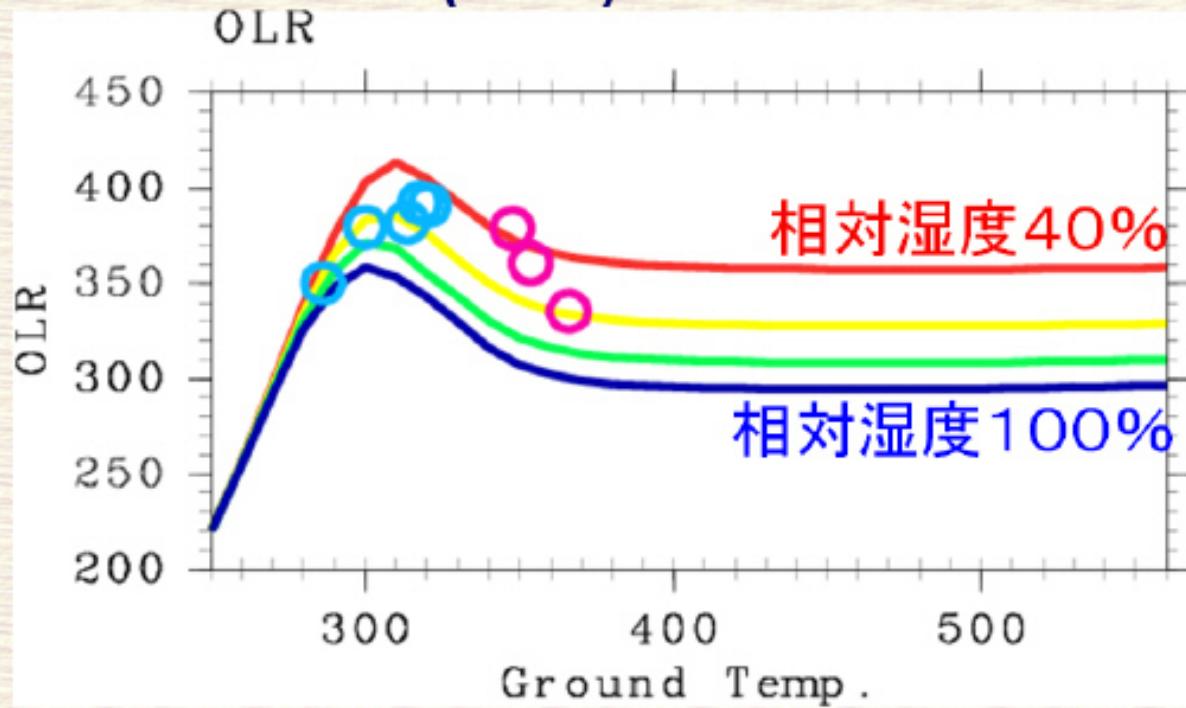
大気南北構造の太陽定数依存性

■ Ishiwatari et al. (2002)



1次元系との対応

- Ishiwatari et al. (2002)



計算するのは仮想惑星

■ 地球を同期回転させるだけ

- 太陽定数は地球の値
- 自転周期は1日、公転周期も1日
- 多分、そんな惑星は実在しない

■ 地球と比較して何が違うか？

- 暴走するか？
- 水平熱輸送は？

■ 「同期回転地球」(水惑星)のGCM計算

大気大循環モデル

■ GFD-Dennou-Club AGCM5

- <http://www.gfd-dennou.org/library/agcm5>
- 3次元プリミティブ方程式
- 解像度:T21L16
- 対流調節

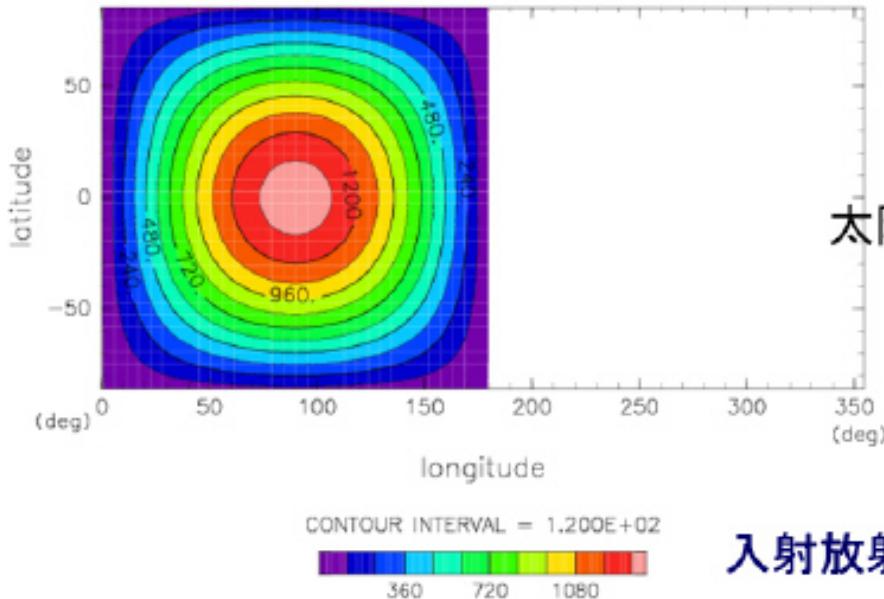
■ 理想的(仮想的?)計算設定

- 自転角速度,重力加速度,惑星半径は地球の値
- 大気成分: 非凝結性成分と水蒸気
- 灰色放射
- 入射放射は全て地表に到達
- 雲無し
- 地表面は常に熱バランスしていると仮定

入射放射分布

昼半球

夜半球



太陽定数: 1380W/m^2

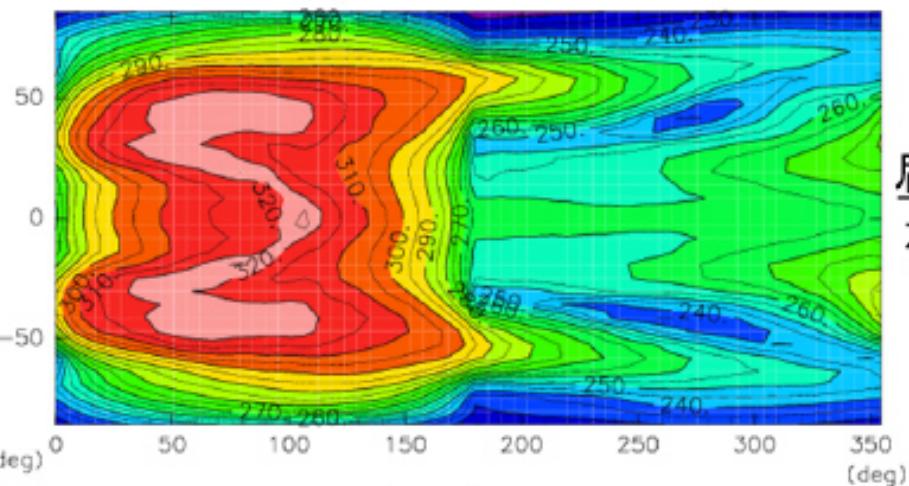
入射放射は全て地表に到達

地表面温度水平分布

150-200日平均

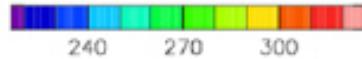
ground temperature

latitude



longitude

CONTOUR INTERVAL = 5.000E+00



/var/bin/gpfdex 2007-07-02

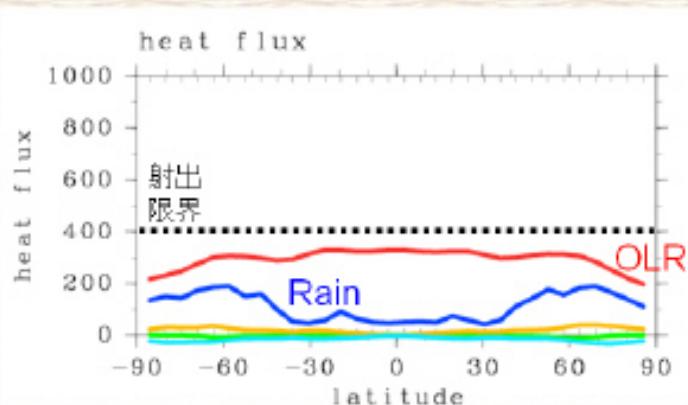
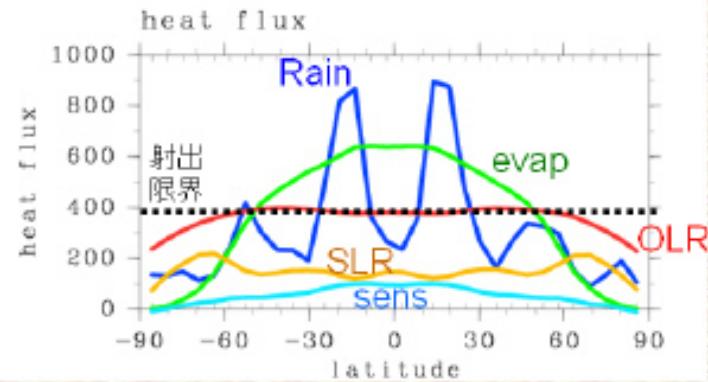
(mean) time:216000..288000

Tg.nc@lp_time=216000..298000

熱フラックス南北分布

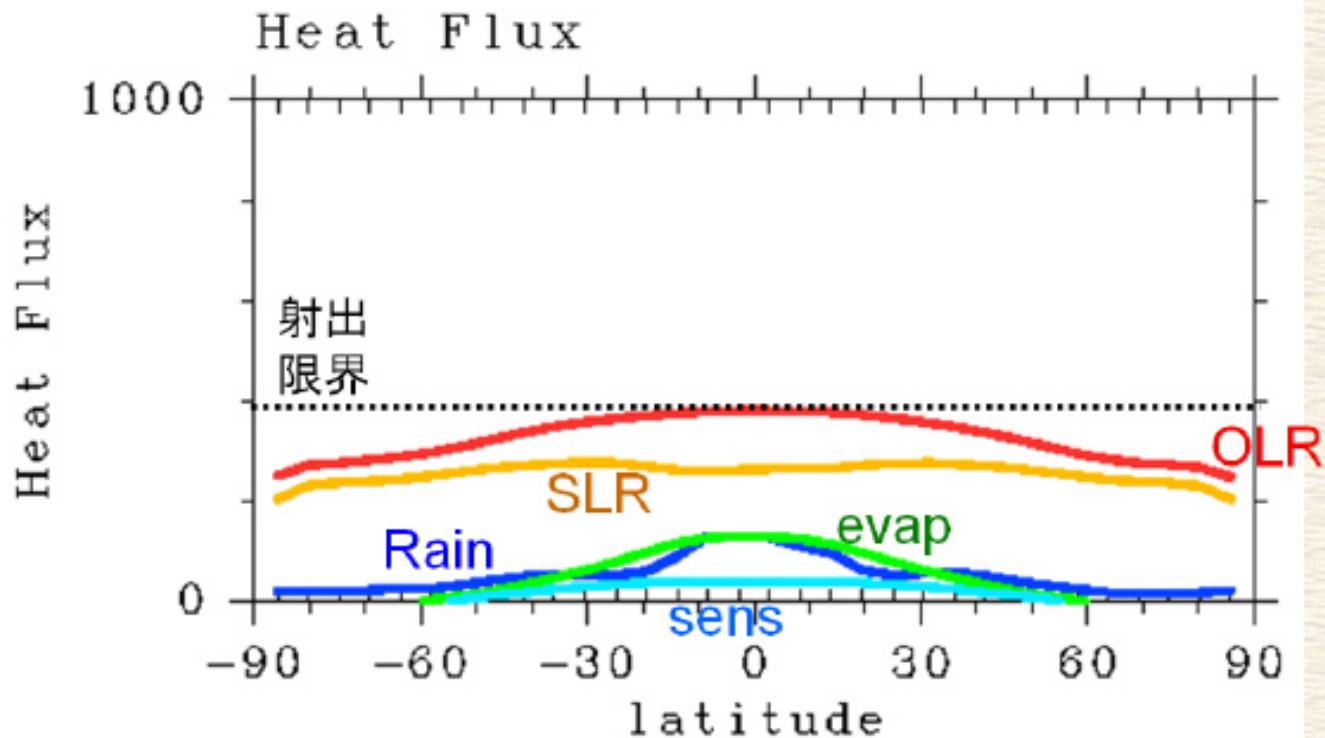
昼半球

夜半球



昼半球の大部分でOLRは射出限界に達している。
過剰な熱は夜半球で射出。

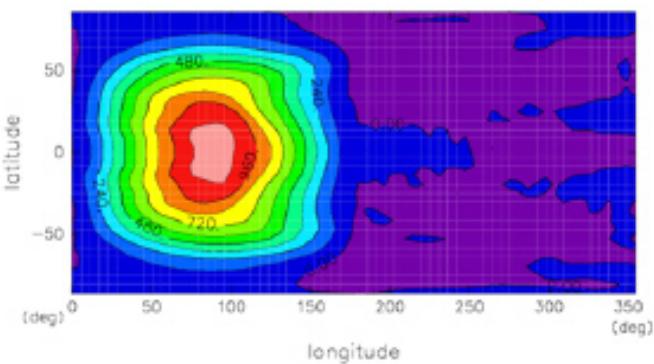
フラックス南北分布(地球的な場合)



大気の水蒸気量が多い

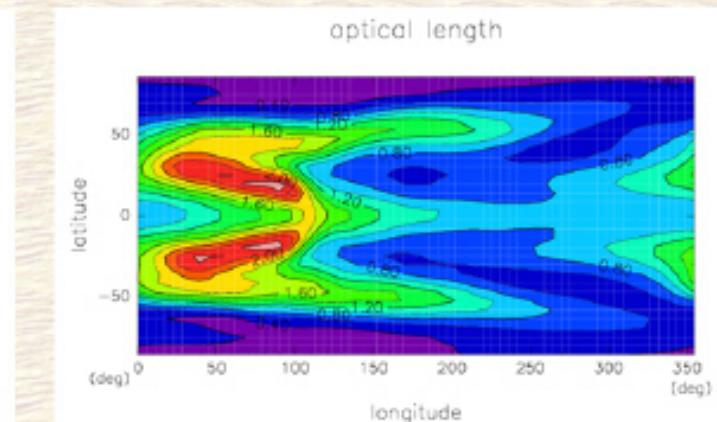
蒸発フラックス

latent heat flux



光学的厚さ

optical length

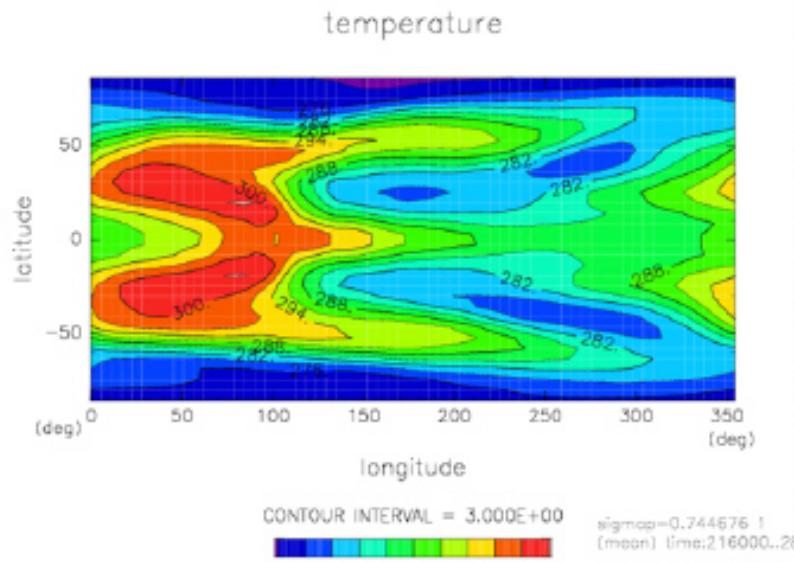


sigmap=0.994897 1
(mean) time:216000..

150-200日平均

赤道波の存在

温度水平分布($\sigma = 0.7$)

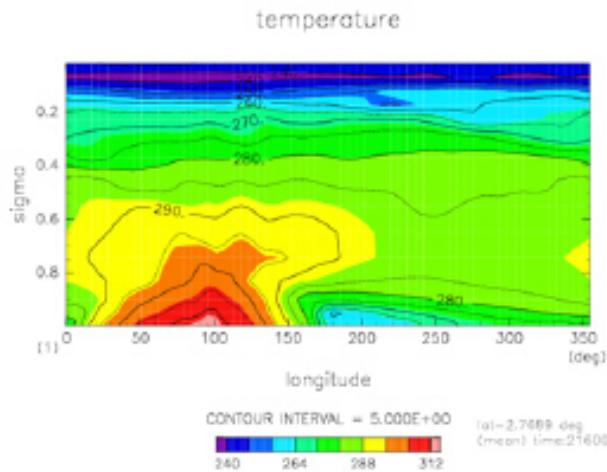


150-200日平均

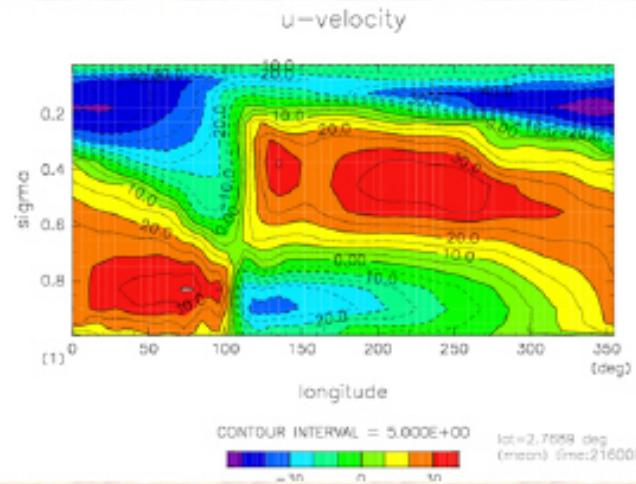
赤道波を介した熱輸送

赤道ケルビン波のシグナル

温度赤道断面



東西風赤道断面

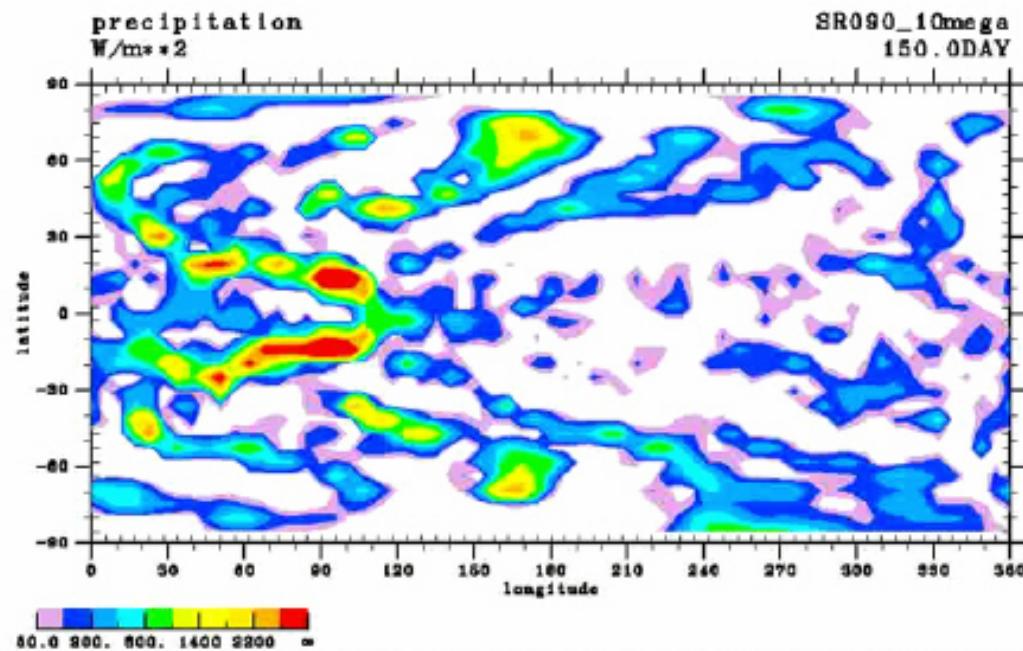


150-200日平均

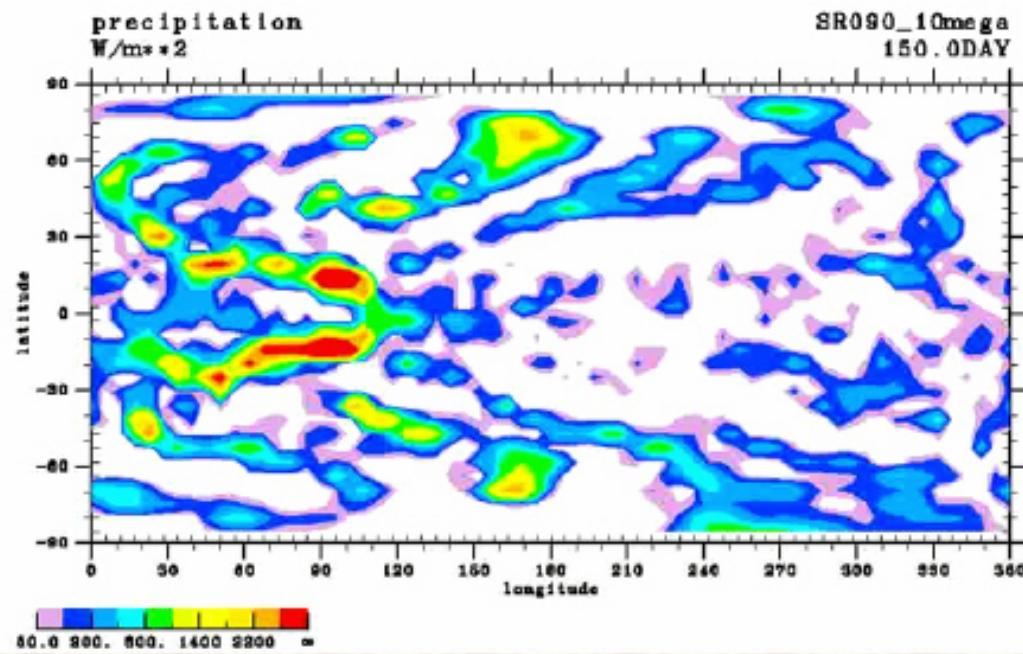
中・高緯度における熱・水輸送

- 傾圧不安定擾乱を介した東西熱輸送
- 夜半球においては、凝結加熱が大気にとっての主要熱源

降水平面分布



降水平面分布



結果のまとめ

■ 同期回転地球のGCM計算: 設定

- 表面は全部 swamp ocean
- 入射エネルギーは全部地表に与えられる
- 太陽定数、自転角速度、重力加速度、惑星半径などなどは 地球の値

■ 結果

- 昼半球のOLRは暴走限界に達し、過剰な熱は夜半球で射出
- 赤道波・傾圧不安定擾乱を介した東西熱輸送

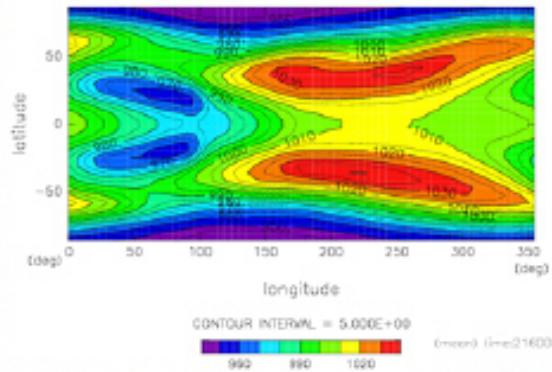
■ 今後の課題

- 入射エネルギーの吸収分布を変える
- 太陽定数依存性
- 放射スキーム
- 雲の取り扱い(どうしましょう？？？)

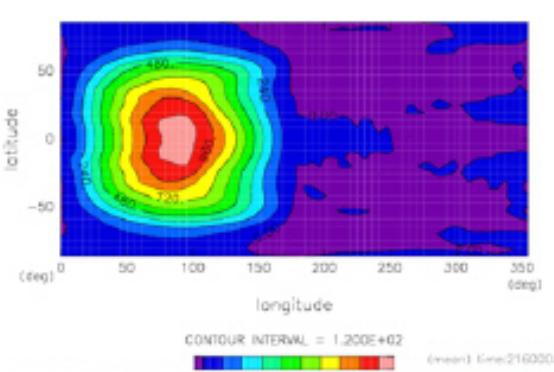
Appendix

大気の水平構造

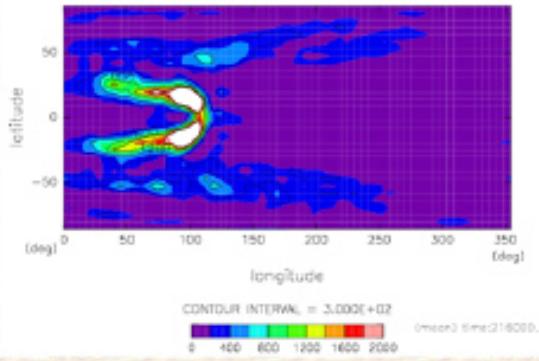
表面気圧



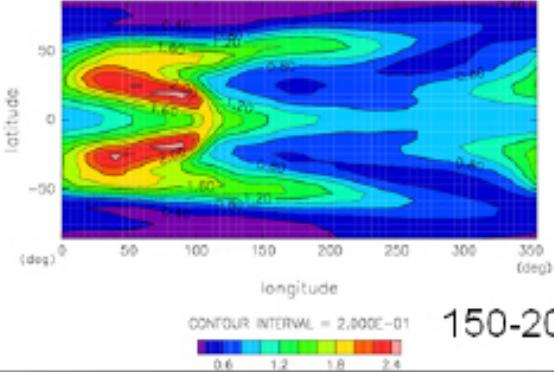
蒸発フラックス



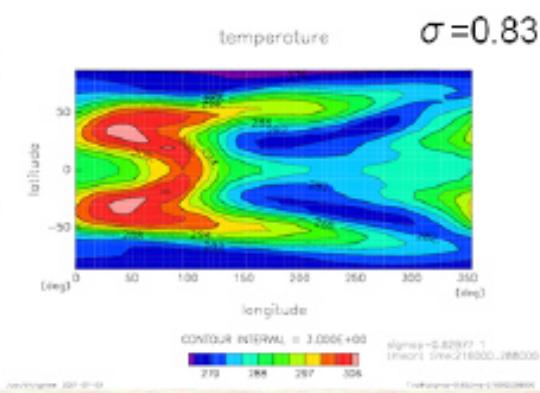
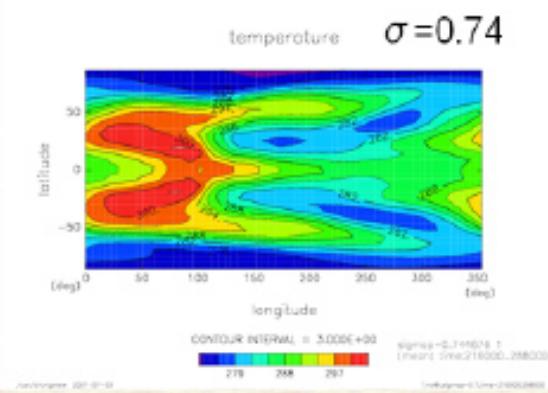
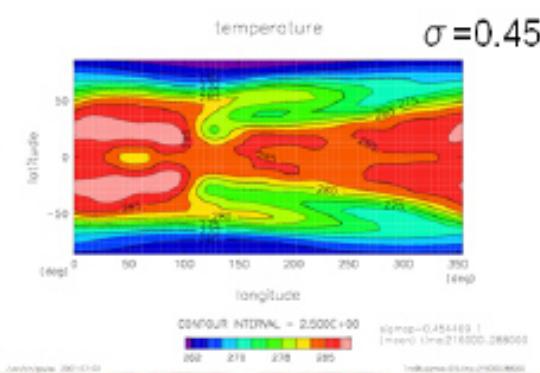
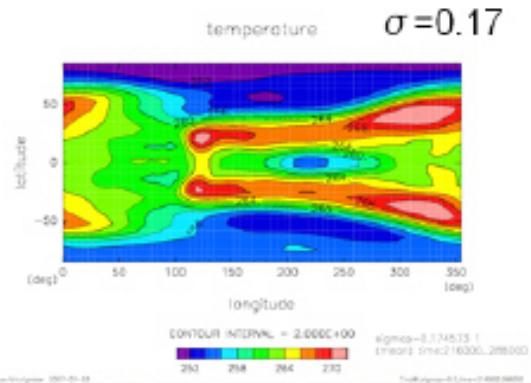
降水分布



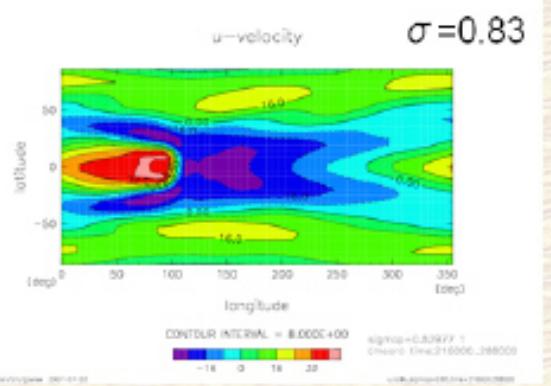
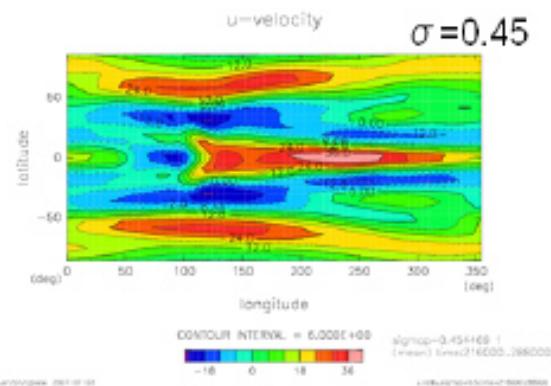
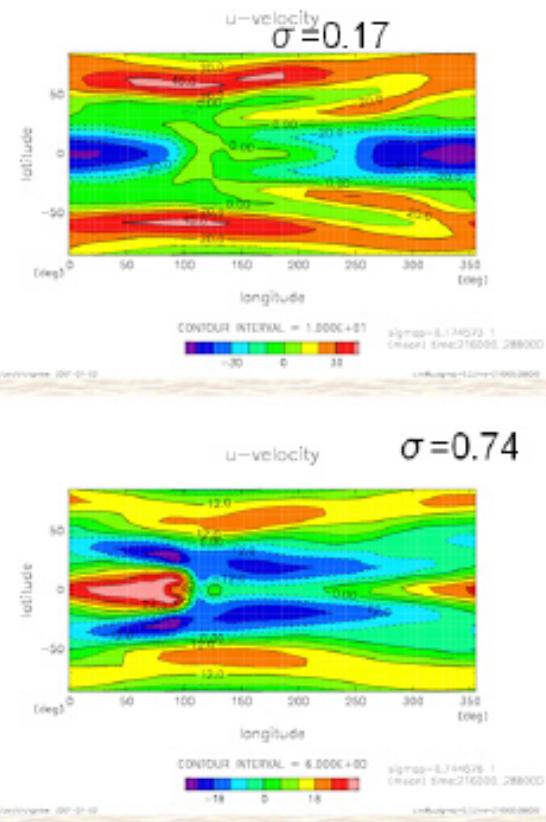
光学的厚さ



Temperature:



Zonal wind



http://www.gfd-dennou.org