

木星大気を念頭においた 湿潤大気のための 大循環モデルの 開発および数値実験

森川 靖大 (北大・理/神戸大・理)
杉山 耕一郎 (国立天文台)
高橋 芳幸 (神戸大・理)
小高 正嗣 (北大・理)
石渡 正樹 (北大・理)
中島 健介 (九大・理)
林 祥介 (神戸大・理)

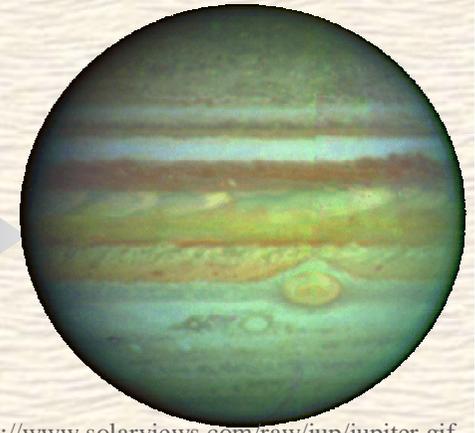
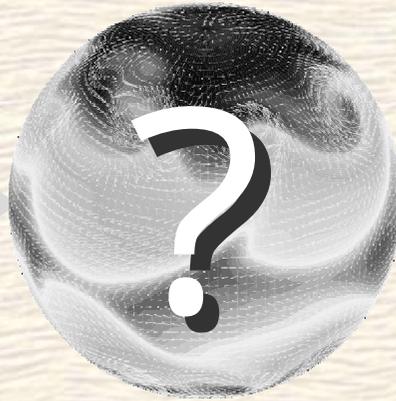


仮想湿潤惑星大気計算

- いろいろな湿潤惑星大気循環を計算したい



<http://earthobservatory.nasa.gov/Study/LivingEarth/>



<http://www.solarviews.com/raw/jup/jupiter.gif>

- 一般に仮想惑星大気計算のためには
 - 計算条件を手軽に変更
 - ◆ 大気組成、入射太陽放射量、重力加速度、大気圧、自転周期 etc.
 - 例題として地球から木星へ
 - ◆ どちらも湿潤大気
 - ◆ 力学的には同じ
 - ◆ 物理的パラメタ (重力, 平均分子量など) は異なる
 - ◆ 物理過程 (積雲パラメタリゼーション, 放射, 地表面など) も異なる

物理過程交換の問題点と解決策

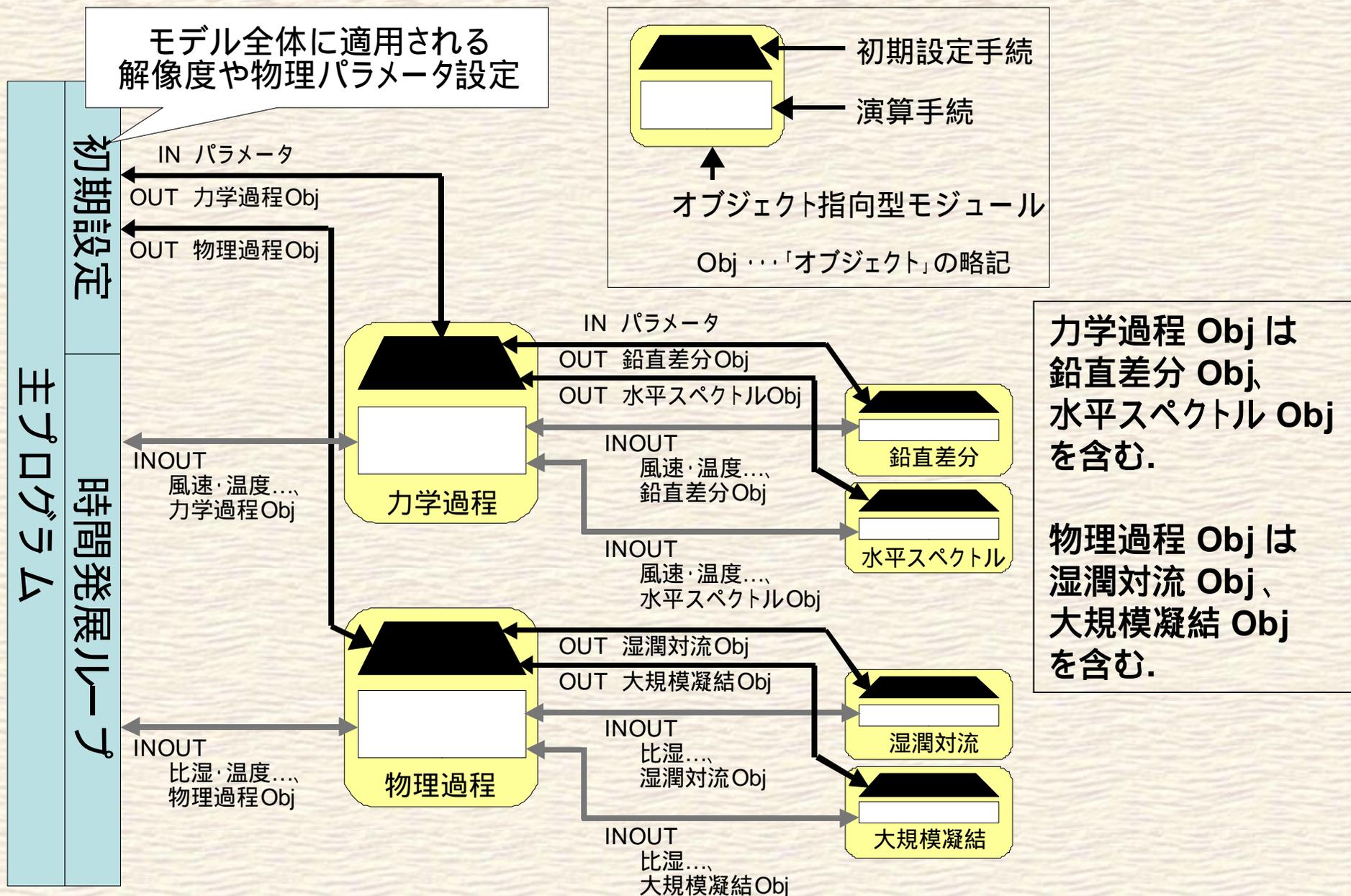
■ 物理過程交換の際の問題点

- 個々の物理過程に必要なパラメタ (惑星半径, 重力加速度, 太陽定数, H_2O の吸収係数, etc) は異なる
- 全パラメタを「グローバル変数」とすると大変
- どのパラメタを「グローバル変数」とするのか, 交換のたびに検討するのも大変

■ 解決策

- 物理過程ごとにパラメタを独立管理
- 全てのパラメタは「ローカル変数」として管理
- 一貫性が必要なパラメタは, 引数として引き渡す

オブジェクト指向型モジュール



モデル

- 地球流体電脳倶楽部 DCPAM (ver 4)
 - 力学過程
 - ◆ プリミティブ方程式系
 - 物理過程
 - ◆ 放射 (地球大気用)
 - ◆ 鉛直拡散 (Mellor and Yamada, 1974, レベル 2)
 - ◆ 地表フラックス (バルク法)
 - ◆ 湿潤対流調節 (Manabe et al. 1965)
 - ◆ 大規模凝結
 - ◆ 乾燥対流調節
- 簡単な地球大気の計算ができるところまで実装

木星計算へ向けて

- 杉山 (2007) の設定を参考に, 段階的に地球設定から木星設定へ

- 第1ステップ (パラメタの変更 +)

← 今回の発表

- 重力加速度を 23.1 m/s^2 , 大気 of 平均分子量を $2.3 \times 10^{-3} \text{ kg/mol}$
- 最下層の温度を 490 K , 比湿を $6.11 \times 10^{-3} \text{ kg/kg}$, 気圧を $30 \times 10^5 \text{ Pa}$ に固定
- 放射過程は一様冷却層 ($1 \times 10^4 \sim 2 \times 10^5 \text{ Pa}$ の範囲に -1 K/day) に置き換え
- 境界条件の変更 (地表面フラックスなし)

- 第2ステップ (物理過程の変更)

- 積雲パラメタリゼーション, 乾燥対流調節などの物理過程を再定式化して実装して導入

計算結果 (第1ステップ)

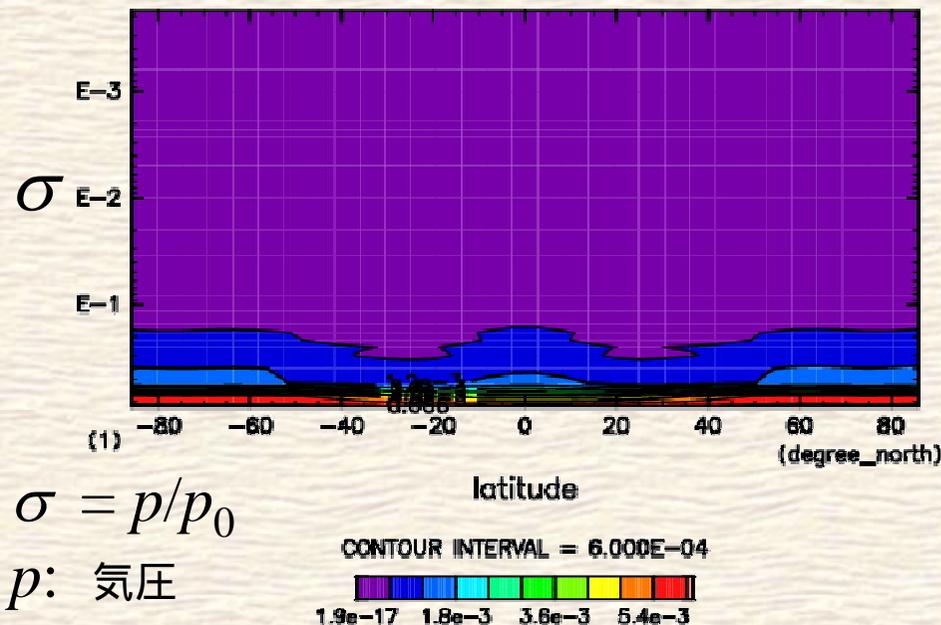
- 比湿の東西平均, 200 ~ 300 日 時間平均値

- 特徴

- 地表面 (30 Pa 付近) で水がほとんど凝結
- 杉山 (2007) では, より上空で凝結

- 原因の考察

- 水の再蒸発がない
- 乾燥対流調節が温度のみ調節 (水蒸気無視)



$$\sigma = p/p_0$$

p : 気圧

p_0 : 地表面気圧

まとめ

- 地球 木星大気を手軽に計算可能な大気大循環モデルを開発 (鋭意継続中)
 - 物理過程交換のためのオブジェクト指向型モジュール設計
 - 力学および地球大気のための物理過程の実装
- 木星大気計算へ
 - 第1ステップ (パラメタ変更 +)
 - ◆ 計算が動くことを確認
 - ◆ 期待通り, 杉山 (2007) とは全然異なる結果
 - 第2ステップ (物理過程交換)
 - ◆ 上記のモジュール設定を用いて実装
 - ◆ 地球 木星大気計算を手軽に行う環境を実現

参考文献

- **DCPAM**

- <http://www.gfd-dennou.org/library/dcpam>

- **杉山, 2007, 博士論文**

- <http://www.gfd-dennou.org/arch/prepri/2007/hokudai/sugiyama/ronbun/pub/>

- **Mellor, G. L, Yamada, T., 1974: A hierarchy of turbulence closure models for planetary boundary layers. *J. Atmos. Sci*, 31, 1791--1806.**

- **Manabe, S., Smagorinsky, J., Strickler, R. F., 1965: Simulated climatology of a general circulation model with a hydrologic cycle. *Mon. Wea. Rev.*, 93, 769--798.**