

dcmodel における共有化の 現状と将来計画

高橋芳幸^{1,2}, たくさんの共同研究者,
1. 惑星科学研究センター,
2. 神戸大学

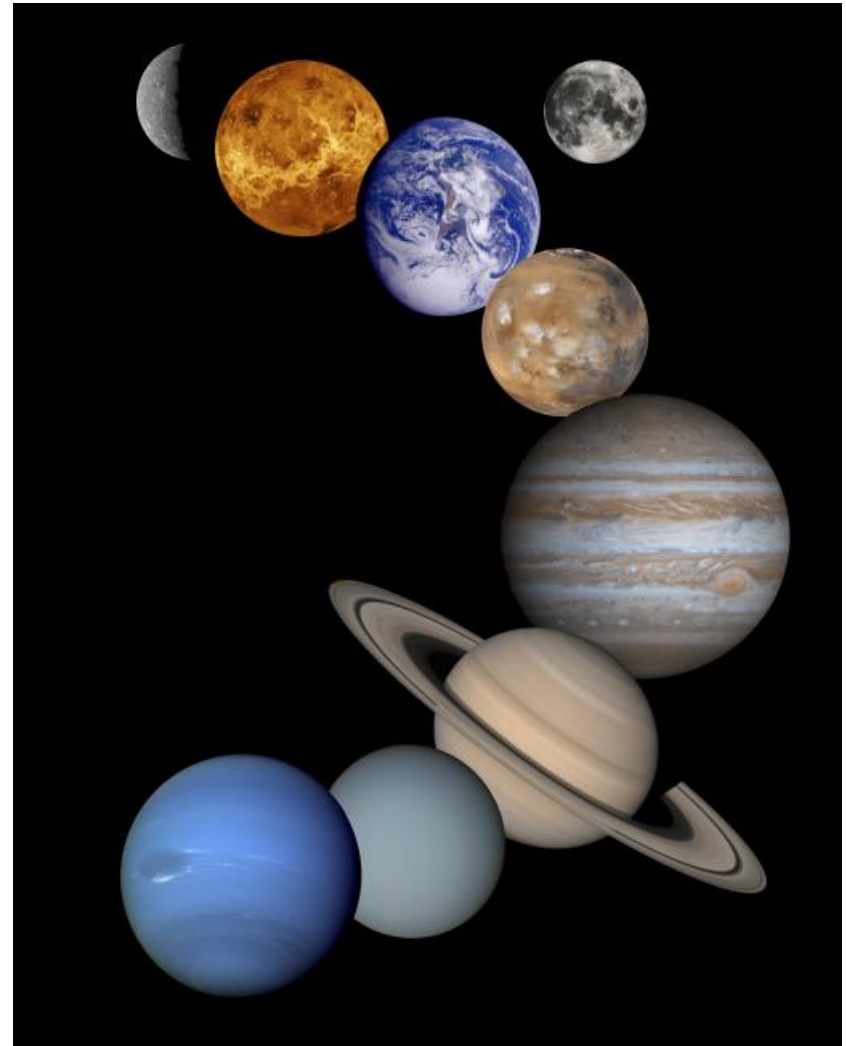


目次

- はじめに
 - 研究対象, 研究目的
 - dcmode1 で整備してきた基盤ライブラリと数値モデル
- dcmode1 プロジェクトでの共有化・共通化の試み
 - 入出力ルーチンの共通化,
 - スペクトル変換ルーチンの共通化,
 - 書式の共通化,
 - 物理過程の共通化.
- まとめ

はじめに: 研究対象

- 太陽系内には大気を持つ様々な惑星・衛星がある
 - 水星 (?)
 - 金星
 - 地球
 - 火星
 - 木星
 - タイタン
 - 天王星
 - 海王星
- それぞれの惑星大気は異なる循環構造, 表層環境を持つ.
- 系外惑星にも様々な形態の大気循環が形成されているかもしれない.



はじめに: 研究対象 金星, 地球, 火星の東西風

金星

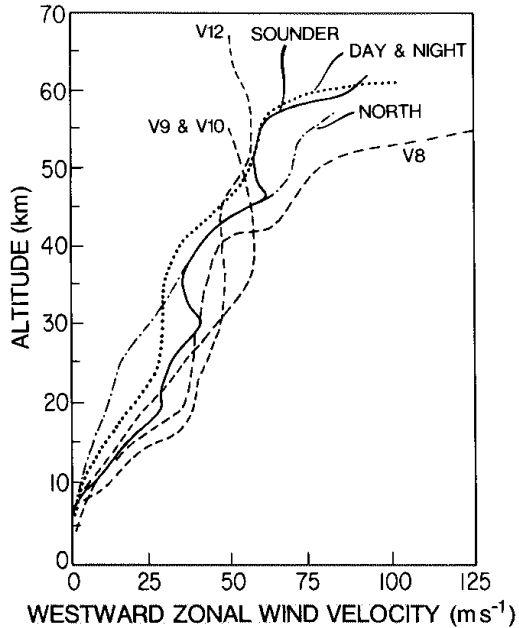
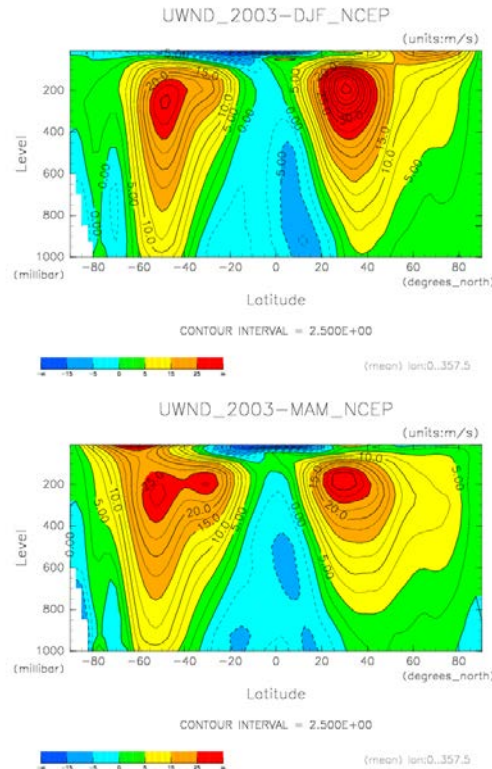


Fig. 9. Vertical profiles of east-to-west wind speed from Doppler tracking of Veneras 8, 9, 10, and 12 (V8, V9, V10, V12) and interferometric tracking of Pioneer Venus probes (from Schubert et al. 1980a).

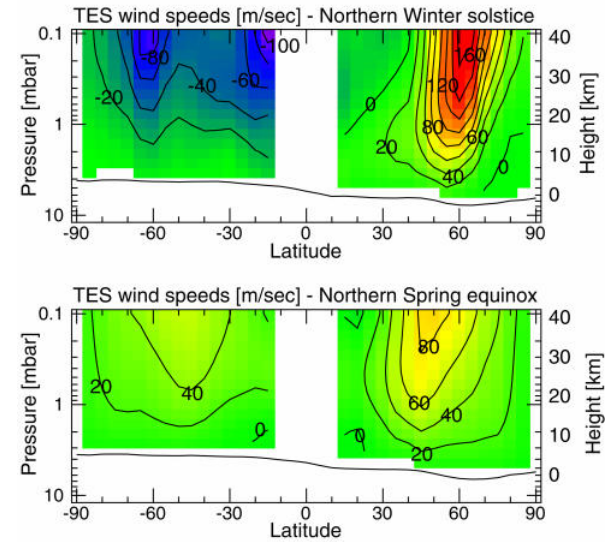
Schubert, 1983: in Venus, Arizona Press, 684, Fig. 9.

地球



dcchart project,
<http://www.gfd-dennou.org/library/dcchart/>

火星

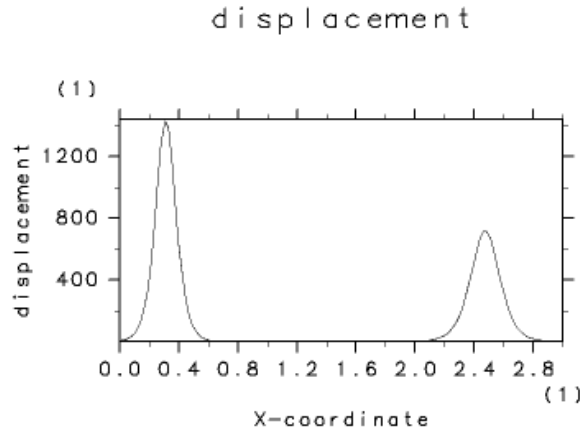


はじめに: dcmode1 プロジェクト

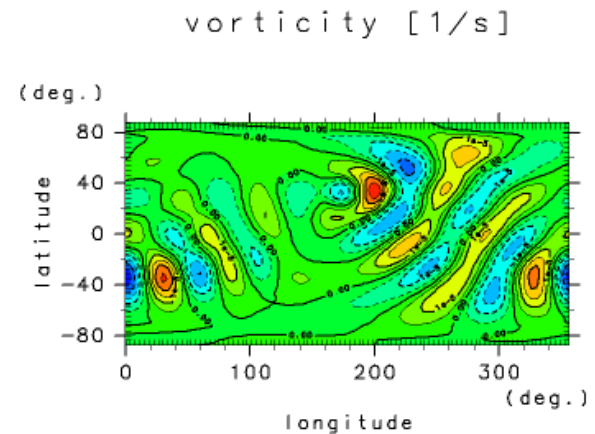
- dcmode1 プロジェクトのアプローチ
 - 様々な複雑度の数値モデルを用いた数値計算.
- dcmode1 プロジェクト
 - <http://www.gfd-dennou.org/library/dcmode1/>
 - 「dcmode1 プロジェクトでは, 地球惑星流体科学の研究・教育のためのさまざまな数値モデルを, 階層的に整備することを目指しています。」
 - 構築中のモデル(の中で今日の話に出てくるもの)
 - spmodel
 - 「階層的地球流体スペクトルモデル集」
 - 例えば, 1 次元移流モデル, 2 次元ブシネスクモデル, 球面上の 2 次元浅水モデル, 3 次元回転球殻磁気流体モデル, ...
 - deepconv
 - 「水平鉛直 2 次元の非静力学流体モデル」
 - dcpam
 - 「3 次元球面プリミティブ方程式系に基づく惑星大気大循環モデル」

はじめに: spmodel

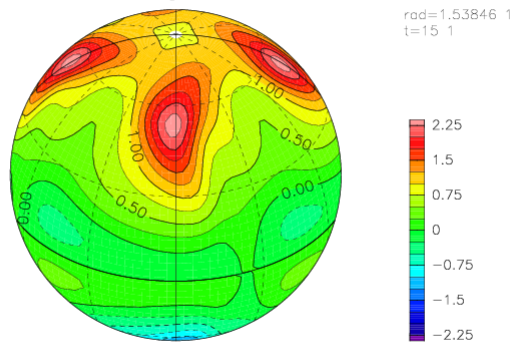
- 「階層的地球流体スペクトルモデル集」



1次元 KdV 方程式モデル



Radial Magnetic Field



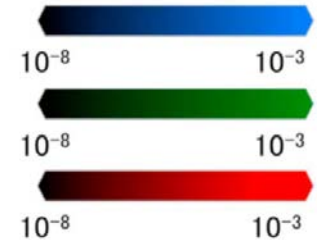
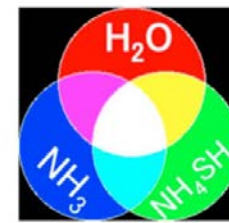
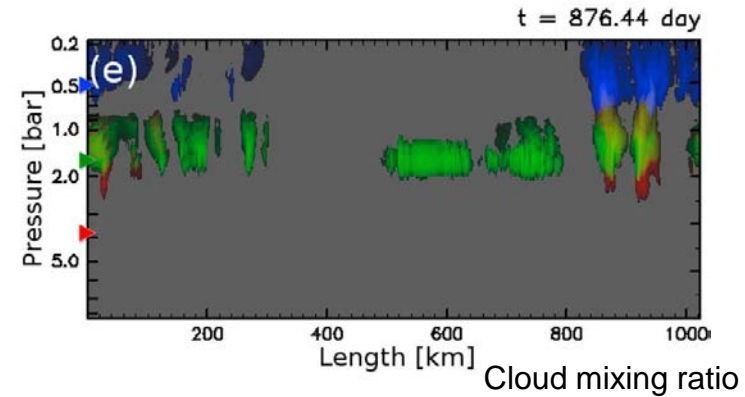
球面上の2次元浅水モデル

3次元回転球殻電磁流体モデル

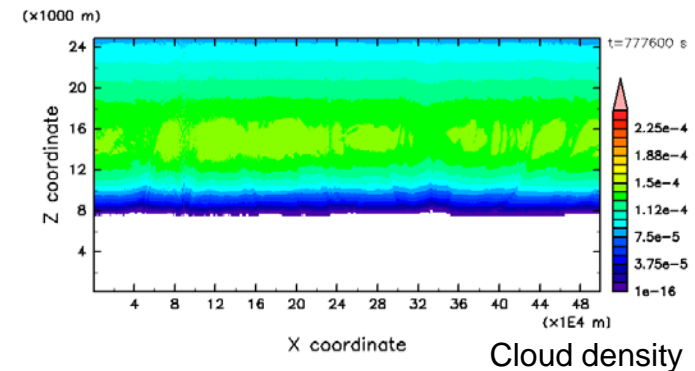
はじめに: deepconv の概要と計算例

- 「水平鉛直 2 次元の非静力学流体モデル」
- 移流過程
 - 準圧縮方程式系
- 放射過程
- 鉛直乱流混合過程
 - 1.5 次クロージャ (Klemp and Wilhelmson, 1978)
 - バルク法による下部境界におけるフラックス (バルク係数一定)
- 雲微物理過程
 - 「温かい雨」のパラメタリゼーション (中島, 1998; Kessler, 1969)

木星



火星
(極域)

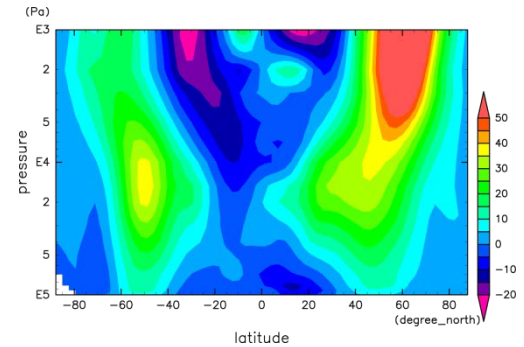


はじめに: dcpam の概要と計算例

- 「3次元球面プリミティブ方程式系に基づく惑星大気大循環モデル」

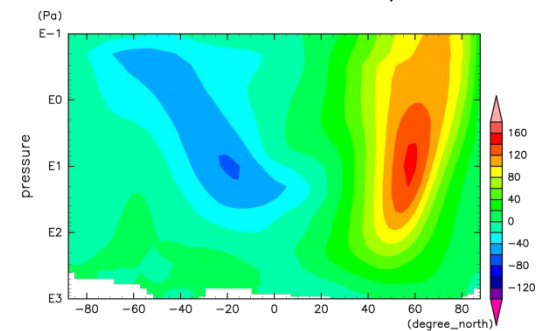
- 移流過程
 - プリミティブ方程式系
- 放射過程
- 鉛直乱流混合過程
 - Mellor and Yamada (1982) level 2
 - バルク法による惑星表面におけるフラックス (Louis et al., 1982)
- 惑星表面熱収支
- 土壌熱収支
- バケツモデル

地球



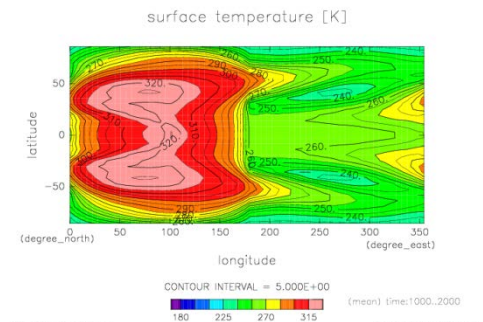
Time mean zonal wind, T42L22

火星



Time mean zonal wind, T42L32

同期回転惑星



Time mean surface temperature, T21L16

dcmodel での共有化・共通化の試み

- これらモデルを開発する過程において,
 - モデル構築の手間の軽減,
 - 複数のモデルを使う手間の軽減,を念頭に置いて, 下のような共有化・共通化を試みてきた / 試みている / 試みる予定である.
 - 入出力ルーチンの共通化,
 - スペクトル変換ルーチンの共通化,
 - 書式の共通化,
 - 物理過程の共通化.

入出力ルーチンの共通化

- gtool5 の開発と共通利用
 - gtool5
 - <http://www.gfd-dennou.org/library/gtool/gtool5.htm>
 - 「gtool5 は、データ入出力をはじめ、日付および時刻の操作やメッセージ出力、CPU 時間の計測など、Fortran 90/95 で書かれた数値モデルのための様々な機能を提供します。特にデータ入出力については、複数人間が、数値モデルから得られた計算結果に対する理解・認識を共有することを容易とするために、gtool4 netCDF 規約に基づくデータの入出力が可能になっています。」
- 結果
 - spmodel, deepconv, dcpam といった、複雑度の異なる様々な数値モデルで入出力方法が(ほぼ)共通化.
 - これらのモデルの開発において、入出力下請けルーチンを新規に作成する手間を削減.

スペクトル変換ルーチンの共通化

- ispack とそれをくるんだ spml の開発と共通利用
 - ispack
 - <http://www.gfd-dennou.org/library/ispack/>
 - 「ISPACK (石岡謹製数値計算パッケージ) は, 主に簡単な流体方程式の数値計算に必要となる基本的な道具(スペクトル変換, 時間積分, IO, 等)をサブルーチン群としてまとめたものである。」
 - spml
 - <http://www.gfd-dennou.org/library/spmodel/>
 - 「SPMODEL ライブラリ (spml) は, スペクトル計算のための Fortran77 ライブラリ ISPACK のサブルーチンを Fortran90 の関数でくるみ, さらにいくつかの便利な微分・積分・境界値問題などのための関数やサブルーチンを追加したものです。」
- 結果
 - spmodel, dcpam といった, 計算にスペクトル変換を用いるモデルにおいて, スペクトル変換ルーチンを共通化.
 - dcpam の開発において, スペクトル変換ルーチンを新規に作成する手間を削減.

書式の共通化(1)

- dcmode1 プログラミングガイドラインの策定と利用
 - dcmode1 プログラミングガイドライン
 - <http://www.gfd-dennou.org/library/dcmode1/coding-rules/dcmode1-coding-rules.htm>
 - 「dcmode1 プログラミングガイドライン (旧 dcmode1 コーディングルール. 以下, 本プログラミングガイドラインと称する) は Fortran 90/95 プログラムのソースコード書法, 更に実行プログラムの動作およびデータの出入力に関するスタイルを提案するものである。」
- 結果
 - spmodel, deepconv, dcpam において, 変数名, サブルーチン名, 関数名の書式がほぼ共通化.

書式の共通化(2)

- deepconv と dcpam を似たような構造で開発.
 - 「似たような構造」
 - 「定数」, 座標値, 格子点数, ... の扱い.
 - 例えば, 「定数」をモジュール変数として持つ「定数モジュール」を作り, 「定数」は, 各モジュールで use する.
 - 同じような用途のモジュールを共通化
 - 二つのモデルの共通部分を抽出し, 一つのモジュールを共通使用. 例えば, 「定数モジュール」.
 - 初期化方法
 - 各モジュールは初期化サブルーチンを持つ.
 - 各モジュールの初期化は, メインプログラム(あるいは, 親モジュール)の初期化ルーチンが行う.
- 結果
 - deepconv, dcpam 両方を扱うユーザの手間・ストレスを軽減(できることを期待)
 - 物理過程共有における手間を軽減

物理過程の共通化

- deepconv と dcpam において同じ物理過程を使用(試み中)
- とりあえずの試みは放射過程
 - 手順としては, dcpam に実装してある放射モデルを deepconv に移植することで共通化を目指す.
 - この作業を手掛かりに, 他の物理過程も含めて, モジュール共有化・共通化が可能となるモデル構造を模索.
- 結果
 - deepconv と dcpam に同じ放射過程を試験実装.
 - 大気大循環モデルと雲解像モデルで同じ放射過程を使った比較実験ができるようになる予定.
 - deepconv と dcpam で, 物理過程モジュール共有化・共通化に向けてコードを整理.

放射過程の共通化: 考えなければいけなかったこと

- 共通の定式化で問題が起こらないかどうか?
 - 単純に考えると, 物理法則が変わるわけではないのだから同じはず.
 - しかし, 現実には違いはある. 例えば,
 - 非静力学モデルでは, 鉛直微分は高度での微分で書くのが「普通」だろうし, 静力学モデルでは気圧の微分で書くのが「普通」だろう.
 - 静力(大循環)モデルの水平座標は緯度経度だが, 非静力(領域)モデルは x, y だったり.
 - 対処
 - 鉛直微分問題
 - 共通の変数で記述できる定式化を採用(そのような定式化まで戻る).
 - それぞれのモデル用にラッパーを書く.
 - 座標問題
 - とりあえず棚上げ.
 - 上の例に関して言えば, deepconv では使わない, 緯度, 経度の値を持たせれば良いだけのはず.
- その他色々
 - 「書式の共通化」で述べたこと
 - 実際には, 放射過程の共通化に向けて書式をそろえてきたため.

物理過程モジュール共有・共通化の容易さ

- deepconv - dcpam で, 放射以外の物理過程モジュール共有化・共通化は簡単か?
 - 私見としては, 比較的簡単になっただろう / ものすごく簡単なわけではないだろう.
 - 結局, わかっている人がやれば「大したことはない」側面はある. (しかし, それを言ったら何だって大したことはない.)
- deepconv と dcpam の枠組み内での話としては,
 - 書式の共通化の作業を通して, deepconv と dcpam では, 下位ルーチンや変数はそれなりに名前を合わせており, 編集を要する箇所は少なくしてある.
 - しかし, 完全に一致しているわけでもなく, 書き換えなければいけない部分は残っている.
 - 単にファイルをコピーして終わりではない.
 - 違いの例: 配列サイズは「そで」を含むかどうか, など.
- なお, 放射サブルーチンを call するところで引数として使う変数を計算するのは, 実際には面倒.
 - deepconv と dcpam では物質の量の変数(混合比と比湿)や気圧(エクスター関数と気圧)が違うとか.
 - ある程度は, 言っても仕方がないが. 解決するには, 根本的にモデルの再設計が必要.

物理過程モジュール共有・共通化の容易さ

- deepconv – dcpam 以外のモデルでの共通使用を考えた場合, use 文で参照しているモジュール変数すべてを編集(すべてに対応)しなければならない。
 - 単純に工程数が増える,
 - モジュールの中身を知らない人にはかなり手間やストレスかもしれない。
- そのような用途への対応を考えるならば, モデル構造を書き換え, 例えば, モジュール変数の use をやめて, すべて引数にする手はあるのだろう。
 - 中身を知らずに「単にコピーして共有」するような用途にも対応できる (?)

まとめ

- 入出力やスペクトル変換といった「基盤ライブラリ」の整備やコーディングガイドラインの策定を通して、様々な複雑度のモデルにおいて、ライブラリやモジュールの共通使用を進めてきた。
- 物理過程を使用する deepconv と dcpam に関しては、放射モデルを例として、物理過程モジュールの共通使用を試みている。
- 個人的には、現状、それなりに共通化とそれに伴う整理が進んできたのではないかと考えている。
- 今後は、科学的興味に従って、必要となる他の物理過程モジュールの共有化・共通化を進める予定である。
- これで本当に使いやすくなったのかどうかの評価は、今後のユーザの反応待ち。