

惑星大気大循環モデル DCPAM の紹介と実習

森川 靖大 (北大理)、納多 哲史(神戸大理)

with

地球流体電脳倶楽部

dcmodel プロジェクト

davis プロジェクト



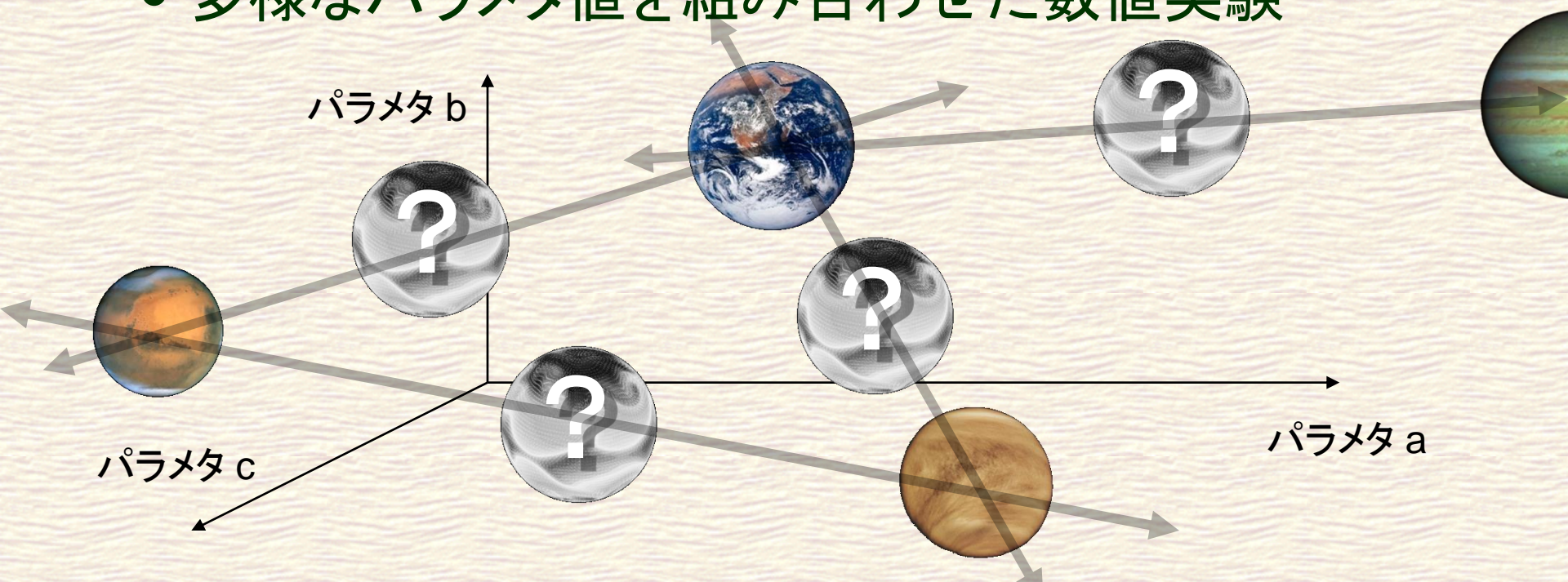
本日のお題

- dcmode1 プロジェクト
- DCPAM とは
- DCPAM 実習
 - DCPAM のコンパイルから実行まで

背景 (1/2)

■ 惑星大気の普遍性と特殊性の掌握

- 大気構造の多様性をパラメタ空間に位置づけ
 - ◆ パラメタ: 惑星半径、日射放射量、軌道要素、大気成分、大気量など
- 多様なパラメタ値を組み合わせた数値実験



地球流体電脳倶楽部 dcmode1プロジェクト

■ dcmode1 プロジェクト (2002 ~)

- 地球惑星流体科学の研究・教育のための数値モデルを階層的に整備
- <http://www.gfd-dennou.org/library/dcmode1/>
- 製品
 - ◆ SPMODEL
 - ◆ deepconv/arare
 - ◆ DCPAM
 - ◆ Gtool5 (データ入出力 + α ライブラリ)
 - ◆ RDoc Fortran 90/95 解析機能強化版 (開発支援ツール)
 - ◆ ...

} (数値モデル)

DCPAM とは

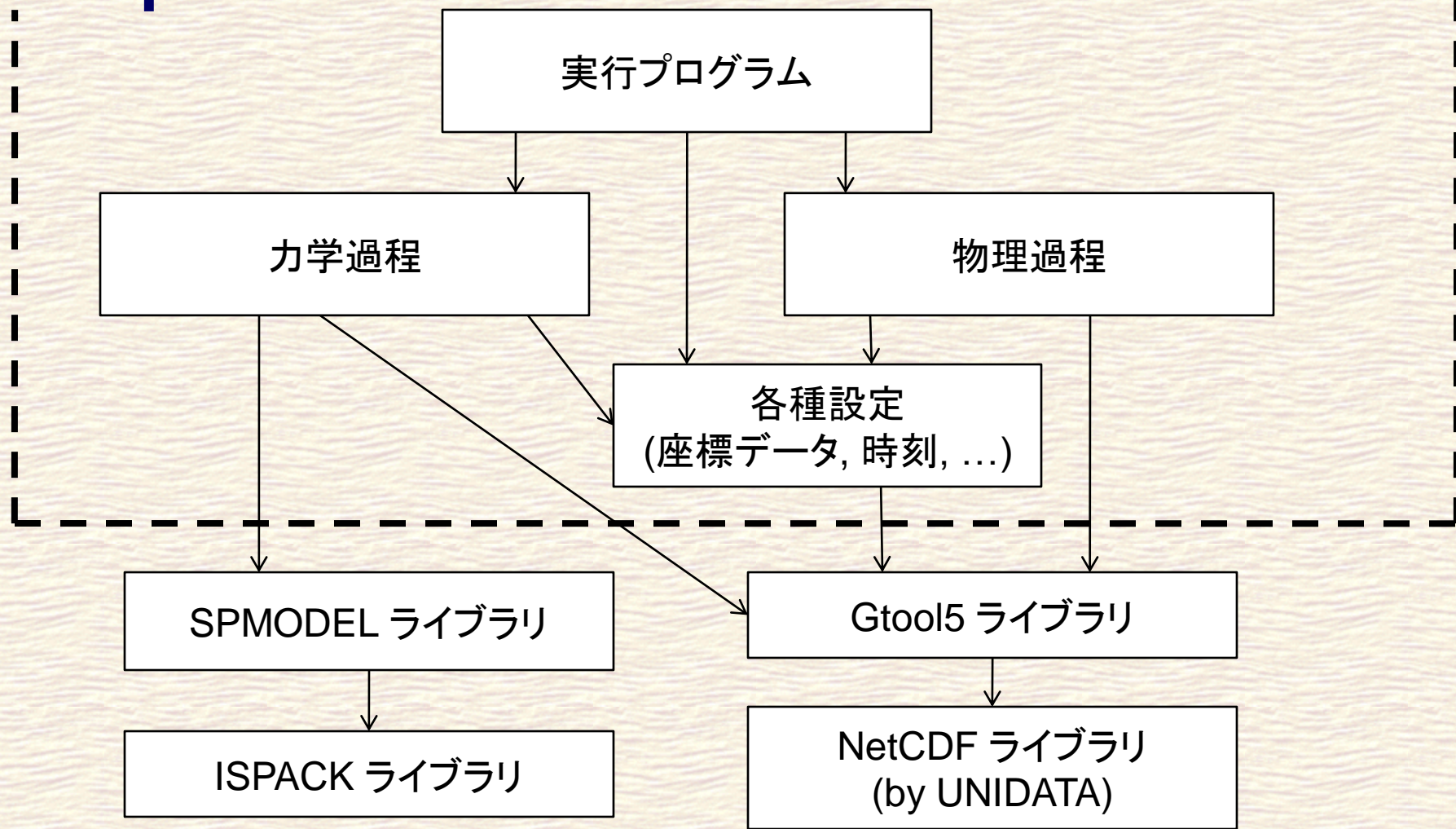
- **惑星大気用 3次元球面プリミティブモデル**
 - Dennou-Club Planetary Atmospheric Model
- **目標**
 - 地球に限らない様々な惑星条件での計算実行
 - SPMODEL, deepconv/arare と同じ枠組みでの設計
- **現状 (DCPAM バージョン5; dcpam5)**
 - 地球大気を想定したモデルの設計と実装
 - 支配方程式の数式表現と対応づくソースコード
 - ◆ SPMODEL ライブラリとプログラミング書法の導入
 - Gtool5 ライブラリによる入出力部分の整理

支配方程式、離散化手法

- 球面3次元プリミティブ方程式
 - 理想気体、静水圧近似
- 大気成分: 水蒸気と乾燥空気
- 放射: バンドモデル
- 積雲パラメタリゼーション: 湿潤対流調節 (Manabe et al., 1965)
- 鉛直拡散: Mellor and Yamada (1974)
- 地表面フラックス: バルク法
- 水平離散化: スペクトル法
- 鉛直離散化: σ 座標, Arakawa and Suarez (1983)
- 時間積分法: リープフロッグスキーム,
セミインプリシット法

プログラム構成概略

■ dcpam5



dcpam5 ドキュメント

■ 支配方程式とその離散化

$$\frac{\partial \zeta}{\partial t} = \frac{1}{a} \left(\frac{1}{1 - \mu^2} \frac{\partial V_A}{\partial \lambda} - \frac{\partial U_A}{\partial \mu} \right) + \mathcal{D}(\zeta),$$

$$\frac{\partial D}{\partial t} = \frac{1}{a} \left(\frac{1}{1 - \mu^2} \frac{\partial U_A}{\partial \lambda} + \frac{\partial V_A}{\partial \mu} \right) - \nabla_\sigma^2 (\Phi + R\bar{T}\pi + KE) + \mathcal{D}(D).$$

連続系

$$\frac{\partial \zeta_k}{\partial t} = \frac{1}{a} \left(\frac{1}{1 - \mu^2} \frac{\partial V_{A,k}}{\partial \lambda} - \frac{\partial U_{A,k}}{\partial \mu} \right) + \mathcal{D}(\zeta_k),$$

$$\frac{\partial D_k}{\partial t} = \frac{1}{a} \left(\frac{1}{1 - \mu^2} \frac{\partial U_{A,k}}{\partial \lambda} + \frac{\partial V_{A,k}}{\partial \mu} \right) - \nabla_\sigma^2 (\Phi_k + R\bar{T}_k\pi_k + KE_k) + \mathcal{D}(D_k).$$

鉛直離散化

$$\frac{\partial \tilde{\zeta}_n^m}{\partial t} = \frac{1}{I} \sum_{i=1}^I \sum_{j=1}^J im(V_A)_{ij} Y_n^{m*}(\lambda_i, \mu_j) \frac{w_j}{a(1 - \mu_j^2)}$$

$$+ \frac{1}{I} \sum_{i=1}^I \sum_{j=1}^J (U_A)_{ij} (1 - \mu_j^2) \frac{\partial}{\partial \mu} Y_n^{m*}(\lambda_i, \mu_j) \frac{w_j}{a(1 - \mu_j^2)}$$

$$+ \tilde{D}_{M,n}^m \tilde{\zeta}_n^m,$$

水平離散化

■ コード解説

- 方程式系とソースコード内の変数の対応

変数名

$$\left(\frac{\partial D_k}{\partial t} \right)^{\text{NG}} = \frac{1}{a} \left(\frac{1}{1 - \mu^2} \frac{\partial \widehat{U}_{A,k}}{\partial \lambda} + \frac{\partial \widehat{V}_{A,k}}{\partial \mu} \right) - \nabla_\sigma^2 \left[\underbrace{(KE)_k + \sum_{l=1}^K W_{kl} (T_{v,l} - T_l)}_{\text{xyz_KinEngyN}^\bullet} \right],$$

xyz_UAdvN[•] xyz_VAdvN[•]

渦度の時間変化を求める式

$$\frac{\partial \zeta}{\partial t} = \frac{1}{a} \left(\frac{1}{1 - \mu^2} \frac{\partial V_A}{\partial \lambda} - \frac{\partial U_A}{\partial \mu} \right)$$

$$\mu \equiv \sin \varphi$$

φ : 緯度

λ : 経度

σ : p/p_s

t : 時間

$$U_A \equiv (\zeta + f)V - \dot{\sigma} \frac{\partial U}{\partial \sigma} - \frac{RT'_v}{a} \frac{\partial \pi}{\partial \lambda}$$

$$V_A \equiv -(\zeta + f)U - \dot{\sigma} \frac{\partial V}{\partial \sigma} - \frac{RT'_v}{a} (1 - \mu^2) \frac{\partial \pi}{\partial \mu}$$

p : 気圧

p_s : 地表面気圧

a : 惑星半径

R : 乾燥大気の気体定数

f : コリオリパラメータ

ζ : 渦度

$\dot{\sigma} \equiv d\sigma / dt$

$U \equiv u \cos \varphi$

$V \equiv v \cos \varphi$

$\pi \equiv \ln p_s$

u : 東西風速

v : 南北風速

$T'_v \equiv T_v - \bar{T}$

$T_v \equiv T \left[1 + (\varepsilon_v^{-1} - 1)q \right]$

\bar{T} : 基準温度

T : 温度 q : 比湿

ε_v : 水蒸気分子量比

離散化

■ 支配方程式系とその離散化

$$\frac{\partial \zeta}{\partial t} = \frac{1}{a} \left(\frac{1}{1-\mu^2} \frac{\partial V_A}{\partial \lambda} - \frac{\partial U_A}{\partial \mu} \right)$$

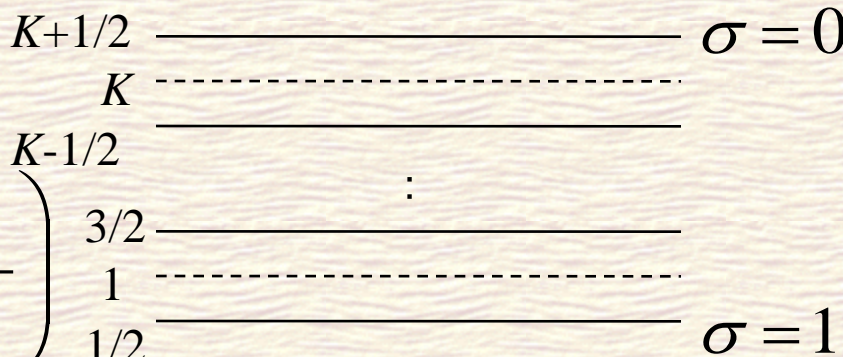
鉛直離散化

$$\frac{\partial \zeta_k}{\partial t} = \frac{1}{a} \left(\frac{1}{1-\mu^2} \frac{\partial (V_A)_k}{\partial \lambda} - \frac{\partial (U_A)_k}{\partial \mu} \right)$$

(k=1, ..., K)

水平離散化

$$\frac{\partial \tilde{\zeta}_{k,n}^m}{\partial t} = \frac{1}{a} \left(\left[\frac{1}{1-\mu^2} \frac{\partial (V_A)_{ijk}}{\partial \lambda} \right]_n^m - \left[\frac{\partial (\tilde{U}_A)_{ijk}}{\partial \mu} \right]_n^m \right)$$



ソースコードとの対応

■ コード解説

wz_DVorDtN

xyz_VAdvN

xyz_UAdvN

$$\frac{\partial \tilde{\zeta}_{k,n}^m}{\partial t} = \frac{1}{a} \left(\left[\frac{1}{1-\mu^2} \frac{\partial (V_A)_{ijk}}{\partial \lambda} \right]_n^m - \left[\frac{\partial (U_A)_{ijk}}{\partial \mu} \right]_n^m \right)$$

RPlanet

wa_DivLambda_xya(...)

(spml の関数)

wa_DivMu_xya(...)

(spml の関数)

■ ソースコード

コーディング

```
wz_DVorDtN = ( wa_DivLambda_xya( xyz_VAdvN ) &  
& - wa_DivMu_xya( xyz_UAdvN ) ) / RPlanet
```

渦度の時間変化を求める式 (再掲)

$$\frac{\partial \zeta}{\partial t} = \frac{1}{a} \left(\frac{1}{1 - \mu^2} \frac{\partial V_A}{\partial \lambda} - \frac{\partial U_A}{\partial \mu} \right)$$

$$\mu \equiv \sin \varphi$$

φ : 緯度

λ : 経度

σ : p/p_S

t : 時間

$$U_A \equiv (\zeta + f)V - \dot{\sigma} \frac{\partial U}{\partial \sigma} - \frac{RT'_v}{a} \frac{\partial \pi}{\partial \lambda}$$

$$V_A \equiv -(\zeta + f)U - \dot{\sigma} \frac{\partial V}{\partial \sigma} - \frac{RT'_v}{a} (1 - \mu^2) \frac{\partial \pi}{\partial \mu}$$

p : 気圧

p_S : 地表面気圧

a : 惑星半径

R : 乾燥大気の気体定数

f : コリオリパラメータ

ζ : 渦度

$\dot{\sigma} \equiv d\sigma / dt$

$U \equiv u \cos \varphi$

$V \equiv v \cos \varphi$

$\pi \equiv \ln p_S$

u : 東西風速

v : 南北風速

$T'_v \equiv T_v - \bar{T}$

$T_v \equiv T \left[1 + (\varepsilon_v^{-1} - 1)q \right]$

\bar{T} : 基準温度

T : 温度 q : 比湿

ε_v : 水蒸気分子量比

離散化

■ 支配方程式系とその離散化

$$U_A = (\zeta + f)V - \dot{\sigma} \frac{\partial U}{\partial \sigma} - \frac{RT'_v}{a} \frac{\partial \pi}{\partial \lambda}$$

鉛直離散化

$$(U_A)_k = (\zeta_k + f)V_k - \frac{1}{2\Delta\sigma_k} \left\{ \dot{\sigma}_{k-1/2} (U_{k-1} - U_k) + \dot{\sigma}_{k+1/2} (U_k - U_{k+1}) \right\} - \frac{C_p \hat{K}_k T'_{v,k}}{a} \frac{\partial \pi}{\partial \lambda}$$

(k=2, ..., K-1)

水平離散化

$$(U_A)_{ijk} = (\zeta_{ijk} + f)V_{ijk} - \frac{1}{2\Delta\sigma_k} \left\{ \dot{\sigma}_{ij,k-1/2} (U_{ij,k-1} - U_{ijk}) + \dot{\sigma}_{ij,k+1/2} (U_{ijk} - U_{ij,k+1}) \right\} - \frac{C_p \hat{K}_k T'_{v,ijk}}{a} \left(\frac{\partial \pi}{\partial \lambda} \right)_{ij}$$

ソースコードとの対応

■ コード解説

$$\begin{aligned}
 \underbrace{(U_A)_{ijk}}_{xyz_UAdvN} &= \underbrace{(\zeta_{ijk} + f)}_{xyz_VorN} \underbrace{V_{ijk}}_{xy_Cori} - \frac{1}{2\Delta\sigma_k} \left\{ \underbrace{\dot{\sigma}_{ij,k-1/2}}_{xyz_SigDotN} \underbrace{(U_{ij,k-1} - U_{ijk})}_{xyz_UCosLatN} \right. \\
 &\quad \left. + \dot{\sigma}_{ij,k+1/2} \underbrace{(U_{ijk} - U_{ij,k+1})}_{xyz_UCosLatN} \right\} - \underbrace{C_p \hat{K}_k T'_{v,ijk}}_{z_TInpCoefK} \underbrace{\frac{1}{a} \left(\frac{\partial \pi}{\partial \lambda} \right)_{ij}}_{xy_GradLambdaPiN} \\
 &\quad \underbrace{CpDry}_{xyz_TempVirEdd}
 \end{aligned}$$

コーディング

■ ソースコード

```

do k = 2, kmax-1
  xyz_UAdvN(:, :, k) = &
    & ( xyz_VorN(:, :, k) + xy_Cori ) * xyz_VCosLatN(:, :, k) &
  !
  & - 1. / ( 2. * z_DelSigma(k) ) &
  & * ( &
  &   xyr_SigDotN(:, :, k-1) * ( xyz_UCosLatN(:, :, k-1) - xyz_UCosLatN(:, :, k) ) &
  &   + xyr_SigDotN(:, :, k) * ( xyz_UCosLatN(:, :, k) - xyz_UCosLatN(:, :, k+1) ) &
  & ) &
  !
  & - CpDry * z_TInpCoefK(k) * xyz_TempVirEdd(:, :, k) * xy_GradLambdaPiN
end do

```

ドキュメント置場 (1/2)

■ DCPAM ページ

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

惑星大気モデル DCPAM

DCPAM プロジェクト (Dennou-Club Planetary Atmospheric Model Project) では惑星大気用の 3 次元球面プリミティブモデルの設計・開発をおこなっています。

DCPAM とは?

[DCPAM プロジェクトの目指すもの](#)

資源

[dcpam5](#)

現在開発中の 3 次元球面静水圧モデルです。ソースコードは Fortran 90/95 で記述されています。

- [最新 TAR + GZIP パッケージ \(dcpam5-Version: dcpam5-20090306\)](#)
- [最新 ソースツリー \(dcpam5-Version: dcpam5-20090306\)](#)
 - 過去のバージョンのパッケージ・ソースツリー [[dcpam5](#)]
- [使用上の注意とライセンス規定](#)
- [dcpam5ドキュメント](#)

ドキュメント置場 (2/2)

■ dcpam5 ドキュメント

dcpam5 ドキュメント

チュートリアル

- [らくらく dcpam5](#)
 - dcpam5 を用いて手軽に実験を行うためのチュートリアルです。

マニュアル

- 支配方程式系とその離散化 [[HTML](#)] [[PDF](#)]
 - 導出に関する参考資料 [[HTML](#)] [[PDF](#)]
- コード解説 [[HTML](#)] [[PDF](#)]
- 各モジュールのリファレンスマニュアル [[HTML \(MathML 使用版\)](#) | [MathML 非対応ブラウザ用](#)]
 - MathML 使用版は [Mozilla Firefox](#) および Internet Explorer (+ [MathPlayer](#)) では正しく表示されることを確認しています。その他のブラウザの MathML 対応に関しては、[MathML 日本語情報](#) や [MathML Software - Browsers](#) などを参照してください。

ここをクリック

Gtool5 + RDoc

■ 実習の後で

dc pam5 実習

※ Live CD 2009-03-06 版
を使用することが想定されてます



実習資料のダウンロード

- <http://www.gfd-dennou.org/library/dcmmodel/workshop/2009-03-09/>

スケジュールおよび内容

※ リンク先は変更になっている
可能性があります

03/09(月) 09:00~12:00

- 「趣旨説明」石渡正樹(北海道大学)
- 「モデル結果の解析・可視化実習・GPhysチュートリアル」堀之内武(北海道大学)

03/09(月) 13:30~17:00

- 「smodel の紹介・実習」竹広真一(京都大学)・佐々木洋平(神戸大学)

03/10(火) 09:00~12:00

- 「CReSS の紹介・デモ」加藤雅也(名古屋大学)

03/10(火) 13:30~17:00

- 「GSM と NHM の紹介・デモ」室井ちあし・岩村公太・長澤亮二(気象庁)

03/11(水) 09:00~12:00

- 「deepconv/arare の紹介・実習」杉山耕一郎・山下達也(北海道大学)
- 「dcpam の紹介・実習」森川靖大(北海道大学)・納多哲史(神戸大学)
- チュートリアル資料 (PDF)

ここをクリック

03/11(水) 13:30~17:00

- 「Webベースの地球流体データサーバ(検索・解析・可視化・知見アーカイブ) 構築ツール Gfdnavi」西澤誠也(神戸大学)・堀之内武(北海道大学)
- 「Webベースの地球流体データサーバ(検索・解析・可視化・知見アーカイブ) 構築ツール Gfdnavi」西澤誠也(神戸大学)・堀之内武(北海道大学)

dc pam5 の動作に必要なソフトウェア

- NetCDF ライブラリ
- Gtool5 Fortran 90/95 ライブラリ
- ISPACK ライブラリ
- SPMODEL ライブラリ (spml)

LiveCD から起動しているシステムでは
全てインストール済み

※ Gtool5 だけ要更新
(作業はこれから解説します)

事前準備

■ Gtool5 の更新

```
$ sudo -s  
# apt-get update  
# apt-get install gtool5-g95  
# exit
```

※ Debian に慣れている方への念のための注意
Live CD で apt-get upgrade すると数百もの
パッケージが更新されるのでやらないように!!!

dc pam5 のセットアップ・実行の手順

- **実行ファイルのコンパイルまでの作業**
 - dc pam5 ソースコードのダウンロードと展開
 - configure による環境設定
 - ソースコードのコンパイル
- **実行までの作業**
 - 作業ディレクトリの作成
 - 初期値／リスタートデータ、SST データの用意
 - NAMELIST ファイルの編集
 - コンパイルされたバイナリファイルの実行

dcpam5 ダウンロードと展開

■ DCPAM ページから dcpam5 最新版を取得

- <http://www.gfd-dennou.org/library/dcpam/>
- 置き場所は
/home/knoppix/Desktop/dcmode1

```
$ cd /home/knoppix/Desktop/dcmode1
```

```
$ wget http://www.gfd-dennou.org/library/dcpam/dcpam5/dcpam5_current.tgz
```

■ ディレクトリの展開

```
$ tar xvfz dcpam5_current.tgz
```

- ディレクトリ dcpam5-20090306 が作成されれば
OK

ディレクトリの中身をちょっと眺める

```
$ cd dcpam5-20090306
```

```
$ ls -F
```

```
COPYRIGHT          chkfort.sh*      htmltools/  
CREDITS            chkgmake.s      実験用作業ディレクトリ  
ChangeLog         chkrps.sh*      practice/  
Config.mk.in      chkrubyver.rb  rules.make  
HISTORY           config.gue      ソースコードディレクトリ  
INSTALL           config.sub      src/  
Makefile          configure*      tarcomp.sh*  
Makefile.rd2      ument置場     ure.in        test/  
aclocal.m4       doc/
```

configureによる環境設定

```
$ export FC=g95
```

```
$ ./configure ¥ ←
```

改行せずに入力 or
バックスラッシュまたは¥マークを入力して Enter キー

```
--with-netcdf=/usr/lib/libnetcdf-g95.a ¥
```

```
--with-gtool5=/usr/lib/gtool5-g95/lib/libgtool5.a ¥
```

```
--with-ispack=/usr/lib/libisp-g95.a ¥
```

```
--with-spm1=/usr/lib/spm1-lapack-g95/lib/libspm1-lapack.a
```

ライブラリを指定するオプション

ライブラリファイルのパス

- 上記コマンド入力後、数十秒後にメッセージが表示されれば OK

- Execute GNU make in the current directory, ..
make

ソースコードのコンパイル

- “make” とコマンド入力
- 数十秒～数分待つ
- 最後に以下のようなメッセージが表示されれば完了

```
+-----+
| You have successfully built dcpam5.
|           :
|           :
| For details, please see the DCPAM web site:
| http://www.gfd-dennou.org/library/dcpam/
+-----+
```

コンパイルされたファイルの確認

- **src/main** 以下に実行ファイルが作成されたことを確認

```
$ ls src/main
```

```
dc pam_ape_T21L16.nml      init_data.o  
dc pam_ape_T42L16.nml      init_data_T21L16.nml  
dc pam_hs94_T21L20.nml     init_data_T21L20.nml  
dc pam_hs94_T42L20.nml     init_data_T42L16.nml  
dc pam_main              sst_data  
dc pam_main.F90            sst_data.F90  
dc pam_main.o              sst_data.o  
init_data ←              ss  
init_data.F90              ss
```

実行ファイル
(LiveCD なら緑色で表示)

作業ディレクトリ作成

■ 作業ディレクトリの作成とファイルのコピー

- 実行ファイルと NAMELIST ファイル (*.nml)
- “make” 一つで手軽にコピー可能

```
$ cd practice ← 作業ディレクトリ置場
$ make
```

```
***** Setup a directory for a experiment *****
```

```
Enter directory name [testXX]: ape ← 作業ディレクトリ名
Directory in which executable files are prepared
```

```
[../src/main]: (何も入力せず Enter)
```

```
Directory in which NAMELIST files are prepared
```

```
[../src/main]: (何も入力せず Enter)
```

```
Save F90/95 source code files? [y/N]:
```

```
:
```

```
(何も入力せず Enter)
```

```
*** Setup of “ape” is complete ***
```

作業ディレクトリへ移動

- “cd ape” で作業ディレクトリへ移動
- 実行ファイルや NAMELIST ファイル (*.nml) がコピーされたことを確認

```
$ ls
```

```
dc pam_ape_T21L16.nml      init_data_T21L16.nml
dc pam_ape_T42L16.nml      init_data_T21L20.nml
dc pam_hs94_T21L20.nml     init_data_T42L16.nml
dc pam_hs94_T42L20.nml     sst_data
dc pam_main              sst_data_T21.nml
init_data                sst_data_T42.nml
```

リスタートデータ、SST データの準備

■ リスタートデータ、SST データの準備

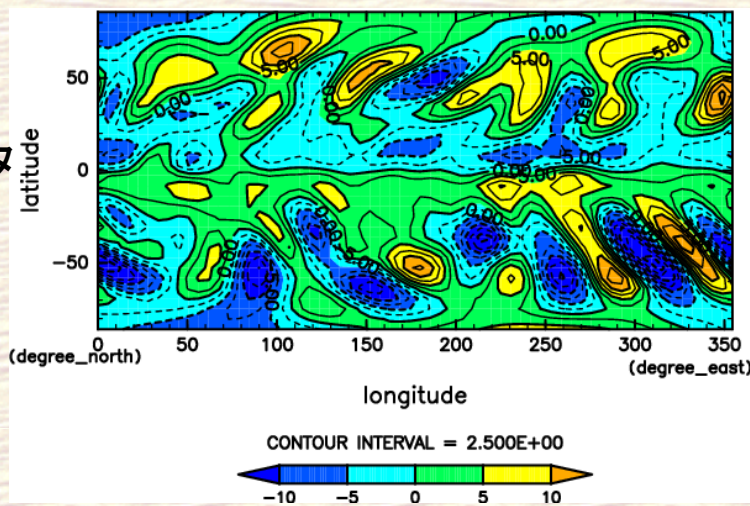
- [このディレクトリ](#)にアクセス (クリックしてください)
 - ◆ http://www.gfd-dennou.org/library/dcpam/sample/2009-03-09_tutorial/ape-T21L16/
- リスタートデータとSSTデータをダウンロード
 - ◆ `ape-T21L16-restart.nc`
 - ◆ `ape-T21-sst.nc`
- ダウンロード先は `/home/knoppix/Desktop/dcmode1/dcpam5-20090306/practice/ape`

Restart

u, v, T, q, p_s
のステップ
 $t - \Delta t$ (*B)および
 t (*N) のデータ

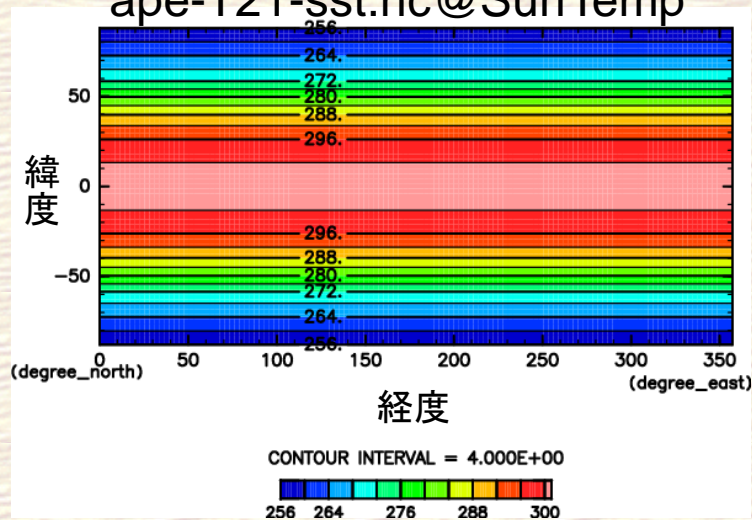
等温静止大気
から1000 日分
時間積分
したもの

南北風分布 on $\sigma \doteq 0.995$ in
`ape-T21-restart.nc@VN`



SST

海表面温度 (SST) 分布 in
`ape-T21-sst.nc@SurfTemp`



NAMELIST の編集

■ dcpam_ape_T21L16.nml を編集

```
$ emacs dcpam_ape_T21L16.nml
```

自分の名前を入力

```
&fileset_nml  
  FileInstitution = 'Input Your Name'  
  :
```

■ FileInstitution (製作者) の変更

■ 積分開始／終了時間／ 終了予測表示間隔の設定

```
&timeset_nml  
  StartTimeValue = 1000.0,  
  StartTimeUnit = 'day',  
  EndTimeValue = 1001.0,  
  EndTimeUnit = 'day',  
  :  
  PredictIntValue = 2.0,  
  PredictIntUnit = 'hrs',  
  :
```

■ 初期値データ設定

```
&restart_file_io_nml  
  InputFile = 'ape-T21L16-restart.nc',  
  :
```

■ SSTデータの設定

```
&ground_file_io_nml  
  SurfTempFile = 'ape-T21-sst.nc',  
  :
```

■ 出力間隔の設定

```
! ヒストリデータ出力の全体設定  
&gtool_historyauto_nml  
  IntValue = 2.0,  
  IntUnit = 'hrs',  
  :
```


テスト実行

■ g95用のおまじない (終了予測時間を逐次表示)

```
$ export G95_UNBUFFERED_ALL=TRUE
```

■ 実行

```
$ ./dcpam_main -N=dcpam_ape_T21L16.nm1 2>&1 ¥  
| tee dcpam_ape_T21L16.log
```

ログファイルを標準出力とファイルの両方へ出力

■ 終了予測時刻の表示

```
##### PREDICTION OF CALCULATION #####  
Start Date          2009-03-09T11:44:14+09:00  
Current Date        2009-03-09T11:44:30+09:00  
Progress            11.11%  [**                ]  
Remaining CPU TIME  0.126000E+03 (2.10 minutes)  
Completion Date     2009-03-09T11:46:36+09:00
```

残り時間表示

■ 計算終了

```
##### CPU TIME SUMMARY #####  
:  
dynamics_hsp1_vas83    0.221454E+02  
:  
-----  
TOTAL TIME =          0.142785E+03 (2.38 minutes)
```

出力ファイルの確認

```
$ ls
```

```
DPiDt.nc      LatEngy.nc    Rain.nc       U.nc  
Div.nc        Mass.nc       SigDot.nc     V.nc  
Enstro.nc     PotEngy.nc   SurfTemp.nc  Vor.nc
```

```
:
```

```
$ ncdump -h U.nc
```

```
float U(time, sig, lat, lon) ;  
    U:long_name = "eastward wind" ;  
    U:units = "m s-1" ;  
  
// global attributes:  
    :Conventions = "http://www.gfd-dennou.org/..." ;  
    :gt_version = "4.3" ;  
    :title = "Aqua planet experiments history data" ;  
    :institution = "Is this your name??" ;  
    :
```


ドキュメント置場

■ dcpam5 ドキュメント

dcpam5 ドキュメント

チュートリアル

- [らくらく dcpam5](#)
 - dcpam5 を用いて手軽に実験を行うためのチュートリアルです。

マニュアル

- 支配方程式系とその離散化 [[HTML](#)] [[PDF](#)]
 - 導出に関する参考資料 [[HTML](#)] [[PDF](#)]
- コード解説 [[HTML](#)] [[PDF](#)]
- 各モジュールのリファレンスマニュアル [[HTML \(MathML 使用版\)](#) | [MathML 非対応ブラウザ用](#)]
 - MathML 使用版は [Mozilla Firefox](#) および Internet Explorer (+ [MathPlayer](#)) では正しく表示されることを確認しています。その他のブラウザの MathML 対応に関しては、[MathML 日本語情報](#) や [MathML Software - Browsers](#)などを参照してください。

USB メモリへデータを保存

- Gfdnavi で使用しますので, 作成された NetCDF ファイル (*.nc) を USB メモリに保存して下さい

```
$ mkdir /media/sdb2/dcpam5_data
```

```
$ cp *.nc /media/sdb2/dcpam5_data/
```

USB メモリがマウントされている
ディレクトリ名に適宜変更して
ください

Gtool5 Fortran 90/95 ライブラリ & RDoc Fortran 90/95 解析機能強化版



Gtool5 Fortran 90/95 ライブラリ

- 地球惑星流体に関する数値モデルで用いることを想定して開発されているライブラリ

- <http://www.gfd-dennou.org/library/gtool/gtool5.htm>

- 主な機能

- データ入出力
- 文字列操作
- 日付および時刻の操作
- メッセージ出力
- CPU 時間計測
etc ...

入出力部分の共通化

SPMODEL

```
call HistoryCreate( ... &  
  dims=(/'lon', 'lat', 'sig'../) &  
  .. )  
call HistoryAddVariable( &  
  'vor', .. )  
call HistoryPut('vor', xyz_vor)  
call HistoryClose
```

DCPAM

```
call HistoryCreate( ... &  
  dims=(/'x', 't'/) &  
  .. )  
call HistoryAddVariable( &  
  'zeta', .. )  
call HistoryPut('zeta', g_Zeta)  
call HistoryClose
```

```
call HistoryCreate( ... &  
  dims=(/'x', 'z', 's', 't' ../) &  
  .. )
```

```
call HistoryAddVariable( &  
  'Exner', .. )
```

```
call HistoryPut('Exner', xz_Exner)
```

```
call HistoryClose
```

deepconv/arare

モデルごとに異なる
情報は引数で受け取る

RDoc Fortran 90/95 解析機能強化版

- Fortran 90/95 ソースコード (+ 埋め込まれているコメント)の自動解釈、コードリファレンス自動生成
 - <http://www.gfd-dennou.org/library/dcmmodel/rdoc-f95/>
- Fortran 90/95 規格全ての言語要素の解析
 - 定数、変数、サブルーチン・関数の引数、構造データ型、利用者定義演算、利用者定義代入、総称手続き、NAMELIST 変数群
- TeX 書式の文書を MathML として表示
 - MathML: ブラウザ上で数式表現可能な言語
 - ◆ 支配方程式、離散化文書との対応付けに寄与
 - Ruby 用 MathML ライブラリ (黒田 拓氏作) を利用

コードリファレンス自動生成

ファイル
モジュール
サブルーチン・関数 } 一覧
(ハイパー
リンク)

```
!= 積雲パラメタリゼーション: 対流調節スキーム
! Authors:: Yasuhiro MORIKAWA,
! License:: See COPYRIGHT[link:../../../COPYRIGHT]
```

```
module cumulus_adjust
! = 積雲パラメタリゼーション: 対流調節スキーム
! 対流調節スキームにより, 温度と比湿を調節します. ... (略)

subroutine Cumulus( &
& xyz_Temp, xyz_QVap, xyz_Press, xyr_Press )
! 対流調節スキームにより, 温度と比湿を調節します.
real(8), ... :: xyz_Temp (0:imax-1, 1:jmax, ...)
! $ T $ . 温度.
real(8), ... :: xyz_QVap (0:imax-1, 1:jmax, ...)
! $ q $ . 比湿.
real(8), ... :: xyz_Press (0:imax-1, 1:jmax, ...)
! $ p $ . 気圧 (整数レベル).
real(8), ... :: xyr_Press (0:imax-1, 1:jmax, ...)
! $ \hat{p} $ . 気圧 (半整数レベル).
```

RDoc

サブルーチンの
概説・引数に関する情報

モジュールの概説

変数の解説 (MathML)

Files	Classes	Methods
cumulus/cumulus_adjust.f90	NAMELIST	AtmosAlbedo (radiation_band)
dcpam5_modules.rdoc	axesset	AvrLat_y (intavr_operate)
dryconv_adjust/dryconv_adjust.f90	constants	AvrLonLat_xy (intavr_operate)
dynamics/dynamics_hspl_vas83.f90	cumulus_adjust	AvrLon_x (intavr_operate)
held_suarez_1994/held_suarez_1994.f90	dryconv_adjust	AxessetInit (axesset)
	dynamics_hspl_vas83	BasePotTemp (vdiffusion_my1974)

Class cumulus_adjust
In: cumulus/cumulus_adjust.f90

積雲パラメタリゼーション: 対流調節スキーム

Cumulus parameterization: Convective adjustment scheme

Note that Japanese and English are described in parallel.

対流調節スキームにより, 温度と比湿を調節します. 飽和比湿の計算には Nakajima et al. (1992) を用いています. 詳しくは saturate_nha1992 を参照してください.

Adjust temperature and specific humidity by convective adjustment scheme. Nakajima et al. (1992) is used for calculation of saturation specific humidity. For details, see "saturate_nha1992".

Procedures List

Cumulus : 温度と比湿の調節
----- : -----
Cumulus : Adjust temperature and specific humidity

Public Instance methods

Cumulus(xyz_Temp, xyz_QVap, xyz_Press, xyr_Press)
Subroutine :
xyz_Temp(0:imax-1, 1:jmax, 1:kmax) : real (DP), intent (inout)
: T . 温度. Temperature
xyz_QVap(0:imax-1, 1:jmax, 1:kmax) : real (DP), intent (in)
: q . 比湿. Specific humidity (level)
xyz_Press(0:imax-1, 1:jmax, 1:kmax) : real (DP), intent (in)
: p . 気圧 (整数レベル). Air pressure (integer level)
xyr_Press(0:imax-1, 1:jmax, 0:kmax) : real (DP), intent (in)
: \hat{p} . 気圧 (半整数レベル). Air pressure (half level)

対流調節スキームにより, 温度と比湿を調節します.

Adjust temperature and specific humidity by convective adjustment scheme.

[Source]

ドキュメント置場

■ dcpam5 ドキュメント

dcpam5 ドキュメント

チュートリアル

- [らくらく dcpam5](#)
 - dcpam5 を用いて手軽に実験を行うためのチュートリアルです。

マニュアル

- 支配方程式系とその離散化 [[HTML](#)] [[PDF](#)]
 - 導出に関する参考資料 [[HTML](#)] [[PDF](#)]
- コード解説 [[HTML](#)] [[PDF](#)]
- 各モジュールのリファレンスマニュアル [[HTML \(MathML 使用版\)](#) | [MathML 非対応ブラウザ用](#)]
 - MathML 使用版は [Mozilla Firefox](#) および Internet Explorer (+ [MathPlayer](#)) では正しく表示されることを確認しています。その他のブラウザの MathML 対応に関しては、[MathML 日本語情報](#) や [MathML Software - Browsers](#)などを参照してください。

ここをクリック

おわりに

- **dcmode** プロジェクトの階層モデル群
 - SPMODEL, deepconv/arare, DCPAM, ...
 - 入出力データ形式の共通化
 - プログラム書法の共通化が図られつつある
- **是非使って遊んで (?) ください!!**
- **今後の発展**
 - 地球条件に限らない惑星条件での数値計算
などなど
- **謝辞**
 - 国立環境研究所スーパーコンピュータ NEC/SX-6,
NEC/SX-8 にて数値計算を行ないました。