

dcpam5

らくらくら dcpam5

地球流体電脳倶楽部

平成 24 年 2 月 20 日

# 目次

第 1 章	この文書について	1
第 2 章	dcpam5 の全体構造	2
2.1	dcpam5 の全体構造と処理の流れの概観 (仮)	2
2.2	namelist 変数のリスト	2
第 3 章	計算設定の変更: namelist ファイルの設定	3
3.1	解像度を変更するには	3
3.2	積分期間を変更するには	3
3.3	物理定数・惑星に関する定数を変更するには	3
3.4	出力設定を変更するには	3
3.5	リスタート計算を行うには	3
3.5.1	dcpam5 でのリスタート計算の概要	3
3.5.2	リスタートファイルの出力のための設定	4
3.5.3	リスタート計算を行うための設定	5
3.6	地球の設定・火星の設定・木星の設定で計算を行うには	7
第 4 章	初期値ファイルなどを変更するには	8
第 5 章	出力する変数を増やすには	9
第 6 章	モジュールを追加するには	10
第 7 章	鉛直 1 次元計算を行うには	11
7.1	はじめに	11
7.2	dcpam5 の鉛直 1 次元化の概要	11
7.3	コンパイル	12
7.4	鉛直 1 次元計算のための設定	12
7.4.1	格子点数の指定	12
7.4.2	力学過程の指定	13
7.4.3	緯度, 経度の指定	13
7.5	鉛直 1 次元計算の実行	13
第 8 章	軸対称 2 次元計算を行うには	14

---

8.1	はじめに . . . . .	14
8.2	dcpam5 の軸対称 2 次元化の概要 . . . . .	14
8.3	コンパイル . . . . .	15
8.4	軸対称 2 次元計算のための設定 . . . . .	15
8.4.1	格子点数の指定 . . . . .	15
8.5	軸対称 2 次元計算の実行 . . . . .	15
<b>第 9 章</b>	<b>並列計算を行うには</b>	<b>16</b>
9.1	はじめに . . . . .	16
9.2	dcpam5 の MPI 並列化の概要 . . . . .	16
9.2.1	分割方法 . . . . .	16
9.2.2	入出力 . . . . .	17
9.3	コンパイル . . . . .	18
9.3.1	必要なソフトウェアの準備 . . . . .	18
9.3.2	コンパイル時の注意 . . . . .	18
9.4	並列計算の実行 . . . . .	19
9.5	入出力データの分割と統合 . . . . .	20
9.5.1	入力データの分割 . . . . .	20
9.5.2	出力データの統合 . . . . .	20

# 第1章 この文書について

この文書は, 地球流体電脳倶楽部で開発中の惑星大気モデル (Dennou-Club Planetary Atmospheric Model) のバージョン 5 である dcpam5 において設定の変更やモデルの改変方法に関するガイドである.

第2章 において, dcpam5 の構造の概観を示し, それ以降では計算設定の変更, モデルの改変方法について説明する.

## 第2章 dcpam5 の全体構造

### 2.1 dcpam5 の全体構造と処理の流れの概観 (仮)

この節では, dcpam5 の全体構造 (メインプログラムと初期値生成プログラムがある等) とそれぞれの処理のおおまかな流れを記述する予定である.

### 2.2 namelist 変数のリスト

この節では, namelist 変数のリストを挙げる予定である.

## 第3章 計算設定の変更: namelist ファイルの設定

### 3.1 解像度を変更するには

### 3.2 積分期間を変更するには

### 3.3 物理定数・惑星に関する定数を変更するには

### 3.4 出力設定を変更するには

### 3.5 リスタート計算を行うには

この節では, dcpam5 でのリスタート計算の方法について述べる. ここ, リスタートとは, ある期間積分した後で, その最後の状態から計算を再開することを指す<sup>1</sup>.

#### 3.5.1 dcpam5 でのリスタート計算の概要

dcpam5 のリスタート計算は, 以下の手順により行う.

- リスタートファイルの指定,

---

<sup>1</sup>実際には, リスタートファイルが作成されていれば, 前回の積分の途中からの再開も可能である.

- 大気中の予報変数用のリスタートファイル,
- 惑星表面・土壌中の変数用のリスタートファイル,
- 予備変数用のファイルの指定,
- 計算再開時刻の指定.

つまり, 再計算のためには, それ以前の計算において

- 大気中の予報変数用のリスタートファイル,
- 惑星表面・土壌中の変数用のリスタートファイル,
- 予備変数用のファイル,

を出力しておく必要がある.

また, 現在の dcpam5 においては, 計算条件によっては, 正確なリスタート計算のためには制限がある. 具体的には, 地球計算, 火星計算において, リスタートファイルの出力時刻が放射計算の時刻と一致している必要がある<sup>2</sup>. 正確なリスタート計算を行う場合には, リスタートファイルの出力タイミングに注意すること.

### 3.5.2 リスタートファイルの出力のための設定

リスタート計算を行う場合に必要となるリスタートファイルは, 下のように指定することで出力される<sup>3</sup>.

大気中の変数用のファイル, 惑星表面・土壌中の変数用のファイルは, それぞれ, dcpam5 の計算において以下の namelist ブロックで指定されることで出力される.

<sup>2</sup>dcpam5 においては, 計算時間の節約のために, 放射計算はすべての時間ステップで行っているわけではなく, ある一定の時間間隔でのみ行う. この放射計算のタイミングと異なる時間ステップにおいては, 前回の放射計算の結果を使用して時間積分する. したがって, 放射計算のタイミングと異なるタイミングで計算が終了してしまうと, リスタート計算開始時に前回の放射計算結果を持っていないため, (正確な) リスタート計算ができない. もちろん, この放射計算に関わる予備変数を保存しておけば, (正確な) リスタート計算が可能である. 地球流体電脳倶楽部大気大循環モデル AGCM5 のデフォルト放射モデルを用いた計算においては, 放射計算に関わる予備変数もファイルに書き出しており, 常に (正確な) リスタート計算が可能である (ことになっている).

<sup>3</sup>出力指定していない場合にも, 計算の終了時にリスタートファイルが作られる. この時のファイル名は, 大気中の変数用ファイルは rst.nc, 惑星表面・土壌中の変数用ファイルは rst\_sst.nc, AGCM5 のデフォルト放射モデルで用いる予備変数用のファイルは rst\_rad.nc となる. このため, 明示的に指定しなくてもリスタートすることは可能である.

- 大気中の予報変数用のリスタートファイル,

```
&restart_file_io_nml
...
  OutputFile = 'ファイル名'
...
/
```

- 惑星表面・土壌中の変数用のリスタートファイル,

```
&restart_surftemp_io_nml
...
  OutputFile = 'ファイル名'
...
/
```

### 3.5.3 リスタート計算を行うための設定

リスタート計算を行う場合には, 設定ファイル (namelist ファイル) に下のように指定する.

- 計算再開時刻,

```
&timeset_nml
...
  RestartTimeValue = XXX
  RestartTimeUnit  = YYY
...
/
```

なお, このとき, InitialYear, InitialMonth, 等 Initial\* は, リスタート時刻ではなく, 初回の計算の時刻を指定するため, ここでは設定を変更する必要はない.

- 大気中の予報変数用のリスタートファイル,



```

&restart_file_io_nml
...
  InputFile = 'ファイル名'
...
/

```

- 惑星表面・土壌中の変数用のリスタートファイル,

```

&restart_surftemp_io_nml
...
  InputFile = 'ファイル名'
...
/

```

namelist ブロック, `timeset_nml`, に指定する `RestartTimeValue`, `RestartTimeUnit` の値は, 実際には `restart_file_io_nml` の `InputFile` に指定されるファイルの中の変数 `time` のある値とするのが良い. 例えば,

```

&restart_file_io_nml
...
  InputFile = 'input.nc'
...
/

```

であり,

```

% ncdump -v time input.nc
netcdf input {
...
  double time(time) ;
           time:long_name = "time" ;
           time:units = "sec" ;
...
  time = 0, 86400, 172800 ;
}

```

の場合に、前回の計算の終了時からの再計算を行う場合には、下のように指定する。

```
&timeset_nml
...
RestartTimeValue = 172800.0
RestartTimeUnit  = 'sec'
...
/
&restart_file_io_nml
...
InputFile = 'input.nc'
...
/
&restart_surftemp_io_nml
...
InputFile = 'input_surf.nc'
...
/
```

なお、RestartTimeValue に与える数値は、倍精度で書いてもよい。また、ここでは惑星表面・土壌中の変数用のリスタートファイル名を input\_surf.nc とした。

### 3.6 地球的设置・火星的设置・木星的设置で計算を行うには

## 第 4 章 初期値ファイルなどを変更する には

## 第5章 出力する変数を増やすには

## 第6章 モジュールを追加するには

## 第7章 鉛直 1 次元計算を行うには

この章の内容は要確認. (yot, 2011/09/30)

### 7.1 はじめに

dcpam5 は 3 次元モデルであるが, 設定を変更することで鉛直 1 次元計算も可能である. この章では, dcpam5 を用いて鉛直 1 次元計算の実行方法について述べる.

### 7.2 dcpam5 の鉛直 1 次元化の概要

鉛直 1 次元計算の実行方法について述べる前に, dcpam5 での鉛直 1 次元化の概要について簡単に説明しておく.

dcpam5 の鉛直 1 次元化は, 緯度, 経度方向の格子点数をそれぞれ 1 にし, 移流を計算しないように設定することで実現している<sup>1</sup>. 移流計算以外は 3 次元計算の時に用いていたモジュールをそのまま用いている.

このため, 例えば短波放射計算のように惑星上の緯度, 経度に依存するような計算のために, 計算する 1 次元カラムが位置する緯度, 経度を指定する必要があり, その位置における適当な日変化, 季節変化が計算される<sup>2</sup>.

---

<sup>1</sup>鉛直一次元計算においては, 水平方向の格子点数が 1 であるため, スペクトル変換法を用いた力学過程モジュールでは計算できない. このため, スペクトル変換法を用いた力学過程を用いないモジュールを選択する必要がある. (yot, 2011/09/30)

<sup>2</sup>もちろん, 日変化, 季節変化をなくす設定をすれば話は別.

## 7.3 コンパイル

鉛直 1 次元計算を行うためのコンパイル方法は、3 次元モデルのコンパイル方法と全く同じである。コンパイルの基本的な方法の詳細は、「dcpam5 インストールガイド」([http://www.gfd-dennou.org/library/dcpam/dcpam5/dcpam5\\_latest/INSTALL.htm](http://www.gfd-dennou.org/library/dcpam/dcpam5/dcpam5_latest/INSTALL.htm))を参照すること。

## 7.4 鉛直 1 次元計算のための設定

鉛直 1 次元計算の特有の設定は、水平格子点数、力学過程、鉛直 1 次元カラムの緯度、経度の指定である。それぞれ、下に示すように指定する。

### 7.4.1 格子点数の指定

既に述べたように、鉛直 1 次元計算は、緯度、経度方向の格子点数をそれぞれ 1 にすることで実現している。緯度、経度方向の格子点数は、`gridset_nml` namelist ブロックにより、下のように指定する。

```
&gridset_nml
  ...
  imax   = 1,           ! 経度格子点数.
                        ! Number of grid points in longitude
  jmax   = 1,           ! 緯度格子点数.
                        ! Number of grid points in latitude
  kmax   = 16,          ! 鉛直層数.
                        ! Number of vertical level
  kslmax = 9            ! 地下の鉛直層数.
                        ! Number of subsurface vertical level
/
```

### 7.4.2 力学過程の指定

既に述べたように、鉛直 1 次元計算では、スペクトル変換法を用いた力学過程モジュールを使えないため、別のモジュールを選択する<sup>3</sup>。異なるモジュールは、下のよう指定する。

```
&dcpam_main_nml
...
  DynMode                = 'NoHorAdv',
...
/
```

### 7.4.3 緯度, 経度の指定

既に述べたように、鉛直 1 次元計算では、そのカラムの緯度, 経度を指定する必要がある。緯度, 経度方向の格子点数は、axeset\_nml namelist ブロックにより、下のよう指定する。

```
&axeset_nml
  LonInDeg = 0.0d0,    ! 経度 (degree)
  LatInDeg = 0.0d0    ! 緯度 (degree)
/
```

## 7.5 鉛直 1 次元計算の実行

鉛直 1 次元計算の実行方法は、3 次元モデルの実行方法と全く同じである。詳細は、「らくらく dcpam5」([http://www.gfd-dennou.org/library/dcpam/dcpam5/dcpam5\\_latest/doc/tutorial/](http://www.gfd-dennou.org/library/dcpam/dcpam5/dcpam5_latest/doc/tutorial/))を参照すること。

---

<sup>3</sup>この「別のモジュール」は、与えられた物理過程による時間変化率を用いて時間積分する。



## 第 8 章 軸対称 2 次元計算を行うには

### 8.1 はじめに

dcpam5 は、軸対称 2 次元計算に用いることができる。この章では、dcpam5 を用いた軸対称 2 次元計算の実行方法について述べる。

### 8.2 dcpam5 の軸対称 2 次元化の概要

軸対称 2 次元計算のための準備と実行方法について述べる前に、dcpam5 での軸対称 2 次元化の概要について簡単に説明しておく。

軸対称 2 次元化は、下のふたつの方法によって実装している。

- 移流計算におけるスペクトル変換に ispack の ... (を用いた spml の ...) を用いる、
- 経度方向の格子点数を 1 にする。

移流計算において用いる spml のスペクトル変換モジュールは、コンパイル時にプリプロセッサオプションで指定することによって選択する。経度方向の格子点数は、計算実行時の設定ファイル (namelist ファイル) で指定する。

なお、移流計算におけるスペクトル変換以外は 3 次元計算の時に用いていたモジュールをそのまま用いている。このとき、計算される子午面は、経度  $0^\circ$  における子午面として扱われ、例えば短波放射計算のように惑星上の経度 (地方時) に依存するような計算においては、経度  $0^\circ$  における日変化、季節変化が計算される<sup>1</sup>。

<sup>1</sup>もちろん、日変化、季節変化をなくす設定をすれば話は別。

## 8.3 コンパイル

コンパイルの基本的な方法は逐次版と同じであり, 詳細は, 「dcpam5 インストールガイド」([http://www.gfd-dennou.org/library/dcpam/dcpam5/dcpam5\\_latest/INSTALL.htm](http://www.gfd-dennou.org/library/dcpam/dcpam5/dcpam5_latest/INSTALL.htm)) を参照すること. ただし, 下の点に注意すること.

- 環境変数の FFLAGS に `-DAXISYMMETRY` または `-DAXISYMMETRY_SJPACK` を指定する.

## 8.4 軸対称 2 次元計算のための設定

軸対称 2 次元計算の特有の設定は, 格子点数の指定である. 下に示すように指定する.

### 8.4.1 格子点数の指定

既に述べたように, 軸対称 2 次元計算は, 経度方向の格子点数を 1 にすることで実現している. 経度方向の格子点数は, `gridset_nml` namelist ブロックにより, 下のよう

```
&gridset_nml
  ...
  imax   = 1           ! 経度格子点数.
                        ! Number of grid points in longitude
  ...
/
```

## 8.5 軸対称 2 次元計算の実行

軸対称 2 次元計算の実行方法は, 3 次元モデルの実行方法と全く同じである. 詳細は, 「らくらく dcpam5」([http://www.gfd-dennou.org/library/dcpam/dcpam5/dcpam5\\_latest/doc/tutorial/](http://www.gfd-dennou.org/library/dcpam/dcpam5/dcpam5_latest/doc/tutorial/)) を参照すること.

## 第 9 章 並列計算を行うには

### 9.1 はじめに

dcpam5 は, MPI (Message Passing Interface) を用いて並列化されている<sup>1</sup>. この章では, dcpam5 を用いた並列計算の実行方法について述べる.

### 9.2 dcpam5 の MPI 並列化の概要

並列計算のための準備と実行方法について述べる前に, dcpam5 での MPI 並列実装の概要について簡単に説明しておく.

#### 9.2.1 分割方法

dcpam5 の MPI 並列化においては, 全球の格子点を緯度方向に分割する<sup>2</sup>. つまり, 各 MPI プロセスは, ある緯度帯の経度-緯度(帯)-高度の 3 次元データを保持しており, 必要に応じて MPI ライブラリを用いて通信を行う. 緯度方向の分割方法は, 現在の dcpam5 が移流計算に用いている ispack の MPI 並列化の方法に従っている. 例えば, T42 の水平解像度で, 4 並列で計算する場合, 各プロセスは以下の緯度

---

<sup>1</sup>dcpam5 の移流計算においてスペクトル変換に用いている ispack が OpenMP を用いて並列化されているため, 移流計算部分は OpenMP での並列計算が可能である. しかし, 他の部分は OpenMP 並列に対応していないため, OpenMP での並列計算は実用的ではないだろう.

<sup>2</sup>ここでは実空間の分割についてのみ述べる. 現在の dcpam5 では, 移流の計算にスペクトル法を用いており, 波数空間のデータの保有方法・分割方法については別途説明が必要であるが, ここでは省略する.

帯のデータを保持する<sup>3,4</sup>.

process 0 :  $-20.9^\circ \leq \phi \leq 20.9^\circ$ ,

process 1 :  $-43.3^\circ \leq \phi \leq -23.7^\circ$ ,  $23.7^\circ \leq \phi \leq 43.3^\circ$ ,

process 2 :  $-65.6^\circ \leq \phi \leq -46.0^\circ$ ,  $46.0^\circ \leq \phi \leq 65.6^\circ$ ,

process 3 :  $-87.9^\circ \leq \phi \leq -68.4^\circ$ ,  $68.4^\circ \leq \phi \leq 87.9^\circ$ .

分割方法の詳細については, ispack の文書を参照すること.

## 9.2.2 入出力

現在の dcpam5 においては, 入出力は各プロセスごとに行っている. したがって, 入力データは各プロセス用に準備する必要がある. 同様に, 出力データも各プロセスごとに別のファイルに分割されているため, 必要に応じてそれらのデータを統合する必要がある.

この時, dcpam5 の入出力ファイル名には MPI のプロセス番号を含めており, ファイル名は \*\_rank000000.nc, \*\_rank000001.nc, \*\_rank000002.nc, ... の書式となる<sup>5</sup>.

ただし, 設定ファイル (実行時の namelist ファイル) でのファイル名の指定には, プロセス番号 \_rank000000, \_rank000001, \_rank000002, ... の部分は含めず, 例えば, 初期値ファイル・リスタートファイルの名前は, 設定ファイルにおいて下のよう指定する.

<sup>3</sup>実際に保持される格子点の緯度は下のようになる.

process 0 : 1.4°S/N, 4.2°S/N, 7.0°S/N, 9.8°S/N, 12.6°S/N, 15.3°S/N, 18.1°S/N, 20.9°S/N,

process 1 : 23.7°S/N, 26.5°S/N, 29.3°S/N, 32.1°S/N, 34.9°S/N, 37.7°S/N, 40.5°S/N, 43.3°S/N,

process 2 : 46.0°S/N, 48.9°S/N, 51.6°S/N, 54.4°S/N, 57.2°S/N, 60.0°S/N, 62.8°S/N, 65.6°S/N,

process 3 : 68.4°S/N, 71.2°S/N, 73.9°S/N, 76.7°S/N, 79.5°S/N, 82.3°S/N, 85.1°S/N, 87.9°S/N.

<sup>4</sup>プロセス番号は 0 から始まる. これは MPI の決まり.

<sup>5</sup>この書式は gtool の決まり.

```
&restart_file_io_nml
  OutputFile = 'init_T21L20.nc'
/
```

このとき、それぞれのプロセスにおいて、初期値ファイル・リスタートファイルの名前は、`init_T21L20_rank000000.nc`, `init_T21L20_rank000001.nc`, `init_T21L20_rank000002.nc`, ... と解釈される。

## 9.3 コンパイル

### 9.3.1 必要なソフトウェアの準備

dcpam5 の並列計算のためには、以下のライブラリが必要である、

- MPI ライブラリ,
- MPI コンパイラでコンパイルした `ispack`,
- MPI コンパイラでコンパイルした `gtool5`,
- MPI コンパイラでコンパイルした `spml`.

MPI ライブラリのコンパイル、および `ispack`, `gtool5`, `spml` の MPI コンパイラを用いたコンパイルの詳細は、各ライブラリの文書を参照すること。

### 9.3.2 コンパイル時の注意

コンパイルの基本的な方法は逐次版と同じであり、詳細は、「dcpam5 インストールガイド」([http://www.gfd-dennou.org/library/dcpam/dcpam5/dcpam5\\_latest/INSTALL.htm](http://www.gfd-dennou.org/library/dcpam/dcpam5/dcpam5_latest/INSTALL.htm))を参照すること。ただし、下の点に注意すること。

- コンパイラとして MPI コンパイラ (例えば `mpif90`) を用いる,
- MPI コンパイラでコンパイルした `ispack`, `gtool5`, `spml` を用いる,
- `configure` のオプションに `--enable-mpi` を指定する。

## 9.4 並列計算の実行

計算の実行の手順は、逐次版と同じく、

- 初期値の準備,
- 実験用データの準備 (例えば、海表面温度、地形、オゾンの分布のデータのことを意味する),
- 実験の実行,

である。ただし、既に述べたように、入力ファイルはプロセスごとに分割されている必要がある。ここでは、まず Held and Suarez (1994) が提案した力学コア実験を例として取り上げ、実行方法について述べる<sup>6</sup>。

基本的な方法は逐次版と同じであり、「らくらく dcpam5」(<http://www.gfd-dennou.org/library/dcpam/>)の項目を参照すること。Held and Suarez (1994) の実験においては、初期値を用意し、実行すればよい。初期値は下のように用意する。

```
% mpiexec -n N ./init_data -N=init_data_hs94_T21L20.nml
```

ここで、N はプロセス数である。これにより、初期値ファイル `init_T21L20_rank000000.nc`, `init_T21L20_rank000001.nc`, `init_T21L20_rank000002.nc`, ... が生成される。

次に、下のように実行する。

```
% mpiexec -n N ./dcpam_main -N=dcpam_hs94_T21L20.nml
```

なお、dcpam5 で用意してある初期値生成プログラム、`init_data`、や、惑星表面温度データ生成プログラム、`sst_data`、を用いて入力ファイルを用意する際には、上記のように、それぞれを `mpiexec` を用いて実行することで、プロセスごとのデータファイルを生成することができる。その他のデータファイルに関しては、別途プロセスごとに分割する必要がある。

<sup>6</sup>MPI を用いて並列化されたプログラムの実行方法の一般的な説明・詳細な説明については MPI ライブラリの文書を参照すること。ここで示す方法がどの程度一般的であるかはわからない (yot, 2011/09/30)。

また, 実行により得られる結果は, 上記のように, プロセスごとに分割されている. 必要に応じて統合する必要がある.

## 9.5 入出力データの分割と統合

入出力データの分割と統合のためにプログラムを用意している. ただし, これらのプログラムは, 今のところ dcpam5 には付属していない. (今のところ) 以下の場所からダウンロードすることができる.

[http://www.gfd-dennou.org/arch/dcpam/Clipboard/2011-09-14\\_yot\\_dcpam5-mpi-utils/](http://www.gfd-dennou.org/arch/dcpam/Clipboard/2011-09-14_yot_dcpam5-mpi-utils/)

### 9.5.1 入力データの分割

入力データの分割のためにプログラム (`util_split`) を用意している. 使い方については, 当該プログラムに付属する README を参照すること.

### 9.5.2 出力データの統合

出力データの統合のためにプログラム (`util_merge`) を用意している. 使い方については, 当該プログラムに付属する README を参照すること.