

Dennou-Clube Planetary Ocean Model  
(DCPOM version 1.0.1)  
ユーザーガイド

河合 佑太

2020年3月7日

# 目次

第1章	はじめに	2
1.1	この文書について	2
1.2	DCPOM の概要	2
第2章	インストール	5
2.1	準備	5
2.1.1	動作環境	5
2.1.2	必要なソフトウェア	6
2.1.3	DCPOM のビルド	6
第3章	チュートリアル	9
第4章	詳細設定	10
付録A	よくある質問	12

# 第 1 章 はじめに

## 1.1 この文書について

地球流体電脳倶楽部では、海洋大循環を考慮した惑星気候の探索を目指して、海洋大循環モデルと海水モデルを開発しており、Dennou-Club Planetary Ocean Model (DCPOM) として公開している<sup>\*1</sup>。本書は、DCPOM に含まれる海洋モデルと海水モデルの利用者に向けた取り扱い説明書であり、DCPOM version 1.0.1 に対応した説明を行う。モデルの支配方程式系やその離散化手法の詳細については、`doc/description/dcpom_description.pdf` を参照されたい。

本書の構成は次の通りである。第 1 章において、DCPOM の概要を示す。第 2 章において、インストール方法を説明する。第 3 章において、DCPOM に含まれる海洋海水モデルの基本的な使い方を、理想実験のチュートリアルを通して説明する。モデルの設定の変更方法などは、第 4 章で記述する。

## 1.2 DCPOM の概要

### dogcm

本書で主に対象とするのは、`TOP_DIR/model/dogcm` ディレクトリ中にある、海洋大循環モデルと海水モデルのコードである。この海洋大循環モデルで表現される過程や、そこで用いられる数値解法の概要は以下である。

- 力学コア:
  - 浅い流体近似・静水圧近似をしたブジネスク方程式系

<sup>\*1</sup><https://www.gfd-dennou.org/arch/index.htm> からソースコード等を取得できる。

- 海水の状態方程式 (温位, 塩分, 深さに依存)
  - \* 線形関数
  - \* 二次関数 (Vallis 2006)
  - \* Jackett and McDougall (1995) に記述されている状態方程式
- サブグリッド・スケールの物理過程のパラメタリゼーション
  - メソスケールの渦による混合
    - \* 等密度面に沿った拡散スキーム (Redi 1982)
    - \* skew flux に基づく GM スキーム (Gent and McWilliams 1990; Griffies 1998)
  - 対流による鉛直混合
    - \* 対流調節スキーム (Marotzke 1991; Rahmstorf 1993)
- 数値解法
  - 水平離散化: 球面調和関数展開に基づくスペクトル法
  - 鉛直離散化: 有限体積法
  - 時間離散化
    - \* 順圧モードと傾圧モードの分離 (Shchepetkin and McWilliams 2005)
    - \* 移流項: LF-AM3 スキーム (Shchepetkin and McWilliams 2005)
    - \* 鉛直拡散項, 伝播速度の速い波と関係した項: リープフロッグ法
    - \* 水平拡散項: 前進オイラー法または後退オイラー法

また, 海氷モデルで表現される過程や, そこで用いられる数値解法の概要は以下である。

- 熱力学過程: (Winton 2000) に基づく三層モデル
- 水平輸送のパラメタリゼーション: 海氷厚さの水平拡散で表現
- 数値解法
  - 水平離散化: 有限体積法
  - 鉛直離散化: 有限体積法
  - 時間離散化
    - \* 移流項: LF-AM3 スキーム (Shchepetkin and McWilliams 2005)
    - \* 鉛直拡散項: リープフロッグ法
    - \* 水平拡散項: 前進オイラー法

## その他の海洋モデル

なお,  $\${TOP\_DIR}/model$  内には, 上記のモデルのディレクトリ (dogcm) 以外にも, 「globalSWModel\_DG, globalSWModel\_FVM」等のディレクトリが存在する. これらは, 以下のように岸が取り扱うことを念頭にした海洋モデルの試作品であるが, これらのモデルの詳細については, 本書にはまだ記述できていない.

## 第2章 インストール

### 2.1 準備

#### 2.1.1 動作環境

DCPOM は, 以下の環境での動作を確認済みである.

- OS
  - SUSE Linux Enterprise Server 11 SP3
  - Debian GNU/Linux ver. 8.11
  - MacOS High Sierra ver. 10.13.6
- Fortran コンパイラ
  - GFortran ver. 8.2.0
    - \* with LAPACK ver. 3.5.0
    - \* with OpenMPI ver. 3.1.3
  - GFortran ver. 4.9.2
    - \* with LAPACK ver. 3.8.0
    - \* with OpenMPI ver. 1.6.5
  - Intel<sup>®</sup>Compilers ver. 16.0.1
    - \* with Intel<sup>®</sup>MKL
    - \* with Intel<sup>®</sup>MPI Libray ver. 5.1.2

### 2.1.2 必要なソフトウェア

DCPOM を利用するためには、以下のソフトウェアを事前にインストールしておく必要がある。

- netCDF,  $\geq$  ver. 3.6
- ispack, ver. 1.0.4
- gtool5,  $\geq$  ver. 20101218-1
- SPMODEL,  $\geq$  ver. 0.8.0
- (MPI library)

MPI 並列化した DCPOM を使用したい場合は、MPI ライブラリが必要である。以下では、上記のソフトウェアのインストールが完了しているとする。

### 2.1.3 DCPOM のビルド

#### TGZ パッケージの展開

最新版のソースコードは、[https://www.gfd-dennou.org/library/dcpom/dcpom\\_current.tgz](https://www.gfd-dennou.org/library/dcpom/dcpom_current.tgz) から取得できる。以下のように、適当な作業ディレクトリでソースアーカイブを展開する。

```
$ tar xvzf dcpom_current.tgz
```

使用する Fortran コンパイラを、環境変数 FC に指定する。例えば、gfortran を使用する場合は、

```
$ export FC=gfortran
```

と指定する。コードの最適化やデバッグ等のオプションは、環境変数 FCFLAGS に設定する。以下の例では、gfortran を使用する場合に、レベル3の最適化とスレッド並列化を行うときのオプションを示している。

```
$ export FCFLAGS="-O3 -fopenmp"
```

### configure の実行

トップディレクトリにおいて、以下のように必要なライブラリのパスを指定して、configure を実行する。これによって、Makefile が生成される。

```
$ ./configure --with-netcdf=/usr/local/netcdf/lib/libnetcdf.a
```

上記のコマンドにおいて、「`-with-**=`」で使用するライブラリのパスを指定している。netCDF ライブラリが共有ライブラリである場合は、加えて `-with-netcdf=` の指定が必要なときもある。また、軸対称計算を行いたい場合は「`-with-dogcm-mode=AXISYM`」を、緯度方向のスペクトル変換に `sjpack` を使用したい場合は「`-enable-sjpack`」をオプションに追加されたい。

インストール先などを変更したい場合などには、さらにオプションを指定する必要がある。指定可能なオプションは以下のコマンドで確認できる。

```
$ ./configure --help
```

MPI 並列化した DCPOM を使用したい場合は、MPI ライブラリのインストールに加えて、MPI サポートを有効にして `gtool5` や `SPMODEL` をビルドする必要がある (詳細は `gtool5` や `SPMODEL` のインストールドキュメント<sup>\*1</sup> <sup>\*2</sup> を参照)。そして、DCPOM の「`configure`」を実行する際には、環境変数 `FC` に `mpif90` 等の MPI 用のコンパイルコマンドを指定する必要がある。

### コンパイル

以下のように、`make` を実行してソースコードをコンパイルする。

```
$ make
```

---

<sup>\*1</sup>`gtool5` のインストールドキュメント: [http://www.gfd-dennou.org/library/gtool/gtool5/gtool5\\_current/INSTALL.htm](http://www.gfd-dennou.org/library/gtool/gtool5/gtool5_current/INSTALL.htm)

<sup>\*2</sup>`SPMODEL` のインストールドキュメント: [http://www.gfd-dennou.org/library/spmodel/spm1\\_current/doc/INSTALL.htm.ja](http://www.gfd-dennou.org/library/spmodel/spm1_current/doc/INSTALL.htm.ja)

libsrc, tool, model ディレクトリの順番に、ソースコードのコンパイルが行われる。問題なくコンパイルが完了すれば、例えば、model/dogcm 以下に、dogcm (DCPOM に含まれる海洋海氷モデルの一つ) や実験結果の解析用プログラムがそれぞれ、dogcm\_axisym (軸対象設定の場合), ocndiag として作成される。

## 第3章 チュートリアル

## 第4章 詳細設定

## 参考文献

- Gent, P. R. and J. C. McWilliams, 1990: Isopycnal mixing in ocean circulation models. *Journal of Physical Oceanography*, **20**, 150–155.
- Griffies, S. M., 1998: The Gent–McWilliams Skew Flux. *Journal of Physical Oceanography*, **28**, 831–841.
- Jackett, D. R. and T. J. McDougall, 1995: Minimal adjustment of hydrographic profiles to achieve static stability. *Journal of Atmospheric and Oceanic Technology*, **12**, 381–389.
- Marotzke, J., 1991: Influence of convective adjustment on the stability of the thermohaline circulation. *Journal of Physical Oceanography*, **21**, 903–907.
- Rahmstorf, S., 1993: A fast and complete convection scheme for ocean models. *Ocean Modelling*, **101**.
- Redi, M. H., 1982: Oceanic isopycnal mixing by coordinate rotation. *Journal of Physical Oceanography*, **12**, 1154–1158.
- Shchepetkin, A. F. and J. C. McWilliams, 2005: The regional oceanic modeling system (roms): a split-explicit, free-surface, topography-following-coordinate oceanic model. *Ocean Modelling*, **9**, 347–404.
- Vallis, G. K., 2006: *Atmospheric and Oceanic Fluid Dynamics: Fundamentals and Large-scale Circulation*. Cambridge University Press.
- Winton, M., 2000: A reformulated three-layer sea ice model. *Journal of atmospheric and oceanic technology*, **17**, 525–531.

## 付録 A よくある質問