

概要

MRI.COM と本解説書について

本技術報告は、気象研究所共用海洋モデル (MRI.COM) の解説書である。MRI.COM は気象庁気象研究所で開発、維持されてきた海洋大循環モデルである。本モデルは、大きなスケールの海洋現象に関する研究や気象研究所で開発された気候モデルの海洋部分として使用されてきた。最近では、その適用可能範囲を沿岸の小スケール現象に広げつつある。

MRI.COM の最新バージョンは4である。バージョン1 (2000年頃) は基本型を作成することを目的としたものであった。それまで気象研究所で使用されてきていた2系統の海洋モデルを統合することに精力が注がれた。それ故、当時の利用者は開発に直接携わる気象研究所の研究者に限定されていた。言い換えれば、利用者が本モデルに関する深い知識を有していた。

バージョン2 (2000年代前半) は、気象庁の現業システムへの供用を目的としたものであった。モデル開発に直接関与しない利用者数の増加が見込まれたため、当時の開発者らはこのバージョンに対する詳細な説明書の執筆を決め、日本語による解説書が2005年に出版された (Ishikawa et al., 2005)。この日本語版は、その英語版である本解説書の原型となっている。

バージョン3は、気象研究所地球システムモデル (MRI-ESM1; Yukimoto et al., 2011) の海洋部分への供用を主な目的としたものである。バージョン更新の理由のひとつは、開発段階で、鉛直格子点の定義位置を変更したことであった。気象研究所はMRI-ESM1を用いて結合モデル相互比較プロジェクト第5フェーズ (CMIP5) に参加した。同モデルによる将来予測結果等は、幅広い分野の人々に使用されることが見込まれたため、著者らは、その海洋部分についての詳細な説明を英語で執筆することとした (Tsujino et al., 2010)。

バージョン4 (本バージョン) は気象庁における次期現業海洋予測システム、並びに気象研究所が参画する結合モデル相互比較プロジェクト第6フェーズ (CMIP6) 用の新地球システムモデル (MRI-ESM2) の海洋部分としての供用を意図したものである。本バージョンでは以下の改良がおこなわれている。

- 起潮力ポテンシャルおよび海面気圧による押し下げ・吸い上げ効果が順圧モードの方程式に導入された。これらは沿岸海洋予測への適用を考慮したものである。起潮力ポテンシャルに対する系の線形応答は他のプロセスから独立して解かれる。そうすることによって、self-attraction 及び loading 効果は潮汐過程にのみ影響を及ぼすようになっている。
- 海面水位変動を海面から海底までスケールリングする新しい鉛直座標 (z^* coordinate; Adcroft and Campin, 2004) を導入した。
- ネスティング機能が拡充された。オフライン (親と子モデルが逐次実行される) 単方向、オンライン (親と子モデルが並列同時実行される) 単方向、双方向ネスティングが可能となった。オンライン双方向ネスティングでは、海水体積とトレーサー積算値が親モデルと子モデルのシステムで保存させることが可能となっている。
- プログラムを全面的に書き換え、各プロセスをパッケージ化し、保守を容易にした。各パッケージは可能な限り他のパッケージに依存しないようにし、`package_ctl.F90` という名前のファイルに含まれる、ドライバプログラムのみにより制御される。
- ユーザーインターフェイスが全面的に改訂された。具体的には、モデルの挙動監視機能とサンプリング機能が拡張された。いくつかの入出力ファイルでは以前のバージョンとは異なるフォーマットが使用され、中身が容易に確認できるようになった。NAMELIST ブロック名および変数名を改め、より自明となるようにした。詳しくは各種 README ファイルを参照されたい。

読者には、本解説書の目的が、特定のモデルシステムに関する詳細な説明を与えることである点に注意していただきたい。本解説書に示す、海洋に生じる現象の数学的表現、パラメタリゼーションの方法、数値アルゴリズムは、最新のプログラムコードに則ったものである。これらは概ね最先端の知見を反映したものであるが、それがすなわち物理的、数学的、計算機科学的手法の完全性を表現していることを意味するわけではない。あらゆる手法も改良の対象となり得る。従って、著者らは読者ならびに利用者からの忌憚なきコメントや助言を歓迎する。これらはモデルのさらなる改良には不可欠なものである。

海洋大循環モデルに関するより包括的で詳細な解説に興味のある読者は [Griffies \(2004\)](#) や [Kantha and Clayson \(2000\)](#) による教科書を参照することを勧める。前者には海洋大循環モデルの原理的な面についての詳細な記述が、後者には潮汐や海氷といった、様々な海洋現象のモデリングに関する知見が簡潔にまとめられている。

本解説書の構成

第 1 章では、海洋大循環モデルと MRI.COM を紹介する。海洋大循環モデルの分類と、最先端の海洋モデルに対する MRI.COM の位置づけについて述べる。

第 I 部では、モデルの基本設定について述べる。第 2 章では支配方程式の定式化を行う。空間格子配置、及び単位格子の面積や体積計算方法の解説を第 3 章で行う。

第 II 部では、診断式について説明を行う。第 4 章は海水の状態方程式の定義を示す。第 5 章は単位格子に対する連続方程式の差分式の定義を示す。

第 III 部ではモデルの運動方程式の解説を行う。運動方程式の順圧成分と傾圧成分の解法を第 6 章と第 7 章でそれぞれ述べる。

第 IV 部ではトレーサーに対する移流拡散方程式の解法を述べる。トレーサー移流スキームについて第 8 章で解説する。サブグリッドスケールの水平方向と鉛直方向の混合に対するパラメタリゼーションについて、第 9 章および第 10 章でそれぞれ解説する。幾つかの生物地球化学モデルを第 11 章で解説する。パッシブトレーサーの幾つかを第 12 章で解説する。第 13 章はトレーサーパッケージの使用法を説明する。

第 V 部では境界プロセスの解説を行う。海面フラックスの取り扱いを第 14 章で、幾つかの海面混合層モデルを第 15 章で、海底境界層モデルを第 16 章で、海氷モデルを第 17 章で解説する。入れ子モデルの作成と使用法について第 18 章で解説する。

第 VI 部では上記に分類できない項目について取り上げる。差分解法の基本について第 19 章で、一般直交曲線座標とそれに関連した計算法について第 20 章で、最後にモデルの作成と実行方法の解説を第 21 章で行う。

各章はほぼ他の章から独立しており、読者は他の章を参照しなくとも各章の内容を理解できるはずである。但し、第 I 部を読んでおくと、それが背景知識となって、本解説書の残りの部分の理解が容易になるので、参考にしていただきたい。

最後に本解説書で用いる表記法についての注意点を述べる。本文中タイプライター (Courier) 活字体が用いられている部分はプログラムコードからの抜粋である (綴り間違いなどではない)。差分式に現れる添え字や指数はスタガード (千鳥状) 格子配置を表現するように意図している。しかし必ずしもプログラムコードの配列番号とは対応していないので注意願いたい。