

ソフトウェアとしての可読性を重視した全球プリミティブモデル

*森川靖大 (北大理), 石渡正樹 (北大地球環境), 高橋芳幸, 小高正嗣, 林祥介 (北大理)

1. はじめに

モデル設定の可変性とソースコードの可読性を合わせ持った大気大循環モデル (GCM) の開発を目指して、プリミティブモデルのソースコードの検討を行い、そのプログラム実装と試験計算を行った。このような GCM を開発する目的は、地球と火星の大気構造の相互比較など、モデルに実装される物理過程を変更した比較惑星科学的数値実験を容易に実行できる環境を手に入れることにある。GCM における可読性と可変性を向上させる試みとしては、構造化言語である FORTRAN77 時代の 沼口 (1992) が存在する。我々は 沼口 (1992) の試みをさらに進め、Fortran90/95 の機能を活用してソースコードの可読性を高める方法を模索し、これまでに階層的地球流体力学スペクトルモデル集 SPMODEL (竹広 他, 2004) と gtool4 netCDF 規約に基づくデータの入出力ライブラリ gt4f90io (森川 他, 2004) の開発を行ってきた。本研究ではそれらを基盤としたプリミティブモデルの開発を行い、可読性の高いソースコードを書くためのプログラミング書法の検討を行った。また、ソースコードのリファレンスマニュアルをより簡単に管理するための試みも行った。

2. 設計と実装

モデルの力学コアとしては標準的な σ 座標プリミティブ方程式を用い、水平離散化にはスペクトル法を、鉛直離散化には Arakawa and Suarez (1983) スキームを用いた。時間積分スキームは、現段階では陽解法リープフロッグスキームに Asselin (1972) の時間フィルターを組み合わせたものを用いている。

スペクトル演算には、ISPACK (石岡, 2005) およびその Fortran90/95 インターフェースである SPMODEL ライブラリを用いる。データ入出力には gt4f90io を用いる。モデルの内部構造に関しては、モジュールと構造体を利用した階層構造化を検討中である。モデルと依存するライブラリとの関係を図 1 に示す。

ソースコードの可読性を向上させるために、以下のような試みを行った。Fortran90/95 では配列を引数とする関数も使用可能となったので、ソースコード中の方程式を計算する部分に SPMODEL のスペクトル演算用配列関数を適用して、元の方程式と対応させやすいソースコードを書くことを試みた。これにより、微分やスペクトル変換を含む計算を、方程式と対応させやすい Fortran90/95 の配列式として記述することが可能になった。プログラミング書法の工夫として変数

名の形式を xxx_yyy_zzz に統一し、xxx, yyy, zzz にそれぞれ次元、物理量、時間レベルを表す文字列を与えることで、各変数の情報が一目で分かるよう試みた。例えば、温度場の格子点データ (時刻 $t - \Delta t$) の 3 次元配列は xyz_Temp_b、渦度場を水平方向にスペクトル変換して得られるスペクトルデータ (時刻 $t + \Delta t$) の 2 次元配列は wz_Vor_a と表される。

データ入出力部分に関しては、gt4f90io を用いることによりソースコードの簡素化を図った。これにより、可読性を向上するとともに、出力変数や出力間隔などの変更にも柔軟かつ容易に対応することができるようになった。

ソースコードのリファレンスマニュアルの整備を容易にするための試みとして、RD (オブジェクト指向スクリプト言語 Ruby のドキュメント書式) でソースコードにマニュアル本文を埋め込み、ソースコードから HTML 形式のリファレンスマニュアルを自動生成するようにした。RD の書式は簡潔であるため、リファレンスマニュアルを埋め込むことによる Fortran90/95 ソースコードの可読性に対する影響は小さい。

3. 動作テスト

プリミティブモデルの動作を確認するために、Held and Suarez (1994) ベンチマークテストによる性能試験を行った。水平解像度 T42 と T63 で Held and Suarez (1994) と同様の設定で 1200 日積分を行った。実行速度は既存のモデルに比べてやや遅くなるものの実用に耐えうる程度であると考えられる。今後は、実行速度に関する詳細な解析を重ねるとともに、陰解法時間積分スキームの組み込み、物理過程の導入を行う。

本研究で開発中のモデルを DCPAM (Dennou-Club Planetary Atmospheric Model) と名付け、インターネット上 (URL: <http://www.gfd-dennou.org/library/dcpam>) に公開している。



図 1: モデルと依存するライブラリとの関係