

大気大循環モデル用力学コアの設計と実装実験：可変性と可読性の高いプログラムへの試み

Design and implementation tests of dynamical core for a general circulation model with a flexible and portable source code

森川 靖大[1]; 石渡 正樹[2]; 高橋 芳幸[3]; 小高 正嗣[1]; 林 祥介[1]

Yasuhiro Morikawa[1]; Masaki Ishiwatari[2]; Yoshiyuki Takahashi[3]; Masatsugu Odaka[1]; Yoshi-Yuki Hayashi[1]

[1] 北大・理・地球惑星; [2] 北大・地球環境; [3] 北大・理

[1] Earth and Planetary Sci., Hokkaido Univ.; [2] Graduate School of Environmental Earth Science, Hokkaido University; [3] Graduate School of Science, Hokkaido University

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) の姿を模索するべく、新たにその力学コアの設計を行い、そのプログラム実装と試験計算を行った。可読性の向上によりプログラムの改良や変更のコストの削減が期待され、可変性の向上により新たなプログラムの追加や既に組み込まれているプログラムの分離を容易にすることが期待できる。モデル設定の容易な切り替えが可能な GCM を用いることにより、さまざまな惑星大気の状態に応じた数値計算を実行し、比較惑星科学的な見地からの惑星大気構造の考察を進めることができると期待される。

力学コアの設計は、AGCM5 (SWAMP Project, 1998) を参照しつつ Fortran90 の機能を積極的に活用することを念頭において行った。可変性向上のために、モジュール・構造型・総称手続きなどを用いたオブジェクト指向的設計によってモデルの内部構造の階層化を行った。可読性を向上するために、SPMODEL ライブラリ (Takehiro et al., 2004) において用いられていた関数および変数命名規則を拡張した命名規則を考案した。さらに、気象庁標準コーディングルール (Muroi, et al., 2002) と GFDL の Flexible model system (FMS) における Fortran90 コーディングルール (Balaji, 2002) を参考にし、変数の宣言方法の規則やモジュールの初期化・終了処理の統一方法の規則などを取り入れた。入出力データの形式としては gtool4 netCDF規約 (Toyoda et al., 2000) を採用し、データ I/O ライブラリとしては gt4f90io (Morikawa et al., 2004) を用いた。gt4f90io を採用することにより、I/O 部分のコードを簡素化しソースコードの可読性と可変性を向上させた。プログラムの解説ドキュメントの生成を容易に行う試みとして、Fortran90 ソースコードに RD 形式 (Ruby Documentation Project, 2005) のコメント文を埋め込み、ソースコードから HTML 形式や TeX 形式を自動生成できるようにした。この仕組みにより、プログラムとその解説ドキュメントとの乖離を防ぎ、ドキュメント管理コストを削減することができる。

力学コアの動作試験として、Held and Suarez (1994) の GCM 力学コアのベンチマークテストを行った。力学コアの水平離散化にはスペクトル法を用い、球面調和関数で展開し三角形切断をおこなう。鉛直離散化には Arakawa and Suarez (1983) のスキームを用いる。時間積分には陽解法リープフロッグスキームを用い、計算モードの増幅を抑えるため、Asselin (1972) の時間フィルターを適用する。水平解像度 T21, および T42 で 1200 日積分を行った結果、ハドレー循環や中緯度擾乱は表現できることが確認された。T42 で行った計算では、帯状平均東西風の 200 -- 1200 日平均値に関して、Held and Suarez (1994) で示された T63 の結果と同様な結果が得られた。

今後は、陰解法時間積分スキームの組み込みや鉛直差分の変更を容易に行うことができるように力学コアの改良を行う。なお、今回開発した力学コアは DCPAM (Dennou-Club Planetary Atmosphere Model) と名付け、<http://www.gfd-dennou.org/arch/dcpam> にて公開している。

参考文献

- Arakawa and Suarez, 1983: Mon. Wea. Rev., 111, 34--35.
- Asselin, 1972: Mon. Wea. Rev., 100, 487--490.
- Balaji, V., 2002: <http://www.gfdl.noaa.gov/~vb/FMSManual/FMSManual.html> .
- Held and Suarez, 1994: Bull. Am. Meteor. Soc., 75, 1825--1830.
- Morikawa, et al., 2004: <http://www.gfd-dennou.org/arch/gtool4> .
- Muroi, et al., 2002: 天気, 49, 91--95.
- Ruby Documentation Project, 2005: <http://www.rubyist.net/~rubikitch/>
- SWAMP Project, 1998: <http://www.gfd-dennou.org/arch/agcm5> .
- Takehiro, et al., 2004: <http://www.gfd-dennou.org/arch/spmodel> .
- Toyoda et al., 2000: <http://www.gfd-dennou.org/arch/gtool4/conventions> .