

惑星大気大循環モデルの設計と開発

Design and Development of a Planetary Atmospheric General Circulation Model

森川 靖大^{1*}, 石渡 正樹², 高橋 芳幸³, 小高 正嗣², 林 祥介³

Yasuhiro MORIKAWA^{1*}, Masaki Ishiwatari², Yoshiyuki O. Takahashi³, Masatsugu Odaka², Yoshi-Yuki Hayashi³

¹情報通信研究機構, ²北海道大学理学院宇宙理学専攻, ³神戸大学理学研究科地球惑星科学専攻

¹NICT, ²Hokkaido University, ³Kobe University

大気大循環モデル(GCM)とは気象や地球流体力学,惑星大気分野で用いられる,全球規模の大気循環を表現する数値モデルである.現在太陽系外にも惑星が発見され,惑星気候の多様性に関する知見の有用性が高まりつつある中で,これをGCMによって探ることは有意義と言える.しかしながら,従来観測データとの比較により担保されてきたモデルの計算結果の妥当性は,従来の方法では観測データの少ない惑星大気での担保が困難である.惑星大気の計算結果の妥当性を考察する方法の一つとして複雑度の異なるモデル間での結果の比較が有効と考えられるが,計算される方程式系もプログラム構造も異なるモデル間での計算結果の比較には多大な労力を要する.我々はこのような比較考察を容易に行えるモデル群の理想形として,まずどれか1つのモデルの計算実行,解析可視化,カスタマイズの方法に慣れれば他モデルも同様に扱えるようプログラム構造や入出力データ構造が統一されており,次にどのような計算式が実行されているか数式と容易に対応付けが可能であり,さらに放射やサブグリッドスケールの雲や乱流を表現する物理過程を簡単に交換もしくは変更可能となっていることが望ましいと考える.

このような比較考察を容易に行えるモデル群をプログラム技法の工夫によって実現すべく,1~3次元の惑星大気に関するモデルをデータ入出力機構,プログラム解説文書整備方式,ソースコード書法,プログラム構造の4点で共通化した惑星大気階層モデル群の構築を目指し,これまでにプログラムの設計と実装が行われてきた(RDoc Fortran 90/95解析機能強化版,森川他,天気2007; Gtool5ライブラリ,森川他, JPGU 2009).本研究では,これまでに考察や改善を進めてきた手法について想定するモデル群の中で最も複雑な部類に入るGCMへの適用性を検証することで,惑星大気階層モデル群の実現可能性についても考察を進めた.本研究で開発したGCM "dcpam5 (Dennou Club Planetary Atmospheric Model version 5)"では,まずデータ入出力およびプログラム解説文書整備に, Gtool5ライブラリとRDoc Fortran 90/95解析機能強化版を導入した.次にソースコードの数式的表現力の向上のため,階層的スペクトルモデル集SPMODEL (Takehiro et al., 2006)で提案される,配列関数を活用したソースコード書法を導入した.最後にプログラムの物理素過程を他のものと独立に着脱可能なよう,大気大循環モデルAGCM5 (SWAMP Project, 1998)のプログラム構造を基本としつつ,これを全てFortran 90に置き換え,全ての物理素過程をモジュール化したプログラム構造を導入した.

このGCMを用いたいくつかの基礎実験により,導入したプログラム技法の有効性を検証した.データ入出力とプログラム解説文書の整備に関しては, GCMのような大規模で複雑なモデルから,より簡単なモデルまでその方式の共通化が可能となることが確認された.このことから,計算結果の解析可視化やモデルのカスタマイズを,異なる複雑度のモデルで同様に実施可能となる事が示唆さ

れた。一方で、ソースコード書法に関しては実行性能への影響の調査と検討、プログラム構造に関しては物理素過程間でやりとりする物理量のインターフェースの策定が課題となることも示唆された。

キーワード: 大気大循環モデル, 惑星大気, 階層モデル群,
dcpam5 (Dennou Club Planetary Atmospheric Model version 5), Gtool5 Fortran 90/95ライブラリ,
RDoc Fortran 90/95ソースコード解析機能強化版

Keywords: atmospheric general circulation model, planetary atmospheres,
hierarchical numerical models, dcpam5 (Dennou Club Planetary Atmospheric Model version 5),
Gtool5 Fortran 90/95 Library, Enhanced version of RDoc Fortran 90/95 parser