

論文の内容の要旨

論文題目 赤道暖水域に対する熱帯大気循環のパターン形成過程：
水惑星アンサンブル実験による研究

氏 名 豊田英司

赤道上の SST 偏差に対する熱帯大気の応答の形成過程を観察するために、水惑星 GCM を用いてアンサンブルスイッチオン実験を行った。大きさ 128 のアンサンブルを作ることによって、小規模な対流活動や大規模な季節内振動に伴い時間変動するノイズを効果的に消去して観察できるようになった。

アンサンブル平均された応答場の初期の構造は Gill(1980) が示したものに似ている。すなわち SST の高温偏差域に位置する対流中心から温暖ケルビン波的な偏差が東に射出されるとともに、温暖ロスビー波的な偏差が西に射出される。初期応答形成は対流圏中上層では明らかに観察できるが、それに比べると地表近くの西側では不明瞭であった。東側の領域ではケルビン波状のシグナルが届くとともに降水が減少するが、数日後には増加に転ずる。このような変化はケルビン波構造による赤道域の低気圧偏差部に向かう地表での摩擦収束のためである。西側の領域では、ロスビー波の構造の特徴である赤道の南北の低気圧偏差に伴い地表近くで摩擦発散が起るため、降水は単調に減少する。西側域における降水の減少は負の熱源の役割を演じるため、30 日以後に地表面では高気圧偏差が現れる。

水惑星暖水域実験の長期間平均場を観察した Hosaka *et al.* (1998) でみられた循環構造は、対流中心の西側の負の降水偏差による二次的熱源の寄与を考慮に入れさえすれば、熱的に駆動された赤道波応答の枠内で理解できる。

このアンサンブル実験を実行するにあたって最大の困難は、巨大な数値計算結果の処理にあった。計算機の能力の限界に挑むような巨大な数値計算にあっては、データ処理能力が研究の効率ばかりか信頼性まで左右しかねない。困難の性質を正しく問題として認識し、研究を着実に遂行するために、気象や海洋等の地球流体科学分野の格子点数値データを前提としたデータ処理技術について研究した。

まずアンサンブル水惑星実験で用いた GCM の入出力ライブラリおよび解析可視化ツール GTOOL3 についてその功績の明確化と問題点の抽出を行った。

GTOOL3 は、故沼口敦博士が中心となって 1990 年ころから設計実装した、大気大循環モデル等で必要となる格子点時系列データのための入出力ライブラリおよび解析可視化ツールである。本論文では GTOOL3 の設計と実装を再検討することにより、文書化されていなかった GTOOL3 の現代的意義を明らかにした。GTOOL3 の大域的構成は構造化設計パラダイムに基づいている。オブジェクト指向設計や層化技法などは使われていないが、FORTRAN 77 の機能を徹底的に活用した疑似モジュール的な情報隠蔽手法を気象の数値シミュレーションモデルではじめて実現したという点に先進性がある。

ついで、GTOOL3 の課題を解決しつつ、より制約や無駄な手間の少ない環境を実現することを目的として入出力ライブラリおよび解析可視化ツール gtool4 を構築した。データ表現においてはファイル形式の基礎として netCDF (Rew *et al.*, 1997) を採用することで可搬性や任意次元配列の処理を実現した。さらに、現実に流通しているデータとの互換性を重視しつつ、GTOOL3 の特長を継承する netCDF 規約を構築した。実装においては Fortran 90 の採用によってモジュール設計を明確化しつつ、構造型によるデータ抽象化手法を Fortran 90 による実用的なプログラムで実証した点に新しさがある。ここで作られたプログラム書法の多くの部分が気象庁コーディングルール (室井ほか, 2002) に反映された。gtool4 はデータアクセスに関して netCDF よりも整理されたインターフェイスを提供する。実装を通じて我々が多次元配列を部分アクセスするときはほとんどスキャンパターンで記述できることがわかった。