

研究課題名：湿潤惑星大気用数値モデル群の開発および基礎的実験

課題代表者：神戸大学大学院理学研究科 林 祥介
 共同研究者：九州大学大学院理学研究科 中島健介
 神戸大学大学院理学研究科 高橋芳幸・納多哲史
 北海道大学大学院理学研究科 石渡正樹・小高正嗣・山下達也
 実施年度：平成 22 年度～平成 22 年度

1. 研究目的

本研究の目的は、地球を含む惑星大気パラメータ空間で数値計算を可能とする数値モデル群を開発し、その実証としての基礎実験を実行することにある。数値実験を用いて湿潤大気の高多様性を探索し、これに地球大気を位置づけることによりその認識を深めることを目標とする。

本研究で計算対象とするものの 1 つは系外惑星の 1 つの姿であると考えられている同期回転惑星の全球循環である。昼半球と夜半球が恒常的に存在する水惑星における循環構造、および暴走温室状態でも全球凍結状態でもない地球的な環境が実現される条件を考察する。もう 1 つの計算対象は凝結性成分を主成分とする大気中の雲対流である。二酸化炭素のみから成る大気における循環構造および雲分布を求め、微量成分が凝結する地球の雲対流との相違を考察する。主成分が凝結する場合の対流に関する考察は、大気が暴走温室状態に接近した場合の対流構造あるいは過去火星における温暖気候の存在条件に関する議論に対して示唆を与えると期待される。

2. 研究計画

同期回転惑星設定の計算は昨年度に引き続き、全球静水圧モデル DCPAM (高橋ら、2009) を用いて行う。昨年度は T21 または T42 の低分解能計算によって循環パターンの自転角速度依存性を調べることに留まった。そこでは自転角速度の値に応じて 3 種の循環パターンが現れることが示されていた。今年度は T319 程度までの分解能変更実験 (並列計算) を行い、循環構造の分解能依存性を調査する。また、昼夜半球間の顕熱・潜熱輸送に対する昼夜間対流・大気波動・小スケール擾乱などの寄与を明らかにする。これらの結果に基づき低分解能計算で得られていた結果の正当性に関する検討を行う。

主成分が凝結する大気における雲対流に関しても、二酸化炭素大気の対流に関する数値実験を昨年度から継続して行う。使用するモデルは鉛直雲対流モデル deepconv (杉山ら、2009) である。昨年度は、統計的平衡状態を得ることができず並列計算を必要とする大

規模計算には至らなかった。今年度は、計算コードの正当性の確認を行い 2 次元領域での平衡状態を求めた後に、これを大領域化し本格的なパラメータ計算を実施するとともに 3 次元化を実現しその実装実験を行う。

3. 進捗状況

DCPAM を用いた同期回転惑星設定における高解像度計算に向けた予備的な実験として、分解能を T85L16 とした計算を行った。その結果を図 1 に示す。これは太陽定数、自転角速度ともに地球の値を与えた場合に得られたものである。昨年度行った低分解能実験 (T21 の結果を図 2 に示す) と比較して地表面温度分布も降水量分布もおおむね同様のパターンを示している。しかし、中高緯度における表面温度の値が低い、夜半球

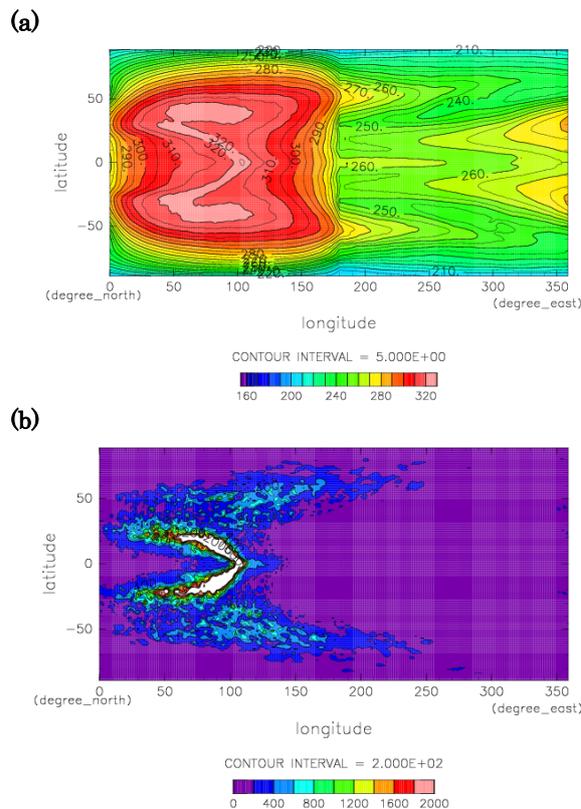


図 1 同期回転惑星設定における数値計算結果。T85L16 の結果。経度 0 度から 180 度までが昼半球、180 度から 360 度までが夜半球である。(a) 表面温度の水平分布。等値線間隔は 5 [K]。(b) 凝結加熱量の水平分布。等値線間隔は 200 [W/m²]。白い部分は 2000 W/m² 以上を示す。

における降水域が狭いなどの差異も生じた。これらの差異と循環構造のモデル表現の変化との整合性に関する検討にはまだ着手していない。

deepconv を用いた主成分凝結対流に関しては、今年度前半に、温位と雲密度の保存性および数値コードのチェックを行い、雲密度移流の差分計算で生じてしまう負の雲密度の処理に問題があることを確認するところまで行った。現在は、負の雲密度の処理を改善し、統計的平衡状態を得るための長時間積分を再実行中である。

4. 今後の計画

今年度の後半においては、DCPAM を用いた同期回転惑星計算に関しては、T319 程度まで分解能を順次増大させた計算を実施する。自転角速度の値としては地球の値、地球の値の 1/13、0 を用い、地球の年平均日射分布を与えた場合との比較計算を同時に行う。これらの実験により、循環構造の分解能依存性を調べるとともに、熱収支やエネルギー輸送における大規模循環・大気波動・小スケール擾乱などの寄与に関して、地球での知見との比較検証的な考察を行う。これらの結果に基づき、低分解能実験で得られていた循環構造の自転角速度依存性に関する結果の正当性が検証されると期待される。

また、deepconv を用いた主成分凝結対流の数値計算に関しては、2 次元領域における統計的平衡状態を求め初期温度分布や雲微物理過程への依存性を調査する。これに加えて、水平方向に 1 万キロスケール程度の大規模並列計算、3 次元計算の実装実験を行う。その後には、全球静水圧モデルと鉛直雲対流モデルの双方を用いた、凝結性成分が増加した場合における大気構造の考察へと進む予定である。なお、deepconv の完成後は、同期回転惑星夜昼対流の雲分解実験にも着したい。

5. 計算機資源の利用状況 (2010 年 4 月～9 月)

実行ユーザ数：7 CPU 時間 1 ノード未満：553 hrs, 1 ノード：325 hrs, 2 ノード：13 hrs, 計：891 hrs.

6. 昨年度研究課題のまとめ

6.1. 昨年度研究課題名

湿潤惑星大気用数値モデル群の開発および基礎的実験

6.2. 昨年度研究課題の目的

昨年度課題における目的も基本的には今年度と同様である。昨年度は数値モデル群の整備を行った後に、

大規模計算の開始をめざしていた。しかし、次節で述べる理由によりそこまで到達することができなかったため、今年度に継続されている。

6.3. 昨年度研究課題の成果概要

deepconv を用いた計算として、主成分凝結対流に関する数値実験を行った。しかし、そこでは温位偏差が単調増加を続け計算コードの正当性確認が必要となった。このため、並列計算を必要とする大規模計算には至らなかった。DCPAM を用いた計算としては、同期回転惑星設定における数値実験を実施したが、低分解能計算による自転角速度依存性の調査を行うのに留まった(図 2 には地球の自転角速度を与えた場合の結果を示す)。

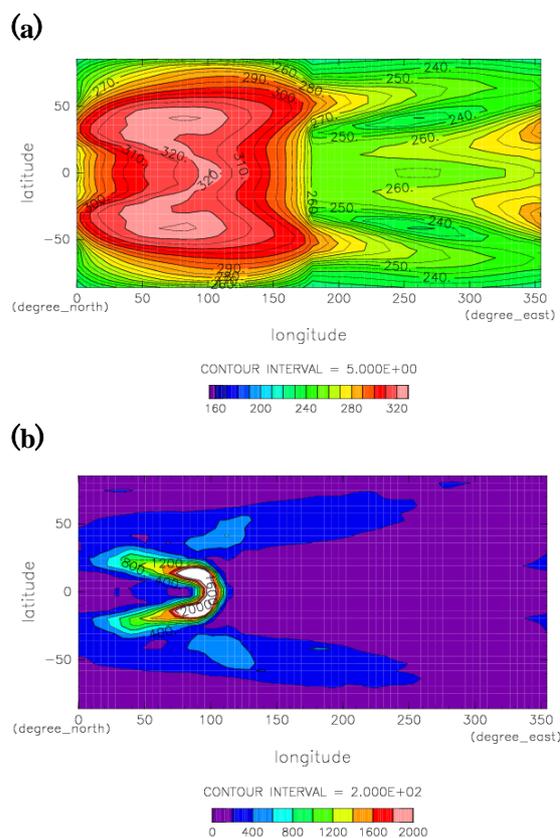


図 2 低分解能実験で得られた同期回転惑星設定における数値計算結果。T21L16 の結果。(a) 表面温度の水平分布。(b) 凝結加熱量の水平分布。等値線間隔などは図 1 と同様。

6.4. 昨年度計算機資源の利用状況

実行ユーザ数：8 CPU 時間 1 ノード未満：1,861 hrs, 1 ノード：0 hr, 2 ノード：0 hr, 計：1,861 hrs.