

論文審査の結果の要旨

氏名 千喜良 稔

古気候データによると、6000～9000年前のサハラ砂漠は湿潤で植生が大きく広がっていたと考えられている。いわゆる「緑のサハラ」である。これまで、当時の軌道要素と植生分布を与えた大気大循環モデル(GCM)によるシミュレーションが多数行われてきたが、そのほとんどがサハラに植生を維持できるほどの降水量を再現できておらず、再現できたとする少数例においてもそのプロセスは明らかではなかった。

申請者はGCMによる「緑のサハラ」シミュレーションの困難さの原因の一つが、モデル内での積雲対流の表現の未熟さにあると考え、地表近くの混合層より上空を起源として起こる「非混合層起源対流」を表現する計算スキームを開発した。さらに、そのスキームを用いることにより「緑のサハラ」の再現が著しく向上することを示し、そのプロセスについても明らかにした。

第1章において上記のような研究の現状をレビューした後、第2章において混合層より上空を雲底とする対流を扱うことのできる積雲対流のパラメタリゼーションスキームが提案される。パラメタリゼーションとはモデルの格子点以下のスケールで起こる現象の格子点スケールへのフィードバック効果を格子平均量で表す計算法の総称で、大気大循環モデルにとってもっとも重要な部分である。本研究で提案された非混合層起源対流のパラメタリゼーションは、Arakawa-Schubertの方法を多重雲底に拡張したもので、類似の先行研究が一編あるが、申請者の用いる東大気候システム研究センター/国立環境研究所共同開発によるGCMで用いられている多層大気境界層過程および積雲対流の平衡条件の計算法の扱い等に整合的にすべく独自に定式化されたものである。

第3章において、現在および6000年前条件での数値実験設定がなされる。過去の研究によって、6000年前の海面水温分布は現在と有意に異なることが示されているので、現在値を用いるが、植生については古気候学的証拠をもとにサハラやアラビア半島をサバンナやステップで覆う。

第4章においては現在気候における新パラメタリゼーション導入のインパクトが示される。非混合層起源対流の扱いが可能になることで、陸上夜間の安定化による境界層厚さが薄くなったときの対流や、中緯度温暖前線付近の対流などの表現が向上する。全般に降水量分布の誤差も減少する方向に働くことがわかった。

第5章においては、新パラメタリゼーションの導入によって「緑のサハラ」再現に成功したことが報告され、それをもたらした気象学的過程についての解析がなされる。まず、新パラメタリゼーションを用いた場合は、6000年前を現在と比較すると、サハラ砂漠南方に位置する熱帯収束帯の降水が北上し、アフリカ大陸西部を中心に現在の砂漠域が湿潤化する結果が得られた。旧パラメタリゼーションを用いた実験では湿潤域北上の度合いは小さく「緑のサハラ」再現に成功したとは言いがたい結果であった。このことは、再現された気候要素から地表植生を診断するモデルを用いても確認された。実験の成功の要因は、予想されたとおり、夜間の薄い混合層上空を雲底とする対流の表現にあることが確認された。また、降水の増加は、総観気象学的にみると、暖候期にアフリカ波動と呼ばれる偏東風擾乱によって熱帯収束帯から水蒸気が北へ輸送される過程を通じて起こっており、これは現在の気候下で観測されているサハラでの降水過程と類似している。新パラメタリゼーションを用いた6000年前の実験では熱帯収束帯、偏東風擾乱域がともに北上する。また、6000年前の地表植生条件のインパクトについても数値実験によって確認された。植生の北への広がり境界層の湿潤化をもたらし、非混合層起源対流によって降水が増強される。

以上のように本研究は「緑のサハラ」が、非混合層起源対流という新しいプロセスの導入によって大気大循環モデルで再現が可能になることを示すもので、その成果は、気象学、気候学の研究に重要な貢献を為すものと判断する。

なお、本論文第2章、第4章は住 明正との、第5章は阿部彩子、住 明正との共著論文として投稿される予定であるが、論文提出者が主体になって研究を行ったもので、論文提出者の寄与が十分であると判断する。

よって、博士（理学）の学位を授与できると認める。