

論文審査の結果の要旨

氏名 山岸 孝輝

新生代第四紀には、寒冷な氷期と温暖な間氷期が数万年スケールで交互に現れる、氷期間氷期サイクルと呼ばれる気候変動が存在する。大陸氷床はその気候変動に対して直接の寄与が大きく、気候を構成する他のサブシステムとの相互作用においても重要な役割を果たす。氷期氷床の変動に影響するプロセスや、氷床と他の気候サブシステムとの相互作用については、未だ不明なことが多く、それらが氷床変動に与える影響の大きさに関しては大きなばらつきがある。

氷床変動に関係するプロセスのうち、氷床表面の融解と降雪から成る表面質量収支は氷床質量の入力であり、他の気候サブシステムとつながるプロセスでありながら明確でない。本研究では、氷期氷床上の表面質量収支のメカニズムの理解、従来の表面質量収支数値実験手法の再評価、新しい数値実験手法の提案、そして新しい実験手法によって初めて考慮されたプロセスが氷床変動に対する評価をする目的で、大気大循環モデル (AGCM) と 3次元氷床モデルを用いた数値実験を行っている。

論文は、5つの章からなっている。第1章は序章で、これまでの研究と問題の背景が述べられている。第2章では、AGCMを用いて氷期氷床表面の融解量を調べている。地表面のエネルギーバランスを計算して融解量を計算するAGCMと、現在グリーンランド氷床上の観測値を基にしたパラメータを用いて融解量を経験的に計算する従来の経験則モデルの比較を行っている。グリーンランドより低緯度な領域では、従来の経験則モデルでは、物理過程を詳細に考慮しているAGCMよりも、融解量が消耗域の領域平均で約7割少ない。AGCM実験結果の解析によると、従来の経験則モデルでは正味短波放射が緯度と表面温度に大きく依存することを表現出来ないためである。

第3章では、従来の経験則モデルで考慮していなかった、正味短波放射が緯度と表面温度に依存する融解の氷期氷床変動に与える影響を調べるために、地表面のエネルギーバランスから融解量を計算するモデルを作成している。このモデルは氷期AGCM実験結果に基づく経験則から、地

表面の各エネルギー項を計算するため、直接 AGCM にて地表面エネルギー各項を計算する場合に比べて計算負荷が小さく、氷期氷床変動実験のような数万年スケールの長期実験にも対応できる。これを 3 次元氷床モデルと結合して、AGCM で再現した最終氷期極大期の気候条件の下で、氷期北半球氷床の応答実験を行っている。その結果、氷期氷床変動を考察するにあたって、正味短波放射が十分大きな影響を氷床に与えること、特に氷床が低緯度に進出する場合にはその影響が大きいことを示している。

従来の氷期氷床変動研究では、氷床上の降水は、現在気候の降水もしくは AGCM 実験による降水を、気温変化に応じた経験的な関係式で表現している。第 4 章では、この経験的な推定式の再評価ならびに新しい推定式の提案と、降水と氷床の相互作用を詳細に調べるために AGCM による感度実験を行っている。さらに、従来の式と新しく提案した推定式を 3 次元氷床モデルに適用して最終氷期氷床の応答を調べることにより、従来の関係式では考慮されなかったプロセスが氷床変動に与える影響を調べている。その結果、氷床地形の変化を伴う気温変化は、降水変化率が大きいこと、気温だけでは表現できない降水変化である、内陸部の乾燥化、縁辺部での上昇流に伴う降水、低気圧経路の変化に伴う降水の集中が氷床上に起こること、降水変化率には季節性があることが示された。また、氷床体積には降水変化率の季節性の影響が大きいこと、北米氷床南東部で起こる降水の増加は、氷床の進出もしくは後退を増幅する可能性がある事を示している。第 5 章は全体のまとめである。

論文提出者は、氷期氷床変動に与える影響として、従来の研究で示されてきた他の要素と同程度に表面質量収支が重要であることを初めて指摘した。3 次元氷床モデルを用いて表面質量収支の重要性を定量的に示し、AGCM 感度実験によりその要因を調べたのは本研究が初めてである。このことにより、氷期氷床変動のさらなる理解が進み、それは他の気候サブシステムとの相互作用と氷期気候変動の理解へとつながり、氷期氷床変動研究にて得られた知見を基に、懸念されている将来の氷床変動の予測の精度を上げることにつながる。これらの研究は、表面質量収支という古気候モデリングの普遍的過程の新しい側面を開拓したものであり、独創性が高く、優れた研究と評価できる。

なお、本研究の成果の一部は阿部彩子・斎藤冬樹・瀬川朋紀・西村照幸氏との共著論文として印刷済みであるが、論文提出者が主体となって問題の設定、数値実験、解析をおこなったもので、論文提出者の寄与が十分であると判断する。

したがって、論文提出者に博士（理学）の学位を授与できると認める。