

人類が経験した最大の気候変動、 氷期-間氷期サイクルのメカニズムを解明

東京大学 大気海洋研究所 准教授

阿部 彩子



研究の背景

人類が進化してきた最近100万年間は、北米やヨーロッパで氷床の拡大・縮小や全球気候の変動を伴う「氷期-間氷期サイクル」が、約10万年の周期で繰り返されてきたことが知られています。その一周期の時間変化はいわゆる「のこぎり型」を示し、間氷期から氷期のピークまでに9割以上の時間をかけ、氷期から間氷期へは急激に戻るのです。このような気候と氷床の大変動の周期と振幅をもたらすメカニズムは、実は19世紀から地質学者、地理学者、天文学者、物理学者などの間で議論が盛んで、大きな謎でした。とくに、天文学者のミランコビッチは、友人の気候学者のケッペンとその娘婿の地球物理学者ウエーゲナーの助言を経て、年平均や冬ではなく北半球の夏の日射に注目、地球の公転や自転のパラメタが2万年、4万年、10万年の周期で変化することが原因であることを提唱し、ミランコビッチ理論とよばれる学説として知られるようになりました。しかし、どうしても、「のこぎり型」の10万年周期が説明されず、またその後出された単純なモデルでは観測との比較がしにくいなど困難がありました。我々は、「地球シミュレータ」などの我が国のスーパーコンピュータを駆使した気候モデルを用いた研究でその謎に挑みました。

研究の成果

その結果、地球の公転や自転で決まる日射量変動と大気中の二酸化炭素(CO₂)濃度を考慮した高度な気候モデルにより、我々は10万年周期の氷期サイクルをついに再現することに成功しました。その成果はネイチャー誌で出版されました(図; Abe-Ouchi et al., 2013)。将来予測に用いられる大気大循環モデルと3次元氷床力学モデル(アイソスター)を組み合わせることには、2つの意味があります。水蒸気や雲、海氷などによる短い時間スケールの気温増幅効果(フィードバック効果)を物理的に異なる気候条件下で定量

的に用いること、そして、大気-氷床-地殻・マントル間の相互作用のような長時間スケールのフィードバックを考慮することです。10万年周期を生み出しているメカニズムは、2万年と10万年周期をもつ日射変化に対して大気-氷床-地殻・マントルの非線形的な相互作用が生じた結果である、ということがついに突き止められました。氷床荷重によってゆっくり応答したマントルの挙動が氷床の高度の時間変化に影響して、急激な氷床後退に寄与していたのです。さらに、氷期サイクルにおける大気中二酸化炭素濃度の10万年周期の変化は、気候変化の結果生じ、その振幅を増幅させる働きがあることも示唆されました。このように、日射の変化が氷床を変化させ、さらにその影響は、放射や大気大循環、海水準変動、海洋深層循環、大気中二酸化炭素濃度変化などを通じて、全球に一気に広がったと考えられます。

今後の展望

実は氷期-間氷期サイクルが10万年周期で起こるのは最近100万年のことで、それ以前は4万年周期で、その振幅も小さかったことが分かっています。このような周期性や振幅の変化がなぜ起きたのかを調べ、気候の性質の変化についてさらに理解を進めることは意義深いです。とくに、温室効果ガス(CO₂など)の長期変化と気候変化の実態を知るため研究を推進することが今後不可欠です。外的要因に対する気候システムの応答の根本的理解を進めることこそが、過去の気候変動の原因を解き明かす道筋を作るだけでなく、地球温暖化とその影響の長期将来予測のためにも極めて重要なことでしょう。

関連する科研費

平成25-27年度 基盤研究(A)「地球システムモデリングによる急激な気候変動と氷期サイクルとの相互作用の解明」

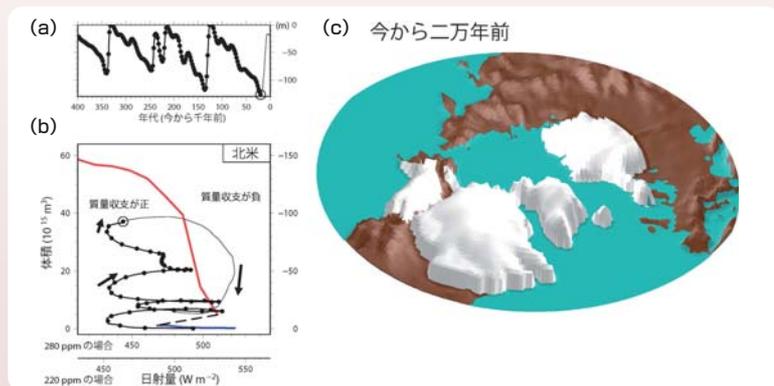


図 (a)モデルで再現された過去40万年の氷床体積の時系列。(b)氷床体積の日射や二酸化炭素濃度に対する応答。赤と青の線は定常応答解(多重解)、赤線が大きな氷床を初期値としたときの応答、青線は氷床なしを初期値にしたときの応答、黒の線は12万年前から最終氷期一周期の氷床変動の「軌跡」。(c)一例として2万年前の氷床分布の計算結果。Abe-Ouchi et al.(2013)より。40万年前からの経過についての動画はこちら。
http://www.aori-u-tokyo.ac.jp/research/news/2013/files/trjthrtopo_403_4_8-1291_f.mov

(記事制作協力:科学コミュニケーター 上田 裕美子)