地球の軌道要素変化による北半球高緯度陸上における気候変化の季節性と 気候-植生フィードバックの役割

The role of climate-vegetation feedback in climate changes driven by orbital parameter changes: the Arctic land surfaces and seasonality

\*木野 佳音<sup>1</sup>、阿部 彩子<sup>1,2</sup>、大石 龍太<sup>1</sup>、齋藤 冬樹<sup>2</sup>、吉森 正和<sup>1</sup> \*Kanon Kino<sup>1</sup>, Ayako Abe-Ouchi<sup>1,2</sup>, Ryouta O'ishi<sup>1</sup>, Fuyuki SAITO<sup>2</sup>, Masakazu Yoshimori<sup>1</sup>

1. 東京大学大気海洋研究所、2. 海洋研究開発機構

1. Atmosphere and Ocean Research Institute, the University of Tokyo, 2. Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology

地球の軌道要素の周期的変化による北半球高緯度の夏の日射量変化が、数千年から数万年スケールの氷床量 変動の要因であるとするミランコビッチ理論は広く知られている。近年、気候モデルや氷床モデルを用いた 様々な数値実験により、過去数十万年間の氷床量変動が再現され、周期変動をもたらす要因の理解が深まって きた(たとえば、Abe-Ouchi et al., 2007; 2013)。また、日射変化に対する地球全体としての応答が軌道要素に よってどのように異なるか、大気上端における放射収支解析によって調べられるようになってきた(Mantsis et al., 2011; Erb et al., 2013)。本研究では、軌道要素の変化に対する地表面の気候がどのように決まるか、気候 モデルMIROCを用いた多数の感度実験と放射収支解析によって調べた。特に、地軸の傾きと歳差・離心率それ ぞれが変化した場合について、ミランコビッチ理論でよく取り上げられる北半球高緯度夏の日射量変化が、北 半球氷床融解にとって重要な北半球高緯度陸上の夏の気温をどのように関係するかに着目した解析を行った。

大気海洋混合層植生結合モデル (MIROC-LPJ: O'ishi and Abe-Ouchi, 2011) を用いて、過去の実際の時代 で実現していた各軌道要素の最大値、最小値および現在値を組み合わせ、境界条件とした感度実験を行い、そ れぞれにおける日射量と気温の対応を調べた。さらに、地表面での放射収支解析 (Lu and Cai, 2009) を 行った。

結果として、北半球高緯度夏の日射量変化に対する北半球高緯度陸上の夏の気温変化は、歳差・離心率より 地軸の傾きが変化したときの方が大きくなり得ること、その差をもたらす要因が植生分布、特にツンドラ-北方 林境界の南北遷移に伴う気候フィードバックであることが明らかとなった。北半球高緯度において、近日点に 夏至があると夏至の日射量が増加しても春秋の日射量減少する季節性になり、年間の正味の日射量変化が0に なる。この季節性は特に春の融雪において不利であり、融雪の遅延とアルベド・フィードバックがかかりづら いことによって春の気温低下を招き、森林の成長を阻害した。一方、地軸の傾きが大きくなると夏半年間の日 射量が増加する季節性によって年間の日射量が増加する。この季節性は春の融雪において有利であり、融雪の 促進と強いアルベド・フィードバックによって温暖化をもたらし、森林の成長を促進した。これらのことか ら、歳差・離心率より地軸の傾きが変化する時の方が、ツンドラ-北方林境界を北へ遷移させ、アルベドが低下 することでさらに融雪が促進される植生-雪-アルベドフィードバックの卓越をもたらすことがわかった。

キーワード : 気候モデル、軌道要素、フィードバック Keywords: GCM, orbital parameter, feedback