火星古気候モデルへの導入に向けた積雲対流スキームの定量的評価 Quantitative evaluation of the cumulus convection schemes for the implementation into the Paleo Martian Global Climate Model

*鳥海 克成¹、鎌田 有紘¹、黒田 剛史²、寺田 直樹¹、笠羽 康正¹、村田 功³、中川 広務¹ *Katsushige Toriumi¹, Arihiro Kamada¹, Takeshi Kuroda², Naoki Terada¹, Yasumasa Kasaba¹, Isao Murata³, Hiromu Nakagawa¹

1. 東北大学大学院理学研究科地球物理学専攻惑星大気物理学分野、2. 情報通信研究機構 統合ビッグデータ研究セン ター ビッグデータ利活用研究室、3. 東北大学大学院環境科学研究科

1. Tohoku university, Geophysics, Planetary Atmospheric Physics, 2. Big Data Analytics Laboratory, , Big Data Integration Research Center, National Institute of Information and Communications Technology, 3. Graduate School of Environmental Studies, Tohoku University

火星では流水活動を示す地形が多数発見され、38億年程度前の火星は液体の水が長期に渡って存在できる環境だったことが示唆されている。一方、当時の太陽放射強度は現在の70-80%程度であったとされ(暗い太陽の パラドックス)、強い温室効果をもつCO₂が2~7bar程度存在したとしても、流水環境を生み出すために前提と なる温暖な環境を維持することは難しいことが幾つかのモデル研究で示されてきた。[e.g. Kasting, 1991; Forget et al. 2013]

我々は、太古の海洋存在下における水蒸気や雲による放射効果、土壌熱力学、海洋熱力学、水文過程を考慮 に入れた火星古気候モデルを新たに開発し、液体の水が存在可能な温暖な火星環境および大部分の流水地形を 再現することに成功してきた[Kamada et al., submitted to lcarus]。しかしこのモデルでは、サバエア大陸の高 地などの一部の地域で流水地形が再現されていない。この原因としては、タルシス山地の形成前後による風系 の変化、氷河流の未考慮などの要因が考えられる。その中の一つとして、このモデルにおける降水過程は大規 模凝結のみを考慮し、積雲対流効果を考慮に入れていないことも考えられる。積雲対流効果は、大気の成層不 安定状態を対流活動により解消し、対流性の降水を発生させるため、降水の地域分布と量に影響を与えうる。

本研究では、火星古気候モデルに積雲過程を表現するため、中低分解能での積雲計算に優れたKain-Fritsch スキーム [Kain and Fritsch, 1993]の導入を試みていく。このスキームは、格子中の積雲の効果をひとつの積雲 の生成・成長・衰退に代表させて成層不安定性を解消させるものである。地球の大気大循環モデルにおいて広 範に用いられているRelaxed Arakawa-Schubert スキーム [Moorthi and Suarez, 1991]は、格子中に異なる雲 頂をもつ複数の積雲を扱えるが、雲質量フラックスを導出する過程などで地球の経験則を用いており、このま ま古火星に適用できるか自明ではない。Kain-Fritsch スキームは、地球の経験的仮定に依存せず積雲の鉛直構 造を直接計算する点で、火星古環境モデルにはより適している。まずは観測データが多く、数値実験に基づい た理解も進んでいる地球の条件を設定したGCMにおいて、Kain-FritchスキームとRelaxed Arakawa-Schubertスキームによる降水効果を比較・評価を行う。ここでの全降水分布と降水量(対流性、凝 結性含めた)の結果は、両者で類似したものになると考えられる。次いで、このモデルに与える大気圧、大気 組成、太陽フラックスなどをKamada et al. で適用した過去火星環境条件(0.5 - 2.0 bar のCO₂大気)へ変更 し、両者が与える降水量・分布の特性を定性的・定量的に比較・評価する。この結果は各スキームの特徴を反 映したものだと推測される。よってその結果の差異が古火星において妥当であるか考察する。本講演では、こ の試行結果の総括および今後の展望について報告する。

キーワード:積雲対流スキーム、火星

Keywords: cumulus convection scheme, Mars