

海惑星と陸惑星を分ける条件：水量が気候に及ぼす影響について The Condition Dividing Aqua Planets and Land Planets: Effects of Water Amount on Planetary Climate

脇田 美幸¹, 高尾 雄也¹, 玄田 英典^{1*}, 阿部 豊¹, 大石 龍太², 阿部 彩子³

WAKIDA, Miyuki¹, TAKAO, Yuya¹, GENDA, Hidenori^{1*}, ABE, Yutaka¹, O'ISHI, Ryouta², ABE-OUCHI, Ayako³

¹ 東京大学 大学院理学系研究科 地球惑星科学専攻, ² 東京大学 大気海洋研究所, ³ 東京大学 気候システム研究センター
¹Department of Earth and Planetary Science, The University of Tokyo, ²Atmosphere and Ocean Research Institute, The University of Tokyo, ³Center for Climate System Research, The University of Tokyo

初の系外惑星の検出から 15 年以上が経ち、系外惑星の発見数は 700 個を超えた。近年では観測技術の向上にともなって地球型惑星と考えられる惑星も見つかってきており、生命を宿す可能性のある惑星の存在が期待される。生命が存在しうる惑星の条件として、惑星の表面に液体の水を持つことは非常に重要である。惑星表面の水分布は、地形の起伏による地表での水輸送プロセスと、大気循環による水輸送プロセスの競合で決まる。前者が卓越する惑星は、海惑星と呼ばれ、地球のように、降水や蒸発によらず惑星表面が海洋によって常に湿っている (Kasting et al. 1993)。後者が卓越する惑星は、陸惑星と呼ばれ、惑星表面の水分布が大気中の循環で支配されるため、低地でも海がない場所が存在しうる (Abe et al. 2005, 2011)。

大気循環が水輸送を支配すると考えられる、水が非常に少ない惑星の気候状態は、Abe et al. (2005) において、大気大循環モデルを用いた数値実験で調べられた。これによると、このような惑星では水が高緯度に局在化して低緯度が乾燥し、海惑星の気候とは様相が異なる。また、そのために、陸惑星のハビタブルゾーンが海惑星のハビタブルゾーンよりかなり広いことが、Abe et al. (2011) でわかっている。そのため、陸惑星と海惑星をわける条件を探ることが重要である。

安福 (2009) では、全球的につながった海を持つことが、地表での水輸送プロセスが卓越し海惑星になるための条件だと仮定した。そして、パーコレーション理論を用い、全球的につながった海を持つ条件が、惑星上を占める海の割合が全球の半分になることであると求め、これを、陸惑星と海惑星をわける条件であると結論づけた。

しかし、海が全球的につながることが、陸惑星と海惑星をわける条件であるのかは、本当のところはわからない。また、パーコレーション理論では、低いところから海ができると考えられているが、大気大循環モデルを用いた Abe et al. (2005) によると、降水は局在化するため、低いところがすべて海になるわけではない。そのため、大気大循環モデルを用いた数値実験を行い、安福 (2009) での仮定が正しいのかどうかを確かめる必要がある。

そこで、本研究では、地表での水輸送を考慮した上で、地球など現実の惑星を参考にして作ったランダムな 4 つの地形に対し、水量をパラメータにした系統的な実験を、大気大循環モデルを用いて行った。

その結果、惑星の気候状態は、陸惑星・海惑星と、その中間の状態の 3 領域にわけられ、陸惑星から海惑星への遷移は水量の変化とともに徐々に起こることがわかった。この結果は、安福 (2009) で得られた陸惑星と海惑星をわける条件が海の割合でシャープに変わるという結果とは異なったものであった。また、その境界は、水量よりも、惑星を占める海の割合によって決まることがわかった。海の占める割合が 3~4 割以下だと陸惑星的な気候状態、5 割以上だと海惑星的な気候状態になり、その間は中間的な状態をとることがわかった。

引用文献

安福一快, 海惑星と陸惑星を分ける条件, 修士論文 (東京大学), 2009.

Abe, Y., Numaguti, A., Komatsu, G., and Kobayashi, Y., Four climate regimes on a land planet with wet surface: Effects of obliquity change and implications for ancient Mars, *Icarus* 178, 27-39, 2005.

Abe, Y., Abe-Ouchi, A., Sleep, N. H., and Zahnle, K. J., Habitable Zone Limits for Dry Planets, *Astrobiology* 11, 443-460, 2011.

Kasting, J. F., Whitmire, D. P., and Reynolds, R. T., Habitable Zones around Main Sequence Stars, *Icarus* 101, 108-128, 1993.

キーワード: ハビタブルゾーン, 陸惑星, 海惑星, GCM

Keywords: habitable zone, land planet, aqua planet, GCM