

## 系外地球型惑星の自転軸傾斜角変動

## Obliquity variations of terrestrial planets in habitable zones

# 跡部 恵子[1], 井田 茂[2]

# Keiko Atobe[1], Shigeru Ida[2]

[1] 東工大・理・地球惑星, [2] 東工大・地惑

[1] Dept. of Earth and Planetary Sci., Tokyo Inst. of Tech., [2] Dept. of Earth and Planetary Sci., Tokyo Inst. of Tech.

系外惑星系のハビタブル・ゾーンにある仮想的地球型惑星の自転軸傾斜角の変動について調べた。

これまでに 100 を超える系外惑星が発見されている。観測技術の限界によって、現段階で検出できるのは巨大ガス惑星に限られているが、惑星形成の理論的な研究から地球型惑星も存在していると予測される。果たしてその中に、地球のような居住可能惑星（生命が存在できる惑星）は存在しているのだろうか。

近年、生命にとって必要不可欠な液体の水が存在できる軌道領域（ハビタブル・ゾーン）の推定（Kasting et al. 1993）また、そこに地球型惑星が存在すると仮定し、その惑星の軌道安定性を評価する（e.g., Gehman et al. 1996）ことを通じて居住可能惑星の存在を探る研究が行われてきた。これらに加えて、特に陸上生命が発達、維持されていくためには、惑星表面の気候が安定に保たれる必要があると考えられる。

惑星自転軸傾斜角の変動は、気候に大きな影響を与えられている。地球の自転軸傾斜角は $\pm 1.3^\circ$ の変動をしているが、火星ではおおよそ $\pm 10^\circ$ にも達する。これは、自転軸の歳差運動と、軌道面摂動の周期の一つがほぼ一致することによって歳差・軌道共鳴が発生したためと考えられている（Ward 1973, 1974, Laskar et al. 1993）。もし地球の自転軸傾斜角がこのような大変動を行っていたら、気候が大きな影響を受けていたに違いない。

本研究では、系外惑星系において歳差・軌道共鳴がハビタブル・ゾーンに与える影響を調べるため、まず、自転軸傾斜角の共鳴現象を詳しく解析した。簡単な系（中心星、巨大ガス惑星、地球型惑星）を仮定し、地球型惑星の自転軸傾斜角の変動を数値的、および解析的に計算することによって、これまで求められていなかった、共鳴時の自転軸傾斜角の振幅を求める解析的な表式を導くことができた。この式、および非共鳴時の振幅の式を用いることによって、系にある中心星の質量や巨大惑星の質量といった情報から、地球型惑星の自転軸傾斜角の変動振幅を解析的に予測することが可能である。

巨大惑星を一つだけ含む系において、どのような巨大惑星があったときにハビタブル・ゾーンが共鳴の影響を受けやすいかを調べた。その結果、共鳴を引き起こす巨大惑星は、必ずしもハビタブル・ゾーンにある地球型惑星の軌道不安定を引き起こす惑星と一致しないことがわかった。これは、地球型惑星が軌道的に安定である場合でも歳差・軌道共鳴による自転軸傾斜角の大変動が引き起こされる可能性があることを意味している。歳差・軌道共鳴の影響を受けず、自転軸傾斜角の変動を小さく抑えるためには、惑星の自転が逆行状態で誕生すること、巨大衛星を持つことで速い歳差周期を獲得することなどが挙げられる。