巨大惑星の摂動による地球型惑星の自転軸の傾きの時間進化

Evolution of obliquity of a terrestrial planet due to gravitational perturbations by a giant planet

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.

http://www.geo.titech.ac.jp/

中心天体、地球型惑星、巨大惑星の３天体から成る仮想的な系を考え、地球型惑星の obliquity（自転軸の軌道面に対する傾き）の時間進化を数値的に計算し、その基礎プロセスを明らかにすると共に系外惑星への適用も考えた。

太陽系における地球型惑星の obliquity は、過去にカオス的な変動を示したという可能性が指摘されている(Lasker & Robutel 1993)。彼らは、惑星の公転軌道で平均したオイラーの方程式に、太陽系８惑星（冥王星を除く）の軌道平均した重力摂動を加えて obliquity の進化を計算し、ある惑星の自転軸歳差の周期と軌道摂動の周期が共鳴をおこすことによって obliquity がカオス的に変化することを示唆した。obliquity の変化は日照条件を通して惑星のグローバルな気候に影響を与える。

本研究では、obliquity の変動プロセスをより一般的に調べるため、中心天体、地球型惑星および摂動巨大惑星の３天体からなる仮想的な系を考え、そこでの地球型惑星の obliquity の時間進化を計算し、解析した。まず、（１）惑星の軌道進化を N 体計算で同時に解きながら、剛体のオイラー方程式を数値的に解いた場合、（２）軌道平均したオイラー方程式を、軌道平均した重力摂動を使って解いた場合、（３）（２）のオイラー方程式を、惑星の軌道傾斜角について展開したときの１次の解、の３通りの場合について計算し、その結果を比較することによって（２)、（３）の解の限界について議論する。さらに、共鳴付近での obliquity の振る舞いを詳しく調べ、共鳴の幅や obliquity の変動の振幅を決める要因についても議論する。

このように obliquity の変動の基礎プロセスを一般的に明らかにすることによって、系外惑星系での「居住可能惑星」の存在可能性についても議論する。太陽系外の多数の主系列星で巨大惑星が発見されている。軌道長半径が比較的大きな巨大惑星を持つ系では、巨大惑星の軌道の内側に、地球型の小型岩石惑星が存在している可能性が高い。小型岩石惑星で生命が存在するためには、海が存在するという条件の他にも安定な気候を保つため obliquity がカオス的に変動しないことも必要であろう。そこで海が存在できる領域にある惑星の obliquity が大きく変化しないための巨大惑星の質量と軌道条件についても考える。