

## 原始惑星の軌道安定性に対するガス抵抗及び力学的摩擦の効果について

## Effects of Gas-Drag Force and Dynamical Friction on the Orbital Instability of a Protoplanet System

# 岩崎 一典[1], 田中 秀和[1], 中澤 清[1], 榎森 啓元[2]

# Kazunori Iwasaki[1], Hidekazu Tanaka[2], Kiyoshi Nakazawa[3], Hiroyuki Emori[4]

[1] 東工大・理・地球惑星, [2] 東工大・理・地惑

[1] Earth and Planetary Sci., Tokyo Inst Tech, [2] Earth and Planetary Sci., Tokyo Inst. of Tech., [3] Earth and Planetary Sci., Tokyo Inst. Tech, [4] Earth and Planetary Sci., Tokyo Tech.

<http://www.geo.titech.ac.jp/nakazawalab/nakazawalab.html>

等間隔に並んだ五個の原始惑星（火星質量程度）を考え、原始惑星のランダム速度の2乗に比例する力（ガス円盤によるガス抵抗）及び1乗に比例する力（ガス（微惑星）円盤による力学的摩擦）の2種類の力をそれぞれ与えた場合に、軌道不安定を起こすタイムスケールがどう変化するかを、数値軌道計算によって調べた。その結果、どちらの場合も、初期の原始惑星の配置間隔がある閾値（臨界配置間隔）よりも大きくなると、軌道不安定のタイムスケールは急激に大きくなり、実質的に軌道不安定を起こさなくなることが分かった。また、臨界配置間隔を散逸力の強さ（ガス（微惑星）円盤の質量面密度）の関数として表すことができた。

惑星集積の最終段階には、数十個の原始惑星（火星質量程度）が地球領域(1AU付近)に形成されることが分かってきている(Kokubo & Ida 1998, 2000, Wetherill & Stewart 1989)。これらの原始惑星が重力相互作用によって軌道不安定(軌道交差)を起こし(Chambers et al. 1996)、互いに衝突合体を繰り返して、現在観測されている地球型惑星（火星質量の10倍程度）が形成されたと考えられる。Chambers & Wetherill (1998)は、真空中におけるN体シミュレーションを行ない、原始惑星から地球型惑星が形成されるプロセスを再現しようとした。その結果、彼らのシミュレーションにおいて形成された惑星の軌道離心率は、実際に観測されている惑星よりも一桁以上大きくなってしまったことが分かった。つまり、地球型惑星が形成されるプロセスにおいては、原始惑星の周りには、まだガス円盤や微惑星円盤が残存し続けており、惑星形成後にそれらが惑星に散逸力を与えることによって軌道離心率を現在の水準まで下げたと考えられる。他方、残存しているガス（微惑星）円盤が多過ぎる（散逸力が強過ぎる）と、原始惑星の軌道不安定（軌道離心率の上昇）が妨げられて、それ以上衝突合体は起こらなくなり、そもそも地球型惑星は形成されなくなってしまう。従って、ガス(微惑星)円盤による散逸力が、原始惑星の軌道不安定をどの程度妨げる効果があるかを知ることは重要である。

本研究では、散逸力として原始惑星のランダム速度の2乗に比例する力（ガス円盤によるガス抵抗）及び1乗に比例する力（ガス（微惑星）円盤による力学的摩擦）の2種類の力をそれぞれ与えた場合に、軌道不安定を起こすタイムスケールがどう変化するかを数値軌道計算を行なうことによって調べた。その結果、どちらの場合も、原始惑星の配置間隔がある閾値（臨界配置間隔）よりも大きくなると、軌道不安定のタイムスケールは急激に大きくなり、実質的に軌道不安定を起こさなくなることが分かった。また、臨界配置間隔を散逸力の強さ（ガス（微惑星）円盤の質量面密度）の関数として表すことができた。この関係式から、原始惑星が軌道不安定を起こすことができる、ガス(微惑星)円盤の質量面密度の上限を見積もることができた。