

惑星の住み分け-惑星系の多様性の起源-

The Habitat Segregation of Planets: The Origin of the Diversity of Planetary Systems

小久保 英一郎[1], 井田 茂[2]

Eiichiro Kokubo[1], Shigeru Ida[2]

[1] 国立天文台・理論, [2] 東工大・地惑

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

惑星は地球型(岩石)惑星、木星型(ガス)惑星、天王星型(氷)惑星の3種類に分類される。太陽系ではこれらの惑星は内側から、地球型、木星型、天王星型と住み分けている。この住み分けが惑星系の母胎である原始惑星系円盤の質量と質量分布によってどのように変わるのかを調べた。

惑星の住み分けは以下のように説明される。原始惑星系円盤の標準モデルでは、ダスト成分の表面密度分布は日心距離(太陽からの距離)の $-3/2$ 乗に比例する。ダストの主成分は日心距離によって変化する。雪限界線(円盤温度が水の昇華温度になる距離で、標準モデルでは約2.7AU)の内側では岩石質、外側では氷質になる。

標準モデルの場合、原始(固体)惑星の寡占的成長モデルから、形成される原始惑星の質量は日心距離の $3/4$ 乗に、その形成時間は日心距離の $59/20$ 乗に比例することになる。原始惑星が木星型惑星になるためには、(1)原始惑星へのガス降着時間がガス円盤の寿命よりも短い、(2)原始惑星の成長時間がガス円盤の寿命よりも短い、の2つの条件を満たさなくてはならない。どちらの時間スケールも原始惑星の質量に依存し、ガス降着時間は質量が大きいほど短くなり、成長時間は質量が大きいほど長くなる。標準モデルでは外側ほど原始惑星の質量は大きくなり形成時間は長くなっているので、条件(1)により木星型惑星が形成可能な最小距離が決まり、条件(2)によって最大距離が決まることになる。つまりちょうど条件(1)、(2)を満たす領域だけに木星型惑星が形成されることになる。そしてその内側と外側にそれぞれ木星型になるには小さ過ぎた地球型惑星と木星型になるには成長に時間がかかり過ぎた天王星型惑星が存在することになる。内側に地球型、外側に天王星型となるのは、惑星の材料である微惑星、さらにはその材料のダスト成分の違いからである。

このように雪限界線、原始惑星の寡占的成長、木星型惑星形成条件を考えると、太陽系で内側から外側へ向かって地球型、木星型、天王星型と惑星が並ぶことが自然に説明される。つまり、原始惑星系円盤の質量、質量分布、温度構造、ガス円盤の寿命によって太陽系の基本的な構造が決まることになる。本講演ではこの惑星系の住み分けについて解説し、その住み分けがどのように原始惑星系円盤の質量と質量分布に依存するかを紹介する。そしてそれを基に惑星系の多様性について議論する。