

# 13.12 太陽系外惑星形成モデル

担当 洞口 竜也

# 惑星の軌道崩壊

- 太陽系外惑星の発見される前から研究されてきた。
- 惑星の移動速度は星に接近するにつれて増加すると考えられていたため、誰も星の近くの巨大惑星を予測しなかった。
- そのため、惑星が内側に大きく移動し、その後失われなかった可能性は小さいと考えられていた(13.8)。

# 太陽系外惑星のほとんど(特に巨大なバルカン星)

- これまで観測されてきた太陽系外巨大惑星のほとんどの軌道  
→ 木星、土星、天王星、海王星の軌道とは大きく異なる



それらを説明する新しいモデルを提案

星からかなり離れた場所で形成され、その後、現在の短周期軌道に向かって内側に移動した

# モデル

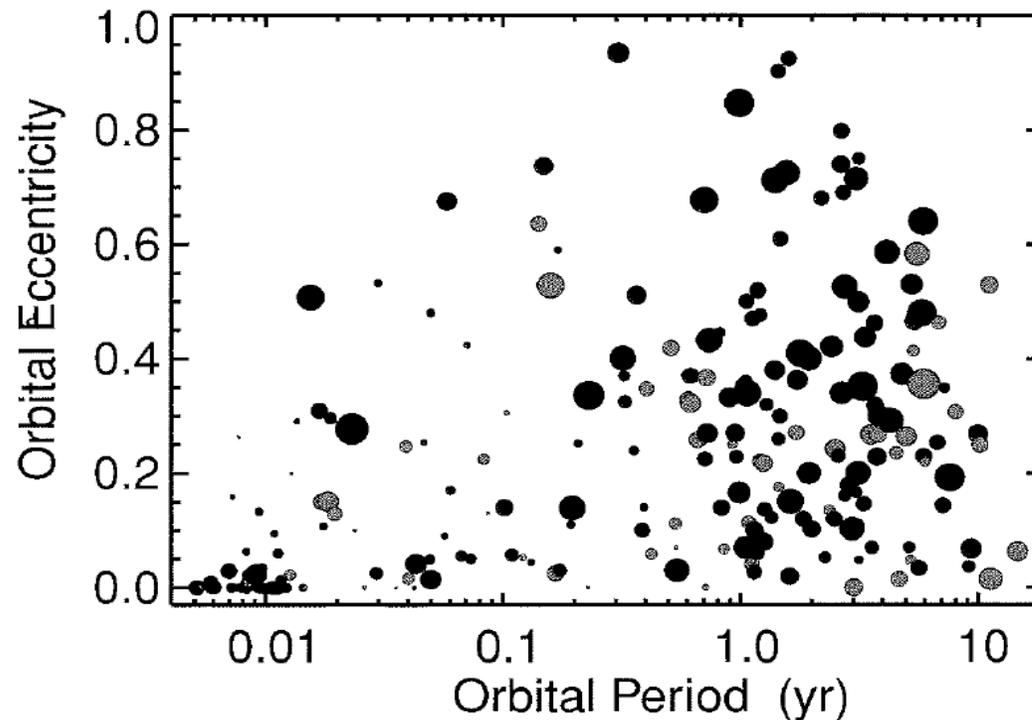
- 中心星から1/10AU以下距離にある惑星を停止するメカニズム
    - 中心星からの潮汐トルクが円盤トルクを相殺する
    - 惑星が中心星の近くのほぼ空の領域に入ってから円盤トルクが大幅に減少する
  - 少なくとも数AU内側の原始惑星系円盤は、内側から外側に向かって掃き出され、移動する惑星は取り残されたままになる。
  - 円盤領域の外側にある軌道周期が15日から3年の範囲にある巨大惑星の存在は、このモデルで説明するのはより困難である。
- ➡ 恒星からの潮汐トルクをほとんど感じず、恒星への磁気降着(13.4.2)によって除去されると予測されるため

# 巨大太陽系外惑星の離心的な軌道

- 巨大太陽系外惑星の離心的な軌道
  - 軌道周期が長い惑星の離心率は一般的に太陽系内の巨大惑星の離心率よりもはるかに大きい(木星  $e = 0.0485$ )



- 巨大惑星間の確率的な重力散乱
- 恒星連星からの摂動
- 惑星と原始惑星円盤の相互作用



200pc以内の軌道を持つ282個の太陽系外惑星の離心率(2009年4月現在)を、軌道周期に対してプロットしたもの

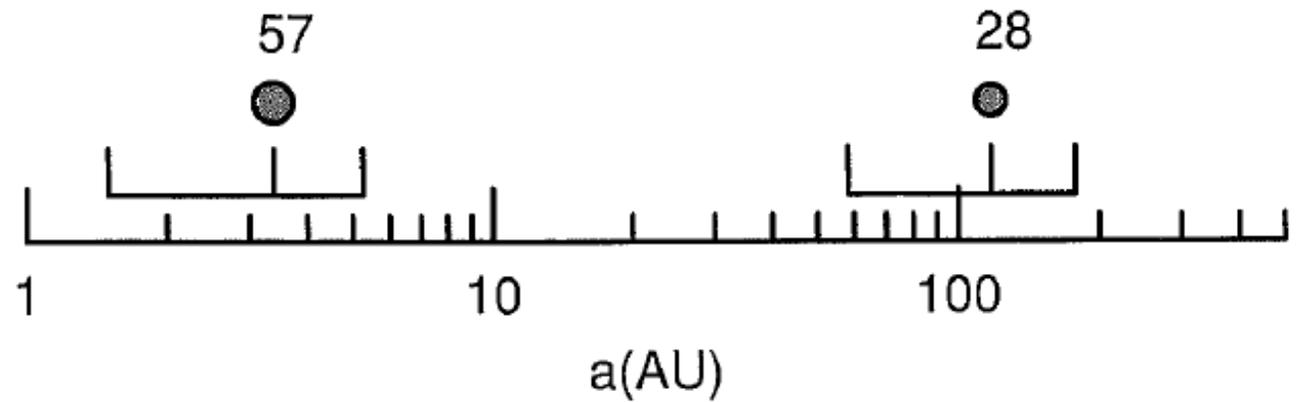
# まとめ

- 既知の太陽系外惑星のサンプルには強いバイアスがかかっている
- ほとんどの太陽型恒星は、太陽系によく似た惑星系を持っている可能性がある
- 巨大惑星が1AUの近くを周回しているか、1AUを移動しているのが普通だとしたら、ハビタブルゾーンにある地球型惑星は、以前に考えられていたよりも少ないかもしれない
- 巨大惑星には大きな衛星があり、それ自体が居住可能かもしれない

• 図13.28

惑星のほとんどが星間空間に送り出されたときのカオスな散乱によって破壊された巨大惑星の合成システムで残っている2つの惑星の軌道。

惑星の質量は $M$ の単位で表され、周囲軸、半長軸、遠点は下に示す。この系の内側の惑星は、外側の惑星の2倍の質量を持ち、特に数十年以内の観測では、星の視差速度記号を支配していると考えられる。



**Figure 13.28** Orbits of the two remaining planets from a synthetic system of giant planets that was disrupted by chaotic scattering which sent most of the planets off into interstellar space. The planets' masses are given in units of  $M_{\oplus}$  and the periastra, semimajor axes and apostra are shown below. The inner planet in this system, which is twice as massive as the outer planet, would dominate the radial velocity signature of the star, especially for observations over a time span of a few decades or less. (Adapted from Levison *et al.* 1998)