

巨大惑星周りの衛星集積

荻原正博 (東京工業大学)

利用カテゴリ GRAPE-B

太陽系に存在する巨大惑星の周りには数多くの衛星が存在しているが、そのうち規則衛星と呼ばれる離心率や軌道傾斜角が小さい衛星は巨大惑星形成時に、惑星を取り巻いていた周惑星円盤中で形成したと考えられている。最近の理論モデルによると、その円盤は従来考えられてきた最小質量円盤モデルではなく、非常に軽い円盤(gas-starved disk モデル)であると考えれば現在の衛星系の性質をより良く再現できる(Canup & Ward 2006)ということがわかってきた。

ところで、木星にはガリレオ衛星と呼ばれる比較的大きな規則衛星4つが木星近傍にそれぞれ平均運動共鳴状態で存在しているのに対し、土星の周りには比較的大きな規則衛星はタイタンが1つだけ、やや土星から離れた軌道位置で存在しているが、これまでこの違いを説明する形成モデルは提唱されていなかった。これに対し、Sasaki et al. (2010) は木星衛星系と土星衛星系の違いを、周惑星円盤の境界条件の違いで説明するモデルを提唱した。但し、Sasaki et al. (2010)ではモンテカルロ法を用いたモデル計算を行った為、ガリレオ衛星の共鳴関係や、詳しい集積の様子を追うことはできていない。

本研究では、衛星集積のN体シミュレーションを行い、ガリレオ衛星に特徴的である共鳴関係の形成や衛星系の詳細な力学進化を追うことを目的とした。GRAPEシステムを使用することで計算コストの大きな衛星間の重力相互作用の直接計算が可能となり、これにより形成される衛星系の共鳴関係を調べることができている。

計算の結果、円盤内縁の存在を仮定した場合、広いパラメータ範囲で衛星は以下のように形成することが確認された。

- 1) 微衛星は周囲の微衛星同士で衝突・合体し、その場で成長する。
- 2) ある程度まで成長すると、円盤ガスとの重力的相互作用により、原始衛星は中心惑星に向かって移動する。
- 3) 移動した原始衛星は、円盤内縁まで到達するとそこで移動を停止する。
- 4) 以降中心惑星に向かって移動してきた原始衛星は、その内側に存在する衛星との平均運動共鳴に順次補足され、そこで移動を停止する。
- 5) 円盤散逸後も軌道共鳴関係を保持する。また中心惑星との潮汐相互作用により、離心率が減少する。

最終的に形成した衛星は、それぞれ互いの2:1平均運動共鳴状態にあり、また離心率は十分に減少しており、ガリレオ衛星の特徴と調和的な結果が得られた。