

## 原始月円盤における角運動量輸送とその進化

### Angular momentum transfer and evolution of protolunar disk

# 武田 隆顕[1], 井田 茂[1]

# Takaaki Takeda[1], Shigeru Ida[2]

[1] 東工大・地惑

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

月の起源として現在もっとも有力な仮説は、巨大衝突説と呼ばれる説である。これは、原始地球に火星程度の大きさの天体が衝突して、衝突物体のマントル物質が投げ出されて地球を回る円盤を形作り、それが集積して月が生まれたとするものである。本研究では、N体計算により原始月円盤内の角運動量輸送プロセスを詳しく調べた。その結果、重力不安定によって生じる非軸対称構造が原始月円盤の進化にもっとも重要であり、また、N体計算で粒子数が限られることは、月の集積速度にはあまり影響しないことが分かった。

月の起源としてもっとも有力な仮説は、巨大衝突説と呼ばれる説である。この説によれば、原始地球に火星サイズの天体が衝突し、周囲にマントル物質をなげ出すことにより、原始地球の周りを回る原始月円盤が形成される。この原始月円盤を形成する物質が集積することにより月が形成されたとするのである。SPHによる巨大衝突のシミュレーションによれば (e.g., Cameron 1997)、原始月円盤の大部分は地球表面のすぐそば、ロッシュ半径の内側に形成される。そのため、もとの原始月円盤の位置では地球の潮汐力により集積が妨げられ、月は形成されない。N体計算による月への集積過程のシミュレーションによれば、原始月円盤が拡散することにより、ロッシュ半径の外まで運ばれ、その物質によってロッシュ半径のすぐ外側に月が形成されるのである (Ida et al. 1997)。円盤の拡散は、内側の粒子が角運動量を外側の粒子に渡し、内側の粒子がより内側の、外側の粒子がより外側の軌道に移ることで進行するので、原始月円盤内の角運動量輸送の効率が月の形成時間を決めることになる。N体シミュレーションによれば (e.g., Ida et al. 1997)、原始月円盤の角運動量は非常に速く輸送され、1ヶ月程で月のほとんどの集積が完了するという結果がえられている。この時、原始月円盤には、重力不安定によって生じるスパイラル状の構造が形成される。この非軸対称な構造によって引き起こされる角運動量の輸送が重要な役割を果たしていると思われる。

しかし、N体計算では粒子数に限りがある為、粒子の一つ一つが非常に大きな(10000体の計算で、一つの粒子が100km程度)ものとなる。このように粒子のサイズが大きい場合には、軌道長半径の差の大きな2つの粒子同士が衝突し角運動量の交換ができるために、より効率的な角運動量の輸送が起ることが考えらる。このため、粒子サイズが原始月円盤の進化速度を決めてしまっている可能性がある。我々は本研究でより粒子数の多い(100000)N体シミュレーションを行ない、原始月円盤内の角運動量輸送を詳しく追った。その際、角運動量の輸送をその原因ごとに3つに分けることをおこなった。これらは、粒子同士が衝突することによって起こる角運動量の輸送と、粒子間の重力によって運ばれる角運動量の輸送、粒子の移動によって運ばれる角運動量の輸送である。これらの角運動量輸送が、粒子サイズによって与えられる影響を調べることにより、粒子円盤における角運動量輸送の、構成粒子サイズに対する依存性を調べ、またN体計算による月の形成時間の妥当性を調べた。

その結果、粒子の衝突及び移動による角運動量の輸送は、N体計算における粒子数を増やし構成粒子サイズを小さくすることにより実際に減少することが分かった。しかし、地球表面近傍の一部を除いた領域では、重力による角運動量の輸送は、重力不安定によって生じる構造によって決定されるため、面密度のみに依存し、構成粒子のサイズには依存しないことが分かった。また、数千体程度のN体計算においても、重力によって生じる角運動量の輸送は全体の1/3~1/2を占めていることがわかった。これらのことから、より粒子サイズの小さな場合においても、角運動量の輸送は、面密度によって決定される量以下には減少することはない。そのため、限られた粒子数におけるN体計算によって得られた、1ヶ月程度で月が集積するという結果は妥当であるという結論が得られた。