

微惑星の軌道進化と彗星雲の形成

Orbital Evolution of Planetesimals and the Formation of Cometary Reservoir

樋口 有理可[1], 台坂 博[2], 森脇 一匡[3], 向井 正[4]

Arika Higuchi[1], Hiroshi Daisaka[2], Kazumasa Moriwaki[1], Tadashi Mukai[3]

[1] 神戸大・自然・地球惑星, [2] 東工大・理工・地球惑星, [3] 神戸大・自然・地球惑星, [4] 神戸大・自然・宇宙惑星物質

[1] Earth and Planetary Sci., Kobe Univ, [2] Earth and Planetary Sci., Tokyo Institute of Technology, [3] Space and Planetary Materials, Kobe Univ

<http://komadori.planet.sci.kobe-u.ac.jp/index-j.html>

長周期彗星の軌道観測から、太陽から数万 AU に彗星中心核の貯蔵庫の存在が予想されている(オールト雲)。オールトの雲には、少なくとも 10^{11} 個以上の彗星中心核が含まれ、太陽系を球状に取り囲むような空間分布を持つと考えられている。オールト雲の形成のシナリオとしては、原始惑星形成後期に、原始惑星に取り込まれなかった氷微惑星が、木星などの外惑星の摂動をうけて、離心率の大きな軌道に進化し、さらに太陽から遠く離れたところで、銀河の潮汐力や巨大分子雲などの外力の影響によって、再び離心率の小さい軌道に戻された、というものである。

このシナリオにしたがって Tremaine(1993)は、原始惑星の摂動の大きさを解析的に見積り、天王星・海王星による重力摂動が、オールト雲形成に支配的であることを示した。この見積りによると、質量の大きい木星・土星では、摂動が強過ぎて微惑星を太陽系外に放り出してしまう。一方、Fernandez (1997)は、恒星が分子雲中でクラスター状に誕生するという観測的事実に基づいて、オールト雲が形成されたであろう時期には、原始太陽系星雲領域の局地銀河密度が高いと仮定し、より強い外力を導入した。さらに、海王星領域の微惑星の半分程度は、木星・土星支配領域に軌道進化するという計算結果を用いて、オールト雲は木星・土星の重力摂動でも形成可能であるという結論を出した。このように、オールト雲の形成過程の全体的な枠組は一応は示されているが、定量的な解明が行われたとは言えない。

オールト雲が形成されたであろう原始惑星形成後期には、原始惑星系円盤内には、まだガスが散逸されずに残っていたと考えられる。このため、微惑星はガス抵抗をうけて運動する。重力摂動源となる巨大原始惑星の軌道付近では、その辺りで生まれた微惑星だけでなく、より外側の領域で形成された微惑星が、ガス抵抗によって落ち込んでくることを考慮する必要がある。このように遠方の低温領域で生まれた氷微惑星が、ガス抵抗を受けて巨大原始惑星領域にまで落ち込み、そこで摂動をうけて飛ばされてオールト雲を作った可能性を、ここで検討した。長周期彗星の多くが、木星領域では揮発してしまう容揮発性成分の氷を含んでいることは、このような彗星中心核の形成領域が、木星軌道の外側であったことを示唆する。また、10 地球質量程度の木星のコアが形成されてから、現在の木星の大きさになるまでには 10^7 年程度かかることから、オールト雲形成時の原始木星は、現在より小さかった可能性がある。この場合、木星による摂動は、現在の質量を仮定して求めた摂動より小さくなる。このような効果は、過去の研究では考慮されていない。

本研究では、まず、30-100AU 付近で生まれた氷微惑星が、ガス抵抗を受けて、巨大原始惑星領域に落ち込んでくるのに要する時間を見積もっている。解析の結果では、例えば太陽から 30AU の距離にある密度 0.1g/cm^3 、半径 100m の微惑星は、ガス円盤がまだ散逸する前である 2×10^6 年後には太陽に落ち込んでしまうことになる。これらガス抵抗により内部惑星領域に落ち込んでくる氷微惑星の軌道進化の様子を、巨大原始惑星の重力摂動を取り入れた数値計算により調べる。この過程で、摂動を受けた氷微惑星が、どの程度の確率で太陽系外に放り出されるかを統計的に調べ、オールト雲形成の可能性について議論する。