

銀河潮汐力による微惑星の軌道進化 2

Orbital evolution of planetesimals by the galactic tide 2

樋口 有理可[1]; 小久保 英一郎[2]; 向井 正[3]

Arika Higuchi[1]; Eiichiro Kokubo[2]; Tadashi Mukai[3]

[1] 国立天文台 理論; [2] 国立天文台・理論; [3] 神戸大・自然・地球惑星システム科学

[1] NAOJ, DTA; [2] NAO; [3] Earth and Planetary System Sciences, Kobe Univ

オールト雲とは太陽系を球殻状に取り囲む彗星の巣である。オールト雲は惑星にならなかった微惑星によって形成されたと考えられている。惑星領域に残存した微惑星は惑星の重力散乱により遠方に放出され、その後、銀河潮汐力や近傍を通過する巨大分子雲や恒星からの摂動で現在のオールト雲のような軌道に進化した。このオールト雲形成の第一段階である惑星による軌道進化についての研究結果はすでに惑星科学会・天文学会において報告済みである。本学会では第二段階の一部である銀河潮汐力による微惑星の軌道進化についての研究結果を報告する。

惑星によって放出された微惑星の近日点距離は、銀河潮汐力の影響で変化する。近日点距離が大きくなり、軌道が惑星領域の外に出た微惑星をオールト雲彗星と考える。また軌道傾斜角も銀河潮汐力によりランダム化されるので、オールト雲は球殻状となる。本研究では銀河ポテンシャルの形を軸対称に仮定する。黄道面は銀河円盤面に対して約 60 度傾斜しているため、黄道面内を運動する微惑星は銀河円盤に垂直な方向(z 方向)の銀河潮汐力を受ける。ここではこの z 方向の銀河潮汐力のみを考慮する。軌道長半径が数万 AU の微惑星が受ける銀河潮汐力の大きさは太陽重力の約 1/1000 程度、軌道進化のタイムスケールは数十億年である。

軸対称の摂動の下では、近点引数が $1/2$ または $3/2$ のまわりを秤動する「古在機構」と呼ばれる振る舞いを見せることがある。古在機構では軌道長半径は保ちながら離心率と軌道傾斜角が逆向きに進化するので、オールト雲になるための近日点引き上げには効果的な機構である。古在機構には初期の軌道傾斜角が銀河円盤に対して約 30 度以上なければならないが、黄道面の微惑星はこれを満たす。古在機構は永年摂動論を用いた理論的説明が可能なので、そこでの微惑星の運動は解析的に理解できる。

古在機構を用いて説明されるように、銀河潮汐力による微惑星の軌道進化は、惑星散乱により惑星領域を飛び出した時に持つ、近点引数や軌道傾斜角に大きく依存する。微惑星の軌道要素は周期的に振幅するが、その振幅の幅や周期は軌道長半径にも強く依存する。一方、離心率にはあまりく依存しない。近点引数の初期分布は一様であると考えられる。また軌道長半径の分布はこれまでの惑星散乱過程の研究結果より与えられる。これら近点引数と軌道長半径の初期分布を用いることで、オールト雲を構成する微惑星について統計的な議論が可能となる。具体的には、オールト雲を構成する微惑星、惑星領域に再び戻ってくる微惑星の割合や、それらが持つ軌道長半径の分布を推測することが可能となる。

本発表では古在機構を銀河潮汐力に応用し微惑星の軌道進化を解析的に理解する。また、数値計算結果とそこから見積もられるオールト雲の姿を議論する。