

カイパーベルト天体に残る恒星遭遇の痕跡

Evidence for a stellar encounter on the orbital distribution of Edgeworth-Kuiper belt objects.

小林 浩[1], 井田 茂[2], 田中 秀和[1]

Hiroshi Kobayashi[1], Shigeru Ida[2], Hidekazu Tanaka[3]

[1] 東工大・理・地球惑星, [2] 東工大・地惑

[1] Earth and Planetary Sci., Tokyo Inst. Tech., [2] Dept. of Earth and Planetary Sci., Tokyo Inst. of Tech., [3] Earth and Planetary Sci., Tokyo Inst. of Tech.

我々は軌道離心率や軌道傾斜角が大きい天体が原始太陽系星雲内でガス円盤から受ける抵抗力について調べ、その天体の軌道変化を解析的な標識を導出した。その解析解と Adachi et al. (1976) による軌道離心率と軌道傾斜角の小さい天体の軌道変化の解析解を補間し、新しくすべての軌道離心率や軌道傾斜角を持つ天体のガス抵抗による軌道変化の解析的な標識を求めた。この解析的な標識は、軌道積分によって求められた軌道変化のものと良く一致する。この式を用い、カイパーベルト天体が恒星遭遇によって軌道離心率、軌道傾斜角を跳ね上げられた後、ガス円盤から抵抗力による軌道進化を計算し、現在観測されるカイパーベルト天体と非常に良く一致する結果が得られた。

太陽系の外縁部にはカイパーベルトと呼ばれる小天体の集まりが存在する。このカイパーベルト天体は軌道が力学的に乱されていることが知られている。カイパーベルト天体のうち 42AU 以遠のカイパーベルトは古典的カイパーベルトと呼ばれるが、古典的カイパーベルト天体は海王星や木星などの内側にある惑星により、軌道を乱すことは難しいと言われている (Kuchner et al. 2002)。古典的カイパーベルト天体の軌道が乱れている、つまり軌道離心率や軌道傾斜角が大きい、原因は主に以下の 4 つの説が提唱されている。[1] ガス円盤の散逸に伴い木星と土星の永年共鳴がカイパーベルトを通過し、永年共鳴の効果により天体の軌道離心率と軌道傾斜角が跳ね上げられる (Nagasawa and Ida 2000)。[2] 過去に海王星付近に地球大の惑星があり、海王星に太陽系外に跳ね飛ばされた。その過程で跳ね飛ばされた惑星がカイパーベルト領域を通過中に天体を乱した (Petit et al. 2001)。[3] 過去に海王星は木星付近にあり、ガス捕獲して巨大質量になった木星により跳ね飛ばされて今のような外側に来たときに、カイパーベルト天体を乱した (Thommes et al. 2002)。[4] 過去に原始太陽系星雲が他の恒星と近接遭遇したことにより、太陽系の外縁部のカイパーベルトでは大きな影響を受け、天体の軌道離心率と軌道傾斜角は跳ね上げられた (Ida et al. 2000, Kobayashi and Ida 2001)。これらの説では現在のカイパーベルト天体の程度まで天体の軌道離心率と軌道傾斜角の大きさは説明できる。しかし、カイパーベルト天体の軌道離心率と軌道傾斜角の間には相関があることがわかった。軌道離心率と比べ軌道傾斜角は 2 倍程度大きいと言う関係を持った天体が多いことである (Brown 2001)。先に上げた 4 つの説では天体の軌道傾斜角が上がれば軌道離心率は同程度に跳ね上げられてしまうことがわかっている。

今回、我々は軌道離心率や軌道傾斜角が上がった後のカイパーベルト天体へのガス抵抗の効果について調べた。今までガス円盤からのガス抵抗の効果は考えられてこなかった。理由としてはカイパーベルト天体の軌道が乱される頃にはガス円盤が無い可能性があることや、遠方のためガスが薄く抵抗が効かないと考えられたからだ。しかし、恒星遭遇などの効果により軌道が乱されたとすればガス円盤はまだ残っていたであろうし、軌道離心率や軌道傾斜角が大きい天体に対してはガス抵抗の効果は効くことが今回の研究でわかった。本研究では軌道離心率や軌道傾斜角の大きい天体へのガス抵抗力の効果を解析的に求めた。すでに知られている軌道離心率、軌道傾斜角が共に小さい場合の結果と我々の結果を補間することで、どんな軌道離心率や軌道傾斜角においても有効なガス抵抗力による天体の軌道進化の式を導出した。

この式を使いガス抵抗力による軌道の変化を計算した。その結果、軌道離心率の方が軌道傾斜角よりも 2 倍ほど大きく、恒星遭遇によって同程度まで軌道離心率や軌道傾斜角を跳ね上げられた天体の軌道を変化させた。ガス円盤の散逸時間を一千万年程度だと考えると、ガスが存在する間に軌道離心率や軌道傾斜角は減少され、観測されているカイパーベルト天体の軌道になを説明できることがわかった。恒星遭遇のパラメーターとガス散逸の時間をパラメーターとして考慮し、恒星遭遇により現在のカイパーベルト天体の軌道を実現するようなパラメーター空間の大きさについて検証する。