

木星のL4とL5トロヤ群に於けるサイズ分布の違い

Comparative study of L4 and L5 small Jovian Trojans - Size distributions -

吉田 二美 [1]

Fumi Yoshida[1]

[1] NAOJ

[1] NAOJ

木星トロヤ群小惑星とは木星のラグランジュ点のL4とL5付近にいる小惑星群で、力学的には、木星形成時に木星軌道付近にあった微惑星がL4とL5に捕獲されたものと考えられている。また、観測からはほとんどのトロヤ群小惑星の分光型は始原的なDタイプであることが知られている。これらのことから、木星トロヤ群小惑星は木星が集積した太陽系初期から現在に至るまで、ずっと木星付近にいた始原的天体で、太陽系初期情報（特にメインベルトより外側の天体の振る舞いや物質組成等）を記録している可能性が高いと考えられる。

現在のトロヤ群小惑星の分布には注目し得る特徴がある。それはL4付近に位置する小惑星の数がL5付近の小惑星より1.5倍ほど多いということである。太陽、木星、小惑星の三体問題では木星の公転方向に対して木星の前方にあるL4と木星の後方のL5での軌道安定性は同等である。にもかかわらず、現実のL4とL5の人口には非対称性が存在している。この非対称性の原因を説明するメカニズムとしてはいくつかの理論的研究から次の2つが考えられる。

(1) 木星の集積時に原始太陽系星雲内のガス抵抗が十分大きいと、小さい天体にとっては木星の前方のL4より後方のL5周りの方が安定になる。

(2) 太陽系形成初期に木星と土星が動径方向にわずかに動き、現在の位置に納まったとすれば、その動きに伴ってトロヤ群も移動するが、その際L4周りの軌道の方がL5より安定である。

上記(1)から推察される木星トロヤ群の現在の姿は、L4とL5でサイズ分布が異なり、L4ではより小さい小惑星の数が選択的に少ないようなサイズ分布になるはずである。(2)からはL4周りに多くの小惑星が残っていることが示唆され、このことは前述したL4の人口の方がL5より多いことの原因かもしれない。

このように、現在の木星のL4、L5トロヤ群のサイズ分布や総質量から、太陽系初期の太陽系星雲ガスや木星や土星の振る舞いを伺い知れる可能性がある。そのためにはこれまでに知られている10-100kmサイズのトロヤ群小惑星からガス抵抗が有効になるとされる小さいkmサイズの小惑星までのサイズ分布を調べることが必要になる。そこで我々はこれまでの観測では届かなかった直径数km級の微小トロヤ群小惑星をすばる望遠鏡によって検出し、それらのサイズ分布をL4とL5でそれぞれ調べた。L5トロヤ群での系統的サーベイは我々のこの観測が初めてである。

我々の観測の結果以下のことがわかった。

a. 小さいトロヤ群小惑星ではL4とL5でサイズ分布が異なっており、L4では直径5km以下の小惑星の累積サイズ分布の傾きが小さくなる。

b. L4トロヤ群小惑星の数はどのサイズ領域でもL5トロヤ群より多い。

この2つの結果と最初に述べた2つの力学的研究より太陽系初期の以下のような描像が描ける。

(i) 木星集積時の木星付近では、原始太陽系星雲のガス抵抗が直径5km以下の小さい微惑星に十分効くほどガスが残っていた。

(ii) 木星と土星は集積後に動径方向に移動した。

Stromら(2005)は月面の古いクレーターの起源が約38億年前の後期重爆撃期にメインベルトから大量に落下した小惑星によるものだという研究を発表し、月面に小惑星を大量に降らせた最も有力な原因は木星や他の大惑星の動径方向によるメインベルト内の共鳴帯の移動ではないかとしている。このことも木星と土星の動径方向の移動の状況証拠の一つであり、理論的、観測的、月面の地質学的証拠等から、太陽系初期の木星の移動は確認されつつあるのではないだろうか。

一方、直径5kmより小さいトロヤ群小惑星に対してガス抵抗が有効であったかどうかについては、まだ議論の余地がある。既知のトロヤ群小惑星の軌道進化の数値積分から、L4には小惑星族があり、L5にはないことが知られている。小惑星族は衝突進化の結果生じるので、L4に小惑星族が存在するということは、L4トロヤ群はそれらがL4付近に捕獲された後に衝突進化を経験し、一方、L5内ではこれまでに重要な衝突破壊現象は起きなかった可能性がある。つまりL4とL5トロヤ群で衝突進化が異なっており、L4の小さい小惑星でサイズ分布のベキが緩やかになっているのは、原始太陽系星雲のガス抵抗のせいではなく、衝突進化を反映したものかもしれない。

今のところ我々の観測はL4で一点、L5で一点を終えただけである。今後は、他の経度でも観測し、ラグランジュ点周りの小惑星の空間分布を決め、総質量を見積もることが必要だろう。さらに、現在のL5のサイズ分布の空白部分となっている直径数km-数10kmの小惑星のサイズ分布を決めなければならない。また、L4とL5での小惑星の数の違いに衝突進化がどのくらい貢献しているかを見積もるためにはトロヤ群小惑星での衝突進化モデルの構築が必要であろう。