

土星リングの最小粒子サイズ

大槻圭史 (神戸大学)

利用カテゴリ GRAPE

探査機および地上観測により、土星リング粒子は主として数センチメートルから10メートル程度の範囲の大きさを持ち、サイズ分布はべき分布となる一方、センチメートル以下のサイズの粒子は欠乏していることが示されている。土星探査機カッシーニの観測は、土星リング粒子の最小サイズがミリメートルのオーダーであることを示唆しているが、その存在量は上に述べたべき分布を外挿したものよりかなり少ないこともわかっている。このように、センチメートル以下の粒子が土星リングで欠乏していることの原因として、粒子間の吸着力によるとするモデルが提唱されている。つまり、吸着力は小さな粒子の場合に効き、大きな粒子の表面に吸着するため小粒子が観測されない、というものである。しかし、吸着力は粒子同士の衝突速度に依存する。

そこで本研究では、土星リング粒子の最小サイズに関するカッシーニの観測結果を理解するために、粒子間重力とサイズ分布を考慮した土星リングのN体シミュレーションを、GRAPEを用いて実施し、粒子間の衝突速度を詳しく調べた。計算結果によると、ほとんどの衝突は 0.1 cm s^{-1} 以下という低速で起きる。従来の研究によると、面密度が十分高い領域では粒子間の自己重力が重要となり重力ウェイク (gravitational wake) と呼ばれる微細構造を形成し、ウェイク間の重力作用のため粒子の速度分散が大きくなることが知られている。しかしそのような領域でも、ウェイクに含まれる粒子群はそろって運動する傾向があるため、粒子間の相対速度・衝突速度は低速である。、このような低速衝突では、強い吸着力をもつセンチメートル以下の小粒子は衝突の際に他粒子表面に吸着する。つまり、観測されているように、そのような小粒子が土星リングに欠乏していることを説明できる。一方、たまに高速衝突が起きる。例えば、上述のようなウェイクができているとき、ウェイク同士が衝突すると $0.3\sim 1\text{ cm s}^{-1}$ といった速度で衝突し、大きな粒子の表面に吸着していたミリメートルサイズの粒子は放出される。このことは、量は比較的少ないがリング中に観測されているミリメートルサイズ粒子の存在を説明する。

本研究は、土星リング中の小さな粒子の観測と本研究のようなモデリングを組み合わせることにより、原始惑星系円盤におけるダストの成長や微惑星形成で重要となる、氷微粒子間の吸着力に制約を与え得ることを示唆している。

参考文献: Ohtsuki, K., Kawamura, H., Hirata, N., Daisaka, H., Kimura, H. (2020). Size of the smallest particles in Saturn's rings. *Icarus*, in press.

<https://doi.org/10.1016/j.icarus.2019.06.007>