

水素大気を持つ惑星の天体衝突：太陽系巨大氷惑星形成の理解 に向けて

黒崎健二

2019年12月23日

1 概要

太陽系内の巨大氷惑星の一つである天王星の自転軸傾斜角は 98° と大きく傾いている。このような大きな自転軸傾斜角を得るためには、形成後に巨大衝突を受ける (Kegerreis et al. 2018; Kurosaki & Inutsuka 2019; Reinhardt et al. 2019), あるいは形成期の周惑星系円盤との相互作用により自転軸が変動した (Rogoszinski & Hamilton 2019) と考えられている。過去に大きな衝突現象が発生したかどうかは、惑星内部構造の初期条件を大きく変えることを意味する。惑星の初期条件の違いにより、現在の天王星の熱進化への過程も大きく異なってくることが知られており、天体衝突現象における自転軸変動の影響は、その惑星系の形成と密接に関わる重要な問題となってくる。巨大氷惑星の形成期における合体衝突を考えると、木星や土星が形成しつつある原始惑星系円盤内で、原始惑星同士が衝突合体を繰り返すことが考えられる (Izidoro et al. 2015)。このとき、原始惑星は数地球質量程度まで成長した段階で合体衝突をするため、衝突現象は大気を持った天体同士で発生することが予想される。一方、大気を持った天体同士での衝突合体条件や、衝突時の大気流出量は議論されてこなかった。

本研究では、SPH法によって、水素エンベロープと氷コアからなる天体に氷天体が衝突するような状況を考え、質量比を変えた衝突計算を行った。今回議論した衝突現象は、水素10%、水コア90%からなる天体同士の衝突で、質量比は2:1, 4:1, 6:1, 9:1である。

計算の結果、大気を持った天体同士の衝突の場合、2:1, 4:1, 6:1, 9:1の全て組み合わせにおいてコア同士が接触しないと合体が困難であることが明らかになった。ただし、1:1の等質量同士の衝突の場合はコア同士が接触しなくても合体しうることもわかった。さらに、天体衝突時の質量比が大きい6:1, 9:1の場合について、コア同士が接触しない場合、軽い天体のほうは大気を大幅に失う一方、重い天体は大気をほとんど失わないことがわかった。これは、2:1や4:1など近い質量比の衝突では見られない傾向で、質量比が近い場合は衝突前後で大気を5%程度は保持できることがわかった。

今後の課題として、様々な質量比に対しての合体条件を解析的に理解するために、衝突時に発生する衝撃波から運動エネルギーをどれだけ散逸し、衝突後に合体するかしないかを判定することが可能かどうかを考えた。また、角運動量輸送の効率を半解析的に示すことにより、初期に天体が自転していた場合に、どの質量比で衝突すると現在の天王星のようなおおきな自転軸傾斜をつけるのに有利であるかを検討する。