

衝突によるラブルパイル天体の 自転速度変化

○池田 晋太郎¹, 大槻 圭史¹, 末次 竜²

¹神戸大学, ²産業医科大学

小惑星の自転速度の情報は、その内部構造や形成進化の過程を理解するための手掛かりとして有用である。実際、小惑星自転周期の分布の偏りは「km サイズの小惑星は衝突によって飛び散った破片が相互重力によって再集積したラブルパイル天体である」という考えの重要な裏付けとなっている。またリュウグウやベヌーのようなコマ形状をもつ小惑星も見つかっており、その形成過程において自転が少なからぬ影響を及ぼしたことが示唆されている。

小惑星の自転速度を決定する要因の一つには YORP 効果が挙げられる。しかし、YORP 効果がどの程度はたらくかはそもそも初期の自転状態に依存する。したがって衝突が自転速度変化に及ぼす影響は依然として重要である。そこで本研究では、衝突破壊による自転変化を明らかにすることを目指して、ラブルパイル天体同士の衝突・再集積過程について N 体シミュレーションを用いて調べた。

シミュレーションの設定について説明する。本研究ではラブルパイル天体を模擬した二天体を衝突させ、破壊・再集積後の最大アグリゲイト質量(M_{LR})やその自転速度に着目して解析をした。『二天体の質量比・衝突角度・衝突速度・標的天体に与える初期自転速度』の四種のパラメータを用いて、幅広い範囲にわたってラブルパイル天体の衝突・再集積過程を調べた。本研究において各粒子は変形や破損、状態変化を一切しないものとした。また衝突処理時には、粒子間の摩擦の影響を考慮せず、与えた反発係数に基づいて、法線方向にのみ非弾性衝突させた。

結果の一例として、質量比 1:8 の正面衝突(a)および斜め衝突(b)の結果のグラフを図 1 として載せる。記号の種類は、標的天体に与えた初期自転速度 (1 日あたりの自転数 [rev/day] を単位とする) の違いを表す。これらより、以下のことがわかった。

(a) について： $M_{LR}/M_{total}=0.5$ を境にグラフの傾向が変わる。 $0.5 \leq M_{LR}/M_{total} \leq 1.0$ の領域では特に、衝突破壊の規模が増大するに伴い、自転速度が減少していくことがわかる。ところが大規模破壊の領域では衝突後の自転速度がばらつくようになる。これは、衝突から再集積に至るまでの様相が二領域で異なるためである。

(b) について：各初期自転速度の値と比較すると、ほぼ合体衝突であるようなとき、

または衝突前に低速で自転しているときには若干の自転増加が見込めることがわかる。合体に近いかたちの軽度な衝突では衝突天体の軌道角運動量がそのまま最大アグリゲイトの自転角運動量に変換されるためである。しかし、破壊の規模が増すと、剪断・破砕された標的天体から飛散する粒子が角運動量を持ち去るため、たとえ自転順行部分への衝突であっても自転速度は減少する。

図1の結果をはじめ、多くのパラメータ範囲において、衝突を経験することでラブルパイル天体の自転速度は減少した。これはより大きな質量比(1:63 および 1:255)のラブルパイル天体同士の衝突を扱った先行研究(Takeda & Ohtsuki, 2009)の結果と同様であった。つまり、総じていうと衝突を経験したラブルパイル天体の自転速度は、質量比に関わらず減少する。但し質量比 1:1 の斜め衝突の場合については衝突フェーズの遷移が特殊であるため注意を要する。

また今回 $M_{LR} \sim 0.1M_{total}$ に至る大規模な破壊衝突までをカバーしたことで、衝突・再集積の様相が変化すると自転速度変化の仕方も異なってくるということが明らかになった。

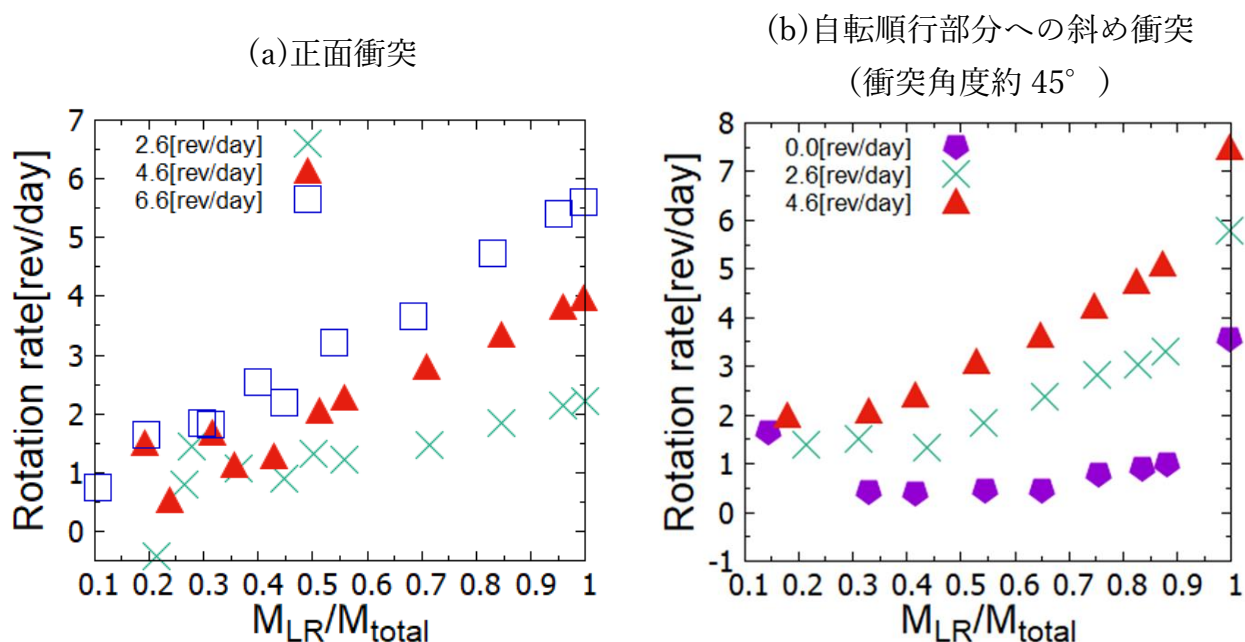


図1. 破壊規模と最大アグリゲイトの自転速度の関係(質量比 1:8 の衝突)。