

成果に関連して出版、もしくは印刷、投稿中の論文リスト

(1) このプロジェクト（同様の過去のプロジェクトも含む）での成果

今年度中に出版された論文、国際会議集録、国際会議、学会、研究会発表、その他出版物（印刷中、投稿中の場合はその旨を記載すること）

(2) これまでのプロジェクトの今年度中の成果

今年度中に出版された論文、国際会議集録、国際会議、学会、研究会発表、その他出版物（印刷中、投稿中の場合はその旨を記載すること）

評価資料として利用いたしますので、様式・順序は任意ですが、学術論文については題名、著者、発行年月、雑誌名、巻、ページが記載されていること。

基本的な結果は、ユーザズミーティング (EANAM2004) で発表して、収録に PPT ファイルが載っています。

現在論文執筆準備中です。

成果の概要

小惑星や、彗星など、太陽系内の小天体 ($D >$ 数百 m-数 km) の多くは rubble pile と呼ばれる、重力でゆるく結びついた破片の集合体であると考えられている。こうした rubble pile 天体同士の衝突過程によって衛星系の形成される条件についての知見を得るための数値計算を行った。この計算では、衝突させる 2 天体を多数の球の集合体として扱っている。各粒子間の重力と、互いにめり込んだ粒子間の反発力を毎ステップ計算する方法で、一般的に DEM と呼ばれる手法の単純なものである。今研究では、特に、冥王星/シャロン系のように、母天体に対して比較的大きな衛星を持つ系 ($M_{\text{satellite}} \sim 0.1M_{\text{planet}}$) の形成を念頭に置きシミュレーションを行った。今研究では主に質量比が 7:3 の 2 天体が衝突したもとの計算を行った。

結果として、2つの衝突のパラメータ（インパクトパラメータと、速度）に応じて、衛星が形成する/しないの条件の境界などが得られた。衝突速度が遅く、双曲線でも放物線に近い軌道での衝突では、インパクトパラメータに応じて4つの違った結果が得られた。1. 正面衝突に近いときには、当然そのまま2天体は合体する。2. やや斜め衝突になると、衝突天体は衝突の前後の強い潮汐作用によってばらばらに引きちぎられ、母天体の周囲に破片円盤を形成する。このような円盤からは、地球/月系 ($M_{\text{satellite}} \sim 0.01M_{\text{planet}}$) のような衛星系が形成されることが考えられる。しかし、われわれの計算では、冥王星/シャロン系のように比較的大きな衛星が形成できるほど大量の破片を持つ円盤は形成されなかった。3. 一方、インパクトパラメータがさらに大きく、かすめるような形での衝突過程では、衝突前後の潮汐作用によって衝突天体が完全にばらばらになることはなく、衝突天体の一部がそのまま衛星になる disruptive capture が起きた。われわれの計算では、冥王星/シャロン系のような大きな衛星は、このような衝突のときのみ形成された。4. インパクトパラメータが非常に大きく、わずかにしかかすめない衝突では、衝突天体は重力的に束縛されず、双曲線軌道を保ちそのまま通過をする。

われわれは、数多くの計算を行うことで、2次元のパラメータ空間上における上の4つの結果の分布を描いた。現在の冥王星/シャロン系のもつ角運動量が衝突の角運動量をそのまま示しているものとする、3. の disruptive capture の領域での衝突が起きたことになり、質量の大きな衛星を持っている状態と調和的である。また、こうした破壊の程度の少ない衝突の場合は、衝突時の軌道の変化を幾何学的に単純に見積もることができ、disruptive capture の起きるパラメータ

領域を予想することができる。そうして行った見積もりは、われわれの計算結果と調和的であった。また、最近の SPH 計算 (Canup2005, Science 307,546) でも、我々の計算と似たような衝突条件で冥王星/シャロンのような大きな衛星が形成されることが報告された。これらのことから、disruptive capture によって、冥王星/シャロンのような大きな衛星を持つ衛星系を作ることができるというのは、計算手法や物質の状態方程式などに寄らない結果であると考えられる。また、こうした衛星の形成の起こる条件は、準解析的に見積もることが出来ることがわかった。これは、衝突天体の破壊の度合いが少ないために単純な幾何学的見積もりが充分通用するためと考えられる。