

彗星核の圧縮強度と密度進化

The compressive strength of cometary nuclei and their density evolution

城野 信一 [1], J. Mayo Greenberg [2]

Sin-iti Sirono [1], J. Mayo Greenberg [2]

[1] 北大・理・地球惑星, [2] ライデン大学宇宙物理学研究所

[1] Earth and Planetary Sci., Hokkaido Univ, [2] Astrophysics Laboratory, Leiden Univ.

彗星核同士が衝突したときの挙動を明らかにするために、彗星核の構成物質であるグレインアグリゲイトの圧縮強度を解析的に求めた。その結果、圧縮強度は、空隙率0.8で $7.5 \times 10^3 \text{ dyn cm}^{-2}$ 、空隙率0.9で $1.8 \times 10^3 \text{ dyn cm}^{-2}$ と見積もることができた。この結果から、衝突速度 $v=10 \text{ cm s}^{-1}$ ではそれほど圧縮は起こらないものの、 $v=100 \text{ cm s}^{-1}$ では圧縮が進行することが明らかになった。

彗星核の内部構造はどのようになっているのか？ 均質なのか、それともより小さいスケールのブロックが重力でパウンドしているいわゆるラブルパイル構造であるのか？ それは彗星核が形成される衝突過程に依存している。彗星核はサブミクロンサイズのグレインから構成されており空隙が大きい構造を持つと考えられているが、ミクロな構造を考慮した衝突の議論はこれまでそれほどなされていない。衝突の結果2つの彗星核の密度構造がどのように変化するかまた破壊が進行するのは、圧縮強度と引っ張り強度で決定されるものと考えられる。そこで本研究ではグレインアグリゲイトの圧縮強度を解析的に求めた。

グレインアグリゲイトの圧縮強度は微粒子の配置の仕方に依存している。微粒子の配置はアグリゲイトの形成の履歴に依存するため一義的に決定することはできない。そこで本研究では、微粒子が一次的に並んだチェーンを基本単位とし、チェーンが格子を構成してグレインアグリゲイトをなしているものと仮定した。この仮定により、グレインアグリゲイトの圧縮強度はチェーンの圧縮強度で表現できることになる。チェーンの圧縮強度はKantor and Webman (1984; Phys. Rev. Lett. 52, 1891)の方法を用いて求めた。

グレインアグリゲイトの圧縮強度は、空隙率0.8で $7.5 \times 10^3 \text{ dyn cm}^{-2}$ 、空隙率0.9で $1.8 \times 10^3 \text{ dyn cm}^{-2}$ と見積もられる。一方、引っ張り強度はGreenberg et al. (1995; A&A 295 L35)から空隙率0.8で $5.8 \times 10^4 \text{ dyn cm}^{-2}$ 、空隙率0.9で $2.6 \times 10^4 \text{ dyn cm}^{-2}$ となる。したがって2体のグレインアグリゲイトが衝突すると、破壊よりも圧縮が進行することが予想される。圧縮の程度については、衝突前に持っていた運動エネルギーと圧縮強度の比から、圧縮された体積を見積もることが出来る。その結果、衝突速度 $v=10 \text{ cm s}^{-1}$ ではそれほど圧縮は進行しないものの、 $v=100 \text{ cm s}^{-1}$ ではかなりの程度の圧縮が起こることが明らかになった。

原始太陽系星雲中においてグレインアグリゲイト相互の相対速度は100mサイズで 10 cm s^{-1} の極小を持つ(Weidenschilling 1997; Icarus 127, 290)。したがって本研究の結果から、100mサイズのアグリゲイトが合体して形成されるkmサイズのアグリゲイトには密度の不均質性が予想される。また、カイパーベルト領域での相対速度は 100 cm s^{-1} 程度 (Stern and Kolweil 1997; AJ 114, 841)であるため、そこでの衝突では相当程度の圧縮が進行し、内部は均質化するものと考えられる。