

炭素質隕石に対する衝突実験～コンドリュール内部のクラック成長

○道上達広（近大）、土山明（立命館大）、ハガーマン・アクセル（ルレオ工科大）、武田旭生（近大）、宍戸克樹（近大）、長谷川直（宇宙研）

本発表、本原稿は Icarus に投稿中の要旨です。

隕石の物質強度は、小惑星の歴史を知る上で有用な情報である。しかしながら、隕石内部は不均質であるため、隕石の強度を一意に決定することは難しい。例えば、圧縮強度試験において、1つの試料でも、加える力の方向によって、圧縮強度は大きく変わる。これは隕石内部の複雑な岩石組織、つまり構成する鉱物粒子の強度の違いが影響していると考えられる。

本研究では、隕石を構成する鉱物粒子間の強度の違いを定性的に理解するために、炭素質隕石に対して高速度衝突実験を行い、衝突前後の隕石内部を X 線 CT 撮像（解像度 $\sim 10\mu\text{m}/\text{voxel}$ ）することによって、衝突によって生じたクラックの進展を調査した。実験では、標的として、大きさが 1-2cm のアエンデ隕石（CV3）、マーチソン隕石（CM2）、アグアス・ザルカス隕石（CM2）を用いた。弾丸として、CV 隕石に対しては、直径 1mm のアルミナ球を秒速 2.0km で、CM 隕石に対しては、直径 0.8mm のガラス球を秒速 4.0km で衝突させた。弾丸の軌道は若干ずれるため、標的に衝突する位置がショットごとに異なり、標的の表層の一部が壊れるものからカタストロフィック破壊まで、様々な壊れ方をした。解析した標的の数は、アエンデ隕石で 7 個、マーチソン隕石、アグアス・ザルカス隕石で各 2 個ずつである。今回、壊れた標的の最大破片について、生じたクラックの 3 次元分布を調査した。

衝突によって生じた多くクラックは、標的の表面もしくは破断面に平行に形成されていた。このため、クラックは主に稀薄波によって形成されたと考えられる。また、CM 隕石では、いくつかのクラックが衝突前の隕石内部に存在し、そのクラックが成長していくつかの破断面が形成されていた。今回、前者によって生じたクラック沿いのコンドリュールに注目し、コンドリュールとクラックの関係を調査した。調査したコンドリュールの数は、アエンデ隕石で 66 個、マーチソン隕石で 28 個、アグアス・ザルカス隕石で 14 個である。その結果、標的の壊れ方に依らず、CV 隕石では、半数以上がコンドリュール境界（もしくは付近）を沿うようにクラックが進展していることが分かった。これは、熱疲労で形成されるクラックの進展と同じ傾向を示している。一方、CM 隕石では、半数以上がコンドリュール境界に関係なく、コンドリュール内部をクラックが貫通していることが分かった。この CV 隕石と CM 隕石の違いとして、CM 隕石は水質変成していることが挙げられる。マーチソン隕石の薄片を作製し、光学顕微鏡観察したところ、コンドリュール内部の水質変成している部分の強度が弱くなっていることが分かった。そのため、CM 隕石では、コンドリュールとマトリックスの強度の違いが小さく、クラックはコンドリュール内部を貫通したと考えられる。

2023 年に地球に持ち帰られる予定のベンヌ粒子は、CM 隕石と同様の物質と考えられている。そのため、ベンヌ粒子内部におけるクラック進展の解析結果と今回の実験結果を比較することで、ベンヌ粒子が、熱疲労で形成されたのか、衝突によって形成されたのか類推できるかもしれない。