

インパクトと月震にまつわる何か

小林直樹¹, 川村太一¹, 山田竜平²

(1) 宇宙科学研究所, (2) 国立天文台

衝突現象は惑星形成や成長の場に置いて本質的な役割を果たしている。現在では地球・惑星の形成時に見られたであろう程の頻繁な微小天体の衝突現象は見ることができないが、現在においても隕石の天体衝突は珍しい現象ではない。特に月面は大気が無いため地球以上に隕石の衝突に曝されている。月面での衝突現象の理解は現在の衝突頻度を理解する上での役割が大きい。月面に隕石が衝突するとその衝撃によって弾性波が励起される。月震をモニターすることで現在の月面衝突を観察することができる。アポロ探査計画では月面に1辺が約1000kmの三角形に配置された地震計のネットワークを構成した。その8年間の連続記録から1744個の月面衝突現象を捉えている。本講演では月震から見ることができる衝突にまつわる研究について簡単なレビュー報告を行う。話題として、月震から見たクレータ生成不均質問題、インパクトの震源関数、フラッシュ地震学、インパクトによる月震励起機構の研究について紹介する。最初の二つの話題は共著者である川村が、三つ目の話題については山田が中心的に行なった研究の報告である。最後の話題は上記の研究の基礎となる衝突現象による地震波の励起機構に関して、地震波解析から推定される震源サイズについての理解が曖昧であること、正しい理解のためには衝突実験による弾性波の励起についての系統的な研究が不可欠であることを述べる。本発表に刺激され衝突実験と地震学を結ぶ研究に進展があれば幸いである。

クレータ生成不均質

月を始め多くの衛星が惑星の周りの公転とその自転が同期した同期回転をしている。このため、月面の公転方向の面（前面）とその反対面（後面）では公転速度の分、隕石フラックスの偏りが生じると考えられている。クレータ不均質は主にクレータ分布を調べることで研究されて来た (e.g. Morota & Furumoto 2003) が、現在の隕石衝突に対しては衝突痕が小さいため十分な検討がなされて来なかった。そこで我々はアポロの月震記録を使い、震源が同定された衝突イベントについて前面と後面での衝突頻度に偏りがあるか調べた。まず複数の観測点で検出されており衝突点が同定されているイベントを選び出した。更に

流星群などの前面／後面比に影響を及ぼすイベントを除外するなど細心の注意を払って衝突イベントを絞り込んだ。こうして選んだ 56 点のイベントの分布について調べたところ前面／後面比が 1.8 ± 0.4 という過去の研究に比べ高い不均質を見いだした。イベント数が少ないがこの偏りは統計的には有意であり、この結果が正しいとすると地球近傍の隕石衝突速度は 12 km/s 以下と見積もられる。小さな隕石スケールでは何らかの減速過程が存在するのかもしれない。

インパクトの震源関数

地震などの破壊現象には破壊の継続時間などの震源に関わる特徴的なタイムスケールが存在する。このタイムスケールの逆数はコーナー周波数と呼ばれ、その周波数の前後で地震波のスペクトルの形状が変化する。破壊の継続時間は震源の大きさと破壊速度の比であるので、コーナー周波数は震源サイズに依存する。地震波の励起源がインパクトの場合でもコーナー周波数はイベントを特徴付ける基礎データとなる。我々はアポロの短周期月震計 (1~10 Hz) と長周期月震計 (0.3~1 Hz) を合成し、より広い帯域 (0.3 ~ 10 Hz) で衝突月震のスペクトルを調べた。その結果、衝突月震のスペクトルの顔つきは震央距離が 80 度を境に変化することが分った。震央距離が 80 度以下では振幅スペクトルは単純なインパクトモデルスペクトルで良く表現されるが、80 度より大きくなるとモデルスペクトルでは説明がつかなくなる。この原因としては衝突点近傍の浅い構造による影響か、80 度以上の波線が通過する 500 km 以深の構造の影響が考えられる。この興味深い現象の原因を特定するには更なる解析が必要である。

インパクトフラッシュ地震学

隕石の月面衝突現象は地震波だけでなく衝突点発光という現象も引き起こす。衝突点発光は地上からも観測されており、地上観測によって月震の震源を同定できることを示唆している。衝突発光を利用した地震学は 1 点の地震観測でも月の内部構造を決める方法として有力視されている。我々は発光と月震の両方も捉えられる場合について調査した。その結果、1 年間で 10 イベント程の発光点が決定された衝突月震イベントを観測できることが分った。

衝突による月震の励起

月面衝突は地震学的にも興味深い対象であるが、その震源過程に関しては必ずしも良く分かっている訳ではない。応用が期待される月面衝突地震学を確立するためにも衝突実験による弾性波の励起機構の詳細な理解を期待する。衝突研究会の皆さんの協力を是非お願いしたい。