

## 石膏に対する衝突クレーター形成実験における破片速度の分布

小野瀬直美 (JAXA)、長谷川直 (JAXA)、奥平恭子 (会津大学)

探査機はやぶさの撮影により、小惑星イトカワ表面が、少なくとも部分的には cm から mm 程度の小さな砂に覆われていることが明らかにされた(Yano et al. 2006)。小惑星イトカワの長径は約 550m であり、その脱出速度は 0.02 から 0.1m/sec しかない(Fujiwara et al. 2006)。

これに対し、既存の理論的研究ならびに実験的研究からは、これらの直径 20km 以下の小惑星が自身への衝突クレーター形成時の放出物を起源とするレゴリスを持ちえないであろうと述べている Veverka et al. (1986)。これは、Nakamura and Fujiwara (1991)などで実験結果から求められた破片の速度とサイズに関するスケール側を基にしたものである。

撮影技術の発達は、細かい破片を含む多数の破片を、一回の衝突クレーター形成において計測することを可能にした。Onose and Fujiwara (2004)では多孔質石膏に対する 4km/sec での衝突実験を行い、高速度カメラで個別に速度を計測できる範囲のサイズ、速度を持つ破片が 2 群に分けられることを示した。クレーター形成初期に逆円錐形に比較的高速度で放出される早期放出破片群と、これよりやや遅れてターゲット表面と垂直方向に低速度で大量に放出される後期放出破片群である。このうち、早期放出破片群は Spall 破片と考えられる。一方、後期放出破片群の放出メカニズムには Onose and Fujiwara (2006)において、クレーター周辺のターゲットが衝突に対して弾

性的にふるまうことによるものである可能性が提案された (図 1)。

About 8 to 13  $\mu$ sec after the Impact

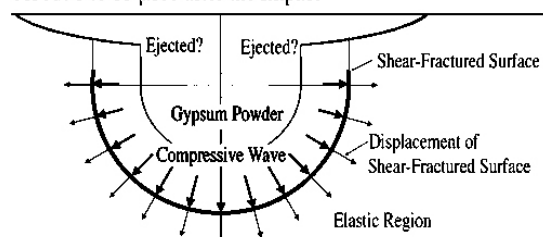


図 1 破片の弾性的放出の概念図

表 1 実験条件と結果

実験 番号	質量 g	衝突速度 km/sec	pit 直径 mm	放出速度 m/sec
11007	0.111	3.84	17.5	3.5
11010	0.215	4.27	26.3	2.8
11012	0.216	4	23.8	4.5
60401	0.213	4.11	25.3	1.7
60410	0.213	4.58	27.6	10
60413	0.212	1.2	13.4	2.5
71203	0.0082	3.77	7.5	7.5

もし、後期放出破片群がこのメカニズムにより放出されているのならば、より小さい飛翔体により小さいクレーターを形成した場合、比較的早い「後期放出破片群」が観察されるはずである。本研究では、Onose and Fujiwara(2004)と同じターゲットに、同じ材質 (ナイロン) でサイズのみ小さい飛翔体を同じ速度(4km/sec)で衝突させたものを含む、破片速度の計測結果を比較検討した。表 1 に実験条件を示す。

ほかの実験と比べて小さい 0.082g の飛翔体を用いた実験番号 071203 で計測された

破片の速度と放出角度、放出時刻は、二つの破片群に分かれている (図 2)。この実験において形成されたクレーターの直径は 10.6mm であり、放出破片の総量が少ないことも幸いし、クレーター形成過程を通してよい視界が得られたため、質の良いデータを取得することができた。破片速度のヒストグラムも二つの破片群を示している (図 3)。

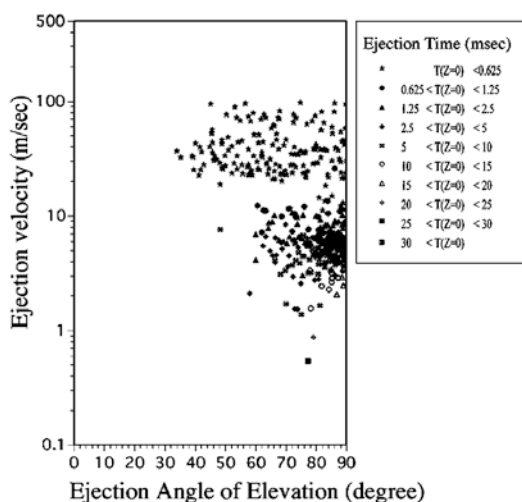


図 2 放出速度と角度の分布

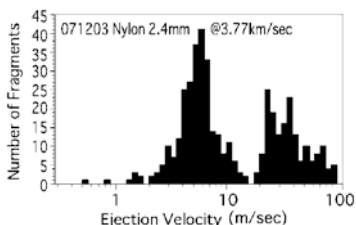


図 3 破片速度のヒストグラム(破片数 436) 垂直衝突によるクレーター形成実験の中で、一回の衝突に対する計測破片数が多いものに対して、これと同様のヒストグラムにおける遅いほうのピークの値を求め、横軸に pit 部分の直径を取ったものが図 4 である。pit 直径の割に放出破片速度のばらつきが大きい、Onose and Fujiwara (2006)に述べた放出メカニズムと矛盾しているとは言えないことが分かった。飛翔体衝突速度を変化させた場合の結果に

関しては、衝突時に形成される衝撃波の形、圧力ともに変化すると考えられるため、別途検討が必要であろう。

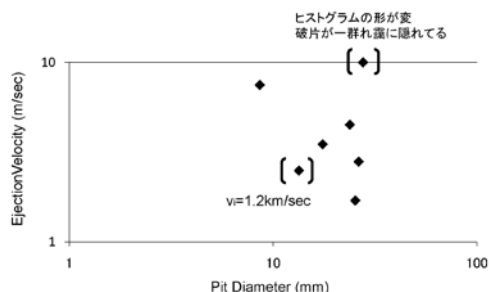


図 4 破片放出速度と Pit 直径

#### 参考文献

- Fujiwara A., Kawaguchi J., Yeomans D. K., Abe M., Mukai T., Okada T., Saito J., Yano H., Yoshikawa M., Scheeres D. J., Barnouin-Jha O., Cheng A. F., Demura H., Gaskell R. W., Hirata N., Ikeda H., Kominato T., Miyamoto H., Nakamura A. M., Nakamura R., Sasaki S., and Uesugi K. 2006. The Rubble-Pile Asteroid Itokawa as Observed by Hayabusa. *Science* 312: 1330-1334
- 偏微分方程式とその応用 犬井鐵郎 コロナ社
- Nakamura A., and Fujiwara A. 1991. Velocity distribution of fragments formed in a simulated collisional disruption. *Icarus* 92: 132-146
- 技術者のための特殊関数とその応用 野邑雄吉 日刊工業新聞社
- Onose N. and Fujiwara A., 2004. Mass-velocity distributions of fragments in oblique impact cratering on gypsum, *Meteoritics & Planetary Science* 39: 321-332
- Onose N. and Fujiwara A. 2006. Elastic ejection of late fragments produced in impact craterings on gypsum targets. in: *Impact craters as indicators for planetary environmental evolution and astrobiology*, Östersund, Sweden, June 8 – 14, Abstract.
- Veverka J., Thomas P., Harch A., Clark B., Bell J. F., Carcich B., Joseph J., Murchie S., Izenberg N., Chapman C., Merline W., Malin M., McFadden L., and Robinson M. 1999. NEAR Encounter with Asteroid 253 Mathilde: Overview, *Icarus* 140: 3-16