

はやぶさ2における小惑星模擬試料回収実験:衝突クレーター形成と回収量について

兵頭 拓真(横国大院), 岡本 千里(JAXA), 澤田 宏崇(JAXA), 百武 徹(横国大院), 國中 均(JAXA)

1. 諸論

始原天体であるC型小惑星を調べることは、宇宙空間での生命材料物質の探求、及び初期地球での生命材料物質の進化の解明につながるものであり重要である。はやぶさ2ではC型小惑星1999JU3からのサンプリングを目指している。

1999JU3の表面は未知であるため、予測される様々な小惑星表面からのサンプリング効率を調べる必要がある。特に、イトカワの表面で見られた様なレゴリス層は小惑星表面で広く存在する可能性があるためレゴリス層からの試料採取効率を調べるのは重要である。

はやぶさ2では、どのような表面にも対応できるように試料採取方法として弾丸射出による回収方法(サンプラーホーン, Yano et al, 2006)を採用する。そこで本研究は、レゴリス層からの試料が回収効率を調べるために、衝突銃を用い、クレーター形成過程の解明、及び試料回収実験を行った。

2. 実験手法

試料回収実験では、サンプラーホーン模擬品を用いた1G下における小惑星模擬破片回収実験を実施する。クレーター形成実験では、クレーター形成過程を調べるために、小惑星レゴリス模擬ターゲットへの衝突実験を行い、形成されるクレータ、放出される粒子の観察を実施する。

2.1 実験条件

衝突実験は1G下における真空下(<60Pa)で行った。弾丸は先端形状が球形で直径8mm, 5gのタンタル及びSUSの2種類を使用した。クレーター形成過程に対する容器サイズ依存性を調べるため3つの容器を使用した。容器サイズは表.1に示す。図.1はターゲット容器①~③の大きさの関係を表す図である。容器①は直径a, 深さb, 容器②は直径A, 深さB, 容器③は直径a, 深さBである。実験として、試料回収実験とクレーター形成実験を行った。

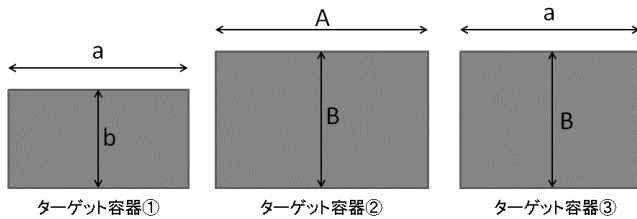


図.1 ターゲット容器の大きさ

表.1 ターゲット容器の寸法

ターゲット容器	内径(cm)	深さ(cm)
①	28.9	15.0
②	35.0	23.0
③	25.0	24.0

2.2 試料回収実験

プロジェクトから弾丸が射出されターゲットに着弾すると、クレーターが形成し放出された破片はホーンを反射しながらキャッチャーに導入され回収される。本研究では探査機に搭載されるサンプラーホーン同等品を用いて衝突実験を実行した。衝突後、回収粒子の重さを計測した。弾丸速度は100~300(m/s)で行った。

2.3 クレーター形成実験

プロジェクトから弾丸が射出されターゲットに着弾しクレーターが形成される。その現象観察を行うために実験を行った。クレーター形成クレーターリング時の破片放出の振る舞いは分かり易くするために、スリットを付け観察した。光源としてメタルハライドを背面から照らし、エジェクタプルームの断面を観察し、粒子挙動を二次元的に観察した。実験後、クレーター直径、深さを計測した。弾丸速度は200(m/s)で行った。

3. 実験結果

回収実験において、タンタル、SUSの弾丸を用いて1mmのガラスビーズターゲットに衝突実験を行った。図.2は試料回収実験において、衝突エネルギーと試料回収量の関係を表す図である。この図は、容器③を使用した結果である。この図より、2つの弾丸はともに多く試料回収できることが分かる。2つの弾丸で回収量の違いが見られるが、衝突エネルギーが大きい際弾丸による回収量の違いが少なくなっている。

図.3は容器サイズと放出角度の関係の図である。プロジェクトイル(タンタル、SUS弾丸)の回収量依存性を調べるために、容器①~③を使って放出角度、速度をそれぞれ調べた。ばらつきを見るために、同条件で2~3回ずつそれぞれ繰り返し実験を行っている。左図はタンタル弾丸、右図はSUS弾丸の結果を示している。規格化距離 $x/r=0$ が衝突点で、衝突点から遠方になるほど規格化距離は大きくなる。

容器③の場合、衝突点付近ではSUSの方が放出角度大きく、規格化距離5.0~でタンタル、SUSの値が近くなって

いることがわかった。放出速度は同程度であった。

容器①～③は衝突点付近で放出角度が約 60° である。衝突点から離れるほど傾きに差が出てくる。特に、容器①のグラフの放出角度の傾きが、タンタル、SUS 弾丸ともに容器②、③と異なっていた。容器①は②、③に比べて深さが浅かったため、クレーター形成過程に影響が出たと考えられる。

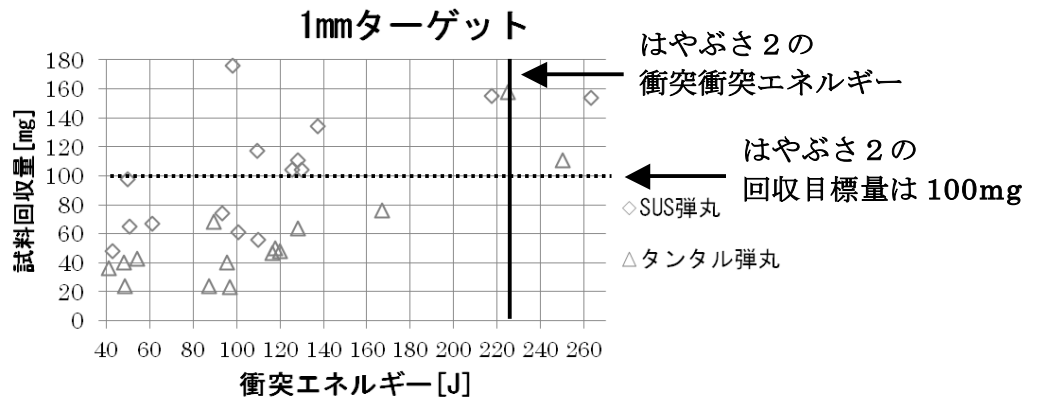


図.2 衝突エネルギーと試料回収量

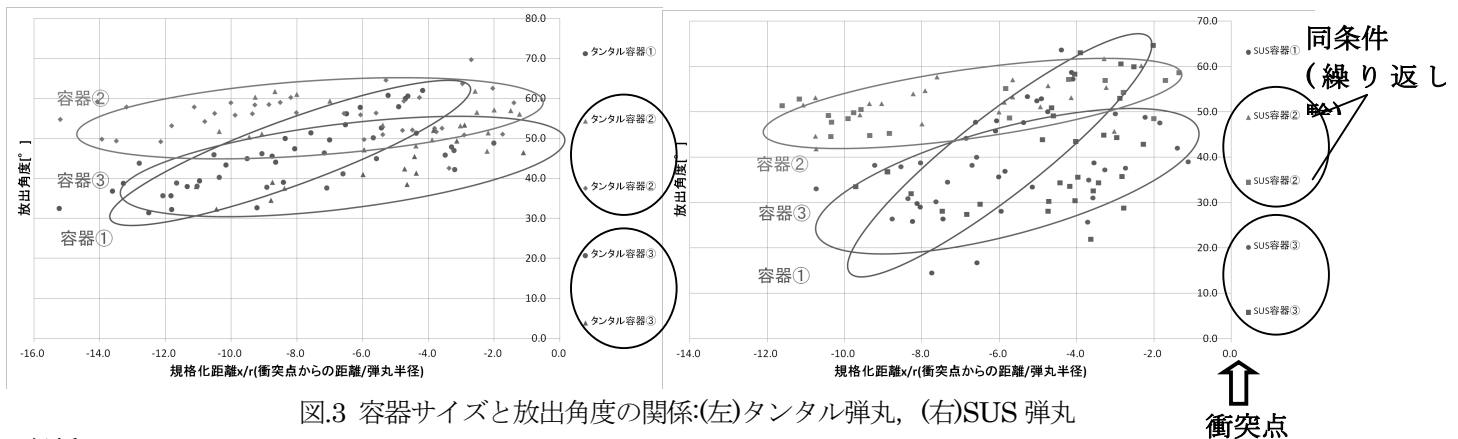


図.3 容器サイズと放出角度の関係:(左)タンタル弾丸, (右)SUS 弾丸

4.総括

本研究は、はやぶさ 2 におけるレゴリス層からの試料が回収効率を調べるために、クレーター形成過程の解明、及び試料回収実験を行った。

試料回収実験において、SUS とタンタルは多く試料回収できることが分かった。一方、弾丸における回収量の違いが認められたが、衝突エネルギーが大きくなるとき、違いが少なくなるように見られた。

これはクレーター形成実験において、容器③と放出角度の関係のグラフで衝突点付近では SUS の方が放出角度が大きく、これにより回収量に差が生じたと考えられる。

容器サイズと放出角度の関係から、どの容器においても衝突点付近では放出角度は変わらないが、衝突点から離れるに従って放出角度に差が出てくる。試料回収実験で使用できる容器は、無限遠平面により近い直径の大きな容器を使用したいが、チャンバーの制約より図.1 の様な容器③に限定される。回収量は放出角度に依存すると考えられ今後、回収量と放出角度の関係を詳細に調べることにする。