

## 小惑星探査機はやぶさ2 クレーター形成装置の科学

村田 健司\*

日本工機株式会社

### Asteroid Explorer Hayabusa2 Crater Forming Device Science

Kenji MURATA\*

Nippon-koki Co., Ltd.

#### 1. はじめに

小惑星探査機はやぶさ2は、2020年12月6日の夜に、オーストラリアのウーメラ基地に、小惑星の石が入ったカプセルを無事に帰還させました。はやぶさ2のサンプルリターンミッションの全貌は多様で巨大なミッションです。この詳細は、プロジェクトマネージャーの津田雄一教授の著書「はやぶさ2の宇宙大航海記<sup>1)</sup>」にまとめられています。

日本工機株式会社は、はやぶさ2の大きなミッションである、小惑星の表面に人工クレーターを形成する衝突装置「SCI」の心臓部分である、銅製の丸い中空弾丸を、マッハ5で小惑星に打ち込む装置開発を行いました。

#### 2. SCI心臓部の開発と実験結果

Fig. 1a, 1bに、SCIの心臓部：爆薬部の写真を示します (JAXA 提供)。直径は約30 cmで、HMXを主成分とする爆薬がその背面に充填されています。

爆薬による金属板の超音速領域への加速の基礎理論は、各種論じられておりますが、実際に装置が設計通りに機能するかの確認実験が必要です。

しかし、質量2 kg、速度2,000 m/sもの金属体を100 m以上も実際に飛行させ、小惑星表面を模擬したターゲットに打ち込む実験は容易ではありません。

爆薬を使用しますので、すべての観測は遠隔で安全に実施する必要があります。使用する信号用同軸ケーブルの総延長は数キロメートルを超えます。長いケーブルには同軸ケーブルを用いても信号の劣化があり、その計測

系の構築も容易ではありません。具体的には、爆発の検知システム、飛翔体の速度センサー、超高速度カメラの同期システム、光源となるストロボの同期システムなどが必要です。

著者は、この計測系の開発を主に担当しました。

Fig. 2に、実際にははやぶさ2に搭載する実スケールサイズでの地上爆発実験の様子を示します (JAXA 提供)。

計測シーケンスは、爆薬を内蔵するユニットの起爆を時間ゼロとして、飛翔体の予測位置に合わせて、超高速度カメラに記録信号を指令するとともに、光源となる強

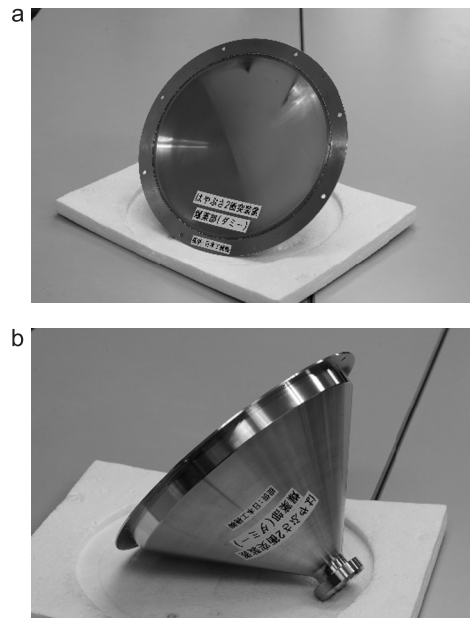


Fig. 1 a: Photo of explosion unit for SCI. b: Photo of explosion unit(rear) for SCI.

2021年6月17日 第139回学術講演会において発表  
\*e-mail: Kmurata@nippon-koki.co.jp

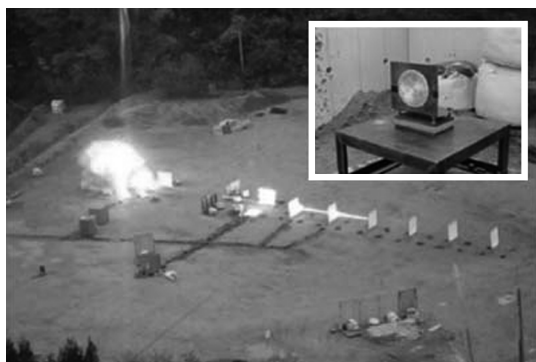


Fig. 2 Photo of explosion test.

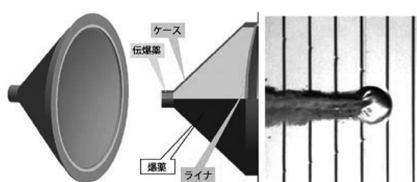


Fig. 3 SCI system and Hi-Speed photo of projectile.



Fig. 4 Hi-speed Cameras set up.

力なストロボの発光を指令します。

Fig. 3にSCIシステムの断面と構造概要と、超高速度カメラによる飛翔体の撮影例を示します(JAXA 提供)。

Fig. 4に超高速度カメラ撮影に用いるバックポート、地上に設置したストロボ光源ボックス、右には金属箔を用いた速度の検知センサーなどを示します(JAXA 提供)。

Fig. 2の中央部の超高速度カメラのバックボード付近が白く光ってるのも、超高速度カメラとストロボが同期しているためです。

同様の同期信号による撮影は、小惑星表面を模擬したターゲットへの飛翔体の衝突時にも行われました。

Fig. 5a, 5bに、衝突状況を高速度カメラで撮影した様子を示します(JAXA 提供)。



Fig. 5 a: Projectile hit to target system. b: Projectile hit to target system.

地球上では重力がありますので、ターゲット面は、斜面崩れない程度の安息角度(約40度)と傾斜しています。しかし、きれいなクレーターが形成されている様子がわかります。

実際にははやぶさ2が、小惑星上空でSCIを作動させたとして、その衝突地点が平らであるとは限りません。多少傾斜があつたとしても、人工クレーターが形成できないといけません。その点で、この地上実験では小惑星表面が仮に傾斜面であつたとしても人工クレーターが形成可能であることが証明されました。

このターゲットからは、バラバラになった銅の破片も回収され、クレーター形成深さも計測されています。

実験条件にもよりますが、直径4m、深さ0.5m以上の人工クレーター形成が期待できることが判明しました。

### 3. はやぶさ2への搭載

地上実験の結果を受けて、宇宙環境に耐える各種環境試験、制御装置や耐熱シールドの取付を経て、ついにSCIは、はやぶさ2に搭載されました。

Fig. 6に、はやぶさ2下面に搭載されたSCIの飛行状態の様子を示します(JAXA 提供)。中央の円筒凸部が



Fig. 6 Bottom view of Hayabusa2.

SCIで、周りの球体は小惑星に投下するターゲットマーカーです。

#### 4. おわりに

爆薬は、トンネル掘削やビルの爆破解体などの発破工

法など使用されるイメージがあっても、宇宙で使用されるイメージはなかったと思います。

爆薬はエネルギーの缶詰であり、衛星に搭載可能な小型の装置でも、多くの土木的仕事が可能です。

そこで、当社が有する爆薬に関する技術が着目され、はやぶさ2のSCIに搭載され、ミッションに貢献することができました。

宇宙の分野では、SCI以外にも、ワイヤーやボルトを分離するシステムにも、火薬の技術が使われております。実は地球に帰還したカプセルの分離やパラシュートの開傘にも火工品が使われておりました。これははやぶさ2のサンプルリターンミッションを通じて、これら火薬・爆薬の技術にも興味を持ってもらえたら幸いです。

#### References

1. はやぶさ2の宇宙大航海記 津田雄一著 2021年4月1日 株式会社宝島社 ISBN978-4-299-00067-5C0044 (JAXA はやぶさ2 公式ホームページ)