

ISO 規格改訂に向けた超高速衝突実験における検証板の画像解析法の改良

名古屋工業大学 西田 政弘, 児玉 史哉, 石田 魁人
鳥羽商船高専 林 浩一, JAXA ISAS 鈴木 絢子, 長谷川 直

1. 緒言

宇宙空間には、宇宙ゴミが多数存在している。低周回軌道では、その平均衝突速度が 10 km/s とされており、そのような超高速での衝突によって噴出物（イジェクタ）が多数発生し、その結果、宇宙ゴミは年々急増していく⁽¹⁾。そこで、宇宙機利用材料からのイジェクタサイズを評価する必要があり、そのための国際規格 ISO11227 が 2012 年に発行された⁽²⁾。規格ではターゲットの近くに設置した検証板の画像計測・解析により、イジェクタの圧痕からイジェクタサイズ分布を類推し、評価基準として用いることが示されている。本研究では、ISO 規格に基づいた計測・評価を行う際の具体的方法についての問題点を明らかにすることを目的とする。

2. 実験方法

JAXA 宇宙研の二段式軽ガス銃および名工大の二段式軽ガス銃を使用し、実験を行った。図 1 に示すように、150 mm×150 mm、厚さ 2 mm の検証板（銅板 C1100P-1/4H）をターゲットの前方 50 mm に設置し、イジェクタの衝突痕を調べる。検証板には飛翔体が通過するために直径 30 mm の穴が空いている。飛翔体には直径 1.6 mm のアルミニウム合金（A2017-T4）球を、ターゲットにはアルミニウム合金（A6061-T6）製のターゲットを用いた。実験後はスキャン装置（斉藤光学 SKM-Z200C-PC）を用いて、検証板をスキャンし、画像解析ソフト（ImageJ）を用いて、イジェクタの衝突痕を解析した。スキャン結果と比較するための参照として、検証板の目視による衝突痕の算出結果とレーザー変位計（コムス株式会社 MAP-3D）による解析を考えた。

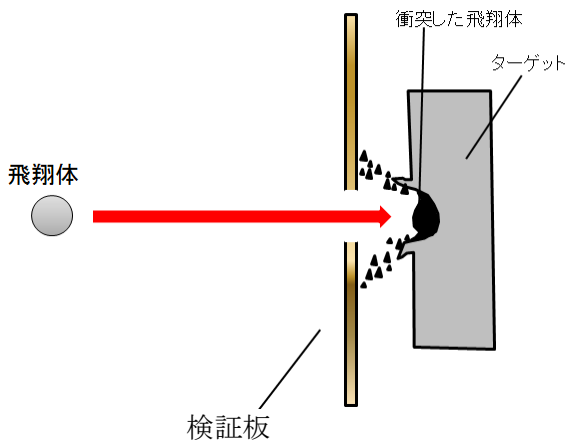


図 1 実験装置

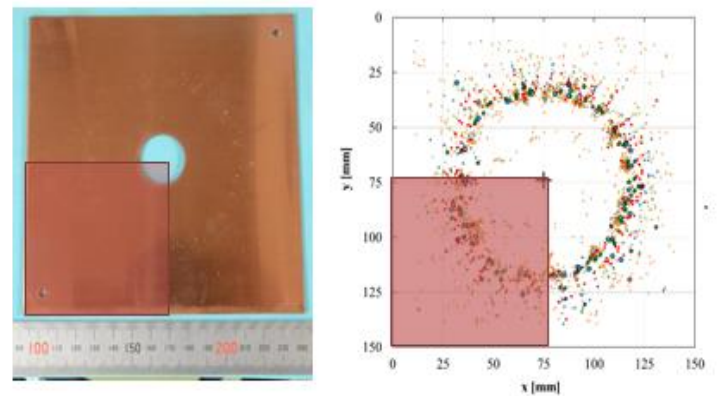


図 2 実験後の検証板と目視による衝突痕の測定範囲

3. 実験結果

結果の一例として、図 2 に衝突速度 2.09 km/s の結果を示す。検証板にはリング状の衝突痕が観察された。また、検証板の目視による衝突痕は、検証板の左下側の 1/4 の範囲のみを比較した。その結果の累積個数分布を図 3 の赤丸で示す、一方で、検証板の画像スキャン結果（検証板の左下側の 1/4 のみスキャン）は、閾値の範囲により変化し、今回の条件下では、二値化した際に、グレースケールの 256 階調中で 66 を閾値（66-255 が圧痕）としたときに、目視の結果と最も一致した。なお、今回の検証板のスキャンは、実験後のみのスキャンとし、実験の前後で背景差分処理は行わなかった。図 4 (a)には、レーザー変位

計による測定結果を示す。レーザー変位計の測定範囲におけるカメラ撮影結果（図 4 (b)）と比較すると、レーザー変位計の測定結果を定性的に一致していることがわかる。しかし、レーザー変位計の測定結果の定量的な比較を行うために、今後は、圧痕サイズ分布を算出する必要があり、改良を行っていく予定である。

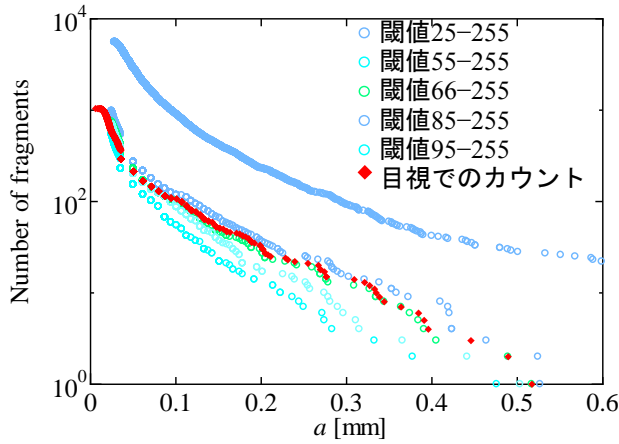
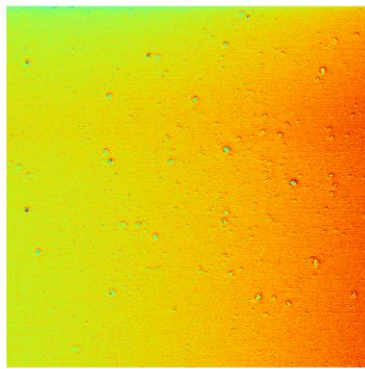


図 3 検証板の衝突痕の累積個数分布



(a) レーザー変位計



(b) 同じ位置のカメラ撮影写真

図 4 検証板のレーザー変位計による測定結果との比較（飛翔体直径 1.0 mm，衝突速度 5.16 km/s）

4. 結言

ISO 規格に基づいた計測・評価を行う際の問題点について明らかにすることを目的として、検証板を詳しく調べた。検証板の圧痕を評価するのは難しく、画像スキャン結果に対し、適切に閾値を設けることで目視の結果と一致した。今後は、他の実験結果でも調べていく予定である。

最後に、本実験の遂行にあたり、宇宙航空研究開発機構 宇宙科学研究所 スペースプラズマ共同研究設備を利用しました。ここに記して謝意を表します。

5. 参考文献

- (1) 木部勢至朗, 宇宙の厄介者：スペースデブリ, 航空と文化, 106 (2013).
- (2) ISO 11227, Space systems -- Test procedure to evaluate spacecraft material ejecta upon hypervelocity impact.