

イジェクタサイズの計測法・評価法に関する ISO11227 の改訂 に向けた検証板の画像解析

名古屋工業大学 西田 政弘, 平岩 泰幸, 児玉 史哉
鳥羽商船高専 林 浩一, JAXA ISAS 長谷川 直

1. はじめに

低軌道では、多くのスペースデブリが周回し、危険である。その平均衝突速度は 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、宇宙ゴミは自己増殖的に急増していく⁽¹⁾。そこで、宇宙機に利用する材料からのイジェクタを評価する必要があり、その評価法として国際規格が検討され、ISO11227 が 2012 年に発行された⁽²⁾。その規格ではターゲットの前方／後方に設置した検証板の画像解析により、イジェクタの圧痕からイジェクタサイズ分布を類推し、材料評価の一助として用いることが示されている。

本研究では、ISO11227 の規格に基づいた計測および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 ISAS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、200 mm×200 mm、厚さ2 mmの検証板（銅板C1100P-1/4H）をターゲットの前方および後方に設置し、イジェクタの衝突痕を調べた。検証板には飛翔体が通過するために直径25 mmの穴が空いている。飛翔体には直径1.0 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）および熊大マグネシウム(Mg_{95.65}Zn₂Y₂La_{0.1}Al_{0.25})製のターゲットを用いた。昨年までの方法と同様に、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。

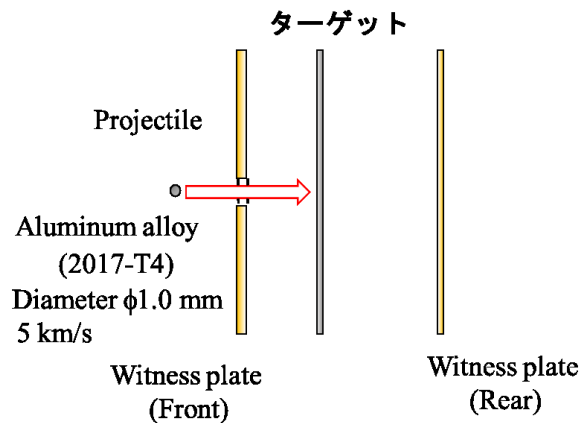


図 1 実験装置

3. 実験結果

結果の一例として、図 2 に衝突速度 5 km/s の結果を示す。前方の検証板にはリング状の衝突痕が観察された。スキャン結果を図 3 に示す。前方の検証板には、目視の結果と同じく、リング状の衝突痕がみられるが、マグネシウムの結果には、それに加えて、リングの中にも多くの衝突痕が観察できた。小さなイジェクタが中心付近を飛散していることがわかった。ただ、前方の検証板には、飛翔体を通過させるための穴が空けられており、その部分にはイジェクタが衝突しないため（穴を通り抜けてしまうため）その部分のイジェクタを評価することができない。当研究グループは、これまでの研究で、検証板を用いて、イジェクタを評価するには、垂直衝突ではなく、ターゲットを少し傾けた方が良いことを提案しており⁽³⁾、

今回の場合にも、ターゲットを傾ける方が良いことがわかる。また、後方の検証板からは、マグネシウムターゲットからは広い領域に飛散しており、広い領域に均一に飛散されているならば、デブリバンパーの材料として有望であると考えられる。

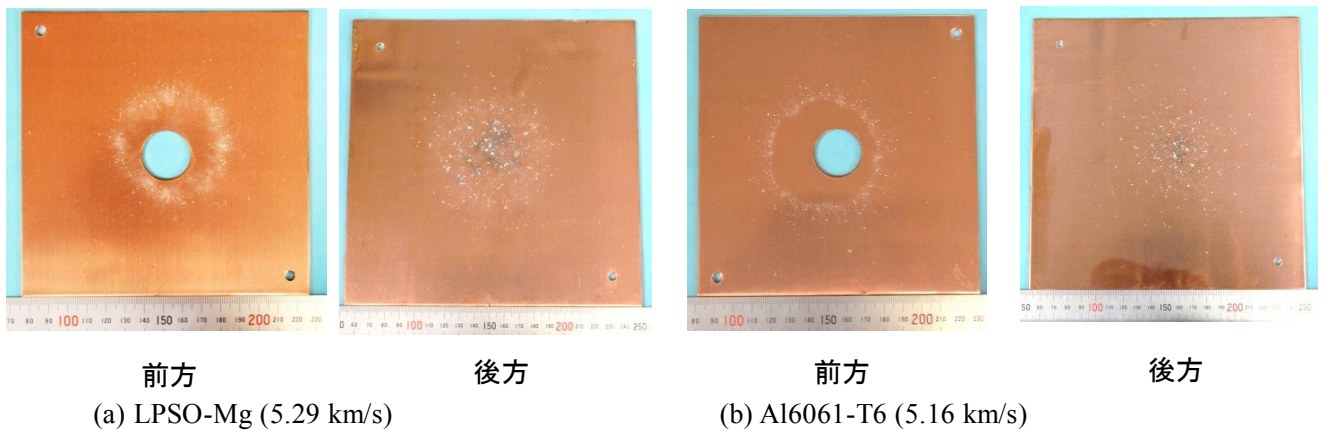


図2 実験後の検証板

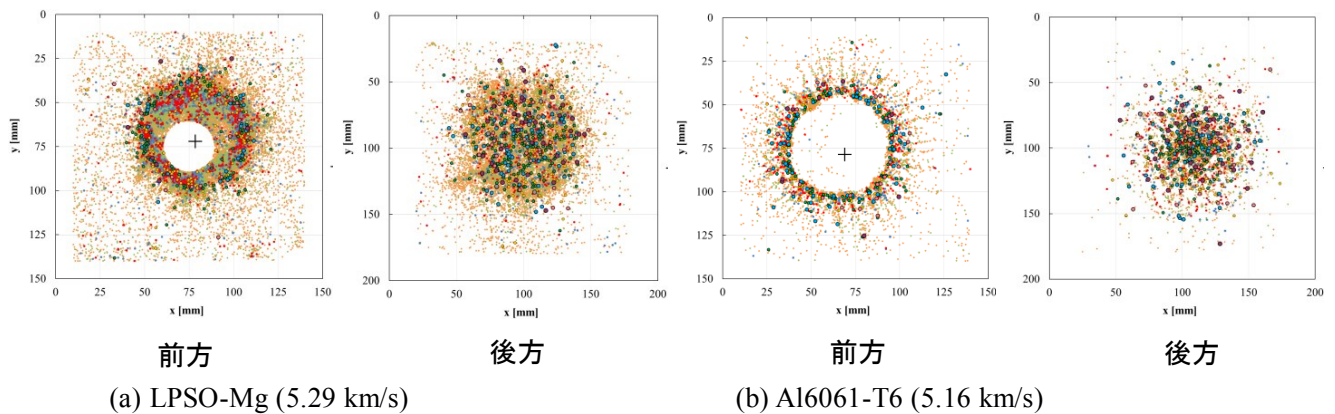


図3 検証板のスキャン結果

4. 結言

ISO11227 の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、昨年までの解析方法を用いて、前方および後方の検証板を解析した。その結果、アルミニウム薄板および熊大マグネシウム薄板の結果ともに、前方へのイジェクタにはリング状の飛散領域が確認され、熊大マグネシウム薄板からは、リング状の中にも多くのイジェクタが飛散していることがわかった。後方の検証板からは、熊大マグネシウム薄板からのイジェクタが広い範囲に飛散していることがわかった。また、前方の検証板の結果から、ターゲットを少し傾けた方が評価が向上すると考えられる。

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.
- (3) Kenta Nozaki, Masahiro Nishida, Koichi Hayashi and Sunao Hasegawa, Ejecta size distribution resulting from hypervelocity impacts between aluminum alloys, Applied Mechanics and Materials Vol. 566 (2014) pp 338-343.