

飛翔体の運動エネルギーがアルミニウム合金厚板からの イジェクタサイズ分布に与える影響

西田政弘, 林浩一, 葛谷加代子 (名工大), 長谷川直 (JAXA/ISAS)

1. 緒言

宇宙ゴミ (スペースデブリ) が急速に増加しており, 宇宙機や宇宙構造物への衝突が問題になっている. デブリ衝突によって発生する破片 (イジェクタ) は二次デブリとなるため, スペースデブリがますます増えていく. スペースデブリは数 mm サイズ以下になると, 非常に多くなり, さらに, そのような微小デブリでも宇宙機へ衝突するとワイヤーハーネスや機器の破損要因[1]になることや静止衛星の機能不全を引き起こす可能性が報告されている [2]. イジェクタに関する研究は Murr ら[3]や沼田ら[4]によって行われ, Mandeville ら[5]や赤星ら[6]によって国際規格に向けた研究が進められている. しかし, イジェクタの生成には不明な点が多い. そこで, 本研究では, アルミニウム合金 A6061-T6 ターゲットにポリカーボネート飛翔体を衝突させ, 飛翔体の運動エネルギー (運動エネルギー) がイジェクタサイズに与える影響について実験的に調べた.

2. 実験方法

直径95 mm, 厚さ40 mmのアルミニウム合金 (A6061-T6) 板をターゲットとした. 直径3.20 mm, 7.14 mm, 14.3 mm の3種のポリカーボネート球を飛翔体とし, JAXA/ISASおよび名古屋工業大学の二段式軽ガス銃を用いて衝突実験を行った. 表1に, 2種の運動エネルギーにおける実験条件 (衝突速度および飛翔体の直径・質量) を示す. 図1のようにターゲット前方50 mmに検証板を設置し, 実験を行った. 検証板には銅板 (C1100P-1/4H) 150 × 150 mm, 中心に飛翔体が通過する穴 (直径30 mm) を空けたものを使用した. また, 実験時には高速度ビデオカメラでその様子を撮影した. チャンバーから回収したターゲット由来のイジェクタについて, イジェクタのサイズを測定した. イジェクタのサイズ(長さ a , 幅 b , 厚さ c)は, 図2のように定義した. 本稿では, イジェクタサイズの結果のみを示す.

表1 実験条件

	Projectile diameter	Projectile mass	Impact velocity	Impact energy	Two-stage gas gun
Condition 1	3.20 mm	0.02 g	6.01 km/s	361 J	JAXA/ISAS
Condition 2	7.14 mm	0.23 g	2.09 km/s	498 J	JAXA/ISAS
Condition 3	7.14 mm	0.23 g	6.01 km/s	4118 J	JAXA/ISAS
Condition 4	14.3 mm	1.82 g	2.19 km/s	4364 J	NITech

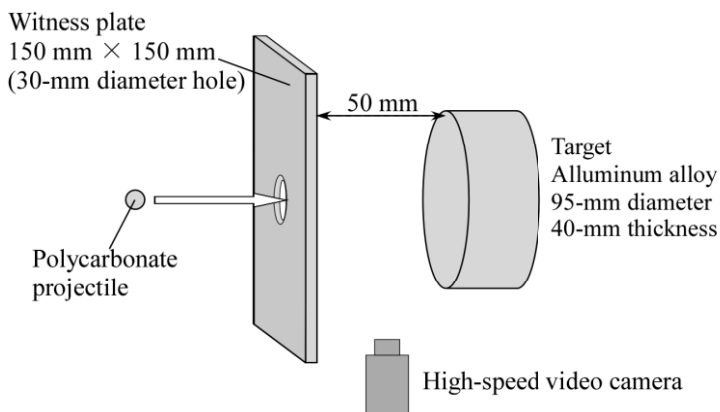


図1 衝撃実験装置の概略図

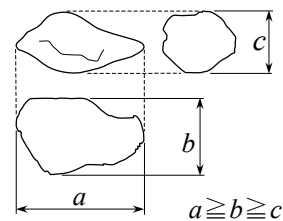


図2 イジェクタサイズの定義

3. 実験結果

イジェクタ長さ a および幅 b の累積個数分布を図3および4に示す。大きな数個のイジェクタを除いて、飛翔体の運動エネルギーが近い2組の結果は、それぞれ似かよった分布を示した。次に、長さに対する厚さの比 c/a および長さに対する幅の比 b/a の計算結果を図5および6に示す。どちらの場合においても飛翔体の運動エネルギーが近い場合、ほぼ同じ分布になった。

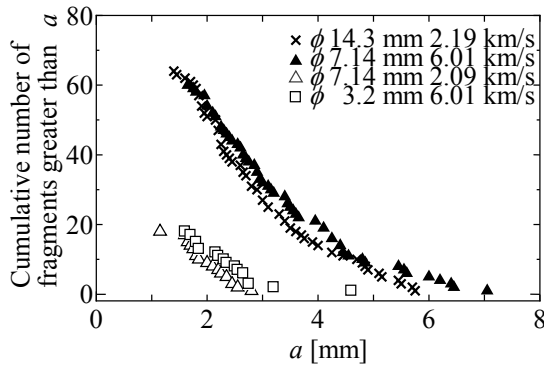


図3 イジェクタ長さの累積個数分布

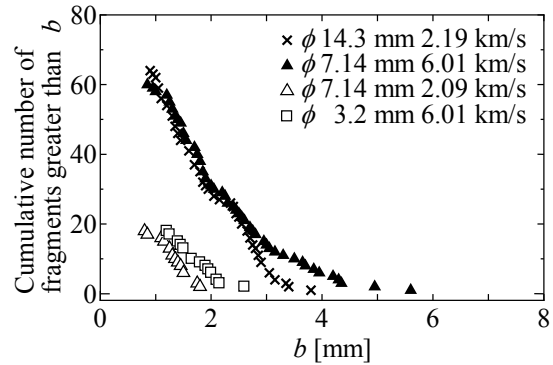


図4 イジェクタ幅の累積個数分布

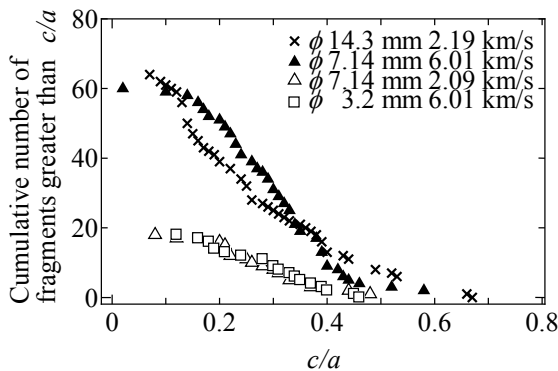


図5 イジェクタ長さとおよび厚さの比の累積個数分布

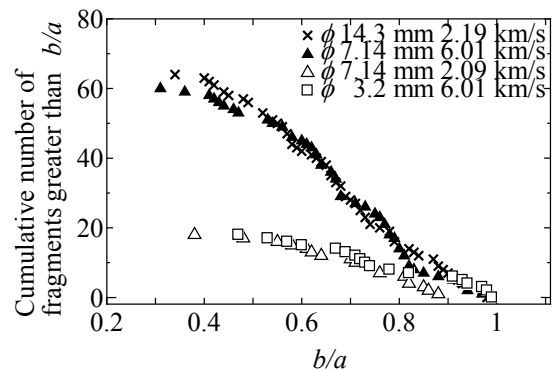


図6 イジェクタ長さとおよび幅の比の累積個数分布

4. 結言

本実験の条件下では、イジェクタサイズの累積個数分布が飛翔体の運動エネルギー（衝突エネルギー）に依存し、イジェクタの生成において、飛翔体の運動エネルギーが重要な役割を担っていることがわかった。最後に、本実験の遂行にあたり、宇宙航空研究開発機構 宇宙科学研究本部 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。

参考文献

- [1] 川北史朗, 宇宙機設計標準 デブリ防護設計 WG における衝突実験, 宇宙環境シンポジウム講演論文集, pp.131-134, (2007)
- [2] 川北史朗, 仁田工美, 瀬上剛, 艸分宏昌, 高橋真人, 松本晴久, 岐部公一, 豊田裕之, 長谷川直, 太陽電池パネルのデブリ衝突による電気的影響, スペース・プラズマ研究会, pp. 120-123, (2006)
- [3] V.S. Hernandez, L.E. Murr, I.A. Anchondo, Experimental observations and computer simulations for metallic projectile fragmentation and impact crater development in thick metal targets, *Int. J. Impact Eng.*, 32, pp. 1981-1999, (2006)
- [4] 沼田大樹, 菊池崇将, 孫明宇, 海保邦夫, 高山和喜, バリステックレンジを用いた高速垂直衝突におけるエジェクタの構成に関する実験的研究, 平成18年度 衝撃波シンポジウム講演論文集, pp.221-222, (2007)
- [5] J.-C. Mandeville, M. Bariteau, Contribution of secondary ejecta to the debris population, *Adv. Space Res.* Vol. 34, pp.944-950, (2004)
- [6] 赤星保浩, 菅原賢尚, 麻生和宏, 松本紫絵, 高良隆男, 鳴海智博, 松本晴久, 北澤幸人, 超高速衝突エジェクタ実験方法ならびに計測方法の研究, 平成21年度 衝撃波シンポジウム講演論文集, pp.189-192, (2010)