

超高速衝突時に発生するイジェクタサイズ分布の相似性についての一考察

西田政弘（名工大），林浩一（鳥羽商船高専），野崎健太，御代川 直人（名工大），長谷川直（JAXA/ISAS）

1. 緒言

宇宙ゴミ（スペースデブリ）は増加の一途で，宇宙機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可能性が高く，スペースデブリ，特に小さいサイズのスペースデブリが増える要因である．既に，数 mm サイズ以下のスペースデブリは非常に多く，さらに，そのような小さい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]になり，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，本研究グループは，イジェクタのサイズ分布の相似性について考察してきた[7]．本報告では，アルミニウム合金 A6061-T6 ターゲットにアルミニウム合金 A2014-T4 球を衝突させ，そのイジェクタサイズ分布を求めた結果を用いて，その相似性について考察した．

2. 実験方法

衝突実験には JAXA/ISAS の二段式軽ガス銃および名古屋工業大学の二段式軽ガス銃を使用した．飛翔体にはアルミニウム合金球（A2017-T4）を，ターゲットにはアルミニウム合金（A6061-T6）製の平板厚板を用い，図1のように垂直衝突させた．飛翔体のサイズと衝突速度などの実験条件を表1に示す．また，実験チェンバーから回収したイジェクタは図2に示すように，長さ a ， b ， c と投影面積 A_e を定義し，イジェクタの写真から，画像解析ソフト（ImageJ）を用いて測定した．本報告では長さ a の結果について述べる．

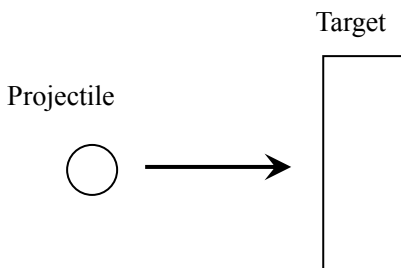


図1 実験装置

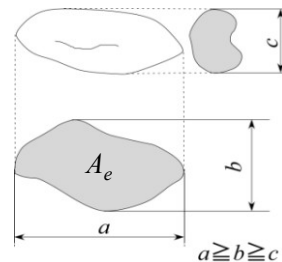


図2 イジェクタサイズの定義

Table 1 実験条件

Diameter of projectile	Impact velocity	Impact energy
1.6 mm	1.85 km/s	11 J
	5.29 km/s	91 J
	6.85 km/s	154 J
3.2 mm	1.91 km/s	91 J
	4.09 km/s	418 J
	6.28 km/s	986 J
7.0 mm	2.01 km/s	1030 J
	2.69 km/s	1845 J

3. 実験結果

衝突速度 2 km/s で、飛翔体直径 1.6 mm, 3.2 mm, 7.0 mm の結果を図 3 に示す。飛翔体直径が増加するに従い、そのイジェクタの大きさおよび個数が増加している。次に、横軸を、飛翔体の直径で除した結果を、図 4 に示す。横軸を、飛翔体の直径で規格化すると、ほぼ一つの曲線に見え、イジェクタサイズ分布が一致していることがわかる。そこで、表 1 に示す全ての実験結果について、横軸を飛翔体の直径で規格化した結果を示す。ある程度、似かよった傾向は示しているが、結果は必ずしも一つの曲線とはいえない。

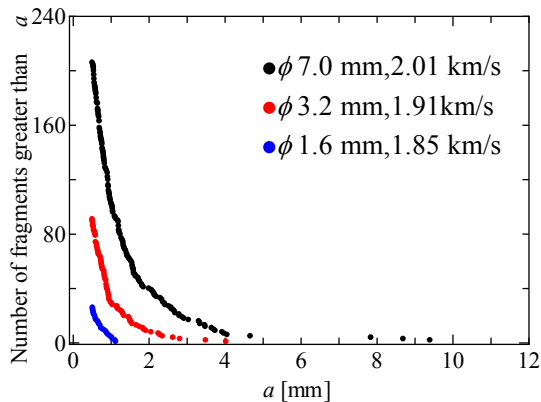


図 4 飛翔体直径がイジェクタ分布に与える影響

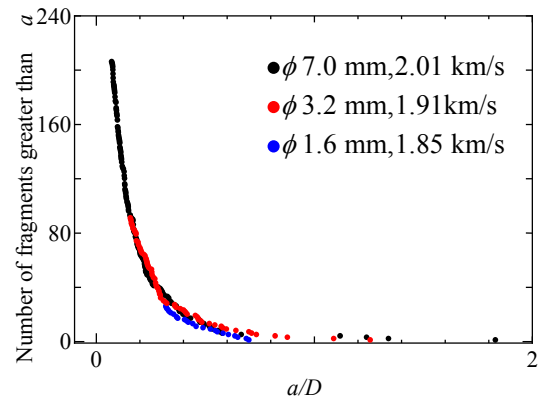


図 5 横軸を規格化した結果

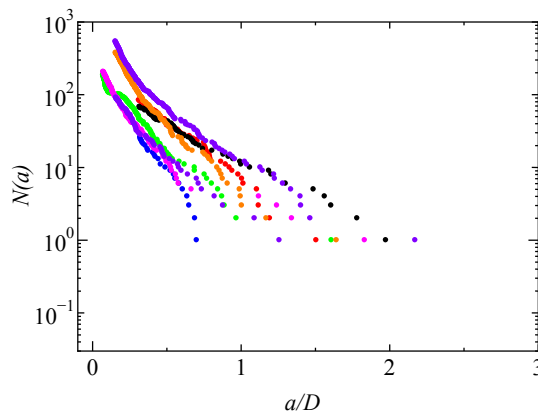


図 6 イジェクタの累積個数分布

4. まとめ

衝突速度が同じ場合、飛翔体の直径で規格化すると、イジェクタのサイズ分布は一致し、法則性が見られた。しかし、衝突速度、飛翔体サイズが異なると、飛翔体の直径で規格化するだけでは、イジェクタのサイズ分布を説明することができず、縦軸も何かしらで規格化する必要がある。

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氣的影響, 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)
- [7] K. Nozaki, M. Nishida, K. Hayashi, S. Hasegawa, Ejecta Size Distribution resulting from Hypervelocity Impacts between Aluminum Alloys, *Applied Mechanics and Materials* (2014) (in press).