

超高速衝突時に生成されるイジェクタ長さについての相似則

西田政弘，平岩泰幸（名工大） 林浩一（鳥羽商船高専） 長谷川直（JAXA/ISAS）

1. 緒言

宇宙ゴミは，年々増加しており，宇宙機への衝突が問題である．宇宙ゴミの超高速衝突によって発生する新たな破片（イジェクタと呼ぶ）は二次デブリとなり，スペースデブリが自己増殖していく（ケスラーシンドローム）．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]によって国際規格のための研究も行われてきた．しかし，イジェクタの生成には不明な点が多く，さまざまな研究が行われている．

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]．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結果を報告する．

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，飛翔体を垂直衝突させた．図 1 の写真が，実験チェンバーから回収されたイジェクタであり，その長さ a ，幅 b ，厚さ c および投影面積 A_e を図 2 に示すように定義した．本報告では，最大長さ a の結果について述べる．

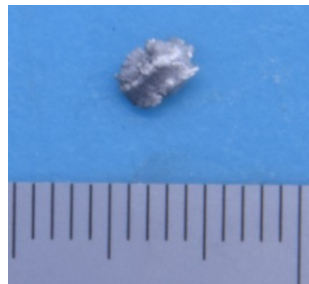


図 1 イジェクタの写真（衝突速度 6.62 km/s, $\phi 3.2$ mm）

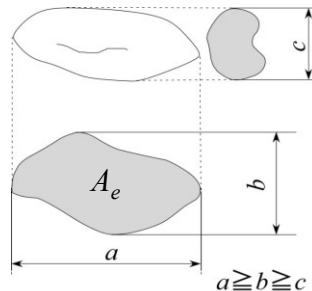


図 2 イジェクタサイズの定義

3. 実験結果

衝突速度 6.7 km/s で，飛翔体直径 1.6 mm，3.2 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。衝突速度 2 km/s の結果[8]を図に加えると、横軸を飛翔体の直径で規格化することにより、それぞれの衝突速度ごとに、ほぼ一つの曲線となり、イジェクタサイズ分布が一致していることがわかる。

次に、衝突速度の影響について考える。横軸を規格化すると、それぞれの衝突速度ごとに、ほぼ一つの曲線となったので、縦軸を衝突速度 V のべき乗で割り、その傾向を考察したところ、図 5 に示すように、衝突速度の 1.5 乗で最も一致した。

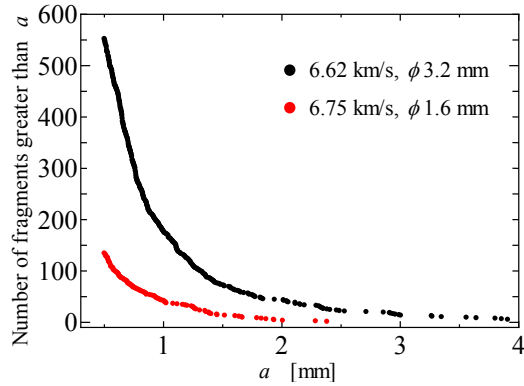


図 3 飛翔体直径がイジェクタ分布に与える影響

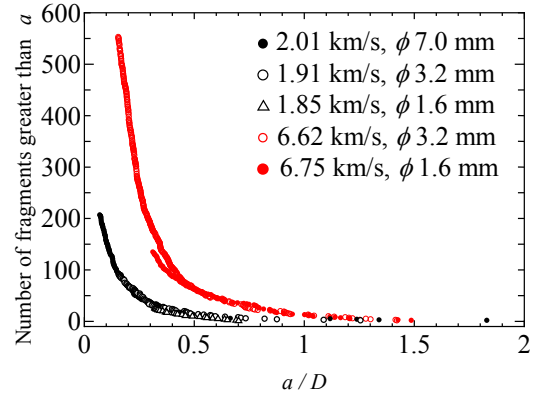


図 4 横軸を規格化した結果

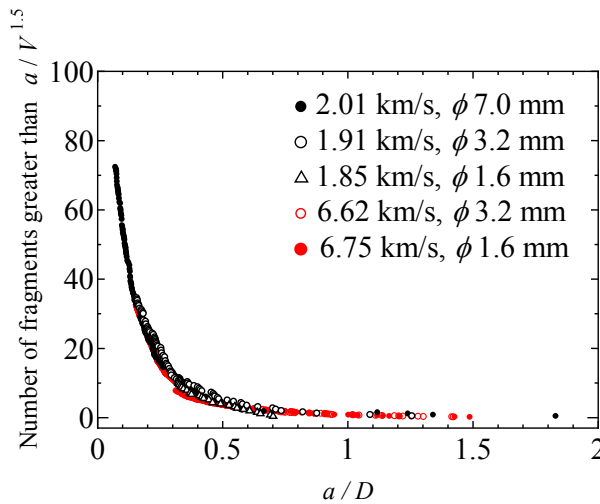


図 5 縦軸および横軸を規格化した結果

4. まとめ

イジェクタ長さについての相似則を考察した。横軸のイジェクタ長さを飛翔体直径で規格化すると、それぞれの衝突速度ごとに結果はまとまり、さらに、縦軸の累積個数分布を衝突速度の 1.5 乗で割ると、結果はほぼ一つの曲線となった。しかし、縦軸は無次元量ではなく、今後は、その物理的な意味について考える必要がある。

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)
 - [7] K. Nozaki, M. Nishida, K. Hayashi, S. Hasegawa, Ejecta Size Distribution resulting from Hypervelocity Impacts between Aluminum Alloys, *Applied Mechanics and Materials* (2014), pp 338-343.
 - [8] 西田政弘, 林浩一, 野崎健太, 御代川直人, 長谷川直, 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, 平成25年度スペースプラズマ研究会・講演集.