

# 超高速衝突における運動量の移動にターゲット厚さが及ぼす影響 (バルジ発生の影響について)

林 浩一 (鳥羽商船高専), 西田 政弘 (名古屋工業大学), 黒崎 裕久 (JAXA),  
柳沢 俊史 (JAXA), 小田 寛 (JAXA)

## 1. はじめに

一部のデブリは、自身が回転しながら地球の衛星軌道上を周回している<sup>(1)</sup>。このデブリの回転運動は、デブリ除去における懸案事項の一つであり、原因究明が必要である。筆者らは、微小デブリが超高速衝突することにより、衝突前に微小デブリが持つ運動量が増幅されてデブリに移動することで、デブリが回転する可能性に着目し、その検証実験を行ってきた<sup>(2,4)</sup>。実験では静止している振り子ターゲットに飛翔体を超高速衝突させ、その時に生じる振り子ターゲットの最大振れ角を測定することで、衝突前に飛翔体が持つターゲットの運動量と、ターゲットが得る運動量の比 $\eta$ を算出している。その結果、飛翔体の衝突速度が速くなるほど $\eta$ は大きくなることが確かめられている<sup>(2,3)</sup>。一方で $\eta$ はターゲットの厚さにも影響を受け、ターゲットが薄くなるほど $\eta$ がわずかに減少する傾向が確認されている<sup>(4)</sup>。この現象は、ターゲットが薄くなるにしたがい、衝突後のターゲットにバルジが発生することに起因して生じていると考えられる。そこで本研究では、これまでの実験<sup>(4)</sup>よりも薄いターゲットを用いることで、比較的大きなバルジを発生させ、バルジ発生が $\eta$ に及ぼす影響を調べた。

## 2. 実験方法

実験は図1に示す厚さ $t$ が4~20 mmのアルミニウム合金 (白銅, AP2000) 製振り子ターゲットに、直径1 mmのアルミニウム (4N) 製飛翔体を約7 km/sの速度で衝突させて行った。飛翔体の加速には宇宙科学研究所の横型二段式軽ガス銃を用いている。飛翔体衝突後の振り子ターゲットの動きを高速度カ

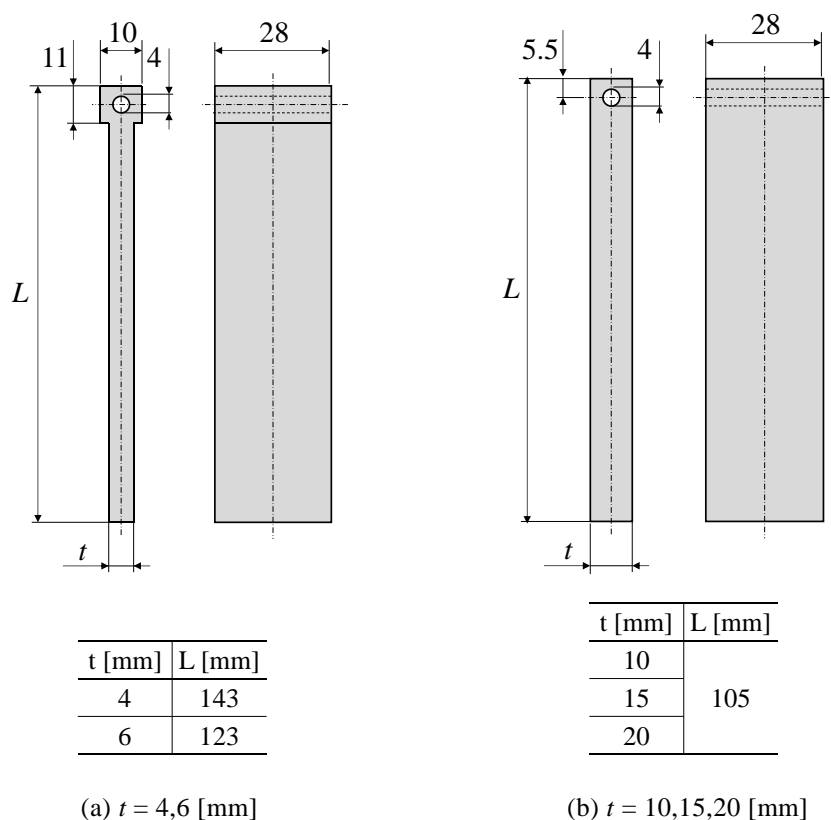


図1 振り子ターゲット

メラ (TRANS MEDIA RESEARCH, E-2) で記録し、画像解析ソフトを用いて測定した最大振れ角から  $\eta$  を算出している。詳細は文献<sup>(3)</sup>を参照されたい。

### 3. 実験結果

飛翔体を約 7 km/s (6.851~7.100 km/s) の速さで超高速衝突させた後の、振り子ターゲットの写真を図 2 に示す。今回の実験においてはターゲットの厚さに関わらず、ターゲット表面 (飛翔体衝突面) には全て図 2 (a)に示すようなクレータが発生した。一方でターゲット裏面には、ターゲット厚さが 4 mm の場合においてのみ、図 2 (b)に示すようなバルジが発生した。ターゲット厚さが 6 mm 以上ある場合には、バルジの発生は無かった。

図 3 は  $\eta$  とターゲット厚さ  $t$  の関係を表したグラフである。ターゲット厚さが 4 mm の条件で行った 2 回の実験で得られた、それぞれの  $\eta$  の値に若干の差が見られるが、ターゲット厚さが異なっても、 $\eta$  の値はほぼ一定であると見ることができる。この結果は、これまでに行った実験結果<sup>(4)</sup>とは異なるものであるが、今回の実験とこれまでの実験では飛翔体の材質が違うことから、超高速衝突時における飛翔体の変形や破碎挙動が異なることで、このような結果の違いが生じたものと考えられる。なお今回の実験においては、飛翔体衝突時にターゲットに生じるバルジの有無により、 $\eta$  が変化する現象は確認できなかった。今後は飛翔体材質の違いが  $\eta$  に及ぼす影響を明らかにするとともに、同じ条件下の実験により得られる  $\eta$  がばらつく原因の究明が必要であると考えている。

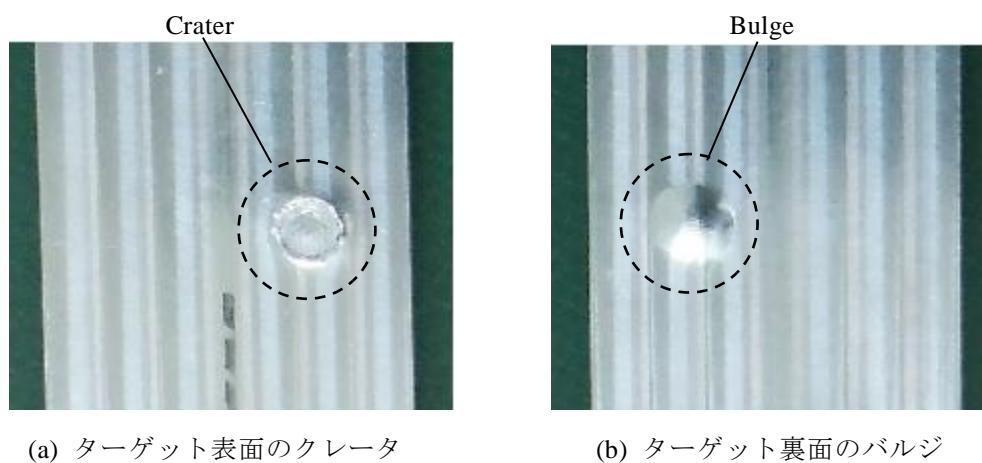


図2 飛翔体衝突後のターゲット ( $t = 4$  mm)

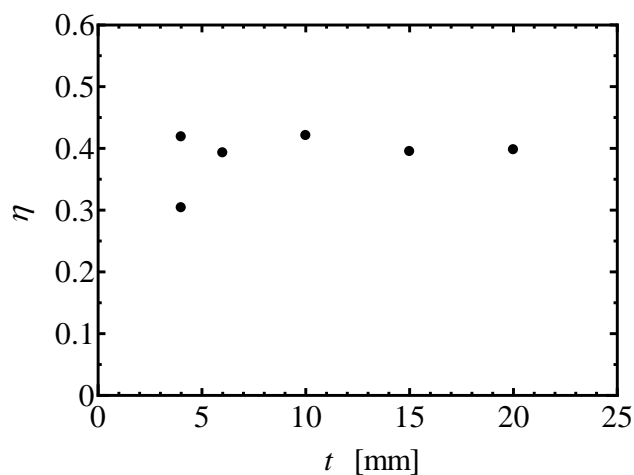


図3  $\eta$  とターゲット厚さ  $t$  の関係

#### 4. 結言

超高速衝突においてターゲットが獲得する運動量に、ターゲットに発生するバルジが及ぼす影響を明らかにするため、異なる厚さのターゲットにほぼ一定速度で飛翔体を衝突させる実験を行った。その結果、本実験条件においては、バルジ有無によりターゲットが獲得する運動量に顕著な差は生じないことが確認された。

#### 参考文献

- (1) 柳沢俊史, 黒崎裕久, 中島厚, 光度変化観測による低軌道デブリの形状及び運動推定, 日本航空宇宙学会論文集, Vol.55, No.640, pp.209-215(2007).
- (2) 林浩一, 西田政弘, 小田寛, 黒崎裕久, 柳沢俊史, 東出真澄, 超高速衝突におけるターゲットの運動量に関する研究, 平成 27 年度宇宙科学に関する室内実験シンポジウム講演集(2016).
- (3) Masahiro Nishida, Koichi Hayashi, Hiroshi Oda, Hirohisa Kurosaki, Toshifumi Yanagisawa and Masumi Higashide, Investigation of Angular Momentum Associated with Hypervelocity Space Debris Impacts in the Low Earth Orbit, Trans. JSASS Aerospace Tech. Japan, Vol. 14, No. ists30 (2016) pp. Pr\_73-Pr\_78.
- (4) 林浩一, 西田政弘, 黒崎裕久, 柳沢俊史, 小田寛, 東出真澄, 超高速衝突におけるターゲットの運動量にターゲット厚さが及ぼす影響, 平成 28 年度宇宙科学に関する室内実験シンポジウム講演集 (2017).