

斜め衝突を用いたシールドの基礎研究

明井 宏樹*1, 田中 孝治*2, 塩田 一路*3, 桑折 仁*1, 相馬 央令子*2, 佐々木 進*2, 矢ヶ崎 隆義*1

*1 工学院大 *2 JAXA *3 サレジオ高専

1. はじめに

衛星軌道に年々増加する宇宙デブリは、深刻な課題となっている。デブリとは、人工衛星の破片などの人工物であり、これらは相対速度が 7 km/s 以上で衝突し、衛星を破壊する可能性がある。特に、太陽発電衛星(Solar Power Satellite, 以下 SPS) のような超大型衛星計画では、その対策は十分に検討される必要がある。

従来のデブリシールドの研究では、デブリを正面から受け止める強固なシールドの研究がなされてきた。この方法では、シールドが厚く、重量が大きくなるという問題がある。そこで本研究では、より軽量のシールド開発のために、デブリをシールドに斜めに衝突させる新規な方式について基礎実験を行っている。斜め衝突により、デブリのエネルギーを熱エネルギーに変え、プロジェクタイトル及びその破片、衝突によるイジェクタの発生進行方向を制御し、少ない質量リソースで高い保護性能の実現を目指している。

2. 実験

本研究では、2 段式軽ガス銃を用い、衝突角度、ターゲット材料を変えて破壊形態を調べた。特に、今年度は、CFRP のフィラメントの太さに注目して実験を行った。2 段式軽ガス銃は火薬でピストンを飛ばし、それが水素、ヘリウムなどの軽ガスを高温高圧に圧縮する。そこで障壁が破れ、飛翔体が加速される。図 1 に簡略図を示す。

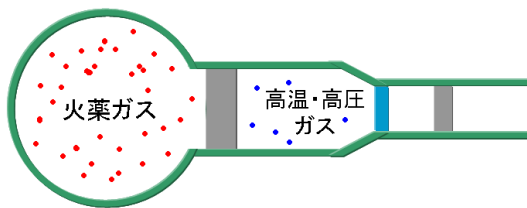


図 1 2 段式軽ガス銃概略図

ターゲットには CFRP 板、Ti 板を用いた。CFRP の構成を表 1 に示す。飛翔体にナイロン 66 球 (直径 7 mm, 0.219 g) を用いた。プロジェクタイトルの速度は約 5 km/s である。ターゲットの模式図を図 2 に示す。ターゲット材料を 2 層に配置し、衝突角度、ターゲット材料を変え、各層の損傷の比較を行った。また、ターゲットの周囲にアルミ製の補足板を置

き、イジェクタをモニタした。実験条件を2に示す。また高速衝突の様子を高速度カメラで撮影した。

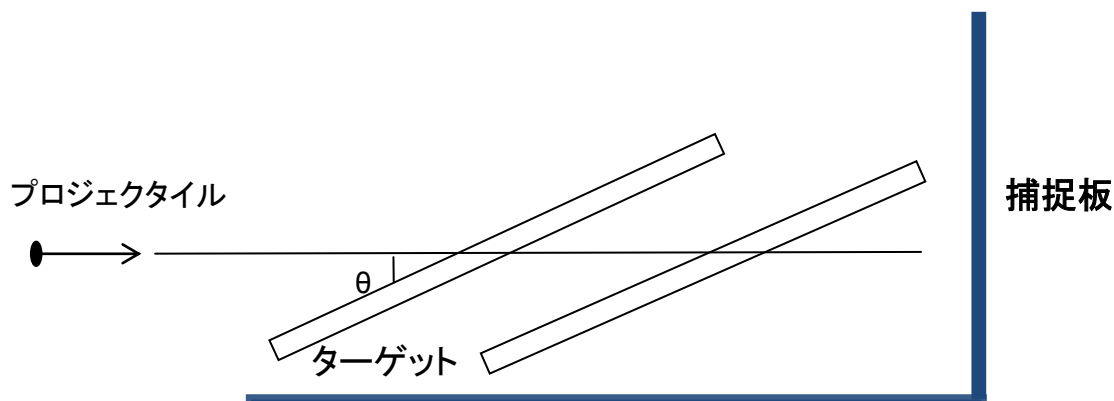


図2 ターゲット

Table.1 CFRP の構成

	繊維	フィラメント数	積層構成
CFRP1	T700S	12000(12Kクロス)	(0/90,30/120,60/150)s
CFRP2	T300	1000(1Kクロス)	(0/90,±45,±45,0/90)6
CFRP3	M46	1000(1Kクロス)	(0/90,±45,±45,0/90)7

Table.2 実験条件

ターゲット	板厚(mm)	衝突速度(km/s)	衝突角度(°)
CFRP 1	3	5	30,45
CFRP 2	3	5	30
CFRP 3	3	5	20, 30
6-4Ti	40	5	90
A7075	40	5	90
A1050	40	5	90

3. 結果及び考察

3種の異なる繊維、繊維配向の厚さ3mmのCFRPをターゲットとし斜め衝突実験を行った。間隔をあけて同じターゲットを同じ角度で設置し、その破壊形態について比較を行った。

3種のCFRP全てで、衝突角度30°として実験を行ったところ、全てのターゲットで1層目のターゲットで貫通孔が発生し、CFRP2と3においては2層目でも貫通孔が発生したがCFRP1でのみ2層目での貫通孔は発生しなかった。またCFRP1では、衝突角度を45°とした場合においても貫通孔の発生は1層目のみであった。

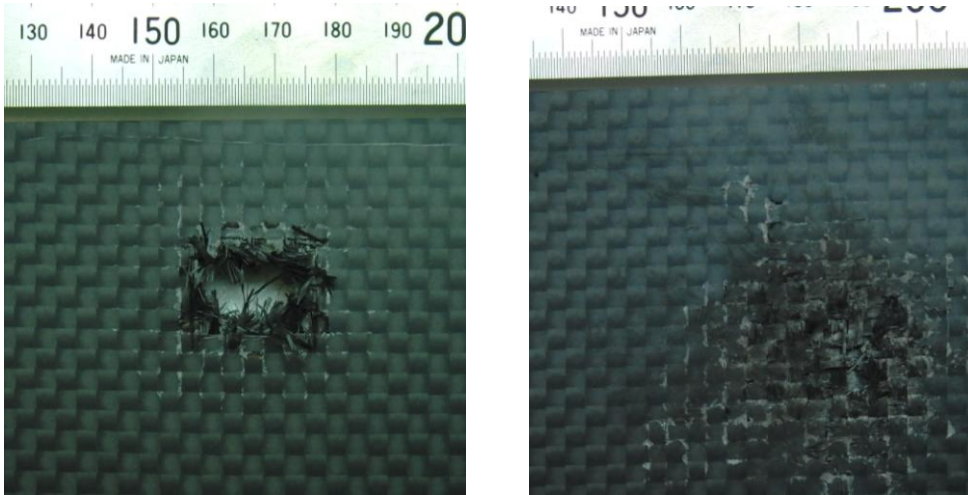


図3 CFRP1 30° ターゲットの損傷

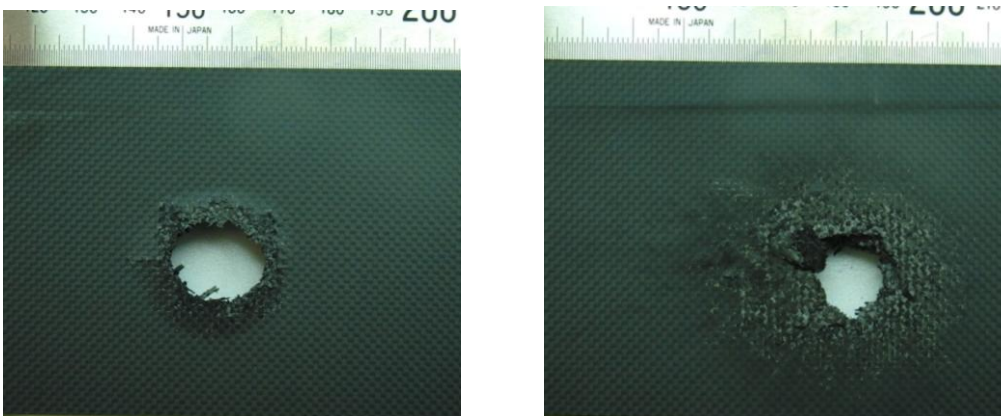


図4 CFRP2 30° ターゲットの損傷

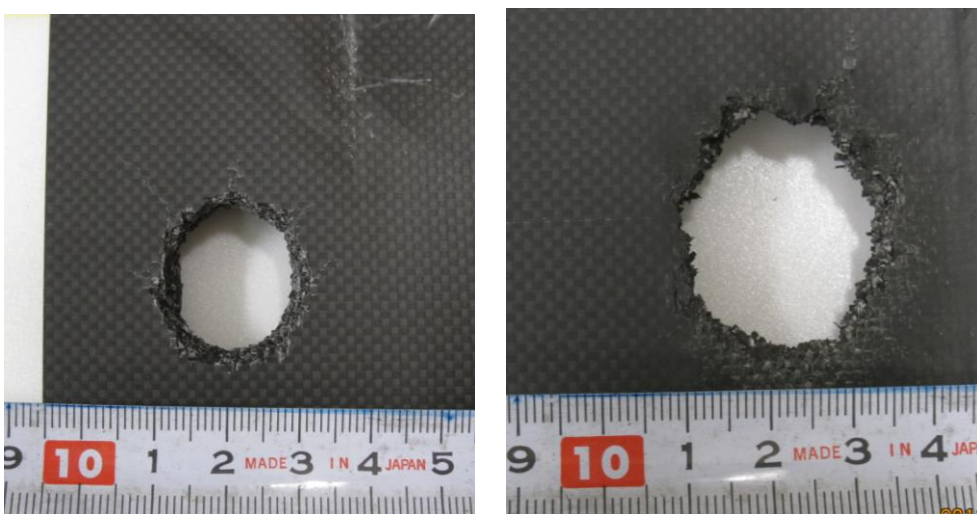
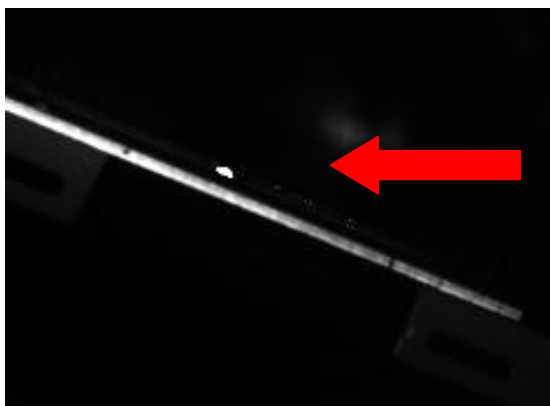


図5 CFRP3 30° ターゲットの損傷

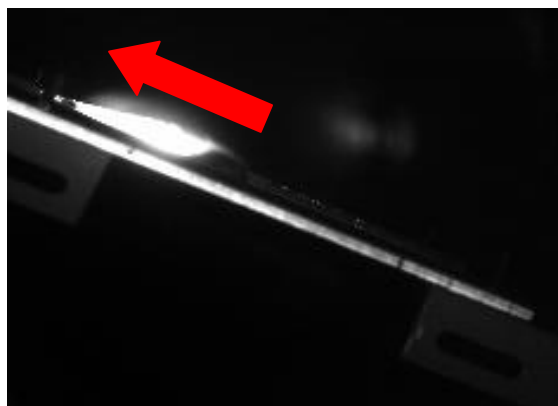
この実験により、超高速衝突においては CFRP の積層数により、貫通特性が大きく異なる可能性があることが分かった。繊維材料は同一ではないが、繊維の引っ張りの強度のカタログ値には大きな違いはない。1K クロスの2種類の板は2層まで貫通孔が生じ、1 2 K クロスでは2層目に貫通孔は生じていない。3種類とも、接着剤の充填率はほぼ同じであり、トータルの板厚もほぼ3 mm であることから、各板の炭素繊維量はほぼ等しい。そうすると、1 K クロスと1 2 K クロスでは炭素繊維の編み込み板の積層数が大きくことなる。また、CFRP の種類が異なると、扁平方向、扁平率が異なることがわかった。この破壊特性も、今後詳細に評価していく予定である。

高速度カメラで撮影した写真を示す

(a)衝突直後



(b)衝突後の発光の移動



(c)裏面のイジェクタクタ

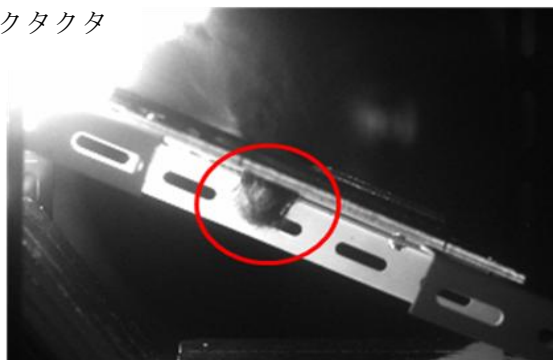


図6 高速度カメラで撮影した衝突時の現象

図6から衝突後プロジェクトイルはターゲット表面を沿うように移動している様子が観察できる。また裏面方向に発生するイジェクタは裏面の法線方向に飛散している様子が確認できる。図3、4、5から2層目の損傷は、写真での現象とほぼ一致している。但し、CFRP 1では、2層目の損傷は、プロジェクトイル進行方向に関して若干痕跡が大きいように見える。裏面のイジェクタは、直下に広がる成分と進行方向の速度を持つ成分の2種類から構成されるようである。

4.まとめ

3種類の異なるフィラメント数の CFRP 板を用い、衝突実験を行い、その損傷を比較した。その結果、1K クロスと12K クロスで損傷が大きく異なることがわかった。今回は、材料入手の関係で、同一繊維材料でフィラメント数を変えることができなかったが、今後は、同一のフィラメントで繊維数を変えた実験を行い、超高速衝突に対する保護機能への影響を明らかにしたい。