

次世代先端宇宙服研究 最外層候補素材の耐MMOD性評価

川瀬暁、山口孝夫、佐藤俊則、青木伊知郎、和田理男

1. 研究背景と試験の目的

JAXA 有人宇宙環境利用プログラムシステムズエンジニアリング室では、将来の有人探査に向けた要素技術の蓄積を目的として、次世代先端宇宙服(以下、本宇宙服)の研究を行っている。

本宇宙服のスーツ部分は、目的が異なる3つのユニット(冷却下着・気密拘束層・断熱防護層)で構成している。

断熱防護層は、宇宙環境から宇宙飛行士を守ることを目的としており、厳しい熱環境に対応するための断熱層と最外層となる防護層を積層したものである。

最外層には、耐切削性のほかに紫外線やMMOD(MicroMeteoroid and Orbital Debris)に対する防御機能が要求されている。

試験は、耐MMOD性に優れた生地を最外層に設定することを目的に行った。

2. 試験供試体 (表1)

1) 生地素材

昨年度実施した試験で、耐MMOD性が優れていた素材(ケブラー®、候補素材A)及び今年度入手可能となった素材(候補素材B)による織生地を試験した。

2) 糸の太さ

糸の太さと耐MMOD性の関係进行评估するため、各素材とも糸の太さが異なる複数の織生地を試験した。

3) 生地の織り方

耐MMOD性が優れている織り方を評価するため、3種の織生地(平織、綾織、縹子織)を試験した。

3. 試験方法

試験は、JAXA 宇宙科学研究所(以下、JAXA)所有の二段式軽ガス銃と九州工業大学(以下、九工大)所有の二段式軽ガス銃を用いて、2つの試験条件(表2)で垂直衝突、シングルショットにて行った。

供試体は、複数枚(15または25枚)を積層し、供試体固定治具(JAXA 未踏技術センター所有)を使って供試体の上下端を平板で固定し、垂直に二段式軽ガス銃の真空チェンバ内に設置した(図1)

表1 試験供試体

素材名称	糸の太さ [dtex]	織り方
ケブラー® (K49)	420	平織
	1270	
候補素材 A	560	平織
	1110	
	1110	綾織
	1110	縹子織
	1670	平織
候補素材 B	555	平織
	1110	

dtex:長さ10kmあたりの重さ(g)を表し、糸の太さの目安となる。

表2 試験条件(飛翔体)

設備	材質	直径 [mm]	速度 [km/s]
JAXA	アルミ	0.5	7
九工大	アルミ	1.0	5

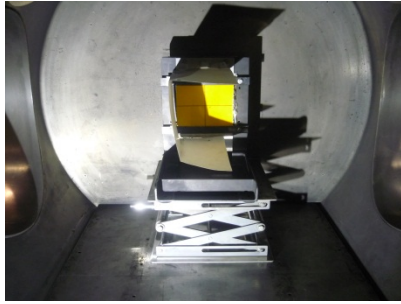


図1 供試体設置状況(チェンバ内)

4.評価方法

<評価 1>

試験後、積層した供試体を解体後、織生地1枚ずつマイクロスコープで観察し、衝突痕に穴が開いているものを「貫通」と判断した。

飛翔体の速度と質量から求めた運動エネルギー[J]と飛翔体が貫通した織生地の枚数から、織生地1枚あたりの平均吸収エネルギー[J/枚]を求めた。

(図2縦軸)

<評価 2>

織生地の重さと、耐MMOD性の関係を調べることを目的として、単位面積1.8m²(※)あたりの織生地1枚の質量を求めた(図2横軸)

※1.8m²:成人男性の平均体表面積。最外層(防護層)のスーツ構造として想定される大きさ。

5.結果

1)生地素材・糸の太さと吸収エネルギー

平織生地の質量と平均吸収可能エネルギーの関係を図2に示す。

ほぼ同じ糸の太さの生地(1110dtex、ケブラーのみ1270dtex)では、候補素材Aの平均吸収可能エネルギーが最も高く、耐MMOD性が優れているといえる。

一方、同一素材で糸の太さに着目すると、平均吸収可能エネルギーは糸が太い生地の方が高いことがわかった。

2)生地の織り方と吸収エネルギー

平織生地の質量と平均吸収可能エネルギーの関係を図3に示す。

JAXA及び九工大の試験ともに最も高い平均吸収可能エネルギーを示した生地は、平織であった。

6.防護層生地の設定

今回試験した候補生地で最も平均吸収可能エネルギーが最も高い生地は、【候補素材A 1670dtex 平織】、次に【候補生地A 1110dtex 平織】であった。

一方、織生地の重さに着目すると【候補素材A 1670dtex 平織】の質量は、【候補素材A 1110dtex 平織】の約2倍となっている。

吸収可能エネルギーの差に比べ、質量の差が大きいことから、本宇宙服では軽量化に寄与する最外層生地として、【候補素材A 1110dtex 平織】を設定した。

7.今後の課題

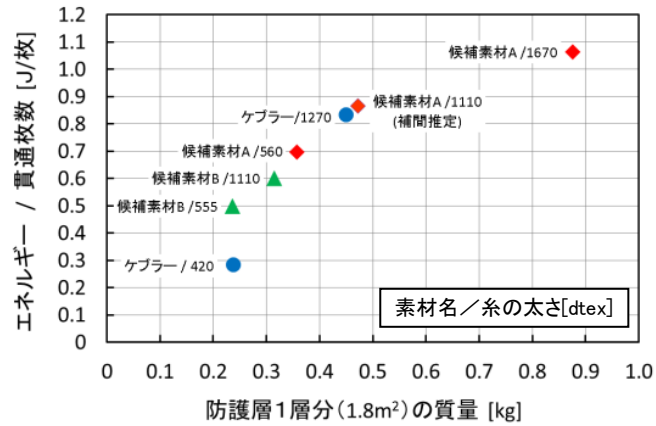
今回の試験では、アルミ材の飛翔体を用いて試験を行い、宇宙服最外層の織生地を設定した。今後は、同種織生地に対し、月面環境に近い鉄材(ステンレス材)の飛翔体を用いて試験し、今回の防護層設定結果の確認を行うことを計画している。

8.謝辞

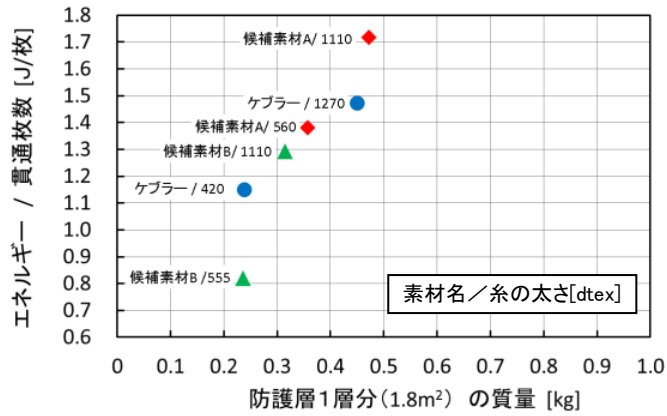
本研究実施にあたり、赤星保浩氏(九工大)、長谷川直氏、東出真澄、小野瀬直美氏(JAXA)に多大な協力を頂きました。ここに感謝の意を示します。

9.参考文献

Thomas D.Chase,et al. : Extravehicular Mobility Unit Penetration Probability from Micrometeoroids and Orbital Debris, HVIS 07-138



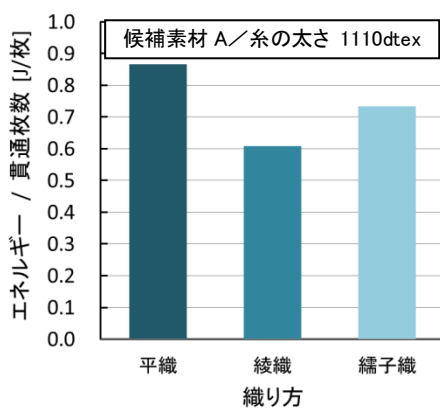
(JAXA 飛翔体直径 0.5mm、衝突速度 7km/s)



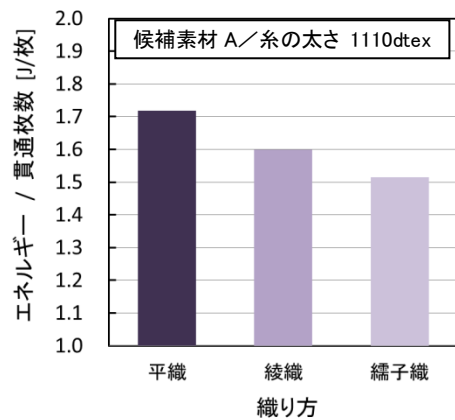
(九工大 飛翔体直径 1.0mm、衝突速度 5km/s)

(注記) 候補素材 A 平織 1670dtex は JAXA でのみ実施。

図 2 平織生地 の質量と平均吸収可能エネルギー



(JAXA 飛翔体直径 0.5mm、衝突速度 7km/s)



(九工大 飛翔体直径 1.0mm、衝突速度 5km/s)

図 3 織り方と平均吸収可能エネルギー