

P08

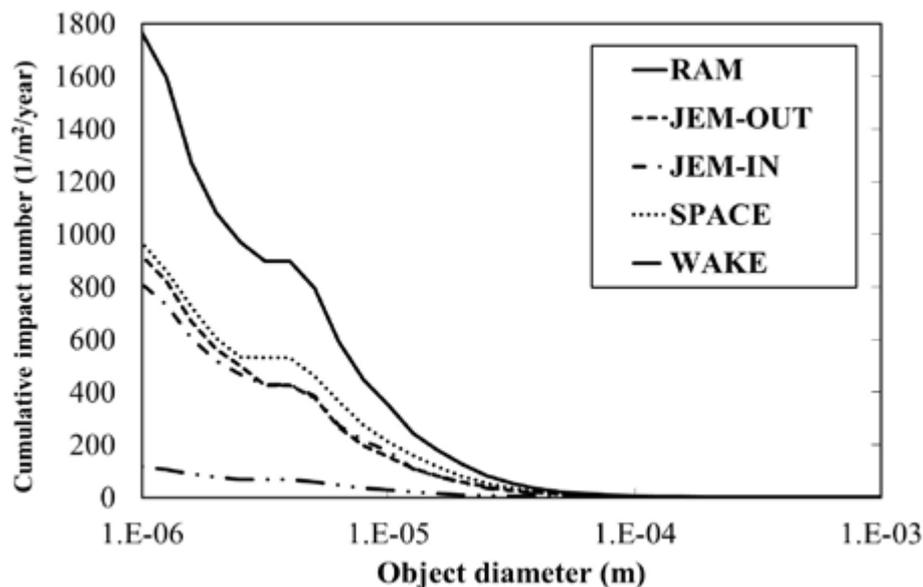
## たんぽぽ捕集パネルに衝突する粒子フラックス予測

### Impact Frequency Estimate of Micron-sized Meteoroids and Debris on Tanpopo Capture Panels on the ISS

○栗原愛美(法政大学大学院), 東出真澄(JAXA), 高柳優, 新井和吉(法政大学),  
矢野創(ISAS/JAXA), 田端誠(千葉大学), 長谷川直(ISAS/JAXA),  
山岸明彦(東京薬科大学)

○Manami Kurihara (Hosei University), Masumi Higashide (JAXA), Yuu Takayanagi,  
Kazuyoshi Arai (Hosei University), Hajime Yano (ISAS/JAXA), Makoto Tabata (Chiba University),  
Sunao Hasegawa (ISAS/JAXA), Akihiko Yamagishi (University of Pharmacy and Life Sciences)

本研究は, ISS 搭載予定の「たんぽぽ」プロジェクトの一環である。きぼう曝露部に設置される捕集パネルへの衝突粒子数と, 微小デブリ環境モデルとの整合性を確認することが最終目的である。たんぽぽ捕集パネルに衝突する粒子衝突頻度解析を, デブリ衝突リスク解析ツール「Turandot」を用いて行った。ISS の立体モデルをツール内に作成し, MASTER-2009 コードを環境モデルとして適用させた。2015 年初頭から 1 年間の軌道上曝露を考えた結果を下図に示した。縦軸に 1 年間あたり, 1m<sup>2</sup>あたりの累積衝突頻度を, 横軸に衝突粒子の直径を示している。ここで, RAM は ISS の進行方向面, JEM-IN は与圧部側の面, JEM-OUT はその反対面, SPACE は宇宙に面しており, WAKE は RAM と反対の面である。RAM 面に設置した捕集パネルには, 直径 0.01mm 以上の宇宙塵ないし微小デブリが 14 個以上衝突すると予想された。また, ISAS の 2 段式軽ガス銃を用いて行った, 捕集パネル材のキャリブレーション試験についても報告する。



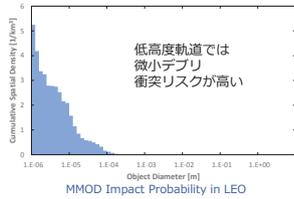


# たんぽぽ捕集パネルに衝突する粒子フラックス予測



栗原 愛美(法政大院) 東出 真澄(JAXA) 高柳 優, 新井 和吉(法政大)  
矢野 創(JAXA) 田端 誠(千葉大) 長谷川 直(JAXA) 山岸 明彦(東葉大)

## 1. 研究背景・目的 Ref. [1],[3]



- ▶ 低高度軌道における平均デブリ衝突速度は10km/s程度
- ▶ 人工衛星にとっては微小デブリ衝突でも致命的な損傷になり得る
- ▶ 設計時のデブリ衝突リスク評価が重要

観測で軌道を決定できるのは直径10cm以上のデブリのみ

⇒ 微小デブリの衝突頻度はデブリ環境モデルを使って予測

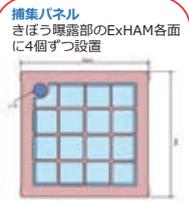
デブリ環境モデルは、軌道上での計測データを参考に作られている

- MASTER-2009で使用されたデータ
- LDEF (NASA) 1984-1989
- EuReCa (ESA) 1992-1993
- HST (NASA/ESA) 1989-1993

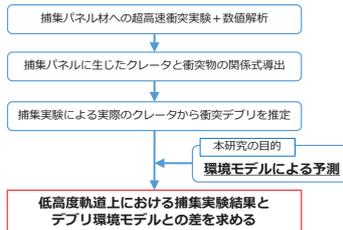
継続的にデータを取得し、デブリ環境モデルの妥当性を定期的に評価する必要がある



たんぽぽ計画の捕集パネルを用いてデブリを計測しデブリ環境モデルの妥当性を評価する



Ref. Yamagishi, A., et al., Proc. 29th ISTS, 2013.

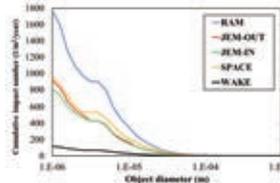
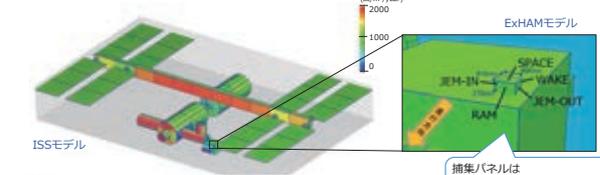


## 2. 捕集パネルの衝突頻度解析 Ref. [3]

Turandotで衝突頻度解析を実施

- ▶ JAXA開発のデブリ衝突リスク評価ツール
- ▶ 宇宙構造物の3次元モデルとデブリ環境モデルを組み合わせて衝突頻度を算出
- ▶ ISSモデルの作成及び評価が可能

Turandotバージョン	14.21a
デブリ環境モデル	MASTER-2009 v7.01 (ESA)
メテオロイドモデル	Seasonal met. (Jennkens)
計算期間	2015/1/1 ~ 2015/12/31
軌道長半径	6,800km (高度約400km)
離心率	1.0×10 <sup>-3</sup>
軌道傾斜角	51.6 deg.
近地点引数	0 deg.



捕集パネルに対する粒子衝突頻度 ※曝露面積は10,000mm<sup>2</sup>×4個で計算 (個/year)

粒子直径	RAM	JEM-OUT	SPACE
100µm~	0.18	0.11	0.093
10µm~	14.0	6.14	8.42
1µm~	70.8	36.6	38.6

### 環境モデルによる解析結果

直径100µm未満の粒子の衝突が期待できる  
→ 圧倒的にRAM面に多い

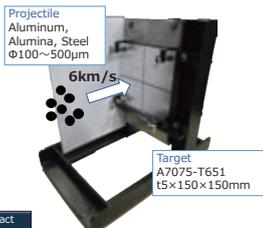
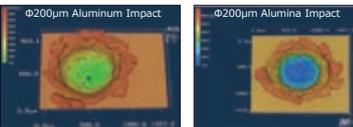
直径1µm以上の粒子はRAM面では70個程度  
他の2面では30個以上衝突する  
衝突粒子の大半は固体ロケットモータ (=アルミナ)であると予測された

## 3. 捕集パネルのキャリブレーション Ref. [2]

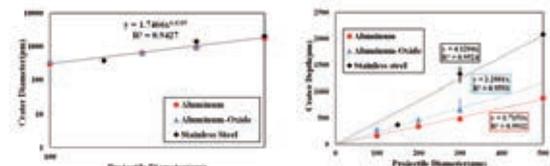
捕集パネルはエアロゲルとエアロゲルケースで構成 (エアロゲルとエアロゲルケースの曝露面積比はおよそ6:4)

エアロゲルケース材(A7075アロジウム処理)のキャリブレーションを模擬デブリ衝突試験を用いて実施

レーザ顕微鏡によるクレータ計測



衝突クレータ底面形状による飛翔体材質の判断はできなかった



### クレータ計測の結果

デブリの材質に関わらずクレータ直径とデブリ直径は比例した  
→ 衝突速度はほぼ一定で試験したので直径と衝突エネルギーもしくは運動量が比例していると考えられる

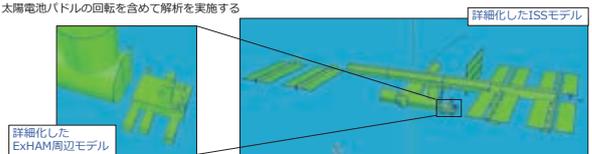
クレータ深さはデブリの材質ごとに関係性が異なると思われる

デブリの材質に関わらずクレータ体積は衝突エネルギーに比例した

## 4. 今後の予定

### ① 構造物によるデブリ遮蔽効果を含めたデブリ衝突頻度の評価

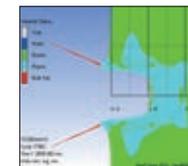
ラジエータ・曝露部周辺を詳細にモデル化し、遮蔽の効果を含めた評価を行う  
太陽電池パドルの回転を含めて解析を実施する



### ② 数値解析によるエアロゲルケース材のキャリブレーション

低高度軌道の平均デブリ衝突速度は10km/sだが7km/s程度までしか実験できない

⇒ 衝突解析コードAutodynを用いて数値解析で高速度域データを補充する



Ref. [1]

### ③ エアロゲルのキャリブレーション

エアロゲルによってデブリの材質が特定可能  
⇒ 材質でデブリの発生起源が分かる可能性がある

フライト後のエアロゲルとエアロゲルケースの衝突データを比較しエアロゲルの感度についても評価したい



Ref. [1]

## 謝辞

本研究は、JAXA宇宙科学研究所スペースプラズマ共同利用施設、JAXA月惑星グループの設備を用いて実施致しました。また、MUSCATスペース・エンジニアリング株式会社の八田 真規様に多大なる御助言を頂きました。更に、本研究は「たんぽぽ」の一部であり、御協力頂きました長岡技術科学大学の今井 栄一先生を始めとするたんぽぽWGの皆様へ感謝の意を表します。

## 参考文献

- [1] 栗原, たんぽぽ計画における微小デブリ分布取得の検討, 第14回宇宙科学シンポジウム, 2014.
- [2] Takayanagi, Y. et al, Measurement of Micro-debris Flux via Tanpopo Capture Panel Onboard ISS Kibo Exposed Facility, 65th International Astronautical Congress, 2014.
- [3] 栗原, たんぽぽ捕集パネルに衝突する粒子フラックス予測, 第58回宇宙科学技術総合講演会, 2014.