

# スペースデブリを減らし、惑星を保護する、 そんなサステナブルな仕事を ご紹介します！

2023年11月11日

JAXA 安全・信頼性推進部  
システム安全・軌道利用安全推進ユニット

# 自己紹介

- ①趣味 ②大学の専攻 ③入社年度 ④主なお仕事



仁田 工美  
(にした くみ)

- ① 山・街歩き
- ② 物理・電気工学(放電)
- ③ 2005年(経験者採用)
- ④ スペースデブリ防護・  
スペースサステナビリティ



小澤 宇志  
(おざわ たかし)

- ① サッカー・フットサル
- ② 航空宇宙(希薄空力)
- ③ 2011年(経験者採用)
- ④ 惑星保護



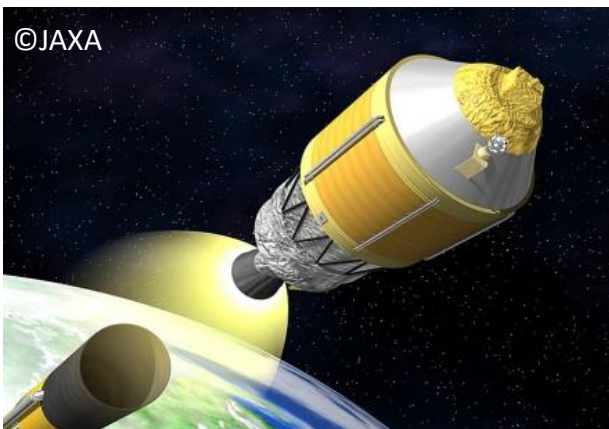
松本 勉  
(まつもと つとむ)

- ① 子供と遊ぶ
- ② 航空宇宙(宇宙口  
ボット)
- ③ 2008年(経験者採用)
- ④ スペースデブリ低減

# スペースデブリとは

## Inter-Agency Space Debris Coordination Committeeによる定義

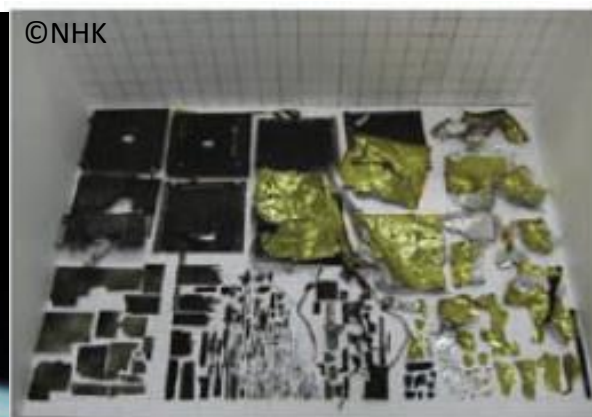
Space debris are all man made objects including fragments and elements thereof, in Earth orbit or re-entering the atmosphere, that are non functional.



使用済みロケット



運用終了後の人工衛星



ロケット・衛星の破片

**宇宙に大量に存在するゴミ！**

数m

数 $\mu$ m

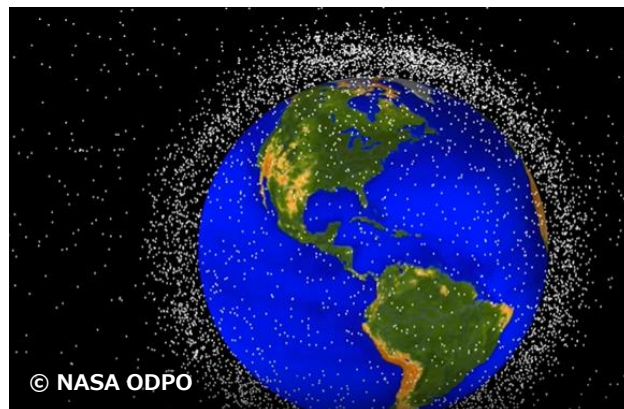
運用が終了したり、故障して停止した、ロケット・人工衛星  
軌道上で宇宙機が爆発したり衝突して生じた破片、ミッション中に放出される、クランプやバンド等  
漏れた冷却液、剥がれた塗装や断熱材、固体ロケットから放出されるスラグ  
デブリの衝突や表面劣化によって放出される粒子、メテオロイド(流星物質)

# スペースデブリを、減らす！(1/2)

軌道上物体数は、20,000個超(2017年以降激増！)  
うち約65%がスペースデブリ(宇宙ごみ)

【例】

- ・宇宙システムから分離する付属品
- ・破碎により発生する破片
- ・運用終了後の宇宙システムなど



直径数mmのデブリが衝突しただけでも、  
人工衛星は機能を喪失する恐れがある  
(右図:地上での衝突試験の様子)



打ち上げ増加に伴い、  
大気圏に落下する物体数も増加



デブリ低減のためのガイドライン策定や  
デブリ低減方策等について国内・国際間で調整



Inter-Agency Space Debris Coordination Committee

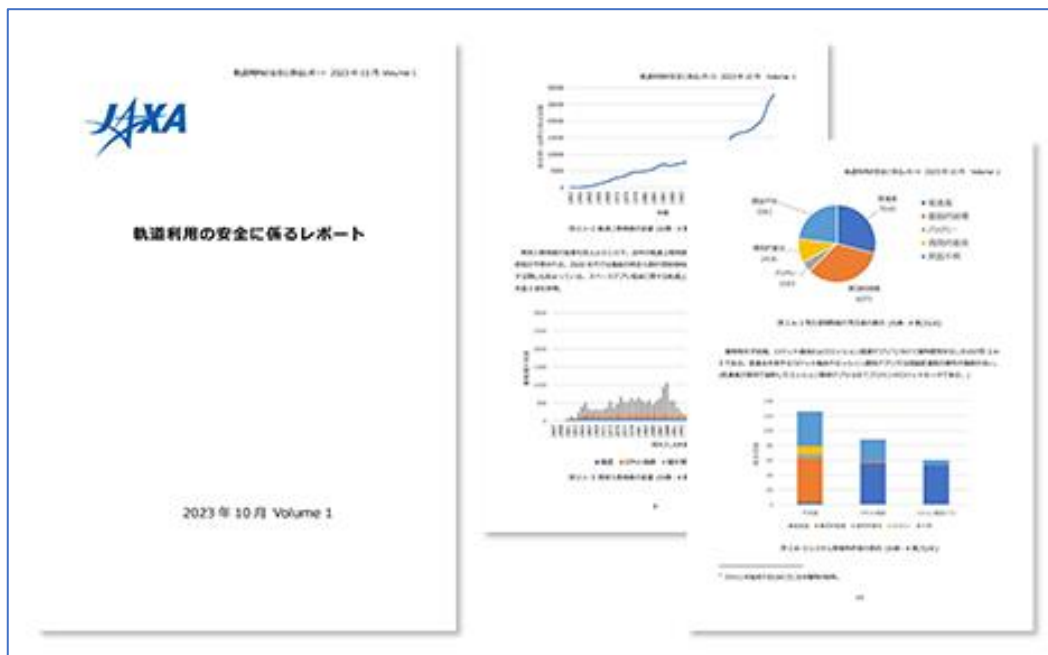
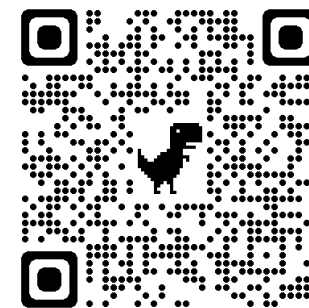




詳しくは、  
**「軌道利用の安全に係るレポート(JAXA SOS Report)」**  
 をご参照ください。

※SOSはSpace Operations Safetyの略称です。

[https://www.jaxa.jp/projects/debris/debris\\_report/index\\_j.html](https://www.jaxa.jp/projects/debris/debris_report/index_j.html)



- 軌道上環境の現状
  - 破碎事象の発生状況
  - 国内外のスペースデブリ対策の動向等
- について、グラフ等を使用し、わかりやすくお伝えします。

# 惑星を、保護する！

惑星保護とは、「生物を持ち込まない、持ち込ませない」

## ① 主として「**探査対象天体の保全**」(往路)

特に、火星、オーシャンワールド [エウロパ(木星の衛星)、エンケラドゥス(土星の衛星)等]

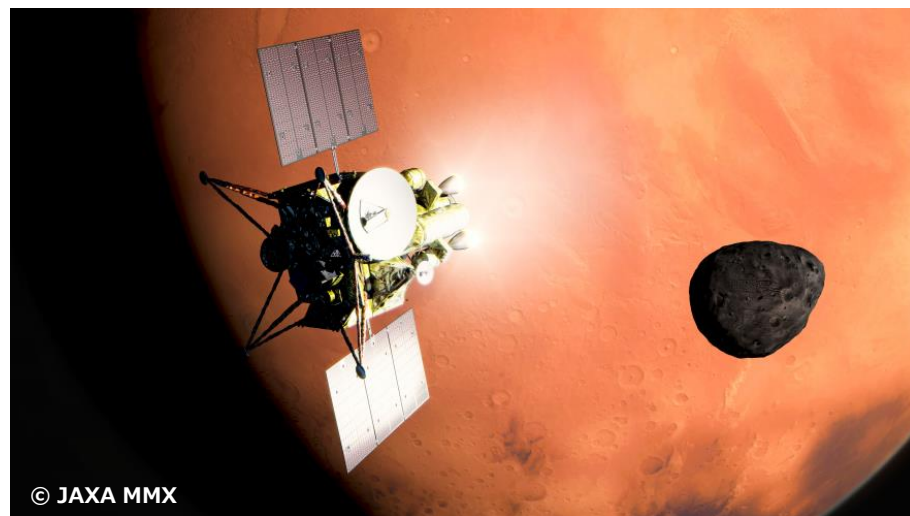
下記設計標準が定義されている。

- (1) 対象天体へ到達する軌道エネルギーを有するロケット、デブリ、およびフライバイあるいは周回する宇宙機の対象天体への衝突確率を規定値以下とすること。
- (2) 対象天体へ着陸する宇宙機の汚染度を規定値以下とすること。
- (3) 宇宙機の汚染を判定するために既定の方法によって検査を行うこと。

## ② 対象天体から帰還あるいはサンプルを回収する際の「**地球圏の環境保護**」(復路)

生命(の痕跡)の存在が否定できない天体から帰還あるいはサンプルを回収する場合、地球圏(月を含む)へもたらされる生命および物質によって破局的な災害をもたらすことがないように、汚染確率を極小化することである。

惑星保護方針では、帰還機およびサンプルコンテナの強度や運用に係る設計標準が定義されている。



# デブリのサイズと影響

デブリサイズ	対象物(衛星など)への影響
～ 0.1mm	<ul style="list-style-type: none"> <li>・衝突確率は極めて高いが、衝突時の対象物への影響度は小さい。</li> <li>・衝突時、ハーネス被覆が剥がれる程度の影響がある。</li> </ul>
0.1 ～ 1mm	<ul style="list-style-type: none"> <li>・衝突確率はとても高い。</li> <li>・衝突時、部位によっては対象物に深刻な影響を与える。</li> <li>・対象物を防護するための手法が確立しつつある。</li> </ul>
1mm ～ 1cm	<ul style="list-style-type: none"> <li>・衝突確率は比較的高い(軌道と運用期間による)</li> <li>・衝突時、対象物に深刻な影響を与える可能性がある。</li> <li>・対象物を防護する手法はあるが、質量増等の悪影響が大きい。</li> </ul>
1 ～ 10cm	<ul style="list-style-type: none"> <li>・衝突確率は低いですが、衝突時の対象物への影響度は大きい。</li> <li>・地上からの追跡・回避が可能になりつつある。</li> </ul>
10cm ～	<ul style="list-style-type: none"> <li>・衝突時の影響は極めて大きい。</li> <li>・地上からの追跡・回避が可能。</li> </ul>

観測不可

≡ 回避不可

観測可能

≡ 回避可能

## デブリの平均衝突速度

低高度軌道では約10km/s → 時速 36,000 km  
 静止軌道では約1km/s → 時速 3,600 km



© 東日本



© JASDF

新幹線:時速 300 km 戦闘機:時速 2,700 km 6



# 衛星を防護する！

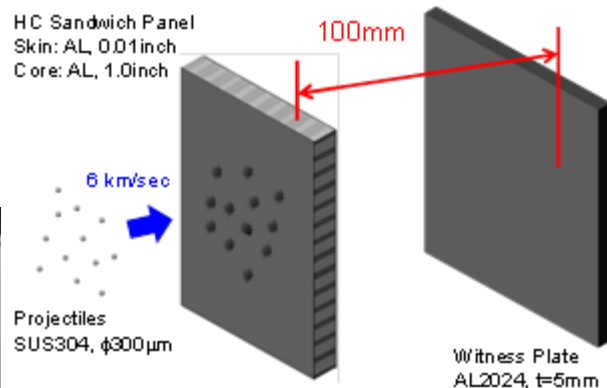
デブリ保護とは、「当たったらどうなるのか、当たっても大丈夫にする」

## ① 当たったらどうなるのか？

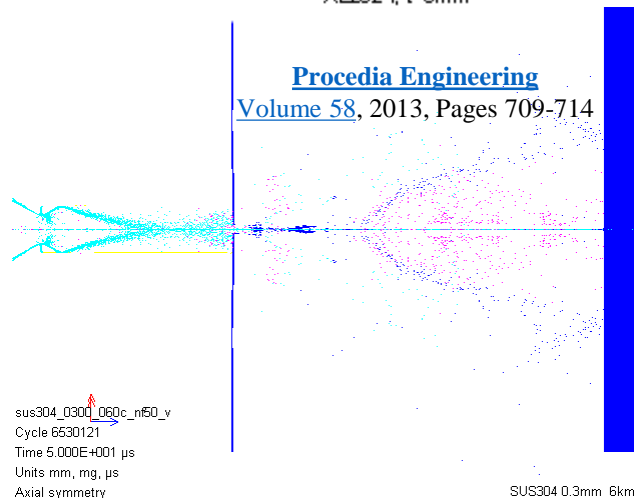
- (1) 2段式軽ガス銃を用いて、地上での衝突模擬実験
- (2) 数値解析で、当たったらどうなるのか予想する



Two-stage light gas gun @ ISAS / JAXA



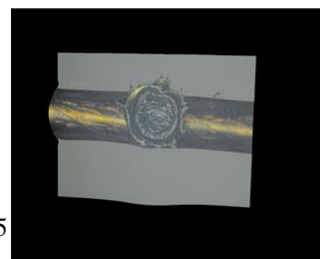
[Procedia Engineering](#)  
Volume 58, 2013, Pages 709-714



## ② 当たっても大丈夫なようにする

- (1) 衛星そのものを強い部材としたり、バンパーをつけたりし、その効果を実験と数値解析で確認する。

[Procedia Engineering](#)  
Volume 204, 2017, Pages 468-475





## ➤ テレワーク・フレックスを有効活用し、家庭と仕事を両立！

- 業務開始前・業務開始後、休息等を利用して、家事
- 研究開発と料理は段取りが大事
- ネイル・エステ・マッサージ等でリフレッシュ



## ➤ 海外出張は、時差との戦い！

- 時差は行き帰りの飛行機内でのリラックスタイムでなるべく吸収
- 現地では、安全第一、地元食堂での食事とスーパーマーケットでのプチプラ土産購入でリフレッシュ



## ➤ 業務の効率化

- 簡単日誌を作成し、毎日の業務の振り返り
- 仕事は抱え込まずチームで共有
- 自分で実施か、他の人が実施かの最適解を常に模索

## ➤テレワーク・フレックスを有効活用し、家庭と仕事を両立！

- 業務開始前・業務開始後の時間を利用して、子供の保育園送り迎え
- 研究開発と子育ての切り替えは心のON/OFFを明確に
- 親子マラソン等でリフレッシュ



## ➤出勤時は現地で必要な業務を優先的に！

- 微生物実験・現物打合せ等はスケジュール整理し、チームで担当を明確にすることによって効率的に実施

## ➤業務の効率化

- To Do リストを作成し、各業務に対する達成感を得る
- テレワークは数値解析・書類作成・打合せを中心的に実施
- 過密スケジュールにしすぎない





## ➤テレワークを有効活用し、家庭と仕事を両立！

- 業務開始前の時間を利用して、子供(幼児)を幼稚園へ
- 通学前の時間を利用して、子供(小学生)の早朝学習(奮闘中)

## ➤時間差を利用し、チームワークを発揮！



- 朝早めに業務開始するメンバから、午前中に資料のコメントを受けた場合には、午後のうちに回答作成し、翌朝に確認してもらう(サイクルを回す)

## ➤筑波出勤時は、作業環境・通勤環境を有効活用！

- ディスプレイ2画面で、複数のデータを見比べながら資料作成
- 通勤電車内は、睡眠、考え事、読書、情報収集(車内広告)など
- 通勤経路と建屋内(7階)は、歩いて運動不足解消

