

## 「衝突を利用してスペースデブリを除去する衛星」の提案

理数科学宙班：石山 元喜、島貫 統、松岡 俊治、満澤 源之介（高2）【愛知県立瑞陵高等学校】

### 要旨

本研究では、地球周回軌道上のスペースデブリ（以下：デブリ）を除去する衛星を検討した。衛星をデブリに衝突させて、大気圏に落下・燃焼させることで除去する。繰り返し使用可能で、長期的な運用ができる「衝突によりデブリを地球に落下させる衛星」（以下：Cushion）を提案する。

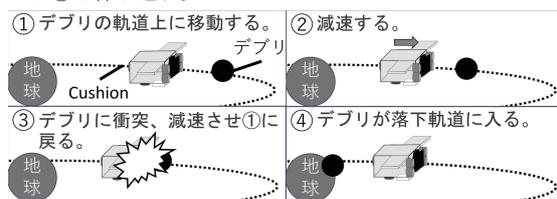
### 1. 背景・目的

宇宙開発において、宇宙機にデブリが衝突し、宇宙機が故障することが問題になっている。10~100mmの小型のデブリであっても宇宙システム・宇宙環境に大きな被害を出す恐れがあり、これらの除去が必要である。また、小型のデブリは50~70万個ある。そのため、本研究では、小型のデブリの除去を繰り返し行うことができ、長期的に運用できるCushionを提案することを目的とした。

### 2. 方法

#### 2.1 概要

Cushionが除去するデブリは10~100mmのものとする。Cushionによるデブリの除去を発見・追跡・除去の三段階に分ける。発見とは、対象のデブリの軌道、速度と質量を調べることである。追跡とは、発見したデブリの軌道にCushionを乗せることである。今回考察した除去については、図1のように行う。十分に減速させるため、①から③を繰り返す。



(図1)デブリ除去の四段階のフェーズ

#### 2.2 基本構成

##### I) 構成

Cushionは図2の部分を用意する。本研究では除去に関する衝突部について検討する。

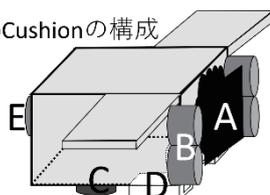
- ・衝突部……A
- ・推進部……B
- ・位置制御部……C
- ・測定部……D
- ・減速部……E

質量：約500kg

注1：衝突後の

Cushionの姿勢が変わらないようAの中心とCushionの重心を結ぶ線分が進行する軌道と平行になるようにする。  
注2：Cは減速時にCushionが軌道を外れないよう鉛直方向上向きに力を加えるものである。

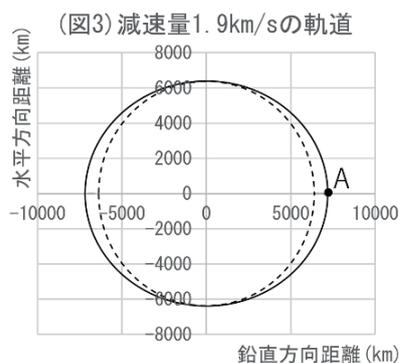
(図2)Cushionの構成



##### II) 衝突部の構造

緩衝部と直接衝突部に分けられる。緩衝部は車のエアバックのようなもので衝突時の衝撃を吸収する。直接衝突部は強度の高いAl-Zn-Mg系合金を用いる。

### 3. 議論



(図3)減速量1.9km/sの軌道

衝突前後のデブリの軌道の変化は、二体問題の運動方程式を利用した軌道方程式を用いて計算した。減速する速度（以下：減速量）を変化させ、衝突後の

軌道を求め、デブリを地球に落下させるために必要な減速量を調べる。同じデブリに繰り返し衝突することで、衝突部の負担をできる限り少なくする。また、同じデブリを落下させる際、繰り返し衝突では、実際にデブリの高度が800km、質量が1kgの場合で計算をする。点線が地球、点Aが接触地点、実線が地球を質点としたデブリの軌道である。(図3)は減速量1.9km/sの場合である。これより高度800kmの時に必要な減速量は1.9km/sであることが分かる。実際には一度に減速させることは難しいので繰り返し衝突をして、徐々に軌道を変化させる。

### 4. まとめ

本研究では、繰り返し使用可能で、長期的に小型のデブリを除去できるCushionを提案した。またCushionについて衝突後のデブリを地球に落下させるのに必要な減速量を考察し、衝突後のデブリの軌道を求めた。引き続き、発見・追跡・除去の各段階についても検討を進めたい。

### 5. 参考文献

\*スペースデブリ発生防止標準

<https://sma.jaxa.jp/TechDoc/Docs/JAXA-JMR-003E.pdf>(2024/01/21閲覧)

\*合金の種類と調質 アルミニウム材料の諸特性データベース | 一般社団法人 日本アルミニウム協会 |

<https://www.aluminum.or.jp/materialdb/1.html>(2024/01/21閲覧)