

DROPS～デブリの掬～

香川県立丸亀高等学校地学部 2年 森里文哉 沖津陽香 鎌谷裕子 横関幸久
1年 浅野成美 荒木英恵

1. ミッション概要

スペースデブリ（以下デブリ）の除去は宇宙開発を進めるための必要不可欠事項である。今回私たちが考案するのは、デブリ除去衛星 DROPS とそれを使用したデブリ除去ミッションである。

小型衛星を使うとデブリ回収装置は小さくなるが、一度にたくさんの衛星を使用できる。これは、それぞれ異なる軌道に散らばっているデブリを回収するのに役立つ。また、質量が小さいので軌道変更に必要なエネルギーも少なく済む。自身がデブリとなるのを防ぐために大気圏に突入させる場合にも、衛星が小さければ燃え残りが地上に到達するおそれはない。

このミッションを成功させる上で大切なことは、ISS（国際宇宙ステーション）と連携することである。ISS は宇宙空間にあるので、地上からは見えないような微小なデブリを発見できる。また、ISS から衛星を発射すれば、精密な軌道計算によってデブリを狙い撃ちすることができ、デブリとランデブーする確率を高められる。

2. 使用衛星

①概要

DROPS は、低軌道を周回している直径 1 cm 以下の微小なデブリの除去を目的としている。

デブリには静止軌道上にあり直径が 1 m を越す大型のものもあれば、低軌道を周回する直径 1 cm に満たない微小なものもあり、デブリはサイズが小さいものほど数が多くなっていく傾向がある。また、小さなデブリほど発見が困難となる。そこで、デブリによる被害を減らすためには、数が多い小さなデブリを除去すればよいと考えた。

デブリとランデブーする確率を上げるには精密な軌道計算を行うことと、計算結果に忠実に従って発射することが必要である。地上から多数の衛星を正確に打ち上げるのは難しいと思われるので、私たちのプランでは、宇宙空間で ISS から DROPS を発射することにした。

DROPS は航行中 GPS の電波を受信して自身の位置を、ISS から送られてくる信号から目標デブリの位置を特定し、軌道を自動で調整する。

②機能・動作

(i) デブリの検出・追尾

ISS でレーダーを用いて微小なデブリを検出し、サイズ・軌道・周回速度のデータベースを作成する。

DROPS は ISS（国際宇宙ステーション）から発射される。このときデータベースを参照して複数のデブリとランデブーできるように発射される。

(ii) デブリの回収

パターン 1：ISS と同じ方向に周回しているデブリ

ISS から発射された後エンジンを使って、対象デブリの 1.2 倍程度の速度まで加速する。そして、対象デブリの後方から接近し、合体する。このとき相対的にデブリから負の運動量を受け取って衛星

の速度が小さくなるので、エンジンを使って再加速する。

再加速の際、軌道を変更して次のターゲットへと接近する。定められたターゲットを全て回収するか、燃料が少なくなった時点で再び ISS に接近し、ロボットアームで回収される。回収した DROPS は修理点検を受け、再利用される。

パターン 2 : ISS と異なる方向に周回しているデブリ

デブリに接近して合体するまではパターン 1 と同じだが、デブリ除去後 ISS が回収できるよう衛星の速度を小さくする必要がある。そのために DROPS には向きが可変のエンジンノズルを搭載している。これを使って向きを変え、逆噴射を行ったあと、ISS に接近して回収される。

③事故対処

デブリとの衝突やその他のトラブルによって DROPS の運用が不可能になった場合（燃料流出、回路断絶、制御不能など）、可能であれば ISS などによって回収されるが、回収不可能の場合は非常用システムが作動する。

このシステムが作動すると、DROPS は逆噴射を行って速度を小さくし、大気圏に突入して燃え尽きる。これによって DROPS 自身がデブリになるのを防ぐことができる。また、このシステムは ISS との通信が途絶えたとしても、DROPS によって自動で行われる。

3. ミッション実行

まず最初に取り掛かることは、ISS にデブリ検出用レーダー、DROPS 発射装置、DROPS 回収アームを取り付けることである。ISS の設備が整い次第、地上から DROPS を送り、発射の準備をする。

発射後はデブリの位置情報を常に DROPS に送信する必要がある。また、他の衛星との衝突を防ぐため、DROPS の位置も常に監視しておかなければならない。

目標デブリを回収したあとは ISS に DROPS を回収することになり、回収後 DROPS の修理や点検や燃料の補充、デブリ回収球の交換などを行う必要がある。

以上で私たちが考案したミッションの説明を終える。

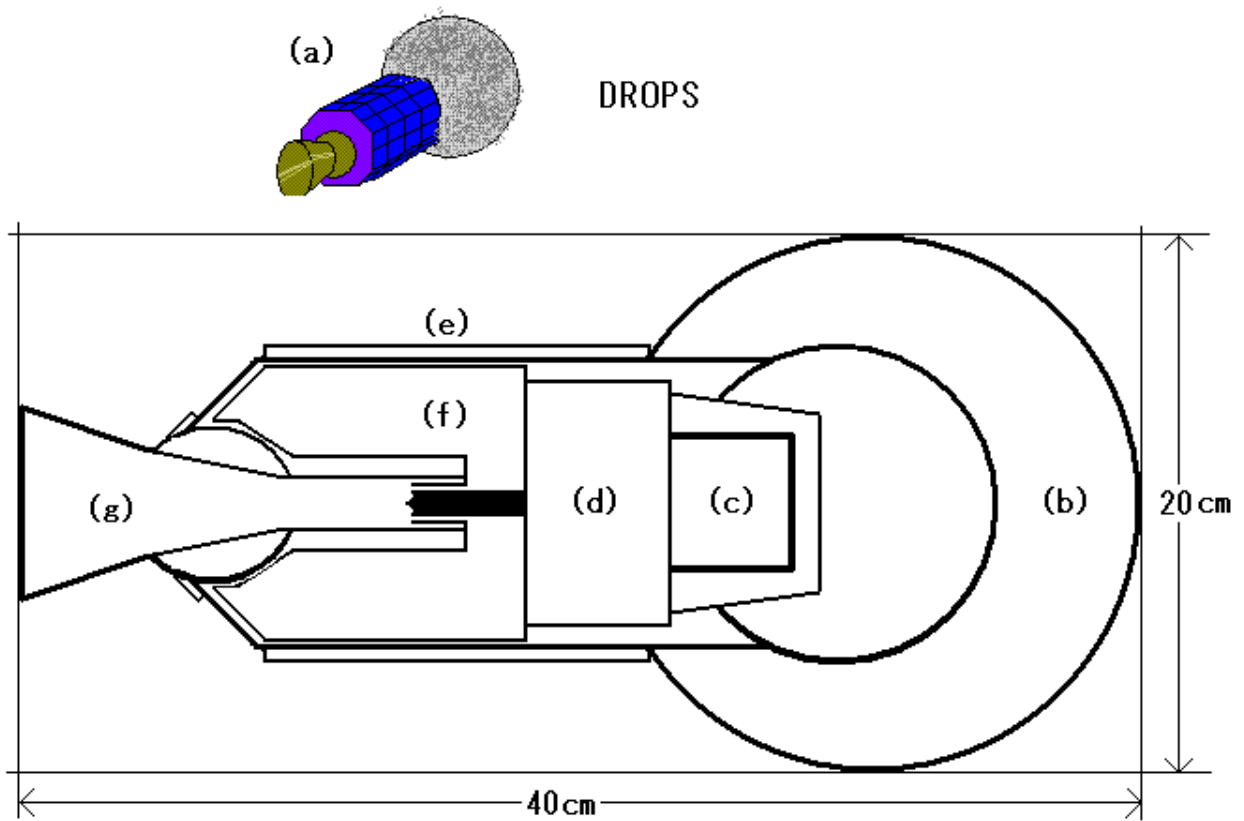
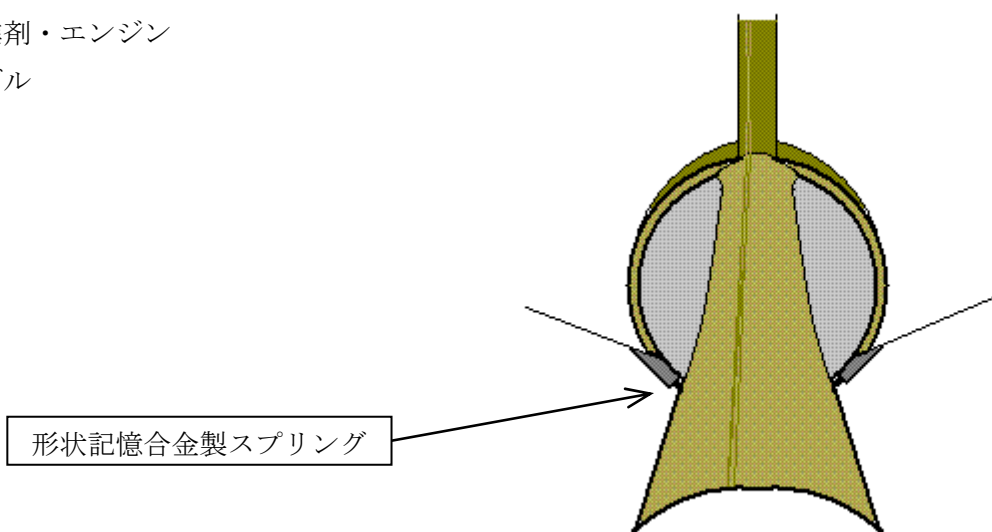


図1：DROPS のつくり

- (a) 外観
- (b) デブリ回収球
- (c) 制御装置群
- (d) バッテリー
- (e) ソーラーパネル
- (f) 推進剤・エンジン
- (g) ノズル



このノズルは向きを変えられるので、
方向転換や軌道変更が自由に行える。

図2：ノズル