

# ソーラーセイルによる静止軌道輸送システム

長崎県立長崎西高等学校 物理部

岩崎 陽 (2年) 重野 修太郎 (2年) 甲斐田 颯哉 (2年)  
宮崎 陽也 (2年) 藤田 晃成 (1年) 麻生 賢太郎 (1年)

## 1. 概要

CubeSat による地震予報を静止軌道上で行うため、国際宇宙ステーションから低高度軌道に投入された後に、静止軌道へ自力で到達できる 2U サイズの輸送衛星を提案する。高度 700km までは大気抵抗が無視できないため電気推進エンジンで、その後は「両面」ソーラーセイルを展開して効率よく加速し、2.44 年で静止軌道を目指す。展開前はセイルを 1U サイズに格納できるような独自の折り方を考えた。

## 2.1 システムの概要

地震の前駆現象であることが示唆されるマイクロ波放射は、軌道上の人工衛星で検出可能である。CubeSat を地震予報専用のセンサーとして静止軌道上で運用するため、電気推進とソーラーセイルを併用して低高度軌道から静止軌道へと輸送できる 2U サイズの輸送衛星を提案する。

高度 400km、軌道傾斜角  $51.6^\circ$  の国際宇宙ステーションより放出した後、大気抵抗が光圧と比べて無視できない高度 700km までは電気推進で加速し、軽量化のために高度 700km で電気推進を切り離す。それ以降はソーラーセイルを展開して光子加速を行うことで、2.44 年で自力で静止軌道へ到達できる (図 1)。

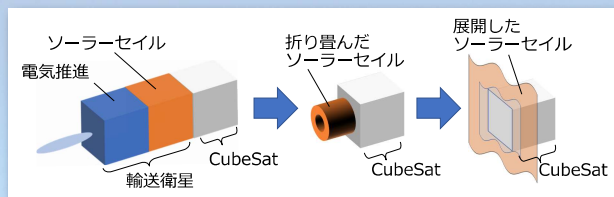


図 1 : CubeSat(1U) と輸送衛星 (2U)

## 2.2 ソーラーセイルの展開手順

セイルを格納しているパネルを外した後、磁気トルカのスピンの遠心力を利用し、セイルを展開する。今回独自に考案した折り畳み方により、1 辺が 7m のセイルを 1U サイズの中に円柱形に収納することができ、遠心力のみで四角形に広げることができる (図 2)。



図 2 : ソーラーセイルの展開の様子

## 2.3 軌道半径拡大の手順と軌道傾斜角変更の手順

ゆっくりとした姿勢制御で、継続した光子加速を行うために、「両面」ソーラーセイルの使用を提案する。

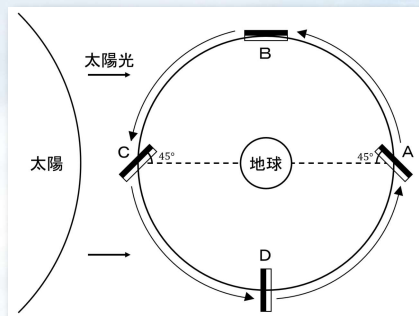


図 3 : 軌道半径を大きくするための両面ソーラーセイルの姿勢制御

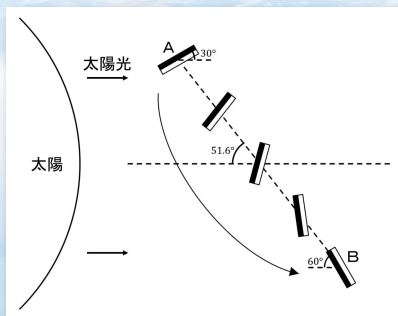


図 4 : 降交点通過時における両面ソーラーセイルの姿勢制御

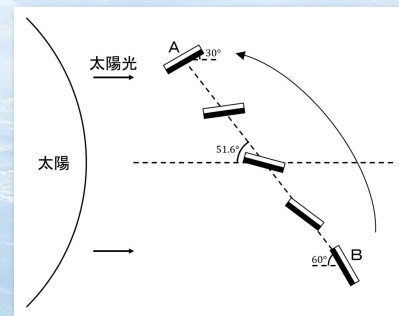


図 5 : 昇交点通過時における両面ソーラーセイルの姿勢制御

## 2.4 輸送にかかる時間

電気推進による移動に 0.02 年、ソーラーセイルによる移動に 2.42 年かかる。本輸送システムを用いると、国際宇宙ステーションを離れた後、2.44 年で静止軌道へ到着できる。

## 3. 得られる成果

- ・静止軌道へ到達した CubeSat は、地上局との常時通信の利点を生かして、準リアルタイムの地震予報などのミッション設定ができるようになる。
- ・静止軌道へ到達する間に得られるデータを用いて高度ごとのマイクロ波強度マップが作成できる。
- ・電気推進とソーラーセイルを併用した軌道変更についての技術実証。

## 4. 独創性や社会的な効果

- ・低高度軌道から自力で静止軌道へ移動できるためこれまで前例がなかった CubeSat の静止軌道への投入ハードルを下げる技術となる。
- ・両面ソーラーセイルは高度の上げ下げが容易にできる。高度 700km から 36000km の間に配置した複数のソーラーセイル衛星が CubeSat を次々につかまえて軌道高度の上げ下げを自在に行う輸送システムその名も「軌道エスカレーター」構想が実現できる。