

トロヤ群小惑星 ソーラー電力セイル探査機のセイル設計

加藤秀樹¹, 後藤健¹, 横田力男¹, 石田雄一¹, 田中孝治¹, 豊田裕之¹, 野々村拓¹, 森治¹, 白澤洋次¹, 松本純², 寺元祐貴²

¹ JAXA ² 東京大学大学院

概要

ソーラーセイルWGでは、木星トロヤ群小惑星探査のためのソーラー電力セイル探査機の研究を進めている。この探査機は、全面に薄膜太陽電池を貼り付けた大型セイルを展開し、十分な電力を確保することでイオンエンジンを駆動する。
本稿ではこれまでの検討結果を基に、大型になるセイルの設計結果をまとめ、設計と製作方法を検証するために実施している実機サイズのセイル試作について述べる。

セイルに対する要求と設計

要求	設計
(1) 太陽距離5.2AU, 太陽正対で6kW発電できるだけの、薄膜太陽電池を搭載	セイルサイズを大きくすること、全面に薄膜太陽電池を搭載することで対応。このセイルサイズは、供給可能な薄膜太陽電池の効率に依存。 【補足】IES駆動時、太陽角は45deg. 従って、実質発電量は4.2kW。内訳：バス:1kW, IES:1.8kW, サイエンス機器駆動及びマージン:残り1.4kW。従って、全発電能力のうち、33%が失われても、ミッション遂行可能。
(2) 十分量の可変反射率デバイスを、最外周付近に搭載すること。	IKAROSと同様、最外周の数段に可変反射率デバイスを搭載する。
(3) IKAROSで実証された、四角折りを引き続き採用すること。	採用する。
(4) 1段の折り幅を、可能な限り大きくすること。	人間の手の長さの限界から、折り幅を450mmとする。 【補足】この方が、折り畳み後の厚みが小さくなり、かつ展開もしやすい。ただし、人間が手で折りたためる幅でなければならない。
(5) ハンドリング性を高めるために、アルミ蒸着されていること。ただし、姿勢制御の観点から、可能な限り薄蒸着にすること。	帯電防止としての機能を果たすアルミ蒸着厚みという観点から、アルミ蒸着を12nmとする。副次的なものではあるが、これによりフィルムが透けて見えるため、製作作業が行いやすくなる。 【補足】アルミ蒸着をきちんとしてしまうと、姿勢外乱が生まれる。本ミッションでは、ソーラーセイルングを積極的に行わないため、ミッション遂行上、アルミ蒸着はできるだけ無い方がよい。各段を、小さなブリッジで電氣的に接続することで、groundを共通化する。
(6) ハンドリング性の高いハーネス配置にすること。	山折りの部分からハーネスがこぼれないよう、段中央にハーネスを配置する。
(7) アウトガスの影響が出ないよう、接着剤の使用は可能な限り避けること。	熱融着可能なISAS-TPIを用いる (TBC, フルサイズ試作の検証項目)。ただし、ISAS-TPI単体では強度に不安が残るため、ポリイミドフィルム(10um)の両面に、ISAS-TPIを2umずつコーティングしたフィルムを用いる。 薄膜太陽電池(通常のPI)とハーネス(通常のPI)も、熱融着を使ってセイルに貼り付ける。 デバイスを熱融着で貼り付ける関係で、アルミ蒸着面は反太陽面となる。熱融着をする「のりしろ」部分は、アルミ蒸着を行わない。
(8) Launch Lock機構を持つこと。	セイル中央部に穴をあけ、Launch Lock用のピンが通るようにする。これに対応して、穴から亀裂が生じないように、保護フィルムを貼る
(9) 製作手順は、限られたスペースで行えるものであること。	手順を改定。また、1ペタルを2分割して製作する。
(10) 所定の環境特性を満たすこと。	試験により確認(実施中):機械的性質(強度ほか)、熱的性質、アウトガス、紫外線、電子線、陽子線。(太陽の影響は軌道より、 $1/r^2 dt = 3.4年 @ 1AU$, 小惑星でのミッションまで、rは太陽距離)

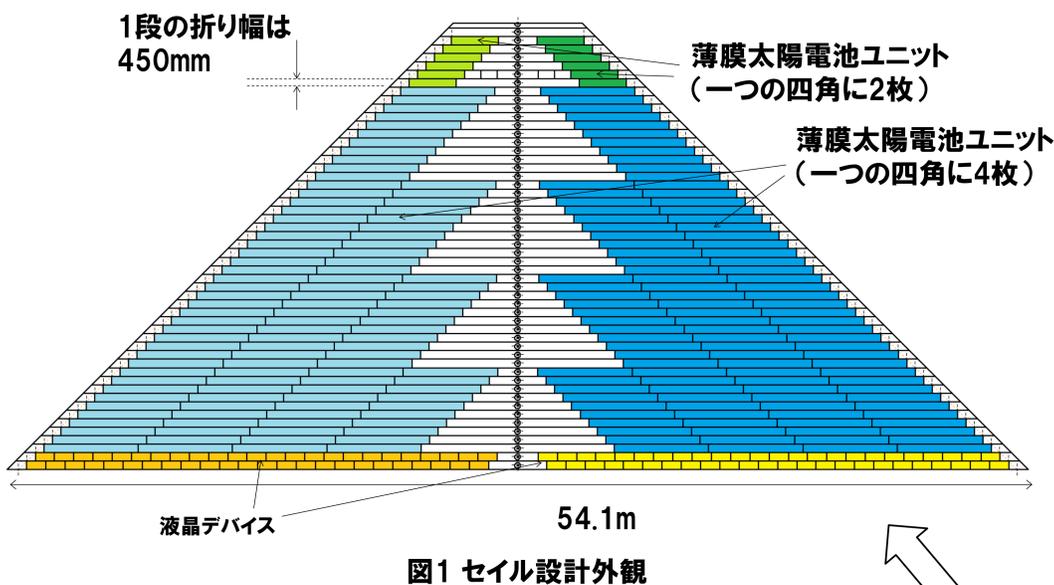


図1 セイル設計外観

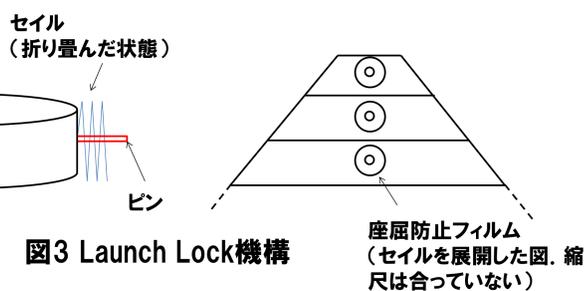
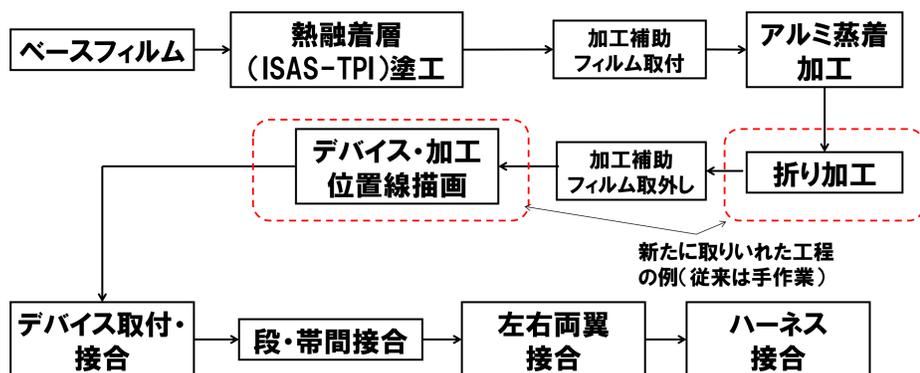


図3 Launch Lock機構

左右の翼に分けて製作し、接合する

製作工程の検討

効率化、精度向上のため、新たな工程を検討している。



試作セイル製作

設計・製作の検証を目的として、フルサイズのセイル(図1と同じ1/4ペタル)の試作を進めている。
ポイントを設けWGで確認を行い、課題、改善事項を洗い出す。

【製作場所として必要な事項】

- ・片方の翼を製作するだけでも、30m規模の広い場所が必要。
- ・長期(数ヶ月)で使用できる。
- ・清浄度など、実機の製作場所としても適当。
- ・作業者が対応できる地域(遠方ではないこと)

【今回の試作作業】
筑波宇宙センター

結論及び今後のスケジュール

本稿では、これまでの検討結果に基づくセイルの設計結果と、検討した製作工程についてもまとめた。現在行っているフルサイズのセイル試作にも、これらは反映しており、改善事項を抽出して設計へフィードバックし、セイルの設計を固める。