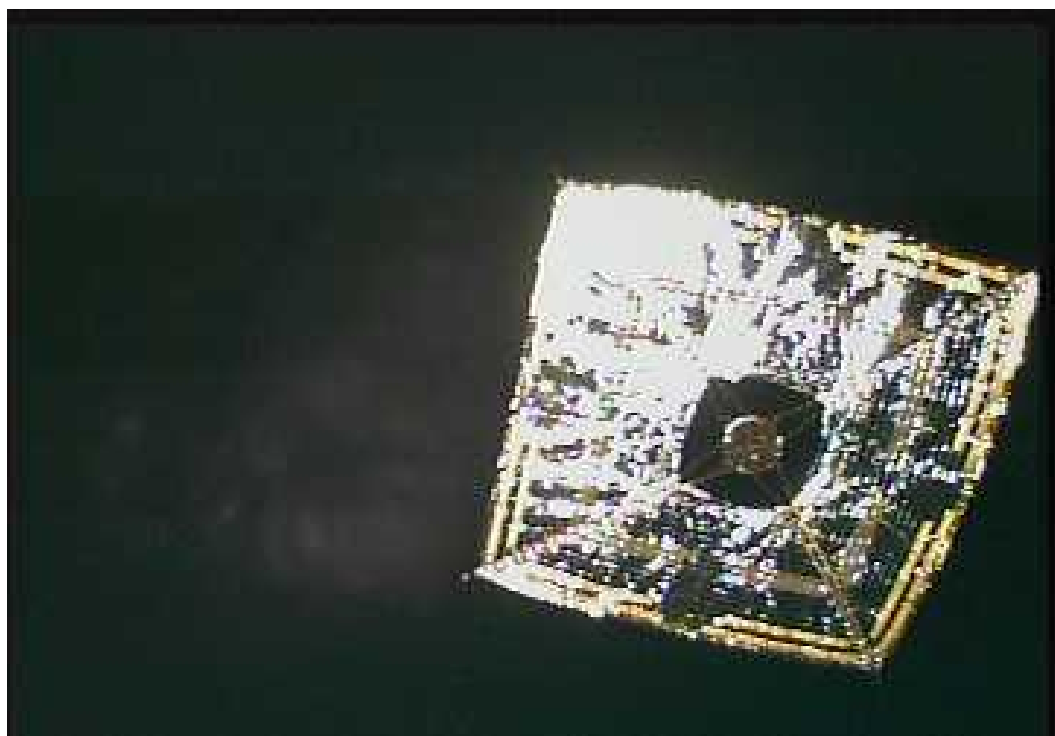


近未来への招待状 世界初の宇宙ヨット「イカロス」で挑む 太陽系大航海時代

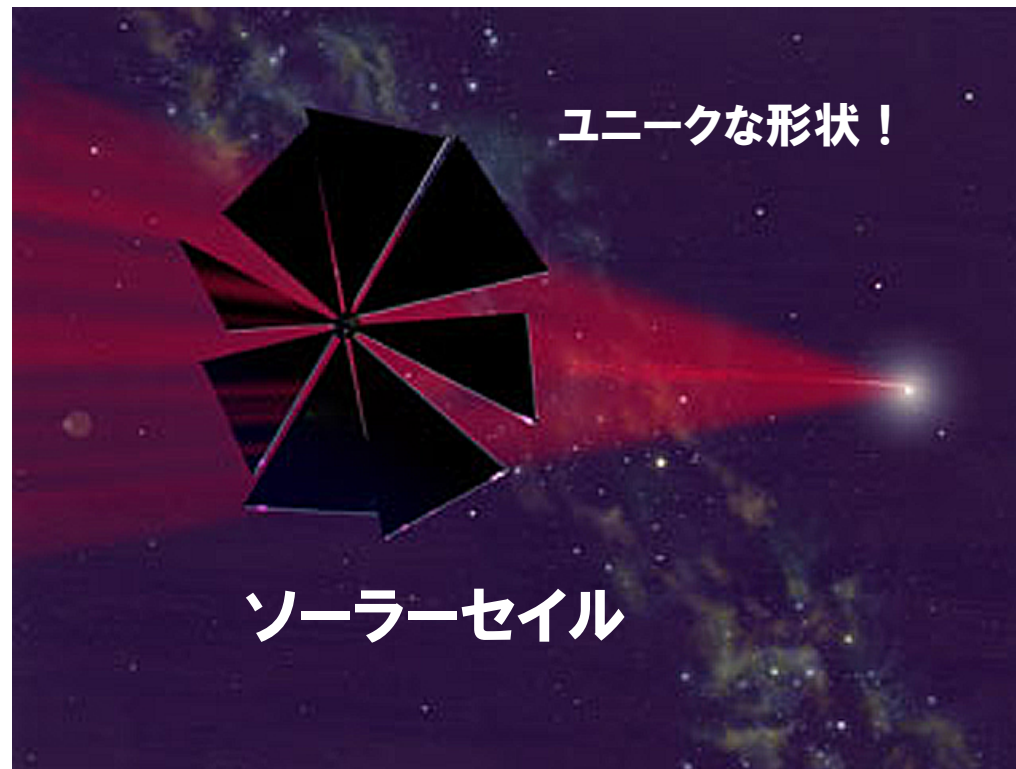


宇宙航空研究開発機構(JAXA)
IKAROSデモンストレーションチーム 森 治

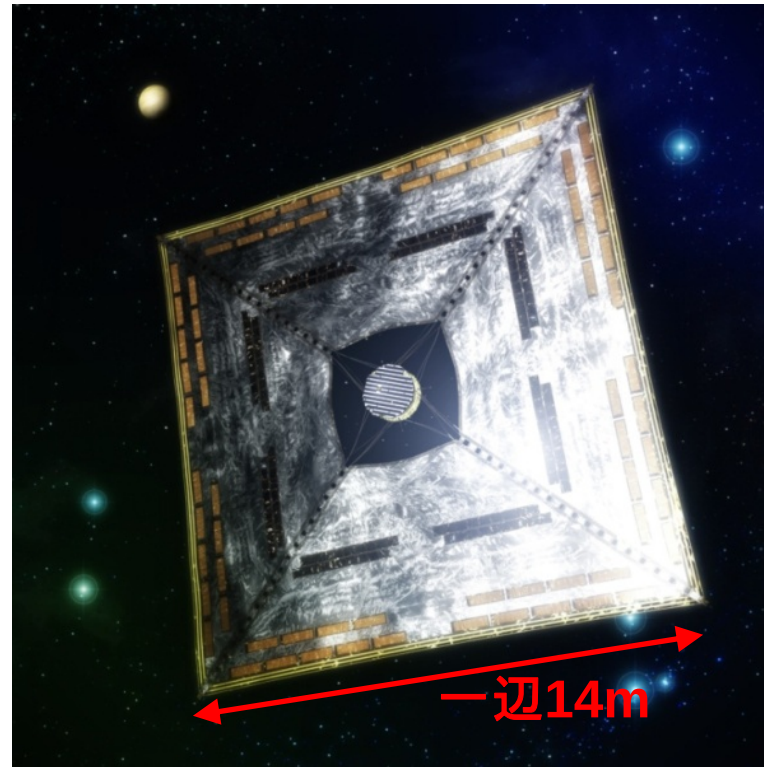
宇宙ヨットとは？

ソーラーセイル＝帆で風を受けて海を進むヨットのように、
帆で太陽からの光の粒子を反射して宇宙空間を推進する。
→燃料を使わない究極のエンジン、夢の宇宙船

※アイデア自体は100年前からあり、SFにもよく登場する。
世界中で研究開発が行われているが、実現されていなかった・・・



太陽光から受ける力はいくら？



200m²(14m × 14m)の帆が太陽光から受ける力
→ **約0.1g**(1円玉0.1個分の重さ)

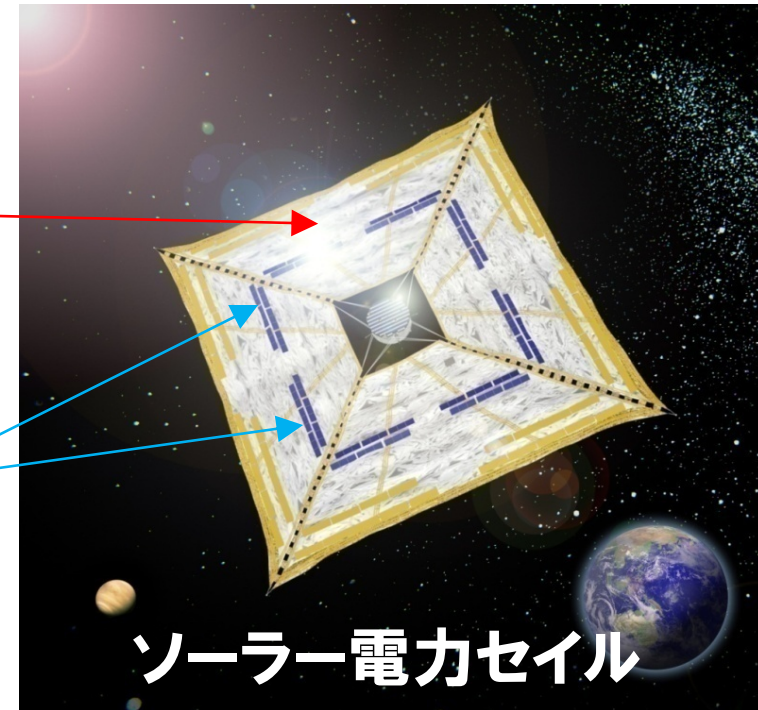
- ・太陽の光の力は弱いですが常時受け続けることができる.
 - ・宇宙空間には空気抵抗がないため、加速分が蓄積される.
- ※宇宙で最も速い乗り物になる！

ソーラー電力セイル

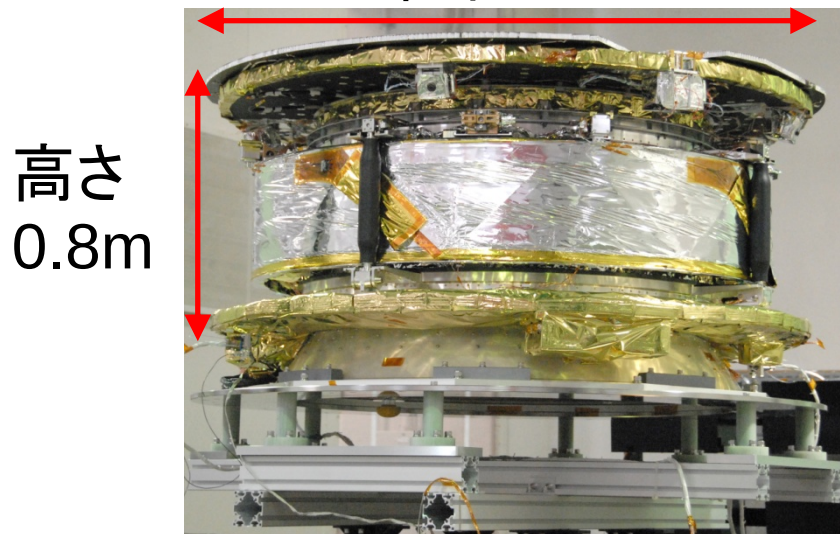
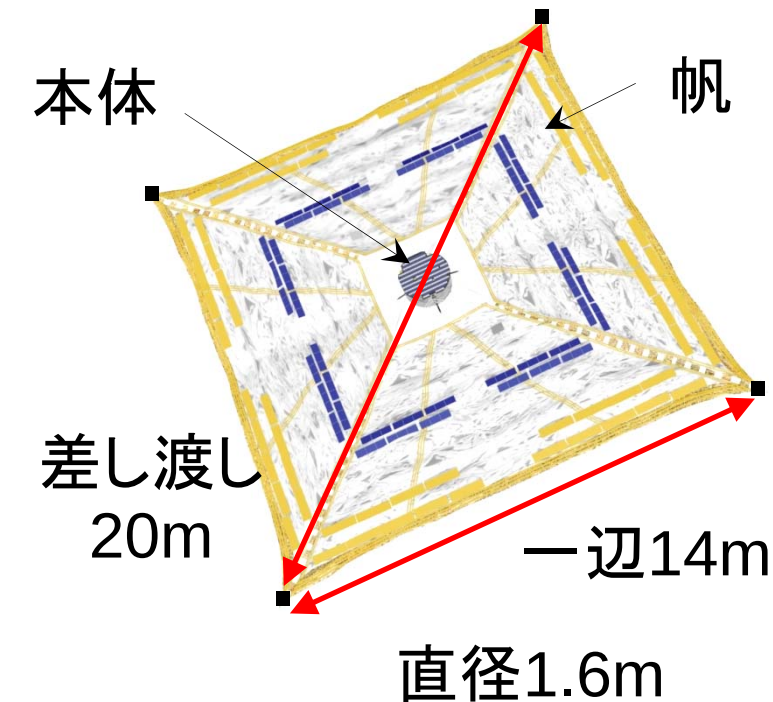
ソーラーセイルによる推進と帆に貼り付けた薄膜太陽電池による発電を組み合わせた日本オリジナルのコンセプト。
※燃料と電力の課題を同時に解決できる。

ソーラーセイル

薄膜太陽電池

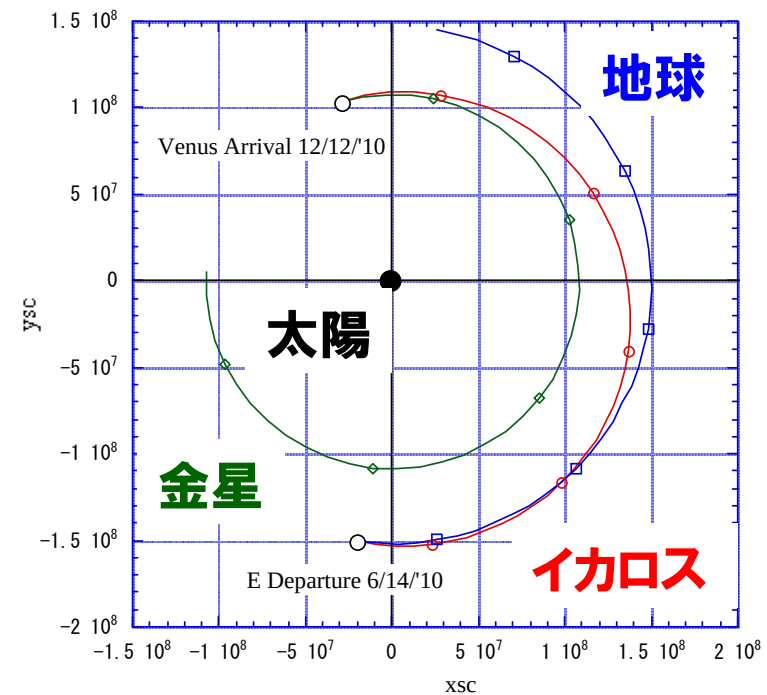


イカロスの諸元



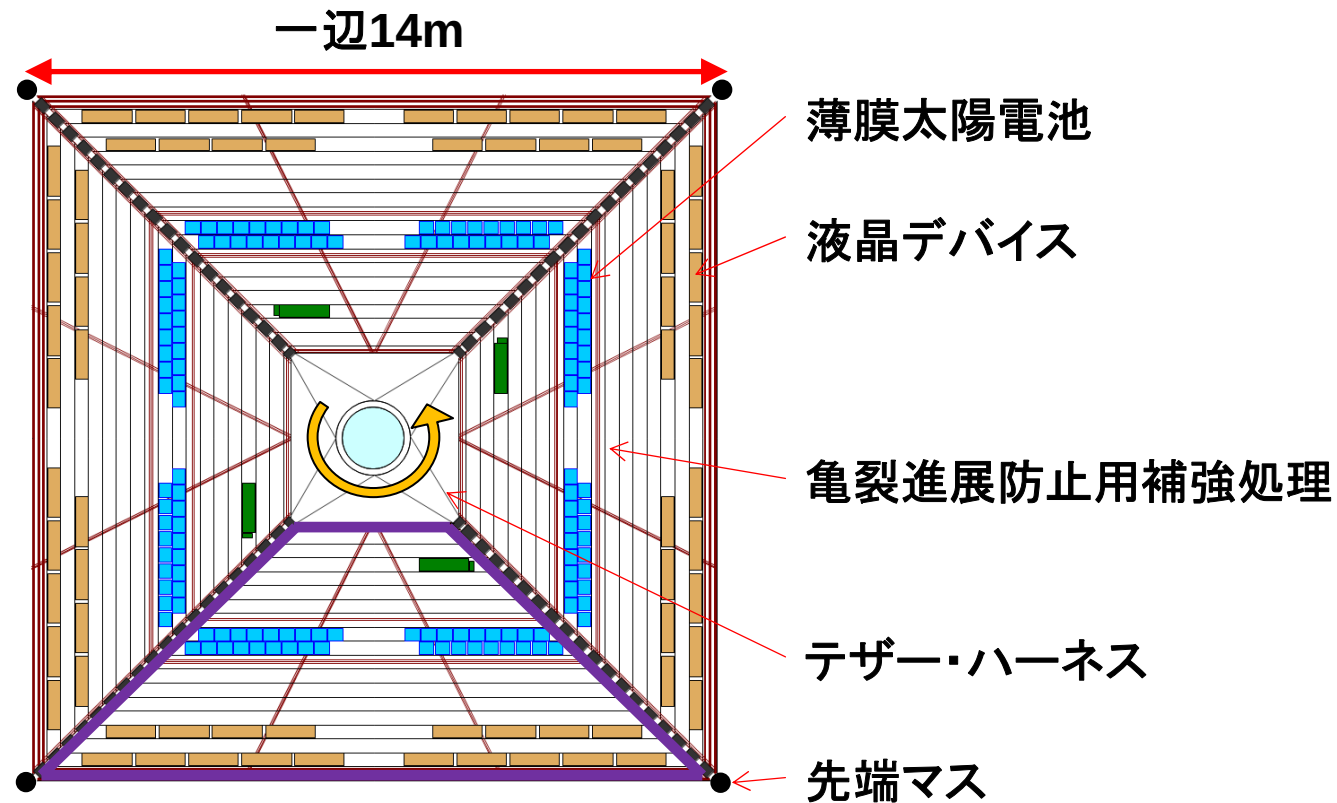
全体重量: 310kg
(帆: 15kg)

2010年5月21日にH2Aロケットによって金星探査機「あかつき」と一緒に打ち上げられた。



イカロスの帆

膜面：一辺14m, 厚さ $7.5\mu\text{m}$ (髪の毛の1/10の薄さ)のポリイミド樹脂
光を反射するようにアルミニウムを蒸着してある.
亀裂進展防止用に補強処理を施してある.



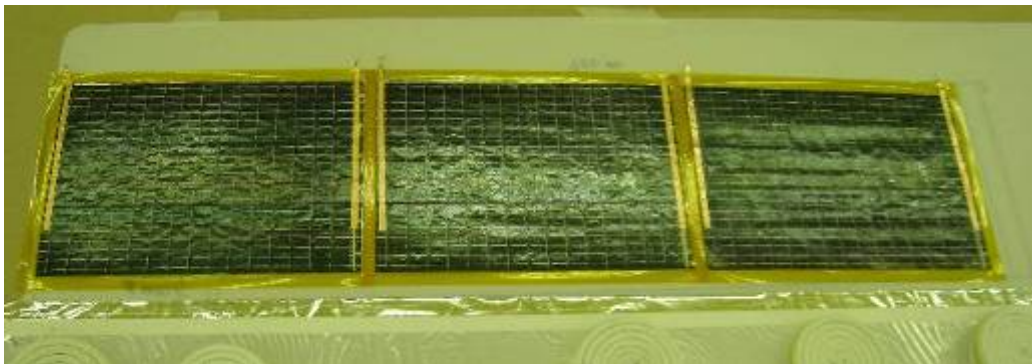
イカロスの帆の写真

1/4の帆

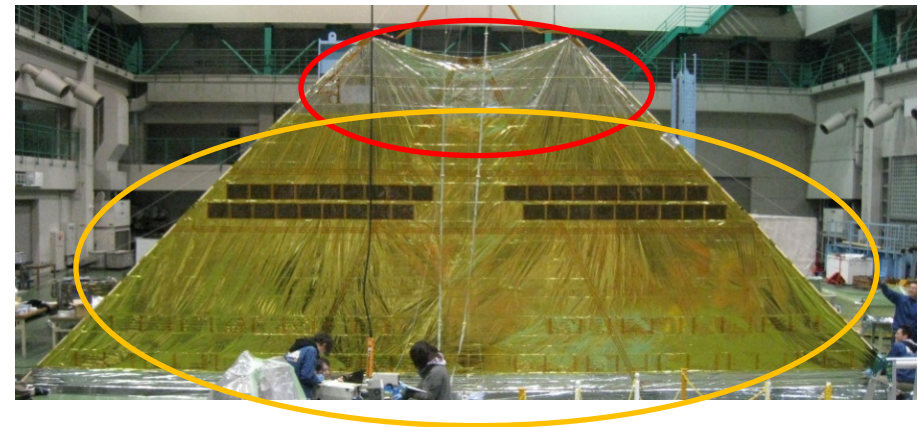
表面(太陽面)



薄膜太陽電池 ($25\text{ }\mu\text{m}$)



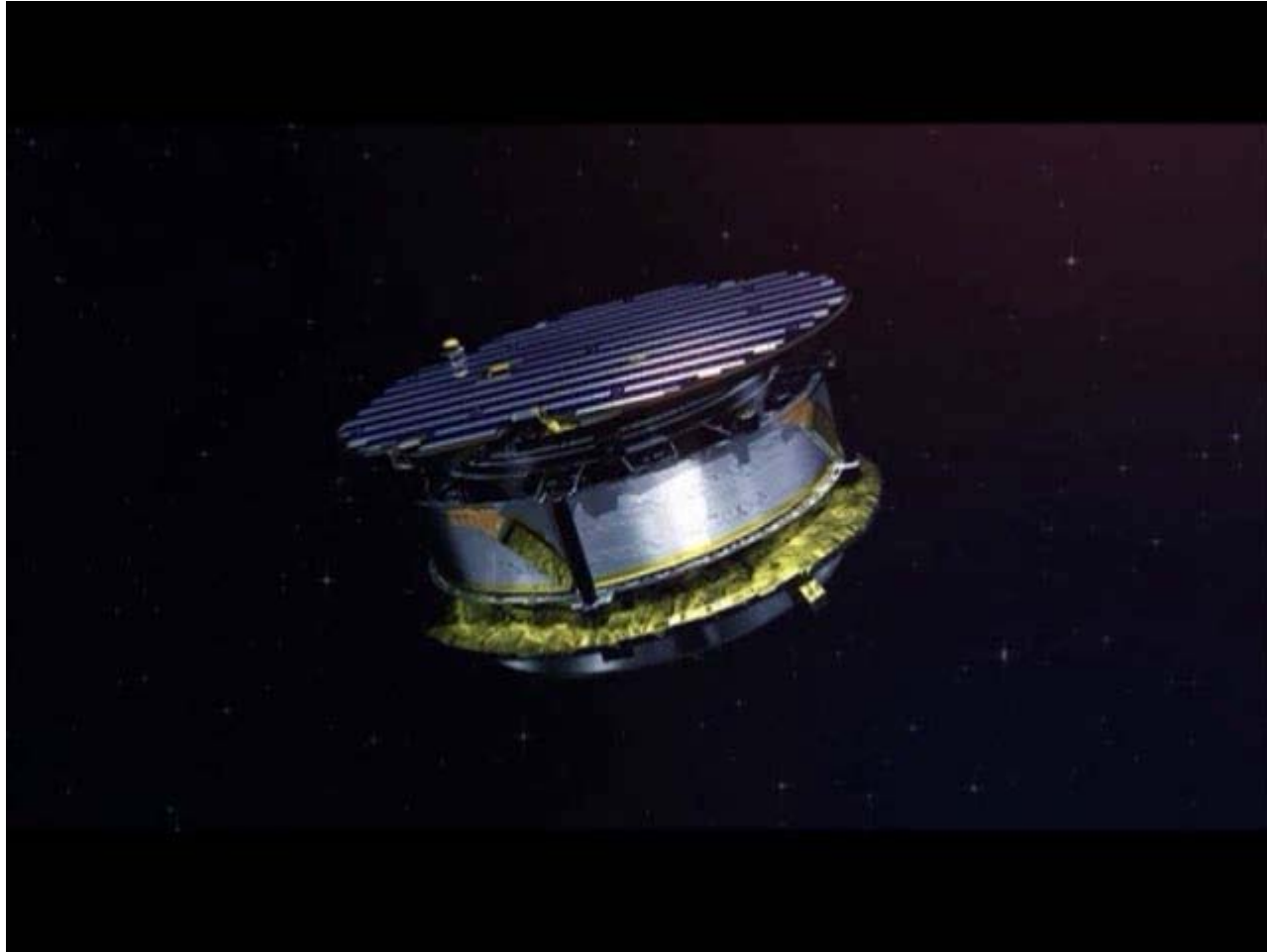
裏面(反太陽面)



ポリイミド膜 ($7.5\text{ }\mu\text{m}$)



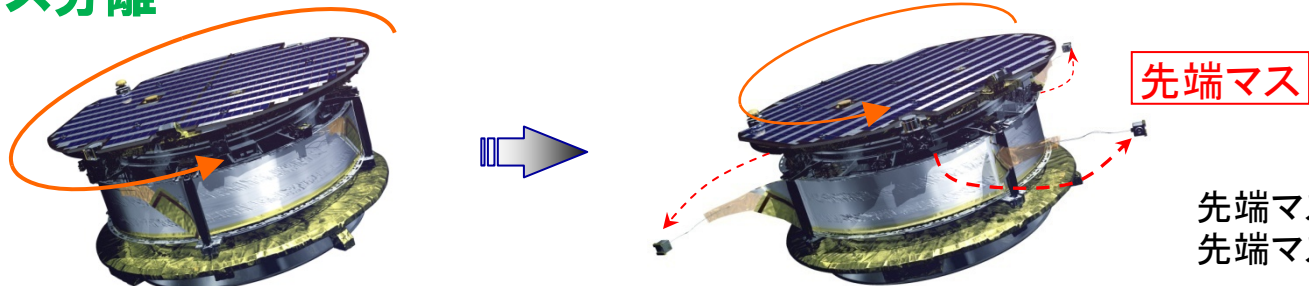
膜面展開方法



膜面展開手順・機構

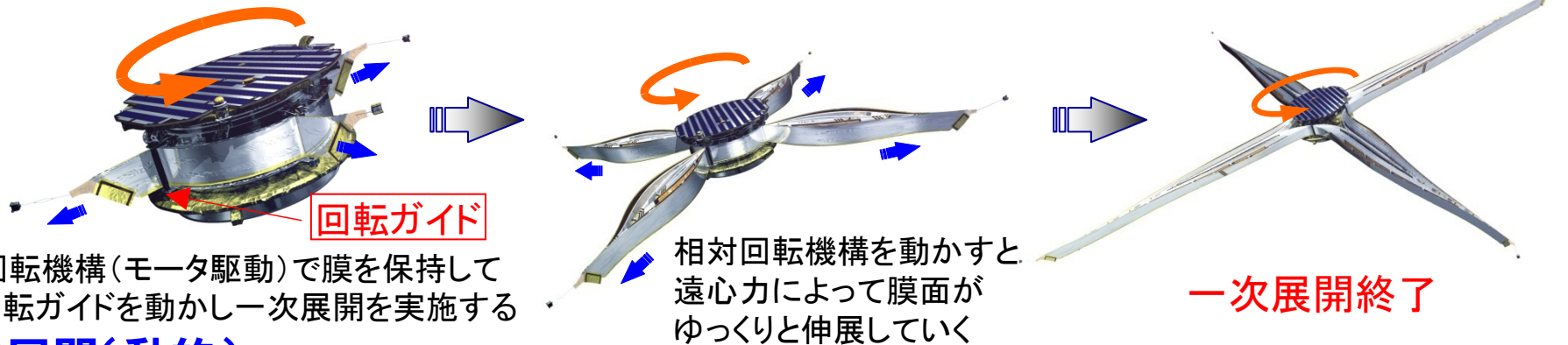
マスト(支柱)タイプに比べ、
展開機構が軽量化でき、
膜面の大型化が可能。

先端マス分離

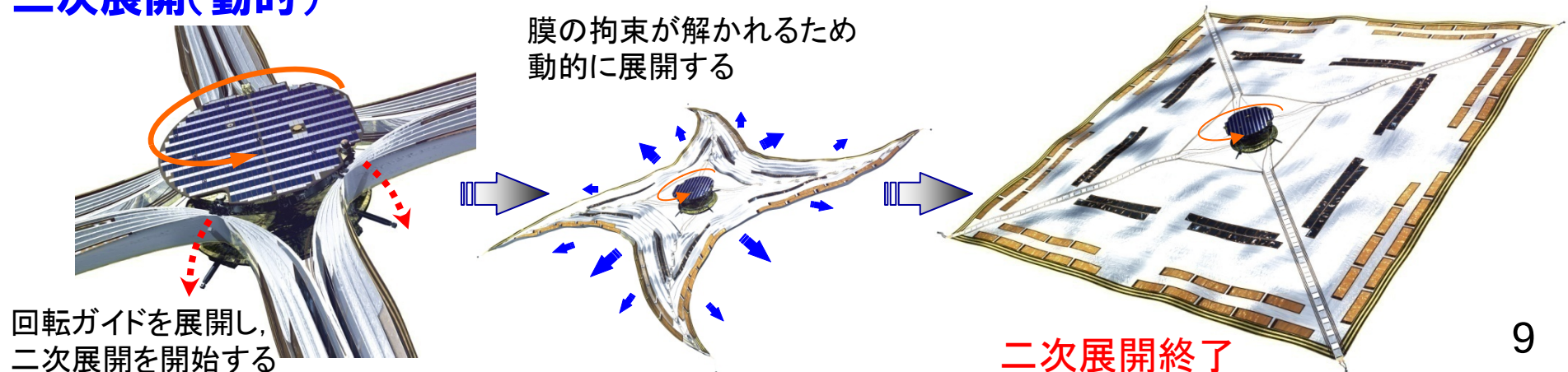


先端マス分離機構を駆動し、
先端マスを4個同時に分離する

一次展開(準静的)

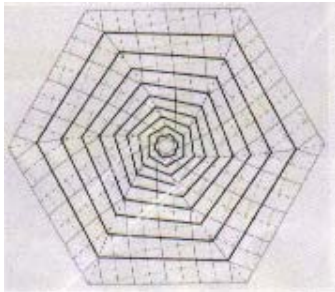


二次展開(動的)

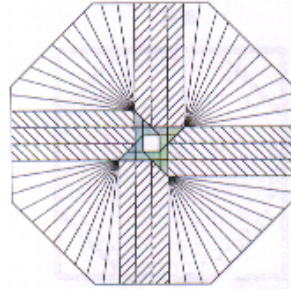


膜面の形状・折り方をどうするか？

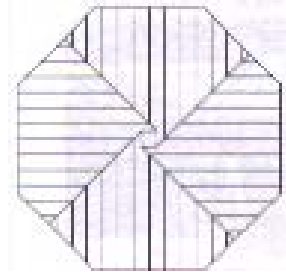
実際に検討した膜面形状・折り方(ほんの一部)



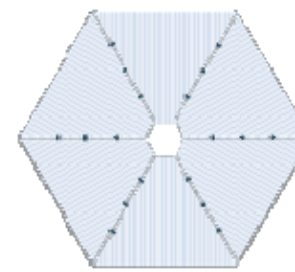
らせん折り



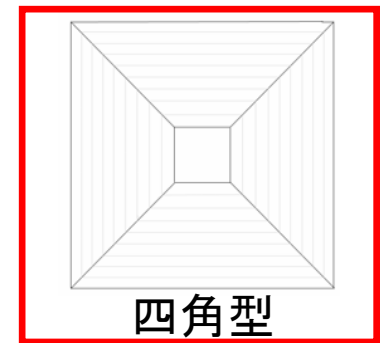
複合らせん折り



回転二重折り



扇子型



四角型

- ・「折り紙」を折って、実際に回転させて広げてみる.
- ・うまく広がった膜面形状・折り方に対し、膜面のサイズを大型化して実験する.
- ・実験結果を踏まえ、膜の折り方を改良していく.

日本の伝統文化の「折り紙」が非常に役に立った！

地上実験の様子(真空槽落下実験)



扇子型(直径0.8m)

地上実験の様子(スケートリンク実験)



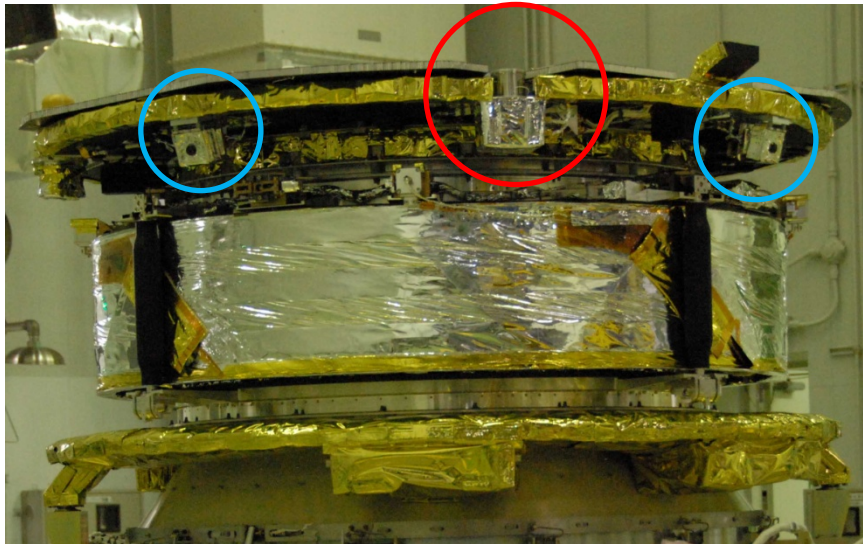
一次展開



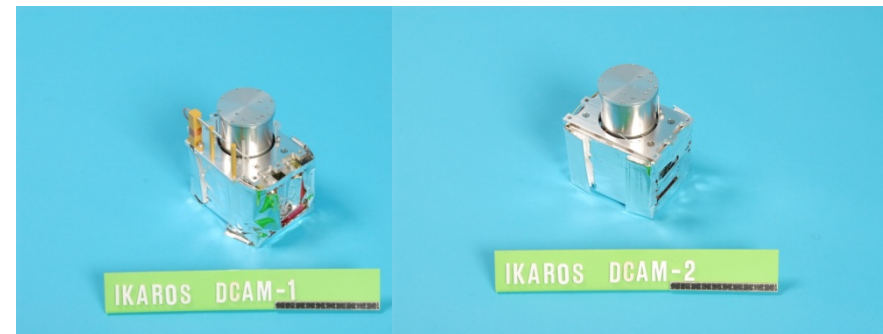
二次展開

四角型(差し渡し10m)

イカロスのカメラ



モニタカメラ(4台)

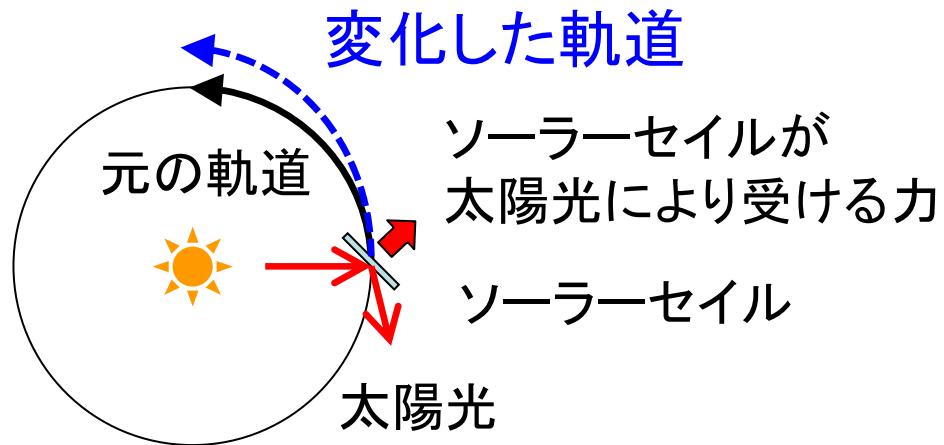


分離カメラ(2台)

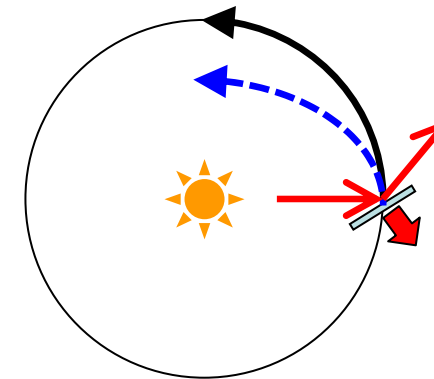
太陽光による軌道制御

ソーラーセイルの向き（太陽角）を制御すれば**軌道制御**が可能となる。

軌道制御の原理



太陽から遠ざかる場合

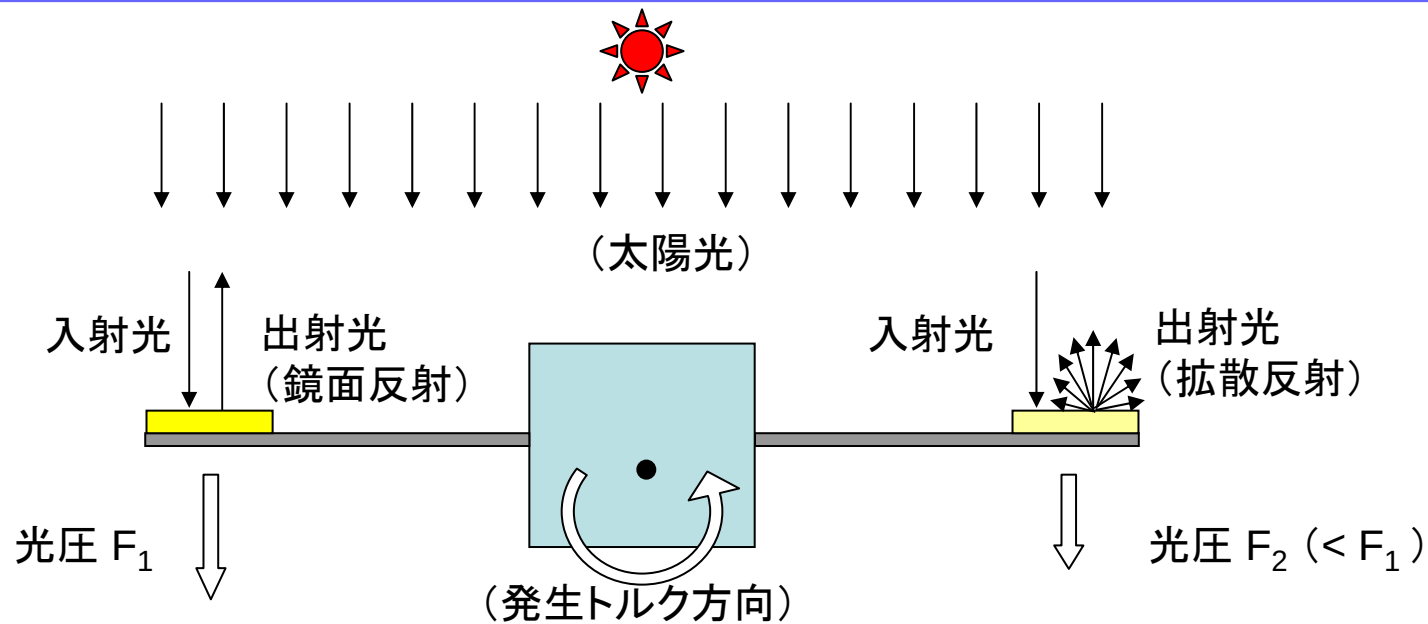


太陽に近づく場合

姿勢制御の方策

ガスジェットスラスタ
液晶デバイス
太陽光圧トルク

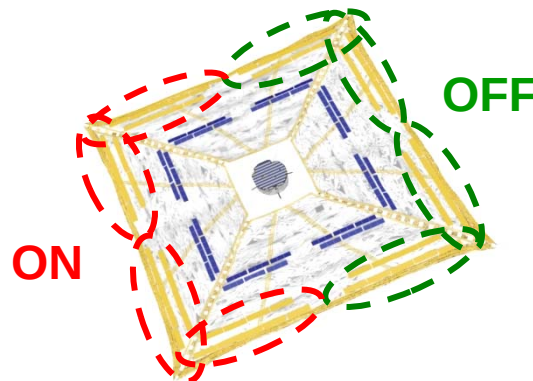
液晶デバイス



電源ON



電源OFF



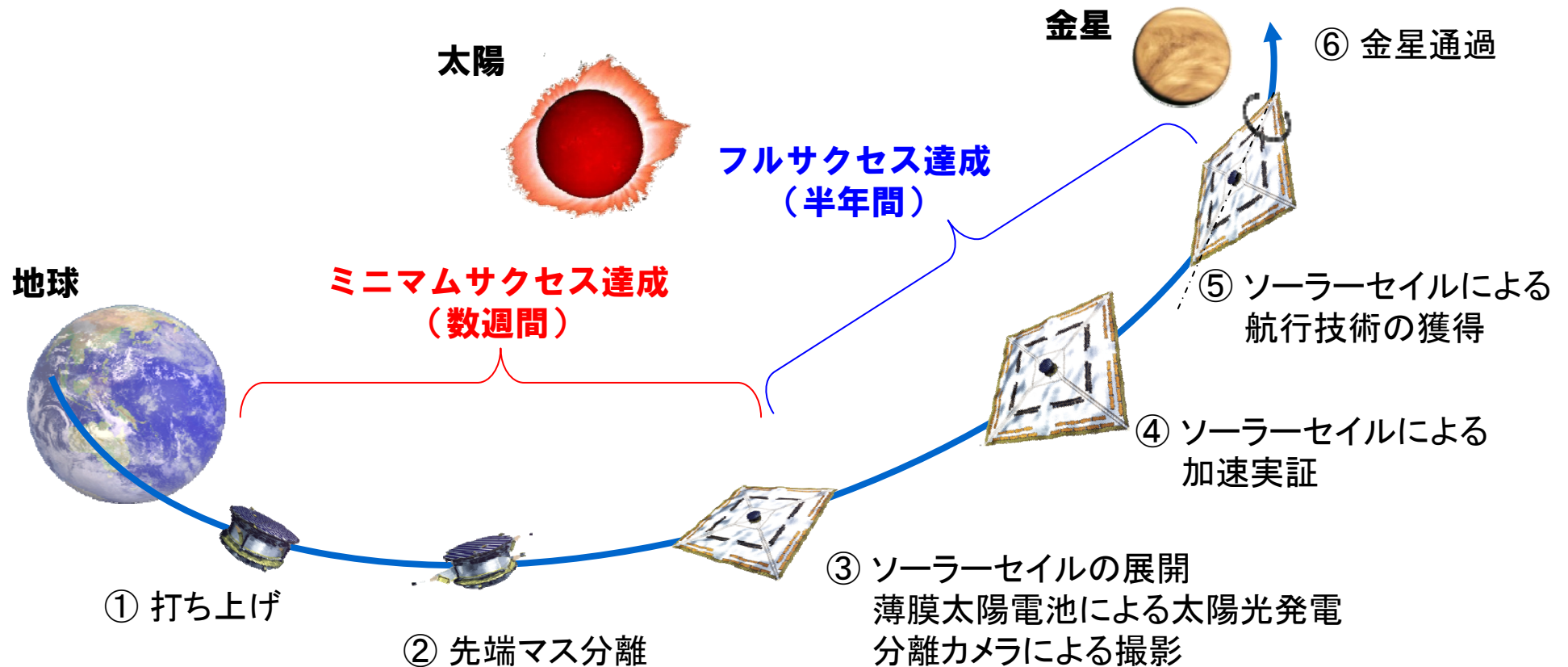
光圧のアンバランス作り出す
⇒ 姿勢制御トルクを発生

イカロスのミッション

ミニマムサクセス：大型膜面の展開，薄膜太陽電池による発電

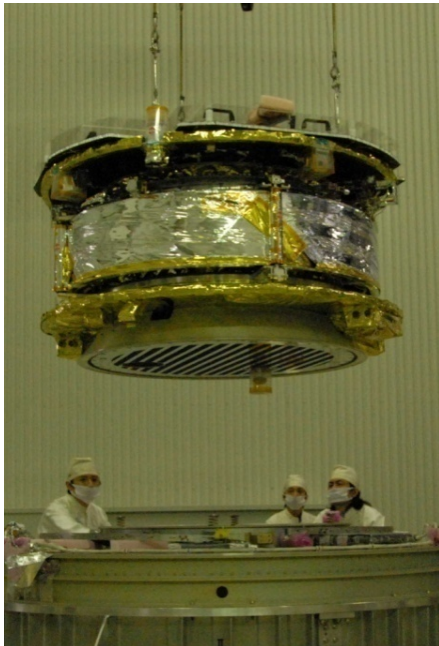
フルサクセス：ソーラーセイルによる加速実証・航行技術の獲得

いずれも成功すれば，世界初の快挙となる。



イカロスの搭載・打ち上げ

2010年5月21日(金)6時58分22秒(日本標準時),
H2Aロケット17号機により金星探査機「あかつき」と相乗りで
種子島宇宙センターから打上げられた.



イカロス搭載



H2Aロケット17号機



打ち上げ

運用室の様子: 打ち上げ直後

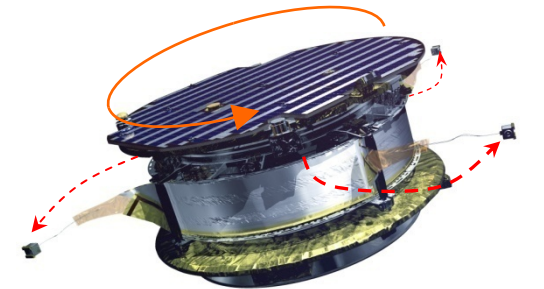


イカロスの運用実績

5月21日	打ち上げ
5月26日	先端マス分離
6月2日～8日	一次展開
6月9日	二次展開
6月10日	薄膜太陽電池による発電の確認
6月14日	分離カメラの撮像実験(1回目)
6月19日	分離カメラの撮像実験(2回目)
6月21日～25日	オプション機器の立ち上げ, 観測・実験開始
7月9日	光子加速の確認
7月13日	液晶デバイスによる姿勢制御の成功
9月14日～17日	通信不可帯通過
12月8日	金星通過
12月31日	運用終了→運用延長

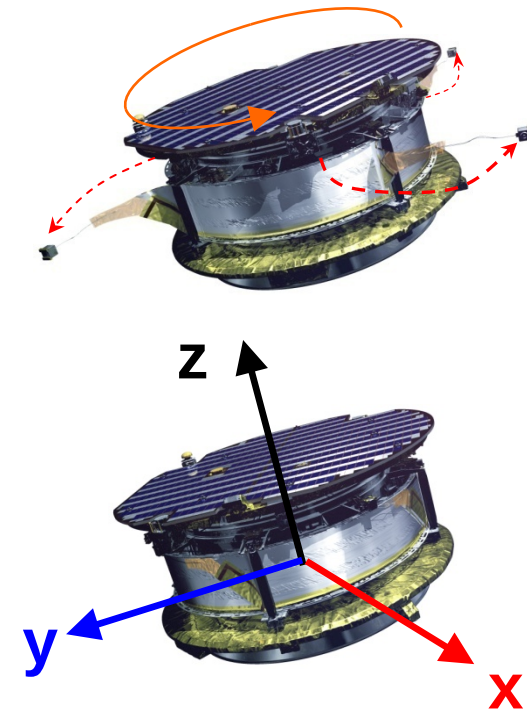
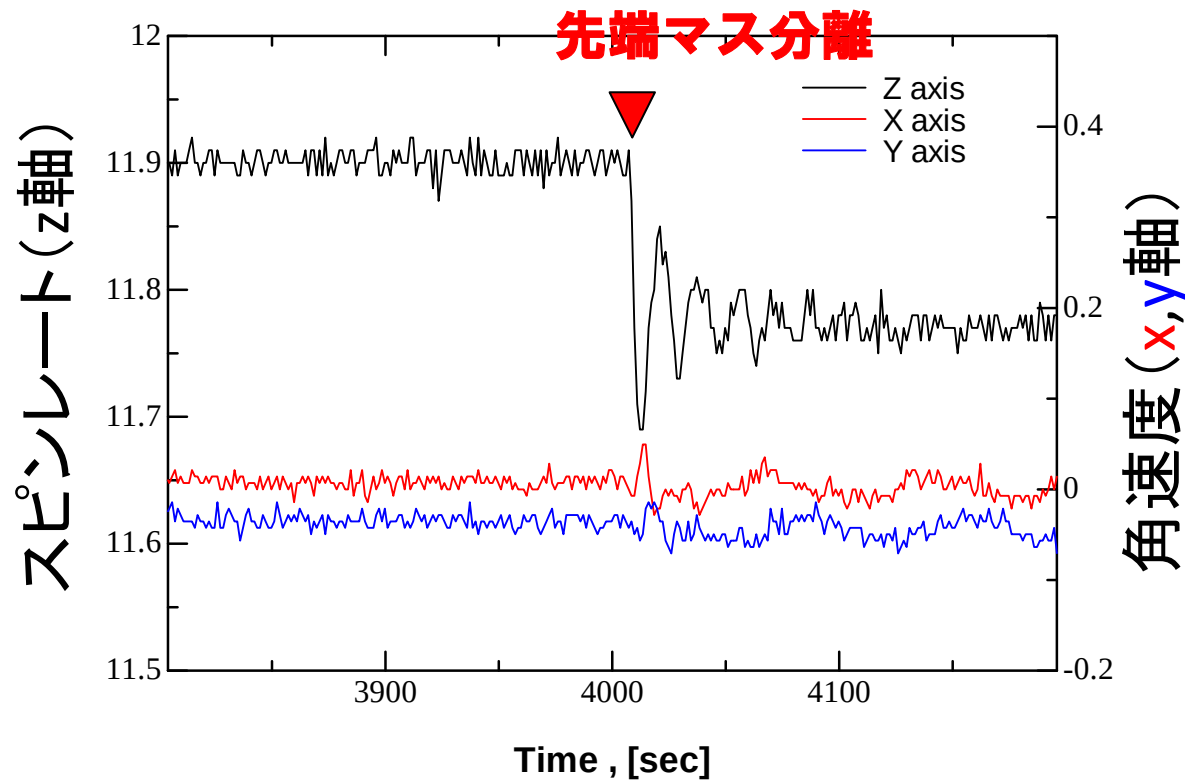
先端マス分離後のモニタカメラ画像

5月26日に先端マス分離を実施



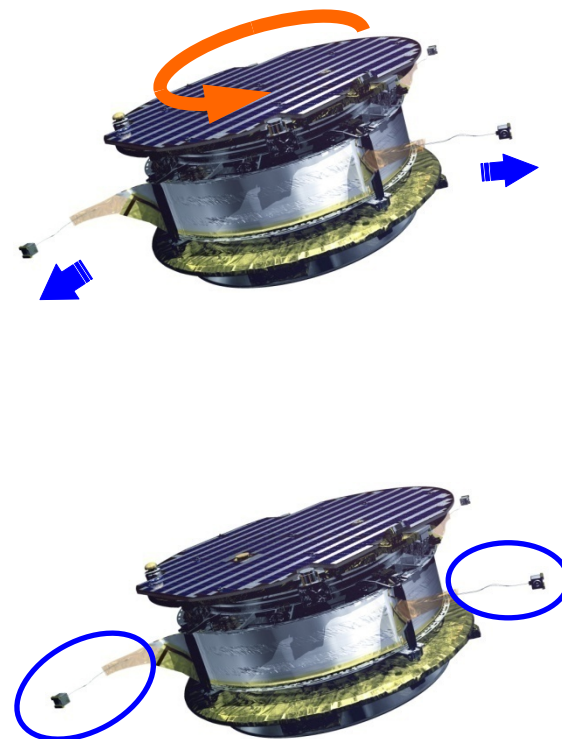
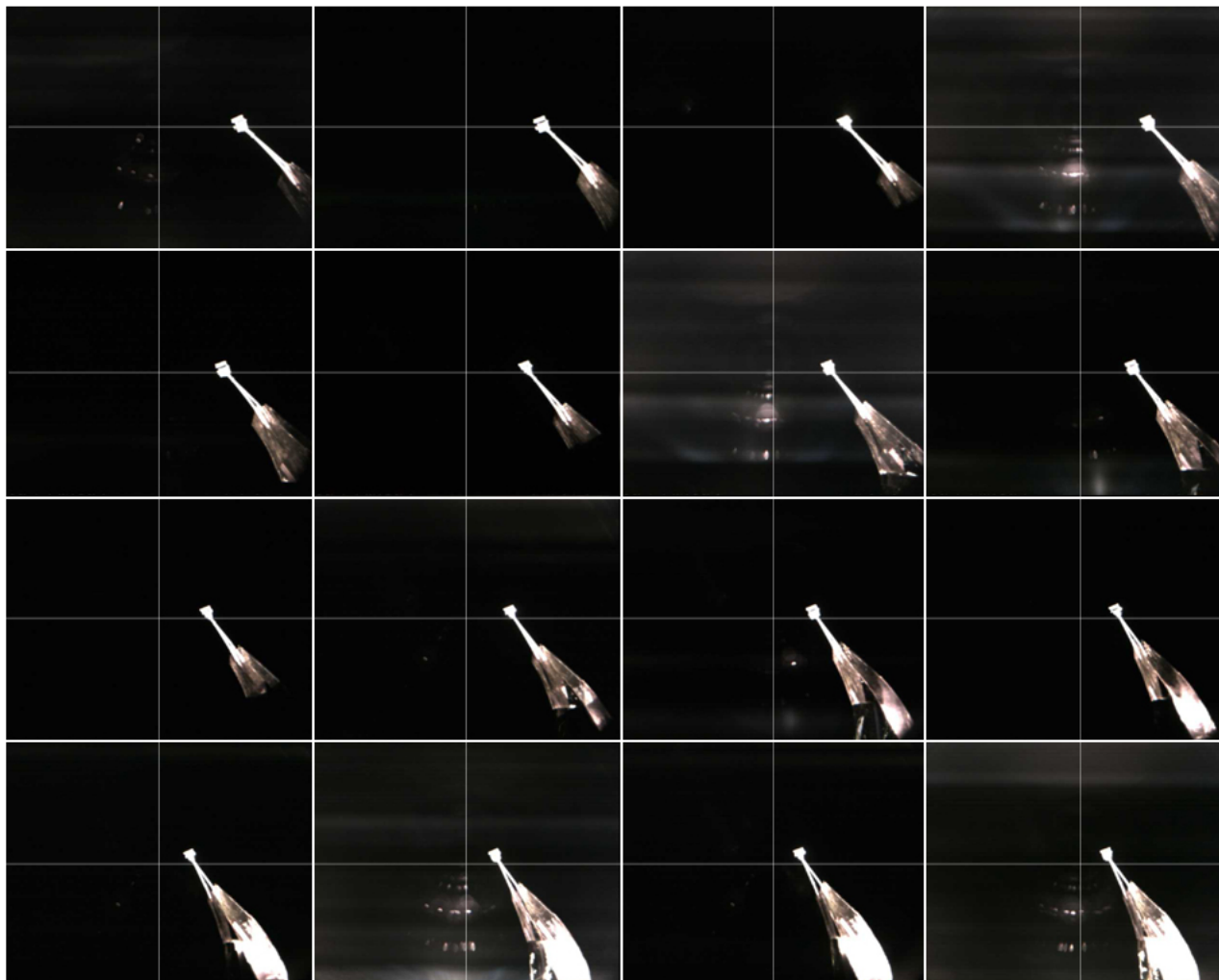
先端マス分離時の姿勢

ワイヤーテンション保持開放機構を駆動することによって、ワイヤーが緩み、先端マスを把持している機構が動作。先端マス4つを同時に本体から初速度0で分離。

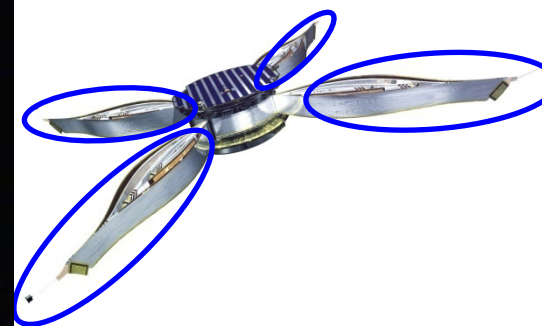
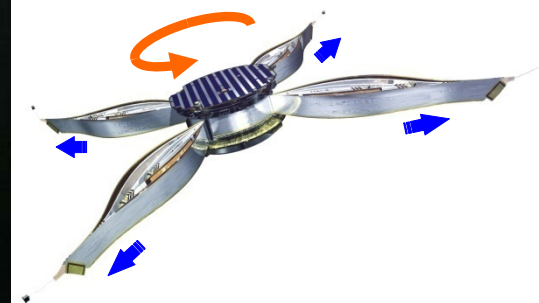
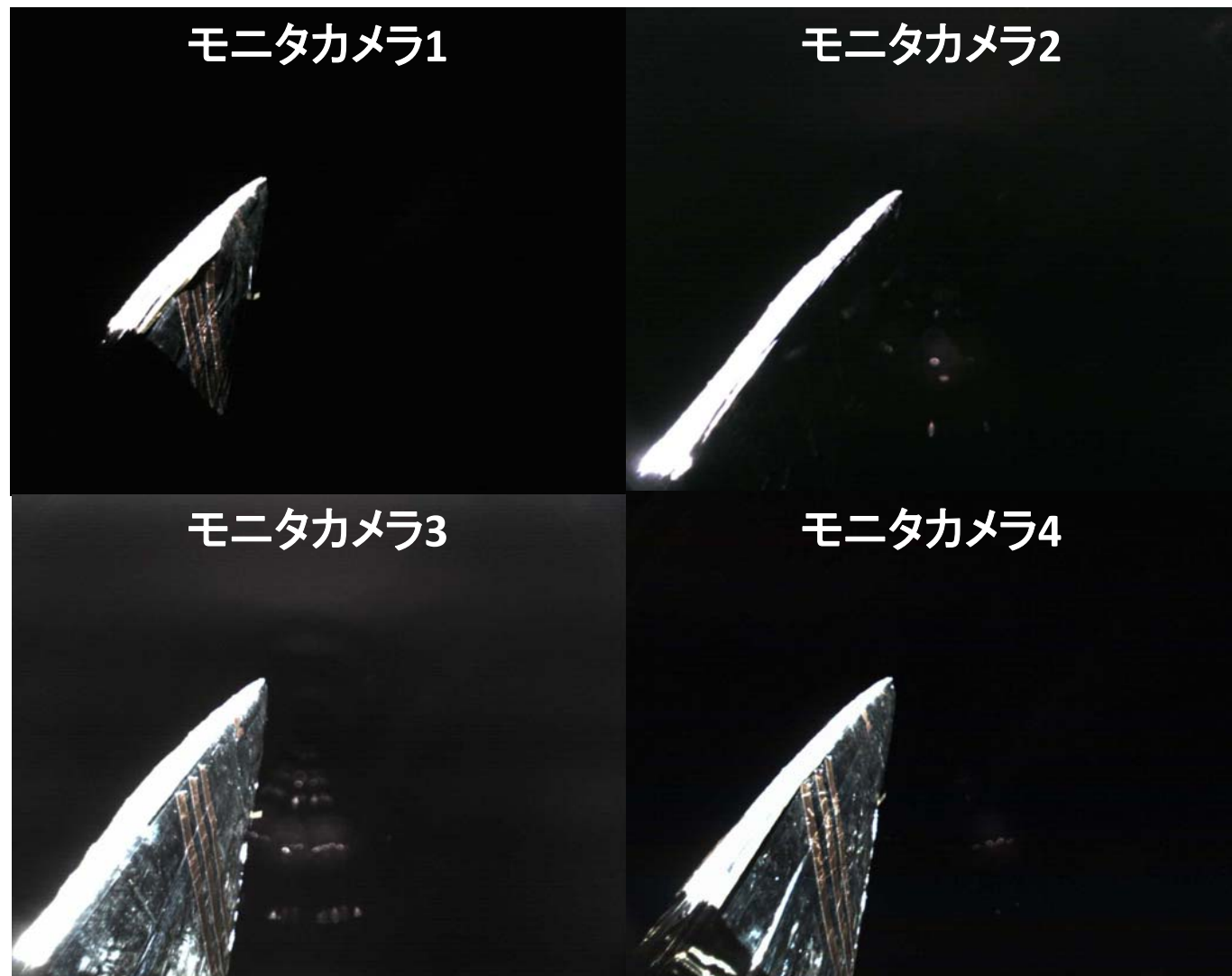


一次展開中のモニタカメラ画像(初期)

3 秒毎に撮像



一次展開中のモニタカメラ画像（中期）



一次展開後のモニタカメラ画像

6月8日に一次展開を終了

モニタカメラ1



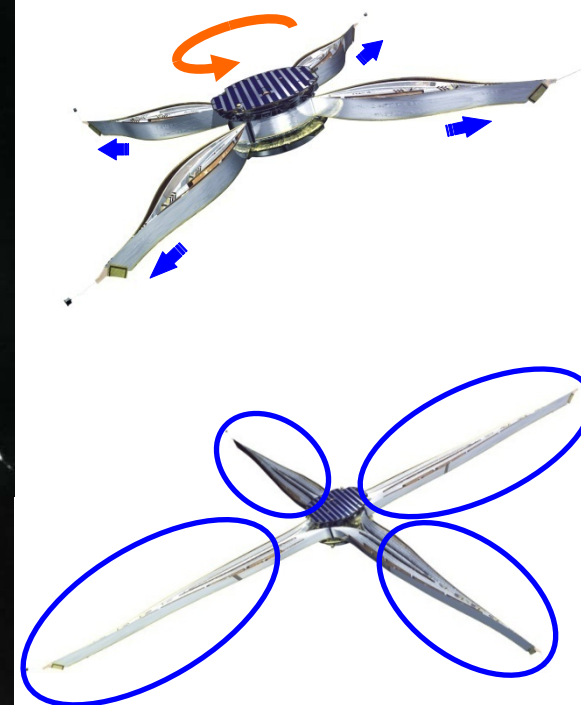
モニタカメラ2



モニタカメラ3

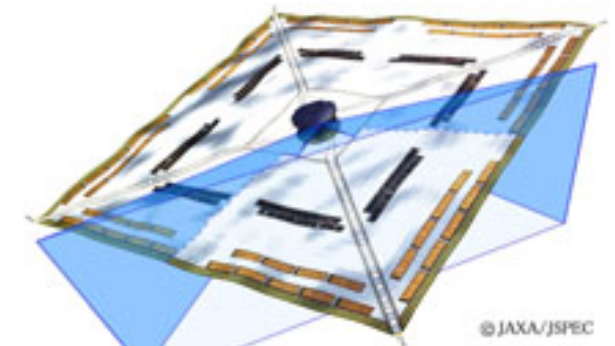
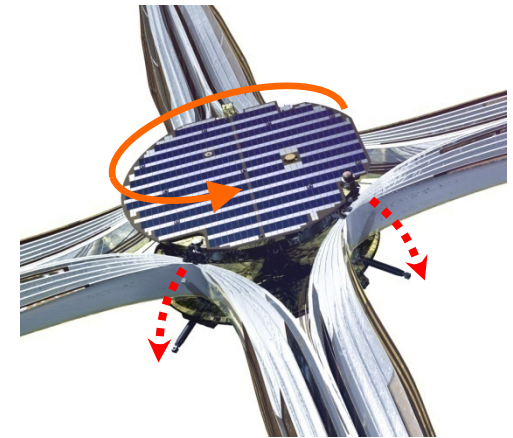
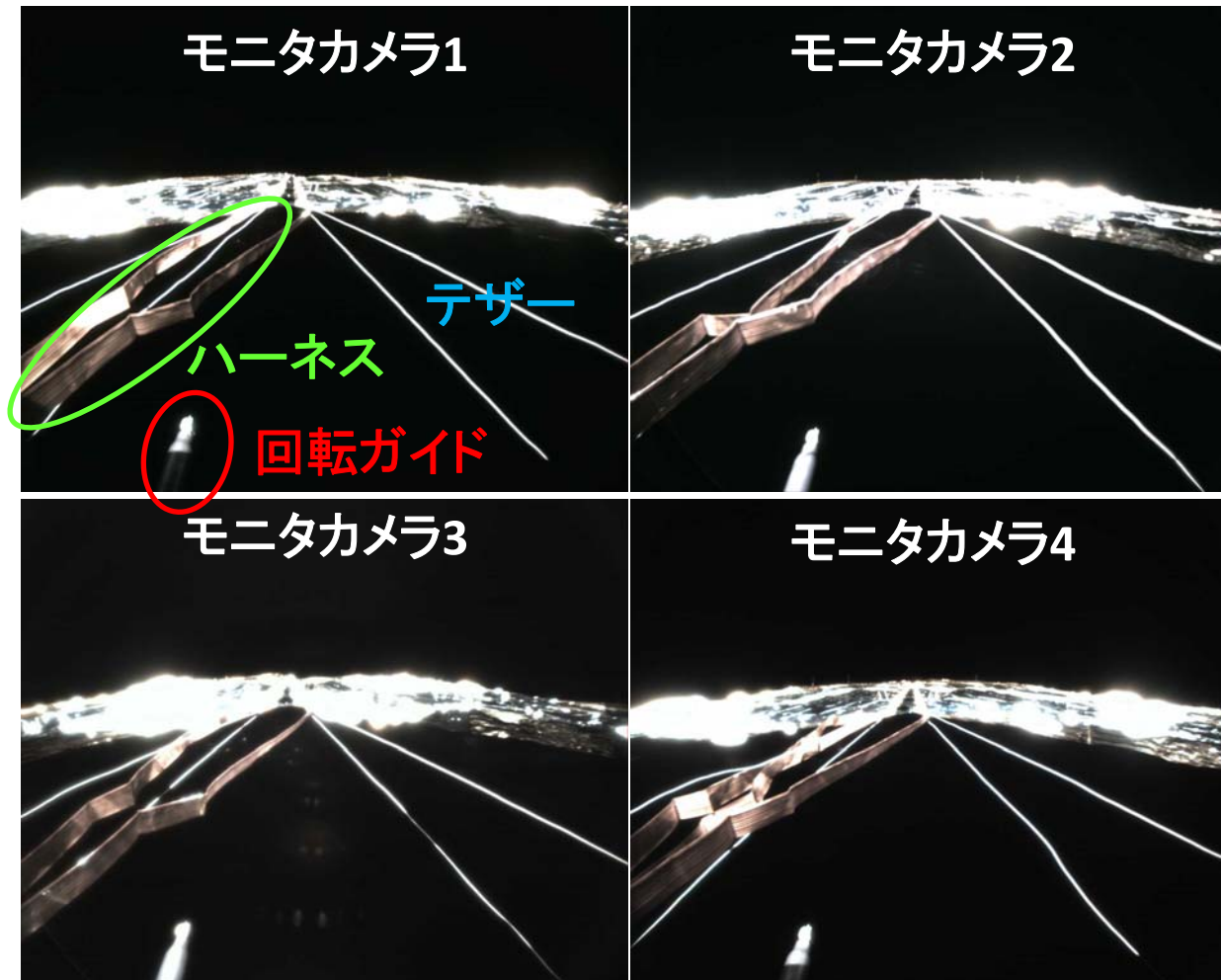


モニタカメラ4



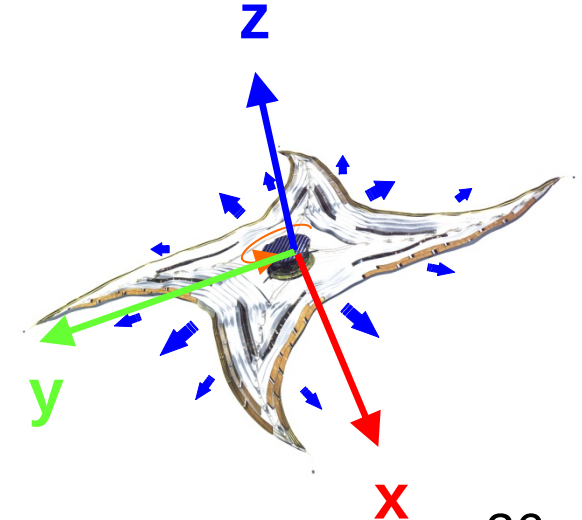
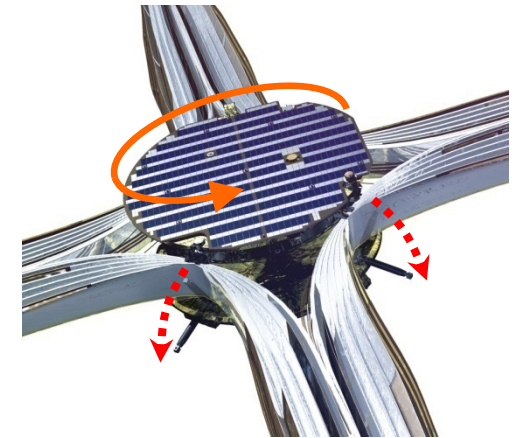
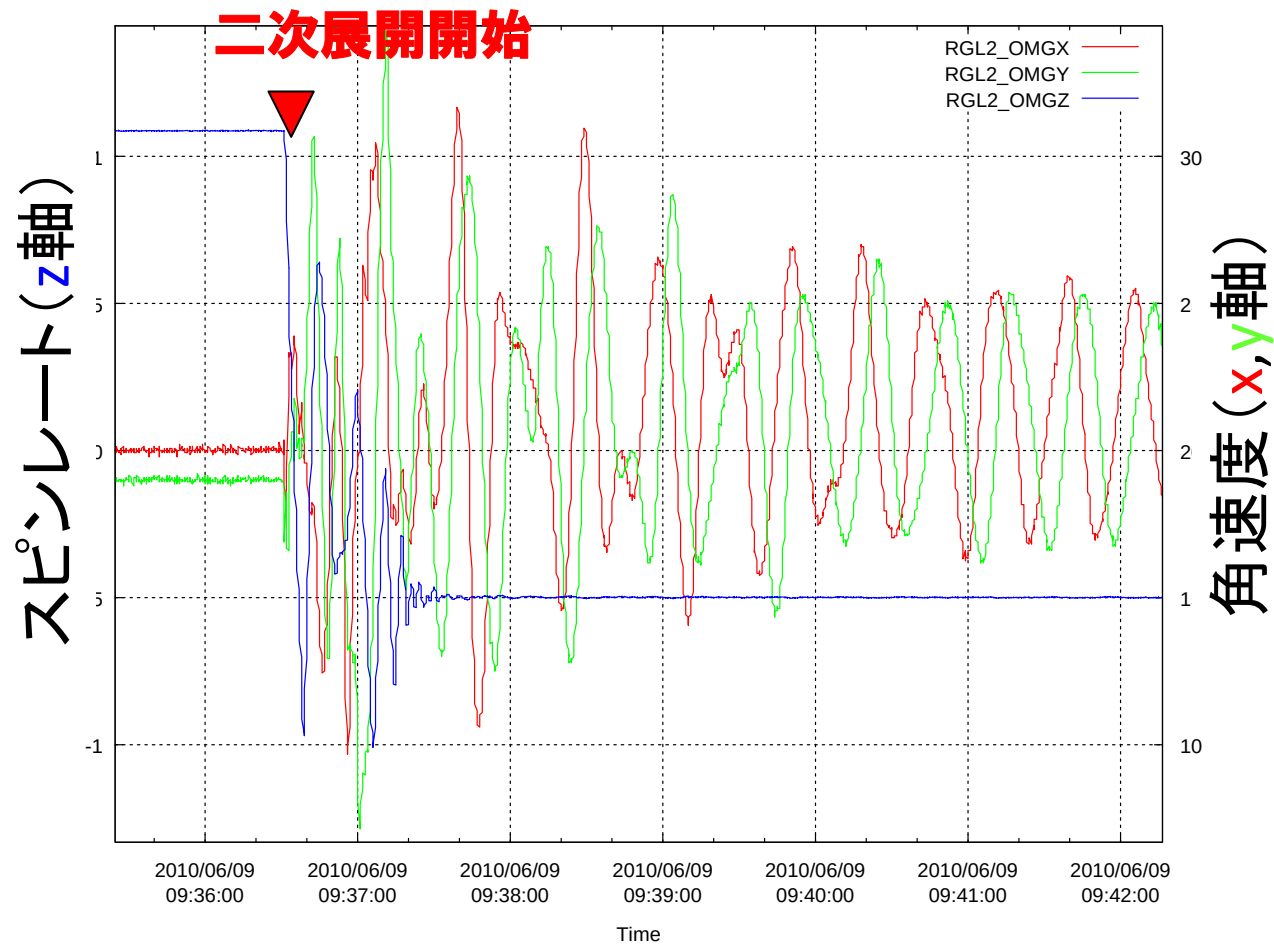
二次展開後のモニタカメラ画像

6月9日に二次展開を実施

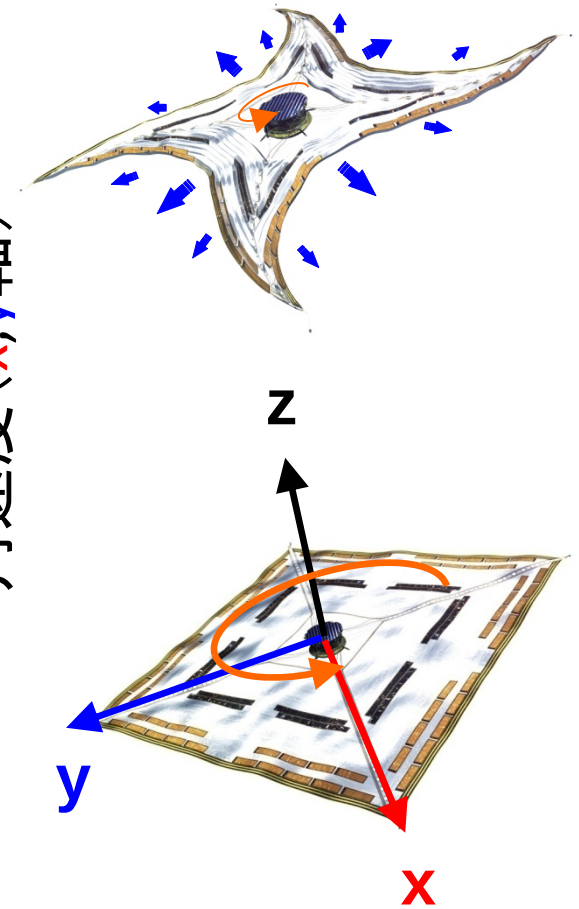
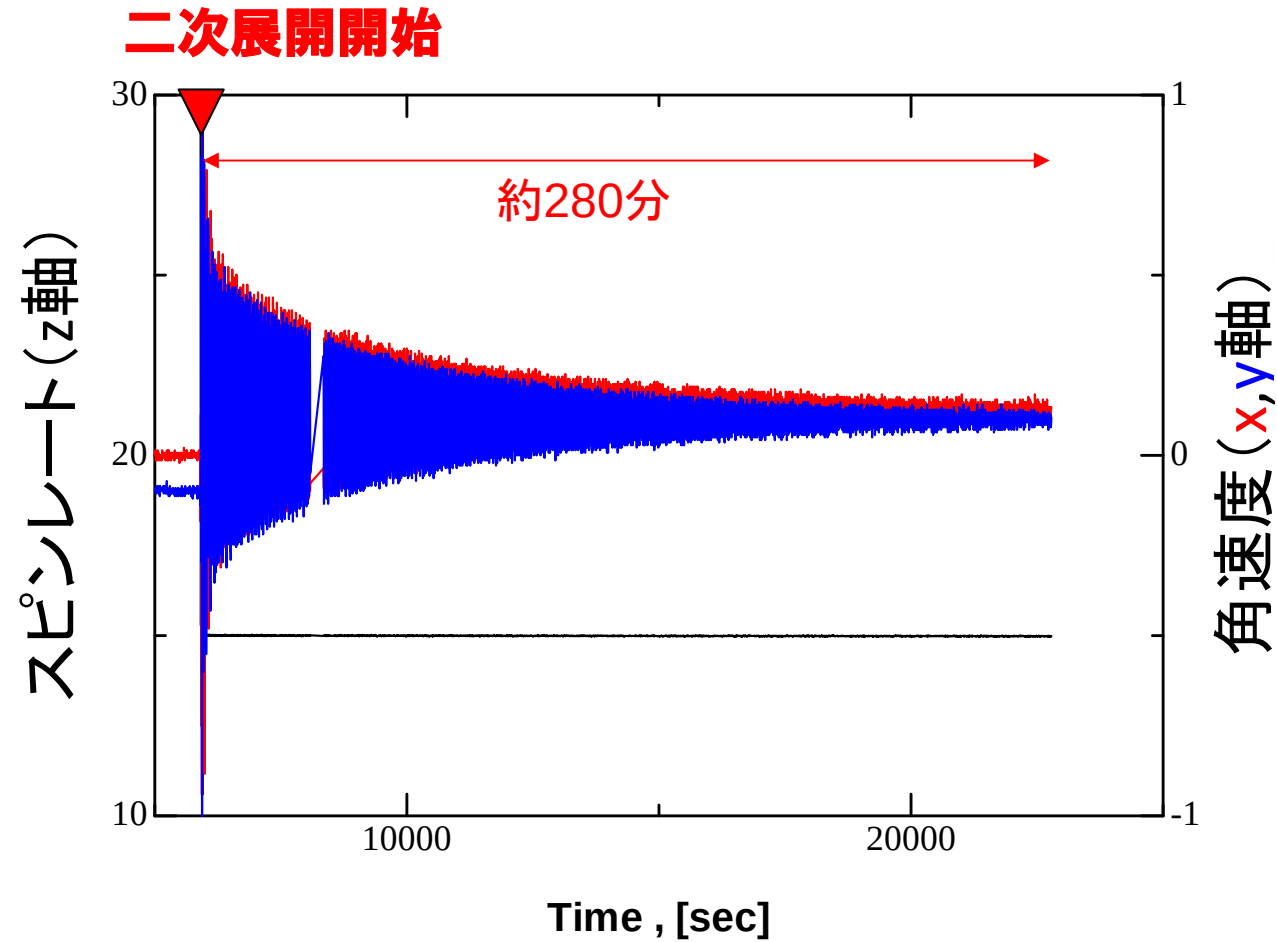


二次展開時の姿勢

回転ガイド展開機構を駆動することによって4本の回転ガイドがほぼ同時に110deg展開され、十字の状態から動的に展開される



二次展開後の振動減衰

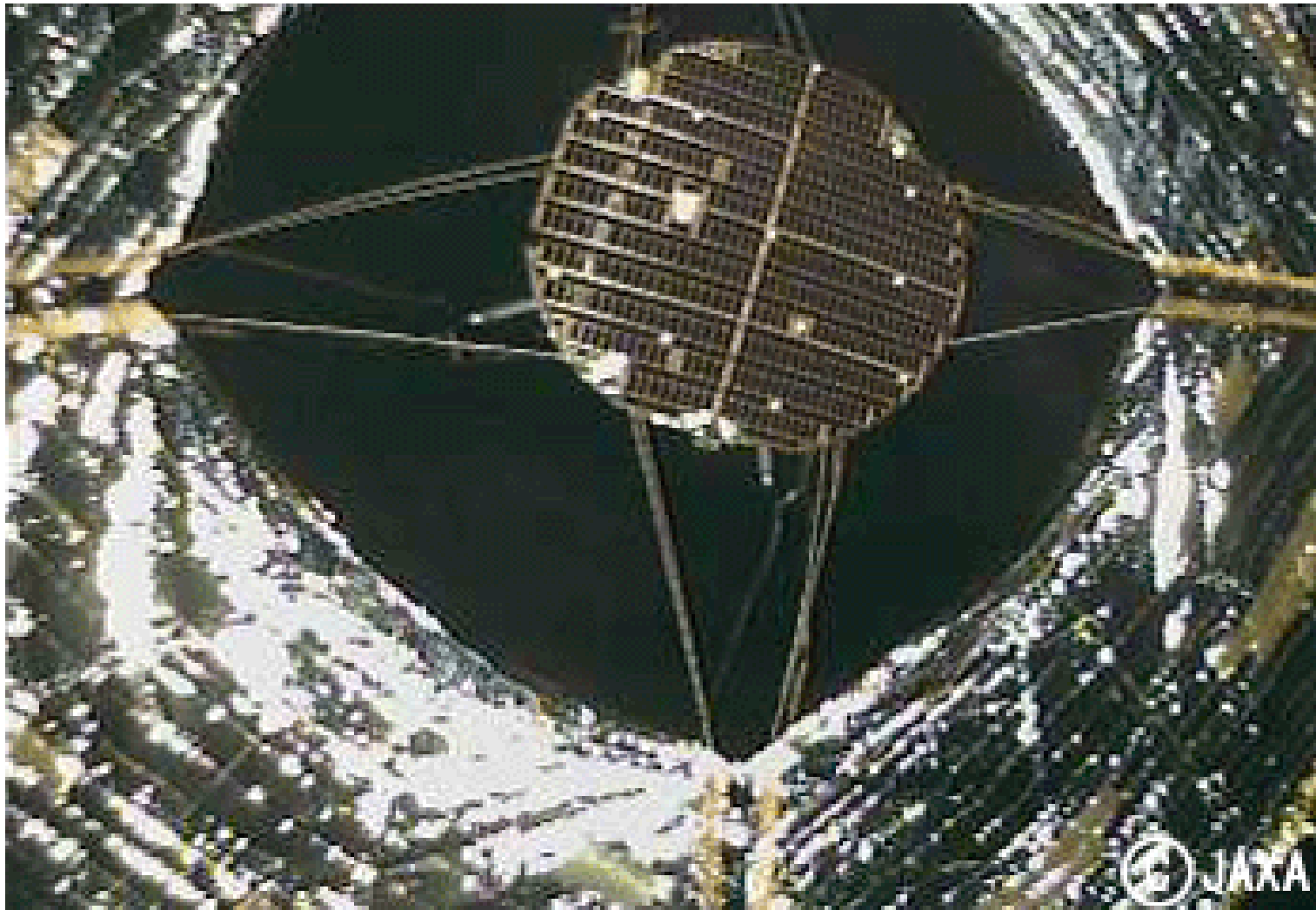


運用室の様子：二次展開直後

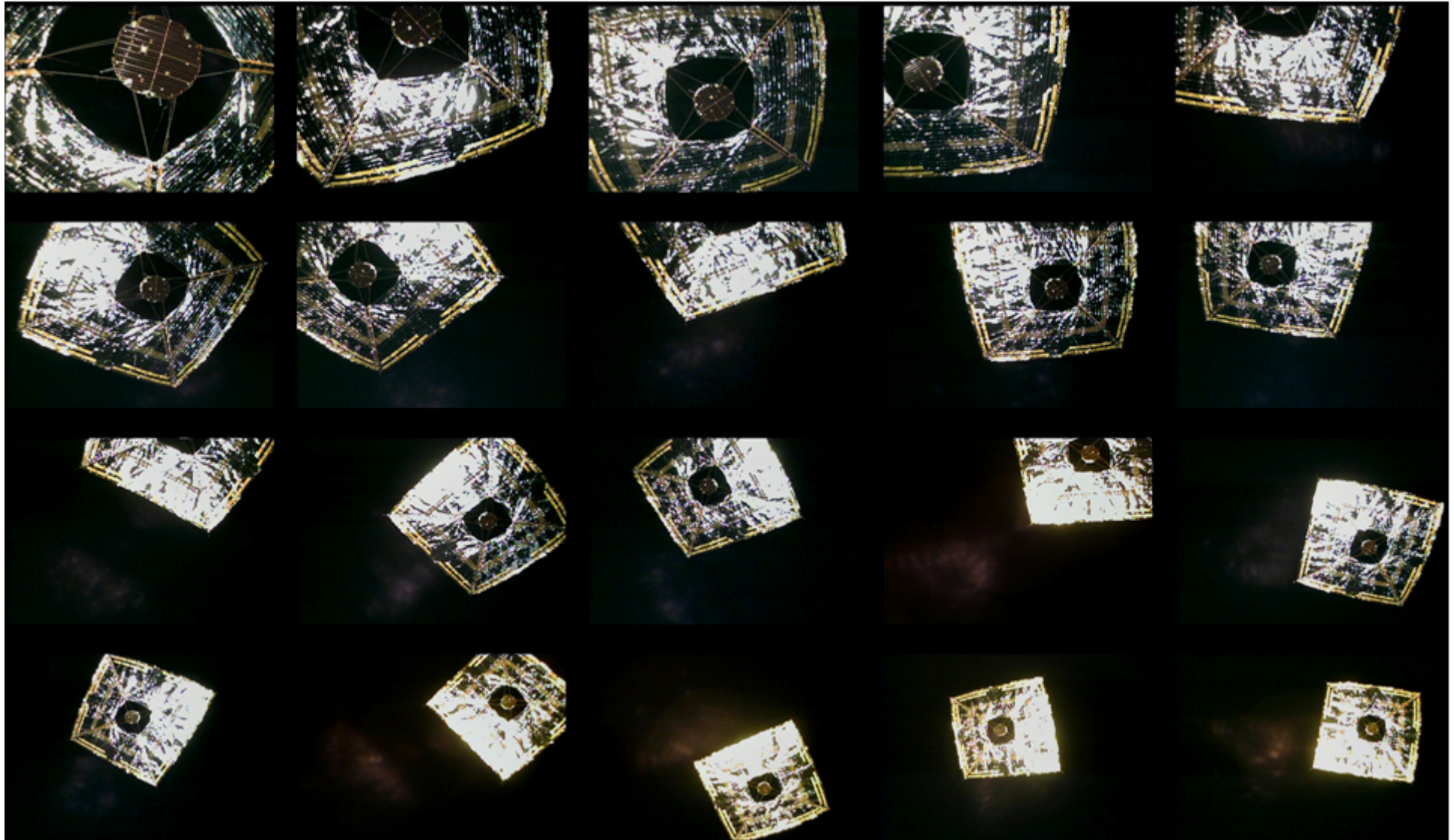


分離カメラ実験(1回目)

6月14日に分離カメラによる撮像実験(1回目)を実施

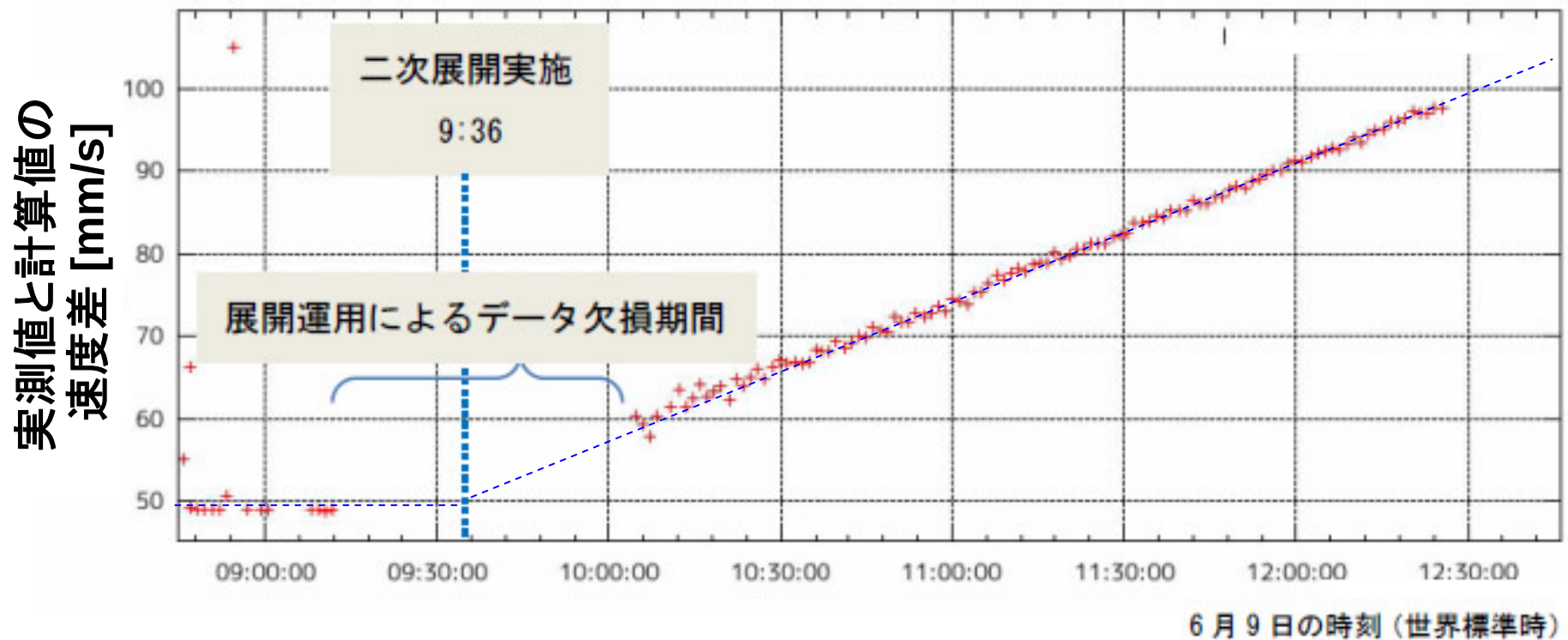


分離カメラ実験(1回目)の画像



速度変化による光圧確認

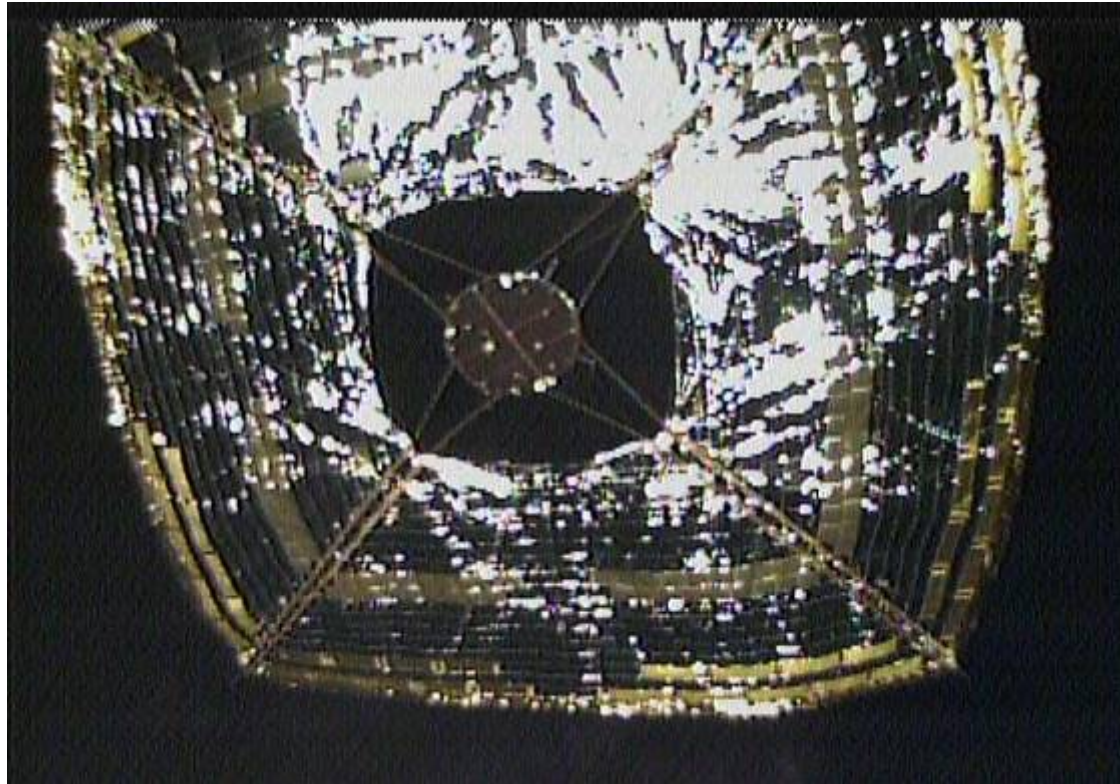
6月9日にイカロスの速度変化からソーラーセイルによる加速を確認.



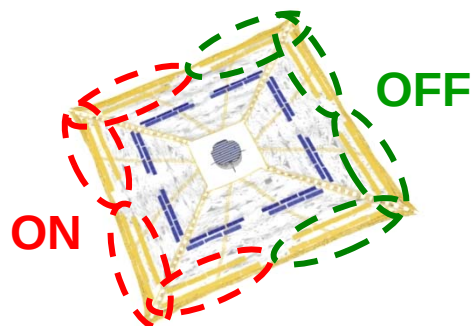
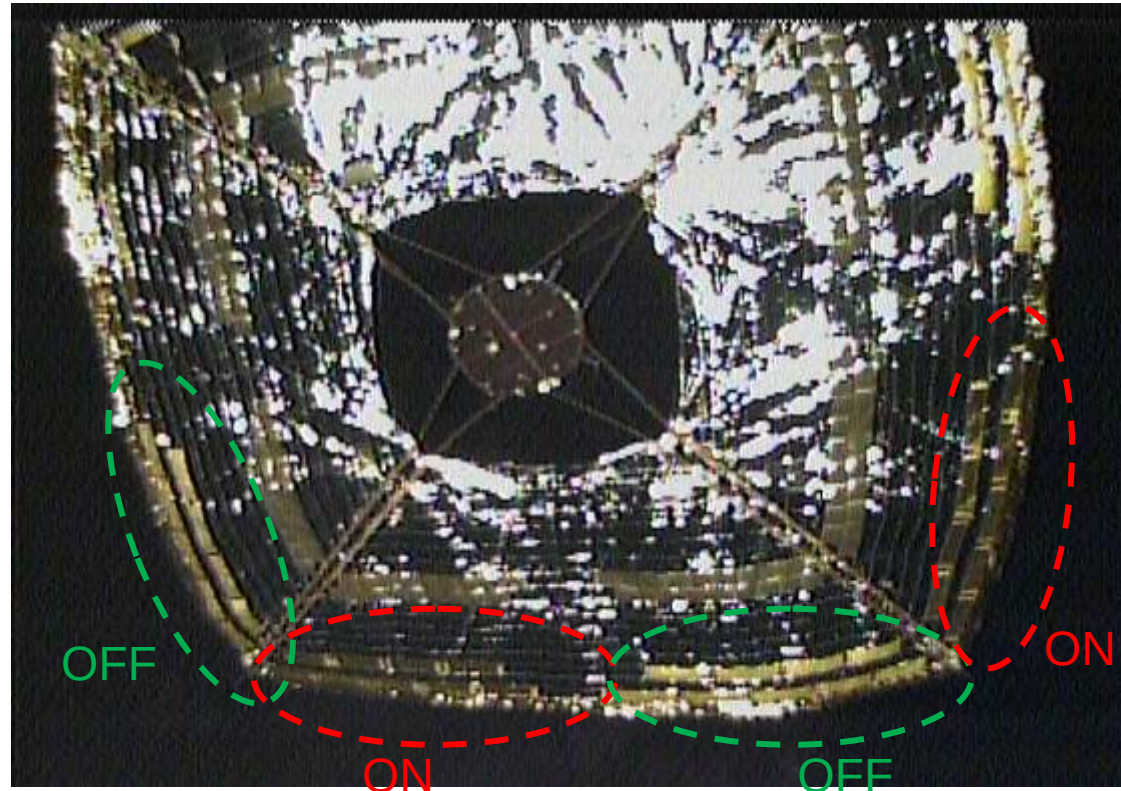
速度変化から算出される太陽光圧による推力=0.1g

世界初のソーラーセイルの誕生！

液晶デバイスの動作確認



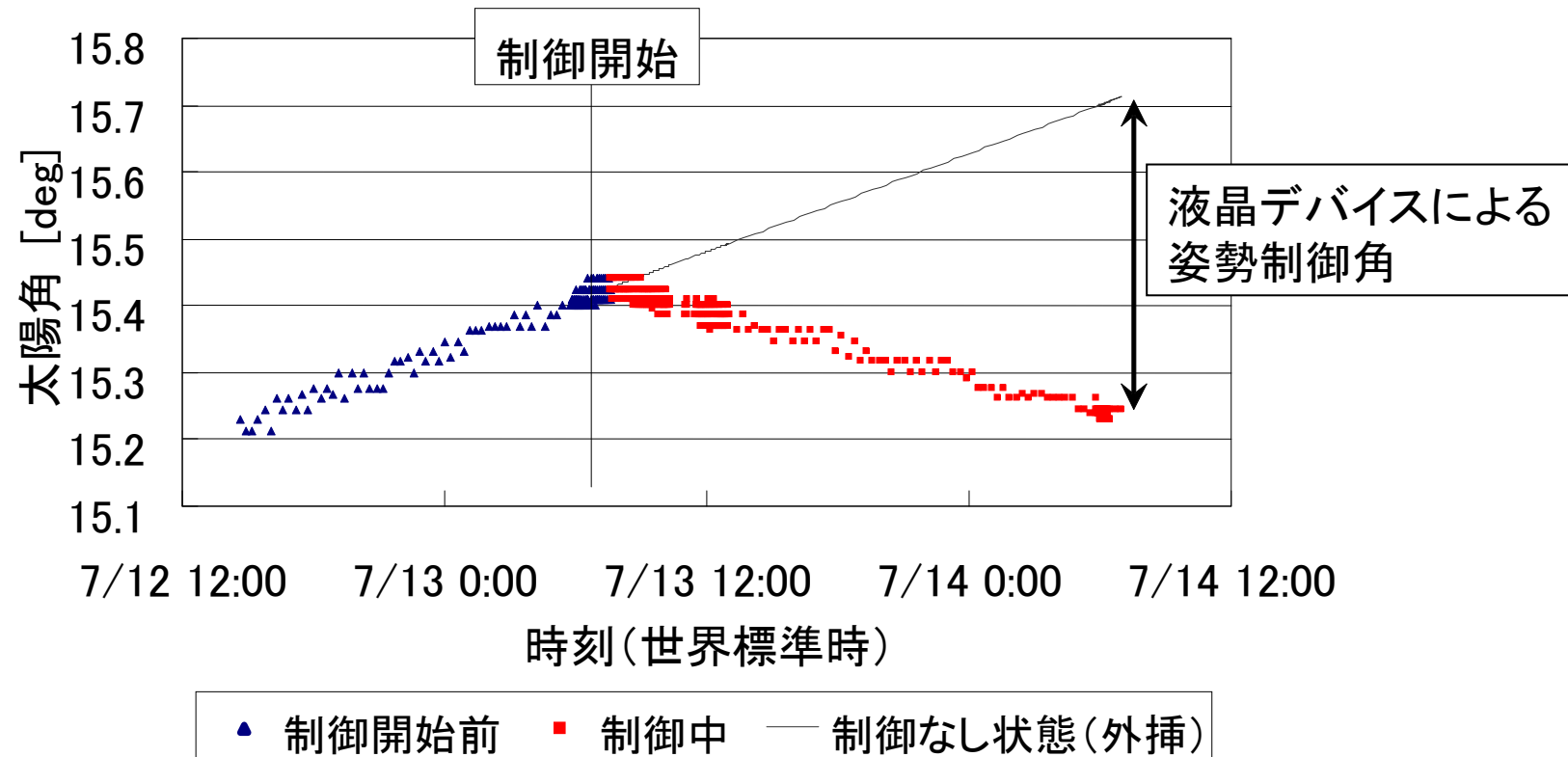
液晶デバイスの動作確認



(鏡面反射)

(拡散反射)

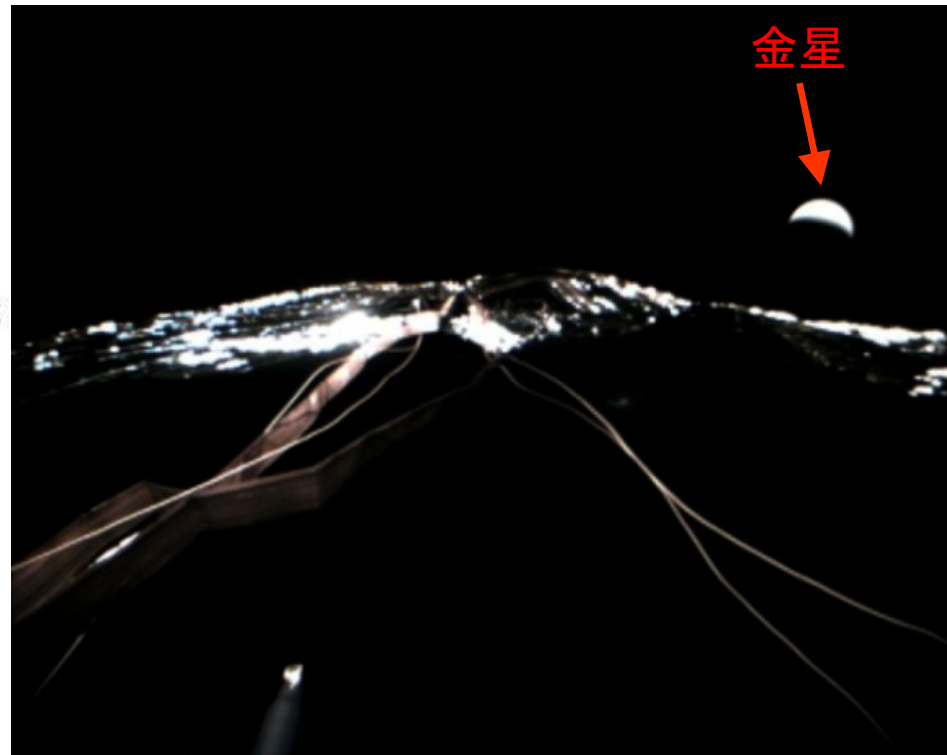
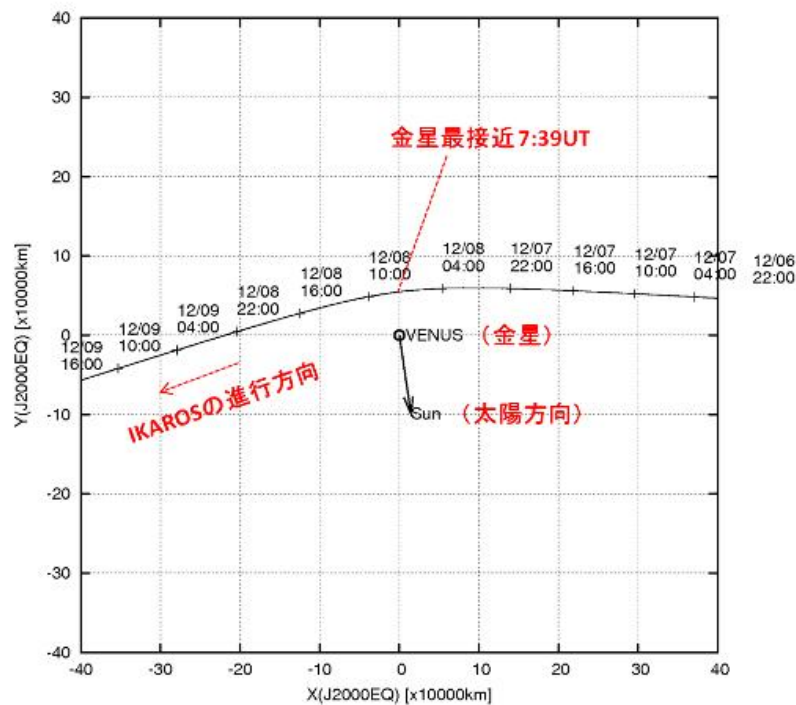
液晶デバイスによる姿勢制御



本実験実施時の実証機のスピレート、太陽距離、太陽角等を加味した初期評価により、想定する姿勢制御角の90%以上の制御性能を達成していることを確認

金星通過

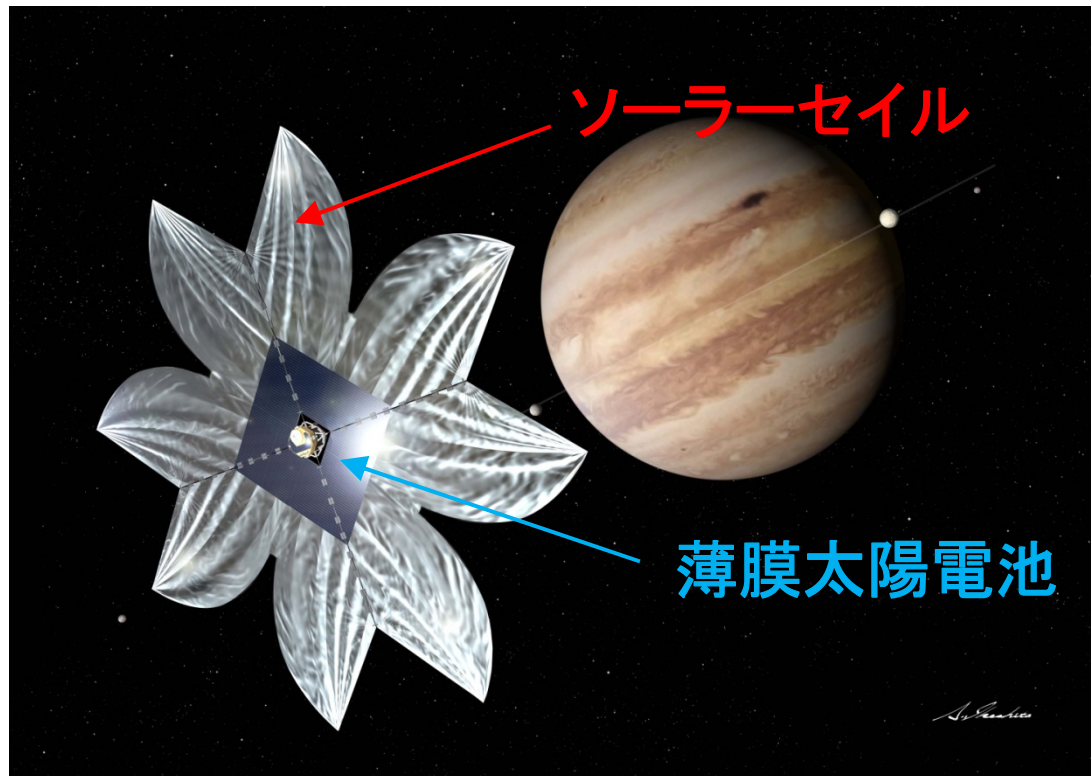
12月8日に、金星からおよそ8万kmの距離を接近通過(フライバイ).



ソーラーセイルによって減速した結果、あかつきより1日遅く最接近した.

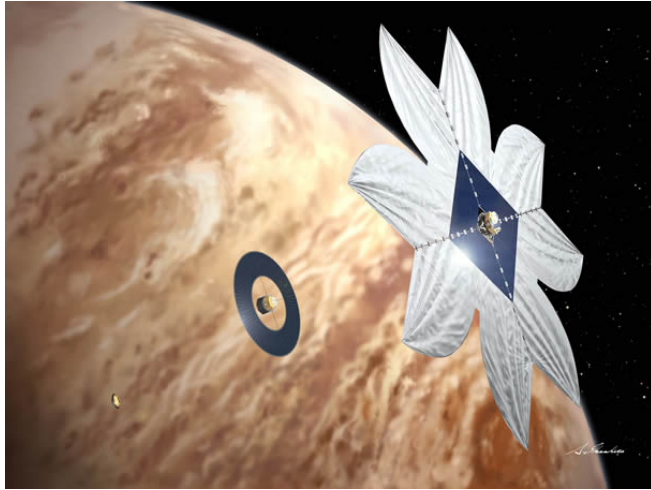
ソーラー電力セイル探査機

10倍の面積のソーラーセイルに薄膜太陽電池を貼り付け大電力を確保する. 高性能のイオンエンジンも駆動し, ハイブリッド推進を行う.

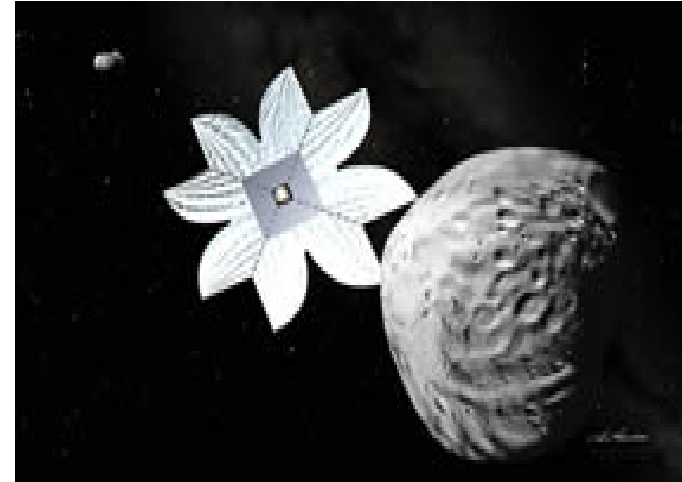


燃料:ソーラーセイル(燃料なし)+イオンエンジン(燃料節約)
電力:薄膜太陽電池で発電

木星圏探査計画



木星探査

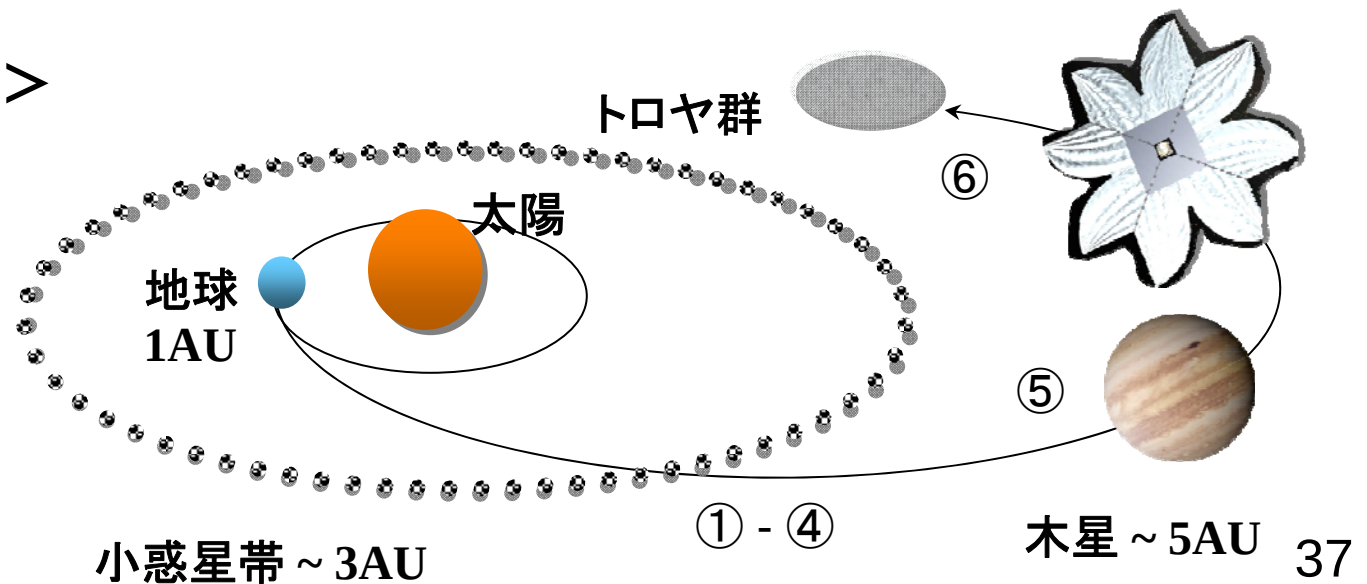


トロヤ群小惑星探査

＜2019年ごろ打上げ＞

木星到達 +4.5年

トロヤ群到達 +9年



まとめ

- ・イカロスは、2010年5月21日に打ち上げられ、世界初のソーラー電力セイルの実証に成功した。
- ・2010年12月8日に金星を通過し、当初のミッションをすべて達成した。
- ・現在、延長ミッションを実施中。
- ・これらの実績も踏まえ、ソーラー電力セイル探査機による木星圏探査計画を検討中。

イカロスによって太陽系大航海時代がはじまった！



IKAROSホームページ: http://www.jspec.jaxa.jp/ikaros_channel/index.html
(ブログ, twitter)

メッセージ 「Bon Voyage !」

「夢を持って挑戦し続ける！」

- ・成功・失敗にこだわりすぎるのではなく、
技術・リスクを認識したうえで、果敢に挑戦することが大事！
- ・たとえ目標がすべて実現されなかったとしても・・・
夢中になって頑張っているコト自体にも意義があり、
きっと新しい道が開けると思う。
- ・夢のスイッチが入ればだれでも頑張れる。
- ・どうやって夢を見つけるか？
興味があることに挑戦しているうちに夢がきっと見つかるはず！

「君も太陽系をヨットに乗って旅しよう！」

皆さんがそれぞれの夢を見つけ素敵な旅に出かけますように・・・