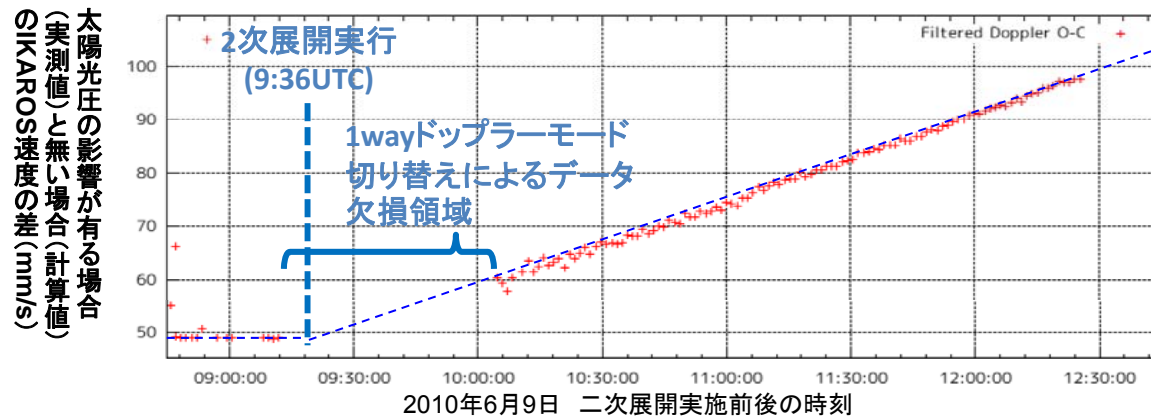


## 2. ミッション要求に対する確認結果 ソーラーセイルによる加速実証

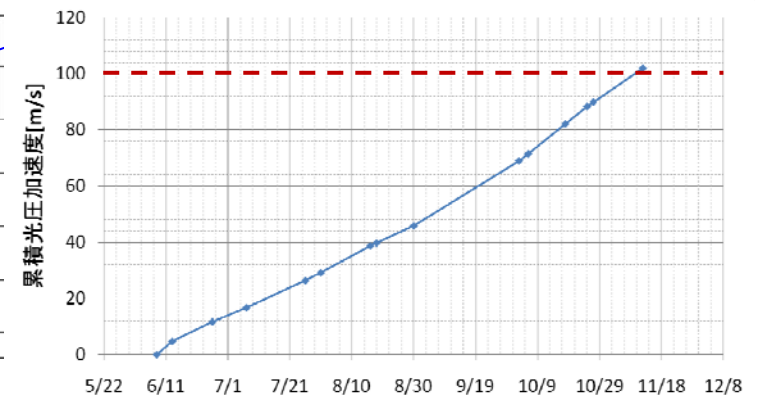
- ・膜面展開後, ドップラーにて光子加速を実証した.
- ・太陽光圧による推力を算出した結果, 設計値とほぼ一致した.  
⇒世界初のソーラーセイルの誕生
- ・太陽距離・太陽角が異なる条件で太陽光圧による推力を評価した.  
⇒累積光圧加速量は100m/sとなった.

### 膜面展開時のドップラー履歴



ドップラーから算出される太陽光圧による推力 = 1.1mN

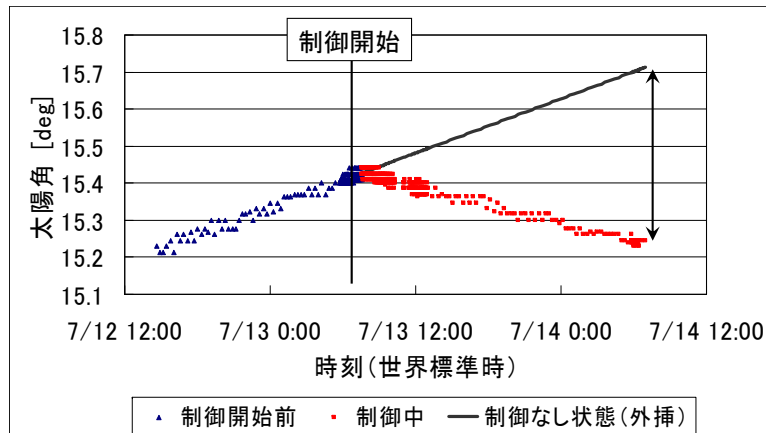
### 累積光圧加速量



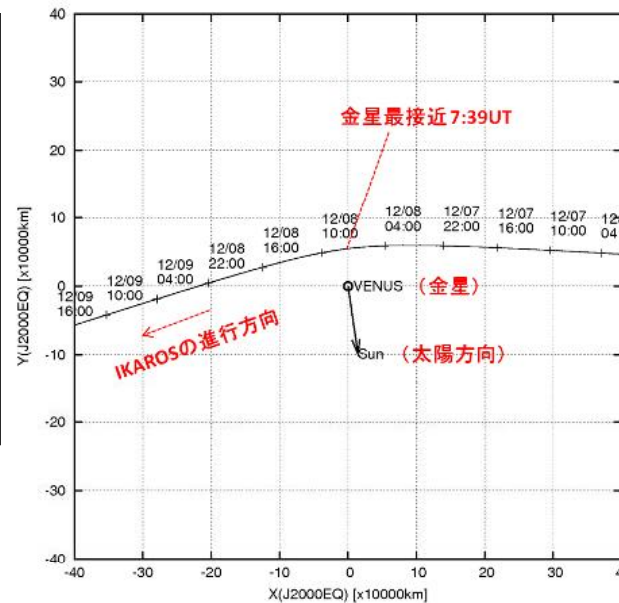
11月までに累積加速量100m/sを達成

## 2. ミッション要求に対する確認結果 ソーラーセイルによる航行技術の獲得

- ・液晶デバイスについて、動作チェック、姿勢制御実験を行い、想定通りの制御性能を達成していることを確認した。
- ・2010年12月8日に、金星からおよそ8万kmの距離をフライバイした。ソーラーセイルによる非弾道飛行をした結果、あかつきより1日遅く最接近した。あかつきは金星の太陽側へ誘導されたのに対し、IKAROSは金星の夜側へ誘導された。



本実験実施時の実証機のスピンレート、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した。



※ひずみ補正処理  
未実施

### 3. 後期運用計画 概要

---

---

後期運用計画の概要を以下に示す。

- ・期間：2012年3月末頃まで  
(後期運用終了時に継続運用の是非を判断)
- ・使用地上局：臼田64mアンテナ
- ・後期運用の目的  
後期運用では、ソーラー電力セイル技術の基盤となり得る、  
航法誘導等に関する、より深い知見を得ること及び後継機の開発に  
寄与する以下の技術実証と観測を実施する。  
ソーラー電力セイルミッション 新規：4テーマ，継続：3テーマ  
オプション機器(GAP, ALDN, VLBI)ミッションの継続  
新規開発機器(気液平衡スラスタ, 中利得アンテナ, ミッション系エレキ)の評価

# 3. 後期運用計画 主ミッションに関するテーマ

(1) 大型膜面の展開・展張	<p>＜継続1＞展開運動および展張状態を評価し、膜面の機械的な劣化を評価する。          ＜新規1＞膜面挙動・膜面形状の変化を積極的に引き出して展張状態の力学モデルを構築する。</p>
(2) 薄膜太陽電池による発電	<p>＜継続2＞発電性能を評価し、薄膜太陽電池システムの劣化を評価する。</p>
(3) ソーラーセイルによる加速実証	<p>＜継続3＞膜面の加速性能を評価し、膜面の反射特性の劣化および光子加速の姿勢依存性を評価する。          ＜新規2＞膜面形状変化から太陽光圧の反射率と面積の分離精度を向上させて膜面の光学パラメータモデルを構築する。</p>
(4) ソーラーセイルによる航行技術の獲得	<p>＜新規3＞IKAROSと地球の距離が大きくなることを利用して、光子加速下の軌道決定精度を評価する。          ＜新規4＞軌道周期単位の長期的な誘導制御性を評価する。</p>

- ・いずれのミッションも2012年3月31日までに達成予定で、IKAROSが「世界で唯一」取得できるデータであり、ソーラー電力セイル技術の基盤となりえる。
- （日本がこの分野をリードすることは、木星・トロヤ群小惑星探査計画を含む、次世代の外惑星探査において有益）
- ・新たに後期運用にて実施するミッションは、大型膜構造の研究や太陽輻射圧を含む軌道決定・誘導制御の研究に寄与する。これらは、ソーラーセイルに限定されない重要な技術であり、さまざまなプロジェクトに応用可能である。

## 3. 後期運用計画 新規テーマの補足

### ＜新規テーマ1, 2＞大型膜構造の研究に寄与

定常運用の結果、太陽角・スピントを変化させると膜面形状が変化し、太陽光圧下での膜面挙動が変化することを確認した。後期運用では、太陽角・スピントの組合せを積極的に広範囲に変化させて以下を実施する。

#### ・展張状態の力学モデルを構築する。

(膜面形状・膜面挙動の変化を積極的に引き出して実現。)

#### ・膜面の光学パラメータモデルを構築する。

(膜面形状変化から太陽光圧の反射率と面積の分離精度を向上させて実現。)

### ＜新規テーマ3, 4＞太陽輻射圧を含む軌道決定・誘導制御の研究に寄与

定常段階に比べ、IKAROS・地球・太陽の相対位置が大きく変化することを積極的に利用して以下を実施する。

#### ・光子加速下の軌道決定精度を評価する。

(地球距離に連動して軌道決定精度が劣化する。)

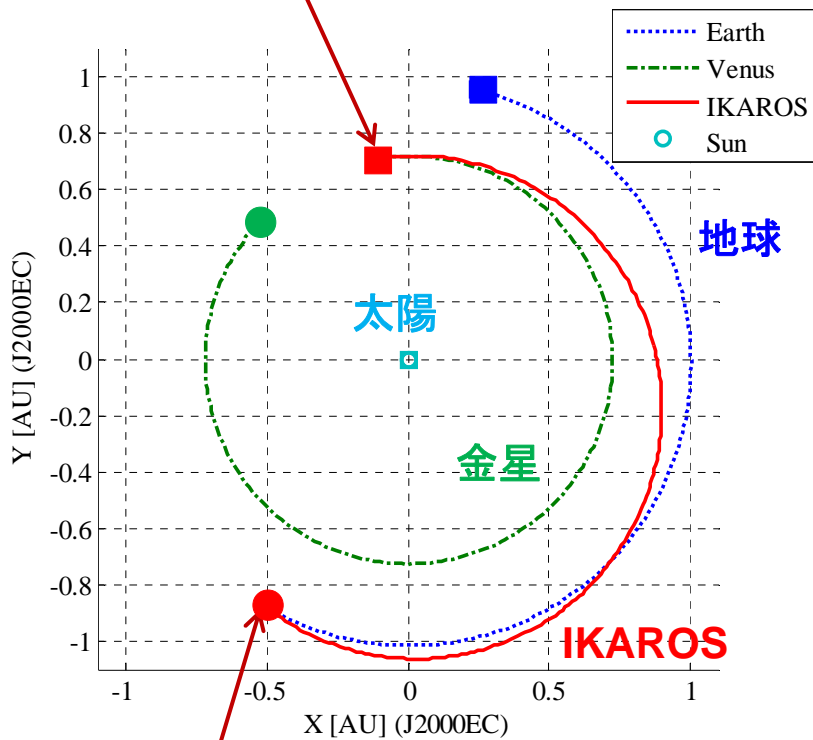
#### ・長期的な誘導制御性を評価する。

(太陽まわりの周回を単位とした期間で探査機の軌道制御を評価する。)

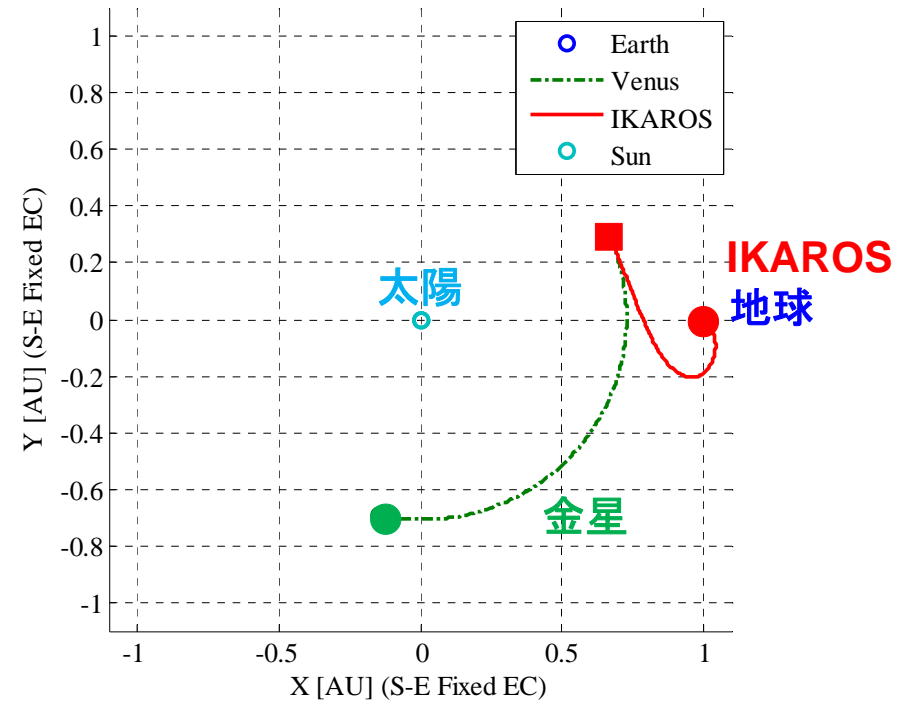
# 3. 後期運用計画 軌道計画(打上げ～金星最接近)

●: 打上げ(2010年5月21日)  
■: 金星最接近(2010年12月8日)

金星最接近(2010年12月8日) ■



太陽・地球固定系

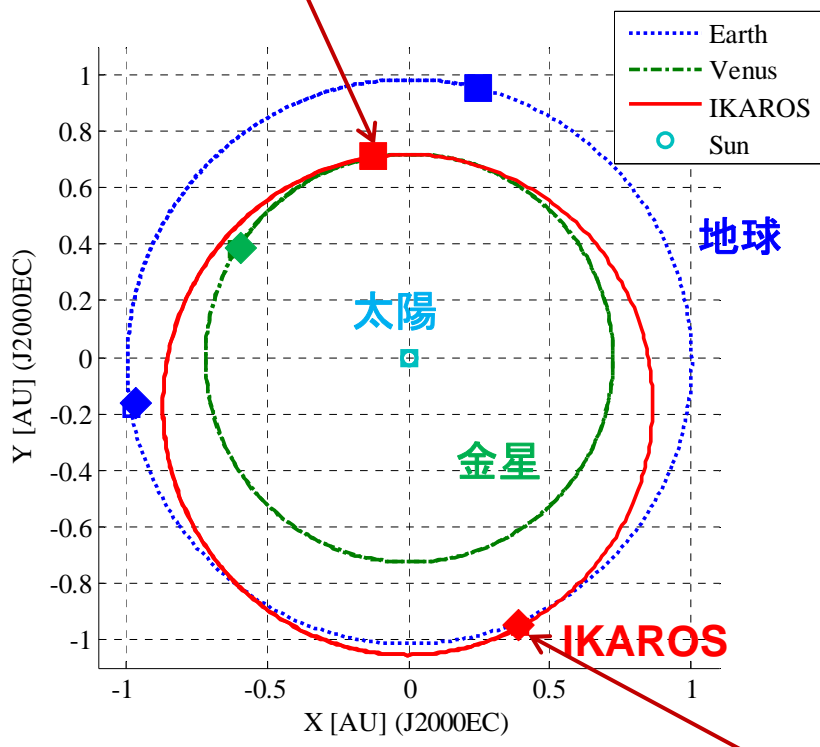


打上げ(2010年5月21日) ●

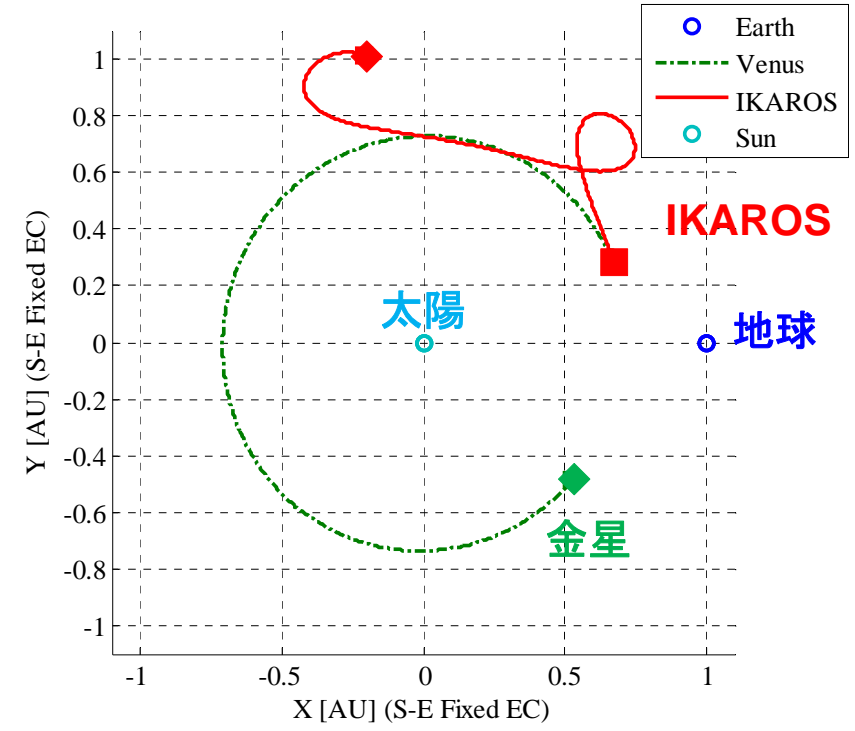
# 3. 後期運用計画 軌道計画(金星最接近~FY11末)

■ : 金星最接近(2010年12月8日)  
◆ : 2011年度末(2012年3月31日)

金星最接近(2010年12月8日) ■



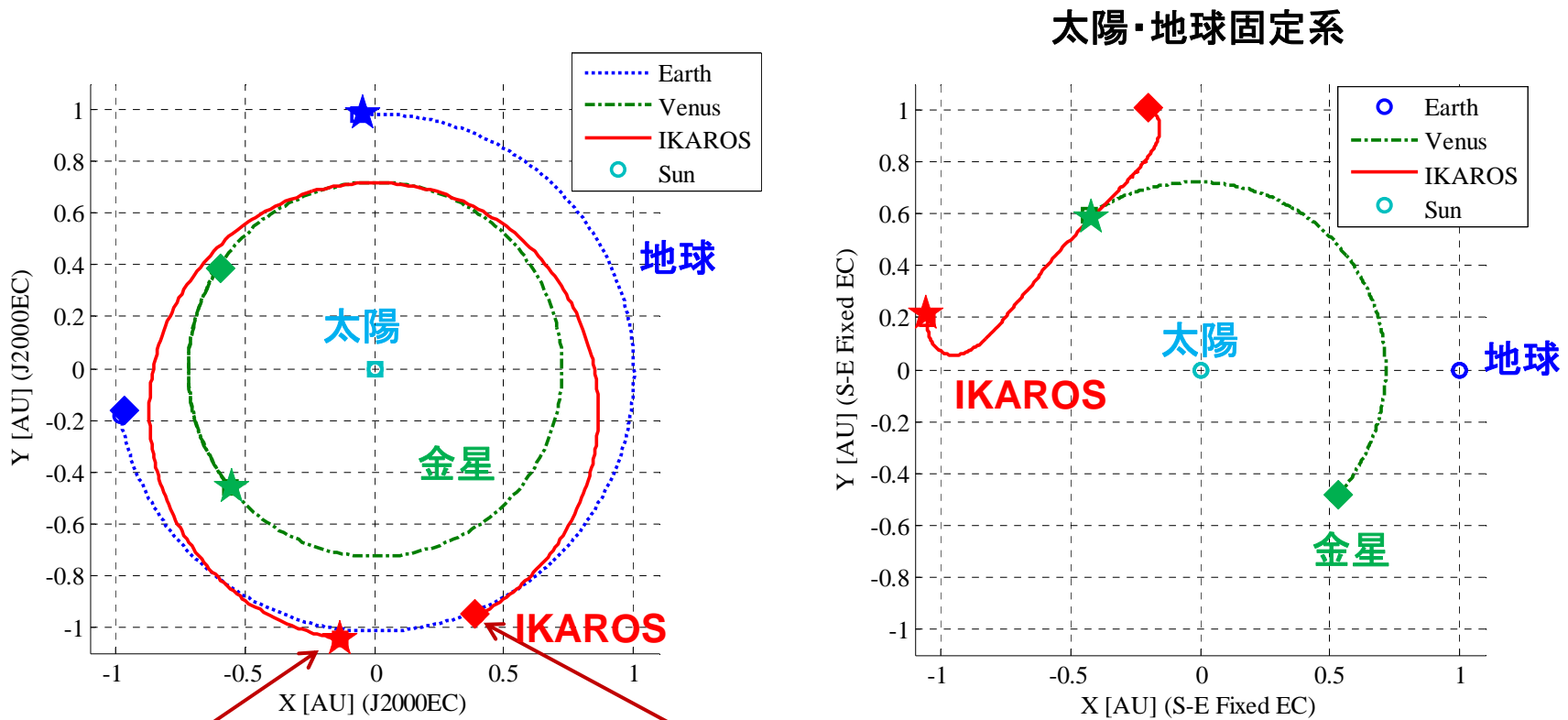
太陽・地球固定系



2011年度末(2012年3月31日) ◆

# 3. 後期運用計画 軌道計画 (FY11末～最遠点)

◆: 2011年度末 (2012年3月31日)  
★: 最遠点 (2012年12月6日)



最遠点 (2012年12月26日) ★

2011年度末 (2012年3月31日) ◆



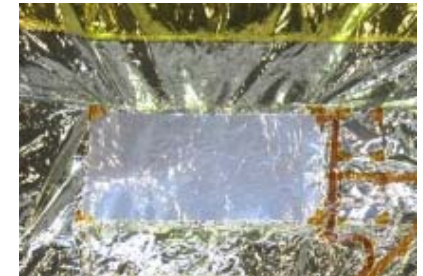
# 3. 後期運用計画

## オプション機器ミッションの継続

(1) GAP:ガンマ線バースト偏光検出器 (GAP= GAMMA-ray burst Polarimeter)  
 中心の散乱体とそれを取り囲む12枚の蛍光検出器からなる、散乱型ガンマ線偏光検出器で、**世界で初めてガンマ線バーストの偏光度を測定する。**



(2) ALDN:大面積宇宙塵検出器  
 (ALLADDIN= Arrayed Large-Area Dust Detector for INterplanetary Space)  
 宇宙塵の衝突時刻, 信号ピーク値, 信号の減衰時間などを記録し,  
**地球より太陽に近い領域での宇宙塵の分布を解明する。**



(3) VLBI計測用マルチトーン送信器  
 (VLBI= Very Long Baseline Interferometry)  
 非常に遠くで輝いているクエーサーを利用して, IKAROSの軌道を  
 正確に測定する**ΔVLBI技術を確実に習得し, 将来ミッションにおいて,**  
**定常的にΔVLBIを用いた高精度軌道決定を行えるようにする。**



### <オプション機器の成果>

- ・GAP, ALDN, VLBIはいずれも, 正常に機能し, 順調に成果を出しているが, システム運用を優先したためにまだ十分な運用時間がとれていない.
- ・いずれも長期運用を実施することで世界一級の成果が期待できる。

### 3. 後期運用計画 運用方針

---

通信回線状況を踏まえた、IKAROSの後期運用の成果を最大化するための運用方針は以下の通り。

2月：姿勢・軌道決定(⇒新規3,4, 継続3)

展張状態・薄膜太陽電池発電確認(⇒継続1,2)

GAP, ALDN観測データの再生

5, 6月：姿勢・軌道決定(⇒新規3,4, 継続3)

展張状態・薄膜太陽電池発電確認(⇒継続1,2)

GAP, ALDN観測データの再生, VLBIによる工学実験

スピンレート・太陽角の広範囲変更後, 姿勢・軌道決定(⇒新規1,2)

7月以降の運用については、6月までの運用結果を踏まえて判断する。

＜現状案＞スピンレート・太陽角の広範囲変更により、

- ・通信状況を改善できる場合 ⇒ 燃料を節約しながら、長期の運用を継続する。
- ・通信状況を改善できない場合 ⇒ 燃料を消費しながら、中利得アンテナのリンク姿勢を維持する。

# 4. 参考資料

## 技術的背景 ソーラー電力セイルとは？

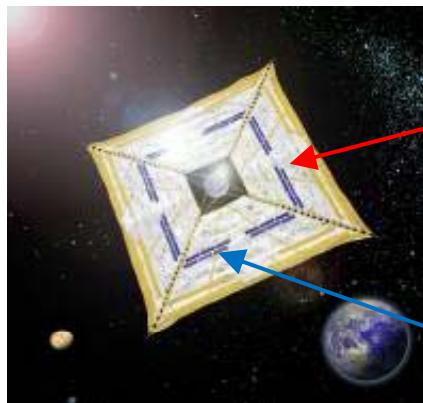
### ・ソーラーセイルとは・

太陽光圧の力をセイル(膜面)に受けて宇宙空間を航行する宇宙帆船であり、太陽の光さえあれば燃料なしで推進力を得ることができる。このアイデア自体は100年程度前からあり世界中で検討されているが、これまで実現されていなかった。⇒IKAROSでついに実現した。

### ・ソーラー電力セイルとは・

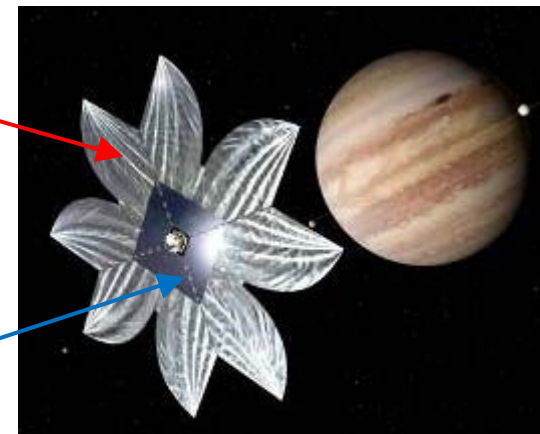
ソーラーセイルに加え、膜面の一部に薄膜の太陽電池を貼り付けてあり太陽光発電も同時に行う日本独自のアイデアである。⇒IKAROSで初めて実証した。

ソーラー電力セイルはソーラーセイルにより燃料を節約できるだけでなく、太陽から遠く離れた場所でも、大面積の薄膜太陽電池を利用して探査機に十分な電力を確保できる。この大電力を用いて、高性能なイオンエンジンを駆動することで、さらに効率的な光子加速とのハイブリッドな推進を実現する。⇒次の計画で実現を目指す。



超薄膜太陽帆

薄膜太陽電池



IKAROS計画  
(小型ソーラー電力セイル実証機)

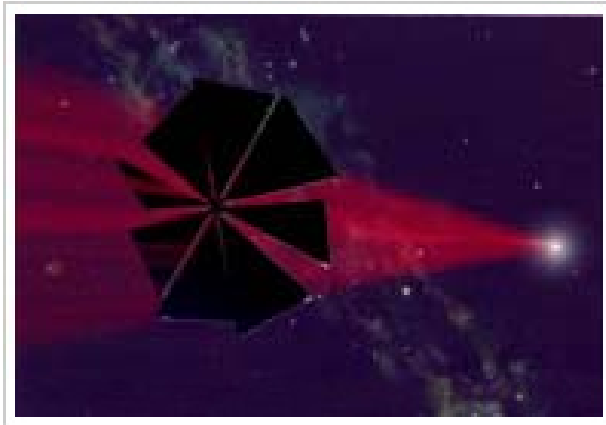
木星・トロヤ群小惑星探査計画  
(ソーラー電力セイル探査機)

## 4. 参考資料

# ソーラー電力セイル研究開発の意義

- ・従来より格段に効率が良いソーラーセイルと電気推進のハイブリッド推進を世界で初めて実証し、柔軟な探査を実現する。  
ソーラーセイルは欧米でミッションを検討中であるがまだ実現されていない。  
ソーラー電力セイルにより日本が太陽系探査を先導する。
- ・薄膜太陽電池により木星圏でも十分な電力供給を可能とする。  
宇宙太陽光発電システムの電池開発の先駆けとなる。  
商業利用や地球環境へ貢献する。
- ・木星以遠に行く外惑星探査技術を日本が獲得する。

<海外で検討されているソーラーセイル>

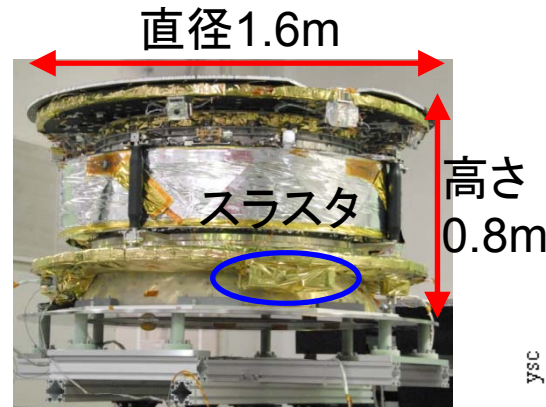
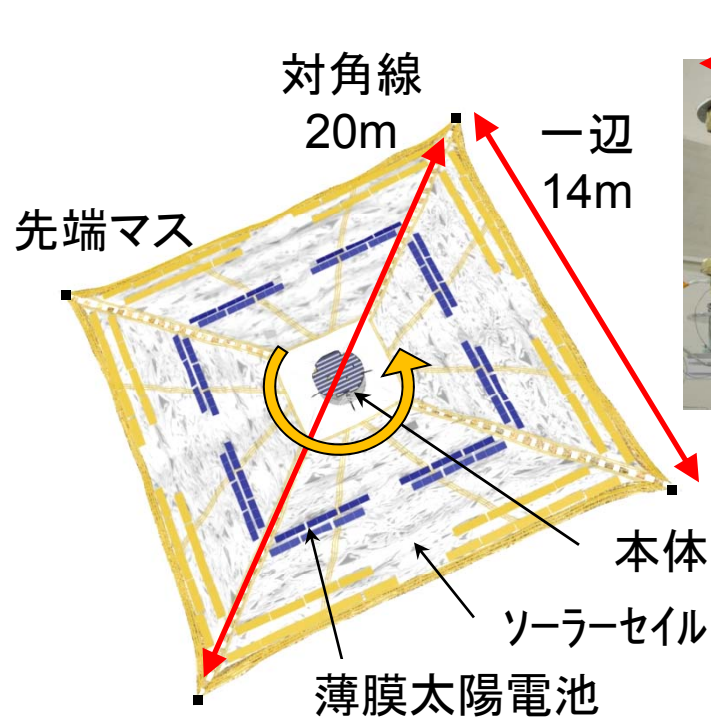


インフレーター型ソーラーセイル

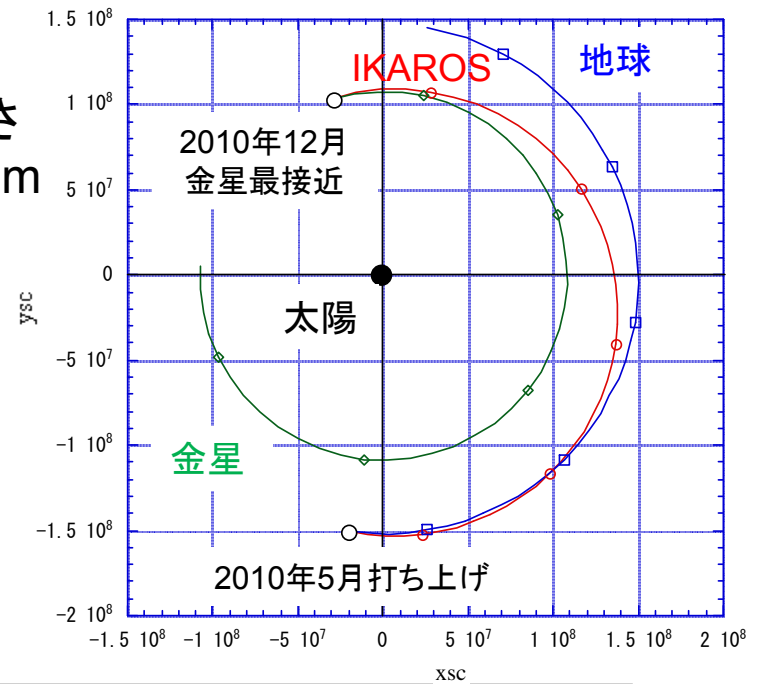
<宇宙太陽光発電システム>



# 4. 参考資料 IKAROSの諸元



地球から金星までの軌道

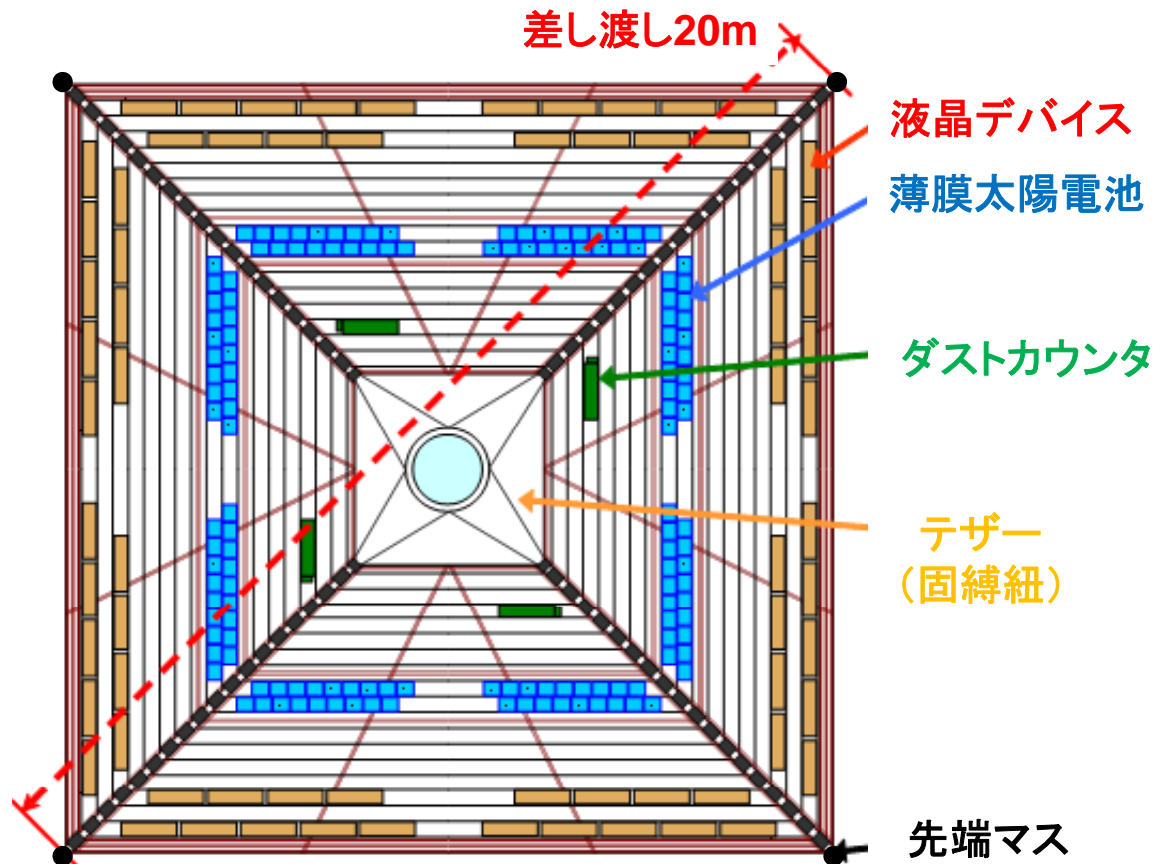


【諸元】

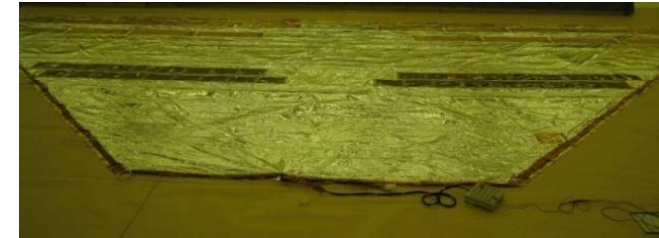
- ・寸法: 本体 直径1.6m × 高さ0.8m  
膜面 差し渡し20m × 厚さ7.5 $\mu$ m
- ・重量: 308kg (うち, 膜面 16kg)
- ・打上げ: 平成22年5月21日
- ・打上げロケット: H-IIA (「あかつき」との相乗り)
- ・ミッション期間: 半年間以上

- ・軌道: 金星直行軌道
- ・軌道決定: レンジ (測距) ・ドップラー (距離変化率)
- ・姿勢制御方式: スピン (膜面の展開・展張)
- ・推進系: コールドガスジェットスラスタ (気液平衡スラスタ)
- ・通信系: 低利得アンテナ (2個), 中利得アンテナ (1個)

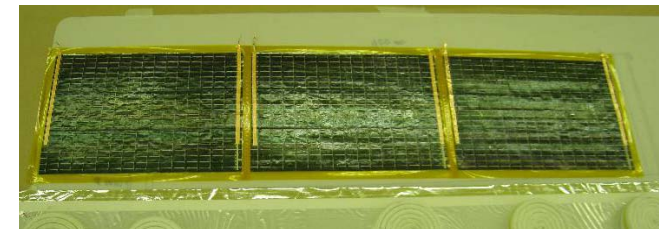
# 4. 参考資料 膜面形状・配置



- ・膜面は差し渡し20mの正方形
- ・テザーにより膜面と本体を結合
- ・先端マス(0.5kg×4個)により膜面・展張をサポート



膜面材料:ポリイミド(厚さ7.5 $\mu$ m)



薄膜太陽電池:a-Si\*1セル(厚さ25 $\mu$ m)  
\*1 アモルファスシリコン(薄膜シリコンの一種)



電源ON  
(鏡面反射)

電源OFF  
(拡散反射)

液晶デバイス:電源ON/OFFにて  
反射条件を切り替え,トルクを発生