

# 太陽光圧を利用したソーラーセイル用燃料フリー姿勢制御系の軌道上実証結果と今後の開発展望

○船瀬 龍(JSPEC/JAXA), 三柵裕也(九大), 白澤洋次(東大), 津田雄一, 佐伯孝尚, 森治, 川口淳一郎(JSPEC/JAXA)

## 本研究の概要

### ✓ ソーラーセイル膜面の姿勢制御技術

- ▶ 膜面の受ける光圧を電氣的に制御することで姿勢制御トルクを発生(燃料を消費しない)
- ▶ インパルス的な制御入力ではないため, 大型柔軟構造物(膜面)の振動を励起しない制御が可能

### ✓ プロジェクトとの関連


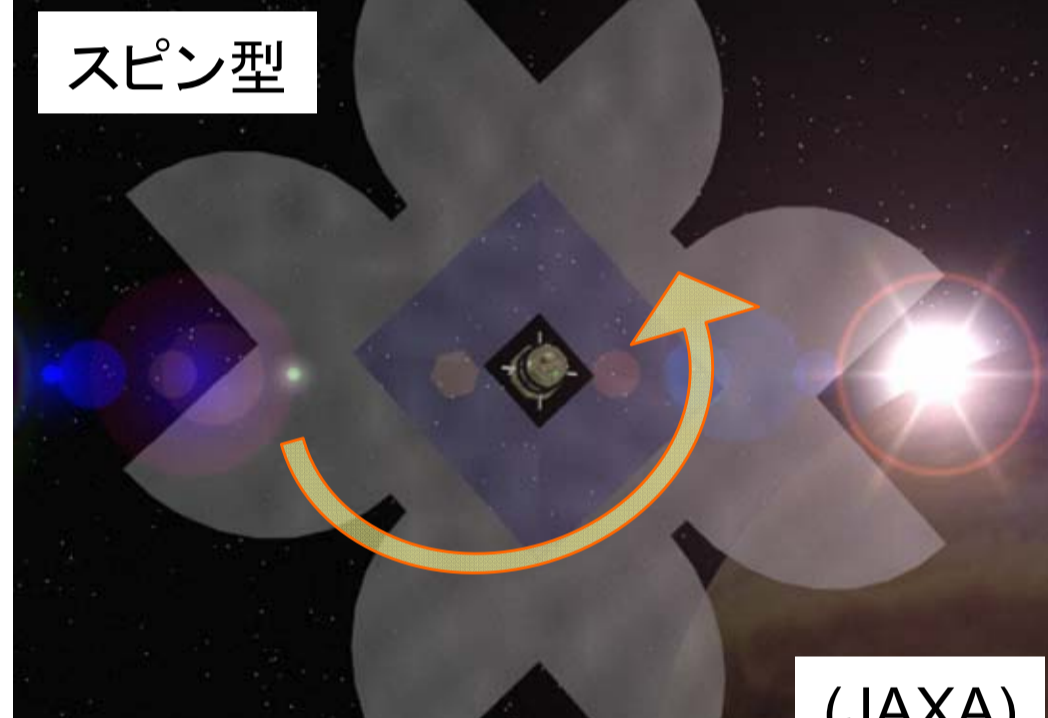
- ▶ ソーラーセイルによる長期間の深宇宙航行を実現するための基礎研究・開発であり, **小型ソーラー電力セイル実証機(IKAROS)で軌道上実証に成功!**

### ✓ 今後の展開

- ▶ IKAROSの後の中型ソーラーセイル計画(木星圏探査)にむけて**姿勢制御性能・耐環境性向上を図る**

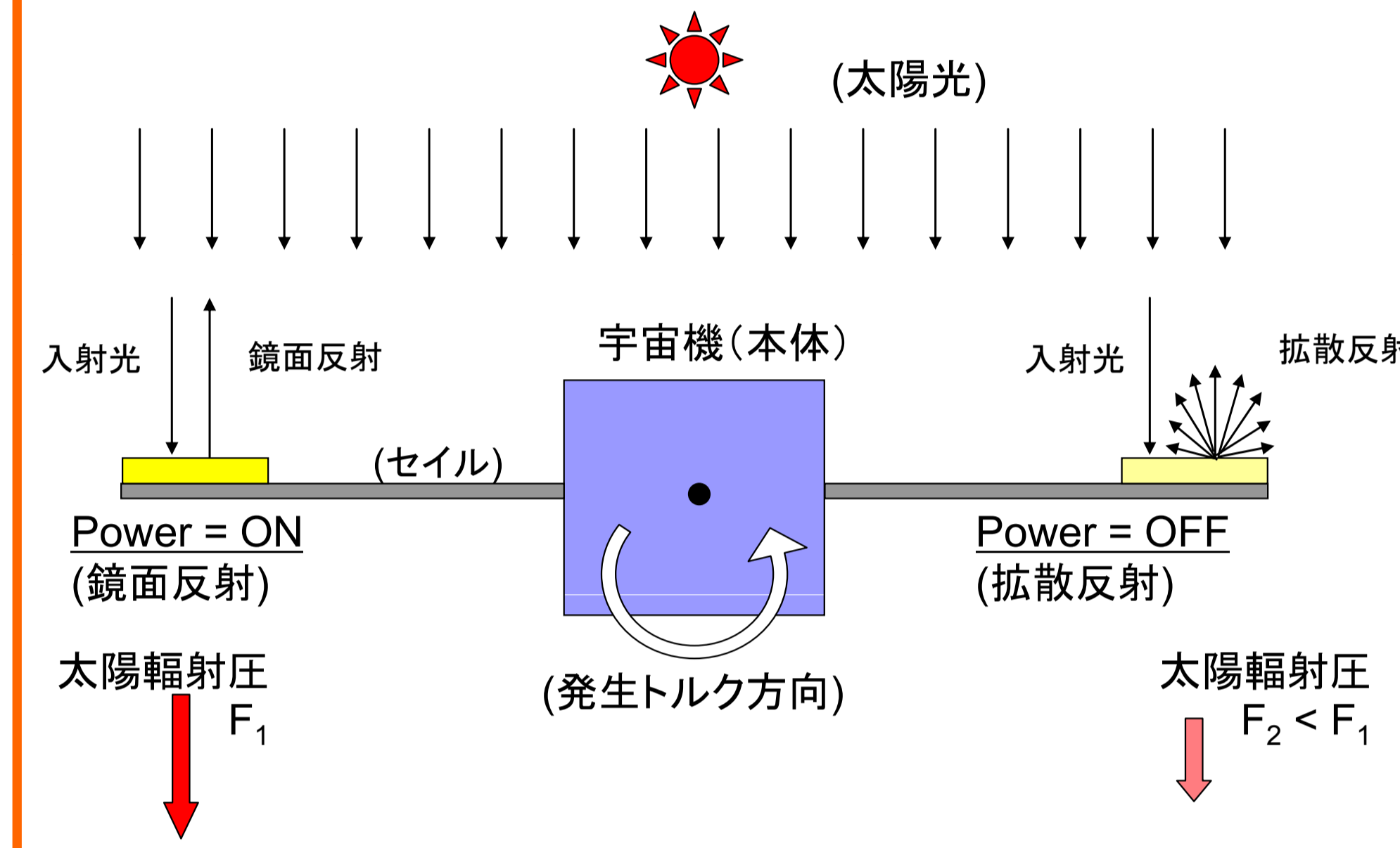
## 燃料フリー・振動フリー姿勢制御系開発の意義

### ソーラーセイルの方式の比較

	支柱型(固定型)	スピン型
<b>支柱型</b> 	重量/面積比 (光子加速性能) △ (固定構造部材による重量オーバーヘッドが大きい)	◎ (究極的には, セイル材料自体の重量/面積比が実現でき, 光子加速性能が高い)
姿勢ダイナミクス	○ (剛体として近似可能)	△ (膜面の柔軟性のため運動が複雑)
姿勢制御用燃料	○ (制御すべき角運動量が小さいため, 燃料消費少)	△ (スピンによる大きな角運動量方向の制御が必要あり, 燃料消費大)
<b>スピン型</b> 	外乱トルク △ (太陽光圧による大きな外乱トルクを補償する必要あり)	○ (太陽光圧による外乱トルクは, スピナー周りで平均化されるため, 姿勢運動が安全)
姿勢制御方式	△ (アクティブな姿勢制御が必要) (外乱トルクを常時補償する必要あり)	○ (安全, 頻りに姿勢制御する必要なし) (制御無しで太陽方向を追尾することも可能)
セイル展開難易度	? (宇宙での展開実績なし)	○ (IKAROSでの展開実績あり)

振動を励起せず, 大量の燃料を消費しないような姿勢制御システムによって, スピン型ソーラーセイルの有用性・適用範囲が向上し, 理想的な(加速性能が高く, 長期・長距離航行可能な)ソーラーセイルが実現できる

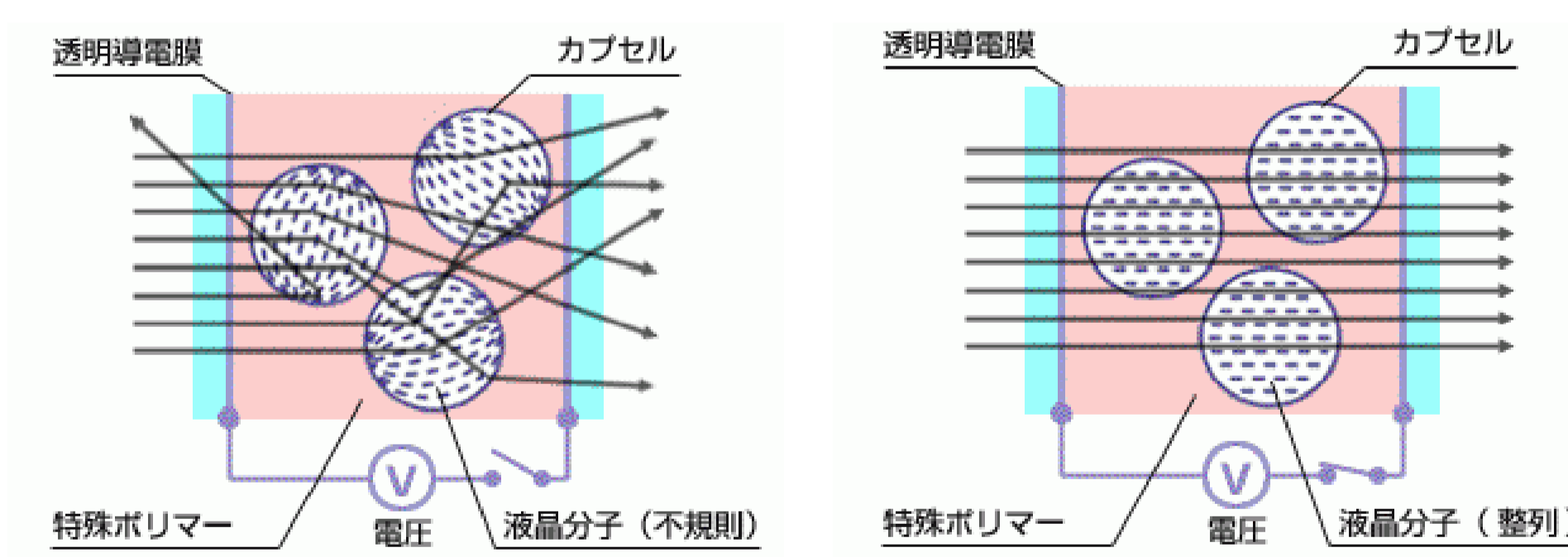
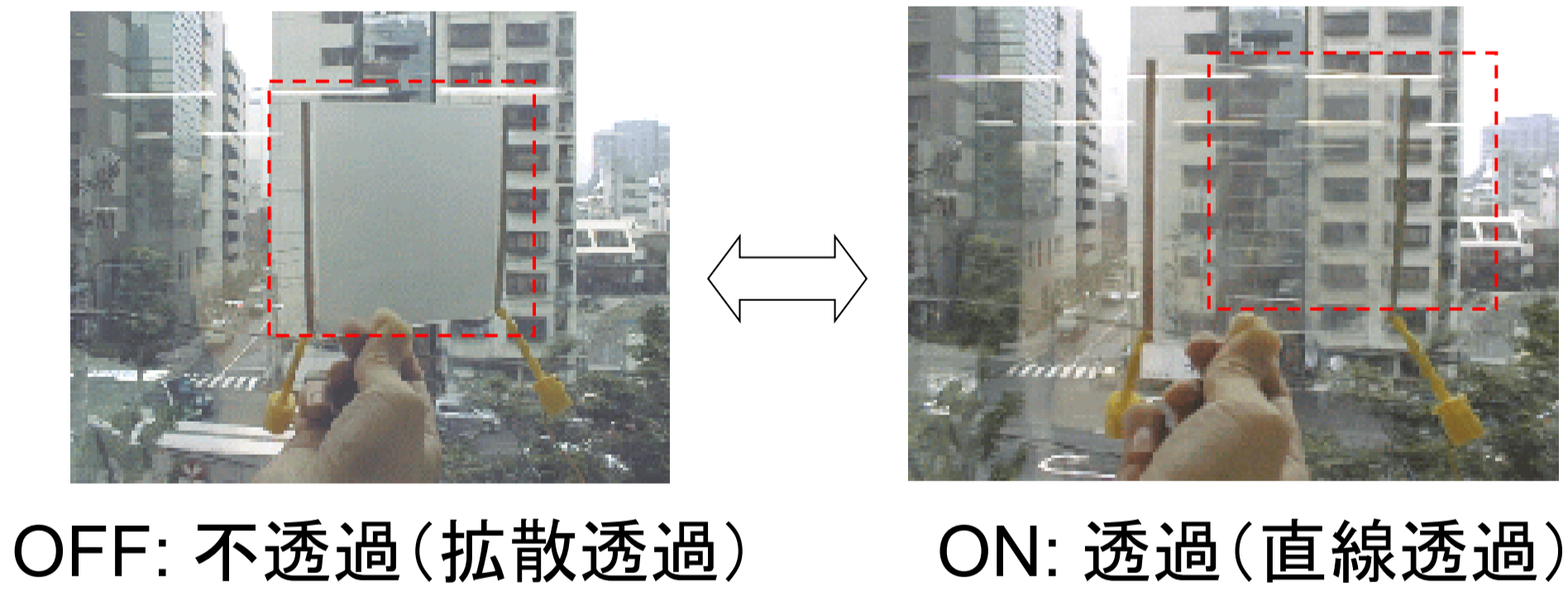
## 光圧を利用した姿勢制手法



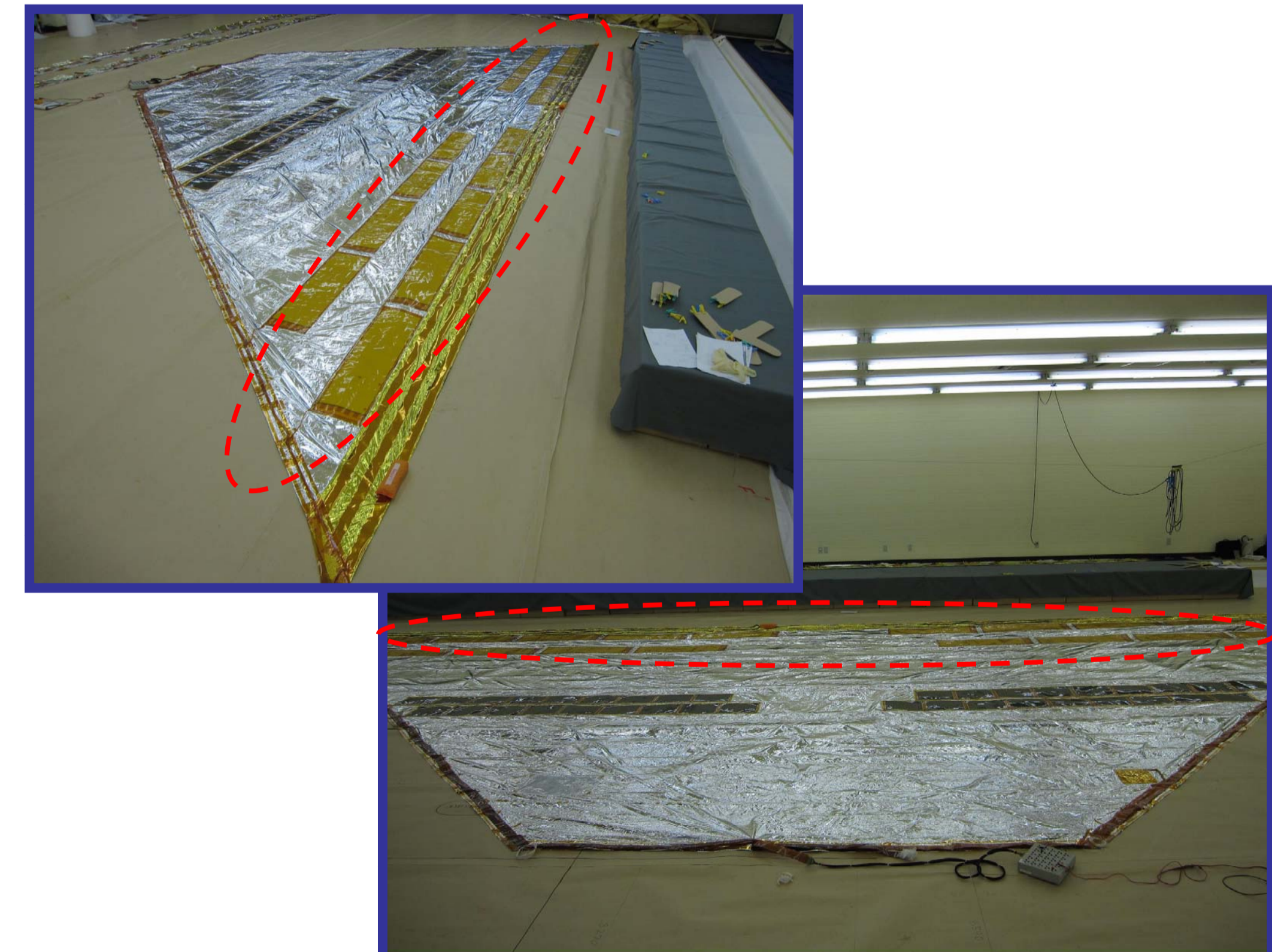
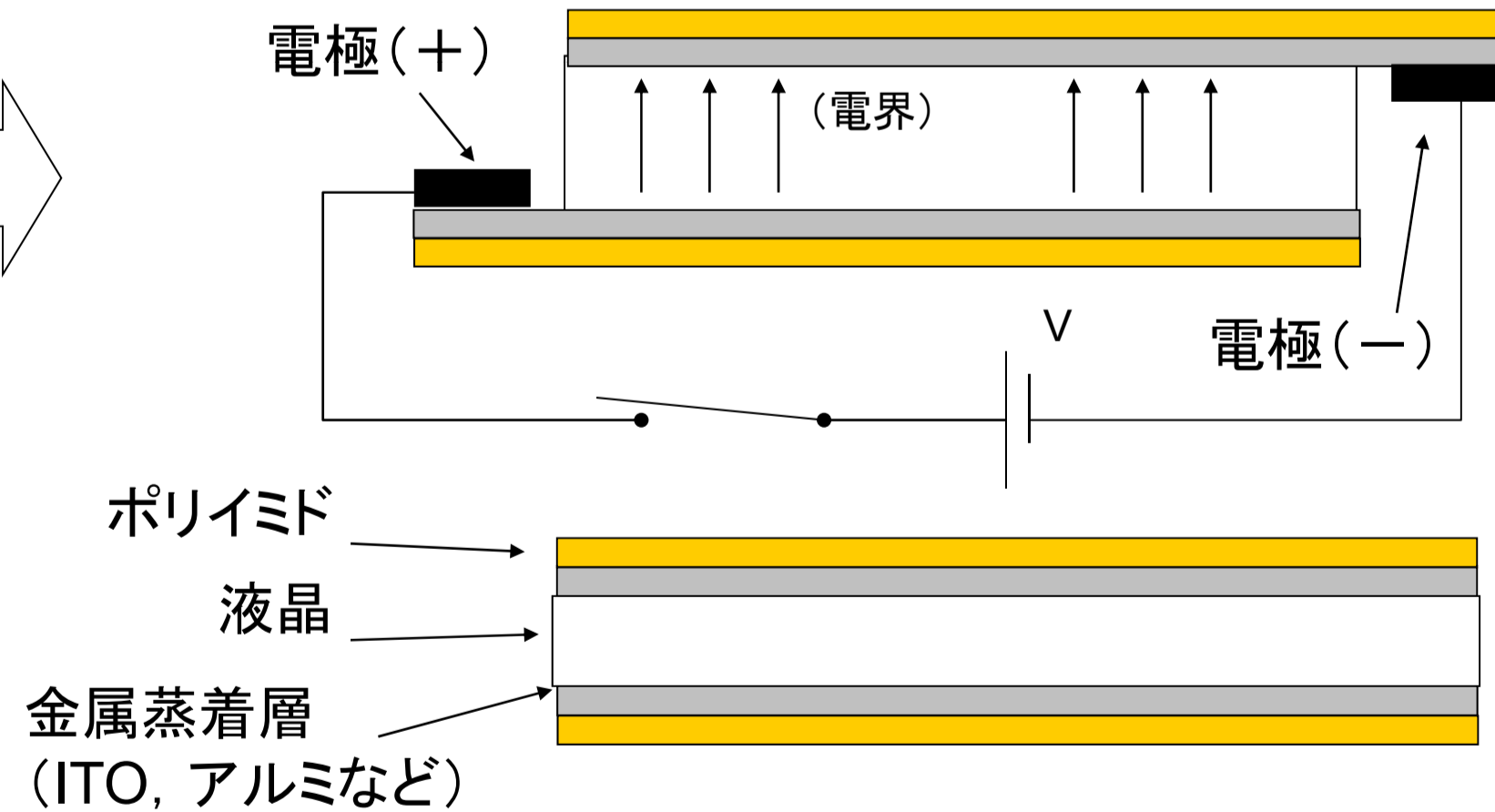
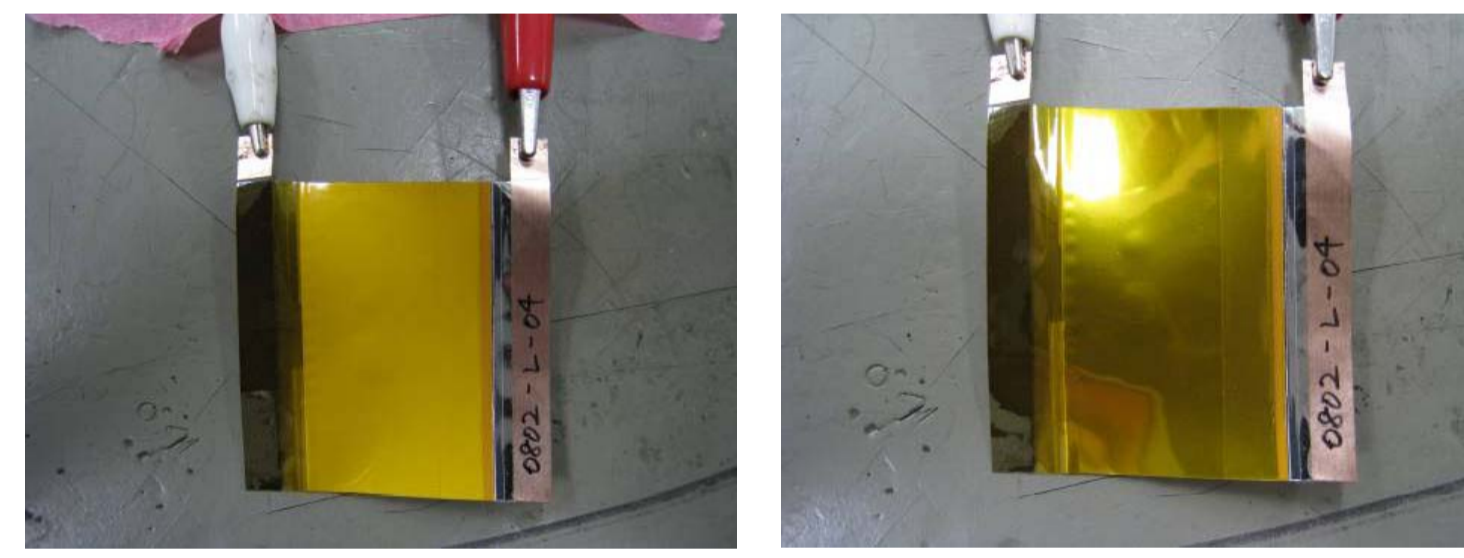
**電氣的に光圧のアンバランス作り出す**  
→燃料を使用せず姿勢制御トルクを発生  
**微小トルクを連続的に発生**  
→膜面の振動を励起しない制御が可能

## 光圧を利用した”振動・燃料フリー”な姿勢制御系の開発

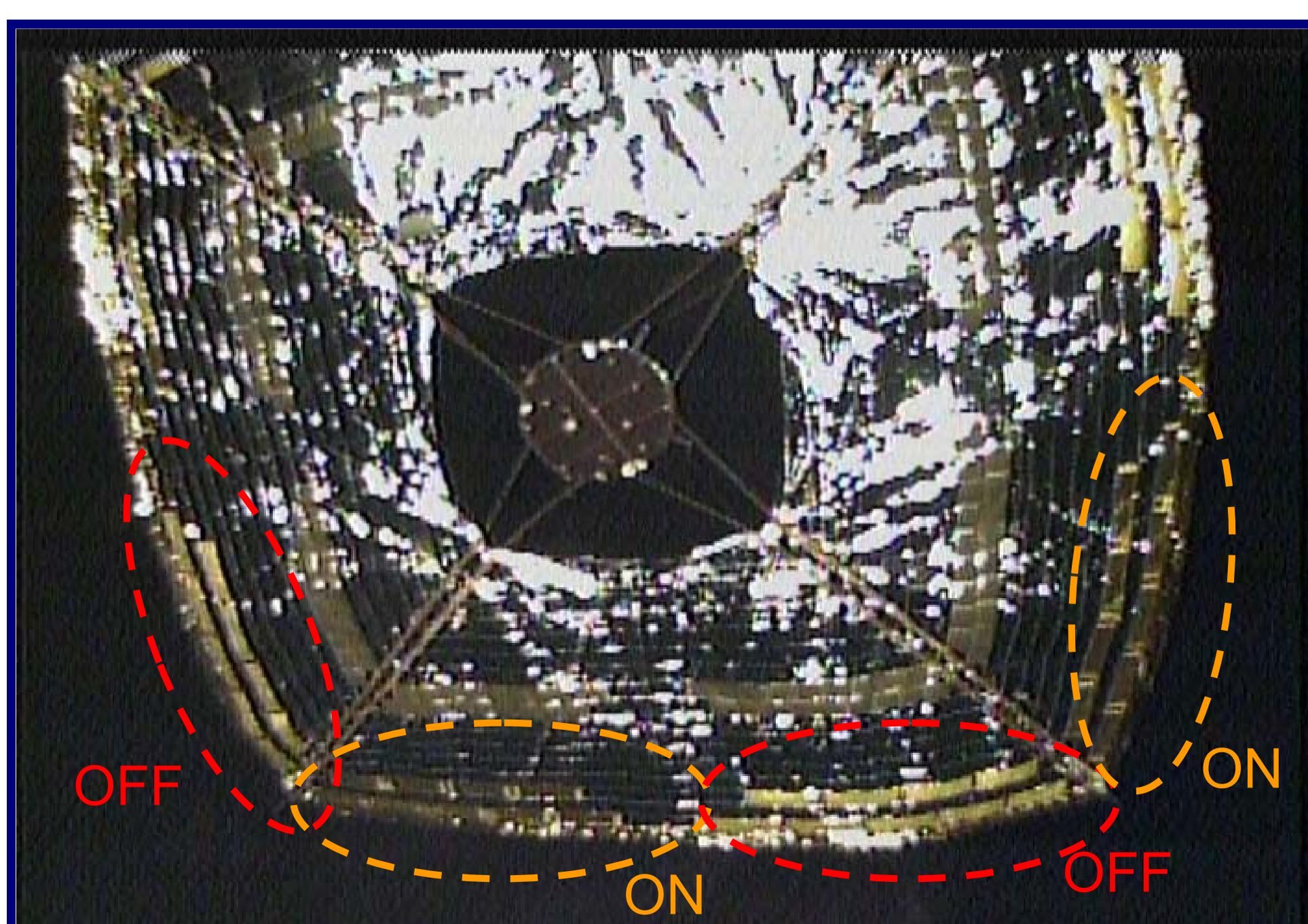
### (地上用途の調光フィルム/ガラス)



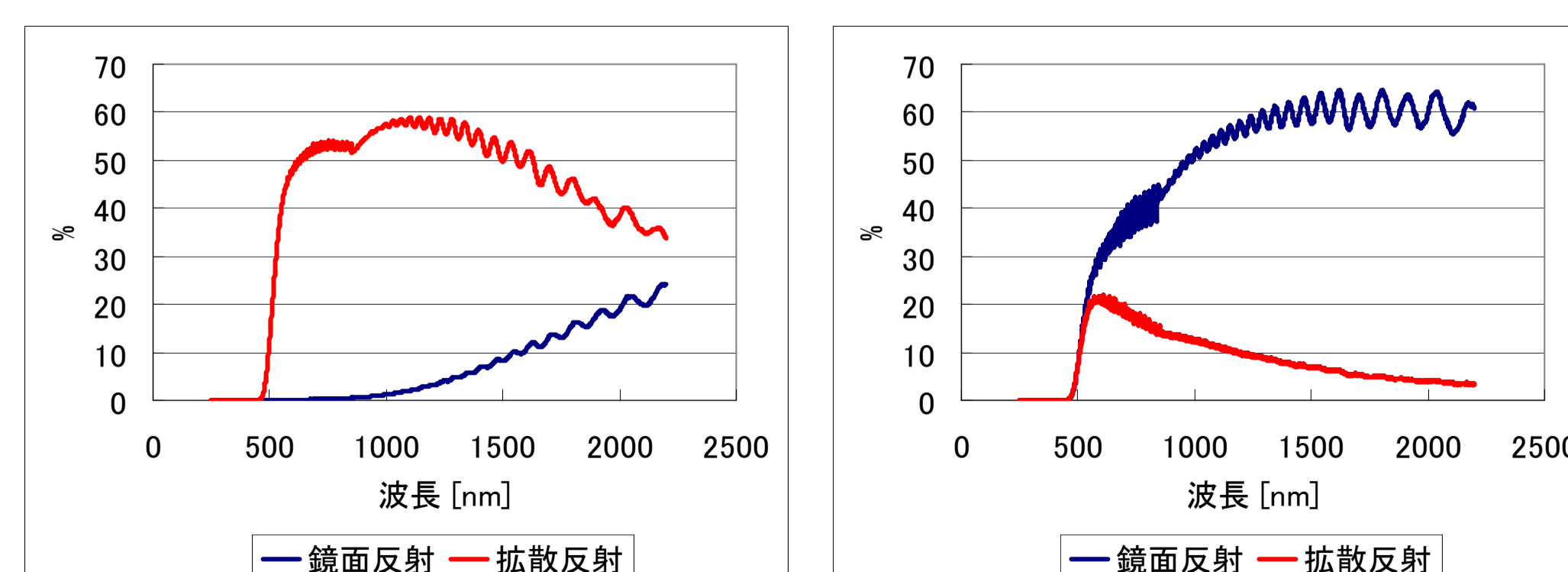
宇宙仕様化(耐放射線)(薄膜化)



## 軌道上での動作の様子



## 制御性能評価と軌道上での姿勢制御結果

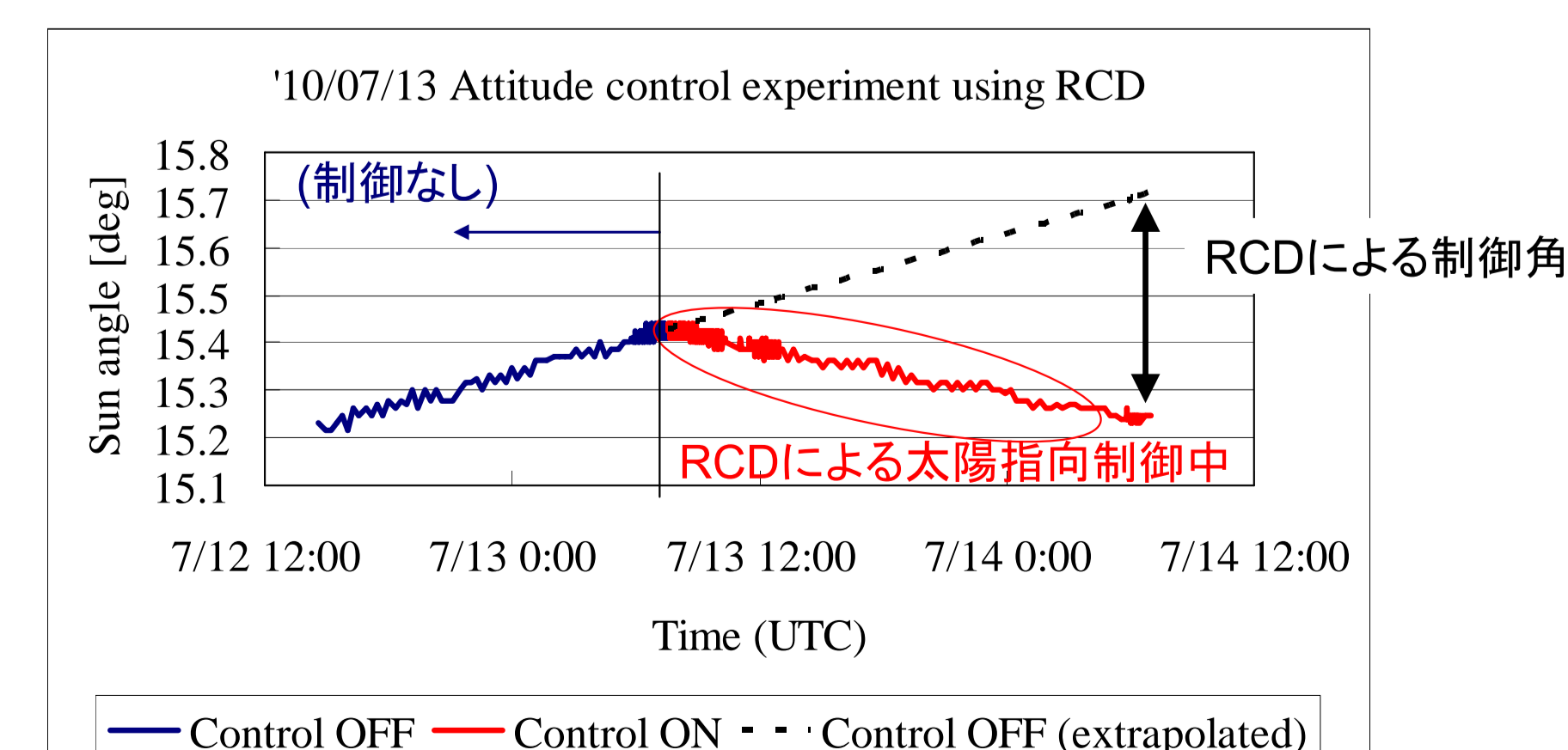


ON/OFFの光圧差 = 拡散・鏡面反射率の変化量の関数

$$\Delta P = P_{ON} - P_{OFF} = \int \Delta p d\lambda$$

$$= \int p_0(\lambda) \cos \theta \left( 2 \cos \theta \cdot \Delta C_s(\lambda) + \left( \frac{2}{3} + \cos \theta \right) \Delta C_d(\lambda) \right) d\lambda$$

### 姿勢制御結果



・理論値の94%の姿勢制御性能を確認  
・ニューテーションを励起せずに安定的に姿勢制御することに成功