

地球観測プラットフォーム技術衛星(ADEOS)
「みどり」軌道上事故を反映した環境観測技術衛星
(ADEOS-)「みどり」太陽電池パドル(PDL)の
設計変更と検証試験について

平成15年12月15日

独立行政法人

宇宙航空研究開発機構

みどり事故反映のPDL設計について

(1) 根拠となる材料特性等……………[提言1]

軌道上ストロークの根拠となる材料特性等について部分モデル等により検証した。

(2) ストロークの設定……………[提言2]

みどりパドルの推定破断は、面外軌道制御時のマストとブラケットの相対変位により定張力機構のストロークマージンを超え、ブラケットの過剰な引張荷重により発生した。このストロークオーバーについては、線膨張率、温度条件、初期設定誤差等全ての最悪条件でも余裕のある設計とした。

(3) 定張力機構(TCM)の新規設計……………[提言3]

ブラケットの定張力機構(TCM)としては、根本的に設計を変更し、スティックスリップが発生しにくいパンタグラフ + 非接触バネ方式を新規設計した。ブラケットに印加される張力としては5 ~ 8 kgfとした。

(4) ピンヒンジの強度設計見直し……………[提言4]

みどり事故において直接破断したと推定したコンテナベース(根元側)のヒンジだけでなく、全ヒンジの張力8kgfに対して4.6倍(最低)の強度マージンを有する設計とした。

(5) ブラケット応力集中対策……………[提言4]

応力集中を緩和するために、根元 / 先端側のヒンジとしてバネヒンジを採用するとともに、全面の銅ハーネス埋め込み方式とした。結果として、みどりで9.8倍あった応力集中を2.9倍に緩和した。

みどり事故反映のPDL設計について

【主要パラメータ】

- ・線膨張率: $1 \times 10^{-5} \sim 5 \times 10^{-5}$ (- 100 ~ + 100)
;部分モデル熱真空
- ・ブランケット温度: - 105 ~ + 92 ;熱解析
- ・ストローク: 54 ~ 245mm (PFM製造結果;ワースト)
77 ~ 194mm (軌道上予測ノミナル)
0 ~ 250mm (定張力機構動作範囲)
- ・張力: 5 ~ 8 kgf
- ・パドル固有振動数(衛星搭載状態の解析値)
0.11 ~ 0.13 Hz (面内一次) [20N噴射時を除く]
0.10 ~ 0.11 Hz (面外一次)

みどり事故反映の設計検証について

No.	宇宙開発委員会の提言	太陽電池パドル(PDL) 設計検証試験
1	軌道上の予測温度範囲について、ブランケット部の部分モデルにより、等価線膨張率を測定し、PDL全体の熱・構造設計に反映すること。	<ul style="list-style-type: none"> ・線膨張率測定 ・熱真空中総合評価試験
2	定張力機構(TCM)について、太陽電池パドル組立後容易に内筒の初期引き出し位置を調整し可動範囲の余裕を片寄りなく配分しうる機能を付加すること。	<ul style="list-style-type: none"> ・熱真空中総合評価試験 ・TCM評価試験
3	定張力機構(TCM)の摩擦特性について、地上試験等により十分確認し、必要な場合には、バネ部等の構造を見直すこと。	<ul style="list-style-type: none"> ・TCM評価試験 ・熱真空中総合評価試験 ・TCM高真空評価試験
4	応力集中の起こりやすいピンヒンジ部について、ピンの直径を太くする等構造を見直し、疲労荷重に対する強度の増大を図ること。その他、応力集中の緩和方策についても検討すること。	<ul style="list-style-type: none"> ・静荷重試験 ・ヒンジ部各種評価試験
5 (総合1)	基礎的な知見の少ない大型の膜面構造体のような新しい技術の宇宙実証に際しては、部分モデルを用いた熱真空試験の実施を含め地上試験・測定方法の改善・精度向上を図ることが必要である。	<ul style="list-style-type: none"> ・線膨張率測定 ・熱真空中総合評価試験
6 (総合2)	軌道上の運用時はもとより、不測の事態においても多様なデータを収集・解析できるよう搭載計測機器等の充実を図ることなどにより、着実に技術的知見を蓄積していくことが必要である。	-

みどり事故反映のPDL設計検証について

項目	変更内容	PDL設計検証試験項目						
		熱特性試験	静荷重試験	線膨張率測定	ヒンジ部評価	熱真空中 総合評価試験	TCM評価試験 1	TCM高真空 評価試験
ブランケット	全面ダミー銅ハーネス実装							
	ヒンジ部構造の変更							
	ヒンジ材料の変更					2		
	裏面銀蒸着テフロン削除							
テンションコントロール機構 (TCM) 1	ヒステリシス、スティックスリップ ¹ 低減							
	ストローク量にマージン確保							
軌道上モニタ	テンションモニタの追加					2		
	ストロークモニタの追加							
コンテナベース プレッシャーホールド	バネヒンジ採用							

1: テンションコントロール機構は新規製作としたため開発試験相当(機能性能、機械環境、熱真空)を実施

2: 本試験の後、ヒンジ材料及びテンションモニタ方式の変更を行い、他の試験で評価を行った

主なPDL設計検証試験について

静荷重試験

1.目的

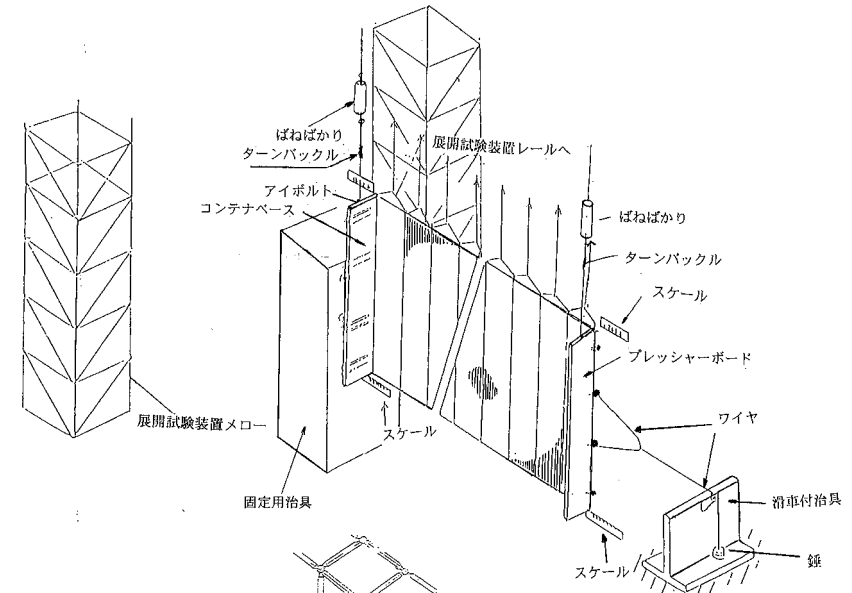
ブランケットに張力が負荷された状態でのヒンジ部への荷重分布を根元の歪ゲージで測定し、荷重集中低減効果を評価

2.試験方法

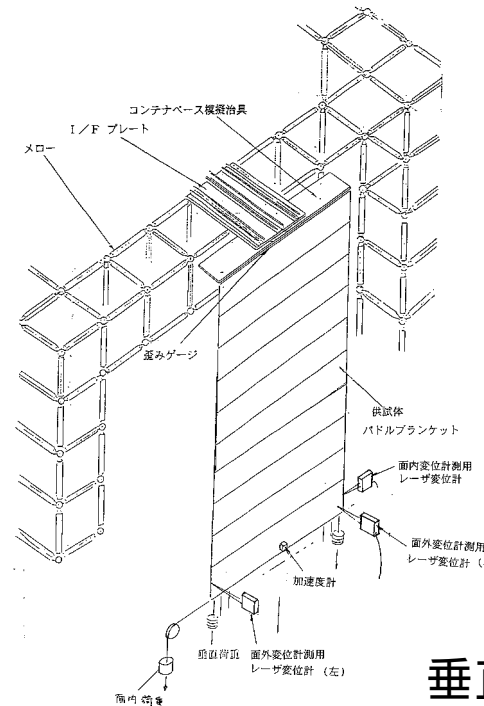
- ・実寸大ブランケットを10枚使用
- ・ブランケットは裏面の銀蒸着テフロン削除、全面銅ハーネス、バネヒンジへの設計変更を反映済み
- ・コンテナベース、プレッシャーボードは等価ダミーを使用
- ・張力負荷状態において水平と垂直で実施

3.試験結果

- ・荷重分布の基礎データを取得



水平引張試験



垂直引張試験



主なPDL設計検証試験について

線膨張率測定

1.目的

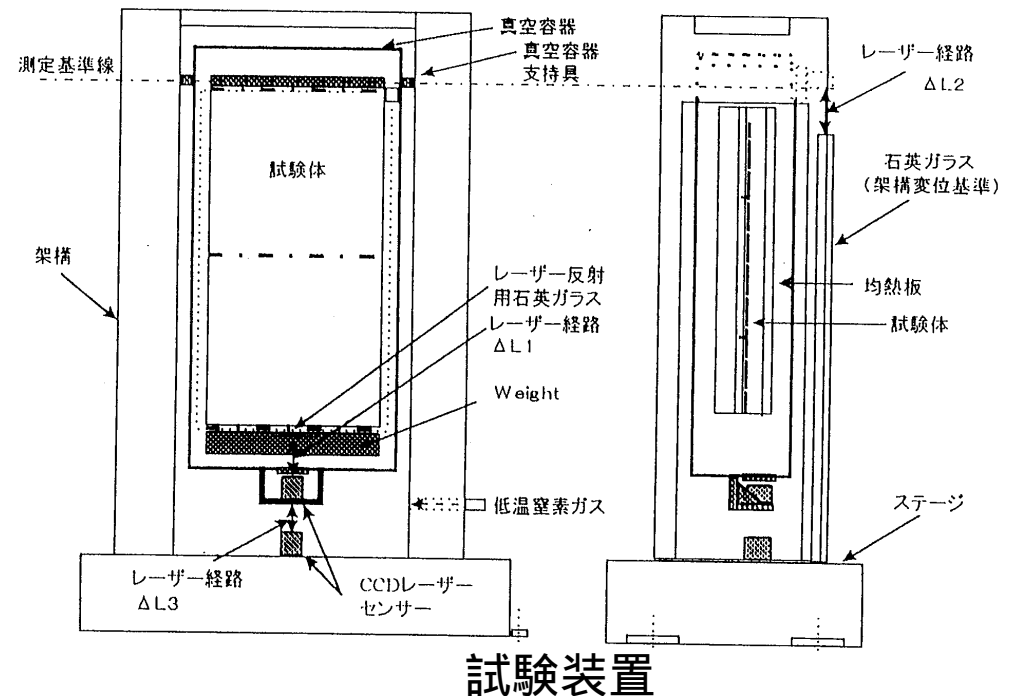
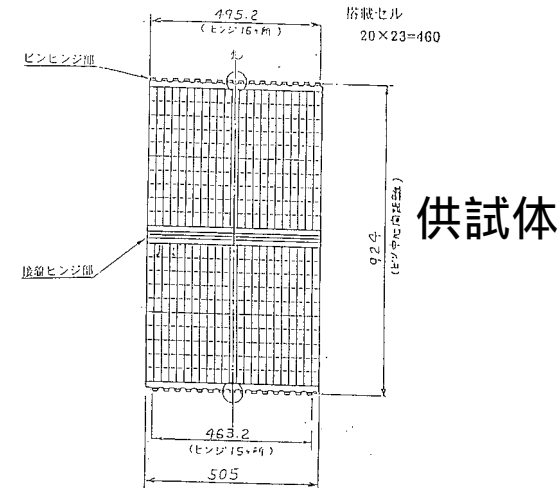
ブランケットの形状変形を含む実効的な線膨張係数を測定

2.試験方法

- ・約924mm×約505mm(ブランケット2枚分)の実機相当の大型サンプル
- ・ブランケット裏面の銀蒸着テフロン削除及び全面銅ハーネス装着の設計変更を反映済み
- ・高温(100)真空、常温真空、低温(-100)真空の各々で実施
- ・張力負荷状態(4,8,16,24kgf)

3.試験結果

- ・ブランケット線膨張係数($1 \times 10^{-5} \sim 5 \times 10^{-5}$)を取得



主なPDL設計検証試験について

テンションコントロール機構評価試験(寿命試験)

1.目的

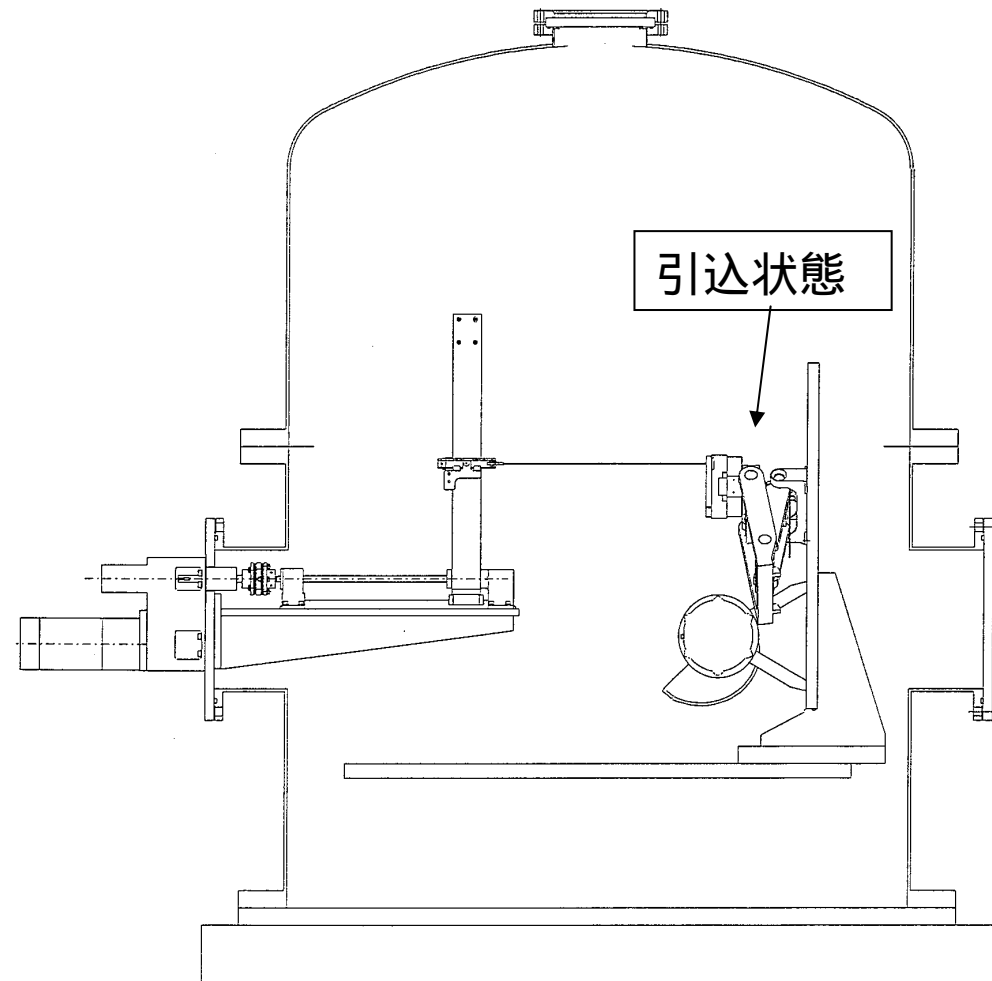
テンションコントロール機構の寿命評価

2.試験方法

- ・熱真空中: 1E-5Torr以下
- ・ノミナル荷重負荷
(面外40mm、面内100mmのオフセット)
- ・温度: -52 ~ 65
- ・伸縮回数: 54000サイクル
- ・ストローク: 150mm
- ・速度: 2.2mm/s
- ・評価項目
 - 張力: 5 ~ 8kgf、
 - ヒステリシス: 0.5kgf以下
 - ローカルな張力変動: 0.3kgf以下

3.試験結果

上記 ~ の評価値以内を確認



主なPDL設計検証試験について

テンションコントロール機構摺動部の超高真空評価試験(1 / 2)

1. 目的

テンションコントロール機構の摺動部である以下について、雰囲気圧力をパラメータとした寿命及び摩擦特性の評価

- (1) パンタグラフ部玉軸受評価 (MoS₂スパッタリング膜玉軸受)
- (2) バネ部プーリ、ワイヤ潤滑膜評価 (MoS₂焼成膜)

2. 試験条件

	(1) パンタグラフ玉軸受	(2) プーリ、ワイヤ潤滑膜
雰囲気 圧力	8E-9 ~ 1E-8Torr(超高真空) 7E-6 ~ 7.5E-6Torr(高真空)	2.8E-9 ~ 6.1E-9Torr(超高真空) 7.2E-6 ~ 1E-5Torr(高真空)
評価回数	揺動: 54000回(10年分相当) 揺動角: 25° (パンタグラフ回転角)	ホールオンディスク: 108000回転
負荷荷重	アキシャル荷重240N(軌道上ミナル)	5.0N(最大接触圧力の5.5倍)
温度	常温(20 ~ 25)	常温(20 ~ 25)

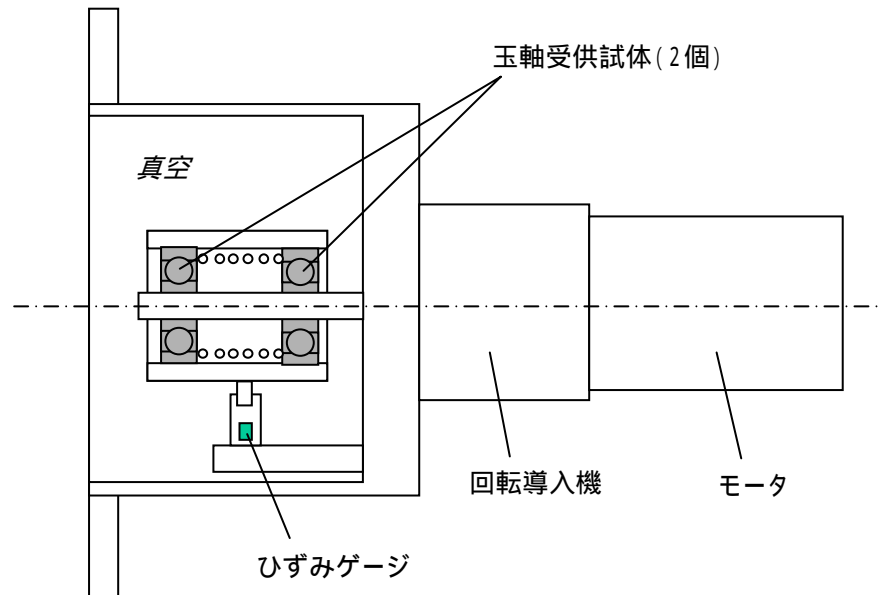
3. 試験結果

摩擦係数が判定値(玉軸受: 0.05以下、潤滑膜: 0.3以下)以下であることを確認

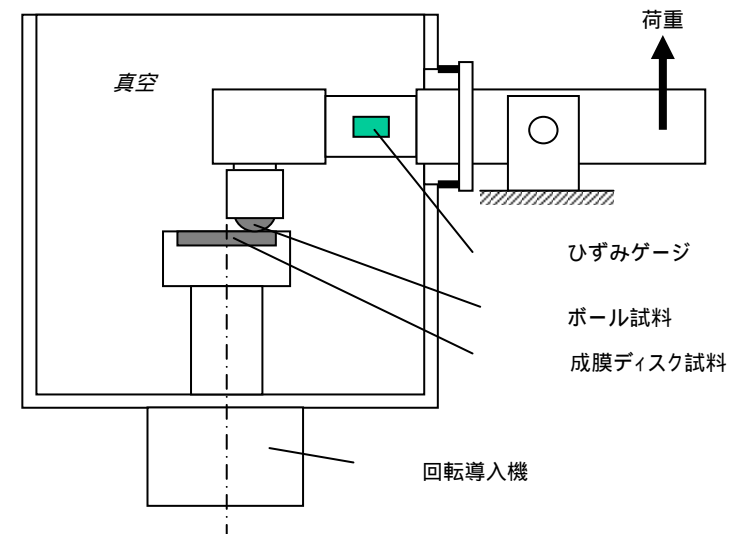
主なPDL設計検証試験について

テンションコントロール機構摺動部の超高真空評価試験(2 / 2)

(1) パンタグラフ玉軸受



(2) プーリ、ワイヤ潤滑膜



主なPDL設計検証試験について

熱真空中総合評価試験(1 / 2)

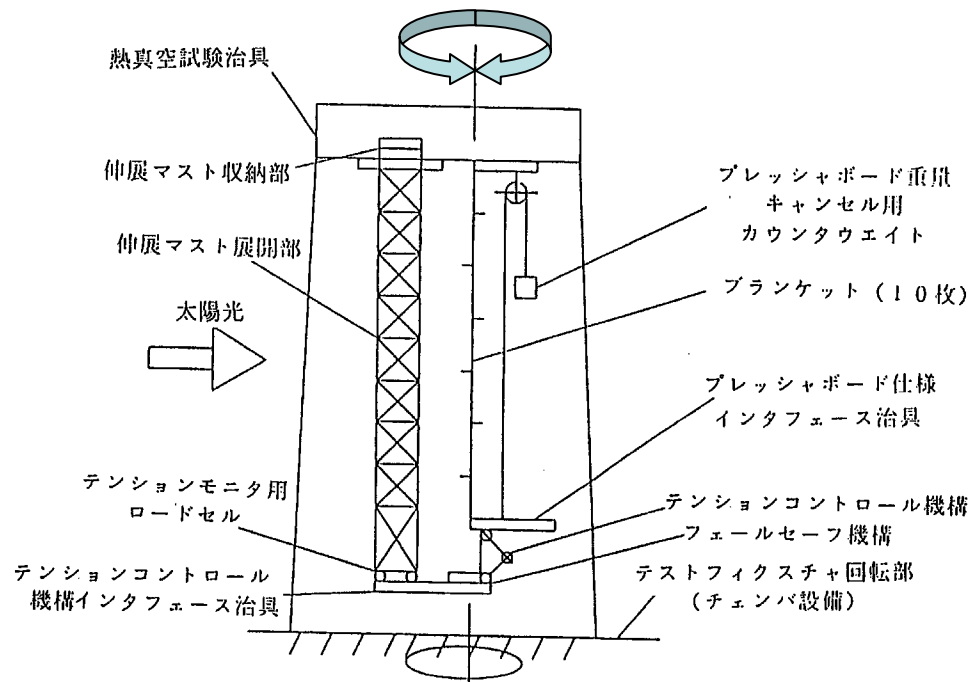
1.目的

設計変更における以下を太陽電池パドル部分システムレベルで評価

- ・TCM摩擦特性、可動範囲
- ・ストロークモニタ機能
- ・ブランケット/マスト熱特性

2.試験方法

- ・熱真空環境: 1E-5Torr以下
- ・ブランケットが10枚であることを除き軌道上におけるパドルの状態を極力模擬
- ・回転台に搭載しソーラー光を複数角度から入射



試験コンフィギュレーション(セル面に対し横から)



セル面側



セル裏面側

主なPDL設計検証試験について

熱真空中総合評価試験(2 / 2)

