

リスク低減フェーズ#2 : SPICAの指向擾乱管理に関わる要素技術試作評価結果

已谷真司^a, 坂井真一郎^b, 村上尚美^a, 春木美鈴^a, 山脇敏彦^a, 水谷忠均^a, 小松敬治^b, 片坐宏一^b, 塩谷圭吾^b, 川勝康弘^b, 中川貴雄^b, SPICAプリプロジェクトチーム

^a Aerospace Research and Development Directorate, Japan Aerospace Exploration Agency, 2-1-1 Sengen, Tsukuba, Ibaraki 305-8505, Japan

^b Institute of Space and Astronautical Science, Japan Aerospace Exploration Agency, 3-1-1 Yoshinodai, Chuo-ku Sagami-hara, Kanagawa 252-5210, Japan

概要

SPICAは、現在リスク低減フェーズ#2の段階にあり、ミッションの成功に不可欠な要素技術のハードウェア試作を中心とした活動が実施されている。本報告では、擾乱抑制技術に関するRMP#2活動進捗を述べる。SPICAでは軌道上トラスで望遠鏡と観測機器を支持し、熱と擾乱の両方の侵入を防ぐ設計が取られる。その軌道上トラス機構の重要な部品であるFRPパネを試作し評価した。また、台座上の冷凍機擾乱を遮断するアイソレータを試作予定である。広い温度範囲 (-65~-10 degC) で6自由度全てにおいて-40 dB(15Hz帯域)低減するBBM設計が完了した。一方、アイソレータを挿入しても、ジュールトムソン (JT) 冷却配管の振動伝達はリスクとなる。したがって、JT冷却配管ダミーを製造し、その伝達率を評価する。冷凍機ドライバーネスも同じ理由で評価される。さらに、超高精度 (5ミリ秒角) と超低発熱 (1 mW) のティップチルトミラー(TTM)のBBMが試作され、低温環境で評価された。結論として、すべての試作評価は概ね期待通りの成果を示しており、結果を設計解析に反映することで、指向擾乱の不確定性のリスクを減らすことが可能になっている。

RMP#2の中間結果

1. 機器擾乱の測定

1KJTの冷凍機の低周波擾乱を、RMP#1と同様に空気浮上式テーブルを用いて計測し、計測限界スペクトルと同程度の擾乱レベルであることを確認した。また同様にリアクションホイール(RW) Type L-Aとフットドライバ(FD) Type III-Cの低周波も計測した。



RW Type L-A

TDG Type III-C

2. 構体伝達係数の解析・測定

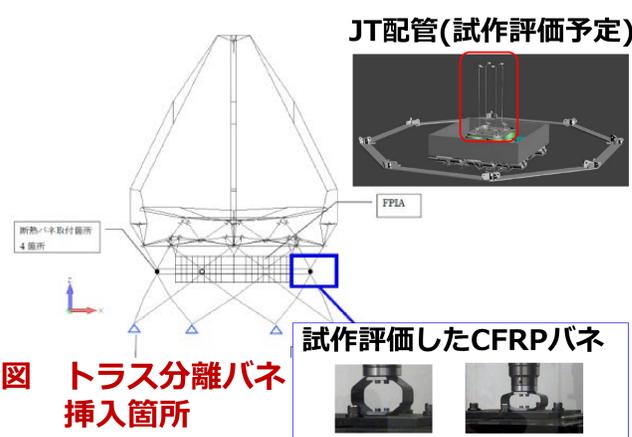


図 トラス分離パネ挿入箇所

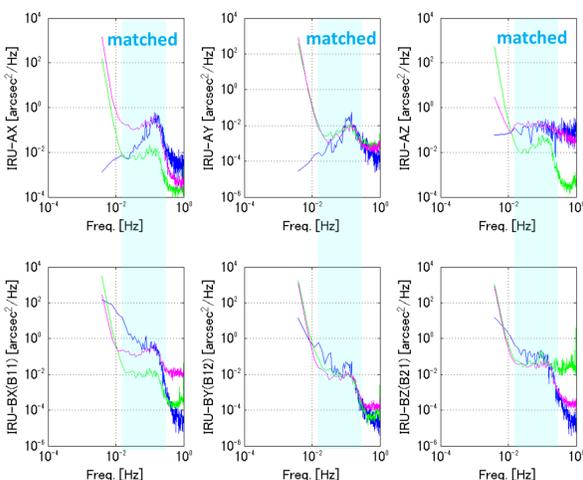
試作評価したCFRPパネ

3. 振動遮断性能の検証

アイソレータの詳細設計を実施し、最新の冷凍機台座構成で6自由度全てで-40dB (@15Hz)の力伝達低減可能な設計結果を得た。製造と実証までを含めて3月までに性能実証をする計画である。

4. 擾乱管理事例の調査

ひので不明擾乱について、搭載FRIGのホワイトノイズが3倍程度に増えると、軌道上で一定時期に観測された指向変動(0.1秒角, 0.1Hz)が生じることを、簡易解析にて確認した。実搭載ソフトウェアシミュレータでも概ね傾向を再現できた。



左図 上段: FRIG (制御に使用) 下段: TDG (計測のみ) 青...解析、赤...テレメ (擾乱期)、緑...テレメ (静穏期)

「ひので不明擾乱」は、
・ IRU-Azの出力に角度次元のノイズが加わる
・ IRU-Axの出力に角速度次元のノイズが加わる
の二つの事象が複合的に発生した場合に再現する



ISAS

5. 制振機構(TTM)の開発

MCS WFC-S / SCI共通設計TTMのBBMを製造し、極低温環境(<10 K)で試験した結果、正常に機能することが確認できた。しかし、発熱量が4.4 mW/1軸という結果となった。逸脱の原因は、駆動機構部の動作のためのモータ角度変位トルクが想定より一桁多く必要であったことである。電力低減策をまとめ、今後の優先課題を明らかにした。

図 試作評価したTTM駆動機構

図 極低温チャンバ



表 極低温試験結果

項目	要求値	確認値	判定	備考
消費電力	1 mW/2軸 @4.5K	4.4mW/1軸 @10K 以下 (8.8mW/2軸)	否	駆動回路調整後の常温測定での電力値を、極低温での抵抗測定値で補正した値。
指向角制御精度	0.15 arcsec (3σ 機械角)	1.8 arcsec 以下 (*計測限界)	(合)	要求値は、光学拡大率30倍で0.005秒角(3σ)相当
周波数応答	1Hz (目標10Hz)	1Hz	合	
オフセット角補正情報精度	1.5 arcsec (3σ 機械角)	1.8 arcsec 以下 (*計測限界)	(合)	要求値は、光学拡大率30倍での0.05秒角(3σ)相当
動作範囲	0.025deg(p-p)	0.016deg(p-p)	否	要求値は、光学拡大率30倍での3秒角(3σ)相当
減速比	N/A	X軸: 1/644 Y軸: 1/71.8	N/A	動作範囲の勾配 Y軸は非駆動軸であり参考
動作温度	4K~10K (性能維持)	同左	合	
ミラーサイズ	50mm×75mm	同左	合	
駆動機構部サイズ	5cm×5cm×10cm (目標)	φ 50.12mm×10 4.92	(合)	ミラー含まず
質量	600g (目標)	419.8g	合	314.2g + モータ/1軸分。ダミーを含む

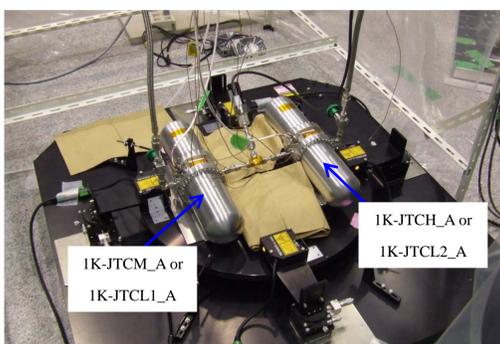


図 空気浮上装置による、1KJT冷凍機の擾乱計測時の様子

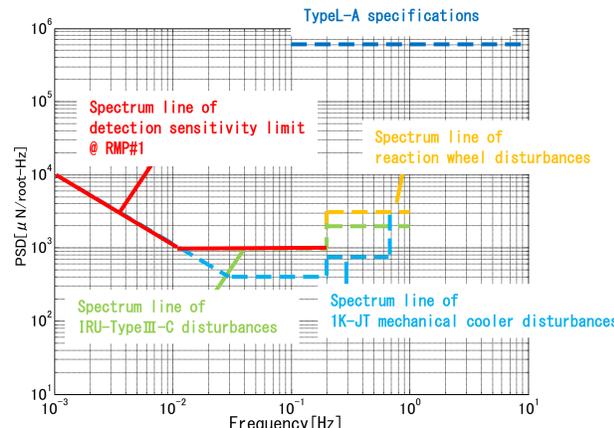


図 各機器の低周波擾乱ライン

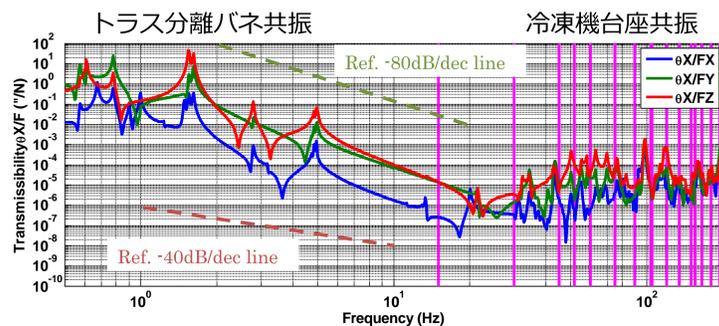
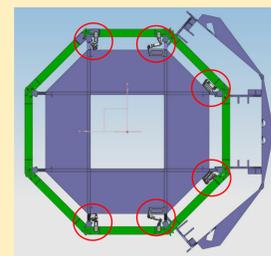


図 冷凍機擾乱力→指向変動伝達関数(θx/F)

図 アイソレータ挿入箇所



- Transmissibility from center of cooler plate to spacecraft interface
- Diagonal of 6x6 transfer function matrix shown
- Max gain at 15 Hz is 0.0083, Max isolation mode Q is 2.54
- Flex modes of cooler plate are obvious starting at ~ 20 Hz
- 0.5% damping assumed on flex modes

図 力/力伝達率解析結果 (-45℃ノミナル)