

6.8. ASTRO-H/SXS 用振動アイソレータの開発

宇宙航空研究開発機構

研究開発部門 第二研究ユニット

安田 進 氏

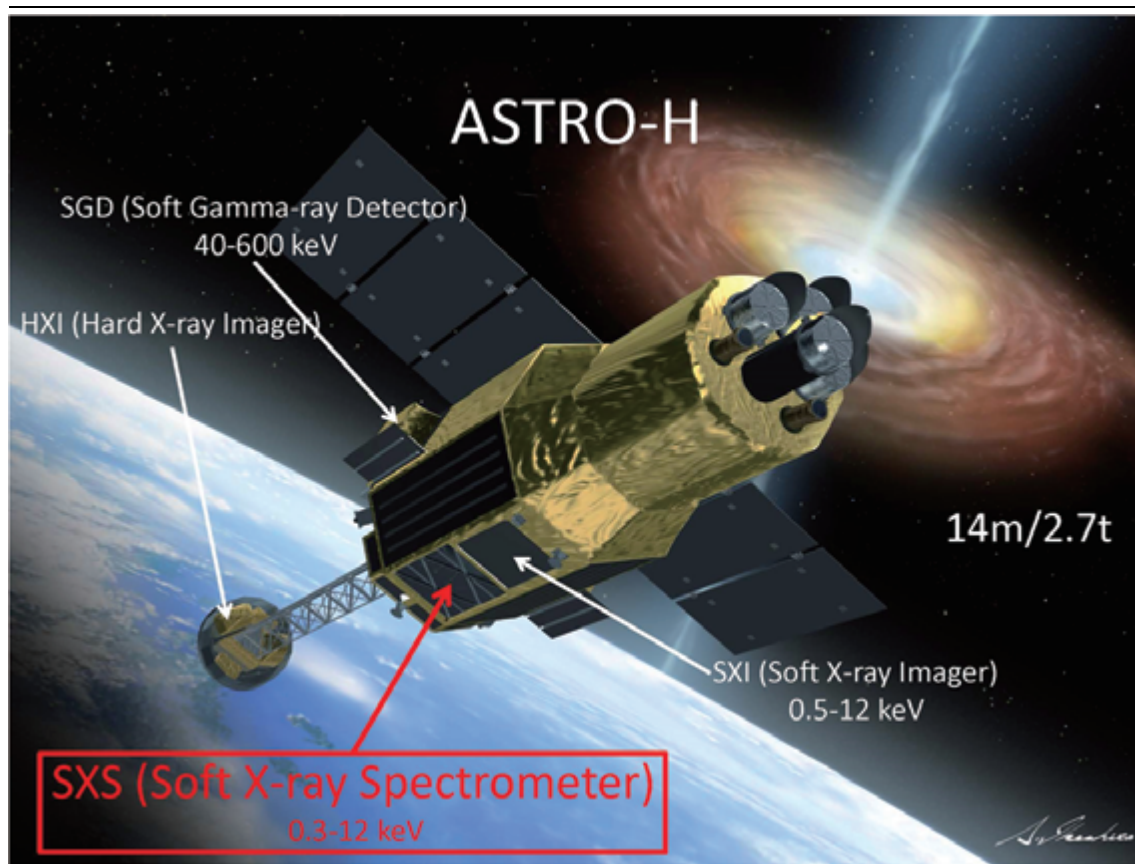
第13回 試験技術ワークショップ ASTRO-H/SXS用アイソレータの開発 に関連する試験技術

2015/12/18

16:50~17:15 (発表20分、質疑応答5分)

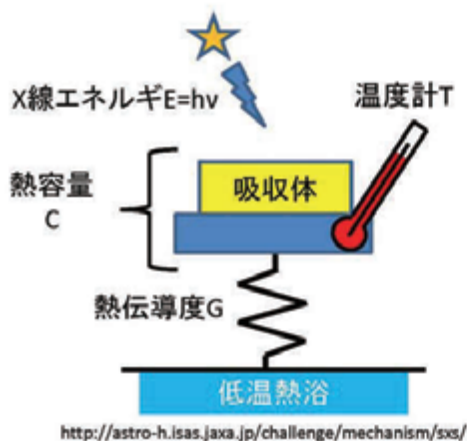
JAXA 研究開発部門 第2研究ユニット
安田進

1

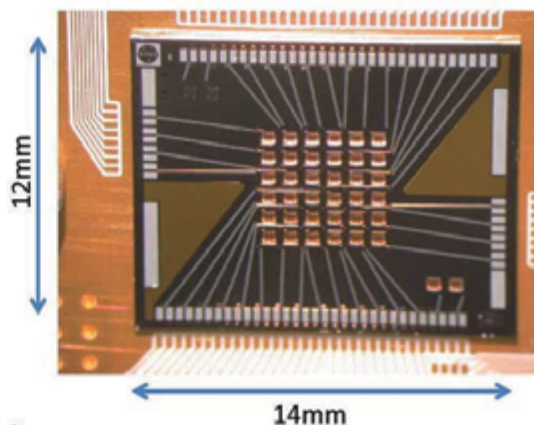




SXS (軟X線分光器)



The Calorimeter Array for the SXS



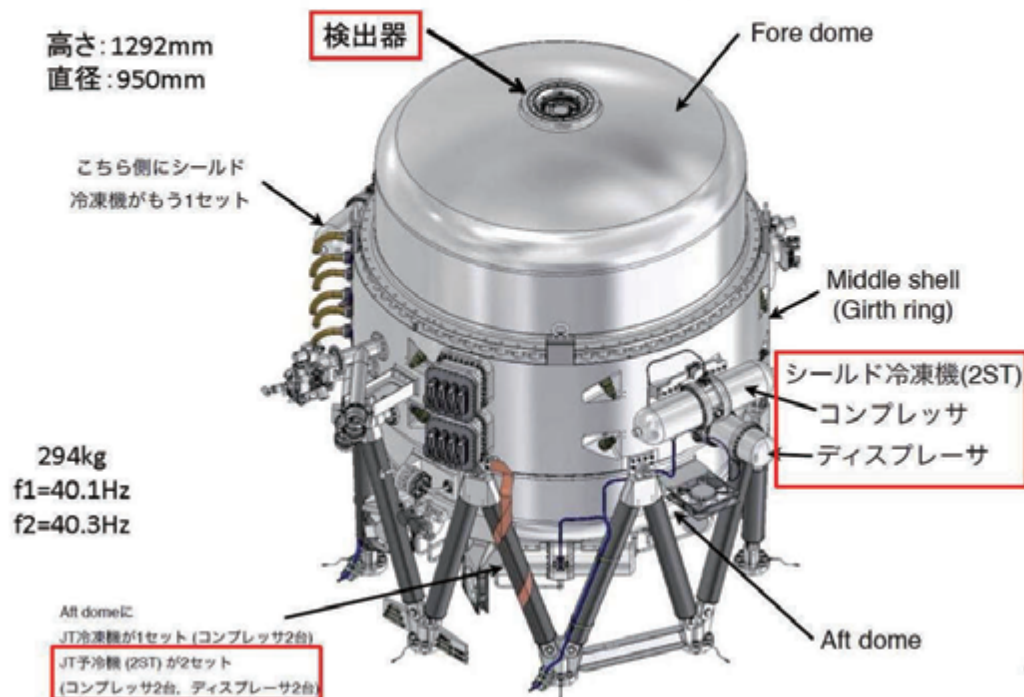
- 一個のX線光子が吸収体に入射したときの温度上昇 ΔT を測定し、波長 ν を検出する。
- **動作温度 50 mK**
- **温度安定性要求 $\pm 2\mu K_{rms}$**

- 6 × 6 pixels
- 814 μm pixel/832 μm pitch

cf. Porter, F. S. and et al. (2010). The detector subsystem for the SXS instrument on the ASTRO-H Observatory. *Proc. of SPIE* 7732, 77323J-13.

3

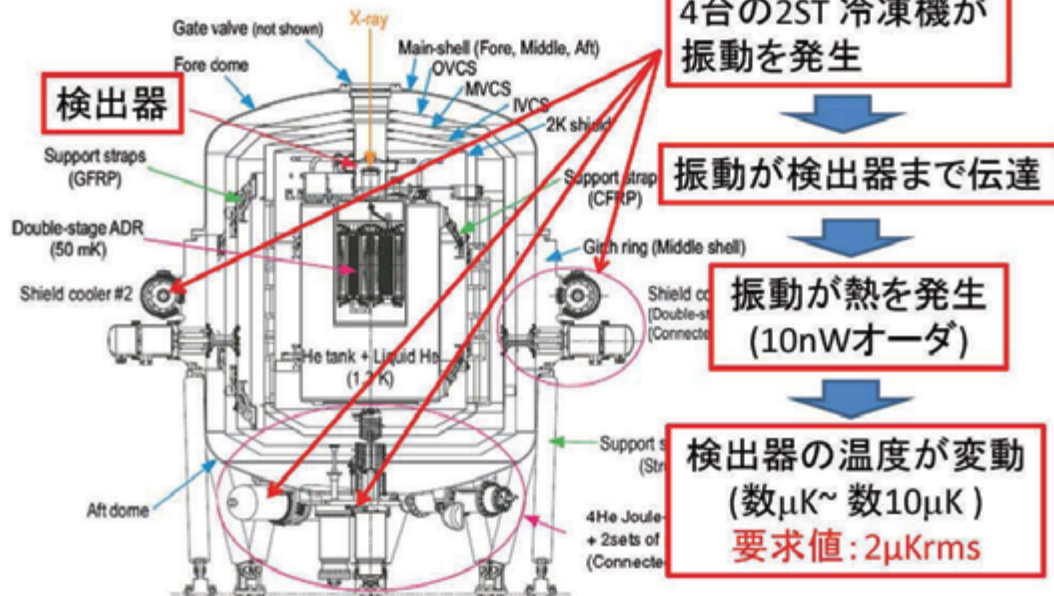
SXSの冷却系



4

SXS擾乱問題

SXS Dewar EM試験(2012/11~12)で判明

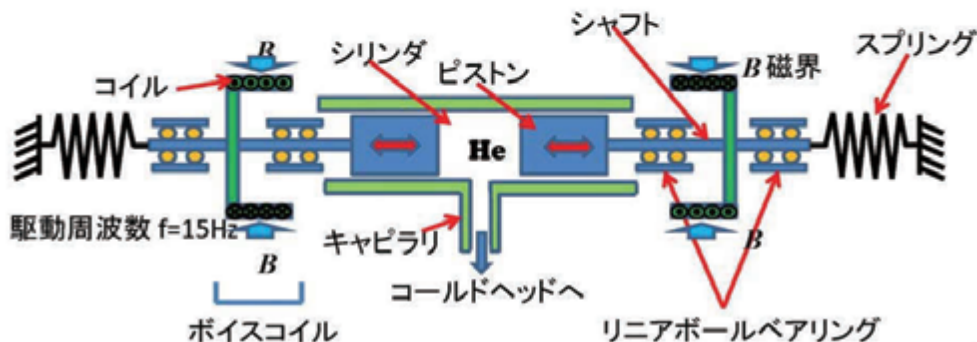
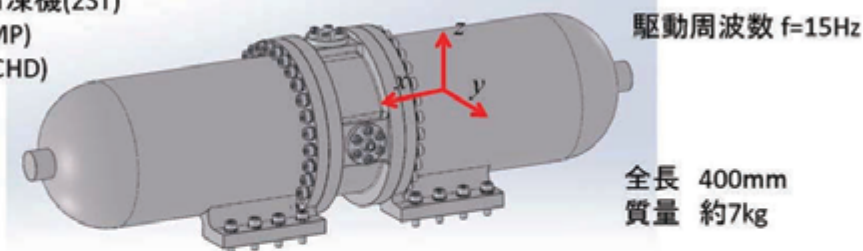


2012/12にSXS擾乱対策チーム発足

5

冷凍機コンプレッサ

2段スターリング冷凍機(2ST)
= コンプレッサ(CMP)
+ コールドヘッド(CHD)

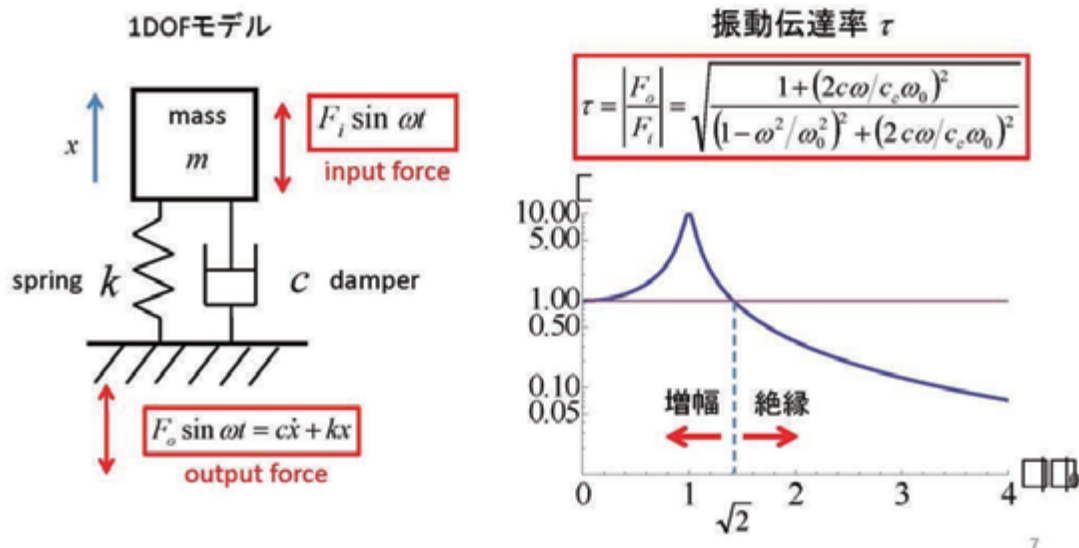


6

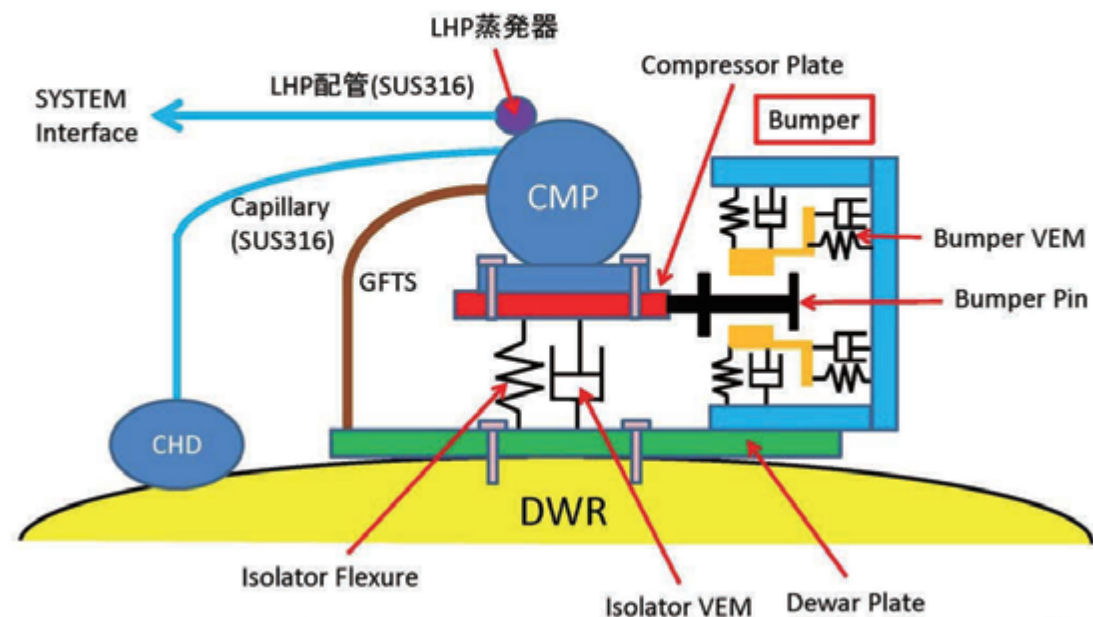


振動アイソレータとは？

振動を発生する機器と取付部の間に柔らかいもの(バネとダンパ)を挟み、振動の伝達を抑制するもの。



開発したアイソレータ模式図



パンパ付きアイソレータのフライト例は無いかも！？

アイソレータ with SC



Dewarの設計変更なしに、コンプレッサ用のインターフェースをそのまま利用³⁾

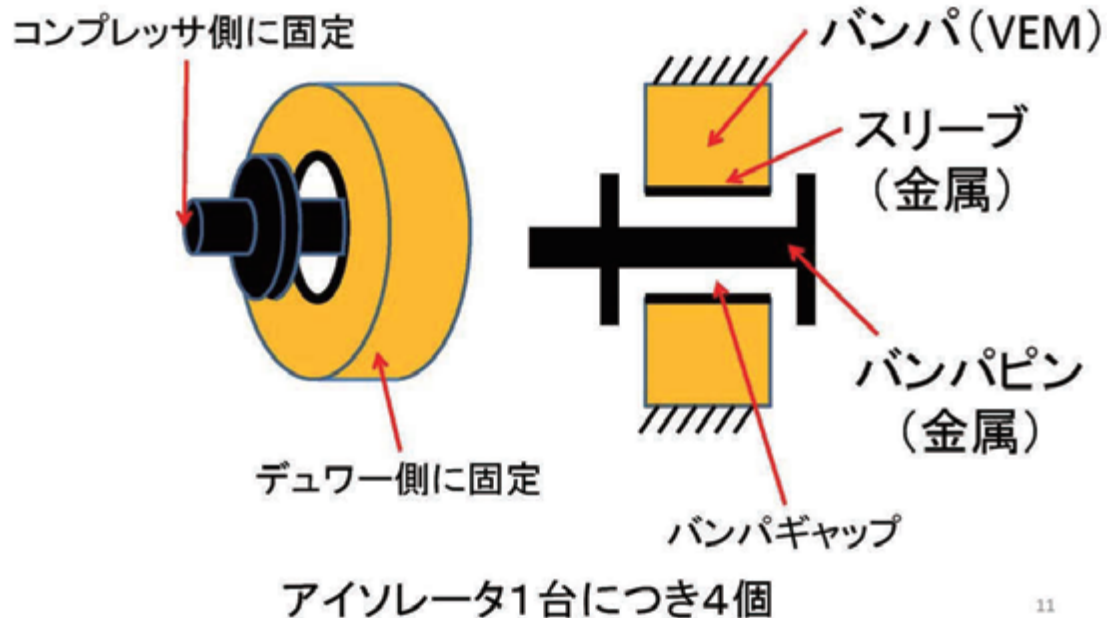
アイソレータ with PC



逆さ釣り状態

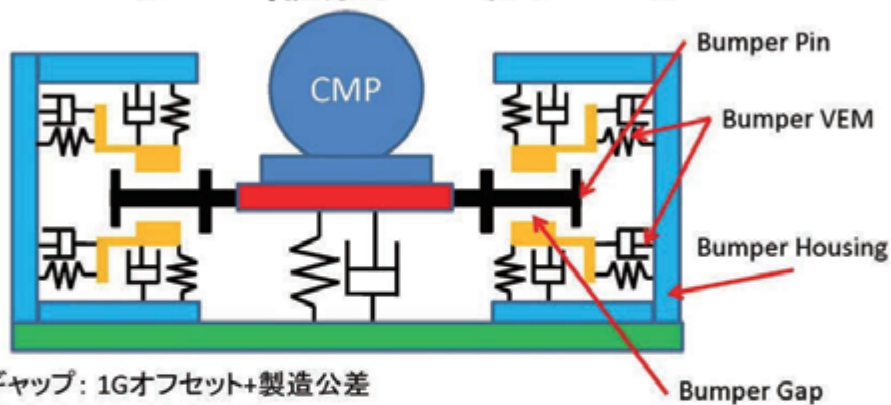
10

バンパとバンパピン



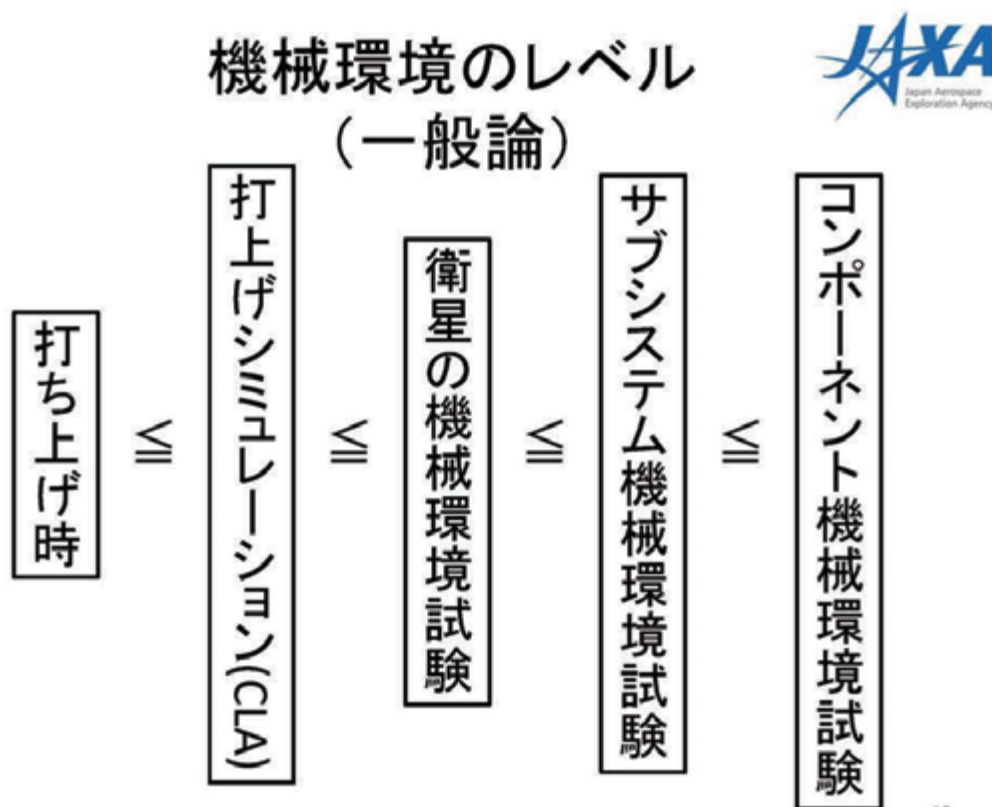
11

バンパ設計パラメータ



- バンパギャップ: 1Gオフセット+製造公差
 - 狭い方が、変位と加速度が小さくなる。
 - 地上試験時は、ピンがVEMに触れないこと (1Gオフセット)。
- バンパ剛性: 変位と加速度のトレードオフ(シミュレーションおよび試験)
 - 柔: 加速度↓、変位↑、硬: 加速度↑、変位↓
 - VEMの幾何学的形状で調整(材質決め打ち)
- 温度特性: 打ち上げ環境 5~25℃ → 粘弾性特性が大きく変化

12



冷凍機の許容加速度 (正弦波 AT 16G)

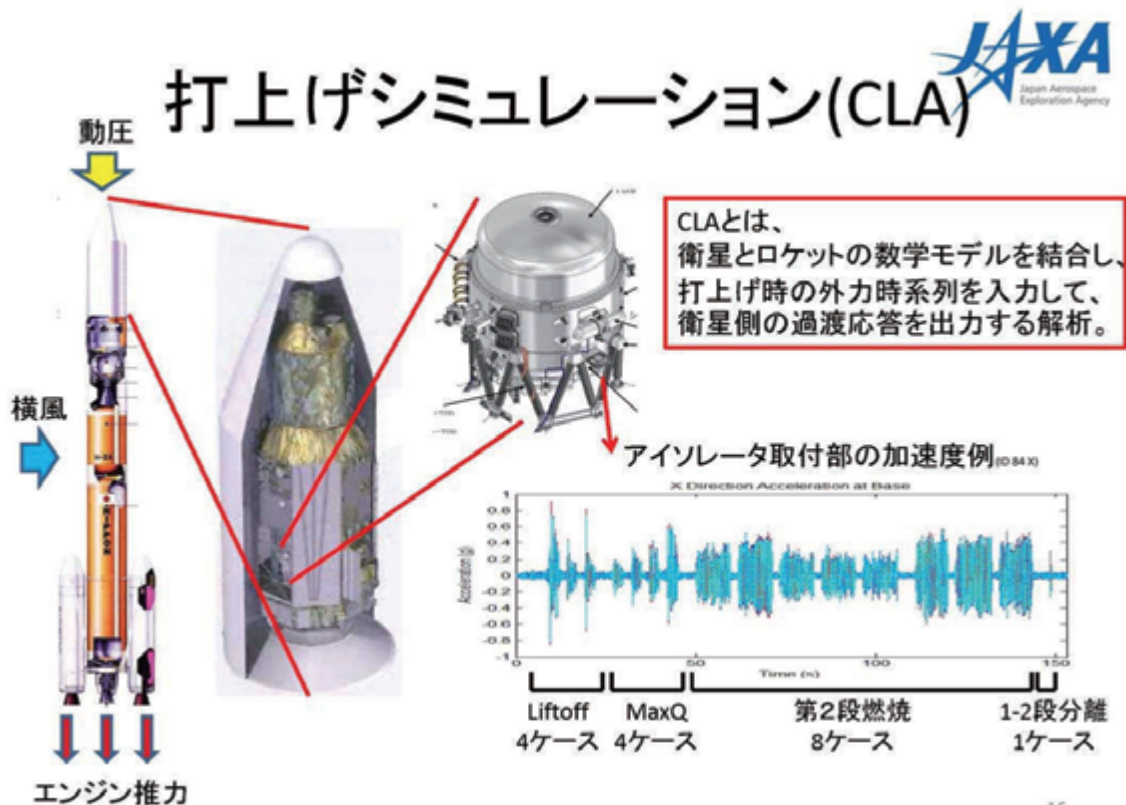


- 機械環境(正弦波、ランダム、衝撃)
 - アイソレータが壊れないこと
 - 冷凍機を壊さないこと(許容レベルを超えないこと)
 - 冷凍機加速度
 - キャピラリ変位
- コンポーネント試験を行った結果、地上試験レベルで冷凍機の許容加速度(AT 16G)を超過することが判明。
 - AT(Acceptance Test)とは、フライト用冷凍機で試験したレベル。
- でも、打ち上げには耐えるかもしれない。
 - 地上試験は1軸加速度、打上げは6軸加速度。
 - 非線形系では重ねあわせの原理が通用しない。
 - どうやって評価するか？

冷凍機加速度の予測試験

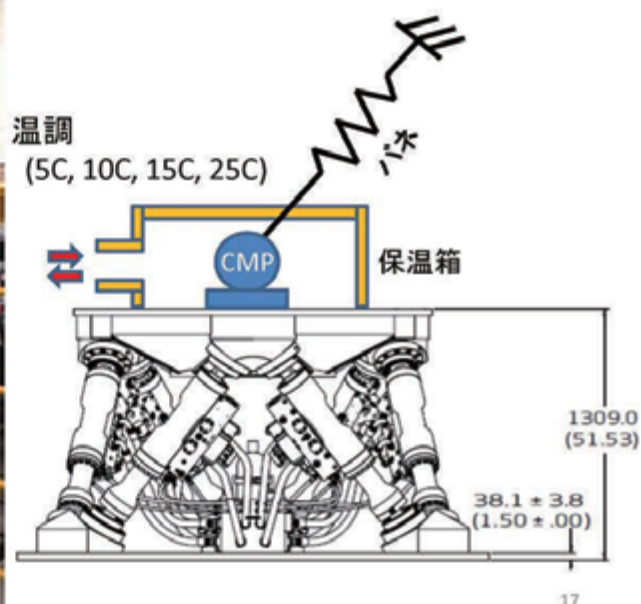
- 打ち上げ時のアイソレータ取付部の加速度は、CLAから求める。
 - CLA:衛星+ロケットの構造数学モデルを用いた時系列解析
- アイソレータ試作機(EDU)に、冷凍機取付点の6DOFの加速度を入力すれば、打ち上げ時の加速度が予測できるはず。
- 試験においては、以下の点を考慮する。
 - VEMおよびGFTSの温度特性
 - 静加速度の影響(バンパピンの中立位置)
 - CLAの不定性
 - 試験の再現性

15

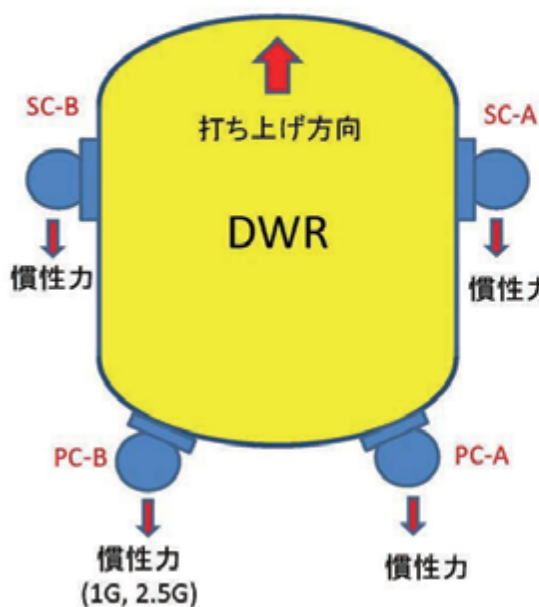


16

6DOF加振器による 打ち上げ環境模擬

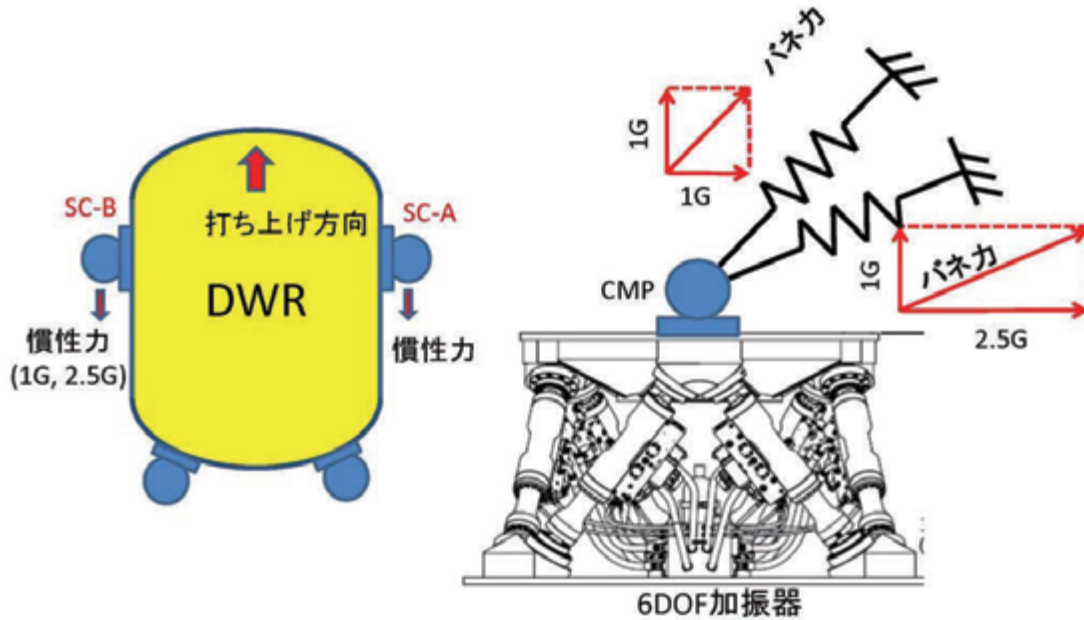


静加速度の取り扱い (バンパピンの初期位置)



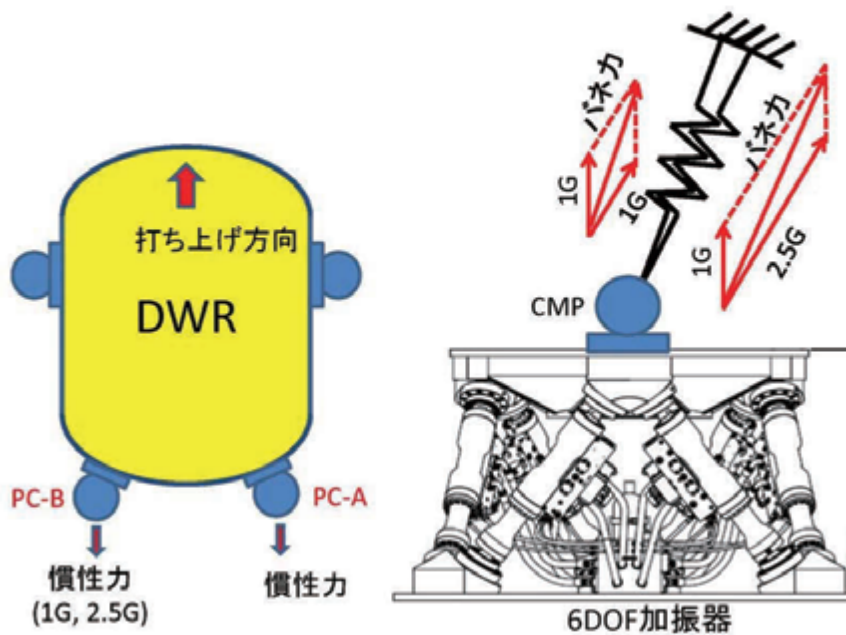
- 静加速度によって、バンパピンの中立位置が変わる。
- アイソレータの応答は、バンパピンの中立位置によって変わるため、静加速度を模擬する必要がある。

静加速度の取り扱い SC



19

静加速度の取り扱い PC



20

冷凍機加速度の予測試験 試験ケース



- コンフィグレーション (SC-A/B, PC-A, PC-B)
- 温度 (5C, 15C, 25C)
- 静加速度 (1.0G, 2.5G)
- CLA不定性 (x1.0, x1.2)
- 試験の不定性 (各ケース3回)
- 試験ケース数 $3 \times 2 \times 3 \times 2 \times 3 = 108$

試験目的: 以上の全てのケースにおいて、冷凍機加速度が16Gを超えないことを確認する。

21

フライト時予測加速度 試験結果 + 個体差ばらつき (+20%) + 静加速度



- 打ち上げ時の温度条件を 10-25 degC とした。
- 4台とも搭載することに決定！

22

まとめ



- ASTRO-H/SXSにおいて、冷凍機擾乱が検出器にノイズを生じさせる問題が発覚した。(2012/11)
- 振動アイソレータの仕様を決定し、開発を行った。(2012/12～2015/4)
- 6DOF加振器を使用して打ち上げ環境を模擬試験し、冷凍機の機械環境を評価した。
 - 試験においては、以下を考慮した。
 - 温度、静加速度、CLA不定性、試験不定性
- 振動アイソレータは、4台ともASTRO-Hに搭載された。
- 無事に上がれば、バンパ付きのアイソレータのフライトは世界初？

23



質疑応答

質問者① JAXA 環境試験技術ユニット 施様

6 軸同時加振の際、回転も含めた 6 自由度の位相をどのように定義しているのか。例えば x 軸方向で何 G、y 軸方向で何 G、更に位相差がこの程度、というように複数ケースを与えられているのか。

発表者

6 軸加振はシミュレーションの結果をまず 6 自由度で算出し、その結果と全く同じになるように、油圧のテーブルをチューニングして時系列を合わせこむことで実施する。その為、おそらく±5%程度のレベルで加速度・位相を合わせこむことができる。ただし、このチューニングには半日程度の時間がかかった。