

### 6.3. 多様な相乗りミッション衛星を実現する 革新的振動絶縁装置の開発

宇宙航空研究開発機構

第一宇宙技術部門 GOSAT-2 プロジェクト

百束 泰俊 氏

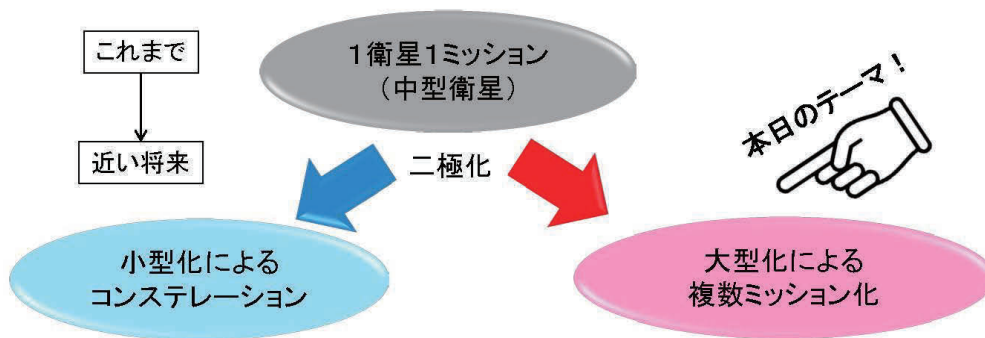
# 多様な相乗りミッション衛星を実現する 革新的振動絶縁装置の開発

宇宙航空研究開発機構 JAXA  
GOSAT-2プロジェクトチーム  
主任研究開発員 百束 泰俊

2016.10.20 試験技術ワークショップ GOSAT-2プロジェクトチーム/環境試験技術ユニット

## 新たな価値創出が求められる時代に

- 昨今JAXA人工衛星は、1衛星1ミッション、中型衛星が主流
- 世界の人工衛星は大型化と小型化の二極化が進んでいる

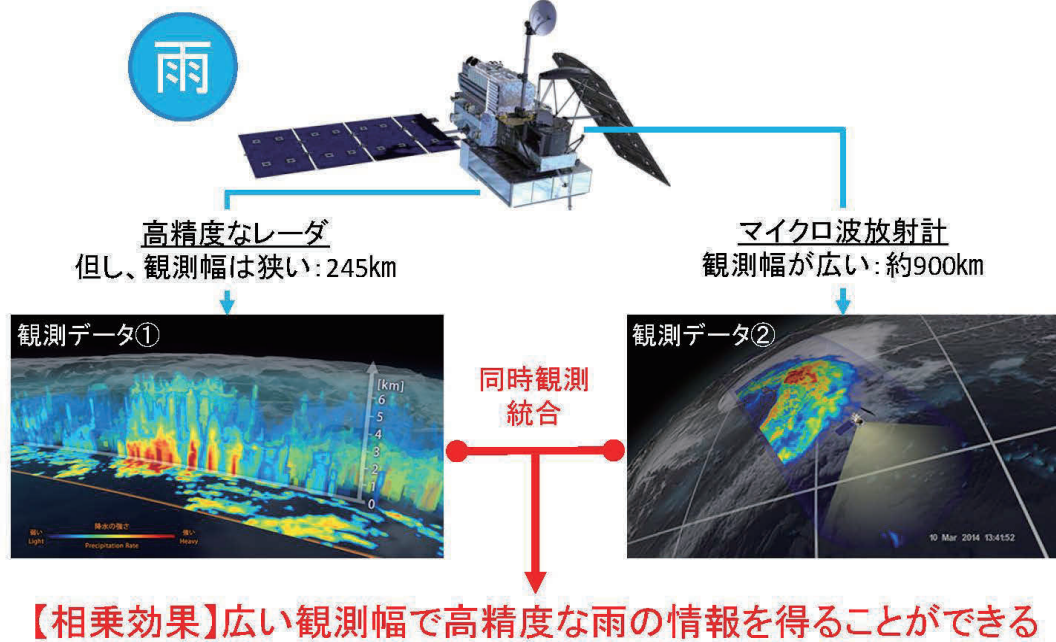


異なる種類の観測センサの組み合わせで、  
相乗効果・新たな価値創出を目指す。

2016.10.20 試験技術ワークショップ GOSAT-2プロジェクトチーム/環境試験技術ユニット

2

# 相乗効果の例

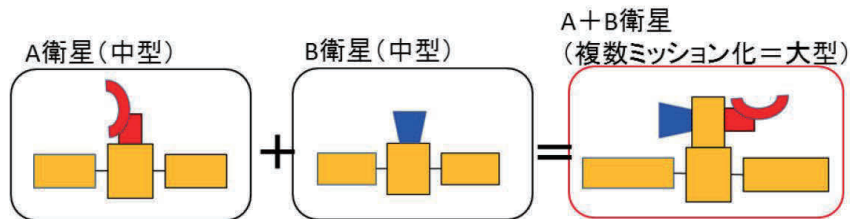


# 複数ミッション化の課題

- リソースの配分  
質量、寸法、電力、データ転送
- 相性の問題  
搭載性、観測視野干渉、電磁適合性、**機械的擾乱**

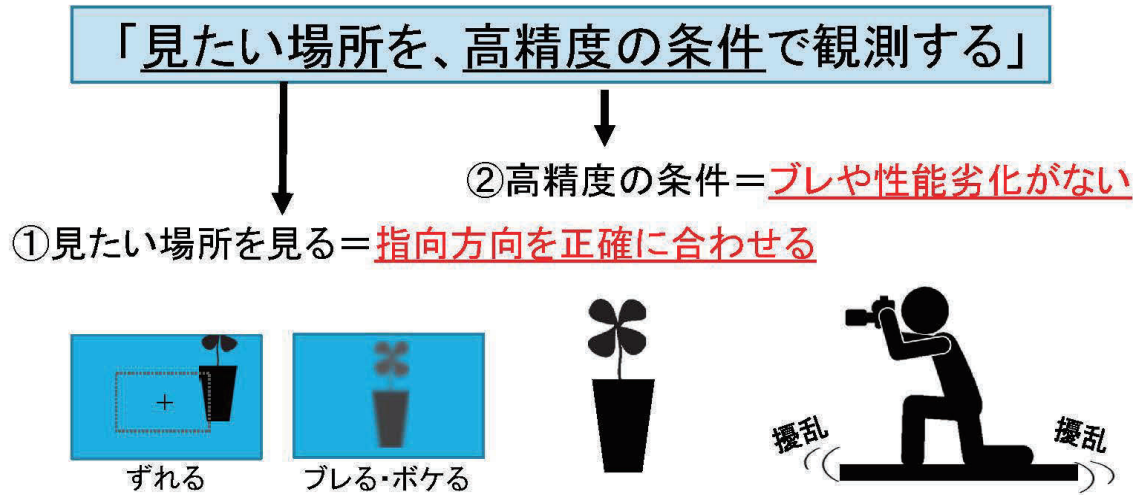


**【擾乱(じょうらん)】** 意味: 騒がしいこと、かき乱すこと



## 特に、一方が光学センサの場合

- 光学センサ(カメラ)の場合、**機械的擾乱**には特に注意が必要
- 近年、光学センサは**高精度化**している。



## 人工衛星の擾乱源

- バス機器のうち擾乱源になり得るもの  
リアクションホイール、慣性基準装置、太陽電池パドル駆動機構、駆動アンテナ
- 観測センサの搭載品で擾乱源になり得るもの  
機械式冷凍機、モータ、観測センサ自体が駆動するもの

多種多様の擾乱源が存在し、擾乱の周波数も数多く存在



これを如何に低減するかが複数ミッション化の課題



## 振動制御の方法

- アクティブ制御方式とパッシブ方式の二つに分類できる
- アクティブ制御方式は構成部品が多く必要となる、つまり信頼度が低下することから、敬遠される場合が多い。

### パッシブ方式の代表例

#### ①受動制振

振動を減衰させる方法。具体的には、動吸振器や粘弾性体のシートに代表される制振材の付加が行われる。所望の周波数の振動エネルギーを奪う方法(結果として、その周波数の振動レベルが低下する)



#### ②振動絶縁

伝達を切るという意味で振動アイソレータとも呼ばれる。振動絶縁は特に高周波に対して有効となる方法。一方、原理上低周波域での共振が起こるため、**共振周波数の設計が重要**。

## 例えば、建物の場合

#### ● 耐震

耐力壁を増やしたり、接合部を固めて建物の骨組みで地震に耐える。**振動低減はしない。**

#### ● 制震

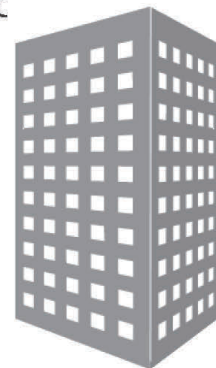
衛星の「受動制振」と同じ方法

土台と梁の間に設置した振動吸収装置が建物の**振動を吸収**して建物の揺れを軽減する。**中程度の振動低減率。**

#### ● 免震

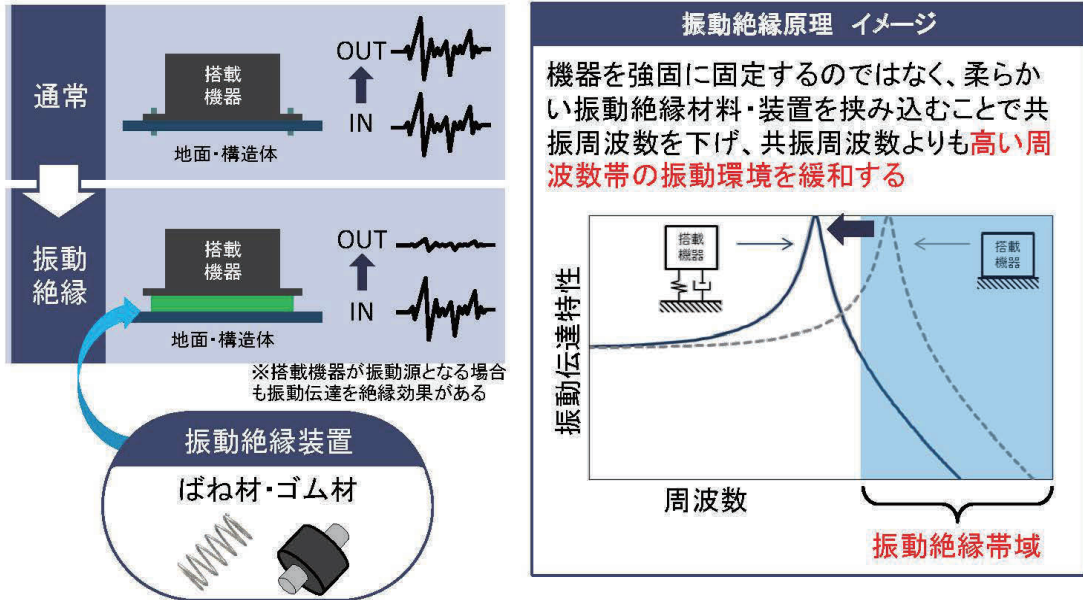
衛星の「振動絶縁」と同じ方法

**建物の基礎部分**に免震装置を入れて建物と地盤を切り離し、大地震の振動を建物に伝えにくくする。**高い振動低減率。**



## 振動絶縁の原理

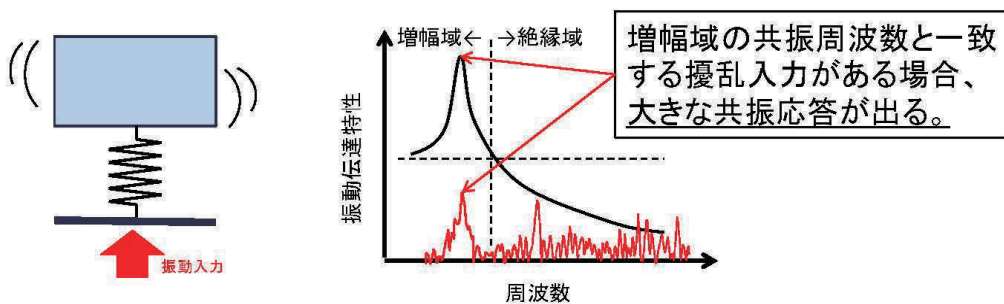
振動絶縁 = **搭載機器の底面**に振動絶縁装置を設置する



## 振動絶縁の課題(1/3)

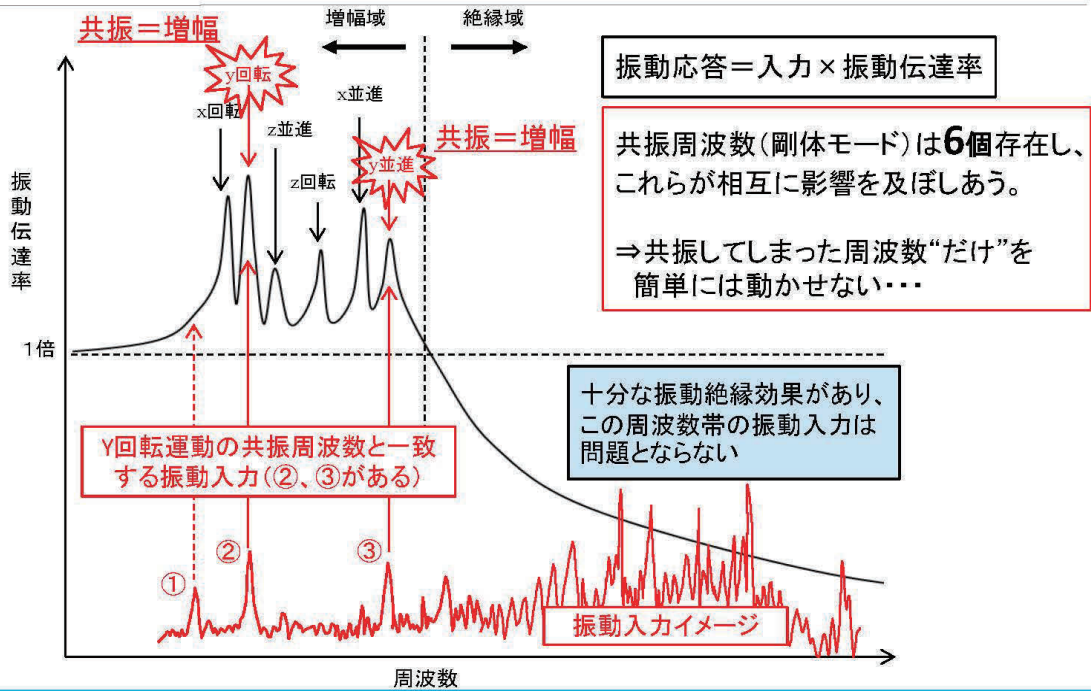
### 原理上の課題

振動絶縁装置は、自身の共振により低周波で振動を過大に増幅させる帯域が必ず存在してしまう



擾乱入力周波数がより十分に低い周波数に共振周波数を設計する案もあるが、その場合、バネが柔らかくなり過ぎて現実解にならない。  
擾乱入力周波数を避けるような、共振周波数の設計(どの周波数に持っていか)が重要となるが、これまで共振周波数を積極的に【設計】することは難しかった。

## 振動絶縁の課題(2/3)



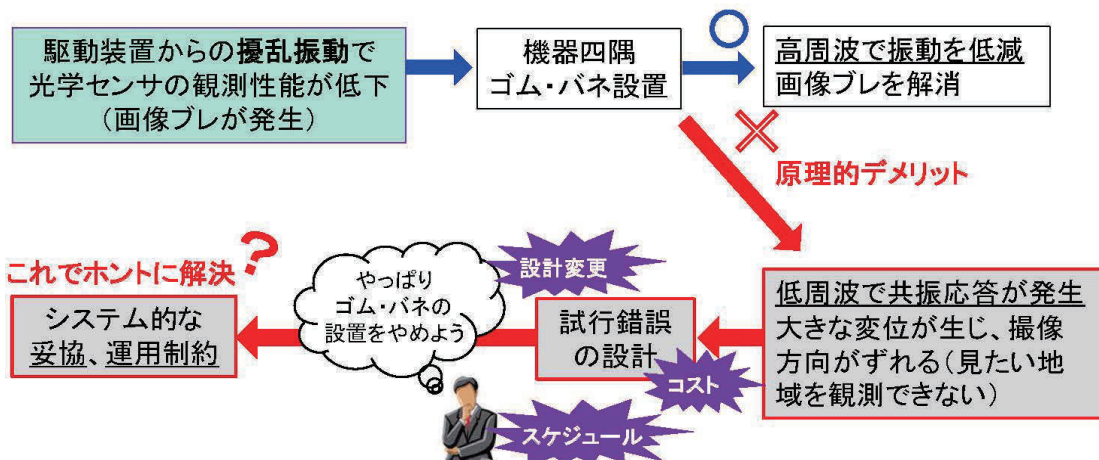
2016.10.20 試験技術ワークショップ GOSAT-2プロジェクトチーム/環境試験技術ユニット

11

## 振動絶縁の課題(3/3)

### ● 試行錯誤の設計とシステム的な妥協

試行錯誤の設計をしながら、最悪の場合は駆動する装置に運用制約を課す方法が採られていた。(光学センサ観測中は、駆動装置を停止させる)

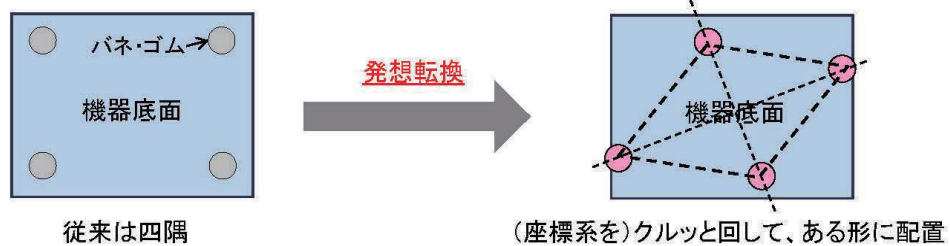


12



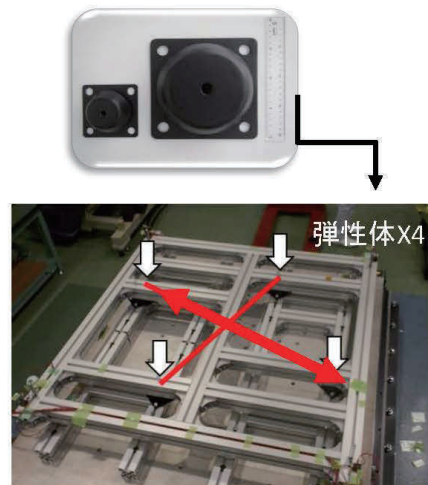
## 【新技術】共振周波数調整型振動絶縁装置

- もし共振周波数を意図通り設計(あるいは調整)できれば、高周波の振動絶縁効果を担保したうえで、低周波の共振発生という**原理的デメリットを根本的に解決**することができる。
- そのために必要なことは、従来、**機器の四隅**に配置していたバネ・ゴムを、新技術に基づく方法で配置・調整することだった。



## 共振周波数調整型振動絶縁装置の実証

- 光学センサのダミーとして、スペースドーム(見学エリア)より、GOSAT一号機のSTMから観測センサを取り外し
- 市販品のゴム材を選定。
- ゴム材の配置調整構造を設計・組み立て

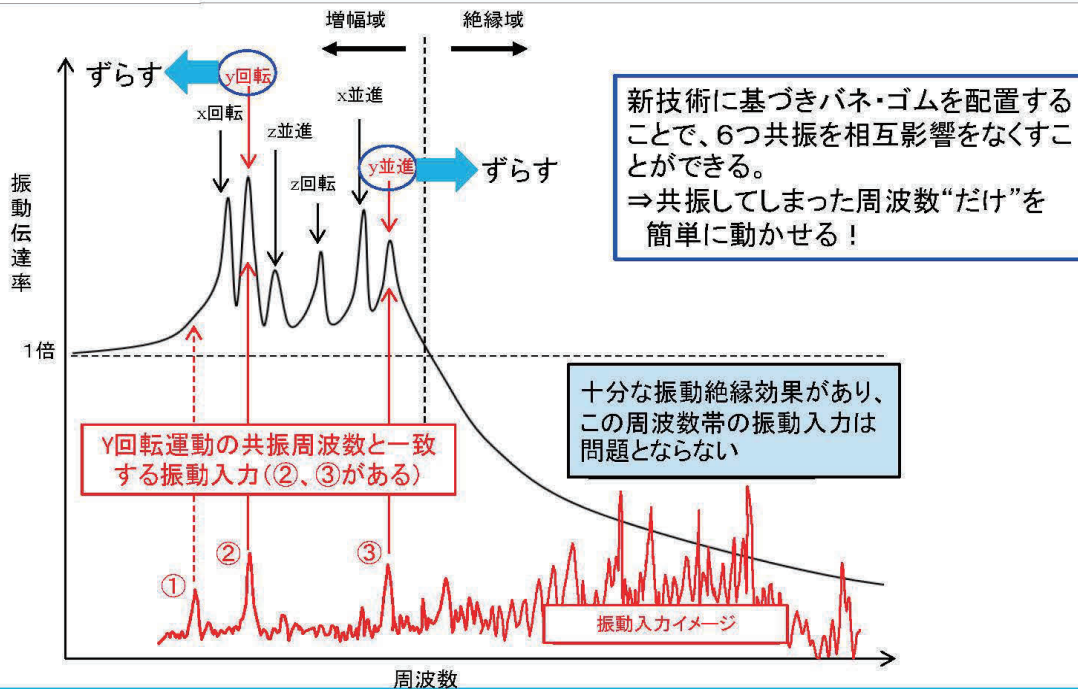


ゴム材の配置により、6つの共振周波数を意図通りに設計・調整する手法を実証



## 共振周波数調整機能

振動応答 = 入力 × 振動伝達率



2016.10.20 試験技術ワークショップ GOSAT-2プロジェクトチーム/環境試験技術ユニット

15

## 共振周波数調整機能の有効性

- 設計初期から成立性を保証でき、設計の出戻りが少ない

共振周波数を意図通り設計でき、開発の進捗に合わせ製造後の最終的な計測値に基づき共振周波数をシフトさせることで、軌道上での共振を確実に回避できる。概念検討の段階から衛星システムとして擾乱問題に対する成立性を担保することが可能

- アイソレータユニットの小型化が可能

擾乱感受性機器の重量も利用して、アイソレータが持つ共振周波数をシフトさせることができる。よって、アイソレータが持つ原理上不可避なデメリットを回避しながらアイソレータユニットを小型化することが可能である。

2016.10.20 試験技術ワークショップ GOSAT-2プロジェクトチーム/環境試験技術ユニット

16

## 他分野への適用イメージ

**振動絶縁技術**

生活の「質」の向上

産業問題を解決      技術革新サービス創出

スマホ(タブレット)スタンド



出典: store.shopping.yahoo.co.jp

スピーカインシュレータ



(C)AET



出典: monostudio.jp

家電



出典: http://omoshiroshop.com

航空機搭載用カメラ  
ドローン搭載用カメラ



出典: www.cybernetech.co.jp

産業機械



出典: www.rasaco.co.jp

建築物



出典: hurry911.cocolog-nifty.com

車載カメラ



出典: gazine.net

2016.10.20 試験技術ワークショップ    GOSAT-2プロジェクトチーム/環境試験技術ユニット    17

## 特願2016-145581: 請求範囲

名称:

振動アイソレータの共振周波数の調整方法及び調整システム、  
振動アイソレータ、並びに振動アイソレータの設計方法、設計システム、及び製造方法

大きく分類すると以下の4項目に分けられる。

- 共振を避ける設計・製造方法
- 共振周波数を調整できる装置
- 共振周波数と弾性体配置を表示する設計ツール
- 共振周波数調整方法

(詳細構成)

- |                       |                               |
|-----------------------|-------------------------------|
| ① 振動節煙の共振周波数調整方法      | ⑤ 左記④の共振周波数調整方法               |
| ② 共振周波数を調整できる振動絶縁     | ⑥ 共振を避ける振動絶縁(機器の脚)の設計方法       |
| ③ 回転テーブルを有する振動絶縁      | ⑦ 上記⑦をコンピュータで実施する設計方法         |
| ④ 回転テーブル+直交2軸を有する振動絶縁 | ⑧ 共振を避ける振動絶縁(機器の脚)の製造方法       |
| ⑤ 上記③の共振周波数調整方法       | ⑨ 簡便なUIで共振周波数と弾性体配置を表示する設計ツール |

## おわりに

---

ポスター展示にて、詳細なモデル化手法・理論式を紹介してします。

宇宙用、他業種用を問わず、本特許技術の活用について、  
ご関心がございましたら、ぜひご連絡ください。

## 質疑応答

ワークショップ進行の都合上、質疑応答を割愛



図 6-2 ご講演の様子