

P216 磁束ピンニング効果を用いた微小擾乱抑制機構の数値解析

Numerical analysis for micro vibration isolator using flux pinning effect

柴田 拓馬(Takuma SHIBATA)*¹, 坂井 真一郎(Shin-ichiro SAKAI)*²

*¹総合研究大学院大学 SOKENDAI, *²宇宙航空研究開発機構/宇宙科学研究所 JAXA/ISAS

ABSTRACT

Micro vibrations generated by bus part are problem as satellites acquire observed data with high pointing accuracy. To actuate reaction wheels and refrigerator causes micro vibrations, and observed data will get deviation and blur if those vibrations transmit to the mission part. According to pretend these vibrations, various vibration suppression and elimination methods have been researched and developed. However, those methods are difficult to cut off the vibrations of low frequency band, and need active control. Therefore, vibration suppression method using flux pinning effect has been proposed in this research. Numerical analysis about flux pinning effect has been carried out.

1. はじめに

○観測衛星の精度向上の意義

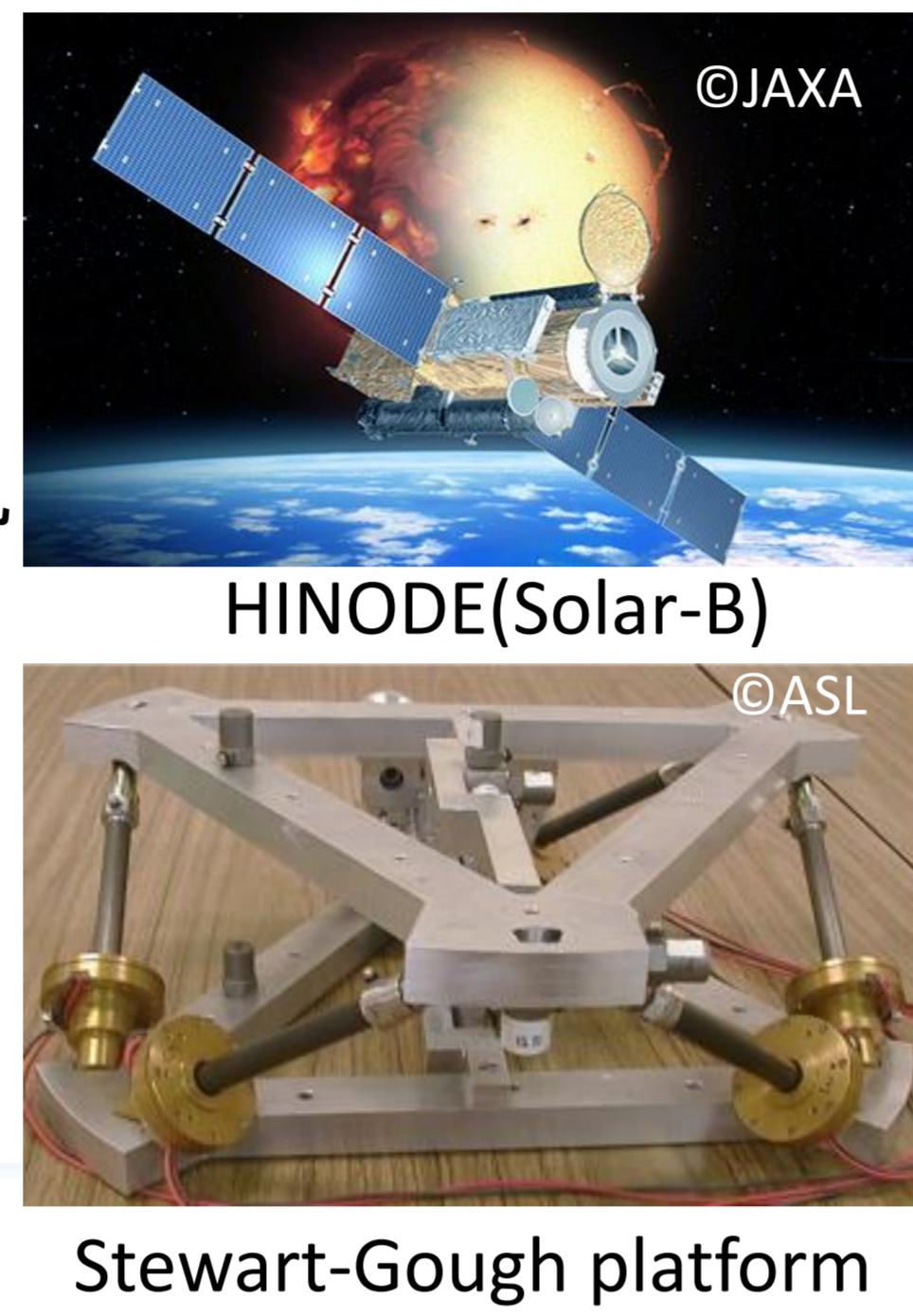
観測精度向上によって、より遠くの銀河系、惑星の情報が見られるようになる。

○従来手法

Tip Tilt Mirror や Stewart-Gough platformなどを用いた擾乱管理法が研究され、用いられてきた。

しかしながら...

- ・アクティブに制御することが必要。
- ・システムの構築、特性の理解が困難。
- ・低周波領域の擾乱を遮断することが困難。



2. 磁束ピンニング効果

○磁束ピンニング効果とは

第二種超電導(SC)内部に磁束が捕捉される現象。磁場凍結法を用いることによって第二種超電導(SC)と永久磁石(PM)の相対位置を制御することなく維持させることが可能。

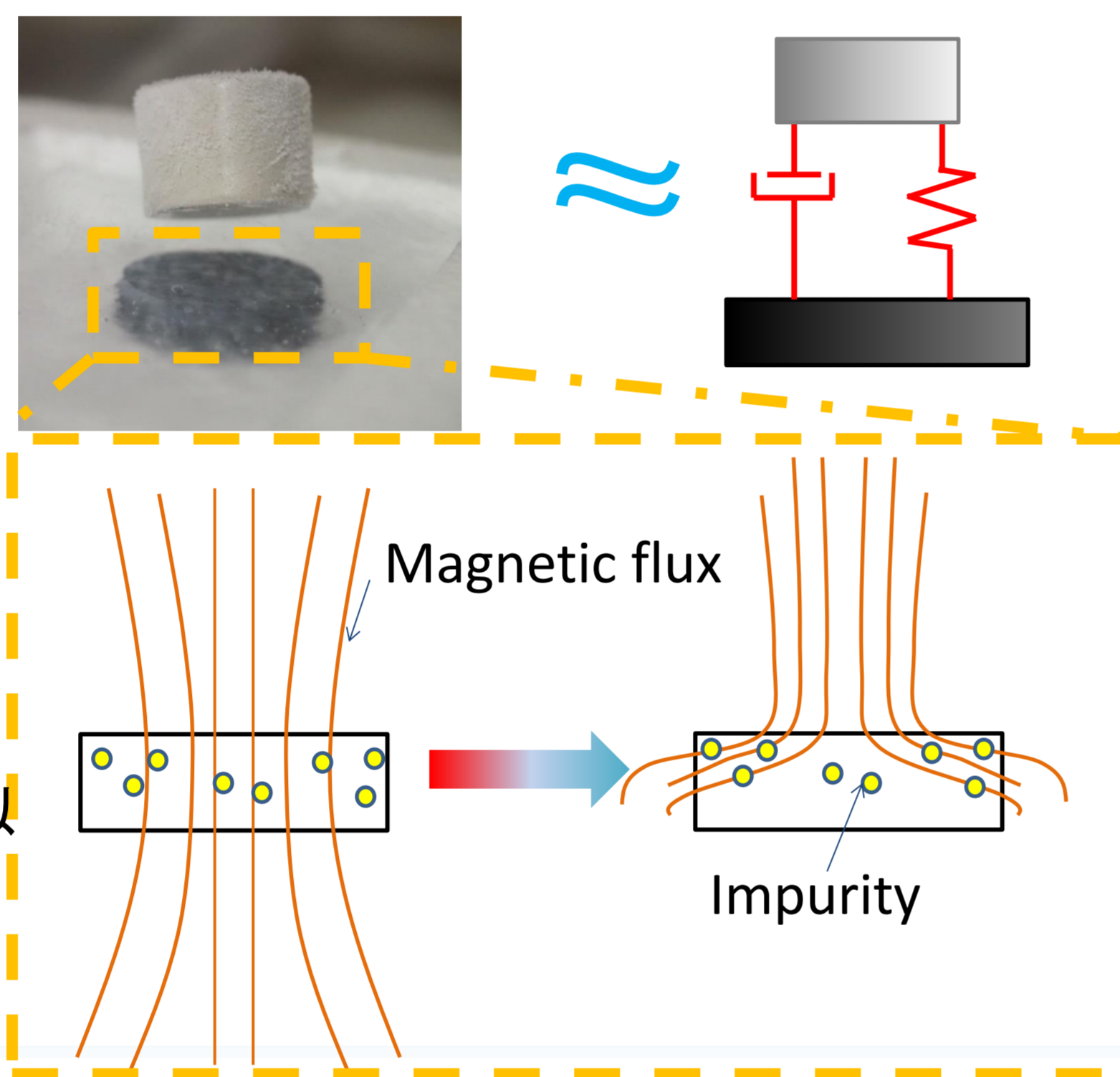
・ピンニング力

永久磁石が磁場凍結時の位置から移動した場合に、維持力として作用。

・マイスナー効果

外部磁束を第二超電導内部に通過させない。永久磁石が、第二種超電導体に接近した際に反発力として作用。

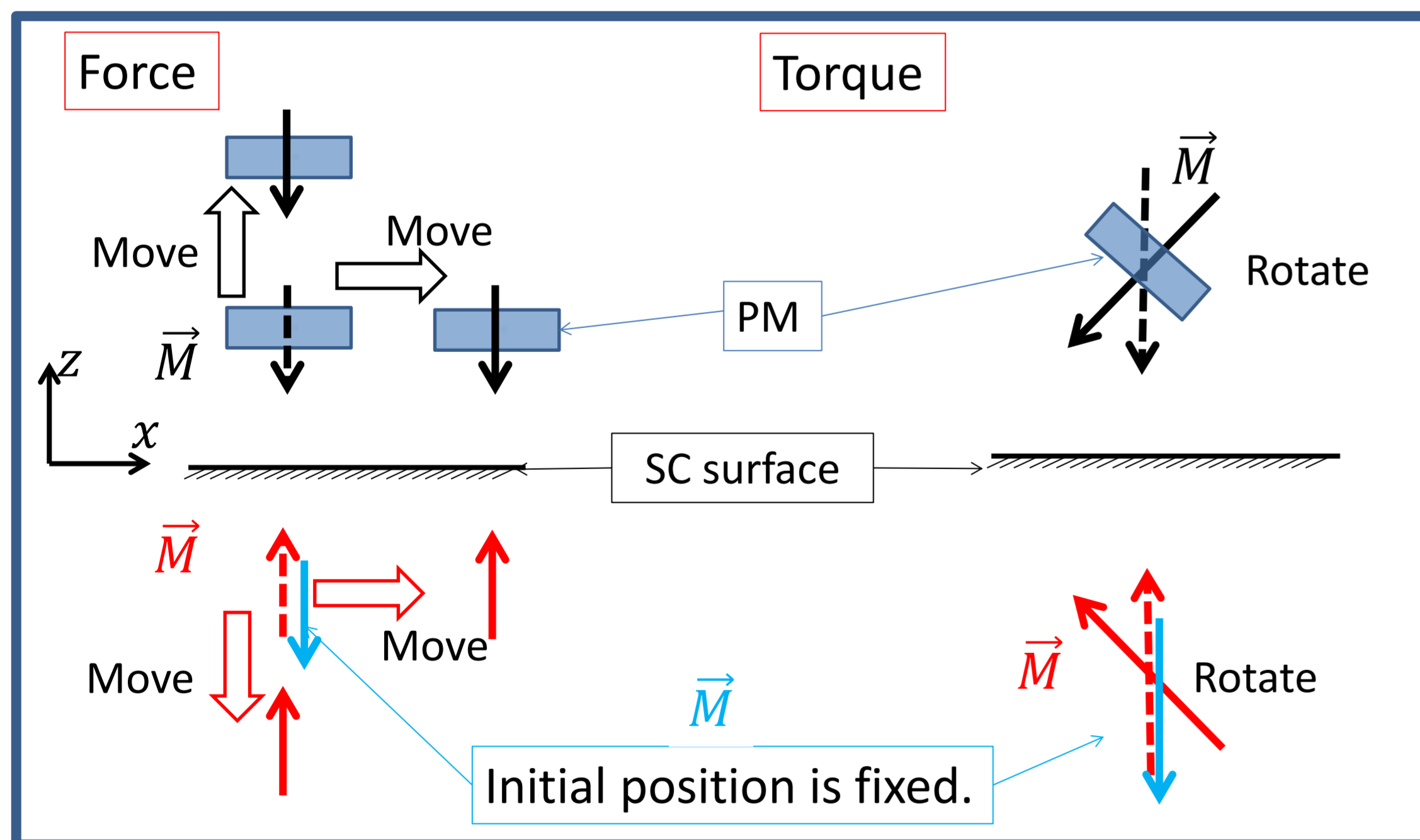
微小変位に対してばねダンパ力として近似することが可能。



4. シミュレーション

○フローズイメージモデル

ピンニング効果間の力、トルクを求める簡易モデル。超伝導体の大きさは無限と近似。磁場凍結時にSC内に2つの像を生成。対象を磁気モーメント \vec{M} として近似。



- ・Frozen image(引力) 磁場凍結時位置に固定。
- ・Mobile image(反発力) 対象が移動すると追従。

浮上間に生ずる維持力 \vec{F}_{all} と維持トルク \vec{T}_{all}

$$\vec{H} = \frac{\mu_0}{4\pi r^3} \left\{ -\vec{M} + \frac{3(\vec{M} \cdot \vec{r})}{r^2} \vec{r} \right\}$$

μ_0 :透磁率
 \vec{M} :PMの磁気モーメント

$$\vec{F}_{all} = \mu_0 \{ (\nabla H_m \cdot \vec{M}) + (\nabla H_f \cdot \vec{M}) \}$$

H_m :Mobile imageの磁場
 H_f :Frozen imageの磁場

$$\vec{T}_{all} = \mu_0 \{ (\vec{H}_m \times \vec{M}) + (\vec{H}_f \times \vec{M}) \}$$

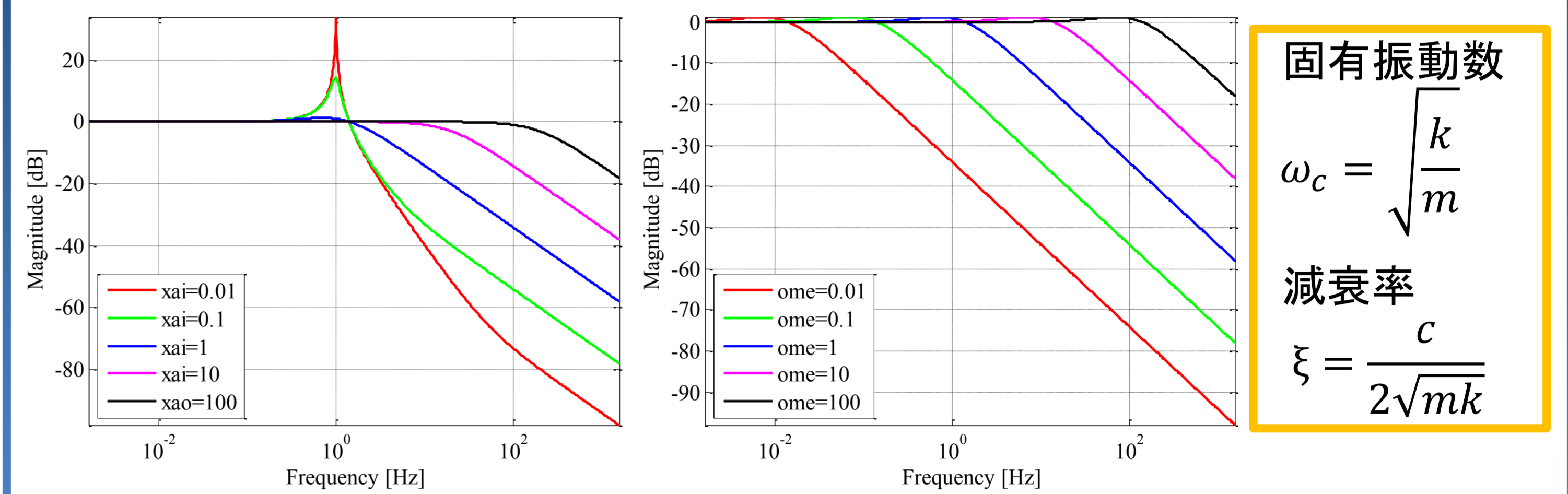
5. まとめ

磁束ピンニング効果を用いた新しい微小振動抑制機構を提案し、この効果の特性を知るためにフローズイメージモデルを用いた数値解析を行った。磁束ピンニング効果は、ピンニング力によって永久磁石と超電導体間の相対位置、相対姿勢を制御することなく維持させることを可能とする。また、この力は微小変位に対して、ばねダンパ力として近似することが出来る。低周波帯域の振動をカットオフするためには、低ばね係数の系を構築する必要があり、これは同時にピンニング力を小さくする必要がある。ピンニング力を小さくすることは、外乱によってミッション部とバス部が分離してしまうことにつながる可能性がある。このため、衛星に支配的に働く外乱の見積もりを行い、それを考慮した機構の構築が必要である。今後の課題としては、複数の永久磁石を用いた場合の維持力、またトルクについて評価を行う必要があると考える。

3. 提案手法

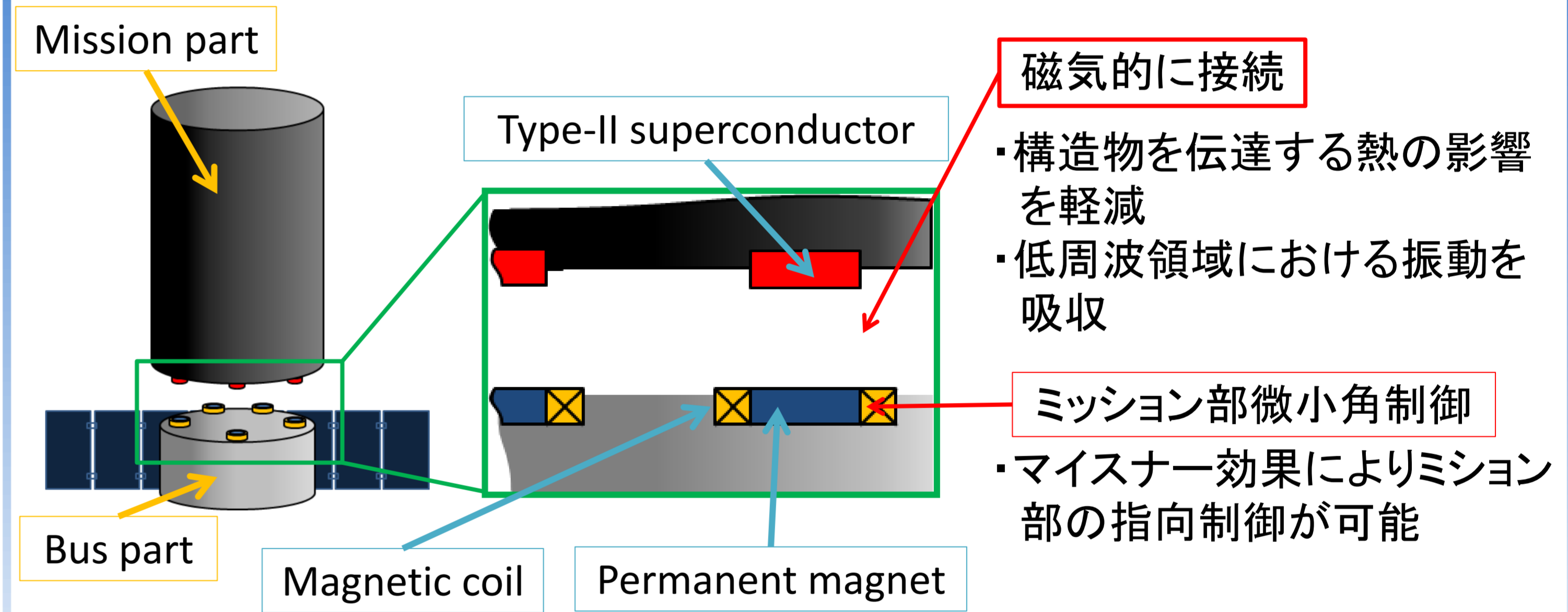
○微小振動の受動抑制における課題

本研究は、受動的に微小振動を抑制する。このため、低周波帯域の振動を抑制するため低ばね係数を達成する必要がある。



○磁束ピンニング効果を用いた擾乱抑制機構

擾乱抑制機構へ磁束ピンニング効果を適用。ミッション部とバス部間を磁気浮上効果を用いて近距離フォーメーションフライトを行う。



既存の擾乱アイソレータに比べ そのために... 磁気浮上間に生ずる

- ・熱伝達が低減
- ・低周波領域の振動を受動的に遮断することができる。
- ・浮上力
- ・剛性とダンパ特性を理解することが必要。

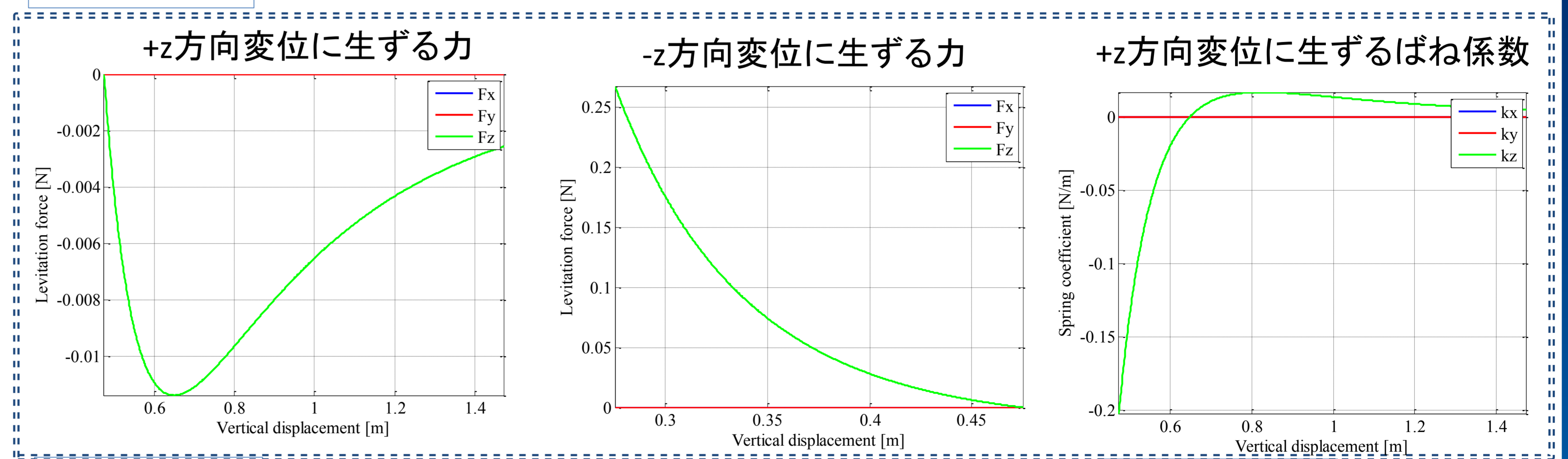
○微小擾乱抑制機構に生ずる維持力、トルク

低ばね係数を達成させると、生じる維持力、トルクの大きさも小さくなる。フォーメーションを維持させるためには、外乱による影響を考慮した設計が必要不可欠。

シミュレーションパラメータ

PM size [mm ³]	50 × 50 × 50 × π
Magnetization [A/m ²]	7.4143 × 10 ⁵

垂直方向変位



水平方向変位

