

DPF 検討会：構造・ドラッグフリー制御 資料

2010-05-11 東大新領域 森脇 成典

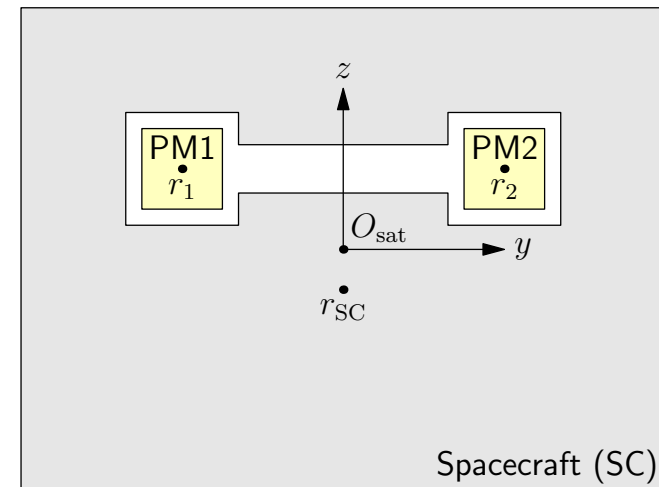
2009年度までの検討のまとめ

内容

- ドラッグフリー制御・干渉計制御のフィルタの例と加速度雑音
- SAP 縦配置・スラスト配置の検討（目標姿勢の変更 2010-05 案）

DPF ドラッグフリー制御のモデル

名称	変数名
PM1 位置	$\vec{r}_1 = (x_1, y_1, z_1)$
PM1 姿勢	$\vec{\phi}_1 = (\xi_1, \eta_1, \zeta_1)$
PM2 位置	\vec{r}_2
PM2 姿勢	$\vec{\phi}_2$
SC の位置	$\vec{r}_{SC} = (x_{SC}, y_{SC}, z_{SC})$
SC の姿勢	$\vec{\phi}_{SC}$
EA力 PM1 並進	$\vec{f}_{EA1} = (f_{EA1x}, f_{EA1y}, f_{EA1z})$
EA力 PM1 トルク	$\vec{t}_{EA1} = (t_{EA1\xi}, t_{EA1\eta}, t_{EA1\zeta})$
EA力 PM2 並進	\vec{f}_{EA2}
EA力 PM2 トルク	\vec{t}_{EA2}
スラスタ推力, 並進	\vec{f}_{Th}
スラスタ推力, トルク	\vec{t}_{Th}
並進外乱	\vec{f}_D
トルク外乱	\vec{t}_D

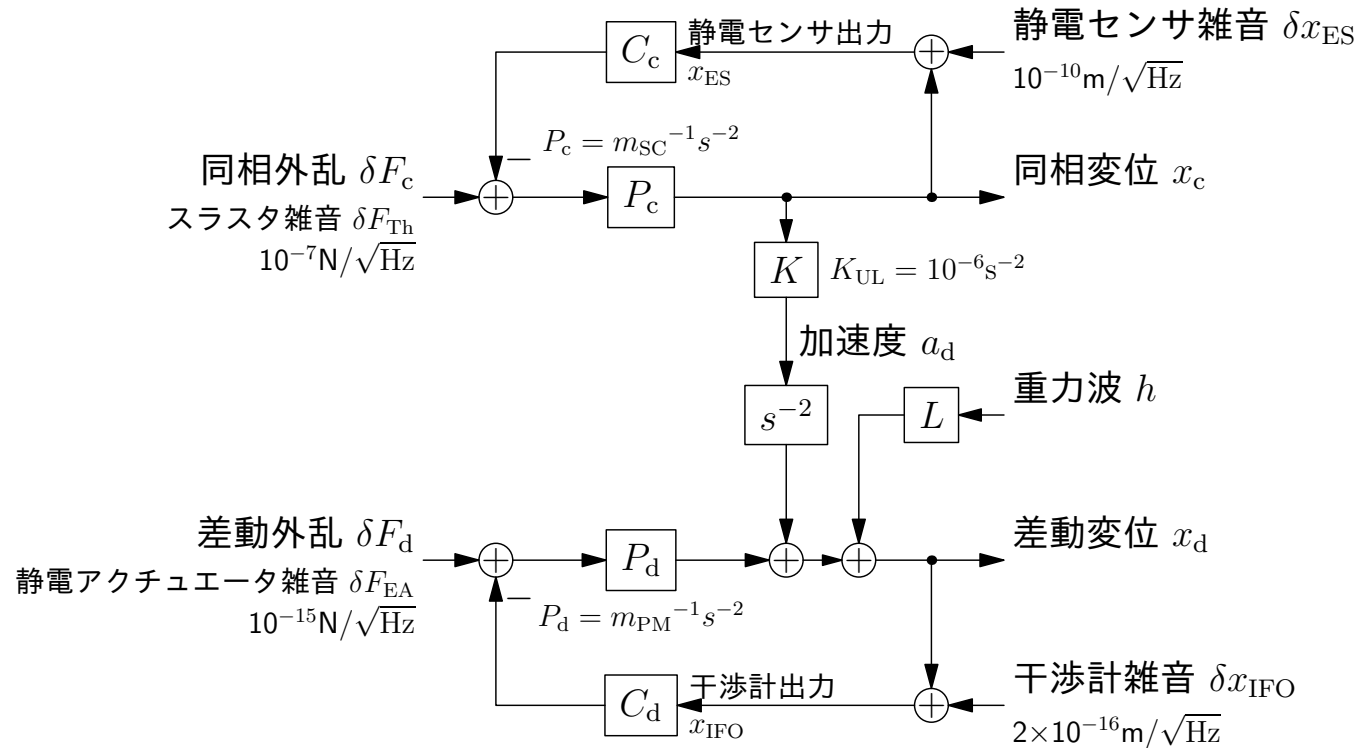


衛星全体を，試験マス 1，2 (PM1, PM2)，衛星外殻 (SC) の 3つの剛体に分けて扱う． O_{sat} は衛星中心軌道面座標の原点で，PM を含む衛星全体の重心に一致．

PM: 試験マス, EA: 静電アクチュエータ, SC: Spacecraft.

衛星変動に起因する「加速度」雑音

上半分のループ: ドラッグフリー制御, 下半分のループ: FP 光路長制御.



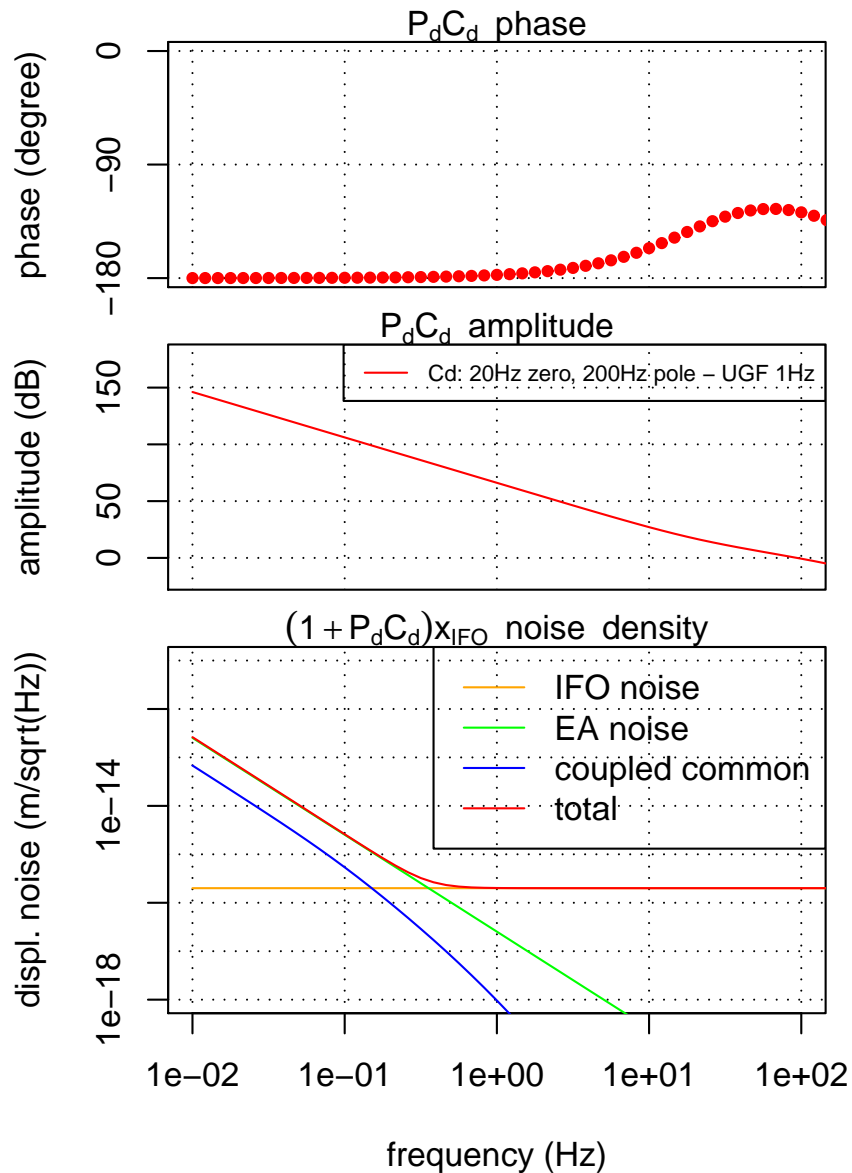
静電センサの雑音, 前回の資料では 10^{-9} だったのを今回 10^{-10} とした。(佐藤氏の報告書 2009年 3月参照)

衛星並進から PM 加速度へのカップリング (係数 K) があるため, x_c, x_d について解くと

$$x_c = (1 + P_c C_c)^{-1} (P_c \Delta F_{Th} - P_c C_c \Delta x_{ES}) \quad (1)$$

$$(1 + P_d C_d) x_{IFO} = Lh + \Delta x_{IFO} + P_d \Delta F_{EA} + K s^{-2} x_c \quad (2)$$

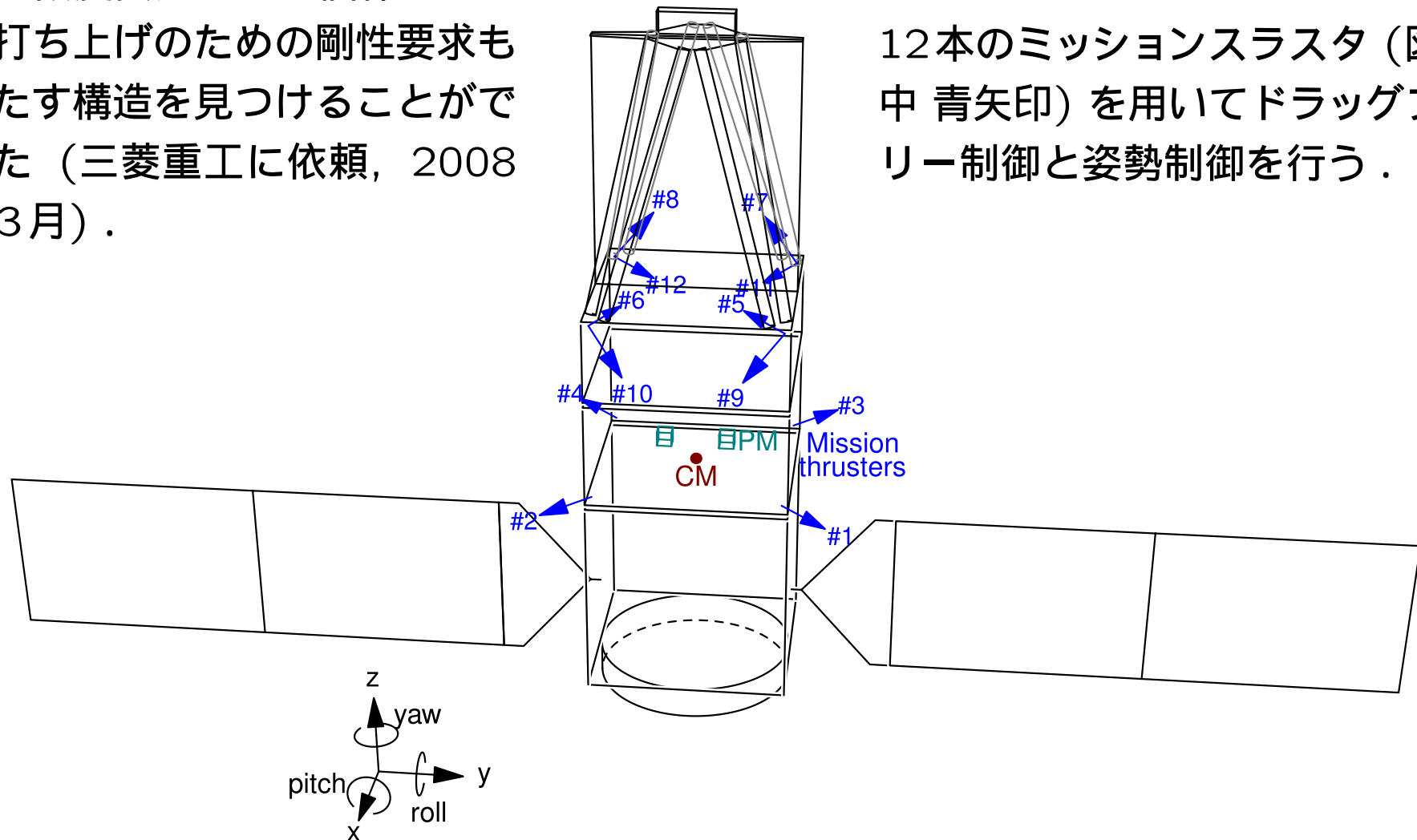
Fabry-Perot 共振器の長さ制御と加速度雑音



左図上中段は長さ制御の開ループ応答関数の Bode 線図．下段は(キャリブレーションした)変位雑音スペクトルの内訳．静電センサの雑音 $10^{-10} \text{ m}/\sqrt{\text{Hz}}$ が達成できれば，ドラッグフリー制御の残留雑音からのカップリングによる加速度雑音の影響はなくせる．この自由度については，スラスト雑音の要求値にはかなりのマージンがある．

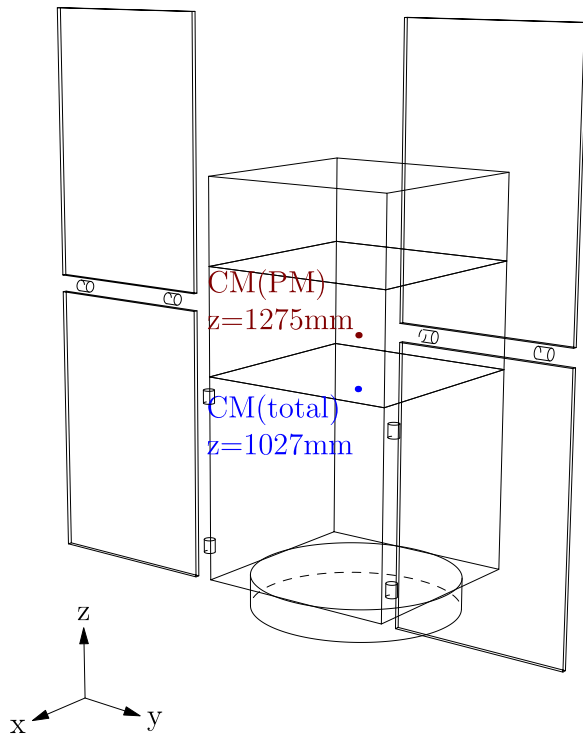
構造・ミッションスラストの配置

重力傾度安定でかつ個体ロケット打ち上げのための剛性要求も満たす構造を見つけることができた（三菱重工に依頼，2008年3月）。



12本のミッションスラスト（図中 青矢印）を用いてドラッグフリー制御と姿勢制御を行う。

SAP 縦配置



NEC に依頼 , 2010年 2月.

- 固有振動の最低周波数 2.4 Hz.
- 重り・マストが軽量化される予定 .
- デイレイ機構が必要 .
- プルームが SAP に干渉 .

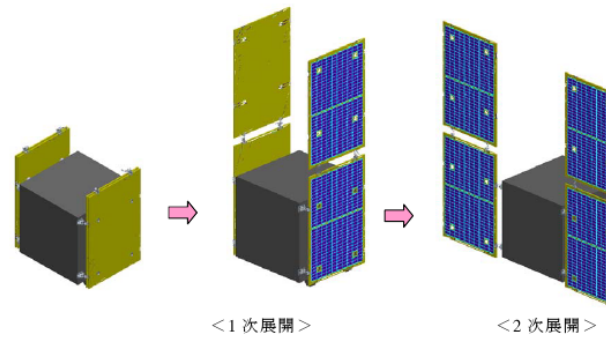


図 3.3-2 DPF/SAP 展開様式

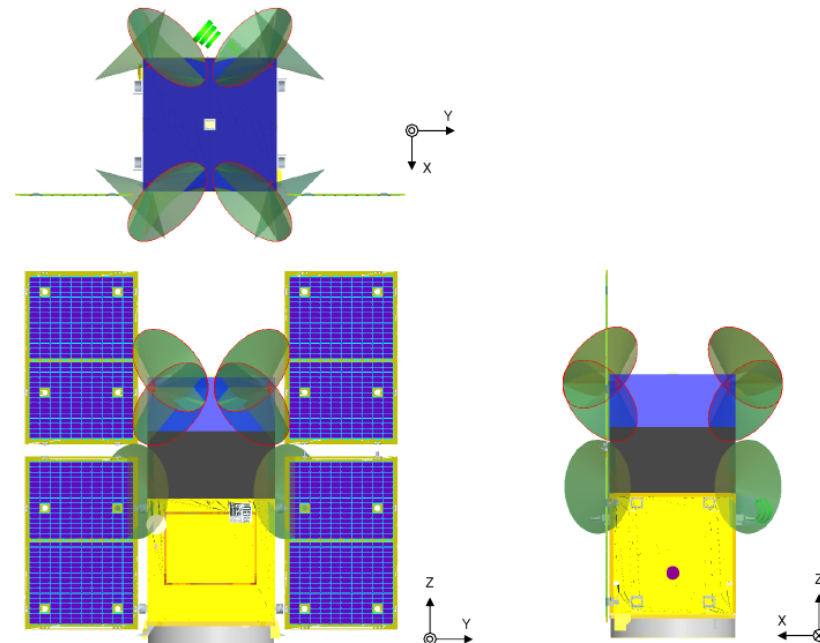
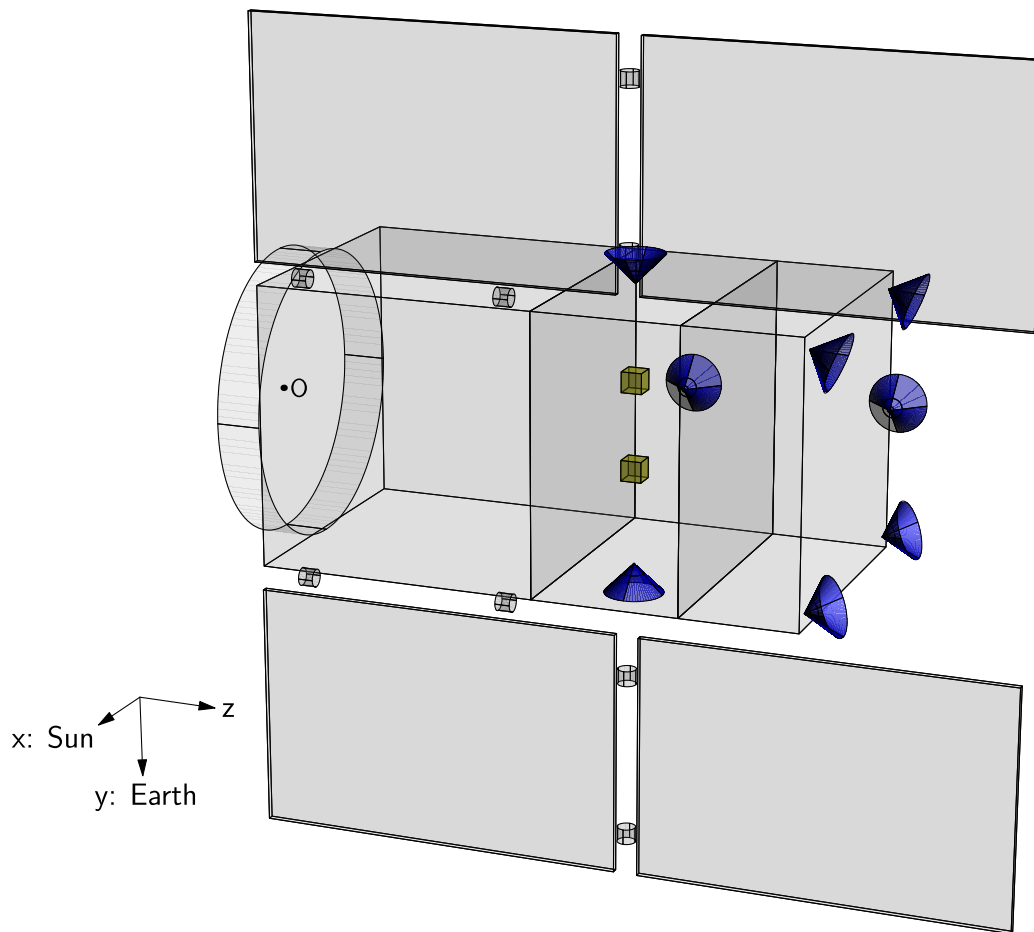


図 4.3-4 (2/2) スラストプルーム領域
(スラスト配置図 : SAP 表示)

スラスト負担軽減のための姿勢の変更



スラスト本数を減らしたい

→ 目標姿勢を従来案より 90度
まわす

○ スラスト 12本から 8ないし
10本にできそう

(太陽輻射圧と大気ドラッグの
DC を利用して)

○ 重力傾度安定をあきらめる

○ 干渉計の向きを地心方向に変
更

(輻射圧ゆらぎと大気抵抗ゆらぎ
からデカップルできる)

まとめ

- SAP 縦配置を検討し，最低固有モード 2.4 Hz で剛性が高まることを確認．マスト構造の単純化の見通しが得られた．
- 光軸方向の自由度のみ取り出し，ドラッグフリー制御・FP 光路長制御のコントローラを設計した．
- アクチュエータ（スラストと静電）とセンサ（IFO と静電）の雑音が白色であるとの仮定の下で，要求をおよそ満たすことがわかった．（＝ レーザー周波数雑音で制限される雑音を悪化させないように決めた各要素への要求値が妥当であったことが確認された）

今後の課題

- スラスト系の要請を考慮し，**目標姿勢**と制御自由度を決める．並進・姿勢全制御（6DOF） or 並進のみ（3DOF） or 光軸方向のみ（1DOF） or ...
- マスト構造の再設計，重力傾度の効果の確認．
- JAXA 河野氏の協力・監修の下，ドラッグフリー制御の詳細設計．