

福岡工業大学における 磁力支持天秤装置の開発とその後の展開

平成24年12月10日東北大学流体科学研究所

福岡工業大学
河村 良行

内容

- MSBSの開発
- MSBSによる風洞実験
- MSBSの商品化
- MSBSによる科学啓蒙教育
- KAISTにおけるMSBS
- 羽ばたき飛行機の研究
- 超小型人工衛星

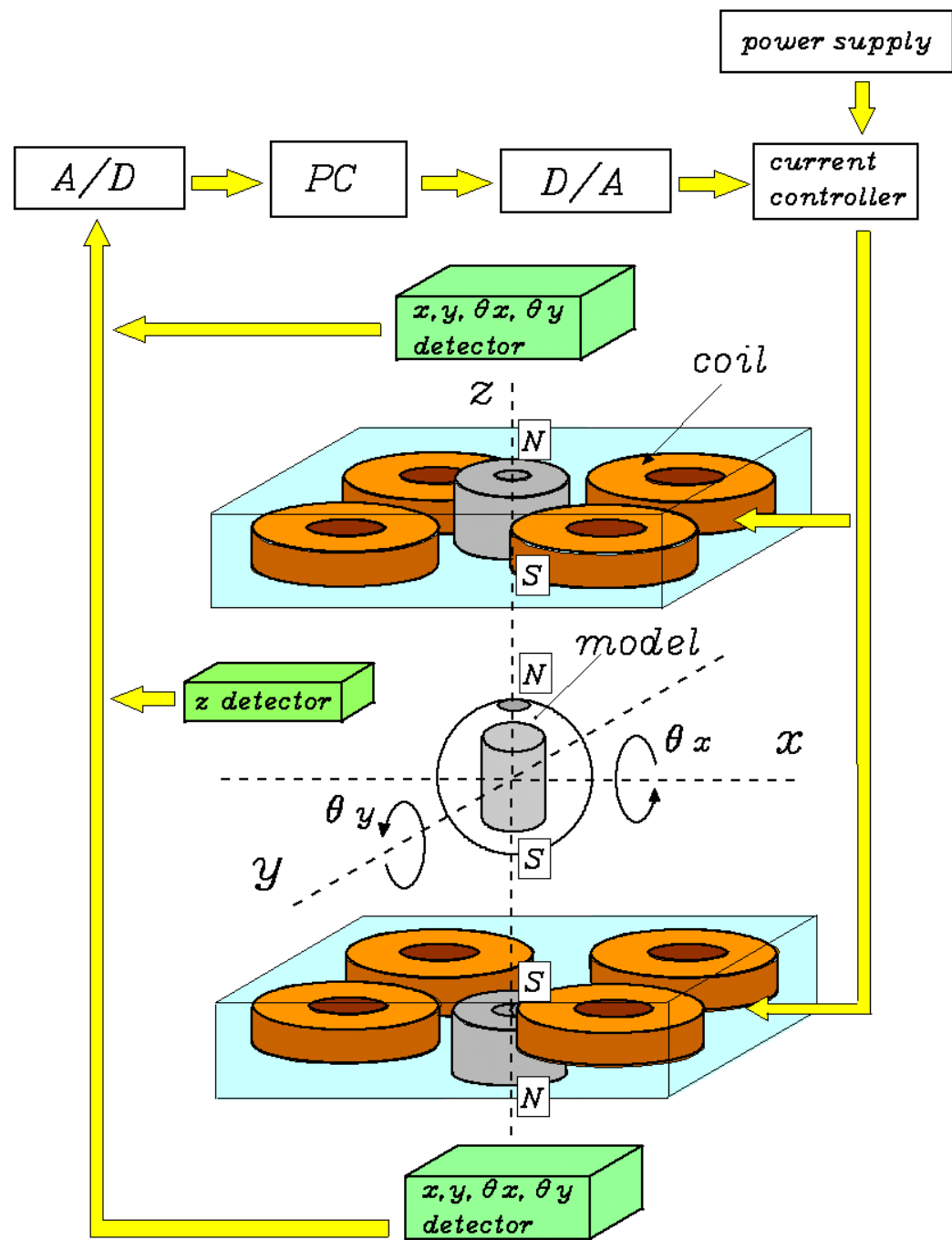
研究の背景

- 同学科溝田教授のナックルボールの研究
- 航空宇宙技術研究所(JAXA)澤田博士の先駆的研究
- MSBSの持つ不思議な魅力
- さまざまな「手作り開発」の要素



MSBSの開発

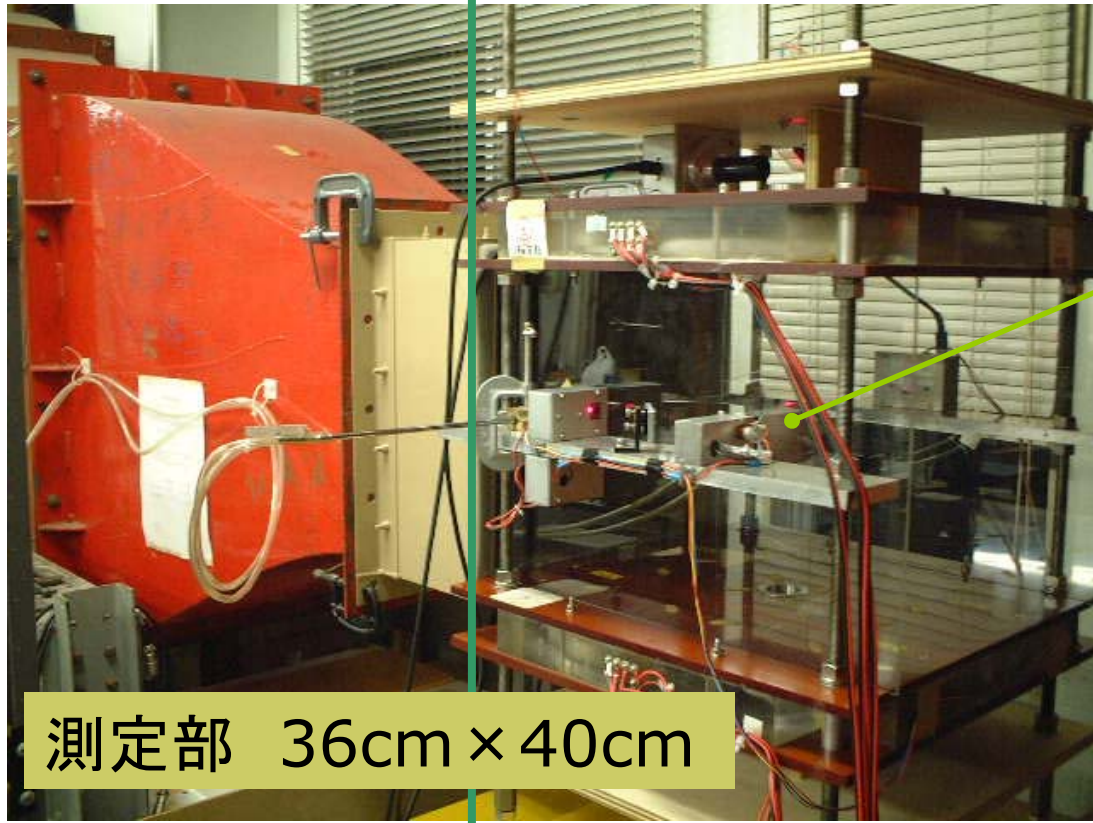
装置图



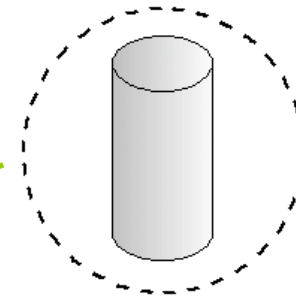
磁力支持天秤装置の特徴

ヨークを用いていない

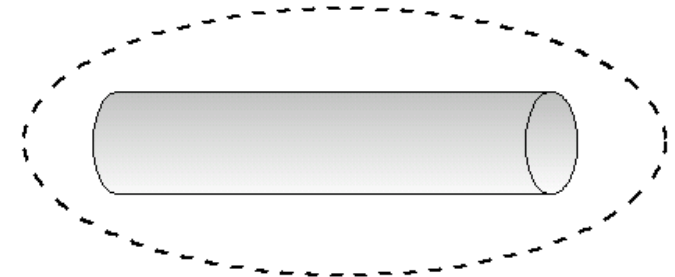
球形状の模型に最適



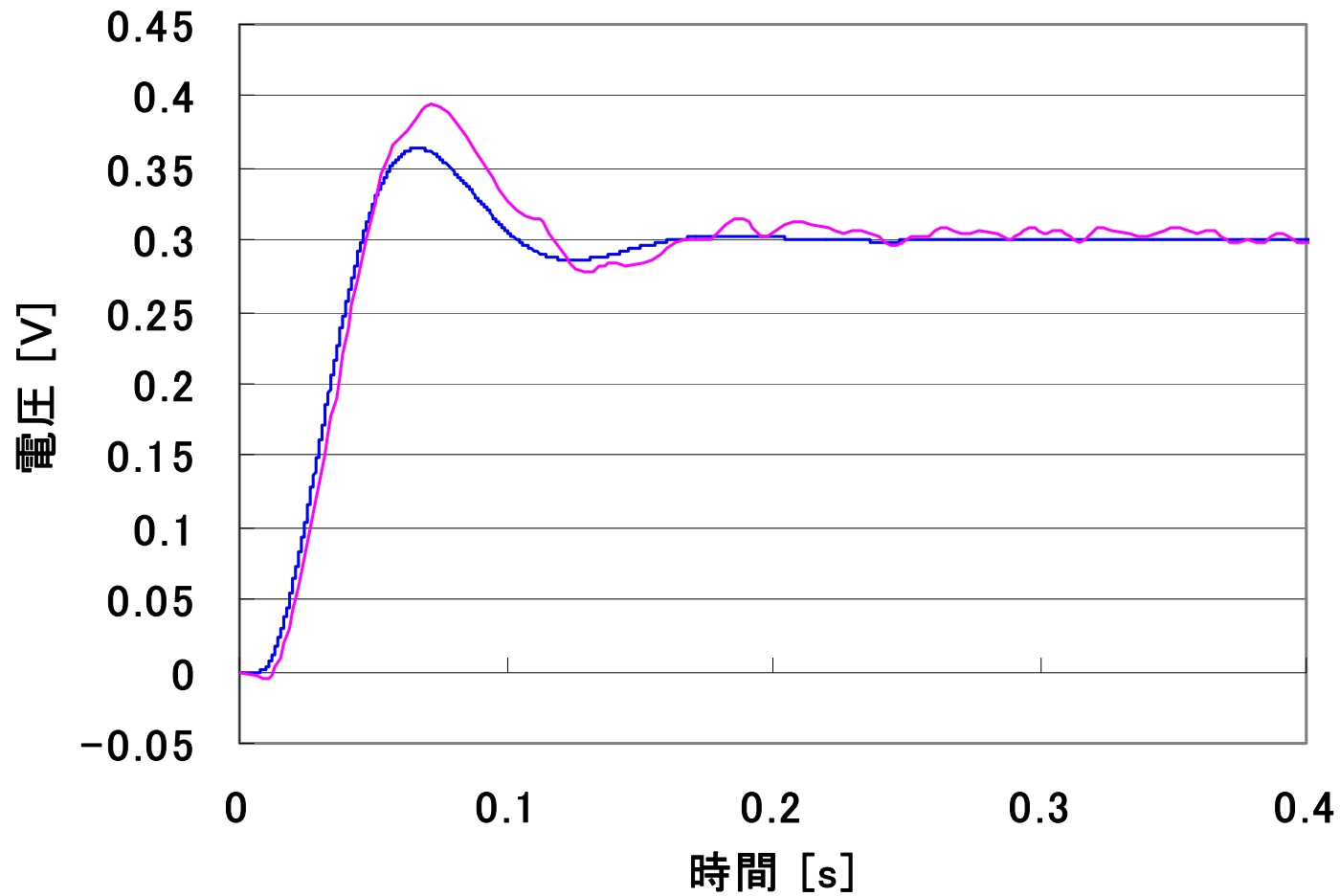
測定部 36cm × 40cm



一般的には流線形

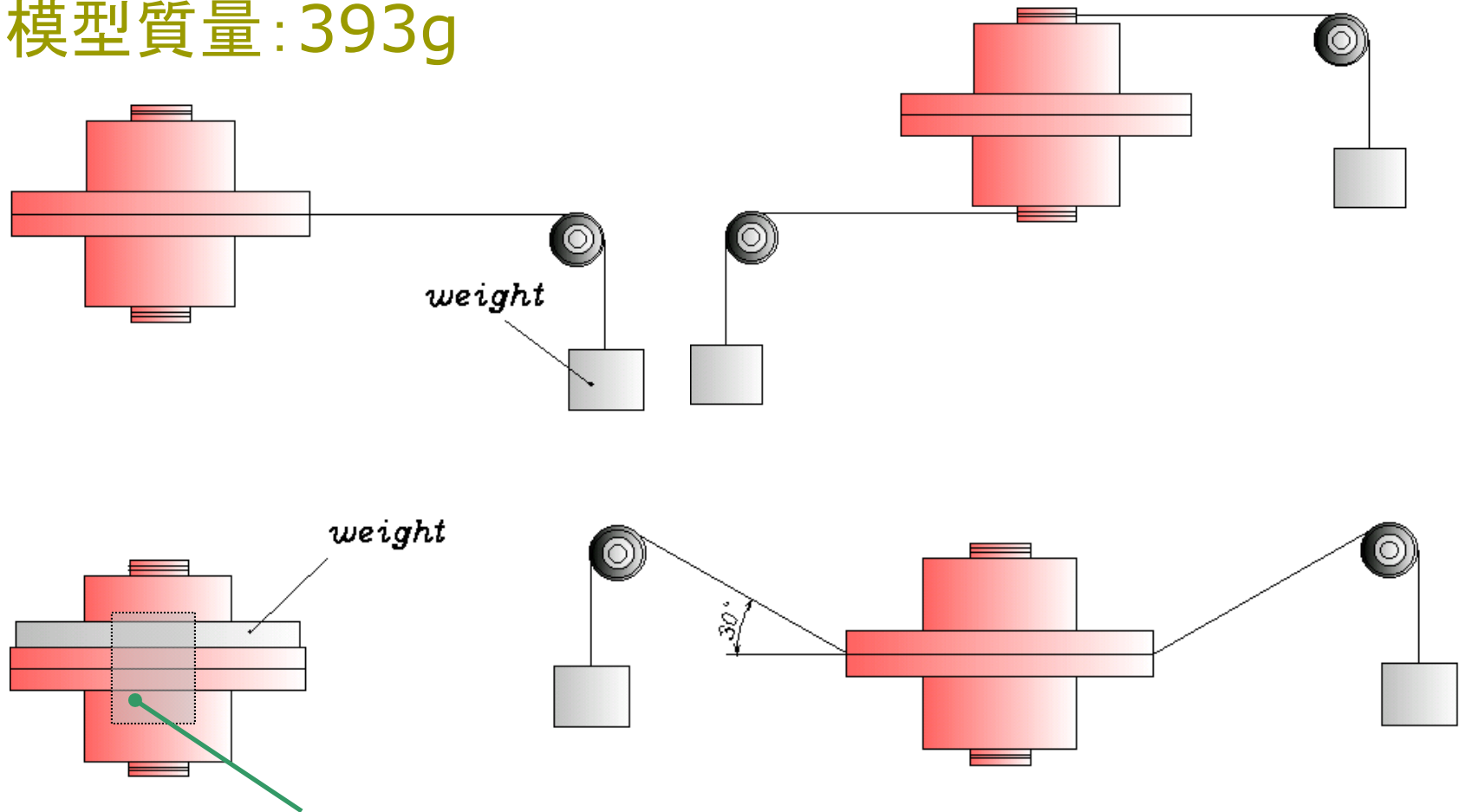


制御シミュレーション (X軸)



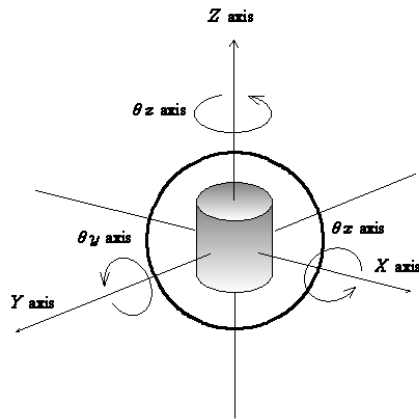
力較正試験

模型質量: 393g

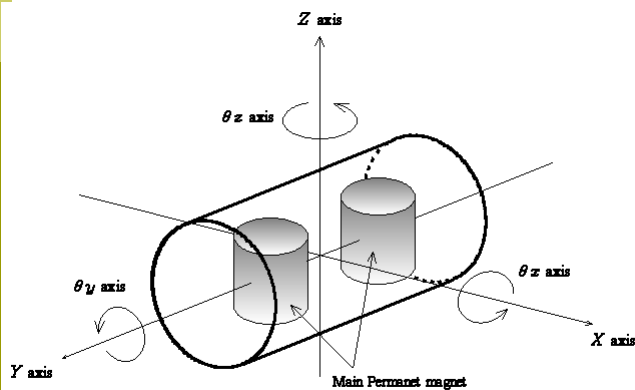


Φ35 × L40mmのネオジム系希土類磁石を使用

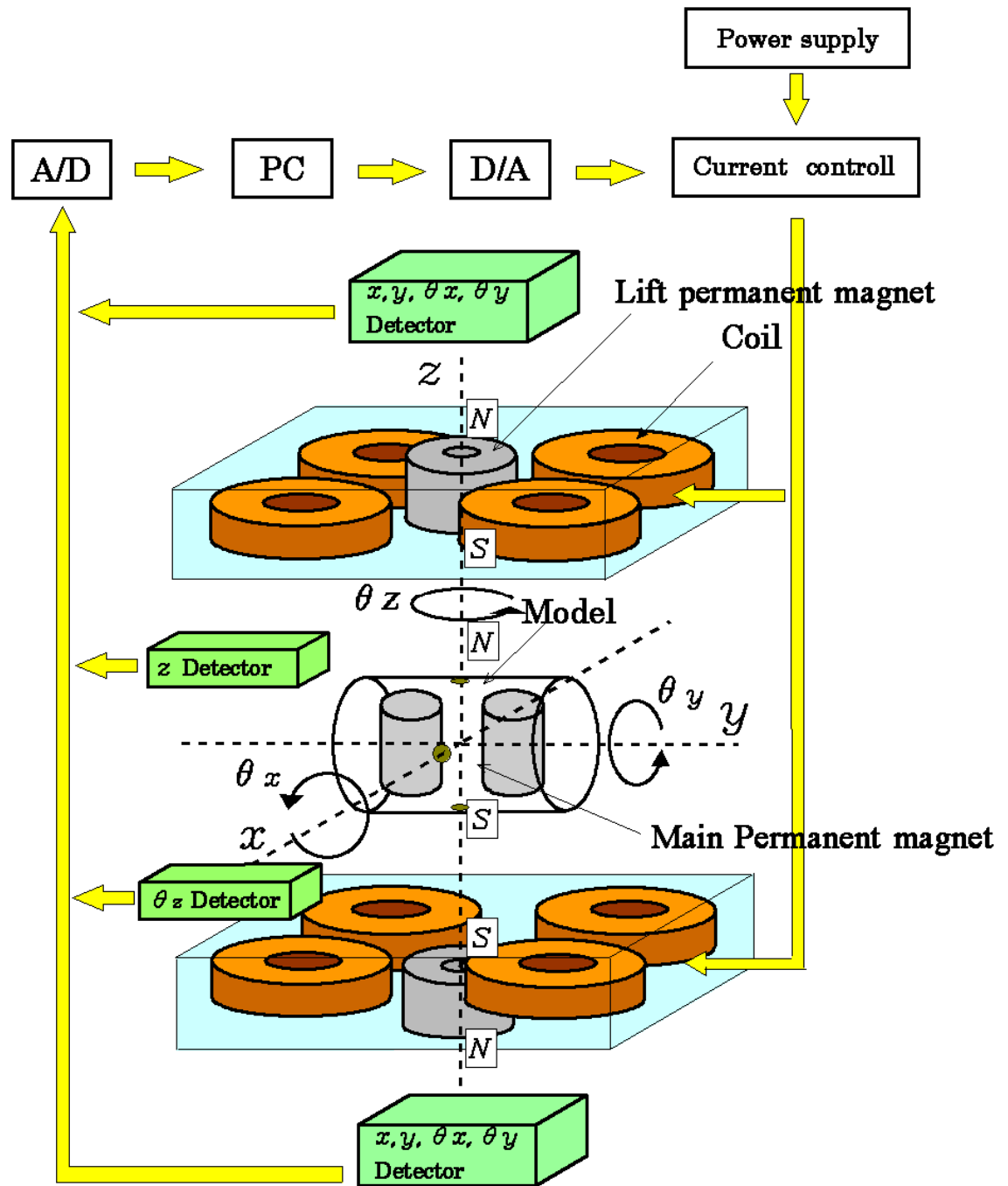
装置の概要



θ_z 軸制御不可能(5軸制御)

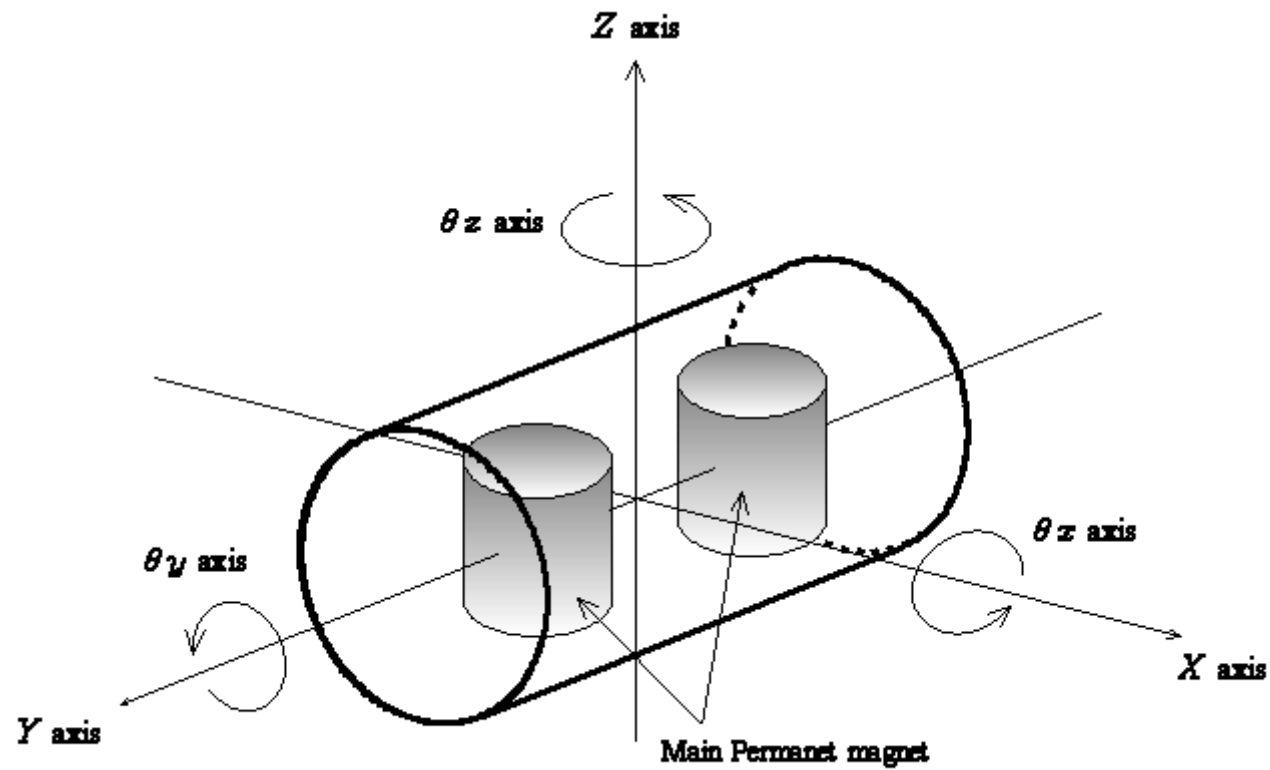


θ_z 軸制御可能(6軸制御)



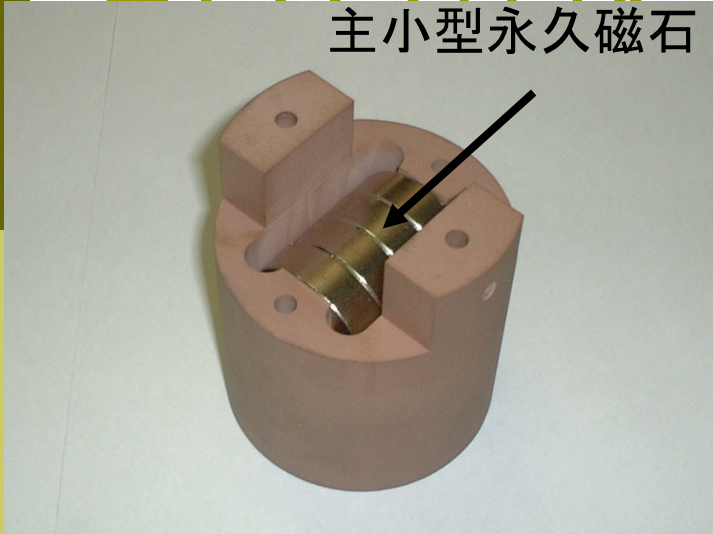


6軸制御用模型

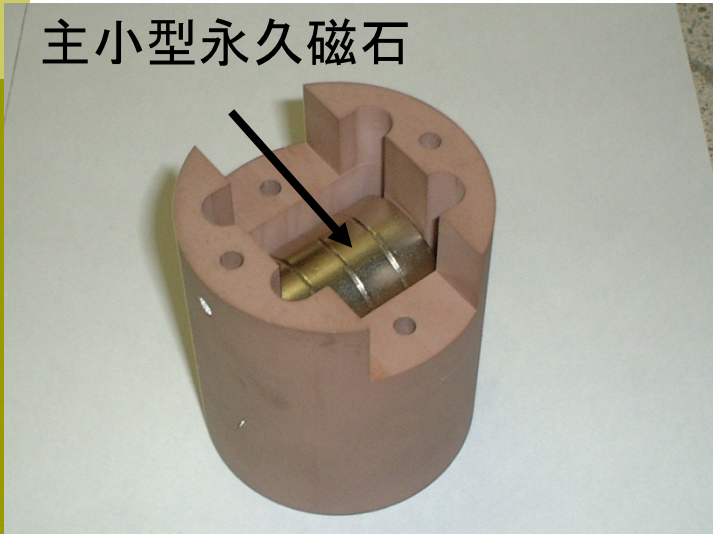


2:1円柱模型

主小型永久磁石

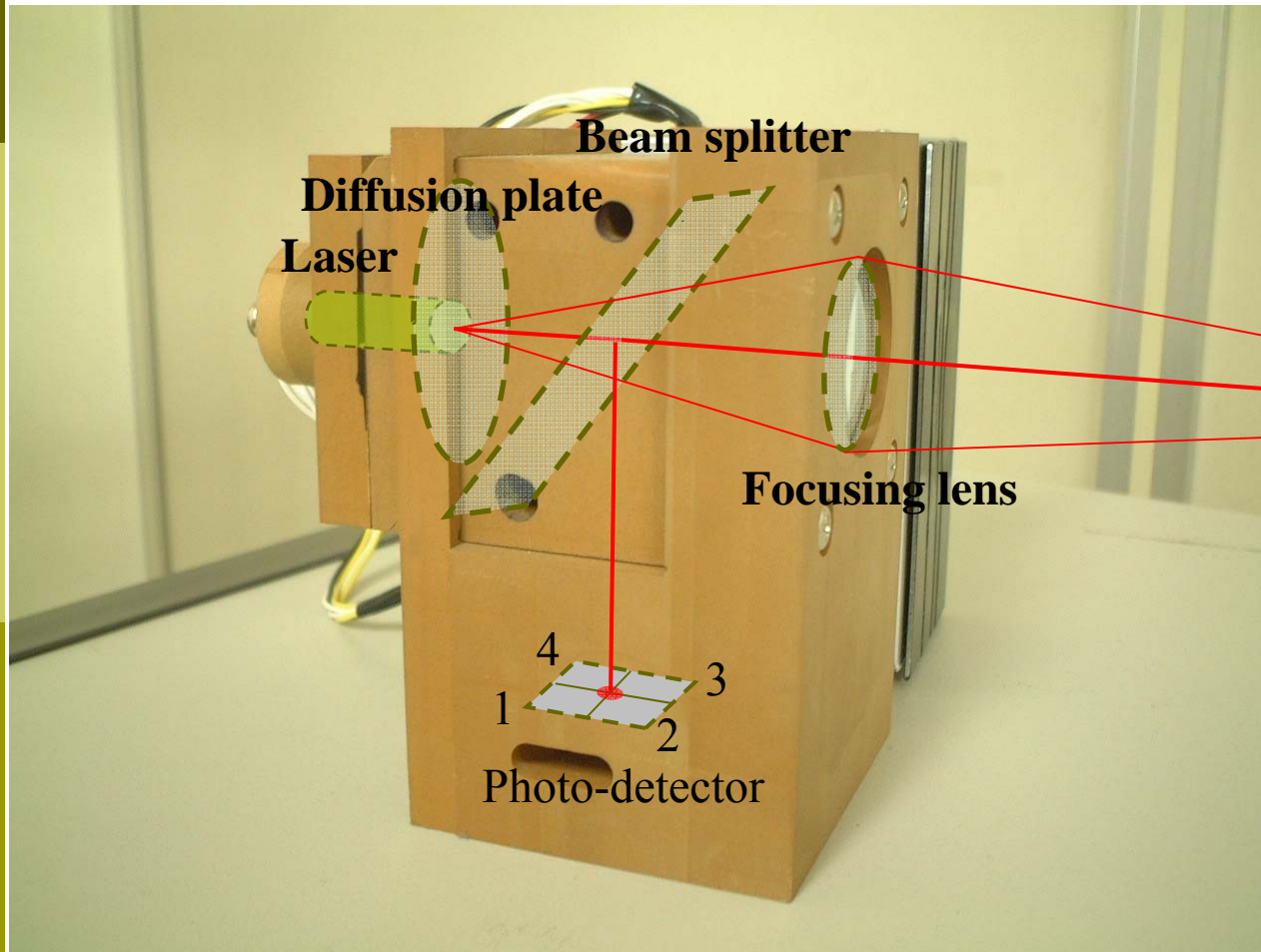


主小型永久磁石



模型の大きさ : 長さ140mm、直径
模型の重さ : 70mm
模型の材質 : 磁石を含め862[g]
ケミカルウッド

二軸方向位置姿勢検出器



- 位置姿勢検出計算法

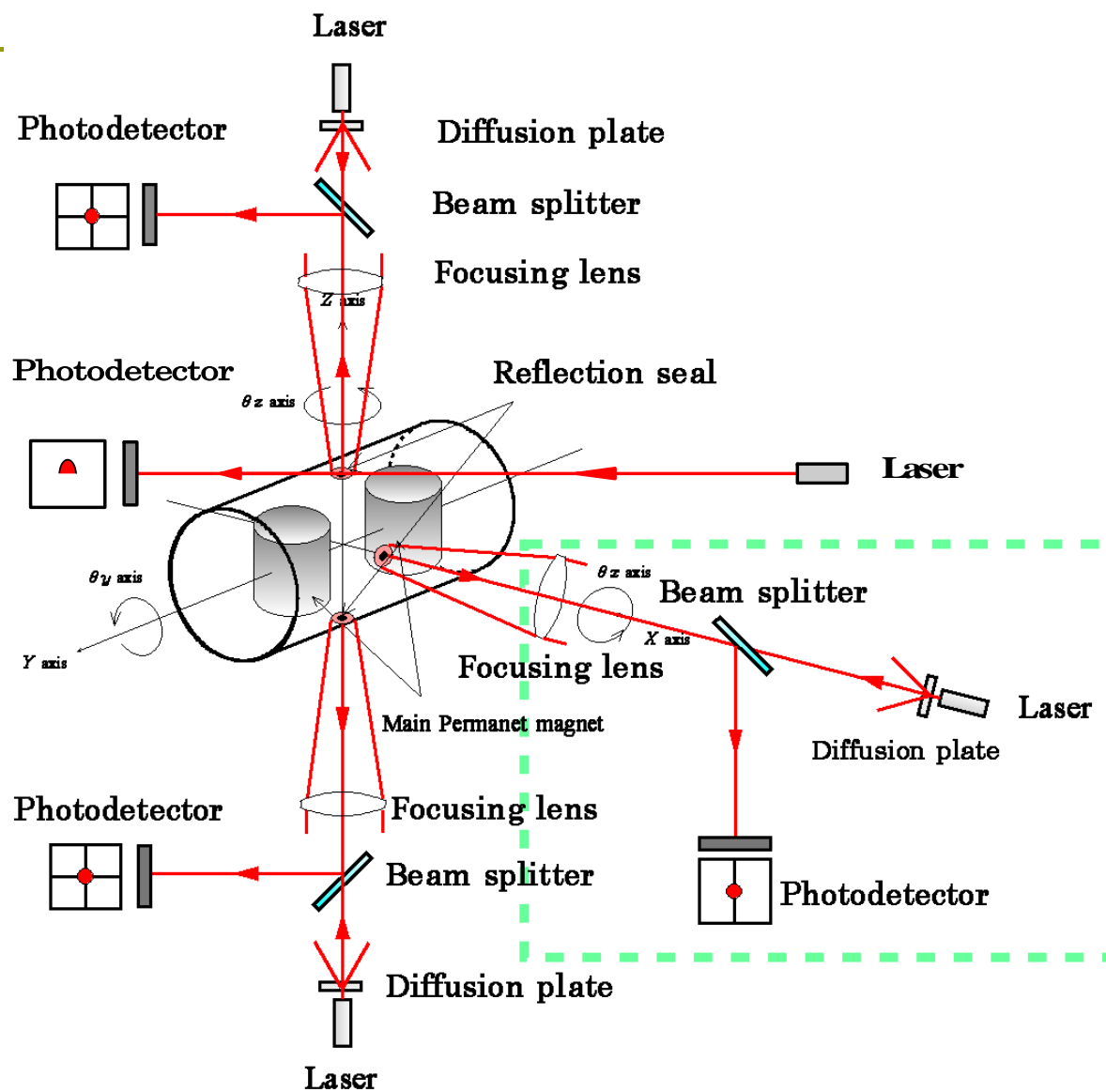
Z軸検出

$$V_z = (V_1 + V_4) - (V_2 + V_3)$$

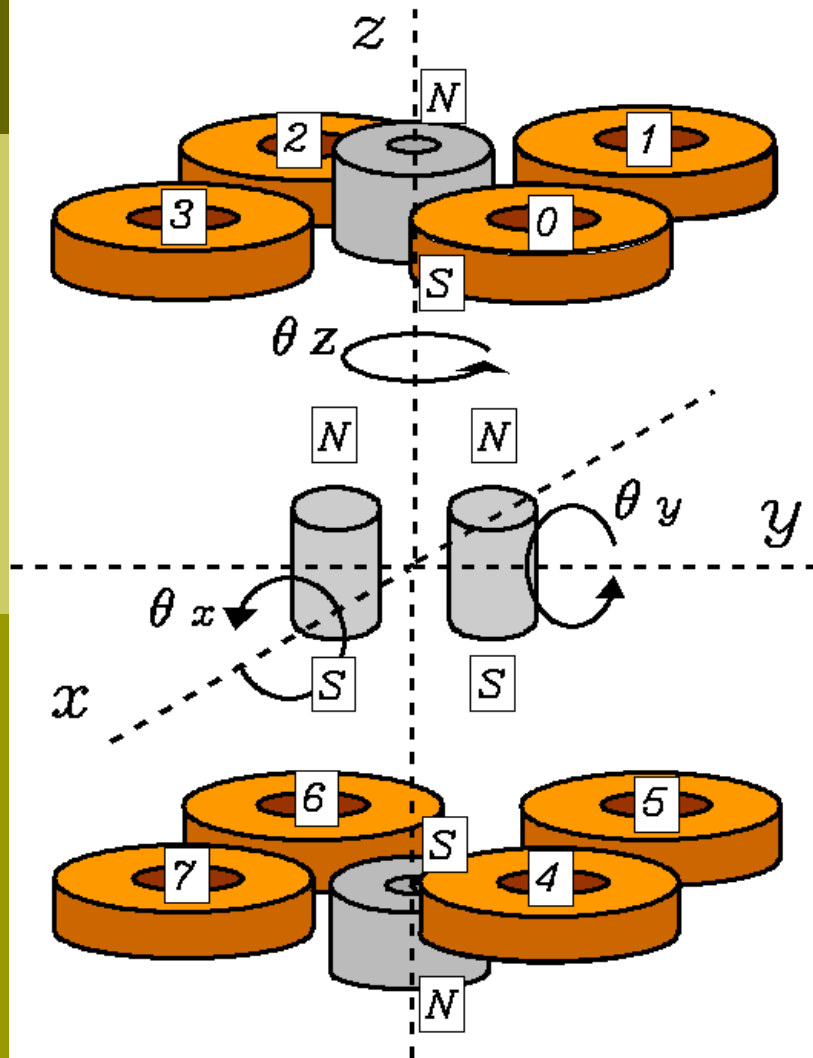
θ_z 軸検出

$$V_{\theta_z} = (V_1 + V_2) - (V_3 + V_4)$$

位置姿勢検出器の構成



6軸制御アルゴリズムの開発



$$I_x = I_0 - I_1 - I_2 + I_3 + I_4 - I_5 - I_6 + I_7$$

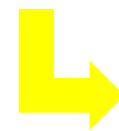
$$I_y = I_0 + I_1 - I_2 - I_3 + I_4 + I_5 - I_6 - I_7$$

$$I_z = I_0 + I_1 + I_2 + I_3 - I_4 - I_5 - I_6 - I_7$$

$$I_{\theta x} = I_0 + I_1 - I_2 - I_3 - I_4 - I_5 + I_6 + I_7$$

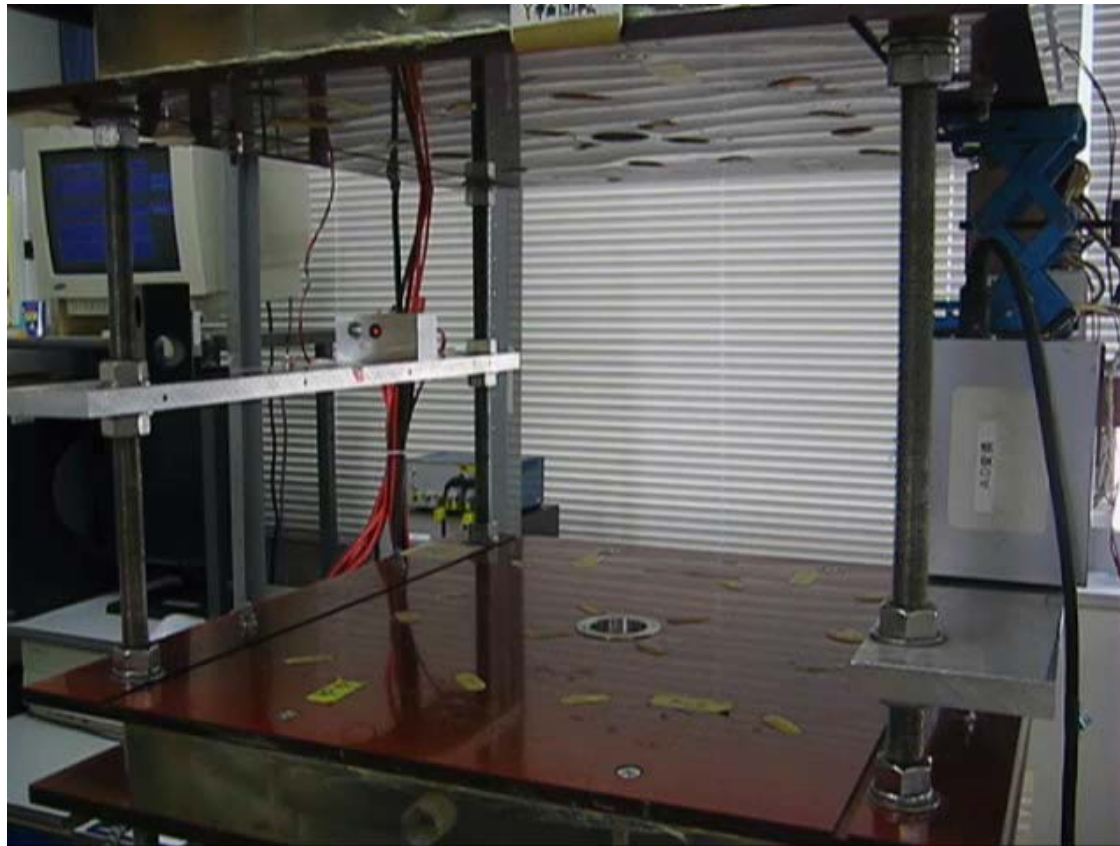
$$I_{\theta y} = +I_0 - I_1 - I_2 + I_3 - I_4 + I_5 + I_6 - I_7$$

$$I_{\theta z} = I_0 - I_1 + I_2 - I_3 + I_4 - I_5 + I_6 - I_7$$



6軸制御が可能となった

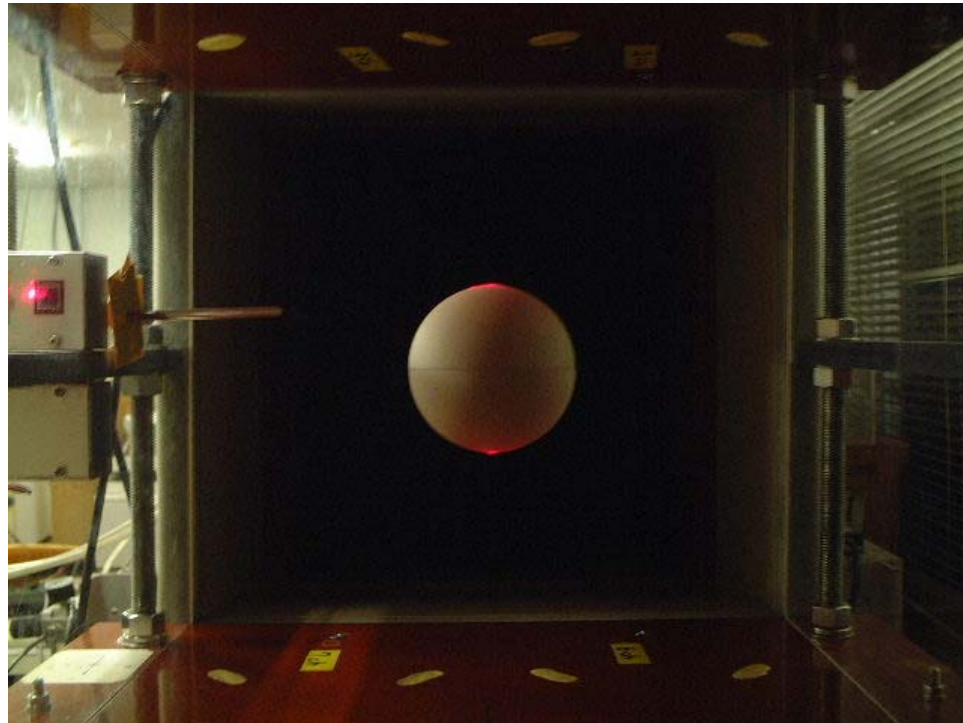
2:1 円柱模型の風洞実験



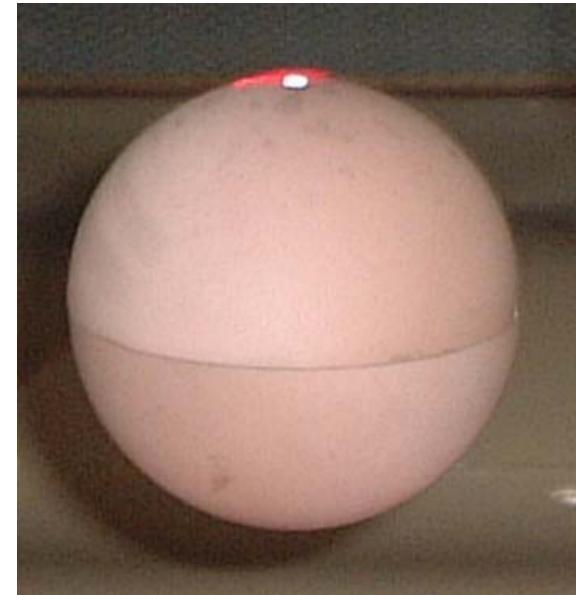


MSBSによる風洞実験

風洞実験



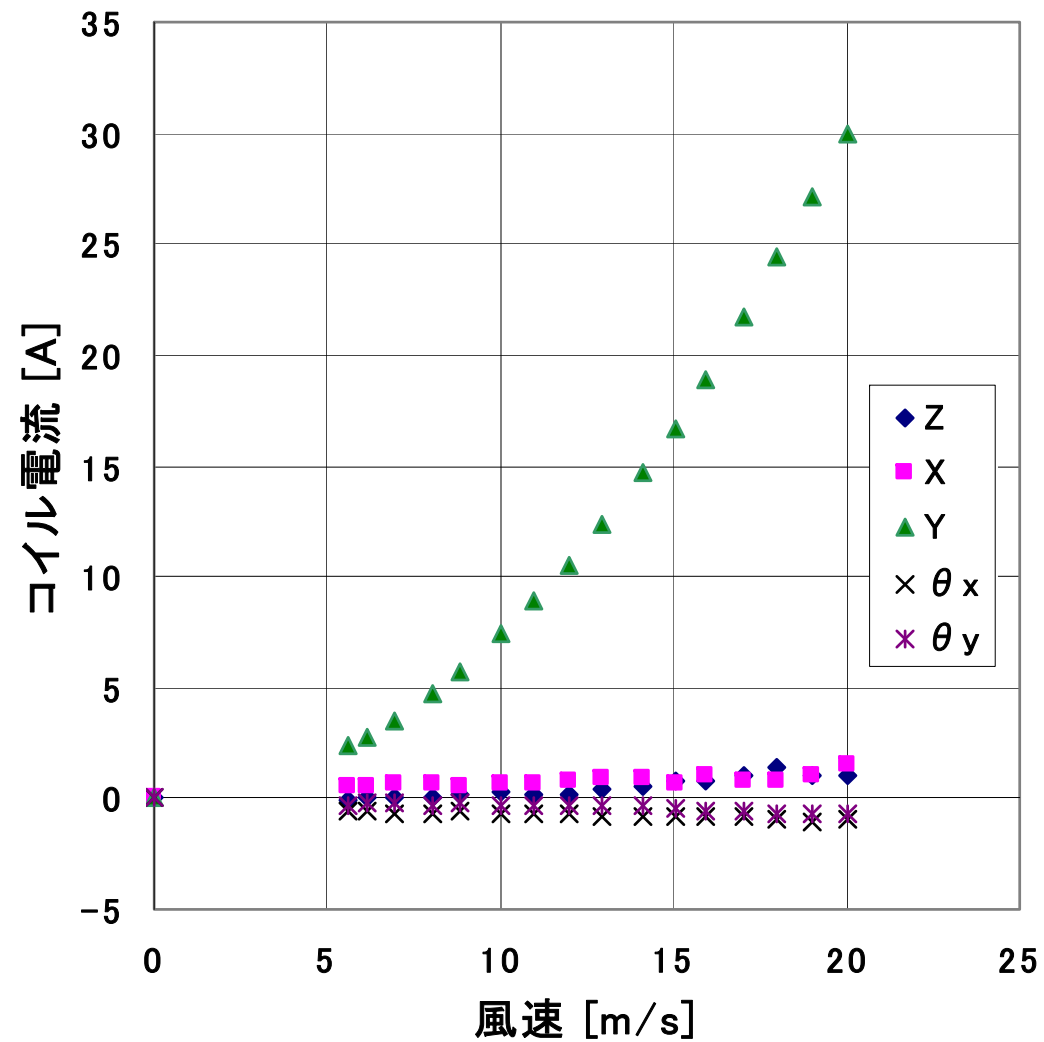
風速5m/s~20m/s
6.45s間の平均値を測定



直径: 70mm

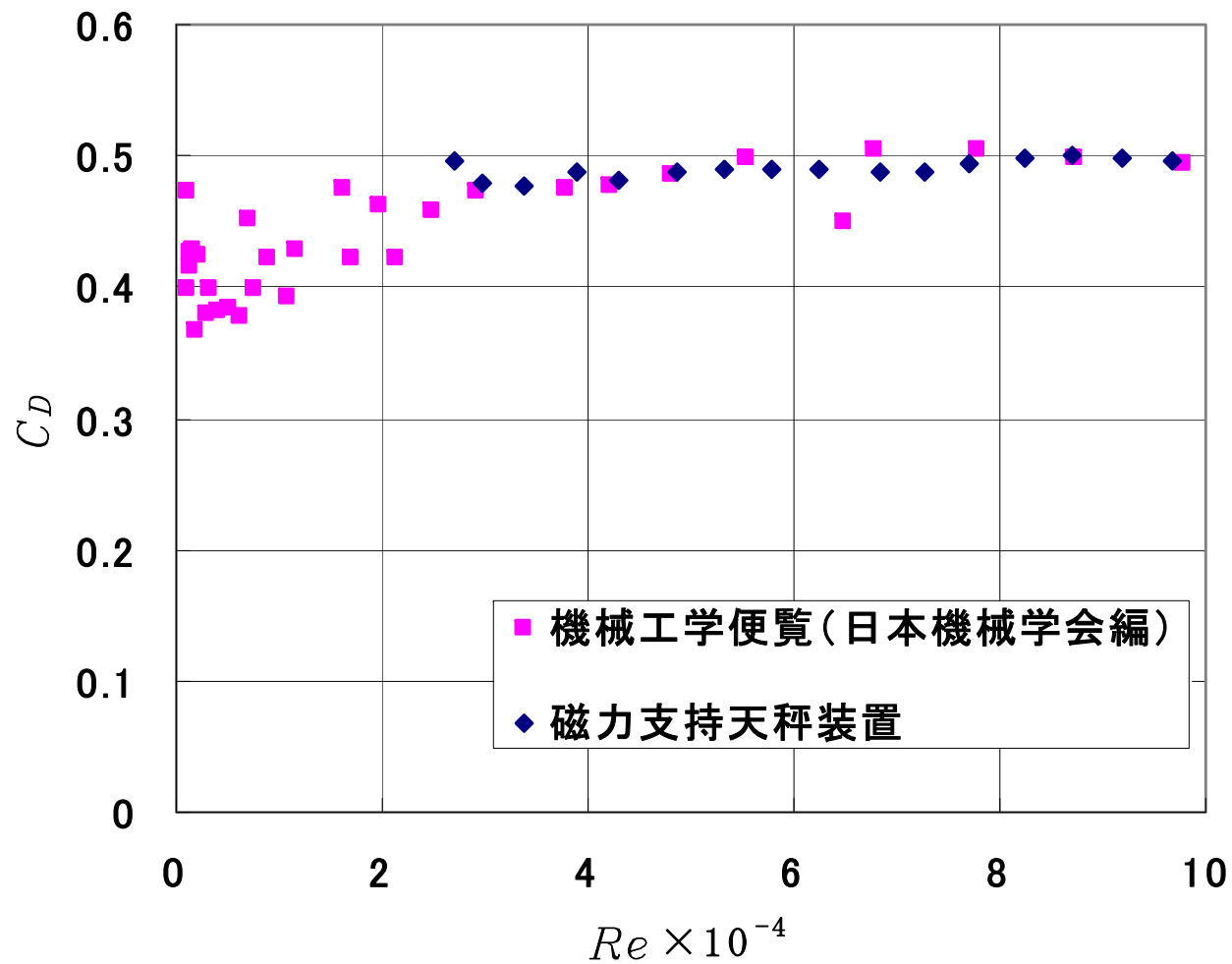
質量: 385g

風洞実験の結果

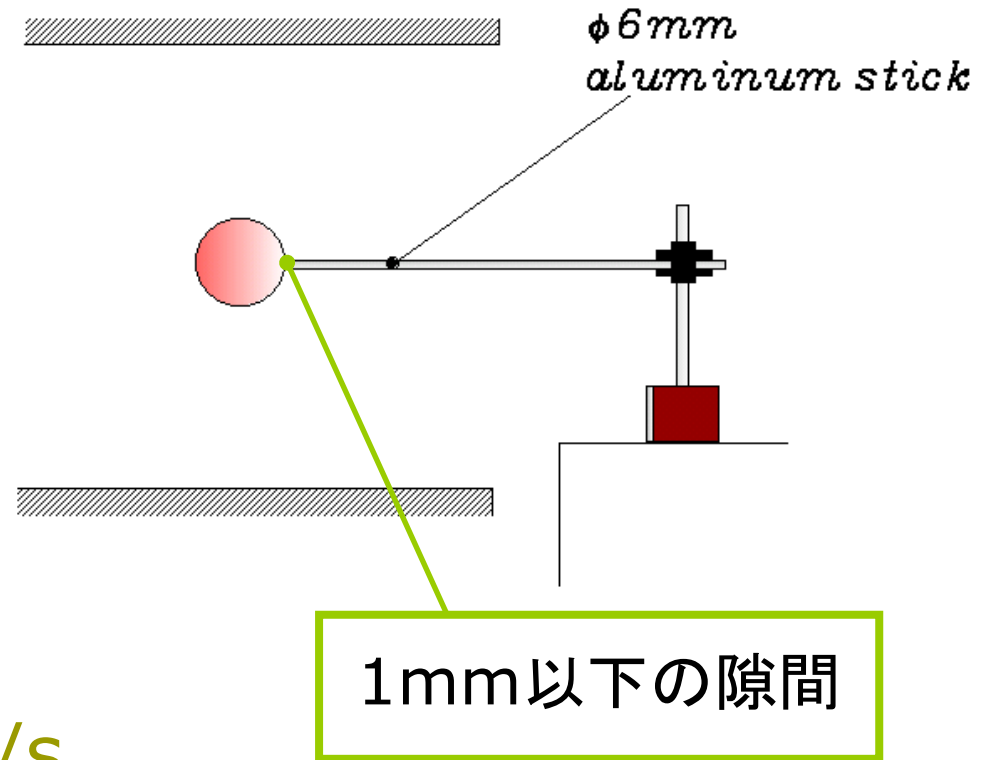
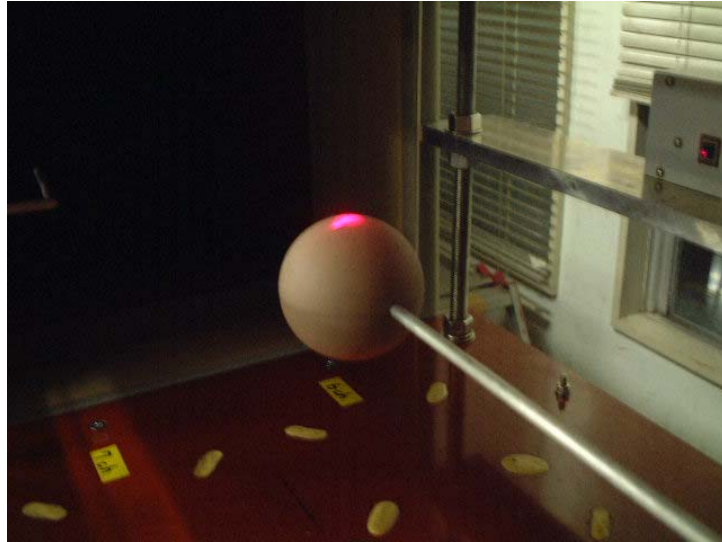


風速12m/sから
模型に揺れ

レイノルズ数と抗力係数の関係



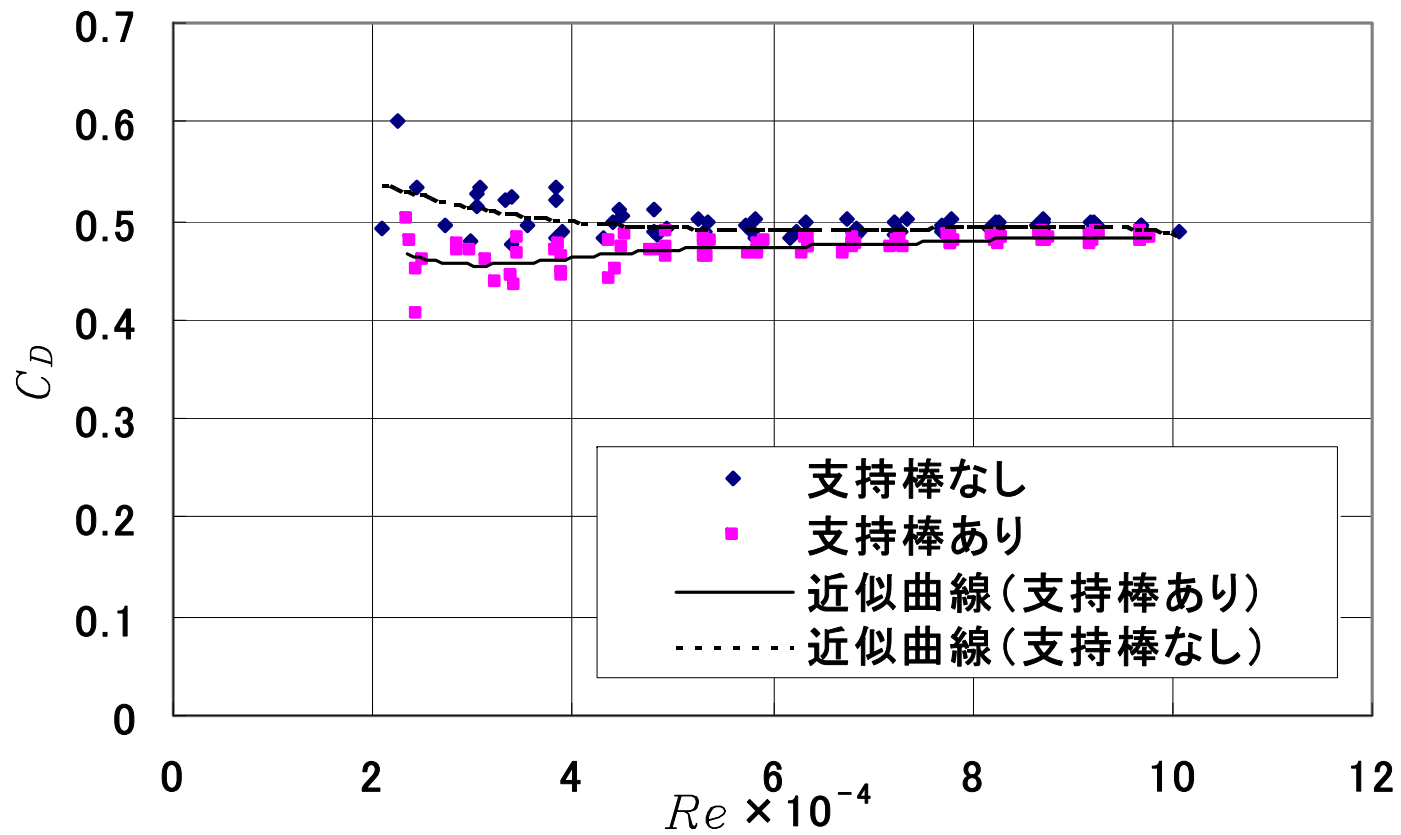
支持干渉の影響



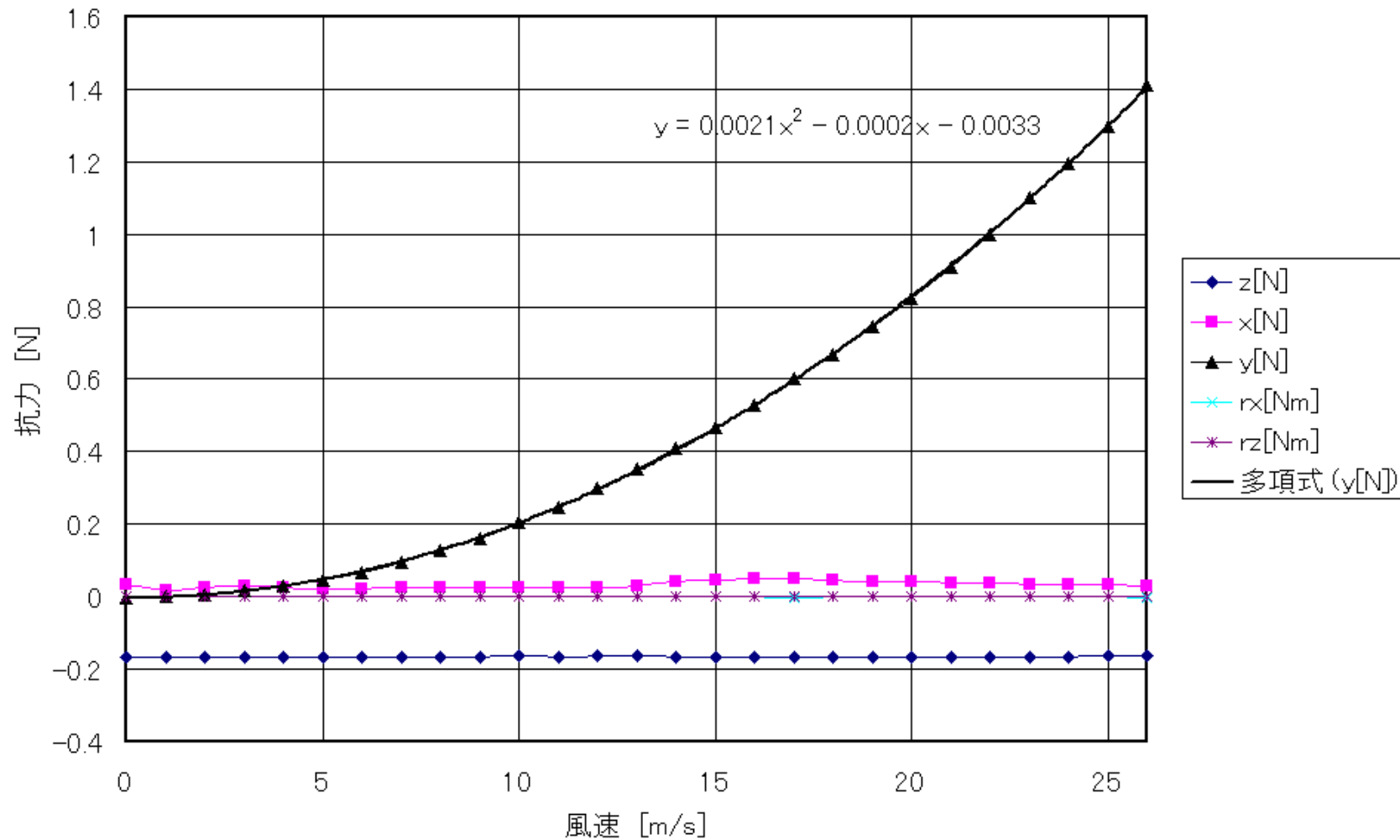
風速5m/s~20m/s

6.45s間の平均値を測定

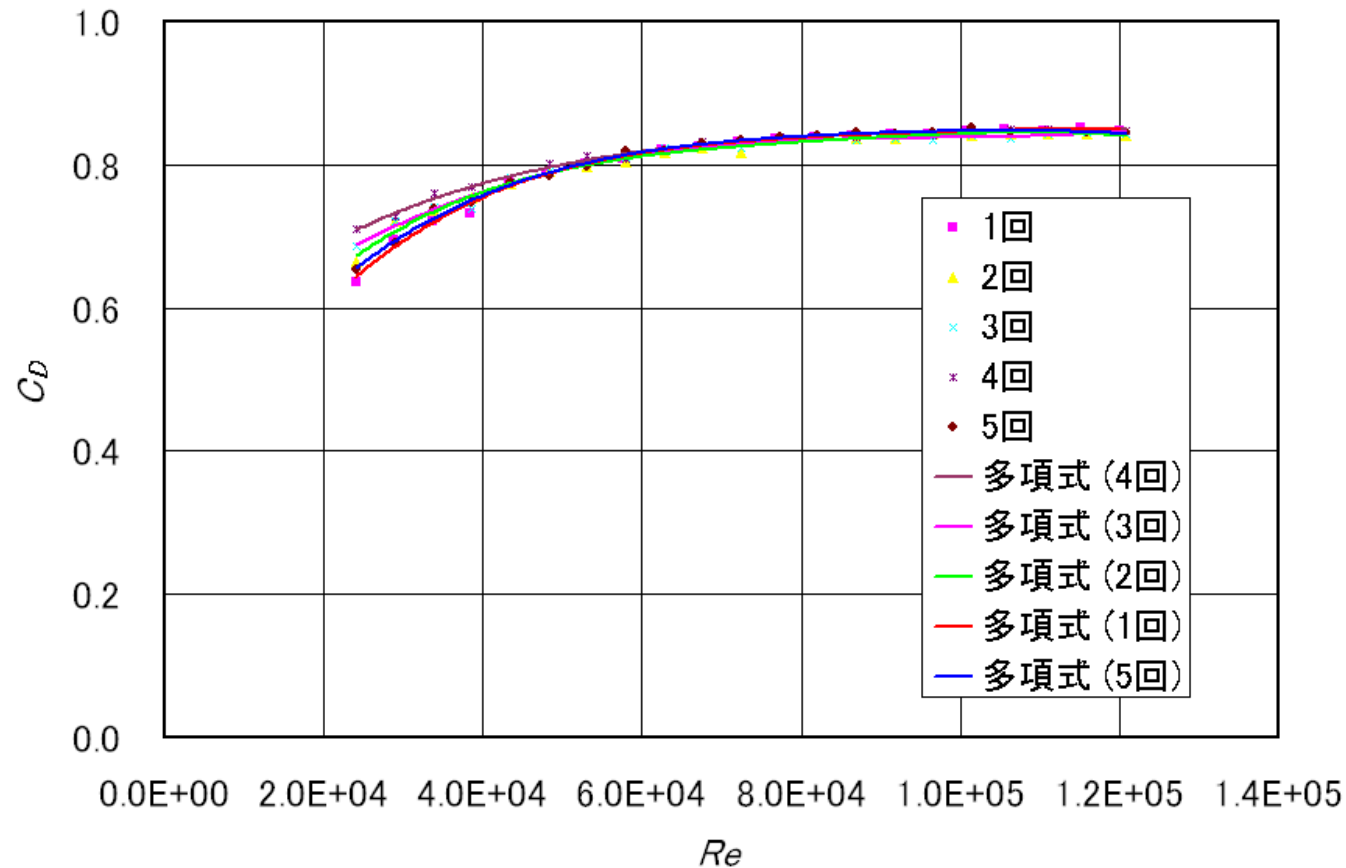
抗力係数の比較



風洞実験結果



レイノルズ数と抗力係数の関係



White, F. M., "Fluid Mechanics Sixth Edition", PP483, Table 7.3, McGraw-Hill International Edition. $C_d=0.85$



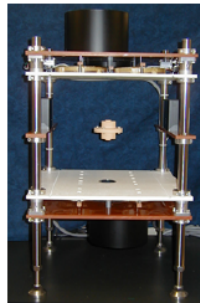
MSBSの商品化

九州計測(株)による製品化

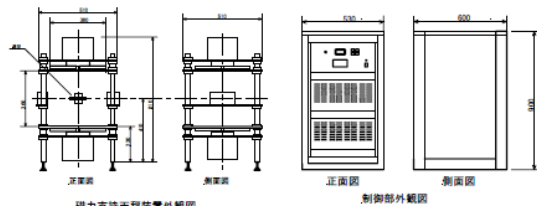
無支持天秤装置

QK-NSM

(磁力支持天秤装置)



風洞測定部の3次元物体を磁力で浮上させ、支持干渉をゼロにした磁力支持天秤装置です。
福岡工業大学工学部との技術協力により開発を行いました。



磁力支持天秤装置外観図
※実際の製品とは異なる場合があります。

無支持天秤装置

概要

無干渉支持装置(磁力支持天秤装置)は、磁力により模型を風洞測定部の中心に支持することで、支持干渉の無い風洞実験を実現できる装置です。
ヨークをあえて用いないことで、装置の小型軽量化を図ることができました。

一般仕様

装置(測定部)寸法、重量等(制御・電源部は含まれません)
: 底辺部の最大の寸法、長さ510mm 幅510mm 高さ810mm 以内、重量80kg 以内
装置(測定部)寸法、重量等(制御・電源部は含まれません)
:
電源 : 3 相交流 AC200V 30A 又は AC100V 15A (使用目的により選択)

測定部仕様

測定部寸法 : 高さ360mm 幅360mm 奥行き510mm
設置モデル寸法・重量: 高さ70mm、総重量450g(内蔵磁石含む)
モデル内蔵磁石 : 直径35mmφ、高さ40mm、総重量290g。

制御仕様

- モデル支持制御 : 5 軸 (X, Y, Z, θX , θY) PID 制御
- モデルに発生する流体力の測定項目
要素(5 分力) : 揚力 Z, 抗力 X, 横力 Y, ヒッチング モード PM, ロック モード RM
最大計測範囲 : 揚力 0.4N, 抗力 0.6N, 横力 0.6N, PM0.02Nm, RM0.02Nm
精度 : 全ての軸計測精度は 1% 以内、各軸の軸間干渉は 10% 以内
- モデルの挙動制御範囲
: 初期固定値より ± 1 mm 以上
注) 軸力計測、軸間干渉、及び挙動、振動センサの計測制御の数値は、各測定点の標準偏差値
模型内蔵磁石に、ネオジウム系希土類磁石 $\phi 35$ mm, L=40mm 使用し測定
- 計測用パソコン : CPU コア i7 1GHz、OS : Windows
磁力支持制御の専用ソフトは、Windows OS 上で動作します。

製造販売元 九州計測器株式会社

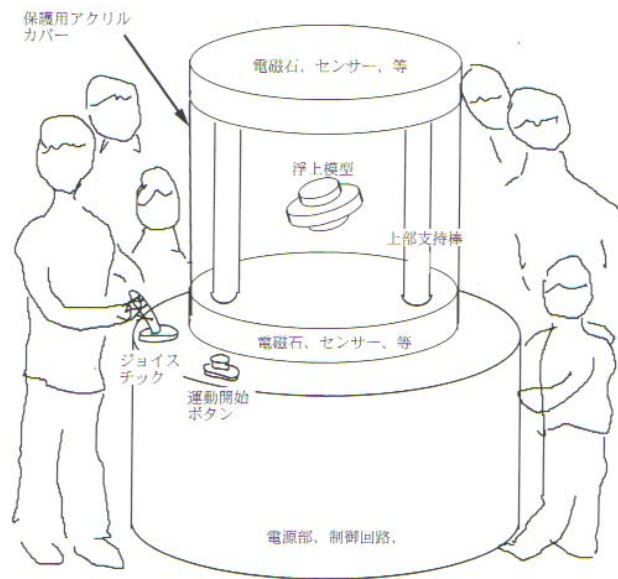
福岡市博多区山王1-6-18

TEL 092-441-3200 FAX 092-441-3264



MSBSによる科学啓蒙教育

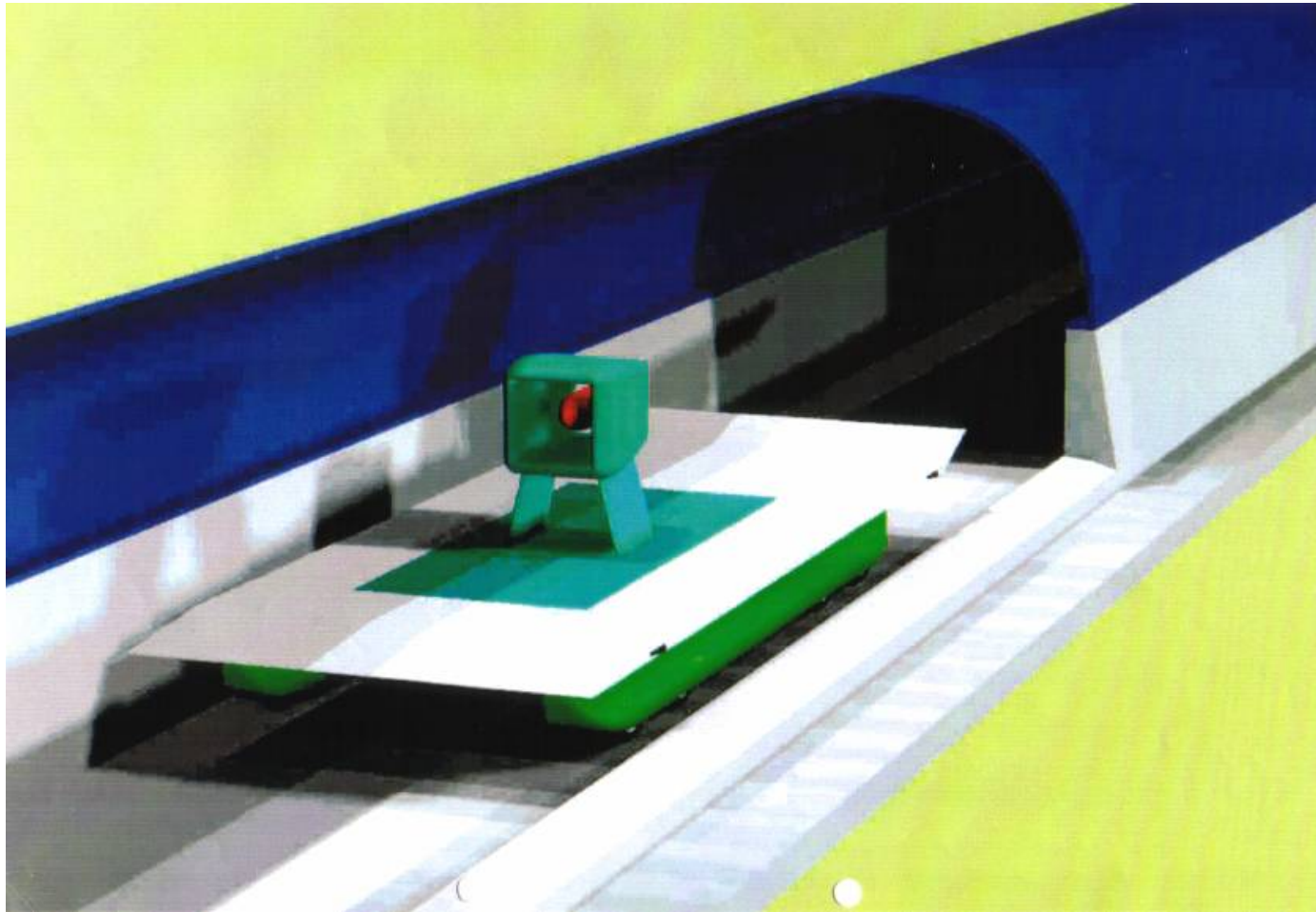
科学啓蒙教育機器としてのMSBS 「君はUFOを見たか？」 科学技術振興財団





東北大学での利用

曳航風洞に組み込まれた力支持天秤装置 理想²の風洞実験をめざして！！



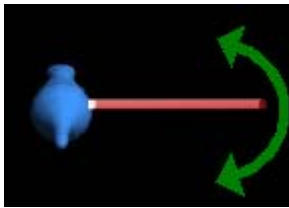
東北大学流体科学研究所小濱研究室による



羽ばたき飛行法の研究への利用



拘束力の動的な制御および外力の動的計測 をとこなう実験への利用



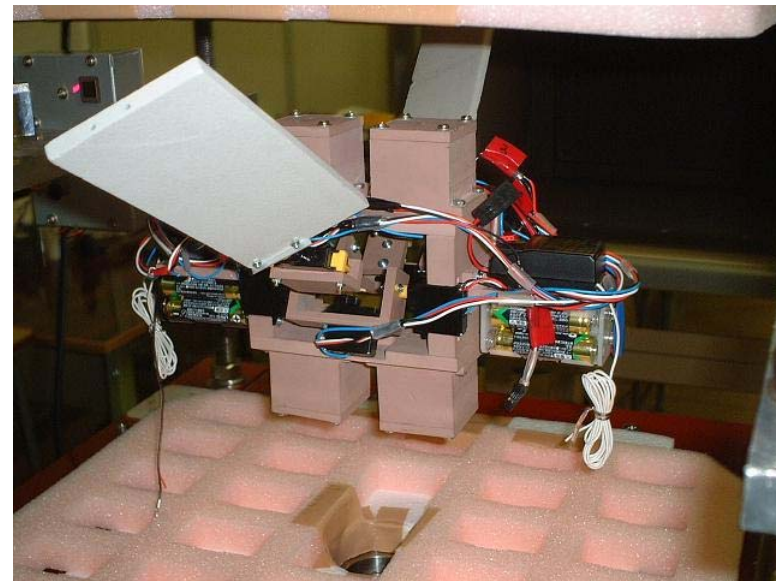
翼を上下に振る
フラッピング



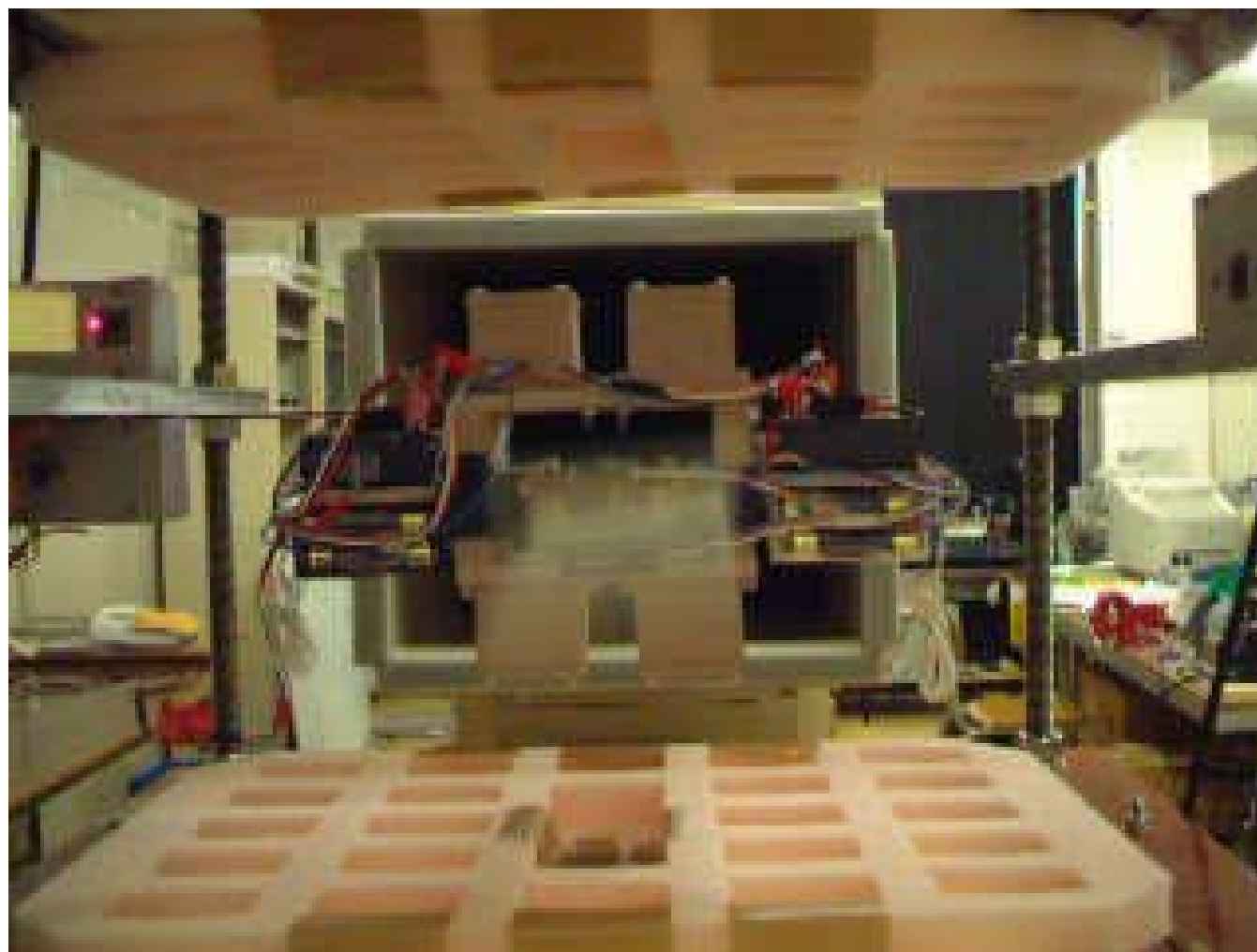
翼を捻る
フェザリング



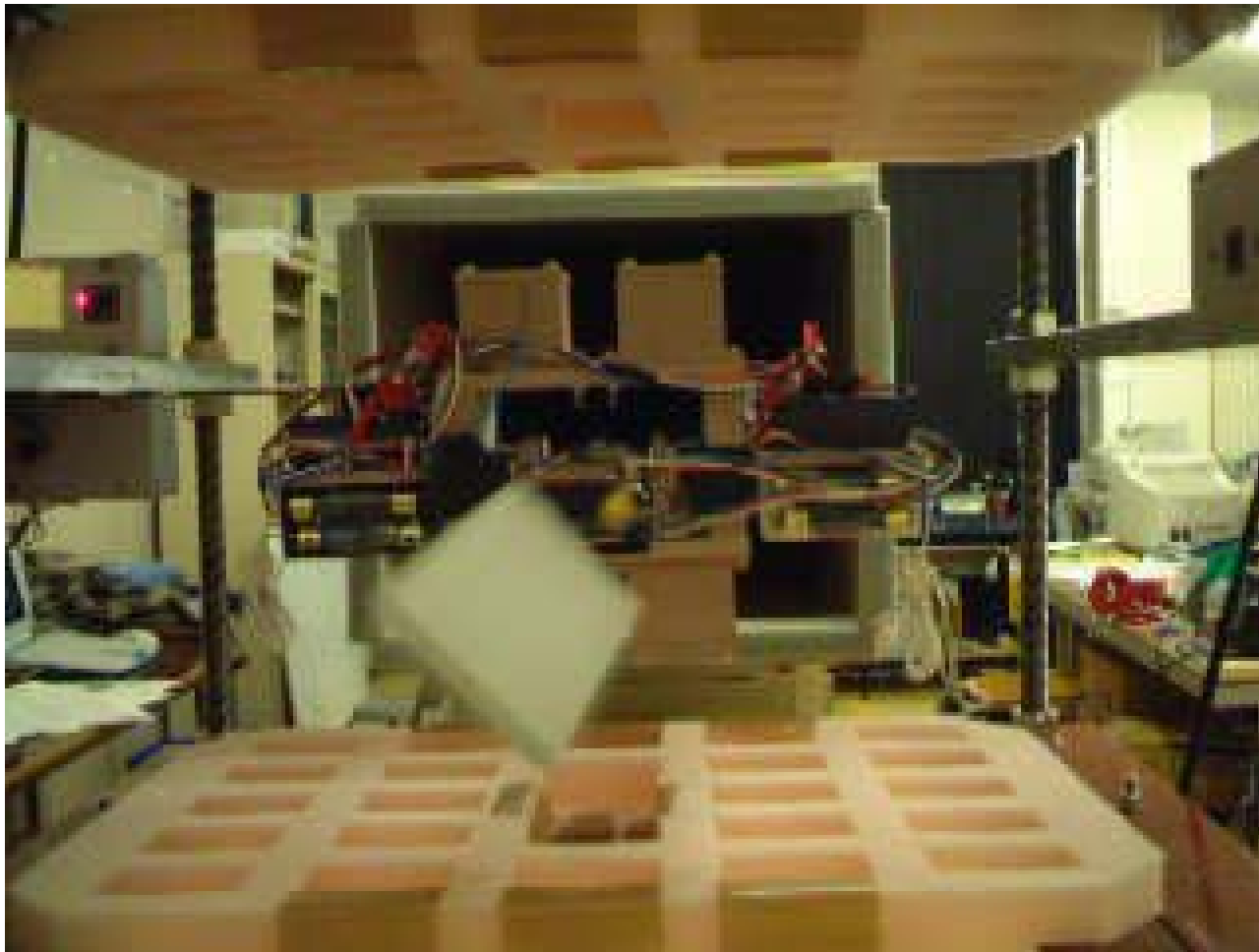
翼を前後に振る
リード・ラグ

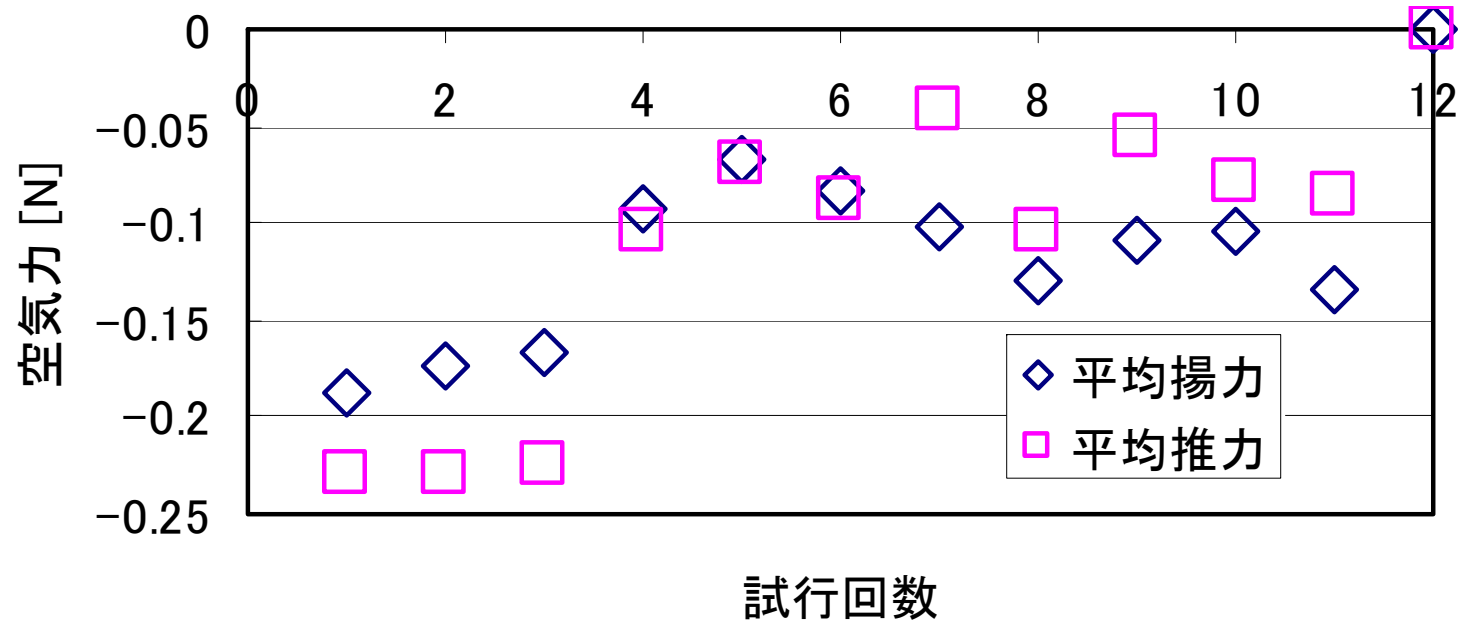


学習する前

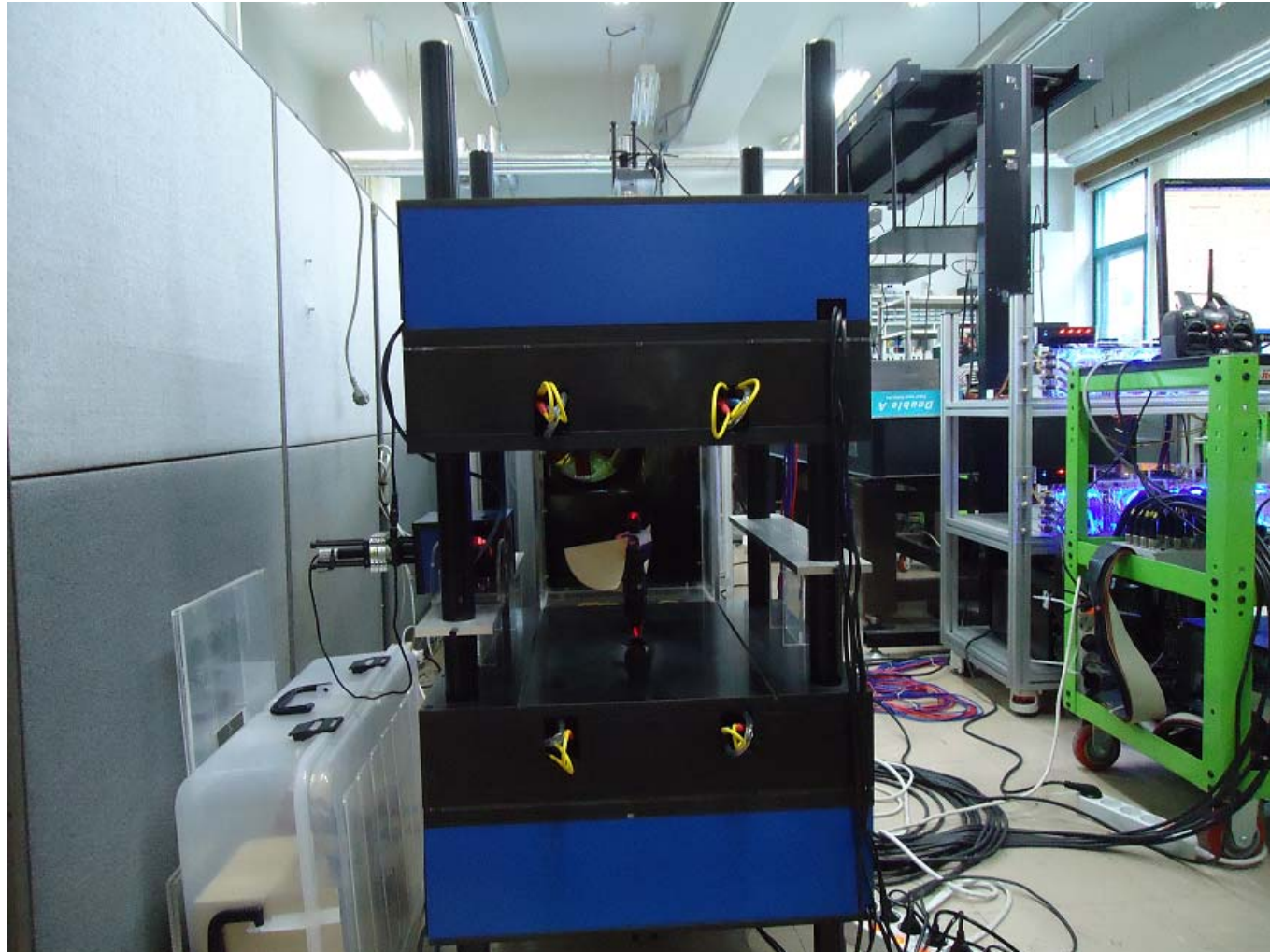


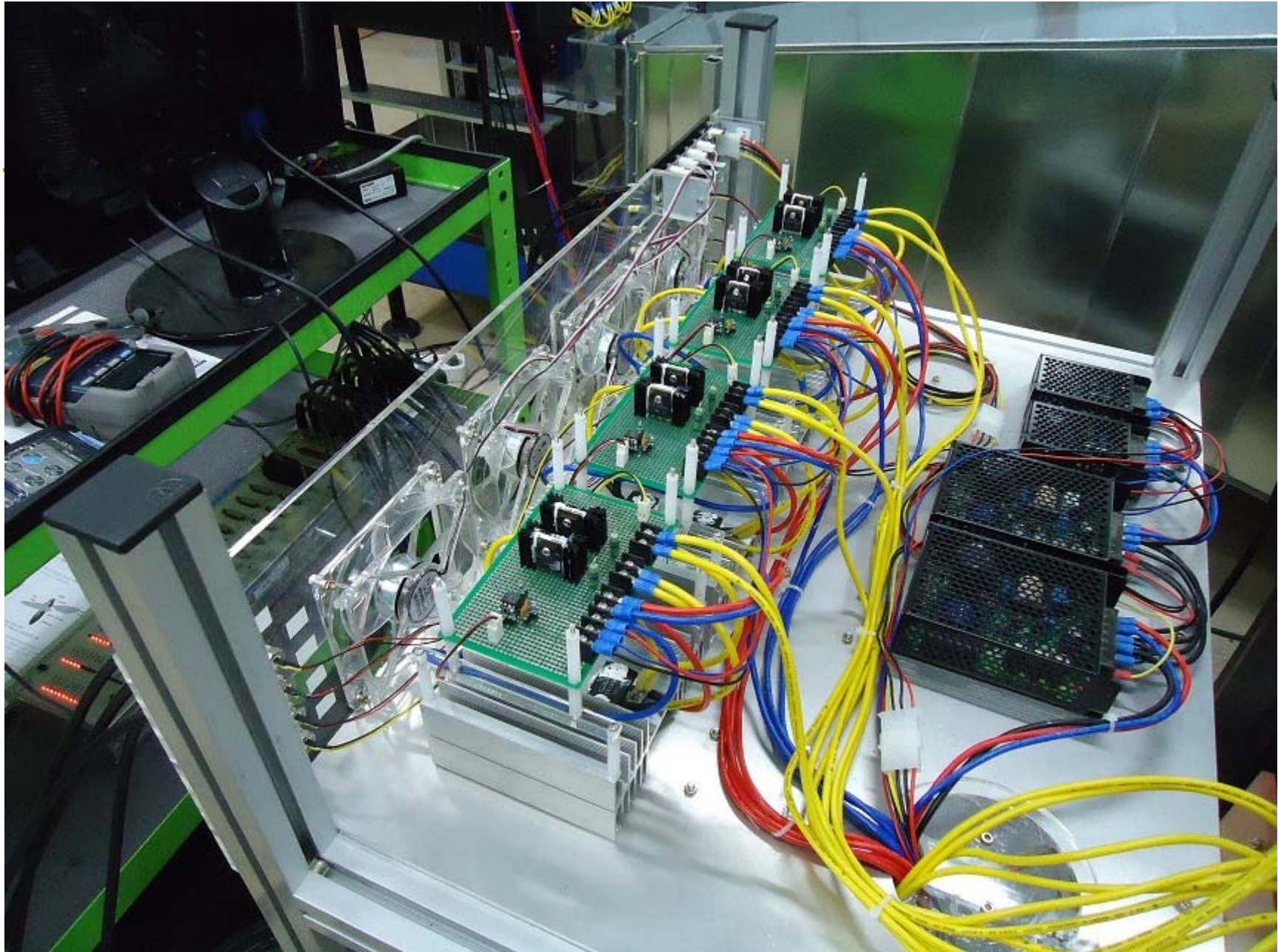
学習した後

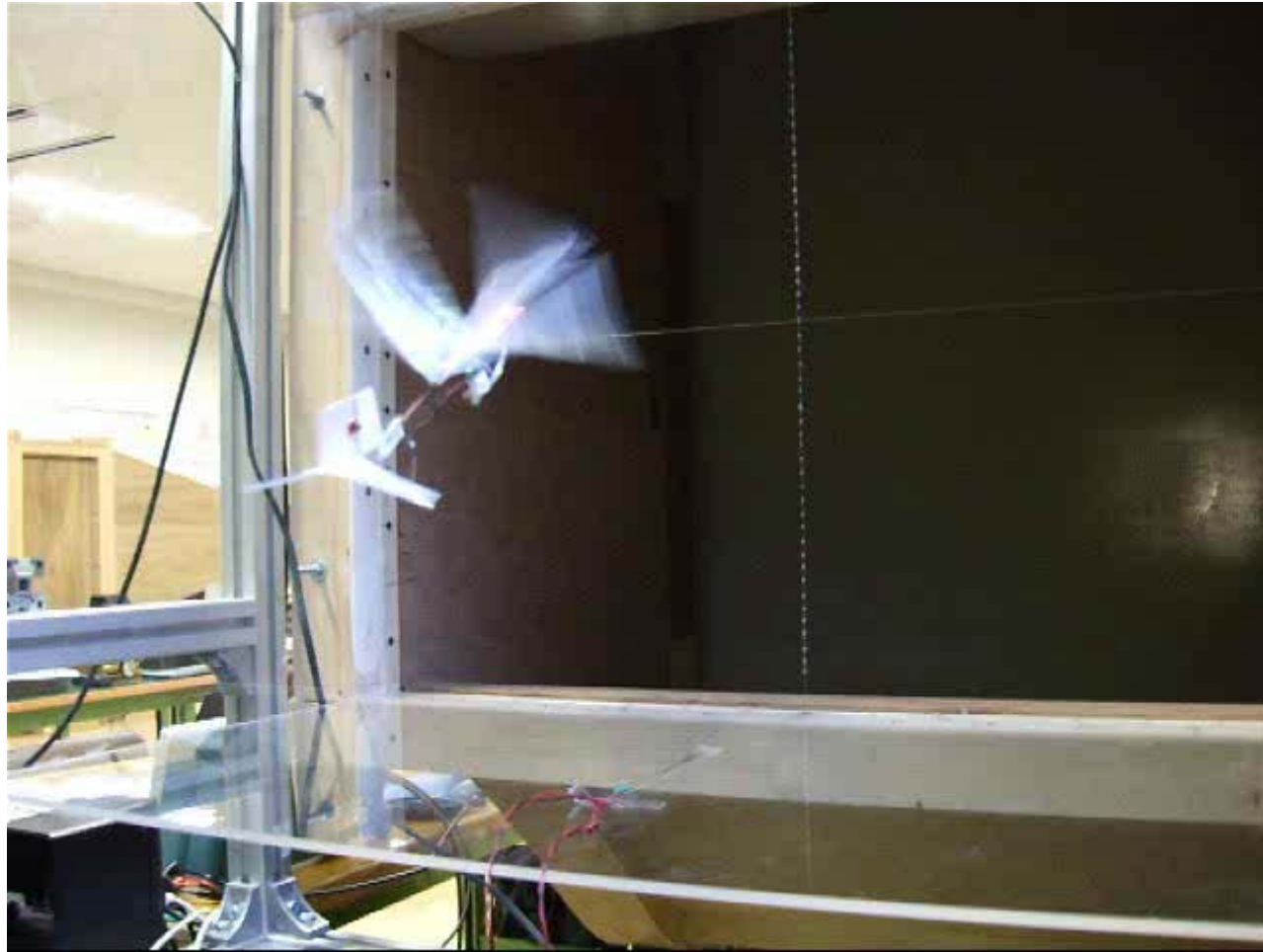


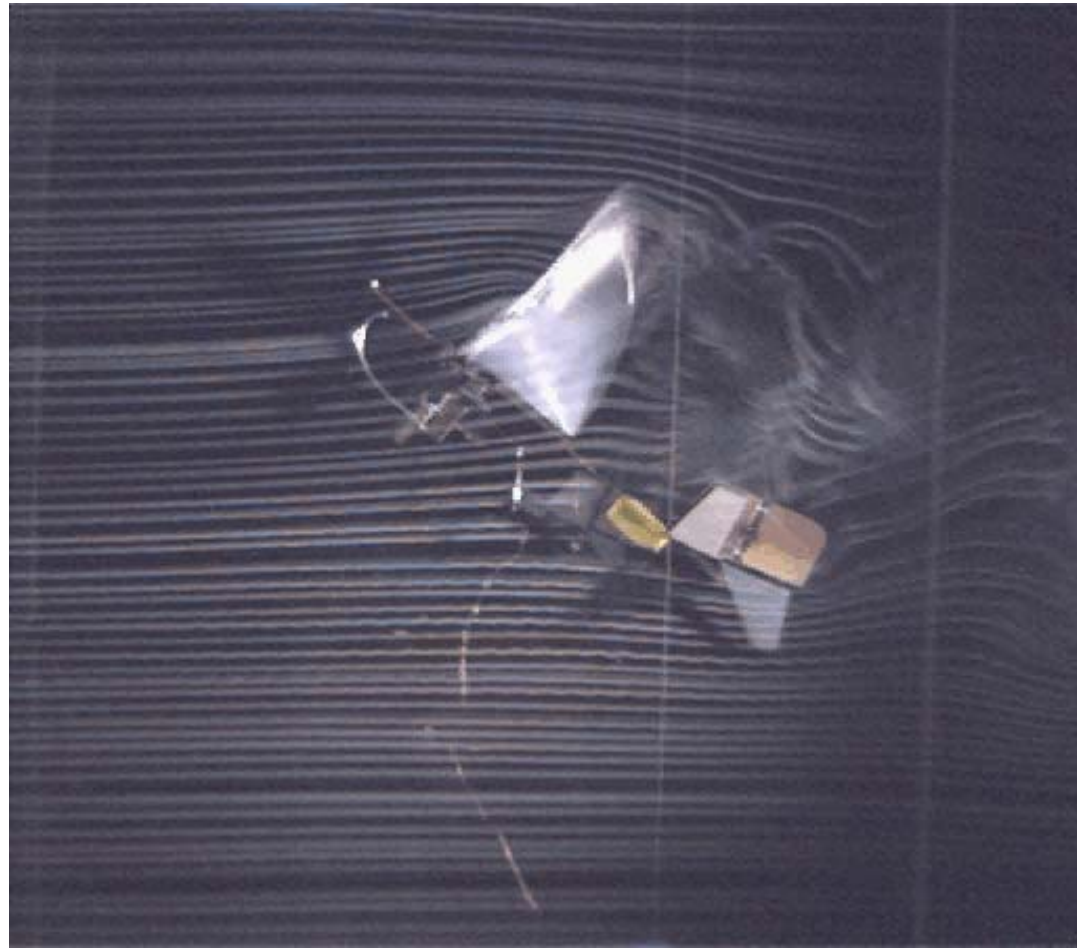


KAISTでのMSBS研究





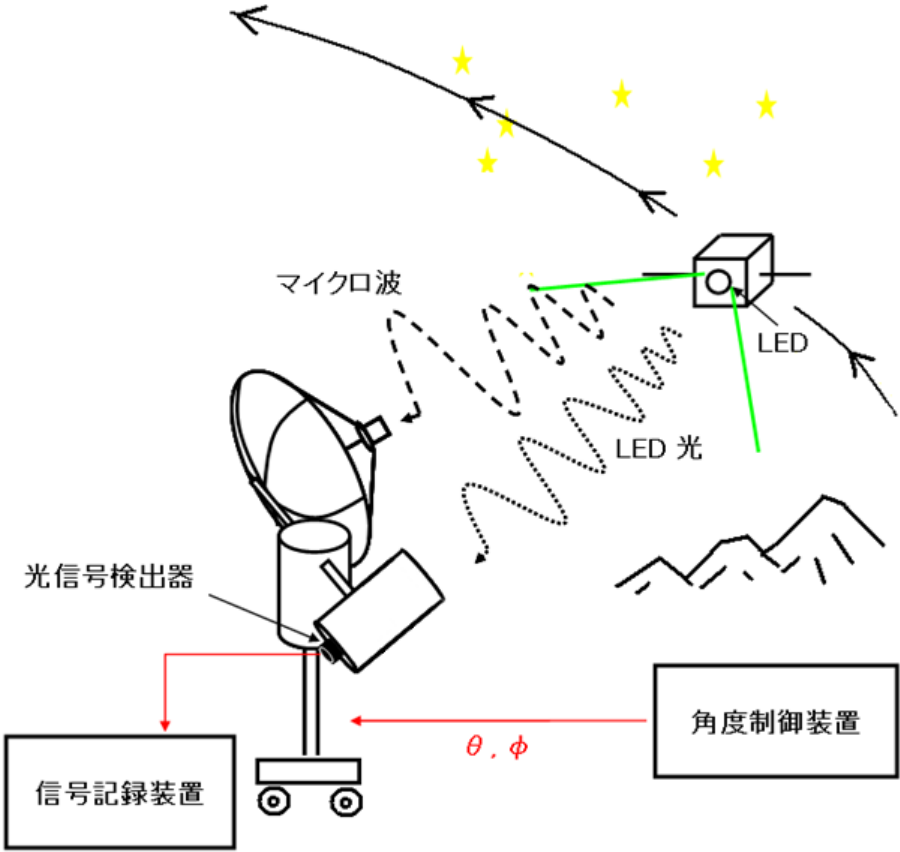
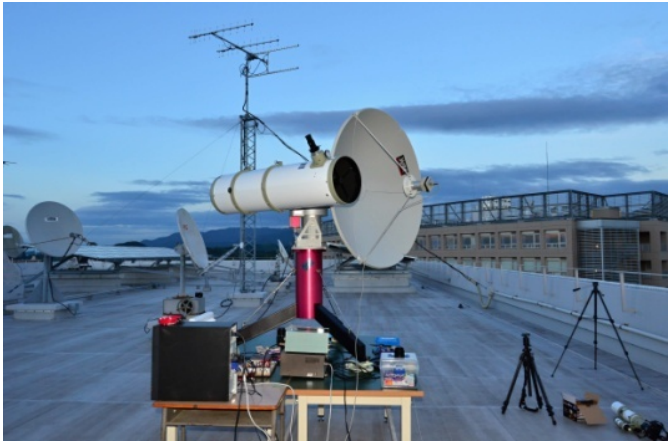






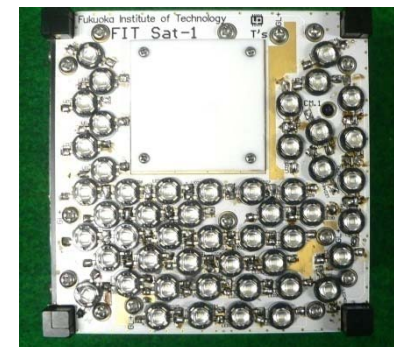
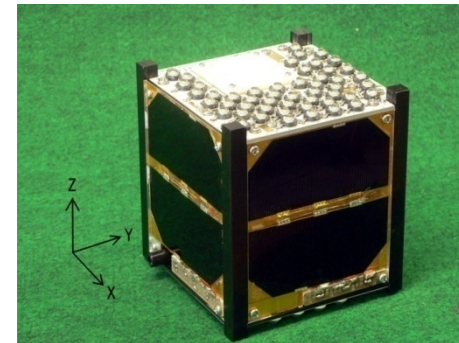
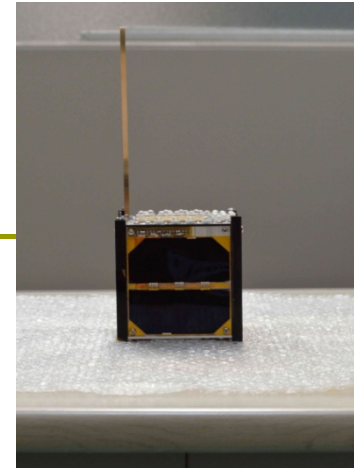
超小型人工衛星

衛星からのマイクロ波とLED光の受信

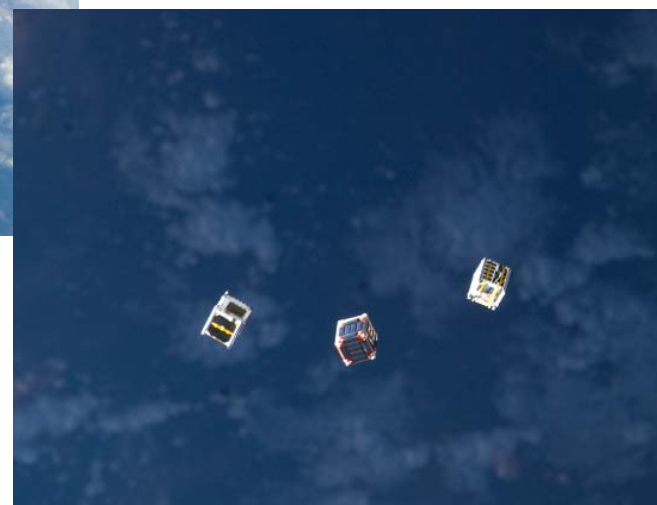


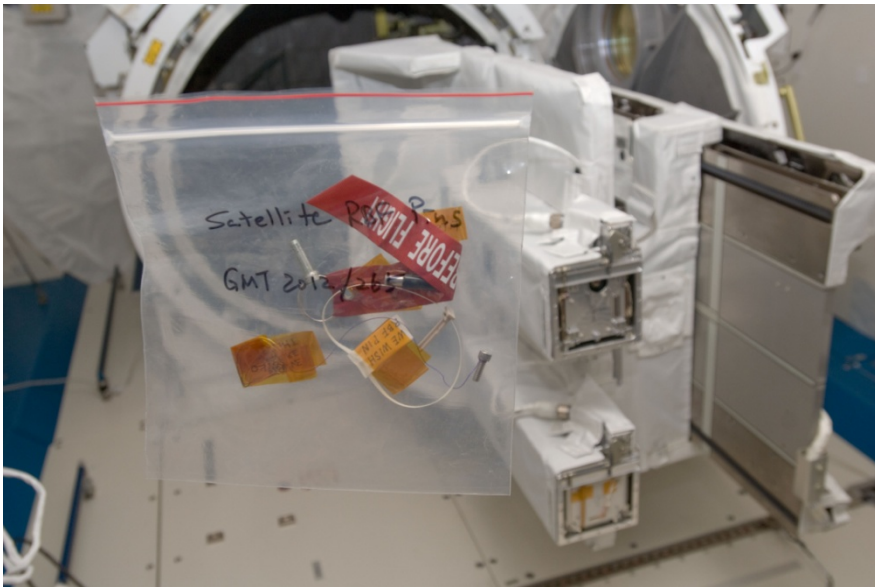
衛星の概要

- 大きさ: 10cm立方
- 重さ: 1.3kg
- 高度: 約400km
- 回周周期: 約90分
- 寿命: 約100日
- 軌道面傾斜角度: 51.6度
- 発電能力: 約1W
- 瞬時電力: 約20W



放出時の衛星(NASA撮影)





ISSから放出時に撮った



倉敷科学センター三島氏



白黒反転、部分写真、 10Hz、30%ON—70%OFF確認

