

風洞用磁場発生装置

-フライト計測融合低乱熱伝達風洞の一要素として-

第3回MSBS研究会

2013/3/1

東北大学流体科学研究所

澤田秀夫

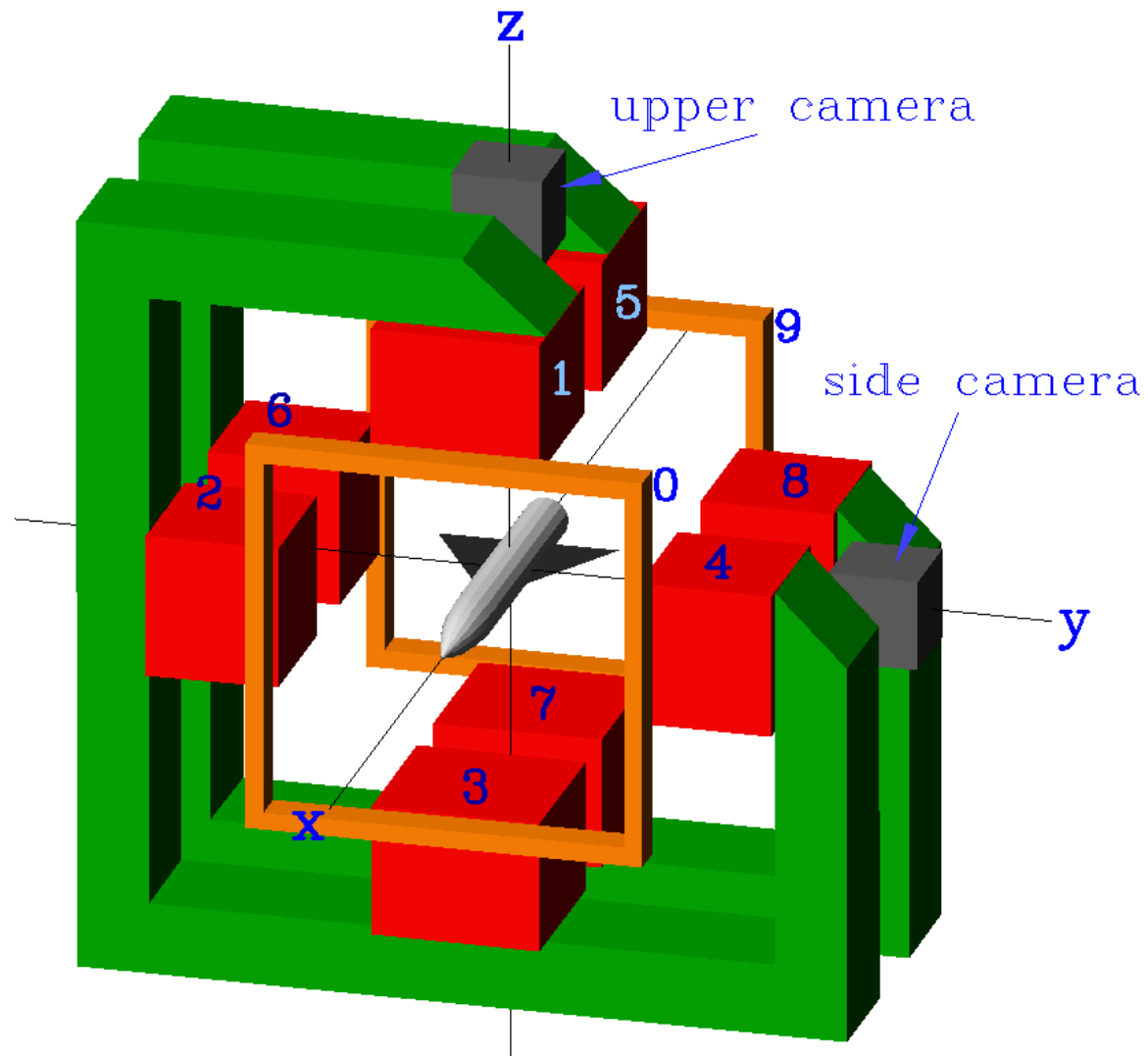
目標

- フライト計測融合技術に利用できるMSBS
 - 非接触計測技術を適用できる(PIV、PSP)
 - リアルタイムMSBSデータ計測
- 既存の低乱熱伝達風洞に装備できるMSBS
 - 安全な装置
 - 1m級の大きさ
 - 既存測定部と交換可能
 - 多様な模型運動が可能
 - 最大迎角30度越え

方針

- JAXA60cmMSBSの
 - 1.7倍スケールとする。
 - 寸法は1.7倍
 - コイル巻数は2倍
 - 最大電流は1.25倍
 - 同じ磁石寸法を最大とする。
 - 利用経験が有るので、取扱い法に習熟している。
- 取扱いが容易なこと
 - 既存測定部と交換可能⇒
カート方式とする。
コイルとパワーアンプ間のケーブルは固定にする。
 - 多様な模型運動が可能⇒模型設計で対応
 - 最大迎角30度越え⇒ ϕ を90° 回転して ψ を30度越えにする。

JAXA60cmMSBS



MSBSのシステム

DOS+Windows計算機
(大林研対応)



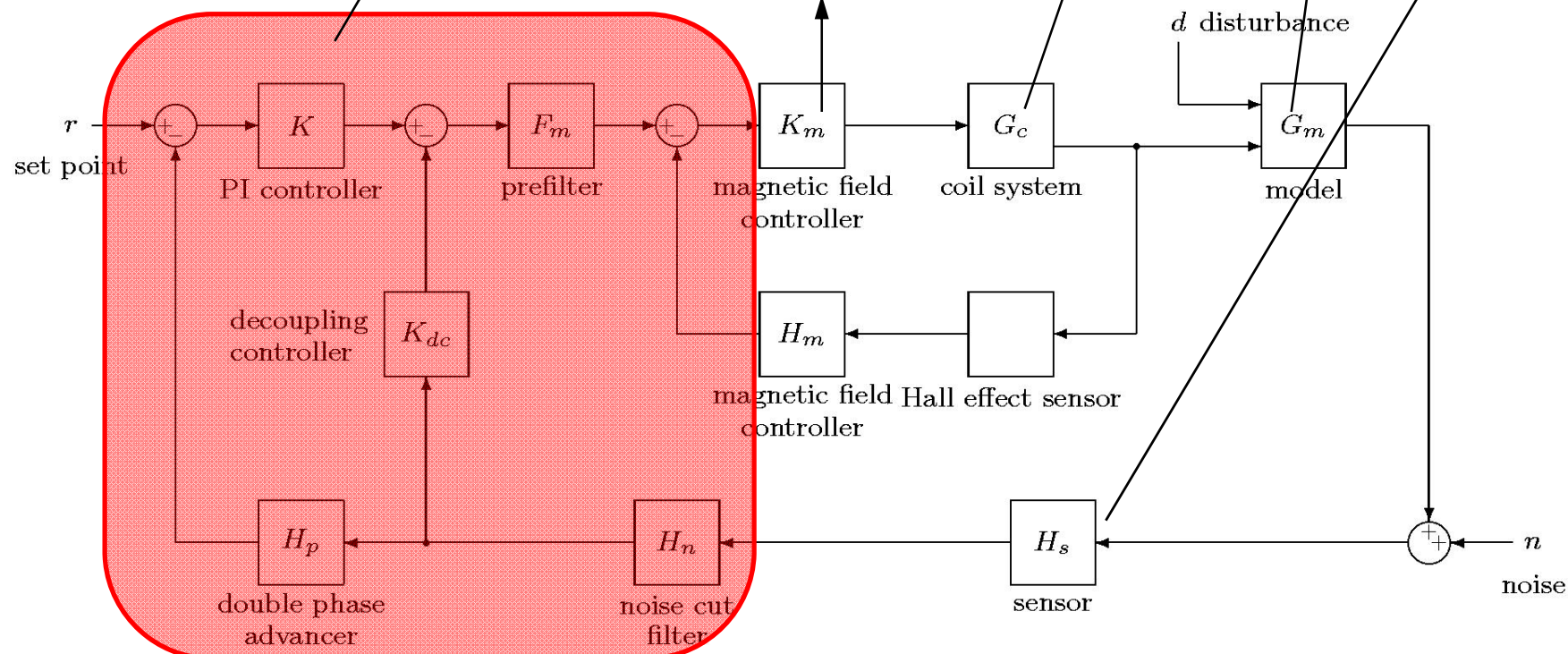
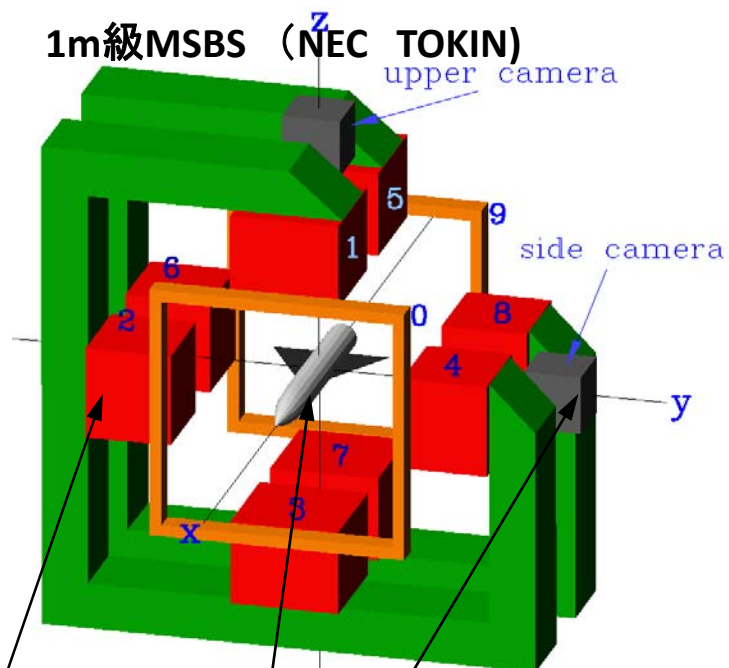
45kW級直流電源



Analogic社パワーアンプ



1m級MSBS (NEC TOKIN)



MSBS

- コイル系
 - 制御可能磁場発生
- 電源系
 - 直流電源: 15kW × 3基
 - パワーアンプ: Model265P × 4台 × 3基
- 制御系
 - DOS計算機(磁場制御)
 - Windows計算機(表示装置)
- センサー系
 - CCDラインセンサーカメラ × 6台 + 光学系 + 高速カウンター
 - センサー較正装置
- 模型
 - 6DOF模型 : AGARD-B模型
 - 基本形状模型 : 球模型
 - 加振模型 : 円柱模型
- 測定部
 - 透磁性測定部
 - 模型把持装置

MSBS要素

- コイル系

- 制御可能磁場発生

- H_{xx} (抗力制御用磁場) : 3.54G/m/A以上
 - H_{zx} (揚力制御用磁場) : 13.70 G/m/A以上
 - H_{yx} (横力制御用磁場) : 7.34G/m/A以上
 - H_y (ヨーイングモーメント制御用磁場) : 2.67G/A以上
 - H_z (ピッチングモーメント制御用磁場) : 5.02G/A以上
 - H_{yy} 、 H_{zz} (ローリングモーメント制御用磁場) : 6G/A/m以上

- コイル仕様

- 抗力コイル(2本): @ 0.24 Ω 以下、 95mH以下

- 揚力コイル(4本): @ 0.17 Ω 以下、 286mH以下

- 横力コイル(4本): @0.09 Ω 以下、 74mH以下

例えば、

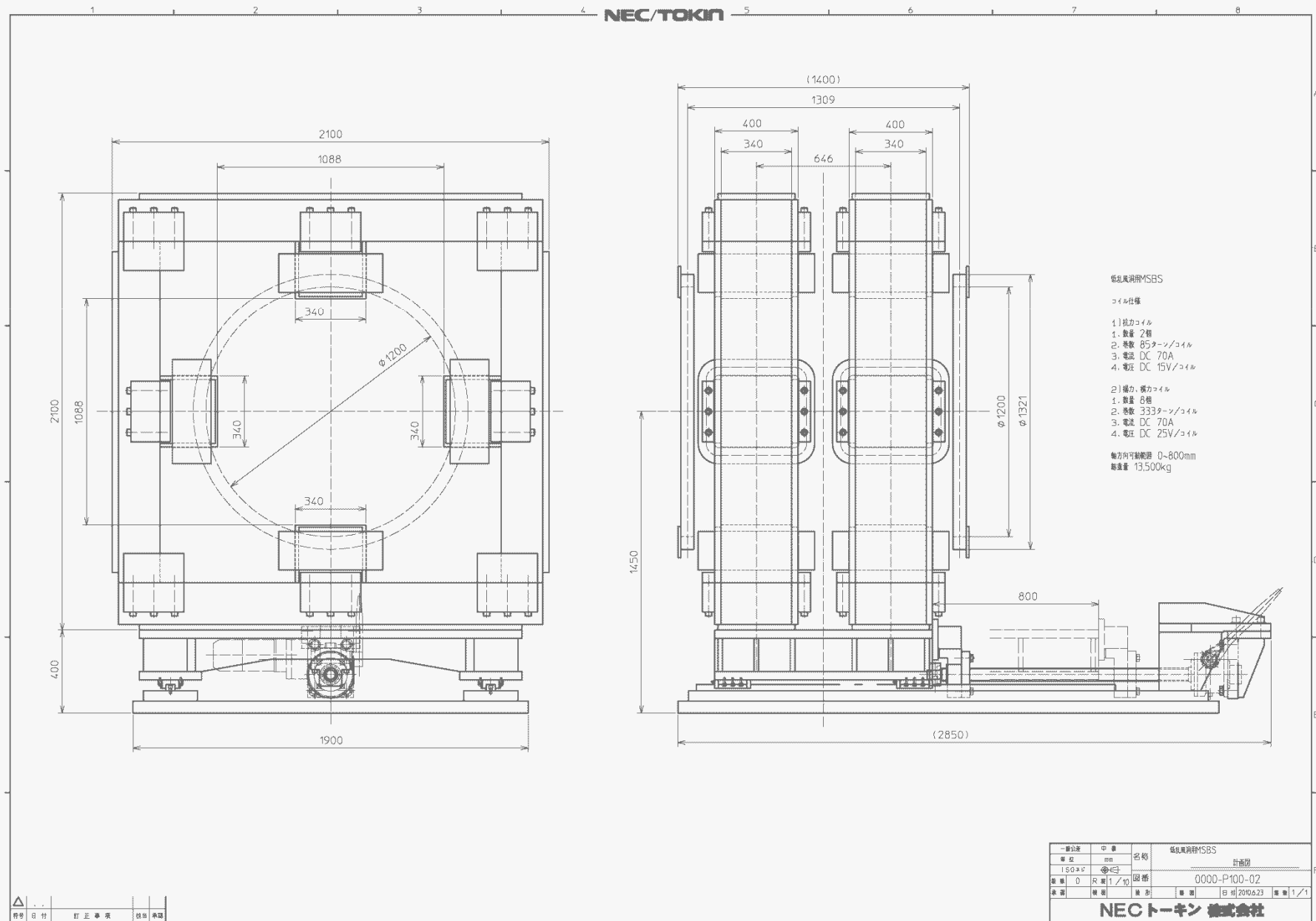
JAXA AGARD-B(スパン300mm)模型(主磁石: N54ネオジム磁石)

- 制御速度は254Hz

- 比例制御係数: JAXAの値の1.5倍にする

- 浮揚電流は約80A

磁気回路



電源＋パワーアンプ

- 電源系

- － 直流電源: 15kW × 3基

- 三相400V交流電源入力、50kVA
 - 330V、92A直流



- － パワーアンプ: Model265P × 4台 × 3基

- 10個のコイルに1台のパワーアンプ、予備2台
 - 3基のラック
 - 各ラックに15kW直流電源
各15kWの増強可能



- Model265P: analogic社製

- － 最大330V DC 入力
 - － ±300V DC, 150A DC 、 187A(0.5秒)、 212A(0.1秒) 出力
 - － 調整可能範囲: 2μH～7H、0.04Ω～無限大



センサー

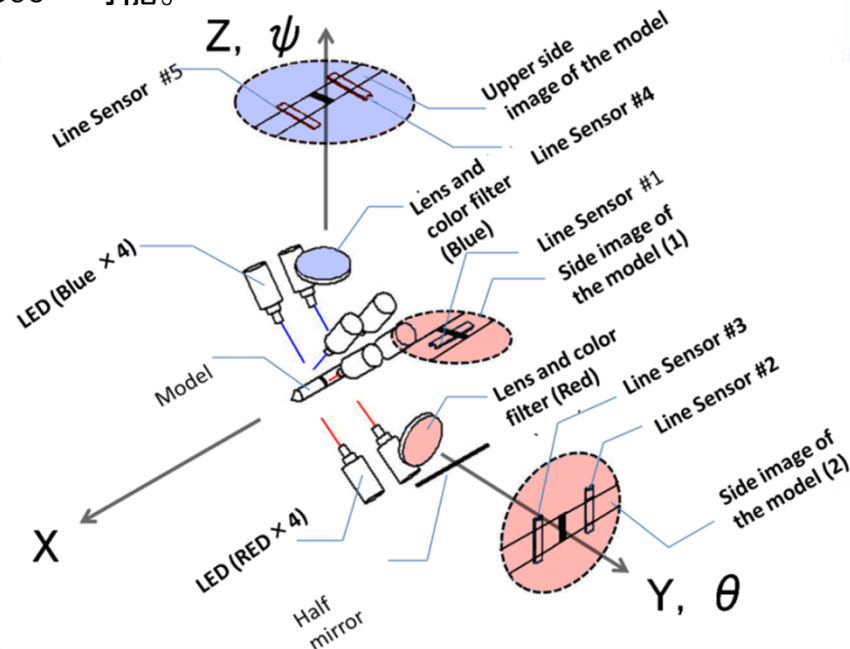
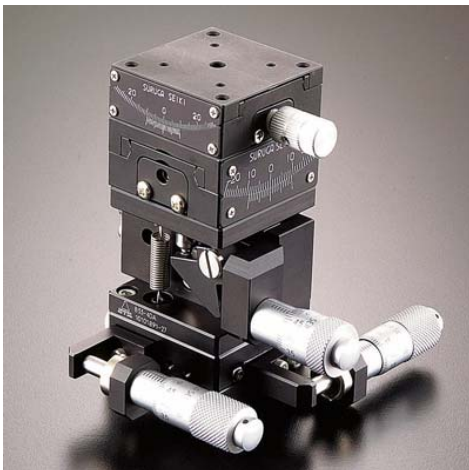
- センサー系

- CCDラインセンサーカメラ×6台 (TL-7450S、 $4.7\mu\text{m}$ 角×7450素子)
- 高速カウンター (10MHz、LPC-632104×6)
- 光学系
 - レンズ系 (f:80mmレンズ+ダイロックカラーフィルター+ハーフミラー)
 - 照明装置 (MSPP-CR74、CB74 各6台)

照度: 約4000lx

- センサー校正装置

- 6軸自動ステージ (x、y、z、 ψ 、 θ 、 ϕ)
(x,y,z): $\pm 20\text{mm}$ 、 ψ : 360° 、 θ : $\pm 10^\circ$ 、 ϕ : $\pm 15^\circ$
 $\phi=90^\circ$ では θ : 360° 可能。
- ステージ制御装置



MSBS制御＋計測装置

- 制御系

- － DOS計算機(磁場制御)

- FAコンピュータ: PCI-DS13CM06
- DAボード: LPC-340416 × 3台
- 割込みボード: PCI-3166 × 1台
- メモリリンクボード: PCI-4913 × 1台
- 制御ソフトウェア: JAXA60cmMSBSソフト(DOS)を書き換え



- － Windows計算機(表示装置＋制御定数の設定＋データ保存)

- メモリリンクボード: PCI-4914 × 1台
- 制御ソフト: 新規開発(C++)
- パワーアンプモニター出力監視
- 磁気力測定
- リアルタイムデータ送受信



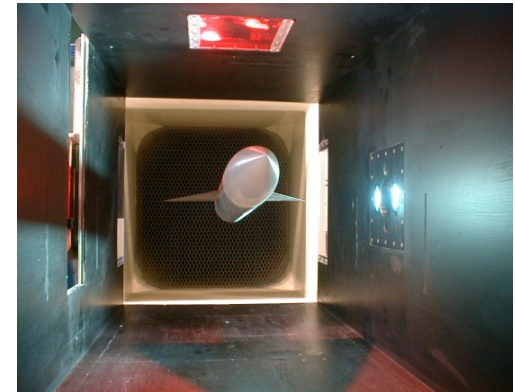
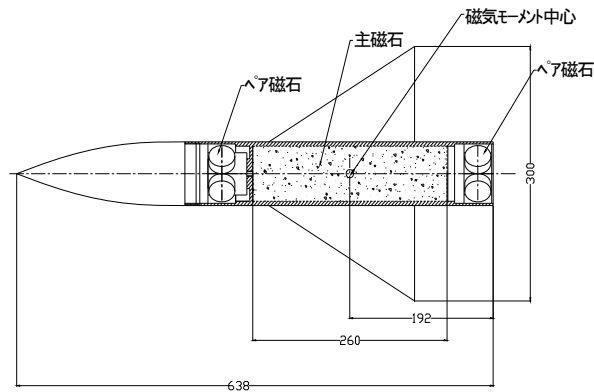
MSBS新機能

- 模型浮揚状態でMSBS位置変更可能
 - ⇒ PIVの効率的計測
- 紫外線透過窓採用でPSP試験可能
 - ⇒ PSP試験との融合
- 制御定数、測定データは常時アクセス可能
 - ⇒ 計測融合
- 模型位置姿勢センサー回転装置の付加
 - ⇒ 高迎角試験(z軸周り)
- 磁気力直接測定
 - ⇒ 力覚センサー計測
- 多数のラインセンサーカメラ(6台 + α)
 - ⇒ 多様な形状模型に対応

MSBS模型

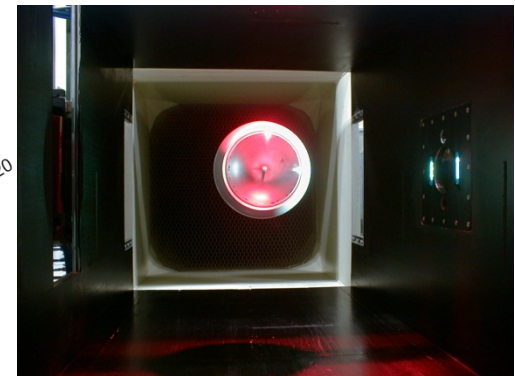
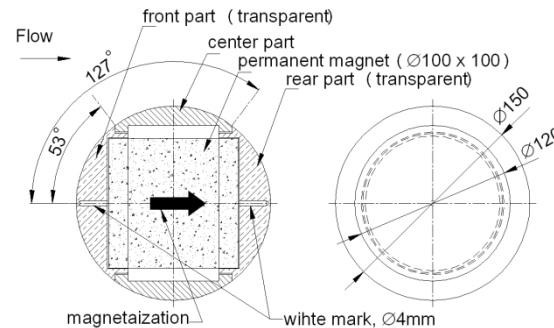
6DOF模型 翼幅300mmのAGARD-B模型 (JAXA60cmMSBSと同じ)

耐最大抗力 : 41N
 耐最大揚力 : 73N
 耐最大横力 : 88N
 耐最大縦揺れモーメント: 27Nm
 耐最大偏揺れモーメント: 32Nm
 耐最大横揺れモーメント: 0.3Nm



基本形状模型 直径150mmの球模型 (JAXA60cmMSBSと同じ)

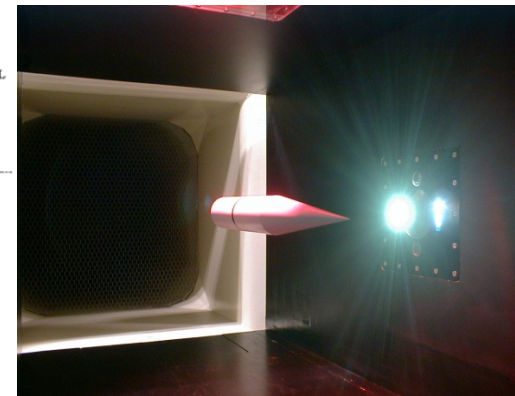
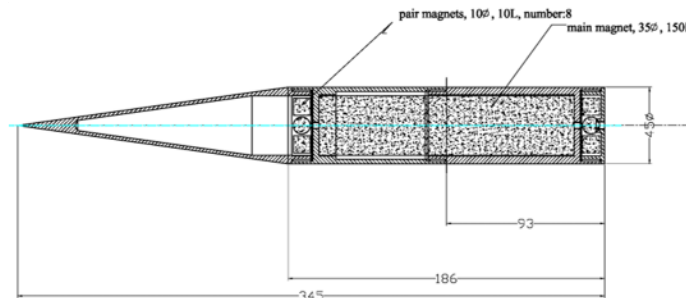
耐最大抗力 : 43N
 耐最大揚力 : 68N
 耐最大横力 : 92N
 耐最大縦揺れモーメント: 25Nm
 耐最大偏揺れモーメント: 33Nm



風速70m/sで抗力電流 : ~24A

加振模型 直径40mm、長さ160mm円錐柱模型 (JAXA60cmMSBSと同じ)

並進振動 : 振幅10mm、3Hz
 縦回転振動: 振幅15°、5Hz
 横回転振動: 振幅20°、6Hz
 横揺れ振動: 振幅45°、1Hz



まとめ

- フライト計測融合技術に利用できるMSBS
 - 非接触計測技術を適用できる(PIV、PSP)
 - PIV: 外気導入方式熱交換器、MSBS移動機構
 - PSP: 紫外線透過窓の設置
 - リアルタイムMSBSデータ計測
 - Windows計算機によるリアルタイム制御変更、及び計測
- 既存の低乱熱伝達風洞に装備できるMSBS
 - 安全な装置
 - 当分、JAXA60cmMSBS用磁石を最大値に制限
 - ヨーク端面と測定部内面の距離を39mm確保(JAXA60cmMSBSでは20mm)
 - 1m級の大きさ
 - 将来は、より大型模型の試験が可能
 - 阻塞効果を抑える。(阻塞比は60cm角測定部の1/2.35)
 - 既存測定部と交換可能
 - 浮揚調整用のエリアを確保 ⇒ 模型の浮揚調整中は風洞を占有しない。
 - 多様な模型運動が可能
 - 独立した6台のラインセンサーカメラ位置変更が可能 ⇒ 台数を増やせる設計にする。
 - 最大迎角30度越え
 - 90° ロールさせてから、迎角30度越えを行う。