

「そら」の技術を身近に感じて ————— そらとそら



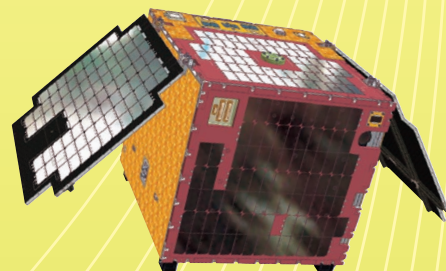
# 空と宙

2007 JUL/AUG  
<http://www.iat.jaxa.jp/>

隔月刊発行 ISSN 1349-5577

## 研究紹介

はじめまして SDS-1 です  
衛星と地上をつなぐ通信機



## 設備紹介

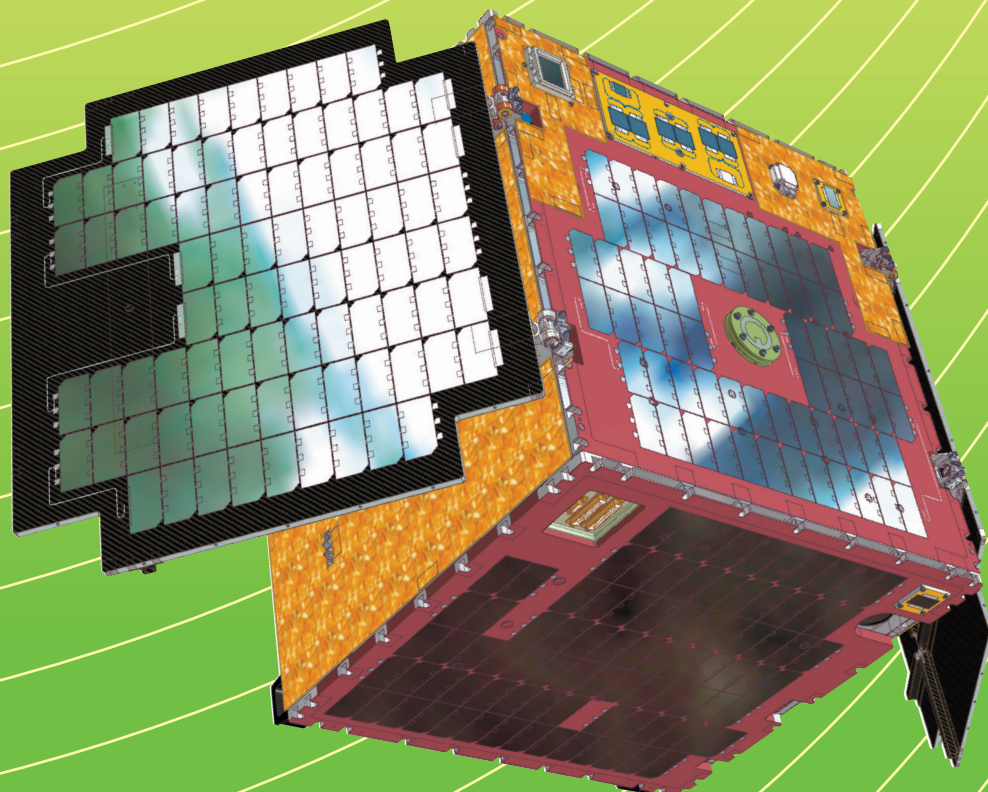
小型衛星用振動試験設備

## よこみち 横路散歩

ピギーバック衛星

## そらそら 空宙情報

風洞の中をソリが飛ぶ？  
「空の日」・「宇宙の日」イベント



小型実証衛星 (SDS-1)

No. 19

総合技術研究本部  
Institute of Aerospace Technology

# 研究紹介

## はじめまして SDS-1 です

### 小型実証衛星の利点

実用人工衛星の信頼性向上の一環として、宇宙航空研究開発機構（JAXA）では要素技術からシステム技術に至るまで、新規技術を事前に宇宙で実証して技術成熟度を向上させることを目的とする小型実証衛星（SDS：Small Demonstration Satellite）プログラムを進めています。その第1号機である小型実証衛星1型（SDS-1）の開発をJAXA総合技術研究本部の宇宙実証研究共同センターがシステムとりまとめとなって2006年度より開始しました。小型衛星は大型衛星に比べて低コストかつ短い期間で開発できるため、さまざまな技術の軌道上実証・実験をタイムリーに進めることができます。当本部では、このSDS-1を先駆けとして、100kg級の小型実証衛星をシリーズ化する計画です。SDSプログラムでは、若手技術者の能力向上も目的としており、システムの設計解析から衛星本体の組み立て、各種試験までをJAXAの研究者が中心となって行っています。

### SDS-1の任務

JAXAでは、2002年度に50kg級の小型衛星（マイクロラブサット）を打ち上げています。SDS-1の開発は、この時の開発から運用までの経験と実績を最大限に活かして進めています。SDS-1は質量約100kg、寸法約70×70×60cmの箱形の衛星です。2008年度に相乗り衛星（ピギーバック衛星：P.7参照）としてH-IIAロケットで打ち上げられ、太陽同期軌道<sup>\*1</sup>に投入される予定です。衛星の姿勢制御はスピン安定方式を基本としていますが、実

図1 SDS-1軌道上概念図

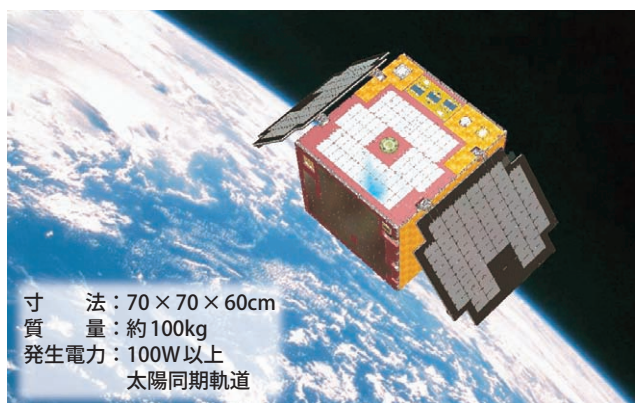


図2 SDS-1に搭載するミッション機器

スペースワイヤ<sup>\*1</sup> 実証モジュール (SWIM)

- ◆ JAXAが宇宙用に開発した高速MPU<sup>\*2</sup>を用い、新しい国際標準であるスペースワイヤ規格を発展させた次世代ネットワーク型データ処理技術を実証。
- ◆ データ処理技術を活用した超高感度加速度計による重力変動の計測実験。

先端マイクロプロセッサ 軌道上実験装置 (AMI)

- ◆ JAXAが重要部品として開発した各種部品で構成される高性能計算機ボードの軌道上での動作実験。
- ◆ 将来のプロジェクトに向けたデータの取得。

<sup>\*1</sup> スペースワイヤ：人工衛星などの宇宙機器に搭載する通信ネットワーク装置。  
<sup>\*2</sup> MPU：マイクロプロセッサユニット。計算機の中核となるデータ処理チップ。

験時にスピンを止めて三軸制御することも可能で<sup>※2</sup>、電力に余裕を持たせるために2枚の太陽電池パネルを展開する機能を持っています(図1)。新規技術の性能を実証するため、衛星には主となる3種のミッション機器(マルチモード統合トランスポンダ、スペースワイヤ実証モジュール、先端マイクロプロセッサ軌道上実験装置)を搭載しています。その他にも性能を実証するために各種の機器を搭載しています(図2)。

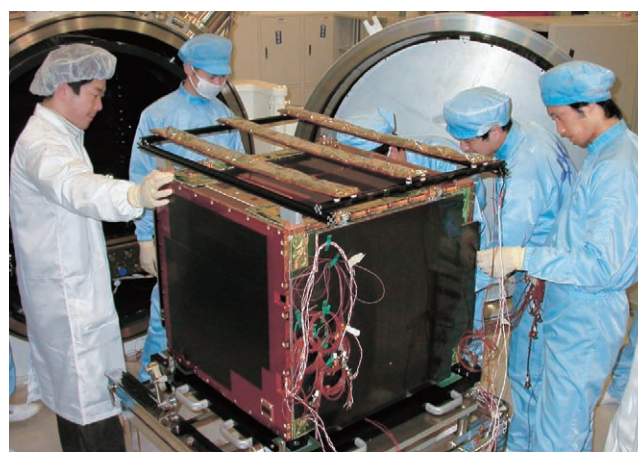
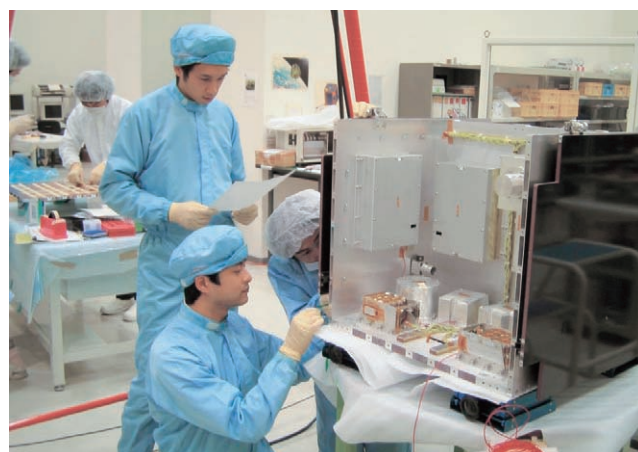
SDS-1では、JAXAの若手技術者が主体となってシステム熱構造解析などのシステム設計解析、組み立て、バス機器<sup>※3</sup>の環境試験、システム熱平衡試験および振動試験などを行っています(図3)。これらの一連の開発活動を通じて、低コスト・短期開発に対応した小型実証衛星の信頼性・品質などの開発マネジメントの効果的な手法も研究します。

### 打ち上げに向けて

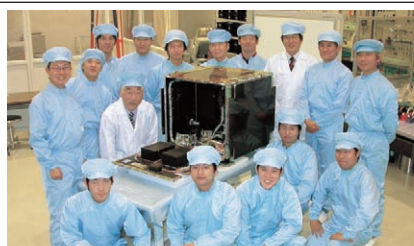
今後は、これまでの試験や解析を通して確認した設計に基づき、2008年度の打ち上げに向けてフライトシステムの組み立ておよび試験を今年度末より開始する計画です。それと並行して、設備の整備を含めて運用準備を進めます。

このSDS-1での経験を糧として、SDSプログラムをタイムリーかつ短いサイクルで着実に推進することで技術の蓄積が図れ、将来的には宇宙機システムの信頼性向上およびコスト削減が達成できるものと考えます。(宇宙実証研究共同センター 平子敬一)

図3 システム構造モデル組立(上)と熱平衡試験(下)



- ※1 太陽同期軌道：太陽に対して、衛星軌道面が常に同じ角度をとる軌道。太陽同期軌道を回る衛星から地球を見ると、地球に当たる太陽光線が一定の角度になる。
- ※2 人工衛星は、衛星全体をコマの様に回転させたり(スピン安定)、衛星内部に設置したホイールを回転させたり加減速することで三軸方向(垂直および水平2方向)の姿勢を保っている(三軸制御)。
- ※3 バス機器：通信系、電源系、姿勢制御系など、衛星のミッションをサポートするための機器。どの衛星にも搭載されている。



【宇宙実証研究共同センター】

SDS-1開発メンバー(筆者：後列右から3番目)

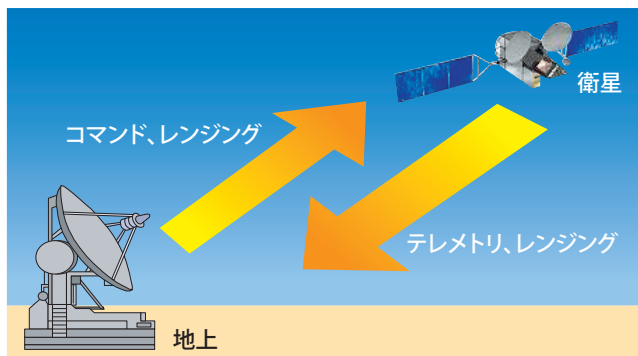
## 衛星と地上をつなぐ通信機

## 衛星は全て地上からリモートコントロール

無人の人工衛星は全て、地上からの電波による監視と制御（リモートコントロール）で動作し、その与えられた使命（ミッション）を果たします。

従って、地上から送られてきた「衛星への動作指令（コマンド）」を受け、地上に「衛星の動作状態（テレメトリ）」を送り届ける通信装置はどんな衛星にも必要不可欠な装置です。この装置は、地上から受けた信号電波（レンジング）を折り返して地上に送り返すことができるため、レンジングの往復に要する時間を地上で計測することで衛星と地上の間の距離を測ること（測距）もできます（図1）。これは、衛星の軌道を知るためにやはり必要な機能です。このような機能を持つ装置をトランスポンダと呼んでいます。

図1 衛星のリモートコントロールおよび測距



このため、リモートコントロールおよび測距のためのトランスポンダは、衛星において最もキーとなる機器の一つであると言えます。

衛星をコントロールし易い  
小型で高性能な通信装置を開発

トランスポンダはすでに信頼性の高いものが開発されており、衛星に搭載されています。しかし、小型・軽量化および高機能性などの要求が年々高まってきているため、これらの要求に応え得る次世代トランスポンダ（マルチモード統合トランスポンダ：MTP）の開発を進めています。

まず、機能として次の4種類の動作モード（変調方式）を持たせています。

- ① PSK/PM（従来からの変調方式）
- ② UQPSK（衛星間フォワード回線変調方式）/SQPN（衛星間リターン回線変調方式）
- ③ QPSK（高速データ伝送用変調方式）
- ④ UQPSK（複数衛星同時運用における変調方式）

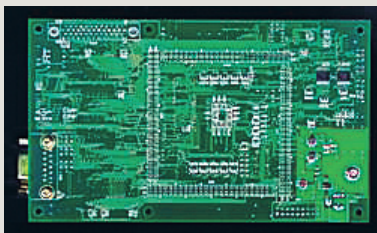
従来品では、①のみあるいは①および②のモードを持っていましたが、今回さらに③および④のモードを追加して多機能（マルチモード）化し、必要に応じてこれらのモードを取捨選択できるようにすることで、様々な要求に応えられるようにしました。

特に、③のモードでは、従来品より2桁以上もの高

図2 従来技術と今回の最新技術との比較

## 従来技術の場合

- アナログ（一部デジタル）回路で実現



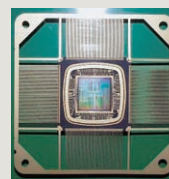
- ・多数のアナログ部品を基盤に実装するため、質量・消費電力増
- ・EMI<sup>※1</sup>、EMS<sup>※2</sup>対策に労力がかかる

※1 EMI：電磁妨害。電子機器から漏れる電磁気雑音のこと。他の電子機器を誤作動させる恐れがある。

※2 EMS：電磁妨害耐量。他の電子機器から漏れる電磁気雑音に耐える能力のこと。

## 最新技術の採用

- アナログ技術からデジタル技術へ
- 大規模ゲートアレーの採用



- ・小型・軽量、低消費電力の実現
- ・EMI、EMS対策が容易

## マルチモード統合トランスポンダ (MTP) の開発

速データを伝送でき、実験データなど多くのデータの伝送が可能となります。また④のモードでは、同じ周波数で複数の衛星を干渉なく運用できます。

小型・軽量化に関しても、従来品では諸外国のものと比較して、機能あたりの質量が最大で2倍以上も重くなっていましたが、特に中心部のデジタル信号処理部である半導体部品（ゲートアレー）に上記の機能を全て組み込むことで、諸外国品と同程度以下という大幅な低減が可能となります（図2、表1）。

なお、今回開発するトランスポンダは実用衛星に搭

表1 MTPの主要諸元

機能	PSK/PM、UQPSK/SQPN、QPSK、UQPSKの4種の変調モードを有する
寸法	W: 180 × D: 270 × H: 118mm (TBD)
質量	4.0kg (nom) 以下
外観	

載する前に、SDS-1に搭載して軌道上での実証実験を行う計画です。

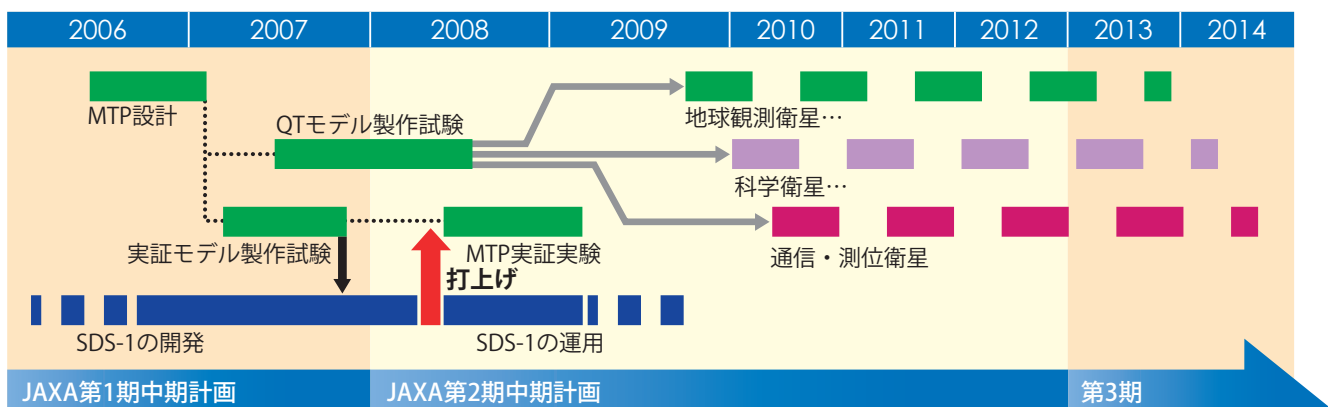
### これから様々な衛星で活躍

2006年度にMTPの開発に着手し設計を行いました。2007年度はSDS-1搭載実験用の実証モデルと地上での認定試験用のQTモデルの製作・試験を行います。実証モデルはSDS-1衛星に搭載して2008年度に打ち上げられ、軌道上で性能を実証する実験を行います。QTモデルについても2008年度に認定試験を行います。

これらの開発と実証が終われば、今後のJAXA第2期中期計画以降において打ち上げられる各種の衛星に搭載され活躍することとなります（表2）。

（通信・データ処理後術グループ 高田昇）

表2 MTP関連スケジュール



【通信・データ処理技術グループ】

（後列左より）栗野穰太、岡本隆司  
（前列左より）白倉政志、高田昇、谷島正信

# 設備紹介

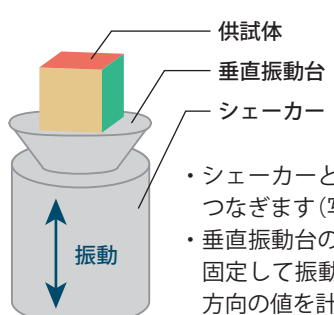
## 小型衛星用振動試験設備

ロケット打ち上げの際、その振動は接続部を介して内部の人工衛星にも伝わります。振動試験設備とは、人工衛星などに伝わる振動を模擬するための装置です。JAXAでは大型の装置を3台所有していますが、今回紹介するのは、最大搭載質量160kgの小型衛星用振動試験設備です（図1）。

この設備は、JAXAの小型衛星の研究に合わせて1997年に導入されました。その後、JAXAが開発を進める小型衛星をはじめ、企業や大学などが開発した小型衛星や、JAXAの大型衛星に搭載される機器の試験なども行っています（図2）。

図1 小型衛星用振動試験設備の概要


◆垂直振動台 寸法:500mm×500mm  
垂直方向の計測に使用します。




供試体  
垂直振動台  
シェーカー

- ・シェーカーと垂直振動台をつなぎます(写真の状態)。
- ・垂直振動台の上に供試体を固定して振動を与え、垂直方向の値を計測します。

小型衛星用振動試験設備では、160kgまでの小型衛星や搭載機器の振動試験が行えます。供試体を振動台に固定し、「シェーカー」と呼ばれる動電式加振機を使って振動台を揺らすことで供試体に振動を与えます。実際の打ち上げ時には垂直および水平2方向、合わせて3方向に振動が起こるため、シェーカーや供試体の向きを変える事で3方向全ての振動を計測します。



◆動電式加振機(シェーカー)  
振動を起こす装置です。  
振動周波数: 20~2000Hz  
(1秒間に20~2000回の振動が可能)

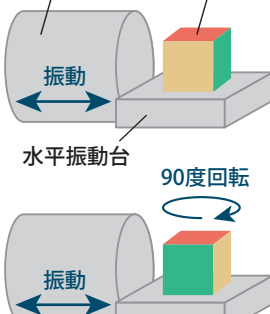


◆データ収録、解析装置  
振動により供試体に発生する加速度を計測し、解析する装置です。加速度は供試体に加わる力に比例するため、加速度を計測することで各部に加わる力を知ることができます。

図2 SDS-1の振動試験



◆水平振動台 寸法:500mm×500mm  
水平2方向の計測に使用します。



シェーカー 供試体  
水平振動台

- ①・シェーカーを写真の位置より90度倒し、水平振動台とつなぎます。  
・台の上に供試体を固定して振動を与え、水平方向の値を計測します。
- ②・供試体を90度回転させます。  
・台の上に供試体を固定して振動を与え、もう一方の水平方向の値を計測します。

## ピギーバック衛星

2008年度、温室効果ガス観測技術衛星（GOSAT）の相乗り衛星（ピギーバック衛星）として、7機の小さな人工衛星が宇宙空間へ打ち上げられます。【研究紹介】で紹介している「SDS-1」はその内の1機です（P.2参照）。

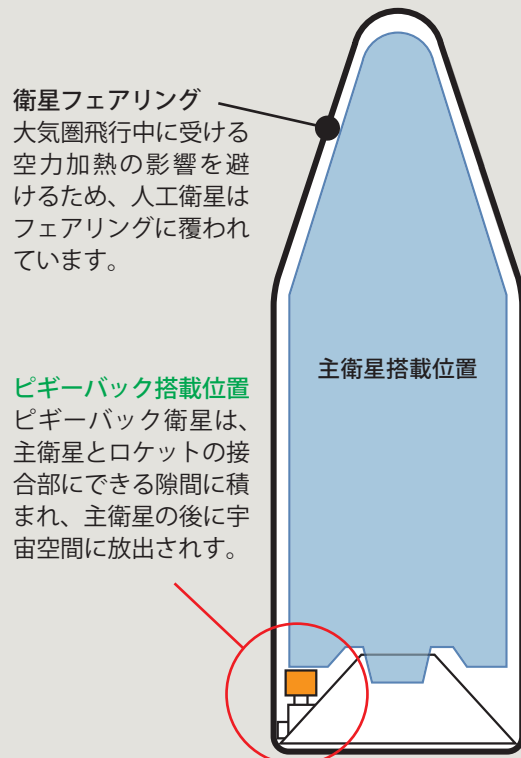
人工衛星は主にロケットで宇宙へ打ち上げられます。通常、1機のロケットで1機の人工衛星を打ち上げますが、ロケットの大型化および高性能化により、大型衛星を2機以上同時に打ち上げたり、主となる大型衛星を積んだ際に残る隙間にピギーバック衛星として小型衛星を積み、一緒に打ち上げることが可能になりました。

大型衛星の開発には膨大な期間とコストがかかるのに対し、小型衛星は短期間で低コストで開発できるという利点があります。大型衛星のピギーバック衛星として打ち上げられる場合、打ち上げコストを抑えることも可能です。しかし、隙間に積むために大きさが限定される、打ち上げ時期などが主衛星に左右されやすいなどの問題があります。

JAXAでは大型衛星の開発および打ち上げはもちろん、衛星搭載機器の軌道上実証や若手技術者の育成などの目的で、小型衛星の開発およびピギーバックによる打ち上げも行っています。今回GOSATおよび7機のピギーバック衛星を打ち上げるのは、JAXAの大型ロケットH-IIAです。H-IIAには、主衛星の下に相乗りスペースを最大で4ヶ所設けられ、各スペースに50cm級（主衛星の大きさによっては70cm級）の小型衛星を積むことができます（図）。

図 H-IIAへのピギーバック衛星搭載位置

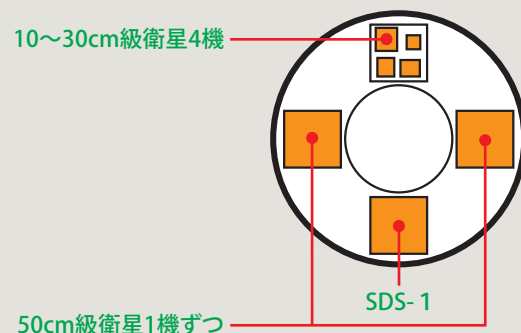
ロケット先端部を横から見ると…



**衛星フェアリング**  
大気圏飛行中に受ける空力加熱の影響を避けるため、人工衛星はフェアリングに覆われています。

**ピギーバック搭載位置**  
ピギーバック衛星は、主衛星とロケットの接合部にできる隙間に積み、主衛星の後に宇宙空間に放出されます。

ピギーバック衛星搭載部を上から見ると…



2008年度には、70cm級のSDS-1をはじめ、2ヶ所に50cm級を1機ずつ、1ヶ所に10～30cm級の小型衛星を4機積み、GOSATと一緒に打ち上げる予定です。

# 空 宙 情 報

## 風洞の中をソリが飛ぶ？ —リュージュ用ソリの空力性能試験を実施

2007年5月14～18日の5日間、リュージュ用ソリの空力性能の改善と、選手の空気力体感トレーニングのため、JAXA 所有の2m×2m低速風洞にて日本ナショナルリュージュチームとの共同試験を行いました。リュージュとはソリに仰向けに乗って指定されたコースを滑走し、速さを競うスポーツです。最高時速は140kmにもなります。



2m×2m低速風洞(約150km/時)でのトリノ五輪代表牛島選手による試験の様子  
(日本ナショナルリュージュチーム提供)

ソリの形状は速さに大きく影響します。航空宇宙機は空気抵抗の低い形状を前提としているため、ソリの形状検討にJAXAがこれまでに培ってきた空力性能改善技術が活用できると考えられます。今回の風洞試験により、その

可能性を探ることができました。また、選手の姿勢の違いにより、空気抵抗が大きく変化することも体感できたということです。

## 【開催案内】「空の日」・「宇宙の日」イベント

当本部では、9月12日の「宇宙の日」と9月20日の「空の日」を記念したイベントを各センターで開催します。各センターとも参加費は無料です。事前申し込みが必要なイベントもありますので、ご注意ください。

詳細は、当本部のホームページ (<http://www.iat.jaxa.jp/>) にて紹介します。ご不明な点などありましたら、各センターに直接お問い合わせください。

### 航空宇宙技術研究センター

東京都調布市深大寺東町7-44-1

開催日時：9月9日(日) 10:00~14:00

#### 【主なイベント】

- 絵画コンクール (要応募)
- 工作教室 (要申し込み)
- 展示室公開

#### 【お問い合わせ先】

業務課広報 電話：0422-40-3960

### 角田宇宙センター

宮城県角田市君萱字小金沢1

開催日時：8月4日(土) 10:00~15:30

#### 「角田宇宙センター 夏まつり」

#### 【主なイベント】

- ペットボトルロケット大会 (各回先着30名)  
① 10:30~ ② 12:30~ ③ 14:00~
- 君のパワーは何馬力? (馬力測定体験) などなど

#### 【お問い合わせ先】

管理課広報担当 電話：0224-68-3111 (代表)

### 筑波宇宙センター

茨城県つくば市千現2-1-1

開催日時：10月20日(土)

※詳細は、決まり次第ホームページにてお知らせします。

#### 【お問い合わせ先】

筑波宇宙センター広報部 電話：029-868-5000 (代表)