

空と宙

2011 NOV/DEC
<http://www.ard.jaxa.jp/>

隔月刊発行 ISSN 1349-5577

研究開発

はじめまして、小型実証衛星 4 型「SDS-4」です。
将来有望となるモノたちを育てるのが私の任務です

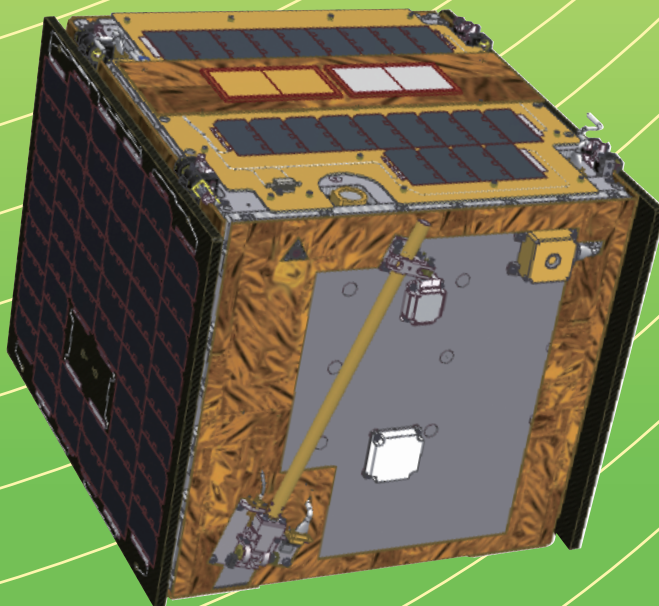
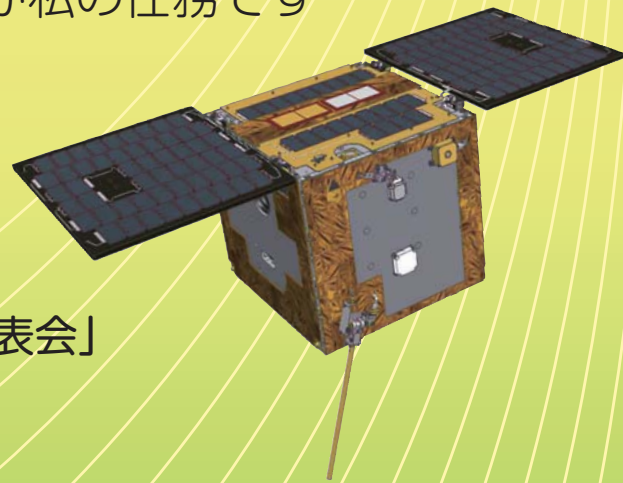
和輪広場

JAXA が進める小型衛星事業

空宙情報

機体を彩るロゴ・ロゴ・ロゴ

「平成 23 年度 JAXA 宇宙航空技術研究発表会」
開催案内



小型実証衛星 4 型「SDS-4」

No. **44**

研究開発本部
Aerospace Research and Development Directorate

はじめまして、小型実証衛星4型「SDS-4」です。



図1 高度677kmに投入された小型実証衛星4型「SDS-4」(イメージ)

「SDSプログラム」って？

2012年、高度677kmの地球周回軌道に「小型実証衛星4型 (SDS-4)」と呼ばれる小さな人工衛星が投入されます(図1)。質量約50kg、縦・横・高さ約50cmのコンパクトな体の中に入っているのは、これから宇宙実証を行う様々なミッション機器たちです。

私たち JAXA では、東日本大震災時に災害対策支援に従事した超高速インターネット衛星「きずな」や世界最大級の地球観測衛星である「だいち^{*1}」といった実用衛星や、その観測により数々の新発見を成し遂げている太陽観測衛星「ひので」といった天文観測衛星など多くの衛星を開発し、宇宙へと打ち上げています。宇宙空間は地上とは比べ物にならないほど過酷な環境のため、人工衛星の部品や搭載機器はその環境に耐える様に作られています。人工衛星がもっと社会で役立つために、新しい部品や搭載機器による衛星の高機能化、高性能化が絶えず求められています。しかし、新規に開発された部品や機器が宇宙環境に耐えて期待通りに動作することを

地上で検証するには困難な場合があります。また、“実績がない”という理由からせっかく開発した部品や機器の使用が敬遠されてしまうという実情もあります。

これらの問題を解決するのが「SDSプログラム^{*2}」です。

※1 2011年5月12日に運用終了。

※2「プログラム」は「プロジェクト」の集合体を表しています。

THERME を用いた熱制御材実証実験 (IST)

CNES が開発した熱制御材「THERME」を使い、熱制御材にとって重要な特性である「太陽光吸収率」の軌道上劣化データを取得する。



水晶発振式微小天秤 (QCM)

極めて微小な質量変化を捉えることができるセンサである QCM の軌道上での作動実績を取得する。



平板型ヒートパイプの軌道上性能評価 (FOX)

衛星機器から熱を逃がす「平板型ヒートパイプ」の軌道上評価試験を行い、地上試験では確認することのできない宇宙空間での内部流体の挙動を解明する。



衛星搭載船舶自動識別実験 (SPAISE)

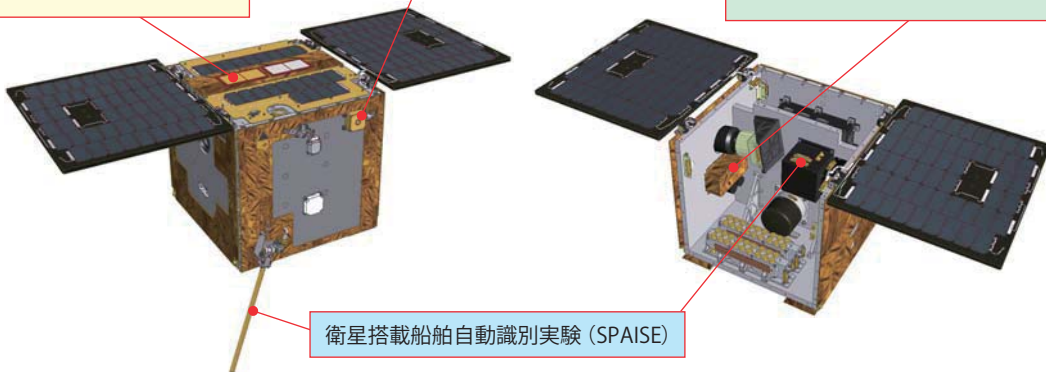


図2 SDS-4の4種のミッション

将来有望となるモノたちを育てるのが私の任務です

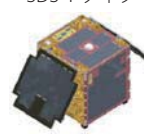
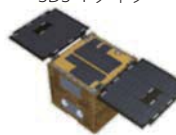
小さいことが最大の武器

SDSの特徴はその小ささです。

人工衛星はロケットによって打ち上げられます。人工衛星の質量がロケットの打ち上げ能力よりも小さい場合、つまり余剰がある場合には、その余剰に収まる小型の人工衛星を相乗りさせて一緒に打ち上げることができます。SDSはその小ささを活かし、相乗り衛星として打ち上げられます。2009年1月には1型 (SDS-1) が温室効果ガス観測技術衛星「いぶき」の相乗り衛星として打ち上がり、新規の通信機器などの軌道上実証を行いました。

現在、2012年に打ち上げ予定の第一期水循環変動観測衛星「しずく」の相乗り衛星としてSDS-4の開発を進めています。SDS-4では「衛星搭載船舶自動識別実験 (SPAISE)」「平板型ヒートパイプの軌道上性能評価 (FOX)」「THERMEを用いた熱制御材実証実験 (IST)」「水晶発振式微小天秤 (QCM)」という4種のミッション (軌道上実験) を行う予定です (図2)。

衛星が小さければ、開発期間や費用を抑えられるという利点もあります。加えて、衛星の製造過程をより簡素化できれば、更なる開発期間や費用の低減が図れます。人

衛星タイプ	100kg 級スピン	100kg 級三軸	50kg 級三軸	
衛星サイズ	70×70×60cm	70×70×60cm	50×50×50cm	
主なミッション例	部品・大型機器実証	ミッションコンセプト実証 ・センサ実証	部品・センサ実証	
軌道	低軌道 (LEO)			
姿勢制御方式	スピン安定 (定常時) 三軸バイアスモーメント (実験時)	地球/太陽指向 三軸ゼロモーメント	太陽指向 (定常時) 三軸ゼロモーメント	
通信	HK: 16kbps, Mission: 1Mbps			
ミッションリソース	質量	約 40kg	約 30kg	約 6kg
	電力	約 30W (約 60W peak)	約 25W (約 60W peak)	約 15W (約 20W peak)
	容積	60cm×55cm×25cm	60cm×55cm×25cm	33cm×15cm×10cm
外観図	SDS-1 タイプ 		SDS-4 タイプ 	

SDS-4 では赤枠内の標準バス技術の獲得を目指します。

図3 SDS衛星バスのコンセプト例

人工衛星は基本となる「バス部」と様々な実証を行う「ミッション部」で構成されており、バス部は共通化が可能です。SDS-4では「50kg級小型衛星の標準的なバス技術の獲得」も目指しています (図3)。

SDS-4では姿勢制御とデータ処理の能力が大幅にアップ

SDS-4は、これまでの50～100kg級小型衛星と比べ、格段に高い「姿勢制御能力」を備えています。これは、新たに開発した「計算機 (図4A)」で実現する姿勢制御ソフトウェアのおかげです。また、取得した大量のデータを地上と高速でやり取りするために「Sバンド通信機 (図4B)」も新規に開発しました。これらにより、SPAISEミッションデータの取得が可能となります (図5)。



A 計算機



B Sバンド通信機

図4 SDS-4は50kg級小型衛星としては国内最先端の「計算機」と「Sバンド通信機」を積んでいる



船舶は船舶自動識別システム（AIS）装置によって、船名や船種などの船舶固有の情報や、位置や針路などの航海情報を周辺船舶や沿岸局に向けて自動的に発信しています。この AIS 信号を衛星軌道上で受信することができれば、沿岸局では受信できない太平洋上などの位置を航行している船舶の情報を得られるようになります。SPAISE では“衛星搭載用の AIS 受信システムの機能性能の確認”と“受信データによる混信状況の評価”を行うのですが、軌道上で膨大なデータを取得するため、従来の小型衛星用通信機では地上へデータを下ろすことができませんでしたが、新規に開発した S バンド通信機により、SPAISE ミッションが可能となりました。

図5 衛星搭載船舶自動識別実験「SPAISE」

の試験を無事クリアできたら、実際に宇宙空間に打ち上げる「フライトモデル」の製作に入ります。フライトモデルでも振動試験や熱真空試験などの様々な試験を行い、宇宙環境に十二分に耐えられることを確認できれば、晴れて宇宙へと旅立ってゆきます（図6）。衛星本体の開発と並行して、小型衛星バス部の研究開発も行っています。これらのバス部は仕様の目処が立ったところで SDS プロジェクトに採用されます。

人工衛星は“作れば終わり”ではありません。打ち上がった直後は、衛星が発する電波が受信できるかどうか、つまり衛星が見つかるかどうかという大変緊張した状況です。まず衛星を見つけ、

その姿勢が安定しているかどうか、電力が正しく供給されているかどうかといった基本的な点を2日かけて確認します（クリティカルフェーズ）。その後、衛星の性能をチェックし、ミッションを正しく行えることを確認するための試験を1ヶ月ほどかけて行い（初期フェーズ）、実際の運用へと移行します（定常フェーズ）。SDS-4では約半年の定常フェーズを予定しており、その後も衛星がまだ正常な状態で地球軌道上を周回している場合は、後期フェーズとして様々な追加実験を行う予定です。

こうして SDS-4 プロジェクトメンバーは人工衛星の開発から運用までの一連の流れを経験するのです。

「人工衛星の開発は妊娠に、運用は育児に似ている」と宇宙実証研究共同センターの中村揚介は言います。衛星が形になるまではお腹の中（地上）で一生懸命育て、出産（打上

産みの苦しみ 育児の醍醐味

SDS-4プログラムは“若手の育成”という役割も担っています。そのため、JAXA 入社1、2年目の若手職員が衛星開発の全工程に携わります。

人工衛星の開発は「概念設計」から始まります。概念設計ではまずミッション要求を分析し、続いて人工衛星の形や、軌道上でどういう姿勢を取らせるかといった設計を詳細化するために必要な基本コンセプトや物事を決めて行きます。概念設計が完了すると、次は実際に物を作る「基本・詳細設計」に入ります。基本・詳細設計では「電気モデル」と「熱構造モデル」という2種類の試作モデルを作り、電気モデルでは電気的な接続・動作確認やソフトウェアの開発を、熱構造モデルでは打上げ時の振動を模した「振動試験」や宇宙空間での熱環境を模した「熱平衡試験」などを行います。それら全て

将来有望となるモノたちを育てるのが私の任務です

げ)に至るまでの産みの苦しみを経験し、打ち上がってから
は産まれたばかりの赤子の様に数時間おきに様子を伺い(ク
リティカルフェーズ)、ひとり立ちしてゆく(初期フェーズ、
定常フェーズ)。しかし、親として目を離すことはありません

(後期フェーズ)。そうやって手塩にかけて衛星を育ててゆく
作業に SDS-1 では衛星システムエンジニア、SDS-4 ではプロ
ジェクトマネージャとして中村は携わってきました。彼の姿
は若手育成の一つの形なのかもしれません。



図6 衛星開発の流れ



【宇宙実証研究共同センター】

SDS-4 開発メンバー



松村祐介
Matsumura Yusuke

JAXA 有人宇宙環境利用
ミッション本部
JEM 運用技術センター
1993 年入社

Q 仕事の合間の息抜きは？
A 昼休みのサッカー。

込山立人
Komiya Tatsuto

JAXA 産業連携センター
1995 年入社

Q JAXA で働きたい老若男女に一言 (二言)
A 宇宙の仕事は一人ではできません。「貢献する」という強い気持ちが大変と感じています。

中村揚介
Nakamura Yosuke

JAXA 研究開発本部
宇宙実証研究共同センター
2004 年入社
※2001 年から 3 年間、特別研究員として JAXA に勤務。

Q 宇宙に行ってみたいですか？それは何故？
A 行ってみたい。フロンティアだから。

中谷幸司
Nakaya Koji

JAXA 宇宙科学研究所
小型科学衛星プロジェクトチーム
2007 年入社
※2005 年から 2 年間、ポスドクとして JAXA に勤務。

Q 仕事の合間の息抜きは？
A コーヒーブレイクとおしゃべり。

JAXA では打上げロケットの余剰能力を利用し、小型の人工衛星を相乗り衛星として打ち上げしています。

主衛星

相乗り衛星

ションを担当しており、種々の科学衛星を打ち上げています。近年は衛星の大型化が進み、開発に 10 年程度の時間がかかるものもあるのですが、それはつまり、科学的成果を得るのに時間がかかるということです。科学的成果は“世界初”であることに大きな意味があります。そこで、大型衛星の合間を狙って小型の科学衛星を打ち上げる SPRINT プロジェクトが立ち上がりました。“5 年で 3 機”を目標に開発を進めており、その 1 号機を 2013 年度に打ち上げます。

JAXA のふたつの小型衛星

—まず、現在の仕事内容や携わるようになった経緯を教えてください。

中谷：大学院生の頃、キューブサットという 10cm 立方の超小型衛星の開発などを経験し、それがきっかけで宇宙の世界に強く興味を持つようになりました。JAXA 入社当初は 10～50kg 級の小型衛星の開発および運用に携わっていましたが、現在は宇宙科学研究所 (ISAS) が進める「SPRINT プロジェクト」に従事しています。

中村：やはり大学院生の頃、缶サットという缶サイズの人工衛星を通じてその技術を学び、宇宙の世界に係わるようになりました。特別研究員時代を含めて JAXA に在籍して 10 年経ちますが、一貫して同じ部署に所属し、小型衛星開発に携わっています。

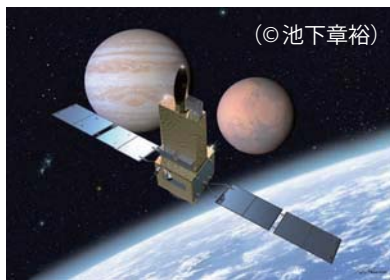
松村：小型衛星を「きぼう」から放出する事業を担当しています。入社 5、6 年目の時に、小型衛星「μ(マイクロ)-LabSat」をインハウスで開発する計画があり、小型衛星開発に必要な各種設備の導入に携わりました。

込山：小型衛星の打上げ機会を外部ユーザーに提供する仕事に携わっています。今の部署には 1 年ほど前に移動してきたのですが、それまでは「小型衛星って何？」という状態でした。以前は、宇宙飛行士の放射線被ばくの管理や衛星に搭載する宇宙放射線センサーの開発といった放射線関係の仕事を行っていました。

—SDS と SPRINT。JAXA では 2 種類の小型衛星プロジェクトを進めていますね。

中村：SDS プロジェクトの目的は人工衛星の部品や機器などの新しい技術を“低コスト、且つタイムリーに軌道上で実証する”ことです。衛星は JAXA 職員が自分たちの手で作り上げるため、“低コスト・短時間で小型衛星を製作する技術の確立”を図ると同時に、“若手エンジニア育成”も推進できればと考えています。

中谷：JAXA の中でも ISAS は宇宙科学ミッ



(©池下章裕)

小型科学衛星 1 号機「SPRINT-A」

—SPRINT のミッションはどうやって決めているのでしょうか。

中谷：SPRINT のバス部は約 200kg、そこに宇宙科学ミッションを行う機器を 200kg 程度載せることができます。ミッション機器は JAXA 内外から広く募集し、ISAS の小型科学衛星専門委員会というところで選定しています。

中村：SDS は現時点では JAXA 内で開発した技術の実証をメインとしていますが、この宇宙実証のニーズは大学や産業界にも広く存在しています。将来的には、新しい宇宙用の機器や技術を開発した大学や企業がその性能を実証したいと考えた時に、SDS の衛星バスを利用してもらえればと考えています。

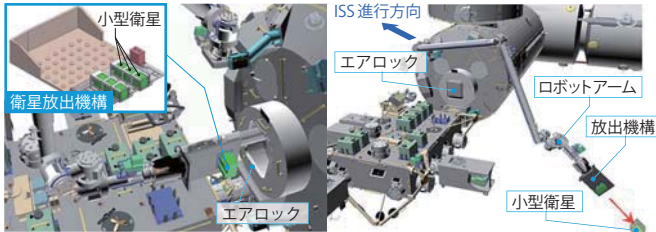
日本実験棟「きぼう」の新たな利用を目指す

—SDS は 50～100kg というその小ささから打上げロケットの余剰能力を使った「相乗り衛星」として打ち上げられていますが、SPRINT は単体での打上げを想定しているのでしょうか。

中谷：その通りです。JAXA では現在、次期固体ロケット (通称：イプシロンロケット) の開発を行っているのですが、その主衛星として打ち上げる予定です。

—高度 400km の軌道上を周回している国際宇宙ステーション (ISS) にある日本実験棟「きぼう」からの人工衛星放出を考えているとか。

松村：ISS では、過去何度か小型衛星を放出したことがあります。これらは全て宇宙服を着た宇宙飛行士が ISS の船外に出て直接宇宙空間へ放出しましたが、宇宙飛行士が船外に出るのは結構大変な作業なんです。そのため、人工衛星を放出するためだけに船外活動を行うことはまずありません。これまで、ISS の組み立てのために宇宙飛行士が船外活動を行う機会も多くありましたが、ISS が完成した今、船外活動を行う機会は減っています。そこで目に留まったのが「きぼう」に備わっている「エアロック」と「ロボットアーム」です。エアロックとロボットアームを組み合わせれば荷物だけを船外に出すことができるため、そのひとつの活用法として“エアロックから人工衛星を船外に搬出し、ロボットアームを使って宇宙空間へ放出する”ことを検討しており、来年度に実証ミッションを行う予定です。



①衛星放出機構をエアロック経 ②衛星放出機構をロボットアームで把持し、放出方向に向けて小型衛星を放出。

——放出する小型衛星はどうやって決めるのでしょうか。

込山：その選定を行うのは産業連携センターの仕事です。

松村：有人宇宙環境利用ミッション本部では、今回の様な「きぼう」の活用機会を色々と考えています。込山さんの所属する産業連携センターは、今回の実証ミッションで外部の人たちがその機会を活用するための窓口となっているんです。

——産業連携センターが外部との窓口となることで、松村さんたちは開発に専念できる。

松村：そうですね。

込山：エアロックを利用した衛星放出は今回初めて行うため、携わっている人たちは多かれ少なかれ“暗闇の中を手探りで進んでいる”様な状態です。衛星の開発を行っている外部ユーザーからは、衛星のインタフェース仕様や安全要求などについて度々質問を受けます。その答えは松村さんの部署の人たちでないと分からないため、回答を貰い、その内容を噛み砕いてユーザーに手渡すのが私たちの役割です。

松村：込山さんはじめ、産業連携センターの皆さんがユーザーの対応窓口になってくれていることで、こちらは衛星放出機構の開発に専念することができ、とても助かっています。

——新しい取り組みだからこそ、やるべきことも多い。

松村：そうですね。“こうすれば大丈夫”という仕様が、まだ明確では無いんですよ。今回の経験によって、2回目以降はだいぶ楽になるとは思うんですけど・・・

込山：小型衛星の選定は今年の5月に行いました。衛星は来年の5月にはJAXAへ引き渡してもらおう予定にしています。つまり、開発期間が1年しかないんで、ユーザーはフル回転で衛星の開発を行っています。明確な仕様ができあがる前に、次々と作業を進めているのです。やり直しのリスクを承知しながら開発をしているわけですが、そのリスクをできるだけ少なくすることや、ユーザーが欲している情報をタイムリーに渡すことなどを心がけています。

松村：初回ですので、放出機構の開発とインタフェース仕様の作成を衛星開発と並行して進めているため、完成した衛星が仕様を守れていない恐れも出てくるわけです。そうならない様、且つ要求が過剰に厳しくなってしまう様、気を配っています。

込山：今回は最初なので色々大変ですが、今後は1年に1回とか、定期的に募集をして、小型衛星を放出する機会を提供できるようにしていきたいと考えています。

どうすれば小型衛星事業がより良くなるのだろうか？

——最後に今後の抱負や希望などを。

中谷：SDSとの連携という意味で話をすると、これは私の個人的な意見になりますが、SPRINTはメーカーが有する大型衛星や中型衛星の実績を基に小型化を図っているため、極端な小型化はなかなか難しい状況にあると思います。それに対してSDSは元々“小型”のための開発を行っているため、使う部品や機器も最初から小型に作っています。信頼性という観点では別途議論する必要がありますが、同じ性能の部品や機器を比べてみても、SDSに搭載しているの方が小さいのです。そのため、その様な小型の部品や機器を使いたいと常日頃から思っています。SDSに携わる皆さんには色々な部品や機器を開発してもらい、それが大型衛星なども含めた様々な衛星に使われるようになると良いのでは、と思います。

中村：そうですね。中谷さんが進める小型科学衛星はもちろん、大学や中小企業が開発する小型の人工衛星にも貢献できるように、努力したいと考えています。

松村：多くの人に「きぼう」を使って欲しい。「きぼう」それ自身が有人技術開発の対象ではありますが、より多くの人に使ってもらうことで、更に価値を高めたいと考えています。ISSへの荷物の打上げは、荷物をクッション材で包んでバックに詰めて打ち上げることから、相乗り衛星としてロケットで打ち上げるのと比べて振動などの打上環境が格段に緩く、振動にセンシティブなチャレンジングな機器も搭載することができます。また、1kg以下の非常に小さな人工衛星であれば、他の荷物のすき間に入れて運んだりすることもできます。そういった利点を活かし、たくさん的小型衛星が「きぼう」から放出されれば、と思っています。また、「きぼう」のエアロックには宇宙空間に曝しておくだけの機能もありますので、曝露実験のみを希望するユーザーにもエアロックを活用して欲しいと考えています。

——そのために、どのような努力をしているのでしょうか。

松村：皆さん、“ISSに何かを持ちこむのって凄く大変なんじゃ？”と漠然と考えていると思うんです。確かに、ISSに荷物を持ち込むためには多くの要求がありますが、荷物やミッションによっては必ずしも全ての要求が適用されるわけではありません。それを分かってもらうために、“これさえ守ればISSまで運べる”という分かりやすいガイドラインを作らなければいけないと考えています。今回の事業によって“何を守れば良いのか”が明確にできるのでは、と期待しているのですけれど。

込山：残りの期間、松村さんたちとの連携を強固にしつつ、今回の事業を進めて行かなければと考えています。また、相乗り衛星としてこれまでに大学衛星を10基ほど打ち上げているのですが、その半分以上が宇宙空間でまともに動いていません。これまでは“相乗り衛星が如何に主衛星に迷惑をかけないか”ということに注意を払ってきたのですが、相乗りによる打上げ事業が軌道に乗った今、“相乗り衛星が軌道上できちんと動くためにJAXAはどんなサポートができるのか”ということも考えなければいけない時期に来ていると感じています。

中村：ただ、行きすぎたサポートになってしまう様にもしなければいけません。

込山：それが難しい。

中村：失敗しても、それをフィードバックして次に上手く繋がれば良いですよ。

松村：各大学では、フィードバックをきちんと蓄積して引き継いでいると思います。

中村：そうですね。あくまでも一例なのですが、大学で小型衛星を経験してからJAXAに入社してもらえれば、その時の経験を十二分に活かせると思いますよ。

空 宙 情 報

機体を彩るロゴ・ロゴ・ロゴ

軽やかな躍動を感じさせる「飛翔」の文字、力強いカーブを描いた航跡・・・(図1)。スピード感溢れるこのマーク、JAXAの実験用航空機に新しく仲間入りした「ジェット飛行実験機(ジェットFTB)」のロゴマークなんです。「飛翔」というのは機体の愛称です。“飛ぶ”という意味を持つこの愛称は、みなさんからいただいた3928件の応募によって決まりました。

ところで、JAXAが保有する他の実験用航空機たちにも個性的なロゴが描かれているのをご存知ですか? 小型プロペラ機「クイーンエア」の垂直尾翼には、地球を模した赤い球体をぐるっと一周する飛行機が描かれています(図2左)。実はこのロゴ、JAXAの前身機関のひとつである航空宇宙技術研究所(NAL)のロゴなんです。機体に入ったブルーのラインがお洒落な「MuPAL- α (図2右上)」と「MuPAL- ϵ (図2右下)」には、シンプルで分かりやすいロゴが描かれています。ちなみに、 α は飛行機を表すギリシャ語の頭文字、 ϵ はヘリコプタを表すギリシャ語の頭文字です。

アメリカで実験に必要な改修を受け、今年の8月に日本へとやってきた「飛翔」。その真っ白い機体がどうJAXA色に染まってゆくのか・・・それは見てのお楽しみ。



3点のロゴの中から、みなさんの人気投票によって選ばれました。

図1 ジェット実験機「飛翔」のロゴ



【左】49年の長きに渡り活躍したクイーンエア。そのロゴにも歴史を感じます。(注)クイーンエアのエンジンカウル部にはJAXAロゴも描かれています。
【右上】頬にはちよこんとMuPAL- α のロゴ、尾翼近くにはJAXAロゴが描かれています。垂直尾翼には空を基調とした旧NALのロゴも。
【右下】機体側面の目立つ位置にMuPAL- ϵ のロゴ、メインロータ近くにはJAXAロゴが描かれています。垂直尾翼に入っているのはクイーンエアと同じ旧NALのロゴです。

図2 実験用航空機のロゴたち

【開催案内】平成23年度 JAXA宇宙航空技術研究発表会

私たちは、JAXAが取組む宇宙航空技術の研究活動を広く一般の方にも知っていただくために「JAXA宇宙航空技術研究発表会」を開催しています。今年は「しなやかで強い社会の実現に宇宙・航空技術ができること」をテーマに講演を行うと共に、基礎的・先進的な研究を中心とした口頭発表およびポスター展示も行います。

また、特別講演として「日本『再創造』—『プラチナ社会』の実現に向けて—」という題目で株式会社三菱総合研究所理事長 小宮山宏氏にご講演いただきます(時間13:15~14:15、会場:みらいCANホール)。

日時:12月15日(木)10:00~16:45

会場:みらいCANホール、会議室2、会議室3
東京都江東区青海2-3-6 日本科学未来館7F

【お問合せ窓口】JAXA 研究開発本部 研究推進部 広報

TEL 050-3362-8036

URL <http://www.ard.jaxa.jp>

※事前登録は必要ありません。直接会場までお越しください。 ※聴講は無料です。
※プログラムなどの詳細は当本部のHPをご覧ください。窓口へお問い合わせください。