

空と宙

そらとそら
Sept/Oct
2004
No.001

「空と宙」創刊にあたって

独立行政法人宇宙航空研究開発機構（JAXA：Japan Aerospace Exploration Agency）総合技術研究本部の戸田勸でございます。JAXAでは、ホームページや広報活動等を通じて各方面の方々との対話を広げ、業務の透明性を確保して、事業の的確な遂行に努めているところです。この度、総合技術研究本部は、JAXAが発足して1年を迎えるのを機会に、より多くの皆様のご理解を得るため、広報誌「空と宙（そらとそら）」を発刊することに致しました。創刊にあたりご挨拶を申し上げます。

JAXA総合技術研究本部の役割は、我が国航空宇宙分野の飛躍を目指し、産官航空宇宙の技術基盤を充実させ、実機開発プロジェクトの抱える課題に的確に応えるとともに、将来への夢を実現する独自の技術を創り出すことにあります。そのため、宇宙開発、航空機開発および運航に即応した技術開発研究（ニーズ研究）と独創的・先行的な基礎、基盤技術研究（シーズ研究）をバランス良く実施することが大切と考えています。すなわち、信頼度が高く、国際競争力のある宇宙輸送システムと衛星システムを支える技術、市場に適合する国産旅客機の開発に繋がる技術研究や航空の安全性と環境適合性を高める研究など、ニーズに基づく研究を進めていくとともに、将来の航空宇宙に革新をもたらす世界レベルの研究開発を同時に進めて行きます。

総合技術研究本部ではこれらの役割を担うべく、事業推進部と航空技術、宇宙技術、基盤利用、基盤研究



本部長 戸田 勸

の四つの研究開発領域において相互に連携しつつ目標を目指して積極的な活動に努めているところです。

広報誌「空と宙」では、研究開発の成果やトピックスをタイムリーに分かりやすくご紹介するよう努めて参りますので、ご愛読の上、ご意見ご要望などをお聞かせ頂きますようお願い申し上げます。

総合技術研究本部の研究開発と体制

本広報誌「空と宙」では、総合技術研究本部（ISTA：Institute of Space Technology and Aeronautics）で実施されている研究開発や得られた成果を隔月で紹介していきます。このページでは、より深く記事を理解していただくよう、ISTAで行われている研究開発と体制の概要を紹介します。

ISTAは、JAXAを構成する4本部の一つで、主に航空・宇宙技術に関する基礎研究および基盤技術開発を推進し、プロジェクトをより確実に遂行するのに貢献すること、航空科学技術を推進して社会の要請に応えること、さらに将来の航空技術、宇宙輸送技術、衛星技術の先行研究を実施し、日本における航空・宇宙技術を切り拓くことを使命としています。

これらの研究開発活動を効率よく実施するために、①航空技術領域、②宇宙技術領域、③基盤利用領域、④基盤研究領域の4領域を設け、相互に密接に連携して全体目標の達成に努めています。

航空技術においては、社会からの要請に応えるため、国家プロジェクトとして進められている「環境適応型高性能小型航空機（P5参照）」および「環境適応型小型航空機用エンジン」の研究開発に貢献しています。ISTAで蓄積された技術や知見を活かして、実用化を担う民間企業に研究開発面での協力・支援をするとともに、これらの研究開発に必要な試験施設の整備を行い、現在および将来にわたっての国産航空機および国産航空エンジンの開発環境を整えて、航空機産業の発展に貢献しています。また、航空利用の拡大、多様化に対応するため、安全性向上および環境保全を目的として、ヒューマンエラー防止技術や乱気流検出装置の開発、航空機騒音およびNOx低減技術などの研究を行っています。

次世代を切り拓く航空技術として、超音速機技術について、要素研究や計算流体力学（CFD：Computational Fluid Dynamics）設計法の確立など将来の国際共同開発を視野にいれた取組みをしています。通信や地球観測等への利用を目指す、成層圏プラットフォーム飛行船システムの研究開発も進めています（P4参照）。いずれも、飛行試験による実証を行う段階に進んでいます。さらに、新しい概念による航空技術を創出することを目指して未来型航空機についての先行的研究も行っています。

その他にも、航空機の研究開発に不可欠な基盤設備である風洞施設、大型超高速計算機システム、実験用

航空機、エンジン試験設備等の充実に図るとともに、計測技術の高度化など実験技術の改良も進め、質の高いデータの取得に努めています。また、航空宇宙分野に広く使われることが期待される複合材など、種々のデータベースの構築も進めています。

宇宙技術においては、プロジェクト協力を重点を置いた研究開発と、将来技術として先行的に取り組むべき研究を両輪として実施しています。前者としては、衛星やロケットに搭載する電子部品や機構部品等の開発を実施しています。さらに、開発された宇宙機器の機能を、小型衛星等による実際の宇宙環境で実証する研究も進めています。推進系では、H-II Aロケットの信頼性向上、高性能化のために、ターボポンプの試験、ノズル形状の最適化等の研究を進めています（P6参照）。これらの研究開発はプロジェクトの支援をすると同時に、衛星技術やロケット技術の基盤を構築し、将来にわたって宇宙技術の信頼性を高めるものです。

先行研究としては、将来の宇宙輸送システムを目指して、軌道再突入実験や極超音速飛行実験等を実施するとともに、スクラムエンジンや予冷ターボエンジンなどの革新的な推進システムの研究を進めています。

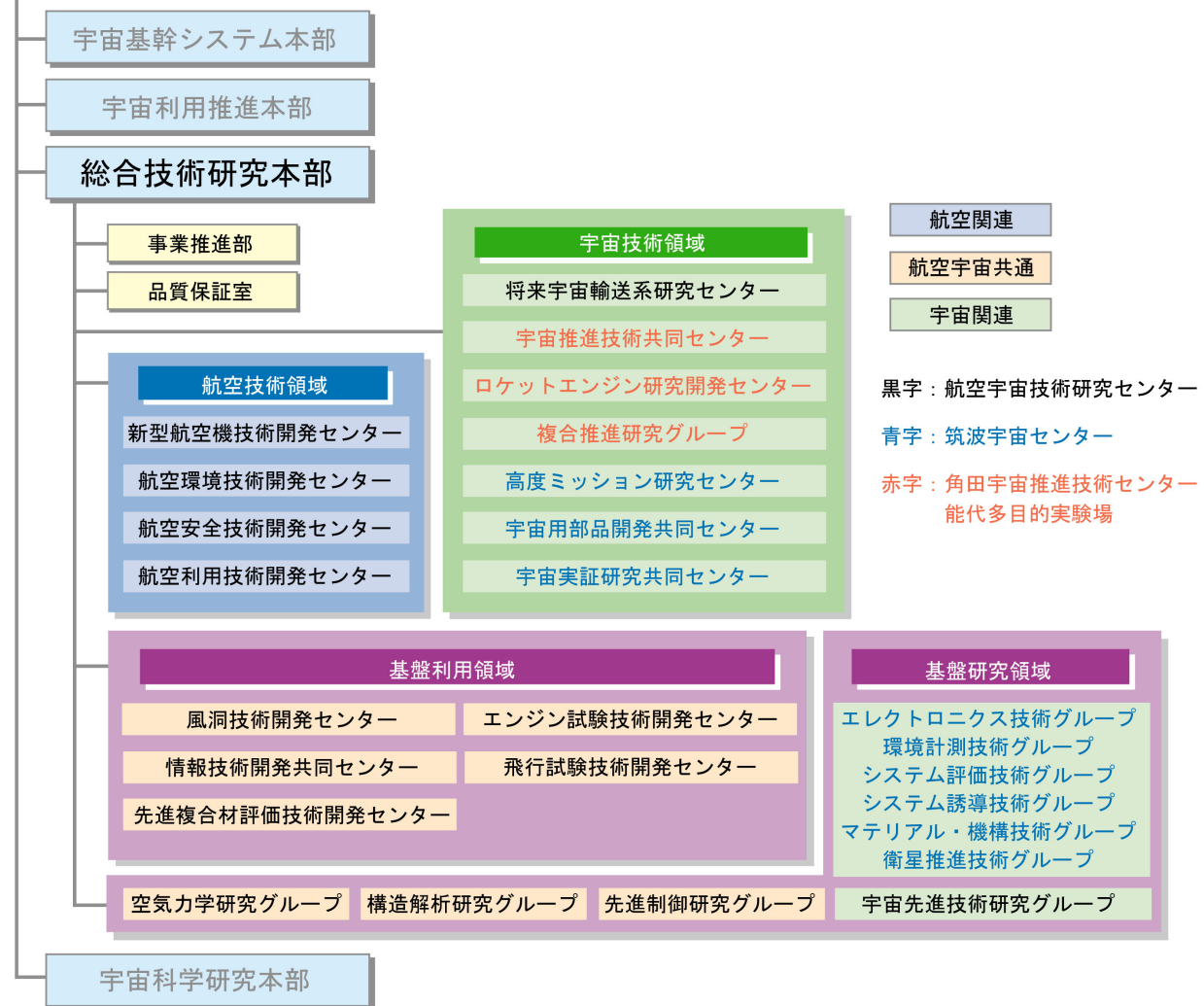
また、将来の宇宙活動を展開するために、宇宙環境の安全を確保するためのスペースデブリの研究、軟着陸技術や探査車を対象とした月・惑星探査研究、宇宙エネルギー利用システムの研究など将来を見据えたテーマにも取り組んでいます。

これらの研究開発を行っているISTAの研究拠点は「航空宇宙技術研究センター」、「筑波宇宙センター」、「角田宇宙推進技術センター」、「能代多目的実験場」の4ヶ所です。

航空宇宙技術研究センターでは航空技術全般と先行的宇宙技術の研究、筑波宇宙センターでは衛星技術を中心とした研究開発、角田宇宙推進技術センターではロケットやスクラムなどの宇宙推進技術、能代多目的実験場ではエンジンシステム試験などを主に実施しています。

JAXA 宇宙航空研究開発機構

= ISTA の組織図 =



航空関連
航空宇宙共通
宇宙関連

黒字：航空宇宙技術研究センター
青字：筑波宇宙センター
赤字：角田宇宙推進技術センター
能代多目的実験場

= ISTA の研究拠点 =

能代多目的実験場

固体推進剤ロケットのための試験や、将来型の高性能エンジンの研究開発を進めるための各種地上燃焼試験を行っています。

角田宇宙推進技術センター

H-IIAロケットなどに搭載する液体ロケットエンジンの研究開発や、将来の宇宙輸送システムへの適合を目指した再使用型や複合エンジンなどの研究開発を行っています。

航空宇宙技術研究センター

ISTAの本拠地が置かれています。社会の要請に応える航空科学技術の確立や、長期的な視野に立った先進的な宇宙・航空分野の基礎・基盤技術の研究開発を行っています。また、風洞などの様々な大型試験設備を運用し、内外の研究開発を支えています。

筑波宇宙センター

将来の宇宙機の研究開発や開発試験、そして打ち上げた人工衛星の追跡管制など重要な役割を担っています。筑波宇宙センターにおけるISTAの研究開発活動は、JAXAのロケット・人工衛星プロジェクトに対する参加・協力、衛星・ロケット搭載用機器の研究開発や将来の宇宙開発のための先行的研究など宇宙開発の最先端分野に関するものです。

- 定点滞空飛行試験始まる - 成層圏プラットフォームの研究

研究担当
航空利用技術開発センター

成層圏プラットフォーム（SPF：Stratospheric Platform）

「成層圏プラットフォーム」とは、気象条件が比較的安定している高度20km程度の成層圏に浮かぶ、巨大な無人飛行船のネットワークのことで、SPFを構成する飛行船（SPF飛行船）には通信機材や観測センサ等を搭載し、新しい通信・放送や地球観測、災害監視等の基地として利用する計画です。

このSPF飛行船は、大気密度が地上の1/16～1/20と極めて希薄な成層圏に長期間滞空します。そのため、超軽量膜構造や燃料電池と太陽電池を組み合わせた電力供給システムなど、従来の飛行船とはまったく異なる高度な技術を開発する必要があります。

これまでの研究成果

JAXAではSPFの実現に向けて、1998年度より飛行船システムの設計研究や要素技術の研究開発を進めています。2003年8月には、茨城県の日立港にて「成層圏滞空飛行試験」を実施し、膜材構造設計技術や船体製造技術を実証すると共に、各種データの計測を行いました（図1）。



図1 成層圏へ上昇中の試験機より撮影（2003年8月4日）

定点滞空飛行試験

SPF飛行船には、成層圏まで到達できるだけでなく、定点に滞空できる能力も要求されます。JAXAでは、「定点滞空飛行試験」を行うために、北海道の大樹町多目的航空公園に隣接して飛行船格納庫や飛行管制棟等を建設するなど、情報通信研究機構（NICT）と共同で準備を進めてきました（図2）。

この試験の目的は、離陸から着陸までの飛行制御技術、運用技術、追跡・管制技術の確認と、定点滞空状態での通信・放送ミッション試験および地球観測ミッション試験の実施です。使用する試験機は、全長約68m、動力付きの軟式飛行船です。充填されたヘリウムの浮力により浮揚し、左右に1基ずつ搭載した推進器で高度4kmの上空に滞空します。浮力や姿勢は、機体内部に有するパロネット内の空気を給排気することで

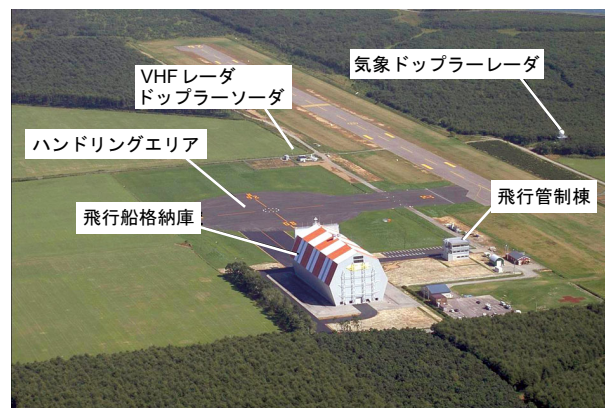


図2 定点滞空飛行試験場（大樹町多目的航空公園）

調節します。外皮は、ペクトランと呼ばれる軽量、高強度の膜材でできています。

2004年3月、飛行船としての浮上機能を確認したことに続き、2004年8月7日、本格的な飛行試験を前に、地上取扱総合試験をハンドリングエリア上でを行い、飛行に支障のないことを確認しました（図3）。現在、高度4kmでの定点滞空飛行試験に向けて作業を進めています。

※「定点滞空飛行試験」は、NICTと共同で実施しています。



図3 地上取扱総合試験の様子

国産小型旅客機開発への取り組み

新型航空機技術開発センター
小型旅客機ユニット
中道 二郎

ISTAでは、社会の要請に応える航空科学技術の研究開発として、国産旅客機高性能化技術の研究開発を進めています。

2003年5月より5ヵ年計画で、30～50人が搭乗できる国産旅客機の研究開発が三菱重工工業㈱を中心に開始されています（プロジェクト名：環境適応型高性能小型航空機研究開発）。日本が国産旅客機を開発を行うのは、YS-11以来40年ぶりのことです。ISTAはこの研究開発に共同研究で参加し、積極的に直接的な技術協力を行うとともに、ISTAの保有する大型風洞、飛行シミュレータ、スーパーコンピュータなどの大型研究設備の供用を進めています。さらには、日本の航空産業界の国際的な市場競争力を養う目的で、国産旅客機の高性能化技術として、空気力学、CFD、構造材料、操縦システムに関する最先端の研究開発を進め、産業界の要請に柔軟に対応しています。

環境適応型高性能小型航空機の研究開発共同研究

研究課題は機体開発に不可欠なもので、空力、空力弾性、構造、コックピットおよび飛行性技術におよびます。機体の空力性能、特に摩擦抵抗の推定と、摩擦抵抗低減化設計に適用するために、風洞試験による乱流摩擦抵抗低減および抵抗予測手法の研究を行っています。高度風洞試験技術を機体設計に適用するために、感圧塗料（PSP：Pressure-Sensitive Paint）を用いた詳細表面圧力計測技術や、空間速度場計測技術（PIV：Particle Image Velocimetry）等の研究も行っています。安全な翼設計を行うための遷音速フラッタ解析法に関する研究や、CFD解析技術による高揚力装置（フラップなど）の性能の評価に関する研究、新しいコックピットの開発に関する研究も行っています。加えて、将来的な観点から、耐空性基準およびコンピューター機の座席に関して安全性要求基準の動向の調査を含め、客室の安全性に関する研究も行っています。

後継機のための先行研究

さらに、後継機開発のための要素技術として、低コスト複合材構造/製造技術、高効率非破壊検査技術、高揚力装置最適設計技術について研究開発を行っています。胴体/座席統合衝撃解析技術の研究や、事故時の衝撃を低減する安全性向上座席の提案、機外騒音低減化技術、先進的な空力弾性アクティブ制御技術（突風軽減・突風荷重軽減）などについても研究を進めています。

今後の展開

ISTA小型旅客機ユニットは、国産小型旅客機開発へ全面的に技術協力を行い、旅客機の高性能化に向けて技術開発を推し進めます。また、社会的ニーズからみた後継機の仕様および性能に関する検討を行い、その実現に必要な不可欠な要素技術課題の選定、高性能化のための技術的提言も積極的に行っています。体制面では、産学との技術的連携をより強く進めていきます。



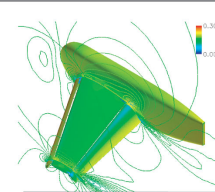
飛行性に対する要求設定-妥当性評価



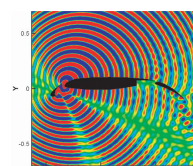
- ・安全性を考慮した胴体構造の実現
- ・配管系等の最適位置の検討資料



NEDOホームページより



高揚力装置の3次元CFD解析



高揚力装置から発生する騒音の解析

H-II A ロケット信頼性向上に向けて

研究担当

ISTAでは、日本の基幹ロケットであるH-II Aについて、ISTAが有する専門知識および角田宇宙推進技術センターの施設・設備を用いて、特にエンジンの信頼性向上にむけた活動を積極的に展開しています。ここでは、その内容を簡単に紹介します。

ロケットエンジン研究開発センター
先進複合材評価技術開発センター
構造解析研究グループ
システム評価技術グループ

CFD技術を用いたエンジンシミュレーション

実際の試験データによる解析の他に、CFDによる液体ロケットエンジン内部流れおよび固体ロケットモータ内部流れのシミュレーションを実施しています。特に、2003年11月のH-II Aロケット6号機固体ロケット(SRB-A)不具合の事故解析に関しては、ノズルが破孔して燃焼ガスが漏れ、導爆線を含む周辺機器の機能を喪失させた過程をシミュレーションによって再現し、現象解明に大きく貢献しました。

また、SRB-Aの代替として開発されている新型固体モータの評価・解析を実施し、H-II Aロケットの打上げ再開に貢献しています。

これと並行して、第1段LE-7Aエンジンおよび第2段LE-5Bエンジンのシミュレーションも実施しています。LE-7Aエンジンは信頼性向上に向けて長ノズルおよび改良型インデューサの開発が進められていますが、ISTAではノズル横推力(ノズル壁面に不均一な力がかかる現象)とインデューサ/キャビテーション流れのシミュレーションを実施して開発に貢献しています。LE-5Bエンジンも同様に信頼性向上に向けて現在も開発が進められており、ここでもISTAのシミュレーション技術が生かされています。

今後は、これらの基礎研究によって得られた知見をさらに積極的に取り込み、適用限界をさらに広げた解析ソフトの研究開発を進めていく予定です。

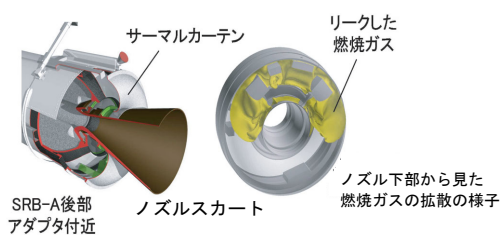


図1 SRB-Aモータ内部流れシミュレーション

SRB-Aノズル用複合材料の評価・解析

SRB-Aのノズルスカート(ラッパ状の部分)には、炭素繊維強化複合材料(CFRP: Carbon Fiber Reinforced Plastic)を使用しています。固体ロケットエンジンの燃焼ガスは高温高压なのでCFRP材もこげて炭化する部分がでできます。一部が炭化しても、全体として燃焼ガスの流れを保つことになっていますが、H-II A6号機の際は、ここから燃焼ガスが流出して事故がおこりました。

そこで、このこげた部分のデータを取り直すことと、なぜここが大きく削れて孔があいてしまったのか、どのくらいの時間でどれだけ削れていくのかを計算式で

求める研究を宇宙科学研究本部と共同で行っています。これは、より信頼性のあるロケットノズルを作り出す上で欠かせないデータとなります。

改良液酸インデューサの水試験

LE-7Aエンジン液酸ターボポンプの従来型インデューサには、旋回キャビテーションと呼ばれる周方向の流体振動現象の発生により軸振動の振幅が大きくなる上に、吸込み性能が不十分であるという問題点がありました。この2点を解決して信頼性を向上するために、インデューサの設計改良とインデューサライナ形状の最適化が必要となりました。

そこで、設計改良の評価とインデューサライナ形状の最適化を図るため、キャビテーションタンネルを用いた水試験を実施しました。その結果、吸込み性能向上と旋回キャビテーションの抑制は達成できましたが、新たにキャビテーションサージと呼ばれる軸方向の流体振動現象が発生したため、現在は旋回キャビテーションとキャビテーションサージの両方を抑制することを目指したインデューサライナ形状の最適化を進めています。

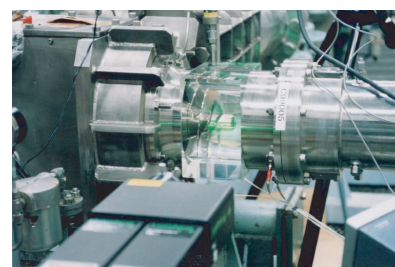


図2 キャビテーションタンネルでのインデューサ可視化試験

LE-5B水素ミキサーサブスケール試験

LE-5Bエンジンの燃焼中に、低周波の燃焼圧力振動が観察されました。このエンジンでは、約250℃の液体水素と約150℃のガス水素を、ミキサーと呼ばれる部分で超臨界圧力状態で混合させ、燃料として使用します。このミキサーでの混合の善し悪しが、燃焼圧力振動の原因の一つと推定されたことから、より良いミキサー形状を調べるため、実機のミキサーの1/12サイズの小型モデルを使って、8種類のミキサー形状について、混合や圧力振動を調べる試験を実施しました。試験の結果、ミキサーの形状によって、圧力振動に差があることがわかりました。現在、より詳細な現象を解明するために、流れの数値シミュレーションも含め、データの解析を進めています。これが解明されると、LE-5Bで見られる低周波の燃焼圧力振動の抑制が可能になるため、同エンジンの信頼性向上に大きく寄与します。

実機開発のためのPSP技術を目指して

ISTAでは、風洞試験での模型表面の圧力計測に感圧塗料（PSP）を利用するため、10年前より研究を行ってきました。実験室レベルでのPSP技術はほとんど確立できており、現在は実機開発への適用を目指して研究を進めています。2003年からは、実機開発試験へのPSP技術の適用を開始していますが、これは国内では初めての取り組みです。



風洞技術開発センター
（左より）栗田充、渡辺重哉、中北和之、満尾和徳、伊藤正剛

国産旅客機開発プロジェクトへの参加

「ISTAでは、“実機開発への利用”と“最先端技術の確立”という2つの観点から、PSP技術の研究を進めています。我々風洞技術開発センターが主に目指しているのは、PSP技術の実機開発への利用です」と中北は言います。その実現の第一歩となるのが、新エネルギー・産業技術総合開発機構（NEDO）からの助成を受け、三菱重工業㈱が中心となって進めている国産小型旅客機開発プロジェクト「環境適応型高性能小型航空機研究開発」です。ISTAでは、大型風洞設備などの積極的な供用や直接的な技術支援を通して、この国産旅客機開発に共同研究の形で協力しており、その一環として実機開発へPSP技術を利用するための研究を行っています。

実機開発への適用を目指し共同試験開始

2003年10月末、ISTAの所有する2m×2m遷音速風洞において実施された国産小型旅客機の実機開発試験において、PSP技術を適用した圧力分布計測を三菱重工業㈱と共同で行いました。国内で実機開発試験にPSPが適用されたのは、これが初めてのことです。

PSP技術を実機開発試験に適用することにより、設計に有用な圧力データを詳細に取得することができました。このデータによって、機体形状の設計妥当性評価や問題点の把握をタイムリーに行うとともに、実機開発へのPSP技術の有効性も評価できました。

図1は風洞内に設置された模型の写真です。図2には実験結果を示しています。

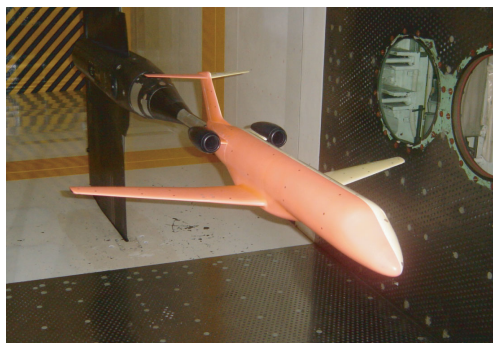


図1 実機開発試験模型へPSPを塗装した様子
向かって左側の面に赤いPSP、向かって右側の面に黄色いTSPがそれぞれ塗装されています。

今後の研究方向

実機開発のためのPSP技術を確立するためには、計測精度の向上、適用速度範囲の拡大、試験や準備に必要な時間の効率化という三つの技術開発が重要です。

計測精度の向上を目指す上で解決しなければならない問題の一つに温度があります。PSPは温度にも反応する性質があるため、実際の試験では、温度に反応して発光強度が変わる感温塗料（TSP：Temperature-Sensitive Paint）を併用して計測しています。現時点では、模型を気流に対して正対させて入れた場合、その表面温度や圧力を左右対称とみなし、PSPとTSPを模型上に半々に塗ることで温度の影響を補正した正しい模型表面の圧力を求めています。しかし、模型の左右で表面温度に差があると誤差を生じるため、計測精度の向上を目指して、同じ場所で温度と圧力の両方を計測できる塗料の研究開発を進めています。

「その他にも解決していかなければならない問題はまだまだありますが、実機開発に役立つ新しい風洞試験技術の確立を目標に今後も研究を進めていきます」という渡辺の力強い言葉からは、今後のPSP技術の発展が期待されます。（広報係）

感圧塗料（PSP：Pressure-Sensitive Paint）

飛行機は、機体（特に翼）に発生する揚力によって飛行します。揚力は翼の上下に現れる圧力差により発生するため、より良い機体設計するためには圧力分布を求めることが重要です。圧力を調べるために従来使われているのは、圧力センサーによる方法です。この方法は実績もあり、精度の高い計測ができるという利点がありますが、値を点でしか捉えられないという欠点もあります。これを補うために開発されたのが、PSPを模型に塗布することで面としてデータを得ることができる圧力計測方法です。

PSPは、光を当てることにより発光する色素と、その色素を模型の表面に固着させるためのポリマーからなります。圧力の高いところでは発光が暗くなり、圧力の低いところでは発光が明るくなることを利用して、圧力を求めることができます。

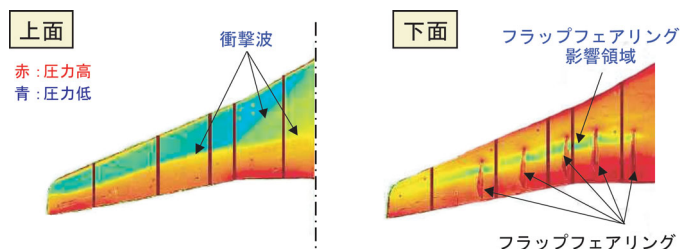


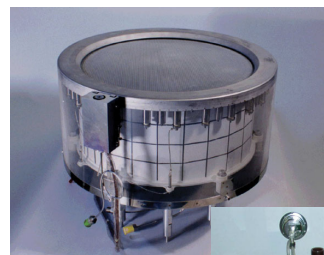
図2 実験結果

点計測である圧力センサーのデータでは分からない、翼面全体の詳細な圧力分布（衝撃波の配置やフラップフェアリングの影響など）を捉えることができ、空力設計における流れ場についての検討の精度を上げることができました。

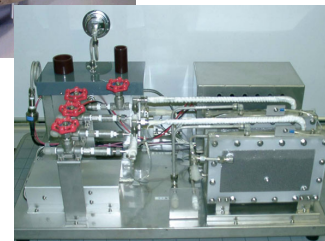
55th IAC (International Astronautical Congress)

IAC（通称：IAF大会）は、国際宇宙航行連盟（IAF）が、国際宇宙航行アカデミー（IAA）および国際宇宙法学会（IISL）と共同で、毎年開催している世界規模の宇宙開発シンポジウムです。第55回となる今年は、10月4日～8日の5日間、カナダのバンクーバーで開催されます。このシンポジウムでは研究発表の他に、各機関から様々な展示品も出展されます。

JAXAでは、H-IIAやM-Vロケット、衛星の模型などを出展する予定です。ISTAの研究に関する出展物は、宇宙推進技術である「複合サイクルエンジン」と「大型イオンエンジン」、有人宇宙システム技術である「無重力対応型水電解装置」です。これらを展示するとともに、研究内容をパネルで紹介します。



大型イオンエンジン



無重力対応型水電解装置

2004年 国際航空宇宙展（JA2004）



国際航空宇宙展は、（社）日本航空宇宙工業会が主催して4年毎に開催する国内唯一の総合的展示会です。第11回となる今年は、10月6日～10日の5日間、パシフィコ横浜展示ホールおよびアネックス・ホール（横浜）で開催されます。

JAXAでは、M-Vロケット2号機の模型や、宇宙服のレプリカなどの展示を行う予定です。ISTAの研究に関する出展物は、実験用ヘリコプタ「MuPAL-ε」の実機です。「MuPAL-ε」を中心に展示を行うとともに、最新の研究活動をデモンストレーションやパネルで紹介します。

また、主催者が航空宇宙技術の先進性を紹介するために設ける特別展示ゾーンに、「高速飛行実証フェーズI 実験機」が展示されます。

「空と宙（そらとそら）」について

ISTAの活動内容は、航空機から宇宙機まで「飛ぶ」もの全般にわたります。航空機が飛ぶのは空（そら）、宇宙機が飛ぶのは宙（そら）。ISTAの活動内容を親しみやすい言葉で伝えたい、そんな思いから「空と宙」と名付けました。

発行

宇宙航空研究開発機構 総合技術研究本部
東京都調布市深大寺東町7丁目44番地1 〒182-8522
平成16年9月発行 No.001

© 禁無断複写転載 「空と宙」からの複写、もしくは転載を希望される場合は、業務課広報係までご連絡ください。

電話：0422 (40) 3000 FAX：0422 (40) 3281

ISTA ホームページ <http://www.ista.jaxa.jp/>