

J A X A 航空マガジン

FLIGHT PATH

新たな空へ 夢をかたちに
Shaping Dreams for Future Skies

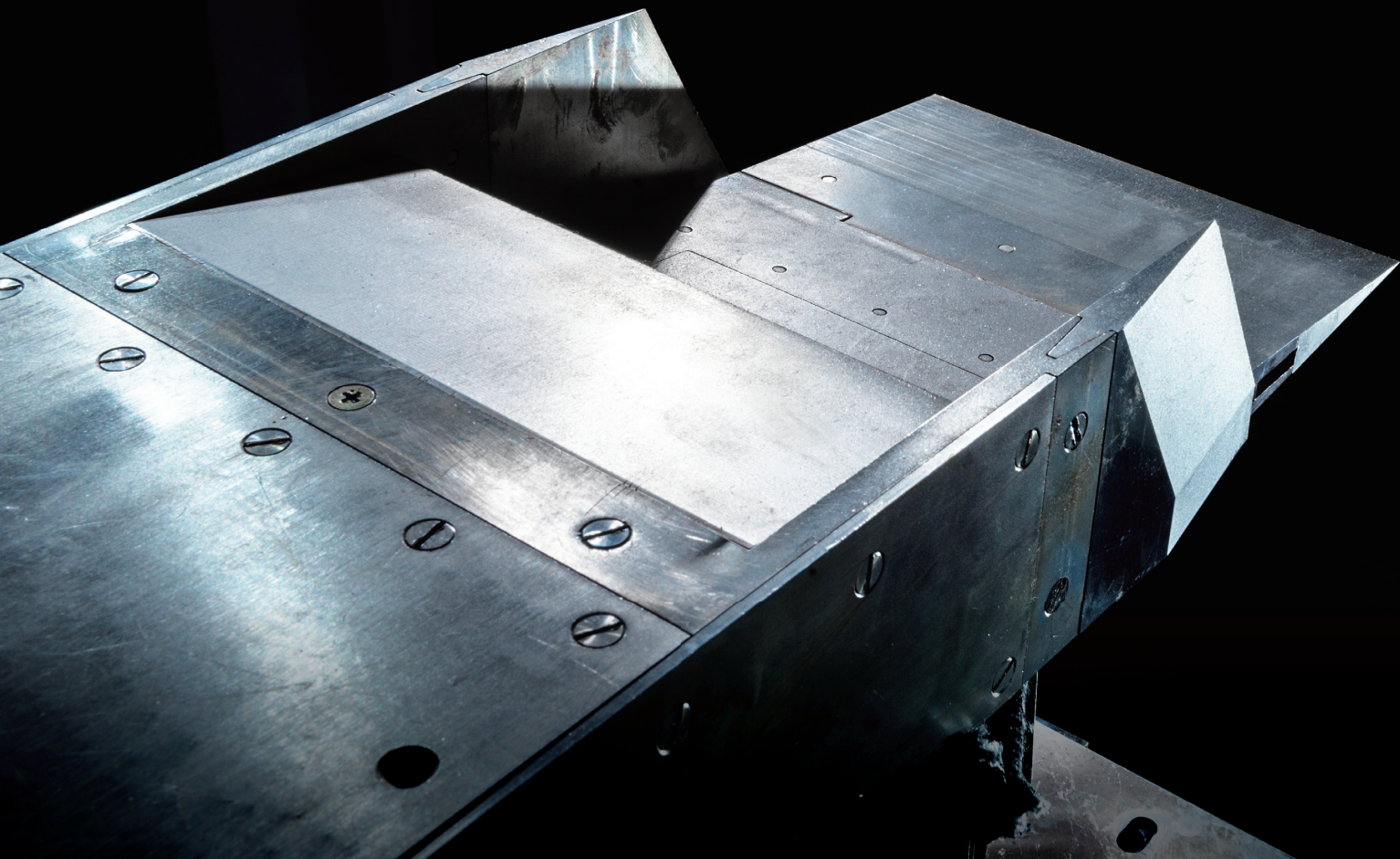
JAXA

2017
SUMMER

No.17
航空技術部門
www.aero.jaxa.jp

特集

Sky Frontierが目指す 未来の航空輸送の可能性



2 特集

Sky Frontierが目指す
未来の航空輸送の可能性

4 特集 関連技術

Sky Frontierで創出されるキー技術

8 航空技術部門へのメッセージ

Dear JAXA Aeronautics Friends

10 Kármán line

11 リレーインタビュー

「研究する余地がたくさんある航空分野に、改めて面白さを感じています」

12 FLIGHT PATH TOPICS



Feature
特集

Sky Frontierが目指す 未来の航空輸送の可能性

今までにない航空輸送システムを実現するための新しいコンセプトを日本から世界に提案し、日本の航空機産業の地位を高めていくことを目指してスタートした「Sky Frontier」。これからの航空輸送の可能性や現在の研究段階などについて、村上哲事業推進部長に話を聞きました。

——Sky Frontierとはどのような研究開発プログラムですか。

Sky Frontier (航空新分野創造プログラム) は、今までにない航空輸送システムを実現するための新しいコンセプトを生み出そうという研究開発プログラムです。日本の航空機産業の国際的地位を高めていくためには、新しい航空輸送システムを日本から提案することが必要であると考え、このプログラムをスタートしました。

航空技術部門では、新しい技術を創り出す

ための基礎的研究や、試験・解析のための基盤的技術の研究を支えとして、ECAT^{※1} (航空環境技術の研究開発プログラム)、STAR^{※2} (航空安全技術の研究開発プログラム)、そしてSky Frontierという三つの研究開発プログラムを推進しています。ECATとSTARは近い将来の航空機やエンジンに必要な要素技術やシステムのための研究開発プログラムで、今後10年程度を目安に研究を進めていきます。Sky Frontierはその先、すなわち2030年代、さらにはその先の2050年代の世界を

考えて研究開発を進めています。

——Sky Frontierではどのような研究開発を進めているのでしょうか。

大きく三つあります。まず「高速性」と「機動性」です。人の移動時間を短縮させること。そして、いつでもどこでも航空機を利用できるようにすること。これらを実現して世の中に大きな利便性を提供したいと考えています。この二つに加え、今後は「エネルギーの転換」も航空機の課題となってきます。

——それではまず、高速性への取り組みにつ

※1: Environment-Conscious Aircraft Technology

※2: Safety Technology for Aviation and Disaster-Relief

いて伺います。

JAXAでは静粛超音速機の研究開発を進めてきました。2015年にはD-SENDプロジェクト^{※3}の第二フェーズ試験(D-SEND#2)で、ソニックブームを低減させる技術を飛行実証しました。その結果、ソニックブームの基準について、国際民間航空機関(ICAO)の環境保全委員会での検討が具体的に始まりました。これは大きな成果だったと思います。

また、マッハ5クラスの極超音速機について、極超音速予冷ターボジェットの研究^{※4}を進めています。2016年には、マッハ4で飛行している時と同じ状態にした極超音速ターボジェットのアフターバーナーの燃焼実験に成功しました。

——機動性への取り組みについてはいかがですか。

航空機の機動性を追求する上では、垂直に離着陸できることが重要な要素となります。そこで私たちはヘリコプターのように垂直離着陸ができ、かつ固定翼機のような高速巡航も可能な航空機であるティルトウィング垂直離着陸(VTOL)機^{※5}の研究を行っています。このVTOLのプロペラと主翼は、巡航時に前を向っていますが、離着陸時には、プロペラと主翼と一緒に上向きになります。離着陸時の安定性を高めるために、前後に翼があり、四つのプロペラを持つ機体のコンセプトを検討しています。

また、ヘリコプターの高速化にも取り組んでいます。現在検討しているのは、コンパウンド・ヘリコプターと呼ばれるものです。ローターに加え、固定翼と推進用のプロペラを備えたタイプのヘリコプターです。ヘリコプターの機動性に高速性が加わることで、さらに機動性が高まるため、より大きな社会的価値を生み出します。例えばドクターヘリの救命活動の場合、速度が2倍になると、カバーできるエリアが現在の60%から90%に広がるといわれています。

——VTOL機や先ほどの超音速機の技術に関して、機動性や高速性という観点でみると、JAXAにはすでにさまざまな研究成果がありますね。

そうですね。1970年代にVTOL機用のエンジン開発や機体制御の技術を研究していました。その後、短距離離着陸(STOL)機と

して「飛鳥」^{※6}も開発しました。一方、超音速機の研究については1997年にスタートしたNEXST-1(小型超音速実験機)のプロジェクトで機体の空気抵抗を下げる研究を行い、オーストラリアで飛行実証試験を行いました。しかし、それらの実証試験を行うために必要となる基礎研究は、さらにその前から行っていました。高速性と機動性を追い求める要素研究や基礎研究は途切れることなく進められてきて、そこからさまざまなキー技術が確立され、次の研究へと活かされています。

——三つ目はエネルギーの転換ですね。

CO₂排出量を削減する必要もあり、航空機も化石燃料から脱却して、電動化や水素燃料の利用に転換していかなくてはなりません。2015年に飛行試験を行った航空機用電動推進システム技術の飛行実証(FEATHER)では、電源としてリチウムイオン電池を用いました。今後も小型電動航空機の研究開発を進めますが、あわせて将来の航空機のエネルギーをどうマネジメントするかという課題にも取り組み始めています。そのキー技術となる、水素燃料を使った超電導モーターやハイブリッド推進システムの研究を行っています。

——JAXAが現在進めている「エコウィング技術」は、Sky Frontierの手前の研究ということになりますね。

エコウィング技術は、空気抵抗の低減や軽量化によって燃費を向上させることなどを目標にしています。2020年代から2030年ぐらいに登場すると想定される中型ジェット旅客機の開発に向けて、アイデアで世界と勝負できる、あるいはキー技術で世界と勝負できるところに研究テーマを絞っています。光ファイバーで主翼の変形量を計測する「HOTALW」や、機体における摩擦低減を目指す「FINE」の他、もう少し先を見据えた技術として、翼の形状を滑らかに変形させることで空気抵抗を減らすモーフィング技術なども研究しています。

——Sky Frontierを成功させるには、何が必要でしょうか。

JAXAは国立研究開発法人として産業や社会に貢献する成果を求められています。高速性や機動性またエネルギー転換への需要は間違いなくありますが、今は「世の中にあればいいよね」という“WANTS”の段階です。そこから「世の中に絶対欲しい、必要だ」といった社会のニーズに転換していくためには、それが実現可能であることを示していく必要があります。Sky Frontierとは、まさにこうした新しい概念を実証して、“WANTS”を“NEEDS”に転換していくための研究開発だと思っています。

そのためには、内部に高い力を蓄えなくてははいけません。新しいコンセプトやアイデアは研究者の数だけ存在します。研究者の数では欧米に及びませんが、D-SENDのように間違いなく世界をリードしているコンセプトもあります。Sky Frontierが目指している未来の航空技術は、世界のさまざまな機関や企業が、ライバルという関係ではなく、パートナーという関係でアイデアを出し合い、より高い次元のコンセプトを生み出すことで進歩していきます。その時に私たちがコンセプトを実現させるためのキー技術を持つことで勝負していきたいと思っています。研究職員一人一人が新しいアイデアにチャレンジできる環境をつくっていくことが大切だと思います。



村上 哲
事業推進部長

※3:低ソニックブーム設計概念実証プロジェクト。本誌4ページ参照。

※4:極超音速旅客機技術については航空技術部門ホームページ(<http://www.aero.jaxa.jp/research/frontier/hst/>)をご参照ください。

※5:VTOL/STOL機技術については航空技術部門ホームページ(<http://www.aero.jaxa.jp/research/frontier/vtol/>)をご参照ください。

※6:C-1輸送機をベースにFJR710エンジンを搭載した短距離離着陸(STOL)実験機。1985年から1989年まで、97回の飛行実験を行った。





Sky Frontier で取り組む
「高速性」「機動性」「エネルギーの転換」において、
将来の航空輸送システムを実現させるために、どのようなキー技術を
創出しようとしているのか、現在の研究段階について紹介します。

Sky Frontierで創出されるキー技術

超音速旅客機

静粛超音速旅客機の 実現を目指して

1969年にイギリスとフランスによって共同開発され、“夢の超音速旅客機”ともてはやされたコンコルドは、二つの大きな課題を明らかにしました。経済性と環境性です。前者は燃費の悪さ、後者は排気ガスと騒音の問題です。超音速旅客機(SST)を開発するためには、この二つの課題を解決しなければなりません。

JAXAはこれまでに、超音速旅客機を実現するための研究を行ってきました。燃費改善に関しては、2005年にNEXST-1(小型超音速実験機)を使った実験を行い、機体の抵抗を減らして燃費を向上させる機体の研究を行いました。また、騒音問題に関しては、特に超音速飛行時に発生する衝撃波、ソニックブームを低減

させるため、「低ソニックブーム設計概念実証(D-SEND)」を行ってソニックブームによる騒音を低減した機体の設計コンセプトを実証しました(囲み記事参照)。騒音の感じ方には個人差がありますが、おおよそ落雷の衝撃音がドアノック程度の音にまで抑えられています。

「2015年10月にカナダのモントリオールで行われた国際民間航空機関(ICAO)のワーキンググループ会合で、第二フェーズ試験(D-SEND#2)の解析結果を発表しました。参加者からは高い評価をもらったと思います。ソニックブーム低減機体の実証の他に、D-SEND#2の解析結果から見つかった大気乱流の影響に関して強い興味を示す研究者も多かったです」と話すのは、次世代航空イノベーションハブの牧野好和ハブマネージャです。JAXAがD-SENDプロジェクトで取得したソニックブームのデータは、ICAOのソニックブーム基準検討に大きく貢献したといえるでしょう。

低ソニックブームの研究に関しては、世界の研究機関がアイデアや研究成果を持ち寄って、最善の道を模索している最中です。JAXAもアメリカ航空宇宙局(NASA)との共同研究を実施しており、今後はその中で大気乱流の影響に対応したJAXAの解析ツールも活用されるでしょう。また、フランス国立航空宇宙研究所(ONERA)やドイツ航空宇宙センター(DLR)などNASA以外の海外研究機関とも共同研究を開始し、低ソニックブーム機体設計の研究を続けていく予定です。

統合設計技術で SSTを作り上げる

D-SENDプロジェクトが終了した現在、静粛超音速機研究の次のステップとして、2016年度から「静粛超音速機統合設計技術の研究開発」が始まっています。この研究は、JAXAがこれまで取り組んできた低ソニックブームや低抵抗だけでなく、離着陸時の騒音低減や機体の軽量化といった超音速旅客機に必要な課題を同時に満たすようなシステム設計技術の研究です。

例えば、超音速での飛行では、デルタ翼のような低アスペクト比^{※1}の翼が有利ですが、音速を下回る速度では空力特性が悪く燃費も悪くなってしまいます。低速域でも効率が良いような低アスペクト比翼の設計を、CFD(数値流体力学)などを利用して最適化する研究を行っています。また、エンジンについても、超音速飛行が可能なエンジンは、一般的な旅客機に搭載されるエンジンに比べるとバイパス比が小さくなるため騒音が大きくなってしまいます。そのため、超音速性能を確保できる範囲内で可能な限りバイパス比を上げる検討や、騒音を低減させるようなノズル形状の検討などを行っています。「2020年代前半には、小型エンジンを搭載した試験機を製作して技術実証試験を行いたい」と、牧野ハブマネージャは語ります。

※1：翼の縦横比。(翼の幅)²÷翼面積で表される。通常の旅客機ではアスペクト比が高くなれば揚抗比(L/D)も高くなる。

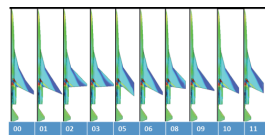


牧野 好和

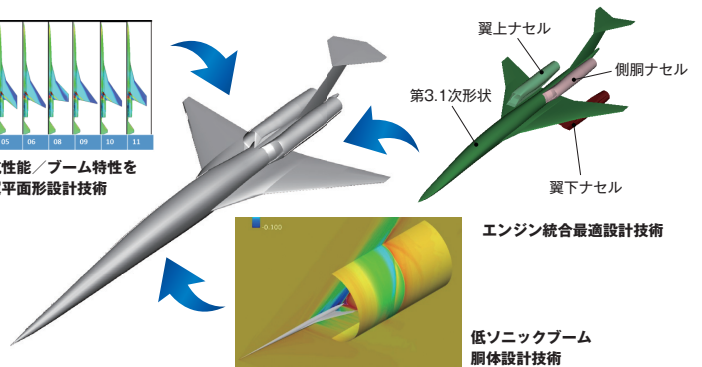
次世代航空
イノベーションハブ
ハブマネージャ

D-SENDプロジェクトとは

大型気球から実験機を落下させることで発生したソニックブームを、地上および空中で計測する試験で、二種類の軸対称模型を落下させて比較用の基礎データを計測するための第一フェーズ試験(D-SEND#1)と、ソニックブーム低減技術を適用して設計した試験機を飛ばしてソニックブームの計測を行う第二フェーズ試験(D-SEND#2)があります。2015年に実施したD-SEND#2では、ソニックブームの低減効果を確認できました。(FLIGHT PATH No.10 参照)



低速性能/巡航性能/ブーム特性を
両立し得る主翼平面形設計技術



エンジン統合最適設計技術

低ソニックブーム
胴体設計技術

これまで積み重ねた要素技術の成果を活用し、統合設計技術の確立を目指す

コンパウンドヘリ

“速いヘリコプター”で 広がる可能性

離着陸時に滑走路を必要としないヘリコプター(回転翼機)は、山岳地や島しょ部の多い日本では特に有用です。しかし、飛行機(固定翼機)に比べると飛行速度はあまり速くありません。例えば、ドクターヘリ(救急医療用ヘリコプター)が救命率の高い事故発生後15分以内で到達できる範囲は、日本全土の約60%しかカバーしていません。もし、ヘリコプターの飛行速度を2倍にできれば、カバー面積は4倍となり日本の約90%をカバーできます。



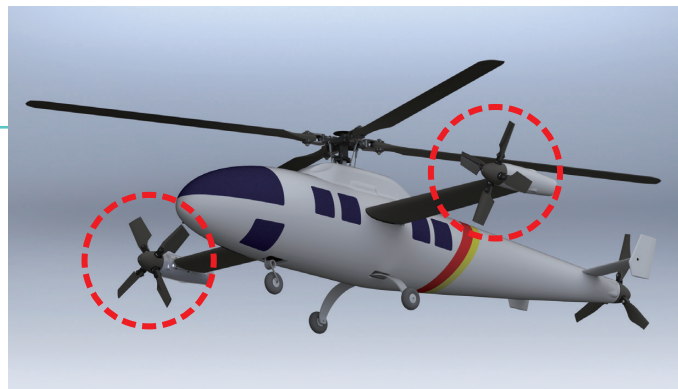
田辺 安忠

次世代航空イノベーションハブ
主任研究開発員

JAXAでは、高速性と機動性を併せ持ったヘリコプターとしてコンパウンドヘリコプター(コンパウンドヘリ)の研究を進めています。JAXAが提案するコンパウンドヘリは、ヘリコプターの特長である垂直離着陸やホバリングといった機能とは別に、機体後方に配置した推進用プロペラで前進するための推力を、機体側面に配置した主翼によって揚力を得ることで、既存のヘリコプターよりも速く飛行できます。

JAXAのコンパウンドヘリが持つ大きな特長として、電動アンチ・トルク・システムがあります(右上イメージCG)。「メインローターが回転することで生まれる機体に働くトルク(回転する力)を主翼端に配置した電動ファンによって打ち消すシステムです」と次世代航空イノベーションハブの田辺安忠主任研究開発員は語ります。電動ファンは電動モーターを使用しているため、回転力を伝えるための複雑な機構も不要である上、メインエンジンとは直結していないので駐機中に人が近寄っても事故につながる可能性が低くなります。また、機体全体の大きさも従来のヘリコプターと変わらないので、これまでの地上設備がそのまま使えるという利点もあります。

現在、市販のラジコンヘリコプターを改造した試験機を使って実験を行っています。同



スケールモデルの試験機の試作を予定しているコンパウンドヘリコプター(イメージCG)。主翼の両端に配置された電動ファン(赤色の点線で囲まれた部分)によってトルクを打ち消すとともに、10%程度の推進力も生み出す



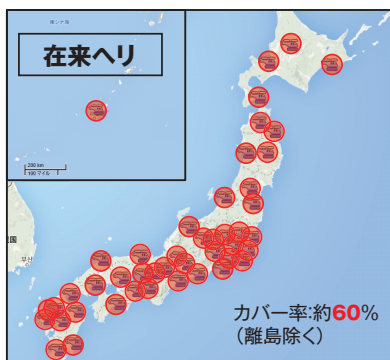
試験機のラジコンヘリコプターによる飛行実験



外装を取り外した状態の試験機のラジコンヘリコプター

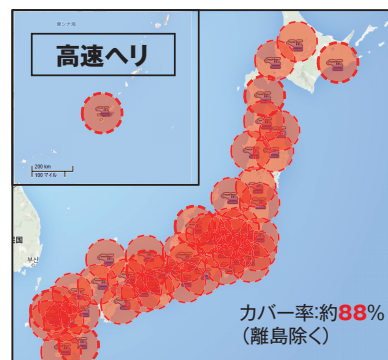
時に、CFD(数値流体力学)ツールを使って、ローターと主翼の干渉を確認する検討も行っています。2018年度以降には、新規の設計に基づいたサブスケール試作機や風洞模型を作製し、飛行試験や風洞試験を行う予定です。

ドクターヘリのカバー範囲



【注意】

- ・在来ヘリの速度を250km/hと仮定
- ・在来の拠点病院を利用
- ・カバー率は離島を除く本土のみで計算
- ・山岳などの障害は考慮せず、カバー範囲を円形で理想化



拠点病院から15分で到達できる範囲の比較。左が在来のヘリコプター、右が速度2倍の高速ヘリコプター(2015年8月時点)

FEATHER

独自技術を搭載した有人電動航空機の飛行に成功

未来の航空機技術として、世界的に注目されている技術の一つが電動化です。電動化とは、これまでのエンジンを電気モーターに置き換えることで、CO₂や排気ガスの排出も抑制し騒音を抑えることができる環境性の高い技術であり、すでに自動車の世界では、電気自動車や燃料電池車などが登場しています。

JAXAにおいても以前から航空機の電動化技術に関する研究を進めており、2014年からは「航空機用電動推進システム技術の飛行実証 (FEATHER)」試験を実施しました(囲み記事参照)。次世代航空イノベーションハブの西沢啓主任研究開発員は、「航空分野以外の企業などから問い合わせがあり、将来の電動航空機研究に向けた意見交換を行っています」と語ります。

独DLRとの共同研究を開始

FEATHERは終了していますが、2016年度からドイツ航空宇宙センター (DLR)との共同研究を開始しました。電動航空機の研究開発を進めている機関の



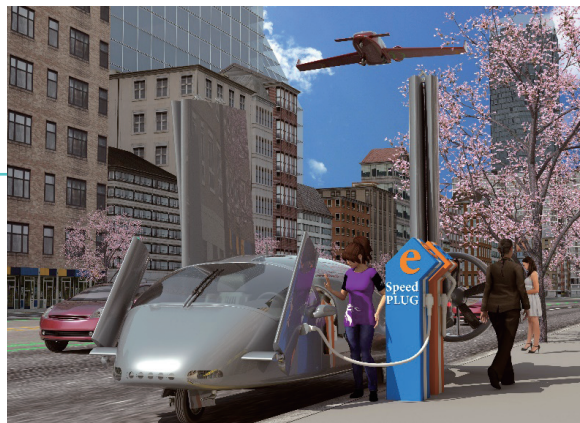
西沢 啓

次世代航空
イノベーションハブ
主任研究開発員

一つであるDLRと連携することで、航空機の安全性向上に役立つ電動推進技術の飛行実証を行い、試験データの解析などから得られた知見を統合させることで、将来の小型電動航空機の開発につながる検討を進めようというものです。FEATHERの目的は独自開発した電動推進システムの飛行実証でしたから、市販されている機体を使用しました。今回のDLRとの共同研究では、DLRの水素燃料電池システムを搭載した4人乗りの試験用機体に、JAXAが開発した電動モーターを搭載し試験を行う予定です。電動モーターは、FEATHERで使用したモーターを改修して出力増加を行い、さらに故障が発生した際の自己診断機能を持たせることで安全性を高めるなどの改良を加えたモーターシステムです。DLRとの共同研究は、電動化による燃費低減、燃料電池搭載による航続距離の延長、電動モーターの高機能化による安全性の向上等の検証を目的として2020年まで行われます。

電動航空機が描く未来

航空機がインフラの一つとして発展している欧米では、航空機の電動化は将来あるべき姿の一つになっているようです。アメリカではスカイスポーツ分野で、電動航空機が市販されるようですし、スポーツ機以外のカテゴリでも電動航空機の認証基準が検討されています。また、エアタクシーの開発を進めるベンチャー企業を中心に、電動VTOL(垂直離着陸機)の構想も出ています。



街中での小型電動航空機の運航イメージ (上)
低騒音で夜間の市街地離着陸も可能に (下)

JAXAでも引き続き電動航空機の研究を続けていきます。例えば、ガスタービンと燃料電池のハイブリッドエンジンのコンセプト検討や電動航空機が飛行する際、ハイブリッドエンジンにどのような負荷変動^{※2}があって、それがハイブリッドエンジンのサイクル特性にどのような影響を与えるのかといった研究を行っています。後者では、FEATHERで取得したデータが役立っています。

「電動航空機における電気利用のスマート化、最適化も行っていきたいです」と西沢主任研究開発員は話します。電気利用のスマート化とは、使用状況に合わせて複数搭載された電源の中から最適な電源配分を選んで使用する技術です。こうした技術は、現在日本の強みとなっているバッテリー技術と組み合わせることで、将来の日本の産業全体に貢献できるはずだと。

※2: エンジンに必要な出力は、風などの影響で常に変動する。

航空機用電動推進システム技術の飛行実証 (FEATHER) とは



FEATHER試験で使用した電動モーターを搭載した航空機

航空機の推進動力として、レシプロエンジンに代わって電動モーターでプロペラを直接回転させるシステムの飛行実証。機体は市販されているモーターグライダーを流用、レシプロエンジンを電動モーターに置き換え、新たにリチウムイオン電池を搭載しました。飛行実証試験は2014年から2015年にかけて行い、2015年2月に実施した試験では、高度約600m、離着陸から旋回まで含む本格的な有人飛行に日本国内では初めて成功しています。

FEATHERでは、JAXAの独自技術である「多重化モーター」と「回生エアブレイキ」の有効性を確認できました。多重化モーターは、四つの電動モーターを直列に連結して駆動させることで、仮に一つのモーターが故障しても残りのモーターで飛行を続けることができる技術、回生エアブレイキは、飛行中、モーターを発電機として用い、プロペラの回転を発電に利用する技術です。(FLIGHT PATH No.9参照)

エコウィング技術

JAXAでは、20年以上先を見据えた研究開発であるSky Frontierの他に、5年先10年先に必要となる技術の研究も進めています。その一つが「エコウィング技術」です。巻頭特集インタビューでも触れられたエコウィング技術の全体像を紹介します。

機体の性能向上で燃費向上と騒音低減を目指す

次世代航空イノベーションハブの中村俊哉副ハブ長は、エコウィング技術について「空力性能の向上と機体構造の軽量化による燃費向上、それらと同時に機体システムとしての性能評価を行う技術の確立を目指しています」と説明します。エコウィング技術には、機体表面の乱流摩擦による抵抗を低減するための技術実証「FINE (Flight Investigation of skin-friction reducing Eco-coating)」や光ファイバーセンサーで機体の歪みを検知する技術の実証「HOTALW (High performance Optical fiber sensor flight Tests for Airplane Wing)」の他、翼端形状や表面近くの空気の流れを制御して空気抵抗を減らす研究、複合材の層の厚さを薄くして最適化することによって軽量化を目指す研究などが含まれます。2020年代前半に燃料消費量を15%低減する技術を構築することが目標ですが、その先の将来機の環境性能を飛躍的に高める研究にも取り組んでいます。

エコウィング技術の主な研究テーマ

機体性能向上

巡航揚抗比向上 多分野統合設計技術

誘導抵抗低減

高アスペクト比主翼
先進翼端形状

摩擦抵抗低減

自然層流設計
乱流摩擦抵抗低減技術 → FINE
ハイブリッド境界層制御技術

構造重量低減

新複合材設計技術

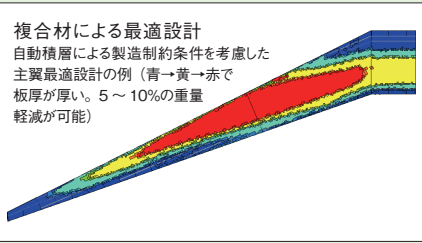
非線形解析技術

新材料による重量低減

薄層化複合材、自動積層最適構造設計技術

構造機能化による重量低減

構造ヘルスマニタリング → HOTALW
荷重制御技術

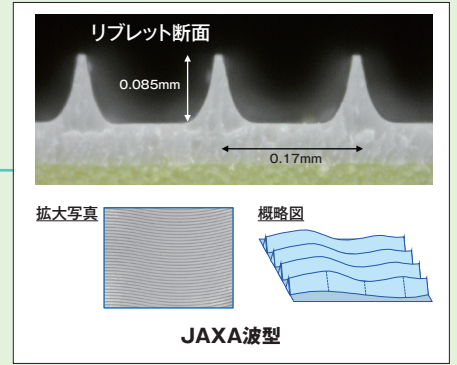


光ファイバーによって主翼全体の歪みを検知する

エコウィング技術の一つが「光ファイバー分布センサーによる航空機主翼構造モニタリング技術の飛行実証 (HOTALW)」^{※3}です。飛行中の航空機は、重力の他に揚力、抗力といった空気力の影響を受け、機体や翼は変形します。HOTALWは、光ファイバーセンサーを実験用航空機「飛翔」に取り付け、飛行時に主翼がどのように変形するのかを計測する飛行実証試験です。光ファイバーセンサーを使えば、一般的な歪みゲージとは異なり、1本の光ファイバーで長さ方向の歪み分布を計測できます。HOTALWでは、応答性能と空間分解能をJAXAの研究によって向上させたOFDR-FBG方式光ファイバーセンサー^{※4}を使用しています。

2016年に実施された飛行実証試験では、飛行時の胴体に発生した歪みの変化を与圧部に配置された光ファイバーによって計測し、機体の運動に対応した歪みが計測されることを確認しました。2017年秋には、主翼下面に光ファイバーセンサーを貼り付けて、飛行時に主翼がどれだけ変形するかを計測する予定です。

飛行時の主翼が実際にどのような力を受けてどのように変形するのかを知ることができれば、より軽量の構造の設計やメンテナンスに役立ちます。さらに、抵抗の少ない飛び方を知ることや飛行時にもっとも抵抗が少なくなるような主翼の設計ができるかもしれません。また、JAXAが検討を進めているモーフィング翼(後述)を制御する際にも、光ファイバーセンサーによって得られるデータが重要になるでしょう。



溝の深さは0.1mm以下。この形状はJAXA独自の研究結果によるもの

機体表面の乱流摩擦を低減するリブレットの飛行実証

HOTALWは、構造の機能化によって構造重量の低減を目指す技術の実証試験です。一方、巡航揚抗比の向上を目指して摩擦抵抗を低減させる技術の実証試験が「FINE」です。

FINEでは、実験用航空機「飛翔」の機体表面の一部にリブレットと呼ばれる微細な溝を、航空機用塗料を利用する独自の技術によって施し、実飛行環境で摩擦抵抗低減効果を確認します。用いられるリブレットはJAXAで独自に研究してきた3次元波型をしています。リブレットには摩擦抵抗低減効果があるとされており、欧米でも研究が行われていますが、まだ実用化には至っていません。抵抗低減の確認のため、ピトーレイクという計測器によって飛行中に境界層内の速度分布の計測を試みますが、これも将来につながる大きなチャレンジです。2017年5月から飛行試験を開始しています。

5~10年よりももう少し先の将来に必要となると思われるモーフィング翼の研究もエコウィング技術の中に含まれます。フラップやエレベーターといった舵面は翼本体から独立してヒンジを介して動きますが、モーフィング翼では舵面と本体はつながっており、まるで生物のように滑らかに構造を変形させることにより、舵面を動かす際に発生する空気抵抗を減らしたり、従来よりも柔軟に空力荷重を制御することができます。さらに、エンジンの配置や機体形態を工夫して騒音を低減する研究などにも取り組んでいます。

中村 俊哉

次世代航空イノベーションハブ副ハブ長



※3: FLIGHT PATH No.15を参照。

※4: FLIGHT PATH No.6を参照。

Dear JAXA Aeronautics Friends

アメリカ航空宇宙局(NASA)
航空研究ミッション局長
ジェイウォン・シン氏

アメリカ航空宇宙局(NASA)とJAXAは、航空宇宙分野の研究開発において長年にわたって連携し、強力なパートナーシップを築いてきました。JAXA航空技術部門の「Sky Frontier」では、超音速旅客機や極超音速旅客機、電動推進航空機、ハイブリッド推進航空機、未来の航空機概念設計など、未来の航空機についての先進的な研究を行っています。

今回の「航空技術部門へのメッセージ」では、JAXAのもっとも重要な国際的パートナーであり、世界の将来型航空機研究開発を牽引するNASAのジェイウォン・シン航空研究ミッション局長より、NASAにおける将来型航空機開発やJAXA航空技術部門への期待などについてメッセージをいただきました。



JAXA航空技術部門の皆様

NASAのワシントンDC本部で航空研究ミッション局長を務めるジェイウォン・シンです。私のNASAでのキャリアは、クリーブランドにあるグレン・リサーチ・センターから始まりました。当時は、航空安全やアイシングに関する研究など、航空分野でのさまざまな研究を手掛けていました。

1995年から私は次世代超音速旅客機に関する開発計画(High-Speed Research Program^{※1})の推進技術の副マネージャーとして、300人乗りクラスの超音速旅客機を可能にする技術開発に携わりました。現在NASAでは、高速の空の旅のさらなる可能性を切り拓く技術開発を進めているので、当時の経験は今でも役に立っています。

このような研究こそが、まさにNASAならではの航空研究です。つまり、NASAは先端的なアイデアやツール、技術を開発します。産業界はこれらを開発するリスクを負うことはなく、ここぞというタイミングでこれらの技術に投資をし、さらに磨きをかけて技術成熟度を高め、市場に展開できるというわけです。

またNASAでは、今の世代および次世代に向けた航空研究の計画を立てる際に、必ず具体的な目標を掲げるようにしており、これは経済や社会の変化が米国はじめ世界中にもたらすさまざまな問題の解決と私たちの研究を確実につなげていくためです。同時に、私たちは伝統的な航空分野以外での革新的な技術の進歩もしっかり研究に取り入れていかなくてはなりません。

ここ数年、NASAは航空輸送の国際的な新時代を切り拓く航空技術や航空システムの開発を行ってきました。そして開発した技術を、コンピューター・シミュレーションや風洞模型を使った地上試験や飛行試験で、個別の要素ごとに実証してきました。そして今まさに、私たちはこれらの個別の技術を「Xプレーン」^{※2}として総合的に飛行実証する、という次の段階にきているのです。

亜音速Xプレーンでは、実機に近い大きさの機体をいくつか使い、開発した技術を組み込むことのメリットを実環境で飛ばすことにより幅広く紹介できればと思っています。そして、私たちが研究開発の目標としている、今空を飛んでいるどんな旅客機よりも低燃費で有害ガスの排出が少なく、静かに飛べる飛行機が実現可能だということを、亜音速実験機Xプレーンでしっかりと実証したいと考えています。

超音速Xプレーンでは、ソニックブームを地上で爆音に悩まされなくらいに低減できることを示したいと私たちは思っています。そうすれば、アメリカ上空での超音速旅客機による飛行を史上初めて許可されるでしょう。

これらのゴールに向けてNASAは丸一となって取り組んでいるところですが、私たちはJAXAのD-SENDプロジェクト^{※3}における取り組みと、これまでの飛行実証で見せてくれた独創的なアプローチに対して賞賛の意をお伝えしたいと思います。JAXA航空のイノベーターたちがいかに立ち上がる技術や財政の壁を乗り越えていったかは、我々航空の研究に携わるもの皆によって讃えられるべ

※1: 乗客300人程度的大型旅客機を想定した超音速旅客機(SST: SuperSonic Transport)の研究開発を目指した超音速機研究のプログラム。

※2: 実験機や記録機の総称。名称の先頭に「X」が使われたことから、こう呼ばれるようになった。

※3: FLIGHT PATH No.10参照

き見事なお手本です。NASAとJAXAのソニックブーム低減に関するデータは、全世界における超音速旅客機による飛行を可能にすることでしょう。

JAXA理事の伊藤文和航空技術部門長のリーダーシップの下、私たちは航空分野において多岐にわたる有意義な連携を行ってきました。ソニックブーム・モデリング、機体騒音低減、航空交通管制といった技術分野では共同研究も行っています。この協力関係から生みだされるものには計り知れないほどの価値があり、日・米のみならず世界の航空コミュニティに利益をもたらす諸問題の解決に貢献しているのです。また、現在JAXAが議長を務める世界26カ国の公的航空研究機関が加盟する「国際航空研究フォーラム (IFAR)」^{※4}においても、NASAとJAXAは密接な連携をしています。

日米両国はこれまで長年にわたって先駆的な研究で世界の人々に貢献してきました。これからも空のパートナーとしてこの伝統を受け継ぎ、共に航空の歴史に残るような貢献をしていきましょう。

NASA航空研究ミッション局長 ジェイウォン・シン



Concept image of NASA's supersonic X-plane, Quiet Supersonic Transport (QueSST) (Credit: NASA)



Concept image of X-57 Maxwell, NASA's all-electric X-plane (Image Credit: NASA Langley/Advanced Concepts Lab, AMA, Inc.)

National Aeronautics and Space Administration
Headquarters
Washington, DC 20546-0001



OIIR

Dear JAXA Aeronautics Friends:

My name is Jaiwon Shin and I am NASA's associate administrator for the Aeronautics Research Mission Directorate at NASA Headquarters in Washington, D.C. I began my NASA career at the Glenn Research Center in Cleveland, and have conducted research in a variety of aeronautical fields, including aircraft icing and aviation safety.

Beginning in 1995, I served as the deputy manager for propulsion in the High-Speed Research Program. Our goal was to develop technologies that would enable a next-generation supersonic aircraft capable of carrying 300 passengers. That experience serves me today as NASA develops technologies that could result in even more remarkable opportunities for high-speed air travel.

That is exactly what NASA's aeronautical research is all about. We develop the ideas, tools and technologies required to reduce the financial and technical risk for industry. Then, when industry feels the time is right, it can confidently make investments to further mature those technologies and deploy them into the marketplace.

As we plan our research for this generation, and the generation after that, we strive to ensure our work has a specific purpose, that it will help solve relevant problems resulting from economic and societal changes here in the U.S. and around the world. At the same time, to be successful, we also must embrace transformational technical advances in areas beyond traditional aeronautics disciplines.

During the past few years, NASA has developed a number of aviation technologies and systems that promise to open a new era in global air transportation. We have tested them on the ground using computer simulations and wind tunnel models, and in flight with trials of individual components. Now it is time for the next step, in which we take those technologies into the air with large-scale experimental aircraft, or "X-planes."

We hope to field several subsonic X-planes to showcase the benefits of integrating these technologies by flying them in a real environment using aircraft whose size are of a meaningful scale. With these research aircraft, we intend to verify and validate our research goals of enabling airplanes that burn less fuel, reduce harmful emissions and fly more quietly than the most efficient airliners in the sky today.

With our supersonic X-plane we intend to show how noise from sonic booms can be reduced so it will no longer be a nuisance to the general public. This should allow federal regulators to approve commercial, faster-than-sound overland air travel in the U.S. for the first time in history.

Even as we work toward these goals at NASA, I applaud the work JAXA is doing with your D-SEND program and the creative approach you have demonstrated with the test flights conducted to date. The way JAXA's aeronautical innovators have overcome technical and financial obstacles sets an impressive example that all of us can admire. The data that NASA and JAXA contribute to this area will help bring commercial supersonic flight to the entire planet.

Under the leadership of JAXA Vice-President Fumikazu Itoh, our cooperation in aeronautics research has flourished. We have bilateral agreements in the areas of sonic boom modelling, airframe noise, and air traffic management. This collaboration continues to have tremendous value, helping us solve challenges that will benefit the U.S., Japanese and global aviation communities. In addition, NASA and JAXA continue to work closely within the 26-member International Forum for Aviation Research, of which JAXA is the current Chair.

Each of our nations has a long history of excellence in pioneering research that has benefited people around the world. Let us continue to honor that heritage by working as partners in the sky for many years to come.

Sincerely,

Jaiwon Shin
Associate Administrator for Aeronautics

※4: International Forum for Aviation Researchの略。2010年に設立されたIFARは、世界の公的航空研究開発機関によって構成される初の国際組織で、26機関(2017年6月時点)が加盟している。JAXAは2015年10月よりIFARの議長に就任している。

Kármán line

今回は、航空技術の基礎・基盤的技術を支える複合材料技術にスポットを当て、この技術がどのような形で宇宙分野に関係し貢献しているのかを、構造・複合材料技術研究ユニットの岩堀豊ユニット長に聞きました。

Kármán line(カーマン・ライン)とは、地球の気圏と宇宙空間とを分ける仮定の境界線です。JAXAでは、航空と宇宙の境界線を越えた連携によって社会に貢献することを目指しています。このコーナーでは、航空技術部門の技術が宇宙分野にも活かされていることを紹介します。

(Image Credit: NASA)

JAXAを支える航空技術部門の複合材料技術の研究

「航空技術部門が進める複合材料技術の研究は、宇宙分野でも役立っています」と、岩堀ユニット長は語ります。

その一つは、構造・複合材料技術研究ユニットで培ったCFRP(炭素繊維強化プラスチック)に対する構造解析技術や試験技術の適用です。CFRPは軽量で剛性に優れているため、航空技術部門では長い間、この材料の特性に関する研究を進めてきました。その成果はすでにJAXAのロケットや人工衛星に活かされています。「私たちは水素燃料航空機や宇宙輸送システムの実用化に向けて極低温タンクのCFRP化に取り組んできました。これらの研究から得られた知見は宇宙環境における構造設計技術として役立つと思われます」(岩堀ユニット長)。

将来のロケットや再使用型宇宙輸送システムでは機体を軽量化するため、液体水素燃料を入れる極低温液体推進剤タンクをCFRPにすることが考えられています。ところがここに大きな課題がありました。CFRP製の推進剤タンクの内部壁は金属製の口金部品と接着されますが、CFRPと金属との熱膨張率には大きな差があるため、極低温環境下では熱変形によって口金部品との接合部の接着が壊れ

てしまうという事象が生じたのです。

「そこで、当該部位のCFRPタンク壁と金属製口金部品の極低温環境下における構造解析を行い、熱膨張率差による熱応力を緩和し、壊れにくい口金部形状と接着条件などを研究開発部門と一緒に考案しました。この部位について構造解析で設計した形状供試体を製作し、極低温下での試験を行ったところ、当該部位が壊れないことが確認できました」(岩堀ユニット長)。

宇宙分野特有の要求に応え、利用分野を広げていく

宇宙分野における開発プロジェクトでは、プロジェクト開始前に、技術開発の方向性を確定させ、めどを付けておくことが必要です。宇宙機器や構造体に複合材料が使用される場合、プロジェクト開始前の検討段階で、これまでの知見をできる限り集め、さまざまな評価試験や解析を行い技術の習熟度を確保しておくことが重要になります。「宇宙分野で用いられる複合材料構造設計は、航空分野とは違った要求があります。当ユニットでは航空用途に限らず、宇宙分野に必要な複合材料の特性取得、技術蓄積や評価設備の利用を通じ、宇宙分野のプロジェクトにも貢献しています」(岩堀ユニット長)。

こうした宇宙分野との連携は、航空技術部門の複合材料の基礎・基盤的研究にとっても、大きなメリットがあります。「宇宙分野で発生し当ユニットに寄せられる相談から、材料の要求、計測・評価方法、設備など、実際に進められているプロジェクトや研究開発現場で何に困っているかが分かると、航空分野の研究からだけでは生まれない新しいテーマを設定し取り組むことができます。またそれがJAXAの強みにもなっていくのではないかと考えています」(岩堀ユニット長)。航空技術部門が宇宙分野の技術ニーズに応じていくことで、航空分野だけでなく、宇宙分野に応用される複合材料の可能性がさらに広がるわけです。

基礎・基盤的な研究と産業化を意識した研究を両輪で

宇宙分野への複合材料技術の研究の展開例としては、もう一つ、宇宙探査イノベーションハブ活動との連携があります。

宇宙探査イノベーションハブでは月や火星での基地建設を見据え、宇宙で使う建設機械(宇宙建機)に関し、建設機械アタッチメントメーカーとの共同研究を行っています。航空技術部門は共同研究初期から宇宙探査イノベーションハブと連携し、宇宙での使用を想定し、地上用と性能が同等で軽量のCFRP製の油圧ショベル用軽量アームおよび軽量ブーム*の設計・製作について協力しました。質量は、従来の油圧ショベルの1/3程度に軽くできました。宇宙用建機の軽量構造部材は、今のところオーダーメイドですが、さらに研究開発が進みコストの課題などが解決されてくれば、地上用の建機等にも応用できる可能性は高いでしょう。

「航空分野のみならず宇宙分野との連携においても、将来的な技術向上を目指した基礎・基盤的な科学技術を突き詰める研究と、比較的近い将来をターゲットに製品化、普及展開を見据え、アウトプットを意識した研究開発の両輪が必要です」と、岩堀ユニット長は語っています。



極低温液体推進剤を入れる極低温タンクの供試体

※JSTイノベーションハブ構築支援事業 JAXA宇宙探査イノベーションハブ共同研究の成果物である



CFRP製の軽量アームおよびブームを装着した1tクラス油圧ショベル(地上用)
(画像提供:株式会社タグチ工業/JAXA)

「研究する余地がたくさんある 航空分野に、改めて面白さを感じています」

次世代航空イノベーションハブ
航空機システム研究チーム
研究開発員

湯原 達規

1985年生まれ。2009年3月、東京大学工学部航空宇宙工学科卒業。2014年3月、東京大学大学院工学系研究科博士課程修了。2014年、宇宙航空研究開発機構入社。大学での研究テーマは水素燃料超音速旅客機概念設計に関する研究。入社後、主翼空力設計に関する研究に従事。



共同研究で製作した主翼の風洞模型。下向きのウィングレットや新しい発想による主翼形状を検討した

今までにない次世代航空機の主翼に関する研究を担当している航空機システム研究チームの湯原達規研究開発員に、JAXAを目指したきっかけや現在の研究内容、将来の夢などについて聞きました。

——JAXA航空技術部門を目指したきっかけを教えてください。

子どもの頃からレーシングカーや航空機など流線型のものが好きで、大学では航空宇宙工学を専攻し、環境に負荷をかけない未来の航空機を研究しようと空力の研究室を選びました。主な研究のテーマとして「衝撃波(ソニックブーム)を出さない水素燃料超音速旅客機概念設計」を選択し、修士1年生の時にNASAの設計コンテストに投稿して1位に入賞することができ、水素燃料超音速旅客機の研究の面白さを感じました。また学部4年生から博士3年生までの間、技術研修生としてJAXAに来る機会が頻繁にありました。研究者の皆さんが超音速旅客機^{※1}の研究について生き生きと話している様子が印象的で、さらに超音速旅客機の世界に関心が高くなり、私もいつかここで世界の潮流から求められる環境性を考えた新しい航空機を研究したいと思いました。

——現在の研究内容について教えてください。

航空機システム研究チームでは、遷音速機の翼端形状(ウィングレット)を担当し、空気抵抗を下げるための設計法や設計の評価手法を研究しています。大学との共同研究の取りまとめ役として、いくつかの概念形状を検討しています。その中で、一般的な上を向いたものだけでなく、下を向いたウィングレットという発想が生まれ、分析を進めた結果、空力的な面

けでなく、構造的な面でもメリットがあることが分かりました。空力と構造の両立を目指す航空機のシステムを最適化するようなアイデアを創出できたことに喜びを感じました。

また、環境に優しい超音速旅客機の主翼形状の空力設計も担当しています。離着陸時の空力性能を向上させると同時に巡航時の空気抵抗や超音速で飛ぶことで必然的に発生するソニックブームをいかに小さくするかなど、超音速機の主翼形状を設計するための手法を研究しています。自分の研究が環境性や空港周辺の騒音問題などに役立つ技術として、社会的にどう評価されるかを意識するようにしています。

他にも、空力設計の基盤技術に関する研究に挑戦しています。揚力発生現象を説明する際に流線曲率という概念が使われることがありますが、流線曲率を操作しながら形状を設計する仕組みがあれば、より良い空力性能を得られるのではないかと考えました。そこで、JAXA航空技術部門内の競争的萌芽研究課題として、流線曲率に基づく空力設計という先例がありません。この研究では、航空分野を含むさまざまな分野から流線曲率を使う空力設計法につながるヒントを得て、曲率に基づく形状生成法という新しい技術を提案しました。競争的萌芽研究としては一区切りしていますが、エコウィング技術^{※2}や超音速機の研究へ活かすために研究を続けています。その技術を使った空力設計の手法は現在特許出願をしており、世の中の航空機開発だけでなく、さまざまな分野においても活用されることを期待しています。

——将来の夢を教えてください。

いずれは、「自分は主翼空力設計の専門家」と自信をもって言えるようになりたいです。ウィングレットに関しては、良いものができればすぐにでも航空機に適用され、現在の航空機開発に役立てられる可能性があるでしょう。一方、超音速旅客機の主翼形状や流線曲率の空力設計に関しては、20年、30年先の遠い将来を見据えた研究です。コツコツと積み重ねていく研究であり、すぐに大きな成果を出すことはできません。日々の研究をまとめて論文発表し、第三者の評価を聞いたり、共同研究のパートナーの自分とは異なる考えを知ることによって、自分自身の研究を見直しながら、少しずつ成果を出していこうと思っています。このような研究の価値を高めるプロセスをイメージしながら、超音速旅客機の実現に向けて研究を続けたいです。

——JAXA航空部門を目指す人たちにメッセージをお願いします。

たくさんの教科書や文献を読み込んで、多くの知識を得ておくことが大切です。研究が行き詰まった時、基本となる知識があればあるほど、何が足りないのかを気付くことができます。航空分野は学術的にはすでに確立されていると思われがちですが、基本に立ち返って研究を見直すたびに、多くの知識があってもまだ研究する余地がたくさんあるのかと気付かされ、改めて航空分野の研究の面白さを感じます。

※1: 本誌4ページ参照
※2: 本誌7ページ参照

Topic 1 ALWINに対して感謝状をいただきました

2017年4月19日より、東京国際空港(羽田)および成田国際空港において「空港低層風情報(ALWIN※1)」の実運用を開始しています。ALWINによってもたらされる風の情報によって、より安全で効率的な運航ができ、また、将来にわたって航空の安全に寄与するとして、ユーザーである日本航空株式会社(JAL)と全日本空輸株式会社(ANA)の両社から感謝状をいただきました。

ALWINとは、気象レーダーとドップラーライダーによって得た航空機の着陸経路上における風の情報(風向・風速、ウィンドシアア※2や乱気流など)を運航会社を通じて航空機に提供するサービスです。無線による音声通信で行われている情報提供に比べて、風の状態変化をリアルタイムで、より詳細かつ正確に把握できるため、より安全に着陸するこ

とが可能になります。このような風情報サービスの実運用は、世界でも初の事例となります。

JAXAでは、引き続き航空会社や機体メーカーなどのさまざまな機関と連携し、航空研究開発分野の課題やニーズに応えるような、航空機の安全運航に資する研究開発を行っていきます。

※1 Airport Low-level Wind Information。JAXAと気象庁が共同で開発した。
※2 低気圧や前線の付近で生じやすい風の急変域



感謝状贈呈の様子(左:JAL、右:ANA)

Topic 2 「JAXA航空技術イノベーションチャレンジ」2017年度選定結果

日本の航空産業発展に向けたイノベーションを推進するJAXAは、2016年度、新たに航空分野のみならず異分野からも新たな技術やアイデアを広く求める「JAXA航空技術イノベーションチャレンジ」の公募を実施し、異分野・異業種を含む企業・大学などから提案された24件の研究テーマについてフィジビリティスタディを実

施しました。このたび、フィジビリティスタディの結果をふまえ、2017年度からJAXAとの連携フェーズに進む案件として、2件の研究テーマを採択しました。10年後を見据えた航空産業の強化や航空輸送のイノベーションの実現に向け、採択した研究テーマを推進していきます。

<採択テーマ>

- CFRP損傷修復スカーフサンディング工法及び装置開発(株式会社倉元マシナリー)
- 航空機固体酸化物形燃料電池の軽量化に向けた要素技術のフィジビリティスタディ(中部大学工学部創造理工学実験科 教授 橋本真一)

Topic 3 調布航空宇宙センターの一般公開を行いました

2017年4月23日(日)、JAXAの研究内容をご覧いただくための一般公開イベントを調布航空宇宙センターで行いました。会場となった調布航空宇宙センターおよび飛行場分室では、現在取り組んでいる研究に関する展示や、お子さまが参加できるイベントや実験などを行いました。当日は快晴に恵まれ、9,500名を超える方々にご来場いただきました。



6.5m×5.5m低速風洞内を見学



JAXA実験用航空機「MuPAL-a」と記念撮影



実験用航空機「飛翔」のペーパークラフト

表紙画像解説:

極超音速ターボジェットエンジンの可変インテークを描写した画像です。

極超音速ターボジェットエンジンは、マッハ5での飛行を実現するために、流入する空気の流れと燃焼に液体水素を使用したジェットエンジンです。可変インテークは、速度に合わせてエンジンに流入する風の速度をマッハ1以下にする機構を備えています。



JAXAが研究しているマッハ5で飛行する極超音速旅客機のイメージ図

