

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*



2017  
WINTER

No.19  
航空技術部門  
[www.aero.jaxa.jp](http://www.aero.jaxa.jp)



特集

## 開発した技術を実際に飛ばして確かめる JAXAの飛行実証試験

- 2 特集  
開発した技術を実際に飛ばして確かめる  
JAXAの飛行実証試験
- 6 特集関連  
飛ぶ  
～ニーズに応じて～
- 10 Kármán line
- 12 FLIGHT PATH TOPICS
- 5 特集 関連技術  
航空機の特徴を把握して設計に活かす  
飛行特性の研究
- 8 航空技術部門へのメッセージ  
SafeAvioで開発した  
晴天乱気流検知システムの事業化を目指す
- 11 リレーインタビュー  
「光の技術を航空宇宙分野で役立てたい」



# Feature 特集 JAXAの飛行実証試験

開発した技術を実際に飛ばして確かめる



日本における航空機産業の技術発展とその課題解決に応えてきた実験用航空機による飛行実証試験。その役割や必要性、また今後の航空機産業への貢献などについて、飛行技術研究ユニットの藤井謙司ユニット長に聞きました。

## 風洞やCFDの技術が進んでも、飛行実証は必須

——実験用航空機による飛行実証はなぜ必要なのでしょう。

航空機は空という未知の要素が多い環境

を飛ばすため、航空機に適用される新しい技術は、実際に飛んでいる状態で評価・確認しなければ、設計者にも社会にも受け入れられません。つまり、航空機に関する多くの技術は「飛行実証」というプロセスを経なければ、実際に使う段階に進めないのです。航空機の技術開発にあたっては、地上でいろいろな

試験をしますが、速度、気圧、温度、天候や風の向き・強さなど飛行中のさまざまな条件の全てを地上で再現することには限界があります。実際の環境の中で飛行して技術を確認することが重要で、必須といえます。ですから、風洞技術やCFD(数値流体力学)によるシミュレーション技術が進んでも、飛行実証の必要性はなくなりません。

——飛行実証でどのようなことを確認するのですか。

まず開発した技術をそれが実際に使われる環境で確認するということがあります。地上の試験ではうまくいっても、実際に飛ばしてみると、違う結果が出てくることがあります。時々刻々と変化する飛行環境・飛行状態の中においてパイロットの操縦なども含めてシステム全体として確認することも、飛行実証では重要な観点なのです。私たちは「飛行システム」という場合、そこには航空機だけでなく、パイロットや場合によっては空港や地上設備までも含めて考えています。安全に飛行しながら飛行試験に求められる飛行条件や操縦を実現するには、パイロットとの関係も重要です。私たちは飛行試験の計画を立てるところから、JAXAのパイロットと相談しながら進めています。パイロットを含めた飛行システム全体を評価する必要があるため、飛行実証に参加するJAXAのパイロットも重要な研究チームの一員です。

## 世の中のニーズに応えるため導入されたJAXAの実験用航空機

——JAXAの実験用航空機について伺います。最初に導入されたのは「クイーンエア」というプロペラ機ですね。

1962年のことです。当時は戦後の日本における航空機開発の黎明期で、飛行試験の方法自体を研究することが目的でした。その他、防水装置や飛行荷重に関する研究も行いました。最初は各実験で使用する搭載計測機器のための電源が取れるように追加装備工事がなされました。さらに、飛行中の荷重の計測器や高度・速度等を記

録するフライトレコーダーなどが取り付けられました。さらにこの機体は可変安定応答実験機(VSRA※1)に大改修されました。これによって、実験機の飛行特性を変えることができるようになり、飛行制御の試験、応答を変えた時の飛行試験やパイロットによる操縦性評価などの試験ができるようになりました。飛行特性を変えることができる機能を活かして、航空機の事故を検証するための模擬飛行を行い、事故機に発生した状況認識把握の検証にも使われました。

このVSRAを発展させ「インフライト・シミュレータ※2」という機能を継承して現在も使われている機体がプロペラ機Do228-202型「MuPAL-α」です。

インフライト・シミュレータの機能を使うと、検討段階や設計段階のまだ存在していない航空機の飛行特性や操縦性を検討できるようになります。この機能を用いて、「耐故障飛行制御」の試験なども行いました。機体が故障した時、例えば舵面が壊れた時の飛行を模擬させつつ、飛行をサポートする技術の効果を調べる試験です。大学との共同研究を進め、現在は日欧の共同研究に発展しています。

また導入当時、インフライト・シミュレータ機能が搭載されMuPAL-αと愛称が付く前のことですが、GPSの利用が広がり始めた頃で、GPSを用いる航法装置の実験もこの実験用航空機の初期の大事なミッションでした。この航法装置は、小型自動着陸実験「ALFLEX」や高速飛行実証「HSFD」に使われ、そして民間企業へ技術移転されました。

この他にも、飛行安全・環境適合技術の一つとして、航空機の現在位置とこれから飛行すべき経路をコックピットのディスプレイ上に三次元的に表示する「トンネルインザ



MuPAL-α

ス」の開発にもMuPAL-αが使われました。この技術は、「機体騒音低減技術の飛行実証(FQUROH)※3」プロジェクト※4などの飛行試験においても使われています。

——MuPAL-αはプロペラ機です。ジェット機の時代になってもプロペラ機で調べることは多いのでしょうか。

速い速度を模擬することはできないのですが、操縦に対する反応は小型機の方が速いので、大型ジェット機のゆっくりした動きや着陸時を模擬することはできます。プロペラ機の利点は身近ですぐ使える機体であるということです。与圧されていないので改造しやすく、扱いやすい。運航費用も安く抑えられる。ジェット機が主流の世の中ですの、最後はやはりジェット機でやらなければいけない課題が多くなっていますが、プロペラ機でできることはまずプロペラ機でやるべきというのが私の考えです。

——JAXAは、その時代ごとにある世の中のニーズに応えるために、実験用航空機を整備し、必要な飛行試験を支援する技術を開発・蓄積そしてさまざまな試験に活用してきたのですね。

## JAXA初の実験用ジェット機「飛翔」

——飛翔が導入された背景はどのようなものだったのですか。

今や航空機の多くはジェット機であり、最新の技術を実証するには、ジェット機で行うことが不可欠です。また日本でもMRJというジェット旅客機の開発が始まり、ジェット機への適用を目指した技術研究が活発になってきました。プロペラ機では及ばない高高度、高速な環境における飛行試験ニーズに対応するために、ジェット機を導入したわ



飛翔

けです。JAXAとして多用途の実験用航空機としては初めてのジェット機です。セスナ社(現テキストロン・アビエーション社)のビジネスジェット機「サイテーション・ソプリン」に各種の計測装置を搭載するなどの改造を加えて実験用航空機として仕上げるまでには、かなり苦労しました。

——飛翔を使った試験について伺います。

最近ではFQUROHが大きな試験でした。フラップや主脚にデバイスを取り付けた機体を実際に飛ばし、計測して騒音が低減していることを確認するというミッションでした。いろいろな飛行条件があり、指定された速度で要求された経路を何回も正確に飛ぶことは難しかったのですが、プロジェクトが必要としたデータが取得できたので、役目は果たせたと思っています。

——「表面摩擦抵抗低減コーティング技術の飛行実証(FINE)」の成果はどうでしたか。

FINEは機体表面の摩擦抵抗を減らして燃費を改善するための研究開発で、リブレットという細い溝を施す塗料を塗布し、その表面の空気の流れを計測します。ピトーレイクと呼ばれるくし形の集合型ピトー管をリブレット後方に配置して計測しました。改造の箇所が多く、慎重に準備を進めました。飛行試験からリブレットの有効性が確認できました。

——摩擦抵抗が減ることは、実際に飛ばしてみないと分からないものだったのでしょうか。

航空機は風洞試験のような理想的な空気の流れの状態で飛んでいるわけではありません。気流は思った方向ばかりではなく、いろいろな乱れもあります。そういった中できちんと効果が見られるかどうかを確認する必要があったのです。また抵抗が減るかどうかを確認するには速い速度が要求され、ジェット機の巡航速度でデータを取らなければなりませんでした。

——「光ファイバ分布センサによる航空機主翼構造モニタリング技術の飛行実証(HOTALW)」の飛行試験も進んでいますね。

HOTALWは光ファイバを使って、飛行中

※1: Variable Stability and Response Airplaneの略

※2: FLIGHT PATH No.6参照

※3,4: FLIGHT PATH No.14参照



実験用ヘリコプター



の主翼の歪みを計測しようという試験です。飛翔では飛行中の主翼の変形を光学カメラで計測する「光学的主翼変形量計測」という試験をしたことがあります。実際の飛行中には、地上試験では想定していなかったさまざまな影響もあり地上試験と異なる結果が出ることもあるため、飛行実証がやはり必要になります。手法の異なる両データを突き合わせると面白い結果が出るかもしれません。

## 実験用航空機や地上シミュレータのさまざまな活用

——JAXAの実験用航空機は、MRJの開発でどのように使われましたか。

古い話では、まだMRJの開発が本格化する前に、三菱重工業株式会社と国産小型旅客機の共同研究を行う中でMuPAL- $\alpha$ のインフライト・シミュレーション機能を使っています。最近ではMRJの飛行試験にいろいろ協力しました。飛行試験に必要なテレメトリ装置などを共同で開発し、それを飛翔で飛行試験して、期待通りの機能性能があるかどうか調べました。MRJの初飛行だけでなく、試験飛行の初期段階でも、MRJが飛ばうとしている空域をあらかじめ飛翔が飛んで、気象条件を調べ、飛翔からの情報を三菱側が試験実施の可否判断に活用していました。

——JAXAの飛行試験設備としては、実験用航空機以外に飛行シミュレータもありますね。

飛行試験を行う前に、地上にある飛行シミュレータで事前に技術を確認することも重要です。また飛行には適さない、あるいは十分な安全が確保できない条件や環境での試験は、飛行シミュレータの方が適しています。以前、大型旅客機が飛行した後に生じる後

方乱気流にヘリコプターや小型飛行機が入ってしまった場合の影響について飛行シミュレータを用いて実験したことがあります。実験用航空機と飛行シミュレータで役割分担をしながら進めています。

## ヘリコプターの利用を広げる

——JAXAがヘリコプターを導入した目的は何ですか。

日本ではヘリコプターの機数が多く、航空機全体の登録台数のうち、およそ3割をヘリコプターが占めます。この割合は海外と比べると突出しています。ヘリコプターは垂直離着陸や空中停止などのさまざまな飛び方ができて便利です。しかし、災害救助などのために山間部を悪天候下あるいは夜間に飛行するには危険や困難が伴うなどの制約もあり、ヘリコプターの利用をさらに広めるためにはこういった課題を解決しなければならないという面もあります。JAXAの実験用ヘリコプター(BK117 C-2)による飛行実証は、ヘリコプターをより使いやすくなることが大きな目的となっています。「パイロット視覚情報支援技術(SAVERH)<sup>\*5</sup>」はパイロットがかぶるヘルメットのバイザーに赤外線カメラでとらえた画像や地形データの情報を映し出し、視界が十分でない場合でも安全に飛行できるようパイロットを支援するシステムです。またヘリコプターに適した計器飛行方式の研究もしています。JAXAのこうした研究は非常に大事だと思っています。



藤井謙司  
飛行技術研究ユニット  
ユニット長

## 航空機産業への貢献を目指す

——JAXAには風洞もCFDも飛行シミュレータもあり、さらに実験用航空機による飛行実証も行える。全部がそろっていることに意味があるわけですね。

そうです。JAXAのような研究機関の場合には、それらのさまざまな設備の周りに研究者やパイロットなどが一緒にいて有機的に連動して試験、分析評価できることが非常に大事です。飛行試験では、実飛行におけるデータが取れる一方で、飛行時の環境条件におけるデータしか取れません。狙った条件でのデータを得るという意味では風洞試験が良いですし、CFDは細かい計算をたくさんこなせます。風洞、CFDと役割分担をして、飛行実証でしかできないことを行っていかなければと思っています。

——JAXAにおける飛行実証は日本の航空機産業にとって非常に大事な意味があると思いますが、いかがでしょうか。

実飛行環境による飛行試験とそこで得る実飛行データは航空機開発にとって不可欠なものです。今後も時代のニーズに応じた飛行試験設備の整備や飛行試験技術の開発・蓄積を新しい航空機技術の開発につなげ、航空機産業の発展に貢献していきたいと思っています。

JAXAのさまざまな飛行試験技術はこちらをご覧ください。  
<http://www.aero.jaxa.jp/research/basic/flight/>



## 特集 関連技術

# 航空機の特徴を把握して設計に活かす飛行特性の研究

舵を切る、推力を上げる——パイロットの操縦にตอบสนองする機体の動きは、飛行特性と呼ばれる航空機が持つ特徴の一例です。飛行特性はどのように計測し、どのように利用されるのでしょうか。飛行技術研究ユニット成岡優 研究開発員に話を聞きました。

## 成岡 優

飛行技術研究ユニット  
研究開発員

## 操縦に対する航空機の応答を計測する

飛行特性とは航空機の飛び方に対する特徴の総称であり、飛行条件や入力、応答の関係で表すことができます。例えば、ある速度で飛んでいて(条件)、ある角度で舵を切った(入力)時に、その角度に応じて航空機がどういったタイミングで、どの方向にどれだけ運動するのか(応答)これらを計測、分析した結果が飛行特性となるのです。JAXAでは、飛行技術研究ユニットが実験用航空機の「飛翔」や「MuPAL- $\alpha$ 」を使用して、飛行特性の研究を行っています。

舵と動きの飛行特性を調べる際には、例えば、右に3秒舵を切り、次に反対側に2秒、さらに右に1秒、左に1秒というように、いくつかのパターンに従って操縦します。スピードを出した車が、ハンドルを切ってもすぐ曲がれないように、航空機も操縦桿の動きと航空機の動きにはタイムラグがあります。操縦と応答のずれは機種ごとによって異なり、同じパターンで操縦することにより、別の機種の飛行特性と比較することができます。また航空機システム全体が対象となる飛行特性は、速度や傾きなど機体の動きだけでなく、エンジンの状態なども計測します。

より精密に飛行特性を調べるには、大量の飛行データが必要になります。しかし、飛行特性を調べるためだけのフライトを、何度も実施することは現実的ではありません。そのため、「他の飛行試験も含めた実験用航空機の実フライトデータを取得しています」(成岡研究開発員)。取得した膨大なデータの中から、飛行特性を解析するのに適したデータを選び出し、蓄積しています。

## 飛行特性データを役立てる

飛行特性は、航空機開発から運用まで、さまざまな場面に役立てられます。古くからの活用例として、設計の確認が挙げられます。航空機を設計する際には、初期段階でどのよう

な飛行特性を持つかを想定し、設計が進められます。新しい航空機ができ上がってくると、もともと想定していた飛行特性を持っているかどうか、実際に飛行させて計測評価する試験技術が求められてきました。特に民間機では法的要件として求められるほど、重要な試験となります。もし、想定していた飛行特性が確認できなければ、設計を見直し再度試験を行うことになります。設計の見直しと試験を繰り返すことで、航空機は完成へと近づいていくのです。

また近年は、飛行試験で計測した飛行特性のデータを、さらに活用することが模索されています。これは従来よりも精緻に飛行特性を計測、分析することで、飛行試験から得られた空力係数などを風洞試験やCFDと比較し、風洞試験やCFDの結果をより精度の高いものにするのを狙ったものです。「飛翔の飛行特性データとともに、風洞試験とCFDの結果もそろいつつあるところ」(成岡研究開発員)。これら三つのデータを比較して違いがあれば、その違いが生まれた原因が必ずあります。それは計測方法かもしれませんが、CFDのアルゴリズムや前提条件なのかもしれません。それぞれの専門家が、データの違いを比較し議論することで、風洞試験・CFD解析・飛行試験の精度をより高くできるはずです。

さらに、JAXAではこの考えを推し進め、風洞試験・CFD解析・飛行試験が連携して航空機設計の高速化、効率化を目指す「統合シミュレーションプラットフォーム」という概念を検討中です。風洞試験・CFD解析・飛行試験の連携によって計測精度を向上させていく取り組みもその一つです。

航空機は、各要素技術が複雑に組み合わせられたシステムです。統合シミュレーションプラットフォームは、風洞試験・CFD解析・飛行試験だけでなく、今後はエンジン技術なども含めた、より多くの分野を横断して研究開発を進める基盤になっていくでしょう。

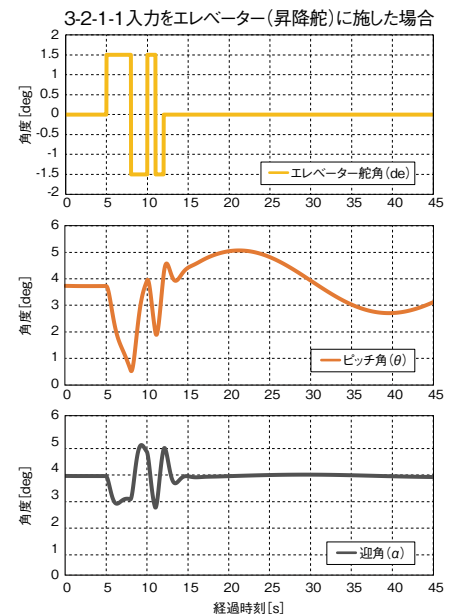


図1 飛行特性計測での入力と応答の例。エレベーターの操作(上)によって、機体のピッチ角(中)および迎角(下)が変化している。特に、ピッチ角と迎角で応答の違いがあることが重要。

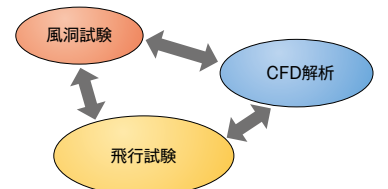


図2 風洞試験・CFD解析・飛行試験が相互に連携し計測精度を向上させる。

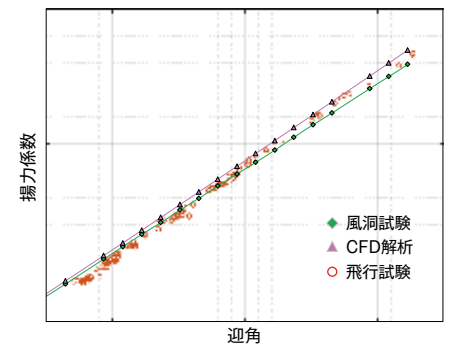


図3 風洞試験・CFD解析・飛行試験における、迎角と揚力係数の計測結果。三者の違いから検証が始まる。

\*5: FLIGHT PATH No.10参照





## 飛翔

高速かつ高高度での研究を支援する実験用航空機です。「機体騒音低減技術の飛行実証(FQUROH)」プロジェクトや「表面摩擦抵抗低減コーティング技術の飛行実証(FINE)」、「光ファイバ分布センサによる航空機主翼構造モニタリング技術の飛行実証(HOTALW)」などの飛行実証試験に活躍しています。



# 飛ぶ

～ニーズに応じて～



## 実験用ヘリコプター

ヘリコプターの利用拡大や効率的な運航、あるいは安全に運航する技術の研究開発を支援する実験用航空機です。後方乱気流を計測する試験や「パイロット視覚情報支援技術(SAVERH)」の研究に活躍しています。また航空分野のみならず、宇宙分野と連携した試験も行っています。



## MuPAL- $\alpha$

ミューパル-アルファ

MuPALは、多目的実証実験機を意味する Multi-Purpose Aviation Laboratory から付けられた名称です。JAXAが開発したフライ・バイ・ワイヤ操縦装置や高精度データ収録装置など、飛行試験に必要な機器を搭載しており、異なる機体の飛行特性を模擬できるインフライト・シミュレーション機能を備え、「飛行軌道制御技術」などの飛行実証試験に活躍しています。



## 航空技術部門へのメッセージ

# SafeAvioで開発した晴天乱気流検知システムの事業化を目指す

三菱電機株式会社 通信機製作所  
営業部気象・航空事業  
担当部長 萩尾正廣氏  
インフラ情報システム部 ライダーシステム課  
専任 古田匡氏  
インフラ情報システム部 ライダーシステム課  
専任 田中久理氏

三菱電機株式会社 電子システム事業本部  
IT宇宙ソリューション事業部  
IT宇宙ソリューション営業第一部  
営業第四課長 澁澤誠氏



向かって左から、萩尾氏、田中氏、古田氏、澁澤氏

「乱気流事故防止機体技術の実証(SafeAvio)」プロジェクトで開発を行ってきた晴天乱気流検知システムを、米国ボーイング社のエコデモンストレーター・プログラムにおいて大型機に搭載し、2018年春頃に米国で飛行試験を行うこととなりました。乱気流を検知する航空機搭載用ドップラーライダーを製作した三菱電機株式会社の皆さまに、JAXAとの連携の経緯、エコデモへの意気込み、今後の事業化について話を伺いました。

## 航空機搭載用ライダーにはレーザーの高出力化が必要だった

— 貴社の航空分野への取り組みには、どのようなものがありますか。

古田 私どもでは、空港で航空管制に用いるターミナルレーダー情報処理システム、空港地表面を走査して航空機や車両の位置を検出するレーダー、空港に近づいてくる航空機の位置を検知するマルチラテレーションシステムを製作しています。これらは航空管制

の分野ですが、もう一つ気象観測の分野もあり、空港で乱気流の検知を行う空港気象ドップラーライダー、そしてレーザーで検知を行う空港気象ドップラーライダーを製作しています。この空港用のライダーは2015年に羽田空港へ最初に納入し、その後、成田空港へも納入しています。

— 気象観測用ドップラーライダーの技術とSafeAvioに使われているライダーの技術は、もともとどこから出てきたものなのでしょうか。

古田 私どもでは2000年頃からドップラーライダーの製品化研究を進めており、技術の根幹は同じです。当時、航空機の離陸時に発生する後方乱気流を観測するライダーの開発を進めておりましたが、JAXAから航空機に搭載して前方の晴天乱気流を観測するライダーを開発したいという話があり、参加したわけです。私どもは地上に設置するライダーを考えていたから、JAXAからの提案がなければ、航空機に搭載するライダーの開発に取り組むことはなかったと思います。

— 航空機搭載用ライダー開発の難しさは、どのあたりにあったのでしょうか。

古田 航空機に搭載するとなると重量や消費電力などに制約が出てきます。さらにプロジェクトとして目指す機能も盛り込んでいかなければなりません。ですから、最初の話が合った時、これは大きなチャレンジになると感じました。

田中 一番のポイントは「高出力化」でした。航空機搭載のためにシステムをコンパクト

にすると、レーザー光の出力に制限が出てくる。その光を強くする高出力用のデバイスを開発しなければならませんでした。

古田 ライダーのレーザー光は、レーザー加工機などのレーザー光とは根本的に違い、単一波長で位相のそろった、いわゆるコヒーレントな波です。使用できる電力に制約がある中で、そのようなレーザー光を十分に増幅できるデバイスの開発は非常に難しいものでした。

## SafeAvioプロジェクトで実用化を目指す

— 開発したライダーを航空機に搭載して実験した結果、高度10kmにおいて9km先の乱気流の検知に成功したのは2013年でした。

古田 これはドップラーライダーにとって画期的な結果でした。上空ではレーザー光の散乱を起こす粒子(エアロゾル)が少なくなります。ですから地上で10km先の乱気流が見えるライダーを上空に持っていても、そこまでは見えないのです。

萩尾 やっとできたという思いでした。ずっと高出力化を進めてきたわけですが、この2013年の飛行試験で技術に確信を持つことができました。私どもが開発していた地上用の気象観測ライダーが実用化されたのもこの頃です。信頼性の高い製品の開発には、やはりそれだけの時間がかかったわけです。現在地上の装置で使っているライダーは、SafeAvioのライダーと同じ出力で、地上では30kmくらい先まで見えます。

— JAXAは次のフェーズとして、航空機に搭載可能な小型軽量のライダーを開発するSafeAvioのプロジェクトをスタートさせました。ここでの課題はどこにあったのでしょうか。

古田 それまではあくまでも実験ということでしたが、SafeAvioが立ち上がることで、プロジェクトを成功させるためのハードウェアという位置付けに変わりました。結果の出る装置を開発しなければなりません。小型軽量化はもちろんですが、やはりさらなる高出力化が一番の課題でした。SafeAvioでは新しい機能として、乱気流の上下方向の動きを検知するため発射するレーザー光を2本にしました。レーザー光を分ける光学部品が中に入ることになるので、その分、損失が起きる。それもカバーしなければいけなかったのです。

萩尾 それまでの通常の研究開発フェーズとSafeAvioプロジェクトフェーズとの大きな違いは、この技術を実用化まで持っているという意図を、JAXAが私ども以上に強く持っていたことだと思います。私どもよりはるかに先を見ていたという感じです。性能は維持もしくは改善するが、小型軽量化、低消費電力化を2013年のものよりさらに進める。私どもは航空機搭載品をいろいろ製作しておりますが、こうした点はとても大変でした。



## SafeAvioプロジェクトについて

2017年1月14日から2月10日までの期間で行ったSafeAvioプロジェクトの飛行実証試験では、航空機搭載型としては世界トップの乱気流検知距離(17.5km)および軽さ(83.7kg)を実現したシステムの開発および実証に成功しました。これは、乗客1人分程度の重量のシステムで約70秒前に乱気流を検知することができ、乗客にシートベルト着用を促す時間的余裕を生み出すことによって負傷者を6割以上減らすことが可能となる技術です。この研究開発成果が米国ボーイング社から高く評価され、エコデモンストレーター・プログラムにおける飛行試験が実施されることになりました。エコデモンストレーター・プログラムによる飛行試験は、大型旅客機への実装の実現に向けた大手機体製造メーカーの評価を得られる貴重な機会です。また本装置に対するエアラインおよび他の機体メーカーにおける意義や価値を高めることによって、標準化団体および航空規制当局への必要性の認識を促し、標準化プロセスを加速することが期待されます。

## エコデモでの飛行実証に期待

— SafeAvioプロジェクトでは2017年1~2月に行った飛行実証試験で、17.5km先の乱気流を観測することに成功しました。この乱気流検知システムを、ボーイング社の機体に搭載し飛行試験する、エコデモンストレーター2018が行われます。どんなお気持ちですか。

田中 JAXAと開発を進めてきた私どものライダーが、民間用の航空機に搭載されて試験が行われることは、私どもにとって非常に大きな意味を持っています。実際に搭載されるとなると、寸法制限もありますし、機体から供給される電力も限りがあります。そうした機体環境の違いがありますし、飛行時の大気の状態もありますから、JAXAで試験していた時とは必ず違いが出てきます。今回のエコデモで第三者の目が入る試験が行われるのは非常に重要だと思います。試験にあたって、私どもは現地で機体に搭載した装置の正常動作確認などでJAXAを支援する予定です。こうした実績は、機体メーカーや航空会社に私どもの技術について話ができるきっかけになります。こういう機会を設けてもらったのは大変ありがたいことで、今後もこのような機会があれば、できる限り対応したいと考えております。

— SafeAvioの成果は、貴社の今後のビジネスにどのような意味を持ちますか。

萩尾 ライダーの技術をいくつかのビジネスの柱にしようという計画を練っているところです。空港での気象観測、風力発電システムでの風況調査、そして将来的に有望なビジネスが航空機搭載の乱気流検知です。今回の技術に関して装備品メーカーへの説明などを、本営業と一緒にスタートしたところです。

澁澤 まだ始めたばかりなのですが、将来の事業化に向けて一歩ずつ進めて行こうとしています。まずは三菱電機としてこう



いったものに取り組んでいますというアピールをするのと同時に、求められる機能や性能を装備品メーカーや機体メーカーなどから聴取していきたいと考えております。

## 今後の事業化にもJAXAの支援は不可欠

— JAXAに対する今後の要望は何ですか。

澁澤 このシステムが最終的に旅客機に搭載されるには、今後、規格化や標準化などいろいろなプロセスがあります。そのための活動も始めましたが、私どもだけでは限界があります。JAXAの支援なくしてはなかなか進まないと考えています。

田中 日本の航空機産業の状況からすると、こうした国際的な規格や法規制をクリアすることは非常に高いハードルになっています。SafeAvioの技術は、世界に優位性を持つ日本の技術だと思いますが、JAXAが持っている知見や国際的なコネクションを使わなければ、このシステムが海外の航空機メーカーに認められる製品にはならないと思います。

萩尾 SafeAvioのライダーがそうであったように、航空機装備品の開発ではスタートから事業化のめどが立つまでに10年以上の長い時間がかかります。そのため、将来ビジネスの柱になることは間違いないと考えていても、自主開発で進めるには限界があり、体力が続かないという面が企業にはあります。今後の新しい装備品の開発を考えた場合、今回のように事業化の手前までくれば、最後は企業がラストスパートで頑張りますので、そこに至るまでは、SafeAvioと同じようにJAXAと二人三脚で研究開発ができればと考えております。





# Kármán line

## 有人宇宙技術部門から見た、HTV搭載小型回収カプセル研究開発への航空技術部門の貢献

JAXAでは、国際宇宙ステーション (ISS) からサンプルを回収するための小型回収カプセルを開発しています。開発を担当する有人宇宙技術部門HTV技術センターの渡邊泰秀主任研究開発員に、航空技術部門との連携を中心に話を聞きました。

Kármán line(カーマン・ライン)とは、地球の大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)

### 有人宇宙技術部門と航空技術部門の連携

「JAXA統合前にも、航空宇宙技術研究所(NAL)と宇宙開発事業団(NASDA)は宇宙往還機「HOPE」の研究開発を共同で行っていました。その時の経験から、今回の小型回収カプセルの開発にあたっては、その前身となるHTV-R(回収機能付加型宇宙ステーション補給機)の研究開始当時に航空技術部門の基礎基盤研究の技術・知見を活かせないかと思ひ、まずは空力的な部分から航空技術部門と一緒に話を進めました」と渡邊主任研究開発員は語ります。

ISSから冷蔵細胞のような壊れやすいサンプルの回収や将来の人の帰還技術を見据えると、高いG(重力加速度)がかからないよう、揚力誘導制御技術を使って揚力飛行させる必要があります。「そのた

め、航空技術部門との連携が必要でした。航空技術部門には、カプセル形状の検討、風洞試験による空力特性の計測、CFD(数値流体力学)での解析の他、大気圏再突入時の熱防護に必要な複合材料の研究開発にも加わってもらいました」(渡邊主任研究開発員)。

大気圏再突入時に熱から搭載品を護る仕組みにはアブレータと呼ばれる材料の開発が重要なのですが、その際には航空技術部門と研究開発部門の三部門の連携の歯車がかみ合い、それぞれの技術、知見が非常に役立っていると実感しました。特に航空技術部門の材料や熱特性の試験装置で取得したデータを基にした複合材料研究から得た知見は、現在使用しているアブレータに活かされ、世界トップレベルの軽量化を図っています。

試験段階においても、有人宇宙技術部

門と航空技術部門は連携しています。北海道大樹町にあるJAXAの実験場では、実験用ヘリコプター(BK117 C-2)を使った小型回収カプセルの高空からの落下試験を海上で行い、パラシュートや回収機能の確認を行いました。

### 実験用航空機を利用した回収も検討中

「ISSからの実験サンプル回収は、現状、ロシアやアメリカに依存しています。しかし実験サンプルを宇宙からより速やかに日本国内の研究者の手に届けるには、日本も独自の回収技術を持つ必要があります。特に細胞サンプルなどは鮮度が重要です。そのために回収システムとして航空機の役割も検討しました」(渡邊主任研究開発員)。

小型回収カプセルは、2018年度に打ち上げる宇宙ステーション補給機「このとりの」7号機(HTV7)に搭載され、大気圏再突入と回収の試験を行う予定です。この回収作業に、JAXAの実験用航空機「飛翔」を利用することを検討しています。「海上に着水したカプセルを船で回収し、近くの島に待機している飛翔で本土まで輸送することができれば、『ISSでのサンプル格納から4日以内に日本に到着』という私たちの目標はスムーズに達成できるでしょう」(渡邊主任研究開発員)。

小型回収カプセルの開発は「航空技術部門と連携して知恵を結集するという研究開発の進め方の一モデル」と渡邊主任研究開発員は語っています。航空技術部門の基礎基盤研究の技術・知見や試験設備は航空分野だけでなく宇宙分野にも使われています。航空技術部門は、宇宙分野との連携で得た知見も活かしながら、研究開発を進めていきます。



小型回収カプセル  
現在開発中の小型回収カプセルの直径は84cm。「このとりの」やISSのハッチを通ることができる。

## 「光の技術を航空宇宙分野で役立てたい」

次世代航空イノベーションハブ  
研究開発員  
橋本 和樹

1991年生まれ。2014年3月東京大学理学部化学科卒業。2016年3月東京大学大学院理学系研究科修士課程修了。2016年宇宙航空研究開発機構入社。大学では光学、特にコヒーレント・ラマン分光法に関する研究に従事。入社後、雪氷滑走路技術に関する研究に従事。



雪氷モニタリングセンサーの図を説明する橋本和樹研究開発員

### 次世代航空イノベーションハブが進める氷雪モニタリングセンサーの研究で、光学系を担当する橋本和樹研究開発員に、JAXAに入社したきっかけや現在取り組んでいる研究に対する思い、今後の目標などについて聞きました。

#### ——現在の研究内容について教えてください。

私が所属している次世代航空イノベーションハブでは、雪や氷、雷といった航空機に影響を及ぼす特殊な気象に対応する気象影響防御技術の研究を行っています。私は気象影響防御技術の中でも、安全に離着陸できるかどうかを素早く判断するために、滑走路上の雪や氷の状態を計測する雪氷モニタリングセンサーの光学センサーの研究をしています。

#### ——JAXAに入社したきっかけは何ですか。

大学ではずっと光学を専攻していましたが、光学関係のメーカーで製品をつくりだすよりも、光学そのものとは別の分野で世の中に貢献できるような研究をする方が自分に合っていると考えていました。そこで、私がやっていた光の研究が、それまで全く関係がなかった航空や宇宙の分野で役立てば良いと思いJAXAを希望しました。

宇宙分野では光技術が使われていると知っていましたが、航空技術部門に配属が決まった時点では、航空分野でどのように光の技術が使われているのか思い付きま

せんでした。配属後、ドップラーライダーや燃焼の研究で使われる分光計測技術など、光の技術が想像していたよりもたくさん使われていて、とても面白く感じています。雪氷モニタリングセンサーも、積雪の状態を把握するためにレーザー光を使っているので、大学で学んだ知識が活かしていると思います。

#### ——雪氷モニタリングセンサーの研究におけるやりがいは何ですか。

雪氷モニタリングセンサーの研究では、さまざまな分野の知識が必要になります。例えば、計測対象となる雪の特性を知らなければなりません。そのためには、雪の専門家に話を聞かなくてはなりません。また計測したデータは機械学習\*にかけていますが、その際に機械学習やソフトウェア工学、情報工学といった異分野の知識も必要になります。大学で行った光の研究では、自分一人だけでも実験装置を作るところから計測するまでの作業ができてしまうのですが、現在は、いろいろな研究者や大学、研究機関と協力して進めています。関わる人が増えるので調整は大変になりますが、それぞれの分野ごとに考え方も違えば習慣も違うので、非常に面白いですね。

#### ——今後、どのような研究をしてみたいですか。

現在は雪氷モニタリングセンサーの研究で手いっぱいですが、光学の知識を活かして航空分野の新しい技術開拓につなげられるような研究についても考えたいと思っています。

また航空分野以外の異分野を研究されている方々と、横のつながり、人脈を広げることができたら良いと思っています。その点では、現在所属している次世代航空イノベーションハブは最適な場所ですね。

#### ——これからJAXAを目指す方々にメッセージをください。

これは私の個人的な印象ですが、JAXA内でも航空技術部門の方々には「研究者」という感じが強いですね。私は研究が好きなので、研究者に囲まれたこの環境が好きです。そして、私もそうですが、航空や宇宙ではない分野を専攻していても大丈夫と伝えたいですね。イノベーションハブのような組織ができて、航空宇宙以外の広い分野の研究でも、きっと役に立つと思うので、ぜひポジティブにとらえてチャレンジしてほしいと思います。

\*膨大なデータをコンピューターで分析・分類・判定することで、データの中から規則や法則、判断基準などを見出すこと。



## Topic 1

### FQUROHプロジェクト、設計通りの低騒音効果を飛行試験で確認

2017年9月13日から10月1日までの期間、石川県にある、のと里山空港において、JAXA実験用航空機「飛翔」を使った「機体騒音低減技術の飛行実証(FQUROH)」プロジェクトの飛行実証試験を行いました。期間中、17回のフライトで222回の騒音計測を行いました。

空港周辺の騒音問題に対し、高揚力装置や降着装置など、エンジン以外の機体から発生する空力騒音、いわゆる機体騒音を減らす技術が求められています。FQUROHプロジェクトは、これまでJAXAが企業と協力して培ってきた低騒音化技術を飛行実証するとともに、航空機の低騒音設計技術を開発することにより、実用的な低騒音化技術の確立を目指しています。

今回の飛行実証試験で適用した低騒音化技術は、2016年に行った試験に適用したものよりも改良、最適化を行ったものです。取得したデータから、計測点直上を通過する瞬間でフラップは3dB、主脚で4dBの騒音低減効果を確認しました。

今後は、飛行実証試験で得られた計測データの詳細分析を引き続き行うとともに、旅客機を用いた飛行実証試験の準備を進める予定です。将来的には、航空機産業へ技術を移転し、より静かな旅客機が実現されるよう研究開発を進めていきたいと考えています。

今回の飛行実証試験にあたり、関係者の皆さまのご協力にあらためて感謝いたします。

FQUROHの詳細は、こちらをご覧ください。

<http://www.aero.jaxa.jp/research/ecat/fquroh/index.html>



のと里山空港にて実施された騒音源計測試験で低空飛行を行う「飛翔」

## Topic 2

### 第2回WEATHER-EYEオープンフォーラムが開催されました

2017年11月10日、東京大学武田ホールにおいて、気象影響防御技術(WEATHER-EYE)コンソーシアムが主催する「第2回WEATHER-EYEオープンフォーラム」が開催されました。2016年に引き続いての開催となる今回は、航空分野に限らずさまざまな業種から204名の方が参加しました。

第一部では、航空機の運用・整備現場での“気象に起因する課題”を中心に議論が進みました。株式会社北海道エアシステム大槻氏から「小型航空機は機体着氷が起りやすい高度を飛ぶため、着氷は深刻な問題。着氷除去の判断は目視なので、小型機用着氷センサーがあると便利」といった講演が、また全日本空輸株式会社津留氏から、特殊気象、特に機体に被雷した場合のダメージについて金属と複合材料の例が紹介され、複合材料の修復技術への期待なども語られました。

第二部では、火山灰、雷、積雪などさまざまな気象への対策研究の進捗状況に関する4件の講演が行われました。地上設備のアンテナ

や風向風力計、また風力発電など航空分野以外でも同様に気象対策が必要な点も議論され、幅広い視点で活動している本コンソーシアムの重要性があらためて確認されました。

当イベントの詳しい様子は、JAXA航空技術部門ウェブサイトにて報告しています。

気象影響防御(WEATHER-EYE)技術についてはこちらをご覧ください。

<http://www.aero.jaxa.jp/research/star/safety/weather-eye/index.html>



WEATHER-EYEオープンフォーラム会場の様子

### アンケートのお願い

JAXA航空技術部門では、JAXA航空マガジン「FLIGHT PATH」ならびにウェブサイトに関するアンケートを行っております。この機会に読者の皆さまが日頃お感じになっているご意見やご要望をお聞かせください。ご協力よろしくお願いたします。

#### ■JAXA航空マガジン「FLIGHT PATH」アンケート

<http://www.aero.jaxa.jp/publication/magazine/>

(PC・スマートフォン対応)

アンケート実施期間:

2017年12月26日(火)15時から2018年2月28日(水)17時まで



#### ■JAXA航空技術部門ウェブサイトアンケート

<http://www.aero.jaxa.jp/publication/questionnaire/index.html>

(PC・スマートフォン対応)

※アンケートは通年実施しております。



※インターネット接続によって発生する通信費は、ご利用された方のご負担となります。

### 表紙画像解説:

大樹町多目的航空公園で行われた、ヘリコプターの後方乱気流を計測する試験の様子。白煙によって乱気流の様子が可視化されている。

