

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

2013
WINTER

No.3

航空本部
www.aero.jaxa.jp

特集

航空安全技術の
研究開発
プログラム

「航空安全技術の 研究開発プログラム(STAR)」 社会で役立つ「安全性」とは何か？

乱気流事故から乗客・乗員を守れ!

乱気流を事前に検知して、飛行機の揺れを軽減するSafeAvio

「氷」から飛行機を守る

着氷検知・防氷技術



今号のテーマは「安全」。航空機の安全、そして我々の社会の安全を向上させる「航空安全技術の研究開発プログラム(STAR)」を紹介します。

表紙画像は国内における旅客機の着陸シーン。

水蒸気が飽和されたなど、特定の気象状況下において、ごく稀に後方乱気流を目視することができます。

後方乱気流だけでなく、乱気流にはさまざまな種類があり、過去10年の国内航空会社の事故のうち50%超が乱気流など気象を原因としており、航空安全技術の重要性はますます高まっています。

CONTENTS

P.3-5

特集 航空安全技術の研究開発プログラム
「航空安全技術の研究開発プログラム(STAR)」
社会で役立つ「安全性」とは何か?

P.6-7

乱気流事故から乗客・乗員を守れ!
乱気流を事前に検知して、飛行機の揺れを軽減するSafeAvio

P.8-9

「氷」から飛行機を守る着氷検知・防氷技術

P.10-11

一人でも多くの命を救うために 岩手県総合防災訓練でD-NETを使用
岩手県総務部総合防災室 會川雅行 防災危機管理監 インタビュー

P.12

さまざまな物体の振動を3次元で調べる多軸振動非接触自動計測システム「MaVES」

P.13

次世代を担う航空人材をいかに育てるか?
第51回飛行機シンポジウム「航空教育支援フォーラム」ディスカッションレポート

P.14

旅客機パイロットから宇宙飛行士へ②大西卓哉宇宙飛行士インタビュー

P.15

マンガ航空技術・用語解説③「乱気流」

P.16

【Flight Path Topics】
・欧日韓人材交流事業「EM-EASED」への参加 ・FEATHER用電動推進系性能確認試験を実施
・能登空港で実験用航空機「飛翔」の騒音源を計測 ・大樹実験場で4発ティルト翼VTOL機の飛行実験を実施

表紙撮影:福富元文

P.3-5



P.6-7



P.8-9



P.10-11



P.12



P.13



P.14



P.15



P.16



Feature 特集 航空安全技術の研究開発プログラム

「航空安全技術の研究開発プログラム(STAR)」 社会で役立つ 「安全性」とは何か?

航空機で最も大切なことは言うまでもなく安全です。しかし、航空の安全という概念は航空機を対象に考えるだけでは十分ではありません。例えば、空港のセキュリティや航空会社の運航管理・整備、そして管制などの地上システムなどを含めた統合的な安全を考えなければなりません。このように航空の安全に関する統合的管理、つまりマネジメントを取り込んだ、これまではない次世代の安全技術の研究開発プログラムが、今年度から本格的に始動したSTARです。STARについて運航システム・安全技術グループの張替正敏グループ長にインタビューをしました。

—まずSTARの概要について教えてください。

航空本部には、「環境」と「安全」に関する研究開発において、その成果を社会に還元するという目的があります。STARは、その一つの柱である航空機の「安全」に関する研究開発プログラムです。

「安全」というと、運航中の事故を減らすための航空機そのものの安全性を高めることを考えますが、STARでは、地上支援も含めた航空システム全体の安全、さらに航空機による社会の安全までを対象としています。

具体的には、運航管理や整備なども含めた安全な技術を作ろうということです。また災害時における航空機を使った支援などの技術もSTARの中に含まれています。

このように、従来よりも広い視点で航空機

の安全を捉えていこうというもので、その結果、社会で研究の成果が活用される場面が増えていくと考えています。

—これまでJAXAでは、安全技術に関してどのような研究をしてきたのでしょうか。

JAXAになって、今年で10年になります。その間、運航と安全に関わる研究をずっとやってきました。

特に運航に関わるものについては、国土交通省でCARATS(Collaborative Actions for Renovation of Air Traffic Systems)という日本の次世代運航システムに関する方針が出ました。JAXAではCARATSと連携して、DREAMSプロジェクトを立ち上げ、研究開発を続けてきました。そして、安全に関して我々の技術を社会に還元できるレベルにまで進んでき

ました。このような状況の下、研究を促進するべくSTARというプログラムを立ち上げたのです。

—STARという名前には、どのような意味がこめられているのでしょうか?

Safety Technology for Aviation and Disaster-Relief Programの略で、日本語で言うと、航空に関する安全技術と減災です。「アビエーションの安全技術」という言葉が入っています。これは、先ほども言いましたが、航空機(エアクラフト)のみの安全ではなく、航空システム全体の安全で、空港や航空会社などの地上システムを含めた安全を考えているということです。また減災については、航空機を使った社会の安全の確保に我々の技術を活用することにも力を入れていくということです。



Feature 特集 ▶▶ 航空安全技術の研究開発プログラム

— 減災への取り組みは、東日本大震災が一つのきっかけだったのですか。

JAXAで本格的に研究開発を始めたのは2004年の新潟県中越沖地震がきっかけでした。山間地に多くの航空機が集結し、飛行する航空機同士の安全間隔の維持や航空機への指揮統制などの課題がたくさん出てきました。そこで、これを解決するための技術開発を始めたのです。

そして、この研究開発の途上で、2011年に東日本大震災が起きました。やはりこれは重要な技術だということで、DREAMSプロジェクトにおけるD-NET(災害救援航空機情報共有ネットワーク)として大きく進化させていくことになりました。

— DREAMSプロジェクトがスタートして2年

以上経ちますが、進捗状況はいかがですか？

2003年に国際民間航空機関(ICAO)で「グローバルATM運用概念」というビジョンが発表されました。2025年には世界の航空機運航数が現在の2倍以上になるだろうという予測のもとに、それに対応する運航システム実現のため、米国はNextGen(The Next Generation air Transportation System)、ヨーロッパはSESAR(Single European Sky ATM Research)、日本の国土交通省はCARATSプログラムを始めました。

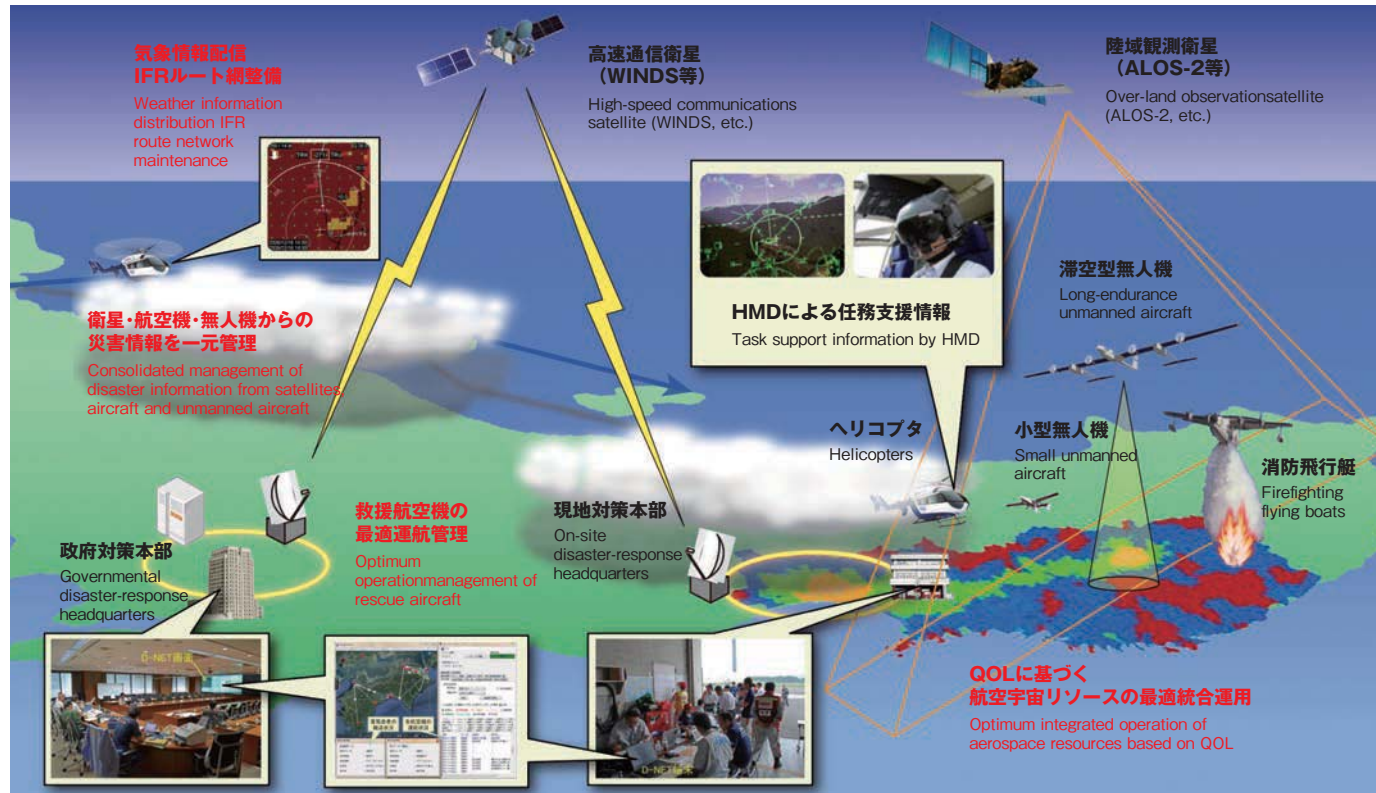
DREAMSプロジェクトは2011年から正式にスタートし、現在は実証試験のフェーズに入っています。

主要な成果の一つが「低層風擾乱計測アドバイザーシステムLOTAS(Low-level Turbulence Advisory System)」です。これ

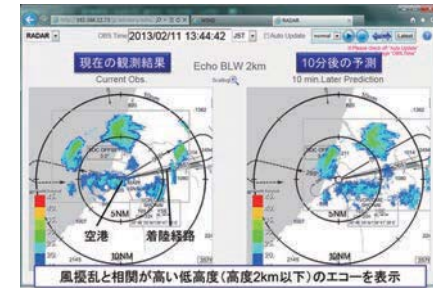
は空港への着陸進入時、今から進入開始すれば着陸できるか、それとも着陸を中止しやり直し(ゴーアラウンド)になる可能性が高いかといった情報を、空港の運航管理者に伝える技術です。これが実現すれば、出発地への引き返しや上空での待ち時間に伴う燃料の無駄を減らすことができます。

2013年2月に庄内空港で実施した実証試験の結果、LOTASは非常に完成度の高いシステムであることが確認されました。そこで、2014年3月には、気象庁・全日空・日本航空・JAXAが協力して、成田空港で実用化を視野に入れた試験を行う予定です。

他に先ほど述べたD-NETも大きな成果です。2012年10月の緊急消防援助隊近畿ブロック合同訓練や今年の愛知県総合防災訓練・広域医療搬送訓練、岩手県の総合防災訓練で使っていただき、実証実験を行いました。



「災害救援航空機統合運用システム」は、有人航空機、無人航空機と衛星の統合的な運用による災害情報の収集・共有化と最適な運用計画立案、任務遂行支援の3つの機能を持っています。QOL (Quality of Life)の指標を用いて、地域毎の救援活動の進捗が格差なく最適に実施されるようにコントロールされます。



LOTASレーダー画面

た。(岩手県の総合防災訓練におけるD-NETの活用については、本誌10-11ページの記事をご覧ください)

D-NETは、航空機と災害対策本部で情報共有を行い、航空機へ最適な任務の割り当てを行うことを可能にするものです。東日本大震災でも、音声の無線通信が山岳地に遮られたり、多数の機体が集中して給油待ちや任務の割り当て待ちなどがありました。D-NETによりこれらの改善が期待できます。現在、総務省消防庁でD-NET規格の採用が決まっており、これにより全国の消防防災ヘリコプターにD-NETの機材が搭載していくことになるでしょう。

— D-NETで、日本の減災力がますます高まるというわけですね。

さらに次のD-NET2(災害救援航空機統合運用システム)の検討も始まっています。D-NETは主に航空機の情報共有でしたが、これに対してD-NET2では、人工衛星や無人航空機も加えてさまざまな情報を活用します。例えばJAXAが開発した地球観測衛星が宇宙から観測した災害地の画像を、D-NET2によって、航空機や災害対策本部で情報共有することができるようになり、より最適な災害救援活動が可能になるでしょう。

— 乱気流検知システムの研究をこれまでもやってきましたが、今年度から乱気流事故防

止機体技術の実証(SafeAvio)がスタートしました。

SafeAvioは、乱気流検知だけではなく成果として乱気流事故防止を目指すシステムです。これまでの乱気流検知システムを発展させ、さらに自動操縦の技術を組み合わせることで、乱気流による機体の揺れの大きさを2分の1にして、事故を起こさないようにしようというものです。揺れの大きさが2分の1になると、怪我をする人はほとんど出なくなります。(SafeAvioについては本誌6-7ページの記事をご覧ください)

— 機体の安全性向上という点では、どのような研究をしていますか？

地上における整備においても安全性を高めていくためにスタートしたのが、機体安全性マネジメント技術の研究です。

航空機は一定間隔で法定整備を行わなければならない。また、鳥衝突や落雷、強い衝撃を伴う着陸などの突発的なトラブルの際も至急、整備をしなければなりません。こういった損傷を飛行中に受けた場合、着陸した後、次に飛べるのかどうかの判断が難しい。そのため、安全を見越して飛行中止にすることが多く、その結果、就航率が落ちてしまいます。この判断を支援する機体安全性マネジメント技術を確認するのが本研究の目的です。またこれらの損傷や機体にかかる荷重の履歴を管理することで、あまり荷重がかかっていない機体は点検期間を延ばすという柔軟な整備も将来

は可能になるでしょう。

— これまでの運航・安全技術の研究と、今年度からスタートしたSTARとの違いは何でしょうか？

今年4月に航空本部が発足し、この10月にJAXAは「Explore to Realize」という新しいコーポレートスローガンを作りました。これは、社会における価値を創造する、という意味です。これを我々は実行していこうとしています。

これまで社会に貢献するために研究開発してきましたが、研究開発の具体的な目標はどのくらいの性能を目指すという技術的なものでした。例えばD-NETでは無駄な時間をどのくらい削減するとか、乱気流検知システムでは何km先の乱気流を検知するという目標でした。

STARにおいては、SafeAvioでは事故発生率の削減、D-NET2では救命率の向上と、より社会における価値を意識した目標を掲げることで、目に見えるような形で、社会に成果を還元していきたいと考えています。



運航システム・安全技術グループ長 張替 正敏

乱気流事故から乗客・乗員を守れ! 乱気流を事前に検知して、 飛行機の揺れを軽減するSafeAvio



SafeAvioプロジェクトチームリーダー 町田茂

旅客機に乗るとシートベルト着用サインが表示され、機体が大きく揺れることが良くあります。時には乱気流によって乗客が負傷するなど事故につながることもあります。国内の旅客機事故のうち約50%は乱気流など気象によるものと言われており、この乱気流事故を減らすことは、飛行機の安全にとって重要なテーマです。JAXAでは、乱気流事故を減らすことを目的とした「乱気流事故防止機体技術の実証」(SafeAvio)の研究開発を行っています。乱気流事故を防ぐ技術とは、どのようなものでしょう。

乱気流とは何か

乱気流とは、大気中の気流の乱れている場所のことです。乱気流は、大気現象によっておこる乱気流と、建物や地形などによって物理的に起こる乱気流に大別できます。

前者には、積乱雲など対流雲の内部で起こるもの、高度10km以上の高空にあるジェット気流の近くで起こるもの、積乱雲から吹き出す強い下降気流によるダウンバースト、雲を伴わない晴天乱気流(Clear-Air Turbulence)などがあります。

後者には、山岳の風下側でできる山岳波、地形の起伏や建物などによって起こる低層風擾乱、それと飛行機の後方にできる後方乱気流などがあります。

飛行機が乱気流に巻き込まれないよう、パイロットは離陸前に気象情報を確認し、乱気流のありそうな空域を事前に予測しておき、その空域は避けて飛行します。また、飛行中も機体に搭載されている気象レーダーで雲の位置を常に確認しながら飛行しています。

気象レーダーは、電波を発射して水滴に当たって跳ね返ってくる反射波を受信しています。そのため、水滴の塊である雲のある場所は検知できますが、水滴を伴わない晴天乱気流を検知することはできません。乱気流のうち最もパイロットを悩ませているのが晴天乱気流で

す。こればかりは天気図の解析だけでは確実に予測することができないのです。

JAXAは、この見えない乱気流を検知する技術開発を1990年代から行ってきました。

JAXAが開発してきた 乱気流検知技術

見えない乱気流をどのようにして検知するのでしょうか。空気中には雲のように水滴が無いところでも、エアロゾルという直径0.3~数マイクロメートル程度の小さな塵の微粒子が浮かんではいます。飛行機の進行方向に向かってレーザー光を発射し、塵に当たって反射した光を受信して塵の動きを調べて乱気流を検知するのが、この技術の原理です。

この装置は、ドップラーライダー(LIDAR、Light Detection and Ranging)というもので、発射したレーザー光の波長と受信光の波長の差を測定し、ドップラー効果(遠ざかる波の波長は長くなり、近づく波の波長は短くなる)によって粒子の動きを測定します。

ドップラーライダーは、これまでJAXAの実験用航空機「MuPAL-a」や小型ジェット機(ガルフストリームII)に搭載して実証試験を繰り返

飛行実験中の乱気流検知システム



レーザー光受信窓

し、約10kmの高高度で9km先の晴天乱気流を検知できることが確認されています。NASAやEADS社も航空機に搭載して実験していますが、JAXAに比べて非常に大きくて重く、小型化には成功していません。この分野ではJAXAが世界のトップを走っています。

9km先と言っても旅客機の巡航速度で30秒から40秒の距離ですから、パイロットにできることはシートベルト着用サインを出すくらいのことです。さらに先の乱気流を検知するためには、より強力なレーザー光を発射できる装置が必要になりますが、装置が大型化し重くなってしまうと航空機への搭載が困難になってしまいます。

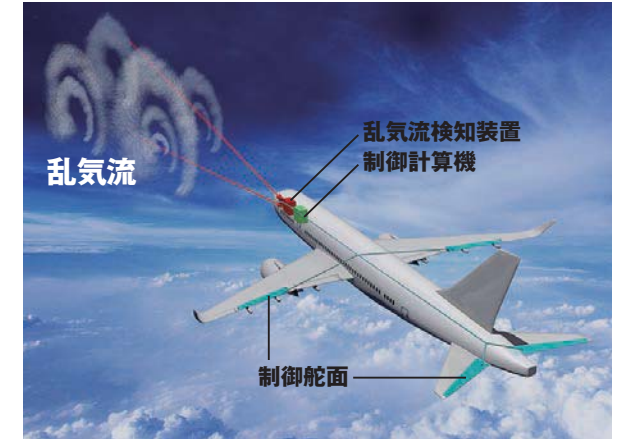
そこでJAXAは、機体前方の乱気流を検知し、自動的に機体の揺れを抑えて、航空機事故の半減を目指す技術を開発することにしまし

た。それが「乱気流事故防止機体技術」(SafeAvio)です。このシステムの特長は、単にパイロットに乱気流があることを警告するだけでなく、自動制御で舵を動かして機体の揺れを事故が起きない程度に軽減するところです。

現在、大半の旅客機はフライト・コンピューターを介して電気信号で舵を動かすフライ・バイ・ワイヤーで飛行していますから、フライト・コンピューターのソフトを入れ替えることにより対応させることができます。将来的に、小型軽量で応答性の高いアクチュエーターを新たに開発し、揺れを軽減するための最適な位置に複数配置して、舵面をきめ細かにコントロールして、揺れを効率的に軽減する技術の開発を計画しています。

機体の上下の揺れを軽減するよう舵を動かすためには、乱気流の上下の動きが分か

る必要があります。そのため乱気流検知システムについてはレーザー光を少し斜めに2本傾けて発射します。装置が大きくなる分さらなる小型化・軽量化も重要です。4、5年後には、JAXAの実験用航空機「MuPAL-a」に搭載できるくらいに小型化して、舵面制御を含めた飛行実証を行い、10年後くらいには旅客機に搭載できるような大きさを目指しています。また、アメリカのボーイング社とは数年前から乱気流検知システムの共同研究を行っているので、今後ボーイングの機体を使わせてもらった飛行試験も検討しています。



乱気流
乱気流検知装置
制御計算機
制御舵面

ム」(LOTAS)を開発しています。SafeAvioでもこの技術も生かし、より安全に航空機が運航できるようパイロットへ乱気流の情報を伝えることができるでしょう。

低高度の乱気流は警報を出す

乱気流には、ダウンバーストや低層風擾乱のように低高度でおこる乱気流もあります。これらは、着陸進入のときに問題となります。強いダウンバーストがあって、安全な着陸ができないとパイロットが判断したときは着陸のやり直し(ゴーアラウンド)を行います。安全のためにゴーアラウンドするのはやむを得ないものですが、一方でその分燃料と時間の無駄にもなります。

ドップラーライダーは、エアロゾルの多い低高度ではより遠くの乱気流を検知することができます。着陸進入時に前方の乱気流を検知して40秒ほど前にパイロットに警報を出すことで、パイロットは着陸するかゴーアラウンドするかの判断をすることができます。

SafeAvioより前に研究開発がスタートしたDREAMSプロジェクトでは、空港に設置されているドップラーライダーや気象データを使って空港周辺の気象を予測し、航空機が着陸進入可能かを空港の運航管理者に伝える「低層風擾乱計測アドバイサリシステム

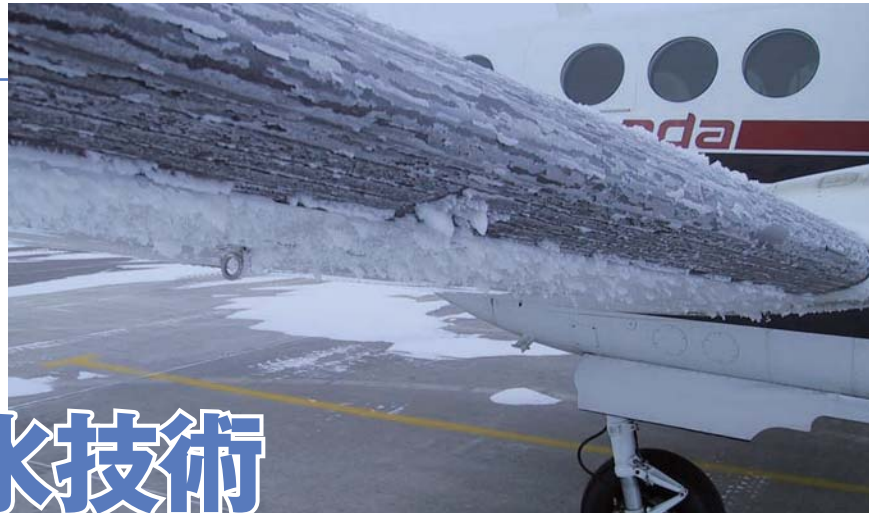
信号処理装置 Signal processor
冷却装置 Chiller
終段励起光発生装置 WGA driver
光送受信装置 Optical transceiver
光アンテナ Optical antenna
初段励起光発生装置 1st amplifier driver
電源装置 Power supply

性能・仕様 Performance/specifications		
パルスエネルギー Pulse energy		1925μJ
出力レート Output rate		1~10Hz
光学有効径 Optical effective diameter		150mm
消費電力 Power consumption		1930W
重量 Weight		148kg



運航システム・安全技術研究グループ
アソシエイトフェロー
井之口浜木

氷から 飛行機を守る 着氷検知・防水技術



航空機に氷が付着する「着氷」は、乱気流と並び航空機の安全に大きな影響を与える自然現象です。

着氷を避けるため、航空機には防水・除氷の仕組みが備えられています。

JAXAでは現在全く新しい着氷防止技術や着氷検知技術の開発が進められています。

それはどういった技術なのでしょう。そして、どのような利便をもたらしてくれるのでしょうか。

飛行機の大敵「氷」

飛行機の翼・胴体・エンジンなどに氷が付着することを着氷と呼びます。空気中の水分量が多く気温が低いところで起こりやすく、特に上空では気温が -40°C 以下になることもあり、水蒸気の多い空域(主に雲中)では着氷が発生する可能性が高くなります。通常自然環境では、水は 0°C で氷になると言われていますが、実際は、 0°C 以下の温度になってもすぐには氷になりません。雲の中では 0°C 以下になっても凍らない状態の水があり、これは過冷却水と呼ばれます。この過冷却水は、物理的な刺激が加わると一瞬のうちに 0°C の温度になり氷になる性質があります。ですから、飛行機が過冷却の水が漂う雲の中に突入すると、その衝撃で一気に機体表面に着氷してしまいます。特に衝撃が加わりやすい翼の前縁部分や機首部分の他、プロペラ・ジェットエンジンの空気取り入れ口・ファンブレード・補助翼など動翼のヒンジ部分、また車輪などが、着氷が起こりやすい部分です。

翼に着氷すると翼面上の空気の流れが変わり、揚力が減少したり抗力が増加したりします。実験によれば、主翼前縁にたった1.3cmの厚さの氷が着いただけで、揚力が50パーセント減少し、抗力は50パーセント増大するとされています。

また、プロペラ機ではプロペラに着氷すると推進効率が低下したり異常振動が起こったりする場合があります。ジェット機ではジェットエンジンの空気取り入れ口の着氷がエンジン内部に入り込んでタービンを損傷する場合もあり非常に危険です。加えて対気速度や気圧を測るピトー管に着氷すると正確に



着氷した飛行機の翼

計測ができなくなったり、コックピット前面の風防ガラスが着氷すると前が見えなくなったりするなど、さまざまな影響があります。

このように着氷が航空機の安全運航に影響を与えないよう、航空機には、防水・除氷装置が搭載されています。防水装置(anti-icing system)は着氷しないようにする装置、除氷装置(de-icing system)は着いた氷を取り除く装置のことです。

現在飛行しているジェット旅客機は、ジェットエンジンの排気から導き出した高温の空気(ブリードエア)や電熱ヒーターで着氷しやすい部分を暖める方法が取られています。また、小型のプロペラ機では、翼前縁にゴムの覆い(ブーツ)を取り付け、そこに高圧の圧縮空気を吹き込んで着いた氷を機械的に除去しています。

しかし、ブリードエアや電力を使うと、エンジンが発生させたエネルギーを余分に使うこととなります。ブリードエアは空気を送り込む配管が必要のため、構造が複雑になってメンテナンス性が落ち、重量も増加してしまいます。

新しい着氷防止技術

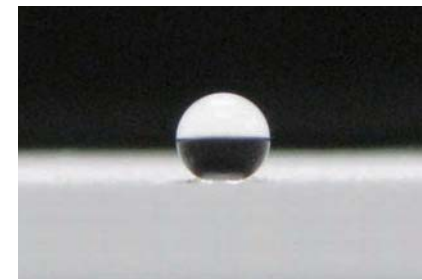
北国の空港で降雪時、待機中の飛行機に何かの液体をかけているのを見たことはないでしょうか。この液体は、機体に雪や氷が着きにくくするためのものでグリコールに水と増粘剤を混ぜたものです。増粘剤は疎水性を高め、機体に着いた水滴を流れ落ちやすくします。このように化学物質が持つ疎水性または親水性を利用した、氷を追い払う着氷防止技術の研究が進んでいます。

疎水性というのは、化学物質の分子が水の分子と結合しにくい性質のことであり、親水性というのは逆に水の分子と結合しやすいことを言います。疎水性の強い物質の上に水滴を置くと、表面張力で球のようになります。蓮の葉や里芋の葉の上の露が球状になって葉の上をコロコロと滑る様子を見たことがあると思いますが、これは葉の表面の細かな構造によって水を弾く働きをしているからです。

このように水を弾く性質を撥水性と呼び、中でも面に対する水滴の接触角が 150° 度以上の場合を超撥水性とします。接触角 0° 度は、面の上が一様に水で濡れている状態。接触角 180° 度なら完全に球状になっている状態です。

撥水は、すでに車のフロントガラスの雨滴除去剤や競泳用水着などで広く使われています。撥水コートをした物質に接した水滴は、球のようになって弾き飛ばされてしまうので、車のフロントガラスであれば水滴が留まることなく、水着であれば抵抗が小さくなり速く泳ぐことができます。

JAXA航空本部では、3年ほど前から超撥水コートを利用した防水コーティングの研究を始め、航空機用を想定した撥水コート剤(JAXAコート)を作り上げました。まだいくつもの課題があるため、現在はそれを一つずつぶして、実用化が可能か検証している段階です。この撥水コートは、衝突した過冷却水が



撥水コートした材料の水 droplet

翼の前面に塗った撥水コートのマイクロスケールのすき間に捉えられてしまうと、凍ってしまうという問題があります。この問題を解決するために、その部分のコーティングの種類を変えたり、塗装場所を工夫したり、また水の状態であれば超撥水の性能が生きたため、ヒーターで凍らないようにわずかに暖めたり、凍らないように振動を与える方式も検討中です。

防水技術は、航空機だけでなく、電線への着氷・着雪が問題になる電力業界や、建設・土木や船舶など、幅広い分野で研究されています。また、神奈川工科大学などでは着氷風洞を保有しており着氷の研究が進められています。JAXAはこれらの大学・産業界が参加する着氷研究会を主催し、情報交換を行うとともに連携して研究を進めています。

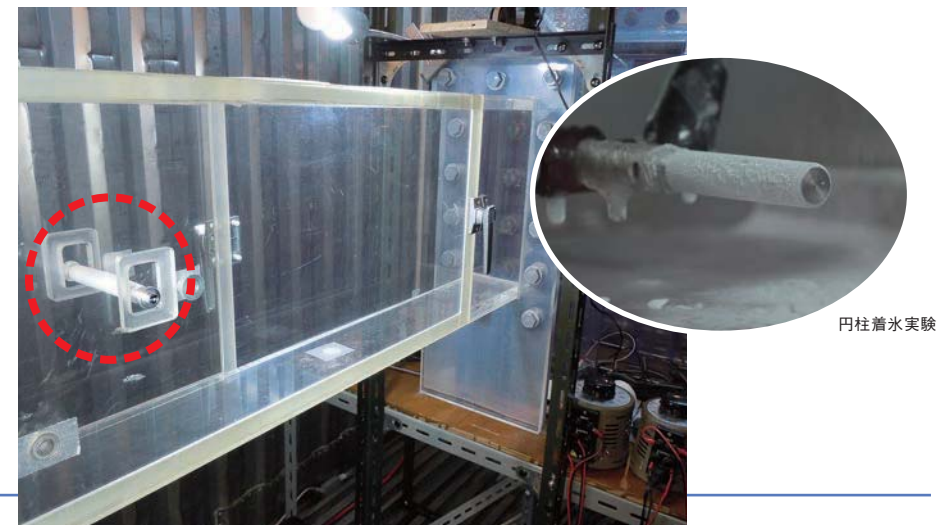
また、革新的防除氷技術について日本とヨーロッパとの共同研究プロジェクト(FP7 Call5 JEDI-ACEプログラム)も昨年11月

から始まっています。日本からは富士重工、神奈川工科大学、JAXAが、ヨーロッパからはフラウンホーファー研究所(ドイツ)、ダッソー社(フランス)やスペインの大学連合が参加しています。

超撥水コートは、耐久性などでまだまだクリアしなければならない課題が多いのですが、これが実現すれば、飛行機に塗るだけで防水が可能になるので、安全はもちろんのこと、飛行機の軽量化につながり、低燃費・環境負荷低減にもつながっていきます。

機体の着氷を検知する

航空機の着氷を防ぐには、超撥水コートによる防水技術が非常に有望ですが、環境によってはコーティングの能力が十分に発揮できなくなる可能性が考えられます。そこで、着氷状況を判別できる技術も重要となります。水と氷では赤外線吸収率が異なることを利用して、例えば翼の一部から赤外線を照射し、センサーでその光を受け、翼表面にあるものが水なのか氷なのか、さらには着氷の量がどのくらいかを判別する着氷センサーを研究しています。着氷の状況が分かれば、安全に離陸可能かどうかをリアルタイムに判断できますし、パイロットが状況を常に把握することで運航の安全性がより高まります。



円柱着氷実験

神奈川工科大学の着氷風洞

一人でも多くの命を救うために 岩手県総合防災訓練で D-NETを使用

岩手県総務部総合防災室
會川雅行 防災危機管理監 インタビュー



大規模な災害が起こると、全国から多数のヘリコプターなど多数の航空機が被災地に集結し、災害救援活動を行います。JAXAが開発している「災害救援航空機情報共有ネットワーク」(D-NET)は、集まった航空機と地上の災害対策本部との間で機体の状態や運航情報や任務情報などをリアルタイムで共有し、安全かつ、より効率的な災害救援活動を行えるようにするシステムです。D-NETによって、より多くの人命が助かるようになるかもしれません。

D-NETは、これまでも神戸市消防局の消防防災ヘリコプターや岐阜のドクターヘリで実際に評価運用していただいたり、防災訓練に参加して評価試験を行ってきました。また、今年9月1日に行われた「岩手県総合防災訓練」でも評価試験を行いました。実際の防災訓練の現場でD-NETをどのように運用したのか？ また、現場の本当のニーズは何か？ 今回防災訓練でD-NETを運用していただいた岩手県総務部総合防災室 會川雅行 防災危機管理監にインタビューしました。

—岩手県総合防災訓練は、どのような想定で行われたのでしょうか？

2013年9月1日午前9時頃、三陸沖を震源とするマグニチュード8.7の地震が発生、岩手県内で震度6弱の揺れがあり、30分後に約8mの津波が久慈港へ到達するという想定です。

訓練参加者は約1万名、そのうち県などの関係機関の人が約1000名、住民の参加は

約9000名で、参加率は14パーセントにもなり、東日本大震災を経験した県民の防災への関心の高さが分かります。

参加した航空機は、県から防災ヘリコプターとドクターヘリの2機、自衛隊から4機、海上保安庁から1機の合計7機です。当日はやませが吹いて天候が悪かったため、飛行したのは消防防災ヘリコプターのみとなりました。

訓練では被害の状況を把握するために

D-NETを搭載した防災ヘリが上空から偵察を行い、収集した情報をD-NETによって各市町村の災害対策本部に伝達しました。ヘリコプターの運航管理を行う運用調整所は、久慈市の久



D-NET運航管理システム画面

慈防災センターとし、そこにもD-NETの端末を配備しました。

—実際にDNETを運用してみて、いかがでしたか？

訓練ではD-NETの情報伝送機能を使用し、県の防災ヘリコプターが上空から偵察し

た災害情報を各市町村の災害対策本部に送り、情報の共有を行いました。市町村は上空からの情報収集手段を持っていないので、たいへん役立ちました。

また、津波の浸水状況は地上から全体像が見えないので上空からの情報は非常に貴重です。

今回はJAXAの方が、端末からの情報を各市町村の災害対策本部に通報し支援していただきました。

—D-NETは、GPSの位置情報を提供しますから、場所がすぐに特定できますね。

位置情報は災害救助活動にとって非常に重要な情報です。東日本大震災においてヘリコプターで探索するとき100mくらい位置が違っていると、上空から被害者を探し出すのにかなり時間がかかりました。10mにできれば発見までの時間が短縮され救命率はかなり上がります。

しかし一つ問題があります。災害現場の家や橋の位置を伝えるのに緯度・経度ではわかりにくい場合があります。

私たちは紙の地図で救助計画を立てます。対応場所の位置を一目で知るには、パソコンのモニターではなく、紙の地図の方が良い場合もあります。そのため、今回の訓練においては紙の地図で使っているUTM座標(ユニバーサル横メルカトル図法)を使いたいということで、位置情報がUTM座標で表示される機能を付けていただきました。

—D-NETは、具体的にどのように運用されたのでしょうか？

例えばヘリコプターからD-NETを使って土砂崩れがある場所を隊員が端末上で示し、情報として地上に送ると、その場所が地上の対策本部のモニターに表示されます。このような情報を各市町村で共有し、具体的な対策を立てるということをやりました。またそれらの情

報をもとに「ヘリ何号機は、どこへ救助に行ってください」というヘリの運用も行います。

—東日本大震災のように災害のエリアが広すぎて要救難者が多い場合、どのように優先順位を決めるのでしょうか？

優先順位は被害箇所が数件の場合は人間が判断できますが、何十箇所もある場合は順番にやっていくしかありませんでした。D-NETがあれば「どのエリアには安全のため何機以上は入るな」といった指示ができます。

それから今回は文字情報のみの共有でしたが、いずれD-NETを拡張してヘリコプターに搭載されている映像システムと連携できるようにすれば、例えば、ビルの屋上に取り残されている人をヘリコプターが発見し、地図上の位置情報と映像を同時に得られるようになると、もっとメリットがあるでしょう。

映像以外にも、さまざまなデータがD-NETと連携して情報共有できたら良いと思います。例えばヘリコプターからSCU(広域搬送拠点臨時医療施設)や地上で待機している救急車へ傷病者の心電図などの医療情報を送ることができれば、搬送されてくる患者の数や容体に合った適切な受け入れ準備が可能になります。

また、タブレット型端末だけで機能するといったように、もっと可搬性を高めて簡単にヘリコプターに持ち込めるようになれば、規模の大きな災害になって救援機数が増えたときにも効果が発揮されると思います。

—来年はどのような訓練を予定しているのですか？

来年8月末頃、八幡平市などで火山噴火への対処訓練をする予定になっています。岩手山は1999

年頃には活動が活発化していましたので備えが必要です。火山の場合も、津波と同じように一市町村単位ではなく広域避難になりますから、このような訓練が欠かせません。また有珠山の噴火の時もそうでしたが、航空機からの情報は非常に大切ですし、人工衛星からの画像も重要だと思います。

—人工衛星など上空からの情報は、災害救助において非常に重要なのですか？

今回の訓練でも、JAXAから津波の浸水状況が分かる衛星写真が手に入ったという設定で衛星写真を配布しました。市町村の対策本部は衛星写真を見て、津波による浸水状況を地図に書き込み、事後の対応を考えていきました。

—JAXAとD-NETへの期待をお聞かせください。

D-NETがどれくらい現場で使えるかは、これからだと思います。技術によって良いものが出ていくのだと思いますが、実際に使うユーザーのニーズをしっかりと汲み上げていただきたいと思います。

研究者の方はレベルの高いものを目指しておられると思いますが、現場のユーザーが必要としているもの、扱いやすいものを作っていただけたらと思います。

それと、このような災害対応のシステムは、自衛隊や消防など組織の違いを乗り越え、規格を統一して行って、防災関係機関がより広く情報共有できるようになっていただきたいと思います。



JAXA衛星画像とD-NET



災害対策本部内(ヘリ運用調整所)

さまざまな物体の振動を3次元で調べる多軸振動非接触自動計測システム「MaVES」

航空機・宇宙機は、構造のいかなる部分もフラッターを起こさないように設計しなければなりません。そのための強力なツールとしてJAXAが開発したのが多軸振動非接触自動計測システム (MaVES) です。MaVESとは、どのような装置で、どのように活用されているのでしょうか。



フラッターとは、空気の流れによって物体に発生する自励振動現象のことです。旗が風を受けてはためいているのが、まさにフラッターです。このフラッターは飛行機の主翼などにも発生する可能性があり、振動特性によっては、次第に振幅が増幅して、最後には翼が破壊することも考えられます。大気中を上昇していくロケットの開発においても、ロケットの外板などのフラッター特性の把握は重要な課題です。

今実際に飛んでいる航空機・宇宙機はフラッターが起こらないように設計してありますが、この設計の段階で力を発揮するのが、MaVES (Multi-axis Vibration Evaluating System) です。

MaVESは、レーザー光を利用して物体の振動を3次元で測定できる装置で、試験材料に振動を加えて、その物体がどのように振動するかを分析するものです。飛行機が静止している(気流のな

い)状態では振動させて、どのように振動するかを高精度で計測してその物体に固有な振動特性を分析することは、飛行中の振動特性について推定するために必要不可欠です。

このシステムは、6軸で動く産業用ロボットとロボットアームの先端に搭載した3基のレーザーセンサー、これらのコントローラーとセンサーから振動データを受け取って処理する統合ソフトウェアや振動特性の解析を行うモーダル解析ソフトウェアから構成されています。

レーザーセンサーによりレーザーを物体に照射しその反射光を計測することで、物体の振動速度を計測することが可能になります。1つのレーザーセンサーで1方向の振動を計測できるので、3基のレーザーセンサーにより振動を3次元で捕らえることができます。従来の加速度計に代表される振動センサーのように物体に直接装置を取り付けるものと違い、レーザー光を利用することで、物体に触れずに振動特性に影響を与えることなく計測できます。またレーザーセンサーをロボットに搭載することで、あらゆる位置にレーザーセンサーを移動させることができ、物体の任意の場所にレーザー光を照射することができます。つまり物体全体の振動特性を計測できるようになります。

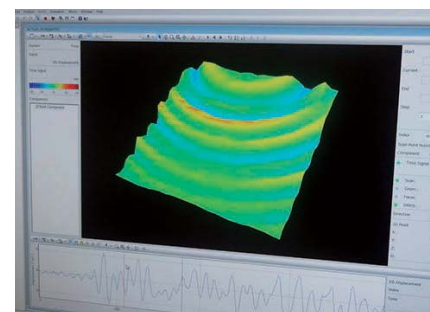
さらにレーザーセンサーにはCCDカメラが搭載されており、CCDカメラによって得られた映像をパソコンモニターで見ながら、測定箇所を迅速に設定することもできます。そして、一旦設定してしまえば、あとはロボットと連携して自動的に計測が可能となります。

このようにして取得した振動データは、統合ソフトウェアによって解析され、アニメーションによってその振動の様子をグラフィカルに表示することができます。さらに、モーダル解析ソフトでは、供試

体試験材料の振動を固有モードという基本的な振動に分解し、周波数・減衰率・振動形状の特性を詳しく解析することができます。

計測できる振動の周波数は、最大5.12MHzまで。飛行機のフラッターは100Hzよりも低い周波数領域であることが多く十分に余裕のある性能です。計測可能な空間分解能は1mm以下で、十分に細かく計測が可能です。

振動計測はフラッター特性の把握に必要ですが、振動計測技術は他にもさまざまな適用先があります。振動の伝わり方の違いを見ることで、どのような損傷があるかの判断も可能となるため、非破壊検査へも応用も期待できます。他にも家電製品において振動は、騒音や使い心地にも影響する重要な課題で、精度の高い振動計測が必要になります。実際に宇宙航空分野以外から計測の依頼もあるほど、産業の幅広い分野で応用できるシステムです。構造技術研究グループ構造機能性セクションの神田淳一氏は、「振動計測技術をもっといろいろな場面で利用してもらえようMaVESの使い勝手を良くし、また加振も非接触で行う研究開発を進めることで、より精度の高い振動データが得られるようになっていきたい。」とMaVESの今後の目標を語りました。



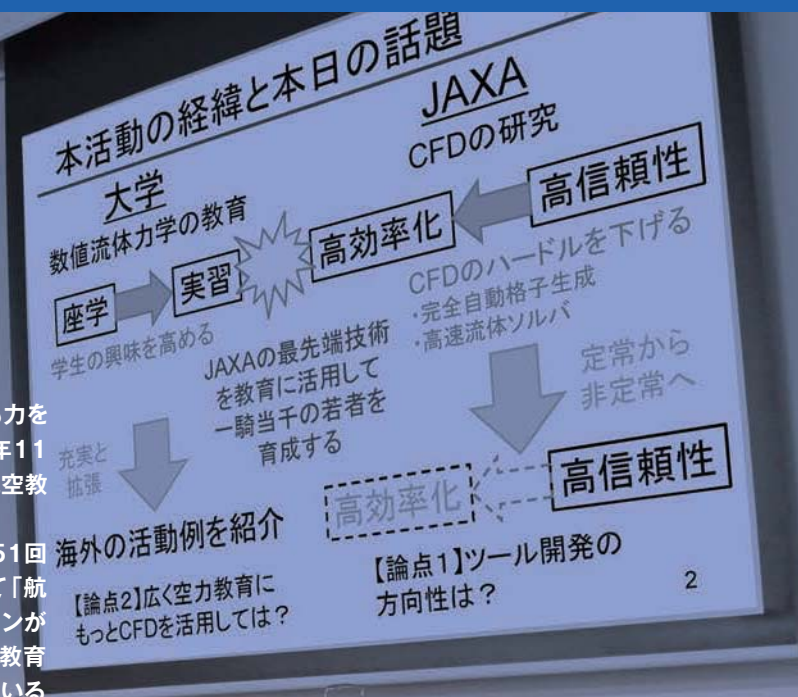
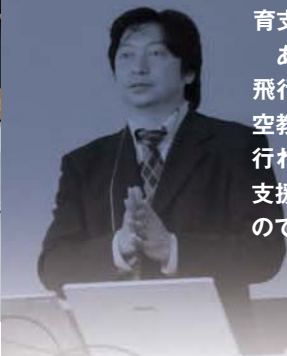
ソフトウェアによるグラフィック解析

次世代を担う航空人材をいかに育てるか？

第51回 飛行機シンポジウム 「航空教育支援フォーラム」 ディスカッションレポート

JAXAは次世代を担う航空人材の支援にも力をいれています。その取り組みの一つとして、昨年11月、日本航空宇宙学会とJAXAが協力して「航空教育支援フォーラム」を発足させました。

あれから1年。香川県高松市で開催された第51回飛行機シンポジウムにおいて、特別企画として「航空教育支援フォーラム」についてディスカッションが行われました。航空人材を育成するため、航空教育支援フォーラムそしてJAXAに何が期待されているのでしょうか？そして何ができるのでしょうか？



将来の我が国の航空産業の国際競争力強化のため、次世代を担う航空人材の育成はメーカー、大学、学会、そしてJAXAにとって重要な課題です。JAXAはこれまでも、大学への講師派遣、学生の受け入れなど、大学とは異なる研究レベルの視点での教育、最先端の技術に接する機会の提供に努めてきましたが、より一層、航空人材育成に貢献するための取り組みの一つとして、昨年11月に開催された第50回飛行機シンポジウムにおいて日本航空宇宙学会とJAXAが協力して「航空教育支援フォーラム」を発足させました。フォーラムでは、理論・知見を裏付けるための実践的教育の推進、グローバルな人材の育成、教育活動／人材育成を通じた産業・大学・公的研究機関連携の強化を目指しており、これまで日本航空宇宙学会主催のシンポジウムに設けられた航空教育支援フォーラムのセッションにおいて議論を重ねてきました。

2013年11月20～22日に香川県高松市で開催された第51回飛行機シンポジウムのセッションでは、大学関係者や航空機メーカーの技術者、JAXAの研究者など30人ほどが参加し、JAXAの教育支援ツールを中心としたディスカッションが行われました。

JAXAでは、流体现象をコンピューターを使って数値的に解析する技術(CFD)の研究成果を、大学での教育のツールとして利用してもらおうと取り組んでいます。CFDは、飛行機の主翼や胴体の周囲の空気の流れをシミュレーションする技術の一つです。飛行機の周囲のような大規模数値解析では大型計算機(スパコン)を用いる必要がありますが、スパ

コン環境が整っていない大学でも教育ツールとして利用できるように、PC用Windows版の教育支援用パッケージソフトを開発しました。このパッケージソフトは、PCでも実行可能なように解析対象を2次元形状に限定していますが、JAXAで使われている解析ツールと基本的な機能は同じです。

JAXAではこのCFDソフトを大学の授業や研究を通じての学生指導などに役立ててもらおうと大学に提供しており、現在10以上の大学・高専で教育目的で利用されています。

議論の中で、「学生が勉強してきた空力の知識は就職してもほとんど役に立っていない。単なる知識ではなく空力問題を解決できる力を身につけていることが必要である」という海外の航空機メーカーの話が紹介されました。セッションに参加した航空機メーカーの方からも、「入社したばかりの技術者は、CFDで計算結果が出るとそれを盲信する傾向がある。計算結果はあくまでシミュレーションで、現実のものとは違う場合もあるのだという意識を持ってもらいたい」という意見が述べられました。二つの意見とも、実践的教育の必要性が求められているというのですが、その意味ではJAXAのCFDソフトは、大学などで実施している航空機形状の空力設計や風洞による流れ場の実計測などと組み合わせることにより、実践的



CFDソフトの解析例

教育の実施に大いに貢献する可能性を秘めています。

ただし「数値解析の理論や手法を理解することを目的とした教育」か、「流体力学の概念や流体现象を理解するためのツールとしての利用」か、その目的によってCFDソフトの利用方法も効果も変わってきます。それぞれの大学が目指す方向性は異なるものの、いずれの目的の場合でも教育支援ツールを有効に活用していくことが重要であり、またより使い勝手の良いツールにしていくことも重要です。従ってJAXAが提供しているCFDソフトや今後の新たな教育支援ツールを用いた教育方法について、各大学での実施状況を共通認識し、「より良い教育支援ツールのあり方」や「ツールを用いたより良い教育方法の構築」に関して、今後もこの航空教育支援フォーラムを通じて議論していくことが重要であり、それが航空人材育成につながっていくことが確認されました。

「航空教育支援フォーラム」は、産官学が航空技術に関する情報と優れた教材・ツールなどを共有することで、航空人材育成のために知恵を出し合う場になっていくことが期待されています。JAXAでは、産業と大学をつなぐ立場として、公的研究機関であることの特徴を活かして、研究成果、試験設備、国際ネットワークなどを活用した「魅力的で実践的な教育機会」をこれまで以上に積極的に提供して航空人材育成に貢献していきます。そのためにも、航空教育支援フォーラムと連携した上で、より効果的・効率的に航空人材育成支援の活動を推進していきます。

大西卓哉 (おおにし たくや)
 1975年東京都出身。東京大学工学部航空宇宙工学科卒業後、全日本空輸株式会社入社。2009年2月、JAXAよりISSに搭乗する日本人宇宙飛行士として選抜。2011年7月、ISS搭乗宇宙飛行士として油井亀美也、金井宣茂と共に認定される。2016年6月から約6か月間、国際宇宙ステーション(ISS)に第48次/第49次長期滞在搭乗員として滞在予定。



調布航空宇宙センター飛行場分室で飛行シミュレータを操縦する大西宇宙飛行士

「飛行機と宇宙機の操縦方法には、驚くような違いもあるんです」

旅客機パイロット出身の大西卓哉宇宙飛行士が、宇宙機と飛行機の操縦方法の具体的な違いや宇宙飛行士と飛行機のパイロットとの基本的な違いなどについて、今回のインタビューでは詳しく語りました。

— 宇宙機も飛行機も飛ぶという点では同じですが、操縦方法は大きく違うと思います。具体的には、どのように違うのでしょうか？

飛行機は空気のあるところを飛んでいるので、エルロン・エレベーター・ラダーの三つの舵を動かして姿勢を変えます。宇宙機の場合は、大気がない宇宙空間を飛ぶため、舵は使えません。ですから、推力の方向を変えることで姿勢を変えます。これが最大の違いです。

さらに、宇宙機では飛行機では考えられないような操縦をします。それは軌道力学に基づいたもので、例えば飛行機の場合は、先行機に追いつきたいときはエンジンの出力を上げますが、宇宙機でそれをやる場合は逆噴射を行うのです。これは飛行機のパイロット出身の自分には驚きでした。

前方にある宇宙ステーションに接近したいとき、宇宙機では、まず逆噴射をして速度を落とします。そうすると、軌道力学に従って宇宙機は低い軌道に移っていき、結果として地球を一周する時間は短くなり、一周して元の位置に戻ってくると、先行機との間の距離は縮まっているというわけです。

飛行機と同じ感覚で速度を上げると、宇宙機は高い軌道に移って行ってしまいます。飛行機の場合でいえば、高度が上がってしまうということです。周回時間が長くなるため、相手に接近するどころか離れて行ってしまいます。

— ということは、国際宇宙ステーション(ISS)とドッキングするときには時間がかかるのでしょうか？

飛行機なら数分で追いつけるような距離でも、宇宙機では地球を一周するごとに徐々に差を詰めていくという感じです。ISS自体、秒速8km近い速度で飛行していますから、衝突を避けるためにドッキングはじっくり時間をかけて慎重に行われます。

— それは、自動制御で行われるのですか？

基本的に現在の宇宙機はISSとのドッキングまですべて自動制御で行います。しかし、飛行機の場合と同じで、万が一、自動制御に不具合が起こったときのために、マニュアル(手動操作)でもドッキングができるようになっています。

— 地上の管制センターが指示しているのですか？

地上の管制センターから宇宙機に対して、例えば何秒間スラストを噴射しろという指示があり、それに基づいて宇宙機が軌道を変えるのですが、それらはすべて自動化されています。ただし、最後のドッキングのときの微妙な操作は、地上からは完全には制御できませんので宇宙機の方で自動制御しています。ISS側にリフレクターという反射板がついていて、それにレーザー光を当てながら距離および相対的な姿勢の関係を測定して間隔を詰めていきます。

— 宇宙飛行士と飛行機のパイロットの違いは？

飛行機の場合は、フライトのたびに違う人と飛ぶことが多いのですが、宇宙機の場合は、長期間、訓練期間も含めて同じクルーと一緒に

に活動します。この点が飛行機と宇宙機との大きな違いですね。しかし、チームワークや機長のリーダーシップが重要であるということは共通しています。

— やはり、飛行機と同じように機長が一番の権限を持っているのでしょうか？

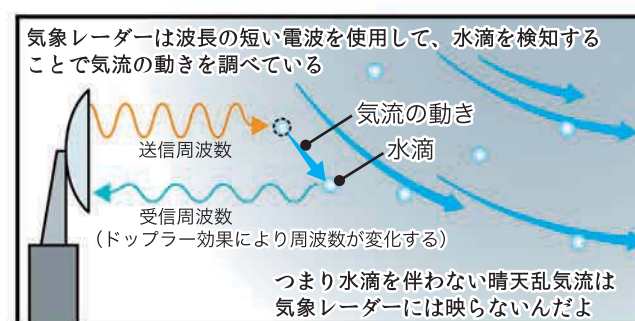
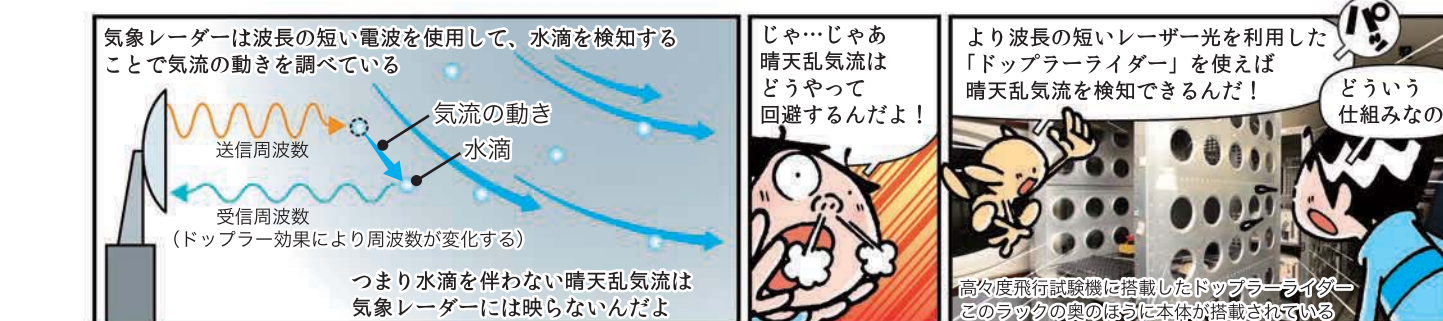
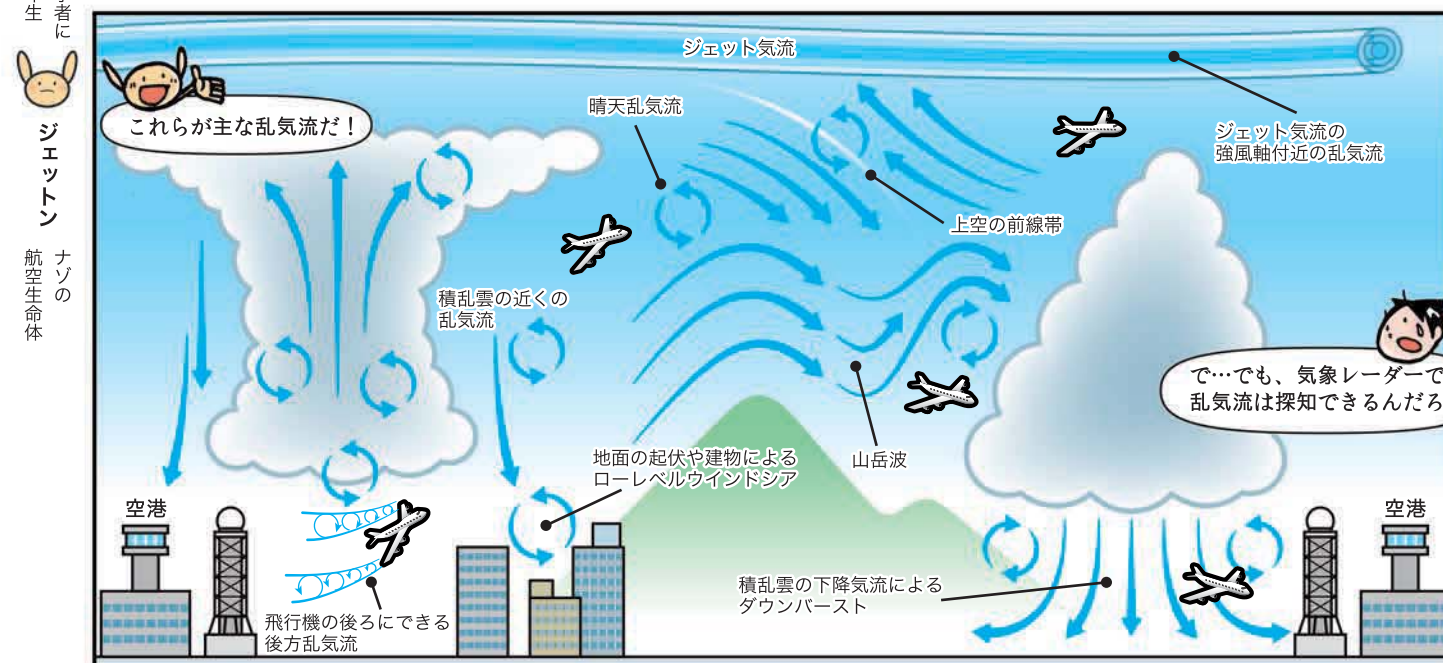
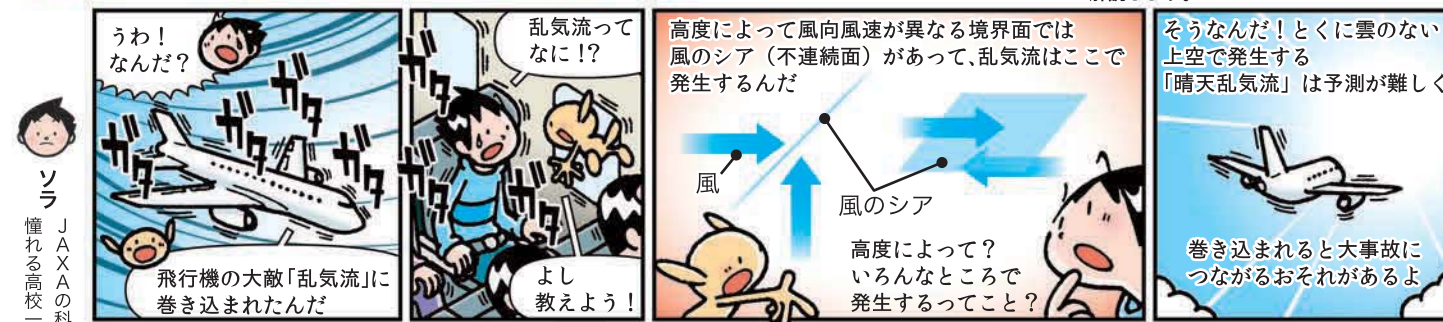
緊急時の最終的な権限はやはり機長(コマンダー)が持っています。ただ地上にいるフライトディレクターもほぼそれに近い権限を持っています。飛行機の場合は、何か起こってもコックピットの中で大抵のこの対処はできるのですが、宇宙機の場合は、基本的に地上からコマンドを送信して、不具合を直すようになっています。

一方で、宇宙機内でのパルプの操作など、宇宙飛行士にしかできないような操作もいくつかあります。そのような作業は宇宙飛行士が行います。ただ、そのような作業はだんだん減ってきていて、ほとんどのことが地上からの指示で自動的に行われるようになってきています。

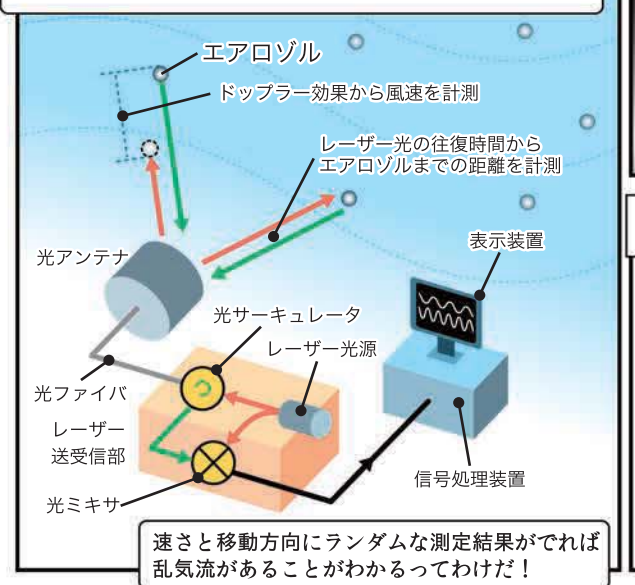
— では、将来は、宇宙飛行士が不要になるということですか？

そんなことはないと思います。本当の緊急時、すぐに対処しないと危険な状況に直面したときは宇宙飛行士がやるしかありません。不測の事態への瞬時的確な対応は、人間でないとできないのです。飛行機も、システムの多重故障が発生した場合は、オートパイロットで緊急着陸することはできませんが、これも同じです。

このコーナーでは、JAXAで研究している最先端の航空技術や用語を、マンガで詳しく解説します。



空気を漂う煙や排気ガスなどに含まれる直径0.3 μm~数 μm程の微粒子「エアロゾル」にレーザー光を当てて、発射時の波長とエアロゾルに当たって反射してきた散乱光の波長の違いから気流の速さと移動方向を測るんだ。



ただ問題は、反射して戻ってきたレーザー光はとても弱いので、大きな送信出力が必要になり、機器も必然的に大きく重いものになって、飛行機に搭載するのが難しくなるんだよ

飛行機の安全性をより高めるにはドップラーライダーの性能アップと軽量化の技術が欠かせないんだね

JAXAで開発したドップラーライダーは、現在9km先の乱気流を検知できるが、一般の旅客機にも搭載できるように、小型化の研究を着々と進めている。



このドップラーライダーをさらに発展させて、パイロットに前方の乱気流を警告したり、飛行機の揺れを自動的に軽減するなど、より安全に飛行機を操縦できるSafeAvioも開発中だ。

Flight Path Topics

欧日韓人材交流事業 「EM-EASED」への参加

JAXA航空本部は新たに、ヨーロッパ、日本、韓国の人材交流プログラム「EM-EASED (Euro-Asian Sustainable Energy Development)」に参加します。

EM-EASEDは、ヨーロッパ、日本、韓国の高等教育面での人材交流強化を目的とした新しいプログラムで、欧州委員会の「エラスムス・ムンドゥス計画」の一環で実施されます。各国と地域から16の大学・研究機関が参加し、特に「持続可能なエネルギー開発」分野を対象に、研究者・学生を相互に派遣します。日本からは岡山大学、慶応大学、東京工業大学、早稲田大学が加盟し、さらにJAXAが「協力機関」として参加します。これにより、航空本部では燃費低減関連技術や代替燃料といった航空のエネルギーに関連する分野で、ヨーロッパから年に1~2名程度の研究者・学生を受け入れる予定です。

EM-EASEDを通してヨーロッパの優秀な研究者を受け入れることは、国際的な人材育成への貢献となることはもちろん、研究現場へ新たな刺激をもたらす、JAXAの研究活動の活性化にもつながります。また、派遣者を通して生まれるヨーロッパの大学との新たなコミュニケーションは将来の国際協力の土壌となることが期待され、人材交流を通じた国際協力の新たな取り組みとして、推進していきたいと考えています。

今後はヨーロッパ、日本、韓国で派遣者の募集を行い、2014年5月以降に受け入れを開始する予定です。

能登空港で実験用航空機「飛翔」の騒音源を計測

「機体騒音低減技術の飛行実証 (FQUROH)」の一環として、2013年9月、能登空港で実験用航空機「飛翔」の騒音源計測試験を実施しました。

今回の試験は、今後計画している「飛翔」による飛行実証試験に向け、まず騒音低減技術を適用していない状態で「飛翔」を飛行させ、フラップや脚から発生している騒音を正確に把握するとともに、今後の騒音源計測技術の向上や能登空港での計測手順を確立することが目的でした。

能登空港の滑走路横の敷地に、195本のマイクロフォンで構成された騒音源計測用のフェーズド・アレイを設置し、その上空約60~120mを、フラップと脚の展開・収納による機体形態や水平・降下・上昇の飛行経路、エンジン推力を変えながら90回通過させ、騒音のデータなどを計測しました。



フェーズド・アレイ(丸で囲まれた部分)上空を飛行する実験用航空機「飛翔」

FEATHER用

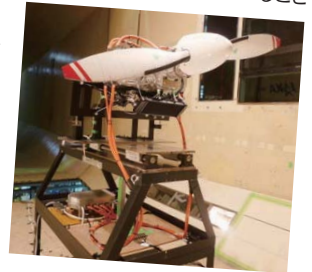
電動推進系性能確認試験を実施

5月に実施した試験に引き続き、10月15日から11月1日まで、「航空機用電動推進システム技術の飛行実証 (FEATHER)」の一環として小型航空機用電動推進系の性能確認試験を実施しました。今回の試験は、航空機用電動推進系の性能実証を行うとともに、飛行に必要な性能に関するデータを取得するためのものです。

JAXAが開発した航空機用モーターシステムを、6.5m×5.5m低速風洞内に設置して試験を行いました。計測したのは、モーター軸出力、モーター効率、プロペラ推力、モーターシステム各部の温度などです。

この試験によって、モーターの最大出力63kW、モーター効率94パーセント以上であり、有人飛行するのに十分な性能を有していることが確認されました。また、実際の飛行環境と同等の速度において、耐久性や冷却性能など、飛行に必要な性能を満たしていることが確認できました。

同電動推進系は、エネルギー効率、信頼性を従来より向上させる独自技術を適用し、それらについても確認しており、開発は順調に進んでいます。



大樹実験場で4発ティルト翼VTOL機の飛行実験を実施

北海道大樹町のJAXA大樹航空宇宙実験場で、10月7日から12日まで、4発ティルト翼VTOL小型技術実証機 (McART3) の飛行実験が行われました。この実験で、プロペラのティルト角*90度(垂直)から15度までの飛行形態において、姿勢制御系が適切に機能することが確認されました。

McART3は、全長1.1m、全幅1.4m、重さ4.6kgの小型実験機で、大小二つの翼にそれぞれ2基ずつ合わせて4基のプロペラがついています。プロペラの角度だけを変えるのではなく、翼全体の角度を変える事で垂直離着陸から水平飛行まで連続的に移行することができます。

実験では、ティルト角90度からティルト角15度までの形態において、制御機能が適切に動作することが確認されました。今年度中には、ティルト角90度からクリーン形態まで適切に制御できることを確認する予定となっています。このVTOL技術は、将来の有人VTOL機に向けて開発が続けられる予定です。



*ティルト角とは、プロペラが機体前方を向いているときを0度、真上を向いているときを90度として測った角度。