

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

2014  
WINTER

No.7

航空本部  
www.aero.jaxa.jp

特集

D-NET2

航空と宇宙が連携することで、救援活動の機会をより多く提供したい

## 災害救援航空機統合運用システム 「D-NET2」

さまざまな情報を統合管理し、最適な災害救援活動を提案する

### D-NET2のキー技術とは



人工衛星や無人航空機などとの連携で、より効率的な災害救援活動を可能に——。今号は災害救援航空機統合運用システム「D-NET2」について紹介します。

## CONTENTS

P. 3-5

特集

航空と宇宙が連携することで、救援活動の機会をより多く提供したい  
災害救援航空機統合運用システム「D-NET2」

P. 6-9

さまざまな情報を統合管理し、最適な災害救援活動を提案する  
D-NET2のキー技術とは

P. 10-11

ついにロールアウトした国産旅客機MRJ  
世界が注目する初飛行に向けて、決意を新たに  
三菱航空機株式会社 技術本部副本部長 佐倉潔氏 インタビュー

P. 12

磁力で模型を空中に固定、より現実に近い測定を可能にした  
磁力支持風洞

P. 13

日本の航空行政に貢献するJAXAの取り組み

P. 14

研究者リレーインタビュー  
第3回「子どもたちに胸を張れる技術を実現したい」  
機体システム研究グループ アソシエイト フェロー 徳川直子

P. 15

航空技術図鑑 [3] 「空中を自由自在に移動できるヘリコプターの仕組み」

P. 16

[Flight Path Topics]  
・車の上にクルーガーフラップを取り付けて効果を確認  
・液体ロケット燃料の宇宙空間での二相流挙動を、観測ロケットで確認  
・実験用ヘリコプターの後流を計測  
・「飛翔」飛行中の主翼の変形量を計測

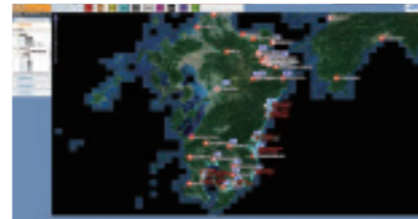
## 表紙写真

災害救援航空機統合運用システム(D-NET2)では、人工衛星などによる観測データも活用します。表紙は陸域観測技術衛星「だいち」が観測した日本列島のモザイク画像(日付違いのデータをつなぎ合わせた画像)です。(センサー名:AVNIR-2、観測日:2006年5月27日~2007年10月5日)

P. 3-5



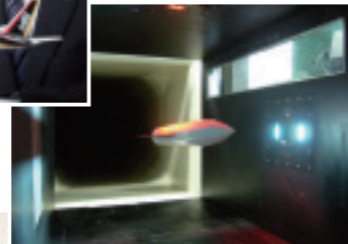
P. 6-9



P. 10-11



P. 12



P. 14



P. 15



地球を観測する「だいち2号」(イメージ図)

## 航空と宇宙が連携することで、救援活動の機会をより多く提供したい 災害救援航空機統合運用システム「D-NET2」

Feature  
特集

大規模災害発生時に、全国から航空機、特にヘリコプターが集まり、捜索や救助救援、物資・人員輸送、情報収集などを行います。阪神・淡路大震災以降改善しつつありましたが、2011年に発生した東日本大震災では、被災地が複数県にまたがるほど広域だったこともあり、集結した300機以上のヘリコプターの運用には課題が残りました。

JAXAは、これまでに災害救援航空機と災害対策本部などの情報共有により航空機に最適な任務を付与することを可能にする「災害救援航空機情報共有ネットワーク(D-NET)」を開発してきました。現在はD-NETを発展させ、人工衛星や無人航空機などからの情報を組み合わせ、より効率的な災害救援活動を可能にする災害救援航空機統合運用システム「D-NET2」の研究開発に取り組んでいます。

今回は、航空本部の石川和敏運輸システム・安全技術研究グループ長と第一衛星利用ミッション本部の戸田謙一防災利用システム室長に、航空・宇宙それぞれの立場からD-NET2について話を聞きました。

### D-NET2で見てきた課題

— D-NETからD-NET2へ、何が変わったのでしょうか。

石川 D-NETは、大規模災害が発生した際に集結する数多くのヘリコプターの位置情報やヘリコプターから送られる情報などを元に、ヘリコプターを効率良く安全に運用するための最適

な飛行経路やスケジュールを構築し提案するものです。これまでに、災害救援ヘリコプターやドクターヘリに搭載するD-NETの技術を使った動態管理システムがいくつか製品化されているほか、2014年4月には総務省消防庁が、全国の消防防災ヘリコプターを管理するシステムに、D-NETの技術を採用していただきました。D-NETに対応する消防防災ヘリコプターが徐々に増えていけば、D-NETを利用したより効果的な活動が可能になるでしょう。

D-NETの研究開発の過程で、実際に利用されるエンドユーザーの方々にD-NETの使い勝手や機能、性能などを評価していただきました。その中で、ヘリコプターから送られる画像などの情報だけでなく、気象情報や地上の被災

状況などにより広い範囲をカバーする情報を組み合わせれば、航空機などをもっと効率的に運航できるのではないかとアイデアが出てきました。そこで

D-NET2では、人工衛星や無人航空機などさまざまな情報源からの情報を取り込めるように発展させています。また、災害における救助・救援は最初の72時間が重要とされていますが、D-NET2の



第一衛星利用ミッション本部  
衛星利用推進センター防災利用システム室 室長  
戸田謙一



航空本部  
運輸システム・安全技術研究グループ グループ長  
石川和敏

# Feature 特集 ▶▶ 災害救援航空機統合運用システム「D-NET2」

システムを活用することで、発災後72時間以内に被害状況がわからない情報の空白地帯を無くし、現在の手法やシステムでは情報がなかったために緊急性が高くても救援できないという事例を3分の1にまで減らせることを目標に開発しています。

—— 災害対策に人工衛星はこれまでどのように活用されてきたのでしょうか。

**戸田** 私たちは、さまざまな地球観測衛星を運用しています。例えば、陸地の状態を観測する衛星としては、2011年5月まで運用していた陸域観測技術衛星「だいち」や、「だいち」の後継で、2014年5月に打ち上げた陸域観測技術衛星2号「だいち2号」があります。災害が発生した時には、被災地の状態を上空から撮影し、その画像データを迅速に中央省庁や地方自治体へ提供できるよう、専用のウェブサイトを開設するなど環境を整えてきました。被災現場などで容易に状況を把握できるよう、被災後に撮影した画像だけでなく被災前に撮影した画像も送り、被害の場所や範囲などの付加価値を付けて提供することもあります。

2011年3月に発生した東日本大震災では、「だいち」の観測によって土砂災害の有無や津波による浸水の状況などが把握できる画像を関係機関へ提供しました。最近では、気象庁や火山噴火予知連絡会から依頼を受けて、「だいち2号」で御嶽山の観測を行い、新しい噴火口の場所や火山灰の広がった範囲、火山活動に伴った地形の変化などの情報を提供し、噴火の観測や評価に利用されています。



災害救援航空機統合運用システム(D-NET2)のシステム構成

## ■宇宙と航空を組み合わせる新たなソリューションを提供

—— D-NET2では人工衛星や航空機からの情報をどのように活用するのでしょうか。

**石川** 人工衛星は、非常に広いエリアの観測が可能であるうえ、過去に観測したデータも蓄積していますから、災害発生後の地形の変化や浸水の状況を容易に把握することが可能です。また、長時間滞空が可能な無人航空機が実現すれば、より詳細な被災状況も観測できるようになるでしょう。このような被災地の情報をD-NET2に取り込むことで、救助・救援の運用計画が立てやすくなります。また、詳細な地形データが得られれば、低空を飛行するヘリコプターにとって衝突の危険がある障害物の回避や、地形によって発生する風(地形風)の予測も可能になると考えています。

**戸田** これまで、災害に関

連する中央省庁や地方自治体に対しては、災害全体を俯瞰的に把握していただけるようなデータを画像として提供し、災害対策本部などで状況把握や計画立案などに利用されてきました。それも重要ですが、衛星を運用する立場としては、実際に災害現場に入って救助活動される消防隊員や自衛隊員、医療関係者の方々にも衛星の情報を届けることが課題の一つでした。D-NET2ならば衛星からの画像を見て情報収集するべき場所に向かうなど現場の方々にも衛星データを活用いただけるだろうと期待しています。

情報の収集は、衛星だけでも航空機だけでもだめで、両方が必要です。例えば衛星は、地



D-NET2対応端末を搭載した神戸市消防防災ヘリ(左)

広域医療搬送訓練中のDMAT事務局において、D-NET2の検証を行う様子(下)



上からは行きにくい場所や航空機では全体を見ることができない場所の状況把握には有利です。また、「だいち2号」に搭載されている合成開口レーダー(PALSAR-2)は、雲や火山の噴煙などを透過して地表を撮影できますし、夜でも撮影が可能です。一方、ある場所の状況をピンポイントで詳しく見たいという場合には、今の衛星の能力では難しいところがあります。また、被災地の上空付近の軌道を衛星が通る時だけしか撮影できません。

D-NET2のシステムでJAXAの人工衛星と航空の技術を組み合わせうまく連携させることができれば、災害現場の方々へこれまでにない新しいソリューションを提示できるのではないかと考えています。衛星情報の利用を推進する立場にとって、D-NET2は非常にありがたいシステムです。

## ■5年後に現場で使えるシステムを目指す

—— D-NET2の研究開発は、現在どこまで進んでいますか。

**石川** 2014年8月30日に内閣府主催で「平成26年広域医療搬送訓練」が実施されまし

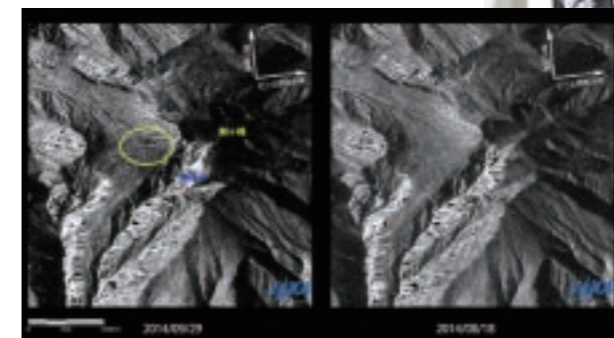
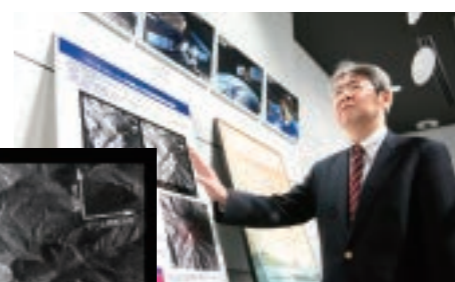
た。この訓練は、南海トラフ地震により大分県、宮崎県、鹿児島県に津波が押し寄せ甚大な被害が発生したという想定で行われた医療搬送に関する総合的な実働訓練です。私たちは東京都立川市のDMAT(災害派遣医療チーム)事務局や宮崎県に設置された災害対策本部に

D-NET2の端末を持ち込み、その有効性を評価していただきました。

今後、様々な機会を通じて実際にD-NET2を利用する災害現場の人達の声を吸い上げ、D-NET2のシステムをどんどん良いものにしていき、5年後には製品として形にすることを目指しています。

**戸田** 8月30日の訓練では、一部の区域が浸水していると判定されるよう過去の衛星データを加工しておいて、自動的にその模擬データをD-NET2データ仕様に変換し、D-NET2へ提供しました。今回の訓練は、衛星データが活用できることを示す良いデモンストレーションになりました。

将来的には、災害対策本部から撮影場所の



「だいち2号」が撮影した御嶽山山頂付近の様子。噴火前(右)と噴火後(左)を比較すると噴火前には存在しなかった窪地(黄色で囲まれた部分)が出現している。

希望を受け付け、それにしたがって衛星の観測計画に反映できるような、双方向のインターフェースを実現していきたいです。

—— 地球観測衛星の観測以外で航空と宇宙で連携する構想はありますか。

**戸田** 東日本大震災では、地上の通信網も大きなダメージを受けました。JAXAは震災直後に超高速インターネット衛星「きずな」と技術試験衛星Ⅷ型「きく8号」を使って、被災地に通信環境を構築しました。震災後、JAXAは自治体などと協定を結んで、災害時には「きずな」を使って回線を提供する実証実験を進めています。大きな災害が発生した場合には、衛星との通信に必要なアンテナの輸送にJAXAの航空機を使う検討も行っています。

—— 今後D-NET2をどのようにしていきたいと考えていますか。

**石川** 航空と宇宙が連携して、さまざまな情報を組み合わせることで、効率良く災害救援をできるようにし、減災、救命ができるようにしたいと思っています。

**戸田** 宇宙と航空の連携をさらに深めて、D-NET2をより良いシステムにし、災害対応や救助救難活動を行う現場の方々にもJAXAの情報を活用してもらいたいですね。



さまざまな情報を統合管理し、最適な災害救援活動を提案する

# D-NET2のキー技術とは

「災害救援航空機統合運用システム(D-NET2)」は、有人航空機だけでなく、人工衛星や無人航空機などの航空宇宙機器や、災害に関わる多くの情報を統合的に管理することで、災害地の状況がわからない場所や救助活動を行っていない地域を減らすよう、最適な任務を割り当てることを支援するシステムです。どのような技術でこれを実現しようとしているか、D-NET2のキー技術に迫ります。

## ■「待ち」から「攻め」のシステムへ

JAXAは、大規模な災害が発生した際に、救助・救援活動のために集まった消防防災ヘリコプターなどの航空機と、現地の災害対策本部との間でリアルタイムの情報共有を実現する、「災害救援航空機情報共有ネットワーク(D-NET)」を研究開発しています。D-NETを活用することで、航空機の無駄な待機時間を減らし、また航空機同士が異常接近する確率を低くして、より効率的で安全な災害救援活動を可能にすることを目指しています。

従来の災害対応では、航空機と災害対策本部間の連絡は主に音声通話で行われ、航空機からの報告は災害対策本部のホワイトボードなどに手書きで書き込まれる形で共有されてきました。この手法では、大規模災害が発生した場合は、多数の航空機が被災地に

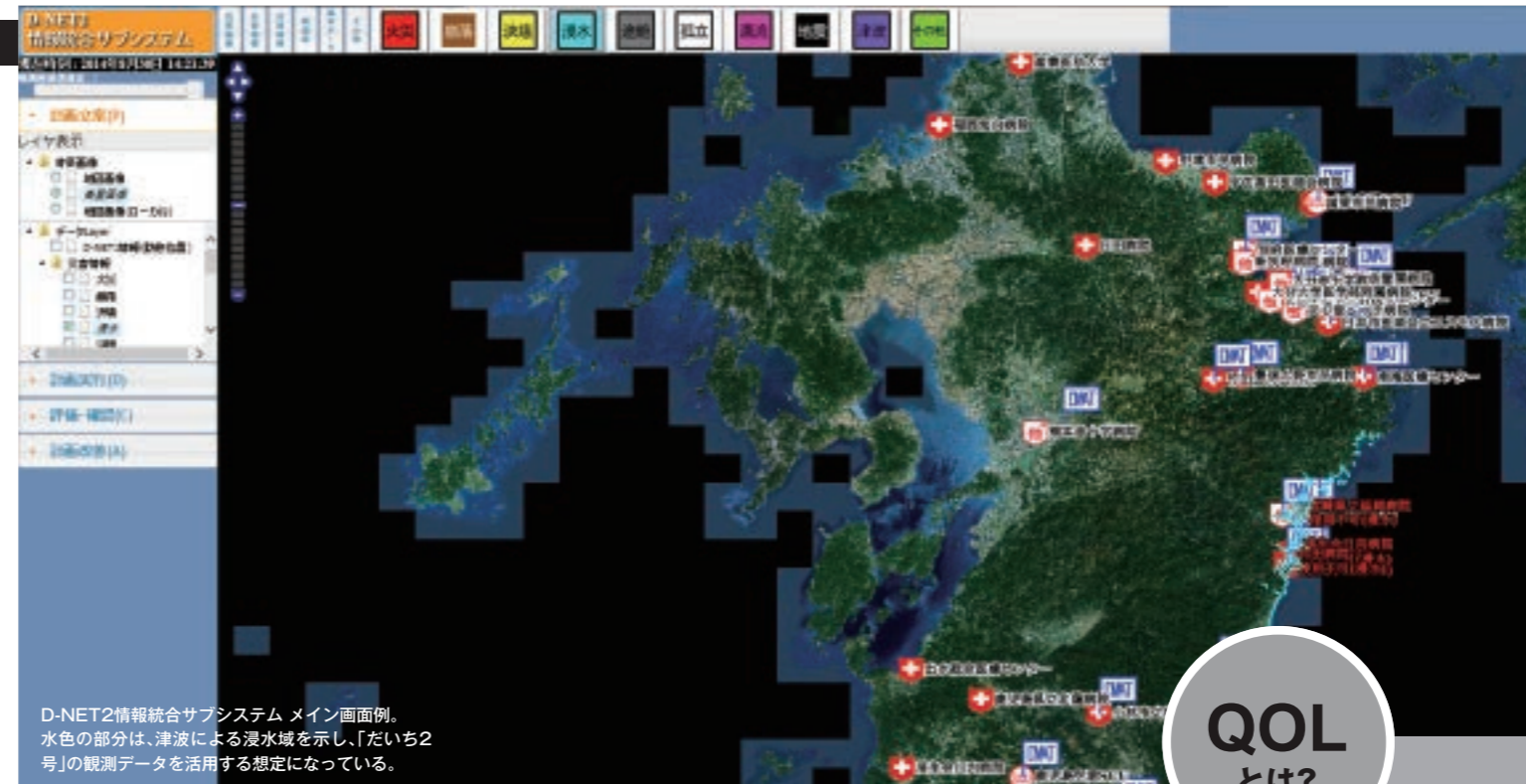
集結することによって、より多くの情報を扱うことになるため、効率的な救助活動が難しくなります。

D-NETは、機体と地上の

間で共有すべきデータの内容を“D-NETデータ仕様”として標準化することにより、機体および地上で使用する機器の種類に関係なく、スムーズな情報共有を可能にすることを目的の一つとしています。現在、ドクターヘリや消防防災ヘリコプターなどで、D-NETデータ仕様に対応した製品が利用されつつあります。

しかし、災害対応を安全かつ効率的に実施するうえで、未だに残された課題もあります。その課題の一つが広域災害への対応です。東日本大震災のような広域かつ複数の災害が同時に発生する大規模災害では、どこに救助を求める人達がいるのかといった情報を集め、かつ災害対策本部に迅速かつ十分に伝えることが極めて難しいケースもありました。被災地全体の情報収集が遅れると、救助活動の開始が遅れる地域が生じるなどの問題も発生します。

「D-NETは救助を求める人からの情報がなければ救援活動が行えないなど、どちらかといえば“待ち”のシステムです。それに対してD-NET2では、救援活動を検討する災害対策本部に十分な情報がなくても、救助が必要な地点の予測などを行って救援活動を行う、いわば“攻め”のシステムを目指しています」と、D-NET2の研究開発で最適運航管理サブシステムを担当するアンドレ



D-NET2情報統合サブシステム メイン画面例。  
水色の部分は、津波による浸水域を示し、「だいち2号」の観測データを活用する想定になっている。

エバ森アドリアナ研究員はD-NETとD-NET2の違いについて説明します。

このような最適な“攻め”の判断を行うためには、様々な情報を収集し、統合的に管理しておく必要があります。D-NETでは、災害救援航空機の位置情報や情報収集任務を行っている航空機などによって集められた情報の統合化を図ることで、無駄な待機時間の削減や航空機同士が異常接近する確率を低減するという目標をクリアしました。一方D-NET2は、有人の航空機だけでなく、有人では危険な空域でも飛行可能な無人の航空機や、広域の情報を取得可能な人工衛星など航空機・宇宙機をはじめとして、災害対応に利用できる多角的な情報を一元的に扱うことを想定しています。

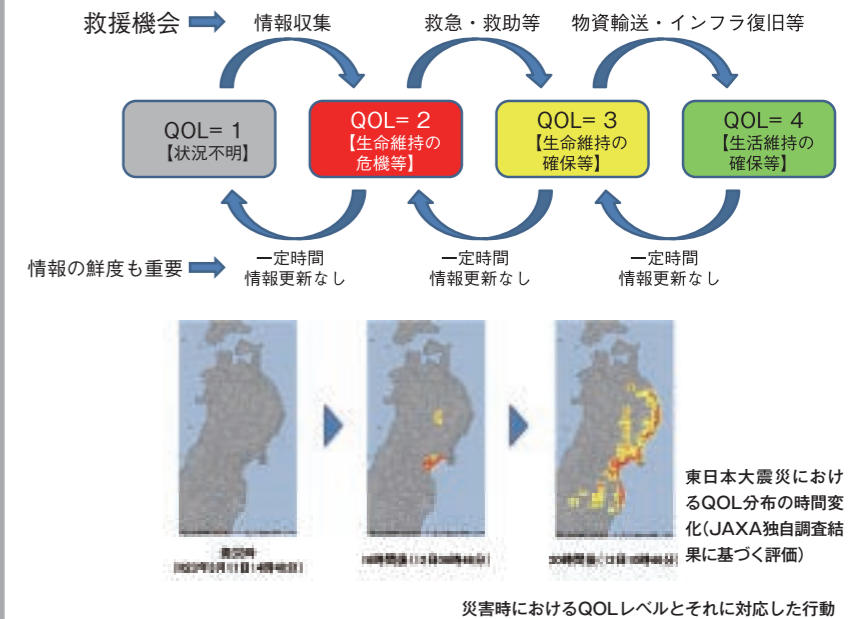
D-NETは災害に近い現場で利用することを中心に研究開発したシステムでしたが、D-NET2はより広い範囲やより多くの災害救援システムの運用を俯瞰的に見なければならない広域の災害対策本部において、最適な救援活動

の指示や手配が可能になるシステムを想定しています。D-NET2はD-NETを置き換えるシステムではなく、利用するユーザー、対象とするユーザーをより広げたシステムなのです。

## ■空から宇宙から地上から、情報を集めて救助に活用する

D-NET2は、航空機や人工衛星などが集めた情報のほか、自治体で作成したハザードマップをはじめとする災害時の被害を事前に想定した情報などを統合して管理する「情報統合サブシステム」、集められた情報を元にして、情報収集や救助・救援、物資輸送などが必要な場所を予測し、どの部隊にどのような任務を付与すれば効率的に救援・救助が行えるかといった最適な計画を立案して提示する「最適運航管理サブシステム」、そして任務を与えられた災害救援航空機の活動を支援する「任務支援サブシステム」で構成されます。

QOLとは?



QOL(Quality of Life)とは、一般的に生活の質や暮らしやすさを示す指標です。医療分野においては、患者の生活を測る尺度として使われており、病気が進行する、あるいは負傷するなど、健康上の問題が大きくなると「QOLが低下した」などと表現されます。D-NET2では、QOLを災害時の救助活動に応用し、救助の必要性や状況を数値化したもので、例えば状況不明の状態を「QOL=1」、生命維持が困難な危険な状態を「QOL=2」というようにレベル分けして、それぞれの段階に適した対応行動を提案します。

JAXAは、発災72時間以内において、D-NET2を活用して航空宇宙機器をより効率的かつ安全に運用することにより、従来の救援活動と比べて「QOL=3(生命維持の確保)」を達成できないケースを3分の1に抑えることを目指します。

## Feature 特集 D-NET2のキー技術とは

なければ、それは何らかの理由で孤立しており救助が必要だろうという予測が可能になります。さらに、EMISや他の情報元からも、まったく情報が得られていない地域に対しては、情報収集機能を持ったヘリコプターや無人航空機を重点的に割り当てて情報収集することで、情報と予測の精度を上げていくことも可能になります。

「D-NET2は、情報源が人工衛星からだとか航空機からだとかは関係なく、役に立つ情報であれば何でも取り込み、情報を整理して表示させます」と、D-NET2の情報統合サブシステムを担当する真道雅人主任研究員は語ります。気象衛星から送られる気象データや電力会社が把握している電力消費量、地上を走っている救急車や消防車などの災害対応車両の位置情報・走行履歴などの情報も、D-NET2の画面に重ね合わせて表示させることも検討しています。直接的な災害情報ではない情報も、分析して表示することで、さまざまな被害状況を推測ができるようになります。

またD-NET2は、これまでの“D-NETデータ仕様”を拡張することで、「だいち2号」のような人工衛星が撮影した観測データも扱えるようにしました。「衛星データを入手するだけでなく、D-NET2から衛星側へ、撮影して欲しい場所を依頼できるような仕組みも検討しています」と真道研究員は語ります。

### ■QOLで優先順位を判断する

災害時における救命活動では発災後72時間が重要とされています。しかし、ヘリコプターや車両などのリソース(資源)が限られる中で、72時間以内により多くの人命を救助するためには、情報収集や救助活動に優先順位をつけてリソースを効率的に振り分けなければなりません。D-NET2では優先順位の判断にあたり、QOL(7ページ参照)という概念を導入しています。D-NET2の表示画面では、縦横メッシュ状に区分した地域をQOLのレベルに合わせて色分けして表示することで、各地域の状況を容易に確認

できるようになっています。QOLが低く危険度が高い場所は優先度を高くして、D-NET2は災害対策本部のユーザーにその場所に対する活動を提案します。例えば、情報がなく状況を確認できない地域のQOLは低く(QOL=1)設定され、その地域に対しては早急に情報を収集する必要がありますがあることを地図情報上に表示して、早期の情報収集活動を実現する災害救援航空機の運用を提案します。

このようにD-NET2では、QOLが優先度を決定する重要な指標となっています。アンドレエバ森研究員は、「QOLは人口密度や地形なども考慮して設定されますから、一人を助ければQOLが一つ上がる訳ではありません。今後は、QOLレベルをどのように設定するのか、という判断方法も大きな研究課題です」とQOLの課題について説明します。

D-NET2は、大量の情報の中から最適な組み合わせを割り出し、救助・救援活動などの計画を提示しますが、最終的な判断は、災害対策本部のユーザーが行うことになります。D-NET2は、災害対応においてさまざまな判断を行うための支援ツールと言えるでしょう。

### ■JAXAが持つ航空宇宙技術を災害現場に活かす

2014年8月30日に行われた内閣府の広域医療搬送訓練では、宮崎県内に設置された県災害対策本部、そして東京都立川市にあるDMAT(災害



広域医療搬送訓練において宮崎県内に設置された災害対策本部でD-NET2を検証している様子。

ドクターヘリに完全持ち込み型D-NET端末を持ち込み、検証を行った。



派遣医療チーム)事務局に、D-NET2の端末を設置して実証実験を行いました。その際、D-NET2の機能を体感したDMAT隊員や自治体の危機管理対応者から、さまざまなコメントをもらいました。実際に大規模な災害を想定した訓練は貴重な機会であり、今後もこうした災害訓練に参加して評価を受けることで、D-NET2を実際の災害現場で“使える”システムにブラッシュアップしていく必要があります。そのためには、さまざまな意見を反映し取り込んでいくこともあります。

例えば、ある地点を指定する場合、緯度経度を使って表すのが一般的と思われるかもしれませんが、災害の現場などではUTM座標グリッドというエリアごとに番号を振った座標系を使用した方が伝わりやすい場合もあるため、D-NET2に地図表示を切り替えることができる機能を組み込みました。D-NET2では、こうしたユーザーのニーズも積極的に取り込んでいます。

大量の情報、いわゆるビッグデータには、データの量が増えることによってよりの確な判断を下すことが可能になるというメリットがあります。しかし、その一方で高い処理能力を持ったシステムを構築しなければなりませんし、余計なノイズ(不正確なデータ)も多くなるというデメリットもあります。その結果、システムを利用するユーザー(人間)を混乱させては意味がありません。D-NET2では、大量のデータを整理・統合し、機体および地上におけるユーザーが理解しやすく表示する工夫もされています。集められた情報はレイヤー(階層)として画面に表示されるので、必要な情報だけを選択して表示させることも可能です。またD-NET2の機上システムでは、全国から集結した航空機が慣れない土地で安全に飛行できるように、衝突する恐れのある鉄塔や送電線などや災害によって倒壊した建築物など新たな障害物の情報を共有する技術、悪天候や夜間でもヘリコプターを飛行できるようにする技術など、与えられた任務をより安全

に実行できるような任務支援サブシステムの研究も進められています。

### ■将来を見据えながら、一日でも早く実現させたい

災害現場では、消防防災ヘリコプターやドクターヘリをはじめ、警察、自衛隊、さらには報道機関など、様々な航空機が飛行します。より多くの機間で情報共有を行うことが、さらなる効率の良い災害救援活動に繋がります。D-NETから長年に渡り中心的役割を果たしてきた小林啓二セクションリーダーは、「さまざまな機間に出向いて、D-NETやD-NET2に関するプレゼンテーションを行っています。最近、災害の被害を最小限に抑えるための技術として、このようなシステムへの期待は高まっていると感じます」と語ります。

さらにさまざまな機間がD-NETやD-NET2との情報共有を容易に行えるよう、例えば既に情報共有システムを持っている機間とはデータ交換できるインターフェースを研究開発したり、共有できる情報は限られますが、災害時のみに機内に持ち込めるタブレットのような携帯端末を搭載機器メーカーと共同で開発したりしています。

「人工衛星も有人の航空機も無人航空機も、JAXAの航空から宇宙まである技術力を結集すれば、防災や減災、災害対策に役立つ技術を作り上げることができそうです。社会からJAXAへ求められていることだと思います。D-NET2の先も見据えつつ、今できることを少しでも早く実現させることが目標です」と小林セクションリーダーは、D-NET2開発への意気込みを語ってくれました。

D-NET2のような災害対策システムは、日本だけでなく海外の災害の多い地域でも多くの人命を救うことができるかもしれません。D-NET、D-NET2がさまざまな災害現場で使われるよう、今後も研究開発を進めていきます。

## 広がるD-NET対応航空機搭載端末

D-NETおよびD-NET2で情報共有を行うためには、D-NETに対応した端末を航空機に搭載する必要があります。対応機器は、アンテナを含む通信用機器と入力/表示装置から構成されていますが、情報共有という目的は同じでも、航空機自体の能力や目的とする任務、求めるニーズ、そしてかけられるコストは千差万別です。JAXAではD-NET対応の航空機を増やすべく、メーカーと協力して搭載端末の開発を行っています。現在、D-NET対応端末には、3つのバリエーションがあります。



D-NET機上ディスプレイ

### 完全修理改造型

航空機を改造して、衛星通信機器と入力/表示装置を航空機に固定したタイプの端末。改修・改造にコストがかかり、改修後の修理改造検査(航空法が定める改修後の耐空性を証明する検査)も必要となるが、パイロットも含め機体搭乗者が多くの情報を送受信できる。主に消防防災ヘリコプターで使用されている。



### 一部修理改造型

通信装置が搭載されている航空機に、入力/表示装置を持ち込んで接続して使用するタイプの端末。パイロットとは別のクルーが操作することを想定している。すでに衛星通信機器搭載のための、修理改造検査が済んでいる機体に適用することを想定している。

### 完全持ち込み型

衛星通信機器と情報表示機器の両方を、必要な時に持ち込んで利用する。使用条件や共有できる情報は限られるが、導入コストは安価に抑えられる。平時は他機間との情報共有を実施しない機間などでの利用を想定している。



災害対応では、できるだけ多くの情報を収集・集約することも必要ですが、災害対応を行う機間のニーズにあわせてシステムを構成できるような柔軟性と、集めた情報を整理し分かりやすく提示することも重要です。D-NET2の端末は、使う人のニーズに合わせて進化し続けます。

運航システム・安全技術研究グループ  
防災・運航管理技術セクション 研究員  
**アンドレエバ森  
アドリアナ**

## JAXA 航空本部へのメッセージ

# ついにロールアウトした 国産旅客機MRJ

### 世界が注目する初飛行に向けて、決意を新たに

三菱航空機株式会社  
技術本部副本部長 佐倉潔氏インタビュー

YS-11以来およそ50年ぶりとなる国産旅客機として注目を集める「MRJ」。国内外からの期待が高まる中、行われたロールアウトはさまざまなメディアに取り上げられました。今回、活気づく三菱航空機株式会社を訪ねて技術本部の佐倉潔副本部長に、今の率直な気持ちや今後の展望などについてお話を伺いました。

—— 今年10月、MRJがついにロールアウトされました。今のお気持ちはいかがでしょうか。

完成した機体をお披露目するロールアウトという大きなイベントが無事に終わり、とても多くの方々にMRJを前向きに捉えていただいたことを非常に喜ばしく思っております。ロールアウトの式典で、組み上がった機体がハンガーに入って来た時には、涙が出そうになりました。旅客機開発の経験が乏しく、苦勞して開発してきた中、自分たちが設計した機体の実物を目の前にできたことは、開発に携わった技術者にとって非常に大きな一歩だと思います。

しかし、喜んでばかりはいられません。ロールアウトは一つの通過点でしかなく、まだ操縦系統や電気系統などの機能確認やその後の飛行試験など、やるべきことがたくさんあり、MRJの開発はこれからが佳境と言えます。今回

のロールアウトを終えて、MRJの完成までしっかりとやっていこうと、関係者一同、決意を新たにしたところです。

—— MRJのエアラインからの評判はいかがですか。

おかげさまでMRJは、2014年11月の時点で、6社から407機の受注をいただいています。182機だったYS-11の総生産数をこえたということを誇りに思う反面、プレッシャーも感じています。

MRJは、エアラインへ「高い信頼性と優れた運航経済性」を、乗客には「快適な客室」、そして環境へは「優れた燃費と低騒音・低排出ガス」を提供することをビジョンに掲げています。この中でも、航空機を運航して採算を取らなくてはなら

ないエアラインにとって、特に優れた経済性と環境性能を評価していただいたことが、400機をこえる受注につながっていると思います。

さらに旅客機には、時間通りに運航できることや、パイロットの操縦しやすさなど、トータルの性能も求められます。MRJには、最新の炭素繊維複合材料を採用したり、最新のアビオニクスでパイロットの操縦性を高めたり、シートの横幅を広くとって乗客の座り心地にこだわったりなど、数多くの新技術を導入することで、総合的な性能を向上させています。また、YS-11で課題と言われた納入後のカスタマーサポート体制についても注力しており、その結果MRJがビジネスソリューションとしてエアラインの皆様にも認められたのだと思います。

—— なぜリージョナルジェットという分野を選択されたのでしょうか。

私たちの会社は2008年設立ですが、それ以前からフィジビリティスタディ(実用化検討)を行ってきました。その中で、今後航空需要が伸びる中でも特にリージョナルジェットと呼ばれる100席以下の航空機の需要



(三菱航空機株式会社提供)



MRJロールアウト式典の様子  
(三菱航空機株式会社提供)

が高まるだろうと予測しました。アジアやアメリカなど新興国が多い地域を中心に、地方空港同士を結びつける路線のニーズが高まることで、その市場は大きくなります。リージョナルジェット市場では、今のところ有力な海外メーカーが2社ありますが、私たちが参入しても十分に戦える市場だと考えています。

また、50年ぶりの全機開発ですから、マーケティングや技術力などいろいろな観点から、座席数の多い大きな航空機よりも、まずは身の丈にあった開発規模の方が、適しているだろうと判断しました。

—— MRJの開発は日本の航空産業に対してどのような影響があるとお考えですか。

私たちは、さまざまな部品・装備品を集めて一つの旅客機を仕上げる、いわゆるインテグレート(統合)を行う企業です。日本ではYS-11以来、旅客機丸ごとをインテグレートした経験がないため、私たちが先頭になって業界を切り拓いている状態です。これまでの一部品のみを製造する場合とは違い、航空機を、しかも1機ではなく実際に運航される量産機を、世に出せる物にしなければなりません。型式証明<sup>※1</sup>についても、この50年の間に世の中の技術や法律など変わっていますので、それに合わせていくこともこれまでになかったことです。こうした経験を経てインテグレーション技術が培われ、その積み重ねがやがて日本の航空機産業の底力になっていくのではないかと考えています。

またMRJの装備品は、現在のところは海外製が多くを占めていますが、MRJをきっかけにして日本のパートナーも育っていくでしょう。航空機部品の点数は自動車の100倍と言われていますから、日本経済への波及効果は大きいと思います。

—— JAXAとはどのような協力・連携をされたのでしょうか。

MRJ開発の初期段階から、さまざまな連携をさせていただいています。例えば機体の形状を決める空力設計において、CFD(流体数値シミュレーション)や風洞実験で協力していただき、その結果はMRJの形状に反映されて燃費の向上につながっています。空力設計では機体先端のノーズ部分や翼の付け根など、構造設計では胴体形状や座席などの実験や解析で連携しました。その他にも、安全に操縦できるコックピットのデザインやパイロットのヒューマンエラーを防止する技術なども共同で研究を行いました。現在は、型式証明のための強度試験などでJAXAの設備を使わせていただいていますし、2015年に予定している飛行試験に向け、試験用の計測装置や取得データを地上へ送信するテレメーターなどの試験技術についても、一緒に研究を行っています。

—— MRJの次に来る航空機については、何か考えられていますか。

議論はしていますが、今はまずこのMRJを完成させることが第一です。ただしMRJのファミリーとして、MRJの胴体を伸ばして、座席数を90席から100席に増やした「100X」と呼んでいる機種を検討しています。もちろん機体の全長が長くなれば、機体中央部に新たな脱出ドアを追加する必要があるほか、機体強度など新たにクリアしなければならない課題が出てくるでしょう。

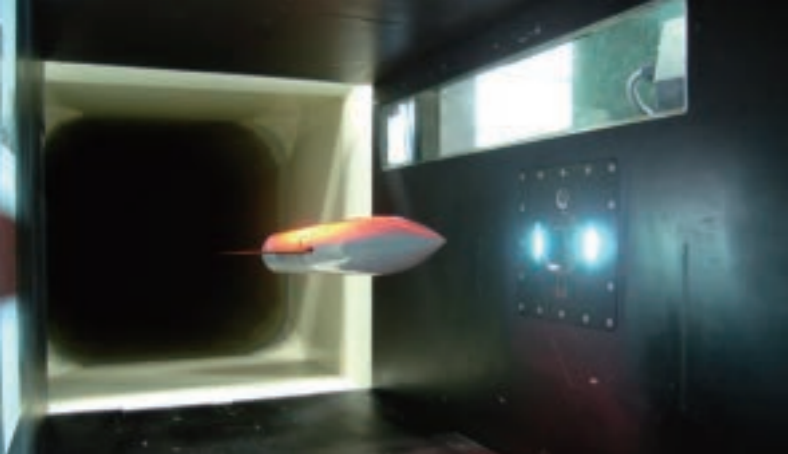
※1 航空機の設計が安全性などの基準に適合していることの証明。日本では国土交通省が発行する。  
※2 高揚力装置や降着装置の騒音低減技術の実証を行うプロジェクト。Flight Path No.1を参照。  
※3 レーザー光の散乱で気流の動きを検知するドップラーライダーを使って、航空機前方の乱気流を察知し対応する安全技術。Flight Path No.3を参照。

—— 今後JAXAに期待することは何ですか。

JAXAには、10年先に使われる技術、産業に近い実用的な技術の研究を行ってほしいと思っています。現在JAXAが進めている、航空機の機体から発する騒音を低減するFQUROH<sup>※2</sup>や、乱気流を検知するSafeAvio<sup>※3</sup>、炭素繊維複合材料に適した新しい構造技術など、ぜひ一緒に連携していきたいと考えています。またJAXAは研究機関ですから、50年先、100年先を見据えた先進的な尖った研究も並行して進めていただきたいと思います。

さらに、私たちがも利用させていただいている既存の風洞などの試験設備のさらなる充実もお願いしたいところですが、航空装備品用の環境槽などの試験設備の導入も検討していただきたいです。実は現在、日本の装備品メーカーは、装備品の認証を受けるためにわざわざ海外の設備を使うなど、海外メーカーと比べて時間的にもコスト的にも負担になっています。そこで、JAXAに装備品のための試験設備や認証のための評価・試験技術があり、そこをパスすれば国の認証が取れるという仕組みができれば、海外メーカーと勝負する私たちや日本の装備品メーカーにとって大きなメリットになります。

日本の航空機産業発展のため、今後もJAXAと共に歩んでいきたいと思っています。

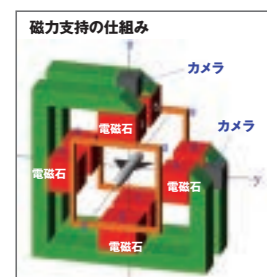


航空機の標準模型  
(AGARD-B模型)の実験写真

## 磁力で模型を空中に固定、 より現実に近い測定を可能にした 磁力支持風洞

### 世界初の実用的な「磁力支持風洞」

風洞に設置する模型を磁力で支持して、風洞内の状態をより飛行中の状態に近づけようとするアイデアは古くからあり、世界各国で研究が行われていました。JAXAでは1986年から基礎研究を始め、2000年に世界で初めて風洞用の磁力支持天秤装置(Magnetic Suspension and Balance System)の実用化に成功し、測定部が高さ0.6m×幅0.6mの磁力支持風洞として運用しています。



磁力支持風洞の仕組みはシンプルです。模型を配置する計測部分の上下左右前後に配置された電磁石コイルに通電すると、それぞれの電磁石に磁場が生まれます。一方、風洞内に配置する模型の内部には永久磁石(ネオジム磁石)が入っており、模型を磁力支持装置の中に置くと、磁力の反発によって模型が空中に静止した状態になります。

装置内に置かれた模型は、上下・左右方向から2台のカメラで撮影されており、風洞に流れる風によって模型が動くと画像の変化で移動量が計測できます。その移動量に応じて電磁石の磁力を加減し、模型を元の位置に戻すという制御を繰り返すことで、姿勢を維持します。この時に起きる電磁石の磁力変動を計測

することで、模型が受ける力を知ることができます。すなわち、磁石と電気が通常の風洞における天秤の役割を果たしているのです。

### 普通の風洞にはできない 「磁力支持風洞」の実験

球形や円柱形などの単純な形状の空力計測も、支持装置のない磁力支持風洞の得意分野です。単純な形の流れを計測することで、空気力学の基本的なメカニズムの理解につなげるとともに、CFDでの解析結果の検証にも利用できます。

また、計測中に模型の姿勢を自由に変えることができることも、磁力支持風洞の特徴のひとつです。普通の風洞でも支持装置で模型を動かすことは可能ですが、磁力支持風洞では電磁石の磁力をコントロールすることで、風洞に風が流れている間でも空中の模型を自由に動かすことも容易に行えます。

「上下あるいは左右方向に一定周期で振動させるような運動状態や角度を変えて航空機が旋回運動を再現した状態の計測ができます」と、空力技術研究グループの杉浦裕樹主任研究員は説明します。

磁力支持風洞は強力な磁場により模型を支持・運動させる必要があるため、試験前にはとても慎重な調整が必要です。模型が落下し、設備を破損しないよう細心の注意が求められます。また実際の航空機などを想定したような大型模型を使った風洞試験となると、強力な磁石を入れた非常に重い模型が空中に浮かぶことになり、安全面で特別な配慮が必要であるとともに、非常に強い磁場を形成できる装置が必要になるため、実用的に実験できる風洞のサイズ

飛行中の状態を地上で模擬できる風洞では、計測する模型を空中に固定するための支持装置が必要になりますが、その支持装置自体が計測結果に大きな影響を与えてしまいます。JAXAではCFD(流体数値シミュレーション)と組み合わせて、計算によりその影響を取り除くDAHWIN(デジタル/アナログ・ハイブリッド風洞)を研究開発していますが、一方で支持装置が全くなく、実際の飛行状態により近づけた「磁力支持風洞」の実用化に、世界で初めて成功しています。

には限界があります。

### 測定が難しい矢羽根や 再突入力プセル後流も精密に計測

磁力支持風洞は支持装置よりも細い矢のような胴体の実験にも適しており、現在、電気通信大学と共同で矢の空力特性に関する研究を進めています。これまで矢羽根が大きい矢の方が安定して飛ぶと考えられていましたが、磁力支持風洞での実験では矢羽根が小さい矢の方が安定することがわかってきました。このメカニズムが解明できれば世界初です。



アーチェリー矢の実験写真(矢が毎分1000回転した状態で支持する)

磁力支持風洞は非接触の計測方法との相性がとても良いのも特長の一つで、PIV<sup>※</sup>(粒子画像流速計測法)については、既に計測装置が組み込まれています。支持装置がないということは、模型の後方に何も無いため、物体後方の気流はより実際の飛行に近くなり、非接触計測方法と組み合わせることで、より正確な後方気流の動きが計測できます。これは後方の空気の流れによって振動を起こす再突入力プセルのような形状の実験には最適な特性です。杉浦主任研究員は、再突入力プセルの風洞試験について「磁力支持風洞の力を発揮できる対象ですので、現在重点的に試験を行っています」と話します。

現在JAXAにある磁力支持風洞の最大風速は秒速45mですが、今後より速い航空機や宇宙機などの実験に対応した音速前後(遷音速)の磁力支持風洞を整備する計画です。

※気体中の粒子にレーザー光を照射し、その反射光を短い間隔で撮影した画像を比較することで粒子の動きを解析して気流の流れを可視化できる計測手法。(Flight Path No.5参照)

# 日本の航空行政に貢献する JAXAの取り組み

日本国内における航空行政は、国土交通省の所掌です。JAXAは、その前身であるNAL(航空宇宙技術研究所)の時代から、我が国の航空科学技術分野における中核研究機関として、その研究成果や保有する専門技術、知見などを国土交通省に提供することで航空行政に貢献し続けてきました。JAXAが現在どのように国土交通省と連携しているのかをご紹介します。

### 国際基準策定にJAXAの知見を活かす

国連の専門機関であるICAO(国際民間航空機関)における民間機に関する国際的な基準策定作業には、日本の代表として国土交通省航空局(以下、航空局)が参加しており、JAXAをはじめとする研究機関や航空関連企業などは専門的な知識を提供するアドバイザー的な役割を果たしています。

ICAOには、議論する分野ごとに委員会やワーキンググループなどが設置されています。委員会の一つであるCAEP(航空環境保全委員会)では、航空機の排出ガスや騒音などの環境問題について議論し、技術や評価基準について検討が行われています。JAXAはCAEPに2001年から参加しており、さらにCAEPの中でソニックブームの基準策定や航空エンジンの排出ガス(NOx、PM、CO<sub>2</sub>等)の規制案を検討するワーキンググループでは、これまでにJAXAが積み上げてきた研究成果やデータが取り入れられようとしています。

また、無人航空機の運用ルールなどの検討が行うRPASP(遠隔操縦航空機システムパネル)では、航空局からの要望によってJAXAの研究者も2012年から前身であるUASSG(無人航空機システムスタディグループ)に参加するようになりました。この委員会で策定中の無人航空機システムのマニュアルには、JAXA研究員の提言が多く含まれています。

### 航空機の安全な運航のために

航空機が飛行するためには、国土交通省から航空機1機ごとに安全性や環境適合性の基準を満たしていることを証明する「耐空証明」を受けている必要があります。また、新規に航空機を開発する場合には、予め開発段階で設計や製造過程の検査を行っておくことにより、1機ごとの耐空証明検査では重複する部分の検査を省略できる制度として「型式証明」制度があり、YS-11以来の国産旅客機であるMRJ(10ページ参照)にも、型式証明検査が必要になります。MRJには新しい材料や技術が多数取り入れられているうえに、国産機の型式証明検査自体も実に半世紀ぶりの

ことであり、検査方法も各種の先進技術に適用できるものに見直さなければなりません。JAXAは、航空局に対して、これらの新技術に適用する安全性審査手法や基準を確立するための根拠となる技術資料とデータを提出しています。さらに旅客機が運航を開始した後、耐空性を維持するためには整備要件を適切に定める必要がありますが、JAXAは整備要件の内容を審査する航空局整備方式審査会に技術アドバイザーとして参加するなどの協力を行っています。

航空機に関わる事故や重大インシデント(事故が発生するおそれがあると認められる事態)が発生した場合、国土交通省の外局である「運輸安全委員会」が事故等の原因や発生した被害の原因についての調査を行います。JAXAは、発生した事故等の内容に応じて、JAXAの研究者が専門委員として調査に参加したり、関係物件の分析や飛行解析・構造解析など、さまざまな形で調査への協力を行っています。2008年10月1日には、運輸安全委員会とJAXAの間で包括的な協力に関する協定を結び、スムーズに協力できる体制を整えています。

さらに、JAXAでは、国土交通省が中心となって推進している将来の航空交通システムに関する長期ビジョン「CARATS」の実現化の一翼を担い、次世代運航システムを研究開発するDREAMSプロジェクトを進めています。DREAMSでは、「気象情報技術」「低騒音運航技術」「高精度衛星航法技術」「飛行軌道制御技術」そして「防災・小型機運航技術」といったCARATSロードマップの中で、特にJAXAの技術で貢献できる分野について研究開発を実施しています。

このように国土交通省とJAXAは、日本国内はもちろん、世界中の航空機産業の発展や安全な運航のために、数多くの分野で密接に連携し協力しており、その関係は今後も続いていきます。

空力技術研究グループ  
環境負荷低減技術セクション 主任研究員

杉浦裕樹



JAXA調布航空宇宙センターの展示室にあるNEXST-1の前に。この機体は、2005年の試験で実際に使用したものだ。

# 「子どもたちに胸を張れる技術を実現したい」

機体システム研究グループ  
アソシエイト フェロー  
**徳川直子**

1967年生まれ。1990年3月学習院大学物理学科卒業。1995年3月東京農工大学大学院博士後期課程修了。東京大学大学院研究生、科学技術振興事業団科学技術特別研究員(派遣先:航空宇宙技術研究所)を経て、1997年10月航空宇宙技術研究所入所。2013年から現職。

第3回は、「自然層流翼設計」を研究している徳川直子アソシエイト フェローです。二児の母親として、子育てとのバランスをどのように取りながら研究を進めているかを聞きました。

## 研究されている「自然層流翼設計」とはどのような技術なのでしょう。

航空機の燃費を向上させるためには、その航空機の空力抵抗、特に摩擦抵抗を抑える必要があります。機体表面には、境界層と呼ばれる数mmにも満たない層状の流れがあります。境界層中の空気の流れは、翼の前縁付近では滑らかな層流状態ですが、後縁に向かうにつれ徐々に乱れ、乱流と呼ばれる摩擦抵抗が増大した状態に変化します。私は主翼や機首部分で層流の領域を維持できる形状を作る研究をしています。

## ずっと流体力学・空気力学に関する研究に携わられてきたのですか。

大学院では流体力学を理論的に研究していました。その後、科学技術振興事業団の特別研究員(いわゆるポスドク)としてJAXAに来てからは、実験を通じて空気力学、特に境界層流れの研究をしています。1997年に入社後しばらくして小型超音速実験機「NEXST-1<sup>\*</sup>」のプロジェクに加わり、模型による風洞実験や実験機を飛ばした飛行実験で自然層流翼の計測を担当しました。機体表面がザラザラだと層流翼設計の効果を正確に計測できないので、実験前には汚れのないツルツルな状態にしなければなりません。ですからNEXST-1の飛行実験では、いつも実験機のそばに張り付いて機体状態の確認をしていたため、NEXST-1のことは、つい「ウチの子」って言うてしまうくらい思い入

れも強くて、2005年に飛行実験が成功したときには本当に嬉しかったですね。現在はこの自然層流設計の技術を、実際のナローボディの旅客機から小型の超音速旅客機まで拡張できるよう研究しているところです。また実際に運航される航空機は、常にツルツルな状態にしておくことはできないので、できるだけ汚れにくくきれいな状態をキープできるようにすることも研究課題です。

## 大学院で流体力学を専攻されたきっかけはなんですか。

実は、大学時代は理学部の物理学科で、統計力学の研究室にいました。大学院で流体力学の道に進もうと思ったのは、子どもの頃の経験があったからかもしれません。水を撒くときにホースの先から管の形のまま出た水が、ブツブツと切れて玉になるでしょう? あれが面白かった。何でそのままの形じゃないのだろうと思って聞いたら、親が「それは表面張力って言うのよ、流体力学よ」と教えてくれました。中学時代から歌舞伎観劇が趣味で、大学の歌舞伎サークルに入ってからは演じることもあり。おかげで学会発表などの場で人前に立つことも苦ではありませんし、短い時間で集中するコツも身につけましたね。

## 女性としてJAXAは働きやすい環境ですか。

女性が働きやすい制度は非常に整っていま

すし、働く環境としては決して悪くありません。男女共同参画推進室にも参加し、男女を問わず働く環境をより良いものにしたいと思っています。女性同士のつながりを強くするために調布航空宇宙センター在勤の女性研究者の交流会、いわば「調布女子会」のようなものも開いていて、そこで出産とか子育てなどの情報交換をしています。

## 将来の夢を教えてください。

近い将来の夢としては、JAXAの技術力をアピールできるような、空気抵抗を低減した燃費の良い航空機の設計に携わりたいですね。遠い将来の夢としては、子どもたちに胸を張ってと言えるような、何か災害があったときに救助に行ける、あるいは取り残された人々をすばやく救助できるような技術を実現できればいいなと思っています。

## これから航空分野の研究者を目指す後輩たちにアドバイスはありますか。

自分で考える力を身につけることが大切だと思います。研究ではなかなか思ったようなデータが出ません。その時になぜそうなったのか原因を推察し、どのように改善すればよいデータを得られるか対策を導けるようになることが大切だと思います。

\*超音速機の燃費を改善するための機体形状確認を目的とした実験機。2002年、2005年にオーストラリアのウーメラ実験場で実験を行い、超音速旅客機コンコルドに比べて空気抵抗を約13%低減できることを実証した。



# 「空中を自由自在に移動できるヘリコプターの仕組み」

ヘリコプターは、滑走路がない場所での離着陸や空中での静止(ホバリング)、旋回、前後左右への自在な移動が可能な航空機です。そんな特徴から平地の少ない日本では、災害救助や救急救命、人員輸送、報道、観光などさまざまな場面で利用され、航空機の中でヘリコプターが占める割合は世界でもトップクラスです。飛行機が主翼に風を受けることで揚力を得て飛ぶことは知られていますが、ヘリコプターはなぜ自由自在に飛行できるのでしょうか?

## ヘリコプターはどうやって浮いているのか

ヘリコプターは上部にメインローターと呼ばれる回転する翼が取り付けられていることから「回転翼機」とも呼ばれます。その翼1本1本はローターブレードとも呼ばれ、揚力が発生しやすい翼のような形状をしています(右図)。普通の飛行機が前進することで、主翼に空気を受け揚力が生まれるように、ヘリコブ

ターもローターブレードが回転することで空気を受けて揚力が生まれます。揚力と重力が釣り合うと空中に停止したような「ホバリング」状態になり、ブレードの迎え角(ピッチ角)を変えること(フェザリング)によって揚力が増減し、上昇・下降することができます。



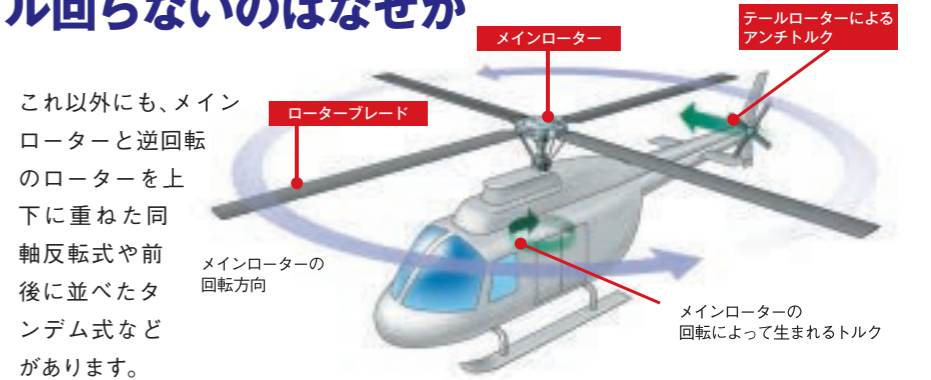
## ヘリコプターがグルグル回らないのはなぜか

ヘリコプターのメインローターは一方方向に高速回転しています。もしメインローターしかなければ、機体はローターとは逆方向に回転してしまいます。その回転する力(トルク)を打ち消す方向への力(アンチトルク)を発生させる装置が必要で、そのために多くのヘリコプターで機体後部にテールローターと呼ばれる垂直方向のプロペラを搭載しています。テールローターが回転することで横向きに回転する力が生まれ、トルクを打ち消すことができるのです。トルクを打ち消す方法は、

## ヘリコプターはどうやって自在に移動できるのか

メインローターの根元にあるスワッシュプレートを傾けることによって、ローターブレードが前方から90度回転した時点で迎え角を最大に、後方から90度回転した時点で迎え角を最小にします。これによって、ローター後方でローターブレードが最も上がり、ローター前方でローターブレードが最も下がり、

メインローターの回転面が前向きに傾きます。回転面が傾くことで前方への推力が抵抗に打ち勝って、ヘリコプターは前進することが可能になるのです。このようにヘリコプターはローターブレードの角度を変えることによって上下に加え、前後左右に自在に移動することが可能になります。



今回はヘリコプターが飛行する基本的な仕組みについて紹介しました。実際にはさらに複雑な制御によって、ヘリコプターは飛行しています。興味がある方は、ヘリコプターでどのような制御が行われているのか調べてみてください。



# Flight Path Topics

## 車の上にクーラーフラップを取り付けて効果を確認

JAXAでは、航空機の燃費を良くするため、翼の摩擦抵抗を低減するための研究を行っています。

摩擦抵抗を低減するためには、翼表面上の流れを層流<sup>※1</sup>と呼ばれる状態に保つ自然層流設計が有効ことが知られています。しかし、現在運航されている航空機では離着陸の際に翼前縁に虫が附着するため、層流状態を保つ効果が失われてしまう懸念があります。これまでの実験で、クーラーフラップ<sup>※2</sup>を翼の前縁部に張り出すと、虫などの附着防止に効果があることが確認されています。

2014年10月に実施した実験では、断面形状の異なるクーラーフラップを左右に並べて配置した模型を製作し、自動車の上部に装着した状態で走行させました。その結果、クーラーフラップの断面形状や取り付けられる主翼との位置関係によって、虫などの附着を防止する効果に違いがあることが確認できました。

この実験結果は、摩擦抵抗を低減するために翼前縁を滑らかに保つ技術の開発へと繋がっていきます。

なお、この実験は、2013年度に皆様から頂いた寄付金によって実施しています。

※1: 翼の表面を、規則正しく滑らかに流れる状態を指す。

※2: 翼の揚力を得るための前縁フラップ装置で、巡航時には翼の下面に収納されており、低速領域で揚力が必要となる着陸時に翼前方に展開される。



クーラーフラップの模型を搭載した車両。筑波宇宙センター内で予備走行した。

## 実験用ヘリコプターの後流を計測

2014年10月21日から31日にかけて、大樹航空宇宙実験場でヘリコプターの後流(後方の空気の流れ)を計測する試験をしました。

ヘリコプターが飛行すると、その後流により、後方を飛行する航空機に影響を与えることがあり、小型の固定翼機が墜落した事例もあります。JAXAでは、ヘリコプターの近くの飛行中の小型固定翼機の安全な飛行に向け、ヘリコプターの後流がどのように動き、拡散していくのかを解明する研究をしています。

今回は、2台のライダー<sup>\*</sup>と超音波風速計4台を滑走路周辺に配置し、JAXAの実験用ヘリコプター(BK117C-2)を滑走路上空でホバリングや低速移動、水平飛行などの飛行を行い、その後流を計測しました。

※空気中の塵などにレーザー光を照射し、その散乱光から風速を測るセンサー。



ライダー(写真中央の白い装置)

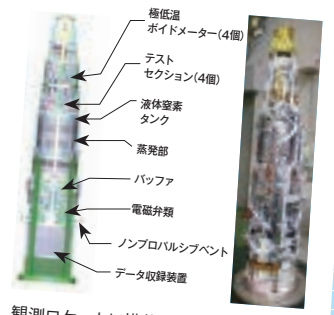


煙による後流(吹き下ろし)の可視化

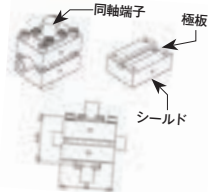
## 液体ロケット燃料の宇宙空間での二相流挙動を、観測ロケットで確認

2014年8月4日23時00分、JAXAは内之浦宇宙空間観測所から観測ロケットS-310-43号機を打ち上げました。今回の観測ロケット実験は、観測ロケットを弾道飛行<sup>※1</sup>させることで生まれる低重力環境を利用し、宇宙空間での慣性飛行<sup>※2</sup>を模擬した環境での極低温液体ロケット燃料(今回実験で用いたのは液体窒素)の沸騰・流動などの挙動を調べることを目的としています。本実験において航空本部は、観測ロケットに搭載される極低温実験装置の開発を担当しました。本実験装置には、航空本部が早稲田大学、東北大学と連携して開発した二相流センサー(極低温ボイドメーター)<sup>※3</sup>が組み込まれています。

このセンサーは、一般に困難と言われる二相流状態<sup>※4</sup>での流量計測を実現するための新しいセンサーで、基幹ロケット高度化プロジェクトで打ち上げ能力向上に貢献したセンサーです。今回の観測ロケット実験では、宇宙空間での極低温ボイド率計測に世界で初めて成功し、その後の分析の結果、新型基幹ロケット



観測ロケットに搭載された極低温実験装置



極低温ロケット燃料配管、ボイドメーター(2個)、極低温ボイドメーターの概要

予冷解析ツール精度検証に足る極低温二相流動データが得られたことを確認できました。今後は、新型基幹ロケットの搭載フライトセンサーや地上インフラ用のセンサーとしての適用も期待されています。

- ※1: 砲弾のように放物線を描く軌道で落下運動すること。
- ※2: 加速度がない状態での飛行。人工衛星は慣性飛行で地球の周りを飛んでいる。
- ※3: 配管内の気液体積の割合(ボイド率)を検知するセンサー。
- ※4: 異なる相の物質(気体や液体などが混ざり合って流れる状態)。

## 「飛翔」飛行中の主翼の変形量を計測

航空機の翼は、飛行中に空気の力を受け変形します。航空機の設計では、飛行中の変形も考慮されていますが、本当にどのように変形し、想定した性能が出せているのか確認する技術がありませんでした。JAXAでは、実験用航空機「飛翔」を使い飛行中に主翼がどのように変形するかを光学的に計測する手法の確立を目指しています。

この手法では、飛翔の左舷側主翼に配置した26点のターゲットマーカーを2台のカメラで撮影し、画像データを処理することで、各ターゲットマーカーの3次元位置が算出できます。2014年11月、能登半島沖で行った試験では、地上での計測値と飛行試験での計測値の間の変形量は、飛翔の片側主翼7m長に対し、たわみで最大160mm、ねじれは-1.0度程度という結果を得ました。今後使用量の増加が予想される複合材を主翼に使用した航空機では、飛翔のようなジュラルミンで作られた主翼よりも変形量は大きくなるため、こうした手法はさらに重要と



窓から主翼上のターゲットマーカーの位置を撮影

