

JAXA 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
SUMMER

No.5

航空本部
www.aero.jaxa.jp

特集

基礎的・基盤的
技術の研究

日本の航空宇宙技術を芽吹かせ、育てる
「基礎的・基盤的技術の研究」

見えない空気の流れを正確に捉える

世界と競うJAXAの先端風洞技術



FLIGHT PATH

2014 SUMMER No.5

今号は、未来に向けた新しい技術を創り出す
基礎的・基盤的技術の研究を紹介します。

表紙画像は、フラップやスラットなど、航空機の高揚力装置の設計技術向上に向けた風洞試験の様子です。
模型の表面に蛍光塗料を混ぜたオイルを塗り、風を送って紫外線を当てることで機体表面の流れの様子を知ることができます。
これによって、揚力や空気抵抗、さらに騒音の原因の一つである風切り音の発生状況も知ることができ、航空機の設計に役立てられています。

CONTENTS

P.3-5

特集 日本の航空宇宙技術を芽吹かせ、育てる
「基礎的・基盤的技術の研究」

P.6-9

見えない空気の流れを正確に捉える
世界と競うJAXAの先端風洞技術

P.10-11

次世代の複合材料を生み出し日本の航空宇宙産業の可能性を切り拓く
株式会社カネカ先端材料開発研究所 主任研究員 宮内雅彦氏 インタビュー

P.12-13

調布航空宇宙センターの歴史を振り返る

P.14

研究者リレーインタビュー
第1回 風洞技術開発センター 実機空力セクション
主任研究員 上野 真

P.15

航空技術図鑑[1] 「風洞はどのように空気を流しているの?」

P.16

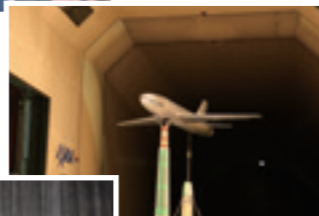
[Flight Path Topics]

- ・D-NET対応システムの製品化、ますます進む
- ・消防庁は、D-NETに対応した集中管理型消防防災ヘリコプター動態管理システムの運用を開始
- ・新石垣空港でENRIと将来型着陸誘導システムの実験を実施
- ・成田空港で乱気流情報提供システム「ALWIN」の評価試験を実施

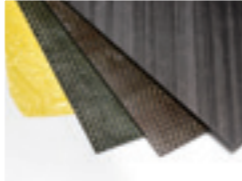
P.3-5



P.6-9



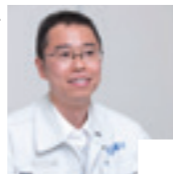
P.10-11



P.12-13



P.14



P.15



P.16



特集 基礎的・基盤的技術の研究



日本の航空宇宙技術を芽吹かせ、育てる 「基礎的・基盤的技術の研究」

将来に向けた新しい技術を創り出すためには、土台となる基礎的な研究や試験・解析のための共通的な基盤技術を高める研究が必要不可欠です。JAXA 航空本部が行っている「基礎的・基盤的技術の研究」の概要と、それらの研究が日本の航空宇宙産業に果たす役割について、柳原正明基盤技術統括に話を聞きました。

——「基礎的技術」「基盤的技術」という言葉の意味を教えてください。

基礎的技術とは、さまざまなプロジェクトにつながる、植物でいえば、これから大きな木に育つ芽のようなもの。一方、基盤的技術は基礎的技術を育てるための土壌にあたるもので、例えば設備や試験技術といったものが基盤的技術だと考えています。基礎的技術が基盤的技術によって成長し、やがて大きなプロジェクトになっていく、というイメージです。

基礎的・基盤的技術の研究は、まさに縁の下の力持ちというか、こうした基礎的・基盤的技術があるからこそ、大きなプロジェクトに発展できる、そういう意気込みで頑張っています。

——航空本部の基礎的・基盤的技術には、具体的にどのような技術があるのでしょうか。

航空本部では、「空気力学」「構造・材料」「航空エンジン」「飛行技術」の4つの分野を中心

に、基礎的技術あるいは基盤的技術の研究を行っています。

まず「空気力学」についてですが、流体力学に含まれる空気力学は航空の基礎です。航空本部には空気力学の実験装置である風洞が10カ所以上あります。低速風洞から遷音速、超音速、極超音速とさまざまな速度に対応した実験ができることが、私たちの一番のセールスポイントになっています。例えば、6.5m×5.5m低速風洞は、航空機用の風洞としては測定部が日本最大ですし、マッハ1前後の風速を出せる遷音速風洞は、JAXAだけでなく民間企業など外部の方々にも利用されていて、日本で一番稼働率の高い風洞です。超音速や極超音速風洞は、航空機だけでなくロケットなど宇宙分野の実験にも利用されています。

こうしたさまざまな風洞に加えて、近年ではコンピューターで空気の流れを解明するCFD(数値流体力学)の技術でも、世界トップクラスになっていると思います。

——航空本部は風洞とCFDを組み合わせたデジタル/アナログ・ハイブリッド風洞DAHWINも持っていますね。

コンピューターで計算するCFDは実験の必要がないので、効率的に設計ができます。しかし、計算ですからやはり現実とは違います。DAHWINは、効率の良いCFDと現実に近い風洞実験の良いところを組み合わせ、より効率的で高精度な結果を出せるようにしているというハイブリッド風洞システムです。

しかし、風洞はできるかぎり現実に近づけようとしています。周囲の壁や模型の支持装置などの影響を受けるので、やはり飛んでいる状態とは違いがあります。そこで最近では、ハイブリッド風洞の一步先として、飛行試験も取り入れた技術についても考えています。具体的にはJAXAの実験用航空機を使って計測したデータを、風洞試験やCFDと比較検討することで、それぞれ3分野での精度向上を図るといったことを検討しています。

特集 基礎的・基盤的技術の研究

—— 航空機に関する空気力学的な研究は、理論から実証までできる環境がそろっているということですね。

そうです。小型の風洞を持っている大学は多くありますし、CFDも大学でできます。私たちJAXA航空本部は、さまざまな風洞、そしてスーパーコンピューターを使ったCFD、さらには実際に航空機を飛ばした実証を、1カ所のできるのが強みだと思っています。

—— 2つ目の柱、「構造・材料」について教えてください。

構造・材料の分野でJAXAが強いのはCFRP(炭素繊維強化プラスチック)などの複合材料です。最新鋭の旅客機ボーイング787の約35%は日本が作っていますが、それは日本が複合材料に関して高い技術を持っているからで、その基礎となった部分にはJAXAが大きく貢献したと思っています。現在は、CFRPをさらに軽量化する研究や、もっと簡単に作るための技術の研究を進めています。

さらに将来を見据えた新しい材料として、カーボンナノチューブを利用した複合材料の量産技術確立や信頼性向上などを目指した研究を行っています。また、カーボンナノチューブやグラフェンをそのまま複合材に利用するだけでなく、金属などと組み合わせる新しい特性を持った多機能性複合材料の研究にも取

り組んでいます。

こうした取り組みを通じて、日本の航空機産業を世界の中で発展させ、シェアを伸ばすことに協力していくことも、JAXAの大きな役割だと思っています。

—— 3つ目の柱、「航空エンジン」についてはどのような研究が行われていますか。

航空機のエンジンはそれ自身で一つのシステムといえますが、航空本部はエンジン関係の試験設備を多数所有していますし、また次世代のエンジンの基礎となる技術の研究も行っています。

現在では、エンジンも環境に配慮した設計が求められていますので、特に燃費と騒音を減らすことをターゲットにしています。

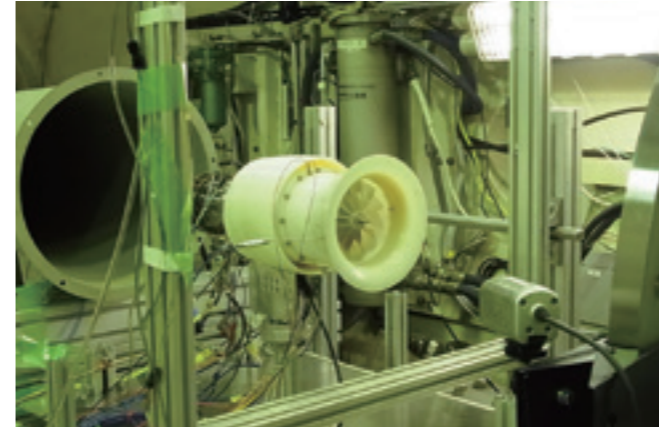
JAXAが開発に携わったFJR710というエンジンは、日本が産官学連携で作上げたターボファンエンジンで、STOL実験機「飛鳥」にも搭載されていたエンジンですが、この開発を通して得られた技術が、V2500というターボファンエンジンの国際共同開発への日本の参加につながっています。

航空本部が研究している環境に配慮した次世代のエンジン技術により、国際共同開発での日本の航空産業の地位を上げていきたいですね。

—— 4つ目の柱、「飛行技術」の研究とはどのようなものですか。

これまで述べた空力や材料といった研究も、最終的には航空機を飛ばして実証する必要があります。そのための技術を研究しています。例えば、実験用航空機「MuPAL- α 」に搭載されている「インフライト・シミュレーター」は、調べたい機体の特性データを入力すると、入力した機体を模擬した飛行が可能になるという技術です。大型旅客機のデータを入力すると、その旅客機のような飛行を行うことができます。新しい航空機を開発する際に機体のデータを入力すれば、あらかじめその機体が飛ぶように操縦ができるので、何か問題があったとしても、実機を製造する前に設計に対してフィードバックできます。

また、舵面(航空機の姿勢をコントロールする舵)が壊れるといったトラブルが起きた時でも、パイロットが安全に操縦できるような技術(耐故障飛行制御技術)の研究開発も行っていますが、インフライト・シミュレーターを使えば実際に舵面を動かない状態にして、開発した新技術の評価をすることができます。もし、実験飛行中に危険な状態になれば、すぐにインフライト・シミュレーターを止めて正常な状態に戻すことができるので、安全を確保しつつ研究を行うことができます。



高気性能試験設備での小型ターボファンの運転試験

—— 実験用航空機はどのように使われていくのでしょうか。

これまで私たちはプロペラ機とヘリコプターしか持っていなかったのが、高いところを高速で飛行するジェット機の新しい技術を作っても、十分に実証することができませんでした。2012年に「飛翔」を導入したことで、例えば民間企業の方々が作ったジェット機用の機器を「飛翔」に搭載して、上空でうまく動作するかといった確認ができるようになったので、今「飛翔」はフル活動している状況です。

—— これらの技術は宇宙分野でも活用できるのでしょうか？

基盤的技術は航空分野に限らず、宇宙などさまざまな分野で活用できます。例えば、CFD技術を使ってロケットの音響振動を解析して搭載されている人工衛星への影響を調

べたり、風洞技術により再突入カプセルが地球へ帰還する際の大気中の空力特性を調べたり、あるいは月惑星探査機に搭載される着陸レーダーの試験を実験用航空機で行ったりしています。CFRPなどの複合材料も、人工衛星などで使われています。また、宇宙科学研究所が研究している火星探査用の航空機にも協力していて、私たちの技術が応用できると思います。

—— 大学で行っている基礎的研究と、JAXAの研究の違いはどこでしょうか。

TRL(Technology Readiness Level: 技術成熟度)という、技術の実用性を1から9のレベルで示す世界的な指標がありまして、大学はレベル1~3といった基礎的な部分、逆に航空機メーカーなどはレベル6~9といった実用間近な部分を研究しています。私たちJAXAはその真ん中、レベル3~6に相当する技術を研究しています。

何が違うのかといえば、大学の研究室が行った研究を私たちが受け取って、風洞試験や飛行実験などで実証し、あるいはシステムとして組み上げたりしてTRLを上げ、メーカーに引き渡す、というように、それぞれの役割は違います。

—— 海外に比べて先行している技術はどのようなものがありますか。

CFDや複合材料技術については世界の先頭を走っています。風洞試験の計測技術にPSP(感圧塗料)を使って圧力分布を光学的に計測するとい

う技術がありますが、これも世界トップレベルです。試験設備の中には規模的に劣っている部分もありますが、CFDのように先行している技術で補って、全体のレベルを底上げして、海外に追いつこうと考えています。

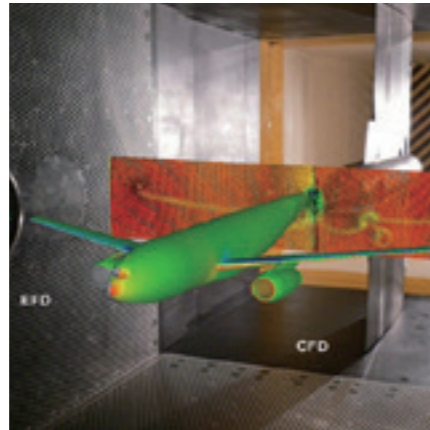
一方、海外の研究者とは、世界の公的航空研究開発機関によって構成される国際組織「IFAR(国際航空研究フォーラム)」などを通じて、協力を進めています。

—— 航空本部の基礎的・基盤的研究をどのような形で社会に役立てていきたいとお考えですか。

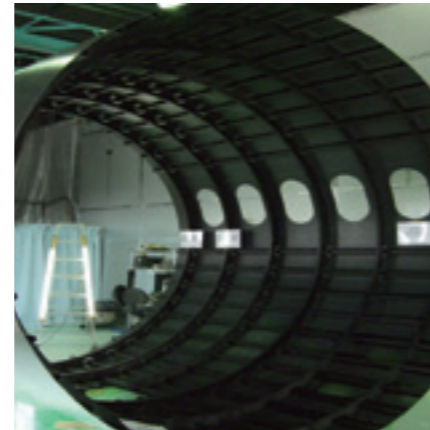
JAXAも創立10周年を迎え、「Explore to Realize」というコーポレートスローガンのもと、実際に世の中で役立つ研究を行うという大きな指針が示されています。試験技術、設備など基盤的技術については、航空宇宙分野はもちろんのこと、世の中の役に立つような技術を、縁の下から支える形で今後も頑張っていきます。基礎的技術については、10年、20年先にその技術がどのように社会に役立っていくのか、明確なビジョンをきちんと持って研究していくことが重要だと思います。またこれらの研究を皆さんに理解していただくため、情報発信も積極的に行ってまいります。



航空機用としては日本最大の測定部を持つ6.5m×5.5m低速風洞。大型の模型による計測が可能



デジタル/アナログ・ハイブリッド風洞「DAHWIN」は、風洞による流体実験(EFD)とスーパーコンピューターによる流体数値シミュレーション(CFD)との結果を重ね合わせて確認できる



プリプレグ(炭素繊維に樹脂を染みこませたシート状部材)を使うオートクレーブ成形法と、コストを抑えて大気圧下で成形するVaRTM成形法の利点を兼ね備えた、VPH(VaRTM Prepreg Hybrid)成形技術で製作したCFRP供試体



実験用ジェット機「飛翔」(上)とインフライト・シミュレーターを備えた「MuPAL- α 」(下)



柳原正明
基盤技術統括

《見えない空気の流れを正確に捉える》

世界と競うJAXAの 先端風洞技術

「風洞」とは、空気の流れを人工的に作り出し、内部に設置した模型に加わる力や風の流れを計測するための試験設備です。その歴史は古く、人類初の動力飛行に成功したライト兄弟も、飛行実験の前に風洞による試験を何度も繰り返していました。長い歴史を持つ風洞は、現在の航空機・宇宙機開発において必要不可欠で、いくつかの新しい技術によって日々進化しています。JAXAの調布航空宇宙センターも風洞の導入からその歴史がスタートしました。航空機・宇宙機開発を支えるJAXAの風洞技術についてご紹介します。



浜本 滋
風洞技術開発センター
センター長

■ 風洞試験で何が分かるのか

「航空機の機体形状を決定する上で一番重要なことは、空力設計です」と語るのは、風洞技術の研究開発を行う風洞技術開発センターの浜本滋センター長。空力設計とは、空気の流れや圧力が機体にどのような影響（空力特性）を与えるかを調べ、そのデータを機体の形状に反映させる作業を繰り返して、航空機の目

的一例えば「より速く」「より効率良く」など一に沿った機体形状を決定していくことです。そのためにライト兄弟の時代から、風洞に機体の模型を入れて風を流し、飛行しているときと同じ状態に近づけて飛行状態を模擬しながら、模型にどのような空気の力が作用しているのか調べてきました。航空機の設計では、こうした風洞での試験が必要不可欠です。

空気の力といっても、飛行機を持ち上げる力（揚力）や押し戻そうとする力（抗力）、重心回りに回転しようとする力、機体表面にかかる圧力などさまざまなものがあります。また、空気の性質は温度によって変化するため、温度のデータも必要になります。

風洞試験では、まず風洞内の測定部に機体模型を設置して、データを計測するセンサー

の配線を行います。そして風洞に空気を流しながら、模型の迎え角（気流に対する模型の上下角）や横滑り角（左右の角度）を変化させて計測を行います。模型の設置から通風・計測、そして撤去までという一連の過程を行うには、試験規模にもよりますが、およそ1～2週間程度かかります。

■ 幅広い速度域をカバーする 多彩な風洞

比較的低速なプロペラ機から高速で飛ぶジェット機、さらに速い超音速機など、航空機の飛行速度はさまざまです。航空本部は、航空機が離着陸する状態を作り出すことができる低速風洞から、巡航状態を模擬する遷音速風洞、さらに速い超音速、極超音速風洞まで幅広い速度域をカバーする多くの風洞を所有しています。また、宇宙から地球へ戻ってくる再突入カプセルの状態を模擬するため、気流に高いエネルギーを与えて模型に当てるアーク加熱風洞や誘導プラズマ加熱風洞と呼ばれる風洞もあります。



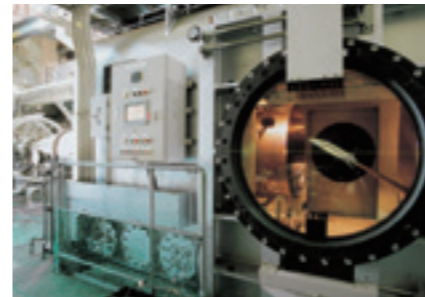
ライト兄弟が使った風洞装置のレプリカ 画像提供：U.S. Air Force

さまざまな速度域の風洞たち

1m×1m超音速風洞。超音速で飛行する航空機や飛翔体、ロケットや宇宙往還機などの研究開発に利用される



航空機の模型を設置した6.5m×5.5m低速風洞。航空機用の風洞では日本最大の測定部を持ち、離着陸時や低速飛行時における航空機の特性を調べる実験などに利用される



1.27m極超音速風洞。マッハ10の風速を作り出せる設備は世界でも最大級。将来の極超音速機や宇宙往還機などの設計に利用される

750kWアーク加熱風洞。高いエネルギーを持った気体の流れを作ることができ、大気圏への再突入を模擬した試験が可能。画像はアーク加熱風洞を用いた軽量アプレータの加熱試験の様子



2m×2m遷音速風洞。遷音速（音速前後の速さ）で飛行する航空機の特性を調べるために使われる

■ 50年以上日本の航空宇宙産業に 貢献

1960年に2m×2m遷音速風洞が稼働してから50年余、日本で行われたほとんど全ての航空機開発でこの風洞が使われてきました。近年では、三菱航空機（株）の小型ジェット旅客機MRJの開発でも利用されています。また、NロケットやHロケットといったロケット開発でも、ここで試験が行われています。宇宙空間に飛び出すロケットに空力は関係ないと思われるかもしれませんが、空気の層を抜けて宇宙に達するまでが非常に重要で、ロケットをまっすぐ飛ばすための安定化装置

（スタビライザー）の効果を計測したり、音速を超える時に起きる振動現象の影響を計測したりする必要があります。例えば、H-II AロケットとH-II Bロケットでブースターの取り付け位置によって空力特性がどのように変わるか、という実験も風洞を使って行われました。

JAXA調布航空宇宙センターにある風洞の多くは、完成してから長い年数を経た設備ですが、現役で稼働しています。古くなったからといって建て替えることは容易ではありませんが、電子機器を更新したり、送風ファンの駆動モーターを効率の良い物に置き替えるなどの改良や改修が継続的に行われています。

風洞の目的である計測技術は急速に進歩しています。50年前には、模型にかかる力は、計測器で機械的な釣り合いを測っていました。それを人間が目で見取り、手で計算していましたが、現在では、機械式の計測からひずみセンサーを使った電子式計測に、計算についても人力からコンピューターを使った処理に変わっています。

また、模型にかかる空気の圧力を計測する技術も進化しています。かつてはマンメーターという気圧の差を液面の高低差から導き出す装置を使って、人間が目視で数値を測っていました。それが圧力によって変形した量を電気信号として出力する圧力センサーに

世界と競うJAXAの先端風洞技術

よって、より精密な計測ができるようになりました。さらに、複数の圧力センサーからの入力を高速で切り替えることで、短い時間で多くの点の圧力を計測できる圧力スキャナーが登場し、1秒以内に最大500点もの計測が可能になっています。

機体表面の圧力分布を面で捉える感圧塗料計測法

このように進化してきた計測方法ですが、ある問題がありました。それは、センサーを配置した点の圧力しか計測できないことです。表面に数多くのセンサーを配置することには限界があり、圧力センサーの間には隙間が生まれます。隣り合うセンサーが計測した数値から、センサー間の領域における圧力は推測するしかありません。もしおかしな現象が起きていたとしても、そこに圧力センサーがなければ異常を見つけることはできません。この問題は古くから指摘されており、圧力を点ではなく面で計測したいと多くの研究者が考えていました。面での圧力分布計測を実現したのは、酸素の量(分圧)によって発光の量が変化する感圧塗料(PSP: Pressure-Sensitive Paint)を利用した計測技術です。感圧塗料を塗った模型を風洞内に配置し、風を送りながら紫外光を当てると、圧力の差によって塗料の赤色発光の度合いが変化し

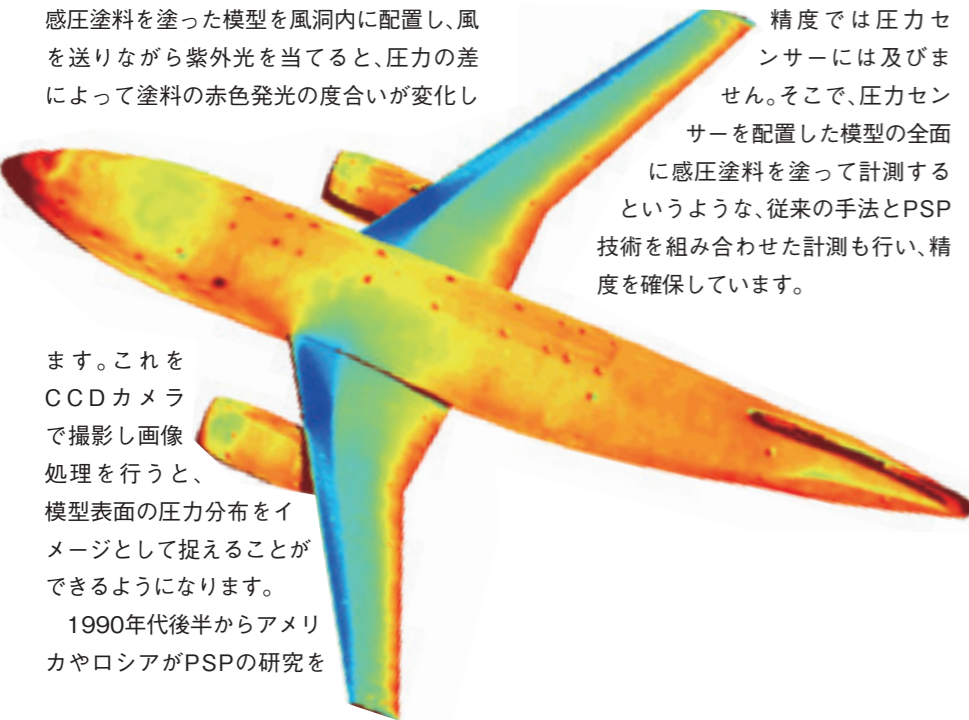


感圧塗料(PSP)は圧力に応じて明るさが変化する発光塗料で、PSPからの発光をCCDカメラなどで計測することで圧力分布を画像として計測。圧力を測りたい模型にPSPを塗布(画像上)することで、面全体で圧力分布を計測できる。赤い色ほど圧力が高い(画像下)

開始し、現在ではドイツやフランスなども研究を進めるなか、JAXAは大型風洞におけるPSP技術の実用化に成功しました。「JAXAのPSP技術は、世界トップレベルを競い合っています」と風洞技術開発センターの満尾和徳計画管理チーフマネージャは語ります。

PSPによって計測された圧力分布データは、目に見える画像として表示されるので、直感的な理解を助けることができますが、精度では圧力センサーには及びません。そこで、圧力センサーを配置した模型の全面に感圧塗料を塗って計測するというような、従来の手法とPSP技術を組み合わせた計測も行い、精度を確保しています。

ます。これをCCDカメラで撮影し画像処理を行うと、模型表面の圧力分布をイメージとして捉えることができますようになります。1990年代後半からアメリカやロシアがPSPの研究を

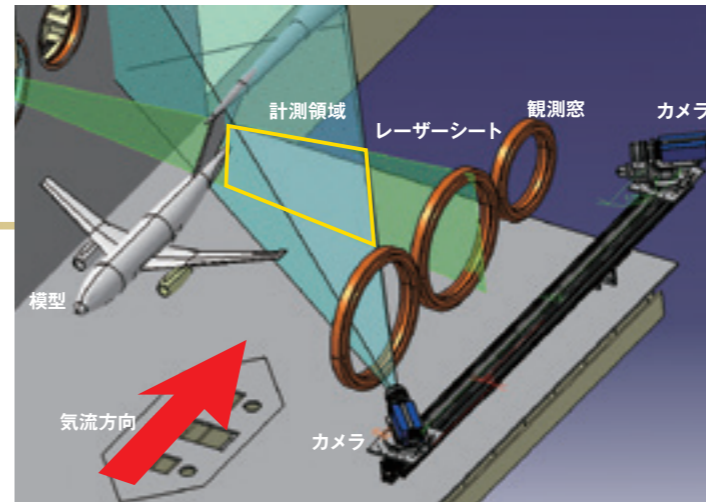


空間の空気の流れを可視化する粒子画像計測法

空気の力を知るためには、機体表面だけでなく周辺の空気の流れを知ることも重要です。音速以下の遅い流れを見るためには、煙風洞のようにスモークを使う方法がありますが、それを一歩進めて、翼の周囲の流れの速度分布や方向、挙動を観測する技術が粒子画像計測法(PIV: Particle Image Velocimetry)です。

PIVを使うと、機体や翼の周りに発生する空気の渦の動きなどが分かります。航空機が飛行する際、渦によって航空機が引っ張られたり、渦が崩壊することで思わぬ力がかかったりします。PIVは、そうした現象の研究にとっても役に立ちます。

PIVの原理は簡単で、空気中にトレーサーという細かい粒子を混ぜて流し、シート状に照射したレーザー光(レーザーシート)の中を通過するトレーサーをカメラで撮影します。そして一定間隔を開けてもう1枚写真を撮って、2枚の画像を比較します。同じ粒子の移動距離が分かれば速度が算出できるので、撮影した面の速度分布が分かるという仕組みです。原理は簡単ですが、1枚の画像には何万個もの粒子が写ることになるため、粒子を特定



PIV計測の概念図。気体中に放出されたトレーサーがレーザーに接触して発光する様子をカメラで撮影する

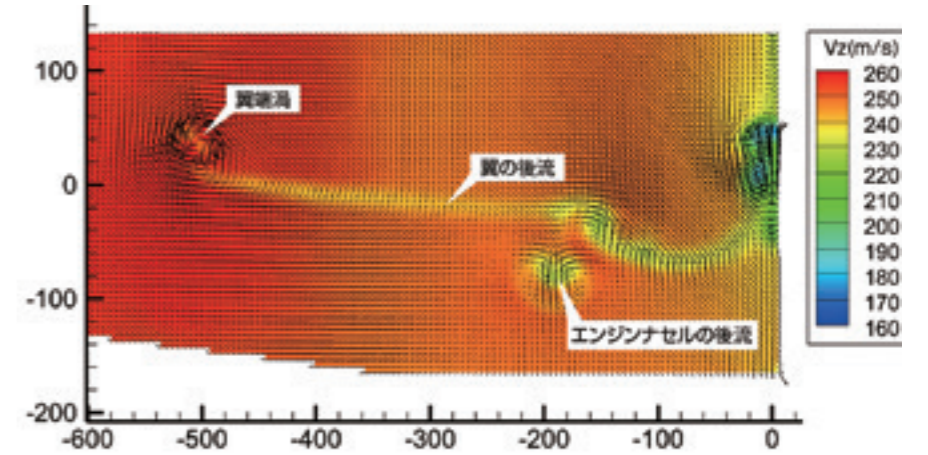
することは人間にはできません。そこで、画像をコンピューターで画像処理をして、相互相関解析という方法で粒子の移動量を算出し、速度分布を計算します。PIVを行う計測システムは、JAXAの風洞で利用できるようにカスタマイズして実用化しました。実用化したJAXAのPIVでは、2台のカメラを使って同じシート領域を撮影することで、3次元の速度ベクトルを計測できるようになっています。さらに、レーザーシートとカメラの位置を変えることで、大きな模型の流れも観測できるようになっています。

ユーザーニーズに合わせて進化

10年前の遷音速風洞では、時刻や季節によって気流や計測装置などの温度が変化することで、取得したデータに若干のばらつきがありました。近年の航空業界では環境性能、特に燃費性能にしのぎを削っており、少しのばらつきでも設計に大きな影響を及ぼす場合があります。

こうしたユーザーのニーズに応えるため、試験環境や計測手法を工夫するなどして、常に同じ計測データが得られるようになりつつあります。こうした作業は非常に地味な技術ですが、問題点を詳細に洗い出し、技術開発を積み上げたことで、世界とも競争できる高精度な風洞になったといえるでしょう。

また、最近では環境性能の一つである低騒音化に注目が集まっていて、機体から発生する騒音を風洞で計測したいというニーズも出てきています。計測する機体の騒音よりも、風洞自身が起こす音が大きいときちんとした計測はできません。そこで、ファンの音を小さくする、風路の内壁に吸音材を貼る、音が反響しない無響計測室で計測を行うなどの工夫をし



PIVの計測結果。翼の端で作られる渦(翼端渦)や、翼の後方に発生する乱流(翼の後流)、エンジン部分によって作られる乱流(エンジンナセルの後流)などを視覚的に捉えることができる

て、模型から出る音をより高精度に計測できるように改修を行っています。現在、さらなる革新的技術として、発光オイルを使ったスキンプリクシオン(表面摩擦力)の計測技術開発にも取り組んでいます。世界でまだどこも実用化していない技術なので、実用化できれば優位性を持った技術になるはずです。

世界トップレベルの風洞技術を目指して

JAXAの風洞は、共用制度を活用することでJAXA以外の方々にも利用していただけます。遷音速風洞は航空機・宇宙機を開発している企業などに利用されていますし、低速風洞は風力発電用の風車や海上レーダー用アンテナ、さらにリュージュやスキージャンプ競技といったスポーツ分野でも利用されています。

風洞技術開発センターでは、今後どのように風洞技術の研究開発・運営を進めていくべきかの指針を「JAXA風洞ビジョン2025」として掲げています。その中で世界トップレベルの風洞技術開発を目標の一つに挙げています。浜本センター長は、「JAXAが良い風洞と優

れた風洞試験/計測技術を持ち、それを海外の企業が使いに来る。それが世界トップレベルの証明になります。そこを目指して努力していきたい」と抱負を語りました。

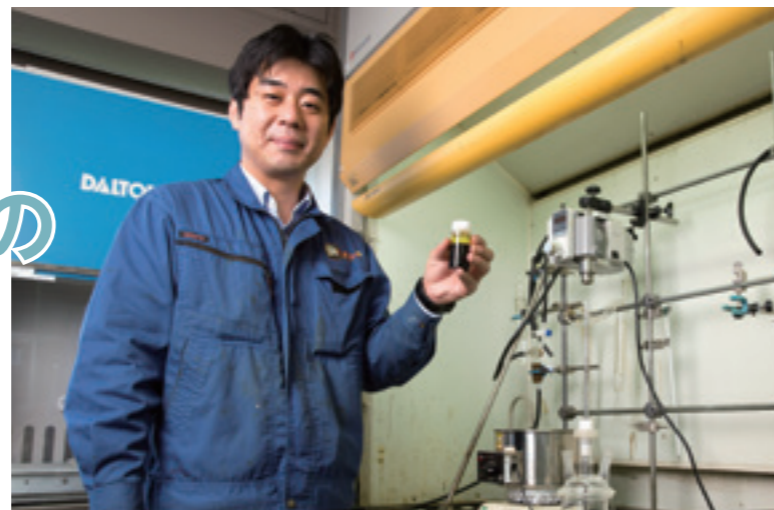


満尾和徳
風洞技術開発センター
計画管理チーフマネージャ
兼 超音速/フラッタ風洞
セクションリーダー

JAXA 航空本部へのメッセージ

次世代の複合材料を 生み出し 日本の航空宇宙産業の 可能性を切り拓く

株式会社カネカ
先端材料開発研究所
主任研究員 宮内雅彦氏 インタビュー



航空本部では、航空宇宙分野で使用されるポリイミド／炭素繊維複合材料の研究に取り組んでいますが、(株)カネカとの共同研究で、耐熱性・靱性（引張りや衝撃に対する強さ）に優れたポリイミド樹脂を開発し、この新しいポリイミド樹脂を用いた複合材料の実用化を進めています。JAXA とタッグを組むことで生まれた効果について、(株)カネカの先端材料開発研究所主任研究員である宮内氏に伺いました。

——JAXA とどのような共同研究を進めていますか。

カネカではポリイミドという合成樹脂のフィルムを作っています。ポリイミド樹脂は耐熱性に優れており、主に電子部品の配線部に使われ、宇宙分野では宇宙機を熱から保護する多層断熱材に使われています。このポリイミド樹脂は薄いフィルム状で使われることが多いのですが、これを炭素繊維との複合材料にして航空機の構造材に利用しようとしているのです。

航空機の構造材には主にアルミ合金やチタン合金が使われていますが、最近ではエポキシ樹脂によるCFRP（炭素繊維強化プラスチック）がたくさん使われるようになってきました。しかし、エポキシ樹脂によるCFRPの連続的な常用耐久温度は120℃くらいで、エンジン付近など温度が200℃にもなる箇所には高温に耐えられるチタンが使われています。これをポリイミド樹脂複合材料で置き換えを実現し、航空機体のさらなる軽量化・燃費低減を目指そうとしているのです。

——研究の背景をお話してください。

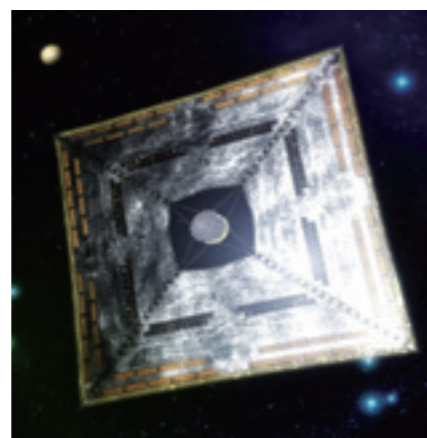
ポリイミド樹脂を用いた複合材料の研究はNASAでは今から50年も前に始まっています。しかし、耐熱性と成形性を両立させることができず、本格的な実用化ができませんでした。一方、JAXAでは横田力男氏（当時宇宙科学研究所）が中心になってポリイミド樹脂の研究が進められ、2002年から5年間で採択されたNEDO（独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構）の支援による基盤技術研究で、成形性と耐熱性に優れたポリイミド樹脂複合材料を作る新しい方法が開発されました。この研究が終わり、2007年に、樹脂メーカーである私たちが共同研究を行うことになったのです。

——当時、横田氏はポリイミド樹脂複合材料を何に使おうと考えていたのですか。

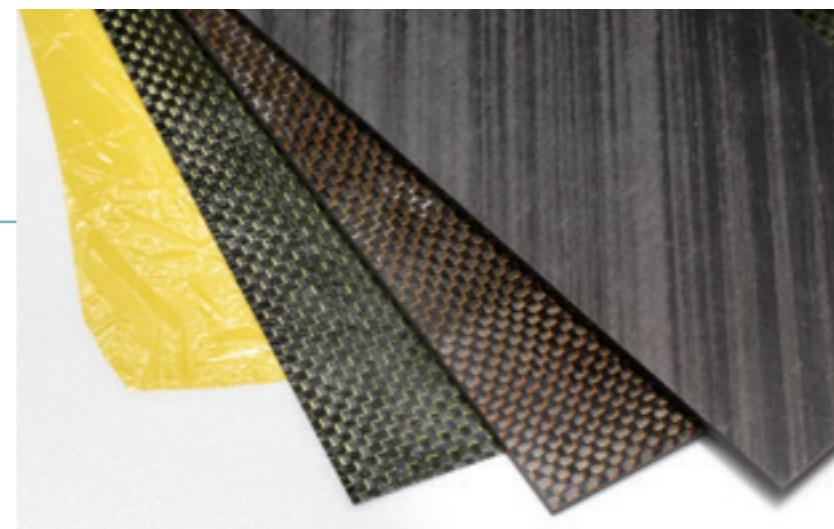
巡航速度マッハ2を超える超高速航空機ですね。これを実現するには機体を軽くしなければなりません。マッハ2以上で飛ぶと、翼の表面温度は200℃を超えてしまいますから、エポキシ樹脂に代わる新しい耐熱性複合材料を開発する必要がありました。

——共同研究の成果をお話してください。

まず、NEDOで開発されたポリイミド樹脂を用いた複合材料の作り方は、次のようなものでした。始めに、炭素繊維にポリイミドの前駆体であるアミド酸オリゴマー樹脂溶液を含浸したシート（プリプレグ）を作ります。これを何層にも積層し、オートクレーブという一種の窯の中で加圧しながら加熱硬化（高分子量化）成形します。しかしこの方法では、成形中にアミド酸オリゴマーがイミドオリゴマー



ポリイミド樹脂は、ソーラー電力セイル実証機「イカロス」(画像：CG)のセイルの素材として、またその他の人工衛星の断熱材としても使われている



イミドオリゴマー樹脂を被覆したシートを何層にも重ねて成形した炭素繊維複合材料(画像の一番上の板)

に変換する過程で水分子が生成し、材料の間にすき間を作りやすいという問題がありました。

この問題を解決するために当社との共同研究で、横田氏らJAXAが発見したのは、ある特殊な化学構造をもった原料を使用したイミドオリゴマーを用いると、この問題が解決できるということでした。この方法を応用してJAXAと私たちが共同開発したのが、2008年に発表したTriA-Xとよばれるポリイミド樹脂複合材料でした。TriA-Xは370℃以上の耐熱性と高い靱性を備えています。その後、2011年には、さらに成形加工性に優れた新しいポリイミド樹脂複合材料を開発しています。

——その方法とはどのようなものですか。

プリプレグからの複合材成形では高品質の複合材が得られる反面、高コストです。多数の同一形状部品や複雑形状部品の作製には、あらかじめ積層した炭素繊維に直接液状樹脂を含浸させるレジントランスファーモールドディング(RTM)が有利です。RTMには非常に粘度の低い樹脂でないと適用できませんが、TriA-Xをベースにした低熔融粘度のポリイミド樹脂を開発しました。

——この材料をチタンと置き換えた場合、どのくらいの軽量化が実現できますか。

航空用チタン合金の密度は約4.4です。ポリイミド樹脂複合材料は1.5くらいですので、同じ面積、同じ厚みの板であれば、3分の1ぐらいの軽さになります。

——航空機のどこに使いたいという具体的な目標はありますか。

——そもそもJAXAとの共同研究に踏み切ったきっかけは何だったのですか。

私たちの樹脂部門の事業拡張を考えた場合、航空や宇宙分野には非常に魅力がある。今後必ず成長する市場だろうという見込みがありました。すでに同分野の複合材料向けにエポキシ樹脂の靱性改良剤を開発し、配合品(マスターバッチ)として商品化しています。今後は、ポリイミド樹脂で複合材料の事業を拡大したいと考えていました。

——とはいえ、航空機用の複合材料の開発には長い時間がかかります。すぐにはビジネスにつながらない。会社としてよく決断されましたね。JAXAと共同研究をして良かった点は何か。

——今後は何が課題でしょうか。

板状の材料を作ることはできましたが、実際に使うことを考えると、立体的な構造を作らないといけなわけです。そのためには、まずC型とかI型の部材や大型の部材を作って、その強度を調べることが必要です。この複合材料が実際に使えるのかどうかを評価するには、信頼性のある強度データの蓄積や量産性の検討も必要ですね。

——JAXAとの共同研究の次の目標は何ですか。

さらに新しいポリイミド樹脂複合材料の作り方も挑戦しています。先ほどお話しした当社との共同研究で開発したイミドオリゴマーは高い溶剤溶解性を有していますが、溶剤との親和性が高いため、成形する板が厚くなる時には、成形中に積層したプリプレグ内部から溶剤を除去しにくくなる可能性があります。そこで、方法を大胆に変えて、ポリイミド樹脂の原料そのものを沸点の低い溶剤に溶かした状態から、複合材の成形を行おうと考えています。材料となる原料から作製したアミド酸オリゴマーをイミド化し、硬化させ、板に固める工程を一気にやっってしまうというわけです。

私たちは1980年代から、ポリイミド樹脂の分子構造をいろいろ変えながらフィルムを作る研究を続けてきました。ところが2000年くらいから携帯電話やスマートフォンなどの部材用途に向けた樹脂をお客さまの注文に応じて短期間で開発することが多く、応用研究を主に続けてきました。そこで、自社のポリイミド樹脂の技術を振り返ってみると、この先、新製品を開発するための根幹となる樹脂の分子設計・評価の技術をさらに深耕・拡大する必要がありました。

これをJAXAとの共同研究を通して、ポリイミドの高分子設計から樹脂物性評価に至る基礎研究と、それを用いた高耐熱性複合材料開発を目指す応用研究の両者を一貫して行うことは、非常に意味があることなのです。この共同研究だけではなく、私たちの研究所の中でもポリイミドを作る研究の領域が広がりました。JAXAとの共同研究の波及効果で、社内の基礎研究も活性化したというわけです。

今後、JAXA航空本部には日本の航空産業を担う中核的な存在として、耐熱性複合材料の本格的な実用化を目指し、各分野のメーカーとの連携構築とさらなる応用開発体制の基盤形成に大きく期待したいと考えています。

調布航空宇宙センターの歴史を振り返る

戸田 勤

元航空宇宙技術研究所 所長 / 元JAXA理事

JAXA航空本部の前身である航空技術研究所(後に航空宇宙技術研究所/NAL)が設立されたのが昭和30年(1955年)。その後現在に至るまで、調布航空宇宙センターには航空・宇宙技術研究を支えるさまざまな試験設備が作られ、研究開発の遺伝子は脈々と受け継がれてきました。発足当時を知る戸田勤氏(元NAL所長)のお話から、その歴史の一端に触れてみましょう。

7年の空白を取り戻し 航空技術の世界レベルにするために

「私が航空宇宙技術研究所(NAL)に入ったのは、設立してから10年ぐらい後。当時、周辺は休耕地で、建物はこんなに密集していませんでした」と戸田氏は振り返ります。



昭和37年(1962年)ごろの2m×2m遷音速風洞。周囲に農地が広がっているのが分かる

終戦前まで日本の航空技術は、昭和13年(1938年)に東京帝国大学(現東京大学)航空研究所がノンストップ長距離飛行の世界記録を打ち立てたり、終戦の年にはジェット機「橘花(きっか)」が初飛行したりと、世界トップレベルにあったといっても過言ではありません。しかし、第二次世界大戦が終結した後、日本はGHQによって航空に関する研究・製造が

全て禁止されました。

航空に関する諸事業が再開可能になったのは、昭和27年(1952年)のことです。7年間の空白を埋めるには、早急に航空技術研究の体制を整える必要がありました。航空技術の研究再開にあたって、通商産業省(現経済産業省)、運輸省(現国土交通省)、防衛庁(現防衛省)などがそれぞれ研究予算の要求を行いました。研究内容や必要とする設備も多くが重複していました。風洞一つとっても膨大な費用がかかるため、それぞれの組織で設備を持つことは非効率です。そこで昭和28年(1953年)に総理府(現内閣府)の科学技術行政協議会に航空研究部会が設けられ、今後の航空技術研究体制について協議が行われました。

昭和29年(1954年)に設置された航空技術審議会の答申によって、航空技術研究所(昭和38年(1963年)、航空宇宙技術研究所に改称)が総理府の付属機関として設立されました。後に科学技術庁(現文部科学省)の設立に伴い、同庁の付属機関となります。航空研究に必要な試験施設を集約し、関連行政機関や大学、企業などへ供用すること、それが設立当初からの使命でした。そして調布航空宇宙センターは、時代のニーズに合わせ、時には先取りして、試験設備の整備・改修を行ってきたのです。

風洞の整備から始まった 調布航空宇宙センター

日本が研究を停止していた7年間で、世界の航空業界はプロペラ機からジェット機へとシフトしていました。そのため最初に計画された設備が、ジェット機の巡航状態を試験できる遷音速風洞でした。昭和31年(1956年)に建設が始まり、4年後の昭和35年(1960年)に完成しました。

遷音速風洞の建設が始まった1年後、構造試験設備としてフラッタ風洞の建築が始まります。遷音速風洞よりも規模が小さいため、遷音速風洞より1年早い昭和34年(1959年)に完成しました。その後、将来技術として超音速機の研究も必要であるという審議会の答申を受けて、超音速風洞が作られました。

「今では風洞試験で音や振動を感じることは全くありませんが、当時は研究発表中に『地震だ!』といって立ち上がった後輩もいました。そのくらいガラス戸が揺れました」(戸田氏)。

低速から超音速・極超音速までの幅広い速度領域を持つ風洞は、日本における航空機開発に大きく貢献してきました。中でも遷音速風洞は当時から稼働率が高く、現在も企業や

日本初の民間用旅客機「YS-11」(画像提供:日本航空株式会社)



大学など、利用者の割り当てに苦勞しています。国産旅客機「YS-11」の開発が本格的に始まり、昭和36年(1961年)、調布飛行場の一部区画に飛行場分室を設置し、荷重試験や疲労試験などで「YS-11」の開発支援を行うことになりました。同時期に最初の実験用航空機「クインエア」も導入されました。

昭和40年代後半から50年代にかけて、日本初の高バイパス比ターボファンエンジンFJR710や、短距離離着陸(STOL)実験機「飛鳥」の開発のため、地上エンジン運転試験設備や環状燃焼器試験設備などの航空エンジン試験設備、飛行シミュレーターなどが整備され

ました。また「クインエア」にインフライト・シミュレーター*の機能を持たせるよう改修し、「飛鳥」の飛行を模擬させて、飛行技術の習得を行ったりもしました。「飛鳥」の飛行試験にはNASAのパイロットも参加しており、「日本の航空産業も彼らが使えるところまで来たな、という印象を与えることができたかもしれません」と戸田氏は振り返ります。「飛鳥」の要素技術研究として、CFRP(炭素繊維強化プラスチック)を使った尾翼の2分の1模型開発も立ち上げられ、複合材料の評価を行うための試験設備の導入が始まったのも

飛行実験中のSTOL実験機「飛鳥」。現在、かかみがはら航空宇宙科学博物館に展示(左)。「クインエア」は半世紀にわたって活躍し平成23年(2011年)に退役(右)



このころです。

「手前みそに聞こえるかもしれませんが、調布航空宇宙センターの試験設備やここで行われてきた研究は、日本の航空技術発展に寄与してきたと思います」と戸田氏は言います。調布航空宇宙センターの試験設備の一部は、JAXAになった今も企業や大学に広く活用され、日本の産業競争力強化、そして航空宇宙技術の向上に貢献しています。

*インフライト・シミュレーター: 計算機を経由させて操縦を行うことで、さまざまな航空機の操縦を模擬することができるシステム。

調布航空宇宙センター今昔物語



昭和33年(1958年)に撮影された基礎工事中の遷音速風洞。循環式風洞のおおよその形が見て取れる



昭和50年(1975年)の調布航空宇宙センター飛行場分室の全景。右上には調布飛行場がある

調布航空宇宙センターはおよそ12万㎡、飛行場分室はおよそ5万㎡という広い敷地に、試験設備などさまざまな施設が建っています。しかし、発足当時からこの広さだったわけではありません。

調布航空宇宙センターがある場所は、戦前には中央航空研究所があり、戦後は旧大蔵省が管轄、運輸技術研究所が一時的に利用していました。この場所が選ばれたのは、受電用鉄塔が残っていて変電所からの送電が比較的容易だったため電力状況が良好で、さらに、十分な敷地と調布飛行場が近いという立地条件のためでした。旧中央航空研究所の敷地約25万㎡のうち、約6万㎡を入手し(昭和32年(1957年)10月、旧大蔵省より移管)、遷音速風洞などの建設が開始されました。さらに周辺の農地を購入するなどし、現在の敷地になったのです。

一方、昭和36年(1961年)2月に当時アメリカ軍の管理下にあった調布飛行場の一部、約3万6,000㎡の使用が認められ、現在の調布航空宇宙センター飛行場分室が作られました。

「目指す世界を常に頭に描きながら、3年先、5年先、20年先を見据えて種をまく」

風洞技術開発センター 実機空力セクション 主任研究員 上野 真

1974年東京都出身。1998年名古屋大学大学院工学研究科航空宇宙工学専攻博士課程前期課程修了。同年航空宇宙技術研究所（現 JAXA）入所。主に高速飛行実証フェーズⅡの空力計測・解析などに従事。2005年より風洞技術開発センターにて空力特性推定技術の高精度化に従事。2009年2月から1年間イタリアのナポリ大学客員研究員。技術士（航空・宇宙部門）。

今号から始まったJAXAの研究者を紹介するコーナー。第1回は、風洞技術開発センターの上野真主任研究員に、研究内容ややりがい、航空宇宙分野を目指す後輩たちへのアドバイスなどを伺いました。

手前の模型は、異なる風洞間でのデータ比較やコンピューターシミュレーションの計算結果の検証に使用される、NASA Common Research Model (CRM) と呼ばれる標準モデルの縮尺模型

—— 風洞技術開発センターでどんな研究がされていますか。

風洞試験と数値シミュレーションの結果を、実際の飛行時の条件に合わせて補正する研究をしています。風洞試験で得られる数値は、飛行状態と違うレイノルズ数（空気の粘り気を表す数値）や風洞の壁・支持装置の影響で、実際に飛行しているときの数値とは異なってきます。それを理論に従って補正していきます。シミュレーションでも、計算量を減らすと出てくる疑似抵抗という偽りの抵抗値を取り除く、といったことをやっています。

欧米にはドイツにあるETW (European Transonic Wind Tunnel) やアメリカのNTF (National Transonic Facility) といった、飛行中のレイノルズ数を再現できる風洞*がありますが、試験にかかるコストが非常に高い。だから、安いコストで利用できる私たちJAXAの持っている風洞で得られるデータの精度を高める研究をしています。使う技術は最先端のものですが、その理論は何十年前の古いものです。古いものを嫌う方もいらっしゃいますが、新しければ良いというものではなく、それだけ多くの人が検証し確立されてきた理論なんです。

—— 研究のやりがいはどこにありますか。

私は学生時代を含めて19年間、風洞に携わっていますが、今の研究を始めたのは、

JAXAの風洞のデータをETWやNTFのデータと整合性を持たせていくという要請があったためです。ですから、補正後の数値がNTFの数値とピッタリ合っていたときはうれしいですね。違っていても、なぜ違うのかを同僚と議論できます。私の研究は派手なものではありませんが、日々の研究の中で議論したり、理屈を考えたりといったところに喜びがあります。

—— 研究をする環境についてはどう思われますか。

JAXAでは勉強会や講演会をやろうと手を挙げれば、同僚や専門の違う人たちも集まってくれます。

私の研究は、今日やったら明日すぐに結果が出るというものではありません。何かやろうと思ったら、何年も前に勉強会を立ち上げます。そうやって下地を作って共通認識を持つようになると、自分の欲しい世界ができあがっていきます。JAXAは、そうした環境を自分で作っていきける自由度がありますね。

—— この仕事を目指したきっかけは。

私が航空学科に進学したのは、父の影響です。父は航空機マニアで、部屋には飛行機の模型がたくさんありました。子どものころから飛行機模型を飛ばしたりしていたので、自然に航空業界を目指すよう刷り込まれたのだと

思います。高校1年生くらいまでは、法学部を目指していたのですが(笑)。

実は、風洞試験に関わるようになったのも、研究分野を決めるときに、じゃんけんに負けたから(笑)。本当は制御の研究をしたかったんです。でも、私は何事も突き詰めていって、面白がる性格なんですね。自分の置かれた環境が望んだものと違っていても、日々の積み重ねの中に、面白いことは山のようにあると思います。そして、自分の目指す世界を常に頭に描きながら、3年先、5年先、20年先を見据えて種をまいています。

—— これから航空宇宙分野を目指す後輩たちにアドバイスをお願いします。

大学受験に失敗したから無理だとか、航空学科じゃないからダメだとか、そうじゃないんです。JAXAに入ることがゴールじゃない、本当にやりたいことがあれば、JAXA以外の道だってあります。もしかしたら自分で会社を作ってロケットを打ち上げることだってできるかもしれない。JAXAに入ったら何かなるというのは間違いです。勉強はどこにいたっていくらでもできるし、就職してからも勉強しなくちゃいけない。失敗したとしても大丈夫。じゃんけんで負けた私が保証します。

* ETWやNTFは高レイノルズ数風洞と呼ばれ、送風する気体の温度を低くコントロールすることで、実際の機体よりもずっと小さな模型を使っても飛行中のレイノルズ数を再現できる。



「風洞はどのように空気を流しているの？」

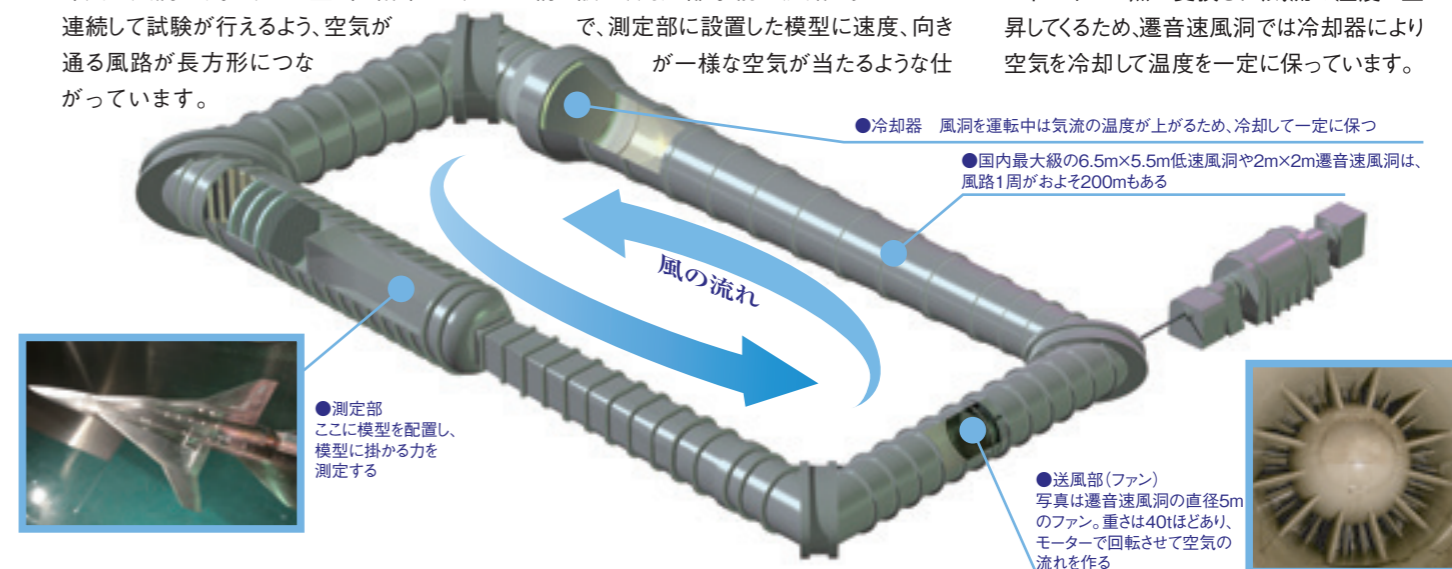
時速200km程度の空気の流れを作り出す低速風洞から、音速前後の速さの流れを作り出す遷音速風洞、音速を超える超音速・極超音速風洞というように、風速領域ごとに風洞は作られています。1つの風洞でいろいろな速さの実験をすることはできないのでしょうか。

長時間の実験に適した「循環式」

調布航空宇宙センターにある6.5m×5.5m 低速風洞や2m×2m遷音速風洞は連続循環式の風洞です。ファンで空気を循環させ、連続して試験が行えるよう、空気が通る風路が長方形につながっています。

風路が直角に曲がる部分に偏流翼（流れの方向を変える板）を、風路の途中に複数の金網を設け、測定部手前で流路を狭めることで、測定部に設置した模型に速度、向きが均一な空気が当たるような仕組みになっています。

また、風洞の運転を続けていると、ファンによって気流に加えられたエネルギーが熱に変換され、気流の温度が上昇してくるため、遷音速風洞では冷却器により空気を冷却して温度を一定に保っています。

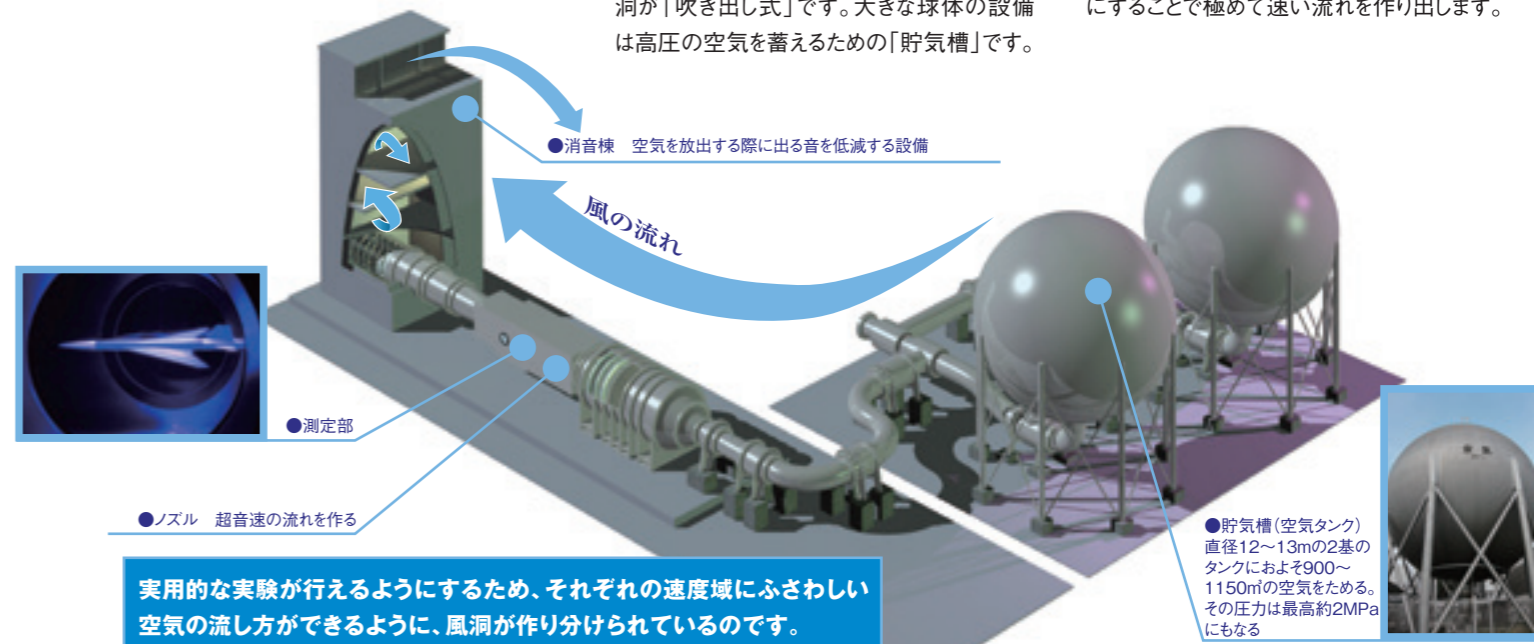


音速を超える空気を流す「吹き出し式」

ファンで音速よりも速い空気の流れを作ろうとすると、コストがかかるため実用的ではありません。

そこで、ファンを用いる代わりに高圧の空気を一気に吹き出して速い流れを作る風洞が「吹き出し式」です。大きな球体の設備は高圧の空気を蓄えるための「貯気槽」です。

極超音速風洞ではさらに測定部から下流を真空にして、吹き出した空気を吸い込むようにすることで極めて速い流れを作り出します。



実用的な実験が行えるようにするため、それぞれの速度域にふさわしい空気の流し方ができるように、風洞が作り分けられているのです。

Flight Path Topics

D-NET対応システムの製品化、ますます進む 消防庁は、D-NETに対応した集中管理型消防防災ヘリコプター動態管理システムの運用を開始

総務省消防庁は、JAXAが開発した災害救援航空機情報共有ネットワーク(D-NET)に対応した、新しい「集中管理型消防防災ヘリコプター動態管理システム」を導入し、2014年4月より運用を始めました。

東日本大震災では、多くの航空機が被災地に集まって救援活動を行いました。一方で効率的な運用が難しくなるなどの問題も明らかになりました。D-NETは、システムを搭載した航空機と地上の災害対策本部の間で、航空機の位置情報や、「移動中」・「任務開始」といった運航情報、浸水や土砂崩れなどの災害情報を共有することで、効率的で安全性の高い運用を実現する技術です。

新システムでは、動態管理システムを搭載した全国の消防防災ヘリコプターの活動位置をリアルタイムで把握できるだけでなく、D-NET対応の動態管理システムを搭載した消防防災ヘリコプターと災害発生エリアや災害の詳細な内容を共有できるようになります。また、「D-NETデータ仕様」に準拠しているため、消防庁だけでなく複数の災害対応機関が救援活動にあたるような大規模災害が発生した場合に、D-NETに対応した他機関のシステムと情報共有が可能となり、より安全で効率的に航空機を運用できるようになることが期待されています。

またD-NETで情報共有できる機体を増やすため、JAXAはこれまで「D-NETデータ仕様」に準拠した製品の普及に努めてきました。ナビコムアビエーション株式会社が2013年より販売してきた

「簡易型動態管理システム Latitude Web Sentinel」が、今回新たにD-NETに対応し、従来のD-NET対応機器と比較して重量を25%に軽量化することができました。本システムでは位置情報に加え、簡単な活動情報をテンキー操作で送信し、それらのデータを地上の端末で情報共有できるようになりました。



新システムの表示画面例(画像提供:総務省消防庁)
大石利雄消防庁長官(右)を表敬訪問した奥村直樹理事(左)



新石垣空港でENRIと 将来型着陸誘導システムの実験を実施

JAXAと電子航法研究所(ENRI)は、国際基準策定が進められている将来型着陸誘導システム(GAST-D)の評価実験を、2014年3月19日から30日にかけて、新石垣空港で行いました。

地上型衛星航法補強システム(GBAS)は、GPSを使った衛星航法に地上から送る補強信号を加えることで、現在多くの空港で使用されている計器着陸システム(ILS)と同等、もしくはより高精度な着陸誘導が可能とするシステムで、悪天候で視界が悪い場合でも安全な着陸が可能となります。また、ILSでは困難な、自由度の高い曲線精密進入の実現も期待されています。

ENRIは、厳しい気象状況でも航空機を安全に誘導できるカテゴリIII GBAS(GAST-D)の研究用装置を開発し、新石垣空港に設置しました。JAXAの実験用航空機「飛翔」は電離圏プラズマバブル※が衛星航法にどのような影響を及ぼすかを調査するため、ENRIの実験用航空機「よつば」は設置したGAST-Dの性能評価を行うため、それぞれ飛行実験を行いました。



新石垣空港に並んで実験開始を待つ「飛翔」(右)と「よつば」(左)

※プラズマバブル:高度90~1000kmにある電離圏で局所的に電子密度が減少する擾乱現象で、春または秋の夜間に赤道を挟んだ低~中緯度の地域で発生する。プラズマバブルが発生すると、プラズマバブルを通過したGPS信号の振幅や位相に急激な変動が起きてしまうため、GPSを利用した航法に深刻な障害を与えることが知られている。

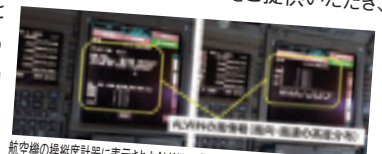
成田空港で乱気流情報提供システム 「ALWIN」の評価試験を実施

2014年3月3日から5月9日の間、成田空港においてJAXAと気象庁は航空会社JAL、ANAの協力のもと、新しい乱気流情報システム「ALWIN (Airport Low-level Windshear Information)」の評価試験を行いました。

ALWINは、これまでJAXAが開発してきた「低層風擾乱アドバイザリシステム (LOTAS)※1」の技術の一部を先行して実用化するために、すでに気象庁により空港に設置されている空港気象ドップラーライダー※2を使用するシステムです。ALWINは、航空機を空港に安全に着陸させるため、機上のパイロットと空港の運航支援者に対して、航空機の着陸経路上における風の状態(風向・風速、ウィンドシアア、乱気流など)をリアルタイムで提供できます。今回の評価試験では、試作したALWINシステムを用い、空港周辺や着陸経路上の風の情報を、空港にいる運航支援者へはパソコンで、パイロットへは操縦席に設置されているACARSというテキストベースのデータリンク装置で提供しました。

今後は、ALWINを使用した運航支援者やパイロットへのアンケート、ミーティングなどにより評価コメントを収集し、より使い勝手の良いシステムに改良していきます。また実際に着陸した航空機の飛行データをご提供いただき、ALWINが予想した風の情報と

実際に航空機が受けた風の情報を比較することで、ALWINの有効性を評価していきます。



航空機の操縦席計器に表示されたALWINの風情報(画像提供:日本航空株式会社)

※1 LOTAS: 空港に設置した気象観測装置(レーダー・ライダー)により、天候にかかわらず低高度の風の動きを検知し、現在及び10分後の風の状態を、パイロットや空港の運航支援者へ提供するシステム。
※2 空港気象ドップラーライダー: レーザー光によって大気中のエアロゾル(微粒子)の動きを検知することにより、低高度の非降水時の風を計測できる装置で、現在成田空港などに設置されている。

