

航空プログラムニュース

No. **05**

2007
Summer

ISSN 1881-2570

【特集】

航空エンジンにおける環境性能

クリーンエンジン技術 の研究開発

【研究現場から】

その1

ヒューマンエラー防止技術の研究開発

その2

航空機高揚力装置から発生する騒音解析

クリーンエンジン技術 の研究開発

現在、民間旅客機用としては我が国初となる、小型の国産ジェットエンジン技術開発が国のプロジェクトとして進められています。

このエンジンは低騒音、低NO_x性など環境への負荷を大幅に減らすことを目指しています。

JAXAでは、これまでに培ってきた航空エンジン環境適応技術を土台としてプロジェクトの支援を積極的に行っています。

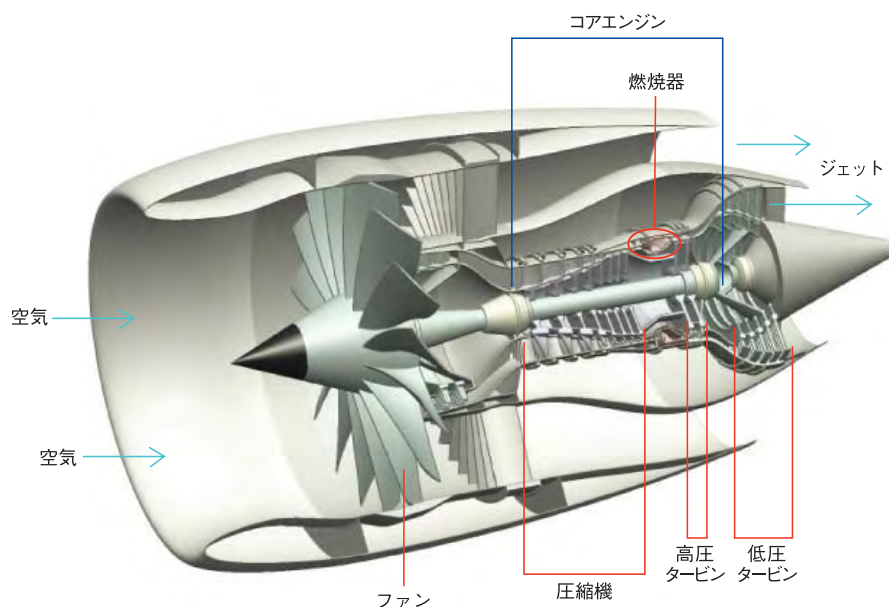


図1 ターボファンエンジン

を経るごとに厳しくなっています。

このような状況をふまえた上で、経済産業省／新エネルギー・産業技術総合開発機構（NEDO）による「環境適応型小型航空機用エンジン研究開発」（通称：小型エコエンジンプロジェクト）が2003年度からスタートしています。このプロジェクトは、50席クラスの民間旅客機用国産ジェットエンジンの商品化を実現するために必要となる技術を開発することを目的としています。そして、このエンジンは市場で競

争力を持つように、エネルギー使用効率を大幅に向上させ、かつ低コストで、しかも環境対策にも優れた性能を特徴としています。

なお、ICAOの基準は今後さらに厳しくなることが予想されることから、小型エコエンジンが実用化される時期にその基準を満たすものであるように、騒音については現行基準(Chapter4)よりも20dBの低減を、窒素酸化物(NO_x)の排出については現行基準（CAEP4）よりも50%の低減を目標に開発を進めています。

*

やや先んじて、JAXA航空プログラムグループの環境適応エンジンチームでも、2003年度より「ク

環境適応技術をエンジン試作機で実証する

初めてジェットエンジン旅客機が登場した50年前と比べると、エンジンの環境性能は格段に改善されたものになっています。より静かで、有害成分の排出が少なく、しかも燃料消費が少ない航空機用エンジン技術の獲得を目指して、多くの国で研究開発が行われています。近年、人類の活動が地球温暖化に及ぼす影響が懸念されていることもあり、環境への負荷を軽減するための技術は、社会的に不可欠なものとなっています。航空機からの騒音やエンジンの有害排出物についても、国際民間航空機関（ICAO）によって国際的な基準が定められており、規制は年



図2 実験用エンジンの騒音試験



図3 模型機による騒音試験

リーンエンジン技術の研究開発」プロジェクトを開始しています。

このプロジェクトでは、国産ジェットエンジンの国際競争力を高めるために、より進んだ技術を獲得することを目指しています。小型エコエンジンプロジェクトの技術支援もこの一環と位置付けられており、産業界の要請に的確に応える研究開発を実施するとともに、それに必要な大型設備の整備・供用も行っています。

開発する技術

◇ジェットエンジンのしくみ

現在、旅客機用エンジンとして一般的に使用されているのは、ジェットエンジンのなかでも「ターボファンエンジン」（図1）と呼ばれるもので、ファンが多量の空気を後方に押し出すことで、大きな推進力が得られるという特徴があります。また、ファンから取り込まれた空気の一部はコアエンジンの中で圧縮され、燃料の燃焼に使われます。そして、燃焼により生じた高温・高圧のガスは燃焼器下流のタービンを回転させ、ファンとコアエンジンを駆動する動力源になっています。

◇クリーンエンジンプロジェクトで取り組んでいる技術

【騒音低減技術】

ジェットエンジンから噴出される高速・高温の排気ガスは推進力になりますが、騒音の原因でもあります。このジェット騒音は、ガス排気速度と相関があり、エンジン騒音の主要な成分です。ジェット騒

音を抑制するには、排気ガスを周囲の空気と混合させて排気速度を下げるのが有効ですが、その反面、推力などのエンジン性能への影響を伴います。クリーンエンジンプロジェクトでは、実験用ジェットエンジンを使って、騒音抑制装置の試験を行っています。例えば、タブや可変ノズルを取り付けたエンジンを運転して、騒音抑制量や推力損失を調べています（図2）。

騒音抑制技術を向上させるには、エンジン騒音を実験的に評価する技術の向上も必要です。プロジェクトでは、ジェットエンジンを使った騒音試験と関連して、マイクロホンアレイを用いた音源探査技術、小型ジェットエンジンを搭載した模型機による騒音試験技術（図3）、広範囲の移動手段を備えた遠隔計測監視技術などの研究開発を進めています。

【NOx排出低減技術】

エンジンの排気中の有害な成分であるNOxなどの低減を目指し、燃焼器技術の研究開発を行っています。その一環として、小型エコエンジンプロジェクトの燃焼器仕様に合わせたJAXA独自の燃焼器を開発し、技術情報を小型エコエンジンプロジェクトに提供するとともに、同プロジェクトで試作されるエンジンに搭載して技術実証を行うことを目指しています。

燃焼に伴うNOxの生成を低く抑えるためには、燃料噴射の方法、燃料と空気の混合の方法、燃焼室に空気を送り込む孔の大きさや配置などが重要です。高圧噴霧試験装置などを用いた噴霧試験、高温高圧燃焼試験設備を用いた燃焼器部分模型の燃焼試験、コンピュータによる流れ解析による評価や燃焼器改

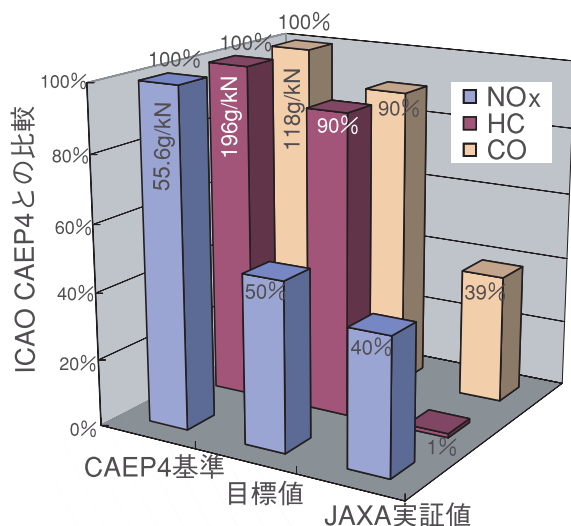


図4 排ガス実証値と基準・目標値の比較

良を繰り返すことにより、開発を進めてきました。

2006年度には、全体で16個ある燃料ノズルのうち3個分の領域を切り出した燃焼器で行った試験で、小型エコエンジンプロジェクトの目標値を余裕をもって満足するNOx排出低減を達成するとともに、炭化水素(HC)および一酸化炭素(CO)の排出も低く抑えることができました(図4)。これを基に設計・製作した実機搭載に近い形状の環状燃焼器(図5)の試験でも、同等の性能を確認しました。

現在、IHI、川崎重工業、三菱重工業とともに、小型エコエンジン用燃焼器の開発を進めています。

【タービン高効率化技術】

タービンの役割は、高温高压の燃焼ガスから、コアエンジンとファンを駆動する力を取り出すことです。タービンの翼前縁(図6)は燃焼器からの高温・高压のガスを絶えず受ける部分であり、その温度は1500℃にも及びます。金属製の翼はそのままでは溶けてしまうため、おおよそ900℃を超えないようにさまざまな対策がなされています。金属より熱に強いセラミックの薄い層で外側をコーティングしてあるだけでなく、翼内部には、圧縮機からの高压の空気を燃焼器を通さずに送り込み、内側から冷却した後翼表面にたくさんあけた孔から噴き出すことでフィルムをつくり、高温ガスから翼を保護しています(図7)。

エンジン全体の効率をよくするには、コアエンジンの圧力を上げて燃焼温度も高温化することが有効ですが、温度が高くなったために圧縮した空気を抜き取ってタービンの冷却用に回す量を増やしすぎるのは効率的ではありません。そこで、冷却のための



図5 環状燃焼器

空気をできるだけ減らすような翼内部の冷却構造の研究を行っています。

効率がよい、すなわち燃料が少なくてすむエンジンは、排出するCO₂の量を削減することにつながります。その大きな役割をタービンも担っています。さらに小型エコエンジン用タービンでは、冷却に効果的かつ製造コストが少なくてすむシンプルな冷却構造をIHI、東京農工大と共同で考案し、断面形状の模型で試験し評価を行っています。

また、金属部分にその周辺の高温ガスなどから、熱がどのように伝わっているかを計算で予測する流体・熱伝導連成解析技術の向上にも取り組んでいます。

【材料評価技術】

航空エンジンのタービン翼や燃焼器用の耐熱材料には、熱疲労強度・高温強度・耐環境性などの耐久性が要求されます。したがって、航空エンジンの信頼性向上や、耐熱材料の実用化には、実機環境におけるさまざまな材料特性データの取得や、耐久性を実証するための試験が必要になります。

小型エコエンジンのタービン動翼には、物質・材料研究機構とIHIが共同で新しく開発したNi基単結晶材料の使用が予定されています。タービン動翼は高温・高压の燃焼ガスの中で高速で回転しており、この遠心力に耐える高温強度とともに、航空エンジンの頻繁な始動・停止に伴う熱疲労強度が要求されます。そこで、JAXAが開発したバーナリグ試験機(図8)を用いて、新Ni基単結晶材料の熱疲労試験を行っています。中空円筒型の試験片を用い、その内側を水冷却し、外側をバーナ炎で加熱すると、試験片

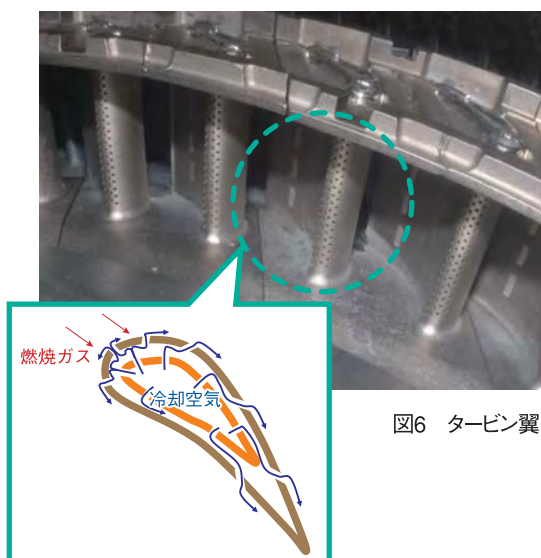


図6 タービン翼

図7 タービン翼冷却構造の一例

には温度差により熱応力が発生します。さらに加熱冷却を繰り返すと、熱疲労試験を行うことができます。このように始動・停止サイクルを模擬した熱疲労試験を行い、タービン動翼としての新Ni基単結晶材料の耐久性を評価しています。

また、燃焼器の強度設計に必要な材料特性データを取得するために、燃焼室壁に使用される耐熱合金の評価試験を行っています。一般的に、金属材料に比較的大きな引張・圧縮荷重を繰り返し加えると、金属疲労によりき裂が発生して最終的に破壊しますが、燃焼器でもこのような疲労が問題になることがあります。そこで、使用環境を模擬するために900℃以上の雰囲気中で、燃焼器用耐熱合金の試験片に繰り返し荷重を加え、疲労強度特性を取得しています。

そのほか、国内エアラインの協力を得て、実機エンジン部品の損傷・劣化状況を調査し、データベース化を行っています。この調査結果を活用し、さらに実機に近い環境での耐久性実証を行うための試験



図8 バーナリグ試験機

技術の開発を目指しています。

実用化に向けて

現在実用化されている民間旅客機用ジェットエンジンには、日本製といえるものはありません。ただし、部品製造では優秀な生産技術により多くの海外メーカーとの共同開発に参加しています。小型エコエンジンプロジェクトは、そこからさらに一步踏み出し、エンジン丸ごと一機を製造する技術力を世界に示すことで、我が国の航空産業のいっそうの発展を目指すものです。今年度から、同プロジェクトはエンジン試作の段階に入り、2011年度までには、研究開発により得られた技術を適用したエンジンを製作し、エンジン性能の実証を行っていく予定です。

JAXA環境適応エンジンチームは、国産ジェットエンジンの実用化を目指して、技術で支援を行っていきます。

環状燃焼器試験設備完成式



2007年6月7日、JAXA航空宇宙技術研究センターにおいて、関係機関から三十数名をお招きし、環状燃焼器試験設備完成式および設備見学会が執り行われました。

元の環状燃焼器試験設備は、1975年に設置され、FJR710エンジンの燃焼器開発に使用されたものです。この設備を全面的に再整備す

ることにより設備能力を強化し、ジェットエンジンの実機形態燃焼器を実作動条件で試験できるようになりました。現在進めているクリーンエンジンプロジェクトと小型エコエンジンプロジェクトに貢献するとともに、供用設備としてこれからの燃焼器開発に大きな役割を果たすものと期待されています。

ヒューマンエラー防止技術 の研究開発

運航・安全技術チーム

航空機の離発着数が増える一方で、事故の発生率は減少することなく横這いを続けています。事故をなくすにはどうすればよいか？ それには、まず事故の原因を探ることから始まります。これまでの研究や調査で、航空機事故にはさまざまな要因があることが分かっています。たとえば機体の破損や故障。天候の急変。そして、人間のエラー＝ヒューマンエラーです。

このヒューマンエラーを防ぐ研究をしているのが、運航・安全技術チームのヒューマンファクタセクションです。

航空の安全を守るために

ヒューマンファクタとは、人間が周囲の環境（システム、機器なども含む）とのかかわる際にもつ要因（特性）です。人間の身体的・心理的・社会的な特性すべてを指します。また、これら人間のさまざまな要因を体系的に扱う学問や課題の名称としても使われます。JAXAのヒューマンファクタセクションは、コックピットの設計や運航時のパイロット行動に関するヒューマンファクタを対象とし、システムエンジニアリングの観点からこの課題に

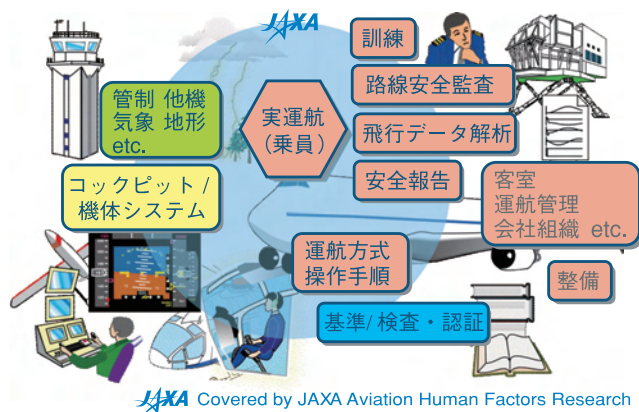


図1 ヒューマンファクタセクションがねらう研究分野（青丸範囲）

取り組んでいます（図1）。

ヒューマンファクタセクションでは、次の五つの研究を進めています。

（1）パイロット訓練の在り方に関する研究（図2）

現在、主に旅客機のパイロットを対象として、ヒューマンファクタに関する訓練内容や実施方法について、航空会社とともに研究を進めています。ここでのパイロット訓練とは、操縦訓練ではなく、人間の特性について学ぶ知識教育、そしてパイロット同士が協力してエラーを防止・対処する能力（これをCRMスキルといいます）を習得する実技訓練を指します。

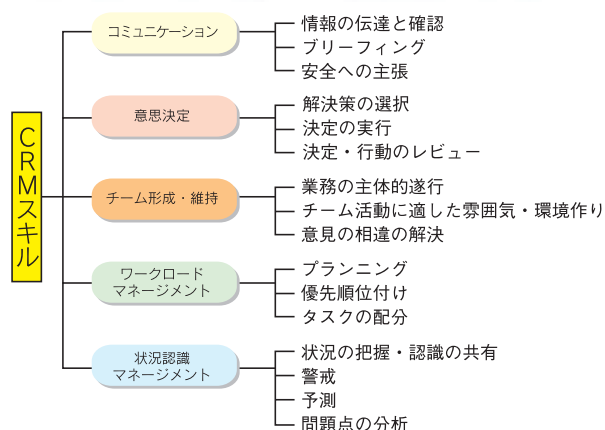
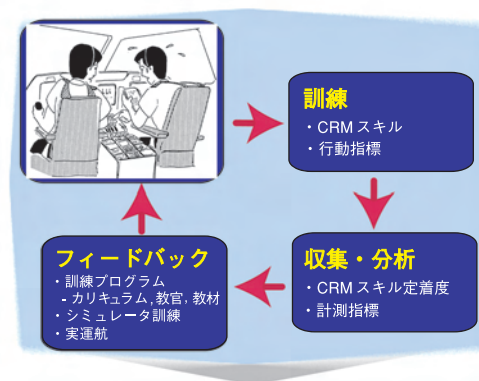


図2 パイロットの訓練（CRMスキル訓練）に関する研究

ヒューマンファクタセクション
(左より) 村岡浩治、山本亮二、岡田典秋
野田文夫、津田宏果、飯島朋子

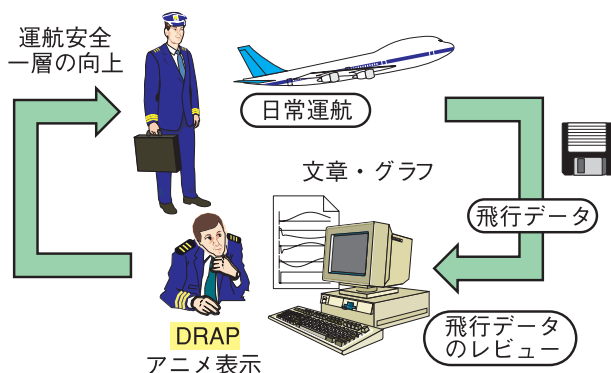


図3 日常運航再生ツールDRAP
(Data Review and Analysis Program)

(2) 実際に飛行したデータを再生し、 振り返るツールの開発

航空会社とJAXAとが共同でDRAP (図3) というツールを開発しました。DRAPとは日常運航データ再生用のソフトウェアツールです。飛行機に記録された飛行時歴データから、機体がどのような高度や速度で飛行してきたのかをアニメーション再生することができ、パイロットは自らの操縦を振り返ることができます。このDRAPはすでに多くの航空会社で実際に使われています。

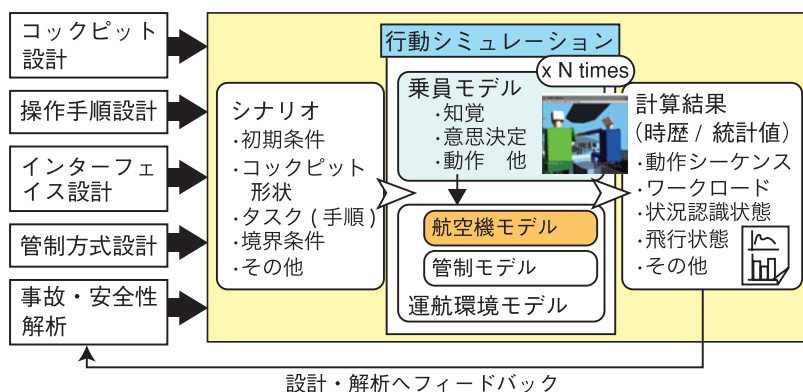


図4 人間モデルによるシステム分析

(3) 人間モデルの開発

コンピュータ上に人間モデルを構築する研究です。このモデルがあれば、コンピュータ上でパイロットの行動をシミュレーションし、人間-機械系全体の挙動のパフォーマンス分析や危険分析を行うことができます (図4)。

(4) パイロットにとって使いやすく負担の小さい コックピット環境に関する研究

コックピットにおいて、パイロットに提示する情報や装置類の在り方について研究を進めてきました。シミュレータや実験用航空機を使って実験を行い、改良を重ねています。また、どうすればパイロットの負担を減らすことができるか、パイロットが行う操作や、多くの装置類の位置などを少しずつ変えて、より良いコックピット環境を構築するためのツールも開発しています。

*

航空機のシステムは日々進歩します。同じように、人も、環境も、変化していきます。人が航空機にかかわっていくときどうあるべきなのか、航空機が人を迎え入れるときどうあるべきなのか、これからは航空安全の向上を目指して研究を続けていきます。(津田宏果)

航空機高揚力装置から発生する騒音解析

国産旅客機チーム

経済産業省／新エネルギー・産業技術総合開発機構（NEDO）の「環境適応型高性能小型航空機（通称MRJ機）研究開発」におけるJAXAの技術支援について、航空機騒音の分野で取り組んでいる技術のひとつを紹介します。

航空機から発生する騒音を知る

民間航空機の輸送量は着実に増え続けており、今後もこの傾向はしばらく続くと考えられています。そこで問題となるのが環境への影響です。航空機からも自動車と同じように騒音が発生します。今後増え続ける航空機需要を考えると、静かな航空

機を設計・製造し、普及させていくことが大切です。

航空機からの騒音源は大きく二つに分けられます。一つめはエンジンから発生する騒音です。空を飛んでいる多くの航空機に搭載されているジェットエンジンから出る騒音は、ジェット機が登場して以来、今日に至るまで最も大きな騒音源です。それだけに、長年にわたり研究が積み重ねられてきており、初期のエンジンと比べると大幅な低騒音化に成功しています。一方、エンジン以外から発生する騒音が問題になってきています。特に航空機が着陸態勢に入って空港に進入する時には、航空機が浮き上がる力を増やす装置（高揚力装置：

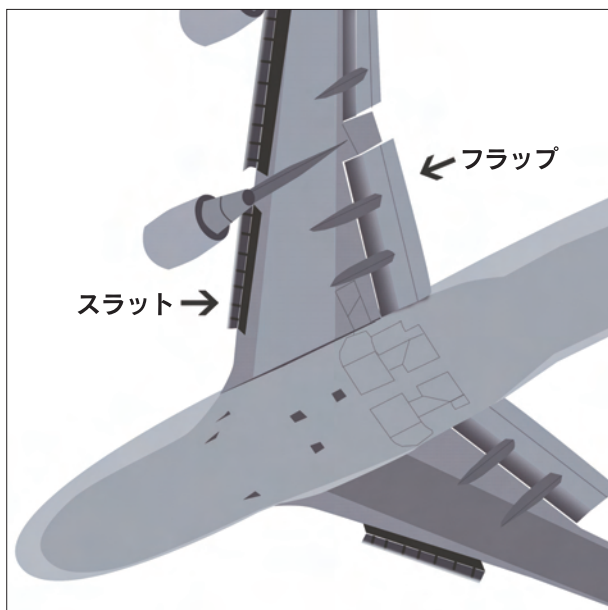


図1 代表的な高揚力装置例



図2 高揚力装置騒音計測用模型 (OTOMO)



空力技術セクションのメンバー
前列右から3人目が筆者

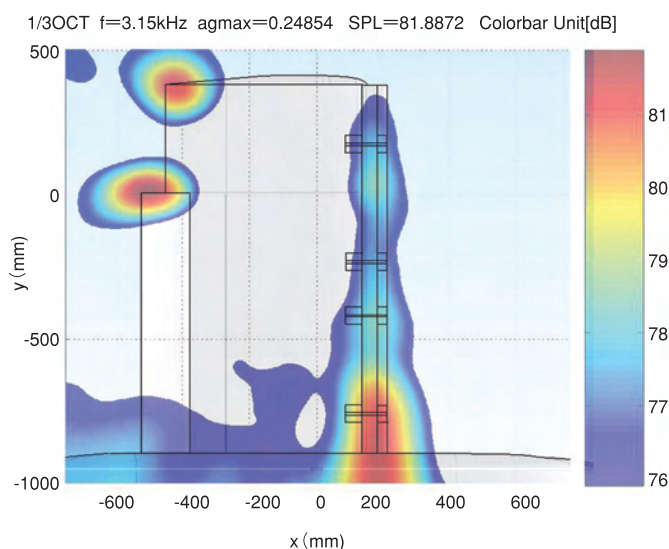


図3 音源探査による音の発生位置の表示

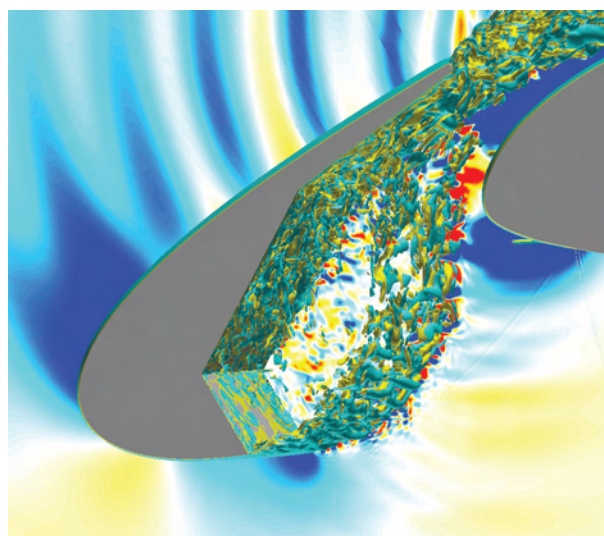


図4 高揚力装置前縁スラット周りの音の解析

図1)や地上で走行するために必要となる脚（降着装置）が機体から展開されます。これらの装置が収納されている状態と比べると、騒音は大幅に増加します。また離陸時と異なり、着陸時には低空を比較的低速で飛ぶため、空港周辺が長い時間にわたって騒音の影響を受けることも問題です。

現在、我々のチームでは「高揚力装置」から発生する騒音をどのようにしたら下げられるか、研究を進めています。従来の高揚力装置が持っている優れた特性（浮き上がる力や安全性能）を損なわず、低騒音化を実現するためには、どのようなメカニズムで騒音が発生しているのか、理解しなければなりません。そこで、高揚力装置から生じる騒音の発生メカニズムを理解するために、図2に

示すような単純化した高揚力装置模型を製作し、風洞試験を行いました。高揚力装置のどこから、どのような性質の音が発生しているのかを調べるため、「音源探査法」と呼ばれる計測法を使っています。図3はその結果の一例です。図中の赤いところから強い音が発生していることがわかります。また、図4のようにコンピュータ上で流れを解析する技術（計算流体力学：CFD）を使って、音を生じさせる空気の流れを詳細に調べることができるようになってきています。

この風洞試験結果および計算結果から得られた情報は、MRJ機の開発に活かされています。また取得データを基に、海外の研究機関とも協力して、研究開発を進めています。（今村太郎）



村山光宏
空力技術セクション
大学院では航空宇宙工学を専攻

感じますね。

横川 実験の計画を立てるところから始めて、模型を作り、実際に自分の手を動かして一つの計測が終わってデータが取れたときはうれしいです。同時にこのデータは村山さんなど他の人の役に立っているということにも、最近は喜びを感じます。

プロジェクトならではの経験

★ 休日はどうのように過ごしていますか？

者として、非常に勉強になりますね。開発計画全体の中の空力的要素の役割、CFDや実験で取得したデータが実際に飛ぶ飛行機のどこに役立つか、データの精度と飛行機のセールスがどのようにリンクするのかなどが分かったり、学ぶことが多いです。

★ やりがいを感じるのはどういうときですか？

村山 個人的には、作ったプログラムがうまく動いたときです。ささやかな喜びなんですけど。それから、自分の研究成果が実際のものに役に立つときにはとてもやりがい

動かしたいと思っています。そういうときは、フットサルをしたりゴルフの打ちっぱなしに行ったりします。

★ 今後の目標を教えてください。

横川 やはりプロジェクトに携わっていて思うのは、日本ブランドの旅客機を実現したいというのがあります。それに関わっているJAXAの研究者として、少しでも日本の航空機がいいねといわれるような、たくさん売れるようになるような研究をしていきたいと思っています。40年ぶりのタイミングでちょうどこの機会に関わることができたのは恵まれているなと思います。

村山 今のプロジェクトを成功させて次のプロジェクトへつなげ、後継機や将来機の開発により日本の航空産業を活性化させていきたいというのが大きな目標です。そこには、自分の研究した成果が適用されるといいなと考えています。★ 研究者を目指している学生に向けてメッセージを

お願いします。

横川 今は、例えばものを作るにしてもある分野のスペシャリストさえいけばいいものができるというわけではなく、いろいろな人が集まった相乗効果で一つのいい物ができるという時代によりなっていると感じます。そういう中で、学生時代に一つの専門について勉強するのはいいのですが、卒業して仕事に臨む際にはそれを活かして人と一緒になつて大きな成果を出す、というような意識で社会人になつて欲しいです。必ずしも自分ができるわけではないかもしれませんが、これは働くようになって身をもって感じていることです。

村山 研究者というのは、一つの見方に偏ってしまうことが多いかもしれません。でも、物事をいろいろな側面からみたり、自分の興味の外側にも目を向けていった方がいい成果が出る場合が多いと、私も感じています。プロジェクトなどではやはり多くの人と協

力し合っているいろいろな分野からのアプローチが必要になるので、多面的なものの見方ができるように頑張っていって欲しいですね。そして、研究って面白いものだから、ぜひともみんなに希望を実現して欲しいなと思います。

(注1) 設計においては、航空機の仕様をふまえて空力学的に最適な翼の形状を求める必要がある。つまり、形状を極力シンプルに保つたまま、揚力を大きく、抵抗を小さく、また失速の起こりにくい性能にすること。そうすることで、より多くの人を載せた航空機を少ない燃費で短い滑走路から飛び立たせることができる。また形状をシンプルにすると機体重量削減、省メンテナンス、さらには製造コストの削減につながる。



博士号授与式後に研究室で記念撮影 (右が村山)



横川 譲
空力技術セクション
大学院では機械工学を専攻

▲40年ぶりに国産旅客機開発が行われています。今回は、その研究開発を行っているおふたりに話を聞きました。この特別な機会で経験することは、やはり普段の研究とは違うようですね。

チームワークで課題に取り組む

▲それぞれ担当している仕事の内容を教えてください。

横川 現在、経済産業省／新エネルギー・産業技術総合開発機構（NEDO）の支援により三菱重工業を中心に推進されている「環境適応型高性能小型航空機（通称MRJ機）研究開発（以下、プロジェクト）」において、JAXAは研究開発パートナーとして技術開発に協力しています。その中に、離着陸時の空力性能向上（注1）という課題がありまして、空力技術セクションでは、高揚力装置の設計技術高度化ということに取り組んでいます。

航空機を設計するには、機体の周りの空気の流れを知る必要があります。その一つの手法が実験で、私はこれを担当しています。人工的に風を流して飛行状態を模擬した環境を作る風洞という実験設備に、航空機の縮小模型を入れてさまざまな計測を行います。村山 もう一つの手法に、コンピュータを使って空気の流れを調べる、CFD（計算流体力学）という技術があります。私はそのCFD技術の開発を担当しています。ただし、計算の上で求めたデータは、どのぐらいの予測精度があるのかということ必ず検証しなければなりません。特に、



Interview 夢を飛ばす人々 Vol.5

ものづくりに必要なのは 技術とチームワーク

次期国産旅客機研究開発プロジェクトもいよいよ山場
JAXAはその実用化に向けて、技術開発で貢献しています

国産旅客機チーム
横川 譲 ● 村山光宏

高揚力装置は複雑な形状で、かつ非常に複雑な流れ場のため、その空気の流れを精度よく計算することは難しい部分です。計算だけでは分からない現象、見逃している現象があるかもしれません。そのため実際に起こっていること、つまり横川さんたちが実験を行って取得したデータと比較・検証を行い、改善をするといったことをしています。

横川 これらは、メーカーが設計する際のツールとして直接活用されることもありますし、我々の研究で得られた知見が実機の開発に役立つこともあります。そのほかに、高揚力装置から発生する騒音のデータを取得する実験も行っています。これは、騒音の発生メカニズムを解明し、騒音を低減するための技術開発を行うために必要なもので、空力性能向上の研究開発と同様にCFD技術の担当者と共同で作業を進めています。

▲チーム作業ですね。
村山 入社してからしばらく

は、自分の研究開発テーマに沿って、プログラムを作るという個人作業が多かったのですが、このプロジェクトが始まってからは、チーム作業になり仕事のスタイルが変わりましたね。

横川 実験も規模が大きいで、実は村山さんを始めセクションのメンバーを全員連れていって、大勢で進めているんですよ。

▲プロジェクトに参加してみようですか？

村山 メーカーと一緒に実際のものづくりに携われるという点でいい機会だと思います。

横川 航空機の研究に携わる



高校2年生のとき、ホームステイ先のドイツで。
カフェで飲んだのはもちろんコーヒーです（左が横川）

■「次世代SST・国産旅客機シンポジウム」開催案内

航空プログラムグループでは、現在取り組んでいる「超音速機（SST）技術研究」と「国産旅客機技術研究」について広く皆様にご紹介するため、来る9月13日（木）、東京都江東区のみらいCANホール（日本科学未来館内）におきまして、シンポジウムを開催いたします。

特別講演では、関係の方々から航空機産業の動向や社会のニーズを交えたご講演をいただきます。技術講演では、JAXAの研究開発について最新の活動を紹介いたします。

※事前登録は必要ありません。聴講は無料です。

※プログラムの詳細を、当プログラムグループのホームページで公開予定です。

また、お問い合わせは下記にお願いいたします。

お問い合わせ

宇宙航空研究開発機構 航空プログラムグループ 広報
TEL.0422-40-3960 FAX.0422-40-3281
<http://www.apg.jaxa.jp/>

長距離飛行記録の航研機への思い

航空プログラムグループ統括リーダー 坂田公夫

1938（昭和13）年の航研機による長距離飛行の世界記録樹立を知っている人は、少なくないでしょう。5月13日の早朝4時55分、木更津飛行場を飛び立った航研機は、関東平野上空を周回し、62時間25分、11651km（平均速度187.8km/hも記録）の無着陸飛行を達成しました。日本が持つ公式の世界的記録は、後にも先にもこれだけであり、我が国の航空史に燦然と輝く記録といえます。

航研機の研究主体であったかつての東京帝国大学付属航空研究所で、発動機主任として希薄燃焼のディーゼルエンジンを開発したのは、私の大学院の恩師・田中敬吉教授です。その田中教授が戦前から所有していた航研機の精巧な木製模型が、長男正敬氏（写真左）の手元に保管されていました。夏の初めに正敬氏

から、歴史的な価値のある模型が埋もれないようにとのお話があり、さっそく都内のお宅を訪問していただいて参りました。真っ赤に塗られた大きな主翼を持つ、1/40縮尺の模型です。折しも我が国の航空技術が再び世界を目指すというこの時期に、JAXA航空として大変うれしく、また気の引き締まる思いでした。



参考文献例 山崎明夫 「ニッポンが熱狂した大航空時代」 樺出版社,2007
富塚 清 「航研機」 三樹書房,2006