



空へ挑み、未来をつくる

— 航空技術を支える基盤力：進化し続ける風洞 —



国立研究開発法人宇宙航空研究開発機構
航空技術部門

宇宙ロケット だけじゃない!

(超音速機・電動機)
次世代航空機開発
を支えるJAXA
宇宙航空研究開発機構



に設立されて昨年、70周年を迎えました。その間、機体設計技術、エンジン要素技術、運航・安全技術、材料技術などの最先端技術で国内の航空産業を支え続けてきました。

航空技術部門が現在力を入れているのが次世代航空機の研究開発です。世界の旅客機需要の伸びは著しく、今後の日本経済に航空産業の成長は欠かせません。一方で地球温暖化への対応で航空機に求められる環境基準はますます厳しくなり、燃料費の高騰で燃費の改善も求められます。「より環境に優しく、より速く、より安全に」が期待される次世代航空機。JAXAが進める超音速旅客機と電動航空機の開発の現在地を研究者らに聞きました。

JAXA(国立研究開発法人宇宙航空研究開発機構)と言えば種子島から打ち上げられる宇宙ロケットや科学衛星のイメージが大きいですが、忘れてはいけないのが航空機にかかわる研究開発を担う航空技術部門です。実は航空技術部門の前身である航空宇宙技術研究所(略称NAL、東京都調布市)が1955年



JAXA航空技術部門
部門長代理
伊藤健さん



JAXA航空技術部門
ロバスト低ブーム超音速機設計技術
実証(Re-BooT)プロジェクトチーム
プロジェクトマネージャ
牧野好和さん



JAXA航空技術部門 航空機用メガワット級電動
ハイブリッド推進システム技術実証(MEGAWATT)
プロジェクトマネージャ
西沢啓さん

JAXA航空技術部門70年の歩み

<p>1955年 航空技術研究所発足</p> <p>JAXA研究開発 航空科学技術の水準向上</p> <p>選・超音速機 + 安全性</p> <p>▶V/STOL</p> <p>ファンジェット STOL機の研究 「飛鳥」(1985初飛行)</p> <p>VTOL機の研究</p> <p>複合材</p> <p>CFD</p> <p>▶ジェットエンジン</p> <p>FJR710ターボファンエンジン</p>	<p>2000</p> <p>▶航空安全・環境適合技術</p> <p>高効率軽量ファン・タービン技術実証 aFJR(FY2013-2017)</p> <p>コアエンジン技術実証 En-Core (FY2019-2024)</p> <p>▶高速航空機~次世代航空技術</p> <p>超音速機の低抵抗設計技術実証 NEXST-1(1997-2005)</p> <p>低ソニックブーム設計概念実証 D-SEND#2(2010-2015)</p>	<p>2003年 JAXA発足</p> <p>電動推進システム飛行実証 FEATHER(2012-2015)</p> <p>電動ハイブリッド推進システム技術実証 MEGAWATT(2025)</p> <p>ロバスト低ブーム超音速設計技術実証 Re-BooT(2024)</p>	<p>2020</p> <p>航空産業振興及び社会課題解決に資する取組</p> <p>既存形態での航空輸送・航空機利用の発展</p> <p>次世代モビリティ・システムによる更なる空の利用</p> <p>航空産業の持続的発展につながる基盤技術</p>	<p>2025年~ これからの研究開発</p>
<p>JAXA試験設備 民間・大学等では保有困難な大型試験設備の整備・供用</p> <p>2mx2m選音速風洞(1960)</p> <p>エンジン運転試験設備(1976)</p> <p>数値風洞(1992)</p> <p>ジェット飛行実験機(2012)</p> <p>回転タービン試験設備(2019)</p>				

Part 1 世界を変える新型機を

戦後の1955年に日本の航空機開発が再開し、大規模試験施設を1カ所にまとめるという国の方針で誕生したNALは、1970年代には後に世界的なベストセラーとなった「V2500」の

もととなったターボファンジェットエンジン「FJR710」を開発。さらに80年代にはわずか400メートルで離着陸できる低騒音STOL実験機「飛鳥」を開発し貴重な飛行実証データをもたらしました。伊藤健・航空技術部門長代理は「大学などの基礎研究と企業による産業化の間をしっかりとつなぐのが私

たちの役割です。未来の機体に適用できる安全技術や環境適合技術、先進的な基礎技術の開発と、大規模試験設備や実機を用いたその実証に取り組み、それを世界的に売れる飛行機や部品につなげることを目指しています」と話します。その産業化が見えてきているのが、超音速旅客機と電動航空機です。

低ブーム設計技術を活用した超音速旅客機のイメージ図



超音速旅客機

●日本から欧米まで6時間以内に

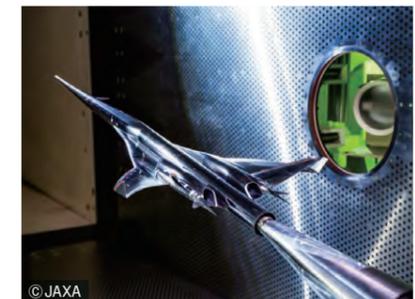
超音速旅客機と言えばコンコルド(1976年から2003年まで運航)を思い出す人も多いでしょう。成層圏をマッハ2.0で飛ぶ革新的な超音速機でしたが、ビジネスとしては失敗し大きな課題を残しました。例えば、ジェット戦闘機と類似のエンジンが出す離着陸時の騒音と超音速飛行時に機体が生む衝撃波が地表で爆音となるソニックブーム。さらに航路距離や燃費の問題などもあり、ポスト・コンコルドは長く実現していません。しかし、今それらの課題が技術革新で乗り越えられる時代になってきています。静粛な超音速旅客機が実現すれば、日本から欧米までの飛行が現在の12時間以上から6時間以内になるなどスピード革命が起き、社会的・経済的影響は計り知れません。

JAXAはマッハ数1.6、乗客数50人、離陸重量70トンクラス、航続距離約6,300km以上の小型超音速旅客機を想定し研究開発を行ってきました。NALの時代の1997年から研究を始め、これまでに3つの大きなプロジェクトを進めてきており、特にソニックブーム低減技術では世界の最先端を走ります。最初のNEXST-1(1997~2005年度)は、実験機を使い超音速飛行時の抵抗の低減に取り組み、コンコルドより抵抗を13%改善する技術を実証。2つめのD-SEND(2010~15年度)で

は、ソニックブーム低減に取り組み、実験機を使いコンコルドよりソニックブームを半減できる技術を実証するという大きな成果を生み出しました。

●ソニックブーム低減技術で大きな貢献

現在進行中なのがRe-BooTプロジェクト(2024年度~)です。22人のチームをまとめる牧野好和プロジェクトマネージャは「Re-BooTではD-SEND技術を発展させるとともに、ICAO(国際民間航空機関)にJAXAのデータを提示してソニックブームなどの超音速機騒音の国際基準策定プロセスに大きく貢献しています」と話します。基準ができてはじめて企業が実機開発に乗り出せますが、ICAOの委員会は2031年の総会で基準を決定する予定です。



低ソニックブーム設計機体模型の2m×2m選音速風洞試験

成層圏でオゾン層を破壊するNOx(窒素酸化物)排出や、超音速飛行や高高度の飛行が装備品に与える影響評価、機首の長い機体なので着陸時にコックピットから滑走路が見えにくい問題、電動ファンとエンジンを両方用いるハイブリッド方式で飛ばすことをめざし

ありますが、実際に超音速旅客機が再び世界の空を飛ぶのはそれほど遠い未来ではありません。米国のスタートアップがソニックブーム低減に対応しない海上ルート飛行を想定した旅客機を開発中で、2030年代にも運航を開始するとみられています。牧野マネージャは「ソニックブーム低減に対応した静粛な旅客機は騒音基準ができてからの開発になりますが、早ければ2040年代には運航が始まるでしょう」と予想します。

電動航空機

●冷却、絶縁など電動ならではの課題

超音速機がスピードの要請に応えるものなら、電動航空機はCO₂削減と燃料コスト削減の期待を背負って開発が進められています。JAXAの最初の電動航空機プロジェクトのFEATHER(2012~15年度)では、小型の有人電動単発機でバッテリーとモーターによる電力のみでプロペラを動かす完全電動の推進システムを実現。電動モーターの多重化などの世界で初めての技術を実証しました。現在進めているのがMEGAWATTプロジェクト(2025年度~)。西沢啓プロジェクトマネージャが率いる計14人のチームが、より大きな旅客機を対象とした推進システムの研究開発をしています。エンジンの力で電気を生み出す発電機を搭載、電動ファンとエンジンを両方用いるハイブリッド方式で飛ばすことをめざし

電動ハイブリッド旅客機イメージ図



ています。これまでとは全く異なるシステムで航空機を飛ばすことには多くの困難が伴います。西沢マネージャは「プロペラやファンを電動モーターで駆動すること自体は難しくはありませんが、電動航空機には実運用の蓄積がないのでシステムが安全だと証明することが難しいのです。また内燃機関のエンジンと違い、電動モーターは排熱を排気に乗せて外に放出できないのも難題です」と話します。航空機を飛ばすには自動車より桁違いの大電力が必要です。「モーターは1MW(メガワット)で、排熱量は50kW(キロワット)になります。電気ストープ50台が巡航中ずっとフルパワーで放熱している状態です。これを常時冷却処理しなければならないのです」。このほか高電圧を使うなかで低気圧の高高度を飛ぶことによる放電に対する絶縁対策の問題などもあります。

●産学連携で世界に先駆ける

JAXAでは産学連携の「航空機電動化(ECLAIR)コンソーシアム」を立ち上げて、企業などと議論し技術開発の方向性と社会実装のロードマップを共有。それがMEGAWATTプロジェクトにつながっているのです。コンソーシアムでは電動航空機の認証基準を作るための国際標準化活動にも参画しています。

MEGAWATTでは次世代の単通路機(通路が1つ)に適用できる小型軽量の大出力発電機の実現を企業と共同で

目指しています。現在はそのMW級の発電機をターボファンエンジンに統合した実証試験を実施しようとしています。西沢マネージャは「ようやく実機を想定したシステムレベルの開発が本格的になっています」と話します。欧米でも電動航空機の開発は進んでい

ます。しかし、JAXAがターゲットにする単通路機クラス(150~200席、性能もボーイング737と同程度)は欧米での取り組みは少なく、日本に優位性があります。JAXAと企業の技術の融合で世界に先駆けることを狙っています。

Part 2 未来へと吹く「風」 先進の実験施設

日本の航空技術を支える風洞などの大型設備群 ハードもソフトも国内外から信頼



JAXAの次世代航空機開発に欠かせないのが世界に誇るさまざまな大型設備です。超音速旅客機にはあらゆる速度域をカバーできる風洞群が、電動航空機には実機スケールのエンジンを地上で試験できる地上エンジン運転試験設備などが貴重なデータをもたらします。これらの設備はハードとしての信頼性だけでなく、独自の精緻な計測技術というソフトの優秀さも合わせ、国内外からの高い評価につながっています。

調布市の航空宇宙センターの広大な敷地と三鷹市の飛行場分室には日本の航空機開発に必要なインフラ設備が揃っています。風洞設備や航空エンジン試験設備のほかに、実験用航空機や

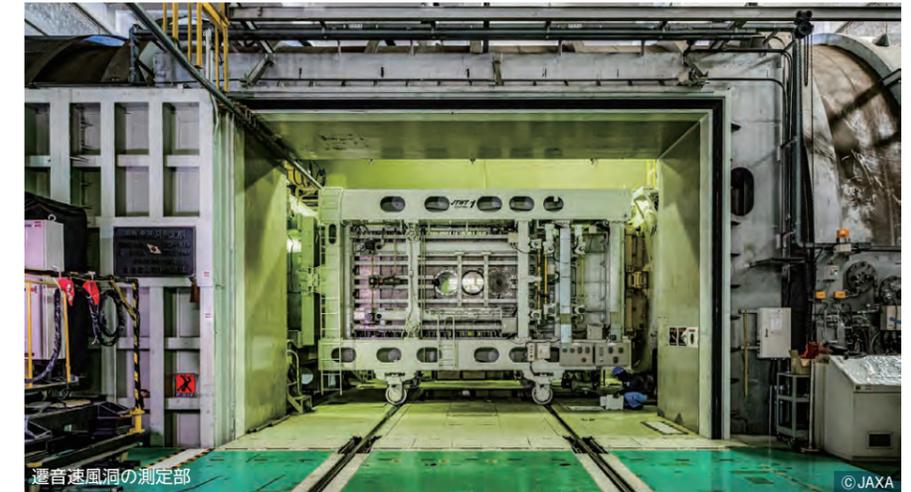
飛行シミュレータなどの飛行試験設備、構造・複合材料評価試験設備、スーパーコンピューターを使ってCFD(数値シミュレーション)により空気力学性能を予測する数値解析設備などがあります。



地上エンジン運転試験設備

なかでも風洞群は各速度域の試験や大気圏再突入時の特殊な気流条件での試験に対応でき、国内最大規模です。人工の風を機体模型に当てて、機体にかかる空気力や圧力分布、機体周りの空気の流れなどのデータを取ります。牧野好和・Re-BooTプロジェクトマネージャは「超音速機の研究開発では、離着陸時の低速飛行、遷音速から超音速に加速する加速特性、超音速で巡航する巡航性能まで幅広い速度域での機体の性能評価のために複数の風洞を使い分けています。特にソニックブーム評価では機体からの衝撃波がどんな圧力分布を作るかを検証するため

大型低速風洞にある送風機



遷音速風洞の測定部

に重要な設備です」と話します。また、電動航空機開発には地上エンジン運転試験設備が欠かせず、西沢啓・MEGAWATTプロジェクトマネージャは「地上で実エンジンをフルパワーで動かせ、説得力の大きなデータが得られます」と評価します。これらも国内随一の設備です。

●海外の研究機関も 一目置く技術

JAXAには送風機のファンで風を作る回流式の風洞、圧力差を利用して超音速の風を作る間欠式の風洞など多数の風洞がありますが、立花繁・航空技



●JAXA航空技術部門 航空基盤技術統括 立花繁さん

術部門航空基盤技術統括は「高品質の風を作ることにたくさんの工夫が含まれていますが、それだけでなく、さまざまなデータを取れる計測技術

を持っていることがJAXAの強みです」と話します。例えば、感圧塗料を利用したPSP(Pressure Sensitive Paint)計測は、圧力の違いで発光強度の変わる塗料を模型機体に塗り、紫外線を当てて発光度合いの違いで圧力分布を計測しますが、JAXAは早くからこの技術を開発しており、精度の良さで信頼されています。「権威のある米国航空宇宙学会では、機体周りの空気の流れの数値シミュレーション(CFD)の予測精度を競うワークショップが行われていますが、JAXAのPSP計測データを検証データ、つまり、答え合わせの正解として使っているほどです。特に高速で変化する非正常な現象を計測できるPSP技術は世界でも最先端です」。低ソニックブーム設計に関する共同研究をしているNASAや



静粛超音速機大型低速風洞試験



NASAの超音速実験機X59模型の風洞試験 © JAXA NASA / Boeing / JAXA 3者共同研究

ボーイング社がJAXAの技術を高く評価し、JAXAの超音速風洞でNASAの超音速実験機X59模型の風洞試験を行っています。JAXA独自の圧力計測ルールによって機体模型から発生する圧力波を取得しました。このほかレーザーを使って速度分布を調べるPIV計測や機体のどこでどの程度の騒音が発生しているか特定する音源探査計測など、風洞でさまざまなデータを取ることができます。

エンジン試験設備では、タービンや燃焼器などのエンジンの要素部品を取り出してエンジン内に相当する条件で性能を調べられる試験設備もあり、「次世代エンジンの環境条件を模擬できる点でも世界トップクラス」と立花・航空基盤技術統括は話します。



●データ生産性を高め、DX化も推進

JAXAでは、設計・認証・生産・運用・保守・廃棄・リサイクルという航空機のライフサイクル全体でのデジタル化の取り組みにも力を入れています。例えば、設計DXでは、多数の設計パラメータのある機体形状に対してコンピュータシミュレーションによる

性能推定を高精度・高速で設計プロセスに組み込む活動を進めています。認証DXでは、構造部材の強度証明をこれまでの実験中心から解析中心に置き換えるような取り組みを行っています。このほか、試験設備の運用では試験条件設定を自動化したり、異常を自動検知するプログラムの開発を進めています。飛行機のパイロットの操縦をロボット化するための基礎研究も始まっています。

日本の航空科学技術や飛行機産業を支えてきたJAXAですが、今後もその役割を果たすために求められているキーワードは「データセントリック」と立花・航空基盤技術統括は強調します。「良質なデータをいかに大量かつ効率的に取るかが重要です。大型設備では、1回の試験で良質なデータを得るデータ生産性が求められます」。こうして蓄積した膨大で良質なビッグデータを基に、AIを活用することで航空機開発に要する時間が大幅に短縮され、それは、将来のさまざまな形態の航空機の効率的な開発に繋がるのです。ハードのグレードアップとともに最先端のソフト技術の開発が、これからもJAXAへの信頼を支えています。



調布市の魅力

深大寺



豊かな緑と湧き水に恵まれた深大寺界隈は、憩いの場として愛されています。深大寺は関東屈指の古刹として知られ、平成29年に国宝に指定された銅像釈迦如来倚像(飛鳥時代後期)などの貴重な寺宝が安置されています。

水木マンガの生まれた街 調布



調布市は、「ゲゲゲの鬼太郎」の作者である調布市名誉市民・水木しげるさんが50年以上暮らした「水木マンガの生まれた街」です。市内ではさまざまなところで鬼太郎や、その仲間たちに出会えます。鬼太郎と仲間たちを探しに市内を探検してみよう！

味の素スタジアム



味の素スタジアムは、Jリーグ所属の「FC東京」と「東京ヴェルディ」のホームスタジアムです。サッカーやラグビーなどのスポーツや、コンサート・フリーマーケットなどの様々なイベントが開催されています。

調布駅前広場



現在、調布駅前広場では整備が進み、多くの樹木、多様なベンチを配置した開放的な広場や、トリエ京王調布といった商業施設と一体となった魅力ある空間が広がっています。広場の整備は令和8年3月に完了予定で、イベント広場としての賑わいや防災拠点としての活用も期待されています。

調布航空宇宙センター



日本最大の風洞試験設備、エンジン試験設備やスーパーコンピュータなどを備えた航空技術研究の一大拠点。一般公開イベントや常設の展示室を通じて航空から宇宙まで多様な最先端技術を身近に感じられる施設です。

風を吹かせるだけじゃない！
飛行を再現する
知のインフラ「風洞」



少し古めかしさも感じられる風洞は、今「風を流す装置」から、「航空機が実際にどのように飛ぶかを理解し、設計や安全性を判断するための空気力学モデルを構築するシステム」へと生まれ変わろうとしています。

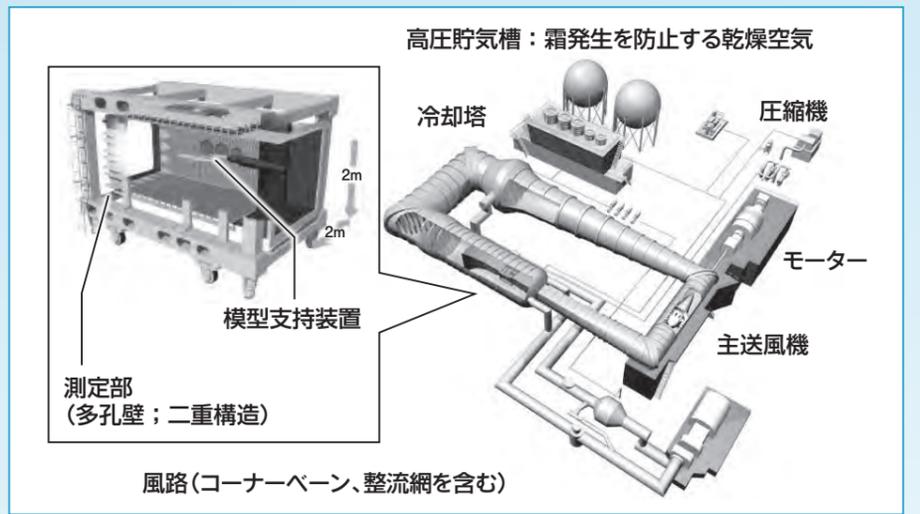
昔からある、だけじゃない！
広がる用途

風洞の歴史は古く、最初に作られたのは1870年代、人類初の動力飛行であるライトフライヤー号以前にさかのぼります。ライト兄弟も自作した風洞で安定した飛行に不可欠な浮力（揚力）と抵抗を調べたといわれています。第二次世界大戦後、航空機需要の急速な増加とともに飛行速度は高速化し、航空機に加えてロケットや宇宙往還機などへと適用範囲が拡大しました。

1周200mのトンネルで「空をとぶ飛行機」を再現

大きい、だけじゃない！
不可欠な設備

言葉で書くのは簡単ですが、この「正しい」が非常に厄介です。風洞で用いる模型は実際の航空機の1/20程度しかありませんし、人工的に作られた風では静かな大気中を飛行している環境を完璧に再現することはできません。環境を「正しく」模擬しているというには、速さを航空機と同じにし、大きさと圧力をかけた値を実際の環境と同レベルにしなくてははいけません。しかも一様で静粛でなければいけません。これを実現するためには、直径5mの送風機やそれを動かすモータ、圧縮機、1周200mの長い風路（トンネル）や二重構造の測定部など巨大な設備が必要となります。



風が吹く、だけじゃない！
鍵は正しさ

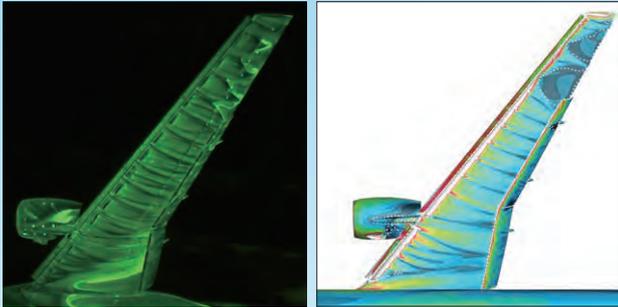
これらを安全に、確実に飛ばすためには、実際に飛ばす前に地上で性能を確かめる必要があります。その結果、世界各国で多様な風洞が建設されました。社会が成熟してくると、航空機に対する要求も飛行できることから、より低騒音・低燃費に、さらにはより安全にと、ラグジュアリー性へと高度化し、それに伴い風洞に対する要求も変化していきました。現代の風洞では、いかに飛行環境を「正しく」模擬し、その空気力学特性をいかに「正確に」計測するかが鍵となっています。

設備があれば良い、だけじゃない！
測れてこそその価値

さらには機体にかかる空気力、表面の温度や変形、空間の速度、騒音などを高精度に計測し、模型の支持装置や壁の影響を除去する補正が必要です。長年培われてきた知識と経験により構築されてきた設備、試験・計測技術によって、初めて航空機開発を支え得るデータが獲得できるのです。今後、航空機に対する要求が厳しくなっていくことを考えると、風洞の性能向上はもちろん、これまで不可能であった計測を可能としていくことで、唯一性の高いデータを提供できるようになるでしょう。

どちらか一方、じゃない！ 数値解析と風洞試験は役割分担

一方で、コンピュータ性能の向上とともに数値解析技術も飛躍的に発展しています。マクロな航空機から、ミクロなデバイスまで、流れ場を解析した可視化結果には目を見張るものがあります。しかし、すべての現象を忠実に再現しようとする、膨大な計算資源が必要となるため、航空機開発では現象を簡略化した解析が用いられています。そのため、計算によって幅広く条件を調べ、風洞で実際に起こる現象を確かめるという形で、数値解析と風洞試験は役割を分担しています。



数値解析は実験では計測できないデータも提供できるが複雑形態の予測は苦手。補完、役割分担が必要。

データだけ、じゃない！ 中核となるモデル

今後はさらにデジタル化が進み、デジタルモデルを基礎とするModel Based Systems Engineering (MBSE、試作を減らし、設計や評価をデジタル上で進める開発手法)により効率化が進むと予想されます。このMBSEの中核となる空気力学モデルは単なる計算結果の集まりではなく、設計の判断や安全性評価の基準となる、開発する航空機の「真の振る舞い」を定義するものです。そのため、数値解析だけではなく、実際に計測された信頼性の高い実験データの裏付けが不可欠となります。航空機に革新をもたらす科学技術についても、理想化されたサイバー空間だけで設定、解決されただけでは不十分で、風洞で実在する現象として理解、検証される必要があります。

単なる設備、じゃない！ 知のインフラ

世界的にも老朽化してきた巨大設備に対して、各国ではナショナル・ファシリティとして更新や新規開発が始まっています。四方を海に囲まれた日本が航空・宇宙技術を基盤として国際競争力と経済安全保障を確保していくためには、風洞を単なる試験設備ではなく、航空機の飛行環境を「正しく」模擬し空気力学モデルを構築するシステムとして、航空機開発を支える「知のインフラ」として戦略的に整備していくことが不可欠です。



航空機DX技術と風洞技術が融合した未来の航空機開発のイメージ図

「ミラメク -未来の羅針盤 文部科学省-」
WEBサイト

JAXA航空技術部門
WEBサイト

本冊子は、文部科学省が発行する
広報誌「ミラメク -未来の羅針盤 文部科学省-」2026年冬号
からの記事を一部引用してJAXAがまとめたものです。

