

# 航空プログラムニュース

No. **16**

2010  
Spring

ISSN 1881-2570

【特集】

日常運航データ再生ツール「DRAP」の  
研究開発

## 飛行データから操縦を 3Dアニメ化 パイロットの訓練を 支える「DRAP」

【研究現場から】

空港の風を詳しく測る

【見学施設案内】

YS-11コックピット

# 飛行データから操縦を3Dアニメ化 パイロットの訓練を支える ソフトウェア「DRAP」

近年の航空機事故の半数以上には人的要因が関与していると言われています。パイロットのヒューマンエラーを防ぐには、標準手順からの逸脱を低減することが最も効果的と考えられています。安全な運航のためにパイロットは日々さまざまな訓練を重ねていますが、そのひとつに自らの飛行記録を振り返るという活動があります。その活動を支えているのが、航空会社とJAXAが共同開発したソフトウェア「DRAP」<sup>ディラップ</sup>。今回は、JAXAの技術が航空機の安全な運航にどのように関わっているのか、開発に携わった運航・安全技術チームのメンバーに聞きました。次に航空機に乗るとき、DRAPをちょっとだけでも思い出してくれるとうれしく思います。

**Q** まず「自分自身の飛行を振り返る」というパイロットの活動について教えてください。

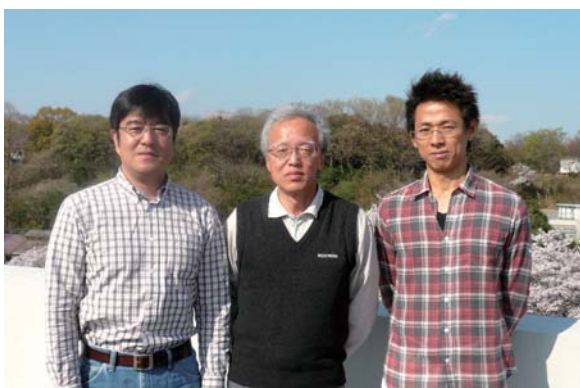
**A** 大手航空会社で運航されている中・大型旅客機にはデータ記録装置<sup>(注)</sup>が搭載されており、ほぼ全ての便で離陸から着陸までを記録しています。その項目は、高度、速度、位置、機体の姿勢、エンジンの状態など数百にもおよびます。整備も含めた運航に携わる各部門では、記録データを分析し、運航安全や運航品質の向上に役立てています。

パイロットに関して言えば、例えば着陸時の降下率が自社が定めた許容値を超えた場合や、パイロットが自己研鑽の目的でデータ閲覧を希望した場合に、これらの情報をフィードバックする活動が行われています。自らのフライトを振り返ることで次のフライトへ活かし、安全が強化されることになるのです。

(注)この記録装置をQAR (Quick Access Recorder)という。事故発生時の解析用として取り付けが義務付けられているブラックボックスと呼ばれる飛行記録装置(FDR: Flight Data Recorder)とは別のもの。QARは、記録パラメータ数が多い、データの記録周波数が高い、記録時間が長い、データの取り下ろし作業が容易、事故時の耐衝撃性や耐熱性は重視されていないといった特徴がある。

## 運航・安全技術チーム ヒューマンファクタセクション

(左から) 村岡浩治、岡田典秋、山本亮二  
DRAP がさらに多くの航空会社で利用されて、運航安全がより向上することを願っています





DRAP 概観

**Q DRAPとはどのようなソフトウェアでしょうか。**

**A** DRAP (Data Review and Analysis Program)はこれらのデータを変換して、3Dアニメーション動画で再生できるようにするためのソフトウェアです。

従来、機上で記録したデータは、数値・グラフ・文章などにしてパイロットに渡されていました。DRAPを使うことで、記録データをもとに、パイロットが操縦中に見てきた外の風景や計器の動き、自身が操縦輪をどのくらい動かしたかなどの情報を、時間的推移に沿って視覚的に再現することが可能になります（ただしこの動画にパイロット自身の姿は再現されません）。数値やグラフで振り返る方法と比べて、自分の飛行を速やかにそして直感的に理解することができます。

**DRAPの主な機能・特徴**

- (コックピット視点からの) 外視界表示・機体外

部表示・計器表示ウィンドウにより、飛行データを3次元でアニメーション表示します。また、水平面内の飛行軌跡を表示する2次元マップ機能・操縦入力表示機能を有しています。



- 日本国内の地形・滑走路の諸元がデータベースとして用意されているので、特定の滑走路への離陸・着陸時のアニメーションを表示することができます。
- 記録された飛行データをもとに、離陸・着陸・巡航・着陸復行時の機体位置データを再構築するアルゴリズムを有しています。
- 機体の空力特性データを用い、垂直・水平風を精密に推定します。この機能により、機上の計器には表示されない、より正確な風の情報をレビューすることが可能となります。

**Q DRAPのすごいところを教えてください。**

**A** 従来の同機能ソフトと比べて簡単に使えることです。3Dアニメーション表示機能を持つ飛行データ解析ソフトウェアは市販されていますが、それらはコンピュータや飛行データ処理の専門知識を持つユーザー向けに開発されているため、それ以外のユーザーにとって利用方法の習得は容易ではありませんでした。

そこで私たちは、DRAPをインストールしたPCでパイロット自身が操作することにより、自身の飛行を速やかにレビューできることを第一の目標において、次の基本的考え方で設計しました。①飛行デー

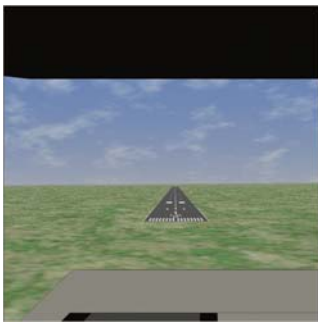
タの読み込みや、ユーザーインターフェイスを十分に簡素化する②元データからDRAP用データに変換するのに必要な時間を極力短くする③パイロットがさまざまな角度からデータを見ることができる。

**Q DRAPはどのようにして生まれたのでしょうか。**

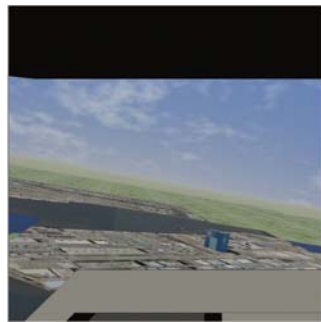
**A** 航空会社からの「こんなものがあつたらいいな」というアイデアをもとに、NAL（航空宇宙技術研究所、JAXAの前身機関の一つ）が蓄積してきた「飛行計測」「実験」「データ処理」「飛行シミュレーション」「コックピットインターフェイス」などの技術を応用して開発しました。

1999年に日本航空（JAL）と共同で開発を開始し、2000年にJAL、2001年からは全日本空輸（ANA）および日本エアシステム（JAS）を加えて運用評価を行いました。当初はB747-400、B777、B767に対応したものでしたが、現在は日本で運航している大型旅客機のほぼ全ての機種に対応しているDRAP Version2.4（動作環境：Microsoft Windows 2000、XP、Vista、7）が、数々の航空会社で運用されています。

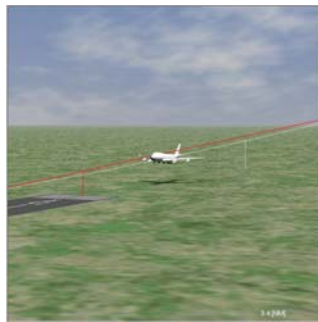
**データ表示機能例**



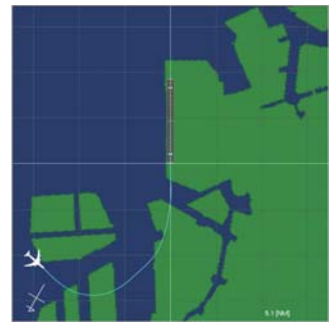
外視界●左席から見た滑走路



外視界●建造物も含めた風景



機体外部  
赤線：基準経路、白線：実際に飛行した軌跡



航跡  
滑走路を中心に、水平面の航跡と機体位置を表示する



機上	航空会社 担当部署		パイロット
<b>QAR データ</b> (バイナリファイル)	<b>QAR 処理装置</b> DRAPに必要なデータの抽出 (テキストファイル)	<b>DHS Converter</b> データ構築 (DHS ファイル: バイナリ) JAL と JAXA が DRAP と共に開発した DHS Converter で変換。バイナリ化、飛 行データ推定・再構築、データ補間処理 も同時に行う。	<b>DRAP</b> DHS ファイルを読み込んで アニメーション表示

機上で取得したデータを DRAP で表示するまで

**Q DRAPは、安全な運航にどれくらい貢献していますか。**

**A** 安全な運航は、じつに多くの人たちのさまざまな活動や技術が総合的に効果を発揮して成り立っているものです。そのうちの何%分にDRAPが寄与しているとか、DRAPを用いることで何件の事故が減ったと数値化することはできませんが、日々の安全な運航を支えることに確かに役立っていると私たちは考えています。

**Q 開発にあたって、難しいのはどのような点でしたか。**

**A** パイロットが感覚をつかみやすい表示とはどのようなものか。求めている情報を的確に表示するのに試行錯誤しました。ユーザーであるパイロットの意見を参考にしながら改良を加えました。

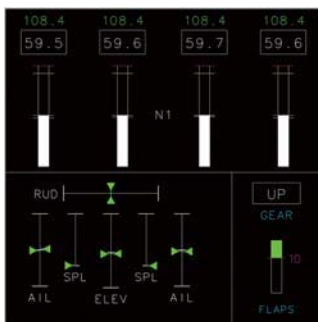
**Q 今後の目標は何でしょうか。**

**A** 新しい機種に対応していくこと、そしてDRAPの応用先をさらに広げるような機能強化もしていきたいと考えています。データを取り扱う環境の変化にもあわせてDRAPは今後も進化を続けます。

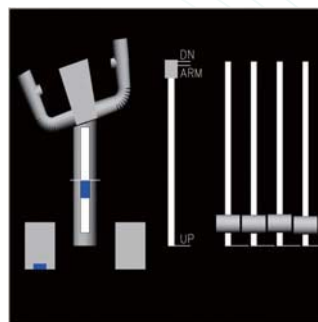


計器●PFD：プライマリフライトディスプレイ (B747-400)

機種ごとに違うコックピット計器を表示。電子・アナログ機器両方の表示ができる

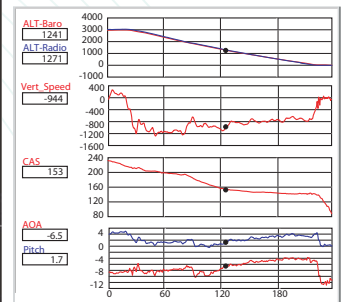


計器●エンジン&フライトコントロール (B747-400)



操縦入力●B747

コラムホイール、ラダーペダル、スラストレバー、スピードブレーキレバーをどれだけ動かしたかがわかる



飛行時歴

グラフ上の黒点マーカがアニメの進行とともに移動し、現在の値が表示される

## 着陸を難しくする細かい風の変化

空港周辺に地形の起伏や建物があると、風の急変（ウィンドシアア）が発生しやすくなります。特に、低い高度で細かい風の変化（変化のスケールが数十m～数百m）があると、着陸直前に飛行機の姿勢が乱れるため、着陸が難しくなる場合があります（図1）。

ウィンドシアアを地上から観測する装置として、電波を使って雨粒の動きから風を観測するドップラーレーダーがあります。既に国内の複数の拠点空港に導入され、事故に直結する恐れのある大規模なウィンドシアア（風の変化のスケールが約1km以上）の監視に使われています。しかし、図1に挙げたような細かい風の変化は観測できないのが現状です。

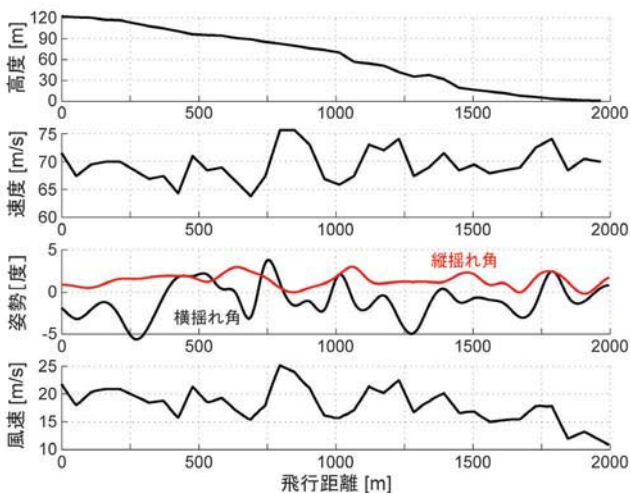


図1 ● 低層ウィンドシアア中の着陸データの例  
(全日本空輸株式会社提供)

低高度で風の急変が起きている中を着陸した旅客機の飛行データの例です。数十m～数百mのスケールで風が細かく変動し、それに対応して飛行機の速度や姿勢も変動しています。パイロットは、姿勢の安定が難しかったとコメントしています。

## 高解像度レーダーで風の変化を詳しく測る

そこでJAXAでは、最新の高解像度ドップラーレーダーを用いて、細かい風の変化を観測する技術の研究を進めています。このレーダーは、もともとはゲリラ豪雨などの局地気象現象の観測用に大阪大学が開発したもので、従来のレーダーより観測範囲は狭いものの、解像度が極めて高く細かい風の変化を観測できること、小型で低コスト（従来のレーダーの数の1）なこと、などが特長です（表1、図2）。

今回、この高解像度レーダーを、ウィンドシアアが発生しやすい空港の一つである山形県の庄内空港に設置して、着陸経路上の風の観測を行いました。この空港では、図3に示すように、季節風が強まる冬期に就航率が5%程度低下しています。この原因

表1 ● 高解像度レーダーと従来のレーダーの比較

	高解像度レーダー	従来のレーダー
観測範囲	約15km	約120km
解像度	約10m	約150m



図2 ● 庄内空港に設置した高解像度レーダー



気象情報技術セクション  
(左より) 又吉直樹、杉浦正彦

を明らかにするのが観測の目的です。高解像度レーダーを用いて空港周辺のウィンドシアアを観測するのは、世界でも初めての試みになります。

図4に得られた観測データの例を示します。着陸経路上で風が弱い場所と強い場所が数百mおきに混在している様子が観測されています(図4(1))。さらに高度60m以下では、飛行機の姿勢を乱す原因となる150m程度の細かいスケールの風の変化が発生していることが分かりました(図4(2))。

今回の観測によって、旅客機の着陸を難しくしている低高度での細かい風の変化を初めて定量的に明らかにすることができました。ゲリラ豪雨観測のために開発された高解像度レーダーが、旅客機の運航にも役立つことが実証されました。

今後は、高解像度レーダーで観測される風の変化の情報を、パイロットに分かりやすく伝えるためのシステム(低層ウィンドシアア・アドバイザリシステム)の研究を進めます。パイロットが着陸経路上の風の状態を知ることができれば、着陸できない事

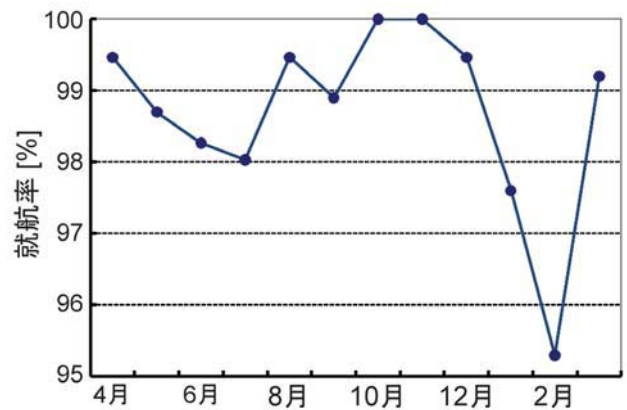
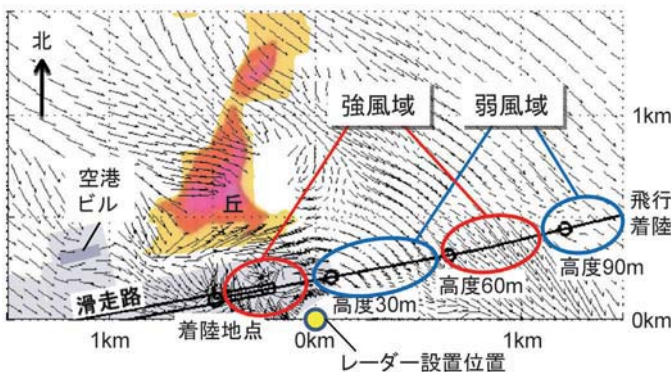


図3 ● 庄内空港の定期便就航率  
(平成18～20年の3年間の平均値、全日本空輸株式会社提供)

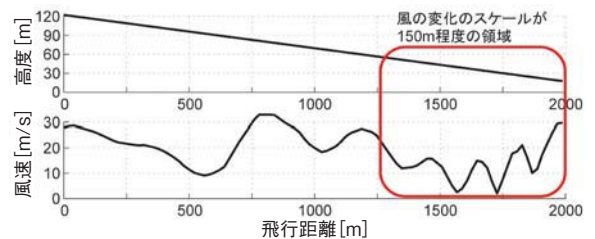
例を減らして冬季の就航率を向上できると期待しています。

最後に、今回の風観測試験では、庄内空港の関係者の皆様の多大なご協力を得ました。この場を借りて、御礼申し上げます。

(又吉直樹)



(1) 風の分布(平面図)



(2) 着陸経路上の風速変化

図4 ● 風観測結果の例(西北西の強風事例)

風の分布図では、1秒の間の瞬間的な風の分布(風向、風速)を矢印で示しています。



YS-11 実機コックピット ← 常設展示



あこがれのパイロット気分♡

# JAXA調布航空宇宙センターへ行こう！

JAXA調布航空宇宙センターの展示施設に、YS-11コックピットが新しく加わりました。このコックピットは、1968年から2006年まで国土交通省航空局所有の検査機（航空保安施設や航法援助施設の検査を行う機体）として飛行していた機体の一部です。JAXAは2009年1月、研究に活用するためエンジンとプロペラ以外の機体を取得しました。この機体の機首部分を4月から公開、平日にご覧いただけるようになりました。

## YS-11とJAXAの関係

YS-11は戦後初めて日本で開発・製造された旅客機です。1964年から2006年まで民間路線で運航されていました。JAXA（当時NAL）は1961年から約10年間、全機静強度試験をはじめ鳥衝突試験や疲労・強度試験等の各種試験を実施し、型式証明取得や機体の改良に貢献しました。当機を取得したのは、飛行履歴・整備記録などをもとに、40年近く飛行した機体が開発当時からどのように変化したかを試験によって調査して構造分野に関するデータベースを構築することなどが目的です。これらが今後の旅客機開発に活用されることを期待しています。

## コックピットからわかる航空技術の変遷

さて、このコックピットから、新旧航空機の違いをみてみましょう。

ヒューマン・マシン・インターフェイスが専門の舩引浩平セクションリーダーに聞きました。「コックピットは見た目が大きく変わりました。例えば計器。YS-11では60個くらいはあると思いますが、現在は液晶ディスプレイ6枚程度に集約して表示しています。たくさんのアナログ計器を表示するのに必要な機構は複雑なものでしたが、コンピュータグラフィックスでこれらの情報を簡単にそして見やすく表示できるようになりました。機内の気圧のコントロールをはじめ故障時の措置など、YS-11では手動だったことの多くが現在はコンピュータの発達により自動化されています」。それなら昔と比べてパイロットの仕事はずいぶん楽になりましたね？「今も昔も飛行に必要な情報というのは変わりません。それらの多くをコンピュータが処理してくれるようになった一方で、パイロットはもっと別のことを考える必要が出てきました。これらの装置を駆使して安全にかつぎりぎりまで効率的に飛行することを求められています。手を動かすより頭を働かせることが多くなったと言えます」

なるほど。便利になったことは多いけど、人間の判断は不可欠なんです。ともかく、このコックピットに座って、空を飛ぶことのすごさにあらためて思いをはせてみるのはどうでしょう。



▲今も昔も安全には欠かせない装備品？コックピットのどこにあるかは探してみてください。※京都に実在の神社です。▼新型機ボーイング787のコックピット。40年でこれだけ変わりました。



B787©Boeing

## JAXA調布航空宇宙センター

YS-11コックピットは、平日10:00～17:00にご覧いただけます。事前申し込み不要。土・日・祝日・年末年始は休み。アクセス：中央線三鷹駅・吉祥寺駅、京王線調布駅からバス。☎0422-40-3000(代) E-mail:ko-ho@chofu.jaxa.jp

自家用機でちょっとそこまで買い物に。未来型航空機が実現するときとこんな感じですね。超軽量航空機(電動ではない)をフライトスクールで操縦する西沢さん。



イスボーツの需要が比較的少ないため、そこから発展していくという下地がないからなんです。一方でモーターやモーターの制御技術、電池といった要素技術が遅れているかというところ、日本は世界最先端の技術を持っています。小さな航空機のエンジンを電気に置き換えると、操縦者にはとても使いやすいシステムになるんです。故障が少なく整備もほとんどいらぬ、騒音や振動も少なくなるといようにメリットが大きいことから、スカイスポーツが盛

んな欧米ではそういうものを使おうという確かな動機があるのでいろいろな企業が開発に挑戦しています。作る方としては設計も製造も楽になるので、今まで航空機を作ることを想定もしていなかったメーカーが作れるようになると思います。

★ **けれども旅客機となると急にハードルが上がる。**

西沢 だからこそ小さな機体での技術の蓄積が重要です。それが旅客機の推進系そのものではありませんが、機体システムの一部に取り入れられるという具合に相互に関係を持ちながら両方進歩していくはずだと思います。

★ **生活スタイルも一変**

★ **操縦者が使いやすいとは、自動車のよつにですか？**

西沢 当然そういう方向に行くと思いますよ。航空機って自動車と比べるとまだ日常の乗り物という感じがしません。10年後か20年後かわからないですけど将来的には日常的な移動ツールになっているんじゃないかと思うんですよ。その理由の一つには、操縦がものすごく楽になっていく可能性があるんですよ。

★ **電動化によって？**

西沢 電動化はそれに寄与す

るほんの一部ですが、いちばん大きいのは操縦系統にコンピュータが入り込んでいくことです。その技術が進歩すれば、かなりの部分をコンピュータが自動でやってくれるようになるので、自動車を運転するような気軽さで航空機を操縦できるようになるはずなんです。そうなると思っても操縦できる航空機が出てくる可能性がありません。現在でも米国や豪州では自動車並みの使用頻度で航空機を使っている人たちがいます。それがローカルな話ではなくて全世界的に日常的な乗り物として広まる時が来るんじゃないかと考えています。するとものすごく航空機の数が増えるはずなんです。ただし機体の規模は小さく電動です。そういう誰でも簡単に使えるものと電気で飛ぶということとは非常に相性が良く、目的にマッチしたシステムとして電気で飛ぶということが意義を持つようになると思えますね。ですから旅客機の脱化石燃料化につながるような要素技術の研究を進めて行くのはもちろん、電気で飛ぶということの圧倒的な利点を見せに行くことも私たちの大きな役割です。

身近な例を考えると実感が

わくと思うのですが、昔はご飯をかまどで炊いていましたね。その後ガス釜から電気炊飯器になりました。この変化は利便性を高める、効率を上げるという方向に確実に進んでいて、生活スタイルの変化とも密接に絡んでいます。昔は早起きして薪をくべなきゃいけないのが、現在は寝る前にセットしておけば朝には食べられるというところまでできていて、一度その利便さを手にしたら手放すことはできないですよ。たぶん乗り物の場合も同じで、電気になると給油をしたりメンテナンスで汚れるという煩わしさが一切なくなるはず。つまり電気にすることの意義として、煩わしさをどんどん取り払っていくことなんです。そうすると航空機に対する印象が大きく変わってくるでしょう。その可能性を持っているのが電動化という方向性だと考えています。

★ **最後に西沢さんの目標を教えてください。**

西沢 実際に世の中で使われるような技術の研究をしていきたいです。技術革新が起きることによって生活スタイルまで含めていろいろ価値観が変わっていくということが、何十年に1回というステップ

で起きています。それに相当するような、世の中ががらりと変わるくらいインパクトのある技術を生み出したいです。そして自身が現役でいる間にその恩恵に与りたい。それから、壁に突き当たってできないことだらけということがありますが、そこはあきらめずに粘り強く続けることが大事だなと思っています。



電池の充放電試験



電動プロペラの風洞試験



にしざわ・あきら  
未来型航空機技術セクション  
大学院では機械工学を専攻

✈️ 自動車は電気で作るようになった、航空機はどうだ!?  
——答えはイエスです。今はまだ一部の愛好家がレジャーに使用しているだけですが、驚くことに将来的には自動車のような個人の移動手段になる可能性があるのだとか。私たちのくらしを大きく変えそうな「未来型航空機」、手にできる日が待ち遠しい!

✈️ 航空機が電気で作る意義  
✈️ 未来型航空機技術セクションではどのような研究を行っているのでしょうか?  
西沢 私たちは電気で作るのに必要な技術の研究開発に取り組んでいます。普通の航空機は化石燃料を燃焼することによって飛行していますが、それを電気の推進システム

ムに置き換えることを目標にしています。

✈️ 1〜2人乗りとはどのような用途の航空機でしょうか?

西沢 普通はスポーツやレジャー用に使われています。電動推進システムの研究機として、まずはこの程度の小さい機体での実現を目指しています。

✈️ 研究はどの段階まで進んでいますか?

西沢 最大出力20kWの電動モーターシステムを設計・試作して性能を確認し、まずまずの結果を得ました。これは1人乗りの超軽量航空機を飛行させることができる出力です。

✈️ 難しいのはどのような点ですか?

西沢 充電できる電池を動力源として搭載しますが、飛行に必要なエネルギーを電池で持とうとすると、通常の燃料と比べてはるかに重くなって航空機としての性能が劣ってしまいます。大きな出力が必要でも軽くないとはいかないという制約は、電気自動車のようなほかの乗り物とは比べ物にならないほど厳しい条件なんです。ただし私たちは電池そのものの研究をしているわけではなくて、例えば電池のような既存の技術を航空機に適用しようとする



Interview  
夢を飛ばす人々  
Vol.16

無人機・未来型航空機チーム  
西沢 啓

# 個人用途の電動航空機で 航空輸送の世界に変革を起こしたい

航空機だって  
電動化!

航空機特有のいろいろな課題が出てきますのでそれを解決することが私たちの仕事になります。

歴史的には電池の方式はほとんど変化していて、そのたびに性能が飛躍的に向上してきました。航空機用途の厳しい性能の要求が、さらに電池開発を促すようになると理想的だと思います。そのためには航空機が電気で作る意義を提示することも私たちの役目だと思っています。

✈️ 電気で作る意義とは?

西沢 一つはCO<sub>2</sub>を排出しないこと。もう一つはエネルギー効率が上がってランニングコストも下がるといことです。ではいきなり大きな旅客機が電気で作れるようになるかというところでは不可能です。し、どれくらい先になったら可能かという予測を立てられる人もいないと思います。

しかし電気だけだと難しいですが、化石燃料と合わせたハイブリッド技術もあり得るので、そういったステップを踏みながらできるだけ化石燃料の使用量を減らす、それからもっと効率を上げるとい方向にいくと思います。実際にこれから出てくる新しい旅客機は、いろいろな部分が電化されるようになっていま

す。航空機でエネルギーが必要なのはエンジンだけではなくて、例えば機内与圧、空調、操舵、機内の照明、調理室などさまざまなところでエネルギーを消費しているんです。それらを生み出す方式に、油圧、空気圧、電気などがありますが、これらのほとんどが電気に置き換わっていくというのが今後の方向性です。電気に一本化することでエネルギー効率が良くなって航空機全体のエネルギー消費量を減らすことになるからです。また部品点数が減って設計も整備も楽になるメリットが大きいんですね。

一方、1〜2人乗りの大きさだと、欧米を中心に電動航空機が2、3年前から盛んに開発されるようになり、なかには販売されているものもあります。販売されている主な用途は今のところスポーツやレジャー向けです。それ以前は電気で作ること自体が新しかったわけですが、小規模ながら売られるようになった現在では状況がかなり変わっています。

✈️ 日本での小型の電動航空機の研究状況は?

西沢 日本では小さな機体を製造・販売する企業が少ないですね。なぜかというとな

