

# 航空プログラムニュース

No. **26**

2012  
Autumn

ISSN 1881-2570

【特集】

## 風の変化をとらえて 運航に生かせ

【研究現場から】

「使える」衝撃シミュレーションを開発する

【未来技術座談会】

自家用飛行機が普及するには何が必要か（前）

# 風の変化をとらえて運航に生かせ

航空機の運航は気象現象により大きな影響を受ける。気象が及ぼす影響をできるだけ少なくできるよう、人と技術による手厚いシステムがフル稼働して現在の運航が実現されている。いま、気象情報をもっと積極的に活用して、さらに気象の影響を減らした運航にしようという技術研究がさかんだ。じつはJAXAが得意な分野でもある。今回は風をキーワードに航空機運航技術の最前線を紹介する。

航空機搭載型乱気流検知システム

## 乱気流を遭遇前に見つける 上空 空港

運航・安全技術チームの井之口浜木らは2012年2月、開発中の乱気流検知システムで、高度3.2kmを飛行中の航空機から6km先の晴天乱気流を事前に検知することに世界で初めて成功した。これにより航空機搭載型の乱気流検知システムの実用化がいよいよ現実味を帯びてきた。

### 航空機に搭載できるシステムを

井之口らが開発したのは、ドップラーライダーを使った乱気流検知システム。レーザー光を発射して遠方の風の乱れを検出することで乱気流の発生を知ることができる。地上で使用する大型のドップラーライダーは既に稼働しているが、航空機に搭載できるものはまだない。現在、上空では航空機に搭載されている気象レーダーで乱気流発生要因となる雨や雲を見つけて、そこを通らないように気をつけたり、シートベルトを着用したりして対応しているが、雨滴を伴わない「晴天乱気流」はレーダーでは見つけようがなかった。ドップラーライダーを航空機に搭載できれば、晴天時の乱気流を遭

遇前に検知できるようになり、さらに気象レーダーと併用することで全天候で乱気流を捉えることも可能になる。

ドップラーライダーによる乱気流検知システムのアイデアは1990年前後にさかのぼる。当時、井之口らは地上から高速飛翔体の位置を計測する目的でレーザー光を使った装置の開発に取り組んでいた。発射したレーザー光が機体に反射して戻ってくる時間を計算すると、機体位置がわかるものだが、機体に到達する前に散乱してしまう光があり、それが誤差の原因となっていたため、いかに散乱光をカットするかに試行錯誤していた。光を散乱させるものの正体はエアロゾル。空気中に浮遊するエアロゾルの速度を知ることがで

ければ気流の動きが分かることになるということで、これが乱気流検知にも使えるのでは、と考えたという。そこに光通信の技術(ファイバーアンプ)を適用することで、比較的小さい装置が作れることがわかり、メーカーと共同で航空機搭載型の乱気流検知システム開発を開始した。2002年に飛行試験で試作機による遠隔気流計測に成功。航空機に搭載できるほど小型のシステムが作れることを世界で初めて実証した。当時は1.5km先を測れる程度だったが、その後ファイバーアンプの出力をどんどん上げて行き、さらに計測した情報の信号処理の方式を改良することにより、現在では地上で30km先・高高度で5～9Km先の風を計測できる世界最高性能を誇る。

### ■ 航空機搭載型乱気流検知システムが実現したら(イメージ)

| 検知フェーズ | 対処方法                                    |
|--------|-----------------------------------------|
| 離陸時    | 乱気流が弱まるまで離陸待機                           |
| 高度変更時  | 乱気流の弱いところで上昇・下降                         |
| 巡航時    | ① シートベルトサインの点灯、客室サービスの中断<br>② 機体舵面の自動制御 |
| 着陸時    | 着陸やり直し                                  |

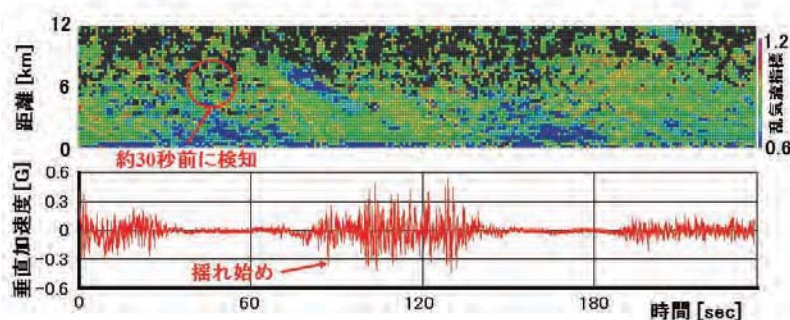
## 不意の揺れに備える

すでに低高度では遠くまで測れて実用レベルに達している。一方、高高度では距離が短くなり、もっと伸ばそうとすると出力を高める必要があり装置が大型化してしまう。今後は、高高度域で検知した乱気流のデータを自動操縦システムにリレーし、機体の揺れが少なくなるように制御する技術の研究も計画している。

すでに内外の航空機メーカーや電機機器メーカーとも、実用化に向けた共同研究を開始している。今後5年程度で技術の実証を目指し、その後の商品化が期待される。



● 飛行実験用に搭載したシステム（高高度モデル）  
当システムでは晴天乱気流だけでなく、低層ウィンドシア、山岳波など晴天時のほとんどの乱気流の検知が可能だ。



● 晴天乱気流の検知例

2012年2月2日、上空3.2Kmで6Km先の晴天乱気流を検知した。

研究担当  
運航・安全技術チーム

井之口 浜木

及川 博史

## 航空機低層風擾乱アドバイザリシステム

# 風観測データから着陸可否を予測 空港

DREAMSプロジェクトチームの又吉直樹らは、パイロットの着陸判断を支援する低層風擾乱アドバイザリシステムの開発に取り組んでいる。システムは、着陸経路上の風観測データから機体の動きを推定することで、着陸できるかできないかをリアルタイムで判定するもの。あわせて10分後の風の変化傾向も予測して示すので、パイロットの着陸タイミング判断に役立つ。これにより風が原因で着陸できない事例の半減を目指す。昨年度山形県庄内空港

で実施した、試作システムの評価試験では着陸できない事例を正しく予測できたことを確認。今年度はより予測精度を高めるとともに、分かりやすい表示画面に改良して検証試験にのぞむ。

## パイロットの判断を支援する

空港周辺に地形の起伏や建物があると気流が変化して、ウィンドシア(風の急変)や乱気流などが発生しやすくなる。このような空港地表付

近の大気の流れ(低層風擾乱)は、離着陸のため低高度を低速で飛行している航空機の手勢や姿勢を乱し、離着陸を困難にする要因となる。場合によっては着陸復行(やり直し)したり、出発地に引き返したりすることもある。乗客を不安にさせるばかりでなく、遅延の原因となり、経済性の観点からも避けたい事例だ。日本は平地が少ないため起伏の多い地形に作られた空港が多く、低層風擾乱が問題となるケースが多い。

現在、空港周辺には気象観測装置

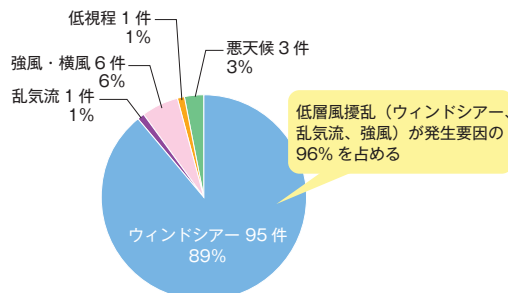
が設置され、航空機には滑走路上の風向・風速が伝えられるほか、一部の空港では、離着陸経路上で一定以上の風速の変化を検知した場合に風速の変化量の情報が提供されている。また機体には、ウィンドシアに遭遇した際に警報する装置も搭載している。パイロットは、これらの風情報を参考に、主にこれまでの経験に基づいて着陸の可否を判断している。

低層風擾乱アドバイザリシステムの特徴は風情報の提供だけでなく、さらに一歩踏み込んで、その風の状態に着陸できるかどうかを判断する点だ。着陸復行などの運航障害となる危険がある風を検知し警報として表示するとともに、常に10分先の変化傾向も予測するので、これまで降りてみなければわからなかった着陸も、進入を開始せずに上空で待機して次の降りられるタイミングを待つことが可能になる。システムは運航管理者が操作・閲覧し、参考情報としてパイロットに無線で伝えられる。

## 風変化→機体の動き→ 着陸難易度判断

又吉らは、大阪大学との共同研究により2009年度から庄内空港で風の詳細な観測を行ってきた。それにより着陸に影響を与える風の変化を明らかにすることができた。これをもとに、短期的な風の変動を予測するとともに、JAXAが得意な飛行機のシミュレーション技術を使って、風の変化から機体の動きを推定する技術を確認した。

さらに、推定した機体の動きから、着陸の危険度(難易度)を予測するわけだが、難しいのは、現実のフ



● 成田空港での着陸復行の発生要因 (2008年度)



● アドバイザリ画面案

ライトではパイロットは同じ機体で同じ風を受けても、判断は違う点だ。着陸するかしないかは、経験などによって異なるのだ。そこで、庄内空港において実際に着陸できなかった際の風のデータ、機体の飛行データ、パイロットのアンケートを集め、パイロットはどのような動きを感じて危険と判断し着陸を断念したか、またその機体の動きを起こしたのはどのような風変化なのかを解析し、パイロットの判断過程をモデル化した。それによってパイロットの判断を確率として予測する手法を取り入れた。

その結果「降りると判断するパイロットの確率は0%」と導き出される。それを、着陸の難易度(=運航障害発生の可能性)に置き換え、直感的に分かりやすいように赤・黄・緑の3段階で表示するようにした。パイロット負担を軽減するとともに就航率向上に寄与する技術である。

次年度は、気象庁との共同研究により、国内の他空港でのフライトを対象に低層風擾乱アドバイザリ技術の評価を計画している。3～5年後を目処に運航会社等での実用化を目指す。

研究担当  
DREAMS プロジェクトチーム  
気象情報技術セクション



又吉 直樹



飯島 朋子



吉川 栄一

後方乱気流管制間隔の短縮に向けた研究開発

## 先行機との間隔はどこまで短縮できるか 空港

管制技術も、気象情報をもっと積極的に活用することで変わろうとしている。又吉らは、管制間隔の短縮に向けた研究開発にも取り組んでいる。気象状況に応じて柔軟に間隔設定できる技術を開発し、管制技術の世界標準を目指す。

### 航空機も乱気流を作り出す

飛行中の航空機の翼からは、後方に強い空気の渦が放出されており、これを後方乱気流という。空港の地表付近には離着陸機が作り出した後方乱気流がしばらく滞留し、後続の航空機が接触すると機体を動揺させて危険なため、後続機は一定の間隔を空けるよう決められている。

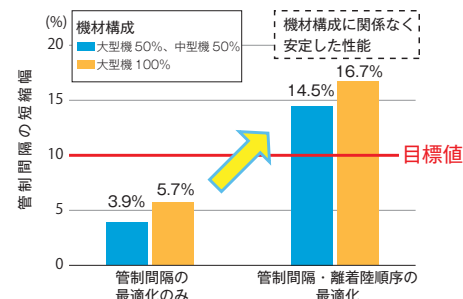
じつは後方乱気流が滞留する時間はいつも同じというわけではない。機体重量や速度によって発生する渦の強度が異なるし、気象条件（風、大気の安定度など）によっては挙動が変化する。例えば横風があると渦は吹き飛ばされて離着陸経路上に長くは留まらない。現在の間隔は機体重量ごとの違いはあるものの、気象に関しては後方乱気流が残りやすい最悪条件を想定してマージンを大きくとった固定間隔となっている。この管制間隔を気象状況に応じて柔軟に設定することができれば、現在より多くの航空機を飛ばすことが出来るようになる。

又吉らはさらに、機体の離着陸順序を入れ替えることと、気象情報に応じて飛行経路を変えることを加えて短縮幅をより大きくできる方法を提案する。この方法で現在の管制間隔を10%（年平均）短縮可能な二つのアルゴリズムを開発した。

一つは、気象観測・予測情報に基づいて各機体から発生する後方乱気流がいつまで滞留するかを予測し、安全な最小間隔を算出する「後方乱気流予測機能」。もう一つは、最小の間隔となるように機体の順番と離着陸経路を最適化する「トラフィック最適化機能」である。

### 安全に縮める技術を作る

どこまで間隔を縮められるかは、「間隔を縮めた時の乱気流遭遇リスク（＝乱気流に遭遇する確率）が、現在の管制間隔下での平均的な遭遇リスクより高くなる確率が10-3以下」となるようリスク評価を行った上で判断している。これにより、現在の管制間隔と同じか、それ以上の安全性を確保した。さらに、後方乱気流の挙動予測や気象観測・予測に含まれる誤差を定量的に見積もりつつ、大きすぎない間隔を設定できるようにしている。この結果、航空機ごとに、気象



● 管制間隔の短縮効果を確認  
（羽田空港を模擬したシミュレーション）

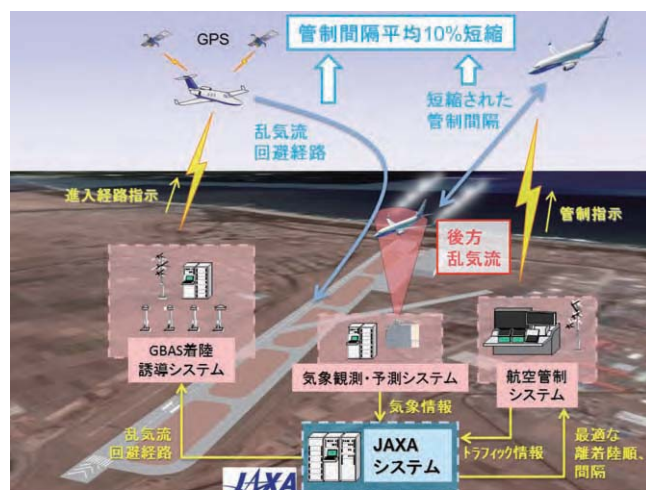
条件、飛行経路、機体の順番を組み合わせて、適切な管制間隔を算出することが可能になる。

これまで、羽田空港での約1000ケースのフライトをシミュレーションして「後方乱気流予測機能」と「トラフィック最適化機能」の評価を実施し、安全性を確保しつつ管制間隔を10%以上短縮できることを確認した。欧米でも同様の技術開発が行われているが、それと比較して短縮効果が大きい。次年度は、国内空港で3000ケース以上の後方乱気流の観測を行い、予測機能の検証を行う予定。2014年度にはICAO（国際民間航空機関）で研究成果を報告し、後方乱気流管制間隔の短縮方式に関わる基準提案を計画している。

| 先行機\後続機          | Heavy | Medium | Light |
|------------------|-------|--------|-------|
| Heavy (≧ 136 トン) | 4NM   | 5NM    | 6NM   |
| Medium (≧ 7 トン)  | 3NM   | 3NM    | 5NM   |
| Light (< 7 トン)   | 3NM   | 3NM    | 3NM   |

● 現在の後方乱気流管制間隔基準

機体重量によって分類されている。1NMは約1.8km。



● システム運用の概念図

# 「使える」衝撃シミュレーションを開発する

— 航空機構造の着水衝撃解析技術の研究開発 —

研究現場から

環境適合機体技術チーム

JAXAは2012年6月、航空機模型を使った着水試験を横浜国立大学の大型実験水槽で実施した。この試験は、航空機が着水する事態になった時に、航空機胴体が水面からどのような力を受けることになるのかを推定する解析技術の研究開発の一環で、解析推定の検証用データを取得することが目的。着水試験は横浜国立大学との共同研究により2011年度から実施している。

## 精度良い解析をすばやく

航空機開発において必要なディッチング要件と呼ばれるものがある。ディッチングとは非常着水の意で、航空機が万が一、着水するようなときには、乗員に傷害を与える可能性を最小にするような航空機を

作らなければならないということ。この共同研究で、環境適合機体技術チーム構造材料技術セクションの少路宏和リーダーが取り組むのは、そのような要件を満たす安全な航空機構造設計の検討に役立つ解析技術を作ることだ。「ある程度メッシュ(計算格子)は粗くても、それなりに精度の良い結果が出る解析技術を目指している」と少路リーダーは語る。

解析技術とはつまり、航空機胴体が水面から受ける底面圧力や加速度を、コンピュータでシミュレーションできるようにする技術。コンピュータで計算を行うために、構造の強度計算でよく用いられる有限要素法という手法を用い、航空機構造に働く力を推定できるようにし、さらに水と空気といった流体にもそれぞれの計算格子を作り、物体と流体の運動に合わせて変化する

力を同時に推定できるようにした手法を用いている。この手法を用いて計算を行うことで、実験を行ったのと同様の結果を推定できるようになる。有限要素の大きさや計算格子が細かいほど精度良い結果が出るが、一方で計算量が膨大になるため結果を得るのに時間がかかることになる。「使える」シミュレーション技術には「それなりに細かくて精度の良い解析を速く出来るようにする」必要があるという。

## 着水を模擬した実験

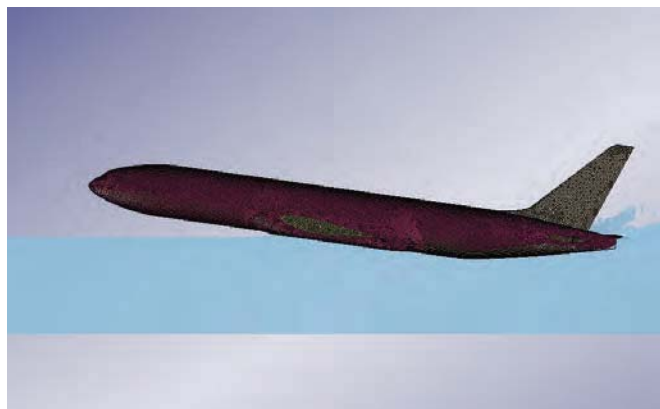
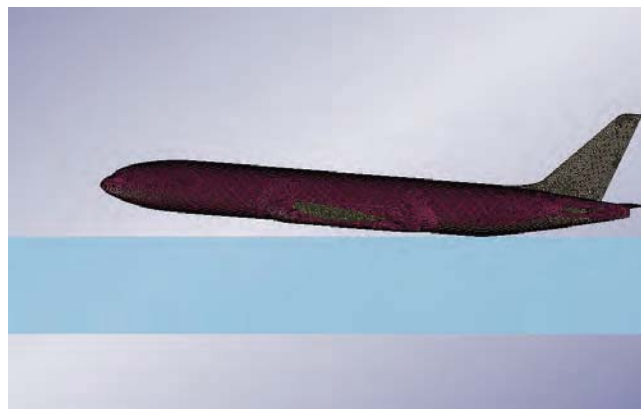
解析技術のブラッシュアップには、実験で取得したデータと照ら



全翼機模型

(下)解析図

機体形状は、NASAが空力関係の研究用に開発した航空機形状CRMを用いた



構造材料技術セクション  
セクションリーダー 少路宏和



し合わせて精度を検証する作業が必要である。昨年度は航空機後部胴体部分の形状のみを模擬した円筒形状模型を使用しての着水試験だったが、今回は翼やエンジンも付いた全機模型を製作して試験にのぞんだ。尾翼有／無、主翼有／無、エンジン有／無といった形状による違いのほか、波の頂に着水した場合と波の谷や中腹に着水した場合などによる違いの影響を調べるために、さまざまなケースの試験を実施しデータを取得した。さらに解析技術が別形状の航空機構造に対しても適用可能かどうか検証

するため、全翼機模型の着水試験を10月に実施した。現在、これらの取得データをもとに解析技術の検証を行っている。少路リーダーは

「旅客機開発はもちろんのこと、人往還機の着水衝撃シミュレーションへの応用も可能」と期待を込める。

#### 航空機の耐空性証明に必要なディッチング要件

- 着水時の乗員に傷害を与える可能性を最小にする
- 合理的な水面状態で、破損も想定して、乗客が脱出できる間浮かんでいられる
- 窓やドアの破損の影響を着水時に考慮しないならば、窓やドアは局部的な圧力に耐えるように設計しなければならない
- 着水時の挙動は、スケールモデルによる着水試験か、挙動がよく分かっている類似形状の試験データからの相似解析により安全性を示す必要がある

(FAR25.801、耐空性審査要領Ⅲ部 4-7-1 より要点まとめ)

### メイキング・オブ・着水試験



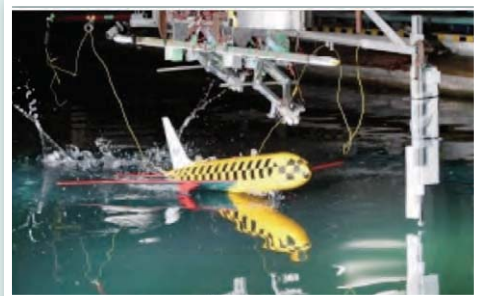
① 機体組み立て中。今回はエンジンも付けて本格的



② 大型実験水槽では横国大の先生が待ち構えて、



③ 吊り下げ装置に設置していただきました。ここをスタートに曳航し、水面に着水したのちに落下されます



④ 本番

# 自家用飛行機が普及するには何が必要か マイカーからマイプレーンへ【前編】

マイカーのように、移動手段として飛行機を使っている人たちがいるのを知っていますか。セレブがパイロット付きで乗ってるアレとは違います。道路がないとか、あまりの広さゆえ移動は飛行機しかないという人たちが世の中にはいらっしゃる。でも私たちが普通に使えるようになったらうれしいですね。なりませんかね？ というわけで、ここJAXAで航空技術を研究している若手研究者に聞いてみました。結論から言うと実現にはもう少し時間がかかりそうですが、とても興味深いお話だったので、今回から2号にわたって紹介していきます。

## 多様な価値観に対応できる社会を実現

薄 20世紀を自家用車が急速に普及した時代と考えると、21世紀は自家用飛行機が普及して社会のインフラを構成する時代になるかも知れない。2次元交通網から3次元交通網への発展、多種多様な飛行機が高速に、大量に飛び交う時代の実現に必要な飛行機の未来技術とは何か。そしてその目標に向かってどのように研究を進めていけば良いのかについて、今日は語り合おうと集まっていただきました。まずは思うところを順に話していきます。

**小林** 個人用途として使うのであれば、自動車より意味があって簡単で得をする

ものでなければ普及はしないだろうと考えています。操縦・給油・メンテナンスが簡単で、購入費用・維持費用が安価なものがいい。ユーザーイメージは定年を迎えた夫婦が1泊か2泊くらいの旅行に使うとか、国内出張が多い会社員、この辺をターゲットにすればたくさん売れるんじゃないかな。すると要求性能は、2人乗りで搭載可能重量は200kg（人員・荷物込み）。東京・大阪間を1時間で移動できること。飛行しない時は乗用車並みの大きさで、電気で飛べるものがいいでしょう。家からではなく高速道路を使って離着陸する。そのためにはSTOL（短距離離着陸）やVTOL（垂直離着陸）技術が必要です。それ以外に私は防災屋なので、防災の観点から行くと、通常は飛べないが非常時にはボタンを押すと、パッ

タのようにびよんと飛んで所定の場所に逃げられるようなものもあるといいですね。以上のことをしようと思うと疑問が4つ。①要求を満足する機体形状・エンジンはあるか。②どんな燃料を使うのか。③オートパイロット（自動操縦）にした場合、目的地を入力し間違えるといったエラーをどこまで減らせるようにできるか。④衝突回避技術はどこまで可能か、です。

**久保** 実現には空域の問題が非常に難しいなと思います。また操縦する人間は将来的にも無くならないかもしれません。自律とは、自分で判断して何かをすることで人工知能が関連しますが、技術的にはまだそういうことはほとんどできていなくて、今は予めプログラムされたように自動で飛ぶのがやっとな状況。難しいのは想定外なことがあったときにどう対

## 進行



薄 一平  
SUSUKI Ippei

元JAXA航空技術研究統括。1977年航空宇宙技術研究所（現JAXA）入社。専門は構造・材料



津田宏果  
TSUDA Hiroka

2004年JAXA入社。Crew Resource Management、パイロット視覚情報支援技術の研究に従事



西沢 啓  
NISHIZAWA Akira

2002年航空宇宙技術研究所（現JAXA）入社。航空機の電動化の研究に従事。小型機操縦経験あり



平野義鎮  
HIRANO Yoshiyasu

2005年JAXA入社。複合材料・構造設計の研究に従事。08年より超音速機チームにて実験機の構造設計を担当



久保大輔  
KUBO Daisuke

2008年JAXA入社。無人航空機システムの研究開発に従事



小林啓二  
KOBAYASHI Keiji

企業を経て、2009年JAXA入社。災害救援用航空機情報共有ネットワークD-NETの研究に従事

応するかで、人間のパイロットはそういう状況に対して責任を持つという部分もあるんじゃないかな。というわけで、飛行機という非常に広い環境で機能しなければいけないシステムを動かすためには、人間はそう簡単にはずせないと思います。一方、貨物だけを扱うものは自動化すればいいと思います。自家用車のような飛行機になったら、想定外はないような環境を作って、何もしないで乗ってけるようにする必要があるだろうと思います。多数飛ぶとなると混雑しないように交通整理をきっちりしないと飛べないと思うので、自分で操縦して飛ぶ楽しみは無くなってしまうのかな。するとどんどん自動化されて限定した状況で飛行するということになるかもしれません。

**津田** 私は自動車の代わりに、必ずどの家庭にもあるものという前提で考えました。それには自動車よりも飛行機を持っていた方がいいという状況が必須です。飛行機はパイロットになる訓練がすごく大変で、日本国内でライセンスをとろうとすると自動車は30万円程度ですが、飛行機はそれに0が1個増えてしまうような感じなので、それを自動車並みにする必要があります。それから移動手段としてコストパフォーマンスがいいこと。機数が増えても安全に飛べるような、今とは違う環境になること。リスクは二通りあって、一つは乗っている自分が落ちたり誰かを乗せていて落ちたりする場合のリスク、もう一つは住んでいる人の上から落ちてくるかもしれないというリスク、そのようなリスク管理はどうするか。また、騒音や排気などの環境の問題もあるでしょうし、そもそも飛行機は高く個人で買えないことも変えないといけない。

これらの課題点への対策を考えてみました。まずライセンス。例えば機体システムが高性能化して自動化が進めば、訓

練時間の短縮が期待できます。それから、視程が悪くて外から情報がとれない時、飛行機の計器を頼りに飛ぶ計器飛行方式（IFR）という飛び方があって、それは今日本では別のライセンスになっているんです。そこでHMD（頭部に装着して使用するディスプレイ装置）などを使って外の景色の代わりになる情報をパイロットに見せることで（用語解説「SAVERH」項参照）、別途ライセンスなしで、つまり基本のフライトの訓練だけで飛べるようにできないかなと考えています。訓練時間が短くなれば、費用ももっと安くなるでしょう。

交通量が増える中でどうやって安全に飛ぶか。機体を小さくすること、機体にガンダムみたいに風を吹き出して姿勢を正してくれるような機構が付けられれば、航空路の幅を狭く設定することができるかな。現在の管制のように管制官がいちいち許可を出したりして飛ぶ方法ではなくて、機体同士が通信し合って「抜かしていい?」といったやりとりができるような飛び方も必要だと思いました。あとこれは強硬手段ですが、どうしても広めたかったら鉄道をなくして自動車も禁止しないと、日本では実現が難しいかもしれません。

**平野** 1家に1機を実現するために最大の障壁だと思ったのが、航空機=怖い物というイメージです。それを払拭するには、まずは決められた場所を移動する手段になるのかなと思います。逆に考えれば、なぜ自家用機が実現しないのかという点は、技術革新する必要があるところ。まずは決められた高度で乗り合いバスのような使い方がされて、その先に技術革新があつてと、段階的に展開していく道



筋だったら有り得と考えました。

**西沢** まず航空機が大衆化すると何が変わるのか。いちばん大きいのは生活スタイルが変わることだと思います。飛行機のいちばんのメリットは、長距離を短時間で移動できること。すると生活圏の概念が今より拡大されて、とても広い範囲が生活圏になると思う。航空機が1家に1機くらいになると、住む場所と勤める場所の距離がもっと離れてもよくなります。今ほとんどの人は、その選択は独立にはいきませんが、それが関係なくなることは大きいと思います。実際それをやっている人たちは米国にいて、シリコンバレーで働く人は飛行機で遠くから通っていたりします。だけど毎日通わないんです。理由は天候もあるが、自宅勤務ができるので毎日通わなくても済むんです。私たちが本当のところは毎日出勤する必要はないですよ。将来的にこの傾向はもっと進むと思うので、自家用機のような飛行機があれば必要なとき遠い所からでもいつでも通えるようになります。もっといい環境を選べるということになる。こういうのが航空機が大衆化した次のステップだと思うんです。今はほとんどの日本人が飛行機で海外旅行に行けるようになりました。これが大衆化の最初のステップです。次のステップは公的な乗り物からプライベートな乗り物に変わっていくことだと思う。それは未来に訪れるべきだし技術的にも可能でしょう。

## 用語解説

### セーバー 【SAVERH】

救難ヘリコプタのためのパイロット視覚情報支援技術の研究。Situational Awareness and Visual Enhancer for Rescue Helicopterの略。赤外線カメラ等のセンサ情報とデータベースから生成した地形・地物の三次元情報を組み合わせ、計器板のディスプレイやHMD (Helmet Mounted Display) に表示する。この技術によって、パイロットの状況認識を向上させ悪天候時や夜間でも安全に運航を達成することを目指す。



HMD外観



HMD表示例(合成)

津田さんがおっしゃった、鉄道や自動車をなくす件。逆から考えると、鉄道も自動車道も整っていない、でも人口はいっぱい抱えているっていう国は、日本以外にはありますよね。そういう所で、もし飛行機が安く手に入って簡単に操縦できるものだったら、先に広まると思うんです。それを実現する技術の面では、操縦の自動化が必要ですし、ライセンスは簡単に安くとりたい。すると操縦システムは自動車と共有化されているとか、そういうことも可能になるんじゃないかな。

**薄** 一通り話を聞いて興味深い材料が揃いました。鉄道網も道路も整備されていない国が急速に発展するためには、もしかしたら、安い飛行機がきっかけになるかもしれないね。例えば日本発の自家用機が世界でそのような使われ方をする可能性はないだろうか？

**西沢** 日本で飛行機を使った新しい輸送システムができて、それが世界に広まるという可能性は残念ながら少ないかもしれません。日本が先陣をきってという気持ちはあるが、これだけ既存の交通システムが発達していると、新しいシステムを導入する必然性を強く感じないでしょう。ただ飛行機の大衆化につながる技術を作れば、大きな強みになります。

**平野** 費用対効果の問題もありますね。中国では固定電話網の整備より先に携帯電話が広まったという話を聞いたことがあります。国土が広すぎるので、固定電話のインフラを整備するより、携帯電話網を張った方が安かったというのが理由。日本も過疎化して鉄道が廃線になった地域では、費用対効果が高ければ可能性がなくなってしまうでしょう。

**西沢** 過疎化が進むと生活に最低限必要なインフラを、その自治体では維持で

きなくなります。病院がいい例。病院が遠ければ飛行機で運ぶのがいちばん効率がよい。離島なんかそうですね。飛行機の新しい利用方法として、そういうのがもっと広がるかもしれません。

**薄** 生活圏が今よりも広がると、空中を行けば速い。

**西沢** そうですね。仮に誰でも簡単に操縦できる安価な飛行機があるんだったら、企業が自前で自社の飛行場を作って誰でもどこからでも通えるようにすれば、優秀な人材を広く集めることが可能になる。自治体もそうです。飛行場を作り、その周囲に病院・学校などの施設を配置する。すると色々な所から来れて、社会インフラとか街としての価値が、飛行場があることによって高くなり、それなら飛行場をたくさん作ろうかっていう動機付けになります。経済的なメリットがあれば、そうする企業や自治体が増えてくるし、行ける場所の選択肢が増えるので、そういう生活スタイルが成り立つというのがあります。

**平野** 逆もありそうですね。土地の安い所に住んで飛行機で通勤するのは逆に、土地の安い所に会社などが広大な用地を確保して、どこからでも通勤できるというパターン。

**西沢** 田舎に住みたい人がいれば都会に住みたい人もいる。自家用機は多様な価値観に対応できる社会システムの実現を可能にすると思います。

## 既存の交通システムと共存

**薄** 「福島の水田で米を作っている。でも住んでいるのは愛知」ということが実現すると、農業という産業の構造も変わってくるのかな。また貨物の運搬も飛行機にとって代わるのだろうか。

**西沢** すでに生鮮食品などでは付加価値の高いものが空輸されていますよね。

**平野** 要求に応じた適切な輸送手段があるでしょう。スピードを生かして、新しい航空機のシステムで運ぶ価値のあるものは運ばれるようになると思いますが、そうじゃないものは今までのシステムが使われるんじゃないかな。

**薄** 離着陸に道路網を使うとすると、

自動車には邪魔ではないかな。

**西沢** 飛行場を新しく作ればいいんです。機体はSTOL性能が必要になるが、例えば幅20m×長さ400mの滑走路を持つ飛行場だと、敷地面積は数万平方メートル。これは宅配便の集配センター並みの広さ。一企業がその気になれば保有できると思います。

**薄** そこで飛ぶ飛行機の大きさは？

**西沢** 4人位。VTOLが利便性高く望ましいですが、燃料を大量に消費するので、まずは滑走路を使って飛び立つものから実現するでしょう。次第に使い分けられるようになると思います。

**薄** VTOLが小さく安全になって、大衆が使えるようになる道筋はありそうですか？

**久保** ティルトロータ(回転翼の角度を変えることで垂直離陸と前進飛行ができる飛行機)の民間機が実用化に向けて試験をしている段階。近い将来出てくると思いますが、普通の飛行機に比べて値段が高いんです。結局どこでマーケットができるかで選ばれるものが決まるでしょう。1家に1機は厳しいとしても、お金持ちが高級車に乗っているような感覚で見かけようになると相当違ってくるだろうと思います。道路が渋滞しているのを下に見ながら速く行くという感じでしょうか。

**薄** 海外では、自家用機が普及している地域がありますね。

**久保** 海外のコストってどれぐらいなんですか？

**西沢** 数十万円でライセンスがとれます。機体は中古だったら安い物で数百万円からあるでしょう。その維持費が年間2～300万円程度。

**久保** という状況があつてコストもそれなりに安いとすれば、あり得るってことですよ。エアタクシー(必要の都度運航する小型飛行機)というコンセプトがありますが、気象条件はどうだろう。いつでも飛びたいですからね。

**西沢** いつでもとなると有視界飛行方式(VFR)だけでは厳しいですね。天気の悪い日は操縦できませんから、就航率がものすごく下がってしまってビジネスとしては成り立たない。計器飛行方式(IFR)がもっと洗練されれば、天候に左右されなく



なるでしょう。今そういう研究が進んでいるので解決されると思いますね。

## 人間の能力を拡大する技術は必要か

薄 今どんな技術がありますか？

久保 天候が悪い時でも着陸できるようにする計器着陸装置( I L S : 用語解説参照)がありますが、C A T 3 ( 用語解説参照)を導入するにはかなり条件が厳しくて、日本に入っている空港は数件です。欠航率を少なくするためのこういったシステムは相当コストがかかるというのが現状です。技術があってもコストが大きい、そこがまだ解決の余地があるということなんでしょうね。

小林 C A T 3だと、空港側に設置する施設の維持費用が高いんです。すると大きな空港しか持てないとか、それを利用するのに必要な機体側に搭載する機器も大型なので大型旅客機にしか載せられなくなってしまうんですね。ちょっとここでV F RとI F Rの整理をしておきましょうか。基本的に天候がよく遠くが見える(=視程が良い)状態でパイロットの責任の元に飛ぶのがV F R。対して視程が悪いとパイロットの力で飛べなくなるのでオートパイロットや地上の設備を利用して飛行するというのがI F Rで、基本的にその責任はパイロットにはない。津田さんたちが研究しているS A V E R Hは、悪気象状況下でのパイロットの能力を向上させる、そういう技術だね。

津田 悪天候の気象状況下では、I F Rでしか飛ばません。I F Rで飛ばそうとすると、機体がまずI F Rに対応した機体であることと、パイロットもI F Rのライセンスを持っていることが必要です。機体の値段が高くなりますし、パイロットも訓練時間が長くなって、要するにコストがかかるんですね。S A V E R Hは、I F Rの気象状況なのだけれど、パイロットに情報を新たに付加することで、V F Rの飛び方をしようとしているんです。

薄 情報とは地形情報などですか？

津田 はい。外の景色から得られるのと等価な情報をパイロットに見せることで飛べるようになるのではないかと。情報を提供する方法はいろいろありますが、例えば夜、人間の目では見えなくても赤外線カメラでは見えるので、カメラが見たものを表示すれば、どこに山があるだとかがわかりますし、S A V E R Hでは自機の位置も分かるようにしているので、今どこをどういうふうに乗っているかを知ることができます。

薄 なるほど。センシングしたものをパイロットがわかるように翻訳しているわけですね。

津田 そうです。ここでは人間のパイロットありきで考えています。でも、それはどうなんでしょう。技術的には、人がいなくても着陸できる十分な技術があるということを考えて。

薄 そうだね。今は十分に訓練されたパイロットが必要だが、将来的には、機械がセンシングした情報をわざわざ人間を介さなくても、コンピュータが直接処理して、安全に降りられさえすればいいという研究の方向性も考えられますね。

小林 つまり人間の能力を拡大するような技術の研究は必要かということですか。

薄 そう。パイロットのこれからのあり方ということになる。

小林 防災の立場からすると絶対に必要です。サーチ&レスキューでは、人しか見つけられないものがあるからです。ずっと将来、コンピュータがものすごく進歩して、マルチセンシングで何かも集められるということになれば人は要らなくなるかもしれないですが、近い将来に実現できるとは思わないので、当面はS A V E R Hのような研究は必要だと考えます。一方で、一定の決まった作業に関しては省力化をするメリットは大きいので、どんどん自動化に進む方向もあると思います。

薄 人間じゃないと見つけられないもの

とは？

小林 例えば山岳で人が遭難するパターン。どこに人が行くかというのは、センシング能力がどんなに進歩しても、機械が探しきれないんです。なぜかという、経験値からここを探して次はここに行くと、パターンを作らなければいけないからです。

薄 でも今のコンピュータではチェスや将棋をやり、あれは過去の膨大なパターンを覚え込ませた中から、これから打つ一手を検索しているよね。それを考えると機械にとっては人間がどこを登るかは優しい選択で、容易にできることじゃないかな。

小林 想定内の動きはできるでしょうけど、災害という何が起るかかわからない、さまざまなファクターがあり得るところでは、機械では絶対不可能だと思います。薄 例えば土砂と水が混ざったような混相流が発生した時、人間がどこに流れていくかをコンピュータで解析して、その結果に従ってまずそこを探す方が効率がいいんじゃない？

小林 80%はそれで素早く発見できたとしても、人命救助では80%の方が見つかったからよいということはないですよ。機械が得意な所と人でしかできない所がある。だから技術を使って人間の能力を向上していく必要がある。予測して人間が使うことを僕は否定はしません。自動化も当然やる必要があることだが、世の中すべてオートパイロットになるかという、絶対ならない。

西沢 白黒ははっきりさせるのは現時点では難しい話。一般ユーザーの立場から想像すると、操縦の自動化ってやっぱり相当入ってきてもらいたいと思うんですよ。だからといって、例えば行き先を選んでボタンを押したら後は何もしない方がいいかっていうと、そうではないんじゃないかなって思いますね。

小林 矛盾するようだが、僕はオーパイを否定はしない。操縦は簡単になったほうがいいと思っています。ルーティン化出来るような仕事は、より簡単に。ただそれとは違う世界があって、そこはV F RとかI F Rなんじゃないかと思うんです。

(次号に続く)

### 【ILS／CAT】

ILS (計器着陸装置) は着陸進入中の飛行機に対し、滑走路傍から電波を発射し、滑走路のへの進入コースを指示する無線着陸援助装置。悪天候などの視程不良時でも飛行機を安全に滑走路まで誘導できる。ILSは気象条件により5段階に分けられている。この段階をcategoryといい、CAT1・CAT2・CAT3a・CAT3b・CAT3cとある。

### 用語解説

## ■ 災害監視無人機、実験場で初の飛行試験を実施

JAXAは災害発生時に被災地の様子を撮影する小型の電動航空機を使った災害監視無人機システムの研究開発を進めています。地上局には、無人機が撮影した画像を収集して管理・運用するシステムも備えています。簡単に取り扱いえて、かつ安全なシステムにすることに重点を置いて開発を進めてきました。

2012年11月には、これまで試験の拠点としていた北海道大樹航空宇宙実験場を飛び出して、大樹町相川の山林で、災害現場での運用を模擬した飛行試験を実施しました。機体は、歴舟川上流を飛行し、崖崩れの様子や自動車、人などを鮮明にとらえ、帰投場所に無事着陸。予め航路と発進・着陸場所を設定しておくことで一連の任務をすべて自動で行いました。今後は、実用化に向けた取り組みを強化していきます。



無人機が高度約200mから撮影した画像(右)。機体は全長1.6m、重量5kgで20分間飛行できる



ソニックブームが聞こえる／聞こえない 境界はどこ？

## ■ NASAの飛行試験でソニックブームを計測

JAXAは2012年10～11月にNASAが実施した実機(F18)の超音速飛行試験FaINT (Farfield Investigation of No-boom Thresholds)に参加し、JAXAのシステムを用いてソニックブーム計測の一部を担当して協力しました。ソニックブームとは航空機の超音速(音の伝搬速度以上の速度)飛行中に発生する衝撃性の騒音で、その低減は次世代超音速旅客機の研究開発の最重要課題の一つです。機体からはソニックブームが発生していても、超音速機の数値や高度などの飛行条件、温度や風などの大気条件、飛行経路から側方への距離によってはソニックブームが地上まで到達しない場合や場所があります。これまではソニックブームが聞こえる場合における検討が主でしたが、実際の超音速旅客機の運航を考えると、ソニックブームが聞こえるか聞こえないかの条件の理解も重要です。FaINTではその条件を検討するための世界的にも貴重なデータを収集しました。今後はNASAとも協力して今回取得したデータの解析を行い、様々な条件でのソニックブームの予測技術向上のための検証に役立てたいと考えています。(超音速機チーム 中右介)



写真提供：NASA