

航空プログラムニュース

No. **04**

2007
Spring

ISSN 1881-2570

【特集】

災害監視無人機システム

空飛ぶロボットが 災害現場で活躍する日

【研究現場から】

その1

ヘリコプタのBVI騒音低減化技術の
研究開発

その2

客室構造安全性向上技術の研究

空飛ぶロボットが 災害現場で活躍する日

カメラを搭載した無人の飛行機と飛行船が、災害発生現場にいち早く駆けつけ、被災状況の画像を送ってくれる——。

危険な現場だからこそ、パイロットのいない航空機が活躍します。

そんな無人機を目にする日も、そう遠くはないはずです。

各界でニーズのある無人機

航空の世界では今無人機システムが注目を集めており、多くの種類の無人機の研究開発が行われています。日本では農薬を散布するヘリコプタ、海外ではカメラを搭載した軍事偵察機などが実用化されています。JAXAはこれまでに、多目的小型無人機（図1）や、成層圏プラットフォームのための巨大な飛行船（図2）などの無人機を開発してきました。

航空以外の世界を見ると、「ロボット」と呼ばれる無人機が活躍しています。床掃除、工場の生産ライン、水中、それから火星などで働くロボットまで。これまで多くの人手や労力を必要とした作業、人の

目が届かない場所や危険な環境下での作業を担ってくれる大変便利な道具と言えるでしょう。

日本は、地震・風水害・火山噴火などの自然災害が多い国です。災害発生後の対策にさまざまな検討がなされているこの領域でも、ロボットの実用化に期待が寄せられています。被災者の救助のみならず、救助活動に従事する人が安全を確保しつつ効率よく作業を行えるように、地上だけでなく空から支援を行う飛行機型のロボットなども研究されています。

JAXAでは、これらの救助活動に貢献できるように「災害監視無人機システム」の研究開発を進めています。カメラを搭載した、安全で取り扱いが簡単な無人航空機を使用して、大規模災害後速やかに被災地の状況を空から把握することを目指すものです。



図1 多目的小型無人機

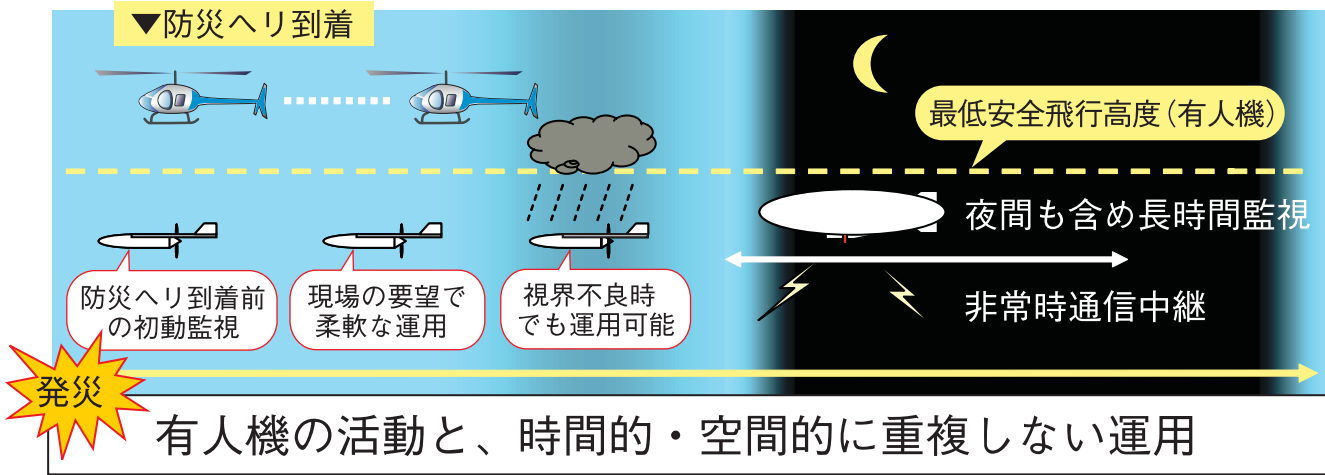
翼幅3.3m／全備重量約20kg。2005年、気象研究所と共同研究で気象観測データ（風向風速、温度、湿度）の取得、海上安全技術研究所と共同研究により鮮明なリアルタイム伝送画像の取得に成功。



図2 定点滞空試験機

成層圏プラットフォームとは、気象条件が比較的安定している高度20km程度の成層圏に、通信機材・観測センサなどを搭載した無人飛行船を滞空させ、通信・放送、地球観測などに利用しようというもの。2005年、世界で初めて大型無人飛行船（上図）の遠隔操縦・自動操縦による高度4000mでの定点滞空を実施し、システムなどの運用法を確立、追跡管制システムの機能・性能を実証した。無線局位置推定実験、植生観測試験にも成功。

災害監視無人機システム概念図



速やかに被災概況を把握することにより
救助活動を効率よく行う

JAXAが考える「災害監視無人機システム」は以下の通りです。2種類の無人航空機が持つそれぞれの特徴（図3）を活かし、作業を分担または組み合わせて行います。

任 務 ①災害現場の画像取得 ②電波中継基地
災害発生後、直ちに無人飛行機が現場に駆けつけて被災状況を撮影し、国や市町村の災害対策本部などへほぼリアルタイムで伝送する。その後、飛行船が現場に到着、長時間一定箇所に滞空し災害状況の変化、救助活動の推移を撮影して伝送する。また長時間滞空できる特性を活かし、防災無線が届かない地域への中継基地となる。これらの活動は、今まで

防災ヘリコプタが担っていたが、その任務の一部を無人航空機が補完・補強することで防災ヘリコプタは救助活動に専念することができる。

- 目 標** ●夜間・悪天候時でも飛行が可能な機体。
●取り扱いが簡単な小型・軽量・安価な機体。
●飛行機は手投げ発進や、パラシュート着陸などで滑走路を必要としない。飛行船は少人数で離発着。
●特別な訓練が必要な専任者でなくても使え、維持管理も含めて運用コストが低いシステム。
- 利 点** 空から監視することで災害の概況を把握することができる。また、撮影ポイントを限定した詳細画像の取得も行う。運用コストが低いので、例えば消防署に常時設置した場合、発災直後に飛ばすことができる。これにより、ヘリコプタがヘリポートから現場に到着する前に被災状況の把握が可能となる。

	無人飛行機	無人飛行船
大きさ／重量	2m（翼幅）／5kg以下	10～20 m／100kg以下
飛行時間	1時間まで	2～6時間程度
特徴	- すばやく動きまわる - 保管・搬送しやすい小さいサイズ - 発災直後に飛び立てる	- 長時間同じところに滞空できる - 積載量が多い - 現段階で住居地域を飛行できる

図3 災害監視無人機の特徴

無人飛行を可能にする技術

無人機が飛行するためには、機上と地上のシステムが必要です。機上には、機体の位置や姿勢を把握するための機器や、これらの情報をもとに飛行するようにあらかじめプログラムされたコンピュータ、それら機上の情報を（人の手を介さずに）地上とやりとりするための送受信機などが装備されています。地上には、同じく送受信機と、空撮画像や飛行状況を表示する装置があります。これらのシステムにより、目的地までの自動飛行と被災状況の撮影が可能になるのです。また近年では、コンピュータやセンサ技術の飛躍的な発展により、無人機に適した軽量・小型・高精度なシステムが実現できるようになりました。

ただし、無人機が市街地や居住地域の上空で飛び回って仕事をするには、衝突を避けることや墜落した場合の安全性が確保されなければならず、現在そのような無人機はまだありません。実用化されている無人機が飛行しているのは、田園地帯、森林・山岳地域、海上上空などの人がほとんどいないエリアです。

無人機には地上ロボットと同様に、絶対に人を傷つけないような安全性が求められるのです。

安全性の確立が不可欠

現在実証されている無人機をより安全なものにするために私たちが取り組んでいるのは、指定したエリア内を無人機が自動的に障害物を回避しながら動き回るような自律飛行^(注1)を可能にする技術の獲得です。そのためには、まず障害物を検知するセンサ技術と、衝突を回避する制御技術を確認することが重要です。

また万が一、墜落が避けられない状況に至った場合には、地上の人的・物的被害が少なくなるように、衝撃が少ない落ち方の工夫も必要な技術のひとつです。例えば、木の葉のようにはらはらと落ちるなど人や物に危害を及ぼさない墜落の仕方を考えています。一方、飛行船はその材質や飛行速度などから衝突しても人や物に与える被害は小さく、また墜落でも飛行機とは違ってゆっくり降りてくるため衝撃は少ないものです。

実現に向けて

パイロットが操縦する旅客機やヘリコプタは、最低安全高度（高度150mなど）以上を飛行することになっています。そこでまず、150m以下を飛行し

電動固定翼無人機



14m小型飛行船



図4 予備実験機



て任務を行う小型無人航空機システムでの早期実現を目指しています。

現在、予備実験機（図4）を使って、センサや制御系の予備試験を行っています。3年後を目処にこのシステムのプロトタイプ（モデル機）を作り、自治体で実際に使ってもらうなどして評価を行う予定です。

なお、将来は、有人機と混在して飛行する無人機（輸送機など）が実用化される可能性があるので、大型無人機の検討も進めて行く計画です。

＊

2005年、私たちは科学と技術を社会に役立てる

ため、JAXA長期ビジョンを打ち出しました。安全で豊かな社会の実現を目指して、これまで培ってきた航空技術を積極的に利用したいと考えています。消防・防災ヘリなどの有人ヘリ、地球観測衛星、各種防災ネットワークなどと連携をとり、よりよい防災システムの実現に航空技術で貢献します。

（注1）自律飛行：地上からの指令や遠隔操縦などを必要とせず、機上のコンピュータの判断のみで飛行する方法

Column

飛行船の動力源

コラム

1kW再生型燃料電池

太陽電池と燃料電池を組み合わせる無人飛行船の動力源にすることを計画しています。

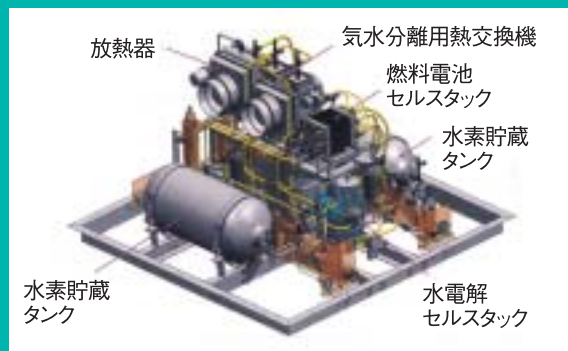
水素と酸素を結合させると水ができます。この化学反応から電気を取り出せるようにした装置が燃料電池です。

再生型と呼ぶ所以はそのしくみにあります。①水素と酸素を燃料電池に送る②そのとき生じる電気を取り出して利用する③生成した水をタンクに蓄える④水を電気分解し、再び水素と酸素にして燃料を再生する。

昼間は太陽電池からの電力によりエンジンな

どを動かし、同時にその電力の一部で水を電気分解して、水素と酸素を製造し蓄えておきます（④）。夜間は①から③を行い電力を得ます。以上の繰り返しにより、必要な電力を昼夜連続して供給することができるのです。

JAXAでは大型飛行船用にこの「1kW再生型燃料電池」を開発・実証しました。現在、より軽量で大きな電力をつくり出せるように研究を続けています。



搭載型1kW再生型燃料電池システム

ヘリコプタのBVI騒音 低減化技術の研究開発

静かなヘリコプタの実現を目指して

運航・安全技術チーム

ヘリコプタは垂直、横進、前進後進が可能です。このことから、狭い地域からの飛行が可能となり、災害救助、防災活動、救急医療などの国民の生活に密着した活動が行われています。また空中静止することもできる反面、自重を支えるために大きなエネルギーを必要とすることが欠点ともいえます。これが固定翼と比較して大きな違いでもあります。

自重を支える力は、回転するブレードからなるロータが作り出しますが、前進飛行をするにつれてロータの右と左とでブレードのぶつかる空気の速度が変化し、ロータの前進側では実に音速に近い速度となります。また、ブレードが上下方向の力を発生させるために翼端からは空気が回り込んで非常に強い渦が生まれます（翼端渦）。この渦は、ロータが回転していることで、後続のブレードと衝突したり非常に近いところを通過したりすると

衝撃的な音を発生させます。これをブレード渦干渉騒音（Blade-Vortex Interaction Noise : BVI騒音）といいます。この現象が起こると、ブレード上には短時間のうちに急激な圧力の変動が起こります。この圧力の変動がロータの周りに伝わり「ばたばた」という大きな騒音となって聞こえます(図1)。

BVI騒音の強さを決定する要因は、翼端渦の大きさ・強さ（コアサイズ）、翼端渦とブレードの垂直距離（ミスディスタンス）、翼端渦とブレードの交差角度（インターセクション角）の三つが挙げられます。この中でミスディスタンスがBVI騒音の強さに大きく影響します。この距離は、ヘリコプタの飛行状態、風の影響などに左右されますが、緩降下時に発生するBVI騒音が特に顕著です。緩降下時に発生した翼端渦の軌跡を積極的に変化させ、ミスディスタンスを大きくとることによってBVI騒音を低減させることが可能となります。

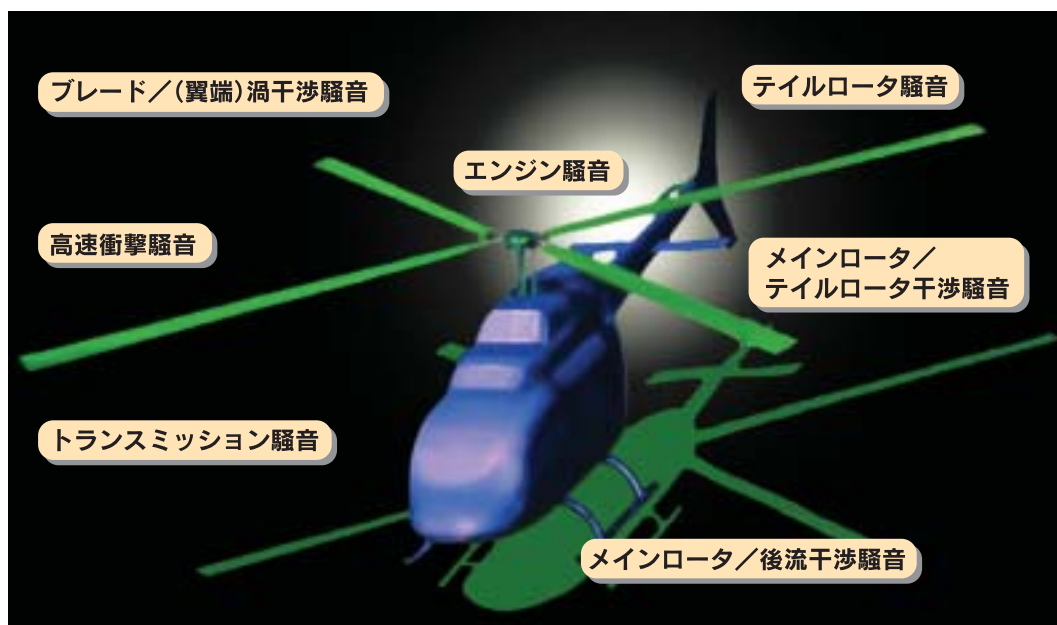
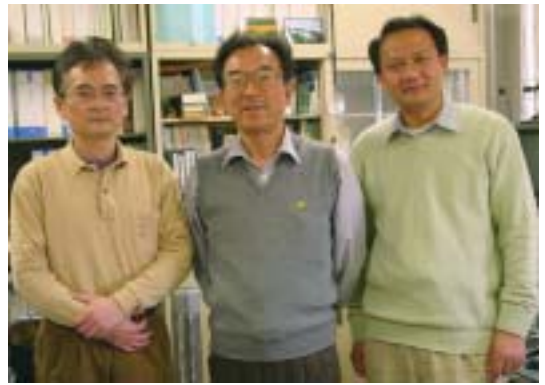


図1 ヘリコプタから発生する主な騒音源



ヘリコプタ技術セクション
(左より)小 曳 昇、齊藤 茂、田辺安忠

ア クティブデバイス(アクティブフラップ)はブレードの翼端付近に装着され、積極的に移動させることによって局所的に空気力を大きくしたり小さくしたりさせます。これにより翼端渦の軌跡を上下に変化させることでミスディスタンスを変化させます。数値解析(CFD)技術を用いてアクティブフラップが騒音をどの程度低減できるかを示したのが図2です。この結果、初期の目標である6dBの低減が可能であることがわかります。

へ リコプタへの実用化を目指して、実物大のアクティブフラップ機構を設計製作し、実際に経験する環境下での試験が始まっています(図3)。今までにBVI騒音を5~6dB低減させるために必要なフラップの移動振幅±6度を達成しました。今後は、より信頼性を高め、現在進めている防衛省航空装備研究所との研究協力の中で実機に搭載した飛行試験を行っていく予定です。

(齊藤 茂)

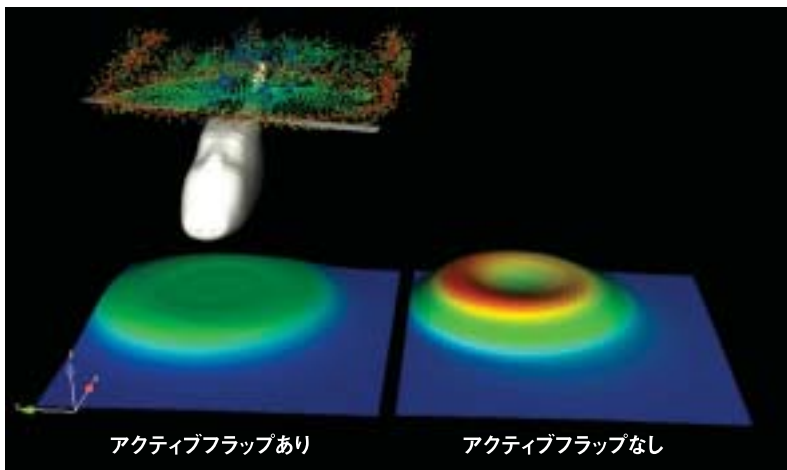


図2 CFD解析によるアクティブフラップの効果の例

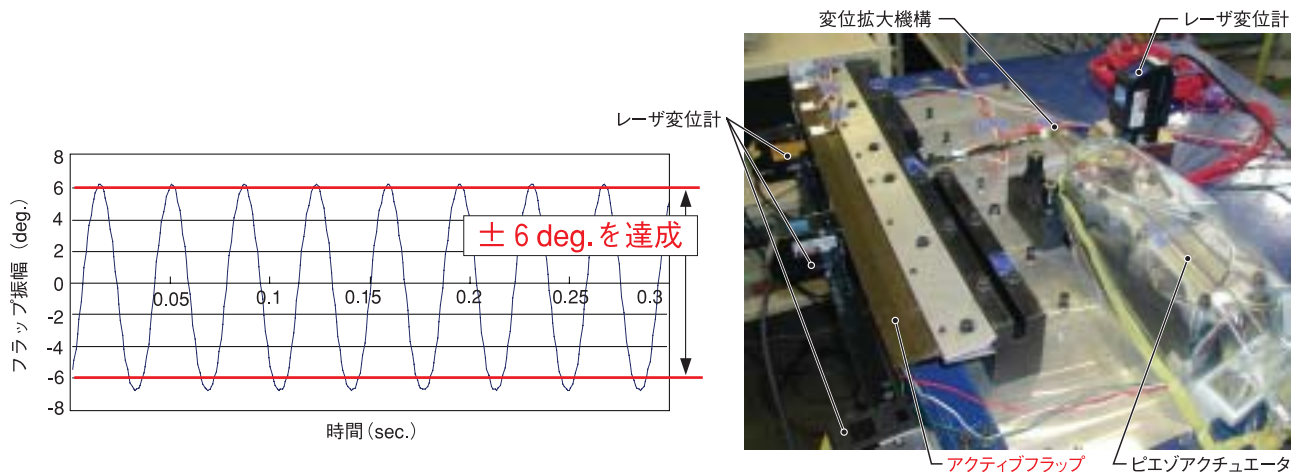
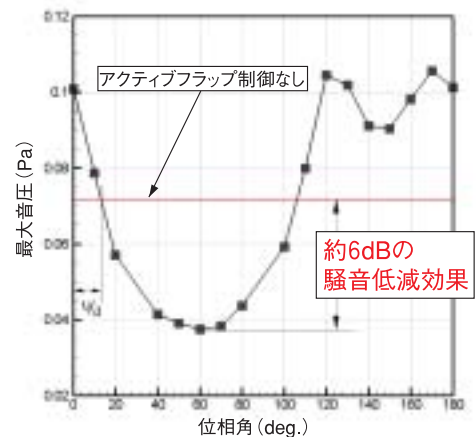


図3 実大アクティブの実荷重試験

客室構造安全性 向上技術の研究

研究現場から②

国産旅客機チーム

客 室構造安全性向上技術の研究というのは、さまざまな危険から飛行機に乗っている人の安全を守るために、飛行機の構造をどのようにすればより安全かを追及することです。

では、どのような危険があるのでしょうか。飛行機は、速い速度で飛んでいますから、何か、例えば鳥などにぶつかると、小さな鳥でも飛行機に大きな損傷を与えてしまいます。というのも、鳥と飛行機の飛んでいる速度の違いが大きいと、ぶつかった鳥は、短時間の間に、飛行機と同じ速度にまで加速されることになり、非常に大きな加速度を生む事になります。ある質量に加速度がかかると、それは、力（いわゆる衝撃力）となるので、

小さな鳥でも大きな力となって、機体に損傷を与えてしまうのです。また、飛行機は、飛べなくなれば、地面や水面に落ちてしまいます。地面や水面は、ほとんど動かないので、飛行機に大きな減速度が起こり、大きな衝撃力を受けることになります。通常の着陸では、衝撃力をあまり受けないように降下速度をできるだけ落とし、着陸脚で衝撃を吸収しているので安全ですが、着陸脚が使えない場合や水面に着水する場合（着陸脚の衝撃緩和が効かない）は危険です。

我 々は、これまで、実際の航空機構造が落下した場合、どのような衝撃力を機体の各部が受けるのかを試験を通じてデータを取得し、そ

れを解析シミュレーションにより再現できないかという観点で、研究を行ってきました。解析シミュレーションにより、実際のさまざまな構造や部位の受ける衝撃力が精度良く再現できるようになると、試験をせず、もしくは少ない試験だけで、より良い構造の設計を効率よく進め、安全な機体であることの証明にも使えるからです。以前行



図1 YS-11輪切り胴体の落下試験後の様子

構造材料技術セクション
(後列左より) 峯岸正勝、熊倉郁夫、宮木博光
(前列左より) 岩崎和夫、少路宏和



図2 着地0.12秒後の試験と解析の比較図

輪切り構造の落下試験後の様子を図1に、ヘリコプタの全機落下試験の試験時の様子と解析の比較図を図2に示します。

現在、国産旅客機チームでは、旅客機が受けると予想されるさまざまな衝撃力に対し、機体が安全かどうかを判断し、必要ならば設計変更を可能にするような衝撃シミュレーションを実現できるよう三菱重工業と共同で研究を行っています。飛行機が水面に着水する事態になったとき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、また、航空機構造特有のリベット（鈎の一種）結合を精度良くモデル化して解析精度を高めること、さらには、鳥が衝突したときや、タ

イヤが破裂したときに発生する破片に対して機体構造は大丈夫かなどについて研究を始めています。これらの研究を進めることで、国産旅客機が不測の衝撃力を受けるような事態でも、安全に飛行できることを証明できると考えています。

研究例として、図3に航空機が着水時に受ける力を調べるために使用したスケールモデル試験供試体を示します。図は円筒形状で、後方の橙色部分を取り替え、さまざまな形状（実機と同じ後方胴体形状、水平尾翼付き形状など）による違いを調べ、解析の検証データを得ました。

現在、これらの検証データを元に、解析を進めています。
(少路宏和)



図3 着水試験に用いた円筒形状スケールモデル供試体



机の上にあるのが予備実験機です

ろがあるので、なるべく早いステップで既存のシステムに入り込んで行きたいと考えています。例えばまず飛行船が社会の中に無人機としての活躍の場を作る、そこを足場にして無人飛行機がどんどん発展していくというのでもいいと思うんですね。こういった点でも、2種類の無人機は共存する価値があるのでこの体制でやっているのはすごくいいことだと思っています。

✈️ **仕事で心がけていることは？**

河野 情報の共有化です。飛行船を飛ばすのは一人ではできません。操縦、制御、電装

品、浮力管理というようにそれぞれ専門家がいるんですね。

自分の専門の部分だけ知っていればとりあえずの作業はできたりもするのですが、そのために各自が全然違う前提で作業を進めていると、後で大きな問題が発生します。共有できるようにすること自体も相当の作業量が発生させるので、専門情報をすべて開示する必要はないけれど、適切なだけの量の情報を共有するというのが大事だし難しいなと思っています。

牧 こういう研究所みたいなところでは、皆それぞれ個性があつていいアイデアを持っています。そのアイデアを試験、実証まで持っていくには自分一人では不可能で、いろいろな分野の人の協力やチームワークがなければできないのです。それをふまえた上で、自分が押さなければいけないところは一生懸命押すが、他の人と協調してひとつのことを仕上げるということも大事にしなければいけないとつね

づね感じています。

華麗なる学生時代

✈️ **子どもの頃憧れていた職業や夢はありましたか？**

牧 サッカーや野球をして遊んでいたで、そういうスポーツ選手に憧れました。なりたいたではなく、かつこいいなという感じ。

河野 乗り物が好きでしたが、それに人生を捧げようとは夢にも思いませんでした（笑）。

何かの本を読んでこんな人になりたいと言ってみたり、影響を受けやすかったですね。それもよく変わりました。

✈️ **どんな学生時代を過ごしましたか？**

河野 フィギュアスケートを大学で4年間やっていました。初心者でしたが、シングルアクセルジャンプ程度はできるようになるんですよ。体育会だったので競技会にも出場しました。

牧 大学時代はよく勉強しました。それまではあまりしなかったので、大学ではとにかく

く頑張ろうと。教室では必ずいちばん前の席に座ってノートをとって、だから大学では1番でしたよ。学ぶことが楽しいというより、もう作業といった感じで、成績表に優を徹底的に並べてやろうと思っていました。

✈️ **どういうきっかけでJAXAへ？**

河野 大学では船舶を勉強していましたが、恩師が航空宇宙技術研究所（JAXAの前身機関のひとつ）の出身だったこともありここを希望しました。入ったら「船やってたんだって？じゃあ飛行船やろうよ」ということで現在に至るわけですが、船舶と航空は意外と共通点が多いんですよ。

牧 以前は大学の助手をしていました。机の上で理論的なことばかりやっていたのですが、ある時具体的なものに関わって仕事をしてみたくなり、4年前にJAXAに入りしました。

✈️ **今後の目標をお願いします。**

牧 自分のアイデアを載せて飛ばしたいですね。JAXAでは、大学やメーカーなどいろいろな人と共同して、それなりのお金を使って、ひとつの研究室ではできないことができるので、本当にいい職場で仕事をさせてもらっていると思います。

河野 現在進めている「災害監視無人機システム」の研究開発をきちんと形にすることです。今まで世の中に提案されてきたもの、JAXA

でこれまで培ってきたものなどに何が足りないかを今一度はつきりさせて、本当に使えるものを作ることができたらと思っています。

緑 無人機システム技術セッション
大学院では制御工学を専攻





飛行試験前の打ち合わせ（右から2番目）

▲スピードでもエコでもない、災害時に役に立つことを「うり」にした無人航空機。どこかひかめな感じがする航空機ですが、研究者はそうではありませんでした。若手（？）研究者が熱く語ってくれました。【特集参照】

遠隔操縦以上をねらう

▲「無人機・未来型航空機チーム」ではどのような研究を行っているのですか？

牧 大きく二つに分けると、ひとつは気象観測や海上監視、災害監視などに使用できる多

目的の小型無人航空機の研究開発を行っています。なかでも現在、「災害時に役に立つ無人機」をキーワードに、小型の無人飛行機や無人飛行船を使って、災害現場の撮影を行ったり、防災無線が届かない地域への中継点として利用したりすることを目指して重点的に取り組んでいます。

河野 もうひとつが、新機軸のVTOL（垂直離着陸）や、脱化石燃料といった未来型航空機技術の研究開発です。牧さんと私が担当しているのは無人機のほうです。

▲仕事の内容を具体的に教えてください。

河野 私は無人飛行船の飛行制御を担当しています。飛行制御とは、GPSなどのセンサから得た情報をもとに、機上のコンピュータプログラムによりプロペラや舵を適切に操作して、自動で飛行するようにならせることです。

牧 同じく制御ですが、無人飛行機を担当しています。大きさはラジコン飛行機ぐらい。



Interview 夢を飛ばす人々 Vol.4

無人機・未来型航空機チーム
牧 緑●河野 敬

無人航空機の活用により 安全で安心な社会づくりへの 貢献を目指す

航空機はさまざまな用途に利用されています。
では、こんな無人航空機は知っていますか。

今いちばんの課題が

「Sense & Avoid」

って、

自分で障害物を

検出してそれにぶつからない

ようにする技術です。操縦を

人間が行っているかそうでない

いかは大きな違いです。例えば

飛行時に航空機の計器類が

機能しなくなるなどの不都合

が生じても、パイロットがい

れば、目と頭と自分の操縦の

力量を駆使して人がいない場

所に着陸させることができま

す。しかし、現在の無人機に

はそういうことをする能力が

ない。その能力を追加しなけ

れば、我々が居住している地

域の上空で仕事をすることが

できないので開発に取り組ん

でいます。

▲その辺が無人機の難しい

ところですね。

牧 無人機が飛んで何か仕事

をしていたんだけど、電線に

引っかかったり墜落したりし

て人にぶつかるなどの二次災



害を
引き起こす
というのでは
困りますよね。また、
既存の防災システ
ムを邪魔せず、補
うものでなければ
なりません。この
ように無人機と社
会がうまく共存で
きるよう安全性に
配慮する必要があります。
そのために新しい技術が必要
になってくるわけです。

河野 敬

LTAシステム技術セクション
大学では船舶海洋工学を専攻

河野 無人飛行船が無人飛行機と異なっているのは、なかなか墜落しないこと。そして、広告用にも市街地上空を飛んでおり安全性はある程度認知されています。そういう意味では受け入れられやすいとこ

■ 環状燃焼器試験設備完成

ジェットエンジンの環状燃焼器の中では、高温高圧の大量の空気の中で燃料が燃やされます。このため、燃焼器性能の総合的な試験が必要となります。

本設備は、1975年に日本最大の環状燃焼器試験設備として設置され、日本初の高バイパス比エンジンFJR710の燃焼器開発に利用され、STOL（短距離離着陸）実験機「飛鳥」飛行に大きく貢献しました。そして2007年、試験能力を大幅に強化して、生まれ変わりました。

JAXAでは現在、「航空エンジン環境技術研究開発プロジェクト（TechCLEAN）」で、窒素酸化物（NOx）を大幅に抑制できる燃焼技術の研究を進めています。また、経済産業省／新エネルギー・産業技術総合開発機構（NEDO）により2003年から進められている「環境適応型小型航空機用エンジン（エコエンジン）研究開発」プロジェクトでも、低NOx燃焼器の開発が始まっており、本設備はその中心的役割を担うことが期待されています。

（環境適応エンジンチーム）



環状燃焼器試験部

■ パリエアショーへ出展

2007年6月18日～24日に、パリエアショーが開催されます。パリエアショーは、パリ郊外のル・ブルジェ空港を会場として2年に1回開催される世界最大の航空ショーで、今年で47回目を迎えます。

JAXAは、昨年イギリスで開催されたファンボロエアショーへの出展に続き、パリエアショーへ出展し、JAXAの技術力を世界へアピールします。

航空プログラムグループでは、静粛超音速研究機模型や複合材製の実大6m主翼構造の展示を通して、超音速機技術の研究開発や低コスト複合材構造製造技術について紹介します。

（広報）

