

航空プログラムニュース

No. **06**

2007
Autumn

ISSN 1881-2570

【特集】

静粛超音速機技術の研究開発

誰もが利用できる 超音速旅客機をめざして

【研究現場から】

その1

未来型航空機の研究

その2

マッハ5クラスの極超音速機の研究

誰もが利用できる 超音速旅客機をめざして

超音速旅客機を再び飛ばそうと、世界で研究開発が活発化しています。

速く飛ぶだけでなく、技術課題を克服して自由に飛ぶことを許された

次世代の超音速旅客機を実現するために、私たちが取り組んでいることを紹介します。

速く遠くへ

できるだけ短い時間で遠くへ移動できたらという願いのもと、航空機の飛行速度はどんどん速くなってきました。普段私たちが利用しているジェット旅客機が就航したのは1950年代前半のことです。ジェット旅客機は、音が大気中を伝わる速さより少し遅い速度（亜音速）で飛行しています。

その頃には、超音速機の研究が行われていました。実は音速を超えるか超えないかでは、機体などに生じる現象が著しく異なったものとなることから技術的な課題が多く、旅客機の世界はしばらく亜音速止まりでした。しかし、1940年代にNACA（NASAの前身）の実験機によって初めて有人の超音速飛行が達成されてからは、これからの航空機は超音速で飛ぶものになるだろうとの予測のもと超音速旅客機（SST：Supersonic Transport）の研究が進められました。

こうして誕生したのがイギリスとフランスが共同で開発したコンコルドです。初飛行は1969年のことです（注1）。ところが現在、民間旅客機の主流は亜音速機であり、SSTは就航していません。

民間で唯一のSSTだったコンコルドは、経済性の悪さと超音速機に特有のソニックブーム（注2）に代表される騒音などによって就航できる路線が限定され、十数機がエアラインで使われていましたが、2000年にパリで事故を起こしたことをきっかけに2003年には運航を停止しました。

現在、これらの問題点を克服して再びSSTを飛ばそうと、日本、アメリカ、ヨーロッパなどで研究が行われています。次世代のSSTを実現するための技術課題を図1に示します。

経済性と環境適合性を両立させる技術の開発

コンコルドの実績がある現在では、超音速で飛行すること自体は難しいことではありません。ところが、経済性と環境適合性を両立させることは非常に難しいことなのです。例えば、機体の先端を丸めることにより衝撃波が抑えられてソニックブーム強度を低下させることができますが、空気抵抗は大きくなってしまふというような相反する現



次世代超音速旅客機（想像図）



象が生じます。

JAXA超音速機チームでは、1997年から経済性と環境適合性を備えた次世代超音速機技術の研究開発を行ってきました。まず、経済性を向上させる技術開発を重点的に行い、機体の空気抵抗を低減する設計技術を確立し、2005年にオーストラリアでの飛行実験によってその能力を実証することに成功しました。

現在、その次のフェーズとして、環境適合性に焦点を絞りソニックブーム強度の低減を中心課題とした「静粛超音速機技術の研究開発」を進めています。このなかでは、空港騒音低減／軽量化／低抵抗化も重点課題(図1*)として取り組んでいます。重点課題を克服するために、以下の要素技術の開発研究を行っています。

- ・多分野統合・多目的最適設計技術(異なる複数目的に対して最適な機体形状を効率的に見出す技術)
- ・空力技術(超音速機の離着陸性能を向上させる技術)
- ・構造技術(低コストで高精度な複合材構造製造手法を考案、試作する)、など

これらの技術の開発とともに、5年後を目処にエンジンを搭載した実験機(図2)で飛行実証することを計画しています。

環境適合性	ソニックブーム低減 *	ブーム強度を下げて陸上・洋上でも飛行可能とする
	空港騒音低減 *	エンジンおよび機体騒音を下げ亜音速旅客機と同じ基準に
	排ガス清浄化	特に超音速巡航時の窒素酸化物の排出を減らす
経済性	軽量化 *	機体構造・エンジン・装備品重量を軽量化することで燃料消費を減らす
	低抵抗化 *	主に超音速巡航時の空気抵抗を抑えて燃料消費を減らす
	エンジン低燃費	エンジンの高効率化により燃料消費を減らす

*JAXA重点課題

図1 次世代超音速旅客機の実現に必要な技術



図2 静粛超音速実験機(概念図)

世界に先駆けて技術を確立する

めざせ！フロンティア①



超音速機チーム
村上 哲

「なぜ超音速旅客機(SST)で旅行できないのですか」と聞かれることがあります。それは、SSTに求められる性能を満足させる技術がまだにできていないからなんです。コンコルドができてから30年以上経ちますが、それに続く民間のSSTが出てきませんでした。ということは、民間のSSTというのは航空の分野ではフロンティアの領域であり、新しい先進的な技術を投入しなければ実現できないものなのです。

特に日本は、航空機を開発し作って飛ばすという機会が多くはありませんでした。ようやく今、国産の小型旅客機を開発しようと進めています。YS-

11以来40年ぶりのことですよね。こういう状況のなか、SSTの領域でいち早く先進的な技術を適用した実験機を作って飛ばすということは、日本の技術を世界に示す絶好の機会であり、日本にとっては非常にためになると思っています。ましてや、離着陸から超音速飛行まで無人で全部行うという我々の飛行実証計画は、実現すると世界で初めての技術になるでしょう。中心課題であるソニックブーム低減ということだけではなく、無人飛行制御技術も確立することになります。こういう高い目標の研究を行うことが、研究機関としての大きな役割なんだとの思いで取り組んでいます。



機体仕様	巡航マッハ数	1.6-2.0
	航続距離 (nm)*	3500-5000
	乗客 (人)	30-50
性能目標	燃費 (コンコルド比)	-50%
	構造重量 (コンコルド比)	-12%
	揚抗比	8.0以上

*1nm=約1.8km

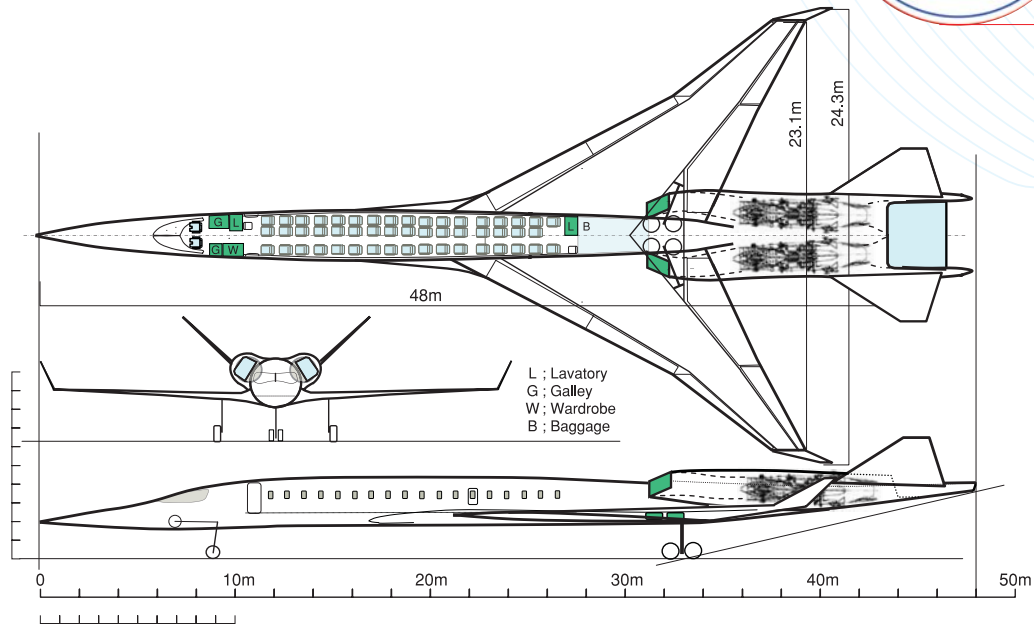
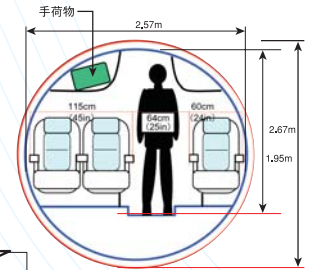


図3 JAXAが考える小型超音速旅客機 (概念図)

JAXAが考えるSST

JAXAが目標とする次世代の超音速機とは具体的にどのようなもののでしょうか？ ビジネスジェットの需要が大きい米国では、8人乗り程度の超音速ビジネスジェット (SSBJ: **S**upersonic **B**usiness **J**et) の開発が行われており、2012年頃の実用化をめざしているといわれています。

JAXAでは、コンコルドの後継機として、SSBJを少し発展させた30~50人乗りの小型SSTを対象とし、現在研究開発している技術を適用して、機体の概念設計を行いました (図3)。コンコルドの技術に比

べてソニックブーム強度を半減できれば、その騒音はコンコルドの落雷のような音からドアノックレベルになるでしょう (図4)。構造重量は-12%、燃費は-50%、またシンガポールまでの所要時間は約3.5時間です。開発中の技術が、計画している実験機で実証できれば、この小型SSTは実現可能と考えています。

このフェーズが終了する2015年頃には実用化への道筋をつけて、最終目標である「亜音速旅客機より少し高い程度の料金で超音速飛行ができる250~300人乗りの大型SST」実現へのファーストステップとすることをめざします。

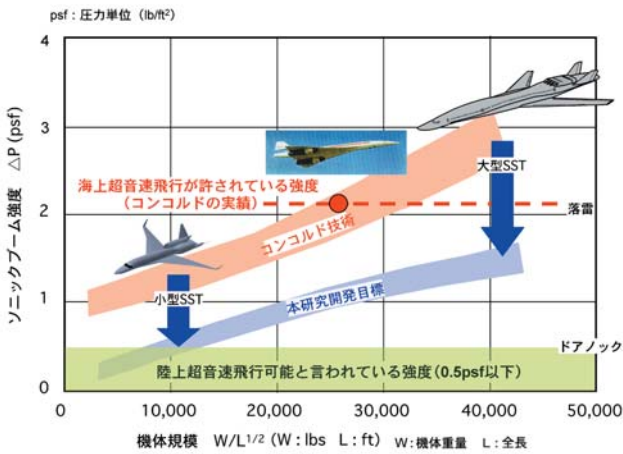


図4 ソニックブーム低減目標

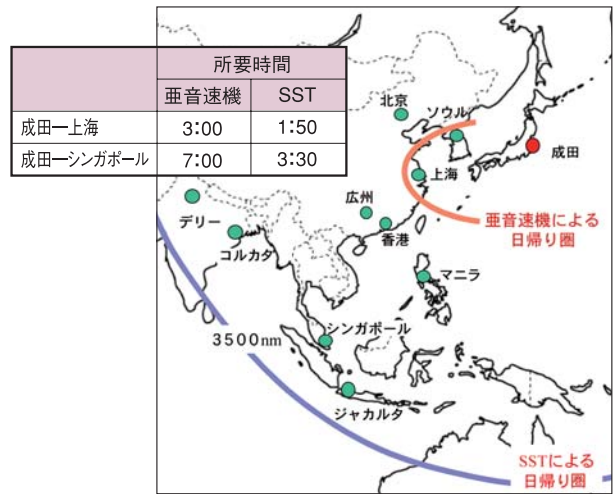


図5 超音速旅客機による日帰り圏の拡大

時間短縮がもたらす効果

移動時間の短縮によって身体的な負担が減ることのほかに、経済的な波及効果も考えられます。航空輸送量が増加している現在、SSTはその飛行速度により輸送効率が良い手段となることでしょう。また、先に述べたように、シンガポールまでが約3.5時間であれば、アジア圏内なら日帰り出張が可能です（図5）。これを新幹線でみると、東京-大阪間の移動時間をやや上回る程度です。かつて新幹線が開通したことにより飛躍的な経済発展をとげたことを考えると、移動時間を短縮することの利点は大きいでしょう。

SSTが、その持てる性能を存分に発揮するために

は、まず静かに飛ぶための技術を獲得し、陸地上空を自由に超音速で飛行できなければなりません。近年、国際的にソニックブーム強度などの基準を策定するための準備も進められています。JAXA超音速機チームは、世界に先駆けて静かな超音速機を実現するための技術を開発し、今後予想される大型SST実現に向けての国際共同開発にも主体的に参加できる体制を整えていきます。

（注1） 運航開始は1976年。1969年にはジャンボジェットの愛称で親しまれるボーイング747型機も初飛行（運航開始は1970年）している。

（注2） ソニックブームとは、超音速で飛行する航空機の機体周辺に発生する衝撃波が地上に到達した時に落雷のような音に聞こえるものである。このためコンコルドは陸地上空では超音速飛行ができなかった。

概念設計とは？



超音速機チーム
堀之内 茂

社会が受け入れてくれるSSTはどのようなものかを考えることからスタートします。我々の研究の成果ではこういう飛行機ができますよというひとつの提示ですね。我々はメーカーではないので直接、飛行機を作るというわけではありませんが、新しい飛行機を作るための技術を作っていると言えます。その技術を確立し実証されれば、実際の飛行機に適用できるということになります。ですから、ここで示している飛行機がそのまま空を飛ぶというわけ

ではありません。

研究者は研究のための研究をやっていてそれが本当に世の中の役に立つの？と言われることがしばしばありますが、この概念設計を見た方々に「そういうものができれば便利ですね」と受け入れてもらえれば、それに対する答えになるかと思います。我々の研究の成果が拳がれば、このように世の中に役に立つんですよという証みたいなのと言えるかもしれません。

めざせ！フロンティア②

未来型航空機とは

現代の我々の生活に必要な不可欠とされる航空機でも、地球温暖化や石油資源枯渇といった全世界規模の問題から無縁ではられません。未来を担う航空機技術は、この問題に対し何らかの回答が必要になります。当チームでは航空機の電動化(=脱化石燃料化)技術をコア技術として、環境適合性と利便性という二つの性質を、高いレベルで両立する航空機技術の研究開発に取り組んでいます。

電動化航空機の利点と電動化への道のり

航空機の電動化を考えた場合、電力源の単位重量あたりのエネルギーは化石燃料にまだ遠く及びませんが、最近では電池やモータそしてモータ制御素

子の高性能化が著しく、1人か2人乗り程度で、短時間の飛行時間を目的とした航空機であれば、現在の技術でもすでに飛行可能なポテンシャルを持っています。このような環境適合性に優れた電動化技術を核にして、自動車の利便性と航空機の高速度性を併せ持つ個人用途の航空機を実現し、自動車におけるモータリゼーションの発生に匹敵する変革を航空輸送の世界にも引起すことが我々の狙いです。

これまでの研究開発を通じて、航空機用電動モータの設計・性能評価技術やシステム化技術を蓄積し、高効率、無排気、低騒音といった電動システムの性質が新しい航空機技術として非常に重要であることを実感しました。今後は、徐々にスケー



翼幅:2.06m、全長:1.64m
質量:7.85kg(駆動機構搭載前は6.77kg)
離陸速度:50km/h(駆動機構搭載前は47km/h)

図1 電動STOL実験機

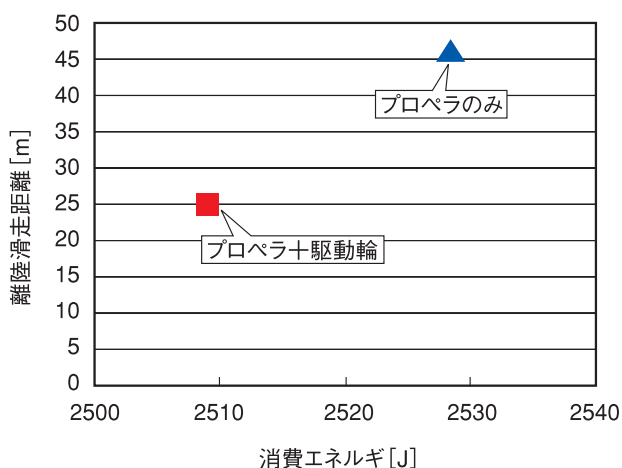


図2 滑走試験結果

未来型機体・推進システム技術セクション
(左より)原田正志、西沢 啓、小林 宙、松田幸雄

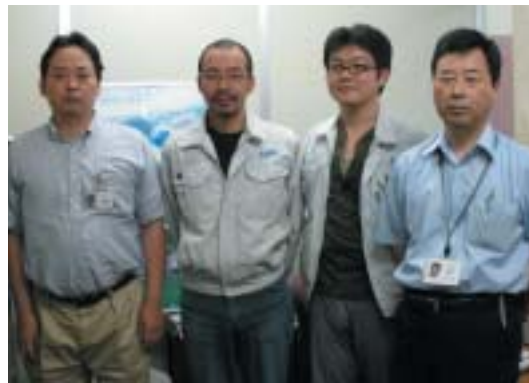


図3 クラスタファン・エンジンシステム

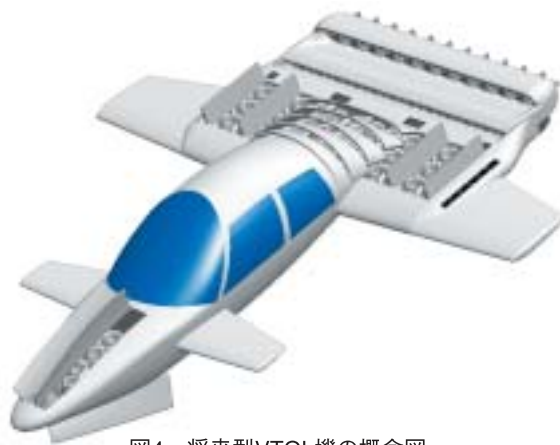


図4 将来型VTOL機概念図

ルアップを図りながら、電動モータの利点である制御性、レイアウトの自在性を活かした航空機技術の研究にも取り組んでいきます。

電動化航空機で実現する電動駆動輪STOL機

現在取り組んでいる研究として、電動化航空機であることを最大限利用した短距離離着陸 (STOL) 実験機(図1)を紹介します。そのコンセプトは極めて単純で、電動モータによって降着車輪を駆動することにより離陸滑走時の加速力を補強するというものです。図2に滑走試験の結果を示します。駆動輪推力とプロペラ推力を併用する新方式では、わずかな重量の増加で飛躍的に離陸滑走距離を短縮できるだけでなく、駆動輪とプロペラが互いの性能の弱い部分を補い合うため、消費エネルギーも少なくて済みます。

利便性最大を追求したVTOL機

航空機の利便性にとって、空港が身近な場所にあることが重要な要素ですが、我が国の現状を見ると大変難しい問題です。しかしこの問題を解決できる飛行機があります。それは垂直に離着陸が可能なVTOL (Vertical Take-Off and Landing) 機です。VTOL機として有名なのは英国のハリヤー戦闘機ですが、最近その後継機やチルトローターと呼ばれるVTOLが実用化されつつあります。当チームでは、図3に示すように軽量小型のファンを多数束ね (クラスター化)、その総推力で浮上する将来型のVTOL機 (図4) を提案して、その要素技術の開発を行っています。このVTOL機は低騒音で安全性に優れ、普通のジェット機と同程度の速度で飛行できることが特徴ですが、エンジンシステム、機体の制御方式などは独自の考案 (特許取得) によっています。 (松田幸雄)

マッハ5クラスの 極超音速機の研究

研究現場から②

超音速機チーム

飛行時間をもっと短く

飛行機による空の旅が一般的になり、便利になりましたが、それでも、日本からアメリカやヨーロッパに行くときには、10時間以上も椅子に座って我慢する必要があります。この飛行時間にはとても耐えられないと思っている方も多いと思います。超音速機チームでは、この飛行時間を2時間くらいまで短くすることを目指して、極超音速機（図1）の研究を進めています。

マッハ5まで作動するジェットエンジン

極超音速機は、コンコルドなどの超音速機よりもさらに速く、マッハ5（音速の5倍）程度で飛べる飛行機です。JAXAは長期ビジョンにおいて、2025年に極超音速機を実現することを目標として掲げています。この極超音速機は従来の飛行機と同じように、空港から離着陸することを想定して

います。ただし、普通のジェットエンジンではマッハ5までは作動できません。これは、極超音速で飛行すると、空気が急激に圧縮されて1000℃くらいまで温度が上昇し、ジェットエンジンが壊れてしまうからです。そこで、液体水素のように非常に冷たい燃料を用いて、ジェットエンジンに入る空気を冷やすことで、極超音速飛行に対応できるエンジン方式があります。これを「予冷ターボジェット」と言い、JAXAが世界をリードして研究開発を進めています。

予冷ターボジェットの特徴は、離陸してからマッハ5まで、連続して大きな推進力を発生できることです。また、燃料として液体水素を使用するため、二酸化炭素を排出しない、地球環境にやさしいエンジンでもあります。現在は、このエンジンの基本技術の確立を目指して、総合技術研究本部において、全長2m程度の小型予冷ターボジェット（図2）の



図1 極超音速機の想像図



小型予冷ターボジェットの研究開発メンバー
(前列右から3人目が筆者)

試作と実験が進められています。

小型予冷ターボジェットの飛行実験

超音速機チームにおいては、この小型予冷ターボジェットの飛行実験を計画しています。第1段階は、宇宙科学研究本部が研究開発を進めている気球利用型実験機（図3）にエンジンを搭載して、超音速飛行時の性能データを取得する計画です。この実験機は、大気球で高度40kmくらいまで上昇させたあとに自由落下でマッハ2程度まで加速することができます。現在は、2008年に飛行実験を行うことを目指して、準備を進めています。

小型予冷ターボジェットの推進力でマッハ5まで飛行できる小型極超音速機の研究も進めています。数値解析を活用して機体形状を導き出すとともに、風洞実験（図4）で機体にかかる空気力や温度分布などを計測し、設計に必要なデータを取得しています。

極超音速機の実用化を目指して

小型極超音速機には人は乗れませんが、災害観測などに活用することを検討しています。例えば地震発生直後に日本近海を飛行して、津波の発生を警告するなどの利用方法があると考えています。

極超音速機は、斜め上方向に飛ばせば、宇宙空間に到達できる程度のスピードを持っています。いずれは、普通の人々が宇宙旅行に行けたり、映画を1本見る程度の時間でアメリカやヨーロッパに行けるような極超音速機を実現したいと考えています。

(田口秀之)



図2 小型予冷ターボジェット

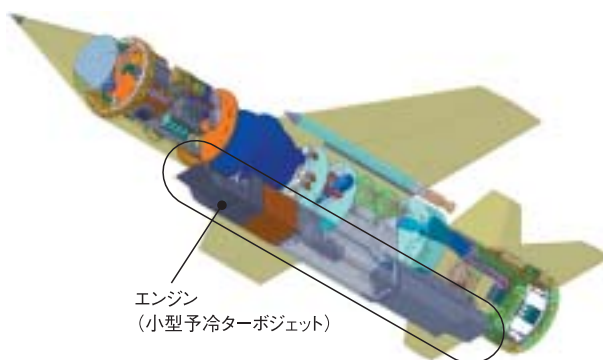


図3 気球利用型実験機

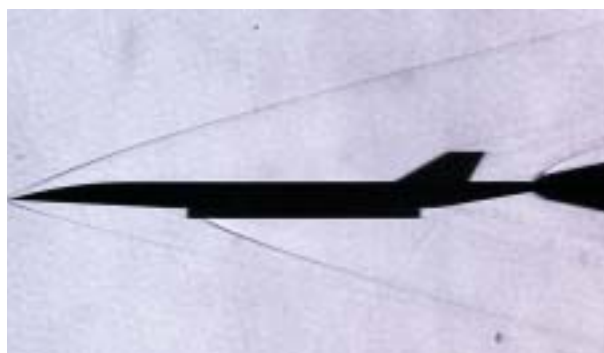


図4 小型極超音速機の風洞実験(マッハ5)



川上浩樹
システム概念セクション
大学院では機械工学を専攻

めやすいかなと感じますね。
 ▶今までで一番印象的なできごとは？

川上 やはり2005年の、オーストラリア・ウーメラでの飛行実験成功です。現地にはメーカーの方々も含め大勢の実験隊員が参加して、その夜に行ったレストランやバーでは、実験成功を祝って大変盛り上がりましたね。飲みすぎて訳がわからなくなったり人がたくさんいました。私はお酒が飲めないので酔うことはありませんでしたが、皆のその姿を見て感激しました。
 田口 2002年に、キリバス共和国のクリスマス島で日本版スペースシャトル(HOP

E)の飛行実験を行いました。そこで見た星空は印象的でした。実験はだいたい早朝にやるので、準備を深夜12時からいから始めるのですが、休憩時間にも上を見たらすごい満天の星空で、こんなに星があつたんだって感心しました。少し眺めていると、すぐ流れ星が流れてくるんですよ。あたりは人家の灯りなどないところですよ。宇宙までいなくてもここが宇宙みたいだねと皆で話をしていました。

▶ JAXAでかなえる夢

現在の仕事につながるきっかけがあったら教えてください。

田口 小学生の時に『宇宙戦艦ヤマト』や『スターウォーズ』を見て「宇宙ではこういう景色が広がっているんだ、未来はこんな乗り物に乗れるんだ」と漠然と思っていた。一つの転機は中学生の時にスペースシャトルが初飛行をして地球に戻ってきたことです。真夜中の生中継を見て

いて、「本当に自分たちも宇宙に行ける時代が来るんだ」とすごく感動しました。ただし、その頃はまだ、自分の職業と結びつけて考えたことはありませんでした。そして大学生の時にHOPEやスペースプレーンの研究構想が発表され、そのあたりから、もしかしたら職業としてそういう研究ができるんじゃないかと思いはじめました。大学院を卒業してからはメーカーでロケットエンジン設計の経験を積んだ後、現在はJAXAで研究をしています。

川上 どうも幼稚園の頃は飛行機が好きでパイロットになりたいと言っていたらしいのですが、その後関連した職業は意識していませんでした。大学では応用範囲が広いというところで機械工学を専攻し、そこで、流体の数値計算などを研究していました。その後就職先を探す時いくつかの研究所を訪問してみたなかで、NAL(航空技術研究所、JAXAの前身のひとつ)で

行っている超音速機の研究の話をききまして、おもしろそうだな、やってみようというところで決めました。

▶ どのような学生時代をすごしましたか？

川上 大学の部活動でアーチエリーをやっていました。一応バリアリーの運動部員でした。

田口 同級生と手作りで自動車を作って低燃費レースに参加しました。私の大学ではこのような課外活動は初めてだったため、資金・作業場所の確保や、チーム運営などで試行錯誤しましたが楽しかったですね。そのほか吹奏楽サークルでバスクラリネットを吹いていました。
 ▶ 今後JAXAでやりたいことや夢は？

田口 私は就職するときの面接で、当時の所長に「自分が退職するまでにスペースプレーンを

作って宇宙旅行に行ける時代を作ります」と言いまして、今もそういう気持ちで仕事をしています。残された時間はそんなにありませんが、とにかく自分が乗れるようなスペースプレーンを作って真っ先に宇宙旅行に行きたいです。
 川上 将来、地球上のどんなに遠いところでも、4〜5時間で行けるようになればいいなと思います。そうすれば今はなかなかいけないような所へも気軽に行けるようになると思うんですね。そのためには超音速旅客機が普通に飛んでいる世の中にならないと無理ですから、少しでもそういう世の中に近づくために、貢献できればと考えています。



ウーメラで、実験機着地予定地点の風速計を調整中(川上)



田口秀之
推進システム技術セクション
大学院では航空宇宙工学を専攻

「夢のような」話を聞き
ました。実現できそうにない
ことの例えにも使われるこの
言葉。でも今回はその意味で
はないほうです。「あるとい
いな」を実現するために、日々
研究に取り組んでいるお二人
に話を聞きました。【特集、
研究現場から②参照】

超音速機／極超音速機技術 の研究開発

超音速機チームではどの
ような研究をしていますか？
田口 マッハ2程度で飛ぶ超
音速機と、マッハ5程度で飛
ぶ極超音速機の実用化を目指
して、飛行実証を中心とした
研究開発を進めています。

具体的にどのようなこ
とをしているのですか？

川上 2005年にオースト
リアのウーメラで行った飛
行実験で取得したデータの解
析をしています。それから、
まだ設計段階ですが、ソニッ
クプームの低減技術を実証す
るための静粛超音速研究機の
準備を進めています。

田口 実際に実験機を飛ばそ
うと思うと、設計だけではな
く、着陸脚を用意したり、無
人機を飛ばすための電波リン
クが必要だったりといういろ
な要素が絡んできます。川上
さんたちの仕事は、計画に関
するすべてのことを内外の技
術者と協力しながら前に進め
て行く進行役といえはいいで
しょうか。

私たちのセクションは、静
粛超音速研究機の推進系の設
計を担当しています。一つは
インタークやノズルといった
エンジンの部品が飛行状態で
最大の性能を発揮するような
形状を導き出すことです。エ
ンジン本体は外国から輸入す



Interview 夢を飛ばす人々 Vol.6

今はまだない飛行機を 飛ばす技術をつくる

高速移動から宇宙旅行まで。
X年先には、私たちの移動手段の選択肢が広がります。

超音速機チーム
田口秀之 ● 川上浩樹

るのですが、その輸入調達の
手続き、性能評価の仕事もあ
ります。それから私は超音速
機の先の極超音速機の研究を
先行的に実施しています。

JAXAでは長期ビジョンで
2005年にマッハ5の極超
音速機を飛ばそうという大き
な目標を掲げて研究を進めて
いるところです。具体的には
風洞試験模型を使って実験機
の性能を評価しています。ま
た総合技術研究本部では、極
超音速ジェットエンジンの燃
焼実験・試作といった研究を
進めています。それから、宇
宙科学研究本部と協力して極
超音速エンジンの飛行実証の
準備を進めています。

仕事での苦労はどのよう
なところですか？

田口 現在、世の中にない飛
行機を作るための研究ですの
で、手本がない中、手探りに
近い状態で、実験する機体や
エンジンを作っています。ま
た、高温、高圧、超高速で作
動するため、一歩間違つと試
験設備を壊してしまつ可能性



クリスマス島での飛行実験（前列右から2番目が田口）

も十分にありますが、最初
に実験する時には非常に緊張
します。あと、設計段階でも
様々な問題が出てきて、もう
作る手段がないんじゃないか
と思われるほどの壁に突き当
たることがあります。そうい
う時でも「何とでも解決
してみせる」という気概を失
わないように心がけています。
川上 自分ひとりではなく、
多くの方々との共同作業です
ので、業務が円滑に進められ
るように心がけています。な
るべくメンバーで情報を共有
化して、全体が見えるように
したほうが、仕事としては進

「産業交流展2007」へ出展

2007年10月25日～26日に、東京ビッグサイト（東京都江東区）にて、東京都主催の「産業交流展2007」が開催されます。産業交流展は、中小企業による国内最大級のトレードショーで、今年で10回目を迎えます。

JAXA航空プログラムグループは、中小企業が航空機関連産業への参入の気運を高めることを目的に、今回特別企画として設けられる「航空機関連特設ゾーン」に出展し、当グループが現在取り組んでいる、国産旅客機・エンジン開発への技術貢献や次世代超音速機の実現に向けた技術開発について紹介します。

イベント公式
WEBサイト

<http://www.sangyo-koryu2007.jp/>

「平成19年度 公開研究発表会」開催案内

JAXA総合技術研究本部（IAT）／航空プログラムグループ（APG）では、日頃の研究成果を広く紹介するため、2007年11月14日（水）、みらいCANホール（東京都江東区・日本科学未来館内）において、恒例となりました「公開研究発表会」を開催します。

今回の発表会では、IAT/APGにおける研究活動についての講演および各分野での最新の研究成果を発表します。

特別講演では、東北大学総長の井上明久氏にご講演いただきます。

※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ホームページでご案内しています。

お問い合わせ

宇宙航空研究開発機構
総合技術研究本部 広報
TEL.0422-40-3960
FAX.0422-40-3281
<http://www.iat.jaxa.jp/>

平成19年度
宇宙航空研究開発機構
総合技術研究本部 航空プログラムグループ
公開研究発表会

日時 平成19年11月14日(水)
10:00~17:00

会場 みらいCANホール
(日本科学未来館7階)

聴講は
自由・無料
です

特別講演
大学から見たJAXA研究連携の
重要性と今後への期待
東北大学総長 井上明久氏

一般講演
宇宙科学の航空宇宙開発への貢献
宇宙科学の発展と航空宇宙開発
宇宙開発の推進と航空宇宙開発
宇宙開発推進(1) (SCS-1)の現状
宇宙開発推進(2) (SCS-2)の現状
宇宙開発推進(3) (SCS-3)の現状
宇宙開発推進(4) (SCS-4)の現状
宇宙開発推進(5) (SCS-5)の現状
宇宙開発推進(6) (SCS-6)の現状
宇宙開発推進(7) (SCS-7)の現状
宇宙開発推進(8) (SCS-8)の現状
宇宙開発推進(9) (SCS-9)の現状
宇宙開発推進(10) (SCS-10)の現状
宇宙開発推進(11) (SCS-11)の現状
宇宙開発推進(12) (SCS-12)の現状
宇宙開発推進(13) (SCS-13)の現状
宇宙開発推進(14) (SCS-14)の現状
宇宙開発推進(15) (SCS-15)の現状
宇宙開発推進(16) (SCS-16)の現状
宇宙開発推進(17) (SCS-17)の現状
宇宙開発推進(18) (SCS-18)の現状
宇宙開発推進(19) (SCS-19)の現状
宇宙開発推進(20) (SCS-20)の現状

研究発表
最新の研究成果を口頭・展示発表します。