

なる

NAL

No.525

DECEMBER 2002



- 実験用ヘリコプタMuPAL-ε 飛行再開
- 液体燃料焚き小型ガスタービン用の
低NOx燃焼器を開発
- 複合サイクルエンジン
- 環境計測を革新する新型センサの飛行試験開始
- CFD技術開発センターがISO9001の認証を取得
- 第40回 公開研究発表会開催報告

National Aerospace Laboratory of JAPAN

12

航空宇宙技術研究所

実験用ヘリコプタMuPAL- 飛行再開

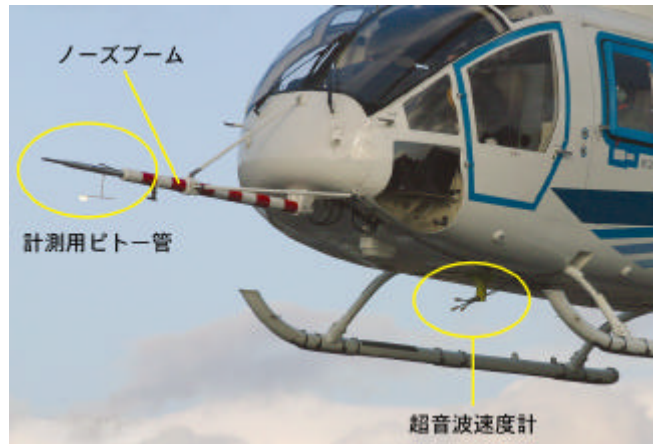
2000年3月に導入された実験用ヘリコプタMuPAL-（ミューパル・イプシロン、なる2000年4月号参照）は、同年11月に発生した同型機（三菱式MH2000型ヘリコプタ）のテール・ロータ損傷事故以来飛行をとりやめていましたが、改良型テール・ロータ・ブレードの型式が承認され、MuPAL-も2002年10月から約2年ぶりに飛行を再開いたしました。11月から12月にかけては超音波速度計の計測精度検証試験、騒音計測試験（なる2002年2月号参照）、トンネル型表示による曲線進入試験（なる2001年2月号参照）、GPSを用いた計器飛行方式の模擬試験、機体の操舵応答試験などが実施されています。

超音波速度計の計測精度検証試験は、岐阜県の飛騨エアパークで実施されました。飛騨エアパークは農産物の空輸や防災、救急医療活動のために整備されたいわゆる農道空港で、800mの滑走路とヘリポートが併設されています。また、日本一標高の高い飛行場（海拔715m）としても知られています。関係諸機関のご協

力により、期間中滑走路を占有して低速飛行の試験を行うことができました。

超音波速度計は、3本のプロローブ間で超音波の送受信を行い、その伝搬時間から空気に対する機体の速度（対気速度）を3

軸方向（前後、左右、上下）で計測することができるセンサです。この原理は気象観測用の風速計としては広く用いられていますが、航空機への対気速度計として使用された実績はなく、当研究所において実用化を目指した研究が進められています。航空機への対気速度計として一般にはピトー管が用いられますが、ピトー管は低速（一例として15m/s以下）では正確な計測ができません。飛行機（固定翼機）はもともとこのような速度では飛行しないため問題にはな



超音波速度計を胴体下に装着した状態

りませんが、ヘリコプタは空中で停止（ホバリング）することも可能であり、特にホバリング中に強い横風を受けるとテール・ロータの推力を失って機体が操縦不能に陥る危険性もあるため、低速で前後左右の2軸方向の速度を計測できるセンサが実現できれば飛行安全の向上に役立てることができます。MuPAL-は、メイン・ロータからの吹き下ろしの影響を避けるためにノーズ・ブームの先端に超音波速度計を搭載できるように設計されており、この状態では低速から高速まで精度良く計測できることが確認されました。現在は一般の機体にも適用できるように、胴体の下部に直接センサを取り付けた状態で飛行試験を実施しています。



◀ 飛騨エアパークで飛行試験中のMuPAL-
遠くに見える山々は北アルプス

飛騨エアパークの全景 ▶



飛行システム研究センター
奥野 善則

液体燃料焚き小型ガスタービン用の 低NOx燃焼器を開発

当研究所航空推進研究センターは、環境省国立機関公害防止等試験研究費により、液体燃料焚き小型ガスタービン用の低NOx（窒素酸化物）燃焼器の開発を進めてきましたが、今回、大気汚染防止法施行令に定めるNOx排出基準値70ppm（酸素濃度16%換算、ppmは百万分の1を表す）を大きく下回る、最大出力時の排出濃度13ppmの燃焼器を開発しました。

ガスタービンエンジンを利用したコジェネレーションシステム¹等は、エネルギーの利用効率が高く、また地球温暖化の原因となるCO₂の排出が少ないなどの利点があります。すでに、ガス焚きの大型ガスタービンエンジンでは低NOxのものが実用化されていますが、ガス供給設備などの付帯設備が必要です。一方、液体燃料焚きのエンジンは単独での使用が可能ですが、高価な排煙脱硝装置²を装着しなくては低NOx化が困難であり、地域分散型エネルギーシステム³普及の妨げになっていました。

今回開発した燃焼器（図1）は、急速混合方式⁴を用いたバーナヘッド（図2）に、パイロットバーナとメインバーナへの燃料配分を調整する機能をもたせ燃料と空気を効率良く混合し、さらに燃焼用と希釈（冷却）用の空気を制御することで、燃焼ガス温度が必要以上に高くならな

いようにし⁵、低NOx化を実現することができました。

実証運転で得られた負荷に対するNOx排出濃度の値を、図3に示します。NOx濃度は、燃料配分を制御したところから急激に減少し、最大出力時の190kWでも13ppmと非常に低い値なのが判ります。

この燃焼器を採用することによって、既存のガスタービンでもNOxを大幅に減らすことが期待できます。

- 1 コジェネレーションシステム：石油や天然ガス等の火力発電の排熱（未利用熱）を熱源として利用するシステム。家庭など、電力と熱を同時に必要とするところでは、大きな省エネ効果が期待できます。
- 2 排煙脱硝装置：窒素酸化物を含んだ排ガスにアンモニアを加え触媒に通すことで、窒素酸化物を窒素と水に分解する装置。
- 3 地域分散型エネルギーシステム：地域ごとに風力発電、太陽光発電、小型ガスタービン等による発電を行い、必要なエネルギーを効率よく作り出すシステム。
- 4 急速混合方式：フィルマーと呼ばれる部分に燃料を吹き付け薄い膜をつくり、この膜を高速で吹き込んだ空気で吹き飛ばすことで燃料と空気を急速に混合させる方式。

5 燃焼ガスの温度が高くなると、空気中の酸素と窒素が反応してNOxが生成されてしまいます。

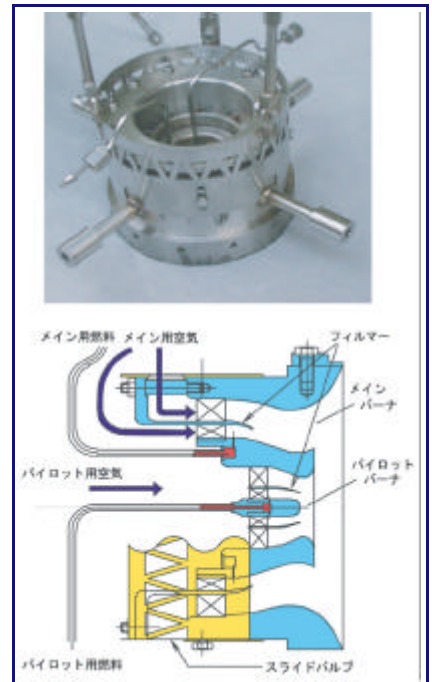


図2 バーナヘッドの構造と概観写真

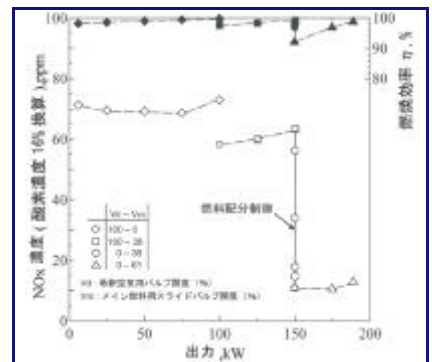


図3 エンジン出力に対するNOxの排出濃度

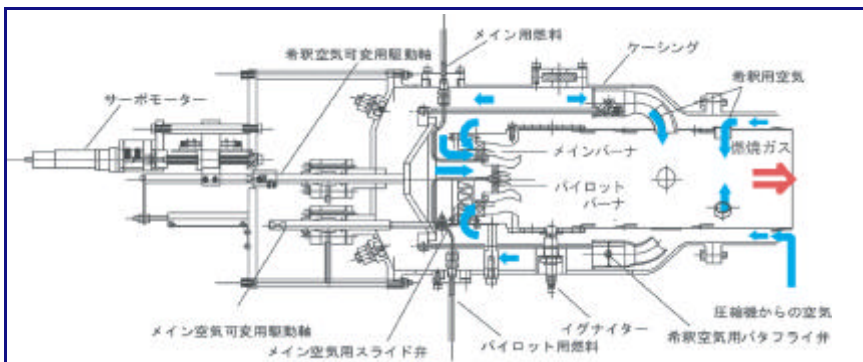


図1 燃焼器の概要



航空推進研究センター
山田 秀志

= 宇宙往還機実現のために必要なもの =

複合サイクルエンジン

飛行機のような宇宙輸送システムが欲しい

当研究所では、地上と宇宙の間を何度も行き来することが可能な、完全再使用型の宇宙輸送システム（宇宙往還機）の研究を行っています。今のところ宇宙は、宇宙飛行士が宇宙開発などのために行く場でありありません。しかし、宇宙往還機が開発されれば、飛行機に乗って出かけるのと同じ感覚で、宇宙に行けるようになります。

このシステムを実現するためには、様々な技術の開発が不可欠です。新しい推進系の開発も、そのひとつです（図1）。

複合サイクルエンジンという考え方

ロケットは、燃料と酸化剤を搭載しており、これらを混ぜて燃焼し、高速高压で排出することにより得られる反動を、推進力として利用しています。もし、大気圏飛行中は酸化剤の代わりに空気（酸素）を利用できれば、酸化剤の搭載量を減らし、輸送したい物資などを増やすことが

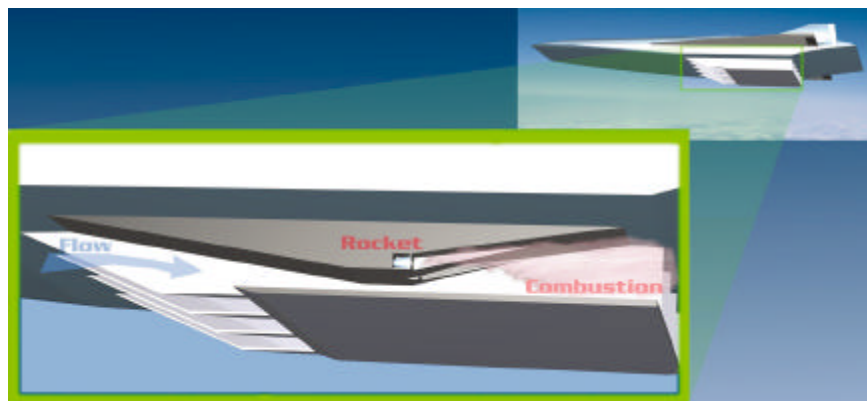


図1 宇宙往還機と複合サイクルエンジン部

可能となります。

当研究所のラムジェット推進研究センターでは、空気を利用するエンジンとロケットエンジンを組み合わせた、複合サイクルエンジンについて研究を進めています。

複合サイクルエンジンの仕組み(図2)

飛行機用のエンジンでは、高い性能を得るために、空気を圧縮機で圧縮して高温高压にしてから、燃焼器に送ります。しかし、ラムジェット推進研究センターで研究している複合サイクルエンジンには、圧縮機がありません。

離陸してしばらくの間は、ロケットを併用して空気を強制的に流入させます。飛行速度が速くなると、エンジンに流入してくる空気の速度も利用してエンジン内の圧力を上げます（エジェクタージェット・モード）。マッハ3ぐらいに

なったら、ロケットの燃焼を少し抑えます（ラムジェット・モード）。エジェクタージェット・モードとラムジェット・モードでは、ロケット下流で空気とロケット燃焼ガスの混合気の下流で燃焼を行います。マッハ7以上になると、効率を高めるために、速度を落とすことなく燃焼を行います（スクラムジェット・モード）。マッハ12を超えたあたりから、ロケットのみで宇宙まで飛び立ちます（ロケット・モード）。

このように、複合化してひとつにまとめることで、低速用、高速用、宇宙用といったエンジンを全て搭載するよりも重量を軽くすることができます。

今回紹介した複合サイクルエンジンは、単段式の宇宙往還機への搭載を考えています。当研究所では他にも、下段と上段が途中で分離し、下段は地上へ戻り、上段のみが宇宙まで飛んで行く2段式の宇宙往還機の研究も進めています。

角田宇宙推進技術研究所
ラムジェット推進研究センター
荻田 丈士（取材協力）

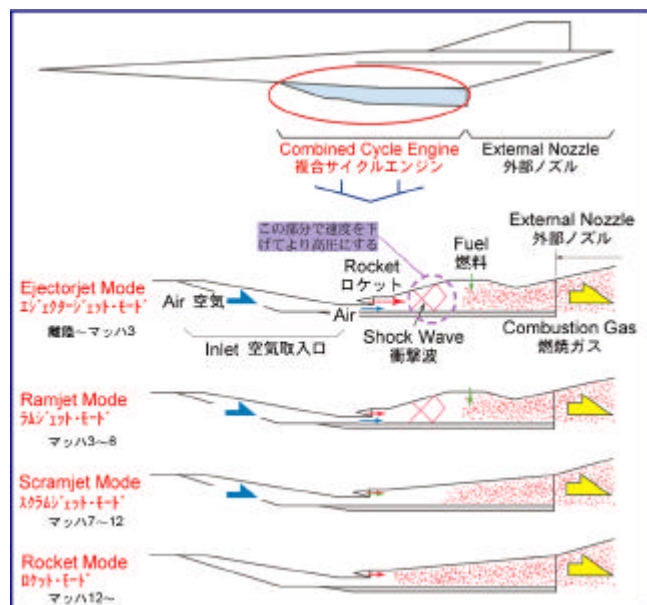


図2 複合サイクルエンジンの作動モード

環境計測を革新する新型センサの 飛行試験開始

地球環境に関する問題は、近年活発に議論されており、衛星や船舶等を利用した地球環境観測も広く行われています。当研究所では、短時間に広い範囲を観測可能な上に機動性の高い航空機を用いた観測技術に注目して、研究開発を進めてきました。この度、偏光（一定方向の光だけ捉えること）機能と高い波長分解（光の波長を細かく分けること）性能を有する航空機搭載型分光偏光放射計（光学センサ）を試作し、当研究所の実験用航空機に搭載して飛行試験を開始しました。

本光学センサは、一般のカメラ用対物レンズを使用しています。入射した光（太陽反射光など）は、リレーレンズを介して液晶チューナブルフィルタ（LCTF：Liquid Crystal Tunable Filter）に入り、偏光および分光されます。偏光および分光された光は、再びリレーレンズを通過してから受光面に配置されたCCD素子に達します（図1）。LCTFを用いることで、可視波長帯域で地球観測衛星などに使用されているセンサより、10～16倍高い波長分解性能を得ることが可能です。

この光学センサの主な特長は、

LCTFを回転することにより、可視領域の太陽反射光を任意の角度で偏光し、太陽光の入射角に関係なく必要とする対象物の光の反射のみを観測できることです（図2）。また同時に、高い波長分解性能を有しています。このような特長により、これまで観測が困難とされてきた対象物（水底、葉緑素など）の画像を取得することができますと考えられます。

実際に航空機に搭載して河口湖上空を飛行したときの撮影画像を図3に示します。湖面の細かい波の特性を捉えており、これにより飛行実験で得られた画像から精細な環境データを把握できる可能性が確認できました。この技術が確立されれば、航空機の機動性を利用して、時々刻々変化する環境汚染物質の特定など海洋、農業、漁業といった幅広い分野に応用できるものと考えられます。

今後、本光学センサの一層の高速化、小型化に努めると共に、航法システムと統合して精度の高いデータ取得を行う計画です。また、今年度より開始した独立行政法人農業環境技術研究所との共同研究により、農作物の生育状況観測技術の開発に応用する予定です。

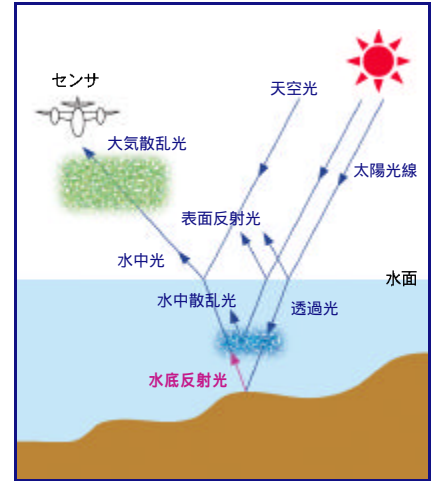


図2 水底反射光の計測

LCTFを回転することで、水底反射光のみを捉えることができます。

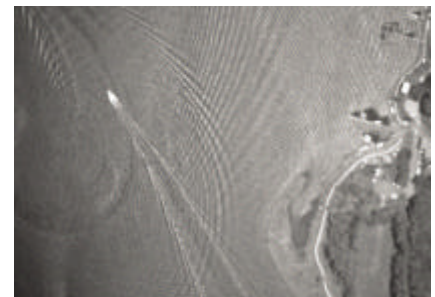


図3 飛行評価試験により得られた湖面、
地表面画像データの一部

（勝山村上空 河口湖面 高度：9842ft、観測波長：530nm）

従来の技術では、表面反射や大気散乱による光も一緒に計測していたため、細かい波の特性はよく分かりませんでした。今回試作したセンサでは、細かい波まで鮮明に捉えています。

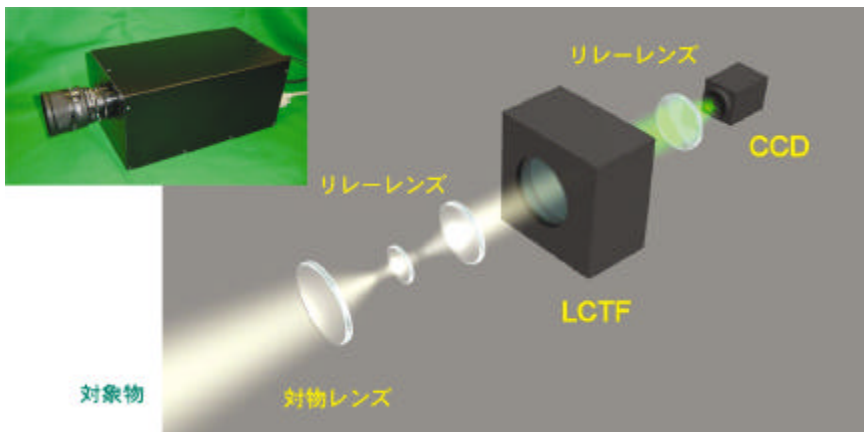


図1 LCTF分光偏光放射計の動作原理および概観図



飛行システム研究センター
新宮 博公

CFD技術開発センターが ISO9001の認証を取得

当研究所CFD技術開発センターでは、2002年11月15日に、品質マネジメントシステム（QMS：Quality Management System）に関する国際規格であるISO9001（2000年版、なる2002年10月号参照）の認証を取得しました。

CFD技術開発センターは、当研究所の独立行政法人化を機に新しく設けられた部門です。CFD¹技術に関する研究開発ならびに、スーパーコンピュータを中核とする数値シミュレータ²およびそれに関連する施設設備の運営に関する業務を行っています。今回の認証取得によりQMSの構築は完了したため、今後はQMSの運用および継続的な改善を通して、所内外の顧客（ユーザ）に満足いくサービスの提供を目指して行きます。現在は、共同研究を実施している航空機等製造メーカ、工学系の大学が主な外部ユーザですが、今後は共同研究に関わらず、幅広いユーザにサービスを提供していく考えです。

今回認証を取得したQMSは、CFD技術開発センターにおける数値シミュレータの運用サービス、計算受託サービスの提供に適用されます。

ここで言う運用サービスとは、ユーザが所有するプログラムを、数値シミュレータを使って計算できるサービスです。また計算受託サービスとは、ユーザの要求に応じ、CFD技術開発センターが開発したプログラムを用いて計算を実行し、結果をユーザに提供するサービスです。QMSでは、これらのサービスの実施手順を規定したほか、数値シミュレータおよびネットワークの維持・

管理や、関連する文書や記録の管理についても定めています。

CFD技術開発センターは、QMSの構築を通して技術ノウハウの文書化や標準化を実施してきました。またユーザの満足度を向上させるため、ユーザの立場にたって運用の改善を行うよう、各担当者の意識改革も進めてきました。今回のISO9001の認証取得により、数値シミュレータ運用の透明性が増し、責任の所在も明らかになりました。

1 CFD：Computational Fluid Dynamics（計算流体力学）の略。

計算機を用いて、航空機など物体の周りの流れをシミュレーションすること。この技術を有効に用いることにより、航空機などの開発試験を大幅に省略し、開発コストの削減、開発期間の短縮を図ることが可能となります。

2 数値シミュレータ：現在運用している数値シミュレータは、今年10月に本格運用を開始した数値シミュレータ

で、数値演算処理性能は、9.3TFLOPS（最大で1秒間に9.3兆回の演算まで可能）、主記憶容量は3.7テラバイト（1テラバイトは1兆バイトに相当）の超高速スーパーコンピュータを中心とし、磁気ディスク容量57テラバイト、磁気テープ容量620テラバイトから成る大規模な外部記憶装置も備えています。対話型ジョブなどの各種処理環境が整備され、ユーザ利用開発環境が充実しています。また、世界でも最大クラスの可視化システムと超高速ネットワークで結合されており、計算結果を3次元的に観察することが可能です。

今回の認証取得における認定機関、審査登録機関、認証範囲、品質方針

認定の認定機関および審査登録機関

財団法人 日本品質保証機構（JQA）

認証範囲

- 1 数値シミュレータの運用サービス
- 2 計算受託サービス

品質方針

- 1 顧客満足を得られるサービスの品質を継続的に確保する。
- 2 サービス提供の手順に加え、ユーザの要求に対応し、問題点を是正・改善する手順を標準化し、作業の効率を継続的に向上させる。

問い合わせ先

CFD技術開発センター
計画管理室

TEL 0422-40-3301

FAX 0422-40-3327

第40回 公開研究発表会開催報告

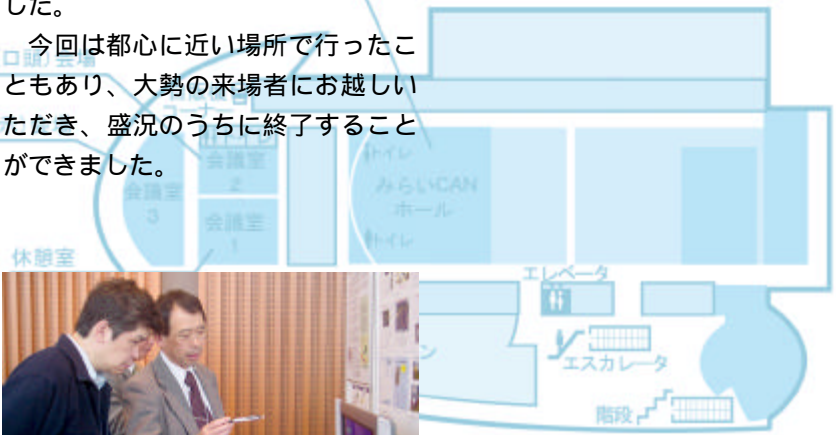
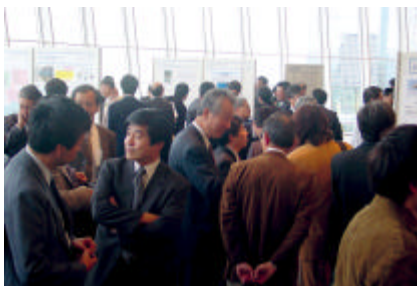
2002年11月8日(金) 日本科学未来館(7F)にて第40回公開研究発表会を開催しました。今年度は、9件の講演、7件の口頭発表および24件の展示発表を行いました。

講演会場となったみらいCANホールでは、永安正彦理事による総合講演「航空宇宙技術研究所の活動概要 - 独法化と三機関統合 -」のほか、現在進められているプロジェクト研究の成果や今後の活動、当研究所が進めている技術移転等について発表を行いました。また特別講演として、前東北大学総長 阿部博之氏に「知的財産戦略とその周辺」についてご講

演いただきました。

講演と並行して行った口頭発表および展示発表では、当研究所の最新の研究成果について発表しました。展示発表は、衛星搭載用小型展開メッシュアンテナの試作品や多目的小型無人機の実験機などが展示されたこともあり、終日大勢の人で賑わい、活発な議論が多数見受けられました。

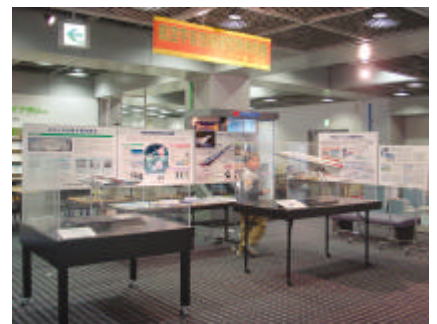
今回は都心に近い場所で行ったこともあり、大勢の来場者にお越しいただき、盛況のうちに終了することができました。



「航空宇宙技術研究所特別展」 出展報告

2002年11月15日(金)～24日(日) サイエンス・サテライト(大阪市)主催で「航空宇宙技術研究所特別展」が開催されました。会場には、スペースプレーンなどの模型や、当研究所に関するパネル等が展示されました。

これにあわせて、航空機の飛行原理などについての話を盛り込んだ、「紙飛行機工作教室」を16、17日に実施しました。2日間とも天候に恵まれ、それぞれが作った紙飛行機を飛ばして、楽しんでいました。



GAINアジア太平洋地区会議に DRAPを出展

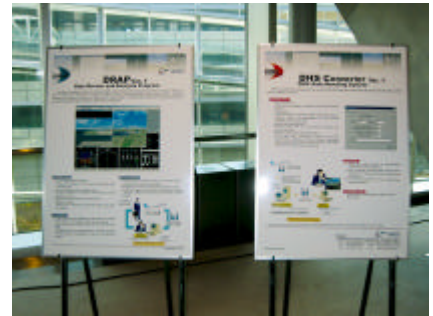
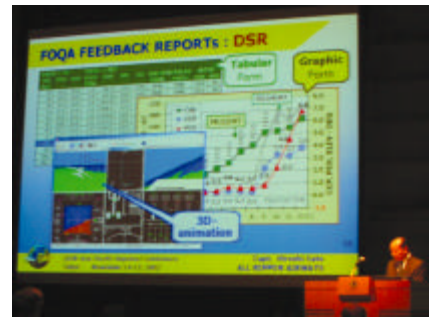
2002年11月14日、15日に東京国際フォーラム（東京都千代田区）にて開催された、GAIN（世界規模の航空インシデント等情報交換システム）アジア太平洋地区会議（主催：国土交通省航空局および（財）航空輸送技術研究センター）に、当研究



所が開発を行った「日常運航データ再生ツール（DRAP）」を出展しました。

本会議に集まった国内外の運航安全情報等に関わる専門家から、DRAPに関する多くの質問やコメントを得るとともに、DRAPが運航安全に有効であるとの高い評価を得ることができました。また、アジア各国の航空当局者からもDRAPの導入について、深い関心が寄せられました。DRAPが今後もエアライン各社にさらに広く活用されることが期待されます。

DRAPの詳細については、なる2002年8月号をご参照下さい。



飛行システム研究センター
村岡 浩治

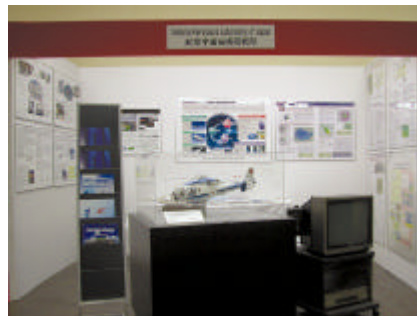
国際学会HeliJapan 2002に出展

2002年11月11日～13日の3日間、米国ヘリコプタ協会（American Helicopter Society, AHS）と（社）日本航空宇宙学会、日本ヘリコプタ技術協会の共催による国際学会「Heli Japan 2002」が栃木県総合文化センターにて開催されました。AHSの国際学会が日本で開かれるのは1998年に続いて2回目となり、今回は「ヘリコプターの先進技術と救命・防災」というテーマで、講演が約90件（うち約半数が海外からの講演）、参加者はおよそ500人にのぼりました。

当研究所からは3件の講演発表のほか、研究活動を紹介する展示ブースおよび実験用ヘリコプタ「MuPAL-

の実機の出展を行いました。MuPAL-の機内では、当研究所が研究を進めているトンネル型経路表示システム（なる2001年2月号参照）のデモンストレーションも行われ、国内外のヘリコプタの研究者、メーカー、運航会社等の関係者の方々に見学して

いただきました。



飛行システム研究センター
奥野 喜則



発行

独立行政法人 航空宇宙技術研究所
東京都調布市深大寺東町7丁目44番地1 〒182-8522
平成14年12月発行 No.525

© 禁無断複写転載「なる」からの複写、転載を希望される場合は、広報室にご連絡ください。
ご意見ご感想などは電話、FAXまたはEメールでお寄せください。
電話：0422(40)3958 FAX：0422(40)3281
NALホームページ：<http://www.nal.go.jp/> Eメール：WWWadmin@nal.go.jp