

# なる

## NAL

No.524

NOVEMBER 2002



- 高速飛行実証フェーズ I の飛行実験を終了
- インフライト・シミュレーション機能を用いた計器着陸システムにおける積雪の影響評価のための飛行実験開始
- 「エンジン」ってなんだろう？
- 風計測ライダ
- 構造材料研究会のお知らせ

National Aerospace Laboratory of JAPAN

11

航空宇宙技術研究所

# 高速飛行実証フェーズ の飛行実験を終了

当研究所と宇宙開発事業団が実施しています高速飛行実証フェーズは、キリバス共和国クリスマス島において3回の飛行を行い、飛行実験を成功裏に終了しました。

高速飛行実証フェーズの目的は、再使用型宇宙輸送系に特有な急角度の進入降下を伴う進入・着陸システムの検証を行うことと、自動離着陸を含む自律飛行技術の蓄積を図ることです。

飛行実験は、基本機能確認飛行を1回、再使用型宇宙輸送系経路追従飛行を2回行いました。第1回の飛行では、機体搭載機器の機能を含め自律飛行性能を確認し、第2回と第3回の飛行では、急角度の進入経路の飛行により進入・着陸システムの検証を行いました。

第1回の飛行では接地時に機体がバウンドする現象が発生しましたが、接地時の姿勢制御コマンドの見直しを行い、第2回以降ではスムーズな着陸を実現することができました。

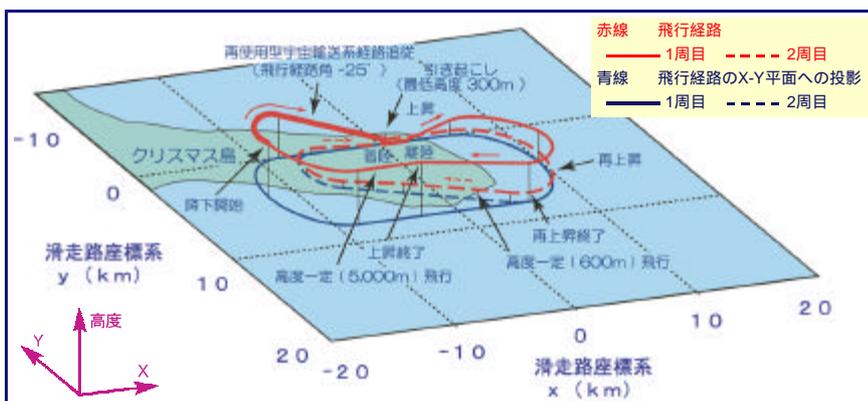
3回の飛行結果の概要を表にまとめましたが、D-GPSを用いた航法系を含め、予定していた技術データを取得することができ、今後詳細な解析を進めていきます。



フェーズ 実証機

表 飛行結果

飛行回数	第1回	第2回	第3回
飛行目的	自律飛行性能確認 搭載機器の基本性能確認	経路追従性能確認 (緩経路角)	経路追従性能確認 (急経路角)
発進日時(現地時間)	10月18日、5:50AM	11月5日、5:22AM	11月16日、5:40AM
発進から停止までの時間	約9分30秒	約18分30秒	約18分
停止点			
・滑走路端からの距離	・約1225m	・約1130m	・約1260m
・中心線からの距離	・約0.8m	・約1.6m	・約1.0m
高度保持の高度	約60m	約2500m	約5000m
経路追従時の経路角		約 - 13°	約 - 25°
経路追従時の最大速度		約95m/s	約135m/s



飛行経路(第3回)

# インフライト・シミュレーション機能を用いた計器着陸システムにおける積雪の影響評価のための飛行実験開始

当研究所では、青森空港において、計器着陸システム（Instrument Landing System：ILS）に対する積雪の影響評価に用いるデータを取得する飛行実験を開始しました（写真）。この実験は、独立行政法人電子航法研究所との共同研究の一環です。

ILSは、指向性のある電波によって、滑走路への進入コースを指示する装置（図1）です。青森空港では、濃霧や降雪による視界不良で定期便が運休することを減らすため、カテゴリー（200m以上の視界があれば着陸可能）という方式で運用することが要望されています。しかし、青森空港は冬季の積雪量が日本で最も多く、特に地面からの反射波を利用して適切な進入角を指示するグライド・スロープ（GS）の電波が、除雪地区の外側に積もった雪によっても反射され、進入角の指示誤差（GS誤差）が規定値を越える恐れがあります（図2）。そこで、電子航法研究所では、積雪の形状と誘電率（電波を反射する性質が地面とどのように異なるかを示す量）を計測して、積雪によるGS誤差を高精度で予測するシステムを開発しています。

当研究所では、共同研究のなかで

実験用航空機MuPAL-（なる2000年4月号参照）による飛行実験を実施し、電子航法研究所によるGS誤差の予測精度検証に必要な積雪によるGS誤差を高精度で計測し、同研究所にデータを提供すると共に、積雪による誤差が操縦に及ぼす影響を評価します。GS誤差は、トンネル形式（なる1998年9月号参照）で表示された設定経路を飛行し、MuPAL- 搭載のGAIA（複合航法ユニット：なる2001年1月号で統合慣性センサとして紹介）と地上から送信するGPS（全世界測位システム）補正信号を用いて計測した自機位置（誤差1m以内）と、GS指示を比較することによって算出します。操縦への影響に関しては、MuPAL- のインフライト・シミュレーション機能を利用して、大型航空機や小型ジェット機等の操縦応答特性を模擬しながらILS進入を行い、操縦装置の操作量や進入経路の維持精度に対して、積雪による誤差がどのように影響するかを調べます（図1）。共同研究によって、積雪によるGS誤差を正確に予測可能であること、ならびに積雪による誤差が操縦や進入経路の維持に悪影響を及ぼさないことを実証できれば、



写真 青森空港での実験風景

多積雪期においても安全にILSのカテゴリー 運用を行うために有用な技術データになると考えられます。

今回は、実験体制を確立すると共に、比較用として非積雪時のデータを取得するため、10月28日～31日の4日間、青森空港において飛行実験を行いました。今後2004年3月までの予定で、異なる積雪条件における飛行実験を行う計画です。



飛行システム研究センター  
増位 和也

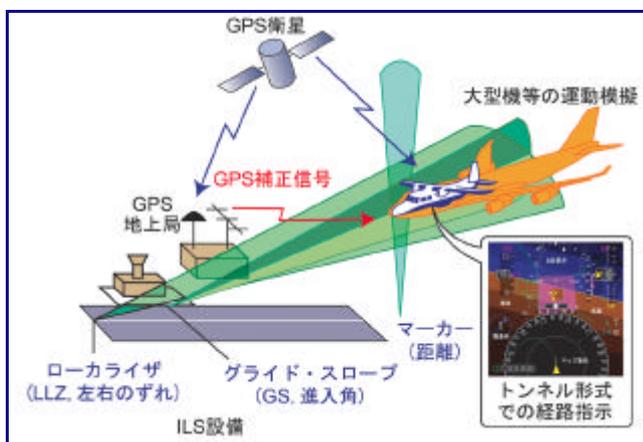
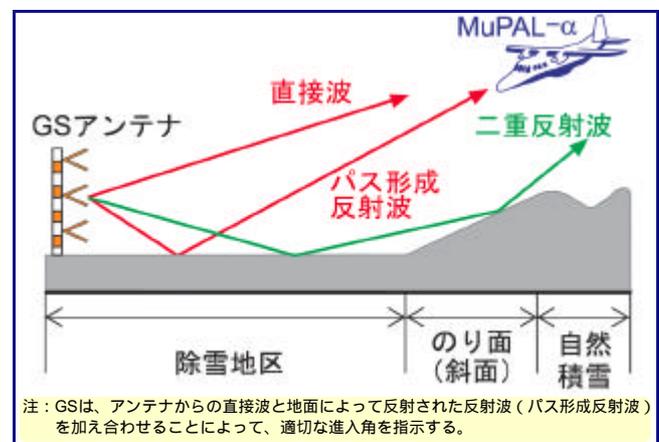


図1 実験概要



注：GSは、アンテナからの直接波と地面によって反射された反射波（パス形成反射波）を加え合わせることで、適切な進入角を指示する。

図2 積雪によるGS誤差

= 推進力を生み出すための装置 =

## 「エンジン」ってなんだろう？

### 飛行するには、推進力が必要です

鳥や昆虫などの自然界の生き物は、羽を使って上向きの力（揚力）と前向きの力（推進力）を生み出し、目的地へ飛んでいきます。それに対して飛行機は、揚力は翼を使って（なる2002年5月号参照）推進力はエンジンを使って得ています。

推進力は、エンジンに流入してくる空気と排出される燃焼ガスの、速度差および圧力差と、空気の量で決まります。流入してくる空気に対して、排出されるガスが高速高圧であるほど、また空気の量が多ければ多いほど、得られる推進力は大きくなります。

### ジェットエンジン

飛行機のエンジンとして広く利用されているのは、ジェットエンジンです。ジェットエンジンは、空気を取り入れるインテーク、圧縮する圧縮機、圧縮した空気と燃料を燃焼する燃焼室、圧縮機を回転させるためのタービン、排気を加速するノズルからなります（図1）。

インテークを通してエンジンに流入した空気は、回転する圧縮機により圧縮され、高温高圧になります。高温高圧になった空気は、燃焼室内で燃料（灯油とほぼ同じ成分）と混ぜて燃焼することにより、さらに高温の燃焼ガスになります。このガス

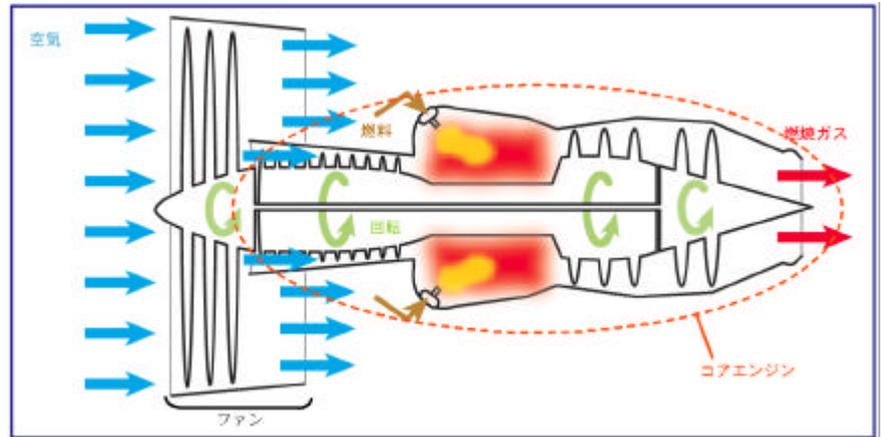


図2 ターボファンエンジン

は、タービンを回転させながら流れ、ノズルから高速高圧で排出されます。タービンは、前方の圧縮機と軸でつながっており、タービンの回転は圧縮機を回転させ、インテークを通して流入してきた空気を圧縮する原動力となっています。

### ちょうど良い速さで飛ばう

エンジンが排出するガスの速度と、飛行機の飛ぶ速度が等しいとき、エンジンの推進効率は最も高くなります。効率が高いとは、たくさんの乗客や荷物を少ない燃料で遠くまで運ぶことができるということです。

一般的な旅客機は、大体音速の80%（マッハ0.8）の速さで飛行しています。前出のジェットエンジンでは、排出されるガス速度が音速を超えるほど速いため、そのまま旅客機

に使用するのは効率的ではありません。そこで考え出されたのが、ターボファンエンジンです。これは、従来のジェットエンジンの前方に大きなファンを取り付け、その周囲をカバーで覆った構造をしています（図2）。ファンを通りぬけた1部の空気が、コアエンジン内で圧縮燃焼され、ファンや圧縮機の駆動に使われます。しかし大半の空気は、ファン流入時とほとんど同じ速度で、コアエンジンを通らずバイパスされます。そのため、全体の排出速度を飛行速度に見合った速度に抑えることが可能となります。ファンを取り付けることによって、エンジンに流入してくる全空気量は増えますが、コアエンジン内に流入して仕事を行う空気の量は減るため、少ない空気量で大きな仕事をしているエンジンと言えます。また、エンジンの騒音を抑えられるという特徴もあります。

### 宇宙に行くにはどうしよう？

空を飛ぶには便利なジェットエンジンですが、宇宙に行くとなると話は別です。宇宙空間には、地球上とは違い大気が無いいため、燃焼に必要な空気（酸素）をエンジン内に取り

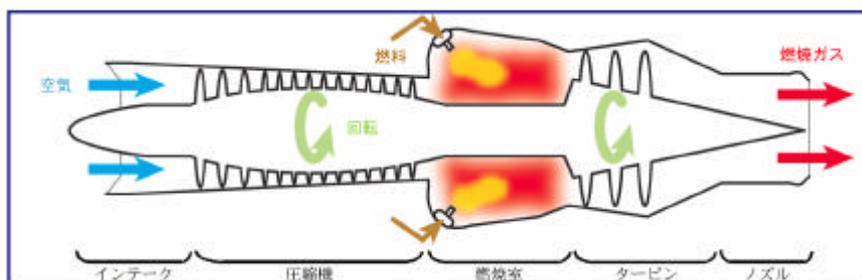


図1 ジェットエンジン

込むことができません。そこで、燃料の他に酸化剤も機体に積み込む必要があります。宇宙に人工衛星などを運ぶのに使われているロケットには、燃料と酸化剤が積まれているわけです。

ロケットには、固体燃料を使用する物と液体燃料を使用する物があります(図3)。固体燃料ロケットは、構造は単純ですが、ロケット全体が燃焼室となるため、機体全体に高い圧力が加わってしまいます。そのため、ロケットのケーシング(殻)が厚くなり、重くなってしまいます。これに対して液体燃料ロケットは、配管が多くて複雑なため、設計や取り扱いは難しくなりますが、高圧になる部分(燃焼室)が小さいため、固体ロケットよりも重量を軽くすることができ、より多くの荷物を運べます。

### 空を飛ぶように宇宙へ行こう

現在、スペースシャトルの燃料タンク以外の部分が再使用されているのを除いて、宇宙へ行くために使われている機体は全て使い捨てされて



描画：谷 香一郎

図4 完全再使用型宇宙往還機(イメージ図)

います。この機体(ロケットなど)を1機造るには、大変コストがかかるため、誰もが気軽に宇宙へ行くことは、現在の段階では不可能です。そこで、飛行機のように飛び立ち、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)が考えられています(図4)。

宇宙往還機を実現するためには、新しいエンジンが必要です。宇宙に行くにはロケットエンジンが欠かせませんが、宇宙に行くまでの大気圏飛行中は、空気中の酸素を利用するエンジンを使用したほうがより効率的に加速が行えます。そこで、ロケットエンジンと空気中の酸素を利用するエンジンを組み合わせて、1つのエンジンとして作動する複合サイクルエンジンの研究が進められています。

### もっと速くへ

ロケットによって宇宙に出た後、衛星の軌道を変えたり、惑星間の飛行を

効率よく行うためのエンジンとして、イオンエンジンの研究が進められています。

イオンエンジンは、電力を使ってイオン(電気を帯びた原子)を高速で噴射して推進力を生み出します。推進力が小さいので地上からの打上げには使えませんが、噴射速度が普通のロケットの10倍以上となるため、燃料の消費は1/10以下で済みます。これにより、衛星に必要な機器類を余分に載せたり、燃料を余分に積んで衛星の寿命を延ばすことができます。また、普通のロケットでは燃料を使い切ってしまうような惑星間の飛行もできるようになります。

そう遠くない未来では、今後開発されるであろう様々なエンジンを搭載した機体で、気軽に宇宙旅行を楽しんでいるかもしれません。(広報室)

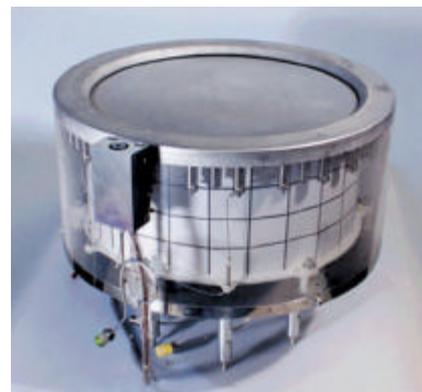


写真 イオンエンジン

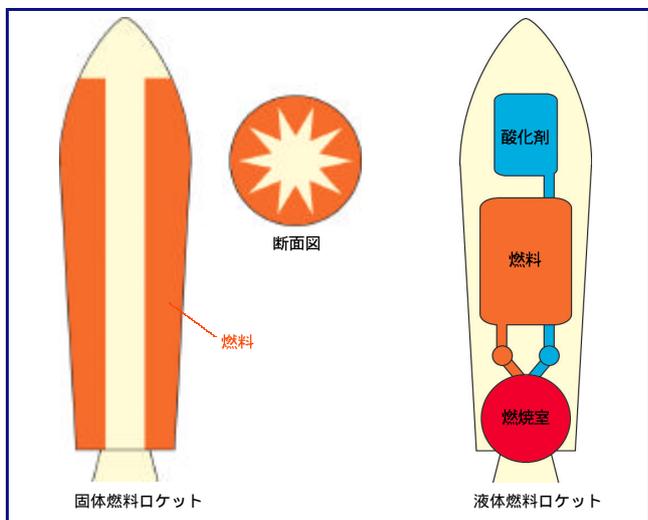


図3 ロケット燃料の種類

= 風に悩まされずに空の旅を =

# 風計測ライダ

## 飛行機事故につながる1つの要因

飛行機の事故には、乱気流などの風が関係していることが多々あります。過去の飛行機の事故を調べてみても、約半数の事故に風が関係しています。

現在運航されている旅客機は、気象レーダを必ず搭載しています。気象レーダを使えば、飛行方向の雨雲の様子を確認できるため、風の様子を予想することが可能です。しかし、晴天時には、気象レーダで風の様子を知ることはできません。飛行機の事故を減らすためには、晴天時に風の計測を行える、飛行機搭載型の機器の開発が必要と考えられます。

## 風計測ライダの原理

晴天時に風の計測を行える装置として、ライダが考えられます。ライダとは、光を使ってももの位置などを計測する装置のことです。

まず、前方に向かってレーザー光を発射します。発射されたレーザー光は、大気中に存在する細かい水滴やチリなど（エアロゾル）に当たり、散光します。散光後、ライダに向かって反射してきた光を受信する仕組みです（図）。レーザー光を発射してから反射光を受信するまでの時間から、エアロゾルの位置（反射位置）が分かります。また、レーザー光は一定の波長を持っており、その波長はぶつ

かるエアロゾルの速度（反射位置の風の速度）によって変化します。この変化を、ドップラーシフトと呼びます。このドップラーシフトの値から、反射位置の風の速度を知ることができます。

しかし、レーザー光は散光により弱まってしまうため、遠くの風の様子を知るためには、弱い光を確実に捕捉できなくてはなりません。また、レーザー光の波長によっては、人間の目に害を与える危険性があります。

## ライダを実機に乗せてみよう

風計測ライダは、地上設備として既に実用化されていますが、その外形寸法はとても大きく、飛行機にそのまま搭載することは困難です。当研究所では、風計測ライダの小型化を目指し、実験装置を試作しました（写真1）。

この装置は、従来の技術で作られた風計測ライダに比べ大変小さく、飛行機への搭載が可能です（写真2）。また、レーザー光の波長にはアイセイフティー・レーザーと呼ばれる1.5μm帯の赤外線を使用しており、人間の目に与える影響をなくしています。

9月18および20日に、試作した装置で前方の風を計測できるか確認するため、当研究所所有のビーチクラフト機に装置を搭載し、飛行試験を行いました。試験では、約1km先の風を

	本体	送受信望遠鏡
外形寸法 (mm)	450 × 400 × 430	120 × 120 × 400
重量 (kg)	46	5



写真1 風計測ライダ試験装置の概観



写真2 飛行機に搭載された風計測ライダの様子

計測でき、今回試作した風計測ライダの原理の有効性が確認できました。これほど小さなサイズの風計測ライダを小型機に搭載して計測を行ったのは、世界で初めてのことです。

## 今後も実用化を目指して研究を進めていきます

前方に乱気流などが発生していても、30秒前にパイロットがその情報を確認できれば、回避は可能だと考えられます。現在運航されている旅客機は、30秒で10km近く進むため、10km先まで計測可能なより高性能な装置を目指して開発を進めています。

将来、この風計測ライダが飛行機に搭載されることで、空の旅はより安全になることでしょう。

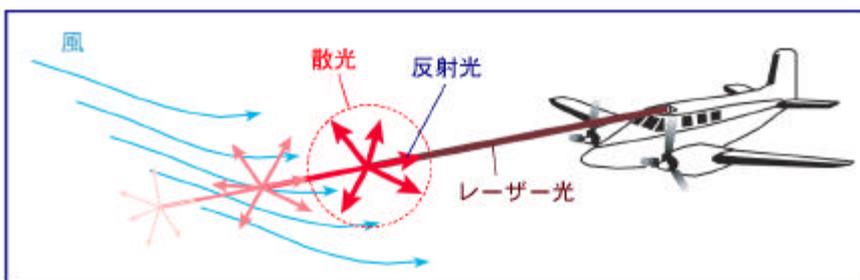


図 風計測ライダの原理

飛行システム研究センター  
井之口 浜木（取材協力）

# 平成14年度 航空安全・環境適合技術研究に関する研究報告会と研究交流会が開催された

当研究所主催の航空安全・環境適合技術研究（ASET：Aviation Safety and Environmental Compatibility Technology Research）の研究報告会と研究交流会が、平成14年10月2日（水）に航空会館で、100名を超える参加者を得て開催されました。

- (1) 研究報告会では、ASETの過去1年間の研究成果を中心に、概要報告と個別研究成果報告を行いました。個別報告では、実際に利用した試験装置の一部や、実験時の様子を示すビデオ展示・



Mr. J.Schumacherによる講演

ポスターセッションを今回初めて実施しました。参加者の興味のある課題に関して、直接研究者と話ができる場を設けたため、参加者から大好評を得ました。

- (2) 研究交流会は、「ヨーロッパの航空安全・環境適合技術」に関しての2件の講演をお願いしました。

「ヨーロッパにおける安全・環境行政 - JAAの役割とEASAの設立」国土交通省 航空局国際調査官 工藤正博氏

「Aviation Safety and Environment - Considerations by AIRBUS」 Airbus Senior Manager Mr. J. Schumacher

本交流会は文部科学省および国土交通省の後援を得て実施され、当研究所の戸田理事長の挨拶より始まり、2件の講演が行われました。ヨー



展示に見入る参加者

ロッパの航空安全行政の進め方に加え、現在ヨーロッパを代表する製造会社エアバスの安全・環境活動動向が示され、今後欧州との交流が増える中で、これらの情報は意義が高く、参加者は熱心に聴講、質疑を行いました。

## 問い合わせ先

航空安全・環境適合技術研究（ASET）事務局

渡辺 顯 梅澤 大輔

TEL 0422-40-3348

E-mail watanabe@nal.go.jp

# The World Space Congress 2002 展示会報告

宇宙関連の一大イベントであるThe World Space Congress 2002の展示会が、平成14年10月14日（月）～19日（土）の6日間にわたって、米国テキサス州ヒューストンコンベン



ションセンターにおいて開催されました。

当研究所と宇宙科学研究所および宇宙開発事業団は、共同でJAPANブースを形成し、当研究所からは、成層圏プラットフォーム飛行船システム模型をはじめ、イオンエンジン試作品、複合サイクルエンジンシステム模型等を展示しました。また折り紙の作成実演などを行い、日本文化の紹介も行いました。

この展示会は国際会議と並行して行われたため、来場者は専門家、学



生や関連メーカーが殆どでしたが、パブリックデーの終わりの2日間には子供を連れた家族での来場者も多く見られ、最終的には2万人を超える人が会場を訪れました。

# 構造材料研究交流会のお知らせ

当研究所構造材料研究センターでは、従来から航空宇宙機構造に関する材料、設計、試験等の技術研究開発に力を注いできました。しかし、独立行政法人としてこれらの基盤技術をさらに発展させ、研究要請に応えるべく成果を適切に応用するためには、産学官の皆様との研究協力や交流に今後いっそうの拍車をかける必要があります。

そこで、取り巻く技術研究環境に柔軟に対応し、永続的に発展できる研究開発体制の一端として本研究交流会を計画いたしました。当研究センターの研究活動および成果を皆様に広く公開し、さらには皆様方からの研究紹介を含め、航空宇宙機構造に関する技術課題について一堂に会して議論を深めていただき、今後の構造技術への展開を積極的に行っていきたいと考えております。

皆様お誘いあわせの上、本研究交流会への多数のご参加をお待ちしております。

**主催** 独立行政法人 航空宇宙技術研究所 構造材料研究センター

**日時** 平成15年1月17日(金) 10:00~18:00

**会場** 航空宇宙技術研究所 調布飛行場支所 研究総合C1号館 4階大会議室  
〔〒181-0015 東京都三鷹市大沢6-13-1〕

**参加費** 無料

ご出席の申込みに制限はありませんが、会場準備の都合上、平成15年1月10日(金)までに下記問い合わせ先までFAXまたはE-mailにて、お知らせいただければ幸いです。

**懇親会** 1,000円 18:00より(予定)

## プログラム

10:00	開会の挨拶	15:00	休憩
10:10	<b>総合講演</b> 航技研における構造材料研究と技術移転課題 上田哲彦(構造材料研究センター長)	15:10	革新材料グループにおける最近の研究展開 薄 一平(革新材料グループ)
10:50	<b>特別講演</b> The FAA's Crashworthiness Research Gary Frings (FAA William J. Hughes Technical Center) Program, Past, Present and Future	15:40	雪氷滑走路面摩擦係数測定装置の開発 甲斐高志(飛行荷重グループ)
11:50	昼食	16:10	人工衛星構造設計に於ける諸問題について 世古博巳(三菱電機株式会社)
13:00	航空機胴体構造の耐衝撃性に関する研究状況について 熊倉郁夫(構造健全性グループ) 片山範明(川崎重工業株式会社)	16:40	休憩
13:30	MHIにおける空力弾性関連研究開発状況について 山口仁志(三菱重工業株式会社)	16:50	<b>特別講演</b> 航空機安全性向上技術等に関する動向 台木一成(国土交通省航空局技術部)
14:00	宇宙往還機ホットセクション結合部の熱伝達特性評価 佐藤 裕(耐熱構造グループ)	17:50	閉会の挨拶
14:30	航空宇宙機構造に対する信頼性解析の適用 伊藤誠一(実機強度グループ)	18:00	懇親会

### お問い合わせ先

構造材料研究センター 実機強度グループ  
伊藤 誠一

TEL 0422-40-3567 FAX 0422-40-3376

E-mail koryukai@nal.go.jp



### 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11月発行 No.524

© 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

古紙配合率100%再生紙を使用しています