

## なる

4

No.493  
APRIL:2000

## [TOPICS]

多目的実証実験機が完成

## [研究スポット]

航空機搭載用超音波風速計の開発と  
環境観測飛行試験への応用

## [SSTプロジェクト研究]

温度計測センサの環境試験実施

## [世界の窓から]

[大型研究施設設備]



写真 MuPAL-ε (P.2)

# TOPICS

## 多目的実証実験機が完成

当研究所では、航空機の誘導制御、ヒューマンファクタなどに関するさまざまな先進的航空技術を実飛行環境下で実証するための実験用航空機として、多目的実証実験機MuPAL（ミューパル：Multi-Purpose Aviation Laboratory）の開発を進めてきました。この度、飛行機を母機とするMuPAL- とヘリコプタを母機とするMuPAL- がそろって完成し、調布飛行場分室に納入されました。



飛行研究部  
増位 和也  
E-mail: masu@nal.go.jp



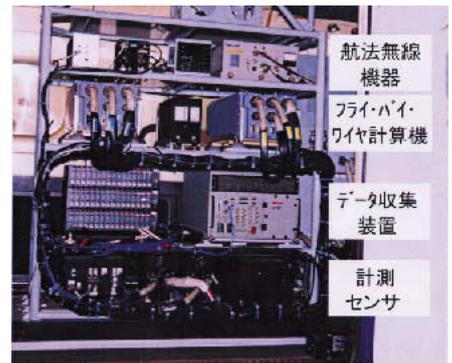
Multi Purpose Aviation Laboratory

MuPAL- は、さまざまな航空機の運動を模擬する能力を持つインフライト・シミュレータです。双発ターボプロップ機ドルニエDo228-200型を母機とし、データ計測システムの他、以下の実験装置を搭載しています。

**フライ・バイ・ワイヤ操縦システム** - モデル機の運動を模擬するのに必要な操作量を計算し、電気信号で母機の舵面やエンジンを制御すると同時に、パイロットにモデル機の飛行状態を表示します。パイロットはあたかもモデル機を操縦しているかのように感じることができます。

**直接揚力制御システム** - 正確な運動模擬のため、着陸フラップの後部を新たな舵面として動かし、主翼の揚力を直接変化させます。

**セカンド・コックピット** - 客室内に設けた実験用操縦席で、コンピューター・グラフィックスで描かれた外視界や計器を見ながら操縦します。機体運動に対する体感を変えるため、設置位置を前後に移動できます。上空での模擬着陸実験の他、統合計器や人工視界の評価などに用います。



MuPAL- 機内の様子



MuPAL- (アルファ)

MuPAL- は、空港周辺の騒音低減を図りつつ航空機を効率的に運航するための新しい着陸進入方式の飛行実証、突風や機体故障に遭遇した場合の安全確保、航空機搭載用機器の実用化試験など、幅広い分野での活躍が期待されています。



飛行システム  
総合研究グループ  
奥野 善則  
E-mail:okuno@nalgo.jp



ヘリコプタは狭い場所でも離発着できるという特長を持ちますが、都市部での交通手段として定着させるためには、地上への騒音や天候不良時の就航率の悪さなど、いくつかの解決すべき課題があります。MuPAL- はこのような研究テーマに取り組むために新しく導入された実験用ヘリコプタで、我が国初の純国産民間ヘリコプタである三菱重工製MH2000A型機を母機とし、以下のような機能を有する実験装置を搭載しています。

**計測システム** - 100項目以上に及ぶヘリコプタの飛行状態を正確に計測し、機上で記録・モニタしたり地上へデータを送信することができます。

**コックピット表示システム** - 計器板上のモニタ装置にさまざまな情報を表示します。高性能なグラフィック・ワークステーションにより、地形を3次的に表示することも可能です。

**可変安定システム** - 自動安定装置のソフトウェアの変更により、飛行安定性を変えることができます。ただし、MuPAL- とは異なり、母機の操縦システムをそのまま用いているため、限られた範囲内での可変安定になります。

**外視界記録システム** - コックピットからの前方視界、および床面のカメラ穴からの下方視界を記録できます。画像処理技術を応用した航法に関する研究などを行う予定です。



MuPAL- 機内の様子



MuPAL- (イプシロン)

これら各システムは有機的に結合され、ヘリコプタの航法、パイロット・インターフェースなどに関するさまざまな飛行実験に柔軟に対応することができます。固定翼機のMuPAL- とともに、航空機の飛行安全・環境適合技術の向上に寄与することが期待されます。

TOPICS

飛行研究部  
矢澤 健司  
E-mail:yazawa@nal.go.jp



当研究所では、高精度の風観測に供するため、航空機搭載用超音波風速計の研究開発を行ってきました(写真1)。現在、国立環境研究所と共同で環境観測飛行試験を行っており、森林や湿地帯上空の温室効果ガスのフラックス(吸収/排出量)を航空機により直接測定するシステムの開発を目指しています。フラックスを測るためには、三次元風速を正確に測る必要があり、従来の五孔ピトー管や矢羽式風向計では十分な精度が得られませんでした。今回開発した超音波風速計は、精度が良く、応答性が早いという特徴を持つので、航空機の迎角、横滑り角及び速度応答や大気の流れを計測できます。さらに、大気の流れと密接に関連する温度の計測もできます。

風速は、航空機の慣性速度から対気速度を差し引くことによって得られます。

慣性速度は慣性航法装置のドリフトを除くためにGPSを組み合わせたGPS複合航法システムを構築することにより、0.1 m/s ~ 1m/s 程度の精度が得られます。一方、対気速度は超音波風速計と慣性航

法装置の角度データから地球座標に変換して求めます。

実験用航空機(B-65)で測定した風速データを検証するために京都大学超高層電波研究所の信楽MULレーダと比較した結果を図1に示します。

これから、垂直風速が0.1m/s、水平風速が1~2m/sの精度で求められることが分かりました。

超音波風速計を航空機に搭載するために、高速性能を改良した新しいセンサーを製作して、当研究所の遷音速風洞で実験を行い、気圧50kPa(高度5500m)の条件下でマッハ0.284(真大気速度96.1m/s)を確認しました。これは最高速度60m/sまで観測可能な気象観測用超音波風速計に比べ、約60%の性能向上を意味します。

これらの結果から、B-65機のほぼ全飛行領域に適用できることが分かりました。

写真2は遷音速風洞で実験中の新しい超音波風速計です。超音波風速計は低速の直線性が特に優れているため、当研究所が導入した実験用ヘリコプタに搭載する予定で、飛行船等への応用も有望であると考えています。



写真1 ノーズブームに超音波風速計を搭載した実験用航空機(B-65)



写真2 遷音速風洞で試験中の超音波風速計

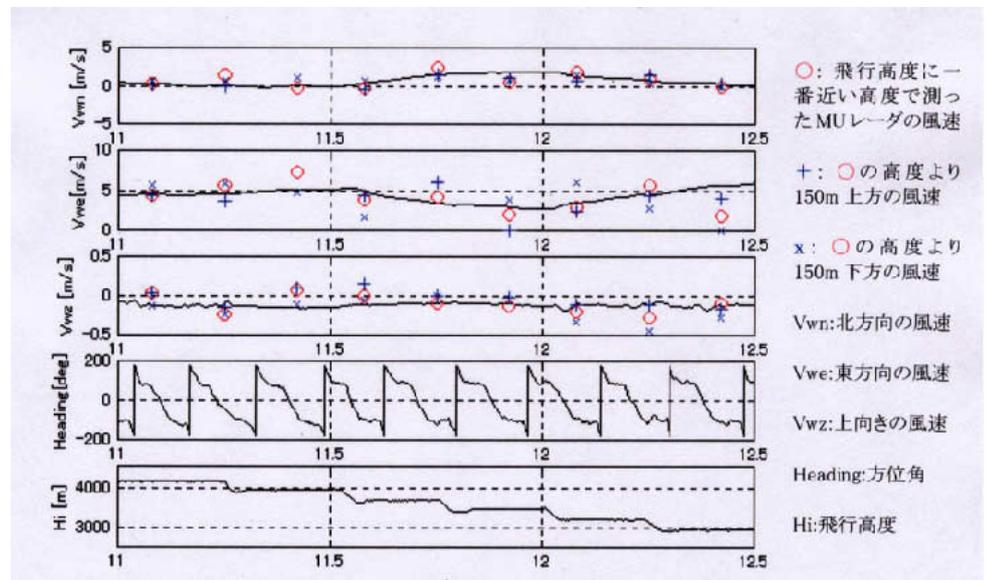


図1 MULレーダと航空機に搭載した超音波風速計で測った風速の比較(風速は600secのLowpass filter適用)

# SSTプロジェクト研究

## 温度計測センサの環境試験実施

次世代航空機  
プロジェクト推進センター  
松嶋正道  
E-mail: ikataro@nal.go.jp



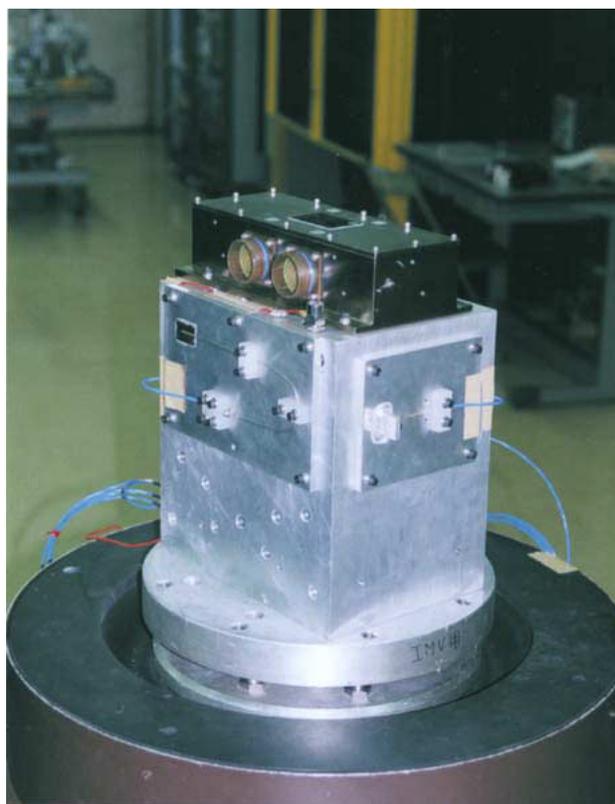
平成 13年度に予定されている小型超音速実験機（ロケット打ち上げによる無推力実験機。以下「ロケット実験機」という。）の飛行実験に向けて、維持設計、機体製作及び搭載装備品の製作が順調に進められています。飛行実験では、ロケット実験機の飛行中の翼や胴体表面及び内部の温度計測が重要な計測課題の一つとなっています。温度計測には信頼性が高く、広い計測範囲を持ち、精度の良い熱電対型センサの使用を計画しています。

熱電対型センサは、異種金属間に発生する起電力（数ミリボルト）を用いています。ロケット実験機には約 70 点の温度センサを設置し、多点温度計測を行います。また熱電対型センサによる正確な温度計測を行う場合には、基準となる摂氏 0 度の環境で測定する零点補償を行う必要があるため、小型・高性能の冷接点基準装置（センサ出力を補償するための基準温度を計測）も搭載します。

これらの機器が飛行実験において確実に機能を発揮できることを確認するために、温度センサ及び冷接点基準装置の環境試験を実施しました。この環境試験は要求される温度、湿度、高度、振動、衝撃に対する性能を確認するためのものです。

試験は振動試験機に温度センサ及び冷接点基準装置をアルミブロックの治具を介して取り付け、飛行中に遭遇すると予想される振動を加え、温度センサ等がこの振動に耐えられることを確認しました（写真）。

また他の環境試験についても実施した結果、すべて良好であることを確認しました。



写真：温度センサ振動試験の様子

## エメラルドネックレスの町 クリーブランド

計算科学研究部

高木 亮治

E-mail:ryc@nal.go.jp



科学技術庁の在外研究員として、アメリカ合衆国オハイオ州クリーブランドにあるNASA Glenn研究所に 1年間滞在しました。この研究所は、もともとNASA Lewis研究所と呼ばれていたのですが、アメリカで初めて有人軌道飛行を行った偉大なジョン・グレン宇宙飛行士を記念して名前がNASA John H Glenn Research Center at Lewis Fieldと変更されました。

オハイオ州は航空宇宙分野で有名で、航空分野ではライト兄弟、宇宙分野では前述のグレン宇宙飛行士を始め、アポロ1号のルイ・アームストロング船長など数多くの宇宙飛行士を輩出しています。

クリーブランドは五大湖の一つであるエリー湖の南岸にあり、冬は寒いのですが夏は過ごしやすく非常に快適な気候です。ここは町を囲むように川が流れていて、しかもその川の両岸に公園が整備されているため、地元の人々はエメラルドネックレス（それらの公園が緑のネックレスの様に町を取り巻いているため）と呼んでいます。

私が住んだ所はクリーブランド中心部から車で20分ほどの郊外の町で、エリー湖をはじめとして周りには沢山の公園があります。

そのため公園、特にエリー湖にはよく遊びに行きました。夏には海水浴ならぬ湖水浴もでき、更にはクリーブランドオーケストラのコンサートが野外ホールで行われるため気軽に聴きに行けます。ホールの周りの芝生席に場所を確保し、開演まではピクニック気分でちょっと早い夕食。

演奏が始まる頃には辺りは暗くなり、満天の星空の下に寝そべったまま音楽を堪能できます。まさに真夏の夜の夢のような気分でした。

写真はよく行った公園での一枚で、なぜか凧あげをしているところです。

またこの坂は冬に雪が降るとそり遊びができ、子供たちに混じって大人も一緒にそり遊びを楽しんでいました。

この冬は暖冬だったそうですが、それでも公園の中を流れる川が寒さで大人が乗っても大丈夫なほど凍り、川の上での散歩も楽しめました。

一年を通じてこちらの生活を体験し、ここ恵まれた自然があり、それら自然に囲まれて人々は人生を楽しんでいるといった印象を受けました。

最後になりましたが、今回の在外研究にあたり色々とお世話になりました方々にこの場をお借りして心よりお礼を申し上げます。



近くの公園で凧あげ

## 超音速エンジン試験施設の整備

航空エンジン研究部  
柳 良二  
E-mail: yanag@nal.go.jp



当研究所では、次世代超音速機（SST）の実現に向けて、小型超音速ジェット実験機（以下ジェット実験機）の飛行試験を計画しています。この施設は、ジェット実験機に搭載する超音速エンジンを試験するための施設です（図）。ジェット実験機は、高空を超音速で飛行するため、エンジンの試験も同じ環境で試験する必要があります。この施設では、低圧排気装置で円筒形の低圧試験タンクを高空と同じ気圧にして、その中でエンジンの試験をすることにより、飛行中と同じ条件で性能や特性が調べられます。

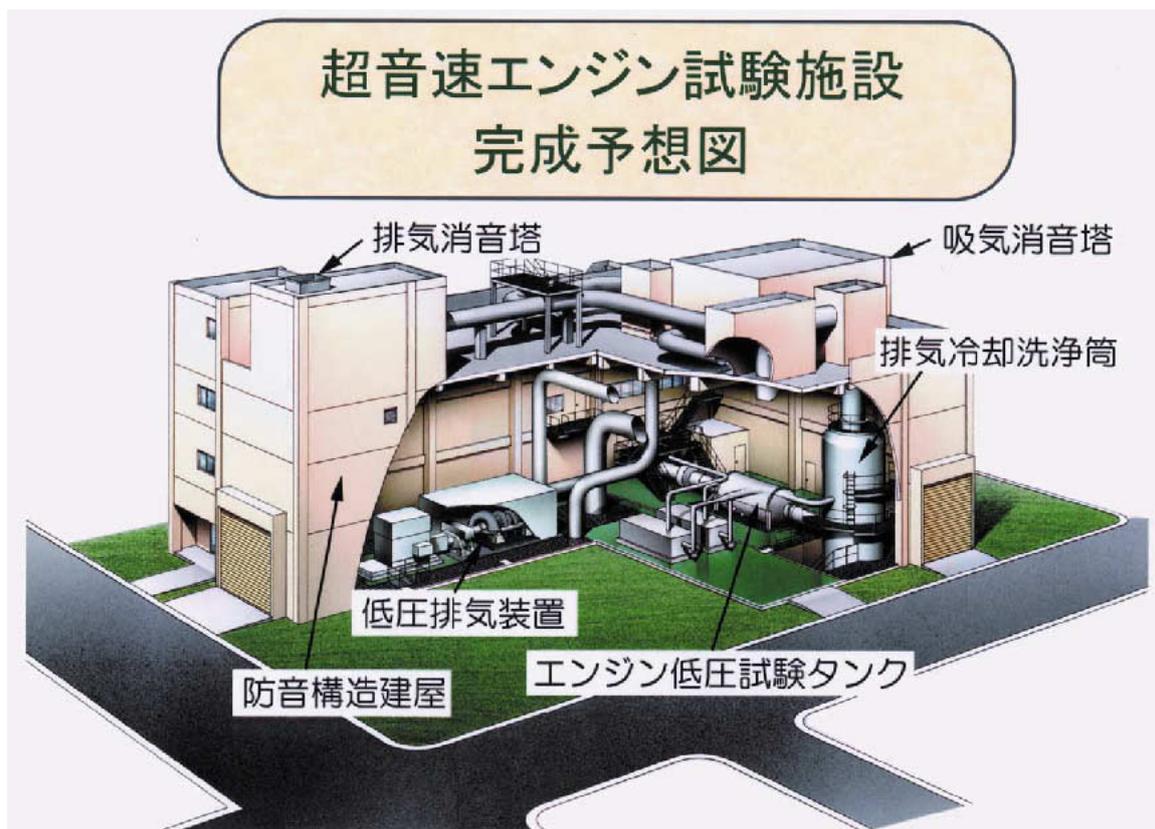
超音速で飛行している条件においては、エンジンに入ってくる空気は空気取り入れ口で圧縮され、圧力と温度が上昇します。飛行試験高度 15km をマッハ数 1.7 で飛行している時には、エンジンに流入する空気の温度は 120℃、圧力は 0.9気圧になります。

空気の圧力と温度を上げるために、吸気消音塔から入ってくる空気を電気ヒータで加熱し、調圧装置で圧力を調整した後、エンジンに供給します。

エンジンの排気ジェットは高温なので排気冷却洗浄筒に入り、循環型の噴霧水により冷却されるとともに、エンジンの排気ジェット中に含まれる煤（すす）を浄化して除去し、冷却された排気ジェットは低圧排気装置で大気圧まで圧縮され、排気消音塔から排出されます。

エンジンからの騒音を外部に漏らさないように、建物の内壁は全て吸音材で覆い、シャッターも2重構造にし、周囲の環境に配慮した設計にしています。

この施設は平成 9年度から建設が始まり、平成 12年度中に完成し、エンジン試験を開始する予定です。



## 東京エアロスペース2000が 開催される

平成 12年 3月 22日 水 から 3月 26日 日 まで、2000年 国際航空宇宙展 (東京エアロスペース 2000) が開催され、航空宇宙関連の研究所や企業などが多数出展しました。

当研究所からは次世代超音速機 (SST) 開発のための飛行実験を 3次元シアターにて上映し、また飛行実験機や宇宙往還技術試験機 (HOPE-X) の模型などを出展しました。

展示会全体では、1万人を越える入場者があり、このうち 14000人を越える来場者が当研究所の展示を見学しました。



企画室 小河昭夫

E-mail: [oakic@nal.go.jp](mailto:oakic@nal.go.jp)

# SHORT CUT

## 月面軟着陸技術検証のため FTB 試験を実施



平成 12年 3月、北海道大樹町の多目的航空公園において、宇宙開発事業団との共同研究に基づき月面軟着陸技術検証用フライングテストベッド (FTB) 試験に参画・実施しました。この試験は、将来の月面探査に必要となる軟着陸技術の確立が目的です。

今回の試験では、クレーンで吊り下げた状態で垂直上昇・降下、ホバリング、水平方向移動などの基本的な動作を確認しました。今後は、クレーン吊り下げ状態での機能確認、ヘリコプタ吊り下げ飛行による無線装置の確認を経て、最終的には吊り下げワイヤをはずして、上昇と降下飛行が可能であることを確認する計画です。

革新宇宙プロジェクト推進センター

E-mail: [matumoto@nal.go.jp](mailto:matumoto@nal.go.jp)

### 表紙の写真 . . . . .

当研究所では、先進的航空技術の研究を進めるため、MH2000 A型機を母機とする、MuPAL- (2ページ参照)を導入しました。MuPAL- は、ヘリコプタの航法や制御などに関する研究を行うための実験用システムを搭載しています。機体にペイントされたデザインは、ロータブレードの動きをモチーフにして、実験機としての高精度感をイメージしています。

### 編集後記 . . . . .

子供の頃、どこまでも続く広大な青空を鳥になって飛び回ることが夢でした。無事人間の大人に成長してしまった今、鳥になる夢は断たれましたが、子供の頃と同じ夢を見た (かもしれない)人々が集うこの場所で『なる』作成の仕事に携われることを本当に嬉しく思います。今までの『なる』に負けないよう精一杯頑張りますので、よろしくお願いします。(桜の見える仕事場より . . . Y)