

# 空と宙

そらとそら  
**Jan./Feb.**  
**2005**  
**No.003**

## 宇宙基盤技術の構築

総合技術研究本部（ISTA）の宇宙領域の業務は、先行研究→試作試験あるいは宇宙での実証→蓄積した基盤技術によるプロジェクト協力→運用段階におけるデータ評価→先行研究への反映、というサイクルで表すことができます。宇宙領域における最近の主要業務を以下に紹介します。

### (1) プロジェクト協力

H-II A ロケットの打上げ再開および信頼性向上に向けて、改良型固体ロケットブースタのノズル内部流3次元数値流体解析、同ブースタのノズル用複合材料の評価・解析、第1段主エンジンターボポンプのインデューサ可視化試験、第2段エンジン水素ミキサーサブスケール試験等を行いました。

衛星に関しては、「みどりII」の運用停止の原因になった太陽電池パドルハーネスの放電試験を実施して原因究明および検証で大きな成果を挙げています。また、テレメトリデータをもとにパドル張力調整機構の挙動解析や姿勢擾乱解析等、広範な分野で参加しております。更に、現在開発中の衛星について実施した総点検においては、各専門グループが最優先の課題として取り組みました。

これらの活動により、プロジェクトの確かさの向上および効率的な推進に資するよう努めています。

### (2) 技術基盤の維持・強化

宇宙機の基盤を成す重要部品の研究開発、認定部品の品質維持、認定制度の改善および部品データベースの整備・利用促進を行いました。このデータベースには、国内外の宇宙機関・企業から予想を越える頻度のアクセスがあり、極めて活発に利用されております。

また、わが国の宇宙開発の自律性を確保するために、以下の研究開発に取り組んでいます。

#### ①誘導制御系機器

宇宙機の頭脳部である制御系については、高精度化、小型軽量化および高信頼性化をはかり国際競争力を有する技術の確立を目指しております。

#### ②電源系機器

軽量化、長寿命化、高効率化および高信頼性化をはかることにより世界に誇れる技術の確立を目指しております。電源系の不具合の背後にある問題を探り、信頼性の高い電源サブシステムの研究を進めています。

#### ③衛星推進系機器

衛星推進系の要は稼働部分を持つ機器の高信頼性化です。このため1液式スラスタのロバスト化、バルブの信頼性向上および2液式エンジン/スラスタの評価技術の確立を行っております。

#### ④その他の重要な機器等

ミッションの高度化（高精度化等）に伴って必要になる搭載用大容量記憶装置や高速データ処理装置、宇宙環境を正確に把握するための宇宙環境計測センサー等の研究開発を進めております。

#### ⑤宇宙実証システム

小型衛星を開発し、このシステムを利用して開発した機器の宇宙実証を進めています。

### (3) 先行研究

将来の宇宙開発をより一層効果的・効率的に推進するため、下記の先進的な技術やシステムの先行研究を実施しております。

①宇宙エネルギー利用システムの研究、②将来輸送系の研究、③再使用型輸送系の研究、④軌道上サービス/回収の研究、⑤月・惑星探査技術の研究

### (4) おわりに

ISTAの宇宙領域の業務については、現在でも国内産学官の関係者より多大なご協力を頂いておりますが、今後の宇宙開発を発展させるためには、関係者の力をより一層結集することが不可欠です。今後ともご協力・ご支援をよろしくお願い申し上げます。



宇宙技術統括  
 渡邊 篤太郎

# 国際宇宙ステーションにおける 微小粒子捕獲実験および材料曝露実験

マテリアル・機構技術グループでは、国際宇宙ステーション（ISS：International Space Station）の早期利用を実現した宇宙実証試験の一つとして、微小粒子捕獲実験および材料曝露実験（MPAC&SEED実験：Micro-Particles Capturer and Space Environment Exposure Device実験）を進めています。MPAC&SEED実験は、ISSのロシアサービスモジュール（SM：Service Module）および「きぼう」（JEM：Japanese Experiment Module）の2ヶ所で実施します（図1）。



マテリアル・機構技術グループ  
（左より）宮崎英治、今川吉郎、  
井上利彦、石澤淳一郎、  
マイケル・J・ニーシュ

## 実験目的および搭載試料

微小粒子捕獲実験（MPAC実験）は、スペースデブリ、マイクロメテオロイドといった宇宙空間に存在する微小粒子を捕獲し、その起源や存在、分布量を把握することを目的としています。この実験で搭載している試料は、微小粒子を破壊することなく捕獲し、微小粒子の成分、飛来方向および衝突エネルギーを計測するためのシリカエアロジェルや微小粒子衝突頻度計測用金属板等で構成しています。

また、材料曝露実験（SEED実験）は、宇宙機用部品・材料の耐宇宙環境性評価、劣化メカニズムの解析を目的としています。さらに、近年影響が重要視され始めたコンタミネーションの分析も行っています。SM/SEED実験は、大学、研究機関、宇宙機メーカー（合計：7機関）が提案し選定された試料（宇宙用固体潤滑剤、熱制御フィルム、構造材料等、23種類）で構成しています。JEM/SEED実験に使用する試料は、2007年打上げに向けて、2005年度より選定作業を開始する予定です。

## 実験および解析

SM/MPAC&SEED実験は、2001年10月15日から同一の試料構成の実験装置3式で曝露実験を開始しました。2002年8月26日に1式目、2004年2月27日に2式目の実験装置を回収しました。2005年夏には、3式目を回収する予定です。

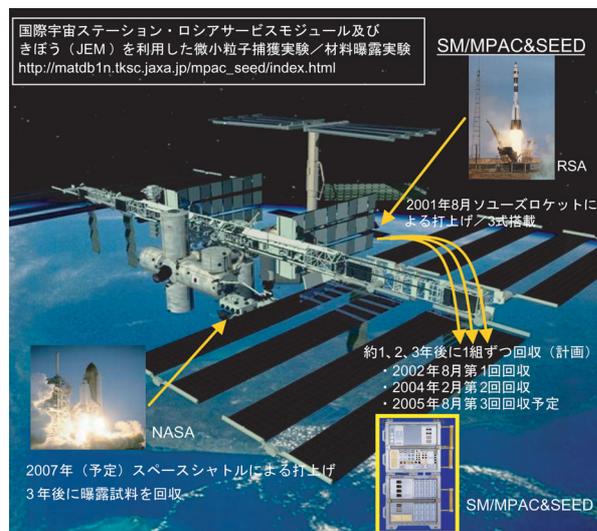
SM/SEED実験1式目回収試料の評価解析結果は、2004年3月の第1回中間報告会で報告し、内外の関係者による活発な討議が行われました。SM/MPAC実験の評価解析結果は、学会等において報告しています。成果の一例として、SM/MPAC実験のシリカエアロジェルで捕獲した直径数十 $\mu$ mの衝突粒子および衝突孔の観察結果を図2に示します。2式目回収試料は、熱光学特性等の試料共通の評価解析をJAXAで終え、各試料提案機関による各試料固有の評価解析を行っています。

## 今後の予定

今年度末には2式目回収試料の評価解析結果を報告する第2回中間報告会、2006年には全3式の回収試料の評価解析結果を総括した最終報告会をそれぞれ開催し、実験の成果を報告する予定です。これらの新たに得られた知見はデータベース化し、今後の宇宙機の信頼性向上に大きく寄与できる貴重なデータとなります。

## MPAC&SEED実験ホームページ

[http://matdb1n.tksc.jaxa.jp/mpac\\_seed](http://matdb1n.tksc.jaxa.jp/mpac_seed)



SM：Service Module  
JEM：Japanese Experiment Module  
MPAC&SEED：Micro-Particles Capturer & Space Environment Exposure Device

図1 MPAC&SEED実験概要

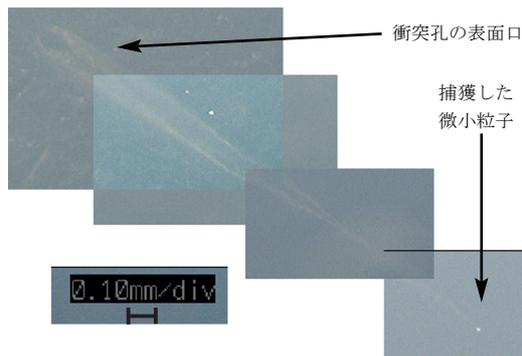


図2 シリカエアロジェル上に観察された代表的な衝突孔および微小粒子

# 火炎の本質を理解し、環境に優しい燃焼を

## -希薄予混合火炎の研究-

航空機のエンジンから排出される排気ガスには、窒素酸化物（NOx）や二酸化炭素（CO2）等の物質が含まれています。環境の観点から、これらの物質の排出を減らすことが重要と考えられており、ISTAでもそのための研究を進めています。

NOxやCO2を減らすためには、エンジン燃焼室内の現象について研究する必要があります。そこで、燃焼の基本である火炎に関して様々な計測を行っています。

### 希薄予混合燃焼方式

NOxの低減に適した燃焼方式として、希薄予混合燃焼方式が考えられます。NOxは、燃焼ガスの温度が高いほど大量に発生します。従って、燃焼ガスの温度を下げるための工夫が必要となります。ただし、単純に温度を下げて不燃燃焼を招いたのでは意味がありません。希薄予混合燃焼方式とは、少なめの燃料を空気と予め混合してから燃焼を行う方式のことで、完全燃焼を維持しつつ、燃焼ガス温度を低く抑えることができます。しかし、炎が吹き消えてしまったり、逆に混合室までさかのぼったり、燃焼室で共鳴する強い振動が発生したり、と不安定な現象を起こしやすいことが問題となっています。

火炎の安定性を調べるには、火炎がどのように形成されているのか、そのメカニズムを明確にする必要があります。予混合方式では、火炎自身がある速度で伝播するという特徴があります。火炎の伝播する速度と混合ガスの噴出する速度とが釣り合う位置に火炎は保持されます。バーナの上方に浮き上がって保持されているこの火炎（図1）が、今回の研究対象です。



図1 浮き上がり火炎

### 本質の解明と計測法の確立

「この火炎を研究する目的はいくつかあります。最も関心があるのは、旋回や乱れを変化させることで火炎がどう振舞うのか、という本質の部分をつき詰めることです」と立花は言います。実験には、Low-Swirl Burner (LSB) を使用しました。LSBは、旋回強さの調整によって安定した希薄予混合火炎を形成することができることで知られるバーナです。今回は、このバーナの安定性能に関わる火炎バウンド現象の発生メカニズムについて調べました。その結果、火炎の浮き上がり高さとはバウンド現象の発生との間に、強い相関があることが見つかりました（図2）。

また、より高度な情報の取得を目的として、先進的なレーザ計測技術の研究も同時に行っています。流れ

場を計測する Particle Image Velocimetry (PIV：粒子画像流速測定法) と、燃焼反応によって生じる化学種の濃度分布を計測する Planar Laser Induced Fluorescence (PLIF：平面レーザ誘起蛍光) という二つのレーザ計測法を組み合わせました研究です（図3）。

既燃ガスは温度が高いので、その平均流速は、熱膨張の効果によって未燃ガスより上回ると考えがちです。しかし、乱れが強くなると、その傾向が逆転することがあります。この現象は燃焼流の性質として重要視されており、今回の計測により、逆転現象がどのような条件で起こるのか確認することができました。

### 今後の研究

火炎のバウンド現象は、バーナから放出される渦が火炎に作用することで引き起こされると考えられています。現在は、PIV/PLIF同時計測法に代表される高度なレーザ計測技術を用いて、渦と火炎との相互干渉がどのように起こっているのか、詳細なメカニズムを明らかにする研究を進めています。（広報係）



エンジン試験技術開発センター  
（左より）立花繁、Laurent Zimmer

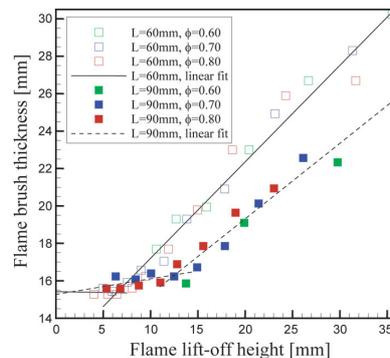


図2 火炎領域の厚みと浮き上がり高さの関係  
右肩上がりの傾向は、火炎が浮き上がるにつれてバウンドが大きくなることを示しています。

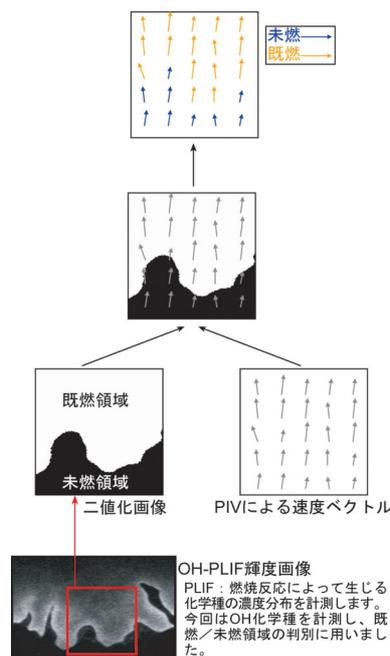


図3 PIV/OH-PLIF同時計測法の研究

# 航空機搭載型乱気流検知システムの研究開発

## —ヘリコプタへの応用—

研究担当  
航空安全技術開発センター

乱気流は航空機事故の主要因の一つです。最近10年間に国内で発生した旅客機の死傷事故を例にとると、その過半数が乱気流に起因しています。乱気流にはさまざまな種類がありますが、特に晴天乱気流（Clear Air Turbulence）と呼ばれるものは従来の技術では検知や予測が困難なため、航空機にとって最も危険な乱気流の一つとされています。JAXAではレーザ光を用いてこの晴天乱気流を検知するライダというセンサの開発を進めており、世界で初めて小型飛行機にも搭載可能なサイズと重量でおよそ1km前方の気流を計測するシステムを開発しました。今回は、このライダの技術をヘリコプタに応用するための研究について紹介します。

### ヘリコプタの対気速度センサの課題

ヘリコプタは空中で静止（ホバリング）することができますが、ホバリング中に強い横風や背風を受けると危険な状態に陥る可能性があります。ヘリコプタの対気速度センサは飛行機と同じピトー管ですが、低速飛行時（例えば時速60km程度以下）では正しい速度を測ることができず、また横風成分を測ることもできません。ホバリング中はパイロットの経験に基づく判断によって風に対する安全を確保しているというのが現状です。

また、ヘリコプタは、山で遭難した人を救助したり、高層ビルの屋上ヘリポートに離着陸したりすることができますが、これらの場所では飛行機では遭遇することがないような局所的な強い乱気流が発生することがあります。このような場合に、パイロットに周辺の気流の様子を知らせることができれば、より安全に飛行を行うことが可能になります。

### ヘリコプタによるライダの評価試験

飛行機用に比べて局所的な乱気流をより細かく計測できるライダをヘリコプタに搭載し、その機能・性能を評価するための飛行試験を2004年10月に実施しました。この試験では、ライダで計測した対気速度とGPSで計測した対地速度から機体前方の風速分布を計算し、パイロットに表示するシステムの評価も行いました（図）。

このライダの特長として、①機外に搭載する光学部と機内に搭載する機器部が分離できるため、レイアウトの自由度が高く小型機にも搭載可能、②パルス式のレーザによって空間分解能30m程度で風速分布を計測可能、③肉眼で直視しても人体への影響が

ない赤外レーザ（波長 $1.5\mu\text{m}$ ）を用いているため地上付近でも使用可能、などがあげられます。

今回の試験により、低速飛行中の対気速度や、横風や背風時を含む風速を精度よく計測できることが実証できました。一方で、局所的な乱気流をより詳しく計測するためには、動作速度の向上等、ヘリコプタでの利用に最適化した設計が必要なことも明らかになりました。ヘリコプタ用として実用化するためには、さらに小型化、低コスト化を図ることも課題となります。なお、本研究は三菱電機（株）との共同研究として実施しています。

### 今後の計画

JAXAでは小型航空機を用いた次世代運航システムDREAMS (Distributed and Revolutionary Efficient Air-safety Management System) の研究開発構想を提案しており、安全かつ利便性の高い航空交通システムの実現を目指しています。乱気流検知システムもこの一環として実用化に向けた研究を進める予定です。



図 実験用ヘリコプタへの風計測用ライダの搭載とパイロットへの表示の例

### 発行

宇宙航空研究開発機構 総合技術研究本部  
東京都調布市深大寺東町7丁目44番地1 〒182-8522  
平成17年1月発行 No.003

© 禁無断複写転載「空と宙」からの複写、もしくは転載を希望される場合は、業務課広報係までご連絡ください。

電話：0422 (40) 3000 FAX：0422 (40) 3281

ISTA ホームページ <http://www.ista.jaxa.jp/>