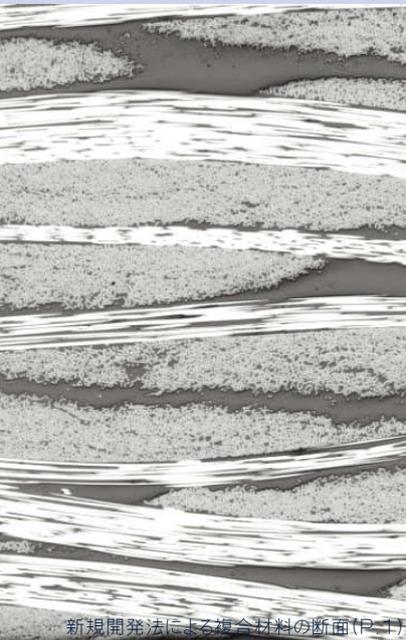


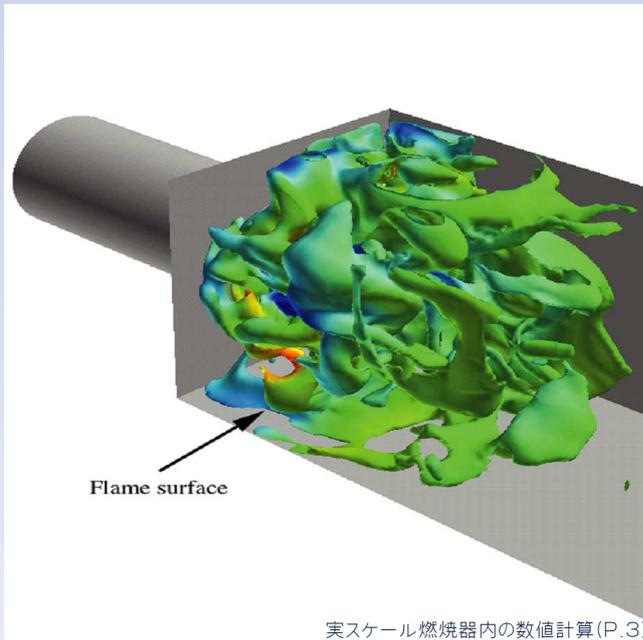
空と宙



2005 | SEP/OCT.
隔月刊発行
EVERY OTHER MONTH
ISSN 1349-5577 No.08



新規開発法による複合材料の断面(P.1)



実スケール燃焼器内の数値計算(P.3)

研究紹介

耐熱複合材用
ポリイミドの開発

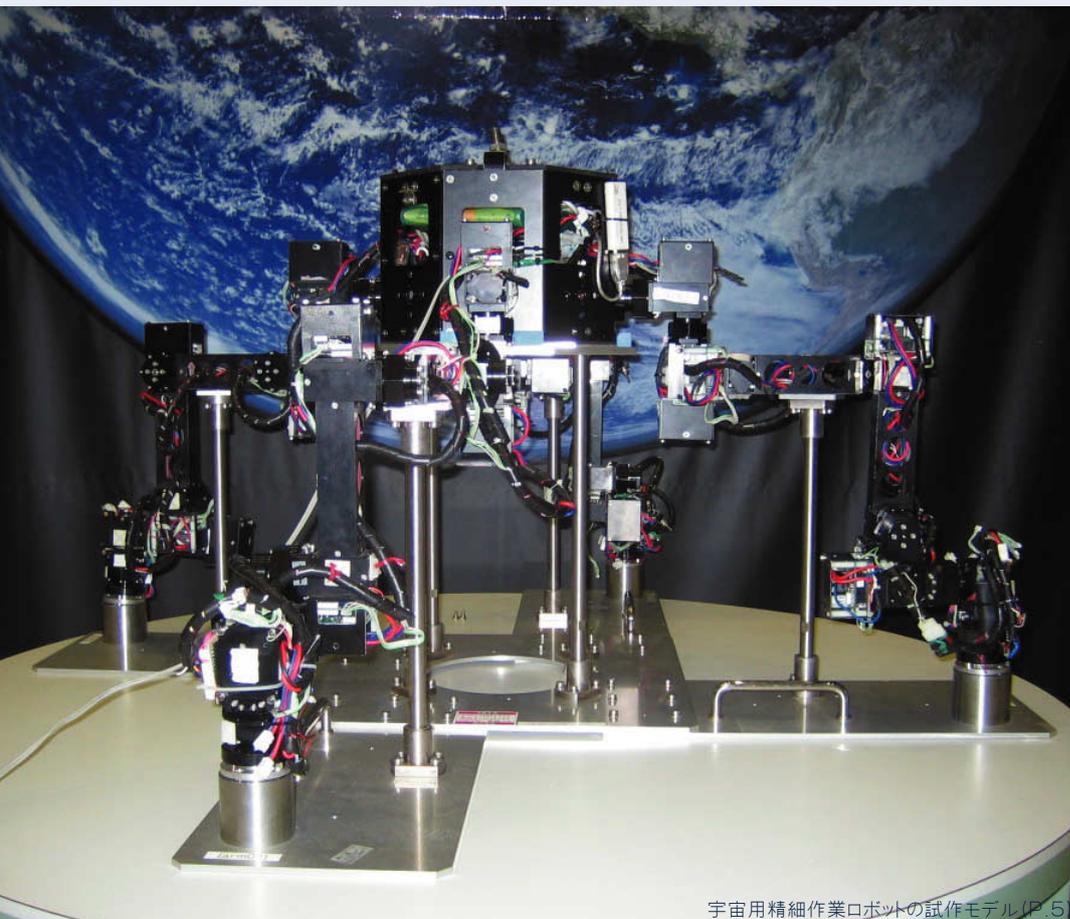
開放的融合研究推進制度
—乱流燃焼制御—
完了報告

宇宙ロボット技術の研究

空宙情報

独立行政法人
宇宙航空研究開発機構
第3回 総合技術研究本部
公開研究発表会

サイエンスキャンプ
2005



宇宙用精細作業ロボットの試作モデル(P.5)

「そら」の技術を身近に感じて

そらとそら

総合技術研究本部
Institute of Space Technology and Aeronautics
<http://www.ista.jaxa.jp/>

08

耐熱複合材用ポリイミドの開発

世界初!成形中に水が発生しない耐熱複合材用ポリイミド樹脂の開発に成功

軽量かつ高強度・高耐熱の材料を目指して

宇宙航空研究開発機構(JAXA)は、航空宇宙分野での使用を目指して、高耐熱で高強度な炭素繊維複合材料※¹の研究を進めています。すでに実用化されているエポキシ樹脂/炭素繊維複合材料は、軽量かつ高強度なため他の材料に比べて比強度に非常に優れ、これまで使用されてきたアルミ合金に代わり航空機の多くの部分に適用されています。しかし、エポキシ樹脂の耐熱性は120℃程度であるため、エンジンなどの高温となる部分には主にチタン合金が使用されています。しかし、比強度およびコストの観点から、200~350℃での使用が可能な耐熱複合材料が求められています(図1)。

航空宇宙分野で用いられる耐熱複合材料は、一般に炭素繊維に樹脂を含浸させたプリプレグと呼ばれる薄い可とう性のあるシート状の素材を積層し、目的とする形に成形・加熱硬化して作られます。耐熱性樹脂としてはポリイミドがよく知られていますが、易成形性が求められる航空宇宙用構造材料として熱硬化性ポリイミド樹脂がJAXAやアメリカ航空宇宙局(NASA)などにおいて研究されています。

※1 複合材料

2種類以上の材料を混ぜ合わせることにより、それぞれが持つ特性以上の特性を引き出す材料のことです。航空宇宙構造用の軽量かつ高強度の材料としては、炭素繊維を母材となるエポキシ樹脂で固めたものが一般的です。

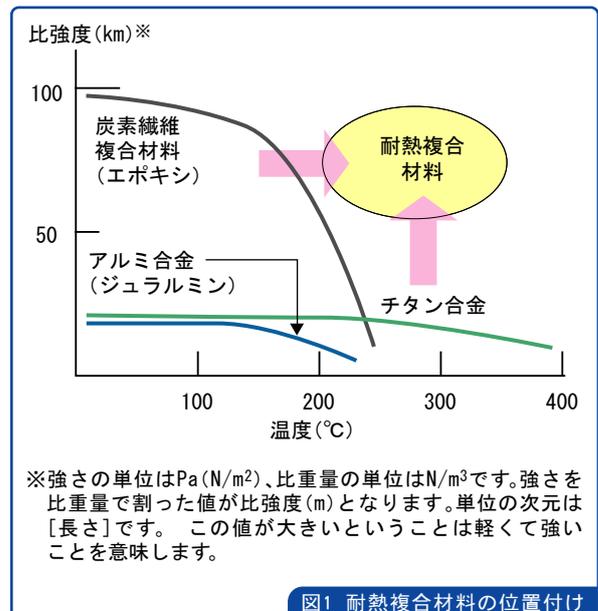


図1 耐熱複合材料の位置付け

空隙のない高品質な耐熱ポリイミド複合材料を簡便に作るために

従来のポリイミド樹脂は有機溶媒にほとんど溶解しないので、イミドの前段階であるアミド酸※²という化合物の溶液からプリプレグを作製していますが、この方法ではアミド酸からイミドに変化する過程で水が生じ、成形体中にボイド(空隙)ができてしまう恐れがあります。そのため、発生した水を外に除去するための複雑な工程を必要としていました(図2a)。しかしながら、この度、JAXA主導で開発したポリイミド樹脂TriA-PI※³を基に、溶解性を飛躍的に

向上させた高溶解性のポリイミド樹脂を新たに開発することで、高濃度ポリイミド樹脂溶液から成形中に水を発生しないイミドプリプレグを世界で初めて開発しました(図2b)。

このプリプレグを用いることで、300℃を超える高い耐熱性と優れた力学特性を併せ持つ、高耐熱・高強度な複合材料をより簡便に、高品質で成形することが可能となりました。図3に本プリプレグを用いた空隙の無い複合材料の顕微鏡写真を示します。



先進複合材評価技術開発センター
(左より)石田雄一、小笠原俊夫

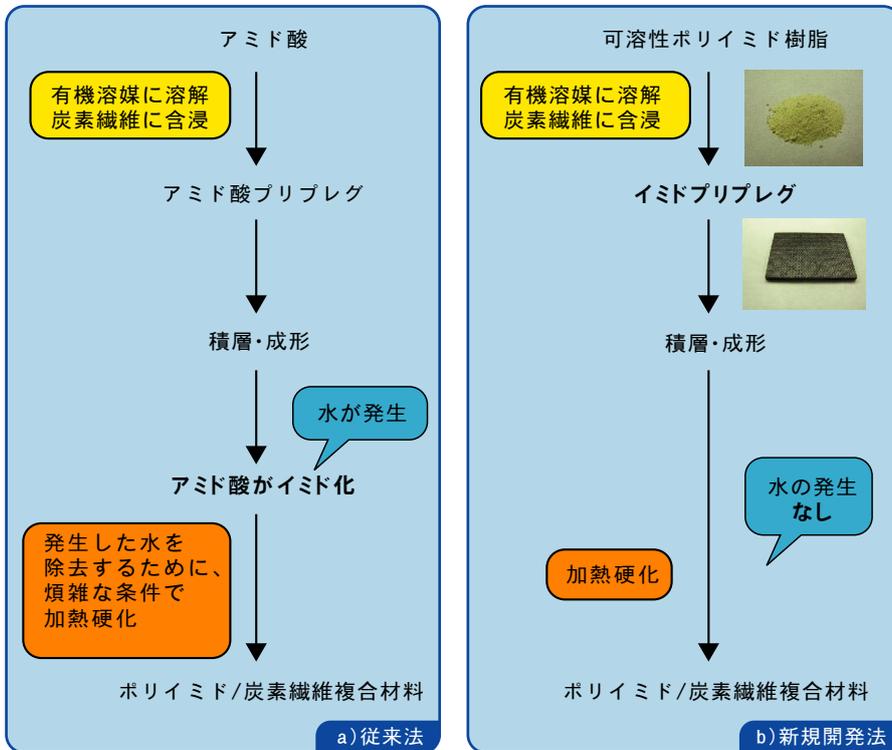


図2 ポリイミド/炭素繊維複合材料の作製法の比較

※2 アミド酸

イミドになる前の中間体化合物で、有機溶媒によく溶けます。アミド酸を加熱すると水を発生しながらイミドに化学変化します。

※3 TriA-PI

複合材料の耐熱性はマトリクス(母材)に左右され、高耐熱の複合材料を作るには耐熱性に優れた樹脂を用いる必要があります。TriA-PIは1999年に宇宙科学研究所(現JAXA宇宙科学研究本部)の横田力男助教授と宇部興産が共同で開発した耐熱性、成形性および機械的強度(特に靱性)に優れたポリイミド樹脂です。

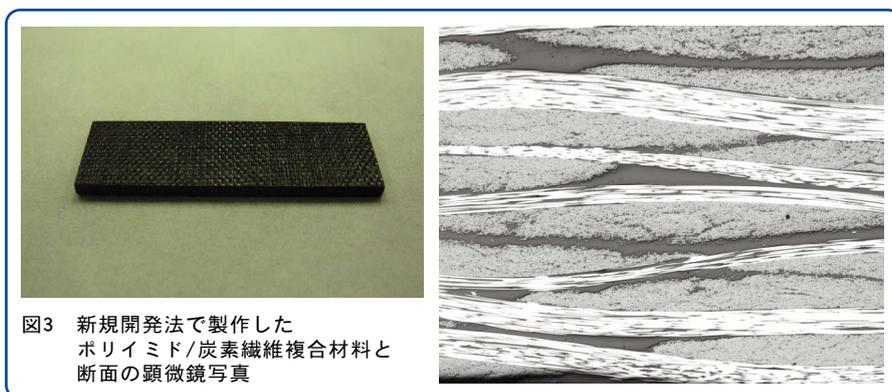


図3 新規開発法で製作したポリイミド/炭素繊維複合材料と断面の顕微鏡写真

実用化に向けて

今後は樹脂の更なる改良、成形工程の最適化、強度特性の評価などの研究を積み重ね、早期の実用化を目指します。今回の成果は、絶対の軽量

化が求められる宇宙往還機や、長期耐久性が要求される次世代超音速航空機などの開発に大きく寄与すると期待しています。

(先進複合材評価技術開発センター 石田雄一)

開放的融合研究推進制度—乱流燃焼制御—完了報告

希薄予混合燃焼器で発生する振動燃焼の能動制御による抑制に成功

開放的融合研究推進制度による乱流制御の研究

独立行政法人である三つの研究機関、航空宇宙技術研究所(現JAXA総合技術研究本部)、海上技術安全研究所、産業技術総合研究所が中心となり大学などの研究者も参加して2000年度より進めてきた開放的融合研究制度(文部科学省が制定)による研究が、今春をもって終了しました。進めてきたのは、乱流(流体が不規則に混合しながら流れる状態)の制御に関する研究です。

当本部が主として担当した研究課題は、乱流制御のうち燃焼制御に関するものです。燃焼制御という広い分野の中で我々が行ったのは、航空分野での適用が期待されている予混合燃焼ガスター

ビンに関連したものです。予混合燃焼とは、予め燃料に空気を混合しておく燃焼のことです。混ぜる燃料を少なくすることで、窒素酸化物(NOx)などの大気汚染物質を削減することができますが、振動燃焼(燃焼室内で起こる強い圧力振動)のような不安定な現象が発生しやすいという問題があります。振動燃焼の能動的な制御に関する研究は、これまで、我が国においてほとんど行われていませんでした。海外では、航空機エンジンメーカーと大学とが、共同研究によって、精力的に取り組んでいますが、問題が多く、実機搭載には至っていません。

実証実験により振動燃焼の抑制に成功

予混合燃焼時の振動燃焼を抑制すべく2次燃料噴射による能動制御の実証実験を行いました。2次燃料噴射とは、予混合室に噴射される主燃料とは別の位置からの燃料噴射のことをいいます。本研究では、能動制御の作動装置として有効に

機能させるため、燃焼室入口の中心位置から火炎の形状に合わせて放射状に噴射させています。図1は燃焼室内の火炎の様子です。左側が燃焼室入口で、流れは右向きに流れています。非制御時(振動燃焼発生時)と制御時で火炎が大きく異なることがわかりま

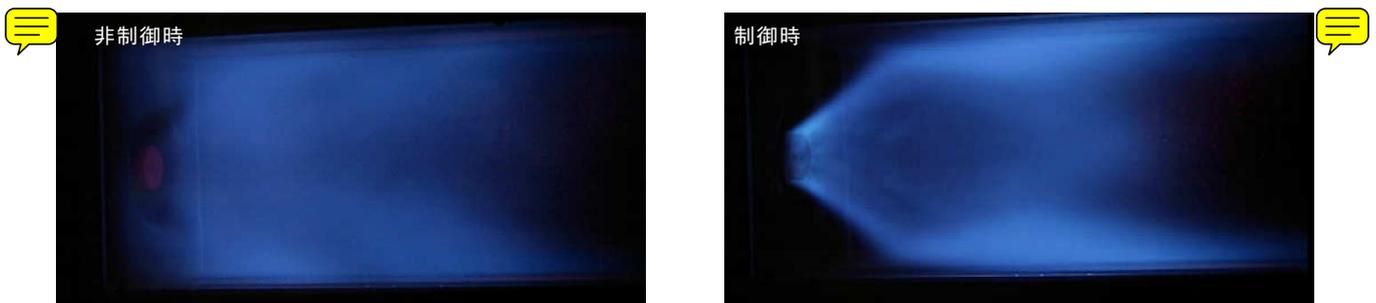
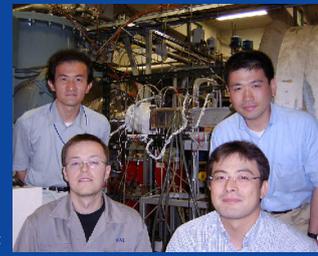


図1 非制御時と制御時の火炎の様子



(後列左より)新城淳史、溝渕泰寛、
Laurent Zimmer、立花繁

す。制御時には、2次燃料噴射の効果で、ラッパ状の安定した火炎が形成されます。この火炎の安定化に連動して、圧力振動も抑制されます。実証実験では、トータル燃料流量のうちの僅か3%の2次燃料噴射によって、27dBの音圧抑制が実現されました。当初、2次燃料噴射によるNOx排出の大幅な増加が懸念されましたが、微量の噴射によって有効な振動抑制が行えたおかげで、NOx排出の増加も1ppm以内と、非常に抑えたレベルで維持できることを確認できました。

また、実験的研究と併行して、燃焼計測の高度化や燃焼数値シミュレーション技術の基礎的研究を行ってきました。特に燃焼数値計算では、乱流燃焼の本質を詳細に解明できる直接数値シミュレーション(DNS)による乱流燃焼構造の解明をはじめ、数値シミュレーションと火炎モデルを組み合わせた数値計算法の開発を行いました。この数

値計算法により、実スケール燃焼器内での火炎挙動の解析を行い、燃焼による発熱と圧力変動の相互干渉が支配する燃焼器内の不安定な様子をとらえるのに成功し、振動燃焼に影響する音響特性な

どについて実験と定性的に一致する妥当な解を得ることができました(図2)。

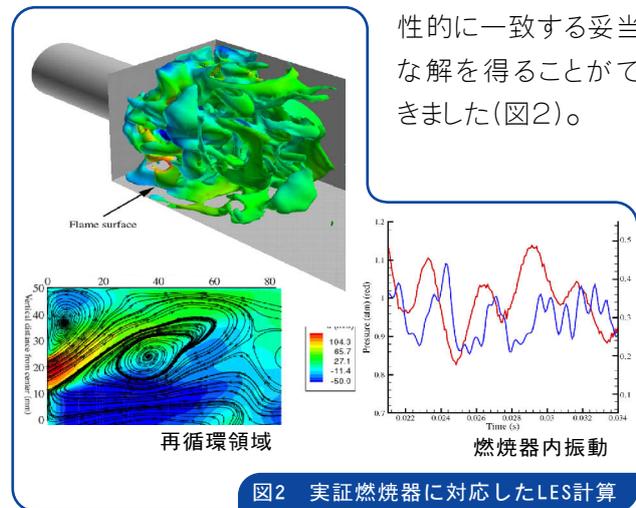


図2 実証燃焼器に対応したLES計算

研究の成功と最大の成果

最終的に、実機を模擬した動作条件(圧力条件を除く)において、効果的な2次燃料噴射位置・角度の選択とロバスト制御理論の適用によって、低NOx排出を維持しつつ、振動燃焼を抑えることに成功しました。

この研究は、次世代へ向けた基盤的基礎研究です。長期間にわたりJAXA内部のみならず他機関を含めた多くの優れた研究者と共同で研究を行うことができたことは、ロケットエンジンの燃焼安定問題などの様々な分野での応用発展が期待されると共に、将来の研究に大いに寄与するものと考えています。

また、プロジェクト開始時、「成果のみを追及するのでなく、それにかかわる研究者がどれほど成長するかが最大の課題」との意見があったのですが、研究を進めていく中で燃焼制御にかかわる研究者、とりわけ20代から30代後半にかけての若手研究者が著しい成長を遂げ、プロジェクトを完遂したことが最大の成果であるのかもしれませんが。

最後に、研究総括責任者の現工学院大学理事長大橋先生の暖かい励ましがあったことにより、プロジェクトが成功裏に終わったこと、また感謝の気持ちで一杯であることを述べたいと思います。

(情報技術開発共同センター 小川哲)

宇宙ロボット技術の研究

宇宙システムの知性と機動性を高める

研究の概要

1997年に打上げられた技術試験衛星VII型(ETS-VII:おりひめ・ひこぼし)で実験実証された、自動ランデブッキングや宇宙ロボット技術は、世界が注目する日本が誇る宇宙先端技術です。このETS-VIIを誕生させたのが、システム誘導技術グループです。ETS-VIIの技術は、現在開発中の国際宇宙ステーション(ISS)の日本実験棟用ロボットアーム(JEMRMS)や、ISSに物資を運搬するISS補給機(HTV)に活かされています。当グループでは、上記プロジェクトの開発の技術的サポートを行いつつ、今年4月にJAXAが発表した長期ビジョン(JAXA2025)に構想される様に、今後更に要求が高まる将来宇宙システムのミッション遂行に不可欠な、「知性」と「機動性」を高めるための技術開発

や研究を行っています。研究は、JAXAのスタッフに加え、JAXAと連携大学院制度*の協定を結んでいる東京工業大学機械宇宙システム専攻JAXA連携講座の学生や、マサチューセッツ工科大学や東北大学などの国内外の大学と共同研究という形で協力しあう、オープンで活気ある体制のもとで行われています。

※連携大学院制度

学外の研究機関・企業などの研究者が、特定の大学に対して教授や助教授の立場で大学院の学生に研究指導などを行うことを通じ、大学院の教育に参画する制度のことです。当グループは、連携大学院制度の下で東京工業大学大学院機械宇宙システム専攻JAXA連携講座の研究室を兼ねています。

研究の内容

① 精細作業用宇宙ロボットの研究

今後本格化するISSや、その後の月などを舞台とした宇宙活動には、危険作業の遂行や、宇宙飛行士との連携活動の中で機器の組立・点検や探査を行うロボットが不可欠です。しかしながら、現在の宇宙ロボットは電子レンジ大の機器の運搬や据付を行うことは可能ですが、手先の器用さや移動精度の問題から、宇宙飛行士が船外活動で行うような精細な機器の操作や調整を行うことはできません。そこで、宇宙

での過酷な環境でも動作し、精細な作業を行うための、軽量でコンパクトなロボット関節の試作や、多数の関節を作業に応じて、連携動作させる制御技術に関する研究を行っています(図1)。

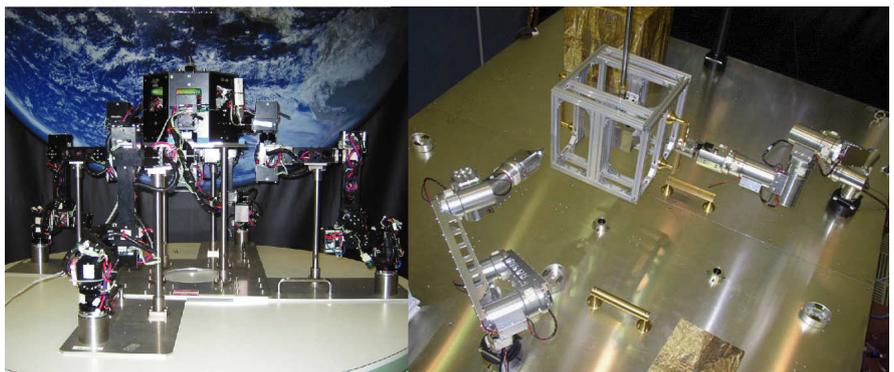


図1 精細作業ロボットの試作モデル

システム誘導技術グループ
 (左から)石島義之、巳谷真司、澤田弘崇、
 小田光茂、山元 透、稲葉一幸、
 鈴木悟史、稲場典康



② 衛星群システムの知能化の研究

地球観測衛星や通信・測位衛星を複合的に利用した、防災・危機管理や気象予報への利用が構想されています。このためには多数の衛星間で協調的な精密飛行や観測などを行わせる必要があります。現在の衛星システムでは基本的に一時に一機の運用を念頭に設計、運用されているため、そのまま衛星間で連携をとらせようとすると、連携強調作業の計画作成や運用の作業が発生し地上運用の負荷が非常に高まることが予想されます。そこで、必要な技術を宇宙機と地上システムとの間でどのように機能分担させるか検討し、宇宙機が自動的に精密な軌道制御を行う技術や(図2)、シミュレータやデータ

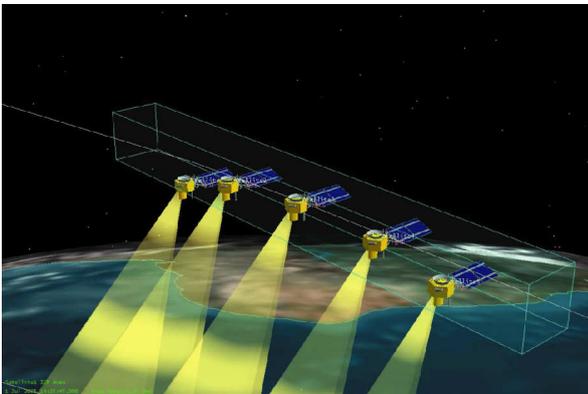


図2 複数衛星の協調飛行による地球観測シミュレーション

ベースを利用した地上システムの知能化の研究を総合的に行っています。

③ 要素技術研究

軌道上における無人ロボットの作業や、宇宙機の編隊飛行など、より複雑かつ高度なミッション要求に応えられるよう、ランデブセンサ(図3)、GPS受信機ならびに宇宙用カメラの研究開発も行っています。

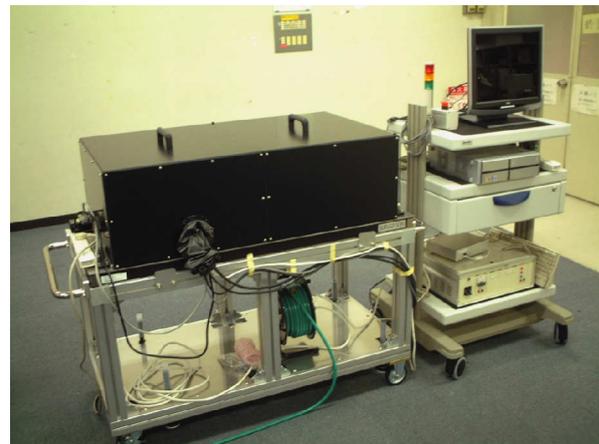


図3 ランデブ飛行用センサ試作品

今後の活動予定

今後も、JAXA内外の組織との連携のもと、明確な利用ニーズとビジョンをもちつつ、宇宙システムの

知性と機動性を高める研究を進めていきます。

(システム誘導技術グループ 稲場典康)



研究内容関連ページ
<http://www.ista.jaxa.jp/res/d08/a00.html>
http://www.nasda.go.jp/projects/sat/ets7/world/index_j.html
 JAXA2025関連ページ
http://www.jaxa.jp/missions/plan/long_term/index_j.html
 JAXA連携講座関連ページ
http://www.geocities.jp/jaxa_renkel/

独立行政法人宇宙航空研究開発機構 第3回 総合技術研究本部 公開研究発表会

開催案内

日 時:2005年12月7日(水) 10:00~17:00
場 所:みらいCANホール
東京都江東区青海2-41 日本科学未来館7階

問合せ先

総合技術研究本部 業務課広報係
TEL 0422-40-3960
FAX 0422-40-3281

プログラムなどの詳細については、当本部のホームページを
ご確認ください。
ホームページ <http://www.ista.jaxa.jp/>

サイエンスキャンプ2005

開催報告

航空宇宙技術研究センターおよび角田宇宙センターでは、高校生の夏休み期間に合わせてサイエンスキャンプ2005を開催しました。



航空宇宙技術研究センター(東京都調布市)
8月2日~4日



角田宇宙センター(宮城県角田市)
8月9日~11日

※サイエンスキャンプは、科学技術に関心を持つ高校生および高等専門学校生が、普段接することの少ない研究機関などの研究者と触れ合う機会を提供するために、(財)日本科学技術振興財団の主催により毎年行われています。