



空と宙

2007 SEP/OCT
<http://www.iat.jaxa.jp/>

隔月刊発行 ISSN 1349-5577

研究紹介

騒音被害の低減を目指す
轟音による人工衛星の揺れを予測！

設備紹介

多目的低騒音風洞

横路散歩

音—その性質

空宙情報

FJR710が「機械遺産」に
認定される

公開研究発表会を
開催します



実験用航空機 MuPAL-ε



H-IIA ロケット

No. 20

総合技術研究本部
Institute of Aerospace Technology

騒音被害の低減を目指す

航空機騒音は世界的な問題

航空機は旅客輸送・物流や防災・救急など、様々な分野で活躍しています。航空機の活用によって私たちの生活は大変便利になりましたが、空港周辺などにおける騒音被害が世界的に問題になっています。宇宙航空研究開発機構 (JAXA) では、静かな機体やエンジンを開発する技術とともに、航空機を静かに飛ばす「低騒音飛行方式」の研究を進めています。

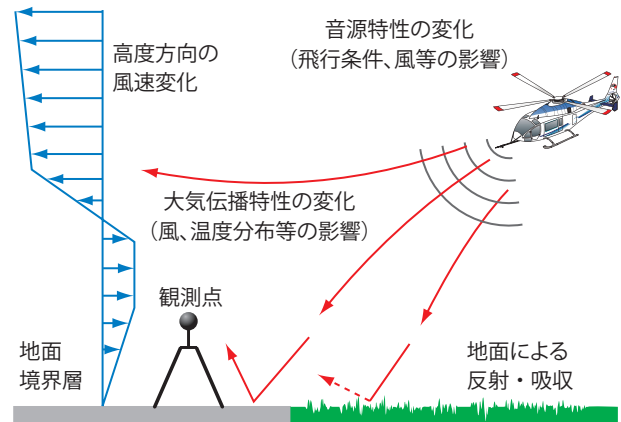
まずは音がどう伝わるのかを知りたい

低騒音飛行方式を実現するためには、地上騒音を高精度に予測する技術が欠かせません。機体からどのような音が発生しているかを表す「音源特性」と、その音が大気中をどう伝わるかを表す「伝播特性」を正確にモデル化する必要があります。これらの特性は、気象条件などによって複雑に変化します(図1)。

2005年には、実験用ヘリコプタ MuPAL-ε (ミュール・イプシロン) を用いて、「音源特性」を正確に計測する実験を行いました(『空と宙』No.07参照)。これに続いて、2006年10月には、気球を使って50m~200mの上空にマイクを設置することにより、「伝播特性」を計測する実験を行っています(図2a)。図2bは、ほぼ無風の時と地上で1m/s程度の風がある時のデータを比較したものです。地上では僅かな風でも、高度方向の風速変化によって音が屈折するため、伝播特性に大きな差が出ているのが分かります。無風時の伝播特性は予測値と良く一致していますが、風の影響を予測できるモデルの開発が今後の課題になります。

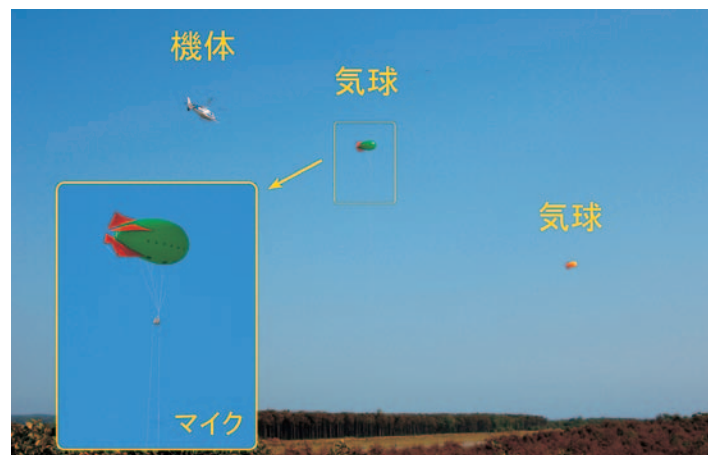
音を小さくする飛ばし方

現在、これまでの実験により得られたデータを

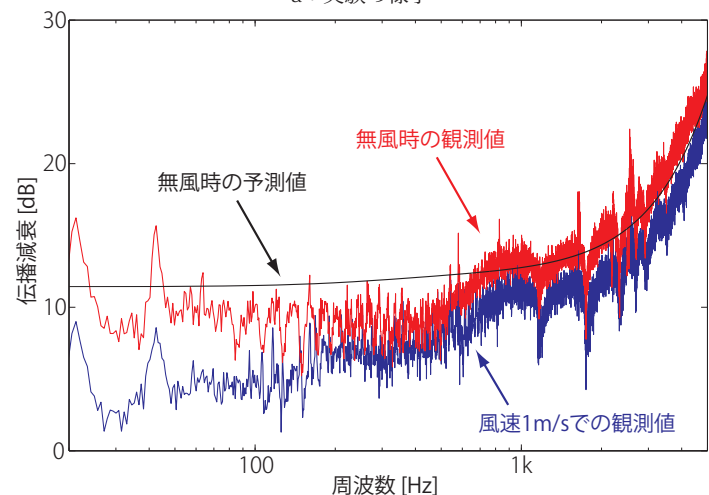


音は大気中を伝わる間に減衰したり屈折したりします。高度方向の風速や温度の変化が大きいほど、これらの影響も大きくなります。

図1 航空機の地上騒音が変化する要因



a: 実験の様子



b: 実験結果(風による伝播特性の変化の例)

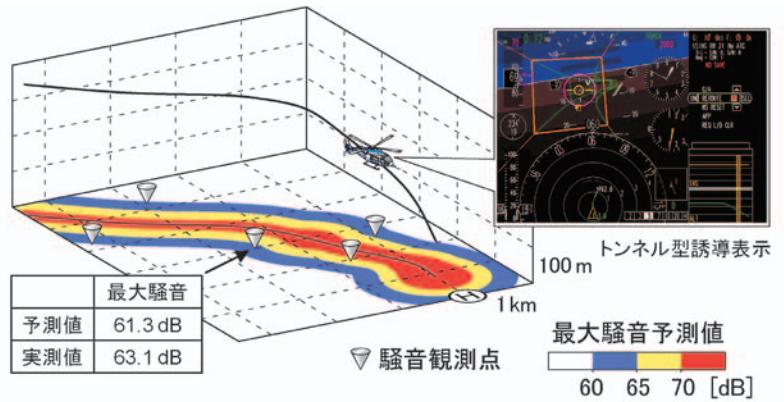
図2 気球を使って大気中の音の伝わり(伝播特性)を調べる実験

実験用ヘリコプタ MuPAL-εによる音の伝わりに関する実験

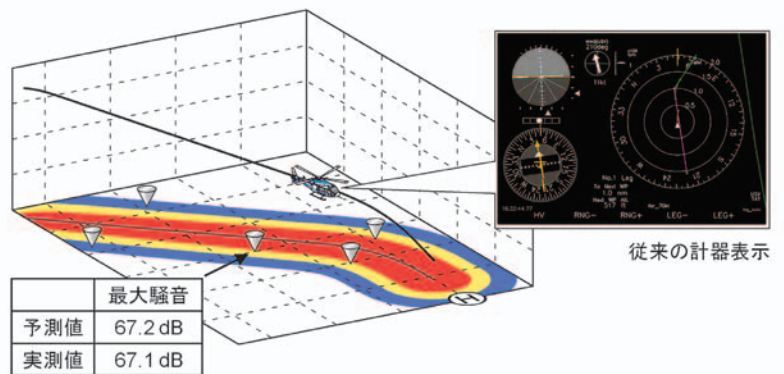
もとに、地上騒音を低減する飛行方式の研究を進めています。機体に搭載したコンピュータによって、地上騒音の予測値が最小になるような最適経路をリアルタイムで計算し、パイロットに指示するシステムを開発しました。このシステムの実証実験を今年の7月に北海道大樹町で実施しました。図3は飛行経路に対する地上騒音の分布を示したもので、図3aは最適経路、図3bは従来の計器着陸システム（ILS）を模擬した経路の結果です。最適経路では、地上の騒音が70dB（「騒々しい」と感じるレベル）を越える範囲が小さくなっていることが分かります。

最適経路では、①ヘリコプタの騒音で最もうるさいブレード・渦干渉音（バタバタというヘリコプタ特有の音）の発生を抑えるように降下角などの飛行条件を制御する、②風による音の伝わりの変化などを考慮し、特定の場所に音が集中しないように曲線的な経路にする、などの効果によって騒音が減少します。このような経路をパイロットに正確に指示するのは、ILSなどの従来の計器表示では不可能で、JAXAで開発を進めている「トンネル型誘導表示」を用いてはじめて可能になります。

今後は、本システムに必要な装置を一般の機体にも容易に搭載できるように改良し、市街地の空港やヘリポートで騒音低減効果を実証するなど、実用化を目指した研究を進めていきます。



a：最適経路



b：従来の計器着陸システム（ILS）を模擬した経路

今回の実験では地上に5点の観測点を設定しました。図中に示した観測点では、最適経路はILSを模擬した経路に比べて騒音が約4dB小さくなっていること、予測値と実測値の誤差が2dB以内であることが実証できました。

図3 地上騒音を減らす最適経路の実証実験



【飛行システム技術開発センター】

(左より) 五味広美、石井寛一、奥野善則
北海道大樹町の騒音観測点にて

轟音による人工衛星の揺れを予測！

人工衛星は揺らされる

人工衛星は、ロケットによって宇宙空間へ打ち上げられます(図1)。打ち上げの際にロケットに加わる振動は接合部を介して衛星にも伝わり、「機械振動」となって衛星を揺らします。それに加えて、打ち上げの際の轟音が空気中を伝わって衛星まで達し、衛星を振動させる「音響振動」と呼ばれる現象も起こります。

音響振動は、衛星が初期不良を引き起こす要因になります。そのため、轟音が空気中をどう伝播し、衛星を覆うフェアリングをどう透過して衛星を振動させるのかを詳細に調べられれば、打ち上げの信頼性を上げることができます。

音が物を揺らす様子を解析により詳しく調べたい

剛性を保ちつつ軽量化を図るため、フェアリングの

壁は中空の六角形をいくつも並べた、蜂の巣状の「ハニカム構造」と呼ばれる構造をしています。一般的な壁構造とハニカム構造とでは、音の透過に違いがあると考えられます。そこで、一般的な壁と、ハニカム構造を簡単にモデル化した中空壁について音の透過に関する数値解析を行いました(図2)。一般的な壁に対し、中空壁では音が複雑に透過している様子が見取れます。

フェアリングの壁を透過した様々な周波数を含む音は、フェアリング内の空間を伝播して衛星に伝わります。構造物にはそれぞれ固有の周波数があり、衛星の搭載機器に強く影響するのは周波数の比較的高い音(高音)です。低音による衛星の揺れは従来の手法で解析することが可能ですが、高音に対する伝播や振動の解析は難しく、その音がどの程度衛星を揺らすかについては詳細に解析されていませんでした。そこ



図1 H-IIA ロケット打ち上げの様子

ロケット先端に搭載された人工衛星は、大気圏飛行中に受ける空力加熱の影響などを避けるためにフェアリングに覆われ、宇宙空間に打ち上げられます。

で、従来の手法の問題点を解決するために提案された新しい解析手法を取り入れ、搭載機器も含めた衛星の振動を詳細に解析することを目指して研究を進めています。

図3は、低音による衛星構造の振動を、従来の解析手法によって解析した結果です。また、図4は、新たな手法によって、フェアリング内部の音響振動を高音まで詳細に解析した結果です。音により衛星構造が揺れ、その揺れがフェアリング内の音にも影響することが分かります。

打ち上げ時の音響を計算機内で模擬したい

フェアリング内部への音の透過や衛星の音響振動に関する詳細な数値解析は、世界的に見てもほとんど行われていません。JAXAでは、今回述べた内容も含め、様々な音響振動に関する数値解析を進めています。

解析結果を今後の衛星開発に活かすためには、打ち上げによる音の発生から、それがフェアリングに伝わり、内部に透過して衛星を揺らすまでを、一つの流れとして解析する必要があります。しかし、各現象によって解析手法が異なることもあり、現段階ではそれぞれの解析は独立しています。今後は、これらの解析の統合を視野に入れた研究を進めていきます。

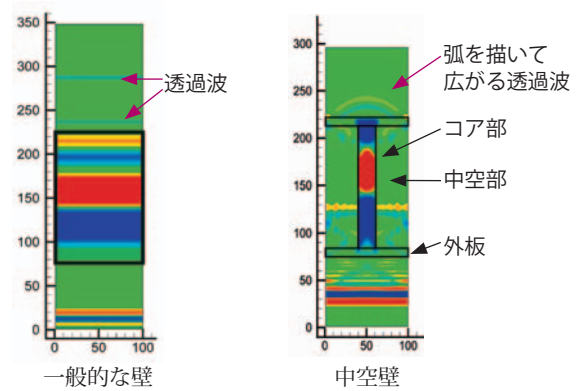
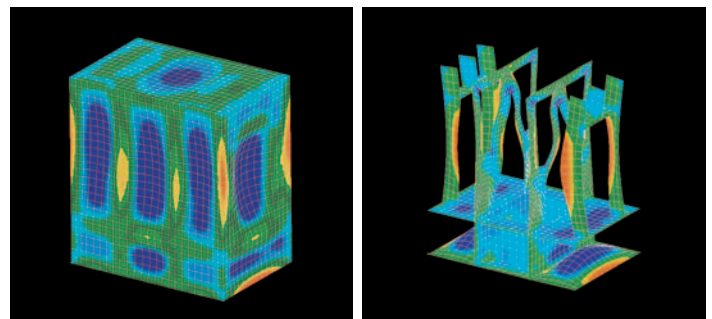


図2 一般的な壁と中空壁での音の透過の様子



衛星全体の振動の様子 補強材を含む衛星内部の振動の様子

図3 低音による衛星構造の揺れを従来の手法で解析 (変位は誇張しています)

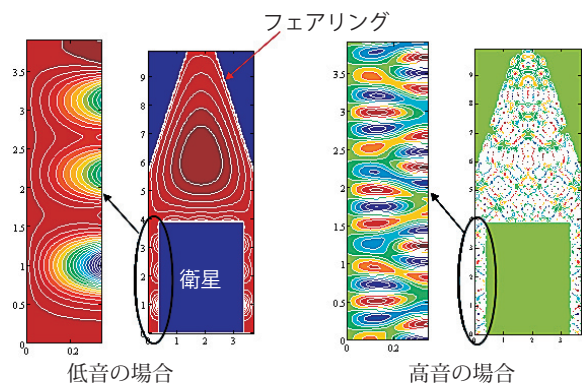
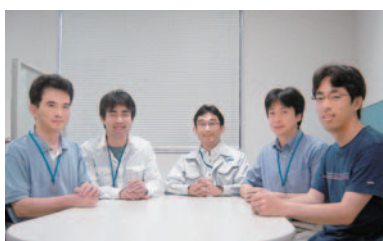


図4 新たな解析手法によりフェアリング内部の様子を高音まで解析



【計算科学研究グループ】

(左より) 稲田喜信、橋本敦、青山剛史、村上桂一、高橋孝

設備紹介

多目的低騒音風洞

物体が移動すると空気との干渉で音、いわゆる空力音が発生します。この風洞は、空力音の現象解明とその抑制を調べるための設備です。図1に平面図を示します。試験では、吸音処理された壁面を持つ室内に空気を吹き出します。吹き出した気流中に模型を置くことで空力音を発生させて、放射される音をマイクロホンで計測します。気流は500mm×500mmノズルで定格100m/sまで連続的に吹き出すことができます。模型との干渉試験の他に、高圧配管を敷設することで高速流と低速周囲流を形成でき、ジェット騒音の飛行

模擬試験を実施することもできます。更に、無響室としての環境を活かして小型エンジンの簡易騒音試験や計測機器の性能試験なども実施できます。

JAXA外部の利用例としては、三菱重工業株式会社との共同研究による高揚力装置（スラット）の騒音低減試験（図2）があります。

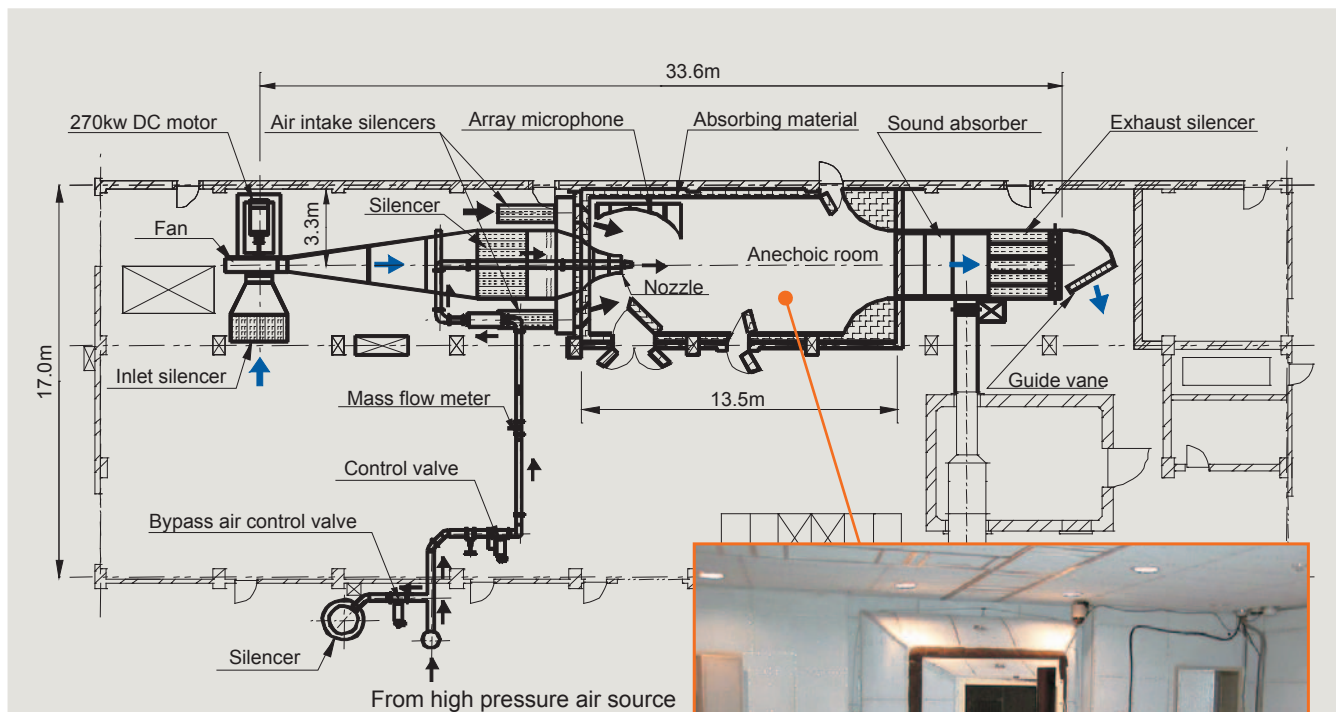


図1 多目的低騒音風洞平面図



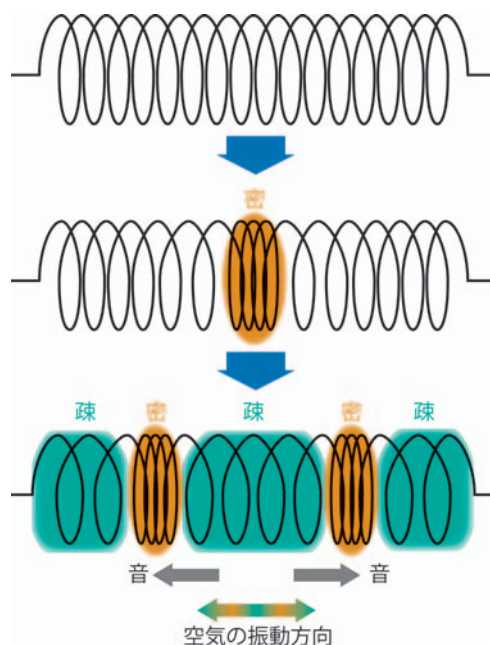
図2 高揚力装置騒音低減試験の様子（三菱重工業株式会社提供）

音 — その性質

音は、空気の振動です。振動は、一部の空気の圧力を基準となる圧力（大気圧）に対して変化させることで、発生します。こう書くと何だか難しそうですが、言葉を話したり手を叩いたりすることで、私たちは普段から無意識に空気を振動させ、音を発しています。圧力が変化すると、空気の薄い部分（疎）と濃い部分（密）ができます。この疎密をもとに戻そうと空気が動くことで振動が起こり、空気中を伝わって行きます（図1）。

音は空気以外にも様々な物質中を伝わります。伝わる速さは物質の弾性率（硬さ）や密度（重さ）によって異なり、硬くて軽いほど音は速く伝わります。地上近くの空気中で約340m/s、水中では約1480m/sです。固体では更に速く、鉄だと約5290m/sもの高速で伝わります（表1）。速さは温度によっても変わってきます。通常、温度が高いほど速くなるため、地上より気温が低く密度の小さい高度10000m（大型旅客機の巡航高度付近）では、音速は300m/s程度になります。

音の性質は、その大きさと音程によって決まってきます。音の大きさは、大気圧に対する圧力変化の大きさのことで、「dB（デシベル）^{*}」で表されます（表2）。音程は、物質が一秒間に振動する回数によります。一秒間の振動回数は「周波数[単位：Hz（ヘルツ）]」と呼ばれ、周波数が大きいほど高い音、周波数が小さいほど低い音になります。人間は20～20000Hzの広い範囲の音を聞くことができます。しかし、周波数が非常に高い音や、逆に非常に低い音では、人の耳の感度は悪くなるため、例え同じ大きさの音であっても、周波数が異なれば違う大きさに聞こえます。そのため、騒音を計測する際には、人の耳の感度を考慮した補正を行う必要があります。



音（音波）は振動の方向と伝わる方向が同じ縦波です。「疎」と「密」の部分ができることから「疎密波」とも呼ばれています。

図1 音のイメージ

表1 音の伝わる速さ

	音速 (m/s)
空気	約 340
ヘリウム	約 970
水	約 1480
水銀	約 1380
氷	約 3940
鉄	約 5290
ガラス	約 4000 ~ 5500
木	約 3500 ~ 4500

音速は温度などによって変化します。

表2 音の大きさ

	音圧レベル (dB)
最小可聴音	0
ささやき声 (1m)	20
会話 (1m)	60
混雑した街	80
地下鉄内	90
ジェットエンジン (50m)	120

^{*} dB：人間が聞くことのできる最小の音の音圧に比べ、何桁大きいかという値に20をかけた数値。

空宙情報

FJR710が「機械遺産」に認定される

この度、創立110周年記念事業として機械学会が創設した「機械遺産」にFJR710エンジンが認定されました。この事業は歴史に残る機械技術関連遺産を大切に保存し、文化遺産として次世代に伝えることを目的にはじめられたものです。

このエンジンは、通商産業省工業技術院（当時）の「航空機用ジェットエンジンの研究開発」で製作された、我が国初の高バイパス比ターボファンエンジンです。研究開発は、JAXAの前身機関の一つである航空宇宙技術研究所が要素研究と試験研究を担当し、株式会社IHI、川崎重工業株式会社、三菱重工業株式会社が設計製作を担当しました。エンジンの高空性能試験をイギリスで行ったことから、その技術の高度さがロールスロイス社に認められ、最終的にV2500国際共同開発エンジンに発展し、エアバス機などに搭載され、我が国の航空エンジンの礎と成りました。

また、航空宇宙技術研究所のプロジェクトである短距離離着陸実験機「飛鳥」に搭載され、飛行試験を成功させました。

（航空エンジン技術開発センター 柳 良二）



機械遺産認定証



機械遺産に認定された FJR710

独立行政法人 宇宙航空研究開発機構 平成19年度 総合技術研究本部／航空プログラムグループ 公開研究発表会

【開催案内】

当本部および航空プログラムグループの日頃の研究成果を広く皆様に紹介するため、毎年、公開研究発表会を開催しております。皆様お誘い合せの上、ぜひご来場ください。

● 日時

2007（平成19）年11月14日（水） 10：00～17：00

● 会場

日本科学未来館7階（みらいCANホール、会議室2、会議室3）
東京都江東区青海2丁目41番地

● プログラム

■ 特別講演（みらいCANホール、13：00～14：00）

大学から見たJAXA研究連携の重要性と今後の期待
東北大学 総長 井上 明久氏

■ 一般講演（みらいCANホール、10：15～16：50）9件

■ 研究発表（口頭）（会議室2、10：15～16：50）9件

■ 研究発表（展示）（会議室3、終日展示）29件

※事前登録は必要ありません。直接会場までお越しください。

※聴講は無料です。当日、会場にて前刷集を配布いたします。

※プログラムの詳細は当本部のホームページをご覧ください。下記窓口へお問い合わせください。

お問合せ窓口

宇宙航空研究開発機構
総合技術研究本部 広報

TEL：0422-40-3960 FAX：0422-40-3281

<http://www.iaat.jaxa.jp/>