

空と宙



2006 | JUL./AUG.
隔月刊発行
EVERY OTHER MONTH
ISSN 1349-5577 No. 13



2m×2m遷音速風洞(P.5)

研究紹介

耐熱材料によって宇宙旅行の
可能性を広げる

新たなCFD技術確立のための
大きな一歩を

設備紹介

2m×2m遷音速風洞

横路散歩

数値流体力学 (CFD)

空宙情報

「空の日・宇宙の日」イベント

展示室を改修しました

「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 Aerospace Technology
<http://www.iat.jaxa.jp/>

13

耐熱材料によって宇宙旅行の可能性を広げる

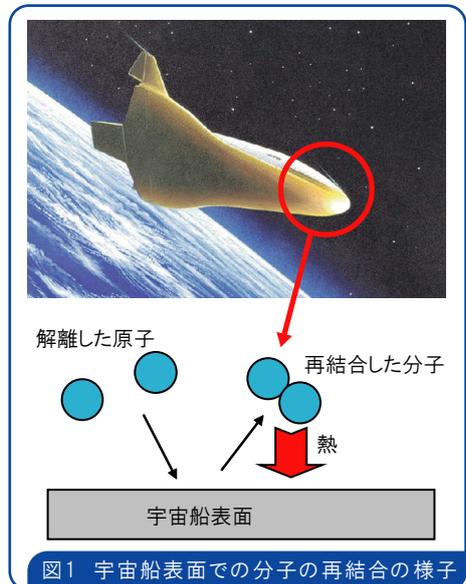
高温衝撃風洞を用いた空力加熱に対する表面触媒性の研究

安全に宇宙から帰るためには

宇宙船が大気圏に再突入する際、宇宙船の前方の大気は強く圧縮されて摂氏数千度の高温となります。宇宙船の表面は、その高温から機体を守るために耐熱材料によって保護されていますが、より多くの人や荷物を載せるためには、耐熱材料をできるだけ少なくする必要があります。ところで、宇宙船の周りの空気は、あまりの高温のために酸素分子や窒素分子が原子に分解(解離)した状態となっています。これらの原子は宇宙船の表面で再び結合し、分子に戻るときに熱を発生します(図1)。発生する熱の量は表面の材料の特性(触媒性)によって大きく変わるため、適切な耐熱材料を用いないと、重大な事故を起こす危険性があります。

残念ながら、再突入条件での耐熱材料の詳しい特性、材料表面での熱の発生する原理はまだよく分かっ

ていません。そこで、世界最大の衝撃風洞を使って、大気圏再突入と同じ超高速の空気の流れを作り、宇宙船の表面にはどのような材料が適しているのかを実験によって調べています。



衝撃風洞による空力加熱試験

実験は宇宙航空研究開発機構(JAXA)総合技術研究本部所有の高温衝撃風洞(HIEST:図2)を



図2 HIEST

用いて行っています。HIESTは、全長80mの世界最大の衝撃風洞で、宇宙船が実際に大気圏に突入したときと、ほぼ同じ超高速の空気の流れ(気流)を作り出すことができます。実験では、板状の試験材料を風洞試験部に取り付けて、高速の気流にさらします(図3)。試験材料は、1回の風洞試験で二つの異なる材料の結果を得るために、2分割されています。図3aは、触媒性が高い銀(Ag)と触媒性の低いセラミック材料の二酸化珪素(SiO_2)の試験材料です。二酸化珪素はスペースシャトルにも使われている、代表的な宇宙船表面の耐熱材料です。試験

複合推進研究グループ
 (左から)佐藤和雄、丹野英幸、
 伊藤勝宏、小室智幸

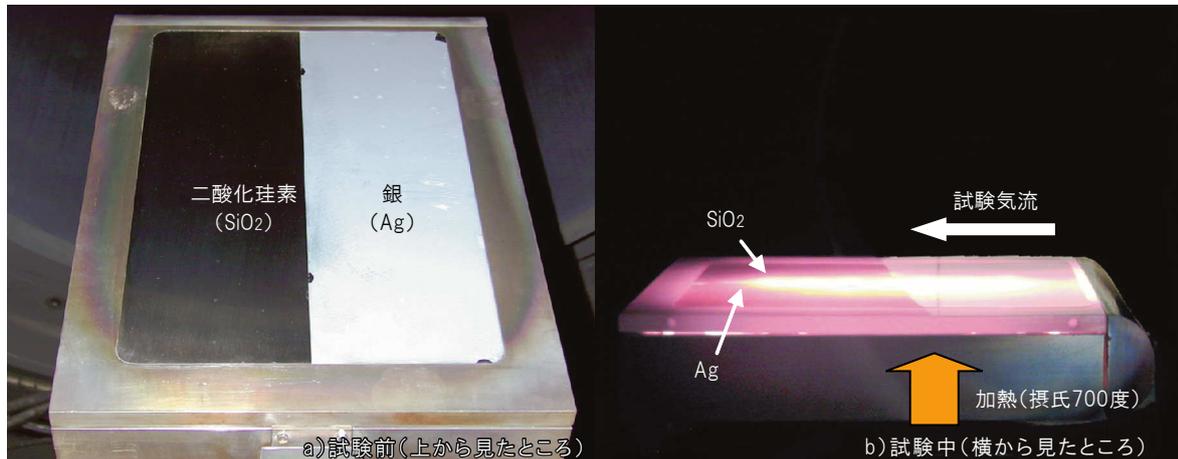


図3 試験材料

材料には小型の温度センサーが22個取り付けられていて、それぞれの試験材料の加熱量を計測しています。図3bでは試験材料が赤く輝いていますが、これは、実際の宇宙船表面の温度に近づけるために実験装置を摂氏700度まで加熱しているためです。

計測結果の一例を図4に示します。図中の縦軸は無次元化した熱量を、横軸は試験開始からの時間を示しています。二酸化珪素は触媒性が低く、表面での化学反応が起こりづらいために、触媒性の高い銀と比べて加熱量が小さくなります。

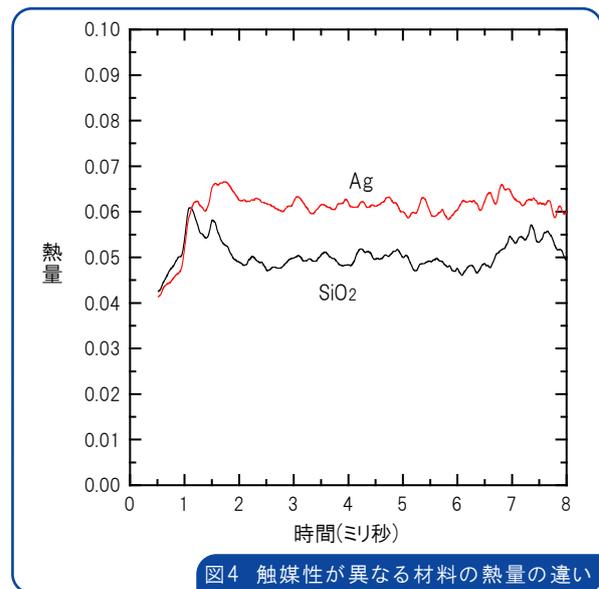


図4 触媒性が異なる材料の熱量の違い

触媒研究の今後

近い将来、国際宇宙ステーションの日本の実験モジュールが運用を開始することで、宇宙での実験成果を地上へ戻すことが必要となります。加えて、最近では民間会社による宇宙飛行の成功などが報道されていることから、宇宙から人や物を戻す技術はこれまで以上に必要となってきています。より高い性能の耐熱材料を開発するためには、耐熱材料の触媒性について

も、現状よりもさらに高精度の評価をしなければなりません。そこで、触媒性の評価法を改良するために、半導体レーザー分光法を用いた計測法の開発を行うと共に、数値シミュレーションを用いた解析を進めることで、耐熱材料のより詳細な触媒性の理解を得ることを目的に研究を進める予定です。

(複合推進研究グループ 丹野英幸)

新たなCFD技術確立のための大きな一歩を

「高精度化」と「複雑形状対応化」の融合

CFDはコンピュータで流れを表す方法

川のせせらぎのような静かな流れから台風のような激しい流れまで、自然界には多種多様な流れがあります。流れは、その状態により「層流」と「乱流」に分けられます。図1は、飛行機の翼周りに発生する気流の様子を視覚化したものです。翼の前縁にぶつかった気流は、初めは翼に沿って流れる層流の状態を示します。しかし、途中で渦などが発生し、気流が乱れて乱流の状態になります。層流から乱流への移り変わりは「遷移」、遷移が起こる場所は「遷移点」と呼ばれています。気流が乱流になると翼への抵抗が大

きくなってしまうため、機体を設計する際には、遷移点の把握が重要になってきます。

機体の設計では昔から、風洞試験によって気流の状態などを確認しながら形状を決めてきました。現在では風洞試験に加え、コンピュータ(スーパーコンピュータ)を使って数値的に気流の状態などを求める数値流体力学(CFD:P.6「横路散歩」参照)という方法が利用されています。機体の設計には依然、風洞試験は欠かせませんが、CFDで機体の形状を絞り込んでおけば、風洞試験用の模型を何度も作り直す

必要がなくなり、設計時間やコストを削減することができます。

CFDは航空・宇宙の分野はもちろん、自動車の設計や天気予報の解析など、私たちにとってとても身近な様々な分野で取り入れられています。今回は、特に航空機分野に絞って、最新のCFD技術の一部を紹介します。

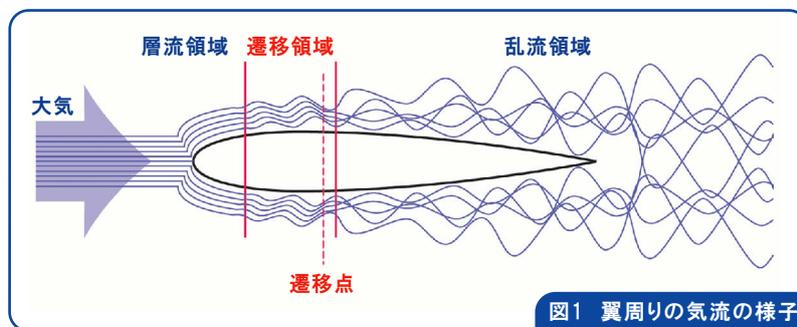


図1 翼周りの気流の様子

遷移点位置の解析に成功

CFDの研究は、大きく分けて二つの方向に進んでいます。一つは、CFDによる解析だけで可能な限り正確に流れの状態を再現することを目的とする「高精度化」の方向です。遷移領域や発生する渦の様子などを詳細に解析できますが、解析の対象物は、矩形内の流れなどの単純なものになります。もう一つは、複雑な形状に対する流れや、流れに付随して

発生する現象(温度変化、騒音発生など)の把握を目的とする「複雑形状対応化」の方向です。高精度化を目的とする方が純粋にコンピュータの力だけで解析を行っているのに対し、こちらは遷移点などを事前に設定する必要があります。もし、複雑な形状を高精度に解析することができれば、CFDによる機体設計の利便性がより向上すると考えられます。

空気力学研究グループ
(左から) 桧山淳、住隆博、黒滝卓司、
Marthijn Tuinstra、跡部隆



航空機の形状は複雑なため、現段階では、複雑形状対応化のCFDにより解析を行っています。今回、高精度な解法を工夫することにより、まず、二次元翼形状という比較的単純な形状で、遷移点を含む流れを直接求めることに成功しました(図2)。最近、さらにこの方法を発展させて、離着陸時に使用するフラップ※が付いた翼型という複雑な形状に対してCFDに

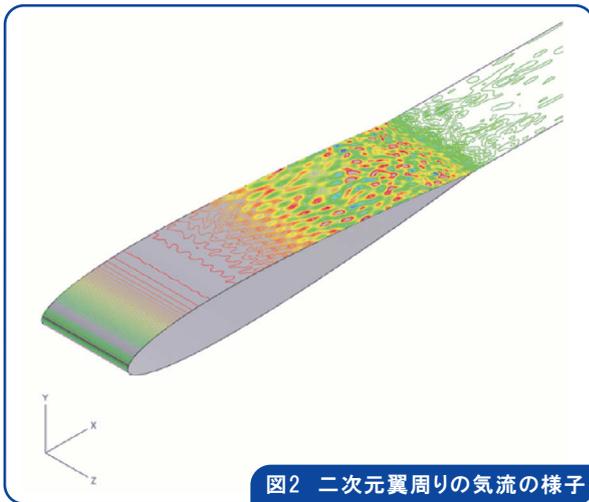


図2 二次元翼周りの気流の様子

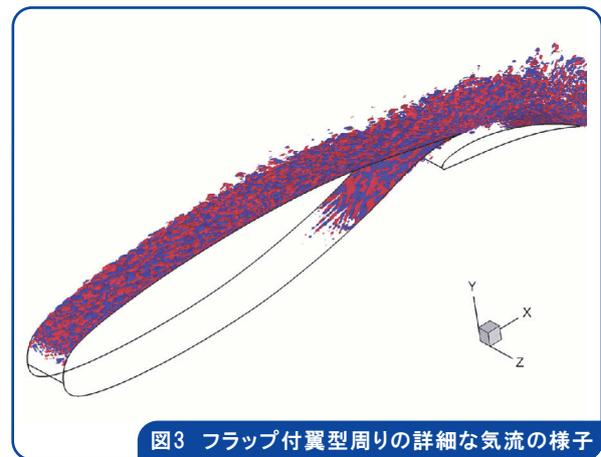


図3 フラップ付翼型周りの詳細な気流の様子

による解析を行い、流れの様子を詳細に求めることに成功しました(図3)。遷移点の位置などを妥当な精度で直接求められたことで、CFDによる機体設計の利便性の向上に向けて大きな一歩が踏み出せました。現在は、この研究をさらに推し進め、翼面に発生した渦などが原因と考えられている騒音の大きさや発生原理、低騒音化技術なども解析できるCFD技術を確立するための研究を行っています。

旅客機開発への適用を

JAXAでは、新エネルギー・産業技術総合開発機構(NEDO)が推進する民間航空機基盤技術プログラムである「環境適応型高性能小型航空機の研究開発」に参加し、国産旅客機開発のための研究を進めています。今回紹介したCFD技術が実用化すれば、機体設計のための一つの方法として利用できると考えています。

今後も、新たなCFD技術の確立とその実用化に向けて、研究を進めていきます。(広報係)

※ フラップ

航空機の翼後縁に取り付けられた高揚力装置のこと。揚力は機体が浮くために必要な力で、特に離着陸時に高い揚力が必要になります。

2m × 2m 遷音速風洞

風洞とは、航空機やロケットなどの空気中での飛行の様子を模擬するための装置です。機体の形をした模型に対して人工的に気流を作り、模型に加わる力などの飛行性能データを計測します。

実際の飛行では、気流の性質は音速(マッハ1)前後の速度(遷音速)で変化するため、遷音速での飛行性能データの取得が重要になってきます。当本部では、模型を設置する測定部(カート)の幅と高さが2mもある日本最大級の遷音速風洞を所有しています(図)。送風機によって気流を循環さ

せる方式(循環式)を採用しており、マッハ0.1～1.4までの速度の気流を長時間連続的にカートに送ることができます。

1960年の完成以来、日本が開発に携わってきた様々な航空機の試験を行ってきました。最近では、JAXAが所有するH-IIAロケットや研究を進めている宇宙往還機、民間主導で開発が進められている国産旅客機の試験などを行っています。これらの試験を含め、今後も様々な試験を行う予定です。

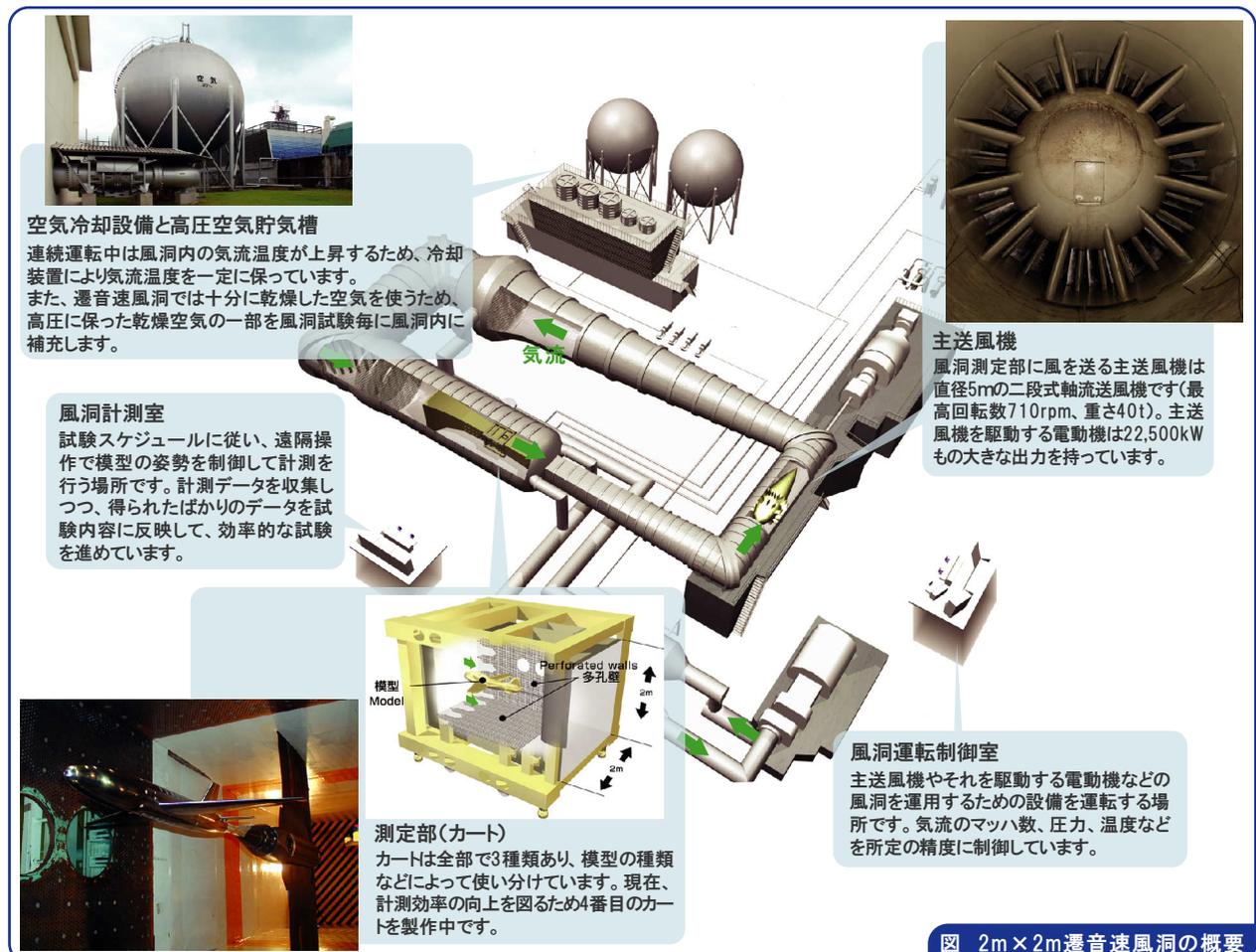


図 2m × 2m 遷音速風洞の概要

数値流体力学(CFD)

数値流体力学(CFD)とは、数値解析によって「流れ」の様子を求める方法です。流れは、ある規則にしたがって流れています。この規則を数式化し、コンピュータで解析を行うことにより、流れの様子を求めることができます。航空機であれば、その飛行速度に応じた流れをコンピュータの中に作り出し、機体周りの気流の様子や機体に働く力などを知ることができます。

わたしたちが住む世界では、空間と時間は連続しています。コンピュータは連続した値を扱うことができないため、CFDでは空間と時間を分割(離散化)する必要があります。図1は、離散化された翼周りの空間の様子を表したものです。空間は、格子によって離散化されています。格子の一つ一つ、もしくは格子と格子をつなぐ点には、解析に必要な情報が割り当てられています。そのため、格子を粗く生成すると解析結果が大雑把になってしまい、格子を細かく生成しすぎると、解析結果は詳細に得られますが、解析量が膨大になり時間がかかりすぎてしまいます。そこで、解析精度や解析時間を考慮して格子を生成することが重要になってきます。

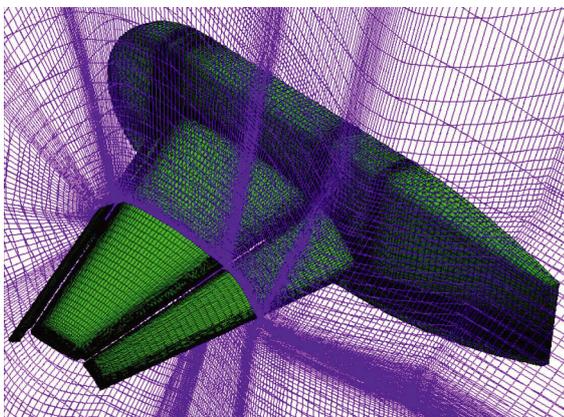
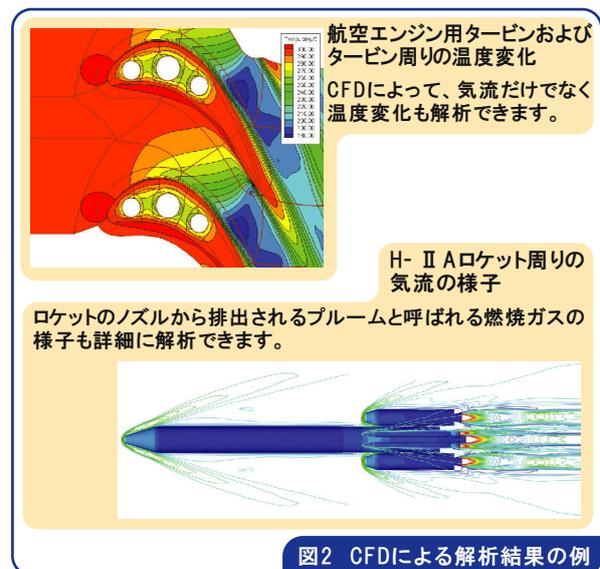


図1 格子によって細かく離散化された翼周りの空間の様子

CFDでは、コンピュータの中に解析対象を作り出すことができるため模型を必要とせず、対象の形の変更も比較的簡単に行えます。音速の何倍も速い極超音速気流や、非常に高温の気流などの複雑な気流の模擬を行うことも可能です。

航空宇宙だけではなく、鉄道や建築などの流れが設計に大きく係わる分野では、流れを模擬する装置として昔から風洞が使われています。CFDはコンピュータの発展と共にその性能を向上させており、現在では、風洞試験とCFDを分担・併用することで、より効率よく信頼できるデータが得られるようになってきています。



参考文献

- 『ブルーボックス 流れのふしぎー遊んでわかる流体力学のABCー』
日本機械学会編 石綿良三／根本光正著 講談社
- 『ブルーボックス パソコンで見る流れの科学』
矢川元基編著 講談社
- 『数値流体力学』 越塚誠一著 培風館

参考ホームページ

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

「空の日・宇宙の日」イベント

開催案内

当本部では、9月12日の「宇宙の日」と9月20日の「空の日」を記念して、「空の日・宇宙の日」に関するイベントを各センターにて開催します。

参加費は無料です。より詳しい内容は当本部のホームページ(<http://www.iat.jaxa.jp>)にて紹介しています。ご不明な点などありましたら、各センターにお問い合わせください。

航空宇宙技術研究センター

東京都調布市深大寺東町 7-44-1

開催日時:2006年9月10日(日)10:00~14:00

主なイベント

絵画コンクール(要応募)

工作教室(要申し込み)

展示室公開

お問い合わせ先

業務課広報係

電話:0422-40-3960

角田宇宙センター

宮城県角田市君萱字小金沢 1

開催日時:2006年9月9日(土)10:00~15:30

主なイベント

小惑星「イトカワ」に「角田」命名記念講演会

講師:川口淳一郎(はやぶさプロジェクトマネージャ)

お問い合わせ先

管理課広報担当

電話:0224-68-3111(代表)

筑波宇宙センター

茨城県つくば市千現 2-1-1

開催日時:2006年10月21日(土)

筑波宇宙センターで行っている様々な研究を分かりやすく紹介する予定です。詳細は、決まり次第ホームページにてお知らせします。

お問い合わせ先

筑波宇宙センター広報部

電話:029-868-4281

029-868-5216

展示室を改修しました

お知らせ

航空宇宙技術研究センターの展示室を改修しました。2005年10月にオーストラリアで行った小型超音速実験機飛行実験で使用した実機を始め、これまで行ってきた研究活動や現在取り組んでいる研究プロジェクトを紹介しています。ぜひ一度、足をお運びください。

展示の詳しい内容などはホームページ(<http://www.iat.jaxa.jp/info/exhibition/index.html>)にて紹介しています。

開館時間:10:00~17:00

休館日:土日祝日、年末年始

所在地:東京都調布市深大寺東町 7-44-1

アンケートへのご協力ありがとうございました

12号で実施した読者アンケートにご回答をお寄せいただきありがとうございました。いただきましたご意見は、今後の誌面製作に役立ててまいります。