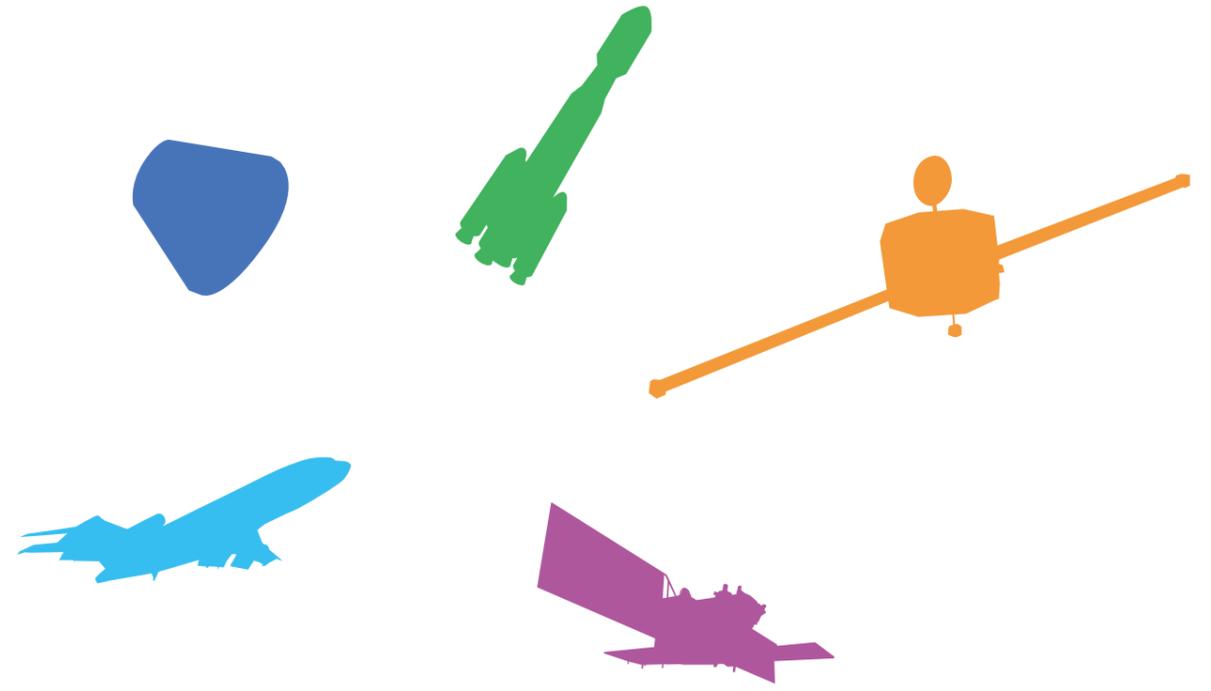


JAXA  
施設設備BOOK

## ごあいさつ

宇宙航空研究開発機構(JAXA)では、人工衛星やロケットなど宇宙機の研究開発、先進的な航空科学技術の確立や、宇宙・航空分野の基礎・基盤技術の研究開発、宇宙科学に関する研究・観測などを行っており、多くの施設や設備(ロケットエンジン燃焼試験、ロケット打ち上げ射場、人工衛星等の宇宙機環境試験設備、飛行技術研究設備等)を保有しています。宇宙航空技術が生み出される過程で、どのような試験が行われているのか等、施設設備に係る現場の取材を元に紹介しています。宇宙・航空に関する研究開発に親しみをもていただければ幸いです。

2014年4月 JAXA新事業促進センター



## CONTENTS

CHAPTER 1	角田宇宙センター	3
	ここを通らずに、宇宙へは飛び立てない	
CHAPTER 2	種子島宇宙センター	9
	海辺に広がる“世界一美しい”ロケット基地	
CHAPTER 3	調布航空宇宙センター	15
	明日の「空」と「宙」を支える	
CHAPTER 4	相模原キャンパス	21
	宇宙科学の頭脳を結集する	
CHAPTER 5	筑波宇宙センター	25
	宇宙の厳しさに耐える力を地上で鍛え上げる	

## 施設設備供用について

宇宙機の環境試験設備	33
1600m音響試験設備／振動試験設備／スペースチャンバ／電波試験設備／電磁適合特性試験設備／磁気試験設備／質量特性測定設備／大型分離衝撃試験設備／旋回腕型加速度試験設備／アライメント測定設備	

超高速気流試験設備	40
ラムジェットエンジン試験設備／高温衝撃風洞	

航空宇宙技術に関する試験設備	41
6.5m×5.5m低速風洞／2m×2m遷音速風洞／1m×1m超音速風洞／0.5m/1.27m極超音速風洞／疲労試験用油圧サーボ型ロードフレーム／X線CT探傷装置／マイクロX線CT探傷装置／多軸振動非接触自動計測システム／小型多軸振動非接触自動計測システム／高圧燃焼試験設備5MPa試験系／汎用飛行シミュレータ設備固定翼シミュレータ部／汎用飛行シミュレータ設備回転翼シミュレータ部	

## 施設設備供用対象設備一覧

JAXAのとりくみ	47
-----------	----

# 角田宇宙 センター

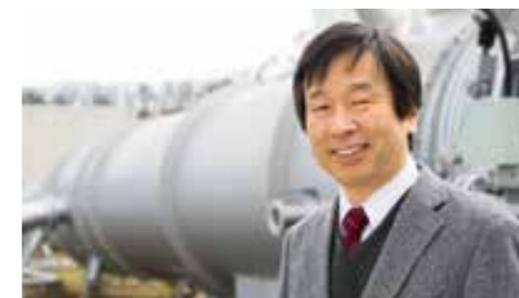
ここを通らずに、  
宇宙へは飛び立てない

巨大なロケットを打ち上げる先進的なエンジンの研究開発や、宇宙から戻ってくるロケットの大気圏再突入に関する研究などを行っているのが、宮城県角田市にある〈角田宇宙センター〉だ。種子島から上がるすべてのロケットの第二段エンジンは、ここでの厳しい試験を経て送り出されている。



仙台から最寄りの船岡駅まで電車で約30分。このあたりは桜の名所としても知られている。

角田センター長。航空宇宙技術研究所に入所して約30年。「大学の専門課程を選ぶときにたまたま宇宙を選び、そのままずっとここまでできました」。



## ロケットエンジンの研究から実機試験まで行う日本で唯一のセンター

「カクタ」ではない。「カクダ」と読む。〈角田宇宙センター〉があるのは、仙台市から南へ35キロほどの宮城県角田市。東京ドーム約37個分という広さがあり、木立に囲まれた池には白鳥も渡って来るという。そんな自然豊かな環境の中に、一定の距離を保って多くの建物や試験設備が配置されている。

「戦前、ここは海軍の火薬廠<sup>かやくしょう</sup>でした。ロケットの研究では大きな音や煙の出ることもあるので、この地が選ばれたのです」と、宇宙輸送系推進技術研究開発センターの角田丈士センター長が教えてくれる。

「同じ理由で建物間も適度に離してあります。ずいぶん広いように思われるかも知れませんが、地盤が悪い所もあって、そろそろ満杯になりつつあるんですよ」

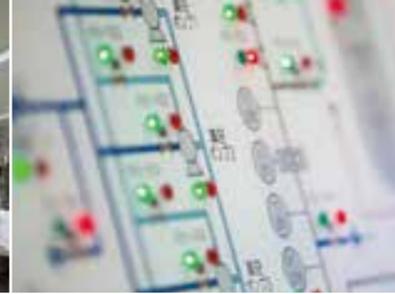
角田宇宙センターの前身は、科学技術庁・航空宇宙技術研究所の角田支所と、宇宙開発事業団の角田ロケット開発室。2003年のJAXA発足にともなって統合され、新しく生まれ変わった。

「わが国の主力ロケットはH-IIAとH-IIBですが、その1段目に使われているLE-7Aエンジンと、2段目に使われているLE-5Bエンジンは、ここでも研究開発されました」

ロケットエンジンには液体と固体の2種類があるが、大型ロケットのほとんどは、極低温の液体水素・液体酸素を燃料とする液体エンジンを



高温衝撃風洞HIEST (P7) の真空タンク部分。この日はメンテナンスのため扉が開けられていた。

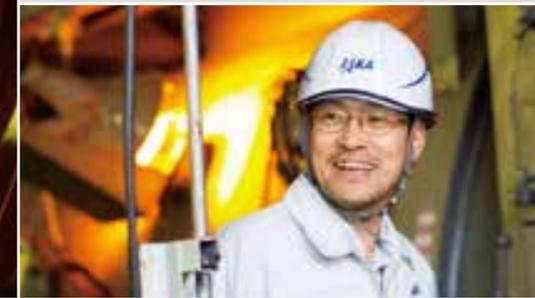


関西出身の吉田研究領域リーダは会話のそこかしこに冗談口調が混じり、堅苦しさを感じさせない人柄だ。「雪の中で10数年、単身赴任でがんばってきました。もうすぐ定年やし関西に戻って温まるう思ってます」。

極低温インデューサ試験設備に限らないが、JAXAは以前から水素を大量に扱ってきたことから、水素エネルギーの研究開発をしているメーカなどから「ハンドリングのノウハウを教えて欲しい」という問い合わせもあるそうだ。



富岡アソシエイトフェローは大学時代からスクラムジェットの研究をしていた。「ラムジェットエンジン試験設備は、とにかく騒音がすごいです。都内の大学にいたときに研究室で実験していたら、消音装置を付けていなかったこともあってクレームがついて…。あるとき角田の研究者に会ってその話をしたら「うちなら全然問題ないよ」という話になって、ここに設備をつくったんです」。



採用している。そんな宇宙ロケット用液体エンジンの研究開発と実機試験を行う、わが国で唯一の場所が、ここ角田宇宙センターなのだ。

## “エンジンの心臓部”を止めないために重要部品インデューサを徹底研究

大型宇宙ロケットは2段目(上段)の先頭に衛星を搭載し、その下に液体酸素と液体水素のタンクが置かれている。これらの燃料をポンプで高圧にして燃焼室に送り込み、爆発力で推進させるのだ。下の1段目も、衛星部分を除けばほぼ同じ構造になっている。吉田さんによれば、このポンプは“エンジンの心臓部”といわれるほど重要な役割を果たしているそうだ。

「高速回転するタービンによって駆動するターボポンプですが、性能や信頼性をさらに高めるため、さまざまな試験設備を使って研究開発を進めています」

そんな設備のひとつ、〈極低温インデューサ試験設備〉を見せてもらった。インデューサはターボポンプのいちばん手前に装着し、液体燃料の圧力を高めてポンプに送る重要部品だ。これが働かないとポンプが作動しなくなるという。エンジン研究開発グループの吉田義樹研究領域リーダに詳細を聞いた。

「打ち上げに失敗したエンジンを調べたところ、インデューサの翼が折れていたんです。液体が気体になるとき、お湯の沸騰と似た現象が

起こり、これをキャビテーションと呼びますが、極低温の液体燃料から生じたキャビテーションが翼を叩いたのではないかと考えました。そこで、フライト中の厳しい条件を、地上で再現できる試験設備をつくったのです。再現できれば原因が特定でき、それを取り除くことも可能になりますから」

沸点に近い温度の液体窒素でキャビテーションを観察したところ、キャビテーションの変動により翼面に圧力差が生じることがわかった。「キャビテーションが翼面を叩くのではなく、表面と裏面の圧力差によって翼がわずかに曲がったり戻ったりするうちに、そのストレスで金属疲労が起きていたのです。キャビテーションを消すことは不可能なので、翼の形を変えるなどして解決しました」

その後トラブルはなくなり、成果を上げた研究として高く評価された。またこの研究は、液化天然ガスや水素の利用に関係する企業から大いに注目されているという。

「天然ガスを運んでくるタンカーでは、タンクの底から吸い上げるポンプにインデューサを使っています。液化天然ガスも極低温ですから、この技術は貢献できるのではないのでしょうか。現にヨーロッパでは、『宇宙技術を応用したポンプ』などと大々的に宣伝されているようです。また、将来のエネルギー源として水素が有望視されていますが、液体水素のハンドリングにいちばん慣れているのはJAXAなので、いろいろアドバイスできるのではないかと思います」

1999年11月15日、種子島宇宙センターから打ち上げられたH-IIロケット8号機は、1段目エンジンの異常停止により失敗に終わる。このエンジンは、海洋科学技術センター(現・海洋研究開発機構)の協力を得て、水深約3000mの海底から奇跡的に回収された。インデューサに原因があったのではないかと疑われ、究明のために〈極低温インデューサ試験設備〉がつけられたという。引き上げられたエンジンは角田宇宙センター内の展示室で展示されている。



## 速度ゼロからマッハ11までの領域で複合エンジンが働くことを実証

液体ロケットの機体は、ほとんどが燃料タンクで占められている。燃料を使い果たしたら、切り離して捨てる仕組みだ。「運送業に例えれば、トラックに乗って手荷物を届けに行くようなものです」と言うのは、先進技術研究グループの富岡定毅アソシエイトフェロー。「ガソリンが切れたらトラックを乗り捨て、荷台から下ろしたバイクに乗って行く。またガソリンが切れたらバイクを捨てて歩き出し、『はい、お荷物です』と手渡す。そんな勿体無いことをやっているわけです」

そこで考えられたのが、滑走路から水平に離陸し、そのまま宇宙まで飛んで行けるスペースプレーンだ。何度も繰り返し飛行ができ、大幅なコストダウンが可能になる。その実現をめざして、ロケット・ラムジェット複合

サイクルエンジン(通称・複合エンジン)の研究が進められている。速度ゼロから秒速8kmという超高速まで、速度に合わせてさまざまなタイプのエンジンを使い分ける、いわば宇宙のハイブリッドエンジンだ。

「ラムジェットエンジンは、マッハ3~12という超高速で飛行しているとき、前方から空気を吸い込み、空気自身の勢いで空気を圧縮し、燃料を吹き込んで燃焼させます。ラムという英語には「押し込む」という意味があり、文字通り空気を押し込むわけです。ただ、超高速でないと働かないエンジンなので、速度ゼロからマッハ3以上の超高速に上げるまでは、内部に仕込んだロケットエンジンを使います。また、空気のない宇宙に出たら、もちろんロケットエンジンに切り替えます。大気圏の中だけ働くのでは大したことないと思うかもしれませんが、いまのロケットは、地球周回軌道に入れる秒速8kmを獲得するまでに使う燃料と酸素が、ロケットが地面を離れる時の重さの9割位あるんですよ」

このエンジンの研究には難題がある。マッハ3~12という超高速を模

「HIESTには日本独自のノウハウが詰まっています。この技術をぜひ継承していきたいんです」と伊藤リーダー。米国で同じような大きさの高温衝撃風洞を作ろうとしたことがあったそうだが、完成には至らなかった。日本が成功したのは、当時の研究者・技術者の地道な努力と“気づき”があったからだという。今後はJAXAだけでなく民間と協力してその技術をいかに受け継いでいくかがカギになる。



角田宇宙センターにはロケットエンジンの実機などを展示した展示室があり、エンジンの仕組みについて知ることができる。展示室の向こうにそびえ立つのは旧海軍火薬廠時代の煙突(左)。偶然にも全長約47mとH-IIAロケットとほぼ同じ高さだ。

擬できる風洞をつくり、その中でエンジンが動くかどうか確かめなければならぬのだ。風洞といっても、扇風機を回すくらいのもので超高速の流れは実現できない。まず、温度を2500℃以上に上げ、その熱エネルギーを速度に変えるのだ。耐火レンガを80層も積んだかまどのようなものをつくり、バーナーで長時間あぶって大量の熱を蓄積する。それを風洞の中に放出すると、マッハ4～8の“風”が30秒間ほど得られるのだ。「私たちがつくったラムジェットエンジン試験設備は、50cm四方くらいの風の通り道があり、正面が20cm×25cmほどの模型を入れることができます。小さいようですが、世界で2番目クラスの大きさなんですよ」

この風洞と、後述するHIESTという風洞を用いて、速度ゼロからマッハ11までの領域で複合エンジンが動くことを、世界で初めて実証できたという。

「もちろん日本で唯一の試験設備ですが、宇宙に限らず航空エンジンや耐熱材などの試験にも利用できます。民間企業の研究者にも、ぜひ使っていただきたいと思っています。実際、いくつかの問い合わせがありますが、具体的にどういふものは、もちろん申しあげられません(笑)」

## 10000℃の爆風をつくり出す 世界最大の風洞

再突入カプセルや宇宙往還機が大気圏に再突入するとき、速度は秒速4～7kmにもなり、機体まわりの温度は10000℃を超える。これほど

の高温になると、空気中の酸素や窒素の分子が原子に解離し、機体に影響を及ぼすおそれがある。このような超音速を地上で試験するためにつくられたのが〈高温衝撃風洞HIEST〉だ。全長約80m。世界最大の自由ピストン型衝撃風洞だという。仕組みについて、先進技術研究グループの伊藤勝宏研究領域リーダーに聞いた。

「ラムジェットエンジン試験設備でつくり出せる“風”はマッハ8くらいまでですが、この風洞なら秒速7km、マッハにして20以上が可能なんです。ただし、1000分の2秒間くらいの短時間しか測定できません。衝撃風洞という名のとおりに、爆風をつくり出すための設備だからです」

風洞のいちばん上流には大砲を思わせる発射装置が置かれている。ここから、高圧空気の力で金属製の重いピストンを圧縮管内に打ち出すのだ。圧縮管内にはヘリウムガスが充填されており、ピストンに押されて50分の1の体積まで圧縮され、超高温・超高压になる。その先にはステンレス製の隔膜(膜といっても厚みのある鉄板)があり、所定の圧力に達すると、破れてヘリウムガスが衝撃波管に流出する。衝撃波管内には試験気体(空気)が充填されているので、一気に流入してくるヘリウムガスによって強い衝撃波が発生し、1000分の4秒で管端に到達するが、この時、試験気体は最大圧力150メガパスカル、最高温度10000℃まで圧縮加熱されている。これが試験気流となって、計測部に取り付けられた再突入カプセルや宇宙往還機の模型にぶつかるのだ。

「これにより、圧力や熱流束の分布、抗力・揚力などの空力特性が計測できます。また、レーザーホログラフィやマルチフレームシュリーレンシステム

による流れの可視化も行えるんです。ただ、まったく理由のわからない不可解な現象がしばしば見られます。そのたびに頭を悩ませていますが、これは悪いことではなく、むしろ良いことです。わかっていることばかりだったら、こんな大がかりな装置をつくって調べなくてもいいわけですから」

伊藤さんによると、世界最大の高温衝撃風洞だけに、各国の研究者から使わせてほしいという要望が引きも切らないそうだ。「これがあることで、私たちの再突入の研究は大いにはかどりました。でも、投じた莫大な費用を少しでも回収するため、国内外の研究者にどんどん使ってもらいたいと思っています。ひとつ心配なのは後継者問題。私は間もなく定年を迎えますが、下の若い人たちが数年で交代していくので、衝撃試験の専門家が育たないんです。外部の方にどんどん使っていただければ、その対策にもなるのではないかと考えています」

## 大学や研究機関と連携して “オールジャパン”で宇宙にチャレンジ

こ角田宇宙センターには、他にもさまざまな施設や試験設備がある。改めて菊田センター長に聞いた。

「エンジンの燃焼関連では、ロケットの推進力と信頼性を高める燃焼器や新しい燃料である液化メタンの燃焼器を研究する〈液体水素ロケットエンジン要素試験設備〉、また推進力を高める噴射ノズルを研究する〈ロケットエンジン高空性能試験設備(HATS)〉などがあります。そ

のほか、前にも申しあげましたがターボポンプは“エンジンの心臓部”であり、用途に応じて〈高圧液酸ターボポンプ試験設備〉(供給系総合試験設備)などによってポンプの試験を行っています」

これらの設備は、関心のある民間企業に積極的に貸し出されている。それとは別に企業や大学などとの共同研究も盛んに行われているようだ。「大学や各種研究機関との連携は、広い分野との交流や、高い学術成果の展開という意味でも大切なので、積極的にを行っています。また、宇宙関連の分野における人材育成を進めるために大学院教育への協力にも取り組んでいます。毎年200名以上の学生を受け入れ、修士や博士として送り出しているんですよ」

むずかしい研究に取り組む施設・設備が多く、近寄りたがたい印象があるかもしれないが、実は誰でも気軽に見学できる施設がある。それが〈宇宙開発展示室〉だ。実際試験に使用したロケットエンジンや複合エンジン、研究内容を紹介するパネル、「失敗から学ぶ」をテーマに、海底から引き上げたLE-7エンジンの実物などが展示されている。屋外にも大型ロケットエンジンなどが展示されており、興味は尽きない。

もうひとつ面白いものが、センターの敷地から見ることができる。旧火薬廠で使われていた高い煙突だ。偶然にもその高さが、H-IIAロケットとほぼ同じだという。下から見上げると思いのほか大きく、こんな巨大なものが宇宙へ飛び立って行くのかと感慨を新たにす。大きな夢を運ぶものには、やはり、大きなパワーが必要なのだ。■

# 種子島宇宙 センター

## 海辺に広がる “世界一美しい”ロケット基地

鉄砲伝来の地として知られる種子島に、日の丸ロケットが飛び立つ日本最大の発射場〈種子島宇宙センター〉がある。名古屋港からコンテナ船で送られて来たロケットは、ここで組み立てられ、入念な整備・点検を受けたのちに、宇宙へ向けて打ち上げられるのだ。



島の中央部にある空港から東南端の宇宙センターまで車で約1時間。



2013年8月4日、宇宙ステーション補給機「こうのとり」4号機を搭載して打ち上げられたH-IIIBロケット。

ロケット発射場の外にはエメラルドグリーンの海が広がる。センターで働く関係者の中には、非番時にサーフィンに興じる人もいるとか。



## 赤道に近いところから 東へ向けて発射したい

決して小さな島ではない。面積は日本の島として10番目、住民も約3万3000人を数える。そんな種子島が、ロケット発射場として選ばれたのは何故だろう？

ロケットは通常、東へ向けて打ち上げる場合が多い。地球は西から東へ自転しているので、その速度が利用できるからだ。当然、東側が海へ向かって開けている所が望ましい。また、赤道に近いほうが自転速度が速いので有利になる。さらに無人島ではなく、電気や道路などのインフラがあれば助かることが多い。「沖縄でもいいじゃないか」と思われるかもしれないが、センター設立時の1968年には、まだ返還が実現しておらず、小笠原諸島も返還直後で問題が残っていた。打ち上げに適した最南端の地が種子島だったのだ。

島は南北に細長い形をしており、長さは約58km、最大幅が約12kmある。その東南端の海岸線に面して広がっているのが〈種子島宇宙センター〉だ。

「総面積は970万平米で、東京の千代田区より少し小さく、大阪の中央区より少し大きいくらいです」と説明してくれるのは、射場技術開発室の小林清 技術領域リーダー。

「センターの北側には、大型ロケット発射場を中心に、組立棟をはじめ



1



2



3



4



5



6

1 大型ロケット発射場。この日は移動発射台が発射地点まで動いていた。 2 小林リーダー。 3 発射地点の向かいにある大型ロケット組立棟 (VAB)。この一枚扉は世界最大のもので、ロケットは5の状態を組み立てられる。 4 フェアリングを組み立てる作業台SFA。 6 谷山主任開発員。

とする複数の関連施設・設備が集まっています。3kmほど離れた南側は竹崎地区と呼ばれ、ロケット打ち上げの頭脳となる総合司令棟や固体ロケット試験場、宇宙科学技術館などがあります。島内の離れたほかの場所に光学観測所や各種電波局が置かれていますが、主な地上設備はセンター内に配置されています」

## 巨大な建物の中で組み立て 射点へむかって移動させる

小林さんの後について大崎射場へ足を踏み入れる。JAXAでは、ロケット発射場全体を「射場」、発射する地点を「射点」と呼んでいる。案内されたのはH-IIAロケットを打ち上げる<第1射点>とH-IIBロケットを打ち上げる<第2射点>。どちらも、飛行場の滑走路を思わせる広い道の先に、赤・白に塗り分けられた2本の高い鉄塔が立っている。それとわかる。ロケットを見ることはできなかったが、たまたま整備・点検のため移動発射台が第2射点に置かれていた。打ち上げ時にはこの移動発射台にロケットを搭載し、多数のタイヤを備えたドーリーと呼ばれる特殊車両2台が、ロケットごと移動発射台を持ち上げ、約500mほど後方にある<大型ロケット組立棟 (VAB)>から移動してくるのだ。

VABはH-IIA/Bロケットを各1機ずつ2機を格納することができる建物で、高さ81m×幅64m×奥行34.5mもある。正面の2枚の引き戸は、引き戸としては世界最大ということだ。ロケットは、このVABの中に置かれた移動発射台上で組み立てられ、打ち上げ直前に射点へ向かってゆっくり移動して行く。

射点の下は深く掘り下げられ、奥のほうは斜道になって海の方へ開かれている。ロケット発射時の大量の噴煙は、この斜道を通して排出されるという。

「H-IIA/Bロケットは、JAXAが打ち上げていると思われる方も多いかもれません」と小林さんは言う。

「以前はそうでしたが、民営化されてから、ロケットについては三菱重工さんの責任となりました。私たちの仕事は、地上設備の維持・保全が中心です。もちろん打ち上げに際しては、地上設備とロケットがシステムを組み、一体となって動きますが、ロケットが地上を離れたら、こちらの役割はほとんど終わりとなります」

だが、打ち上げがない時期も苦労は絶えないという。「ロケットは打ち上げのたびにピカピカの新品がやって来ますが、地上設備は同じものを何度も使います。ここは海沿いで塩害がひどく、吹きさらしの設備も多いので、老朽化が早く進むのです。H-IIAの1号機が上がってから、早いもので、もう13年になりますからね。打ち上げを万全にするためには、未然に問題点を探り当て、きちんと片付けておかなければなりません。しかもそれを、いかに効率よく、低コストでやるか。華やかな打ち上げの陰には、こんな地道な作業の積み重ねもあるのです」

## 衛星組立作業の大敵は 空気中を漂うホコリ

射点から北西1kmほどの所に、衛星関係の地上設備が集まっている。小型衛星の組み立てや整備を行う<第1衛星試験棟 (STA1)>、メイン設備となる<第2衛星試験棟 (STA2)>、2つの<衛星/フェアリング組立棟 (SFA/SFA2)>などだ。それぞれの役割や設備内容について、射場技術開発室の谷山孝二主任開発員に聞いた。

「まず、衛星系射場整備作業の流れをご説明しましょう。種子島の西表港で陸揚げされた衛星は、<STA2>か<SFA2>に搬入されます。そこでアンテナを取り付けるなどの組立作業を行い、燃料タンクや配管に漏れがないかをガス圧をかけて点検。電波の点検なども行ったのちに<SFA>に移動します。ここで衛星に推進薬 (燃料) を充填し、漏れをチェックしてから、フェアリング (保護カバー) に収納。VABに運び込んで、2段ロケットの最上部に結合するのです。ロケットの先端は円錐形に尖っていますが、あれがフェアリングです」

一連の作業のなかで、衛星そのものについては、ロケットと同じように民間のメーカーが担当する。点検装置などもメーカーの工場が使われたものがそのまま持ち込まれるそうだ。谷山さんの仕事は、すべての地上設備がきちんと機能するように監督することだという。

「設備の不具合で衛星の信頼性が下がるとなったら責任問題。宇宙センターの設備は年間通じて動いていないものも多く、使うときに万全の状態にするのがむずかしいのです。機械は、たまに使うと不具合が起こりやすいものですから」

衛星まわりの作業環境には、最も気をつけているという。「温度・湿度を一定に保つのはもちろんですが、いちばん重要なのが清浄度、すなわちホコリの数です。カメラのレンズにホコリが着くとか、機械部分に浮遊している油分が付着し、冷やされて固形化するとか、そんな小さなことが重大な結果をもたらしかねません。クリーンルームのレベルを常に高く保つよう、細心の注意を払っています」

当然、作業中の建物に外部の者が入ることなど許されない。だが、幸いなことに<SFA2>が空いていたので、内部を見ることができた。ここではフェアリング組立作業台に衛星を載せ、上から降ろしてきたフェアリングをすっぽりかぶせて取り付ける (衛星の形によっては、縦半分に割ったフェアリングを一つずつ降ろして組み合わせることもあるというが)。フェアリングの高さは12m (4S型) にもなるので、これもまた巨大な設備だ。この大きな空間を24時間清浄に保つ苦労は、さぞや大変なことだろう。

熊本の工業高校を出て、すぐNASDAに採用された谷山さんは、ここ種子島を振り出しに、角田や本社、出向先の三菱重工で、設備設計、試験設備維持、ペイロードインターフェース業務などの仕事を経験したのちに、衛星まわりの設備に通じた技術者として種子島に戻ってきた。

「たまたま本社にいたとき<SFA2>の構想が持ち上がったので、基本的なプランは私がつくりました。苦労の多い予算取りまでやりましたよ。私は種子島を、射点に何も無い頃から見えたので、<SFA2>に限らず、このセンター全体に強い愛着がありますね」



## ロケットをカメラで追尾し 運航状態を記録する

ロケットが民間に移管され、打ち上げ作業もメーカー側が担当するようになった。しかし、打ち上げたロケットの追尾については、JAXAの地上設備で行っている。追尾には光学観測と、レーダーなど電波系による追尾があり、光学観測は竹崎にある光学観測所と、種子島の最南端・門倉にある<門倉光学観測所>が中心となって行う。光学観測について、射場技術開発室の小川ゆい主事補に説明をお願いした。「光学観測は、回転する台の上に高速度カメラを2台取り付け、ジョイスティックのような器械で操作しながらロケットを捕捉します。当初の目的は、ロケットの位置や角度などを確認するためでしたが、最近はその役目を電波系のほうに譲り渡し、失敗や不具合が起きた際に、その状態を記録することが主目的になりました。成功したときでも、どこか気になることがあったら、取得した画像が原因調査の貴重な情報になります」

小川さんによると、かつて固体ロケットブースターの切り離しに際して、はずれ方が少しおかしかったという観測があり、その解析に役立てられたこともあったという。

「ほかにもカメラとしては、テレメーターのアンテナの先に取り付けられて追尾しているものとか、ロケットに取り付けて分離映像を撮るようなものもあります」

小川さんは、直接光学系の機器操作に携わっているのではなく、射場管制を担当している。打ち上げの1週間ほど前から、すべての装置が正しく作動するかとか、装置と<総合司令棟 (RCC)>とのインターフェイスがとれているかなどをチェックし、打ち上げ当日はRCCで、手順通りに進めるために指揮するのが仕事だ。

「めちゃめちゃ緊張します。でも、打ち上げ現場にいられるのはうれしいことですし、種子島に配属されたこと自体がとても幸運だったと思っています」

## 複数のレーダーやテレメーターで ロケットの動きを逃さず捉える

打ち上げられたロケットは、いまどこを飛んでいるか？ 補助ブースターはいつ切り離れたのか？ 機体は健全な状態にあるか？ こうしたことについては、地上からレーダーやテレメーターで追尾して情報を得る。「レーダーは、いわば大きなアンテナです。ロケットに電波を送ると、積まれたトランスポンダ (応答装置) から返ってくる仕組みになっているので、方位角・上下角・距離から位置が割り出せます」と解説してくれるのは、射場技術開発室の田元光彦主任開発員。

「ほかにもさまざまなデータが送られてくるので、必要なデータを抽出して<総合司令棟 (RCC)>に送り、飛行安全に役立っています」

電波系の設備としては、レーダー局が竹崎と、種子島中央部東海岸にある<増田宇宙通信所>に置かれ、テレメーターは同じく増田と、

宇宙センターから5kmほど西の宇宙ヶ丘に置かれている。また、ロケットが種子島から遠ざかって行くときは、内之浦や小笠原、さらにクリスマス島などに引き継いで追尾することができる体制になっているようだ。

「追尾はまさに一発勝負なので、綿密な運用手順をつくって、異常が見つかったときにどう対応できるかが重要です。ロケットのトラブルだけでなく、雨などで電波の状態が悪くなることもあり、経験や訓練がものを言います」

田元さんによると、瞬間的に電波が途切れ、ロックオフ状態になることもあるようだ。

「再捕捉というのは、とてもむずかしいんです。別の局からきたデータを計算して自局のアンテナから見たロケットの位置を割り出す仕組みをつくっていますが、さらに良いものにする努力が欠かせません。私自身、異常や不具合を何度も経験して、それをなんとか処理することで勉強させてもらいました」

生まれも育ちも種子島という田元さん。一時的な転勤はあったが、人生のほとんどをこの仕事に捧げてきたという。

「昔のセンターは規模が小さく、関わっている地元の人間は少数でした。島の端のほうで何かやってるナ、というくらいの認識だったと思います。いまはJAXA以外にいろいろな会社が入っているし、工事や作業に従事する地元の人も多いので、なくてはならないものになっています。島の皆さんが協力的なので、JAXAとしても大いに助かっているんですよ」

## NASAと共同で GPM計画の中核衛星を打ち上げ

JAXAはいま、NASAやその他の国際機関と共に、GPM計画 (全球降水観測計画) を進めている。これは、各国機関が合計9個の衛星を打ち上げ、それらを組み合わせて地球全体の雨の様子を高精度で観測しようという共同ミッションだ。そして、その中核となるコア衛星が、H-IIAロケットで打ち上げられることになった。

大崎射場の<STA2>には、NASAとJAXAで共同開発したコア衛星が搬入され、点検が行われている。<STA2>の建物上部の壁面には、GPMとNASAのマークがくっきり描かれ、NASAから派遣された大勢の外国人技術者が行き来している。なにやら国際ロケット基地にでもいるようだ。

近年、中国、インド、イスラエルなど、各国が競ってロケットを打ち上げるようになり、次々とロケット基地が生まれている。だが、多くは内陸の広大な原野に建設され、発射台などの施設が散在する形をとっているようだ。それに比べて種子島宇宙センターの発射台は、美しいサンゴ礁と白い砂浜を擁する岬の先端近くにあり、他の施設・設備も豊かな山林の緑に囲まれている。訪れる各国の関係者は、口を揃えて「世界一美しいロケット基地」と絶賛するそうだ。そんな恵まれた環境と、地元の人々の温かい声に励まされながら、来るべき打ち上げのカウントダウンへ向けて、今日も真摯な取り組みが続いている。■

1 向こう側に見えるのがSTA2。この日はNASAのGPM衛星が作業中だった。 2 宇宙ヶ丘レーダーステーション。 3 第3光学観測所。 4 衛星系機材保管庫。 5 増田宇宙通信所。 6 小川主事補。 7 宇宙センター構内図。 8 田元主任開発員。 9 宇宙科学技術館。一般見学者向けに宇宙に関するさまざまな展示を行っている。

※この記事の取材は2013年12月に行いました。コア衛星は、2014年2月に無事打ち上げられました。

# 調布航空宇宙センター

## 明日の「空」と「宙」を支える

先進的な航空科学技術の確立や長期的な視野に立った宇宙・航空分野の基礎・基盤技術の研究開発を行っている〈調布航空宇宙センター〉。ここでは、航空機の研究開発に欠かせない風洞試験設備を統括的に管理、運営する「風洞技術開発センター」と、航空機や宇宙機器などの材料の研究開発を行う「複合材技術研究センター」がある。



東京都心から電車で最寄りの調布駅／三鷹駅まで約20分。武蔵野の面影が残る地域に、最先端の航空宇宙技術を研究する拠点がある。

空気冷却設備と高圧空気貯気槽。



風洞技術開発センター

## 低速から極超音速まで 日本最大級の風洞設備群

東京都心から西へ約15km。ベッドタウンが広がる多摩地域東部に、JAXA本社や航空本部、研究開発本部などが置かれる〈調布航空宇宙センター〉がある。1955年に航空技術研究所として設立され、戦後日本の航空技術のパイオニアとして60年の歴史を持つ。

構内を進むと目に付くのが、「空気」と書かれた大きな球形のタンク。これは風洞試験に使う大量の空気を貯めておくためのものだ。風洞とは、空を飛ぶ航空機や宇宙に飛び立つロケットなどの模型の周りに空気を流し、「空気中を飛んでいる状態を模擬して」試験する設備だ。

風洞は模擬できる速度と、試験できる模型（供試体）の大きさによって、種類が分かれる。ここJAXAの風洞技術開発センターには、低速風洞（秒速1m～60m）から、遷音速風洞（マッハ0.1～1.4）、超音速風洞（マッハ1.4～4.0）、極超音速風洞（マッハ5.0以上）など、10種類以上の風洞があり、日本最大級の規模を誇る。

「私たちの風洞群の特長は、極超音速のような特殊な速度を扱え



「6.5m×5.5m低速風洞」内部の“縮流洞”と呼ばれる部分。15m×12.5mの断面から入る空気の流れを測定部の6.5m×5.5mまで急速に絞ることで乱れを抑える。

ということはもちろん、「綺麗な風を創ることができる」ということです。例えば自動車メーカーでも風洞は使いますが、地上を動くものは地形や建物など周囲からさまざまな影響を受けるため、風の質自体はそこまで求められません。しかし、航空機やロケットは何もない上空を飛んでいくわけですから、可能な限り乱れない綺麗な空気の流れが必要なんです」と浜本滋風洞技術開発センター長。

速度、大きさといった種別以外に、特殊な風洞として「高エンタルピ風洞」がある。スペースシャトルのような往復型の宇宙機は、地球に帰ってくるときに非常に高い熱と圧力の影響を受ける。それを再現する風洞が、高エンタルピ風洞だ。風洞技術開発センターは、アーク加熱風洞、誘導プラズマ加熱風洞の2つを保有している。

## 航空機の開発試験で多くの設備供用実績

風洞に足を踏み入れてみると、設備全体が思ったよりもかなり大きい。試験する供試体自体は両手で運べるくらいだが、そこに風を送るための装置全体はサッカーグラウンド1面ほどの大きさになる。必要なエネルギーも相当なものだろう。

「ジェット旅客機の巡航速度にあたるマッハ0.8前後で試験する遷音速風洞では、送風機ファンを22.5メガワットの巨大な電動モーターで回しています。」

風洞技術開発センターではJAXAとしての技術開発や試験用途以外に、風洞を外部に貸し出す設備供用も実施している。

「国内の航空機メーカーが機体を開発するときは、自社の風洞試験設備で試験をした後、最終段階でJAXAの風洞を利用することがほとんどです。JAXAの風洞は測定部が大きいので、より実機に近い大きさの模型で試験できるからです。大きな風洞を民間企業が保持するのは、コスト面でなかなか大変なことなんです」

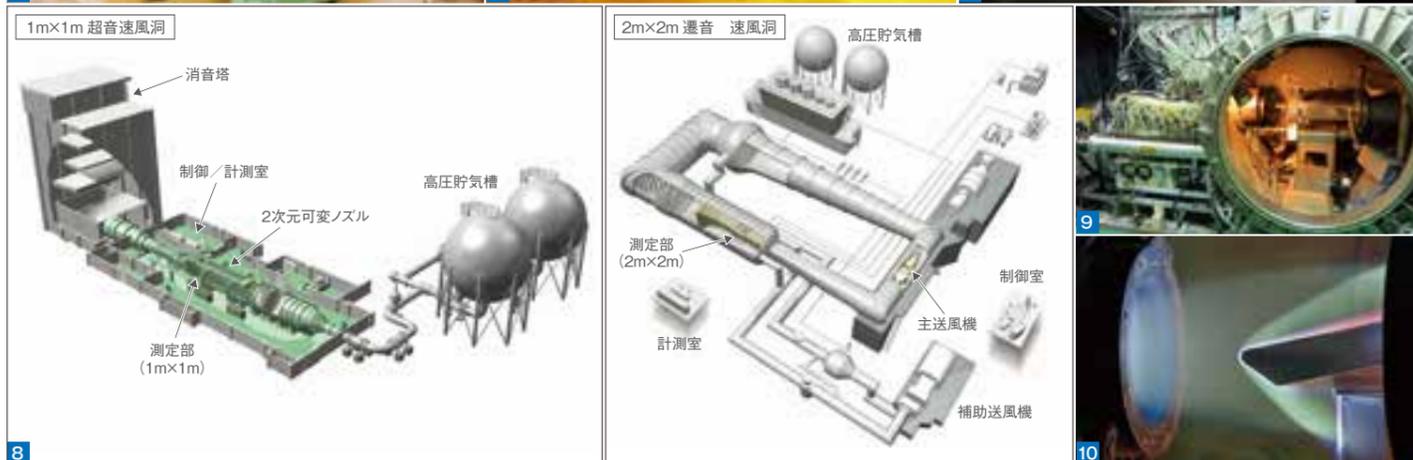
少ないながらも航空宇宙分野以外での利用実績もあるという。

「風力発電の風車、船舶用のアンテナなどを試験したことがあります。変わったところではスポーツ分野。リュージュの選手が風洞の中で滑走中の姿勢を確認したり、スキージャンプの試験も行いました」

## 未来のニーズを読んで先行的な技術開発を進める

風洞技術開発センターの基本的な任務は、日本の航空宇宙技術の開発において最大限の寄与をできるように、風洞を維持・管理・運営することだ。

「私たちの仕事は、例えばロケット自体を設計するような形あるモノを作っていく作業とは大きく異なります。決して華々しいものではなく地味な作業の連続です。マネジメントの立場で言えば、風洞はチームで動かさなければならないので、全員のモチベーションを揃えることがとても難し



1 浜本センター長。立っているのは「2m×2m遷音速風洞」の測定部。2 「6.5m×5.5m低速風洞」の測定部。航空機用風洞としては日本最大。3 「1m×1m超音速風洞」。マッハ1.4～4.0を模擬できる国内有数の大型風洞。4 「1.27m極超音速風洞」の測定部。5 「0.6m×0.6m遷音速フラッタ風洞」。6 「2m×2m低速風洞」。7 「ハイブリッド風洞」。8 風洞は設備全体で見るとかなり大きい。空気を一気に吹き付ける「吹出し式」(左)と、空気をぐるぐる回す「回流式」(右)がある。9 「750kWアーク加熱風洞」。左側に見えるのがアーク加熱器。10 は通風中の様子。

いですね」

浜本センター長自身は、風洞に携わって約30年になる。もともとのきっかけは、高校時代にサッカーをしていたことから、サッカーボールの動きに関係する空気力学に興味を持ったことだという。その流れで大学時代は航空宇宙工学の分野に進み、流体力学を学んだ。それが現在の仕事につながったわけだが、やりがいはどんなところにあるのだろう。

「風洞というのは航空産業において絶対必要なものなんです。JAXAがこの設備を維持していかない限り、日本の航空産業も続かない。そうした自負がやりがいです」

ぐりと見学して回った各種の風洞試験設備を見て気付いたのは、機器に付けられた銘板に書かれている製造年月日が意外に古いことだ。最も古い設備は50年以上前に造られている。

「航空技術が進化していくなかで、風洞にも技術革新が求められています。いま取り組んでいるのは、コンピュータによるデジタル風洞と従来の風洞(アナログ風洞)を融合させた『デジタル/アナログ/ハイブリッド風洞(DAHWIN)』です。実際の風洞試験と、計算によるシミュレーションを上手に組み合わせて相乗効果を得ようというもので、JAXAが世界で初めてシステム化を行いました。いずれ世界的にこうした方向にいくはずで、私たちの先行開発が日本のアドバンテージに大きく寄与するものと考えています」

世界トップレベルの内容を持つ風洞技術開発センターだが、今後どのような目標に向かって進もうとしているのだろうか。

「私たちの目標は、まず設備を維持してより良いデータを出し続けるということが基本です。さらに、今まで測れなかったものを測る、精度を上げるといった“計測技術の開発”があります。例えば、これまでに圧力によって発光の強さが変わる塗料(感圧塗料)を使って供試体にかかる空気の圧力を可視化する技術を確立しました。これからの航空機は騒音を減らす、燃費を上げるといった方向に行くはずで、そのために圧力や騒音を測る試験技術が必要になってきます。『先に出てくるニーズ』のために、『先行的に試験技術を開発する』というのが私たちの考え方です」

将来のニーズを掴むためには、未来に向かって吹いている風を読まなければならない。風洞技術開発センターは基盤的な作業を着実にこなしながら、今日も未来の風向きを見据えている。■

## より軽くより強くより安全に航空宇宙分野で必要不可欠の複合材料

調布航空宇宙センターから西へ数キロ。大島や神津島と東京を結ぶ通勤便が発着する調布飛行場がある。その飛行場と道路一本隔てた敷地に〈調布航空宇宙センター飛行場分室〉の施設が広がる。ここで複合材料=「異なる材料を組み合わせることでそれぞれの長所を併せ持った優れた材料」に関する研究開発を推し進めているのが、岩堀豊センター長率いる複合材技術研究センターだ。

「私たちは、新しい複合材料を創成する研究から実用化に向けた実証研究まで、設備・研究者・これまでの技術蓄積を駆使して、上流から下流までの研究開発を行っています」と岩堀センター長。

近年、CFRP（炭素繊維強化プラスチック）などの複合材が、航空機に使用されることが一般的になってきた。複合材は金属に比べて軽く強いだけでなく、耐腐食性も高いため、長期間安全に運航を続けることが大前提の航空機には非常に適している。最新鋭の旅客機では全重量の約半分が複合材だ。こうした複合材の研究開発は世界的にも最先端の分野で、JAXA以外にも米国・NASAやドイツ・DLRなどが開発を競い合っている。

「国産旅客機としては40年ぶりとなるMRJにも、複合材が使われています。私たちは、ボーイングやエアバスといった海外の航空機メーカーと共同研究を行ったり、我々が開発した複合材料を売り込むこともしています」

もともと日本は、複合材料の素材となる炭素繊維自体の性能は非常にレベルが高いが、それを樹脂と組み合わせる新しい複合材料を創出したり、航空宇宙用材料としてどのように適用していくか、といった“材料創出”と“適用実証”の部分が弱い。JAXAの研究開発はその部分を補おうというものだ。旅客機の開発は長期間にわたるため、開発した材料がすぐに製造に使用されることはないが、10年後、20年後に登場する欧米の新型旅客機にJAXAが開発した複合材が使用される可能性も充分にあるのだ。

## 特殊な環境下での試験を可能にする JAXAならではの試験設備群

さて、複合材技術研究センターの設備は、大きく3つに分かれる。材料を引っ張ったり押し付けたりすることで強度を確認する「強度試験設備群」、熱の伝導率や膨張率などを分析する「材料特性評価設備群」、X線などで内部を走査する「非破壊評価設備群」だ。

材料の強度を計測する設備は、一般的に“ロードフレーム”と呼ばれ、JAXAではさまざまな材料の強さに応じたロードフレームを保有し



ている。

「ロードフレーム自体は、航空宇宙分野に限らず、車や船舶、道路や橋梁等の材料を研究開発するためにも使われます。大手の建設会社や鋼材会社は自前で大型の強度試験設備を持っていますし、それほど珍しいものではありません。JAXAのロードフレームの特長は、超高温・極低温・真空、といった特殊な環境下での試験も可能なことです」

物体を壊さずにその中身を検査する非破壊評価設備は、非常に高価であるため国内でも数が少ない。そのため、JAXAには「現状のまま中身を検査したい」と、さまざまなものが持ち込まれるという。

「工業製品ばかりでなく、土器や装飾品などの内部を検査したい、という問い合わせを受けたこともあります」

JAXAの他の設備同様、一般への利用=設備供用も行っており、最近はこちらの設備を持ってない中小企業からの問い合わせが増えているそうだ。

設備を利用した研究活動とともに、複合材技術研究センターの大きな取組みのひとつが、「試験データのデータベース化」と「試験標準化」だ。複合材料の性質は金属と全く違うことから、金属に対する従来の常識やデータが設計に役立たない。

そこでJAXAは、航空宇宙分野の技術者・研究者に試験データをデータベース化して提供している。データベースを作る場合、標準的な試験法で実施しないとデータの信頼性が得られない。JAXAは「複合材料の普及・展開には、特性データの公開とともに、そのデータに関する試験技術を明らかにし、標準化していかなければ複合材料への信頼性は得られない」という使命感を持って、試験法の標準化に取り組んでいる最中だ。

## 日本の航空宇宙材料技術を支えるために

「設備というのはいくら性能が良くても、それを使いこなせる人間がいなければ役に立ちません。私たちのセンターには、複合材料技術に関する設備と研究員が揃っています。頭も手も足もあるということです。これは世界的に見ても数少ない研究センターであると自負しています」

国内外・官民間問わず進化が著しくかつ競争が激しい複合材料の分野で、JAXAがめざすのはどんなところだろうか。

「いまのところ複合材料の研究開発は予算規模的に欧米に先行されている感があります。しかし、この分野では新たな着想による材料開発や技術データを丁寧に蓄積していくことで、将来の設計手法や航空宇宙構造の性能を大きく変える可能性があります。日本の航空宇宙材料技術を高めていくためには、ニーズとシーズを意識しながら研究開発を推進できる研究者と、その手足となる試験設備が国内で稼働していることが重要で、それが私たちJAXAの役割だと思っています」

110余年前、宙に浮いたライトフライヤー号がその後の私たちの生活を一変させたように、JAXA発の複合材が航空宇宙技術の世界を一変させる時が来るのかもしれない。■

1 岩堀センター長。もともと民間の航空機メーカーで設計を担当していたが、材料を極めるためにJAXAに転じた。 2 2500KN 油圧ロードフレーム（油圧グリップ付き）。 3 静強度電気式ロードフレーム（100KN）主に圧縮試験に使用。 4 超高温（1000℃以上雰囲気での材料試験が可能）環境槽付きロードフレーム。 5 「X線CT探傷装置」。材料などを非破壊で検査する。 6 2014年3月に導入された国内最大級の10MNのロードフレーム。 7 引張試験に使用する油圧式グリップ。 8 「小型超音波探傷装置」。複合材料板に物体が衝突した場合等に発生する内部損傷サイズや位置が非破壊でも定量的に観察できる。

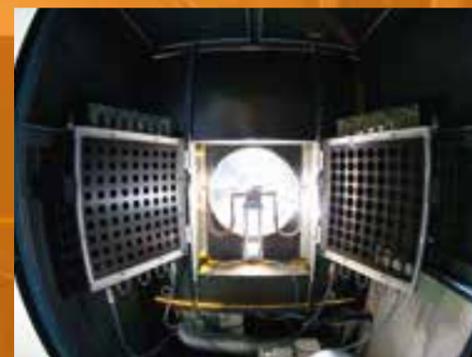
# 相模原 キャンパス

## 宇宙科学の頭脳を結集する

日本のロケット開発の歴史は、1955年に糸川英夫博士率いる東京大学生産技術研究所が行ったペンシルロケット実験に端を発する。それから約60年。日本は人工衛星をいくつも打ち上げ、宇宙飛行士を何人も宇宙に送った。時が流れ科学が進化していく中で糸川スピリットを現在も受け継いでいるのが、<相模原キャンパス>だ。



東京都心から約1時間。緑豊かな地域に「はやぶさ」や「イプシロンロケット」の故郷がある。



「内惑星熱真空環境ソーラシミュレータ」の照射装置部分。キセノンランプが使用されている。(ランプが光っているのは撮影時の照明のため)

## 「はやぶさ」もイプシロンロケットも キャンパスで生まれた

相模原宇宙センターではない。相模原「キャンパス」。1964年に設立された東京大学宇宙航空研究所を前身とするJAXA宇宙科学研究所 (ISAS) は、宇宙科学・惑星探査研究の主拠点だ。東京の西40km、丹沢山地を望む閑静な環境に囲まれたこのキャンパスでは、苦難の末に地球に帰還した小惑星探査機「はやぶさ」、宇宙への敷居を下げるロケットとして注目を集めているイプシロンロケットの前進であるM-Vロケットの開発・運用が行われてきた。

今も「キャンパス」と名付けられている理由は、ISASが大学共同利用機関の機能と精神を受け継いでいるからだ。大学共同利用機関とは、「大学の研究者のための学術研究の中核拠点として、個別の大学では整備や維持が困難な、①大型／特殊な実験・観測装置、②膨大な学術資料やデータなどの知的基盤、③ネットワーク型共同研究や新分野開拓のための中核的機能と場を全国の研究者の利用に供し、効果的な共同研究を実施することで、我が国の学術研究の発展に貢献する機関」と定義されている。また、ISASは、日本における宇宙科学分野の大学院教育の拠点としての機能も担っているため、「教授」「准教授」といった教育職が置かれている。JAXAが擁するさまざまな組織の中でも、アカデミック色が強く、進取の気風に富んでいるのが、ISASだ。



もともと東京大学の宇宙航空研究所だった相模原キャンパス。周囲には大学関係の施設が多く、最寄駅の駅前にも私立大学のキャンパスがいくつか広がっている。



## 地球の“内側”を探るために 11倍の太陽エネルギーを当てる

「宇宙環境試験室は、衛星やロケットなどを宇宙に飛ばす前に、真空中の過酷な熱環境下で機体や材料が耐えられるかどうかを試験するのが目的です」

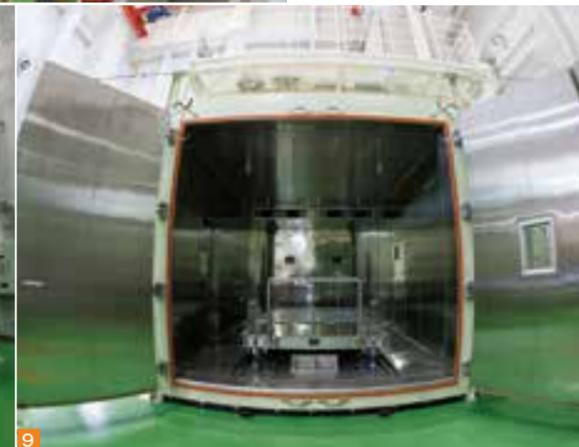
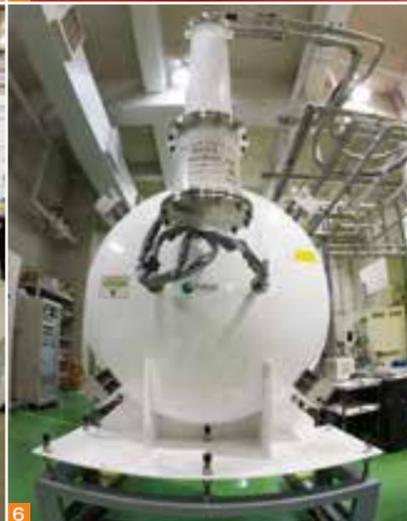
熱・流体グループグループ長の小川博之 宇宙飛行工学研究系准教授の説明を受けながら宇宙環境試験室に入る。バスケットボールコートほどの広さで高さが5階分ほどの大きな部屋が宇宙環境試験室だ。ここには、地上で宇宙の環境を作り出すスペースチャンバ、低温と高温環境を繰り返し何度もさらすことのできる熱衝撃試験装置、空気を循環させて槽内温度を変化させる恒温槽が置かれている。また、それらの装置を使って実験するための人工衛星や惑星探査機を準備するための準備エリアも用意されている。



「宇宙空間は遮る空氣が無いので、太陽光が当たっているところは非常に熱く、当たらないところでは温度が極端に下がる傾向があります。人工衛星や惑星探査機は、特殊な宇宙環境下でも、温度がなるべく快適に保たれるように設計を行います。この設計がうまく行われていることを確認するために試験を行っています。人工衛星や惑星探査機がロケットで打ち上げられる直前の最終的な試験もここでいきます」と小川准教授。

試験室の奥に歩を進めていくと、さまざまな機器が並ぶ中に、直径1mほどの白い円筒形の機器が横たわっていた。片側が蓋のように前後に動いて開く仕組みで、周囲には幾つもの配管や配線が付く。見た目はいわゆる普通のチャンバ装置に見えるが…。傍らの操作パネルに機器名が表示してあった。「内惑星熱真空環境シミュレータ」。内惑星とは、地球から見て内側（太陽側）にある惑星ということだ。「ここにある内惑星熱真空環境シミュレータは、水星や金星といったところに飛ばす探査機本体や観測装置などを試験するもので、JAXAの中でも相模原キャンパスにしかないものです」

水星は太陽に最も近い軌道を周回する惑星で、地球軌道上と比較して11倍の太陽光にさらされる。そうした環境を模擬して試験を行う



1 小川准教授。相模原キャンパスらしい研究者スピリットにあふれている。  
2 6 「内惑星熱真空環境ソーラシミュレータ」。6 の円筒の中で水星や金星の環境が模擬される。 3 4 5 「4mφスペースチャンバ」。試験される衛星などは、チャンバ下部からチャンバ本体4内に押し上げられる形式だ。  
7 宇宙環境試験室全景。さまざまな機器が所狭しと並ぶ。 8 9 「大型恒温槽」。ロケットや衛星などに搭載する機器を、大気圧で-60℃～+80℃あるいは一定の温度で試験できる。

装置だ。試験する材料などをチャンバ内に入れ真空状態にしたうえで、特殊なキセノンランプを照射する。地球の近くから水星近くの光エネルギーまでを模擬することができる日本唯一の装置だ。

## 人まかせにせず自分でもやる それが宇宙研の誇りと伝統

宇宙環境試験室で行われる試験は、多くの場合1～2週間程度、昼夜連続で行われる。小川准教授は、2週間どころか2カ月家に帰らず試験設備に張り付いていたこともあるという。

「私たちの試験は液体窒素を使うので、試験中は24時間監視する必要があります。もちろん普通は三交代でやるんですが、自分としては中に入っているものが、どんな変化や反応をするのか、ずっと見ていたんです」

小川准教授は、ISASの諸先輩から「宇宙研はメーカーさんにまかせっきりでなく、ずっと一緒にやってきた」と聞かされてきたそうだ。「ISASは、JAXAの他拠点と同様、設備の運営について民間企業と協力はしますが、完全にまかせせるのではなくできるだけ自分たちでもやる、というのが基本です。そうしないと本質に追えない、と思うんです。新しいものを試す、といってもそれまで古いものにもきちんと関わってなければ、新しいものって分からないはずなんです」

こうした考え方が、ISASのスピリットでありプライドなのだろう。一方、設備自体を外部に貸し出す設備供用はどうだろう。

「この設備は本当に特殊なものが多く、いわゆる一般への設備供用実績はそれほどありません。海外メーカーからの依頼で太陽電池の試験をしたことがあるくらいです。でも我々が気付いていないだけで、もしかすると意外な使い方があるのかも知れません。設備が空いている時であれば供用できますから、ぜひお問い合わせいただきたいと思います」

## 手作り感を残しながら 知恵を絞って成果を上げる

小川准教授は、JAXAに入って約15年。「大学時代はプラズマの流れを研究していました。ポスドク時代に指導教官に『明日宇宙研に行ってください』と言われ、何のこともわからずここに来たのですが、実はそれが面接だったんです。その時に熱流体力学の小林康徳先生の助手に付いたことで、いまやっているような分野の研究に携わるようになりました」

ひょんなことからこの仕事に携わるようになったわけだが、上司や周りの人間に恵まれて研究者としては満足のいく環境だという。そんな小川准教授が日々の試験の他にもう一つ取り組んでいるのが、試験技術の研究だ。衛星や探査機をどのように試験すればより正確で安全な結果が出るのか、を研究することで、こちらも重要な任務なのだという。新しいことを研究していくには当然時間もコストもかかる。

「宇宙研ってのはもともと予算が少なく、そんな中でも工夫してやってきたという歴史があります。だから、お金が厳しいからやらない、とか、縮小する、ではなく、知恵を絞って何とかしてやりとげるのがISASの伝統なんです。“手作り感”を残しつつ、これまで以上に成果を上げていけるといいな、と思います」

60年前に糸川博士が世界に向かって押し開けた日本の宇宙科学の扉。その精神は、いま相模原に満ちあふれている。■

# 筑波宇宙 センター

## 宇宙の厳しさに耐える力を 地上で鍛え上げる

茨城県つくば市にある<筑波宇宙センター>は、JAXAの中核的な施設として、宇宙飛行士の育成、宇宙開発の研究や試験、打ち上げた人工衛星の追尾や管理などを行っている。そのなかで、人工衛星や宇宙ステーションの機材などが、厳しい宇宙環境で正常に機能し、十分に役割を果たせるかどうかを調べたり、耐久性の向上につながる素材を研究したりしているのが、<環境試験技術センター>と<研究開発本部 衛星構造・機構グループ>だ。



筑波研究学園都市の一画、緑豊かな約53万平方メートルの敷地に筑波宇宙センターはある。



「13mφスペースチャンバ」。試験時は、この巨大な蓋の向こうに人工の宇宙と太陽光が広がる。

チャンバ担当チーム。右から4人目が松田主任開発員。



### 環境試験技術センター

#### 上がった衛星は修理できない

「衛星や宇宙ステーションの機材は、打ち上げ時のすさまじい音や振動、加速によってかかる強いG(重力)、1段目を切り離すときの衝撃などを受けます。さらに宇宙空間に上がれば、待っているのは、高真空、極低温、太陽に直射される部分の高温などです」と語るのは、同センターの中尾正博センター長。

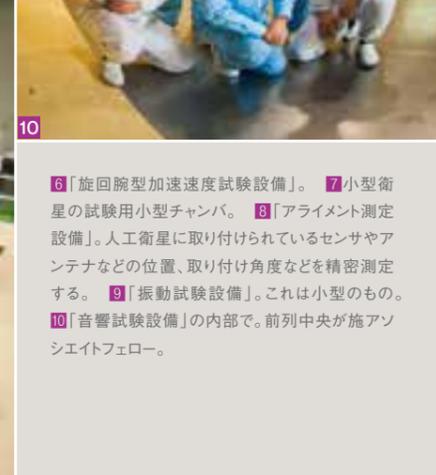
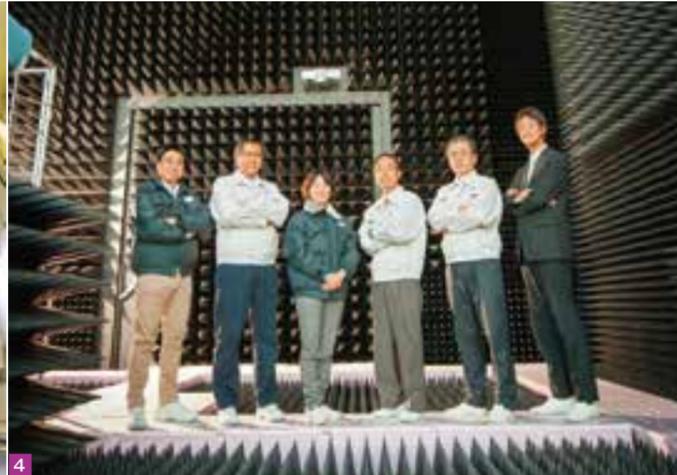
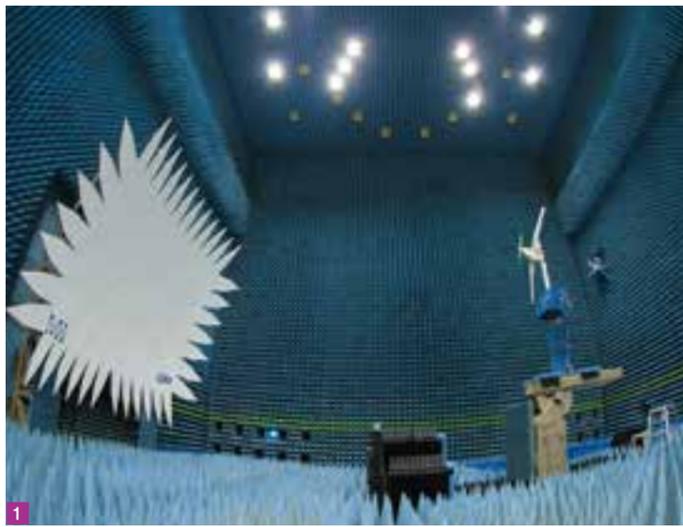
「また、軌道に上がってしまうと基本的に修理はできないので、長期間使用しても不具合が生じないことを、事前にしっかり確かめておかなければなりません。そのために、こうした厳しい環境を地上で模擬できる試験設備を揃え、それらを活用する試験技術、解析技術の研究などを行っているのが、ここ<環境試験技術センター>なのです」

大小14もあるという設備のいくつかを訪ね、担当者から概要を聞いた。

#### 直径13メートルの“宇宙”に丸ごと入れる

<スペースチャンバ>という設備がある。一口にいえばステンレスチール製の巨大な円筒で、大きなものは正面入口の直径が13m、奥行は16mにもなる。この内部を高真空・極低温に保ち、宇宙空間の厳しい環境を再現するのだ。担当する松田武志主任開発員によると、センターにはほかにも直径8mと6mの大型チャンバがあるという。

「最近の衛星は大きなものも多いのですが、13mチャンバなら丸ごと



1 第1無反射室。左側の白い部分から右側の供試体に向かって電波を照射する。2 この日入っていた供試体。電波を浴びながらゆっくりと回っていた。3 「8mφスペースチャンバ」。4 第2無反射室で。右から3人目が中尾センター長、同2人目が近藤技術領域サブリーダー、右端が清水主任開発員。5 総合環境試験棟。奥に13mφスペースチャンバ、両側のシャッターの奥に各種試験設備が並ぶ。

6 「旋回腕型加速度試験設備」。7 小型衛星の試験用小型チャンバ。8 「アライメント測定設備」。人工衛星に取り付けられているセンサやアンテナなどの位置、取り付け角度などを精密測定する。9 「振動試験設備」。これは小型のもの。10 「音響試験設備」の内部で。前列中央が施アソシエイトフェロー。

入れることができます。また、13mと8mのチャンバには太陽光を模擬する大出力のランプが付いていて、高温試験が可能です。ヒーターで加熱する方法もありますが、複雑な形状をしたものは陰ができた反射光の影響を受けたりするので、やはり光を用いたほうが正確なデータが得られますね。6mチャンバについては、外部からの振動の影響を受けない設計になっているので、わずかな振動も嫌う機器の試験に適しています」

これら3つの大型チャンバのほかにも、小型衛星の試験用チャンバもある。近年、民間企業や大学なども自前の衛星をつくり、他の衛星と相乗りで打ち上げるようなことがあるので、供用の申し入れが少なくないそうだ。「13mチャンバは世界的にも最大クラスなので、使わせて欲しいという海外からの要望もくるようになりました。できるだけお応えしていこうと思っています」

## 揺さぶり、振り回し、音を浴びせる

ロケットの打ち上げは、いわば小さな爆発の連続。衛星は激しい振動と、ジェットエンジン100個分ともいわれる約140デシベルの大音響に直撃される。これに耐えられるかどうかを試験する諸設備を担当しているのが施 勤忠(し きんちゆう)アソシエイトフェローだ。

「振動試験は、加振機という台の上に供試体(調べたいもの)を載せて激しく振動させ、破損はないか、正しく機能しているかなどを確認します。当センターには搭載質量や加振能力の異なる3設備があり、供試体の大きさや振動環境に応じて使い分けることができます」

151デシベルという日本最大の音圧レベルをつくり出す音響試験設備もある。高さ17.1mという、これまた日本最大級の反響室内に供試体を置き、高圧窒素ガスを音響交換器を通して、吐き出し口から放出するのだ。

「どれだけうるさいかを調べるのではなく、大音響がももに与える損傷を調べるのです。機械に耳はありませんからね」と施さんは白い歯を見せる。実際、音響による振動で、ボルトが折れたり、ハンド付けがはがれたりすることもあるそうだ。

施さんは「旋回腕型加速度試験設備」も担当している。半径約7mもある腕の一端に供試体を取り付け、最大で1分間に80回転させることにより、55Gの負荷をつくり出すことができるというもの。打ち上げ時に受ける重力の影響を調べるための設備だが、民間の旅客機に載せる電子レンジが、アクシデントの際、加速度に耐えられるかどうかを調べるために供用されることもあるそうだ。

## 不思議な物体に囲まれた大空間

ロケットや衛星のアンテナやセンサが、どんな電波特性を持っているかを確認するための設備が「電波試験設備」だ。回転台に載せた供試体にさまざまな方向から電波を送り、受信感度を測定・解析する。電磁波が反射しないように、壁も床も天井も電波吸収体で覆われている。電波第一試験設備の吸収体はウレタン製、電波第二試験設備の吸収体は発泡ポリプロピレン製で、高さ1m程の先がとがった四角錐。それが数万本、びっしり生えて(?)いるのだから、SF映画のセットに迷い込んだような気分になる。

「ロケットや衛星などに搭載されるアンテナの特性を確認するための試験をやっています」と言うのは清水隆文主任開発員。

「設備は大小2つあり、<第1無反射室>には、送受信距離24.6mの<遠方界測定システム>と、限られた空間で遠方界測定を行うことができる<コンパクトレンジ システム>が設置されています。<第2無反射室>は、部屋の一側面を開放し、屋外の電波測定塔と組み合わせることで、送受信距離450mまでの遠方界測定が行えます」

<磁気試験設備>も清水さんの担当。地球観測衛星などは地球周辺の磁場を利用して姿勢を制御したり磁気観測を行うが、自身が発生する磁気によってこれらの機能に影響が無いうよう、搭載装置の磁場測定等を行う設備だ。

「この設備は非常に精度がよく、磁場が限りなくゼロに近い測定環境

がつくれます。海外にも「磁場ゼロ」を標榜している設備はありますが、誤差が大きいようなので、おそらくこれが世界一ではないかと自負しているんですよ」

## 暴走や誤動作は絶対に許さない

「私たち企画・推進グループの業務は、多数ある設備を適切に管理して効率よく運用すること、メンテナンスを中心とする維持・管理です」と説明してくれたのは近藤徳二技術領域サブリーダー。

「この設備を使いたいという要望は、JAXA内の研究チームはもちろん、大学や民間企業、さらには海外の研究機関まで多数あります。なかには連続40日間使いたいなどという申し入れもあり、スケジュール調整には苦労します」

メンテナンスの重要性も並ではない。高額な衛星に負荷をかける性質の設備が多いので、暴走したら大変なことになるし、誤動作も絶対に許されない。「保守」というより「予防保全」という考え方で臨んでいるという。「たとえばスペースチャンバは、ものすごい量の液体窒素を使って試験を行います。高圧ガス保安法という厳しい法律に則って運用するには、年に1回は全部をバラし、検査を受けてパスしないと、次の1年間使えません。こういったことをクリアしながら、予定通りに試験をさばっていくのが、私たちに課せられた使命なのです」

## プロジェクトに寄り添う便利屋として

<スペースチャンバ>を担当している松田武志さんには、プロジェクト試験推進の責任者という役割もある。「新しいプロジェクトが立ち上がり、環境試験が行われる段階まできたら、プロジェクトに携わる人たちをサポートして、予定通りに試験をしてもらうのが主な仕事です。また、その前段階からかかわることで、試験に関するニーズやシーズを取り込んで、課題があればクリアし、試験を成功に導くお手伝いもしています。とはいえ、ニーズやシーズが拾えても、私たちだけで解決できないことが多いので、その分野の専門家に協力を依頼して解決します」

また、試験に何かしらの不具合が発生して、その設備に精通した人の助力が必要になった場合も、プロジェクト試験推進の出番だ。「その意味では窓口業務といえるかもしれませんね」と松田さんは言う。

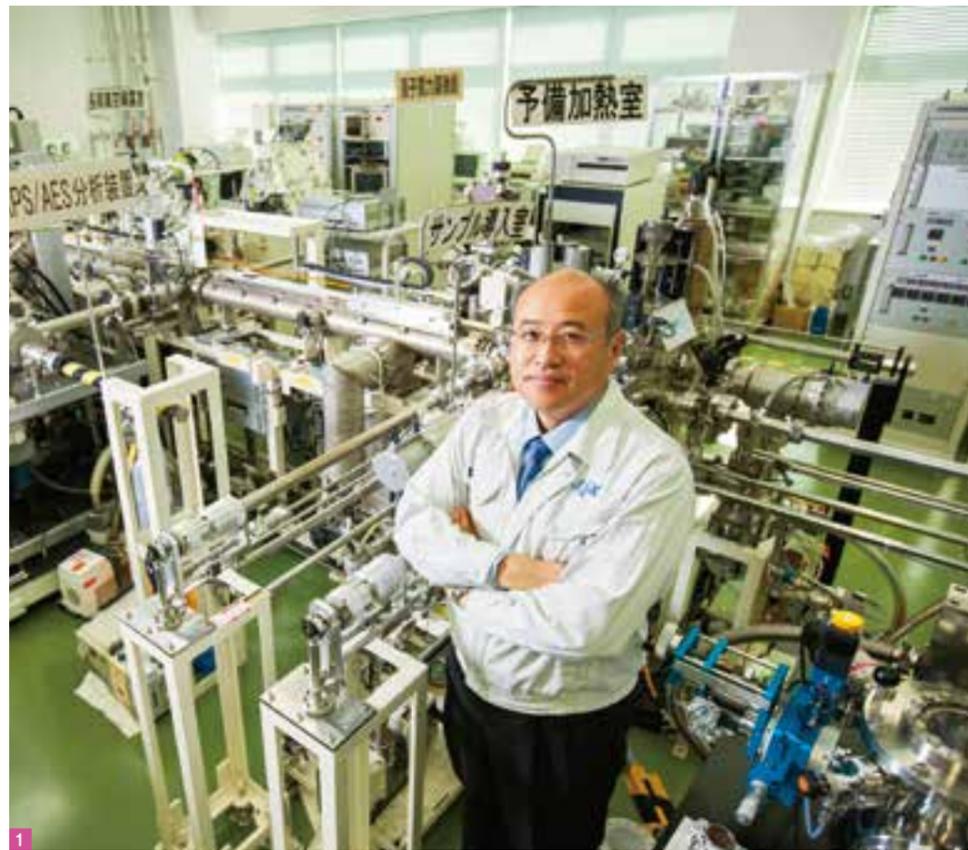
いま進行中の<ASTRO-H>というX線天文衛星や<GCOM-C1>という気候変動観測衛星、<ALOS-2>という陸域観測技術衛星2号のプロジェクト、さらにトルコ共和国の衛星打ち上げプロジェクトにも、プロジェクト試験推進はかかわっている。

「トルコはイスラム圏の国で、勝手が違うこともありそうなので、専門の人を付けて対応に気を付けています。プロジェクトに寄り添う便利屋みたいなものですから」と、淡々と語る松田さんだった。

## 世界に誇る設備で宇宙開発に貢献

本センターの今後について、再度、中尾センター長に聞いた。「古くなった設備もあり更新が必要となっていますが、更新に併せて性能のさらなる向上と、設備の集約による効率化を考えており、既に着手したものもあります。また、IT(情報技術)が格段に進歩しているので、設備ごとにばらばらだったデータ処理を一括して取り扱えるように、これも作業を進めているところです。せっかくの世界に誇れる設備ですので、他の宇宙機関とも協調して世界の宇宙開発に貢献し、大学や他の研究機関、民間企業への供用も積極的に行って、宇宙以外の分野でも、科学技術の発展に役立てたいと思っています」

既におわかりのように、<環境試験技術センター>の“環境”は、高真空、極低温、振動、大音響、放射線などに直面する“過酷な宇宙環境”を意味している。その環境を再現する研究、その環境に耐え得る機器をつくる研究において、本センターは、まさに世界をリードするレベルにあるといえるだろう。国際的に高く評価されている日本の宇宙ロケットや衛星の信頼性は、ここで日々地道な試験や研究を積み重ねているスタッフの、熱い心が支えているのだ。■



1 研究開発本部 構造・機構グループ

## 不具合を機に摩擦・摩耗の研究に乗り出す

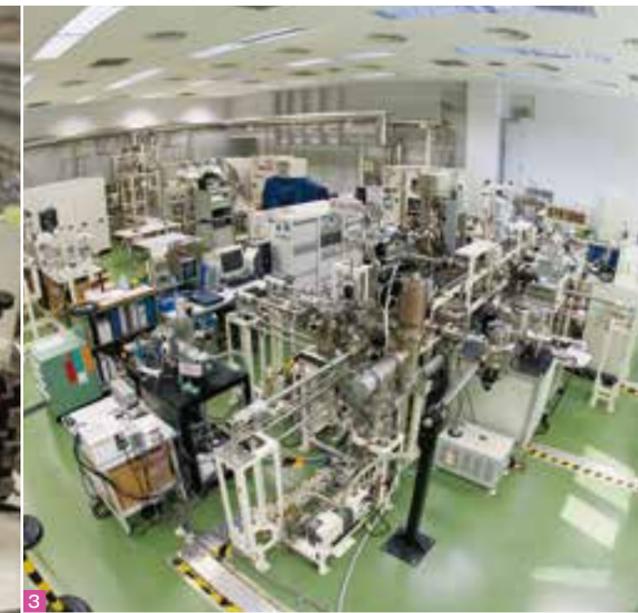
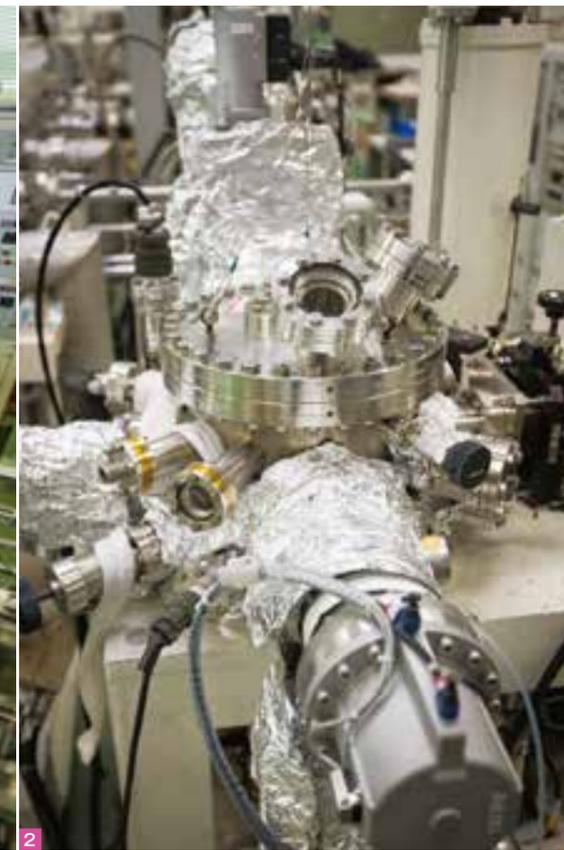
「実は、宇宙における苦い経験がきっかけとなって、この試験設備がつけられたんです」と苦笑しながら語るのは、構造・機構グループの小原新吾リーダー。

「1994年に打ち上げられた技術試験衛星<きく6号>は、順調に楕円軌道に乗りましたが、その先の静止軌道へ入るときに不具合が発生しました。軌道変更を行うための噴射エンジンが働かなかったのです」正しい軌道に入れなかった<きく6号>は、期待された結果を残すことができなかった。

「ロケット打ち上げ時の振動でエンジンバルブ内のばねがズレ動き、ピストンとケーシングの間に噛み込まれたのではないかと考えられています。作動を繰り返すうちに接触部で摩擦係数が異常に上がったため、結果としてピストン軸が曲がり、動かなくなったようです」

小原リーダーによると、宇宙では、機器の接触部における摩擦が大きな問題だという。

「人工衛星の作動部にはボールベアリングや歯車などの機械部品が多数使われています。地上の自動車などでは、その部分にエンジンオイルやグリスを補給して摩擦を小さくしますが、大気圧がない宇宙では、液体はどんどん蒸発してしまうのです。<きく6号>のトラブルが起こるまで、宇宙における摩擦現象や潤滑剤についての組織的な研究は手薄だったのですが、これをきっかけに、試験設備を整えようということになったわけです」



2 「長期曝露試験室」。試験中のため、アルミホイルで覆われている。 3 試験設備群全景。ひとつひとつの機器はそれほど大きくないが、並ぶとかなりの迫力だ。

大学で摩擦を学び、JAXAの前身の一機関である<航空宇宙技術研究所>で真空中の潤滑を研究していた小原リーダーは、適任者としてこの研究グループに配属されたという。

## なぜ、トライボロジー(潤滑技術)は重要か?

小原リーダーが面白いものを見せてくれた。太さの違う3本のアルミの円柱が一つにくっ付いている。引き離そうと力を入れてもびくともしない。「大気中の金属表面には酸化膜があるのでくっ付いたりしますが、真空中で酸化膜がはがれ、むき出しの金属同士になると、500gくらいのわずかな力でも、このようにくっ付いてしまいます。ですから、宇宙空間で何らかの摩擦があり、金属がむき出しになるのは非常に怖いことなんです。そこで潤滑剤が大きな役割を果たすことになります」液体の潤滑剤は蒸発しやすいので、固体潤滑剤というものが使われてきた。例えば二硫化モリブデンのようなスベスベした金属の粉を表面に蒸着するのだ。だが、固体の膜なので使っているうちに擦り減ってしまうし、蒸着が技術的にむずかしく、コストも高いという悩みがあった。幸いにも、蒸発の少ない潤滑油が開発されているので、この先は、積極的に液体潤滑剤を用いるようになるだろうということだ。「潤滑技術を研究する学問をトライボロジーと呼び、アメリカでは大勢の研究者が宇宙に関連したスペース・トライボロジーに取り組んでいます。ようやく日本でもスペース・トライボロジーの重要性が認識されはじめ、ここにある試験設備から得られたデータが活用されるようになってきました」

## 大学や企業にも開かれている試験設備

主な試験設備としては、回転する材料の表面を昔のレコード針のようにこすって摩擦係数や摩耗量を評価する<ピン-オン-ディスク摩擦試験装置>、さまざまな気体の雰囲気中で表面の劣化を評価する<長期曝露試験室>、<原子間力顕微鏡>などで構成される<超高真空材料表面特性評価試験設備>、熱真空環境下で機構の性能や寿命の評価を行う<真空機器特性評価試験設備>、ロケット打ち上げ時と同じ振動を与えたのちに熱真空環境における作動性を評価する<真空環境振動試験設備>、電子線・紫外線などを照射して材料の劣化を評価する<真空複合環境試験設備>などがある。

「宇宙が地上と環境的に異なるのは、真空であること、温度の高低差が大きいこと、強い紫外線や放射線を浴びること、原子状の酸素があるため酸化作用が強いことなどです。さらに、打ち上げ時の振動の悪影響が残っていたり、潤滑剤の問題もあります。ここには、そういう厳しい条件を模擬する試験設備が揃っているので、トライボロジーをはじめ、これからの宇宙技術や機構技術の発展に資するところは大きいのではないかと思います」

これらの試験設備の多くは、外部の研究機関や大学、民間企業にも開かれたものとして供用が想定されている。表面処理のメーカーが歯車への効果を確認するために真空中で寿命試験を行った例もあり、真空、振動、高低温、耐久性、トライボロジーなどに関係する研究者からの問い合わせには、前向きに答えていくことだ。■

# 施設設備供用について

## ●施設設備等供用制度とは

JAXAでは、宇宙・航空の研究開発で利用する、風洞システムやスペースチャンバ、スーパーコンピュータシステム等、JAXAが保有する試験施設や設備を、機構外の方に有償でご利用頂く「施設設備等供用制度」を設けております。

JAXAは、民間企業では整備しにくい大型の試験設備等をご利用いただくことにより、我が国の産業の競争力強化に貢献していきたいと考えております。

### ●ご利用いただける方

宇宙/航空分野に関係している方だけでなく、一般的な学術研究や、科学技術に関する研究開発を行っている民間企業、大学、研究機関などの方にご利用いただけます。

### ●申込方法1. 定期募集

施設設備等供用制度に基づき、年2回「定期募集」を行っています(締切は2月上旬と9月上旬頃)。定期募集の結果とJAXA内の利用計画を勘案して各設備等の年間利用計画の策定あるいは見直しを行いますので、ご利用を希望される方はできるだけこの定期募集の募集期間内にお申し込みください。ただし、定期募集の期間が過ぎた後も、利用スケジュールに空きのある設備等に限り、「随時募集」としてご利用のお申し込みを随時、先着順に受け付けています。

### ●申込方法2. 随時募集

ご利用を希望される施設設備等の名称、試験内容、試験スケジュールなどを、次の要領でご連絡ください。  
ご利用候補設備の詳細ページにある「お問い合わせ・予約」ボタンを押して入力フォームを立ち上げ、ご要望やご相談内容等をご記入の上、送信して下さい。

ご利用候補となる設備名がお分かりにならない場合は、お問い合わせフォームから、JAXA新事業促進センター宛に、ご要望やご相談内容等をお送り下さい。

1. 折り返し担当者よりご連絡いたします。
2. 担当者とのご相談の結果、ご利用いただける見込みとなりましたら、下記の設備等利用申込書の様式(風洞試験設備ご利用の場合は、併せて試験概要説明書も)に必要事項をご記入のうえ、担当者の指定の送り先まで郵便でお送りください。

※調布の風洞試験設備をご利用いただいた方には、ご利用後約3か月以内に行う試験報告会でご報告いただきます。

### ●契約締結について

施設設備等供用契約の締結は、約款の遵守を条件とした設備等利用承諾書の発行が契約書の取り交わしにより行います。契約金額が1000万円未満の場合は約款の遵守を条件とした設備等利用承諾書による契約締結も可能です。契約金額が1000万円以上となる場合や、ご利用者もしくはJAXAのいずれかが希望する場合は、契約書を用いた契約となります。

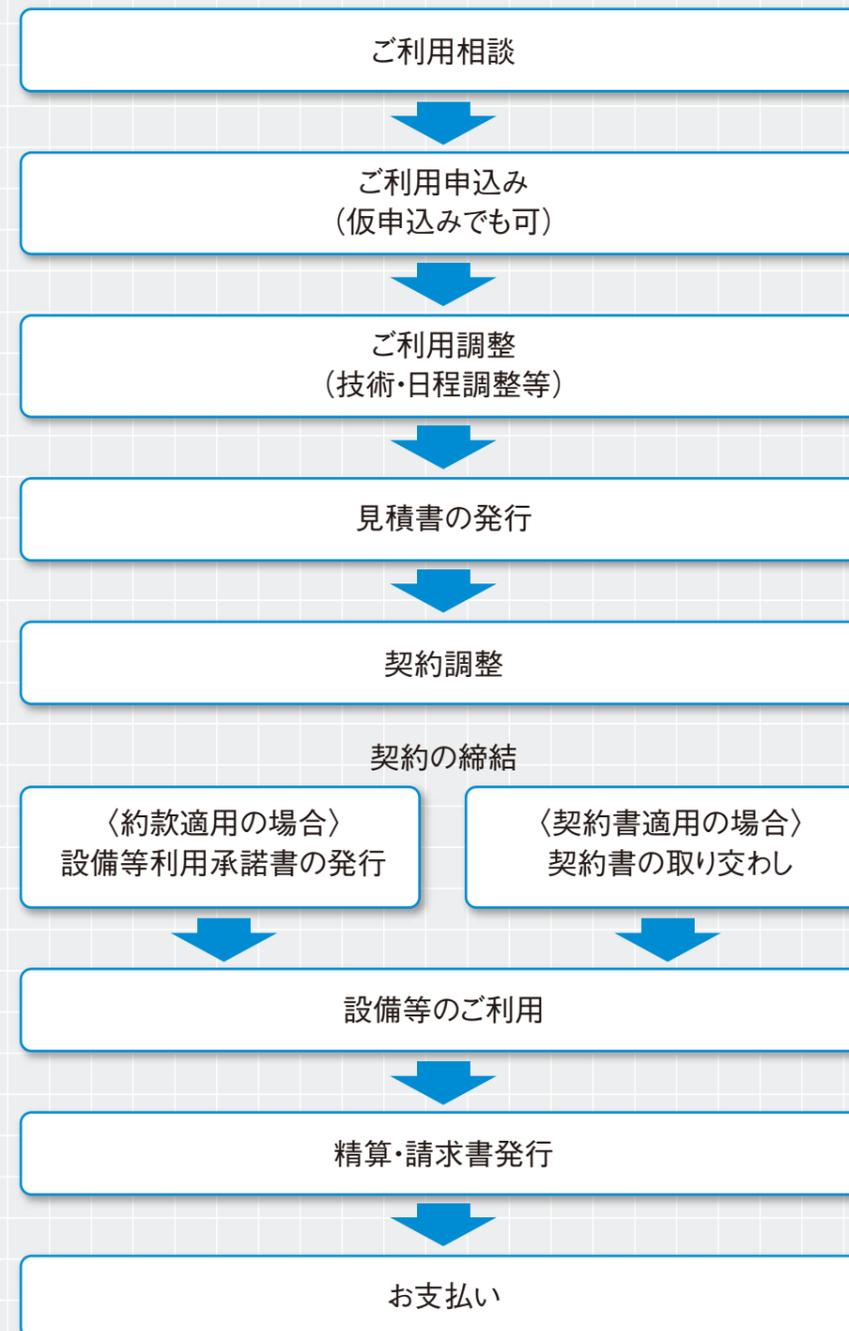


<http://aerospacebiz.jaxa.jp/jp/facilities/>



<https://ssl.tksc.jaxa.jp/aerospacebiz/jp/inquiry.html>

## ●一般的な利用の流れ



# 宇宙機の環境試験設備

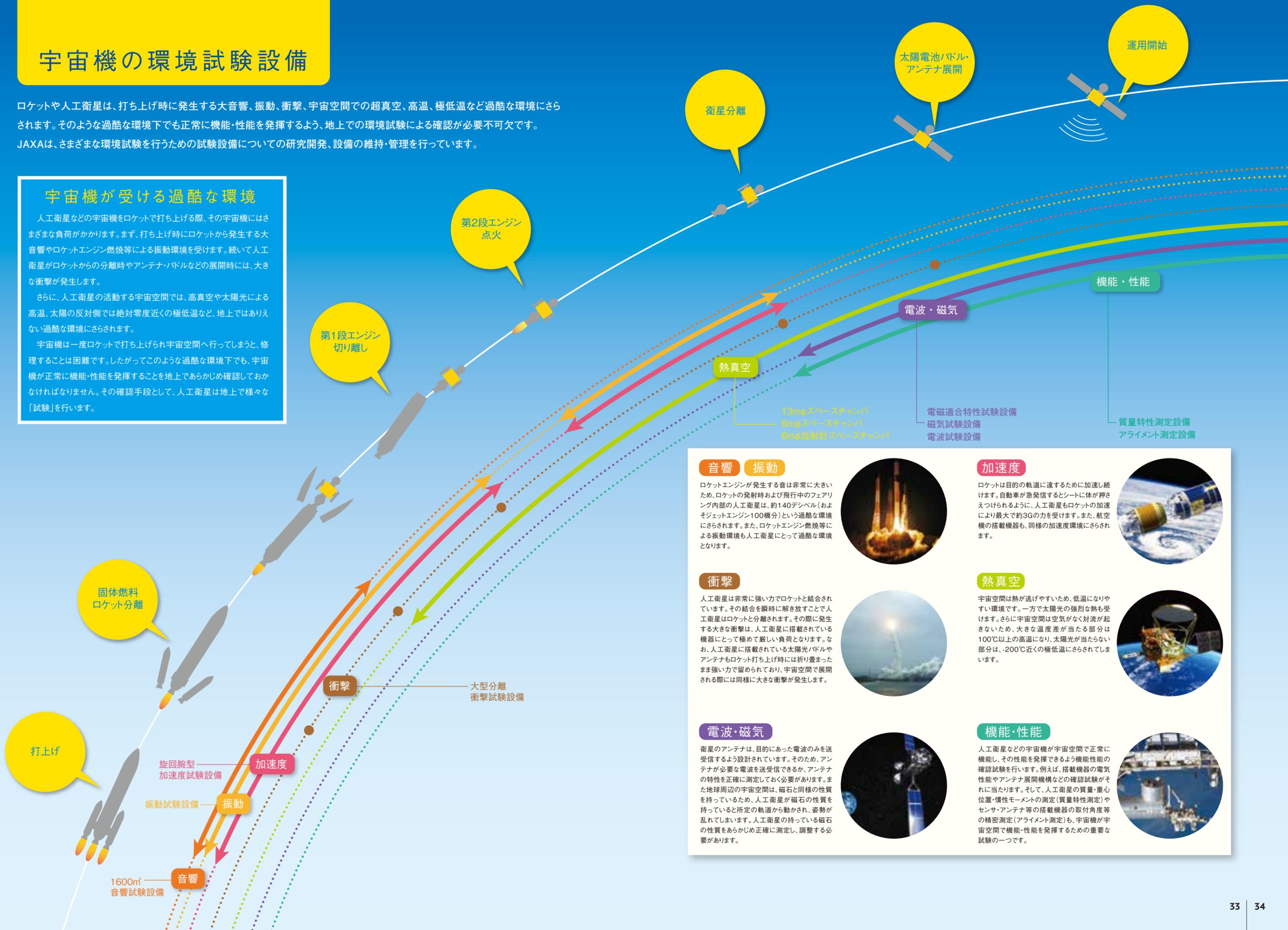
ロケットや人工衛星は、打ち上げ時に発生する大音響、振動、衝撃、宇宙空間での超真空、高温、極低温など過酷な環境にさらされます。そのような過酷な環境下でも正常に機能・性能を発揮するよう、地上での環境試験による確認が必要不可欠です。JAXAは、さまざまな環境試験を行うための試験設備についての研究開発、設備の維持・管理を行っています。

## 宇宙機が受ける過酷な環境

人工衛星などの宇宙機をロケットで打ち上げる際、その宇宙機にはさまざまな負荷がかかります。まず、打ち上げ時にロケットから発生する大音響やロケットエンジン燃焼等による振動環境を受けます。続いて人工衛星がロケットからの分離時やアンテナ・パドルなどの展開時には、大きな衝撃が発生します。

さらに、人工衛星の活動する宇宙空間では、高真空や太陽光による高温、太陽の反対側では絶対零度近くの極低温など、地上ではありえない過酷な環境にさらされます。

宇宙機は一度ロケットで打ち上げられ宇宙空間へ行ってしまうと、修理することは困難です。したがってこのような過酷な環境下でも、宇宙機が正常に機能・性能を発揮することを地上であらかじめ確認しておかなければなりません。その確認手段として、人工衛星は地上で様々な「試験」を行います。



### 音響 振動

ロケットエンジンが発生する音は非常に大きい。ロケットの発射時および飛行中のフェアリング内部の人工衛星は、約140デシベル(およそジェットエンジン100機分)という過酷な環境にさらされます。また、ロケットエンジン燃焼等による振動環境も人工衛星にとって過酷な環境となります。



### 加速度

ロケットは目的の軌道に達するために加速し続けます。自動車が急発進するとシートに体が押さえつけられるように、人工衛星もロケットの加速により最大で約3Gの力を受けます。また、航空機の搭載機器も、同様の加速度環境にさらされます。



### 衝撃

人工衛星は非常に強い力でロケットと結合されています。その結合を瞬時に解放することで人工衛星はロケットと分離されます。その際に発生する大きな衝撃は、人工衛星に搭載されている機器にとって極めて厳しい負荷となります。なお、人工衛星に搭載されている太陽光パドルやアンテナもロケット打ち上げ時は折り畳まれたまま強い力で留められており、宇宙空間で展開される際には同様に大きな衝撃が発生します。



### 熱真空

宇宙空間は熱が逃げやすいため、低温になりやすい環境です。一方で太陽光の強烈な熱も受けます。さらに宇宙空間は空気がなく対流が起きないため、大きな温度差が当たる部分は100℃以上の高温になり、太陽光が当たらない部分は、-200℃近くの極低温にさらされています。



### 電波・磁気

衛星のアンテナは、目的にあった電波のみを送受信できるよう設計されています。そのため、アンテナが必要な電波を送受信できるか、アンテナの特性を正確に測定しておく必要があります。また地球周辺の宇宙空間は、磁石と同様の性質を持っているため、人工衛星が磁石の性質を持っていると所定の軌道から動かされ、姿勢が乱れてしまいます。人工衛星の持っている磁石の性質をあらかじめ正確に測定し、調整する必要があります。



### 機能・性能

人工衛星などの宇宙機が宇宙空間で正常に機能し、その性能を発揮できるよう機能性能の確認試験を行います。例えば、搭載機器の電気性能やアンテナ展開機構などの確認試験がそれに当たります。そして、人工衛星の質量・重心位置・慣性モーメントの測定(質量特性測定)やセンサ・アンテナ等の搭載機器の取付角度等の精密測定(アライメント測定)も、宇宙機が宇宙空間で機能・性能を発揮するための重要な試験の一つです。



## 1600m<sup>3</sup>音響試験設備



ロケットの発射時および飛行中のフェアリング内の音響環境を模擬し、その環境下での供試体機能を確認するものです。試験室は反響室(または残響室)と呼ばれ、分厚いコンクリートで覆われた一種の共鳴箱となっており、試験に必要な音響は、通常のスピーカーでは出力不足のため、音響変換器と呼ばれる特殊な装置を用いて発生しています。

### ■設備仕様

最大音圧レベル(空音場)	151dB
反響室容積	1607m <sup>3</sup>
反響室寸法	(高さ)17.1×(幅)10.5×(奥行)9m
音響出力	70KW

## 振動試験設備



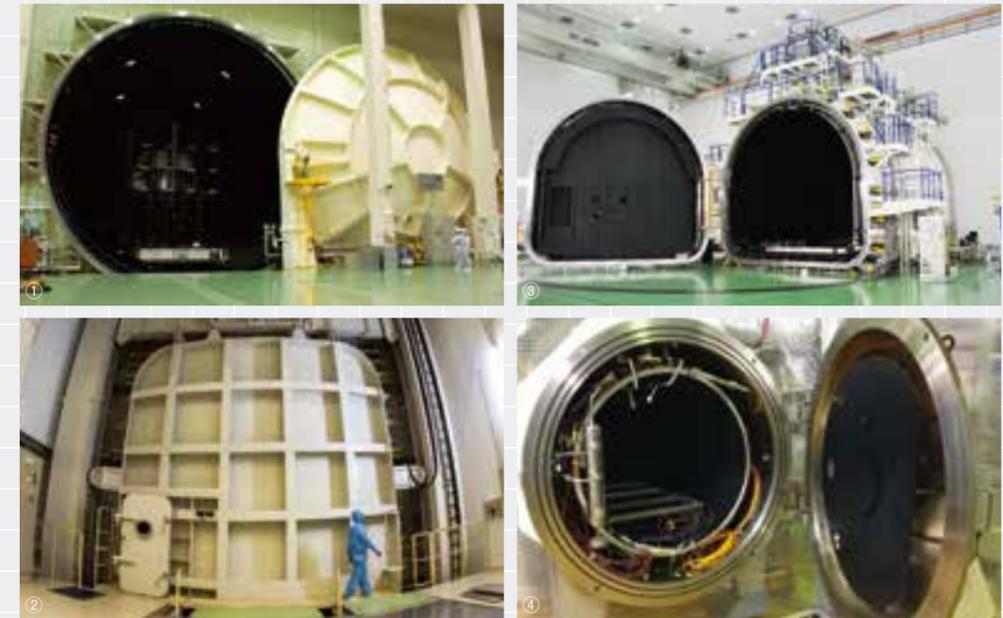
振動試験設備は、フェアリング内に格納される人工衛星やその部品が、ロケット打ち上げ時に起こる振動環境に対する耐性を確認するための設備です。動電式加振機により打ち上げ時の振動環境以上の振動負荷を供試体に加え、振動環境による機体の破損の有無、加振後の供試体が正しく機能しているか等の確認をします。

### ■設備仕様

	大型振動試験設備	18トン振動試験設備	13.6トン振動試験設備
最大搭載質量	8トン(水平・垂直振動台共通)	振動台の種類により異なる(最大2トン)	振動台の種類により異なる(最大2トン)
最大励振加速度(無負荷時)垂直(正弦波)	68.8m/s <sup>2</sup> (7G)(水平振動台)	振動台の種類により異なる(最大2トン)	振動台の種類により異なる(最大2トン)
水平(正弦波)	68.8m/s <sup>2</sup> (7G)(水平振動台)	振動台の種類により異なる(最大2トン)	振動台の種類により異なる(最大2トン)
最大変位	25.4mmDA(水平・垂直振動台共通)	25.4mmDA(水平・垂直振動台共通)	12.7mmDA(水平・垂直振動台共通)
周波数範囲	水平・垂直振動台共通	5~2000Hz(ただし、振動台の種類により異なる)	5~2000Hz(ただし、振動台の種類により異なる)
正弦波	5~100Hz	5~2000Hz	5~2000Hz
ランダム波	5~100Hz	5~2000Hz	5~2000Hz
制御部	制御4ch リミット50ch	制御4ch リミット44ch	制御4ch リミット28ch
計測点数	500ch(200Hz以下)	192ch(2000Hz以下の場合)	67ch(2000Hz以下の場合) 128ch(200Hz以下の場合)

## スペースチャンバ(13mφ,8mφ,6mφ放射計、試験検証用)

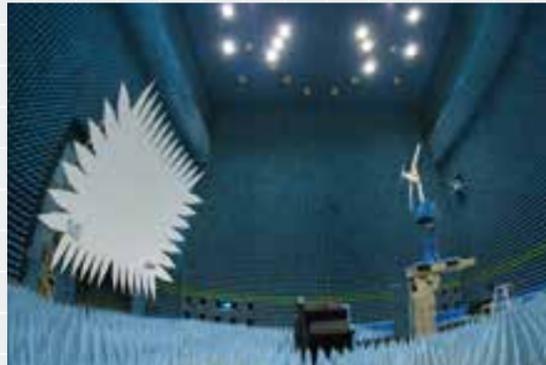
宇宙機が宇宙で受ける高真空や極低温、強烈な太陽光による高熱などの環境を再現し、その環境下での供試体の耐性や機能、温度を確認するための設備です。本設備で人工衛星の熱設計の評価、耐環境性の確認を行うことができます。



### ■設備仕様

設備名	①13mφスペースチャンバ	②8mφスペースチャンバ	③6mφ放射計スペースチャンバ	④試験検証用チャンバ
真空容器形式	横置水平ハンマ型	垂直円筒型	水平かまぼこ型	横置円筒形
内部寸法	13m(径)×16m(長)	7.5m(径)×19.6m(長)	6m(径)×8m(長)	シュラウド使用時: 1m(径)×1.38m(長) シュラウド不使用時: 1.28m(径)×3.2m(長)
シュラウド内有効範囲	6m(径)×6m(長)	5m(横)×5.7m(高)		
到達圧力	1.33x10 <sup>-6</sup> Pa(1.0x10 <sup>-7</sup> Torr)以下	1.33x10 <sup>-6</sup> Pa(1.0x10 <sup>-6</sup> Torr)以下	1.3x10 <sup>-6</sup> Pa(1.0x10 <sup>-7</sup> Torr)以下	1.3x10 <sup>-3</sup> Pa
排気時間/大気圧戻し時間	約24時間/約30時間	11時間以内/19時間以内	8時間以内	約4時間/約4時間
シュラウド温度	100K以下	100K以下	100K以下	100K以下(扉部・鏡部除く)
ソーラシミュレータ				
試験空間	6mφ×6m	6mφ×6m		
光源	30kWキセノンランプ19灯	30kWキセノンランプ19灯	赤外線ヒータ・ランプ	
放射強度	1.8kW/m <sup>2</sup>	2.5kW/m <sup>2</sup>		
平行度	±1.5°以内	±1.5°以内		
均一度	±5%以内(平面内)/ ±10%(空間内)	±5%以内(平面内)/ ±10%(空間内)		
計測点数	最大1100ch	最大840ch	最大550ch	最大43ch
準備室内清浄度	ISO14664-1 クラス8最大 (FED-STD-209D クラス100,000相当)	ISO14664-1 クラス8最大 (FED-STD-209D クラス100,000相当)	ISO14664-1 クラス7最大 (FED-STD-209D クラス10,000相当) (クリーンブース内:ISO14664-1 クラス5最大 FED-STD-209D クラス100相当)	ISO14664-1 クラス8最大 (FED-STD-209D クラス100,000相当)
スペースバックグラウンド温度			20K以下	
最大連続運転時間	45日	45日	30日	

## 電波試験設備(第1/2無反射室)



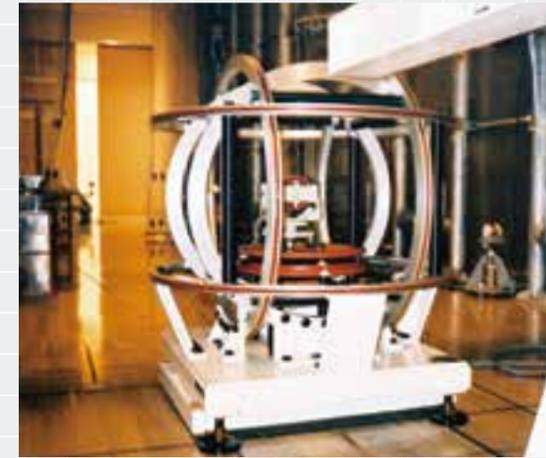
人工衛星の電波系システム試験のほかロケット・人工衛星の搭載用アンテナ・搭載用電波系センサ等の試験を行い、その電波特性を測定するための設備です。

第1無反射室は電界シールドされたクラス10万のクリーンルームであり、衛星の電波干渉試験・電波系総合試験が可能です。第2無反射室は、一方を開放し、屋外の移動型電波測定塔と組み合わせることにより、最大450mの距離範囲内における主に大型アンテナの電波実験を行うことができます。

### ■設備仕様

コンパクトレンジシステム	設置場所	電波試験設備(第1無反射室)
	試験空間	直径3.6mの横円柱空間(テストゾーン)
	試験空間特性	振幅テーパ 1.0dB以内 位相変動 10°以下(1GHz~18GHz)、 20°以下(18GHz~94GHz)
	試験周波数範囲	1GHz~94GHz
遠方界測定システム	設置場所	電波試験設備(第1無反射室)/第2無反射室
	送受信間距離	7315mm固定式(焦点距離)
	試験空間	回転台中心上の高さ11mを中心とした 直径6mの球体空間/-
	無反射寸法	奥行39.2×幅24.5×高さ22.4m/ 奥行11×幅11×高さ12m
	送受信間距離	24.6m固定式/電波測定塔を使用して最大490m
	電波吸収特性	450MHz~10GHz以上/400MHz~40GHz -22dB~-45dB以下/-25dB~-40dB
	シールド特性	電界に対して90KHz~30GHz/- -80dB~60dB
	試験周波数範囲	450MHz~26.5GHz/1770MHz~33.88GHzの 範囲で電波法に基づき許可を受けている周波数

## 磁気試験設備



地球周辺の宇宙の磁場にある人工衛星が自身の帯びている磁気によって姿勢を乱すことを防止するため、磁気モーメントの測定や残留磁気の消去、磁気姿勢の制御装置等の機能確認を行う必要があります。零磁場の空間で、人工衛星電子機器の磁気モーメントをニアフィールド法により測定し、標準磁場を発生させて、磁気センサの校正を行うことが可能な設備です。

### ■設備仕様

主コイル部	形式	3軸ブラウンバックコイル方式
	寸法	最大直径15m
	磁場均一度	ドーム中心の直径2.3m球空間において ±2.5ナノテスラ(nT)以内
等価コイル部	形式	3軸ブラウンバックコイル方式
	寸法	最大直径1.5m
磁気外乱制御部	外乱制御範囲	±1000ナノテスラ(nT)以内
	周波数特性	0~10Hz(-3dB)
地磁気消去部	電流安定度	X軸およびZ軸 3×10 <sup>-5</sup> /時間 Y軸 1×10 <sup>-3</sup> /時間
データ処理部	計測チャンネル数	13CH
計測部		3軸フラックスゲート磁力計 4台 1軸フラックスゲート磁力計 1台
	測定範囲	±100,000ナノテスラ(nT)
	精度	±2%または1ナノテスラ(nT)以下
	周波数特性	DC~10Hz(-3dB)

## 電磁適合特性試験設備

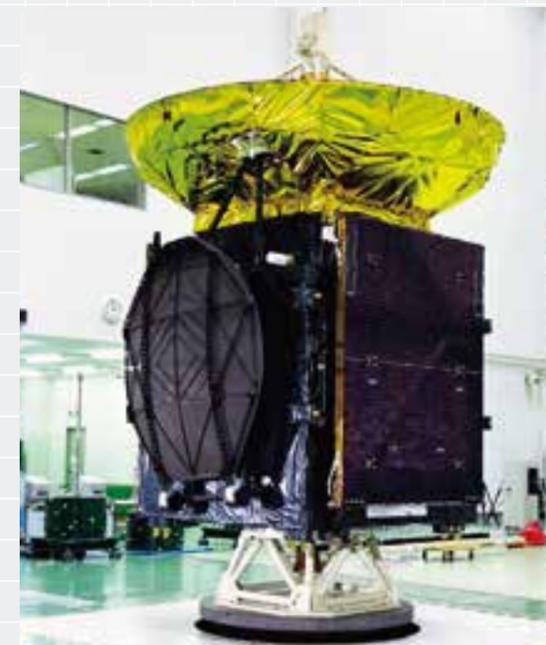


ロケット・人工衛星に搭載する電子機器等の電磁気的相互干渉による機器の機能低下の有無を確認する設備です。設備の構成は、電子機器等を外來雑音電磁波から遮断するシールドルーム並びに電子機器等との間で電磁波の受信または放射を行うアンテナ部および受信部等からなります。これらの試験設備を使用して、米軍規格(MIL-STD-461等)および国際宇宙ステーションからの要求(SSP30237)に対応したレベルでの試験が可能です。

### ■設備仕様

試験装置	受信周波数範囲(雑音系)	30Hz~40GHz
	発生電界(感受性系)	(1) 14kHz~30MHz 10V/m(MTL-STD-461) (2) 30MHz~10GHz 5V/m(MTL-STD-461) (3) 10GHz~40GHz 20V/m(MTL-STD-461) (4) 14kHz~200MHz 5V/m(SSP30237) (5) 200MHz~8GHz 60V/m(SSP30237) (6) 8GHz~10GHz 20V/m(SSP30237) (7) 2.2GHz 161V/m(SSP30237) (8) 8.5GHz 79V/m(SSP30237) (9) 13.7GHz~15.2GHz 250V/m(SSP30237)
	制御方式	コンピュータおよびコントローラによる自動制御方式
	内部有効寸法	幅10m、奥行き10m、高さ8.8m
	シールド特性	電界に対して:10kHz~40GHz 100dB以上 磁界に対して:150kHz~200kHz 85dB以上
シールドルーム	構造	20mm合板両面に0.6mmの垂鉛メッキ銅板を 貼り付けた二重シールドパネルによるパネル工法

## 質量特性測定設備



人工衛星の質量、重心位置、慣性モーメントを測定する設備です。本設備は、ロードセルを用いて供試体の質量を測定する「質量測定装置」と、空気軸受で支持されたテーブルを回転させ、垂直軸まわりに振動させて、慣性モーメントと重心位置を測定する「質量特性測定装置」から構成されています。6トンもの供試体の質量特性をこれだけ高精度に測定可能な設備は、日本国内で唯一です。

### ■設備仕様

質量測定装置(ロードセル)	測定範囲	100~6,500kg
	質量測定精度	0.1%以下
付属装置(大型精密台はかり)	測定範囲	0.01~150kg
	質量測定精度	50kg以下の場合±5g 150kg以下の場合±10g
質量特定測定装置	積載容量	60~6,000kg
	回転テーブル直径	2,000mmφ
	重心測定精度	(0.02+300/M+S/2,500)mm以下 [M:供試体質量(kg) S:重心オフセット(mm)]
	慣性モーメント測定精度	50kg・m <sup>2</sup> 以上の場合±測定値の0.5

# 超高速気流試験設備

## 大型分離衝撃試験設備



人工衛星が最終段ロケットから分離される際やアンテナ等が展開される際の火工品作動による衝撃環境を地上において模擬し、衛星が受ける衝撃レベルを測定・解析する設備。設備は、爆管制御部・計算機部・アナログ処理部・デジタル処理部等から構成されています。爆管制御部は、衛星を分離させる火工品に点火電流を流すと共にデジタル処理、高速度カメラを制御します。衛星に取り付けられた加速度センサからの信号は、JBODに記録され、計算機にUPLOADしたのち、フーリエ変換・衝撃応答スペクトラム解析の処理が行われます。また、分離の様子は、高速度カメラによって撮影することができます。

### ■設備仕様

点火電流N	5~10A
点火回路数	16
計測時間	最大1時間(サンプリング周波数100kHzの場合)
計測周波数範囲	DC~45kHz
計測チャンネル数	加速度センサ400ch、点火電流1ch
サンプリング周波数	最大100kHz(4.96Hz~100kHz内で1kHz設定可能)

## 旋回腕型加速度試験設備

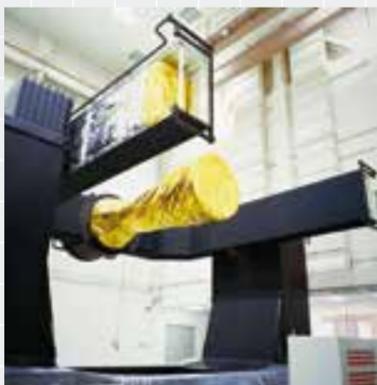


ロケット・人工衛星のサブシステムおよびコンポーネント、および航空機の搭載機器等に打ち上げ・飛行時等の静的加速度を負荷し、その耐性を試験し性能を確認する設備。加速度環境は旋回腕の旋回運動による遠心力を利用して得られます。供試体は、腕の一端にある供試体取付面に設置され、供試体の加速度は腕の回転によって制御されます。加速度試験中の計測信号は、回転中心部に設置された計測架から無線伝送し、加速度計測室でモニタ・記録できます。また、最大14日間の連続試験ができ、震度5強以上の地震発生時は旋回腕は自動停止します。

### ■設備仕様

標準回転半径	7,250mm
加速度設定可能範囲	0.2~546mm/s <sup>2</sup> (0.02~55.7G)
回転数設定可能範囲	1.6 ~ 82.9r/min
回転方向	時計回り
最大搭載質量	400kg(但し、搭載質量と加速度の積が81,900kg・m/s <sup>2</sup> を超えないこと)
最大加速度までの到達時間	2分
計測チャンネル数	加速度:10ch、ひずみ:10ch 電圧:10ch、温度:5ch、映像:2ch

## アライメント測定設備



人工衛星に取り付けられているセンサ、スラスタ、アンテナ等の位置や取付角度等を精密測定する設備です。

本設備では、セオドライト、ツーリングバー、およびロータリーテーブル等の装置を使用し、供試体に取り付けたターゲットミラー等に光を当て、その反射光の角度や位置を用いて、測定を行います。また、高所作業台とツーリングバーを用いることで、最大10mの高さの測定物まで測定可能であるため、大型衛星から小型衛星までさまざまな大きさの人工衛星のアライメント測定が可能です。

### ■設備仕様

測定精度(設備総合)	距離	±0.5mm以下
	角度	±20秒以下
ロータリーテーブル	直径	直径2,000mmφ
	最大搭載質量	5,000kg

## ラムジェットエンジン試験設備



地球と宇宙を航空機のように往復するスペースプレーンは人類にとって夢の宇宙輸送機です。このスペースプレーンの実現のためには、空気を使いながら超高速で飛行できるエンジンが必要となります。また太平洋を数時間で横断するような超高速輸送のためにも、やはり超高速用のジェットエンジンが必要となります。この設備はマッハ数4、6、8の飛行速度でラムジェット、スクラムジェット、複合エンジン、極超音速ターボジェットなどのエンジンの燃焼試験ができる、我が国初のエンジン試験風洞です。本設備の完成は平成5年度で、試験能力は世界トップクラスです。

### ■設備仕様

試験マッハ数	マッハ4、マッハ6、マッハ8 飛行条件
空気総温	900 K(マッハ4)、1,600 K(マッハ6)、2,600 K(マッハ8)
空気総圧	1MPa(マッハ4)、5 MPa(マッハ6)、10 MPa(マッハ8)
試験時間	30秒
ノズル出口寸法	50cm×50cm
試験回数	1回/日(休日の翌日を除く)
計測項目	圧力、温度、推進剤流量、熱流束、推力

## 高温衝撃風洞



宇宙ステーションからの帰還カプセルが大気圏に再突入するとき、機体周りの空気は著しく加熱圧縮され、10,000度を超える温度になります。高温衝撃風洞はこのような超高速気流条件を作り出す設備では世界最大、最高性能で、世界で唯一、再突入の状態を地上で再現できる設備です。本設備では温度が10,000度以上、圧力が1,500気圧の空気流を発生させることができ、それを用いて再突入カプセルやスペースプレーン、複合エンジン模型などの試験や研究を進めています。

### ■設備仕様

ノズル出口径	1200mm
試験気流淀み点エンタルピ	最大25MJ/kg
試験気流淀み点圧力	最大150MP
試験気流持続時間	2msec以上
試験回数	1.5回/日
データ収録システム	250チャンネル
最高サンプリング周波数	1MHz
光学計測装置	シュリーレン装置 二重露光ホログラフィー干渉計

# 航空宇宙技術に関する試験設備

## 6.5m×5.5m低速風洞

測定部断面が高さ6.5m、幅5.5mの連続循環式風洞で、航空機用としては我が国最大の風洞です。最大風速は70m/sです(模型を入れた連続運転時は最大60m/s)。この風洞は、航空機の離着陸時や低速飛行時の空力特性データの取得、低速域における空気力学の各種現象の研究等に用いられます。風洞の測定部はカート式になっており、試験に適した模型の支持方法(ストラット支持/スティング支持)を選択できるほか、測定部を開放して試験を行うことも可能です(オープンカート)。付帯設備として、空気力測定のためのピラミッド天秤や、模型の姿勢を変更するためのターンテーブル装置等が用意されています。

## 2m×2m遷音速風洞

測定部断面が2m×2m(正方形)の連続循環式風洞で、マッハ数が0.1から1.4の範囲の試験が長時間連続的にできる、我が国最大の遷音速風洞です。ほとんどのジェット機が当てはまり、遷音速(音速=マッハ数1前後の速さ)で巡航する航空機の空力特性の把握に用いられます。また、遷音速域では流れの性質が複雑に変化するため、この速度域を通過するロケットや宇宙機等の試験もよく行われます。この風洞は風洞群の中で最もニーズの高い風洞で、試験データの生産性向上のための工夫が随所でなされています。デジタル/アナログ/ハイブリッド風洞も利用できます。

## 1m×1m超音速風洞

測定部断面が1m×1m(正方形)の吹き出し式超音速風洞です。マッハ数は、測定部上流の二次元可変ノズルにより1.4から4.0まで設定でき、マッハ数で決まるレイノルズ数の範囲は $2\sim 6\times 10^7$ (1/m)です。気流持続時間は最大40秒程度で、1日8回以上の通風が可能です。この風洞は、超音速で飛行する航空機や飛翔体の研究開発や超音速機用エンジンの空気採り入れ口(インテーク)の研究開発、超音速域を通過するロケットや宇宙往還機等の開発に使用されます。吹き出し式超音速風洞は、比較的高いレイノルズ数を実現できますが、その反面気流の乱れが大きいこと、起動時と停止時に模型に大きな荷重がかかることなどの欠点もあります。1999(平成11)年度に上流部および制御装置の全面的な改修を行い、風洞機能の向上と気流特性の改善が図られました。マッハ数変更の自動化等による高い稼働率と、世界トップレベルの気流乱れの低さと一様性を実現しています。

## 0.5m/1.27m極超音速風洞

空気加熱器を持つ高圧吹き出し/真空吸い込み式の間欠超音速風洞です。ノズル出口径が0.5mと1.27mの2つの測定室を有し、切り替えて使用します。0.5m極超音速風洞はノズルを交換することでマッハ数5、7、9の試験が可能です。1.27m極超音速風洞はマッハ数10のノズル固定式です。これらの風洞は、極超音速流れにおける空気力や圧力分布、加熱率などの試験データを提供し、極超音速機や宇宙往還機の空力設計の最適化に貢献します。1.27m極超音速風洞は、極超音速風洞として世界最大規模の設備であるばかりでなく、マッハ数変動±0.3%以内の高い気流品質を誇っています。これまでの実績と経験によりきめの細かいサービスと信頼性の高い試験データの提供が行えます。



6.5m×5.5m低速風洞



2m×2m遷音速風洞



1m×1m超音速風洞



0.5m/1.27m極超音速風洞

### ■設備仕様

設備名	0.65m×0.55m 小型低乱風洞	2m×2m 低速風洞	6.5m×5.5m 低速風洞	2m×2m 遷音速風洞	0.6m×0.6m 遷音速フラッタ 風洞	0.8m×0.45m 高レイノルズ数 遷音速風洞	1m×1m 超音速風洞	0.5m/1.27m 極超音速風洞	750kWアーク 加熱風洞
形式	連続循環式	連続循環式	連続循環式	連続循環式	間欠吹き出し式	間欠吹き出し式	間欠吹き出し式	間欠吹き出し式	縮流安定型 アーク加熱風洞
測定部寸法	高さ0.65m、 幅0.55m、 長さ1.5m	2m×2m正方形 断面、長さ4m	高さ6.5m、幅5.5m、 四隅1mを切った 八角形断面	2m×2m	60cm×60cm	高さ0.8m× 幅0.45m× 長さ2.45m	1m×1m	自由噴流式	自由噴流式
マッハ数または風速	5~50m/s	3~60m/s(常用) 最大67m/s	1~70m/s	0.1~1.4	0.5~1.2	0.2~1.4	1.4~4.0	5.7, 9(0.5m風洞)/ 10(1.27m風洞)	約4.8(設計値)

## 疲労試験用油圧サーボ型ロードフレーム



デジタル制御の油圧サーボ型材料試験機で、試験片および構造物の静的試験および疲労試験に使用します。最大負荷容量は±100kN~±10MNとなっています。

### ■設備仕様

設備名	疲労試験用油圧サーボ型ロードフレーム
製造元	米国インストロン社、米国MTS社、(株)島津製作所
最大荷重	10MN(10,000 kN) × 1 3MN(3,000 kN) × 1 500kN × 1 250kN × 5(温湿度環境槽付×2) 100kN × 12(温度環境槽付×4)
環境槽	<温度環境槽> 空気循環式、-150~+350℃、冷却器または補助冷却機(液体窒素)を使用 <温湿度環境槽> 空気循環式、-70~+180℃ / 30~95 %RH(+20~+85℃)

## X線CT探傷装置 / マイクロX線CT探傷装置



複雑形状あるいは肉厚の複合材構造の非破壊評価を実施するために導入されました。これまでにロケットや衛星の推進系ノズル、航空機のタービンブレード、鋳造品等の検査をはじめ、複合材や金属の各種供試体に適用されています。X線CT探傷装置では、サイズが最大φ600mm×高さ1200mmまでの大型供試体の探傷が可能です。また、マイクロX線CT探傷装置では、最大φ200mm×高さ300mm程度までの供試体の探傷が可能で、最善の条件であれば5μm程度(断面サイズがφ5mmの場合)の欠陥、損傷が検出可能です。

### ■設備仕様

	X線CT探傷装置	マイクロX線CT探傷装置
製造元	(株)東芝	(株)東芝
供試体寸法	φ600mm×1200mm(最大)	φ200mm×300mm(最大)
最小画像サイズ	150μm	5μm
X線管容量	400kV、2mA	30~225kV、10~500μA

## 多軸振動非接触自動計測システム



本システムは、供試体の3次元方向の振動特性を高精度で自動計測できる、航空宇宙分野では世界で唯一のシステムです。非接触式の3Dスキャニング振動計センサーをセンサー位置制御ロボットの先端部に搭載し、統合ソフトウェアによりロボット動作と計測を同期させることで自動計測を実現しています。計測に非接触式のレーザーを用いるため、精度の高い計測が可能です。

ロボットの可動範囲内の大きさの供試体であれば完全自動計測が可能ですが、可動範囲を超える大型の供試体でもロボットを移動させながらの準自動計測が可能となっています。測定点の座標をはじめ、振動の時間履歴・周波数スペクトル・周波数応答関数など、さまざまな数値データを計測でき、グラフ化やアニメーション化はもちろんのこと、モーダル解析ソフトウェアと連携してモード特性も解析することができます。

### ■設備仕様

測定周波数範囲	0~2MHz(サンプリング周波数 最大5.12MHz)
測定速度範囲	0~10m/s
測定可能データ	ジオメトリ、時間履歴、FFT、FRF、ODS、モード
ロボット可動範囲	55㎡
ロボット最大リーチ	2,700 mm

## 小型多軸振動非接触自動計測システム



本システムは、供試体の振動特性を高精度で計測できるシステムで、多軸振動非接触自動計測システムを小型化したものです。非接触式のスキャニング振動計センサーをセンサー位置制御ロボットの先端部に搭載し、任意の場所の面外方向の振動計測を行うことが可能です。また非接触式のレーザーを用いるため、精度の高い計測が可能です。測定点の座標をはじめ、振動の時間履歴・周波数スペクトル・周波数応答関数など、さまざまな数値データを計測でき、グラフ化やアニメーション化はもちろんのこと、モーダル解析ソフトウェアと連携してモード特性も解析することができます。現在、ロボットと連動した完全自動計測はできませんが、振動計センサーのスキャニング範囲内であれば、自動計測が可能です。

### ■設備仕様

測定周波数範囲	0~2MHz(サンプリング周波数 最大5.12MHz)
測定速度範囲	0~10m/s
スキャニング範囲	センサと供試体の距離に応じて(スキャニング角度:水平方向±25°、垂直方向±20°)
測定可能データ	ジオメトリ、時間履歴、FFT、FRF、ODS、モード
ロボット可動範囲	14.5㎡
ロボット最大リーチ	1,611mm

## 高圧燃焼試験設備5MPa試験系



本設備はガスタービンの燃焼器やその要素技術を実際の機械と同じ高温・高圧力条件下で試験するために導入されたもので、試験部最大圧力が5MPaの高圧系(2系統)と1MPaの中圧系、3系統があります。現在も高性能の産業用ガスタービンやジェットエンジン燃焼器の研究開発に使用しています。多数の温度・圧力に加えて排気ガス成分(窒素酸化物、未燃燃料、一酸化炭素、煤等)の計測が可能で、燃焼器の環境性も含めた総合的な性能を計測できます。

### ■設備仕様

空気源	720kW 2台、1,900kW 1台、電動機駆動多段遠心圧縮機による2段昇圧
供給部	入口空気圧力1~5MPa
	入口空気温度400~1,000K(730°C)
	入口空気流量4kg/s(最大)

## 汎用飛行シミュレータ設備固定翼シミュレータ部



本飛行シミュレータ施設は3つのコックピットを有し、用途に応じてこれらを使い分けることでさまざまな実験が可能です。

エンジニアリング(研究開発用)シミュレータとしては、国内唯一の6軸油圧モーションシステムを備えた固定翼機型可動コックピットシステムです。

### ■設備仕様

形式	複座式大型固定翼機型窓外視界付可動操縦席
模擬飛行計器	液晶型電子式計器
模擬操縦装置	コントロール・コラム、コントロール・ホイール、ラダー・ペダル
模擬操縦負荷装置	電動式
模擬視界映像発生装置	DiaScene IG-950(三菱プレジジョン製)
模擬視界映像表示装置	CRT 型無限遠方式・6 ウィンド
直線加速度	9.8m/sec <sup>2</sup>
可動範囲 並進	±1m(X、Y、Z)
回転	±30度(ロール、ピッチ、ヨー)

## 汎用飛行シミュレータ設備回転翼シミュレータ部



本飛行シミュレータ施設は3つのコックピットを有し、用途に応じてこれらを使い分けることでさまざまな実験が可能です。

水平180度垂直80度の大型ハーフドーム型ディスプレイシステムを備えた回転翼機型可動コックピットシステムは我が国でも数少ないヘリコプタ用のシミュレータです。

### ■設備仕様

形式	複座式小型回転翼機型窓外視界付可動操縦席
模擬飛行計器	液晶型電子式計器
模擬操縦装置	サイクリックコントロール・スティック コレクティブピッチコントロール・レバー アンチトルク・ペダル
模擬操縦負荷装置	電動式
模擬視界映像発生装置	DiaScene IG-950(三菱プレジジョン製)
模擬視界映像表示装置	ハーフドーム型スクリーン投写方式
模擬動揺装置	電動式6 自由度共動支持型
直線加速度	3.9m/sec <sup>2</sup>
可動範囲 並進	±0.2m(X、Y、Z)
回転	±18度(ロール、ピッチ、ヨー)

# JAXAの施設設備供用対象設備一覧

01 風洞	設備名称	所在地	備考
	2mx2m遷音速風洞	調布	本誌17,18ページ参照
	6.5mx5.5m低速風洞	調布	本誌17,18ページ参照
	1mx1m超音速風洞	調布	本誌17,18ページ参照
	0.5m/1.27m極超音速風洞	調布	本誌17,18ページ参照
	2mx2m低速風洞	調布(飛行場分室)	本誌17,18ページ参照
	750kWアーク加熱風洞	調布	本誌17,18ページ参照
	0.6mx0.6m遷音速フラッタ風洞	調布	本誌17,18ページ参照
	0.65m×0.55m小型低乱風洞	調布	—
	高温衝撃風洞	角田	本誌7,8ページ参照
	中型高温衝撃風洞	角田	—
	超音速風洞	相模原	—
	遷音速風洞	相模原	—

02 スペースチャンバ	設備名称	所在地	備考
	13mφスペースチャンバ	筑波	本誌26,27,28ページ参照
	8mφスペースチャンバ	筑波	本誌26,27,28ページ参照
	6mφ放射計スペースチャンバ	筑波	本誌26,27,28ページ参照
試験検証用チャンバ	筑波	本誌26,27,28ページ参照	

03 振動試験	設備名称	所在地	備考
	大型振動試験設備	筑波	本誌28ページ参照
	18トン振動試験設備	筑波	本誌28ページ参照
13.6トン振動試験設備	筑波	本誌28ページ参照	

04 音響	設備名称	所在地	備考
1600m <sup>3</sup> 音響試験設備	筑波	本誌28ページ参照	

05 電波・磁気	設備名称	所在地	備考
	電波試験設備(第1無反射室)	筑波	本誌27,28ページ参照
	電波試験設備(第2無反射室)	筑波	本誌27,28ページ参照
	電磁適合特性試験設備	筑波	本誌27,28ページ参照
磁気試験設備	筑波	本誌27,28ページ参照	

06 複合材構造	設備名称	所在地	備考
	静強度試験用電気ねじ駆動型ロードフレーム	調布(飛行場分室)	本誌19,20ページ参照
	疲労試験用油圧サーボ型ロードフレーム	調布(飛行場分室)	本誌19,20ページ参照
	ロードフレーム用環境槽	調布(飛行場分室)	本誌19,20ページ参照
	材料物性測定装置	調布(飛行場分室)	—
	落錘型衝撃試験装置	調布(飛行場分室)	—
	X線CT探傷装置	調布(飛行場分室)	本誌19,20ページ参照
	小型超音波探傷装置	調布(飛行場分室)	本誌19,20ページ参照
マイクロCT装置	調布(飛行場分室)	—	

07 構造材料	設備名称	所在地	備考
	2軸疲労試験設備	調布(飛行場分室)	—
	50トン油圧疲労試験装置	調布(飛行場分室)	—
	多軸振動非接触自動計測システム	調布(飛行場分室)	—
	小型多軸振動非接触自動計測システム	調布(飛行場分室)	—
ナノインデント	調布	—	

08 推進系	設備名称	所在地	備考
	高圧燃焼試験設備5MPa試験系	調布	—
	中圧燃焼試験設備1MPa試験系	調布	—
	汎用空気源設備(連続ラム燃焼試験設備)	調布	—
	航空エンジン環状燃焼器試験設備	調布	—
	基礎燃焼風洞	角田	—
ラムジェットエンジン試験設備	角田	本誌6,7ページ参照	

09 飛行シミュレータ	設備名称	所在地	備考
	汎用飛行シミュレータ設備固定翼シミュレータ部	調布(飛行場分室)	—
汎用飛行シミュレータ設備回転翼シミュレータ部	調布(飛行場分室)	—	

10 数値シミュレータ	設備名称	所在地	備考
JAXAスーパーコンピュータシステム(JSS)富士通製FX1	調布	—	

11 質量特性	設備名称	所在地	備考
質量特性測定設備(6トン質量特性測定設備)	筑波	—	

12 宇宙環境	設備名称	所在地	備考
	適合性確認試験用温度勾配炉	筑波	—
	細胞培養装置グランドモデル	筑波	—
	クリーンベンチグランドモデル	筑波	—
熱伝導率測定装置	筑波	—	

13 その他	設備名称	所在地	備考
	大型分離衝撃試験設備	筑波	—
	旋回腕型加速度試験設備	筑波	本誌27,28ページ参照
アライメント測定設備	筑波	本誌27,28ページ参照	

JAXA新事業促進センターについてはこちらへ ..... JAXA新事業促進センター <http://aerospacebiz.jaxa.jp/jp/>  
 JAXA施設設備供用に関する内容はこちらへ ..... 施設設備供用設備一覧 <http://aerospacebiz.jaxa.jp/jp/facilities/list/>  
 ロケットエンジンの研究開発についてはこちらへ ..... 角田宇宙センター <http://www.rocket.jaxa.jp/kspace/japanese/index.html>  
 ロケットや人工衛星の打ち上げを行う施設についてはこちらへ ..... 種子島宇宙センター [http://www.jaxa.jp/about/centers/tnsc/index\\_j.html](http://www.jaxa.jp/about/centers/tnsc/index_j.html)  
 航空科学技術の研究開発についてはこちらへ ..... 航空本部 <http://www.aero.jaxa.jp/>  
 宇宙科学研究についてはこちらへ ..... 相模原キャンパス <http://www.isas.jaxa.jp/j/index.shtml>  
 人工衛星やロケットなど将来の宇宙機の研究開発や ..... 筑波宇宙センター [http://www.jaxa.jp/about/centers/tksc/index\\_j.html](http://www.jaxa.jp/about/centers/tksc/index_j.html)  
 開発試験についてはこちらへ .....  
 宇宙機の環境試験についてはこちらへ ..... 環境試験技術センター <http://shiken.jaxa.jp/>

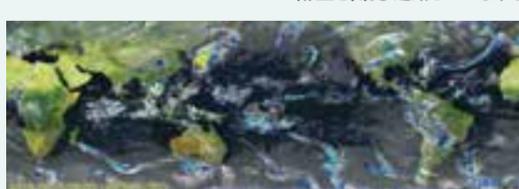
1

全球降水観測計画(GPM)の主衛星 ©NASA



**人工衛星による宇宙利用**

地球規模での降水や環境変動の観測、災害監視、衛星測位システムなど、暮らしを支える人工衛星を開発・運用しています。



GPMデータが活かされる全球の降水分布(GSMaP)

2

小惑星探査機「はやぶさ2」 ©池下章裕



**宇宙の謎に迫る研究と月・惑星の探査**

宇宙の構造・進化の謎、惑星誕生のプロセス、生命の起源を解明するため観測や研究を行っています。また、月探査計画、小惑星からのサンプルリターン計画など、探査機や観測装置の開発・運用を行っています。



X線天文衛星(ASTRO-H) ©池下章裕

4

**地上と宇宙を結ぶ輸送システム**

人工衛星の打ち上げやISSへの物資補給など、地球と宇宙を結ぶ輸送手段であるロケットを開発・運用しています。



H-IIAロケット18号機→



イブシロンロケット試験機

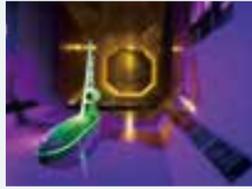
5

実験用航空機「飛翔」



**航空技術の研究**

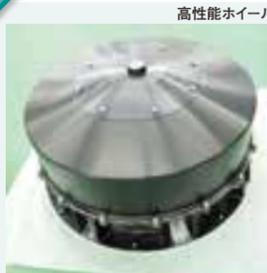
安心して豊かな社会の実現に貢献することを理念として、日本の航空産業の国際競争力強化、航空輸送システムの技術革新に取り組むとともに、航空環境技術と航空安全技術に関する研究などを行っています。



風洞試験

6

高性能ホイール 1Nスラスト




**基礎基盤技術の研究**

宇宙・航空分野の技術力の根幹となる最先端研究や試験研究設備の維持・向上を進めるとともに、ロケットや人工衛星の部品・コンポーネントの技術開発、将来の宇宙構想実現のための未踏技術への挑戦や軌道上実証などに取り組んでいます。

# JAXAのとりくみ

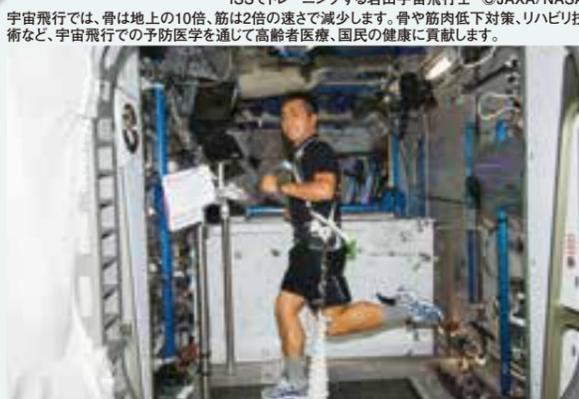
独立行政法人  
宇宙航空  
研究開発機構  
JAXA(ジャクサ)

JAXAは、宇宙・航空分野の研究から開発・利用までを行う国の機関です。最先端の技術、革新的な研究開発で日本の宇宙開発を牽引しています。JAXAが取り組む6つの主要分野を紹介します。

3

ISSでトレーニングする若田宇宙飛行士 ©JAXA/NASA

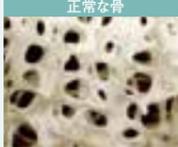
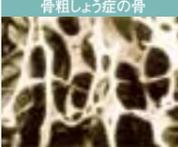
宇宙飛行では、骨は地上の10倍、筋は2倍の速さで減少します。骨や筋肉低下対策、リハビリ技術など、宇宙飛行での予防医学を通じて高齢者医療、国民の健康に貢献します。



**宇宙環境の活用**

国際宇宙ステーション(ISS)を利用したさまざまな実験や観測を通じて、医療やバイオテクノロジー、材料研究、教育など幅広い分野へ貢献しています。また、この利用を支えるため、「きぼう」日本実験棟の運用管制、宇宙ステーション補給機「こうのとり」(HTV)による安定した物資の輸送を行っています。

■骨の微細構造

正常な骨	骨粗しょう症の骨
	

©NIH Consensus Development Panel on Osteoporosis. JAMA 2001

■高品質タンパク質結晶生成実験

構造データの分解能:1.32Å(複合体)。筋ジストロフィーの進行に関するタンパク質



©筑波大学 裏出良博教授(元大阪バイオサイエンス研究所 研究部門長) / 丸和栄養食品

宇宙ステーション補給機「こうのとり」4号機 ©JAXA/NASA



**JAXAをもっと知るには**

**JAXAホームページ**

まもなく打ち上げられる人工衛星や探査機、宇宙飛行士のフライト日程など、最新情報が載っています。

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




**機関誌 JAXA's**

JAXAのプロジェクトを詳しく、迫力あるビジュアルで紹介した機関誌。定期購読サービスもあります。



◆JAXAの各事業所の展示施設(一部)を紹介します。

**筑波宇宙センター「スペースドーム」**

人工衛星の試験モデルやロケットエンジン、「きぼう」日本実験棟の実物大モデルなど、リアルな宇宙開発に触れられる展示室です。

〒305-8505  
茨城県つくば市千現2-1-1/  
開館時間:10:00~17:00/  
休館日:月(除く、祝日・夏休み等の月)、年末年始(12/29~1/3)、施設点検日



**相模原キャンパス**

「はやぶさ」が生まれた相模原キャンパスの展示室には、歴代の科学衛星などを展示しています。

〒252-5210  
神奈川県相模原市  
中央区由野台3-1-1/  
開館時間:9:45~17:30、年中無休



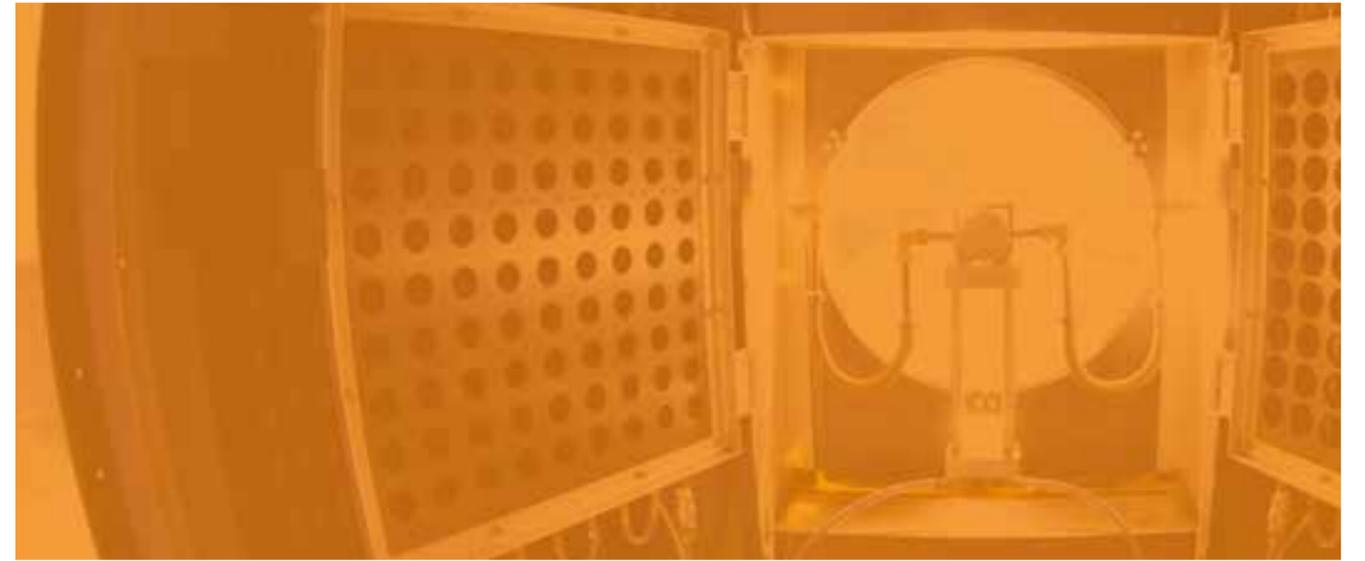
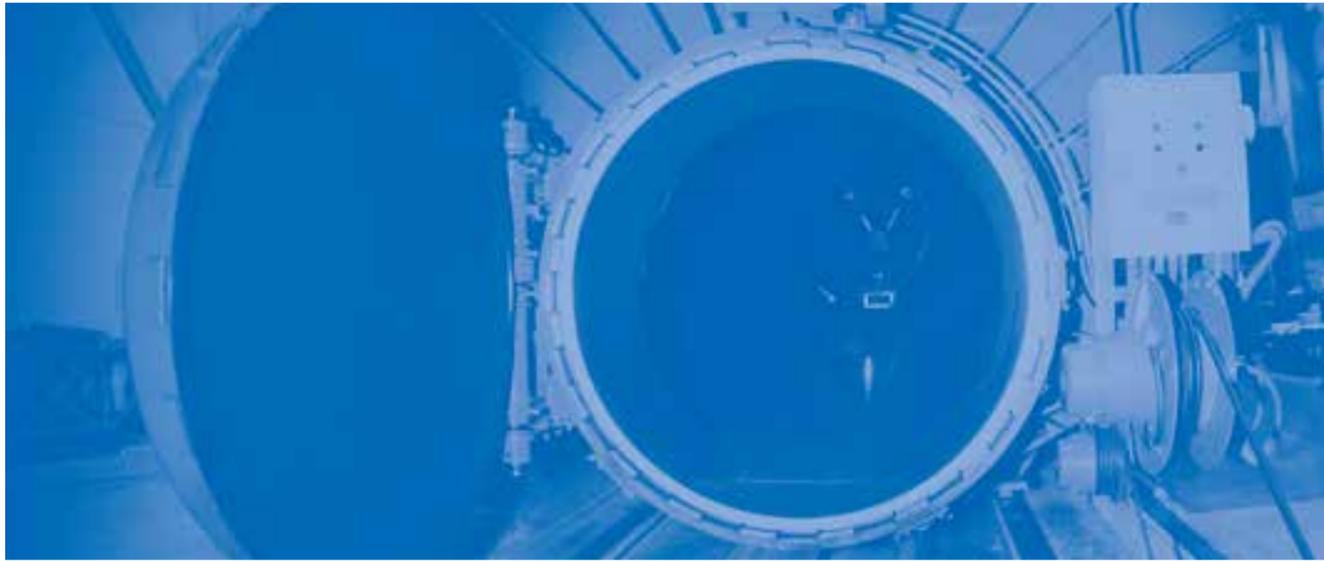
**調布航空宇宙センター**

航空技術や宇宙技術など分野ごとに研究内容を紹介し、実際に使用した機体をはじめ、模型やパネルを展示しています。



〒182-8522  
東京都調布市深大寺東町7-44-1/  
開館時間:10:00~17:00/  
休館日:土、日、祝日、年末年始(12/29~1/3)

※詳細はJAXAホームページをご覧ください。



JAXA 施設設備BOOK 2014年4月発行

発行： 独立行政法人宇宙航空研究開発機構 (JAXA)  
新事業促進センター  
編集協力： 株式会社エフピーアイ・コミュニケーションズ

編集： 今井 力 (FBI)  
小川有沙 (FBI)  
神山 翔 (FBI)  
相川知佳子 (Spike)  
デザイン： 東 輝隆 (Spike)  
取材原稿： 笠井尚紀 <P3~P14, P25~P30>  
撮影： 楠 聖子 <P9~P30>  
石原秀樹 <P3~P8>



宇宙航空研究開発機構 新事業促進センター  
〒101-8008 東京都千代田区神田駿河台 4-6 御茶ノ水ソラシティ  
E-mail:aerospacebiz@jaxa.jp <http://aerospacebiz.jaxa.jp>

※本誌の一部または全部を無断転写・転載・電子媒体に加工することを禁じます。  
2014年4月発行  
宇宙航空研究開発機構 特別資料 JAXA-SP-13-021 (ISSN:1349-113X)  
発行：JAXA 新事業促進センター Printed in Japan

