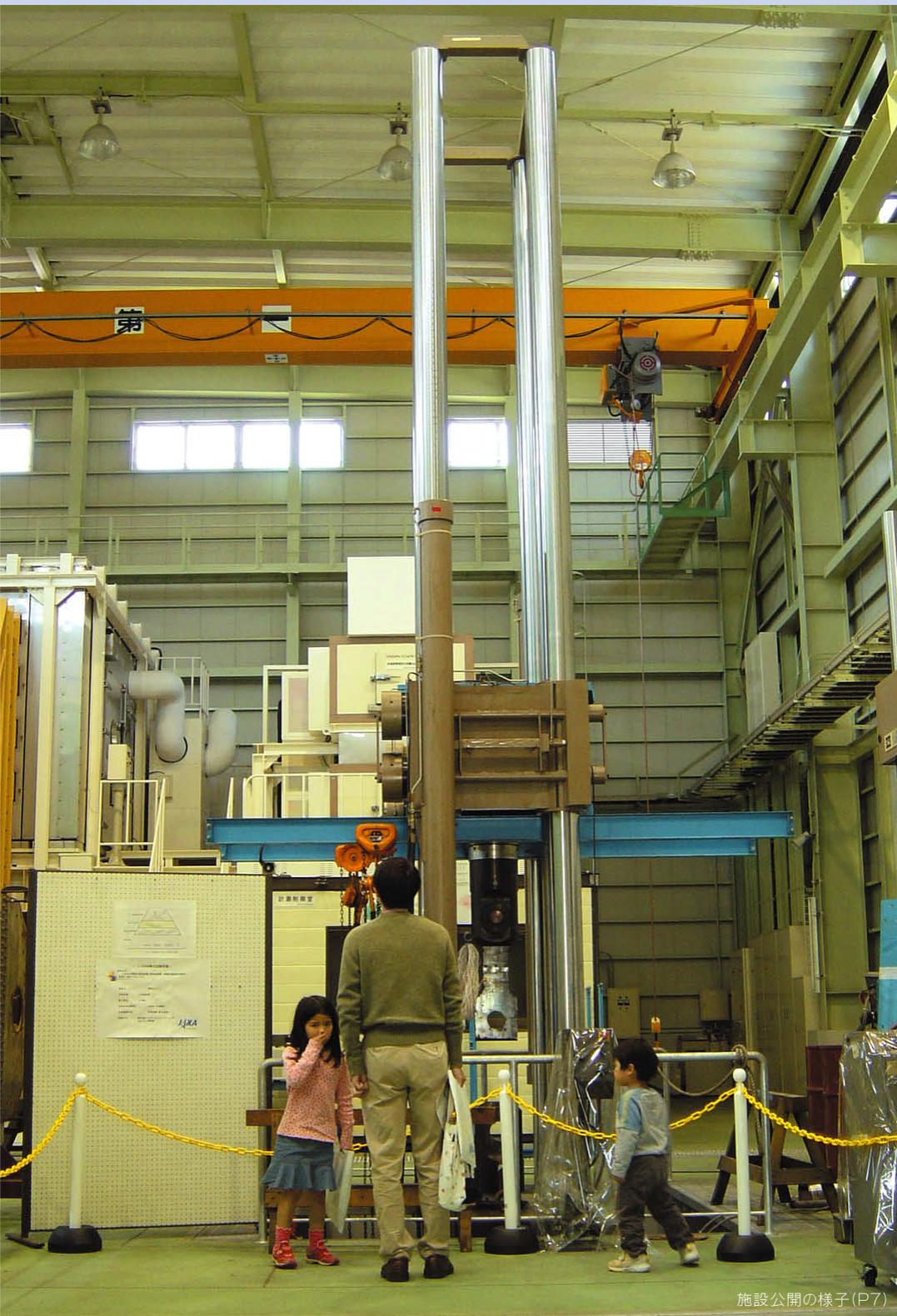


空と宙



2005 | MAY/JUN.
隔月刊発行
EVERY OTHER MONTH
ISSN 1349-5577 No.06



施設公開の様子(P7)

研究紹介

環境適合性を考慮した
航空機用電動ファンの研究

ロボットアームによる
大型反射鏡自律組立システム

設備紹介

三軸姿勢制御
システム試験設備

横路散歩

電波望遠鏡

空宙情報

各センターの施設を
公開しました

「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 Space Technology and Aeronautics

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

06

環境適合性を考慮した航空機用電動ファンの研究

限りないエミッションゼロを目指して

燃料電池を使って将来のエンジンをよりクリーンにする

宇宙航空研究開発機構(JAXA)総合技術研究本部では現在、クリーンエンジンプロジェクトを推進しており、現状のターボファンエンジンよりもさらに環境適合性にすぐれた低騒音、低NOx、低CO₂を実現するエンジン技術の開発に取り組んでいます。これと併行して、クリーンエネルギー技術である燃料電池を使ったエンジンシステムの研究も進めています。

酸素と水素を反応させることで電流(エネルギー)を得る燃料電池は、その反応により発生するのが水だけのため、環境に優しいエンジンを目指すことができます。その効率の高さと環境適合性については

多くの分野で確かめられています。しかし、エネルギー出力に対して重量があるため、このことが燃料電池導入の妨げとなってきました。

現在では、様々な地上用途に燃料電池が利用され始めており、今後さらに高性能化および軽量化が図られるものと考えられます。こうした観点から、電気をエネルギー源とした、高効率かつ軽量の航空用推力発生機構(航空用エンジン)を実現すべく要素開発を進めることが非常に大切なことと考えています。そこで私たちがまず着手したのが、電気で駆動する、軽量で大口徑、効率の高い電動ファンシステムの開発です。

軽量大口徑高効率電動ファンシステムの作動原理

エンジンの環境適合性と高性能化を図るためには、騒音を低減しつつ多くの空気を取り込むことのできるファンの実現が重要と考えました。このファンシステムの実現のためには、「軽量化」、「トルク(回転させる力)の高効率化」、「エネルギーの高効率化」の

三つが鍵を握っています。この三つを実現するため、従来の軸回転によらない、外周部リア駆動方式のファンシステムを考案しました。作動原理を図1に示します。

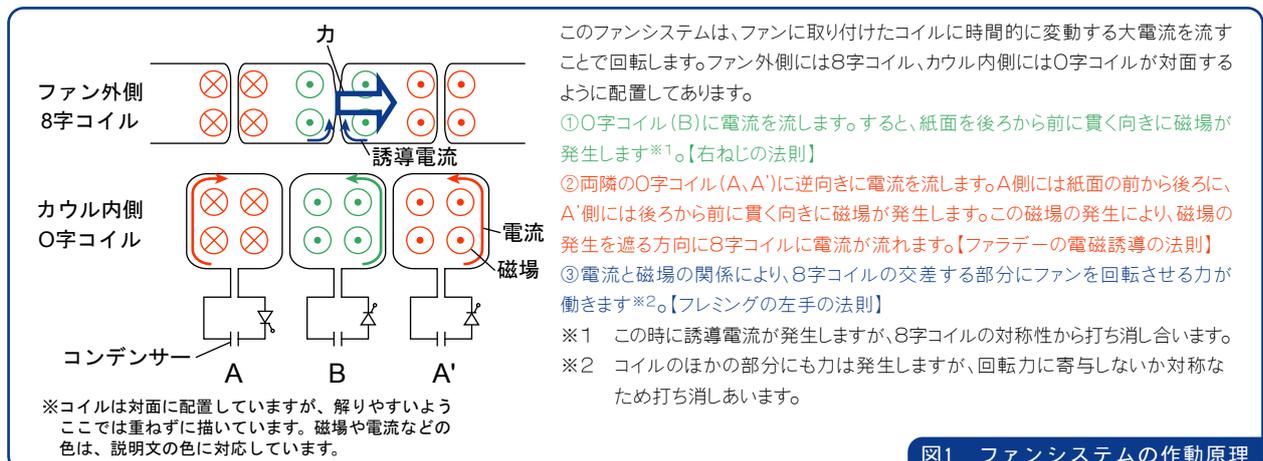


図1 ファンシステムの作動原理



このシステムでは、回転させる力がファン外周に直接加わるため、軸中心で回転力を加えるよりも弱い力で効率よく回転させることができます。ファンを回転させるモーターなどの駆動機構が必要なくなるため、軽量化も可能です。O字コイルの先には蓄電機構(コンデンサー)が付いており、エネルギーとして消費されなかった電流を蓄えて再使用できます。この、未使用分電気エネルギーの回収により、エネルギーの高効率化が図れます。

考案したファンシステムの原理を実証するため、O字コイルを駆動に最小限必要な三つとした簡単な装置(図2)を試作し、実験を行いました。その結果、

コイルに電流を流すことによってファンシステムを駆動できることを確認しました。

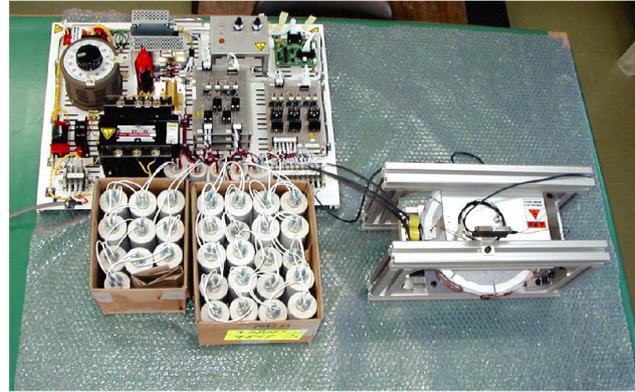
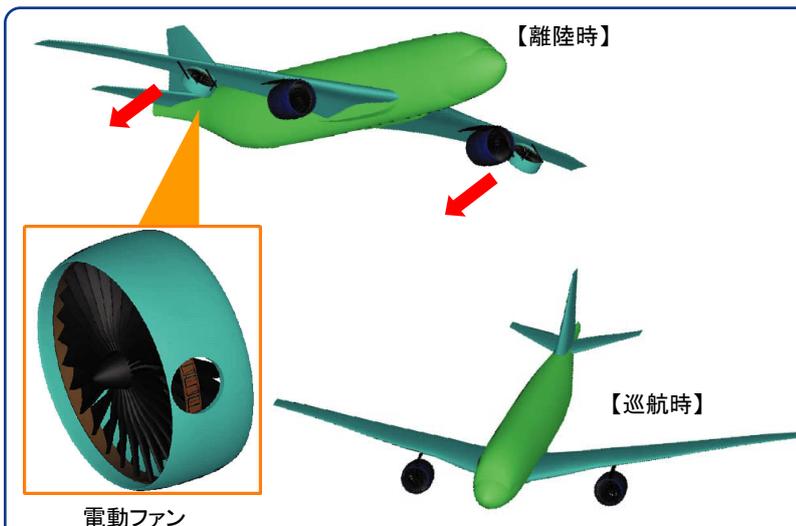


図2 試作したファンシステム

今後は実用化に向けた実証を

今回は原理の確認ということもあり、ファンに対して蓄電池がだいぶ大きくなっています。この方式では、規模を大きくするほど軽量化の利点を発揮できると考えていますので、今後は、もう少し大きな模型を試作し、実用化に向けた実証を行う予定です。

また、軽量燃料電池の航空機への適用性、燃料として用いる液体水素の有効利用についても、機体全体の問題として検討を進める予定です。例えば、液体水素を超伝導(物質を極低温まで冷やすことで、その中を電流が流れる時の抵抗がゼロ



になる現象のこと)をコイルの冷却に利用することで、効率の増大を図ることを検討しています。

当本部では、航空機機体システムとしても環境適合性を高める地球に優しい航空機の研究開発(未来型航空機の研究開発)に取り組んでおり、ここで紹介したエンジンシステムも一案として積極的に研究しています。
(広報係)

将来の利用を目指して研究を進めているファンは、電気配線によって燃料電池とつながれた、たいへん軽量のシステムです。一般的なターボファンエンジンのファンは軸で主エンジンとつながれているため、動かすのは困難です。しかし、このファンシステムであれば、機体に搭載した状態で簡単に方向を変えたり折りたたんだりすることができます。

ファンを動かすことができれば、例えば離陸時などにファンの向きを変えて斜め後ろ向きに排気を出すことで、短距離での離陸が可能になります。さらに、ファンは高速での巡航時には使用しないため、折りたたむことで機体にかかる抵抗を減らし効率の増大を図ることができます。

図3 ファンシステムによる飛行の効率化

ロボットアームによる大型反射鏡自律組立システム

しゃくとり虫を使って安全かつ高精度に六角形を組み立てろ!

これまでの宇宙ロボット技術を活かしたい

JAXAでは、1997年に打ち上げた技術試験衛星VII型による宇宙ロボット実験など、宇宙用ロボットの要素技術習得を目的とした実験を宇宙空間にて実施してきました。これらの実験により、宇宙ロボットに関する我が国の技術が相当高いレベルにあることが証明されています。しかし、我が国での宇宙ロボットに関する軌道上実験は、それ以降、行われていません。これまでの蓄積を活かして有用な技術を確立することは、世界がますます宇宙に向かっていくことを考えると、たいへん重要なことです。そこで2003年度より、ロボットアームによる宇宙電波望遠鏡用反射鏡の組み立てシステムの研究を行ってきました。

宇宙空間に打ち上げるロケットの衛星を載せるスペースの直径は、例えばH-IIAでは約4メートルほどです。これより大きな構造体は、そのままの形ではロケットに搭載することができません。そのため、宇宙空間に打ち上がってから展開するか、もしくは組み立てる必要があります。

短い波長の電波で精度良く観測する電波望遠鏡(P.6「横路散歩」参照)には、遠く宇宙空間から

届く電波を反射して集める大型のパラボラ反射鏡が欠かせません。この反射鏡部分としては、網状の反射面で構成したメッシュ構造体と、ソリッドパネルで構成した硬い構造体が考えられます。ソリッドな反射鏡は高い鏡面精度の実現に適しているため、ソリッドな反射鏡をロボットアームを使って軌道上で組み立てる技術の構築が目標です。

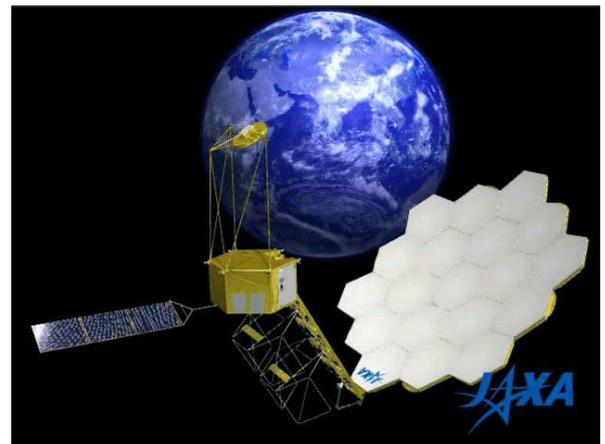


図1 ロボットアームにて反射鏡を組み立てた宇宙電波望遠鏡の想像図

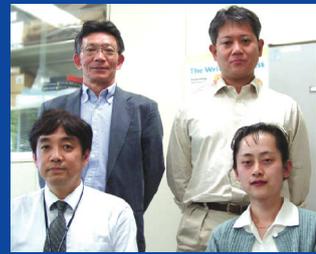
しゃくとり虫と六角形

考えたのは、六角形のパネルを沢山組み合わせた反射鏡を、小型のロボットアームで組み合わせていくシステムです。

パネルは、反射鏡部分(表)と結合部分(裏)との二重構造になっています。反射鏡部分を結合部分が

三つのアクチュエータで支持しており、組立後にこのアクチュエータを使って修正することで、反射鏡の鏡面誤差を抑えることができます。各パネルには、取手が付いており、ロボットアームの両先端にある手(エンドフェクタ)が取っ手をつかんでパネルを組み

宇宙先進技術研究グループ
(後方左より)上村平八郎、照井冬人
(前方左より)西田信一郎、若林幸子



立てていきます(図2)。エンドファクタが取っ手部分をつかむことでロボットアームに信号が送られ、その信号によってパネルの上を伝い歩きできるようになっています。その姿は、さながら尺取虫といったところでしょうか。

パネルを組み立てた後、ロボットアームは衛星上に折り畳み格納されます。しかし、パネルの微調整や何らかのトラブル発生時には、その部位に移動してきて作業を行うことを考えています。

このロボットアームの最大の特徴は、力制御技術です。ロボットアームには力を計測するシステムが組み込まれており、そのシステムの計測値を基に力の制御を行います。ロボットアームは関節部分に入ったモーターにより動くため、必然的に関節部分に力が働きます。私たちは、各関節

部分に力を計測するシステムを組み込むことで、応答性が高く、微妙な力の制御が可能なロボットアームを目指しています。

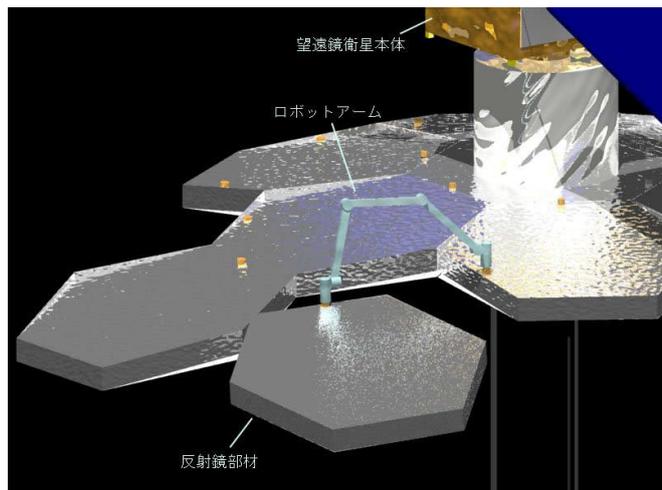


図2 ロボットアームによるパネルの組み立て

関節およびエンドフェクタの試作と試験

これまでに、関節部分とエンドフェクタの試作を行い、詳細な地上実験を行ってきました。そのほかにも、カラーマーカと画像計測を組み合わせた位置および姿勢計測技術の検証も進めてきました。

現在は、パネル結合部分を試作して、ロボットアームによる組立作業の検証実験を進めています(図3)。

(広報係)

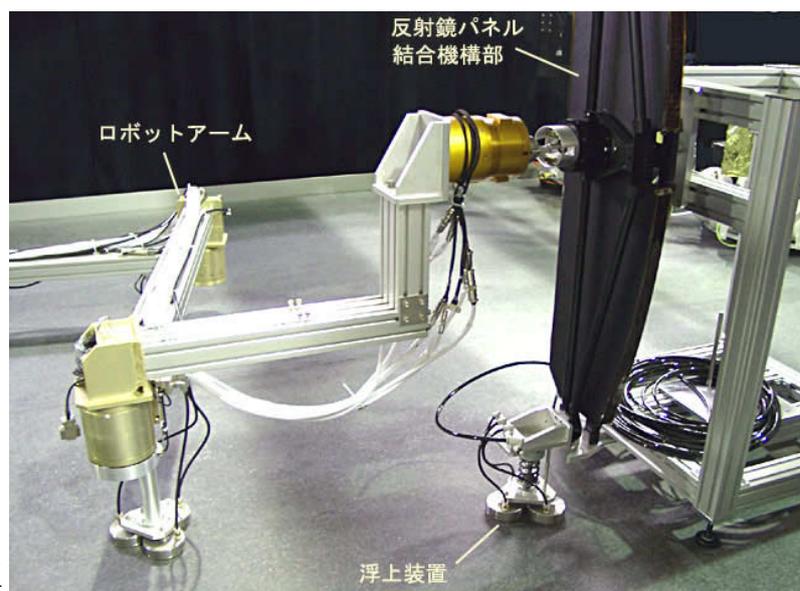


図3 試作ロボットアームによる反射鏡結合試験の様子

三軸姿勢制御システム試験設備

三軸姿勢制御システム試験設備(ACTS)は、三軸姿勢制御衛星の姿勢軌道制御系用機器、およびシステムの研究・開発を行うための設備で、人工衛星の宇宙空間における姿勢軌道運動を地上の重力下で模擬することが可能です。

試験では、サーボテーブル上に太陽センサ、地球センサ、慣性センサ(ジャイロ)、恒星センサなどの姿勢センサを搭載することにより、軌道上の衛星の姿勢軌道運動に対応したセンサ信号を出力します。これらの出力を同じく供試体である

姿勢軌道制御電子回路に入力します。姿勢軌道制御電子回路は実際と同様の制御演算を行い、アクチュエータ駆動信号を出力します。アクチュエータ駆動信号から衛星の姿勢軌道運動をリアルタイムシミュレーションし、衛星と太陽、地球などとの相対運動を求めてサーボテーブルを駆動することにより、総合的な動的環境での閉ループシミュレーションを行うことが可能です。

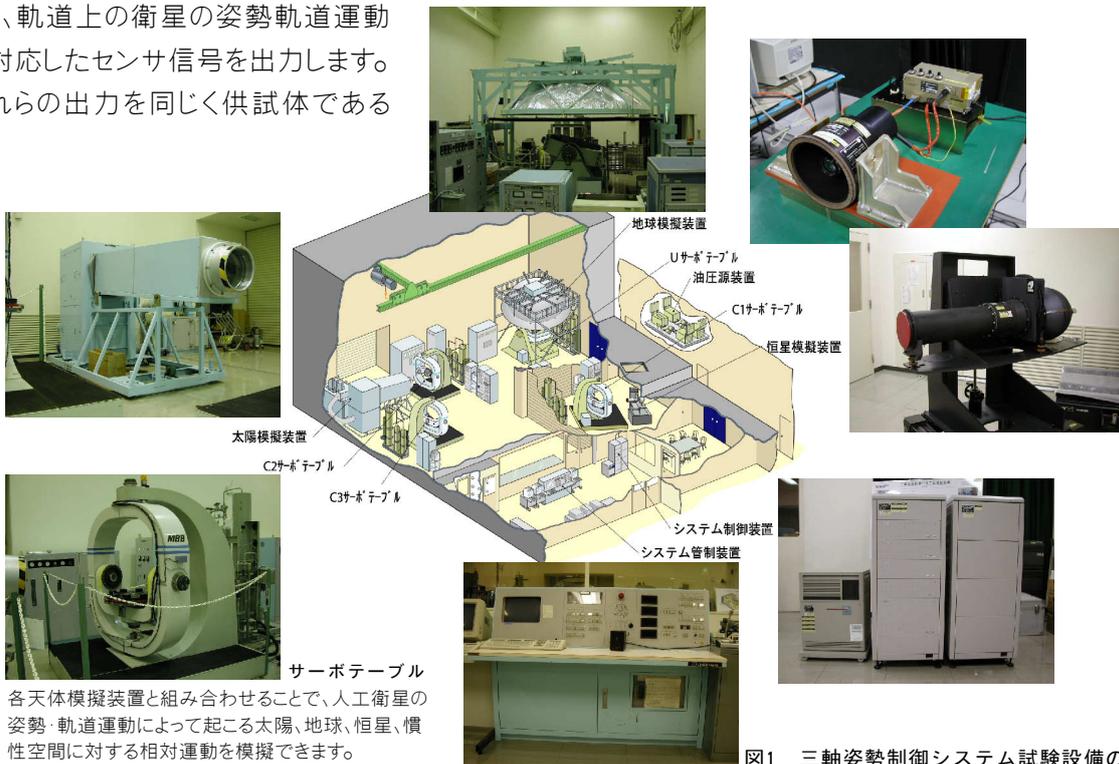


図1 三軸姿勢制御システム試験設備の全体図

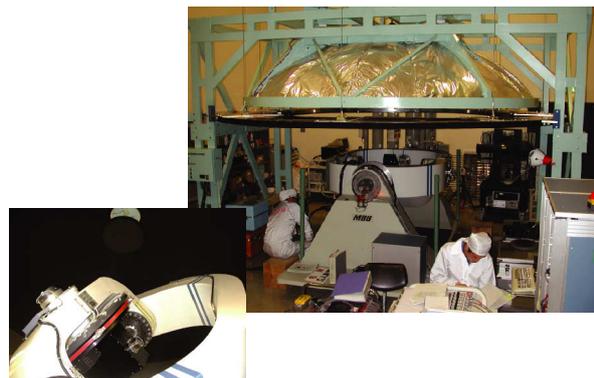
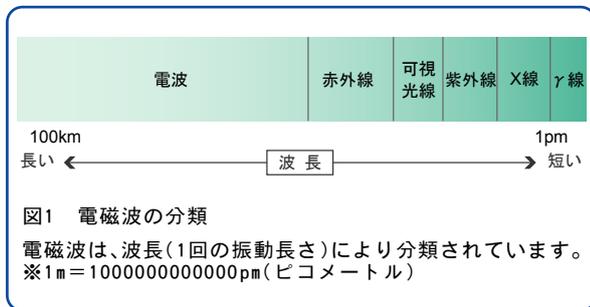


図2 ACTSを使った宇宙ステーション補給機(HTV)搭載用地球センサ試験の様子

この設備は、1981年に設置されて以来、日本の三軸衛星技術を確認するために活躍してきました。最初に行った試験の対象衛星は、1987年に打ち上げられた海洋観測衛星「もも1号」です。その後、様々な国産衛星を対象に試験を行い、姿勢軌道制御に関する我が国の技術水準の向上に貢献してきました。近年は三軸衛星の開発だけでなく、様々な用途で使用されています。

電波望遠鏡

私たちの目に届く光(可視光線)、病院でレントゲン撮影をする時に使うX線や身体を日焼けさせる紫外線、これらは総称して「電磁波」と呼ばれます(図1)。電磁波は、湖面に小石を落としたときに現れる波紋の様に、波として伝わります。



電波望遠鏡は、電磁波の一つである「電波」を観測する望遠鏡です。天体観測は、可視光はもちろん様々な電磁波帯で行われています。それにより、目で見ているだけでは分からなかった宇宙の様々な現象が解明されています。

例えば、暗黒星雲(分子を主成分とする低温ガスの固まり)を可視光で観測しても、ただ黒く見えるだけでその実態を捉えることは困難です。しかし、電波望遠鏡を使えば、暗黒星雲が放出している電波を観測することで、その構成物質を知ることが

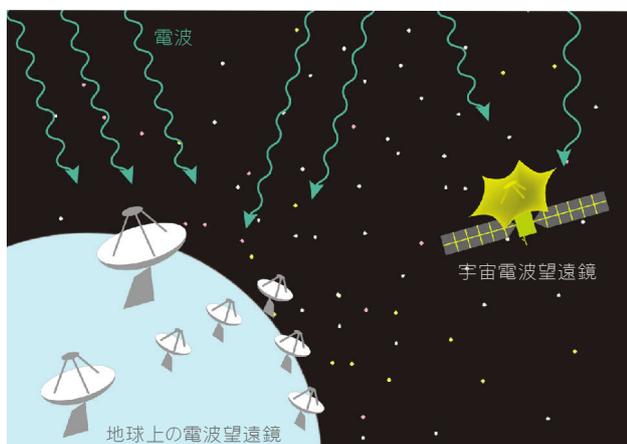


図2 電波望遠鏡による宇宙観測の様子
普通の(可視光用の)望遠鏡では、光の観測にレンズを使います。これに対して電波望遠鏡では、パラボラアンテナを使って、宇宙からの電波を受信します。

できます。

宇宙からやって来る、より微弱な電波をつかまえるためには、電波望遠鏡の分解能(細かい物を見分ける能力)を上げる必要があります。その方法として、複数の電波望遠鏡を組み合わせ、仮想的に巨大レンズを作る方法があります。電波望遠鏡の間隔を大きくすればするほど、分解能は高くなるため、地球軌道上へ電波望遠鏡を打ち上げることで、「地球より大きな瞳」による観測が可能になります。

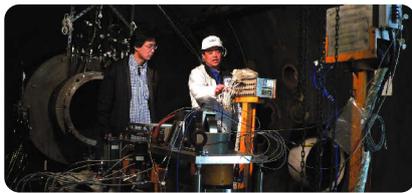
1931	カール・ジャンスキーにより天体からの電波が初めて観測される(アメリカ)
1965	ビックバン理論で予想されていた宇宙背景放射が観測される(アメリカ)
1981	野辺山宇宙電波観測所に日本最大となる直径45mの電波望遠鏡が完成(日本)
1997	宇宙科学研究本部(現JAXA宇宙科学研究本部)より宇宙電波望遠鏡「はるか」が打ち上げられる(日本)
2000	可動一枚鏡最大の電波望遠鏡「巨大グリーンバンク望遠鏡」が完成(アメリカ)
2001	名古屋大の電波望遠鏡「なんてん」の観測により天の川の電波地図が完成(日本)
2002	80台の電波望遠鏡で構成される「ALMA(アカタマ大型ミリ波サブミリ波干渉計)」の建設を開始(日本、アメリカ、ヨーロッパ)
2010	ALMA完成(予定)

参考文献
『電波の宇宙 新型コロナシリーズ47』 前田耕一郎著 コロナ社

参考ホームページ
AstroArts <http://www.astroarts.co.jp/>
自然科学研究機構 国立天文台野辺山 <http://www.nro.nao.ac.jp/>
JAXA <http://www.jaxa.jp/>

各センターの施設を公開しました

当本部では「科学技術週間(4月18日の発明の日を含む一週間)」にあわせて、角田宇宙センター、筑波宇宙センター、航空宇宙技術研究センターの施設を公開しました。



角田宇宙センター
(宮城県角田市)
2005年 4月16日



筑波宇宙センター
(茨城県つくば市)
2005年 4月23日



航空宇宙技術研究センター
(東京都調布市)
2005年 4月24日

