



2010 SEP/OCT http://www.ard.jaxa.jp/

隔月刊発行 ISSN 1349-5577

研究開発

同僚はロボット

宇宙を詳細に見るための道具が欲しい

横路散步

望遠鏡ー宇宙を詳しく知る装置

空宙情報

「JAXA宇宙航空技術研究発表会」開催案内

旧航空宇宙技術研究所 松木正勝 元科学研究官 航空功績賞 受賞

ジェットFTB愛称募集中!!

SSPSを組み立てる宇宙ロボット

No.38

研究開発

同僚はロボット

ロボットが宇宙で活躍するために 求められる能力

高度400kmの宇宙空間に建設された国際宇宙ステーション(ISS)、その内外で微小重力空間を自在に動き回りながら宇宙飛行士の手助けをするロボットが望まれています。また、高度36000kmの静止軌道上で太陽発電衛星(SSPS)の様な大型宇宙構造物を建設するために、複数台で協調しながら働くロボットも必要とされています(表紙)。

ISSには最大で7名の宇宙飛行士が滞在できます。 睡眠、食事、運動などの時間を考えると、宇宙飛行士1人当たりの1日の作業時間は8時間です。限られた時間の中でISSでの実験や物資の移動、設備の保守や船外活動など多岐にわたる作業をこなすために、宇宙飛行士の作業を支援したり代行するロボットとして「有人宇宙活動支援ロボット(Astronaut Support Robot: AstRobot)」の開発が望まれています。ISSでは物資の搬入・搬出などでクレーンの様なロボットアームを使用していますが、宇宙飛行士の作業を支援・代行するためには、微小重力空間を自在に移動でき、宇宙飛行士と同様に各種の機器や工具類を保持・操作できる精細作業能力が必要です。

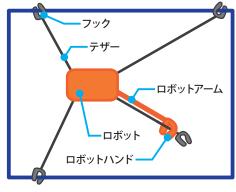
器用な手と面白い足

地上では、各種の産業用ロボットから人型ロボットまで、様々な手(ハンド)を持つロボットが開発されています。これらのロボットのハンドは基本的には単純な動作しかできず、宇宙飛行士の様な器用さは有していません。人型ロボットのハンドは人の手に似た形をしていますが、握力が弱く、軽いものしか持てないのが一般的です。宇宙飛行士の作業を支援・代行することを考え、宇宙服の手袋と同等の大きさで平均的な大人の握力を有し、宇宙飛行士が使用する工具を保持・操作できるハンドをTHK(株)、慶応義塾大学と共同で開発しました(図1)。このハンドは腕(アーム)からの脱着が可能となっており、作業に応じて交換することができます。

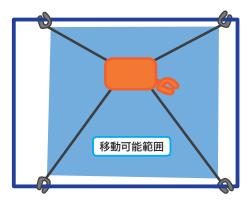
ロボットが宇宙空間を作業場所まで移動する方法として様々なものが考えられます。我々が考えているのは"紐 (テザー)で移動する"スパイダーマンの様なロボットです。ロボットの内部には先端にフックの付いた数本のテザーと伸展式のロボットアームが格納されています。ロボットアームを操作してテザーを伸ばし、周辺の構造物にフックを引っかけて固定します(図2a)。テザーが3本以上固定されると、



図1 開発したロボットハンド



a ロボットハンドでテザーをつかみ、アームを 伸ばしてテザー先端のフックを周辺の構造物 に固定します。



b テザーを伸び縮みさせることで、フックを頂点とする平面もしくは多面体内を移動します。

図2 テザーによるロボットの移動概念

その長さを制御することでフック(固定点)を頂点とする平面もしくは多面体内を移動できるようになります(図2b)。フックの固定位置を変えることにより、ロボットの移動可能範囲を自立的に変更することも可能です。

伸展式ロボットアームは、2枚の長い板を曲率を持たせて重ね合わせた筒状をしています(図3)。格納時には巻き尺(メジャー)の様に巻きあげてあり、作動時にはモーターを使って伸び縮みさせます。素材は金属と比べて軽くて丈夫、熱膨張性の低い「炭素繊維強化プラスチック(Carbon Fiber Reinforced Plastic: CFRP)」です。アームの先端にはハンドとモニタカメラが装着されており、作業時にはモニタカメラを用いて対象物との距離などを計測します。

技術実証試験 REXJ

2012年1月、AstRobotの空間移動技術の実証を

主目的に、ISS日本実験棟「きぼう」を利用した技術実証試験 (AstRobot Experiment on JEM-KIBO: REXJ) を行います(図4)。

「きぼう」は船内実験棟と船外実験プラットフォームから成る日本が開発した宇宙実験設備です。REXJは船外プラットフォームに取り付けられた実験ユニットの

中で行います。伸展式ロボットアームの動作特性を把握するため、宇宙飛行士が船外活動をするのと同じハンド

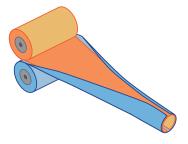


図3 ロボットアームの伸展イメージ

アームを進展させてテザー先端のフックを固定します。空間移動特性を把握するため、テザーの長さを制御してロボットを移動させ、振動せずに動けるかなどの確認も行います。更に、ユニットに取り付けられた窓から伸展式ロボットアームを宇宙空間へ伸ばし、外部の観測や宇宙での熱環境に曝された状態でのロボットアームの評価実験も行う予定です。

現在は、地上オペレーションシステムの構築作業 を進めています。

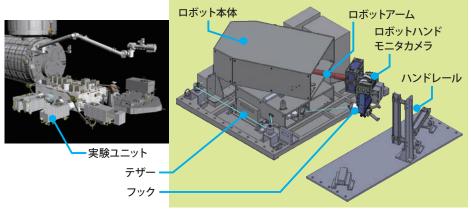
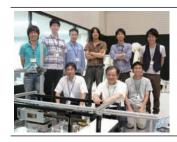


図4 「きぼう」船外実験プラットフォーム(左)とREXJロボット(右)



【未踏技術研究センター】 ロボティクス研究グループ

REXJ開発チーム 研究開発本部メンバー (前列中央:小田 光茂チームリーダ)

研究開発

宇宙を詳細に見るための道具が欲しい

軽くて大きい鏡を作りたい

地球周回軌道では、たくさんの「天体観測衛星」が銀河誕生とその進化過程を捉えるための観測を行っています。衛星の観測精度は種々の要素によって決まりますが、可視光および赤外線領域を観測する衛星では、搭載している望遠鏡の「口径(主反射鏡の大きさ)」が重要になります。口径が大きいほど光をたくさん集められるため、より光の弱い星を細部まで観測できる「分解能」が上がります。人工衛星は重力に逆らって宇宙へ打ち上げられるので、重量に制約があります。望遠鏡の口径を大きくしたいと考えたら、口径の大きさを決める主反射鏡を軽くするのが効率的です。

光学望遠鏡の主反射鏡は「低熱膨張ガラス」という温度による変形の少ないガラスで作られてきました。しかし、その質量は重く、1990年に打上げられたハッブル宇宙望遠鏡(アメリカ)の主反射鏡は口径2.4m、質量830kgもあります。最近では、2006年に打ち上げられた赤外線天文衛星あかり(日

本)の様に「炭化ケイ素 (SiC)」で主反射鏡を作る ことで軽量化を図っています (図1)。

より軽量・高精度の望遠鏡を作りたい。そこで目を付けたのが「炭素繊維強化プラスチック(Carbon Fiber Reinforced Plastics: CFRP)」です。CFRP は金属よりも軽くて丈夫な上に、成形性にも優れた材料です。熱に対する寸法安定性が非常に高い、という特徴もあります(図1、図2)。

繊維の凹凸の克服

CFRPは、同一方向に並べた炭素繊維にプラスチック樹脂を含浸させたプリプレグと呼ばれるシートを何層にも重ね合わせ、焼き固めることで成形します。 CFRPは衛星の構体部分などに使われています。ハチの巣状に六角形を並べたハニカム構造のコアを2枚の板で挟んだサンドイッチ構造にすることで軽量化を図っていますが、CFRPは衛星構体の更なる軽量化に貢献しています(図3a)。

CFRPの表面は平らに見えますが、拡大すると表面には繊維の部分と樹脂の部分とで凹凸ができてい

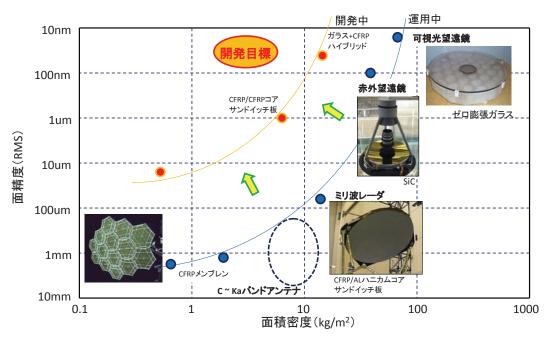


図1 材料による主反射鏡の面積密度と鏡面精度

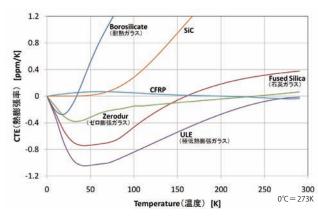


図2 各材料の熱膨張率

ます(図3b)。表面の粗さが観測する光の波長に対して大きくなってしまうと、精度の高い観測は不可能です。表面粗さを無くす方法として、表面をプラスチック樹脂で薄くコーティングすれば良いと考えています。図4はCFRP鏡の試作品です。右の鏡と比べ、樹脂層が適当にコーティングされた左の鏡の方が精度良く光を反射していることが分かります。

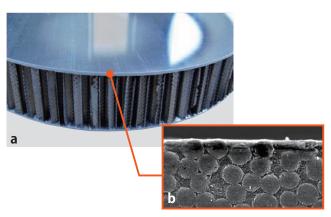


図3 CFRP製衛星構体構造(a)と表面拡大写真(b)

湿気による変形の把握

CFRPは熱による変形に強いことは先に述べました(図2)。しかし、湿気を吸うことにより変形(吸湿変形)を起こすという弱点があります。地上での吸湿変形も問題なのですが、真空の宇宙空間へ打ち上げられてから溜まっていた湿気が抜けることにより起こる変形(脱湿変形)の方が問題です。脱湿変形は起こるものと考え、それによりCFRP鏡がどれだけ変形するのかを把握し、変形量を含んだ設計ができれば、必要な鏡面精度を保つことができます。CFRPは望遠鏡を固定するオプティカルベンチにも使われているため、吸湿・脱湿変形の評価は観測精度の向上に大きく寄与します。

今後は、鏡面精度のさらなる向上と吸湿変形の評価 を進め、3m級の大鏡を作れる技術の確立を目指します。



旧作(右)よりも、より適当に樹脂をコーティングした左のCFRP 鏡の方が凹凸を抑えて文字をよりクリアに映し出しています。 ※鏡としての機能を持たせるため、表面にアルミを蒸着しています。

図4 試作したCFRP鏡



【衛星構造・機構グループ】

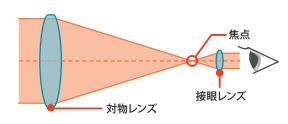
(左より) 山脇 敏彦、水谷 忠均、安田 進、宇都宮 真、神谷 友裕、清水 隆三

望遠鏡 ――宇宙を詳しく知る装置

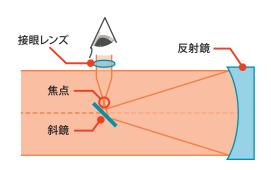
■天体望遠鏡の種類

秋と言えばお月見です。今年の十五夜は9月 22日。お団子の様に丸いお月さまが太陽の光を 反射して輝いています。

月の表面は、隕石の衝突によって成形された大小のクレーターや海と呼ばれる地形で覆われています。その様子を詳しく見たいと思ったら「天体望遠鏡」での観測がお勧めです。天体望遠鏡とは、レンズや鏡を組み合わせることで遠くにある星を詳しく観測できるようにした装置です。光を集光するための「対物レンズ(もしくは反射鏡)」と集まった光を拡大する虫めがねの役割を果たす「接眼レンズ」から成ります。天体望遠鏡は光を捕える方法によって「屈折式」と「反射式」の2種類に分類できます(図1、図2)。



対物レンズで光を集めて焦点を作り、その焦点を接眼レンズで拡大します。 図1 屈折式望遠鏡の基本原理



反射鏡で光を集めて焦点を作り、その焦点を接眼レンズで拡大します。 反射鏡で反射した光は「斜鏡」で曲げて筒の外に出して観測します。

図2 反射式望遠鏡の基本原理

■様々な光による天体観測

光には様々な種類があります。私たちの眼で捕えることのできる光は「可視光」です。他にも、ラジオやテレビの信号を送る電波、暖房機器の加熱に用いられる赤外線、皮膚を日焼けさせる紫外線、レントゲン写真に使われるX線などがあり、総称して「電磁波」と呼ばれています(図3)。一般に、物質は温度やエネルギー状態に応じて電磁波を発しています。宇宙空間の非常に低温な場所、例えばガスや塵の集まった場所からはエネルギーの低い電磁波である電波が放射されています。逆に、ブラックホールに極めて近い領域や銀河の中心などの激しく活動している場所からは、エネルギーの高いX線を中心とした電磁波が放射されています。どの電磁波も、可視光同様まずは集光器で一点に集約し、その後は各波長にあった

方法で検出器に導きます。

可視光や赤外線、更に長い波長であ る電波の観測では口径が大きいほどよ りたくさんの光を集められるため、よ り暗い天体を観測することができま す。また、天体をより細部まで観測 できる「分解能」も上がります。その ため、研究用の望遠鏡は大型化が進ん でおり、国立天文台がハワイに建設し た世界最大級の光学赤外線望遠鏡「す ばる」は口径8.2mを有しています。 鏡面の表面は、観測する電磁波に対し てその波長の10分の1から20分の1 の滑らかさ (鏡面精度) が要求されま す。口径が大きくなると、自重などで 鏡面が歪んでしまうため、コンピュー タ制御で歪みを少なくする工夫がされ ています。分解能は波長に比例して



粗くなるため、電波は他の電磁波と比べて特に大きな口径が必要になります。プエルトリコには窪地を利用して作った単一口径としては世界最大の305mという大口径の電波望遠鏡が存在します。

電波では、間隔をおいて設置した望遠鏡(パラボラアンテナ)を使った「電波干渉計」による観測が可能です。パラボラアンテナを複数機使用することで、最も離れたふたつのアンテナ間隔に相当する口径を持つ単一の望遠鏡と同じ分解能で観測を行うことができるのです。現在、2012年の本格的な稼働を目指し、日本、台湾、アメリカ、カナダ、ヨーロッパが共同でアタカマ砂漠(チリ)に80台のパラボラアンテナから成る「ALMA(アタカマ大型ミリ波サブミリ波干渉計)」の建設を進めています。

■宇宙に打ち上げられた望遠鏡

地球は大気に覆われた惑星です。大気があるおかげで、私たちは生きることができます。しかし、 大気は様々な電磁波が地上に届くことを邪魔して もいます。

地球の大気に遮られることなく観測を行うため、宇宙空間に望遠鏡を打上げ、そこから観測する方法がとられています。有名なのは1990年にアメリカによって打ち上げられた「ハッブル宇宙望遠鏡」です。ハッブル宇宙望遠鏡は主鏡2.4m

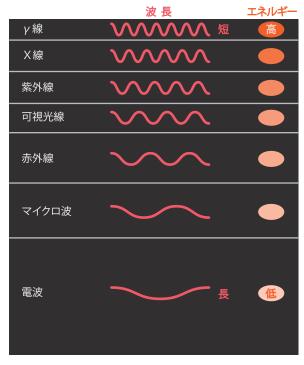


図3 電磁波の種類

の巨大な宇宙天文台です。可視光や赤外線、紫外 線を観測するカメラを搭載しています。

JAXAでも様々な宇宙望遠鏡を打ち上げています。赤外線で見た宇宙地図を作るための赤外線 天衛星「あかり」、全長6.5mの大型X線天文衛星「すざく」、太陽観測衛星「ひので」などは次々と素晴らしい研究成果を上げています。



赤外線天文衛星「あかり」

X線天文衛星「すざく」

太陽観測衛星「ひので」

空商情報

JAXA 宇宙航空技術研究発表会

【開催案内】

JAXAが取組む航空宇宙技術の研究活動を広く一般の方にも紹介することを目的に「JAXA宇宙航空技術研究発表会」を毎年開催しています。今年は「航空と宇宙からの低炭素化社会への取り組み」をテーマに講演を行うと共に、基礎的・先端的な研究を中心とした口頭およびポスターによる発表も行います。

日時 2010年11月25日(木) 10:00~16:45会場 日本科学未来館7F(みらいCANホール、会議室) 東京都江東区青海2丁目41番地

- ※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。
- ※プログラムなどの詳細は当本部のHPをご覧いただくか、 窓口へお問い合わせください。

お問合せ窓口

JAXA 研究開発本部 研究推進部 広報 TEL: 0422-40-3960 http://www.ard.jaxa.jp/

旧航空宇宙技術研究所 松木正勝 元科学研究官 航空功績賞 受賞

財団法人日本航空協会が毎年行っている航空関係者表彰の「航空功績賞」を航空宇宙技術研究所(航技研、現JAXA)原動機部長並びに科学研究官を歴任された松木正勝氏が受賞いたしました。「航空功績賞」は航空に関する文化、科学技術および事業などの発展に著しく寄与した人物や団体に贈られる賞です。

松木氏は、戦後の我が国の航空機技術発展のため、ジェットエンジンの最重要要素である圧縮機を始め各種エンジン要素試験設備の整備に尽力し、当時の世界の潮流であった垂直離着陸機用の軽量ジェットエンジンの開発や、高性能な圧縮機の開発に従事しました。また、効率の高いファンジェットエンジンが今後の航空用エンジンの主流となることを早い段階から見越し、我が国初の高バイパス比ファン



松木正勝 元研究官

ジェットエンジン「FJR710」の開発に大きく貢献しました。FJR710は5000台の受注に達した中型エンジン「V2500」の開発へ繋がっています。我が国の航空機エンジン産業の発展に大きく貢献したことが評価され、今回の受賞となりました。

また、宇宙に対する夢や希望を多くの人に与えたことが評価され、同表彰の「空の夢賞」をJAXAの若田光一宇宙飛行士が受賞しています。

空飛^{ズ実験機} 空飛^{ズ実験機} ジェット FTB 愛称募集中!! http://www.ard.jaxa.jp/ftb-campaign

空と宙 2010年9月発行 No.38

[発行] 宇宙航空研究開発機構 研究開発本部 〒182-8522 東京都調布市深大寺東町7丁目44番地1

電話:0422-40-3000(代表) FAX:0422-40-3281

ホームページ http://www.ard.jaxa.jp/

