



人工衛星の修理・ 回収・廃棄などの 作業用に開発した テザー宇宙ロボットを 宇宙空間で実験

9 宇宙工学への誘い

香川大学工学部知能機械システム工学科

能見 公博 准教授



このコーナーでは、私たちの社会や生活に身近な研究テーマを分かりやすく紹介する。第一線で活躍されている研究者の研究内容を中心に、学問の仕組みや今後の可能性などについて、インタビューする。

日本人宇宙飛行士が何人も誕生したり、世界15カ国が参加する国際宇宙ステーションには、日本初の有人宇宙施設「きぼう」が設置されたりと、宇宙は次第に身近な存在になってきました。また、2009年1月には、大学や高等専門学校、中小企業などが開発した人工衛星が宇宙に打ち上げられて実験を開始するなど、宇宙開発は大学生にとっても実現可能なテーマになりつつあります。実際の宇宙空間で行われている研究を例に、宇宙工学の魅力や展望などについて紹介します。

宇宙工学は宇宙で利用できる 实用技術の開発を志向した多様な研究の集合体

宇宙を対象とする研究には、理学的な研究と工学的な研究があります。宇宙や星の起源を探る研究や、生命の誕生に関する研究などは、理学的な研究です。一方、そうした理学的な研究を支えることも含めて、宇宙を人間の活動の場とするための支援システムや技術の開発を行うのが宇宙工学です。この中には、人間が宇宙に行くための技術、惑星を探索する技術、人間が宇宙に滞在するための技術、宇宙と地球との間を結ぶ通信技術など、宇宙に関わる工学的な技術がすべて含まれます。

宇宙工学は、学問的にはロボット工学と似たような位置付けといえます。

ロボットの開発を行う場合、ロボット工学という学術的な専門分野があるわけではありません。ロボット各部

のスムーズな動きを実現するには機械工学の知識・技術が必要ですし、動きの制御には制御工学が、センサーからの情報を処理するには情報工学が必要になるなど、多くの専門分野の協力が不可欠です。このように、ロボットという実用的なものを手がけるために必要な各種の工学分野が集まった学問領域が、ロボット工学と呼ばれているわけです。

宇宙工学も同様で、人間が宇宙に行くため、宇宙を利用するための技術を実用化するのに必要な研究分野が集まったものです。学術研究というよりは、宇宙で使える实用技術を開発するための実学研究の側面が強いのです。そのため、宇宙工学の研究は、工学部の多くの学問分野の中で行われています。機械や制御、電子などを専門とする研究者が宇宙に関する研究を行えば、それが宇宙工学の研究ということになります。

PROFILE



能見公博 (のうみまさひろ)
香川大学工学部知能機械システム工学科准教授
1968年生まれ。1991年慶應義塾大学理工学部卒。1993年同大学大学院理工学研究科修士課程修了。1998年東北大学大学院工学研究科博士後期課程修了。在学中から日本学術振興会特別研究員、科学技術振興事業団科学技術特別研究員などを歴任。2000年より現職。
航空宇宙工学、ロボティクス、機械力学などを専門とする。現在は、テザー宇宙ロボットおよび月面着陸機に関する研究に注力している。



「ひも」の研究を宇宙空間で生かす 「テザー宇宙ロボット」を開発

私が研究している「テザー宇宙ロボット」は、研究の出発点は機械工学にあります。テザーとは、ワイヤーやロープなどひも状のものを指し、テザー宇宙ロボットは、宇宙で作動するひもでつながれたロボットということになります。ちなみに、ひもは機械工学の研究分野に入ります。例えば吊り橋はひもの弛みを利用していますし、エレベータはひもの巻き取りによって昇降が制御されています。吊り橋が強風などで振動したり、超高速エレベータのワイヤーが振動したりして共振を起こせば、橋やエレベータの安全性に大きく影響します。ですから、ひもの挙動は機械工学の中で研究されているわけです。私は大学時代に学部でひもの研究を行い、大学院で宇宙ロボットの研究室に所属していたため、ひもとロボットを融合させたテザー宇宙ロボットを考えついたわけです。

現在開発しているテザー宇宙ロボットは、親子2機で構成され、2機の間をテザーで結んだ構造をしています【図1】。宇宙飛行士が宇宙空間で作業するときには、無重力の宇宙空間に投げ出されないために宇宙船との間に命綱をつけますが、ちょうどそのようなイメージのロボットです。テザー先端には、自律して動くロボットが取り付けられています。テザーはロボットのアームに結びつけられていますが、このアームはロボット側で自由に角度を変えることができます。アームを動かせば張力のかかったテザーとの間で力が働き、自らの姿勢を制御できます【図2】。つまり、連結されたテザーだけを利用して自律的な姿勢制御ができるのです。

地球の衛星軌道上には壊れた人工衛星が多数あり、宇宙ゴミとして問題になっています。テザー宇宙ロボット

は、そのような衛星の修理や回収などの用途を想定して開発しています。また、テザーに金属製のワイヤーを使って電流を流せば、地磁場の影響を受けてローレンツ力*が働き、ワイヤーに対して直角方向の推進力が生まれます。将来的には、親機と子機の姿勢を上手く制御することで、壊れた衛星を地球に落ちる軌道に乗せたり、逆に宇宙空間に飛ばす軌道に乗せたりすることで、宇宙ゴミを掃除する用途などにも応用できそうです。

テザー宇宙ロボットは、このほか、惑星着陸機の姿勢制御などにも使えるほか、宇宙以外の場所でも活用できる可能性があります。例えば、クレーンにつるされた物体の姿勢制御を行ったり、高層ビルや大型船などのメンテナンスに活用したり、海中での作業ロボットなどへの応用が考えられます。

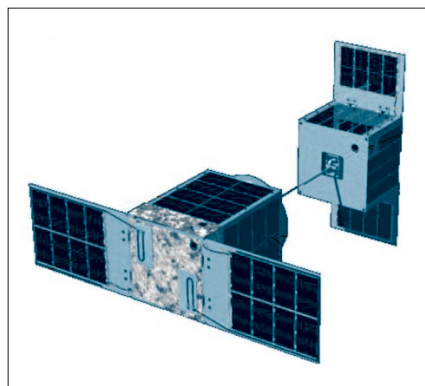
2009年1月23日に打ち上げ成功 宇宙空間での実証実験および運用を開始

テザー宇宙ロボットの実証実験という役割を持つ衛星 STARS (Space Tethered Autonomous Robotic Satellite、打ち上げ後の愛称はKUKAI) は、JAXA (宇宙航空研究開発機構) が開発したH-II Aロケット15号機に、他の6つの小型人工衛星と共に搭載され、2009年1月に種子島から打ち上げられました。打ち上げおよび人工衛星の軌道投入は成功し、現在、地球の周回軌道上を回っています。このテザー宇宙ロボットの実証実験を行う衛星STARSの開発は、「香川衛星開発プロジェクト」として行っています。

打ち上げたロボットは、親機と子機を合わせて、約16cm×16cm×40cmの大きさで、テザーには長さ5mの釣り糸を使用しています。ばねの力で子機を切り離し、親機がテザーをゆっくり巻き取ることで張力を与えます。

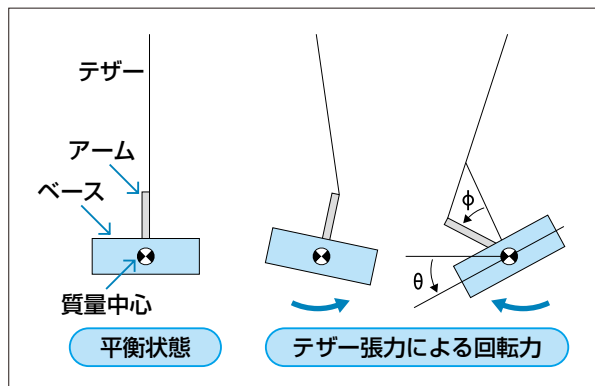
子機には、カメラ撮影のため親機を正面でとらえるというミッションが与えられています。そのミッションを遂行するため、子機はテザー張力を利用して正確な姿勢制御を行うわけです。姿勢制御の状況は、子機に搭載し

【図1】 テザー宇宙ロボット



香川大学工学部能見研究室
「香川衛星開発プロジェクト」HPより

【図2】 テザーとアームの関係



香川大学工学部能見研究室HPより

たカメラで親機を写した画像を地上で受信して評価します。宇宙空間での実験を通して、さまざまな貴重なデータを得られることが期待できます。

機械工学でひもを研究する場合、基本的に重力の存在が前提条件になっています。ひもは一端を持つと垂れ下がりますし、両端を持てば弛みませんが、これは重力が働いているからです。しかし、重力のない宇宙空間では、ひもの動きはまったく予想できません。テザー宇宙ロボットによる実験は、宇宙空間でひもがどう存在し、力を与えたときにどんな動きをするかなど、学術的な研究としても期待できます。地上では無重力の空間を作ることが大変難しいため実験が思うようにできませんが、今回の打ち上げにより、検証を存分に行うことができるのです。

ピンポイントでの月面探査などを可能にする 月面着陸機の脚構造なども研究

テザー宇宙ロボットのほかに、月面着陸機の脚構造の研究も行っています。効果的な月面探査を行うためには、探査機をピンポイントで安全に着陸させる技術が必要です。ところが、月面は決して平らではなく、険しい地形のところもかなりあります。しかも砂に覆われています。探査機を搭載した着陸機を、そうした月の表面に確実に降ろすのは簡単ではありません。

砂に物体がぶつかった場合に砂がどのような動きをするかがほとんど研究されていません。砂を対象とした力学的な研究は土木工学などで行われていますが、土木工学は基本的に静的な構造物を扱っており、動的な運動については想定されていません。ですから、月面着陸機が月面に落下したときの、砂の挙動をきちんと力学的にとらえる必要があります。

次に、着陸機の脚構造を研究する必要もあります。NASAの火星探査では、着陸機の接地面がボールのようになっていて、バウンドしながら着陸する方式でしたが、これだと狙った場所に確実に降りることはできません。ですから、着陸地点が傾斜地であっても確実に降りられる脚構造を想定しています。現在、斜度30度以下の斜面に確実に着陸するという目標を立て、JAXAと共同で、月の表面と着陸脚の接地面との接触時の状況に関して、シミュレーションも含めた研究を行っています。

このほか、宇宙遠隔操作に関する研究も行っています。1998年にJAXAによって打ち上げられた技術試験衛星VII型（通称「おりひめ・ひこぼし」）を用いて、地上か

ら宇宙空間の構造物を遠隔操作する実験を行いました。ただし、遠隔操作にはまだまだ技術的な課題が多いため、関連技術の進展を視野に入れつつ、実用化研究への機会を伺っています。

大学生でも宇宙実験が可能 他分野へ応用できる技術開発としても期待

宇宙工学の世界に触れる近道は、大学で宇宙に関わる研究を行っている研究室に所属することです。最初に述べたように、宇宙工学の研究はさまざまな学科で行われていますから、研究室で探索していくことをお勧めします。

気を付けたいのは、航空宇宙工学という学問分野です。宇宙に行くためには、まず飛行することが条件ですから、航空機の設計や飛行などに関する研究を行う航空工学と合わせて航空宇宙工学という分野が誕生しています。しかし一般的に、航空宇宙工学はかなり航空工学の色合いが強い学問分野です。流体工学や熱工学、制御工学などを基礎にしながら、航空機の開発に必要な技術を研究する分野であり、宇宙工学の研究だけを行っているわけではありません。

また、宇宙工学といっても、自分が何をしたいかで選ぶべき研究室はかなり異なります。現在の宇宙開発の流れは、宇宙探査などロボット工学的な要素が非常に増えていますから、将来的に宇宙に関わりたいのであれば、ロボット工学のコースの方がいいかもしれません。

なお、これまでの宇宙工学は国家プロジェクトで推進されてきました。しかし、研究環境が大きく変化しつつあり、私たちのSTARSが実証したように、大学生でも研究室によっては実際の宇宙空間で実験することができるようになりました。宇宙実験を行うためには、かなりの努力が必要ですが、それでも可能性が出てきたことは、宇宙工学を目指す皆さんには朗報といえます。

さらに宇宙工学は、宇宙でだけ使える技術を開発する学問ではありません。その過程で得られた知見は、深海や地底、高層施設など、人間が普通に作業を行うには厳しい環境下で使える技術として、広範囲に応用できる可能性があります。宇宙工学は、今後もますます期待できる学問分野といえるでしょう。

(*)ローレンツ力…電子など電荷を持った粒子が磁場を移動するときに受ける力。モータを回す推進力としてよく知られている。「フレミングの左手の法則」で力の左右する方向を確認できる。