

# コバンザメロボット

## 山口県立山口高等学校 化学・生物部

### 1 アイデアの概要

垂直の壁を自在に動き回るヤモリの足の裏には直径  $5 \mu\text{m}$  の剛毛が密生していて、剛毛と壁の間の分子間力によって吸着している<sup>1)</sup>。この原理を応用したテープ(ヤモリテープ)を貼り付けたタイヤとクローラーを備え、国際宇宙ステーション(ISS)の外壁に吸着しながら自在に移動できるロボット(「コバンザメロボット」と称する)を開発する。コバンザメロボットを用いて、国際宇宙ステーション外部の保守点検作業を行い、宇宙飛行士の船外活動の一部をコバンザメロボットで代行する。

### 2 目的と意義

#### (1) 目的

宇宙での活動が活発になる中、今後、船外活動の機会が増えることが予想される。船外活動は、宇宙飛行士の安全やコストに関して課題があるため、船外活動を支援するロボット(REX-Jなど)の開発が急がれている<sup>2)</sup>。REX-Jは、伸展式のロボットアームとテザーによって空間移動ができるよう設計されているが、移動場所はテザーを張ることができる場所に限定される。

本提案では、ISSの外壁を自在に移動できるロボットを製作することを目的とする。ロボットの吸着や移動の方法は、ヤモリが壁に吸着したり移動したりする仕組みを応用する。

#### (2) 重要性・技術的意義等

コバンザメロボットは、ヤモリの足の吸着原理を応用することでISSの外壁を自在に移動できるため、船外活動の支援や保守作業の範囲が飛躍的に拡大すると考えられる。また、吸盤とは異なり、分子間力によって生じる吸着力を利用するため、真空状態でも吸着力が低下せず、宇宙空間での利用に適した技術である。すでに、基礎技術は確立されており、実現可能な段階に到達していると考えられる。日東電工が開発したヤモリテープは、 $45\text{N}/1\text{cm}^2$ の吸着力を発現する<sup>3)</sup>。

### 3 プロジェクトの内容

#### (1) 予備実験:

##### ① ヤモリの歩き方の解析

ヤモリの歩行をデジタルカメラ(カシオ, EX-F1)を用いてハイスピード撮影し、録画した映像をスロー再生して動きを解析した。観察の結果、ヤモリの脚の指は静止時には接地面に指全体が付いているが、歩く際には指先から反り返らせることが分かった。このことから、タイヤやクローラーにヤモリテープを装着すれば、タイヤの後部が少しずつ接地面から離れる際に吸着力は減衰し、前進を妨げないと考えられた。

##### ② 吸着力の検証

ヤモリテープは入手できなかった。代用品としてグリッピーパッド(GIZZYS com)

を用いて、吸着力について実験した。直径 2.5cm の円形の亚克力板上部にクリップを接着し、グリッピーパッドに平面を下側にして載せた。その上から 300g の錘を垂直に 30 秒間載せて一定の力で圧着した後、バネばかりでクリップをゆっくりと引いてグリッピーパッドが剥離する時の目盛りを読んだ。実験の結果、吸着力は温度に影響を受け、低温では大きな力で吸着するが、高温になると吸着力が低下することが確認できた。20℃～75℃の範囲では 3.94～1.78N/cm<sup>2</sup> の値を示した。太陽側に向けた ISS の表面温度は 100℃を超えることから、高温時の吸着力について慎重に確認する必要があることが分かった。ヤモリテープ（日東電工）は 45N/1cm<sup>2</sup> の吸着力があるので、100℃を超える ISS 表面でもロボットをしっかりと支持できる吸着力が維持されることが期待できるが、実際にヤモリテープを装着したロボットを製作し、高温の真空中で吸着力を確認したい。今回は、グリッピーパッドを用いてロボットを試作し、ロボットの回転機構や実用性について検証する。

## (2) 宇宙実験の内容

### ① ISS外壁へのコバンザメロボットの吸着と、外壁上での移動

ヤモリテープを貼り付けたタイヤによりロボットを ISS 外壁へ吸着させ、タイヤの回転によって前後方向へ移動させる。ただし、地上を走る車のように、車輪で方向を変えることはできない。そこで、底部に回転台座を付属させた支柱をロボット中央部に設け、この支柱をモーターで上下できるようにする。また、星形のヤモリテープの中心と支柱の中心が重なるように、支柱の底部に取り付ける。星形ヤモリテープの凸部の先端部分は、回転機構のスカート部に固定し、本体に固定されているモーターでスカート部に固定されている歯車を回すことで、ISS に接地している支柱に対して、ロボットの本体が回転できるようにする。きぼうの表面の凹凸は 1cm ほどであり、移動は可能である。ISS の円柱状のユニットが直交する構造の部分については、ヤモリテープを取り付けたクローラーを伸ばし、相手のユニット面を捉えて進み、乗り移るようにする。ISS の外壁はテフロンコーティングをされている<sup>4)</sup> 部分が多いために、実際にはヤモリテープの吸着力は大幅に低下することが予想される。ロボットのヤモリテープに必要な接地面積の大きさについては、ロボットを試作し、ISS の外壁素材に吸着させた上で、吸着力を確認して確定する。

### ② コバンザメロボットの作業内容

コバンザメロボットには、カメラや照明、ロボットアームを取り付ける。これらの機器を用いて ISS 外部の保守点検作業を行うとともに、宇宙飛行士の船外活動を支援することを主な用途とする。他の作業については、ロボットアームの先端にヤモリテープを利用した吸着モップを持たせ、ISS 表面に付着する微粒子をサンプリングさせる。この微粒子を分析し、地球上の生物が宇宙に拡散していないか検証したり、宇宙塵の分析などをする。ロボットの動力源は電気を用い、バッテリーを内蔵する。ISS の外壁にコンセントを設置し、ロボットが自身で充電する。

## 4 得られる成果

宇宙飛行士の船外活動を軽減し、ロボットのカメラにより ISS の表面を詳細にモニタリングできる。

## 5 独創性または社会的な効果

私たちは学校周辺の生物について調査する中で、移入生物による生態系の攪乱の問題について知った。この視点を宇宙に向けた時に、地上生物が宇宙空間へ拡散しないように配慮する必要性を感じた。宇宙空間における生態学的な考え方の必要性に言及した点は、独創的だと思われる。

## 6 謝辞

本提案は、昨年応募した「コバンザメ型船体クリーナー」を改良したものです。昨年お世話になった審査員の方々の御助言を参考にしながら、再検討してまとめました。ISSの表面構造については、JSF 吉富進先生より御教示賜りました。大阪大学 中山喜萬先生からは、ヤモリの吸着原理についてお教えいただき、日東電工株式会社 前野洋平様にはヤモリテープに関する文献を御提供いただきました。皆様の御高配に、心から感謝申し上げます。

## 7 参考文献

- (1) 朝日新聞科学欄：「生き物まね最新技術」，2012年6月4日
- (2) JAXA：「REX-Jミッション」(<http://robotics.jaxa.jp/rexj>)
- (3) 前野洋平．2009．カーボンナノチューブを用いたヤモリテープ．日東電工技報．90号（vol. 47）：48-51
- (4) JAXA：「宇宙ステーション・きぼうQ&A」([http://iss.jaxa.jp/iss\\_faq/iss/iss\\_013.html](http://iss.jaxa.jp/iss_faq/iss/iss_013.html))