

## 第22回衛星設計コンテスト

事務局使用欄

受付番号

年 月 日

## アイデア概要説明書

応募区分 ジュニアの部

### 1. 作品情報・応募者情報

作品名（20文字以内）			
イシマキガイの行動を応用した探査ロボット			
作品名 副題（これは公式文書では省略する場合があります）			
	氏名(フリガナ)	学校名、学科	学年
代表者(正)	濱田 尚輝 (ハマダ ナツキ)	山口県立山口高等学校 理数科	1
代表者(副)	村田 康德 (ムラタ ケイジ)	山口県立山口高等学校 理数科	1
メンバ1	中野 海藍 (ナカノ ミラン)	山口県立山口高等学校 理数科	1
メンバ2	松本 久也 (マツモト キュウヤ)	山口県立山口高等学校 理数科	1
メンバ3	川上 聡生(カガミ サトイ)	山口県立山口高等学校 理数科	1
メンバ4	原田 要(ハラダ カネ)	山口県立山口高等学校 普通科	1
メンバ5	金谷 啓之(カニヤ ヒロユキ)	山口県立山口高等学校 理数科	2
メンバ6	藤村 志穂(フジムラ シホ)	山口県立山口高等学校 理数科	2
メンバ7	福本 朱夏(フクモト アカ)	山口県立山口高等学校 理数科	2
メンバ8	岡原 潤(オカハラ ジュン)	山口県立山口高等学校 普通科	2

### 2. アイデアの概要（プレスリリース等で使用するので、200字程度でわかりやすく表現して下さい。）

軟体動物門腹足綱に属するイシマキガイは、汽水域に生息する体長2cm程度の生物である。歯舌と呼ばれる器官を使って岩の表面などの藻を剥ぎ取り、食べながら動き回る。イシマキガイを入れた水槽では藻が食べ尽くされてガラス面がきれいになることから、掃除を目的として水槽に入れられることがある。イシマキガイが藻をきれいに食べ尽くす行動パターンを探査ロボットの動きに応用し、小惑星や衛星などの探査を効率よく行うという提案である。

### 3. 目的と意義（目的・重要性・技術的意義等）

#### (a) 目的（今回考えたアイデアを何に利用するか等）

小惑星などの構成成分や構造について調査する場合、調査対象の小惑星上空に人工衛星を配置し、周囲を周りながら画像を撮影して調べることができる。この場合、撮影した画像データに基づく間接的な調査となる。はやぶさがイトカワに降りたように、小惑星の表面に降りることができれば、直接多くの情報を得られるため精度は高くなる<sup>1)</sup>。また、調査対象の小惑星が滑らかな表面の球体であれば、リンゴの皮を剥くように探査ロボットを移動させ、全体の様子を調べることができる。ところが、対象がジャガイモのように歪な形であれば、リンゴの皮むきのように一点から同心円を描く動きをただけでは全体を探査することはできない。小惑星の表面全体の直接的な調査を実現させることを目的とし、探査ロボットの移動パターンにイシマキガイの行動特性を応用することを提案する。

#### (b) 重要性・技術的意義等(ex:宇宙空間で利用する理由、他にない技術など)

現在はNASAのオポチュニティとキュリオシティが火星で活動している<sup>2)</sup>。小惑星表面に降りたロボットが探査をする場合、過酷な気象条件の中、凹凸がある場所を移動しながらの調査となる。現在の火星探査の方法は、人工衛星から送られてきた画像データなどをもとに探査地点を人間が特定し、その場所まで移動してから探査するという方法である。この方法では移動中は探査せず、点と線の探査によって探査効率を高めている。しかし、火星のような大気のある惑星では、人工衛星からのリモートセンシングでは正確な地表データは得難く、実際に着陸して初めて分かることも多い。そのため、従来の方法では人工衛星が感知できなかった鉱物などの情報を見逃してしまっている可能性もある。このような理由から、探査ロボットの移動パターンについては、調査対象上空に位置する人工衛星（親機）と連携し、

特定の場所のみを調査したり、広い範囲を網羅的に調査したりできるようにする。今回提案する探査ロボットは親機と連携しつつ自立走行も可能な装備を有し、ロボットの動きにイシマキガイの動きを応用することで網羅的な探査の効率を高めることとする。探査ロボットの移動パターンに貝の行動パターンを応用するというアイデアには新規性があると思われる。

#### 4. アイデアの概要

##### 【予備実験：イシマキガイの行動解析】



写真1 野外調査



写真2 水槽を掃除

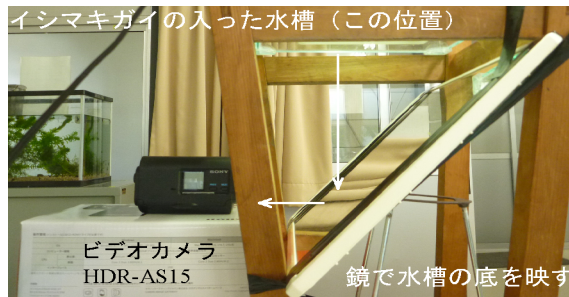


写真3 イシマキガイの行動解析

【方法】 水槽(底面 15cm×15cm)に水を入れ、日光の当たる場所に置いて藻を生育させた。この水槽を図3のように設置し、底面中央にイシマキガイを一匹入れた。ビデオカメラ (SONY HDR-AS15) を用いて一分ごとにインターバル撮影をし、撮影された画像について行動パターンを解析した。

【結果】 イシマキガイの野外での分布状況を調査した結果、浅くて日光が川底まで届く場所に生息していた (写真1)。捕獲したイシマキガイを水槽に入れておいたところ、ガラス面の藻をきれいに刈り取って掃除した (写真2)。藻を食べる行動を解析すると、食べた部分の円を次第に大きくするのではなく (一度に食べる円の大きさの平均: 半径 2.63cm)、一定の面積 (21.8 c m<sup>2</sup>) を食べた後はしばらく藻を食べずに進み (平均 434cm)、離れた場所で食べ始めた (写真4)。

【考察】 イシマキガイは、小さな円を描くように藻を食べては、少し離れた次の場所へ移動していた。藻を食べ尽くした円が小さいと、周囲の藻が進出しやすく回復も早いはずである。特別な移動パターンで、効率よく全ての藻を食べ尽くしていると予想したが、実際には、藻を食べ尽くさないパターンで移動していると推察された。親機からのリモートセンシングに基づいて特定の探査地を線で結ぶような調査ルートであれば、イシマキガイの移動パターンをそのまま探査ロボットに適応させることができる。広範囲を網羅的に探査する場合は、小さい面積の探査地点をパッチワークのように接続する方法 (図3) を採用する。

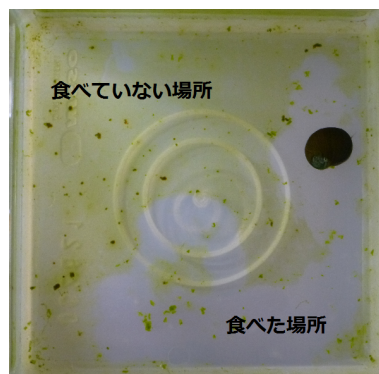


写真4 イシマキガイの食痕

##### 【プロジェクトの概要】

##### 【ロボットの構造】

探査ロボットの基本構造は、JAXA SELENE-2 と同様とする (図1) <sup>3)4)</sup>。太陽光パネルで発電し、バッテリーに充電する。カメラ・ロボットアーム・アンテナが付属するので、カメラを利用した画像データの収集やロボットアームを利用した微粒子の採取なども可能である。周囲を見回す目的で探査ロボットの前後にカメラを配置すると共に、探査ロボットの上方向へ伸長するポールの先端部に、もう一台のカメラを取り付ける。ポール先端のカメラは、探査ロボットが移動した場所の座標を記録したり、次の調査地点をどこに設定すれば探査の効率を上げることができるかシミュレーションしたりするのに使用する。

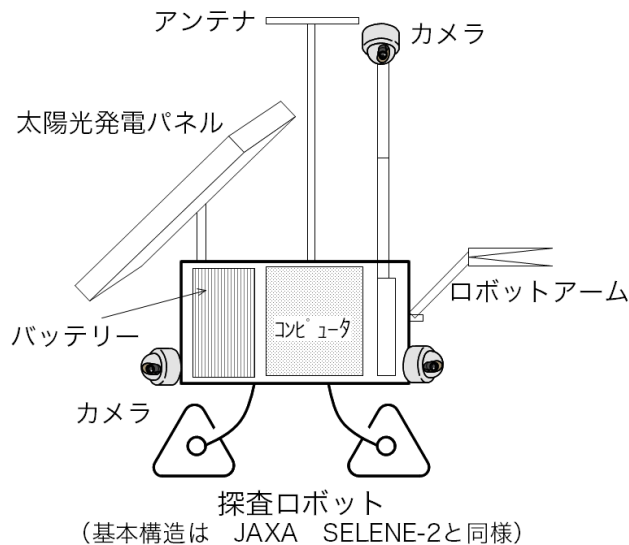


図1 探査ロボットの構造

### [ロボットの動き]

探査ロボットを格納した親機が衛星などの調査対象に近づき、上空から形状を分析して着地点や大まかな調査ルートを設定する。この時、調査対象の地表に六角形のメッシュを当てはめてルートを設定する(図2)。六角形のメッシュ上であれば、直線的なルートと曲線的なルートのどちらも描きやすい。調査ルートは「直線型」と「円形型」の2種類のパターンで構成される。「直線型」は、主に凹凸の少ない広い平面部(長方形)で利用する。方向転換に要するエネルギーと時間のロスを少なくするために、長径の距離が長い長方形の場合には折り返しながらの往復運動で探査し、長径の距離が短い小さな長方形の場合には、頻繁に折り返さないで済むように、周囲から中心に向かって長方形を描きながら探査する。「円形型」は、主に山や谷で利用する。周囲から中心に向かって円を描きながら探査し、頂点で折り返す。エネルギーと時間のロスを考慮し、往復のルートが重複しないよう蚊取り線香の形状を描きながら探査する。このような、「直線型」と「円形型」のパターンを組み合わせ、調査対象(小惑星など)を効率よく探査する。全体を網羅的に探査するのか、部分的な探査地を線で結ぶのかは、親機からのリモートセンシングの結果で判断し、探査ロボットに指令を送る。

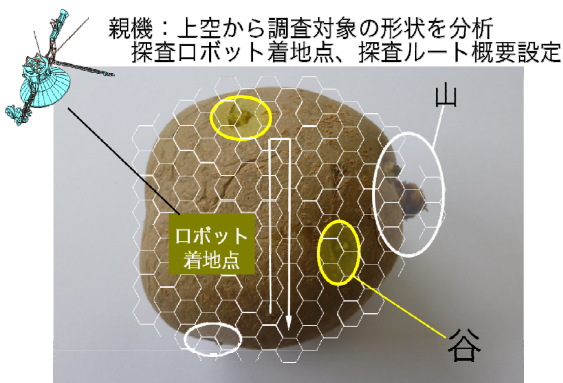


図2 調査対象の形状解析

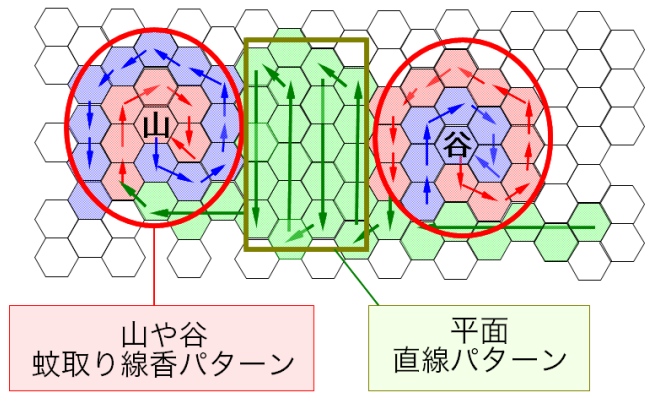


図3 調査ルートの2つのパターン

## 5. 得られる成果

探査ロボットの移動パターンに関する研究を深めれば、小惑星や衛星を調査する場合の効率を飛躍的に上げることができる。また、これらの情報は、災害時における行方不明者の捜索や、海底におけるレアメタルの探査などにも活用することが出来る。さらには、身近な家電製品となった家庭用掃除ロボットの、運動プログラムとして利用できる可能性もある。

## 6. 主張したい独創性または社会的な効果

静かに高速走行できる新幹線を開発するにあたり、フクロウの羽の構造をパンタグラフに応用したり、カワセミの頭部の形を先頭形状に応用したりするなど、生物学的な情報が活用されることがある<sup>5)</sup>。生物は長い年月を掛けて合理的な形態や行動を進化させており、これらの情報は、宇宙開発の他、様々な場面で活用することが可能であろう。本提案は、これまで注目されることが無かったイシマキガイという身近な生物に焦点をあてており、人々の目を生物に向けていただく契機となることが期待される。

## 7. 実施計画

JAXA では2010年代中頃に月面探査を計画している(平成22年、JAXA月惑星探査プログラムグループ)<sup>3)</sup>。本提案を月面探査プロジェクトに間に合わせることは難しいが、今後のプロジェクトで採択していただけるように、下記のスケジュールでまとめることとする。

2014年~2016年: 探査ロボットが、小惑星上で現地の地形を確認しながら網羅的に探査をするプログラムの開発。コンピューターシミュレーションによる検証。

2016年~2017年: 探査ローバーへの移動パターンプログラムの移植と地上での運用による検証。

2018年~2019年: 移動パターンプログラムの修正。完成

## 8. 参考文献

- 1) 小惑星探査機「はやぶさ」([http://www.jaxa.jp/projects/sat/muses\\_c/index\\_j.html](http://www.jaxa.jp/projects/sat/muses_c/index_j.html))
- 2) 各国の火星探査計画 ([http://www.nationalgeographic.co.jp/news/news\\_article.php?file\\_id=2014092203](http://www.nationalgeographic.co.jp/news/news_article.php?file_id=2014092203))
- 3) 月着陸探査機「SELENE-2」(<http://www.jspec.jaxa.jp/activity/selene2.html>)
- 4) 新たな宇宙基本計画における宇宙科学・宇宙探査の位置付け及び主な関連事業の概要 (<http://www8.cao.go.jp/space/committee/kagaku-dai1/siryou5-12.pdf>)
- 5) カワセミ・フクロウと500系新幹線 (<http://www.birdfan.net/fun/etc/shinkansen/>)