

REHSE「高校生による環境安全とリスクに関する自主研究活動支援事業」

## 2023年度 研究活動報告書

「カメムシの起き上がりを利用したバイオミメティクス」

市立札幌開成中等教育学校 カメムシミメティクス

### 1. 背景

日本は、災害が多い国であるため、災害への備えが重要である。災害現場は二次災害の恐れがあり、人が立ち入りできない場所も多くある。そのため災害現場の救助活動では、レスキューロボットが使用されることがある。レスキューロボットは、瓦礫や倒壊した建物内への侵入が可能である。2011年3月11日に発生した東北地方太平洋沖地震による福島第一原子力発電事故では、レスキューロボット「Quince」が、放射能が充満する建屋内を撮影し、放射能のレベルなどを調査した事例もある。しかし、レスキューロボットは、瓦礫の上や中を移動する際には転倒の危険性があり、安全な走行が困難である。

グループメンバーの1人が、キャンプ場で、カメムシが脚を地面に引っ掛けて起き上がっている姿を目撃し、レスキューロボットに活用できると考えた。

そのため、私たちは、転倒した際に自ら起き上がる「カメムシ型レスキューロボット」の考案をすることにした。

### 2. 目的

本研究は、カメムシの「後脚の符節を引っ掛けて自ら起き上がる特性」を活かし、災害現場で転倒した際に、自ら起き上がることができるレスキューロボットの考案をすることが目的である。

### 3. 活動内容

本研究では、カメムシの起き上がりの仕組みを解明し、解明したことをもとに、レスキューロボットの考案につなげる。私たちは、以下の3つの実験を行った。

#### 3.1. 電子顕微鏡での観察

##### 【事前調査】

コガネムシは、脛節と附節の関節を地面に付けて起き上がる。専門家によると、タガメは脚の構造上、背側のほうに曲がるとは考えにくいとため、カメムシのように脚を使って起き上がることは考えにくいという。

##### 【目的】

カメムシ、タガメ、コガネムシの脚先を比較しカメムシの脚の構造を明らかにすること

##### 【仮説】

事前調査より、カメムシは後脚を使って起き上がっていることが分かったため、カメムシの後脚には、他の昆虫にはない機能が付いていると考える。

##### 【観察対象と観察方法】

エゾアオカメムシ、リュウガンカメムシ、トホシカメムシ、コガネムシ、タガメの脚先を電子顕微鏡で観察する。

##### 【結果】

写真1~3より、カメムシの脚先の附節には、爪とへらが付いていることが分かる。トホシカメムシの

脚先は取れてしまい、観察できなかった。写真 4 よりコガネムシとタガメには付いていないことが確認できる。また、写真 5 より、コガネムシの脛節に棘が付いていることも確認できる。



TM4000 11.6mm x60 Mix M (500µm)

写真 1 リュウガンカメムシの脚先



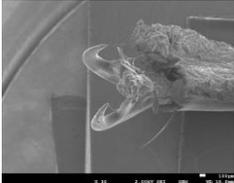
TM4000 8.7mm x150 Mix M (300µm)

写真 2 エゾアオカメムシの脚先



TM4000 7.7mm x150 Mix M (300µm)

写真 3 トホシカメムシの脚先



X30 2.00kV SEI SEM WD 15.0mm(100µm)

写真 4 コガネムシの脚先



X40 2.00kV SEI SEM WD 15.0mm(100µm)

写真 5 タガメの脚先



X20 2.00kV SEI SEM WD 15.0mm(1mm)

写真 6 コガネムシの脛節

### 【考察】

カメムシは、附節についている爪やへらを利用して、起き上がっていると考えられる。また、コガネムシは脛節の棘を利用して起き上がっていると考えられる。以上のことから、私たちは、昆虫が起き上がるには、爪やへら、棘などが無ければ起き上がることができないのではないかと考えた。

## 3.2.カメムシの起き上がり

### 【目的】

カメムシがどの部位を使って起き上がっているのかをカラーサンドを用いることで、視覚的に明確にし、解明すること

### 【仮説】

カメムシは、後ろ脚の爪とその足についているカメムシ特有のへらを使って地面を押して起き上がっている。

### 【実験 a】

- ① シャーレに高さ 1mm のカラーサンドを敷く。
- ② ひっくり返したカメムシを、①のシャーレの中に入れ、起き上がる様子を撮影する。
- ③ カメムシのどの部分にカラーサンドが付着しているか、またシャーレのカラーサンドにカメムシが動いた痕跡がどうついているかを確認し、体のどの部位を使って起き上がっているかを考察する。

### 【結果 a】

敷いたカラーサンドが彫られて、シャーレのガラス部分が剥き出しになり、カメムシが起き上がれなかった。また、カメムシの脚先にはカラーサンドが付着しておらず、起き上がりの仕組みを解明できなかった。

### 【実験変更】

カメムシの起き上がりを確認することができなかったため、実験を 2 点変更する。1 点目は、高さ 1 mm のカラーサンドではなく、厚さ 5 mm に変更し、シャーレの面が出ないようにする。2 点目は、カラ

ーサンドをすりつぶし、カメムシの脚にカラーサンドを付きやすくする。

### 【結果】

写真7より、後脚の先を使って地面を押して体を持ち上げていることが分かる。写真7からは、後脚の先に大量の砂が付着し、白くなっていることが分かる。



写真7 カメムシが起き上がる瞬間      写真8 後脚にカラーサンドが付着したカメムシ

### 【考察】

カメムシの後脚の先の部分にカラーサンドが大量に付着している様子と起き上がる場所を撮影した結果から、仮説は実証された。また、カメムシが後脚の押し出しを利用して起き上がるためには一定以上の厚みがある凹凸が必要であることが分かった。この欠点は、目的であるロボットの実用化では災害時用の物を想定しているため、むしろ瓦礫などの凹凸を利用できる環境があり、実用化には問題ないものとする。

## 3.3.カメムシの体長と脚の長さの比較

### 【目的】

自ら起き上がるために必要な体長と脚の長さの比を出し、レスキューロボットの考案につなげる

### 【実験】

実験対象:リュウガンカメムシ 10 匹, トホシカメムシ 10 匹, スコットカメムシ 28 匹, コガネムシ 4 匹, タガメ 4 匹      実験項目:体長の縦, 体長の横, 腿節, 脛節, 符節

- ① 実験対象の昆虫の体長の横, 体長の縦, 腿節, 脛節, 符節の長さを計測し、平均値を算出する。
- ② 体長の横を 1 としたときの、それぞれの比を算出する。

### 【結果】

	体長の横	体長の縦	腿節	脛節	符節
カメムシ	1.00	1.89	0.540	0.467	0.136
コガネムシ	1.00	1.920	0.450	0.490	計測不可
タガメ	1.00	2.720	0.640	0.600	計測不可

カメムシを再現するには、比率が体長の横の長さ : 体長の縦の長さ = 1 : 1.9 の比率が、参考になると言える。

## 4.研究成果の発表

①日時: 2023年8月19日(土) 終日

発表の場: 酪農学園大学

発表題目: 「カメムシメティクス」

発表形態: 口頭    ポスター    その他 (            )

発表者名: 金子史 (2年)、安藤翔琉 (2年)、長尾怜音 (2年)

②日時：2023年9月15日（金）10時30分～12時10分

発表の場：市立札幌開成中等教育学校

発表題目：「カメムシミメティクス」

発表形態：口頭 ポスター その他（ ）

発表者名：金子史（2年）、安藤翔琉（2年）、長尾怜音（2年）、草野由希（2年）、北村拓（2年）

③日時：2023年10月28日（日）14時～15時20分

発表の場：芝浦工業大学豊洲キャンパス

発表題目：「カメムシの起き上がりを利用したバイオミメティクス」

発表形態：口頭 ポスター その他（ ）

発表者名：金子史（2年）、北村拓（2年）

④日時：2023年12月19日（土） 終日

発表の場：Princess Chulabhorn Science High Schools

発表題目：「STINK BUG MIMETIC」

発表形態：口頭 ポスター その他（ ）

発表者名：金子史（2年）

⑤日時：2024年3月10日（日）10時00分～12時30分

発表の場：文部科学省

発表題目：「カメムシミメティクス」

発表形態：口頭 ポスター その他（ ）

発表者名：安藤翔琉（2年）、長尾怜音（2年）、北村拓（2年）



写真9 ④のポスター発表の様子



写真10 ⑤の口頭発表の様子

## 5. 「環境安全とリスク」に関する意見と感想

私たちの研究は生物を扱うものであり、生物を扱うからにはリスクが存在し配慮しなければならない。また、リスクに配慮するだけでなく環境の保全・改善にも努める必要がある。研究のために同種の生物を大量に捕獲したり、本来の生息地ではない場所で生物を自然に還したりしてしまうと自然界の生物のバランスが崩れてしまう可能性がある。その他にも近年はカメムシやバッタなど昆虫の大量発生が問題となっているためそれらの生物の生態を調べることにより解決に繋がる。

## 6. 活動を通して学んだこと

私たちが活動を通して学んだことは、批判的に考えることの重要さだ。カメムシを用いて、どのようにデータを集めるか、集めたデータからどのような考察が得られたか、前回の実験を元にどのように新たな実験を組み立てるかなど、1年間の活動の流れにおいて様々な機会に批判的に考える必

要があった。批判的に考えることは私たちの実験をより建設的な根拠に基づいたものとさせるために重要であった。今後も批判的に考えることを意識しながら活動に取り組んでいきたい。

## 7. 今後の課題、展望

今後、レスキューロボットを考案するために、シミュレーションソフトを利用する。専門家に相談したところ、災害現場に模した瓦礫を使い、その中でロボットを走行することが重要であることが分かった。そのため、今あるレスキューロボットや災害現場のモデル、レスキューロボットと瓦礫の相互作用を計算する仕組みやレスキューロボットの動作を入力したり、様子を提示したりするユーザインタフェースが必要となる。私たちには、これらに関する知識が少ないため、専門家と協力して作成していきたい。

## 8. まとめ

本研究を通して、分かったことは3つある。1つ目は、カメムシの後脚の符節には爪やヘラが付いていること。2つ目は、カメムシは後脚の符節を使って起き上がっていること。3つ目は、カメムシの再現をするには、体長の横の長さ：体長の縦の長さ=1：1.9の比率が、参考になるといえる。