

新型甲殻類型ロボットの開発Ⅶ ～よりカニらしく、出力UP～

済美平成中等教育学校 自然科学部

忽那 将臣 越智 勇晴 澤近 大地 牧野 将大
指導者 八 木 映 樹

カニをバイオミメティクスの材料として用いて、新型甲殻類型ロボットとプログラムの作成を行い、アカテガニのバイオミメティクスの材料としての可能性を探った。

済美平成中等教育学校では、何年も重信川汽水流域に生息する3種類のカニについて研究を行ってきた。特にアカテガニは「森に棲むカニ」といわれており、陸上生活に適している。また、アカテガニは傾斜90°や180°の人工芝など、様々な条件下での歩行ができる（図1、図2）。



図1：傾斜90°の人工芝につかまるカニ

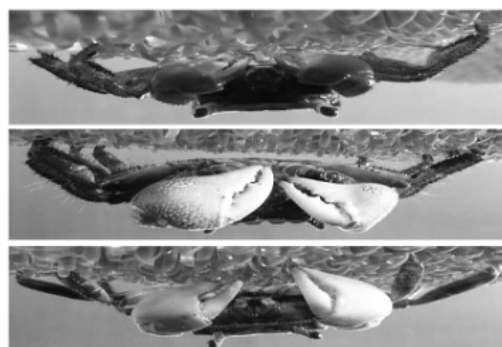


図2：傾斜180°の人工芝につかまるカニ

アカテガニをバイオミメティクスの材料として用いることで、実用的な新型甲殻類型ロボットを作製できると考えた。

本研究は一昨年度、昨年度に作成した甲殻類型ロボットの継続研究である。昨年度は最大で35°の傾斜を上ることができた。しかし、段差を越えることはできなかった。そこで、本研究では昨年度の研究で課題としていた、上る角度の向上や、段差・障害物を越えられるなど、理学療法の実用的な動作の評価基準、安定性、協調性、持久性、速度性、応用性（表1）に優れたロボットの作製を目的とした。

1) 安定性：転倒せずに動作を遂行する能力
2) 協調性：滑らかに動作を遂行する能力
3) 持久性：繰り返して動作を遂行する能力
4) 速度性：ある程度の速さで動作を遂行する能力
5) 応用性：様々な環境に適応して動作を遂行する能力

表1：動作における実用性の要素

そこで主にカニの脚の構造を観察し、得られたデータを基に新型甲殻類型ロボットを作製

した。脚を動かすプログラムを搭載した装置として Arduino を用いた。

カニの脚の構造を模して作製した 2 本脚の甲殻類型ロボット 1 号機は、サーボモータを脚 1 本につき 3 個、関節部分として使用した。また、傾斜 20° の坂を登らせ、登れた長さを計測した (図 3)。結果として、物体に脚を絡ませることができても、出力が不十分で、ロボット本体を持ち上げる以上の動きはできなかった (図 4)。

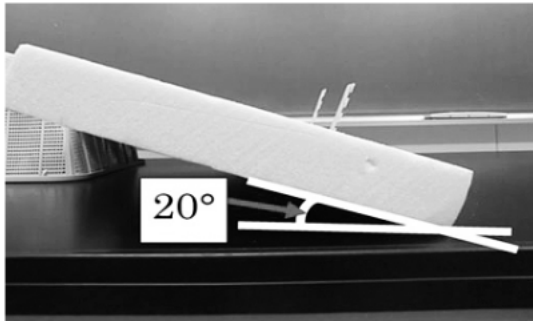


図 3：傾斜 20° の坂

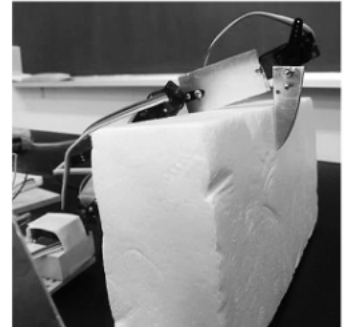


図 4：甲殻類型ロボット 1 号機の脚の動作

さらに、サーボモータを 20kg 高トルクのものにして、それをそれぞれ第一脚、第二脚、第三脚に取り付け、脚の構造を模した部分を作製し、2 号機を作製した (図 5)。脚を動かすプログラムを搭載した装置として、Arduino を用いた。

3 号機は機体の重量を支えるために、機体の後ろ側にも脚を 2 本取り付け、4 本脚にして作製した (図 6)。

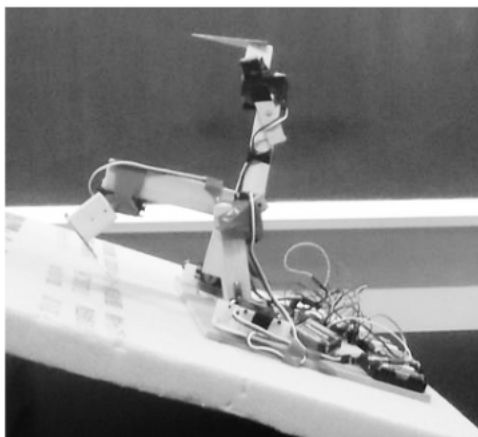


図 5：甲殻類型ロボット 2 号機

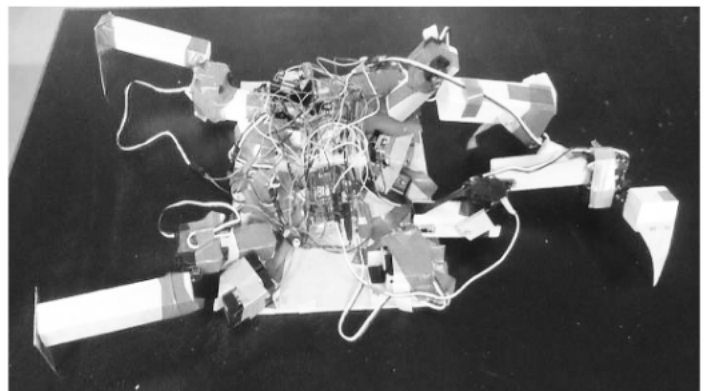


図 6：甲殻類型ロボット 2 号機

この実験でもサーボモータは Arduino を使用して動かした。結果として、傾斜が大きくなると、サーボモータへの負荷が大きくなり、電力が不足してしまい、思うようなサーボモータの動きが難しくなってしまった。

また、3 号機は坂を登るとき機体が常に斜面に接していたことから、新しいプログラムを作成し、脚先にカニの爪を模した安全ナイフを使用した 4 号機を作製した (図 7)。カニの脚の長さの比を忠実に再現したこの機体は、カニの身体的特徴の再現性は最も高いため、木材で作った重い機体でありながら、自重をうまく分散し、バランスの取れた立ち方が可能だった。

5 号機はプログラムの簡略化を目的に、全ての脚の長さを統一して作製した (図 8)。

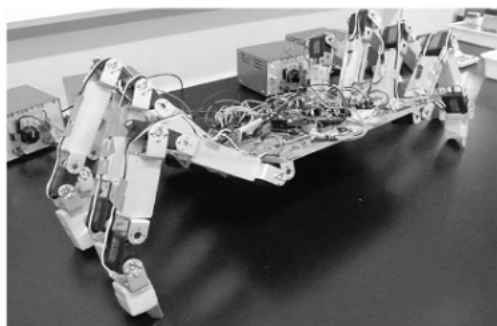


図 7：甲殻類型ロボット 4 号機

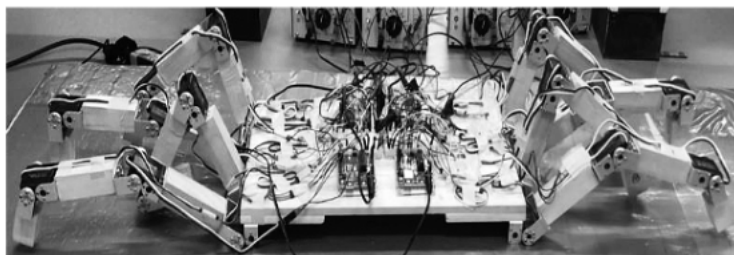


図 8：甲殻類型ロボット 5 号機

プログラムは新たに A、B の 2 つを作成した。ロボットの歩行のプログラムとして、それぞれの脚の状態を関数により定義した（表 2）。

	関 数 名	動 作
①	function_A	通常立脚
②	function_B	振り上げ
③	function_C	突き刺し

表 2：関数の定義とその動作

得られた知見として、短い時間での連続の動作指示により、細かな動作を再現できたことである。実際、実験の中では引く（押す）動作の際、常に爪先を接地したまま脚を動かすことができた。このようなプログラムは動作の滑らかさを向上させることができると考えられる。

6 号機（図 9）は軽量化を目的に、脚部分に 3 D プリンタで作製したハニカム構造のものを使用し、アルミ製バターナイフを用いて爪先を作製し、そしてプログラム D、E を作成した。

結果として、機体全体の重量が 15% 減少し、プログラムの評価をレーダーグラフで評価したところ、プログラム D の非対称が最も面積が大きかったが、デメリットもあった。よって、それぞれのプログラムにはそれぞれの環境条件に適した動きがあることが分かった。しかし、軽量化により配線などが限られたスペースにしか収められず配線が切れるなどといったデメリットも見受けられた。また、バスケットボールを当てる検証では、どのプログラムも当たった後に大きくバランスを崩さず歩行を続けた（図 10）。

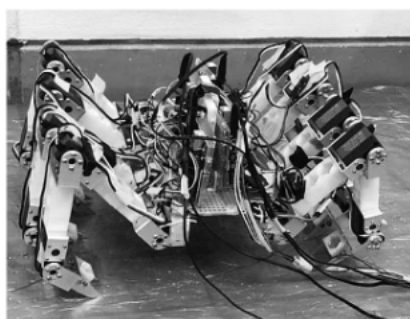


図 9：甲殻類型ロボット 6 号機

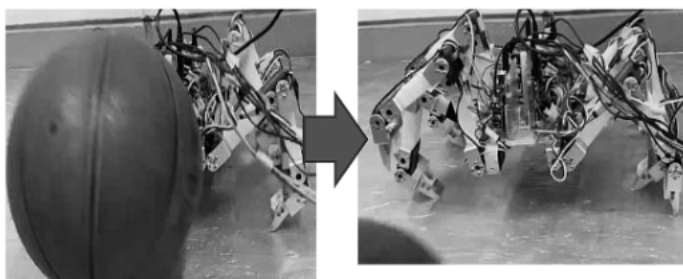


図 10：バスケットボールを当てられた後も動き続ける様子
（画像はプログラム D－非対称）

機体の軽量化に関して特に、機体本体部分の重量の減少が確認できた。使用しているサーボモータは20kgトルクと高トルクではあるが、今までは坂や階段を上るときにはその重量が大きな障害となっていた。軽量化により大幅に機能性が向上したといえる。

プログラムに関してプログラムD、Eの2種類と対称、非対称の計4パターンを理学療法における運動の実用性の5つの観点から評価した（表3）。

レーダーグラフの面積が最も大きいのはプログラムEー非対称の動きだった（図11）。

	D-対象	D-非対称	E-対象	E-非対称
安定性	1.8	2.7	3.3	3.5
協調性	1	1	3	3
持久性	0	3.5	2.5	5
速度性	2	5	2	4
応用性	1.9	2.6	3.14	3

表3：各プログラムの平均ポイント

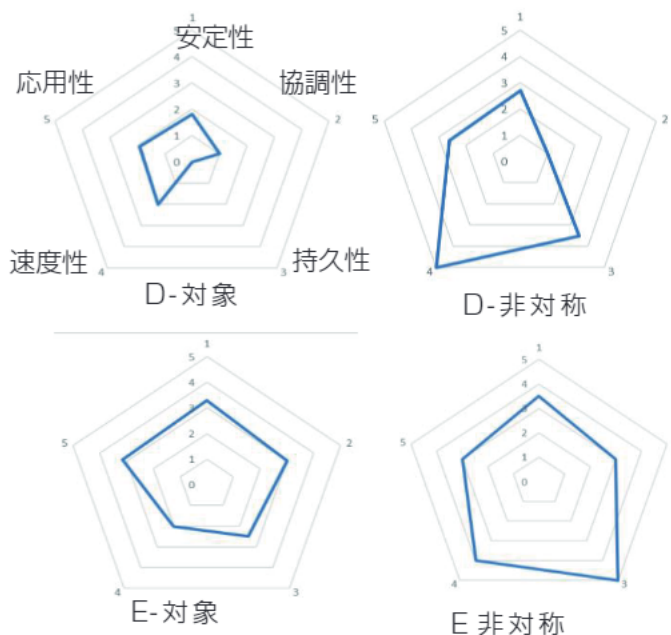


図11：各プログラムのレーダーグラフ

しかし、他のレーダーグラフを見ても分かるように、それぞれのプログラムに固有の特性がある。例えばプログラムDは後ろ脚の推進力が大きいため、傾斜30°の階段を上る際は良い歩行を見せた。ところが、砂利や土の道になると、プログラムEがバランスを崩すことなく歩行できたため、歩幅は小さいものの安定性に適していることが分かった。以上のことから、これらのプログラムには絶対的な評価をもってして順位付けすることは難しく、それぞれの条件に適した動きがあると考えられる。

今回、前後4本脚の甲殻型ロボットにすることにより、傾斜45°の斜面を上ることができた。傾斜45°という角度は、特殊な車両を除いて、一般的な自家用車では上ることができない傾斜であり、脚がつくことで、車輪を使うよりも傾斜に強いロボットを作製できた。

また、実験を重ねるにつれて甲殻型ロボットがよりアカテガニを模倣して作製されており、できることが増えてきていることから、アカテガニをバイオミメティクスの材料として用いてロボット開発をすることは有用であるといえる。それだけでなく、甲殻型ロボットは車輪での走行に適さない災害救助や、海底探索、地球外惑星探査など様々な分野での応用が期待できる。しかし構造が複雑になるため、車輪に比べて劣ってしまう点が多々見られる。甲殻型ロボットを様々な場面で応用できるよう、今後はクロベンケイガニをはじめとする他種のカニも観察し、サーボモータの出力を上げるなど、ロボットにも改良を加え、プログラムにおいても自動でプログラムを切り替え、機体の環境への適応力を高めていきたい。そして、いずれは実際の自然環境での歩行など難易度の高い歩行にも対応できるプログラムを作成することでより実用的なロボットを作製したい。