

陸上と水中を自在に動き回るムカデから学ぶ柔軟な「身のこなし方」

東北大学電気通信研究所の石黒章夫教授，加納剛史准教授，安井浩太郎氏，スイス連邦工科大学ローザンヌ校の Auke J. Ijspeert 教授，オタワ大学の Emily M. Standen 准教授，北海道大学電子科学研究所の青沼仁志准教授の研究グループは，ムカデが陸上と水中を行き来する際の「身のこなし方」に着目することで，環境に適応して「理にかなった」運動パターンを生み出す制御のメカニズムを解明しました。

一般に動物は，環境に応じた運動パターンを柔軟に生み出すことで，様々な環境下を自在に動き回ることができます。その中でも特に興味深いのは，陸上では複数の脚を協調させて歩き，水中では胴体をくねらせて泳ぐという振る舞いです（以下，この振る舞いを「水陸両用ロコモーション」と呼びます）。身体をうまく活用し質的に異なる環境に見事に適応する水陸両用ロコモーションは，ある種のトカゲや魚など，多くの動物種に見られます。ところが，この水陸両用ロコモーションがどのような制御のからくりで実現されているのか，これまで不明でした。

この問題解決のため，本研究ではトビズムカデの水陸両用ロコモーションに着目しました。トビズムカデは，地上では複数の脚の運動を協調させながら歩きますが，水中では脚を折りたたみ，ヘビのように胴体をくねらせながら泳ぎます（図1）。

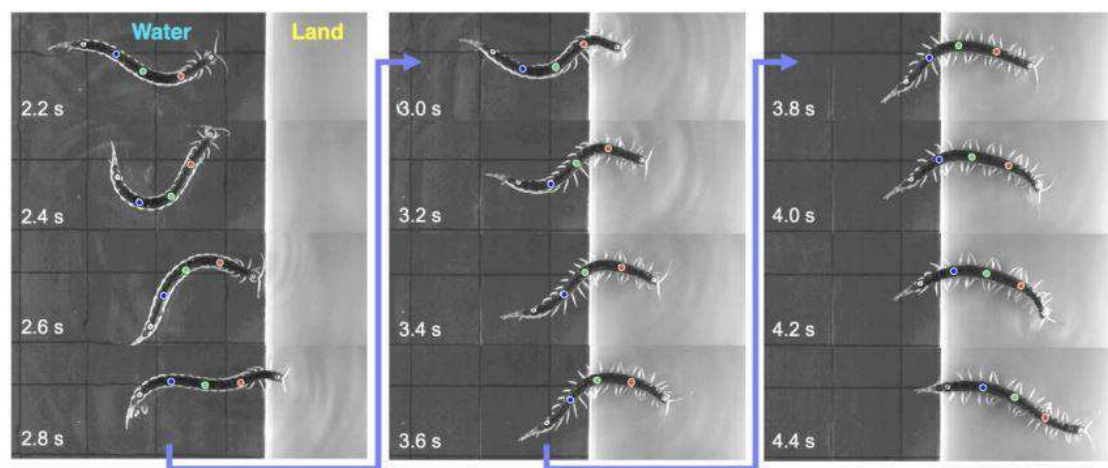


図 1：歩行と遊泳の切り替わりの様子。水中（各写真左側）では脚を折りたたみ，胴体をくねらせながら進むが，陸地（各写真右側）に進むにつれ，複数の脚を協調させて動くようになる。

トビズムカデは，同じ構造を持つ体節が一次元状に長く連なった身体構造をしており，歩

行・遊泳間の遷移の様子を観察しやすいという利点があります。また、神経を部分的に切断するなどの侵襲を伴う実験も比較的に容易に行えます。そのため、水陸両用ロコモーションのからくりを探る上で非常に適したモデル生物だと言えます。

本研究ではまず、トビズムカデが陸上と水中を行き来する際に歩行・遊泳間の遷移がどのように起こるかを観察しました。また、胴体の中央付近で神経を切断した際に運動パターンがどのように変化するかも観察しました。これらの行動観察結果から、「脳からの運動指令が頭側から尾側に順に伝わるが、ある脚が地面から力を受けると、頭側から伝わってきた指令を上書きして歩行運動になる」という伝言ゲームのような制御のメカニズム(図2)が存在することが示唆されました。このメカニズムを数式で表現し、シミュレーションにより行動観察結果を再現することに成功しました。

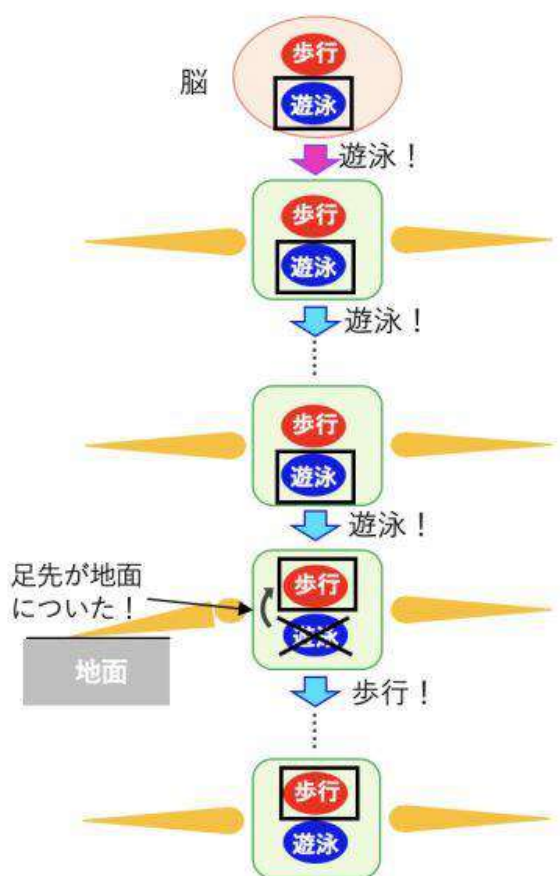


図 2：行動観察から示唆された制御のからくり。身体の各部位ごとに、「歩行」か「遊泳」のどちらかを選択できるようになっている。脳から「遊泳」の指令が下されると、その指令は伝言ゲームのように頭側から尾側に伝わっていく。ところが、ある脚の足先が地面につくと、その部位の指令が「歩行」に上書きされ、以降「歩行」の指令が伝わっていく。

この成果は、動物が環境に応じて柔軟に運動パターンを切り替えるメカニズムの解明につながると期待されます。また、地上でも水中でも自在に動き回れる、環境踏破能力の高いロボットの実現にもつながると期待されます。

本研究成果は、2019年12月2日に英国の科学誌 **Scientific Reports** 電子版に掲載されました。

発表論文

■論文名 : Decoding the essential interplay between central and peripheral control in adaptive locomotion of amphibious centipedes

雑誌 : Scientific Reports

日文新闻发布全文 https://www.hokudai.ac.jp/news/191203_pr3.pdf

文: JST 客观日本编辑部翻译整理