

平成 23 年 6 月 7 日現在

研究種目：基盤研究（C）
 研究期間：2008～2010
 課題番号：20500236
 研究課題名（和文）オカダンゴムシにおける触角を用いた空間認知についての行動学的研究
 研究課題名（英文）An Ethological Research on Spatial Cognition by Antennae in Pill Bugs.
 研究代表者
 森山 徹（MORIYAMA TOHRU）
 信州大学・ファイバーナノテク国際若手研究者育成拠点・助教
 研究者番号：20325898

研究成果の概要（和文）：オカダンゴムシの触角にチューブを装着し、この動物がチューブの長さを利用して、外界の物体配置情報の一つである距離を知覚できるかどうかを、階段降下実験にて調べた。すると、チューブを長くされた個体ほど、より深い段差を降下できた。この結果は、この動物が触角で距離を知覚できることを示唆する。また、別の条件において、触角運動の画像解析を実施した。その結果、この動物は、物体の方角を予期しながらそれを探索することが示唆された。

研究成果の概要（英文）：We investigated whether or not pill bugs were able to estimate cliff depth with reference to the length of their antennae. In order to investigate the factors influencing the decision to proceed or retreat when the cliff depth is almost the same as the distance that their antennae can reach, the length of the antennae was extended by attaching Teflon tubes to their tips. The results suggested that they climbed down the cliffs based on information about the length of the tubes. In the other situation, we investigated the time series of antennal touching time on the obstacles, which can be assumed to be related to searching of stimuli, by image processing technique. The result showed that pill bugs can actively search for stimuli anticipating their direction.

交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2008年度	1,100,000	330,000	1,430,000
2009年度	400,000	120,000	520,000
2010年度	400,000	120,000	520,000
年度			
年度			
総計	1,900,000	570,000	2,470,000

研究分野：比較認知心理学

科研費の分科・細目：情報学・認知科学

キーワード：オカダンゴムシ、触角、探索、自動追尾、画像解析

1. 研究開始当初の背景

オカダンゴムシは、甲殻類の中で最も陸上生活に適応した動物種の一つであるが、その視覚は乏しい。

一方、オカダンゴムシと生息域の類似するアリなどの昆虫類では、発達した視覚により特定の刺激と巣や餌場の関係を知る空間認知能力が確かめられている。

オカダンゴムシは、視覚に頼らずどのように空間情報を把握するのかが、未解明であった。

2. 研究の目的

オカダンゴムシが、触角による外界探索を通して、より高等なマウスが持つ認知地図のような外界の内部モデルを構築し、物体の配置を知る能力を持つことを行動実験により明らかにする。

3. 研究の方法

オカダンゴムシの触角先端にチューブを装着し、この動物がチューブの長さを利用して物体配置情報の一つである距離を知覚できるかどうかを、階段降下実験にて調べた。

また、触角運動を画像解析するための装置の製作を試みた。

4. 研究成果

階段降下実験では、チューブなし条件での被験体は、体長（以下 L ）9.8 から 11.2mm のオスで、その数は、0.1mm の階級ごとに 5 個体、合計 75 個体であった。各個体は 14 段からなる下り階段（図 1）の第 1 段目に置かれ放置された。最初の段差（以下 R ; Riser height）は 5mm で、1 段ごとに 1mm 高くされた。

降下可能な最も深い段差（最大段差；以下 R_m ）は、 L が 9.8 から 10.5mm にかけて有意に増加した。一方、10.6 から 11.2mm にかけては有意に減少した。また、前者では $R_m=1.27*L$ という関係が見出された（図 2）。

以上の結果は、 L が 10.5mm 以下の小型群は、体が目一杯伸びる段差まで降下しようとしたが、10.6mm 以上の大型群は、寧ろ降下を自発的に抑制したことを示唆する。

次に、 L が 10.2、10.5mm の小型群、及び、 L が 10.8、11.0 及び 11.2mm の大型群の被験体に、長さの異なるテフロンチューブを装着し、同様の実験を行った（図 3）。各長さ条件（鞭節と同程度の長さの Short 条件、その約 2 倍の Long 条件）に対し、被験体数は 5 から 8 個体、合計 56 個体であった。

実験の結果、小型群では、 R_m はチューブの装着により有意に減少した。一方、大型群のうち、11.2mm の個体群では、 R_m はチューブなし、Short、Long 条件の順で有意に増加した。10.8mm の個体群では、チューブなし、

Short 条件間でのみ有意な増加があった。11.0mm の個体群では、条件間で有意な差がなかった（図 4）。

これらの結果は、小型個体にとって、チューブは階段の降下において妨害材であったが、一部の大型個体、特に 11.2mm の個体にとって、それは段差の高さを測る道具として機能したことを示唆する。これらの結果は、オカダンゴムシが外界の物体の距離を触角で知覚できることを示唆する。



図 1 下り階段装置

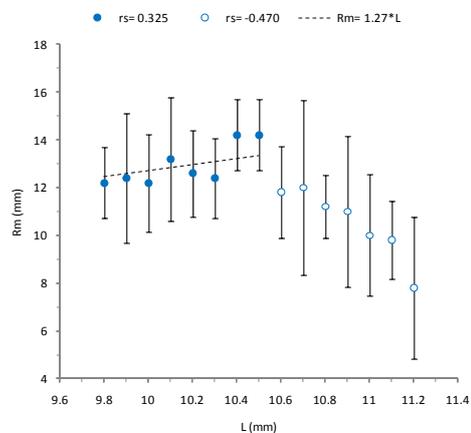


図 2 R（縦軸）と L（横軸）の関係

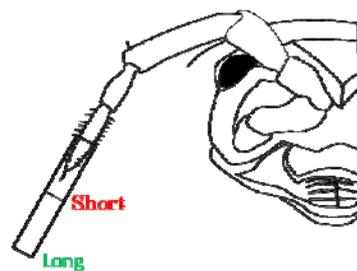


図 3 チューブ装着の様子

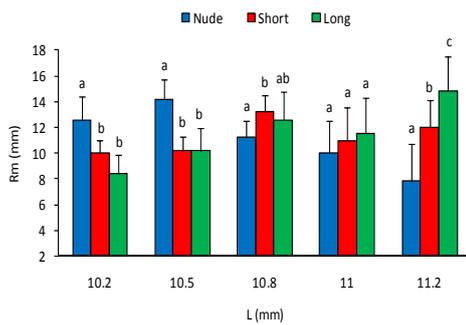


図4 チューブ長とRの関係

触角運動を画像解析するための個体自動追尾撮影システムは、触角による外界探索様式を詳細に調べるために製作された。

その概要は、図5の通りである。構成は、個体の位置を取得するための固定CCDカメラ、位置を座標として定量的に取得するための画像計測ソフトウェア(図6)、触角や個体の拡大映像を取得するための撮影用CCDカメラ、及びこのカメラをソフトウェアと連動して移動させる電動スライダ(図7)であった。

個体の置かれる透明アクリル製実験装置上方の「位置計測カメラ」は、実験装置全体を撮影し、「画像処理ボード」が個体の位置をリアルタイムで計測する。

同ボードから個体の位置を取得した「パソコン」は、2台の「電動スライダ(X及びY軸)」を制御し、位置計測カメラに連動して配置される「撮影カメラ1」を個体の直下へ移動させる。

撮影カメラ1, 2, 3で撮影された触角の画像はファイルとして同パソコンへ保存される。その後、現有の三次元位置計測ソフトウェアが約30msごとに二種の画像ファイルから触角先端を検出し、その三次元座標を算出する。

実験装置上を移動するダンゴムシ個体は、1. 事前画像を取得する、2. 一定の時間間隔において事後画像を取得する(設定ファイルにて指定) 3. 事前、事後画像間の差分画像を生成する(絶対値を取得) 4. 差分画像を二値化する、5. 以前動作した場所から一定の範囲の差分画素を積算し重心を計算する、という手順で認識される。

20年度は、新規購入された電動スライダ、画像処理ボード、パソコン、及び現有のカメラを用いて装置を仮組み、カメラを広範囲にわたり高精度かつ安全に移動させるために、電動スライダの制御プログラムを設計した。21、22年度は、カメラの理想的な移動を達成することができた。また、高解像

度カメラの仕様を詳細に決めた。その後、カメラの選定を試みたが、仕様を満たす製品を見つけることができなかった。現在、仕様を検討中である。

ただし、現有の解像度でも、探索中の個体が触角で物体に触れる時間を計測し解析した結果、この動物は、物体の方角を予期しながらそれを探索することが示された。

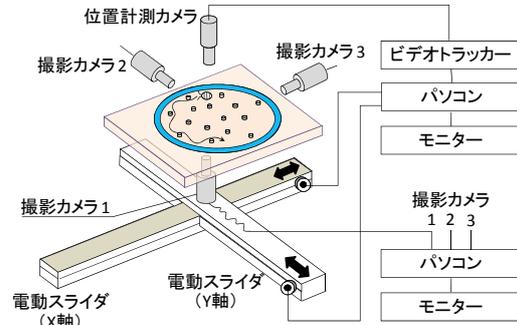


図5 個体自動追尾撮影システム

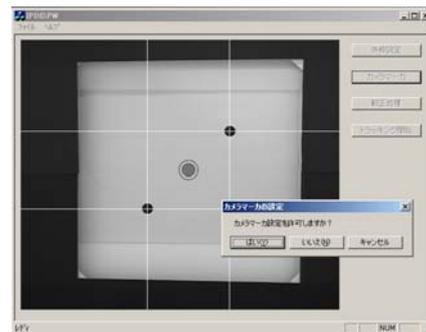


図6 画像計測ソフトウェア



図7 電動スライダ(最下部)

5. 主な発表論文等
(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文](計1件)

Moriyama T, Kojima T, Sakuma M: Active Antennal Searching Suggesting Anticipatory Capability in Pill Bugs. International Journal of Computing Anticipatory Systems, 21, 37-44, 2008., 査読有

[学会発表](計3件)

Moriyama, T: Primary consciousness in pill bugs. 14th Annual Meeting of Association for the Scientific Study of Consciousness, 2010 (Toronto, Canada)., June 26, 2010

Moriyama, T: Novel sensory organs in pill bugs (*Armadillidium vulgare*, Crustacea): artificial tubes attached to their antennae. 15th Biennial Scientific Meeting of The International Society for Comparative Psychology, 2010 (Awaji, Japan)., May 19, 2010

Moriyama, T: Estimation of Cliff Depth with Reference to Length of Antennae in Pill Bugs. Sensors and Sensing in Biology and Engineering, 2008 (Cetraro, Italy)., October 15, 2008

[図書](計1件)

森山 徹: ダンゴムシに心はあるのか 新しい心の科学 全223項,サイエンス・ワールド新書, P H P 研究所, 2011.

6. 研究組織

(1)研究代表者

森山 徹 (MORIYAMA TOHRU)
信州大学・ファイバーナノテク国際若手研究者育成拠点・助教
研究者番号: 20325898

(2)研究分担者

なし

(3)連携研究者

佐久間 正幸 (SAKUMA MASAYUKI)
京都大学・大学院農学研究科・教授
研究者番号: 40135554