

## 科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 26 年 6 月 25 日現在

機関番号：13601

研究種目：挑戦的萌芽研究

研究期間：2011～2013

課題番号：23650134

研究課題名(和文) 深海生物オオグソクムシにおける、心的イメージを利用した巣穴パズル解決の試み

研究課題名(英文) Problem solving using mental image in the deep-sea isopod *Bathynomus doederleini*

研究代表者

森山 徹 (MORIYAMA, Tohru)

信州大学・繊維学部・助教

研究者番号：20325898

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 1,400,000円、(間接経費) 420,000円

研究成果の概要(和文)：オオグソクムシの飼育水槽の底にゴルフボール約500個を敷き詰め、「穴を掘れないが、ワザを用いれば、すきまを作り巣のように使える」という状況を設定した。すると、体長の1/3ほどもある大きさのボールを頭部でゆっくりと左右へ移動させ、これを継続することで、体長と同程度から10倍程度の長さの通路を形成する個体が現れた。また、ボールをゆっくりと頭上へのせ、ボール塊内を、体長の8倍程度の長さにわたり掘り進む個体も現れた。これらの通路形成屋掘り進みは、巣穴としての通路使用の動機づけを維持し、ボール移動を自律的に制御するワザを伴って実現されたと考えられる。

研究成果の概要(英文)：The floor of an aquarium was covered by golf balls entirely and a subject animal, *Bathynomus doederleini*, was put in it. The diameter of the ball was about one third of the length of a subject. Ten individuals were tested and two of them made a burrow-like structure in the balls. One made a trail of which the length was about 10 times longer than that of the animal. Another dug into the balls and moved a distance which was about 8 times longer than the length of the animal. It can be assumed that these animals created novel methods to move into the unknown materials that they have never met in the nature.

研究分野：情報学

科研費の分科・細目：認知科学

キーワード：知能 オオグソクムシ 動物心理 比較認知

### 1. 研究開始当初の背景

(1) 比較認知科学の分野では、2000年頃から、動物を高等、下等と分類するのではなく、彼らは種に特有な生存や繁殖上の問題を解決するようにデザインされた認知能力を持つ、と捉える動向が国内外で現れてきた。

(2) 申請者らは上記動向に賛同し、これを知能の観点から支える位置づけから、「知能の遍在性」を提唱し、知能は「中枢神経系の構造に関わらず見出される」「環境に関わらず見出される」という仮説を立てた。そして、これらを実証するモデル生物として、中枢神経系が脊椎動物ほど高等でなく、また、深海から陸まで広く分布する等脚目を選んだ。

(3) 申請者は、陸生の等脚目、ダンゴムシにおいて、様々な知的行動が実験で導き、仮説の前者を実証してきた。本研究では、仮説の後者を検証し知能の遍在性研究を発展させるため、深海生の等脚目、オオグソクムシ(図1)の知能を探る実験を計画した。

### 2. 研究の目的

本研究の目的は、深海底に巣穴を掘り生息するオオグソクムシが、プラスチック容器を適切に組み合わせることで巣穴を作るパズル課題を解決できるかどうかを、水槽内実験により検証することである。本研究は、申請者らが提唱してきた仮説、「知能は環境に関わらず見出される」を実証する役割を果たす。

### 3. 研究の方法

(1) 体長の2/3しか覆われないプラスチックチューブを実験個体にヒモで繋ぎ、穴を掘れない水槽内に放置する。ただし、水槽内には、同じ大きさで、一方の口が閉じられたチューブが数個固定される。ヒモで繋がれた牽引チューブは、両端が開放系で長さも短いため、巣にはなり得ない。固定チューブも、この動物が逃避のために頭部から進入する場合、頭部が閉鎖端につかえるだけで、同じく巣にならない。



図1 オオグソクムシ (側面)

(2) ところで、申請者らは、オオグソクムシはよく整形できた巣には尾節から進入するようになることを昨年発見した。従って本実験でも、次第に固定チューブに巣の可能性を見出し始める個体は、そこへ尾節から進入する可能性が期待される。この場合、触角が牽引チューブに触れているため、個体は尾節と触角への機械感覚と、巣穴の心的イメージから、二つのチューブの間隙を埋めるべく、牽引チューブに付いたヒモを、発達した脚で手繰り寄せ、ひと続きの巣穴チューブを完成させると期待した(図2)。

(3) 本実験では、穴を掘れない環境に投げられた個体が、巣穴の心的イメージを利用して、用意された二つのプラスチック容器を適切に組み合わせ、新奇な巣穴を作るという知的行動を発現できるかどうかを観察した。

### 4. 研究成果

(1) 平成23年度前半には、実験の準備を行った。4月には、新規個体30匹の貰い受け、水槽の手入れ、海水の入替えを行った。5-6月には、巣穴パズル実験で使用される、牽引チューブ、固定チューブの設計と製作を行った。精度と信頼性確保のため、専門業者へ製造委託した。7-9月には、撮影、記録環境の整備と準備実験の実施、改善点の洗い出しを行った。平成23年度後半には、実験方法の確定を行った。10-12月には、各装置、実験方法の改善を行った。1-2月には、準備実験2回目を行った。

(2) 平成24年度には、前年度の準備実験の結果をふまえ、本研究の主目的である「穴を掘れない環境に投げられた個体が、巣穴の心的イメージを利用して、用意された二つのプラスチック容器を適切に組み合わせ、新奇な巣穴を作るという知的行動を発現できるかどうか」を確認する本実験に取り組んだ。

実験では、多くの個体はプラスチック容器へ入ろうとしたものの、二つを組み合わせた個体はいなかった。ただし、容器が揺れて中へ入れなかったとき、容器をゆっくりとず

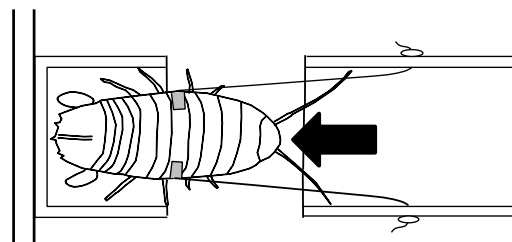


図2 当初の実験方法  
左が固定チューブ、右が牽引チューブ

らすなど、「容器使用の動機付けの維持」と「行動の自律的制御」という「ワザ」を伴う容器使用が実現された。この「ワザ」は、容器への侵入が機械的な刺激反応によって生じるのではなく、容器を巣穴と捉える心的イメージが伴われることを示唆する。そこで、このような「ワザ」による新奇な巣穴作り行動が発現される様子をより明確に捉えるため、実験条件を次のように改良した。

改良された実験では、水槽の底にゴルフボール約500個を敷き詰め、「穴を掘れないが、ワザを用いれば、すきまを作り巣のように使える」という状況を設定した。すると、体長の1/3ほどもある大きさのボールを頭部でゆっくりと左右へ移動させ、これを継続することで、体長と同程度から10倍程度の長さの通路を形成する個体が現れた(図3)。ボールをゆっくりと頭上へのせ、ボール塊内を、体長の8倍程度の長さにわたり掘り進む個体も現れた(図4)。特に、プラスチック容器を配置した条件では、長い通路を作る個体が有意に多かった。この通路形成は、巣穴としての通路使用の動機づけを維持し、ボール移動を自律的に制御するワザを伴って実現されたと考えられる。

この結果を、本研究の実験補助を担当した学生とともに日本生態心理学会、日本動物行動学会にて公表し、次年度の計画を推進するための有意義な意見を得ることができた。実験の内容をプラスチック容器の組み合わせからゴルフボールの移動へ変更したため(ただし、研究の本質は変わらない)、結果の取得が遅れた。また、実験の遅れに伴い、画像解析ソフトによる行動解析も遅れた。ただし、当初の目的通り、知的行動の発現は観察され、学会発表で成果を報告でき、海外学術雑誌への投稿の目処も立った。また、解析ソフトウェアの開発をより安価に完了した。

(3) 平成25年度には、ゴルフボール底質の移動実験の結果を、画像解析ソフトで解析した。実験における個体の位置や移動の向き

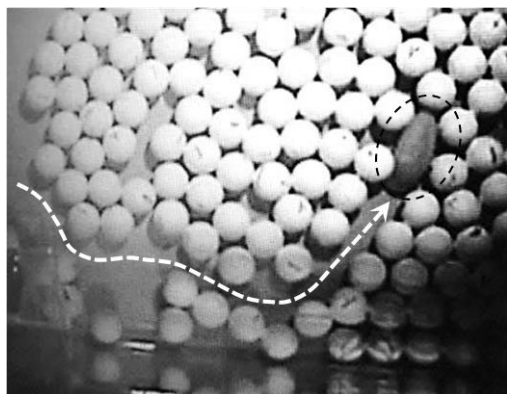


図3 ボール内を掘り進む様子 その1

を定量的に解析するために、撮影動画における個体の各部位(頭部、脚部、重心等)を、当ソフトウェアによって座標化した。

座標化によって個体の移動ベクトルを得たことで、各個体の運動の様子を、停止、移動、遊泳に分類することができた、また、チューブの座標と合わせることで、チューブ内での停止と移動も区別することができた。ボール内の掘り進みは、通常の移動に比べ十分遅い移動として区別できた。

以上のように行動を分類した結果、チューブを置いた場合と置かなかった場合、前者でのチューブの掘り進みの頻度が、後者でのそれに比べ有意に高いことがわかった。また、それ以外の行動の頻度には有意な差がないこともわかった。以上の結果は、チューブの配置はオオグソクムシ個体の行動に外的な影響を与えることなく、掘り進みの行動の内的な動機づけを高める効果を持つことを意味する。

この内的変化を定量化するため、個体の心拍の変動を観察した(図5)。予備実験の結果、心拍を安定的に計測できることを確認できた。特に、行動の種類が変化する直前には、心拍の周波数が低くなり、ときには数分間停止することが確認できた。ただし、ボール底質の掘り進みの際に心拍を計測するには、より安定的な電極の固定法を考案しなくてはならないことが課題となった。

(4) 以上の成果は、オオグソクムシが心的過程に相当する行動決定の内的過程をもつことを支持し、今度の無脊椎動物の心的過程に関する研究を推進する重要な足がかりになると考えられる。

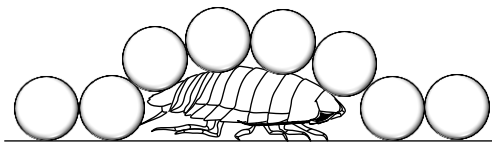


図4 ボール内を掘り進む様子 その2

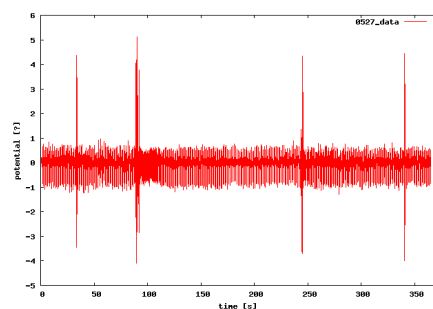


図5 心電図の一部。  
中央部が心拍停止状態  
(首都大学東京 近藤日子子研究員提供)

## 5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕(計3件)

①森山 徹: オオグソクムシの穴. 現代思想特集「生きものの<かたち> 構造・行動・色・模様」40-10: 236-245, 2012 (査読なし).

②Matsui T, Moriyama T\*, Kato R: Burrow plasticity in the deep-sea isopod *Bathynomus doederleini* (Crustacea: Isopoda: Cirolanidae). Zoological Science 28: 863-868, 2011 (査読あり).

③森山 徹: 変異行動からの眺め. 日本比較生理生化学誌 28: 273-277, 2011 (査読あり).

〔学会発表〕(計6件)

①森山 徹. 心が動物. 内部観測研究会, 2014年3月8日, 神戸大学.

②森山 徹. 心は妖怪. 京都大学宇宙総合学ユニットシンポジウム, 2014年2月1日(招待講演), 京都大学.

③森山 徹. 無脊椎動物に心はあるか? 公益財団法人 水産無脊椎動物研究所 設立25周年記念シンポジウム, 2013年10月20日(招待講演), 東京大学.

④隈江俊也, 森山 徹. オオグソクムシ(等脚目スナホリムシ科)における能動的な巣穴掘り行動. 日本動物行動学会, 2012年11月23日, 奈良女子大学.

⑤森山 徹, 隈江俊也. オオグソクムシの巣穴掘り行動に潜むワザの可能性日本生態心理学会, 2012年07月07日, 公立はこだて未来大学.

⑥森山 徹. ダンゴムシの心とのインタラクション. 情報処理学会ヒューマンコンピュータインタラクション研究会, 2011年5月27日(招待講演), 名古屋大学.

## 6. 研究組織

### (1) 研究代表者

森山 徹 (MORIYAMA, Tohru)

信州大学・繊維学部・助教

研究者番号: 20325898