

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 28 年 6 月 6 日現在

機関番号：14201

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2012～2015

課題番号：24500325

研究課題名(和文) アクティブ・タッチの環境適応性に関する比較認知科学的研究

研究課題名(英文) Comparative study on adaptiveness of active touch

研究代表者

右田 正夫 (Migita, Masao)

滋賀大学・教育学部・教授

研究者番号：70335157

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,200,000円

研究成果の概要(和文)：ヒト、ダンゴムシ、ヒトデという、体構造と神経系の複雑さが異なる動物の触知覚に基づく行動について、比較認知科学的視点から研究した。ヒトデでは、管足による基質の触知覚によって起き上がり時に多様かつ協調的な腕運動が組織される可能性を示した。ダンゴムシにおいては、触知覚に基づく交替性転向反応などの行動が本質的に多様性を持つことが示された。ヒトにおいては、指による紙やすりの粗さの弁別実験において、多様な触運動を生成しながら知覚しようとする様相が示された。

研究成果の概要(英文)：We investigated behaviors based on haptic perception in humans, pill bugs and starfish. In starfish, tube feet movements appeared to affect flexible and efficient righting. In pill bugs, diversity was observed in behaviors where antennae play important roles such as turn alternation behavior. In humans, the subjects created various movements to percept roughness of objects.

研究分野：認知科学

キーワード：触知覚 アクティブタッチ 比較認知科学 生態心理学

1. 研究開始当初の背景

動物の適応的行動に関する従来の比較心理学・比較認知科学の研究では、脊椎動物/無脊椎動物といった系統発生上の区別、あるいは、中枢神経系の有無や発達度の差異に着目して、動物種毎に特殊化した適応能力を実証しようとするものが多い。また、様々な動物種の行動の普遍性を扱った論考の多くは、個別の研究グループによる学術論文のレビューに基づくものである。これに対し、本研究課題は、広範な動物種にわたる普遍的特性としての適応性について、研究グループを構成し、種間比較の実験を行いながら明らかにしようとするものである。また、本研究では、特に触覚に基づく情報探索のための行動に焦点を当てる。触覚は、広範な動物種の環境認識において観察可能な形で利用されることを特徴とする。また、個体の能動的な振る舞いを通じて触覚的情報を得るアクティブ・タッチは、その個体の問題解決における有効性もあって幅広い分野からの関心を集めている。

2. 研究の目的

本研究課題では、高度に発達した中枢神経系を持つヒト、比較的単純な中枢神経系を持つダンゴムシ、および、中枢神経系を持たないヒトデの、アクティブ・タッチの様相を、実験環境において明らかにする。そして、神経系の複雑さによらない動物の普遍的な能力と考えられるかどうかを検証する。

3. 研究の方法

ヒトデの触覚は、歩行や岩などへの付着にも使われる管足という多数の器官によって主に担われている。本研究では、ヒトデが歩行している際や体が裏返された時に見られる起き上がり行動での管足の運動を観察し、その集団的挙動の特性や各行動における役割を調べた。

ダンゴムシでは、ダンゴ状に丸まる「球形化」や段差の検知の際の触角の使い方についての観察を行った。また、触角で曲がり角の検知をしながら左右交互に曲がる「交替性転向」の観察を行った。

ヒトでは、指先で紙やすりを弁別する実験を様々な条件の下に行った。

4. 研究成果

まず、全動物種に関して、能動的な触覚に基づく行動が必然的に多様性を帯びることと、そのために問題解決に有効に使われる可能性について論じた(発表16)。

(1) ヒトデのアクティブ・タッチについて 管足の運動解析

底が透明アクリル板で作られた水槽における歩行をビデオ撮影し、動画解析によって管足の集団運動を計測することを試みた。その結果、1本の腕についておよそ60本ある管足の約半数の運動を計測することができ、腕

の向きや外部刺激の管足運動への影響に関する示唆が得られた(発表14)。

触覚を介した起き上がり行動

ヒトデの起き上がり行動における触覚の影響を調べるため、運動器官であると同時に感覚器官でもある管足の運動を解析した結果、起き上がりの過程において管足の機能が変化することで効果的な起き上がりが実現していることが示唆された(発表7)。また、管足運動の異なる腕間にまたがった自己組織化が起き上がりに対して及ぼす影響をコンピュータシミュレーションによって検討した(発表8)。

更に起き上がり行動の解析を進めたところ、起き上がりの過程では、個々の腕が自律的に付着対象である基質を探索する探索フェーズと、起き上がりを先導する腕と従う腕の役割分担が形成されてからの実行フェーズとが見られることがわかった。そして、実際のヒトデでは我々の計算機モデルと比較すると探索フェーズが長く、触覚に頼った探索に重点が置かれていた(発表6)。また、この知見に基づいて計算機モデルを修正し、起き上がり時の腕の協調において管足運動の組織化が果たす役割について神経行動学的側面とロボットなどの行動生成という側面から論じ、国際会議において発表した(図1; 発表1, 3)。

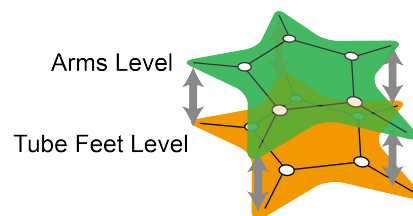


図1. 管足と腕の相互作用

(2) ダンゴムシのアクティブ・タッチについて

内的状態の指標としての触角運動

ダンゴムシが球形化を解除する際、触角と脚の動かし方に個体差があり、その差が外的要因ではなく、内的要因に由来することを示唆する結果を行動学的実験で得た(論文2)。

交替性転向反応

連続T字迷路実験におけるダンゴムシの移動パターンを平面上へ移動軌跡として展開し、その軌跡の解析を実施した。その結果、各個体のスタートから最遠到達地点までの距離と交替性転向反応の発現率の間に正の相関関係が見られ、交替性転向反応が効率的な遠方への移動を実現すること、交替性転向反応の連続数の最頻値は2回であること、連

続が偶数回の方が奇数回より頻度が高いことが明らかになった(図2; 発表12, 13)。

ダンゴムシの交替性転向反応において時折出現する方向転換が、反復性転向反応を修正する機能を有すること、また、修正後に交替性転向反応の出現率が向上することを明らかにした(論文1)。また、この修正には、脚や触角の受動的感覚に由来しない、自律的な補正機構が関与することを示唆した(発表3)。

また、ダンゴムシの交替性転向反応の実験は、大学生、高校生の生物学において行動の定型性と可塑性を理解させる教材となることを紹介した(図書)。

触角運動の制限と行動変化

ダンゴムシが段差を降下する際、触角運動を人為的に制限しても多様な適応的行動が自発的に現れることを見出した(発表4)。

また、ダンゴムシの行動の多様性には内発的な機構が関わり、動物の心の起源を考えるモデル生物となり得ることを示唆した(発表2, 9, 10, 11, 15)。

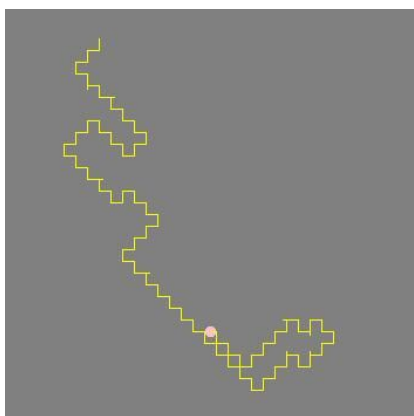


図2. 連続 T 字迷路の平面展開

(3) ヒトのアクティブ・タッチについて

ヒトの触知覚に関する研究として、被験者の指先で紙やすりの肌理の粗さを弁別する実験を行った。比較する紙やすりの荒さの組み合わせや、指の運動の制限やテープを貼って肌で直接知覚できない場合など、条件の違いによって被験者は多様な指の運動を見せた。しかし、知覚するための運動には個人差が大きく、実験条件と結果に明確な関係を見出すことが困難であった。

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 2 件)

1. Toru Moriyama, Masao Migita, Meiji Mitsuishi. Behavioural Processes, 査読

有, Self-corrective behavior for turn alternation in pill bugs (*Armadillidium vulgare*), Vol 122, 98–103, 2016. DOI: 10.1016/j.beproc.2015.11.016

2. Hiroe Matsuno, Tohru Moriyama, Acta Biologica Hungarica, 査読有, Behavioral evidence for internal factors affecting duration of conglobation in pill bugs (*Armadillidium vulgare*, Isopoda, Crustacea), Vol 63, 206–208, 2012. DOI: 10.1556/ABiol.63.2012.Suppl.2.9

[学会発表](計 16 件)

1. Masao Migita, Shuji Shinohara, Modeling Self-Organized Behavior of Starfish, The First International Symposium on Swarm Behavior and Bio-Inspired Robotics, 2015年10月29日, 京都大学(京都府・京都市)
2. 森山徹, ダンゴムシとオオグソクムシの心理学. 電子情報技術産業協会第10回感性センシング応用ロードマップ技術分科会, 2015年10月29日, 大手センタービル(東京都・千代田区)
3. Masao Migita, Shuji Shinohara, Behavioral Pattern Generation Based on Distributed Nervous System, 13th Symposium on Invertebrate Neurobiology, 2015年8月29日, Tihany (Hungary)
4. Tohru Moriyama, Masao Migita, Tool use in pill bugs: the effect of artificial tubes attached to their antennae. 13th International Symposium on Invertebrate Neurobiology, 2015年8月29日, Tihany (Hungary)
5. 森山徹, ダンゴムシに潜む意思決定能. 第62回日本生態学会, 2015年3月20日, 鹿児島大学(鹿児島大学・鹿児島市)
6. 右田正夫, 篠原修二, ヒトデの起き上がり行動における階層的運動の効果, 動物行動学会第33回大会, 2014年11月2日, 長崎大学(長崎県・長崎市)
7. 右田正夫, 篠原修二, ヒトデの起き上がり行動における運動器官の協調的動作, 日本動物行動学会第32回大会, 2013年11月30日, 広島大学(広島県・広島市)

8. 右田正夫, 篠原修二, ヘテラルキカルな自己組織化過程としてのヒトデ行動のモデル化, 計測自動制御学会システム・情報部門学術講演会 2013, 2013 年 11 月 18 日, ピアザ淡海 (滋賀県・大津市)
9. 森山徹, ダングムシに心はあるか. 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 無脊椎動物に心はあるか?, 2013 年 10 月 20 日, 東京大学 (東京都・文京区)
10. 森山徹, 「動物の心とは何か」へ答える方法論: ダングムシに潜在する「わからなさ」の発掘とその取扱い. 第 73 回日本動物心理学会大会, 2013 年 9 月 15 日, 筑波大学 (茨城県・つくば市)
11. 真保あさひ, 森山 徹, 連続 T 字路選択課題におけるオカダングムシとヒトの意思決定の共通点と相違点. 第 73 回日本動物心理学会大会, 2013 年 9 月 15 日, 筑波大学 (茨城県・つくば市)
12. 森山 徹, 右田 正夫, ダングムシの意思決定. 第 27 回日本人工知能学会全国大会, 2013 年 6 月 5 日, 富山商工会議所 (富山県・富山市)
13. 森山 徹, 右田 正夫, オカダングムシにおける交替性転向反応の意味. 第 36 回日本土壌動物学会大会, 2013 年 5 月 26 日, 福岡教育大学 (福岡県・宗像市)
14. 右田正夫, 篠原修二, イトマキヒトデの歩行における体構造と管足運動の効果, 日本動物行動学会第 31 回大会, 2012 年 11 月 24 日, 奈良女子大学 (奈良県・奈良市)
15. 森山 徹, なぜ、「ダングムシに心はあるのか」を考えるのか. 第 6 回解離性障害研究会, 2012 年 9 月 29 日, ホテルサンルートプラザ名古屋 (愛知県・名古屋市)
16. 右田正夫, 森山徹, 丸山慎, 古山宣洋, 三嶋博之, 動物の触知覚における普遍的特性に関する考察, 日本生態心理学会第 4 回大会, 2012 年 7 月 7 日, 公立はこだて未来大学 (北海道・函館市)

〔図書〕(計 1 件)

1. 森山 徹, 弘中満太郎, 藍浩之, 共立出版, 研究者が教える動物実験 第 3 巻 3 章

〔その他〕

1. FM YOKOHAMA, Future Scape, ダングムシの心と石の心, 2016 年 4 月 23 日
2. 毎日新聞, キャンパる「大衆人」欄, 「心」探究: 研究対象はダングムシ, 2015 年 10 月 16 日
3. ラジオNIKKEI 第 2, Groovin' × Groovin', ダングムシの生態と心理メカニズム, 2013 年 10 月 15 日
4. 国立民族学博物館 学術潮流サロン「脳から社会を考える」, 心の本質を、ダングムシから考える, 2012 年 10 月 15 日.

6. 研究組織

(1) 研究代表者

右田 正夫 (MIGITA Masao)
 滋賀大学・教育学部・教授
 研究者番号: 70335157

(2) 研究分担者

森山 徹 (MORIYAMA Toru)
 信州大学・学術研究院繊維学系・助教
 研究者番号: 20325898

丸山 慎 (MARUYAMA Shin)
 駒沢女子大学・人文学部・講師
 研究者番号: 60530219

古山 宣洋 (FURUYAMA Nobuhiro)
 早稲田大学・人間科学学術院・教授
 研究者番号: 20333544

三嶋 博之 (MISHIMA Hiroyuki)
 早稲田大学・人間科学学術院・准教授
 研究者番号: 90288051