



ヒトデやクモヒトデは多孔板を前に進む

熊本県立済々斎高等学校 生物部

2年 横山文人・清良隆斗・澤村宗輝・井瑞希 1年 今村智・野田創太・藤原美咲・松原夢紗



(1)はじめに

- (1) 昨年度までの2年間の研究：済々斎生物部は、昨年度ウニの研究をしてきた。ウニは放射相称だが、殻の上部に1カ所だけある多孔板(図1)を前に進んだ。先輩方は、(図1)ウニの多孔板放射相称で方向性がないと考えられてきたウニ類に方向性があり、行動面では左右相称の動物であると報告した。
- (2) 今年の疑問：棘皮動物門にはウニ綱以外にナマコ綱、ヒトデ綱、クモヒトデ綱、ウミユリ綱がある。放射相称であるヒトデやクモヒトデも多孔板は体の1方向のみにある(図2)。これらにも方向性があるのではないかと疑問が生じた。
- (3) 文献調査：クモヒトデは刺激があった腕の2つ隣の腕の方向に移動する(脇田, 2020)。パフウニは刺激された管足の方向に進んだ(Yoshimura, 2018)など接触刺激で移動方向が変わると報告されている。ヒトデは特定の腕が先端腕になりやすいという報告はあまりない(本川, 2017)。クモヒトデは一貫した前後左右がない(脇田, 2020)という報告があり、刺激がない状態では方向性はないとされている。
- (4) 今年の取り組み：ウニも方向性がないとされていたが、先輩たちの研究で方向性があることがわかった。ウニと同じ棘皮動物であるヒトデとクモヒトデに、刺激が無い状態でも方向性があるのではないかと考え、今年の研究をスタートした。



(5)結果

(1)実験1-1-3 無刺激時の移動方向調べ1

イトマキヒトデ、ヌメイトマキヒトデ、トゲモミガイ、キヒトデ、クモヒトデの無刺激時の移動方向の結果をグラフにまとめた(図14)。赤丸は多孔板の方向を示している。いずれも多孔板方向に多く進んだ。

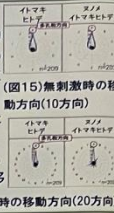


(図14)無刺激時の移動方向の結果

(2)実験1-2 無刺激時の移動方向調べ2

イトマキヒトデとヌメイトマキヒトデをフライ返しを使って移動させたときの移動方向の結果をグラフにまとめた(図15)。弱い力でつまんだ結果(図14)よりバツキが少なく、多孔板方向に多く進んだ。

ただ、10方向に分けての解析では、多孔板を前にして移動したの、多孔板の横の腕を前にして移動したのか、はっきりしない。そこで、同じデータでA~Tの20方向に分けて解析した(図16)。すべての種類でAの方向に進むことが明確で、横の腕では多く多孔板方向に進むことがわかった。



(図15)無刺激時の移動方向(10方向)

(3)実験2-1-2 腕への接触(物理的)刺激への反応調べ

腕を強くつまんで接触刺激を与えたイトマキヒトデがどの部位を前に進んだかをグラフに示した(図17)。赤丸は多孔板、緑の四角は触った腕の位置を示している。イトマキヒトデは触られた腕の反対方向に多く進んだ。ヌメイトマキヒトデも触られた腕の反対方向に多く進んだ(図18)。ニホンクモヒトデも刺激した腕の反対方向に多く進んだ(図19)。



(図17)イトマキヒトデの刺激への反応

(4)実験2-3 盤への接触(物理的)刺激への反応調べ

腕に刺激を与えた結果をグラフに示した(図20)。赤丸は多孔板、黒三角は盤をピンセットでつまんだ位置を示す。どの盤に刺激を与えてもクモヒトデは多孔板の方向を前にして多く進んだ。

この結果から、盤を触っても移動方向に影響を与えないことがわかり、クモヒトデの実験で移動させ際に盤をつまんだ実験1-3-2(図20)盤への接触(物理的)刺激への反応-2の結果も信頼できると判断した。



(図20)盤への接触(物理的)刺激への反応

(5)実験1-2 移動方向のまとめ

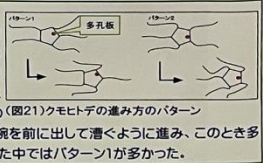
強い接触刺激を与えたときのみ、刺激の反対方向に多く進んだ(表2)。それ以外の場合は、多孔板の方向に多く移動した。

(表2)ヒトデ・クモヒトデが移動する方向のまとめ

実験1-1-3 接触刺激なし	実験1-2 接触刺激強い	実験2-3 腕への接触刺激
イトマキヒトデ	多孔板の方向に多く移動	刺激の反対方向に多く移動
ヌメイトマキヒトデ	多孔板の方向に多く移動	刺激の反対方向に多く移動
トゲモミガイ	多孔板の方向に多く移動	刺激の反対方向に多く移動
キヒトデ	多孔板の方向に多く移動	刺激の反対方向に多く移動
クモヒトデ	多孔板の方向に多く移動	刺激の反対方向に多く移動

(6)実験3 クモヒトデの進み方

クモヒトデの移動時の腕の使い方に2通りのパターンを確認した(図21)。図の赤丸は多孔板を示す。パターン1では3本の腕を前に出してその両端の腕で滑るように進み、多孔板は真ん中の腕の左右の(図21)クモヒトデの進み方/パターン2どちらかであった。パターン2では2本の腕を前に出して滑るように進み、このとき多孔板は2本の腕の真ん中にある。観察した中ではパターン1が多かった。



(6)考察・まとめ

今回実験に用いたヒトデやクモヒトデは、刺激を与えたときには刺激の反対方向に多く進んだ。ヒトデは腕を感じたときに、そのままの方向に行くことが報告(本川, 2001)されている。放射相称の体制の利点は体の向きを全方向にそのまま対応できることである。顔に向かうときや、敵に襲われたときなどの緊急時には、放射相称の体制を活かして素早くそのままの向きに移動していると考えられる。

これに対して、刺激の影響がないときには多孔板のある方向を前にして多く進んでおり、左右相称の特徴を示すことが明らかになった。

棘皮動物は左右相称の動物から派生した(脇田, 2022)とされている。ヒトデの幼生であるビリンナリア幼生は左右相称で、変態して成体は放射相称になる。昨年先輩たちが研究したウニのブルテウス幼生も左右相称で、変態して放射相称の成体となる。これら棘皮動物の成体の体制は、厳密には多孔板が一方にある不完全な放射相称であると言われている。今回、成体において、刺激の無いときの本質的な移動方向が多孔板を前にしていることが明らかになった。成体の外観は放射相称だが、本質的な体制は多孔板を前とした左右相称であると言わざるべきだと私たちは考えている。

ヒトデやクモヒトデの多孔板は、腕と腕の間にある。ヒトデは管足で動くので多孔板を前にして動くことは容易である。しかしクモヒトデは腕を使って移動する。パターン2では腕の間が前となるので多孔板を前に移動できるが、パターン1では3本使う腕のうち真ん中の腕が前となるので多孔板の位置が真正面からずれる。このパターン1が多く観察されている。クモヒトデがどのように補正して多孔板方向に進んでいるのか、今後の詳細な研究が必要だと考えている。

(7)引用・参考文献 本川達雄, 2001, ヒトデ学 / 佐波征雄, 2002, ヒトデガイドブック / 湯永興・内田あま・谷田英希子・古賀郁海, 2021, ウニの移動方向を決める要因には優先順位があった, 熊本生物 / 大野雄登, 2015, イトマキヒトデの腕数に関する研究 / 倉石立, 1995, イトマキヒトデ幼生の原領域の決定と分化に関する研究 / 藤田敏彦, 2022, ヒトデとクモヒトデの☆形動物 / 山川集平, 2020, 棘皮動物におけるブルテウス幼生の進化 / 脇田大輝, 2020, クモヒトデは触られた腕の二つ隣の腕の方向へ逃げる / 入村精一, 1974, 棘皮動物体ヒトデ類の概観 / 西村三郎, 1995, 日本海産動物図鑑 / 石川勝, 1996, 動物発生段階図鑑 / Kazuya Yoshimura・Tomoaki Iketani・Tatsuo Motokawa, 2018, Memory of direction of locomotion in sea urchins: effects of nerves on direction and activity of tube feet / Chengcheng Ji, 2012, Echinoderms Have Bilateral Tendencies

(8)謝辞 富本尚史さん(近畿大学)に研究の進め方のアドバイスをいただきました。藤田俊彦さん(国立科学博物館)に参考文献を紹介していただきました。本研究はリ・バネス「マリンチャレンジプログラム2022」に支援していただきました。感謝申し上げます。

(2)目的

多孔板が1方向にあり不完全な放射相称であるヒトデとクモヒトデの体制を明らかにする。

(3)仮説

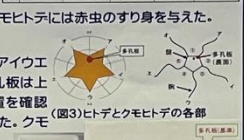
- (1) ヒトデとクモヒトデは刺激がないときには多孔板を前に進む。
- (2) ヒトデとクモヒトデは敵に襲われるなど刺激を受けると、接触刺激の反対方向に進む。

(4)研究方法

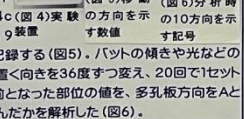
- (1) 研究期間：2022年4月~10月
- (2) 研究対象：天草市橋合島で採集したヒトデ綱のキヒトデ、トゲモミガイ、イトマキヒトデ、ヌメイトマキヒトデ、クモヒトデ綱のニホンクモヒトデの5種を用いた(表1)。人工海水で飼育し、ヒトデにはチクワ片、クモヒトデには赤虫のすり身を与えた。
- (3) 腕と盤に名前をつけて記録
- 記録のため腕に多孔板基準の時計回りにアイエオと名前を付けた(図3)。クモヒトデの多孔板は上からは見えないので、裏面の多孔板の位置を確認し、表の模様や腕の長さを目印に向きを見た。クモヒトデは腕にも①②③④⑤と名前を付けた。
- (4) 実験操作と解析手順(全体に共通)
- バットに深さ3cmまで人工海水を入れ、分度器代わりのシートを敷く(図4)。観察シートの中にヒトデまたはクモヒトデを置き、4c(図4)実験の方向を示す10方向を示すn進んだ時点で多孔板基準(0)の0.0~9.9装置の数値で移動した前になった体の部位を記録する(図5)。ヒトデの傾きや光などの影響を排除するため、ヒトデとクモヒトデを置く向きを36度ずつ変え、20回1セットとして実験を行った。解析時は、移動時に前になった部位の値を、多孔板方向をAとする10方向に分け、どの方向を前に多く進んだかを解析した(図6)。

(表1)実験に用いたヒトデ4種とクモヒトデ1種

種名	体長	体幅	体厚	体色	体形
イトマキヒトデ	12cm, 9cm	14cm, 13cm	2.5-3cm	茶色	丸型
ヌメイトマキヒトデ	12cm, 9cm	14cm, 13cm	2.5-3cm	茶色	丸型
トゲモミガイ	12cm, 9cm	14cm, 13cm	2.5-3cm	茶色	丸型
キヒトデ	12cm, 9cm	14cm, 13cm	2.5-3cm	茶色	丸型
クモヒトデ	12cm, 9cm	14cm, 13cm	2.5-3cm	茶色	丸型



(図3)ヒトデとクモヒトデの各部



(図4)実験の方向を示す10方向を示すn進んだ時点で

(5)実験1-1 ヒトデの無刺激時の移動方向調べ1(つまみ)

接触刺激を与えないようヒトデの腕を手でできるだけ軽くつまみ、シートの中心に置き、移動方向を見た(図7)。移動方向の記録後、再び手で軽くつまみシートの中心に戻すことを20回繰り返した。



(図7)ヒトデの移動

(6)接触刺激の影響をなしにする実験方法の検討

予備実験でヒトデの腕を刺激すると移動方向が変わることがあった。実験1-1では弱いながらも腕を触っている。このことから刺激の影響がない状態で実験するには腕をつまむ以外の実験方法が必要だと考えた。

先輩はウニをベイトボトルキャップの上に置いて接触刺激を消した。しかし、ヒトデは動きが活発で上手くいかなかった。そこで、腕をつまみフライ返しを使ってヒトデを移動させ、刺激がほとんどない状態で実験する方法を考えた。フライ返しはすべての管足に同時に触れるので、偏った刺激の影響がないと考えた。

(7)実験1-2 ヒトデの無刺激時の移動方向調べ2(フライ返し)

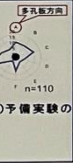
ヒトデを移動させる際はフライ返しを使い、腕に触れないようにして実験を行った(図8)。移動方向の記録後、再びフライ返しでシートの中心に戻し、20回繰り返した。



(図8)フライ返しでの移動

(8)クモヒトデの移動方向を調べる予備実験

予備実験を行い、ピンセットで盤をつまんで移動させたところ、移動方向はバラバラだった(図9)。クモヒトデは活発に動いたため、水槽から出すときに腕のどこかに触れてしまい、影響を受けたようだ。何度も実験すると、だいたいはばつが小さくなったので、しばらくバットに放置した後実験をすることにした。いろいろ試したが、1(図9)予備実験の5分間の放置で、ばつが小さくなった。以降の実験は、すべて海水を入れたバットに15分以上放置してから行った。



(図9)予備実験の結果

(9)実験1-3 クモヒトデの無刺激時の移動方向調べ

腕に刺激を与えないように、ピンセットで盤のみを軽くつまみ、シートの中心に置き、移動方向を見た(図10)。盤をつまむ位置は時計回りに順に変え、20回繰り返した。



(図10)クモヒトデは盤をピンセットでつまんだ

(10)実験2-1 ヒトデの接触(物理的)刺激への反応調べ

ヒトデの腕に強い刺激を与えたとき、シートの中心に置いた(図11)。移動後、同じ腕をつまんでシート中心に戻し20回繰り返した。



(図11)特定の腕を強くつまんだ

(11)実験2-2 クモヒトデ 腕への接触(物理的)刺激への反応調べ

腕への刺激の影響を調べた。手で特定の腕をつまみ水槽から出し、シートの中心に置いた(図12)。移動後は、再び同じ腕をつまみシートの中心に戻し、20回繰り返した。



(図12)特定の腕を強くつまんだ

(12)実験2-3 クモヒトデ 盤への接触(物理的)刺激への反応調べ

実験1-3で盤をつまんで移動させたので、盤への刺激の影響も確認した。1つの盤のみをピンセットで強くつまみ、移動方向を調べた(図13)。移動後は、再び同じ盤の位置をピンセットでつまみシートの中心に戻し、20回繰り返した。



(図13)特定の盤をつまんだ

(13)実験3 クモヒトデの進み方調べ

クモヒトデの動きに決まったパターンがあるように感じた。そこで何本の腕を移動に使うのか、どのように腕を使って移動するのか、クモヒトデの進み方を目視で観察した。