

放射相称であるウニ類の体に方向性があった

熊本県立済々黌高等学校 生物部 ウニ班

1年 満永爽太・内田あまん・谷田葵希子・古賀郁海 2年 陣内勇冨・宮川周策

1 要旨

五放射相称であるウニ類には体に進行方向を決める前後の方向性はないとされている。今回、移動時の体の向きを繰り返し記録して分析することにより、ウニ類の体に方向性があることを初めて明らかにした。特にムラサキウニについては、棘の短い方向に進むということを示した。

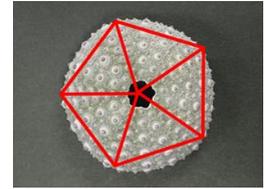


図1 ムラサキウニの骨格

2 緒論

生物の体制は左右対称が多いが棘皮動物は放射相称である(図1)。肛門と口を繋ぐ線を軸に放射状になっている。棘皮動物であるウニ類は五放射相称で、管足で移動する。水槽飼育中の動物の動きをタイムラプス撮影で観察する中で、移動するムラサキウニに前後の方向性があるように感じられた。

ウニ類は正形類と不正形類に大別でき、不正形類であるタコノマクラ目の体制は五放射相称を基盤とし、周口部と囀肛部を結ぶ線に沿って、前後の方向性がある(幸塚, 2007)。しかし、正形類であるムラサキウニなどには、進行方向を決める前後の方向性はないといわれている。私たちに、利き手、利き足があるようにウニ類にも”利き方向”があるのだろうか。五放射相称であるウニに興味を持ち、方向性があるかどうかを調べた。

3 目的 五放射相称であるウニ類の体に方向性があるか?

4 方法

(1)研究方法: ウニの体の方向性の有無を明らかにするために、ウニの移動に着目した。体のどの部分を前に移動しているか調べ、特定の部位を前にして動くならば、方向性があることになる。

(2)研究期間: 2020年6月~10月

(3)研究対象: 正形類の3種を用いた(図2)。

ムラサキウニ (*Heliocidaris crassispina*)

殻は完全な円、棘に長短がある。(31個体)

サンショウウニ (*Temnopleurus toreumaticus*)

殻は完全な円で、棘の長さも同じ。(7個体)

ツマジロナガウニ (*Echinomtra tsumajiro*)

殻は楕円形で、棘の長さは同じ。(3個体)

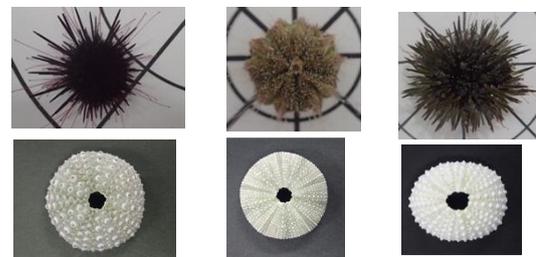


図2 ムラサキウニ サンショウウニ ツマジロナガウニ

天草漁業協同組合の許可を得て採集し、水槽で飼育した。餌は乾燥わかめを水で戻したものと、キャベツを与えた。飼育に用いた水槽は60cmサイズである。個体識別をするために、一部の個体はメッシュ容器に入れて水槽に入れた。実験には元気な個体を使った。

5 方法・結果

実験1「ムラサキウニの動き出し方向調べ」

●実験方法 ①実験場所: 照度 500~600lux の室内で実験した。

②実験装置: バットを水深3cmまで人工海水で満たした。ウニの移動方向を目視で記録するため、バットに方向を示した観察シートを敷いた(図3a)。

③ウニの体の基準点: ウニの形態、殻の長径・短径、棘長(最長の棘とその反対側の棘の長さ)等を記録した。ムラサキウニは棘の長さには差があるので、最長棘の付け根を「a」と記録した(図3b)。

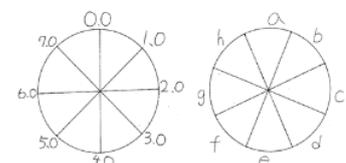


図3 a: 観察シート b: ウニの体の部位

④実験操作：ウニをシートの中心に静置した。物理的刺激や測定者の体温の影響を極力与えないように「お玉」ですくって移動させた（図4）。照度変化を避けるため測定者の影が実験装置にかからないようにした。

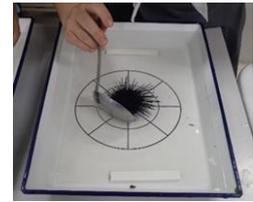


図4 ウニはお玉で移動させた

⑤記録：移動方向と、体の向きを記録した。静置したウニが移動前にその場で回転して向きを変えることがあるので、体の向きは、静置時と移動開始時



図5 向きを変え、1セット16回実験した

の両方を記録した。解析には移動開始時の体の向きを使用した。移動方向の記録は、殻長の4分の1以上の距離を移動した時点で行った。ウニの移動方向やその時の回転角度は、360度を0.0～7.9の数字として記録した（図3a）。

⑥実験セット：④～⑤の操作を、ウニを置く向きを45度ずつ変えて16回繰り返し1セットの実験とした（図5）。8つの向きを2回ずつ実験した。これにより、バットの中の微細な環境要素や、光の向きなどの影響を排除したデータを得ることができた。

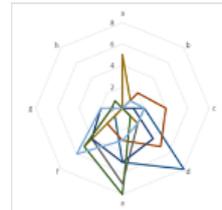


図6 同一個体の6セットの実験結果(個体番号13)

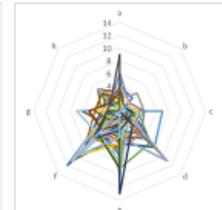


図7 全個体のデータを重ねた

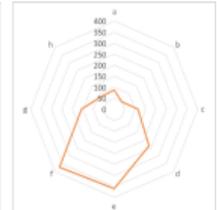


図8 全データを合計した

●結果 ムラサキウニで91セット1456回の実験を行った。a～hに進んだ回数をグラフ化し比較した（図6）。どの個体も棘の短いe方向に多く進んだ（図7）。全データを合計し比較しても同じ傾向だった（図8）。

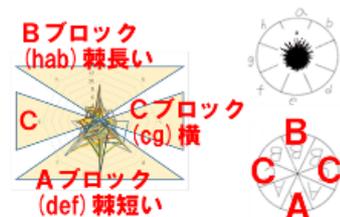
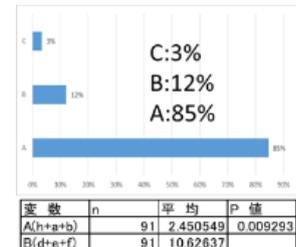


図9 ブロックごとの移動数を比較した。ブロックAとBでは移動数に有意な差があった。



棘の短い3方向defをAブロック、棘の長い3方向habをBブロック、横方向のcgをCブロックとして、ブロックごとの移動数を比較した。棘が短いAブロックを前に進んだのが66%、反対のBブロックを前に進んだのが15%、横向きCブロックに進んだのが18%だった（図9）。ブロックAとBで移動数の差の検定を行ったところ、 $P=0.009 < 0.05$ で有意な差があった。ムラサキウニは棘の短い方を前にして移動することが多いことが明らかになった。

実験2「照度による影響調べ」

実験1は照度500～600Luxの室内で行った。自然状態でも同じ結果になるかを確認するため、夜間を再現した暗室（0Lux：照度計の検出限界以下）と屋外（照度3000～12000Lux）で実験を行った。

●実験方法 ①暗室に実験装置を設置し、実験1と同じ操作を行った。

②屋外に実験装置を設置し実験1と同じ操作を行った。温度の急激な変化を避けるため、直射日光を避け、日陰で実験を行った。

●結果 暗室で17セット計272回の実験を行った（図10）。ブロックをごとに比較したところ、Aブロックを前に進んだ割合が55%、Bブロックを前に進んだ割合が23%、Cブロックを前に進んだ割合が22%だった（図11）。A・B両ブロック間で有意な差があった。暗室でも、棘が短い方を前に進んでいた。屋外では10セット計160回の実験を行った（図12）。ブロックごとに比較すると、Aブロックを前に進んだ割合が68%、Bブロックを前に進んだ割合が11%、Cブロックを前に進んだ割合が21%だった（図13）。屋外でも実験1と同様に、棘が短い方に進むことが多かった。照度が異なっても、棘の短い方に進んだ。照度による差はなかった。

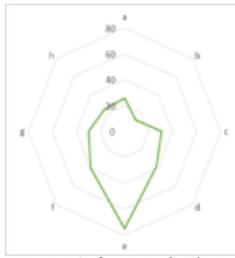


図 10 暗室での実験の合計データ

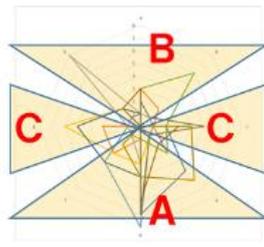


図 11 ブロックごとの移動数比較

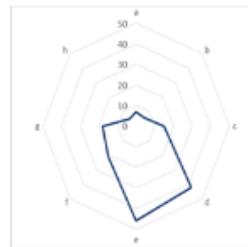


図 12 屋外での実験の合計データ

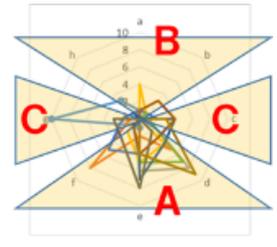


図 13 ブロックごとの移動数比較

実験 3 「連続移動時の体の向き調べ」

実験 1 では動き出しの方向を調べたが、実験 3 では連続して移動するときの体の向きを調べた。

●**実験方法** ①大型バット (70×55×水深 4 cm) にムラサキウニを入れ、真上からビデオカメラでタイムラプス撮影を行った (図 14)。

②タイムラプス映像からウニの位置・体の向き・時刻を記録した。他のウニや壁に接触したりした場合のデータは採用しなかった。

●**結果** 5 回、計 37 分間の移動を記録し解析した (図 15)。37 分間の体の向きを集計すると、短い棘の方向に進んだ時間が 84% だった。連続して移動するときも、棘の短い方向に進んでいた。



図 14 連続移動の記録装置

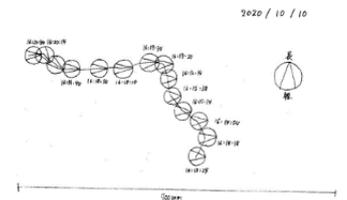


図 15 連続移動の記録例

実験 4 「棘の長さを均一にしたときの動き調べ」

ウニは管足で移動するが、棘が長いほうでは管足はよく見えない。もしかすると、棘が長いと管足の動きを阻害するので、棘の短いほうに移動するのかもしれないと考えた。そこで、棘の長さをそろえて、どの方向を前に移動するかを調べた。



図 16 棘の切断前→切断後

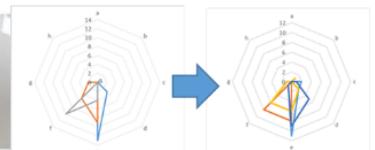


図 17 各実験グラフを重ねた

●**実験方法** ①ムラサキウニの棘をニッパーで切断し、10mm にそろえた (図 16)。ただし、方向の基準として最長の棘 1 本はそのまま残した。

②実験 1 と同様の操作を行った。

●**結果** 3 個体で実験した。切断直後と、1 時間後にそれぞれ 1 セットの実験を行った (図 17)。切断後の実験、5 セット 80 回の中で、A ブロック、つまり元々棘の短かった方を前に進んだのが 93% だった。ブロック A と B で差の検定を行ったところ $P < 0.001$ で、有意な差があった (図 18)。ウニは、棘を切断して棘の長さを同じにしても、もともと棘の短い方を前に進んだ。

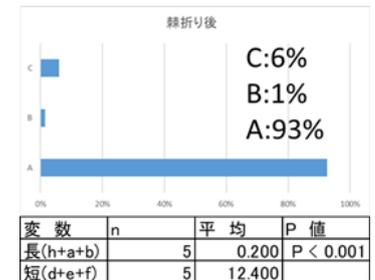


図 18 棘の切断後も、短かった方に進んだ



図 19 内部構造に方向性はなかった

実験 5 「ウニの内部構造の観察」

棘の長さを同じにしても、棘がもともと短い方に動いたので、内部構造に偏りがあるのではないかと考えた。

●**実験方法** 棘を切り落とし、殻をヤスリで切断して、内部を目視観察した (図 19)。

●**結果** 5 個体を解剖したが、内部構造に方向性は認められなかった。

実験 6 「他のウニの動き出し調べ」

ここまでの実験はムラサキウニで行った。他のウニはどうか、ツマジロナガウニ・サンショウウニで実験 1 と同様の実験を行った。

●**実験方法** ムラサキウニは棘の長さに差があったので、それを元に体の向きを記録したが、これらのウニは棘の長さに違いはない。そこで、体の模様で向きを記録した。体の模様を基準としたので、複数の個体のデータを合わせた解析はできない。そこで、個体ごとに解析した。

●**結果** ナガウニは、12セット192回の実験を行った。もっとも多くの実験（6セット）を行った個体番号1を解析した。「個体番号1」のよく進んだ方向をブロックA、その逆方向をブロックBとした。Aブロック64%、Bブロック16%であった。AブロックとBブロックで進んだ回数に差があるかを検定したところ $P=0.0065 < 0.05$ で有意な差が認められた（図20）。

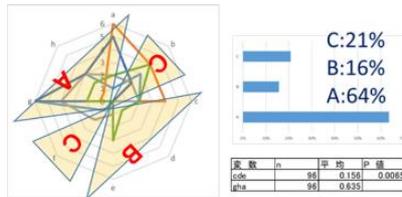


図20 ナガウニ「個体1」の移動方向に偏りがあった

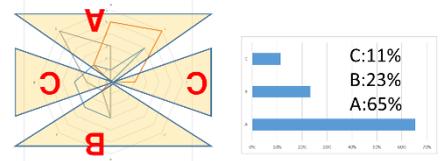


図21 サンショウウニ「個体6」の移動方向に偏りがあった

棘の長さに差がないナガウニも、特定の方向に進んでいることがわかった。

サンショウウニは11セット176回の実験を行った。個体番号6を解析した（図21）。Aブロック65% Bブロック23%であった。棘の長さに差がなく、殻に方向性のないサンショウウニにも、決まった方向に進む方向性があった。

実験7「野外での観察」

上天草市樋合島の海岸で生息状況を観察した。干潮時、ムラサキウニは岩の下や隙間に潜んで、棘の長い方を表に向けていた。サンショウウニは岩の裏に多かった。



6 考察

棘の長さに差があり、外見に方向性のあるムラサキウニは、棘の短い方向に進んだ。棘の短い方向に進んだことから、棘がウニの移動の方向性を決めていていると思ったが、棘を切断しても移動の方向性は変わらなかった。棘は管足の運動を妨げず、移動方向に影響を及ぼさないようである。また、棘の長さに差がないサンショウウニやツマジロナガウニにおいても、移動に方向性があった。今回の研究で、進行方向を決める前後の方向性がない「放射相称」とされるウニ類に方向性があることを、初めて明らかにすることができた。

方向性を決める要因として、解剖して観察した内部構造に特徴は認められなかった。成体が放射相称であるウニは、プルテウス幼生時は左右相称である。変態して成体になるとき、プルテウス幼生の体の偏った位置にウニ原基ができて成体になる。このような過程で、何らかの方向性が生じているのかもしれないが、今回その要因について明らかにすることはできなかった。また、ムラサキウニは棘の短い方に進むことを明らかにしたが、棘の長さが方向性を決めていているのか、本来の方向性に従って棘の長さが決まっているのかもわからなかった。今後、研究を続けて明らかにしたい。

7 参考文献

- ・ 幸塚久典, 2007, 壱岐島後における浅海産不定形ウニ類
- ・ 本川達夫, 2009, ウニ学
- ・ 田中颯ら, 2019, ウニハンドブック
- ・ 高谷義幸, 2014, ウニ類の行動を観察するための新しい実験装置
- ・ 伊藤敏晃ら, 1995, ウニの付着基質の違いによる移動特性および水平・鉛直壁面に対する行動
- ・ 大島泰雄ら, 1957, ムラサキウニとバフンウニの食性