

## ゾウリムシの機械刺激に対する行動反応：刺激の違いと行動反応の関係

坪川 淳俊（筑波大学 生物学類）

指導教員：大網 一則（筑波大学 生命環境系）

## 【背景・目的】

生物は、外界の様々な環境情報を適切に判断して生きている。生存に有利な動物の動きは行動と呼ばれ、環境情報である刺激の受容、刺激情報の伝導、伝達、統合、更に、効果器活性の適切な制御がすべてなされて、はじめて可能となる。

ゾウリムシは繊毛を打つことにより、水中を活発に遊泳する単細胞生物である。ゾウリムシは様々な外界の刺激に対する反応性を持ち、行動反応を示す。例えば、遊泳中に物理的な障害物に遭遇すると、ゾウリムシは、障害物に衝突した後に、これを避けて遊泳することが可能である。これは、衝突による機械的な刺激をゾウリムシが受容し、その結果、回避行動と呼ばれる行動反応を示したためである。これまでに、回避行動は、(1)体表全体の繊毛の有効打の方向が逆転することによる後退遊泳、(2) 続いておこる、細胞の回転による方向転換 (3)そして、元の進行方向とは異なる方向への前進遊泳、の3段階からなるとされている。私は、実際にゾウリムシの行動を観察してみると、障害物に衝突しても、文献に見られる様な回避反応を示していないゾウリムシが非常に多いことに気づいた。これは、ゾウリムシ集団にとって、画一的な行動反応を示すよりも、多様な行動様式を用意することが、個体群としての生存に有利なためではないかと考えた。即ち、行動反応の多様性は、単純な体制のゾウリムシの生存にとって、重要な性質であるとも考えられる。このような背景から、私は、ゾウリムシの機械刺激に対する行動反応を詳細に見直し、それら行動反応と、刺激の質の関係を明らかにすることを目的とする実験を行おうと考えた。この実験では、観察用のチェンバーを作製し、その内壁面に衝突するゾウリムシを観察し、衝突の角度や速度によって衝突に対する行動反応がどのように変化するか調べた。

## 【方法】

ゾウリムシ (*Paramecium caudatum*) は麦わらの抽出液を用いて 20°C で培養した。培養したゾウリムシは標準溶液 (1 mM KCl, 1 mM CaCl<sub>2</sub>, 1 mM Tris - HCl, pH7.4) で4回洗い、30分以上順応させた後、実験に用いた。

ゾウリムシの遊泳行動はスライドガラスを用いて作成した 26 mm, 12 mm, 1.2 mm の液槽からなる観察用チェンバーで観察した。この液槽の上下左右奥はスライドガラスで密閉されるようにしてあり、ゾウリムシの出し入れを行う解放端は一カ所になるようにした。この観察用チェンバーに小さいピペットを用いてゾウリムシを移し入れた。チェンバー内のゾウリムシの遊泳は実体顕微鏡下でビデオカメラをもちいて記録し、解析した。ゾウリムシがチェンバーの特定の内壁に衝突する際の行動に特に着目した。

## 【結果】

はじめに、チェンバー内のゾウリムシの遊泳速度の変化を時間に対して測定した。標準溶液に順応させた後、チェンバーに移さ

れたゾウリムシは 1.5 mm/s ほどの速度で遊泳していた。チェンバー内での遊泳速度は、10分間の測定中、大きくは変化しなかった。

次に、チェンバー内の側壁に衝突したゾウリムシの行動反応について調べた。前述したようにゾウリムシの行動反応は画一的ではないために、はじめにどの程度多様な行動反応が生じるかを観察した。今回の実験から、壁に衝突したゾウリムシの示す行動反応は、大きく分けて、4つのパターンに類型化された。ひとつは、これまでに回避反応として記述されている典型的な行動反応であり、後退遊泳とそれに続く頭部の回転、更に、前進遊泳の再開というものである。これを反応 I とよぶ事にする。反応 I を示すゾウリムシの割合は衝突した個体の 1/4 程であった。反応 I 以外の行動でこれよりも多く見られたのは、壁に衝突したあとに、後退遊泳を伴わずに別の方向に直線的に泳ぎ去るもので、ここで反応 II とよぶ事にする。反応 II はおよそ半数の個体で見られた。これとは別に、衝突後に壁に沿って遊泳する行動も観察され、これを反応 III と呼び、およそ 2 割弱の個体で見られた。これ以外の行動反応も見られたが、出現頻度が低いいため、今回の測定ではその他の行動 (反応 IV) として取りまとめて扱うこととする。

ここで、それぞれのパターンに対応する行動がどのくらいの割合であらわれたかを、実験開始からの時間をおって調べた。実験開始当初は、パターン II の割合が最も多く、それについて、III、I の順であった。実験開始からの時間とともに、II は徐々に減少し、I、III は若干増加する傾向をみせた。

次に、物理的障害物である側壁への衝突の仕方と行動パターン間に相関があるかどうかを調べた。衝突時のゾウリムシの壁に対する角度について調べると (垂直に衝突した時を 90 度とする)、角度が 90 度に近い程、I が多く、ついで、II、III の順であった。衝突の速度について着目すると、速度が高い時には II が多く、速度が低くなると、II よりも I と III が多くなった。

## 【考察】

壁面への衝突は、ゾウリムシ細胞に対し機械的な変形、即ち、機械刺激を与えると考えられる。機械刺激の強さは、衝突の角度と速度により決まると考えられる。今回の実験から、速度に関して最も強い刺激時には II が多かったが、角度に関して最も強い刺激時 (90 度に近い時) には I が多い結果となった。これは、ゾウリムシの行動が、単に、刺激の強度だけで決まっている訳ではないことを示しており、興味深い。今後、更に精密な解析を進め、刺激の質と行動反応の関係を調べる所存である。