

2D18 強磁場に影響されるゾウリムシの泳動とその磁場強度依存性

(広島大院理) ○藤原好恒, 富重昌彦, 伊藤泰宏, 細谷浩史, 小阪敏和, 谷本能文

【序】生体に対する磁場の影響が度々とりざたされる昨今において、我々の研究グループではこれまでに、単純な単細胞であり体内に葉緑体をもっているミドリムシ (*Euglena gracilis*) や共生藻のクロレラを共生させているミドリゾウリムシ (*Paramecium bursaria*) を研究対象に、8T (テスラ) の強磁場の影響を調べてきた。その結果、ミドリムシの場合は生体内にマグネタイトのようなものを持たないのにもかかわらず、磁場の強い方向へ集まる正の走磁性を持つこと、それから磁力線方向に対し垂直に泳動するという2つの重要な強磁場の影響が観測された。そしてこれらの影響は、生体を構成する組織の磁気配向と不均一な磁気力に原因があると考えられた。¹⁾一方、ミドリゾウリムシでは磁力線方向に対し平行に泳動する影響が観測され、共生藻との関連が示唆された。²⁾これらの結果を踏まえ、今回はこのような磁場の影響の普遍性を明確にすることとそのメカニズムの解明の糸口を探すことを目的に、鞭毛を持つミドリムシとは異なり繊毛を体表面に持ち、しかし体内には共生藻を持たないゾウリムシ (*Paramecium caudatum*) の泳動に対する強磁場の影響を調べた。低磁場の影響に関してはすでに中岡らによる 0.68T の実験報告があり、特殊な実験条件下でゾウリムシは磁力線方向に対して垂直に泳動する。³⁾

【実験】原生動物繊毛虫であるゾウリムシは体長 0.2~0.3mm, 幅 0.1mm のおおよそ楕円型をしており、体表面にびっしり生えた繊毛を使って非常に速い速度で泳動する単細胞生物である。肉眼でも観察が可能である。その懸濁液を入れたガラス容器を、床に対して垂直なボアをもち最大 15T の垂直磁場を発生する縦型超伝導磁石、或いは水平なボアを持ち最大 8T の水平磁場を発生する横型超伝導磁石内に静置した。泳動の様子はマイクروسコープに取り付けた CCD カメラを使って拡大して観察し、ビデオに録画した。また、実験開始はゾウリムシのサーカディアンリズムを考慮して、毎回同じ時間帯から行った。実験温度も 25 度に固定して行った。

【結果と考察】図 1 は縦型超伝導磁石を使用して各磁場強度 (0, 10.7, 15T) において録画した動

画ビデオのスナップショットである。磁力線は図の縦方向に通っていて、この縦型磁石の場合それは重力方向と平行である。黒い点 1 つが 1 匹のゾウリムシを表し、またその形の長軸方向がゾウリムシの泳動方向を指し示している。したがって、動画においてこの画面の上方向に泳動した場合、

磁力線
の方向

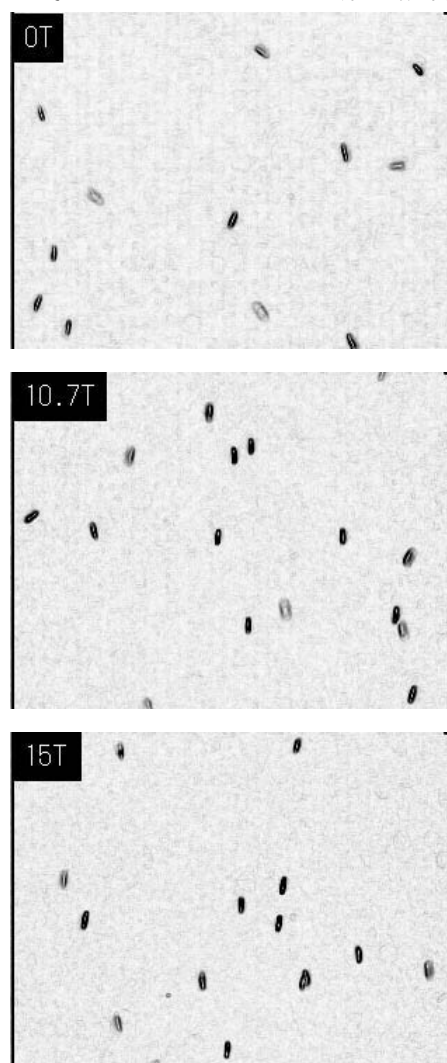


図1 縦型超伝導磁石内 (垂直磁場) における各磁場 (上から 0, 10.7, 15T) 下でのゾウリムシの泳動のスナップショット。

それはゾウリムシが重力に逆らって容器内を上ったことを意味する。このスナップショットから見て取れるように、0Tでの泳動方向は幾分鉛直方向に泳ぐ傾向が見られたものの、磁場下における泳動の様子と比較すれば明らかにランダムといえた。ところが10.7Tや15Tでは、磁石内に静置した直後からほとんどすべての細胞の泳動方向が図の縦方向（鉛直方向）になるのが観測された（この方向は中岡らの結果とは90度異なる）。しかし、磁石から取り出すと即座に泳動方向はランダムとなった。したがってこの泳動方向が鉛直方向に制限される現象は磁場存在下においてのみ見られる現象であるといえる。さらにこれら磁場下においては、それが現れるまでにはある程度の時間を要するものの泳動速度の減速も観測された。ところが、この減速は前述の泳動方向が鉛直になる現象とは異なり、磁石から取り出しても長時間にわたり継続して観測された。

ところでこの縦型磁石を用いた垂直磁場の実験では、重力の影響を無視できない。そこで、比較のために横型超伝導磁石を用いた水平磁場での実験も行った。この場合、床と水平のボア内に静置した試料容器を上から見下ろすように観察するので、その動画を2次元解析する限りにおいては重力の影響を考慮せずにすむ。結果は、縦型磁石の場合と同様に0Tでは明らかに泳動方向はランダムであり、また、8Tの水平磁場下では磁力線方向と平行に泳動した。磁石から取り出した場合、泳動方向は即座にランダムに戻ることと、なかなか元に戻らない泳動速度の減速も同じ様に確認された。ところがこの水平磁場下での実験では新たな実験事実が見つかった。それは1T近辺の比較的低磁場においては、泳動方向が磁力線方向と垂直になる現象である。磁力線方向に対して1T近辺では垂直に、8Tでは平行に泳動した。つまりゾウリムシには、強磁場下の泳動方向に磁場強度依存性があることが新規に判明した。図2に垂直に泳動するのに対する平行に泳動する割合の比を、各磁場強度ごとに求めたグラフを示す。0Tではランダム泳動のためその比は1であるが、1Tではかなり小さくなって垂直に泳動する割合が高いことを示している。しかし磁場強度の増加に伴いその値は増加傾向を示し、8Tでは7倍近くの値となって磁力線に対して平行に泳動する割合が大きく増大していることがわかる。この1T近辺での結果は中岡らによる結果と

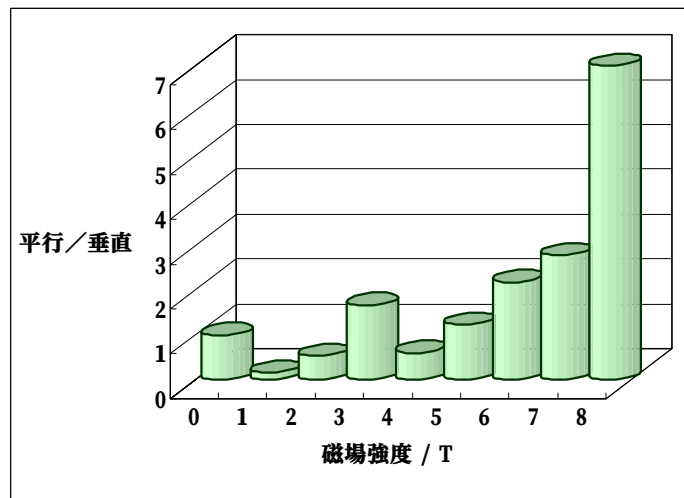


図2 横型超伝導磁石内（水平磁場）における各磁場でのゾウリムシの泳動方向の比（＝磁力線方向と平行に泳動する細胞数／垂直に泳動する細胞数）。

一致するが、彼らがその原因とした内包器官であるトリコシストの磁気配向では今回の磁場強度依存性は説明ができない。因みに垂直磁場下におけるこのような磁場強度依存性は現時点では不明瞭である。おそらく重力の影響を考慮する必要があると思われる。発表では可能性のあるメカニズムについても触れたい。

【参考文献】 1) 谷本 等, 環境科学会誌, 13, 61 (2000).

2) Y. Fujiwara, et al., *Jpn. J. Protozool.*, **35**, 75 (2002).

3) Y. Nakaoka et al., *Bioelectromagnetics*, **23**, 607 (2002).