

永久磁石反発型1軸制御磁気軸受の構成

著者	山田 外史, 大路 貴久, 宮本 貴之, 松村 文夫
雑誌名	日本AEM学会誌
巻	4
号	1
ページ	40-45
発行年	1996-03-10
URL	http://hdl.handle.net/2297/11797

原著論文

交流磁界が線虫の発生・行動に及ぼす影響について

Studies on Influences of High AC Magnetic Field on Development and Behavior of the Nematode

非 橋口 敬 (金沢大学工学部) 非 津山 和信 (金沢大学工学部)
 正 山田 外史 (金沢大学工学部) 正 別所 一夫 (金沢大学工学部)
 非 細野 隆次 (金沢大学医学部)

Takashi HASHIGUCHI, Kazunobu TSUYAMA, Sotoshi YAMADA, Kazuo BESSHO,
 Faculty of Technology, Kanazawa University
 Ryuji HOSONO
 School of Medicine, Kanazawa University

Recent advances in high technological equipments such as MRI equipments and superconducting devices have given rise to a new environment where we are exposed to high ac magnetic fields. The influences of ac magnetic fields on human functions, however, have not yet been fully examined, hence it becomes important to establish the safety level for human body of high ac magnetic field. On this study, we have investigated the influences of ac magnetic fields on the development and behavior of the nematode, *Caenorhabditis elegans*, as one of the fundamental biological experiments. And we use the multilayer eddy-current type high ac magnetic field generator as a magnetic field source. As the experiment, the nematode has been exposed to high ac magnetic field about 1.2T at 60Hz during 10 minutes every 3 hours from hatching to the start of egg laying. As a result, we have observed that a high ac magnetic field causes the decrease of 9% in brood size and the delay in the start of egg laying. Hence we have confirmed the delay of growth. Moreover, the abnormal behaviors such as disruptive reversals and backward movement were also observed. The exposed nematode of 49 percent shows these abnormal behaviors. These results suggest that high ac magnetic field may influence the nerves system and the muscular system of the nematode.

Key Words: High ac magnetic field, Biomagnetics, Nematode,
 Brood size, Growth, Behaviors

1. 緒論

近年、磁気と生体との関連が新たな環境問題として持ち上がってきた。その背景にはMRIのような強磁界を利用した機器が我々の身近に台頭してきたことが挙げられる。特に商用周波数帯の交流磁界による生体への影響については興味あるデータもいくつか報告されており、一般にも関心が高まってきている[1]。我々は独自の原理より開発した交流強磁場発生装置により数テスラ程度の低周波磁界を発生させ、線虫をこの磁界に曝したときの影響について調べた[2]。本稿では発生・行動からみた変化について報告する。

2. 線虫 *C.elegans* および実験装置

本実験に使用した線虫 *C.elegans* (Fig.1) は、世界中のどこにでも見られる最も一般的な土壌線虫である。今回用いたのは通称N2と呼ばれている野生株であり、世界中の研究室で使用されている。

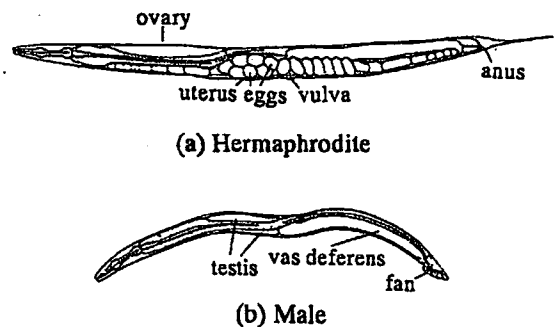


Fig.1 *Caenorhabditis elegans*

成虫で体長約1mm、体幅約0.1mmで孵化後48時間には産卵を開始する。寿命は約2週間と短く、当研究室では寒天培地上で大腸菌を餌として20°Cの恒温槽で飼育している。

実験装置内部の拡大図をFig.2に示す。交流磁界はホール部分中央部に収束され、垂直方向に印加される。実験空間内部の磁束の減少率は、軸方向ではホール中心部から上下10mmの位置で3%未満、

半径方向ではホール中心から半径10mmで5%未満であり、線虫の置かれる直径20mmのプレートにはほぼ均一な交流磁界が照射される。また、装置の発熱から実験空間を守るために冷却水を循環させ、温度を常に $20 \pm (0.5)^\circ\text{C}$ に保っている。

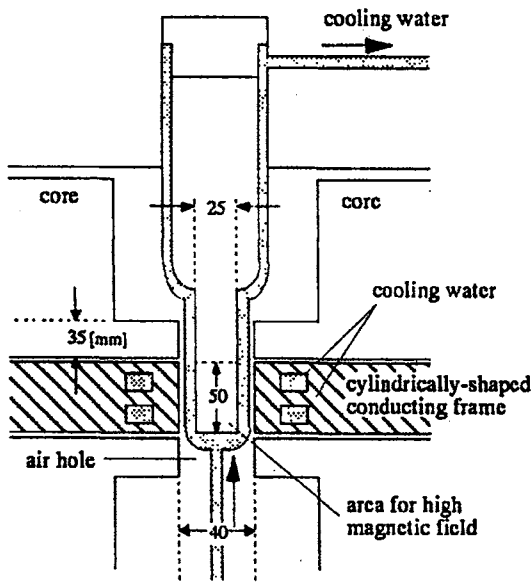


Fig.2 A cross section of an high AC magnetic field generator

3. 発生に及ぼす影響

線虫を用いた実験はFig.3のスケジュールに従って行った。まず最初にsynchronizationという作業により線虫の世代を揃える。2時間の間に孵化した線虫を用い、産卵開始直前までの48時間、3時間おきに60Hz,1.2Tの交流磁界に10分間ずつ計170分間曝す。その中から20頭を任意に抽出し、それぞれの子供の数について調べた。なお、磁界に曝したもの(case)に対し、その対照として同じ条件で育てた磁界をかけないグループ(control)においても同様に実験を行った。

任意に抽出された線虫は1頭ずつ観察用プレートに移され、さらに12時間毎に新しいプレートに移し換えていく。従って1頭の親虫は計6枚のプレートに卵を産み落とすことになる。Fig.4は孵化後の各時間に対してそれまでに産み落とされた子供の数をcontrol、caseそれぞれ平均値と標準偏差で表してある。結果については、現在臨床医学の分野で一般的に使われている有意差検定(ウエルチの検定)にて、controlとcaseの2群間の母平均の差の検定を行い、 $P < 0.05$ (有意水準5%)のとき有意差が認めら

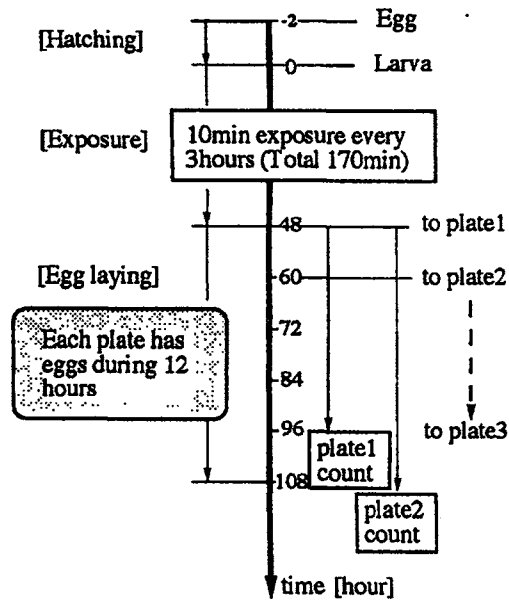


Fig.3 Time schedule 1

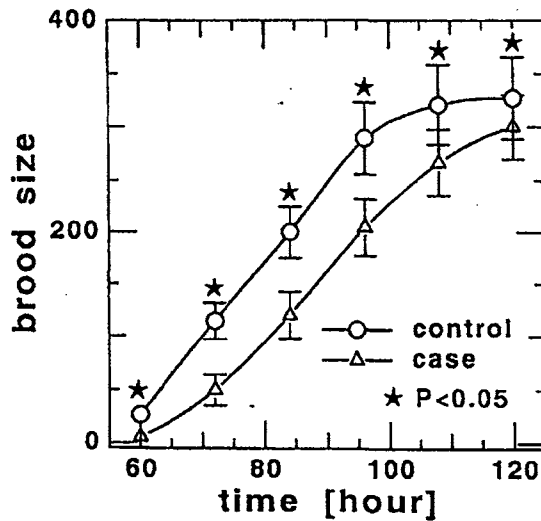


Fig.4 Comparisons of brood size

れると判断しデータ上に★を記した。図より孵化後60時間までにcontrolで平均26.8頭の子供が生まれているのに対し、caseでは平均5.9頭しか確認されていない。図全体を見ても両者の間には明らかなずれが生じており、磁界をかけることにより産卵を遅らせる効果があるのではないかと考えられる。Fig.5は孵化後50時間の線虫の体内を観察した時の、受精卵の有無について調べたものである。controlは35頭、caseは47頭の線虫について観察した。controlではその内31頭(88.6%)で受精卵が確認され、卵割が進んでいるものもかなり見られた。caseでは22頭(46.8%)で受精卵が確認されたが、controlに比べるとその保有数は少なかった。この受精卵の形

成状況の遅れが、caseがcontrolに比べ産卵が遅れることの原因の一つであると考えられる[3]。

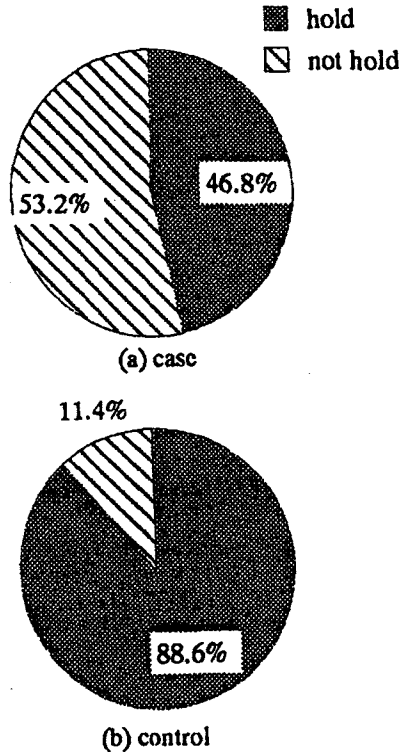


Fig.5 Possessive condition of fertilized eggs on 50 hours after hatching

4. 行動に及ぼす影響

synchronizationにより世代を揃え、孵化後72~100時間あたりの最も運動が活発な期間にあるN2を用いて実験を行う。Fig.6がそのスケジュールである。動きの良い虫を1匹選び出し、観察用プレートに移し換え、10分の安静期間をおいた後、磁界照射直前の行動としてVTRに3分間録画する。その後60Hz,1.2Tの磁界を5分間照射し、直後の行動を録画した。また回復力について観るために10匹について照射10分後にも観察を行った。なお比較として、磁界をかけないで全く同じ作業を21匹について行ない、同様の観察を行なった。

本実験において磁界以外の刺激を与えないように特に温度の管理は厳密に行い、プレート内は密閉を保っている。

上記の手順に従い41頭について行動の軌跡をVTRに記録し、90秒間の行動をデジタイザによりプロットした。Fig.7にその結果を示す。これより磁界照射前後の行動パターンは次の3種類に分類で

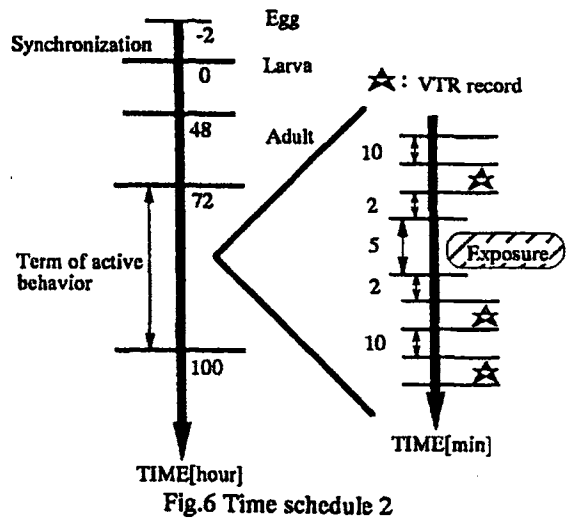
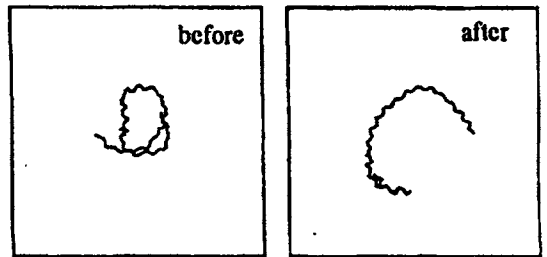
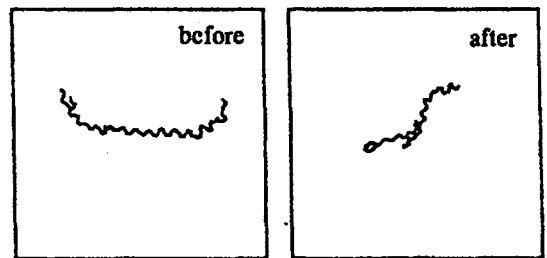


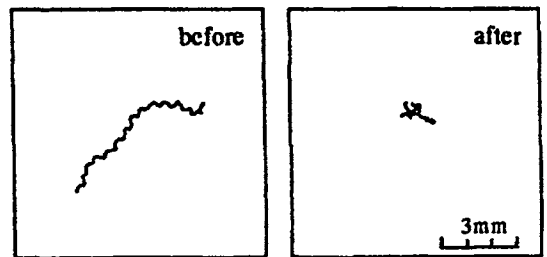
Fig.6 Time schedule 2



(a) Case 1



(b) Case 2



(c) Case 3

Fig.7 Behavioral patterns (during 90s)

きた。

Case 1. 磁界照射前後でほとんど変化がみられないもの。

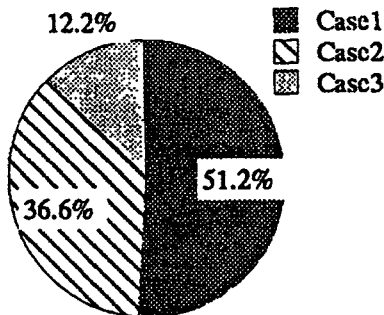
Case 2. 運動量(移動距離)は変わらないが、不規則な逆行や方向転換が所々で観察され、行動範囲が狭くなるもの。

Case3. 運動量が少なく行動範囲が非常に狭いもの。

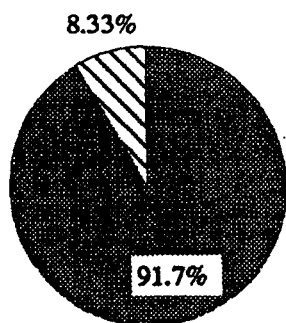
Case 1,2,3それぞれの割合はFig.8(a)の通りで、Case2,3のように通常では観察されないような運動は全体の49%で確認された。Fig.8(b)は、磁界をかけないグループについての割合である。磁界をかけたものに比べるとCase2,3の割合は非常に少なくなっている。

さらに、回復力を見るためにCase2,3の中の10頭について10分後に再度観察を行ったところ、2頭は回復したが8頭については同様な行動を見せた。

Fig.9はそれぞれの場合における瞬時速度であり、Fig.7に対応する。負は後退を表している。Case1は前後でほとんど変化がないが、Case2,Case3では、磁界照射後の速度の幅が大きくなり、後退運動も頻繁に見られるようになってきている。以上のような結果から、磁界照射が線虫の行動を司る神経、筋肉などへ影響を及ぼすのではないかと考えられる。



(a) case

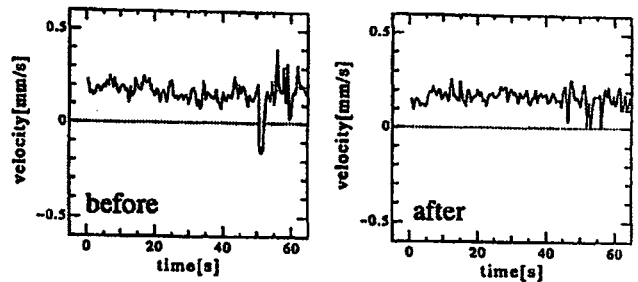


(b) control

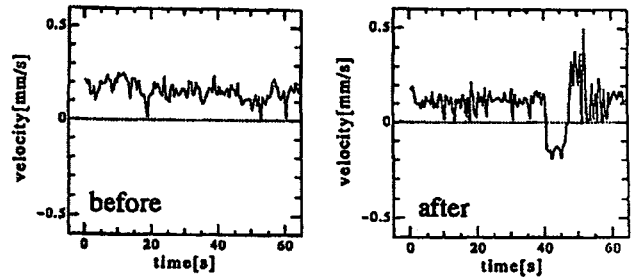
Fig.8 Ratio of behavioral patterns

5. まとめ

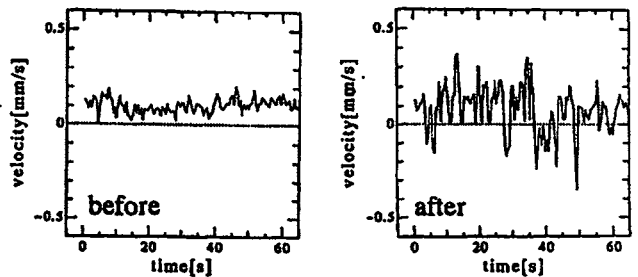
本稿では交流磁界が線虫 *C.elegans* に与える影響について、発生と行動という点に着目し実験を行ない、以下の結果を得た。発生においては、磁界に曝したもので産卵数の減少と産卵開始時間の遅れが確認された。行動については、磁界照射後の



(a) Case1



(b) Case2



(c) Case3

Fig.9 Transition of the behavioral speed

運動に約半数の虫で通常観られない動きが観察された。今後は磁界の大きさ、周波数の依存性を調べ、さらにこれらの影響が短期的なものか、世代間にわたるものなのか検討していく予定である。

この研究の一部は、北陸電力(株)との共同研究によったことを付記する。

(1993年3月15日受付)

参考文献

- [1] たとえば K.Fitzgerald, I.Nair, G.Morgan : "Electromagnetic fields:jury's still out", IEEE SPECTRUM, AUGUST, (1990) pp.22-35
- [2] 別所, 占田, 林岸, 今村, 高嶋 : "電気学会マグネティックス研究会資料", MAG-90-32, (1990)
- [3] 中村, 山田, 別所 : "第16回日本応用磁気学会学術講演概要集", 10pD-5, (1992-11)