

モーションキャプチャによる ミジンコの光走性の解析

藤井 清崇 , 中島 祐貴

Kiyotaka FUJII and Yuuki NAKAJIMA

名古屋文理大学 情報文化学部 情報文化学科 はせがわ研究室
HASEGAWA Laboratory, Department of Information Culture, Nagoya Bunri University

2008年1月31日 提出

要旨

ミジンコを入れた水槽を2台のビデオカメラで同時撮影し、3次元モーションキャプチャによって、移動運動の様子をデジタル動画像解析した。3次元的に解析した結果、長い時間間隔で見た場合は、ミジンコが明るい方から暗い方に移動する「負の光走性」が見られるが、一方向に移動するのではなく、光の方向とは無関係な長周期運動や、短い時間間隔で見た場合には、停滞・逆戻りなどの運動も見られた。

1. はじめに

ミジンコは光の外部刺激に対する反応¹⁾として「負の光走性(走光性)」を示す²⁾³⁾ことが知られている。これまでの研究²⁾³⁾は、1台のビデオカメラでミジンコの入った水槽を撮影し、動画像からミジンコを点とみなした2次元の位置座標の時系列を抽出してミジ

ンコの移動運動を調べたものである。

本研究では、2台のビデオカメラを使ってミジンコの水槽を2方向から同時撮影し、モーションキャプチャ技術を使って、2つの動画像からX軸、Y軸、Z軸の3次元座標上でミジンコの動きを調べる。この方法によって、1方向からの光刺激に対するミジンコの運動

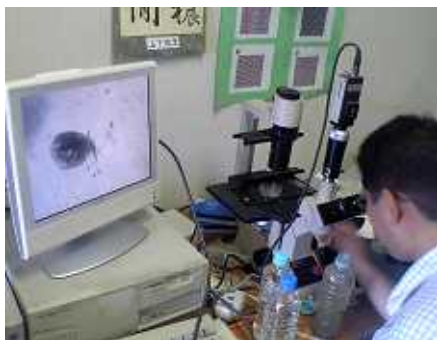
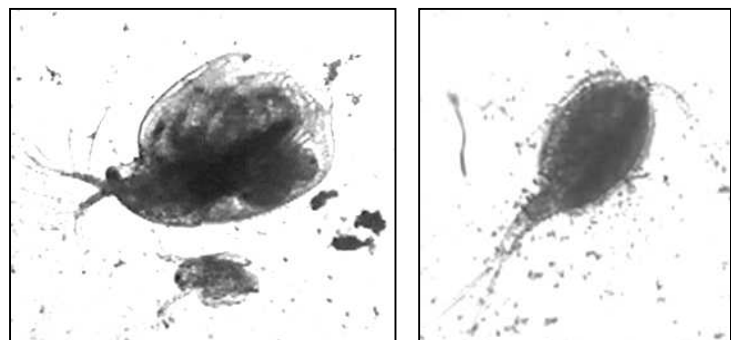


図1 ビデオ顕微鏡観察



(a)ミジンコ(ダフニア)とその幼生 (b)ケンミジンコ(キクロプス)

図2 観察したミジンコ

を3次元的に捉えることを目的とする。

実験に先立ち、まずミジンコを手に入れる事から始めた。刈り入れ後の乾いた水田の土を採取して水に入れ、ビデオ顕微鏡観察^{4) 5)}をしながらミジンコを探した(図1)。その過程で、ダフニアと呼ばれるミジンコ(図2a)が何匹もの幼生を順に生み出す瞬間を捉えることが出来た(図2a)。その後、別に採取した水田の土からはケンミジンコやカイミジンコも見られた。実験にはケンミジンコのキクロプスと呼ばれるミジンコ(図2b)を使った。今回の実験のためにケンミジンコの数を増やすのに約2ヶ月を要した。

2. 実験の方法

実験に用いた道具は以下の通りである。

- ・ ミジンコ(ケンミジンコ)
- ・ 水槽(底面縦110横218高さ114mm)
- ・ LEDライト(スタンドで固定)
- ・ ビデオカメラ2台
- ・ 温度計
- ・ 解析用パソコン(WindowsXP)
- ・ モーションキャプチャーソフト(株エル・イー・ビー、PV STUDIO 2.2)

実験には、刈り入れ後の乾いた水田の土を少量採取して、生育条件を整えた水槽で卵からかえし、育てたケンミジンコ(図2b)を使用した。ミジンコを、実験用水槽(図3)の中に5匹入れて、水温を約20に保ち、暗幕を張った部屋の照明を落とし、暗闇にして5分程放置(案順応)した後、LEDライトを一方向から照射して、水槽の様子を2台のカメラで3分間同時撮影(図4)した。

撮影した2つの映像をパソコンに取り込んで、正確に時間軸を合わせ(同期)モーションキャプチャーソフトでミジンコの動きを追跡する。2つの映像の水面と水槽の底の8つの頂点(図5)を3次元座標(図6)の方向とスケールのキャリブレーションに利用し、ミジンコの位置に設置したマーカーを設置し、

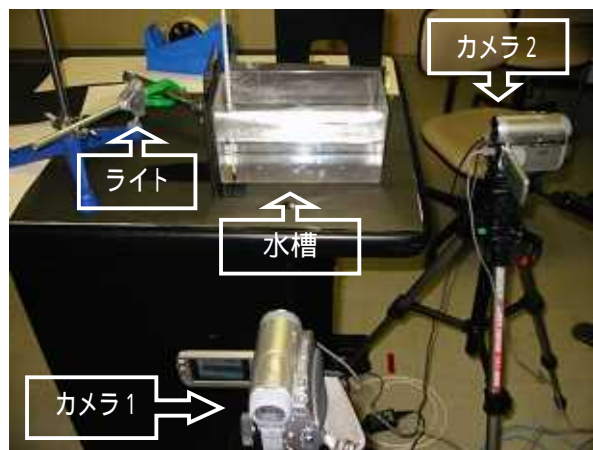


図3 撮影装置



図4 撮影中の様子

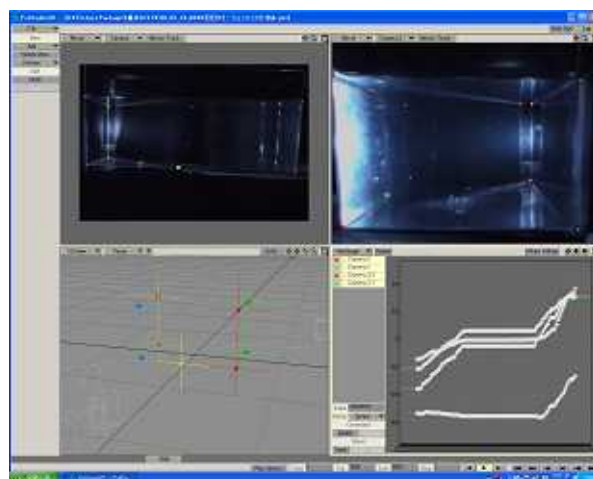


図5 モーションキャプチャ画面

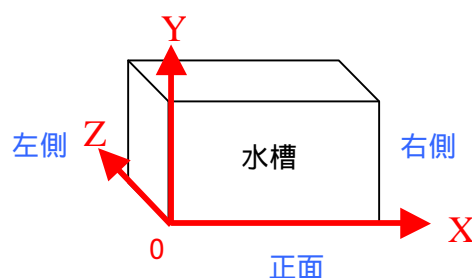


図6 水槽と3次元座標系

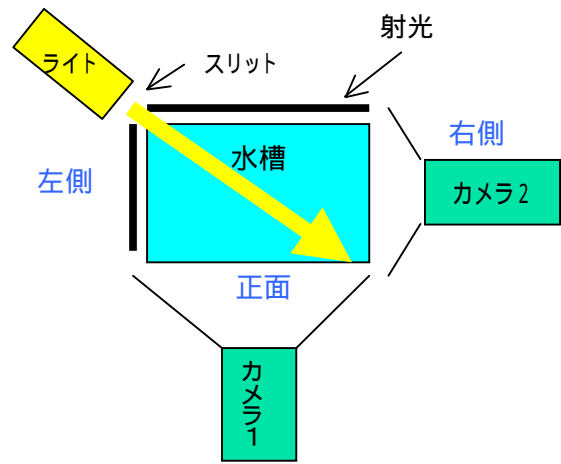
PV STUDIO (図5) のモーショントラックモードでミジンコの動きを追跡していく。このモードでは、PV STUDIO の自動ターゲット追跡機能が働くが、本件のようにコントラストが低く明暗の勾配やノイズのある実験映像では、正確な追跡が困難なので、しばしば手動で位置の修正を要した。1 フレームごとに映像を進め、眼で見てずれがある場合は自動追跡結果のマーカをミジンコの正確な位置へマウス操作で動かした。ミジンコの動きが確認できた所からモーショントラックを始めミジンコの動きが確認できなくなる所でモーショントラックを終了した(図5)

実験では、まず、図7aのように、カメラ1を水槽に対して正面、カメラ2を水槽に対して横として撮影した。この方法では、カメラ1の映像がXY平面、カメラ2の映像がZY平面に相当するため解析結果とビデオ映像の比較が容易である。ただし、左側から光を照射するとカメラ2の撮影が困難となり、斜め後ろから照射せざるを得なかった(図7a)。この方法で解析可能であることを十分確かめた後、図7bのような配置でも撮影した。

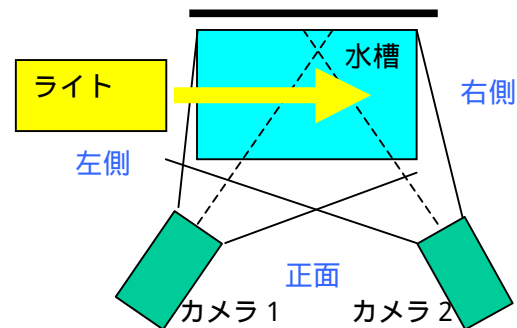
モーショントラックした座標データは、CSV形式で保存し、MS-Excelで解析した。

3. 結果

結果を図8~11に示す。図8aは正面から見たミジンコの動きでカメラ1の映像に相当、図8bは横から見たカメラ2の映像に相当するミジンコの動きである。

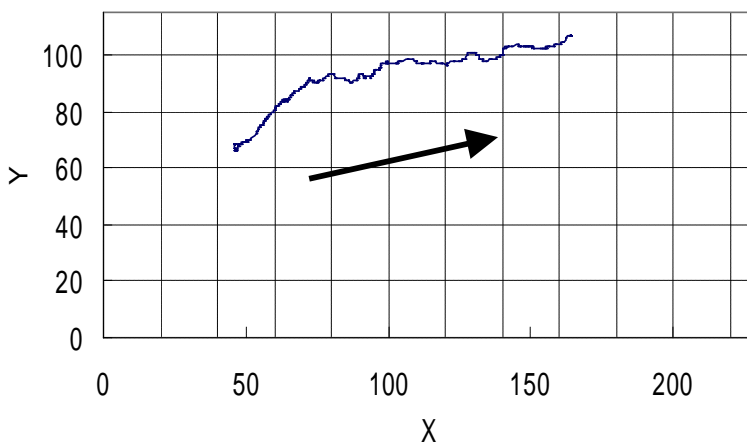


(a) 撮影法1

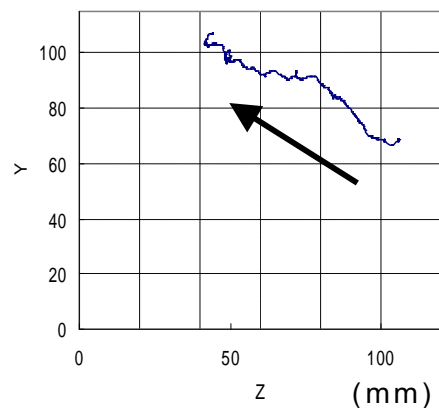


(b) 撮影法2

図7 撮影カメラとライトの位置



(a) XY平面(正面)



(b) ZY平面(右側)

図8 結果1

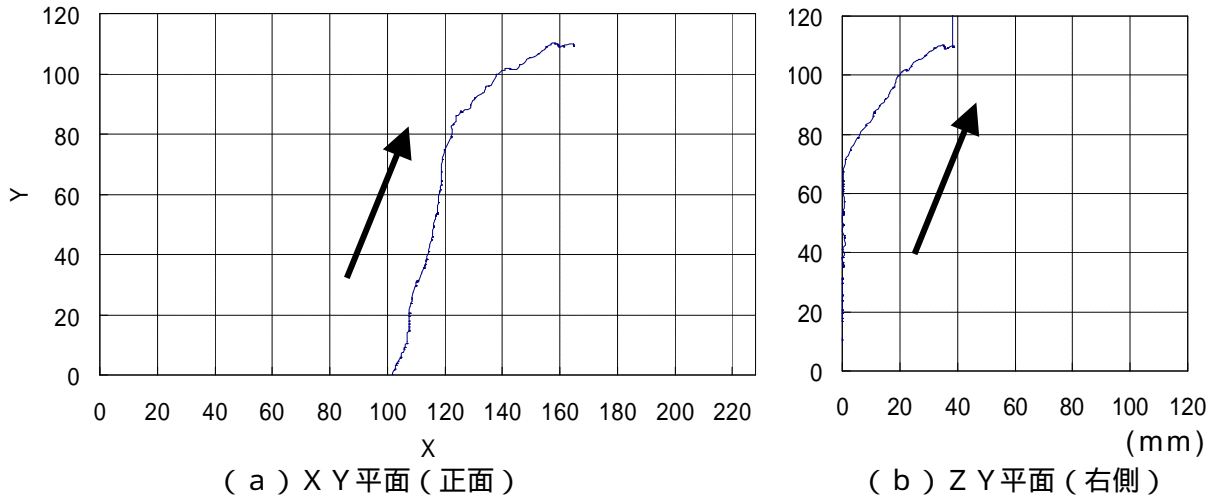


図 9 結果 2

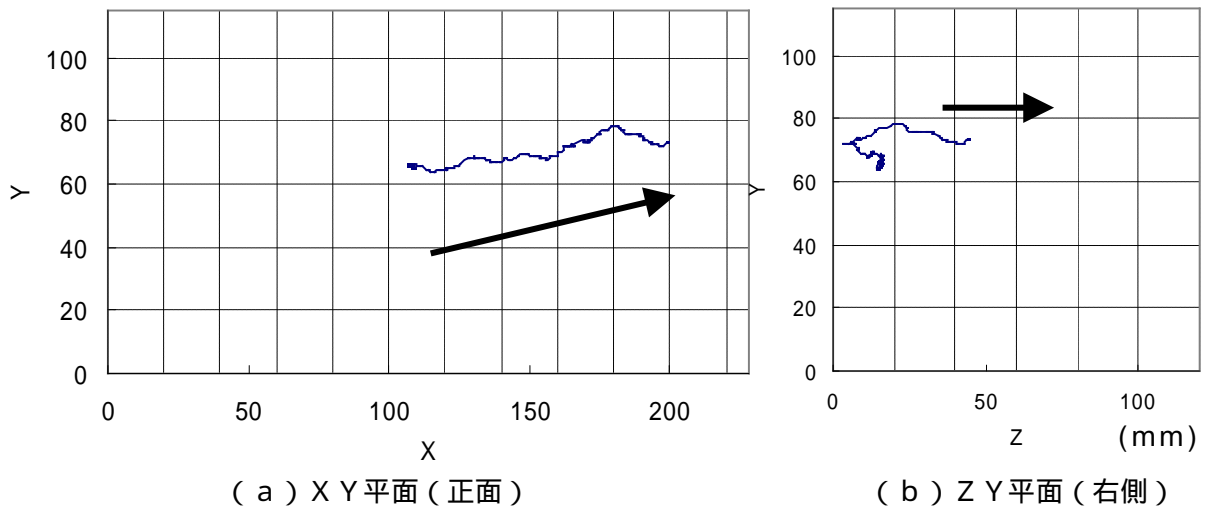


図 1 0 結果 3

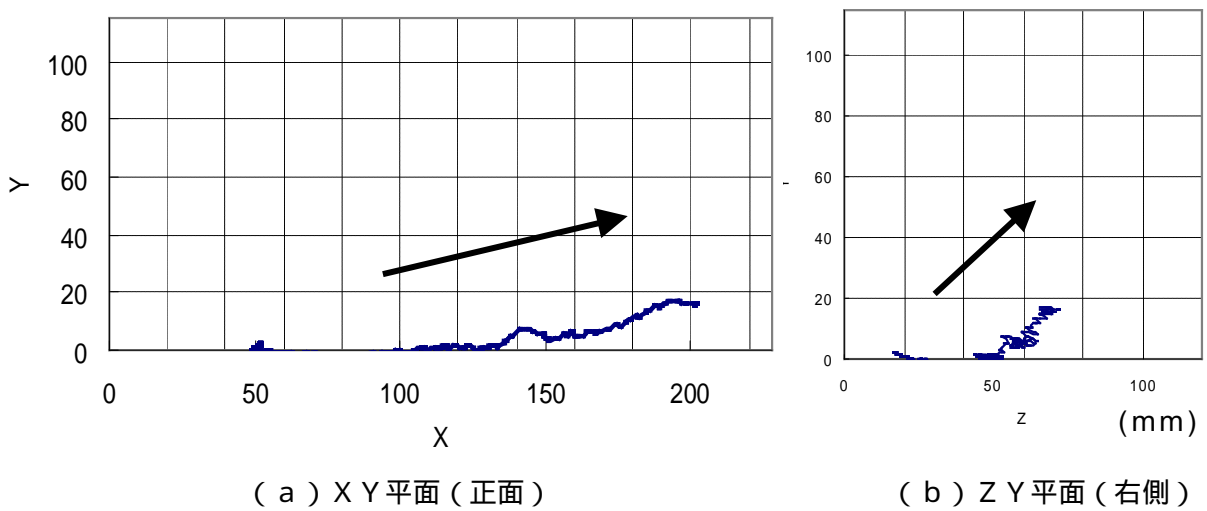


図 1 1 結果 4

図8～10は、撮影法1(図7a) 図11は撮影法2(図7b)による撮影映像からの結果である。撮影法1による結果は、もとの映像と比べて妥当なものであった。撮影法2の方法でも、XY平面、ZY平面とも結果を得ることができた。グラフから、ミジンコが光の方向と反対側に移動している(長時間間隔で見た場合)ことが分かるが、一直線に動くのではなくだらかに移動しているのが分かる。光の反対側だけでなく、光の通り道を避けて移動している様子も見られる。

また、細かく見る(短い時間間隔で見る)と、いったん止まってまた動き出したり、時間光の方向に向かって進む時間もあることが分かる。

4. 考察

ミジンコが光から離れるか光が弱いところに移動しようとする様子(負の光走性)を定量的に解析できた。

運動の様子を3次的に解析した結果、光から一直線に遠ざかるわけではなく、走性に上下運動などが加算されていることがわかった。

5. 今後の課題

今回、光を一方向から照射してミジンコの動きを調べたが全方向から光を照射したらどう動くかを調べるかなど方法を変えた実験を行うべきだと考えられる。また、光の強さを変えて実験し、3次元解析による結果を、従来の解析結果²⁾から導き出された(1式)の関係と比較したい。

$$V = a \cdot \log_e(I_R / I_L) \quad (1)$$

ただし、Vはミジンコの長時間間隔での速さ、 I_R は右からの光の強度、 I_L は左からの光の強度。aは定数。

参考文献

- 1) 大沢文夫:「講座:生物物理」丸善(1998)
- 2) 御橋廣真:小宇宙の探索者 ミジンコ,日本福祉大学情報社会科学論集, 8, pp.67-73 (2005)
- 3) 柴田浩二,高田宗樹,御橋廣真:「ミジンコの負の光走性,形の科学会誌, 21(1), pp.13-22 (2006)
- 4) 長谷川聡,長谷川昌広,下 理恵子,御橋廣真:ビデオ顕微鏡像による生体運動の解析,名古屋文理大学紀要, 1, pp.93-101 (2001)
- 5) 長谷川聡:7章 画像処理と画像解析,御橋廣真編「蛍光分光とイメージングの手法」,学会出版センター (2006)