

メダカの対光行動

愛媛県立松山南高等学校 3 年

メダカ班

今村 元亮 伊藤 楓光 田村 璃久斗

研究期間 2021年8月～2023年8月

1. はじめに

本研究は、淡水魚であるメダカの光走性（光刺激に対して一定方向に移動する行動）について、光に対するメダカの反応を、観察に基づいて明らかにし、効率的な捕集方法の提案を行い、本研究を自然環境下でのメダカの研究に役に立てることを目的とする。魚類の光走性に関する研究は主に海水魚で盛んである。メダカの光走性については、論文によって正であるとも⁽⁶⁾季節によっては負であるとも⁽⁷⁾言われている。また、光走性を示す要因として、先行研究より、摂餌説（光に照らされた餌を視認することで、摂餌のために光に寄っていくという考え方）、好適照度説（いずれも魚には好む明るさがあり、その明るさの層に集まるといふ考え方）、成群説（たまたまライトの近くにいた群れの一個体が光に照らされることで、群れの他の個体に認識され、集合することで結果的に光源に反応して光に寄っているような行動を示すという考え方）などが挙げられている⁽⁵⁾。昨年までの研究により、メダカは光源に対して約1分間忌避反応を示し、その後光源に寄ることが示唆された(実験1)。そこで私たちは、メダカがこのような対光行動を示す理由を明らかにしたいと考え、追加で実験を行った(実験2、実験3、実験4)。

2. 実験

実験1（2021年8月～2022年3月）

目的

メダカに光走性があるかどうか、調べることを目的とした。

方法

- (1)メダカを暗環境に慣らすために、メダカが入った水槽を暗室に移動し、1時間放置した。
- (2)サイリウムライトを水槽に浸けた。(5分間)
- (3)10秒毎にライトに寄っているメダカの数を確認した。

メダカは、すべて雄で、12匹を実験に用いた。なお、実験期間中にメダカが死んだときには、メダカを新たに導入し、12匹にしてから実験した。今回の実験ではメダカの個体差は考慮しないこととした。

サイリウムライトは、光量約30lxのものを用いた。

ライトに寄っているメダカとは、水槽を縦に半分で区切った線(図1において示した白線)よりもライトの方(図1では白線の左側)にいるメダカのことをいい、それを目視で確認することとした(図1)。

メダカがライトに寄っている時間は、50%以上のメダカが初めてライトのある方に寄ったときから、ライトの方にいるメダカが次に50%を下回った時までと定義した。

ライトを入れていないとき、暗室でも明室でも、メダカが水槽の特定の箇所に好んで群れることはない、実験前に確認した。また、光をつけていないサイリウム棒に対して、メダ

力が向かっていったり避けて行ったりすることはなかった。(10 秒ごとに数えた、棒のあるほうにいたメダカは 6.09 匹、棒のないほうにいたメダカは 5.91 匹だった。なお、このデータは、15 分間の観察を 3 回行って得たものである。)

水槽は、縦約 30 cm, 横約 60 cm, 高さ約 20 cm のものを用いた。
実験中のサイリウムライトの位置を図 2 に示す。

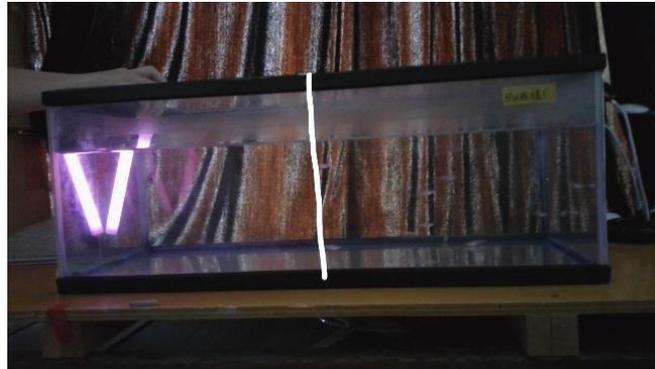


図 1 水槽の様子 (横から)

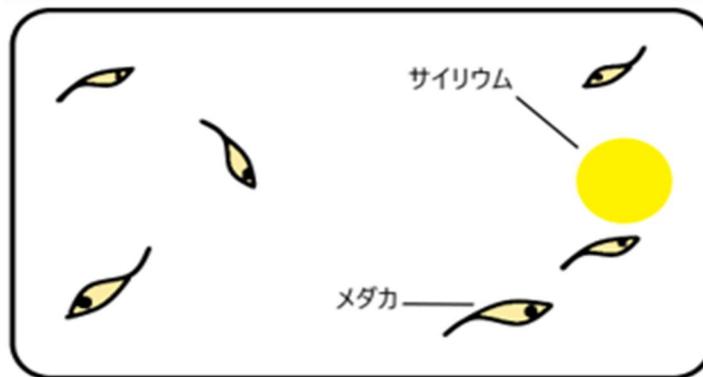


図 2 水槽の様子 (上から)

結果・考察

メダカは光源を認識すると、実験開始から約 1 分間光源から離れたのち 4 分間、全体的に光源に寄っていく傾向がみられた。(図 3)

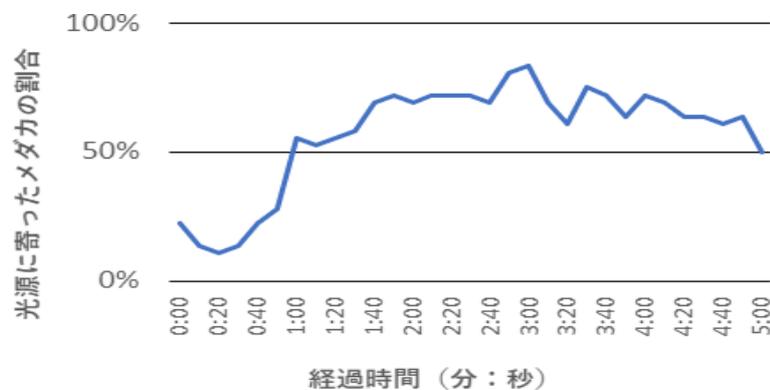


図 3 ライトに寄ったメダカの割合 (0:00~5:00)

実験開始から 5 分間でメダカがライトに寄っていく傾向がなくなるようにも見て取れたが、

データ数が少なく、実験開始から5分経過以降のデータもとっていなかったため、次の実験ではデータを取る時間を15分間に延長した。

実験2（2022年4月～2022年8月）

目的

メダカの光走性が、実験開始から5分経過以降も持続するかどうか、調べることを目的とした。

方法

- (1)メダカを暗環境に慣らすために、メダカが入った水槽を暗室に移動し、1時間放置した。
- (2)サイリウムライトを水槽に浸けた。（15分間）
- (3)10秒毎にライトに寄っているメダカの数を確認した。

メダカは、すべて雄で、12匹を実験に用いた。なお、実験期間中にメダカが死んだときには、メダカを新たに導入し、12匹にしてから実験した。今回の実験でも、メダカの個体差は考慮しないこととした。

サイリウムライトは、光量約30 lxのものを用いた。

水槽は、実験1で用いたものと同じものを用いた。

メダカがライトに寄っているか否かの定義や、データの分析の仕方は、実験1と同様にした。

結果・考察

実験1と同様、メダカは約1分間ライトのない方に寄っていき、その後、約11分間ライトのある方に寄った(図4)。

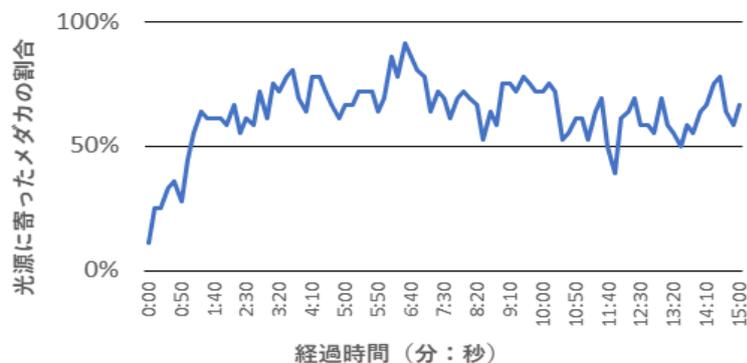


図4 ライトに寄ったメダカの割合（0:00～15:00）

最初の1分間を除いて、メダカはライトのあるほうに集まる傾向を見せた。このことから、メダカには本来、正の光走性があるといえるだろう。

ここで、実験開始後の1分間において、メダカが光を忌避する反応を見せたのは、30 lx

の光量がメダカにとって過剰な刺激であったためであるという仮説が立つ。

以上のことを確かめるため、次の実験では、光量がより小さいサイリウムライトを用いて実験2と同様の実験を行った。

実験3（2022年8月～2023年3月）

目的

実験1及び実験2において、メダカが光源認識後にしばらく光を忌避する反応を見せたのは、光刺激がメダカにとって過剰であったためなのかどうか、調べることを目的とした。

方法

- (1)メダカを暗環境に慣らすために、メダカが入った水槽を暗室に移動し、1時間放置した。
- (2)サイリウムライトを水槽に浸けた。（15分間）
- (3)10秒毎にライトに寄っているメダカの数を確認した。

メダカは、すべて雄で、12匹を実験に用いた。なお、実験期間中にメダカが死んだときには、メダカを新たに導入し、12匹にしてから実験した。今回の実験でも、メダカの個体差は考慮しないこととした。

サイリウムライトは、光量約20lxのものを用いた。

水槽は、実験1、実験2で用いたものと同じものを用いた。

結果・考察

実験開始直後からメダカはライトのある方に寄っていった。しかし、実験開始から約9分経過後に、メダカがライトのある方に寄っていく傾向は見られなくなった（図5）。

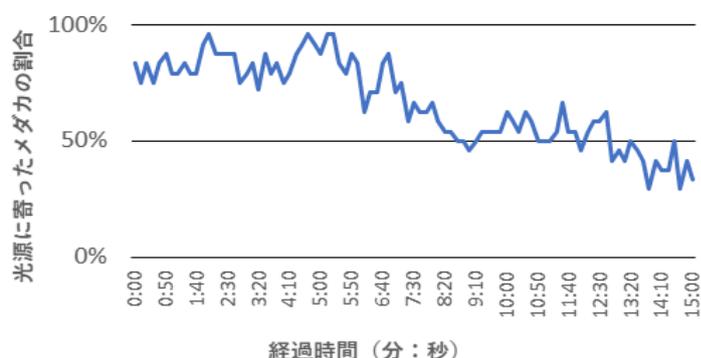


図5 ライト（光量小）に寄ったメダカの割合（0:00～15:00）

光量を約30lxから約20lxにすることで、メダカは光源認識直後からライトのある方に寄っていくようになった。このことから、私たちの、メダカが光源認識直後に見せる光に対する忌避反応は、光刺激がメダカにとって過剰であったためである、という仮説は、支持された。

ここまでの一連の実験の結果から、メダカは本来正の光走性を持つが、光刺激が過剰であれば、忌避反応を示すことが明らかになった。

実験2よりもライトに誘引された時間が約2分間短くなったことから、メダカがライトに誘引される時間と、ライトの光量との間に、何らかの関係があることが示唆された。

実験4 (2023年4月～2023年8月)

目的

実験1～3の結果が、成群説⁽⁵⁾に基づくものかどうか、調べることを目的とした。

方法

- (1)メダカを暗環境に慣らすために、メダカが入った水槽を暗室に移動し、1時間放置した。
- (2)サイリウムライトを水槽に浸けた。(15分間)
- (3)実験の対象とした個体が10秒毎にライトに寄っているかどうかを確認した。

メダカは、実験2、実験3で用いた個体をそのまま用いた。実験を行う前に死んだ個体があったため、実験は合計9個体に対して行った。

実験1、実験2においてメダカが見せた、30lxのサイリウム光に対する忌避反応が、単独のメダカでも見られるかどうか調べるため、サイリウムライトは、30lxのものを用いた。

慣れを考慮して、この実験は1個体につき1回のみ行った。

結果・考察

結果を下表(表1)にまとめた。表中”+”はメダカがライトのある方に寄っていたことを、”-”はメダカがライトのない方に寄っていたことを表す。

実験開始から1分間、同じライトを用いた実験1、実験2と対比するため、ライトのある方に寄っていることが多かった個体のデータを赤色で、ライトのない方に寄っていることが多かった個体のデータを青色で、どちらともいえない個体のデータを黄色で示す。

経過時間は、実験2においてメダカがライトのない方に多く寄っていた経過時間帯を青色で、メダカがライトのある方に多く寄っていた経過時間帯を赤色で、どちらともいえなかった経過時間帯を黄色で示す。

表1 実験4 結果

(分:秒)	個体1	個体2	個体3	個体4	個体5	個体6	個体7	個体8	個体9
0:00	-	-	-	-	+	-	-	-	+
0:10	-	-	-	-	+	-	-	-	-
0:20	+	-	-	-	+	-	+	-	+
0:30	+	+	-	-	+	-	+	-	+
0:40	-	-	-	-	+	-	-	-	+
0:50	-	+	-	-	+	-	+	-	+
1:00	-	-	-	-	+	-	+	-	-
1:10	-	+	-	-	-	-	+	-	+
1:20	+	+	-	-	-	-	+	-	+
1:30	-	-	-	-	-	-	-	-	+
1:40	-	-	-	-	-	-	+	-	+
1:50	-	+	-	-	+	-	+	-	+
2:00	+	+	-	-	+	-	+	-	+
2:10	-	+	-	-	+	-	+	-	+

2:20	-	-	-	-	-	-	-	-	+
2:30	-	-	-	-	+	-	-	-	-
2:40	+	-	-	-	+	-	-	-	-
2:50	-	+	-	-	-	-	-	-	-
3:00	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3:10	-	-	-	-	+	-	-	-	-
3:20	+	+	-	-	-	-	+	-	+
3:30	+	+	-	-	-	-	+	-	-
3:40	-	+	-	-	+	+	-	-	-
3:50	-	-	-	-	-	+	-	+	-
4:00	-	-	-	-	-	-	-	+	+
4:10	-	-	-	-	-	-	-	+	+
4:20	-	+	-	-	+	-	-	+	-
4:30	-	-	-	-	-	-	+	+	-
4:40	-	+	-	-	-	-	-	+	-
4:50	-	+	+	-	-	-	-	-	-
5:00	-	-	+	-	+	+	+	-	+
5:10	-	+	+	-	+	+	+	-	+
5:20	-	-	+	-	+	+	+	-	+
5:30	-	-	+	-	-	+	-	-	+
5:40	+	+	+	-	-	-	-	-	+
5:50	-	-	+	-	-	-	+	-	+
6:00	-	-	+	-	-	-	-	-	+
6:10	-	-	+	-	-	+	-	-	+
6:20	-	+	+	-	+	+	-	-	+
6:30	-	+	+	-	-	+	-	-	+
6:40	-	-	+	-	-	+	-	-	+
6:50	-	-	+	-	+	+	-	-	+
7:00	-	-	+	-	+	+	-	-	+
7:10	-	-	+	-	-	+	-	-	+
7:20	-	+	+	-	-	+	-	+	+
7:30	-	-	+	-	+	+	-	+	-
7:40	+	+	+	-	-	+	-	+	-
7:50	-	+	+	-	-	-	-	+	-
8:00	-	-	+	-	-	-	-	+	-
8:10	+	+	+	-	-	+	-	+	-
8:20	-	-	+	-	+	+	-	+	-
8:30	+	-	+	-	-	+	-	-	-
8:40	+	-	+	-	-	-	-	-	-
8:50	+	-	+	-	-	-	-	+	-
9:00	-	+	+	-	-	-	-	+	-
9:10	-	+	+	-	-	-	-	+	-
9:20	-	-	+	-	-	-	-	+	-
9:30	-	-	+	-	+	-	-	+	-
9:40	-	-	+	-	-	+	-	-	-
9:50	-	+	-	-	-	+	-	+	-

10:00	+	-	+	-	-	-	-	+	-
10:10	-	-	+	+	-	-	-	+	-
10:20	-	+	+	-	-	-	-	+	-
10:30	-	+	+	-	-	-	-	-	-
10:40	+	-	+	-	-	-	-	-	-
10:50	+	-	+	-	-	-	-	-	-
11:00	-	-	+	+	-	-	-	-	-
11:10	-	-	-	+	-	+	-	-	-
11:20	-	-	-	+	-	+	-	-	-
11:30	+	-	-	+	+	+	-	+	-
11:40	+	+	-	+	-	-	-	+	-
11:50	-	-	-	-	-	-	-	+	-
12:00	-	-	-	-	+	-	-	-	-
12:10	-	+	-	-	+	-	-	+	-
12:20	-	-	-	-	-	-	-	+	-
12:30	-	-	-	-	+	-	-	-	-
12:40	+	+	-	-	-	-	-	-	-
12:50	+	-	+	-	-	-	-	-	-
13:00	-	-	+	-	-	+	-	-	-
13:10	+	-	-	-	-	+	-	-	+
13:20	+	-	+	-	-	+	+	-	+
13:30	-	-	+	+	-	+	-	+	+
13:40	-	-	-	+	+	+	-	+	-
13:50	+	+	-	-	-	-	-	+	-
14:00	-	-	-	-	-	-	-	-	+
14:10	+	-	-	-	-	-	-	+	+
14:20	+	-	-	-	-	-	-	+	+
14:30	-	-	-	-	-	+	-	+	-
14:40	-	-	-	-	-	+	-	+	-
14:50	-	+	-	-	-	+	-	-	-
15:00	-	+	-	+	-	+	-	-	+

9匹のうち6匹のメダカが、実験開始後約1分間ライトのない方に寄って行ったことが確認できた。このことから、メダカの強光に対する忌避反応は、一個体単位で見られるものであることが示唆された。

また、実験3までに見られた、正の光走性は、この実験では有意に見られなかった。逆に、この実験では、全体的にライトのないほうに寄っている時間が多い個体が多かった。つまり、メダカの光走性は、集団となって初めて見られるものであることが示唆された。

ただし、光に対する反応が、個体によって一様ではなく、データ数も少ないため、今回の実験の結果だけで結論を下すことはできない。

3. まとめ

メダカを12匹同じ水槽に入れて行った実験では、メダカはライトのあるほうに寄っていく傾向にあった。ただし、約30 lxの強光に対して、約1分間の忌避反応を見せた。この反応は、メダカを1匹だけ水槽に入れて行った実験でも同様に見られたため、一個体単位で成

立することが示唆された。明順応などのはたらきに関係がある可能性がある。

一方、メダカを 12 匹同じ水槽に入れて行った実験で顕著に見られた正の光走性は、メダカを 1 匹だけ水槽に入れて行った実験で見られなくなった。つまり、メダカが光走性を示す理由の一つとして、成群説に従うことが確認された。

また、光量が大きいライトを用いた方が、光量が小さいライトを用いた時よりも、メダカがライトに寄っている時間は長かった。このことから、メダカの光走性は、光量によって変化する可能性があると考えられる。ただし、今回の実験と分析時の定義によって、メダカがライトに寄っている時間の差は約 2 分と算出されたが、光量が大きいライトを用いたときに、ライトの方にいるメダカが 50 %を下回った後、グラフ上はまだメダカが光に寄っていく傾向が見られ続けたことから、分析時の定義が適切でなかった可能性がある。

今後の展望として、メダカが光に誘引される時間と、光量との関係に相関が見られるか調べるために、光量の条件を増やしていく。つまり、より強い光を用いた場合に、メダカがより長い時間光を避け、その後より長い時間光に誘引されるか調べる。

4. 謝辞

本研究を行うにあたって、メダカを提供していただいた関家様と空谷様に、またご助言をいただいた方々に、厚く御礼申し上げます。

5. 参考文献

- (1) J. MACKINTOSH AND N. S. SUTHERLAND (1963). VISUAL DISCRIMINATION BY THE GOLDFISH: THE ORIENTATION OF RECTANGLES, *Animal Behavior*, 11(1), 135-136
- (2) 川村軍蔵(2010). 『ベルソープックス 4 魚との知恵比べ 3 訂版-魚の感覚と行動の科学-』. 成山堂書店
- (3) 松井萌, 高山剛, 山本潤, 藤森康澄, 桜井泰憲(2020). 「白色 LED 光に誘引されるスルメイカの遊泳速度の測定」, *日本水産学会誌*, 86(2), 59-66
- (4) 川村軍蔵, 安樂和彦, 中原真弥, 重里憲広(2002). 「負走光性マダイ稚魚の光馴致と光による誘導」. *日本水産学会誌*, 68(5), 706-708
- (5) 井上実(1972). 「魚類の対光行動とその生理」. *日本水産学会誌*, 38(8), 907-912
- (6) 松本蕃, 上田勇五(1944). 「有色光線とメダカ趨光反應に関する研究」, *照明学会雑誌*, 28(2), 41-48
- (7) 丸山迪代, 吉村崇(2019). 「動物の季節適応機構の解明とその応用: ヒトの季節リズムの解明に向けて」, *電気泳動*, 63(1), 25-29