メダカの光走性の波長と照度の関係

高松凛久

要旨

クロメダカ(*Oryzias latipes*)の光走性について、短日・寒冷(10 時間明期、14 時間暗期、8 ℃)の冬の条件下で飼育した冬メダカと、長日・温暖（14 時間明期、10 時間暗期、26 ℃）の夏の条件下で飼育した夏メダカを用い、赤・緑・紫の三色光を 10～40lx の異なる照度で照射した。その結果、夏メダカは、紫色光では 30lx で最も強い負の光走性を示し、他の光では 40lx で最も強く示した。一方、冬メダカでは一定の傾向を得られなかった。以上より、光走性は光の照度と波長の相互関係によって決定されることが示唆された。

キーワード：メダカ　光走性

Ⅰ. はじめに

まず、メダカの光走性は光刺激に定位し、運動する行動であり光源に向かって定位、運動することを「正の光走性」　光源から遠ざかるのを「負の光走性」と定義される。新村ほか(2017)は、季節によるメダカの色覚変化に関する実験を行い、短日・低温（10 時間明期、14 時間暗期、8℃）の冬の条件下で飼育したメダカは光刺激に対して光走性を示さず、長日・温暖(14 時間明期、10 時間暗期、26℃)の夏の条件下で飼育したメダカは光刺激に対して負の光走性を示すという結果を得て、これは冬と夏で、メダカの視覚を司るオプシンや情報伝達の遺伝子の発現の度合いが異なることのためだと示された。また、上田・松本(1944)の行った実験によると、メダカの最適な波長は約 570μm であり、その波長から離れるほどメダカは反応を示しにくくなることや、最適な照度が約 29.6lx だとわかっている。ここで、メダカの光走性に関して光の波長を変数とする研究はあったが、波長と照度を 2 つ同時に変数とする実験はなく、その関係性はわかっていない。メダカの光走性について、論文によって「正」か「負」かが異なることが多いため、光走性の有無、正負を確かめる前提実験を行い、メダカの光走性の波長と照度の関係について実験した。

Ⅱ. 手法

(1)　前提実験

短日・寒冷(10 時間明期、14 時間暗期、8 ℃)の冬の条件下で 2 ヶ月間飼育したクロメダカ(*Oryzias latipes*)を冬メダカとし、長日・温暖（14 時間明期、10 時間暗期、26 ℃）の夏の条件下で 2 か月間飼育したメダカを夏メダカとする。冬メダカと夏メダカをそれぞれ 6 匹づつ用意して、水槽に入れた。水槽は図 1 のように半分を光が通らないようにしながら、メダカが明部と暗部を行ききできるように、下 3.5cm を開けて黒の厚紙でお覆い、水深 9cm になるように水を入れた。

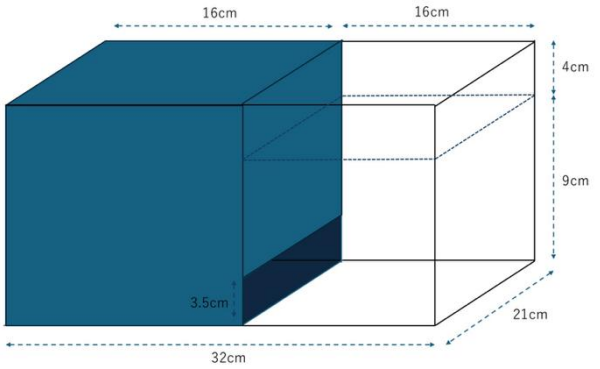


図 1

そして、図 2 のようにダンボールで製作した暗室に水槽を入れて、水槽上部にカメラを固定し、

光を照らしてから 5 秒ごとに照らされているエリアにいるメダカの数を数えた。今回は、メダカの体が一部でも照らされているエリアに入って入ればカウントした。

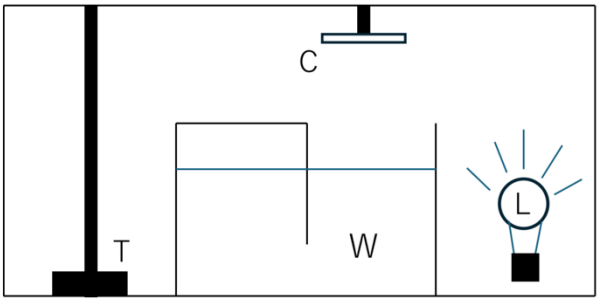


図 2

T 固定台　　W 水槽　　L 光源　　C カメラ

(2) 使用するメダカの数を 5 匹に変更し、(1)の実験と同様の準備をした上で、照らす光の波長と照度を変えて実験を行った。夏メダカ、冬メダカ別々で実験を行い、赤、緑、紫の波長の光を 40lx、30lx、20lx、10lx の異なる照度で当てて 2 分間のメダカの動きを 5 秒ごとに計測した。

III. 結果

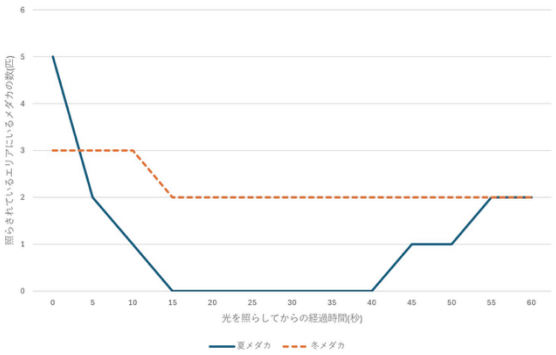


図 1　経過時間とメダカの移動

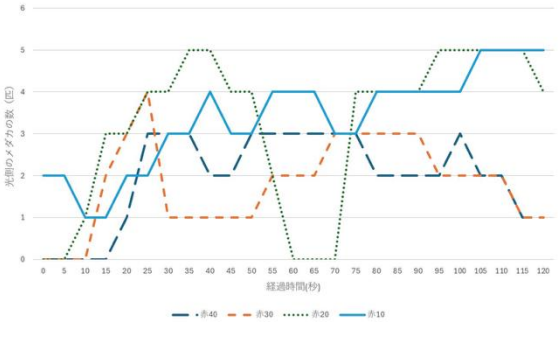


図 2　冬メダカの赤波長の光と照度による移動

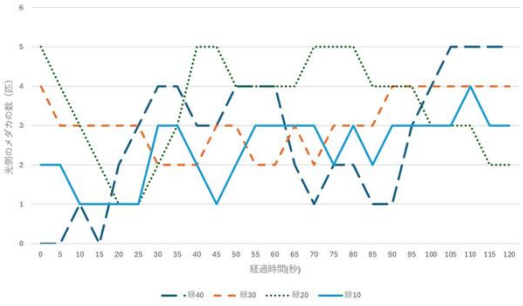


図 3　冬メダカの緑波長の光と照度による移動

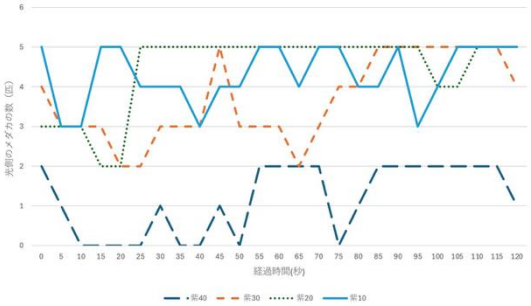


図 4　冬メダカの紫波長の光と照度による移動

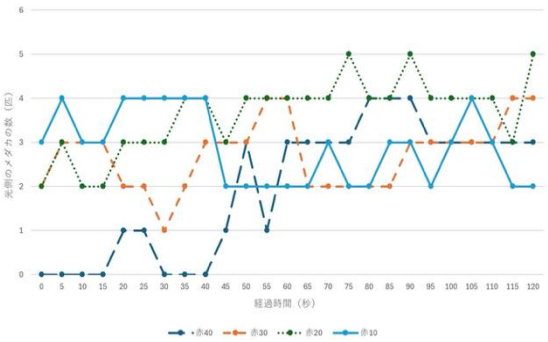


図 5　夏メダカの赤波長の光と照度による移動

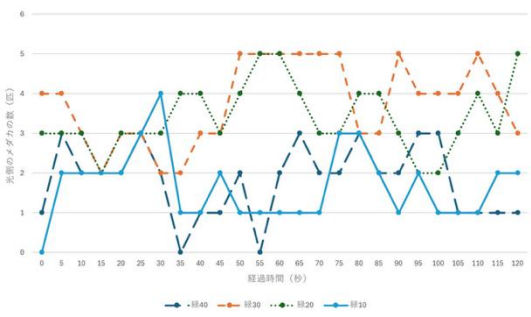


図 6　夏メダカの緑波長の光と照度による移動

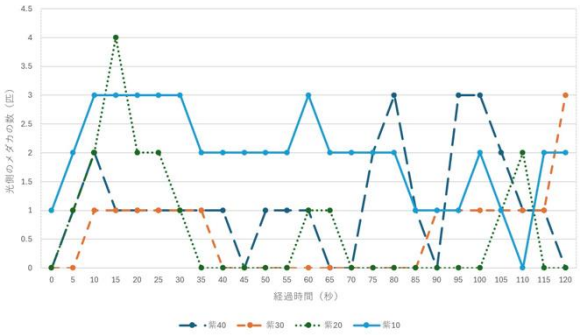


図 7　夏メダカの紫波長の光と照度による移動



図 8　夏メダカの白色光と照度による移動

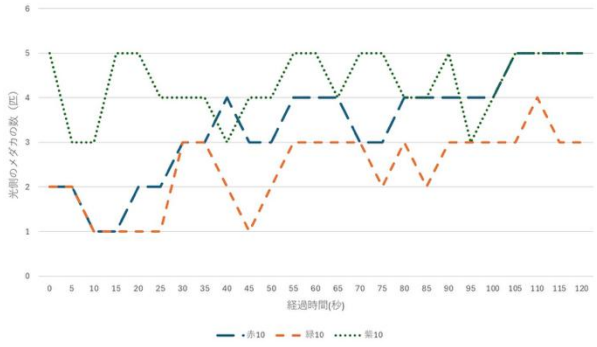


図 9　冬メダカの 10lx の光と照度による移動

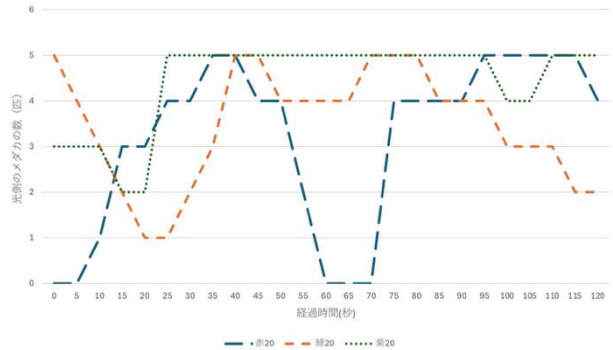


図 10　冬メダカの 20lx の光と照度による移動

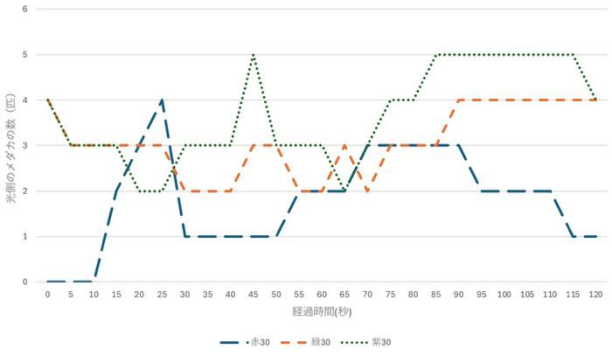


図 11　冬メダカの 30lx の光と照度による移動

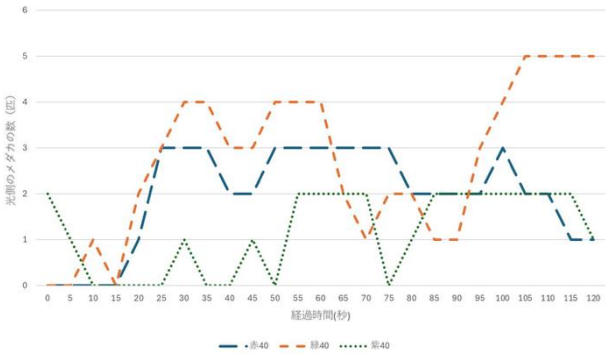


図 12　冬メダカの 40lx の光と照度による移動

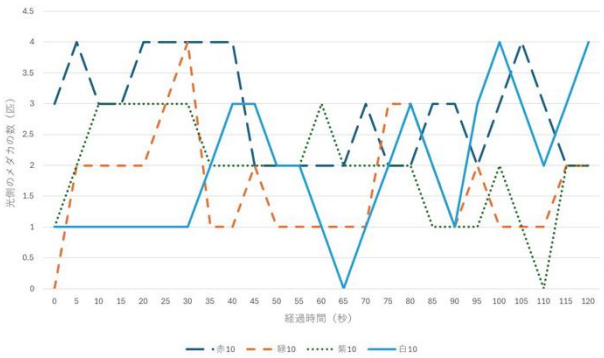


図 13　夏メダカの 10lx の光と照度による移動

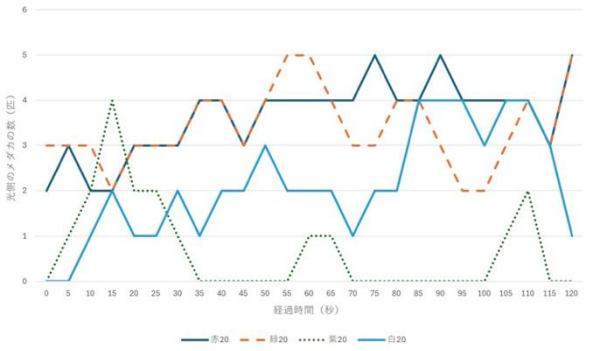


図 14　夏メダカの 20lx の光と照度による移動

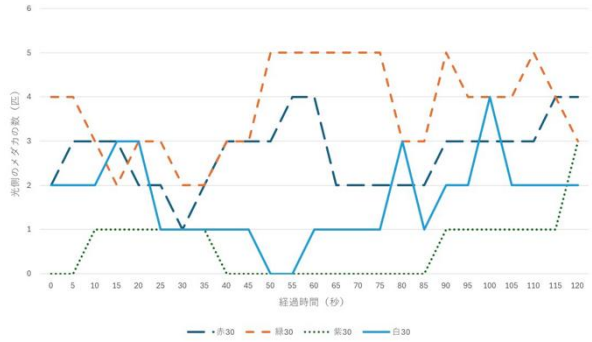


図 15　夏メダカの 30lx の光と照度による移動

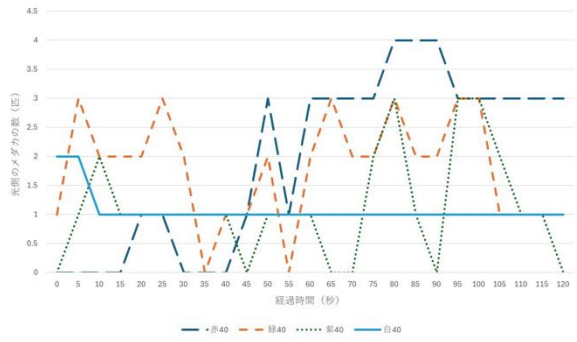


図 16　夏メダカの 40lx の光と照度による移動

IV. 考察

(1)の実験では、冬メダカと夏メダカの光側個体数の変化を比較した。その結果、冬メダカでは光側と暗側の個体数差は各条件で最大 1 匹にとどまり続け、一定した偏りは認められなかった。一方、夏メダカでは実験の開始直後に光側には 5 匹がいたが、15 秒後には 0 匹になり、暗部との個体差が 5 匹の状態が 25 秒間続いた。これらの結果から、冬メダカは明確な走光性を示さないのに対し、夏メダカは負の走光性を示す傾向があると判断できる。この傾向は、新村ほか(2017）が報告した「夏条件個体は負の走光性を示す」という結果と一致する。しかし（2）の実験では、図 11 および図 12 に示されるように、冬メダカは赤色光 20lx 条件下で、始めは光側の個体数が 0 匹だったが、35 秒後には 5 匹になった。また、実験開始の 5 秒後から 120 秒後までの個体数の平均は 3.3 匹であり、正の光走性を示した。紫色光の場合でも、実験開始から 25 秒後から 95 秒後まで、光側に 5 匹い続けており、正の光走性を示した。これは(1)の結果と一部矛盾する。新村ほか(2017)は、短日条件下ではオプシン関連遺伝子の発現変化により走光性が弱まる可能性を示唆している。本研究で正の走光性が観察されたのは、使用個体においてオプシン遺伝子の発現抑制が十分でなかった、あるいは季節型の誘導が完全でなかった可能性が考えられる。さらに波長別に検討すると、図 2～4 より、赤色光では 10～20lx の範囲で光側個体数が暗側より平均約 0.6～1.0 匹多く、正の走光性を示し、30～40lx では負の光走性も、正の光走性も明確には確認できなかった。一方、紫色光では 40lx 条件において、光側の始めの個体数は 2 匹で、10 秒後には 0 匹になり、暗側個体数の平均が光側より約 2.4 匹多くなり、負の走光性を示した。緑色光では個体数が増減を繰り返すため、明確な傾向は認められなかった。これらの結果は、波長ごとに走光性が発現する照度域が異なる可能性を示している。夏メダカでは、図 13 より 10lx 条件下で光側の個体数の増減が激しく、正の光走性も負の光走性も明確には判断できなかった。しかし、20lx の紫色光の時、光側の個体数は 35～100 秒後では、個体数が 0～1 匹に留まり、個体数平均は 0.8 であって、負の光走性を示した。また、30lx の時、紫色こ光と白色光の平均個体数は、それぞれ 0.5 匹、1.6 匹となり、紫色と白色で負の光走性を示した。40lx の時の平均個体数は、緑色光で 2.0 匹、　紫色光で 1.2 匹、白色光で 1.0 匹であり、緑色と紫色、白色で負の光走性を示した。このことから、最も負の光走性が強いのは 30lx の紫色光の時で、最も多くの色が負の光走性を示した

のは 40lx の時であった。以上の結果から、夏メダカにおける負の走光性の強さは、照度単独ではなく、照度と波長の相互作用によって決定されることが示唆された。

V. 結論

今回の研究から、夏メダカは主として負の光走性を示すことがわかり、冬メダカが正の光走性を示す場合も確認できたが、一定の傾向を判断することはできなかった。また、冬メダカが正の光走性を示す場合、照射する光の波長により適切な照度域が変わる可能性が示唆された。夏メダカの場合、負の光走性を示し、波長と照度が相乗的に作用し負の光走性を示したことから、メダカの光走性は光の照度と波長の相互関係によって決定されることが示唆された。

今後の展望として、使用するメダカの個体数を増やし、実験の試行回数を増やして結果の正確性を上げることと、オプシンの遺伝子の発現量の定量を行いたい。

謝辞

本研究は SSH による助成金により成り立ってお
文部科学省、また、実験方法の検討や考察における議論など研究の多面的な面でサポートしていただいた島田先生に感謝を申し上げる。

文　献

(1) 上田勇吾・松本藩(1944)：有色光線とメダカ趨光反応に關する研究.照明学会雑誌,1944,28巻,2 号,41－48

(2) 亀井保博・四宮愛・田中実・中山友哉・成瀬清・新村毅・深町昌治・吉村崇・渡辺英治（2017)：メダカの色覚が季節によってダイナミックに変化することを発見 .nature communications(2017)