

## 魚の群れ行動の研究

静岡県立富士宮東高等学校

理系生物選択講座 3 年 藤田早耶 3 年 矢邊和慎 3 年 大谷龍之介

### 1 動機・目的・仮説

動機 きっかけは私がとあるテレビ番組を観たことから始まる。「不思議な映像」のコーナーで、大きな鯉と見られる赤い魚が、延々と円を描くように群れで泳いでいた。番組では、その原因は解明されていないと言われていた。この映像などから、なぜ魚は群れをつくるのだろうか、どうしてこのような現象が起きるのだろうかと考え、興味を持ったが、その時は疑問に思うのみで終わった。しかし、生物の授業で小林教諭から何か研究をして論文を書きたい人を探していると聞き、是非魚の群れ行動の研究について執筆したいと思った。



目的 ①個体の密集の様子と動きから群れを定義して、金魚が群れをつくる時間、つくらない時間を判定し、「群れの強さ」を数値化する。②金魚と比較するためにメダカについても調べ、比較する。③牛乳で視界を遮断した場合や、エアーポンプで振動を加えた場合にどのような反応を示すのかを調べる。そして、1～2匹の金魚の振動を遮断した時の他の金魚の反応のを調べる。④金魚を個体識別し、先頭を泳ぐ金魚の存在とその特徴を調べる。

仮説 ①金魚は全体の半分位の時間、群れをつくるのではないかと。②金魚に比べ、メダカは多くの時間群れをつくるのではないかと。③牛乳で視界を遮断した場合、ほとんど群れをつくらないのではないかと。振動を与えた場合、通常の群れをつくる時間的割合は減るのではないかと。④先頭を泳ぎやすい金魚はランダムに入れ替わるのではないかと。⑤金魚とメダカが混在しても、通常の金魚のみ、メダカのみが群れをつくる時間と変わらないのではないかと。

### 2 実験方法と分析方法

〔群れの観察・分析方法〕①3～5匹の金魚を観察していると“群れ”と見なせる時と見なせない時がある。そこで“群れ”といえる条件について考えた。最初3匹の金魚で観察した時、記録映像をディスプレイに映し、3匹の金魚の頭の位置を写し取り、その点を結んだ3角形の面積を求めて、この面積が一定値以下の時を“群れ”と見なす方法が浮かんだ。しかし“群れ”をよく観察していると、1匹が速く泳ぎ、他の2匹が後から追う時は3匹の頭の位置が離れてしまい、この3角形の面積が非常に大きな数値になってしまうことが判った。また、金魚を5匹にした時には、頭の位置で結び、その面積を求めようとした時、頭の位置の繋げ方によって求め方が一定に定まらないことにも気づいた。

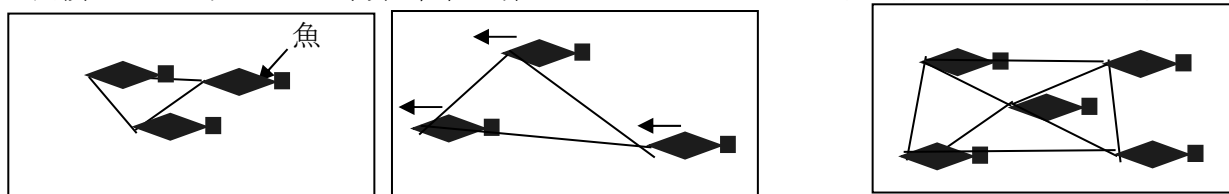


図1 三角形の面積が小さい 図2 面積が大きい群れと言える 図3 面積の求め方が一定しない

②そこで私たちは、次の2点の条件を満たした時を“群れ”と見なすことにした。

- 止まっても動いても、3匹、または5匹の金魚が小さな面積に集中している。

● 3匹または5匹が離れていても、動いている先頭の魚を他の魚が追っている

そして“群れ”という行動の表われる強さ（「群れの強さ」）は一定時間（120秒）の中で何秒群れをなしているかという時間的割合により、数値化することにした。さらに、1条件の実験において120秒の観察を3回行い、その平均を算出し、分析することにした。

また上記の“群れ”の判断は観察者によって客観性が保たれない可能性があったので、同じ記録映像（金魚3匹）を3人の観察者が上記の条件を元に判断して記録し、その数値を比較した。その結果、3人の記録値がおおよそ一致していると判断できたため、この方法で分析することにした。



図4 観察者A：360秒中100秒



図5 観察者B：360秒中120秒



図6 観察者C：360秒中136秒

観察者3名で、100秒、120秒、136秒という違いはあったが、ほぼ同様な部分を群れと判断していた。

〔実験方法〕①水槽は縦41cm、横66.5cmのプラスチックケースを用意し、水深2cm程度に水を入れる。そこに魚を入れてビデオカメラで上方より撮影する。

②観察対象とした魚は、あ：金魚 い：メダカ う：アカヒレ え：ドジョウ

### 3 観察結果（例）



写真2 装置



写真3 使用した大型水槽



写真4 使用したカメラ

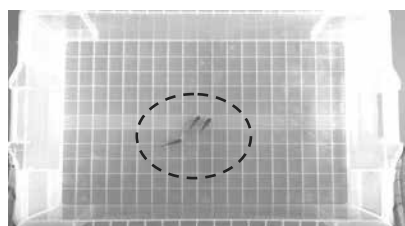


写真5 金魚3匹の群れ

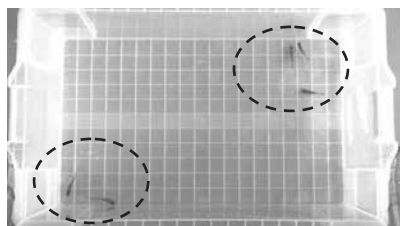


写真6 金魚2匹と3匹の群れ



写真7 使用した金魚

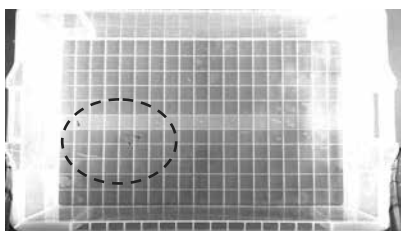


写真9 メダカ 3匹の群れ

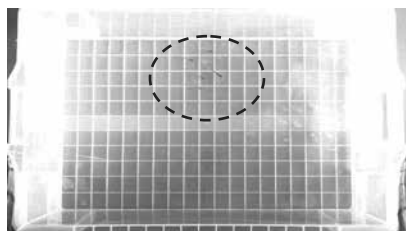


写真10 メダカ 5匹の群れ

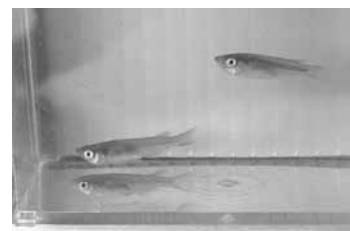


写真11 使用したメダカ

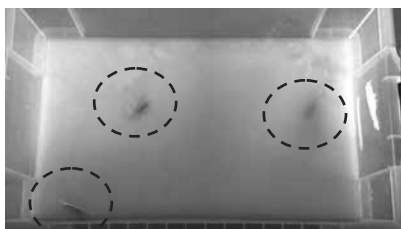


写真12 牛乳混入金魚 3匹

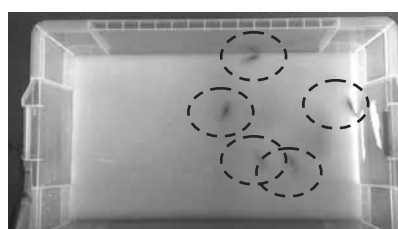


写真13 牛乳混入金魚 5匹

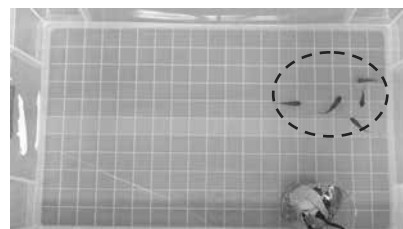


写真14 エアーポンプ入り水槽

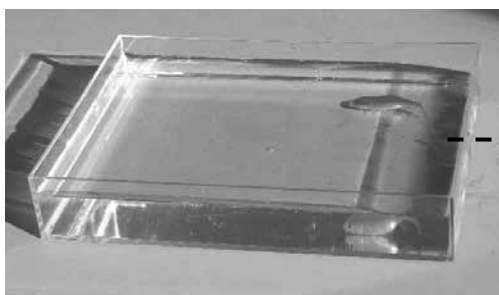


写真15 透明小ケースに入れた金魚

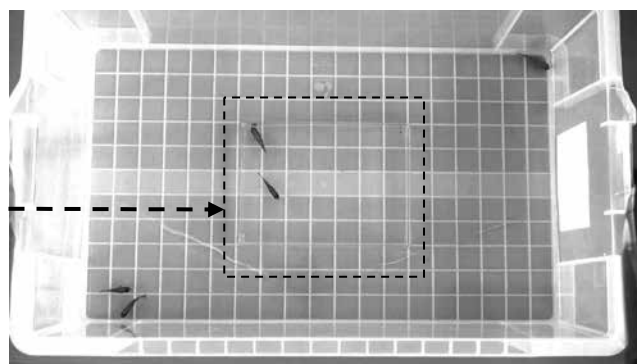


写真16 透明小水槽を大きな水槽に入れた様子

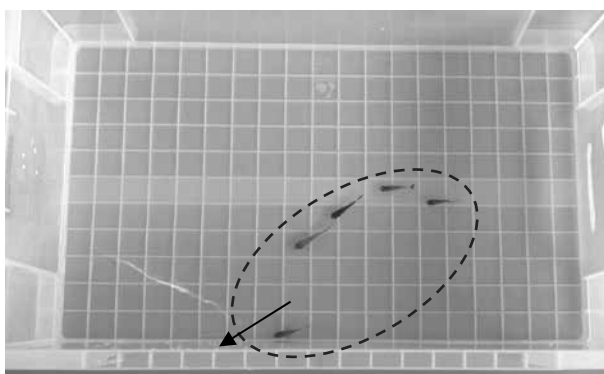


写真15 群れの先頭魚の観察 (模様の違う金魚)

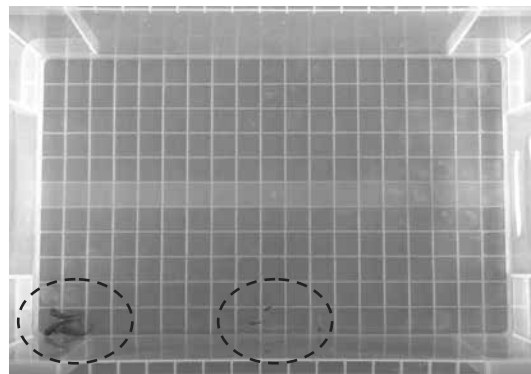


写真16 金魚とメダカの混泳

#### 4 結論

【群れの強さを数値化し、計測する。〈魚の群れをつくる時間の分析〉】

①魚が群れをつくっているかいないかは、「魚が集中する度合」と「魚の動き」から明確に判定できる。また、異なる3人の観察者もほぼ共通して「群れ」と判断していると言える。②金魚3匹全てが群れるのは27%、5匹全てが群れるのは21%と少ない方が群れをつくりやすいが、5匹中3匹が群れるのは80%と、魚が多くいる程3匹以上群れをなしている割合は高くなる。③メダカは3匹全て群れるのは94%、5匹全部の群れるのが74%、5匹中3匹以上の群れるのが98%となり、金魚より群れができやすい。

【魚が群れを維持するのに必要な感覚について調べる 〈視覚、振動による魚の群れへの影響〉】



[視覚の関係について]①金魚のいる水槽に牛乳を入れた場合では、3匹・5匹の場合ともに、ほとんど群れをなして泳ぐことは無い。[振動の関係について]①2重水槽の実験から、「外金魚3匹+内1匹の観察」で2.5%、「外金魚3匹+内2匹の観察」で40%とケースの中と外のいずれの金魚も振動が無いにもかかわらず群れをつくろうと接近している。そのことから、互いの金魚は振動を感知することが無い場合でも群れをつくる。②エアープンプの振動やエアレーションの振動を与えた場合、振動が群れの形成を阻害するとは考えられない。さらに、魚は振動源に近づく傾向があるという結果も与えられた。

【群れが形成される時に、群れの中心となる魚を探す〈群れ内で先頭を泳ぐ魚を探す〉】

複数回の観察から、5匹の中で比較的大きく、動きが活発な魚が先頭を泳ぎやすいことから、ある特定の魚が先頭を泳ぎやすい傾向があると言える。しかし、必ずしも特定の魚が連続的に先頭を泳ぐというような群れのリーダーのような関係は見られない。

【群れの形成に他種の魚の存在が及ぼす影響を調べる】

金魚とメダカでは、時々金魚がメダカを追いかけることがあった。このためメダカの群れは金魚に乱されていると言えるが、金魚の群れはメダカの存在の影響を受けにくいと言える。

## 5 考察・発展

【群れの強さを数値化し、計測する。〈魚の群れをつくる時間〉】

金魚とメダカのいずれも5匹中3匹以上が群れをつくる時間が長いことから、魚の個体の数が多いほど、習性としてより群れをつくりやすいのではないかと考えた。これは群れができるきっかけが他個体の動きであり、ある個体の動きが他個体の追従行動を誘引し、これが連鎖して群れが維持されると思う。このことから、動機にあった疑問（円を描く様に群れをなすのはなぜか）に対して、先頭にいた魚と最後尾にいた魚がある程度近づいた場合、先頭の魚が最後尾の魚に対して追従行動したことから、円になって群れをなしたのではと考えた。これらから、魚の動きが制限されると、群形成が抑制されることが予想できる。その予想から、試験的に「水に粘性を付ける」観察を行った。

それは水槽に、溶かしたゼラチンを入れ、金魚5匹を遊泳させた。このように粘性により、動きをある程度制限するという工夫をした上で観察してみたところ、粘性が無い場合との変化がほとんど無かった。これをより詳しく観察した上で、さらに魚が泳ぎにくい工夫（水深を浅くする、水槽内に障害物を置く）をした場合の群れの形成を定量的に調べてみたい。

【魚が群れを維持するのに必要な感覚について調べる〈視覚、振動による魚の群れへの影響〉】

[視覚の有無による比較]

①金魚は牛乳で回りがほとんど見えない場合、群れをつくることは難しいことから、視界に他の金魚が入ることによって群れをつくるきっかけになるのではないかと考えた。牛乳の場合、視界が無いと動きも鈍くなるので、これも関係すると思われる。視界が無い状況で、魚を活発に動かして群れができるかを調べるような実験もしてみたい。②大水槽の中に小ケースに入れた金魚を置いた場合、小ケースの周りに、外金魚が集まる反応が見られたが、小ケース内の金魚はあまり動けない、この小ケース内の金魚をもっと活発に動けるようにすると、外金魚はもっと集まるのではないかと考えた。また、大きな魚を小ケースに入れた場合の実験もしてみたい。

[振動の有無における比較]

仮定から、群れ形成に他の魚の動きによる振動が促進的効果を持つならば、ポンプの振動やエアレーションの振動を、魚は嫌がるのではないかと考えたが、観察結果から魚の群れ形成は、振動が無い時と同じ強さだった。さらに、群れで振動源の近くに集まる様子まで見られた。このことは群形成において振動は関係ない（金魚やメダカに限定）ことを予想させる。そして、魚はこの種の振動を嫌がらずに、積極的に近づく性質があるのかもしれない。

【群れが形成される時に中心となる魚がいるかを観察〈群れ内で先頭を泳ぐ魚を探す〉】

①前記した様に、群れが他の魚の動きに誘引されるのであれば、動きがわかり易い、大きな魚・動きが速い魚に、他の魚が誘引されると思われる。そう考えると、先頭にいる時間が長かった魚は確かに大きい魚である。また映像から魚の移動量を計測することで、今後この予想を、記録映像より確認できるとと思われる。

【群れの形成に他種の魚が及ぼす影響を調べる】

①金魚に対してメダカの存在は群れに影響しなかったが、メダカに対して金魚は群れ形成を阻害した。そこで考えられるのは、異種でもA「形、大きさ、動きが似ている魚（メダカとアカヒレ）」、B「形、大きさ、動きの異なる魚」の混泳が考えられる。

そこで発展として、個体の大きさがよく似た金魚とドジョウを用意し、各3匹ずつ遊泳させると、どのような反応をするか観察した。また、同様にメダカとアカヒレを遊泳させた場合も観察した。すると興味深い結果がみられた。結果として、個体の大きさがほとんど似た魚は、共に群れをつくり泳ぐことがあるということがわかった（いつも群れをつくるわけではない）。ドジョウと金魚の群れ、アカヒレとメダカの群れについては、その異種混合の群れにどのくらい持続性みられるかを、今回使った方法を上手く改良して定量的に分析してみたい。

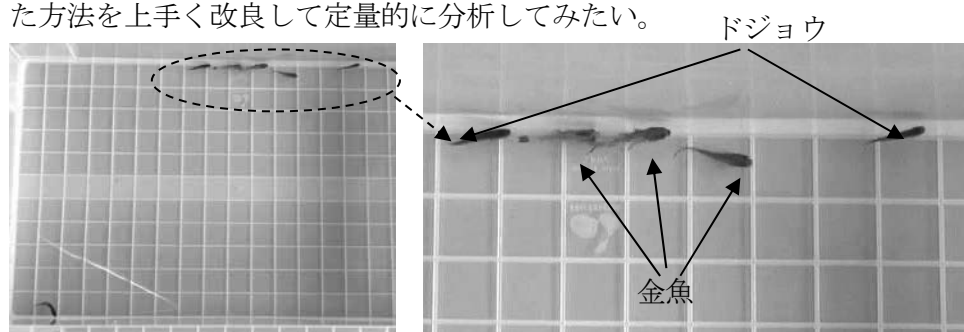


写真19 金魚とドジョウが群れをなして泳ぐ様子

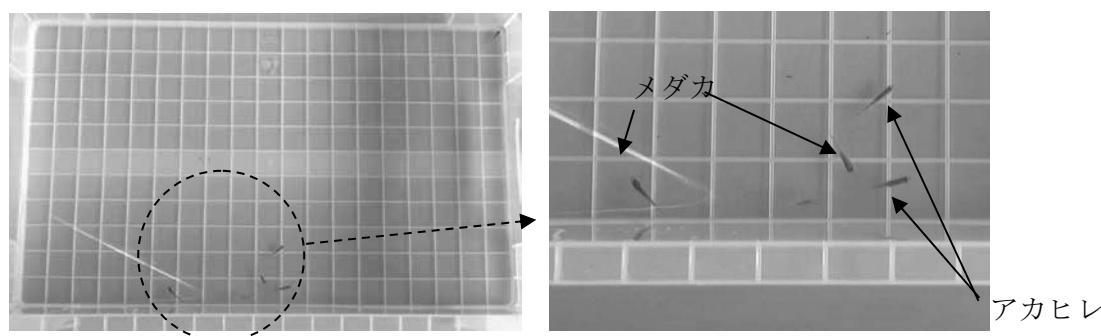


写真20 メダカとアカヒレが群れをなして泳ぐ様子

## 6 参考

・群れ（ムレ）とは - コトバンク 日本大百科全書(ニッポニカ)の解説

出典 小学館 日本大百科全書(ニッポニカ)/日本大百科全書(ニッポニカ)について

<https://kotobank.jp/word/%E7%BE%A4%E3%82%8C-642590%E3.83.87.E3.82.B8.E3.82.BF.E3.83.AB.E5.A4.A7.E8.BE.9E.E6.B3.89>（検索日：2018年12月26日）

・魚の食べ方探究 なぜ？イワシが群れをなす理由

<http://seafood-reference.com/iwashi/iwashi-seitai>（検索日：2018年12月26日）

・側線 - wikipedia <https://ja.wikipedia.org/wiki/%E5%81%B4%E7%>（検索日：2018年12月26日）

## 7 感想

最初に、論文を執筆するにあたって、このような機会を与えて頂いたことを感謝したいです。執筆する際に関わって下さった方々のおかげで、最後まで論文を書き上げることができました。