

5 トンボ釣りによるシオカラトンボの光感覚調査

1 研究の動機

私たちは先日、前顧問の福井先生からトンボ釣りという遊びがあり、かつて遊ばれていたことを伺った。そこから私たちは興味を抱き、このトンボ釣りを使って何か実験ができないかと考えた。また以前から私たちはトンボを研究対象としてきたが、その中で疑問が浮かび上がった。普段からトンボは的確にエサを捕えに来る。いったいトンボにはエサがどのように見えているのだろうか。複眼というヒトにはない組織を持っているが、それは世界がどのように見えるものなのか。光感覚、すなわち形や色、動きを識別する能力を持っているのか。これら確かめるべく、おとりであるイチモンジセセリに様々な条件を付けて実験してみることにした。

2 トンボ釣りについての研究内容

(1) トンボ釣りとは

トンボ釣りとは、戦後しばらくしてから遠州地方を中心に子どもたちの間で行われてきた遊びの一種で、タケやアシにイチモンジセセリというチョウを糸でくくりつけ、これをエサとしてシオカラトンボを釣る、という遊びである。

(2) 実験場所

実験は、磐田市の東北部に位置した桶ヶ谷沼にある、7つの実験池に分かれて行った。ただし、担当者は毎回同じ者とした。

(3) 実験方法

トンボ釣りの実験を行うにあたって、用いる竿を作成した。実験池周辺に生えている1m以上のアシを引き抜いて葉を落とし、

これにエサを160cmほどの白い木綿糸で結びつけ、竿とした。まず、この竿を用いて聞いていたトンボ釣りの方法どおりに釣ってみることにした。この際、シオカラトンボの反応を「無関心」、「追跡」、「接触」、「捕食」の4つに分けて記録した。

無関心...エサを近づけてもトンボが何の関心も示さない反応

追跡...エサに反応し、追いかける反応

接触...エサを追いかけて、体当たりする反応

捕食...エサを完全につかんで食べてしまう反応

これらの基準をもとに専用の記録用紙に記録した。

(4) 結果

表1 本物の結果

	無関心	追跡	接触	捕食
1回目	0	0	0	100
2回目	0	75	25	0
3回目	0	0	0	100
4回目	33	33	0	34
5回目	33	50	0	17
6回目	50	50	0	0
7回目	0	0	0	100
8回目	50	0	0	50
9回目	66	0	0	34
10回目	33	67	0	0
平均	26.5	27.5	2.5	43.5

(5) 考察

表1から、かなりの確率でトンボはセセリを捕食し、釣ることができると分かった。しかし生きたセセリを大量に準備するのは大変であり、糸に結ぶことで死なせてしまうものも多い。そこで、私たちは変わりに模型を使うモデル実験を行おうと思い、調

べることにした。

(5) ニセセリによる実験

ア ニセセリの作り方

私たちはイチモンジセセリの模型をニセセリと名づけ、以下の方法で作成した。

準備物としては画用紙、紙粘土、アクリル絵の具、木工用ボンドを用意した。

まず、図鑑に載っている原寸大のセセリに合わせ、長さを測りとして設計図を作り、それを元に型紙を作成する。

次に、その型紙に合わせて紙粘土で胴体を作成する。本物のセセリは本来が頭、胸、腹に分かれているが、ニセセリの胴体は完成すると大部分が翅で隠れるため簡単にひとつなぎとした。そのとき胸となるあたりを他よりやや高めに作る。翅の型紙にあわせて画用紙を用いて作る。

胴体と翅にアクリル絵の具で色を塗る。その際、セセリ特有の、翅に一列に並んだ白い斑点をつけ、より本物に近付ける。

胴体と翅をボンドで接合する。翅は本物と同じように後翅が外側に見えるようにし、その翅を胴体の中心よりもやや頭部に近い所に付けて完成となる。

このニセセリを前に述べた竿に木綿糸で接合させる。このとき糸はニセセリの翅の付け根に、きつく結びつけた。

イ 操作方法

竿に付けたニセセリをトンボに警戒されないように近付け、小刻みに動かしてセセリの動きをまね、反応を調べた。その際「捕食」の基準は「完全にニセセリを掴み、噛み付きが確認されること」に変更した。

ウ 実験結果

表2 ニセセリ結果

	無関心	警戒	捕食	捕食
実験池1	75	25	0	0
実験池2	83	17	0	0
実験池3	95	5	0	0
実験池4	80	20	0	0
実験池5	80	20	0	0
実験池6	65	35	0	0
実験池7	40	50	10	0

エ 考察

表2より、ニセセリによる試行は本物のセセリでの実験に比べてトンボの反応が多少劣るものの、ある程度の追跡が認められた。よってトンボは確実にニセセリをエサとして認識し関心を示しているため、「偽物のエサ」を使ったトンボ釣りをし、考察することができると考え、実験として行うことにした。

3 形についての実験

(1) 実験方法

ア ニセセリを形だけ、翅だけ、全体の3つの形に分ける。

イ それらを枝に止まっているトンボに近付け、反応を記録して比較し、トンボが形を識別できるか調べる。

(2) 体だけのニセセリ

表3 体だけのニセセリの結果

試行No.	無関心	警戒	捕食	捕食	計
1	5	0	0	0	5
2	15	3	0	0	18
3	20	1	0	0	21
4	3	3	0	0	6
5	24	2	0	0	26
6	7	2	0	0	9
7	22	1	0	0	23
計	90	12	0	0	102

まず追跡や接触がどのような反応あるのかということ考えた。追跡はあくまで自分の縄張りの中に侵入してきた物体を確認するもの、接触はエサと思い攻撃したものと考えた。そして、この体だけの結果を見ると、追跡があり、接触がないという特徴が見られる。これらのことから、トンボは体だけのニセセリをエサとしてみていないと考えられる。

(3) 翅だけのニセセリ

表4 全体のニセセリの結果

池No.	無関心	追跡	接触	捕食	計
1	3	1	0	0	4
2	7	1	0	0	8
3	18	1	0	0	19
4	2	0	0	0	2
5	5	3	0	0	9
6	6	2	3	0	11
7	46	31	2	0	79
計	90	39	5	0	132

翅の有無での反応の違いを比較するため、体だけと全体の結果を比較した。すると全体の方が無関心の割合が少なく、接触の反応があった。また本校生物部の過去の論文である「シオカラトンボの行動様式の分析」より、シオカラトンボの♂が普通のシオカラトンボの♀には連結や捕捉などの接触率が71%と非常に高かったのに対し、翅がないトンボの♀では連結がなく、接触率が29%と低かった。

表5 翅だけのニセセリの結果

池No.	無関心	追跡	接触	捕食	計
1	0	0	0	0	0
2	5	1	1	0	7
3	3	0	0	0	3
4	10	3	1	0	20
5	12	4	0	0	16
6	9	2	0	0	11
7	21	2	0	0	23
計	60	12	2	0	74

また、翅だけの結果でも接触がある。これら3つのことから、翅があるかないとでは、翅があるほうがシオカラトンボの関心は高いということがわかる。よってニセセリの翅はトンボがエサを認識する上で重要な部分だと考えられる。

(4) 全体のニセセリ

全体についての表4と他の形の結果を比較してみても、追跡、接触の割合が最も高い。やはり、翅がついていること、セセリの形状に酷似しているためだと言える。よってトンボは全体のニセセリをエサと認識していると思われる。

4 色についての実験

(1) 実験方法

トンボが色を識別できるかを調べるために、

大きさと形を同じにしたニセセリ6色（赤、青、白、黒、黄、緑）を用意し、そのニセセリを各実験池の担当者が全色一通り行った。

(2) 結果

表6 各色の結果

実験池1				実験池2			
黒	追	接	捕	黒	追	接	捕
100	0	0	0	100	0	0	0
白	83	17	0	0	100	0	0
黄	91	9	0	0	88	12	0
青	64	36	0	0	100	0	0
赤	100	0	0	0	87	13	0
緑	85	15	0	0	100	0	0

実験池3				実験池4			
黒	追	接	捕	黒	追	接	捕
92	8	0	0	100	0	0	0
白	88	8	4	0	100	0	0
黄	90	3	7	0	85	14	0
青	61	38	0.5	0.5	82	18	0
赤	100	0	0	0	100	0	0
緑	82	18	0	0	100	0	0

実験池5				実験池6			
黒	追	接	捕	黒	追	接	捕
50	25	13	12	100	0	0	0
白	80	20	0	0	100	0	0
黄	83	17	0	0	100	0	0
青	88	12	0	0	65	32	0
赤	100	0	0	0	100	0	0
緑	100	0	0	0	100	0	0

実験池7			
黒	追	接	捕
59	42	0	0
白	97	3	0
黄	100	0	0
青	89	7	4
赤	94	6	0
緑	94	6	0

この表6は実験池ごとに全反応数を100として、各4つの反応の割合を示している。この表から、色ごとに傾向をつかもうとしたが、実験池ごとにばらつきがあった。これは実験池ごとの環境の違いが影響しているのではないかと思います、日当たりや植生、トンボの縄張りなどを調べたが、大差はなかった。

しかしよくよく考えてみると、この実験は実験池の担当者、一人一人の判断の仕方に左右されてしまうものであった。つまり担当者がどこまでを無関心とするか、どこからを追跡とするか、という判断の違いによって、結果の反応の悪いが変ってしまうのだ。そこでグラフに手を加えた。実験池ごとに、基本であ

る茶色の二セセリでの無関心の数値と、各色での数値を比べ、どのくらい増減したかを求めて、「±」で示した。

表7 各色反応の増減の度合い

	実験池1	実験池2	実験池3
黒	-25	-17	4
白	-8	-17	12
黄	-16	-5	5
青	15	58	34
赤	-25	-5	-20
緑	-10	-17	-7

実験池4	実験池5	実験池6	実験池7
-20	29	-35	-18
-20	0	-35	-50
-5	-3	-35	-60
-2	-8	-3	-49
-20	-35	-54	-54
-20	-20	-35	-54

なぜ、無関心だけかということ、無関心の割合の多い少ないで、十分トンボの反応の良い悪いが分かると考えたからである。同じ担当者での増減を示した表なので、個人の判断の差は減っただろう。

(2) 考察

表—7から、トンボの反応の良い順を調べると青、黄、白、黒、緑、赤の順となった。青は他の色と比べても特に反応が良く、先ほどの茶色の二セセリとも変わらない結果であったため、他の色と判別されているようである。逆に赤はトンボの反応が悪く、また実際に釣っているときも、少し近付けるだけで逃げられるほど、非常に警戒されていた。緑は赤と同じように、反応が悪い、という結果であるが、実際に釣っているときには赤とトンボの反応が、緑は近付けても特に反応せず。興味がなさそうであった。この反応の違いからトンボは赤と緑を区別しているようである。

ここで1つ疑問が残った。人間の色相の観点からすると、「青よりも赤の方が茶に近い」と思われる。しかしトンボの反応は逆であった。色相をとらえるためには、色みをとらえる能力、すなわち色覚が必要であるが、トンボにこれはあるのだろうか。もしかしたら、色覚以外で色を識別して

いるかもしれない。そこで、色覚以外の尺度として明度を考え、トンボが明度を用いて色を識別しているかを調べる追加実験を行った。

(4) 追加実験

ア 準備

(3)で問題と赤、青、茶の3色と同じ明度の灰色を調べ、それぞれ三種類の二セセリで先ほどと同様に実験しました。

イ 結果

表8 それぞれの色の二セセリの結果

	無関心	近付	接触	捕食
茶	74	25	1	0
青	66	20	14	0
赤	84	16	0	0

表9 それぞれの色と同じ明度の二セセリの結果

	無関心	近付	接触	捕食
茶	58	39	2	1
青	75	11	13	1
赤	85	15	0	0

ウ 考察

表8と表9を比べてみると、赤、青、茶ともに値が非常に近くなった。つまり、トンボは色を色みで見分けているのではなく、明度で識別しているようだ。ただ、赤については気になる点があった。数値は似ているが実際に釣ったときの反応は異なっており、普通の赤は警戒され、逆に同じ明度の灰色の二セセリは興味がなかった。よって、トンボは赤だけは色み、あるいは別の要因で判断しているのかもしれない。

また、トンボが色を見分ける尺度として紫外線の反射率も考えられる。紫外線の反射率は色ごとに違うので、トンボはこれを利用して色を見分けることができるかもしれない。

5 動きについての実験

(1) 動機

トンボの関心はチョウの動きに限るのだろうか。前に述べた二セセリをチョウとは違った動かし方で実験したらどうなるか。

(2) 実験方法

トンボの動きを「チョウ」「トンボ」「静止」の3つに分けて実験した。チョウの動きとは、小刻みな上下運動で対照実験としての動き。トンボの動きとは、標的の周りをすばやく旋回させる動き。静止はトンボの近くで二セセリを静止させる。

表10 チョウの動き

	無関心	回避	接近	捕食
1回目	57	43	0	0
2回目	63	17	0	0
3回目	78	11	11	0
4回目	100	0	0	0
5回目	100	0	0	0
平均	84	14	2	0

表11 トンボの動き

	無関心	回避	接近	捕食
1回目	100	0	0	0
2回目	88	12	0	0
3回目	89	11	0	0
4回目	91	0	0	0
5回目	70	20	10	0
平均	88	10	2	0

表12 静止

	無関心	回避	接近	捕食
1回目	100	0	0	0
2回目	100	0	0	0
3回目	100	0	0	0
4回目	100	0	0	0
5回目	100	0	0	0
平均	100	0	0	0

(3) 考察

結果をみると、トンボはチョウの動きとトンボの動きに同じ程度の関心を示していることが分かる。チョウの動きで反応が良かったのは、トンボはチョウ類を捕食対象としているため、トンボの動きで反応が良かった要因は、二セセリを♂のトンボとみなし、縄張り争いによる追い払いをしたためだと考えられる。しかし、この2つの動きを区別しているとは限らないのではないかと考えた。さらに静止への関心が全くないため、トンボ単に動くものに関心を示している、という結論に至った。今後は、より実験回数を増やしてトンボの行動に関する考察を進めたいと思う。

6 まとめと今後の課題

(1) まとめ

形

ア シオカラトンボはエサの形を大まかになら見分けることができる。

イ シオカラトンボは主に個体の翅を見てエサを認識している。

色

ア シオカラトンボは赤、青、緑を識別することができる。

イ シオカラトンボは基本的に明度を用いて色を識別しているが、赤だけは別の要因で識別しているようである。

動き

ア シオカラトンボは動くものに対して強く関心を示す。

ようするに、シオカラトンボはある程度までなら形、色、動きを識別できるようである。

(2) 今後の課題

形

様々な形のモデルを作り、どの程度まで細かく形を見分けることができている。

色

ア シオカラトンボの反応が赤より青の方が茶に近く、良いのはなぜか。青と茶の共通点は何か。

イ シオカラトンボは色を識別する際、紫外線の反射率を利用しているか。

動き

チョウの動きとトンボの動きに対する関心がどのように違うか。

7 参考文献

- ・立田栄光・三村珪一・富永佳也・小原嘉明：昆虫の神経生物学、培風館（1979）
- ・小原嘉明：モンシロチョウ～キャベツ畑の動物行動学～、中公新書（2003）
- ・蟻川謙太郎・木下充代・竹内勇一：生物の科学 遺伝2002年5月号、P23～P32（2002）
- ・井上清・谷幸三：トンボのすべて、トンボ出版（1999）
- ・日本文教出版株式会社：高校美術、日本文教出版株式会社（2000）
- ・磐田南高校生物部：シオカラトンボの行動様式の分析（2000）