

透過光および反射光が魚の行動特性に及ぼす影響

九州工業大学工学部 学生員 ○渡邊拓也 山本晃義
 九州工業大学大学院 学生員 飯國洋平
 九州工業大学工学部 正会員 鬼東幸樹
 九州工業大学工学部 フェロー会員 秋山壽一郎

1. はじめに

一般に魚は人が識別可能な波長および紫外線を認識可能といわれており、透過光および反射光の色に対する反応が異なる¹⁾。この反応の特性を解明することができれば、河川における魚の生活動線を人為的にコントロールすることが期待される。本研究は水路内の透過光および反射光の色を系統的に変化させて魚の反応特性を観察し、光の色の要素のいずれが魚の行動特性に影響を及ぼすのかを検討したものである。

2. 透過光が魚の行動特性に及ぼす影響

(1) 実験条件および実験装置

透過光の色は光の波長で識別される。使用した色は光の波長が系統的に変化するように、表-1に示す紫(purple)、青(blue)、緑(green)、黄(yellow)、橙(orange)および赤(red)の色を選んだ。

実験魚には30匹のオイカワ(*zacco platypus*)および30匹のカワムツ(*zacco temminckii*)の成魚を用いた。平均体長 B_L はそれぞれ約6.6cm, 6.1cmであった。

実験には図-1に示す長さ1.0m, 幅0.3m, 高さ0.3mの水槽を用いた。水槽上部の左右それぞれに、照度の調節が可能なハロゲンライト2基を設置し、両者で異なる色のカラーフィルターを透過するように設置した。なお、実験中の水面付近の照度は約1700luxで一定とした。

静水状態でランダムに選んだオイカワおよびカワムツを水路中央にそれぞれ30匹放流し、真横から60sのビデオ撮影を行った。撮影後、右側および左側領域に存在する魚数を数えた。

(2) 実験結果および考察

瞬間残存率を次式のように定義する。

$$\text{瞬間残存率} = \frac{\text{対象色の領域内に存在する魚数 } n}{\text{水槽に入れた魚数 } N}$$

図-2に右岸側を青、左岸側を赤の領域としたときの瞬間残存率の時間変化を赤色の曲線で示し、左岸側を他の色とした場合も同様に示す。ここに、 t は魚を放流してからの経過時間である。オイカワおよびカワムツ両種共に、異なる光の色の領域をランダムに往來し、透過光の色が魚の行動特性に及ぼす影響は観察されないと判断される。

3. 反射光が魚の行動特性に及ぼす影響

(1) 実験装置および実験条件

反射光の色は3つの属性、すなわち、色相(hue)、明度(value)および彩度(chroma)によって構成され、マンセル色立体で表示すると図-3のようである²⁾。マンセル表色系では色相は定量値を持っていないが、明度および彩度はそれぞれ0~10および0~14の定量値を有する。本実験では色相、明度および彩度が均等に变化するように、図-4に示した白(white)、黄(yellow)、灰(gray)、赤(red)、青(blue)、緑(green)、茶(brown)、紫(purple)および黒(black)の9色を選んだ。マンセル表色系で

表-1 実験条件

color	wavelength
purple	400~435nm
blue	435~480nm
green	500~560nm
yellow	580~595nm
orange	595~610nm
red	610~750nm

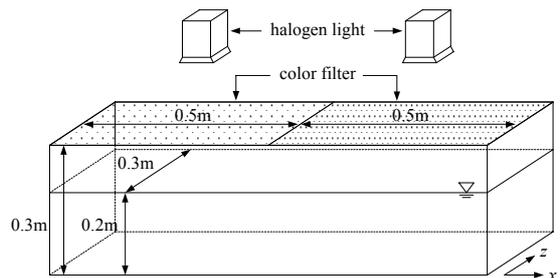


図-1 実験装置

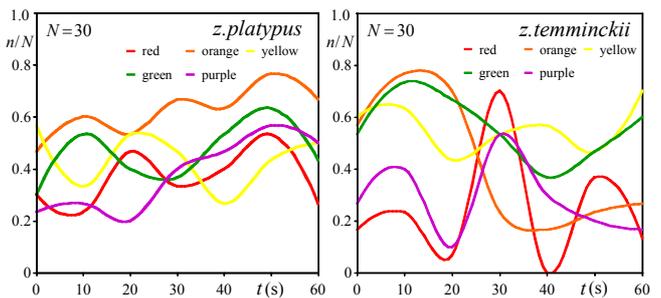


図-2 透過光の各色における瞬間残存率の時間変化

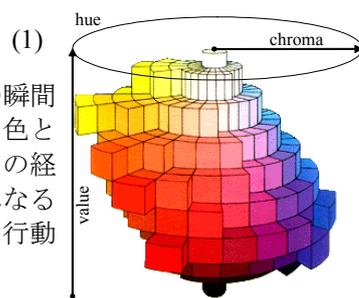


図-3 マンセル色立体

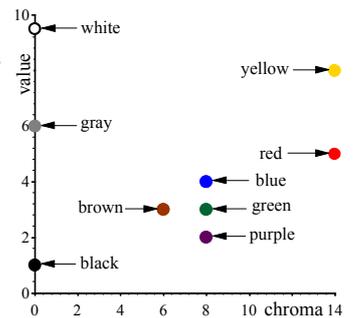


図-4 色の明度および彩度

表-2 実験条件

color	hue	value	chroma	Munsell indication
white	N	9.5	0	N9.5/0
yellow	Y	8	14	Y8/14
gray	N	6	0	N6/0
red	R	5	14	R5/14
blue	B	4	8	B4/8
green	G	3	8	G3/8
brown	YR	3	6	YR3/6
purple	P	2	8	P2/8
black	N	1	0	N1/0

定義する名称を表-2に示す。

実験には長さ0.9m, 水路幅 $B=0.4\text{m}$, 高さ0.3mの長方形断面水路を用いた。底面および側壁の色を, 水路中央線を挟んでそれぞれ異なる色で塗装した。色の組み合わせは表-2に示した9色とし, 合計36ケースとなった。水理条件としては, 水深を0.2m, 断面平均流速を5.5cm/sとし, フルード数およびレイノルズ数はそれぞれ0.04および6200であった。また, 流下方向に x , 水路幅方向に z 軸をとる。

流水状態でランダムに選んだオイカワおよびカワムツを水路中央にそれぞれ20匹放流し, 真上から1分間のビデオ撮影を行った。撮影後, 魚の軌跡を解析すると共に, 右岸および左岸領域に存在している魚数を数えた。なお, 実験中の水面付近の照度は約1000luxで一定とする。

(2) 実験結果および考察

a) 魚の軌跡

図-5に右岸側が黒(black), 左岸側が白(white)の場合のオイカワおよびカワムツの遊泳軌跡の例を示す。図中の矢印は1sごとに示されている。魚種に関わらず白領域から黒領域に接近あるいは越境した直後に黒領域に逆戻りしている様子が観察される。このような傾向は魚種のみならず, 体長が異なっても同様であった。

図-6に右岸側が黒, 左岸側が白の場合の, 黒の瞬間残存率の時間変化を示す。放流後, 5s程度経過すると, ほぼどちらかの領域に位置していることがわかる。他の色の組み合わせについても同様な結果であった。そこで, 放流後10~60sの瞬間残存率の平均値を残存率と定義する。

b) 開水路の壁面色と残存率の関係

図-7に色相とオイカワおよびカワムツの残存率の関係を示す。色相の変化に伴う残存率の系統的变化は観察されない。

図-8に彩度とオイカワおよびカワムツの残存率の関係を示す。実験に用いた色において同一の彩度を有する色については, 色の名称を図中に明記している。同図より, 彩度についても残存率に影響を及ぼさないと判断される。

図-9に明度とオイカワおよびカワムツの残存率の関係を示す。彩度と同様に, 同一の明度を有する色については, 色の名称を図中に明記している。同図より, 明度が低いと残存率は高いが, 明度が高いと残存率は低いと判断される。これは明度が低いほど, その領域に位置する傾向を示している。以上のように, 開水路壁面の色相および彩度が変化しても魚の忌避欲にはほとんど影響を及ぼさないが, 明度が高くなると忌避欲が増加することを発見した。

4. おわりに

開水路内を魚が遊泳する場合, 透過光の色が魚の行動特性に及ぼす影響は確認されなかった。一方, 周囲の反射光の色相および彩度が変化しても魚は反応しないが, 明度が異なる領域が存在するときは明度の低い領域に集まることを発見した。

参考文献

- 1) 玉井信行, 水野信彦, 中村俊六: 河川生態環境工学, 東京大学出版会, 1993.
- 2) 日本色彩学会編: 新編日本色彩科学ハンドブック第2版, 東京大学出版会, 1998.

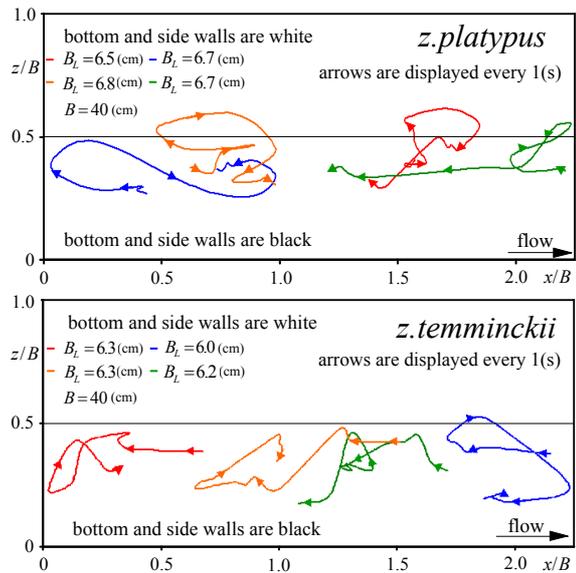


図-5 魚の遊泳軌跡例

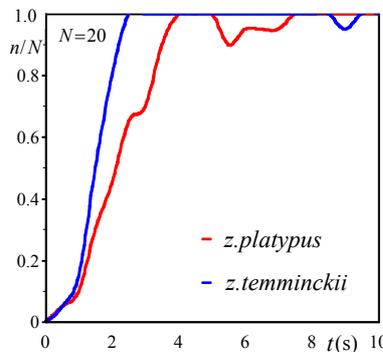


図-6 黒の瞬間残存率の時間変化

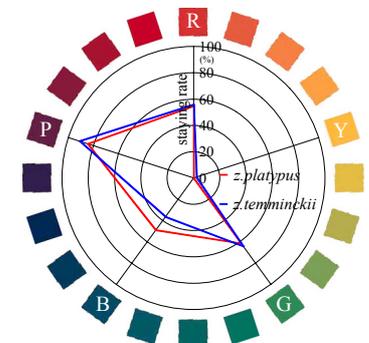


図-7 色相に対する残存率

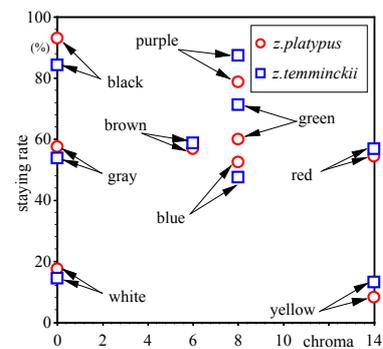


図-8 彩度に対する残存率

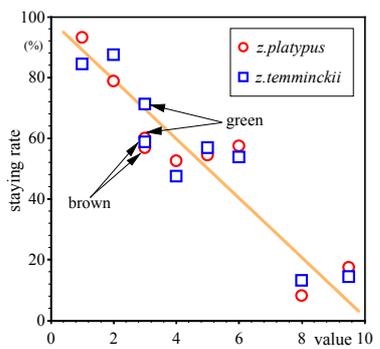


図-9 明度に対する残存率