

静止流体中における異魚種個体群の遊泳特性の関連性

九州工業大学大学院 学生会員 ○三原和也 野口翔平
九州工業大学 学生会員 平野陽一
九州工業大学大学院 正会員 鬼東幸樹
九州工業大学大学院 フェロー会員 秋山壽一郎

1. はじめに

治水および利水目的で河川改修を行う際、環境への配慮が必要とされる。中でも魚類の生息環境の保全に重点が置かれ、そのため魚類の行動特性の解明が試みられてきた。鬼東ら¹⁾は二級河川板櫃川で魚類調査を行った結果、オイカワはギンブナを、カワムツはギンブナおよび体長が8cm以上のオイカワを忌避することを統計的に証明し、異魚種の個体群が遭遇した際の魚群の挙動は若干解明されているものの、魚群内の個体同士の相対挙動についてはほとんど解明されていない。本研究は、静止流体中において、同一体長のアユに対するオイカワの遊泳特性を解析したものである。

2. 実験装置および実験条件

直径1.83mの円形プールに注水し、水深を0.05mにした。表-1に示すように、平均体長 $\overline{B_z}$ が70mmのオイカワ(*Zacco platypus*)の尾数 N_z を5尾に固定し、平均体長 $\overline{B_p}$ が70mmのアユ(*Plecoglossus altivelis altivelis*)の尾数 N_p を0~10尾の間で5通りに変化させた。各ケースにおいてプール内にアユがいない状態あるいは1~10尾を遊泳させた状態で、5尾のオイカワをプール中心に設置した直径0.25mの円筒状金網内を遊泳させる。オイカワが馴致したことを確認した後に金網を取り上げ、プール上部に設置した画素数1440×1080、撮影速度30fpsのビデオカメラで30分間撮影した。

3. 実験結果および考察

(1) アユの魚群とオイカワの魚群の魚群重心間距離

図-1 にアユ魚群とオイカワ魚群の魚群重心間距離 L_G をオイカワの平均体長 $\overline{B_z}$ で除した値 $L_G/\overline{B_z}$ の頻度分布をケース別に示す。魚群重心間距離はいずれのケースも低値が高頻度で高値方向に裾を持つ形状を示す。そこで、次式のガンマ分布を採用し、図-1 中に曲線で示した。

$$f(L_G/\overline{B_z}) = \frac{1}{\Gamma(\lambda)} \alpha^\lambda (L_G/\overline{B_z})^{\lambda-1} e^{-\alpha L_G/\overline{B_z}} \quad (1)$$

$$\Gamma(\lambda) = \int_0^\infty e^{-x} x^{\lambda-1} dx \quad (2)$$

係数 α 、 λ は最小二乗法より算出した。アユの尾数 N_p の増加に伴い魚群重心間距離 $L_G/\overline{B_z}$ の最頻値は増加している。

図-2 にアユの尾数 N_p と魚群重心間距離の最頻値 $\hat{L}_G$ をオイカワの平均体長 $\overline{B_z}$ で除した値 $\hat{L}_G/\overline{B_z}$ との関係を示すと共に、両者の関係を最小二乗法で求めて直線で示した。アユの尾数 N_p の増加に伴い、 $\hat{L}_G/\overline{B_z}$ は増加することがわかる。

(2) アユ魚群とオイカワ魚群の魚群半径

図-3(a), (b)は各魚群半径とアユの尾数 N_p の関係をそれぞれ示したものである。 $\overline{R_f}$ は魚群の前後方向、 $\overline{R_c}$ は魚群の横断方向の半径を表しており、 $\overline{R_f}/\overline{R_c}$ は魚群の形状を表す。

図-3(a)より、アユの尾数 N_p の増加に伴いアユ魚群の無次元進行方向魚群半径 $\overline{R_{fp}}/\overline{B_p}$ および無次元横断方向魚群半径 $\overline{R_{cp}}/\overline{B_p}$ の両者とも増加しているが、その増加率は前者の方が大きい。そのため、半径比 $\overline{R_{fp}}/\overline{R_{cp}}$ はアユの尾数 N_p が増加するにつれて大きくなっている。したがって、アユの尾数の増加に伴い、魚群形状は進行方向に対してより縦長の楕円形に変化していくと判明した。

図-3(b)より、アユの尾数 N_p の増加に伴いオイカワ魚群

表-1 実験条件

case name	N_p (尾)	N_z (尾)
C0	0	5
C1	1	
C3	3	
C5	5	
C10	10	

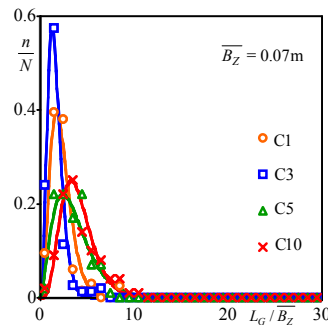


図-1 魚群重心間距離

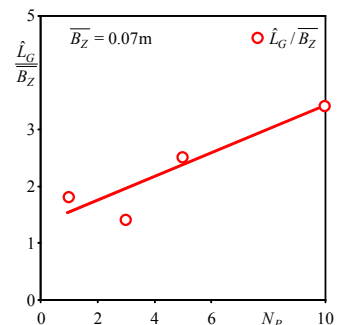
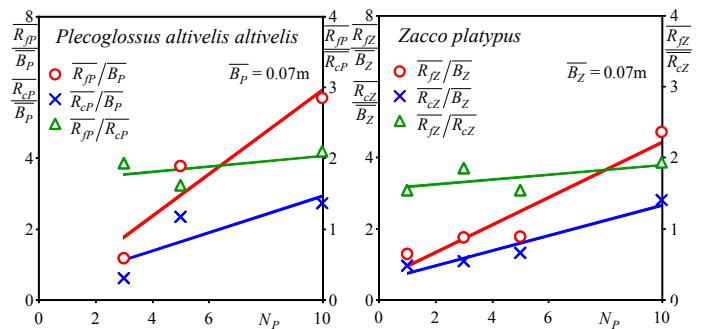


図-2 アユの尾数と魚群重心間距離の関係



(a) アユ魚群の魚群半径 (b) オイカワ魚群の魚群半径
図-3 アユの尾数変化に伴う魚群半径の変化

の無次元進行方向魚群半径 $\overline{R_{fz}}/\overline{B_z}$ および無次元横断方向魚群半径 $\overline{R_{cz}}/\overline{B_z}$ の両者とも増加する。また、増加率は前者の方が若干大きい。そのため、オイカワの尾数は一定に関わらず、アユの尾数の影響を受け魚群形状を変化させることが判明した。

(3) 個体間距離の変化

図-4にアユ同士の個体間距離 D_p をアユの平均体長 $\overline{B_p}$ で除した値 $D_p/\overline{B_p}$ の頻度分布をアユの尾数 N_p 別に示す。アユの尾数 N_p が変化してもアユ同士の個体間距離 $D_p/\overline{B_p}$ の最頻値はほぼ一定値を示す。

図-5にオイカワ同士の個体間距離 D_z をオイカワの平均体長 $\overline{B_z}$ で除した値 $D_z/\overline{B_z}$ の頻度分布をアユの尾数 N_p 別に示す。オイカワ同士の個体間距離 $D_z/\overline{B_z}$ の最頻値はアユの尾数 N_p の増加に伴い増加している。この結果はアユ同士の個体間距離の変化と異なる。

図-6にアユの尾数 N_p とアユおよびオイカワ同士の個体間距離の最頻値 $\hat{D}_p$, $\hat{D}_z$ をそれぞれの平均体長 $\overline{B_p}$, $\overline{B_z}$ で除した値 $\hat{D}_p/\overline{B_p}$, $\hat{D}_z/\overline{B_z}$ の関係を示すと共に、それぞれの関係を最小二乗法で求めて直線で示した。アユ同士の個体間距離 $\hat{D}_p/\overline{B_p}$ は、アユの尾数 N_p が変化しても2弱程度で一定となっている。一方、オイカワ同士の個体間距離の最頻値 $\hat{D}_z/\overline{B_z}$ はアユの尾数 N_p の増加に伴い増加している。したがって、アユの存在がオイカワの遊泳特性に影響を与えていることが判明した。

(4) 魚向偏差の変化

図-7にアユの魚向偏差 $|\theta_p|$ の頻度分布をアユの尾数 N_p 別に示す。アユの尾数が変化しても、アユの魚向偏差 $|\theta_p|$ の最頻値はほぼ一定値を示す。これは、アユの遊泳特性が尾数変化に依存しないことを示している。

図-8にオイカワの魚向偏差 $|\theta_z|$ の頻度分布をアユの尾数 N_p 別に示す。オイカワの魚向偏差 $|\theta_z|$ の最頻値はアユの尾数 N_p の増加に伴い、増加している。これは、オイカワの遊泳特性がアユの存在に影響を受けていることを示している。

図-9にアユの尾数 N_p とオイカワ魚群およびアユ魚群の魚向偏差の最頻値 $|\hat{\theta}_z|$, $|\hat{\theta}_p|$ の関係を示すと共に、それらの関係を最小二乗法で求め、直線で示した。アユの魚向偏差の最頻値 $|\hat{\theta}_p|$ はアユの尾数 N_p が増加に対してほとんど変化がない。これは、アユ魚群の進行方向に対する遊泳特性は尾数変化に依存しないことを示している。一方、オイカワの魚向偏差の最頻値 $|\hat{\theta}_z|$ は、アユの尾数 N_p の増加に伴い増加する。このことから、オイカワの魚向はアユの尾数の増加に伴いばらつきが生じることが判明した。

4. おわりに

本研究は、静止流体中における異魚種個体群の遊泳特性の関連性を解析したものである。得られた知見は以下の通りである。

- (1) アユの尾数の増加に伴い、オイカワ魚群の進行方向魚群半径および横断方向魚群半径は増加し、進行方向に対してより縦長の楕円形となる。
- (2) アユの尾数の増加に伴い、オイカワの個体間距離は増加する。これは、オイカワがアユと一定の距離を保とうとしているためであると考えられる。
- (3) アユの尾数の増加に伴いオイカワの魚向にばらつきが生じた。このことより、オイカワの遊泳特性がアユの存在に影響を受けることが判明した。
- (4) 魚種は体長の大きな異魚種を忌避する習性があるが、オイカワは同一体長のアユを忌避することが明らかとなった。

参考文献

- 1) 鬼束幸樹, 秋山壽一郎, 松田孝一郎, 白杵幸平, 竹内光: 水工学論文集, 第56巻, pp.I_703-I_708, 2012.

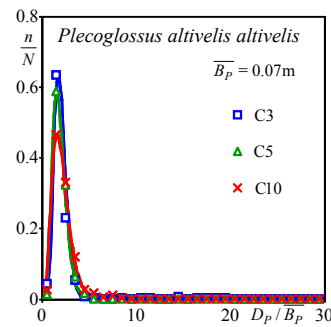


図-4 アユの個体間距離

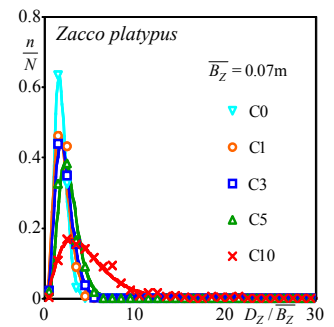


図-5 オイカワの個体間距離

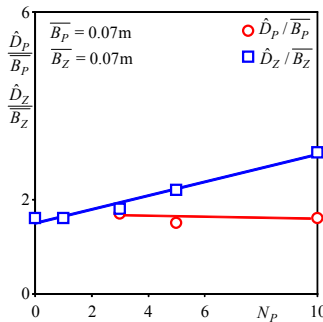


図-6 個体間距離の最頻値

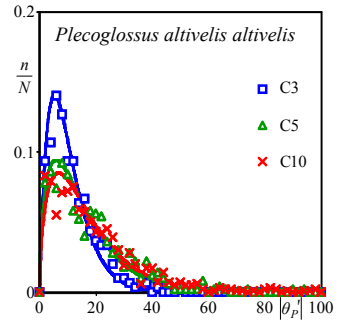


図-7 アユの魚向偏差

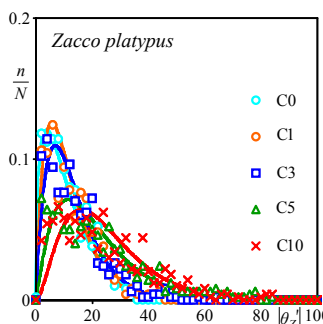


図-8 オイカワの魚向偏差

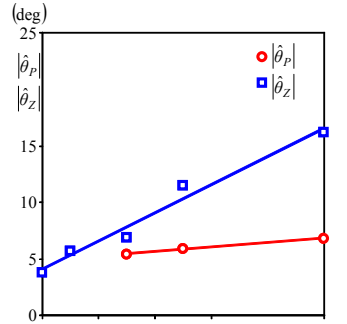


図-9 魚向偏差の最頻値