

魚の遊泳行動に与える壁と障害物の影響

木更津工業高等専門学校 学生員 ○白戸 匠
木更津工業高等専門学校 正 員 石川 雅朗

1. はじめに

魚道設置場所の選定、洪水時の避難場形状の設計など魚の動きが大きく関与する現象について、石川らは魚群行動の個体ベースモデルを適用したシステム工学的な評価方法を提案している¹⁾。このモデルでは、実魚の魚群行動観察実験結果により求めた群れの広がりを示す魚群半径の時系列変化を検証根拠として、試算によりモデルパラメータを設定している²⁾。本研究は、個体ベースモデルの予測精度の向上を図るために、領域界（壁および障害物）に対する魚の遊泳行動を定量的に検討し、モデルパラメータの設定根拠を評価した。

2. 方法

魚群行動の観察実験には体長約 10 cm のウグイ *Tribolodon hakonensis* を用いた。個体（供試魚）1 尾を実験水槽に放流し、無人の状態で、天井部に設置したビデオカメラにより個体の動きを録画した。実験水槽は、図-1 に示すように、矩形領域の中央にユニットをひとつ配置した。水槽の底は白色で着色し、縦横 100 mm 間隔のメッシュを黒色で描いた。なお、観察実験時の水深は 15 cm とした。

魚群行動観察実験で録画した映像から 1 秒間隔で 20 分間における供試魚頭部位置の X Y 座標値、1200 データを抽出した。実験から得られた座標データにアフィン変換を適用して画像の歪みによる視差を除去し、さらに幾何学的な補正を加えた。

図-2 で示したような、領域界に対する魚の遊泳行動を定量的に評価することは重要である。領域界と個体との距離を最小距離、現時刻から次時刻への個体の進行方向を進路変更角とし、移動量を時間ピッチで除して遊泳速度を定義した（図-3）。解析では、最小距離を算定し、最小距離の時間変動を吟味した。さらに、最小距離と進路変更角、遊泳速度と進路変更角の関係について評価した。

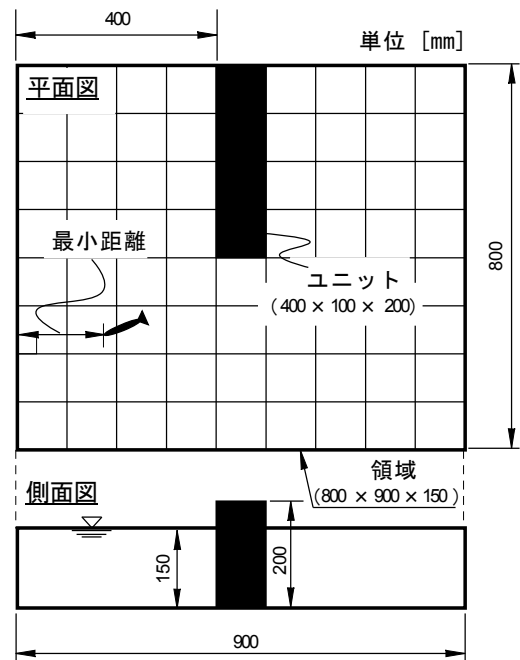


図-1 実験水路と最小距離の定義

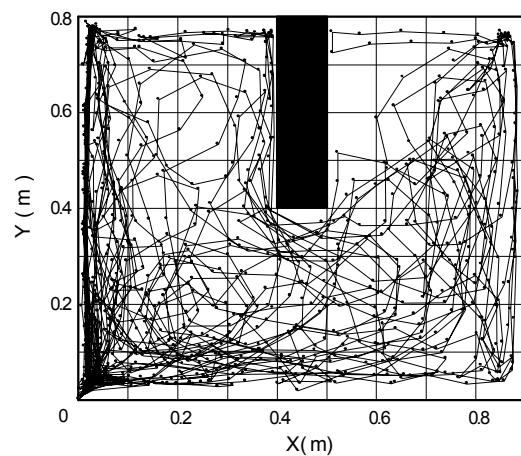


図-2 供試魚の経路

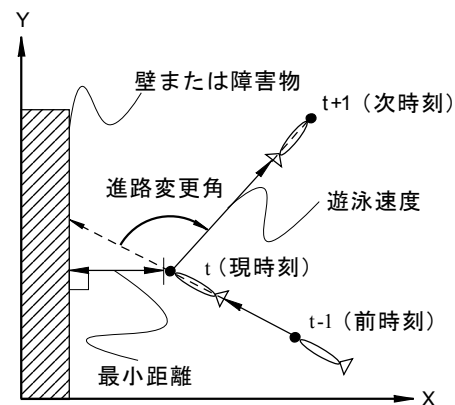


図-3 進路変更角の定義

キーワード 最小距離, 進路変更角, 遊泳速度, 行動観察実験, ウグイ

連絡先 〒299-0246 千葉県袖ヶ浦市長浦駅前2丁目7番地8 白戸 匠 TEL 090-7198-4353

3. 結果

図-4 は高速フーリエ解析により求めた最小距離のパワースペクトル図である。 $1/f$ ゆらぎの傾向が明確に確認された。供試魚の最小距離と進路変更角、遊泳速度と進路変更角をヒストグラム付きの散布図にして図-5、図-6 に示した。最小距離が 0.06 m より大きい場合、供試魚の進路変更角は $-7/16\pi \sim 7/16\pi$ rad の範囲に分布した。最小距離が 0.01~0.06 m の範囲における進路変更角は 0 rad 付近（進路変更なし）を中心に高い頻度で分布すると同時に、 π から $-\pi$ の全範囲に分布した。

遊泳速度は 0.08~0.09 m/s をピークとして、0.06~0.11 m/s の範囲に高い頻度で分布した。進路変更角が $\pi/2$ rad 以上を示すときは、領域界を避ける行動である。そのときの遊泳速度は、概ね 0.09 m/s 以内に分布した。

4. 考察

個体間の相互作用や流れの状況が及ぼす影響を排除して、領域界が個体の行動に与える影響のみを検討するために、1 個体、静水場の条件で実験を行った。計測された個体の遊泳速度の最大値は 0.448 m/s であり、実験水域の大きさは適切であったと考えられる。水深は、個体の上下方向の遊泳を最小限に抑えるために 15 cm とした。個体が一箇所に滞留したり、単調な円運動を繰り返す状態に陥らないように、観察領域の中央部片側にユニットを配置した。

供試魚データについて、アフィン変換と幾何学的な視差補正を行ったが、領域外となった 2 データは、領域界上のデータとして扱った。最小距離が 0.06 m より小さくなると進路変更角が全範囲に分布する傾向が確認された。これは個体が領域界を認識して遊泳を行うためであると考えられる。

謝辞：本研究に対して有益な御助言を賜りました東京海洋大学東海正教授に深謝いたします。供試魚を提供していただいた千葉県内水面水産研究センター梶山誠氏、ならびに尾崎真澄氏に感謝いたします。

参考文献

- 1) 石川・足立・平野：個体ベースモデルによる魚類生息環境評価手法の構築，河川技術論文集，2001
- 2) 石川雅朗：ウグイの魚群行動特性に関する実験的研究，河川技術に関する論文集，第 6 巻，JSCE, pp.101-106, 2000.

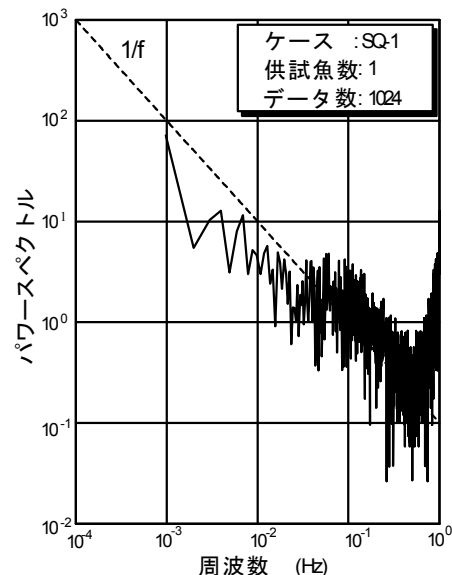


図-4 最小距離のパワースペクトル

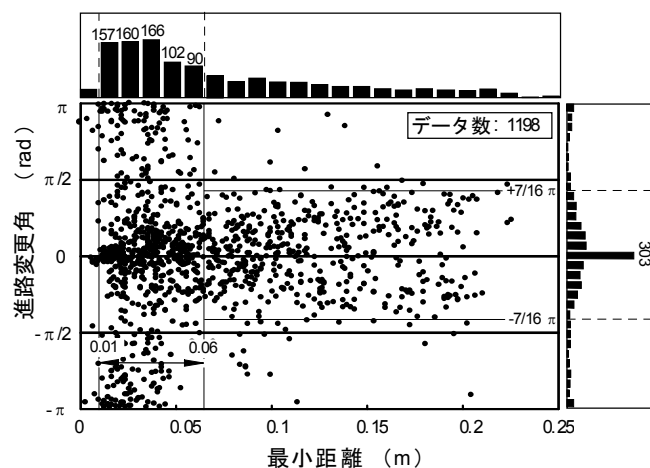


図-5 最小距離と進路変更角の関係

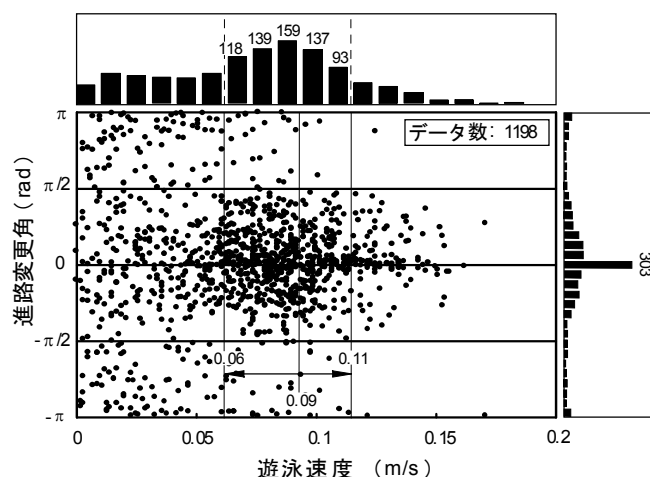


図-6 遊泳速度と進路変更角の関係

遊泳速度 0.2 m/s 以上の 4 データについては稀な場合であると考え、0.2 m/s 以内のデータで解析を行った。