

室内観察実験によるウグイの3次元行動特性

木更津工業高等専門学校 学生会員 ○島村 晃司
 木更津工業高等専門学校 後藤 瞬平
 木更津工業高等専門学校 正会員 石川 雅朗

1. はじめに

河川に生息する魚類が、その成長段階に対応した最適な生息場への移動を確保するために、魚道は重要な河川構造物である¹⁾。専門家の経験的な知識・知見による設計から脱却して²⁾、客観的な魚道設計を行うためには生態環境のシステム的な評価方法の構築が急務である。Reynoldsの個体ベースモデルをもとに石川ら(2001)は、流れ場における魚群行動を再現するために、個体ベースモデルに向流性モデルを加えた個体ベース魚群行動モデルを提案して、2次元モデルを実装したソフトウェアを開発した³⁾。さらに、このモデルを適用したシステム工学的な魚道設計を提案している⁴⁻⁵⁾。鉛直方向の流速分布が魚類の行動に影響する魚道や、瀬と淵といった河道形状が影響する魚類生息場を評価するためには、個体ベース魚群行動モデルの3次元化が必要となる。

本研究は、3次元モデルの構築をするために供試魚をウグイとした観察実験結果から、ウグイの三次元行動特性を明らかにすることを目的として実施した。

2. 方法

延長 10m、水路幅 0.8m の室内実験水路内に設けた延長 1.0m×幅 0.4m×深さ 0.3m の観察区域で3次元流速分布を測定した。流量を $Q=0.012[m^3/s]$ とした流速測定は、観察区域内の縦方向、横方向、高さ方向それぞれ 0.05m 間隔で電磁流速計で測定した。

魚群行動観察実験では体長約 10cm のウグイ *Tribolodon hakonenensis* 5尾を供試魚とした魚群行動観察実験を行い、構造物と流れ場に対する魚群の行動を評価した。観察区域の天井と側面にそれぞれ 1 台ずつ観察用のカメラを設置した。供試魚の流れに馴致させた後に無人の状態で行った。観察時間は 20 分間とし、平面と側面の撮影動画から 1 秒毎の静止面を抽出し、個体別に魚の位置座標を特定した。

供試魚の位置座標データから魚の向流性を定量的に評価するために図-1 に示すように、「遊泳ベクトル L 」と「方向角 θ 」, 「仰角 α 」を定義した。遊泳ベクトルは座標から次の時刻の座標までの斜距離を表している。方向角は X-Y 平面で移動した際の角度を表している。仰角は供試魚が X-Z 平面で移動した際の角度を表している。

供試魚の行動をシミュレーションする際にパラメータとして使用するために、結果からヒストグラムを作成し、正規性の検定を行った。

3. 結果

図-2 は観測区域内の流速ベクトル図である。観測区域内の流速ベクトルを X-Y 成分, X-Z 成分, スカラー量に分けて分散分析を行い、平均流速が $0.118[m/s]$ の等流状態であることを確認した。

全尾データ(データ数 $n=6000$)より進行と後退の発生頻度の分析を行った。前後の座標データより、進行方向 ($-90^\circ \leq \theta \leq 90^\circ$) に移動したデータ ($n=2785$) と後退方向 ($-180^\circ \leq \theta \leq -90^\circ$, $90^\circ \leq \theta \leq 180^\circ$) に移動したデータ ($n=3215$) となり、進行と後退の発生頻度は概ね同数とみなせる結果が得られた。

進行と後退ごとにヒストグラムを描き、シャピロウィルクの検定より正規性の検定を行った(図-3)。進行の P 値が 0.589, 後退の P 値が 0.629 と 0.05 を大きく超えた。等流状態の流れ場において、供試魚ウグイの進行、後退ともに方向角 θ の発生頻度は正規分布であることが確認された。

方向角の場合と同様に潜水、浮上といった供試魚の鉛直方向の動きを表現するために、全尾データをもとに仰角 α の発生頻度のヒストグラムを作成した(図-4)。方向角と同様に前時刻と現時刻の個体位置座標から全体のデータ数が 6000 に対し、流れに平行となる $-180^\circ, 0^\circ, 180^\circ$ に全体の半数近い 2691 回の発生が見ら

キーワード 魚群行動, ウグイ, 個体ベースモデル, 向流性

連絡先 〒292-0045 千葉県木更津市清見台 2-21-18 TEL 090-5428-8474 E-mail : fc.abs.9@gmail.com

れ、 $\pm 10^\circ$ 範囲までを含めると 4692 回となった。方向角 θ と違い仰角 α には正規性が確認されなかった。等流の流速場ではウグイは浮上や潜水といった鉛直方向の運動を積極的に行わないことが確認された。方向角 θ で分類した進行、後退ごとに移動量 L の発生頻度のヒストグラムを作成した (図-5)。移動量 L の発生頻度について検定を行った結果、進行の P 値が 0.416, 後退の P 値が 0.415 となり対数正規分布に従うことがわかった。

4. まとめ

等流の観測区域内で供試魚の動きを方向角、仰角、移動量の要素で分けて解析した結果、以下のことが得られた。

- (1)ウグイが流れに対して進行、後退を選択する確率は概ね等しい。
- (2)ウグイの進行角度、後退角度は正規分布に従う。
- (3)流れに対してウグイは浮上および潜水を積極的に行わない。
- (4)対地速度は対数正規分布に従う。

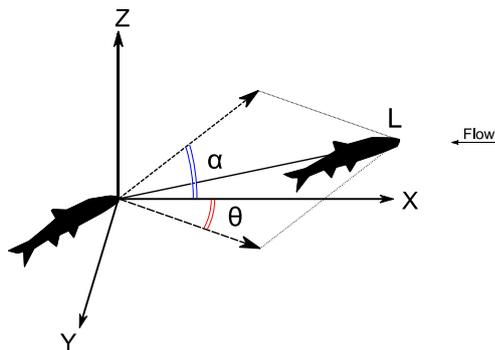


図-1 評価指標定義図

θ : 方向角

α : 仰角

L : 移動量

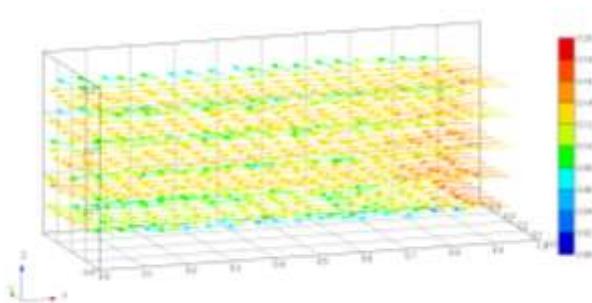


図-2 観測区域の流速ベクトル図

max : 0.167m/s

min : 0.054m/s

ave : 0.118m/s

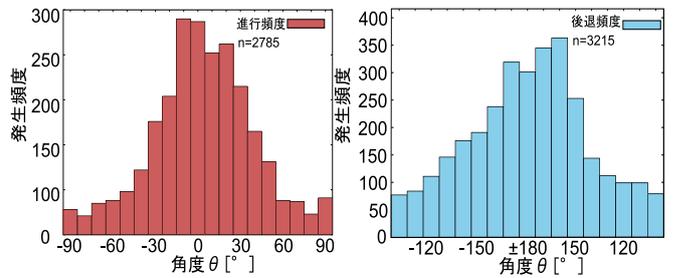


図-3 方向角 θ 進行、後退発生頻度

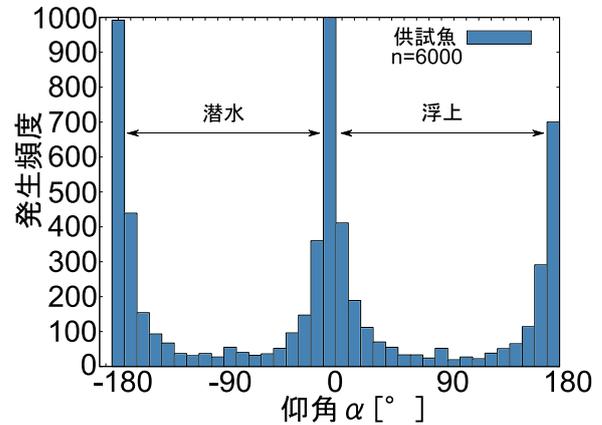


図-4 仰角 θ 全尾合計発生頻度

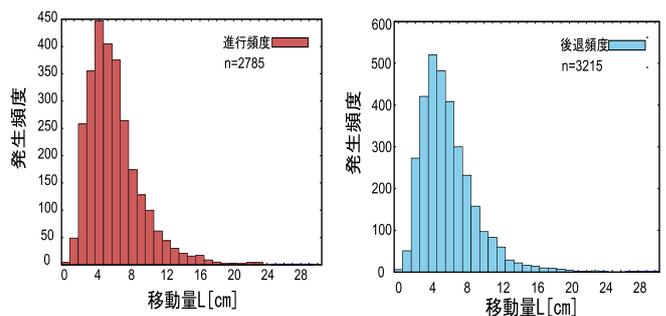


図-5 進行、後退方向への移動量

参考文献

- 1) 国土交通省河川局：魚がのぼりやすい川づくりの手引き，第 3 章. 魚がのぼりやすい川づくりの進め方と事例 3, 4. 設計, 財団法人リバーフロント整備センター, 東京, 2005
- 2) 中村俊六：魚のすみよい川づくり 魚道のはなし 魚道設計のためのガイドライン, pp.109-121, 山海堂, 東京, 1995.
- 3) Reynolds C.W: Flock, Herds, and Schools, A Distributed Behavioral Model. The preceding of SIGGRAPH '87, Vol.21(4), pp.25-34, 1987.
- 4) 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, pp. 101-106, 2000.
- 5) 石川雅朗, 足立恒, 平野弘晃：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, 第 7 巻, pp.315-320, 2001.