

室内観察実験によるウグイの3次元魚群行動特性

木更津工業高等専門学校 学生会員 ○藤本 健太
木更津工業高等専門学校 正会員 石川 雅朗

1. はじめに

現状の魚道設計は専門家の経験的な知識、知見に基づいて行われている¹⁾。生態環境のシステム的な評価方法の構築が急務である。石川ら(2001)は、流れ場における魚群行動について、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構築して、2次元モデルを実装したソフトウェアを開発した。さらに、石川は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²⁻³⁾。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次元化が必須となる。本研究では、3次元モデルの構築に資するために供試魚としてウグイを用いた3次元魚群行動観察実験を行い魚類の3次元的な向流性について吟味し、定量的に評価した。

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×高さ 0.3m の観察区域において、3次元の詳細な流速分布の測定と、体長約 10cm のウグイ *Tribolodon hakonensis* 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。観察区域内には 0.4m×0.2m×0.1m のアクリル製ユニット 2 個を配置して、瀬と淵を模した水路形状とした(図-1)。流量は $Q=0.012\text{m}^3/\text{s}$ 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 間隔で電磁流速計を使用して測定した。観察実験は観察区域天井部と側部にそれぞれ 1 台ずつ設置したカメラを用いて、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、平面と側面それぞれを 1 秒毎の静止画として抽出し、個体別に魚の位置座標を抽出した。魚の向流性を定量的に評価するために図-2 に示したように、「遊泳ベクトル」と「進行角 θ 」を定義した。

3. 結果

観察区域に挿入したアクリル製ユニット上面の高さ 0.1m を境にして、下側を「淵部」、上側を「瀬部」と

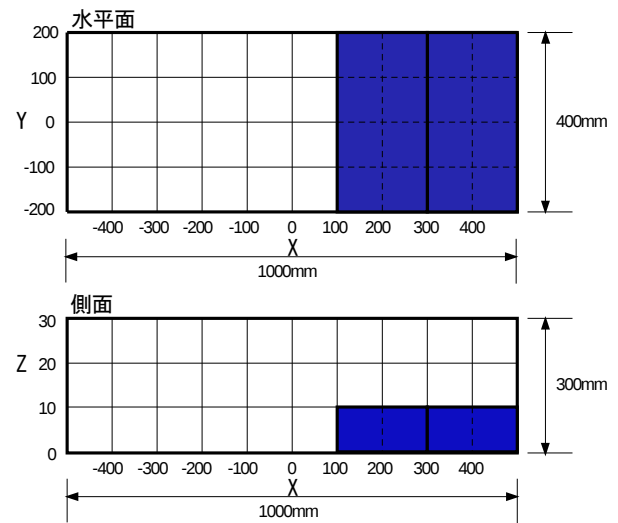


図-1 ユニットパターン図。図のようにアクリル製ユニットを配置した。

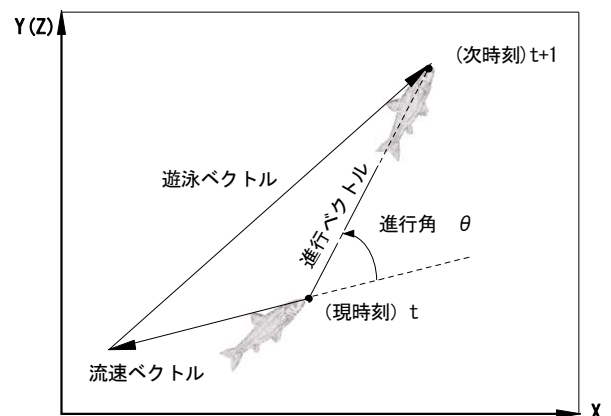


図-2 評価指標定義図。現時刻位置から次時刻位置へのベクトルを、進行ベクトルと定義する。また、流速ベクトルを基準とした進行ベクトルの方向を進行角 θ と定義する。進行ベクトルと流速ベクトルの合成ベクトルを遊泳ベクトルと定義した。

定義する。流速測定に基づいて作成した3次元流速ベクトル分布図を図-3 に示した。瀬部ではユニット上部で速い流れが発生し、若干減速するものの、淵部の上を速い流れで通過している。淵部は、緩やかな流れとなり、渦流の発生が確認された。

図-4 は 1 秒間隔で算定した遊泳ベクトルの始点を図の原点に合わせて、遊泳ベクトルの終点をプロットした関係図である。●印は淵部のデータを表し、△印が

瀬部のデータを表してしている。横軸が遊泳ベクトルの X 成分、縦軸が遊泳ベクトルの Y 成分となる。この図は平面的にみた、供試魚の遊泳方向と遊泳速度を示している。図-5 は側面 XZ 面からみた同様な図である。

全体的にみると全データの 10%程度が流れに流される傾向にあるが、90%程度のデータから、魚が流れに向かって遊泳していたことが確認された。

瀬淵別にみても、瀬部ではほとんどの魚が流れに抗して遊泳するといった強い向流性が確認された。淵部でも魚の向流性が認められるが、瀬部と比較するとその傾向は弱い。また、淵部の魚は流れに流される傾向が顕著に確認された。

図-4 の平面方向 XY の魚の挙動をみると、前述の通り瀬部、淵部とも向流性が認められた。流れに直行する Y 方向の挙動は、若干ではあるが瀬部より淵部の方が広い範囲に分布していた。

図-5 の鉛直方向 XZ の魚の挙動をみると、淵部の魚は現在位置より浅い方へも、深い方へも、概ね同じ様にどちらの方向にも分布していることが確認された。淵部の魚は、ほとんどの魚が現在位置よりも若干深い方へ進む傾向が顕著に確認された。流れに抗して遊泳する場合、浅い方向へ移動しようとする、流れに押し流されるきっかけとなるため、若干深い方向へ進んだものと思われる。

4. 考察

流れの速い瀬部では、ほとんどの魚は流れに向かって遊泳していると考えられる。瀬部と淵部の魚の行動を比較すると、淵部のように流れが淀んで渦流となっている部分では、魚は向流性に加えランダムな動きをする。瀬部のように流速が速いところでは魚は強い向流性を示した。このことより、魚は緩やかな流れよりも、ある程度急な流れが存在する方が流れに向かって進んでいく特性があると考えられる。また、流れに直交する成分の頻度分布より、瀬部のように流れが速いところでは、魚は遊泳の際の上下への移動幅が淵部に比べて少ない特性がある。

謝辞：本研究に対して貴重な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の梶山誠氏、ならびに尾崎真澄氏に対して記して深甚なる謝意を表する次第であります。本研究の一部は日本学術振興会の科学研究費補助金基盤研究（C）18560507 による。

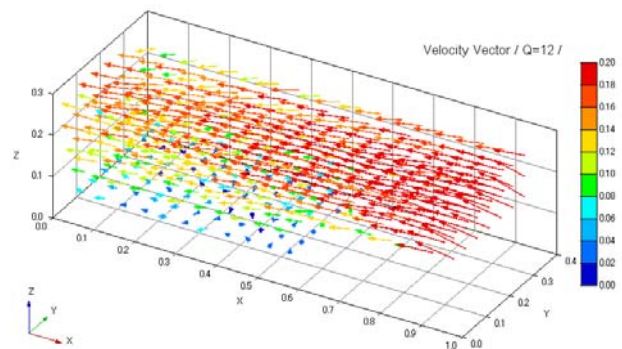


図-3 流速ベクトル分布図。観察区域内の流速分布を示す。

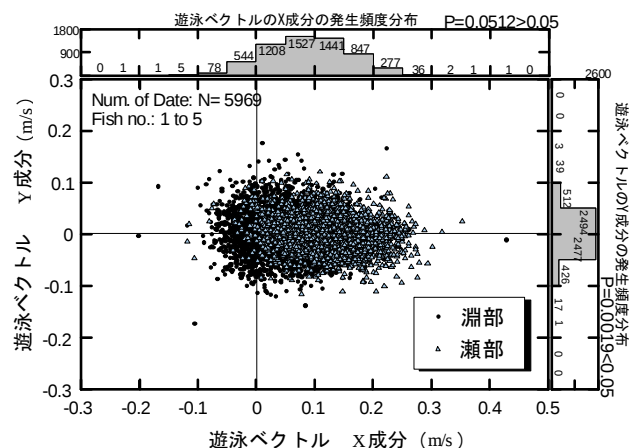


図-4 XY 面の遊泳ベクトル分布図。XY 面の遊泳ベクトルの分布。X 成分が正の値なら魚は流れに向かって進み、負の値なら流れと同じ方向に進んだことを示す。

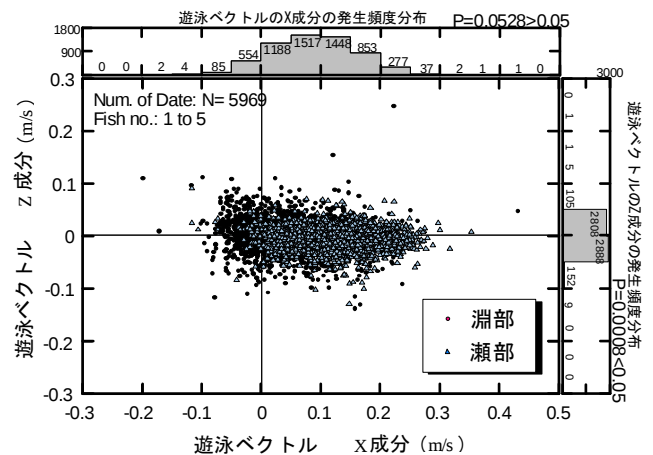


図-5 XZ 面の遊泳ベクトル分布図。XZ 面の遊泳ベクトルの分布。X 成分が正の値なら魚は流れに向かって進み、負の値なら流れと同じ方向に進んだことを示す。

参考文献

- 1) 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.
- 2) 石川雅朗. 魚道の評価のための魚群行動モデルに関する研究. 博士論文, 東京水産大学, 東京. 2005.
- 3) 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.