

ウグイの遡上行動における渦流の影響

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

1. はじめに

魚道的设计は専門家の経験と知見に基づき行われてきた¹⁾. 魚が遡上しやすい魚道をシステム工学的に設計するためには魚道内の流況と魚類の遡上行動を合わせて考える必要がある. 魚道内の水の流れは渦流を伴った複雑な流れとなっている. 石川らは個体ベースモデルに向流性モデルを追加した個体ベース魚群行動モデルを適用することによるシステム工学的な魚道設計方法を提案している²⁾.

本研究ではウグイ *Tribolodon hakonensis* を供試魚として用いた水路における魚群の遡上・降下行動の室内観察実験を行い, 流れ部と淀み部におけるウグイの遡上行動を詳細に観察し, 淀み部で発生した渦流の遡上行動に及ぼす影響を検討した. 本研究はウグイの遡上行動特性を明らかにすることにより, 個体ベース魚群行動モデルの精度向上を図ることを目的として実施した.

2. 方法

室内実験水路 (L7.2m×W0.8m×H0.15m) 内の右岸に遮水ユニット (L0.1m×W0.4m×H0.2m) 6個を連続的に配置して, 渦流の状況を把握するために詳細な流速分布を測定した (図-1). ユニットの配置されている中流区間は縦横0.025m間隔, その他の区間は0.05m間隔で, 鉛直方向の平均流速に相当する6割水深における流速を

電磁流速計を用いて測定した. 流速測定実験の結果より, 水の流れが留まっているユニット間を淀み部, 水の流れが速い狭窄部を流れ部として分析を行った. 供試魚ウグイの遡上経路については, 2004年に実施した魚群行動観察実験の結果を用いて解析を行った³⁾. 魚の遊泳速度として進行ベクトルと遊泳ベクトルを定義する. 進行ベクトルは魚の見かけ上の移動速度で, 魚の頭部位置座標より求めた移動距離を移動時間で除した値となる. 遡上時には魚が流れに押し戻される分を含めた遊泳速度を検討する必要がある. このために図-2に示したような遊泳ベクトルを定義した.

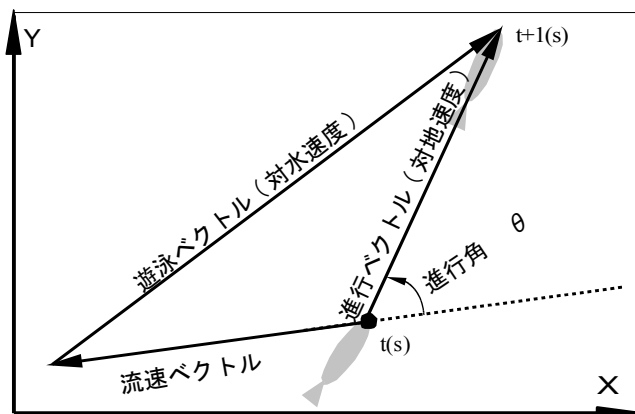


図-2 ベクトル定義図. 遊泳ベクトル (対水速度) は流速ベクトルと魚の進行ベクトル (対地速度) を合成したもので, 実際に魚が泳ぐ向きと流れを表す. 流速ベクトルの逆ベクトルと進行ベクトルのなす角を進行角とする.

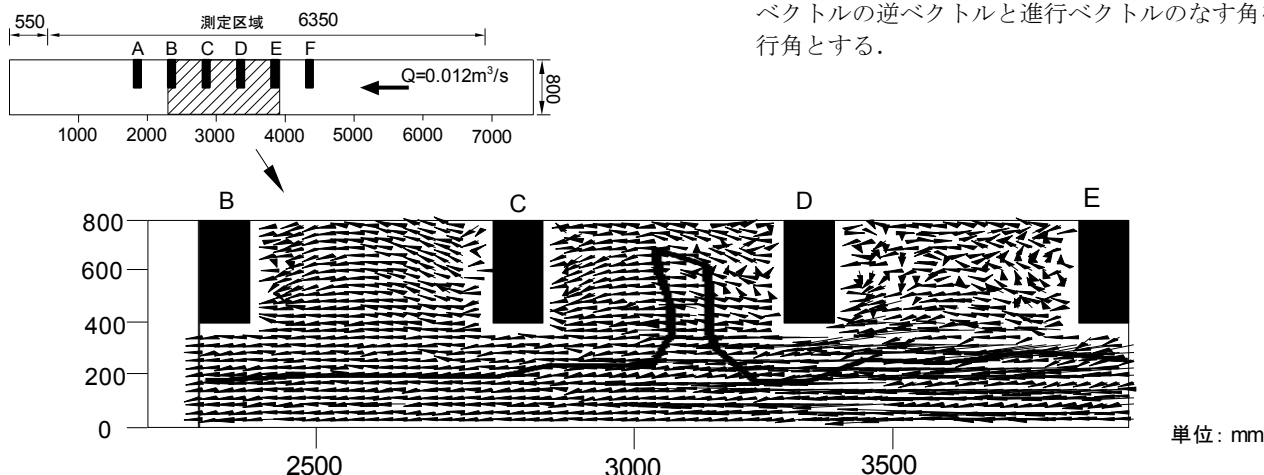


図-1 遡上経路図. 左上の図は実験水路の概要図である. 上図は概要図の斜線部において流速ベクトル図と遡上経路図を合成した図である. 遡上経路の内, 淀み部に進入したものをを用いて解析を行った. 魚は左から右へ遡上している.

キーワード 魚群行動, 魚道, ウグイ, 遡上行動, 渦流

連絡先 〒292-0041 千葉県木更津市木更津市清見台東2-11-1 木更津高専寮 高橋毅 TEL090-4537-8654

3. 結果と考察

図-1に代表的な供試魚の遡上経路を太実線で示した。他の供試魚も多少の差異はあるものの概ね同じ経路で遡上している。図-1より、流れ部では流れ方向が上流から下流へほぼ真っすぐであったのに対し、淀み部では渦流が発生し流れ方向が一様ではないことがわかる。ユニットBC間とCD間の流れ部の流れは、淀み部の渦流の影響を受け、わずかに淀み部に流れ込む傾向が確認される。流れ部における平均流速は $0.12\text{m}^3/\text{s}$ で、連続式の概算による平均流速 $0.2\text{m}^3/\text{s}$ に比べ緩やかになっている。これは渦流によって流れ部の流れの勢いが打ち消されていると考えられる。

淀み部と流れ部にわけて遡上行動解析を行った。遊泳ベクトルの頻度分布図を図-3に示す。淀み部では 0.15m/s に、流れ部では 0.35m/s にピークが確認される。これは緩やかな流れ場では緩やかに泳ぎ、速い流れ場では速く泳ぐということを示している。これよりウグイは流速に対応した遊泳運動をとっていると考えられる。

流速と進行角の関係の分布図を図-4に示す。流速は流速測定実験により得られたデータを用いた。淀み部では、流速がほぼ一定であることが確認された。進行角の分布は 0 付近に集まり弱い向流性が確認された。また、その進行角の出現頻度分布($P=0.264>0.05$)が正規分布であることが認められた。

淀み部では渦流が発生していることが確認された(図-1)。淀み部に入ったウグイは渦流の中で流れに定位して淀み部から抜け出すことが確認された。流れ部の、流速値の頻度は広い範囲に分布していた。流速が遅いほど進行角の分布が広がっている。進行角の多くが 0 付近に分布しており、流れ部における供試魚の強い向流性が確認された。

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」, 山海堂, 1995
- 2)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, JSCE, pp. 315-320, 2001
- 3)萩原雅子：「実験水路におけるウグイ魚群の遡上降下経路と行動特性」, 第33回土木学会関東支部技術研究発表会講演概要集, 第33巻, II-045, 2006

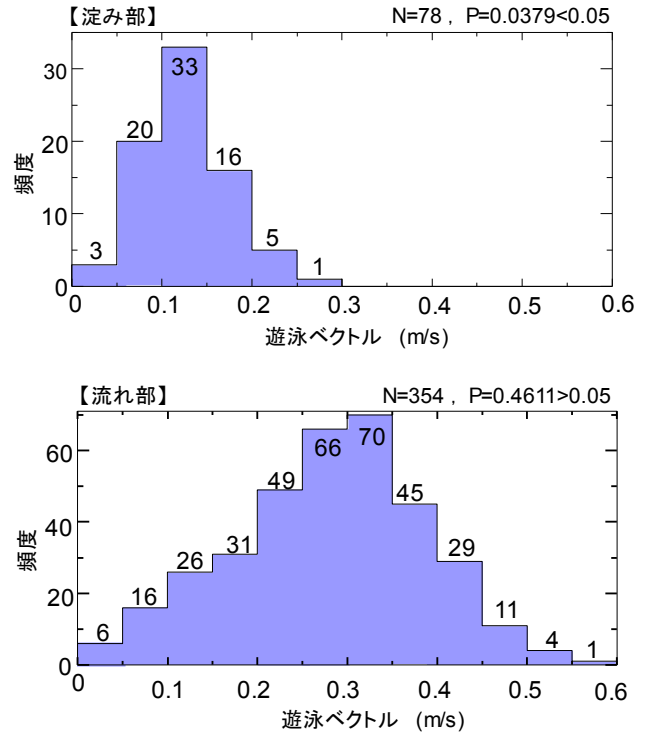


図-3 遊泳ベクトルの頻度分布図。水路を流れ部と淀み部に分け、遊泳ベクトルの頻度を求めた。

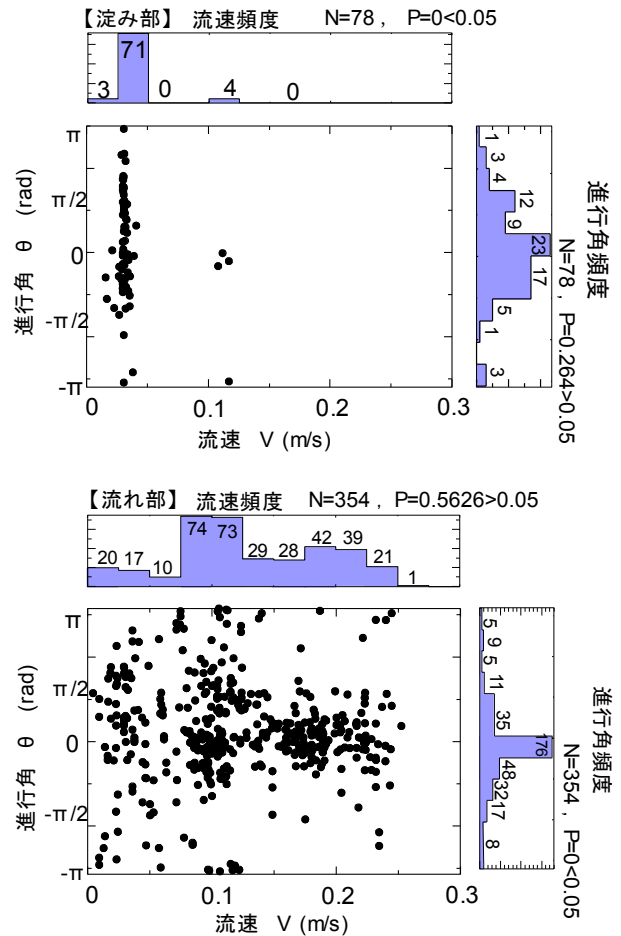


図-4 流速と進行角の関係。進行角が 0 に近いほど流れに向かって泳ぎ、 $\pm\pi$ に近いほど流れと同じ方向に泳いでいる。