

# 画像解析と連携する自律制御型水中ロボットを活用した 水中生態観測システムの検討

北代 一朗<sup>†</sup> 山本 寛<sup>†</sup> 宇都宮 栄二<sup>††</sup>  
<sup>†</sup> 立命館大学 情報理工学部 <sup>††</sup> KDDI 総合研究所

## 1. はじめに

アユやニゴロブナのような琵琶湖に生息する固有種は、滋賀県における貴重な水産資源となっている。しかし、オオクチバスのような外来種の混入や、カワウのような有害鳥獣による捕食により生態系が大きく乱され、漁業に大きな影響を与えている。これらの影響を把握するため、先行研究では、水中の様々な環境情報を観測できるセンサーを開発している[1]。しかし、この装置は水上ブイに固定されるため、水中の広範囲を観測することはできない。そこで本研究では、カメラや多種のセンサを搭載しており水中を自由に動き回ることで、水中ロボットを中心とした、広範囲水中センシングシステムの研究開発を行う。

## 2. 提案システムの全体像

本研究では、ソフトウェア/ハードウェアの仕様がオープンソースとして公開されており、機能拡張が可能なOpenROV[2]を中心とした、水中センシングシステムを研究開発する[3]。提案システムの全体像を図1に示す。

水上ブイ内の小型ボードコンピュータ(Raspberry Pi)は水中ロボットとLANケーブルで接続しており、WebSocketにより、制御メッセージ(内蔵カメラによる撮影、前進後退、方向転換など)の送信やIMU(慣性計測装置)のセンサーデータの取得を行う。また、水上ブイは3G/LTEによる通信機能を備えており、水中ロボットから取得したデータをインターネット上の解析サーバへアップロードする。解析サーバは水中ロボットが撮影した画像を解析し、魚が映っている場合にはその進行方向を推定し、その魚を追跡するための水中ロボットの制御シナリオを生成する。水上ブイは解析サーバから制御シナリオを取得し、水中ロボットに対して制御メッセージを送信する。

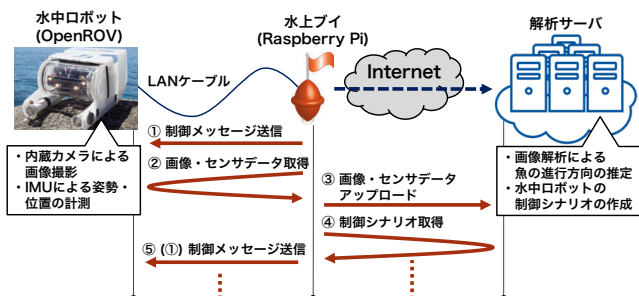


図1. 水中センシングシステムの全体像

## 3. 画像解析と連携した水中ロボットによる魚影追跡

解析サーバは、連続して撮影されている2枚の画像を

対象として、魚の進行方向を推定する画像解析を行う(図2)。まず、画像に映っている様々なもの(魚、水草など)の輪郭を抽出するために、適応的閾値処理による画像の2値化を行う。次に、2値化された画像に対して矩形検出を適用し、長辺が短辺の2~3倍の長さとなっている矩形を魚として識別する。さらに、連続して撮影された2枚の画像について、魚として識別された矩形の重心の変位ベクトルを求め、このベクトルの方向を魚の移動方向とする。解析サーバは魚の移動方向を8方向(上, 右上, 右, ..., 左上)で推定し、推定された方向へ水中ロボットが移動するように制御シナリオを生成する。

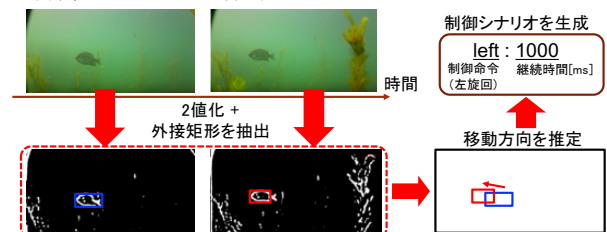


図2. 画像解析による水中ロボット制御シナリオの生成

## 4. 性能評価

まず、提案システムによる魚の検知・追跡のリアルタイム性を評価するために、水上ブイが水中ロボットに対して撮影を指示し、画像を解析サーバへアップロードするまでの時間を100回計測する。計測結果の平均値は4.85秒であり、水上ブイによる水中ロボットからの画像の取得に要する時間(約4秒)が支配的であることがわかった。

また、琵琶湖で撮影された100枚の画像を対象として魚の検知精度を評価した結果、適合率は73.9%、再現率は32.7%となり、多くの魚影を見落としていることがわかった。

## 5. まとめ

本研究では、水中を自由に動き回ることで水中ロボットを用いた水中センシングシステムを研究開発した。今後は、魚の検知・追跡の精度とリアルタイム性を向上させるための、システムの改良に取り組む。

## 参考文献

- [1] 田中 駿, 他, “沿岸漁業を支援する海上海中環境観測システムの研究,” 信学技報, IA2016-83, pp.25-30, 2017年1月.
- [2] OpenROV, <https://www.openrov.com>
- [3] 北代 一朗, 他, “水中ロボットを活用した水中生態観測システムの検討,” 電子情報通信学会 総合大会 ISS 学生ポスターセッション予稿集, no.ISS-SP-167, 2017年3月.