

氏 名 川崎 直樹

学 位 の 種 類 博士 (工学)

学 位 授 与 年 月 日 令和 4年 9月 23日

学 位 論 文 名 魚を追尾する小型魚ロボットが射出する銚の射出挙動に及ぼす影響

論文審査委員 主査 高田 洋吾

副査 川合 忠雄

副査 山崎 友裕

## 論文内容の要旨

日本のみならず世界中の水環境下において、外来魚が与える生態系への悪影響が深刻な問題として提起されている。外来魚の駆除は現在、主に人の手によって行われており、多くの人員を要する。そのため、自律制御されたロボットで対象の生物を追尾し、自動で駆除まで行う等、先進的かつ効率的な技術革新が求められている。

本論文は、目標物を自動追尾する魚ロボットの開発に加え、このロボットに銚の射出機構を搭載し目標物に的中させるため、射出機構と銚の挙動に関する基礎研究を行う。

第2章では、小型魚ロボットCOMETを開発し、頭部に取り付けたカメラから得られた画像から画像処理により、金魚の体色を認識し、COMETに金魚の自動追尾を行わせる。開発する小型魚ロボットCOMETの設計指針として、画角を広くし、角速度を金魚の角速度に近づけることとした。そのため、広い視野角のカメラをCOMETの頭部に搭載する。また、旋回能力を高めるために、関節数を2個とし、それぞれを独立して動作させることができる構造とする。また、画像処理には高速な演算が必要となるため、小型で高速な演算が可能なFPGAを用い、金魚の特徴的な体色の赤色を認識するプログラムを作成する。開発した魚ロボットCOMETとプログラムを動作させ、金魚の自動追尾が可能であるかを確認する。

第3章では、2章で行った実験時に得られた画像を確認したところ、金魚の追尾時に常に画像が回転していることが分かった。この画像の回転は金魚自動追尾に悪影響を及ぼしていると考えられる。そのため、この画像の回転を抑制しなければならない。そこで、魚ロボットCOMETに搭載しているFPGAを用いて電子的に回転補正を行う。また、金魚の自動追尾時に補正の有無による効果について検討する。

第4章では、先行研究によって開発されたアーチェリーロボット1号機は、マシンの安定性が問題点となっており、これを改善すべく2号機を製作した。これの発射部分を人の腕を模した形状かつ、射出のトリガーをクリッカー音とするなどの検討を重ねることで、異常矢を選別できる精度を持った射出装置の実現を目指すとともに、

射出機構の仕組みと射出精度についての検討を行う。

第5章では、魚ロボット COMET で銚の射出による外来魚の駆除を行うにあたって、魚ロボットから水中で発射された銚の挙動の把握は必要不可欠であるため、魚ロボット COMET が推進時に起こすヨーイング運動とローリング運動を回転試験機により再現し、銚を COMET から発射し、その様子を上部と側面からカメラにより撮影し、銚の挙動のデータを得る。また、得られたデータを統計的に処理し、水中で魚ロボットから発射された銚の挙動について検討する。また、水中での銚の挙動を再現するプログラムを作成し、水中で発射された銚の挙動について検討を行う。

第6章は結論であり、広角な CMOS カメラを搭載し、関節を2つとし可動範囲を広くすることで、画像処理によって COMET が生きた魚の追尾が可能であること、画像の回転補正により、その追尾性の向上が期待できることを示した。また、水中での魚ロボットからの銚の射出に関して、魚ロボットが回転運動を行うことで、射出後の銚の軌道の左右方向の散らばりの範囲を小さくすることができることを示した。

## 論文審査結果の要旨

近年、外来魚が生態系へ及ぼす悪影響が深刻な問題として提起されている。外来魚の駆除は現在、主に人の手によって行われており、多くの人員を要する。そのため、自律制御されたアクアロボットで対象の生物を追尾し、自動で駆除まで行われることが求められている。本論文では、目標物を自動追尾する魚ロボットを提案するとともに、駆除のためにロボットに搭載する銚の射出機構について目標物に的中させるための機構と銚の挙動に関して検討した結果を述べている。

まず、頭部にカメラを搭載した小型魚ロボット COMET を開発し、そのカメラから得られる画像に基づいて COMET に魚の自動追尾を行わせている。COMET の設計指針として、魚眼レンズにより画角を広くし、FPGA (Field Programmable Gate Array)により高速画像処理演算を行い、多関節化により旋回能力を高める等を挙げ、これらを具現化することで、金魚の自動追尾が可能になることを実証している。

しかし、魚ロボットが追尾中にローリング運動を起こし、それに伴って取得画像が回転してしまうことが確認された。この画像の回転は自動追尾に悪影響を及ぼし、ロボットの旋回方向を誤って制御しうる。そこで、この画像回転の補正プログラムを FPGA に付け加え、魚の自動追尾時に回転補正を行い、その効果を確認している。

上記の自動追尾により対象魚に魚ロボットを衝突させて駆除することは不可能であると考えられるので、外来魚駆除に向けて、魚ロボットから発射した銚を命中させる手段が必要である。銚の射出機構の参考とすべくアーチェリーロボットの研究も行い、高精度で射出する装置の実現を経て、異常矢の選別も可能にしている。

さらに、魚ロボット COMET に銚の射出装置を取り付けることを想定し、魚ロボットのローリング運動、ヨーイング運動が発射された銚の挙動に及ぼす影響について検討している。結果として、魚ロボットが静止しているときと比較して、ヨーイング運動を起こしているときの方が銚の左右方向の散らばり範囲を小さくすることができることを確認している。

以上のように、本論文の著者は、小型魚ロボット COMET を開発し、画像処理による魚の自動追尾を実現するとともに、銚の射出挙動に及ぼす魚ロボットの運動の影響を明確にしておき、外来魚駆除に向けた技術向上に貢献するとともにロボット工学分野の発展に寄与するところが大きい。よって、本論文の著者は博士(工学)の学位を受ける資格を有するものと認める。