

## 1. 担当PM

後藤 真孝 PM  
(産業技術総合研究所 情報技術研究部門 上席研究員  
兼 メディアインタラクション研究 グループ長)

## 2. 採択者氏名

チーフクリエイター: 鶴飼 佑  
(東京大学大学院 総合分析情報学コース 修士課程)

## 3. 委託金支払額

1,792,000 円

## 4. テーマ名

伴泳ロボットを用いた水泳支援システム

## 5. 関連Webサイト

なし

## 6. テーマ概要

本提案では、スイマーに追従して水中を自律的に航行する「伴泳ロボット」を利用し、水泳の支援を行うための基盤技術を開発する。

水泳は、世界中で一般的なスポーツである。日本には、小中学校やジム・フィットネスクラブを中心として4万数千ものプールがあり、競技としてだけではなくレクリエーションやリハビリテーションを目的として、多くの人々が水泳を楽しんでいる。しかし、プ

口のアスリートや部活動を行っている学生以外の一般のスイマーは、他者から指導を受けることが難しい。コーチ等の他者から指導を受けることができる環境にあったとしても、ひとりのコーチが同時に見ることができるスイマーは1人であり、指導時間は限られている。

多くのスポーツにおいて、自らのフォームに関する心的イメージを得ることは重要であると言われている。提案者は、小学校において水泳の授業補助を2年間続けている。その過程で、水中においては自らのフォームを他者の手を借りずに正しく認識することが大変難しいことを、身を持って体験している。そして、自らのフォームをリアルタイムに見る事が出来れば、しっかりとした指導を受けることができない数多くのアマチュアスイマーを支援することができるかと確信している。

本提案では、スイマーに追従して水中を自律的に航行する「伴泳ロボット」を利用し、水泳の支援を行うための基盤技術を開発する。特に本提案ではその一例として、先述した水中においてはフォームを自己認識することが難しい、という問題の解決を目的とした、泳いでいる自分が見えるセルフアウェアネス支援アプリケーションの開発を行う。

本提案で開発を行う伴泳ロボットは 既に開発済みの小型潜水艦ロボットをベースとして開発する。潜水艦ロボットにはカメラ及び、ディスプレイを備えたスレート型デバイスが搭載されており、これらを用いて適切な制御を行うことで、伴泳を実現する。本提案の開発により、伴泳ロボットを用いた水泳支援が実現され、スイマーは水中で自らのフォームをリアルタイムで確認しながら泳ぐことが可能になる。

## 7. 採択理由

泳ぐ人(スイマー)に追従して水中を航行する「伴泳ロボット」を潜水艦ロボットとタブレット PC を利用して実現し、その上部のディスプレイを通じてスイマーに情報伝達することで、水泳支援を実現する提案である。

伴泳できるロボットのハードウェア・ソフトウェアを実装するだけでなく、「泳いでいる自分のフォームがわからない」という問題に対して、「泳ぐ自分がリアルタイムに見える」水泳支援アプリケーションを開発して解決し、実際に水泳指導の現場で利用して検証しようとしている点が素晴らしい。

鵜飼君は、自身が水泳が大好きだけでなく、水泳コーチングの経験も豊富であり、そこでの実体験を動機とした説得力のある提案をしている点が魅力的である。

スイマーにきちんと自動追従する伴泳ロボットを作るだけでも困難は予想される。しかし、それらを早期に乗り越えた上で、いかに有用で本質的な水泳支援を実現していただけるかを、さらにはより水泳を楽しくするにはどうすればよいのかを、十分な時間を割いて是非探求してもらいたい。フォームを表示するだけで満足せず、プロジェクト実施

中に出てくる様々なアイデアも取り込んで発展させてくれるのが楽しみである。鵜飼君の持てる力をすべて注ぎ込んで、水泳の楽しみ方の未来を切り拓く気概を持って、野心的に展開してくれることを期待したい。

## 8. 開発目標

本プロジェクトの目標は、スイマーに追従して水中を自律的に航行する「伴泳ロボット」を利用し、水泳の支援を行うシステムを開発することである。具体的には、以下の項目等に取り組む。

- 伴泳ロボットのハードウェア
- 伴泳ロボットの制御ソフトウェア
- 伴泳ロボットを用いたアプリケーション

## 9. 進捗概要

未踏プロジェクト開始時点では、「伴泳ロボット」をどう実装するかも含めて、プロトタイプシステムを検討している段階に過ぎなかったが、プロジェクト開始後、無人潜水機「YebisURA」の設計図をベースに拡張しながら伴泳ロボット開発が可能なが決まり、部品調達やハードウェアの組み立て、制御ソフトウェアの開発、水中でのテスト等、様々な課題に取り組んだ。5月にプロジェクトレビューをした際には、伴泳ロボットのハードウェアの水中デモンストレーションが可能であったため、実験や実装の詳細な議論や、その後の水泳支援のアプリケーション開発へ向けた展開等に関する有意義な議論ができた。成果報告会前には、開発を継続しつつ、スイマーに追従して伴泳する機能や様々な具体的な水泳支援を次々と実現し、成果報告会では、実機による水中デモンストレーションの様子を収録したビデオを交えて、魅力的な成果を見事に発表した。

## 10. プロジェクト評価

水泳では、泳ぐ人(スイマー)が水中にいるために、地上のスポーツと違って自分のフォームを確認したり、他者から直接的な指導を受けたりすることが難しいが、鵜飼君は、カメラやディスプレイを搭載してスイマーの真下を伴泳する「伴泳ロボット」を実現しただけでなく、それを用いた水泳支援用ソフトウェアも開発することで優れた成果を上げた。鵜飼君自身が水泳が好きで、水泳コーチングの経験も豊富に積んでおり、

その実体験を生かした鶴飼君ならではの魅力的なプロジェクトである。既存の水中ロボット(無人潜水機「YebisURA」)の設計図をベースに拡張しながら伴泳ロボットの開発を進め、スイマーに追従して伴泳する機能を実現するために、ロボットに新たにカメラを搭載した。水中では形状に依存した二次元マーカは安定して認識できない問題が判明し、色のはっきりした布をスイマーに付けることで、色抽出とパーティクルフィルタによるスイマー認識を、2台のカメラ映像を統合しながら実現するソフトウェアの開発に成功した。さらに、伴泳ロボット上部に新たにディスプレイも搭載し、水底を見ているスイマーに様々な形でフィードバックを与えた。具体的には、カメラ映像を二値化して現在のフォームをわかりやすくリアルタイムにフィードバックを提示したり、地上のコーチがそのフィードバック映像にその場で指示や評価を書き込んで指導したり、ゲーム感覚で泳ぎながらカメラにタッチさせて潜る訓練をさせたりと、次々と精力的に水泳支援を実現していった。録画したカメラ映像を事後にコーチと見ながら確認もできる。その開発過程は、伴泳ロボット内のパソコンや機器の防水や排熱問題等と戦いながらの試行錯誤の連続であり、着実に問題解決をしながら根気強く実現したのは素晴らしい。その才能と卓越した開発実装力、実行力、プレゼン力、情熱を、極めて高く評価する。

## 11. 今後の課題

スイマーはマーカを着用していたが、今後はマーカレスのトラッキングを可能にして自由度を高めたり、水中では無線通信が困難なので有線で通信していたが、今後は無線による地上と水中との通信を実現して運用しやすくしたりしていくことを期待したい。さらに、スイマーのフォーム自動認識機能等も開発していくことで、実用性を高めて実際の水泳指導で日々使われる状況になるところまで、今後ぜひ取り組んでほしい。