

ビジュアルフィードバックシステムを用いた自律型 USV の開発 Development of Visual Feedback Systems of USVs for Transporting Repair Materials

○河内山 学¹, 西村 光生¹, 李 賢品¹, 竹入 将平², 根本 幹大², 羽多野 正俊³
Manabu Kawachiyama¹, Mitsuo Nishimura¹, Kenpin Ri¹, Shouhei Takeire², Mikio Nemoto², Masatoshi Hatano³

Abstract: A method that the autonomous navigation of a USV (Unmanned Surface Vehicle) using a visual feedback is described. The method recognize for landmarks has three steps, Color extract, Cam shift, and Hough tranformation. Eventually it is intended to control a robot around the Marine structure, floating on the sea surface to investigate wall surface or assist divers to maintenance structures.

1. 緒言

本稿では、ロボットに搭載されたカメラ映像情報より、ターゲットとロボットのポジションを検出し、目標を追跡する位置決め手法を検討し、その結果について報告する。

常に風や波を受け、海水に晒され過酷な環境下に置かれる海洋構造物は浸食や風化に対して十分なメンテナンス無しでは安全にその有用性を発揮することが出来ない¹⁾。通常このような維持管理を行う場合、作業員が直接ボートやダイビング等で構造物の脚部に接近し、目視によって腐食状況とその位置を確認している。

海上付近では波や海流の影響が強く、また時間帯により潮の満ち引きがあり、作業員に危険が及びやすく作業時間も限定されてしまう。そこで人に代わりメンテナンスのため、自律的に資材を運搬することを目的とした水上ロボットが期待される。

2. 実験装置

本研究で用いたロボットの本体を **Figure 1** に、概略図を **Figure 2** に示す。

スラストとして、左右側面に取り付けられたブラシレスモータにより、水上での直進、左右転回を行い、中央の横向きに取り付けられたモータにより水平移動をする、2 自由度の運動が可能である。上部には USB カメラと、パン、チルト方向に向くためのカメラアームが取り付けられており、この部分で取得された画像データを、ロボット中部に搭載されたボードにあるノートパソコンが処理し追跡を行う。

また、海上を移動しメンテナンスを行うために修理部材を運搬する状況を想定し、ロボット下部に疑似的な修理部材としてアルミ板を吊り下げた。

ロボットの主な仕様を **Table 1** に、システム構成を **Figure 3** に示す。

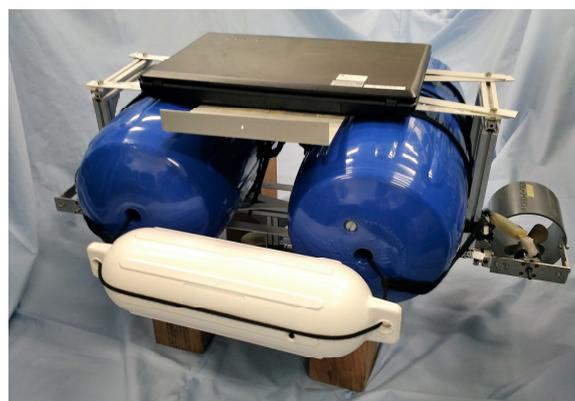


Figure 1. USV

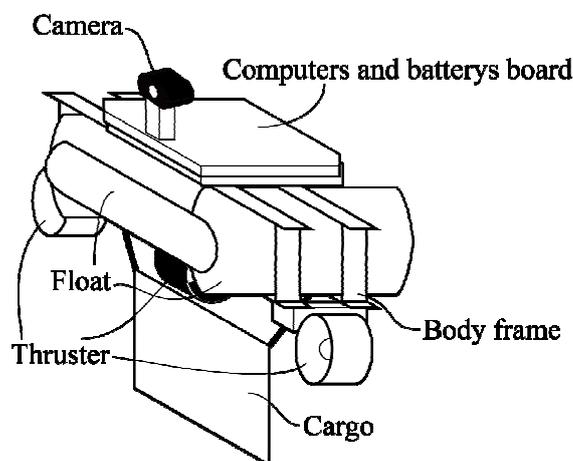


Figure 2. Schematic of USV

Table 1. Specifications of USV

Dimensions	L700×W870×H400 [mm]
Weight	5.5 [kg]
Thruster	Brushless DC motor HP-ZS3014-12
Battery	Ni-Mh, 7.5 [V], 4200 [mAh]×3
Computer	Lenovo G580

1 : 日大理工・院 (前)・精機, 2 : 日大理工・学部・精機, 3 : 日大理工・教員・精機

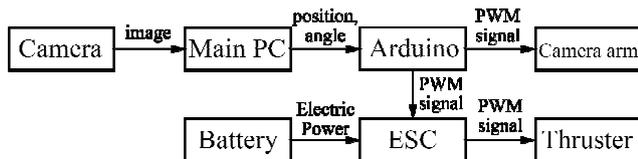


Figure 3. System Configuration

ロボットのシステム内では、USB カメラより画像を取得する。この画像情報から Raspberry Pi 上で、リアルタイムで後述する処理よりターゲットまでの距離と向きが算出され、その記録は保存される。算出された情報より arduino が左右のスラスタへ出力する PWM を決定し、ロボットがターゲットに向かって自律移動を行う。

3. 自律制御におけるビジュアルフィードバック部

水上ロボットの上部に取り付けられた USB カメラ (Logicool HD 720p) により撮影された画像を元に、水上ロボットとターゲットの位置関係を算出し、カメラアームやスラスタに送信する信号を決定する。

カメラ画像は ROS (Robot Operation System) による USB カメラモジュールを利用して画像データをノード間で取り交わす。その usb_sam ノードで利用したパラメータ設定は、ビデオイメージのピクセルサイズが 640 × 480, 画像形式が jpeg, フレームレートは 30 fps とした。

水上ロボットとターゲットの位置関係は画像に映るターゲットの座標及びカメラアームの角度より求められ、水上ロボットはターゲットの正面に向かう。

Figure4 に処理工程を示す。

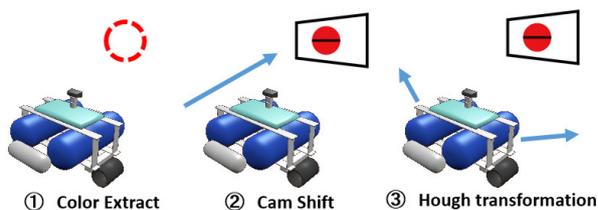


Figure 4. Experiment result

ターゲットには水上で目立つ赤色で、角度を検出できるように中央に線を引いた看板を使用する。

例えば Figure 5 の様な画像が取得された時、①color extract が行われる、ここで色域からターゲットを検出し、追跡するための初期座標を決定する。この処理後のモニターイメージを Figure 6 に示す。

ターゲットを発見し、初期位置が決定された場合、②Cam shift が行われる。ここではターゲットに対して赤系のヒストグラムを追跡しており、この処理により

画像内の座標が更新され、それに応じてカメラアームを動かす。この工程で得られたバックプロジェクションの様子を Figure 7 に示す。

所定の位置にロボットが到着すると、③Hough transformation が行われ、ターゲットに描かれた中央の線の傾斜を検出し、常にターゲットの正面に留まるようスラスタに信号を送る。処理負荷低減のため画面中央の 160 × 120 の範囲で検出を行っている。

最終的なデバック画面の様子を Figure 9 に示す。水色のバーはそれぞれパン、ヨー方向のカメラアーム角度を図示している。赤い四角は Cam shift で出力した座標、その中の緑の円は四角の中心、そして緑の四角内で直線を検出しており、緑の直線がそれを示している。



Figure 5. Raw image

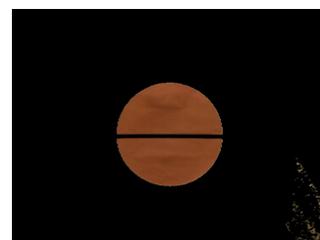


Figure 6. Color extracted

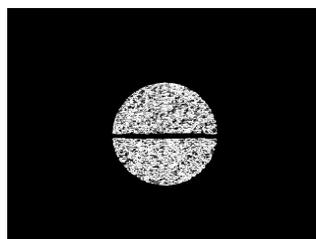


Figure 7. Back projection image

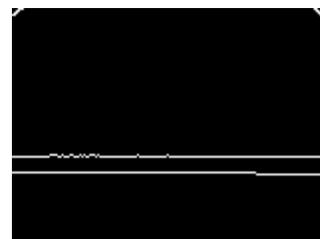


Figure 8. Line detected



Figure 9. Monitor image

4. 結言

資材を運搬することを目的とした水上ロボットにおいて、ビジュアルフィードバックとカメラアームを用いてロボットを自律的に制御する手法を提案した。今後、水上での実験を通して、本ロボットの特色の有用性を高めていきたい。

5. 参考文献

[1] 浦環・高川真一：「海中ロボット」(1997)