

橋脚修理部材運搬用水上ロボットの研究 Research on USVs for Transporting Repair Materials of Bridge Piers

○李 賢品¹, 羽田 錦¹, 市川 弘貴², 河内山 学², 西村 光生², 羽多野 正俊³

Kenpin Ri¹, Nishiki Hata¹, Hiroataka Ichigawa², Manabu Kawachiyama², Mitsuo Nishimura², Masatoshi Hatano³

Abstract: Explorations or repairs of bridge piers below sea level in ports are accomplished by divers in general. However, environments around the target areas are dangerous for the divers. Therefore, our final goal of the research is to develop an autonomous USV instead the divers. In this presentation, we constructed the UAV and show the basic experimental results of a GPS sensor.

1. 緒言

本研究は、主に港湾における栈橋等の橋脚部の補修を行う自律型作業ロボットの実現である。

日本は海洋国家であり、全国に港湾が存在するが、それらの多くは築50年を超え、長年海中に没した部分は海水によって腐食され、修理が急務となっている。現在の修理の多くは、橋脚全体の取り替えでは無く、クラック等に入った部分に金属板をパッチとして取り付ける手法が多く用いられており、この修理部材を人力で海上を運搬している。

本研究では、この橋脚修理部材運搬用の水上ロボットである USV(Unmanned Surface Vehicle)の開発を目的とし、本報告では、その製作と用いたセンサの基礎評価結果について述べる。

2. 製作したロボットシステム

2.1 製作した USV

Fig. 1 に、製作した小型水上ロボットを示す。ロボットボディはペットボトルとアルミ材を用いて製作し、両側に推進用のモーター・プロペラを用いたスラス

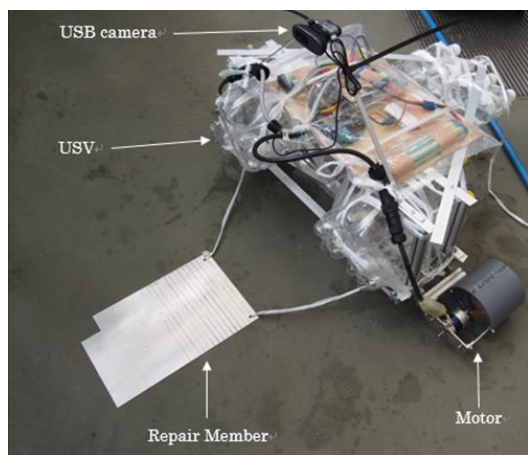


Fig. 1 Constructed USV

ターが取り付けられている。またロボットボディ上部には USB カメラが取り付けられており、マニュアル操縦用および自律走行用の画像取得に用いられる。さらに、修理部材を模したアルミ板がロープによりロボット下部に取り付けられている。

ロボット本体には、制御用の組込 PC として Raspberry Pi3 および Arduino が設置され、これらの駆動用バッテリーおよびスラスターの駆動バッテリーも設置されている。これらの機材はビニール製の防水袋に入れられている。また、水上走行時に後傾にならないように、ロボット本体の後ろにもう一つの浮体を設置している。

この水上ロボットを走行させ、修理部材を目的地まで運ぶ。

2.2 制御システム

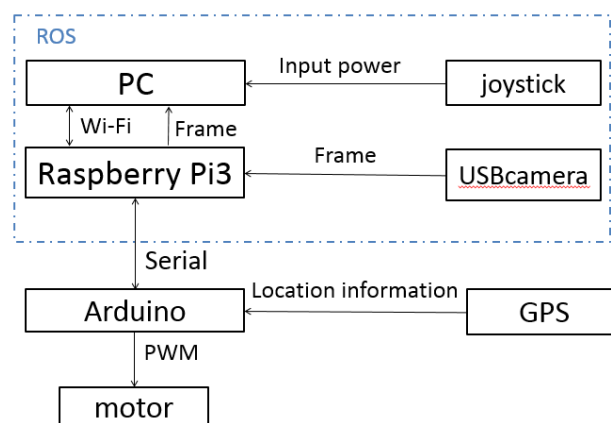


Fig. 2 Control system

Fig. 2 に構築した制御システムを示す。マニュアル操縦時は、操縦者が外部に設置された PC に接続されている Joystick を操作する。操縦データは Wi-Fi を介してロボットに搭載された Raspberry Pi3 に送られる。

Raspberry Pi3 には Arduino が接続され、操縦信号はシリアル通信にて Arduino に送られ、そこから PWM 信号としてモータに送られ、スラスタが動作する。

また Arduino には GPS が接続され、その位置情報が Raspberry Pi3 に送られる。この Raspberry Pi3 にはさらに USB カメラが接続され、画像認識が行われる。

3. USV の誘導概略

USV の誘導方法の概略について説明する。ロボットの初期位置から、ターゲットとなる作業場所が遠い場合、GPS を用いた自己位置認識により、近くまで走行する。ターゲット付近まで近づくと、搭載したカメラ画像を用いて作業場所に設置されたターゲットを画像認識により識別し、さらに近づく。最後にターゲットまで最接近した場合、カメラ画像情報とレーザー測距センサ情報を用いて高精度で位置決め制御する。

これらの誘導制御中において、USV は風や波などから影響を受けたり、また運搬する資材との動的干渉の影響を受けたりすることにより、誘導制御や運動制御することが困難になる。これらの各種問題について解決する必要がある。

4. 基礎実験

前述のように、解決すべき問題点は種々あるがその中で、最初の誘導制御に必要な、GPS の精度について基礎実験を行った。GPS センサは移動体の自己位置認識に多くの利用が行われているが、本研究対象である USV の利用目体からも、GPS センサは軽量・安価であることが望ましい。しかし安価な GPS センサは低精度である場合が多い。そこで、まずセンサ単体での精度について調べる基礎実験を行った。Fig. 3 は GPS(型番:GYSDMAXB)の実験の様子である。水平を保った状態で、日本大学理工学部キャンパス 6 号館前で実験し、測定結果は Arduino を利用して記録した。実験日時を Table 1 に示す。



Fig. 3 GPS センサの実験の様子

Table 1 Experimental environments

日にち	時間(h)	温度(°C)	天気
6月27日	11時	25~27	雲
	15時	26~28	雲
	19時	23~24	雲
6月29日	11時	30~31	雲
	15時	30~31	晴れ
	19時	26~28	雲
6月30日	11時	27~28	雲
	15時	25~26	晴れ
	19時	25~26	雲

Fig. 4 に GPS の三日間九回のデータを示す。日時により測定値にバラツキがあり、最大で 48.92m の誤差円を得た。このままでは低精度のため使えず、EKF やベイズフィルタなどのフィルタリングが必要である。

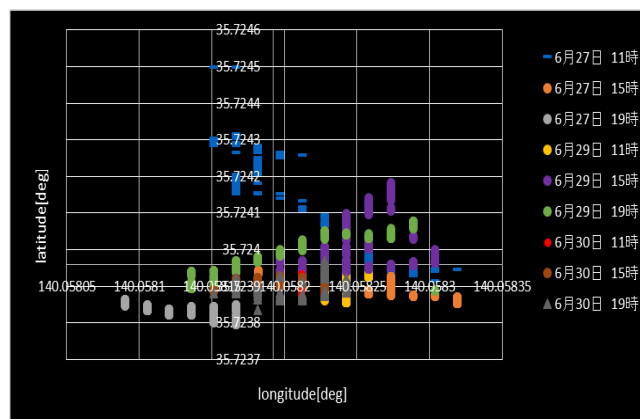


Fig. 4 GPS data

5. 結言

本報告では、橋脚補修用 USV のための基礎研究として、ロボットの製作と、小型 GPS センサの精度について基礎実験を行った結果を示した。

今後、GPS センサのフィルタリングによる精度向上や画像認識による誘導制御手法、3 次元運動を伴う水上ロボットの運動制御手法など、種々の問題点について研究を行い、安価な橋脚修理部品運搬用水上ロボットの実現に向けて研究開発を行う。

6. 参考文献

- [1] 鈴木美朗志：「Arduino でロボット工作をたのしもう！」, 株式会社 秀和システム
- [2] 小倉崇：「ROS ではじめるロボットプログラミング」, 株式会社工学社