

E-3

sBA 橋脚修理部材運搬用自律水上ロボットののためのターゲット認識 Target Recognition Methods of Autonomous USVs for Transporting Bridge Repair Materials

○李 賢品¹, 河内山 学¹, 西村 光生¹, 根本 幹大², 竹入 将平², 羽多野 正俊³

*Kenpin Ri¹, Manabu Kawachiyama¹, Mitsuo Nishimura², Kanta Nemoto², Shouhei Takeiri², Masatoshi Hatano³

Abstract: Inspections and repairs of bridge piers below sea level in ports are performed by divers in general. However, environments around the target areas are dangerous for the divers. Therefore, we aim to develop an autonomous USV instead of the divers. In this paper, we report that the USV was constructed and the basic experimental results of a Kinect sensor were examined.

1. 緒言

日本は海洋国家であり, 人工水中構造物は大量に建てられている. 特に, 浅橋は岸壁や港湾に多く建てられ, 約 70 万橋が存在する. しかし, それらの約 40%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ている. 安心して運用するため, 老朽化や腐食状況などの状態確認や修理が必要となる [1] [2].

現在の橋脚修理手段の主流としては, クラック等の入った部分に金属板をパッチとして取り付ける手法である. この金属板は資材置き場から修理位置までの人力で水中移動させており, 波や海流を受けるなど危険が伴い, 橋脚修理部材運搬用の自律水上ロボット (Unmanned Surface Vehicle, USV) が必要とされている.

本研究では, Fig. 1 のように, ダイバーや探水中ロボットなどで橋脚のひび割れ部分を見つけ, 水面にターゲットを設置する. USV は自律的にターゲットまで誘導制御されることを目標としている.

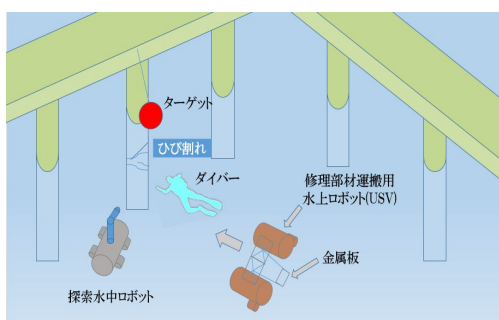


Figure 1. Repair image of broken piers

本報告では, USV の製作と, ターゲットの認識のために Kinect V1 (以下 Kinect と記す) センサを用いた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

Fig. 2 に製作した USV 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・プロペラを用いたスラス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 Kinect センサが取り付けられており, 近距離でのターゲット認識のためにカラー画像と距離データの取得に用いられる.

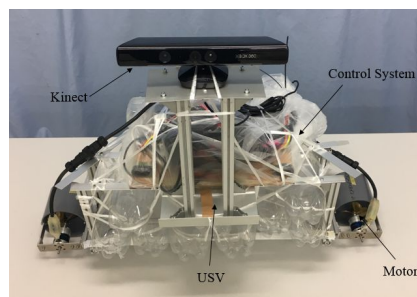


Figure 2. Constructed USV

Fig. 3 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. 自律制御の場合は, Kinect からカラー画像とデプス画像を取得し, それぞれ物体追跡と距離データに使い, Arduino に転送する. Arduino は PWM 信号でモーターの回転数と方向を制御する. Wi-Fi を介してロボットに搭載されたメインコンピュータ LIVE BAT MINI からカラー画像とデプス画像が外部基地局用 PC に送られる.

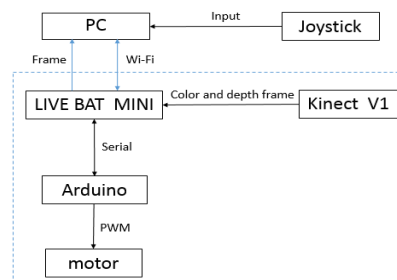


Figure 3. Control system

3. USV の誘導手法概略

Fig. 4 は環境を上部から見たものであり、左下の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、ターゲット近傍まで走行する。ターゲット付近まで近づくと、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、Kinect から画像とデプス情報を用いて高精度で位置決め制御する。

USV は自律でターゲットまでに到着するにはいくつかの問題点がある。USV は風や波などから影響を受けたり、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。

本報告では、この最終段の高精度位置決めのための基礎実験結果について考察する。

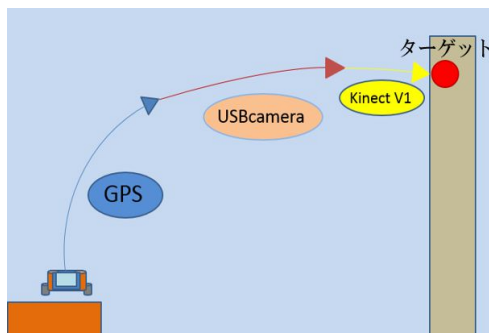


Figure 4. Navigation of USV

4. 基礎実験

ターゲット認識のために、安価にカラー画像だけではなく、デプス画像も取得できる Kinect を採用した。本実験では、Kinect 単体での距離精度と物体追跡について基礎実験を行った。

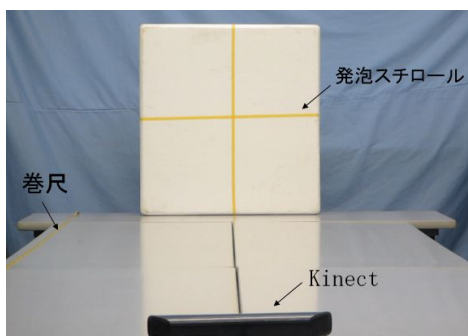


Figure 5. Experiment of Kinect

Fig. 5 に実験の様子を示す。室内に Kinect と発泡スチロールの距離を 4000 mm に設定した。そこから、50 mm ずつ Kinect 側に近づけ、800 mm まで計 64 回を測定した。1 測定点につき 100 回の距離データ計測を行い、

その平均値を求めた。また、同じ条件で照明がある場合とない場合について実験した。

Fig. 6 に結果を示す。Kinect の距離計測精度は誤差 1% 未満となった。また、室内での照明がある場合とない場合では、Kinect の計測精度に影響がないことが分かった。

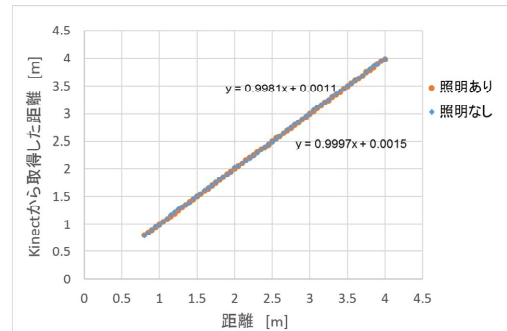


Figure 6. Experimental results

Fig. 7 はプールでの物体追跡の様子を示す。画面中の設置した赤ボールの位置を認識するようにした。しかし、Kinect は赤外線を利用して距離を取得するため、水面からの乱反射に影響され、右図のように Kinect からの赤外映像が正確に得られなかった。今後は、水に影響されないセンサなどを検討する。

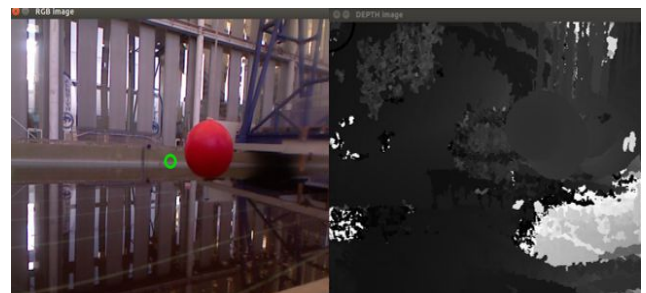


Figure 7. Experiments in the pool

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 Kinect センサの精度・追跡について基礎実験を行った結果を示した。

今後、超音波センサ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 USV の実現に向けて研究開発を行う。

6. 参考文献

- [1] 浦 環, 石井 和男:「自律型海中ロボットの研究開発動向」, 日本造船学会誌, Vol. 815(1997), pp. 373-378
- [2] 浦 環:「海中ロボットの展開」, 日本ロボット学会誌, Vol. 11, No. 6(1993), pp. 818-821