

音響信号を利用した水中目標への自律追従機能を有する水上無人機の基礎実験

金沢工業大学 学生会員 ○石井 新
 金沢工業大学 山本 裕也
 金沢工業大学 樽松 勇佑
 金沢工業大学 矢ヶ部竜大
 金沢工業大学 正会員 太田 和彦

1. はじめに

水中で行動するダイバーやミッションの与えられた水中航走体に対し、空中では利用可能な光波や電波は水中では減衰が大きく探知手段として用いることができないため、これら目標の位置を常時把握し追従することは容易ではない。このため水中音波により目標の自動検出及び自律追従を可能にさせる自律式水上無人機(Unmanned Surface Vehicle 以下 USV)に関する研究を進めてきている^[1]。ここでは2種類の音響探知方式を考案し、これらによる目標の自動検出について 25m 屋外プール(水深 0.8~1m)を用いて基礎実験を実施し、各方式の有効性を確認した。

2. USVの仕様

防水性と安定性を考慮して試作した USV は8本のアルミ製脚にそれぞれ直径約 0.3m の円形状の発泡スチロール製フロートをとりつけ、処理機搭載用ケースを中央で支えるような構造となっており(Fig.1 参照)、全長約 1.6m、高さ約 0.9m である。駆動は音響機器への雑音要因となるスクリューを避け、ファンによる風力推進とした。空力ファンは4枚を軸対称に取り付けたため前後進に加え自転運動も可能である。ここでは目標探知のための音響センサとして2種類のソーナーを用いた。1つはサイドスキャンソーナーで USV 中央直下の水中部に取り付けた。また他の1つは M 系列パルス信号を発信できるピンガーとそれを受信するためのハイドロフォンであり、フロート直下に取り付けた(Fig.2)。

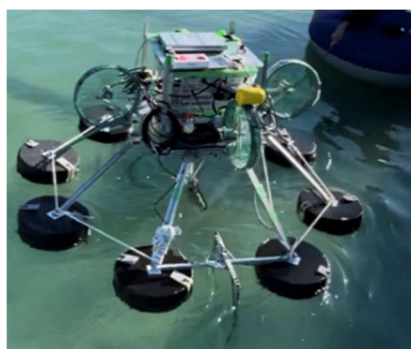


Fig.1 水上無人機(USV)

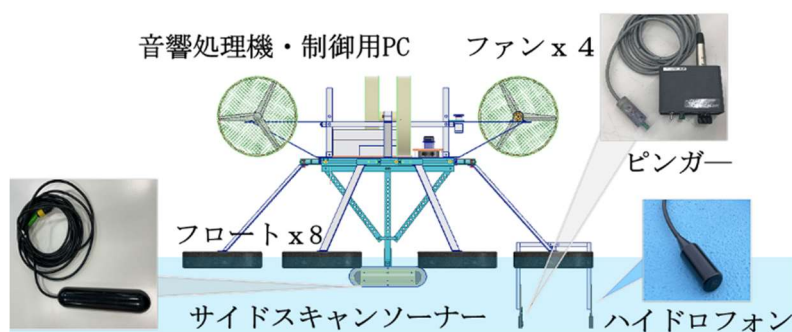


Fig.2 搭載機器

サイドスキャンソーナーをほぼ水平向きに取り付けたため、並進に加え自転動作においても周囲の画像検出が可能である。画像出力は MATLAB を用いてシャープ化・二値化・モノフォロジ等一連の処理を行った後、円のハフ変換を施し目標の存否を判断し、この結果に基づき Arduino で4つのファンを制御し USV を目標に自動で近接させる。

一方、ピンガーを用いる場合は、予め目標にレスポンスを取り付けておき、その応答信号から目標までの距離を検出するとともに、USV の自転に伴い目標距離が最小となる方向に並進させ、USV を目標に近接させる。しかし、目標の相対方位が変化してその距離が増加に転じた時は自転の向きを変え、改めて距離を最小とさせる方向を検出する。これらの動作を繰り返しつつ目標に自動で近接させる。

3. サイドスキャンソナーを用いた場合の実験及び結果

本方式に基づく自動検出の有効性を確認するため、0.3m 間隔で方形配列した4個のコーナーリフレクタ (Fig. 3 左端の図中参照) を目標としてプール底面に設置し計測を行った。USV の自転運動により目標を自

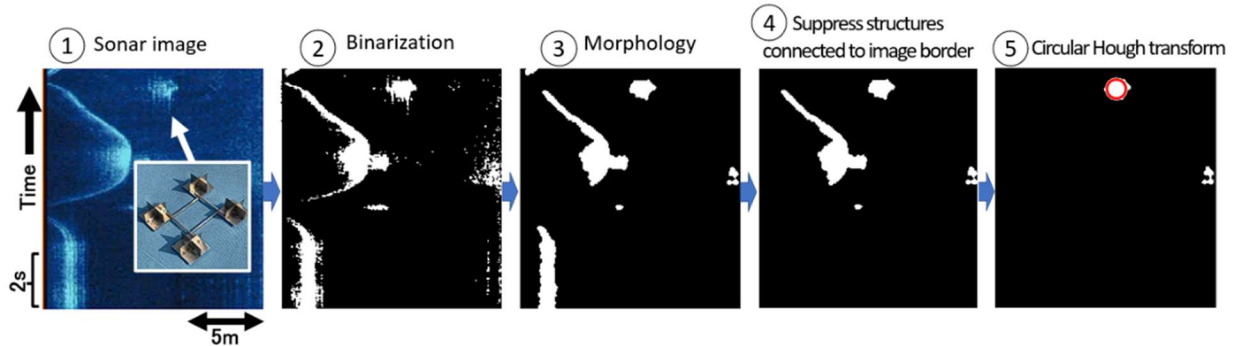


Fig. 3 サイドスキャンソナーの出力画像と目標自動検出までの一連の処理結果

動検出するための一連の処理及びそれらの結果を Fig.3 に示す。すなわち ①ソナー出力画像 (時間対距離表示) ②値化処理 ③微細なノイズ削除のためのモルフォロジー変換 ④画面枠に接した非目標箇所の除去処理 ⑤円のハフ変換による目標の自動検出がなされている。なお、④で除去された画像はプール壁面からの反射によるものであり、USV の自転に伴い壁面までの距離が時間的に変化している。これら一連の処理の結果、USV は目標方位に向けた並進動作及び再確認のための自転動作を繰り返し目標に近接する。これらの自律制御に伴い目標に近接した USV の軌跡を Fig. 4 に示す。

4. ピンガー・レスポnderを用いた場合の実験及び結果

目標としたレスポnderをプール中央約 0.3m の深度に停留させ、USV に取り付けたピンガーとハイドロフォンを用いてこの目標に自律的に近接させる実験を行った。目標と USV 中央間の水平距離が約 5m の位置から搜索を開始し、目標点まで到達するまでの軌跡を Fig.5 に示す。図中で USV 中央の軌跡と Pinger の軌跡が異なっているのは USV がピンガーをフロートに搭載して自転を行っているためである。この運動に伴うピンガーから目標までの距離変化を Fig.6 に、また自転に伴う USV の方位変化を Fig.7 に示す。図中の○印は目標までの距離が減少から増加に転じ、自転の向きを変えたポイントである。

5. おわりに

今後は移動ターゲットに対する本 USV の自律追従性能を確認すると共に、海洋での確認実験を実施していく予定である。

参考文献

- [1] 山本裕也 他「USV 搭載のサイドスキャンソナーを用いた目標識別のための基礎実験」令和4年度 電気関係学会北陸支部連合大会
- [2] 太田和彦 他「廉価なソナーによる港湾内セキュリティー対策用試験装置の試作及び海上試験結果」土木学会海岸工学論文集 B3 (海洋開発)77(2), pp. 438-443, 2021

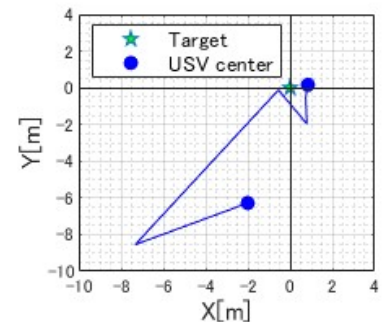


Fig. 4 目標位置と USV の位置 (サイドスキャンソナー)

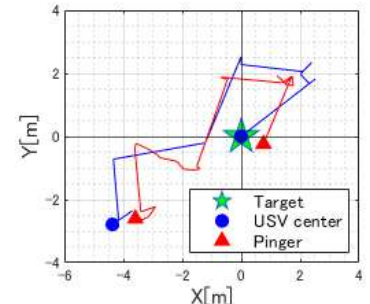


Fig. 5 目標位置と USV の位置 (ピンガー・レスポnder)

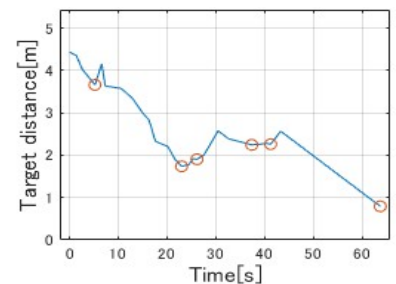


Fig. 6 目標までの距離変化

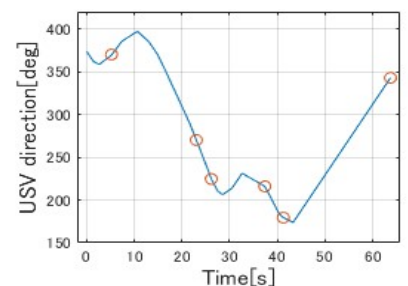


Fig. 7 USV 方位変化