

E-9

水中メンテナンスロボットのための環境認識手法に関する研究

Research on Environment Recognition Methods for Underwater Maintenance Robots

○佐々木慎平¹, 和氣直道², 中島一樹¹, 劉青², 羽多野正俊³*Shinpei Sasaki¹, Naomichi Wake², Kazuki Nakajima¹, Yoo Cheong², Masatoshi Hatano³

Abstract: Recently, ocean energy conversion systems using offshore structures such as mega-floats are been developing. Constant stable operations performed by those structures require constant monitoring and maintenances. In this study, we develop a maintenance underwater robot for offshore structures. We report the experimental results of environment recognitions for the robot.

1. 諸言

現在, 我々は, エネルギー問題解消のために, 海上に浮かべたメガフロートに波力, 潮力, 太陽光等の発電機を設置した複合発電システムに関する研究を行っている^[1]. このような発電システムの安定的運用には, 常時監視および定期的なメンテナンスが必要不可欠である. しかし, 水中構造部分に対するメンテナンス作業には, 人間の代わりに作業を行うことを目的とした自律型水中ロボットが必要である.

先行研究において, 多くの水中ロボットは, ロボット近傍の観測にカメラ, 遠方の観測にソナーのような水中音響機器を利用している^[2]. 水中音響機器は, 海底形状の計測や魚群の探知といった遠方の環境認識は可能であるが, 比較的近距离の対象を高精度に計測することは難しい.

現在, 我々が研究開発を行っている水中ロボットは, 構造物の周囲を航行することを想定している. そのため, ロボット周辺の環境認識は極めて重要であると考えられる. 本発表では, 水中での周辺環境認識手法について検討を行った結果を報告する.

2. 試作機

本研究で開発中の水中ロボットの外観を Figure 1 に示す. ロボットのおおよその寸法は, 長さ 1300 [mm], 幅 650 [mm], 高さ 350 [mm] で, 乾燥重量は約 70 [kg] である.

水中での 3 次元的な運動を可能とするために, ロボット本体には潜用水用 4 つ, 前進用 2 つの計 6 つのスラストを取り付けた. スラストは, エポキシ樹脂で防水処理を施したブラシレス DC モータにプロペラを取り付けて製作した.

ロボット前部にはカメラを搭載しているが, これは主に映像記録用であり, ロボット周辺の環境認識には距離センサを使用することを想定している.

今後, メンテナンス等の作業を行うためのロボットアームを製作して取り付ける予定である.



Figure 1. Over view of underwater robot

3. 水中での環境認識実験

3. 1 概要

地上における移動ロボット関連の研究では, 周辺環境認識や障害物検知に Laser Range Finder (LRF) が多く用いられている. これは, 2 次元平面の距離データをわずかな時間で高精度に取得できるためである. この点に着目し, LRF の水中での使用について検証実験を行った.

3. 2 水槽壁面の認識実験結果

LRF から測定対象までの座標 (x, y) は,

$$(x, y) = (l \cos \theta, l \sin \theta) \quad (1)$$

となる. ただし, l は LRF によって測定した距離, θ は距離データ取得時のレーザー走査角度である.

実験環境を Figure 2 に, 実験で使用した LRF の主な仕様を Table 1 に示す. LRF の防水は, 透明なアクリル製円筒容器に入れることで実現した.

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

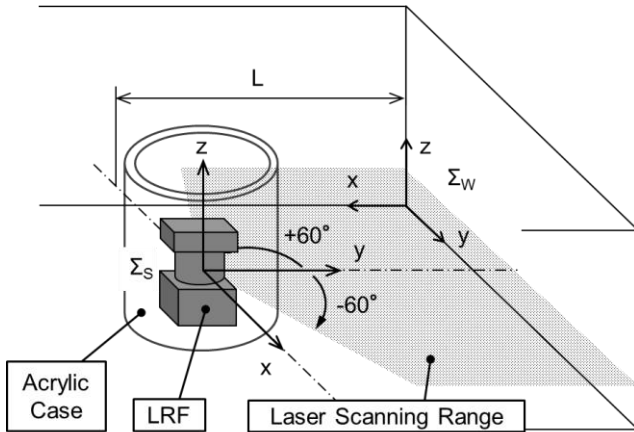


Figure 2. Experimental equipments

Table 1. Specifications of LRF

Model	UTM-30LX
Size(W×D×H)	60×60×85 [mm]
Weight	210 [g]
Light Source	Laser Semiconductor ($\lambda = 905$ [nm])
Detection Range	0.1~30 [m]
Accuracy	0.1~10 [m] : ± 30 [mm] 10~30 [m] : ± 50 [mm]
Scan Speed	25 [ms]
Scan Angle	270 [deg]
Angular Resolution	0.25 [deg]

これを水槽に設置し、LRFをW_y軸方向に移動させ、LRF正面と水槽壁面の距離Lを変化させながら、水面上と水中で計測を行った。なお、LRFはロボット前部に搭載することを前提としているため、レーザー走査角度はΣ_sのy軸から±60°に制限した。

LRFをL=50 [cm]の位置に置いた時の水面上と水中で実験を行った結果をFigure 3に、L=60 [cm]の結果をFigure 4に示す。L=50 [cm]における水中での実験結果から、水面上での結果に比べ若干の歪みは生じているものの、水中でも水槽壁面を認識可能であることが確認できた。しかし、L=60 [cm]では、LRF正面に存在するはずの壁面を認識することはできなかった。

水中でLRFを使用すると、得られた距離データは実際の距離よりも若干大きくなる傾向があり、これは水中だとLRFの放つ赤外線レーザー光の進む速度が遅くなるためだと考えられる。

また、LRFと計測対象との距離が60~70 [cm]以上離れた場合、計測不能になったのは、水中での光の減衰が大きく関係していると考えられる。

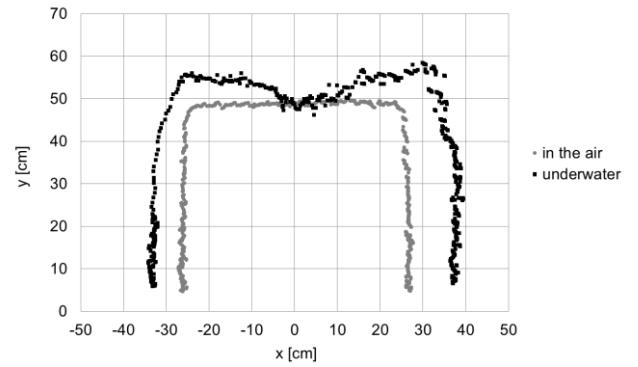


Figure 3. Experimental result in case of L=50 [cm]

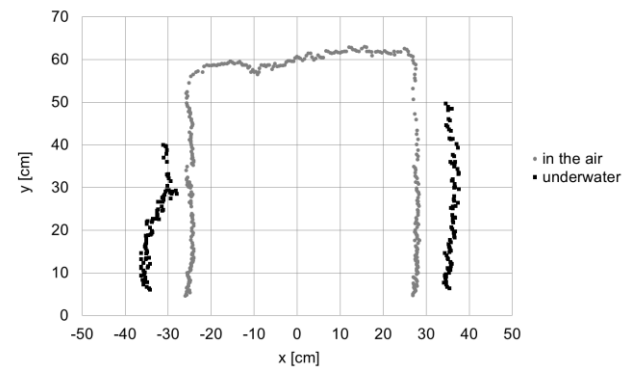


Figure 4. Experimental result in case of L=60 [cm]

特に赤外線は減衰率が大きく、水中では1 [m]程度しか届かないとされている。

以上を踏まえ、補正を行うことでLRFを利用した水中での高精度な環境認識は可能であるが、計測可能範囲は非常に狭く、LRFだけで水中ロボット周辺の環境認識を行うのは望ましくないと考える。

4. 結言

水中メンテナンスロボットのための周辺環境認識手法の一つとして、LRFを利用した方法について述べた。LRFでは狭い範囲の計測しかできないことがわかったため、今後は超音波距離センサ等の音響機器との併用を視野に、認識手法を再検討する。

謝辞

本研究は、日本大学理工学部シンボリックプロジェクトの助成を受けたものである。記して謝意を表す。

参考文献

- [1] 居駒知樹 他:「海洋再生可能エネルギー利用のための複合浮体システムの研究」, 理工学部シンボリックプロジェクト, 2011
- [2] 浦環 高川真一:「海中ロボット」, 成山堂書店, 1997