

H-014

測域センサを用いた水中計測における防水カバー形状の影響

The Influence of Waterproof Cover Shape in Underwater Measurement Using Range Sensor

杉山 友亮[†]

Yusuke Sugiyama

辻 順平[†]

Junpei Tsuji

能登 正人[†]

Masato Noto

1. はじめに

水中洞窟などの調査においては、人間が探索するには大きなリスクが伴うため、水中ロボットが必要である。水中ロボットの自律的な潜航の実現にあたり、進路上の障害物の発見は重要であり、そのために様々なセンサの搭載が望まれる。センサの中で測域センサ (LRF) は角度分解能や測距精度に優れており、暗闇でカメラが機能しない場合での測定において活躍が期待できる。一方で水中下においては屈折により誤差が生じるという解決すべき問題点もある [1]。

本研究では、測域センサの防水カバーによって生じる屈折が測定に及ぼす影響に着目した。カバーの形状の違いがそれぞれの測定に与える影響について明らかにするために、異なる形状の防水カバーを用意し、障害物を模擬した測定物の距離測定とサイズ測定を行った。

2. 実験装置及び実験環境

本研究では LRF として北陽電機 (株) 製の URG04-LX を使用する。URG04-LX の定格仕様を表 1 に示す [2]。

表 1: URG04-LX の定格仕様

型式	URG04-LX
大きさ (W×D×H)	50 mm×50 mm×70 mm
光源	半導体レーザー ($\lambda=785$ nm)
測距精度	0.06~1 [m] : ± 10 [mm] 1~4 [m] : 距離の 1%
角度分解能	0.36° (360°/1024)
走査時間	100 [ms/scan]
走査角度	240°

水中での測定実験では、防水処置を施した LRF を水槽 (幅×長さ×深さ: 36.2 cm×74.5 cm×44.8 cm) の底面に固定した。水槽の高さ 10 cm までを水道水で満たした環境で行う。本実験で使用した測定物 (Target) は幅が 1, 3, 5, 10, 15 cm の長方形の物体を 5 種類用意した。なお、実験環境の例として防水カバーの形状が半球の場合での模式図を図 1 に示す。

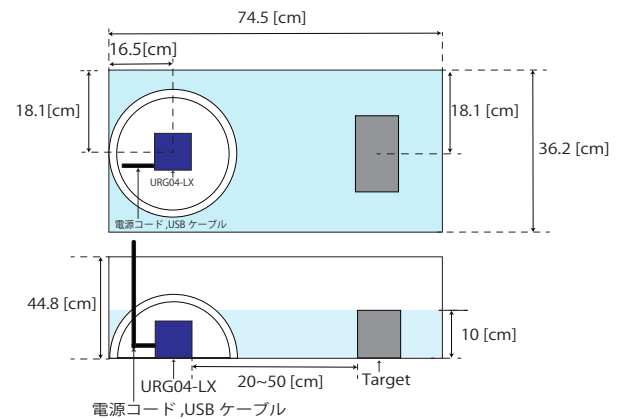


図 1: 実験環境模式図

3. 水中での測定精度・防水カバーの形状による影響の測定

本実験では、測定物の大きさと位置をそれぞれ変え、LRF による空気中と水中での測定精度の比較を行った。防水処置に使用するアクリルケースの形状は半球、立方体、円柱の 3 種類とした。

本実験で使用した測定物を LRF の対面となる位置に配置した。配置する位置は 20~50 cm の 10 cm ずつ距離を変えて測定を行った。まず、水槽に水を入れない状態で防水処置を施した LRF を水槽内に配置し、その状態で測定を行った。次に水槽に水を入れて測定を行った。それぞれのアクリルケースに対して測定物の大きさと距離を変えて計 60 パターン行った。

今回の測定で使用した LRF は複数の xy 座標のデータを数値として出力する。この座標データに k -means 法でクラスタリングを行った。クラスタリングを行うことで取得したいデータだけを抽出した。抽出されたデータから測定物までの距離の算出には最小二乗法を採用した。クラスタリングを行った座標データに最小二乗法を行い直線を求める。求めた直線に対して LRF が存在する位置 (原点 [0, 0]) と求めた直線の距離を求める。求めた距離を LRF から測定物までの距離とする。

測定物の大きさ (幅) はクラスタリングを行った座標データの x 軸の最小値と最大値の差を求めることで幅を算出する。

[†] 神奈川大学大学院工学研究科電気電子情報工学専攻, Graduate School of Electrical, Electronics and Information Engineering, Kanagawa University

4. 実験結果

実験装置の配置を行い、防水カバーの形状が半球、立方体、円柱の3種類において測定を行った。測定結果の一例として測定物の幅が15 cmの場合での測定結果を示す。

実際の距離と算出した距離との比較を図2に示す。また、実際の測定物の幅と算出した距離との比較を図3に示す。実際の距離または幅と算出した値との差分を誤差(error)としている。

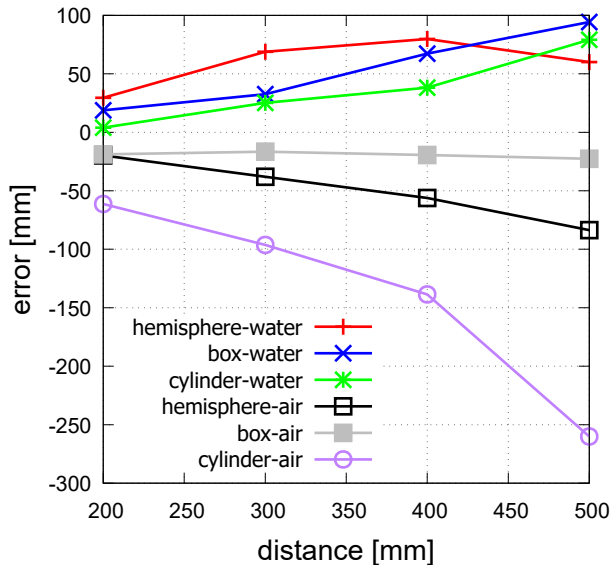


図2: 20~50 cm の場所における距離の測定

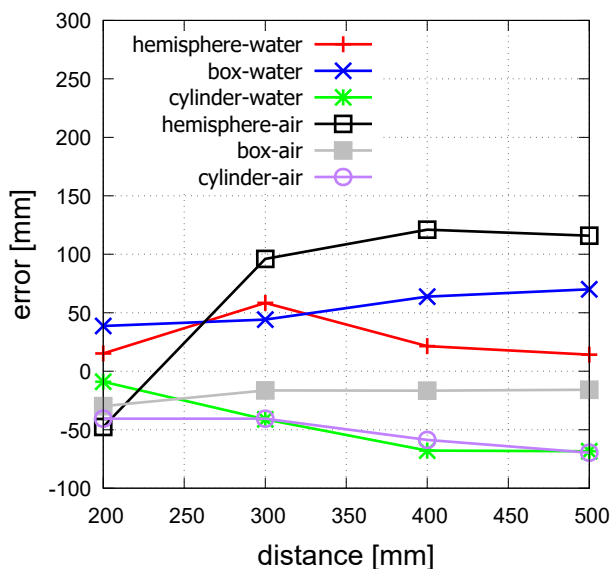


図3: 20~50 cm の場所における測定物の幅の測定

5. 考察

図2より、空気中と水中の測定において距離が離れるほど誤差が大きくなっていることが確認できる。また、空気中の測定において誤差が生じていることから測定においてアクリルケースの形状が空気中、水中問わず測定に影響を与えたと考えられる。

図3より、立方体の測定において誤差の変化が小さく、他の2種類の形状のケースでの測定における誤差の変化が大きいことが確認できた。

以上から水中による屈折率による変化に比べて防水カバーの形状による屈折率が測定に与える影響が大きかったことが確認できた。すなわち防水カバーの形状が測定に大きい影響を与えることが明らかになったといえる。また、形状に関係なく距離に対しても測定に影響を与えることが分かった。

今回の実験において半球、立方体、円柱の3種類のカバーのうち、立方体が最も精度が高く、円柱が精度が低かった。測定の誤差が小さかった原因として考えられるのは、立方体ケースにおいてLRF側と測定物側の界面で垂直に近い角度でレーザーが入射され、屈折角が小さいからだと考えられる。そのため、屈折角が立方体よりも大きい半球ケースや円柱ケースでは、測定に差が生じやすくなると考えられる。よって、水中の測定において正面の物体を測定する際、立方体のような平面の形状であるカバーが好ましいことがわかった。

6. おわりに

本研究では、測域センサの防水カバーによって生じる屈折が測定に及ぼす影響に着目し、カバーの形状の違いが測定に与える影響について明らかにした。異なる形状の防水カバーを用意し、障害物を模擬した測定物の距離測定とサイズ測定を行った。実験結果より、防水処置に使用したアクリルケースが空気中の測定においても影響を与えることが実験から明らかになった。

また、本実験ではLRFに対して正面での測定を行ったがLRFに対して斜めの位置に配置、測定物が平面ではなく球体や凹凸の場合での防水カバーが測定における影響について検討が必要である。

今後は防水カバーの形状が空気中・水中関係なく測定に影響を与えることから、LRFからケースまでの距離や内部での位置や角度の変化による測定の違いについて検討する。

参考文献

- [1] 藤原始史, 亀川哲志, 長谷川準, 五福明夫: 汎用測域センサで測定した水中スキャンデータの補正手法, 日本機械学会論文集, Vol. 81, No. 831, DOI: 10.1299/transjsme.15-00412 (2015).
- [2] 北陽電機株式会社: 測域センサ URG04-LX 仕様書 (2005).