

# 水中多重反射環境における時間反転波を用いた見通し外ターゲットの測位シミュレーションと予備実験

緒形 翔<sup>†</sup> 水谷 孝一<sup>††</sup> 若槻 尚斗<sup>††</sup> 海老原 格<sup>††</sup>  
<sup>†</sup> 筑波大学 大学院システム情報工学研究科 <sup>††</sup> 筑波大学 システム情報系

## 1. はじめに

近年、水中構造物などの多重反射環境における調査・点検を行うためのツールとして、水中ロボットが着目されている。しかし、水中多重反射環境において、ロボットの正確な測位を実現する技術はあまり確立されていない。そこで、水中構造物などの多重反射環境における音響測位を実現するために、時間反転波を活用した手法を提案し、有効性を検証する。

## 2. 提案手法

時間反転波は、ある音源から発した音波を、周囲を取り囲む境界面において受波し、それを時間反転させて境界面から送波すると、音波が逆向きに伝搬し、音源の位置に収斂するものである[1]。この現象は、多重反射環境においても発生し、壁面などの反射波の影響を受けることなく、音源位置を測位することができる[3]。本稿では、音源を搭載した水中ロボットの測位を以下の手順で行う。

1. 音源から、信号  $s(t)$  を音波としてとして送信する。
2. 信号  $s(t)$  は、多重反射を繰り返しながら、マイクロフォンアレイに到達する。
3. 計算機上に音波伝搬環境を再現し、各マイクロフォンの座標から、時間反転した受信信号を送信する。
4. 送信された信号は、多重反射を繰り返しながら、音源位置に収斂する。
5. 計算機は、音波の伝搬過程を計算し、全ステップ中の音圧ピーク座標を求めることで、水中ロボットの位置として出力する。

## 3. シミュレーションによる検討

配管中におけるロボットの測位を想定し、提案手法の有効性を、シミュレーションで検討した。可視化する空間の構成とパラメータ、シミュレーション結果を Fig. 1 に示す。図に示される通り、時間反転波を用いることで、最大 10 mm の誤差で、測位が実現できることを確認した[2]。

## 4. 予備実験による検討

提案手法の有効性を予備実験で検証した。大きさ 220 mm × 420 mm の箱の中に水を張り、音源とマイクロフォンアレイを Fig. 2 に示されるように配置した。そして、図中のパラメータ、及び信号  $s(t)$  を用いて、測位実験を実施中である。

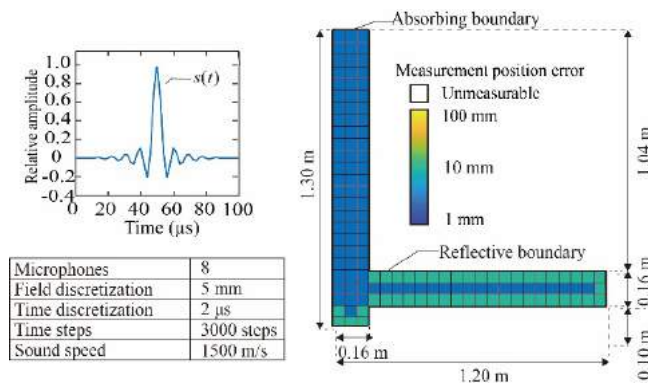


Fig. 1 Parameters of simulation and Measurement position error

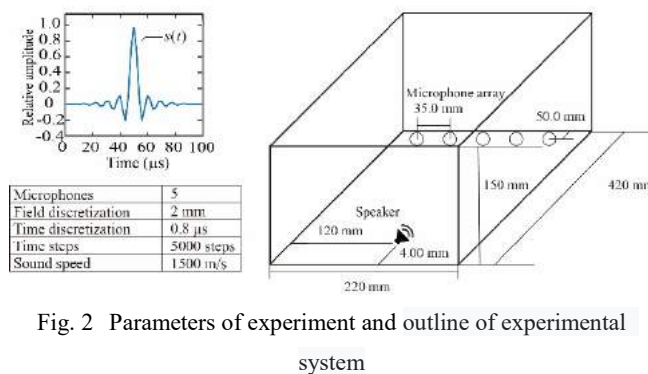


Fig. 2 Parameters of experiment and outline of experimental system

## 5. まとめと今後の課題

水中多重反射環境において、ロボットの正確な測位を実現するため、時間反転波を用いた音響測位手法を提案し、シミュレーションで、その有効性を確認した。今後は、実験により、提案手法の有効性を実証していく。

## 参考文献

[1] 志村拓也, 渡邊佳孝, 菊池年晃, “時間反転処理した音波の収束音場,” 電子情報通信学会 技術研究報告. US, 超音波, vol. 103, no. 277, pp. 7-12, 2003

[2] Y. Kagawa, T. Tsuchiya, “Discrete Huygens’ Model Approach to Sound Wave Propagation - Reverberation in a Room, Sound Source Identification and Tomography in Time Reversal,” Journal of Sound and Vibration, vol. 225, no. 1, pp. 61-78, 1999.

[3] 緒形翔, 若槻尚斗, 水谷孝一, 海老原格, “水中多重反射環境における時間反転波を用いた見通し外ターゲットの測位シミュレーション” 日本音響学会 2019 年秋季研究発表会, 2-P-19