

海洋土木の未来に資する 水中音響測位システムの開発

SATテクノロジー・ショーケース2024

■ はじめに

建設業界では、労働者不足への対応と、安全性、品質、生産性の向上を目指し、情報通信技術を積極的に活用した施工の機械化、遠隔化が推進されている。特に厳しい自然環境下で行われる海洋・港湾工事の現場では、これまで潜水士の人力に頼っていた作業を、船上から水中の建設機械を直接遠隔操縦できるようにすることで、水中作業の一層の安全性向上や省力化を図ることが期待されている。しかし、電波の届かない水中で機械の位置を安定かつ精度よく計測できる技術の不在が、最大の障壁であった。

水中では、座標未知の送波器（スピーカ）から音波を送信し、座標既知の受波器群（複数マイクロフォン）に到達するまでの時間を計測することで、送波器の座標を計算する。しかし、海洋・港湾工事の現場は水深が浅く、測位に必要な信号の他に、海面、海底で多重反射した不要信号が多く、正確な測距が妨げられるという課題があった（図1）。

そこで、我々の研究グループは、不要な反射波を排除する新しいフィルタリング技術の中核とする新しい水中音響測位システムを開発し、浅い海で移動する建設機械の位置を、10cmオーダの精度で計測できることを実証した。

■ 活動内容

1. 不要反射波を排除する水中音響測位システムの開発

以下の原理で動作する水中音響測位システムを新規開発し[1]、多重反射の影響が顕著な大型実験水槽で、水中の位置を精度3cmで計測できることを実証した[2]。

- ① 概略測位：水中の空間をメッシュ領域に区切り、各領域に送波器が存在する場合、測位に必要な信号が受波器群に到達する時間を予め計算しておく。
- ② 不要反射波排除：実際に観測された信号と、①で計算した情報を比較することで、送波器の位置を大まかに推定するとともに、不要反射波の影響を排除する。
- ③ 精密測位：②でフィルタリングされた信号を用いて、改めて送波器と受波器群間の距離を精密に計測することで、送波器の正確な位置を決定する。

2. 移動体への対応

水中の音速は電波よりもはるかに遅いため、送波器がわずかに移動しただけでも無視できない周波数シフトが発生する。そこで、水中機械が移動しても1. の測位が実現できるような信号を設計・実装し、飛び込みプールにおいて移動体の測位実験を実施した。そして、移動する音源の位置を10cmオーダの精度で計測できることを実証した[3]。

3. 実海域での運用

開発した測位システムを、沖合防波堤の基礎工事で活用する水中機械に搭載し、宮古島・石垣島の実工事現場にて運用した。その結果、工事に携わる水中機械の位置を、平均約10cmの誤差で計測できることを実証した[4, 5]。

今後は、この技術を活用して、未来の海洋土木（水中機械の船上からの遠隔操縦の実現）を目指したい（図2）。

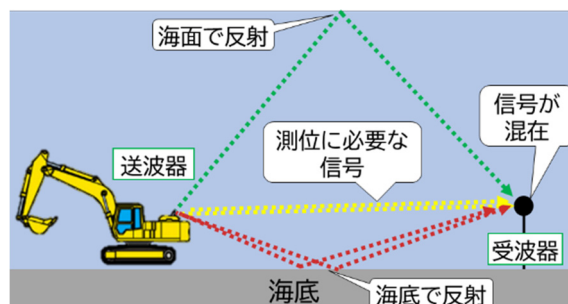


図1: 水中測位の妨げとなる浅い海での音波の多重反射

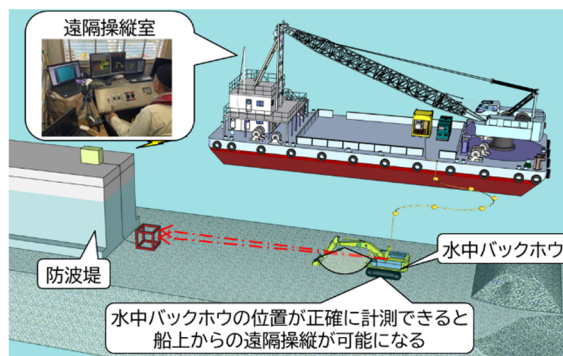


図2: 水中測位システムを活用した建設機械の遠隔操作

■ 関連情報等（特許関係、施設）

- [1] 吉原到, 海老原格, 水谷孝一: 水中測位システム及び方法, 特許第7049572号, 2021.
- [2] T. Yoshihara, T. Ebihara, K. Mizutani, and Y. Sato: Jpn. J. Appl. Phys, Vol.61, SG1075, 2022.
- [3] 吉原到, 海老原格, 水谷孝一: 土木学会論文集, Vol. 79, No.22, 22-22012, 2023.
- [4] T. Yoshihara, T. Ebihara, and K. Mizutani: Proc. Int. Symp. Underwater Tech. (UT23), pp.263-267, 2023.
- [5] 吉原到, 海老原格, 水谷孝一: 海洋音響学会誌, Vol.51, 2024 (印刷中).

■キーワード: (1) 水中音響測位
(2) 無人化施工
(3) 生産性向上

■共同研究者: 海老原 格(筑波大学)

代表発表者 吉原 到 (よしはら とおる)
所 属 筑波大学 理工生命情報学術院
知能機能システム学位プログラム
問合せ先 〒305-8573 茨城県つくば市天王台1-1-1
TEL: 029-853-5468 FAX: 029-653-6471
s2230194@u.tsukuba.ac.jp