

耐マルチパス水中音響測位技術が海洋音響学会の「業績賞」を受賞

近年、建設作業の生産性と安全性を向上させるため、無人化施工技術の開発が進められています。特に自然環境の影響が厳しい水中では、建設機械を水上から遠隔操縦する技術の開発が進められており、その実現には、建設機械の位置情報を精度よく安定して把握することが不可欠です。陸上や海上では電波を用いた全地球測位システム（Global positioning system; GPS）が活用できますが、水中では電波が届きにくいいため、深海探査などで活用されている超音波による測位システムを応用しています。しかし、浅海域や港湾部などでは、海面・海底・構造物などで超音波が多重反射しやすいマルチパス環境であることから、既存の水中音響測位システムでは、安定した測位を実現することが困難でした。

あおみ建設は、2018年から筑波大学と共同で、測位に不要な反射波を排除する信号フィルタリング技術を有する、耐マルチパス水中音響測位システム（水中版GPS）の開発に取り組んできました。この技術は、水深や構造物の有無による影響を受けず、水中の位置を安定かつ精度良く計測できるものです（2022年5月22日付プレスリリース）。

2022年には、(1) 耐マルチパス水中音響測位システムの新しい研究成果（反射が顕著なコンクリート製のプールで移動体の位置を安定かつリアルタイムに計測できることを実証）を学術誌で発表するとともに、(2) 水中作業用建設機械（水中バックホウ）の水中での位置を特定する技術として実工事で運用を開始しました。この研究成果が海洋音響技術に関する優秀な技術開発の業績として認められ、この度、海洋音響学会の「業績賞」を受賞しました。

今後は、水中ドローンを活用したインフラ点検の効率化や沿岸パトロール業務、水産分野への応用など、他産業でも活用していただけるように、引き続き技術開発を推進していきます。



問い合わせ先

あおみ建設株式会社 技術事業本部技術開発部 担当：吉原

TEL: 03-5209-7869 E-mail: yoshihara.tohru@aomi.co.jp

研究の背景

近年、建設業界では、技術者の不足への対応と、工事の安全性および品質や生産性の向上を目指して、情報通信技術を積極的に活用した施工の自動化、自律化、遠隔化が推進されています(i-Construction)。厳しい自然環境下で行われる海洋・港湾工事の建設現場では、これまで潜水士の人力に頼っていた作業の機械化が推進されており(写真1)、潜水士が直接操縦する水中バックホウ^{注1)}の開発・運用が進んでいます。一方で、より一層の安全性向上や省力化を図るためには、船上から遠隔で機械を操縦する技術が不可欠ですが、水中で位置を安定かつ精度よく計測できる技術の不在が、最大の障壁となっていました。

水中では電波の減衰が大きいので、陸上や海上のようにGPSを用いて位置を精度良く計測することは困難です。そこで、深海探査の分野では、電波の代わりに超音波を利用して測位する水中音響測位技術が活用されてきました。これは、送波器が発した音を複数の受波器に届くまでに要した時間を測定することで、送波器-受波器間の距離を算出し、三角測量の原理で送波器の位置を求めるものです。ところが、海洋・港湾土木工事の現場は多くがマルチパス環境(水深が浅く、送波器が発した音波が、海面、海底、構造物などで多重反射して伝搬する環境)のため、受波器には、送波器から直接届く直達波に加え、遅れて複数の反射波が到達します。したがって、直達波と反射波が混在する受信信号から、直達波の到達時間を正確に計測するのは困難でした(図1)。



写真1 防波堤工事における潜水士による人力均し作業(左)と、それを機械化した水中バックホウ(右)

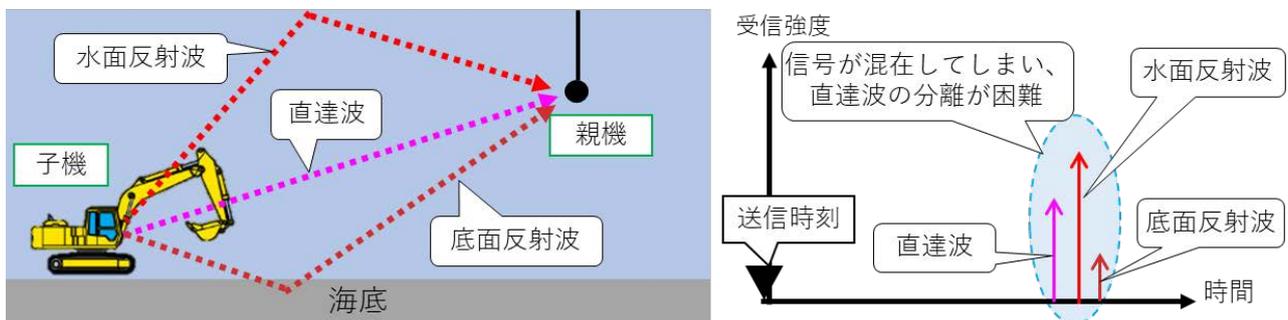


図1 複数の反射波が混在することによる測位に与える影響

注1) 水中バックホウ

陸上土木工事で幅広く活用されているバックホウ(油圧ショベル)を水中で稼働できるように改造したもので、作業支援船から電力を供給し、潜水士が直接搭乗して操縦するものです。主に、防波堤の基礎となる捨石マウンドの均し作業、管路敷設作業、構造物破砕作業などに使われます。

耐マルチパス水中音響測位システムの概要

あおみ建設は、2018年から筑波大学と共同で、測位に不要な反射波を排除する信号フィルタリング技術を有する、耐マルチパス水中音響測位システム（水中版 GPS）の開発に取り組んできました。このシステムは、音波が多重反射する水中において、安定かつ高精度な測位を以下の要領で実現します（図2、2022年5月22日付プレスリリース）。

1. 測位対象エリアに対応する仮想空間を設定し、ある大きさのメッシュで区切る。あるメッシュ領域に送波器が存在すると仮定し、送波器から送信した信号が受波器群に到達する理想的な受信波形と、時刻の最大最小値（時間窓）を算出する。この作業をすべてのメッシュ領域に対して行い、そのデータをデータベースに格納する。
2. 実空間で受波器群が観測した受信信号と、データベース上の理想的な受信波形と比較し、最も一致度が高かった領域に送波器が存在するとして、領域を特定する（概略測位）。
3. 送波器が存在する領域に対応する時間窓を用いて、受信信号から不要な反射波を排除する（フィルタリング）。
4. 直達波のみとなった信号を用いて、送波器－受波器間の正確な距離を算出し、三角測量の原理により送波器の座標を演算する（精密測位）。

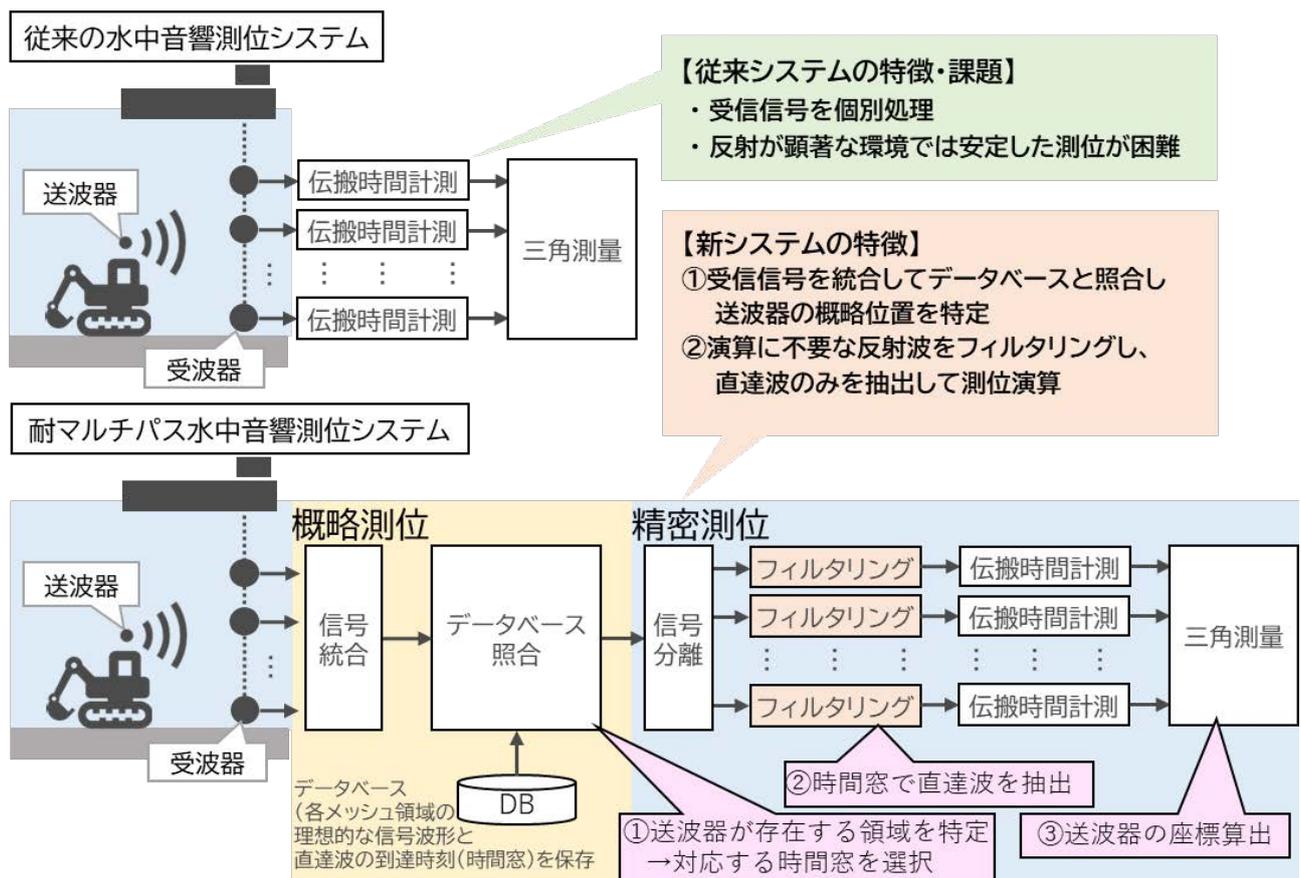


図2 耐マルチパス水中音響測位システムの概要および特徴

システム検証実験とその結果

多重反射が顕著と考えられる飛び込み台プールで、移動するボートのリアルタイム測位実験を行い本システムの性能を評価したところ、従来システムでは反射波の影響で欠測率 84.5%であるのに対し、本システムでは、欠測率 0%、測位精度平均 24cm という結果が得られ、水中の位置を高精度かつ安定して測位できることを実証しました。この研究成果は、以下の学術誌で発表しました。

【題名】 音波の伝搬時間群とデータベース照合を用いたマルチパス環境下における移動体の水中測位実験

【著者名】 吉原 到, 海老原 格, 水谷孝一

【掲載誌】 土木学会論文集 F3 特集号 (土木情報学) 79 巻 22 号

【掲載日】 2023 年 2 月 8 日

【DOI】 <https://doi.org/10.2208/jscej.22-22012>



図3 水中音響測位装置「そこにイルカ」

実工事での運用開始と今後の展開

2022 度より、防波堤工事で稼働する水中バックホウのガイダンスシステムと組み合わせて、運用を開始しました(写真2、図3)。

今後も本システムを実工事にて経験を積み重ね、港湾工事の無人化施工に繋がる技術開発を推進していきます(図4)。

今後は、水中ドローンを活用したインフラ点検の効率化や沿岸パトロール業務、水産分野への応用など、他産業でも活用していただけるように、引き続き技術開発を推進していきます。



写真2 水中バックホウにシステムを艦装

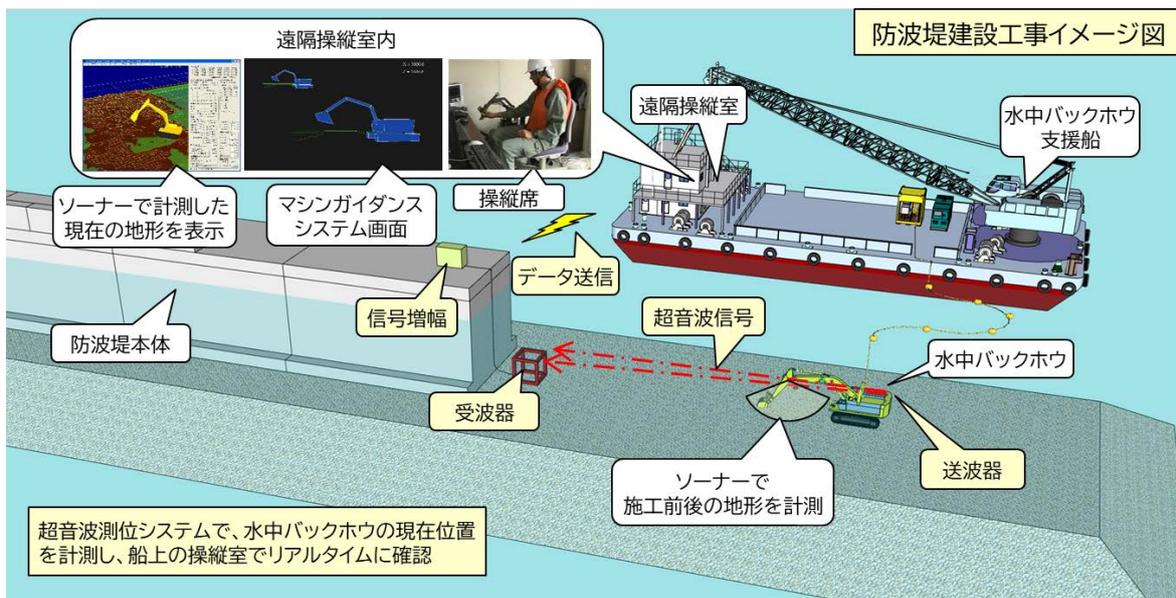


図4 防波堤建設工事における水中バックホウを活用した無人化施工のイメージ