

世界初 音波の反射が顕著な浅い水中での高精度測位を実現する 国産耐マルチパス水中音響測位システム「そこにイルカ」の販売について

あおみ建設株式会社（本社：東京都千代田区、代表取締役社長：河邊 知之、以下「当社」）は、音波の反射が顕著な浅い水中環境での高精度測位を世界に先駆け実現し、当社が受注した公共工事で活用を重ねてきました。この度、国産の測位装置として、耐マルチパス水中音響測位システム「そこにイルカ」の販売に向け、2025年1月29日から31日まで、東京ビックサイトで開催される Offshore Tech Japan 2025 にて本測位装置を展示することをお知らせいたします。

当社は、海洋土木工事で活用する水中建設機械（水中バックホウ^{※1}）を開発し、潜水士の重労働で危険な作業を機械化することで、安全と生産性の向上を図ってきました（図1）。近年、建設業界の技能者不足への対応と、安全と生産性の両立のために、国土交通省は、情報通信技術を活用した技術開発（i-Construction）を推進しています。当社は、水中バックホウを水上から遠隔操作することで、水中の視界や水深に左右されず効率的な作業を実現したいと考え、技術開発に取り組んできました（図2）。しかし、浅海域では、音波の多重反射（マルチパス）が発生し、従来の水中測位装置では高精度測位が困難でした。

その課題を解決するために、当社は2018年より国立大学法人筑波大学と共同で、国産の高精度水中音響測位システムの開発を開始。不安定な測位の原因である反射波を排除する信号フィルタリング技術により、浅海域で安定かつ精度良く測位できる技術を実現しました^{※2}。2022年3月には国内特許を取得し、世界初の技術として、現在国際特許を出願中です。また、2023年5月には海洋音響学会から「業績賞」を受賞するなど、高く評価されています^{※3}。

この技術は、国が発注する港湾工事にて、当社の水中バックホウ「スーパービッグクラブ」のICT施工の中核となる水中バックホウガイダンスシステムに実装して、作業の生産性向上に寄与するとともに、水中測位装置単体でも他の公共港湾工事にて活用し、装置の検証と性能の向上を重ねてまいりました。

今後、洋上風力発電など沿岸域の活用が期待される中（図3）、水中ロボット（ドローン）による点検やパトロールがますます重要になることが予想されます。当社は、これら小型の水中移動体への実装に向けて、装置の小型化と操作簡略化を進めています。今月末に開催される Offshore Tech Japan 2025 にて、実工事で使用した測位装置を展示いたします。今後、販売に向けて準備を進めるとともに、ユーザーの声に耳を傾けてさらなる改良と研究開発を推進し、今後の海洋産業の発展に貢献できる国産初の耐マルチパス水中音響測位装置として育てていく所存です。

問い合わせ先

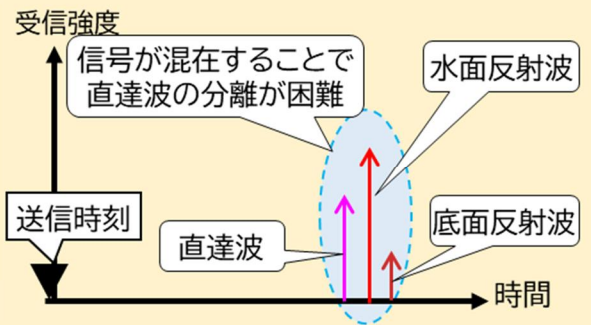
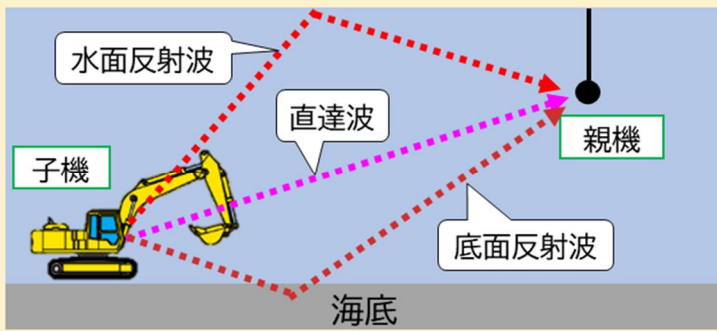
【研究に関すること】

技術事業本部技術開発部 吉原 到（よしはら とおる）
TEL: 03-5209-7869 E-mail: yoshihara.tohru@aomi.co.jp

【取材・報道に関すること】

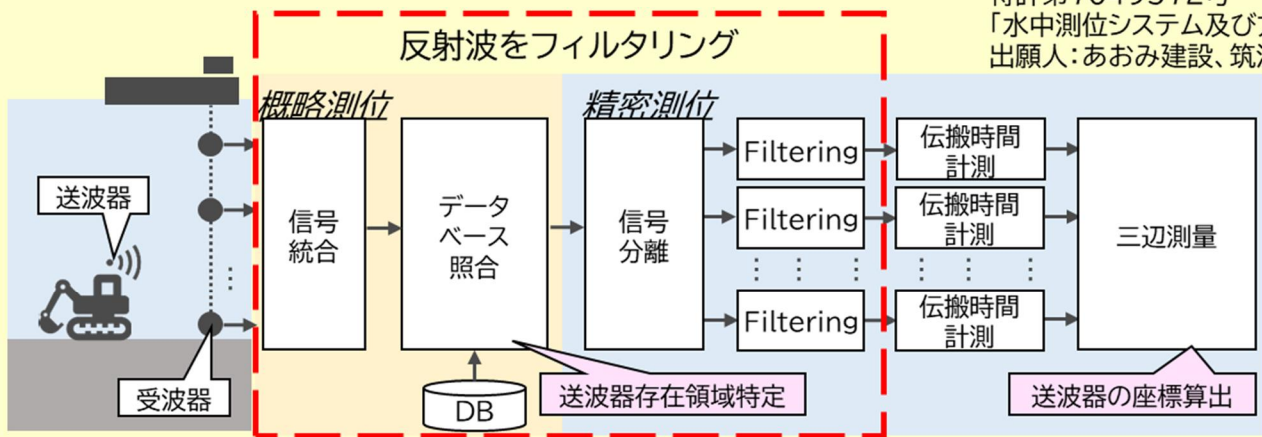
管理本部総務部
TEL: 03-5209-7761 E-mail: soumu@aomi.co.jp

従来の水中音響測位装置の課題(マルチパスの影響で、測位不安定、精度低下)

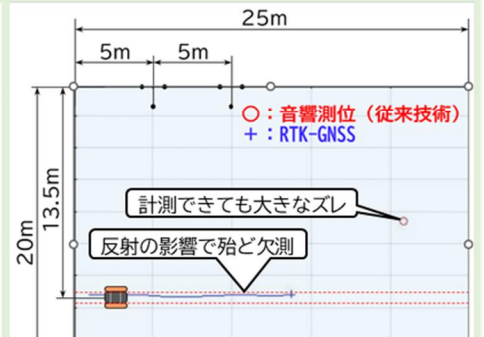
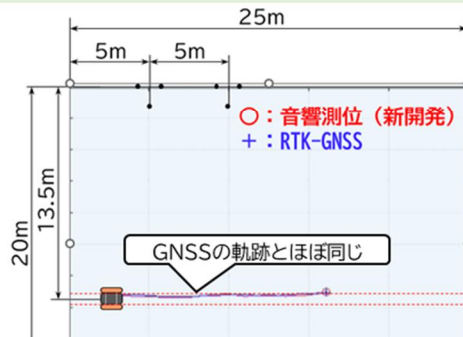
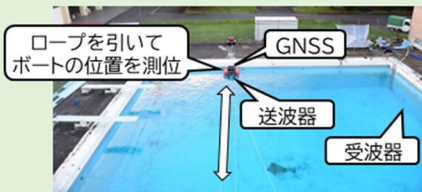


そこにイルカは、測位に不要な反射波をフィルタリングすることで、課題を解決

特許第7049572号
「水中測位システム及び方法」
出願人: あおみ建設、筑波大学



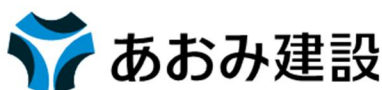
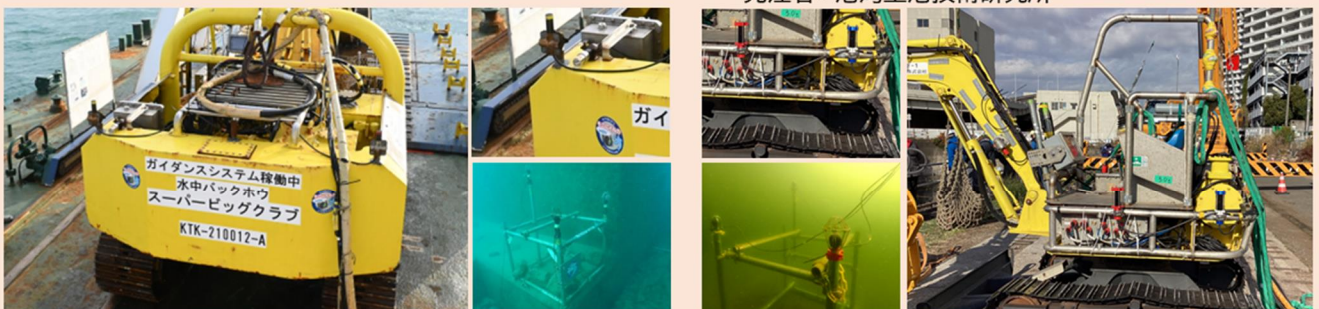
そこにイルカ を活用した コンクリート製プールでの 測位精度確認実験結果(例)



使用実績

工事名: 令和4年度 石垣港(新港地区)防波堤(外)築造工事
発注者: 内閣府 沖縄総合事務局 石垣港湾事務所

業務名: 令和5年度 浮上式音響測位装置及び
水中ICT建機に関する実験等補助業務
発注者: 港湾空港技術研究所



水中音響測位装置「そこにイルカ」の詳細は、
あおみ建設HPにて、ご参照ください



研究の背景

1. 当社は、1917年に創業し、海洋土木工事を得意とした総合建設業者です。全国各地の港湾・海岸施設や海上空港などの公共工事を手掛けています。
2. 海洋土木工事は、今でも水中作業の多くを潜水士の人力に頼っています。視界の悪い海や水深が深い箇所での作業は危険と隣り合わせであり、近年は職業潜水士の減少が大きな問題となっています。
3. 土工事や積込、構造物取壊しなど、多目的に使用される建設機械「バックホウ」を水中仕様に改造した「水中バックホウ ビッグクラブ」を1994年に開発。30年に亘り、海洋土木工事の現場で運用してきました。潜水士の人力で行ってきた重労働で危険な作業の機械化を実現しました。(図1)
4. 現行の水中バックホウは、潜水士が搭乗して作業対象を視視しながら操作します。視界の悪い海では作業効率が低下するため、沖縄などの離島を中心に運用してきました。
5. 潜水士の健康を守るため、法令により潜水士の作業時間は水深に応じて制限されます。
6. i-Constructionの推進により、陸上工事では、土工事の施工を効率化するバックホウガイダンスシステムが開発され、普及が進んでいます。
7. 陸上工事向けの技術を流用し、さらに視界が悪い、電波が使用できないなどの水中特有の課題を考慮した、水中バックホウガイダンスシステムを開発(図2)。しかし、既存の水中音響測位装置では、水中バックホウの位置を安定かつ正確に把握することは困難でした。

研究のベースとなる技術とこれまでの実績

8. 陸上や海上では衛星測位システム(GNSS)による測位が普及しています。しかし、水中では電波の減衰が大きいため、水中音響測位装置、慣性航法装置、対地速度計などを活用して位置計測を行っています。
9. 水中音響測位装置とは、送波器から音波を発信し、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、送波器と受波器間の距離や到来角を算出して測位するものです。
10. 水中音響測位装置を浅海域で使用すると、送波器から受波器に直接届く直達波に加えて、海面・海底・構造物などで反射した複数の波が混在し、測位が安定しないという課題に直面しました(図4)。
11. 当社は、国立大学法人筑波大学と共同で、測位に不要な反射波を取り除くフィルタリング技術を開発し、多重反射が顕著な浅海域でも、安定かつ高精度な測位を実現しました(特許第7049572号)(図5)。
12. 2022年、内閣府沖縄総合事務局が発注した港湾工事にてガイダンスシステムを運用。これまでの開発の経緯は、日本建設業連合会の広報誌「ACe 建設業界」にて紹介されました^{*4}。
13. 2024年、国土交通省関東地方整備局発注の港湾工事にて、ケーソンを誘導するために、水中部の構造物間の距離計測装置として活用。

本測位装置の特長、使用方法

14. 送波器BOX、受波器BOX、バッテリーBOXというシンプルな構成とし、配線のわかりやすさに配慮。
15. システムの電源は、現場での運用しやすさを考慮し、工具用バッテリーを活用。
16. 計測した座標データは無線で送信し、タブレットPCで確認。他のシステムのデータ取り込み可能。
17. 受波器(6個セット)を架台に固定。位置が分かっている水底や岸壁の壁に設置します。(LBL方式)
18. 送波器を移動体に固定。測位は毎秒計測します。
19. 計測エリアは100m×100m程度。測位誤差は数cm~20cm程度(観測環境次第で変動)。
20. 水中バックホウなど大型機械向けでは、送波器4chまで同時計測可能。

Q and A

Q：なぜ機材の設置が簡便なUSBL方式ではなく、LBL方式を採用したか？（図6）

A：USBLは設置が簡便で、現在市販品では主流の方式です。しかし、船体など浮遊体に設置する場合、その絶対位置と方向、動揺を計測し、常に補正をする必要があります。本装置は元々水中バックホウの安全な操縦を目的としていたので、高精度測位を実現しやすいLBL方式を採用しています。

Q：測位精度向上のために、音速補正は行っているか？

A：音速は、水深・塩分・水温により変化します。水温は深くなるにつれて一般的に低下していきませんが、季節や場所によって、時間帯で大きく変化したり、表層より深い個所の水温が高くなることもあり、正確な音速推定は困難です。そのため、LBL方式のメリットを生かし、送波器と受波器の水深が近くなるように設置することで、鉛直方向より比較的音速が安定した環境で測位することができると考えています。また、送受波器の水深・水温などの環境をセンサーで常時計測し、測位演算に使用する音速を自動補正することで、操作の簡便化と高精度測位を実現し、現場でその有効性を確認しました。

Q：音響測位だけで3次元測位演算を行っているか？

A：水中バックホウの施工特性を考慮し、現在は平面位置を音響測位、深さ方向は高精度水圧計を併用して演算しています。今後は、用途に応じて、音響のみで3次元測位演算を行う装置も検討していきます。

参照資料

※1：あおみ建設 HP 「水中バックホウ ビッグクラブ」

<https://www.aomi.co.jp/tech/bigcrab.html>

※2：あおみ建設プレスリリース（2022年5月12日付）

「GPSの使えない水中で高精度に位置を計測する超音波測位システムを開発」

<https://www.aomi.co.jp/news/2022/20220512.html>

※3：あおみ建設プレスリリース（2023年5月26日付）

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」を受賞しました

<https://www.aomi.co.jp/news/2023/20230601.html>

※4：日本建設業連合会【ACe 建設業界】 2024年2月号 P28-33 [押しゲン]

潜水業務を変える！新技術がつくる新しい働き方 令和5年度石垣港（新港地区）防波堤（外）築造工事

https://www.nikkenren.com/publication/ACe/ce/ace2402/pdf/P28-33_202402.pdf

参考図

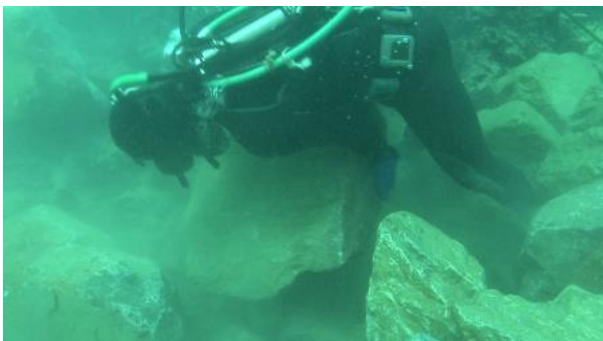


図1 海洋土木工事における潜水士の人力作業と、水中バックホウによる機械化

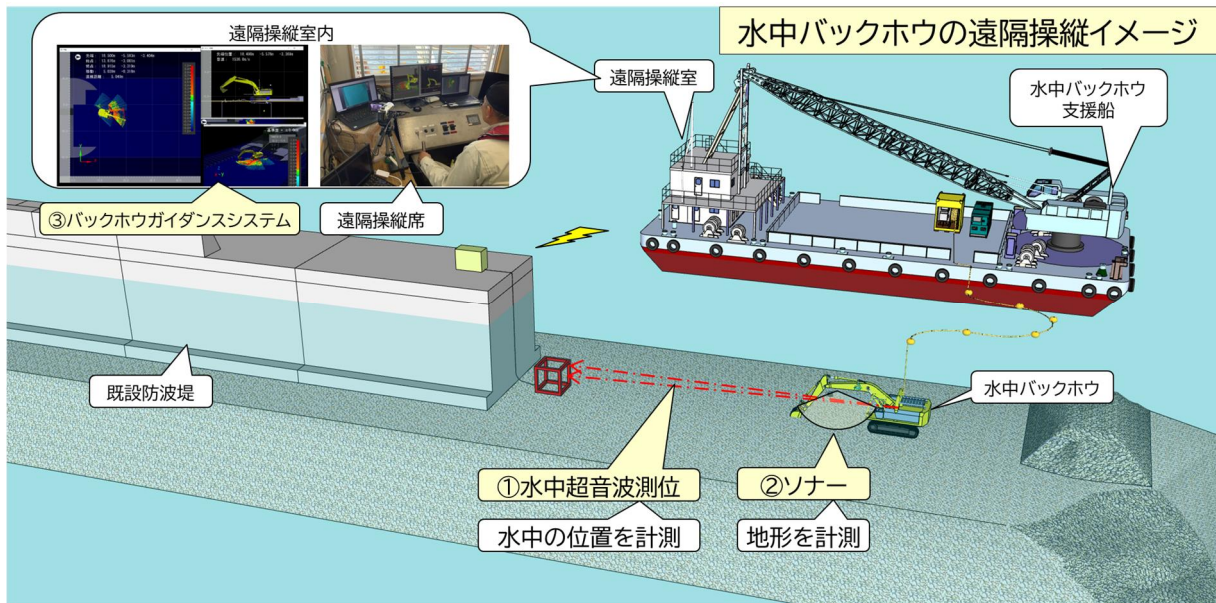


図2 港湾土木工事における洋上からの水中バックホウの遠隔操縦のイメージ

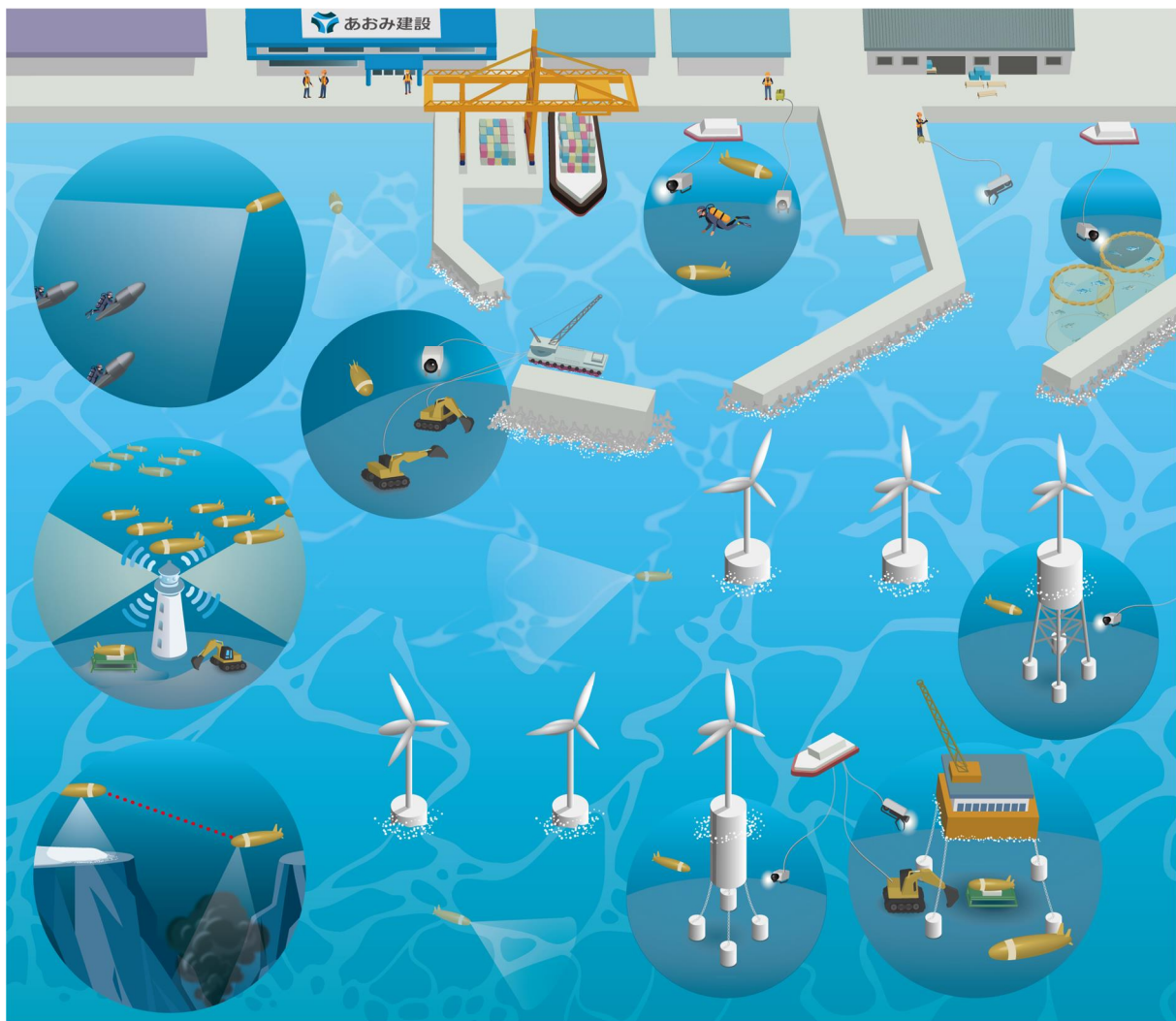


図3 将来の沿岸域の活用と水中移動体が活躍するイメージ

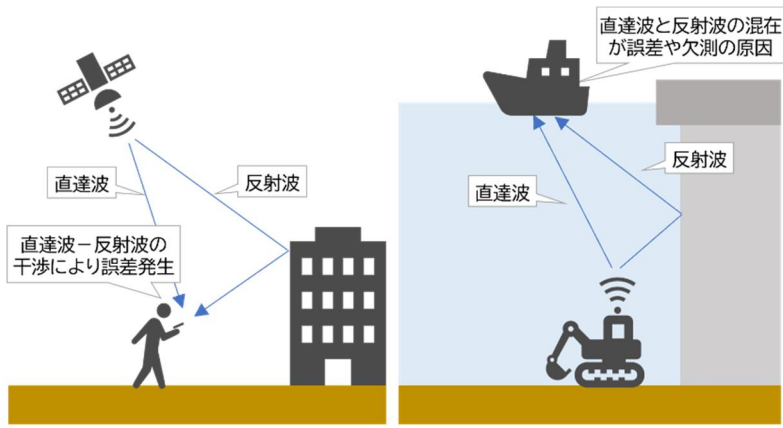


図4 地上（左図）および水中（右図）において反射波が測位に与える影響

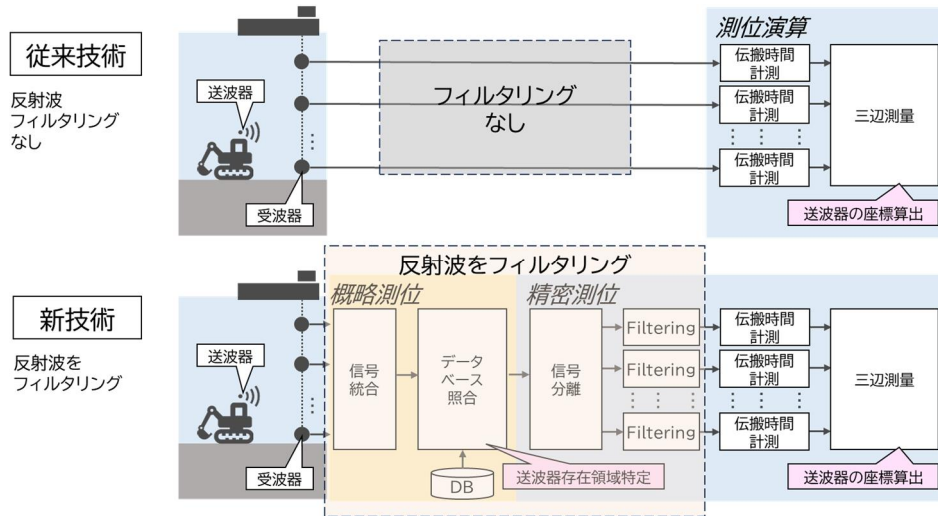


図5 水中超音波測位システムの特徴と測位演算の流れ

水中音響測位装置の測定方式

飯森壮男, 海洋音響技術 3 水中測位 3.1 音響航法装置, 日本造船学会誌第823号, 平成10年1月

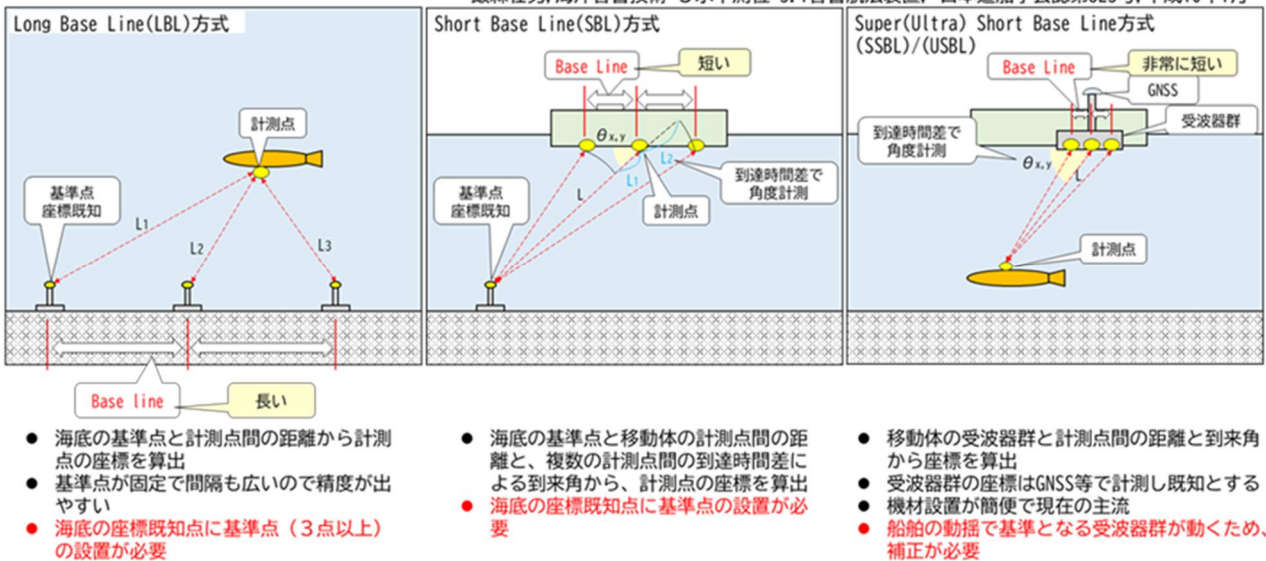


図6 水中音響測位装置の測定方式