

押し ゲン

Oshi-Gen

潜水業務を変える！ 新技術がつくる 新しい働き方

今号の押しゲンは、沖縄本島から南西410kmに位置する石垣島の防波堤築造現場。「危険かつ重労働」。そんなイメージを抱える潜水業務の機械化と、更に水中建機の遠隔操作を実現するために奮闘を重ねる現場の舞台裏に迫る。

令和5年度石垣港（新港地区） 防波堤（外）築造工事

あおみ建設・丸尾建設
特定建設工事共同企業体

【今月の押し】

- ★ **高精度測位システムの
実用化への道を拓く**
- ★ **潜水士の働き方を変える
水中バックホウ**

論文検索がつかないだ 開発の可能性

石垣島南西部の石垣港沖合で、航行する大型の船舶に対応するべく、ケーソン式防波堤の築造工事が進む。一連の施工を担当するのは海洋土木の雄、あおみ建設株式会社。筑波大学と共同開発した「水中音響測位システム」を搭載した水中バックホウスーパービッグクラブ（以下、ビッグクラブ）のテストランをこの石垣島で成功させ、遠隔操作の実用化に向けて大きな一歩を踏み出した。

建設業界では様々な分野で機械化施工の研究開発が加速している。港湾土木も例外ではない。特に、土砂の掘削や捨石均しに使う水中バックホウの高性能化が急がれている。そこで、陸上工事で活用が進んでいるバックホウガイドシステムを水中バックホウに導入することが検討される。しかし、水の濁りの影響を受け鮮明な視界を確保することが困難なうえ、水中は電波が届きにくくGPSが使用できない。これまで、水中の測位

家を探し出すのは容易ではなかった。吉原副部長は測位システムだけでなく、GPSや通信技術についても調べ直し膨大な資料を検索する。そしてようやく一つの論文に辿り着いた。それが筑波大学の論文だった。「応用できる可能性のある技術をキーワードに検索し、やっ」と出会えたんです。執筆された先生とは当然面識はありませんでしたが、思い切ってメールを送りました。システム開発にご協力いただけるとのことになった時は嬉しかったですね。何回も現場に足を運んでいただき、実物の水中バックホウを見せて『こうやりたい』などのイメージを共有しました」。

失敗の先に成功はある 一〇年越しの念願へ

筑波大学の協力の下、高精度な測位の障害となる反射波を取り除く新しい信号処理を開発。音波が反射する最悪の環境であるコンクリート製のプールで実験を重ね、検証を繰り返した。三年を要して測位システムの試作品が完成し、



上/システムを搭載したビッグクラブ。(提供:あおみ建設株)
下/限られたスペースで緊張感の高い作業が続く。

水中での稼働の様子。潜水士が運転席に乗り込み、バックホウを操作する。(提供:あおみ建設株)

石垣港の沖で進む防波堤築造の現場。基礎捨石均し及び被覆石均しに水中バックホウが活躍している。水中バックホウは施工能力が高く、少ない潜水士と短い時間で施工が可能だ。

は水中音響測位技術が活用されてきたが、港湾工事が行われる浅海域では海面や海底で音波が乱反射し高精度な測位は難しく、長年にわたる大きな課題であった。

こうした問題を解決すべく奮闘したのが、技術事業本部の吉原副部長だ。一〇年以上技術開発を担当しており、二〇二二年五月、GPSを使えない水中で高精度に位置を計測する「水中超音波測位システム」の開発に成功した。足掛け一〇年の歳月をかけた開発の経緯を教えてください。「ビッグクラブシリーズの初号機を当社で導入したのが一九九四年。以来、三〇年にわたり水中施工の機械化に取り組んできました。市販の測位装置では、水中バックホウにオペレータが乗っていないのに、画面上ではバックホウがランダムに動いてしまうんです。メーカーに協力を求め繰り返し改良を試みましたがなかなか改善せず、システムの根本から見直さなければ解決しないと考え、ゼロからシステムを開発しようという結論に至りました」。

しかし、その分野の詳しい専門



あおみ建設株式会社
技術事業本部
技術開発副部長
吉原 到 Toru Yoshihara

実験の場は水槽やプールから実際の現場へ移っていく。

現場での実証経緯をつぶさに見てきたのが、石垣の現場で指揮を執る一ノ瀬浩一所長だ。初めての出会いは那覇の現場。水中バックホウに試作品を装着して位置情報を検証したが、この時はうまく動作しなかった。その後、宮古島を舞台に再度の試行に至る。この一連の実験を一ノ瀬所長は笑顔で振り返る。「沖縄の海は透明度が高く動作試験には最適です。工期が逼迫する現場で実験など悠長なことでは言ってもらえないというのが本音でしたが、新システム開発に協力できるのであればと引き受けました」。吉原副部長も「それなのにいざという時に動作しなくて、怒られたことも一度や二度ではありま

せん」と頭をかく。宮古島での実験は好結果に終わる。「それまでの開発の道程や那覇での失敗を思い出し、やっと思い通り動いたか！と胸があつくなりました」。そして二〇二二年、今回の現場と同じ石垣島の防波堤工事をあおみ・丸尾JVが受注し、水中バックホウガイドシステムとして本格的に稼働させ、発注者から高評価を得た。

現在は、測位システムを誰もが簡単に扱える市販品レベルに高めることを目指して改良中だ。コロナ禍で部品が間に合わないなどの影響で、残念ながら今年度は稼働することはなかったが、使い勝手の良いものを目指していると意気込む。

吉原副部長は「自信満々で本番に挑んでも、測位情報が画面上に正しく表示されないこともあった」と苦い経験を振り返りつつも、「水中バックホウの遠隔操縦を実現させて、透明度の低い本州の海で活躍する姿を早く見たい。また、今後活躍が期待される水中ドローンに活用できるように、装置の小型化も目指したい」と話してくれた。筑波大学との共同開発期間は

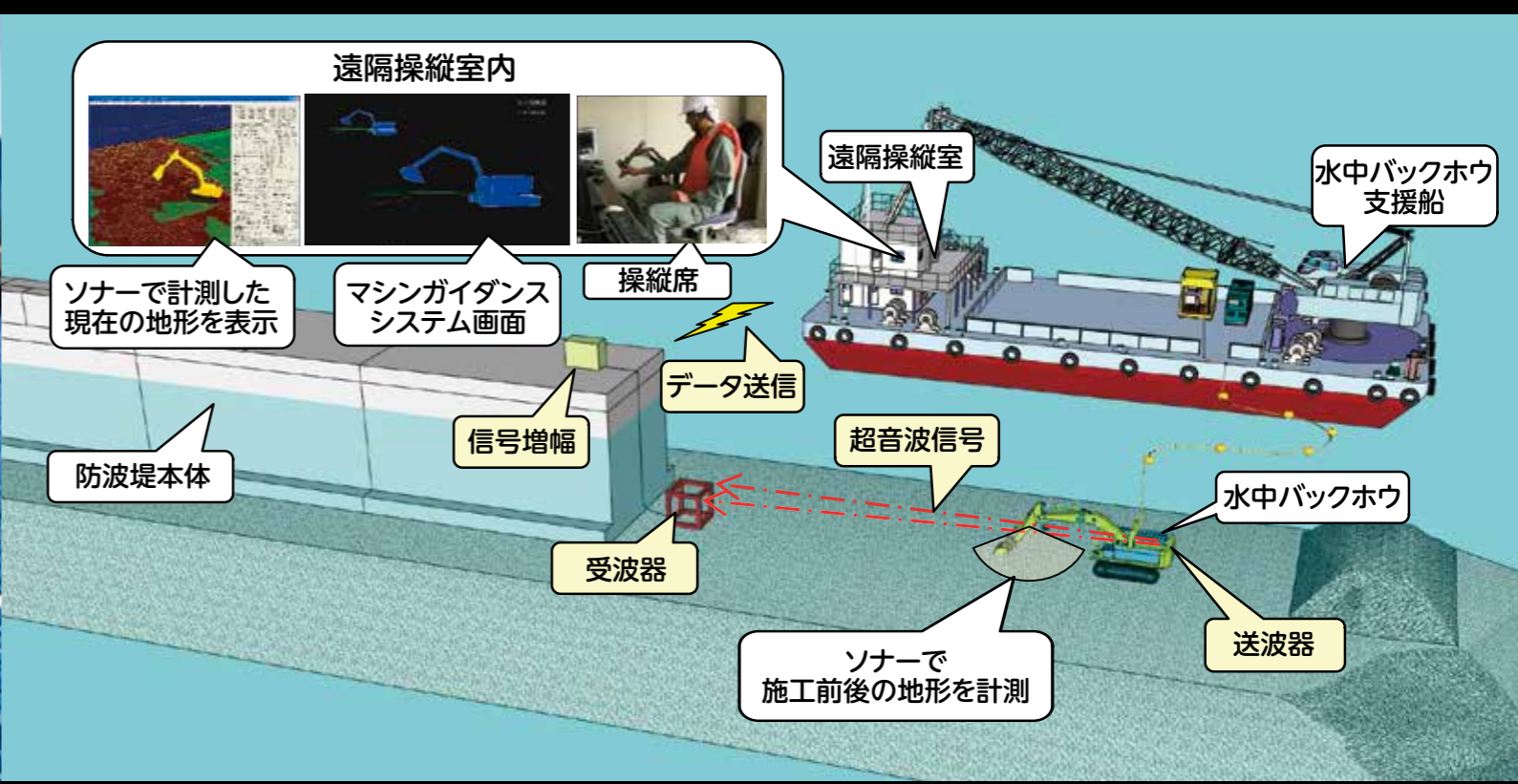
もつながっています。ビッグクラブの施工能力は人力施工をはるかに超え、工程を計画するうえで、従来の人力施工なら一日当たり約三〇平方メートルで見込むところ、一五〇平方メートル程度を想定できる。業務効率が格段に向上しましたね」。

高精度の測位システムを搭載した遠隔無人化施工が可能になれば、船上の操縦席で画面を見ながらペンを持つ感覚で操作でき、潜水士の負荷や危険性を更に低減できる。今後の潜水士の働き方が飛躍的に変わるのではないかと、一ノ瀬所長は胸を高鳴らせている。「事務所からマシンガイドシステム画面やソナーで計測した地形情報を見て遠隔操作することも当たり前になるでしょう。もはやゲーム感覚に近いかもしれない。新しいワークスタイルが浸透すれば、若い世代や女性でもきつとチャレンジしたくなると思います」。

人力施工から機械、そして遠隔施工へ。更に進化するAと融合し、自律的に動作する水中バックホウのロボット化も夢ではないかもしれない。新システムの開発が港



【工事概要】
 発注者 内閣府沖縄総合事務局開発建設部
 工事場所 沖縄県石垣市南ぬ浜町地先
 工期 令和5年5月12日～令和6年3月15日
 工事内容 石垣港(新港地区)防波堤(外)の共通工、構造物撤去工、海上地盤改良工、基礎工、本体工(ケーソン式)、被覆・根固工、上部工、消波工、測量(ICT)



遠隔操作のイメージ。支援船から伸びる電気ケーブルとつながれた水中バックホウは超音波信号を発信。受信したのち、フィルタリングなどのプロセスを挟むことで、操縦室で正確な位置情報が測定できる。(提供：あおみ建設株)



あおみ建設・丸尾建設特定建設工事共同企業体
 令和5年度石垣港(新港地区)防波堤(外)築造工事
 監理技術者
一ノ瀬浩一 Koichi Ichinose

潜水士の大槻秀哉さん。スキューバ関連の仕事をして20年ほど経験したベテランだ。石垣の現場では水中バックホウに搭乗しマウンドの均し作業を担う。

ゲンバの推し☆を教えてください

一人多役！頼りになる現場の便利屋

最新の水中バックホウであるスーパービッグクラブ。パワーユニットやアタッチメントを換装すれば一人多役をこなします。水中専用タイプは電動油圧変換の動力を装備して水深-50mまで、吸排気口が付属されたディーゼルエンジンで駆動する水陸両用タイプは水深-4m以浅での作業も可能。多様な施工に対応できる、汎用性が高く頼りになる存在です。



(提供：あおみ建設株)

湾土木における新たな働き方の萌芽となっていくだろう。

**まるでゲーム?!
 潜水業務のイメージが変わる**

石垣の現場で活躍するビッグクラブ。初号機から進化する過程で水陸両用稼働が可能となり、動力ケーブルも油圧ケーブルから電気ケーブルに改良された。複雑な配管や油漏れの心配がなくなり、操作性も向上した。
 長年水中バックホウの進化を見てきた一ノ瀬所長はこう語る。「重さが最大二〇〇kgになることもある基礎捨石を、水中とはいえ人力で移動させるのは重労働でした。水中バックホウが登場したことで潜水士は直接石に触れることがなくなり、指詰めなどの災害防止に

五年、市販品を水中バックホウに装着して試行錯誤を繰り返した期間を含めると、実に一〇年の歳月をかけた。「はなから簡単にできるとは思っていない、成功するまで挑戦し続ける」と、前を向く吉原副部長。新たな道を切り拓く不屈の精神が、開発の裏側にあった。