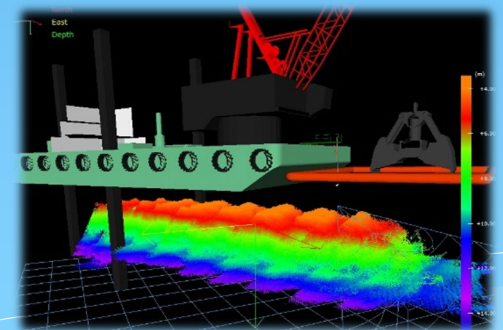


『浚渫工事のグラブ浚渫船自動化の取組み』

～浚渫自動運転，浚渫船の前進自動化，水中可視化システム～



令和6年10月8日

株式会社 小島組

・浚渫とは

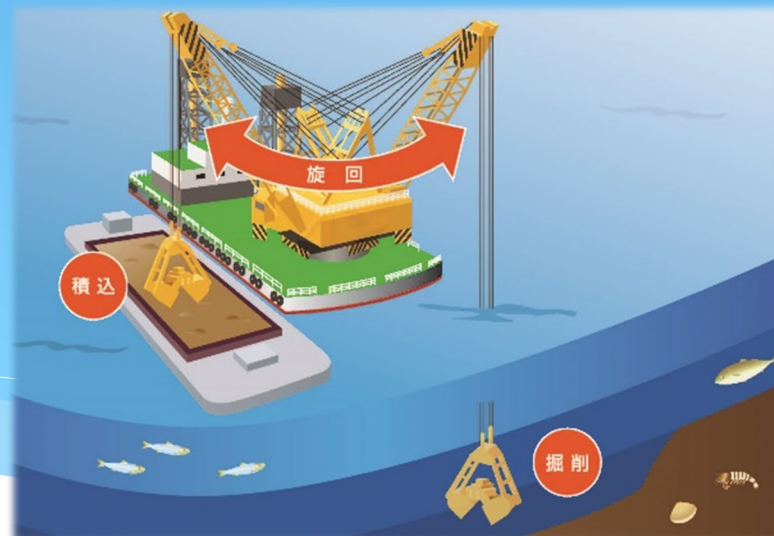
『Grab浚渫』とは、海底の土砂をつかみ取って掘下げる工事のこと

- ・浚渫船の先端にはGrabバケットがついており、そのGrabバケットを海底におろして、クレーンゲームのように海底の土砂をつかみ取る
- ・1度で大量の土砂をつかむことができ、港湾では15～30m³積のGrabバケットが多く使用される
- ・浚渫した土砂は、土運船に積み込んで埋立地へ海上運搬し、埋立用材として活用することが一般的である

【Grab浚渫船】



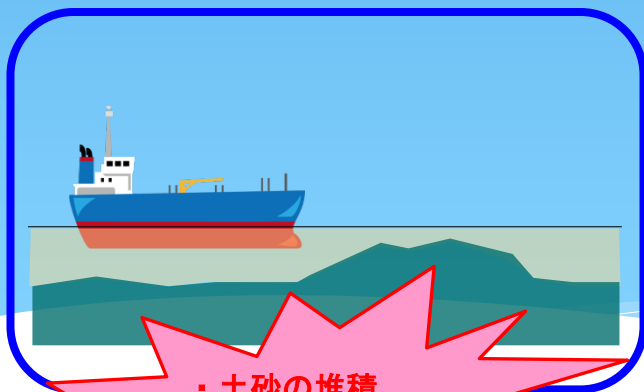
【Grab浚渫イメージ】



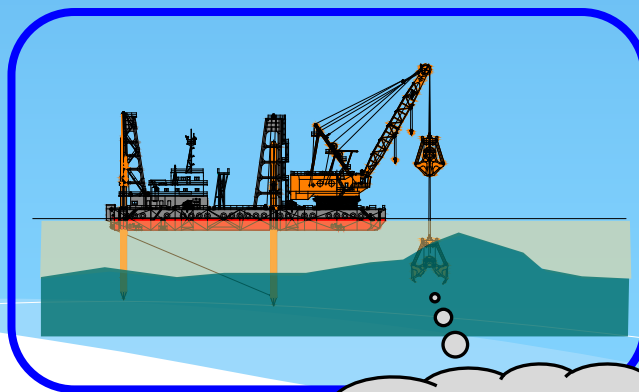
・浚渫工事の必要性

- ・河川から港湾への流下土砂等によって、「海底に堆積した土砂を浚渫して水深を確保」する
- ・浚渫工事によって水深を確保することで、航行する船舶が海底と接触するリスクを無くして「安全、安心な航路を確保」する
- ・浚渫工事によって、「物流の拠点となる港湾」の機能を維持する

【浚渫前】



【浚渫工事中】



浚渫船で
土砂を取り除く

【浚渫後】



・ グラブ浚渫自動化の取組み

～Grab浚渫の自動化が求められる背景～

☆港湾における浚渫工事の特徴

- ・ 大型浚渫船の長時間稼働による施工
- ・ 潮汐や波浪の影響を受ける特殊な環境化での施工
- ・ 高精度な施工位置管理と出来形精度の向上が要求される

☆浚渫工事における課題

- ・ 熟練オペレーターの不足により出来形にばらつきが生じ、手戻り作業が発生する
- ・ 浚渫船技術者のなり手不足、労働力の高齢化
- ・ 労働負担により引き起こされるヒューマンエラー災害
- ・ 水中という不可視部分の施工において、高精度な出来形管理が求められる

・ グラブ浚渫自動化により期待できる効果

- ・ オペレーターの技量に左右されない均一な出来形を確保が可能となる
- ・ 水中可視化により作業効率や出来形精度が向上する
- ・ 経験歴の浅い浚渫船技術者による運転が可能となる
- ・ 労働負担が軽減され安全性が向上する

作業効率
労働生産性

UP!

省人化

若手技術者

安全性向上



自動化

・当社が取り組む自動化技術と自動化レベル設定

① 浚渫自動運転

オペレーターが浚渫機を操縦することなく自動で浚渫作業を行う

② 浚渫船の前進移動の自動化

スパッド操作を自動で行う

移動先の自船位置を自動制御する

③ 水中可視化システム

浚渫中および浚渫直後における海底地形をリアルタイムに可視化する

【自動化レベル設定】

レベル	浚渫		移動		水中可視化	その他 土運船離接舷 土運船運搬
	昇降・開閉	旋回	前進	転船		
10	遠隔操作全自動（浚渫・移動・水中可視化・その他 連動）					
9	全て自動（浚渫・移動・水中可視化・その他 連動）					
8	全て自動（浚渫・移動・水中可視化 連動）					自動
7	全て自動（浚渫・移動・水中可視化 連動）					手動
6	全て自動（浚渫・移動の連動）				自動	手動
5	全て自動（浚渫・前進移動の連動）			自動	自動	手動
4	全て自動		全て自動		自動	手動
3	全て自動		自動	手動	—	手動
2	全て自動		手動	手動	—	手動
1	自動	手動	手動	手動	—	手動
0	全て手動				—	手動

取組み中⇒

達成済⇒

通常レベル⇒

①浚渫自動運転 自動運転搭載浚渫船

グラブ浚渫船『第381良成丸』を2014年に建造した際に、国内で初めて自動運転システムを搭載した。当初は岸壁係留中に試運転を繰り返し、自動運転システムの動作確認やエラーコマンドの抽出及び改善、サイクルタイムの短縮のためにシステムのバージョンアップを図ってきた。2019年より施工現場において本格的に自動運転施工を開始した。

自動運転搭載船
『Hybrid船 第381良成丸』



【浚渫船の主要スペック】

船 名：Hybrid船 第381良成丸

建 造：2014年

船 体：全長 67.0m, 幅26.0m, 深さ 5.0m, 喫水 2.7m

バケット容量：普通用 23m³, 薄層用ワイド 40m³
硬土用 9m³

そ の 他：ポンプジェット式スラスト 2基搭載

①浚渫自動運転 自動運転概要

自動運転システム（タッチパネル）に、浚渫作業に必要なパラメータ（浚渫深度、旋回速度、旋回ピッチ等）を入力して、「スタートボタン」を押すことで自動運転が開始する。

①掘削位置へ旋回→②巻下げ→③掘削→④巻上げ→⑤土運船位置へ旋回→⑥土運船へ積込→①' 次回掘削位置へ旋回の浚渫作業サイクル（①～⑥）が繰り返し自動で実施される。

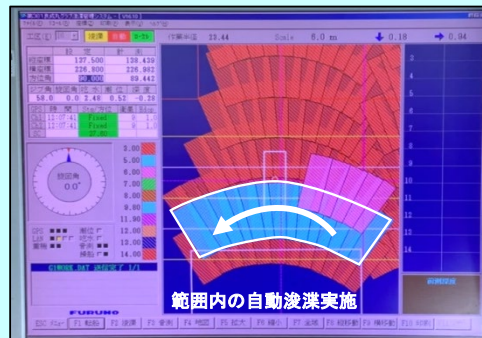
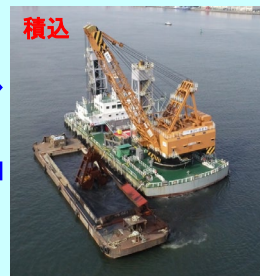
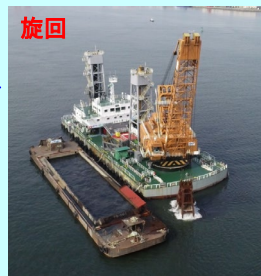
これにより、オペレーターはグラブ浚渫船を操縦することなく、タッチパネル操作と浚渫作業の監視をするだけで済むようになる。

【タッチパネル操作】



自動運転システム（タッチパネル）に
パラメータ※を入力
※浚渫深度、旋回速度
旋回ピッチ、巻上げ高さ等

【施工状況】



浚渫管理モニタ

- ①掘削位置へ旋回
- ②巻下げ
- ③掘削
- ④巻上げ
- ⑤土運船位置へ旋回
- ⑥土運船へ積込

浚渫サイクル

上記浚渫サイクル①～⑥が
繰り返し自動で実施される。

【運転状況の比較】

自動運転（レバー・ペダル操作なし、作業状況監視）



手動運転

- ・レバー操作、ペダル操作
- ・浚渫深度常時確認
- ・バケット位置確認及び調整



①浚渫自動運転 自動運転実績 ～施工実績・実証テーマ～

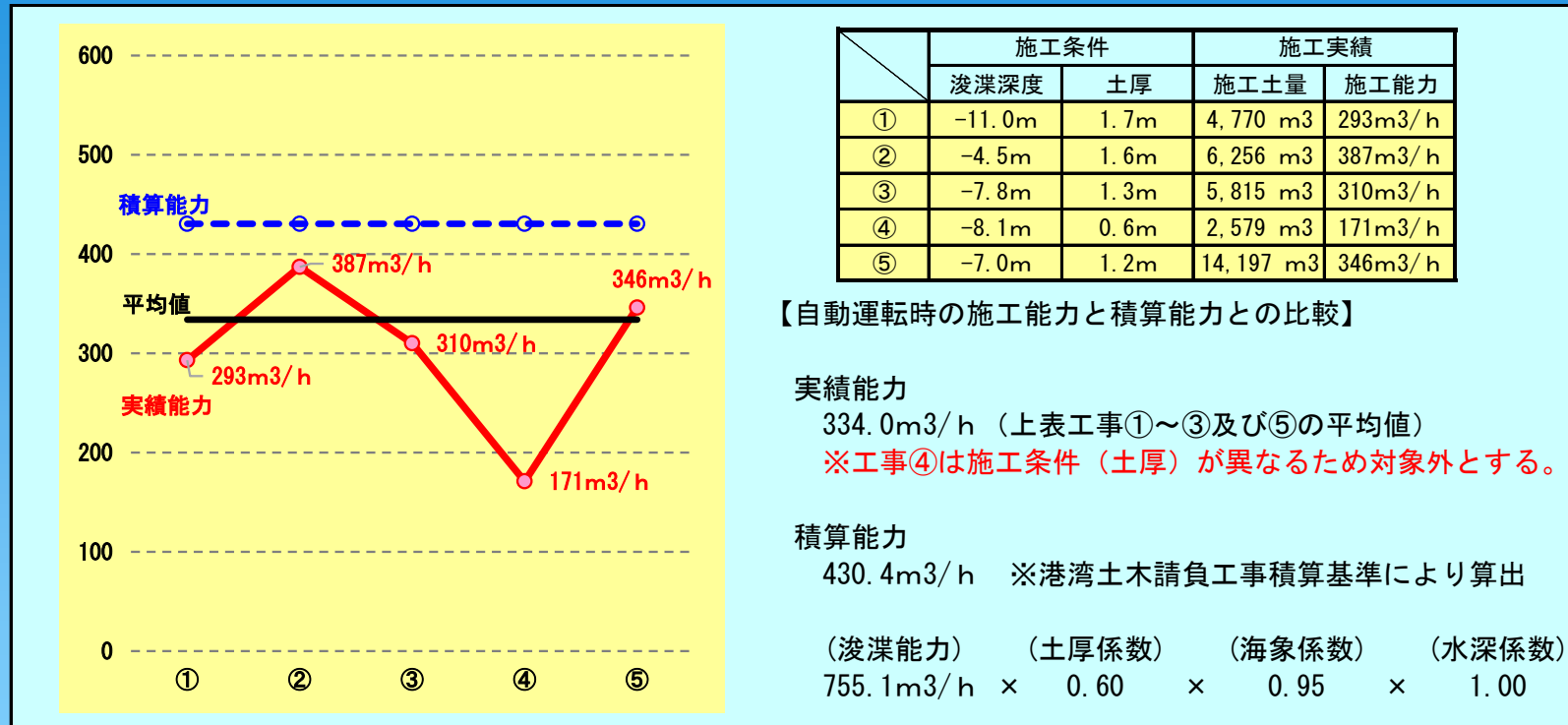
2019年8月より施工現場にてグラブ浚渫船自動運転による施工を開始した。
施工現場での実証運転を継続する中で、施工歩掛の積上げを行い、また実証毎にテーマを掲げて
取り組むことでグラブ浚渫船自動運転のステップアップを図っている。

☆自動運転 施工実績・実証テーマ☆

	実施年月	実施港	実証テーマ
①	2019年8月	三河港	実施工における自動運転の動作確認、課題の抽出、
②	2020年4月	名古屋港	施工歩掛の積上げ、 自動運転と手動運転の出来栄えの比較検証、課題の抽出
③	2020年7月	名古屋港	自社職員による自動運転操作方法の習得
④	2021年2月	名古屋港	施工歩掛の積上げ 自動運転と手動運転の出来栄えの比較検証
⑤	2021年6月	名古屋港	自動運転における出来栄え向上のためのパラメータ抽出

①浚渫自動運転 自動運転実績 ～施工能力～

☆自動運転時の施工能力と積算能力の比較☆



現状では積算能力の約80%程度の能力となっている。

能力低下の大きな要因として、

①運転中のシステムエラーにより運転休止時間が発生した。

②浚渫土砂を土運船に積込む(放土)際の位置調整に時間を要した。

今後、実証を継続することでシステムの改善を図り、エラー発生頻度を低減する。

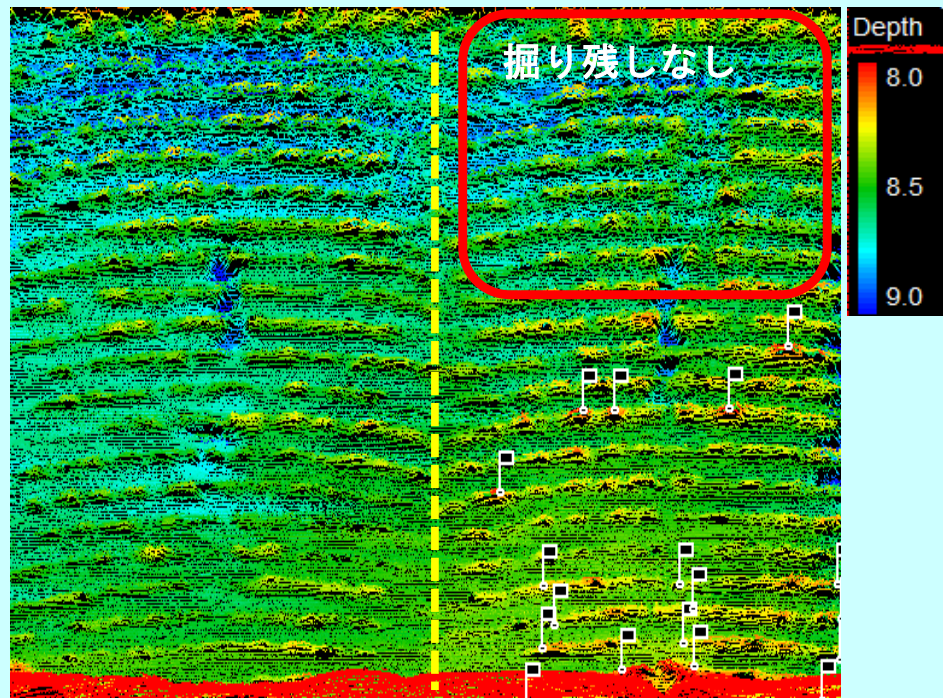
また、土運船への積込み(放土)における最適パラメータを抽出して施工能力の向上を図る。

①浚渫自動運転 自動運転実績 ～浚渫出来形～

☆自動運転と手動運転の浚渫出来形の比較☆

【手動運転】

【自動運転】



浚渫深度:-8.1m

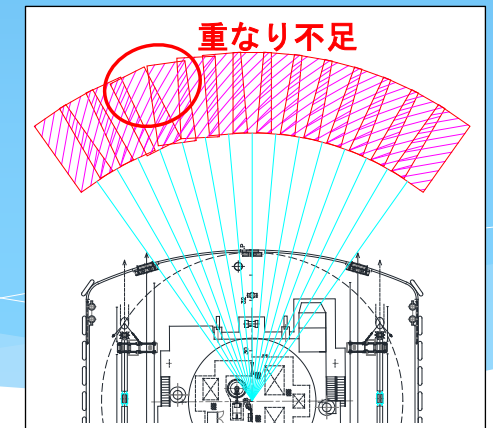
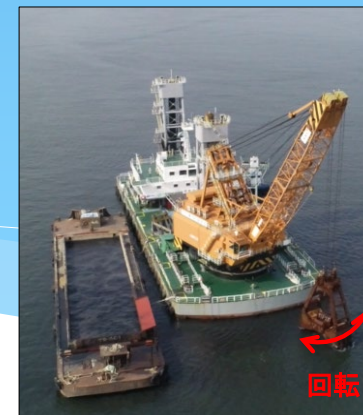
旗：掘り残し箇所

マルチビーム深淺測量を実施し、自動運転と手動運転における浚渫出来形の比較検証を実施した。

同一施工条件下において、自動運転と手動運転の間に大きなばらつきのない均一な出来形を確保できることが実証された。

同時に、自動運転の一部において掘り残し箇所も見られた。施工能力向上のために旋回速度を速めたことでグラブバケットが慣性により回転し、着底時におけるグラブバケットの重ね合わせが不十分となったことが原因と考えられる。

改善のために、旋回速度毎のグラブバケットの回転挙動を測定し、回転が発生しない最適旋回速度を決定した。これにより、自動運転時の出来形向上を図った。



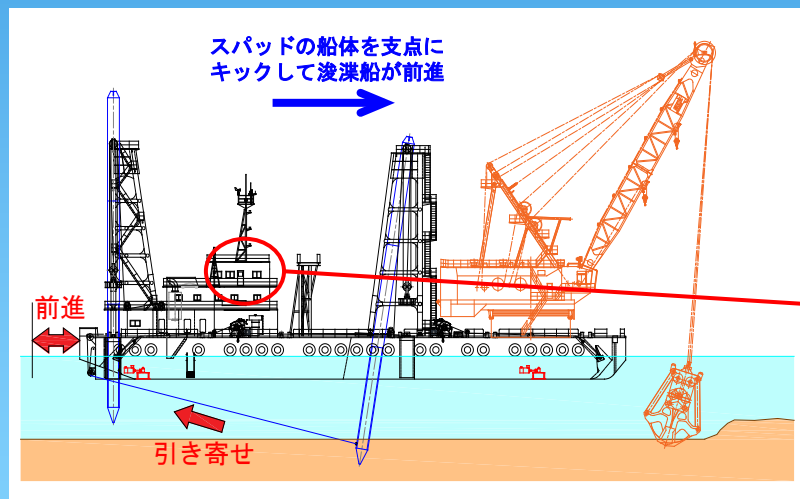
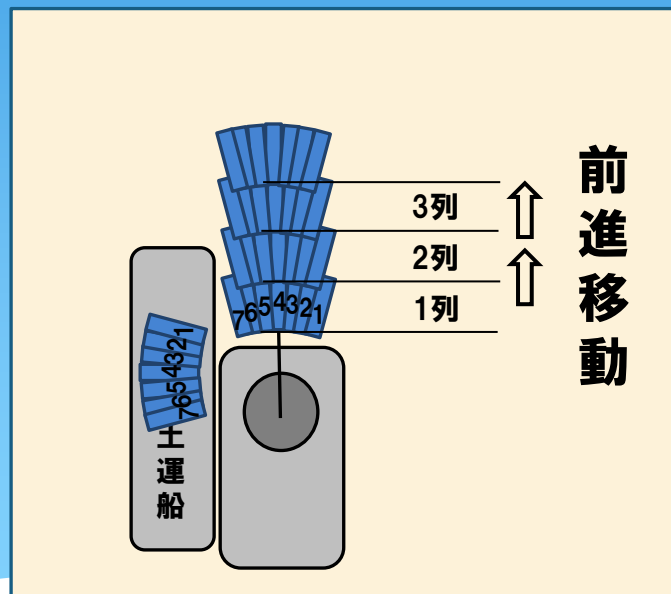
①浚渫自動運転 まとめ

- ☆自動運転時の能力低下が工程に影響を与えない工事であれば、現行システムで実用可能である。
- ☆実証を継続することで施工能力向上を図ることが期待できる。
- ☆オペレーターの技量に左右されない均一な出来形が確保でき、作業の効率化が図れる。
- ☆経験歴の浅い浚渫技術者による運転が可能となる。
- ☆労働負担が軽減され安全性が向上し、労働災害発生抑制が期待できる。
- ☆省力化により生産性が向上し、働き方改革へと繋げることが期待できる。

②浚渫船の前進自動化 概要

前項のとおり、今日まで実証を積み重ねた結果、実施工において自動運転によるグラブ浚渫が実用できる段階まで到達している。
グラブ浚渫船の完全自動化に向けた次レベルへのステップアップを図るために、浚渫船の前進移動の自動化に取り組んでいる。

【浚渫船の前進移動】



船体位置を確認しながら
スパッドウインチを手動操作



⇒ 浚渫船の前進移動を自動化

②浚渫船の前進自動化 前進方法

①グラブバケット着底、船尾スパッド上昇
※グラブ（又はスラスター）にて定置

②操船ワイヤ引き寄せにて前進
※グラブ（又はスラスター）にて定置

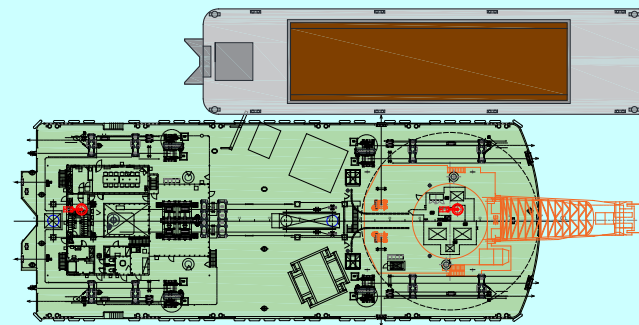
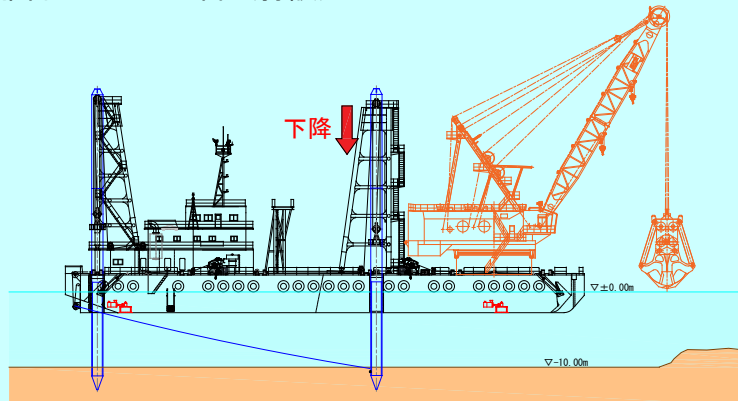
③船尾スパッド下降（打設）

④船首スパッド上昇
※グラブ（又はスラスター）で法線修正

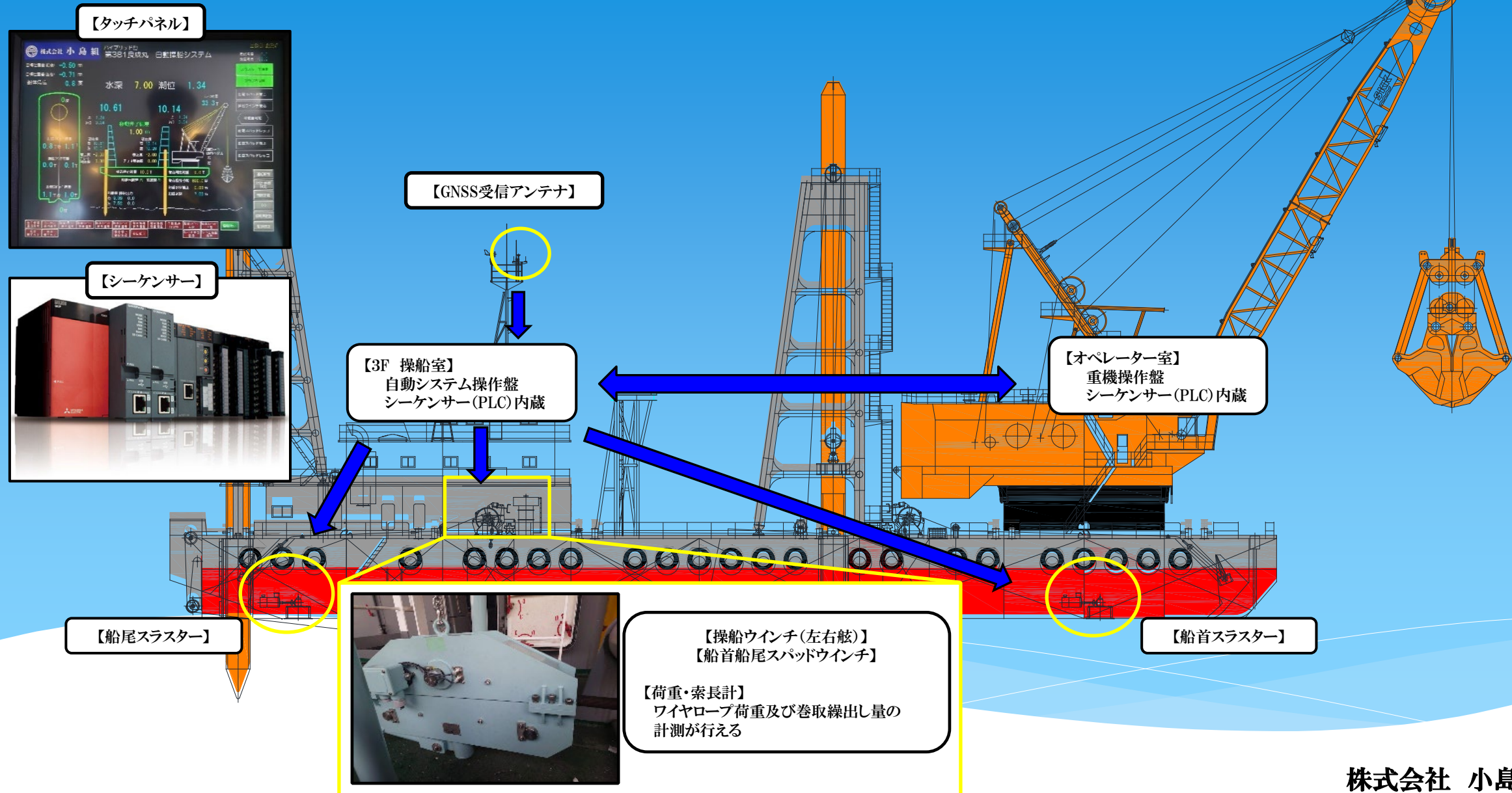
⑤船首スパッド下降（打設）

前進完了

⑤船首スパッド下降（打設）



②浚渫船の前進自動化 システム構成



②浚渫船の前進自動化 今後の方針

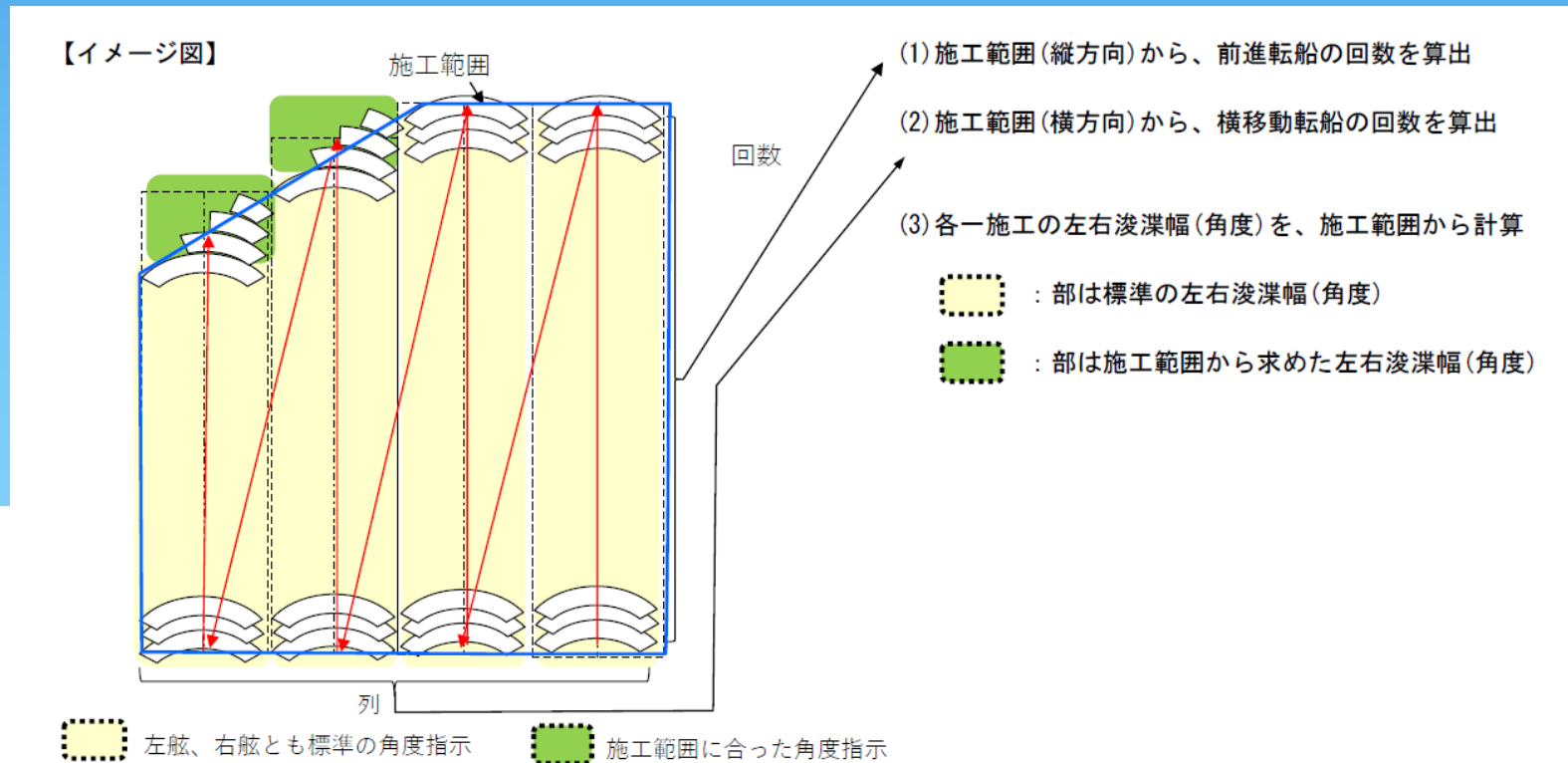
①グラブ浚渫自動運転との連動

前進自動運転完了後、自動でグラブ浚渫自動運転に移行できるような連動システムを構築する。

②自動転船

自動運転の次のステップとして、浚渫1列完了後に次の列へ自動移動を行えるように進めていく。
次列への自動移動方法は、

①反転移動 ②横移動 ③スラスターを使用しての後退移動
とし、現場条件を考慮したうえで自動制御による実施方法を検討する。



③水中可視化システム

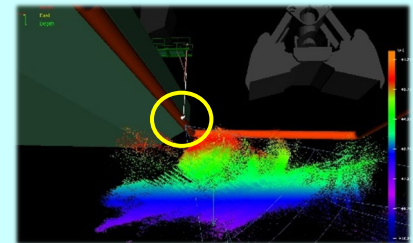
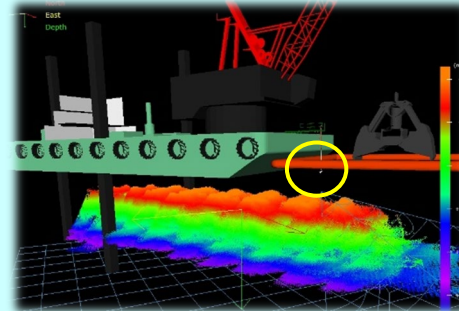
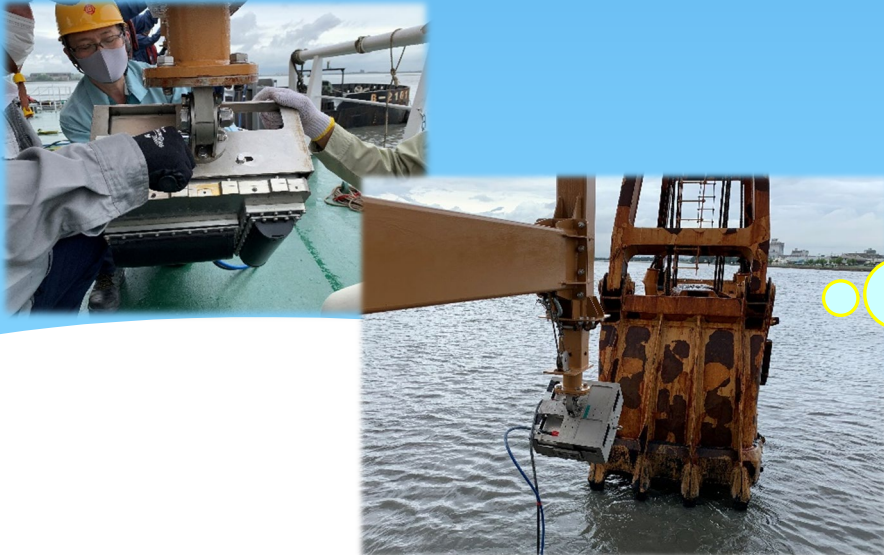
共同研究



【 目 的 】

浚渫面をリアルタイムに可視化するために、

水中可視化システムを駆使した新たな測定方法の提案



③水中可視化システム 概要

これまでの測量方法と水中可視化システム

Before

レッド測深



マルチビーム測量



Cost



時間

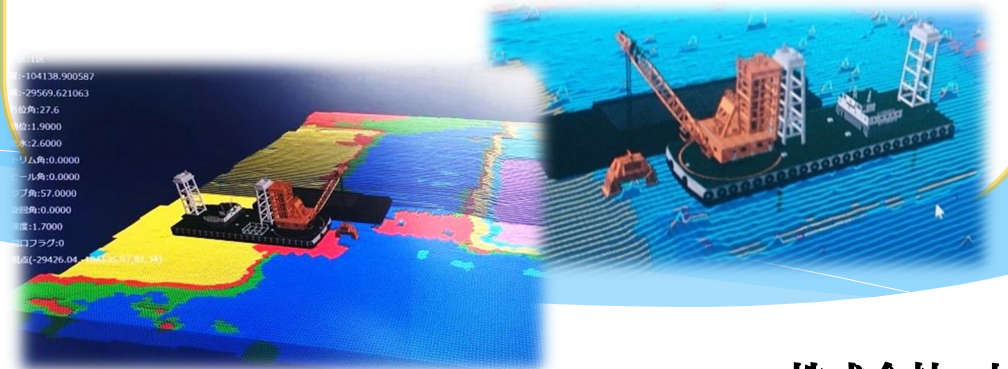
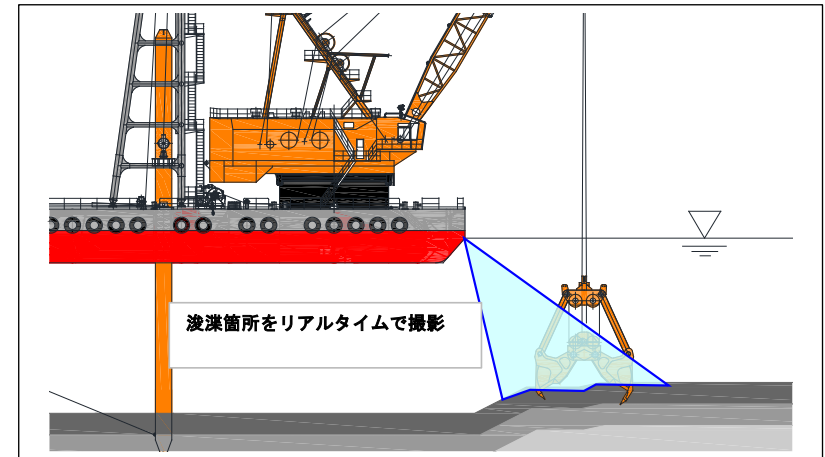


船舶



After

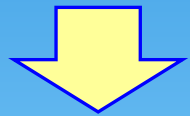
計測イメージ



③水中可視化システム 課題と改善案

★課題★

- ・ 浚渫によって水中で攪拌された水底土砂の土粒子が撮影を阻害する
- ・ 撮影画像から海底高さを判別することができない



改善検討

☆改善案☆

- ・ 実証実験データの解析により土粒子か海底地盤かを判別し、不要な撮影データを除去する
- ・ 撮影データと測量データを比較検証して、海底高さを判別する閾値を確立する

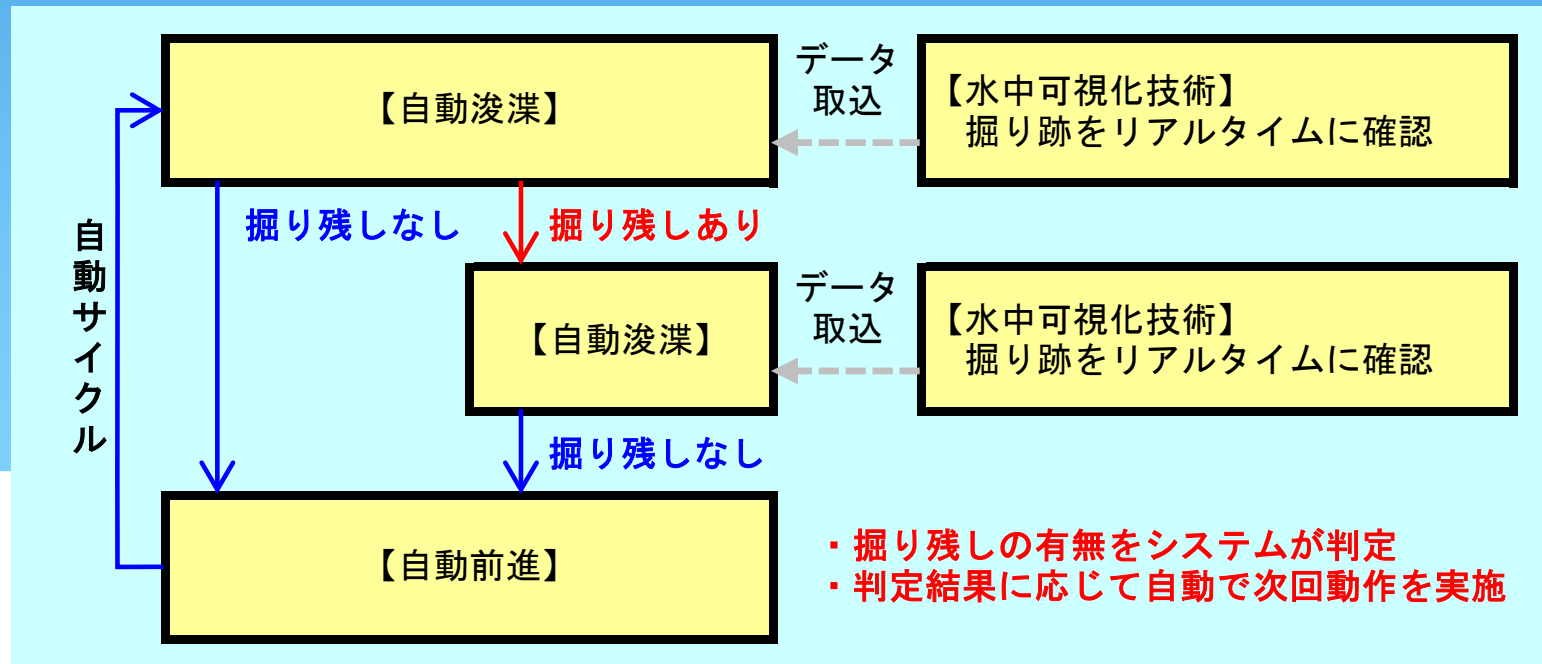


⇒水中可視化システムの実用化を目指す

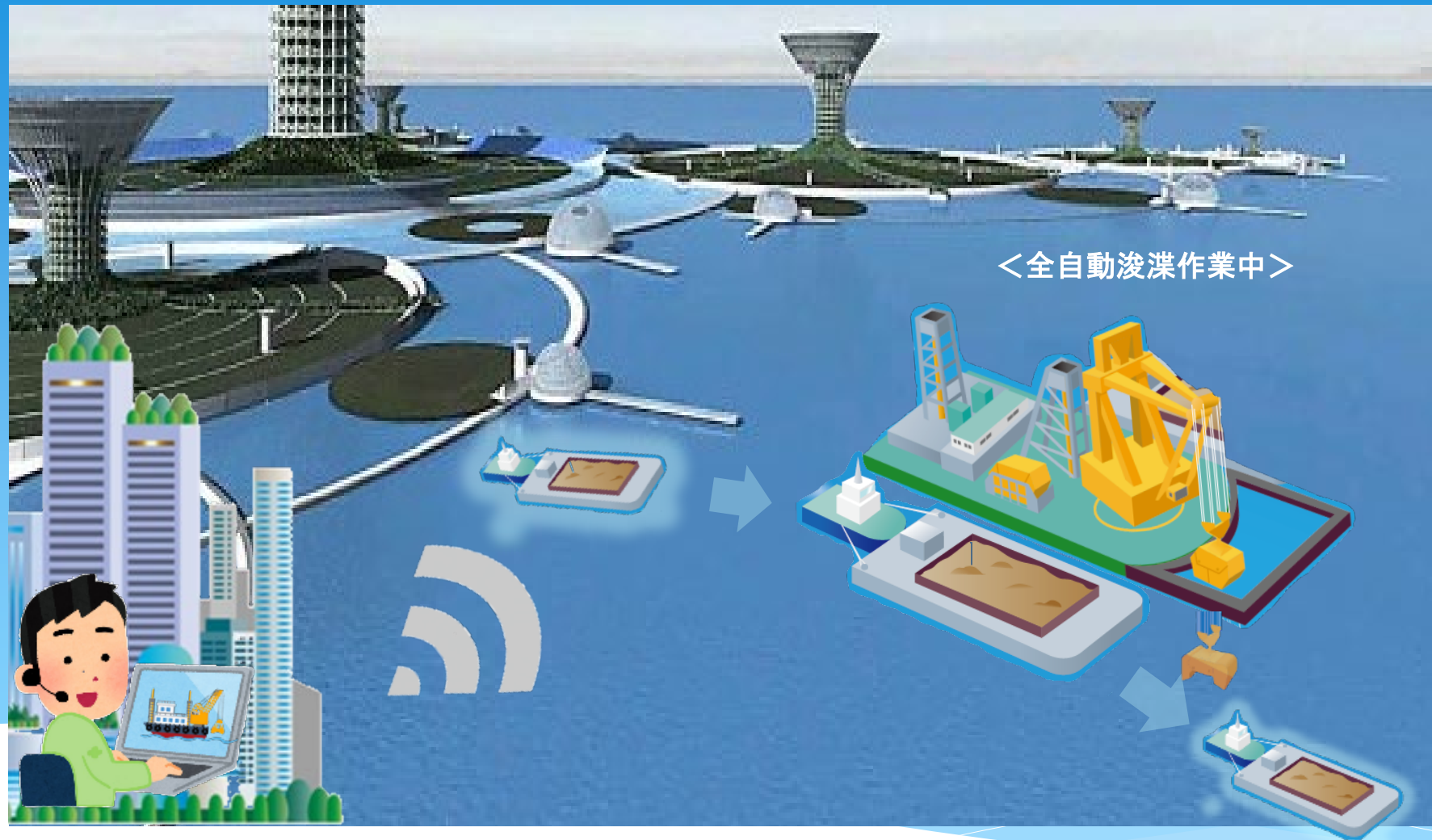
自動化のまとめと今後の展望

これまでに紹介した3つの自動化技術は、現状ではそれぞれが独立した技術となっている。
今後は自動浚渫、自動前進、水中可視化の連動に取り組む。
システム連動の実現により、浚渫の一連作業全ての自動化が可能となる。
手戻りゼロで作業効率の向上および省力化による生産性向上を目指す。

☆自動浚渫・自動前進・水中可視化の連動フロー☆



私たちが思い描く未来の浚渫工事



【発表技術問合せ先】

- ①発表技術名・・「浚渫工事のグラブ浚渫船自動化の取組」
- ②会社名・・「株式会社 小島組」
- ③担当者・・「磯山 直也」
- ④連絡先メールアドレス・・「n-isoyama@kk-kojimagumi.co.jp」
- ⑤電話番号・・「会社052-691-7070」
「携帯090-4114-2617」

ご清聴ありがとうございました。