

都市型自動運転船「海床ロボット」による 都市の水辺のイノベーションについて

2025年12月16日

海床ロボットコンソーシアム

想いをかたちに 未来へつなぐ

 **TAKENAKA**

国立大学法人東京海洋大学
海洋工学部 清水研究室

IHI
Realize your dreams

 **炎重工株式会社**
HOMURA HEAVY INDUSTRIES

水辺総研
MIZU
BE

 **海床** **W S R O**
KAIKADO UNIFIED PROJECT

あいおいニッセイ同和損害保険
MS&AD INSURANCE GROUP

 **ココレジャパン**

都市型自動運転船は、世界各地で開発されています

都市の港や河川や湖沼などの内水面・静水面を動き回る自動運転船。世界をみても大都市は海や川に面していることがほとんど。都市部の水面を自動で動く船によって、舟運や物流、防犯防災等に活用できる。世界各地で都市型自動運転船が開発されている。

オランダ
ROBOATプロジェクト

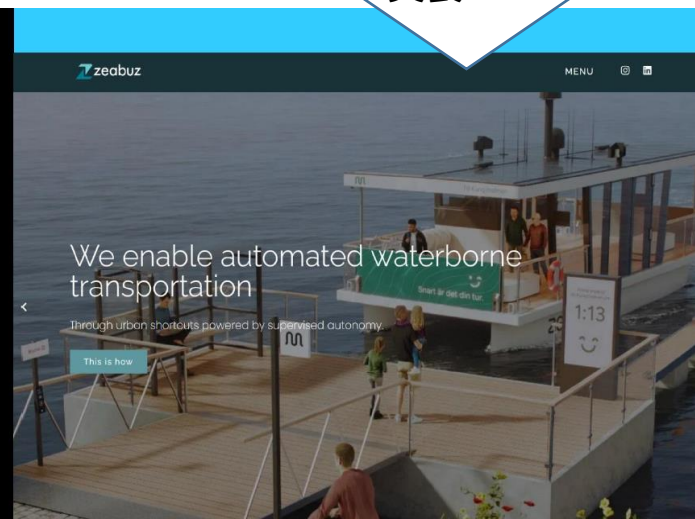


出典：ROBOAT HP
<https://roboat.org/>

ノルウエー トロンハイムの実験船
⇒ストックホルムで社会実装実現

Zeabuz

Zeabuzは、河川や運河における移動手段として活用できる小型無人水上バスの開発を行っている。2023年6月には、同社の開発した水上バスが、スウェーデン スtockホルムで水上交通システムとして利用されるようになった。



出典：Zeabuz HP
<https://www.zeabuz.com/>



実験から
実装へ

日本版の都市型自動運転船とは？→「水の上の動く床ロボット」という発想

1) 形状は船ではなく床

- ・ 船の形から脱却→水上を自在に動く床
- ・ 基本単位の床がドローンのように全方向に動く
- ・ 水辺の開発ビルの延長の床と捉える

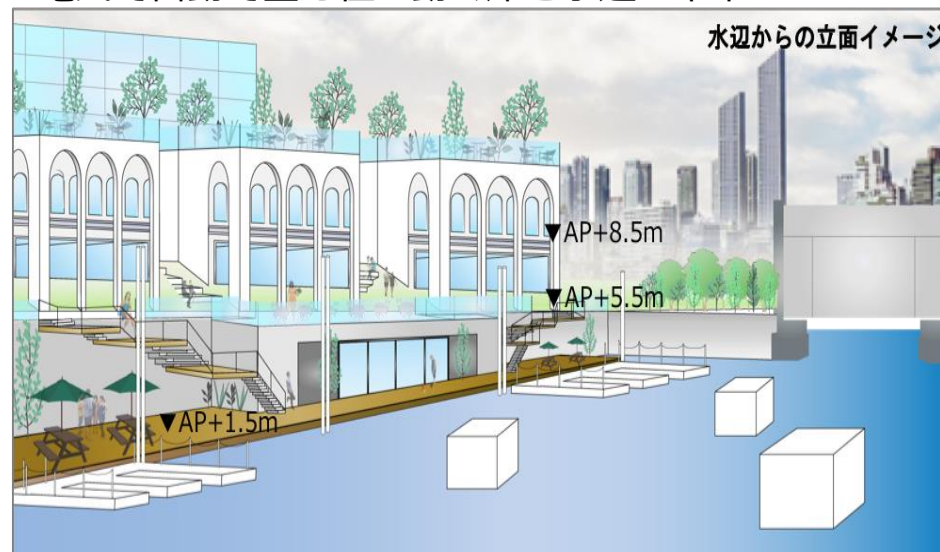
2) ロボットである

- ・ 1台は小さく安価
- ・ 連結することで水上に大きな床もつくれる

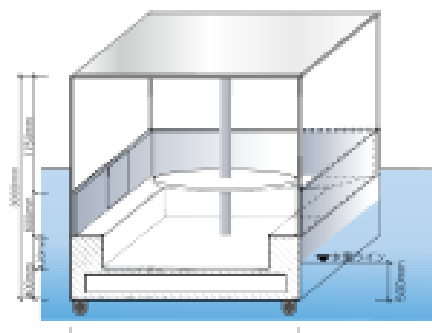
3) 電動・自動である

- ・ 電化は、世界の潮流
- ・ 自動で動かすことができる
- ・ 自動で離着棧もできる

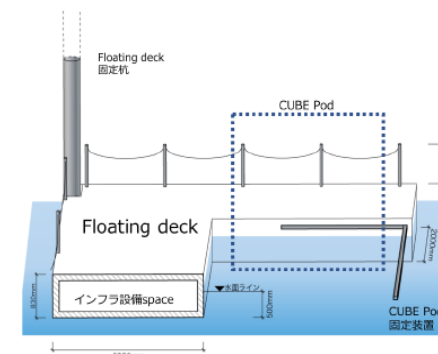
■ 電気で自動で全方位に動く床と水辺の未来



■ ロボット基本単位



■ 高機能棧橋



経済産業省調査受託

新しい水辺のまちづくりに向けた水上自走式ロボット活用FS（H29年度）

都市型水上ロボットの社会実装と国際標準化戦略策定に向けた課題分析（H30年度）

都市の中の水辺で、都市型自動運転船は、様々なニーズに応えることができます

①多くの人を運ぶ交通手段

各地点を結ぶ都市交通を担うバス（50名程度）のような定期船
→混雑解消、コミュニティバスなど交通機関の代替

②オンデマンドな移動手段

オンデマンドで活用する、タクシーのように3～4人が乗る船
→Uberのように携帯端末を活用した利用形態、交通不便地区への通勤手段

③ロジスティクスでの活用

河川・運河での積み替えを想定した物流用の船
→宅配トラックの代替、陸上から船に必要なものを運ぶ

④アタッチメントによる課題解決

アタッチメントを装着し、まちの課題を解決する水上プラットフォーム船
→水質改善、マイクロバブル浄化、橋の点検、太陽光発電、清掃、防犯、ドローン充電基地

⑤多目的フローティングスペースとしての活用

浮かぶプライベート空間として多目的に活用される箱型船
→水上ホテル、水上住宅、ノマドワーキングスペース、水上マーケット、
水上レストラン、魚釣り、水棲生物の見学、等

⑥水上ステージとしての活用

水上に新たな空間を創造する、連結可能なフラットな船
→水辺からの桜や花火の見学、デッキをステージとしたショーの見物
非常時の“橋”としての活用

⑦移動可能な棧橋としての活用

自走して移動することができる棧橋
→災害時の非常用棧橋、景観規制地域で棧橋が設置できないところの移動可能な棧橋

⑧高機能棧橋

水辺のinnovationを支えるインフラ
→蓄電池を装備した充電機能、ロボット船の充電、50kWでマンション10分電源、
水上防災エネルギー拠点

人・物を運ぶサービスモデル

都市の水上を人や物が動き回る未来を実現する、新しいモビリティサービス。

**アタッチメントによる
サービスモデル**

アタッチメントと捉えたセンサー、デバイス、空間を、都市型水上ロボットが搭載・牽引することで実現するサービス。

高機能な棧橋サービスモデル

都市型水上ロボットのインフラとして、充電機能や着脱機能を持つ棧橋。災害時は非常用インフラとしての活用。

コンソシアムは大企業からベンチャーまで迅速に企画/開発/実証/再考を回せるチーム



竹中工務店

まちづくり戦略室:「イーストベイプロジェクト」本社のある江東区ベイエリアの水辺のまちづくりを推進。「海床ロボット」「汐浜テラス」等技術研究所:ロボティクスの都市適用の研究。



炎重工

ロボスーツで有名なサイバーダイエン社出身の古澤氏が立ち上げたロボット開発の設計・製造ベンチャー



水辺総研

「ミズベリングプロジェクト」ディレクター。産官学民の枠をこえた全国の水辺のまちづくりの推進。



株式会社 IHI

航空宇宙防衛事業領域:非接触給電技術、自動運転技術等連携都市開発SBUユニット:東京都江東区にて「汐浜・新砂地区運河ルネサンス協議会」を竹中工務店含めた地元の町会や企業群にて設立し、水辺のまちづくりを推進。※関連会社JMUディフェンスシステムズ㈱も連携

あいおいニッセイ同和損保

自動運転化社会を見越して、各種自動運転モビリティの技術開発や事業化支援を行ったり、保険商品の先駆け開発を行っている。



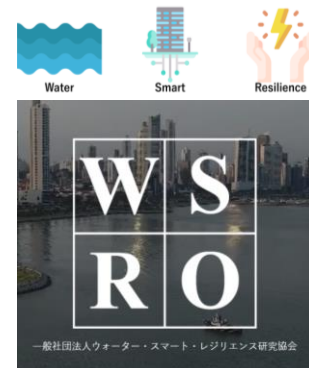
東京海洋大学

清水教授:自動運転船、電池推進船の研究開発で日本の第一人者。環境・防災の水辺を目指す。



WSRO

スマートでレジリエントな水辺社会を目指し活動する調査研究、社会実装支援、広報活動を行う協議会



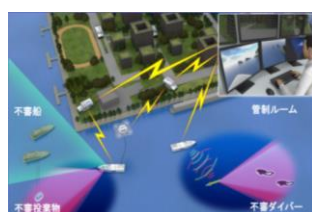
新木場海床プロジェクト

もともと貯木場の内水面のある東京湾新木場エリアで、水辺の都市的活用を目指し活動している。



ココホレジャパン

地域を起点にした広告会社。きのまちプロジェクト、はれのまち研究所、日本継業バンクなど



ミニボート規格の中で、最大限できることを模索し、「海床ロボット」を企画しました

スペック

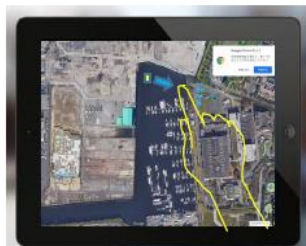
- 大きさ** ・ 3m×3m
- 馬力** ・ 2馬力
- 推進力** ・ 電気によるバッテリーによる駆動
・ 4つ角に船外機を装着
- 定員** ・ 10名
- 規格** ・ 法的には「ミニボート」規格
⇒操縦者なし・自動で運航可能
- 速度** ・ 静水時約4km/時（人の歩行程度）
（上物重量によりかわる）

位置制御方法

- ・ 位置情報は高精度GPS・RTK-GNSSを使用
- ・ 遠隔管制システムで複数台の自動航行の制御可能（LTE通信回線を使用）

ユーザー操作方法・インターフェイス

- ・ 船上にあるアイパッドから自動航行モード選択や、ロボットステータス確認可能
- ・ 画面の地図上で航行ルート設定も可能



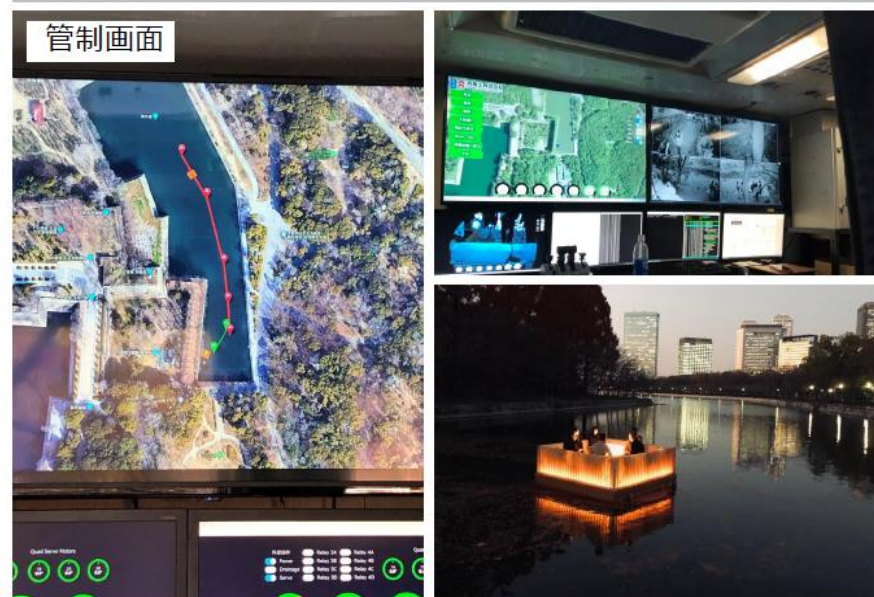
【ミニボートとは】

ミニボートは船の長さが3m未満かつ機関出力1.5kW(2馬力)未満のボートであり、船舶検査及び小型船舶操縦免許が不要なボート。

（国土交通省海事局）

↓

ミニボートの範囲内で、最大限できることを模索



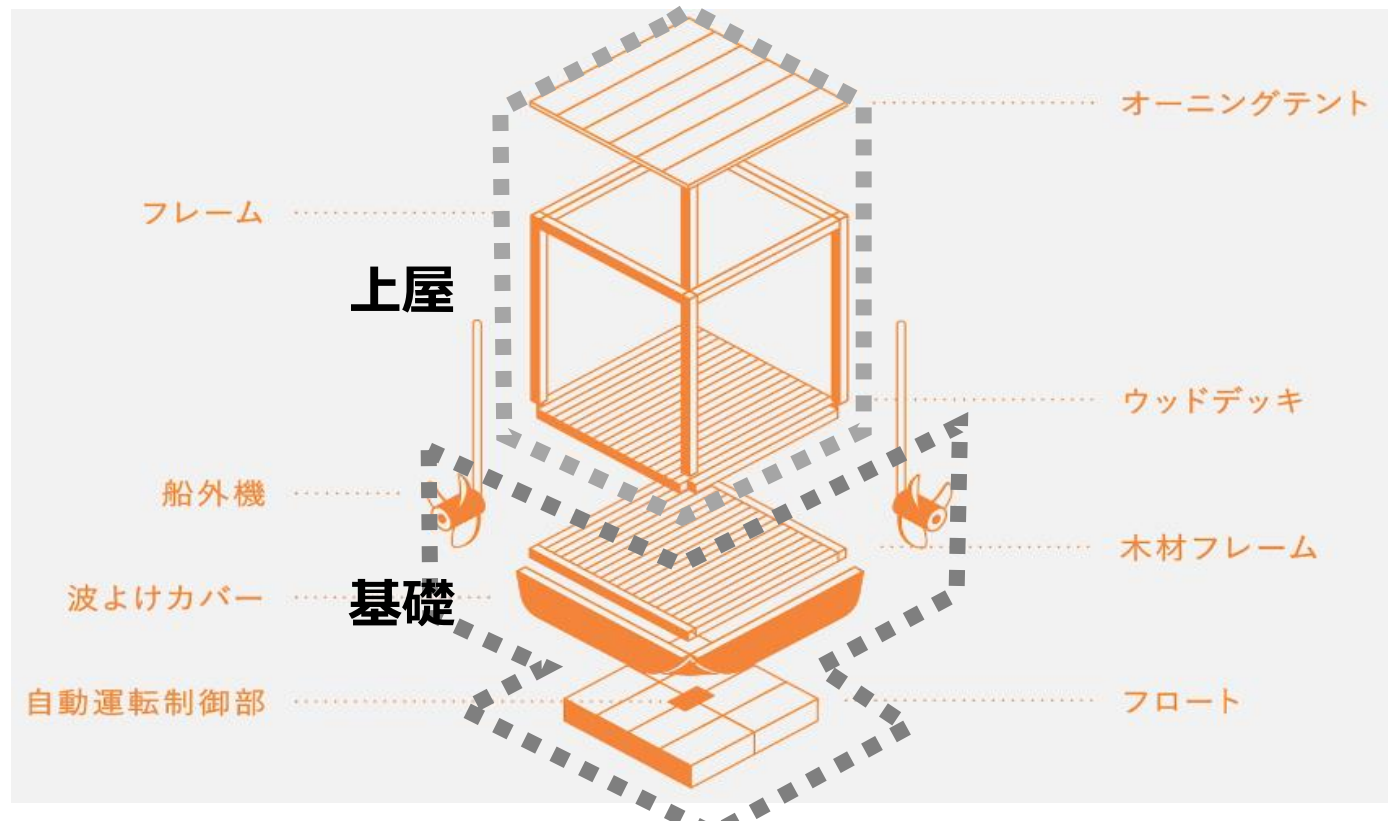
船体はシンプル・最低限で構成します。上屋は、着せ替え自由とします。

構成要素

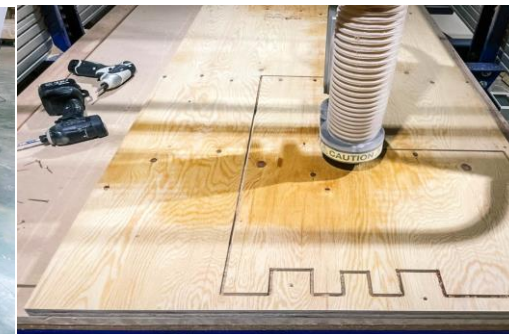
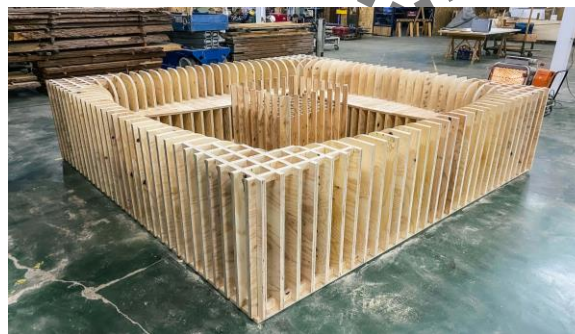
基礎【共通】

- ①フロート
- ②制御装置
 - ・GPSアンテナ
 - ・制御システム
- ③バッテリー
 - ・鉛蓄電池×8
- ④船外機
 - ・プロペラ×4

上屋【着替可】



⇒
デジタルファ
ブリケーション
技術で
着せ替え自由
な上屋空間



2025年大阪万博に向け、技術開発と社会実装に向けた実証実験を重ねてきました

公益社団法人2025年日本博覧会協会と大阪商工会議所の主催する「2025年大阪・関西万博の会場予定地である夢洲における実証実験の提案公募」に**2021年に採択**されてから、3か年、大阪城の外堀にて、社会実装にむけた実証実験を重ねてきました

News Technology [技術]

大阪万博の実証実験9件が決定

海床ロボットや放射冷却素材で未来を開く

2025年日本国際博覧会協会と大阪商工会議所は5月31日、大阪・関西万博の会場予定地である夢洲で実施する実証実験9件を発表した。空飛ぶクルマや自動運転車など、社会実装を目指す技術の実証実験の場となる。建築関連では、竹中工務店の「海床ロボット」や、大阪ガスの「放射冷却素材」が選ばれている。

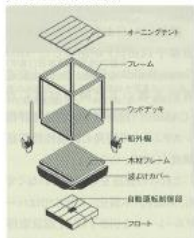
竹中工務店が代表を務めるグループは、都市型自動運転船「海床ロボット」による都市の水辺のインベーションに取り組む。

海床ロボットは3m四方の床を水面に浮かべたもので、ドローンのように前後左右に動く(写真1、図1)。大阪・関西万博では、自動運転による移動やGPSによる位置把握、海床ロボットの向きを把握しながらの移動制御などを検証する。海床ロボットとドローンの間で位置情報をやり取りしてドローンで料理などを運搬するレストランモデルも試みる。



【写真1】海床ロボットが都市の水辺を移動。海床ロボットの試験船。これを改良して実証実験に使うという(写真・竹中工務店)

【図1】3m四方の床で構成

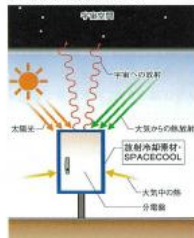


海床ロボットの構成イメージ図。木材フレームにウッドデッキを乗った床にフレームを組む。床サイズは3m×3m。高さは自由にカスタマイズできる。移動速度は1秒間に6m程度(静水面)(資料・竹中工務店)



【写真2】放射冷却素材「スペースクール」。ロール状のスペースクール。外装材の裏面に貼る。テント形状と一体化するなど、様々な利用方法を検討する(写真・大阪ガス)

【図2】万博会場の分電盤を覆う



分電盤を用いた実証実験のイメージ。放射冷却の原理を利用して、日射を受けても周辺より温度になる。竹中工務店とセイジ工業が効果を検証する(資料・大阪ガス)

炎天下で外気より冷たい素材

大阪ガスが代表を務めるグループは、放射冷却素材「SPACECOOL」を用いた実験を行う。

スペースクールは、放射冷却の原理を利用し、ゼロエネルギーで外気

より低い温度になる素材だ(写真2、図2)。表面温度が日中の外気温より最大6℃低くなるという。米ベンチャーキャピタルWIL, LLCと大阪ガスの合弁会社SPACECOOLが開発した。

大阪・関西万博では、コンテナ収納型独立電源や分電盤の外装にスペースクールを貼り付けて、温度上昇を抑える効果などを検証する。(田口由大=ライター)

2021年の実証

- ・電気推進、自動航行・自動離着桟
- ・着せ替え可能な構造



2022年の実証

- ・2台で自動航行し、連結が可能
- ・着桟時の非接触充電



2023年の実証

- ・商品化の発表
- ・社会実装見据えた地元舟運事業者によるオペレーション、大阪水上安全協会による安全管理実証



拡張性、カスタマイズ性を発展させ、防水・対候性機能を実装した商品化モ



大阪万博にむけて、様々なタイプの海床ロボットを開発してきました

全国各地の立地や特性の異なる水辺において、個々のニーズにあう船体や機能を開発し、実証実験を重ねてきました

2020 実証

2021 実証

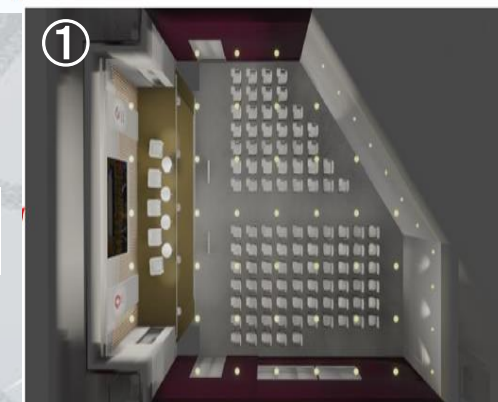
2022 実証

2023 実証

2025 実証



万博会場においては、海上実機デモ、展示、国際シンポジウムと3つの機会を頂きました

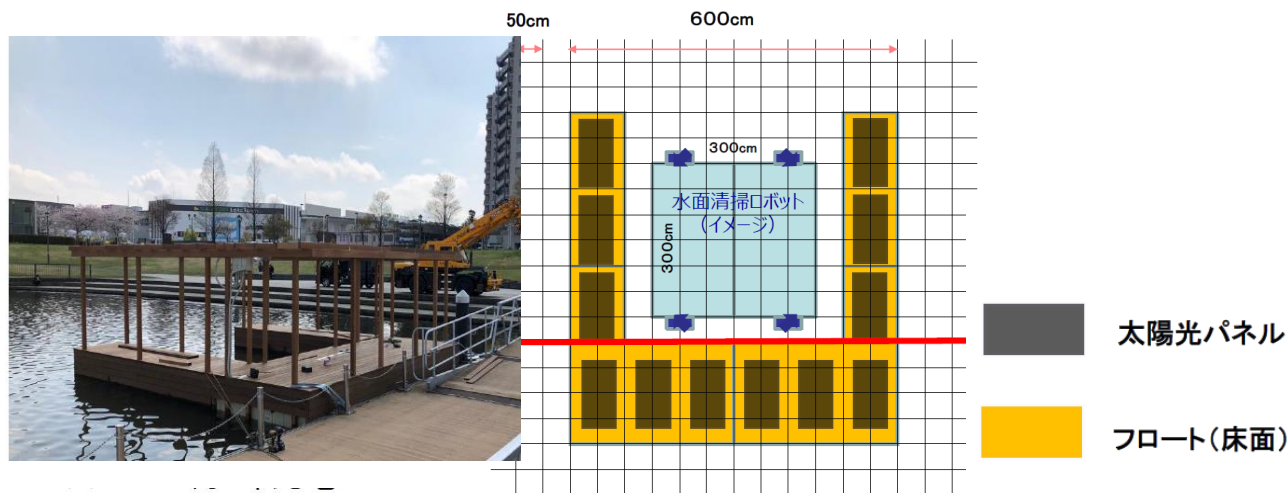


ビジョンと課題

水都大阪
NIGHT METROPOLIS GALLERY

高機能桟橋の開発→海床ロボットへの給電方法が課題です

- ・ 太陽光パネルから蓄電し海床ロボットに給電できる仕組みを作りました
- ・ 非接触充電はロスが大きく、パンタグラフ方式は人間の危険性が排除できず、**プラグインの可能性を模索**
- ・ 充電の効率や所用時間、漏電防止策等が課題



桟橋側

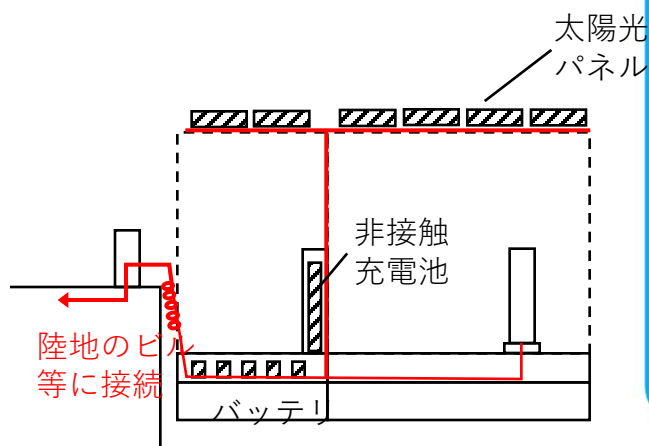
水面清掃
ロボット側

MPPT: Maximum Power Point Tracking

ソーラ側	蓄電池側
定格負荷電流: 60A	定格充電電流: 90A
入力電圧: 36V	公称電圧: 24V

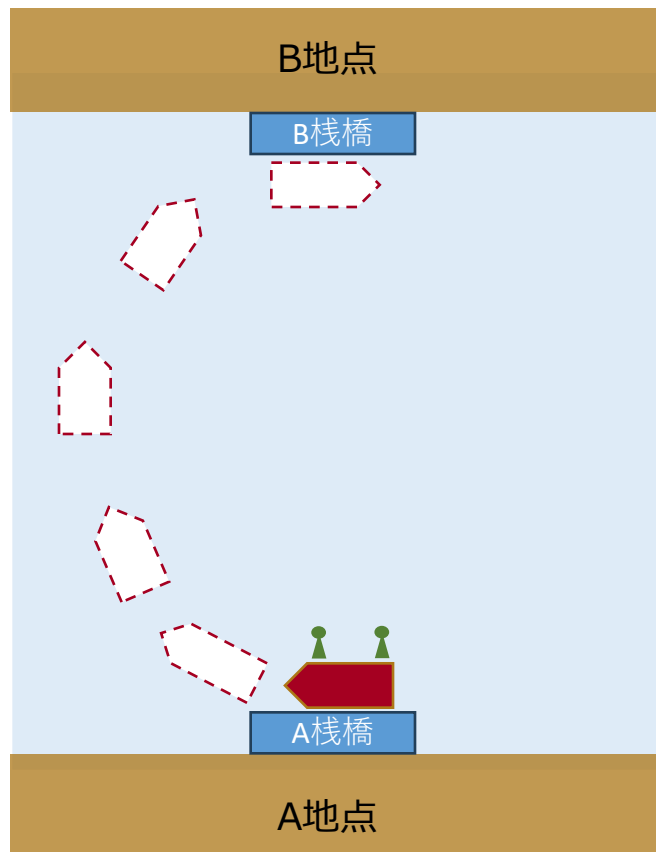
電力効率 (予測)

ブロック	MPPT	インバータ	トランス	ワイヤレス給電	トータル
現状	95%	90%	90%	31%	24%
将来	95%	90%	90%	80%	62%



都市インフラ側で位置情報や電気を提供し、個々の船は、能力や機能をライトにします

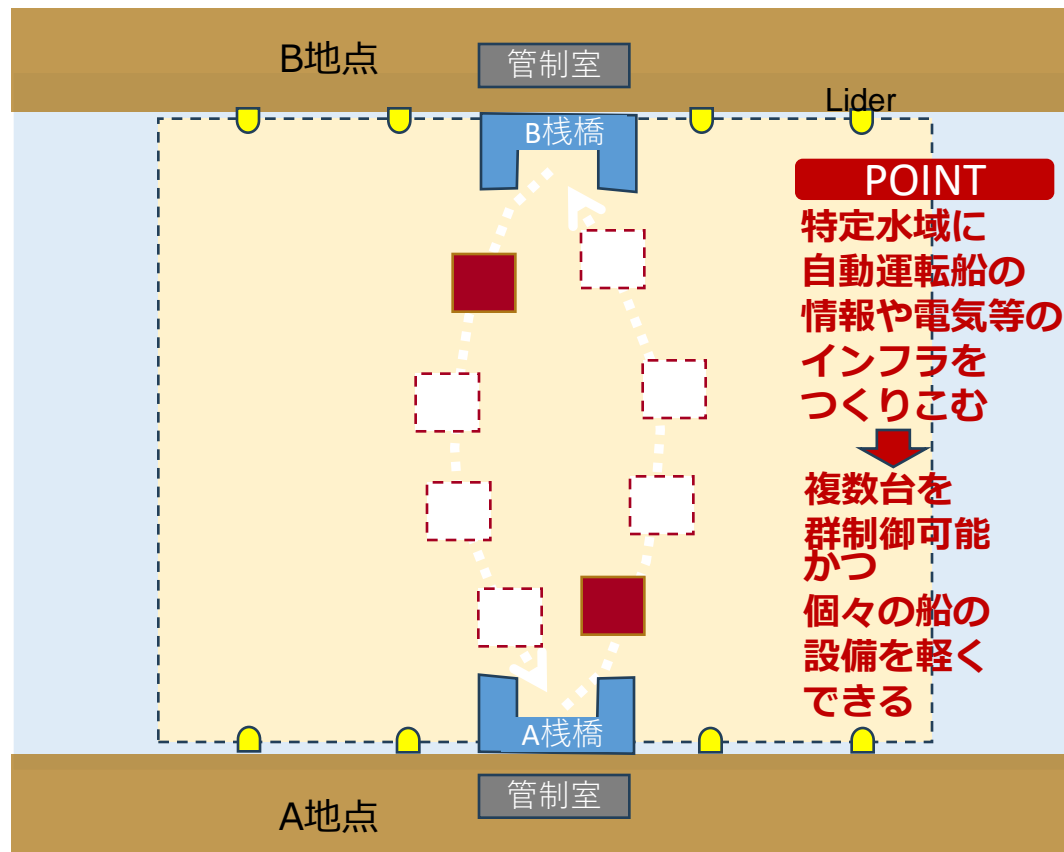
特定の水域に、監視や救助のインフラを創りこみ、複数台の自動運転船を群管理し、個々の船はライダー等の空間認識装置を低減化し、事業化を助けることが可能です



都市内交通船の課題

- ・ 小型船に対し船員の人件費がペイしない
- ・ 圧倒的人手不足

➡ 航路が減る
舟運不活性化



① 特定水域を指定
(管制室から目視できる範囲)

② LIDARや監視カメラ等でインフラ側から船や乗船者の状態を監視

③ 落水者など有事の際には管制室からすぐに駆け付け対応

POINT
特定水域に自動運転船の情報や電気等のインフラをつくりこむ
↓
複数台を群制御可能かつ
個々の船の設備を軽くできる

各種、空間把握技術を、どのように運転制御に活かすかが課題です

本年の大阪城の技術実証では、小型の船による水深測定、カメラ撮影による**空間把握**と共に、護岸エリアにLiderを設置することによる**都市空間側からの位置把握**を試みました。

それらの情報を組み合わせて、どう海床ロボットの運転制御に活かすかが課題です。

大阪城外堀における実証実験による空間把握技術実証 (2025年6月16日～20日／10月6日～10日)

実証①超小型水上ドローンを使った水中・水面のカメラ撮影
・環境学習にしたい等のニーズにこたえられるのでは？



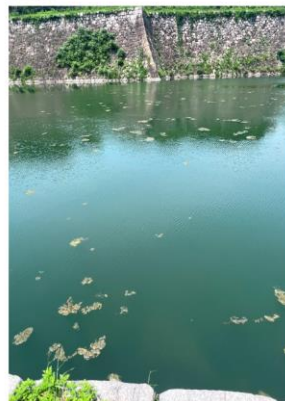
超小型水上ドローン
海床ロボット MINI (左) MICRO (右)



水中の環境情報の収集

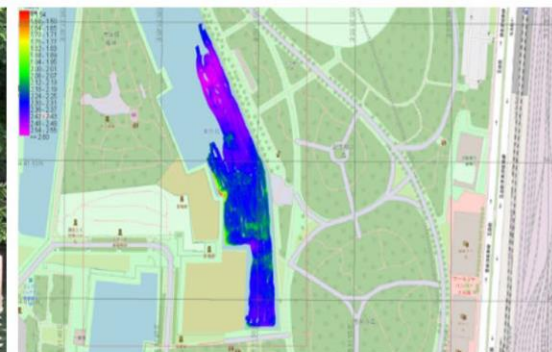


6月の水面
・藻が多く繁殖、水面に浮いている
・風向きによって大量に押し寄せることも



実証②マルチビームソナーによる水深マッピング (協力：東陽テクニカ)

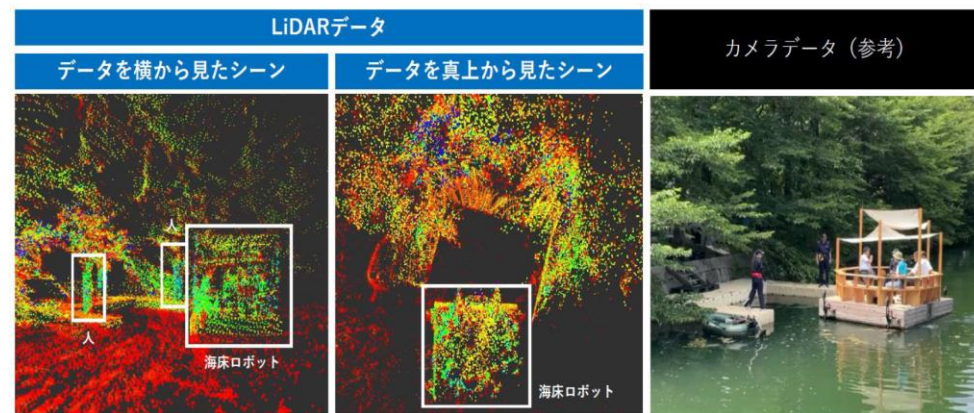
- ・6月16～17日の1.5日間で実施
- ・5号機にソナーを取り付ける治具・アームをセット→手動運転で密にスキャンング
→収集したデータをもとに3Dマップ化
- ・水深が浅すぎると使えないため、万博会場水面の水深測定には向かない



マルチビームソナーの装置 (赤枠) とスキャンして作成した水深マップ

実証③LiDARセンサーによる点群データ収集 (協力：ハイパーデジタルツイン)

- ・6月18日 (AM機材セット→PM測定) 実施
- ・今回はプレ調査の位置づけで、陸側に4台のセンサーを配置
→4便航行の様子をセンシングしてデータ収集



大阪万博会場と大阪城 における技術実証

4台の自動・遠隔運転船を実証しました

大阪万博会場 10/2-12



実証機α	5馬力	ゴミ取船	遠隔操縦
実証機β	2馬力	メディア船	自動運転
実証機γ	2馬力	メディア船	自動運転
高機能栈橋			

α は遠隔操縦

βγ は自動運転で長時間水上を往復運動

大阪城東外堀 10/6-10



実証機δ	2馬力	遊覧船	自動運転
------	-----	-----	------

δは、予め設定した運航ルートを自動運転

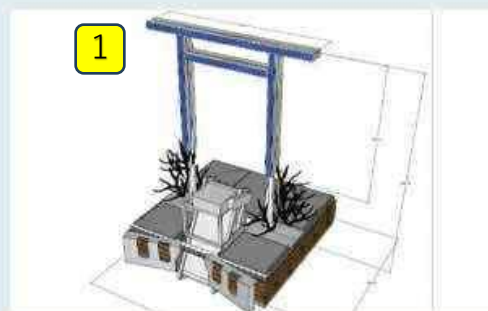
最後の着栈→①ハイパーデジタルツイン社の空間データを認識し②着栈を試みる

大阪水上安全協会による運航オペレーションの実証

UMIDOKO ROBOT つなかりの海 水上演出デモ アート作品の紹介

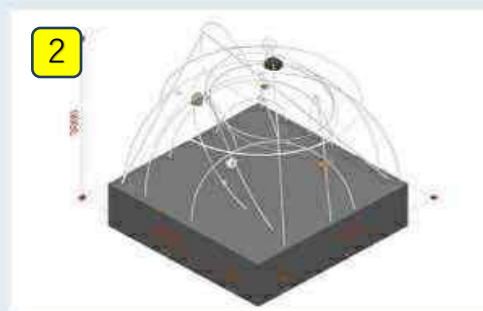
「鳥居と阿吽が紡ぐ地球の朝ぼらけ」 produced by SOWA DELIGHT Inc. ∞ SAMPO Inc.

依代薄れゆく時代に 眼前に拡がる幾重にも重なる未来と背後に感じるかすかな気配。自らの道を辿るとき その気配を感じることが出来たのなら それは誰かから かつの時代からか 託された 紡ぎの道となる。阿ははじまり、吽は終わり 惑星は生まれ、やがて崩れ 鉄を残して宇宙に還る。超新星爆発の閃光も ブラックホールの静寂も すべては生成と消滅の環を描き地球の鼓動と重なり合う。胸に手を当て考える 叩く扉は多々あれど、まだ知らぬ扉を常に選ぶ。数理や論理の目と共に 有機なる円環と生命のスパイラルに形の眼差しを向ける。始まりも終わりも始点の表裏に見えるが、どうもそこは境のようで先には何があるのか エントロピーの拡散と共に、星の成長と共に、その果てない原動力を好奇心と呼ぶとでも言うのか。その道は間違い無く ぜんぶの地球のミライ そして 宇宙へと繋がっている。



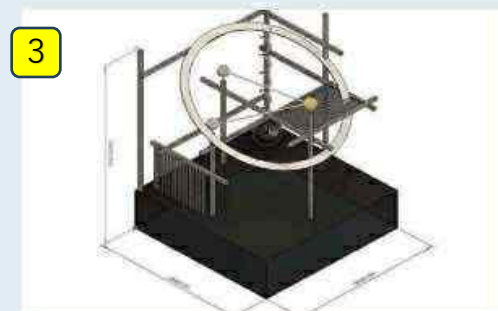
鏡界の鳥居 (キョウカイノトリイ)

一万物のあはひを映し照らす鳥居 その鳥居は 常にその時代に佇み 常にその世界を映し出し 常にその世界に問いかける。今宵も彼の地から 我々を眺め 幽玄なるお姿と共に 宇宙への道を照らし続ける。



阿 (ア)

— 宇宙生成の解放と惑星 黄金比や円弧をもとに構築された「阿」は、ビッグバン爆発の膨張や銀河の渦、天体の動き、電子の動きを想起させる。鉄の骨格に沿って配置された岩や天体を模した球体は水面に映り込み、反射によって球体の「タマ」として現れる。それは、宇宙が無から多様な形態を生み出す「始まり」の象徴である。



吽 (ウン)

— 静寂と終焉の構造 白銀比を基調とした幾何学的フレームで構成される「吽」は、黒鉄や錆を纏い、水鏡に虚像を重ねる。秩序だった形態と腐食の質感の対比は、生成と崩壊、虚と実の狭間を映し出す。波の音とともに現れるその静謐さは、宇宙の「終わり」とエントロピーの進展を体現する。

3 台の自動・遠隔線が、万博会場の水面に美しい景観を生み出しました

- ・ 水上を長時間、自動で往復運動
- ・ 人だかりもできて水上メディアの発信力の強さを実感

道頓堀川に巨大「回転ずし」 直径3メートルのずし、ボートで引っ張る

→ 都市内河川における情報発信に活用可能

- ・ 5馬力、遠隔操縦船初実現



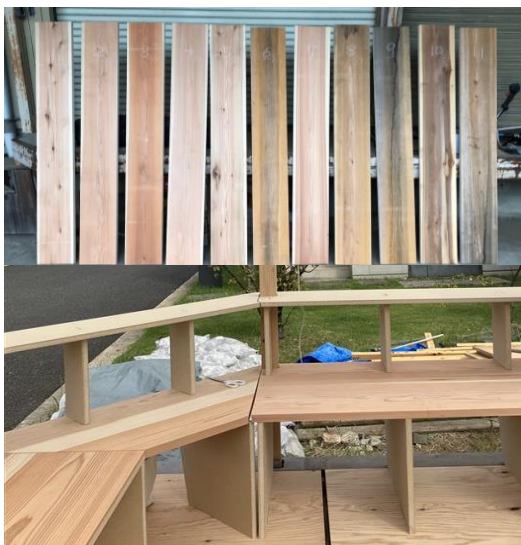
なんば経済新聞



山と都市の水辺が川の上下流で繋がるストーリー。屋外で長期間使える対候性。

1. 吉野杉の活用

川の上流域でかつ良質な木材の産地である吉野の杉を活用してベンチを制作



2. トライコヤの活用

水上で太陽や水や風の過酷な環境で常設のベンチをつくるため、特殊加工をした木質材料「トライコヤ」材を骨組とした



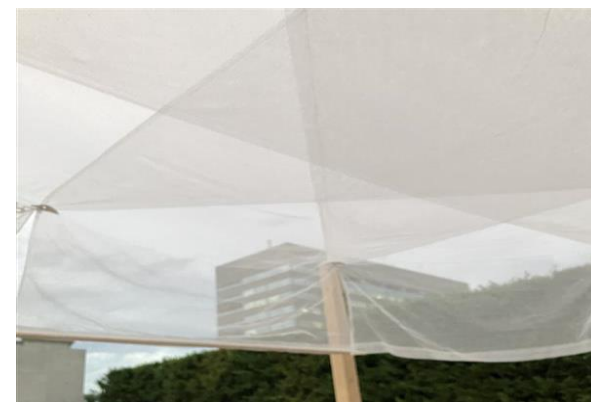
3. デジタルファブリケーションによる上屋空間の創造

加工は、デジタルファブリケーション技術を応用して、機械で自動切り出しを行い、噛み合わせ接合によって、素人でも簡単に組み立てられる仕組みを採用。再現性もある。



4. 風を通し日除けになる屋根

日差しをやわらげ、風を通す屋根を制作。寒冷紗という園芸用の素材を使用しながらも昼も夜も景観を生み出すフォルムをつくった



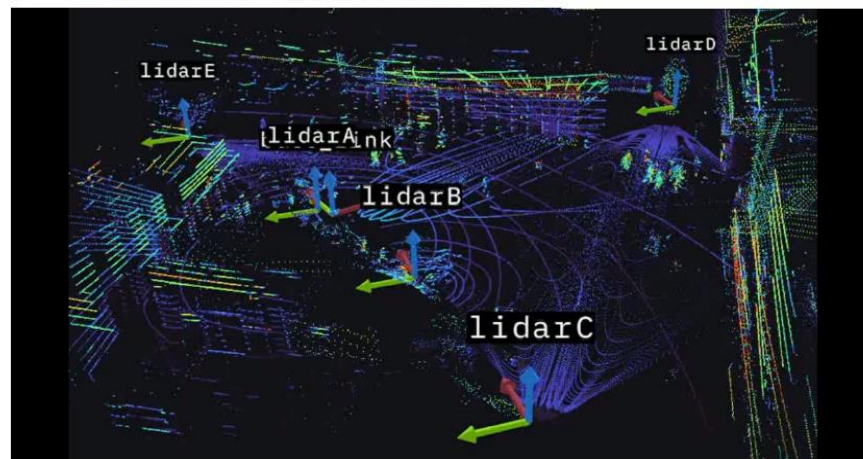
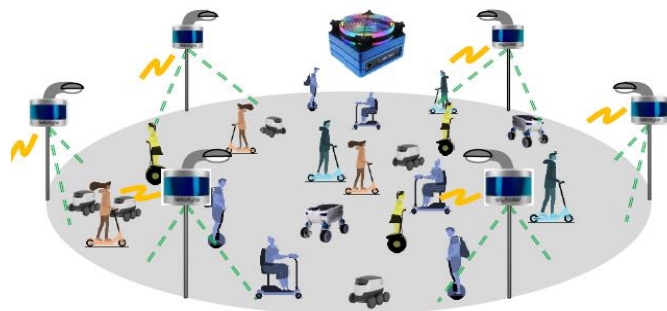
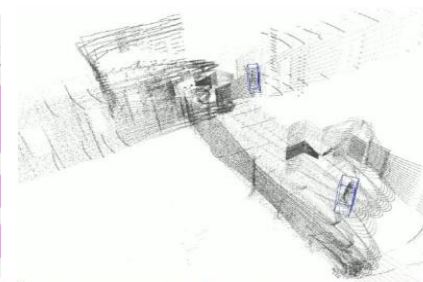
海床ロボットの課題⇒ハイパーデジタルツイン社との連携により解決を目指します

- ①**GPSの安定性・位置の誤差** ⇒ 空間インフラ側のLIDARにより精度高い空間認識
- ②**通信の安定性**（空間インフラ側が多くの情報を把握、個々のロボットは情報身軽）
- ③**複数台制御**⇒多対多の衝突回避プログラムの難解さ→空間側から位置把握

ハイパーデジタルツイン技術の連携

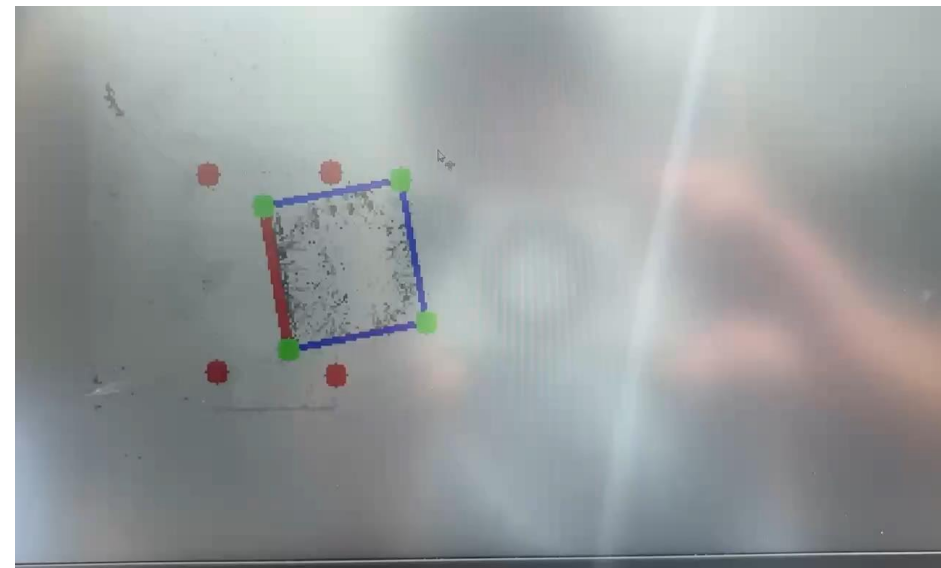
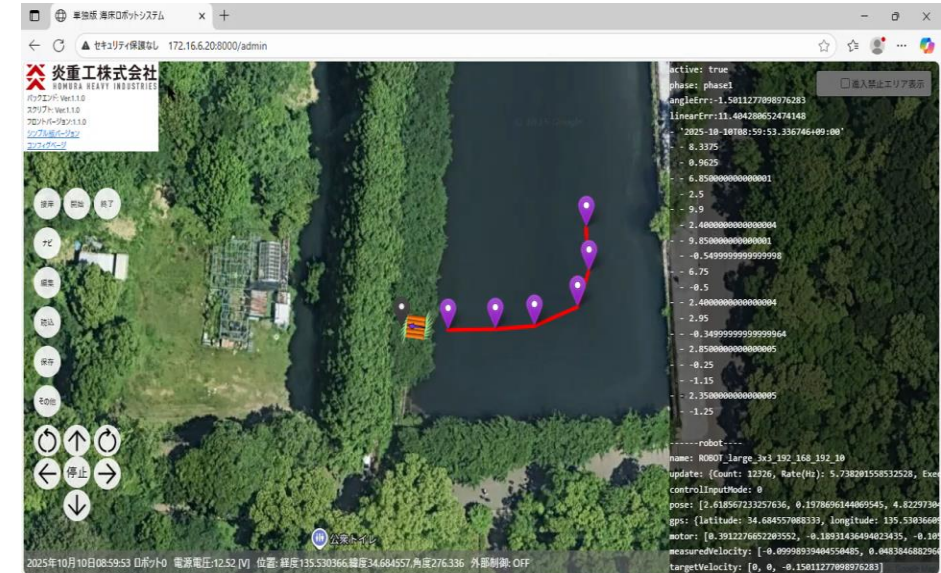
インフラセンサーでデータ取得し、人流分析や行動検知などAIカメラのようなユースケースを実現し“場の価値を最大化する”

人検知

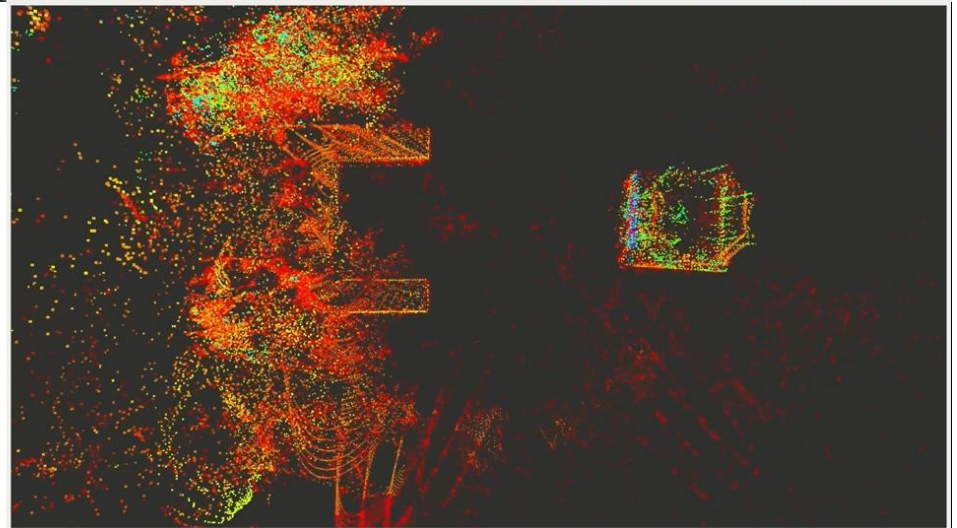
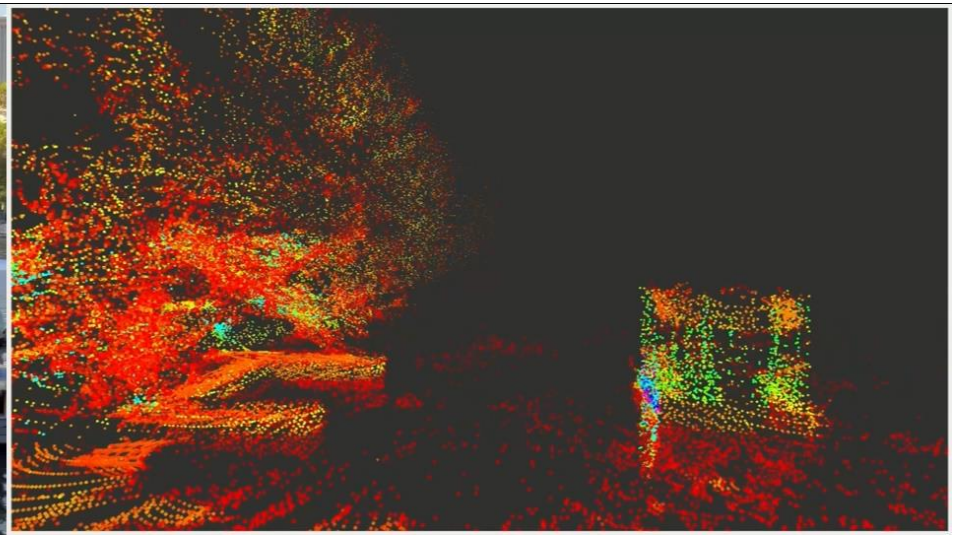
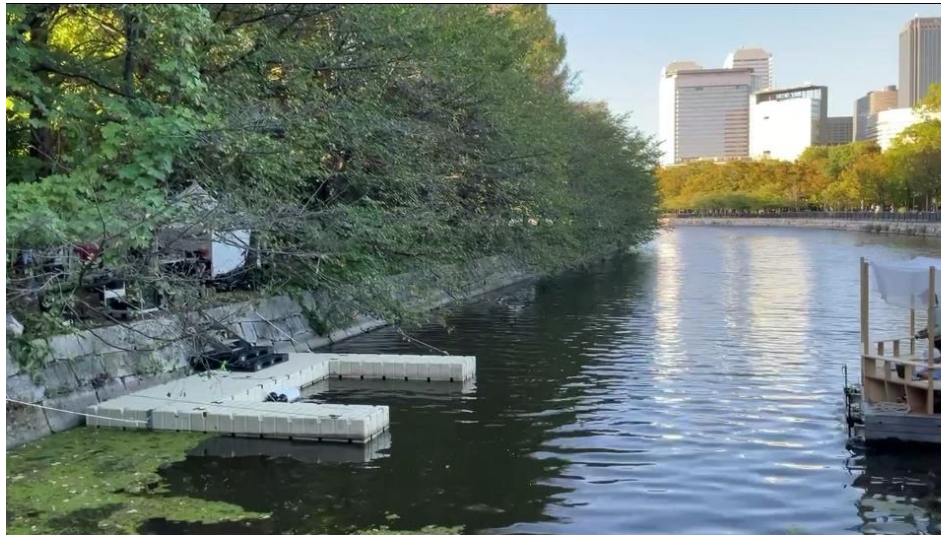


空間把握技術からの海床ロボットの制御を試みました

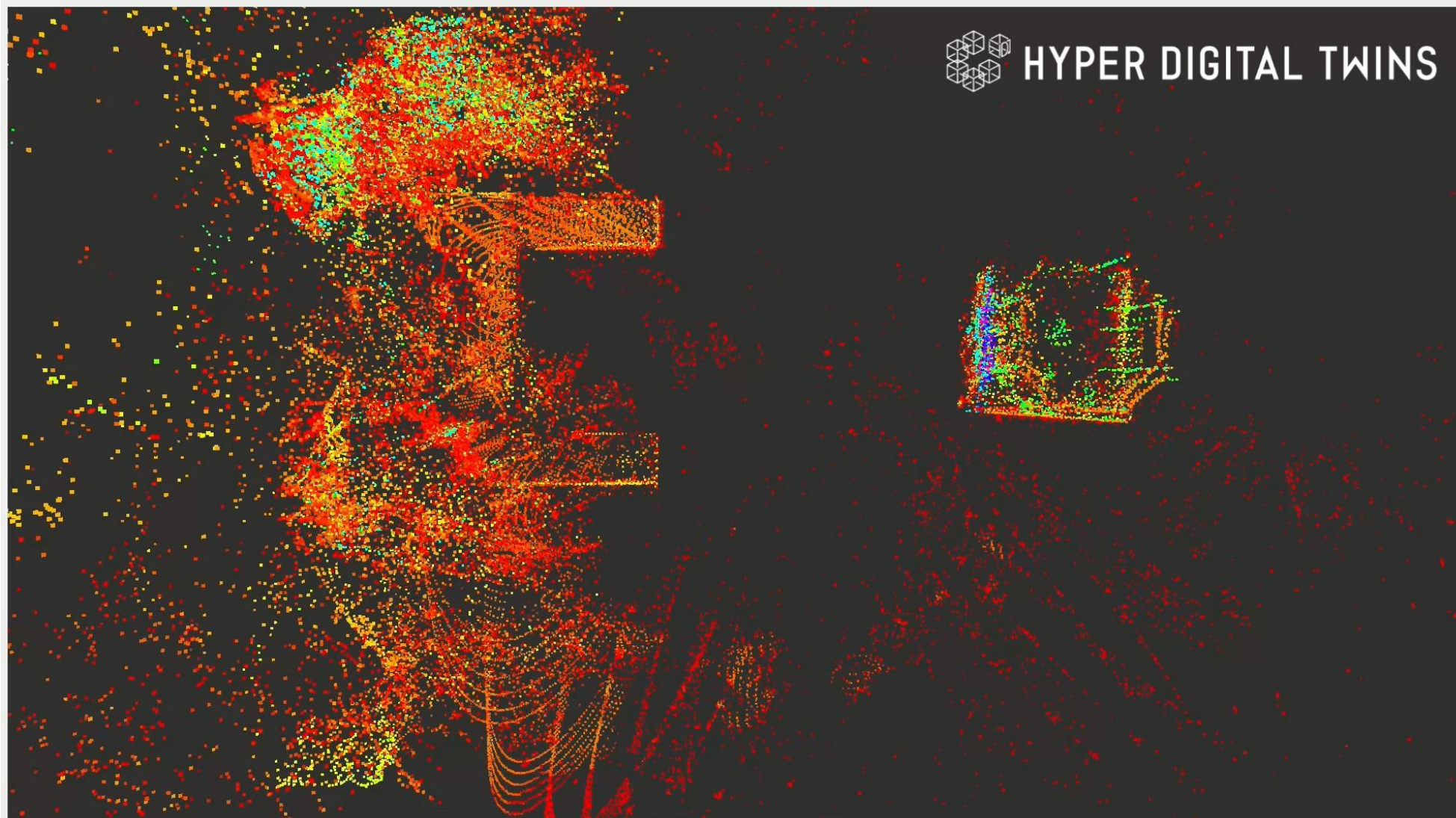
- ①Liderを空間側に複数台おき複数の点群データを重ね合わせることで空間を把握
- ②その中から、栈橋と海床の8点を抽出し、概ね5~10回/秒にて、座標を送受信
- ③海床ロボットにて、着栈の運転制御を試みる



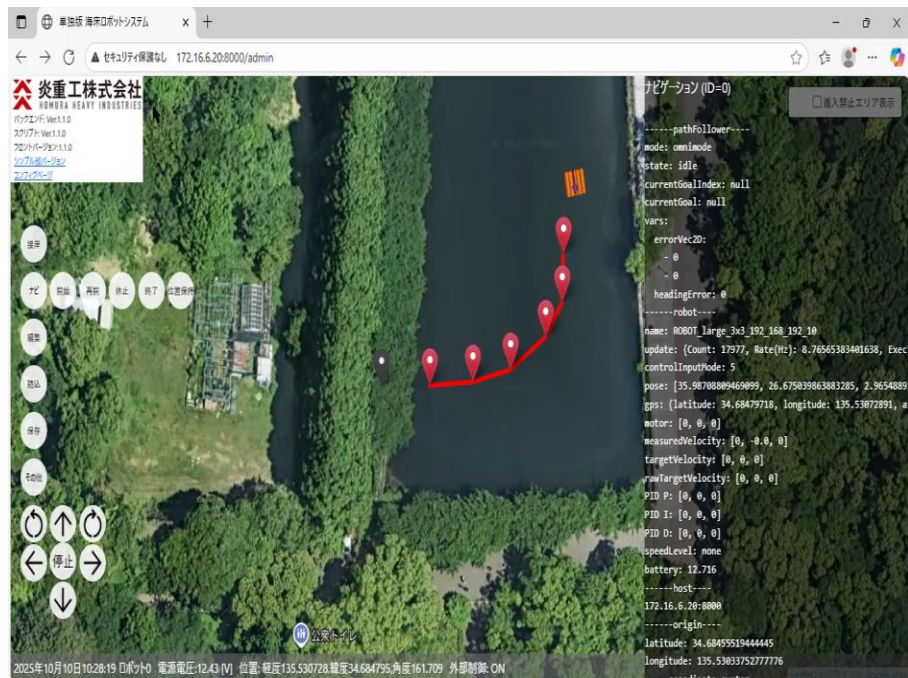
空間側で把握している点から8点を抽出して送受信します



7台のLider情報（24万点×7）をリアルタイムに重ね、空間を立体的に把握できます



ロボット側では、空間側からもらった情報をもとに、位置制御しました

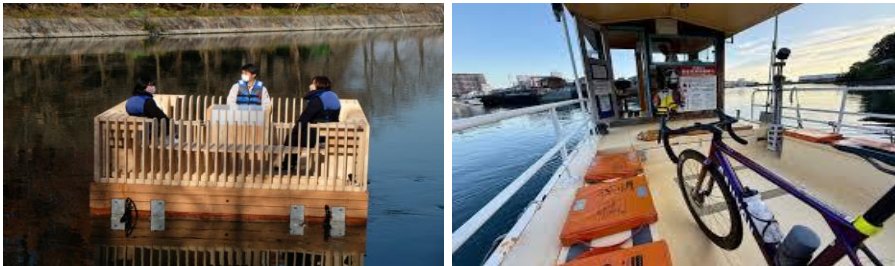


近 未 来 像

都市内部河川や運河の「自動運転渡し船」事業を描きます

東京・大阪・名古屋を始め、都市内部が川や運河で分断され、「近くて遠い場所」が多数あります。海床ロボットが自動運転渡し船の役割を担えると考えます。

・大阪市内でも渡船が8か所あり、船長の人員不足等の課題に対し、本技術が補助手段として活用できると考えます。



【自動運転渡し船 事業イメージ】

- ・都市内運河・河川の新交通。
- ・海床ロボット2台配備。
- ・概ね500m区間を10分、400円で結ぶ（電車で30分、345円）
- ・8時～17時、20分間隔、54便／日程度
- ・両端の管制室で監視しつつ、船は無人運転。乗船者に何かあればすぐ救助できる距離、仕組
- ・Liderを岸壁に20mおきに設置し、海床ロボットの群管理と、周辺通過交通との衝突回避を管理

