

ガントリークレーンの遠隔操作化 に関する技術開発

技術開発テーマ	荷役機械の高度化に関する技術開発
技術開発期間	令和5年度～令和7年度（3年間）
技術開発代表機関	JFEエンジニアリング 株式会社
技術開発分担機関①	—
技術開発分担機関②	—
技術開発分担機関③	—

1. 事業概要

技術開発機関：(代表)JFEエンジニアリング株式会社

事業期間：令和5年度～7年度(3か年)

目的

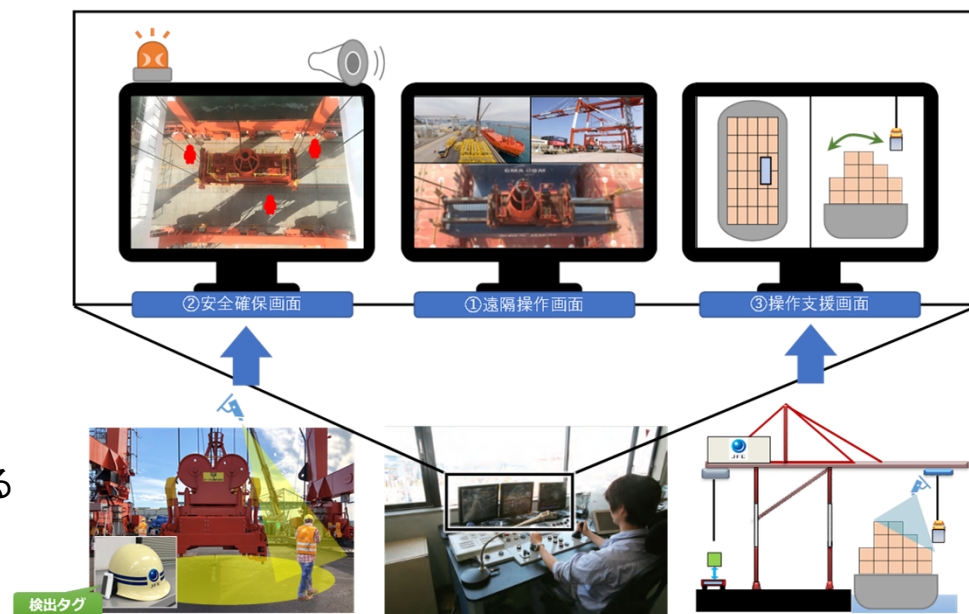
管理棟などからガントリークレーンを遠隔操作することで、クレーンの昇降の際のリスクや、横行時の衝撃や振動、常に前かがみの姿勢といった身体的な負担を軽減するほか、荷役操作の支援機能を付加することで、生産性の向上や労働環境の改善を図る。

技術開発の実施内容

遠隔操作に必要な構成要素や機能要件を具体化し、下記の要素技術を開発した。

- **遠隔操作卓**
クレーン操作に必要なボタンやスイッチを網羅し、着座姿勢で使いやすい配置の操作インターフェースの構築
- **映像・音声通信方式**
遠隔操作が可能な映像伝送速度・視野・音声を有するネットワーク・カメラ構成の構築
- **安全機能**
クレーンの周囲の作業員の配置を認識し、安全確保を行うシステムの開発
- **操作支援機能**
船上設備やコンテナ積山をセンサで捉え、クレーンとの位置関係を可視化するスタックプロファイルシステムの開発
- **クレーンシミュレータ**
3Dグラフィックと物理エンジンを搭載したシミュレータを構築し、遠隔操作の模擬検証およびオペレータートレーニングツールとしての活用

【遠隔操作環境の実装イメージ】



技術開発の成果

遠隔操作に必要な要素技術の開発を完了し、ダミーコンテナを利用したクレーン実機による模擬荷役を実施することで、遠隔操作システム全体の妥当性を検証した。

2-1. 技術開発の項目と成果

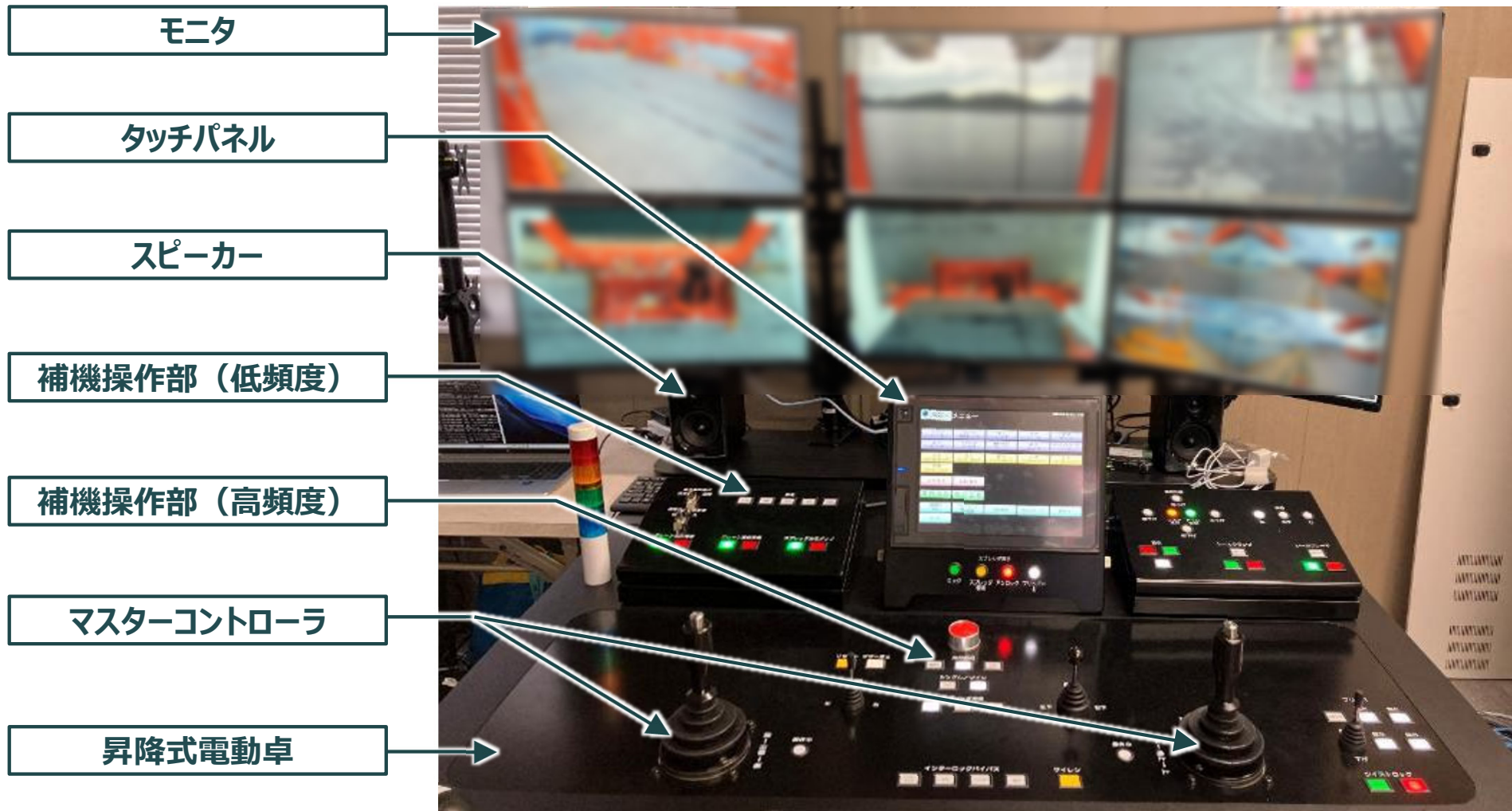
技術開発の項目と成果概要

項目	成果
<u>項目①: 遠隔操作卓</u>	運転室操作卓の機能と使用頻度・重要度を整理し、着座姿勢において自然な体勢で操作可能なボタン・スイッチの配置を計画した。これに基づきプロトタイプ機を製作してクレーンシミュレータと接続し、オペレータへのヒアリングを通じてさらなる改善を行った。
<u>項目②: 映像・音声通信方式</u>	荷役時にオペレータが必要とする視野・音声を洗い出し、カメラの選定およびネットワーク構成の検討を実施した。選定したカメラ・ネットワーク構成により複数台のカメラの映像伝送試験を実施および遠隔操作卓への映像表示レイアウトを決定した。
<u>項目③: 安全機能(作業員検知)</u>	カメラ映像からクレーン周囲の作業員を検出し、吊荷下に位置する作業員を警報対象として判定するとともに、作業員の位置と危険度を色分け表示するシステムを開発した。
<u>項目④: 操作支援機能(スタックプロファイル)</u>	レーザセンサを用いて船上設備およびコンテナ積山の形状を検出・データ加工し、クレーンとの位置関係を可視化した。
<u>項目⑤: クレーンシミュレータ</u>	遠隔操作卓とクレーンシミュレータを接続し、3Dグラフィック映像による荷役作業を模した総合試験を実施することで、遠隔操作卓の操作性・映像の視認性の妥当性を総合的に評価した。
<u>項目⑥: 実証試験</u>	遠隔操作によりダミーコンテナの船上への積み下ろしおよび水平輸送機械との受け渡しを実施し、実際の荷役を模擬した実証試験により遠隔操作システム全体の妥当性を総合評価した。

2-1. 技術開発の項目と成果

遠隔操作卓

- 着座で操作可能なボタン・スイッチ配置
- 操作手順は機上運転室と同一



2-1. 技術開発の項目と成果

映像・音声の通信方式

➤ カメラ映像

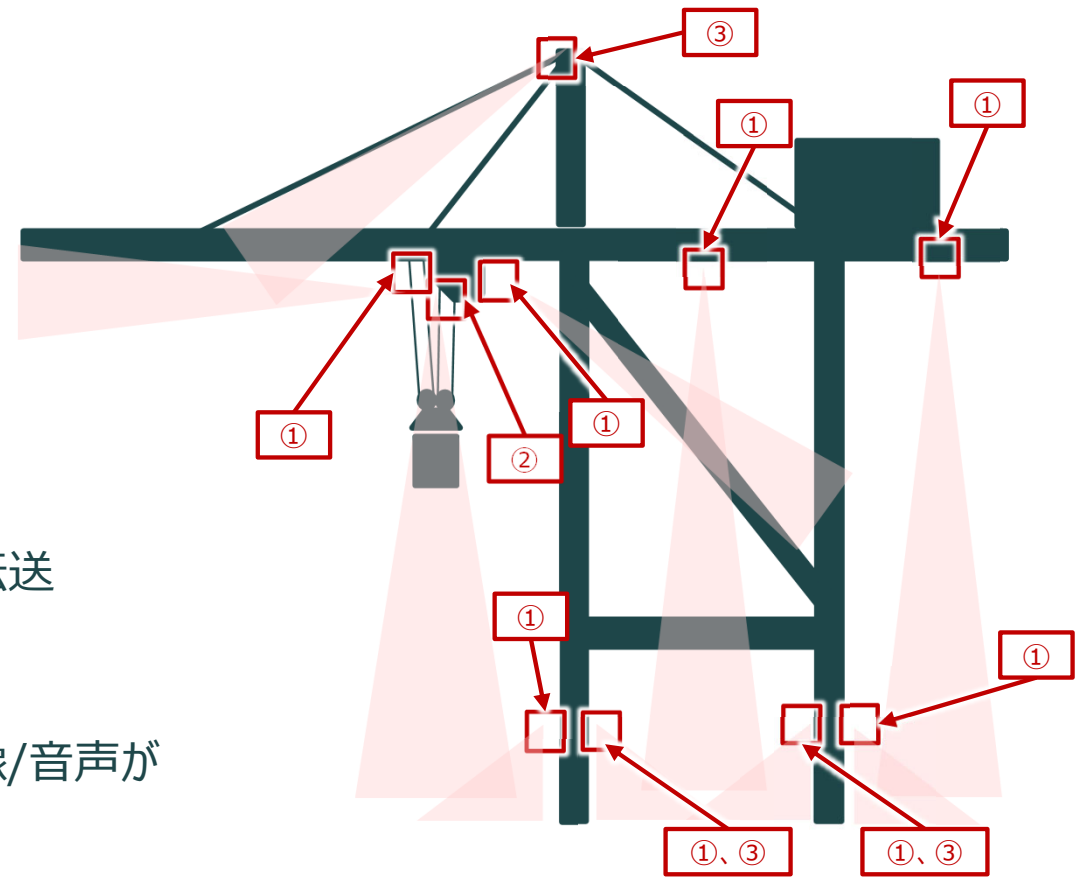
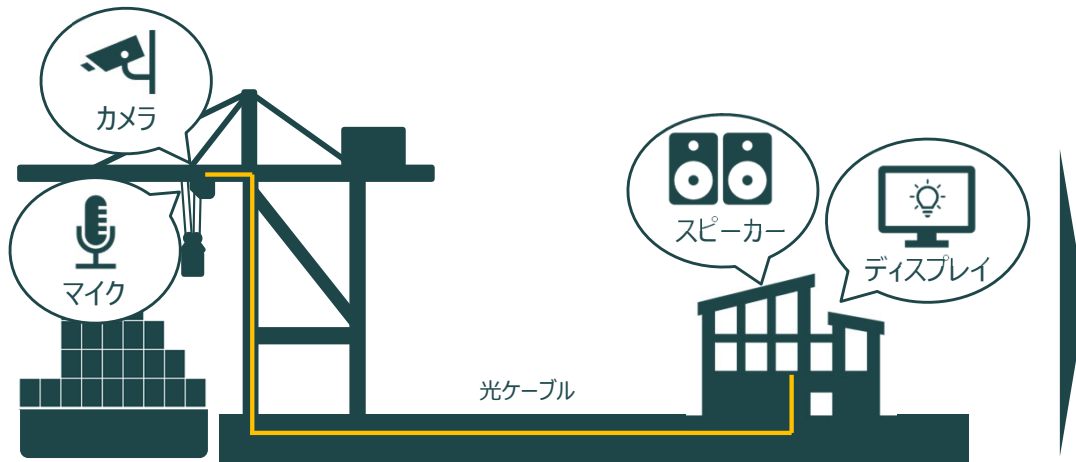
- 目的別に映像を分類
 - ① 吊荷操作用映像
 - ② 周囲監視用映像
 - ③ 機械状態監視映像

➤ 現場音声

- 運転室に設置したマイクにより、運転時の機械音やコンテナ掴み時の衝撃音を收音し、遠隔操作室へ伝送

➤ 映像・音声の伝送試験

- 機上運転室にカメラとマイクを設置し、地上側で映像/音声が出力されるまでの遅延時間を計測



試運転・実証試験にてクレーン操作に影響ない伝送速度であることを確認

2-1. 技術開発の項目と成果

安全機能（作業員検知）

岸壁側の作業員検知

- カメラ映像を射影変換・合成し、上方から合成した映像に吊荷位置と検出した作業員の位置を重畳表示



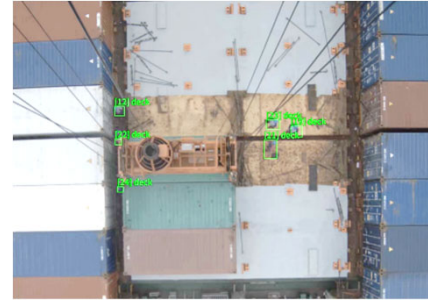
陸側から見た映像



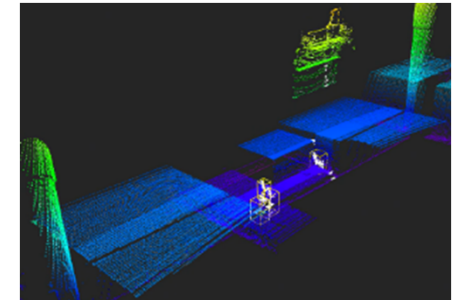
海側から見た映像

船舶側の作業員検知

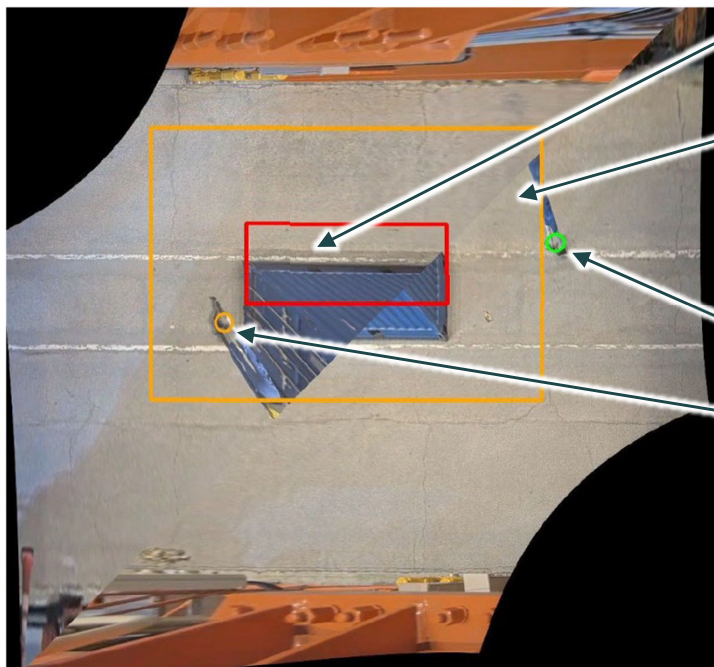
- カメラ映像から人物を検出し、レーザセンサの点群データと照合することで動的に高さの変化する船舶上の人物位置を取得



カメラ映像



点群データ

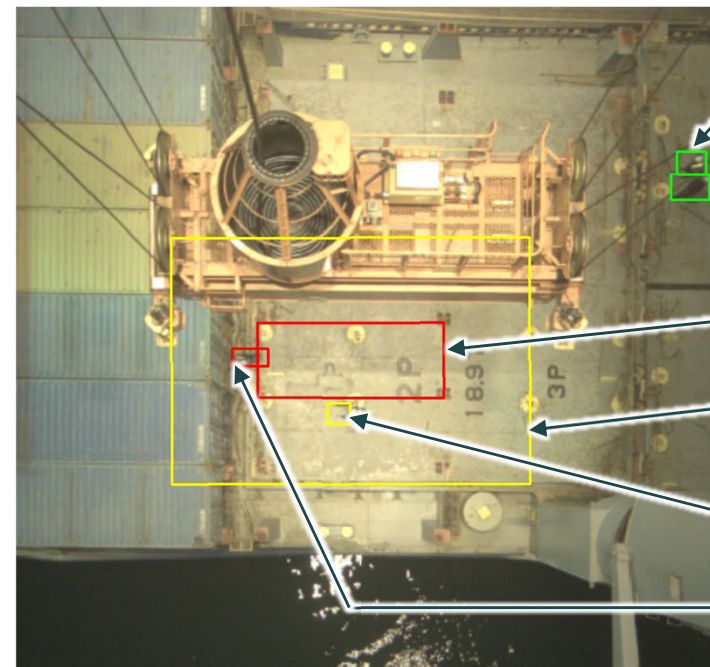


吊荷真下（赤：危険エリア）

吊荷周辺（黄：注意エリア）
※吊荷高さにより変化

作業員（緑：安全エリア）

作業員（黄：注意エリア）



作業員（緑：安全エリア）

吊荷真下（赤：危険エリア）

吊荷周辺（黄：注意エリア）
※吊荷・船舶高さにより変化

作業員（赤：危険エリア）

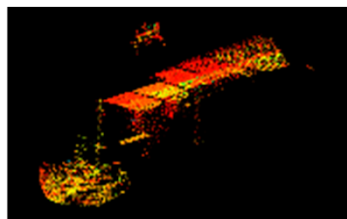
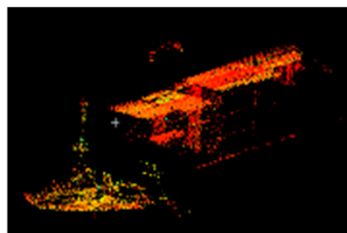
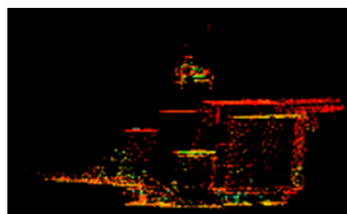
作業員（黄：注意エリア）

2-1. 技術開発の項目と成果

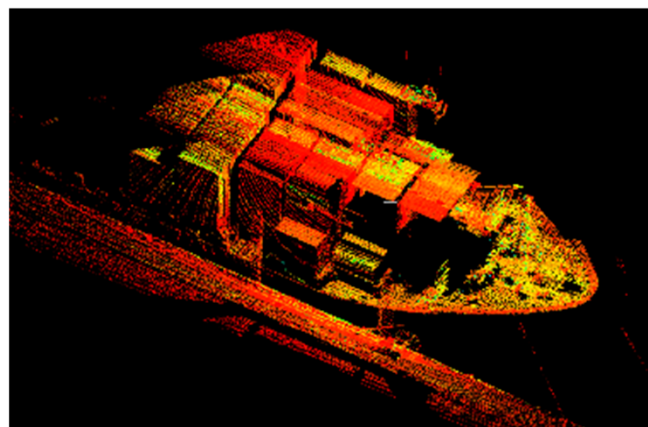
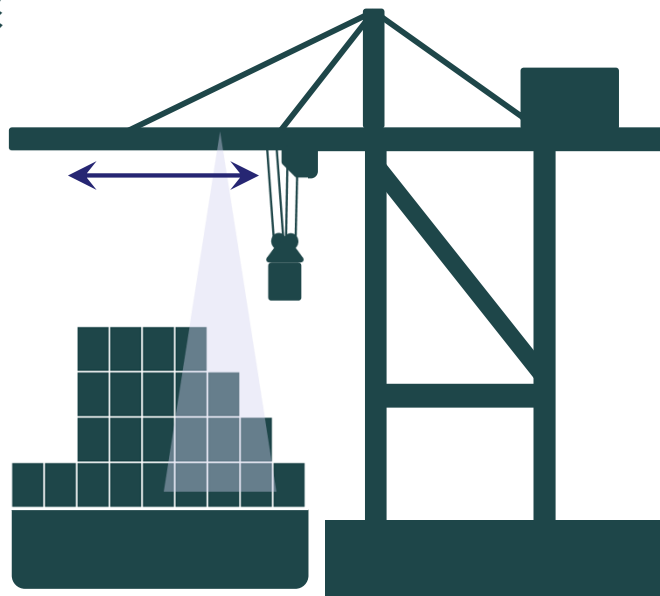
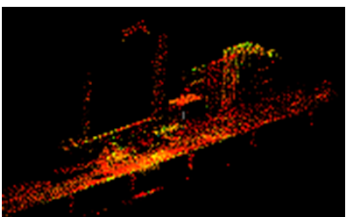
操作支援機能（スタックプロファイル）

➤ 船舶上の設備・コンテナ積山高さの検出

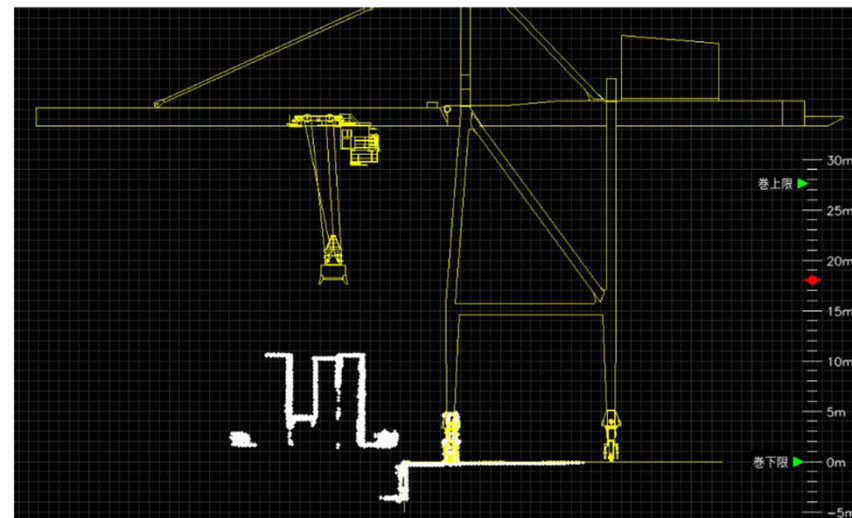
- レーザセンサで船舶を照射して点群データを取得し、クレーン横行位置に基づいて合成した3次元マップを断面で切り出して投影



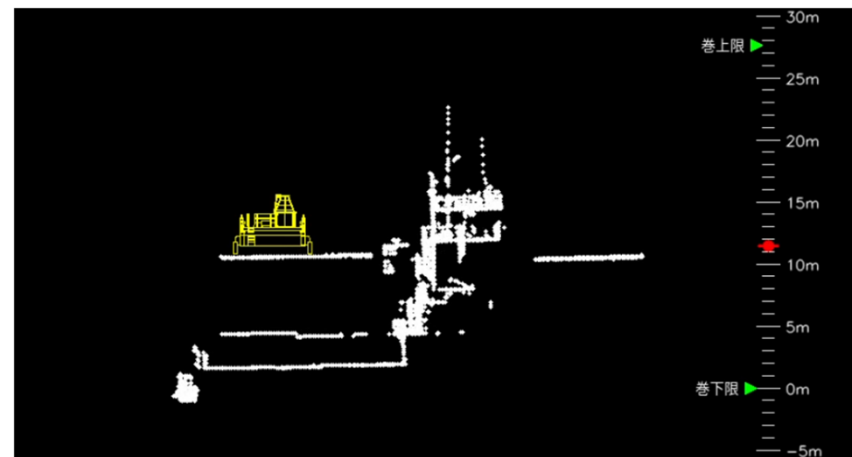
⋮



3次元点群マップ



横行方向のスタックプロファイル



走行方向のスタックプロファイル

2-1. 技術開発の項目と成果

クレーンシミュレータ

シミュレータの構築

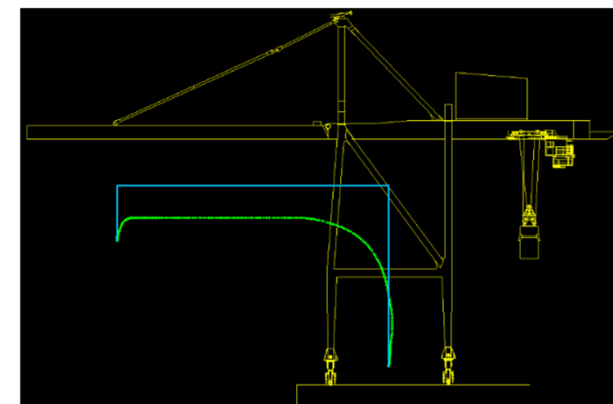
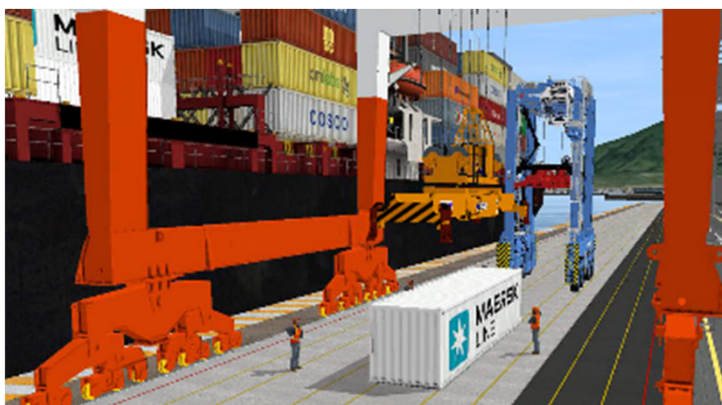
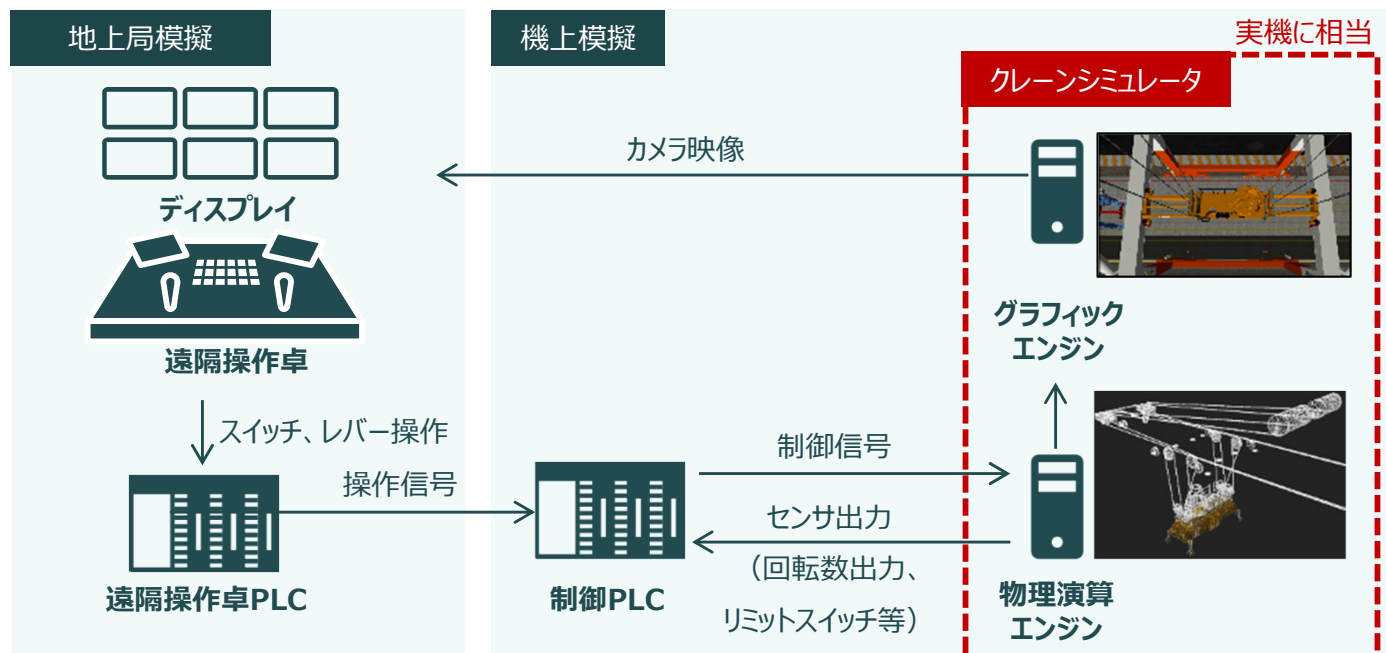
- クレーン実機と同等の制御シーケンス演算出力に基づき3Dモデルを物理演算で動作させ、実機に近い操作感とリアルなグラフィック動作で荷役シチュエーションを再現

クレーン操作機能

- 実機同等の動作制御
速度、位置、センサ出力
- スケール
実機設計図面に基づく3Dグラフィック

環境再現機能

- 気象条件
風向・風速、天候、波
- 作業環境
時間帯（太陽の位置）、コンテナ配置、作業員、ストラドルキャリア


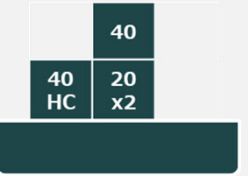
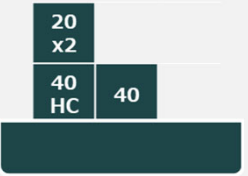


2-1. 技術開発の項目と成果

実証試験（徳山・下松港）

遠隔操作による模擬荷役試験

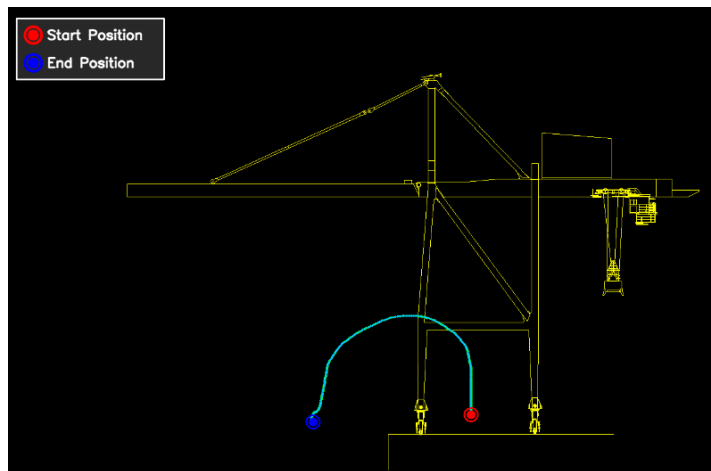
- ガントリークレーンを遠隔操作し、ダミーコンテナの船舶への積み下ろし、水平輸送機械（ストラドルキャリア）との陸上での受け渡しを検証
- 船舶へのダミーコンテナの積みパターン

パターン1	パターン2	パターン3
		

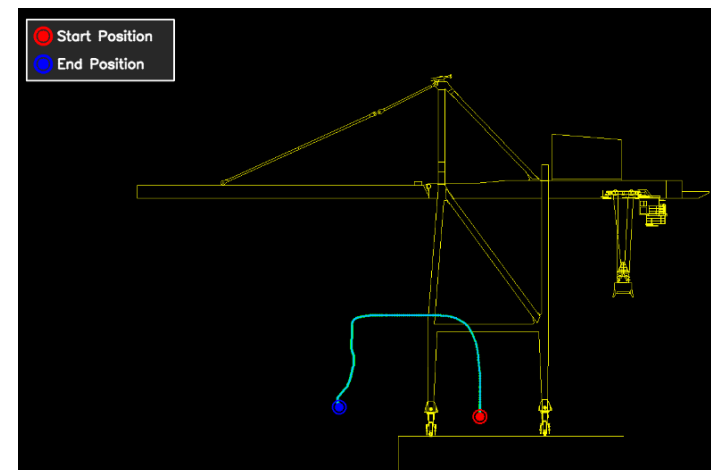


実証試験の様子

複数の積みパターンにおいて、遠隔操作による荷役作業を現場側と連携しながら機上運転と同等に実施できることを確認



実荷役時の吊荷軌道例



実証試験時の吊荷軌道例

2-2. 結論

技術課題の達成度

本年度をもって当初定義した要件の技術的な検証は完了した。

要素技術



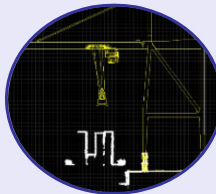
遠隔操作卓

着座姿勢で使いやすい
操作インターフェースの構築



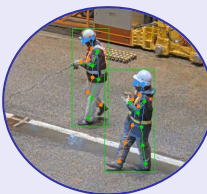
映像・音声伝送

遠隔操作が可能な伝送速度
を有する映像・音声ネットワ
ークの構築



操作支援機能 (スタックプロファイル)

船上設備やコンテナ積山を
センサで捉え、クレーンとの位
置関係を可視化



安全機能 (作業員検知)

クレーンの周囲の作業員の
配置を画像認識・警報判定
することで安全確保

検証方法

クレーンシミュレータ



3Dグラフィックと物理エンジ
ンを搭載したシミュレータを構築

オペレータ教育として
シミュレータ利用

実証試験 (徳山・下松港)



ガントリークレーンを遠隔操作
し、ダミーコンテナの船舶への
積み下ろし、水平輸送機械
(ストラドルキャリア) との
陸上での受け渡しを検証

