

令和 4 年 9 月 2 日
港湾局技術企画課技術監理室

ガントリークレーン熟練技能者の暗黙知継承による 若手技能者の早期育成に向けた手引き及び手法のとりまとめ

「ヒトを支援する AI ターミナル」の実現に向けた取組の一環として、熟練技能者が有する経験や勘などに基づくガントリークレーン操作の知識（いわゆる“暗黙知”）を明確化し、「ガントリークレーン熟成技能者育成に向けた手引き」を策定しました。また、実機に近い環境を再現し効果的なトレーニングが行える VR^(※1) シミュレータ及び、MR^(※2) デバイス等による視界内への操作支援情報表示システムの有効性を確認しました。

これらの成果により、熟練技能者が有する暗黙知を効率的に若手技能者に継承することが可能となり、ガントリークレーン操作者の早期育成への貢献が期待されます。

※1 Virtual Reality の略。CG で作られた世界や 360 度動画等の実写映像を「あたかもその場所に居るかのような没入感」で味わうことができる技術。

※2 Mixed Reality の略。仮想世界と現実世界の情報を組み合わせて両者を融合させる技術。

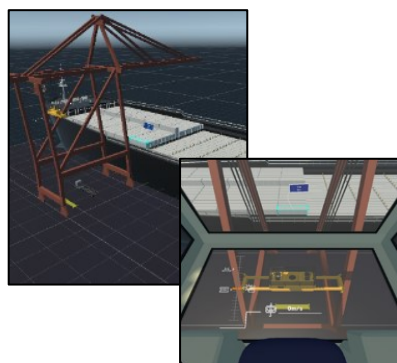
ガントリークレーンはその操作が難しく、熟練技能者になるまでに長期間が必要である一方で、熟練技能者については高齢化が進んでおり、新たな熟練技能者の育成が喫緊の課題となっています。

そこで港湾局では、「ヒトを支援する AI ターミナル」の実現に向けた取組の一環として、令和元年度以降、ガントリークレーン操作者の早期育成に向けた取組を実施し、熟練技能者が有する暗黙知を明確化しました。この明確化された暗黙知を踏まえて、安全性の確保を前提とした技能習得の手引き「ガントリークレーン熟練技能者育成に向けた手引き」を策定しました。また、実機に近い環境を再現し効果的なトレーニングが行える VR シミュレータ及び、MR デバイス等による視界内への操作支援情報表示システムの有効性を確認しました。

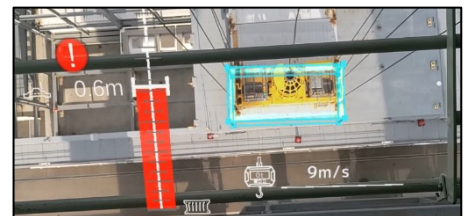
これらの成果により、熟練技能者が有する暗黙知を効率的に若手技能者に継承することが可能となり、ガントリークレーン操作者の早期育成への貢献が期待されます。



ガントリークレーン熟練技能者
育成に向けた手引き



VR シミュレータの画面イメージ



MR デバイスによる
操作支援情報表示イメージ

<問い合わせ先>

国土交通省 港湾局 技術企画課 技術監理室 近藤（こんどう）、竹吉（たけよし）

TEL : 03-5253-8111（内線 46613、46614）（直通）03-5253-8681、FAX : 03-5253-1652

- ガントリークレーンは港湾荷役における重要性が高い一方で、その操作が難しく、**熟練技能者になるまでに長期間が必要**
- 熟練技能者については高齡化が進んでおり、**新たな熟練技能者の育成が喫緊の課題**
- このため、港湾局は港湾技能研修センター(※)指導員のヒアリング等に基づき指導内容等を分析することで熟練技能者が有する**暗黙知を明確化**する取組を実施
- 明確化された暗黙知を踏まえて、**熟練技能者育成に向けた手引きの作成、VRシミュレータによる効果的なトレーニング手法の開発**及び**MRデバイス等による視界内への操作支援情報表示手法の開発**を実施し、**有効性を確認**
- この成果により、熟練技能者が有する暗黙知を効率的に若手技能者に継承することが可能となり、**ガントリークレーン操作者の早期育成に役立つものと期待**

(※)港湾技能研修センター:港湾労働者が港湾運送の業務に従事するために必要な免許・資格、知識、技能を身に付けるための教育訓練施設 (<https://anteikyukai.or.jp/kensyukobe/>)

暗黙知の概要 (P2~P4)

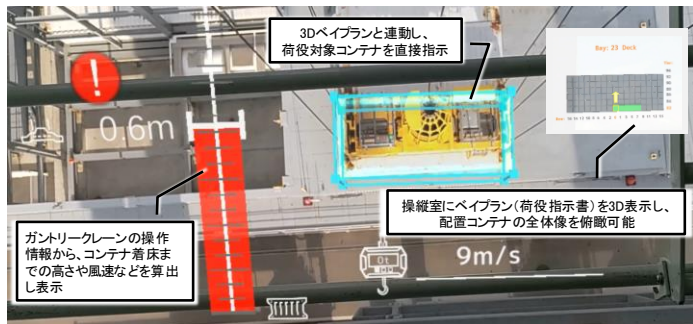
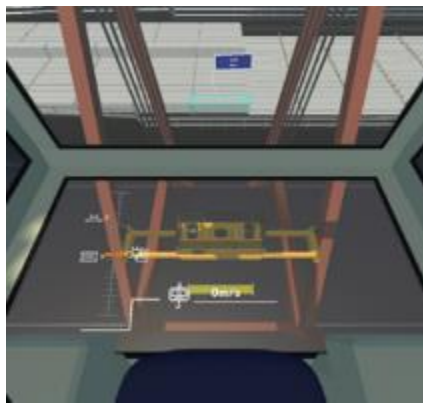
VRシミュレータによる効果的な トレーニング手法の開発(P6)

MRデバイス等による視界内への操作 支援情報表示手法の開発(P7~P8)

4つの暗黙知

A. 高効率	B. 着床地点への軌道	C. 着床時の優しさ	D. 横行時の振れ抑制
効率的(=短時間)な荷役を行う観点	着床位置まで、“コの字”でなく、低い位置から適切にアプローチする観点	スピードを重視しつつも、着床時のコンテナへの衝撃を抑制する観点	コンテナの揺れを可能な限り抑制する観点

手引きの概要 (P5)



教育カリキュラム

教育カリキュラムの構成

各章のサマリ

<p>ガントリークレーン 熟練技能者育成に向けた手引き</p>	1章	熟練技能者育成(暗黙知継承)の重要性	<ul style="list-style-type: none"> 熟練技能者を育成する背景 → 高齡化、労働力減少に伴う熟練技能の将来的な喪失危機
	2章	熟練技能者の定義と暗黙知	<ul style="list-style-type: none"> 熟練技能者の定義 ビックデータ分析を通じた熟練技能者⇄非熟練技能者の差異 4つの暗黙知と13の熟練技能の内容詳細、および対応関係 13の熟練技能の理想的な習得順序
	3章	研修施設/雇用企業等に推奨される対応	<ul style="list-style-type: none"> 現状の訓練過程の問題点 目指したい熟練技能者育成のプロセス 研修施設施設/雇用企業に推奨される対応一覧



実荷役に近い環境への転用検証



熟練技能者の暗黙知の概要

- 暗黙知には4つの観点が存在
 - **A.高効率 / B.着床地点への軌道 / C.着床時の優しさ / D.横行時の振れ抑制**
- 4つの暗黙知はそれぞれ、「**効率性(A,B)**」「**安全性(C,D)**」に関連するものに分類
- また、4つの暗黙知を体現する際のポイントとして、**13の熟練技能**が存在
 - 13の熟練技能は、**4つの暗黙知のいずれか(または複数)と対応**

4つの暗黙知と13の熟練技能との対応関係

 13
の
熟
練
技
能

		4つの暗黙知			
		A. 高効率	B. 着床地点への軌道	C. 着床時の優しさ	D. 横行時の振れ抑制
		効率的(=短時間)な荷役を行う観点	着床位置まで、“コの字”でなく、低い位置から適切にアプローチする観点	スピードを重視しつつも、着床時のコンテナへの衝撃を抑制する観点	コンテナの揺れを可能な限り抑制する観点
1	着床直前の振れ止め	●	●		
2	スプレッダの高さ調整	●		●	
3	旋回したコンテナの着床	●		●	
4	慎重な高さ調整	●		●	
5	高さの異なるセルガイドへ沿わせるための操作	●			
6	障害物に配慮した横行ノッチ操作	●	●		●
7	着床位置への適切なアプローチ	●	●		
8	着床寸前までの一定の速度維持(横行)	●	●		
9	着床地点までの距離に応じた振れ止め	●			●
10	振れ止めに用いるノッチ	●			●
11	主巻位置の安定性	●			
12	一定の最大振幅の維持(振れさせない操作)				●
13	スプレッダの位置を保つための操作				●

13の熟練技能の習得順序

- 13の熟練技能には、理想的な習得順序が存在
- 基本的な考え方は、安全性・丁寧さをまず習得し、徐々に効率性を追求していく順序

13の熟練技能の理想的な習得順序

順序の理由

安全性・
丁寧さ

① 主巻方向コントロール(単体)

- #2：スプレッダの高さ調整
- #4：慎重な高さ調整
- #11：主巻位置の安定性

高さのコントロールを正確にできることが、安全性、および訓練の効率性の観点からも最重要

② 横行方向コントロール(単体)

- #1：着床直前の振れ止め
- #6：障害物に配慮した横行ノッチ操作
- #9：着床地点までの距離に応じた振れ止め
- #10：振れ止めに用いるノッチ
- #12：一定の最大振幅の維持(振れさせない操作)
- #13：スプレッダの位置を保つための操作

安全・丁寧の観点から、高さコントロールの次に振らさない横行の操作を習得する

③ 主巻・横行同時操作への順化

- (①、②の各熟練技能を同時に両立させる)

訓練段階の早いうちから、低速でも構わないので主巻・横行の同時操作の練習に慣れることが望ましい

④ 効率的な操作

- #7：着床位置への適切なアプローチ
- #8：着床寸前までの一定の速度維持(横行)

主巻/横行方向の同時操作に慣れてきたタイミングで、それらの精度を高めていくことで、効率性が高まる

⑤ 特定状況下の操作

- #3：旋回したコンテナの着床
- #5：高さの異なるガイドへ沿わせるための操作

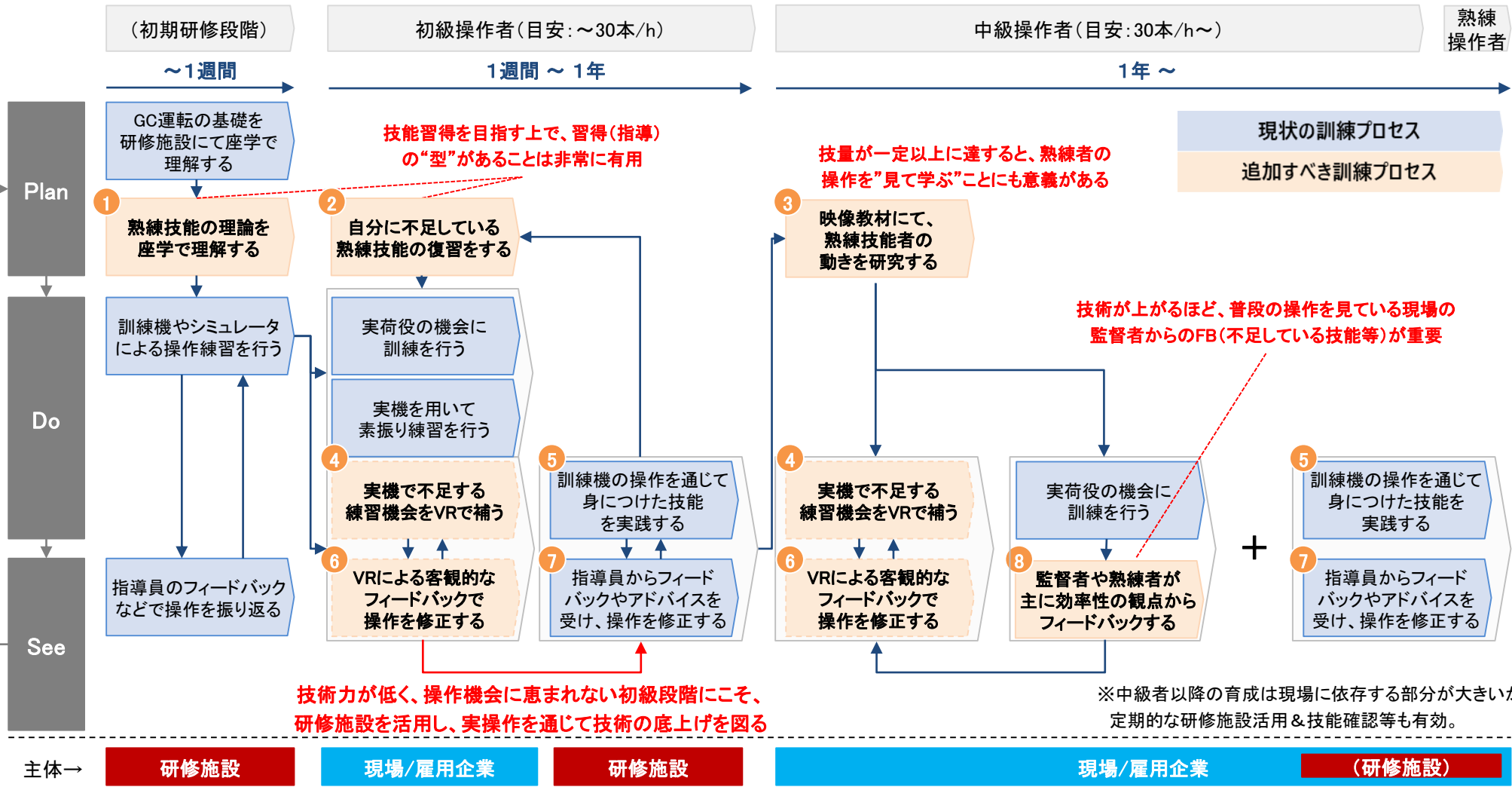
①～④を習得後、特定の状況化に対応する技能を習得

理想的な習得順序

効率性

熟練技能者の理想的な育成プロセス

- 熟練技能者の育成においては、**PDSサイクル**の実現がポイント
 - **Plan**：理論を理解する → **Do**：訓練する → **See**：振り返る
- 教育カリキュラム**の整理、および**VRシミュレータ**の活用により、現場でのOJT(PDSサイクルのDo)のみならず、**PlanとSeeも併せて実施することが理想的**





- 4つの暗黙知とそこに紐づく13の熟練技能、およびその習得順序や目指す育成プロセス等を、体系的に整理し、**操作者育成の指針とできるような教育カリキュラム**を作成
- カリキュラムは、**研修施設向け/雇用企業向けの2種類**が存在。それぞれ、下記の**3章から構成**
 - 1章：熟練技能者育成(暗黙知継承)の重要性
 - 2章：熟練技能者の定義と暗黙知・技能
 - 3章：研修施設等/雇用企業に推奨される対応

教育カリキュラム

教育カリキュラムの構成

各章のサマリ

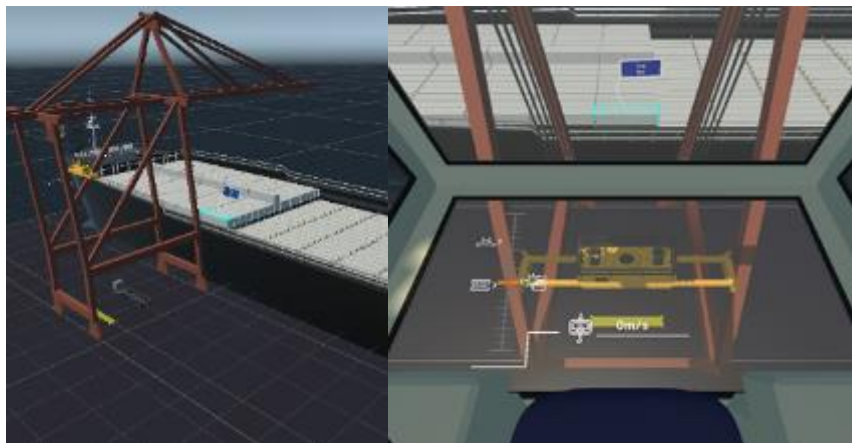
<div data-bbox="72 678 300 735" style="background-color: #f4a460; padding: 5px; text-align: center;"> ガントリークレーン技能者 雇用企業の皆様へ </div> <div data-bbox="51 778 534 892" style="background-color: #333; color: white; padding: 10px; text-align: center;"> ガントリークレーン 熟練技能者育成に向けた手引き </div> <div data-bbox="196 913 580 1135">  </div> <div data-bbox="134 1170 227 1313" style="text-align: center;">  国土交通省 港湾局 </div>	<div data-bbox="617 618 694 863" style="background-color: #337ab7; color: white; text-align: center; padding: 10px;"> 1章 </div> <div data-bbox="704 618 1077 863" style="background-color: #337ab7; color: white; text-align: center; padding: 10px;"> 熟練技能者育成(暗黙知継承)の重要性 </div> <div data-bbox="617 878 694 1120" style="background-color: #337ab7; color: white; text-align: center; padding: 10px;"> 2章 </div> <div data-bbox="704 878 1077 1120" style="background-color: #337ab7; color: white; text-align: center; padding: 10px;"> 熟練技能者の定義と暗黙知・技能 </div> <div data-bbox="617 1135 694 1370" style="background-color: #337ab7; color: white; text-align: center; padding: 10px;"> 3章 </div> <div data-bbox="704 1135 1077 1370" style="background-color: #337ab7; color: white; text-align: center; padding: 10px;"> 研修施設等/雇用企業に推奨される対応 </div>	<div data-bbox="1087 618 2007 863" style="padding: 10px;"> <ul style="list-style-type: none"> 熟練技能者を育成する背景 → 高齢化、労働力減少に伴う熟練技能の将来的な喪失危機 </div> <div data-bbox="1087 878 2007 1120" style="padding: 10px;"> <ul style="list-style-type: none"> 熟練技能者の定義 ビックデータ分析を通じた熟練技能者⇄非熟練技能者の差異 4つの暗黙知と13の熟練技能の内容詳細、および対応関係 13の熟練技能の理想的な習得順序 </div> <div data-bbox="1087 1135 2007 1370" style="padding: 10px;"> <ul style="list-style-type: none"> 現状の訓練過程の問題点 目指したい熟練技能者育成のプロセス 研修施設等/雇用企業に推奨される対応一覧 </div>
---	---	---

VRシミュレータによる効果的なトレーニング手法の開発

- ガントリークレーン訓練用として、Virtual Reality (以下VR) を活用した操作シミュレータを開発
- 様々な状況での荷役操作訓練と指標による定量的評価が可能であり、効果的な技能向上が可能
- 港湾技能研修センター指導員による体験とフィードバックを繰り返し、VR空間上に実機に近い環境を再現

実施概要

荷役操作の訓練

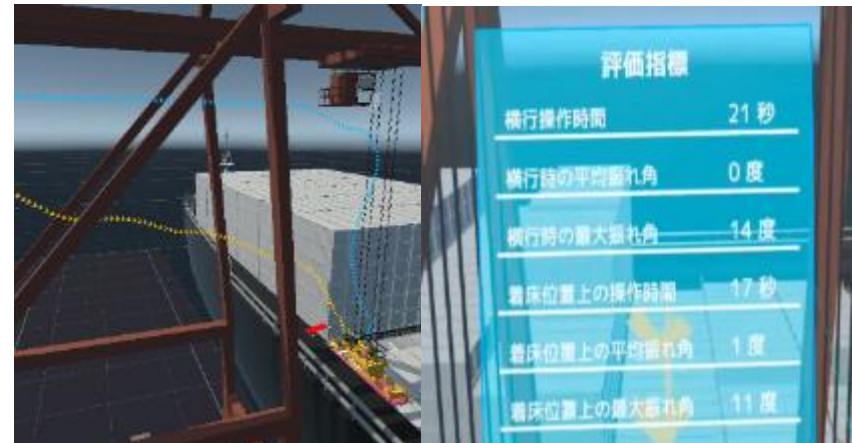


荷役位置までの高さ表示や対象コンテナへの指示出しなど、操作支援に向けた機能を充実

操作確認

操作改善

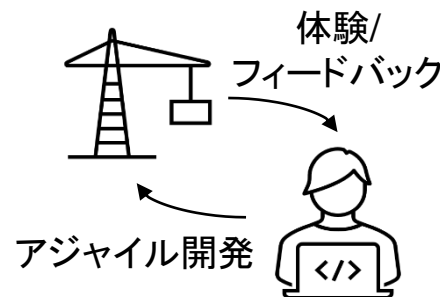
操作記録の再生/評価



VR空間の特性を活かし、スプレッドの移動軌跡や操作席以外の視点による確認が可能

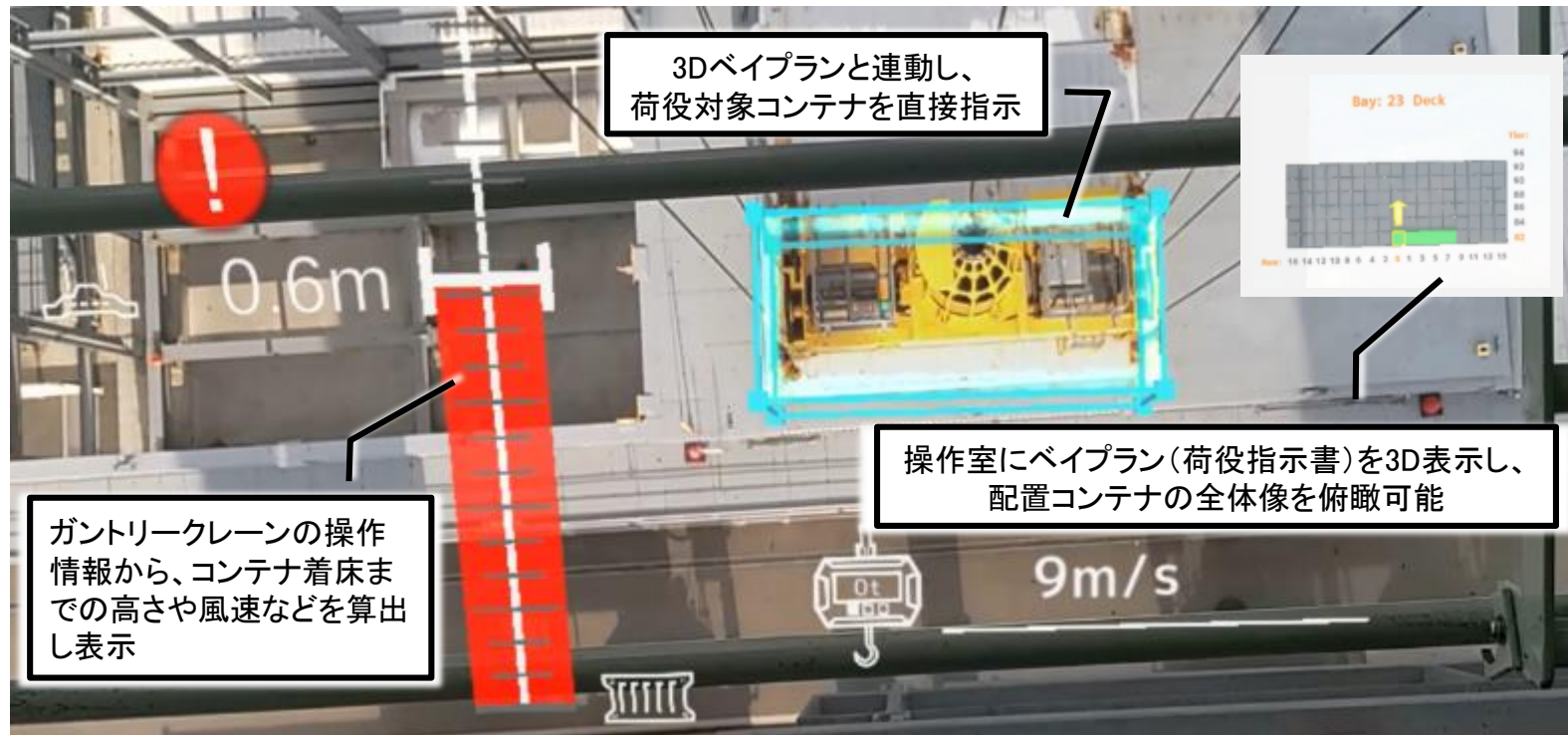
研修センターの協力

港湾技能研修センター指導員により訓練実現性について検討した



- ガントリークレーン操作支援を目的に、**Mixed Reality**(以下MR)技術を活用したアプリケーションを開発
- 操作情報をMRデバイスへ即座に連携し、**操作支援機能を現実空間に重ねて表示することが可能**
- MRデバイスの空間再現能力を活用し、**移動する操作席からコンテナ等へのホログラム投影を実現**

実施概要



AR(拡張現実)

MR(複合現実)

VR(仮想現実)

◀ 現実の世界



デジタル情報の世界 ▶

MRはARを発展させ、デジタル情報と現実世界をより密接に融合させる技術

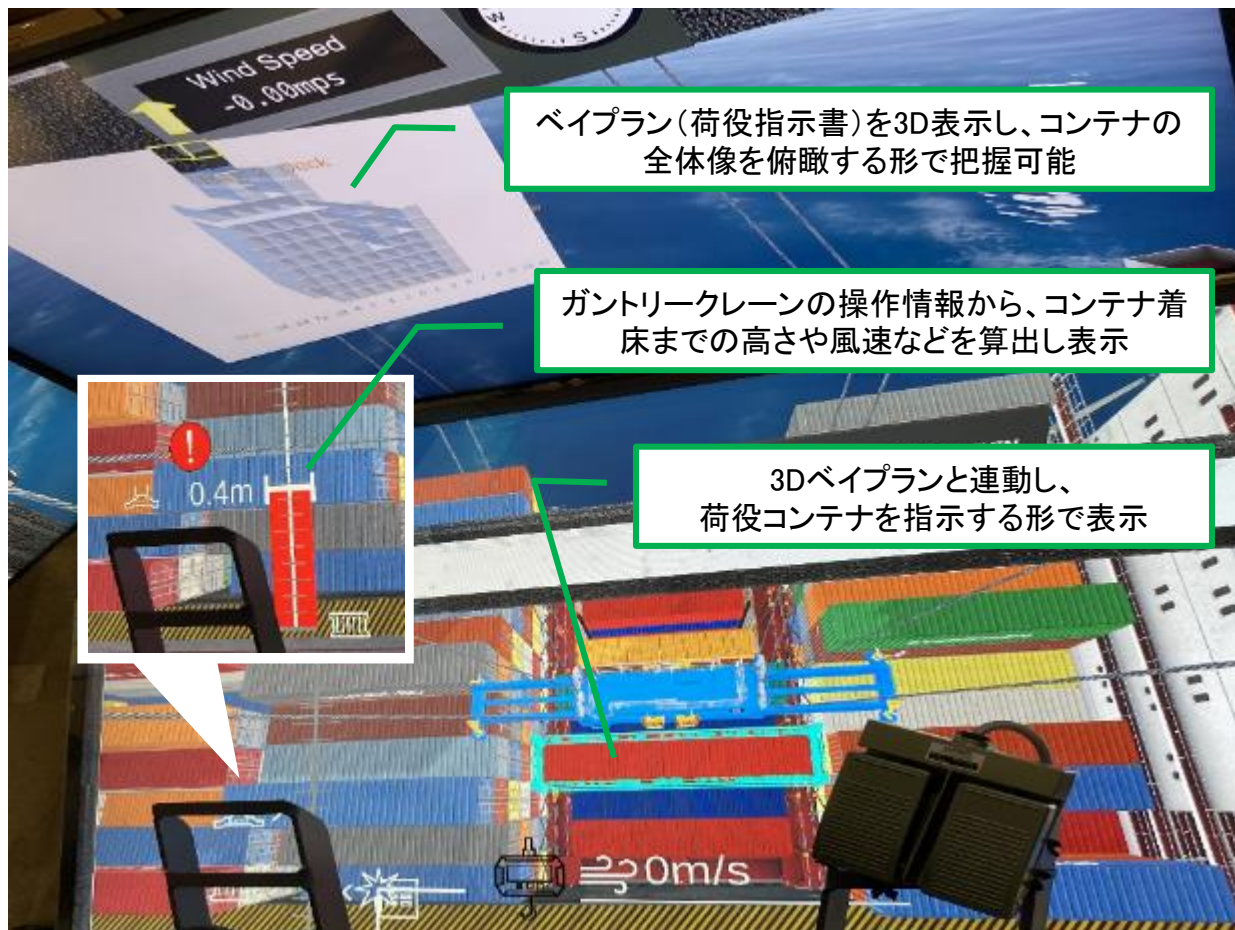
- 操作支援機能の技術転用として、実荷役に近いシミュレータ環境において、荷役支援機能を付加
- 操作試験による評価を行い、**ガントリークレーン操作時における荷役支援機能の有効性を確認**

実施概要



ガントリークレーンシミュレータ

システム
連携



ベイプラン(荷役指示書)を3D表示し、コンテナの全体像を俯瞰する形で把握可能

ガントリークレーンの操作情報から、コンテナ着床までの高さや風速などを算出し表示

3Dベイプランと連動し、荷役コンテナを指示する形で表示

シミュレータ ↓ 情報の連携 ↑ 荷役支援情報の表示

ガントリークレーン操作支援向け
状態把握システム