

# コンテナヤード内横持トレーラー運行の高度化 に係る技術開発に関する研究委託

技術開発テーマ	ターミナル内のコンテナ輸送の高度化
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	苫小牧栗林運輸(株)
技術開発分担機関①	日野自動車(株)
技術開発分担機関②	(株)三井E&S

1. 事業概要
2. 技術開発と成果
3. 更なる高度化
4. 視察の概要
5. 総合評価

# 1. 事業概要

技術開発機関:(代表) 苫小牧栗林運輸株式会社 (分担機関) 日野自動車株式会社、株式会社三井E&S

事業期間: 令和5年度～7年度(3か年)

## 目的

地方都市においては、人口減少による人手不足の課題が発生しているとともに、2024年問題への対応が急務となっている。このため、ターミナル内横持トレーラーの運転補助機能を開発し、ターミナル内の荷役効率の向上及び労働環境の改善を図る。

※運転補助: 特定条件下においてシステムが全ての運転操作を実施する。搭乗した監視員が周辺安全監視を行うと共に、異常時にシステムからの警報に対して監視員が適切に対応する。

## 技術開発の実施内容

- ターミナルオペレーションシステム(TOS)と車両管制システムの情報連携機能の開発
- 苫小牧港において運転補助機能にて走行可能な横持トレーラーの開発
- 現場走行試験実施のためのデータ収集及びシミュレーション、構内運行ルート及び交通ルールの設定、現場走行試験

## 実施スケジュール

### <1年目>

事前調査、各システムの要件定義・開発

### <2年目>

各システムの開発、構内運行ルート及び交通ルールの設定  
インフラ整備、現場走行試験(1回目・ルート①②⑤⑥)

### <3年目>

ルート③④対応の追加及び作業員用UIの開発  
現場走行試験(2回目・ルート①②③④⑤⑥)  
開発したシステムの総合評価

## 技術開発の成果(見込み)

TOSからの荷役指示を受け、ターミナル内を走行する運転補助機能付き横持トレーラー及び車両管制システムの技術的な検証が完了。特定の走行環境条件で、運転補助機能による走行時に本船荷役に対応する情報連携や停止精度に係る技術的な検証が完了。その後、引き続き製品としての提供が可能な水準まで開発を継続し、コンテナターミナルへの導入を進める。

【ターミナル内の走行ルートのイメージ】

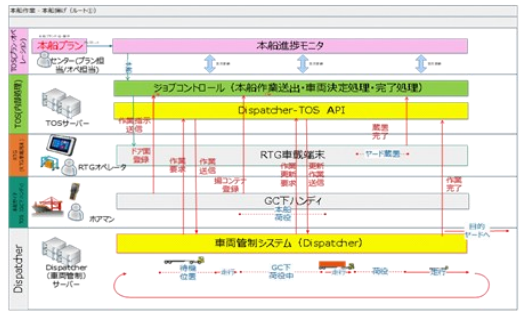


# 2. 技術開発と成果

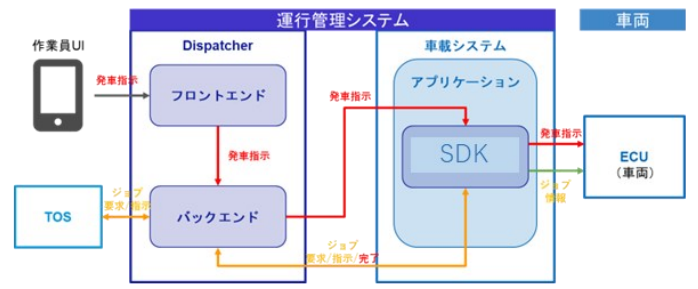
## ■R5年度

○苦小牧港での運行に必要な要件を洗い出し技術開発項目とシステム構成を取り決め

### TOS連携システム



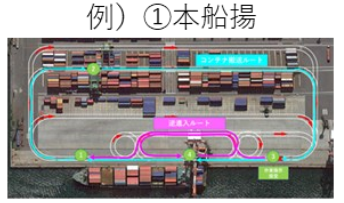
### 運行管制システム指示フロー



### 実証における走行パターン

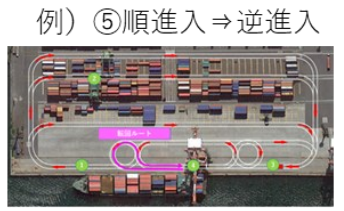
定常

- ①本船揚 (輸入)
- ②本船積 (輸出)
- ③本船積⇒本船揚 (切替)
- ④本船揚⇒本船積 (切替)



異常

- ガントリー下到着後の転回 (コンテナ向き違い対応)
- ⑤順進入⇒逆進入
  - ⑥逆進入⇒順進入



### 港湾固有の課題

自己位置推定

- ・GNSS精度の低下場所
- ・コンテナ配置の変化

各種技術×インフラ

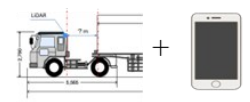


ランドマーク/白線

正着精度

- ・ガントリークレーンへの正着 (±120mm)

車両制御×リモコン



# 2. 技術開発と成果

## ■R6年度

○各システム開発、車両改造を実施しコンテナターミナル内で実証走行#1を実施

### システム開発

ターミナルオペレーションシステム (TOS)



運行管制システム



### 車両改造

完成車両



センサー類取り付け



### 事前走行テスト

経路走行



停止位置測定



衝突回避性能試験



### 実証走行 # 1

走行実証



車両見学会



## 2. 技術開発と成果

### ○令和7年度:現場走行試験(2回目)、総合評価

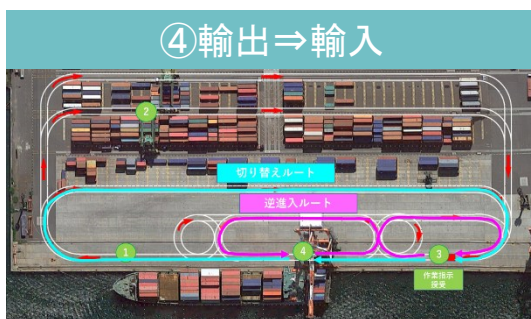
#### 目標①: ルート③④に対する追加開発と作業性を向上させる作業員UIの開発

- ・ ルート追加による運行管制システム-TOS APIのロジック追加と車両指示端末向けUI開発を完了する。

#### 目標②: 現場走行試験を実施し総合評価を完了する

- ・ R6年度に実施した改良を踏まえトレーラーの自動走行の現場実証を行い評価する。
- ・ 更なる技術開発の可能性ならびに活用の拡大に向けた検討を行う。

#### ルート追加



#### 作業員UI



## 2. 技術開発と成果

### ◆実証走行#2 実施概要

予定していた評価やデータの取得が完了。多くの方に視察を頂いた

期間 : R7年9月28日(日)~R7年10月3日(金)  
場所 : 苫小牧国際コンテナターミナル  
実施内容 : 走行テスト及び港湾関係者の視察

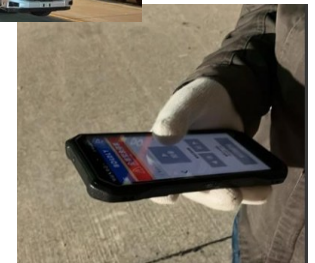
### ■走行テスト(評価項目)

#### 目標① 検証

- ・追加ルート(③④)の走行確認
- ・作業員小型端末の各種機能確認(車両への指示機能確認)

#### 更なる 高度化

- ・複数台運行における課題確認
- ・運転補助トレーラーの運行効率(生産性)の確認
- ・ガントリークレーン下での正着成功率向上策の評価
- ・ウインカー、ハザートの実装確認



## 2. 技術開発と成果

### ◆目標①検証(追加ルート③④の走行確認)

TOS API追加開発を行い、実車での走行確認を実施

#### ■TOSおよび管制システムの改造

TOS APIにルート3(積から揚)、ルート4(揚から積)を追加 机上にて動作確認

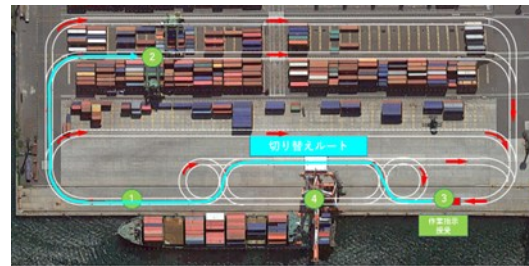
#### ■走行試験でルート3、ルート4が含まれる本船荷役データを使用し、走行試験を実施 (2025年8月～10月2回)

作業順 →

タイプ	揚	揚	積	積	揚	揚
ルート	1	1	4	3	1	1



ルート3(積から揚)



ルート4(揚から積)

机上および走行試験においてルート3、ルート4が問題ないことを確認した。

# 2. 技術開発と成果

## ◆目標①検証(作業員UIの機能確認)

車両への指示機能が全て有効に機能することを確認

操作ボタン	指示内容	結果
発車	運転補助機能付き横持トレーラーを発車させる	○
前/後	コンテナ揚げ/降しを行うために車両位置を前後に調整を行う	○
転回開始	ガントリークレーン下において車両の船尾を入れ替えるため方向転換させる	○
全車緊急停止	緊急時に全車停車させる	○

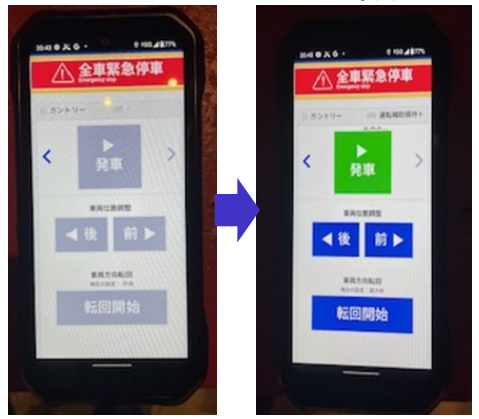
### スタート位置

到着前      到着後



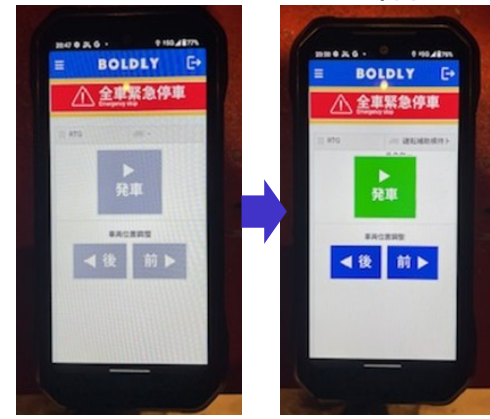
### GC下

到着前      到着後



### RTG下

到着前      到着後



### 全車緊急停止



# 3. 更なる高度化

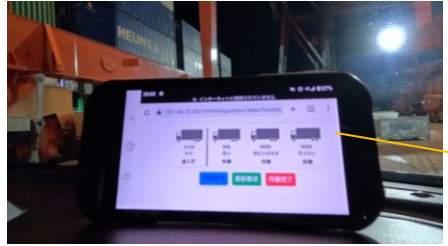
## ◆目標②更なる高度化(複数台運行における課題確認)

### 複数台トレーラーでの荷役業務を模して、走行確認を実施

本船荷役を想定し、乗用車(3台)+運転支援車両でギャングを形成



- ◆ 乗用車運転手には、タブレット端末を持たせ作業指示を表示
- ◆ 運転支援車両同様に待機位置、GC下、ヤードRTG下で、TOSにデータ要求する機能
- ◆ ルート、揚積区分・コンテナ番号・サイズ・ヤード目的地・前後車両(走行順番)を表示



積作業時のGC下進入はこの表示順をキープするよう指示がでる

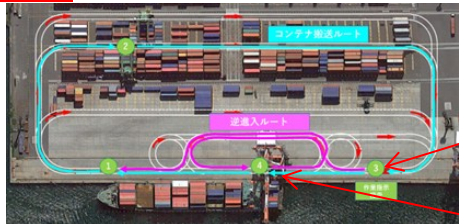
### ■課題

積(輸出)作業については、船の積載順は規定通りに実施する必要あり、ヤードからコンテナを積載しGC下に戻ってくる順番は維持される必要がある。



各車両の位置情報を管理し、車両に対して【減速による順序調整】や【追い抜き】を制御する機能が必要

### ルート1 揚



- ①【待機位置】で到着順に作業要求を行う
- ②【GC下】でその順でコンテナを積載

### ルート2 積

#### ②ヤードでコンテナ積載



- ①【待機位置】で作業要求し次作業(積作業)を受信
- ③積順は規定されており、【GC下】へは順序維持する必要あり



複数台を模した走行試験

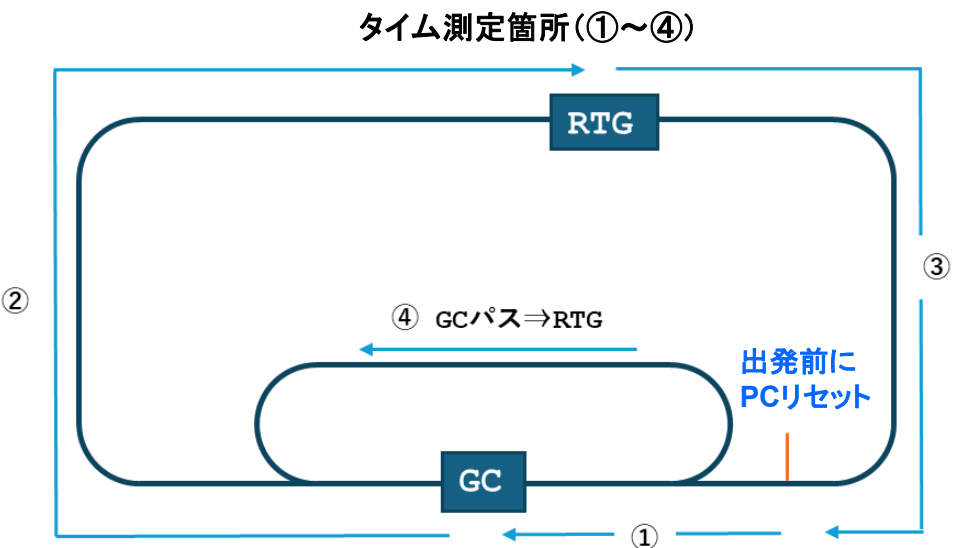
# 3. 更なる高度化

## ◆目標②更なる高度化(運行効率の確認)

横持運搬に係る時間を運転補助車両と既存(有人車両)とで比較

### ■有人車両vs運転補助車両計測結果

揚⇒揚⇒積⇒積のルート(4周)を有人車両/運転補助車両それぞれの運行時間を測定した。測定箇所を区切りそれぞれの所要時間を以下に示す。※有人車両の最高速度は20Km/h  
測定箇所③を除き、有人車両に対し同等のタイムであることを確認



タイム測定1回目

サイクル1と有人		1回目	2回目	3回目	4回目	平均	差異
①	運転支援	00:53		00:45	00:46	00:48	00:11
	有人	00:38	00:34	00:37	00:39	00:37	
②	運転支援	01:55		01:54		01:55	-00:13
	有人	02:11	02:08	02:06		02:08	
③	運転支援	02:58	02:58	03:10	03:13	03:05	01:39
	有人	01:19	01:18	01:33	01:33	01:26	
④	運転支援	02:51				02:51	00:00
	有人	02:51				02:51	
走行のみ							01:37

タイム測定2回目

サイクル2と有人		1回目	2回目	3回目	4回目	平均	差異
①	運転支援	00:51		00:45	00:42	00:46	00:09
	有人	00:38	00:34	00:37	00:39	00:37	
②	運転支援	01:52		01:52		01:52	-00:16
	有人	02:11	02:08	02:06		02:08	
③	運転支援	02:55	02:51	03:01	03:21	03:02	01:36
	有人	01:19	01:18	01:33	01:33	01:26	
④	運転支援	03:08				03:08	00:17
	有人	02:51				02:51	
走行のみ							01:46

車載PCリセット作業が影響(約90秒)

# 3. 更なる高度化

## ◆目標②更なる高度化(GC下での正着成功率向上策の評価)

GC下の正着精度の更なる向上を目指し、GC位置情報の連携試験を実施

### 目的

GC下での正着成功率の更なる向上を目指し、GC側にGNSSアンテナを設置し位置情報を車両と連携する方式を検討。  
昨年実施した、SLAM単体方式との比較を行い、実用化に向けた優位性を検証。

### 検証内容

GCの位置を移動させながら、下記方式(①~③)の正着成功率を比較した

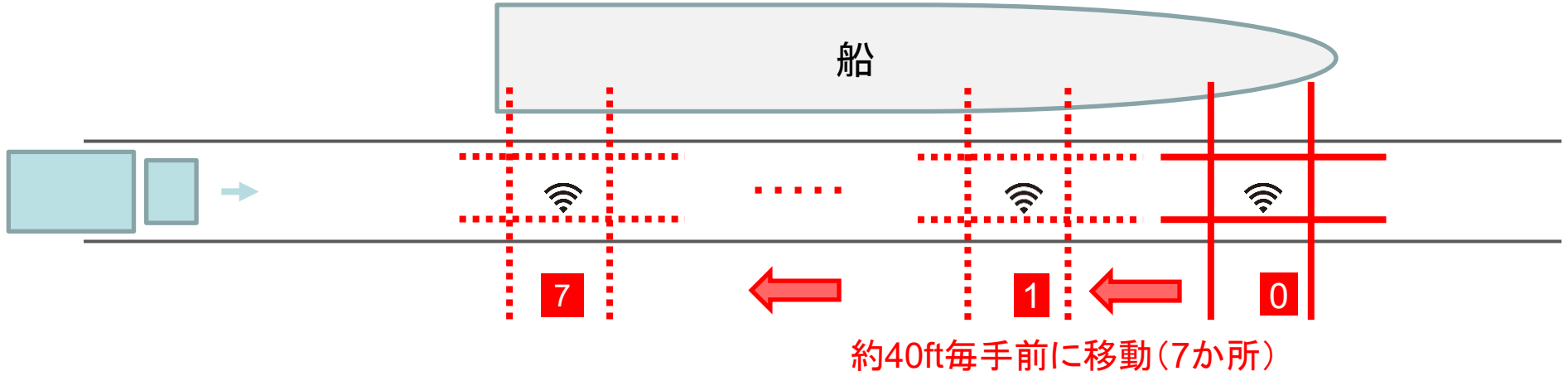
方式	正着方法(自己位置取得方法)	特徴
①SLAM	事前に作成したGCの3Dマップと照合し車両の位置情報を特定しガントリークレーンの中心に停車	<ul style="list-style-type: none"><li>・GNSSが受信し辛い場所でも使用可能</li><li>・GNSS⇒SLAMに切替が必要(自己位置の再取得が発生)</li></ul>
②CG位置情報連携	GCにGNSSアンテナを設置。その座標を車両側と連携し、停止場所を指示。車両は指定された座標を元に停車	<ul style="list-style-type: none"><li>・GCの座標のみで停車位置を指示できる</li><li>・GNSSが完全に受信できない場所は不可</li></ul>
③SLAM+GC位置情報連携	GCの位置情報を車両と連携させ、SLAMの探索初期位置をGCの位置に合わせ移動。SLAM方式でGC中心に停車	<ul style="list-style-type: none"><li>・探索初期位置をGC位置に合わせ移動が可能で、GNSS⇒SLAMへの切り替え時間が確保可能</li><li>・①②と比べ、費用面の懸念あり</li></ul>

# 3. 更なる高度化

## ◆目標②更なる高度化(GC下での正着成功率向上策の評価)

SLAM+GNSS方式が優位性があることを確認

試験方法/結果

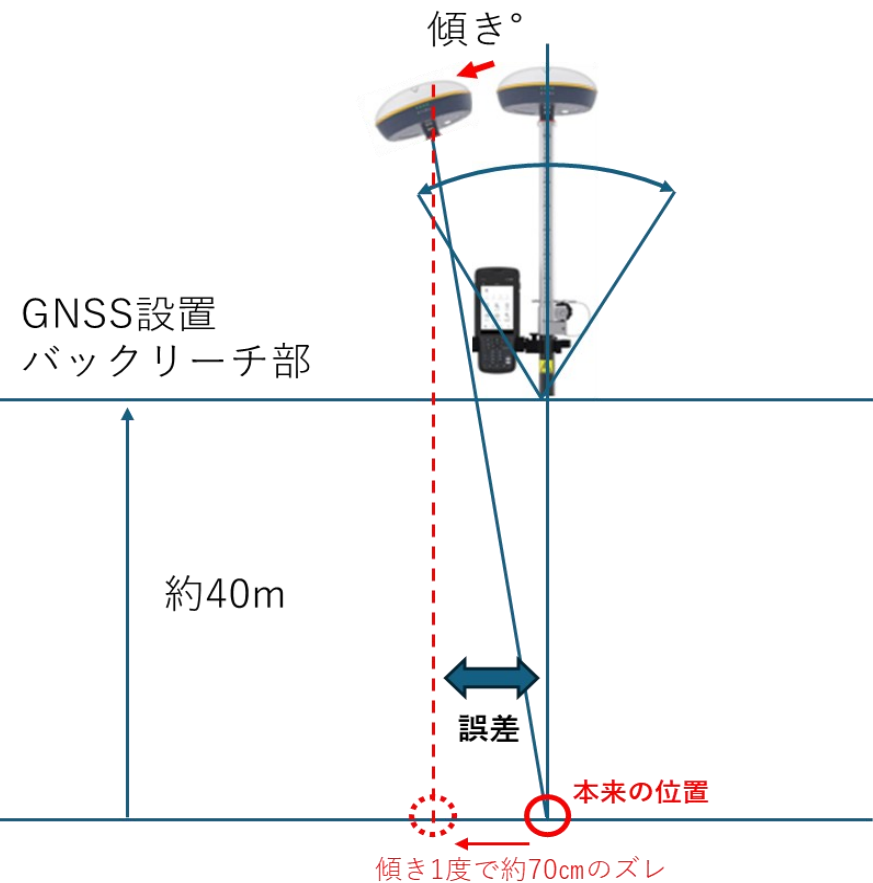


○位置調整なし △位置調整1回 ×位置調整2回以上

方式	0	1	2	3	4	5	6	7	結果/考察
SLAM	○	○	○	○	○	×	×	×	GCとの距離70m程度～SLAMに切り替らず
GNSS	×	△	×	○	×	○	△	○	路面の影響を受け、正確な座標の指示ができず船のコンテナにより車両でのGNSS精度が低下
SLAM+GNSS	○	○	○	○	○	△	○	△	GCとの距離5mでもSLAM切り替る事を確認

# 3. 更なる高度化

## (補足) GNSS設置高さとベイでの影響



ガントリークレーンのバックリーチに設置する GNSS はヤード内に基準局を設置する RTK-GNSS で構成し測位精度は数 cm だが、この精度を得られるのはGNSS アンテナ取り付け位置である。GNSSアンテナ設置高さが約40mとすると、作業ベイにおける指示座標の誤差は大きくなり作業ベイでの地面に対する停止精度を得ることは難しい。(設置傾き1度→作業ベイ誤差約70cm)

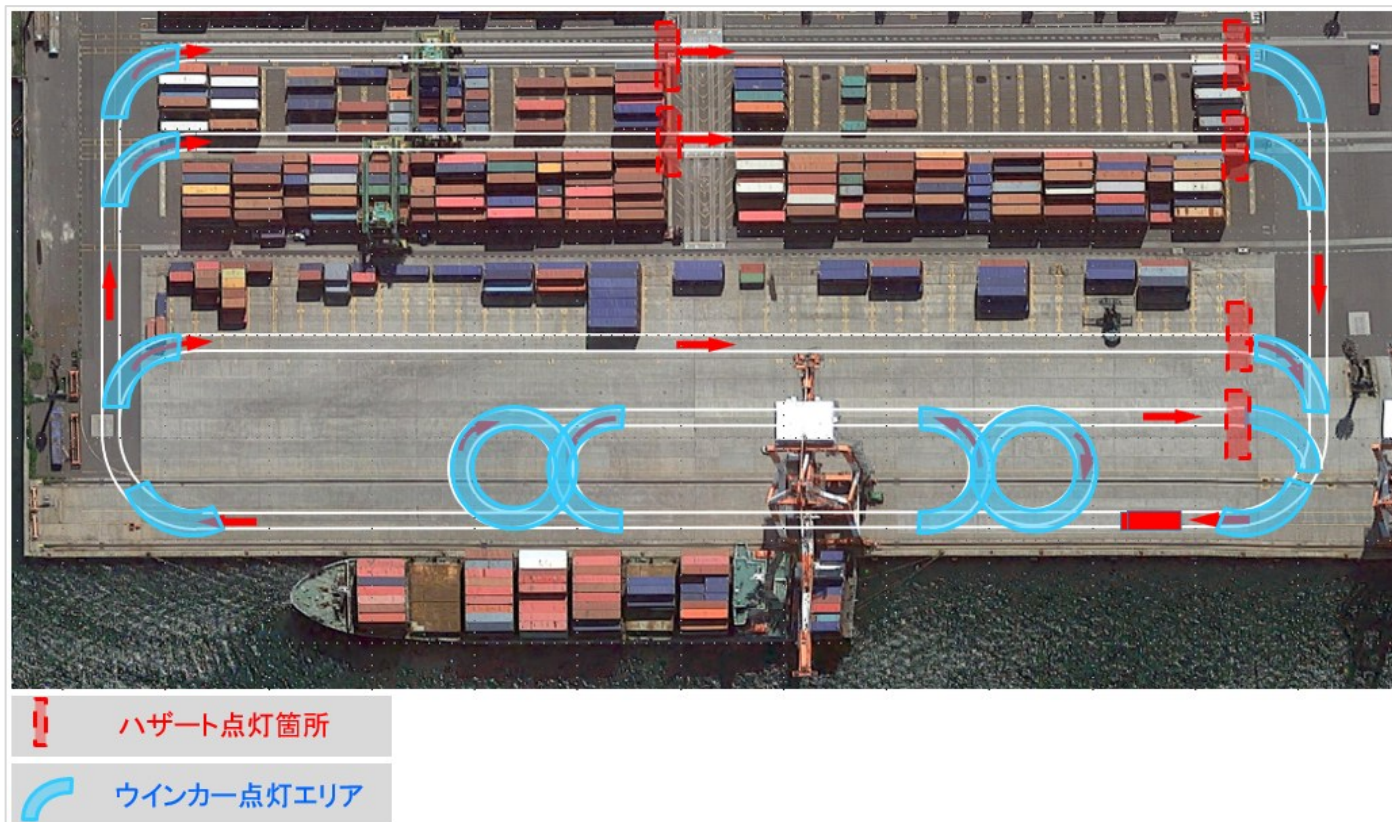
# 3. 更なる高度化

## ◆目標②更なる高度化(ウインカーハザードの実装確認)

事前に設定したエリアにおいて、ウインカー/ハザードが正常に点灯する事を確認

昨年実施した実証走行において、セーフティドライバーの声を反映させ安全性、安心感が向上

ウインカー/ハザード点灯箇所



ウインカー点灯



ハザード点灯



# 4. 視察の概要

## ◆実証#2視察結果

港湾関係者を中心に多くの方にご視察頂き、技術開発の有用性にご理解頂いた



令和7年10月2日に全国港湾殿、港運同盟殿等の労働組合及び苫小牧港の同業他社を中心とした実証走行の視察を実施。

実証走行は問題なく終了する事が出来た。



令和7年1月の1回目の実証走行以降、10月2日の実証走行まで49の企業・団体、189名の視察を受け入れた。

# 5. 総合評価

## ◆3年間(R5～7年度)の総括

- ✓ 当初計画していた開発は全て完了。  
特定条件下で運転補助機能による運行が可能な車両開発が完了
- ✓ 地方港の置かれている環境を広く発信すると共に横持トレーラーの高度化が社会課題解決の一助となることを確認

### 技術開発の成果

特定の走行環境において下記を実現できることを確認

#### ①(システム連携開発)

- ・TOS、管制システム、車両、作業者端末がデータ連携し既存オペレーションを実現できることを確認

#### ②(正着制御)

- ・精緻な正着精度が求められるガントリークレーン、RTG下において停止精度向上に係る技術検証が完了

#### ③(自己位置推定)

- ・GNSS、SLAMを適宜切り替える事によりコンテナナード内においても自己位置推定が可能なことを確認

#### ※特定の走行環境

- ・運転補助車両1台運行
- ・GC下1レーン、コンテナ1個持ち
- ・外来車両などとの混在無し
- ・天候不良(降雪、霧、雨)を除く
- ・セーフティードライバーによる安全監視