

ターミナル管理システムの個別要素技術の 適用可能性評価

令和6年3月12日

国土交通省

港湾局計画課

- 本検討会では、内航フェリー・RORO船の荷役効率化に資する情報通信技術や自動技術のアイデアを広く聴取することを目的に、サウンディング調査として、民間事業者から技術提案を募集。フェリーWG・RORO船WGにおいて、各企業別に説明・質疑を実施。
- 提案のあった事業者数は計12者であった(内訳:以下の①～④関連で9者、⑤・⑥関係で3者)。
- WGでは、各企業による提案内容の説明・質疑の後、WG構成員による意見交換を行った。

<調査のスケジュール>

- ・実施要領の公表:2023年4月4日
- ・提案書の提出期限:2023年4月24日
- ・サウンディング調査の実施:2023年5月17、18日

<留意事項>

- ・本調査での参加は、今後、次世代高規格ユニットロードターミナルへの技術の実装を行う事業者の公募を行う場合において、優位性を付与するものではない。
- ・本調査への参加に係るすべての経費は、参加者の負担とする。

<提案を求めた技術>

項目	概要
①ターミナル内におけるシャーシ位置管理	<ul style="list-style-type: none"> ・現在多くのターミナルにおいて、位置管理は確認要員がヤード内を巡回することによって行っている。 ・位置管理が詳細に行われていないターミナルでは、下船シャーシを受け取りに来たドライバーがヤード内でシャーシを捜索することが必要。
②ターミナルや船舶の出入口における車両の出入管理	<ul style="list-style-type: none"> ・現在多くのターミナルにおいて、出入管理は確認要員によるナンバープレートを目視確認によって行われている。 ・受付に時間を要し、待機の列ができることがある。 ・提案に際し、シャーシのほか、積載コンテナの管理についても併せて提案を求める。
③ゲートにおける車両損傷確認	<ul style="list-style-type: none"> ・現在多くのターミナルにおいて、車両損傷確認は確認要員によるシャーシを目視確認によって行っている。 ・受付に時間を要し、待機の列ができることがある。
④ ①～③で取得した情報を一体的に管理・運用するシステム	<ul style="list-style-type: none"> ・①～③で取得された情報は、一体的に管理され、必要な時にわかりやすい形でターミナル内の作業員やターミナルを利用するドライバー等に提供されることで、より効率的なオペレーションが実現されると考えられる。
⑤船内における貨物の固縛	<ul style="list-style-type: none"> ・現在多くの船舶において、貨物の固縛は1台ずつ人力で行われている。 ・ターミナル内の作業と併せて効率化が求められている。
⑥その他荷役効率化に資する情報通信・自動技術	<ul style="list-style-type: none"> ・上記に関わらず、現状の荷役の効率化に資する幅広い技術提案を求める。

サウンディング調査で提案のあった個別要素技術の概要

- 入退場管理のための技術として、定点カメラやドローンを使った撮影系の技術、ETCやRFIDタグを使ったID読取系の技術について、提案があった。
- シャーシ・コンテナ損傷確認のための技術として、定点カメラを使った撮影系の技術について提案があった。

提案のあった要素技術の一覧

	撮影系		ID読取系		測位系		その他
	定点カメラ	ドローン	RFIDタグ	ETC	LiDARセンサー	GPS	
① 入退場管理	○	○	○	○			
② 損傷確認	○						日常点検記録の活用
③ 位置管理	○	○			○	○	

① 入退場管理における技術導入 ～ゲート入退管理システム～

案1. カメラ撮影による車番の読取

※ドローンに搭載されたカメラにより撮影する技術もあり



案2. RFIDタグによる車両情報の読取

ヘッドおよびシャーシにRFIDタグを取付け、センサーで車両情報を読取



案3. ETCによる車両情報の読取

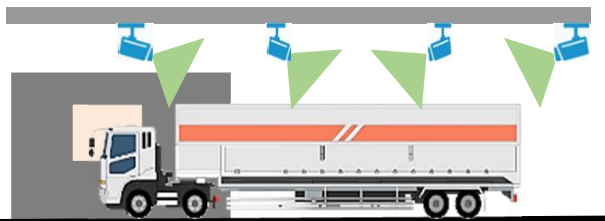
ヘッドに搭載のETCで車両情報を読取



※シャーシの入退管理も実施する場合は、RFIDタグ等によりヘッドとシャーシの紐付けを実施

② シャーシ・コンテナ損傷確認における技術導入 ～損傷確認システム～

案1. カメラ撮影による損傷状況の確認



※その他、トレーラーの日常点検として、始業時・終業時にドライバーが実施する点検情報を活用するという提案も、サウンディング調査で見受けられた。

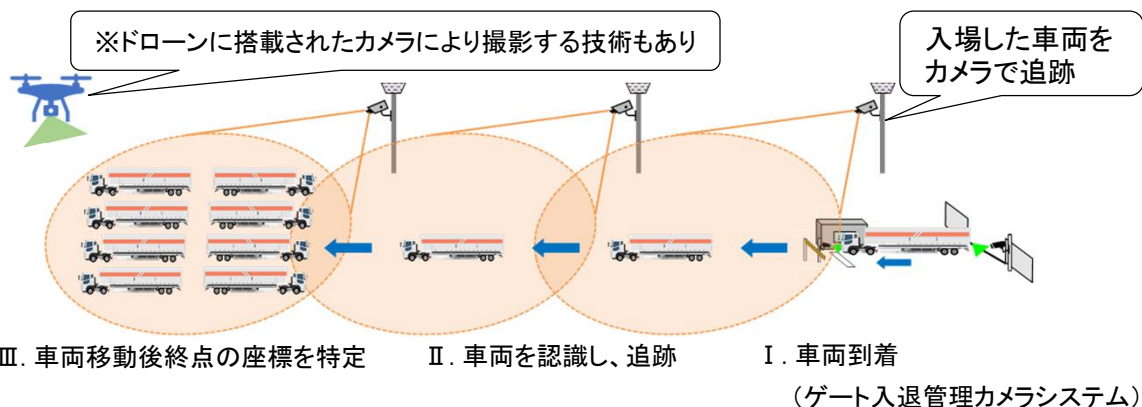
- ❑ シャーシ・コンテナ位置管理のための技術として、定点カメラやドローンを使った撮影系の技術、LiDARセンサーやGPSを使った測位系の技術について提案があった。

提案のあった要素技術の一覧

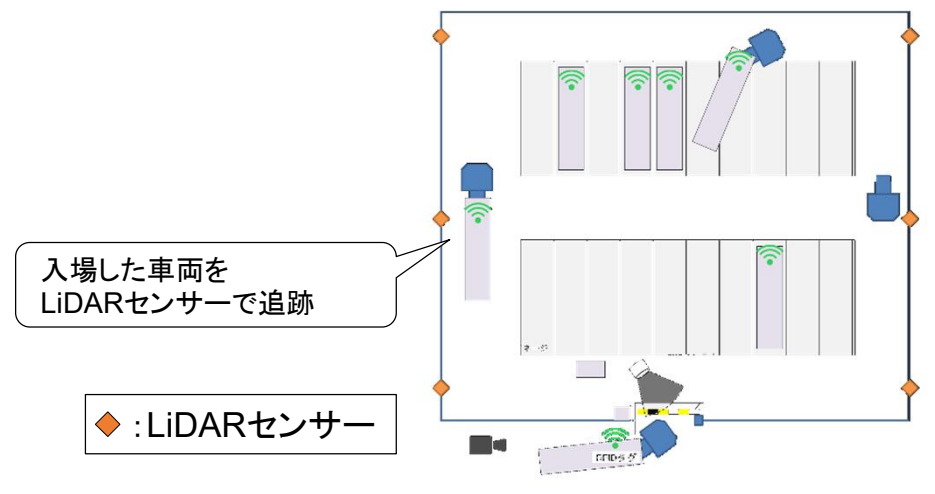
	撮影系		ID読取系		測位系		その他
	定点カメラ	ドローン	RFIDタグ	ETC	LiDARセンサー	GPS	
① 入退場管理	○	○	○	○			
② 損傷確認	○						日常点検記録の活用
③ 位置管理	○	○			○	○	

③ シャーシ・コンテナ位置管理における技術導入 ～位置管理システム～

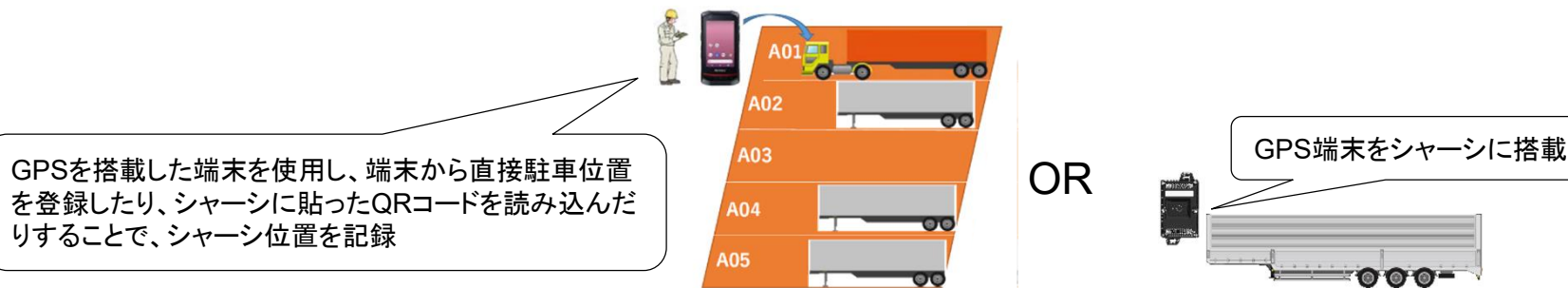
案1. カメラ撮影による車両の追跡



案2. LiDARセンサーによる場内車両位置の測位



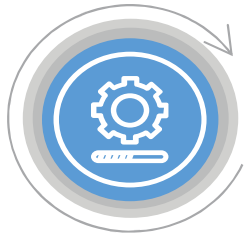
案3. GPSによる車両位置の測位



個別要素技術の適用可能性評価の概要

- 次年度に実施予定のシステム構築及び現地実証試験を見据え、提案のあった個別要素技術の適用可能性を評価した。
- 評価にあたっては、1. 技術の成熟度、2. 技術導入時の留意点、3. 技術導入にかかるコストの3つの観点から検討を実施し、現地実証試験の候補となりうる要素技術の一次選定を実施した。

評価の観点



1. 技術の成熟度

現場で検証すべき事項があるか

- ✓ すでに量産化/水平展開が可能なフェーズにあると考えられる要素技術の組み合わせである場合、運用面や導入のスキーム面での検討は必要と考えられるものの、現場で技術そのものの検証を実施する重要性は低いと判断
- ✓ フィールド実証フェーズにあると考えられる要素技術に対しては、現場での技術の検証を実施することが重要であり、現地実証試験の候補となりうる



2. 技術導入時の留意点

現場で想定される環境条件・運用形態に対応可能か

- ✓ 現場で想定される環境条件や運用形態に対し、明らかに導入が困難と想定される要素技術については、将来的な全国展開およびシステム導入促進を見据え、現地実証試験の重要性は低いと判断
- ✓ 悪天候への対応や運用上の課題を、実際の導入環境において検証することで、対応可否が明らかになることや改善が図られることが期待される技術が現地実証試験の候補となりうる



3. 技術導入にかかるコスト

将来的な全国展開を見据え、現実的なコストで導入可能か

- ✓ 開発・導入・運用に係る費用を鑑み、要素技術間で明らかなコスト差が想定される場合は、将来的な全国展開およびシステム導入促進を見据え、より安価な要素技術が現地実証試験の候補となりうる

個別要素技術の適用可能性評価の比較

- 入退場管理、シャーシ・コンテナ損傷確認、シャーシ・コンテナ位置管理それぞれにおける各要素技術を、1. 技術の成熟度、2. 技術導入時の留意点、3. 技術導入にかかるコストの3つの観点から評価した結果、以下のとおりとなった。
- 加えて、要素技術を統一することにより、設備の共通化やシステムのシンプル化が図られ、コスト削減や運用の効率化等のメリットが考えられる。

① 入退場管理における技術導入

観点	案1. カメラ撮影による車番の読取	案2. RFIDタグによる車両情報の読取	案3. ETCによる車両情報の読取
成熟度	映像からの車番認識については、現地での技術検証が必要である	車両に設置されたRFIDタグからの情報読取については、現地での技術検証が必要である	ETCの情報読取については、すでに広く実用化されている
留意点	悪条件でも機能させるために、機器の選定や設置位置の工夫等を検討する必要がある	運用面の課題がある(RFIDタグを設置していない車両の情報は取得できない)	運用面の課題がある(ETCを搭載していない車両の情報は取得できない)※シャーシは原則ETC未搭載
コスト	<ul style="list-style-type: none"> 導入: 10百万円～15百万円 運用: 1百万円～10百万円(年間) 	<ul style="list-style-type: none"> 導入: 10百万円程度 運用: 5百万円程度(年間) 	<ul style="list-style-type: none"> 導入: 20百万円程度 運用: 20百万円程度(年間)

② シャーシ・コンテナの損傷確認における技術導入

観点	案1. カメラ撮影による損傷確認	案2. RFIDによる損傷確認
成熟度	映像からどの程度損傷が確認できるかについては、現地での技術検証が必要である	RFIDは天候によらず機能するため、カメラの補助的な役割が期待できる。
留意点	悪条件でも機能させるために、機器の選定や設置位置の工夫等を検討する必要がある	<ul style="list-style-type: none"> 要素技術をカメラで統一することにより、設備の共通化やシステムのシンプル化が図られ、コスト削減や運用の効率化等のメリットが考えられる。
コスト	<ul style="list-style-type: none"> 導入: 10百万円～60百万円 運用: 1百万円～10百万円(年間) 	

③ シャーシ・コンテナ位置管理における技術導入

観点	案1. カメラ撮影による車両の追跡	案2. LiDARセンサーによる場内車両位置の追跡	案3. GPSによる車両位置の測位
成熟度	映像からの個体識別や追跡については、現地での技術検証が必要である	点群からの個体識別や追跡については、現地での技術検証が必要である	GPSによる測位については、すでに広く実用化されている
留意点	悪条件でも機能させるために、機器の選定や設置位置の工夫等を検討する必要がある	悪条件でも機能させるために、機器の選定や設置位置の工夫等を検討する必要がある	<ul style="list-style-type: none"> 【車両設置の場合】運用面の課題がある(GPS受信機を設置していない車両の情報は取得できない) 【端末による場合】位置情報を記録する作業や、貸し出す場合は免責事項など運用面の課題がある
コスト	<ul style="list-style-type: none"> 導入: 70百万円～100百万円 運用: 10百万円～30百万円(年間) 	<ul style="list-style-type: none"> 導入: 80百万円程度 運用: 40百万円程度(年間) 	<ul style="list-style-type: none"> 約12,000円/台/年 →2,000台に装着する場合、24百万円(年間)

※コストは、導入する港のレイアウトや運用形態によって変動する。また、機器設置用スペースの確保や工事の実施に係る費用が別途追加となる可能性がある。

個別要素技術の適用可能性評価(①入退場管理における技術導入)

要求事項

- 入退場管理、およびブックンリストとの照合により貨物到着管理を自動化する。
- ②損傷確認と③位置管理に車両情報を引き継ぎ、車両の個体管理を可能とする。

期待される効果

車番確認や台帳作成の自動化・短時間化。

案1. カメラ撮影による車番の読取



案2. RFIDタグによる車両情報の読取



案3. ETCによる車両情報の読取



特徴	<ul style="list-style-type: none"> 入退口に設置したカメラで車番を撮影 撮影映像から車番を認識 ブックンリストと照合して到着管理 	<ul style="list-style-type: none"> ヘッド・シャーシ・コンテナに、事前に車両情報を書き込んだRFIDタグを設置 入退口に設置したセンサーでRFIDタグの情報を読取 ブックンリストと照合して到着管理 	<ul style="list-style-type: none"> 入退口に設置したETCセンサーでヘッドのETC情報を読取 ブックンリストと照合して到着管理
成熟度	<ul style="list-style-type: none"> カメラ撮影 : 量産 映像からの車番認識 : フィールド実証 	<ul style="list-style-type: none"> RFIDタグへの情報書込 : 量産 RFIDタグの情報読取 : フィールド実証 	<ul style="list-style-type: none"> ETCの情報読取 : 量産
<ul style="list-style-type: none"> (共通)ブックンリストとの照合: フィールド実証 			
留意点	<ul style="list-style-type: none"> 下記のような条件で読取精度の低下が予想される (被写体)画角から外れる、雪等で隠れる (光源)不足する、乱反射する、逆光となる (カメラ)風で揺れる、雪等でレンズが隠れる 以上に対応するため、下記について検証が必要である (機器の選定)如何に車番認識に適した映像を得るか (精度の検証)如何に高精度に車番を認識するか 	<ul style="list-style-type: none"> RFIDタグを設置していない車両の情報は取得できない 特に、船社や港湾荷役業者以外が所有する車両については、タグの設置や管理に係る調整が必要である 	<ul style="list-style-type: none"> ETCを搭載していない車両の情報は取得できない シャーシ・コンテナ情報は、ブックンリスト上でヘッド情報と紐づけておくか、もしくは案2.のようにRFIDタグによる読取等で取得する必要がある
<ul style="list-style-type: none"> (共通)既存のブックンリストとの連携方法を検討する必要がある 			
コスト	<ul style="list-style-type: none"> 導入: 10百万円~15百万円 運用: 1百万円~10百万円(年間) 	<ul style="list-style-type: none"> 導入: 10百万円程度 運用: 5百万円程度(年間) 	<ul style="list-style-type: none"> 導入: 20百万円程度 運用: 20百万円程度(年間)

※コストは、導入する港のレイアウトや運用形態によって変動する。また、機器設置用スペースの確保や工事の実施に係る費用が別途追加となる可能性がある。

要求事項

- ・ヤード入退口にて車両外観を記録し、問合せ時に参照可能とする。
- ・撮影した映像履歴の差異から損傷を自動判別する。

期待される効果

問合せ時等の確認作業の短時間化。

案1. カメラ撮影による損傷確認



特徴	<ul style="list-style-type: none"> ・シャーシ外部の天井や側面を撮影できる位置にカメラを設置 ・カメラにより撮影した画像を受付所のモニターに表示し、損傷の有無を確認のうえ、問題無ければ搬入処理を実施 ・外観画像はブッキングリストと紐づけ、必要時 or 一定期間保存 ・後日、損傷の問い合わせがあった際に、車両映像を検索、閲覧でき、映像を証跡として確認
成熟度	<ul style="list-style-type: none"> ・カメラ撮影 : 量産 ・映像の記録 : 量産 ・映像からの損傷自動判別 : 模擬実証 ・ブッキングリストとの照合 : フィールド実証
留意点	<ul style="list-style-type: none"> ・ 下記のような条件で読取精度の低下が予想される (被写体) 画角から外れる、雪等で隠れる、ごみや汚れが付着する (光源) 不足する、乱反射する、逆光となる (カメラ) 風で揺れる、雪等でレンズが隠れる 等 ・ 以上に対応するため、下記について検証が必要である (機器の選定) 如何に損傷確認に適した映像を得るか ・ 既存のブッキングリストとの連携方法を検討する必要がある ・ 撮影画像を目視により確認する、必要時に提示できるよう記録・保存しておく、等の対応が必要である
コスト	<ul style="list-style-type: none"> ・ 導入: 10百万円～60百万円 ・ 運用: 1百万円～10百万円(年間)

※コストは、導入する港のレイアウトや運用形態によって変動する。また、機器設置用スペースの確保や工事の実施に係る費用が別途追加となる可能性がある。

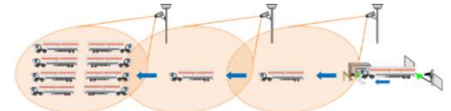
要求事項

・ヤード内のシャーシ・コンテナの蔵置位置管理を自動化する。

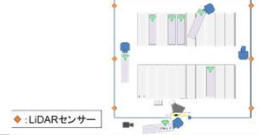
期待される効果

駐車位置指示や台帳作成の自動化・短時間化。

案1. カメラ撮影による車両の追跡



案2. LiDARセンサーによる場内車両位置の追跡



案3. GPSによる車両位置の測位



特徴	<ul style="list-style-type: none"> ・ヤード内を網羅できるようカメラを設置 ・入場してきた車両の色や形、①から引き継いだ車両情報を基に、映像内の個体を識別 ・ヤード内を移動する車両を撮影して追跡 ・最終的にシャーシ・コンテナが蔵置された位置を認識して記録 	<ul style="list-style-type: none"> ・ヤード内を網羅できるようLiDARセンサーを設置 ・入場してきた車両を測位し、①から引き継いだ車両情報と共に、ヤード内を移動する車両を測位して点群データを得ながら追跡 ・最終的にシャーシ・コンテナが蔵置された位置を認識して記録 	<ul style="list-style-type: none"> ・シャーシ・コンテナに、GPS受信機を備えた端末を設置 ・ヤード内の車両位置を常時or定期的に測位 ・最終的にシャーシ・コンテナが蔵置された位置を測位して記録
成熟度	<ul style="list-style-type: none"> ・カメラ撮影 : 量産 ・映像からの個体識別 : フィールド実証 ・識別した個体の追跡 : フィールド実証 	<ul style="list-style-type: none"> ・LiDARセンサーによる測位 : 量産 ・点群からの個体の識別 : フィールド実証 ・識別した個体の追跡 : フィールド実証 	<ul style="list-style-type: none"> ・GPSによる測位 : 量産
留意点	<ul style="list-style-type: none"> ・下記のような条件で読取精度の低下が予想される (被写体)異形の車両である、輻輳する(光源)不足する、乱反射する、逆光となる(カメラ)風で揺れる、雪等でレンズが隠れる ・以上に対応するため、下記について検証が必要である (機器の選定)如何に個体識別に適した映像を得るか (AIの作りこみ)如何に高精度に個体を認識するか 	<ul style="list-style-type: none"> ・下記のような条件で読取精度の低下が予想される (被写体)異形の車両である、輻輳する(環境)雨天等でレーザーが乱反射する ・以上に対応するため、下記について検証が必要である (機器の選定)如何に個体識別に適した点群情報を得るか (AIの作りこみ)如何に高精度に個体を認識するか 	<ul style="list-style-type: none"> ・GPS受信機を設置していない車両の情報は取得できない ・特に、船社や港湾荷役業者以外が所有する車両については、タグの設置や管理に係る調整が必要である
コスト	<ul style="list-style-type: none"> ・導入: 70百万円~100百万円 ・運用: 10百万円~30百万円(年間) 	<ul style="list-style-type: none"> ・導入: 80百万円程度 ・運用: 40百万円程度(年間) 	<ul style="list-style-type: none"> ・約12,000円/台/年 →2,000台に装着する場合、24百万円(年間)

※案1. と案2. の位置管理のコストには、入退管理(車両検知)および管理システム(検知→追跡)のコストを含む。
 ※コストは、導入する港のレイアウトや運用形態によって変動する。また、機器設置用スペースの確保や工事の実施に係る費用が別途追加となる可能性がある。

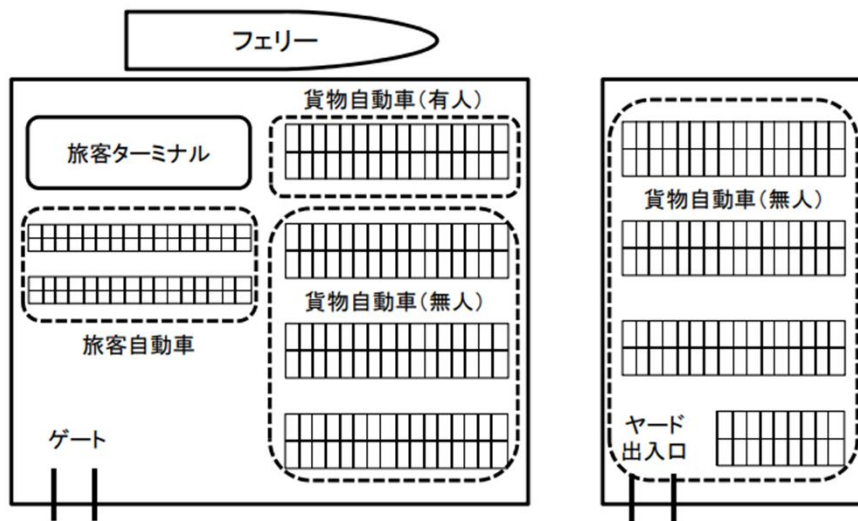
参考1:技術の成熟度を評価する際に参考とした指標

表 1 CO2 排出削減対策強化誘導型技術開発・実証事業における TRL(技術熟度)の定義一覧

レベル	定義	開始時の状況	アウトプット	実験環境	フェーズ*
8	製造・導入プロセスを含め、開発機器・システムの改良が完了しており、製品の量産化又はモデルの水平展開の段階となっている。	最終製品／最終地域モデルの性能の把握	最終製品／最終地域モデル	—	量産化／水平展開
7	機器・システムが最終化され、製造・導入プロセスを含め、実際の導入環境における実証が完了している。	実用型プロトタイプの実環境での性能の確認	最終製品／最終地域モデル	実際の導入環境	フィールド実証
6	機器・システムの実用型プロトタイプ／実用型地域モデルが、実際の導入環境において実証されており、量産化／水平展開に向けた具体的なスケジュール等が確定している。	実用型プロトタイプの基本性能の把握	実用型プロトタイプ／実用型地域モデル	実際の導入環境	模擬実証
5	機器・システムの実用型プロトタイプ／実用型地域モデルが、実際の導入環境に近い状態で実証されており、量産化／水平展開に十分な条件が理論的に満たされている。	限定的なプロトタイプの性能の把握	実用型プロトタイプ／実用型地域モデル	実際に近い導入環境	模擬実証
4	主要な構成要素が限定的なプロトタイプ／限定的な地域モデルが機器・システムとして機能することが確認されており、量産化／水平展開に向け必要となる基礎情報が明確になっている。	試作部品／試験的モデルの性能の把握	限定的なプロトタイプ／限定的な地域モデル	実験室・工場	実用研究
3	主要構成要素の性能に関する研究・実験が実施されており、量産化／水平展開に関するコスト等の分析が行われている。	主要な構成要素の機能の確認	主要構成要素の試作部品／試験的モデル	—	応用研究
2	将来的な性能の目標値が設定されており、実際の技術開発に向けた情報収集や分析が実施されている。	要素技術の基本特性の把握	報告書・分析レポート等	—	応用研究
1	要素技術の基本的な特性に関する論文研究やレポート等が完了しており、基礎研究から応用研究への展開が行われている。	基本原理の明確化	論文・報告書等	—	基礎研究

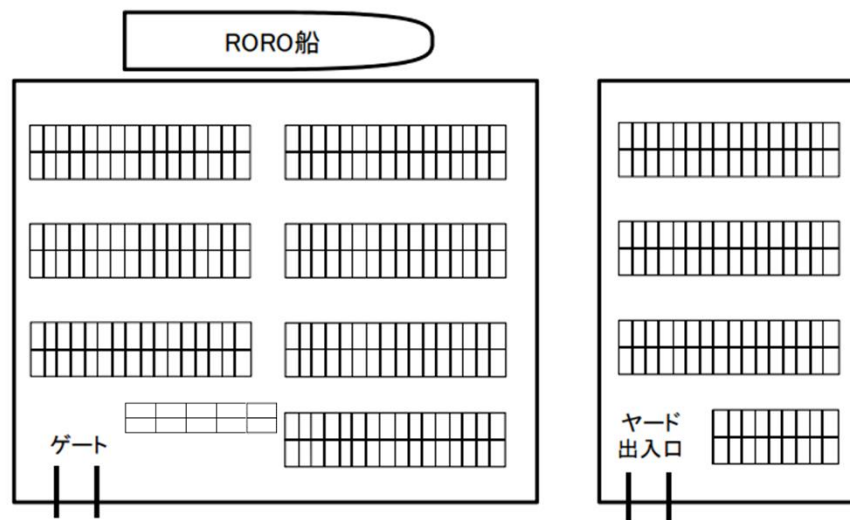
出典: 環境省(TRL計算ツール利用マニュアル<第三版>) <https://www.env.go.jp/content/900443533.pdf>

○ フェリーターミナルの場合



- ふ頭面積：70,000m² (50,000+20,000)
- 駐車台数：13mトレーラー500台 (300+200)
- 運航船舶：13mトレーラー150台積載
(うち120台が無人航送と想定)
(毎日1便運航、停泊時間5時間)
- 荷役作業(※)：積卸 1.5時間、積込 2.5時間
 - ・荷役作業員：4名×3班
 - ・運転手：8名
 - ・誘導員：1名
 - ・船内作業員：4名
- (※) 貨物自動車(無人)に関わる部分のみ
- 通常時は下船シャーシを離れたヤードに、乗船シャーシをゲートがあるヤードに置く運用であるが、混雑時はこの限りではない。

○ RORO船ターミナルの場合



- ふ頭面積：60,000m² (40,000+20,000)
- 駐車台数：13mトレーラー500台 (300+200)
- コンテナ：ゲート周辺にコンテナ20個を蔵置可
- 運航船舶：13mトレーラー150台積載
(毎日1便運航、停泊時間5時間)
- 荷役作業：積卸 1.5時間、積込 2.5時間
 - ・荷役作業員：4名×3班
 - ・運転手：8名
 - ・誘導員：1名
 - ・船内作業員：4名
- 通常時は下船シャーシを離れたヤードに、乗船シャーシをゲートがあるヤードに置く運用であるが、混雑時はこの限りではない。