

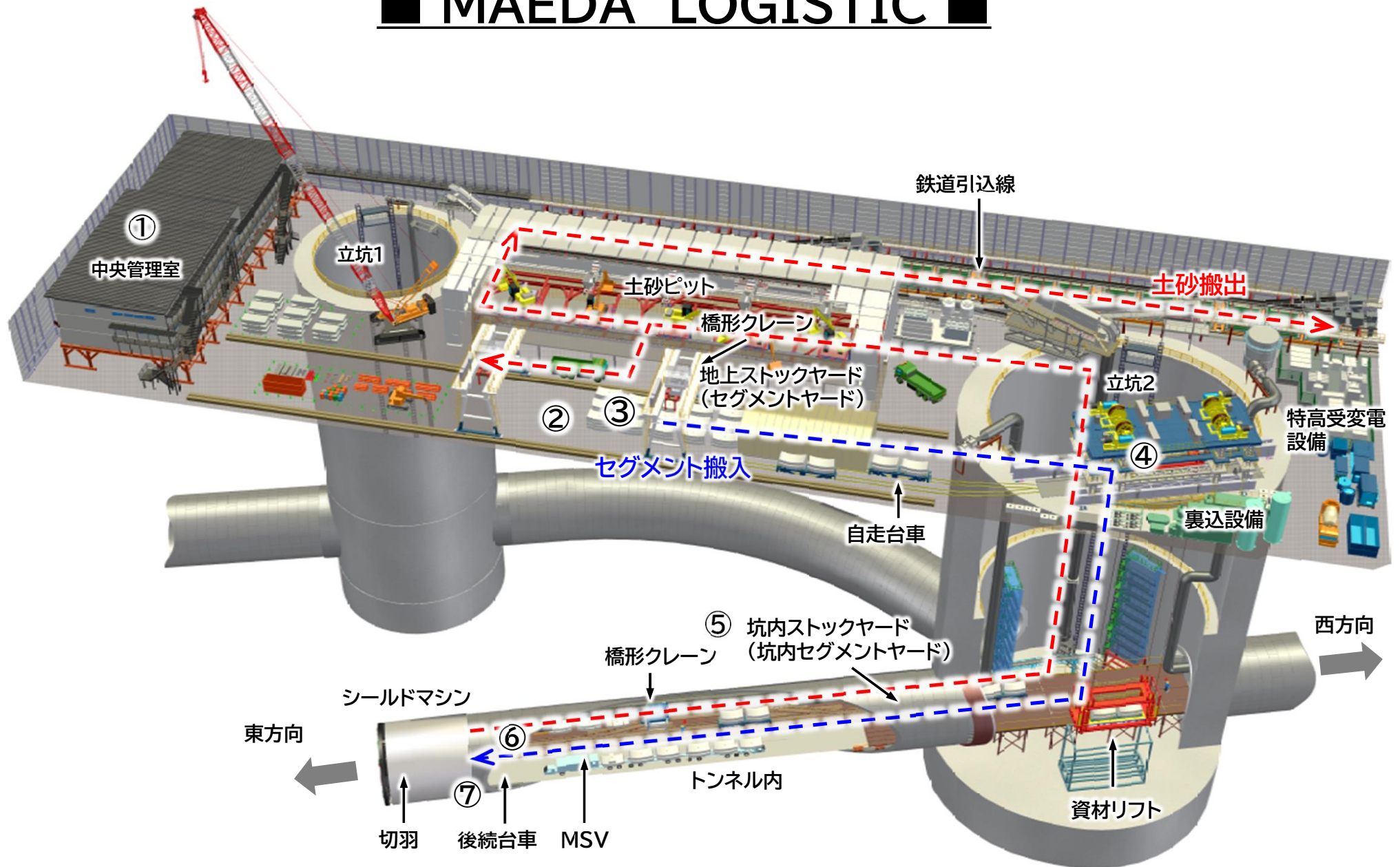
MAEDA LOGISTIC

令和7年3月6日(木)

インフロニア・ホールディングス株式会社

(前田建設工業、前田道路、前田製作所、日本風力開発)

■ MAEDA LOGISTIC ■



現場事務所

セグメント割付シミュレーションシステムによる割付計画

現場事務所
工場各社

セグメント工場への出荷指示
及び工場からの出荷連絡
ARマーカの貼り付け

①-1

シミュレーションシステム

自動で連携

①-2

セグメント管理システム

現場地上セグメントヤード

現場地上

③

仮置き

セグメントヤードへの仮置き
→坑内への自動搬送

②

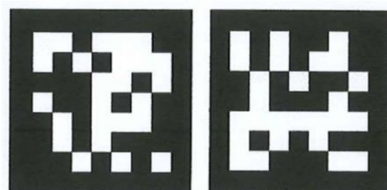
受入確認

ARマーカ

iPadで撮影

セグメント搬入

セグメントの搬入
ARマーカによる受入確認



ARマーカによる
トレーサビリティの長所

- ①読み取り機が汎用(カメラ)
- ②読み取りが速い
- ③斜めでも読める
- ④揺れていても読める
- ⑤複数一括で読める
- ⑥白黒プリンタで再発行が用意

地上～坑内

地上の橋形クレーンによりセグメントを積んだ自走台車を資材リフトによって立坑下へ搬送



坑内セグメント
ストックヤード

自走台車で運んだセグメントは、坑内ストックヤードへ仮置き後、坑内橋形クレーンでMSVに積込み



切羽

後続台車

セグメント組立



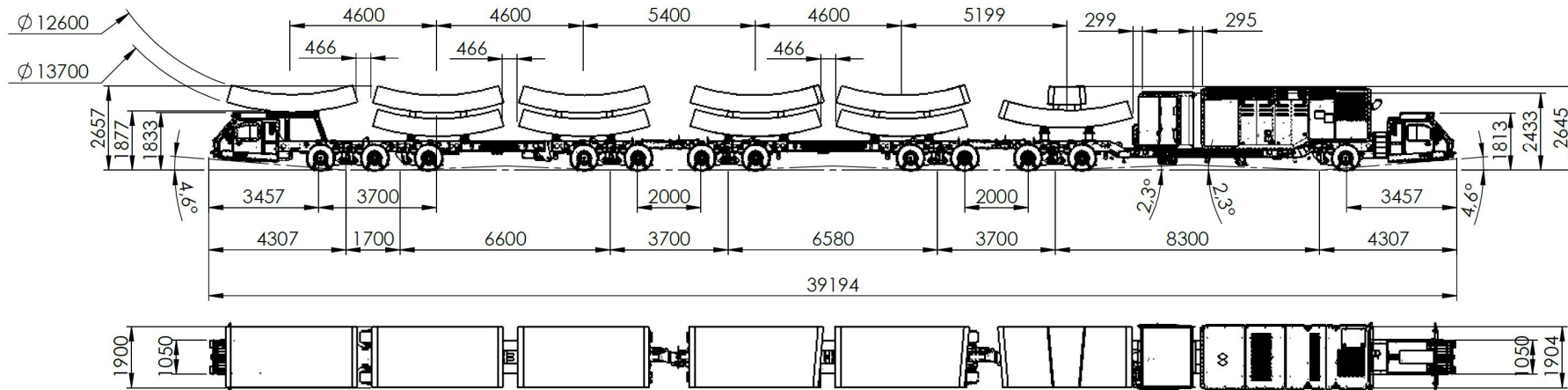
クイックアンローダーからセグメント搬送装置(ホスト)によって、セグメント供給装置へ搬送する ➡セグメント組立て

130t級の坑内搬送用無人トレーラー(MSV)で、セグメント1リングを搬送して、後続台車のクイックアンローダーにてセグメントを受け渡す

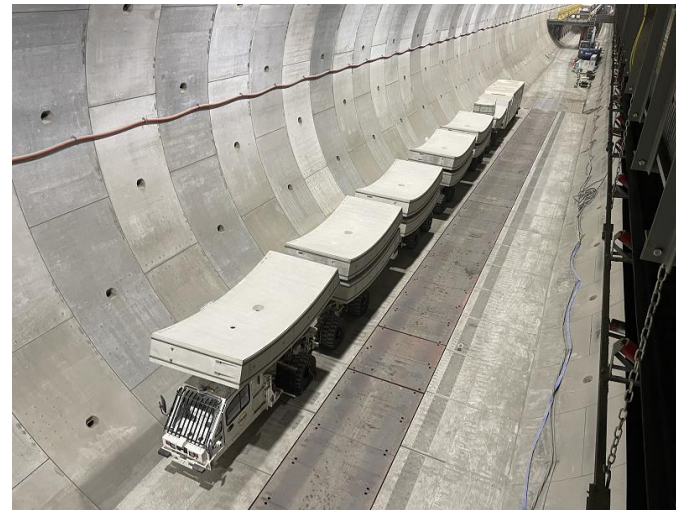
資料(2)【掘進サイクル確保】130ton坑内搬送トレーラ(MSV)

坑内搬送トレーラー(MSV 130t級)

130t級の坑内搬送用無人トレーラーで、セグメント1リング分を搬送し、安定した掘進サイクルを確保する。また、無人トレーラーの搬送による自動化を図る。

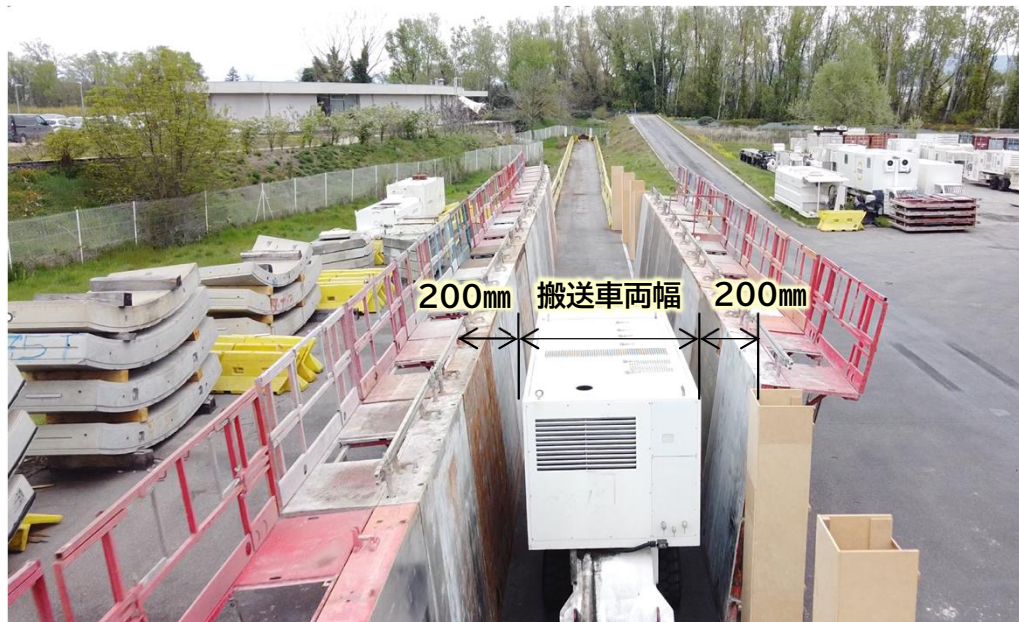


MSVによるセグメント運搬状況



資料(2)【掘進サイクル確保】130ton坑内搬送トレーラ(MSV)

MSV自動走行試験(搬送車両幅+200mm(両側)での時速20km自動走行試験)



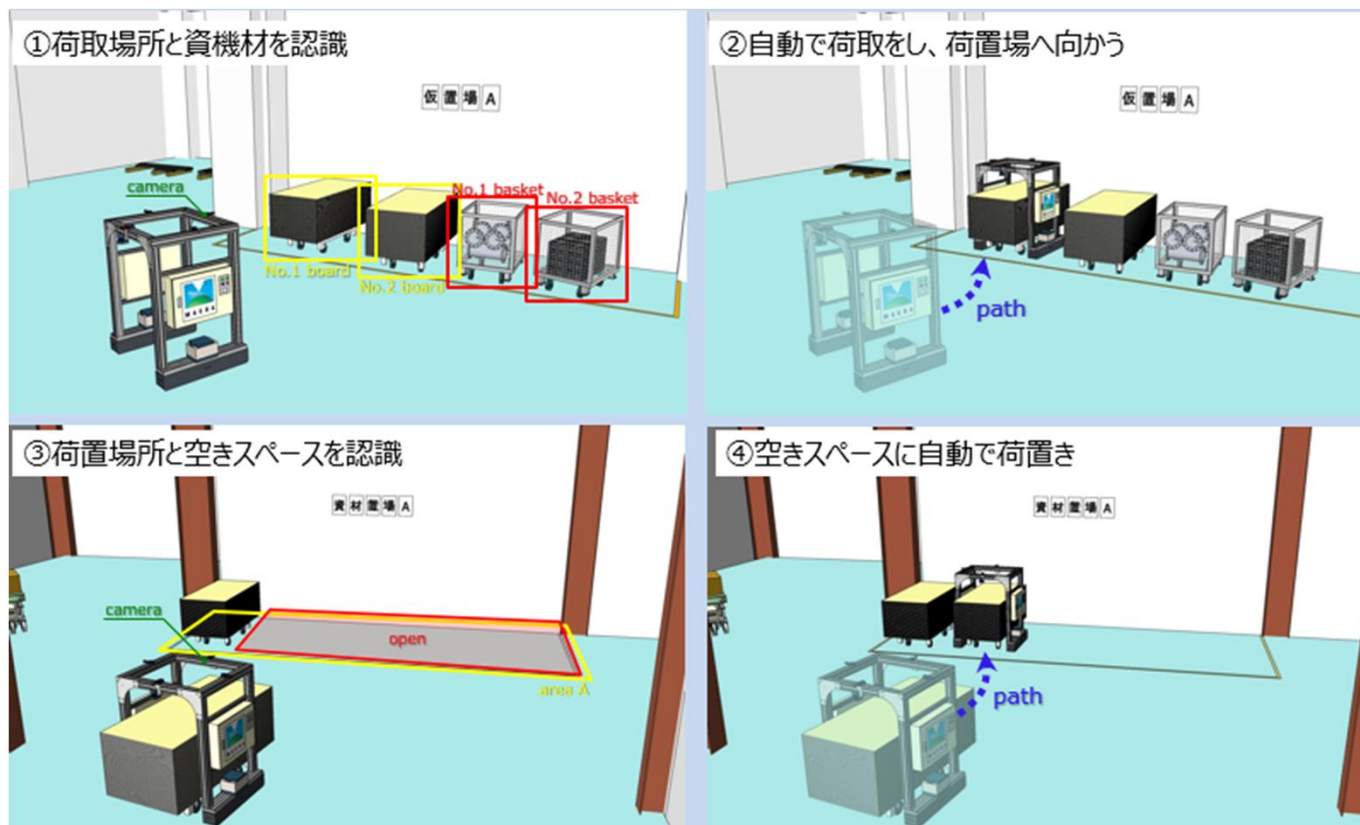
資料(3) デボ内の荷役技術 自動搬送装置(AGV)

建築現場用 自動搬送装置(AGV)



- ・本体重量200kg
- ・最大移動速度40m/min
- ・牽引能力1,000kg（10%スロープで500kg）

エレベータへ
自動で乗り込み



- ・安定した自律走行
- ・搬送資材や通行可能経路を柔軟に変更可能
- ・複数のカメラで資機材の位置や向きを認識し、正面から接近して荷取りが可能
- ・荷置きエリアを設定するだけで空きスペースを自動で判断し荷置きが可能
- ・自動エレベータと連動することによりフロアをまたいでの搬送が可能

自動物流道路を構成する技術に関するサウンディング調査 意見書

技術名称: MAEDA LOGISTIC

【提案事業者・団体名】インフロニア・ホールディングス株式会社
(前田建設工業、前田道路、前田製作所、日本風力開発)

項目: ①搬送手法(ア)走行技術・制御技術、(イ)運行マネジメントシステム、(エ)通信、
②拠点における自動荷役に関する技術(ア)自動での荷役技術、④その他自動物流道路の構築に資する技術

【技術の概要】弊社が施工中のシールドトンネルでは、トンネルの覆工体となるセグメントを自走台車およびMSV(搬送車両)を用いて、自動で地上からトンネル先端の切羽まで搬送する技術を構築しています。この技術は、GPSが届かないトンネル内においてLiDARや3Dカメラ、各種センサー、RFIDタグを用いて車両の位置把握を行い自動走行を実現する技術です。自動荷役設備として橋形クレーンを導入し、これらの設備と搬送車両を統合管理システムによって一元管理しています。

【技術のイメージ・技術導入の効果】

<項目①(ア)(エ)> ⇒資料(1)の④、⑥、資料(2)が該当します。

地上～地下自動搬送技術(＝デポ～走行路輸送技術)

自走電動台車(軌道式車両)によりセグメントを地上ストックヤードから坑内ストックヤードへ自動搬送する技術です。2台の自走台車を交互に自動運転させ、地上橋形クレーンでセグメントの自動積込を行い、資材リフトで立坑下へ運搬し坑内橋形クレーンでセグメントを自動荷下ろしします。自走台車は電動であり充電によって電力を供給します。不稼働時や電欠状態になると自動的に充電ポイントへ移動し充電を開始します。

トンネル内自動搬送技術(＝デポ間走行路輸送技術)

MSV(タイヤ式台車)を用いてセグメントを坑内のストックヤードから切羽まで自動で搬送する技術です。GPSの電波が届かないトンネル内でも以下のガイディング装置により車両の位置把握を行い自動走行を実現しています。

- ・2D及び3DLiDAR…遠距離をセンシングし前の車両を検知し速度調整・離隔確保
- ・3Dカメラ…近距離をセンシングし路上の障害物等を検知し非常停止
- ・慣性航法センサー…走行路の勾配を観測し下り坂における過速度の抑止及び上り坂における減速を回避
- ・誘導センサー…車両側方の壁面や車両を観測し離隔の確保とステアリングを最適化
- ・RFIDセンサー…一定間隔で設置されたRFIDタグを読み取り車両走行位置を把握
- ・Wi-Fi…車両との通信、緊急時の車両への遠隔指示

地上部では従来のGPSを用いた自動運転技術で運用可能です。一方で、地下やトンネル内では本技術を活用することで自動走行が可能です。また、本技術は狭隘なエリアにおいて最大20km/hの速度での走行実績があります。今後、車体重量を輸送する貨物に合わせ軽量化、小型化することで30km/hでの走行も可能です。

MSVはタイヤ式エンジン車、自走台車は軌道式電動車ですが、両技術を組み合わせることでタイヤ式電動車を自動で走行させることが可能となります。

さらに、各エリア(離合や停止区間、車線変更位置)の境界位置にRFIDタグを設置し、車両側の検出器で読み取ることで細かな走行ルート指定が可能です。



写真-1 自走電動台車



写真-2 資材リフト

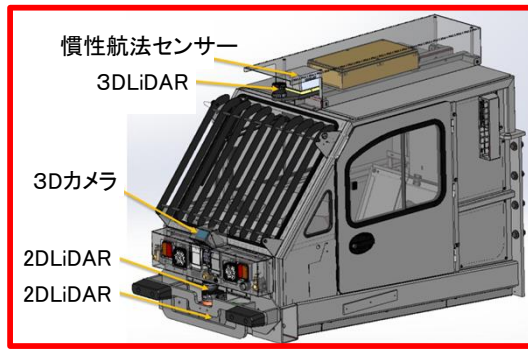


図-1 MSVのセンサー、カメラ取付状況

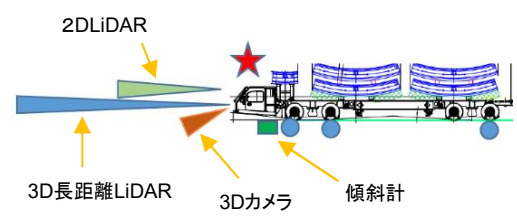


図-2 各種センサーの走行時認識範囲



写真-3 RFIDタグの坑内設置例

自動物流道路を構成する技術に関するサウンディング調査 意見書

技術名称: MAEDA LOGISTIC

【提案事業者・団体名】インフロニア・ホールディングス株式会社
(前田建設工業、前田道路、前田製作所、日本風力開発)

項目: ①搬送手法(ア)走行技術・制御技術、(イ)運行マネジメントシステム、(エ)通信、
②拠点における自動荷役に関する技術(ア)自動での荷役技術、④その他自動物流道路の構築に資する技術

【技術の概要】弊社が施工中のシールドトンネルでは、トンネルの覆工体となるセグメントを自走台車およびMSV(搬送車両)を用いて、自動で地上からトンネル先端の切羽まで搬送する技術を構築しています。この技術は、GPSが届かないトンネル内においてLiDARや3Dカメラ、各種センサー、RFIDタグを用いて車両の位置把握を行い自動走行を実現する技術です。自動荷役設備として橋形クレーンを導入し、これらの設備と搬送車両を統合管理システムによって一元管理しています。

【技術のイメージ・技術導入の効果】

<項目②(ア)> ⇒資料(1)の②、⑤が該当します。

自動橋形クレーンによる自動荷役技術

自動橋形クレーンによりセグメントを自動で荷取り、揚重、荷下ろしする技術です。地上ストックヤードでは搬入したセグメントの荷取りとヤードへの荷下ろしを行い、自走電動台車(地上から坑内ストックヤードへセグメントを搬送する車両)への積込を行います。坑内ストックヤードでは自走電動台車からの荷取り、ヤードへの荷下ろし、MSV(坑内ストックヤードから切羽までセグメントを搬送する車両)への積込を行います。セグメント(約11t/ピース)等の大型貨物の荷役に適していますが、平パレットやロールボックスパレットにおいても安定した積込が可能です。本技術における**セグメントを物流貨物、地上・坑内ストックヤードを物流拠点にそれぞれ置き換えることで、自動物流道路における一連の作業を完全自動化**できます。

本技術の特徴は以下の通りです。

- フック部がアーム型の専用治具で貨物を掴み取るように荷取りを行うため玉掛け作業が不要
- 吊り索が不要で荷振れしないため平パレットやロールボックスパレットにおいても安定した積込が可能
- 貨物を自走台車に積み込む際の位置合わせは定置固定のセンサーで車両に取り付けたターゲットを読み取ることで行う
- 貨物や積込車両の識別は後述するARマーカを定点カメラで読み取ることで可能

上述の4つの要素によって荷取り～揚重～荷下ろしまでの作業を全て無人で行うことが可能



写真-4 地上自動橋形クレーン



写真-5 坑内自動橋形クレーン

自動物流道路を構成する技術に関するサウンディング調査 意見書

技術名称: MAEDA LOGISTIC

【提案事業者・団体名】インフロニア・ホールディングス株式会社
(前田建設工業、前田道路、前田製作所、日本風力開発)

項目: ①搬送手法(ア)走行技術・制御技術、(イ)運行マネジメントシステム、(エ)通信、
②拠点における自動荷役に関する技術(ア)自動での荷役技術、④その他自動物流道路の構築に資する技術

【技術の概要】弊社が施工中のシールドトンネルでは、トンネルの覆工体となるセグメントを自走台車およびMSV(搬送車両)を用いて、自動で地上からトンネル先端の切羽まで搬送する技術を構築しています。この技術は、GPSが届かないトンネル内においてLiDARや3Dカメラ、各種センサー、RFIDタグを用いて車両の位置把握を行い自動走行を実現する技術です。自動荷役設備として橋形クレーンを導入し、これらの設備と搬送車両を統合管理システムによって一元管理しています。

【技術のイメージ・技術導入の効果】

AGVによるデポ内の荷役技術

- AGVにより、主に小～中型の建設資機材を場内に設置したマーカ―を目印に搬送する技術です。フレキシブルな荷役作業に適しています。本技術の特徴は以下の通りです。
- 搬送資材や通行可能経路を柔軟に変更可能
 - 装置本体重量200kg, 最大移動速度2.4km/h, 牽引能力1,000kg, 10%スロープ対応(牽引500kg)
 - 電動であり連続稼働時間は3～4時間、必要充電時間は約1時間(フル充電した場合)
 - 複数のカメラで資機材の位置や向きを認識できるため、荷取り・荷下し・積込を自動で行う
 - 自動エレベータと連動することによりフロアをまたいでの搬送が可能で、エレベータを自動で呼び寄せ乗車し目的階へ資機材の搬送を行う
 - AIを活用した画像認識技術の導入により資機材の向きや種類を自動で判断し、常に資機材の正面から接近し荷取りすることが可能
 - 資機材ごとに詳細な荷置き位置を設定しなくても、荷置きエリアを設定するだけで空きスペースを自動で判断し荷置きすることが可能



写真-6 AGVによるかご台車の搬送状況

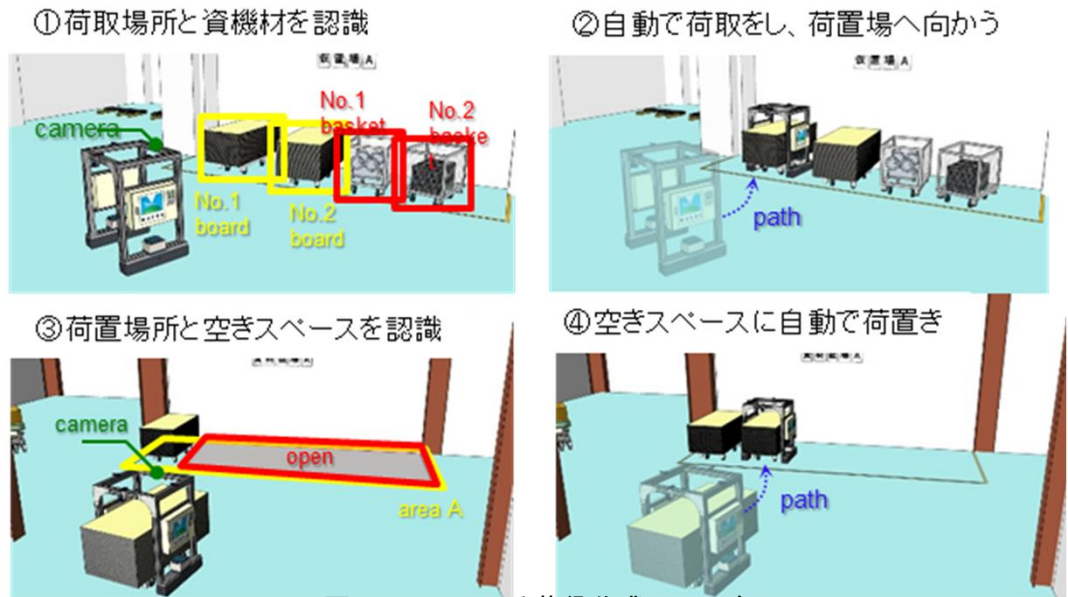


図-3 AGVによる荷役作業イメージ

自動物流道路を構成する技術に関するサウンディング調査 意見書

技術名称: MAEDA LOGISTIC

【提案事業者・団体名】インフロニア・ホールディングス株式会社
(前田建設工業、前田道路、前田製作所、日本風力開発)

項目: ①搬送手法(ア)走行技術・制御技術、(イ)運行マネジメントシステム、(エ)通信、
②拠点における自動荷役に関する技術(ア)自動での荷役技術、④その他自動物流道路の構築に資する技術

【技術の概要】弊社が施工中のシールドトンネルでは、トンネルの覆工体となるセグメントを自走台車およびMSV(搬送車両)を用いて、自動で地上からトンネル先端の切羽まで搬送する技術を構築しています。この技術は、GPSが届かないトンネル内においてLiDARや3Dカメラ、各種センサー、RFIDタグを用いて車両の位置把握を行い自動走行を実現する技術です。自動荷役設備として橋形クレーンを導入し、これらの設備と搬送車両を統合管理システムによって一元管理しています。

【技術のイメージ・技術導入の効果】

＜項目①(イ)＞ ⇒資料(1)の①が該当します。

統合管理システムによる運行マネジメント

各自動搬送設備は貨物搬送車両(ここではMSV)の運行管理システムとその他の搬送設備(荷役車両含む)を統合管理システムを用いて遠隔で一元管理します。

搬送車両の運行管理システムは以下の機能を有します。これらの機能は車両とのシリアル通信で実行されます。

- ・搬送車両の位置把握…RFIDタグを読み取ることにより取得した車両位置を統合管理システムへ転送する
- ・バッファリング機能…離合・車線変更箇所では車両を専用路肩や退避場で一旦停止させて適時に再発進する

統合管理システムは主に以下の機能を有します。

- ・搬送計画…貨物の搬送時間、発着場所を設定すると最適なルート・拠点内での保管場所を指定する
- ・搬送設備どうしの連携…荷役設備へ搬送車両への積込指示、荷役設備へ搬送車両からの荷下ろし指示
- ・搬送拠点の棚卸…拠点での置き場指示、空がない場合の待機指示等
- ・搬送車両の運行管理システムへの情報伝達…発着場所や出発時間、搬送ルート等を伝達

＜項目④＞ ⇒資料(1)の①～⑥が該当します。

ARマーカーを用いた物流管理システム

その他の自動搬送に資する技術としてARマーカー(2次元コード)を用いた物流管理システムがあります。本システムではARマーカーを貨物や搬送車両に貼り付け、各搬送設備がARマーカーを読み取ることで運搬する荷物と車両を識別します。また、出荷元のメーカーや工場からARマーカーを導入することで製造からラストワンマイルまでの貨物のトレーサビリティを管理することが可能です。前述の統合管理システムと連携することで車両や搬送設備と貨物の連携が可能です。物流管理システムには以下に示す機能を有します。

- ・貨物の識別とトレーサビリティの管理…各物流拠点における貨物の受入・出荷時の検品が可能
- ・貨物の在庫管理…貨物の在庫状況の確認、在庫量に応じて自動で受発注が可能
- ・高い読み取り精度…複数一括認識、長距離認識、暗所認識、動いているものでも認識
- ・座標位置が取れる…同一画面に写った貨物同士の上下左右の位置関係を認識するため荷姿を指定可能
- ・発行が簡単・低コスト…コードは一般プリンターでモノクロ印刷可能
- ・検品作業の省人化…スマホやタブレット等の汎用機で読み取り可能、定置式のカメラを用いて無人検品も可能

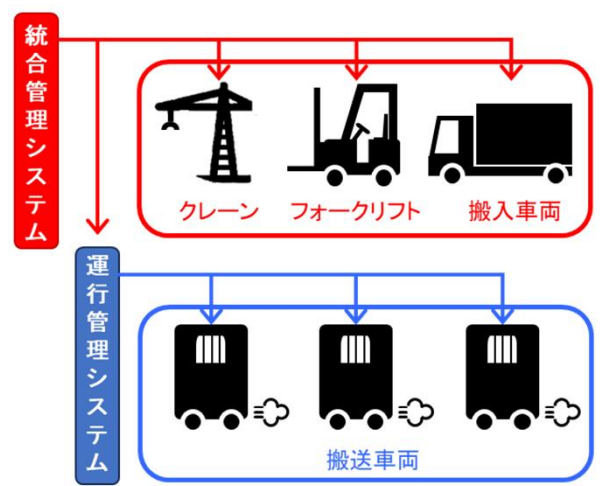


図-4 統合管理システムと運行管理システム

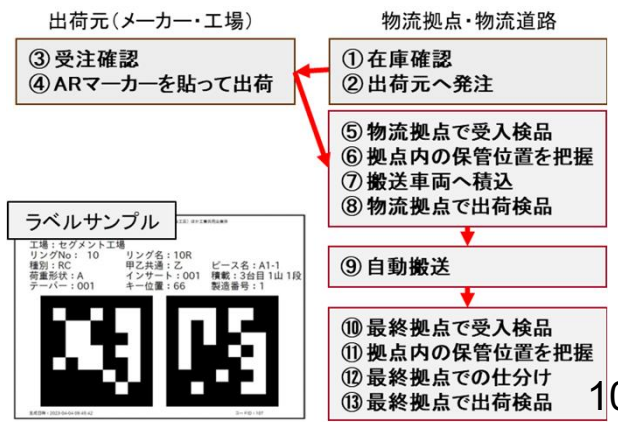


図-5 ARマーカーによる物流管理システム

自動物流道路を構成する技術に関するサウンディング調査 意見書

技術名称:MAEDA LOGISTIC

【提案事業者・団体名】インフロニア・ホールディングス株式会社
(前田建設工業、前田道路、前田製作所、日本風力開発)

項目:①搬送手法(ア)走行技術・制御技術、(イ)運行マネジメントシステム、(エ)通信、
②拠点における自動荷役に関する技術(ア)自動での荷役技術、④その他自動物流道路の構築に資する技術

【技術の概要】弊社が施工中のシールドトンネルでは、トンネルの覆工体となるセグメントを自走台車およびMSV(搬送車両)を用いて、自動で地上からトンネル先端の切羽まで搬送する技術を構築しています。この技術は、GPSが届かないトンネル内においてLiDARや3Dカメラ、各種センサー、RFIDタグを用いて車両の位置把握を行い自動走行を実現する技術です。自動荷役設備として橋形クレーンを導入し、これらの設備と搬送車両を統合管理システムによって一元管理しています。

【インフラ側の必要な断面積・インフラ側に求める設備】

＜必須となる断面積＞

- 20km/h 走行時に搬送車両幅+200mm(両側)が必須です(資料(2)MSV自動走行試験)。上部は車両高さ以上であれば問題ありません。

＜必須となる設備＞

- RFIDタグの設置…走行車両が離合箇所や停止区間、車線変更位置等のエリアを判別するために各エリアの境界部に設置する必要があります。これにより、事前に設定したルートを自動で走行することが可能となります。各車両にRFIDの読み取り機とWi-Fi通信機を搭載し、タグを読み取った情報を統合管理システムへ送信することで位置を知らせます。
- Wi-Fi中継器…トンネル区間ではGPSが使用できないため走行車両との通信手段としてWi-Fiが必要です。電波を途切れさせないため坑内では一定の間隔で中継器を設置します。
- 通信システム…地上区間においても搬送車両の平面的な位置把握のためGPSもしくは4G、5G等の通信環境が必要です。

＜より効果的な技術の導入のため、必要となる設備＞

- RFIDタグの追加設置…車両の走行路に一定間隔で設置することで詳細な車両走行位置を把握することが可能です。

【技術導入の想定スケジュール(開発期間)・コスト等】

• 搬送車両の自動走行技術

＜開発フロー＞

企画・詳細設計:2021年2月～2022年2月(1年1か月)
製造・プログラミング・モックアップ試験:2022年3月～2024年7月(2年5か月)
現場試運転:2024年8月～現場使用中

＜導入費用＞

プログラム設計費・各種自動走行センサー 1,000(百万円)

＜検証項目＞

動力の電気化、小型で軽量の荷物に対応した車体の小型化
軽量の荷物での走行速度の向上(30km/hの達成)
想定される道路曲線や勾配への対応

• 車両の運行管理システム

＜開発フロー＞

企画・詳細設計:2022年11月～2023年12月(1年2か月)
プログラミング構築:2024年1月～2024年6月(6か月)
仮想テスト:2024年7月～2024年8月(2か月)
現場導入:2024年9月～現場使用中

＜導入費用＞

車両の運行管理システム設計・検証費 400(百万円)

＜検証項目＞

大量の物流による処理能力の向上
離合機能を基にしたバッファリング機能の追加
大量の物流でトラブルが起きた際の対応と復旧方法

自動物流道路を構成する技術に関するサウンディング調査 意見書

技術名称: MAEDA LOGISTIC

【提案事業者・団体名】インフロニア・ホールディングス株式会社
(前田建設工業、前田道路、前田製作所、日本風力開発)

項目: ①搬送手法(ア)走行技術・制御技術、(イ)運行マネジメントシステム、(エ)通信、
②拠点における自動荷役に関する技術(ア)自動での荷役技術、④その他自動物流道路の構築に資する技術

【技術の概要】弊社が施工中のシールドトンネルでは、トンネルの覆工体となるセグメントを自走台車およびMSV(搬送車両)を用いて、自動で地上からトンネル先端の切羽まで搬送する技術を構築しています。この技術は、GPSが届かないトンネル内においてLiDARや3Dカメラ、各種センサー、RFIDタグを用いて車両の位置把握を行い自動走行を実現する技術です。自動荷役設備として橋形クレーンを導入し、これらの設備と搬送車両を統合管理システムによって一元管理しています。

【技術導入の想定スケジュール(開発期間)・コスト等】

- 自動設備の統合管理システム
＜開発フロー＞
企画・詳細設計: 2023年7月～2024年3月(9か月)
構成・プログラミング: 2024年4月～2024年8月(5か月)
仮想テスト: 2024年9月～2024年11月(3か月)
現場導入: 2024年12月～現場使用中
＜導入費用＞
自動設備の運行管理システム設計・検証費 200(百万円)
＜検証項目＞
大量の物流による処理能力の向上
離合機能を基にしたバッファリング機能の追加
大量の物流でトラブルが起きた際の対応と復旧方法
- 自動荷役設備(橋形クレーン)
＜開発フロー＞
企画・詳細設計: 2023年7月～2024年3月(9か月)
現地組立: 2024年7月～2024年8月(2か月)
プログラム構築: 2024年4月～2024年11月(8か月)
現場調整・試運転: 2024年12月～現場使用中
＜導入費用＞
自動化橋形クレーン組立・整備費 100(百万円)
＜検証項目＞
施設の規模に合わせた小型化の検討
屋内で使用する場合は橋形クレーンでなく天井クレーンへの適用を検討

【技術導入の想定スケジュール(開発期間)・コスト等】

- 自動荷役設備(資材リフト)
＜開発フロー＞
企画・詳細設計: 2023年7月～2024年3月(9か月)
現地組立: 2024年7月～2024年8月(2か月)
プログラム構築: 2024年4月～2024年11月(8か月)
現場調整・試運転: 2024年12月～現場使用中
＜導入費用＞
立坑リフト組立・整備費 200(百万円)
＜検証項目＞
施設の規模に合わせた小型化の検討
- 自動荷役設備(AGV)
＜開発フロー＞
2017年4月～2022年3月(5年)
2022年4月～現場使用中
＜導入費用＞
150(百万円)
＜検証項目＞
長尺物や重量貨物の搬送

自動物流道路を構成する技術に関するサウンディング調査 意見書

技術名称: MAEDA LOGISTIC

【提案事業者・団体名】インフロニア・ホールディングス株式会社
(前田建設工業、前田道路、前田製作所、日本風力開発)

項目: ①搬送手法(ア)走行技術・制御技術、(イ)運行マネジメントシステム、(エ)通信、
②拠点における自動荷役に関する技術(ア)自動での荷役技術、④その他自動物流道路の構築に資する技術

【技術の概要】弊社が施工中のシールドトンネルでは、トンネルの覆工体となるセグメントを自走台車およびMSV(搬送車両)を用いて、自動で地上からトンネル先端の切羽まで搬送する技術を構築しています。この技術は、GPSが届かないトンネル内においてLiDARや3Dカメラ、各種センサー、RFIDタグを用いて車両の位置把握を行い自動走行を実現する技術です。自動荷役設備として橋形クレーンを導入し、これらの設備と搬送車両を統合管理システムによって一元管理しています。

【技術導入の想定スケジュール(開発期間)・コスト等】

- ARマーカーによる物流管理システム
 - ＜開発フロー＞
 - 企画・詳細設計: 2022年9月～2022年11月(3か月)
 - 構成・プログラミング: 2022年12月～2023年2月(3か月)
 - 仮想テスト: 2024年3月～2024年4月(2か月)
 - 現場導入: 2024年5月～現場使用中
 - ＜導入費用＞ システム・データベースの構築 200(百万円)
 - ＜検証項目＞
 - マーカーの認識数の拡大(現状25万で運用中、大量の物流に向けてマーカーを連結し数億に拡大)
 - 搬送設備に搭載するカメラの精度や視角の最適化