

令和7年度実証実験の結果について

◆実証総括

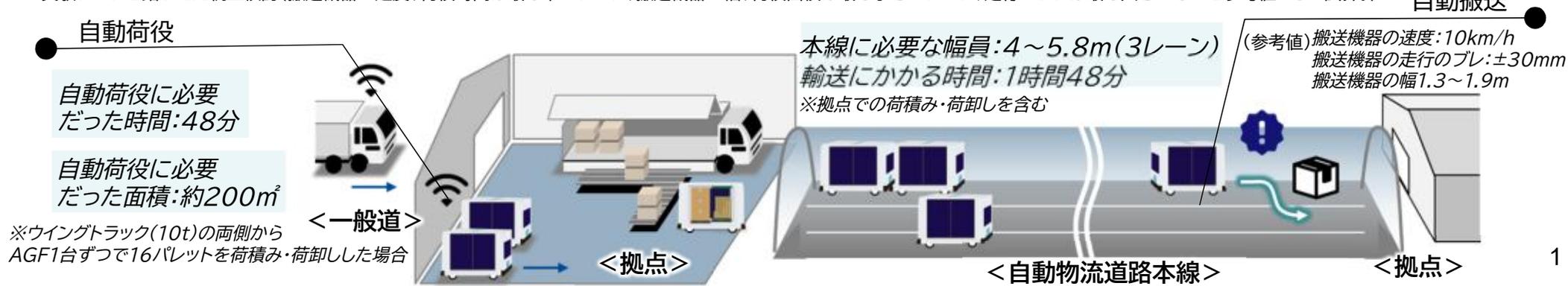
- 令和7年度実証実験においては、トラックからのパレットの自動積卸し、拠点間の自動走行等について、ユースケースごとに検証した結果、自動、無人で荷物を運ぶという自動物流道路のコンセプトは、一定条件下ではあるものの、確認できた。
- 一方で、「自動物流道路のあり方」最終とりまとめで示された「提供すべきサービス」の水準を達成するためには、搬送機器・荷役機器の速度などにはなお課題があるほか、ユースケース一連での実証、過酷な電波環境や勾配のある実際の高速道路の構造にあわせた環境下での検証を行っていく必要がある。

◆成果と課題

検証項目	R7年度の実証実験における主な成果	今後検証が必要となる内容
自動荷役 (ユースケース1)	<ul style="list-style-type: none"> ・トラック・搬送機器間の自動・無人での荷役は可能 ・一定条件下における必要な時間、面積等を確認 	<ul style="list-style-type: none"> ・自動物流道路による一般道等への交通影響等の検討のため、複数機器の荷役による処理能力、必要面積等の検証が必要。
自動搬送 (ユースケース2～5)	<ul style="list-style-type: none"> ・通信や異常時対応含め、荷物の自動搬送及び機器の運行管理をすることは可能 ・一定条件下(単体、直進、分合流なし等)における必要な道路幅などの走行環境等を確認 	<ul style="list-style-type: none"> ・本線の構造等の検討のため、複数機器の走行、分合流など、構造に関わる搬送機器の性能に関する検証が必要。 ・無人空間を前提とした、自動走行、インフラの維持管理、修繕に関する検討が必要。
その他 (ユースケース6)	<ul style="list-style-type: none"> ・ETC2.0を活用したトラック・拠点(荷役機器)間で到着車両情報取得による物流効率化は可能 	<ul style="list-style-type: none"> ・自動物流道路のシステム全体(路側インフラ、搬送機器、拠点、トラック等)での連携などの検証が必要。

【参考】現状技術での自動物流道路での輸送の机上検討:CASE:拠点での16パレット(トラック1台分)の積卸し、拠点間10km自動搬送

※実験データを踏まえた机上検討(搬送機器の速度、荷役時間は最も早いデータ、搬送機器の幅、荷役面積は最も小さいデータ、走行のブレは最も大きいものを参考値として試算。)



○ 各ユースケースの実験公募時に設定した検証項目について、今年度の成果と残された課題を俯瞰し、実施状況を一覧で整理した。

ユースケース	検証項目	実施状況	
① 拠点:無人荷役機器による荷役作業の効率化	1)搬送機器への荷積み・荷卸しに必要な面積、時間	○	・一定条件下における荷積み・荷卸しの自動化及び必要な時間、面積等を確認
	2)トラックから荷卸し・搬送機器への荷積み～運搬、搬送機器からの荷卸し・トラックへの積み込みまでの自動化	○	・一定条件下における荷積み・荷卸しの自動化及び必要な時間、面積等を確認 ・有人作業との時間差を確認
② 本線単路部:搬送機器の自動走行	1)自動走行時に主に速度に応じた左右の揺らぎ・ブレ(自動走行に必要な幅員等の確認)	○	・一定条件下(単体、直進、分合流なし、低速度等)における左右の揺らぎを確認
	2)速度・重量に応じた指定速度までの加速及び停止までに必要な時間や延長	○	・一定条件下(単体、直進、分合流なし、低速度等)における速度・重量別の加速・停止性能を確認
	3)走行時の路面凹凸(軌道・ガイドウェイ・コンクリート舗装・アスファルト舗装等)による振動や道路の横断勾配、縦断勾配による荷物への影響	△	・一定条件下(単体、直進、分合流なし、低速度等)における路面条件(軌道・コンクリート舗装・アスファルト舗装)や横断勾配による荷物への影響を確認 ・縦断勾配による荷物への影響等は未確認
	4)速度・重量に応じた走行技術・制御(進行/停止/後退、複数の搬送機器による同一レーン走行や対面走行、車線変更、将来的な速度引き上げの可能性、拠点への分流・拠点からの合流等)	△	・一定条件下(単体、直進、分合流なし、低速度等)における走行技術・制御(進行/停止/後退)を確認。将来的な速度引き上げの可能性について机上検討。 ・複数機器による走行や車線変更、拠点への分流・拠点からの合流については未確認
	5)搬送機器の電力消費量	○	・一定条件下(単体、直進、分合流なし、低速度等)における実験中の消費電力を確認
	6)カーブに必要な最小回転半径	○	・一定条件下(低速度等)における旋回性能を確認
	7)走行中の搬送機器への給電方法	○	・一定条件下(単体、直進、分合流なし、低速度等)における走行中給電が可能であることを確認
	8)搬送する荷物のモニタリング方法(積載重量、偏荷重、荷積み状況、荷崩れ等荷物異常の把握、搬送機器内温度等の確認)	△	・一定条件下(単体、直進、分合流なし、低速度等)における荷物のモニタリング(積載重量、荷積み状況、荷崩れ等荷物異常の把握)が可能であることを確認 ・偏荷重、搬送機器内温度のモニタリングは未確認

○ 各ユースケースの実験公募時に設定した検証項目について、今年度の成果と残された課題を俯瞰し、実施状況を一覧で整理した。

ユースケース	検証項目	実施状況	
③ 本線単路部:異常検知及び搬送機器の回避行動	1)発生事象の検知・情報提供の確実性(トンネル内火災等による立ち往生、落下物検知等)	○	・一定条件下(複数、直進、分合流なし、低速度等)における異常検知が可能であることを確認
	2)災害時・緊急時のシステムオペレーション(車両避難・人員介入)	—	・R7年度は未実施
	3)回避行動時の搬送機器の走行技術・制御	○	・一定条件下(複数、直進、分合流なし、低速度等)における自動停止が可能であることを確認
④ 本線単路部:搬送機器の通信安定性	1)搬送機器の通信安定化技術の確実性	○	・一定条件下(単体、直進、分合流なし、低速度等)における必要な通信環境を確認
	2)走行影響(自律走行のみの場合)の有無、自車位置把握の正確性	○	・遮蔽物(10トラック)、監視カメラ(9台)による通信への大きな影響がないことを確認 ・位置補正用反射体により、自己位置推定の補正が可能であることを確認
⑤ その他:搬送機器の運行管理	1)荷物(または搬送機器)管理用ICタグ(DSRC、RFID、QRコード等)、GPSによる荷物管理	○	・高速走行中の二次元コードの読み取りが可能であることを確認 ・二次元コードを活用した運行管理について机上検討
	2)システムの電力消費量	○	・実験中の消費電力を確認
	3)輸送機器のメンテナンス(頻度、コスト、メンテナンス場所)	—	・R7年度は未実施
⑥ 拠点:搬入車両の到着予定情報の情報提供	1)到着車両情報の収集・提供	○	・ETC2.0を活用したトラック・拠点(荷役機器)間で到着車両情報取得による物流効率化が可能であることを確認
	2)搬送機器への配車指示	—	・R7年度は未実施
	3)搬送機器のスタンバイ	—	・R7年度は未実施

○ ユースケース1では、自動荷役機器によるトラックや模擬的な搬送機器への荷積み・荷卸しなどを行い、一定条件下における必要となる時間、面積、荷役機器の作業継続率、精度等が確認できた。

検証項目	参加社(代表企業)	条件、数値等	R7年度の実証実験における主な成果
1)搬送機器への荷積み・荷卸しに必要な面積・時間	豊田自動織機	<ul style="list-style-type: none"> ・4tトラック1台、側面での自動荷役 ・自動運転フォークリフト1台での荷積み／荷卸し ・積荷重量：約20kg、約720kg ※2)も同様 	<ul style="list-style-type: none"> ・必要面積 64㎡(パレット2枚横並び) ・必要時間 約9-10分／2パレット (荷積み・荷卸し)
	野村不動産	<ul style="list-style-type: none"> ・10tトラック1台、背面での自動荷役 ・AGF1台ずつでの荷積み／荷卸し ・積荷重量：330kg ※2)も同様 	<ul style="list-style-type: none"> (荷積み) ・必要面積 52㎡ ・必要時間 2分57秒／1パレット (荷卸し) ・必要面積 33㎡ ・必要時間 2分19秒／1パレット
2)トラックから荷卸し・搬送機器への荷積み～運搬、搬送機器からの荷卸し・トラックへの積み込みまでの自動化	豊田自動織機	<ul style="list-style-type: none"> ・荷積み／荷卸し時の目標位置に対する精度を計測 	<ul style="list-style-type: none"> ・パレット位置精度は許容範囲 ・異常停止発生率 1.8%(N=112)
	野村不動産	<ul style="list-style-type: none"> ・荷積み／荷卸し時の目標位置に対する精度を計測 	<ul style="list-style-type: none"> ・パレット位置精度は±10mm以内

【実験の様子】



豊田自動織機

自動運転フォークリフトで4tトラックの側面から自動で荷積み・荷卸し



野村不動産

AGFで10tトラックの背面から自動で荷積み・荷卸し



◆今後、検証が必要となる内容

自動物流道路による一般道等への交通影響等の検討のため、以下の検証が必要。

- ・荷役機器による自動荷役：複数機器の荷役による処理能力、必要面積、拠点内のレイアウト等の検証

○ ユースケース2では、搬送機器による自動走行を行い、一定条件下(単体、直進、分合流なし、低速度等)における必要な道路幅などの走行環境等が確認できた。

検証項目	参加社 (代表企業)	条件、数値等			R7年度の実証実験における主な成果
		搬送機器種別 ()内は幅	速度	積載重量	
1)自動走行時に主に速度に応じた左右の揺らぎ・ブレ (自動走行に必要な幅員等の確認)	大林組	AMR(1.6m)	7.2km/h	450kg	・左右の揺らぎは偏差20mm~32mm程度
	大成建設	自動運転車(1.9m)	10、20km/h※	100、450kg	
	NAA/千葉県	AMR(1.3m)	3.6、7.2km/h	300、528kg	
	Cuebus	リニアモーター式搬送台車(1.3m)	約9~11 km/h	125、500、900kg	・軌道のため、左右の揺らぎ・ブレは無し
2)速度・重量に応じた指定速度までの加速及び停止までに必要な時間や延長	大林組	AMR(1.6m)	7.2km/h	450kg	・加速に必要な時間は11秒、延長は9m ・停止に必要な時間は17秒、延長は18m
	大成建設	自動運転車(1.9m)	10、20km/h※	100、450kg	・加速に必要な時間は13秒、延長は49m ・停止に必要な時間は7秒、延長は20m
	NAA/千葉県	AMR(1.3m)	3.6、7.2km/h	300、528kg	・加速に必要な時間は12秒、延長は10m ・停止に必要な時間は3秒、延長は5m
	Cuebus	リニアモーター式搬送台車(1.3m)	約9~11 km/h	125、500、900kg	・加速に必要な時間は36秒、延長は69m ・停止に必要な時間は4秒、延長は8m

※30km/h、60km/hによるシミュレーションも実施

【実験の様子】



大林組



AMRがT11パレットに荷物を載せて自動走行(7.2km/h)



大成建設



自動運転車が荷物を載せて自動走行(10、20km/h)

○ ユースケース2では、搬送機器による自動走行を行い、一定条件下(単体、直進、分合流なし、低速度等)における必要な道路幅などの走行環境等が確認できた。

検証項目	参加社(代表企業)	条件、数値等	R7年度の実証実験における主な成果
3)走行時の路面凹凸(軌道・ガイドウェイ・コンクリート舗装・アスファルト舗装等)による振動や道路の横断勾配、縦断勾配による荷物への影響	大林組	・コンクリート舗装	・振動による荷物の位置ズレは無し
	NAA/千葉県	・コンクリート舗装	・路面凹凸や横断勾配による荷物への影響は許容範囲
	Cuebus	・アスファルト舗装＋ 固定されたレールに沿った走行	・振動による荷物の位置ズレは無し
4)速度・重量に応じた走行技術・制御 (進行/停止/後退、複数の搬送機器による同一レーン走行や対面走行、車線変更、将来的な速度引き上げの可能性、拠点への分流・拠点からの合流等)	大成建設	・30、60km/h (シミュレーションにより実施)	・速度向上による左右の揺らぎ・ブレへの影響はほぼ無し
	Cuebus	・前ページと同様 (システムによる位置把握精度から試算)	・必要な車間距離:10m (シミュレーションによる試算値)
5)搬送機器の電力消費量 (トンキロ当たりの電力消費量)	大林組	・前ページと同様	1.63kWh/t・km
	大成建設		2.00kWh/t・km
	NAA/千葉県		2.26kWh/t・km

【実験の様子】



NAA/千葉県



AMRがT11パレットに荷物を載せて自動走行(3.6、7.2km/h)



Cuebus

リニアモーター式搬送台車がT11パレット/カゴ車を載せ自動走行(約10km/h)



○ ユースケース2では、搬送機器による自動走行を行い、一定条件下(単体、直進、分合流なし、低速度等)における必要な道路幅などの走行環境等が確認できた。

検証項目	参加社(代表企業)	条件、数値等	R7年度の実証実験における主な成果
6)カーブに必要な最小半径	大林組	速度:1km/h 重量:450kg	・最小回転半径:5.375m
7)走行中の搬送機器への給電方法	大成建設	速度:10、20、30、40、60km/h 出力電力:5kW	・給電効率:54.0%~59.7%
8)搬送する荷物のモニタリング方法(積載重量、偏荷重、荷積み状況、荷崩れ等荷物異常の把握、搬送機器内温度等の確認)	NAA/千葉県	速度:3.6、7.2km/h 重量:300、528kg ・3次元加速度センサーによる計測、カメラでの映像録画	・加速度センサーおよびカメラ映像により荷物の状況を確認

【実験の状況】



受電装置を装着したトレーラーが無線給電道路から走行中給電

◆今後、検証が必要となる内容

自動物流道路本線の構造等の検討のため、以下の検証が必要。

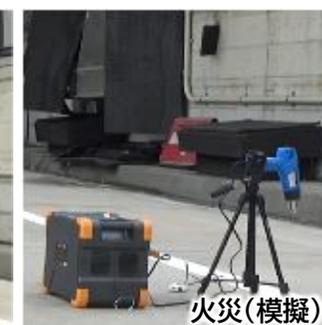
- ・搬送機器の自動走行:複数機器の走行、曲進、分合流、高速走行時の左右のブレ、本線構造による荷物への影響等の検証

○ ユースケース3では、搬送機器の走行中に落下物や火災の発生を想定した模擬実験を実施し、一定条件下（直進、分合流なし、低速度等）において、インフラ協調によって正しく異常を検知し、回避行動（停止）ができることが確認できた。

検証項目	参加社(代表企業)	条件、数値等	R7年度の実証実験における主な成果
1)発生事象の検知・情報提供の確実性(トンネル内火災等による立ち往生、落下物検知等)	鹿島建設	発生事象:火災(模擬)、落下物 速度:3.6km/h 重量:120kg 落下物:大12kg・中8kg・小4kg 加熱温度:30℃程度・40℃程度	(検知確率) ・落下物 大:67%、中:33%、小:0%※ ・火災(模擬) 100%
2)回避行動時の搬送機器の走行技術・制御			・異常時停止率:100% ・異常検知から停止時間:1秒程度 ・車間距離のズレ:最大0.2m

※実験デモ時には100%検知(N=2)

【実験の状況】



光ケーブルにより事象の発生(火災(模擬)、落下物)を検知し、3台のAMRが停止

◆今後、検証が必要となる内容

自動物流道路本線の構造等の検討のため、以下の検証が必要。

- ・異常検知及び回避行動:インフラ協調による複数機器の高速走行時の異常検知や回避行動等の検証
また、同一システムによる自動物流道路本線の維持管理、修繕等の検証

○ ユースケース4では、電波測定遮蔽物(10tトラック、監視カメラ(9台))による通信への大きな影響がないことが確認できた。また、一定条件下(単体、直進、低速度等)において、位置補正用反射体により、自己位置推定の補正が可能であることが確認できた。

検証項目	参加社(代表企業)	条件、数値等	R7年度の実証実験における主な成果
1)搬送機器の通信安定化技術の確実性	NTT ドコモビジネス	<ul style="list-style-type: none"> 計測内容:電波測定機器、カメラ 取得内容:スループット、応答速度 	<ul style="list-style-type: none"> 通信速度 上り:平均3.2Mbps 下り:平均67.0Mbps以上 応答速度:72ms以下 ※全長700mトンネル内(単体走行時)で常時通信可
	NAA/千葉県	<ul style="list-style-type: none"> 計測内容:Wi-Fi通信強度 周波数帯:2.4GHz,5GHz アクセスポイント間隔:40m 	<ul style="list-style-type: none"> 通信速度 2.4GHz:-64dBm以上 5GHz:-56dBm以上 ※通信強度測定の結果、150m間隔のアクセスポイントで自動走行可
2)走行影響(自律走行の場合)の有無、自車位置把握の正確性	NTT ドコモビジネス	<ul style="list-style-type: none"> 計測内容:電波測定機器、カメラ 取得内容:スループット、応答速度 遮蔽物:10tトラック、混在電波 	<ul style="list-style-type: none"> 遮蔽物による通信速度への大きな影響なし 監視カメラ同時動作時は帯域約30%低下(1.7Mbps→1.2Mbps)
	大成建設	<ul style="list-style-type: none"> 反射体補正:あり、なし ※全点群のうち、天井照明等の影響のない高さ0~2mの点群を用いて、反射体あり/なしの位置精度を比較 	<ul style="list-style-type: none"> 反射体補正により、ブレを抑制 前後 あり:1.7m、なし:2.3m 左右 あり:44mm、なし:550mm

【実験の状況】



遮蔽物による通信への影響、搬送機器内のカメラによる荷物の監視

アクセスポイント設置による通信

反射体検知による位置補正

◆今後、検証が必要となる内容

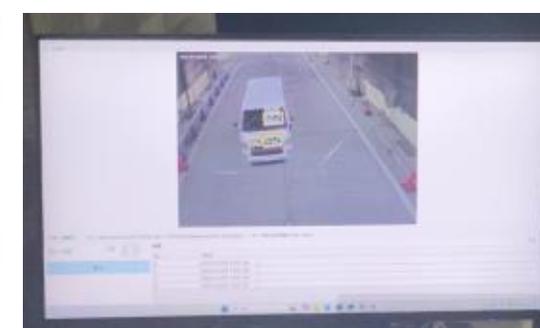
自動物流道路本線の構造等の検討のため、以下の検証が必要。

- ・通信安定性:複数機器の走行による通信への影響、高速走行時の自己位置推定の補正の検証

○ ユースケース5では、高速走行中でも搬送車両に貼り付けた二次元コードの読み取りが可能であることが確認できた。また、机上検討を行い、二次元コードによる荷物や搬送機器の位置の把握など、運行管理への活用可能性が確認できた。

検証項目	参加社(代表企業)	条件、数値等	R7年度の実証実験における主な成果
1) 荷物(または搬送機器)管理用ICタグ(DSRC、RFID、QRコード等)、GPSによる荷物管理	前田建設工業	速度:20、40、50、60km/h 路面輝度:4.5、2.3、1.5cd/m ² カメラ設置位置:鳥瞰/真横 マーカ設置位置:鉛直/斜め/側面	(認識率) ・鳥瞰カメラ:マーカ鉛直・斜め:100% ・真横カメラ:(マーカ遠い)2号車:100% ・真横カメラ:(マーカ近い)1号車:20%
2) システムの電力消費量			・50wh/h程度

【実験の状況】



車両に貼り付けた二次コードを鳥瞰/真横のカメラで読み取り

◆今後、検証が必要となる内容

自動物流道路本線の構造等の検討のため、以下の検証が必要。

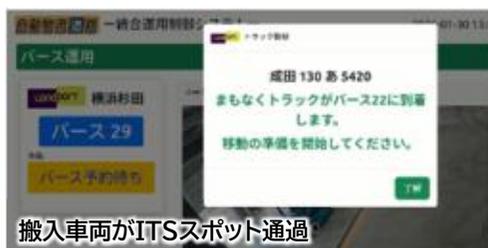
- ・ **運行管理**: 暗所等の本線の環境や停電等の非常事態も踏まえた運行管理等の検証

○ ユースケース6では、ETC2.0を活用し、トラック・拠点(荷役機器)間で到着車両情報を取得することで、物流効率化が可能であることが確認できた。

検証項目	参加社(代表企業)	条件、数値等	R7年度の実証実験における主な成果
1)到着車両情報の収集・提供	野村不動産	・ETC2.0を利用して搬入車両の位置情報を確認	・位置情報の遅延は5秒以内であり、運用上許容可能な範囲であることを確認

【実験の状況】

搬入車両がITSスポットを通過すると、トラック受入れの指示を発信



到着情報を受け取ると、荷物を保管倉庫からバッファスペースへ移動



トラック到着後、無人荷役機器がスムーズに荷積みを実施



無人荷役機器が荷積みを終わると、搬入車両に向けて離車指示を発信



ETC2.0を活用し、トラックの到着情報をもとにあらかじめ荷役の準備をして荷待ち時間を低減

◆ 今後、検証が必要となる内容

- ・ ETC2.0活用による物流効率化:自動物流道路のシステム全体(路側インフラ、搬送機器、拠点、トラック等)での連携などの検証