

LiDAR センサ易検出塗装システムの実証 —高反射塗料による自動運転トンネル走行支援—

大成ロテック(株) 正会員 ○ 平川 一成 非会員 斉藤 充人
(株)ティアフォー 非会員 宮阪 健夫 非会員 竹内 栄二郎
大成建設(株) 正会員 清水 友理 非会員 杏村 潤貴

1. 目的

自動運転では走行環境条件により位置精度が低下する課題があり、特にトンネル区間は位置誤差が大きくなる課題がある。一方、トンネル内部は、構造物の保護や視認性確保を目的としたトンネル内装材が用いられている。今回このトンネル内装材を自動運転車両が搭載する LiDAR にとって容易に検出が可能となるようトンネル内装材の改良を行った。本報では、トンネル壁面に塗料を塗布する方式により、既存の車載 LiDAR の反射強度から位置補正を行う検証（実証実験期間：2022 年 1 月 22 日～2 月 24 日）を行い塗料の各種有効性検証について報告する。

2. LiDAR センサ易検出塗装システムの概要

LiDAR のレーザーは近赤外線が用いられ、波長は 905～1550nm が一般的である。LiDAR センサに検出されやすくするには、上述の波長帯域を吸収されるものではなく、より効率的に反射させる光学特性が必要となる。また自動運転車両が走行しながら検出するため、確実に検出されるためには、反射角度が 90° 以外の角度でも検出されることが望ましい。また、道路法第二条第二項第五号に定められる自動運行補助施設では、電子的方法、磁気的方法その他の知覚によって認識することができない方法と定義されている。そのため、周辺環境の色彩と光沢度も違和感がないように同程度に揃える必要がある。また、トンネル内で使用した場合でも低メンテナンスで常時安定して検出できることが求められるため、防汚性に優れた表面特性も求められる。このことから、1) 角度特性に優れた塗料、2) 周辺環境と色彩及び光沢度が同程度である塗料、3) 防汚性に優れた塗料、この 3 条件を満たすことを自動運行補助施設の条件とした。1) に関しては、LiDAR 測定試験を実施し、2)、3) においては、実証実験での結果を報告する。

3. LiDAR 測定試験・実証実験概要

1) 角度特性の検証として、測定試験の概要を図-1 に示す。試験装置は Velodyne 製 LiDAR (型式：VLP-16) を用いた。塗料種類：①本塗装システム、②銀含有塗料、③アルミ含有塗料、④ステンレス含有塗料を比較する。試験では、上記①～④の塗装板から 2m の距離に LiDAR を設置し、90、45°、20° の角度で測定し、反射強度を確認することで、角度促成の検証を行った。

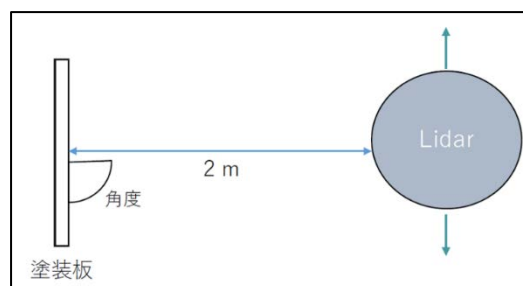


図-1 LiDAR 測定試験概要

2) 周辺環境との調和性と 3) 防汚性の検証として、実トンネルにおける検証を実施した。図-2 に実証実験を行った約 300m のトンネル区間を示す。実証実験では、本塗装システムによるパネルを 300m 区間に対し合計 25 枚 (10m 間隔) を設置した^{注 1)}。2) の周辺環境との同程度であることの検証は、設置時に日本電色工業製光沢計 (型式：PG-II M) による測定を行った。3) の検証は設置から撤去後の合計 16 日間の単位面積当たりの本システム塗装面と通常塗装面との比較で測定を行った。



図-2 実証実験概要

キーワード 自動運転, 路車連携技術, 自車位置補正, 自動運行補助施設, LiDAR, 高反射塗料

連絡先 〒365-0027 埼玉県鴻巣市上谷 1456 大成ロテック(株) 技術研究所 TEL 048-541-6511

表-1 角度特性結果

	角度90°	角度45°	角度20°
①			
②			
③			
④			

表-2 単位面積当たりの汚れ量[g/m²]比較

	通常塗装 [g/m ²]	本システム [g/m ²]
トンネル出入口 付近(N=11)	0.1751	0.0624
トンネル中腹 (N=14)	0.2051	0.1135

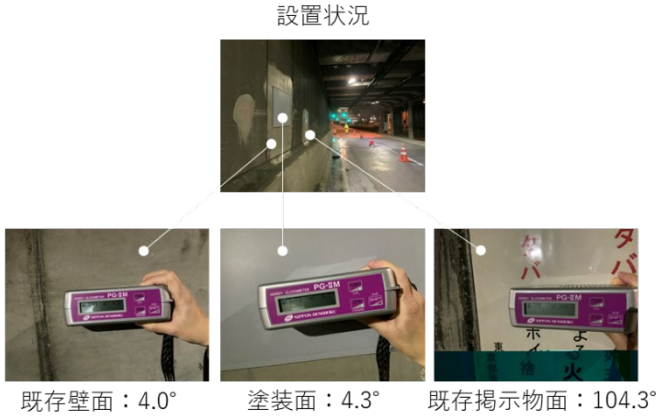


図-3 光沢度評価

3. 試験結果

1) 角度特性の検証結果を表-1 に示す。測定画像では、反射強度が強く出る面は赤線となり、弱くなるに従い、緑→青と変化する。塗布板は白枠内の○で示す。①本塗装システムと、赤外線反射率が高い各金属粉含有塗料（②銀含有塗料、③アルミ含有塗料、④ステンレス含有塗料）を比較した結果、正面の 90° では全塗料が強い反応を示したが、45° 以下で反応示したのは本塗装システムのみで検出可能であった。

2) 周辺環境との調和性の検証結果を図-3 に示す。既存壁面とほぼ同程度に光沢を抑制できており、今回の塗装システムでは、通常のトンネル内装と同じような見た目で、塗装可能となることが確認できた。

3) 防汚性の検証として、通常塗装と本システムによる比較結果を表-2 に示す。本システムでは通常塗装と比較して 35～55%汚れ量が少なく、汚れにくさが確認できた。またトンネル入口・出口付近とトンネル中腹との比較では、トンネル中腹での汚れ量が多く、トンネル中腹で汚れが滞留しやすいことが確認できた。今回の実証実験では短期間（16 日間）であったため、長期の検出性能への影響については今後の課題である。

4. まとめ

自動運転車両の走行が困難なトンネル区間に対し、車載センサの一つである LiDAR が検出しやすい高反射塗料をトンネル壁面に塗布する本システムは、検出角度特性に優れており、LiDAR の検出に寄与できることが確認できた。また、周辺環境と調和性も確認でき、通常のトンネル内装材と同様の見た目で、自動運転車両に対応可能であることが確認できた。防汚性の検証では、通常塗装に比べて汚れにくさを確認できた。今回の本塗装システムのベースとなるものは、ワンダーコーティングシステム（トンネル内装保護工法「W-TN」）として長年の施工実績があるものである。常温・塗布で形成されるガラス質膜により構造物を保護する無機系の表面保護工法であり、中性化や塩害、凍害等に対する保護性や耐久性、不燃性（国土交通省大臣認定）で、防汚性等に優れ、さまざまな用途・構造物・材料に対応が可能であり、廃棄後・燃却時に有害物質が発生しない環境に配慮した工法である。トンネル内壁やコンクリート打ち放し壁面等に排気ガスや降雨による汚れが付きにくい特徴を持つが、今回の実トンネルにおいても短有効性が示すことができた。今後は、適切なメンテナンス方法を検討する等、自動運転を支える安全で持続可能な環境整備に寄与していきたい。

謝辞
本実証は東京都実証事業「令和 3 年度西新宿エリアにおける自動運転移動サービス実現に向けた 5G を活用したサービスモデルの構築に関するプロジェクト」の助成を受け実施した。この場を借りて深く御礼申し上げます。

注釈
注 1) 非常口等、トンネルの機能を確保する上で一部区間は非設置とした。