

11月15日(火)
講演4

LiDARセンサを利用した 衛星測位の補完手法に関する検討



交通システム研究部

※山口 大助

長谷川 智紀

一柳 洋輔

望月 駿登

八木 誠 (客員研究員)

はじめに

- 地上設備（軌道回路や地上子）による列車位置検知に代わる車上での列車位置検知技術として、GPS等の衛星測位システムへの期待
- トンネル等の電波受信が難しく衛星測位が困難な地点やマルチパスによる測位精度の低下の懸念がある地点では、衛星測位を補完する他の位置検知手法が必要
- LiDAR(Light Detection And Ranging)センサに着目し、**軌道側にマーキングして固有地点をコード化の上、LiDARセンサでコードを読み取る補完手法を考案し、実車実験を通じて実現可能性を検討**

LiDARセンサを利用した衛星測位の補完手法

- LiDARセンサを車上側、ターゲットマーカを軌道側に設置
- 軌道側はターゲットマーカを複数個使用し、固有地点に応じてターゲットマーカの並べ方を変えることで固有地点をコード化
- LiDARセンサが物体からの反射光の強さ（輝度）を検知できる機能を利用して、ターゲットマーカに向けてレーザー光を照射し、ターゲットマーカからの反射光の輝度を測定してコードを読み取
- 固有地点とコードを紐付けたデータベースを車上側に装備し、LiDARセンサが読み取ったコードをデータベースと照合して固有地点を特定

想定される提案手法の利用

- 列車の走行位置を基本は衛星測位によって把握し、測位精度が低下する区間や測位困難な区間では提案手法によって衛星測位を補完
- 衛星測位から得られる列車の速度を利用して走行距離を推算し、提案手法によって固有地点を特定して、推算した走行距離を補正

実車による実験

- LiDARセンサを車内に仮設し、車庫内及び営業線にて実施
- 実験では非反復走査と呼ばれる独特なスキャンが特徴の機種を使用
- 取付向きは12.5度と20度の2条件（営業線では12.5度のみ設定）
- 車庫内での実験の結果、**実験に使用したLiDARセンサでは、**
 - 停車時：取付向き12.5度、20度ともに、ターゲットマーカを5m先に置いたときは概ね検知し、コードの読み取りが可能なものの、車両から離れるにつれてターゲットマーカの配置通りの検知は不可
 - 低速走行時(8km/h)：取付向き12.5度の場合にはターゲットマーカを概ね検知し、コードの読み取りが可能なものの、取付向き20度の場合にはターゲットマーカの配置通りの検知は不可
- 営業線での実験の結果、**実験に使用したLiDARセンサでは、**
 - 営業運転速度(25km/h,34km/h)での走行時はターゲットマーカの配置通りの検知は不可で、特に線路方向が顕著
 - まくらぎ方向のターゲットマーカは重複せずに検知

実験結果を踏まえた提案手法の利用

- 実験に使用したLiDARセンサ**を取付向き12.5度、標準軌の路面電車の走行速度(40km/h以下)で使用する場合は、
 - 線路方向にはターゲットマーカを複数個置いて一つの塊として確実に検知できるようにし、まくらぎ方向のターゲットマーカの有無でコード化
 - 中央列にターゲットマーカを必ず置き、「ここにコードがある」ことを明示

今後の展開

- 提案手法の実現には使用するLiDARセンサの機構や仕様によるところが大きいため、新しいタイプのLiDARセンサの開発動向を注視

おわりに

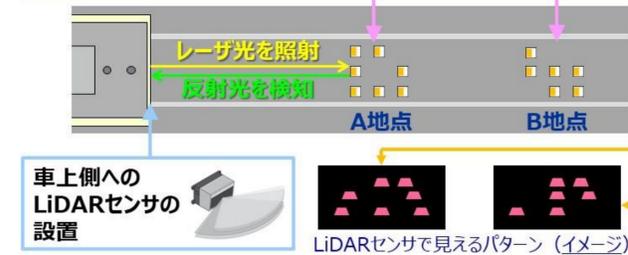
- 実車実験の結果、使用するLiDARセンサの機構や仕様に応じて適切に調整することで提案手法の実現可能性が高い
- 今後は保安の用途を含む衛星測位の補完の具体的な手法及び測位精度の総合的な評価手法などについて検討を進める予定

提案するLiDARセンサを利用した衛星測位の補完手法

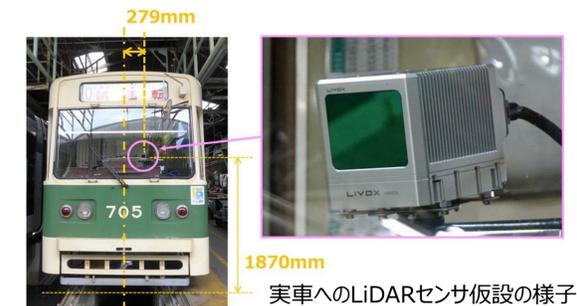
軌道側へのターゲットマーカの設置
固有地点をコード化するため、再帰反射特性（入射した光が再び入射方向へ帰る特性）を持った道路標識などを複数個利用



固有地点の情報の付与
緯度・経度または起点からのキロ程を付与

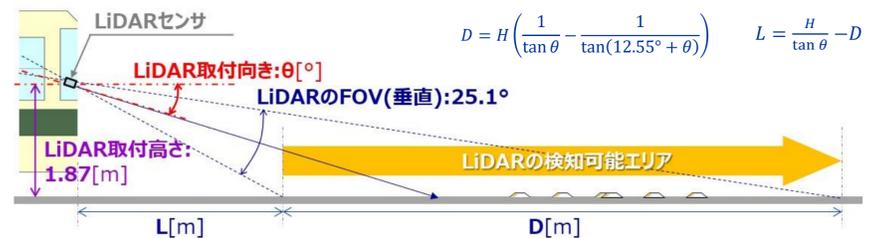


固有地点の特定
車上側に装備したデータベース（固有地点とコードを紐付け）とLiDARセンサが読み取ったコードを照合して固有地点を特定

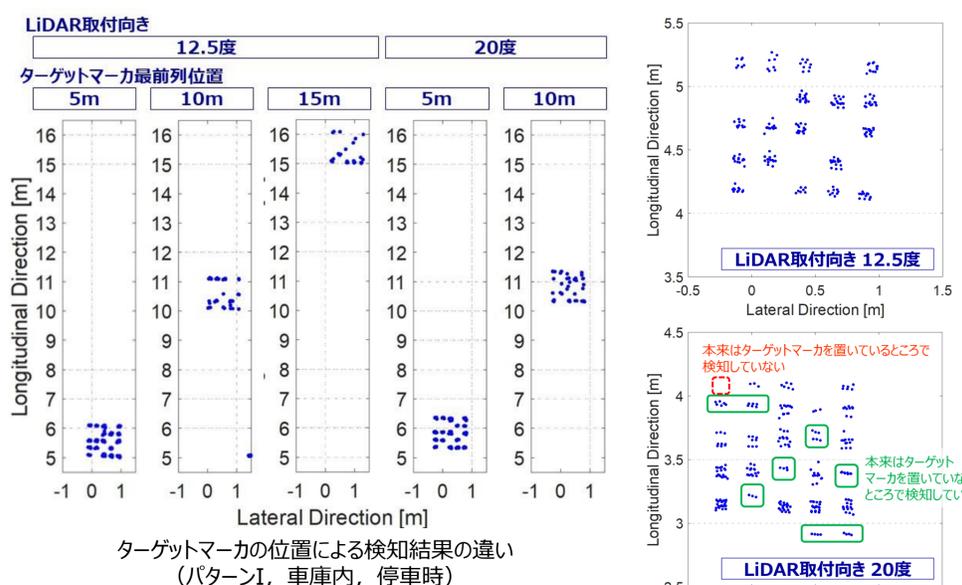
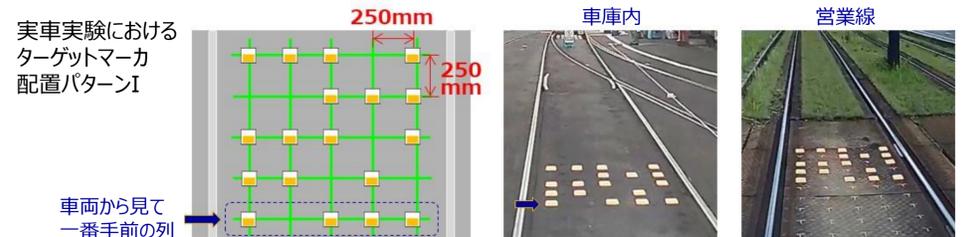


今回使用したLiDAR

- 露光時間(Integration Time)が0.1秒の場合にはレイ数64本のLiDARセンサと同等の性能を有し、1秒の場合にはFOV(Field Of View: 視野角)内のほぼ100%を検知エリアとする性能を有する
- 反射光の輝度は0~255の数値で記録され、そのうち再帰反射体からの反射光の輝度は151~255の数値で記録される



LiDAR取付向き θ[°]	L[m]	D[m]	LiDARセンサの検知エリア
12.5度	4.00	256.00	電車先端L=4.00mより奥で、遠方はセンサ諸元により260m ターゲットマーカだけでなく先行する電車も検知することを狙って設定
20度	2.93	11.37	電車先端より2.93m~14.30m 車両に極力近い側で検知できるかを確認するために設定



実験で使用したLiDARセンサで、標準軌の路面電車の走行速度(40km/h以下)で使用する場合の実用で想定されるコードの例

