

カメラを利用したトンネル内での自己位置特定について

一般社団法人日本建設機械施工協会	施工技術総合研究所	正会員	○伊吹	真一
一般社団法人日本建設機械施工協会	施工技術総合研究所	正会員	安井	成豊
一般社団法人日本建設機械施工協会	施工技術総合研究所	正会員	寺戸	秀和
東北大学	未来科学技術共同研究センター		永谷	圭司
	SEQSENSE 株式会社		渡辺	敦志
国立研究開発法人	土木研究所	正会員	林	利行
一般財団法人	橋梁調査会	正会員	藤原	亨

1. 概要

トンネルは同じ断面が連続する特徴のない断面形状であること、GNSS 等が使用できない地下空間となることが一般的であり、点検者や点検用ロボットの自己位置を認識することが困難という課題がある。本報告では、トンネル内に特徴点を設けることを目的としたトンネル覆工マーカー（以下、覆工マーカー）とカメラを利用したトンネル内の自己位置特定について実験的な検証を行った結果を述べる。

2. 検証方法

模擬トンネル内に設置した覆工マーカーを用いて、カメラによる自己位置検出を実施した。覆工マーカーには QR コードが表示されており、カメラが QR コードの大きさ形状を認識することにより、自己位置を簡易的に測定する装置を用いた。覆工マーカーを撮影することにより求められた自己位置の座標とカメラ設置位置の座標の誤差を、覆工マーカーのサイズおよび設置パターン、カメラ位置ごとに比較検証を行った。

覆工マーカーは、3 種類(大サイズ：250mm×500mm、中サイズ：200mm×400mm、小サイズ：150mm×300mm)のサイズを各 2 枚作成した。覆工マーカーの間隔は 10.5m とし、覆工スパンの起点側目地部から約 0.5m 離れた位置、路面からの高さが 2.5m の位置に設置した。覆工マーカーおよび自己位置特定装置の設置位置を図 1 に示す。なお、覆工マーカーおよび装置の設置位置はトータルステーションにより測量した。

システム諸元

カメラ：ELP 低照度 200 万画素ウェブカム USB
2.8-12mm 手動可変焦点レンズ 1080p

レンズ：uxcell 1/3" F1.4 手動 CCTV セキュリティ カメラ
レンズ 9-22mm

慣性計測装置 (IMU : Inertial Measurement Unit) 内蔵

3. 検証結果

図 2 に、検証ケースと各測定点におけるカメラによる自己位置特定装置により求められた自己検出位置の平面的な誤差量を示す。なお、計測点ごとに 3 回計測を実施しており、検出位置の誤差量の平均を円の大きさに示している。

キーワード トンネル, 覆工マーカー, 自己位置, 精度, QR コード

連絡先 〒417-0801 静岡県富士市大淵 3154 一般社団法人日本建設機械施工協会施工技術総合研究所 TEL0545-35-0212



写真1 トンネル覆工マーカー（小サイズ）

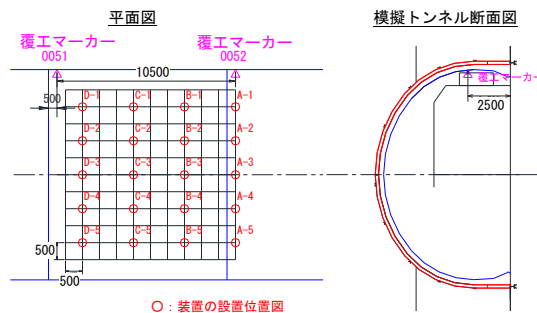


図1 覆工マーカーおよび装置の設置位置図



写真2 自己位置特定状況

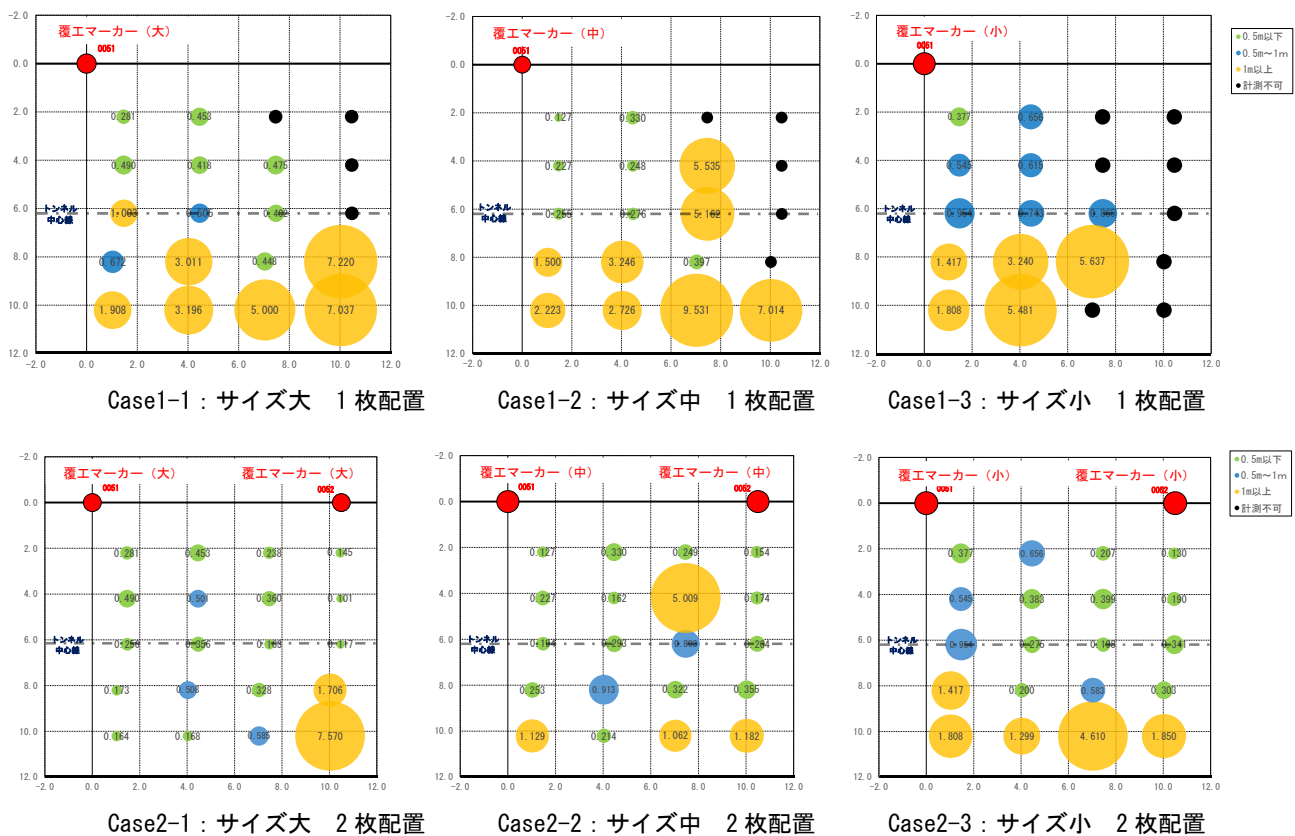


図2 検証ケースと平面誤差量の分布

各測定点における自己検出位置の平面的な誤差量を比較した結果、下記の点が確認された。

- ・認識する覆工マーカが1枚の場合、マーカと6m以下の距離が近い範囲で正対する位置では、大サイズより中サイズの誤差量が小さいものの、マーカのサイズが大きくなることで検出位置の誤差量が小さくなる傾向が確認できた。また、覆工マーカのサイズが大きくなることにより、マーカと遠い場合また角度がある場合においても精度が保たれ、計測可能な範囲も拡大することが確認された。
- ・覆工マーカ1枚を認識するケースにおいて、覆工マーカに対して角度・距離ともに大きい位置の測定点において検出不可のケースがあった。覆工マーカのサイズが小さくなるに従い、検出不可となる点が多くなった。
- ・認識する覆工マーカが2枚の場合、マーカが遠い場合で測定点の誤差量が小さくなることが確認できた。また、検出不可の点がなくなりすべての範囲で自己位置を特定可能であることが確認できた。

4. おわりに

トンネル内にQRコードを含む覆工マーカを設置することにより、自己位置を特定できる可能性を確認できた。今回の模擬トンネルで検証した結果を用いて、トンネル内全体における自己位置特定精度の確保に必要な覆工マーカの配置パターンについて考えてみた。トンネル内のいずれの位置においても誤差量が0.5m以下を目標とすると、幅12m程度のトンネルの場合、覆工マーカを10.5m間隔で両側の側壁に配置することとなる。

将来的には、覆工マーカに付与されたトンネル名・スパン番号等の情報をQRコード等により情報端末が読取り、過去の点検結果などデータベース上の情報を現場で確認するなどの技術開発も期待される。これにより、自己位置特定とともにデータベース上の情報を活用することにより、点検の高度化が期待できる。今後、トンネル覆工マーカの含むべき情報や仕様など検討し、点検におけるICTの利用、ロボットの活用促進を目指していきたい。

謝辞: 本研究は、内閣府総合科学技術・イノベーション会議の「SIP インフラ維持管理・更新・マネジメント技術」(管理法人: 国土交通省)によるものであり、国土技術政策研究所の委託研究として実施したものである。ここに記して謝意を表す。

参考文献

- 1) 例えば、戦略的イノベーション創造プログラム(SIP): インフラ維持管理・更新・マネジメント技術ホームページ, <<http://www.jst.go.jp/sip/k07.html>>, 2018.3.31アクセス。