

## 山岳トンネル施工におけるロックボルトの自動検出

佐藤工業 正会員 ○須佐見 朱加  
正会員 京免 継彦

## 1. はじめに

山岳トンネルにおける代表的なレーザースキャナ（以下、LS と称する）の活用事例として、アタリ判定<sup>1)</sup>をはじめ、覆工コンクリート量の算出や出来形計測<sup>2)</sup>等がある。坑内計測点群はその形状だけでなく、カメラ画像による色（RGB）や反射強度の情報も有しており、これらを活用することでさらなるトンネル管理業務の適用範囲を広げる可能性を秘めている。

本稿では、坑内計測点群の新たな活用方法としてロックボルトの自動検出を試みたので、その結果について報告する。

## 2. ロックボルトの自動検出

図-1 は、計測の概略図である。本試行では、コンクリートを吹付け、ロックボルト打ち込み後に計測を行う。まず、LS をトンネル中心に設置し、LS ターゲットを用いた後方交会により器械位置を算出する。その後、トンネル壁面を計測密度 6.3mm@10m で計測する。なお、計測データは器械中心を原点とする座標系であるため、LS 専用のソフトウェアで公共座標と関連付ける。

今回、従来のトンネル 3 次元出来形管理システム（出来形マイスター）にロックボルトを自動検出する機能を開発した。図-2 にロックボルトの自動検出方法を示す。必要なデータは、① ロックボルトの位置を含む設計断面、② トンネルの中心線形、③ ロックボルト施工後の計測点群である。まず、計測点群から各ロックボルトの設計位置周辺の点群を切り出し、距離画像（対象物までの距離情報を画像化したもの）を作成する。その後、距離画像とプレート画像（ロックボルトの見本画像）を比較し、一致した画像の中心点をロックボルトの位置として検出する。

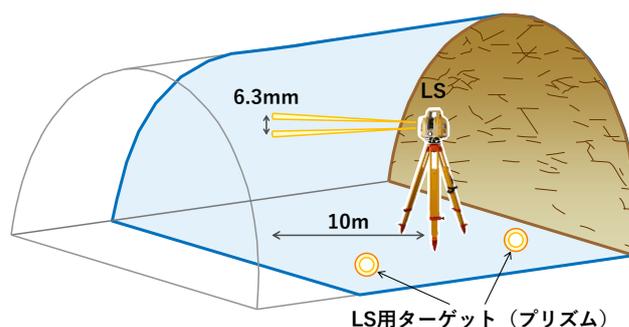


図-1 計測の概略図

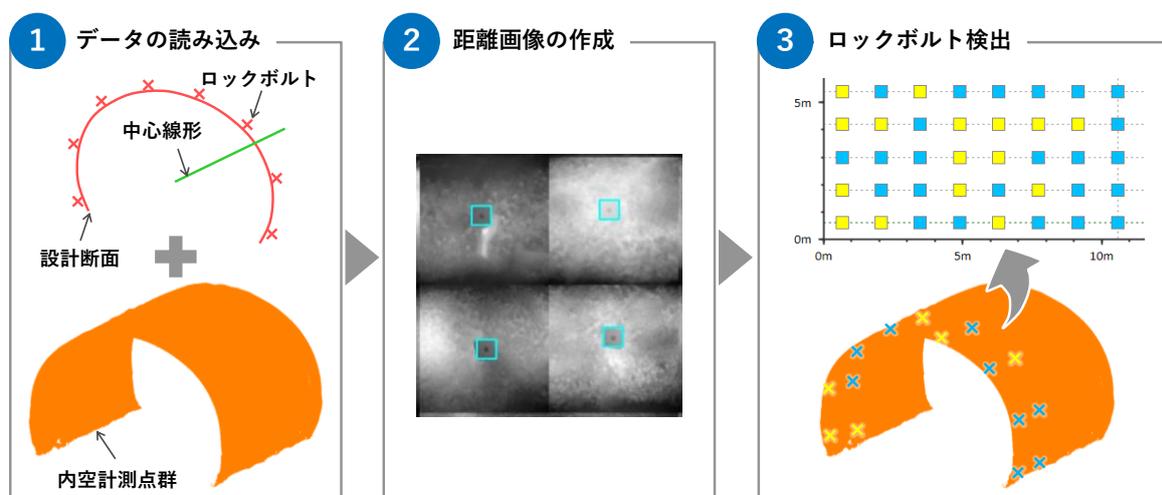
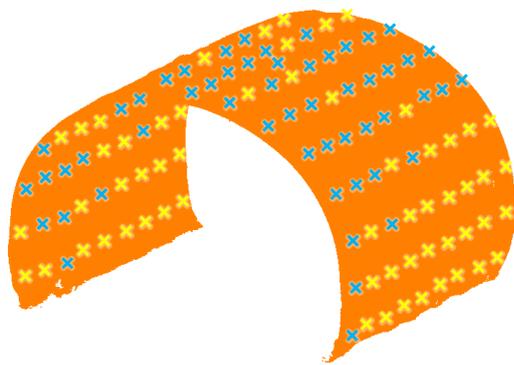


図-2 ロックボルトの自動検出方法

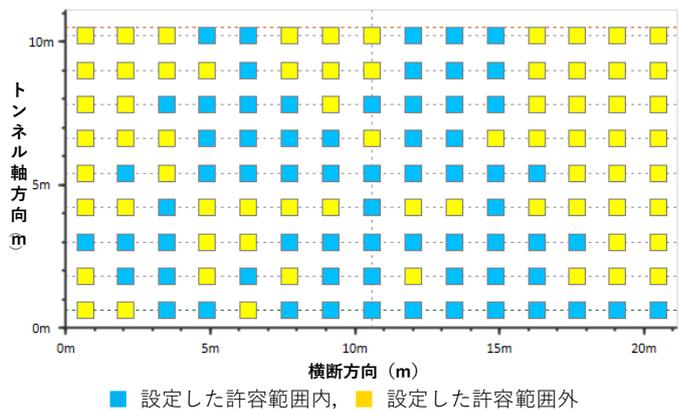
キーワード トンネル, レーザースキャナ, ロックボルト, 位置検出, CIM

連絡先 〒103-8639 東京都中央区日本橋本町 4-12-19 佐藤工業株式会社 ICT 推進部 TEL : 03-3661-2932



× 設定した許容範囲内, × 設定した許容範囲外

(a) 3D モデル図



(b) 展開図

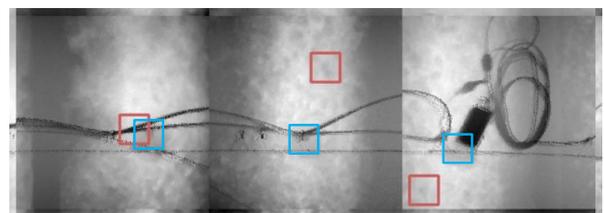
図-3 打設位置判定結果の一例 (1BL=10.5m)

### 3. 処理結果と考察

図-3 は、1BL=10.5m 分の処理結果である。ロックボルトの本数だけでなく、検出位置を 3D モデル図と展開図で表示する。検出されたロックボルトは、設計位置と比較して許容範囲内の場合は水色、範囲外の場合は黄色で色分け表示されるため、どの位置にどの精度で施工されているのかを一目で判定することが可能である。そのため施工品質の向上につながると期待できる。

ロックボルトの自動検出する手法として、デジタルカメラで吹付コンクリート面を撮影し、その写真から形状を検索することも可能である。しかしながら、トンネル坑内のような暗い場所では、色や輝度を一定に保つことが難しいため毎回同じ条件で撮影できないだけでなく、検出率が低下する恐れがある。

その一方、LS は暗所でも高精度かつ高密度な計測ができるため、今回のように計測点群からテンプレート画像と類似する箇所を検索する方法は、ロックボルトの正確な位置を把握するには有効であるといえる。現場職員からヒアリングを行った際、「ロックボルトの打設本数確認作業は労力を要する」との声があったので、自動検出機能を使用すれば全数確認作業を大幅に削減することができる。また、ロックボルトの位置を可視化することで検査の省力化にも期待できる。しかし、以下の場合にはロックボルトの検出率が低下し、誤検出となる。① ロックボルトが配管・配線や風管で隠れている場合 (図-4)、② 器械設置位置から遠い場所等で点群密度が低い場合、である。このような場合には、その箇所を作業員による目視確認を行う必要がある。



□ 実際の打設位置, □ 解析による検出位置

図-4 誤検出の一例 (距離画像)

### 4. まとめ

今回、坑内計測点群の新たな活用方法として、ロックボルトの自動検出を試みた結果、以下の知見を得ることができた。

- (1) 坑内計測点群から距離画像を作成し、テンプレート画像と類似する箇所を検索することで、暗い坑内においても環境に左右されることなく正確にロックボルトの打設位置を検出可能であることが確認された。
- (2) ロックボルト検出に必要な点群密度が確保されていれば、施工位置を可視化することで全数確認作業を大幅に削減するだけでなく、施工の品質向上や検査の省力化につながる可能性がある。

### 参考文献

- 1) 須佐見朱加, 京免次彦: レーザースキャナを用いたアタリ判定, 土木学会第 74 回年次講演会, VI-388, 2019.
- 2) 須佐見朱加, 京免継彦, 石井誠, 辻本剛士: レーザースキャナを用いたトンネル出来形管理による生産性向上の効果, 土木学会第 73 回年次学術講演会, VI-053, 2018.