

車載型スキャナとカメラによる発破評価および切羽評価の合理化

鹿島建設(株) 正会員 ○鮫島康之 手塚康成 犬塚隆明 松浦 遵 福島大介

1. はじめに

山岳トンネル工事における生産性の向上を目的として、発破掘削の合理化に取り組んでいる。これまでに、設計した穿孔パターンを高い制御精度で穿孔可能なコンピュータジャンボの導入を図っており、発破後の出来形計測を基に穿孔パターンを修正する仕組みを確立しつつある¹⁾²⁾ (図-1)。

しかしながら、出来形計測を目的として開発した三脚型のスキャナ³⁾は、職員が測量機を担いで危険な切羽へ近づく安全性の問題と、余堀り状況などの分析に諸パラメータを手入力する必要があり操作の煩雑さが課題であった。そこで、測定時の安全性確保と操作性の簡略化を目的とした車載型のスキャナを開発した。さらに、出来形の計測は切羽観察と同じタイミングで行うことから、車載型のスキャナに切羽評価を行うシステム⁴⁾を付加し、一度の計測で発破の評価と切羽の評価が同時に行えるようにした。

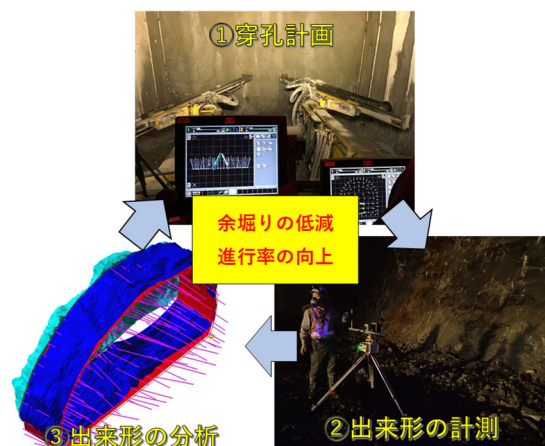


図-1 発破設計の修正

2. 車載型スキャナの開発 (発破の評価)

車載型スキャナは、出来形を計測するスキャナと車体の位置や体勢を把握するプリズム、制御 PC などを搭載し、出来形計測に必要な機器を車体に集約している (図-2)。操作者は制御 PC によって、プリズムの視準から出来形の計測までの一連の作業を車内にて行えるようシステムの簡素化を図っている。また、スキャナの計測データはスキャナ本体を中心とした座標系で取得されるため、車体の位置や体勢のデータをもとに絶対座標系への変換機能を有しており、設計断面に対する余堀りなどの分析結果が測定直後に反映されるよう工夫している。

車体に搭載するスキャナは、表-1 に示した幾つかのスキャナを候補に挙げ、各スキャナ性能の比較試験を実施し、選定している。

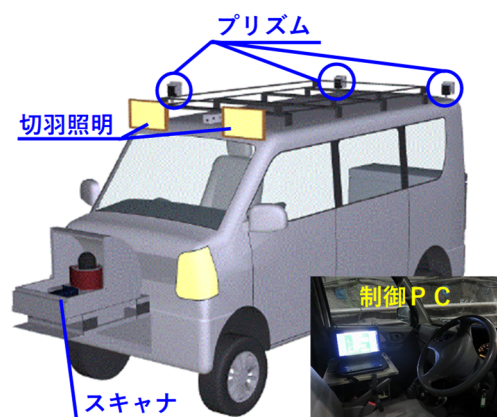


図-2 車載型スキャナ

表-1 スキャナの選定

評価項目	①	②	③	④	⑤
価格	廉価	廉価	廉価	廉価	①~④に対して高価
測距距離 (反射率80%)	30m	80m	40m	35m	300m
測距誤差 (実験値※1)	平均誤差40mm	平均誤差40mm	平均誤差20mm	平均誤差100mm	平均誤差10~20mm
耐衝撃	20G	20G	20G	10G	精密機械のため振動×
IP	67	67	67	67	65
総合評価	○	○	◎	△	△

※1 実験値は、当社の手法・評価による精度検証の結果

キーワード：山岳トンネル，スキャナ，発破，出来形計測，切羽写真，画像解析

連絡先 〒760-0050 香川県高松市亀井町1-3 鹿島建設(株)四国支店土木部 TEL 087-839-3055

3. 切羽評価システムの開発（切羽の評価）

切羽評価システムは、切羽写真の撮影から切羽観察簿の自動作成までを行うことができるシステムである（図-3）。システムはカメラとタブレットPCから構成されており、PCにはカメラを制御するソフトならびに、切羽写真から画像解析技術によって風化程度と割れ目間隔の評価点を切羽観察簿として自動出力することができるソフトを搭載している。また、評価結果は坑内のWi-Fiを通じて、坑外の詰所に設置したPCに蓄積することができる。

カメラは広角であり耐久性に優れ、1530万画素を有するSONY DSC-RX0を選定した。また、掘削直後のトンネル坑内は路盤が平たんでないため、常に水平な状態で写真が撮影できるように、カメラ上部に自由雲台2つとカメラ下部に錘を取り付ける工夫を行った（図-4）。

車内からのカメラの映像は図-5に示すように、PCに搭載されているカメラ制御ソフトを使用することで閲覧することができ、切羽の状態を確認しながら写真を撮影することができる。

切羽観察簿出力ソフトでは、切羽写真を画像解析することにより、風化程度と割れ目を定量評価した結果から、切羽観察簿の項目に該当する風化変質と割れ目の頻度の評価点を算出できる。図-6に出力結果例を示す。観察簿には、風化変質と割れ目の頻度の評価点が自動的に入力され、スケッチとして評価画像も同時に出力される。

4. おわりに

発破掘削の合理化を目的として、発破後の出来形を安全に測定、かつ簡易に分析できる車載型スキャナとカメラ画像から切羽評価を行うシステムを開発した。現在、「平成29-32年度日下川新規放水路工事」で運用を開始し、システムの運用性、耐久性を確認している。

今後は、切羽評価システムから得られるデータも活用し、更なる発破の合理化を図っていく予定である。

参考文献

- 1) 手塚ほか: 4 ブームフルオートコンピュータジャンボによるICT施工例, 土木学会第72回年次学術講演会, VI-717, 2017.
- 2) 井上ほか: 発破後の切羽の形状測定結果に基づく穿孔プランの改善, 土木学会第72回年次学術講演会, VI-719, 2017.
- 3) 犬塚ほか: 一体型簡易3Dスキャナと余堀り評価ソフトの開発, 土木学会第72回年次学術講演会, VI-718, 2017.
- 4) 戸邊ほか: 山岳トンネル切羽の剥落危険度評価システムの開発と現場への適用, 第46回岩盤力学に関するシンポジウム講演集, pp. 81-86, 2019



図-3 切羽評価システムの構成図

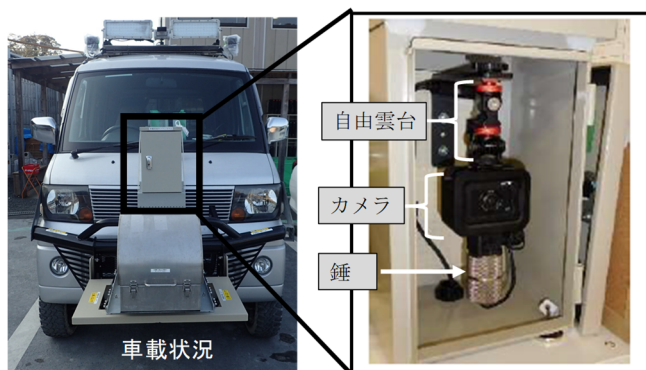
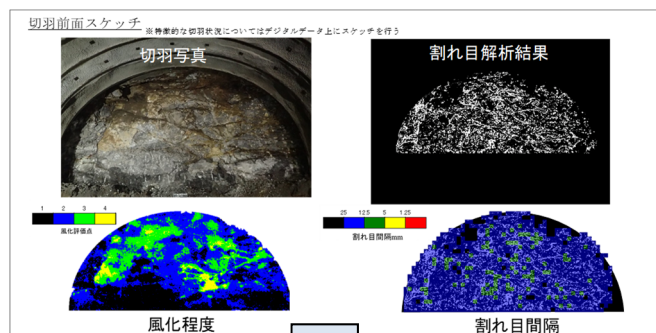


図-4 カメラ設置状況



図-5 カメラ制御システム



解析結果	評価区分		
	左肩	天端	右肩
風化変質	1	2	2
割れ目の頻度	3	3	3

図-6 評価区分出力結果例