

切羽のデジタルデータを活用した切羽評価帳票の自動作成システムの開発

鹿島建設(株) 正会員 ○宮嶋保幸 戸邊勇人 山下 慧
 (株)地層科学研究所 正会員 遠藤太嘉志 岩永昇二 富永英治
 (株)システム計画研究所 久保陽平 西岡 拳
 (株)ティー・エス・イー 酒井洋宜 鶴澤雄大

1. はじめに

トンネルの建設では、地山状況に応じた支保パターン選定のため、切羽観察により地質状況を直接確認する岩判定が実施される。一方、コンピュータジャンボの普及やネットワーク環境の向上などによって切羽の膨大なデータをリアルタイムに取得し、共有することが可能となり、これらのデータを利用すれば岩判定のための切羽観察の省略、または省力化が期待できる。本稿では、建設中のトンネル現場で切羽状況をリアルタイムに共有できるシステムを構築し、試行した結果を報告する。なお本稿は、国土交通省公募の「2020年度建設現場の生産性を飛躍的に向上するための革新的技術の導入・活用に関するプロジェクト」の成果である。

2. システムの概要

当システムの構成を図-1に示す。また、以下に各技術の概要を示す。

(1) コンピュータジャンボ穿孔データによる強度評価

コンピュータジャンボから岩盤の硬軟を示す破壊エネルギー係数分布を取得し、切羽観察帳票における強度評価区分の精度で破壊エネルギー係数から強度を評価する。

(2) 切羽写真の画像解析による風化度と割れ目間隔評価

切羽写真の画像解析によって風化度と割れ目間隔を定量評価する画像解析システムを利用した。当システムは、iPhoneで切羽を撮影するとリアルタイムに風化度と割れ目間隔を定量評価する。

(3) 機械学習による切羽評価点を出力

定量評価した強度・風化度・割れ目間隔から切羽評価点を算出するため機械学習を実施した。機械学習にはニューラルネットワーク(NN)・サポートベクターマシン(SVM)・ツリー系アルゴリズムなど複数の手法を利用し、切羽評価帳票に結果を併記する。

(4) 切羽評価帳票を自動作成

切羽毎の評価結果を自動的に帳票化する帳票作成システム。図-2に切羽評価帳票の例を示す。

(5) データ共有システム

帳票を関係者で共有するため、帳票を自動的にネットワークにアップロードするデータ共有システム。

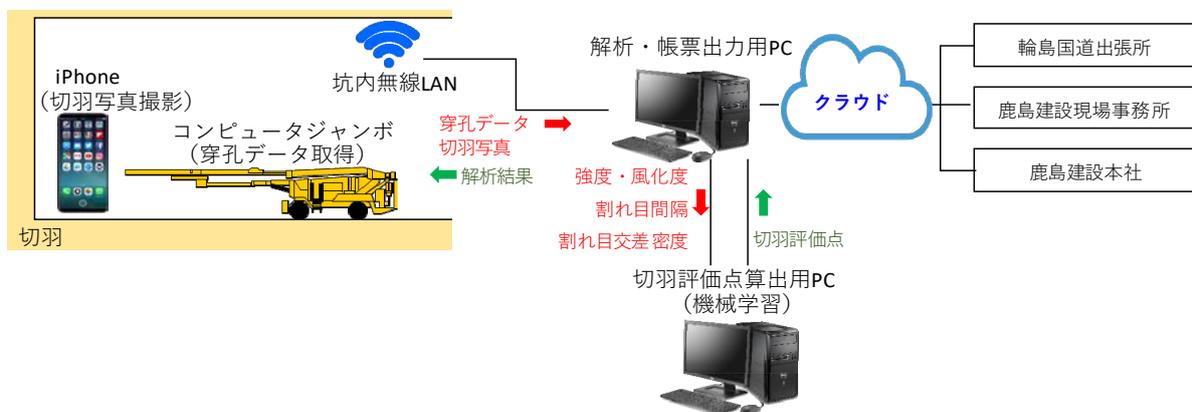


図-1 システムの構成

キーワード トンネル, 岩判定, 切羽評価, 機械学習

連絡先 〒182-0036 東京都調布市飛田給 2-19-1 鹿島建設(株)技術研究所 TEL042-489-8109

3. 適用結果

当システムを H30-33 能越道鷹ノ巣山 2 号トンネル工事（石川県）に適用した。当システムでは、iPhone で切羽写真の撮影をトリガーとして機械学習などの解析が始まり、帳票を自動作成してクラウドへアップロードし、関係者へ連絡のメールを配信できる。適用の結果、切羽写真撮影からメール配信まで数分で完了することを確認した。一方、機械学習により算出した切羽評価点の精度を支保パターン選定の正答率で評価すると、C II と D I の判別精度は NN が 61%，SVM が 71%，ツリー系アルゴリズムが 15% と切羽定量評価の精度を十分に確保できなかった。これは事前に学習した切羽が 41 切羽と少ないこと、切羽評価点が C II と D I のしきい値に近いコントラストが小さな地質状況であったことが原因である。また、機械学習の手法によって判定精度が異なっており、機械学習を適用する際には、各手法の適用性を見極めて利用することが重要だと分かった。今後、当システムを岩判定（立会）の代替とするためにはデータの蓄積による精度向上が課題である。

4. 当システムにより期待される効果

当システムによる切羽評価で十分な精度が得られた場合、掘削延長 1km のトンネル工事を対象として 20 回の岩判定（立会）が開催されると想定すると、以下の効果が期待できる。

- ・ 立会による岩判定に要する時間：2 時間 10 分（1 回あたり・移動時間含む）、43 時間 20 分（全線）
- ・ 自席から WEB による遠隔での岩判定実施に要する時間：20 分（1 回あたり）、6 時間 40 分（全線）
- ・ 作業時間の縮減効果：43 時間 20 分 - 6 時間 40 分 = 36 時間 40 分（全線）

5. おわりに

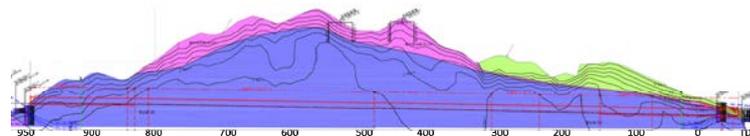
ICT 技術と機械学習を活用して切羽状況をリアルタイムに評価し、関係者間で共有できるシステムを構築した。稼働中の現場に導入した結果、数分程度で切羽の評価結果を共有できることを確認した。今後、データ蓄積を継続して切羽評価精度の課題を克服し、岩判定立会の代替となる技術の確立を目指す所存である。

参考文献

- 1) 女賀崇司, 福島大介, 宮嶋保幸, 松田雅和, 藤井広志, 山本拓治: 破壊エネルギー係数による圧縮強度の定量評価手法の検討, 土木学会第 75 回年次学術講演会, VI-682, 2020.
- 2) 戸邊勇人, 宮嶋保幸, 福島大介: 画像解析による山岳トンネル切羽の割れ目間隔の定量評価技術と現場への適用, 第 15 回岩の力学国内シンポジウム, pp.167-170, 2021.

『能越道鷹ノ巣山2号トンネル 切羽評価結果』

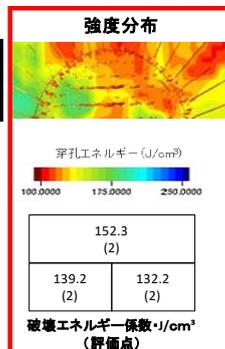
◆切羽評価結果
日付: 2020年05月28日
切羽: TD158.0m



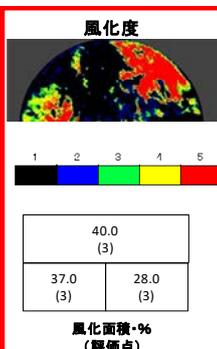
●切羽定量評価結果
切羽写真



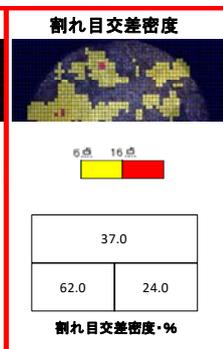
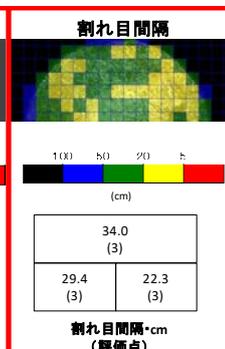
強度の定量評価結果



風化度の定量評価結果



割れ目の定量評価結果



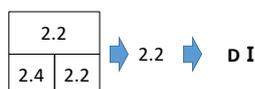
機械学習による支保
パターンの選定結果

●切羽の定量評価結果から機械学習によって選定した支保パターン

①ニューラルネットワークによる選定



②SVMによる選定



③ツリー系アルゴリズムによる選定

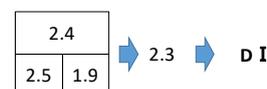


図-2 切羽評価帳票の出力例