

深層学習を活用した切羽観察業務自動化システムの導入効果

Effects of Introducing an Automation System on the Tunnel Face Observation Using Deep Learning

鈴木 亮汰^{*1} 秋田 一磨^{*2} 鶴田 啓祐^{*2} 金子 伸^{*2}
Ryota Suzuki Kazuma Akita Keisuke Tsuruta Shin Kaneko

【キーワード】 トンネル 切羽観察 深層学習 画像処理

1. はじめに

山岳トンネルにおける切羽観察は、切羽の安全管理や設計、施工に関わる重要な業務の一つであるが、掘削作業のサイクルに与える影響を最小限にしなが記録を実施する必要があるので、時間的に制限された環境下での作業が要求されている。このような背景から、深層学習を活用し、切羽観察記録生成の効率化を目的として「Auftakt for Tunnel Face」¹⁾を開発し、現場への展開を進めている。

本論文は、開発したシステムを現場に適用した結果を導入効果に着目して報告するものである。

2. システムの構成

「Auftakt for Tunnel Face」は動作過程で画像を入力とする深層学習モデルを組み込んでおり、図-1に示すように切羽全体を撮影した写真をクラウドストレージにアップロードするだけで自動的に切羽観察記録を生成することを特徴とする。本特徴により、切羽観察記録完成までの観察者の操作は写真のアップロードと自動的に作成された切羽観察記録の修正作業の2つに集約される。また、観察記録の測点などの情報入力や写真のアップロードといった操作は図-2に示すようなアプリケーション上で実行する。これらの操作はスマートフォンで実行でき高い利便性を実現している。

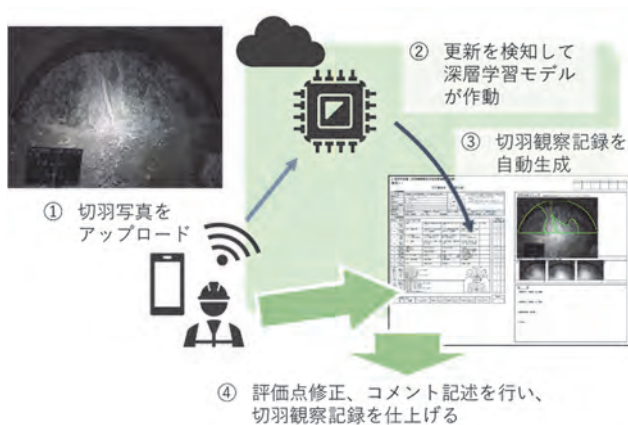


図-1 システムの仕様および動作フロー



図-2 操作アプリのイメージ

3. 深層学習モデルの出力結果

深層学習モデルの出力結果をニューラルネットワークの種類ごとに説明する。なお、導入対象とした現場は、砂岩泥岩互層を主体とした海底地すべり堆積物と推定される地山を掘削する道路トンネル工事である。トンネル中間部には小土被り区間があり、同区間の切羽上部には掘削前に施工されたセメント混合補強盛土が現れるトンネル線形である。

3.1 敵対的生成ネットワーク (GAN)

GANは生成器 (Generator) と識別器 (Discriminator) を競い合わせるようにして繰り返し学習させることで、実物に近い生成を実現する手法である。開発したシステムでは、変換前後のペアで画像を用意して学習処理を行い、画像から画像を生成するGANであるpix2pix²⁾を用いて切羽スケッチの自動生成する機能を実装している。

図-3および図-4に、システムで生成したpix2pixの出力例を示す。図-3に示す切羽写真の例では、天端部に分布する褐色の風化泥岩が検出されていることが確認できる。また、図-4に示す小土被り部の掘削時に撮影された切羽写真には、天端に補強盛土が現れているが、pix2pixの出力においても該当領域が褐色で示されていることが確認できる。



図-3 風化泥岩を含む切羽写真の変換例



図-4 補強盛土を含む切羽写真の変換例

3.2 物体検出ネットワーク

切羽観察において観察および記録の主な対象となる上半の地山を画像中から検出するよう、YOLOv3³⁾を検出モデルとして適用した。上半切羽の検出例を図-5に示す。重機の映り込みの有無や、切羽付近の明るさに関わらず上半切羽が検出できていることがわかる。この検出により、図-6に示す切り出し作業を完全に自動化することができ、切羽写真を用意するだけで天端・左肩・右肩それぞれの評価を識別型の深層学習モデルで出力できることが確認された。

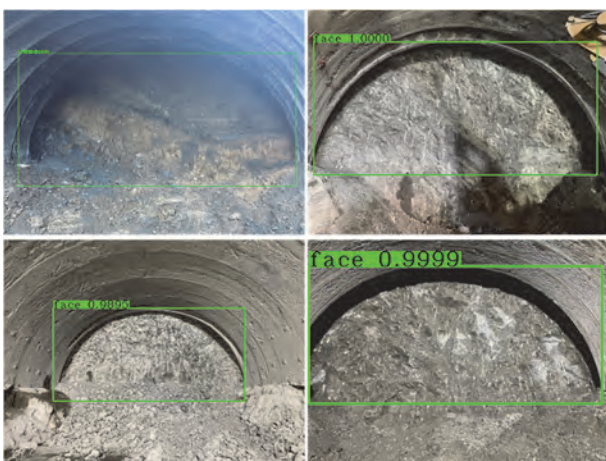


図-5 切羽上半の検出例



図-6 評価点算出までの実行フロー

4. システムの導入効果

システムを導入することにより、以下に示すような効果が確認された。

- ・スマートフォン端末から操作できる仕様により、切羽での切羽観察の実施から迅速に切羽写真の共有が工事関係者間でなされるようになった。
- ・切羽観察記録を作成するための専用PCを用意する必要がないため、端末間で写真データを移動させる作業が省略できた。

5. おわりに

切羽観察業務自動化システム「Auftakt for Tunnel Face」の導入により、切羽観察業務の省力化の効果が認められた。しかしながら、GANによる切羽観察スケッチの出力にはノイズが含まれているなど、各深層学習モデルに改善の余地がある。システムの運用と並行して引き続きデータの収集と深層学習モデルの再学習を実施し、実用性と品質を高めていく所存である。

また、システムはネットワーク環境下で動作することが前提であり、運用においては通信不良による再アップロード操作が必要となる支障が見られた。さらに、システムの基盤とするサービスに障害が発生した時や、メンテナンスのために一時的にシステムが利用できなくなるリスクもある。複数の現場で同時に運用しても安定して動作するよう、仕様の修正についても実施していく予定である。

【参考文献】

- 1) 飛島建設：深層学習を活用した切羽観察記録自動出力システム：Auftakt for Tunnel Face, https://www.tobishima.co.jp/press_release/detail/20230306142003.html, 2023. (参照 2023-09-08)
- 2) P. Isola, J. Y. Zhu, T. Zhou and A. A. Efros: Image-to-Image Translation with Conditional Adversarial Networks, in IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR), pp. 5967-5976, 2017.
- 3) Joseph Redmon, Ali Farhadi: YOLOv3: An Incremental Improvement, arXiv: 1804.02767, 2018.