

トンネル掘削作業の映像を活用したサイクルタイム自動判定システムの検証

国土交通省 九州地方整備局 熊本河川国道事務所 永松 寿隆
清水建設株式会社 地下空間統括部 正会員○北川 士朗 梅山 寛崇 荒井 匠 福田 毅
株式会社 Lightblue Technology 非会員 谷口 俊一
株式会社演算工房 非会員 松村 匡樹 古後 健太 伊藤 文香

1. はじめに

山岳トンネル工事は、トンネル坑内の作業状況をリアルタイムで坑外のJV職員や作業員が把握することが難しく、JV職員や作業員は切羽作業を日々の経験から大まかに予測している。そのため、JV職員や作業員は作業の切り替わりより早いタイミングで坑内に入り、次の作業まで待機を行うため、多くの待機時間が発生している。本技術はその待機時間の削減を目的に、国土交通省の「建設現場の生産性を飛躍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」の令和4年度のプロジェクトの一環として、トンネル切羽後方の40m地点にカメラを設置し、その映像からAIが作業状況を自動判定し、その内容をリアルタイムに関係者に通知することで無駄な待機時間の削減する技術として表1の現場で試行を行ったのでその結果を報告する。

2. 技術の概要

サイクルタイム自動判定システムの判定手法は、切羽で作業する重機の検出、各サイクルに出現する重機の組み合わせと想定されるサイクルの順番をもとに作業判定を行う手法を用いた。本施行で検出可能な重機とその組み合わせによって判定する作業の一例を図1に示す。

そして、その作業判定結果については、社内SNSを通して職員や作業員に通知を行う。判定可能作業を表2に示す。

3. 試行条件・試行環境

試行環境について、切羽に設置するカメラはトンネル坑内の粉塵や照度などの環境下でも鮮明に動画を撮影でき、無線によって動画の送信できるようネットワークカメラを採用した。また、図2に示す通り、坑内にネットワークカメラ、現場LAN、インターネット、クラウドサーバで構成を行っている。

キーワード：PRISM、サイクルタイム、AI

連絡先：〒104-8370 東京都中央区京橋二丁目16-1 清水建設株式会社 地下空間統括部 TEL 03-3561-3891

表1 工事概要一覧

工事名称		熊本57号 滝室坂トンネル西新設（二期）工事
工事場所		熊本県阿蘇市一の宮町北坂梨～坂梨
工 期		令和2年12月19日～令和6年3月31日
発 注 者		国土交通省 九州地方整備局 （熊本河川国道事務所）
施 工 者		清水・東急・森特定建設工事共同企業体
工事内容	延 長	本坑総延長 L=2,679m （一期：1,030m 二期：1,649m） 避難坑総延長 L=3,069m （一期：1,752.3m 二期：1,316.7m）
	断 面	本坑 掘削面積107㎡ 避難坑 掘削面積19㎡
	施工法	NATM
	掘削方式	発破掘削方式
ずり 運搬方式	タイヤ式＋ベルコン方式	

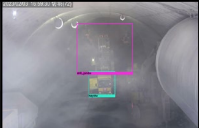
検出可能重機一覧（9つ）		
バックホウ・吹付機・ミキサー車・火薬運搬車・ ドリルジャンボ（ロックボルト台車）ホイールローダー・ トラック（その他）・クラッシャー・マイポンプ車		
判定の組み合わせ例		
		
吹付中 吹付機、ミキサー車、 バックホウを検出	穿孔中 ドリルジャンボ、 火薬運搬車を検出	ずりだし中 ホイールローダー を検出

図1 検出対象重機・作業組み合わせ例

表2 判定可能作業一覧

【削岩】	穿孔・装薬	【二次吹付け】	吹付け
	爆破・換気等・ ずり出し準備		後片付け・ ケレン
【ずり出し】	ずり出し	【ロックボルト】	ロックボルト 準備
	コソク・ 浮石落とし		穿孔
【一次吹付け】	吹付け	その他	停止
【支保工】	支保工準備		
	支保工建込み		

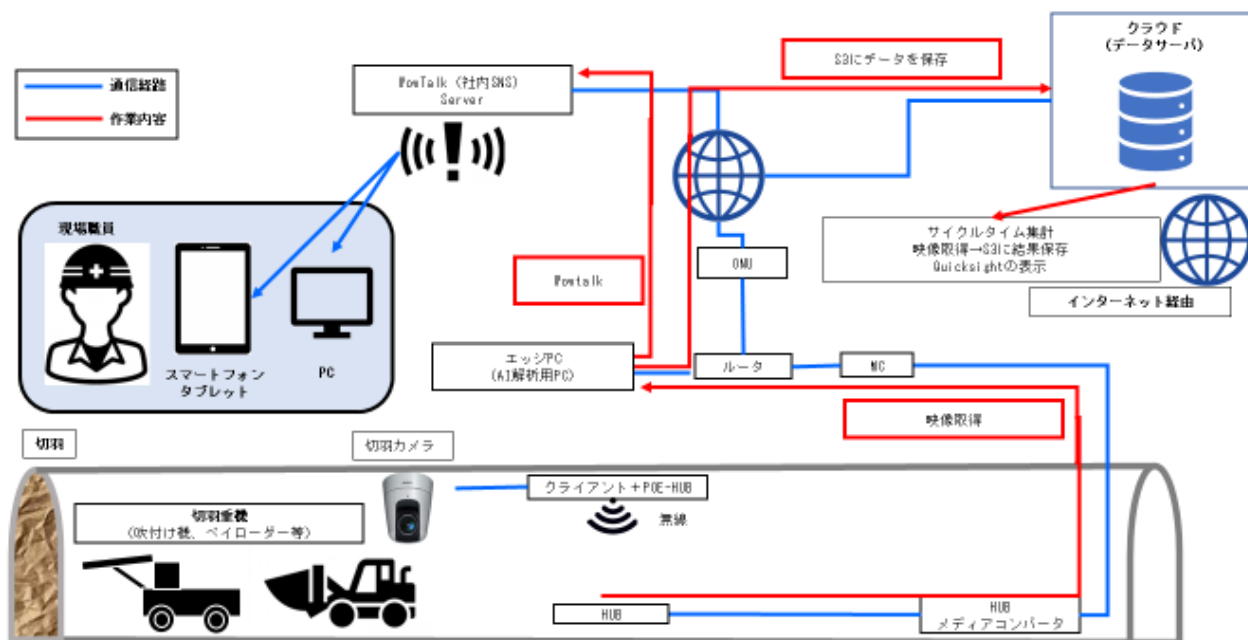


図2 AI サイクルのネットワーク構成

AIによる作業判定、社内 SNS への通知、判定データの送付は現場内に設置したエッジ PC によって行われる。また、エッジ PC はインターネットに接続することで、システムの改良やシステムの不具合対処を遠隔でも可能にしており、サイクルタイム集計自動判定システムで得られた集計データはクラウドサービスに表示されるので、いつでも現場事務所、支店、本社もサイクルタイムデータを確認することが可能になっている。

4. 試行の効果

AI によるサイクルタイム自動判定システムの精度について表 3 に示すとおり、予測したものが正しかった割合を示す Precision(適合率)と正しいもののうち予測できた割合を示す Recall(再現率)が平均 9 割以上の高い精度を示した。また、これら高い重機判別の精度によって、その重機の組み合わせによって判定される作業判定の精度も、時間当たりの正解率が約 9 割の結果を示した。よって、作業判定結果の通知も施工に支障をきたさない時間での通知が行えるため、試行によってリアルタイムで切羽の作業状況が、どこでも把握可能になり、図 3 に示すとおり、従来発生していた待機時間が約 60%削減することができた。

5. まとめ

本試行の導入によって、職員・作業員で従来発生していた待機時間が削減することができた。今後は、AI カメラの精度向上や補助工法などの非定常作業の判定項目の追加、集塵器や送風機など他のシステムとの連携も視野に入れて生産性向上に寄与したいと考える。

謝辭：

本試行は 2022 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」の一環として試行を行いました。現場の皆様、協力業者をはじめとした関係各位ご協力を賜りました。ここに深く御礼申し上げます。

表 3 重機検出精度

ラベル	画像数	出現個数	Precision	Recall
全体	1170	3909	0.902	0.917
バックホー	1170	889	0.907	0.917
吹付機	1170	253	0.971	0.945
ミキサー車	1170	311	0.991	0.945
ドリルジャンボ	1170	739	0.982	0.982
火薬運搬車	1170	342	0.957	0.965
ホイールローダー	1170	107	0.878	0.811
トラック（その他）	1170	352	0.885	0.923
クラッシャー	1170	360	0.816	0.935
マイポンプ車	1170	273	0.879	0.996

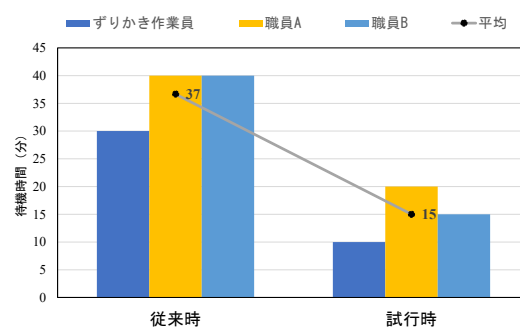


図 3 待機時間の比較