

土木学会 令和2年度全国大会 研究討論会「岩盤力学におけるICT/AIの活用」

<取り組み紹介>

山岳トンネルAIソリューションの構築

西松建設(株) 技術研究所 山下 雅之

●はじめに

■ 山岳トンネル施工に対するAI活用の取り組み

山岳トンネル工事に関する種々の問題・課題を、AI技術を用いて解決を図ることを目的に『山岳トンネルAIソリューション』の構築を進めている

- 山岳トンネル施工の無人化・自動化へ向けた取り組みの一環
- とくに下図中の赤破線で囲った構成技術の開発を優先して進めている

※今回は、その中から3現場において試行中の「AI切羽評価システム」について紹介



山岳トンネルAIソリューションの構成

● AI切羽評価システム (実用初期段階)

■ 目的

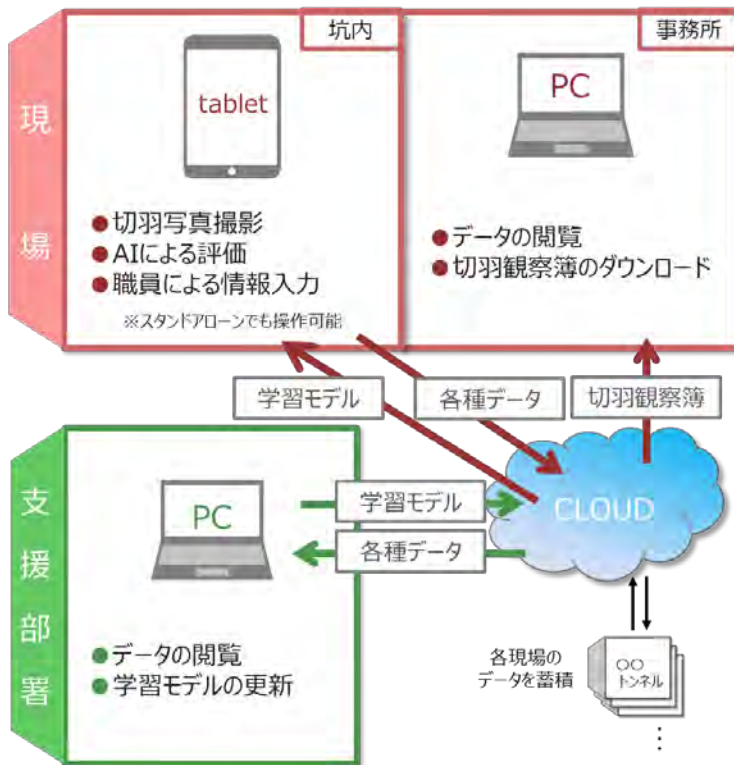
目視を中心とした切羽観察による切羽評価区分判定を切羽画像からAIにより自動判定

■ Input/Output情報

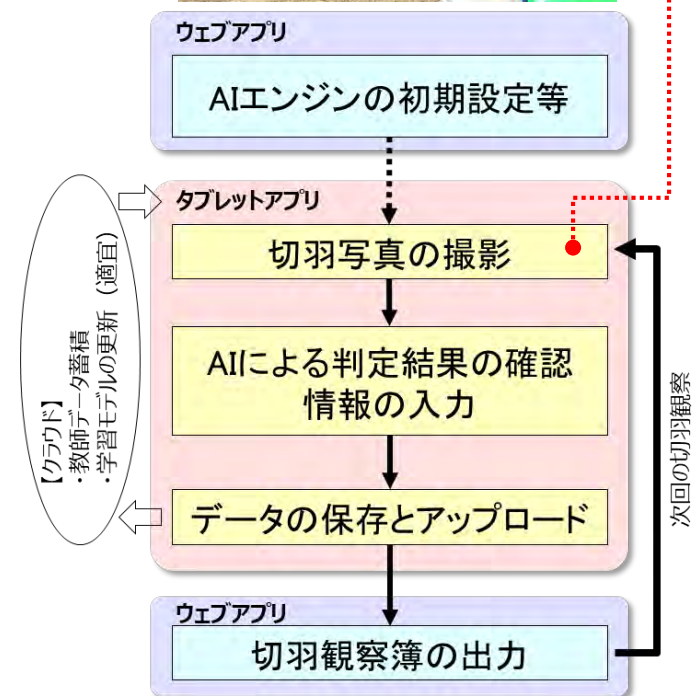
切羽画像/切羽評価区分判定結果

■ 手法の概要

専用のタブレットアプリで取得された切羽画像から切羽性状を自動評価するAI活用技術



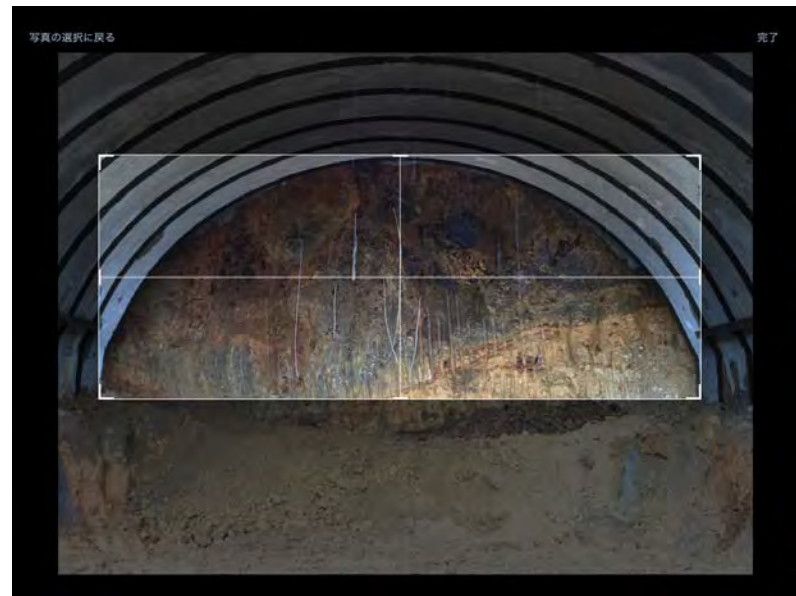
システムの構成



システム運用の流れ

●工夫した点

- 坑内がオフライン状態でもAIの判定を行えるよう、AIエンジンをiPadアプリに組み込んだ
- iPadアプリを使用するシステムとすることで、判定や学習に用いる切羽写真の画一化、高画質化を図った
- 開発アプリで目視観察による判定および切羽観察簿の作成もできるようにした
→ 通常の切羽観察とAI評価および教師データの収集を一つのアプリで実施



● アプリ操作画面例 (各評価項目におけるAI判定結果表示および目視評価入力)

画像処理した写真から判定した評価区分

通常の切羽写真から判定した評価区分

上段より左肩、天端、右肩の評価結果

職員による評価区分 (入力可能)

切羽観察表[25] *

(G) 割れ目の形態

[AI判定結果] ●: 通常画像, VIS: VIS画像

左肩:	1	<input type="text" value="VIS"/>	3	4	未入力
天端:	1	2	<input type="text" value="3"/>	4	未入力
右肩:	1	2	<input type="text" value="3"/>	4	未入力

前の項目へ

次の項目へ

スコア詳細

- (1) ランダム方形
- (2) 柱状
- (3) 層状、片状、板状
- (4) 土砂状、細片状、当初より未固結

● アプリ操作画面例 (AI判定および目視評価結果一覧)

閉じる ↑

切羽観察表[25] *

※ユーザースコア: 画像とともに教師データとして蓄積

保存する アップロード

(A) 切羽の状態	ユーザースコア: 2 / 2 / 2	AIスコア: 通常 (2 / 2 / 2)	VIS (2 / 2 / 2)
(B) 素掘面の状態	ユーザースコア: 3 / 2 / 3	AIスコア: 通常 (3 / 2 / 3)	VIS (3 / 2 / 3)
(C) 圧縮強度	ユーザースコア: 3 / 3 / 3	AIスコア: 通常 (3 / 3 / 3)	VIS (3 / 3 / 3)
(D) 風化変質	ユーザースコア: 3 / 3 / 3	AIスコア: 通常 (3 / 3 / 3)	VIS (3 / 3 / 3)
(E) 割れ目の頻度	ユーザースコア: 3 / 3 / 3	AIスコア: 通常 (3 / 3 / 3)	VIS (3 / 3 / 3)
(F) 割れ目の状態			

VIS (3 / 3 / 3)
画像処理した写真から判定した
評価区分(左肩/天端/右肩)

3 / 3 / 3
職員による評価区分
(左肩/天端/右肩)

通常 (3 / 3 / 3)
通常の切羽写真から判定した
評価区分(左肩/天端/右肩)

● 課題

- 発注者によって切羽観察表の様式が異なるため、個別にシステムを構築しなければならない
(教師データも分散してしまう)



切羽評価区分のフォーマットを統一する必要性

- 社内保有データのみを使用しているため、教師データ数が少ない中で学習モデルを作成せざるを得ない (導入当初は正確な判定が難しい)



業界全体で教師データを共有する仕組みの必要性

ご清聴ありがとうございました

【参考】アプリ操作画面例 (切羽観察表作成)

切羽評価システム
× +
— □ ×

← → ↺ 🔒
🔍 ☆ 📄 🏠

アプリ
🔍 社内情報システム
🖥️ ターミナル
👤 ユーザ管理システム
🔍 切羽評価システム
🔍 掘削サイクル判定シ...
»

スコアデータ

評価区分 (掘削地点の地山の状態と挙動)					ユーザ設定			標準 / VIS AI判定																																							
評価区分	1. 安定	2. 崩面から岩塊が抜け落ちる	3. 崩面の押し出しを生じめる	4. 崩面は自立せず傾斜、あるいは崩落	5. その他	左側	天端	右側	左側	天端	右側																																				
(A) 切羽の状態	1. 自立 (青緑千葉)	2. 崩面がたつと崩れ落ちる (黄緑千葉)	3. 自立状態崩落直前に支持する (黄緑千葉)	4. 崩面に先行して山を空けておく必要がある	5. その他	2	2	2	2/2	2/2	2/2																																				
(B) 崩落直前の状態	1. 自立 (青緑千葉)	2. 崩面がたつと崩れ落ちる (黄緑千葉)	3. 自立状態崩落直前に支持する (黄緑千葉)	4. 崩面に先行して山を空けておく必要がある	5. その他	2	2	2	2/2	2/2	2/2																																				
(C) 圧縮強度	1. 100MPa (90MPaハンマー) 打撃はみ通す	2. 100MPa > 90 < 200MPaハンマー 打撃で砕ける	3. 200MPa > 90 < 200MPaハンマー 打撃で砕ける	4. 200MPa > 90 < 200MPaハンマー 打撃で砕ける	5. その他	3	2	3	3/3	2/2	3/3																																				
(D) 風化程度	1. なし・健全	2. 崩面に沿って変色、強度を半減	3. 全体的に変色、強度物を低下	4. 上部状、崩上状、崩崩、当初より未崩落	5. その他	3	2	3	3/3	2/2	3/3																																				
(E) 割れ目の頻度	1. 割れ目なし	2. 1m > 4 < 20cm	3. 20cm > 4 < 5cm	4. 崩上状、崩上状、崩崩、当初より未崩落	5. その他	0	0	0	3/3	3/2	3/2																																				
(F) 割れ目の状態	1. 崩上	2. 崩面に沿って	3. 崩上	4. 崩上を伴った、当初より未崩落	5. その他	0	0	0	2/2	2/2	3/3																																				
(G) 割れ目の形状	1. ランダム方向	2. 状況	3. 層状、円状、放射状	4. 土砂状、崩片状、当初より未崩落	5. その他	0	0	0	3/3	3/3	3/3																																				
(H) 湧水	1. なし・無水状態	2. 涌水程度	3. 湧水程度	4. 湧水程度	5. その他	0	0	0	1/1	1/1	1/3																																				
(I) 水による劣化	1. なし	2. 軽微な劣化	3. 軽微な劣化	4. 軽微な劣化	5. その他	0	0	0	1/1	1/1	1/1																																				
掘削残存方向 (切羽をみて)	1. 本層 (10 > 9 < 5) 2. 本層 (10 > 9 < 5) 3. 本層 (10 > 9 < 5) 4. 本層 (10 > 9 < 5) 5. 本層 (10 > 9 < 5) 6. 本層 (10 > 9 < 5) 7. 本層 (10 > 9 < 5)																																														
掘削残存方向 (切羽をみて)	1. 本層 (10 > 9 < 5) 2. 本層 (10 > 9 < 5) 3. 本層 (10 > 9 < 5) 4. 本層 (10 > 9 < 5) 5. 本層 (10 > 9 < 5) 6. 本層 (10 > 9 < 5) 7. 本層 (10 > 9 < 5)																																														
3. その他	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; font-size: 6px;"> <thead> <tr> <th>火災量</th> <th>1. 0.5kg/m²以上</th> <th>2. 0.5kg/m²以上</th> <th>3. 0.5kg/m²以上</th> <th>4. 0.5kg/m²以上</th> <th>5. 0.5kg/m²以上</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>ずり状態</td> <td>ずり最大径 1m以上</td> <td>ずり最大径 1m~20cm</td> <td>ずり最大径 20~20cm</td> <td>ずり最大径 20~20cm</td> <td>ずり最大径 20cm以下</td> </tr> <tr> <td>崩落程度</td> <td>最大余隙厚 20cm以上</td> <td>最大余隙厚 20cm以下</td> <td>最大余隙厚 20cm以下</td> <td>最大余隙厚 20cm以下</td> <td>最大余隙厚 20cm以下</td> </tr> <tr> <td>崩落直前の状況</td> <td>崩落直前状況 崩落が小さく放射状崩落</td> <td>崩落直前状況 崩落が小さく放射状崩落</td> <td>崩落直前状況 崩落が小さく放射状崩落</td> <td>崩落直前状況 崩落が小さく放射状崩落</td> <td>崩落直前状況 崩落が小さく放射状崩落</td> </tr> <tr> <td>切羽の形状</td> <td>1. 自立</td> <td>2. 崩落</td> <td>3. 崩落</td> <td>4. 崩落</td> <td>5. 崩落</td> </tr> <tr> <td>特殊な形状</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>											火災量	1. 0.5kg/m ² 以上	2. 0.5kg/m ² 以上	3. 0.5kg/m ² 以上	4. 0.5kg/m ² 以上	5. 0.5kg/m ² 以上	ずり状態	ずり最大径 1m以上	ずり最大径 1m~20cm	ずり最大径 20~20cm	ずり最大径 20~20cm	ずり最大径 20cm以下	崩落程度	最大余隙厚 20cm以上	最大余隙厚 20cm以下	最大余隙厚 20cm以下	最大余隙厚 20cm以下	最大余隙厚 20cm以下	崩落直前の状況	崩落直前状況 崩落が小さく放射状崩落	崩落直前状況 崩落が小さく放射状崩落	崩落直前状況 崩落が小さく放射状崩落	崩落直前状況 崩落が小さく放射状崩落	崩落直前状況 崩落が小さく放射状崩落	切羽の形状	1. 自立	2. 崩落	3. 崩落	4. 崩落	5. 崩落	特殊な形状					
火災量	1. 0.5kg/m ² 以上	2. 0.5kg/m ² 以上	3. 0.5kg/m ² 以上	4. 0.5kg/m ² 以上	5. 0.5kg/m ² 以上																																										
ずり状態	ずり最大径 1m以上	ずり最大径 1m~20cm	ずり最大径 20~20cm	ずり最大径 20~20cm	ずり最大径 20cm以下																																										
崩落程度	最大余隙厚 20cm以上	最大余隙厚 20cm以下	最大余隙厚 20cm以下	最大余隙厚 20cm以下	最大余隙厚 20cm以下																																										
崩落直前の状況	崩落直前状況 崩落が小さく放射状崩落	崩落直前状況 崩落が小さく放射状崩落	崩落直前状況 崩落が小さく放射状崩落	崩落直前状況 崩落が小さく放射状崩落	崩落直前状況 崩落が小さく放射状崩落																																										
切羽の形状	1. 自立	2. 崩落	3. 崩落	4. 崩落	5. 崩落																																										
特殊な形状																																															

9