

支保パターン判定 AI システムの開発と切羽撮影に適した照明の検討

鉄建建設(株) 正会員 ○村岡 亜美 小山 俊滉 中原 法久 舟橋 孝仁 須志田 藤雄
中電技術コンサルタント(株) 正会員 岸田 展明 石田 滋樹

1. はじめに

切羽観察・評価は、トンネルを安全に施工するために必要な工程であるが、切羽写真の撮影や観察・評価のとりまとめを行うことは、多くの業務を抱える現場職員にとってかなりの負担となる。そのため切羽観察・評価の省力化を目的として、AI を用いて写真から切羽観察の各項目を出力し、支保パターンを判定するアプリの開発を進めている。切羽 AI アプリ内処理の流れを図-1 に示す。開発中の切羽 AI アプリには、岩種・岩石名と切羽評価区分を判定する AI と支保パターンを判定する AI の大きく二つの AI を組み込む予定である。

また、AI による画像解析を導入するためには、色調や撮影条件を統一された画像撮影が必要である。各条件の中で、筆者らは切羽照明に着目し、適切な照明の配置方法等を検討した。

本稿では支保パターンを判定する AI の開発進捗、および AI 学習に用いる切羽写真に適した切羽照明に関する検討結果について報告する。

2. 支保パターン判定用 AI の開発進捗

支保パターン判定用 AI には、学習データとして、切羽観察日報の各観察項目と支保パターンを入力した。AI の種類は、一般的に精度が良いとされている教師あり学習の勾配ブースティング決定木を採用した。

AI に学習した支保パターン毎のデータ数を表-1 に示す。学習させたデータ数は合計 1,708 で、各支保パターンの学習個数に偏りがある状態で検証を行った。また、今回開発したアプリでは、AI が判定した支保パターンを確率分布で示す形式になっており、本稿では確率が 1 番高いものを第 1 候補、2 番目に高いものを第 2 候補とした。

実際の支保パターン（正解）と AI 判定結果（第 1 候補、第 2 候補）との正答率等をまとめた表をそれぞれ表-2、表-3 に示す。なお第 2 候補の表は、第 1 候補と正解が一致しなかったデータのみで検証を行ったものである。結果を見てみると、正解率は第 1 候補の段階では 32%、第 2 候補の段階では 72%であった。AI の判定結果に着目

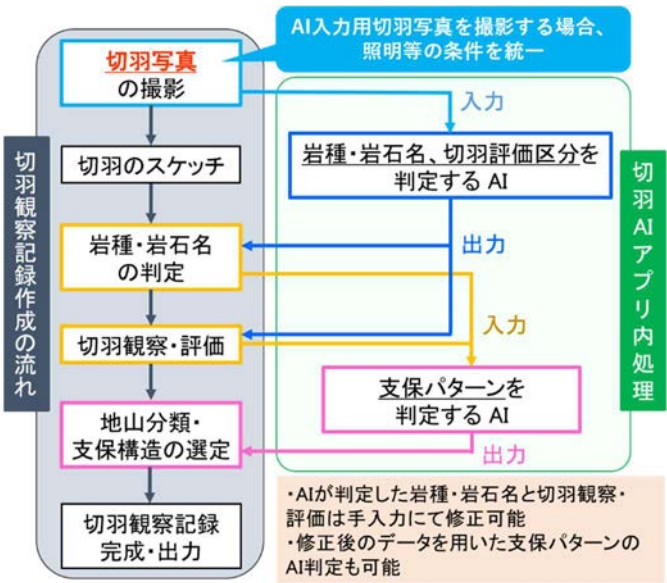


図-1 切羽 AI アプリ内処理

表-1 支保パターン AI 学習個数

	支保パターン						合計
	ⅢN	ⅡN	ⅠN-2	ⅠN-1	ⅠL	ⅠS	
学習個数	15	218	779	364	181	49	1606
学習比率	1%	14%	49%	23%	11%	3%	100%

表-2 AI 判定支保パターン正答率（第 1 候補）

		AI判定結果(第1候補)							正解 合計	再現率	判定数 合計	正解率
		ⅢN	ⅡN	ⅠN-2	ⅠN-1	ⅠL	ⅠS	特L				
正解	ⅢN	0	0	0	0	0	0	0	0	0%	228	32%
	ⅡN	0	9	1	0	0	0	0	10	90%		
	ⅠN-2	1	40	35	22	0	0	0	98	36%		
	ⅠN-1	0	27	59	29	0	0	0	115	25%		
	ⅠL	0	0	0	0	0	0	0	0	0%		
	ⅠS	0	0	1	4	0	0	0	5	0%		
	特L	0	0	0	0	0	0	0	0	0%		
判定結果合計		1	76	96	55	0	0	0				
適合率		0%	12%	36%	53%	0%	0%	0%				

表-3 AI 判定支保パターン正答率（第 2 候補）

		AI判定結果(第2候補)							正解 合計	再現率	判定数 合計	正解率
		ⅢN	ⅡN	ⅠN-2	ⅠN-1	ⅠL	ⅠS	特L				
正解	ⅢN	0	0	0	0	0	0	0	0	0%	155	72%
	ⅡN	0	1	0	0	0	0	0	1	100%		
	ⅠN-2	0	1	58	4	0	0	0	63	92%		
	ⅠN-1	0	28	8	50	0	0	0	86	58%		
	ⅠL	0	0	0	0	0	0	0	0	0%		
	ⅠS	0	0	2	1	0	2	0	5	40%		
	特L	0	0	0	0	0	0	0	0	0%		
判定結果合計		0	30	68	55	0	2	0				
適合率		0%	3%	85%	91%	0%	100%	0%				

キーワード 山岳トンネル, AI, 支保パターン, 切羽観察, 切羽写真照明, 省力化
連絡先 〒101-8366 東京都千代田区神田三崎町 2-5-3
鉄建建設(株) TEL:03-3221-2298

すると、学習個数の多い IN-2 や IN-1 を高い確率で示す傾向があることが分かった。これらの結果を踏まえると、より正解率を高めるためには、データ量を増やすだけでなく、偏った個数のデータを均等化する学習方法を検討していく必要があると考える。

3. 切羽写真用照明の検討

今回の検討では、カメラは扱いやすさを重視し iPhone12 ProMax を使用した。照明器具としては、バッテリータイプ切羽撮影専用 JCT-50×2 (50W モジュール×2) の照明を最大 2 台使用した。なお、照度の測定は、セコニック i-346 (照度計) を用いて、下半の中央と左右の 3 か所で測定し、検証を行った。切羽撮影専用照明の写真を写真-1 に、切羽写真の撮影状況を写真-2 に示す。なお、常設照明は天端の中央より 1.5m 右側の切羽後方 35m のところに設置されている。

撮影は、カメラを中央部に設置し、4 つの照明配置パターン (①: 照明 2 台を中央部から左右にそれぞれ 1.5m 離して外向き 10° で設置, ②: ①と同じ照明位置で内向き 20° で設置, ③: 照明 2 台を中央部で近接させて外向き 45° に設置, ④: 照明 1 台を中央部に設置) において、点灯・消灯の組み合わせを変えながら撮影し、照度の測定、検証を行った。照度は、測定時のバラツキがあるため 5 回計測した値の平均値とした。

今回の検証結果を照明の配置位置や点灯箇所の条件ごとにまとめた表を表-4 に示す。照度の測定結果を表の左に、その条件で撮影された写真の検証結果を表の右側に示す。表にて青い網掛けを施した条件は、写真の検証結果が良好であったものである。無灯火時の条件 No.4 より、常設の切羽照明が若干右側に寄っているため、全体的に左側よりも右側が明るくなる傾向となっていることが分かる。この明るさの偏りを補正すると考えられる、左側点灯時の条件である No.3, No.9, No.13 は、いずれも総合評価が不良 (△) であった。総合評価が良好 (○) であった条件 No.2, No.5, No.6, No.11, No.12 は、いずれも左端と右端の照度差が 100Lx 以内であり、かつ中央部の照度が 350Lx 以上で、左右よりも突出した値となっているものが多い。

以上の結果より、設置などの手間等を考えると、切羽写真を撮影する中央部のみで作業できる条件 No.6 が、撮影者の負担が少なく、かつ良好な写真が撮影できる条件であると考え。現在は実際に複数の現場において、切羽写真の撮影方法を条件 No.6 に統一して撮影しており、それらの切羽写真を用いて岩種・岩石名と切羽評価区分を判定する AI の開発を進めている。

4. まとめ

本稿では、支保パターンを判定する AI の開発進捗と AI 学習に用いる切羽写真に適した切羽照明の配置位置等に関する検討結果について報告した。支保パターン判定用 AI に関しては、学習データの偏りが判定結果に大きく影響することが分かった。現場で得られる支保パターンにはどうしても偏りが生じやすいため、今後正解率を上げていくためには、データ量を増やすだけでなく、偏ったデータを均等化して AI に学習させる方法を検討する必要があると考える。また、AI 学習に使用する切羽写真に関しては、中央に 100W の切羽撮影専用照明 1 台を設置する方法が最も撮影に適していることが分かった。現在は実際にこの方法で撮影した写真を用いて、AI 開発を進めている。



写真-1 切羽撮影専用照明



写真-2 切羽写真の撮影状況

表-4 検証条件・検証結果一覧

条件 No.	照明位置 ■: 点灯 □: 消灯	傾き	照度 (Lx: ルクス)			撮影検証結果				
			左端	中央	右端	露出の均等性	支保工周辺の明るさ	亀裂等の明瞭さ	機動性 (※)	総合評価
1	□ □	外側10°	182	312	392	×	×	△	△	×
2	■ ■	外側10°	426	488	412	○	○	○	△	○
3	■ □	外側10°	407	438	256	△	×	○	△	△
4	□ □	外側10°	169	281	248	△	×	△	△	△
5	■ ■	内側20°	315	609	406	○	○	○	△	○
6	■ ■	中央0°	225	568	262	○	○	△	○	○
7	■ ■	外側45°	349	323	424	×	×	△	△	×
8	■ ■	外側45°	263	298	339	△	△	△	△	△
9	■ □	外側45°	257	298	245	○	×	△	△	△
10	■ □	外側45°	178	297	337	×	×	×	△	×
11	■ ■	外側10°	267	365	329	○	○	○	△	○
12	■ ■	外側10°	272	348	331	○	○	○	△	○
13	■ □	外側10°	276	327	255	△	×	△	△	△
14	□ □	外側10°	186	302	337	×	×	×	△	×

※機動性は、照明箇所数が、1箇所を○、2箇所を△とした。