

画像解析技術活用に向けた切羽写真撮影条件に関する一考察

中央復建コンサルタンツ(株) ○田村賢人
(国研) 土木研究所 佐々木亨
(国研) 土木研究所 菊地浩貴
(国研) 土木研究所 日下敦

論文要旨

山岳トンネルの切羽評価に画像解析技術を活用する際に求められる切羽写真の撮影条件等を明らかにすることを目的に、切羽写真の撮影条件に関する評価方法を提案するとともに、撮影条件が切羽写真の画質や画像解析の出力結果に及ぼす影響について分析した。具体的には、道路トンネル施工時に取得した切羽写真を用い、深層学習により構築した、切羽写真から上半切羽面領域のみを抽出可能なトリミングシステムおよび抽出した上半切羽面を対象に類似の切羽を出力可能な類似切羽検索システムを試行し、その出力結果を分析した。分析の結果、写真の解像度やF値等のカメラ設定に関する評価点を満たすことで、撮影された切羽写真の画質や画像解析の出力結果について一定の精度が得られることを確認した。また、画像解析技術の活用を見据えた、切羽写真撮影時のカメラ設定以外の留意事項を抽出した。

キーワード：山岳トンネル、切羽写真、AI、ニューラルネットワーク、撮影条件

まえがき

山岳トンネルの施工においては、日々の計測や切羽観察を参考に適切な支保パターンや補助工法が採用されている。切羽観察は現場技術者の知識や経験に依るところが大きく、技術者の技量により判断が異なる場合も多い。また、今後熟練の技術者が減少することにより、適切な判断が困難になることが懸念される。近年では、それらの技術者による判断のばらつきを解消や、技術者不足への対応を目的として、AIによる画像解析技術を用いた切羽評価システムの開発が進められている。その中で、切羽撮影時の環境やカメラの設定がAIによる切羽評価の結果に影響を与えることが明らかになっており¹⁾、画像解析に適した切羽写真の撮影条件について提案されている^{2)および3)}。

しかし、それらの切羽の撮影条件が画像解析結果に及ぼす影響について実際に検討された事例は少ない。本検討では、山岳トンネルの切羽評価に画像解析技術を活用する際に求められる切羽写真の撮影条件等を明らかにすることを目的に、切羽写真の撮影条件に関する評価方法を提案するとともに、撮影条件が切羽写真の画質や画像解析の出力結果に及ぼす影響について分析した。また、分析により得られた写真撮影時の留意事項を提案する。

1. 既往研究

既往の研究²⁾では、道路トンネル(以下、Aトンネルとする)施工時に坑内で撮影した切羽写真 2282 枚を対象に画像の解像度等を分析し、画像解析に適すると考えられる写真撮影条件として、以下の写真評価式が提案されている。

$$\text{評価点①} = \frac{F \text{ 値}}{S \text{ 値} \times \text{ISO 感度}} \quad (1)$$

$$\text{評価点②} = \text{評価点①} \times \text{画素数} \quad (2)$$

ここで、F値はレンズの絞り値、S値はシャッタースピード[秒]、ISO感度は固体撮像素子の感度を示す。また、画素数は撮影された切羽写真の画素数[万画素]を示す。

分析対象とされた切羽写真は、すべて同一切羽で撮影され、表-1に示すF値やS値、ISO感度、画素数の4つのカメラ設定の組み合わせを変えて撮影されたものである。

解像度については、図-1に示す解像度チャートの細くなる模様が写真上でどこまで読み取れるかを併記されるメモリ 1~5の数値を点数として評価されており、たとえば1点の場合、20mmの幅の帯が確認できる解像度である。同様に、2点が10mm、3点が6.7mm、4点が5mm、5点が4mmの幅の帯が確認できる解像度であり、チャートが明確に見えない場合は0点とされている。

式(1)について、F値は大きいほど暗い画像に、小さいほど明るい画像になる設定値であり、S値およびISO感度は大きいほど明るい画像に、小さいほど暗い画像になる設定値である。こ

表-1 Aトンネルにおけるカメラの設定値一覧

項目	カメラA	カメラB
画素数[万画素]	1200, 768, 128	1800, 1100, 300
F値	2.0, 2.8, 8.0	1.8, 2.8, 8.0, 11
ISO感度	100~1600	125~6400
S値[秒]	1/160~4	1/100~1/5

れより評価点①は、値が大きいほど暗い画像に、小さいほど明るい画像になる特徴がある。トンネル切羽を撮影する際に、白飛びや黒つぶれが発生しにくく、画像解析への適用に必要な解像度を確保できる撮影条件の目安として、評価点①が 0.1~0.5 の範囲に収まることとされている。

次に、式(2)について、評価点②が 500 を超える切羽写真では黒飛びの写真が多いこと、100 を下回る写真では解像度の評価点が3以下になる画像が過半数となることから、評価点②は 100 ~500 の範囲に収まることを目安とされている。

なお、対象写真の 2282 枚のうち、写真評価式の目安を満たす切羽写真(以下、OK 画像)は 614 枚(22.8%)、切羽評価式の目安を満たさない切羽写真(以下、NG 画像)は 1668 枚(77.2%)である。

2. 写真評価式の改良に関する提案

(1) 写真評価式の問題点

上述の写真評価式では、評価点②に上限(評価点②<500)を設けていることから、F 値、S 値、ISO 感度が同じ値でも、画素数が大きいことから上限を超え、NG 画像となることがある。OK 画像に比べ、画素数が大きいことに起因して、白飛びや黒つぶれが発生しやすくなることや、解像度が低くなることは考えにくい。このように、従前の NG 画像にも画像解析に適する写真が含まれていると考えられる。これらの画像が NG となるのは写真評価式の問題であるといえる。

ここでは、上記の問題の解消のため、検討に用いられた A トンネルの切羽写真 2282 枚を分析し、評価基準の改良を試みた。

(2) 写真評価基準の提案

上記問題の解消のため、評価点②に着目し、評価点②の上限(評価点②<500)と下限(評価点②>100)に代わる評価基準を設定する。

まず、評価点②の上限は、既往の分析の結果、500 を超えると暗い画像が多くなることから設定されている²⁾。ここで、切羽写真 2282 枚のうち、従前の評価点①の目安を満たす切羽写真 968 枚について、F 値別の解像度および黒つぶれの頻度を新たに分析した結果を図-2に示す。なお、評価点①の目安を満たす画像には白飛びしている画像は含まれなかった。分析の結果、画像解析への活用に不適切であると考えられる黒つぶれの画像の多くは F 値が 11 で撮影された画像であり、F 値 8 以下の画像には少ないことがわかる。そこで、評価点②の目安の上限に代わる判断基準として、F 値を 8 以下にすることを提案する。

次に、評価点②の目安の下限は、評価点②が 100 を超えると、解像度評価点が 4 以上の画像が過半数を占めることを目安に設定されている²⁾。ここで、上記の提案により、F 値が 8 より大きい画像を除いた 896 枚の切羽写真について、画素数ごとの解像度および黒つぶれの頻度を分析した結果を図-3に示す。その結果、画素数 128 万画素の画像のすべてが解像度評価点が 3 点

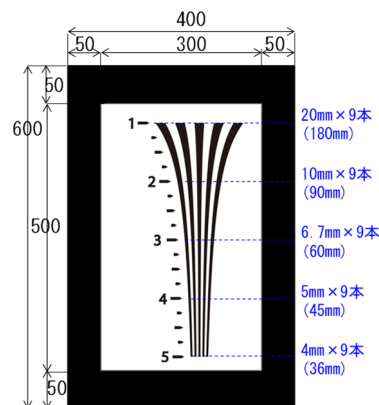


図-1 解像度チャート

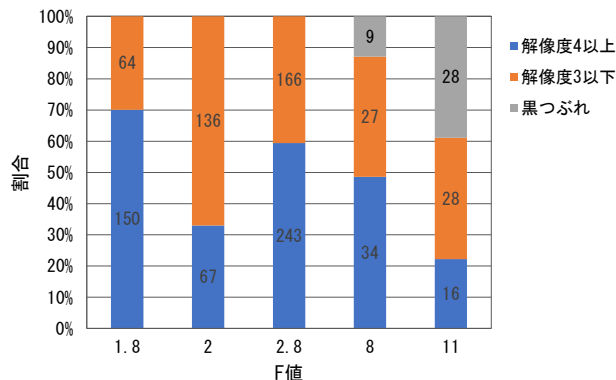


図-2 F 値別の解像度および黒つぶれの頻度

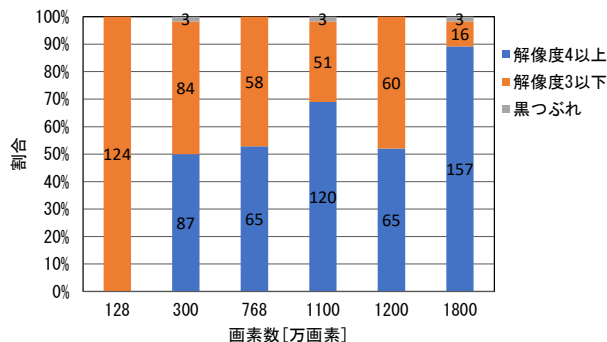


図-3 画素数別の解像度および黒つぶれの頻度

以下であった。一方、300 万画素以上の写真では、解像度 4 点以上となる画像が過半数を占め、従前の写真評価式の設定の基準を満たす解像度となった。そこで、評価点②の目安の下限に代わる目安として、画素数を 300 万画素以上で撮影することを提案する。

評価点①については、従前の目安を踏襲し、以上により提案する写真撮影時のカメラ設定(以下、新写真評価式(案)とする)は下記の通りである。

$$\text{評価点①} = \frac{F \text{ 値}}{S \text{ 値} \times \text{ISO 感度}} \quad (1)$$

ただし、

- ・ 評価点①が 0.1~0.5 に収まる範囲に設定する
- ・ F 値の設定値は 8 以下とする
- ・ 画素数は 300 万画素以上とする

(3) 白飛び, 黒つぶれの頻度および解像度の確認

既往研究²⁾で検討されている白飛び, 黒つぶれ, 解像度について, 従前の写真評価式と新写真評価式(案)のOK画像を比較した結果を表-2に示す。

OK画像の枚数について, 新写真評価式(案)を適用した場合, 全切羽写真2282枚のうち, 772枚(33.8%)がOK画像となり, 従前の写真評価式によるOK画像の614枚(26.9%)を上回る結果となった。全体に37枚含まれていた白飛びは, 写真評価式, 新写真評価式(案)ともにOK画像には含まれなかった。黒つぶれの枚数は, 全体の295枚のうち, 従前の写真評価式では21枚, 新写真評価式(案)では9枚がOK画像となり, 新写真評価式(案)を用いることで黒つぶれの頻度は少なくなった。これらより, 両評価式を比較すると, 従前の写真評価式に比べて, 新写真評価式(案)は白飛びや黒つぶれをしていない画像が数多く撮影されている結果となった。

次に, 解像度について, 新写真評価式(案)におけるOK画像の解像度チャートによる解像度評価点の平均点は4.01点であり, 全切羽写真の平均である3.02点を上回る結果となった。また, 従前の写真評価式におけるOK画像の平均である4.03点と同程度の解像度であった。これより, 新写真評価式(案)を満たす切羽写真は, 解像度の面で従前の写真評価式を満たす写真と同程度に良質な写真であるといえる。

以上より, 従前の写真評価式の問題を解消した新写真評価式(案)は, 白飛び, 黒つぶれの頻度および解像度の観点では, 従前の写真評価式と同等以上の品質を確保できていることが確認できた。

3. 色調に関する検討

(1) 検討方法

ここでは, 新写真評価式(案)の画像解析への適用性について色調の観点から検証する。色の数値化については, CIEL*a*b*色空間(以下, L*a*b*とする)が規格化され⁴⁾, 一般に用いられている。L*は明度, a*およびb*は色相と彩度を示す色度を表し, a*の+方向が赤, -方向が緑, b*の+方向が黄色, -方向が青色を示す。2つの色の違いを色差 ΔE^* として, 下式により求めることができ, この値が小さいほど同色に近い色として人間の目に認識される。

$$\Delta E^* = \sqrt{(\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2} \quad (3)$$

ここで, ΔL^* , Δa^* , Δb^* はそれぞれ, 比較する2つの色のL*, a*, b*の差を示す。なお, 色差が示す値の目安⁵⁾は表-3の通りであり, 色差が20を超えると色名レベルの色の管理が適用される目安とされている。

切羽写真の色調を検証するにあたり, 切羽写真撮影時に画角に納まるよう切羽手前1mの位置に図-4に示すグレーチャートを設置し, 色の基準とした。設置されたグレーチャートの

表-2 OK画像の分析結果

	写真数 [枚]	白飛び [枚]	黒つぶれ [枚]	解像度評価点 平均点[点]
全切羽写真	2282	37	295	3.16
写真評価式 OK画像	614	0	21	4.03
新写真評価式(案) OK画像	772	0	9	4.01

表-3 色差の目安⁵⁾

色差	名称	適用
0.2以下	測色不可能領域	
0.3	識別色差	同一物体の測色再現精度
0.6	1級(厳格色差)	各種の誤差要因を考えた場合の実用的な許容差の限界
1.2	2級(実用色差a)	ならべて判定した場合にほとんどの人が容易に色差を認めることができる
2.5	3級(実用色差b)	離間して判定した場合に, ほぼ同一と認めることができる
5.0	4級	経時比較した場合に, ほぼ同一と認める事ができる
10.0	5級	
20.0	6級	色名レベルの色の管理

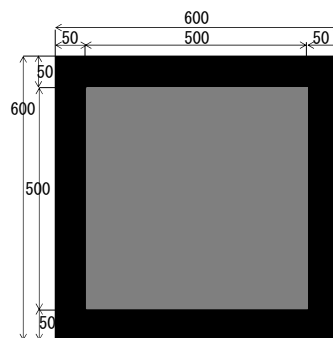


図-4 グレーチャート

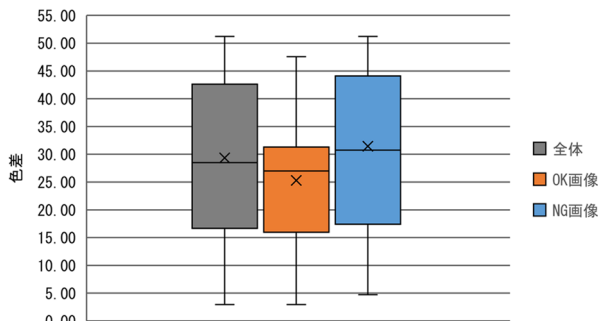


図-5 トンネルの切羽写真の色差のばらつき

L*a*b*の測定値はL*: 48.79, a*: 0.76, b*: 0.39であった。次に, 切羽写真に写ったグレーチャートのL*a*b*を画像編集ソフトで求め, 実際のグレーチャートの測定値との色差により色調を検証した。すなわち, 算出された色差が小さいほど目視に近い色調の写真が撮影できていると評価した。

(2) 検証結果

A トンネルの切羽写真を対象に算出した色差の分布を図-5の箱ひげ図に示す。箱の下端は第1四分位数, 上端は第3四分位数, 中央の線は中央値を示す。軸上の×印は平均値を示し, ひげの下端, 上端はそれぞれ色差の最小値, 最大値を示す。

対象切羽写真全体の色差は 3.0~51.2 の幅広い範囲に分布しており、平均値は 29.4 であった。平均値は、「色名レベルの色の管理」が適用される 20 に比べて大きい値であるが、切羽付近は自然光が入らない特殊な環境であり、限られた光源をもとに撮影したことが全体的に色差が大きくなった原因のひとつであると考えられる。

新写真評価式(案)における OK 画像と NG 画像の平均値を比較すると、OK 画像が 25.3、NG 画像が 31.5 であり、OK 画像の色差の平均が小さい結果であった。また、NG 画像の四分位範囲は 26.7 (17.4~44.1) であるのに対し、OK 画像の四分位範囲は 15.3 (16.0~31.3) であり、OK 画像のほうがばらつきが小さく、色差が比較的小さい範囲に集中している。これらより、新写真評価式(案)を満たすことで、色調のばらつきが小さく、比較的目視に近い色調の写真が撮影できることが示唆された。これらの画像を用いることで、画像解析への適用性の向上が期待できる結果となった。

4. 画像解析への適用性の検証

(1) 検討概要と対象切羽写真

ここでは、新写真評価式(案)の画像解析技術への適用性を検証するため、筆者らが試作した切羽写真トリミングシステムおよび類似切羽検索 AI に、道路トンネル(以下、B トンネルとする)施工時に取得した切羽写真を入力し、その出力結果と新写真評価式(案)との関係を分析した。なお、B トンネルは中生代白亜紀の花崗斑岩または花崗閃緑岩を主体とする切羽であった。

対象とした切羽写真撮影時に用いたカメラと撮影時の設定値は表-4の通りである。デジタルカメラ2機種とスマートフォンの標準カメラアプリおよび工事写真管理アプリを用いて撮影された切羽写真を利用した。なお、工事写真管理アプリは、管理用に最適化された形式で保存されるため、F 値、S 値、ISO 感度などの Exif 情報は不明である。

取得した切羽写真の内訳と新写真評価式(案)での評価結果を表-5に示す。対象とした切羽写真は 514 枚であり、166 断面の切羽で撮影されたものである。内訳はデジタルカメラの写真が 209 枚、スマートフォンの標準カメラアプリの写真が 49 枚、工事写真管理アプリの写真が 256 枚であった。新写真評価式(案)を適用した場合、OK 画像は 55 枚であり、そのうち 26 枚がカメラ C で撮影された写真、29 枚がスマートフォンの標準カメラアプリで撮影されたものであった。

(2) 切羽写真トリミングシステムを用いた検証

a) 検証方法

切羽写真トリミングシステムは、入力したトンネル切羽の全景写真から切羽観察に活用する上半切羽面領域のみを抽出し、出力するものである。本システムは、セマンティックセグメンテーションと呼ばれるタスクを用いた機械学習モデルであり、

表-4 B トンネルにおけるカメラの設定値一覧

項目	デジタルカメラ		スマートフォン	
	カメラC	カメラD	標準カメラアプリ	工事写真管理アプリ
画素数[万画素]	123, 315	1593	1200	123
F値	3.5	3.9~4.1	1.8	不明
ISO感度	160~6400	400~800	32~100	不明
S値[秒]	1/125~1/5	1/4~1/10	1/30~1/6	不明

表-5 B トンネルより取得した切羽写真の内訳

	デジタルカメラ		スマートフォン		計
	カメラC	カメラD	標準カメラアプリ	工事写真管理アプリ	
OK画像	26	0	29	0	55
NG画像	158	25	20	256	459
計	184	25	49	256	514

表-6 トリミングシステム出力画像の評価基準

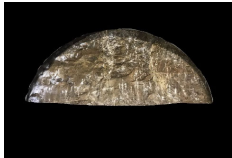


評価		トリミング画像例
1	切羽上半面を比較的正確に切り抜き加工できている	
2	切羽上半面を切り抜き加工できているが、境界線が不安定、もしくは余計な部分も切り抜かれている	
3	切羽上半面を切り抜き加工できておらず境界を確認できない	

表-7 トリミングシステム出力画像の評価結果

	計	新写真評価式(案)	
		OK画像	NG画像
評価:1	444	55	389
評価:2	58	0	58
評価:3	12	0	12
計	514	55	459

人間の手により上半切羽面領域をラベル付けした複数のトンネルの切羽写真 720 枚を教師データとして学習させて作成した。

本検討では、B トンネルから取得した切羽写真 514 枚を対象としてシステムに入力し、出力された画像を目視で確認のうえ、表-6に示す3段階で切り抜き加工の状態を評価した。評価:1が切り抜き加工が適切にできており、評価:3が切り抜き加工が適切にできていない状態を示す。

b) 検証結果

表-7に切羽写真トリミングシステムの出力画像の評価結果を示す。新写真評価式(案)における OK 画像の 55 枚については、すべてが評価:1であり、切羽写真トリミングシステムが適切に機能することを確認した。しかし、NG 画像の多くもトリ

ミングシステムが適切に機能していることが確認でき、カメラ設定に関わらずトリミングシステムが適切に機能する可能性が考えられる。そこで、トリミングシステムが適切に機能しない、評価:2 または評価:3 となった計 70 枚の切羽写真を確認した。その結果、23 枚が上半切羽面の一部が見切れている写真、32 枚が黒板やチャート、人物などの障害物が上半切羽範囲に映り込んでいる写真、5 枚がブレやピンボケした写真、5 枚が幅幅部付近の特殊な断面の写真であり、切羽が適切に映っている写真は 5 枚と限られた数であった。これより、評価:2 や評価:3 となった写真の多くは、カメラ設定の影響ではなく、その他の要因によりトリミングシステムが適切に機能しなかったと考えられる。

以上より、トリミングシステムを適正に機能させるためには、カメラ設定の影響はあまり大きくなく、以下の点に留意が必要であると考えられる。

- ・ 上半切羽面全体が写る画角で撮影すること。
- ・ 上半切羽面部分に黒板やチャート、人物などの障害物が映り込まないようにすること。
- ・ 三脚等を用いてブレがないように撮影すること。また、切羽面にピントを合わせて撮影すること。

(3) 類似切羽検索 AI を用いた検証

a) 検証方法

類似切羽検索 AI は、畳み込みニューラルネットワーク(CNN: Convolutional Neural Network)により切羽写真の特徴量を抽出し、特徴ベクトルを基に類似切羽をランキング形式で出力する教師なし学習 AI である。類似度には、コサイン類似度を用いており、事前に学習させた切羽写真から抽出した CNN の各層における特徴ベクトルと入力した切羽写真の特徴ベクトルより算出される。複数のトンネルの切羽写真約 1000 枚を用いた AI の精度検証では、入力した切羽写真と同じ切羽を撮影した別の写真を類似度ランキングの上位として出力することを確認している。

本検討では、前節でトリミング処理した B トンネルの上半切羽部の画像を検索対象とし、入力画像に類似する切羽画像をランキング形式で出力した。さらに、出力結果の上位 10 枚の切羽写真について、切羽観察簿を確認することで切羽の類似性を分析した。

b) 入力対象切羽画像

入力した画像の撮影条件および新写真評価式(案)による評価結果は表-8の通りである。B トンネルのうち、同一切羽で OK 画像、NG 画像が撮影されている 2 切羽を対象とした。切羽 a の OK 画像は、スマートフォンの標準カメラアプリで撮影されたものであり、比較的大きな画素数で撮影された写真である。NG 画像は、カメラ C により撮影されたもので、評価点①の条件は満たすものの、画素数が 300 万画素を下回り、総合評価が NG となった画像である。切羽 b の OK 画像は、カメラ C により撮影された画素数 315 万画素の写真で、OK 画像の中では比

表-8 入力対象画像の撮影条件及び写真評価結果

	切羽a		切羽b	
	OK画像	NG画像	OK画像	NG画像
使用カメラ	スマートフォン (標準カメラアプリ)	カメラC	カメラC	カメラC
F値	1.8	3.5	3.5	3.5
S値[秒]	1/15	1/60	1/60	1/60
ISO感度	64	1600	2000	2500
画素数[万画素]	1219	123	315	315
評価点①	0.338	0.131	0.105	0.084
評価点①判定	0.1<評価点①<0.5	○	○	×
F値判定	F値≤8	○	○	○
画素数判定	画素数>300	○	×	○
新写真評価式(案)評価	OK	NG	OK	NG

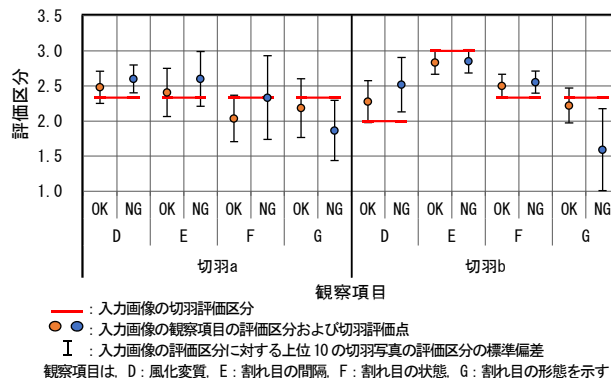


図-6 類似切羽検索 AI を用いた検証結果

較的画素数が小さい画像である。NG 画像は、315 万画素であり OK 画像と同じ画素数であるが、評価点①の条件を満たさず、総合評価が NG となった写真である。

c) 検証結果

各画像の類似切羽検索 AI への適用性について、従前の方法⁹⁾、すなわち現場で技術者が切羽を観察して評価した 9 項目 4 段階の切羽観察評価区分を基に検証した結果を図-6に示す。ここでは、切羽観察項目のうち、比較的視覚による判断が可能であり、画像解析の活用に相性が良いと考えられる D:風化変質、E:割目の間隔、F:割目の状態、G:割目の形態の結果を示している。図中の赤の横棒は、入力画像の切羽に対して従前の方法で評価した各観察項目の評価区分を示す。ここで、評価区分は、上半切羽面を天端部、右肩部、左肩部の3つに分割された切羽に対して評価されているため、その平均値を示している。図中の丸印は、OK 画像または NG 画像を入力した際の出力結果における、上位 10 切羽の評価区分の平均値を示し、ひげの部分は、その標準偏差を示す。

結果については、次のことがいえる。①出力結果における上位 10 切羽の標準偏差が著しく大きい場合、その出力結果は、ばらつきが大きく、精度が低いと考えられる。②各観察項目において、入力画像が OK 画像の場合と NG 画像の場合を比較して、出力結果の標準偏差が同程度の場合、出力結果の評価区分の平均値が入力画像の評価区分に近いほど、精度が高いと考えられる。

切羽 a について、F:割目の状態の NG 画像の結果は上記の①

に当てはまり、出力結果のばらつきが大きく、精度が低いといえる。残りのD:風化変質, E:割目の間隔, G:割目の形態については、②により、OK画像を入力した場合の方が精度が高いといえる。これらより、新写真評価式(案)を満たすことで、より類似性の高い切羽を出力可能であることが示唆された。

切羽bについて、E:割目の間隔については、OK画像を入力した場合とNG画像を入力した場合で同程度の結果であったが、その他のD:風化変質, F:割目の状態, G:割目の形態については、結果の差に大小はあるものの、OK画像を入力の方がNG画像を入力した場合に比べて精度が高い出力結果となった。これより、比較的画素数が小さい写真についても、新写真評価式(案)を満たすことで、より類似性の高い切羽を出力可能であると考えられる。

ただし、今回の検討は、1トンネルの切羽について、計4枚という少数の画像を分析した結果である。引き続きデータを収集し、検討を進める予定である。

5. 結論

本論文では、山岳トンネルの切羽評価に画像解析技術を活用する際に求められる切羽写真の撮影条件について、既往の研究で提案された写真評価式の問題点である、良質な画像が適切でないと判定されてしまう点を解消する新写真評価式(案)を提案した。また、試作した画像解析システムを用いた検証により、提案した新写真評価式(案)を満たすことで、撮影された切羽写真の画質や画像解析の出力結果について一定の精度が得られることを確認した。さらに、画像解析技術の活用を見据えた、切羽写真撮影時のカメラ設定以外の留意事項を抽出した。得られた知見は下記の通りである。

- ・ 提案した新写真評価式(案)を適用することで、黒つぶれ、白飛びの頻度や解像度について、従前の写真評価式と同等以上の質の切羽写真を撮影できることを確認した。
- ・ グレーチャートを用いた色調の検討の結果、新写真評価式(案)を満たすことで、満たさない場合に比べて目視での色調に近く、色調のばらつきが小さい写真を撮影できることが示唆された。
- ・ 切羽写真トリミングシステムへの適用性について、カメラ設定の影響は小さく、画角や上半切羽部への障害物等の映り込みが出力結果に負の影響を与えることが明らかになった。なお、画角や障害物に留意して撮影された、新写真評価式(案)を満たす切羽写真を入力することで、トリミングシステムが適正に機能することを確認した。
- ・ 類似切羽検索AIに入力する切羽写真について、新写真評価式(案)を満たす画像を用いることで、切羽観察項目のうち、風化変質、割れ目の間隔、割れ目の状態、割れ目の形態に関して類似性が高い検索結果を得られることが示唆された。

上記は、筆者らが試作した画像解析システムを用いた結果で

あるが、近年開発が進められている種々の画像解析技術においても、入力する画像に一定程度の品質のものをを用いなければ、出力結果の精度に負の影響を及ぼすことが懸念される。今後の画像解析技術の適切な活用に向けて、本論文で示した評価値と留意事項を参考に切羽写真を撮影し、蓄積することで精度向上に寄与すると考えられる。

ただし、今回の検討は、それぞれ1トンネルの限られた切羽の画像を分析した結果である。今後も引き続きデータを収集し、対象岩種や適用現場数を増やして、岩種や切羽の特徴の違いによる影響等について検討を進める予定である。さらに、蓄積された良質な切羽写真を用いて、合理的な地山評価の支援に資する画像解析システムの開発を進めていきたい。

あとがき

本研究は、筆者らが試作した画像解析システムを用いた結果であるが、近年開発が進められている種々の画像解析技術においても、入力する画像に一定程度の品質のものをを用いなければ、出力結果の精度に負の影響を及ぼすことが懸念される。今後の画像解析技術の適切な活用に向けて、本研究が、地山評価の支援に資する画像解析システムの精度向上の一助となれば幸いである。

本論文は、(社)土木学会:『岩盤力学に関するシンポジウム講演集, 第49巻』(2023.1)に掲載の論文「画像解析技術活用に向けた切羽写真撮影条件に関する一考察」(発表番号F2)を転載したものである。

参考文献

- 1) 菊地浩貴, 日下敦, 小出孝明, 巽義知, 長谷川慶彦: AIを用いた山岳トンネルの切羽評価に関する一考察, 第74回年次学術講演会, 2019.9., VI-736
- 2) 佐々木亨, 長谷川慶彦, 菊地浩貴, 日下敦, 巽義知: 切羽観察への画像解析技術活用に向けた切羽写真撮影条件に関する基礎的検討, 土木学会第75回年次学術講演会, 2020.9., VI-676
- 3) 橋立健司, 吉川正, 山本拓治, 曾根真理, 辰巳順一, 宮嶋保幸, 上岡真也, 辻川泰人, 田中統造, 野村貴律: AIを活用したトンネル切羽の地質評価と肌落ち予測支援による災害防止に関する研究開発②一切羽の画像撮影方法の最適化について, 土木学会第76回年次学術講演会, 2021.9., CS14-26
- 4) 日本工業規格: JIS Z 8781-4:2013, 2013.
- 5) 日本色彩学会編: 色彩科学ハンドブック 第3版, 東京大学出版会, 2011.4., p.593
- 6) (社)道路協会: 道路トンネル観察・計測指針 平成21年改訂版, 2009.2., p.24