

山岳トンネルの切羽観察・評価に向けた画像の色補正について —色見本を用いた色補正プログラム—

(株) 夢想画 正会員 ○田中 統蔵 (株) 安藤・間 正会員 辰巳 順一
 (一財) 先端建設技術センター 正会員 吉川 正 (株) 鹿島建設 正会員 宮嶋 保幸
 (一財) 先端建設技術センター フェロー 山本 拓治 (株) 清水建設 正会員 小島 英郷
 (一財) 先端建設技術センター 正会員 橋立 健司 (株) 戸田建設 正会員 杉山 崇
 東洋大学 正会員 曾根 真理 (株) 日本システムウェア 正会員 野村貴律

1. はじめに

山岳トンネル工事における切羽を撮影した画像からは、割れ目の程度、風化変質、地質区分等の分析、肌落ち可能性の予測等が期待できる。風化変質や地質区分等の分析には切羽の色合いが重要な情報となるが、撮影に用いたカメラやレンズフィルタの性質、坑内照明等の環境要因によって、撮影された画像の色合いは変化する。撮影現場によって色合いが統一されない場合、色あいを基準とした分析は現場ごとに閾値の変更を要するという課題が生じる。この課題の対策として、予め色情報を定義した色見本を作成し、切羽撮影時に色見本を含めた画像を撮ることで、撮影環境による色合いの変化を補正することを試みた。

2. 切羽画像の色補正結果

(1) 撮影環境による色合い変化

写真-1, 2, 3は同一現場においてカメラの撮影モードを変えて撮影したものである。これらは色合い変化が顕著な例ではあるが、投光器や坑内照明が白熱電球を用いていれば全体が暖色に、蛍光灯を用いていれば全体が寒色の色合いに変化する。



写真-1 撮影モード：標準



写真-2 撮影モード：ホワイトバランス標準
ス蛍光灯

(2) 色補正に用いる色見本

図-1の色見本は、表-1, 2に示す色情報で作成した色見本である。この色見本を切羽の前方に配置し撮影することで、色見本を含んだ切羽画像が得られる。色見本は表-1のように黒部分はRed, Blue, Greenとも階調値は0であるところ、得られた画像は撮影環境により色合いが変化するため、暖色に色合いが変化した現場であればRedの階調値が20に引き上がるといった変化をする。この場合、画像全体のRedの階調値を引き下げるか、補色関係にあるBlue, Greenの階調値を引き上げる画像処理を行うことで、本来の階調分布に補正され、撮影環境による色合い変化を低減できる。



写真-3 撮影モード：ホワイトバランス標準
ス白熱灯

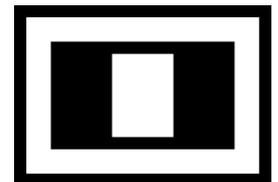


図-1 色見本

表-1 色見本の色定義 (RGB表記)

色	Red	Blue	Green
黒	0	0	0
白	255	255	255

表-2 色見本の色定義 (CMYK表記)

色	Cyan	Magenta	Yellow	Black
黒	93	88	89	80
白	0	0	0	0

(3) 色見本の検出手順

画像から色見本部分を検出する手法としては、元画像(写真-4)にガンマ補正を行うことで階調差を強調(写真-5)し、グレースケール化(写真-6)した階調値を最小110~最大253の閾値で二値化(写真-7)することで外周の白枠を検出する。ノイズを除去するため途切れた線分を結合する膨張処理をかけ、輪郭検出を行う。得られた輪郭のうち、面積が5000ピクセル以下のものを除外し、輪郭の凸包及び近似処理を行い、四角形状の輪郭のみを色見本と推定している。検出に用いた閾値等の値は、現場で撮影された複数の写真を元に適合する数値を求めたものであるため、極端に条件の異なる現場に対しては閾値の調整を要する可能性がある。



写真-4 元画像



写真-5 ガンマ補正



写真-6 グレースケール化



写真-7 二値化

キーワード 山岳トンネル, 色補正, 色見本, 切羽写真, 輪郭検出, AI
 連絡先 〒112-0012 東京都文京区大塚2丁目15番6号 (一財) 先端建設技術センター TEL03-3942-3991

検出した色見本は左から黒白黒の順で配置されている。点対称のデザインにすることで、上下逆に配置された場合でも検出可能とした。色見本領域の中央部は白であるべき領域のため、中央付近の画素を HSV 変換し、明度 (Value) が 190 未満であれば誤検出として除外する。色見本領域の黒に相当する左右 30% 相当の画素を HSV 変換し、色相 (Hue) 差が 90 を越えているか、白相当の画素と黒相当の画素の色相差が 250 未満であれば除外する。白相当の画素と黒相当の画素の選出には、色見本領域を 3 等分した各範囲の平均色を用いた。



色	Red	Blue	Green
黒	75	66	67
白	242	242	242

写真-8 補正前



色	Red	Blue	Green
黒	67	66	67
白	255	255	255

写真-9 補正後

(4) 色補正手順

(3) で示した手順に従って検出した色見本の白と黒の画素を用いて、画像全体の色調を補正する。例として写真-8 における色見本の黒部分の階調値は Red:75, Blue:66, Green:67 である。定義では各階調とも 0 であるべきところ Red だけが突出しており、全体的に赤みがかかった写真になっている。階調値の釣り合いがとれるよう Red を減算した写真-9 の黒部分は Red: 67, Green: 66, Blue: 67 である。補正前は赤みがかっていたため、相対的に補正後は赤みが減り、補色関係にある水色寄りに感じられるが、階調値の偏りがなくなり照明等による色変化を抑えられた画像が得られている。色見本の黒部分の画素で画像全体の暗い部分 (階調値 128 未満) を補正し、色見本の白部分の画素で画像全体の明るい部分 (階調値 128 以上) を補正することで、階調に応じた自然な色補正となる。どのような形状の色見本であっても、白と黒に相当する画素を選出できれば色補正の手順は共通である。

画像加工により意図的に色調を変化させた画像に対しても、同じ手法で元画像に近似した補正結果を得られた例を写真-10~15 に示す。この例では実験的に 10 色の色見本を用いているが、補正に使用したのは色見本中の白と黒部分のみであり、いずれも自然な色調へ補正できた。



写真-10 補正



写真-11 補正後



写真-12 補正



写真-13 補正後



写真-14 補正



写真-15 補正後

(5) 色補正の妨げとなる現象

写真-16 は、色見本に重機の影が重なっている。濃い影が色見本に重なる場合、図-2 のように二値化した際に白枠が正しく認識されず色見本の検出に失敗する可能性がある。色補正に際しては、影の重なりを避けて撮影することが望ましい。

写真-17, 18 は照明が色見本に強く反射し、黒部分の画素を得られないことで色見本検出に失敗する例である。これらの対策としては、黒色のナイロンパイプを静電植毛したレーヨン織物基布や、極細発泡のポリウレタンシートを用いて黒部分をマスキングする手法が挙げられる。内面反射防止性能を高めることで、照明の反射による影響低減が期待できる。



写真-16 色見本に影が重なった画像



図-2 写真-16の色見本部分を検出手順に沿って二値化したもの



写真-17 強い照明が用いられた画像



写真-18 写真17の色見本部分を拡大したもの

3. まとめ

白及び黒からなる色見本を用いることで、撮影に用いたカメラやレンズフィルタの性質、坑内照明等の環境要因による色変化の補正が可能であることを確認できた。今後、色補正により偏りを抑えた画像を用いて、風化変質や地質区分等の分析の他、機械学習を用いたデータの利活用に結び付け、山岳トンネルの切羽観察・評価品質の向上を図って行きたいと考える。

なお、本報告は、国土交通省建設技術研究開発助成並びに (一財) 先端建設技術センター自主研究開発の成果の一部である。