

ハイパースペクトルカメラ撮影時の光源の現場特性と留意点

五洋建設 土木技術部 正会員 ○坂元 秀行, 大久保 結生, 前田 智之
五洋建設 雲雀山トンネル工事事務所 樽井 寛

1. はじめに

ハイパースペクトル（以下、HS とする）カメラで撮影した画像を用いて切羽での地質状況を適切に評価できる可能性が示唆されている一方で、光源の違いにより補正が必要であることが報告されている¹⁾。撮影場所である切羽は、坑内という閉鎖された空間であるとともに、撮影照明とは別に坑内照明があるなど、実験室のような様な照明環境とは限らない。

本稿は、現場で実際に照度測定した結果や取得した HS データを元に、切羽での光源特性と HS カメラによる撮影を行う際の留意点について考察し、報告する。

2. 使用器具と実験概要

(1) 使用器具

本検証にて使用した HS カメラは、デルフトハイテック社製の SPECIM IQ で、対象物から得られる 400~1,000nm 波長域の光を約 204 のスペクトルバンドに分光して撮影し、HS データを得ることができるものである。撮影に使用した照明は、照度確保と幅広い波長域のデータ取得を目的にハロゲンランプ（出力 1kw）×3 灯と、メタルハライドランプ（出力 400w）×3 灯を用いた。撮影現場では、撮影時の効率化や機動性確保の点から HS カメラと照明を軽トラックに搭載一体化した照明設備台車を使用した。照度計は UPRtek 社の MK350D コンパクト分光計を使用し、照明装置の特徴による取得データばらつき補正にホワイトバランス（以下、WB とする）ボードを採用（エックスライト社のカスタム WB カード）した（写真-1 参照）。

(2) 実験概要

光源の特性を把握するために、陽光や外灯の影響が少ない夜間の屋外にて照明の種類と組み合わせを変えた 3 ケース（ハロゲン、メタルハライド、ハロゲン+メタルハライド）で照度測定を行った。次に、屋外で選定した光源を使用し、トンネル坑内外で同じ配置条件の下、照度測定を行った。最後に、坑内にて実際の切羽撮影位置を想定した配置条件の下、坑内照明ありとなしの 2 ケースで HS データを取得した（図-1 参照）。撮影状況を写真-2 に示す。照明設備台車位置は、HS カメラの画角内に切羽が収まる距離（30m）とし、WB ボードは切羽から離れた任意の位置に設置した。HS カメラ撮影時の露光時間は 150s とした。



写真-1 WB ボード



写真-2 切羽撮影状況

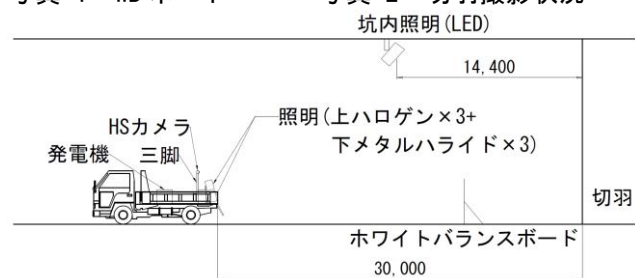


図-1 トンネル坑内での撮影器具配置状況

3. 実験結果

(1) 照明ごとの放射照度比較

陽光や外灯の影響が少ない夜間の屋外で、照明設備台車から 20m 離れた地点で測定した放射照度の結果を図-2 に示す。横軸に波長（nm）、縦軸に放射照度（ nW/m^2 ）を示す。その結果、取得データでハロゲンとメタルハライドの一般的なスペクトル波形を確認できた。ハロゲンとメタルハライドを併用することで、広波長域での照度確保が期待できると考えられる。

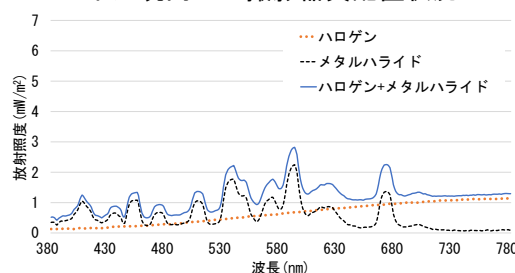


図-2 放射照度の比較結果(光源別)

キーワード 山岳トンネル, ハイパースペクトル, 照度, 分析

連絡先 〒112-8576 東京都文京区後楽 2-2-8 五洋建設(株) 土木本部 土木部門 土木技術部 TEL 03-3817-7531

(2) 坑内外の放射照度比較

トンネル坑内外で、照明設備台車から 14m 離れた地点で測定したハロゲンとメタルハライドを組み合わせた照明の放射照度の測定結果を図-3 に示す。放射照度のスペクトル形状では、坑内外で大きな違いは見られず、閉鎖的な坑内においても広波長域のデータ取得が可能であると考えられた。

(3) 坑内における取得データの補正

HS カメラには、WB ボードによる補正機能があり、撮影時に WB ボードを認識させることで対象物からの反射光を正規化することができる（以下、WB 補正とする）。写真-3 の A、B 点での WB 補正前後のデータを、坑内照明（LED）ありとなしの 2 ケースで比較した（図-4、5）。横軸に波長（nm）、縦軸に対象物からの反射光強度、WB ボード内のスペクトルとの相対反射強度率をそれぞれ示す。図-4 のグラフ形状から 450nm 付近と 550nm 付近でピークを示す坑内照明（LED）の特徴波形が確認できる。図-6 は、LED を光源とした際の可視光領域（380～780nm）の分光スペクトルであり、横軸に波長（nm）、縦軸に最大放射照度との相対値を示している。WB 補正後のデータ（図-5）を見ると、坑内照明（LED）の特徴波形はなく、取得データを補正できていると考えられた。このように、WB 補正することで坑内照明がある場合でも対象物特有のスペクトル形状を捉えることができるといえる。

しかし、写真-3 の A、B 点のように、取得データの場所が異なる点に着目して図-5 を見ると、場所や対象物の性質によって坑内照明ありとなしの場合で補正に差がでることがわかった。データの分析精度向上には、HS データ取得時は坑内照明ありにする、なしにするといった撮影条件を統一する必要があると考える。

4. 結論

本検証では、ハロゲンとメタルハライドを併用することで、広波長域のデータ取得が期待できることがわかった。閉鎖空間である坑内でも、周辺の反響などの影響を大きく受けることなく HS データの取得ができることがわかった。一方で、坑内照明の有無で条件を変えて撮影した場合、場所や対象物の性質によって補正後のデータに差が見られるため、HS 撮影時は坑内照明を点灯させる、させないなどの条件を統一することが望ましいと考える。

5. まとめ

本検証では、切羽で安定したスペクトルデータを取得するための光源の条件を検証した。切羽の撮影は閉鎖的な空間で実施されることから、安定した照明環境を確保することが難しい撮影条件となっている。今後は、安定したスペクトルデータの取得のために照明環境をさらに検証する予定である。

参考文献

- 1) 翟思敏, 大森禎敏, 大和田濟熙, 川村洋平: ハイパースペクトルデータを用いた岩種分類法を現場適用のための光源によるスペクトル変化の補正手法の検討 土木学会 75 回年次学術講演会, III-227, 2020

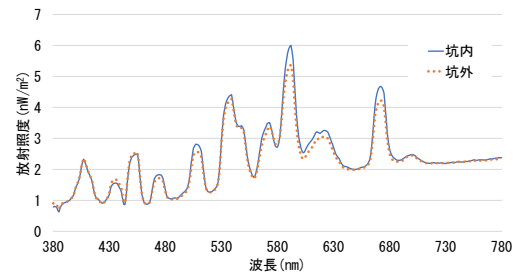


図-3 放射照度の比較結果(坑内外)

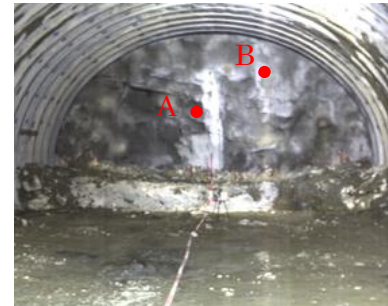


写真-3 任意着目点を示す RGB 画像

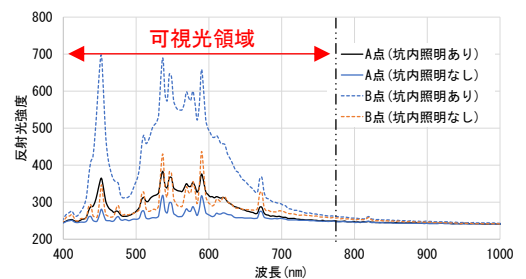


図-4 WB 補正前データ

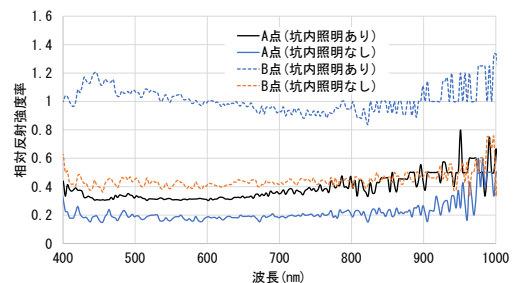


図-5 WB 補正後データ

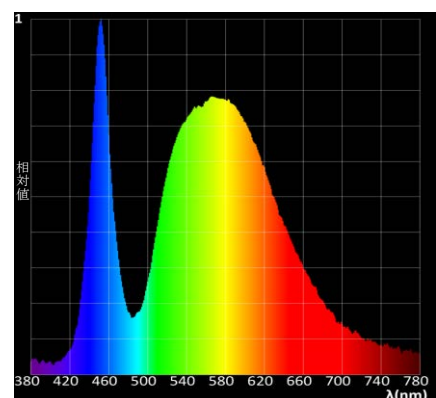


図-6 可視光領域の分光スペクトル(LED)