

## ハイパースペクトルカメラによる水の検出に関する基礎的検討

山口大学大学院 学生会員 ○井上 龍一

日本工営 非会員 古木 宏和

山口大学大学院 正会員 蓮池 里菜, 麻生 稔彦

### 1. はじめに

我国の橋梁の多くは高度経済成長期に建設されており、維持管理への関心が高まっている。鋼橋の劣化要因である腐食に対し、従来の目視点検では点検技術者の知識や経験といった技量により評価が異なることが危惧される。そこで目視に代わる鋼橋の点検手法として、非接触かつ非破壊で、可視光および近赤外線領域の詳細なスペクトルの取得により、被写体の状態・性質を客観的に評価可能なハイパースペクトルカメラ（HSC）に着目した。HSCによる腐食劣化状況のRGB画像に基づく評価に加え、腐食要因である水を検出できれば、腐食環境の把握に繋がると考えられる。本研究では、腐食生成物上の水の検出に向けた基礎的検討として、シャーレ内で水深を変化させた水のスペクトルを測定し、そのスペクトル特性を明らかにする。

### 2. 実験概要

本研究では、波長分解能 7nm、波長 400-1000 nm の光を 204 個のバンドに分光したスペクトルが取得可能である Spectral Imaging 社の Specim IQ を用いた。また、被写体の放射輝度値を基準板の放射輝度値で除したものを反射強度とし、基準板には特異的な光の吸収がなくランバシアン性をもつ硫酸バリウム板を使用した。

図1に撮影環境を示す。再現性確保の観点から、常に一定の照度で被写体を撮影可能な暗室で撮影を行った。近赤外線領域のスペクトルを取得するためには、赤（波長 590-780 nm）の光が強い光源を使用する必要がある。そこで、赤色成分を多く含むハロゲンライトを光源として使用し、被写体表面の照度が 400-700 Lux となるように光源を被写体に直射した。図2に使用したハロゲンライト（500 W）の分光特性を示す。ここで、相対値とは反射強度が最も大きい光の反射強度を 100%とした場合の各波長の光の反射強度である。HSC と被写体の距離は 20 cm とし、被写体の真上から撮影した。また、撮影は全て 3 回ずつ行い、3 回の撮影で得られたスペクトルを平均して水のスペクトル特性を検討した。

水深の異なる水のスペクトルを測定するために、図3に示す内径 91 mm、高さ 15 mm のシャーレを用いた。水深  $h$  は 12,



図1 撮影環境

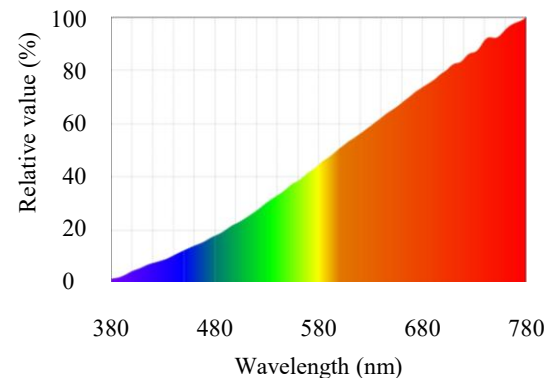


図2 ハロゲンライト（500 W）の分光特性

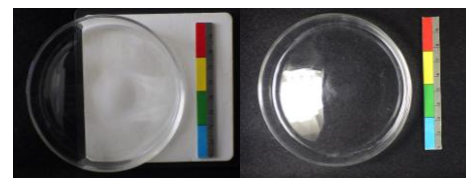


図3 シャーレと鋼板

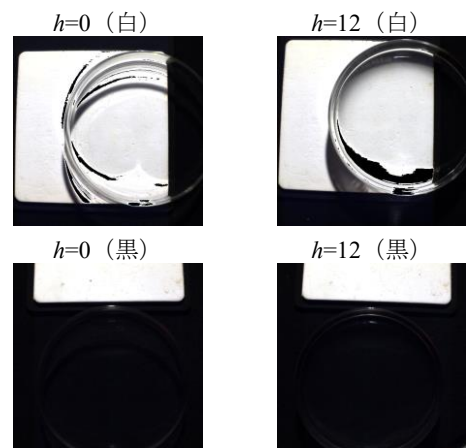


図4  $h=0$ および12のRGB画像

キーワード ハイパースペクトルカメラ, 可視光, 近赤外線, 水

連絡先 〒755-8611 山口県宇部市常盤台 2-16-1 山口大学工学部社会建設工学科 TEL 0836-85-9323

9, 6, 3, 2, 1 mm, および乾燥状態である 0 mm の 7 パターンとした。また、主に可視光領域のスペクトルは透明な水を通じた先の背景色による影響が想定されるため、背景色が白と黒の場合を撮影した。背景色を黒とする場合はシャーレを黒のフェルトの上に、背景色を白とする場合はシャーレを基準板である硫酸バリウム板の上に設置した。

### 3. 実験結果

図 4 に  $h=0$  および 12 mm の RGB 画像を示す。背景色によらず、水深が変化しても外観はほとんど変化しないため、目視で水を検出することは困難である。

図 5 に水深を変化させたシャーレのスペクトルを示す。可視光領域（波長 400-780 nm）において、背景色を白とした場合の反射強度はいずれの水深においても概ね 1.00 である。これは、硫酸バリウム板が可視光領域の光を均等に反射したためであると考えられる。また、背景色を黒とした場合の反射強度はいずれの水深においても背景色を白とした場合の同じ波長の反射強度と比べて小さい。これは、フェルトが光を吸収したためであると考えられる。一方、背景色によらず、近赤外線領域（波長 780-1000 nm）の反射強度は水深ごとに異なり、特に波長 960-970 nm においてその違いが顕著である。そこで、波長 960-970 nm における乾燥状態のシャーレの反射強度に対する水を入れたシャーレの反射強度の比（反射強度比）を検討した。また、可視光領域においても同様に検討した。

図 6 に波長 435, 546, 700, 960 nm における水深と反射強度比の関係を示す。ここで、波長 435, 546, 700 nm はそれぞれ、光の三原色である赤色、緑色、青色の代表的な波長に概ね相当する。背景色によらず、波長 435, 546, 700 nm における反射強度比は概ね 1.00 であり、可視光領域の反射強度比では水を検出できない。一方、両背景色とも、波長 960 nm における反射強度比は 1.00 未満であり、水深が深いほど反射強度比が小さい。また、波長 960-970 nm における水深と反射強度比の関係は概ね一致する。以上より、水を検出する場合は可視光領域よりも波長 960-970 nm におけるスペクトルを検討することが有効である。

### 4. まとめ

HSC で水を検出する場合は波長 960-970 nm におけるスペクトルを検討することが有効である。波長 960-970 nm における反射強度比は 1.00 未満であり、水深が深いほど反射強度比が小さい。今後はこの結果を利用して、鋼板上の水の検出方法を検討する。

本研究は、JST 次世代研究者挑戦的研究プログラム JPMJSP2111 の支援を受けた。

### 参考文献

- 1) Zhang X, Han L, Dong Y, Shi Y, Huang W, Han L, González-Moreno P, Ma H, Ye H, Sobeih T. A Deep Learning-Based Approach for Automated Yellow Rust Disease Detection from High-Resolution Hyperspectral UAV Images. *Remote Sensing*. 2019; 11(13):1554. <https://doi.org/10.3390/rs11131554>

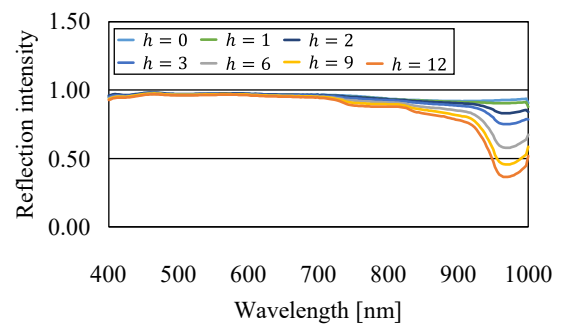


図5(a) シャーレ内の水のスペクトル (白)

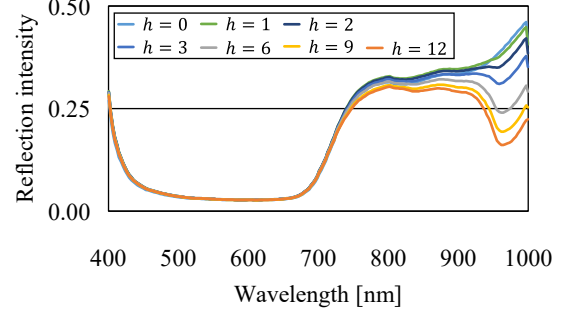


図5(b) シャーレ内の水のスペクトル (黒)

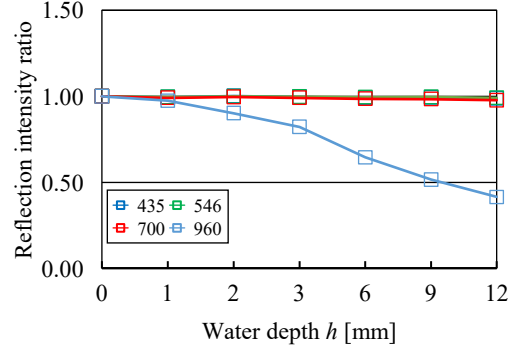


図6(a) 水深と反射強度比の関係 (白)

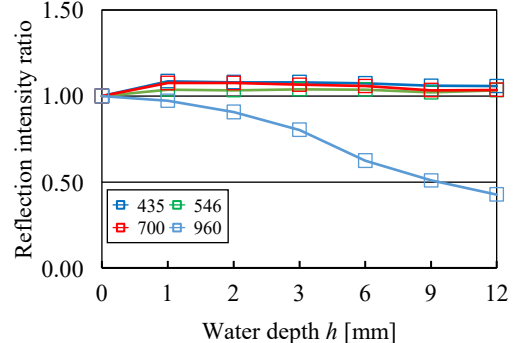


図6(b) 水深と反射強度比の関係 (黒)