スペクトル分析による軌道部材の劣化把握に関する検討

鉄道総研　正会員　坪川　洋友
鉄道総研　正会員　水谷　淳

1．はじめに

鉄道における軌道・電力の各種部材の検査の多くは，目視により行われており多大な労力を要している．そのため，検査の効率化を目的として車両にセンサやカメラを設置し，取得した画像データについて機械学習等を行うことにより，部材の脱落や形状の変化を判定する技術の開発が進められている．一方，人間の目に見える部材の形状の変化ではなく，組成や結晶構造など変化を画像から把握する方法としてスペクトル分析があり，部材の劣化を定量的に把握できる可能性がある．昨年度は，レールに生じるき裂の起点の一つであるレール表面の白色層（車輪走行の際に生じる応力や熱により形成される硬い変態層）のあるレール用いて試験を行い，スペクトル分析により白色層の発生箇所の検出できる可能性があることを確認した．本稿では，レールの異なる劣化であるレール腐食について分析し，白色層との区別が可能であるか検討した結果を報告する．

2．ハイパースペクトルカメラの概要

光は電磁波でありその波長に応じたエネルギーを持っている．物質中の分子や電子はそのエネルギー構造により，特定の波長の光を当てると光を吸収して，より高いエネルギー状態に遷移するため，スペクトルから組成や結晶構造などの情報を得ることができる．一般的なカメラではこの情報を得ることができないが，ハイパースペクトルカメラは，物体からの反射光を数十種類以上の波長に区分してスペクトル情報を取得するため，本カメラで撮影した部材の画像をスペクトル分析することにより，初期の劣化や進行を定量的に把握できる可能性がある．

ハイパースペクトルカメラで取得できる情報の概念を図1に示す．本研究で使用したカメラ（NH-7:エバ・ジャパン社製）は，131万画素のカメラで350nm（近紫外）～1100nm（近赤外）の波長を5nm間隔に分光しており，1ピクセル毎に151波長のスペクトル情報を有する．

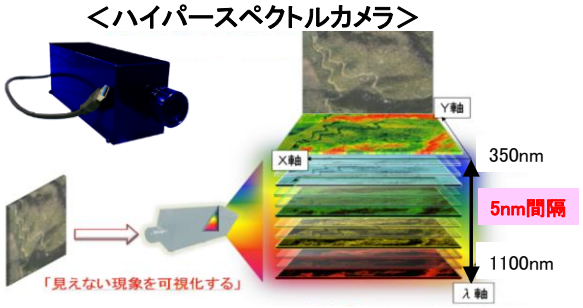

図1　ハイパースペクトルカメラの情報量

表1　ハイパースペクトルカメラの仕様

項目	仕様
解像度	1280×1024pixel (131.1万画素)
撮影速度	(標準)7.7秒
データ転送速度	133fps
波長範囲	350nm～1100nm
波長分解能	5nm

3．スペクトル分析の方法および結果

図2に示す腐食レールについて，昨年度検討したレール表面の白色層のスペクトルとの比較することにより，劣化の違いを区別可能であるかを検討した．

腐食レールは，鉄道車両の車輪フランジの接触がないレールの外側を撮影した．図より，レール側部の腐食が著しいことが確認できるが，場所によるスペクトルの違いの有無を把握するために，レール頭頂部とレール側部のスペクトルの比較結果を図3に示す．ここで，スペクトルグラフの縦軸は，撮影した物体からの光の反射率を表わすスペクトル強度（任意単位）で，光源の角度や周辺の明るさによっても変化するため，各解析範囲のグラフの形状の差異が物体の性質による違いを意味する．

キーワード　ハイパースペクトルカメラ，スペクトル分析
連絡先　〒185-8540　東京都国分寺市光町2-8-38　（公財）鉄道総合技術研究所　軌道管理研究室　ＴＥＬ042-573-7277

© Japan Society of Civil Engineers

図 3 より，レール頭頂部とレール側部のスペクトルを比較すると，カメラからの相対的な位置などによりレール頭頂部の方が僅かに大きな値であるが，その形状は類似しており，試験対象としたレールについては，解析範囲における組成が同じであることがわかる．

次に，白色層との区別が可能であるかを確認するために，レール鋼、腐食レール（レール側部）、白色層、さびのスペクトルグラフを図 4 示す．昨年度の報告において，白色層については，波長 500nm～650nm 付近のスペクトル形状の違いにより劣化の生じていないレールとの区別が可能であることを示したが，腐食については，同じ波長に加えて，波長 800nm～1000nm 付近のスペクトルに違いが生じていることがわかる．

そこで，各解析範囲におけるスペクトルデータについて，5nm 間のスペクトル強度の差をとり 5nm 間の変化を求めた結果を図 5 に示す．同図のスペクトル強度の差分結果において，波長 500nm～650nm に着目すると，腐食の条件はレール鋼よりも大きな変動であるのに対し，白色層の条件は小さな変動となっている．また，波長 800nm～1000nm においては，腐食条件の差分結果が大きく変動しているのが確認できる．

以上より，レールの白色層と腐食については，得られるスペクトルの形状が異なり，波長 500nm～650nm と波長 800nm～1000nm のスペクトル分析により，劣化を区別して検出できる可能性があることが分かった．

4．まとめ

ハイパースペクトルカメラのレールの劣化の検出への適用可能性を検討するために，腐食したレールをサンプルとしてスペクトル分析を行った．その結果，レール鋼，腐食，白色層については，2 つの波長帯域に着目してスペクトル分析を行うことにより，各劣化の状態を検出できる可能性があることを確認した．

参考文献

1) 辻江正裕等：白色層に起因するレール微小き裂の進展挙動と削正法の検討，鉄道総研報告，2009. 10
2) 坪川洋友：ハイパースペクトル画像によるレール劣化状態の把握に関する検討，土木学会 2018 年度全国大会第 73 回年次学術講演会，2018. 8

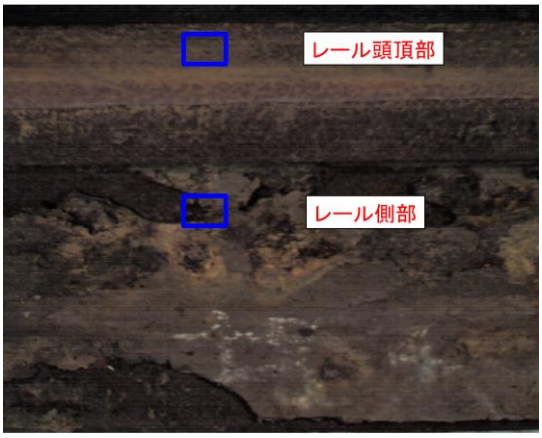

図 2　腐食レールと解析範囲

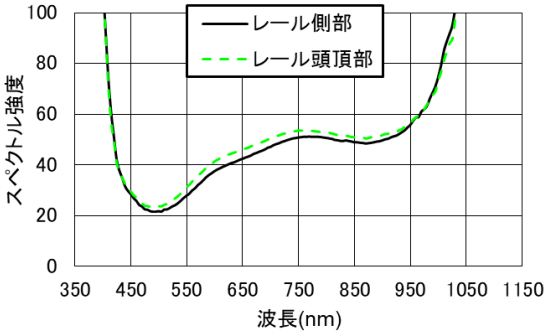

図 3 腐食レールのスペクトルグラフ

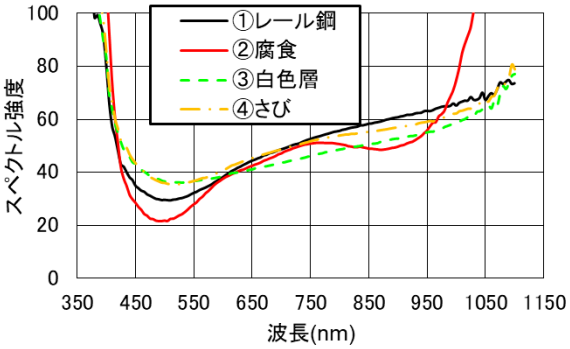

図 4　劣化の種類によるスペクトルの比較

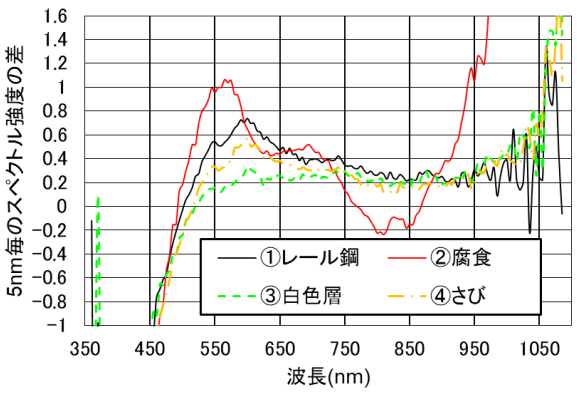

図 5　解析範囲とスペクトルグラフ

© Japan Society of Civil Engineers