

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

鉄道総研 正会員 坪川 洋友

1. はじめに

近年のセンシング技術の急速な進展とセンサの小型化により、鉄道事業者においてはラインセンサカメラ等を車両床下に搭載して軌道の各種部材を撮影し、画像処理を行って部材の状態を把握する技術の開発・導入が行われている。これは、目視で確認できる部材の劣化を検出するものであり、目視や手計測で行っている検査の機械化・効率化を目的としている。一方、本研究は、目視や上述のセンサでは検知することが困難な部材の初期の劣化やその進行を定量的に把握する方法の開発を目的として、撮影した物体の2次元の空間情報と数十種類以上の波長に分光したスペクトル情報（ハイパースペクトル）を同時に取得できるハイパースペクトルカメラについて、鉄道車両の走行により生じるレール表面の初期の劣化検知への適用可能性を検討した。本稿では、本カメラについて、白色層が存在するレールを対象に基礎的な試験を行った結果を報告する。

2. ハイパースペクトルカメラの概要

物体は光源からの光を反射しており、その構造や状態によって、ある波長の光はそのまま反射し、別の波長の光は吸収されて光強度が低下する。通常のカメラでは、この波長の分布を区別することはできないが、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ことにより、人間の目や通常のカメラでは捉えることが困難な物体の性質の変化を捉えることができる。このことから、鉄道設備に用いられている部材の初期の劣化やその進行を定量的に判定することが期待できる。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。例えば131万画素のカメラで350nm（近紫外）～1100nm（近赤外）の波長を5nm間隔で分光する場合、1ピクセル毎に151波長のスペクトル情報を有するため2億もの情報量を取得することになる。

3. 室内試験の概要

ハイパースペクトルカメラが、レール表面の初期の劣化検出に適用可能であるかを確認するために、目視で白色層が確認されるレール（通トン1.1億トン）を撮影してスペクトル分析を行った。試験に用いたハイパースペクトルカメラ（NH-7:エバ・ジャパン社製）の主な仕様を表1に示す。また、室内試験の様子を図2に示す。試験で使用する光源については、これまでハイパースペクトルカメラでレールを撮影した例がなく、反射光のスペクトル分布が不明であるため、基本的なレール表面のスペクトルを得るために、本カメラで取得可能な波長帯域を有するハロゲンライトとした。

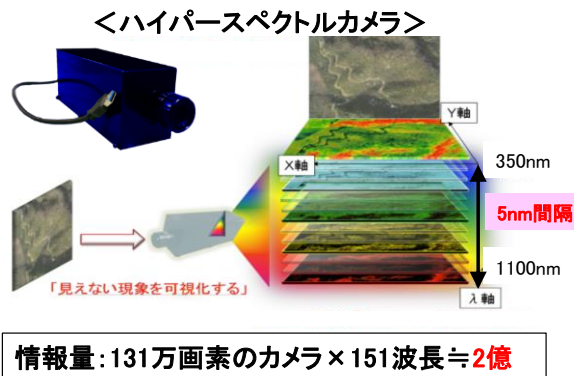


図1 ハイパースペクトルカメラの情報量

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



図2 室内試験の様子

キーワード ハイパースペクトル、ハイパースペクトルカメラ、白色層、スペクトル分析、傾き補正

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 TEL 042-573-7277

また、車両床下にカメラを設置してレールを撮影する場合には、カメラとレールとの相対的な位置関係やレールに照査される光量に変化する。そこで、これらの条件について反射光のスペクトルに対する影響を確認するために、表2のように試験条件を設定し、スペクトルの違いを分析した。

表2 試験条件

カメラとレールの位置関係	ディフューズ	ライト方向
垂直上方(90°)	有り	長
	無し	短
45°	無し	長
		短
		短(順)
		短(逆)
		短(斜)

4. 試験結果

試験結果の例として、「位置関係垂直上方、ディフューズあり、ライト方向長」の条件での結果を図3に示す。ハイパースペクトル画像から、目視により「①：さび、②：白色層、③：②と④の境界（白色層の有無が明確ではない箇所）、④：白色層なし、⑤：レール底部」の5箇所を解析範囲として設定し、それぞれの箇所について350nm～1100nmの帯域のスペクトルグラフを求めて比較した。本グラフの縦軸は、光の反射と吸収を表わすスペクトル強度で周辺の明るさによっても変化するため、プロットの形状が物体の性質による違いを意味する。同図においては、波長505nm～635nmで形状に差異が確認された。そこで、白色層の有無が明確である②と④を区別するように傾き解析(波長間のスペクトル強度の傾き)の閾値を設定した結果を図4に示す。同図より、目視での判断が難しかった③の境界については、②白色層と同じ分類という結果であった。

なお、位置関係やライト方向を変えた条件では、スペクトルの強度は変化するが、傾き解析の結果は同様であった。よって、今後サンプル数を増やして傾き解析を行う波長等を検討する必要があるが、この方法により、ハイパースペクトルカメラで白色層などのレール表面に発生する劣化を検出できる可能性を得た。

5. 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、目視で白色層が確認できるレールをサンプルとして、カメラとレールとの位置(角度)および光源の照射方法等を変更してハイパースペクトル画像し、スペクトル分析を行った。その結果、スペクトルの傾き解析を行うことで、白色層が発生している箇所の検出ができる可能性があることを確認した。また、カメラとレールとの位置や光源の照射方法を変更した場合には、スペクトルの強度は異なるが形状は同じであることから、傾き解析の閾値の変更などにより対応できることがわかった。

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

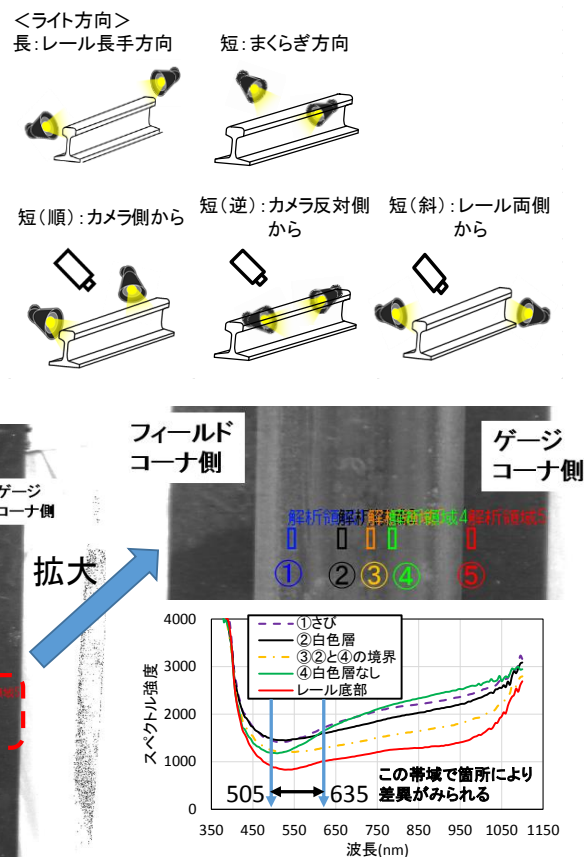


図3 解析範囲とスペクトルグラフ

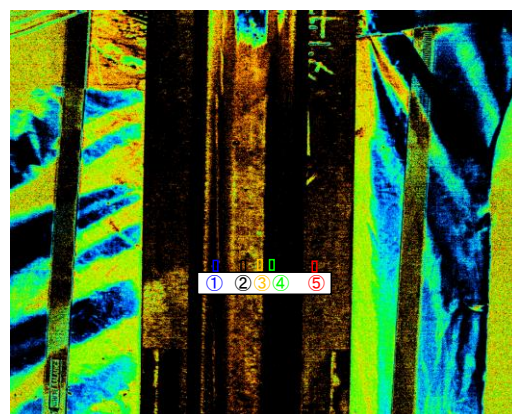


図4 傾き解析画像