Special edition paper

車両外観検査装置の開発について

宇野　昭秀[*1]　藤井　威人[*1]　中島　啓行[*1]　遠藤　正範[*2]

Development of outside inspection system for rolling stock

Akihide UNO[*1], Takehito FUJII[*1], Hiroyuki NAKAJIMA[*1] and Masanori ENDO[*2]
[*1] Technical Center Development, Research and Development Center of JR EAST Group

Abstract
With the image processing technology, we developed failure detection system for the outside inspection of rolling stock. In this system, failures such as looseness of volts fixing underfloor equipment to the car body, and rotation of cover handles of equipment are automatically detected; in necessary, inspector can check the rolling stock with the image pictured by the system.
Now we've developed the system for underfloor side inspection, and have been challenging the system for middle area of under floor and for the roof. In this review, about the former one (system for underfloor side inspection), we overview the system and user interface of the system.

●***Keywords*:** Rolling stock, Under floor equipment inspection, Image processing, Line camera

1. はじめに

現在、車両床下機器の外観検査（車体への取付状態や変形有無などの確認）は、人の目視検査により行われている。検査対象個所は1つの車両で100カ所以上あり、台車、機器箱、ボルト、点検ふたのハンドルなど、非常に多岐にわたる。この検査を行うにあたっては多くの検査員を必要とするとともに、実施する検査員に対しては幅広い知識や経験が求められる。また、設備面においても、床下における作業のため点検ピットが必要となる。

このたび、これら目視検査の一部を自動化することを目的として、画像処理技術を用いて車両床下側面の異常の有無を自動で判定するための装置を開発し、検証を行ったので、その概要を報告する。

図1　車両床下の外観検査作業

2. 開発の概要

2・1 異常検出の仕組み

本装置は、従来の外観検査に代わり、走行している車両の床下側面を地上側に設置したカメラで撮影し、得られた画像に対し合成や補正を行い、「撮影画像」と「あらかじめ準備した正常状態の撮影画像」をソフトウェアにて自動で比較し、その違いの程度が一定以上になると、異常として判定する。判定は、車両が装置を通過するごとに行われ、端末装置に自動的に判定結果を表示する。

[*1]JR東日本研究開発センター　テクニカルセンター
[*2]JR東日本コンサルタンツ株式会社　ICT事業本部（元　JR東日本研究開発センター　テクニカルセンター）

詳細の検査プロセスは以下のフローにそって実施される。

① 走行している(25㎞/h以下)車両の床下側面をラインスキャンカメラ(※)で撮影

② ラインスキャンカメラで得られた画像(短冊状)に対し、撮影時の状況により異なる輝度を補正。画像を結合、1両単位の画像を作成し車両走行時の速度の伸縮(急加速や急制動)や走行時の振動等の影響を補正(図2)

③ ②の画像に対し、以下の処理をソフトウェアで実施

隣接する画素の輝度の違いから機器等の輪郭を"エッジ"として抽出→撮影した車両のエッジとあらかじめ登録した"正常な"車両のエッジの輝度を比較

④ 輝度の違いの程度が一定以上であれば、正常状態から変化しているとして、検査した車両を「異常あり」と判定

⑤ 車両が装置を通過するごとに上記のプロセスが自動で行われ、端末装置に正異の結果が表示。異常検出時は端末装置にアラームが表示され、検査員は当該画像により状態を確認し、必要により点検を実施

(※)工場の製品検査などで使用される、ライン状の画像を連続して撮影するカメラ

2・2 システム構成

本装置は、撮影装置(カメラおよび投光器)、画像処理装置、端末装置、車両接近検知装置、車両ID検出装置から構成される(図3)。

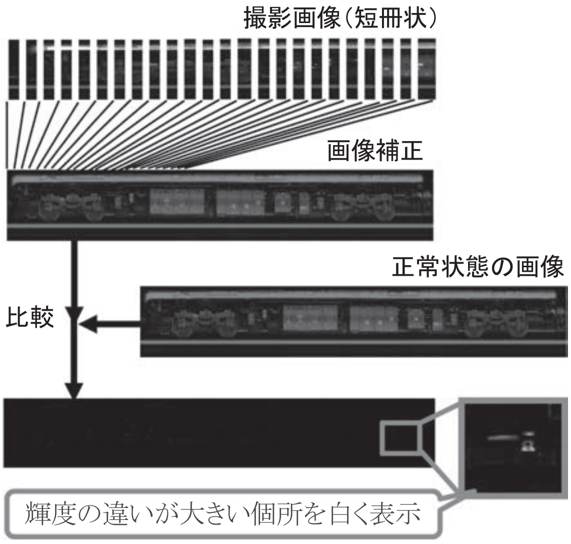

図2 画像処理プロセス

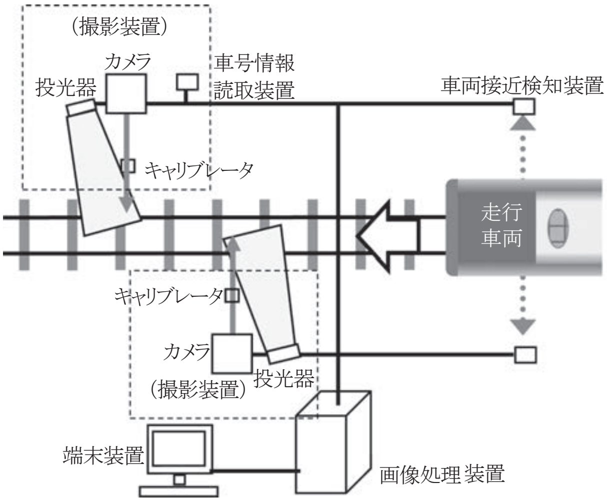

図3 システム構成

2・3 開発におけるポイント

本装置の開発においては、(1)撮影装置、(2)異常判定アルゴリズム、(3)異常検出能力が特に重要なポイントとなる。以下に、取り組んだ内容を紹介する。

(1) 撮影装置の設計

カメラと投光器、車両との配置関係を図4に示す。正確かつ安定した画像による判定処理を行うためには複数の検査対象機器に対して、照明が均一に照射されていることが求められる。そのため本開発では、枕木方向各断面においてカメラの撮影ラインの延長線上の照度が適正な値となるように、カメラと投光器の位置及び角度を照度シミュレーションにより決定したうえで、配置した(図5)。

(2) 異常判定アルゴリズムの開発

アルゴリズム開発にあたっては、①外光に対する輝度補正、②車両の速度変化や走行による車体・台車の振動による影響の解消がポイントとなる。以下に、取り組んだ内容を紹介する。

①輝度補正

車両が本装置を通過する際の周囲環境は毎回異なる。本装置では輝度の比較により異常の有無を判定するため、時間帯(日中/夜間)や天候(晴れ/曇り)による撮影画像の輝度変化が誤って異常と検出される可能性がある。周囲環境の影響を受けない

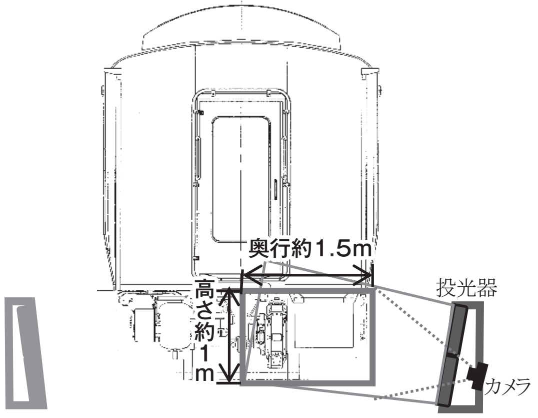

図4　撮影装置の概要

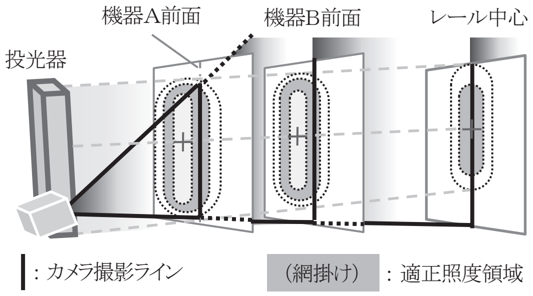

図5　カメラと投光器の設置位置の検討

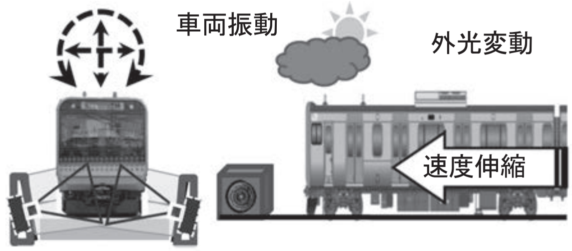

図6　画像に影響を与える因子

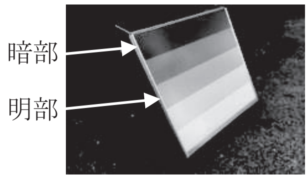

図7　キャリブレータ

ように、撮影範囲内にキャリブレータ（図7）と呼ばれる輝度補正の基準となるプレートを配置し、撮影の都度その明部と暗部の輝度値をあらかじめ指定した輝度値に変換する方法で、各画素の輝度補正を行っている。

②車体揺れ補正、速度伸縮補正

車両の走行速度の変化（加速・減速）や車体・台車の振動により、ラインスキャンカメラで撮影されたコマ画像を1両分の画像に結合する際に、単純に結合するだけでは適切な画像が得られない。

本開発では、補正の基準となる実際の車体形状を正しく反映させた画像をあらかじめ作成し、これをもとに撮影画像の写り込み位置補正処理を画素単位で行うことで、補正精度の改善を図った。

(3) 異常模擬仮設試験による検出性能の検証

前述のとおり、本装置では、異常の有無を検査時の画像と正常状態の画像における、指定した範囲の輝度の違いの程度（以下、差分距離値）にて判定するため、差分距離値のしきい値の設定がポイントとなる。

ボルトや丸形コネクタのゆるみ、機器箱点検フタ開閉ハンドルの回転等の異常を模擬した仮設物（図8）を車両の床下に搭載して試験走行を行い、本装置を通過させて、異常検出性能の検証を行った。

機器箱点検フタ開閉ハンドルの場合での検証例を図9に示す。ハンドルの回転角度を変化させたときの差分距離値が変化することがわかる。ハンドルについては異常の検出目標を「15°以上の変位」としており、異常の度合いを変えたときの差分距離値の変化の状況から差分距離値のしきい値を定めることで異常検出が可能となる。また、コックや丸形コネクタ、ボルトについても同様にしきい値を定めることで、表1のとおり所期の目標を達成した。

2・4 ユーザーインタフェース

車両の検査対象カ所は評価矩形としてあらかじめ設定しており、1両あたり約4000個の矩形を設定している（図10）。検査結果は端末装置に検査履歴一覧として自動的にアップデートされて表示されるように、インタフェースを設計している（図11）。異常判定時には、当該の画像と正常状態画像を表示させることにより、検査員が両者を比較し、車両の実際の状況を画像で確認できるようにした（図12）。

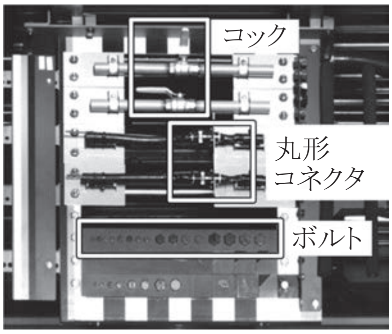

図8　異常検出性能の検証に
使用したモックアップ

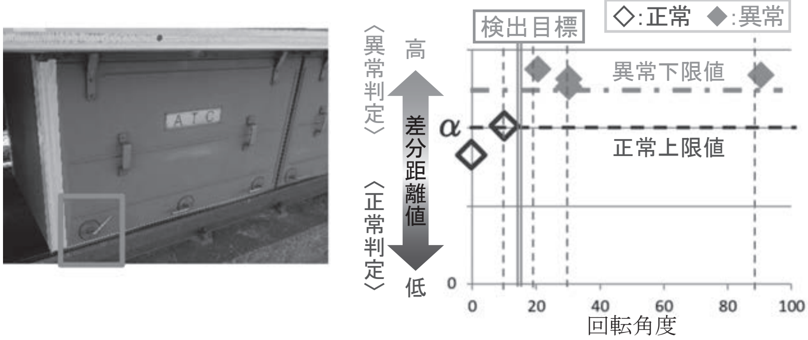

図9　機器箱点検フタ開閉ハンドルの角度を
変えたときの差分距離値の変化

表1　異常模擬仮設試験結果

対象	検出目標	異常模擬条件	評価	付記
コック	30°変位	変位(10°　30°　90°)	○	
丸型コネクタ	15°回転	回転(15°　45°　90°)	○	
ボルト(サイズ:M16/12/8/6)	5°ユルミ	ユルミ(5°　15°　30°)	△	M6は10°以上を検出可能
機器箱点検フタ開閉ハンドル	15°変位	変位(10°　30°　90°)	○	

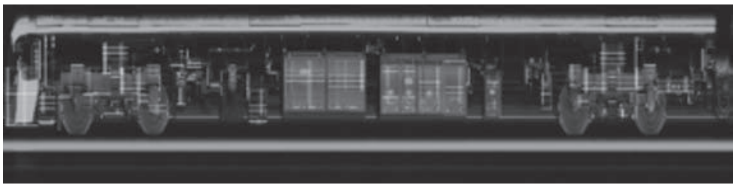

図10　評価矩形の設定状況

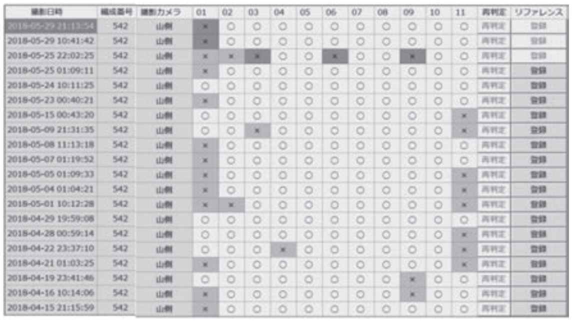

図11　検査結果履歴表示画面

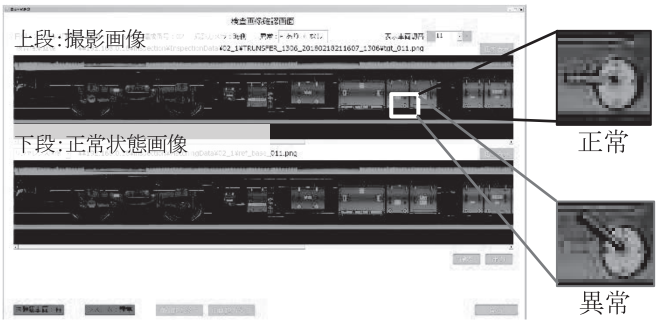

図12　検査画像確認画面

3. 結言

2012年度より約5年間にわたり、基礎技術調査、実験機の試作と設置による検証、プロトタイプ機の開発とアルゴリズムの改良を進めてきた。車両床下側面を撮影し検査する装置については開発を終了し、試験運用の段階にある。使い勝手等を検証し、引き続き改良に努めていく。

本開発にあたり多大なご協力を賜りました関係者の皆様に、この場を借りて厚くお礼を申し上げます。