ドクター東海搭載の画像関係測定装置の性能確認および精度向上について

東海旅客鉄道株式会社　正会員　○平尾 博樹
東海旅客鉄道株式会社　　水谷 浩明
東海旅客鉄道株式会社　　辻　立志
東海旅客鉄道株式会社　正会員　井上 陽一

１．概　要

当社在来線は、2 編成のドクター東海(以下、DR1：軌道・電気総合試験車、DR2：軌道試験車)により月に 2 回の頻度で、軌道関係・画像関係あわせて 9 項目の測定を実施し、営業列車の安全・安定輸送を支えている.

平成 18 年 4 月のドクター東海増備に先立ち、平成 17 年 5 月から平成 18 年 3 月にかけて、走行試験を実施した．試験区間は当社管内で最も検測速度の高い東海道線(120km/h)と線路条件の厳しい飯田線(R140、33.3‰)の一部区間である．この走行試験によりドクター東海に搭載した締結ボルト撮影装置・道床形状撮影装置、継目ボルト検知装置における各装置の性能を確認、向上したので報告する.

２．　締結ボルト撮影装置

締結ボルト撮影装置は、締結装置に敷設されたボルトキャップ(黒地の中央に白帯のはいったキャップ)をドクター東海で走行中に撮影し、地上の処理システムで画像処理を行うことで緩み角を判定する.

試験区間における、時刻別、天候別の締結ボルト撮影装置の検知率(平均)は、昼間時で特に晴天時の検知率がやや低い結果となった．原因は、太陽光が締結ボルトの処理エリア内に入り、画像処理時に適切な閾値判定ができず、ボルトキャップを捉えられないためである.

表１　締結ボルト撮影装置処理の整合性
(ドクター種別：DR2、線区：東海道線)

	サンプル数（個）	標準偏差（度）
昼	5,073	4.89
夜	6,550	4.32
合 計	11,623	4.57

そこで、装置内への太陽光入射を防止するため、遮光カバー丈を長くし、従来取り付けのなかった軌間内側部分にも遮光カバーを拡大した. これにより、車両停止時で太陽高度 25 度までの遮光が可能となった．平成 18 年 4 月後、2 編成のうち 1 編成は常時夜間運用を行うことにより、より信頼性の高いデータを得られる．改良後、夜間検測の場合、検知率は約 95%となった.

また、速度 30km/h および速度 120km/h のときの検測結果を比べると低速度のほうが、検測結果のばらつきが大きいことがわかった.

締結ボルト撮影装置は映像を 1/30 秒ごとに収録するため、検測速度が遅いほど、多くの隣接画像に同一のボルトを収録することになる．測定後の画像処理は、収録画像 1 枚単位で行われるため、異なる画像に収録された同一のボルトを識別し、重複したボルト除外する必要がある．旧 DR1 では、同一ボルトが複数撮影された場合、最初に撮影された映像が処理対象となるため、ボルトが画像の端部に位置することがあった．カメラレンズの構造上、画面の外側ほど撮影された画像が歪むため、視野の外側に収録された画像の角度には撮影時の歪みによる誤差を含む．速度が低いほど、この傾向が顕著になる.

よって今回は、複数画像に同一ボルトが撮影された場合、画面中央のボルトを処理対象とするよう変更した．この処理により、検測速度に関わらず、安定した処理精度を確保することが可能となった.

また、ボルトキャップの識別条件を変化させ試行錯誤を繰り返し、最適な識別条件とした. その結果、検測の昼夜を問わず、いずれの天候でも標準偏差 5.0

キーワード　ドクター東海、締結ボルト撮影装置、道床形状測定装置、継目板ボルト検知装置、精度向上
連絡先　〒453-8520 名古屋市中村区名駅一丁目 3 番 4 号　東海旅客鉄道(株) 東海鉄道事業本部 工務部 保線課
TEL052-564-2484

度となり、必要とする精度を確保した(**表 1**).

３．道床形状測定装置

道床形状測定装置は、道床に向けて発射したスリット光を走行中に撮影し、基地局の処理システムで画像処理を行い､道床肩幅および道床厚を判定する.

試験区間の測定値のばらつき(試験区間平均値の標準偏差)を確認すると、東海道線は標準偏差 20mm 以内である一方で、飯田線の急曲線区間では標準偏差 20mm を超える区間があった.

道床形状の画像処理では、まず、撮影されたスリット光を 2 値化する．そこで、まくらぎ端面から同一高さの帯までの距離を肩幅、まくらぎ上面からの最大高さを余盛と判定する．旧 DR1 では、カメラ取付け位置とまくらぎ端面の位置関係は変わらないとして、画像上の固定値をまくらぎ端面の基準線としていた.

曲線部のまくらぎ端基準線の誤差は車体ローリング、スラック、軌道狂い、車両変位などの影響が考えられるが、最も大きな要因は車両変位であると考える．したがって、曲線半径から理論的に求めたカメラ取り付け位置の変位量を考慮して、まくらぎ端の基準線を決定するよう処理を変更した.

道床厚、道床肩幅は、撮影画像の画素を実際の長さに換算することで求められる．レンズの歪みおよびカメラの撮影角度の影響により、この換算率は、同一画像内においても、中央部と端部または高さ方向でわずかに異なる.

よって、今回は、ターゲット位置の換算率をより正確に反映することで、測定値の整合性向上を図った．この結果、いずれの区間も、標準偏差 20mm を満たした.

また、スリット光幅は曲線半径によらず一定であるので、とくに肩幅方向の測定範囲は物理的な制約を受ける. そこで､曲線半径 140mm､スラック 30mm を想定して、最大肩幅 500mm の測定範囲を確保するため、道床肩幅方向のスリット光幅を 650mm から 687mm に拡大した.

これらの対策により、曲線半径 140m の区間においても十分な測定精度を得られた.

４．継目板ボルト検知装置

継目ボルト撮影装置は、走行中に撮影した継目部の映像を画像処理することによって、ボルト脱落本数を検出するものである．車上で収録した継目画像に対し、基地局のシステムで継目位置情報をもとに位置の照合を行う．対象継目画像を 2 値化した後、継目板の顎部にできる影を基準線とし、抜け落ちたボルト穴の影をサーチする.

継目板ボルト状態の基地局での処理精度を確認するため、システムによる継目板検知状態の判定と収録画像による目視確認結果を比較した(**表 2**). CASE1 は改修前､CASE2 は改修後の継目板ボルト緩みの検知状況である．撮影画像から継目板顎部の影を基準線として認識できた場合を「正常処理」とし、認識できない場合を「処理不能」とした.

CASE2 では､以下のとおり､精度向上を目指した.

- 画像の明暗に関わらず、安定した処理を行うため、2 値化処理における最適な輝度閾値を画像に応じて自動的に変えることとした.
- 輝度の情報に加え、高さ方向の位置情報により基準線を判断することとした.
- ボルト脱落の判定基準となる最適な画素パターンを確立した.

これらの結果、継目検知システム全体の一致率は 99.3%となり、極めて高い信頼性を確保した.

５．結論

ドクター東海に搭載した画像関係各装置は、機能改良および処理方法改良の結果、いずれも十分な測定精度を確保した.

表 2　継目板ボルト緩み検知装置処理状況の推移
(ドクター種別：DR2、検測日：05/11/23、線区：飯田線、検測方向：下り)

	正常処理(箇所)		処理不能(箇所)	総数(箇所)	一致率(%)
	検知なし	検知あり			
改修前(Case1)	15,383	91(13)	178	20,166	98.4
改修後(Case2)	15,462	26(13)	101	17,076	99.3

※　カッコ内は試験的にボルト外した箇所