

レーザードップラー速度計による位置情報の把握手法に関する検討

東日本旅客鉄道 正会員 ○吉田 尚
川崎重工業 上月 敏裕
アクト電子 田中 克典

1. 目的

JR 東日本では、将来の労働人口の減少を見据えた仕事の仕組みづくりに挑戦しており、ICT 等の先端技術を活用した技術革新に取り組んでいる。その一環として、線路設備モニタリング装置を実用化し、保線部門における CBM 型のメンテナンス手法の導入を推進している。同装置の測定に際しては、現在は車両から供給される速度発電機の電圧パルスを使用して位置情報を把握しているが、以下の課題がある。

- ・低速域では電圧の振幅が小さくなるため、停車時に軌道材料画像の収録不能領域が存在する。(図 1)
- ・車輪の摩耗、空転・滑走により誤差が生じる。
- ・セクション等でノイズが混入し、測定不良が発生する場合がある。

そのため、速度発電機によらない位置情報の把握手法が求められている。本稿は、レーザードップラー速度計 (LDV) を使用した位置情報の把握に向けた走行試験の結果について報告する。

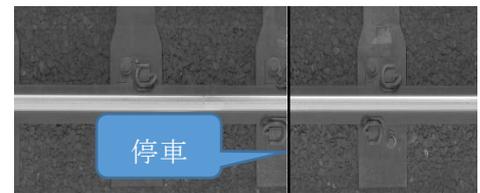


図 1 停車時の画像欠落

2. 試験概要

多目的試験電車 (MUE-Train) に図 2 に示す構成の測定機器を搭載し、本線走行試験によりレーザードップラー速度計の精度を評価するためのデータを収録した。測定精度は、dd_log に記録されたデータデポ検知時の累積パルスを距離換算したものと、地上測定したデータデポ間の距離を比較することにより評価した。誤差の原因の詳細については、doppler_log、img_log、床下画像を確認して特定することとした。

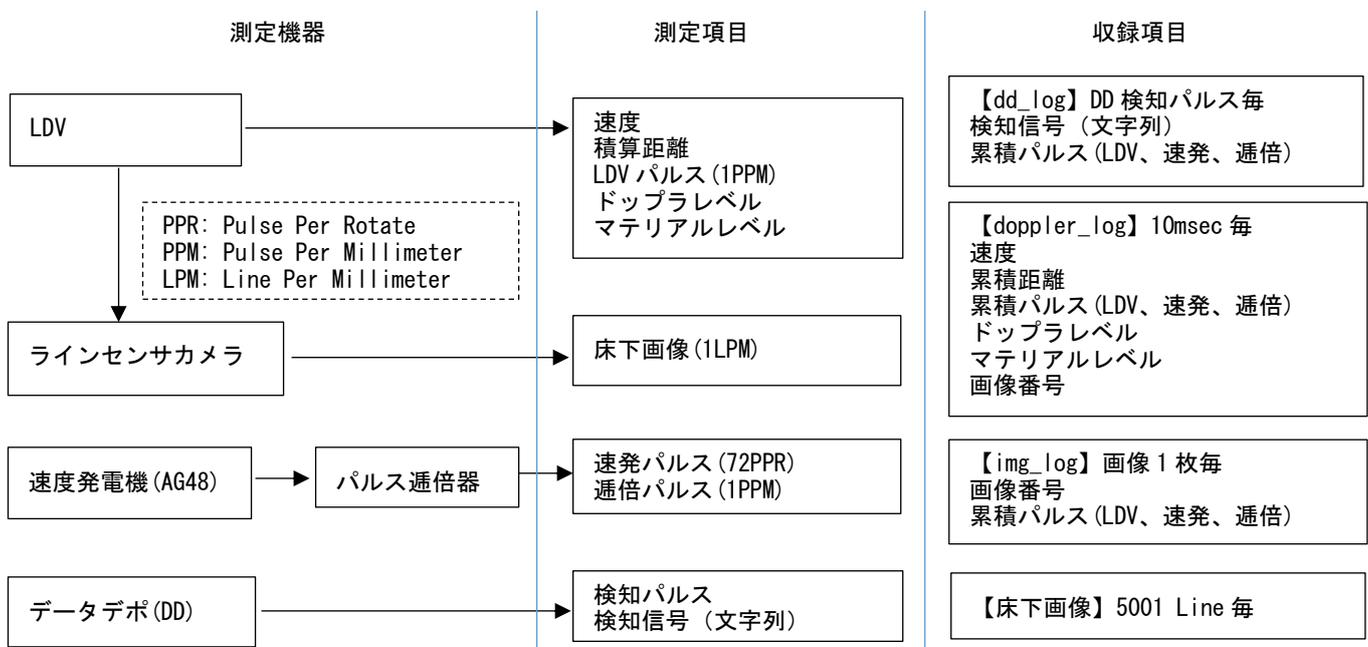


図 2 試験装置の構成と収録項目

キーワード 軌道材料モニタリング装置、レーザードップラー速度計、速度発電機

連絡先 〒331-8513 埼玉県さいたま市北区日進町 2-479 JR 東日本研究開発センター TEL 048-651-2389

今回使用した LDV はクラス 3R のレーザーを使用しており、センサから対象物までの距離が $700\text{mm} \pm 100\text{mm}$ 程度の範囲であれば、センサと地表面の相対速度を測定できる。 $\pm 100\text{mm}$ 程度の範囲は、対象物の材質等によっても変動するため、今回の試験では表 1 に示すパターンを設定して試験を実施した。③-2 は、それまでの試験結果を受けて改良したセンサを使用している。

表 1 仮設パターン (W・H の寸法は図 3 の通り)

パターン	W 寸法	H 寸法	主な対象	センサ改良
①	90mm	535mm (700-165mm)	バラスト	
②		560mm (700-140mm)		
③-1		585mm (700-115mm)		
③-2				有
④	55mm	560mm (700-140mm)	レール底部	
⑤		585mm (700-115mm)		

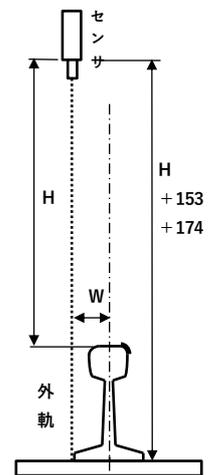


図 3 センサ仮設位置

3. 試験結果

距離を地上測定した 5 つのデータデポ間において、LDV と速度発電機で測定した車上測定距離と地上測定距離の比を計算し、その範囲を LDV の仮設パターン毎に確認したものが図 4 であり、100%に近いほど実距離に近いことを示している。③-1 を除き、LDV の精度は概ね $\pm 0.5\%$ の範囲に収まっていることが確認されたが、速度発電機と比べるとばらつきが大きい。③-1 は地表面が湿潤状態の結果であり、雨により精度が低下することが分かった。バラストを狙った①～③では、①の精度が最も高かったが、センサからレール踏面までの距離が近すぎて曲線区間や踏切等で測定不能となることが確認されており、実用性に課題が残る結果となった。そこで、 $700+100\text{mm}$ より下方の測定範囲を拡張した改良型のセンサを試したのが③-2 であるが、①ほどの精度は得られなかった。

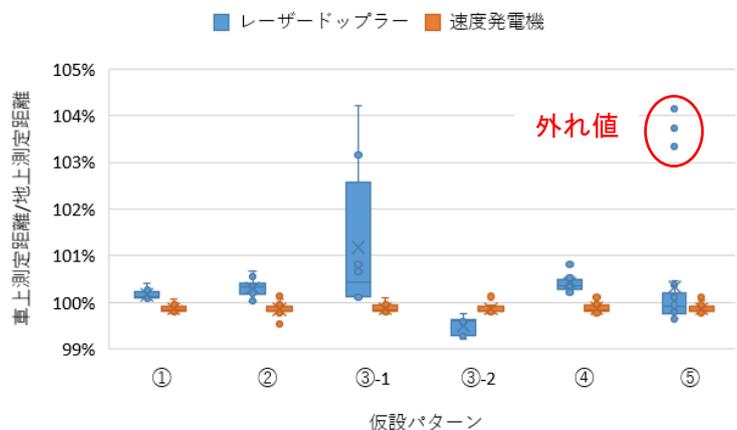


図 4 仮設パターン別の測定精度の比較

③では、①の精度が最も高かったが、センサからレール踏面までの距離が近すぎて曲線区間や踏切等で測定不能となることが確認されており、実用性に課題が残る結果となった。そこで、 $700+100\text{mm}$ より下方の測定範囲を拡張した改良型のセンサを試したのが③-2 であるが、①ほどの精度は得られなかった。

収録画像の長さを測定する場合（絶縁部、遊間の測定等）の対象は 2cm 程度の範囲であり、 0.5% 以内の誤差であればその影響は 0.1mm 以下なので、実用上の問題は小さいと考えられる。ただし、全体に対して一定の誤差ではなく、局所的な誤差の場合は悪影響がある。局所的な誤差は、図 4 の⑤の外れ値の様なケースで発生しており、図 5 に示すように速度変化のある時にセンサの測定不良による補間機能（直近の有効データをホールド）が作用したときに生じている。測定不良は、現時点では図 6 に示すようにレーザーがレール角部に照射される場合に発生することを確認した。その他の原因についても今後確認していく。

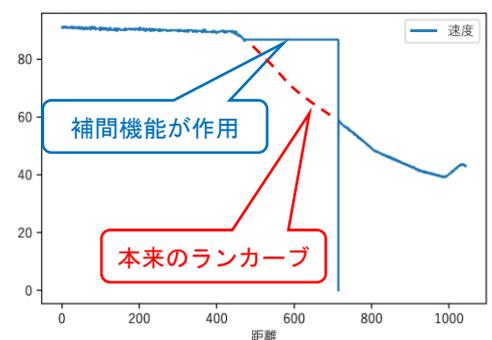


図 5 誤差が大きい箇所のランカーブ

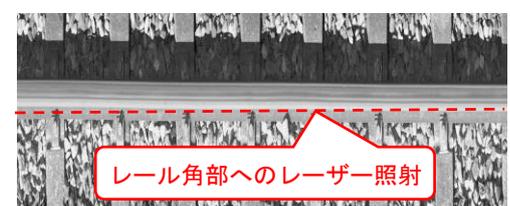


図 6 誤差が大きい箇所の画像

4. まとめ

LDV の精度は実距離の概ね $\pm 0.5\%$ の範囲に収まり、実用上十分な精度を有していると考えられるが、雨天時の精度低下、加減速時の測定不良による局所的な誤差等の懸念があり、速度発電機の課題解決による利点も含め総合的に判断して実用化を考えたい。