

確認車の軸箱加速度を用いた軌道状態把握手法の検討

西日本旅客鉄道株式会社 正会員 ○下野 勇希
西日本旅客鉄道株式会社 正会員 山口 義信

1. 開発の目的

新幹線の保守作業後の更なる安全性向上を目指して、初列車走行前に全線の線路状態をパトロール走行する高速確認車（以下、「確認車」とする）により著大な軌道狂いの有無を確認することを考えている。対象とする軌道狂いは、徐行値に相当する著大なもの（10m 弦高低軌道狂い）とし、リアルタイムに把握でき、極力簡便な方法で低コストなものとするを考えている。実現する方法として、既に実用化されている慣性測定法を活用することを考えており、装置を試作し、その性能及び実務上用いるための課題の確認を行ったので報告する。

2. 慣性測定法の課題

慣性測定法による軌道狂いを演算する場合、既往研究により明らかになっている課題は以下のとおりである。

- ① 2回積分の安定化のために用いるハイパスフィルタ（以下、「HPF」とする）の特性による波形の歪み¹⁾
- ② 走行速度に応じ軌道狂いにより発生する加速度が変化し、また低速域で誤差が増大する²⁾

①について、HPFの特性によって、遮断波長近傍の帯域で波形の歪みが顕著に現れる。今回、対象とする軌道狂いの波長は10mとするので、用いるHPFは、その波長帯域に波形歪みの影響を及ぼさない遮断波長（極力、長波長帯域）とする。

②について、波長10mの軌道狂いにより発生する加速度と走行速度の関係を図-1に示す。速度に応じて軌道狂い（正弦波形状）により発生する加速度は変わるため、走行速度に応じて積分演算する加速度データのサンプル数を変更して演算する。また、用いる加速度センサの性能に基づき下限速度を検討した。演算に必要な軌道狂い値を0.5mmとする。通常、加速度センサの測定レンジは 500m/s^2 であり、分解能は 0.0152m/s^2 となることから、図-1により、概ね走行速度10m/sでの加速度の検出となる。よって、下限速度は30km/hとなる。

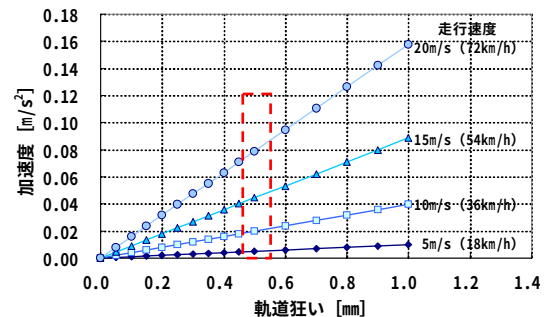


図-1 軌道狂いにより発生する加速度と走行速度

3. 試作機の製作

3-1. 要求仕様

装置の、要求仕様は以下のとおりとした。

- ・著大な軌道狂い（10m 弦高低狂いで、10mm 相当（暫定）のもの）をリアルタイムに検知できるもの
- ・走行速度は30～110km/hで使用できるもの
- ・目標精度は $\pm 1\sim 2\text{mm}$ （電気・軌道総合試験車（以下、「試験車」とする）との比較精度及び再現性）

3-2. 装置の構成

今回試作した装置（以下、「試作機」とする）の構成を図-2に示す。なお速度情報は、確認車に取付いている速発パルスエンコーダからの信号により得ることとした。

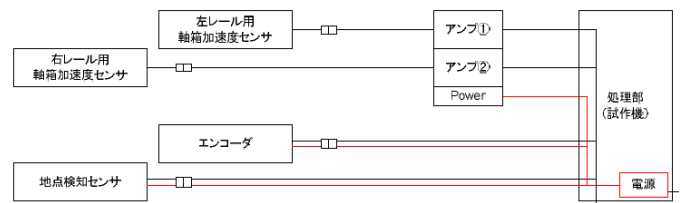


図-2 試作機の構成

表-1 性能確認試験項目

	項目	目標
①	演算結果の精度確認	$\pm 1\sim 2\text{mm}$
②	演算結果の再現性確認	
③	波形歪みの確認	左記記載の影響を受けない測定精度の確保
④	車両の個体差の影響確認 走行速度の影響確認	

試作機の性能を確認するための試験項目を表-1に示す。これらの項目を確認するため、確認車に試作機を取付

キーワード 高速確認車、軸箱加速度、慣性測定法、車両個体差

連絡先 〒530-8341 大阪市北区芝田二丁目4番24号 西日本旅客鉄道(株) 鉄道本部 技術部 TEL06-6376-8136

け、営業線において走行試験を実施した。なお、試験区間長は16km（バラスト区間：2km，スラブ区間：14km）とし、1日あたり2往復走行を実施した。

4-2. 試験結果

① 演算結果の精度確認

試験車により測定した高低狂い（以下、「試験車高低狂い」とする）と確認車の軸箱加速度により演算した高低狂い（以下、「確認車高低狂い」とする）の関係を25m ロットのピーク値を用い、図-3に示す。回帰分析により得られた相関係数は0.93であり、両者は極めて強い相関がある。また、回帰線から外れる各々のデータのバラつきを3 σ 信頼区間で評価すると、 ± 1.43 mmとなった。

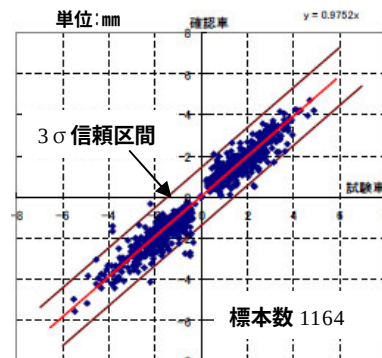


図-3 試験車高低狂いと確認車高低狂いの関係

② 演算結果の再現性確認

ここでは、4走行の再現性を標準偏差の分布により評価する。評価に際し、抽出する軌道狂い量の範囲を2mm以上と設定し、軌道狂いのピークに対応した4走行分の標準偏差を求めることとする。その結果を図-4に示す。このグラフから、標準偏差は1mm以内に分布していることから、目標の再現性が確保されることが確認された。

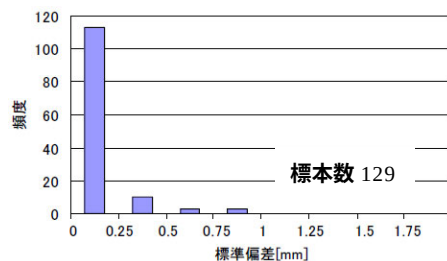


図-4 4走行の標準偏差のヒストグラム

③ 波形歪みの確認

図-5に試験車高低狂いと確認車高低狂いの波形を示す。確認車が停車した付近（マル印）の箇所については、波形歪みが発生したが、概ね走行速度40km/hになると、波形歪みが解消され、形状がほぼ一致する。なお、用いる加速度センサの測定レンジを小さくし、分解能の性能を向上させることで、低速域の微少な加速度を測定できれば、この改善が図れると考えられる。

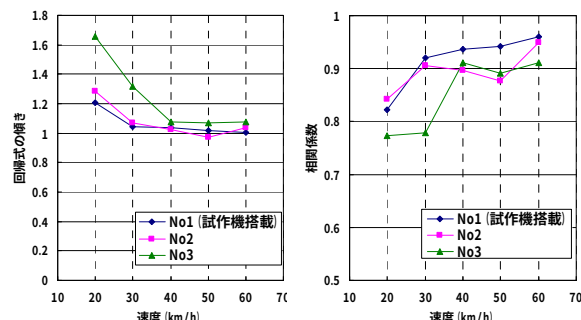


図-6 走行速度と車両個体差の関係

④ 走行速度及び車両の個体差の影響確認

試験車高低狂いと確認車高低狂いの関係について、試作機に搭載した車両とは別に、他2台の確認車の軸箱加速度を測定し、軌道狂いを演算し、20~60km/hの10km/h刻みの速度ごとの回帰線の傾きと相関係数を評価したものを図-6に示す。速度の向上とともに、回帰線の傾きが「1」に近づき、相関係数も高くなる傾向が確認できる。また、No3の車両について、他2台の車両と傾向が違うことが確認された。測定を実施した時期における各々の車両の車輪形状を確認した結果、No3の車両の車輪に凹摩（1mm程度）が確認された。したがって、車輪形状の影響により、演算結果の傾向が異なると考えられる。

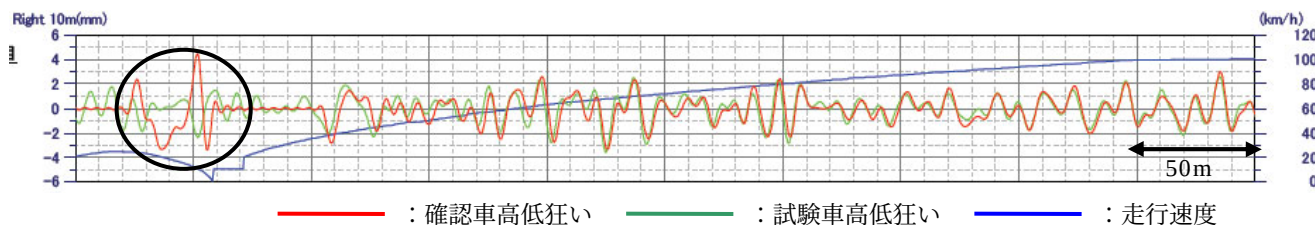


図-5 試験車高低狂いと確認車高低狂いの関係

5. まとめ

試作機による性能確認試験を実施した結果、目標に対し概ね良好な結果が得られ、著大な軌道狂いを検知できる可能性を明らかにした。ただし、車輪形状が演算結果に影響を及ぼす可能性が明らかになったことから、確認車の車輪形状の管理体制を構築する必要があると考えられる。

参考文献

- 1) 竹下邦夫，矢澤英治：慣性正矢法による軌道狂い検出装置の開発，鉄道総研報告，2000.4
- 2) 竹下邦夫：軌道狂い検出手法に関する研究，鉄道総研報告（特別第25号），1998.10，pp31-33