

波形に着目した軌道狂い予測手法の検討

東海旅客鉄道株式会社 正会員 ○松尾圭太郎
東海旅客鉄道株式会社 正会員 森本 勝

1. はじめに

有道床軌道では繰り返し作用する列車荷重によって軌道狂いが徐々に進行するため、保守の投入が不可欠である。著大な軌道狂いの発生を防止するためには、時機を逸することなく保守を投入することが必要であるが、保守量は最小化することが望まれる。そのような観点から軌道狂いの予測は重要であり、過去から様々な研究が行われ、その成果が実務に供されている。

本稿では、将来の軌道狂いを予測する新たな手法の概要と東海道新幹線の高低狂いに対して試行した結果について紹介する。

2. 軌道狂い予測手法と試行結果

2.1 概要

軌道狂いの予測は、ある区間の1点を代表点として追跡し、直近の進みの傾向から将来を予測する手法が一般的であるが、正確な傾向を掴むには検測データの蓄積が必要となる(図1)。

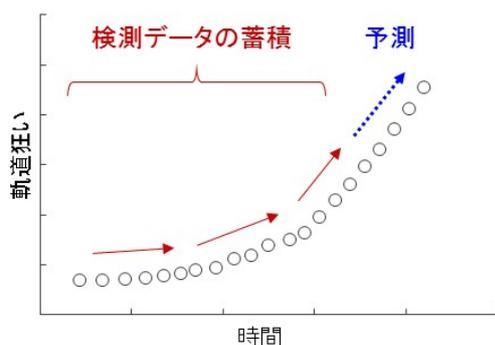


図1 代表点追跡による予測イメージ

より早い段階で軌道狂い進みの傾向を把握できれば、さらに予測精度の向上を図ることが可能になると考え、軌道狂いの波形に着目することにした。

今回、着目したのは高低狂いの波形であり、保守投入の実施判断は10m弦高低狂いで行われるが、長

波長・短波長も含めた軌道状況を把握するため、原波形高低狂いの波形(以下、波形)を用いた。

本研究では高低狂い進みの傾向を把握する手法として、以下の2つの手法を試行した。

- (1) 高低狂い進みが顕著な箇所で多くの保守投入を必要とする箇所(以下、保守多投入箇所)の特徴的な波形と類似している波形を検出する手法
- (2) 場所毎に過去の波形を各パターンに分類し、新たに検出される波形が類似しているパターンを判別する手法

2.2 類似波形の検出手法

まずは軌道検測結果から保守多投入箇所の特徴的な波形の抽出を行った。軌道沈下に影響を及ぼす作業や構造物等の情報を参考にしながら保守多投入箇所の波形を確認したところ、図2に示すような大きく3種類の波形に分けられた。

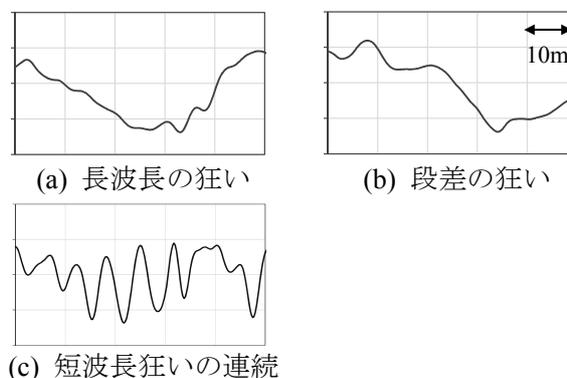


図2 特徴的な波形の例

この特徴的な3種類の波形と類似している波形を検出する手法として、動的時間伸縮法(DTW: Dynamic time warping)を用いた。

これは、時系列データ間の距離を最小化するように時間軸方向に伸縮させ、距離の近いものを検索し比較する手法である(図3)。位置ずれや長さが異なる

キーワード 軌道狂い, 予測, 波形, 階層的クラスタリング

連絡先 〒485-0801 愛知県小牧市大山 1545-33 総合技術本部技術開発部 TEL 0568-47-5380

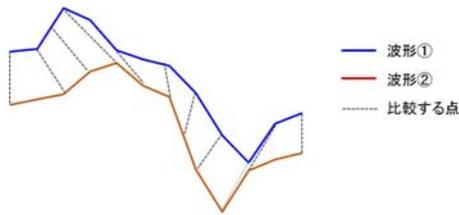
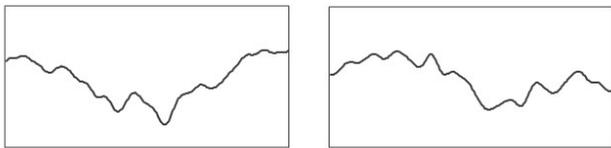


図3 動的時間伸縮法 (DTW) の概念図

る波形同士を比較し類似度を算出することが可能であり、音声認識等の分野で使用されているアルゴリズムである。

この手法を用いて保守多投入箇所との類似波形を検出した結果、波形の特徴を捉えた検出は可能であった(図4)。なお、検出対象の波形延長は特徴を捉えるのに必要な50mとした。



(a) 長波長の狂い (b) 段差の狂い

図4 検出された類似波形の例

検出された箇所の高低狂い進みを調査したところ、狂い進みが顕著になる箇所を捉えることができたが、進行が遅い箇所も含まれる結果となった。

2.3 波形の分類手法

波形を分類する手法として、機械学習技法の1つである階層的クラスタリングを用いた。これは図5に示すようにデータの集団を類似度(データ間の距離)により分類する手法であり、統計的データ解析で一般的に用いられている。

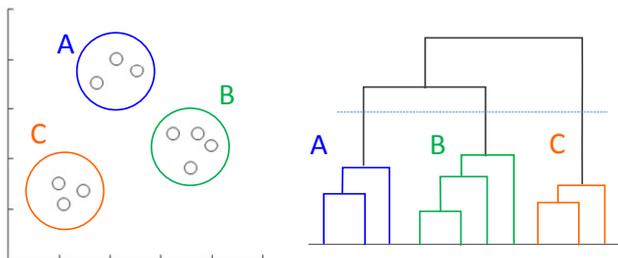


図5 階層的クラスタリングの概念図

この手法を用いて波形の分類が可能か検証すること、分類結果と高低狂い進みの関係性を確認すること

とを目的に、ある場所(延長30m)の1年分の波形データを分類した。波形の分類結果と10m弦高低狂いの推移を図6、各パターンの平均波形を図7に示す。

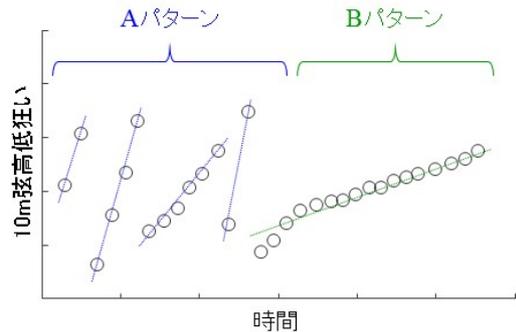
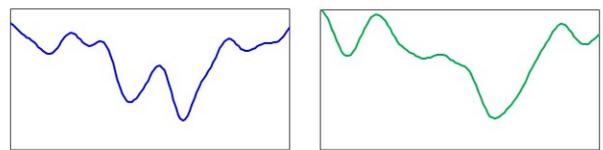


図6 波形の分類結果と10m弦高低狂いの推移



(a) Aパターン (b) Bパターン

図7 各パターンの平均波形

Aパターンは波長6~7mの狂いが連続しており、Bパターンとは特徴が異なる。階層的クラスタリングを用いることで、波形の特徴を捉えた分類が可能であり、分類結果と高低狂い進みに関係性があることを確認した。

3. まとめ

高低狂い進みの傾向を把握する手法として、2つの手法を試行した。結果を以下に示す。

- (1) 保守多投入箇所の特徴的な波形と類似している波形を検出した結果、場所により高低狂い進みの傾向が異なった。
- (2) 波形を階層的クラスタリングにより分類した結果、波形毎の高低狂い進みの傾向を把握することができた。

東海道新幹線の全線に(2)の手法を適用するには、区間毎に波形の分類が必要なため、(1)の手法と比較して多くのデータ処理が必要となるが、高低狂い進みの傾向を早く掴むことができる可能性がある。

今後は、他の異なる条件の箇所においても適用可能か検証を進め、保守多投入箇所の最適な軌道整備の投入に役立てていく。