

異常値判定法の改良による軌道変位推移予測プログラムの精度向上

鉄道総合技術研究所	正会員	○須藤	雅人
東日本旅客鉄道	正会員	大島	崇史
鉄道総合技術研究所	正会員	三和	雅史
鉄道総合技術研究所	正会員	田中	博文
東日本旅客鉄道	正会員	山本	修平

1. はじめに

近年、小型の軌道検測装置¹⁾を搭載した営業車での軌道検測が行われるようになり、営業車で高頻度に取得した軌道変位の履歴データを用いた状態基準保全 (CBM: Condition Based Maintenance) が行われ始めている。そこで、著者らは、高頻度に取得された軌道変位の履歴データに基づいて、任意の地点の将来の軌道変位推移を予測するプログラム (傾向値算定プログラム²⁾) を開発し、実用化した³⁾。本プログラムは、履歴データより軌道変位進みの確率分布を作成し、新たな検測データが取得される度に、この分布をベイズの手法によって逐次更新することで、傾向の変化への追従性の高い予測を行う。しかしながら、稀に履歴データにノイズ等による外れ値 (以下、異常値という。) が含まれると、軌道変位進みの分布を適切に更新できず、軌道変位推移の予測精度が低下する。

そこで、従来の傾向値算定プログラムで用いられていた異常値判定法を改良し、判定精度を向上した。本稿では、その内容について示す。

2. 従来の異常値判定法

従来の異常値判定法では、判定対象となる検測データに対する、1 履歴前の検測データからの進み量と 1 履歴後の検測データまでの進み量が、検測データ全体から求めた平均的な進み量と比較して、一定値以上大きい場合に異常値と判定される。そのため、異常値が連続すると、履歴データの全体的な推移傾向から外れている値を異常値と判定できないことがあった。図 1 に、従来の手法による判定および予測例を示す。同図中の点線で囲った検測データは、履歴データの全体的な推移傾向から外れているが、異常値と判定されていない。そのため、軌道変位進みの確率分布の更新時に、このような異常値による軌道変位進みが影響し、予測線の傾向は、全体的な推移傾向から想定されるものとは異なっている。

3. 異常値判定法の改良

前章のような課題を解消するために、異常値判定法を改良した。改良した判定法は、従来の判定法とは異なり、履歴デ

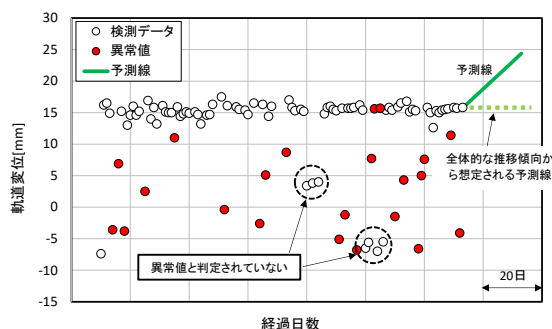


図 1 従来の手法による判定・予測例

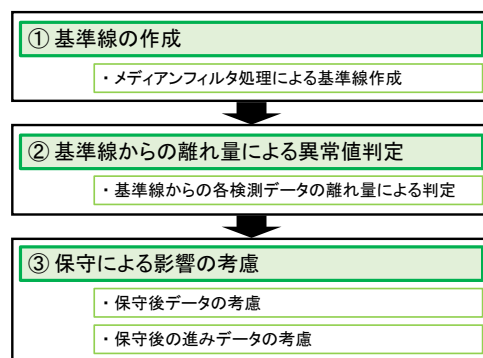


図 2 改良した異常値判定法のフロー

ータの全体的な推移傾向を基準とし、その離れを評価して判定する。そのため、連続的な異常値を精度よく判定できる。

図 2 に、改良した異常値判定法のフローを示す。

① 基準線の作成

まず、異常値判定に用いる基準線をメディアンフィルタ処理により作成する。図 3 に、本処理を行って作成した基準線の例を示す。この処理では、各検測データを中心に、その前後複数の検測データの中央値を算出して基準線とすることで、検測データを平滑化し、異常値の影響の少ない基準線を作成できる。

② 基準線からの離れ量による異常値判定

次に、①で作成した基準線からの各検測データの離れ量を算出し、その量がしきい値以上となる検測データを異常値と判定する。なお、この判定で用いるしきい値については、検測データのばらつきを考慮し、判定対象とする各検測データ

キーワード 営業車モニタリング、高頻度検測データ、軌道変位、軌道変位推移、異常値判定、CBM

連絡先 〒185-8540 東京都国分寺市光町 2-8-38 (公財) 鉄道総合技術研究所 TEL 042-573-7277

の基準線からの一定の離れ量を許容して設定する。

以上の処理で異常値と判定された検測データの例を図 3 の中に示す。図 1 と比べて、全体的な推移傾向から外れた検測データを異常値と判定できており、予測線も全体の推移から想定される傾向に合致している。

③ 保守による影響の考慮

本プログラムでは、保守実績を入力データとして使用しないため、②の判定では、保守により軌道変位推移が大きく変化した直後の検測データ（以下、保守後データという。）や、その後に軌道変位が進行したデータ（以下、進みデータという。）も、基準線からの離れ量が多い場合には異常値と判定される。そこで、保守後データおよび進みデータを②の判定とは別に考慮する。

保守後データについては、基準線の傾向を、進みデータについては、保守後データからの連続性を考慮することで、それぞれ異常値との切り分けを行う。図 4 に、履歴データの中に保守が含まれる事例の判定・予測例を示す。同図に示すように、改良した手法を用いることによって、保守後データおよび進みデータは、異常値とは判定されない。

4. 改良した異常値判定法の予測精度

改良した異常値判定法による、軌道変位推移の予測精度を検証するため、4 か月以上の履歴データがあり、かつ、異常値が混在していた 10 箇所に対して、予測開始日から 15 日後の予測値と実測値の差（絶対値）を求めた。なお、精度比較のために、従来の異常値判定法による予測も実施した。

図 5 に、従来法と改良法を用いた場合のそれぞれの予測値と実測値の比較を示す。なお、予測値および実測値は、絶対値で表示している。同図より、従来法による場合は、点線で囲んだ箇所のように、予測値と実測値の差が大きい箇所が確認されたのに対し、改良法による場合は、すべての箇所での予測値と実測値が概ね一致している。従来法による場合で、予測値と実測値の差が大きい箇所の軌道変位推移を確認したところ、図 1 のように、連続する異常値が正しく判定されておらず、予測線の傾向が、全体的な推移から想定されるものとは異なっていた。

表 1 に、予測精度を検証した 10 箇所の予測誤差の統計値を示す。同図より、改良法を用いた予測の方が、従来法を用いた予測と比較して、平均値、標準偏差等は大きく減少し、予測精度が大幅に向上した。

5. おわりに

本稿では、軌道変位の履歴データに含まれる異常値を精度よく判定するために改良した異常値判定法について示した。また、改良した手法により、異常値が混在する箇所の軌道変位推移の予測精度が向上していることを確認した。

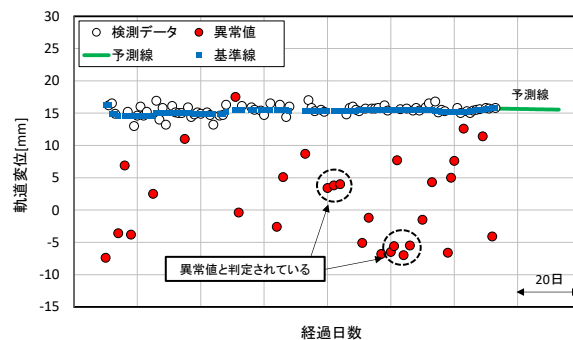


図3 改良した手法による基準線および判定・予測例

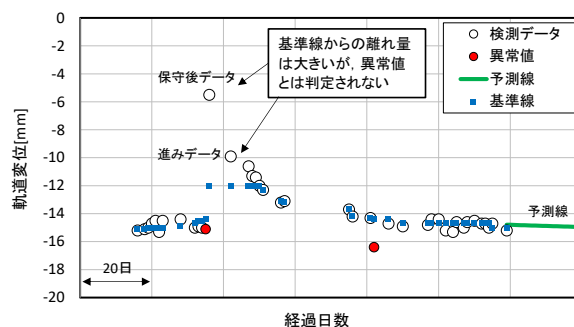


図 4 保守が含まれる場合の判定・予測例

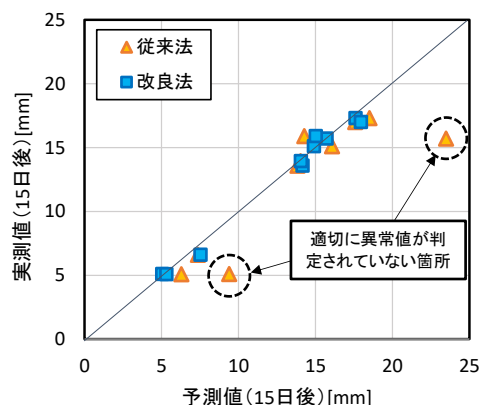


図 5 異常値判定法の違いによる予測値と実測値

表 1 異常値判定法の違いによる予測精度比較

	従来法を用いた 場合の予測誤差	改良法を用いた 場合の予測誤差	改良法による 減少割合
平均値	1.86mm	0.43mm	77.0%
標準偏差	2.39mm	0.38mm	84.2%
最大値	7.80mm	0.97mm	87.6%
最小値	0.11mm	0.03mm	73.4%

参考文献

- 1) 坪川洋友他：車体装荷型慣性正矢軌道検測装置の開発，
鉄道総研報告，Vol.26，No.2，pp.7-12，2012
- 2) 山本修平他：効率的な軌道変位管理に向けて—予防保全
のアシスタント「傾向値算定プログラム」—，新線路，
第71巻，第8号，pp.27-29，2017
- 3) 田中博文他：高頻度検測データに対応した軌道変位の局
所的な急進箇所抽出・予測法，鉄道総研報告，Vol.31，
No.12，pp.41-46，2017