

軌道検測の頻度が軌道変位進みの推移予測に与える影響の検証

鉄道総合技術研究所 正会員 ○山本 修平
 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 西藤 安隆

1. はじめに

軌道変位は路盤陥没や保守後の初期値沈下等が原因となって局所的に大きく進む(以下、「急進」という)ことがあり、その予兆を捉え、適切に処置することが予防保全の観点からも望ましい。特に近年では営業車両に軌道検測装置を搭載することによって、高頻度に軌道検測データを取得できるため¹⁾、このデータを活用することで急進箇所を早期に把握し、保守に活用できると考えられる。そこで、営業車で取得された検測データに対して、従来よりも高精度な位置補正を行う手法を開発し²⁾、軌道変位の局所的な変化を的確に捉えることができるようになったため、任意の地点における過去の履歴データを統計的に処理することで将来の軌道変位の推移を予測する手法を考案した。また、本手法を実装したプログラムを開発した³⁾。

以上のことから、開発したプログラムの概要を示し、また軌道変位の推移予測に用いる履歴データの検測頻度が予測精度に与える影響について分析を行った結果を以下に示す。

2. 傾向値算定プログラムの概要

図1に、開発したプログラムにおける軌道変位進みの予測フローを示す。本プログラムでは、ベイズの手法を活用することで、最近の傾向の変化への追従性の高い予測を行うことができる。ベイズの手法は、事象の発生確率の分布(事前分布)を予め想定し、これに関わる新たな情報を取得した際に、事前分布を更新して新しい確率分布(事後分布)を得るという構造に特徴がある。軌道変位の予測では、軌道変位進みを確率分布として考えることで、軌道変位が急激に変動した場合に、これを反映した事後分布が得られ、より実状に合った軌道変位予測ができる。

3. 分析条件と検証方法

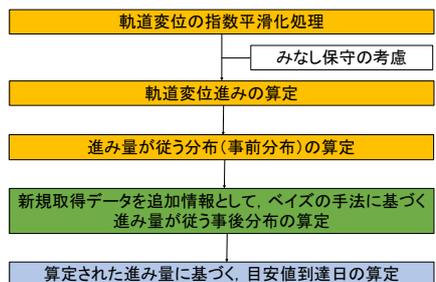
検測頻度が軌道変位の推移の予測精度に与える影響を分析するため、表1に示のように複数の検測頻度を想定し、条件①によって得られた履歴データから他の条件の履歴データを作成することで、同一箇所での複数の検測頻度の履歴データを用意した。また、本プログラムは急進のような比較的短期間で発生する事象に対する予測が活用の主な目的であるため、高低変位を対象として予測開始時から15日後における予測値と検測値の差を誤差と定義し、この誤差の大小で検測頻度が予測精度に与える影響を評価する。ここで、15日後の検測値は検測誤差等の影響によってばらつくため、検測値に指数平滑化処理を行い、ばらつきによる影響を除外した15日後の検測値と予測値の差で評価する。

4. 検証結果

図3に、ある箇所の高低変位に対して、表1の条件別に予測した結果を示す。当該箇所は履歴期間内における傾向の変動が小さい箇所であり、条件が違っても算出された予測結果は実測値に対して±0.4mm程度の差で、大きな違いはみられなかった。また、図4に示すように、予測開始日が保守直後である場合は、検測頻度が高いほど保守後の推移を把握できるため、条件①が実際の軌道変位の推移の傾向に最も近い。一方で

条件	検測頻度
①	1回/1日
②	1回/7日
③	1回/10日
④	1回/15日
⑤	1回/30日

図1 軌道変位進みの予測フロー



キーワード 高頻度検測, 軌道変位進み, モニタリング, 軌道変位の推移予測, ベイズの手法

勤務先 〒185-8540 東京都国分寺市光町 2-8-38 鉄道総合技術研究所(軌道管理) 042-573-7278

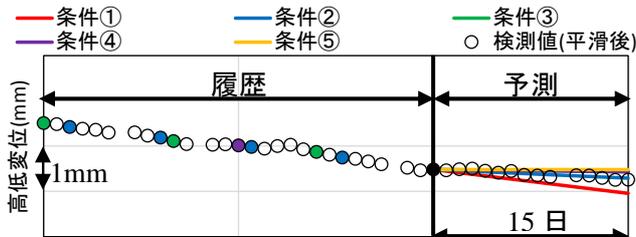


図3 推移予測例 (傾向安定箇所)

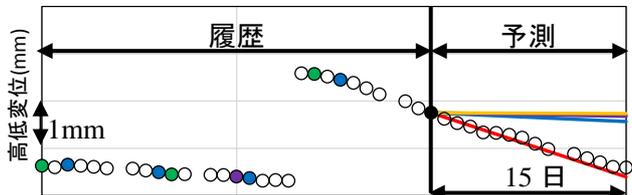


図4 推移予測例 (傾向変動箇所①)

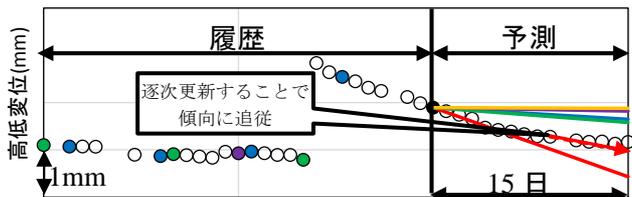


図5 推移予測例 (傾向変動箇所②)

その他の条件では保守前の傾向に追従するため、保守後の傾向よりも傾きが緩やかな結果が得られた。また、図5に示すように、予測期間内に傾向が変動する場合は、いずれの条件においても±1mm以内の誤差に収まっているが、条件①と他の条件とで予測値が異なった。これは、保守前か後のどちらの傾向に追従したかの違いによるものであるが、新たな検測値が得られる度に予測をやり直すことで、傾向に追従することが確認できた。従って、傾向が変化する箇所付近で予測した場合は、検測頻度が高いほど実際の傾向に追従した予測結果が得られやすく、逐次更新を行うことでより傾向に追従した予測結果が得ることができる。

表2および図6に、30箇所の高低変位推移に対して本プログラムを適用し、条件別に誤差を算出した結果を示す。これらの結果より、検測頻度が高いほど誤差が小さく、軌道変位の推移の傾向に近い結果が得られた。一方で、条件⑤でも、ある程度の精度で軌道変位の推移を予測できており、月1回程度の軌道検測頻度であっても、急進箇所等の保守時期の検討に活用できると考えられる。

また、高低変位の場合、予測値>実測値の時は、実際の進みよりも予測結果を過小評価してしまうため、保守管理上は注意する必要がある。そこで、図7に検測間隔と誤差の%値の関係を示す。図より検測間隔が

表2 条件別の誤差の分布

条件	条件①	条件②	条件③	条件④	条件⑤
検測間隔[日]	1	7	10	15	30
平均値[mm]	-0.12	0.16	0.19	0.22	0.26
標準偏差[mm]	0.24	0.35	0.34	0.33	0.32
最大値[mm]	0.31	0.87	1.00	0.98	1.03
最小値[mm]	-0.73	-0.41	-0.28	-0.20	-0.10

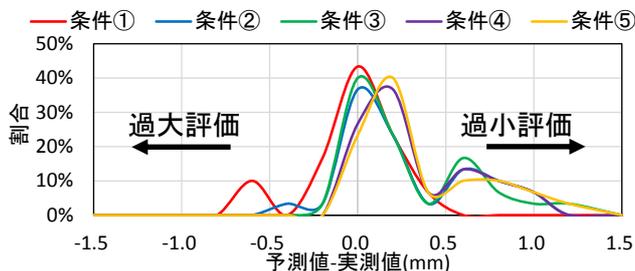


図6 条件別の誤差の分布

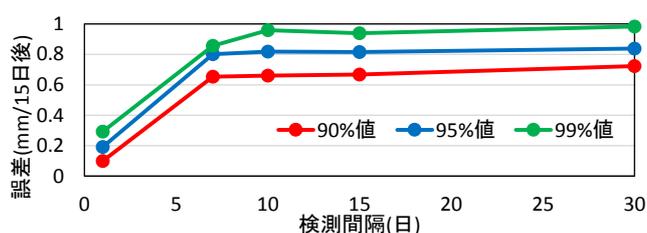


図7 誤差と検測間隔の関係

短い(検測頻度が高い)ほど、予測精度が高い結果が得られた。

5. まとめ

本研究では、傾向値算定プログラムを開発し、これによって、軌道検測の頻度が、軌道変位の推移の予測精度に与える影響について検証を行った。その結果、検測頻度が高いほど予測精度が高く、保守直後のように保守前に比べて傾向が変化する箇所においては、その効果が顕著であった。

今後は、高低変位以外の軌道変位についても本プログラムを適用し、実用性の検証を進めていきたい。

参考文献

- 葛西亮平他:線路設備モニタリング装置の概況と今後の方向性, JR EAST TECHNICAL Review, No.55, pp.21-24, 2016.
- 田中博文他:相互相関法を用いた波形レベルでの軌道変位進み算定法の開発, 第23回鉄道連合技術シンポジウム講演論文集, pp.95-99, 2016.
- 山本修平他:軌道変位進みの逐次更新予測モデルの開発, 第23回鉄道連合技術シンポジウム講演論文集, pp.83-86, 2016.