軌道変位モニタリングデータの高頻度データ解析手法に関する検討

日本線路技術 正会員 ○糟谷 賢一 渡邉 寛隆
日本線路技術 非会員 広田 誠 渡辺 良憲
東日本旅客鉄道 正会員 佐藤 惇一 葛西 亮平
鉄道総合技術研究所 正会員 田中 博文 山本 修平
ジェイアール総研情報システム 非会員 森 忠夫 高場 基司

1．はじめに

日本線路技術では，平成 28 年 12 月 1 日より線路設備モニタリングセンターを開設し，JR 東日本の営業列車に搭載した線路設備モニタリング装置 [1]で測定されたデータの処理業務等を行っている．具体的には，軌道変位モニタリング装置の軌道変位データの処理や，軌道材料モニタリング装置の画像データの目視確認等を行っている．とりわけ，軌道変位モニタリング装置では，営業列車によって高頻度かつ大量にデータが取得されるため，いわゆるビッグデータ解析が必要となる．そこで，本研究では，軌道変位モニタリングにおける高頻度データを保線業務へ活用するためのビッグデータ解析手法について紹介する．

2．軌道変位モニタリング装置のデータ処理の課題

(1) データ処理本数の課題

表 1 に，軌道変位モニタリング装置が先行導入されている 6 線区の平成 28 年 12 月 1 日から平成 29 年 2 月 28 日までの 3 ヵ月間の 1 日あたりのデータ処理本数を示す．車両点検等で運用されない期間を含んでいるが，各線区 1 日あたり平均 7 本程度の軌道変位データが取得されていることが分かる．

なお，JR 東日本では，最終的に 40 装置程度の導入が検討されているため, 1 日あたり 280 本（7 本/日・装置×40 装置）のデータを処理する必要がある．

以上のことから，軌道変位モニタリングデータの処理は，ビッグデータ解析となるため，従来の軌道検測車のデータのように人間系で処理することは，きわめて非効率であることが課題として挙げられる．

(2) 品質の良いデータ選定における課題

従来の軌道検測車は，事前にその走行経路が決められており，かつ検測員が乗車して測定作業およびデータの監視を行っているため，必要な軌道変位データを確実に取得することができる．

一方で，営業列車に搭載された線路設備モニタリング装置は，検測員が乗車せず，その走行行路も当日の運行状況によって変更が生じるため，路線の各所に予め敷設したデータデポを検知することによって自動で測定を開始・終了し，かつ走行経路を把握している [2]．しかし，データデポを正常に検知できなかった場合等において，位置ずれや稀に測定エラーが発生することがある．

表 1　データ処理本数実績
（平成 28 年 12 月～平成 29 年 2 月）

代表線名	京浜東北	山手	中央	東北	越後	日光	先行6線区の平均
日平均の走行本数	6.6	8.3	7.8	5.4	5.4	10.1	7.3

ここで，軌道変位モニタリングデータは，軌道変位急進箇所の把握等に活用するため，本線を多く走行し，かつ位置ずれが少なく，光とびによる欠測も少ないものを選定したい．そのため，営業列車によって高頻度に取得されたビッグデータの中から，品質の良いデータを効率的に選定することが課題として挙げられる．

3．課題に対する解決策

(1) データ処理本数の課題解決

大量に取得された軌道変位モニタリングデータを効率的に処理するために，人間系ではなくアプリケーションにより自動的に処理することを検討した．具体的には，データデポによって検知した経路情報から走行経路を読み取り，新たに開発したアプリケーション（線路設備モニタリングデータ自動処理システム，TMAS）を用いてデータ処理することとした．

図 2 に, TMAS におけるデータ処理手順の概要を示す．TMAS は，鉄道総研およびジェイアール総研情報システムが，線路設備モニタリングシステムのデータ処理に活用するために，軌道保守管理データベースシステム（LABOCS Ver.4.0）[3]を基本に開発したものである．

TMAS による LABOCS 処理の最大の特徴は，異なる検測日の検測データの位置補正を高精度に行うため，従来のデータデポによる位置補正の後に，相互相関法 [4]を活用した波形間の位置補正処理を適用していることである．

キーワード　線路設備モニタリング，営業車検測，軌道変位データ処理，ビッグデータ解析
連絡先　〒120-0026　東京都足立区千住旭町 42 番 3 号
株式会社日本線路技術　検測事業部　線路設備モニタリングセンター　TEL 03-5284-9125

この解析手法によって，自動処理された軌道変位モニタリングデータは，急進箇所等の把握を効率的に行うことを可能としている．

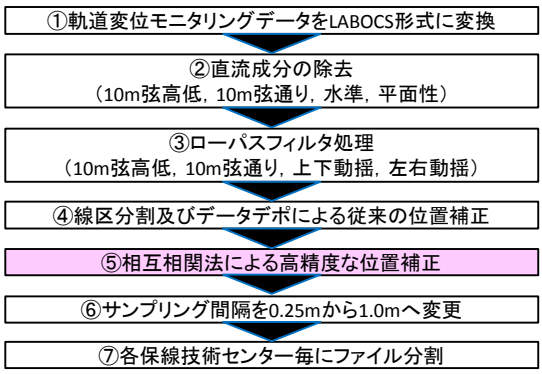

図 2　TMAS による軌道変位モニタリングデータの LABOCS 処理手順

TMAS を使用した結果，先行 6 装置分の検測データのうち，3 日間分 120 本程度（7 本/日・装置×6 装置×3 日）処理した場合，PC1 台でも 1 日程度で解析できており，効率的に処理することが可能となった．

(2) 測定品質の良いデータ選定における課題解決

TMAS を用いて自動処理された軌道変位モニタリングデータを，軌道変位進みの急進箇所の把握等に活用するため，本線を多く走行し，位置ずれが少なく，光とびも少ないデータを自動的に選定することを検討した．

そこで，TMAS では，**図 2** に示す LABOCS 処理を行った後に，「本線走行率」，「合致率」，「光とび率」という 3 つの指標によって軌道変位モニタリングデータの品質を評価することを検討した．具体的には，これらの指標による重み付けを反映させるために，**式 (1)** に示す判定指標 X を作成し，基本的には X が最も高いデータを同一測定日における最も品質の高いデータとして選定することとした．

$$X=\alpha X_1+\beta X_2+\gamma(1-X_3) \quad (1)$$

α，β，γ：各指標の重み付け係数

X_1：本線走行率，X_2：合致率，X_3：光とび率

表 2　判定指標を用いたデータ選定時の一例

測定日	保技セ	線名	線別	キロ程（から）	キロ程（まで）	本線走行率	順位	合致率	順位	光とび率	順位	総合率	総合順位
2017/4/1	新潟保線技術ｾﾝﾀｰ	信越本線	上り	133K849M	106K850M	99.2%	1	91.7%	3	7.3%	1	84.3%	1
2017/4/1	新潟保線技術ｾﾝﾀｰ	信越本線	上り	133K849M	106K850M	99.2%	1	92.0%	1	7.9%	2	84.1%	2
2017/4/1	新潟保線技術ｾﾝﾀｰ	信越本線	上り	133K859M	107K580M	96.6%	3	91.8%	2	10.7%	3	79.2%	3

① 本線走行率

営業列車の安全安定輸送を確保する観点から，営業列車の走行頻度がより高い本線を多く走行しているデータを選定することとした．そこで，取得された軌道変位モニタリングデータの測定延長に対して本線を走行した割合（本線走行率）を指標 X_1 として設定した．

② 合致率

車輪の空転等によって，同じ区間を複数回走行した場合でも，検測データ毎に微小な位置ずれが発生することがある．そこで，相互相関法を用いて検測データ間の高精度な位置補正を行っている．この位置補正手法は，基準となる波形に対して，指定したロット毎に指定した範囲を探索し，範囲内で最も相互相関係数が高い位置に補正する．この際，相互相関係数が 0.75 以上の場合を「位置補正成功」として，全ロット数に対する位置補正成功ロットの割合（合致率）を指標 X_2 として設定した．

③ 光とび率

軌道変位モニタリング装置では，レールの検出にレーザー変位センサを用いているため，その光路内に支障物等があった場合に正しく軌道変位を測定できない（光とびが発生する）ことがある．そこで，光とびの発生が少ないデータを選定するために，取得された軌道変位モニタリングデータの測定延長に対して光とびが発生した割合（光とび率）を算出し，指標 X_3 として設定した．

表 2 に，**式 (1)** に示した判定指標 X を用いたデータ選定結果の一例を示す．このように信越本線上りで 3 本測定できた場合，表中の一番上のデータの品質が最も高く，総合順位が 1 位であるため，その日のベストデータとして自動で選定可能となった．

4．まとめと今後の課題

本研究では，JR 東日本の営業列車に搭載した線路設備モニタリング装置によって取得された高頻度の軌道変位モニタリングデータを効率的に処理するために，そのデータを自動的に処理できるアプリケーションを開発した．その結果，大量のデータを自動的に処理し，その中から測定品質の良いデータを自動的に選定することが可能となった．今後は，データ選定指標の見直しや各指標の重み付け係数の最適値の検討を行い，データ処理の更なる効率化を目指したい．

参考文献

1)佐藤惇一他：線路設備モニタリング装置の導入と活用方法，土木学会第 72 回年次学術講演概要集，2017（投稿中）．

2)葛西亮平他：線路設備モニタリング装置の自動判定ロジック改善，鉄道工学シンポジウム論文集，Vol.20，pp.45-48，2016.

3)田中博文：軌道保守管理データベースステム LABOCS（ラボックス）の機能紹介と新バージョンのリリース，新線路，Vol.69，No.7，pp.24-26，2015.

4)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手法の開発，第 23 回鉄道技術連合シンポジウム (J-RAIL2016)，pp.95-99，2016.