

講演概要 線路設備モニタリングのデータ処理について

糟谷 賢一¹・渡邊 寛隆²・廣畑 翔介²・斉藤 光司²

¹正会員 株式会社日本線路技術（〒120-0026 東京都足立区千住旭町42番3号）

E-mail:kenichi-kasuya@kk-nsg.co.jp

²非会員 株式会社日本線路技術（〒120-0026 東京都足立区千住旭町42番3号）

日本線路技術では、平成 28 年 12 月に線路設備モニタリングセンターを開所し、軌道変位モニタリングと軌道材料モニタリングのデータ処理を行っている。軌道変位モニタリングのデータ処理は、1 装置当たり毎日 10 本程度測定されるデータから最も品質の良いデータを選定しており、従来の軌道検測車のデータ処理と比較し「データ選定」を加えている点が大きく異なる。軌道材料モニタリングのデータ処理は、画像処理によって不良箇所を抽出した上で、人間系で不良箇所の目視確認を行っている。従来の保線技術者による現場確認と異なり、保線技術者以外でも目視確認できるように「目視確認基準の標準化」を図って運用している。

以上のことから、軌道変位モニタリングの「データ選定」と軌道材料モニタリングの「目視確認基準の標準化」の現状について報告する。

Key Words : railway track monitoring,data processing

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⁾で測定された軌道変位モニタリング装置で取得した軌道変位データの LABOCS 処理と軌道材料モニタリング装置で取得した画像の画像処理及び目視確認を行っている。

軌道変位モニタリングのデータ処理は、1 装置当たり毎日 10 本程度測定されるデータから最も品質の良いデータを選定する業務であり、従来の軌道検測車のデータ処理と比較し「データ選定」を加えている点が大きく異なる。

軌道材料モニタリングのデータ処理は、画像処理によって不良箇所を抽出した上で、人間系で不良箇所の目視確認を行っている。具体的には、目視確認では軌道材料を画像によって良否を仕分けし、否に対してはその理由によって分類している。とりわけ、従来の保線技術者による現場確認と異なり、保線技術者以外でも目視確認できるようにするために、「目視確認基準の標準化」を図って運用している。

以上のことから、今回は、軌道変位モニタリングの「データ選定」と軌道材料モニタリングの目視確認における「目視確認基準の標準化」の現状について報告する。

2. 軌道変位モニタリング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 ヶ月間の 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。

たとえば、40 装置程度が導入されれば、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、データ処理本数が多く、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。

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

(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。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。

ここで、軌道変位モニタリングデータは、軌道変位急進箇所等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. 軌道変位モニタリングの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）²⁾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³⁾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。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。

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、PCI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等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。

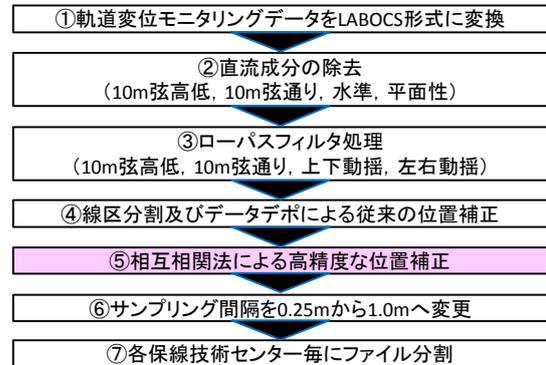


図2 TMASによる軌道変位モニタリングデータのLABOCS処理手順

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。

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

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)	(キ ロ 程)	本 線 走 行 率	順 位	合 致 率	順 位	光 と び 率	順 位	総 合 率	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

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

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下で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. 軌道材料モニタリング装置のデータ処理の課題

(1) データ処理の流れ

図 3 に軌道材料モニタリングのデータ処理の流れを示す。営業列車で画像収録を行い、良好な画像データのみが SSD に保存される。その SSD は線路設備モニタリングセンターに郵送され、画像処理による不良箇所候補を抽出⁴した上で、人間系による目視確認で、良否を仕分け、否についてはその理由を分類している。

JR 東日本の保線技術センターは、線路設備モニタリングセンターが目視確認で否とした箇所について内容確認を行い、総合的な保守状態の確認及び判断を行っている。

現在、軌道材料モニタリング装置は 12 装置が導入されており、1 装置あたり締結装置 80 万個、継目 1000 個程度のデータ処理を行っている。

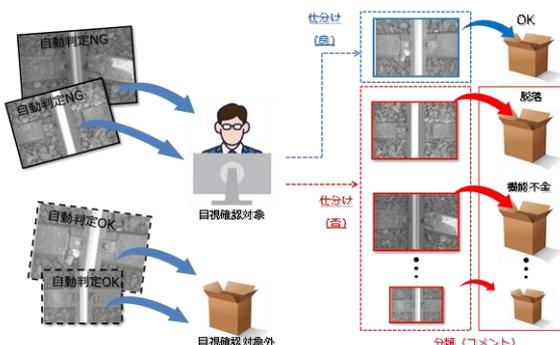


図 3 人間系による目視確認のイメージ

(2) 不良箇所候補の目視確認における課題

画像処理による不良箇所候補の抽出結果の例として締結装置を図 4、継目部を図 5 に示す。

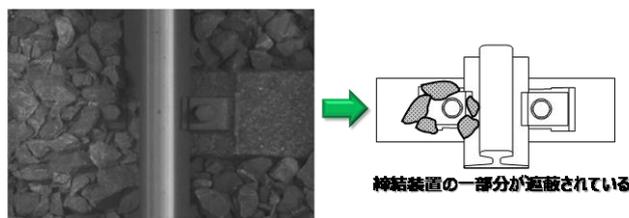


図 4 締結装置不良箇所候補の例

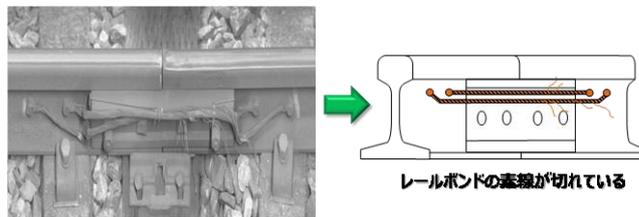


図 5 継目部不良箇所候補の例

図 4 は締結装置の一部分が遮蔽されている状態であり、図 5 はレールボンドの一部が素線切れしている状態である。どちらも確認者によっては良否が分かれる可能性があると思われる。そのため、良否を分ける「仕分け基準」を定め、確認者によって良否の仕分け結果に差異が出ないようにする必要がある。その上で、否の理由を分類する為の「分類基準」を定める必要がある。

以上のことから、線路設備モニタリングセンターで検討した目視確認基準について、良否を仕分けする「仕分け基準」と、否の理由を分類する「分類基準」について次項で紹介する。

5. 軌道材料モニタリングの「仕分け・分類」基準

(1) 締結装置の各種事例と仕分け基準

図 6 に締結装置の目視確認のよくある事例と仕分け基準を示す。たとえば前項で説明した締結装置が一部分遮蔽された例が図 6 の①であるが、この場合、板バネのレール側 1 点以上、受け側 2 点以上が確認できれば、締結装置が正常についているものと判断して良としている。

(2) 継目部の各種事例と仕分け基準

図 7 に継目部の目視確認のよくある事例と仕分け基準を示す。たとえば前項で説明したレールボンドの素線が切れている場合や、脱落している例が図 7 の①である。この場合、レールボンドが健全でないものと判断して否としている。

(3) 締結装置と継目部の分類基準

締結装置と継目部の各仕分け箇所について、表 3 のように分類している。確認箇所の周囲で否箇所を見つけた場合や画像不良、積雪によって目視確認できない場合、継目部の前後締結の半数以上が否の場合など、分類を分

けることでハード・ソフトの改良や補修判断などに繋げることが出来るものと考えている。

6. まとめと今後の課題

本研究では、軌道変位及び軌道材料モニタリングのデータ処理の現状について紹介した。軌道変位データの選定方法については、実運用の中で課題解決に取り組んでいくことを考えている。また、軌道材料データについては、現在、目視確認を行っている締結装置と継目部以外にも、伸縮継目や分岐器等の画像も収録しており、それらの「仕分け・分類基準」を検討していくことが今後の課題と考えている。

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
- 2)田中博文：軌道保守管理データベースシステム 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.
- 3)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.
- 4)葛西亮平他：営業列車搭載型軌道材料検査装置の改良，鉄道工学シンポジウム講演概要，2015.

表3 締結装置と継目部の分類基準

仕分け対象	分類基準	
締結装置	継目部	基準データ誤り
締結装置	継目部	草による遮蔽
締結装置	継目部	積雪による確認不能
締結装置	継目部	周囲で「否」を確認
締結装置	継目部	周囲で「機能不全」を確認
締結装置	継目部	収録された画像が不良
	継目部	継目前後締結が半数以上「否」
	継目部	ガードレール欠線部の離隔が小さい
	継目部	継目板ボルトで「機能不全」を確認

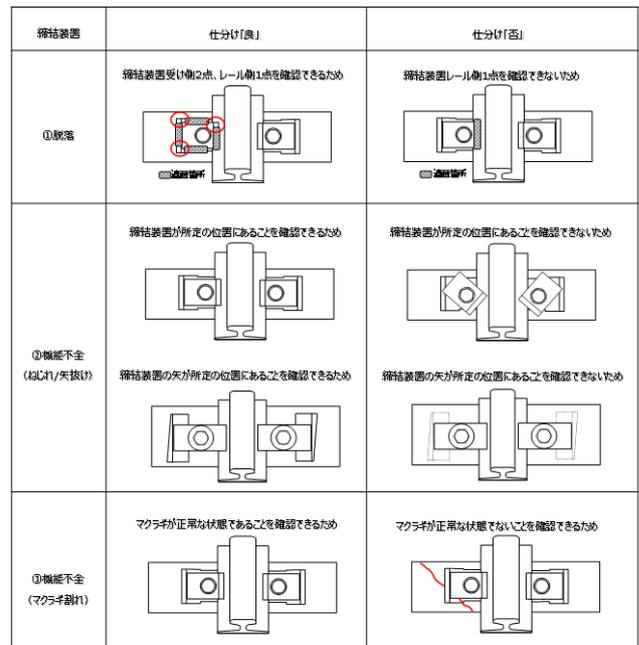


図6 締結装置の各種事例と仕分け基準

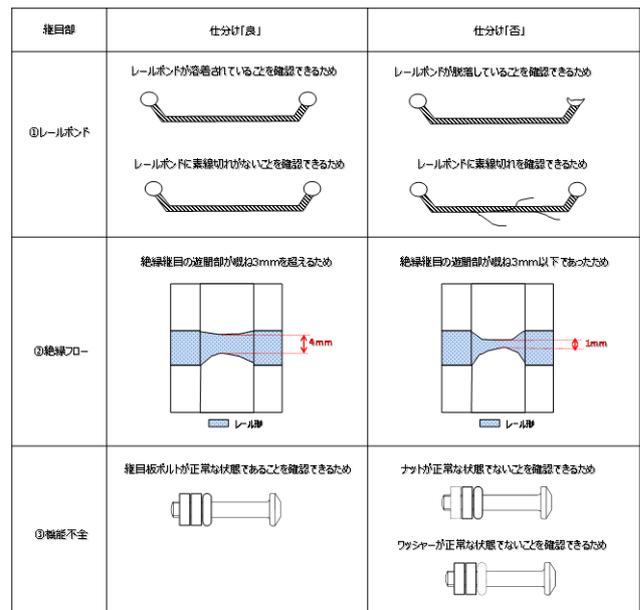


図7 継目部の各種事例と仕分け基準

(2018.4.6 受付)

REPORT ON DATA PROCESSING OF RAILWAY TRACK MONITORING

Kenichi KASUYA, Hirota WATANABE, Shousuke HIROHATA and Koji SAITO

NSG is processing data on railway track monitoring. In the data processing of Track Geometry monitoring, the best data is selected from the high frequency data. Therefore, we will report "best data selection method". In the data processing of track material monitoring, defective parts are extracted by image processing, and human visually checked. Therefore, we will report "visual confirmation method".