線路設備モニタリング装置の導入と活用方法

東日本旅客鉄道（株）　正会員　○佐藤　惇一
東日本旅客鉄道（株）　正会員　嘉嶋　崇志

１．はじめに

JR 東日本では軌道の状態監視、高頻度データの分析による最適保守等を目的に線路設備モニタリング装置を導入している。本稿では現在導入を進めている線路設備モニタリング装置の概要および活用方法について報告する。

２．線路設備モニタリング装置

線路設備モニタリング装置は、軌道の変位を測定する「軌道変位モニタリング装置」およびレール締結装置等の軌道の材料状態を測定する「軌道材料モニタリング装置」から構成される。これら装置を営業列車の車体に装荷することで、これまでの検測車での検測と比較し高頻度に軌道状態のデータを取得することが可能となり、リアルタイムに個別の軌道状態、経時変化を把握することが可能となっている。（図 1）

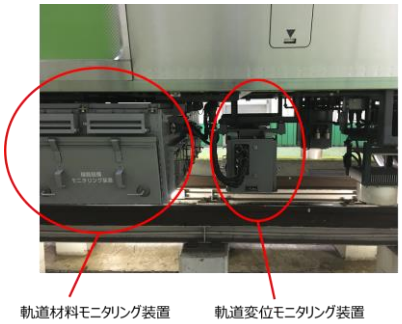

図１　線路設備モニタリング装置

２−１．軌道変位モニタリング装置

軌道変位モニタリング装置による測定の基本原理は（公財）鉄道総合技術研究所が開発したものであるが、JR 東日本による技術開発により車体装荷を可能としたものになっている。測定したデータはリアルタイムに伝送され、装置搭載車両の走行の都度、測定データの確認が可能である。

２−２．軌道材料モニタリング装置

軌道材料モニタリング装置は、装置と対象物の距離を256階調の色で測定した「距離画像」および写真画像の「濃淡画像」を取得するものである。数㎜単位で連続して軌道を撮影しその画像をつなぎ合わせている。画像は SSD（大容量媒体）に保存され、車両が車庫にいる際に定期的に取り出し、処理を行う。

３．軌道変位管理への活用

これまで検測車での軌道変位の測定は最大でも 4 回/年であったが、軌道変位モニタリング装置の導入により営業列車で高頻度に測定を行うことが可能となった。多いところでは 1 日 10 回以上測定を行うため、これまでと比較し高頻度かつ大量のデータ取得が実現した。

３−１．軌道変位予測

高頻度に軌道変位を測定できるようになったことから、軌道変位進みの傾向の把握が行えるようになった。現在、測定データの位置合わせを行い、過去の測定データから推定を行うことにより軌道変位進みを予測する分析が行えるようになっている。（図 2、3）

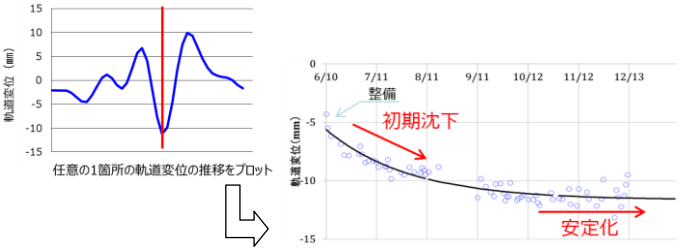

図２　軌道変位の推移

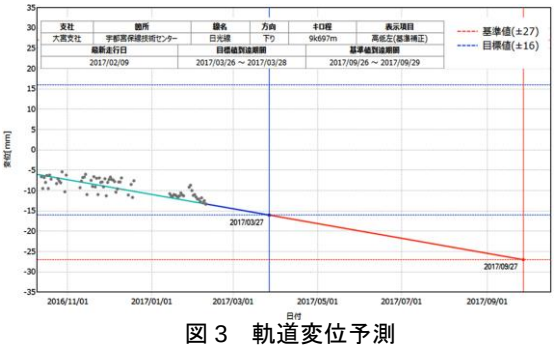

図３　軌道変位予測

３−２．急進箇所の把握

位置補正を行ったデータを用いて 2 つの測定データの差を比較することで、軌道変位の急進箇所の把握ができる。（表 1）

表１　急進箇所一覧表

キロ程	項目	急進値	対象値	比較値	対象日	比較日
6k433m	高低左(基準補正)	3.5 mm	−10.1 mm	−6.6 mm	2017/02/08	2017/02/01
15k942m	高低右(基準補正)	3.3 mm	−10.0 mm	−6.7 mm	2017/02/08	2017/01/31
33k351m	高低右(基準補正)	3.3 mm	15.8 mm	12.5 mm	2017/02/07	2017/01/28
33k477m	水準(基準補正)	3.3 mm	−10.4 mm	−7.1 mm	2017/02/08	2017/02/01
6k167m	高低右(基準補正)	3.3 mm	−10.5 mm	−7.2 mm	2017/02/08	2017/02/01
26k841m	高低左(基準補正)	3.2 mm	10.4 mm	7.2 mm	2017/02/08	2017/01/31
26k841m	高低左(基準補正)	3.1 mm	12.1 mm	9.0 mm	2017/02/08	2017/01/31
27k114m	高低左(基準補正)	3.1 mm	−11.4 mm	−8.3 mm	2017/02/08	2017/02/01
6k578m	高低左(基準補正)	3.1 mm	−10.1 mm	−7.0 mm	2017/02/08	2017/02/01
31k286m	水準(基準補正)	3.0 mm	−11.6 mm	−8.6 mm	2017/02/08	2017/02/01
31k790m	高低左(基準補正)	3.0 mm	−12.9 mm	−9.9 mm	2017/02/05	2017/01/28
5k266m	高低左(基準補正)	3.0 mm	−13.3 mm	−16.3 mm	2017/02/07	2017/01/31

キーワード　線路設備モニタリング，営業車検測，軌道変位予測，軌道材料画像
連絡先　〒151-8578　東京都渋谷区代々木 2-2-2　JR 東日本　鉄道事業本部　設備部　TEL 03-5334-1244

4．軌道材料への活用

軌道材料モニタリング装置の導入より、これまで巡視などで目視による確認を行っていたレール締結装置や継目板、継目板ボルト、レールボンドなどが画像データとして確認できるようになった。何線も並列している中央部の線路の軌道材料も確認できるようになり、現地確認などの効率化や安全性の向上が期待できる。

4－1．締結装置/継目ボルトの脱落

取得された距離画像を用いてレール締結装置および継目板ボルトの脱落判定を行っている。レール締結装置の脱落はレール裾部とレール締結装置頭頂部の標高の差から自動判定している。継目板ボルトの脱落は、継目板側部の突起部を探索し、所定量の突出しを検出した場合に継目板ボルト有と判定している。(図 4)

レール締結装置の脱落判定は表 2 のように 99.94%という高い精度で測定が可能である。

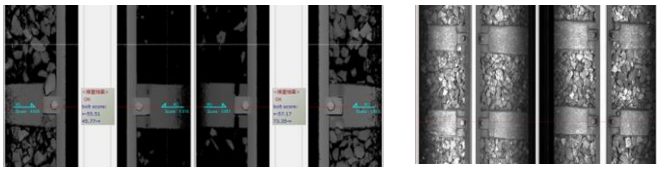

図 4　距離画像(左)と濃淡画像(右)

表 2　レール締結装置の自動判定精度

		画像確認結果			
		○	×	確認不能	合計
自動判定結果	○	78,100	15	29	78,144
		99.94%	0.02%	0.04%	100%
	×	45	75	0	120
		37.50%	62.50%	0.00%	100%
	▲	20	44	14	78
		25.64%	56.41%	17.95%	100%
	合計	78,165	134	43	78,342

○:締結装置あり　×:締結装置脱落　▲:自動判定不能

4－2．締結装置の緩み判定

5 型改良締結装置や 9 型改良締結装置といったボルトでレール締結を行うものは、緩み量の測定も行っている。ボルト頭頂部とレール裾部の標高差を測定しているので、設計値に対して標高差が大きい場合はボルトが緩み、締結装置が緩んでいる可能性があると推定される。(図 5)

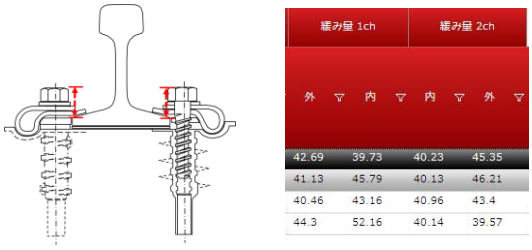

図 5　締結装置緩み判定

4－3．レールボンド/継目板/ガードレール

レールボンドの脱落や継目板の折損などについては、画像を目視確認することによりその状態を確認している。

今後はレールボンドの脱落や継目板折損の状態を機械学習により自動判定する開発を進めていく計画である。

5．線路設備モニタリングセンター

㈱日本線路技術に新設された「線路設備モニタリングセンター」では、軌道変位データの位置合わせや、軌道材料の自動判定データの確認、画像の確認などデータ処理業務を行っている。

線路設備モニタリング装置で取得するデータはいわゆる「生データ」であり、データの位置合わせやノイズ除去といった処理が必要になる。さらに大量にデータを取得可能である一方で、これらデータの下ごしらえとも言うべき処理が極めて重要であると言える。

6．専用車検測と営業車検測

専用車では最大でも 4 回/年の検測であるが、事前に検測ルート、日時を指定し走行するため、必要なデータを確実に取得することができる。

一方で、線路設備モニタリング装置を搭載した営業車による検測は車両の運用に依存するため、予定していた走行ルートと違うルートを走行する場合があり、必要なデータが取得できないことがある。しかし、走行回数が専用車と比較して非常に多いため、必要なデータを取得する機会が多く、高頻度に軌道のデータを取得することが可能である。

専用車による測定も営業車による測定も一長一短であり、どちらが優れているか決めることはできない。軌道の劣化速度、線区の重要性、保守能力などを総合的に判断して運用する必要がある。

7．今後の課題

今後の課題は以下のとおりである。

・位置合わせの精度向上
・画像を用いたレールボンド脱落や継目板折損、レール傷等の自動判定化
・軌道変位予測データを用いた最適保守時期の自動判定化、保守の最適化

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 NO55、2016 年