モニタリングデータを活用した静的・動的軌道変位の関係性に関する一考察

東日本旅客鉄道株式会社　正会員　○西藤　安隆
東日本旅客鉄道株式会社　正会員　葛西　亮平
東日本旅客鉄道株式会社　正会員　元好　茂
東日本旅客鉄道株式会社　正会員　小西　俊之

１．はじめに

現在テクニカルセンターでは，ICT を活用した鉄道設備のメンテナンスとして，スマートメンテナンス構想を提唱し，実現に向けて開発を行っている[1)]．スマートメンテナンス構想の１つの柱である「CBM の実現」に向けて，営業列車で軌道変位が測定可能な線路設備モニタリング装置（以下：モニタリング装置）を開発し，2016 年末現在では６路線で導入され，今後も導入路線が拡大する計画である．今後はモニタリング装置から得られたデータの有効活用が必要不可欠である．

そこで本稿では，モニタリング装置で取得されるモニタリングデータを活用し，作業完了時の仕上り検測に適用可能か軌道変位の静的値と動的値の比較検証を行った．

２．モニタリングデータ活用に向けて

JR 東日本では軌道整備後，工事当日の仕上り状態の確認をする当日検査と，工事後約 2 週間後に施工会社が JR 東日本に責任を引継ぐ引継検査を実施している．在来線では両検査とも検測器又は糸張りによる手検測にて確認しており，特に引継検査が必要な作業は，後日監督員等の立会いのもと再度検査を実施しているのが現状である．そのため保安体制の確保等が必要であり，JR 東日本と施工会社共に労力を要しており，もし引継検査をモニタリングデータで代替可能となれば，JR 東日本だけでなく施工会社にとっても大幅な作業の効率化が見込める．

既往の研究で，モニタリングデータの繰り返し再現性の確認を実施しており，実用可能な精度を確保できていることを確認している[2)]が，検測器との比較（動的値と静的値）は実施していない．そこで現状の引継検査手法を考慮し，モニタリングデータで取得される動的軌道変位と検測器で取得される静的軌道変位との関係性を明確にし，引継検査のモニタリングデータによる代替に向けた基礎検討をした．

３．検証対象データ

静的値と動的値の関係性把握に向けて以下の検証方法を実施した．

- 静的軌道変位データ：検測器により測定された，首都圏１級線の約８km
- 動的軌道変位データ:静的軌道変位の測定後１回目かつ同区間のモニタリングデータ
- 検証項目 :「高低左」「高低右」「通り左」「通り右」「水準」「平面性」「軌間」の測定７項目
- 構造物区間:モニタリング装置および検測器の検測特性を考慮し対象外とした
- 相互相関失敗ロット:相互相関失敗ロットは検証対象外とした
- 位置補正:モニタリングデータはデータデポ等の検知信号を用いて位置補正を実施しているが，空転や滑走による微小な位置ずれが発生するため，相互相関法[3)]による位置補正を実施した

４．検証結果

図-１に横軸に静的軌道変位，縦軸に動的軌道変位をプロットし，近似直線式および決定係数を示す．図-１より，軌間を除く測定４項目は $R^2 > 0.8$ となっており，動的軌道変位と静的軌道変位で高い相関関係があることがわかる．一方軌間については，R^2 は 0.5 程度となっており，他の測定項目と比較して若干低い相関となった．この原因として，一般的にレーザーの出力は気温に応じて変化させなければならないが，モニタリング装置においてこの出力制御が成功しておらず，その影響が最も大きい軌間の相関が低くなったと思われる．本データ検証時は課題解消

キーワード　CBM，軌道変位，線路設備モニタリング装置
連絡先　〒331-8513　さいたま市北区日進町２丁目 479 番地　JR 東日本テクニカルセンター　ＴＥＬ048-651-2389

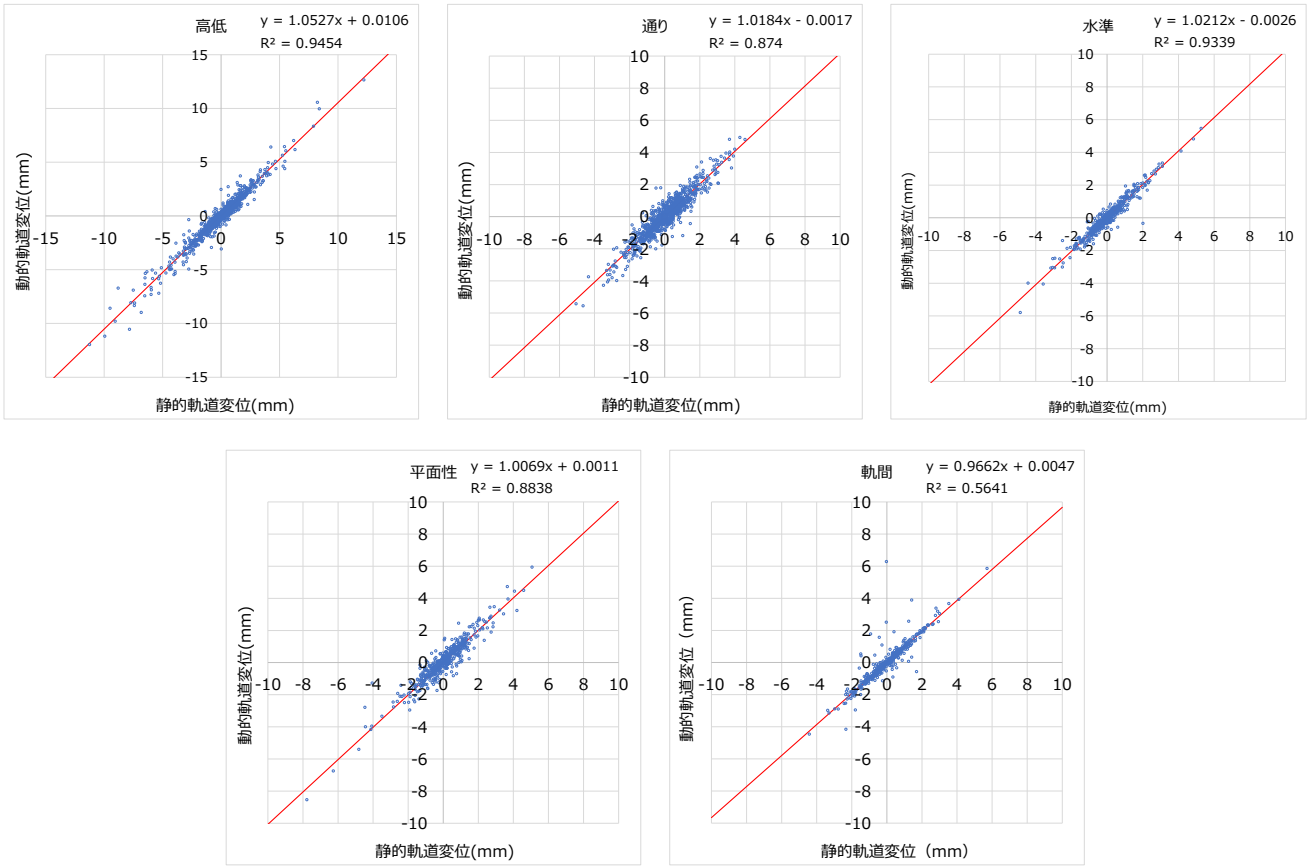

図-１　各測定項目の静的・動的軌道変位の関係（表示プロット抜粋）

に至っていなかったが，2017 年４月からは本課題が解消される見通しである．

本検証で得られた相関関係を用いて，各測定項目の静的値に対する動的換算値について上限及び下限を信頼度 90%として算出し，まとめたものを表-１に示す．

表-１　動的換算値

	項目	信頼度	静的軌道変位								
			−4	−3	−2	−1	0	1	2	3	4
動的換算値	高低	下限90%	−4.21	−3.15	−2.09	−1.04	0.01	1.06	2.11	3.16	4.21
		上限90%	−4.19	−3.14	−2.09	−1.04	0.02	1.07	2.13	3.18	4.24
	通り	下限90%	−4.09	−3.06	−2.04	−1.02	−0.01	1.01	2.02	3.04	4.05
		上限90%	−4.06	−3.05	−2.04	−1.02	0.00	1.03	2.05	3.07	4.09
	水準	下限90%	−4.10	−3.07	−2.05	−1.02	−0.01	1.01	2.03	3.04	4.06
		上限90%	−4.08	−3.06	−2.04	−1.02	0.00	1.03	2.05	3.08	4.10
	平面線	下限90%	−4.04	−3.03	−2.02	−1.00	−0.01	0.99	2.00	3.00	4.00
		上限90%	−4.01	−3.01	−2.01	−1.01	0.01	1.02	2.03	3.05	4.06
	軌間	下限90%	−3.90	−2.92	−1.94	−0.96	−0.01	0.94	1.90	2.85	3.80
		上限90%	−3.82	−2.87	−1.92	−0.96	0.02	1.00	1.98	2.96	3.94

５．まとめ

本稿では検測器により取得される静的軌道変位とモニタリング装置で取得される動的軌道変位の関係性を把握することで，現状実施されている引継検査のモニタリングデータによる代替の可能性について検証した．検証の結果，軌間以外の測定項目は実用十分な相関が得られた．軌間についてはモニタリング装置の検測精度に課題があり，十分な相関が得られなかったが，今後はモニタリング装置の検測精度向上が期待でき，相関も向上すると考えられる．今後は，軌間の相関関係の検証を引続き実施すると共に，引継検査における合格閾値の検証を進める予定である．

参考文献

1）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

2）松田博之他　在来線多目的試験車（MUE-Train）による保線設備モニタリング装置の走行試験，第 16 回鉄道技術連合シンポジウム講演論文集，pp.227-228

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法の開発，第 23 回鉄道技術連合シンポジウム講演論文集，pp.95-99

4）佐藤吉彦他　線路工学（第６版），日本鉄道施設協会発行，2011