

軌道変位急進性把握アプリの開発

JR 東日本情報システム 正会員 ○大庭 啓輔
東日本旅客鉄道 正会員 西藤 安隆

1. 目的

東日本旅客鉄道（以下、JR 東日本）では軌道検測車（以下、East-i）によって、軌道変位を年 4 回検測している。この East-i の検測データ等から適切な修繕時期を推定することで計画的な修繕を行っている。しかしながら、稀に修繕に関する閾値に達していない箇所でも道床や材料状態等により軌道変位が急進してしまい、修繕の時期を早める対応が必要となることがあるため、急激な軌道変位進みの把握や、より正確な軌道変位の予測が今後のメンテナンスに求められている。このような背景から、営業車に East-i のような軌道変位を検測できる装置を搭載することで、高頻度にデータを取得し軌道状態を監視できる「線路設備モニタリング^リ（以下、モニタリング）」を進めている。これにより軌道状態をこれまで以上に適切に把握できるため、軌道変位の急進の把握により線路の不具合箇所の早期発見が可能となる。本報告では、軌道変位の急進性をタイムリーに把握することを目的としたアプリケーションである軌道変位急進性把握アプリ（以下、本アプリ）の開発について述べる。

2. 急進性把握機能について

モニタリングの強みは高頻度で軌道変位データを取得できることであり、このデータを比較することで軌道変位の急激な変化を捉えることが可能である。そこでモニタリングセンターから送付される 1 日 1 本のモニタリングデータを図-1 の様に 1m 単位で比

較し差を算出して、一定値以上ある箇所を急進箇所として出力する機能を持つ本アプリの開発を行った。急進性を把握する機能として、対象のデータと比較するデータがあらかじめ決められたデータ間隔で選択される「定期急進性把握機能」と、ユーザが自由に対象のデータと比較するデータを選択できる「フリー急進性把握機能」の 2 つの機能の提案を行った。「定期急進性把握機能」は、決められた曜日にこの機能を使用することで、対象線区の急進の見落としを防げることや同じ比較間隔で作業を行うことで、同じ尺度で軌道状態の評価が行えることが狙いである。そのため、最新のデータから比較するデータの間の隔は 7 日前としている。「フリー急進性把握機能」については、決められた間隔のデータ同士ではなく、自由にデータ選択をすることができることから、徐々に軌道変位が進んでいる箇所の把握や自由な発想からの軌道状態の評価が狙いである。

急進を把握する際に線区の全延長が正しく検測できていればよいが、線区の途中で検測が終わり未検測となった箇所、光とびしている箇所など様々な要因により、急進判定の対象外箇所が存在している。また、毎日走行する線区、数日空いて走行する線区といった具合に線区によって走行頻度にバラつきがあり、急進把握を行う際に比較に用いたいデータがないこともある。そのため、急進判定の対象外箇所となった場合やデータが存在しない場合は、過去データで補うことにより、データの欠損なく急進把握を行えるようにした。

3. 修繕箇所について

軌道変位の差から急進箇所を算出しているため、変位値の差だけで判断すれば軌道状態が良くなった箇所についても急進箇所として誤算出されてしまう。修繕を行った箇所については本来であれば修繕実績などから修繕箇所を把握し、急進箇所から除外するべきだが、本アプリには修繕に関する情報がないた

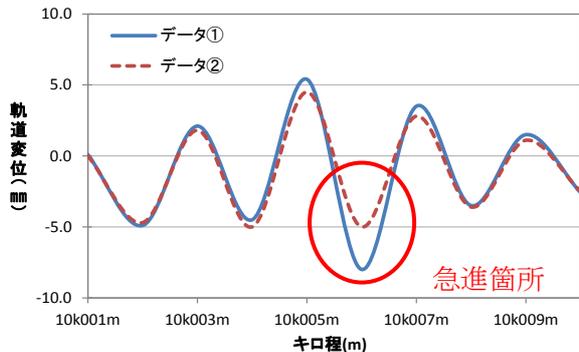


図-1 急進箇所算出イメージ

キーワード 軌道管理, 線路設備モニタリング, CBM

連絡先 〒169-0072 東京都新宿区大久保三丁目 8 番 2 号 8F JR 東日本情報システム TEL 03-5309-4515

め除外できない課題があった。そこで、修繕箇所の把握を実績からではなく軌道状態から把握することを検討した。修繕を行うと軌道変位値が 0mm に近づくことから急進把握を行うデータ同士の軌道変位の σ 値を比較することで修繕の有無を把握できると考えた²⁾。 σ 値の比較式を以下に示す。

$$\alpha \cdot \sigma_2 - \sigma_1 > 0 \quad (1)$$

α は係数、 σ_1 は対象データの軌道変位の標準偏差、 σ_2 は比較データの軌道変位の標準偏差を表す。式(1)に当てはまる箇所については、修繕可能性箇所として取り扱うこととした。比較する標準偏差は当該箇所から前後 12m の軌道変位の標準偏差を採用している。これは TT による継目落ち箇所修繕などの局所的な修繕についても算出できるように考えたためである。係数を乗ずる理由はモニタリング検測の特性上検測誤差が生じているため、係数を乗せずに算出してしまうと修繕していない箇所も修繕可能性箇所として算出されてしまう可能性があるためである。係数の値については、実際の修繕実績がある箇所と算出修繕可能性箇所がどれだけ整合性があるか確認した上で係数を決定した。異なる線区のモニタリングデータからそれぞれの急進箇所を算出し、係数 α を変動させると修繕可能性箇所がどのように算出されるか検討を行った。検討結果の例を表-1 に示す。「正検知」とは作業実績があり、修繕可能性箇所と算出されていた箇所、「未検知」とは作業実績があり、修繕可能性箇所と算出されていない箇所、「誤検知」とは作業実績はないが修繕可能性箇所と算出されていた箇所である。検測誤差が 0.2~0.3 程度あることが確認されており、なおかつ正検知を 50%以上求めたことから、係数 α を 0.8 とした。

4. 検測データの位置ずれについて

車輪の空転等によって、検測データ毎に微小な位

表-1 修繕可能性箇所算出式の係数の検討表

		急進箇所数(高低のみ) 918						
		MTT作業実績(1m) 257						
α		1.0	0.9	0.8	0.7	0.6	0.5	
①	正検知	数	217	185	152	114	80	52
		%	84.4%	72.0%	59.1%	44.4%	31.1%	20.2%
	未検知	数	40	72	105	143	177	205
		%	15.6%	28.0%	40.9%	55.6%	68.9%	79.8%
	誤検知	数	354	139	103	84	70	53
		%	53.6%	21.0%	15.6%	12.7%	10.6%	8.0%
		急進箇所数(高低のみ) 100						
		MTT作業実績(1m) 30						
α		1.0	0.9	0.8	0.7	0.6	0.5	
②	正検知	数	18	16	15	13	11	8
		%	60.0%	53.3%	50.0%	43.3%	36.7%	26.7%
	未検知	数	12	14	15	17	19	22
		%	40.0%	46.7%	50.0%	56.7%	63.3%	73.3%
	誤検知	数	34	31	19	11	9	9
		%	48.6%	44.3%	27.1%	15.7%	12.9%	12.9%

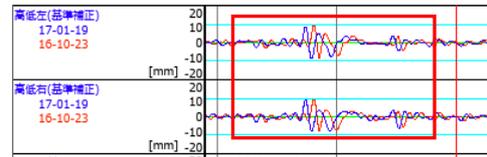


図-2 位置ずれ箇所の一例

位置ずれが発生するため、モニタリングセンターで相互関係法²⁾による位置補正を行った軌道変位データを本アプリで使用しているが、図-2 に示すように区間によっては多少の位置ずれが残る場合があった。本アプリでは、1m 単位でデータを比較し、急進箇所を算出しているため、多少の位置ずれであっても急進箇所を誤検知することが課題であった。なお、位置ずれは低速時の速度発電機のノイズによるものや、車輪の空転、滑走等によって発生していることから、誤算出されている急進箇所はある程度まとまって発生していた。そのため、表-2 に示すように、1m 単位で軌道変位の差を算出した後キロ程を 10m 単位で区切り (10m ブロック化)、軌道変位の差が最も大きい箇所をその 10m 区間の代表とし急進箇所として算出することとした。10m 以上の位置ずれは確認されていないため、10m 単位での急進把握を行うことが誤算出の抑制に有効であることがわかった。

5. まとめ

今回開発した急進性把握機能に加え軌道変位をチャート表示する機能を駆使することで、日々の軌道状態の微小の変化を把握することが可能であると考ええる。引き続き JR 東日本が目指している CBM の実現のため、機能の向上等を図っていきたい。

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 相互関係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, pp95-99, 2016.

表-2 10m ブロックでの算出イメージ

No.	WB	キロ程	差	対象日	比較日	フラグ	1mピッチ	10mブロック
1		0k000m	0.8	-0.5	-1.3			
2		0k001m	1.0	-1.5	-2.5		○	
3		0k002m	0.9	-2.3	-3.2			
4		0k003m	0.5	-2.6	-3.1			
5		0k004m	0.2	-2.1	-1.9			
6		0k005m	1.4	-0.9	0.5		○	
7		0k006m	2.5	1	3.5		○	
8		0k007m	3.4	3.2	6.6		○	
9		0k008m	3.5	5.2	8.7		○	○
10		0k009m	2.8	6.5	9.3	計数中止		
11	W	0k010m	1.5	6.4	7.9	計数中止		
12	W	0k011m	0.1	4.8	4.9	計数中止		
13	W	0k012m	0.8	1.8	1	計数中止		
14	W	0k013m	1.1	-1.5	-2.6		○	○
15		0k010m	1.0	-4	-5		○	
16		0k011m	0.5	-5.1	-5.6			
17		0k012m	0.3	-4.6	-4.9			
18		0k013m	0.2	-3.3	-3.5			
19		0k014m	0.3	-2.2	-2.5			
20		0k015m	0.5	-1.8	-2.3			