

在来線における短波長軌道狂い管理の検討

【土】 ○片岡 武 (西日本旅客鉄道株式会社)

Study of short-wave-length track irregularity management in Conventional line

○Takeshi KATAOKA (West Japan Railway Company)

Track inspection car has been renewal and its measuring method has been changed from 10m-chord versine to asymmetrical chord offset. By using asymmetrical chord offset, we have been able to manage shorter wave length track irregularity than before. In this paper, we introduce the practical use method of short-wave-length irregularity management in conventional line.

キーワード：軌道検測車、短波長、ラボックス

Key Words : Track Inspection Car, Short-wave-length, Labocs

1. はじめに

当社の在来線における軌道狂い管理では 10m 弦正矢や 20m 弦正矢を用いている。軌道検測車が 3 台車方式から 2 台車方式に変わり偏心矢での検測となったため、データ処理により 10m 未満の正矢が算出でき、10m 弦正矢では把握しにくい短い波長の軌道狂い (短波長) が把握しやすくなった。そこで、在来線において短い波長の軌道狂い管理の活用方法について検討をおこなったので、その概要について紹介する。

2. 短波長軌道狂いの評価指標の検討

当社の軌道検測車 (以下、キヤ車) は、高低狂いを 2.1m と 14.4m の偏心矢で検測している。偏心矢と 10m 弦正矢の検測特性を図 1 に示す。10m 弦正矢では波長 5m 付近の検測倍率が小さいが、偏心矢の検測倍率は大きく、10m 弦正矢で把握できない短波長の軌道狂いの把握が可能である。この点に着目し、継目部の評価に 4m 弦正矢を活用することが既往の研究で提案されている<sup>1)</sup>。

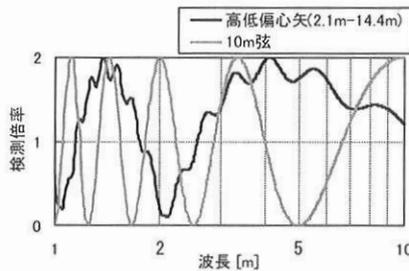


図 1 10m 弦と偏心矢の検測特性

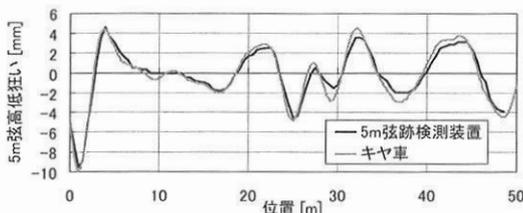


図 2 跡検測装置とキヤ車の 5m 弦高低狂いの比較

正矢の弦長が短いほうが継目落ち等の局所的な軌道狂いの評価には適しているが、当社で MTT の仕上り確認に用いている検測装置が 5m 弦正矢法であることを考慮し、5m 弦正矢を活用することとした。検測装置と検測車の 5m 弦の波形を図 2 に示す。図 2 より両者のデータは同程度の値となっていることが確認できる。

3. 5m 弦高低狂いによる軌道狂いの評価

短波長の軌道狂いの発生箇所の主な箇所として、ロングレール区間では接着絶縁継目 (IJ) 部が、定尺区間では継目部が挙げられる。これら箇所では、継目板や継目ボルトの折損事例があり、列車抑止や徐行等の列車の安全・安定輸送に影響を及ぼしている。IJ の継目板折損を防止するためにはレールの上下変位を抑制することが効果的であることが既往の研究で報告されている<sup>2)</sup>。そこで、ソフト対策として 5m 弦高低狂いを活用して継目板の折損を防止できないかを検討した。

3.1 近年の IJ の継目板の折損事例との関係

平成 20 年度以降、当社の管内で 11 件の IJ の継目板の折損事例があった。折損箇所の概要を表 1 に示す。

IJ の区間を対象に、表 1 の No1 の線区で継目板の折損を確認する直前のキヤ車で検測した 5m 弦高低狂いと 10m 弦高

No	線名	レール種別	経過年数	累積通トン (百万トン)	道床
1	A線	50N	18	318	ハラスト
2	A線	50N	11	165	ハラスト
3	A線	50N	14	217	ハラスト
4	A線	50N	6	70	コンクリート
5	B線	50N	8	129	ハラスト
6	B線	50N	16	291	ハラスト
7	C線	50N	20	287	ハラスト
8	C線	50N	17	226	ハラスト
9	D線	50N	6	201	ハラスト
10	D線	60k	20	459	ハラスト
11	E線	50N	14	418	ハラスト

表 1 IJ 継目板折損箇所の概要

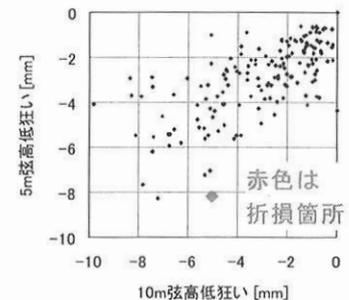


図 3 IJ 箇所の 10m 弦と 5m 弦の高低狂いの比較

低狂いの関係を図 3 に示す。折損箇所は他の IJ 区間と比較して 10m 弦高低狂いに特徴はないが、5m 弦高低狂いでは極めて大きな狂いとなっており、5m 弦のほうが 10m 弦よりも相関があると考えられる。

表 1 の全箇所を対象に、折損直前の 5m 弦高低狂いと 10m 弦高低狂いの関係を図 4 に示す。

図 4 から IJ の継目板折損箇所の多くは、5m 弦高低狂いが -7mm 未満で発生しており、10m 弦よりも値が小さいことが確認できる。また、IJ で高低狂いが -7mm 未満の箇所は図 4 からも限定でき、他の箇所でも同様の傾向であったため、管理値の目安としても現実的な数値であり、対象箇所の軌道整備や監視強化等を行うことで IJ の継目板折損防止が図れるのではないかと考えられる。

5m 弦高低狂いが -7mm 以上の箇所である 3 箇所については、No4 はトンネル内のコンクリート道床であるため局所的な狂いが発生しにくいこと、No7 は敷設して 20 年と長い年月が経過していること、No11 は通トンが 4 億トンを超えていることから、折損の要因としては軌道狂い以外の他の要因の影響が大きいと考えられる。

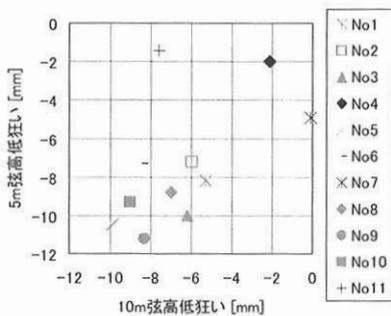


図 4 IJ 継目板折損箇所の 10m 弦と 5m 弦の高低狂い

3. 2 5m 弦高低狂い著大箇所の調査

IJ で 5m 弦高低狂いの大きい箇所では上下変位がどの程度発生しているかを調査した。上下変位とキヤ車の 5m 弦、10m 弦高低狂いの関係を図 5 に示す。現場でも全ての箇所で見ることができたこと、5m 弦高低狂いのほうが 10m 弦高低狂いよりもばらつきが少ないことから、浮きまくらぎ箇所の把握には 10m 弦高低狂いよりも 5m 弦高低狂いのほうが適していると考えられる。

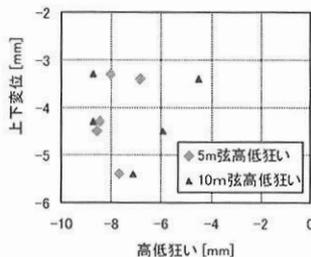


図 5 IJ の 5m 弦、10m 弦の高低狂いと上下変位

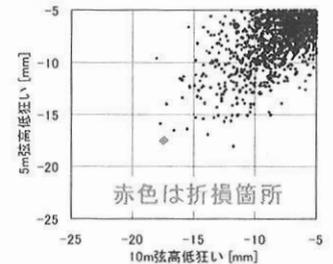
3. 3 普通継目の損傷事例

平成 20 年度以降、普通継目部で 2 件の継目板折損があった。折損箇所の概要を表 2 に示す。

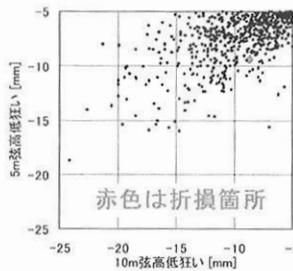
表 2 の線区について、折損の直前にキヤ車で検出した 5m 弦高低狂いの著大値とそれに対応する 10m 弦高低狂いとの関係を図 6 に示す。図 6(a)、(b) より、No1 は 5m 弦でも 10m 弦でも高低狂いが非常に大きく、同程度の値となっているが、No2 は 5m 弦、10m 弦でも顕著な高低狂い値となっていない。No2 では継目板折損の約 2 年前に MTT 整備を行っており、MTT 整備前の 5m 弦と 10m 弦の高低狂いを調べてみると、図 6(c) より 5m 弦、10m 弦でも比較的大きな高低狂い値であり、その値は同程度であった。

No	線名	レール種別	経過年数	累積通トン (百万トン)	道床	継目板種別
1	A線	50N	25	104	ハラスト	異形継目板
2	B線	50N	21	279	ハラスト	普通継目板

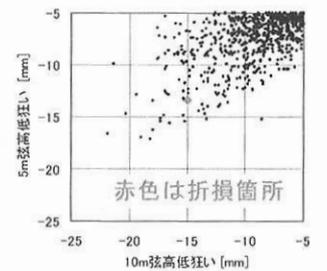
表 2 普通継目での継目板折損箇所の概要



(a) No1 の線区



(b) No2 の線区



(c) No2 の線区 (MTT 整備前)

図 6 普通継目箇所の 5m 弦高低狂いと 10m 弦高低狂いの関係

4. まとめ

軌道検測車の検測データから算出した 5m 弦高低狂いの活用方法として、継目板折損事例と関連させて検討したところ、以下のことがわかった。

- 1) IJ の継目板折損箇所は、5m 弦高低狂いのほうが 10m 弦高低狂いよりも相関がある。
- 2) IJ の継目板折損箇所の多くは、5m 弦高低狂いが -7mm 未満で起こっている。
- 3) 普通継目の継目板折損箇所は、10m 弦高低狂いと 5m 弦高低狂いが同程度の比較的大きな値で起こっている。

以上の検討結果や更なる現場の情報収集により、5m 弦高低狂いの活用方法について具体的な検討を進めていきたい。

参考文献

- 1) 古川他「軌道検測車の偏心矢を用いた継目落ち・角折れ等の評価」鉄道総研報告, 2009.10
- 2) 若月他「改良形接着絶縁レールの開発」鉄道総研報告, 2007.6

## 新幹線自動動揺計の更新について

○ [土] 片岡 慶太 (東日本旅客鉄道株式会社)

## New Riding Quality Management System of Shinkansen

○Keita Kataoka, (East Japan Railway Company)

Though The Great East Japan Earthquake damaged track condition of Shinkansen, now Shinkansen can operate at the ordinary speed because of the immediate restoration. The operation speed of Shinkansen will be raised from 275km/h to 320km/h in the near future and the importance of the riding quality will be highlighted more and more. This paper presents “New Riding Quality Management System”, which contains several tools to reinforce the riding quality management.

キーワード：新幹線, 乗心地, 加速度, 高周波振動

Key Words : Shinkansen, riding quality, acceleration, high frequency vibration

## 1. はじめに

JR 東日本の新幹線は、2011 年 3 月 4 日からは宇都宮～盛岡間の 300km/h 営業運転を開始した。速度向上直後の 3 月 11 日に発生した東日本大震災とその後の余震により、東北新幹線の軌道状態は大きな影響を受けたものの、その後の復旧作業により、9 月 23 日からは所定速度での走行が可能となっている。今後、2012 年度末には宇都宮～盛岡間の 320km/h 営業運転開始を予定しており、万全の態勢で速度向上を迎えられるように、関係者一同が取り組んでいるところである。当社では、今まで使用してきた営業列車常設式の列車動揺計（自動動揺計）の老朽取替に合わせて、新幹線高速化に向けてよりレベルの高い乗心地管理ができるよう自動動揺計の機能向上を行った。本稿では、機能向上の概要と今後の動揺管理手法について紹介する。

## 2. 自動動揺計の更新概要について

## 2.1 新型自動動揺計の導入

現在、列車動揺については軌道検測車 (East-i) と営業列車により測定しているが、新幹線の速度向上に伴い、お客様の乗車している営業列車での動揺を把握する重要性がより一層高まっていることから、自動動揺計の機能向上と、従来の 6 編成から 11 編成への増備を行い、車種に応じたきめの細かい動揺管理ができるようになっている。

## 2.2 乗心地レベルによる軌道管理

従来では East-i の動揺データから簡易的に乗心地レベルを計算していたが、今回、保技セにおいて簡単に参照できるようにした (図 1 参照)。グラフは横軸をキロ程として、100m ロット毎の乗心地レベルを棒グラフにより表

示したものである。これにより、更にお客様の体感に近い乗心地の評価が可能となっている。

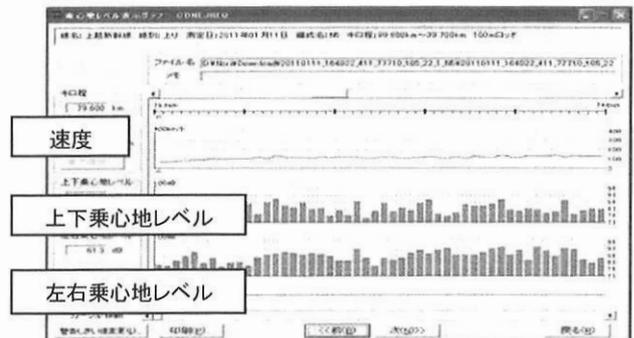


図 1 乗心地レベル

## 2.3 周波数分析による軌道管理

動揺箇所であるのに長波長整備目標値超過箇所が存在しないなど動揺発生要因が特定できない、といった従来の課題に対して、保技セにおいても動揺加速度の周波数分析が可能となっている (図 2 参照)。本ツールでは動揺発生箇所に対して周波数分析を行い、卓越する周波数を特定することができる。また、卓越する周波数と走行速度から、対応する波長を計算し、動揺の発生要因を推定する。

## 3. 新型自動動揺計の活用について

## 3.1 動揺要因の推定

図 3 は、動揺の発生箇所に対して周波数解析を行った結果である。当該箇所の走行速度は 268km/h であり、15Hz に対応する波長を計算すると 5m となる。原因としては軌道スラブのあおりが考えられるが、現場調査を行う前に動揺要因を推定し、効率的な調査を行うことができる。このようにして卓越している周波数 (波長) から、スラブや締結装

置等の動揺要因を特定することができる。

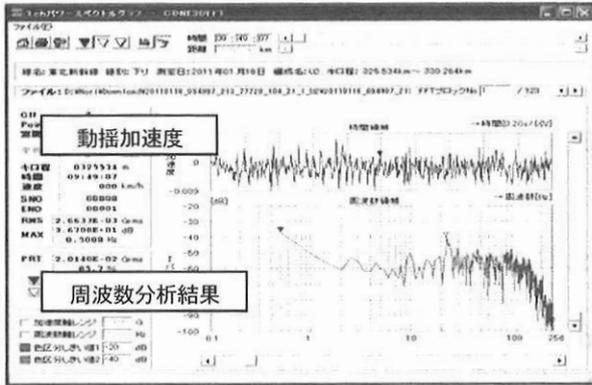


図 2 周波数分析ツール

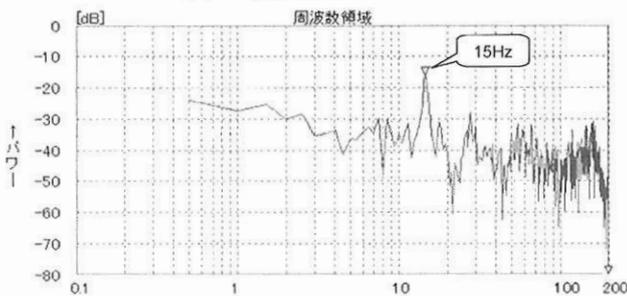


図 3 卓越周波数による動揺要因の推定

### 3.2 高周波振動箇所の把握

#### (1) 新しい乗心地フィルタ

近年、乗心地を評価する際、「乗心地レベル」が体感と合わないという問題が生じており、この原因としては高周波振動の影響が乗心地レベルにほとんど反映されないという点があったことから、この問題について（公財）鉄道総研に指定課題として検討依頼した結果、新しい乗心地フィルタの報告があった（図 4 参照）。また、新しいフィルタの適用により、今までより高周波振動の乗心地レベルは悪化するものの、人間の体感との相関係数は新しいフィルタのほうが高くなるという実車試験の結果が報告されている。

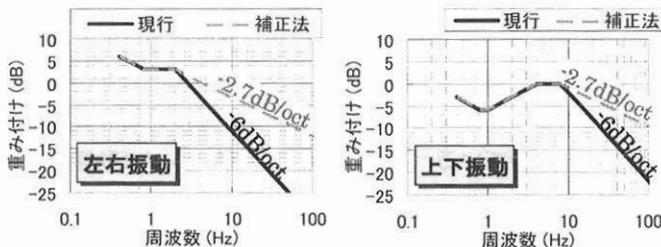
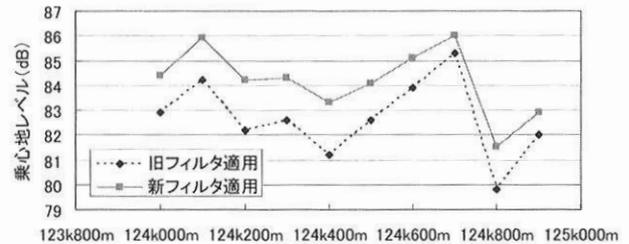


図 4 乗心地フィルタ（現行と補正法）

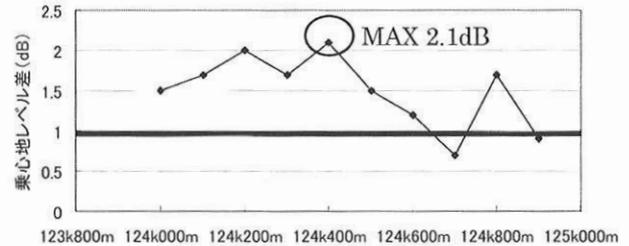
#### (2) 高周波振動対策を考慮した動揺管理

当社の新幹線では、高周波振動対策が課題であり、高周波振動箇所の把握と定量的な評価が必要である。図 5 は、高周波振動が発生している箇所について、横軸をキロ程として新旧乗心地レベルを比較したものである。当社の新幹線において新旧乗心地レベルを比較した結果、高周波振動のない箇所では 1dB 程度、新しい乗心地レベルのほうが大きくなった。高周波振動箇所は、新旧フィルタによる乗心地レベル差が大きい箇所との相関性が高いと考えられるこ

とから、新旧乗心地レベル差が大きい箇所（図 6 参照）について周波数分析や現場調査等を行い、動揺原因を特定し、軌道整備や材料交換を行っていく予定である（図 7 参照）。



(a) 新旧乗心地レベル



(b) 新旧乗心地レベル差

図 5 高周波振動箇所の新旧乗心地レベル

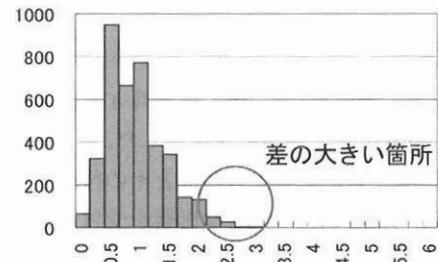


図 6 新旧乗心地レベル差の頻度分布

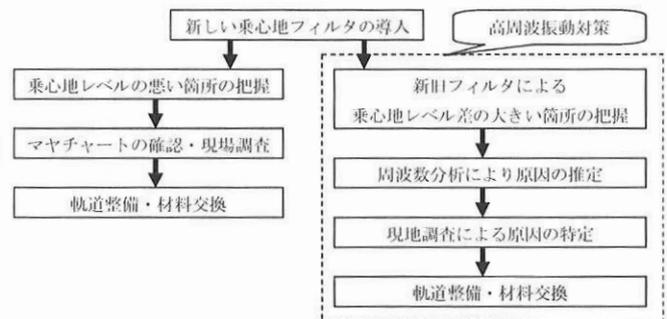


図 7 高周波振動対策を考慮した動揺管理

### 4. おわりに

現在、各保技セでは、乗心地向上のために効果的な対策を検討するため、「モデル区間」を設定し、軌道パッドの低弾性化、レール断面形状の削正、スラブのてん充層補修などの各種対策をそれぞれ実施し、その効果を新型自動動揺計の各種ツールを活用して定量的に評価する取り組みを行っている。これらの結果を全社的に共有化し、乗心地向上へ向けた最適な軌道整備方法について整理していく。

#### 参考文献

1) 中川千鶴, 島宗亮平: 高周波振動に対応した乗り心地フィルタの改良, JREA, Vol.54, No.11, pp.7-10, 2011