

RA2023-1

# 鉄 道 事 故 調 査 報 告 書

I 近江鉄道株式会社 多賀線 高宮駅構内  
列車脱線事故

令和5年1月19日

本報告書の調査は、本件鉄道事故に関し、運輸安全委員会設置法に基づき、運輸安全委員会により、鉄道事故及び事故に伴い発生した被害の原因を究明し、事故の防止及び被害の軽減に寄与することを目的として行われたものであり、事故の責任を問うために行われたものではない。

運輸安全委員会  
委員長 武田 展雄

## 《参 考》

本報告書本文中に用いる分析の結果を表す用語の取扱いについて

本報告書の本文中「3 分 析」に用いる分析の結果を表す用語は、次のとおりとする。

- ① 断定できる場合  
・・・「認められる」
- ② 断定できないが、ほぼ間違いない場合  
・・・「推定される」
- ③ 可能性が高い場合  
・・・「考えられる」
- ④ 可能性がある場合  
・・・「可能性が考えられる」  
・・・「可能性があると考えられる」

I 近江鉄道株式会社 多賀線  
高宮駅構内  
列車脱線事故

# 鉄道事故調査報告書

鉄道事業者名：近江鉄道株式会社

事故種類：列車脱線事故

発生日時：令和4年2月7日 21時17分ごろ

発生場所：滋賀県彦根市

多賀線 高宮駅構内（単線）

令和4年12月19日

運輸安全委員会（鉄道部会）議決

委員長 武田展雄

委員 奥村文直（部会長）

委員 石田弘明

委員 早田久子

委員 鈴木美緒

委員 新妻実保子

## 要旨

### <概要>

近江鉄道株式会社多賀線の多賀大社前駅発米原駅行き2両編成（ワンマン運転）の上り第4110列車の運転士は、令和4年2月7日（月）21時17分ごろ、高宮駅構内の半径160mの右曲線を通過中に衝撃を感じたため列車を停止させた。

停止後に運転士が列車を確認したところ、先頭車両の前台車前軸、先頭車両の後台車前軸及び後部車両の前台車前軸が脱線していた。

列車には、乗客約100名及び運転士1名が乗車していたが、負傷者はいなかった。

### <原因>

本事故は、列車が半径160mの右曲線を通過中に、軌間が大きく拡大したため、先頭車両前台車と後台車、後部車両の前台車それぞれの前軸右車輪が軌間内に落下したことにより発生したものと考えられる。

軌間が大きく拡大したことについては、同曲線中の静的軌間変位が大きかったこと、まくらぎやレール締結状態の不良が連続していたため、列車走行時の横圧によるレールの横移動や小返りで軌間が動的に拡大したことによるものと考えられる。

静的軌間変位が大きかったことについては、軌間変位の整備基準値が適正な値よりも大きかったことが関与しているものと考えられる。

まくらぎやレール締結状態の不良が連続していたことについては、点検方法や判定基準などが明確化されておらず、適切な整備ができていなかったことが関与しているものと考えられる。

本事故の発生については、同曲線中のスラックが比較的大きかったため軌間内脱線に対する余裕が小さくなっていたこと、脱線防止レールがまくらぎに締結されていない箇所があったため右車輪からの背面横圧等による小返り等が発生し、動的にフランジウェー幅が拡大したことにより、脱線防止の機能が十分に発揮できなかったことが関与した可能性が考えられる。また、運輸安全委員会の平成30年6月28日付け運委参第43号「軌間拡大による列車脱線事故の防止に係る意見について」に対応した対策が不十分であったことが関与しているものと考えられる。

# 目 次

1	鉄道事故調査の経過	1
1.1	鉄道事故の概要	1
1.2	鉄道事故調査の概要	1
1.2.1	調査組織	1
1.2.2	調査の実施時期	1
1.2.3	原因関係者からの意見聴取	1
2	事実情報	1
2.1	運行の経過	1
2.1.1	運転士の口述	1
2.1.2	運転状況の記録	2
2.2	人の死亡、行方不明及び負傷	3
2.3	鉄道施設等に関する情報	3
2.3.1	事故現場に関する情報	3
2.3.2	鉄道施設の損傷状況等に関する情報	4
2.3.3	鉄道施設に関する情報	4
2.4	車両に関する情報	12
2.4.1	車両の概要	12
2.4.2	車両の整備に関する情報	13
2.4.3	車両の定期検査等の実施状況に関する情報	14
2.4.4	車両の損傷状況等に関する情報	16
2.5	乗務員に関する情報	16
2.6	運転取扱い等に関する情報	16
2.7	気象に関する情報	17
2.8	過去の同種事故への対応に関する情報	17
3	分析	18
3.1	脱線の状況に関する分析	18
3.1.1	脱線開始地点について	18
3.1.2	先頭車両前台車の脱線について	18
3.1.3	先頭車両後台車の脱線について	18
3.1.4	後部車両前台車の脱線について	18
3.1.5	脱線開始地点の脱線の状況について	19
3.2	本事故の発生時刻及び本件列車の速度に関する分析	19

3.3	軌道に関する分析	20
3.3.1	軌道変位について	20
3.3.2	まくらぎについて	23
3.3.3	レールの締結について	23
3.3.4	軌間拡大について	26
3.3.5	スラックについて	27
3.3.6	線路の保守体制について	28
3.4	車両に関する分析	28
3.5	気象に関する分析	28
3.6	過去の同種事故への対応に関する分析	29
3.7	脱線の原因に関する分析	29
4	原因	30
5	再発防止策	31
5.1	必要と考えられる再発防止策	31
5.2	事故後に同社が講じた措置	32
5.2.1	緊急対策	32
5.2.2	恒久対策	32
5.3	事故後に国土交通省が講じた措置	33

## 添 付 資 料

付図1	近江鉄道の路線略図	34
付図2	事故現場付近の地形図	34
付図3	事故現場の略図と脱線の状況	35
付図4	事故現場の略図と脱線の痕跡	36
付図5	事故現場付近の軌道変位等の状況	37
付図6	レール車輪間に作用する力	38
付図7	列車脱線事故の関与要因	38
附属資料1	軌道変位の種類と定義	39
附属資料2	軌間変位の限度値の考え方	40



# 1 鉄道事故調査の経過

## 1.1 鉄道事故の概要

近江鉄道株式会社多賀線の多賀大社前駅<sup>たがたいしゃまえ</sup>発米原駅<sup>まいぼら</sup>行き2両編成（ワンマン運転）の上り第4110列車の運転士は、令和4年2月7日（月）21時17分ごろ、高宮駅<sup>たかみや</sup>構内の半径160mの右曲線（前後左右は列車の進行方向を基準とする。）を通過中に衝撃を感じたため列車を停止させた。

停止後に運転士が列車を確認したところ、先頭車両の前台車前軸、先頭車両の後台車前軸及び後部車両の前台車前軸が脱線していた。

列車には、乗客約100名及び運転士1名が乗車していたが、負傷者はいなかった。

## 1.2 鉄道事故調査の概要

### 1.2.1 調査組織

運輸安全委員会は、令和4年2月7日、本事故の調査を担当する主管調査官ほか1名の鉄道事故調査官を指名した。

近畿運輸局は、本事故調査の支援のため、職員を事故現場等に派遣した。

### 1.2.2 調査の実施時期

令和4年2月 8日	現場調査及び口述聴取
令和4年2月 9日	現場調査
令和4年3月11日	現場調査

### 1.2.3 原因関係者からの意見聴取

原因関係者から意見聴取を行った。

# 2 事実情報

## 2.1 運行の経過

### 2.1.1 運転士の口述

事故に至るまでの経過は、近江鉄道株式会社（以下「同社」という。）の多賀大社前駅発米原駅行き上り第4110列車（以下「本件列車」という。）の運転士（以下「本件運転士」という。）の口述によれば、概略次のとおりであった。

事故当日は、6時52分ごろに八日市駅<sup>ようかいち</sup>で出勤点呼を受け、7時12分に留置車両を出庫して、八日市駅7時21分発の米原駅行き上り第5100列車に

乗務した。その後、休憩を挟みながら、本件列車と同じ車両を使用した列車を含む複数の列車に乗務して、彦根駅 20 時 32 分発の多賀大社前駅行き下り第 2409 列車に乗務した。なお、本事故当日は本事故発生まで、本事故現場及び本件列車の車両について異常は感じなかった。

第 2409 列車に乗務した後、本件列車に乗務した。スクリーン駅を定刻（21 時 15 分）に出発し、40 km/h になるまで力行<sup>りきこう</sup>した後、惰行し、曲線の 20 km/h 制限の標識が見えてきたため、20 km/h まで減速した。その後、半径 160 m 及び 400 m の右複心曲線<sup>\*1</sup>（高宮駅起点 0 k 221 m～0 k 016 m、以下「高宮駅起点」は省略する。）（以下「本件曲線」という。）を 20 km/h で走行中に、金属がこすれたような音が台車付近から聞こえた後、今まで経験したことがないような「ドン」という衝撃があったため、非常ブレーキを扱い、本件列車を停止させた。

停止後、脱線した可能性が高いことを業務用携帯電話で運転指令に連絡した。その後、脱線の状況を確認するために降車したところ、本件列車の先頭車両の前台車前軸の右車輪がレールと脱線防止レール<sup>\*2</sup>の間に落ちていることを確認したため、本件列車が脱線していることを運転指令に報告した。しばらくして、電車区、保線区及び運輸区から来た係員とともに、乗客の降車を 22 時 10 分ごろから開始して 22 時 30 分ごろに完了し、乗客を高宮駅まで案内した。なお、乗客にけがはなかった。

（付図 1 近江鉄道の路線略図、付図 2 事故現場付近の地形図、付図 3 事故現場の略図と脱線の状況 参照）

## 2.1.2 運転状況の記録

本件列車には、運転状況を記録する装置（以下「運転状況記録装置」という。）が装備されており、本事故発生前後の本件列車の運転状況概略は、表 1 のとおりであった。なお、キロ程は本件列車の先頭を示している。

\*1 「複心曲線」とは、半径の異なる同一方向の曲線が連続する線形のことをいう。

\*2 「脱線防止レール」とは、脱線を防止するために内軌の軌間内側に設けられるレールのことである。



表 1 運転状況記録装置の記録

時刻	列車速度 [km/h]	キロ程	操作	備考
21時15分47秒	0	0k779m	力行	スクリーン駅出発
21時16分09秒	38	0k642m	ノッチオフ	
21時16分36秒	38	0k368m	ブレーキ	曲線進入のため減速
21時16分49秒	19	0k262m	ブレーキオフ	
21時17分16秒	11	0k136m	非常ブレーキ	
21時17分18秒	0	0k133m		停止

※時刻はGPS (Global Positioning System) によって補正されているが、列車速度とキロ程については、実測試験等を実施して補正したものではないため、若干の誤差が内在している可能性がある。

また、本件列車の先頭車両の運転台には列車前方の映像と音声を記録するドライブレコーダーが設置されており、本件列車の記録が残されていたが、スクリーン駅を出発してから脱線後に停止するまでの間、建築限界内に障害物等は確認できなかった。

## 2.2 人の死亡、行方不明及び負傷

なし。

## 2.3 鉄道施設等に関する情報

### 2.3.1 事故現場に関する情報

本件列車は、先頭位置が本件曲線の0k133m付近で停止しており、脱線していた先頭車両の前台車前軸の位置は0k135m付近、後台車前軸の位置は0k149m付近、後部車両の前台車前軸の位置は0k155m付近であった。

先頭車両の脱線状態は、前台車前軸及び後台車前軸の右車輪が、右レールと脱線防止レールの間に脱線していた。また、前台車全2軸及び後台車後軸の左車輪は、左レールの頭頂面から数mm～数cm浮いている状態であった。

後部車両の脱線状態は、前台車前軸の右車輪が、右レールと脱線防止レールの間に脱線していた。

(付図3 事故現場の略図と脱線の状況 参照)

## 2.3.2 鉄道施設の損傷状況等に関する情報

- (1) 0 k 1 6 2 m付近の右レール（内軌）のゲージコーナー<sup>\*3</sup>側の頭部側面には、右車輪が軌間内に落下して車輪の表リム面が擦ったと見られる痕跡（以下「脱線痕」という。）が3か所あった。なお、これより手前及び同地点の左レール（外軌）には、脱線の痕跡は確認されなかった。
- (2) 0 k 1 6 2 m付近から本件列車の前台車前軸が停止していた0 k 1 3 5 m付近の間で、連続して右レール（内軌）の頭部側面に右車輪と接触したと見られる痕跡があった。また、同区間において、連続して脱線防止レールの右レール側の底部にフランジ先端が走行したと見られる痕跡があった。

(付図4 事故現場の略図と脱線の痕跡 参照)

## 2.3.3 鉄道施設に関する情報

### 2.3.3.1 路線の概要

同社多賀線の高宮駅～多賀大社前駅間は、延長2.5kmの単線で電化（DC1500V）された路線であり、軌間は1,067mmである。

同社には、多賀線のほかに、米原駅と貴生川<sup>きぶかわ</sup>駅を結ぶ延長47.7kmの本線及び八日市駅と近江八幡駅を結ぶ延長9.3kmの八日市線（いずれも単線で電化（DC1500V）された路線）があり、同社の営業キロの総延長は59.5kmである。

なお、高宮駅～多賀大社前駅間における1日当たりの列車の運行本数は、2両編成で上り及び下り列車がそれぞれ29本の合計58本である。

(付図1 近江鉄道の路線略図 参照)

### 2.3.3.2 線路の概要

本事故現場である本件曲線の線路に関する情報は以下のとおりである。

- (1) 本件曲線は、半径160m及び半径400mの右複心曲線である。0 k 2 2 1 m～0 k 2 1 1 mが緩和曲線、0 k 2 1 1 m～0 k 1 2 3 mが半径160mの円曲線、0 k 1 2 3 m～0 k 1 0 3 mが中間緩和曲線、0 k 1 0 3 m～0 k 0 5 3 mが半径400mの円曲線、0 k 0 5 3 m～0 k 0 3 3 mが中間緩和曲線、0 k 0 3 3 m～0 k 0 2 8 mが半径160mの円曲線、0 k 0 2 8 m～0 k 0 1 6 mが緩和曲線である。本事故は0 k 2 1 1 m～0 k 1 2 3 mの半径160mの円曲線中で発生した。また、半径160

---

\*3 「ゲージコーナー」とは、敷設されたレールの頭部の軌間内側で、車輪のフランジと接触する部分をいう。

mの円曲線には、カント<sup>\*4</sup>30mm、スラック<sup>\*5</sup>25mmが設定されている。

- (2) 線路の勾配は、0k222mまでは下り勾配10.0%、0k222mからは下り勾配1.9%である。
- (3) 軌道構造は、バラスト軌道で、まくらぎは主に木まくらぎであるが、一部はPCまくらぎである。本件曲線中は、0k221m～0k153m付近までは3本に1本がPCまくらぎ、0k153m付近以降は全て木まくらぎである。また、レールは40kgNレールである。
- (4) 脱線痕が見られた地点付近(0k162m)から本件列車の先頭の停止位置(0k133m)までの間、右レールにはレール継目(0k155m)がある。
- (5) 本件曲線中のまくらぎ間隔は約640mmである。
- (6) 木まくらぎ箇所において、レールはまくらぎ1本当たり4本の犬くぎによって締結されている(図1参照)。

木まくらぎへの犬くぎの打込み方法に関しては、同社の軌道整備心得において、以下のように記載されている。

(犬くぎ類)

第028条 犬くぎは、まくら木1本に対して4本とし、特別の場合を除いて一定の方向にハ型に打ち込む、且つまくら木縁端から犬くぎの中心まで50mm程度の距離を保たなければならない。

(犬くぎ類の増打ち)

第029条 はさみ木、パット等を挿入する場合<sup>原文ママ</sup>または軌道状態等により、必要に応じて犬くぎ類を増打ちすることができる。

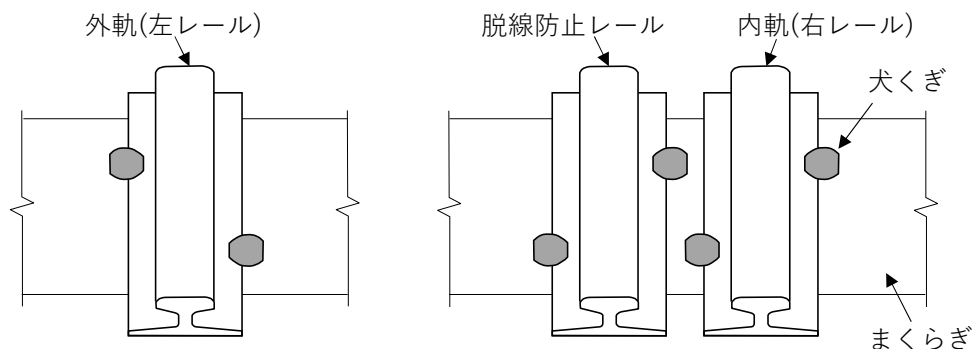


図1 本件曲線中の木まくらぎ箇所における主なレール締結装置

\*4 「カント」とは、曲線を走行する際の遠心力が走行安全性及び乗り心地に悪影響を及ぼさないよう設定された、曲線外側のレールと内側のレールとの高低差をいう。

\*5 「スラック」とは、曲線を円滑に走行するために軌間を所定の大きさよりも広げる量をいう。

(7) PCまくらぎのレール締結には、板ばね式の二重弾性締結装置が用いられている（図2 参照）。

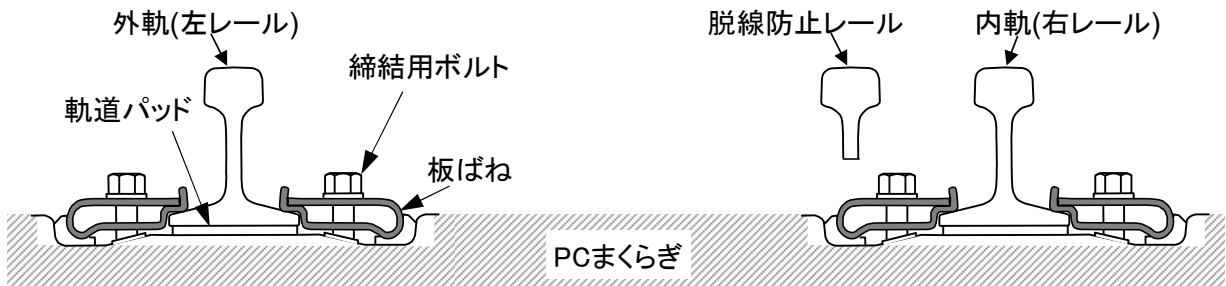


図2 本件曲線中のPCまくらぎ箇所におけるレール締結装置

(8) 本件曲線の全長に渡り、右レールの軌間内側に40kgNレールの脱線防止レールが設置されている。脱線防止レールは、木まくらぎに内外1本ずつの犬くぎで締結されている（図1 参照）。ただし、図3に示すように、犬くぎで締結されていない箇所が存在した。

また、PCまくらぎ箇所においては、締結装置を支障しないように、脱線防止レールの底部が切断されている（図2 参照）。

なお、「写真で見る線路管理の手引き<sup>\*6</sup>」によると、脱線防止レールの敷設方法として、まくらぎへの締結方法は「犬くぎ類により各まくらぎに締結する」とされている。

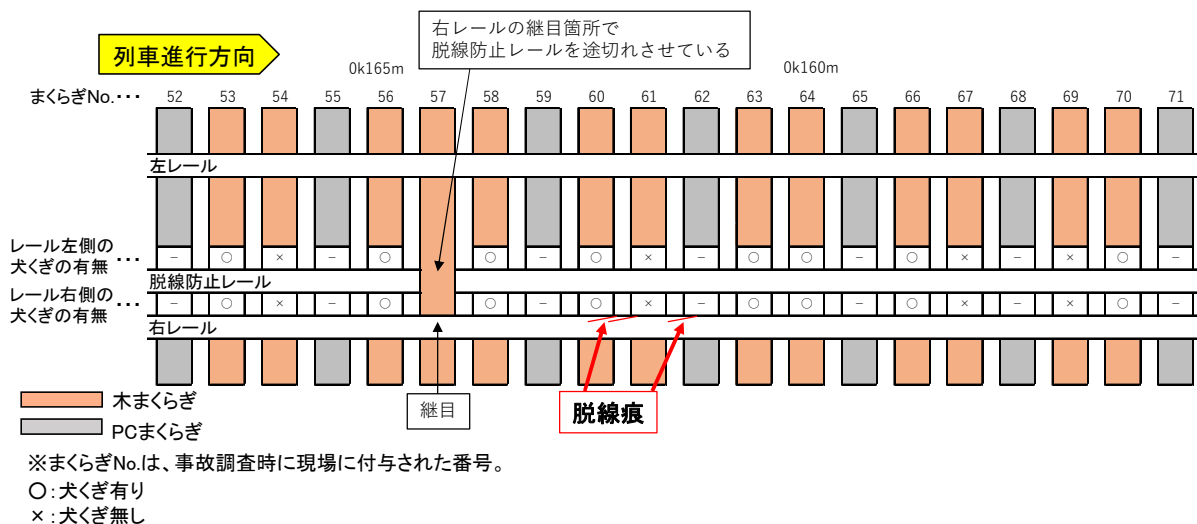


図3 脱線防止レールの締結

\*6 「写真で見る線路管理の手引き」（一般社団法人 日本鉄道施設協会、平成28年、p.232）

### 2.3.3.3 軌道の定期検査等

#### (1) 軌道変位の定期検査

「鉄道に関する技術上の基準を定める省令」（平成13年国土交通省令第151号）に基づき、同社が近畿運輸局長へ届け出ている実施基準（以下「届出実施基準」という。）の一部である「土木施設実施基準」で定められている本線における軌間変位、水準変位、通り変位、高低変位及び5m平面性変位の整備に関する基準値（静的軌道変位<sup>\*7</sup>）は表2のとおりである。なお、基準値に達した場合の整備期限については定められていない。

軌道変位は、可搬式の軌道変位測定装置を使用して測定し、1.8mの一次移動平均法による軌道変位<sup>\*8</sup>を算出しており、軌間変位については設計値との比較も併せて行っている。なお、軌道変位の定期検査の基準期間は1年である。

表2 軌道変位の整備基準値（静的軌道変位）

（単位：mm）

軌道変位の種別	整備基準値
軌間変位	+18 -6
水準変位	平面性に準ずる
通り変位	22
高低変位	22
5m平面性変位	18

事故現場付近における本事故発生前直近の軌道変位の定期検査は、令和3年6月30日及び令和3年8月20日に、軌道変位測定装置を使用して静的軌道変位が測定されており、その結果（以下「本事故発生前の軌道変位測定値」という。）から5mごとの測定値を軌道変位検査表としてとりまとめている。

事故現場付近の軌道変位の測定結果及び評価は次の①～⑤のとおりであった。なお、軌間変位以外の軌道変位の大小関係は絶対値で評価している。また、軌道変位の値は、軌道変位測定装置により測定された0.25mピッチの測定データを演算処理したものである。

\*7 「静的軌道変位」とは、手検測（人力による糸張り検測）や軌道変位測定装置による検測等により測定される、列車荷重（又はそれに準ずる荷重）を載荷しない状態における軌道変位をいう。一方、軌道検測車による検測等により測定される列車荷重等を載荷した状態における軌道変位を「動的軌道変位」という。

\*8 「移動平均法による軌道変位」とは、軌道変位の検査における測定値から、測点付近の一定区間長での平均値を減じた値をいう。同社は、一定区間長を1.8mとしている。

- ① 0 k 1 5 6 m付近の移動平均法による軌間変位は-12mmで、整備基準値(-6mm)を超過していた。なお、スラックを含む軌間変位は、0 k 1 4 3 m付近が最も大きく+39mmであり、同地点の移動平均法による軌間変位は+5mmで整備基準値(+18mm)以内であった。
- ② 水準変位は、0 k 1 6 4 m付近が最も大きく+7mmであった。
- ③ 通り変位は、0 k 1 6 6 m付近が最も大きく+22mm(整数化前の値は+22.04mm)で、整備基準値(±22mm)を超過していた。
- ④ 高低変位は、0 k 1 7 8 m付近が最も大きく+12mmで、整備基準値(±22mm)以内であった。
- ⑤ 5m平面性変位は、0 k 1 3 4 m付近が最も大きく-12mmで、整備基準値(±18mm)以内であった。

(付図5 事故現場付近の軌道変位等の状況 附属資料1 軌道変位の種類と定義参照)

## (2) 軌道部材の定期検査

「土木施設実施基準」では、レール、まくらぎ等の軌道部材について、基準期間を1年として定期検査を行うこととされている。本事故現場付近における本事故発生前直近の軌道部材の定期検査の結果は次のとおりであった。

### ① まくらぎの検査

まくらぎの検査は、令和3年9月9日に実施されており、まくらぎ及びレール締結装置の状態を確認しランク分けを行い、検査台帳にまくらぎ1本ごとの状態を記録していた。

本事故現場付近の検査結果を図4に示す。同図より、本事故現場付近の不良まくらぎは3本であった。

なお、同社の社内規程である「定期検査マニュアル(軌道編)」には、レール締結装置に関する検査項目や検査方法、判定基準が明確に規定されていなかった。また、まくらぎに関しては、検査方法や判定基準の記載はあるが、不良判定フローや、写真等による判定事例等、規程を補足するマニュアル等はなかった。



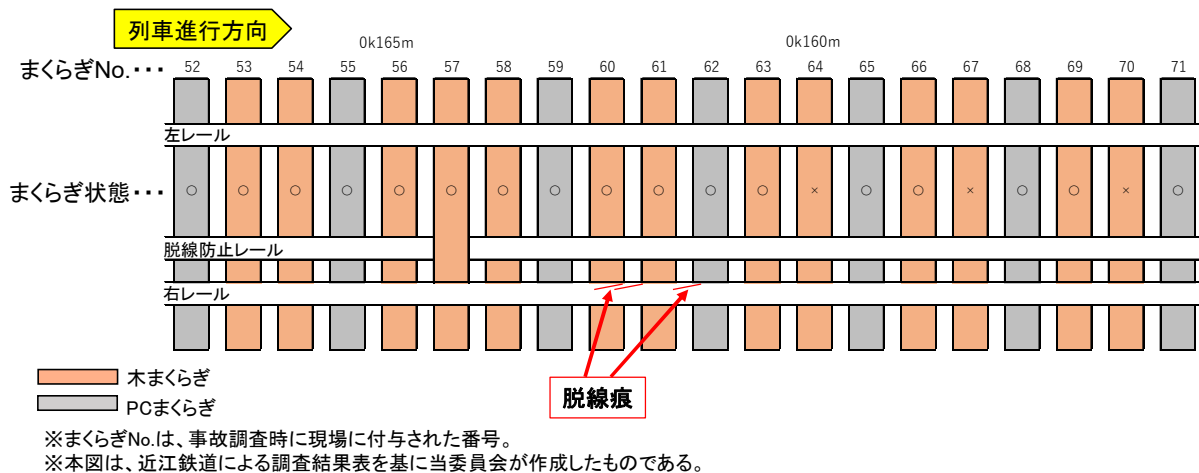


図4 まくらぎ検査結果

② レールの検査

レールの検査は、令和3年9月22日及び令和3年9月29日に実施されており、レールの摩耗及び損傷等の状態を確認していた。脱線痕が見られた地点付近の測点である0k162m地点のレール摩耗量は、内軌が1.0mm、外軌が10.2mm（いずれもレール側面の摩耗量）と記録されており、レールの交換目標値（15mm）未満であった。

③ 脱線防止レールの検査

脱線防止レールの検査は、令和3年11月8日に実施されており、脱線防止レールの締結状態やフランジウェー幅について確認した検査記録には特に問題はなかった。同社によると、本件曲線中のフランジウェー幅の設計値は85mmであり、図5に示す測定器具を使用して、狭すぎて器具が脱線防止レールに引っ掛かる地点や、広過ぎて隙間が空いている地点のみ、フランジウェー幅の値を測定し検査表に記載するとのことであった。



図5 フランジウェー幅の測定器具

### (3) 線路の巡視

「土木施設実施基準」では、本線の巡視について8日に1回以上行うこととされている。

本事故発生前直近の事故現場付近の列車巡視は、令和4年2月7日に行われており、列車巡視記録簿には異常に関する記録はなかった。

また、本事故発生前直近の事故現場付近の徒歩による巡視は、令和4年1月21日に行われており、徒歩巡視記録簿には異常に関する記録はなかった。

#### 2.3.3.4 本事故発生後の軌道の状況

##### (1) 軌道変位の状況

本事故発生直後（令和4年2月9日）に、事故現場付近の静的軌道変位の測定を軌道変位測定装置により行った。脱線痕が見られた地点の測定結果（以下「本事故発生後の軌道変位測定値」という。）は次のとおりであった。なお、これらの軌道変位は本事故の影響を受けている可能性がある。

- ① スラックを含む軌間変位は、+36mmであった。
- ② カントを含む水準変位は、+30mmであった。
- ③ 曲線半径による正<sup>せいや</sup>矢量を含む通り変位（左、外軌）は、+65mmであった。
- ④ 高低変位（右、内軌）は、-3mmであった。
- ⑤ 5m平面性変位は、+4mmであった。

##### (2) 軌道部材の状況

本事故発生直後に、事故現場付近において、レール、まくらぎ等の軌道部材を調査した結果は次のとおりであった。

- ① レールの摩耗量は0k162m付近の左レール（外軌）の側面で9mmであった。これは同社の「土木施設実施基準」に定めるレール摩耗量の整備基準値である15mm以内であった。
- ② 図6に、事故現場付近のまくらぎ状態及びレール締結状態の調査結果を示す。同図のまくらぎNo.は、事故調査時に現場のまくらぎに付与されたものである。同図に示したとおり、PCまくらぎの締結装置は、No.62は左レール外側と右レール外側の板ばねが、No.59とNo.68は右レール外側の板ばねが折れている状態であった。

また、図6に示したとおり、特に脱線痕が見られた箇所付近では、木まくらぎにおいて不良まくらぎ及び犬くぎ浮きが多数見られ、近接するPCまくらぎの締結不良と合わせて連続的にまくらぎが不良の状態であった。図7に、犬くぎの浮き・押し出し状況及び板ばねの折損状況を示す。また、

図8に、板ばねの切断面を示す。図8のように、No.59において板ばねの切断面にはさびが見られた。一方、No.62においては切断して間もないと考えられる切断面が見られた。

なお、レール締結状態に内外軌の明確な差異はなかった。

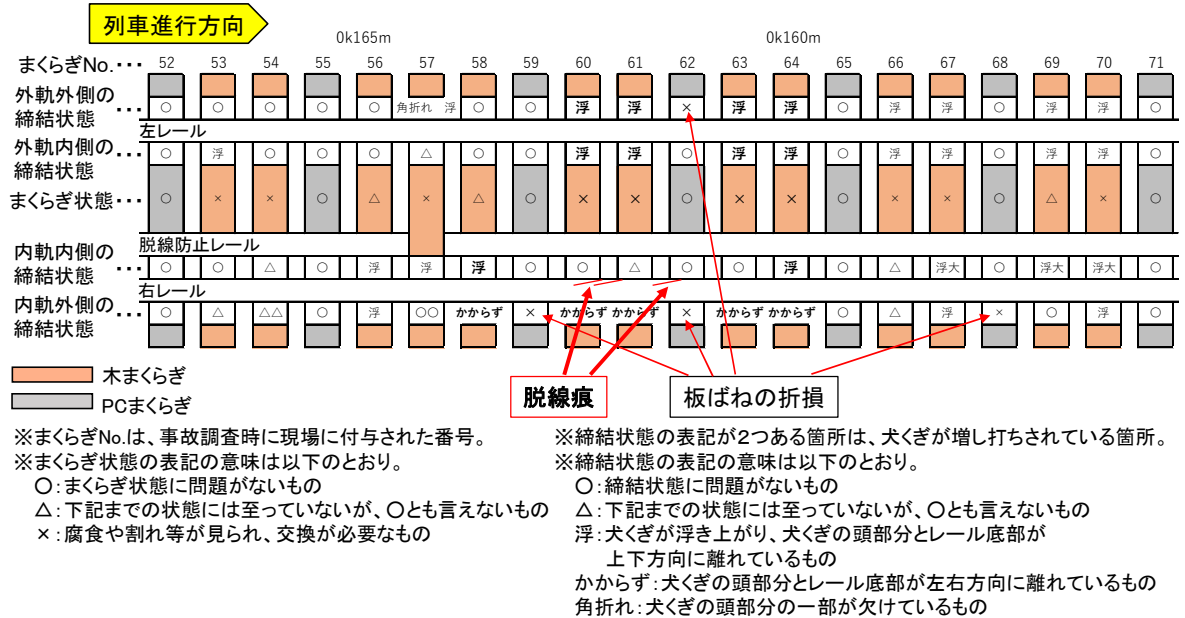


図6 まくらぎ状態及びレール締結状態



図7 犬くぎ及び板ばねの状況



表3 本件列車の主要諸元

諸元	車両	
	先頭車両 1804	後部車両 804
車両形式	モハ1800	モハ800
編成定員	136人(座席定員56人)	
空車重量	37.8 t <sup>*9</sup>	
車両長	20.0 m	
台車中心間距離	13.6 m	
台車形式	FS-372 軸箱支持装置：ペDESTAL式 車体支持装置：ダイレクトマウント式	
軸距	2.2 m	
車輪頭面形状	円錐踏面	
車輪フランジ角度	70°	
車輪径	860 mm	
車輪幅	125 mm	
製造年	1967年	

#### 2.4.2 車両の整備に関する情報

車両の整備については、届出実施基準の一部である「電車整備実施基準」で定められている。車両の定期検査の種類としては、全般検査<sup>\*10</sup>、重要部検査<sup>\*11</sup>、月検査<sup>\*12</sup>があり、検査種類ごとに定められた期間又は車両の走行距離によって定期的に行われている。また、車両の使用状況に応じ、車両の消耗品及び主要部分の機能について6日を超えない期間ごとに列車検査を行っている。

輪軸については、全般検査、重要部検査及び月検査で、車輪内面距離、車輪厚<sup>\*13</sup>、フランジ高さ及びフランジ外側面距離<sup>\*14</sup>の検査を行っている。

各項目の使用限度値は表4のとおりである。

また、車両の静止輪重の管理については、全般検査及び重要部検査時に静止輪重の測定を行い、静止輪重比<sup>\*15</sup>10%以内を管理値とし、15%を限度として管理することとされている。

\*9 [単位換算] 1 t = 1,000kg (重量)、1 kg (重量) : 1 kgf、1 kgf = 9.8 N

\*10 「全般検査」とは、同社における定期検査の一つで、車両全般について、8年を超えない期間ごとに行う検査をいう。

\*11 「重要部検査」とは、同社における定期検査の一つで、車両の動力発生装置、走行装置、ブレーキ装置その他の重要な装置の主要部分について、4年又は当該車両の走行距離が60万キロメートルを超えない期間のいずれか短い期間ごとに行う検査をいう。

\*12 「月検査」とは、同社における定期検査の一つで、車両の状態及び機能について、3か月を超えない期間ごとに行う検査をいう。

\*13 ここでいう「車輪厚」とは、車輪の中心から一定の場所に設置された測定点からの距離をいう。同社において車輪径の管理に用いられている。

\*14 「フランジ外側面距離」とは、車輪一对の中心線からフランジ外面までの距離をいう。

\*15 「静止輪重比」とは、1軸の輪軸に対し、片側の車輪の輪重をその軸の平均輪重で除した値をいう。管理値は、単位を%とし、100%との差の絶対値で表す。

(付図6 レール車輪間に作用する力 参照)

表4 輪軸に関する使用限度値

項目	使用限度値
車輪内面距離	989mm以上994mm以下
車輪厚	24mm以上
フランジ高さ	25mm以上33mm以下
フランジ外側面距離	519mm以上527mm以下

#### 2.4.3 車両の定期検査等の実施状況に関する情報

##### 2.4.3.1 定期検査等の実施状況

本件列車の本事故前直近の定期検査等の実施状況は、次のとおりである。車両及び台車の組立寸法は整備基準値以内であり、各検査の記録に異常を示すものは見られなかった。

全般検査	令和2年7月6日から令和2年8月11日まで
月検査	令和3年12月15日
列車検査	令和4年2月7日

##### 2.4.3.2 輪軸の状況

本事故発生前直近の状態・機能検査の検査結果及び本事故発生後に測定した結果は表5に示すとおりである。本件列車の車輪内面距離、フランジ高さ、フランジ外側面距離及び車輪厚は、いずれも表4に示す使用限度値内で、異常は見られなかった。

表5 輪軸各部の寸法測定結果

項目	検査種類	先頭車両（1804）							
		前台車				後台車			
		前軸		後軸		前軸		後軸	
		左	右	左	右	左	右	左	右
車輪内面距離[mm]	月検査	990.0		990.0		990.0		990.0	
	本事故発生後測定	991.0		991.0		991.0		991.0	
車輪厚[mm]	月検査	54.5	54.5	54.0	54.0	54.0	54.0	54.5	54.5
	本事故発生後測定	54.0	54.0	53.5	53.5	54.0	53.5	54.0	54.0
フランジ高さ[mm]	月検査	28.0	28.0	28.0	28.0	28.0	28.0	28.0	28.0
	本事故発生後測定	28.5	28.5	28.5	28.5	28.5	28.5	28.5	28.5
フランジ外側面距離[mm]	月検査	522.0	522.0	522.0	522.0	522.0	522.0	523.0	523.0
	本事故発生後測定	522.5	521.5	521.0	523.0	522.0	522.0	523.0	522.5

項目	検査種類	後部車両（804）							
		前台車				後台車			
		前軸		後軸		前軸		後軸	
		左	右	左	右	左	右	左	右
車輪内面距離[mm]	月検査	990.0		990.0		990.0		990.0	
	本事故発生後測定	991.0		991.0		991.0		991.0	
車輪厚[mm]	月検査	52.0	52.0	52.0	52.0	52.0	52.0	52.0	52.0
	本事故発生後測定	51.5	51.5	51.5	51.5	51.5	51.5	51.5	51.5
フランジ高さ[mm]	月検査	27.5	27.5	27.5	28.0	27.5	27.5	27.5	27.5
	本事故発生後測定	28.0	28.0	28.0	28.0	28.0	28.0	28.0	28.0
フランジ外側面距離[mm]	月検査	522.0	522.5	522.5	522.5	521.5	522.5	522.5	522.5
	本事故発生後測定	522.5	523.5	523.0	522.0	523.0	523.5	522.5	523.5

※「左」は進行方向左側車輪、「右」は進行方向右側車輪

※月検査 : 令和3年12月15日

※本事故発生後測定 : 令和4年 2月 8日

#### 2.4.3.3 静止輪重及び静止輪重比の状況

本事故発生前直近の静止輪重の測定結果及び本事故発生後の測定結果は表6に示すとおりである。静止輪重比はいずれも管理値（10%）以内で、異常は見られなかった。

表6 静止輪重の測定結果

項目	検査種類	先頭車両（1804）							
		前台車				後台車			
		前軸		後軸		前軸		後軸	
		左	右	左	右	左	右	左	右
静止輪重[kN]	全般検査	48.0	50.0	47.0	46.0	49.0	42.0	42.0	49.0
	本事故発生後測定	46.0	50.0	46.0	48.0	50.0	42.0	44.0	49.0
静止輪重比[%]	全般検査	2.0		1.1		7.7		7.7	
	本事故発生後測定	4.2		2.1		8.7		5.4	

項目	検査種類	後部車両（804）							
		前台車				後台車			
		前軸		後軸		前軸		後軸	
		左	右	左	右	左	右	左	右
静止輪重[kN]	全般検査	44.0	42.0	41.0	48.0	48.0	44.0	48.0	43.0
	本事故発生後測定	45.0	44.0	42.0	46.0	48.0	44.0	46.0	46.0
静止輪重比[%]	全般検査	2.3		7.9		4.3		5.5	
	本事故発生後測定	1.1		4.5		4.3		0.0	

#### 2.4.4 車両の損傷状況等に関する情報

本件列車の先頭車両の前台車及び後台車それぞれの前軸右車輪の表リム面に擦過痕が見られた。なお、本件列車のほかの車輪には同様の擦過痕等はなく、車両の損傷もなかった。

#### 2.5 乗務員に関する情報

本件運転士 41歳  
甲種電気車運転免許 平成20年12月24日

#### 2.6 運転取扱い等に関する情報

運転取扱いについては、届出実施基準の一部である「運転取扱心得」で定められており、運転速度については次のように定められている。

- ① 列車の最高速度（米原～八日市間（含、多賀線））：70 km/h
- ② 曲線半径160 mの曲線の制限速度：30 km/h

また、同社が本件列車の運転に適用している運転曲線図<sup>\*16</sup>によると、本事故現場付近の通過速度は18 km/hであった。

\*16 「運転曲線図」とは、制限速度や列車の性能を基に効率的な運転を計画するため、列車の速度変化や走行時間などを、縦軸に速度及び時間、横軸に距離をとってグラフ化したものである。



## 2.7 気象に関する情報

本事故発生当時の事故現場付近における天気は曇りであり、事故現場の最寄りの彦根地方気象台の記録によれば、本事故発生当日の21時から22時までの間、降水及び降雪はなかった。また、21時の積雪が12cm、気温は1.0℃、湿度は91%、風向・風速は東南東1.7m/sであった。

## 2.8 過去の同種事故への対応に関する情報

運輸安全委員会は、軌間拡大<sup>\*17</sup>による列車脱線事故の防止について、国土交通大臣に対して平成30年6月28日付け運委参第43号「軌間拡大による列車脱線事故の防止に係る意見について」（以下「運輸安全委員会意見」という。）を发出している。

近畿運輸局は、同社に対して平成30年6月29日付け近運鉄技第116号、近運鉄安第105号「運輸安全委員会の意見に係る対応について」により、運輸安全委員会意見を周知し、さらに平成30年7月2日付け近運鉄技第117号「地域鉄道等における軌間拡大防止策の促進について」により、まくらぎ等について、材料や保守の状態の定期検査を行い、記録を残し、状況に応じて犬くぎの打ち替えや増し打ち、まくらぎ交換、ゲージタイ（軌間保持金具）（図10 参照）の設置等の軌間拡大防止策を実施すること等、必要な取組を文書で指導していた。

同社は、これらの通達を受け、PCまくらぎ化されていない曲線にゲージタイの設置を行った。また、定期検査マニュアル（軌道編）を改正し、まくらぎの検査方法や判定基準、判定区分、措置等を規定した。ただし、内容が不十分で、まくらぎやレール締結装置の状態について適正な判定や措置が可能なマニュアルとなっていなかった。また、軌間変位の整備基準値の改正等の対策については未着手であった。



図10 ゲージタイの設置例

\*17 「軌間拡大」とは、横圧（車輪がレールを横方向に押す力）によるレール締結装置の損傷やレール摩耗の増大により軌間が広がった状態をいう。軌間がある程度以上に広がると、左右いずれかの車輪をレール頭部で支持できない状態になり、脱線に至る。なお、ここでは、列車走行に伴う横圧による軌間拡大を「動的な軌間拡大」という。

## 3 分析

### 3.1 脱線の状況に関する分析

#### 3.1.1 脱線開始地点について

2.3.2(1)に記述したように、0 k 1 6 2 m付近の右レール（内軌）のゲージコーナー側の頭部側面に先頭車両の前台車前軸、先頭車両の後台車前軸及び後部車両の前台車前軸の右車輪が軌間内に落下して右車輪の表リム面が擦ったと見られる痕跡があり、これより手前及び同地点の左レール（外軌）に脱線の痕跡は確認されなかった。このことから、最初に脱線した地点は、0 k 1 6 2 m付近（以下「脱線開始地点」という。）であり、右車輪が右レールの軌間内に脱線したと考えられる。

#### 3.1.2 先頭車両前台車の脱線について

本件列車の先頭車両前台車前軸は、

(1) 2.3.1 に記述したように、右車輪が右レールと脱線防止レールの間に脱線し、0 k 1 3 5 m付近で停止していたこと、

(2) 2.4.4 に記述したように、右車輪の表リム面に擦過痕が見られたこと、  
から、本件列車が半径160mの右曲線を通過中に0 k 1 6 2 m付近で右車輪が右レールと脱線防止レールの間に落下し、その後、軌間及びフランジウェーを押し広げながら走行し、0 k 1 3 5 m付近で停止したと考えられる。

#### 3.1.3 先頭車両後台車の脱線について

本件列車の先頭車両後台車前軸は、

(1) 2.3.1 に記述したように、右車輪が右レールと脱線防止レールの間に脱線し、0 k 1 4 9 m付近で停止していたこと、

(2) 2.4.4 に記述したように、右車輪の表リム面に擦過痕が見られたこと、  
から、本件列車が半径160mの右曲線を通過中に0 k 1 6 2 m付近で右車輪が右レールと脱線防止レールの間に落下し、その後、軌間及びフランジウェーを押し広げながら走行し、0 k 1 4 9 m付近で停止したと考えられる。

#### 3.1.4 後部車両前台車の脱線について

本件列車の後部車両前台車前軸は、2.3.1に記述したように、右車輪が右レールと脱線防止レールの間に脱線し、0 k 1 5 5 m付近で停止していたことから、本件列車が半径160mの右曲線を通過中に0 k 1 6 2 m付近で右車輪が右レールと脱線防止レールの間に落下し、その後、軌間を押し広げながら走行し、0 k 1 5 5 m付近で停止した可能性が考えられる。

(付図3 事故現場の略図と脱線の状況、付図4 事故現場の略図と脱線の痕跡 参照)

### 3.1.5 脱線開始地点の脱線の状況について

3.1.2～3.1.4に記述した本件列車の右車輪が0 k 1 6 2 m付近で、右レールの軌間内に落下した事象（以下「軌間内脱線」という）は、3.3.3(1)に後述するように、列車走行時の横圧による‘レール小返り<sup>\*18</sup>及びレールの横移動’（以下「レール小返り等」という。）で動的な軌間拡大が発生したことによるものと考えられる。本事故における軌間内脱線のイメージは図11のとおりである。なお、軌間拡大についての詳細は3.3.4で後述する。

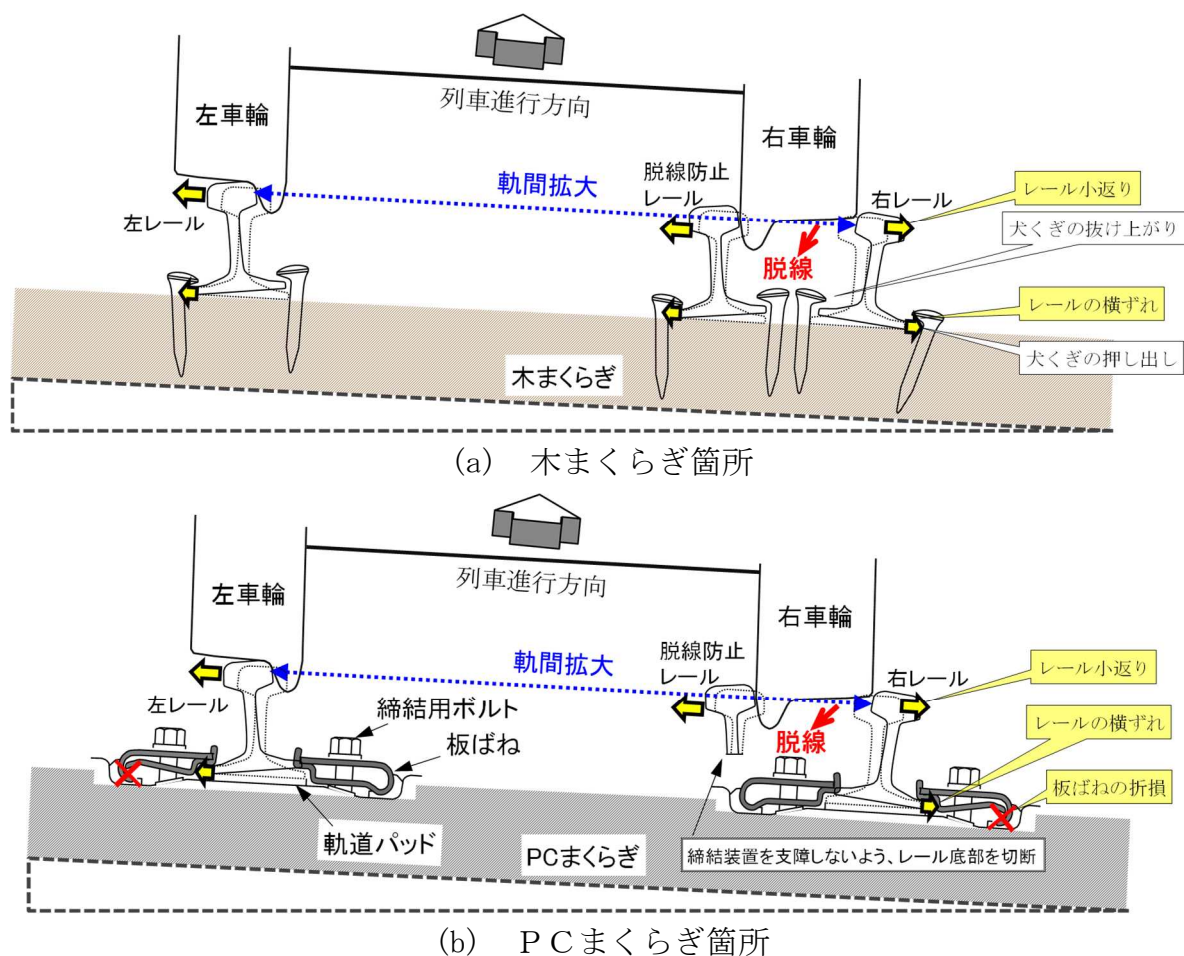


図11 本事故における軌間内脱線のイメージ

## 3.2 本事故の発生時刻及び本件列車の速度に関する分析

本事故の発生時刻については、表1に示したように、運転状況記録装置に残されていた記録から、21時17分ごろであったと考えられる。

\*18 「レール小返り」とは、車輪がレールに及ぼす荷重によってレールが傾く現象をいう。

また、本件列車の脱線時の速度については、同記録から、約19km/hであったと考えられ、2.6に記述したように、半径160mである本件曲線の制限速度は30km/hであることから、速度超過はなかったと考えられる。

### 3.3 軌道に関する分析

#### 3.3.1 軌道変位について

##### (1) 軌道変位の整備基準値について

2.3.3.3(1)に記述したように、同社は「土木施設実施基準」で定められている軌道変位の整備基準値に基づき軌道整備を行っている。

軌間変位の整備基準値（静的軌道変位）は18mmとなっており、これは、附属資料2の動的軌間変位と静的軌間変位の関係より、動的軌間変位では24mmに相当し、さらに、本件曲線のスラックの25mmと合わせると49mmとなる。

一方、附属資料2に示すように軌間変位の限度値は、スラックを合わせて40mmであり、これより同社の軌間変位の整備基準値は9mm大きく、本件曲線における適正な軌間変位の整備基準値（以下「適正な整備基準値」という。）は9mmであるといえる。本事故発生前に適正な整備基準値を適用していれば、本事故の発生を未然に防ぐことができたと考えられることから、軌間変位の整備基準値について適正な整備基準値に改正することが望ましい。

また、2.3.3.3(1)に記述したように、「土木施設実施基準」で定められている軌道変位が整備基準値に達した場合の処置については、軌道整備を行うまでの明確な期限を定めていなかった。同社によると、整備基準値に基づき必要に応じた軌道整備を実施していたとのことであるが、着実な軌道整備のためには、軌道変位が整備基準値に達した場合に軌道整備を行うまでの明確な期限を定めることが望ましい。

（附属資料2 軌間変位の限度値の考え方 参照）

##### (2) 軌道変位測定値について

2.3.3.3(1)に記述したように、本件曲線の本事故発生前の軌道変位測定値は、0k166m付近の通り変位及び0k156m付近の軌間縮小側の軌間変位を除き、全て整備基準値以内であった。

ただし、軌間拡大側の軌間変位については、3.3.1(1)に記述した適正な整備基準値を適用すると、0k168m付近のスラックを除く軌間変位が+9.3mmであり、整備基準値に達していた（図12 参照）。

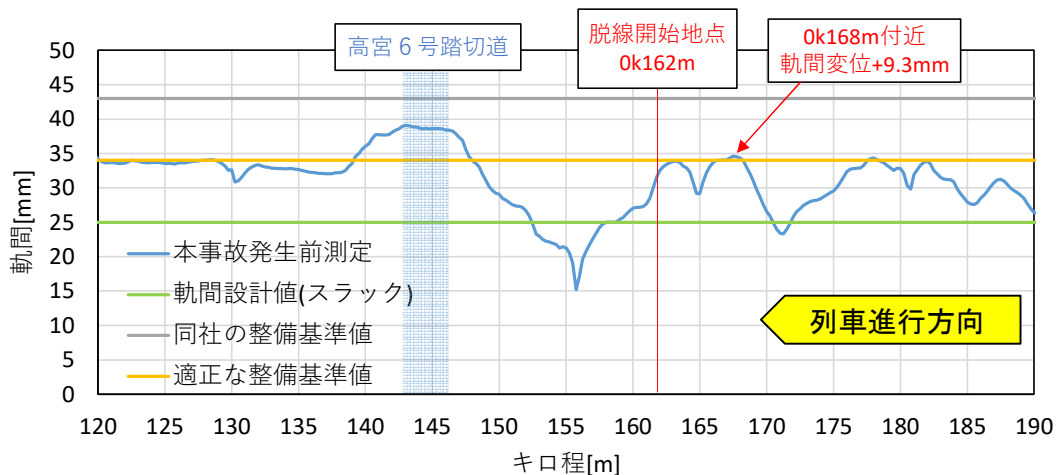


図 1 2 本件曲線の軌間変位

また、2.3.3.4(1)に記述した本事故発生後の軌道変位測定値については、0k160m～0k135m付近の高低変位が、本事故発生前の軌道変位測定値と比較して、波形の形状が異なっていた。これに伴って、同区間において、水準及び平面性の波形が、本事故前後で異なっていた。これは、本事故により生じた軌道変位と考えられる。

さらに、0k162m～0k153mの軌間変位については、2.3.3.3(1)に記述した本事故発生前の軌道変位測定値から拡大していた。これは、本事故発生時に大きくレール小返り等が発生し、その影響が残存しているものと考えられる。

その他の軌道変位については、2.3.3.3(1)に記述した本事故発生前の軌道変位測定値とほぼ同等であった。

したがって、本事故発生時の脱線開始地点（0k162m付近）においては、軌間が基本寸法（1,067mm）と比較して大きくなっていた状態で、レール小返り等の動的な変位とあいまって軌間拡大による軌間内脱線が発生しやすい状態にあった可能性があると考えられる。

なお、軌間変位以外の軌道変位については、2.3.3.3(1)に記述したように、通り変位が脱線開始地点から約4m後方の箇所、また軌間変位が脱線開始地点から約6m前方の箇所で整備基準値に達していたが、軌間拡大の発生に大きく影響するものではなく、本事故の脱線の原因に直接関与していなかったと考えられる。

### (3) 軌間変位の測定方法について

2.3.3.3(1)に記述したように、同社の軌道変位の定期検査は静的軌道変位を測定している。

本事故については、3.3.1(2)に記述したように静的軌間変位が大きかったことにより軌間の異常を把握することが可能であったと考えられるが、3.3.4に後述するように、動的な軌間拡大が発生し脱線したのものと考えられることから、動的

軌間変位の測定により、異常を事前に発見し、事故を未然に防ぐことができた可能性があると考えられる。

したがって、まくらぎやレール締結装置の整備状態等により、動的な軌間拡大が懸念される場合は、軌道検測車等により動的軌間変位の測定の実施を検討することが望ましい。また、動的軌道変位の測定が困難で、静的軌道変位測定のみで軌道変位の管理を行う場合は、レールの小返り等により動的な軌間拡大が発生する危険性に注意を払い、まくらぎやレール締結装置の管理を十分に行う必要がある。

なお、現在、地域鉄道向けに簡易な動的軌道変位（軌間変位及び平面性変位）を測定する装置の開発<sup>\*19</sup>が進められている。

#### (4) 軌道変位の算出方法と曲線管理について

本事故に直接関与はしていなかったが、軌道変位の算出方法と曲線管理についての注意点を以下に示す。

2.3.3.3(1)に記述したように、同社では移動平均法による軌道変位に基づいて管理している。一方、「定期検査マニュアル（軌道編）」には、「平面性の基準長は、5mとしカントの<sup>原文ママ</sup>低減を含む」と記載されている。同社によると、カント<sup>てい</sup>通過<sup>げん</sup>減区間については平面性の測定値を確認しているとのことであった。しかし、その他の区間についても、現状の線形成分を差し引く移動平均法により算出された平面性変位を管理するのは適切ではなく、測定値に基づいて管理する必要がある。

また、図13に、軌道変位測定装置により測定された、曲線半径による正矢量を含む通り変位を示す。同図には、正矢量を含む通り変位に対する18m移動平均値（移動平均法による基準線）と、曲線諸元に基づく設計値を併記している。同図より、設計値と比較して、現状の線形は異なっていることが分かる。具体的には、18m移動平均値の波形より、0k120m～0k140m付近の曲線正矢量は約105mmで、半径約120mの曲線と同等の線形になっている。また、0k150m～0k210m付近の曲線正矢量は約60mmで、半径約200mの曲線と同等の線形になっている。このように、移動平均法による軌道変位に基づいて適正な曲線管理を行うために、曲線半径やカントの設計値と実測値を比較して差が大きい場合は曲線諸元を変更し、その曲線諸元に応じた管理を行うことが望ましい。

\*19 「車両走行時の軌道の変形を診る」（坪川洋友、石川智行、公益財団法人鉄道総合技術研究所、RRR、Vol.76、平成31年、pp.20-23）

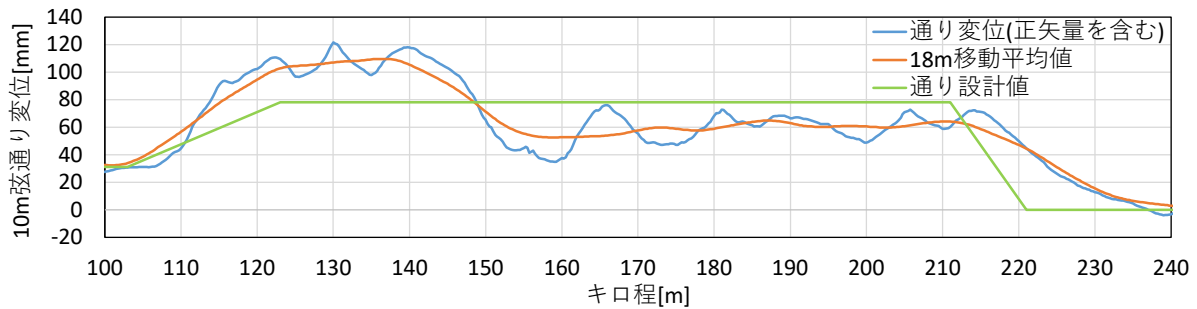


図 1.3 通り変位に対する 18m 移動平均値と設計値

### 3.3.2 まくらぎについて

脱線開始地点付近のまくらぎについては、2.3.3.3(2)①に記述したように、令和3年9月9日に定期検査を行っており、本事故現場付近の不良まくらぎの本数は3本であった。しかしながら、2.3.3.4(2)②に記述したように、本事故発生後の令和4年2月9日の調査において、脱線開始地点付近で不良まくらぎと思われる箇所が連続して存在していた。

同社によると、2.3.3.3(2)①に記述したように、まくらぎの不良判定フローや、写真等による判定事例等、規程を補足するマニュアル等はなかったため、日常点検で不具合を発見できなかったとのことであった。

また、同社によると、本件曲線のように3本に1本の割合でPCまくらぎが敷設されている区間よりも、全て木まくらぎが敷設されている区間を優先的に保守する意識があったとのことであった。

以上のことから、定期検査においてまくらぎの不良状態を見逃してしまい、また、全て木まくらぎが敷設されている区間を優先的に保守した結果として本件曲線の保守が後回しになってしまい、適切な保守が実施されていなかったと考えられる。

したがって、同社は、まくらぎの状態について適正な判定や保守が可能となるよう、マニュアル等の整備を進める必要がある。また、保守が必要な箇所に対しては、まくらぎ種別を問わず、計画的に保守する必要がある。

### 3.3.3 レールの締結について

#### (1) レールの締結状態について

2.3.3.3(2)①に記述したように、脱線開始地点付近におけるレール締結装置については、令和3年9月9日に実施されたまくらぎ検査では、検査記録にレール締結状態の不良はなかった。また、2.3.3.3(3)に記述したように、令和4年1月21日に実施された徒歩による線路巡視でも、異常は記録されていなかった。

しかしながら、2.3.3.4(2)②に記述したように、本事故発生後の調査時に、脱線開始地点付近のPCまくらぎ及び木まくらぎで連続したレール締結状態の不良

が多数見られた。また、板ばねの切断面に見られたさびより、本事故発生前から板ばねが折損していた可能性が考えられる。同社によると、徒歩巡視においては様々な検査項目がある中で、一つ一つの締結装置の状態を確認できず、板ばねの折損を見逃した可能性があるとのことであった。また、2.3.3.3(2)①に記述したように、レール締結装置に関して点検方法や判定基準が定められておらず、レール締結装置の状態を正確に判定できていなかったとのことであった。

連続したレール締結状態の不良は、本事故の影響もあると考えられるが、一般的に列車走行時の横圧によるレール小返り等で、犬くぎの抜け上がり及び押し出しや板ばねの折損が発生し、それらが繰り返されることで、レール締結状態が悪化していくことから、本事故発生時には、脱線開始地点付近においてレール締結状態の不良がある程度連続して存在していた可能性があると考えられる。なお、レール締結状態の不良が多数あったことについては、3.3.2で記述したように不良まくらぎが多数あったことが関与しているものと考えられる。

以上により、3.1.2～3.1.4に記述したように、0k162m付近で右車輪が右レール（内軌）の軌間内に落下したことについては、脱線開始地点付近においてレール締結状態の不良がある程度連続して存在していたところに、本件列車走行時の横圧によるレール小返り等で軌間が動的に拡大したことによるものと考えられる。

したがって、同社は、まくらぎ検査等の軌道部材の検査時や線路巡視時等において、木まくらぎの腐食や犬くぎ浮き、PCまくらぎのひび割れや締結装置の折損等を確認し、判定基準を定めて、状況に応じて犬くぎの打ち替えや増し打ち、締結トルク調整や板ばね交換、まくらぎ交換、ゲージタイの設置等を実施する必要がある。特に、まくらぎ3本に1本の割合でPCまくらぎが敷設されている区間であっても、板ばねの折損等、レール締結装置の不良があれば、軌間拡大による列車脱線が起きることを改めて認識し、木まくらぎを優先することなくPCまくらぎのレール締結装置についてもその状態を正確に把握する必要がある。

また、一般的に、曲線部のまくらぎやレール締結装置等の管理については、大きな横圧が発生しやすい外軌側をより注意する傾向にあるが、内軌側についても曲線転向横圧<sup>\*20</sup>等によりレールを外側に押し広げる方向の横圧が発生することから、外軌側と同様に注意して管理する必要がある。

なお、レール締結状態の不良が連続的に発生している場合やスラックの大きい急曲線で発生している場合は、軌間内脱線に対する危険性が特に増大するため、優先して整備を行うよう配慮する必要がある。

---

\*20 「曲線転向横圧」とは、曲線走行中の台車において、台車前軸の外軌側車輪が内軌側に押されることに対して、内軌側車輪が摩擦力で抵抗することにより発生する横圧をいう。



(2) レールの締結方法について

2.3.3.2(6)に記述したように、本件曲線中の木まくらぎ箇所では、レールは4本の犬くぎで締結されており、タイププレートは用いられていなかった。また、犬くぎが増し打ちされている箇所があったが、同社によると増し打ちは現場担当者の判断によるもので、明確な基準は定められていないとのことであった。

犬くぎの打込み本数を増加させること、また、タイププレートを用いることは、レール小返り等の防止に効果があると考えられることから、同社は、急曲線等の軌間拡大が懸念される箇所を優先して犬くぎの増し打ち等の対策を行い、レールの締結力を向上させることが望ましい。また、曲線半径ごとの標準的な犬くぎの打込み本数やタイププレート使用要件をあらかじめ定めておくことが望ましい。

(3) 脱線防止レールの締結について

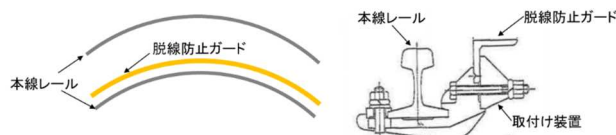
脱線開始地点付近の脱線防止レールについては、2.3.3.2(8)に記述したように、各まくらぎに締結することが望ましいが、PCまくらぎ箇所は締結されていないほか、木まくらぎ箇所においても締結されていない箇所が存在した。そのため、脱線防止レールの小返り等に対する抵抗が比較的小さい状態であったと考えられる。

また、2.4.1に記述したように本件列車の車輪幅が125mmであるのに対し、2.3.3.3(2)③に記述したように本件曲線における標準的な脱線防止レールのフランジウェー幅は85mmであり、寸法上は脱線が防止できるものである。また、検査記録では特に問題がなかったことから、脱線開始地点付近における本事故発生により拡大する前のフランジウェー幅はおおよそ85mmであったと考えられ、本事故の脱線の影響を受けて拡大したものと考えられる。

以上より、3.1.2～3.1.4に記述したように、右車輪が右レールと脱線防止レールの間に入り走行し、脱線防止レールで脱線を防止できなかったことについては、右レール及び脱線防止レールに列車の走行に伴い発生する横圧及び車輪裏面から受ける背面横圧によりレール小返り等が発生し、フランジウェー幅が動的に拡大したためと考えられる。

したがって、脱線した場合にその効果が発揮されるよう、PCまくらぎ箇所では締結不可能である脱線防止レールに替えて、脱線防止ガード<sup>\*21</sup>を敷設することが望ましい。

\*21 「脱線防止ガード」とは、脱線を防止するために内軌の軌間内側に設けられるL型鋼のガード装置である。



### 3.3.4 軌間拡大について

軌間内脱線は、レールの摩耗や車輪端部の面取りの影響を考慮しない条件において、軌間の基本寸法（本線路では1,067mm）、軌間変位及びスラックの合計値（以下「軌間寸法」という。）よりも落下する反対側車輪（本事故の場合は左車輪）のフランジ厚さ、輪軸の車輪内面距離及び落下する側（本事故の場合は右車輪）の車輪幅の合計値（以下「輪軸寸法」という。）が下回る（車輪のレールへの掛かり量がマイナスとなる）場合に発生する可能性がある（図14 参照）。

2.3.3.4(1)①に記述した本事故発生後に静的に測定されたスラックを含む軌間変位から算出される軌間寸法は、脱線開始地点の0k162m付近で+36mmであったことから、1,103mm（=1,067+36）となる。

また、事故発生時の輪軸寸法は、2.4.3.2に記述した、本事故発生後に測定された先頭車両の前台車前軸の輪軸寸法から、1,144.5mm（=28.5+991+125）であったと考えられる。

これより、本事故発生時の脱線開始地点付近の車輪のレールへの掛かり量の推測値は、本事故発生前直近の測定値で41.5mmとなり、軌間内脱線に至らない寸法である。しかし、脱線が発生していることから、本事故発生時の脱線開始地点付近では、レール小返り等による動的な軌間拡大の内外軌の合計値が約41.5mmを超過したものと考えられる。

なお、内外軌それぞれの拡大量は不明であるが、2.3.3.4(2)②に記述したように本事故発生直後の脱線開始地点付近のレール締結状態に内外軌の明確な差異がなかったこと等から、ほぼ同等の拡大量であったと仮定すると、内外軌の拡大量はそれぞれ約20.75mm（=41.5/2）であった可能性があると考えられる。

これらより、右側（内軌側）の脱線防止レールのレール小返り等によるフランジウェー幅の拡大量は19.25mmであった可能性があると考えられる。（附属資料2 軌間変位の限度値の考え方 参照）

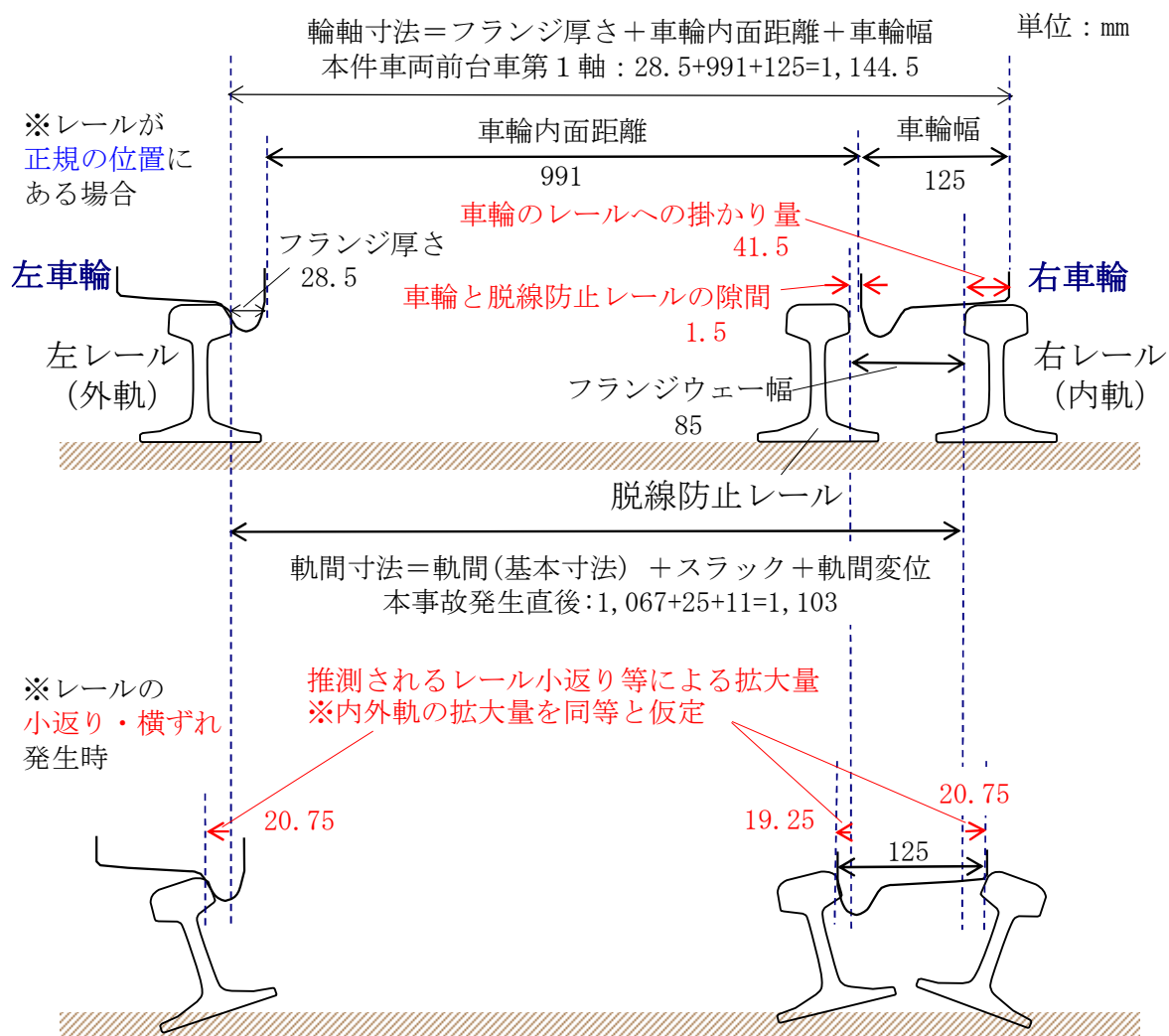


図14 推測される軌間拡大の状態

### 3.3.5 スラックについて

2.3.3.2(1)に記述したように、本件曲線において設定されていたスラックは25mmであった。

ここで、3.3.4に記述した軌間内脱線が発生する条件から、軌間(基本寸法)、スラック及び軌間変位の合計値が小さいほど、軌間内脱線に対する安全性が向上する。したがって、スラックについては、軌間内脱線が発生させないために許容できる軌間変位の範囲を拡大し、軌間内脱線に対する余裕を増大させるため、可能な範囲で縮小について検討することが望ましい。

「解説 鉄道に関する技術基準(土木編)第三版」\*22に示される、旧日本国有鉄道の曲線におけるスラックについては、車両構造の変遷及び軌間拡大による脱線に対する余裕を増大させるため、順次縮小されており、昭和62年には、半径170

\*22 「解説 鉄道に関する技術基準(土木編)第三版」(国土交通省鉄道局監修、一般社団法人 日本鉄道施設協会、平成26年、p.119)

m未満の曲線の場合は20mm（専ら2軸車が走行する区間以外）とされている。この値よりも本件曲線のスラックは5mm大きく、軌間内脱線に対する余裕が小さくなっていたと考えられる。

なお、5.2.2で後述するように、同社は事故後の軌道整備において、本曲線のスラックを20mmに変更している。

### 3.3.6 線路の保守体制について

2.3.3.6に記述したように、同社における線路の保守は、本事故発生時において担当者9名の体制で行っていた。軌道関係の検査を基準期間内で実施できていることや、まくらぎの交換等を含め簡易な補修作業について直轄で行っていること等、規程に基づいた一定の線路の保守ができていたことから、保線担当者個人ごとの業務遂行能力に顕著な問題はなかったと考えられる。

しかしながら、3.3.1(1)に記述したように軌間変位の整備基準値が適正な整備基準値よりも大きかったこと、3.3.1(4)に記述したように移動平均法により算出された平面性変位を管理していたこと、3.3.2に記述したようにまくらぎの検査における点検方法や判定基準のマニュアルが不十分であり、まくらぎの不具合を発見できていなかったこと、3.3.3(1)に記述したようにPCまくらぎの板ばねの折損を見逃すなど、レール締結装置の状態を正確に判定できていなかったこと、3.3.3(3)に記述したように脱線防止レールについてPCまくらぎ箇所は締結されていないほか、木まくらぎ箇所においても締結されていない箇所が存在したこと等、組織としての技術力の不足も見受けられた。

このような組織としての技術力の不足を補うためには、各種法人が行っている技術支援や講習会等の積極的な活用や、他社との情報交換等により、軌道の保守管理に関する教育を充実させることが望ましい。また、即効性及び確実性を考えると、PCまくらぎ化や軌道検測車の導入等のハード対策を進めることが望ましい。

## 3.4 車両に関する分析

2.4.3に記述したように本件列車の定期検査の結果に異常は見られなかったこと、2.1.1に記述したように本件運転士は「本事故当日の本事故発生までの間、異常は感じなかった」と口述していることから、本件列車の車両に脱線の発生に関与する異常はなかったと考えられる。なお、2.4.4に記述した車両の損傷及び痕跡は、軌道の損傷及び痕跡から、本件列車の脱線後の走行によって生じたものと考えられる。

## 3.5 気象に関する分析

2.7に記述したように、本事故発生当時の事故現場付近における天気は曇りであ

り、降水及び降雪はなく、気温は1.0℃、風向・風速は東南東1.7m/sであった。積雪は12cmであったが、レール上及びフランジウェーには積雪は見られなかった。これより、脱線に直接関与するような気象状況ではなかったものと考えられる。

### 3.6 過去の同種事故への対応に関する分析

2.8に記述したように、同社は、本事故と同様の軌間拡大による列車脱線事故の防止について、近畿運輸局より運輸安全委員会意見が周知され、対策としてPCまくらぎ化されていない曲線にゲージタイを設置した。また、定期検査マニュアル（軌道編）を改正し、まくらぎの検査方法や判定基準、判定区分、措置等を規定した。ただし、内容が不十分で、まくらぎやレール締結装置の状態について適正な判定や措置が可能なマニュアルとなっていなかった。また、軌間変位の整備基準値の改正等の対策については未着手であった。

運輸安全委員会意見において記載している軌間拡大による列車脱線事故の防止策は、本事故の発生を未然に防止する効果があったと考えられる。したがって、同社においては、3.3.1(1)に記述した軌間変位の整備基準値の改正や、3.3.2に記述したまくらぎの点検方法や判定基準のマニュアルを充実させること等、でき得ることを早期に実施する必要があったと考えられる。

### 3.7 脱線の原因に関する分析

- (1) 本事故は、3.1.2～3.1.4に記述したように、本件列車が半径160mの右曲線を通過中に、0k162m付近で、先頭車両前台車と後台車、後部車両前台車のそれぞれ第一軸の右車輪が右レール（内軌）の軌間内に落下し、その後、軌間を押し広げながら走行し、本件列車の先端が0k133m付近で停止したものと考えられる。
- (2) 軌間が大きく拡大したことについては、3.3.1(2)に記述したように、同曲線中の静的軌間変位が大きかったこと、3.3.2及び3.3.3に記述したように、脱線開始地点付近においてまくらぎやレール締結状態の不良が連続していたことから、3.1.5に記述したように、本件列車走行時の横圧によるレール小返り等で軌間が動的に拡大したことによるものと考えられる。
- (3) 静的軌間変位が大きかったことについては、3.3.1(1)に記述したように、軌間変位の整備基準値がスラック量を考慮したものとなっておらず適正な値よりも大きかったことから、軌道整備が不十分であったことが関与しているものと考えられる。
- (4) まくらぎやレール締結状態の不良が連続していたことについては、3.3.2及び3.3.3(1)に記述したように、点検方法や判定基準などが明確化されておらず、

適切な整備ができていなかったこと、また、3.3.3(2)に記述したように、まくらぎの締結にタイププレートが用いられていなかったことが関与しているものと考えられる。

- (5) 本事故の発生については、3.3.5に記述したように、曲線中のスラックが比較的大きかったため軌間内脱線に対する余裕が小さくなっていたこと、3.3.3(3)に記述したように、脱線防止レールがまくらぎに締結されていない箇所があったため、右車輪からの背面横圧等によるレール小返り等が発生し、動的にフランジウェー幅が拡大したことにより、脱線防止の機能を十分に発揮できなかったことが関与した可能性が考えられる。

また、3.6に記述したように、運輸安全委員会意見を受けての対策が不十分であり、まくらぎやレール締結装置の状態について適正な判定や措置が可能なマニュアルの整備や軌間変位の整備基準値の改正等を実施できていなかったことが関与しているものと考えられる。

(付図7 列車脱線事故の関与要因 参照)

## 4 原因

本事故は、列車が半径160mの右曲線を通過中に、軌間が大きく拡大したため、先頭車両前台車と後台車、後部車両の前台車それぞれの前軸右車輪が軌間内に落下したことにより発生したものと考えられる。

軌間が大きく拡大したことについては、同曲線中の静的軌間変位が大きかったこと、まくらぎやレール締結状態の不良が連続していたため、列車走行時の横圧によるレールの横移動や小返りで軌間が動的に拡大したことによるものと考えられる。

静的軌間変位が大きかったことについては、軌間変位の整備基準値が適正な値よりも大きかったことが関与しているものと考えられる。

まくらぎやレール締結状態の不良が連続していたことについては、点検方法や判定基準などが明確化されておらず、適切な整備ができていなかったことが関与しているものと考えられる。

本事故の発生については、同曲線中のスラックが比較的大きかったため軌間内脱線に対する余裕が小さくなっていたこと、脱線防止レールがまくらぎに締結されていない箇所があったため右車輪からの背面横圧等による小返り等が発生し、動的にフランジウェー幅が拡大したことにより、脱線防止の機能が十分に発揮できなかったことが関与した可能性が考えられる。また、運輸安全委員会の平成30年6月28日付け運委参第43号「軌間拡大による列車脱線事故の防止に係る意見について」に対応した

対策が不十分であったことが関与しているものと考えられる。

## 5 再発防止策

### 5.1 必要と考えられる再発防止策

#### (1) 軌道整備の着実な実施

##### ① 軌道変位の整備基準値について

軌間変位の整備基準値を適正な値に改正し、さらに軌道変位が整備基準値に達した場合の処置について軌道整備を行うまでの明確な期限を定めることが望ましい。

##### ② まくらぎ検査について

まくらぎ検査において、点検方法や判定基準のマニュアルを充実させ、それに従い軌道整備を行っていく必要がある。また、保守が必要な箇所に対しては、まくらぎ種別を問わず、計画的に保守を行う必要がある。

##### ③ レールの締結状態の検査及び整備について

まくらぎ検査等の軌道部材の検査時や線路巡視時等において、木まくらぎの腐食や犬くぎ浮き、PCまくらぎのひび割れや締結装置の折損等を確認し、状況に応じて犬くぎの打ち替えや増し打ち、締結トルク調整や板ばね交換、まくらぎ交換、ゲージタイの設置等を実施する必要がある。

なお、これらについては連続的に発生している場合やスラックの大きい急曲線で発生している場合は、軌間内脱線に対する危険性が特に増大するため優先して整備を行うよう配慮する必要がある。

また、一般的に、曲線部のまくらぎやレール締結装置等の管理については、大きな横圧が発生しやすい外軌側をより注意する傾向にあるが、内軌側についても曲線轉向横圧等によりレールを外側に押し広げる方向の横圧が発生することから、外軌側と同様に注意して管理する必要がある。

##### ④ レールの締結方法について

急曲線等の軌間拡大が懸念される箇所を優先的に、犬くぎの増し打ち等の対策を行い、レールの締結力を向上させることが望ましい。また、曲線半径ごとの標準的な犬くぎの打込み本数及び方法をあらかじめ定めておくことが望ましい。

#### (2) スラックの縮小についての検討

スラックについては、軌間内脱線への余裕を高めるため、軌道の改良等に合わせ、可能な範囲で縮小することが望ましい。

(3) 脱線防止ガードの敷設

脱線防止の機能が十分に発揮されるよう、PCまくらぎ箇所では締結不可能である脱線防止レールに替えて、脱線防止ガードを敷設することが望ましい。

5.2 事故後に同社が講じた措置

本事故後に同社が講じた主な措置は、次のとおりである。

5.2.1 緊急対策

(1) 本事故現場付近の軌道整備

不良まくらぎの交換、軌間整正、軌道整備を行った。また、締結装置の打音点検、締結ばねの交換、犬くぎの打ち替えや増し打ちを行った。

(2) 全線のまくらぎ点検

- ① 脱線防止装置を設置している全17曲線
- ② 半径400m以下の全9曲線
- ③ その他の区間

以上のように優先順位をつけ、締結装置の緊締状態の打音点検及びまくらぎの点検を実施した。

(3) 全19編成の輪重測定

全19編成について輪重を測定した。

5.2.2 恒久対策

(1) 点検方法に関する再教育

保線技術全般の知識及び技能の向上を図るため、教育訓練を行うこととした。その他運転、電気、電車部門についても同様に知識及び技能の向上を図る取組を行うこととした。

(2) 全線のPCまくらぎ化

令和4年9月に工事計画を策定し、全線のPCまくらぎ化を進めている。なお、PCまくらぎ化に合わせて、脱線防止レールを脱線防止ガードへ交換する予定である。

(3) スラックの改良

事故後の軌道整備により、当該曲線のスラックを20mmに改良した。なお、その他の曲線についても、今後、軌道改良工事の際にスラックの改良について検討する予定である。

また、同社は、5.3に後述する令和4年4月22日付け近運鉄第8号「保安監査の結果について」に対して、令和4年9月7日に、次の事故防止対策を記載した改



善報告書を近畿運輸局に提出した。

(1) まくらぎの検査マニュアル整備

まくらぎ検査の判定フロー及び判定事例を作成し、「定期検査マニュアル（軌道編）」に規定した。

(2) レール締結装置の検査マニュアル整備

「定期検査マニュアル（軌道編）」に、検査項目（着眼点）、検査方法、判定方法を明確に規定した。

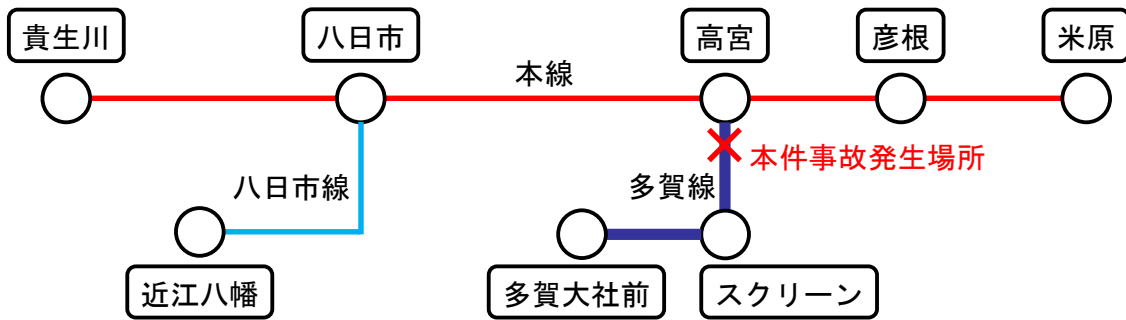
(3) 教育体制の強化

「土木施設実施基準」や定期検査マニュアル等を正しく理解し適切に検査できるようにするための教育を年間教育計画に組み込んで計画的に実施する。

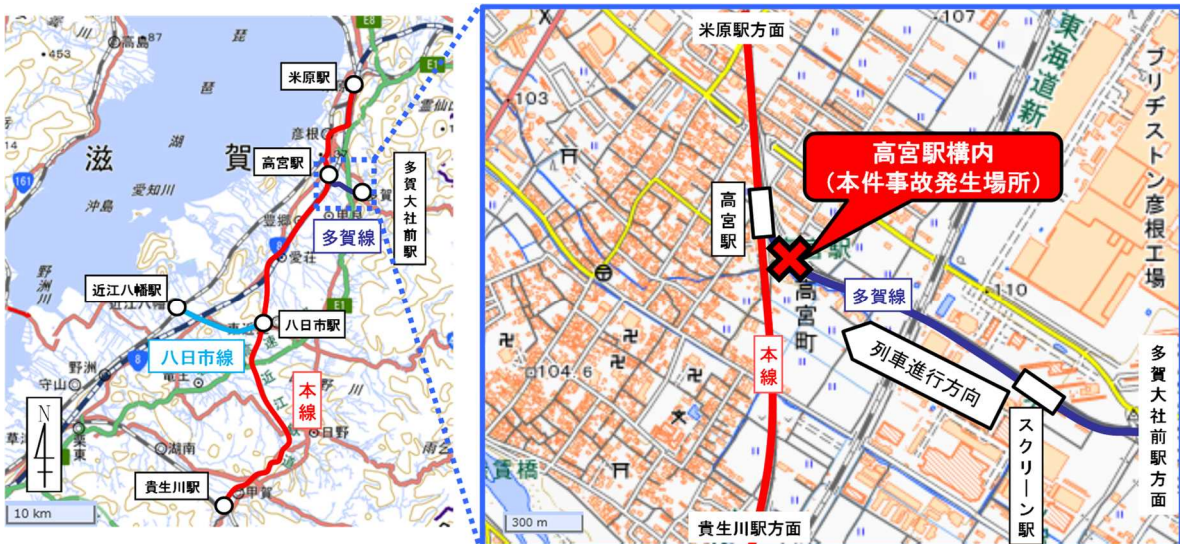
### 5.3 事故後に国土交通省が講じた措置

近畿運輸局は、同社に対して令和4年2月21日から2月22日まで保安監査を実施し、監査の結果、改善を要する事項が認められたことから、令和4年4月22日付け近運鉄第8号「保安監査の結果について」を発出し、同社に改善指示を行った。

付図1 近江鉄道の路線略図

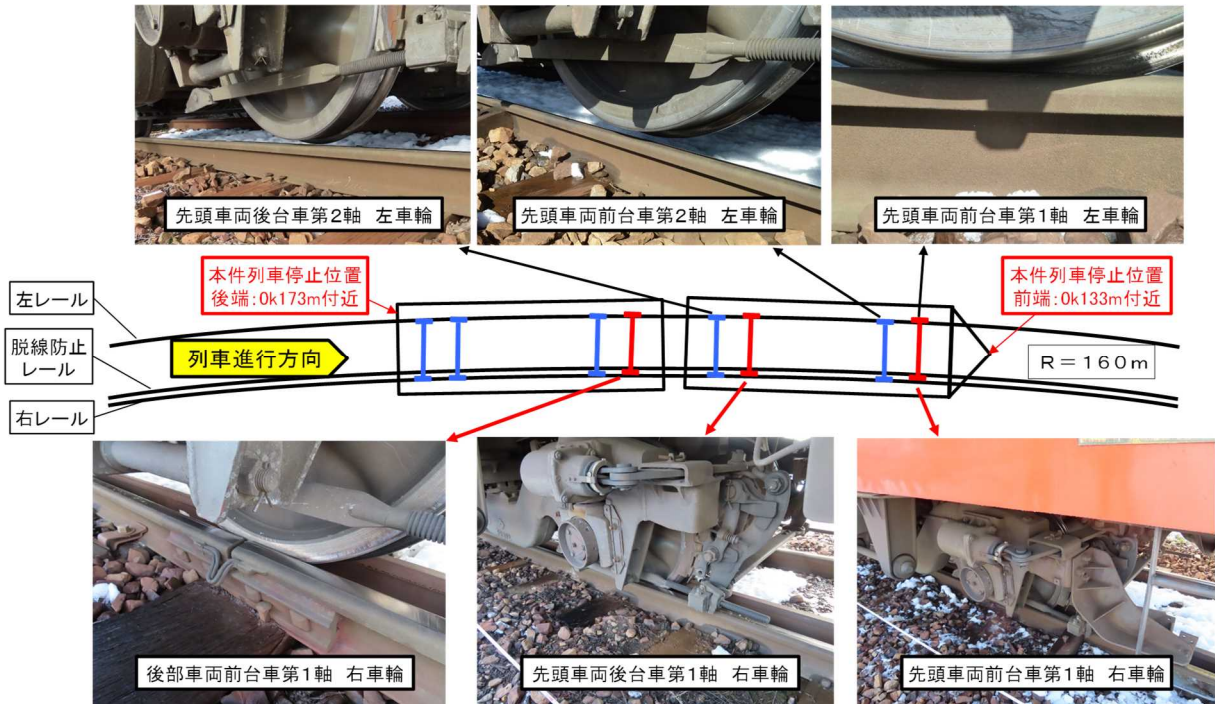


付図2 事故現場付近の地形図

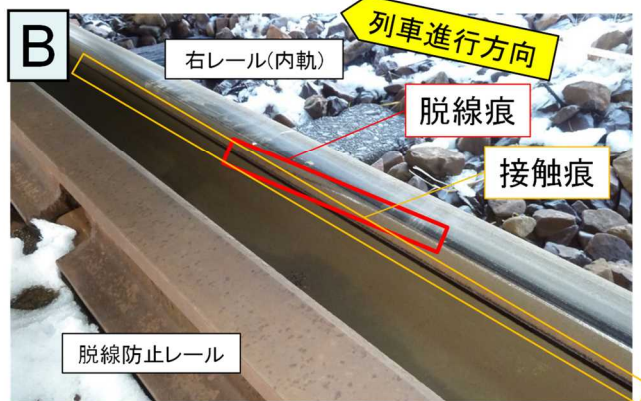
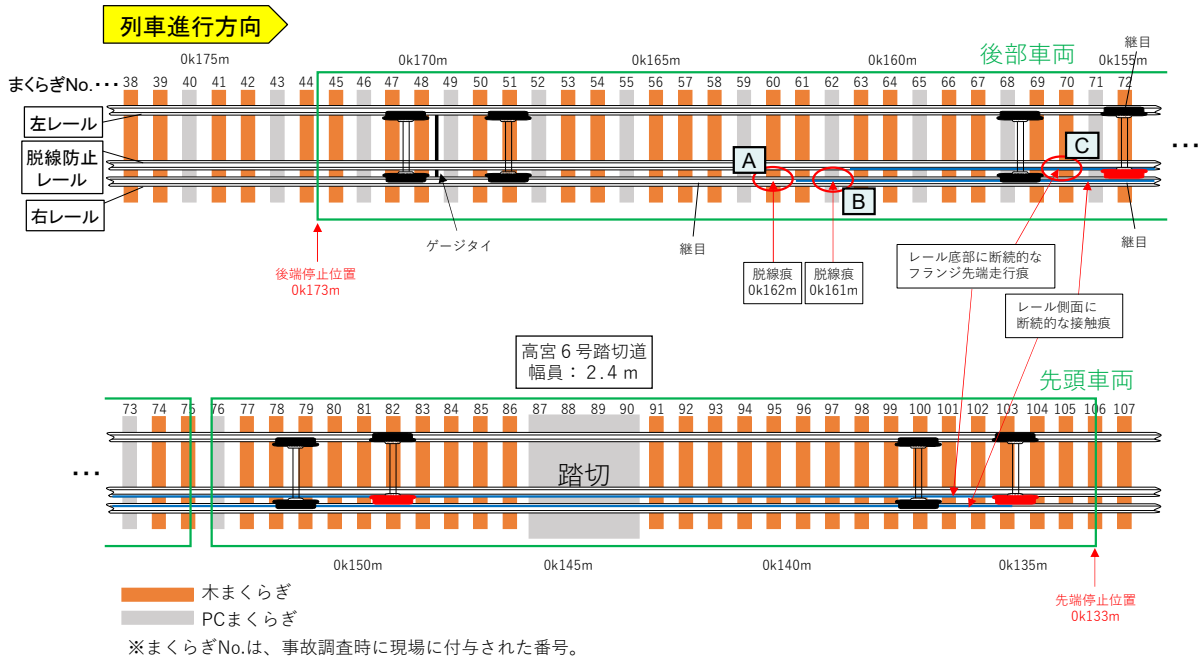


この図は、国土院の地理院地図(電子国土Web)を使用して作成

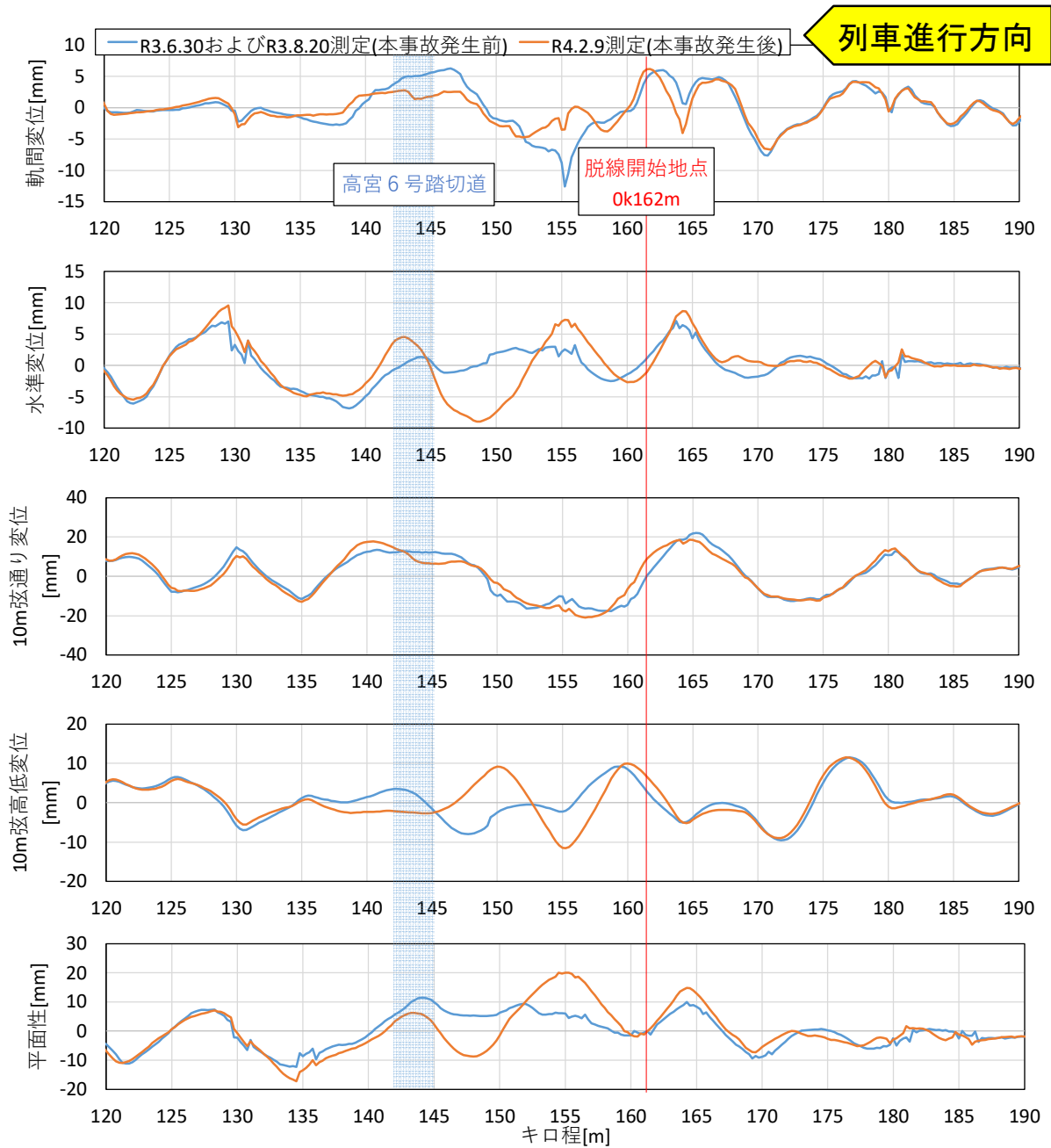
付図3 事故現場の略図と脱線の状況



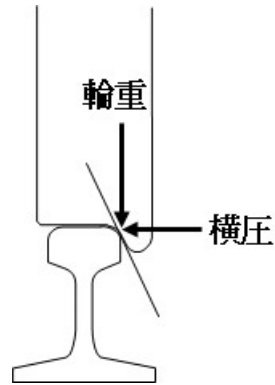
# 付図4 事故現場の略図と脱線の痕跡



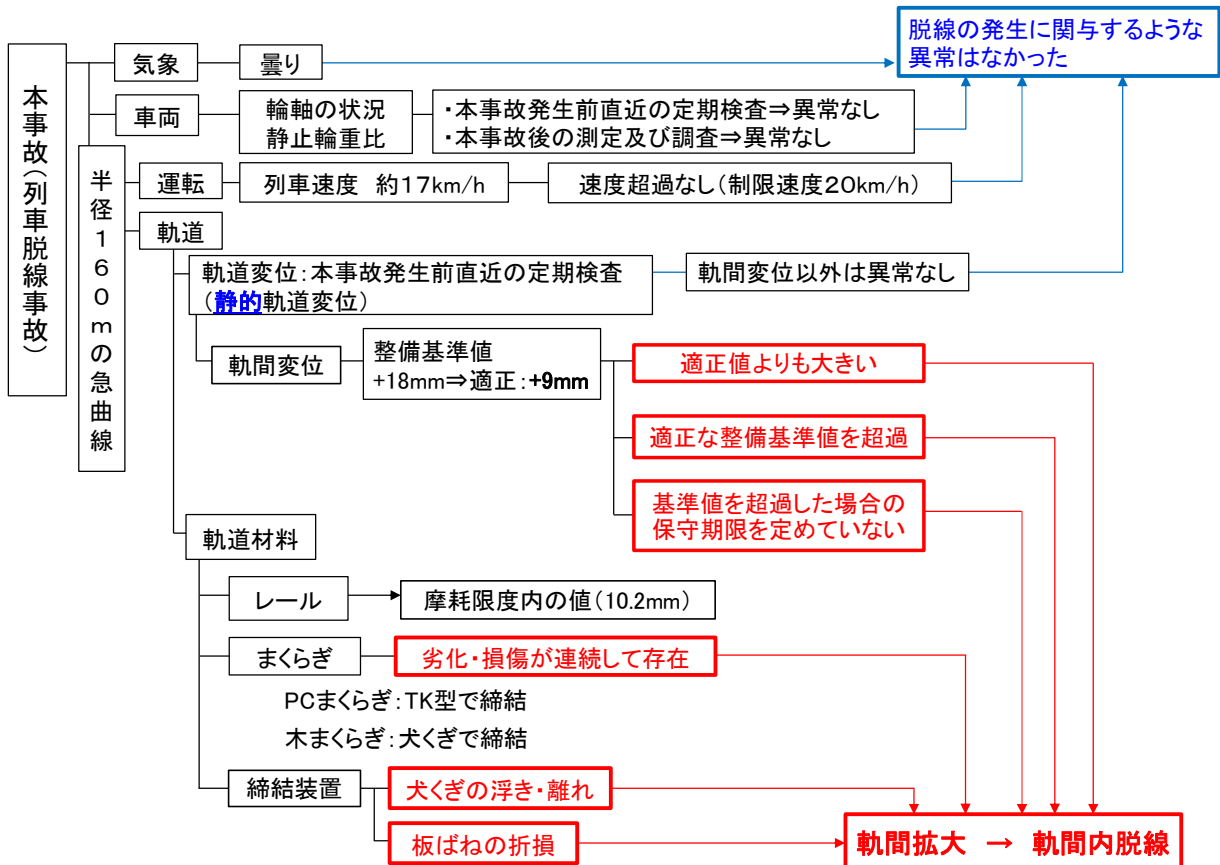
付図5 事故現場付近の軌道変位等の状況



付図6 レール車輪間に作用する力

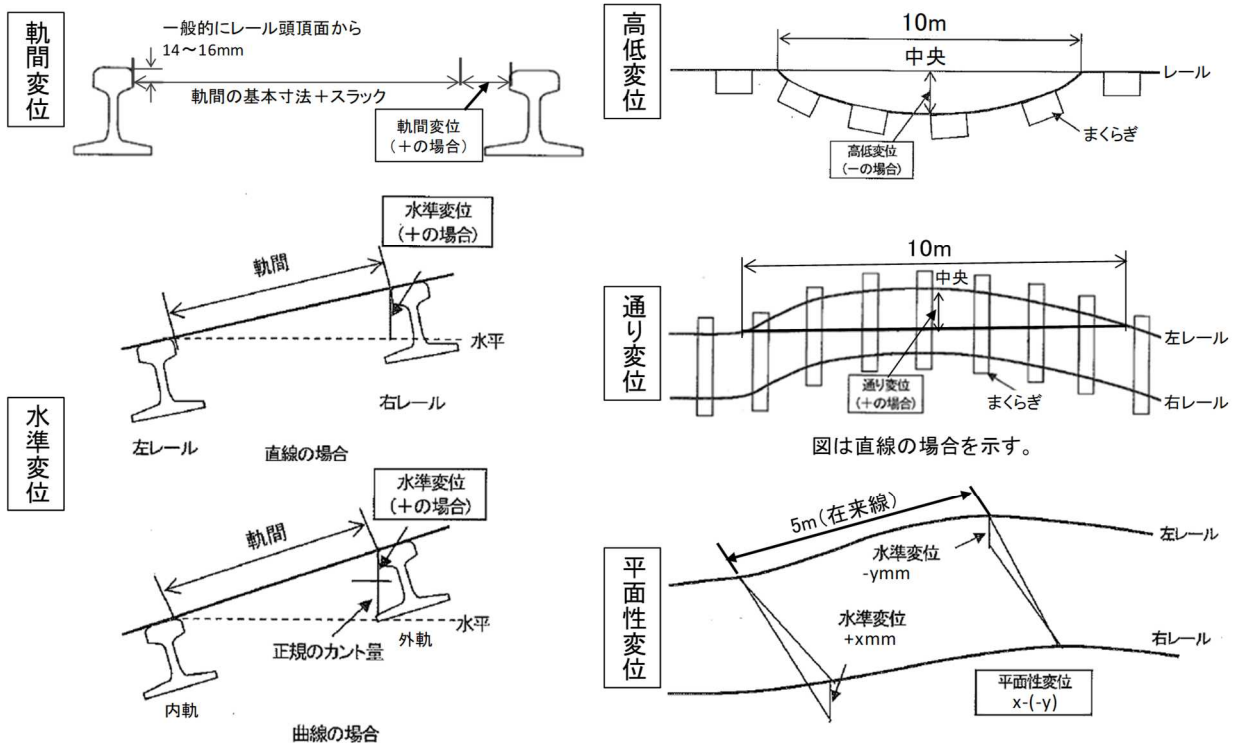


付図7 列車脱線事故の関与要因



# 附属資料 1 軌道変位の種類と定義

軌道変位		列車の繰り返し通過や自然現象により、軌道の各部に生じる変位や変形のことをいう。軌道変位には、一般的に軌間変位、水準変位、高低変位、通り変位、平面性変位の5種類がある。
	軌間変位	軌間内側面間の距離から左右レールの基本寸法（1,067mm）及びスラックを除いたものである。軌間変位の限度値の考え方については、「附属資料2 軌間変位の限度値の考え方」を参照のこと。
	水準変位	左右レールの高さの差のことをいう。また、曲線部でカントが設定されている場合には、カントを差し引いた値のことをいう。
	高低変位	レール頭頂面の長さ方向での凹凸をいい、一般的には長さ10mの糸をレール頭頂面に張ったときの、その中央部における糸とレールとの距離で表す。
	通り変位	レール側面の長さ方向での凹凸をいい、一般的には長さ10mの糸をレールの軌間内側面に張ったときの、その中央部における糸とレールとの距離(通り正矢)で表す。また、曲線部においては、通り正矢から曲線半径による正矢量を差し引いた値で表す。
	平面性変位	レールの長さ方向の2点間の水準の差をいい、平面に対する軌道のねじれ状態を表す。2点間の距離が5mであれば、5m平面性変位という。



## 附属資料 2 軌間変位の限度値の考え方

鉄道車両の走行安全上の判定目標の一つとして、軌間内に車輪が脱線しないための軌間変位の限度値は、一般的にレールと輪軸の関係から次のように考えられる。

軌間変位の限度値<sup>1)</sup> =  $\delta - (10) - (10)$  (mm)

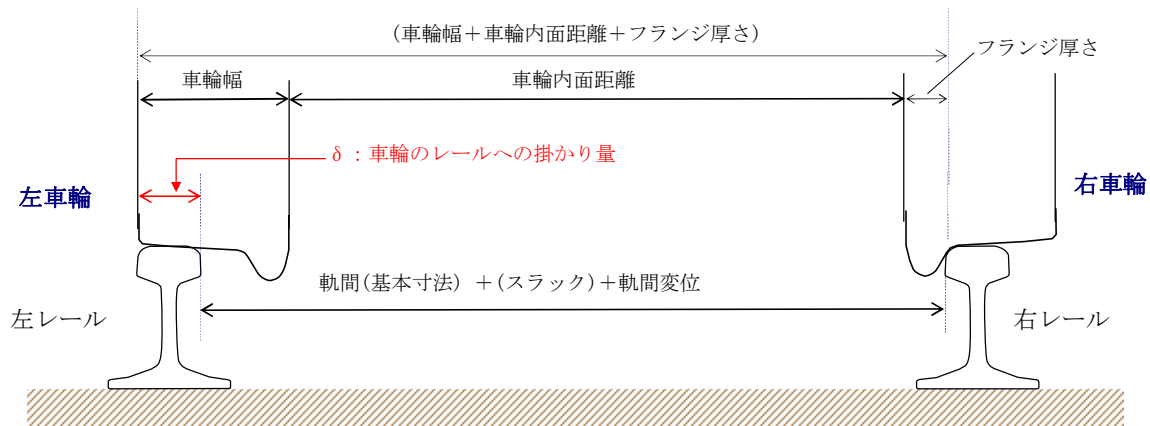
レール摩耗(A) + 車輪踏面端部の面取り(B)を考慮

$\delta$  = 車輪のレールへの掛かり量  
 = (車輪幅 + 車輪内面距離 + フランジ厚さ) - 軌間(設計値)

軌間(設計値) = 軌間(基本寸法) + スラック

輪軸寸法が小さいほど軌間内脱線に対する余裕が小さくなることから、一般的な輪軸の寸法の最小値を用いて軌間変位の限度値を算出すると以下のとおり40mmとなり、この値が一般的に用いられている。なお、軌間1,067mm、スラック0mmとしている。

$$\begin{aligned} \text{軌間変位の限度値} &= (\text{車輪幅} + \text{車輪内面距離} + \text{フランジ厚さ}) - \text{軌間(設計値)} - 10 - 10 \\ &= (120 + 988 + 22) - 1,067 - 10 - 10 = 43 \approx \underline{40 \text{ (mm)}} \end{aligned}$$



軌道整備基準値 (JR在来線の例)<sup>2)</sup> では、軌間の拡大量の限度値40mmより、整備基準値の上限を、

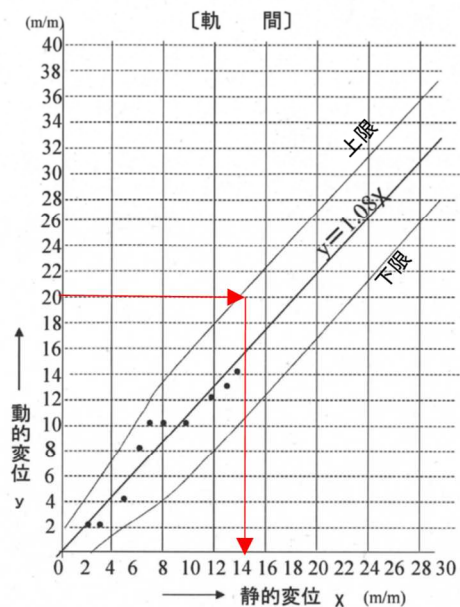
$$\text{整備基準値の上限} = \text{軌間の拡大量の限度値} - \text{スラック}$$

として、例えばスラック20mmの曲線の動的軌間変位の整備基準値は、 $40 - 20 = 20$ mmとしている。

また、静的軌間変位の整備基準値は、動的軌間変位と静的軌間変位の関係<sup>3)</sup> から求め、動的軌間変位の整備基準値が20mmの場合、静的軌間変位の整備基準値を14mmとしている。

### 参考文献

- 1) 解説 鉄道に関する技術基準(土木編)第三版、H26.12、p.118、国土交通省鉄道局監修
- 2) 解説 鉄道に関する技術基準(土木編)第三版、H26.12、p.661、国土交通省鉄道局監修
- 3) 鉄道構造物等維持管理標準(軌道編)の手引き、H19.3、p.31、財団法人鉄道総合技術研究所



動的軌間変位と静的軌間変位の関係