

RA2018-4

鉄 道 事 故 調 査 報 告 書

I わたらせ溪谷鐵道株式会社 わたらせ溪谷線 花輪駅～水沼駅間
列車脱線事故

平成30年6月28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 中橋 和博

《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 わたらせ溪谷鐵道株式会社 わたらせ溪谷線
花輪駅～水沼駅間
列車脱線事故

鉄道事故調査報告書

鉄道事業者名：わたらせ渓谷鐵道株式会社

事故種類：列車脱線事故

発生日時：平成29年5月22日 14時59分ごろ

発生場所：群馬県桐生市

わたらせ渓谷線 はなわ花輪駅～みずぬま水沼駅間（単線）
しもしんでん下新田信号場起点16k029m付近

平成30年5月28日

運輸安全委員会（鉄道部会）議決

委員長	中橋和博
委員	奥村文直（部会長）
委員	石田弘明
委員	石川敏行
委員	岡村美好
委員	土井美和子

要旨

<概要>

わたらせ渓谷鐵道株式会社わたらせ渓谷線間まとう藤駅きりゆう桐生駅行き3両編成の上り第9792D列車（電気・軌道総合検測車）の運転士は、平成29年5月22日、14時59分ごろ、はなわ花輪駅～みずぬま水沼駅間の半径160mの右曲線を速度約36km/hで通過した直後に衝撃を感じ、非常ブレーキを使用して列車を停止させた。

停車後に確認したところ、2両目の前台車全軸が左へ脱線していた。

列車には、乗務員、施設担当者等7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（電気・軌道総合検測車）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、2両目前台車第1軸の右車輪が軌間内に落下し、軌間を広げながら走行した後、左車輪のフランジが左レール（外軌）に乗り上がり、左に脱輪

したことによるものと考えられる。

軌間が大きく拡大したことについては、同曲線中で、まくらぎやレール締結装置の不良が連続していたことにより、列車走行時の横圧によるレール小返り等で軌間が拡大したことによるものと考えられる。

なお、脱線に至るような大きな軌間の拡大が発生したことについては、定期検査等でまくらぎ及びレール締結装置の連続した不良による軌間変位の拡大に対する危険性を十分に把握できず、それに応じた軌道整備が行われていなかったこと、また、本事故発生直前に軌道検測車で測定された軌間変位が著大であったにもかかわらず、適切な運転規制や軌道整備が行われなかったことが関与した可能性があると考えられる。

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	鉄道施設に関する情報	3
2.4	車両に関する情報	10
2.4.1	車両の概要	10
2.4.2	車両の整備に関する情報	11
2.4.3	車両の定期検査等に関する情報	12
2.5	鉄道施設及び車両の損傷状況等に関する情報	14
2.5.1	鉄道施設の損傷及び痕跡等の状況	14
2.5.2	車両の損傷及び痕跡の状況	15
2.6	乗務員に関する情報	15
2.7	運転取扱い等に関する情報	15
2.8	気象に関する情報	16
3	分析	16
3.1	脱線の状況に関する分析	16
3.1.1	脱線開始点について	16
3.1.2	本件車両前台車の脱線について	17
3.1.3	軌道の損傷について	18
3.1.4	車両の損傷等について	18
3.2	脱線時の走行速度等に関する分析	18
3.3	脱線時の時刻に関する分析	19

3.4	軌道に関する分析	19
3.4.1	軌道変位について	19
3.4.2	軌道変位の管理について	20
3.4.3	まくらぎについて	21
3.4.4	レール締結装置について	22
3.4.5	まくらぎ及びレール締結装置の管理について	22
3.4.6	軌間内脱線の状況について	22
3.4.7	スラックについて	24
3.4.8	安全レールについて	24
3.4.9	線路の保守体制について	25
3.5	車両に関する分析	26
3.6	気象に関する分析	26
3.7	脱線の原因に関する分析	27
4	結 論	27
4.1	分析の要約	27
4.2	原因	31
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

添付資料

付図1	わたらせ溪谷鐵道の路線略図	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痕跡	35
付図4	事故現場付近の軌道変位等の状況	38
付図5	事故現場付近の軌道状態	39
付図6	車両の主な損傷状況	40
附属資料1	軌道変位の種類と定義	43
附属資料2	軌間変位の限度値の考え方	44

1 鉄道事故調査の経過

1.1 鉄道事故の概要

わたらせ渓谷鐵道株式会社わたらせ渓谷線間藤駅^{まつ}発桐生^{きりゆう}駅行き3両編成の上り第試9792D列車（電気・軌道総合検測車）の運転士は、平成29年5月22日（月）、14時59分ごろ、花輪^{はなわ}駅～水沼^{みずぬま}駅間の半径160mの右曲線（以下、車両は前から数え、前後左右は列車の進行方向を基準とする。）を速度約36km/hで通過した直後に衝撃を感じ、非常ブレーキを使用して列車を停止させた。

停車後に確認したところ、2両目の前台車全軸が左へ脱線していた。

列車には、乗務員、施設担当者等7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、平成29年5月22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。

関東運輸局は、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

平成29年5月22日	現場調査
平成29年5月23日	現場調査及び口述聴取

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、わたらせ渓谷鐵道株式会社（以下「同社」という。）わたらせ渓谷線間藤駅発桐生駅行き上り第試9792D列車（電気・軌道総合検測車）（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、9時55分ごろに出勤し、10時05分ごろに点呼を受け、桐生駅発間藤駅行き下り第試9791D列車（電気・軌道総合検測車、本件列車

と同車両) (以下「試9791D列車」という。)に添乗して定刻(11時45分)に出発した。なお、桐生駅での引継ぎは、10時52分に行われ、異状はなかった。

本件列車には、間藤駅で試9791D列車の運転士から、異状はないという引継ぎを受けて乗車し、折り返し定刻(13時45分)に出発した。なお、試9791D列車は軌道検測を実施し、本件列車は軌道等の検測は実施していなかった。

その後、神戸駅を定刻(14時46分)に出発して、花輪駅をほぼ定刻(14時55分15秒)に通過後、半径160mの右曲線(下新田信号場起点15k922m~16k150m、以下「下新田信号場起点」は省略する。また、以下「本件曲線」という。)に速度約38km/hで進入し、惰行運転で本件曲線を通過した後に八木原踏切道(15k914m)手前付近で「ガタガタ」という横揺れを感じ、更に大きな揺れと下から突き上げるような「ドーン」という衝撃を感じたため、直ちに非常ブレーキを使用して列車を停止させた。

なお、間藤駅から本件曲線までの間については、本件列車に異状はなかった。

停止後、添乗していた運転士Aが本件列車の2両目前台車全軸が左側に脱線したことを確認し、添乗していた運転士Bが本件列車が脱線したことを指令に連絡した。その後、自らも車両から降りて2両目前台車の脱線を確認した後、2両目のエンジンが既に停止していることを確認し、動作していた1両目のエンジンを停止させ、転動防止手配を行った。また、1両目に添乗していた運転士2名、2両目及び3両目にいた同社施設担当社員2名と軌道検測作業担当者(外注業者)2名を確認したが、全員にけがはなかった。

(付図1 わたらせ溪谷鐵道の路線略図、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痕跡 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。)が装備されている。同装置は、時刻、列車速度、走行距離及びブレーキの操作状況等を記録する機能を有しており、その記録によれば、本事故発生時の本件列車の運転状況の概略は、表1のとおりであった。表1から脱線開始点付近(3.1.1に後述する16k029m付近)を通過した時刻は、14時59分08秒ごろであった。

なお、時刻は本事故後に実時刻と記録上の時刻の差により補正したが、列車速度については、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。

表1 運転状況記録装置の記録

時刻	列車速度	列車停止位置までの 走行距離 (キロ程)	備考
14時59分08秒	36 km/h	156 m (16k029 m)	脱線開始点付近
14時59分09秒	36 km/h	146 m (16k019 m)	左右車輪の脱輪位置付近 (2両目前台車第1軸)
14時59分20秒	29 km/h	46 m (15k919 m)	八木原踏切道の端部に 衝撃した位置付近
14時59分23秒	25 km/h	24 m (15k897 m)	非常ブレーキを操作 した位置付近
14時59分30秒	0 km/h	0 m (15k873 m)	列車停止位置 (2両目前台車第1軸)

※「列車停止位置までの走行距離」は、脱線軸（2両目前台車第1軸）停止位置から運転状況記録装置のキロ程を元に算出したもの。

(付図1 わたらせ溪谷鐵道の路線略図、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痕跡 参照)

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15k850m付近で停止しており、その2両目の前台車全軸が脱線し、その第1軸の位置は15k873m付近であった。

脱線した状態については、第1軸の右車輪が右レールから左に約1,580mmの位置で軌間外にあり、第2軸の右車輪は右レールから左に約390mmの位置で軌間内であった。

2両目後台車全軸及び1両目と3両目の全台車全軸については脱線していなかった。3両目の一部は八木原踏切道上で停止していた。なお、本件列車が停止した場所の線形は、直線であった。

(付図3 事故現場の略図と脱線の痕跡 参照)

2.3.2 鉄道施設に関する情報

2.3.2.1 路線の概要

同社のわたらせ溪谷線は、「日本国有鉄道改革法」（昭和61年法律第87号）に

より昭和62年4月に日本国有鉄道（以下「旧国鉄」という。）の足尾線が東日本旅客鉄道株式会社（以下「JR東日本」という。）に移管され、その後、更に平成元年3月に第三セクターである同社に移管されて線名をわたらせ溪谷線とした。

わたらせ溪谷線の桐生駅～間藤駅間は、営業キロ^{*1}44.1kmの単線で、軌間は1,067mmである。このうち、桐生駅～下新田信号場間は、JR東日本の両毛線と共有している電化区間、下新田信号場～間藤駅間は非電化区間で軌道延長^{*2}42.4kmである。また、動力は内燃である。

（付図1 わたらせ溪谷鐵道の路線略図 参照）

2.3.2.2 線路の概要

本事故現場付近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の右曲線で、16k105m～15k967mが円曲線、円曲線の前後の16k150m～16k105m及び15k967m～15k922mが緩和曲線である。また、カント80mm及びスラック20mmが設定され、これらは緩和曲線区間で逡減^{ていげん}されている。
- (2) 15k914mに八木原踏切道（警報機及び遮断機あり）がある。踏切幅員は7.0mで、軌道構造は接続軌道^{*3}である。
- (3) 16k100mから15k950mまでは下り勾配12.0‰であり、15k950mから15k700mまでは下り勾配10.0‰である。
- (4) 本事故現場付近はバラスト軌道で、レールは50kgNレール、まくらぎは木まくらぎである。
- (5) 16k045m、16k022m、15k999m、15k976m、15k953m及び15k930mの左右レールには、レール継目があり、いずれも支え継ぎ^{*4}である。
- (6) 本件曲線に用いられている主なレール締結装置は、F形締結装置である。F形締結装置は、タイプレートとレールの間に挟む軌道パッド及び板ばねによりレールを上下方向から弾性支持する二重弾性締結方式である。なお、タイプレートは、1枚当たり4本の犬くぎによって、まくらぎに締結されている（図1参照）。また、レール継目部はH形締結装置を用いている。

*1 「営業キロ」とは、旅客・貨物を運送する発着区間に対する駅間のキロ数をいう。

*2 「軌道延長」とは、軌道の実延長をいう。単線区間では線路延長と同じとなり、複線区間では線路延長の2倍となる。

*3 「接続軌道」とは、鉄筋コンクリート製ブロックを連続的に敷設し、PC鋼棒で連結した軌道構造である。

*4 「支え継ぎ」とは、レール継目の支持方法の一つで、レール継目の真下にまくらぎを配置して支持する方法である。

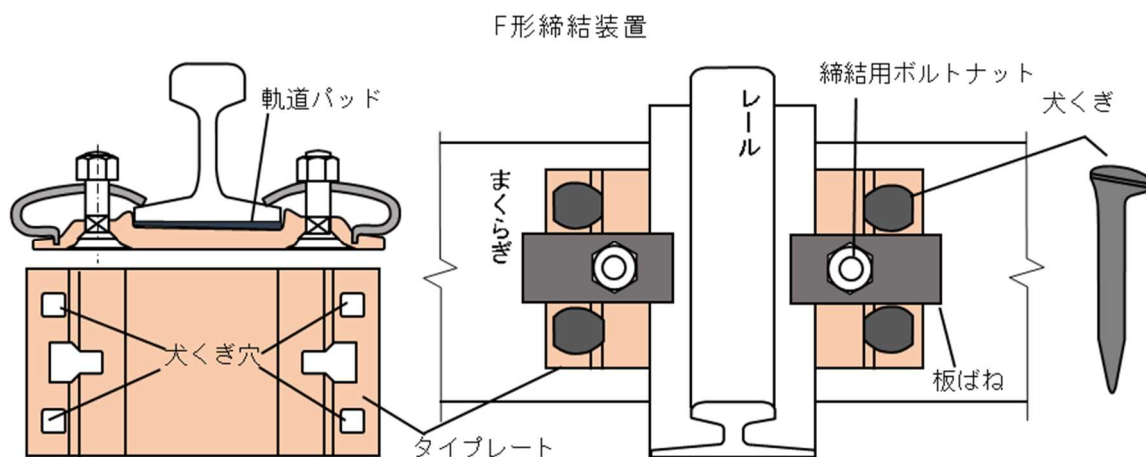


図1 本件曲線の主なレール締結装置

- (7) 16k045m～15k919m（八木原踏切道端部）間に、まくらぎは、186本敷設されている。まくらぎ配置本数は、レール長25m当たり約37本である。
- (8) 本件曲線には、外軌側軌間外に安全レール^{*5}が敷設されている。レールの種類は50kg（50PS）レールで、まくらぎ約3本ごとに内外1本ずつの犬くぎで締結されている。

（付図3 事故現場の略図と脱線の痕跡 参照）

2.3.2.3 軌道の定期検査等

(1) 軌道変位の定期検査等

軌道変位の定期検査については、「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、同社が関東運輸局長へ届け出ている実施基準の一部である「軌道・土木施設実施基準」に定められており、本線における軌間変位、5m平面性変位、通り変位及び高低変位の整備に関する基準値は表2のとおりである。

なお、同社における軌道変位の定期検査の基準期間は1年である。また、同社によると、整備基準値を超過した場合には、整正する期限は定めてはいないが、著しく超過しているものを優先に40日程度の期間で補修を行っていたとのことであった。

*5 「安全レール」とは、脱線した車両が軌間外に逸脱し、転倒又は転落による大事故を防ぐことを目的とし、本線レールに沿って敷設する誘導用のレールである。

表2 軌道変位の整備基準値

(単位：mm)

軌道変位の種別	本線
軌間変位	20 (14)
5m平面性変位	23 (18)
通り変位	27 (19)
高低変位	27 (19)

※ () 内は静的値

※本件曲線(半径160m)における整備基準値

事故現場付近における本事故発生前直近の軌道変位検査は、本事故発生当日である平成29年5月22日の12時40分ごろに、試9791D列車として連結されている軌道検測車により動的軌道変位^{*6}が測定されており、さらに、その直近では平成28年6月13日に同車両により動的軌道変位が測定されていた。

なお、電気・軌道総合検測車による軌道検測時には、軌道変位の検測結果に基づき、あらかじめ設定された基準値及び著大値^{*7}を超過した場合において車内に設置されたプリンターから検測結果が速報値として出力されるようになっている。本事故時の設定では、軌間変位の基準値は20mm(スラック除く)、著大値は42mm(スラック含む)となっていた。ただし、同社においては、軌道変位が著大値を超過した場合の取扱いに関する規定等はなかった。

以上の軌道変位の定期検査による脱線開始点付近(3.1.1に後述する16k029mの前後25mの範囲)の測定結果は次のとおりであった。なお、軌間変位以外の軌道変位の大小は絶対値で評価する。また、以下に速報値として示した以外の軌道変位の値は、測定された0.25mピッチのデータを演算処理したものである。

① 平成29年5月22日の測定結果は、次のとおりであった。

- a スラックを含む軌間変位は、16k029m付近が最も大きく+50.2mmであり、同地点のスラック量20mmを除くと軌間変位は+30.2mmで整備基準値(+20mm)を超過していた。なお、車内で出力された速報値は、16k029m付近で50.7mmであった。

*6 「動的軌道変位」とは、軌道検測車等により列車荷重等を载荷した状態における軌道変位をいう。一方、人力による糸張りや軌道検測装置等により、列車荷重(又はそれに準ずる荷重)を载荷しない状態における軌道変位を「静的軌道変位」という。また、動的軌道変位の測定値を「動的値」、静的軌道変位の測定値を「静的値」という。

*7 ここでいう「著大値」とは、軌道変位を測定し発見した時点で即座に運転中止等の運転規制や軌道整備等を行うための判断基準として、あらかじめ定められた著大な軌道変位の値をいう。

- b 水準変位は、16k035m付近が最も大きく4.7mmであった。
- c 5m平面性変位は、16k016m付近が最も大きく6.6mmであり、整備基準値(23mm)以内であった。
- d 通り変位は、16k027m付近の右側が最も大きく15.8mmであり、整備基準値(27mm)以内であった。
- e 高低変位は、16k048m付近が最も大きく12.7mmであり、整備基準値(27mm)以内であった。

② 平成28年6月13日の測定結果は、次のとおりであった。

- a スラックを含む軌間変位は、16k029m付近が最も大きく+42.5mmであり、同地点のスラック量20mmを除くと軌間変位は+22.5mmで整備基準値(+20mm)を超過していた。なお、車内で出力された速報値は、16k029m付近で42.8mmであった。
- b 同社は、平成28年6月28日に同地点の軌間直し^{*8}を実施し、同地点のスラックを含む軌間変位(静的値)は35mmから23mmとなった。なお、同地点のスラック量20mmを除くと軌間直し後の軌間変位は+3mmであり、静的な整備基準値(+14mm)以内であった。

(付図4 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

軌道・土木施設実施基準では、まくらぎ及びこれに附属するレール締結装置について、損傷、摩耗等の保守及び材料状態の定期検査を基準期間1年で行うこととしている。

本件曲線付近における本事故発生前直近のまくらぎ検査は、平成28年12月1日に実施されており、目視や点検ハンマーによる打音により、腐食やひび割れの状況を確認して不良と判定されたまくらぎ(以下「不良まくらぎ」という。)は、次のとおりであった。

- ・16k000m～16k100m：14/142本
- ・15k900m～16k000m：21/140本

これらのまくらぎは、現場でまくらぎ等にペイントで印付けされ判別できるようになっており、平成29年度中に交換する予定であった。

また、本事故発生前直近のレール頭部の摩耗量は平成28年12月17日の検査において測定しており、本件曲線における最大値は左レール(外軌)が3mm(レール側面)、右レール(内軌)が2mm(レール頭頂面)であった。

*8 「軌間直し」とは、軌道整正の一種で、軌間が所定の範囲となるようにレールをまくらぎ方向に移動することをいう。ここでは、既存の犬くぎを抜いた穴に木片を入れて打ち直す作業である。

これは同社の軌道・土木施設実施基準に定めるレール頭部の摩耗量の整備基準値である16mm以内であった。

なお、レール締結装置の状態については、まくらぎ検査時及び線路の巡視により把握しているとのことであった。

(3) 線路の巡視

軌道・土木施設実施基準では、本線の巡視を徒歩又は軌道自動自転車（以下「徒歩巡回」という。）、及び列車（以下「列車巡回」という。）により行うこととし、その頻度は、徒歩巡回は1か月に1回、列車巡回は1週間に1回としている。

本事故発生前直近の事故現場付近の巡視は、平成29年5月17日に軌道自動自転車による徒歩巡回を実施し、平成29年5月22日（本事故当日の午前中）に列車巡回を実施しており、いずれも事故現場付近の異常は記録されていなかった。

なお、本事故発生前直近の徒歩による徒歩巡回は、平成29年3月23日に実施しており、事故現場付近の異常は記録されていなかった。また、本事故発生前の1年間における事故現場付近の徒歩巡回は、12回中4回が徒歩で行われ、8回が軌道自動自転車で行われていた。

2.3.2.4 本事故発生後の軌道の状況

(1) 軌道変位の状況

本事故発生後（平成29年5月23日）に、事故現場付近の静的軌道変位の測定を手測りにより行った結果は次のとおりであった。ただし、この軌道変位は、本事故の影響を受けている可能性がある。なお、軌間変位以外の軌道変位の大小は絶対値で評価する。

- ① スラックを含む軌間変位は、15k984m～15k982m付近が最も大きく+35mmであった。脱線開始点である16k029m付近では、+34mmであった。
- ② 水準変位は、16k037m付近が最も大きく8mmであった。
- ③ 5m平面性変位は、15k927m付近が最も大きく16mmであった。
- ④ 通り変位（左、外軌）は、16k000m付近が最も大きく12mmであった。
- ⑤ 高低変位（右、内軌）は、16k024m付近及び15k991m～15k990m付近が最も大きく7mmであった。
- ⑥ 安全レールと外軌のレール頭部における間隔は、16k015m付近までは182mm～195mmの範囲であったが、以降は徐々に広がり、15k

980m付近で700mmとなり、以降はほぼ横ばいであった。最大は、15k975m付近で740mmであった。なお、同社によると、本件曲線における標準的な安全レールの間隔は180～220mmとのことであった。

(付図4 事故現場付近の軌道変位等の状況 参照)

(2) 軌道部材の状況

事故現場付近におけるレール、まくらぎ、レール締結装置及び道床等の軌道部材の状況について調査した結果は、次のとおりであった。

- ① レール及びレール継目等の状態に特に異常はなかった。
- ② まくらぎの状態については、2.3.2.3(2)に記述した定期検査においても把握されていたとおり、複数の不良まくらぎが確認された。

事故現場付近の16k045m～15k920mの範囲内に敷設されている162本のまくらぎには29本の不良まくらぎがあり、そのうち、16k043m付近の2本、16k029m付近の3本、15k989m付近の2本は、連続した不良まくらぎであった。

- ③ レール締結装置には、犬くぎが抜け上がり、犬くぎの頭部がタイプレートから浮き、接触していない状態（以下「犬くぎ浮き」という。）が内外軌の軌間内側において複数箇所見られた。脱線開始点付近（3.1.1に後述する16k029m付近）は、16k030m付近～16k027m付近の5本のまくらぎに連続した犬くぎ浮きが見られた。

なお、板ばねについては、脱線開始点付近において特段の緩みは見られなかった。

- ④ 道床は全体的に土砂混入が多く、バラスト量が少なくなっている状態であった。

(付図4 事故現場付近の軌道変位等の状況、付図5 事故現場付近の軌道状態 参照)

2.3.2.5 まくらぎ交換の状況

平成28年度末の同社の本線におけるまくらぎの本数は約56,000本で、このうち、木まくらぎは約54,000本、PCまくらぎは約2,000本であった。

同社によると、平成21年度から平成28年度までの木まくらぎの交換本数は2,428本で、年間の平均交換本数は約300本であった。

さらに、木まくらぎからPCまくらぎへの交換（以下「PC化」という。）を行っており、平成21年度から平成28年度までの交換本数は、1,049本で、年間の平均交換本数は約130本であった。なお、PC化は、いずれも5本に1本の割合で置き換える部分交換であった。

なお、同社は、これらのまくらぎ交換の一部において、国の支援制度を活用しており、国、群馬県及び栃木県等からの補助を受けている。

2.3.2.6 線路の保守体制の状況

同社における線路の保守体制は、本事故時において、保線担当者2名であった。なお、保線担当者の通常の作業内容は、まくらぎ検査や小規模な材料交換などの比較的簡易な検査や補修作業であり、それ以外の検査や比較的大規模な補修作業等については軌道業者への外注により実施している。

2.4 車両に関する情報

2.4.1 車両の概要

本件列車の車両は、JR東日本所有の電気・軌道総合検測車であり、1両目が信号・通信検測車（以下「1両目車両」という。）、脱線した2両目が電力検測車（以下「本件車両」という。）、3両目が軌道検測車（以下「3両目車両」という。）であった。

この電気・軌道総合検測車は、同社の線路を検測するために年1回の頻度で同社の全線を走行している。本件列車の編成を図2に示す。

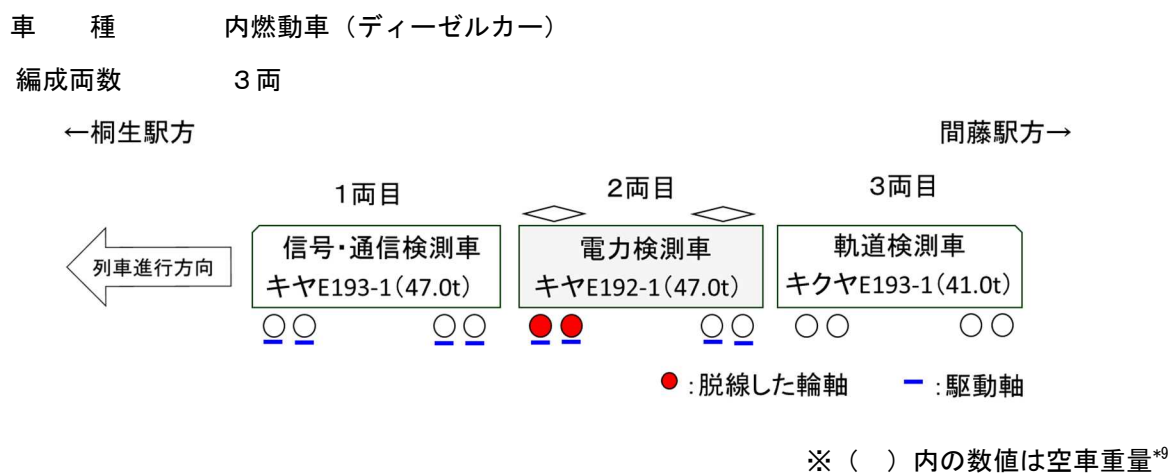


図2 本件列車の編成

また、本件車両の主要諸元は次のとおりである。

- | | |
|----------|-----------|
| ・空車重量 | 47.0 t |
| ・車両長 | 20,500 mm |
| ・台車中心間距離 | 14,150 mm |
| ・台車 | ボルスタレス台車 |

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

・軸距	2,100mm
・車輪踏面形状	修正円弧踏面
・車輪フランジ角度	65度
・車輪径	860mm
・車輪幅	125mm
・製造年月日	平成14年7月4日

2.4.2 車両の整備に関する情報

本件列車の車両の整備はJR東日本が実施しており、車両の整備については、「鉄道に関する技術上の基準を定める省令」に基づき、JR東日本が関東運輸局長へ届け出ている実施基準の一部である「内燃動車整備実施基準」で定められている。車両の定期検査の種類は、全般検査^{*10}、要部検査^{*11}、交番検査^{*12}等があり、検査ごとに定められた期間又は内燃動車の走行距離によって定期的に行われている。また、仕業検査として、内燃動車の使用状態に応じ車両の各部分について10日を超えない期間ごとに検査を行っている。

輪軸については、全般検査及び要部検査で車輪内面距離の検査を行い、また、全般検査、要部検査及び交番検査で、フランジ高さ、フランジ外側面距離、車輪径の検査を行うこととされている。各項目の使用限度値は表3のとおりである。

また、車両の静止輪重の管理については、全般検査及び要部検査時に輪重の測定を行い、静止輪重比^{*13}が15%以内となるように管理することとされている。

表3 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 993mm以下
フランジ高さ	25mm以上 35mm以下
フランジ外側面距離	516mm以上 527mm以下
車輪径	774mm以上

*10 「全般検査」とは、JR東日本における定期検査のことで、内燃動車全般について、96か月（本件列車を含む特殊の用に供する内燃動車においては84か月）を超えない期間ごとに行う検査をいう。

*11 「要部検査」とは、JR東日本における定期検査のことで、内燃動車の動力発生装置、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、48か月（本件列車を含む特殊の用に供する内燃動車においては42か月）又は当該内燃動車の走行距離が50万キロメートル（本件列車を含む特殊の用に供する内燃動車においては25万キロメートル）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 「交番検査」とは、JR東日本における定期検査のことで、内燃動車の走行、動力発生装置、動力伝達装置、電気装置、ブレーキ装置、車体等の状態、作用及び機能について、90日を超えない期間ごとに行う検査をいう。

*13 「静止輪重比」とは、片側の車輪の輪重をその輪軸の平均輪重で除し、100%との差の絶対値で表す値をいう。

2.4.3 車両の定期検査等に関する情報

2.4.3.1 定期検査等の実施状況

本件列車の車両の本事故発生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 平成22年10月29日

要部検査 平成26年 3月 6日

交番検査 平成29年 3月24日

仕業検査 平成29年 5月21日

2.4.3.2 輪軸の状況

本件列車の車両の輪軸については、本件車両の前台車第1軸及び後台車第2軸は平成28年2月17日に輪軸の交換が行われ、本件車両の前台車第2軸及び後台車第1軸は平成28年2月17日に、3両目車両は平成26年3月6日に車輪の交換が行われ、また、1両目車両は平成27年3月18日に車輪の削正が行われ、本事故発生時まで使用されている。なお、定期検査時以外で輪軸又は車輪交換及び車輪削正を行った際には、臨時検査を行っている。

輪軸に関する本事故発生前直近及び本事故発生後の検査結果は、表4に示すとおりである。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径について、本件車両前台車第1軸の本事故発生後に測定された車輪内面距離は表3に示す使用限度値を下回っていたが、それ以外についてはいずれも使用限度値内で、異常は見られなかった。

2.4.3.3 静止輪重比の状況

本件列車の車両において、本事故発生前直近の検査結果及び本事故発生後に静止輪重を測定した結果は、表5に示すとおりである。いずれも静止輪重比は管理値である15%以内で、異常は見られなかった。なお、本件車両の本事故発生後の静止輪重は、台車を1両目車両の台車に履き替え、かつ、空気ばねへのエア供給及び推進軸の取付けをしていない状態で測定した値であるため、本事故発生時の状態で測定した値と異なる可能性がある。

表4 輪軸各部の寸法測定結果

※ **太字**の値は、使用限度値の範囲外のもの。

※ 「左」は進行方向左車輪、「右」は進行方向右車輪を示す。

1両目車両 キヤE193-1

単位：mm

項目	検査種類	前台車				後台車			
		第1軸		第2軸		第1軸		第2軸	
		左	右	左	右	左	右	左	右
車輪内面距離	臨時検査	991.6		991.4		991.2		991.1	
	本事故後測定	990.5		990.3		990.2		990.1	
フランジ高さ	交番検査	30.1	29.8	30.5	29.1	29.1	29.9	30.1	30.1
フランジ外側面距離	交番検査	523.6	523.8	524.7	524.7	524.0	524.6	524.1	524.1
フランジ厚さ	交番検査	27.8	28.0	29.0	29.0	28.4	29.0	28.6	28.6
	本事故後測定	27.6	27.6	27.5	28.3	27.8	28.2	27.9	27.2
車輪径	交番検査	850.0	850.0	851.0	849.0	852.0	851.0	850.0	851.0

※ 臨時検査：平成27年3月18日

※ 交番検査：平成29年3月24日

※ 本事故発生後測定：平成29年5月26日

本件車両（2両目） キヤE192-1

単位：mm

項目	検査種類	前台車				後台車			
		第1軸		第2軸		第1軸		第2軸	
		左	右	左	右	左	右	左	右
車輪内面距離	臨時検査	990.2		990.5		990.4		990.1	
	本事故後測定	988.2		990.7		990.4		989.7	
フランジ高さ	交番検査	27.4	27.4	28.3	28.2	28.1	28.1	27.5	27.5
フランジ外側面距離	交番検査	523.2	523.0	522.8	523.3	523.1	522.7	522.8	523.0
フランジ厚さ	交番検査	28.1	27.9	27.6	28.1	27.9	27.5	27.7	28.0
	本事故後測定	27.8	27.8	27.9	27.8	27.9	28.0	28.0	27.8
車輪径	交番検査	860.0	860.0	859.0	859.0	859.0	859.0	860.0	860.0

※ 臨時検査：平成28年2月17日

※ 交番検査：平成29年3月24日

※ 本事故発生後測定：平成29年5月26日

3両目車両 キクヤE193-1

単位：mm

項目	検査種類	前台車				後台車			
		第1軸		第2軸		第1軸		第2軸	
		左	右	左	右	左	右	左	右
車輪内面距離	要部検査	990.4		990.4		990.2		990.2	
	本事故後測定	990.0		990.0		989.7		989.7	
フランジ高さ	交番検査	28.7	28.7	28.7	28.5	28.6	28.6	28.7	28.8
フランジ外側面距離	交番検査	522.6	521.8	522.8	522.3	521.5	522.0	521.5	521.5
フランジ厚さ	交番検査	27.4	26.6	27.6	27.1	26.4	26.9	26.4	26.4
	本事故後測定	26.7	27.3	27.6	28.0	26.6	27.0	26.6	26.6
車輪径	交番検査	859.0	859.0	859.0	859.0	859.0	859.0	859.0	859.0

※ 要部検査：平成26年3月6日

※ 交番検査：平成29年3月24日

※ 本事故発生後測定：平成29年5月26日

表5 静止輪重の測定結果

※「左」は進行方向左車輪、「右」は進行方向右車輪を示す。 静止輪重の単位：kN

車両	検査種類	検査日	項目	前台車				後台車				合計
				第1軸		第2軸		第1軸		第2軸		
				左	右	左	右	左	右	左	右	
1両目車両	臨時検査	平成29年3月21日	静止輪重	66.4	69.6	65.8	66.6	54.4	58.2	57.5	54.2	492.7
			静止輪重比	2.4%		0.6%		3.4%		3.0%		-
	本事故発生後測定	平成29年6月23日	静止輪重	67.1	68.6	65.1	66.6	52.9	57.7	57.2	52.9	488.1
			静止輪重比	1.1%		1.1%		4.3%		3.9%		-
本件車両(2両目)	臨時検査	平成28年2月17日	静止輪重	58.6	62.7	57.0	58.5	63.0	55.9	62.9	61.9	480.5
			静止輪重比	3.4%		1.3%		6.0%		0.8%		-
	本事故発生後測定	平成29年7月12日	静止輪重	52.6	56.0	56.2	58.0	55.6	59.0	49.8	61.2	448.4
			静止輪重比	3.1%		1.6%		3.0%		10.3%		-
3両目車両	臨時検査	平成29年3月21日	静止輪重	54.7	46.8	53.4	48.1	62.1	51.4	60.0	57.9	434.4
			静止輪重比	7.8%		5.2%		9.4%		1.8%		-
	本事故発生後測定	平成29年6月22日	静止輪重	55.7	46.8	54.1	48.7	59.6	56.0	64.3	56.7	441.9
			静止輪重比	8.7%		5.3%		3.1%		6.3%		-

2.5 鉄道施設及び車両の損傷状況等に関する情報

2.5.1 鉄道施設の損傷及び痕跡等の状況

- (1) 16k029m付近の右レール（内軌）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こすったことにより生じたと思われる痕跡があった。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) 16k022m付近の右レール（内軌）のレール継目板には、車輪が衝撃したことにより生じたと思われる打痕があった。
- (3) 16k022m付近の左レール（外軌）には、車輪が乗り上がった痕跡があった。
- (4) 16k019m付近の左レール（外軌）には、車輪が左に脱輪した痕跡があった。その後、15k919m付近（八木原踏切道の手前側の端部）までの区間のまくらぎ等に左右車輪が走行した痕跡があった。
- (5) 2.3.2.4(1)⑥に記述したように、車輪が左に脱輪した痕跡があった16k019m付近以降、安全レールは大きく左に変位していた。変位量の最大値は、15k975m付近で740mmであった。
- (6) 15k919m付近（八木原踏切道の手前側の端部）の踏切舗装の左レール側軌間外及び軌間内の位置には、車輪が衝撃したことにより生じたと思われる痕跡があった。また、以降15k873m付近（2両目前台車第1軸停止位置）までの区間の踏切舗装やまくらぎ等には、左右車輪とも軌間左外側にあるものが1対、左車輪が軌間左外側で右車輪が軌間内にあるものが1対の計2対の車輪が走行したと思われる痕跡があった。
- (7) 本事故発生後に同社が確認した結果、16k019m付近～15k873m付近の区間で100本の木まくらぎが損傷していた。

- (8) 2両目前台車第1軸の停止位置付近（15k873m付近）から28m手前までの範囲において、レールに大きなゆがみが生じていた。ゆがみによる変位量の最大値は、右に370mmであった。

(付図3 事故現場の略図と脱線の痕跡 参照)

2.5.2 車両の損傷及び痕跡の状況

本件車両の主な損傷等の状況は、次のとおりであった。

- (1) 脱線した本件車両前台車の全軸には、左右車輪のフランジの先端部等に多数の擦過痕があった。
- (2) 1両目車両と本件車両の間の連結部がずれていた。各車両端部のずれの大きさは、上下方向に220mm、左右方向には890mmであった。
- (3) 本件車両の前台車の空気ばねが損傷していた。
- (4) 本件車両の前台車第2軸付近に位置する推進軸が外れていた。
- (5) 本件車両の前台車第1軸において、PQ軸（輪重・横圧測定用輪軸）のケーブルが断線していた。
- (6) 本件車両の前台車右側のキャリパーブレーキ増圧シリンダー保護板が曲損していた。
- (7) 本件車両の前台車右側のLV（高さ調整弁）連結棒受及び車体の水抜き管が曲損していた。また、同位置付近の車体の外板が割損していた。
- (8) 本件車両の前側連結部胴受及び緩衝器受が曲損していた。
- (9) 1両目車両の後側連結部胴受が落失し、ばね箱及び緩衝器受が曲損していた。

(付図6 車両の主な損傷状況 参照)

2.6 乗務員に関する情報

本件運転士 男性 34歳

甲種内燃車運転免許

平成26年6月20日

2.7 運転取扱い等に関する情報

運転取扱いについては、「鉄道に関する技術上の基準を定める省令」に基づき、同社が関東運輸局長へ届け出ている実施基準の一部である「運転取扱実施基準」により、本件曲線（半径160m）の運転速度については、半径150m以上175m未満の区分の曲線における制限速度として「40km/hを超えて運転してはならない」と定められている。

また、同社が本件列車の運転に適用している運転曲線図においては、上り走行にお

ける本件曲線付近は速度40km/h以下の惰行運転となっている。

なお、事故現場における運行本数は、1日当たり普通旅客列車が計22本（1両編成で18本、2両編成で4本）である。また、その他に観光イベント列車等の臨時列車が年間760本程度運行している。

運行している列車の車種は、気動車（空車重量27.0t～35.5t）、ディーゼル機関車（空車重量65.0t）、客車（空車重量34.1t及び15.0t）である。

本件列車の車両が事故発生前に下り走行において軌道検測し、その後、上り走行で本事故が発生するまでの間に、本事故現場付近を走行した列車の概要は以下のとおりであった。

- ・ 12時40分ごろ：試9791D ※本件列車と同じ車両、軌道検測実施
下り、電気・軌道総合検測車、3両編成
- ・ 13時09分ごろ：第720D列車、上り、普通旅客列車、1両編成
- ・ 13時48分ごろ：第721D列車、下り、普通旅客列車、1両編成
- ・ 14時17分ごろ：第722D列車、上り、普通旅客列車、1両編成
- ・ 14時59分ごろ：試9792D ※本件列車
上り、電気・軌道総合検測車、3両編成

2.8 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晴れである。

事故現場の最寄りの前橋地方気象台の記録によれば、本事故発生当日の14時から15時の日照時間は1.0時間であり、降水量はなく、事故当日は終日にわたって降水は観測されなかった。また、15時の気温は32.1℃、湿度は32%、風向・風速は東南東3.5m/sであった。

なお、事故現場に最も近接する黒保根^{くろほね}地域観測所の記録においても、14時から15時における降水量は、0.0mmであった。

3 分析

3.1 脱線の状況に関する分析

3.1.1 脱線開始点について

2.5.1(1)に記述したように、16k029m付近の右レール（内軌）の頭部側面に右車輪が軌間内に落下して表リム面がこすったことにより生じたとみられる痕跡があった。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とから、最初に脱線した地点（以下「脱線開始点」という。）は、16k

0 2 9 m付近の右レール（内軌）と考えられる。

3.1.2 本件車両前台車の脱線について

- (1) 2.3.1 に記述したように、本事故において本件列車停止時に本件車両前台車の全軸が脱線し、そのうち第1軸は1 5 k 8 7 3 m付近にあったこと、
- (2) 2.5.1(1)に記述したように、脱線開始点（1 6 k 0 2 9 m付近）の右レール（内軌）の頭部側面に、右車輪が軌間内に落下して表リム面がこすったことにより生じたとみられる痕跡があったこと、
- (3) 2.5.1(3)及び(4)に記述したように、1 6 k 0 2 2 m付近の左レール（外軌）に車輪が乗り上がった痕跡があり、さらに、1 6 k 0 1 9 m付近の左レール（外軌）に車輪が左に脱輪した痕跡があり、その後、1 5 k 9 1 9 m付近（八木原踏切道の手前側の端部）までの区間のまくらぎ等に左右車輪が走行した痕跡があったこと、
- (4) 2.5.1(6)に記述したように、1 5 k 9 1 9 m付近（八木原踏切道の手前側の端部）の踏切舗装の左レール側軌間外及び軌間内の位置には、車輪が衝撃したことにより生じたとみられる痕跡があり、以降、1 5 k 8 7 3 m付近（2両目前台車第1軸停止位置）までの区間の踏切舗装やまくらぎ等には、左右2対の車輪が走行したとみられる痕跡があったこと、
- (5) 一般的に急曲線部を走行する台車は、正のアタック角^{*14}がある状態で走行し、第1軸の外軌側の車輪フランジがレールのゲージコーナーと接触しながら走行していること

から、本件車両（2両目）前台車は、

- ① 1 6 k 0 2 9 m付近で、第1軸の右車輪が右レール（内軌）の頭部側面をこすりながら軌間内に落下、
- ② その後、第1軸の輪軸が軌間を押し広げながら走行して、1 6 k 0 2 2 m付近で左レール（外軌）に左車輪が乗り上がり、1 6 k 0 1 9 m付近で脱輪、
- ③ その後、1 5 k 9 1 9 m付近（八木原踏切道の手前側の端部）で第1軸が左右車輪とも軌間左外側に逸脱する力を受け、第2軸の左車輪が左レールを乗り越えて左に脱輪

した可能性があると考えられる。

なお、上記①の事象（以下「軌間内脱線」という。図3 参照）は、3.4に後述する軌道の状態及び3.5に後述する車両の状態から、レール小返り^{*15}等による

*14 「アタック角」とは、車輪とレールとの相対ヨー角（上下軸まわりの回転角）のことである。なお、曲線を走行する車輪とレールについては、外軌側車輪がレールに向かって進むときの角度を正にとる。

*15 「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。

軌間拡大^{*16}により発生したものと考えられる。

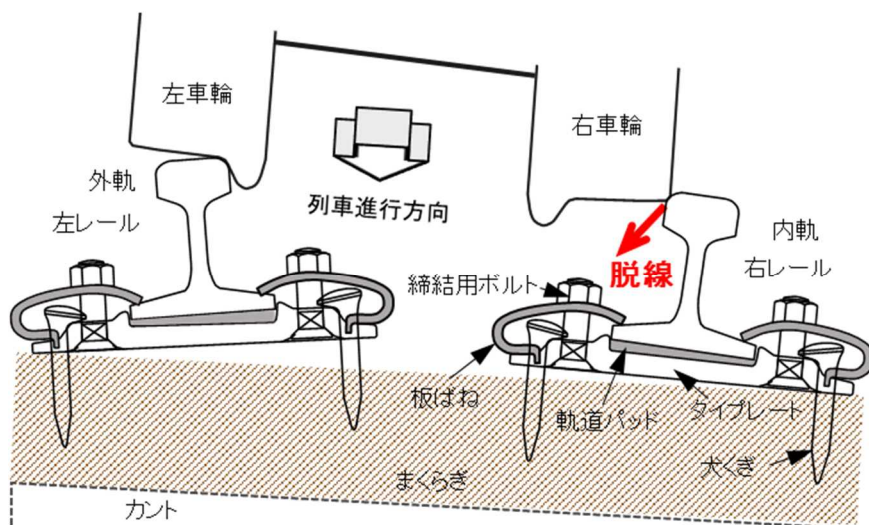


図3 本事故における軌間内脱線のイメージ

(付図3 事故現場の略図と脱線の痕跡 参照)

3.1.3 軌道の損傷について

2.5.1(7)及び(8)に記述したまくらぎの損傷及びレールのゆがみについては、本件車両の脱線後の走行により生じたものと考えられる。

3.1.4 車両の損傷等について

- (1) 2.5.2(1)に記述したように、脱線した本件車両前台車の全軸には、左右車輪のフランジの先端部等に多数の擦過痕があった。この擦過痕は、脱線時及び脱線後の走行により生じたものと考えられる。
- (2) 2.5.2(2)～(6)に記述した車両の損傷は、いずれも本件車両前台車の脱線後の走行による衝撃及び台車に大きなボギー角^{*17}が生じたことにより損傷したものと考えられる。

3.2 脱線時の走行速度等に関する分析

脱線時の走行速度等は、2.1.2表1に記述した運転状況記録装置に残されていた脱線開始点付近の記録から、約36km/hの惰行運転であったと考えられる。

また、2.7に記述したように、本件曲線において規定されている運転速度は、40km/h以下であることから、速度超過はなかったものと考えられる。

*16 「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。

*17 「ボギー角」とは、台車と車体の相対ヨー角（上下軸まわりの回転角）のことをいう。

3.3 脱線時の時刻に関する分析

脱線時の時刻は、2.1.2表1に記述した運転状況記録装置に残されていた脱線開始点付近の記録から14時59分08秒ごろであったものと考えられる。

3.4 軌道に関する分析

3.4.1 軌道変位について

(1) 本事故発生前直前に測定された軌道変位について

2.3.2.3(1)に記述したように、本事故発生当日である平成29年5月22日の12時40分ごろに軌道変位を測定しており、その結果は次のとおりである。

- ① スラックを含む軌間変位は、脱線開始点である16k029m付近で+50.2mmで、本件曲線のスラックである20mmを除くと+30.2mmとなり、整備基準値（スラックを除き+20mm）を大きく超過していた。本事故は、3.1.2に記述したように、脱線開始点付近において軌間内脱線をしていることから、この軌間変位が本事故の脱線の発生に大きく影響していると考えられる。
- ② 脱線開始点付近における5m平面性変位、通り変位及び高低変位については、全て整備基準値以内であり、本事故の脱線の発生に関与するものではないと考えられる。

(2) 平成28年6月13日に測定された軌間変位について

2.3.2.3(1)に記述したように、上記(1)の更に前の平成28年6月13日に軌道変位を測定しており、その結果は次のとおりである。

- ① スラックを含む軌間変位は、脱線開始点である16k029m付近で+42.5mmで、本件曲線のスラックである20mmを除くと+22.5mmとなり、この時点でも整備基準値（スラックを除き20mm）を超過する軌間変位であった。
- ② 同社は、平成28年6月28日に同地点の軌間直しを実施し、軌間変位の静的値（以下「静的軌間変位」という。）が設計値に近い状態になるよう整備した。しかし、上記(1)に記述したように約11か月後である本事故発生当日において、+50.2mmと整備前の状態よりも大きい軌間変位が発生していた。

これより、同社が行った軌間直しは、2.3.2.3(2)及び2.3.2.4(2)に記述したように、脱線開始点付近では連続した不良まくらぎが存在する状態であったことから、補修後も犬くぎの支持力が不足し、その効果の持続が十分ではなかったものと考えられる。

一方、軌道整備として、仮に軌間直しではなくまくらぎ交換を実施していれば、軌道整備の効果が持続し、脱線に至る大きな軌間変位の発生を防止できたと考えられる。

- ③ 平成28年6月13日に測定されたスラックを含む軌間変位と平成29年5月22日に測定されたスラックを含む軌間変位を円曲線（16k105m～15k967m）内の平均値で比較すると、平成28年6月13日が31.5mm、平成29年5月22日が35.1mmで3.6mm拡大していた。これより、本件曲線の円曲線においては、本事故発生前の約11か月間において、全体的に軌間変位の動的値（以下「動的軌間変位」という。）が拡大していた可能性があると考えられる。

(3) 本事故発生後に測定された軌間変位について

2.3.2.4(1)①に記述したように、本事故発生後に測定された脱線開始点付近のスラックを含む静的軌間変位は+34mmであった。一方、2.3.2.3(1)に記述したように、本事故発生前直近に測定された脱線開始点付近のスラックを含む動的軌間変位は+50.2mmであり、これらの差は16.2mmであった。

本事故発生後に測定された軌間変位は本事故の影響を受けている可能性があるが、本事故時には、脱線開始点付近の左右レール双方の小返り等の影響により、少なくとも16.2mm程度以上、動的に軌間が拡大したと考えられる。軌間変位の整備基準値は、2.3.2.3(1)表2に記述したように、動的値20mm、静的値14mmと定められており、その差は6mmであるのに比較して、この値は非常に大きいと考えられる。

3.4.2 軌道変位の管理について

(1) 軌道整備基準値について

2.3.2.3(1)①aに記述したように、本事故発生前直近に測定されたスラックを含む軌間変位は、速報値で+50.7mmであり、整備基準値を大きく超過する軌間変位であった。2.3.2.3(1)に記述したように、同社は、整備基準値を超過した場合に軌道整正を行う期限等の取扱いは定めてはいないが、著しく超過しているものを優先に40日程度の期間で補修を行っていたとのことであった。なお、2.3.2.3(1)②に記述したように、同社は、平成28年6月13日に測定された整備基準値を超過した軌間変位について、15日後の平成28年6月28日に軌間直しを行っている。

例えば旧国鉄では、安全限度を考慮して定めた整備基準値を超える軌道変位が認められた場合は、軌道変位進みを考慮して、15日以内に補修することと

されていた*18。同社においては、このような例を参考に、軌道変位が整備基準値を超過した場合の整備期限等を定め、着実に軌道整備を行うことが望ましい。

(2) 軌道変位の著大値に対する取扱いについて

2.3.2.3(1)に記述したように、電気・軌道総合検測車による軌道検測時には、軌道変位の検測結果があらかじめ設定された基準値及び著大値を超過した場合、速報値が出力される。

本事故発生前直近の軌道検測では、本件曲線内の脱線開始点付近において、軌間変位の著大値が速報値として出力されていたが、同社においては、その取扱いについて定められていなかったため、検測後に特段の処置は行われなかった。仮に、検測直後に運転中止等の手配を行い、その間に軌道補修を行っていたら、事故を未然に防げた可能性があると考えられる。このため、同社は、軌道検測時に軌道変位の著大値が認められた場合の運転規制や軌道整備等に関する取扱いを定め、確実に履行することが望ましい。

(3) 軌道変位の測定方法について

2.3.2.3(1)に記述したように、同社の軌道変位測定は、電気・軌道総合検測車により動的軌道変位が測定されている。

動的軌道変位の測定は、静的軌道変位の測定と比較して、列車走行時の輪重や横圧の影響を含んだ軌道検測ができるため、より安全性の高い軌道変位の管理が可能となる。よって、同社においては引き続き動的軌道変位の管理を定期的に行っていくことが望ましい。

なお、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。

3.4.3 まくらぎについて

まくらぎについては、2.3.2.3(2)及び2.3.2.4(2)に記述したように、平成28年12月1日に実施されたまくらぎ検査において、事故現場付近（16k045m～15k920m）に敷設されている162本のまくらぎには29本の不良まくらぎがあり、そのうち、16k043m付近の2本、16k029m付近の3本、15k989m付近の2本は、連続した不良まくらぎであった。

同範囲におけるまくらぎは、不良率が高いため、連続した不良まくらぎが発生しやすい状態であったと考えられ、脱線開始点付近において不良まくらぎが連続していたことが、軌間拡大の発生に影響したと考えられる。

*18 「軌道の維持管理マニュアル」、一般社団法人日本鉄道施設協会、H26.3、p.10

また、2.3.2.5 に記述したように、同社の木まくらぎの交換本数の実績は年間約300本、PC化の実績は年間約130本であり、合計は年間約430本である。同社によれば、平成28年度末における木まくらぎの本数は約54,000本とのことであり、一般的に木まくらぎの耐用年数は約15年～30年であることから、同社は、これらを考慮して計画的に木まくらぎの交換又はPC化を行っていくことが望ましい。

3.4.4 レール締結装置について

同社では、2.3.2.3(2)に記述したように、まくらぎ検査時及び線路の巡視によりレール締結装置の状態を把握するようにしており、2.3.2.3(3)に記述したように、本事故発生前直近の線路の巡視である平成29年5月17日に行った軌道自動自転車による徒歩巡回では、事故現場付近の異常は記録されていなかった。

ただし、2.3.2.4(2)③に記述したように、本事故発生後の調査では脱線開始点付近において連続した犬くぎ浮きが見られたことから、本事故発生時には、脱線開始点付近において、犬くぎ浮きが連続して存在する状態であった可能性があると考えられ、レール小返り等による軌間拡大の発生に影響したと考えられる。

なお、これらより、まくらぎ検査等においてレール締結装置の状態を十分に把握できていなかった可能性があると考えられる。よって、同社は、まくらぎ検査時において、より入念にレール締結装置の検査を行い、記録に残すなどの処置を行うとともに、線路の巡視においても、徒歩巡回において、よりレール締結装置の状態の把握に努めることが望まれる。

3.4.5 まくらぎ及びレール締結装置の管理について

3.4.3 及び 3.4.4 に記述したまくらぎ及びレール締結装置の管理状況から、同社は、まくらぎ検査時や線路の巡視時等において、まくらぎの腐食や犬くぎ浮き等を確認し、状況に応じて犬くぎの打ち換えや増し打ち、まくらぎ交換、ゲージタイ（軌間保持金具）の設置等を実施する必要がある、それらを着実に実行できるように管理体制を整備しておくことが望ましい。

なお、まくらぎの腐食や犬くぎ浮き等が、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加するため、優先して整備を行うよう配慮する必要がある。

3.4.6 軌間内脱線の状況について

3.1.2 に記述したとおり、本件車両前台車第1軸は、脱線開始点付近において軌間内脱線した可能性があると考えられる。

軌間内脱線は、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。）を、落下する側（本事故の場合は右車輪）の車輪幅、輪軸の車輪内面距離及び落下する反対側（本事故の場合は左車輪）のフランジ厚さの合計値（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）ことで発生する可能性がある（図4 参照）。

本事故発生時の脱線開始点付近のスラックを含む軌間変位が 2.3.2.3(1)①a に記述した本事故直近測定値である+50.2mm 程度であったと仮定すると、軌間寸法は1,117.2mm 程度であったと考えられる。

また、本事故発生時の脱線した輪軸の寸法は、2.4.3.2 に記述した、本事故発生前直前に測定された本件車両前台車第1軸の輪軸寸法から、

$$990.2 + 28.1 + 125.0 = 1,143.3 \text{ mm}$$

であったと考えられ、輪軸寸法が軌間寸法を下回っておらず、約26mm レールに掛かっている状態である。これは、レールの摩耗や車輪端部の面取りの影響を10mm 程度と考えても、まだ約16mm レールに掛かっている状態であると考えられる。

よって、本事故発生時においては、本事故発生前直前に測定された動的軌間変位よりも、本件車両前台車第1軸が通過する際、動的軌間変位が更に拡大していた可能性が考えられる。これは、軌道検測車の軌間測定を行う輪軸と脱線した輪軸が異なることにより、それぞれの動的軌間変位の値にも差異があること、及び軌道検測時よりも脱線時に更に軌間拡大が進んでいたこと等の影響による可能性が考えられる。

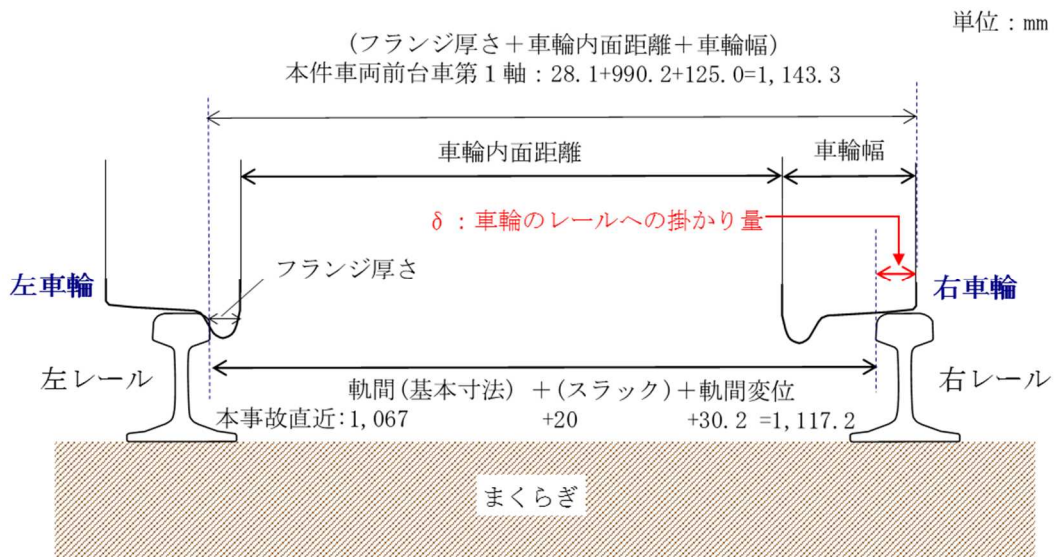


図4 車輪のレールへの掛かり量

(附属資料2 軌間変位の限度値の考え方 参照)

3.4.7 スラックについて

3.4.6に記述した軌間内脱線が発生する条件から、軌間寸法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。よって、スラックについては、軌間内脱線を発生させない観点からは、余裕を高めるために可能な範囲で小さい方が望ましい。

2.3.2.2(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20mmであった。この値は、旧国鉄におけるスラックの標準量及び同社の軌道・土木施設実施基準で定める半径200m未満の曲線におけるスラック量である20mmと同等であることから妥当であったと考えられる。

3.4.8 安全レールについて

2.3.2.2(8)に記述したように、本件曲線には外軌側軌間外に安全レールが敷設されており、まくらぎ約3本ごとに内外1本ずつの犬くぎで締結されている。また、2.3.2.4(1)⑥に記述したように、脱線後に本件列車が走行したことによる影響により、安全レールと外軌のレール頭部の間隔は、最大740mmと大きく開いていた。

安全レールについては脱線の発生に直接関与しないが、ここでは、本事故の調査により判明した事項について分析する。

3.4.8.1 安全レールの敷設について

脱線防止ガード^{*19}や脱線防止レール^{*20}は、脱線そのものを防止する目的で敷設されるものであり、一方、安全レールは脱線した後の逸脱を極力防止する目的で敷設される。

同社の規定（軌道・土木施設実施基準）においては、「脱線防止ガード又は脱線防止レールを必要とする箇所、これを取り付けることが不都合な箇所には、安全レールを敷設するものとする。」とされており、この「不都合」は、一般に落石や降雪のほか、線路の保守性（経済性）等を考慮して判断される。同社においては、本規定に基づき安全レールを敷設していたものと考えられる。

ただし、本事故の状況においては、一般的な敷設方法である内軌側軌間内へ脱線防止ガード又は脱線防止レールを敷設していた場合、一定の脱線防止効果があったものと考えられる。よって、落石や降雪の影響がない箇所については、なるべく脱線防止ガード又は脱線防止レールを敷設することが望ましい。

*19 「脱線防止ガード」とは、脱線による重大事故を防止するために、本線レールと並行して軌間内に設けられるL形鋼のガード装置である。

*20 「脱線防止レール」とは、脱線による重大事故を防止するために、本線レールと並行して軌間内に設けられるレールである。

3.4.8.2 安全レールの敷設位置について

本件曲線には外軌側軌間外に安全レールが敷設されていた。同社の規定では、安全レールは、「危険の大きい側の反対側レールの軌間内に設けること」となっており、本件曲線においては、外軌側への脱線の危険性が高いと考えられるので、内軌側の軌間内に敷設するのが適切である。

同社の規定は旧国鉄の規定を引き継いだものであるが、旧国鉄の規定には「ただし、落石及び降雪の多い箇所では、危険の大きな側のレールの軌間外方に設けること。」が追記されている。

同社によると安全レールの敷設位置については、旧国鉄の規定に基づき、鉄道と平行している河川（渡良瀬川）への転落の防止を考慮して、河川方向への逸脱を防ぐ方向に取り付けているとのことであった。

3.4.8.3 安全レールの敷設方法について

安全レールの敷設方法について、同社の規定はないが、旧国鉄の要領では、安全レールはまくらぎ1本おき（2本に1本）以上で締結することとしている。同社は3本に1本締結していることから、締結数は標準の2/3である。本事故においては、脱線後に安全レールがある程度の逸脱防止機能を果たしているが、2.3.1に記述したように脱線した2両目前台車第1軸は線路から逸脱しており、締結方法については、今後注意を要すると考えられる。

3.4.9 線路の保守体制について

2.3.2.6に記述したように、同社における線路の保守体制は、本事故時において保線担当者2名であった。同社の軌道延長（本線：約42.4km）を考慮すると、同社の保線担当者を大幅に増員することは難しいと考えられ、また、規定に従っ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の問題はなかったと考えられる。

一方で、3.4.3に記述したように、本事故発生前直近のまくらぎ検査において連続した不良まくらぎがあったが、緊急に修繕を行う程度ではないと判断された。また、3.4.4に記述したように、まくらぎ検査等でレール締結装置の状態を十分に把握できていなかった可能性が考えられる。

さらに、3.4.1(2)②に記述したように、平成28年6月28日に行った軌間直しは、その効果が十分でなかった可能性が考えられる。また、3.4.2(2)に記述したように、軌道変位の著大値が認められた場合の運転規制や軌道整備等に関する取扱いについては定められていなかったため、検測後に特段の処置は行われなかった。

木まくらぎや犬くぎ等の締結装置の管理は、一般に目視や打音による判別を要し、

軌道部材の検査を精度良く行うためには、熟練した技能を要する。また、適正な保守方法の選択や軌道変位の管理は、一定の技術力を要する。

しかし、同社に類する地域鉄道に共通する課題として、修繕費等の経費を十分に確保することが難しいことに加え、鉄道事業が小規模であるために、組織としての技術力の維持、向上が困難であることが考えられ、同社においては、そのような状況が継続していた可能性があると考えられる。

このため、同社においては本事故発生前直近のまくらぎ検査等で、まくらぎ及びレール締結装置の連続した不良による軌間拡大に対する危険性を十分に把握できなかった可能性があり、それに応じた整備が行われていなかったことが間接的に本事故の発生に関与した可能性があると考えられる。

このような組織としての技術力の不足を補うためには、各担当者の研修や訓練による社員教育を実施することや、適任者を増員すること等も有効であるが、即効性・確実性を考えると、木まくらぎに比べて耐久性に優れ容易な保守が可能であるコンクリート製等のまくらぎに交換（数本に1本の割合で置き換える部分交換を含む。）していくこと等ハード対策を更に実施していくことが望ましい。

3.5 車両に関する分析

2.4.3.2に記述した、本件車両前台車第1軸の本事故発生後に測定された車輪内面距離が使用限度値を下回っていたことについては、本件車両前台車第1軸の右車輪表側の車軸輪座に真新しい金属表面が確認されたことから、脱線により車輪がずれたため車輪内面距離が小さくなったことによると考えられる（図5参照）。

上記の事象と2.1.1に記述した本件運転士の口述及び2.4.3に記述した本件列車の定期検査の結果から、本件列車に脱線の要因となるような異常はなかったものと考えられる。



図5 本件車両前台車第1軸の右車輪

3.6 気象に関する分析

2.8に記述したように、事故現場の最寄りの前橋地方気象台の記録によれば、本事故発生当日の天気は晴れで、15時における風速は3.5m/sであった。このため、

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。なお、気象状況から、本事故現場付近のレールは乾燥状態であったと考えられる。

3.7 脱線の原因に関する分析

- (1) 3.1.2に記述したように、本件車両前台車は、第1軸の右車輪が16k029m付近で右レール（内軌）の頭部側面をこすりながら軌間内に落下し、その後、第1軸の輪軸が軌間を押し広げながら走行して、16k022m付近で左レール（外軌）に左車輪が乗り上がり、16k019m付近で脱輪、15k919m付近（八木原踏切道の手前側の端部）で第1軸が左右車輪とも軌間左外側に逸脱する力を受け、第2軸の左車輪が左レールを乗り越えて左に脱輪した可能性があると考えられる。
- (2) 軌間内脱線が発生したことについては、3.4.1に記述したように、脱線開始点付近の動的軌間変位が大きかったことによるものと考えられる。
- (3) 脱線開始点付近の動的軌間変位が大きかったことについては、3.4.3及び3.4.4に記述したように、まくらぎ及びレール締結装置の不良が脱線開始点付近で連続して発生していたことにより、列車走行時の横圧によるレールの小返り等で軌間が拡大したことによるものと考えられる。
- (4) まくらぎ及びレール締結装置の不良が連続して存在する状態であったことは、3.4.9に記述したように、本事故発生前直近のまくらぎ検査等で、まくらぎやレール締結装置の連続した不良による軌間拡大に対する危険性を十分に把握できなかったことによる可能性があると考えられる。

なお、これらについては、同社に類する地域鉄道に共通する課題として、鉄道事業が小規模であるために、組織としての技術力の維持・向上が困難であったことが、間接的に関与していた可能性があると考えられる。

4 結 論

4.1 分析の要約

3.1～3.7に記述した分析を要約すると、それぞれ概略以下のとおりである。

(1) 脱線の状況

最初に脱線した地点（脱線開始点）は、16k029m付近の右レール（内軌）と考えられる。

本件車両前台車は、

- ① 16k029m付近で、第1軸の右車輪が右レール（内軌）の頭部側面

をこすりながら軌間内に落下、

② その後、第1軸の輪軸が軌間を押し広げながら走行して、16k022m付近で左レール（外軌）に左車輪が乗り上がり、16k019m付近で脱輪、

③ 15k919m付近（八木原踏切道の手前側の端部）で第1軸が逸脱する力を受け、第2軸の左車輪が左レールを乗り越えて左に脱輪した可能性があると考えられる。

なお、本事故における軌間内脱線は、レール小返り等による軌間拡大により発生したものと考えられる。（3.1）^{*21}

(2) 脱線時の走行速度等

本事故発生時の走行速度は、約36km/hの惰行運転であったと考えられ、速度超過はなかったものと考えられる。（3.2）

(3) 脱線時の時刻

本事故の発生時刻は、14時59分08秒ごろであったものと考えられる。

（3.3）

(4) 軌道

① 軌道変位

本事故発生前直近に測定された脱線開始点付近のスラックを含む軌間変位は+50.2mmで、整備基準値を大きく超過しており、本事故の脱線の発生に大きく影響していると考えられる。

また、平成28年6月28日に実施した脱線開始点付近の軌間直しは、その効果の持続が十分ではなかったものと考えられる。

さらに、本事故発生後に測定された静的軌間変位と本事故発生前直近に測定された動的軌間変位の比較から、脱線開始点付近では非常に大きい動的な軌間拡大があったと考えられる。（3.4.1）

② 軌道変位の管理

本事故発生前直近に測定されたスラックを含む軌間変位は、速報値で+50.7mmであり、整備基準値を大きく超過する軌間変位であった。同社は、整備基準値を超過した場合に軌道整正を行う期限等の取扱いは定めてはいないが、著しく超過しているものを優先に40日程度の期間で補修を行っていたとのことであった。

よって、同社においては、軌道変位が整備基準値を超過した場合の整備期限等を定め、着実に軌道整備を行うことが望ましい。また、軌道検測時に軌道変位の著大値が認められた場合の運転規制や軌道整備等に関する取扱いを

*21 本項の各文章末尾に記載した数字は、当該記述に関連する「3 分析」の主な項番号を示す。

定め、確実に履行することが望ましい。(3.4.2)

③ まくらぎ

脱線開始点付近において、まくらぎの不良率が高いため連続した不良まくらぎが発生しやすい状態であったと考えられ、不良まくらぎが連続していたことが、軌間拡大の発生に影響したと考えられる。(3.4.3)

④ レール締結装置

レール締結装置については、本事故発生時に、脱線開始点付近において、犬くぎ浮きが連続して存在する状態であった可能性があると考えられ、軌間拡大に影響したと考えられる。

これは、まくらぎ検査等においてレール締結装置の状態を十分に把握できていなかった可能性があると考えられ、同社は、まくらぎ検査時において、より入念にレール締結装置の検査を行うこと等が望まれる。(3.4.4)

⑤ まくらぎ及びレール締結装置の管理

同社は、まくらぎ検査時や線路の巡視時等において、まくらぎの腐食や犬くぎ浮き等を確認し、状況に応じて犬くぎの打ち換えや増し打ち、まくらぎ交換、ゲージタイ（軌間保持金具）の設置等を実施する必要がある、それらを着実に行えるように管理体制を整備しておくことが望ましい。

なお、まくらぎの腐食や犬くぎ浮き等が、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加するため、優先して整備を行うよう配慮する必要がある。(3.4.5)

⑥ 軌間内脱線の状況

本事故発生時の脱線開始点付近においては、輪軸寸法が軌間寸法を下回っていない状態であった。よって、本事故発生時においては、本事故発生前直前に測定された軌間よりも、本件車両前台車第1軸が通過する際に、動的軌間変位が更に拡大していた可能性が考えられる。これは、軌道検測車の軌間測定を行う輪軸と脱線した輪軸が異なることにより、それぞれの動的軌間変位の値にも差異があること、及び軌道検測時よりも脱線時に更に軌間拡大が進んでいたこと等の影響による可能性が考えられる。(3.4.6)

⑦ スラック

本件曲線において設定されていたスラックは20mmであった。この値は、妥当であったと考えられる。(3.4.7)

⑧ 安全レール

本件曲線には外軌側軌間外に安全レールが敷設されていた。安全レールについては、脱線の発生に直接関与はしないが、落石や降雪の影響がない箇所については、なるべく脱線防止ガード又は脱線防止レールを敷設することが

望ましい。また、安全レールを敷設する場合は、その敷設位置や締結方法について注意を要すると考えられる。(3.4.8)

⑨ 線路の保守体制

同社における線路の保守体制は、同社に類する地域鉄道に共通する課題として、修繕費等の経費を十分に確保することが難しいことに加え、鉄道事業が小規模であるために、組織としての技術力の維持、向上が困難であることが考えられ、同社においては、そのような状況が継続していた可能性があると考えられる。

このような組織としての技術力の不足を補うためには、各担当者の研修や訓練による社員教育を実施することや、適任者を増員すること等も有効であるが、即効性・確実性を考えると、木まくらぎに比べて耐久性に優れ容易な保守が可能であるコンクリート製のまくらぎに交換（数本に1本の割合で置き換える部分交換を含む。）をしていくこと等ハード対策を更に実施していくことが望ましい。(3.4.9)

(5) 車両

本件運転士の口述及び本件列車の定期検査の結果から、本件列車に脱線の要因となるような異常はなかったものと考えられる。(3.5)

(6) 気象

本事故発生時の事故現場付近の天気は晴れであり、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。なお、気象状況から本事故現場付近のレールは乾燥状態であったと考えられる。(3.6)

(7) 脱線の原因

- ① 本件車両前台車は、第1軸の右車輪が16k029m付近で、右レール（内軌）の頭部側面をこすりながら軌間内に落下し、その後、第1軸の輪軸が軌間を押し広げながら走行して、16k022m付近で左レール（外軌）に左車輪が乗り上がり、16k019m付近で脱輪、その後、15k919m付近（八木原踏切道の手前側の端部）で第1軸が逸脱する力を受け、第2軸の左車輪が左レールを乗り越えて左に脱輪した可能性があると考えられる。
- ② 軌間内脱線が発生したことについては、脱線開始点付近の動的軌間変位が大きかったことによるものと考えられる。
- ③ 脱線開始点付近の動的軌間変位が大きかったことについては、まくらぎ及びレール締結装置の不良が脱線開始点付近で連続して発生していたことにより、列車走行時の横圧によるレールの小返り等で軌間が拡大したことによるものと考えられる。
- ④ まくらぎ及びレール締結装置の不良が連続して存在する状態であったこと

は、本事故発生前直近のまくらぎ検査等で、まくらぎやレール締結装置の連続した不良による軌間拡大に対する危険性を十分に把握できなかったことによる可能性があると考えられる。

なお、これらについては、同社に類する地域鉄道に共通する課題として、鉄道事業が小規模であるために、組織としての技術力の維持・向上が困難であったことが、間接的に関与していた可能性があると考えられる。(3.7)

4.2 原因

本事故は、列車（電気・軌道総合検測車）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、2両目前台車第1軸の右車輪が軌間内に落下し、軌間を広げながら走行した後、左車輪のフランジが左レール（外軌）に乗り上がり、左に脱輪したことによるものと考えられる。

軌間が大きく拡大したことについては、同曲線中で、まくらぎやレール締結装置の不良が連続していたことにより、列車走行時の横圧によるレール小返り等で軌間が拡大したことによるものと考えられる。

なお、脱線に至るような大きな軌間の拡大が発生したことについては、定期検査等でまくらぎ及びレール締結装置の連続した不良による軌間変位の拡大に対する危険性を十分に把握できず、それに応じた軌道整備が行われていなかったこと、また、本事故発生直前に軌道検測車で測定された軌間変位が著大であったにもかかわらず、適切な運転規制や軌道整備が行われなかったことが関与した可能性があると考えられる。

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

まくらぎ検査時や線路の巡視時等において、まくらぎの腐食や犬くぎ浮き等を確認し、状況に応じて犬くぎの打ち換えや増し打ち、まくらぎ交換、ゲージタイ（軌間保持金具）の設置等を実施する必要がある、それらを着実に実行できるように管理体制を整備しておくことが望ましい。

なお、まくらぎの腐食や犬くぎ浮き等が、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加するため、優先して整備を行うよう配慮する必要がある。

(2) まくらぎの材質の変更

まくらぎは、木まくらぎよりも耐久性、保守の容易性が優れているコンク

リート製等のまくらぎに交換（数本に1本の割合で置き換える部分交換を含む。）していくことが望ましい。

(3) 軌道変位の整備基準値等の取扱い

軌道変位の整備基準値は、超過した場合の整備期限等を定め、着実に軌道整備を行うことが望ましい。また、軌道検測により軌道変位の著大値が認められた場合の運転規制や軌道整備等に関する取扱いを定め、確実に履行することが望ましい。

5.2 事故後に同社が講じた措置

同社は、平成29年6月6日、本事故の原因及び対策に関する報告書を国土交通省関東運輸局に提出した。

同社による主な事故防止の対策は次のとおりである。

(1) 本事故現場付近のまくらぎの材質の変更等

緊急に不良まくらぎの交換を行うとともに、平成29年度に本件曲線を約3本に1本の割合で、ほか8曲線を約5本に1本の割合でPCまくらぎに交換した。

また、軌道変位整備基準値を超過していた箇所について、緊急に軌道整備を実施した。

(2) 著大な軌道変位に対する運転規制等に関する規定の制定

本事故発生後の平成29年6月9日付けで、軌道検測時に著大な軌道変位を認めた場合の運転規制や軌道整備等の取扱いについて定め、関係者に周知した（表6 参照）。

表6 軌道変位と運転規制の取扱い

変位の種別	軌道変位（動的値）	軌道変位（静的値）	運転規制
軌間（スラックを含む）	+4.2mm以上 -1.2mm以下	+3.8mm以上 -1.2mm以下	運転中止
平面性（カントの逓減量を含む）	2.7mm以上	2.1mm以上	
高低	3.9mm以上	3.4mm以上	
通り	3.5mm以上	3.3mm以上	
高低	3.6mm以上 3.9mm未満	2.9mm以上 3.4mm未満	徐行2.5km/h 以下
通り	3.4mm以上 3.5mm未満	2.8mm以上 3.3mm未満	

※上記の軌道変位を確認したときは、直ちに関係箇所に手配を行い軌道整備等の補修を行い、軌道整備基準値を下回ったことを確認した後、運転規制を解除する。

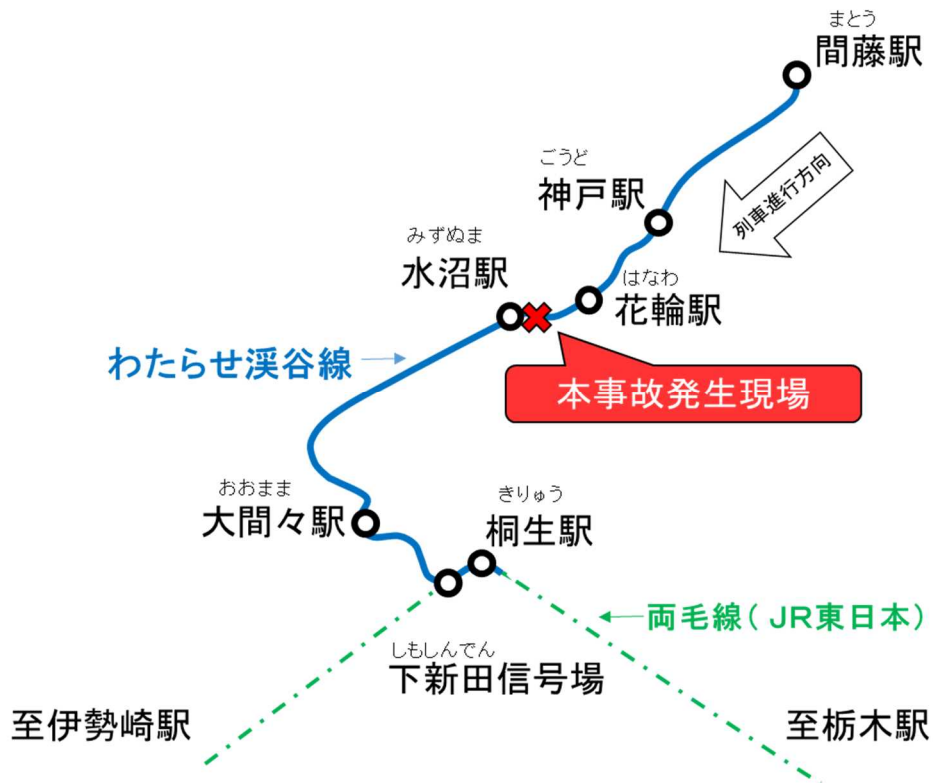
(3) まくらぎ及びレール締結装置の検査の徹底

月 1 回行っている徒歩巡回においては、軌道自動自転車によらず徒歩で行い、まくらぎ及びレール締結装置の状態を入念に点検することとした。

(4) 軌道整備に関する技術指導

当面の間、軌道の整備について、専門家による技術指導を受けることとした。

付図1 わたらせ渓谷鐵道の路線略図

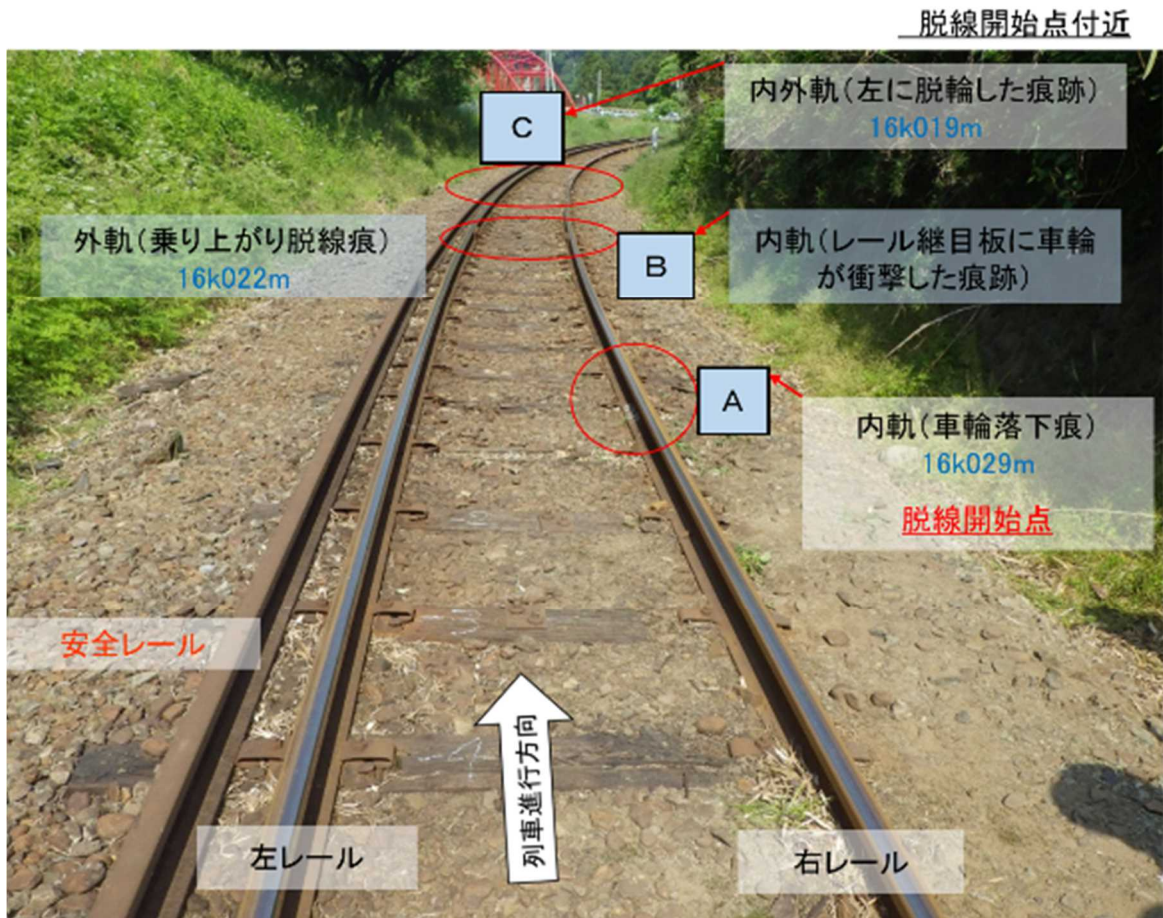
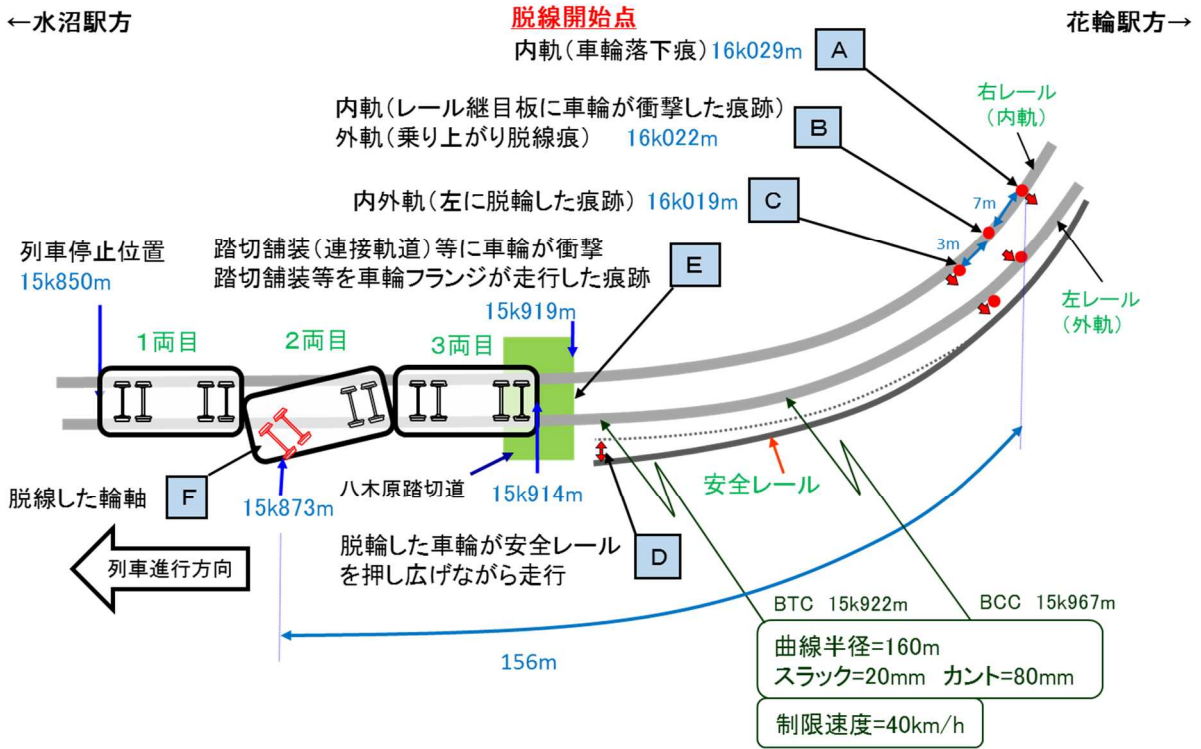


付図2 事故現場付近の地形図

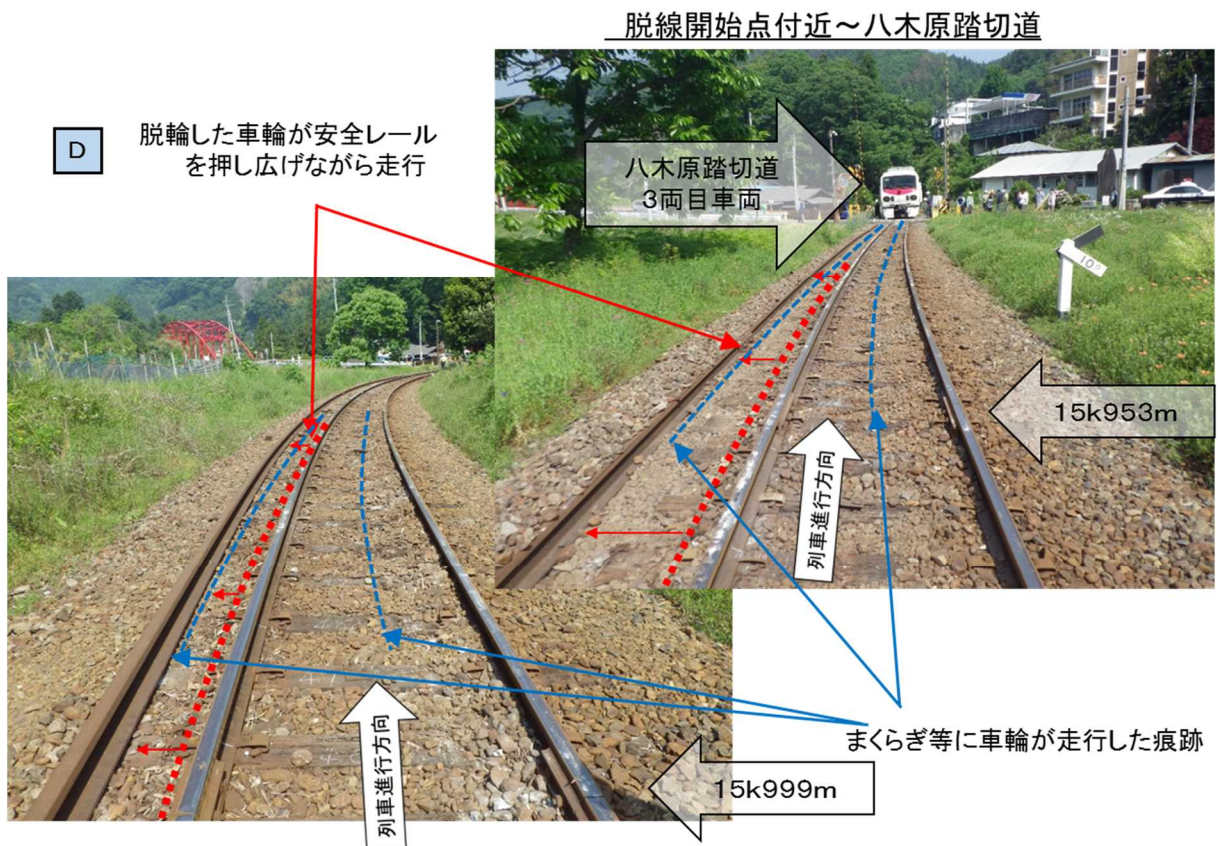
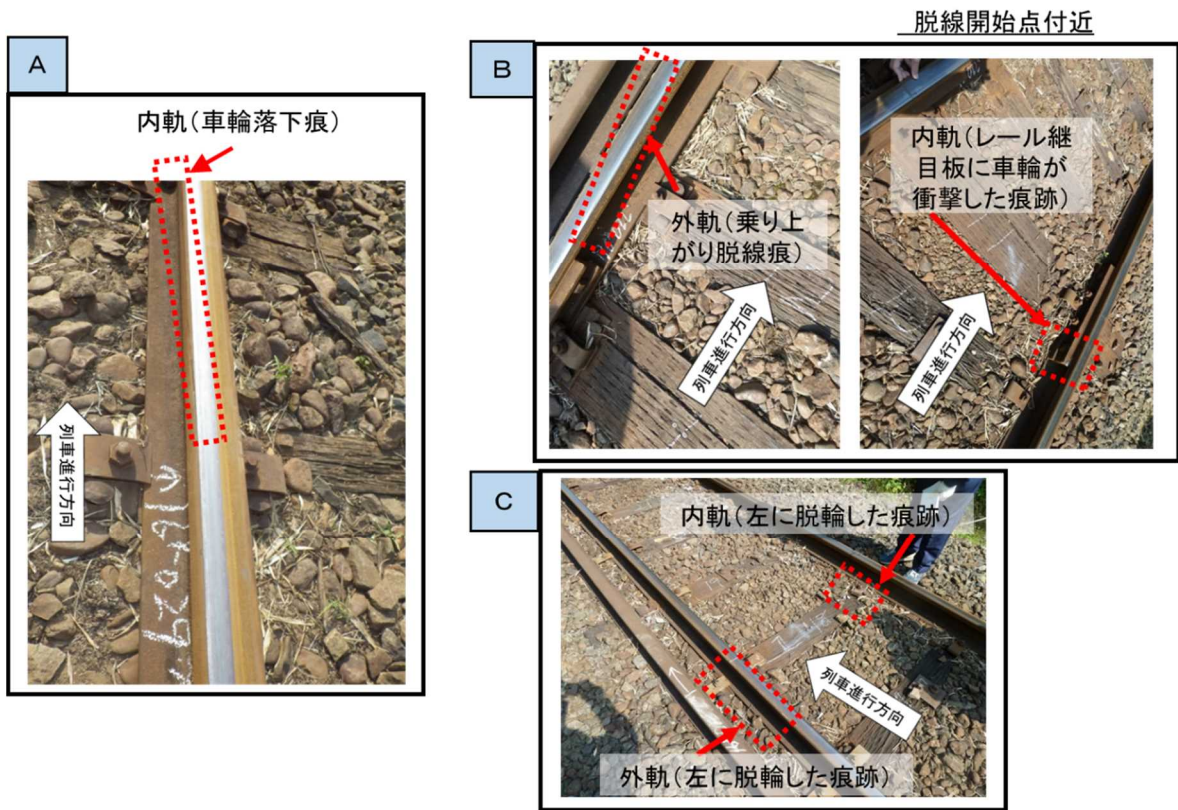


※この図は、国土地理院の地理院地図(電子国土Web)を使用して作成

付図3 事故現場の略図と脱線の痕跡（その1）

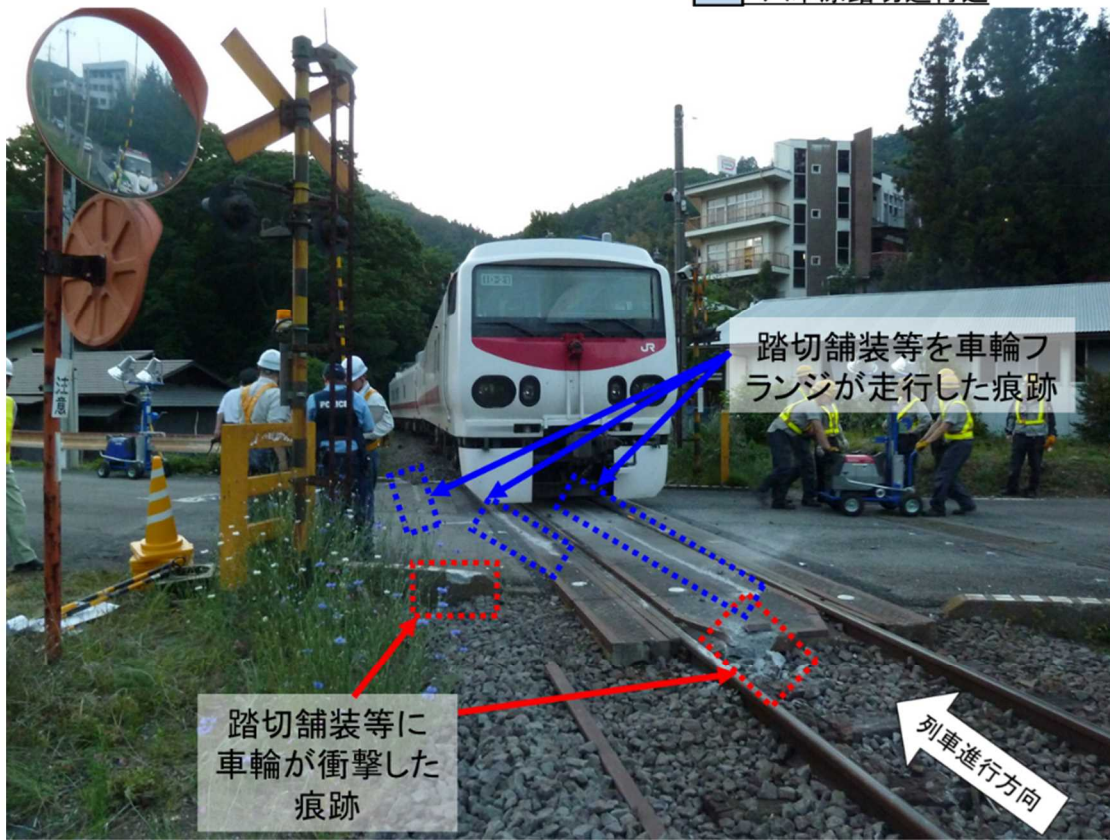


付図3 事故現場の略図と脱線の痕跡（その2）



付図3 事故現場の略図と脱線の痕跡（その3）

E 八木原踏切道付近



F 2両目前台車停止位置付近

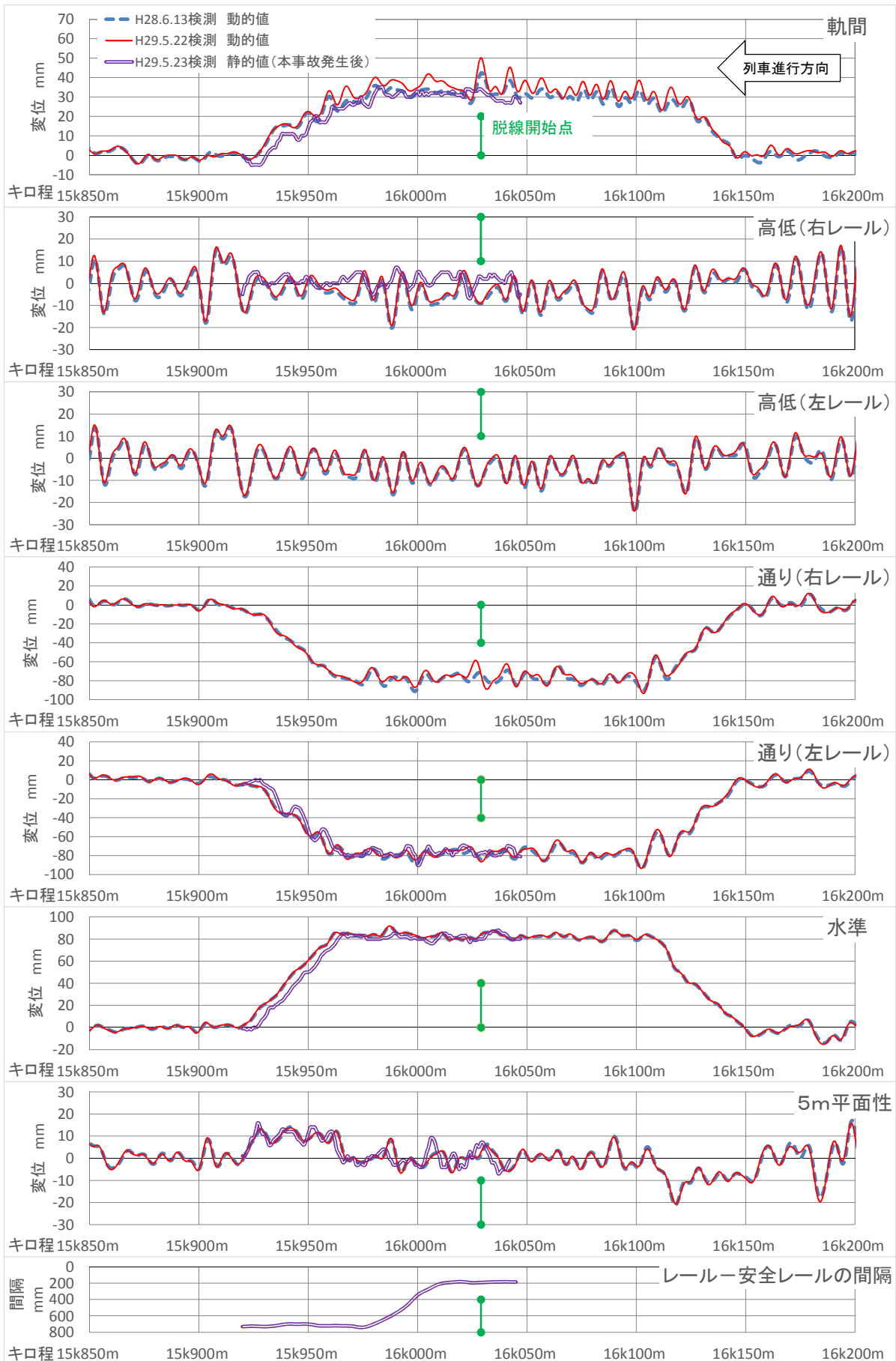
2両目前台車第1軸 左車輪



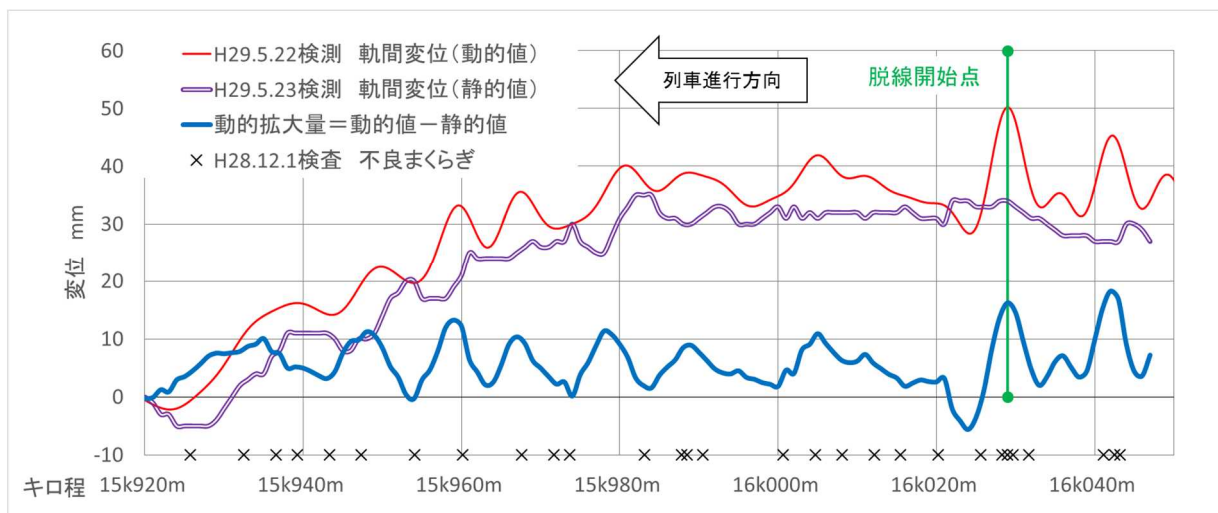
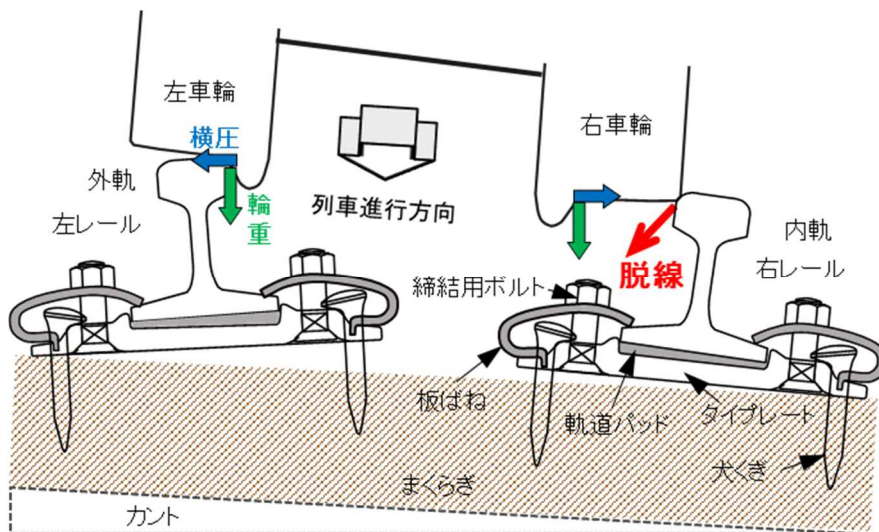
2両目前台車第2軸 右車輪



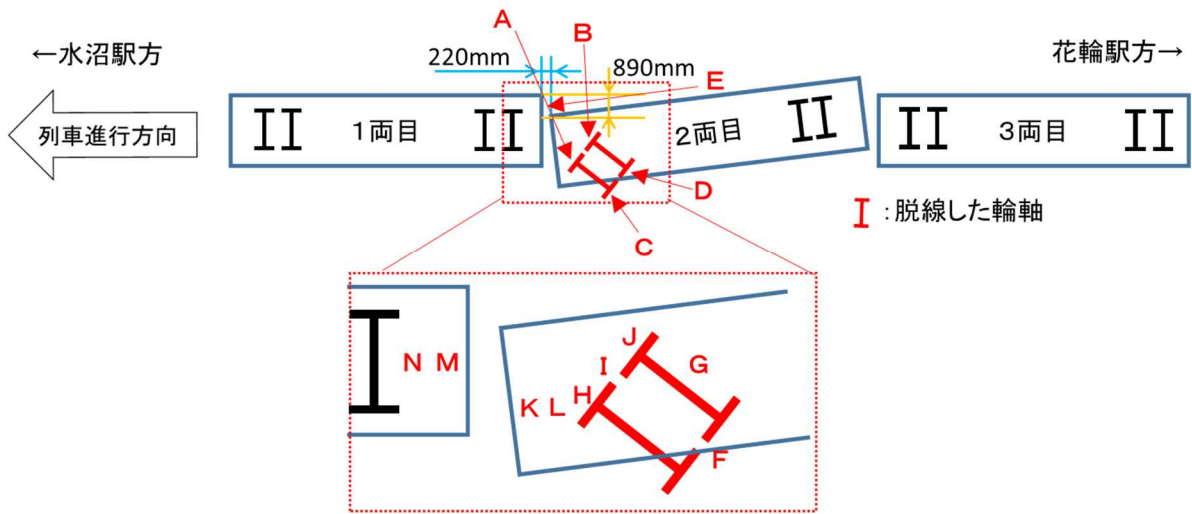
付図4 事故現場付近の軌道変位等の状況



付図5 事故現場付近の軌道状態



付図6 車両の主な損傷状況（その1）



A: 2両目前台車第1軸右車輪



B: 2両目前台車第2軸右車輪



C: 2両目前台車第1軸左車輪



D: 2両目前台車第2軸左車輪



付図6 車両の主な損傷状況（その2）

E: 1両目車両・本件車両間



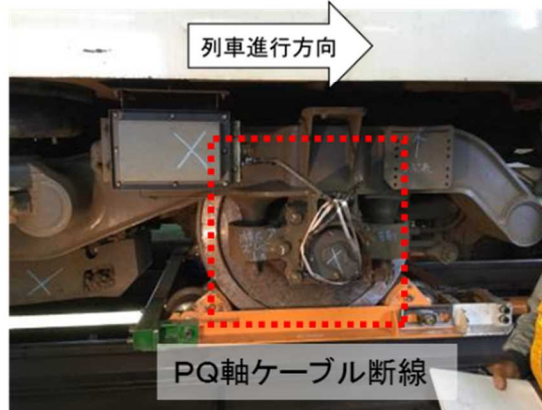
F: 本件車両前台車



G: 本件車両前台車第2軸付近



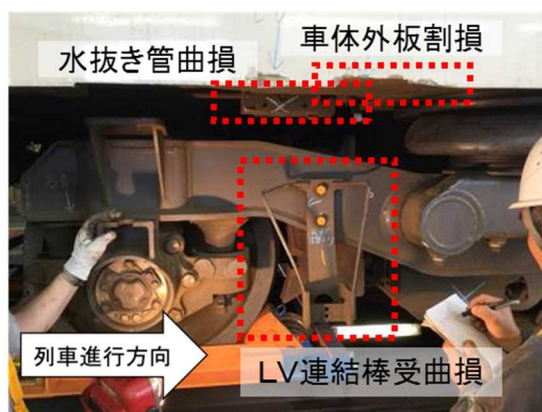
H: 本件車両前台車第1軸右側



I: 本件車両前台車右側



J: 本件車両前台車右側



付図6 車両の主な損傷状況（その3）

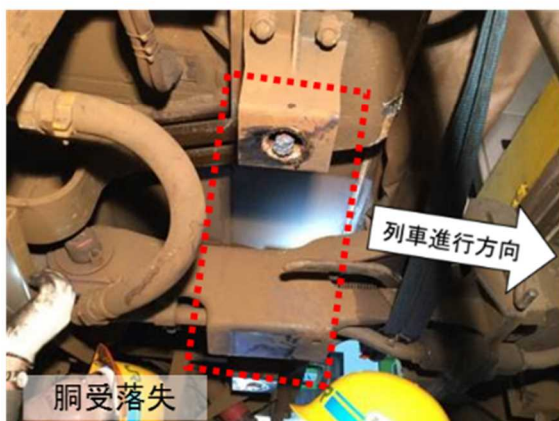
K: 本件車両前側



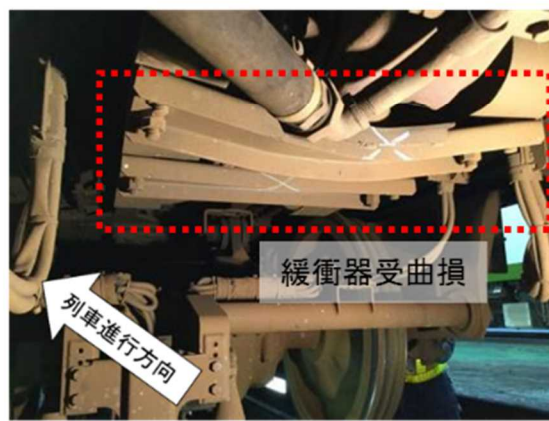
L: 本件車両前側



M: 1両目車両後側

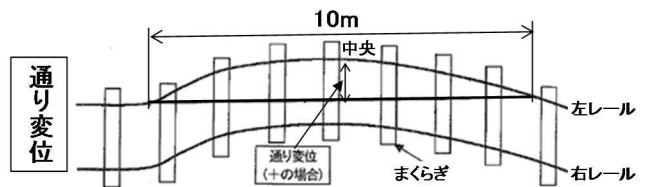
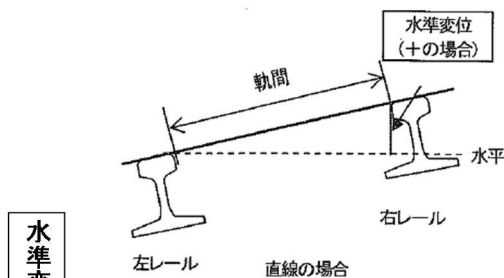
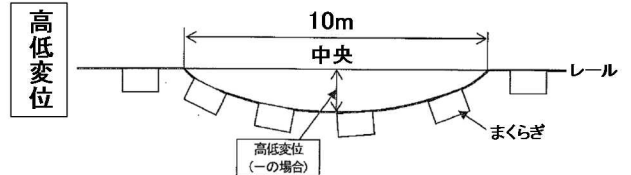
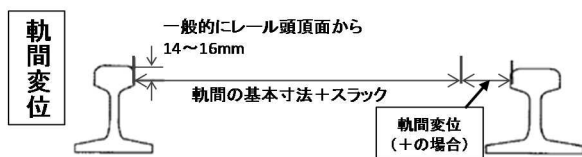


N: 1両目車両後側

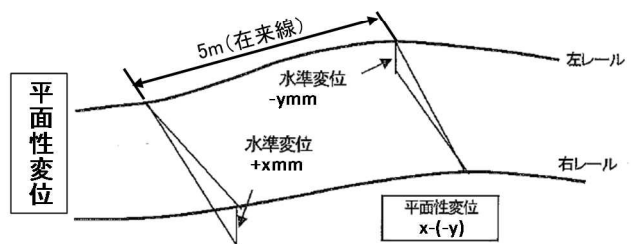
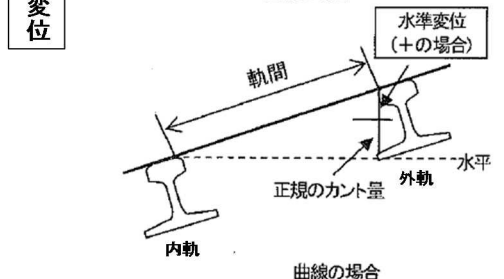


附属資料 1 軌道変位の種類と定義

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。	



図は直線の場合を示す。



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。

なお、スラックが設定されている場合、下記に示す「軌間（設計値）」は、軌間（基本寸法）にスラックの量を加算した値となる。

$$\text{軌間変位の限度値} = \delta - (10) - (10) \quad (\text{mm})$$

レール摩耗(A) + 車輪踏面端部の面取り(B)を考慮

δ = 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

A+B=10mm

ここで、輪軸の寸法(最小値)、軌間(基本寸法)1,067mm及びスラック0mmとすると、
 軌間変位の限度値 = (車輪幅 + 車輪内面距離 + フランジ厚さ) - 軌間(設計値) - 10 - 10

$$= (120 + 988 + 22) - 1,067 - 10 - 10 = 43 \div \underline{40 \text{ (mm)}}$$

↑
 「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)」参照

