

RA2018-1

鉄 道 事 故 調 査 報 告 書

- I 東武鉄道株式会社 東上本線 中板橋駅構内
列車脱線事故
- II 紀州鉄道株式会社 紀州鉄道線 御坊駅～学門駅間
列車脱線事故
- III 西日本旅客鉄道株式会社 岩徳線 玖珂駅～周防高森駅間
踏切障害事故
- IV 九州旅客鉄道株式会社 指宿枕崎線 坂之上駅～五位野駅間
踏切障害事故
- V 西日本旅客鉄道株式会社 山陽線 糸崎駅構内
鉄道人身障害事故
- VI 熊本電気鉄道株式会社 藤崎線 藤崎宮前～黒髪町駅間
列車脱線事故

平成30年1月25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」

VI 熊本電気鉄道株式会社 藤崎線
藤崎宮前駅～黒髪町駅間
列車脱線事故

鉄道事故調査報告書

鉄道事業者名：熊本電気鉄道株式会社

事故種類：列車脱線事故

発生日時：平成29年2月22日 21時26分ごろ

発生場所：熊本県熊本市

藤崎線 藤崎宮前駅^{ふじさきぐうまえ}～黒髪町駅間^{くろかみまち}（単線）
北熊本駅起点2k227m付近

平成30年1月9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>

熊本電気鉄道株式会社の藤崎宮前駅^{みよし}発御代志駅行き2両編成の下り第59列車の運転士は、平成29年2月22日21時26分ごろ、ワンマン運転で藤崎宮前駅を出発した直後、黒髪・藤崎間8号踏切道付近を速度約20km/hで運転中に衝撃を感じ、非常ブレーキを使用して列車を停止させた。

停止時点においては、1両目の前台車全軸が右へ脱線していた。また、本事故発生後の調査により、1両目の後台車全軸が一度右へ脱線した後、復線したことが分かった。

列車には、乗客約50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200mの右曲線を通過中に、軌間が大きく拡大したため、

1 両目前台車第1軸及び後台車全軸の左車輪が軌間内に落下し、軌間を押し広げながら走行した後、後台車全軸については踏切ガードにより復線したものの、前台車第1軸は右に脱線し、続けて前台車第2軸も右に脱線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、同曲線中で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動的に拡大した可能性があると考えられる。

なお、脱線に至る大きな軌間の拡大が発生したことについては、定期検査等で脱線の危険性がある連続したレール締結装置の不良や動的に軌間拡大が増大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、曲線中のスラックが比較的大きかったことにより軌間内への脱線に対する余裕が少なくなってい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
2.2	人の死亡、行方不明及び負傷	2
2.3	鉄道施設等に関する情報	2
2.3.1	事故現場に関する情報	2
2.3.2	鉄道施設に関する情報	3
2.4	車両に関する情報	8
2.4.1	車両の概要	8
2.4.2	車両の整備に関する情報	9
2.4.3	車両の定期検査等に関する情報	10
2.5	鉄道施設及び車両の損傷状況等に関する情報	13
2.5.1	鉄道施設の損傷及び痕跡等の状況	13
2.5.2	車両の損傷及び痕跡の状況	14
2.6	乗務員に関する情報	14
2.7	運転取扱い等に関する情報	14
2.8	気象に関する情報	15
2.9	乗客の避難・誘導等に関する情報	15
3	分析	15
3.1	脱線の状況に関する分析	15
3.1.1	脱線開始点について	15
3.1.2	1両目前台車の脱線について	16
3.1.3	1両目後台車の脱線について	17
3.1.4	車両の損傷及び痕跡について	18
3.2	脱線時の走行速度に関する分析	19
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	まくらぎについて	20
3.4.3	レール締結装置について	20
3.4.4	軌間変位の拡大について	22
3.4.5	スラックについて	23
3.4.6	軌道変位の管理手法について	23
3.4.7	線路の保守体制について	25
3.5	車両に関する分析	25
3.6	気象に関する分析	26
3.7	脱線の原因に関する分析	26
4	結 論	27
4.1	分析の要約	27
4.2	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	31

添 付 資 料

付図1	熊本電気鉄道の路線略図	33
付図2	事故現場付近の地形図	33
付図3	事故現場の略図と脱線の状況	34
付図4	事故現場の脱線の痕跡	35
付図5	事故現場付近の軌道状態	37
付図6	脱線した車輪の痕跡	38
付図7	車両の損傷状況	39
付図8	事故現場付近の軌道変位等の状況	40
付図9	本件列車の脱線状況に関する推定	42
附属資料1	軌道変位の種類と定義	45
附属資料2	軌間変位の限度値の考え方	46

1 鉄道事故調査の経過

1.1 鉄道事故の概要

熊本電気鉄道株式会社の藤崎宮前駅発御代志駅行き2両編成の下り第59列車の運転士は、平成29年2月22日（水）21時26分ごろ、ワンマン運転で藤崎宮前駅を出発した直後、黒髪・藤崎間8号踏切道付近を速度約20km/hで運転中に衝撃を感じ、非常ブレーキを使用して列車を停止させた。

停止時点においては、1両目（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。）の前台車全軸が右へ脱線していた。また、本事故発生後の調査により、1両目の後台車全軸が一度右へ脱線した後、復線したことが分かった。

列車には、乗客約50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、平成29年2月23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。

九州運輸局は、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2月23日 現場調査及び口述聴取

平成29年2月24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

事故に至るまでの経過は、熊本電気鉄道株式会社（以下「同社」という。）の藤崎宮前駅発御代志駅行き下り第59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、5時30分ごろに出勤して点呼を受け、6時01分に北熊本駅発御代志駅行き下り201列車に乗務した。

その後、休憩を挟みながら複数の列車に乗務した後、21時16分に北熊本駅

から御代志駅発藤崎宮前駅行き上り326列車に引継ぎを受けて乗車し、藤崎宮前駅で折り返し本件列車に乗務した。なお、事故当日の本事故発生までの間、本件列車の車両及び本件事故現場付近について異状は感じなかった。

藤崎宮前駅を定刻（21時25分）に出発、2ノッチで発車、半径200mの右曲線（北熊本駅起点2k211m～2k244m、以下「北熊本駅起点」は省略する。また、以下「本件曲線」という。）に入り、約10秒後に4ノッチに入れて力行中、黒髪・藤崎間8号踏切道（2k200m）手前付近でガタガタという横揺れを感じてノッチを切った。その後、揺れが収まらなかったため常用ブレーキを使用し、更に大きく揺れたため非常ブレーキを使用して列車を停止させた。ノッチを切った時の速度は20km/hくらいだったと思う。なお、当時、雨が降っていたのでワイパーを使用していた。

列車の停止後、本件列車が右側に脱線したことを確認し、列車無線で指令に連絡した。指令から乗客の避難誘導を指示されたので、1両目の乗客を2両目に誘導し、黒髪・藤崎間8号踏切道の直上にあった2両目後部運転台のドアから乗客を補助しながら降車させた。乗客にけがはなかった。

その後、同社の社員が現場に到着し、協力して脱線した本件列車の調査などを行った。

本件列車には、運転状況を記録する装置は装備されていなかった。

なお、本事故の発生時刻は、乗務員の口述から、本件列車が藤崎宮前駅を定刻（21時25分）に出発した直後である21時26分ごろであったものと考えられる。（付図1 熊本電気鉄道の路線略図、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）

2.2 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、2k167m付近で停止して、1両目前台車の第1軸が2k169m付近で、左車輪が左レールから右に約800mmの位置で左右レール間に、右車輪が右レールから右に脱線していた。さらに、同台車の第2軸が2k171m付近で、左車輪が左レールから右に約530mmの位置で左右レール間に、右車輪が右レールから右に脱線していた。1両目後台車全軸及び2両目全台車全軸については脱線していなかった。

本件列車の1両目前台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状況、付図4 事故現場の脱線の痕跡 参照)

2.3.2 鉄道施設に関する情報

2.3.2.1 路線の概要

同社の藤崎線は、大正2年に開通し、昭和17年に軌道から鉄道に変更された。

その後、本件曲線を含む区間については、昭和26年に現在の位置に藤崎宮前駅を新設して営業を開始した際に敷設され、さらに、平成9年に同駅の移設及びホーム改良に伴い、本件曲線の終点方緩和曲線の一部が改良され、現況となっている。

藤崎線の藤崎宮前駅～北熊本駅間は単線で電化された路線である。また、軌間は1,067mmである。

(付図1 熊本電気鉄道の路線略図 参照)

2.3.2.2 線路の概要

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) 藤崎宮前駅の終端は2k301m、列車停止目標は2k295m付近である。
- (2) 本件曲線は、半径200mの右曲線で、2k218m～2k237mが円曲線、円曲線の前後の2k211m～2k218m及び2k237m～2k244mが緩和曲線である。また、カント17mm及びスラック*1 24mmが設定され、これらは緩和曲線区間で逡減されている。
- (3) 2k200mに黒髪・藤崎間8号踏切道がある。踏切幅員は5.7mで、軌道構造は接続軌道*2である。
- (4) 藤崎宮前駅の終端2k301mから2k191mまでは下り勾配3.9%で、2k191mから本件列車停止位置までは下り勾配7.5%である。
- (5) 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2k252mまでがPCまくらぎ、2k252m以降が木まくらぎである。なお、PCまくらぎは3号で、レール締結装置は5形、木まくらぎ区間のレール締結方法は2k244mまでが犬くぎ締結、2k244m以降がE形タイププレートによる締結である。
- (6) 2k267m、2k239m及び2k214mの左右レール並びに2k209mの右レールには、レール継目がある。
- (7) 2k252m～2k207m付近にまくらぎは72本敷設されている。

*1 「スラック」とは、輪軸（車輪と車軸とを組み立てたもの）が無理なく曲線を通過できるよう設定された、曲線中の軌間の拡大量をいう。

*2 「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。

- (8) 2 k 2 5 2 m～2 k 2 0 7 mに脱線防止レールが敷設されている。脱線防止レールに使用されているレールの種類は50kgNレールで、まくらぎ1本ごとに内外1本ずつの犬くぎで締結されている。なお、脱線防止レールを取り付けるために、内軌側のタイププレートは、軌間内側（ゲージコーナー側）のレール締結用の犬くぎ穴付近で切断加工されている。
- (9) レールはタイププレート1枚当たり4本（脱線防止レールを取り付けている内軌側については3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）。なお、同社によると、タイププレート使用時の犬くぎ打ち込み方法に関する規定等はないが、慣例的にこのように行っているとのことであった。

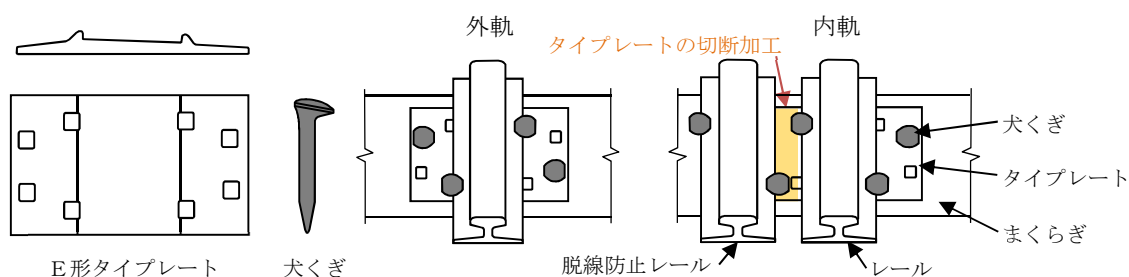


図1 本件曲線の主なレール締結装置

(付図3 事故現場の略図と脱線の状況 参照)

2.3.2.3 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、同社が九州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。）の一部である軌道整備実施基準の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は表1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、必要な場合は測定した年度の年度末までに補修を行うようにしているとのことであった。

表1 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	-4 ~ +7
水準変位	±8
通り変位	±7
高低変位	±8
5m平面性変位	±20

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、平成28年10月28日に、軌道検測装置により静的軌道変位*3が測定されており、線路検査表としてとりまとめられていた。本件曲線についての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についての大小は絶対値で評価する。また、同社においては、これらの軌道変位について整備の必要性はないと判定していた。

- ① スラックを含む軌間変位は、2k225m付近が最も大きく+30mmであり、同地点のスラック24mmを除くと軌間変位は+6mmで整備基準値(+7mm)以内であった。また、その前後についても軌間が比較的広がっており、2k219m付近～2k231m付近の範囲において+28mm以上であった。
- ② 水準変位は、2k231m付近が最も大きく3mmであり、整備基準値(±8mm)以内であった。
- ③ 5m平面性変位(右前方が下がる方向を正とする。)は、2k213m付近及び2k231m付近が最も大きくそれぞれ6mmであり、整備基準値(±20mm)以内であった。
- ④ 通り変位(左、外軌)(軌間の外側に変位している方向を正とする。)は、2k222m付近が最も大きく8mmで、整備基準値(±7mm)を超えていた。
- ⑤ 高低変位(右、内軌)(鉛直上方向を正とする。)は、2k228m付近が最も大きく5mmで、整備基準値(±8mm)以内であった。

(付図8 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)

*3 「静的軌道変位」とは、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、軌道検測車等により、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。また、静的軌道変位の測定値を「静的値」、動的軌道変位の測定値を「動的値」という。

(2) 軌道部材の定期検査

軌道整備実施基準では、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、腐食、緩み等の保守及び材料状態の定期検査を行うこととしている。なお、同社におけるまくらぎ及びこれに附属するレール締結装置の定期検査の基準期間は1年である。

同社によれば、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6月14日に実施されており、目視検査及び点検ハンマーによる打音検査を行い、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。）1本が確認された。

また、同区間のレール締結装置である犬くぎ等の検査は、平成28年5月31日に実施されており、

- ・犬くぎが抜け上がり、犬くぎの頭部がレール底部から浮いて接触していない状態（以下「犬くぎ浮き」という。）、
- ・犬くぎが軌間外方向に押し出されてタイププレートがまくらぎからずれ、犬くぎの頭部のレール底部への掛かりが少なくなっている、又はレール底部から離れている状態（以下「犬くぎ離れ」という。）

について状況を確認し、結果、不良と判定されたレール締結装置は「なし」と記録されていた。

(3) 線路の巡視

軌道整備実施基準では、本線の巡視を徒歩又は列車添乗により、15日に1回以上行うこととしている。

本事故発生前直近の事故現場付近の巡視は、平成29年2月21日に徒歩及び列車添乗により行われており、結果、「異状なし」と記録されていた。

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2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。なお、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と考えられる。

- ① スラックを含む軌間変位は、2 k 2 2 7 m付近が最も大きく+45 mmであった。なお、2 k 2 2 7 mから起点方の軌間は更に広がっていた可能性が考えられるが測定不能であった。
- ② カントを含む水準変位は、2 k 2 2 7 m付近が最も大きく23 mmであった。
- ③ 5 m平面性変位は、2 k 2 1 2 m付近が最も大きく9 mmであった。な

お、本件列車の固定軸距に近い2 m平面性変位は、2 k 2 2 5 m付近が最も大きく1 0 mmであった。

- ④ 曲線半径による^{せいや}正矢量を含む通り変位（左、外軌）は、2 k 2 2 6 m付近が最も大きく1 0 8 mmであった。
- ⑤ 高低変位（右、内軌）は、2 k 2 3 1 m付近が最も大きく2 2 mmであった。
- ⑥ 脱線防止レールのフランジウエー幅^{*4}は、2 k 2 5 2 m付近のアプローチ部を除くと2 k 2 3 3 m付近及び2 k 2 2 3 m付近で1 3 0 mmであり、黒髪・藤崎間8号踏切道直近（2 k 2 0 7 m付近）で更に広がり1 5 5 mmであった。なお、同社によると、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エー幅（アプローチ部を除く。）は、8 9 mmであった。

（付図8 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

事故現場付近で木まくらぎが敷設されていた2 k 2 5 2 m～2 k 2 0 7 m（黒髪・藤崎間8号踏切道の端部）間のレール、まくらぎ、レール締結装置及び道床等の軌道部材について調査した結果は、次のとおりであった。

- ① レールの摩耗量は、2 k 2 2 8 m付近の左レール（外軌）のゲージコーナーが最大で4 mmであった。これは、同社の軌道整備実施基準に定めるレール摩耗量の整備基準値である1 6 mm以内であった。
- ② 範囲内に敷設されている7 2本のまくらぎについて、複数のまくらぎに劣化が見られた。このうち、劣化度合いが大きく不良まくらぎと判断されるものは4本であったが、連続してはいなかった。
- ③ レール締結装置には、犬くぎ浮き及び犬くぎ離れが見られる箇所が複数見られた。3.1.1に後述する脱線開始点である2 k 2 2 7 m付近については、2 k 2 3 1 m付近～2 k 2 2 3 m付近の連続1 4本のまくらぎについて、比較的大きな犬くぎ浮き及び犬くぎ離れの箇所が見られ、特に右レール（内軌側）がその傾向が顕著であった。なお、これらの状態は、本事故の影響を受けている可能性があると考えられる。
- ④ 2 k 2 4 3 m付近～2 k 2 3 4 m付近は、雨水や隣接した家屋からの排水によるものと考えられる水が溜まり、まくらぎの一部が浸水している状態であった。
- ⑤ 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。

*4 「フランジウエー幅」とは、軌間線位置における近接したレール間又はレールとガード間の最短距離をいう。

(付図5 事故現場付近の軌道状態、付図8 事故現場付近の軌道変位等の状況 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本数は約17,000本で、このうち、木まくらぎは約11,000本である。

同社によると、平成20年度から平成28年度までの木まくらぎ交換本数は898本で、年間の平均交換本数は約100本であった。

さらに、同社は、国及び熊本県等から補助金を得て木まくらぎからPCまくらぎへの交換（以下「PC化」という。）を行っており、平成24年度から平成28年度までの交換本数は4,016本で、年間の平均交換本数は約800本であった。

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、本事故時において総勢4名の保線担当者により行っていた。なお、保線担当者の通常の作業内容は検査や比較的簡易な補修作業であり、それ以外の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

本件列車の編成を図2に示す。1両目のモハ6221ef（以下「本件車両」という。）及び2両目のモハ6228A（以下「2両目車両」という。）の主要諸元は表2のとおりである。

車 種：直流電車（600V）

編成両数：2両



図2 本件列車の編成

表2 本件列車の車両の主要諸元

諸元	車両	
	1両目	2両目
車両形式	モハ6221ef	モハ6228A
編成定員	148名	148名
空車重量	37.2t	37.6t
台車型式	KW202	T-6 (KD-70)
台車中心間距離	13.6m	13.6m
軸距	2.1m	2.2m
製造年	昭和47年	昭和47年
軸箱支持方式	軸はり式	円筒案内式軸ばね方式
車輪踏面形状	基本踏面	基本踏面
車輪フランジ角度	60°	60°
車輪径	860mm	860mm
車輪幅	125mm	125mm

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車両構造実施基準で定められている。車両の定期検査は、全般検査*5、重要部検査*6及び状態・機能検査*7があり、検査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、要部検査として、車両の使用状況等を考慮して、車両の主要部分について7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、重要部検査及び状態・機能検査で、車輪径、フランジ高さ、フランジ厚さ、フランジ外側面距離及び車輪内面距離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、全般検査及び重要部検査時に輪重の測定を行い、静止輪重比*8が15%以内となるように管理することとされている。

*5 「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。

*6 「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。

*7 「状態・機能検査」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。

*8 「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、100%との差の絶対値で表す値をいう。

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 994mm以下
フランジ高さ	25mm以上 35mm以下
フランジ外側面距離	517mm以上 527mm以下
フランジ厚さ	19mm以上
車輪径	680mm以上

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28年8月 8日から平成28年11月18日まで
状態・機能検査	平成29年2月16日
要部検査	平成29年2月20日

2.4.3.2 輪軸の状況

本件列車の輪軸については、本件車両は平成24年5月17日、2両目車両は平成24年6月15日に交換され、本事故発生時まで使用されている。また、本事故発生前直近の全般検査時（本件車両は平成28年10月19日、2両目車両は平成28年8月18日）に車輪削正が行われている。

全般検査及び状態・機能検査時の検査結果並びに本事故発生後（平成29年3月1日）に測定した結果は、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、フランジ厚さ及び車輪径は、いずれも表3に示す使用限度値内で、異常は見られなかった。

表4 輪軸各部の寸法測定結果

※「左」は進行方向左車輪、「右」は進行方向右車輪を示す。

単位:mm

項目	使用限度値	検査種類	1両目 モハ6221ef							
			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	989mm以上 994mm以下	全般検査	990.4		991.4		990.2		991.3	
		状態・機能検査	990.0		991.0		990.0		990.0	
		本事故後測定	990.0		991.0		990.0		991.0	
フランジ高さ	25mm以上 35mm以下	全般検査	26.9	26.7	26.9	26.7	26.8	26.7	26.8	26.7
		状態・機能検査	26.0	26.5	26.0	26.0	26.0	26.0	26.0	26.0
		本事故後測定	26.0	26.5	26.0	26.0	26.0	26.0	26.0	26.0
フランジ外側面距離	517mm以上 527mm以下	全般検査	526.2	526.3	526.5	526.1	526.0	526.3	526.1	526.1
		状態・機能検査	525.5	525.5	525.5	525.5	525.0	525.5	525.0	525.0
		本事故後測定	525.0	525.0	525.5	525.5	525.5	525.0	525.0	526.0
フランジ厚さ	19mm以上	全般検査	31.0	31.1	30.8	30.4	30.9	31.2	30.5	30.5
		状態・機能検査	30.5	30.5	30.0	30.0	30.0	30.0	30.5	30.0
		本事故後測定	30.0	30.0	30.0	30.0	30.5	30.0	29.5	30.5
車輪径	680mm以上	全般検査	832.0	832.0	832.0	832.0	832.0	832.0	832.0	832.0

※ 全般検査：平成28年8月18日 ※車輪削正後

※ 状態・機能検査：平成29年2月16日

※ 本事故後測定：平成29年3月1日

単位:mm

項目	使用限度値	検査種類	2両目 モハ6228A							
			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	989mm以上 994mm以下	全般検査	991.0		991.5		991.0		991.5	
		状態・機能検査	991.0		991.0		990.0		991.0	
		本事故後測定	990.0		991.0		990.0		991.0	
フランジ高さ	25mm以上 35mm以下	全般検査	26.7	26.7	26.8	26.7	26.8	26.9	26.8	26.8
		状態・機能検査	26.0	26.5	26.0	26.0	26.0	26.0	26.0	26.0
		本事故後測定	26.0	26.0	26.0	26.0	26.0	26.0	26.0	26.0
フランジ外側面距離	517mm以上 527mm以下	全般検査	526.4	526.4	526.3	526.3	526.3	526.4	526.3	526.4
		状態・機能検査	526.0	526.0	525.5	526.0	525.0	525.5	525.5	526.0
		本事故後測定	525.5	525.5	525.0	526.5	525.0	525.5	525.5	526.5
フランジ厚さ	19mm以上	全般検査	30.9	30.9	30.6	30.6	30.8	30.9	30.6	30.7
		状態・機能検査	30.5	30.5	30.0	30.5	30.0	30.5	30.0	30.5
		本事故後測定	30.5	30.5	29.5	31.0	30.0	30.5	30.0	31.0
車輪径	680mm以上	全般検査	833.0	833.0	833.0	833.0	833.0	833.0	833.0	833.0

※ 全般検査：平成28年10月19日 ※車輪削正後

※ 状態・機能検査：平成29年2月16日

※ 本事故後測定：平成29年3月1日

2.4.3.3 静止輪重及び静止輪重比の状況

全般検査時の検査結果及び本事故発生後（平成29年3月1日）に測定した結果は、表5に示すとおりである。いずれも静止輪重比は管理値（15%）以内で、異常は見られなかった。

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

項目	検査種類	1両目 モハ6221ef								合計	
		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				
1回目測定	静止輪重	全般検査	48.0	52.0	46.0	54.0	51.0	41.0	48.0	46.0	386.0
		本事故後測定	49.0	50.0	43.0	54.0	52.0	41.0	47.0	46.0	382.0
	静止輪重比	全般検査	4.0%		8.0%		10.9%		2.1%		-
		本事故後測定	1.0%		11.3%		11.8%		1.1%		-
2回目測定	静止輪重	全般検査	48.0	52.0	46.0	54.0	51.0	41.0	47.0	46.0	385.0
		本事故後測定	49.0	50.0	43.0	54.0	52.0	41.0	47.0	46.0	382.0
	静止輪重比	全般検査	4.0%		8.0%		10.9%		1.1%		-
		本事故後測定	1.0%		11.3%		11.8%		1.1%		-
平均 管理値 15%	静止輪重	全般検査	48.0	52.0	46.0	54.0	51.0	41.0	47.5	46.0	385.5
		本事故後測定	49.0	50.0	43.0	54.0	52.0	41.0	47.0	46.0	382.0
	静止輪重比	全般検査	4.0%		8.0%		10.9%		1.6%		-
		本事故後測定	1.0%		11.3%		11.8%		1.1%		-

※ 全般検査：平成28年11月17日

※ 本事故後測定：平成29年3月1日

静止輪重の単位:kN

項目	検査種類	2両目 モハ6228A								合計	
		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				
1回目測定	静止輪重	全般検査	48.0	45.0	45.0	48.0	47.0	50.0	47.0	50.0	380.0
		本事故後測定	48.0	46.0	47.0	48.0	47.0	50.0	48.0	49.0	383.0
	静止輪重比	全般検査	3.2%		3.2%		3.1%		3.1%		-
		本事故後測定	2.1%		1.1%		3.1%		1.0%		-
2回目測定	静止輪重	全般検査	48.0	46.0	45.0	48.0	47.0	50.0	47.0	51.0	382.0
		本事故後測定	48.0	47.0	47.0	48.0	47.0	50.0	48.0	50.0	385.0
	静止輪重比	全般検査	2.1%		3.2%		3.1%		4.1%		-
		本事故後測定	1.1%		1.1%		3.1%		2.0%		-
平均 管理値 15%	静止輪重	全般検査	48.0	45.5	45.0	48.0	47.0	50.0	47.0	50.5	381.0
		本事故後測定	48.0	46.5	47.0	48.0	47.0	50.0	48.0	49.5	384.0
	静止輪重比	全般検査	2.7%		3.2%		3.1%		3.6%		-
		本事故後測定	1.6%		1.1%		3.1%		1.5%		-

※ 全般検査：平成28年11月17日

※ 本事故後測定：平成29年3月1日

2.4.3.4 本件車両の台車の特徴

本件車両については、efWING台車を採用している。

efWING台車は、既存台車では鋼製である台車のフレーム構造に、一部CFRP製板ばねを使用することで軽量化を図った台車である。同社は、平成26年3月14日からefWING台車を使用した車両による営業運転を行っている。

なお、同社は、営業運転前にefWING台車を使用し、走行安全性の確認を目的とした走行試験を、同社の線路を使用して平成26年1月26日夜間に行っている。その結果、走行安全性について問題はなかった。

また、同社は、本件車両について、軸ばねのへたりを確認する目的でefWING台車のみに行う自主的な検査として、台車の高さ測定を、おおよそ3か月ごとを

目安に行っていた。本事故発生前直近の測定は、本件車両の全般検査前である平成28年6月28日に行っており、それまでに測定していた測定値と大きな変化がなかったことから異常はないと判断していた。

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) 2 k 2 2 7 m付近の左レール（外軌）の頭部側面に左車輪が軌間内に落下して車輪の表リム面がこすったとみられる痕跡があった。痕跡は、約2 k 2 2 7.5 m～約2 k 2 2 7.1 mにかけての約0.4 mのものと約2 k 2 2 8.3 m～約2 k 2 2 7.7 mにかけての約0.6 mのものの2か所が確認された。なお、これより手前及び同地点の右レール（内軌）に脱線に関する痕跡は確認されなかった。
- (2) 2 k 2 2 7 m付近～2 k 2 1 4 m付近にかけて、左レール（外軌）の頭部側面に車輪の表リム面の擦過痕があった。なお、擦過痕は、2 k 2 2 1 m以降は頭部側面の下部にあった。
- (3) 2 k 2 1 4 m付近の左レール（外軌）に敷設していたレール継目板に車輪が衝撃したものとみられる打痕があった。
- (4) 2 k 2 1 4 m付近の右レール（内軌）に車輪が乗り上がった痕跡があった。
- (5) 2 k 2 1 4 m付近～2 k 2 0 7 m付近にかけての左レール（外軌）の底部等に車輪の走行痕があった。
- (6) 2 k 2 1 4 m付近～2 k 1 8 6 m付近にかけての右レール（内軌）の頭頂面に車輪フランジの走行痕があった。
- (7) 2 k 2 0 8 m付近の右レール（内軌）に車輪が乗り上がった痕跡があった。
- (8) 2 k 2 0 7 m付近の右レール（内軌）に車輪が右に脱輪した痕跡があった。また、その直後（脱輪から約0.4 m先）の踏切舗装の左レール（外軌）の軌間内及び右レール（内軌）の軌間外に車輪が衝撃した痕跡があった。
- (9) 2 k 2 0 5 m付近の左レール（外軌）の踏切ガードに車輪が衝撃して復線した痕跡があった。
- (10) 2 k 1 8 6 m付近の右レールに車輪が右に脱輪した痕跡があった。その後、2 k 1 6 9 m（1両目前台車第1軸停止位置）までの区間のまくらぎ等に車輪が走行した痕跡があった。
- (11) 2 k 1 7 4 m付近の右レールに車輪が乗り上がり、右に脱輪した痕跡があった。その後、2 k 1 7 1 m（1両目前台車第2軸停止位置）までの区間のまくらぎ等に車輪が走行した痕跡があった。
- (12) 2 k 1 8 6 m付近～2 k 1 6 9 m付近の28本のまくらぎが損傷し、1か

所のA T S地上子取付金具が曲損していた。

(付図4 事故現場の脱線の痕跡 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) 1両目前台車第1軸には、左右車輪の表リム面、裏リム面及びフランジの先端部に多数の擦過痕があった。
- (2) 1両目前台車第2軸には、左右車輪の表リム面に多数の、裏リム面及びフランジの先端部に少数の擦過痕があった。
- (3) 1両目後台車第1軸及び第2軸には、左車輪の表リム面に多数の擦過痕が、フランジの先端部にコンクリートに衝撃したとみられる打痕があった。なお、裏リム面には、擦過痕等はほぼなかった。また、右車輪の表リム面に多数の擦過痕があり、裏リム面に少数の擦過痕があった。
- (4) 2両目車両の全軸には、擦過痕等はなかった。
- (5) 1両目前台車左側の高さ調整棒取付座が曲損していた。
- (6) 1両目前台車第1軸右側の軸ばね及び軸はり受に打痕があった。
- (7) 1両目前台車第2軸左側の軸ばね、軸ばねカバー及び軸はり受に打痕があった。
- (8) 1両目前台車第2軸右側の歯車箱の油面確認窓が破損していた。

(付図6 脱線した車輪の痕跡、付図7 車両の損傷状況 参照)

2.6 乗務員に関する情報

本件運転士 男性 34歳

甲種電気車運転免許

平成18年 2月23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、‘届出実施基準の一部である「運転取扱実施基準」(以下「運転取扱基準」という。)'で定められている。本件曲線の運転速度については、以下のように定められていた。

- ① 列車の最高速度(藤崎宮前駅～黒髪町駅間) : 30 km/h
- ② 曲線の制限速度(曲線半径200 m) : 35 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においては、藤崎宮前駅を出発し、力行運転後2k200m付近から速度20 km/hの惰行^{だこう}運転となっている。

なお、事故現場における運行本数(平日)は、2両編成で1日当たり44往復である。

2.8 気象に関する情報

事故現場の最寄りの気象台（熊本地方気象台）の記録によれば、本事故発生当日は、11時台から降水を観測し、20時台以降には1時間当たり1mm以上の降水量があり、本事故の発生時刻を含む21時台の降水量は4.0mmであった。また、本事故発生当日の21時の気温は11.2℃、湿度は98%であった。

2.9 乗客の避難・誘導等に関する情報

本件運転士の口述によると、本事故発生後から本件列車の乗客の避難・誘導を行うまでの時系列は、概略表6のとおりであった。

表6 本事故発生後から乗客の避難・誘導を行うまでの時系列

時刻	本事故発生後の乗客の救済に関する情報
21:26ごろ (本事故発生)	・本件運転士は、本件列車停止後、本件列車が右側に脱線したことを確認した。すぐに列車無線で指令に脱線したことを報告し、指令から乗客の避難誘導を指示された。
21:27ごろ	・本件運転士は、乗客（1両目及び2両目合わせて約50名）のけが等の状況を把握（けが人はいなかった。）した後、降車のために1両目の乗客（約25名）を2両目に誘導した。
21:37ごろ	・本件運転士は、黒髪・藤崎間8号踏切道の直上にあった2両目後部運転台のドアから乗客を補助しながら降車させた。
21:47ごろ	・本件運転士は、本件列車周りを点検し、車輪の歯止め、踏切の鳴り止め等を実施した。 ・同社の社員が事故現場に到着。その後、本件列車の調査等を実施した。
翌2:00ごろ	・本件運転士等は、本件列車の電源を切り、施錠し、現地を離れた。

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、2k227m付近の左レール（外軌）の頭部側面に左車輪が軌間内に落下して表リム面がこすったとみられる痕跡があった。これより手前及び同地点の右レール（内軌）に脱線に関する痕跡は確認されなかったことから、最初に脱線した地点は、2k227m付近の左レール（外軌）（以下「脱線開始点」という。）と考えられる。

3.1.2 1両目前台車の脱線について

1両目（本件車両）前車は、

- (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1両目前台車の第1軸が2 k 1 6 9 m付近で、同車第2軸が2 k 1 7 1 m付近で脱線していたこと、
- (2) 2.5.1(1)に記述したように、脱線開始点（2 k 2 2 7 m付近）の頭部側面に車輪が軌間内に落下したとみられる痕跡が2か所あり、複数の車輪が脱線開始点付近で軌間内に落下した可能性があると考えられること、
- (3) 2.5.1(4)に記述したように、2 k 2 1 4 m付近の右レール（内軌）に車輪が乗り上がった痕跡があったこと、
- (4) 2.5.1(6)に記述したように、2 k 2 1 4 m付近～2 k 1 8 6 m付近にかけての右レール（内軌）の頭頂面に車輪フランジの走行痕があったこと、
- (5) 2.5.1(10)に記述したように、2 k 1 8 6 m付近の右レールに車輪が右に脱輪した痕跡があり、以降、1両目前台車第1軸停止位置までの区間のまくらぎ等に車輪が走行した痕跡があったこと、
- (6) 2.5.1(11)に記述したように、2 k 1 7 4 m付近の右レールに車輪が乗り上がり、右に脱輪した痕跡があり、以降、1両目前台車第2軸停止位置までの区間のまくらぎ等に車輪が走行した痕跡があったこと

から、1両目前台車全軸は、

- ① 2 k 2 2 7 m付近で、左レール（外軌）の頭部側面をこすりながら第1軸の左車輪が軌間内に落下して脱線（以下「軌間内脱線」という。3.1.3図3参照）、
- ② その後、第1軸の輪軸が軌間を押し広げながら走行し、2 k 2 1 4 m付近で右レール（内軌）に右車輪が乗り上がり、
- ③ ほぼ同時に、2 k 2 1 4 m～2 k 2 0 7 m付近の軌間が比較的保持されている踏切の直前で第1軸の左車輪が復線、
- ④ その後、第1軸の右車輪のフランジがレール頭頂面上を走行し、2 k 1 8 6 m付近で右に脱輪、
- ⑤ その後、第1軸が逸脱する力を受け、2 k 1 7 4 m付近で第2軸が右レールを乗り越えて右に脱輪

した可能性があると考えられる。

（付図4 事故現場の脱線の痕跡、付図9 本件列車の脱線状況に関する推定 参照）

3.1.3 1両目後台車の脱線について

1両目（本件車両）後台車は、

- (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脱線していなかったこと、
- (2) 2.5.2(3)に記述したように、1両目後台車第1軸及び第2軸には、左車輪の表リム面に多数の擦過痕が、フランジの先端部にコンクリートに衝撃したとみられる衝撃痕があり、また、右車輪の表リム面に多数の擦過痕が、裏リム面に少数の擦過痕があったことから、脱線して走行した可能性があると考えられること、
- (3) 2.5.1(1)に記述したように、脱線開始点（2 k 2 2 7 m付近）の頭部側面に車輪が軌間内に落下したとみられる痕跡があったこと、
- (4) 2.5.1(2)、(3)及び(5)に記述したように、2 k 2 2 7 m付近～2 k 2 0 7 m付近にかけて、輪軸が軌間を押し広げながら走行したことによると思われる痕跡があり、2 k 2 1 4 m付近では左レール（外軌）に敷設していたレール継目板に車輪が衝撃したものとみられる衝撃痕があったこと、
- (5) 2.5.1(7)及び(8)に記述したように、2 k 2 0 8 m付近の右レール（内軌）に車輪が乗り上がった痕跡があり、2 k 2 0 7 m付近の右レール（内軌）に車輪が右に脱輪した痕跡があり、また、その直後の左レール（外軌）の軌間内及び右レール（内軌）の軌間外に、踏切舗装に車輪が衝撃した痕跡があったこと、
- (6) 2.5.1(9)に記述したように、2 k 2 0 5 m付近の左レール（外軌）の踏切ガードに車輪が衝撃して復線した痕跡があったこと

から、1両目後台車全軸は、

- ① 2 k 2 2 7 m付近で、左レール（外軌）側の第1軸及び第2軸の左車輪が軌間内脱線（図3 参照）、
- ② その後、輪軸が軌間を押し広げながら走行し、2 k 2 1 4 m付近で左レール（外軌）に敷設していたレール継目板に車輪が衝撃、
- ③ 2 k 2 0 7 m付近で右車輪が右レールを乗り越えて右に脱輪、
- ④ 左右車輪が踏切舗装に衝撃した後、踏切ガードに車輪が衝撃して復線

した可能性があると考えられる。

（付図4 事故現場の脱線の痕跡、付図9 本件列車の脱線状況に関する推定 参照）

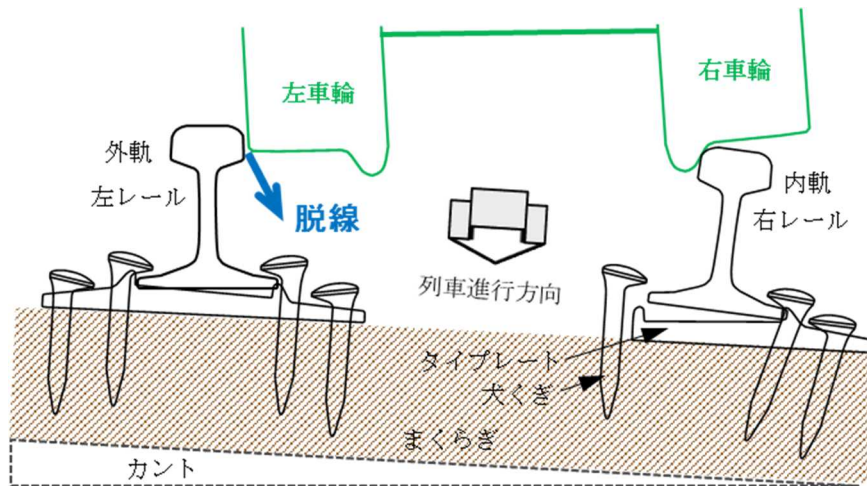


図3 本事故における軌間内脱線のイメージ

3.1.4 車両の損傷及び痕跡について

- (1) 2.5.2(1)及び(2)に記述したように、最終的に脱線していた1両目前台車については、第1軸は左右車輪の表リム面、裏リム面及びフランジの先端部の擦過痕が多く、第2軸は擦過痕が少なかった。これは、いずれも脱線後（第1軸：2k186mから17m、第2軸：2k174mから3m）に付いたものと考えられる。第2軸の擦過痕が少ないのは、脱線して停止するまでの距離が短かったためと考えられる。
- (2) 2.5.2(3)に記述したように、最終的に脱線していなかった1両目後台車については、第1軸及び第2軸とも、左車輪は表リム面に擦過痕が多く、裏リム面に擦過痕はなく、フランジの先端部にコンクリートに衝撃した痕跡があり、右車輪は表リム面及び裏リム面に擦過痕があった。これは、3.1.3に記述したように、後台車全軸は、左車輪が軌間内脱線し、その後、右車輪が右側に脱輪後、復線したためであると考えられる。
- (3) 2.5.2(5)～(7)に記述したように、1両目前台車について、左側の高さ調整棒取付座が曲損し、第1軸右側と第2軸左側の軸ばねや軸はり受に打痕があった。これらは、3.1.2に記述した1両目前台車第1軸が脱線し、第2軸が脱線する間に台車に大きな上下変位やボギー角^{*9}が生じることにより損傷したものと考えられる。
- (4) 2.5.2(8)に記述したように、1両目前台車について、第2軸右側の歯車箱の油面確認窓が破損していた。これは3.1.2⑤に記述した第2軸が右レールを乗り越えて右に脱輪した時及びその後に停止するまでの間に地上設備と衝撃することにより損傷したものと考えられる。

*9 「ボギー角」とは、ボギー台車の向きと車体の向きの間の角度のことをいう。

3.2 脱線時の走行速度に関する分析

2.1に記述した本件運転士の口述によると、横揺れを感じてノッチを切った時の速度は20km/hくらいだったこと、及び2.7に記述したように、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、藤崎宮前駅を出発し、力行運転後2k200m付近から速度20km/hの惰行運転となっていることから本事故発生時の走行速度は、約20km/hであった可能性が考えられる。

また、2.7に記述したように、本件曲線がある区間における最高速度は30km/hであったことから、速度超過はなかったものと考えられる。

3.3 脱線時の時刻に関する分析

2.1に記述した本件運転士の口述によると、本事故の発生時刻は、本件列車が藤崎宮前駅を定刻（21時25分）に出発した直後である21時26分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) 2.3.2.3(1)に記述した本事故発生前直近の軌道変位について

① 通り変位について、整備基準値を超過しているが、超過した値は1mmと僅かであり、3.4.6(1)に後述するように、同社の整備基準値は緊急に整備を要する値ではなかった。また、その他の軌道変位についても異常はなかった。よって、本事故の脱線の原因に直接関与することはなかったものと考えられる。

これにより、2.3.2.3(1)に記述したように、本事故発生前直近に静的に測定された軌道変位について、同社が整備する必要がないとした判定に問題はなかったと考えられる。

② ただし、軌間変位については、整備基準値（+7mm）以内ではあったが、脱線開始点付近において全体的に6mm広がる方向に変位していた。これは本件曲線のスラック24mmと合わせて、30mmが定常的に軌間の基本寸法と比較して大きくなっていった状態となっており、レール小返り^{*10}やレール及びタイプレートの横ずれ（以下「レール小返り等」という。）の動的な変位と相まって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。

(2) 2.3.2.4(1)に記述した本事故発生後の軌道変位について

本事故発生後の軌道変位については、2.3.2.3(1)に記述した本事故発生前

*10 「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。

直近の軌道変位からの進み及び本事故の脱線の影響が混在しているものと考えられるが、今回の分析ではそれらの影響を明確に分類することはできなかった。ただし、一般的に、適切な軌道状態において数か月程度で大きく軌道変位が進むことは少ないと考えられるため、脱線の影響又は軌道に何らかの異常があり、急激に軌道変位が進んだものと考えられる。各軌道変位項目については以下のとおりである。

- ① 軌間変位は、2 k 2 4 5 m付近から脱線開始点付近にかけて大きく広がっていた。これは、本事故発生前のある程度の広がりが進んでいたのか、本事故の影響により急激に広がったのかは不明であるが、3.4.3(1)に後述するレール締結装置の状態により、本事故発生前のある程度の広がりが進んでいた可能性があると考えられる。
- ② 通り変位については、脱線開始点付近を頂点に曲線半径が小さくなる方向に大きく変位していた。これは上記の軌間が広がった影響によるものと考えられる。
- ③ 水準変位、高低変位及びフランジウェー幅については、本事故の脱線の影響を受けて変位が拡大したのと考えられる。

3.4.2 まくらぎについて

まくらぎについては、2.3.2.3(2)に記述したように、平成28年6月14日に実施されたまくらぎ検査では、本件曲線内で1本の不良まくらぎが確認されていた。また、2.3.2.4(2)②に記述したように、本事故発生後の調査においても、不良まくらぎと判断されるものは4本であり、これらは連続してはいなかった。

これらにより、本事故発生時のまくらぎの状態については、おおむね良好であったと考えられる。

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は年間約100本、PC化は年間約800本であり、合計は年間約900本である。平成28年度末における木まくらぎ本数が約11,000本であることから、平均のまくらぎ交換年数は約12年となる。これは、木まくらぎの耐用年数が約15年～30年であることを考えると、おおよそ妥当な交換本数であったと考えられる。

3.4.3 レール締結装置について

(1) 犬くぎ浮きや犬くぎ離れについて

レール締結装置については、2.3.2.3(2)に記述したように、平成28年5月31日に実施されたレール締結装置の検査では、犬くぎ浮きや犬くぎ離れについて状況を確認し、不良と判定されたレール締結装置は「なし」とされ

ていた。また、2.3.2.3(3)に記述したように、平成29年2月21日に実施された徒歩による線路巡視でも、異状は発見されていなかった。

一方、2.3.2.4(2)③に記述したように、脱線開始点付近で連続14本のまくらぎに敷設されているレール締結装置について、犬くぎ浮きや犬くぎ離れのある箇所が見られた。これらの状態は、本事故の脱線の影響が残留している部分もあると考えられるが、

- ・3.1.2及び3.1.3に記述したとおり、1両目前台車第1軸及び後台車の全軸は、脱線開始点付近において軌間内脱線した可能性が考えられること、
- ・3.4.4に後述するように、脱線開始点付近のスラックを含む軌間変位（静的値）では軌間内脱線に至らないと考えられること、
- ・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が発生し、それらが繰り返されることで、犬くぎ浮きや犬くぎ離れが増大していくこと

から、本事故発生時には、脱線開始点付近において、犬くぎ浮きや犬くぎ離れがある程度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る。

(2) 内外軌側の傾向の差異について

2.3.2.4(2)③に記述したように、犬くぎ浮き等の状況は、脱線開始点付近において、右レール（内軌）側が特に顕著であった。内軌側が特に顕著であった理由は、以下の事象による可能性があると考えられる。

- ① 2.3.2.4(2)④に記述したように、脱線開始点付近手前においては、雨水や隣接した家屋からの排水等の影響により、まくらぎの湿潤状態が顕著であり、さらに、2.3.2.4(2)⑤に記述したように、本件曲線においては、道床の土砂混入率が高く、水はけが比較的悪い状態であったため、脱線開始点付近においても雨天時等にまくらぎの湿潤状態が顕著であった可能性があると考えられる。

特に内軌側は、カントにより低くなっているため、より湿潤している状態が長時間継続し、まくらぎの腐食によるレール締結力の低下が進みやすい状態になっていた可能性があると考えられる。

- ② 2.3.2.2(8)及び(9)に記述したように、脱線防止レールを取り付けている内軌側のタイププレートは、軌間内側（ゲージコーナー側）のレール締結用の犬くぎ穴付近で切断加工されており、タイププレート1枚当たり3本の犬くぎで締結されている。このため、同じタイププレートを1枚当たり4本の犬くぎで締結している外軌側と比較してレール小返り等に対する抵抗が少なくなっていた可能性があると考えられる。

3.4.4 軌間変位の拡大について

3.1.2及び3.1.3に記述したとおり、1両目前台車第1軸及び後台車の全軸は、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（基本寸法、本件曲線では1,067mm）、スラック及び軌間変位の合計値（以下「軌間寸法」という。）が、落下する側（本事故の場合は左車輪）の車輪幅、輪軸の車輪内面距離及び落下する反対側（本事故の場合は右車輪）の車輪のフランジ厚さの合計値（以下「輪軸寸法」という。）を上回る（車輪のレールへのか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は、2.3.2.3(1)①に記述した本事故発生前直近の測定値である+30mmから2.3.2.4(1)①に記述した本事故発生後の測定値である+45mmの範囲であったと考えられる。よって、静的値による軌間寸法は1,097～1,112mm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、2.4.1表2及び2.4.3.2表4に記述した各輪軸の寸法から、

- ・ 1両目前台車第1軸 = $125.0 + 990.0 + 30.0 = 1,145.0$ mm
- ・ 1両目前台車第2軸 = $125.0 + 991.0 + 30.0 = 1,146.0$ mm
- ・ 1両目後台車第1軸 = $125.0 + 990.0 + 30.0 = 1,145.0$ mm
- ・ 1両目後台車第2軸 = $125.0 + 991.0 + 30.5 = 1,146.5$ mm

であったと考えられる。

これにより、

- ・ 静的値による軌間寸法は、各輪軸寸法を下回っていること、
- ・ 3.4.3(1)に記述したように、脱線開始点付近において犬くぎ浮きや犬くぎ離れが、ある程度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ることから、本事故発生時に脱線開始点付近において、列車走行時の横圧によるレール小返り等で動的に軌間が拡大したと考えられ、それにより、1両目前台車第1軸及び後台車の全軸は、軌間内脱線した可能性が考えられる。

よって、同社は、軌道部材の検査時や線路巡視時等において、まくらぎの腐食や犬くぎの浮き上がり等を確認し、状況に応じて犬くぎの打ち替えや増し打ち、まくらぎ交換又はゲージタイ（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体制を整備しておくことが望ましい。

なお、これらについては、連続又は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。

また、3.4.3(2)に記述したように、犬くぎ浮き等の状況は、脱線開始点付近にお

いて、右レール（内軌）側が特に顕著であった。一般的に、曲線部のまくらぎやレール締結装置の管理については、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^{*11}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。

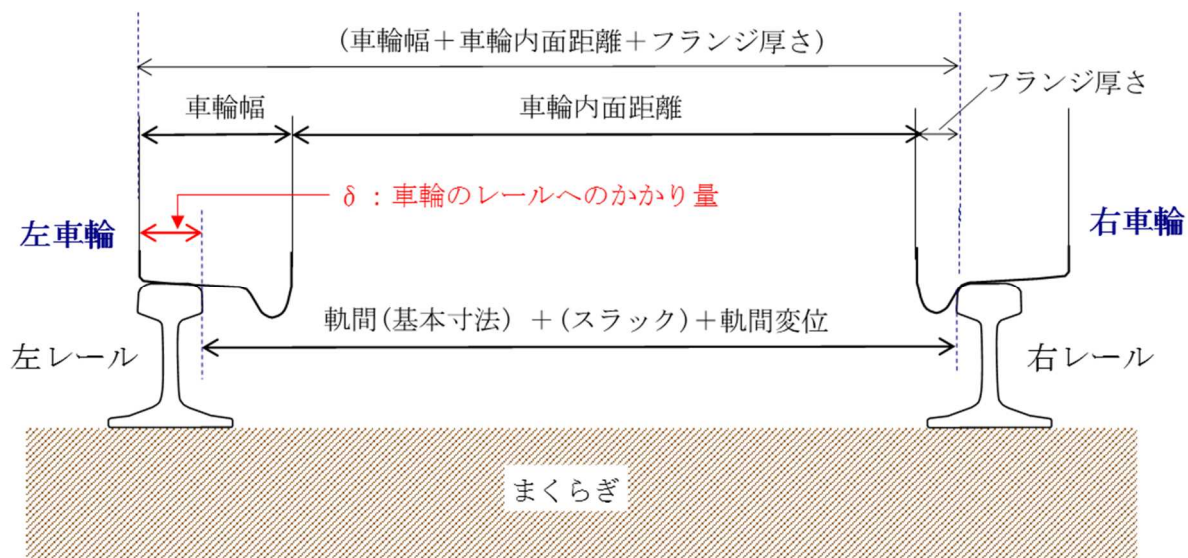


図4 車輪のレールへのかかり量

(付図9 本件列車の脱線状況に関する推定 参照)

3.4.5 スラックについて

2.3.2.2(2)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24mmであった。

ここで、3.4.4に記述した軌間内脱線が発生する条件から、軌間寸法が小さいほど、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、軌間内脱線への余裕を高めるため、可能な範囲で縮小について検討することが望ましい。

3.4.6 軌道変位の管理手法について

3.4.1(1)①に記述したように、本事故発生前直前に静的に測定された軌道変位を同社が整備の必要はないとした判定については、問題はなかったと考えられる。

しかし、3.4.4に記述したように、本事故発生時に脱線開始点付近において、列車走行時の横圧によるレール小返り等が発生し、動的に軌間が拡大したと考えられることから、同社の軌道変位管理においては以下の課題があり、改善することによ

*11 「曲線轉向横圧」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。

り、今後、本事故と同様の軌間内脱線に対する安全性をより向上することができると考えられる。

(1) 軌道整備基準値について

2.3.2.3(1)に記述したように、同社の届出実施基準の一部である軌道整備実施基準には軌道変位の整備基準値が定められていたが、整備基準値を超過した場合における軌道変位を整正する期限は定めてはいなかった。

同社の軌道変位の整備基準値は、一般的には軌道整備目標値^{*12}として定められているものに近い値である。軌道整備目標値は、保守の発動を行う値であり、安全上の基準ではない。

今後、軌道変位に対しての安全性をより向上させるために、期限を定めて緊急に保守を行う軌道変位の値を設定することが望ましい。

(2) 軌間変位の軌道整備基準値について

2.3.2.3(1)に記述したように、同社の軌道変位の整備基準値において、軌間変位の正側の値は、一律+7mmであった。

軌間変位の正側の整備基準値は、軌間内脱線に対する安全性を考慮し、レールから車輪が落下しないように、車輪のレールへのかかり量を管理するものである。

よって、3.4.6(1)に記述した、期限を定めて緊急に保守を行う「整備基準値」を設定する際には、軌間変位の整備基準値について、スラックに合わせて変動させ、一定の車輪のレールへのかかり量を確保するよう管理することが望ましい。

(附属資料2 軌間変位の限度値の考え方 参照)

(3) 軌間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、静的軌道変位（列車荷重を載荷しない状態での軌道変位）を測定している。

本事故については、3.4.4に記述したように、列車走行時の横圧によるレール小返り等で、動的に軌間が拡大したと考えられことから、動的な軌間変位の測定により、異常を事前に発見し、事故を未然に防げた可能性があると考えられる。

よって、木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、動的な軌間変位の測定の実施を検討することが望ましい。

*12 「軌道整備目標値」とは、一定レベルの乗り心地を維持しつつ、緊急の軌道整備作業量を抑制するために設定された軌道変位の値のことをいう。

3.4.7 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、本事故時において総勢4名の保線担当者により行っていた。

ここで、3.4.3(1)に記述したように、本事故においては、本事故発生前直近のレール締結装置の検査等で異常は発見されていなかったが、脱線開始点付近において犬くぎ浮きや犬くぎ離れが、ある程度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る。

さらに、3.4.1(1)②に記述したように、軌間変位については、整備基準値(+7mm)以内ではあったが、設定されているスラックと合わせて、軌間の基本寸法と比較して大きくなっていった状態となっており、レール小返り等の動的な変位と相まって軌間内脱線が発生しやすい状態にあった可能性が考えられる。

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、適正なスラックに応じた軌道管理を実施するためには、各種計算を含む一定の技術を要する。

同社の軌道延長(本線:約13km)を考慮すると、同社の保線担当者が4名程度であることは、決して少なすぎることはないと考えられる。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というよりは、同社に類する地方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。

これらにより、同社においては、本事故発生前直近の軌道部材の検査等で、脱線の危険性がある連続したレール締結装置の不良や動的に軌間変位が拡大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十分に行われていなかったことで間接的に本事故の要因となっ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なども有効であるが、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本程度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実施していくことが望ましい。

3.5 車両に関する分析

2.1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。

また、2.4.3.4に記述したように、本件車両については、efWING台車を採用している。efWING台車の特徴は本事故のような軌間内脱線に悪影響を及ぼすも

のではないと考えられること、導入前の走行試験において走行安全性に問題はない結果となっていること、本事故発生前直近の e f W I N G 台車の検査において異常はなかったことから、本事故に直接関与した事象はないと考えられる。

3.6 気象に関する分析

2.8に記述した気象状況及び2.1に記述した本件運転士の口述から、本事故発生時の事故現場付近は雨であったと推定される。ただし、降水量等から、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、気象状況からレール等は湿潤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、1両目前台車については、本件列車が本件曲線を通過中の2k227m付近で、左レール（外軌）側の第1軸の左車輪が軌間内脱線した可能性があると考えられる。

また、3.1.3に記述したように、1両目後台車については、2k227m付近で、左レール（外軌）側の第1軸及び第2軸の左車輪が軌間内脱線した可能性があると考えられる。

その後、左レール（外軌）頭部側面に接触して軌間を押し広げながら走行した後、後台車全軸については踏切ガードにより復線したものの、前台車第1軸は右に脱線し、続けて前台車第2軸も右に脱線したものと考えられる。

- (2) 1両目前台車第1軸及び後台車全軸の左車輪が軌間内脱線したことについては、3.4.4に記述したように、脱線開始点付近において、犬くぎ浮きや犬くぎ離れ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ることから、本事故発生時に列車走行時の横圧によるレール小返り等で動的に軌間が拡大したために発生した可能性があると考えられる。
- (3) なお、外軌側の車輪が軌間内脱線したことについては、3.4.3(2)に記述したように、犬くぎ浮き等の状況は脱線開始点付近において右レール（内軌）側が特に顕著であったことから、列車の走行により右側に大きく軌間変位の拡大が発生し、同時に輪軸が右方向に動く状態となったことにより、発生した可能性が考えられる。
- (4) 犬くぎ浮きや犬くぎ離れが連続して存在する状態であったことは、3.4.7に記述したように、本事故発生前直近の軌道部材の検査等で、脱線の危険性がある連続したレール締結装置の不良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。

また、軌間内脱線が発生する程度まで軌間が広がったことは、3.4.5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が大きかったため、脱線開始点付近の軌間変位と合わせて軌間内脱線に対する余裕度が少なかったことが関与している可能性が考えられる。

なお、これらについては、同社に類する地方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、2 k 2 2 7 m付近の左レール（外軌）と考えられる。

1両目（本件車両）前台車は、

- ① 2 k 2 2 7 m付近で、左レール（外軌）側の第1軸の左車輪が軌間内脱線、
- ② その後、第1軸の輪軸が軌間を押し広げながら走行し、2 k 2 1 4 m付近で右レール（内軌）に右車輪が乗り上がり、
- ③ ほぼ同時に、2 k 2 1 4 m～2 k 2 0 7 m付近の軌間が比較的保持されている踏切の直前で第1軸の左車輪が復線、
- ④ その後、第1軸の右車輪のフランジがレール頭頂面上を走行し、2 k 1 8 6 m付近で右に脱輪、
- ⑤ その後、第1軸が逸脱する力を受け、2 k 1 7 4 m付近で第2軸が右レールを乗り越えて右に脱輪

した可能性があると考えられる。

1両目（本件車両）後台車は、

- ① 2 k 2 2 7 m付近で、左レール（外軌）側の第1軸及び第2軸の左車輪が軌間内脱線、
- ② その後、輪軸が軌間を押し広げながら走行し、2 k 2 1 4 m付近で左レール（外軌）に敷設していたレール継目板に車輪が衝撃、
- ③ 2 k 2 0 7 m付近で右車輪が右レールを乗り越えて右に脱輪、
- ④ 左右車輪が踏切舗装に衝撃した後、踏切ガードに車輪が衝撃して復線

した可能性があると考えられる。(3.1) *13

(2) 脱線時の走行速度

本事故発生時の走行速度は約20km/hであった可能性が考えられ、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、21時26分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静的に測定された軌道変位については、同社が整備の必要はないとした判定について問題はなかったと考えられる。ただし、軌間変位については、レール小返り等の動的な変位と相まって軌間内脱線が発生しやすい状態にあった可能性が考えられる。

本事故発生後の軌間変位の測定結果から、本事故発生前にある程度の軌間の広がりが進んでいた可能性があると考えられる。(3.4.1)

② まくらぎ

本事故発生時のまくらぎの状態については、おおむね良好であったと考えられる。

また、木まくらぎの交換本数は、PC化の本数も合わせて考慮するとおおよそ妥当な交換本数であったと考えられる。(3.4.2)

③ レール締結装置

レール締結装置については、本事故発生前直近のレール締結装置の検査等では異常は発見されていなかったが、本事故発生時には、脱線開始点付近において、犬くぎ浮きや犬くぎ離れがある程度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る。

なお、犬くぎの浮等の状況は、まくらぎの湿潤状態や内軌側タイプレートを切断加工していた等の理由が関与し、右レール（内軌）側が特に顕著であった。(3.4.3)

④ 軌間変位の拡大

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（静的値）では、脱線した輪軸の寸法を考慮すると軌間内脱線は発生せず、本事故発生時の脱線開始点付近においては、列車走行時の横圧によるレール小返り等で動的に軌間が拡大したと考えられ、それにより、1両目前台車第1軸及び後台車の全軸は、軌間内脱線した可能性が考えられる。

よって、同社は、まくらぎやレール締結装置の管理を着実に行えるように

*13 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。

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の浮き上がり等が連続又はスラックの大きい急曲線で発生している場合は優先して整備を行うよう配慮する必要がある、また、曲線部のまくらぎやレール締結装置の管理については、内軌側についても外軌側と同様に注意して管理する必要がある。(3.4.4)

⑤ スラック

スラックについては、許容できる軌間変位の範囲を拡大し、軌間内脱線への余裕を高めるため、可能な範囲で縮小について検討することが望ましい。

(3.4.5)

⑥ 軌道変位の管理手法

軌道変位に対する安全性をより向上させるために、期限を定めて緊急に保守を行う「整備基準値」の設定が望ましい。また、軌間変位の整備基準値については、スラックに合わせて変動させ、一定の車輪のレールへのかかり量を確保するよう管理することが望ましい。さらに、動的な軌間拡大が懸念される場合は、動的な軌間変位の測定の実施を検討することが望ましい。

(3.4.6)

⑦ 線路の保守体制

同社における線路の保守体制では、同社に類する地方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、研修や訓練を実施するなどの社員教育を実施することも有効であるが、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していくこと等ハード対策を実施していくことが望ましい。

(3.4.7)

(5) 車両

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。

また、本件車両において採用されている e f W I N G 台車については、本事故に直接関与した事象はないと考えられる。(3.5)

(6) 気象

本事故発生時の事故現場付近は雨であったと推定される。ただし、降水量等から、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、気象状況からレール等は湿潤状態であったと考えられる。(3.6)

(7) 脱線の原因

① 1両目前台車については、2 k 2 2 7 m 付近で、左レール（外軌）側の第

1軸の左車輪が軌間内に落下して脱線した可能性があると考えられる。また、1両目後台車については、2k227m付近で、左レール（外軌）側の第1軸及び第2軸の左車輪が軌間内に落下して脱線した可能性があると考えられる。

② 1両目前台車第1軸及び後台車全軸の左車輪が軌間内に脱線したことについては、脱線開始点付近において、犬くぎ浮きや犬くぎ離れ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ることから、本事故発生時に列車走行時の横圧によるレール小返り等で動的に軌間が拡大したために発生した可能性が考えられる。

③ なお、外軌側の車輪が軌間内に脱線したことについては、犬くぎの浮き等の状況は脱線開始点付近において右レール（内軌）側が特に顕著であったことから、列車の走行により右側に大きく軌間変位の拡大が発生し、同時に輪軸が右方向に動く状態となったことにより、発生した可能性が考えられる。

④ 犬くぎ浮きや犬くぎ離れ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軌道部材の検査等で脱線の危険性がある連続したレール締結装置の不良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。

また、軌間内脱線が発生する程度まで軌間が広がったことは、本件曲線において設定されていたスラックが大きかったため、脱線開始点付近の軌間変位と合わせて軌間内脱線に対する余裕度が少なかったことが関与している可能性が考えられる。

(3.7)

4.2 原因

本事故は、列車が半径200mの右曲線を通過中に、軌間が大きく拡大したため、1両目前台車第1軸及び後台車全軸の左車輪が軌間内に落下し、軌間を押し広げながら走行した後、後台車全軸については踏切ガードにより復線したものの、前台車第1軸は右に脱線し、続けて前台車第2軸も右に脱線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、同曲線中で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動的に拡大した可能性があると考えられる。

なお、脱線に至る大きな軌間の拡大が発生したことについては、定期検査等で脱線の危険性がある連続したレール締結装置の不良や動的に軌間拡大が増大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、曲線中のスラックが比較的大きかったことにより軌間内への脱線に対する余裕が少なくなってい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

軌道部材の検査時や線路巡視時等において、まくらぎの腐食や犬くぎの浮き上がり等を確認し、状況に応じて犬くぎの打ち替えや増し打ち、まくらぎ交換又はゲージタイ（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体制を整備しておくことが望ましい。

なお、これらについては、連続又は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。また、曲線部のまくらぎやレール締結装置の管理については、内軌側についても外軌側と同様に注意して管理する必要がある。

(2) まくらぎの材質の変更

軌間を保持するために、まくらぎについては、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のまくらぎに交換（数本に1本程度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) 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て、可能な範囲で縮小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3月6日、本事故の原因及び対策を記した報告書を国土交通省九州運輸局に提出した。

同社による主な事故防止の対策は以下のとおりである。

(1) 事故現場付近のまくらぎの材質の変更等

事故現場付近の曲線及び直線の損傷したまくらぎについて、平成29年3月6日までにコンクリート製まくらぎに交換した。また、水はけの改善対策として、道床を交換した。さらに、同社管内の半径250m以下の曲線で現在木まくらぎの箇所について、今後優先的にコンクリート製まくらぎに交換する計画を策定した。

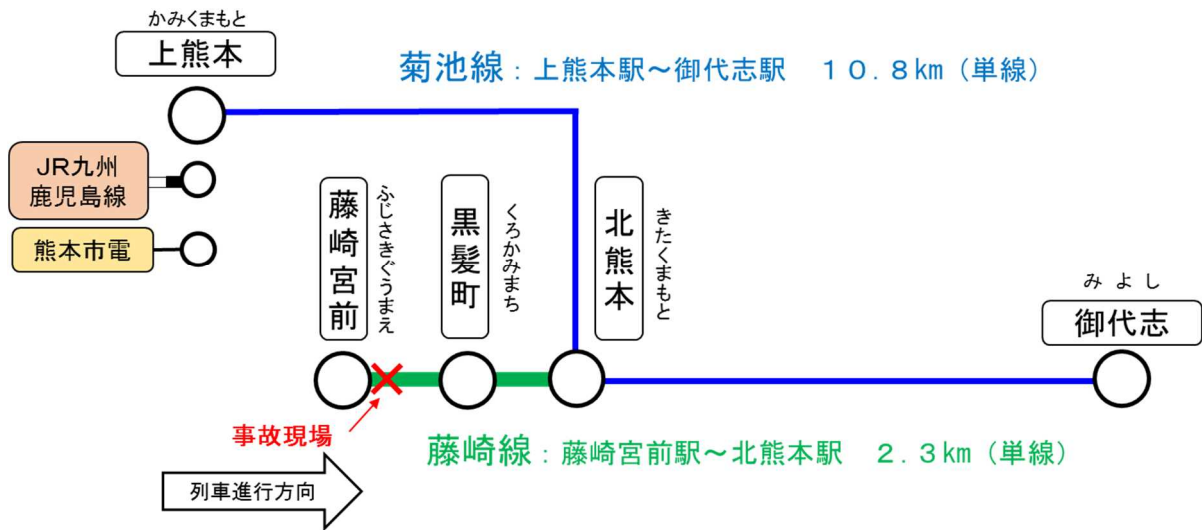
(2) 犬くぎの増し打ち

同社管内の半径250m以下の曲線で現在木まくらぎの箇所について、外軌ゲージコーナー側のレールを締結する犬くぎ本数を現在の1本から2本に増やした。

(3) まくらぎ検査の徹底

木まくらぎの検査時には水はけの状態に注意するなど、まくらぎ検査について、係員を教育して徹底した。

付図1 熊本電気鉄道の路線略図

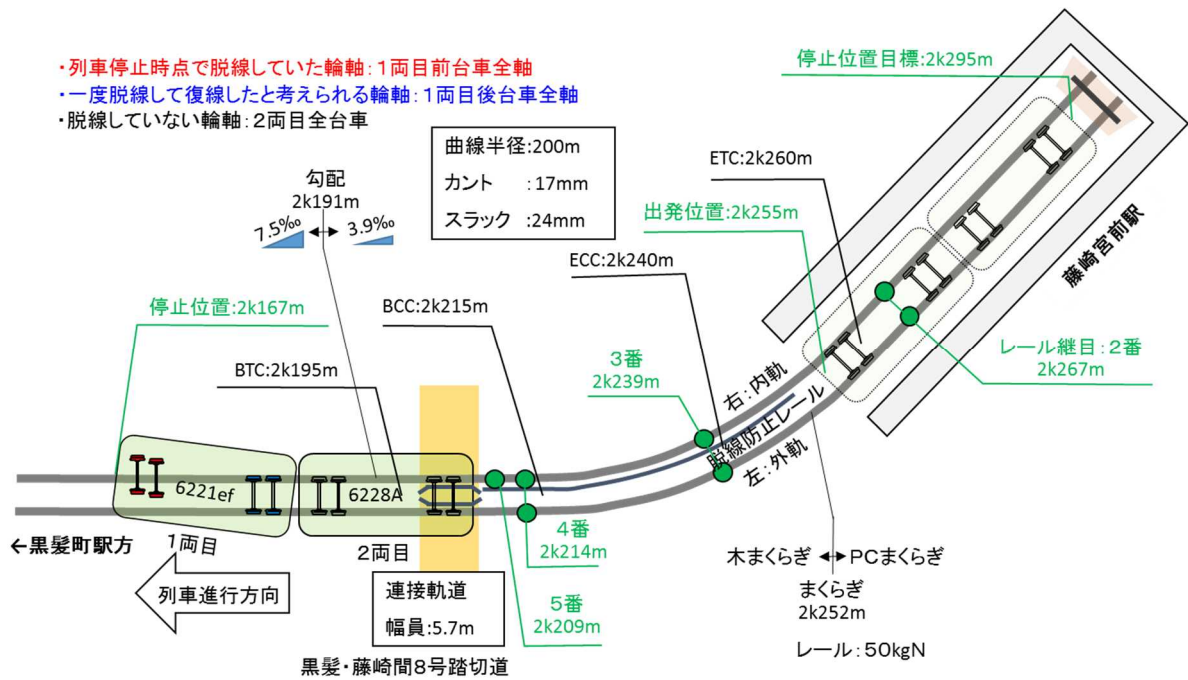


付図2 事故現場付近の地形図



※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状況

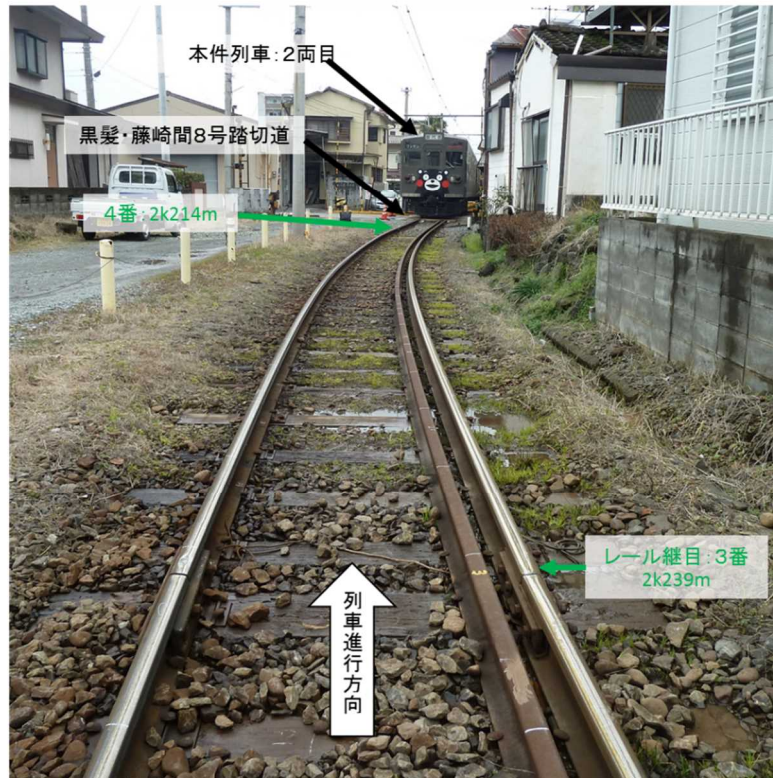


脱線の状況

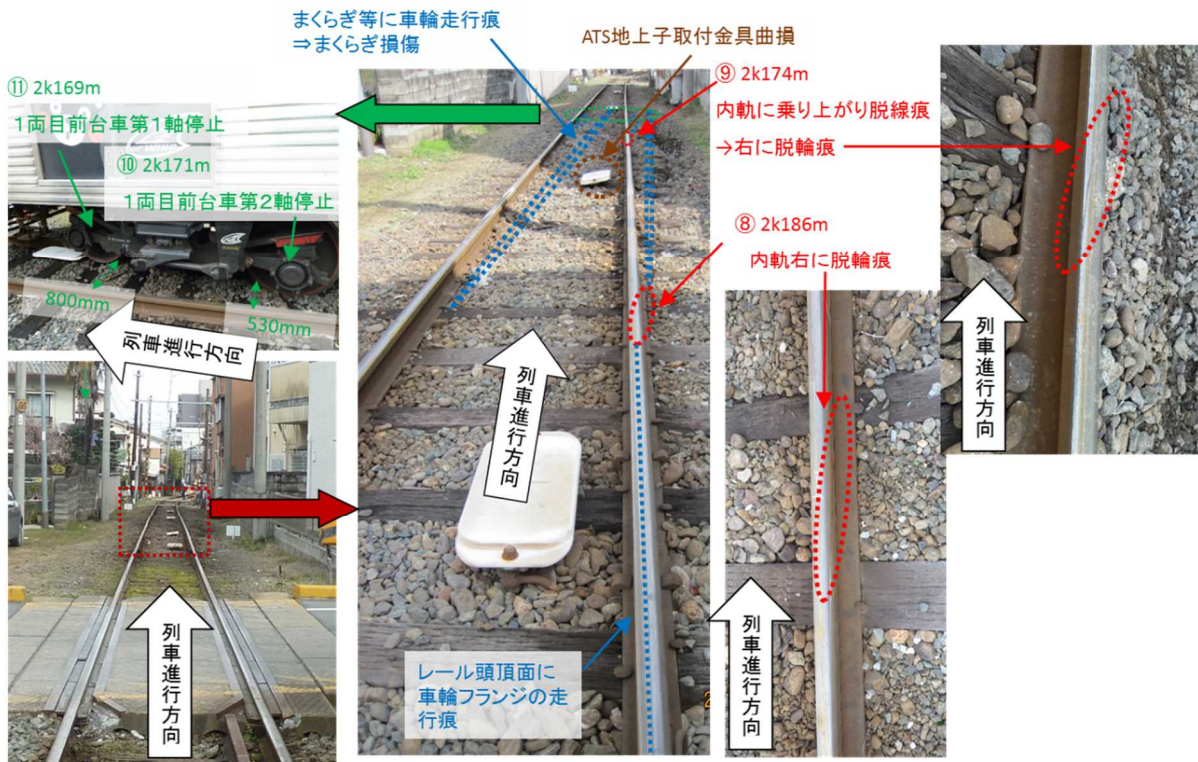
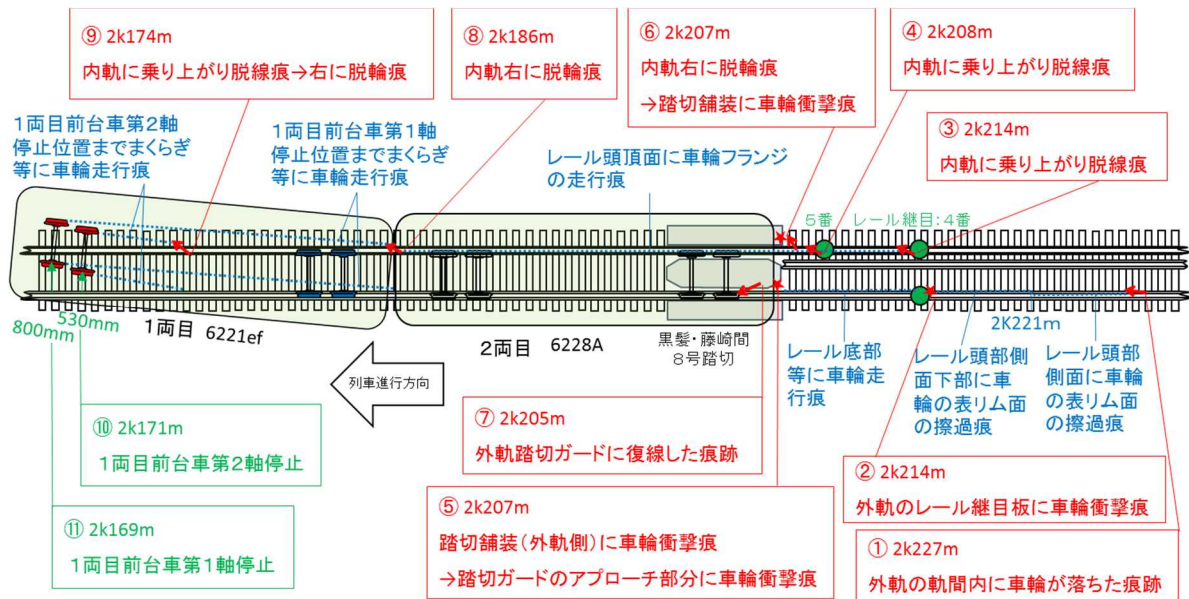
前方から



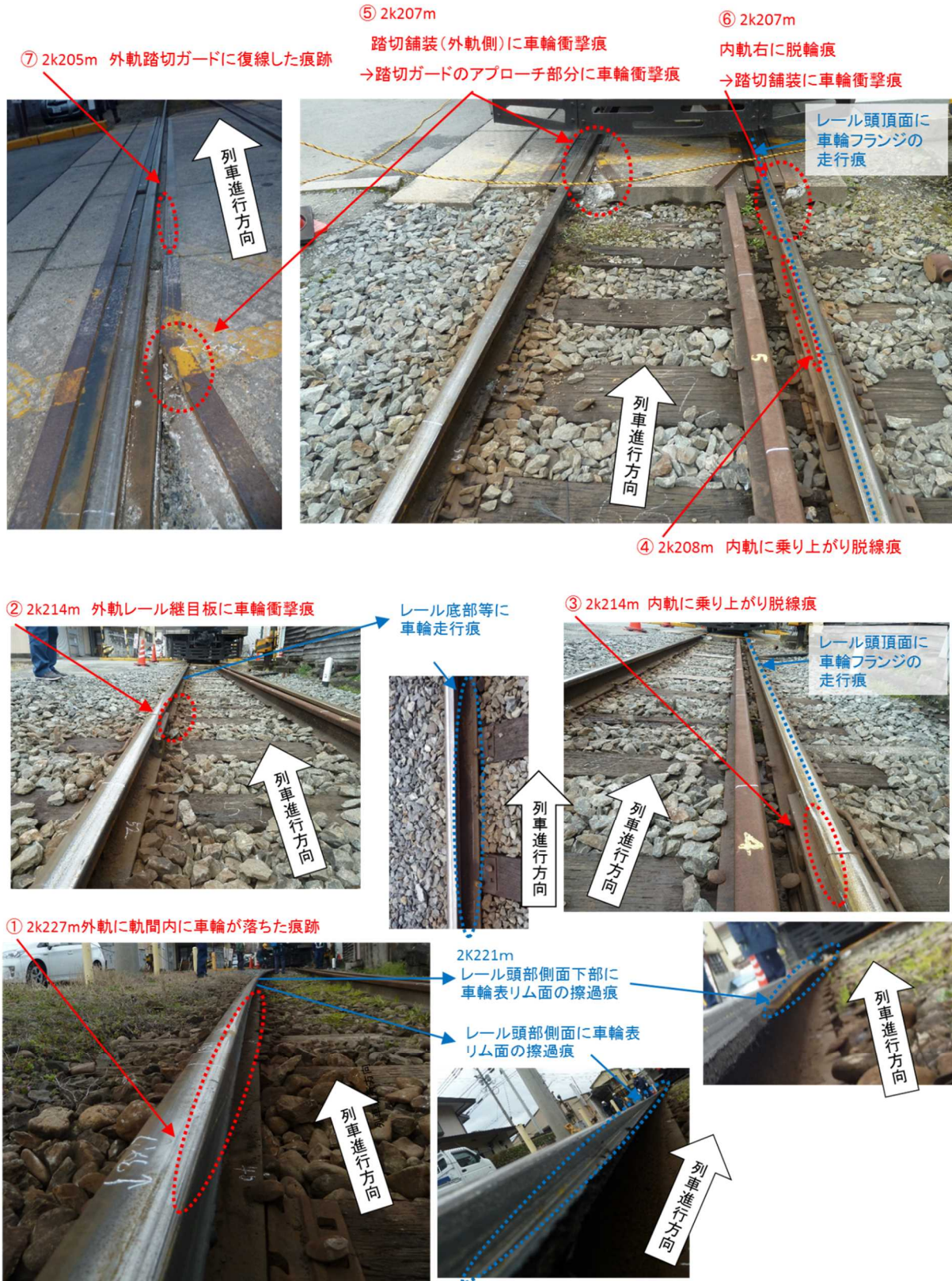
後方から



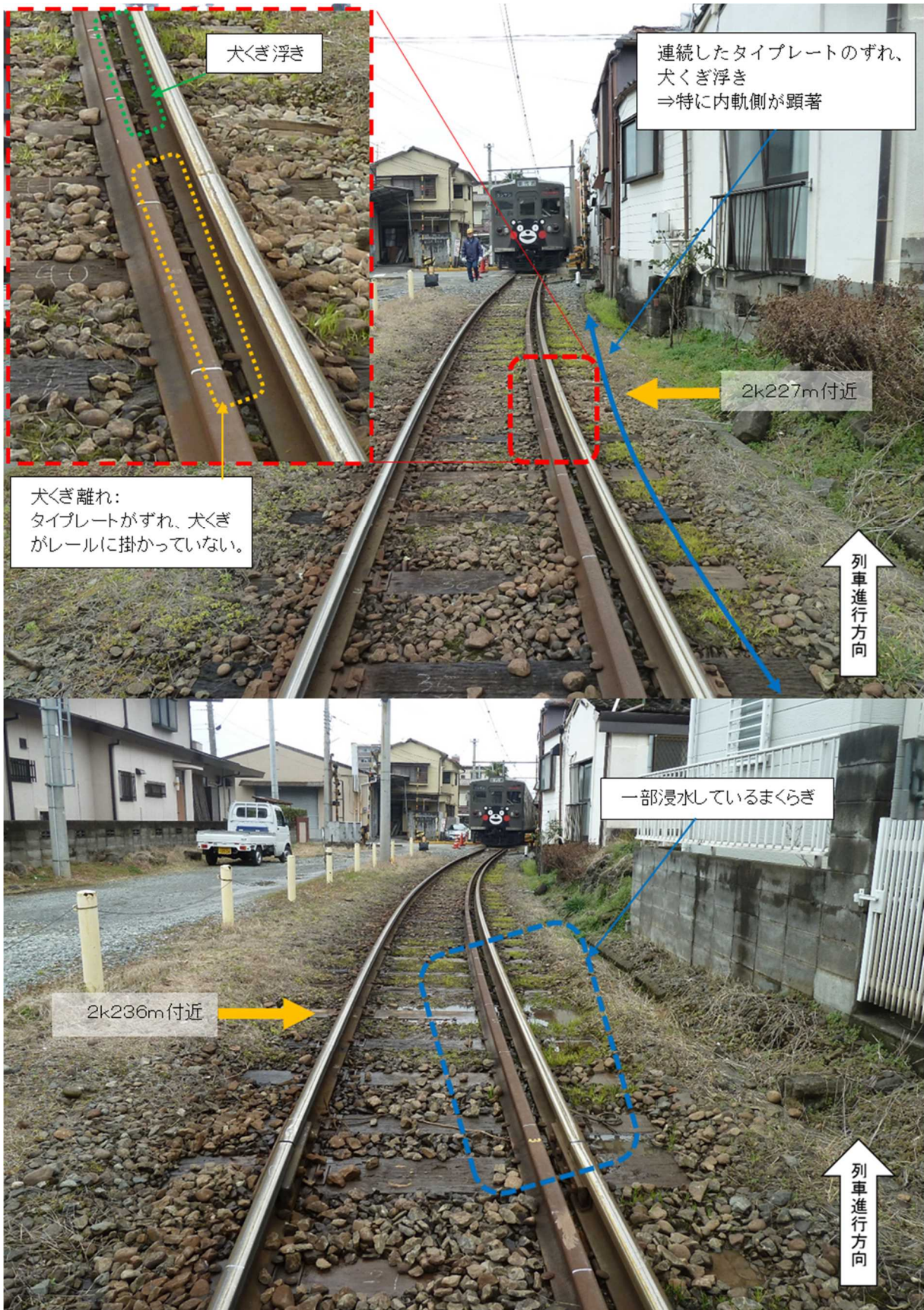
付図4 事故現場の脱線の痕跡 (その1)



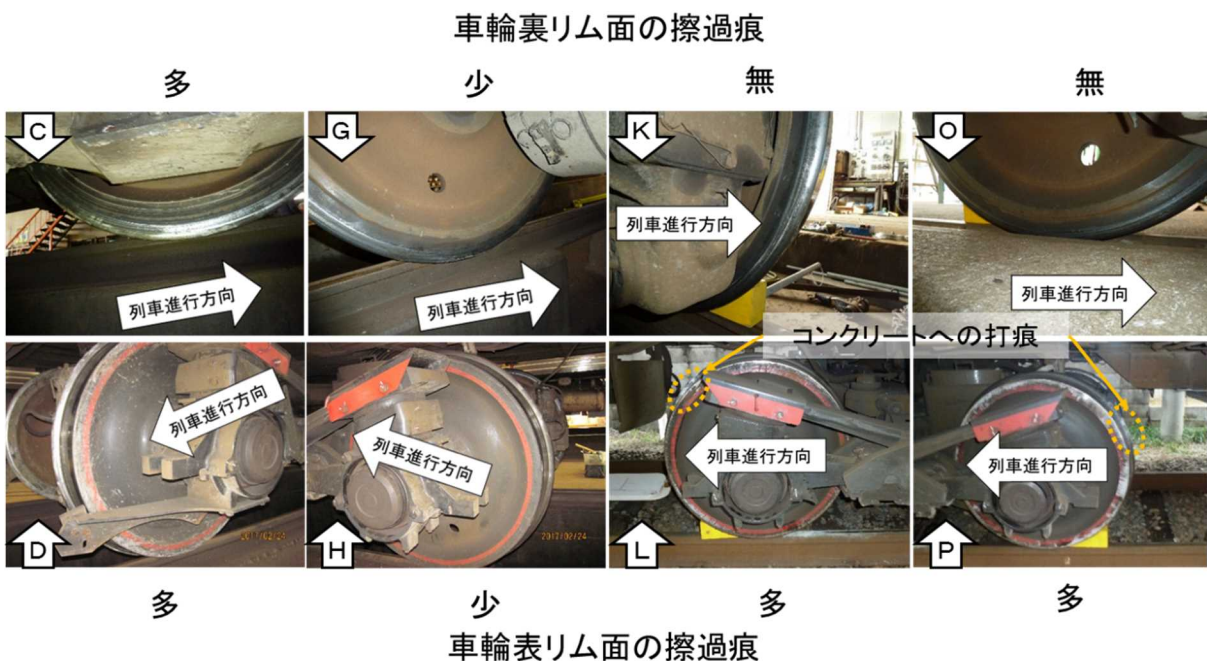
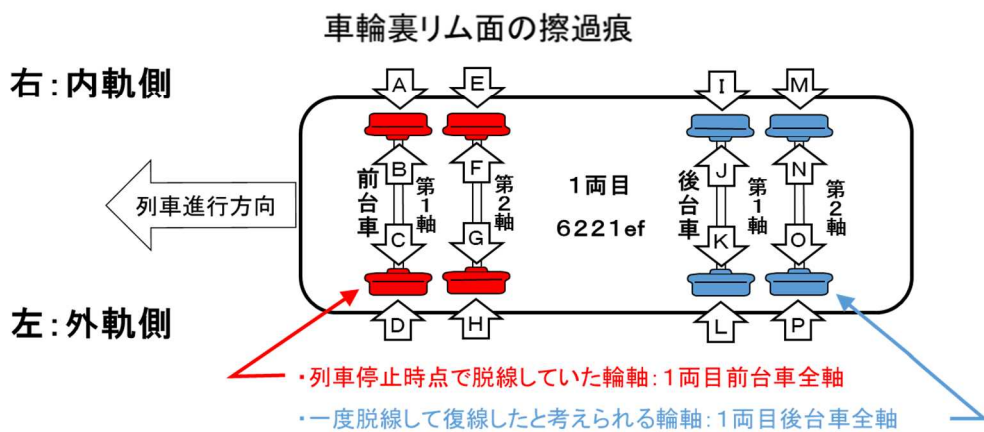
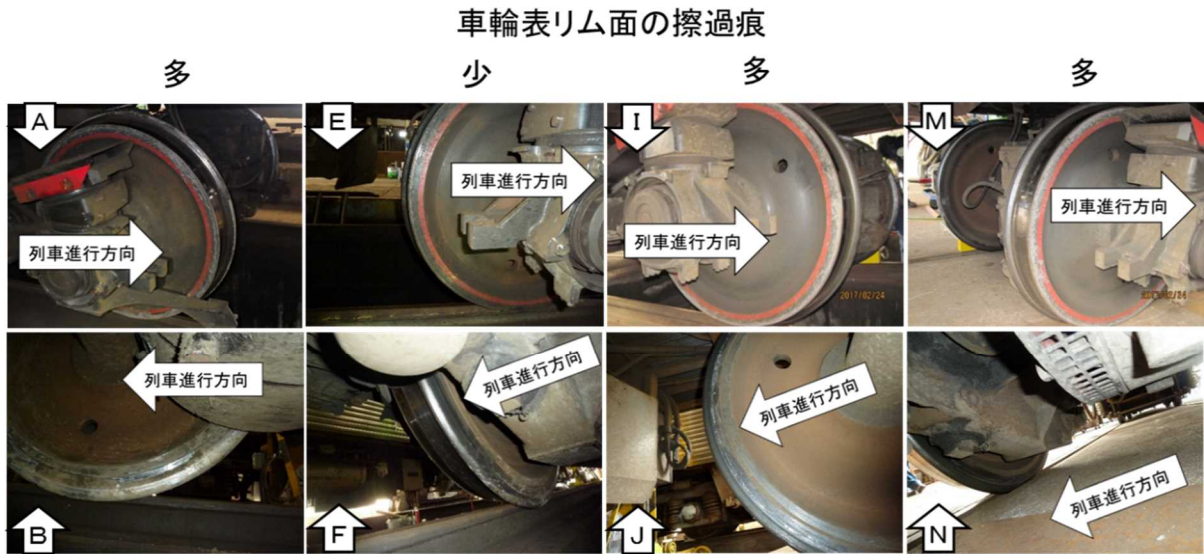
付図4 事故現場の脱線の痕跡 (その2)



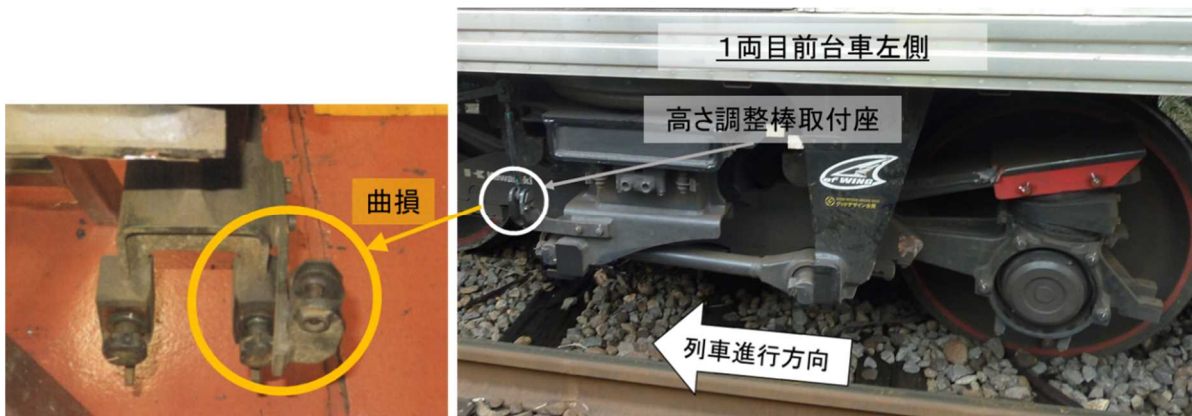
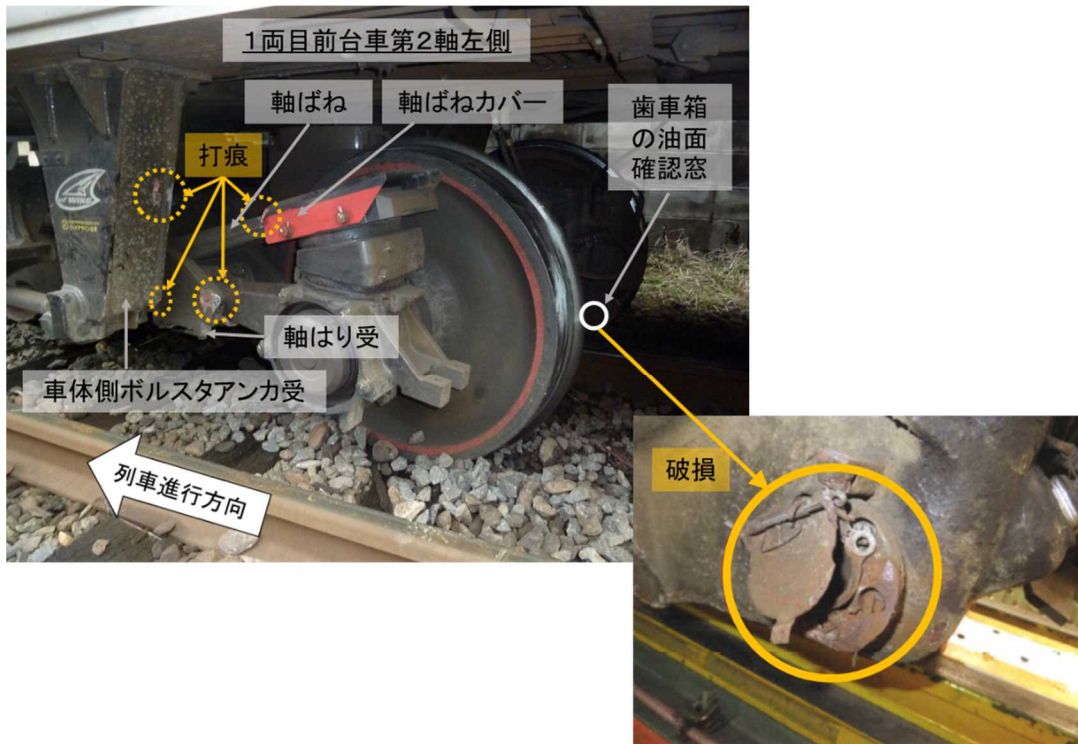
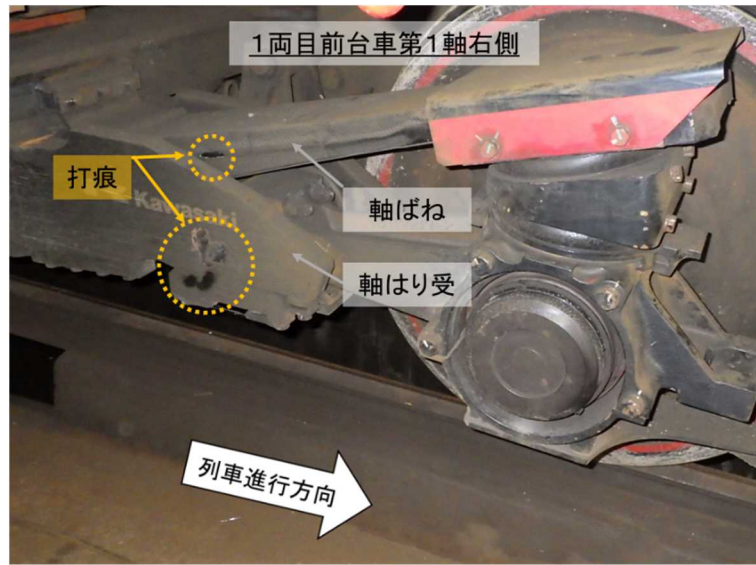
付図5 事故現場付近の軌道状態



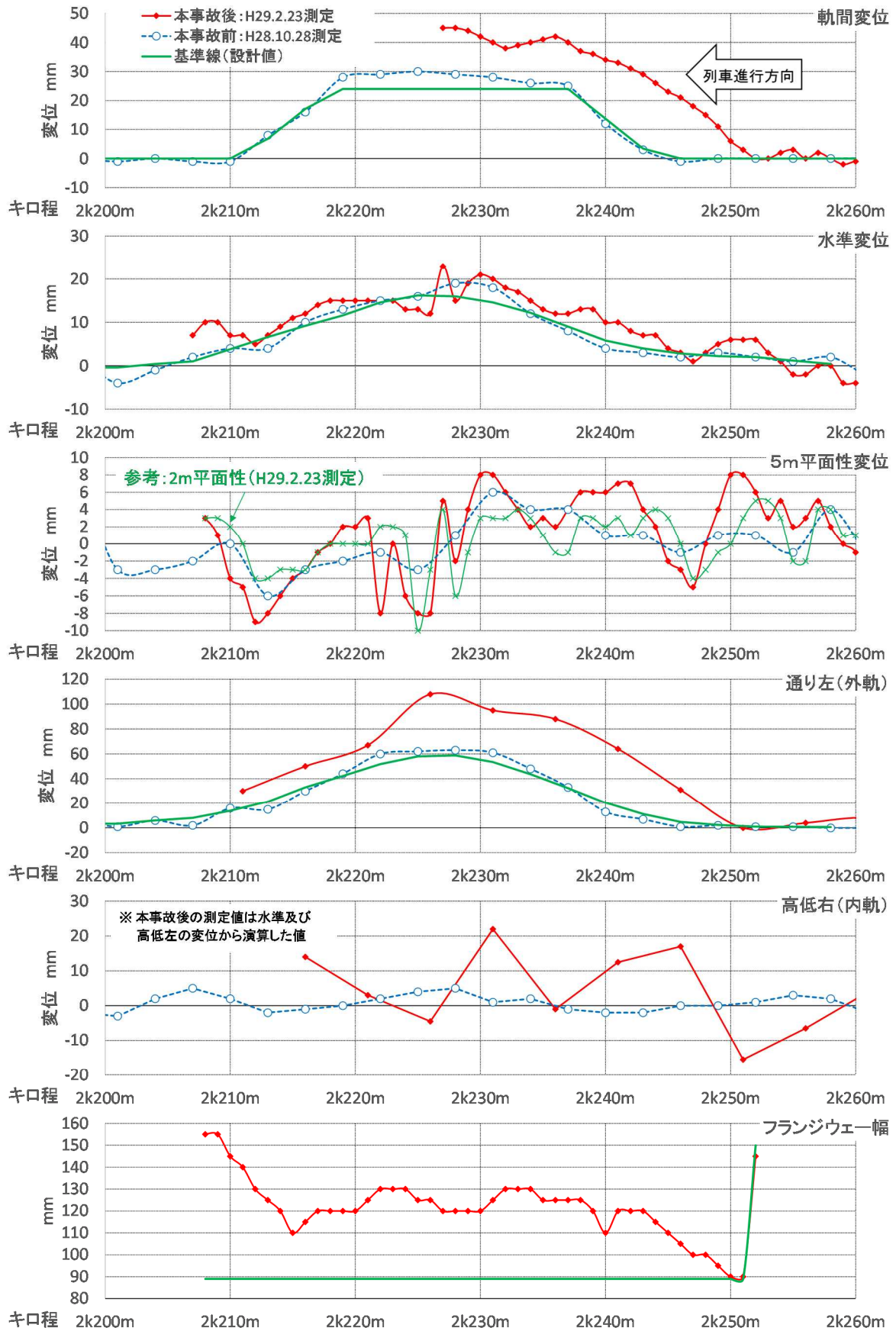
付図6 脱線した車輪の痕跡



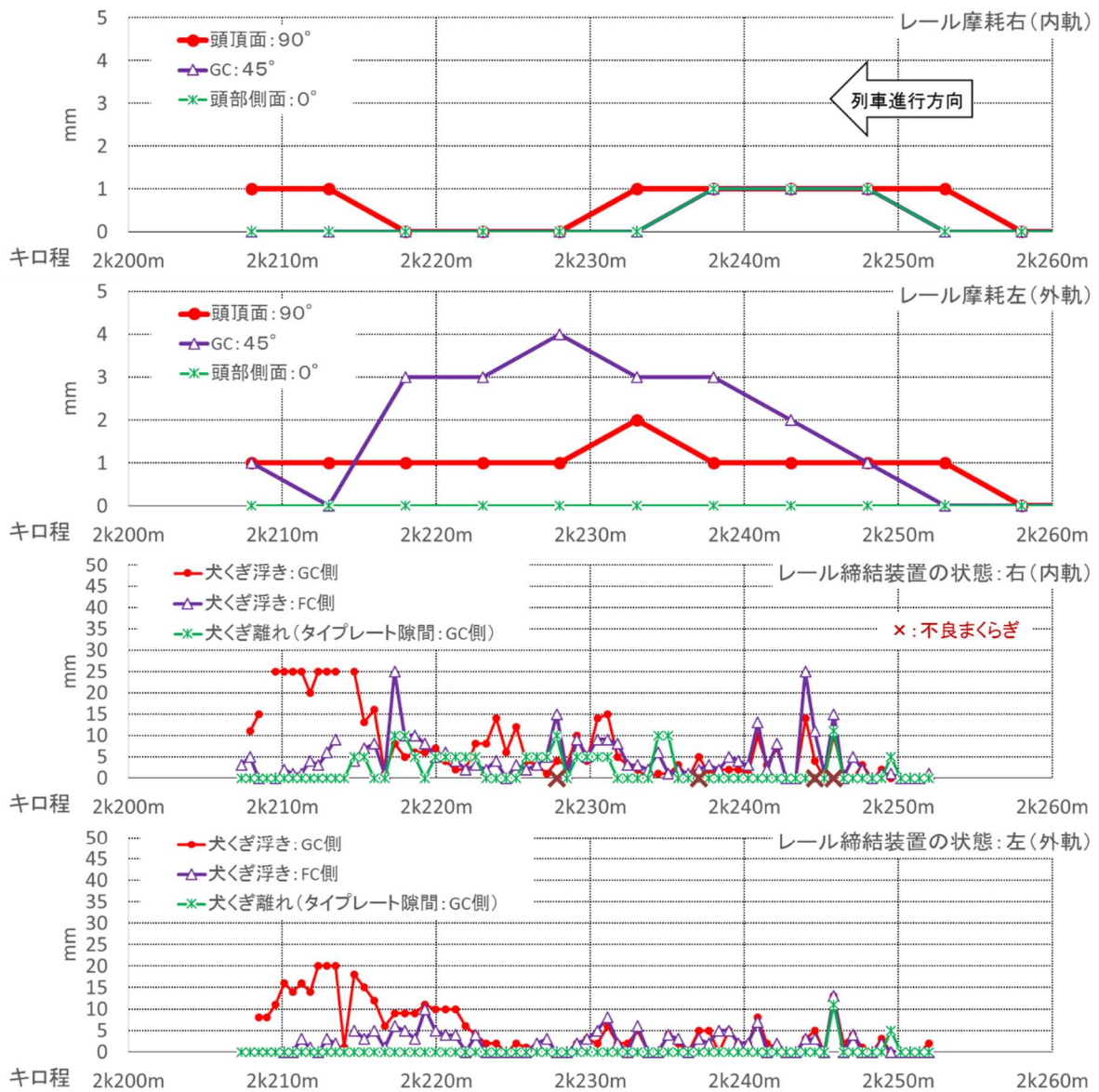
付図7 車両の損傷状況



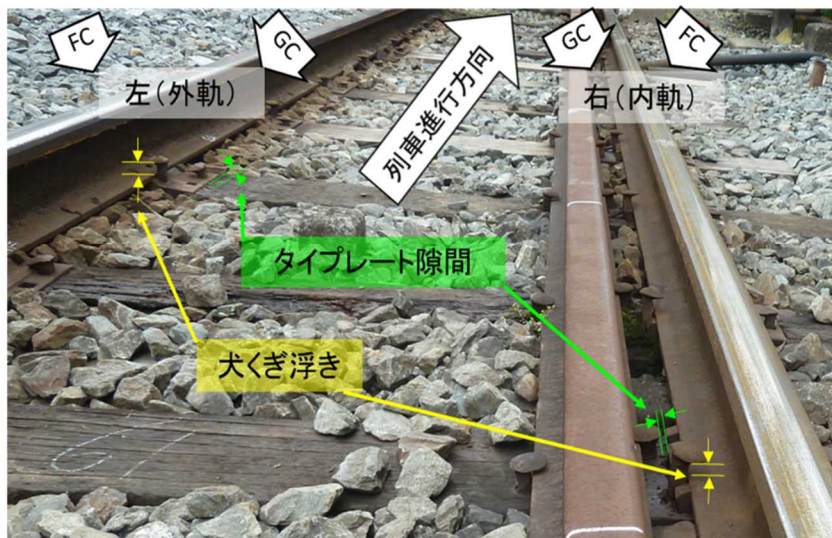
付図8 事故現場付近の軌道変位等の状況（その1）



付図8 事故現場付近の軌道変位等の状況（その2）



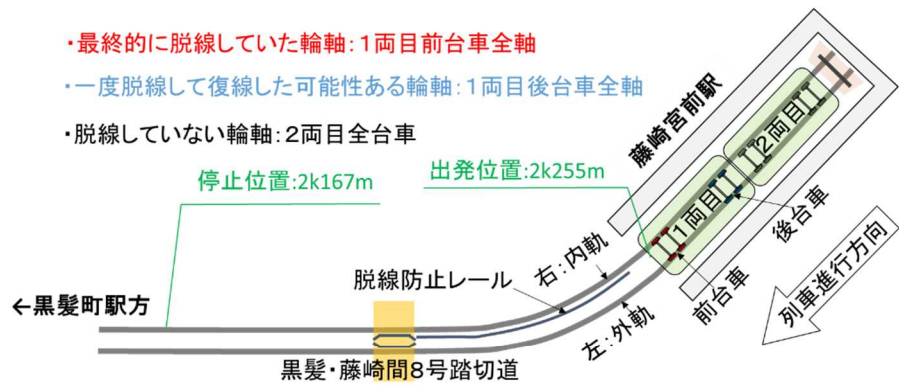
※レールのゲージコーナー:GC フィールドコーナー:FC



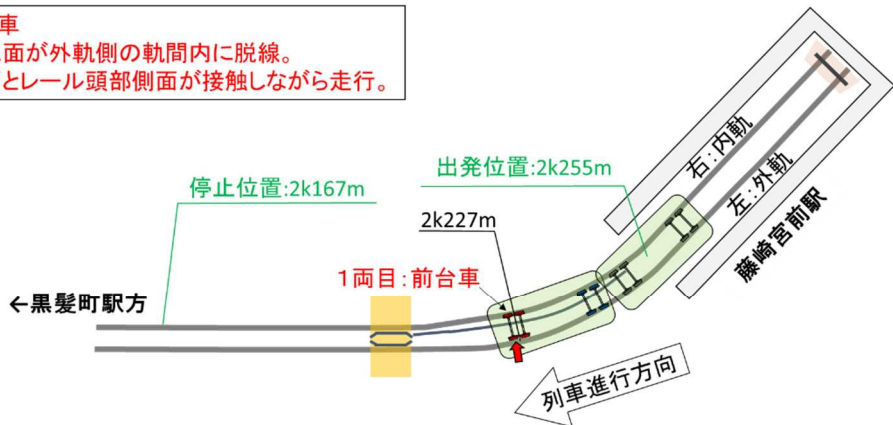
付図9 本件列車の脱線状況に関する推定 (その1)

① 本件列車出発

- ・最終的に脱線していた輪軸: 1両目前台車全軸
- ・一度脱線して復線した可能性ある輪軸: 1両目後台車全軸
- ・脱線していない輪軸: 2両目全台車

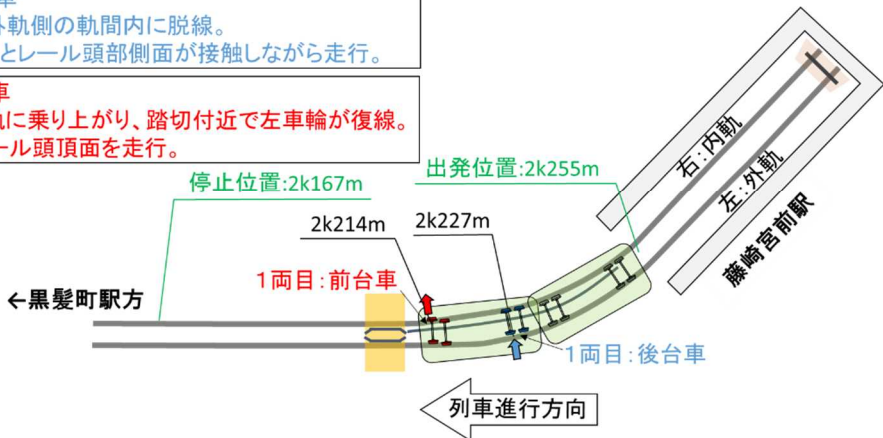


② 2k227m 1両目前台車 第1軸左車輪表リム面が外軌側の軌間内に脱線。 以降、車輪表リム面とレール頭部側面が接触しながら走行。

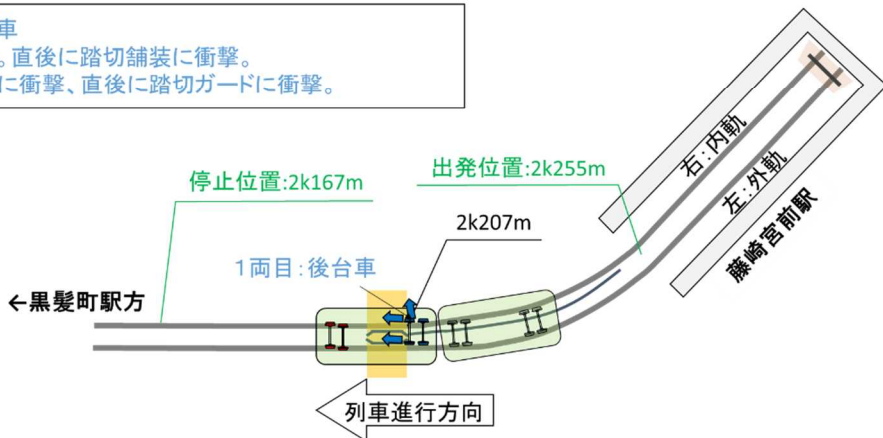


③ 2k227m 1両目後台車 左車輪表リム面が外軌側の軌間内に脱線。 以降、車輪表リム面とレール頭部側面が接触しながら走行。

2k214m 1両目前台車 第1軸右車輪が内軌に乗り上がり、踏切付近で左車輪が復線。 以降、フランジがレール頭頂面を走行。

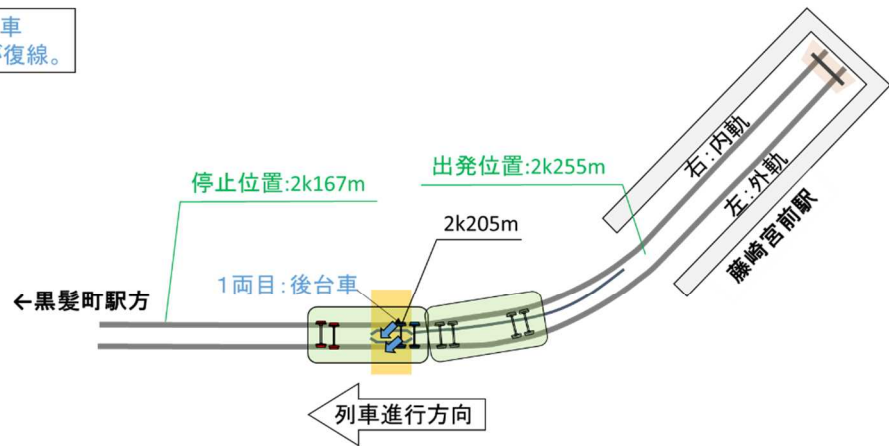


④ 2k207m 1両目後台車 右車輪が右に脱輪。直後に踏切舗装に衝撃。 左車輪が踏切舗装に衝撃、直後に踏切ガードに衝撃。

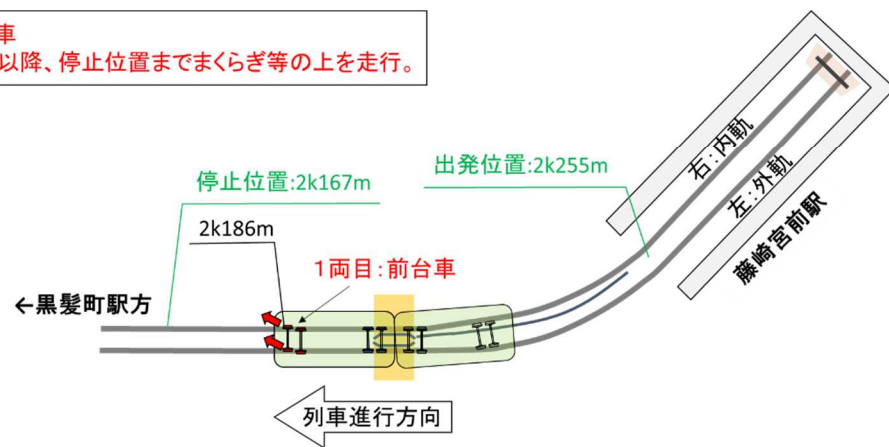


付図9 本件列車の脱線状況に関する推定（その2）

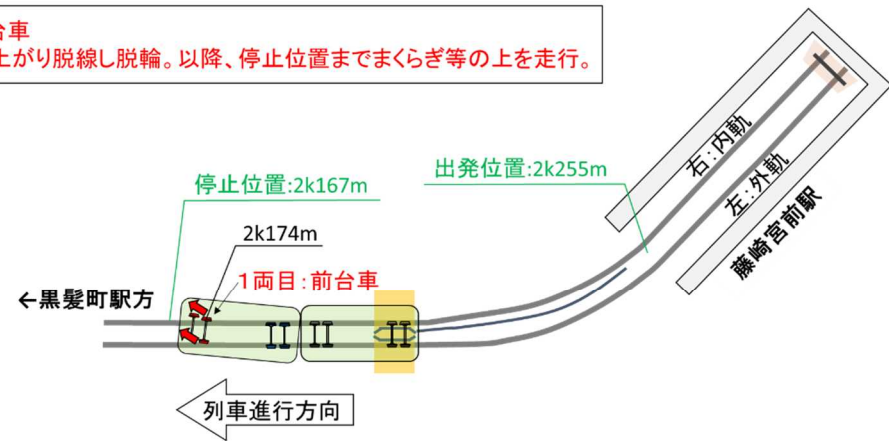
- ⑤ 2k205 m 1両目後台車
第1軸及び第2軸が復線。



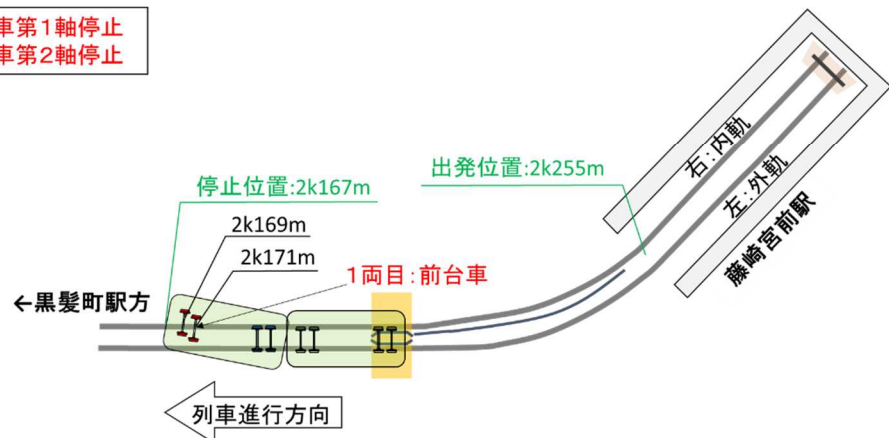
- ⑥ 2k186 m 1両目前台車
第1軸が右に脱輪。以降、停止位置までまくらぎ等の上を走行。



- ⑦ 2k174 m 1両目前台車
第2軸が右に乗り上がり脱線し脱輪。以降、停止位置までまくらぎ等の上を走行。

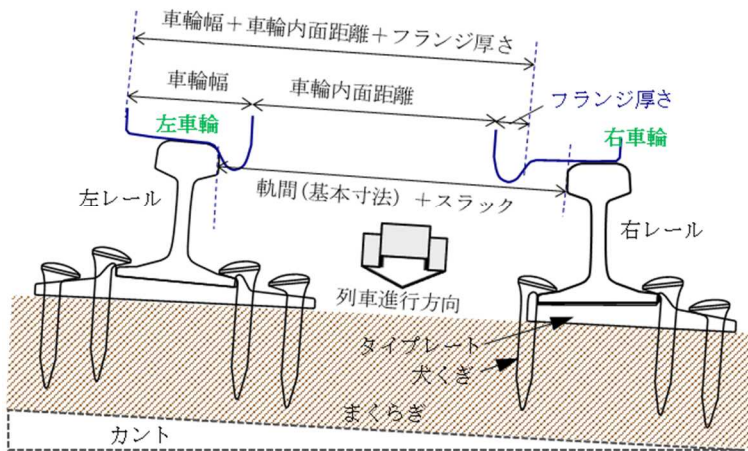


- ⑧ 2k169 m 1両目前台車第1軸停止
2k171 m 1両目前台車第2軸停止

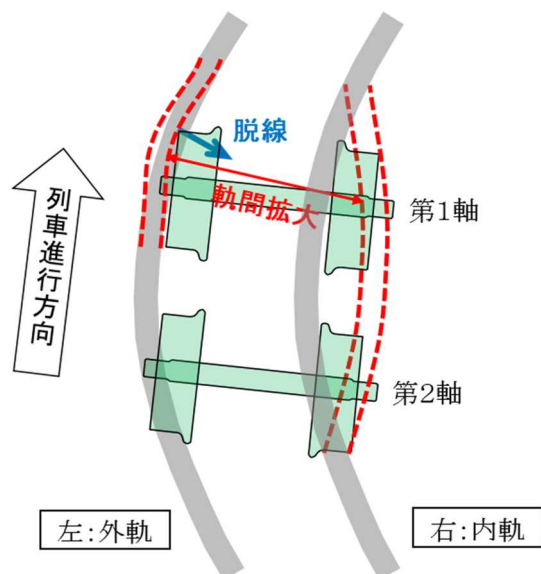
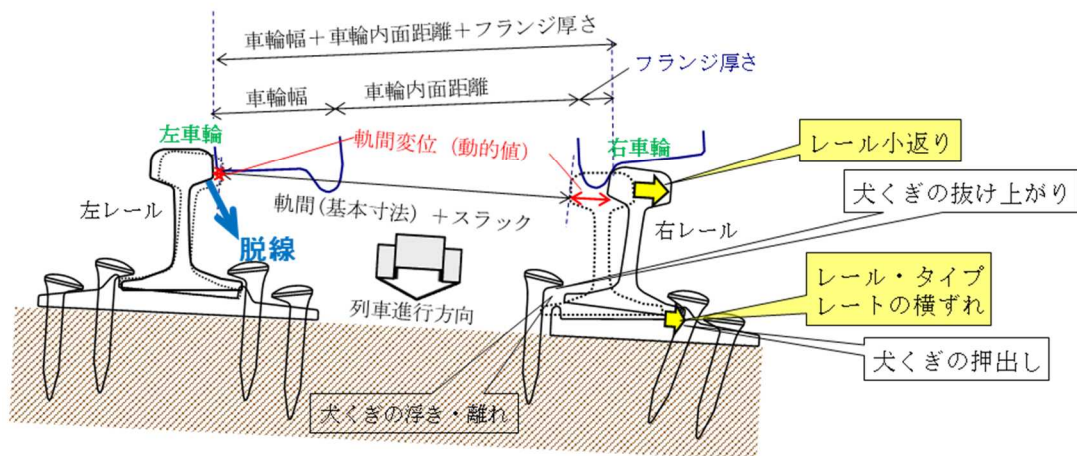


付図9 本件列車の脱線状況に関する推定 (その3)

通常の走行状態

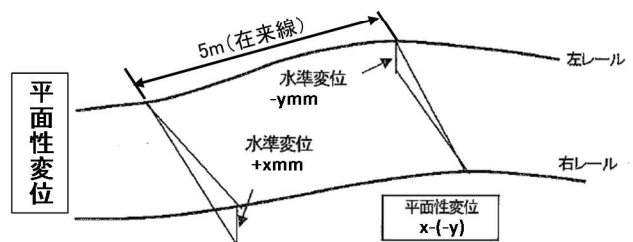
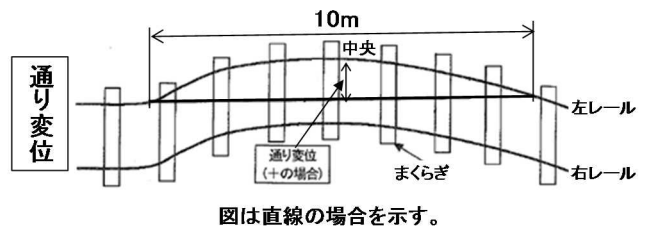
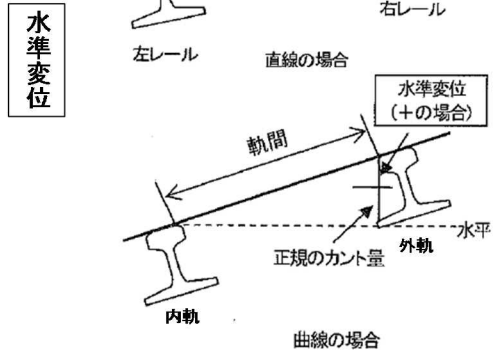
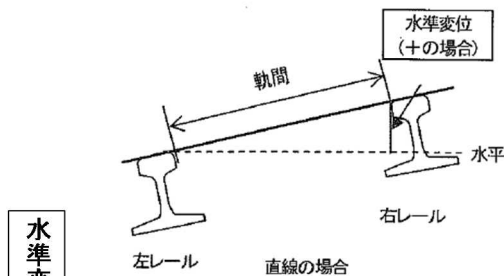
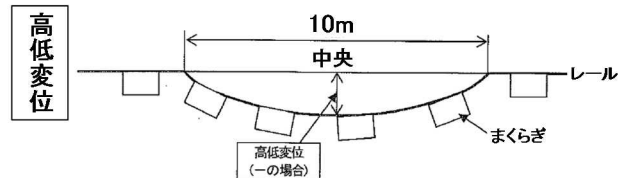
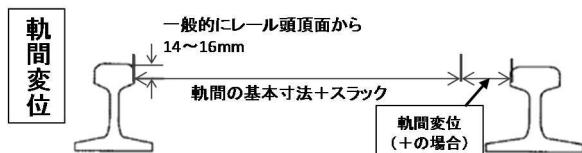


本事故の脱線時の走行状態 (推定)



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。

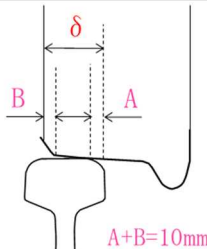
なお、スラックが設定されている場合、下記に示す「軌間（設計値）」は、軌間（基本寸法）にスラックの量を加算した値となる。

軌間変位の限度値 = δ - (10) - 余裕(10) (mm)

レール摩耗(A) + 車輪踏面端部の面取り(B)を考慮

δ = 車輪のレールへのかかり量
 = (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



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(土木基準)第三版(国土交通省鉄道局 監修)」参照

