

RA2014-5

鉄 道 事 故 調 査 報 告 書

I 長崎電気軌道株式会社 大浦支線 築町停留場～市民病院前停留場間
車両脱線事故（道路障害に伴うもの）

II 九州旅客鉄道株式会社 鹿児島線 鹿児島中央駅構内 列車脱線事故

平成26年 5 月 3 0 日

本報告書の調査は、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 後藤 昇 弘

《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」

II 九州旅客鉄道株式会社 鹿児島線 鹿児島中央駅構内
列車脱線事故

鉄道事故調査報告書

鉄道事業者名：九州旅客鉄道株式会社

事故種類：列車脱線事故

発生日時：平成24年10月14日 22時00分ごろ

発生場所：鹿児島県鹿児島市

鹿児島線 鹿児島中央駅構内

門司港駅起点396k547m付近

平成26年5月12日

運輸安全委員会（鉄道部会）議決

委員長 後藤昇弘

委員 松本陽（部会長）

委員 横山茂

委員 石川敏行

委員 富井規雄

委員 岡村美好

要旨

<概要>

九州旅客鉄道株式会社の鹿児島中央駅発^{せんだい}川内駅行き2両編成の上り普通第2476M列車は、平成24年10月14日、ワンマン運転で、鹿児島中央駅を定刻（22時00分）に出発した。

列車は、出発後、同駅構内の左曲線を速度約25km/hで通過した。その後、列車の最前部が79号口分岐器を通過した付近で運転士は乗客の悲鳴のような声に気づき、車内ミラーで後方を確認したところ、車両の連結部の幌が右に大きく傾いていたため、ブレーキを使用して停車させた。

運転士が列車の状況を確認したところ、2両目後台車は本来の進路を外れた線路上にあり、第2軸が右へ脱線していた。

列車には乗客157名、乗務員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、列車の2両目後台車第1軸が、左曲線の外軌（右レール）に乗り上がり、外軌の右へ脱線した後、それに引きずられて第2軸が外軌に乗り上がり右へ脱線した可能性があると考えられる。その後、第1軸は分岐器で異線側に復線して停止したものと考えられる。

列車の2両目後台車第1軸が、左曲線の外軌に乗り上がったことについては、

- (1) 左曲線の通り変位が整備基準値を超えており、かつ、その曲線の右（外側）に大きくなっていったことから外軌側横圧が増加した、
- (2) 左曲線の平面性変位が整備基準値を超えており、かつ、外軌側の輪重が減少しやすい方向に大きくなっていったことから輪重が減少した

ことにより発生したものと考えられる。また、乗り上がり開始地点付近の道床の噴泥、犬くぎの浮き及びまくらぎの一部腐食等があり、レールとタイプレート間に多数あった隙間等が関与したと考えられる。さらに、車両の軸ばねのばね定数が経年により大きくなっていったことが関与した可能性があると考えられる。

なお、2両目後台車については、列車の静止輪重比は同社が定める管理値内であったが、前台車の各軸の静止輪重が、右車輪（外軌側）の方が左車輪（内軌側）より大きかったのに対し、各軸の静止輪重が、左車輪（内軌側）の方が大きかったことから、外軌側の横圧が大きくなり脱線の発生に影響した可能性があると考えられる。

1 鉄道事故調査の経過

1.1 鉄道事故の概要

九州旅客鉄道株式会社の鹿児島中央駅発^{せんだい}川内駅行き2両編成の上り普通第2476M列車は、平成24年10月14日（日）、ワンマン運転で、鹿児島中央駅を定刻（22時00分）に出発した。

列車は、出発後、同駅構内の左曲線（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25km/hで通過した。その後、列車の最前部が79号口分岐器を通過した付近で運転士は乗客の悲鳴のような声に気づき、車内ミラーで後方を確認したところ、車両の連結部の幌が右に大きく傾いていたため、ブレーキを使用して停車させた。

運転士が列車の状況を確認したところ、2両目後台車は本来の進路を外れた線路上にあり、第2軸が右へ脱線していた。

列車には乗客157名、乗務員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24年10月15日、本事故の調査を担当する主管調査官ほか2名の鉄道事故調査官を指名し、平成25年8月22日に1名の鉄道事故調査官を追加指名した。

九州運輸局は、本事故調査の支援のため、職員を事故現場に派遣した。

1.2.2 調査の実施時期

平成24年10月15日	現場調査及び口述聴取
平成24年10月16日	車両調査

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、九州旅客鉄道株式会社（以下「同社」という。）の鹿

鹿児島中央駅発川内駅行き2両編成の上り普通第2476M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10時16分に出勤し、鹿児島中央駅から都城駅間を1往復、鹿児島中央駅から川内駅間を1往復、鹿児島中央駅から串木野駅間を1往復した後、鹿児島中央駅で乗務交替をしようと待機していた。

鹿児島中央駅8番線に到着した下り普通第2477M列車が、折り返し本件列車となったので、前任の運転士から車両等の異常がない旨の報告を受けて、本件列車に乗車し、出発準備を行った。

出発時刻の22時00分（定刻）になったので、列車の扉を閉め、プラットフォーム（以下「ホーム」という。）上の旅客の状況を確認した後、出発信号機の進行現示を確認して、鹿児島中央駅8番線を出発した。力行2ノッチを操作し、速度が約25km/hまで達した後、列車の先頭がホーム終端を通過した辺りでノッチオフし、惰行で進行した。

81号口分岐器及び81号イ分岐器を通過し、79号口分岐器を通過しようとしたとき、速度が20km/h以下に低下したので、再度加速のため力行3ノッチに投入した直後に、車内後方から女性の悲鳴のような声が聞こえたため、乗務員室のワンマンミラー（車内後方確認用ミラー）を確認したところ、車両の連結部の幌が右斜めに大きく傾いているのを認めたため、直ちに非常ブレーキを使用して停車させた。女性の声が聞こえる前は車内放送が流れていたこともあり、異音を感じることはなかった。また、衝撃を受けたり、列車が後方に引っ張られたり、速度が急激に低下するような感じもなかった。

停車後、乗務員室の右側の窓を開けて後方を確認したところ、本件列車の2両目（以下「本件車両」という。）が下り線側に傾いていたので本件列車が脱線したと思い、鹿児島中央駅信号所が近かったため列車無線にて鹿児島中央駅に隣接する同信号所に脱線した旨を連絡し、関係箇所への手配を依頼した。また、携帯電話にて鹿児島乗務センターに連絡をした。なお、鹿児島中央駅構内の信号扱いは鹿児島中央駅信号所で行われているため、同信号所に脱線したことを連絡したので、防護無線による発報は行わなかった。

その後、博多指令より連絡があり、事故の状況を調べるよう指示を受け、車両の状況を確認し、本件車両後台車の第2軸が脱線している旨を報告した。

さらに博多指令より、乗客の負傷の有無を確認するように指示を受けたため、現場に到着していた駅助役等に依頼して乗客の負傷の有無を確認してもらい、負傷者はいないとの報告を受けたので、その内容を博多指令に連絡した。

駅助役等と協力し、乗客を本件車両の後部乗務員室に脚立^{きやたつ}をかけて降車させ、

鹿児島中央駅のホームまで誘導した。

なお、事故当日は事故前に本件列車とは別の列車で事故現場を通過したが、特に異常はなかった。

(付図1 本線路線図、付図2 事故現場付近の地形図、付図3 鹿児島中央駅構内略図 参照)

2.1.2 運転状況の記録

本件列車は運転状況記録装置を装備している。同装置は時刻、運転速度、力行及びブレーキノッチ動作を1秒ごとに記録する。

事故発生直前の本件列車の運転速度等は、図1のとおりであった。

時刻情報は実際の時刻に補正したものであるが、速度情報は補正したものではないため、誤差が内在している可能性がある。

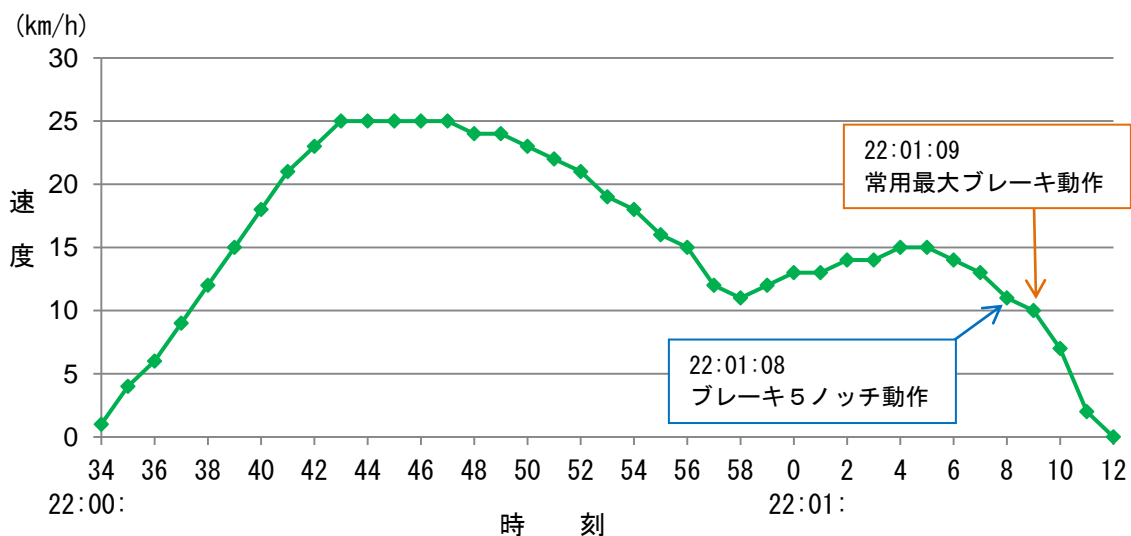


図1 運転状況記録装置の記録

なお、本事故の発生時刻は、22時00分ごろであった。

2.2 人の死亡、行方不明及び負傷

なし。

2.3 鉄道施設及び車両等に関する情報

2.3.1 事故現場に関する情報

(1) 鹿児島中央駅構内の状況

事故が発生した鹿児島中央駅は、1～8番線（在来線用）及び11～14番線（新幹線用）がある。

8番線を出発し81号口及び81号イ分岐器までの区間（以下「同区間」という。）を走行する列車は、平日が1日当たり21本、休日が1日当たり18本である。

本件列車に使用していた編成車両が、事故前の直前に同区間を走行したのは、10月9日20時05分ごろであった。

また、本件列車の直前に列車が同区間を走行したのは、事故当日の21時37分ごろであった。

(2) 脱線の状況

1両目は、‘本件列車が走行する予定であった本来の進路（鹿児島中央駅8番線から鹿児島線（上り）方面の進路）’（以下「本来の進路」という。）に進入し、その最前部は門司港駅起点396k420m付近（以下「門司港駅起点」は省略。）に停止していた。

本件車両の前台車は本来の進路上に停止していた。

しかし、本件車両の後台車は本来の進路を外れた線路上に進入し、第1軸の左右の車輪はレール上にあつたが、フランジには脱線したときに付いたと見られる損傷があつた。また、第2軸の左右の車輪はレールから約27cm右に脱線していた。

(付図3 鹿児島中央駅構内略図、付図4 事故現場略図、付図5 レール上の車輪による主な痕跡、付図6 軌道上の車輪による主な痕跡 参照)

2.3.2 鉄道施設に関する情報

2.3.2.1 事故現場付近の設備等に関する情報

鹿児島線の川内駅から鹿児島中央駅間は、軌間1,067mm、交流20,000Vの電化区間である。また、信号保安設備は自動閉そく式で、自動列車停止装置が設置されている。

2.3.2.2 事故現場付近の線路に関する情報

(1) 軌道の構造は、鉄道に関する技術上の基準を定める省令に基づき、同社が九州運輸局長に届け出ている施設設備実施基準において、設計最高速度及び設計通過トン数から、鹿児島線については表1のとおり規定されている。

表1 レール、まくらぎ及び道床の構造

設計最高速度	レールの重量、まくらぎの本数及び道床の厚さ	設計通過トン数
		1000万トン毎年を超え 2000

		万トン毎年以下の通過トン数
110 km/h を超える速度	レールの重量	50
	まくらぎの本数	37
	道床の厚さ	200

(備考)

1 レールの重量の単位はkg、道床の厚さの単位はmmとする。

2～4 (略)

※ 表1の「レールの重量」は1m当たりの重量であり、「まくらぎの本数」は2.5m当たりの本数である。

事故現場付近は、川内駅方面（起点方）から396k524m付近までに50kgNレール、396k534m付近から鹿児島駅方面（終点方）に40kgNレール、その間（396k524m～396k534m付近）に中継レール^{*1}が敷設されている。

50kgNレール以外の40kgNレール及び中継レールが設置されていたことについては、施設設備実施基準の経過措置の「この実施基準の施行前に工事に着手又は竣工した施設で、この実施基準の施行後最初に行う改築又は改造の工事が竣工するまでの間、この実施基準に適合しているものとして扱う。」の規定に基づいたものである。

また、まくらぎには木まくらぎが使用されており、レールの締結にはタイプレートと犬くぎが使用されている。

道床はバラストであり、その厚さは200mm以上である。

- (2) 鹿児島中央駅8番線を出発する鹿児島線の上り列車は、81号口、81号イ、79号口、79号イ、76号、75号口及び73号口分岐器を通過して鹿児島線（上り）に進入する。

同社の連動装置の記録によれば、本件列車の本来の進路に係る分岐器は、鹿児島中央駅8番線から鹿児島線（上り）側に正常に開通していた。

- (3) 事故現場付近の線形は、‘396k609mから396k524m付近までは半径450mの左曲線’（以下「本件曲線」という。）で、カント^{*2}20mm及びスラック^{*3}0mmが設定されている。また、本件曲線は396k

^{*1} 「中継レール」とは、断面形状の異なる異種のレールの接合部に中継のため用いるレールのことをいい、レールの両端がそれぞれ接合するレールの断面に合うように作られている。

^{*2} 「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対して影響することを低減するように設定された、曲線外側のレールと内側のレールとの高低差をいう。

^{*3} 「スラック」とは、車両の輪軸（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、曲線中の軌間を拡大する量をいう。

599mから396k534m付近までが円曲線、その前後にそれぞれ10mの緩和曲線^{*4}を接続している。

なお、396k609mから396k524m付近までの間に勾配はない。
(付図3 鹿児島中央駅構内略図、付図4 事故現場略図 参照)

2.3.2.3 線路の検査等に関する規程

(1) 線路巡視の頻度に関する規程

本線の線路巡視は、施設設備実施基準に1週に1回以上を標準として行うことと規定している。

さらに、同社の社内規程である線路検査要領には、線路巡視を列車巡視と徒歩巡視に分けて実施することとし、鹿児島線では、列車巡視を7日に1回、徒歩巡視を14日に1回を標準とするとともに、徒歩巡視は全線巡視と重点箇所の点検整備を交互に実施することと規定している。

(2) 線路設備の定期検査に関する規程

施設設備実施基準では、線路設備の定期検査における軌道状態検査として、軌道変位検査、列車動揺検査等を実施することとされている。

軌道変位検査としては、軌間変位^{*5}、水準変位^{*6}、高低変位^{*7}、通り変位^{*8}及び平面性変位^{*9}を検査することとされている。また、軌道変位の測定値が施設設備実施基準に記載された整備基準値に達した場合、早急に整備を行うこととされており、線路検査要領では、軌道変位の測定値が整備基準値に達した場合には、15日以内に整備することとされている。なお、本事故のあった鹿児島線は、施設設備実施基準において4級線に区分されており、その整備基準値は表2のとおりとなっている。

軌道部材検査には、レール、まくらぎ、道床及び路盤等の検査があり、それぞれ損傷、摩耗、腐食等の状態及び保守状態等について検査することとされている。

列車動揺検査は施設設備実施基準において、「本線（停車場内の着発線等を除く。）については、列車動揺の状態を検査する。」こととされている。

^{*4} 「緩和曲線」とは、車両の走行を円滑にするため直線と円曲線、又は2つの曲線の間に設けられる線形をいう。

^{*5} 「軌間変位」とは、左右レールの間隔の変位である。

^{*6} 「水準変位」とは、左右レールの高さの差をいう。また、曲線部でカントがある場合は、設定したカント量を加えたものを基準にした増減量を変位量としている。

^{*7} 「高低変位」とは、レール頭頂面の長さ方向での凹凸をいう。

^{*8} 「通り変位」とは、レール側面の長さ方向への凹凸をいう。また、曲線部については、曲線半径による正矢量を差し引いた値で表している。

^{*9} 「平面性変位」とは、軌道の平面に対するねじれの状態をいい、軌道の一定の距離を隔てた2点の水準の差で表す。

表2 整備基準値

単位 (mm)

変位の種別	整備基準値	
	4級線	
軌間	・直線及びスラック20mm以下の曲線	20 (14)
	・スラック25mmの曲線	15 (9)
水準	(平面性に基づき整備を行う。)	
高低	30 (22)	
通り	30 (22)	
平面性	23 (18) (カントの逡減量を含む。)	

(備考) (1) 数値は、軌道検測車による動的値を示す。ただし、()内の数値は、静的値を示す。

(2)～(3) (略)

なお、同社では表2中の平面性変位について、車両の軸ばねにゴムを使用し、質量が30t以下の車両が運転される線区は、整備基準値(静的値)を16mmとしており、本件曲線付近は、これに該当するとのことであった。

2.3.2.4 線路巡視の実施状況

本件曲線付近の線路巡視について、列車巡視は、事故前直近の平成24年10月10日に川内駅から鹿児島駅まで実施されていたが、記録簿には鹿児島中央駅の発着番線や列車番号等が記載されていないため、本件曲線が巡視されていたかどうかは確認できなかった。

徒歩巡視のうち全線巡視は、事故前直近の平成24年9月28日、重点箇所の特検整備は、事故前直近の同年9月23日に実施されていた。また、記録簿には、本件曲線における不良箇所に関する記載は見られなかった。

2.3.2.5 軌道の定期検査の実施状況

(1) 軌道変位検査

施設設備実施基準においては、線路設備の定期検査に関する基準期間が1年とされており、同社は軌道変位検査を1年に4回実施している。

本事故前直近の軌道変位検査(静的値)は、平成24年9月28日に実施されており、軌間変位、水準変位、高低変位(測定弦長10m)、通り変位(同)、5m平面性変位及び2m平面性変位について、実施されていた。

本件曲線付近における軌道変位検査の結果は、以下のとおりであった。

- ① 軌間変位（広がる方向を正とする。）は、396k589m付近が最も大きく13.8mmであった。
- ② 水準変位（右レールが高い場合を正とする。）は、396k563.5m付近が最も大きく-20.0mmであった。
- ③ 外軌（右レール）の高低変位（鉛直上方向を正とする。）は、396k572m付近が最も大きく21.8mmであった。
内軌（左レール）の高低変位（鉛直上方向を正とする。）は、396k572m付近が最も大きく19.0mmであった。
- ④ 外軌の通り変位（軌間の右（外側）に変位している方向を正とする。）は、396k555m～551.5m付近が最も大きく22.1～26.6mmであり、整備基準値（22mm）を超えていた。
内軌の通り変位（軌間の右（外側）に変位している方向を正とする。）は、396k552.5m～551m付近が最も大きく22.3～23.9mmであり、整備基準値（22mm）を超えていた。
- ⑤ 5m平面性変位（右前方が下がる方向を正とする。）は、396k558.5m～556m付近が-16.8～-19.2mm、396k551.5m～550m付近が16.6～17.8mmであり、整備基準値（16mm）を超えていた。
2m平面性変位（右前方が下がる方向を正とする。）は、396k553m付近が最も大きく10.5mmであった。

なお、同社によると整備基準値を超えていた箇所については、平成24年10月15日に補修を行う計画であったとのことである。また、同社は委託業者に検査後1週間以内に結果を報告させることとしており、検査結果を委託業者より同年10月2日に報告を受けていたとのことである。

（付図7 事故現場付近の軌道変位の状況 参照）

(2) 軌道部材検査

鹿児島中央駅構内における軌道部材検査は、事故前の直近では、平成24年4月13日にまくらぎ検査、道床及び路盤検査、平成24年5月11日にレール等検査を実施していた。

同社によると、本件曲線付近におけるこれらの検査は、不良箇所がある場合、記録簿にその内容を記述するようにしているとのことであるが、その記録簿に不良箇所に関する記載は見られなかった。

(3) 列車動揺検査

列車動揺検査の実施について、同社は施設設備実施基準に「停車場内の着発線等を除く。」と規定している。この「着発線等」は同社によると定義がないものの、駅構内の線路を総称して「着発線等」として運用しているため、事故現場は鹿児島中央駅構内であったことから、同実施基準に基づく検査は実施していなかったとのことである。

なお、平成23年2月8日に同駅の8番線付近を列車の動揺を測定する車両が走行しており、この車両の測定結果を見ると、上下動揺加速度及び左右動揺加速度とも最大値が $\pm 0.1 \text{ m/s}^2$ 未満であり、整備対象値内であった。

2.3.2.6 事故後の軌道変位の状況

本件曲線付近を測定した軌道変位の状況は、以下のとおりであった。

- (1) 軌間変位は、396k589m～588.5m付近が最も大きく11.4mmであった。
- (2) 水準変位は、396k564m～563.5m付近が最も大きく-20.0mmであった。
- (3) 外軌の高低変位は、396k572m付近が最も大きく21.0mmであった。
内軌の高低変位は、396k572m付近が最も大きく18.9mmであった。
- (4) 外軌の通り変位は、396k555m～553m付近が22.3～22.7mmであり、整備基準値（22mm：静的値）を超えていた。
内軌の通り変位は、396k552m付近が最も大きく21.4mmであった。
- (5) 5m平面性変位は、396k558.5m～555.5m付近が-16.2～-19.8mm、396k551.5m～550m付近が17.1～20.1mmであり、整備基準値（16mm：静的値）を超えていた。
2m平面性変位は、396k552m付近が最も大きく11.4mmであった。

(付図7 事故現場付近の軌道変位の状況 参照)

2.3.2.7 事故後のレール、まくらぎ、道床及び路盤の状況

(1) 外軌の摩耗状態

396k562m～396k545m付近における外軌のレール頭頂部及びゲージコーナ部の摩耗量を測定した結果、最大値は全てゲージコーナ部で、

その結果は図2のとおりであり、396k552.5m付近が最も大きく10mm程度であった。

なお、40kgNレールの交換については、施設設備実施基準にレール頭部の最大摩耗量が軌間内側において15mm程度に達し、かつ、軌間外側においても著しく摩耗しているものについて行うことと規定している。

(写真1 事故現場付近の軌道等の損傷状態 参照)

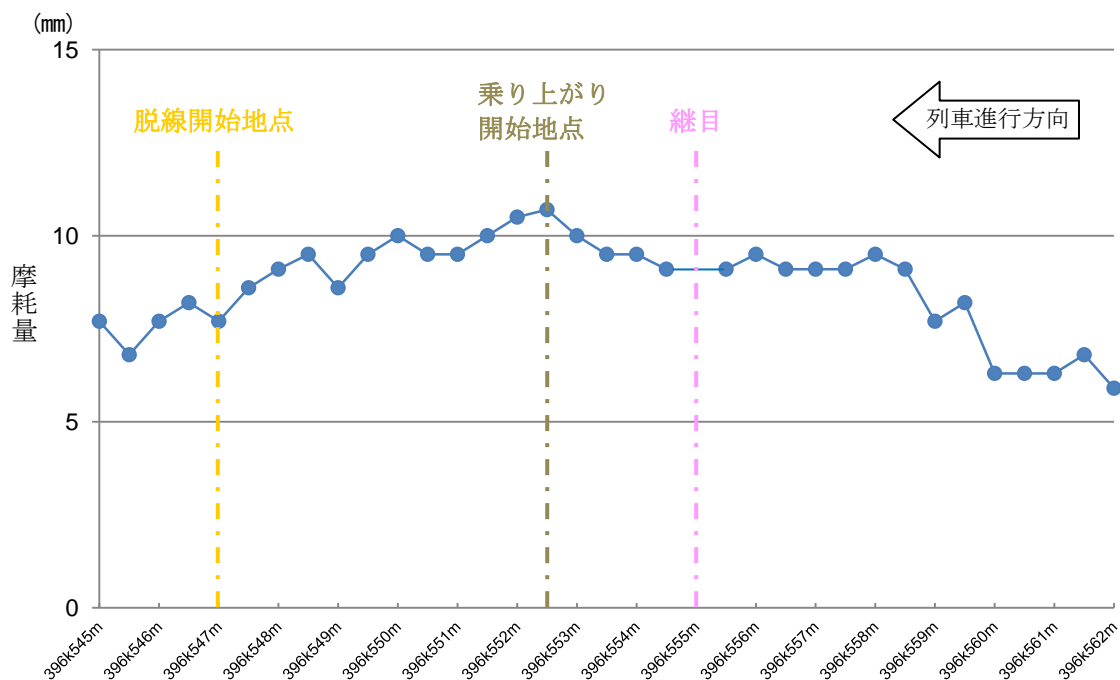


図2 外軌の摩耗状態

(2) レール、まくらぎ、道床及び路盤の状態

396k554.5m～396k550.5m付近におけるレール、まくらぎ、道床及び路盤の状態を0.5mごとに確認した結果は表3のとおりであり、犬くぎの浮きが多数あったほか、レールとタイププレート^{*10}間の浮き（垂直方向）が最大約13mm、レールとタイププレート間の隙間（外軌側、水平方向）が最大約7.0mmであった。

また、このうちの396k552.5m～396k551.5m付近の道床に火山灰の混じった噴泥^{*11}の生じている箇所があり、さらに、まくらぎの一部腐食や浮きがあった。

^{*10} 「タイププレート」とは、レールとまくらぎの間に挿入されるショルダを有する鉄板をいい、レールの小返りを小さくし、また犬くぎに掛かる横圧を小さくして、軌間の保持を確実にする等の機能を有する。

^{*11} 「噴泥」とは、一般的に長年の列車振動により粉碎されたバラスト粒、バラスト敷設時に混入した土、風等による外部から運ばれた砂等が雨水等により泥状化し、列車通過時に繰り返し負荷される荷重によりバラストの隙間を塞いでしまい、さらに道床バラスト内を伝わって表面に噴出する現象をいう。

(写真1 事故現場付近の軌道等の損傷状態 参照)

表3 レール、タイプレート及びまくらぎ等の状態

キロ程	レールとタイプレート間の 浮き(mm)		レールとタイププレート間の 隙間(mm)	犬くぎの浮き				まくらぎ の一部腐 食	まくらぎ の浮き	タイプレートの埋没				噴泥	
	内軌	外軌	外軌	内軌		外軌				内軌		外軌			
				外	内	内	外			外	内	内	外		
396k555m	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	2	0	2.0	○	○	○	○	○		○			○		
396k554m	2	2	4.0	○	○	○	○	○					○		
	0	0	4.0	○	○	○	○	○		○			○		
396k553m	1	5	5.5	○	○	○	○	○	○	○		○	○		
	2	10	7.0	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
396k552m	1	10	5.5	○	○	○	○	○	○	○			○		○
	1	13	6.0	○	○	○	○	○	○	○					○
396k551m	6	3	0.0	○	○	○	○								
	5	3	2.0		○		○								○
396k550m	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

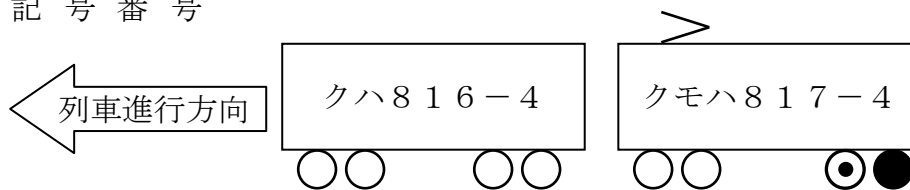
列車進行方向
↓

- ※ 「○」は不良のあった箇所である。
- ※ 黄色部分は、本件車両後台車第1軸の乗り上がり開始地点である。
- ※ レール、タイプレート及びまくらぎ等の状態については、脱線の影響を受けている可能性がある。

2.3.3 車両に関する情報

2.3.3.1 車両の概要

車 種 交流電車 (20,000V)
 車 両 定 員 258名 (座席定員90名)
 記 号 番 号



- : 脱線軸
- ◎: 3.1に後述するように、脱線後に復線したと見られる軸

軸箱支持方式 ウイングタイプ軸ばねゴム式 (円錐ゴム)
 固定軸距 2.1m
 空車質量 28.4t (1両目車両)、33.8t (本件車両)
 製造年 平成13年

2.3.3.2 本件列車の検査の実施状況

本件車両の事故前直近の交番検査及び仕業検査の結果に問題は認められなかった。

また、全般検査及び要部検査の結果について確認したところ、一部の検査結果の欄に未記入（要部検査については誤記入もあり）が認められたが、同社が再確認したところ、別の記録簿に記録があり、その記録簿によれば基準値内であったとのことであった。

要部検査時に測定された本件列車の静止輪重の結果は表4のとおりであり、本件車両の右車輪の静止輪重比^{*12}は0.97～1.04であった。1両目の右車輪の静止輪重比は、0.86～1.10であった。

なお、鉄道に関する技術上の基準を定める省令に基づき、同社が九州運輸局長に届け出ている電車整備実施基準には、静止輪重比を0.85～1.15で管理するものと規定している。

表4 輪重測定結果（要部検査）

	前台車第1軸		前台車第2軸		後台車第1軸		後台車第2軸	
	左	右	左	右	左	右	左	右
1両目の輪重(kN)	31.0	38.1	34.0	34.4	36.0	27.4	34.8	28.6
静止輪重比(右車輪)	1.10		1.01		0.86		0.90	
本件車両の輪重(kN)	41.3	38.9	39.8	40.5	40.5	41.6	39.5	42.7
静止輪重比(右車輪)	0.97		1.01		1.01		1.04	

2.3.3.3 本件車両の車輪交換の状況

本件車両の車輪は、平成24年9月25日に削正された車輪と全て交換し、その後、全車輪の直径、内面距離、フランジ厚さ及び高さを測定した結果、限度値^{*13}内であった。

2.3.3.4 事故後の本件車両の車輪等の状況

本件車両の静止輪重を測定した結果は、表5のとおりであり、右車輪の静止輪重比は0.93～1.13で管理値内であった。

*12 「静止輪重比」とは、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。

*13 同社における輪軸各部の寸法の「限度値」とは、管理対象の測定値がその範囲内であれば、検査を合格させることができる値である。

表5 輪重測定結果（事故後）

	前台車第1軸		前台車第2軸		後台車第1軸		後台車第2軸	
	左	右	左	右	左	右	左	右
本件車両の輪重 (kN)	31.3	40.4	32.1	40.6	42.0	36.4	41.4	38.2
静止輪重比（右車輪）	1.13		1.12		0.93		0.96	

また、本件車両の各軸ばねのばね定数を測定した結果は、表6のとおりであり、設計値（0.85MN/m）に対して、平均約22%大きかった。

同社によると、これは通常の経年変化とのことであった。

表6 軸ばねのばね定数の測定結果（事故後）

	前台車第1軸				前台車第2軸			
	左		右		左		右	
	前	後	前	後	前	後	前	後
ばね定数(MN/m)	1.048	1.100	1.000	1.065	1.055	1.055	1.016	1.028
設計値からの増分(%)	23	29	18	25	24	24	20	21
	後台車第1軸				後台車第2軸			
	左		右		左		右	
	前	後	前	後	前	後	前	後
ばね定数(MN/m)	1.003	0.999	1.054	1.024	1.030	1.036	1.024	1.017
設計値からの増分(%)	18	18	24	20	21	22	20	20

各車輪の車輪踏面を描写したところ、同社の車輪踏面形状図の形状とほぼ同じであった。

平成24年9月25日に全車輪を交換してから事故発生時までの走行距離は、1,168kmであった。

（付図8 本件車両の車輪踏面形状と痕跡 参照）

2.4 鉄道施設及び車両等の損傷、痕跡に関する情報

2.4.1 鉄道施設の損傷及び痕跡の状況

- (1) 396k552.5m～396k551.2m付近の外軌のゲージコーナ^{*14}部に車輪によると見られる痕跡
- (2) 396k551.2m～396k546.9m付近の外軌の頭頂部に車輪によると見られる痕跡
- (3) 396k548.9m～396k547.3m付近の外軌の頭頂部に車輪に

^{*14} 「ゲージコーナ」とは、敷設されたレール頭部の軌間内側で、車輪のフランジと接触する部分をいう。

よると見られる痕跡

- (4) 396k547m～396k506m付近の内軌の右（軌間内のまくらぎ等）の損傷
 - (5) 396k547m～396k509m付近の内軌の右（軌間内のまくらぎ等）の損傷
 - (6) 396k547m～396k507m付近の外軌の右（軌間外のまくらぎ等）の損傷
 - (7) 396k534m～396k507m付近の外軌の右（軌間外のまくらぎ等）の損傷
 - (8) 396k502m～396k458m付近の外軌及び内軌それぞれの右（軌間内外のまくらぎ等）の損傷
 - (9) 396k537m付近にある作業用通路の損傷
 - (10) 396k530m及び396k526m付近にあるATS地上子の損傷
 - (11) 396k520m付近の81号口分岐器トングレール先端部の衝撃痕
 - (12) 396k506m付近の81号口分岐器クロッシング部のレールに車輪が乗り上がったと見られる痕跡
- (付図5 レール上の車輪による主な痕跡、付図6 軌道上の車輪による主な痕跡、写真1 事故現場付近の軌道等の損傷状態 参照)

2.4.2 本件列車の損傷及び痕跡の状況

2.4.2.1 本件車両の損傷及び痕跡の状況

- (1) 後台車の各車輪の踏面及びフランジの打痕及び擦過痕
- (2) 全ての自動高さ調整弁^{*15}調整棒の曲損及び破損
- (3) 全ての空気ばねのエア抜け
- (4) 連結器胴受けの曲損
- (5) 内ホロ車体取付部の曲損

(写真2 本件列車の主な損傷状況 参照)

2.4.2.2 1両目車両の損傷及び痕跡の状況

貫通路柱カバーの曲損及び脱落

(写真2 本件列車の主な損傷状況 参照)

^{*15} 「自動高さ調整弁」とは、負荷の変動により生じる空気ばねの高さの変化をリンク機構で検出して空気の吸排気を行い、空気ばねの高さを一定の範囲内に保つ弁のことである。

2.5 乗務員等に関する情報

本件運転士 男性 55歳

甲種電気車運転免許

平成4年3月19日

2.6 運転取扱いに関する情報

2.6.1 運転速度に関する情報

鹿児島中央駅8番線から鹿児島線（上り）に進行する列車の速度は、同社が定める列車運転速度制限基準において、同駅構内の制限速度を25km/hとしている。

2.6.2 本件運転士の教育訓練に関する情報

同社の添乗指導記録によると、本件運転士に対する添乗指導は、平成24年度に17回行われ、運転取扱いについて特に問題となる記録は見られなかった。

また、同社では運転士（本件運転士を含む。）に対して、毎月1回、机上訓練や現車訓練などを行っている。この訓練では、運転取扱い誤りの事例研究や現車での津波警報が発令された場合の避難誘導方法などの訓練を実施していた。

2.7 気象に関する情報

2.7.1 天気概況等

事故当日の現場付近の天候は、曇りであった。また、鹿児島地方气象台によると、事故前の1週間に、有感地震（震度1以上）や大雨等の観測はなかった。

2.7.2 その他の気象に関する情報

鹿児島中央駅の東約10kmには、断続的に噴火をしている桜島があり、平成24年には5月20日から21日及び7月24日に比較的規模の大きな噴火があり、鹿児島地方气象台では降灰が観測されている。

2.8 列車防護に関する情報

鉄道に関する技術上の基準を定める省令に基づき、同社が九州運輸局長に届け出ている運転取扱実施基準によると、脱線等により関係列車を急遽^{きゅうきょ}停止させる必要が生じたときは速やかに防護無線等による列車防護をしなければならないと規定している。

なお、同社によると平成23年11月の訓練において、他社の事故事例を用いて、列車防護の必要性を再徹底していたとのことであった。

3 分析

3.1 脱線に関する分析

3.1.1 レール上の車輪による痕跡に関する分析

2.4.1(1)、(2)、(3)及び付図5に記述したように、396k552.5mから396k551.2m付近及び396k551.2mから396k546.9m付近の外軌に乗り上がったと見られる痕跡があり、この付近で車輪が乗り上がったと考えられる。乗り上がった車輪は、396k546.9m付近で外軌上の痕跡が終わり、396k548.9m付近で新たに外軌上の痕跡が始まっており、その差が約2.0mであること、及び2.3.3.1に記述したように、本件車両の固定軸距が2.1mであることから、本件車両の後台車第1軸が396k546.9m付近で脱線した後、それに引きずられて本件車両の後台車第2軸が396k548.9m付近で外軌に乗り上がり、396k547.3m付近で脱線した可能性があると考えられる。

また、2.3.1(2)に記述したように、事故後の本件車両の後台車第1軸はレール上にあり、第2軸はレールの右に脱線していたこと、2.4.1(4)から(7)に記述したように、81号口分岐器付近までは軌道上に4線の損傷があったが、2.4.1(8)に記述したように同分岐器より起点方には2線の損傷があったこと、2.4.1(12)に記述したように、同分岐器のクロッシング部のレール上に車輪の乗り上がり痕があったことから、第1軸は同分岐器のクロッシング部に衝撃後、同分岐器の異線側に復線し、そのままレール上を走行して停止したと考えられる。

なお、2.4.1(12)に記述した乗り上がり痕が本件車両後台車の第1軸によるものとする、2.4.1(11)に記述した同分岐器のトングレール先端部の衝撃痕、及び2.4.1(4)に記述した、そこから続く損傷は、第1軸によるものであり、2.4.1(5)に記述した、その右(外側)にある損傷は第2軸によるものであると考えられる。

(付図6 軌道上の車輪による主な痕跡、付図9 本件列車の脱線に至った経過(推定) 参照)

3.1.2 脱線に至った経過の分析

- (1) 乗り上がり開始地点付近の軌道変位は、2.3.2.5(1)及び付図7に記述したように、事故前直近の結果により、外軌及び内軌の通り変位が本件曲線の右(外側)に大きくなっており、その前後の区間より変位が大きく、整備基準値を超えていた箇所があった。5m平面性変位は396k557m～551m付近が-19.2mmから17.8mmに急激に変化しており、整備基準値を超えていた箇所があった。さらに2m平面性変位は396k558.5m～

553 m付近で-9.3 mmから10.5 mmに変化していた。

また、2.3.2.6 に記述したように、事故後の軌道変位検査の結果は、通り変位、5 m平面性変位及び2 m平面性変位について、事故前直近の検査結果とほぼ同様であったことは、2.3.2.5(1)に記述したように、平成24年10月15日（事故翌日）に軌道を補修する予定であったため、事故当日はまだ補修されていなかったことによるものであると考えられる。

以上のことから、事故時は通り変位が外軌、内軌とも本件曲線の右（外側）に大きくなっていたため、本件曲線の曲線半径は設計値の450 mより小さく、乗り上がり開始地点付近が最も小さかったことから、外軌側の横圧が増加していたと考えられる。また、平面性変位の急激な変化により、外軌側の輪重が減少しやすい方向に大きくなっていたと考えられる。

なお、2.3.2.7(2)に記述したように、道床に噴泥、犬くぎの浮き及びまくらぎの一部腐食等が多数あったことも徐々に軌道変位が大きくなったことに関与した可能性があると考えられる。

- (2) 2.3.2.7(2)に記述したように、事故後、396 k 554.5 m～550.5 m付近を調査した結果、道床に噴泥、犬くぎの浮き及びまくらぎの一部腐食等によりレールとタイプレート間に隙間等が多数あったことから、列車通過時の動的な軌道変位は、静的な軌道変位に比べて大きかったものと考えられる。

なお、2.3.2.7(1)に記述したように、外軌の摩耗量はレール交換の基準値に対して十分余裕があったことから、脱線に影響を及ぼした可能性は低いと考えられる。

- (3) 本件車両においては、2.3.3.4 に記述したように、前台車の各軸の静止輪重は、右車輪（外軌側）の方が左車輪（内軌側）より大きかったのに対し、後台車では左車輪（内軌側）の方が大きかったことから、外軌側の横圧が大きくなった可能性があると考えられる。

また、2.3.3.1 に記述したように、本件車両が製造から10年以上が経過していることにより本件車両の軸ばねのばね定数が設計値に対し平均約22%大きかったことから、これらが乗り上がり開始地点付近の平面性に対して、後台車の各軸の外軌側の輪重減少に影響した可能性があると考えられる。

3.2 線路巡視に関する分析

線路巡視については、2.3.2.4 に記述したように、徒歩巡視は実施されていたことが確認できたが、列車巡視について、記録簿からでは本件曲線付近が巡視されていた

か確認できなかった。このことから、同社は列車巡視した箇所を適切に把握するための記録をすることが望ましい。

3.3 軌道部材に関する定期検査に関する分析

2.3.2.3(2)に記述したように、レール、まくらぎ、道床及び路盤等は、損傷、摩耗、腐食等の状態及び保守状態等について検査することとしている。

本件曲線付近について、2.3.2.5(2)に記述したように、事故前直近に実施した軌道部材検査の結果に不良箇所に関する記載は見られなかった。

しかし、2.3.2.7(2)に記述したように、事故後に乗り上がり開始地点付近である396k554.5m～550.5m付近を調査した結果、道床に噴泥及びまくらぎの一部腐食等があり、かつ、脱線の影響を受けている可能性はあるが、犬くぎの浮きやレールとタイプレート間に隙間等が多数あったことから、同社は本件曲線付近の軌道の状態及びその変化を適切に把握できていなかった可能性があると考えられる。

3.4 本件車両の整備に関する分析

2.1.1に記述したように、本件運転士は前任の運転士から本件列車に異常がなかったと報告を受けたと口述していること、2.3.3.2に記述したように、本件車両の交番検査及び仕業検査の結果に問題はなく、全般検査及び要部検査の記録には一部に未記入等が見受けられたものの、2.3.3.3に記述したように、事故前に本件車両の全車輪を交換しており、その測定結果に問題は見られなかったことから、事故時における本件列車に脱線の発生に関与するような異常は認められなかったものと考えられる。

なお、2.3.3.2に記述したように、全般検査及び要部検査について、検査項目の一部に未記入等があるにもかかわらず本件列車を出場させたことは、場合によっては車両の不具合等の発生に起因する可能性があったことから、同社は検査結果の確認を確実に実施することが望ましい。

3.5 本件運転士の運転取扱いに関する分析

3.5.1 本件列車の運転速度等に関する分析

本件列車の運転速度について、2.6.1に記述したように、同社では鹿児島中央駅8番線から鹿児島線（上り）に進行する区間の列車の制限速度を25km/hと定めており、2.1.1に記述したように、本件運転士は運転速度が25km/h以下で運転していたと口述していること、及び2.1.2に記述したように、本件列車の運転状況記録装置の記録により同区間の運転速度は25km/h以下であったことから、同区間における制限速度の超過はなかったものと推定される。

なお、2.1.1に記述したように、本件運転士は非常ブレーキを使用して列車を停

止させたと口述しているが、2.1.2 に記述したように、運転状況記録装置には常用最大ブレーキの動作が記録されていたことから、本件運転士が非常ブレーキに入れたと勘違いをしていた可能性があると考えられる。

3.5.2 事故後の措置に関する分析

2.8 に記述したように、運転取扱実施基準には脱線等により関係列車を急遽停止させる必要が生じたときは列車防護を行うよう定められているが、2.1.1 に記述したように、本件運転士は鹿児島中央駅信号所に脱線したことを連絡したので、事故後に列車防護を行っていなかった。

本来、運転士は列車脱線事故が判明した時点で列車防護を行うなど可能な限り速やかに列車防護の手配を取ることが併発事故防止に重要であることから、同社は、運転士に対し定期的に事故後の措置に関する教育訓練を実施することが望ましい。

4 原因

本事故は、列車の2両目後台車第1軸が、左曲線の外軌（右レール）に乗り上がり、外軌の右へ脱線した後、それに引きずられて第2軸が外軌に乗り上がり右へ脱線した可能性があると考えられる。その後、第1軸は分岐器で異線側に復線して停止したものと考えられる。

列車の2両目後台車第1軸が、左曲線の外軌に乗り上がったことについては、

- (1) 左曲線の通り変位が整備基準値を超えており、かつ、その曲線の右（外側）に大きくなっていったことから外軌側横圧が増加した、
- (2) 左曲線の平面性変位が整備基準値を超えており、かつ、外軌側の輪重が減少しやすい方向に大きくなっていったことから輪重が減少した

ことにより発生したものと考えられる。また、乗り上がり開始地点付近の道床の噴泥、犬くぎの浮き及びまくらぎの一部腐食等があり、レールとタイプレート間に多数あった隙間等が関与したと考えられる。さらに、車両の軸ばねのばね定数が経年により大きくなっていったことが関与した可能性があると考えられる。

なお、2両目後台車については、列車の静止輪重比は同社が定める管理値内であったが、前台車の各軸の静止輪重が、右車輪（外軌側）の方が左車輪（内軌側）より大きかったのに対し、各軸の静止輪重が、左車輪（内軌側）の方が大きかったことから、外軌側の横圧が大きくなり脱線の発生に影響した可能性があると考えられる。

5 再発防止策

5.1 必要と考えられる事故防止策

本事故が発生した箇所付近では、犬くぎの浮きやまくらぎの一部腐食等があり、レールとタイプレート間に隙間等が多数認められたことから、同社は、軌道部材検査及び線路巡視において軌道部材の状態に注意を払い、異常箇所があった場合、速やかに整備を行う必要がある。

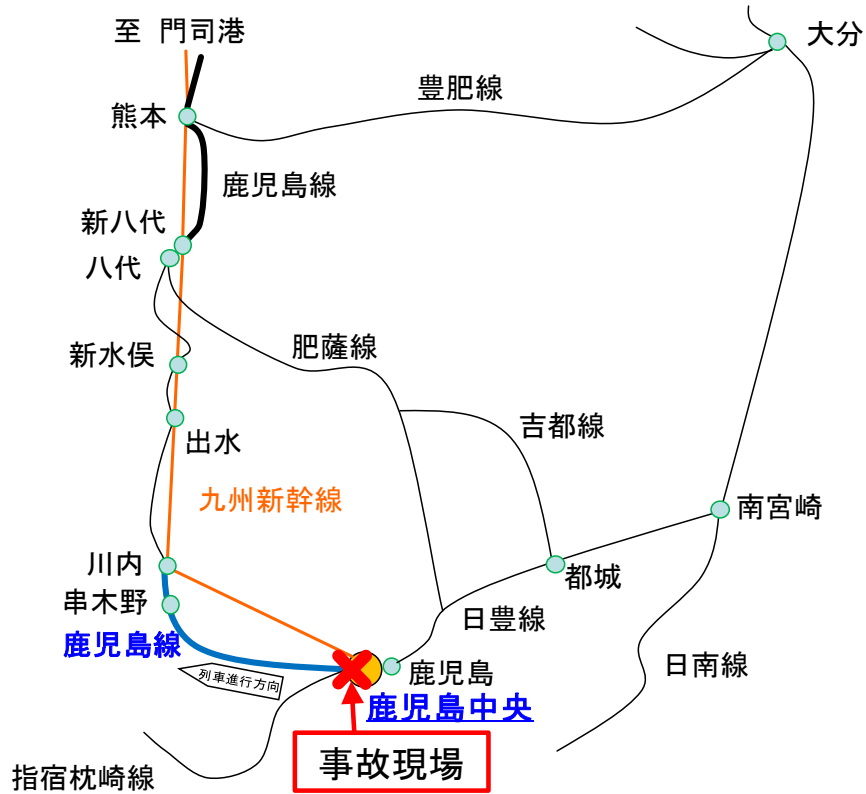
また、軌道変位検査の実施後、軌道変位の測定値が整備基準値を超えている場合、検査（測定）実施から線路検査要領に規定している15日以内のできるだけ早い時期に軌道整備を行う必要がある。

5.2 事故後に同社が講じた措置

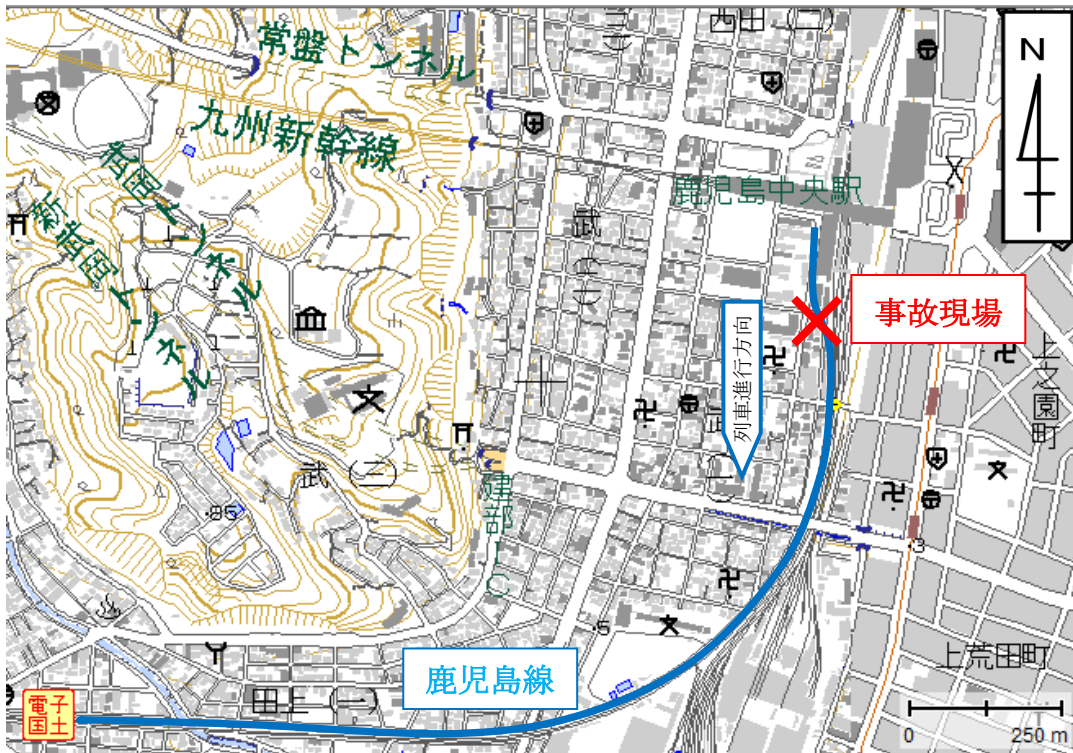
- (1) 81号口分岐器の左トングレール、事故現場付近のまくらぎ及び道床を交換した。
- (2) 事故現場付近の軌道整正を行った。
- (3) 事故現場付近のレールを重軌条化（40kgN及び中継レールを50kgNレールに交換）した。
- (4) 全ての軌道変位について、著しく整備基準値を超過した場合には列車抑止を行う。
- (5) トラックマスターのソフトウェア改修により、整備基準値等の超過箇所を明確化し、超過箇所を正確かつ迅速に判断する。
- (6) 全ての駅構内本線について、定期的に動的測定を実施する。

付図1 本線路線図

鹿児島線 川内駅～鹿児島駅間 49.3 km (単複線)

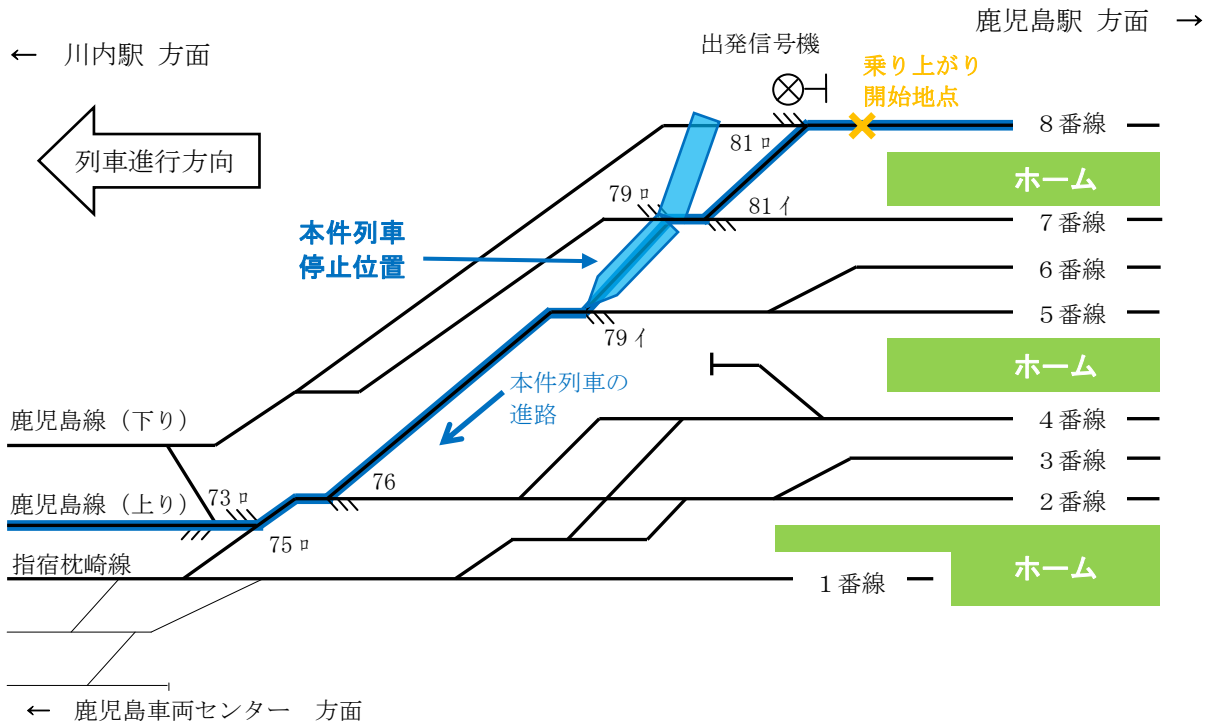


付図2 事故現場付近の地形図

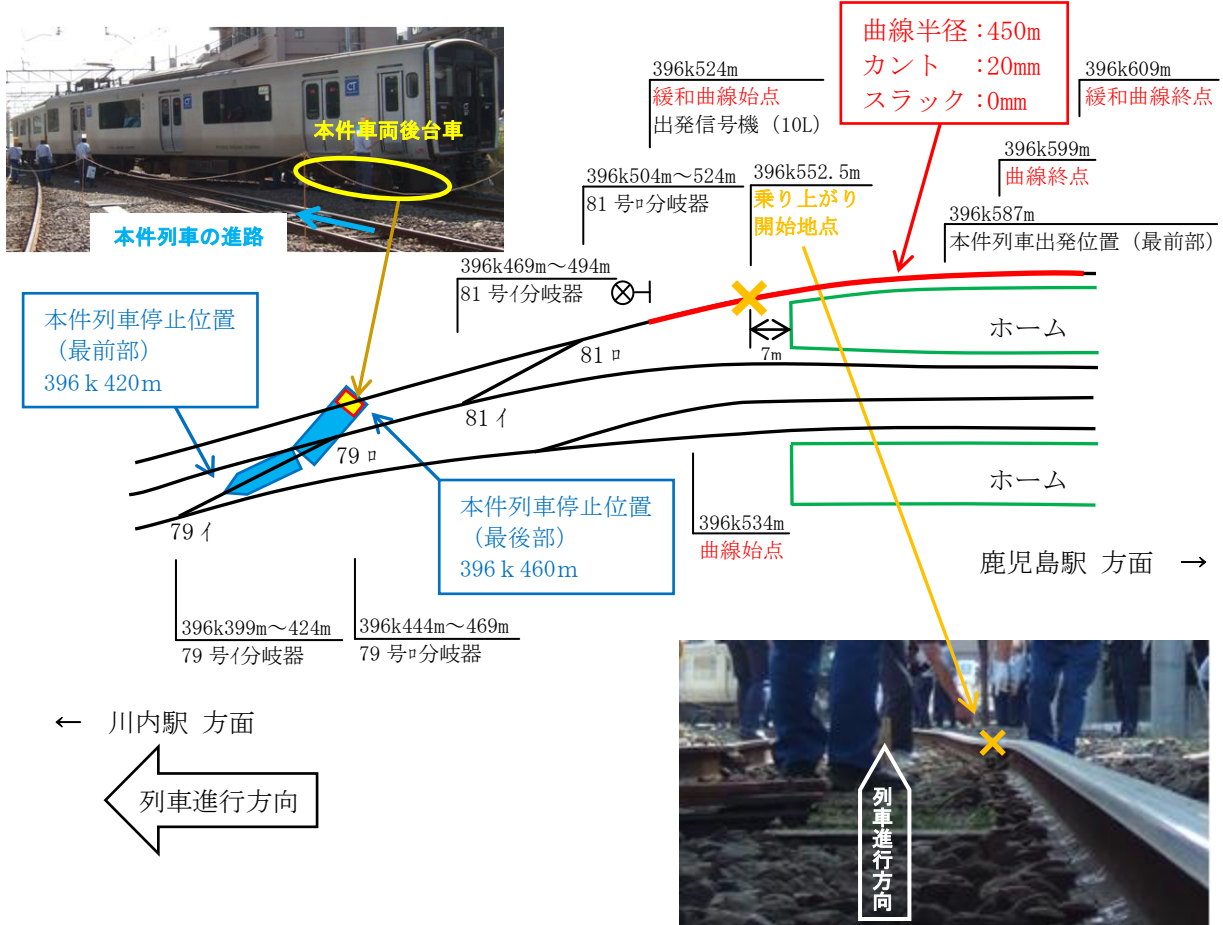


この背景地図データは、国土地理院の電子国土Webシステムから配信されたものである。

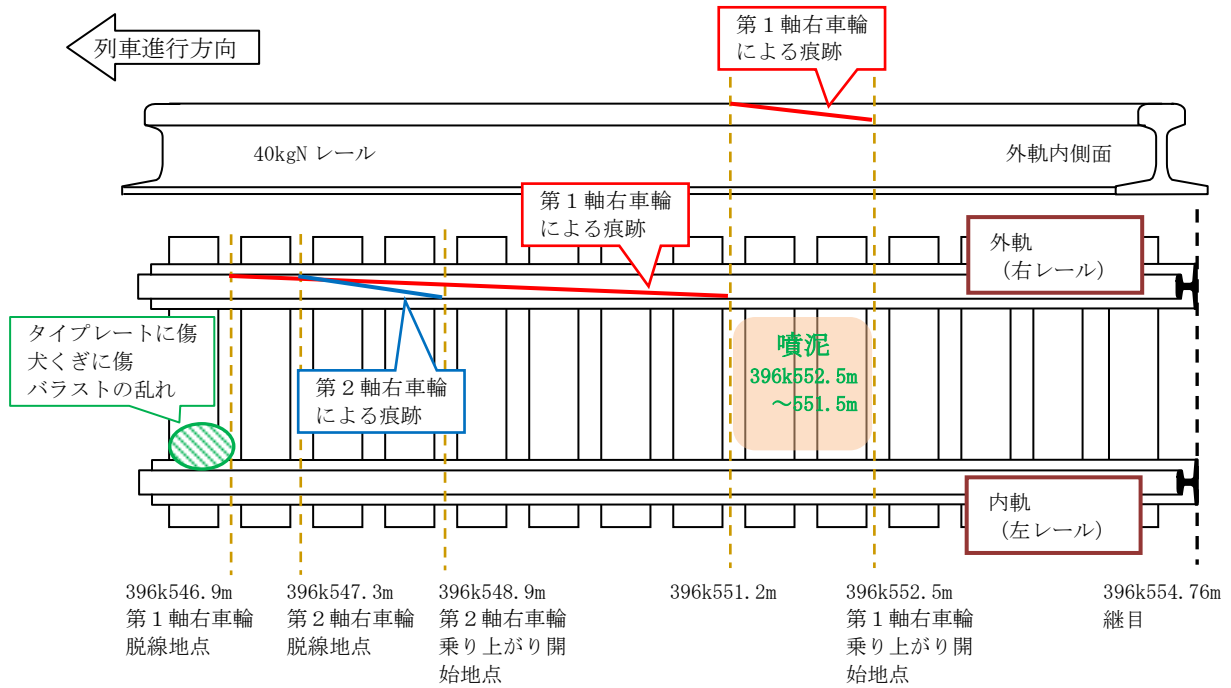
付図3 鹿児島中央駅構内略図



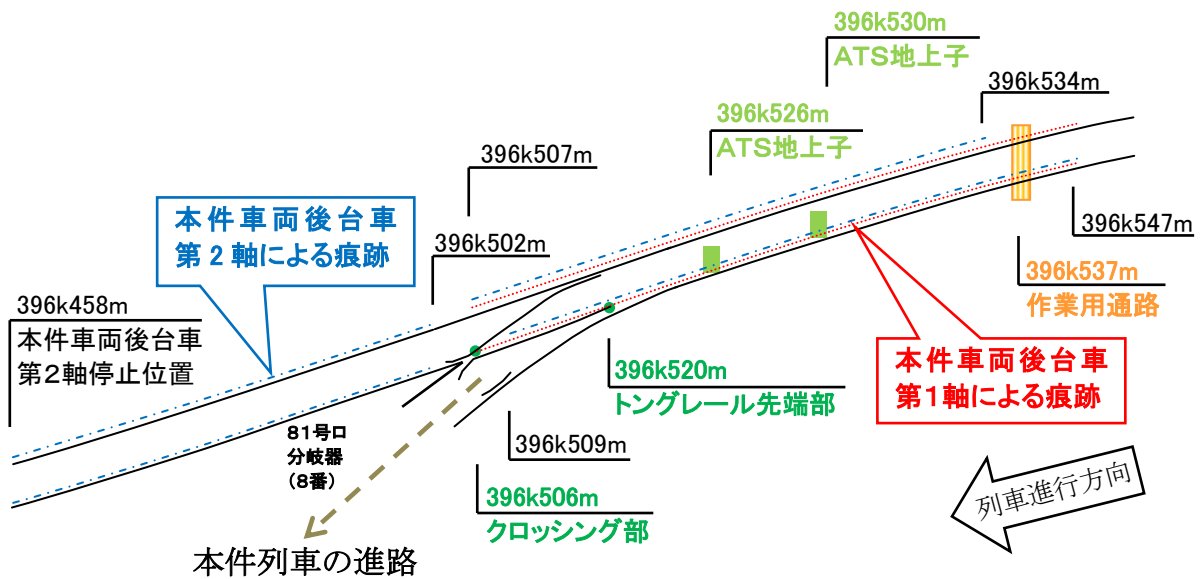
付図4 事故現場略図



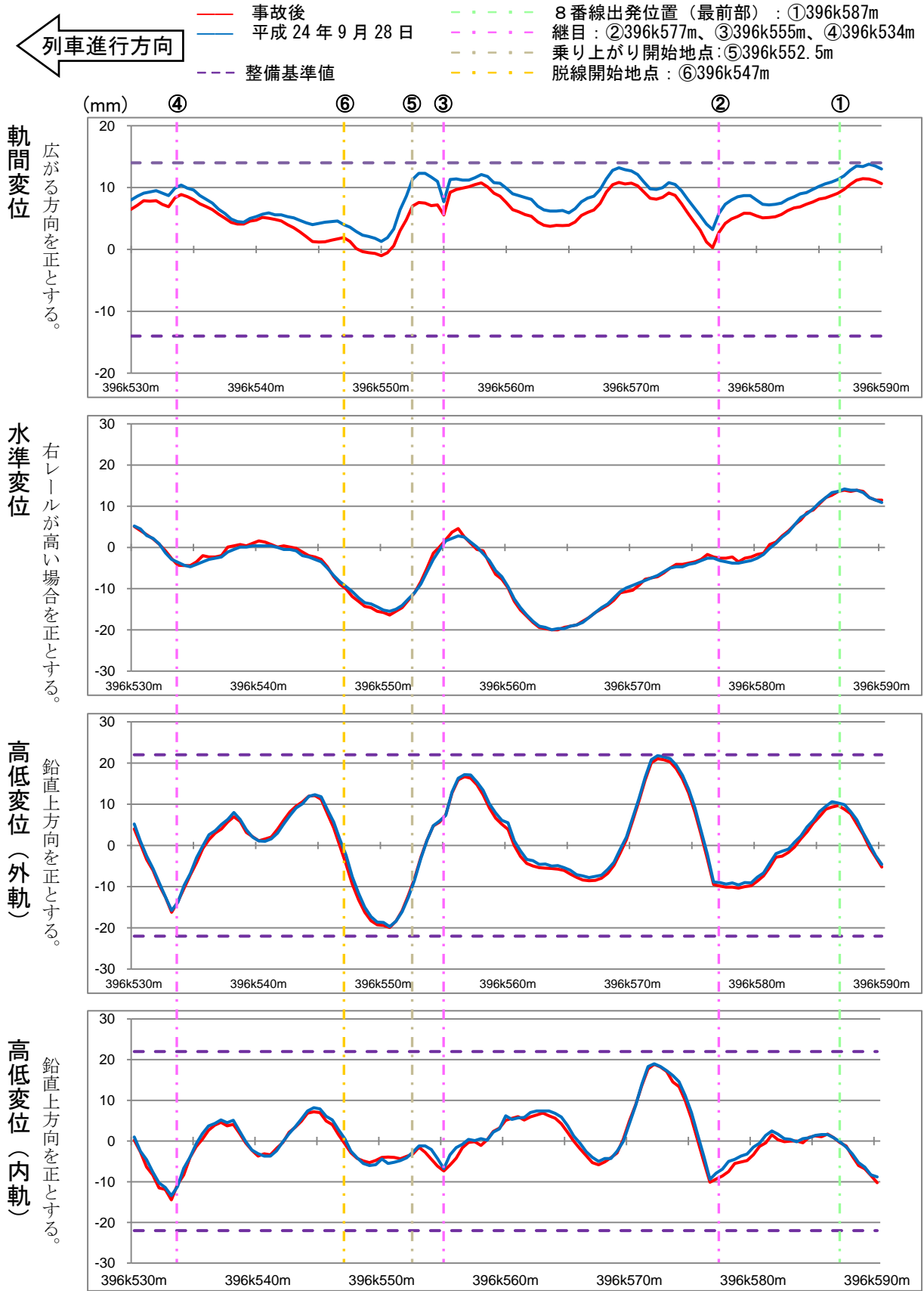
付図5 レール上の車輪による主な痕跡



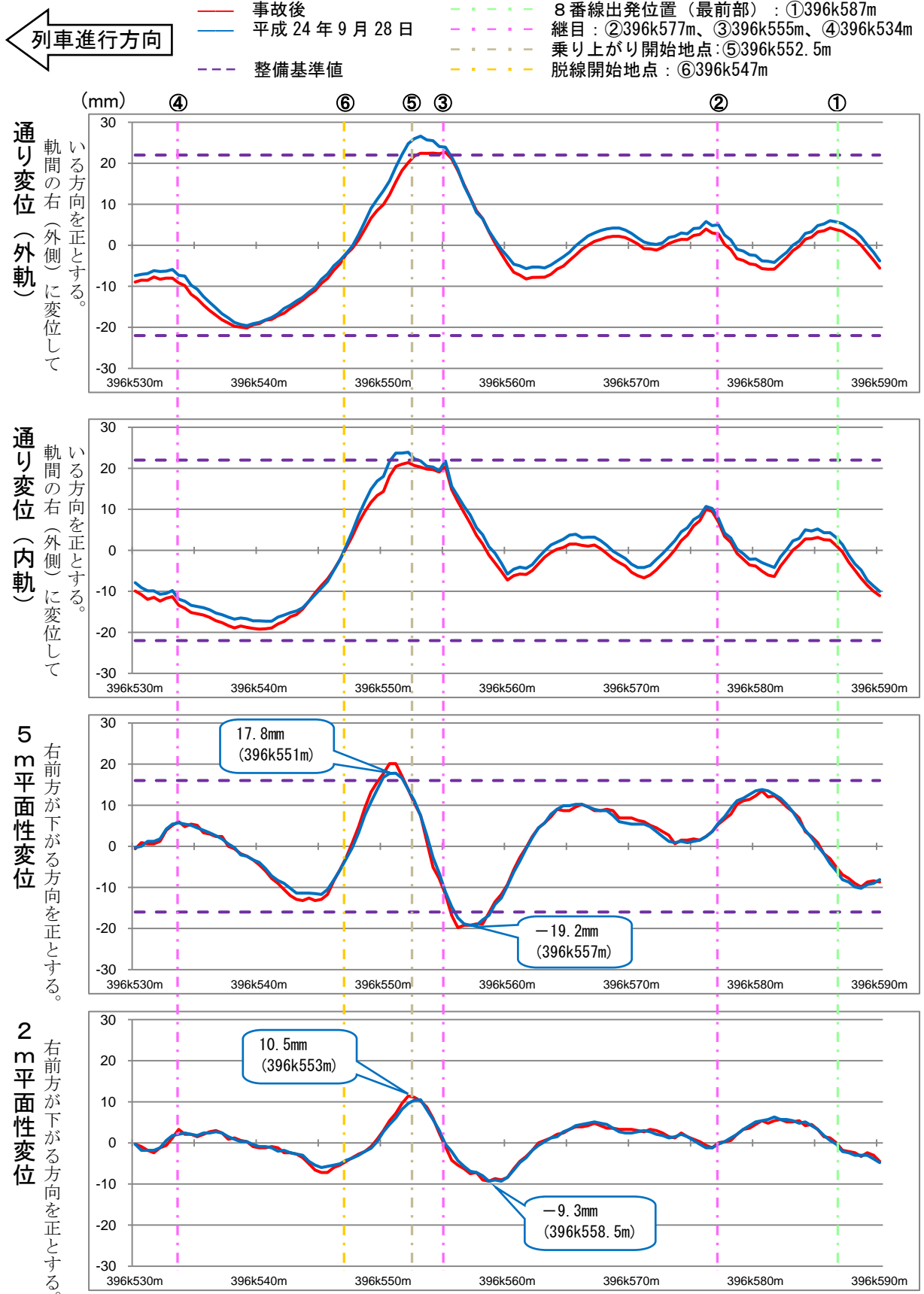
付図6 軌道上の車輪による主な痕跡



付図7 事故現場付近の軌道変位の状況 (1 / 2)

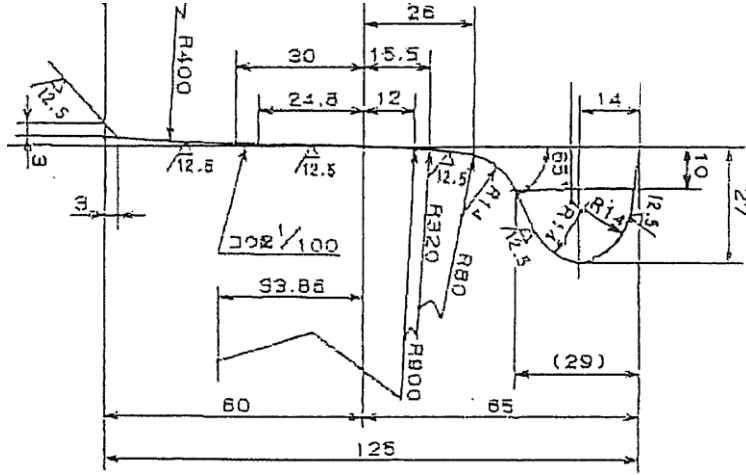


付図7 事故現場付近の軌道変位の状況 (2 / 2)



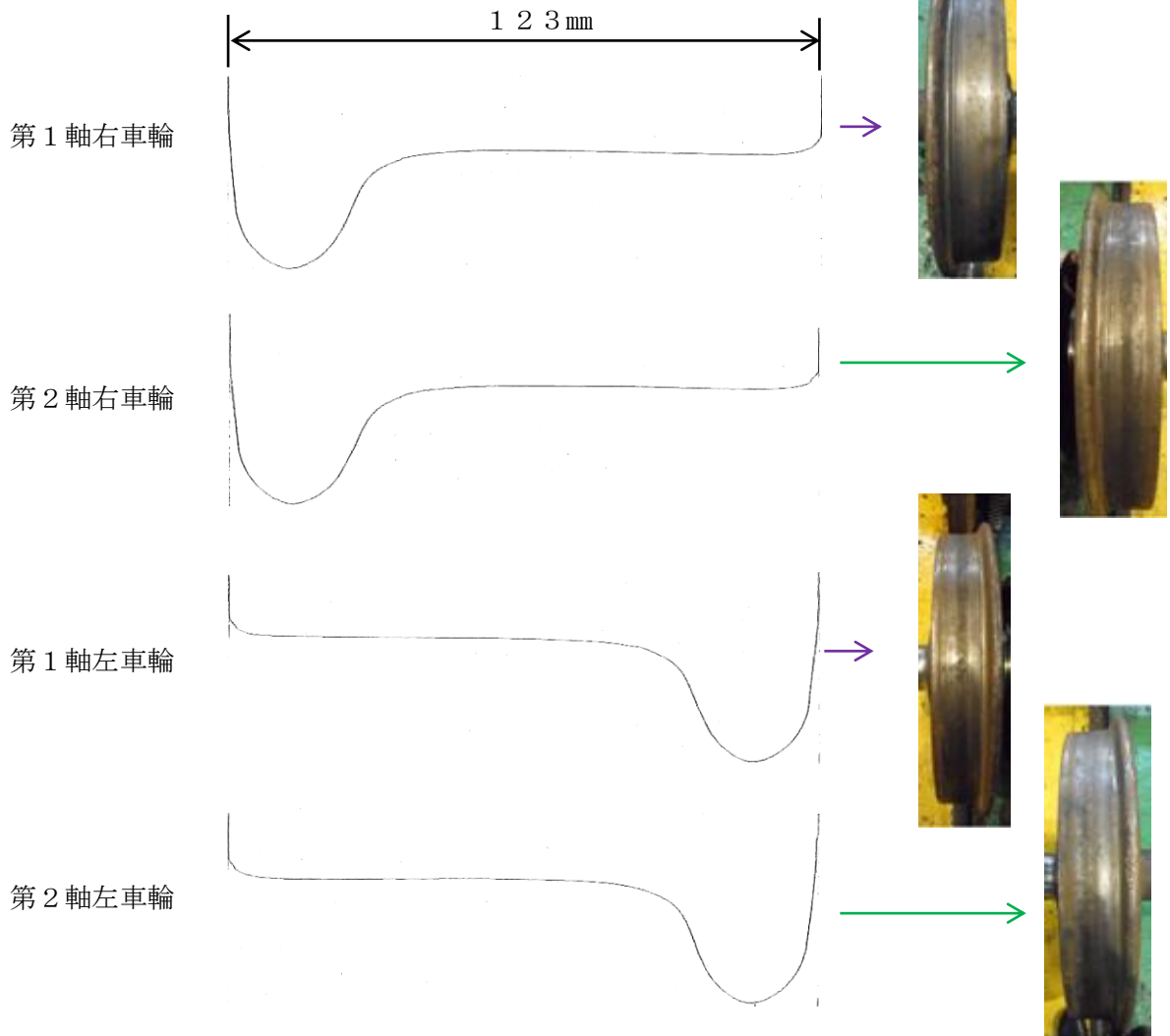
付図 8 本件車両の車輪踏面形状と痕跡

(1) 車輪踏面形状図 (817系)



(2) 後台車第1軸及び第2軸の踏面図及び損傷状況

※ 事故現場移動後に車庫内で撮影



付図9 本件列車の脱線に至った経過 (推定)

～ 本件車両後台車の脱線経過 (推定) ①～⑦ ～

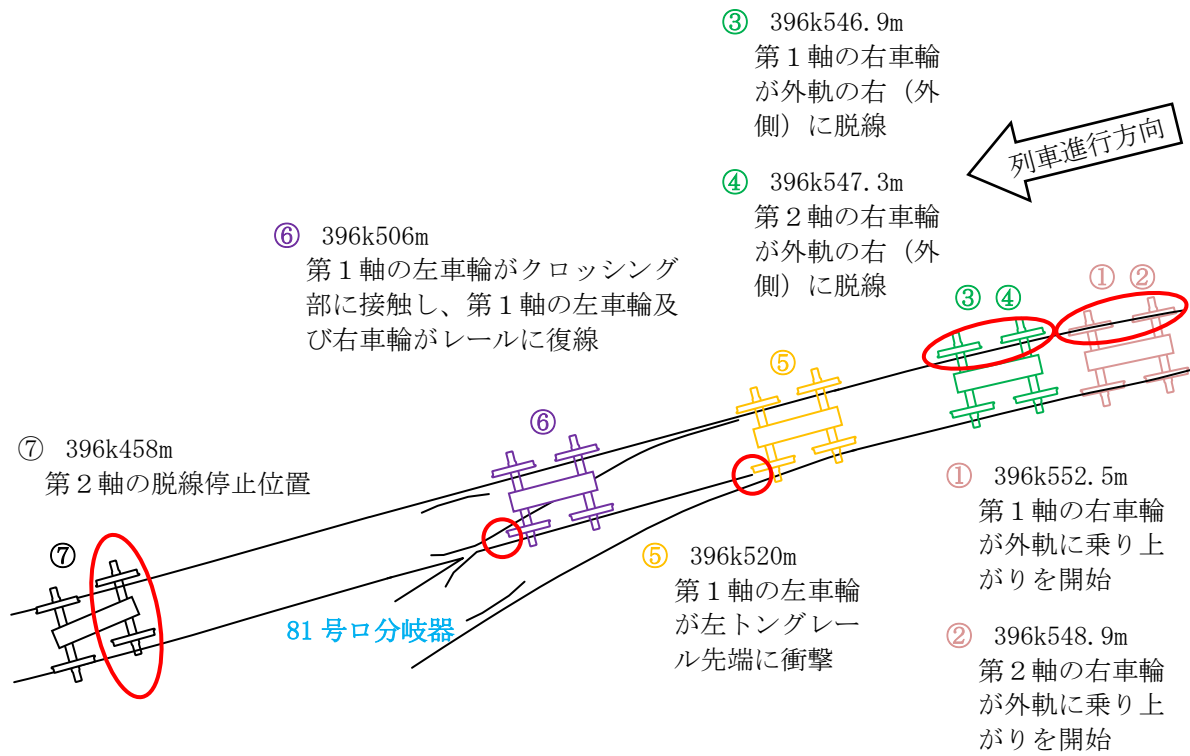


写真1 事故現場付近の軌道等の損傷状態 (1 / 2)

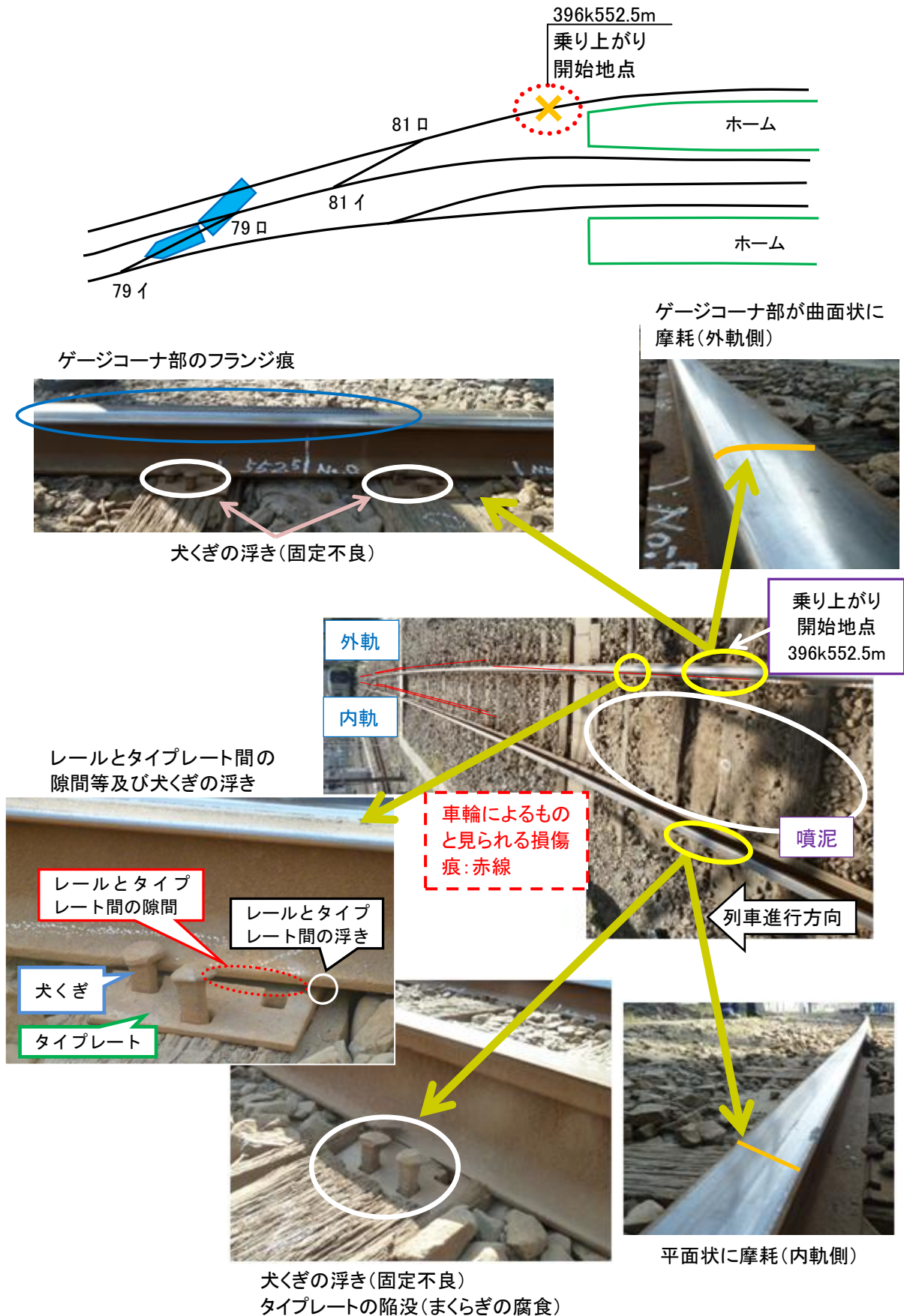
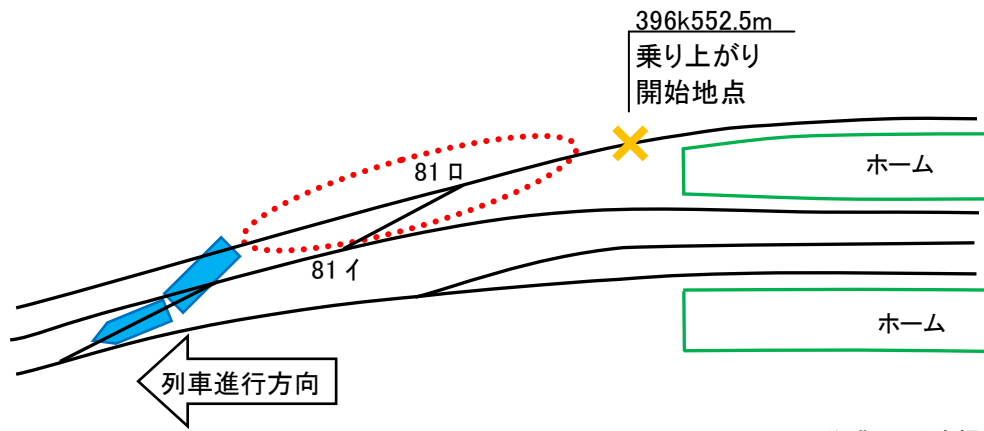


写真1 事故現場付近の軌道等の損傷状態 (2 / 2)



外軌側レールボンド
レール固定金具損傷
396k509m付近



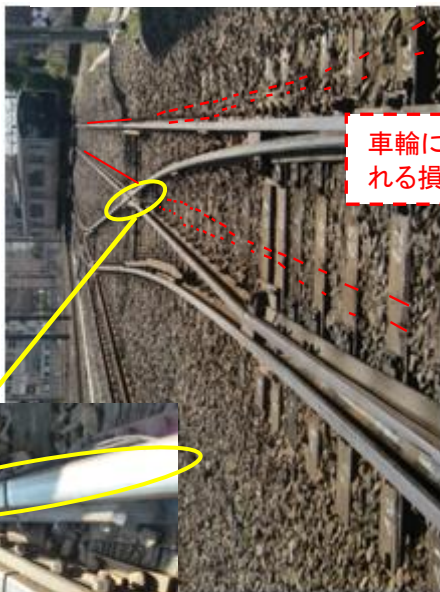
ATS地上子損傷
396k526m付近



作業用通路損傷
396k537m付近



81号口分岐器(クロッシング部)
396k506m付近

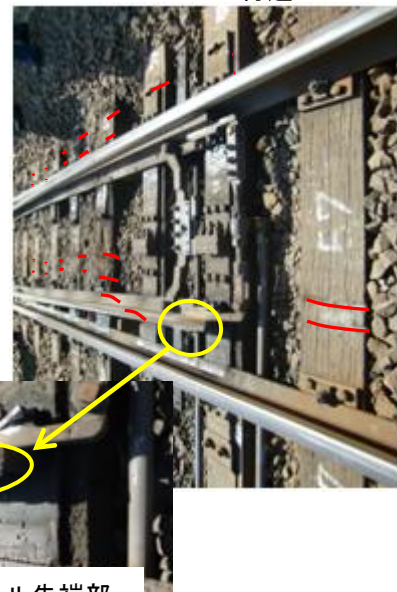


車輪によるものと見られる
損傷痕: 赤線

列車進行方向

レール乗り上がり痕

81号口分岐器(トングレール先端部)
396k520m付近



トングレール先端部
衝撃痕

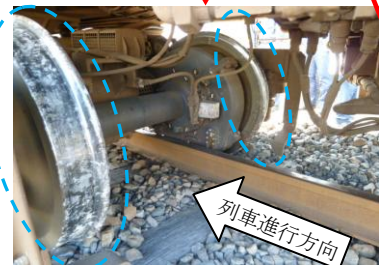
写真2 本件列車の主な損傷状況



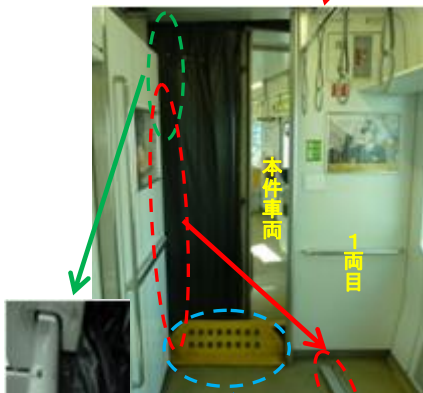
連結器胴受け曲損
(連結器が振りきった状態)



本件車両後台車第1軸
車輪踏面の損傷



本件車両後台車第2軸
脱線及び車輪踏面の損傷



サン板跳ね上がり

内ホ口車体
取付部曲損

貫通路柱カバー
曲損及び脱落



本件車両後台車右側
空気ばねエア抜け



本件車両後台車左側
空気ばねエア抜け