

鉄 道 事 故 調 査 報 告 書

I 神戸電鉄株式会社 三田線 有馬口駅構内 列車脱線事故

II 甘木鉄道株式会社 甘木線 西太刀洗駅構内 列車脱線事故（踏切障害に伴うもの）

III 東海旅客鉄道株式会社 飯田線 伊那上郷駅～元善光寺駅間

本報告書は、平成26年10月30日に公表した報告書を、
平成26年12月18日に公表した正誤表により訂正したものです。

平成26年10月30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 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」

I 神戸電鉄株式会社 三田線 有馬口駅構内
列車脱線事故

II 甘木鉄道株式会社 甘木線 西太刀洗駅構内
列車脱線事故（踏切障害に伴うもの）

Ⅲ 東海旅客鉄道株式会社 飯田線
伊那上郷駅～元善光寺駅間 踏切障害事故

鉄道事故調査報告書

鉄道事業者名：神戸電鉄株式会社

事故種類：列車脱線事故

発生日時：平成25年5月28日 19時59分ごろ

発生場所：兵庫県神戸市

三田線 有馬口駅構内

平成26年10月6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>

神戸電鉄株式会社の新開地駅発道場南口駅行き4両編成ワンマン運転の下り普通第19001列車は、平成25年5月28日、三田線有馬口駅2番線を定刻に出発した。

列車の運転士は、同駅構内の分岐器を速度約25km/hで惰行運転中、異音を感じ、直後に大きな音を聞いたため、非常ブレーキを使用して列車を停止させたところ、2両目の前台車が本来の進路と異なる有馬温泉駅方面に進入し、全2軸が右へ脱線していた。

なお、1両目、2両目の後台車及び3両目は、本来の進路である道場南口駅方面に進入して停止していた。

列車には、乗客約60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、三田線有馬口駅2番線を出発した列車が、有馬口駅構内の両開き分岐器を通過後、ダブルスリップスイッチのポイントの右トンダレール先端付近で、2両目の前台車第1軸の右車輪のフランジがトンダレールに乗り上がり、本来の進路と異なる有馬温泉駅方面に進入して脱線したものと考えられる。また、前台車第2軸は、ダブルスリップスイッチのポイントでは本来の進路に進入したが、第1軸の異線進入の影響により、ダブルスリップスイッチ内で右へ脱線したものと考えられる。

2両目の前台車第1軸の右車輪が乗り上がったことについては、軌道、車両、電気設備及び運転状況はそれぞれ同社の基準値又は使用限度値等内の状態にあったが、

- (1) 車両の長さ（18.14m）よりも短い、1車両の第1軸から第4軸までの距離の範囲でS字状に変化する線形を車両が走行したことにより、車両の前台車第1軸が走行したときの横圧が大きくなったこと、
- (2) 事故現場に敷設されていた入射角を有するダブルスリップスイッチのトンダレール先端付近においては、通り変位が曲線半径を小さくする側に変化していたことから、比較的大きな横圧が発生しやすかった可能性があること、
- (3) 車両の車輪は、設計断面に比べてフランジが直立に摩耗していたことから、トンダレール先端付近において、車輪のフランジ先端がトンダレールに近づいており、車輪のフランジ先端がトンダレールに接触して乗り上がる可能性があったこと

が、複合したことによると考えられる。

1 鉄道事故調査の経過

1.1 鉄道事故の概要

神戸電鉄株式会社の新開地^{しんかいち}駅発道場南口^{どうじょうみなみぐち}駅行き4両編成ワンマン運転の下り普通第19001列車は、平成25年5月28日（火）、三田線有馬口駅2番線を定刻（19時59分）に出発した。

列車の運転士は、同駅構内の分岐器を速度約25km/hで惰行運転中、異音を感じ、直後に大きな音を聞いたため、非常ブレーキを使用して列車を停止させたところ、2両目の前台車（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。）が本来の進路と異なる有馬温泉駅方面に進入し、全2軸が右へ脱線していた。

なお、1両目、2両目の後台車及び3両目は、本来の進路である道場南口駅方面に進入して停止していた。

列車には、乗客約60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25年5月29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た。

近畿運輸局は、本事故調査の支援のため、職員を事故現場に派遣した。

1.2.2 調査の実施時期

平成25年5月29日	現場調査
平成25年5月30日	車両調査及び口述聴取

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 乗務員の口述

事故に至るまでの経過は、神戸電鉄株式会社（以下「同社」という。）の新開地駅発道場南口駅行き4両編成ワンマン運転の下り普通第19001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、12時30分ごろに出勤して点呼を受け、鈴蘭台駅^{すずらんだい}から乗務を開始した。鈴蘭台駅～三田駅間を2往復した後、鈴蘭台駅発新開地駅行きの列車の運転をした。

新開地駅に到着した列車は、折り返し本件列車となり、同駅を19時19分（定刻）に出発して、有馬口駅2番線には19時57分（定刻）に到着した。有馬口駅到着時の本件列車の乗客は約60名で、各車両にほぼ同数の割合で分散して乗車していた。

出発信号機に進行信号が現示されていること及び出発指示合図器に「○」が表示された（出発の指示）のを確認して、本件列車のドアを閉めて有馬口駅2番線を19時59分（定刻）に出発した。出発後は力行2ノッチで運転を行い、速度が25km/hに達した後ノッチをオフにして、惰行運転で最初の分岐器（24号）を通過し、次の分岐器（ダブルスリップスイッチ^{*1}、以下「DSS」という。）に進入した。その後に、「ボボボン」という音が聞こえたため違和感を覚えていたところ、直後に「ドドドン」という大きな音がしたので、非常ブレーキを使用して列車を停止させた。本件列車が停止した後、運転席の左右の窓から本件列車の後方を確認した際に、2両目の車両（以下「本件車両」という。）が大きく右側に傾いていたため、本件列車が脱線したものと判断し、すぐに防護無線を発報した。また、運輸指令に本件列車が脱線した旨を報告して、関係列車の停止手配をした。

その後、本件列車から降りて脱線現場を確認し、車両の転動防止を行っていた時、有馬口駅の助役が本件列車に駆けつけてきたので打合せをし、有馬口駅で列車の待ち合わせのために待機をしていた他の運転士2名とともに、乗客の避難誘導をした。このときの天候は小雨であった。

なお、本事故前に鈴蘭台駅～三田駅間を2往復しているが、いずれも本件列

^{*1} 「ダブルスリップスイッチ」とは、特殊分岐器の一つで、ダイヤモンドクロッシング（2つの軌道が同一平面で交差する軌道構造）の両側に渡り線（近接する2つの軌道を連絡する軌道構造）を取り付けた軌道という。（P. 6図2、P. 42参考付図 参照）

車と異なる有馬口駅の1番線から出発する経路であり、特に異常は感じなかった。

2.1.2 運転状況に関する情報

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、走行距離、列車速度、力行ノッチ動作及びブレーキノッチ動作等を0.2秒ごとに記録する機能を有している。本件列車が有馬口駅2番線を出発してから停止するまでの間、記録されていた運転状況は、図1のとおりであった。

なお、記録されていた速度は、実測試験等を実施して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。

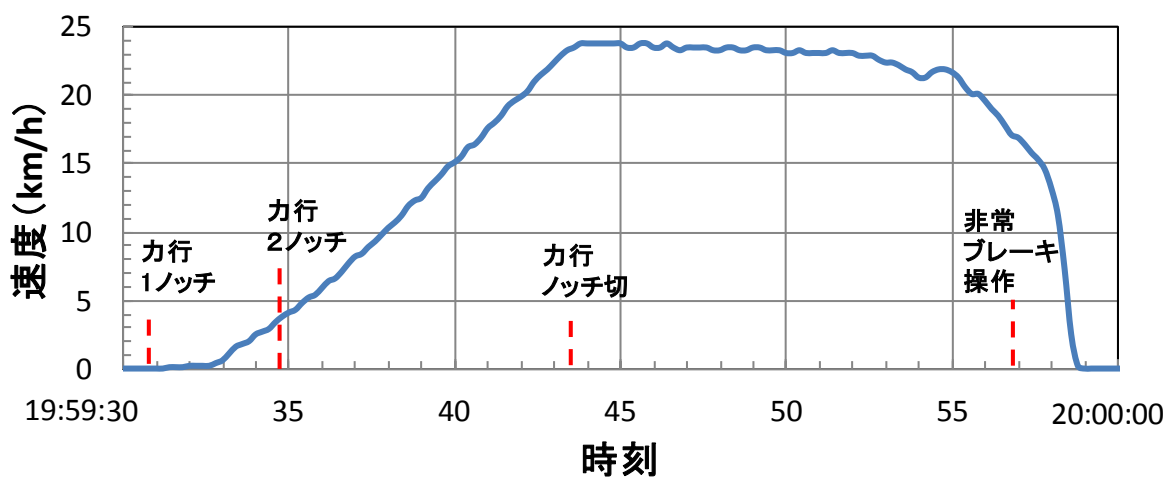


図1 運転状況記録装置の記録

なお、本事故の発生時刻は、2.1.1 及び 2.1.2 に記述した本件運転士の口述及び運転状況記録装置の記録から、非常ブレーキを使用した時刻の19時59分ごろであった。

(付図1 三田線路線図、付図2 事故現場付近の地形図、付図3 事故現場の配線及び略図、写真1 事故現場の状況、写真2 事故現場の全景 参照)

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 事故現場等に関する情報

- (1) 有馬口駅は有馬線と三田線の連絡駅^{*2}であり、1～4番線がある。有馬口駅を出発して道場南口駅方面に向かう三田線の列車は、1番線又は2番線を出発し、24号分岐器（‘50kgNレール用8番両開き分岐器^{*3}’（以下「本件両開き分岐器」という。）」を背向^{*4}で通過した後、‘50kgNレール用8番DSS’（以下「本件DSS」という。）」を通過する。
- (2) 本件列車は、‘有馬口駅2番線を出発して道場南口駅方面に向かう本来の進路’（以下「本来の進路」という。）」に進入し、その最前部は有馬口駅起点0k147.5m（以下「有馬口駅起点」は省略。）付近に停止していた。脱線した本件車両の前台車は、本来の進路とは異なる有馬温泉駅方面の進路に進入し、第1軸及び第2軸の左右の車輪は、0k126.3m付近（前台車中心）で本来の進路のレールから約1.0m右にあった。なお、本件車両の後台車及び3両目の車両は、本来の進路に進入して停止しており、脱線していなかった。

（付図3 事故現場の配線及び略図、写真1 事故現場の状況、写真2 事故現場の全景 参照）

2.3.2 鉄道施設に関する情報

2.3.2.1 路線の概要

同社の三田線有馬口駅～三田駅間は、延長12.0kmで、軌間は1,067mmである。また、動力は電気（直流1,500V）である。

（付図1 三田線路線図 参照）

2.3.2.2 線路に関する情報

- (1) 事故現場付近は、バラスト軌道に50kgNレールが使用されている。まくらぎは、分岐器では木まくらぎ、その他の区間ではPCまくらぎが使用されている。また、レール締結装置は、分岐器では犬くぎ及びタイプレート^{*5}、その他の区間では板ばね又は線ばねのレール締結装置が使用されている。

^{*2} 「連絡駅」とは、2つ以上の鉄道路線が乗り入れている駅で、相互に乗換えが可能な駅のことをいう。乗換駅や接続駅ともいう。

^{*3} 「両開き分岐器」とは、直線軌道が、左右対称に2方向に分かれる分岐器をいう。

^{*4} 「背向」とは、分岐器を合流する方向に通過する向きをいう。

^{*5} 「タイプレート」とは、レールとまくらぎの間に挿入する鉄板をいい、レールのまくらぎへの食い込みを少なくする等の効果がある。

- (2) 事故現場付近は、0 k 0 6 2.4 m～0 k 1 0 5.5 mまでの間に、本件両開き分岐器と本件D S Sとが連続して設置されている。図2に、D S Sを構成する主な軌道部材を示す。
- (3) D S Sは、4つの電気転てつ機^{*6}により6つのポイント^{*7}（本件D S Sでは、26イ、26ロ、26ハ、27イ、27ロ、27ハ）を転換して、列車の進路を構成する。（付図3参照）
- (4) 本来の進路を走行する列車は、本件両開き分岐器を背向で通過後、本件D S Sのポイント26イ、26ハ、27イ、27ロの順に通過する。この場合、列車が走行する線路の線形は、本件両開き分岐器内の右曲線（半径236 m、0 k 0 6 6.4 m～0 k 0 8 0.3 m）のあと、直線を経て、本件D S Sのポイント26イの左曲線（半径118 m、0 k 0 8 7.6 m～0 k 1 0 0.2 m）となる、S字状の線形である。
- (5) 本件両開き分岐器のトングレール^{*8}先端（0 k 0 8 0.3 m）と、本件D S Sのポイント26イのトングレール先端（0 k 0 8 7.6 m）の間の直線の長さは約7.3 mである。
- (6) 両開き分岐器及びD S Sには、スラック^{*9}が設定されている。本件D S Sでは、ポイント26イのトングレール先端からポイント27ロのトングレール先端まで、15 mmのスラックが設定されている。なお、カント^{*10}は設定されていない。
- (7) 本件D S Sのポイント26イの右トングレールの形状は直線で、長さは4.20 mであり、図2に示すように、基本レール^{*11}に対して入射角を有している。本件D S Sの入射角は約0.38°である。
- (8) 事故現場付近の本件列車の進行方向を基準とした線路の勾配は0‰（水平）であるが、0 k 1 4 0.8 mからは33.3‰の上り勾配であり、0 k 1 0 7.5 mから0 k 1 7 4.1 m間は縦曲線^{*12}である。

*6 「電気転てつ機」とは、電動機によりポイントを転換する機械のことをいう。

*7 ここでいう「ポイント」とは、分岐器を構成する部品のうち、軌道を分ける部分の装置のことをいう。

*8 「トングレール」とは、分岐器のポイント部に用いられる、転換される先端がとがったレールのことをいう。

*9 「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。

*10 「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。

*11 「基本レール」とは、分岐器のポイントに用いられる、トングレールが接するレールのことをいう。

*12 「縦曲線」とは、勾配の変更点の前後に挿入される、勾配の変化を滑らかにするための縦断方向の曲線のことをいう。

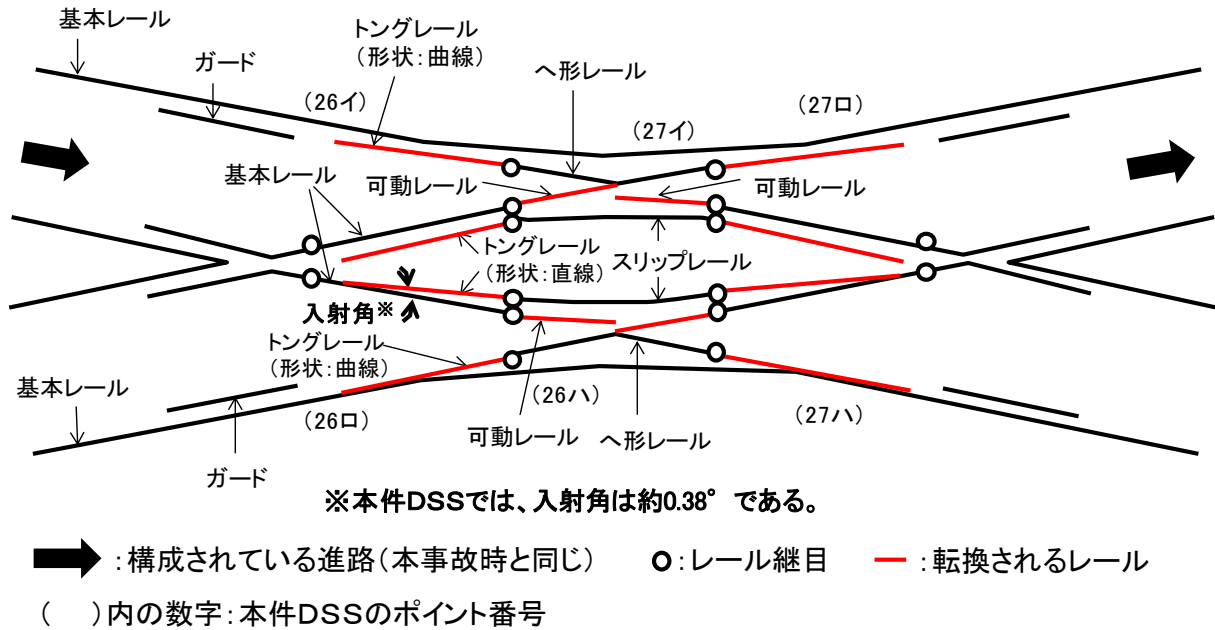


図2 DSSを構成する主な軌道部材

(付図3 事故現場の配線及び略図、付図4 本件DSSの状況及び痕跡、付図8 軌道と車両の寸法の関係、写真1 事故現場の状況、写真2 事故現場の全景、写真3 事故現場の軌道の痕跡の状況(その1) 参照)

2.3.2.3 軌道の整備に関する情報

軌道の整備については、「鉄道に関する技術上の基準を定める省令」に基づき、同社が近畿運輸局長に届け出ている実施基準(以下「届出実施基準」という。)の一部である土木実施基準及び同社の社内規程である軌道検査要領で定められている。

軌道変位については、軌間変位、水準変位、高低変位、通り変位^{*13}及び平面性変位^{*14}の検査を1年周期で行うこととされ、一般軌道では、これらの軌道変位が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いる。また、分岐器では、これらの軌道変位の測定を分岐器内の決められた測点で行い、整備目標値に達した場合、早急に整備を行うこととされている。

一般軌道の整備基準値は表1、分岐器の整備目標値は表2のとおりである。

^{*13} ここでいう「通り変位」とは、レール側面の長さ方向への凹凸をいい、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、曲線部については、曲線半径による正矢量を差し引いた値で表す。

^{*14} ここでいう「平面性変位」とは、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2mであれば、2m平面性変位という。

表1 一般軌道の整備基準値 (単位：mm)

軌道変位の種別	整備基準値	
	本線	側線
軌間	+14、-4	
水準	平面性に基づき整備を行う	
高低	15	24
通り	15	24
平面性	12 (カントのてい減量を含む)	

注(1)高低、通りは、延長10mにおける中央での値。

(2)平面性は静的値とし、2m当たりの水準変化量を示す。

(3)曲線におけるスラック、カントおよび正矢量(縦曲線を含む)は含まない。

表2 分岐器の整備目標値 (単位：mm)

軌道変位の種別	整備目標値	
	本線の分岐器	その他の分岐器
軌間	+6、-4 (クロッシング部 +5、-3)	
水準	9	11
高低	9	11
通り	9	11
平面性	12 (カントのてい減量を含む)	
バックゲージ ^{*15}	1,023~1,030	

注(1)高低、通りは、延長10mにおける中央での値。

(2)平面性は静的値とし、2m当たりの水準変化量を示す。

(3)曲線におけるスラック、カントおよび正矢量(縦曲線を含む)は含まない。

(4)軌間およびバックゲージ測定にあたっては、鼻端レール^{*16}のフローの影響を控除すること。

軌道部材については、レール、道床・路盤、まくらぎ、レール締結装置及び分岐器等の検査があり、各軌道部材の変形、損傷等の状態について、1年周期で行うこととされている。

^{*15} ここでいう「バックゲージ」とは、クロッシング部のガードレールの導線と対応するノーズレールの軌間線との距離をいう。

^{*16} 「鼻端レール」とは、ノーズレールともいう。

このうち、本線のレールについては、レール摩耗高が摩耗限度値に達した場合に、レール交換することとされている。

レールの摩耗限度値は表3のとおりである。

表3 本線のレールの摩耗限度値 (単位：mm)

種別		摩耗高	
		50kg	40kg
一般軌道 (レール頭部)		11	10
分岐器	ポイント	11	8
	クロッシング	11	9
	ガード	バックゲージが修正できない程度に摩耗したもの	
	分岐器内レール	11	8

・ポイント先端摩耗限度

a. 基本レール 5mm

b. トングレール 6mm

2.3.2.4 軌道変位に関する情報

事故現場付近における本事故前直近の軌道変位検査は、一般軌道については、2番線の0k000.0m～0k060.0mは平成24年10月5日に、1番線の0k000.0m～0k060.0m及び0k110.0m～道場南口駅方は平成24年9月21日に、可搬式軌道変位計測装置により実施されており、いずれの軌道変位も整備基準値内であった。分岐器については、本件両開き分岐器及び本件DSSの軌道変位検査は、平成25年5月7日に手計測により実施されており、いずれの軌道変位も整備目標値内であった。

また、本事故後の平成25年5月29日に、2番線から道場南口駅方面への進路が構成されている状態で、0k077.6m～0k105.1mまで0.5m～1.0m間隔で、手計測により軌道変位の測定を行った。

なお、軌道変位のうち通り変位については、2.3.2.2に記述したように、事故現場付近は本件両開き分岐器内の右曲線のあと、約7.3mの直線を経て、本件DSSのポイント26イの左曲線となる、短距離の間で曲線半径等が変化する線形であること、及び事故現場付近の軌道変位の定期検査は分岐器の定められた測点での検査であることから、曲線半径による通り正ベクトルを差し引いて求められる通り変位には、測点の僅かなずれによる影響が含まれる可能性がある。そのため、車両の走行安全

性という観点から現場の軌道変位を評価する手段として、他の事業者でも採用されている「移動平均法による軌道変位^{*17}」により、通り変位を算出することとし、ここでは、測定値からその点を含む4 m間における測定値の平均値を減じた値を、‘移動平均法による通り変位’として用いることとした。

その結果、事故現場付近の軌道変位は次のとおりであった。

- (1) 軌間変位は、本件D S S内で最大7.3 mm であり、分岐器の整備目標値を超過していたが、一般軌道の整備基準値（14 mm）に比べて十分に小さかった。
 - (2) 水準変位及び高低変位は、分岐器の整備目標値内であった。また、水準変位は-3.0～3.0 mm の範囲であり、2 m平面性変位は、整備目標値内であった。
 - (3) 移動平均法による通り変位は、本件D S Sのポイント26イのトングレール先端付近で最大10.8 mm であり、分岐器の整備目標値を超過していたが、一般軌道の整備基準値（15 mm）に比べて小さかった。なお、この付近において、移動平均法による通り変位は-6.7 mm から10.8 mm へと進行方向に向かって、曲線半径を小さくする方向に変化していた。
- (付図3 事故現場の配線及び略図、付図5 事故現場付近の軌道変位（本事故後参照）

2.3.2.5 軌道部材に関する情報

本事故前直近の主な軌道部材の定期検査の実施状況は、次のとおりであり、各検査の記録及び検査結果に、異常を示すものは見られなかった。

レール摩耗検査	平成24年11月6日～11月22日
分岐器レール摩耗検査	平成24年6月20日～7月6日
分岐器トングレール摩耗検査	平成24年6月22日～7月6日
まくらぎ検査	平成24年8月8日～8月31日
分岐器検査（一般）	平成25年5月7日
分岐器機能検査（本件両開き分岐器）	平成24年12月20日
分岐器機能検査（本件D S S）	平成25年1月7日

軌道部材の検査のうちレール摩耗については、本事故後に、定期検査で行われているレール摩耗量の測定に加えて、本件D S Sのポイント26イの基本レールと右

^{*17} ここでいう「移動平均法による軌道変位」とは、軌道変位の検査における測定値から、測点付近の一定区間の測定値の平均値を減じた値をいう。

トングレーンを密着させた状態で、トングレーン先端付近の断面形状の測定を行った。

本件両開き分岐器及び本件DSSのポイント26イについては、平成23年度、平成24年度及び本事故後のレール摩耗検査の記録によれば、いずれのレール摩耗量も摩耗限度値内であり、摩耗の進行も見られなかった（表4参照）。また、本件DSSのポイント26イの右トングレーン先端付近の断面形状の測定記録を確認した結果、特に異常は見られなかった。

なお、事故現場付近の、まくらぎ、道床・路盤及びレール締結装置等の軌道材料についても、異常は見られなかった。

表4 レール摩耗量の測定結果（単位：mm）

	本件DSSポイント26イ レール摩耗量					
	右トングレーン		基本レール	左トングレーン		基本レール
検査時期	先端～200mm間	先端から10mm	トングレーン先端部	先端～200mm間	先端から10mm	トングレーン先端部
平成23年 5月17日～6月17日	2.0	1.5	0.0	0.4	0.2	0.3
平成24年 6月20日～7月6日	2.0	1.3	0.3	0.3	0.1	1.1
本事故後	1.5	1.5	0.0	0.2	0.3	0.1

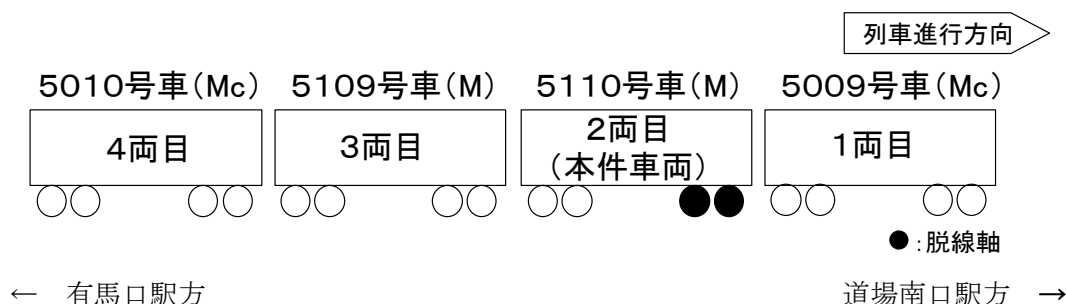
※測定値には若干の誤差が内在している。

（付図3 事故現場の配線及び略図、付図6 ポイント26イの基本レールと右トングレーンを密着させた状態での断面形状（本事故後）参照）

2.3.3 車両に関する情報

2.3.3.1 車両の概要

車種 直流電車（1,500V）
 編成両数 4両
 編成定員 510人（座席定員202名）
 記号番号



台車	ダイレクトマウント台車
軸箱支持方式	軸梁式
軸距	2.10 m
台車中心間距離	12.00 m
連結器間距離	18.14 m
車輪踏面形状	円錐踏面
フランジ角度*18	70°
空車質量	35.3 t (1両目車両)、32.3 t (本件車両)
製造年	平成7年

(付図8 軌道と車両の寸法の関係 参照)

2.3.3.2 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実施基準及び同社の社内規程である電車限度表で定められている。車両の定期検査の種類は、列車検査、状態・機能検査、重要部検査及び全般検査があり、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。

輪軸については、状態・機能検査、重要部検査及び全般検査で、車輪径、車輪内面距離、フランジ厚さ及びフランジ高さ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5のとおりである。

表5 輪軸に関する使用限度値

項目	使用限度値
車輪径	780 mm 以上
車輪内面距離	990～994 mm
フランジ厚さ	19 mm 以上
フランジ高さ	25～32 mm

また、車両の静止輪重比*19については、重要部検査及び全般検査で輪重の測定を行い、0.9～1.1以内となるように管理することとされている。

*18 「フランジ角度」とは、車輪のフランジ面が車軸の中心軸となす最大角度をいう。一般軌道では、フランジ角度が大きいほど脱線しにくい。

*19 「静止輪重比」とは、1軸の輪軸に対し、片側の車輪の輪重をその軸の平均輪重で除した値をいう。

2.3.3.3 車両の検査等に関する情報

(1) 定期検査の実施状況

本件列車の1両目及び本件車両について、本事故前直近の定期検査等の実施状況は、次のとおりであり、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21年12月10日
状態・機能検査	平成25年3月29日
列車検査	平成25年5月25日
車輪削正	平成24年5月14日

(2) 輪軸の状況

本事故前直近の状態・機能検査（平成25年3月29日）における、本件車両の輪軸各部の寸法測定結果は表6のとおりであり、車輪径、車輪内面距離、フランジ厚さ及びフランジ高さは、いずれも表5に示す使用限度値内であり、異常は見られなかった。

表6 本件車両の状態・機能検査における輪軸寸法測定結果 単位：mm

測定項目	前台車第1軸		前台車第2軸		後台車第1軸		後台車第2軸	
	右車輪	左車輪	右車輪	左車輪	右車輪	左車輪	右車輪	左車輪
車輪径	802	803	802	802	803	802	802	802
車輪内面距離	992.2		991.8		991.9		992.1	
フランジ厚さ	24.0	24.4	23.9	25.0	25.1	24.1	24.8	25.4
フランジ高さ	26.8	26.5	26.5	26.5	26.4	26.6	26.6	26.6

※新品車輪のフランジ厚さは29.0mm、フランジ高さは26.0mmである。

また、本事故後に本件列車の1両目及び本件車両については、定期検査で行われている輪軸各部の寸法測定に加えて、車輪の断面形状の測定を行った。輪軸各部の寸法測定の結果を表7に、車輪の断面形状の測定結果の一部を図3に示す。

輪軸各部の寸法測定結果については、車輪径、車輪内面距離、フランジ厚さ及びフランジ高さは、いずれも表5に示す使用限度値内であり、異常は見られなかった。

一方、車輪の断面形状の測定の結果、本件列車の1両目及び本件車両の車輪は、いずれも設計断面に比べてフランジが直立に摩耗^{*20}しており、フランジ

*20 「直立に摩耗」とは、車輪のフランジ喉元部が摩耗することにより、フランジが直立になるような摩耗のことであり、「直摩」とも呼ばれる。

角度は約75°であった。このような摩耗の状況は、輪軸各部の寸法測定結果にも現れており、1両目及び本件車両の全ての車輪は、設計断面と比較して、車輪フランジの摩耗によりフランジ厚さは約4～6mm小さく、フランジ高さは約1～2mm大きかった。

表7 1両目車両及び本件車両の事故後の輪軸寸法測定結果 単位：mm

	測定項目	前台車第1軸		前台車第2軸		後台車第1軸		後台車第2軸	
		右車輪	左車輪	右車輪	左車輪	右車輪	左車輪	右車輪	左車輪
1 両 目	車輪径	802.0	801.5	802.0	802.0	802.5	801.5	803.0	802.0
	車輪内面距離	992.2		992.0		992.5		991.7	
	フランジ厚さ	23.4	22.3	23.5	23.5	23.9	23.9	22.7	23.5
	フランジ高さ	27.5	27.7	26.8	27.4	26.9	27.0	27.3	27.1
本 件 車 両	車輪径	801.5	801.0	802.0	802.0	802.0	801.0	802.0	802.0
	車輪内面距離	991.8		991.4		991.6		991.9	
	フランジ厚さ	23.3	23.9	23.8	24.6	25.0	23.6	24.2	24.9
	フランジ高さ	27.4	26.9	26.7	26.7	26.8	26.9	26.7	26.7

※新品車輪のフランジ厚さは29.0mm、フランジ高さは26.0mmである。

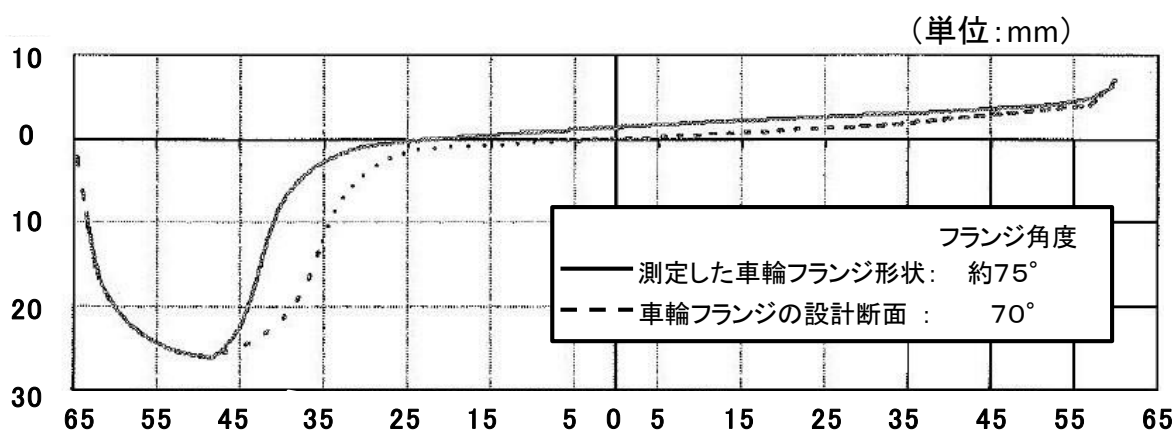


図3 本件車両の前台車第1軸右車輪の断面形状及びフランジ角度

(3) 車体及び台車の状況

本件車両の車体及び台車の各部については、本事故前直近の全般検査（平成21年12月10日）の結果に異常は見られなかった。また、本事故後に損傷部の部品を交換した後、各部の寸法測定を実施したが、その結果に異常は見られなかった。

なお、本件列車の1両目及び本件車両の軸ばねについては、本事故後に、ばね定数の測定を実施したが、その結果にも異常は見られなかった。

(4) 静止輪重及び静止輪重比の状況

本事故前直近の全般検査（平成21年12月10日）における、本件車両の静止輪重の測定結果は表8のとおりであり、静止輪重比は管理値（0.9～1.1）内の値であった。また、本事故後に、本件車両の損傷した空気ばね及び軸ばねライナーを交換して静止輪重を測定（平成25年6月26日）した結果は表9のとおりであり、静止輪重比は管理値内の値であった。

表8 全般検査における本件車両の静止輪重及び静止輪重比

測定項目	前台車第1軸		前台車第2軸		後台車第1軸		後台車第2軸	
	右車輪	左車輪	右車輪	左車輪	右車輪	左車輪	右車輪	左車輪
輪重(kN)	37.8	38.9	35.2	40.6	40.8	34.2	37.7	36.7
静止輪重比	0.98		0.92		1.08		1.01	

表9 本事故後の本件車両の静止輪重及び静止輪重比

測定項目	前台車第1軸		前台車第2軸		後台車第1軸		後台車第2軸	
	右車輪	左車輪	右車輪	左車輪	右車輪	左車輪	右車輪	左車輪
輪重(kN)	34.7	40.6	35.8	38.5	40.2	33.7	37.5	36.0
静止輪重比	0.92		0.96		1.08		1.02	

(5) 車輪削正の状況

本件車両の車輪削正は、本事故前直近では平成24年5月14日に実施されており、車輪削正後、本事故までの走行距離は112,280.8kmであった。

2.3.4 列車本数に関する情報

- (1) 有馬口駅2番線を出発して道場南口駅方面に向かう列車は、平日が1日当たり5本、休日が1日当たり0本である。これに対して、有馬口駅1番線を出発して道場南口駅方面に向かう列車は、平日が1日当たり78本、休日が1日当たり79本である。
- (2) 当日の本事故発生前には、2番線を出発して道場南口駅方面へ4本の列車が走行しており、本件列車は5本目であった。本件列車の直前の列車は、19時29分ごろに事故現場を走行したが、特に異常はなかった。

2.4 鉄道施設及び車両の損傷、痕跡等に関する情報

2.4.1 鉄道施設の損傷及び痕跡等の状況

鉄道施設の主な損傷及び痕跡等の状況は次のとおりであった。（DSSの各部材

の名称については、P. 6 図 2 参照)

- (1) 本件D S Sのポイント2 6 イの右トングレール先端付近には、先端から約 2 5 mm より前方の頭部に、車両の右車輪のフランジが走行したことによるものと見られる痕跡（明るい照り面）があった。ただし、車輪が徐々に乗り上がる状況を示す痕跡はなかった。
 - (2) ポイント2 6 イの右トングレールの中央部付近から、トングレール及び可動レールのレール頭頂面には、本件車両の車輪が走行したこと又は床下機器が接触したことによるものと見られる痕跡があった。
 - (3) 本件D S Sのポイント2 6 イの左トングレールには、基本レールと接する側のレール側面に、本件車両の左車輪が接触したことによるものと見られる痕跡があった。また、左トングレールと‘へ形レール’の継目付近からは、左車輪がレール頭頂面に乗り上がり、へ形レール上を走行したことによるものと見られる痕跡があった。
 - (4) 本件D S Sのポイント2 6 イの左トングレールと基本レールの間にある止め金具には、左車輪のフランジが接触したことによるものと見られる痕跡があった。
 - (5) 本件D S Sのポイント2 7 イとポイント2 7 ロハの間のへ形レール、トングレール及びスリップレールのレール頭頂面には、本件車両の車輪が乗り上がって走行したことによるものと見られる痕跡及び車両の床下機器が接触したことによるものと見られる痕跡があった。また、これらの痕跡より前方のまくらぎ及びゲージストラット^{*21}には、車輪が走行したことによるものと見られる痕跡があった。
 - (6) 本件D S Sの前方にある有馬温泉駅方面に向かう線路の左レールは、レール継目が破損し、レールは左側に湾曲して損傷もあった。また、この付近のレール締結装置は破損していた。
 - (7) 本件D S Sの手前には、特に痕跡は見られなかった。
- (付図3 事故現場の配線及び略図、付図4 本件D S Sの状況及び痕跡、写真1 事故現場の状況、写真3 事故現場の軌道の痕跡の状況（その1）、写真4 事故現場の軌道の痕跡の状況（その2） 参照)

^{*21} 「ゲージストラット」とは、クロッシング部において、軌間保持のために左右レール間に敷設する器具のことである。

2.4.2 車両の損傷及び痕跡等の状況

本件車両の主な損傷等の状況は次のとおりであった。

- (1) 前台車第1軸の右車輪には、車輪の円周方向に沿って車輪踏面側からフランジ先端側に向かう長さ約500mmの擦傷痕及び打痕があった。また、車輪の内側面には擦傷痕が多数あった。
- (2) 前台車第1軸の左車輪には、外側面と内側面に擦傷痕が多数あった。
- (3) 前台車第2軸の右車輪には、ほとんど損傷はなかった。
- (4) 前台車第2軸の左車輪には、フランジ部に車輪の円周方向に沿う線状の傷及び打痕等があった。
- (5) 前台車の空気ばねは、右側にずれており、損傷があった。
- (6) 前台車第1軸のギアユニット底面及び側面には、擦過痕があった。また、左車輪側の軸ばねは、ライナー及び防振ゴム調整板が変形していた。
- (7) 前台車第2軸のギアユニット底面及び側面には、擦過痕があった。また、主電動機には、損傷があった。
- (8) 1両目車両の後方及び本件車両の前方の連結器は損傷し、胴受けは曲損していた。

(写真5 本件車両の痕跡の状況(その1)、写真6 本件車両の痕跡の状況(その2) 参照)

2.5 乗務員に関する情報

運転士 男性 29歳

甲種電気車運転免許

平成24年12月11日

2.6 運転に関する情報

同社によれば、本事故現場付近を通過する列車の制限速度は25km/hである。

2.7 電気設備に関する情報

事故現場付近の電気転てつ機及び継電連動装置の定期検査の結果には、異常は見られなかった。また、継電連動装置の動作記録によれば、本事故発生時は、2番線から道場南口駅方面への進路が構成されていた。

2.8 気象に関する情報

本事故発生当時の事故現場付近の天気は小雨であった。

2.9 本事故後の暫定措置と試験列車による走行試験に関する情報

2.9.1 本事故後の暫定措置と走行試験の概要

本事故発生時は、2.3.2.2 に記述したように、有馬口駅2番線を出発した本件列車が走行する本来の進路の線路の線形は、本件両開き分岐器内の右曲線（半径236m）のあと、約7.3mの直線を経て、本件DSSのポイント26イの左曲線（半径118m）となる、S字状の線形であった。一方、1番線を出発する列車が走行する線路の線形は、本件両開き分岐器内の左曲線（半径236m）のあと、約7.3mの直線を経て、本件DSSのポイント26イの左曲線（半径118m）となる、左曲線と直線の線形であった。

同社は、本事故後に、列車の運転を再開するための暫定措置として、本件DSSを撤去して8番片開き分岐器（半径118m）を設置した。有馬口駅を出発して道場南口駅方面に向かう列車に対しては、事故現場付近の線路の線形は、暫定措置後も本事故発生時と同様であることから、同社は、平成25年8月2日に、事故現場付近の線形が本事故の発生に与えた影響を確認するために、事故現場付近のレールに、輪重・横圧測定用の歪ゲージを貼付して、4両編成の車両による走行試験を実施した。

本事故発生時と暫定措置（走行試験時）の構内配線の比較を図4に示す。

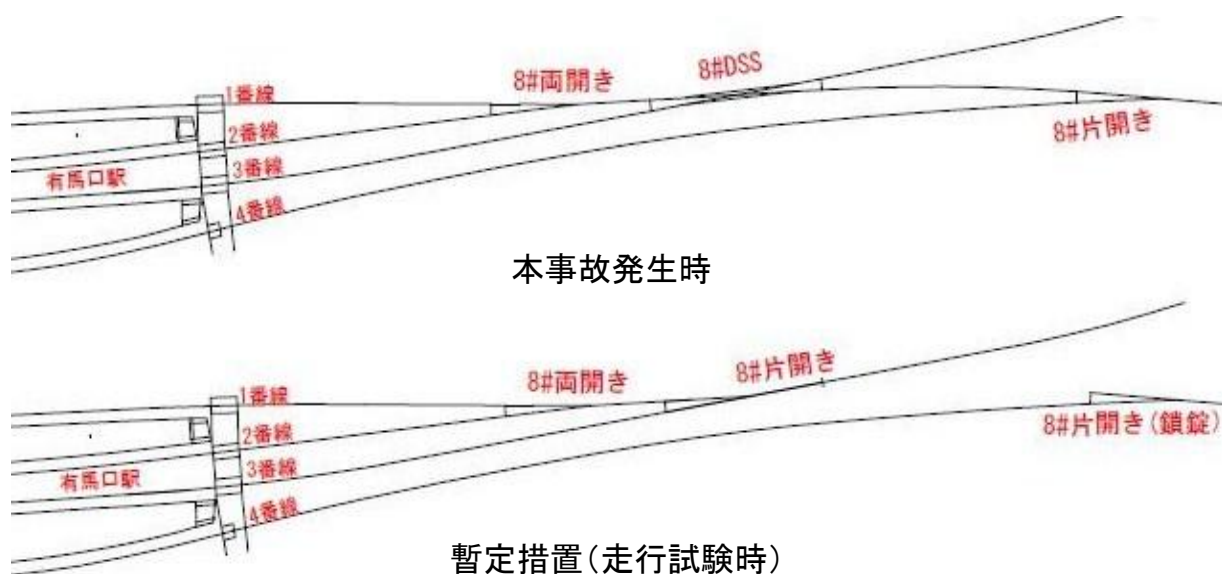


図4 本事故発生時及び暫定措置（走行試験時）の構内配線図

2.9.2 走行試験の結果

事故現場付近の線形が本事故の発生に与えた影響を確認するため、列車が有馬口駅を出発する番線（1番線・2番線）ごとに、輪重・横圧の測定値を整理した。本事故発生時の本件DSSのポイント26イの位置に相当する測点での輪重・横圧の測定結果は、概略次のとおりである。

- (1) 右トンダレール先端付近に相当する測点では、2番線から出発した列車の走行時には、1番線から出発した列車の走行時に比べて、車両の前台車第1軸が走行するとき、横圧が大きくなる傾向にあり、20kNを超える例が見られた。
- (2) (1)より前方の右トンダレールとスリッレールの継目付近に相当する測点では、車両の前後台車第2軸が走行するときの横圧は大きくなく、2～7kN程度であった。また、前後台車の第1軸が走行するときの横圧は、第2軸よりは大きかったが、トンダレール先端付近の測定値より小さく、20kNを超える例は見られなかった。

(付図7 走行試験による横圧の測定結果(その1)、(その2) 参照)

2.10 車輪形状に関する情報

車輪削正後に本件車両と同程度の距離を走行した、他の車両8両の車輪について、定期検査で行われたフランジ厚さ及びフランジ高さの測定記録を確認したところ、使用限度値内であるが、いずれの車輪も設計断面に比べて、本件車両と同程度にフランジが直立に摩耗していた。

2.11 その他の情報

同社では、過去にも平成18年1月22日及び2月4日に有馬口駅構内で2件の列車脱線事故が発生している。当委員会における、これらの列車脱線事故の調査によると、事故の原因及び再発防止策の概略は次のとおりである。なお、これら2件の列車脱線事故は、本事故とは異なる構造の分岐器で発生したものであり、すでに同社において、原因に応じた再発防止策が講じられている。(詳細は、運輸安全委員会ホームページ 鉄道事故調査報告書 RA2007-6-1及びRA2007-6-2を参照。)

2.11.1 平成18年の列車脱線事故の概要、原因

平成18年1月22日の列車脱線事故は、有馬線有馬口駅4番線を出発した鈴蘭台駅行きの上り列車が、分岐器に背向で進入してポイント部で乗り上がり脱線したものである。また、平成18年2月4日の列車脱線事故は、有馬線有馬口駅1番線に到着する新開地駅発三田駅行きの下り列車が、分岐器に対向で進入してリード部で乗り上がり脱線したものである。これら2件の列車脱線事故は、いずれも大正14年形37kgレール用8番片開き分岐器内で発生していた。

2件の列車脱線事故の原因については、

- (1) 列車が分岐器を通過する際、分岐器の構造的な平面性変位により車輪の輪重が減少したこと、

- (2) 脱線した車両の車輪は、車輪削正直後の状態に近く車輪踏面が粗い状況であったため、車輪・レール間の摩擦係数が通常より大きくなったことにより横圧が増加したこと、
- (3) さらに、平成18年1月22日の列車脱線事故にあつては、(1)及び(2)に加えて、列車がトングレールから基本レールに移る際に、分岐器が入射角(約2°)を有することにより衝撃的な横圧が生じたことから、列車脱線事故が発生したものと考えられるものであった。
- なお、車両が乗り上がりを開始した付近のレールの摩耗形状についても、関与した可能性が考えられるとしている。

2.11.2 平成18年の列車脱線事故後に講じられた措置

2.11.1 に記述した2件の列車脱線事故後に、同社が講じた主な再発防止策は、次のとおりである。

- (1) 分岐器内レールの摩耗管理については、レール摩耗測定器を導入し、年1回の目視から年2回の測定とし、その後、測定結果を踏まえて年1回の測定とした。
- (2) 車輪削正時には、仕上げ削りを行うこととした。
- (3) 有馬口駅構内における2台の37kgレール用分岐器を構造的な平面性変位及びトングレールが曲線形状で入射角がない50kgNレール用分岐器に交換した。なお、37kgレール用分岐器が設置されている間の対策として、ポイント部の基準線側への鎖錠及び15km/hの速度制限を実施した。
- (4) 有馬口駅構内以外に設置されている37kgレール用分岐器(全3台)については、2台は50kgNレール用分岐器に交換し、1台は撤去した。なお、37kgレール用分岐器が設置されている間の対策として、ポイントガード及びリードガードを設置した。
- (5) 脱線事故等が発生した場合には、直ちに発報信号による停止信号を現示するよう文書により周知徹底するとともに、関係社員に対して、列車防護に関する教育・訓練を実施した。

3 分析

3.1 脱線地点に関する分析

2.4.1 に記述した軌道上の痕跡から、本件列車は有馬口駅2番線を出発して速度23～24km/hで走行中、本件DSSのポイント26イの右トングレール先端付近

から、本件車両の前台車第1軸の右車輪が乗り上がり、本来の進路と異なる有馬温泉駅方面に進入して脱線したものと考えられる。

また、本件車両の前台車第2軸は、本件DSSのポイント26イでは本来の進路に進入したが、第1軸の異線進入の影響により、本件DSSのポイント27イとポイント27ロの間を走行中に、右へ脱線したものと考えられる。

3.2 軌道に関する分析

本事故現場付近の軌道については、

(1) 2.3.2.4 に記述したように、軌道変位は、本事故前直近に実施された定期検査及び本事故後に測定された検査の結果、同社の土木実施基準で定められた整備基準値を超えるようなものは見られなかったこと、

(2) 2.3.2.5 に記述したように、本件両開き分岐器及び本件DSSの軌道材料は、本事故前直近に実施された定期検査及び事故後に測定された検査等の結果、レール摩耗量及びレール断面形状等に異常は見られなかったこと

から、軌道変位及び軌道材料の状況は、通常の検査において問題となるような異常はなかったものと考えられる。

ただし、2.3.2.4 に記述したように、本事故後の移動平均法による通り変位は、車輪がレールに乗り上がったと考えられる地点付近で、曲線半径を小さくする側に変化していた。この移動平均法による通り変位には、本件DSSがポイント26イの右トングレール先端付近において、2.3.2.2(7)に記述した設計上の入射角（約 0.38° ）を有することによる変位も含まれており、入射角を有していない場合と比較すると、この付近ではアタック角^{*22}が大きくなるために、比較的大きな横圧が発生しやすかった可能性があると考えられる。

3.3 車両に関する分析

本件車両については、2.3.3.3 に記述したように、本事故前直近に実施された定期検査及び本事故後に測定された検査の結果、車体、台車及び輪軸の寸法は、同社の社内規程で定められた使用限度値内の値であり、異常は見られなかった。また、静止輪重比についても、管理値内の値であり、異常は見られなかった。

ただし、2.3.3.3(2)に記述したように、本事故後に本件車両の車輪について、寸法及び断面形状を測定した結果、使用限度値内であるものの、フランジの厚さ方向に約4～6mm及び高さ方向に約1～2mmの摩耗があり、その形状はいずれも設計断面に

^{*22} 「アタック角」とは、車輪がレール上を転動するときの車輪とレールとの相対角度のことであり、この角度が大きいほど乗り上がり脱線に対する安全性が低下するものである。

比べてフランジが直立に摩耗し、フランジ角度は約75°であった。また、2.10に記述したように、車輪削正後に本件車両と同程度の距離を走行した他の車両の検査記録においても、同様の傾向であることが確認された。

この摩耗は、上述のとおり使用限度値内の値であり、通常の検査において問題となるものではない。また、一般に車輪のフランジ角度が大きい場合には、一般軌道における乗り上がり脱線に対する余裕は大きくなる。しかし、分岐器のトングレール先端付近における車輪とレールの接触点を考える場合は、車輪のフランジ先端がトングレールに近づき、接触して乗り上がる可能性が考えられる。

本事故においても、車輪のフランジが直立に摩耗し、同社の車輪の設計断面に比べてフランジ角度が大きかったことから、右車輪のフランジ先端付近は、本件DSSのポイント26イの右トングレールに乗り上がりやすい状態であったものと考えられる。

(付図9 ポイント26イのトングレール先端付近における軌道と本件車両の前台車第1軸右車輪の形状の関係 参照)

3.4 事故現場付近の分岐器の開通方向に関する分析

本事故発生直前の、事故現場付近の分岐器の開通方向については、

- (1) 2.1に記述したように、本件運転士は、出発信号機に進行信号が現示されていること及び出発指示合図器に「○」が表示された(出発の指示)のを確認して、有馬口駅を出発したと口述していること、
- (2) 2.7に記述したように、継電連動装置の動作記録によれば、本事故発生時は、2番線から道場南口駅方面への進路が構成されていたことから、本来の進路が構成されていたものと推定される。

3.5 走行速度に関する分析

本事故発生時の走行速度については、

- (1) 2.1に記述した本件運転士の口述及び運転状況記録装置の記録から、本件列車は事故現場付近を23～24km/hで走行していたと考えられること、
 - (2) 2.6に記述したように、事故現場付近の列車の制限速度は25km/hであること
- から、本事故への影響はなかったと推定される。

3.6 事故現場付近の線形と本事故発生への影響に関する分析

2.3.1に記述したように、有馬口駅を出発して道場南口駅方面に向かう列車は、1番線又は2番線を出発し、本件両開き分岐器を背向で通過した後、本件DSSを通過する。2.9.1に記述したように、2番線を出発した本件列車が走行する本来の進路の

線路の線形は、本件両開き分岐器内の右曲線（半径236m）のあと、約7.3mの直線を経て、本件DSSのポイント26イの左曲線（半径118m）となる。

また、2.3.3.1 に記述したように、本件車両の寸法は、軸距2.10m、台車中心間距離12.00m及び連結器間距離18.14mであるので、2番線を出発する列車の車両は、1車両の第1軸から第4軸までの距離（14.10m）の範囲で、曲線の向きが逆となるS字状の線形を走行することになる。

一方、2.9.1 に記述したように、1番線を出発する列車が走行する線路の線形は、本件両開き分岐器内の左曲線（半径236m）のあと、約7.3mの直線を経て、本件DSSのポイント26イの左曲線（半径118m）となるので、反向する曲線（右曲線）はなく、左曲線のみと直線の線形を走行することになる。

こうした線形の影響によって、2.9.2(1)に記述したように、2番線から出発した列車の走行時には、1番線から出発した列車の走行時に比べて、本事故発生時に車輪のレール乗り上がりが発生したとみられる本件DSSのポイント26イの右トングレール先端付近に相当する測点において、車両の前台車第1軸が走行するとき、横圧が大きくなる傾向にあり、20kNを超える例が見られた。よって、事故現場付近において、1車両の長さよりも短い、第1軸から第4軸までの距離（14.10m）の範囲でS字状に変化する線形を車両が走行したことが、脱線に対する余裕を小さくしたものと考えられる。

（付図8 軌道と車両の寸法の関係 参照）

3.7 トングレール先端が開いた可能性に関する分析

事故現場付近の軌道と車両の寸法の関係については、

- (1) 2.3.2.2(7)に記述したように、本件DSSのポイント26イの右トングレールの長さは4.20mであること、
- (2) 2.3.3.1 に記述した車両の寸法から、本件車両の前台車第1軸と1両目の後台車第2軸との距離を算出すると4.04mであること

から、本件車両の前台車第1軸の車輪が本件DSSのポイント26イの右トングレール先端付近を走行時には、1両目の後台車第2軸は右トングレールとスリップレールの継目付近を走行することになる。このとき、右トングレールとスリップレールの継目付近において大きな横圧が発生した場合、トングレール先端が僅かに開口する可能性が考えられ、本件車両の前台車第1軸の車輪のフランジ先端付近がトングレールに近づき、接触して乗り上がりやすい状態になる可能性が考えられる。

しかし、2.9.2(2)に記述したように、本事故発生時に本件DSSのポイント26イの右トングレールとスリップレールの継目付近に相当する測点では、台車の第2軸が走行するときの横圧は2～7kN程度と大きくないことから、トングレール先端が開

口するような、上述した状況となった可能性は低いと考えられる。

(付図8 軌道と車両の寸法の関係 参照)

3.8 脱線に関する分析

3.1～3.7に記述した分析をまとめると、軌道、車両、電気設備及び運転状況は、それぞれ同社の基準値又は使用限度値等内の状態にあったが、以下の要因が複合したことにより、本件車両の前台車第1軸右車輪が本件DSSのポイント26イの右トングレール先端に乗り上がり、本来の進路と異なる有馬温泉駅方面に進入して脱線したものと考えられる。

- (1) 3.6に記述したように、事故現場付近においては、車両の長さ(18.14m)よりも短い、1車両の第1軸から第4軸までの距離(14.10m)の範囲でS字状に変化する線形を車両が走行したことにより、車輪が乗り上がりを開始したと考えられる地点付近で、車両の前台車第1軸が走行したときの横圧が大きくなったこと。
- (2) 3.2に記述したように、本件DSSはポイント26イのトングレール先端付近において、設計上の入射角(約 0.38°)を有していること、及びこの設計上の変位を含む移動平均法による通り変位は、車輪がレールに乗り上がったと考えられる地点付近で曲線半径を小さくする側に変化していたことから、比較的大きな横圧が発生しやすかった可能性があること。
- (3) 3.3に記述したように、本件車両の車輪は、設計断面に比べてフランジが直立に摩耗しておりフランジ角度が大きかったことから、トングレール先端付近において、右車輪のフランジ先端が本件DSSのポイント26イの右トングレールに近づいており、車輪のフランジ先端がトングレールに接触して乗り上がる可能性があったこと。

なお、2.11に記述したように、過去に発生した2件の列車脱線事故は、本事故とは異なる構造の分岐器で発生したものであり、すでに同社において、原因に応じた再発防止策が講じられていること、及び上述した(1)～(3)の分析結果から、本事故とは異なる原因の事象であったと考えられる。

4 原因

本事故は、三田線有馬口駅2番線を出発した列車が、有馬口駅構内の両開き分岐器を通過後、ダブルスリップスイッチのポイントの右トングレール先端付近で、2両目の前台車第1軸の右車輪のフランジがトングレールに乗り上がり、本来の進路と異な

る有馬温泉駅方面に進入して脱線したものと考えられる。また、前台車第2軸は、ダブルスリップスイッチのポイントでは本来の進路に進入したが、第1軸の異線進入の影響により、ダブルスリップスイッチ内で右へ脱線したものと考えられる。

2両目の前台車第1軸の右車輪が乗り上がったことについては、軌道、車両、電気設備及び運転状況はそれぞれ同社の基準値又は使用限度値等内の状態にあったが、

- (1) 車両の長さ（18.14m）よりも短い、1車両の第1軸から第4軸までの距離の範囲でS字状に変化する線形を車両が走行したことにより、車両の前台車第1軸が走行したときの横圧が大きくなったこと、
- (2) 事故現場に敷設されていた入射角を有するダブルスリップスイッチのトンダレール先端付近においては、通り変位が曲線半径を小さくする側に変化していたことから、比較的大きな横圧が発生しやすかった可能性があること、
- (3) 車両の車輪は、設計断面に比べてフランジが直立に摩耗していたことから、トンダレール先端付近において、車輪のフランジ先端がトンダレールに近づいており、車輪のフランジ先端がトンダレールに接触して乗り上がる可能性があったこと

が、複合したことによると考えられる。

5 再発防止策

5.1 必要と考えられる再発防止策

分岐器が連続するような区間において、車両の長さよりも短い距離の範囲でS字状に変化する線形を車両が走行する場合には、比較的大きな横圧が作用する可能性があると考えられることから、2つの曲線の間には、車両の長さよりも長い直線を設けることが望ましい。また、入射角を有しない分岐器に交換することも、車両がトンダレール先端付近を走行するときの横圧を低減させるのに有効である。

また、車輪フランジが直立に摩耗してフランジ角度が大きくなると、一般軌道における乗り上がり脱線に対する余裕は大きくなるが、分岐器のトンダレール先端付近における車輪とレールの接触に関しては、車輪のフランジ先端がトンダレールに近づき、接触して乗り上がる可能性があるため、脱線に対する余裕を小さくする可能性があると考えられる。よって、分岐器において車輪フランジの直立摩耗が関与して脱線が発生することのないよう、トンダレールの形状などの分岐器の構造等との関係を考慮した上で、管理方法を検討することが望ましい。

5.2 本事故後に同社が講じた措置

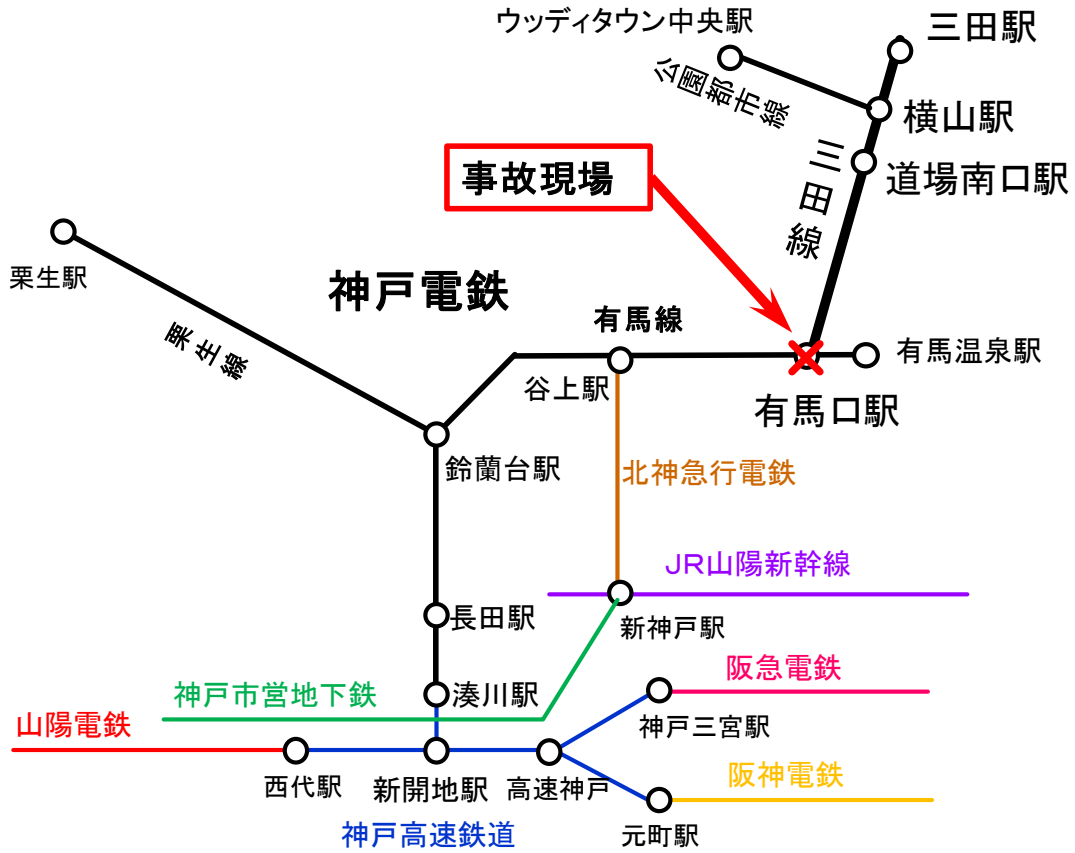
同社は、本事故後に次の措置を講じた。

- (1) 本事故後、ダブルスリップスイッチを撤去して、入射角を有しない8番片開き分岐器を設置し、平成25年6月1日から運転を再開した。なお、同分岐器にはポイントガードを設置した。
- (2) その後、有馬口駅構内の線形の見直しを行い、有馬口駅から三田駅方面への列車は1番線、新開地駅方から有馬温泉駅方面への直通列車は2番線からの発車とすることとした。なお、この線形の見直しにより、事故現場付近において、車両の長さよりも短い距離の範囲でS字状に変化する線形はなくなることとなる。

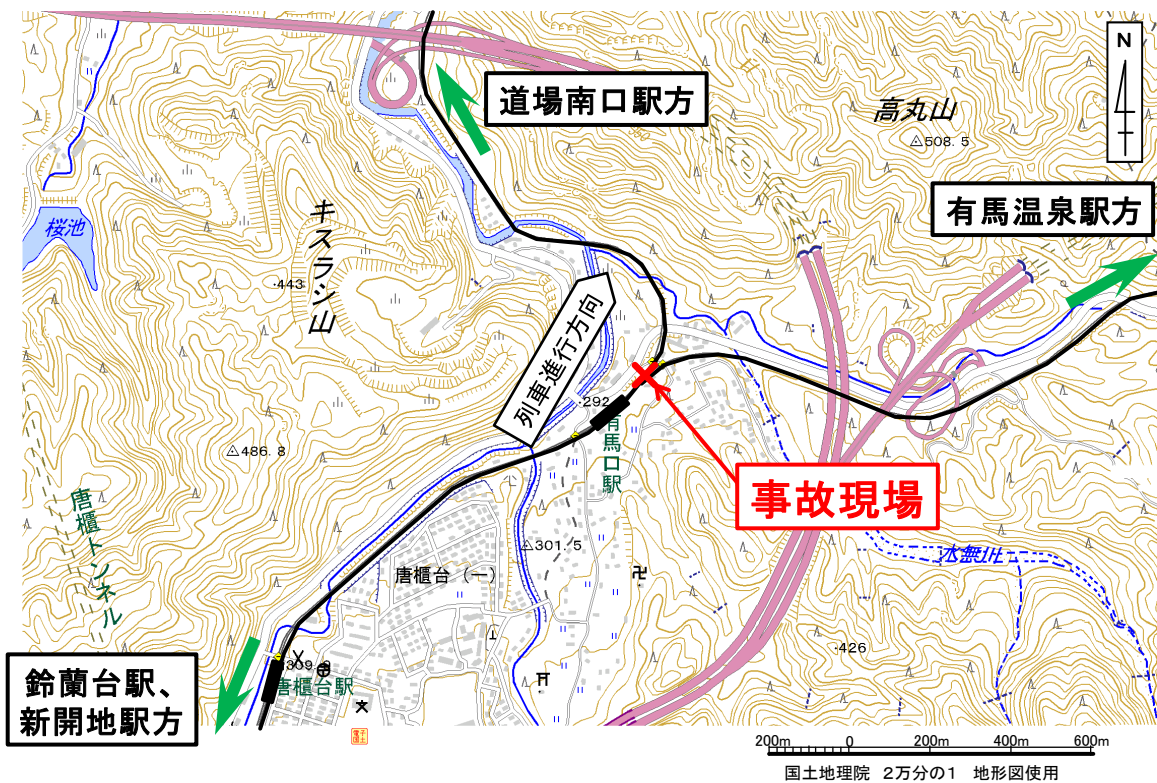
(付図10 有馬口駅構内の配線変更工事(神戸電鉄提供資料) 参照)

付図1 三田線路線図

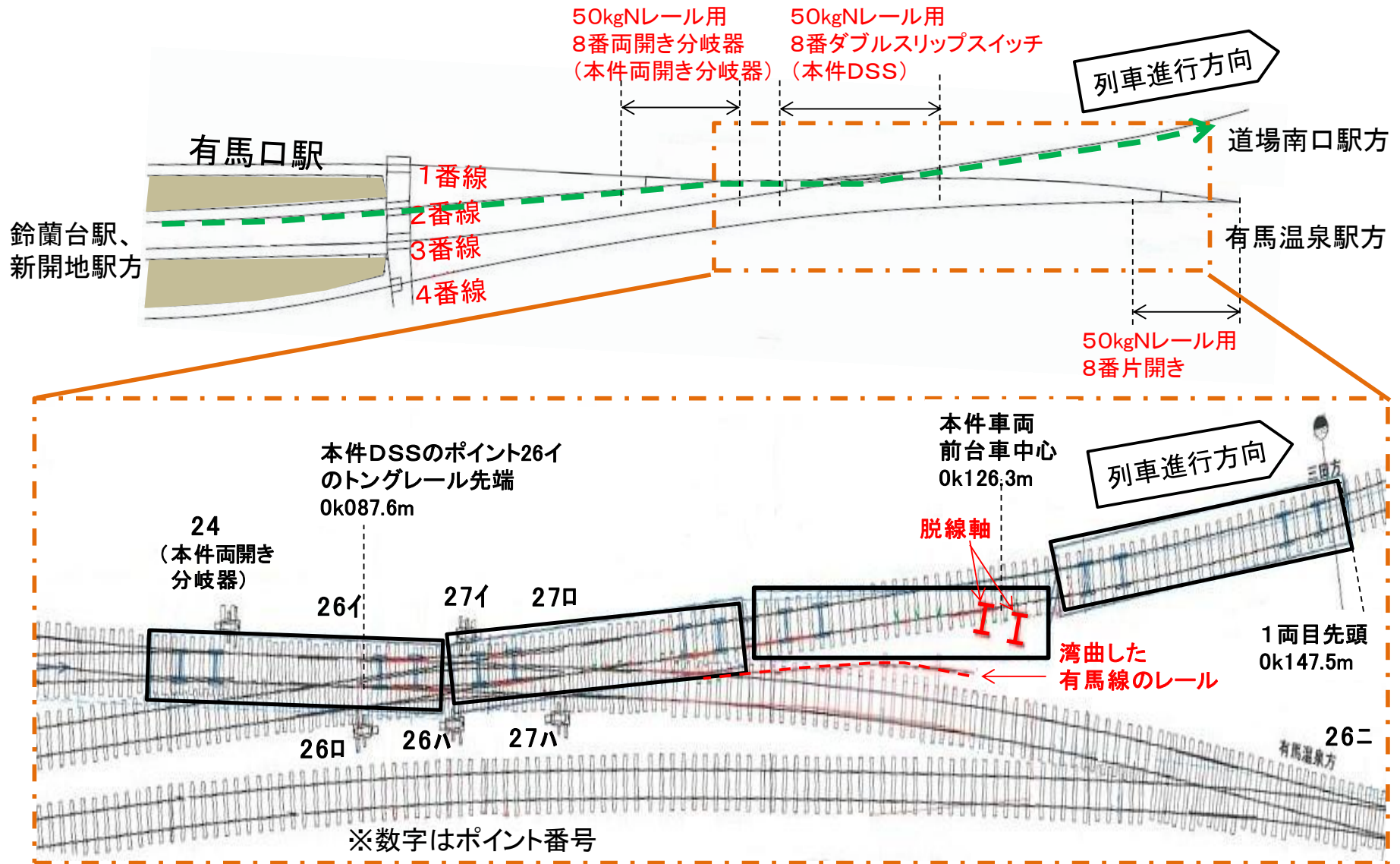
三田線 有馬口駅～三田駅間 12.0km (単複線)



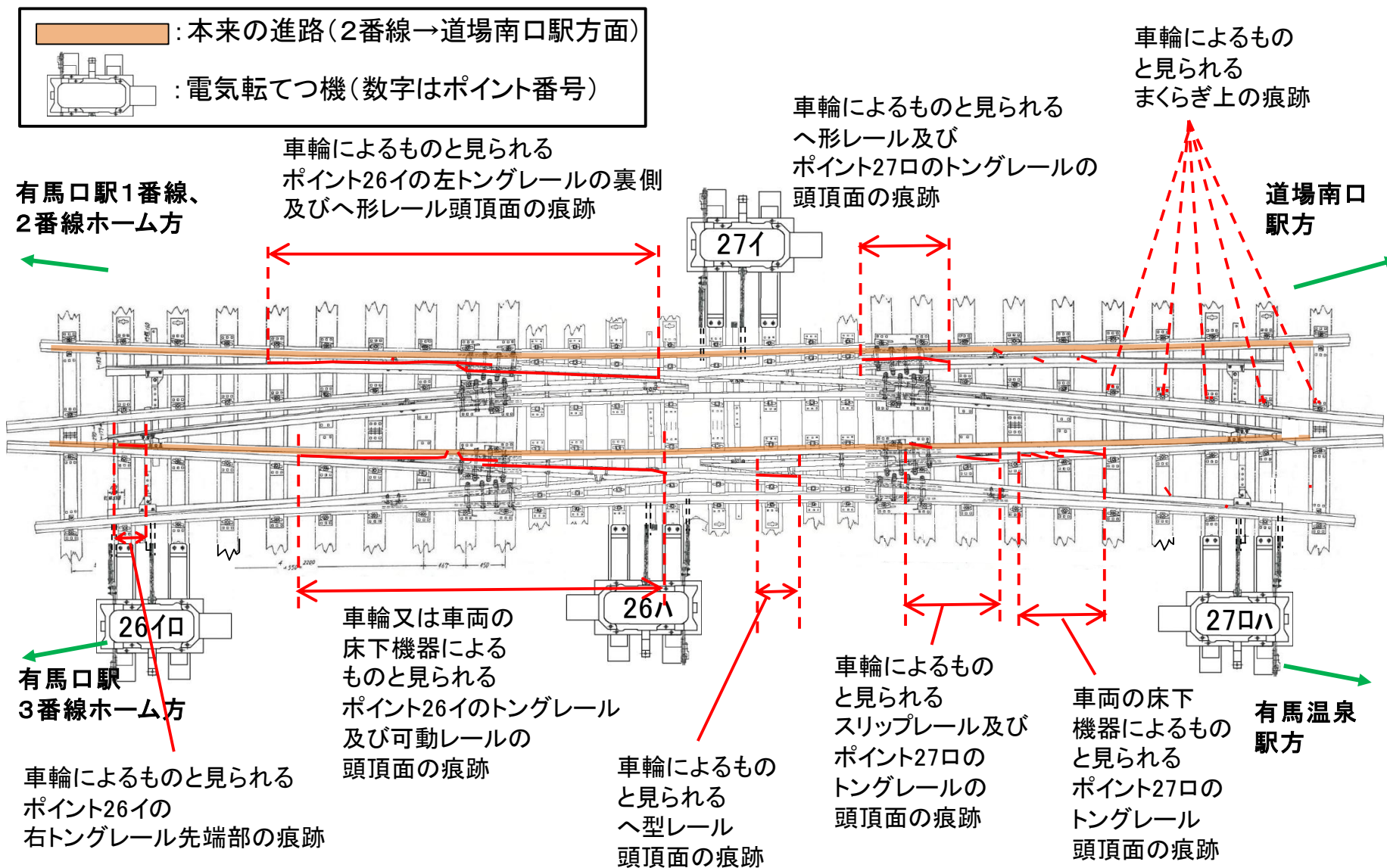
付図2 事故現場付近の地形図



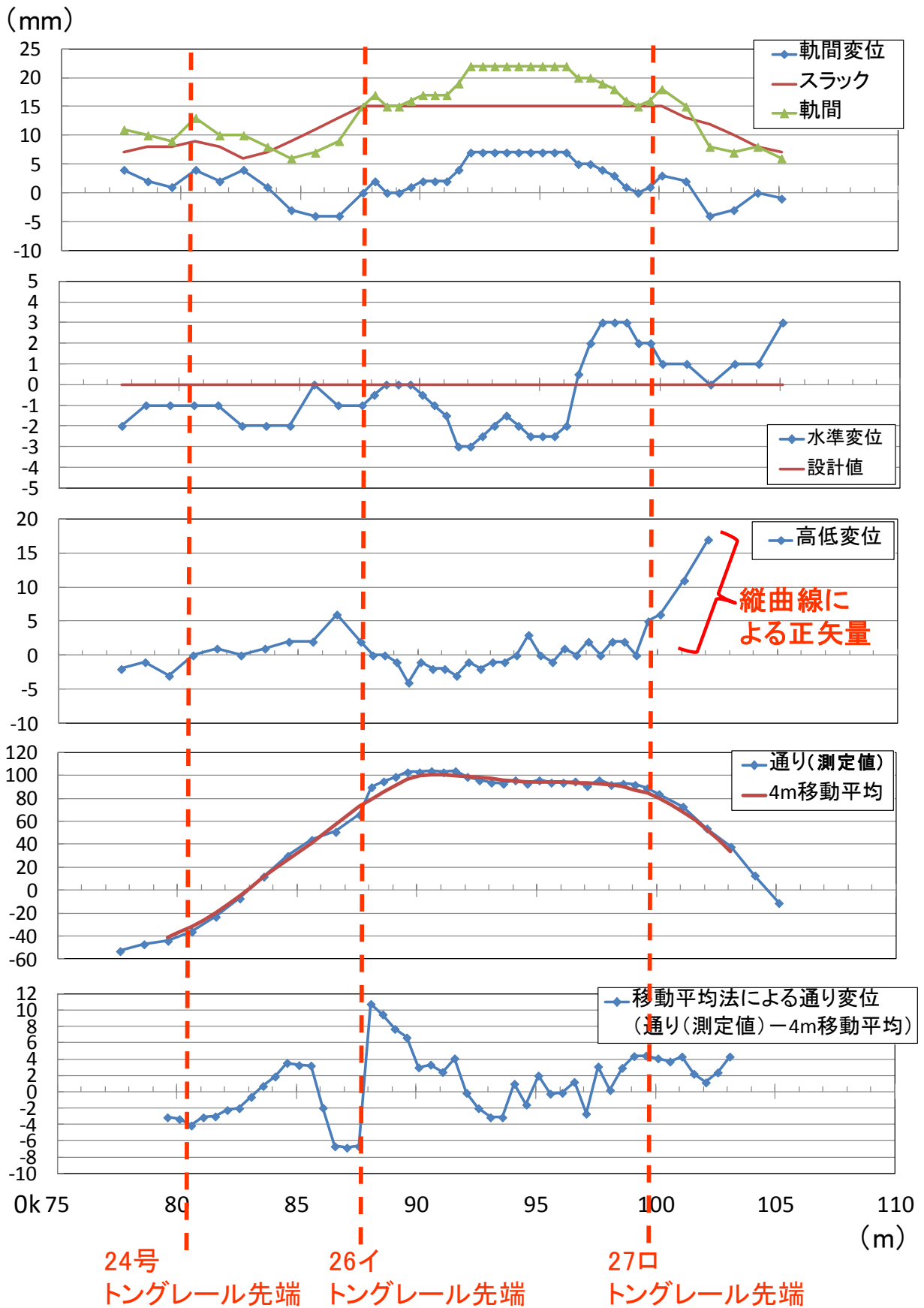
付図3 事故現場の配線及び略図



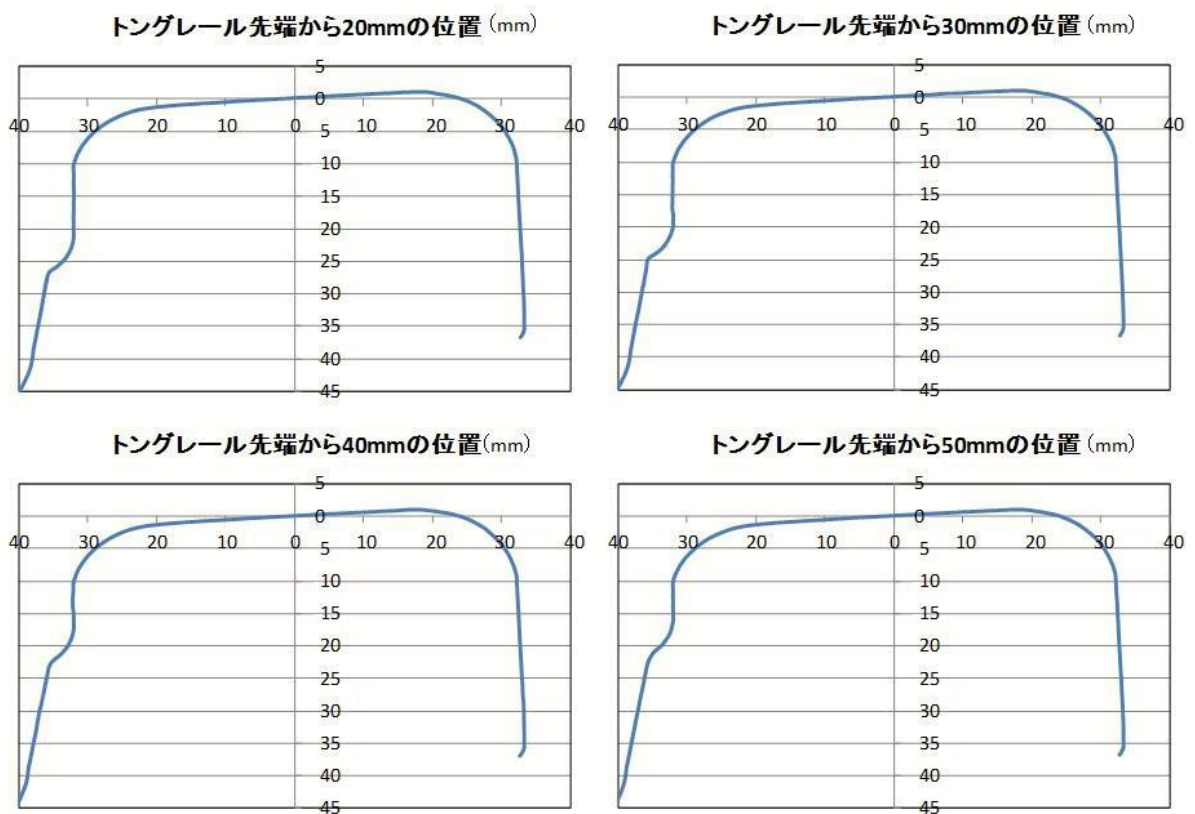
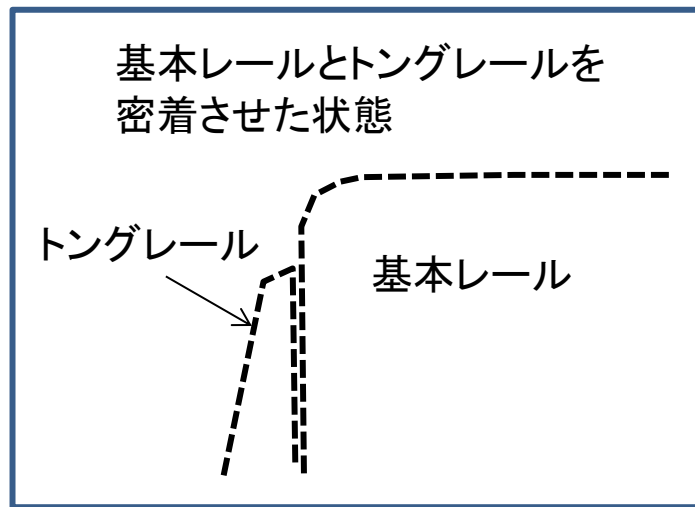
付図4 本件D S Sの状況及び痕跡



付図5 事故現場付近の軌道変位（本事故後）



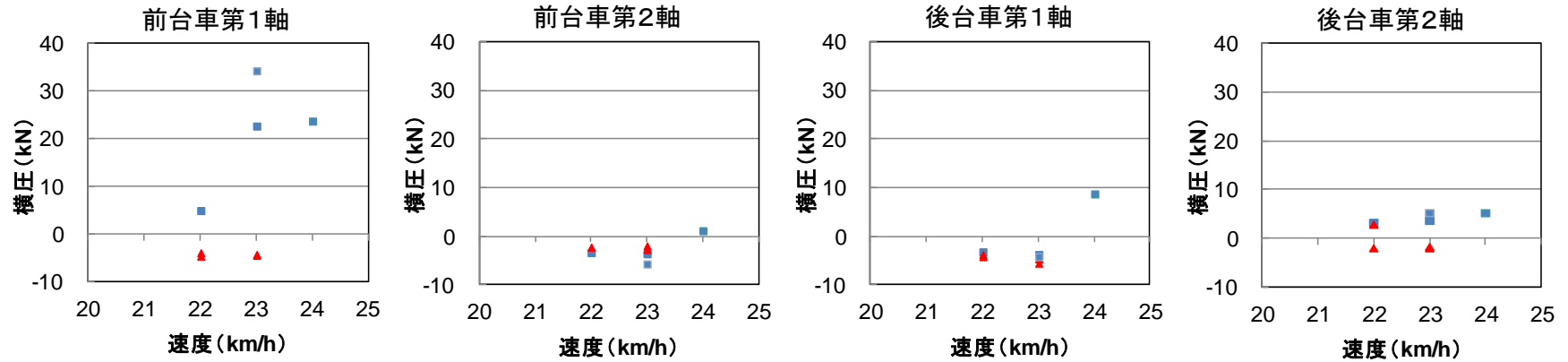
付図6 ポイント26イの基本レールと右トングレールを密着させた状態での断面形状（本事故後）



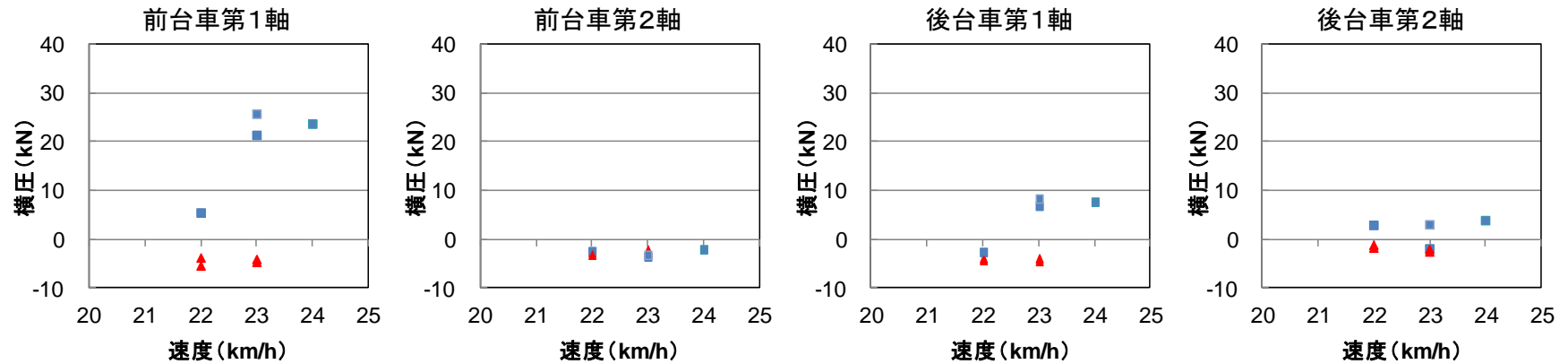
付図7 走行試験による横圧の測定結果（その1）

本件DSSのポイント26イの右トンブレード先端付近にあたる位置の測点

1両目車両



2両目車両



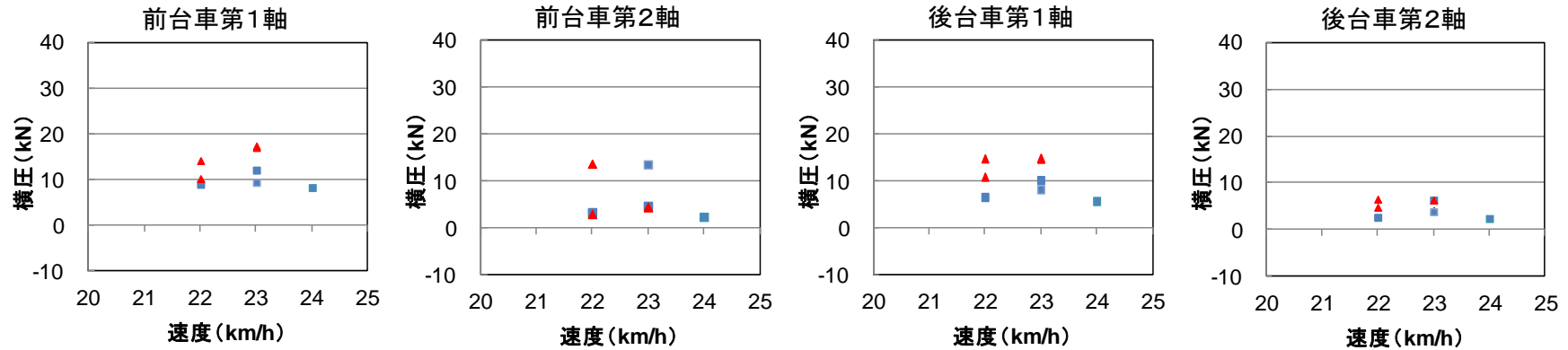
▲ : 1番線出発の列車走行時

■ : 2番線出発の列車走行時

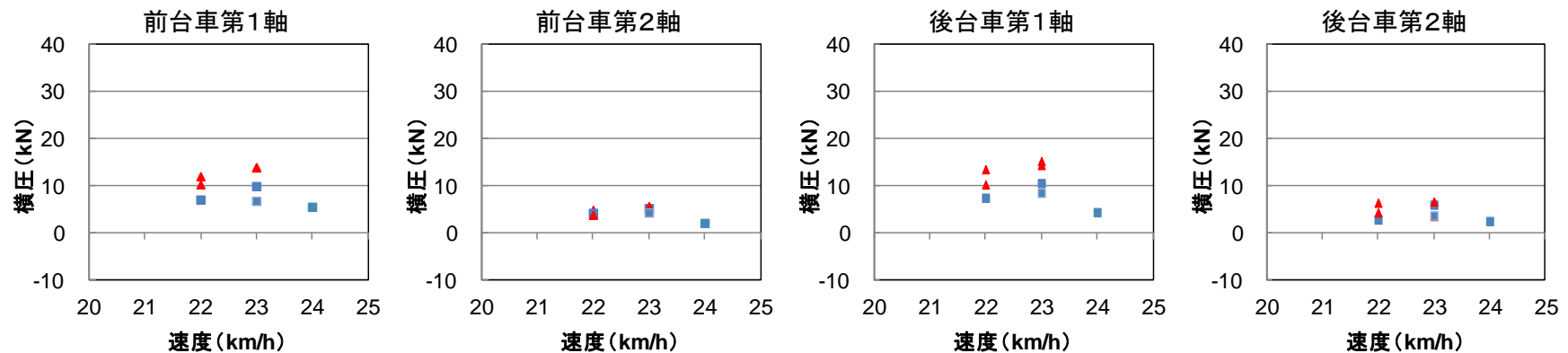
付図7 走行試験による横圧の測定結果（その2）

本件DSSのポイント26イの右トングレールとスリップレールの継目付近にあたる位置の測点

1両目車両



2両目車両

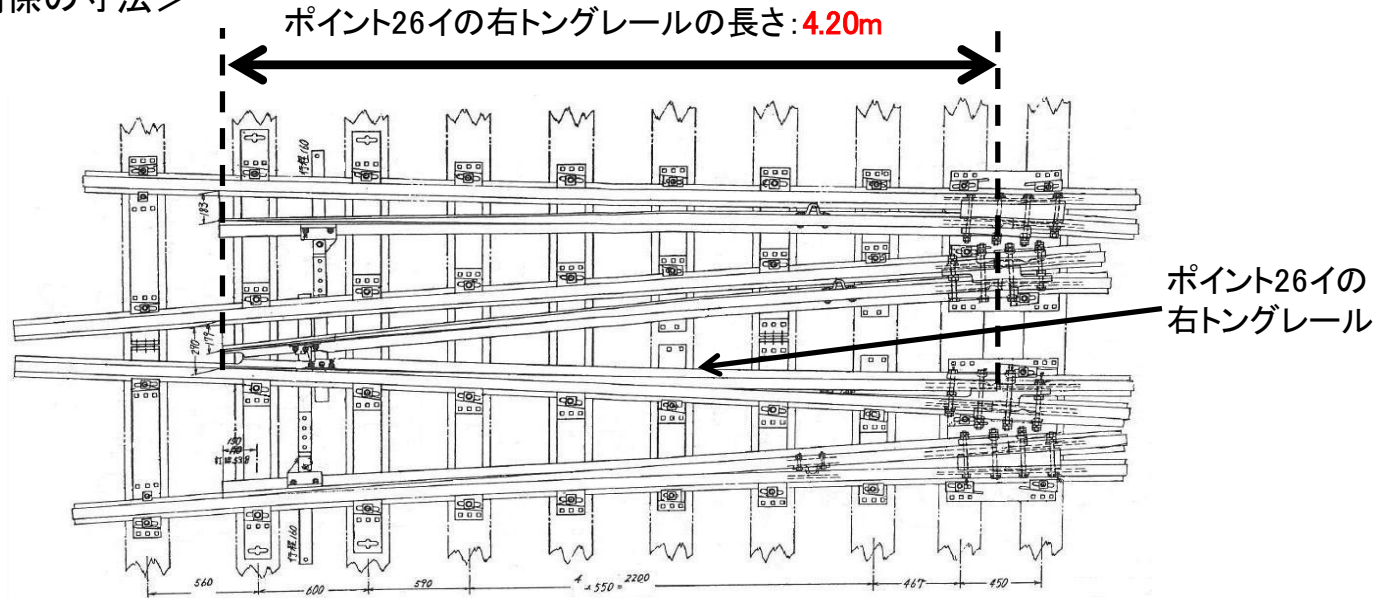


▲ : 1番線出発の列車走行時

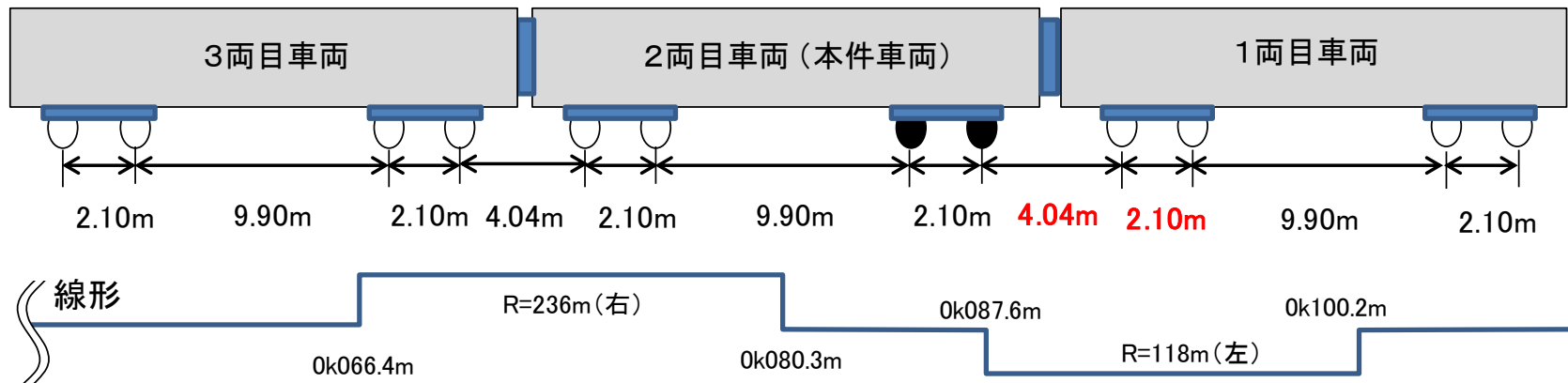
■ : 2番線出発の列車走行時

付図8 軌道と車両の寸法の関係

<軌道関係の寸法>



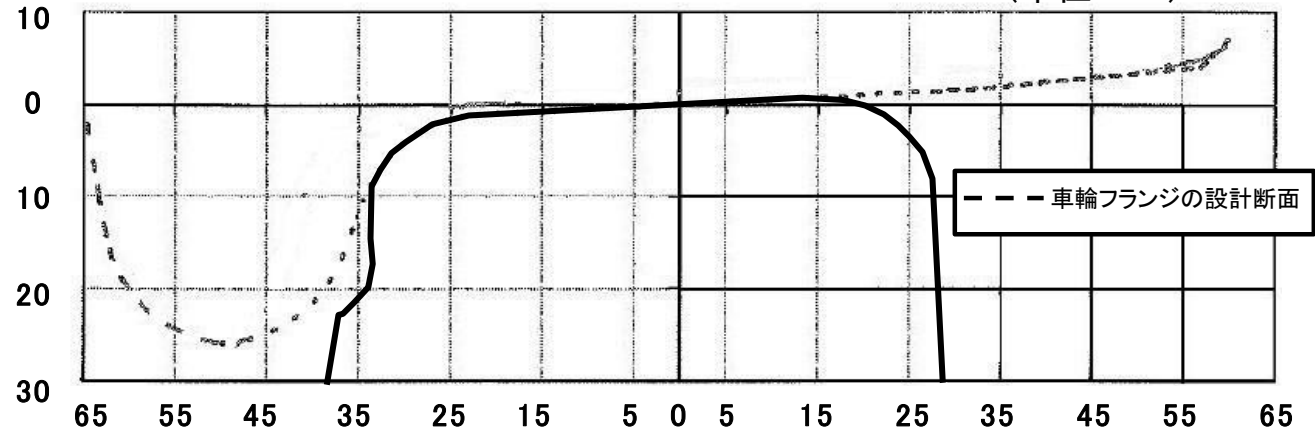
<車両関係の寸法及び事故現場付近の線形(本件車両の前台車第1軸がポイント26イのトングレール先端の時)>



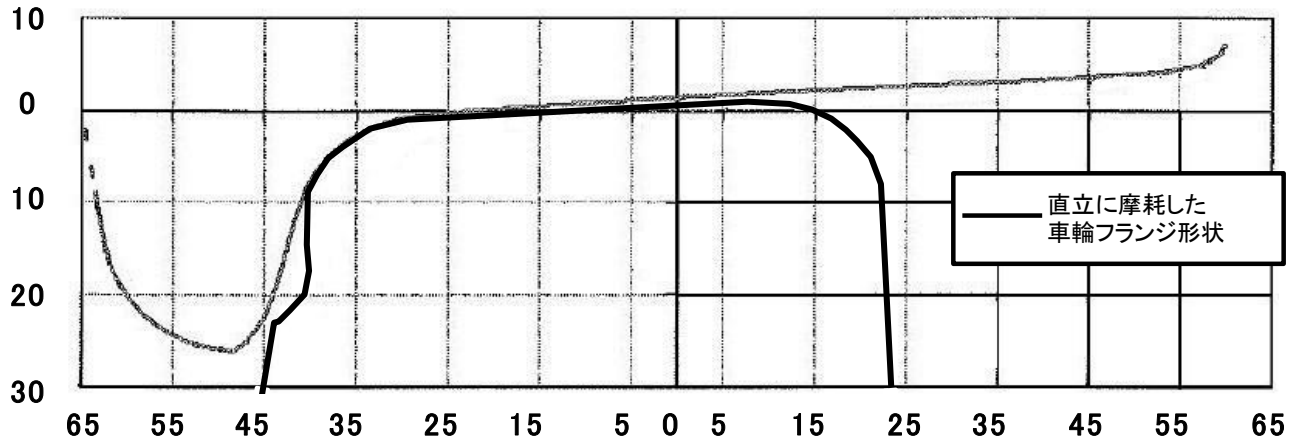
付図9 ポイント26イのトンダレール先端付近における軌道と
本件車両の前台車第1軸右車輪の形状の関係

(1) 設計断面の車輪との関係

(単位:mm)



(2) 直立に摩耗した車輪との関係



付図 1 0 有馬口駅構内の配線変更工事
(神戸電鉄提供資料)

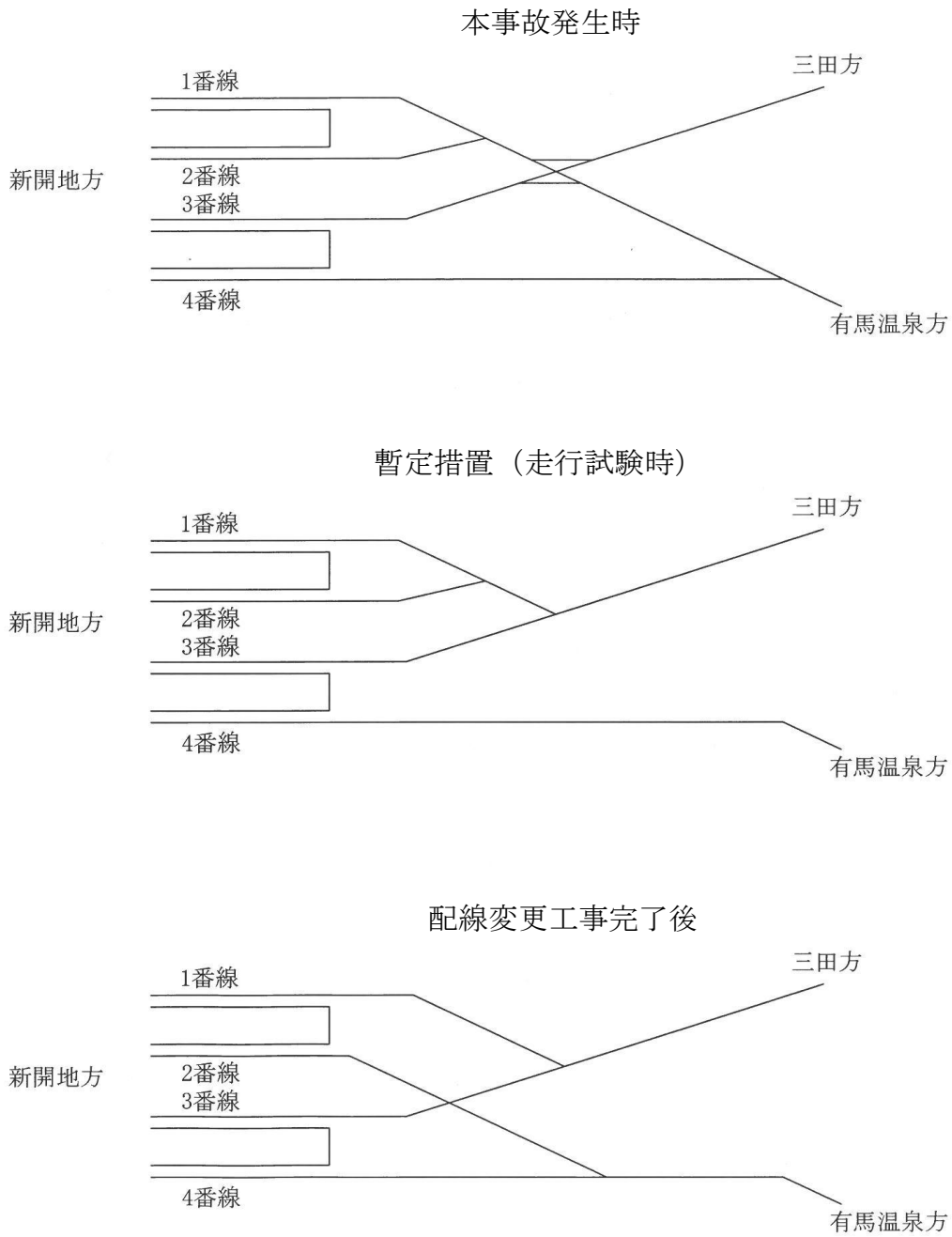


写真1 事故現場の状況

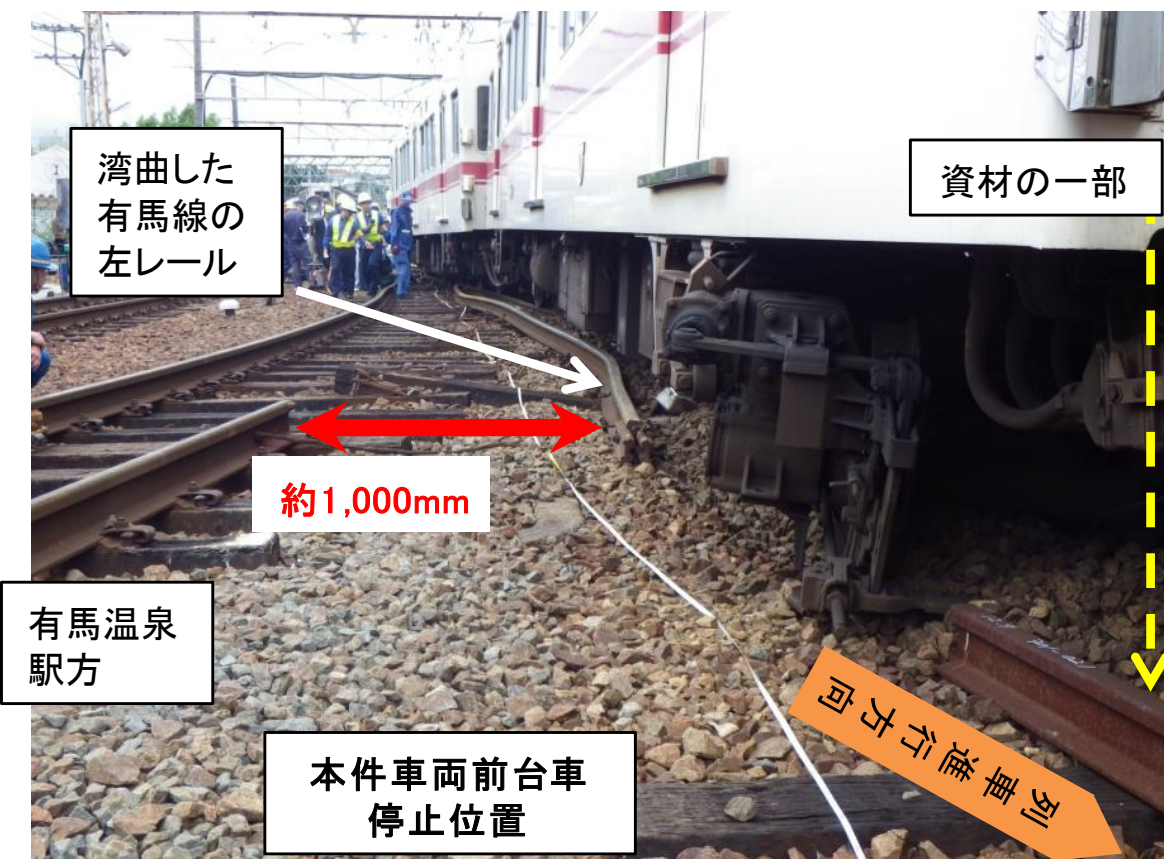
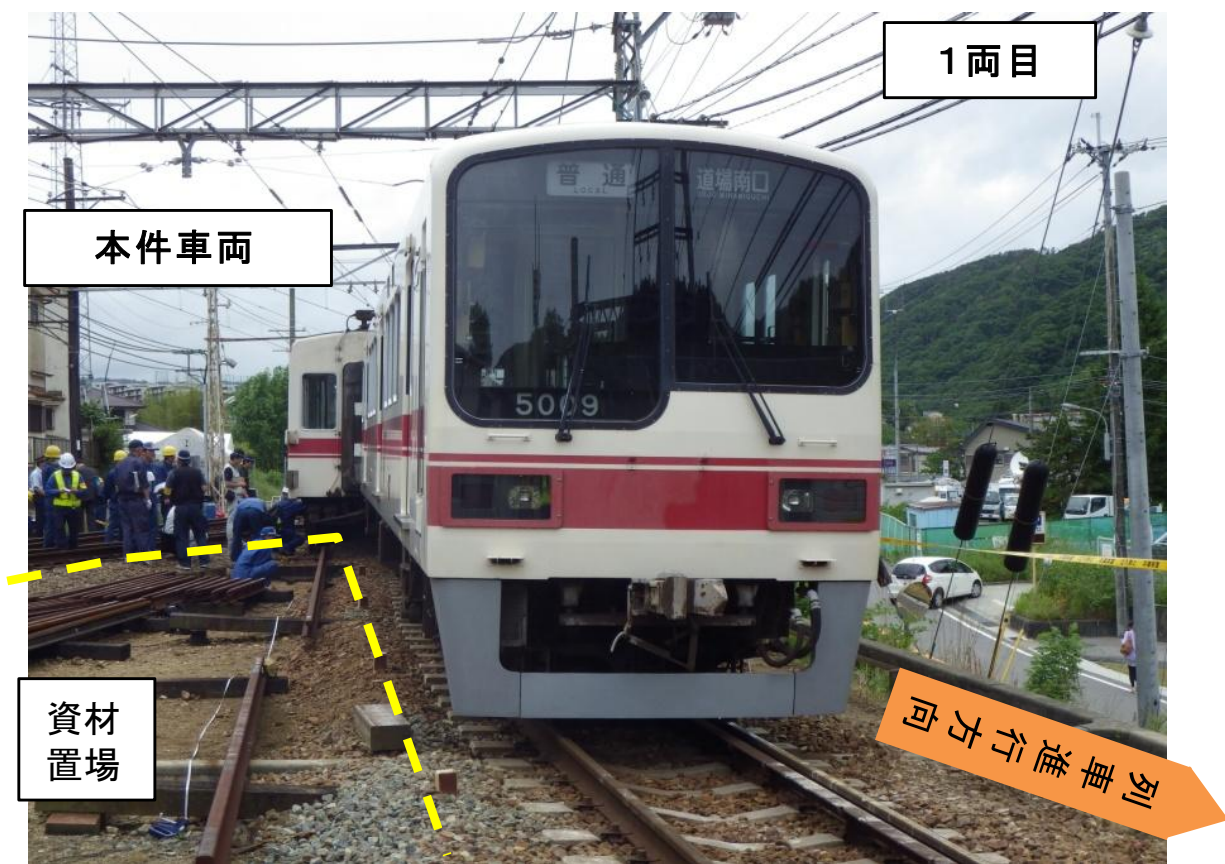


写真2 事故現場の全景

- ・ 事故当日撮影



- ・ 事故後に撮影

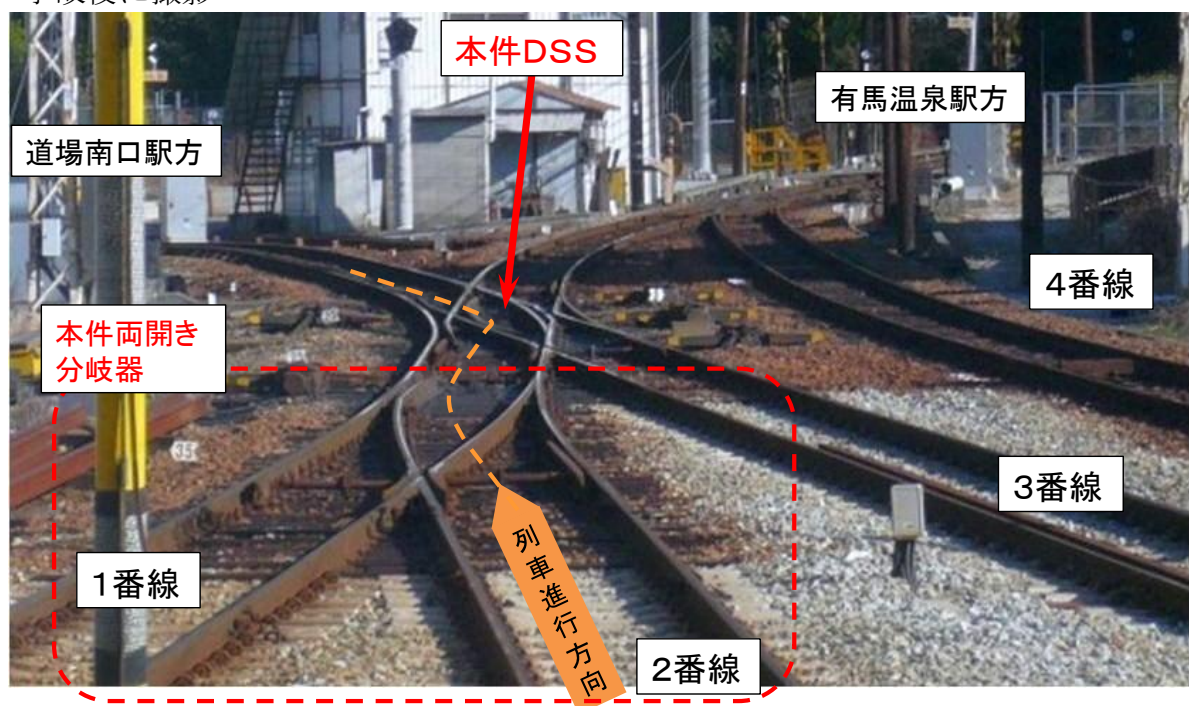


写真3 事故現場の軌道の痕跡の状況 (その1)

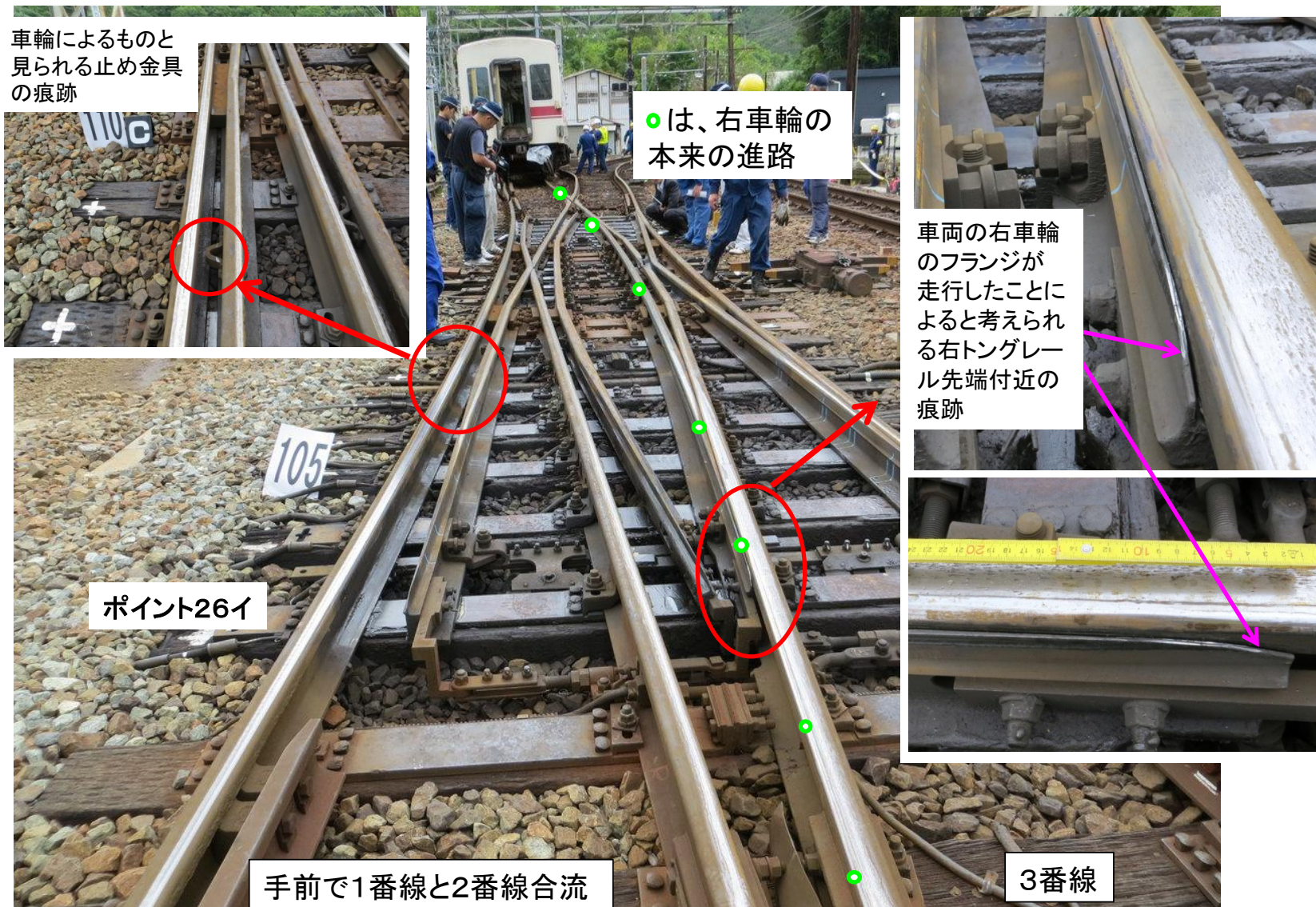


写真4 事故現場の軌道の痕跡の状況（その2）

●は、右車輪の
本来の進路

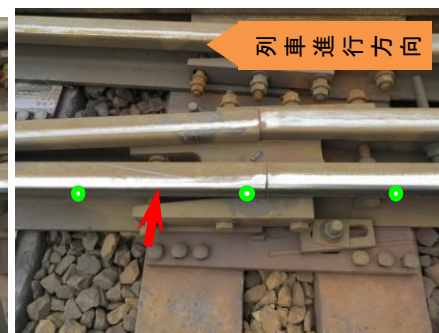
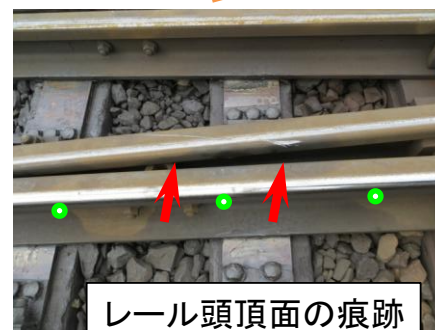
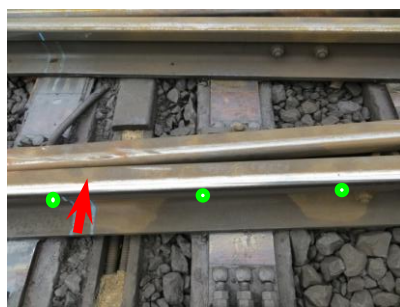
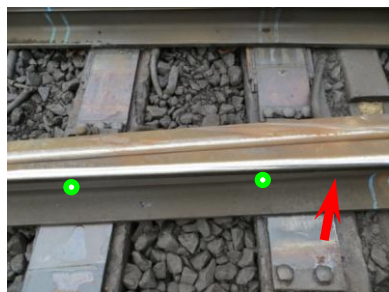
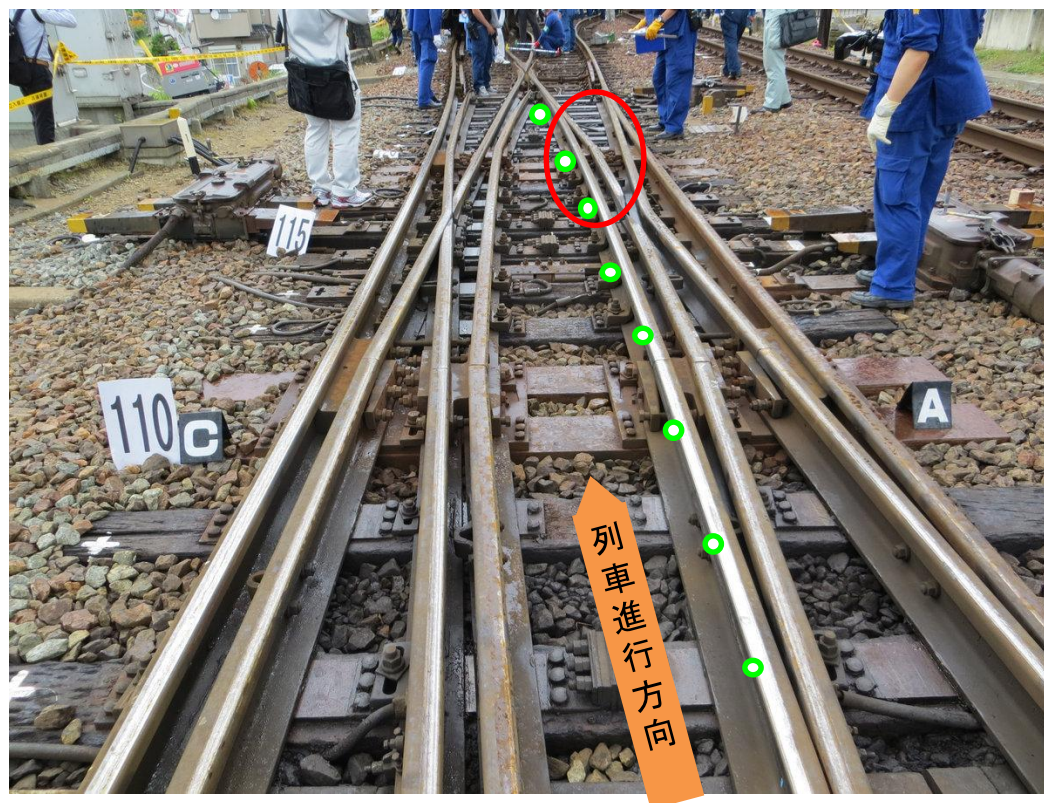
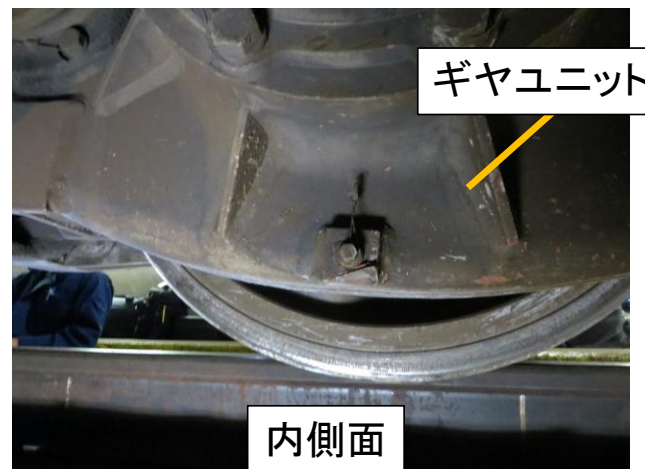


写真5 本件車両の痕跡の状況 (その1)

2両目前台車第1軸 左車輪



2両目前台車第1軸 右車輪

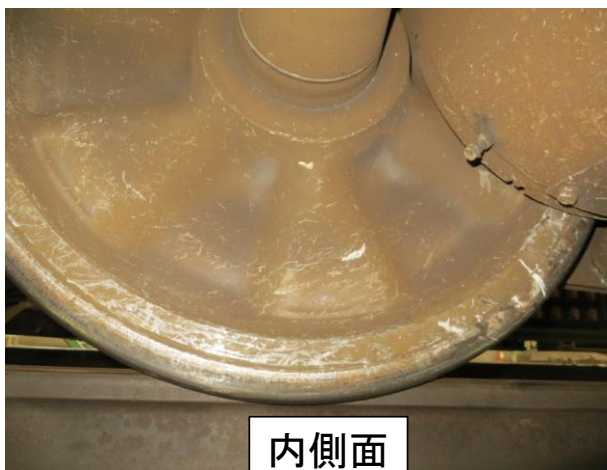
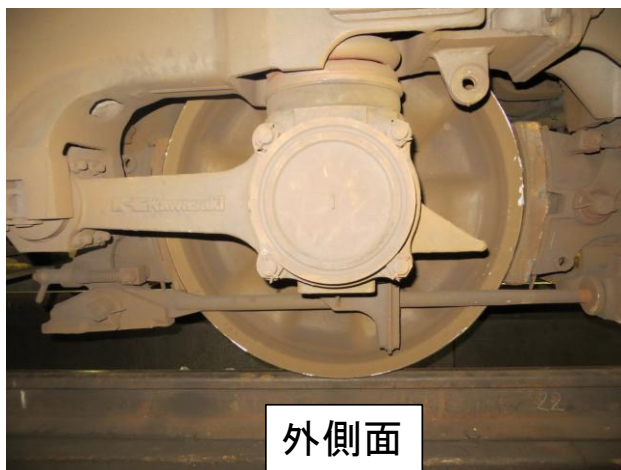
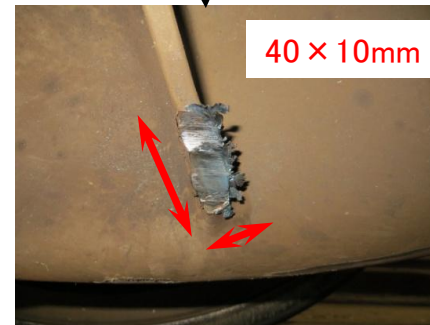
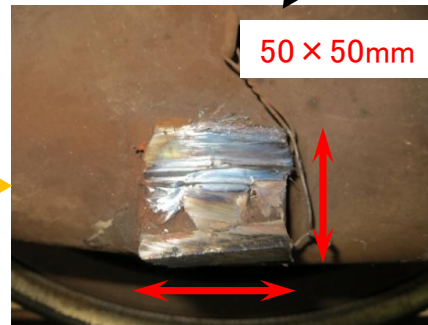
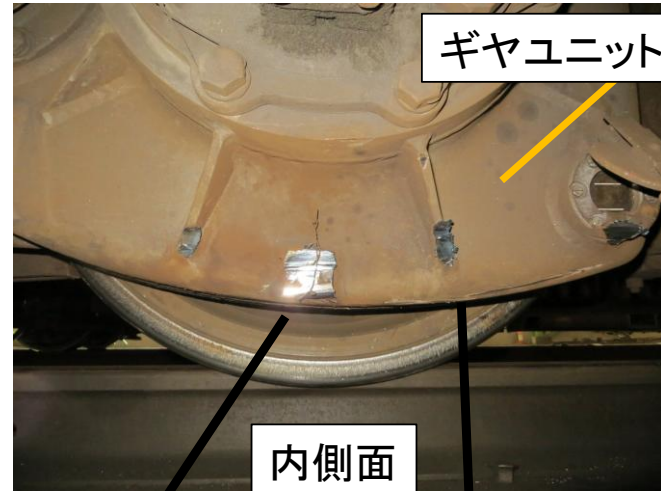


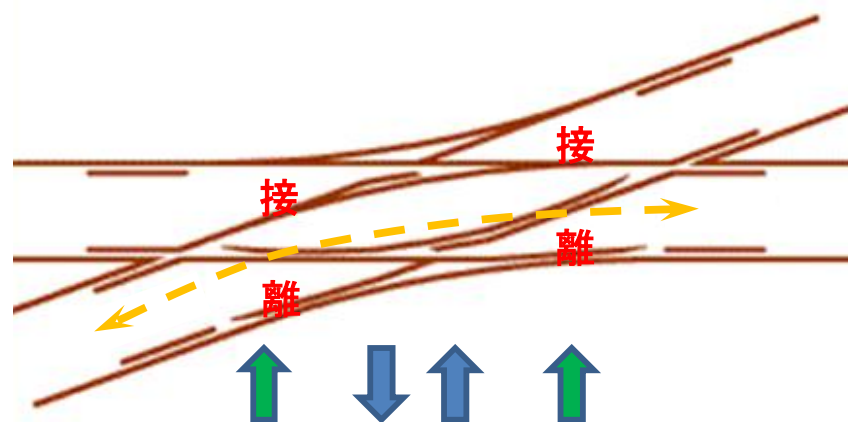
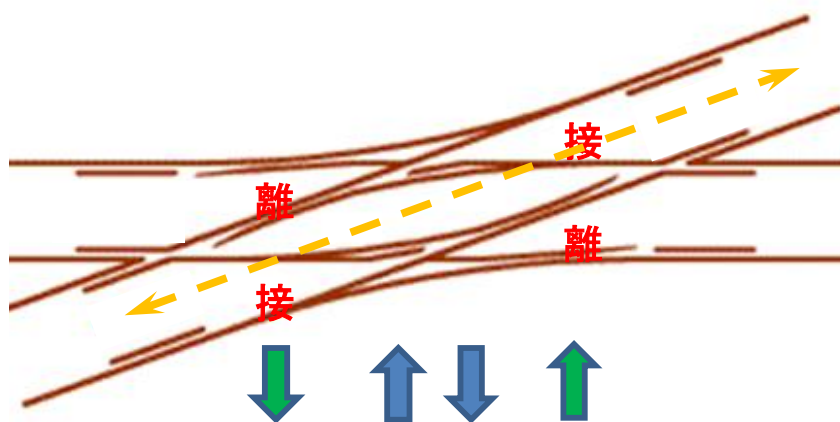
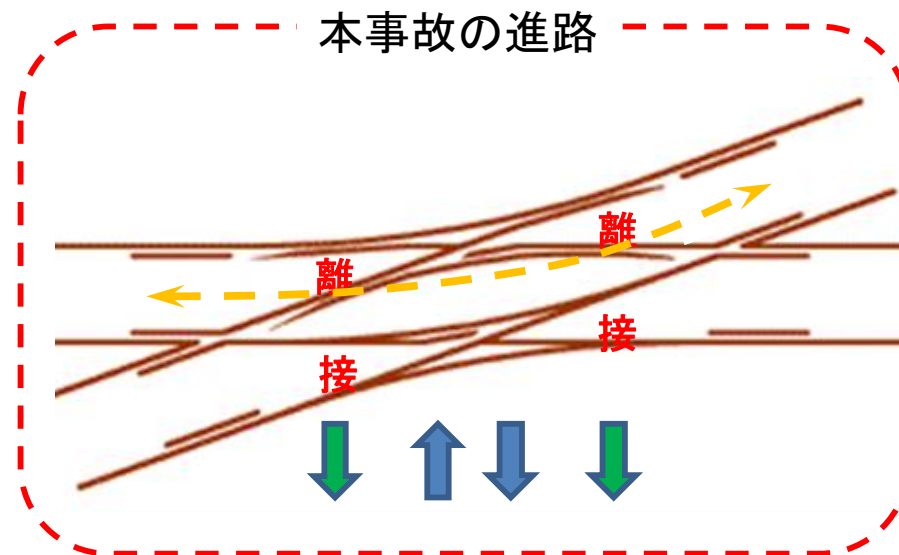
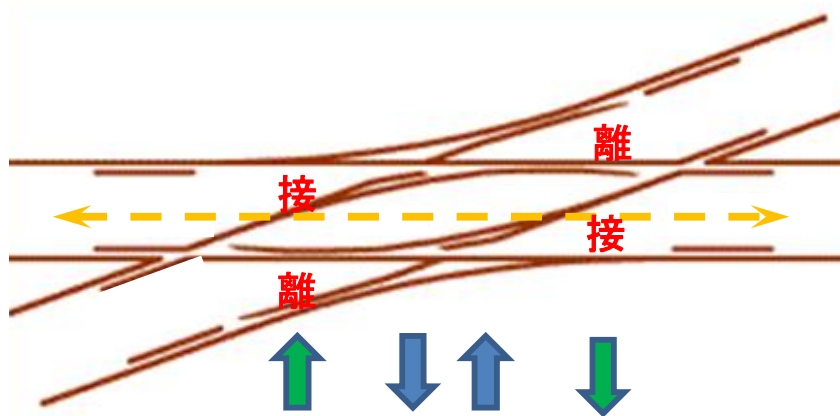
写真6 本件車両の痕跡の状況 (その2)

本件車両の前台車第2軸 右車輪



参考付図 D S S (ダブルスリップスイッチ) の動作概念図

列車の進行方向 ← →



※上下矢印は電気転てつ機の動作