

# 鉄 道 事 故 調 査 報 告 書

I 東日本旅客鉄道株式会社 上越新幹線浦佐駅～長岡駅間 列車脱線事故

II 九州旅客鉄道株式会社 日豊線加治木駅～錦江駅間 踏切障害事故

III 南阿蘇鉄道株式会社 高森線阿蘇下田城ふれあい温泉駅～  
南阿蘇水の生まれる里白水高原駅間 列車脱線事故

平成19年11月30日

航空・鉄道事故調査委員会

本報告書の調査は、本件鉄道事故に関し、航空・鉄道事故調査委員会設置法に基づき、航空・鉄道事故調査委員会により、鉄道事故の原因を究明し、事故の防止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。

航空・鉄道事故調査委員会

委員長 後藤 昇 弘

I 東日本旅客鉄道株式会社上越新幹線浦佐駅～長岡駅間  
列車脱線事故

# 鉄道事故調査報告書

鉄道事業者名：東日本旅客鉄道株式会社

事故種類：列車脱線事故

発生日時：平成16年10月23日 17時56分ごろ

発生場所：新潟県長岡市

上越新幹線 浦佐<sup>うらさ</sup>駅～長岡駅間

大宮駅起点206k207m付近

平成19年11月1日

航空・鉄道事故調査委員会議決

委員長 後藤 昇 弘

委員 楠 木 行 雄

委員 中 川 聡 子

委員 松 本 陽

委員 宮 本 昌 幸

委員 富 井 規 雄

委員 遠 藤 信 介

委員 豊 岡 昇

委員 首 藤 由 紀

委員 松 尾 亜紀子

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	調査の実施期間.....	2
1.2.3	経過報告.....	2
1.2.4	原因関係者からの意見聴取.....	2
2	認定した事実.....	3
2.1	運行の経過.....	3
2.1.1	運行の経過.....	3
2.1.2	客室内の状況等.....	4
2.1.3	本事故の目撃者の口述.....	4
2.2	人の死亡、行方不明及び負傷.....	5
2.3	鉄道施設及び車両の損傷に関する情報.....	5
2.3.1	鉄道施設の主な損傷状況.....	5
2.3.2	車両の主な損傷状況.....	6
2.4	乗務員に関する情報.....	9
2.5	鉄道施設等に関する情報.....	9
2.5.1	鉄道施設の概要.....	9
2.5.2	鉄道施設の検査.....	10
2.5.3	地形、地質等の状況.....	10
2.6	車両に関する情報.....	11
2.6.1	車両の概要.....	11
2.6.2	車両の検査.....	12
2.6.3	A T C 車 上 装 置 の 記 録.....	13
2.7	地震発生時に列車を緊急停止させるシステムに関する情報.....	13
2.8	気象に関する情報.....	14
2.9	地震に関する情報.....	14
2.9.1	地震の概要.....	14
2.9.2	事故現場周辺の地震計の記録.....	14
2.9.3	上越新幹線の変電所等に配置された沿線地震計の警報発出時刻.....	14
2.10	事故現場に関する情報.....	15
2.10.1	脱線の状況.....	15
2.10.2	脱線の痕跡.....	16
2.11	本事故発生後の同社の対応に関する情報.....	17

2.1.2	避難誘導等に関する情報.....	17
2.1.3	事実を認定するための試験及び研究.....	18
2.13.1	材料分析.....	18
2.13.2	車輪と軌道の痕跡に関する解析.....	18
2.13.3	地震時の車両走行シミュレーションに関する解析.....	19
2.1.4	事故時における乗客等の状況に関する情報.....	23
3	事実を認定した理由.....	25
3.1	車両に関する解析.....	25
3.2	新潟県中越地震による鉄道施設の損壊に関する解析.....	25
3.3	新潟県中越地震発生から脱線に至るまでの過程に関する解析.....	25
3.3.1	き電停止時における本件列車の位置に関する解析.....	25
3.3.2	事故現場付近の地震波推定到達時刻における本件列車の 位置に関する解析.....	25
3.3.3	軌間拡大に関する解析.....	25
3.3.4	脱線の過程に関する解析.....	26
3.4	軌道の損傷に関する解析.....	27
3.5	車両の損傷に関する解析.....	28
3.5.1	車輪の損傷に関する解析.....	28
3.5.2	車体底部の損傷に関する解析.....	28
3.5.3	排障器の損傷に関する解析.....	28
3.5.4	窓ガラスの損傷に関する解析.....	29
3.5.5	屋根上機器の損傷に関する解析.....	29
3.6	被害が大きく拡大しなかったことに関する解析.....	29
3.7	客室内における人的被害のおそれに関する解析.....	29
4	原因.....	30
5	所見.....	30
6	参考事項.....	31
6.1	事故後に同社が講じた措置.....	31
6.2	事故後に国土交通省が講じた措置.....	31
付図1	上越新幹線路線図及び事故現場付近の略図.....	32
付図2	軌道の損傷状況等（その1）.....	33
付図2	軌道の損傷状況等（その2）（接着絶縁レール付近）.....	40
付図2	軌道の損傷状況等（その3）（軌道変位の状況）.....	41
付図3	車両の脱線状況.....	42

付図 4	車両の主な損傷状況 (その 1) (1 両目) .....	43
付図 4	車両の主な損傷状況 (その 2) (2 両目) .....	44
付図 4	車両の主な損傷状況 (その 3) (3 両目) .....	44
付図 4	車両の主な損傷状況 (その 4) (4 両目) .....	45
付図 4	車両の主な損傷状況 (その 5) (5 両目) .....	45
付図 4	車両の主な損傷状況 (その 6) (6 両目) .....	46
付図 4	車両の主な損傷状況 (その 7) (7 両目) .....	46
付図 4	車両の主な損傷状況 (その 8) (8 両目) .....	47
付図 4	車両の主な損傷状況 (その 9) (9 両目) .....	47
付図 4	車両の主な損傷状況 (その 10) (10 両目) .....	48
付図 5	事故現場周辺で観測された新潟県中越地震の最大加速度. ....	49
付図 6	排障器と車輪との位置関係及び左車輪とギヤ・ケースとの間に 左レールを挟んだ状態.....	50
付図 7	地震時の車両走行シミュレーション (その 1) (a) .....	51
付図 7	地震時の車両走行シミュレーション (その 2) (b) (c) .....	52
付図 7	地震時の車両走行シミュレーション (その 3) (d) .....	53
付図 7	地震時の車両走行シミュレーション (その 4) (e) (f) (g) .....	54
付図 7	地震時の車両走行シミュレーション (その 5) (h) .....	55
付図 7	地震時の車両走行シミュレーション (その 6) .....	56

# 1 鉄道事故調査の経過

## 1.1 鉄道事故の概要

東日本旅客鉄道株式会社の東京駅発新潟駅行き10両編成の下り第325C列車（とき325号）は、平成16年10月23日（土）、浦佐駅を定刻（17時49分）に通過した後、その先頭が大宮駅起点205k701mの滝谷<sup>たきや</sup>トンネル出口から出て、直線区間を速度約200km/hで走行中、大きな揺れとともに非常ブレーキが作動して、大宮駅起点207k828m付近に停止した。

当該列車は、停止時に、10両中8両（20台車中12台車、40軸中22軸）が脱線していたが、1両目の前台車第1軸（車両は前から数え、前後左右は進行方向を基準とする。）は、左車輪とギヤ・ケースとの間に左レールを、右車輪と排障器との間に右レールを、それぞれ挟んだ状態で停止しており、線路から大きく逸脱していなかった。また、すべての車両は連結を保持したままであった。

当該列車には、乗客151名、乗務員2名及び車内販売員1名の計154名が乗車していたが、死傷者はなかった。

当該列車は、全車両に損傷があったが、客室内に損傷は見受けられなかった。

なお、同日17時56分ごろ、列車停止位置の南約11kmを震央とする最大震度7の「平成16年（2004年）新潟県中越地震」が発生した。

## 1.2 鉄道事故調査の概要

### 1.2.1 調査組織

航空・鉄道事故調査委員会は、平成16年10月23日、本事故の調査を担当する主管調査官ほか4名の鉄道事故調査官を指名した。

また、平成18年1月20日、1名の鉄道事故調査官を追加指名した。

本事故について、専門事項の調査のため、専門委員5名を任命した。また、脱線前後の経過を調査するため、平成16年11月1日、上越新幹線列車脱線メカニズム調査部会を設置し、10回開催した。同調査部会は委員のほか、次の専門委員5名と2名の専門家から構成されている。



所 属	職 名	氏 名	分 野
東京大学 地震研究所	教授	阿部 勝征	地震
国際航業株式会社	上席フェロー 技術センター長	大島 洋志	地質
国士舘大学 工学部	教授	岡田 勝也	地盤防災
東京大学 国際・産学共同研究センター	教授	須田 義大	車両
芝浦工業大学 工学部	教授	松浦 章夫	構造物
財団法人鉄道総合技術研究所	軌道技術研究部長	高井 秀之	軌道（専門家）
財団法人鉄道総合技術研究所	鉄道力学研究部長	鈴木 康文	車両（専門家）

（所属及び職名は平成16年11月当時のものを示す。）

また、委員長、委員、専門委員及び鉄道事故調査官を現場等に派遣して調査を行った。

北陸信越運輸局は、本事故調査の支援のため、職員を事故現場に派遣した。

本事故に関し、地震時の車両走行シミュレーションに関する解析及び車輪と軌道の痕跡に関する解析を財団法人鉄道総合技術研究所に委託したほか、同研究所の協力を得た。

### 1.2.2 調査の実施期間

平成16年10月24日～25日、11月2日～3日、8日、10日～13日

現場調査

平成16年10月29日、11月13日、平成17年1月26日

口述聴取

平成16年11月17日～19日、24日～26日、11月29日～12月1日、  
7日、16日～17日、平成17年3月18日

車両調査

平成16年10月27日～平成17年3月22日

地震時の車両走行シミュレーションに関する解析

平成17年1月17日～3月22日

車輪と軌道の痕跡に関する解析

### 1.2.3 経過報告

平成17年1月24日、その時点までの事実調査結果に基づき、国土交通大臣に対して経過報告を行い公表した。

### 1.2.4 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 認定した事実

### 2.1 運行の経過

#### 2.1.1 運行の経過

事故に至るまでの経過は、東日本旅客鉄道株式会社（以下「同社」という。）の下り第325C列車（以下「本件列車」という。）の運転士（以下「運転士」という。）及び車掌（以下「車掌」という。）の口述によれば、概略次のとおりであった。

##### (1) 運転士

東京駅で本件列車を「異常なし」で引き継ぎ、東京駅から越後湯沢駅まで定刻で運転した。越後湯沢駅を定刻（17時38分）に出発し、その後、浦佐駅も定刻（17時49分）に通過し、滝谷トンネルを出て速度約200km/hで惰行運転中、「ドカン」と下から突き上げるような感じの大きな縦揺れがあり、横揺れに変わった。停電になって非常ブレーキがかかったが、それが自分の操作によるものかATC<sup>1</sup>によるものか、どちらが先かはわからない。また、揺れと「ガリガリ」と擦るような音がしばらく続いた。

外は暗くなっていたが、パンタグラフが離線してスパークしたときのような「パチパチ」というよりは「ボワー」とした明かりが広がったように感じた。早く止まれと言う気持ちでずっと前を見ていたが、レールはあった。両足を踏ん張ってずっと座っていた。停止した時、運転室は線路にほぼ平行でそれほど傾斜もしていなかった。

停止後、車掌と車内電話で連絡を取り合い、運転室の無線機が使用できないことを伝え、無線機に変わる手段として、JR携帯電話（LCX<sup>2</sup>回線が敷設されているところで使用可能な電話）を車掌に持ってきてもらい、新幹線運行本部指令（以下「指令」という。）に事故発生の第一報をいれた。

なお、本件列車の乗務開始から事故に至るまでの間、車両に異常は認められなかった。

##### (2) 車掌

東京駅を出発してから越後湯沢駅までの運転状況に異常はなかった。越後湯沢駅出発後は乗車人員を把握する区間なので、車内巡回を行ったところ、乗車人員は151名だった。なお、10両目の乗客は1名のみだった。長岡駅到着まで5分をきっていたので、到着監視とドア扱いの所定位置である2両目左の

<sup>1</sup> 「ATC」は、Automatic Train Control Device（自動列車制御装置）の略語である。

<sup>2</sup> 「LCX」は、Leaky Coaxial Cable（漏洩同軸ケーブル）の略語であり、無線の情報を伝える機能を持つケーブルである。

乗務員室で長岡駅到着の準備をしていた。

トンネルを出てすぐに左へ1回（新幹線同士がすれ違う時のような）横揺れがあり、その後、停止するまで縦揺れが続いた。左右の肘掛けにつかまっていなると体が浮くほどで、ほぼ規則的な縦揺れだった。

床下から鎖が切れるような「ピン、ピン」という音が聞こえ、低速になると聞こえなくなった。停止するころには揺れもゆるやかになり、停止したときは、前につんのめる感じだった。窓の外を見ると、上から青白い火花が降ってきた。また、砂ぼこりが舞い上がり、霧<sup>もや</sup>がかかったような感じだった。

停止後、運転士に車内電話で連絡した。最初、運転士は事態を飲み込めない様子で、「何かにぶつかったようだ」と言っていた。運転士が「無線が使えないのでJR携帯電話を持ってきてほしい」と言ったので、それを持って1両目の運転室へ向かった。その後、運転士が指令と通話中、大きな揺れがあり、高架橋が波打ち、架線が横に揺れて地震であることがわかった。

### 2.1.2 客室内の状況等

事故に至るまでの経過と客室内の状況は、本件列車の9両目に乗車していた乗客Aの口述によれば、概略次のとおりであった。

9両目の前から3～4列目の右窓側の座席に座って眠っていた。突然、下から強い衝撃と「ガタガタ」という音がして座席から前に投げ出され、床に手をついた。衝撃を感じてからすぐに（2～3秒後位か、もっと早い時間）車両は右へ傾いた。

その後、ブレーキがかかった感じがしたときは、揺れや「ガタガタ」という音はなく、「ガー」と擦れるような音が聞こえた。また、停止するとき大きな揺れはなく、右へ傾いたまま停止した。自分の荷物は網棚から座席に落ちていた。停止後、余震があつて初めて地震だということが分かった。客室内の照明は、最初の衝撃で消えたが、すぐに非常灯が点灯した。また、車掌の車内放送も聞こえた。

### 2.1.3 本事故の目撃者の口述

<sup>とおかまち</sup>十日町高架橋付近で本事故を目撃した目撃者の口述によれば、事故の状況は概略次のとおりであった。

地震発生当時は犬の散歩の途中で、線路の方に背を向けていたが本件列車がトンネルから出てくる音が聞こえた。いつも聞こえる音なので本件列車が出てくるのは分かった。

本件列車がトンネルから出てきた直後に地震で揺れた。本件列車がトンネル

を全部抜け出る前に異常な音は聞こえなかった。普通に走行している音は聞こえた。線路の方を見ると、トンネルを全部抜け出たところに火花が出始め徐々に大きくなったが、それが出始めたのは、後から思えば脱線した箇所付近からだったと思う。火花は徐々に小さくなり、本件列車は揺れている感じはなく、そのまま滑るように走っていった。その時は脱線しているかどうかは分からなかった。

なお、本事故の発生時刻は17時56分ごろであった。

(付図1、2(その1及びその2)、3、4(その1～その10)、5参照)

## 2.2 人の死亡、行方不明及び負傷 なし

## 2.3 鉄道施設及び車両の損傷に関する情報

### 2.3.1 鉄道施設の主な損傷状況

#### (1) 軌道

##### ① 下り線

大宮駅起点205k960m付近(以下「大宮駅起点」は省略。)以降で軌間拡大があった。

右レールの206k207m付近及び左レールの206k227m付近から、それぞれ1両目停止位置付近までレール締結装置(直結8形)のアンカーボルト、締結ボルト、板ばね等が多数損壊し、散乱していた。

また、レールが一部で左若しくは右に移動し、又は転倒し、左レールの一部が206k500m～600m付近及び206k700m～810m付近で左側の融雪排水溝<sup>3</sup>に、右レールの一部が206k700m～750m付近及び206k850m～207k550m付近の上下線間の融雪排水溝に、それぞれ落下するなどしていた。

206k696m付近にある絶縁継目部において、左右の接着絶縁レール<sup>4</sup>の接着継目板が外れ、それらの前後のレールが分離して破断し、軌道スラブ右端部に一部欠落及びき裂が生じていた。なお、外れた接着継目板には車輪によると見られる打痕があった。また、206k717m付近及び206k741m付近で、それぞれ右レールが破断していた。なお、破断したレールの底部側面に車輪によると見られる打痕があった。

<sup>3</sup> 「融雪排水溝」とは、融雪用スプリンクラーからの水等を回収するための高架橋上の水路をいう。

<sup>4</sup> 「接着絶縁レール」とは、絶縁継目を強化するためにレールとレールの突合せ部およびレールと接着継目板の間に絶縁材を挿入し、強力な接着剤で一体化したレールをいう。

## ② 上り線

206k735m付近の左レールに、下り線の破断したレールが当たったと見られる損傷があった。また、206k720m～750m付近の軌道スラブ左上端部が一部欠落していた。しかし、脱線につながるような損傷はなかった。

### (2) 橋りょう

浄土川橋りょう（206k014m～206k057m。以下、構造物の位置は2.5.1(3)参照）付近で最大約7cm、十日町高架橋T3（Tは桁式、後に記述するRはラーメン式を表し、数字はその橋りょうごとに付された番号を表す。以下、同様に表す。）付近で最大約3cm、それぞれ下り線のレールレベルが相対的に沈下していた。また、浄土川橋りょうの大宮駅方端付近で、上り線の軌道が左へ最大約4cm相対的に変位していた。しかし、それらの橋りょうに桁の落下等著しい損傷はなかった。

村松高架橋の206k900m～207k370m付近の橋脚28箇所及び東大新江橋りょうの207k658m付近の橋脚1箇所ひがしおおしんえにコンクリート剥離の損傷があった。

また、多くの橋脚の根元には陥没及び空隙が、地表面及び橋脚下部側面には噴泥及び噴砂が、それぞれ見られた。橋脚の根元の最大陥没深さは十日町高架橋R6および中島高架橋R6において約65cm、最大空隙量は村松高架橋T14において約15cmであった。

### (3) 電車線

事故現場付近において、多くの電柱が傾斜し、ハンガ等が多数損傷していた。また、206k900m付近の上り線側可動ブラケットは長幹がいしが二つとも破損し、トロリ線にぶら下がった状態であった。なお、その可動ブラケットの水平パイプ先端部分が変形していた。

(付図2（その1～その3）参照)

## 2.3.2 車両の主な損傷状況

各車両の主な損傷状況は、以下のとおりである。

各車両の客室の窓ガラスは複層ガラス<sup>5</sup>となっているが、以下に記述するその損傷は、外側の合わせガラス<sup>6</sup>にとどまり、内側の強化ガラスには及んでいなかった。な

<sup>5</sup> 「複層ガラス」とは、外側の合わせガラスと内側のみぎき板強化ガラスの間に乾燥空気層を挟んで封入したガラスをいう。

<sup>6</sup> 「合わせガラス」とは、みぎき板ガラスとみぎき板強化ガラスの間に透明フィルムを挟んで密着させたガラスをいう。

お、旅客用乗降口扉の窓ガラスは、合わせガラスのみとなっている。

(1) 1両目 (222-1505)

- ① 前台車第1軸左車輪のフランジの一部が磨滅し、その外側の踏面に打痕があった。
- ② 主排障器及び補助排障器が損傷し、補助排障器の排障ゴムにレール等に接触したと見られる痕跡があった。
- ③ 右の主排障器取付腕の右レール右肩に近い部分及び前台車第1軸のギヤ・ケースの左レール右肩に近い部分に、それぞれすり減ったような損傷があった。
- ④ 客室左側の窓の合わせガラス1枚が損傷していた。
- ⑤ パンタグラフカバーが損傷していた。
- ⑥ 2両目との車端ダンパ装置の連結棒が損傷していた。
- ⑦ 後部連結器胴受が曲がっていた。

(付図4 (その1)、6参照)

(2) 2両目 (215-31)

- ① 車体前端部に連結器によると見られる損傷があった。
- ② パンタグラフカバーが損傷していた。
- ③ 客室左側の窓の合わせガラス2枚が損傷していた。

(付図4 (その2)参照)

(3) 3両目 (226-1033)

- ① 後台車第2軸のギヤ・ケースの右レール左肩に近い部分に、すり減ったような損傷があった。
- ② 客室左側の窓の合わせガラス1枚が損傷していた。
- ③ パンタグラフ (使用中) 左側のホーン及び補助ホーンが曲がっていた。

(付図4 (その3)参照)

(4) 4両目 (225-482)

客室右側及び左側の窓の合わせガラス各1枚が損傷していた。

(付図4 (その4)参照)

(5) 5両目 (226-1009)

- ① 客室右側の窓の合わせガラス1枚が損傷していた。
- ② 屋根上後端の特高渡り装置の渡りバーが損傷していた。

(付図4 (その5)参照)

(6) 6両目 (225-1004)

- ① 後台車第2軸左車輪及び右車輪のフランジの一部 (左車輪及び右車輪の輪周の相対する部分) が磨滅していた。

② 屋根上後端の特高渡り装置のがい管が損傷していた。

(付図4 (その6) 参照)

(7) 7両目 (226-1032)

① 屋根上前端の特高渡り装置のがい管が損傷していた。

② 前台車第1軸右車輪のフランジの一部が磨滅し、その外側の踏面にすり減ったような窪みがあった。

③ 車体底面にレールによると見られる線状の損傷があった。

④ パンタグラフカバーが損傷していた。

⑤ パンタグラフ (使用中) 右側の補助ホーンが曲がっていた。

(付図4 (その7) 参照)

(8) 8両目 (225-1013)

① 車体底面にレールによると見られる線状の損傷があった。

② 客室左側の窓の合わせガラス2枚が損傷していた。

③ 9両目との車端ダンパ装置の連結棒が損傷していた。

(付図4 (その8) 参照)

(9) 9両目 (226-1043)

① 前部左の旅客用乗降口扉の窓の合わせガラス1枚が損傷していた。

② 客室左側の窓の合わせガラス5枚が損傷していた。

③ 車体底面にレールによると見られる線状の損傷があった。

④ 後台車第2軸左車輪のフランジの一部が磨滅していた。

⑤ 10両目との車端ダンパ装置の連結棒が損傷していた。

(付図4 (その9) 参照)

(10) 10両目 (221-1505)

① 前台車第2軸右車輪及び後台車第1軸右車輪のフランジの一部に、それぞれ比較的大きな打痕があった。

② パンタグラフカバーが損傷していた。

③ 前台車第1軸の主電動機底部に、列車進行方向と垂直な断面がほぼ直角三角形状にすり減ったような損傷があった。

④ 客室右側及び左側の窓の合わせガラス各1枚が損傷していた。

⑤ 後部左の旅客用乗降口扉の窓の合わせガラス1枚が損傷していた (損傷が内側まで及んでいた)。

⑥ 車体後部右側面下部に上り線の軌道スラブによると見られる損傷が、同側面下端に上下線間の融雪排水溝によると見られる損傷が、それぞれあった。

⑦ 車体底面にレールによると見られる線状の損傷があった。

- ⑧ 車体底面のふさぎ板10枚が脱落し、また、それらを含めほとんどが損傷していた。
- ⑨ 後台車第1軸右の軸箱前蓋の一部が欠損していた。
- ⑩ 主排障器及び補助排障器が損傷していた。

(付図4 (その10) 参照)

## 2.4 乗務員に関する情報

運転士 男性 41歳

新幹線電気車運転免許

平成7年11月28日

車掌 男性 36歳

## 2.5 鉄道施設等に関する情報

### 2.5.1 鉄道施設の概要

上越新幹線は複線で、軌間は1,435mmである。

事故現場付近の線路はほぼ南北方向で、橋りょうが連続する区間である。また、事故現場付近の鉄道施設の概要は以下のとおりである。

#### (1) 線形

202k159m～207k135mが直線、207k135m～700mが半径10,000mの左曲線（全緩和曲線）である。

#### (2) こう配

204k461m～206k211mが3‰の下りこう配、206k211m～911mが6‰の下りこう配、206k911m～208k163mが1‰の下りこう配である。

#### (3) 構造物

滝谷トンネル	203k028m～205k701m
<small>わたりさわ</small> 渡沢南高架橋	205k701m～205k821m
渡沢北高架橋	205k871m～206k014m
浄土川橋りょう	206k014m～206k057m
十日町高架橋	206k057m～206k625m
沢口橋りょう	206k625m～206k648m
村松高架橋	206k648m～207k432m
村松橋りょう	207k432m～207k520m
片田高架橋	207k520m～207k658m
東大新江橋りょう	207k658m～207k696m
中島高架橋	207k696m～208k183m



- (4) レール  
60 kgレール
  - (5) レール締結装置  
直結8形
  - (6) 道床  
スラブ軌道
- (付図1、2(その1)参照)

### 2.5.2 鉄道施設の検査

同社の事故当時の新幹線軌道施設実施基準及び新幹線土木施設実施基準等による直近の検査実施日等は表1のとおりであり、これらの検査記録に異常はなかった。

表1 鉄道施設の直近の検査実施日

検査等の種類	検査周期等 (以下の期間を超えない期間ごと)	実施日
土木施設の検査	2年	平成15年4月28日 平成15年5月29日
道床及び路盤検査	1年	平成16年5月31日
レール等検査	1年	平成15年12月24日 (接着絶縁) 平成16年6月4日 (損傷) 平成16年6月22日 (摩耗)
スラブ検査	1年	平成16年7月30日
本線の軌道変位等検査	1ヶ月	平成16年10月19日 (新幹線電気軌道総合検測車による)
線路総合巡視	2週	平成16年10月20日

### 2.5.3 地形、地質等の状況

事故現場周辺の地形は、河岸段丘、沖積平坦面及び扇状地を経て沖積平坦面が続く、前方に新潟平野が広がっている。また、地質は、上越新幹線建設当時の調査<sup>7</sup>によると、沖積層の下に扇状地性砂礫層が広く厚く分布している。沖積層の層厚は5m前後で、粒径が比較的揃った砂層 (N値<sup>8</sup>10～30) 及び軟弱な粘性土層 (N値

<sup>7</sup> 日本鉄道建設公団新潟新幹線建設局：上越新幹線（水上・新潟間）地質図、昭和55年3月

<sup>8</sup> 「N値」とは、標準貫入試験において、決められた重さのハンマを自由落下させて、標準貫入試験用サンブラを地中に貫入させるのに要する打撃回数のことをいう。土の硬軟、締め具合の相対的な値を表す。

2～5)より構成される。扇状地性砂礫層の大半はN値50以上の安定した支持基盤で、その下には一部洪積層と推定される砂礫層がある。

なお、上記支持基盤は、構造物の鉛直方向の荷重に対するものをいい、2.13.3(2)に記述する構造物の応答解析における基盤面とは異なる。

## 2.6 車両に関する情報

### 2.6.1 車両の概要

車種：交流電車（25,000V、50Hz）

編成両数：10両

記号番号及び諸元：表2のとおりである。

表2 車両の記号番号及び諸元

編成位置	1両目	2両目	3両目	4両目	5両目
記号番号	222-1505	215-31	226-1033	225-482	226-1009
新製	昭和59年 7月27日	昭和57年 5月14日	昭和59年 7月13日	昭和57年 1月29日	昭和58年 12月24日
空車質量(t)	61.6	57.3	57.8	56.5	57.8
定員(人)	60	52	95	70	95
車両長(m)	25.150	25.000			
車両高(m)	4.490	4.110	4.490	4.110	4.490
パンタグラフ	あり	なし	あり(使用)	なし	なし
車両幅(m)	3.385				
軸距(m)	2.500				
車輪径(mm)	910(新製時)				

編成位置	6両目	7両目	8両目	9両目	10両目
記号番号	225-1004	226-1032	225-1013	226-1043	221-1505
新製	昭和58年 12月24日	昭和59年 7月13日	昭和59年 7月13日	昭和59年 8月9日	昭和59年 7月27日
空車質量(t)	57.3	57.8	57.3	57.8	61.5
定員(人)	80	95	80	95	50
車両長(m)	25.000				25.150
車両高(m)	4.110	4.490	4.110	4.490	4.360
パンタグラフ	なし	あり(使用)	なし	あり	なし
車両幅(m)	3.385				
軸距(m)	2.500				
車輪径(mm)	910(新製時)				

なお、車両はボディマウント構造<sup>9</sup>となっている。

また、1両目と10両目には排障器が装備されている。排障器には主排障器と補助排障器があり、1両目の主排障器は前台車第1軸の軸箱下部に排障器取付腕を介して取り付けられ、その下端に排障ゴムがある。一方、補助排障器は、車体のスカートに取り付けられ、その下端に排障ゴムがある。補助排障器の排障ゴムと1両目前台車第1軸までの前後方向の距離は約2mである。

(付図6参照)

## 2.6.2 車両の検査

同社の事故当時の新幹線電車整備実施基準による本件列車の直近の検査実施日等は表3のとおりであり、これらの検査記録に異常はなかった。

表3 本件列車の直近の検査実施日

検査の種類	検査周期 (以下の期間を超えない期間ごと又は走行距離を超えない走行距離ごと)	実施日
全般検査	36ヶ月又は走行距離90万km	平成15年10月16日
交番検査	30日又は走行距離3万km	平成16年10月21日
ATC装置の特性検査	90日	平成16年10月16日
列車無線装置の検査	6ヶ月	平成16年9月21日

<sup>9</sup> 「ボディマウント構造」とは、車両の降雪対策の一つで、車体下部までふさぎ板で覆い、その内部に床下機器類を載せた構造をいう。

### 2.6.3 ATC車上装置の記録

ATC車上装置の検査記録部（以下「ATC記録部」という。）は、受信制御部及びATC関係機器等の動作記録を行っている。ATC記録部の速度照査の誤差は±1km/hであり、記録間隔は0.3秒である。本件列車のATC記録部から取得した情報は、表4のとおりである。

表4 ATC記録部から取得した情報

時刻	位置	記録
17時56分03秒2	206k067m	力行204km/h走行時停電
17時56分04秒7	206k151m	204km/h走行時ATCブレーキ出力

### 2.7 地震発生時に列車を緊急停止させるシステムに関する情報

同社の新幹線では、新幹線早期地震検知システム（コンパクトユレダス）を地震発生時に列車を緊急停止させるシステムとして使用している。

上越新幹線の沿線地震計は、沿線の13箇所の変電所等に約20km間隔で配置され、P波<sup>10</sup>警報は初期微動が検知され主要動が120Gal以上と予測された場合に、S波<sup>11</sup>警報は40Gal以上の地震が検知された場合に、それぞれ発出され、0.1秒後に周辺の約40kmの区間にわたってき電が停止して電車線が停電し、運転士が操作しなくてもATCによる非常ブレーキが自動的に作動して、列車を停止させる仕組みになっている。また、専用回線により指令に各検知点のき電停止の表示と地震の最大加速度が表示され、瞬時に地震情報が分かる仕組みになっている。

新潟県中越地震発生時には、上記システムが作動して上越新幹線の全ての列車が停止した。その時の事故現場周辺における本件列車以外の列車の状況は、表5のとおりである。

表5 本件列車以外の列車の状況

列車番号	区間	地震発生時の 推定速度(km/h)	停止位置 <sup>3)</sup>
327C	上毛高原～越後湯沢(下り)	約200 <sup>1)</sup>	145k900m付近
332C	浦佐～越後湯沢(上り)	約203 <sup>2)</sup>	177k700m付近
406C	長岡駅構内(上り)	約25 <sup>1)</sup>	213k800m付近
8361C	長岡～燕三条(下り)	約220 <sup>1)</sup>	225k800m付近

<sup>10</sup> 「P波」とは、地震時に最初に観測される縦波をいう。

<sup>11</sup> 「S波」とは、地震時にP波の後に到達する横波をいう。

- 1) A T C 記録部で停電が検知された時の速度である。
- 2) A T C 記録部が不調で記録がなく、乗務員から申告があった速度である。
- 3) 乗務員から申告があったキロ程である。

なお、第 8 3 6 1 C 列車（とき 3 6 1 号）は、本事故発生の約 1 0 分前に事故現場付近の下り線を、第 3 3 2 C 列車（とき 3 3 2 号）は、本事故発生の約 9 分前に事故現場付近の上り線を、それぞれ異常なく走行していた。

## 2. 8 気象に関する情報

当時の事故現場付近の天気 晴れ

## 2. 9 地震に関する情報

### 2. 9. 1 地震の概要

気象庁によると、平成 1 6 年 1 0 月 2 3 日 1 7 時 5 6 分 0 0. 3 0 秒、北緯 3 7 度 1 7. 3 7 分、東経 1 3 8 度 5 3. 2 3 分において、深さ 1 3 k m を震源とするマグニチュード<sup>12</sup> 6. 8、最大震度 7 の「平成 1 6 年（2 0 0 4 年）新潟県中越地震」（以下「新潟県中越地震」という。）が発生し、地震発生時刻の推定誤差は ± 0 0. 1 1 秒とのことである。

また、事故現場付近の代表点として選んだ 2 0 6 k 0 0 0 m（北緯 3 7 度 2 2 分 2 5. 5 5 秒、東経 1 3 8 度 5 0 分 4 9. 3 1 秒）までの P 波の推定到達時刻は 1 7 時 5 6 分 0 2. 8 7 ± 0. 2 0 秒、S 波の推定到達時刻は 1 7 時 5 6 分 0 5. 0 3 ± 0. 2 8 秒とのことである。なお、震央から上記地点までの距離は約 9. 6 k m（列車停止位置までは約 1 1 k m）であった。

（付図 5 参照）

### 2. 9. 2 事故現場周辺の地震計の記録

事故現場周辺の地震計で観測された新潟県中越地震の最大加速度等は、付図 5 のとおりである。

事故現場に最も近い新長岡補助き電区分所の記録より計算された地表面変位の最大値は、南北約 1 5 2 mm、東西約 1 4 4 mm、上下約 5 1 mm であった。

### 2. 9. 3 上越新幹線の変電所等に配置された沿線地震計の警報発出時刻

2. 7 に記述した沿線地震計のうち、事故現場周辺の地震計で新潟県中越地震が検

---

<sup>12</sup> 「マグニチュード」とは、地震の規模を表し、地震が発散したエネルギーに対応している。

知され警報が発出された時刻は、表6のとおりである。

なお、事故直近の検査においてそれらの地震計に異常はなかった。

表6 警報が発出された時刻

	新川口変電所	新長岡補助き電区分所
P波警報	17時56分03秒1	17時56分04秒2
S波警報	17時56分03秒3	17時56分05秒9

## 2.10 事故現場に関する情報

### 2.10.1 脱線の状況

#### (1) 1両目

前台車全2軸が左へ約20cm、それぞれ脱線していた。また、第1軸は、左車輪とギヤ・ケースとの間に左レールを、右車輪と主排障器取付腕との間に右レールを、それぞれ挟んだ状態で停止し、車輪はレール締結装置を踏む位置にあった。

#### (2) 2両目

前台車全2軸が右へ約50cm、それぞれ脱線し、右車輪が下り線の軌道スラブ右端に接していた。

#### (3) 3両目

後台車第2軸が右へ約10cm脱線していた。また、同軸は、右車輪とギヤ・ケースとの間に右レールを挟んだ状態で停止し、車輪はレール締結装置を踏む位置にあった。

#### (4) 4両目

脱線していなかった。

#### (5) 5両目

脱線していなかった。

#### (6) 6両目

後台車第2軸が左へ約5cm脱線していた。

#### (7) 7両目

前台車全2軸及び後台車第1軸の計3軸の右車輪のみ軌間内に、後台車第2軸が左へ約5cm、それぞれ脱線していた。

#### (8) 8両目

前台車全2軸及び後台車全2軸が左へ約10cm、それぞれ脱線していた。また、右レールが8両目中央付近まで右へ転倒していた。

(9) 9両目

前台車全2軸が左へ5cm、後台車第1軸が右へ約80cm、第2軸が右へ約90cm、それぞれ脱線していた。

(10) 10両目

前台車第1軸が右へ約100cm、第2軸及び後台車全2軸が右へ約140cm、それぞれ脱線していた。また、前台車全2軸及び後台車全2軸の右車輪が上下線間の融雪排水溝に落下して車体が右へ約30°傾き、車体後部右側面下部が上り線の軌道スラブに接し、同側面下端が同融雪排水溝に接していた。なお、対向列車があれば列車衝突のおそれのある位置にあった。

(付図2(その1)、3参照)

## 2.10.2 脱線の痕跡

(1) 下り線のレールの痕跡

① 206k191m～207m付近の右レール頭頂面に右車輪によると見られる線状の痕跡があった。

② 206k207m付近の右レール右底部に右車輪によると見られる線状の痕跡があった。

③ 206k217m～227m付近の左レール頭頂面に左車輪によると見られる線状の痕跡があった。206k264m～303m付近の間の左レール頭頂面の7箇所に、それぞれ長さ1～5m程度の線状の痕跡が断続的にあった。

④ 206k232m～238m付近の左レール頭頂面に黒い残留物が付着していた。

(2) 下り線の軌道スラブの痕跡

206k300m付近以降、上面及び右端部に車輪及び車体によると見られる痕跡が多数あり、上面の痕跡は206k400m～500m付近及び206k600m～900m付近で、それぞれ蛇行していた。

(3) 上下線間の融雪排水溝の痕跡

① 206k820m～870m付近及び206k920m～207k580m付近(10両目停止位置)に10両目車体及び右車輪へ向かう線状の痕跡があった。

② 206k905m～207k600m付近(10両目の前台車第1軸停止位置)に右車輪によると見られる線状の痕跡があった。

(4) 上り線の軌道スラブの痕跡

206k828m～207k580m付近(10両目停止位置)のスラブ

上面左端部に10両目車体へ続く痕跡が断続的にあった。  
(付図2(その1)参照)

#### 2.1.1 本事故発生後の同社の対応に関する情報

新潟県中越地震発生後の18時00分ごろ、同社の本社、新潟支社及び新幹線運行本部に「新潟地方地震対策本部」を設置した。これらのうち本社の新潟地方地震対策本部は、本部長として鉄道事業本部長及び本部員として関係各部長等から構成され、乗客の救助計画の策定、脱線状況・施設被害状況の把握、代替輸送計画の策定、復旧計画の策定等に取り組んだ。

また、19時00分ごろ「現地対策本部」を長岡駅に設置した。その後、本件列車の乗客を救助するため、長岡駅社員10名を事故現場に派遣するとともに、脱線状況の調査等を行った。

#### 2.1.2 避難誘導等に関する情報

本事故における避難誘導等の状況は、運転士、車掌及び複数の乗客の口述等を総合すると、概略次のとおりであった。

運転士は、事故発生 of 第一報を指令に入れた際、指令から、乗客の負傷の有無を最優先で確認し、さらに車両の状況等を報告するよう指示を受けた。車掌は、停止後「余震があったので外に出ないようにしてください」と1両目から車内放送した。

客室内は予備灯が点灯している状態であったが、乗客は冷静だった。乗客から車掌に10両目が傾いているという連絡があり、10両目の乗客を救出するため、運転士、車掌及び9両目に乗車していた同社の社員(以下「同社社員」という。)が車内を歩いて10両目に向かった。9両目と10両目の間の貫通路は大きくずれて貫通扉が開かなかったため、運転士と同社社員が線路に降りてから10両目に入った。その時、車掌は9両目で待機していた。

10両目は予備灯が消灯し右へ傾いており、何かにつかまっていなければ歩けない状態だったが、残されていた乗客を救出して、傾いていない前方の車両へ誘導し待機してもらった。

その後、運転士と車掌は1両目の運転室に戻って指令にそれまでの状況を報告し、乗客の救出方法について指示を仰いだ。

指令からは、道路交通の状況等から乗客には長岡駅まで高架橋を歩いてもらうこと、すでに長岡から保線係員を事故現場に派遣したこと、さらに現地対策本部の係員を派遣するので、乗客を安全な車両へ移動させ、待機させるよう指示があった。それらの到着を待っている間に、車内放送でその旨を乗客に周知



した。また、バッテリーをなるべく長持ちさせるため、使用していないユニットのバッテリーを切るとともに、降車するための梯子等の準備をした。

しばらくすると、保線係員が到着し、さらに、現地対策本部の係員が到着した。乗客が降車し始めたのは21時50分ごろだった。

乗客は現地対策本部の係員に先導され、長岡駅まで2時間位、高架橋右端の通路を1列で歩いた。22時30分ごろに乗客全員が本件列車から降車し終えて、長岡駅に到着したのは翌日の0時20分ごろだった。気象庁によれば、この時間帯に震度5弱以上の余震は観測されなかったとのことである。その後、運転士と車掌は車両センターの係員と引継ぎをするため、1両目の運転室で待機していた。

## 2.13 事実を認定するための試験及び研究

### 2.13.1 材料分析

レールに付着していた残留物を特定するため、材料分析を行った。その結果は次のとおりであった。

#### (1) 調査品

2.10.2(1)に記述した206k232m付近の左レール頭頂面に付着していた黒い残留物を採取した。

#### (2) 分析結果

材料分析の結果、排障器の排障ゴムであると推定された。

### 2.13.2 車輪と軌道の痕跡に関する解析

#### (1) 調査品

レール等

206k720m付近右レール

206k696m付近左レール

206k696m付近左レール接着継目板

206k696m付近右レール接着継目板

車輪13枚

1両目前台車第1軸左車輪

2両目前台車第1軸右車輪

6両目後台車第2軸右車輪

7両目前台車第1軸右車輪

8両目前台車第1軸右車輪

9両目前台車第1軸左車輪及び第2軸右車輪

- 9 両目後台車第 1 軸右車輪及び第 2 軸左車輪
- 1 0 両目前台車第 1 軸右車輪及び第 2 軸右車輪
- 1 0 両目後台車第 1 軸右車輪及び第 2 軸左車輪

(2) 調査事項

調査品を三次元形状測定し、数値データとして記録するとともに画像処理を行い、衝突物、衝突角度及び衝突速度等を分析した。

(3) 解析結果

解析の結果、打痕あるいは磨耗の相手方を特定することはできなかった。また、衝突角度、衝突速度等も推定することはできなかった。

### 2.13.3 地震時の車両走行シミュレーションに関する解析

(1) 余震観測

事故現場付近（十日町高架橋 2 0 6 k 2 0 3 m 付近の下り線側。北緯 3 7 . 3 7 5 6 度、東経 1 3 8 . 8 4 7 7 度）及び非脱線箇所（第一長操高架橋<sup>ながそう</sup> 2 1 2 k 2 2 8 m 付近の下り線側。北緯 3 7 . 4 2 9 5 度、東経 1 3 8 . 8 5 3 2 度）の高架橋上と橋脚近傍地盤の計 4 箇所 2 地点を余震観測地点とし、それぞれ地震計を設置して平成 1 6 年 1 0 月 3 1 日～1 2 月 1 4 日まで余震観測を行った。

観測された余震記録のうち、上記 2 地点のすべてで観測され、かつ、気象庁発表によるマグニチュード 5 以上の 2 回の地震について、加速度波形、速度波形及び変位波形等を求めた。その結果、いずれの余震観測地点においても特異な地震動は観測されず、地震動を検討する上で、事故現場付近は特異な地点ではなく、問題はないことを確認した。

(2) 車両走行シミュレーション

① 地震動波形の推定

地表面の地震動観測波の加速度波形を基に、その地点直下での基盤面加速度波形を推定し、同様な地震動が事故現場付近直下の基盤面に伝わり、さらに、その基盤面から事故現場付近地表面に地震動が伝わると仮定して、事故現場付近地表面での地震動波形を推定した。

基準地震動<sup>13</sup>の選定にあたっては、事故現場付近に最も近い既設の地震計設置箇所で、深さ 7 0 m までの土質調査を行った同社の新長岡補助き電区分所の記録を用いて検討した。基準地震動を付図 5 に示す。なお、事故

<sup>13</sup> ここでいう「基準地震動」とは、地表面で観測された実際の記録で、以降のシミュレーションを行う際に基準となる地震動をいう。

現場付近の線路はほぼ南北方向であり、列車進行方向の地震動は脱線への影響が小さいと考えられることから、脱線に影響する東西成分（列車進行方向の左右成分に相当）と上下成分の地震動について検討した。

一般的に表層付近は地質が複雑で、地震動の伝わり方も一様ではないことから、その影響を取り除くため、せん断弾性波速度700m/s程度の層を基盤面と仮定して地震動を推定した。基盤面における推定加速度波形を付図7（その2）（b）に示す。なお、上記地震計設置箇所と事故現場付近は震源からの距離が異なるため、距離による減衰とばらつきを考慮して、事故現場付近直下の基盤面の加速度波形を推定した。

事故現場付近は、地表面から約70mの深さに基盤面と考えられる砂岩層があり、また、それより浅い位置は、泥岩等よりなる比較的堅固な層で構成され、その上に洪積砂礫層が存在している。この砂礫層の上に沖積層があり、粘性土、砂質土、砂礫が複雑に互層となっているが、起点方は砂礫層が支配的であり、終点方は粘性土が支配的となっている。

表層地盤の解析モデルは、滝谷トンネルから事故現場付近の十日町高架橋までの約800m区間について、地盤全体を2次元有限要素法でモデル化した。当該区間では、8地点において、地震後に土質調査を実施し、地盤構造及び非線形特性等を調査した。

地震後の土質調査結果と建設当時の土質調査結果を用いて、事故現場付近を付図7（その3）に示すような地盤構造にモデル化した。メッシュ分割は1要素あたり2mの正方形メッシュを基本とし、要素数は約9000とした。

土の密度及びせん断弾性波速度は実測値を用いた。ただし、一つの連続した地層においては、平均的なせん断弾性波速度を使用した。

土の応力-ひずみ関係については、小～大ひずみ領域において、土の要素試験で得られた動的変形特性を完全に満足できるモデルを用いており、精度の高い解析が可能となっている。

上記モデルに対し、基盤面の地震動を入力波として計算を行い、上記区間の地表面地震動波形を求めた。表層の最大加速度を付図7（その3）に示す。十日町高架橋R3付近の地表面では390Gal程度の最大加速度が発生している。本シミュレーション結果においては、十日町高架橋R3付近では、基盤面が傾斜している地盤における局所的な地震動の増幅は見られなかった。例として十日町高架橋R3での地表面における推定加速度波形を付図7（その2）（b）に示す。

なお、このモデルによる余震に対する計算結果は(1)の余震観測結果と概

ね一致していた。

## ② 構造物の応答解析

構造物の応答解析は、脱線の解析に必要と考えられる渡沢北高架橋から十日町高架橋までの構造物を対象とした。渡沢北高架橋及び十日町高架橋の基礎は、RC<sup>14</sup>の杭基礎となっており、杭長は地質条件により異なるが、7～14mで、沖積及び洪積の砂礫層等を支持層としている。また、浄土川橋りょう及び十日町高架橋（一部）の基礎は直接基礎となっている。

解析対象の構造物は全区間高架構造であり、十日町高架橋はラーメン式橋りょうと一部壁式橋脚の桁式橋りょうからなっている。また、渡沢北高架橋及び浄土川橋りょうは壁式橋脚の桁式橋りょうとなっており、上部工は径間10m前後の単純T形桁及び径間30mの下路PC<sup>15</sup>桁形式等からなっている。橋脚の高さは一番高いものでも15m以下となっている。

構造物の線路直角方向（左右方向）の静的非線形解析により、構造物の「荷重-変位曲線」を作成した。解析方法は鉄道構造物等設計標準・同解説耐震設計<sup>16</sup>に準拠して行った。

次に動的解析では、構造物を等価なばねと質量を有する1自由度系に置換して、①において推定された地表面地震動波形を構造物が受けた場合の構造物上端（軌道面）の地震動応答波形を算定した。なお、等価なばね特性は、静的非線形解析で求めた荷重-変位曲線をもとに決定した。

十日町高架橋R3に対して、その地表面の推定加速度波形を入力して求めた構造物上端（軌道面）の推定加速度波形を付図7（その2）（b）に示す。

応答履歴と静的非線形解析結果の関係から、いずれの構造物についても、弾性域から塑性域に多少踏み込んだ程度の応答にとどまっており、構造物には著しい損壊がなかったという事故現場付近における目視調査の結果と整合していた。

また、事故現場付近には複数の異なった形式の構造物があるため、これらの上を走行する車両の挙動を適切に評価するには、構造物全体の挙動を推定する必要があるが、地震動に対する応答特性が個々の構造物ごとに異なるため、その境界部にはレール剛性とレール締結装置の弾性を適切に考慮した緩衝区間を仮定して、水平方向の動的な角折れの影響を考慮した。

<sup>14</sup> 「RC」は、Reinforced Concreteの略語である。

<sup>15</sup> 「PC」は、Prestressed Concreteの略語である。

<sup>16</sup> 財団法人鉄道総合技術研究所：鉄道構造物等設計標準・同解説 耐震設計、丸善、1999

### ③ 車両挙動の解析

車両運動シミュレーションプログラム<sup>17</sup>は車両各部の大変位にも対応し、車輪がレールから離れる現象も計算できるものである。本解析においては、シミュレーション結果に対する車両の走行速度依存性は小さかった。また、プログラムは、実台車を用いた加振実験により、シミュレーション結果の精度の検証<sup>18</sup>を行っている。

本件列車に採用されているダイレクトマウント方式<sup>19</sup>まくらばり付き台車の新幹線電車1両を70自由度（車体1個、まくらばり2個、台車枠2個、輪軸4個について各6自由度、各車輪下のレール8個について各2自由度とし、合計で17物体、70自由度）でモデル化した。なお、モデル化にあたっては、物体間の結合要素について、まくらばね、側受及び各種ストッパ等を実車と同様に配置した。また、対象車両は200系新幹線電車の空車条件の先頭車及び中間車とし、脱線までのシミュレーションでは編成における車両間同士の影響は少ないと考え、1車両でのシミュレーション計算を行った。

計算は、②で求めた新潟県中越地震による地震波に対する構造物の軌道面の加速度波形を積分し、車両モデルへの入力変位波形とした。なお、車輪に作用する地震動は左右方向及び上下方向の2方向4軸に同相及び独立に入力した。単一の構造物のシミュレーション計算では、4軸に同相の振動を入力し、また、連続した構造物を通過する際に動的角折れを考慮したシミュレーション計算では、車軸ごとに異なる振動を独立に入力した。

例として、十日町高架橋R3においてシミュレーションに用いる左右方向の推定絶対変位波形を付図7（その2）（c）に示す。構造物の変形と車軸の位置を時々刻々と変化させながら、車軸が構造物上を通過していく際の挙動を算定した。

軌道変位のない直線区間を速度204 km/hで走行中に地震動が発生したとする単一の構造物のシミュレーション計算では、先頭車及び中間車は同様な挙動を示した。ここでは、連続した構造物を通過する際に動的角折れを考慮したシミュレーション計算において、中間車1車両の全車輪の車輪上昇量及び車輪とレールの相対左右変位等について算定した結果を付図7

<sup>17</sup> 宮本岳史、石田弘明、松尾雅樹：地震時の鉄道車両の挙動解析、日本機械学会論文集C編、Vol. 64、No. 626、pp. 236-243、1998. 10

<sup>18</sup> 宮本岳史、松本信之、曾我部正道、下村隆行、西山幸夫、松尾雅樹：大変位軌道振動による実物大鉄道車両の加振実験、日本機械学会論文集C編、Vol. 71、No. 706、pp. 1849-1855、2005. 6

<sup>19</sup> 「ダイレクトマウント方式」とは、まくらばねを車体の直下に置き、まくらばりや心皿及び側受等をまくらばねより下に配置した、台車枠と車体との間に用いる緩衝用のばねの方式をいう。

(その5及びその6)に示す。脱線状態は、「鉄道構造物等設計標準・同解説耐震設計」において、車輪とレールの相対左右変位が脱線状態とされる70mm以上のときと判断した。なお、いずれかの車軸が脱線状態になったときにシミュレーションを停止させた。

これらのシミュレーションから、いずれの車軸も車輪が上昇していることが分かり、車輪上昇量の最大値はフランジ高さ30mmを超えて、約34mmとなった。また、片側車輪がフランジ高さ以上に上昇した状態で軌道振動の方向変化により輪軸が横方向へ移動し、車輪とレールの左右相対変位が70mm以上となり、脱線状態になることが分かった。

(付図7(その1～その6)参照)

#### 2.1.4 事故時における乗客等の状況に関する情報

事故時における乗客等の状況は、表7のとおりである。

表7 事故時における乗客等の状況

乗車位置		事故発生時の状況	事故直後の状況
5両目	乗客B	座席の下から突き上げられ前に突き飛ばされる衝撃と激しい横揺れを感じた。	前の座席の背もたれと肘掛につかまり、列車が停止するまで身体をねじった体勢で耐えていた。
6両目	車内 販売員	飛ばされて転倒し、販売用ワゴン車も横転した。	起きあがって販売用ワゴン車を整理していたら、余震で再び転倒した。
8両目	乗客C	原稿を書いていたら「ガタガタ」ときて、すぐに地震だと感じたが、突き上げられるような揺れは感じなかった。	鞆を網棚に載せ、テーブルを戻し前の座席の背もたれにつかまっていたが、地震で揺れた時も、脱線してガタガタ揺れた時も体が浮いたり飛ばされたりする感じは無かった。
	乗客D	長岡駅に近づいたところ、突然車両の動揺を感じ、横揺れが強く、突然人ごみの中で身体をつかまれ乱暴に揺すられたように感じた。	両手を伸ばして前の座席の背もたれをつかんで頭を下げた体勢で、本件列車が停止するまで背もたれにつかまっているのがやっとだった。
9両目	乗客A	座って眠っていたら、下から強い衝撃を受けた。	座席から投げ出され、床に手を着いた。
	乗客E	音をたてて横に揺れながら走っていたが、何が起きたのかわからなかった。	前の座席の背もたれにしっかりとつかまっていた。
	乗客F	トンネルを出て窓の外が明るくなったときに、「ボン」と一回、座席の下から突き上げるような衝撃を受け、身体が浮いたように感じた。	数秒間は、真っ直ぐに走っていたようだが、上下左右に揺れだし、身体が飛び跳ねるのを感じた。
	同社 社員	「ドーン」と縦に揺れて尻が肘掛より上に上がったような気がして、どこにぶつかったかわからないが腰を打った。	走行中の異常な音で脱線したと思い、座席に横になった。

### 3 事実を認定した理由

#### 3.1 車両に関する解析

2.1.1に記述した運転士及び車掌の口述並びに2.6.2に記述した検査記録から、本事故発生前には車両に異常はなかったものと推定される。

#### 3.2 新潟県中越地震による鉄道施設の損壊に関する解析

2.5.2及び2.7で記述したように、鉄道施設については、直近の検査記録において異常はなかったこと並びに事故現場付近において本事故発生の約10分前に先行列車が下り線を、約9分前に対向列車が上り線を、それぞれ異常なく走行していることから、新潟県中越地震が発生する前に損壊はなかったものと推定される。

また、2.3.1(1)～(3)で記述したように、隣接する上り線の軌道に脱線につながるような損壊がなかったこと及び事故現場付近の橋りょうに著しい損壊がなかったことから、新潟県中越地震が発生した後も本件列車が事故現場付近を走行する前までは、事故現場付近の下り線の軌道に脱線につながるような損壊はなかったものと考えられる。なお、電柱の傾斜等については、地震動を受けたことによるものと考えられる。

#### 3.3 新潟県中越地震発生から脱線に至るまでの過程に関する解析

##### 3.3.1 き電停止時における本件列車の位置に関する解析

2.6.3で記述したように、17時56分03秒2に停電が、17時56分04秒7にブレーキ出力が、それぞれATC記録部に記録されていた。その時の本件列車の先頭は、それらの記録に記録間隔0.3秒を考慮し、走行速度204km/hから概算すると、き電停止時には206k050m～067m付近に、ブレーキ出力時には206k134m～151m付近に、それぞれ位置していたものと考えられる。

##### 3.3.2 事故現場付近の地震波推定到達時刻における本件列車の位置に関する解析

2.9.1で記述したように、事故現場の206k000m付近におけるP波の推定到達時刻は17時56分02.87±0.20秒、S波の推定到達時刻は17時56分05.03±0.28秒であった。

これらの時刻における直前のATC記録部から取得した位置情報及びその時の走行速度を基に計算すると、本件列車の先頭は206k000m付近へのP波推定到達時刻には206k037m～059m付近に、S波推定到達時刻には206k154m～186m付近に、それぞれ位置していたという結果が得られた。

##### 3.3.3 軌間拡大に関する解析



2.3.1(1)に記述した205k960m付近以降の軌間拡大については、上り線の軌道やそれより起点側の下り線の軌道に軌間拡大が発生していないこと及び3.3.2に記述した地震波推定到達時刻の解析から、新潟県中越地震が発生した時に本件列車が205k960m付近以降の下り線の軌道上で地震動を受けたため、軌道が左右方向に揺れて車両がレールを押しながら走行したことによるものと考えられる。

#### 3.3.4 脱線の過程に関する解析

2.10.1で記述したように、本事故においては複数の軸が脱線していたが、以下のことから、1両目の前台車第1軸が206k227m付近で一番初めに左へ脱線したものと推定される。

- (1) 2.10.2(1)に記述した206k217m～227m付近の左レール頭頂面の線状の痕跡は、その形状から車輪フランジによるものであると推定されること
- (2) (1)に記述した痕跡に続く2.3.1(1)に記述した左レール締結装置の損壊が1両目の前台車第1軸の停止位置付近まで連続していること
- (3) 2.3.2(1)、2.6.1、2.10.2(1)及び2.13.1で記述したように、補助排障器の排障ゴムにレールによると見られる痕跡があったこと、左レール頭頂面の痕跡の終端付近(206k227m付近)から残留物の始端付近(206k232m付近)までの距離は、1両目の前台車第1軸左車輪と補助排障器の排障ゴムとの距離に矛盾していないこと及びその残留物は排障ゴムであると推定されたこと
- (4) (3)の記述から、その残留物は、1両目の前台車が左へ脱線した際に補助排障器の排障ゴムが左レール頭頂面に接触して付着したものと考えられること
- (5) 1両目の前台車第1軸が206k227m付近に位置する時には、3両目の後台車第2軸は約70m後方の206k157m付近に位置することになるが、以下に記述するように、同軸はその後206k207m付近まで走行したところで右へ脱線したものと考えられること

一方、右レール頭頂面の痕跡が206k207m付近で右底部に続いていること及び右レール締結装置の損壊がその位置から3両目の後台車第2軸の停止位置付近まで連続していることから、同軸は206k207m付近で右へ脱線したものと考えられる。

しかし、3.4で記述するように、これらの軸は、脱線後、レールに接触するように走行したものと考えられること及び2.10.1(1)、(3)に記述した停止時の状態から、脱線した本件列車は線路から大きく逸脱することなく被害が拡大しなかったものと

考えられる。また、全ての車両が連結を保持していたことも、それに関与した可能性が考えられる。

したがって、列車が脱線した場合においても、車両が線路から大きく逸脱して被害が拡大することを防止するため、鉄道施設及び車両の両面からの対策が有効である。

2. 13. 3(2)に記述した車両挙動の解析においては、地震動による車輪の上昇量がフランジ高さ30mmを超え、また、車輪とレールの左右相対変位が目安値である70mm以上となり、脱線状態になることが分かった。

新潟県中越地震のような大きな東西成分の地震動を、本件列車のように北行する列車が受けた場合、輪軸が大きく上下左右に振動して、片側の車輪がレールに接触したまま、他方の車輪がレールから浮き上がり、その状態でレールに接触している側の車輪がレール頭頂面を滑って輪軸が横方向に移動し、下降してきたもう一方の車輪のフランジがレール頭頂面に乗り、レールから外れるロッキング脱線の可能性が考えられる。

本事故においては、痕跡の位置(206k227m付近)と事故現場付近に地震動が到達したときの本件列車の走行していた位置(3.3.2参照)が近いことから、大きな地震動を受けたため、本件列車が脱線したものと推定される。

なお、2.10.2(1)に記述した左レール頭頂面7箇所の間断的な痕跡も、地震動を受けて脱線したことによるものと考えられる。

また、2.3.2(10)及び2.10.2(4)に記述した車体の損傷と上り線の軌道スラブの痕跡から、10両目は206k828m付近までに脱線して右車輪が下り線の軌道スラブから落下して右へ傾き、上り線の軌道スラブに車体が接触したものと考えられる。

### 3.4 軌道の損傷に関する解析

2.3.1(1)、2.10.1(1)及び(3)に記述した軌道の損傷及び停止時の車輪の位置から、脱線後、1両目の前台車第1軸は主に左レール締結装置を、3両目の後台車第2軸は主に右レール締結装置を、それぞれ損壊させながらレールに接触するように走行し、206k696m付近では、絶縁継目部において、接着絶縁レールの接着継目板、継目板ボルト及びナット等を損壊させたものと考えられる。また、その後に脱線した車輪も、その位置によっては、レール締結装置等を損壊させ、周囲に散乱させながら走行していたものと考えられる。

さらに、レール締結装置が損壊されたことによりレール締結力が低下したため、後続車両の荷重によりレールが移動したものと考えられる。また、接着継目板が外れたことにより接着絶縁レールが分離し、その前後で下り線の軌道スラブから外れて、上

下線間の融雪排水溝に落下するなど、大きく移動したものと考えられる。

したがって、脱線した車輪がレール締結装置やレール継目部を損壊させないための対策について研究し、レールの破断や転倒の防止対策について検討が望まれる。

なお、2.10.1(6)、(7)で記述したように、6両目の後台車第1軸右車輪及び7両目の後台車第1軸左車輪は停止時に脱線していなかったことから、右の接着絶縁レールは少なくとも6両目の後台車第1軸が通過した後に、左の接着絶縁レールは少なくとも7両目の後台車第1軸が通過した後に、分離して破断した可能性が考えられる。

### 3.5 車両の損傷に関する解析

#### 3.5.1 車輪の損傷に関する解析

2.3.2(1)、(6)及び(9)に記述した車輪フランジの磨滅は、2.10.2(2)で記述したように、下り線の軌道スラブ上面に車輪によると見られる痕跡が多数あったこと、それらの車輪は停止時に軌道スラブ上面で脱線していたこと及び運転士等の口述並びに2.6.3で記述したように、非常ブレーキが作動したものと推定されることから、非常ブレーキにより車輪がロックした状態で軌道スラブ上面に接触して走行したことによるものと考えられる。

また、2.3.2(1)に記述した車輪踏面の打痕は、2.3.1(1)及び3.4で記述したように、損傷した接着継目板に車輪によると見られる打痕があったこと及び脱線した車輪がレールに接触するように走行した場合、車輪は接着継目板に当たる位置関係となることから、それに衝突したことによるものと考えられる。

一方、2.3.2(10)に記述した車輪踏面の打痕は、2.3.1(1)及び3.4で記述したように、レール底部側面に打痕があったことから、レール締結装置が損壊して移動したレールを踏んだことによる可能性が考えられる。

#### 3.5.2 車体底部の損傷に関する解析

2.3.2(7)～(10)に記述した7両目以降の車体底部の線状の損傷は、その形状及び3.3.4で記述したように、それらの車両も停止時に線路から逸脱していなかったことから、脱線した車両の底部がレールに接触した状態で走行したことによるものと考えられる。また、10両目のふさぎ板脱落等は、損壊した締結ボルト等が当たったことによる可能性が考えられる。

#### 3.5.3 排障器の損傷に関する解析

2.10.1(1)及び3.4で記述したように、1両目の主排障器は、それと右車輪でレールを挟んだ状態で走行したと考えられることから、すり減って損傷したものと考えられる。また、補助排障器の損傷は、3.3.4で記述したように、1両目の前台車

が左へ脱線したことから、レール頭頂面や締結ボルト等に接触したことによるものと考えられる。一方、10両目の排障器の損傷は、3.5.2に記述した車体底部の損傷と同様に、車両の底部がレールに接触したこと等によるものと考えられる。

#### 3.5.4 窓ガラスの損傷に関する解析

2.3.2に記述した窓ガラス多数の損傷は、2.3.1(1)で記述したように、事故後、下り線軌道の締結ボルト等が多数損壊し散乱していたことから、それらが当たったことによるものと考えられる。

#### 3.5.5 屋根上機器の損傷に関する解析

2.3.2に記述したパンタグラフカバー等、屋根上機器の損傷は、2.3.1(3)及び3.2で記述したように、地震動を受けて電柱が傾斜したこと等により可動ブラケット等にぶつかったことによるものと考えられる。

### 3.6 被害が大きく拡大しなかったことに関する解析

本件列車は2.10で記述したように10両編成中8両が脱線したが、転覆や大きな逸脱はなかった。これは、①構造物に著しい損壊がなかったこと、②1両目前台車第1軸は左車輪とギヤ・ケースとの間に左レールを、右車輪と主排障器取付腕との間に右レールをそれぞれ挟んだ状態で走行していたと考えられること、③3両目後台車第2軸は右車輪とギヤ・ケースとの間に右レールを挟んだ状態で走行していたと考えられること、④10両全ての車両が連結を保持していたこと、⑤10両目は比較的大きく脱線していたものの上下線間の融雪排水溝に落下していたこと、等によるものと考えられる。

一方、同融雪排水溝に右車輪が落下した10両目は車体が右へ約30°傾いて後部右側面が上り線の軌道スラブに接しており、対向列車があれば列車衝突のおそれのある位置にあった。しかし、事故現場付近に上り列車は走行しておらず、さらに、新幹線早期地震検知システムが作動して上り線の電車線のき電も停止していた。

上記のことから、被害が大きく拡大しなかったものと考えられる。

### 3.7 客室内における人的被害のおそれに関する解析

本事故は、乗客及び乗務員等154名を乗せて速度約200km/hで走行中の新幹線の列車が地震の際に脱線したという、我が国において過去に例のないものである。本事故において死傷者はなかったが、本事故における乗客の人的被害のおそれについて検討する。

乗客等の口述、2.9.2に記述した地震計の記録、2.14に記述した事故時における

乗客等の状況及び2.10.2に記述した脱線の痕跡等から、本事故では本件列車の急減速に伴う動揺だけではなく、大きな地震動による動揺も加わり、車両の挙動は複雑であったものと考えられる。

着座姿勢からの二次衝撃<sup>20</sup>による人的被害は、衝撃に対する準備姿勢、加減速度の方向・大きさ及び加害物の位置・形状等に影響される。新幹線では前向きの着座姿勢が多く、着座している乗客が大きな衝撃等を受けた場合は、前の座席等への衝突による傷害が多く生じるものと予想される。

したがって、本事故のような脱線事故では、二次衝撃による人的被害のおそれから、客室内の諸設備について、衝撃力を緩和できるようにする等配慮するべきである。

## 4 原因

本事故は、本件列車が走行する前には脱線につながるような損壊がなかった軌道を本件列車が走行しているときに、大きな地震動を受けたため、車輪の上昇量がフランジ高さを超え、また、車輪とレールの左右相対変位が限界を超えたことにより本件列車が脱線したことによるものと推定される。

## 5 所見

本事故のように列車が震央の近くで大きな地震に遭遇した場合には、列車脱線が起こることが考えられ、現行の鉄道システムではこれを完全に防ぐことは困難である。

本事故のような列車脱線を防止するためには、鉄道システム全体の問題としてとらえ、大きな地震動を受けた際に車両あるいは鉄道施設等について、列車脱線を可能な限り防ぐような装置や設備の設置を検討するべきである。

また、列車脱線を防止できなかった場合においても、車両が線路から大きく逸脱して被害が拡大することを防止するため、鉄道施設及び車両の両面からの対策を推進する必要がある。

なお、地震により構造物に著しい損壊が生じて、橋りょう等を走行中の列車の被害を拡大させないよう、耐震補強等の対策を引き続き推進する必要がある。

---

<sup>20</sup>車両が直接受けた衝撃を一次衝撃と呼ぶのに対して、一次衝撃により乗客等が車両設備等に衝突した際に生じる衝撃を二次衝撃と呼ぶ。

## 6 参考事項

### 6.1 事故後に同社が講じた措置

同社は地震における被害をより軽減させるため、構造物における各種調査と耐震補強計画の策定やその前倒しの実施、地震発生時に早く列車を停止させる取組み、脱線現象の解明と対策の検討等を行った。

国土交通省鉄道局が設置した「新幹線脱線対策協議会」（以下「協議会」という。）のもとで検討を行い、その対策として、

- (1) 脱線後の車両がレールから大きく逸脱することを防止する車両ガイド機構の取付
- (2) 車両が脱線し、レール締結装置が破損しても、車輪をレールで誘導できるようにレールの転倒及び大幅な横移動を防ぐためのレール締結装置の改良
- (3) 脱線した車輪による破断を防ぐための接着絶縁継目の改良
- (4) 非常ブレーキの作動に要する時間の短縮のため、車両に停電検知装置を新設などを行っている。

### 6.2 事故後に国土交通省が講じた措置

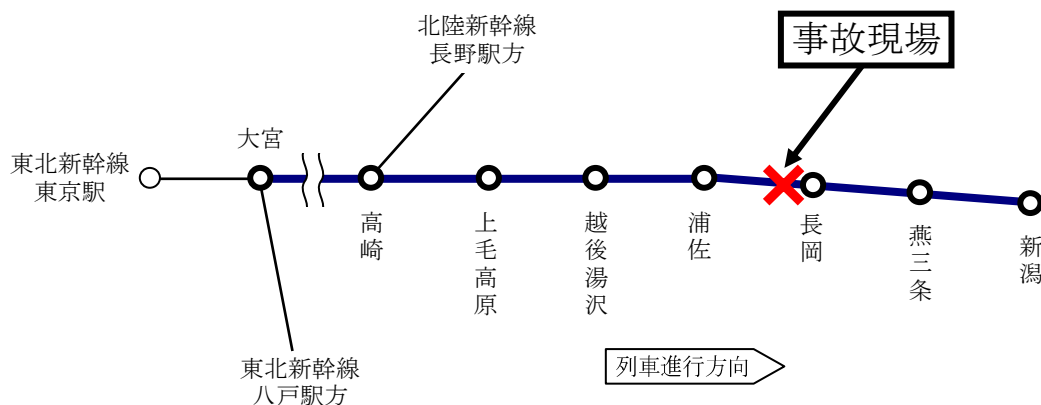
国土交通省鉄道局は、平成16年10月25日、協議会を設置し、本事故に関して情報交換を行うとともに、施設面、車両面で当面とり得る脱線対策の可能性等について、検討を行った。

また、平成16年10月29日、新潟県中越地震の被害状況を踏まえ、関係鉄道事業者に対し、新幹線高架橋柱の耐震補強計画の前倒し及び活断層交差トンネルの耐震補強の実施について指示を行った。

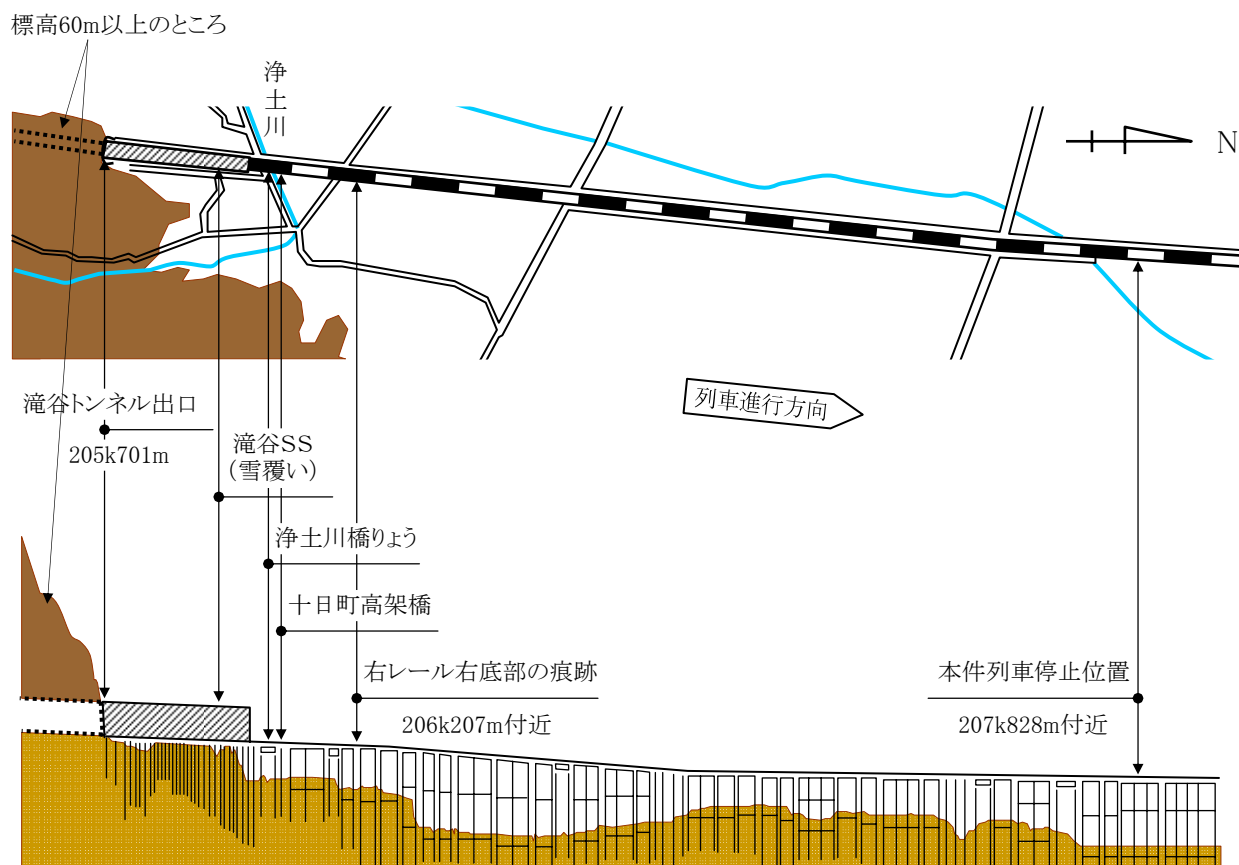
協議会は、平成17年3月30日、施設面、車両面で当面取り得る脱線対策等について中間的なとりまとめを行い、(1)構造物耐震対策、(2)脱線防止対策、(3)逸脱防止対策等を対策項目とした。

# 付図1 上越新幹線路線図及び事故現場付近の略図

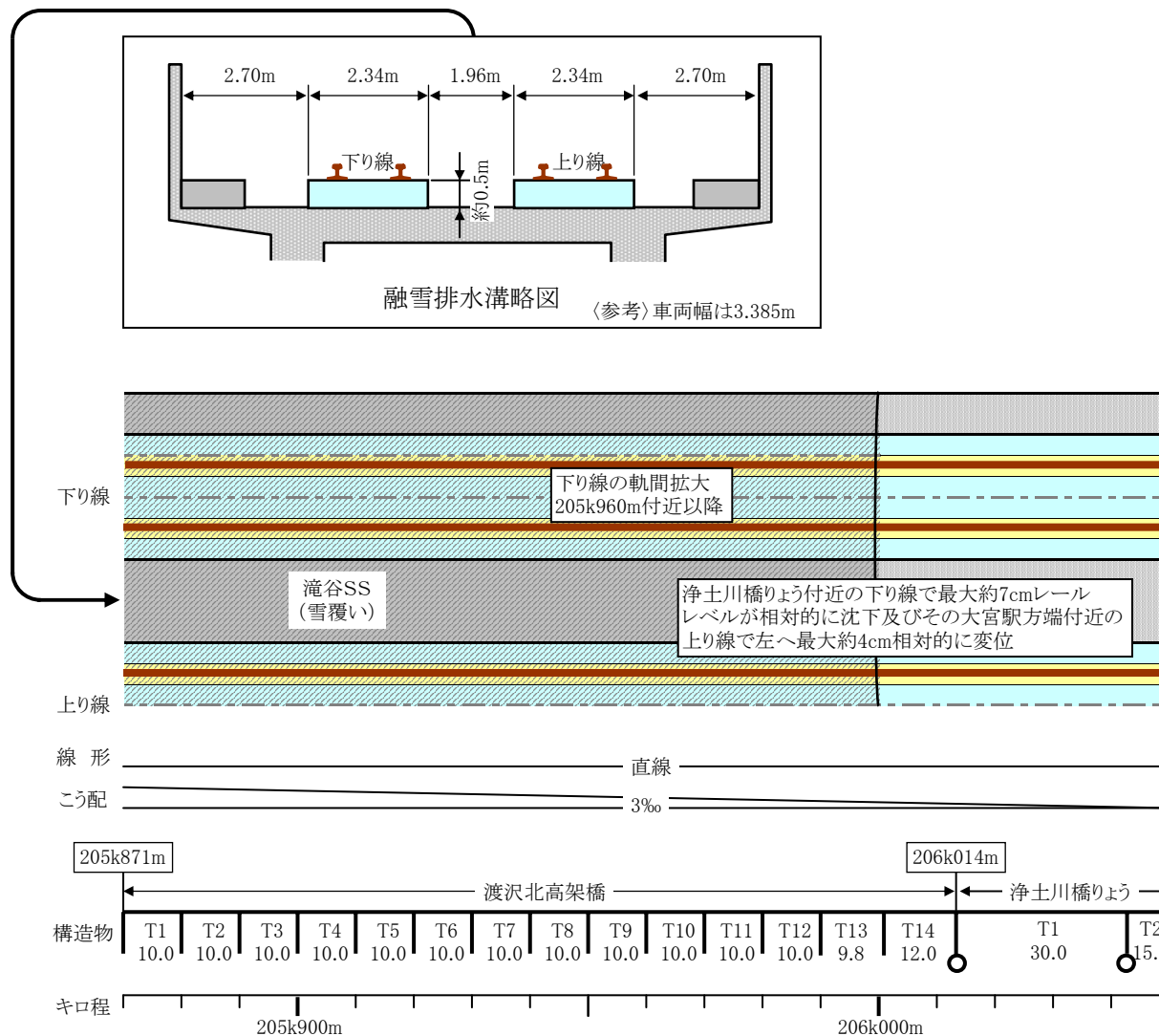
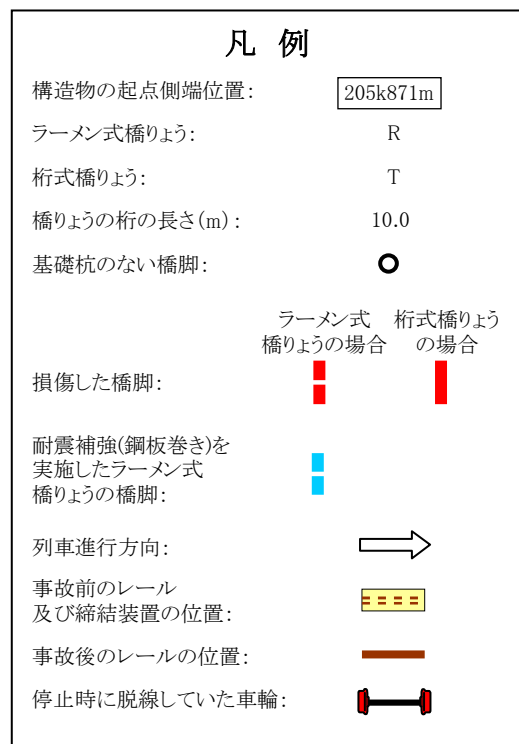
上越新幹線 大宮駅～新潟駅間（複線） 269.5 km（建設キロ）  
 （303.6 km営業キロ）



## 事故現場付近の略図



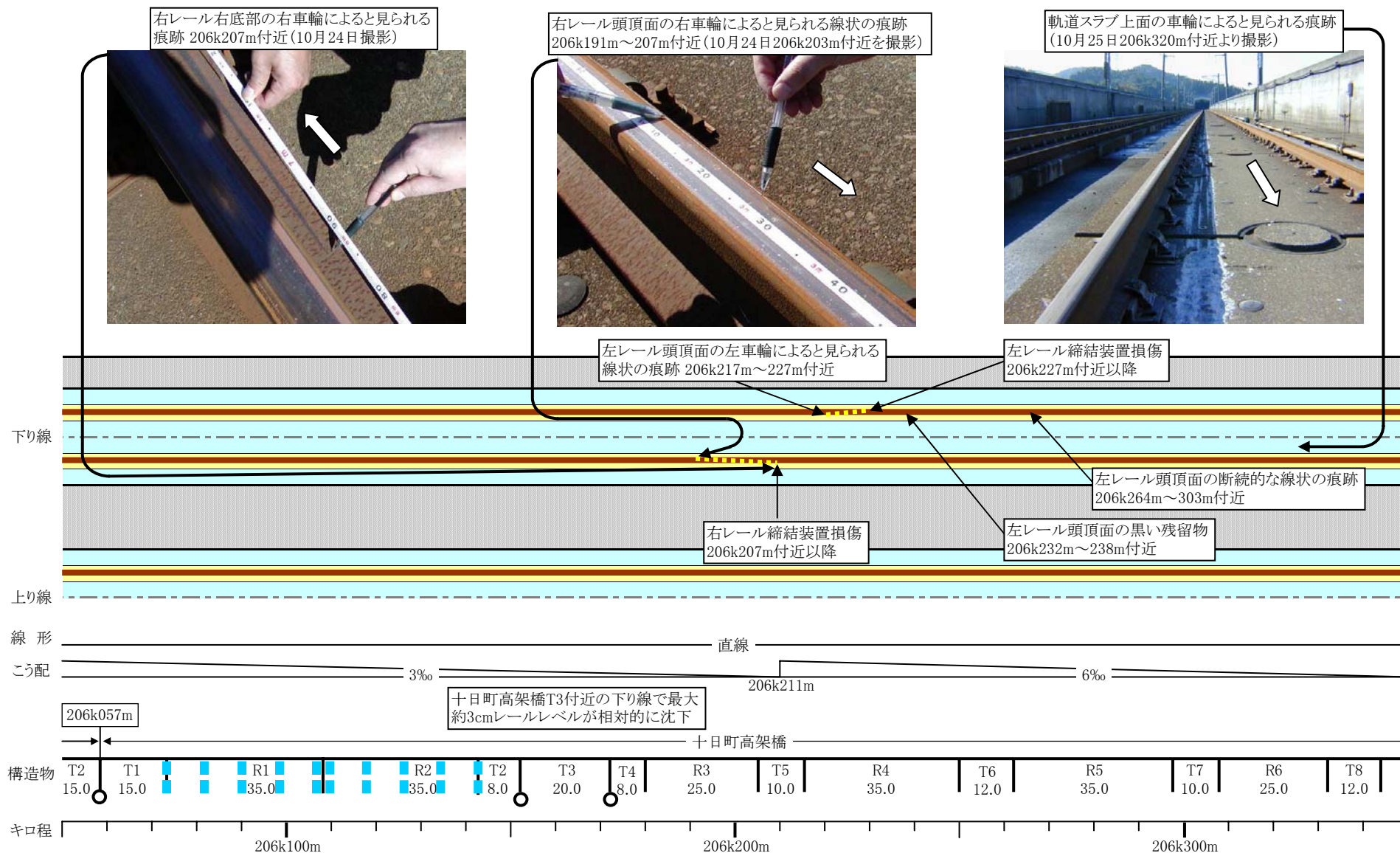
## 付図2 軌道の損傷状況等（その1） 1 / 7





## 付図2 軌道の損傷状況等 (その1) 2/7

34



## 付図2 軌道の損傷状況等（その1） 3 / 7

35

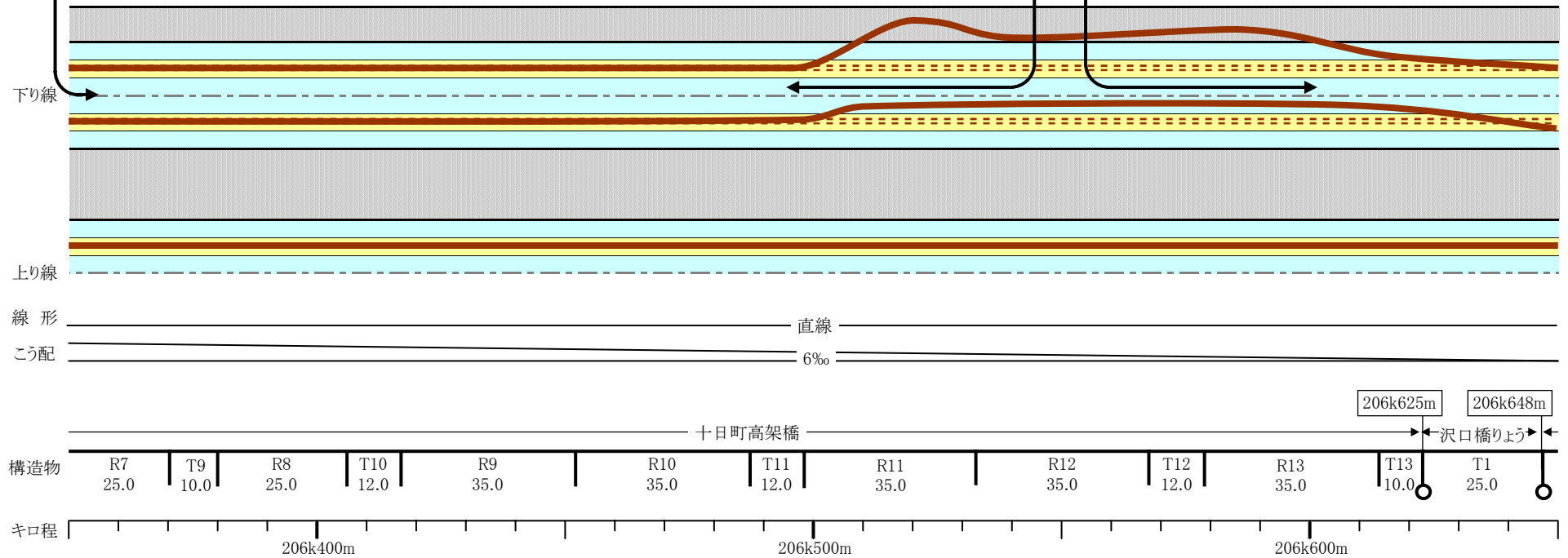
軌道スラブ上面の車輪による見られる痕跡  
(10月25日206k350m付近より撮影)



軌道スラブ上面を蛇行する痕跡 206k400~500m付近  
(11月12日締結装置等を撤去後206k470m付近より撮影)



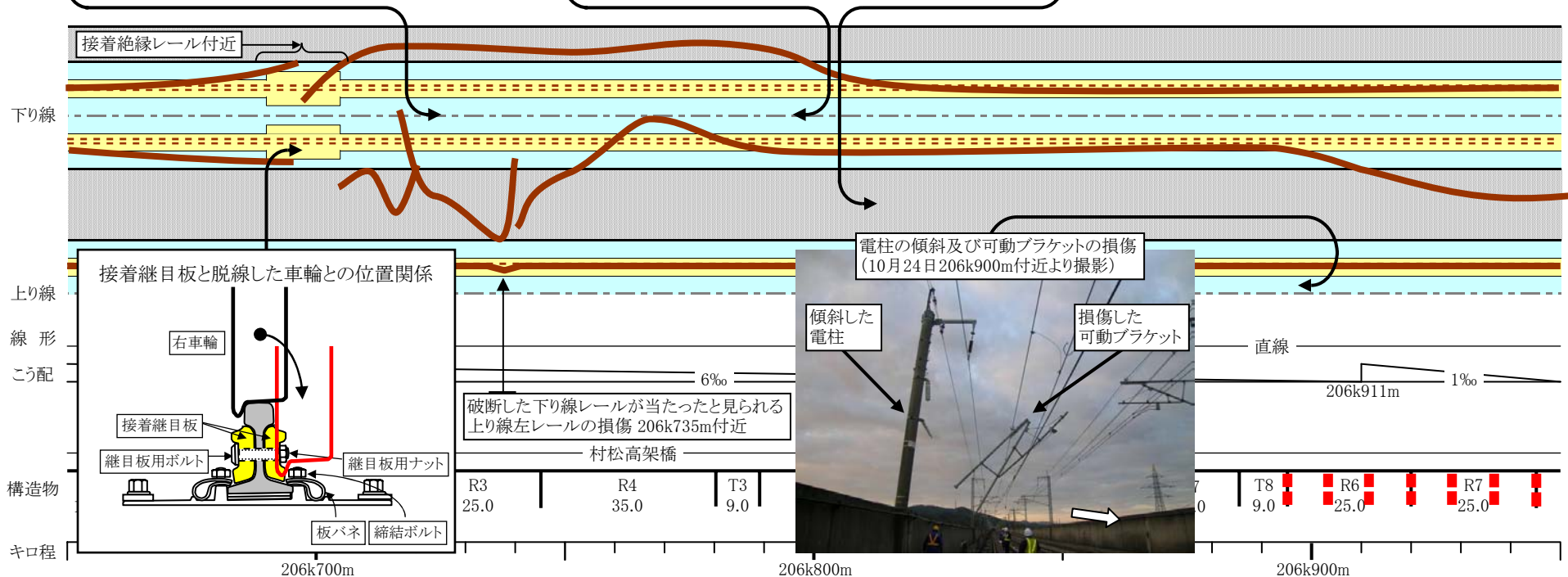
左側の融雪排水溝に左レールの一部が落下  
(10月24日206k600m付近より撮影)



## 付図2 軌道の損傷状況等（その1） 4 / 7



36



付図2 軌道の損傷状況等（その1） 5 / 7

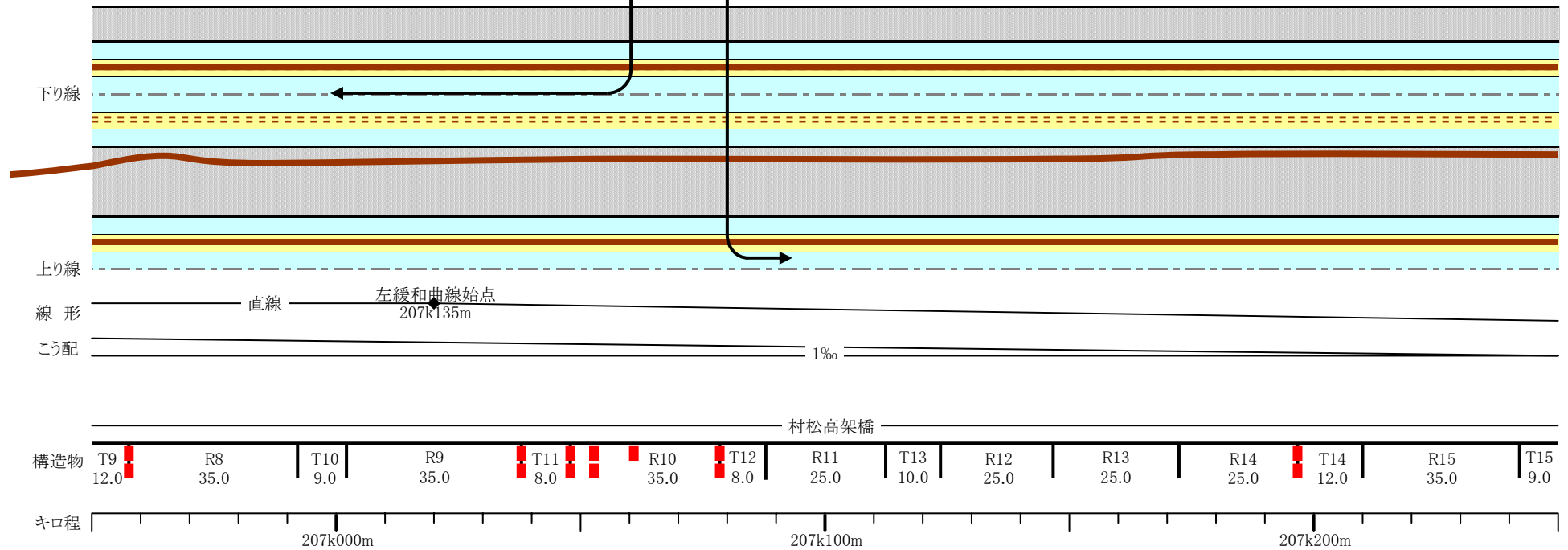
軌道スラブ上面の痕跡  
(10月25日206k990m付近より撮影)



上り線の軌道スラブ上面左端部の10両目へ続く断続的な痕跡  
206k828m~207k580m付近(10月25日207k090m付近より撮影)



37

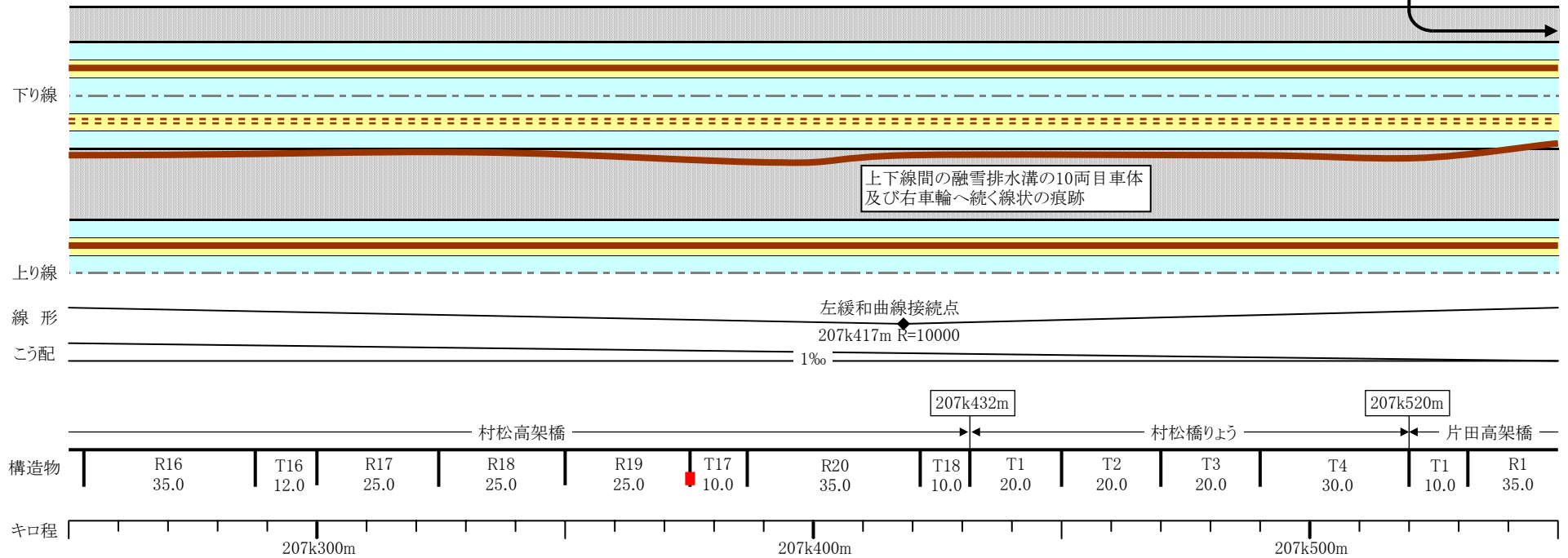




# 付図2 軌道の損傷状況等 (その1) 6 / 7

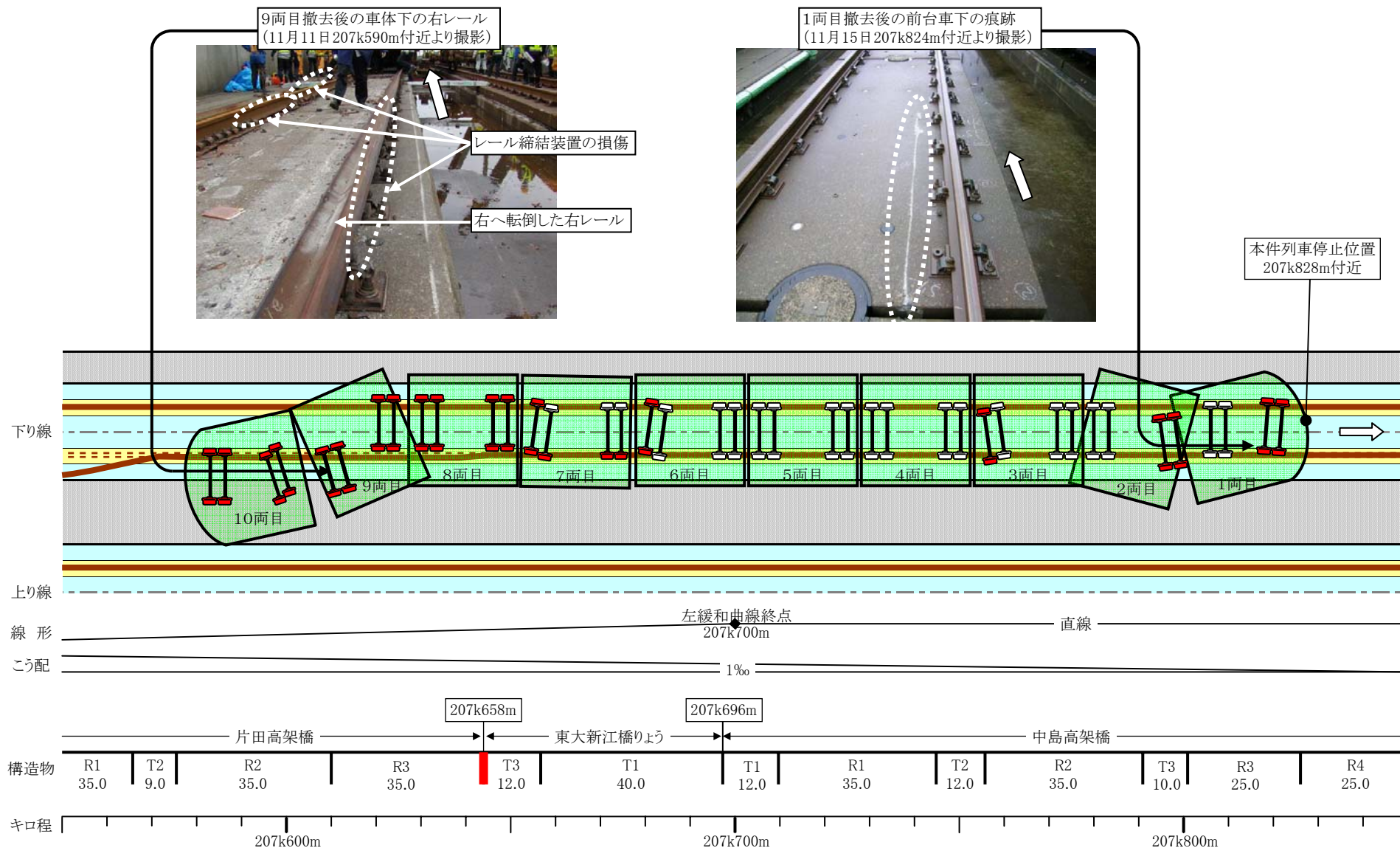
38

融雪排水溝に右車輪が落下して右へ傾いた10両目  
(10月24日207k550m付近より撮影)



## 付図2 軌道の損傷状況等 (その1) 7/7

39

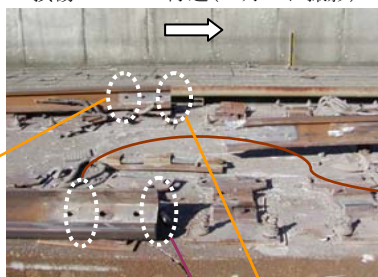


## 付図2 軌道の損傷状況等（その2）（接着絶縁レール付近）

写真①の左レールと接着継目板を  
組み合わせたもの(11月12日撮影)



①左右レール分離及び接着絶縁継目  
損傷206k696m付近(10月24日撮影)



写真①の右レールと接着継目板を  
組み合わせたもの(11月12日撮影)



②右レール分離箇所 206k705m付近の上下線  
間の融雪排水溝より新潟駅方(10月24日撮影)



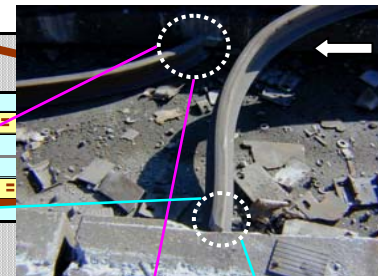
③右レールの破断箇所  
(10月24日206k720m付近より撮影)



左右レール分離  
206k696m付近

右レール破断  
206k717m付近

⑤右レール破断箇所 206k741m付近の  
上下線間の融雪排水溝(10月24日撮影)



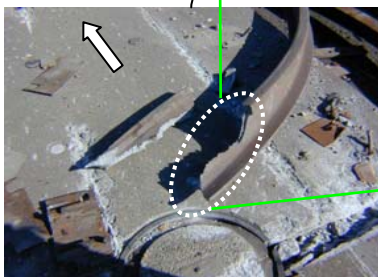
写真⑤のレール端部と、その間の破断したレールを  
組み合わせて撮影したもの(11月11日撮影)



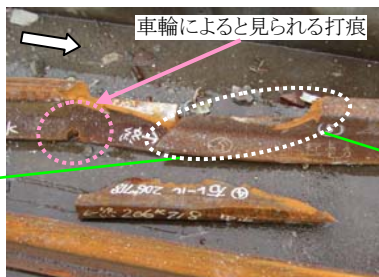
下り線

上り線

④右レールの破断箇所と付近にあったレール片を組み  
合わせたもの(10月24日206k717m付近より撮影)



車輪によると見られる打痕



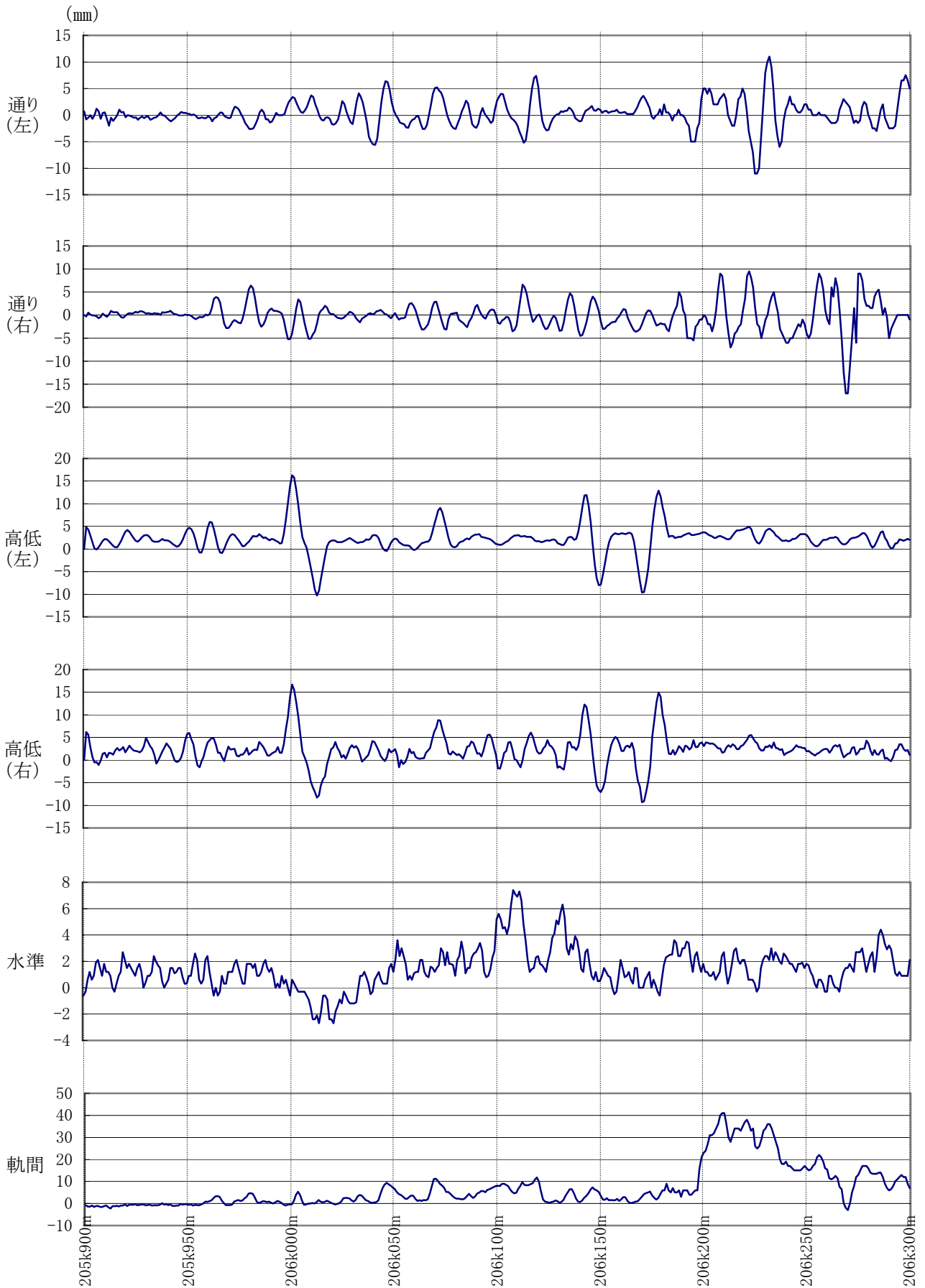
右の写真の左部反対側(上り線側)  
(11月14日撮影)



写真③のレール端部と、その間の破断したレールを組み合わせたもの(11月3日撮影)

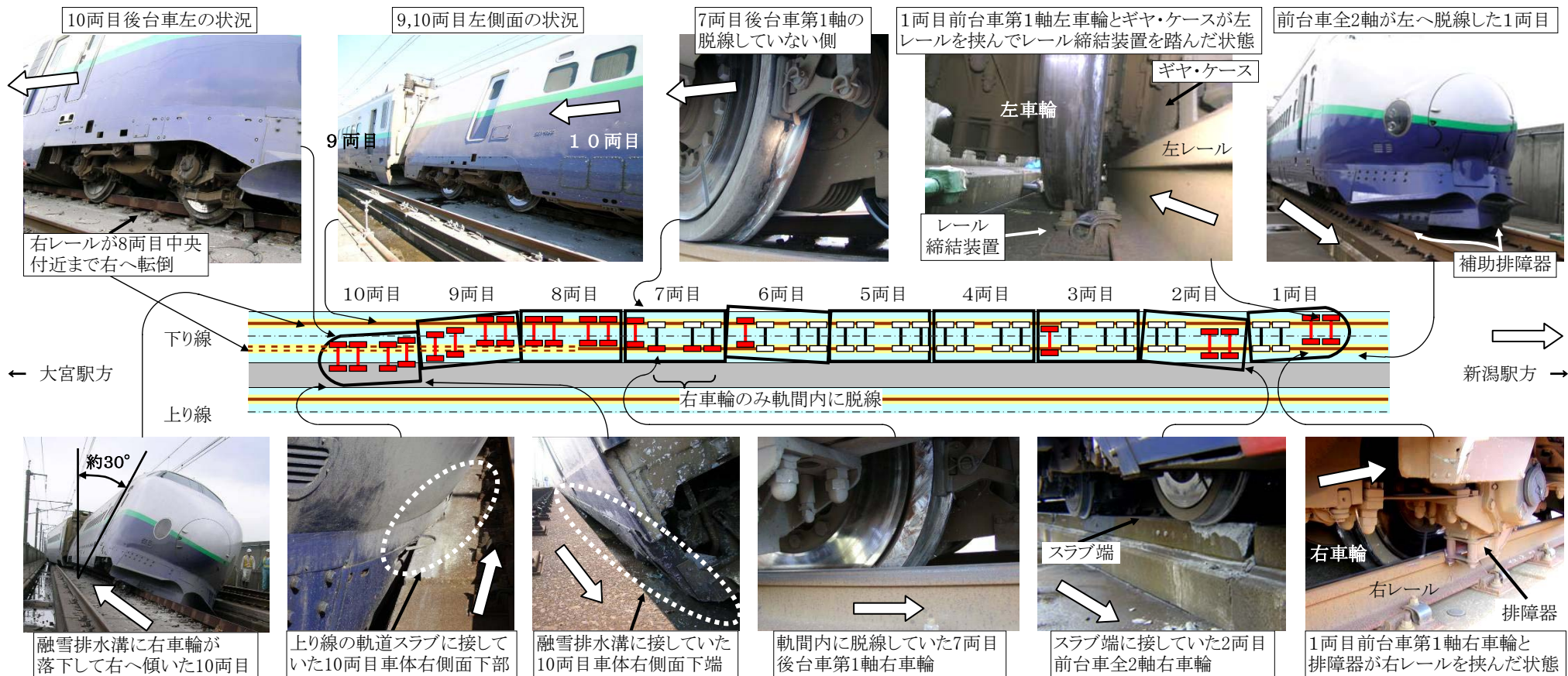
レール端部のキロ程は、分離及び破断後に存在した位置を示す。

付図2 軌道の損傷状況等（その3）（軌道変位の状況）  
 （下り線 平成16年10月30日測定）





### 付図3 車両の脱線状況



使用していたパンタグラフ

記号番号	221-1505	226-1043	225-1013	226-1032	225-1004	226-1009	225-482	226-1033	215-31	222-1505
脱線の方向とレールからの距離 (cm)	右100 右140	左5 左5	左10 左10	右* 右*	- -	- -	- -	- -	右50 右50	左20 左20
後台車										
第1軸	右140	右80	左10	右*	-	-	-	-	-	-
第2軸	右140	右90	左10	左5	左5	-	-	右10	-	-

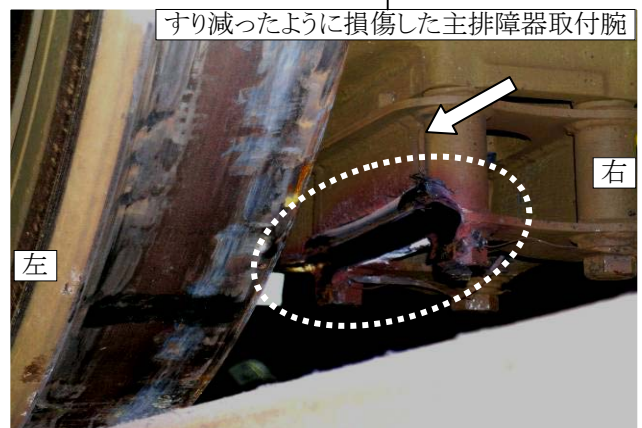
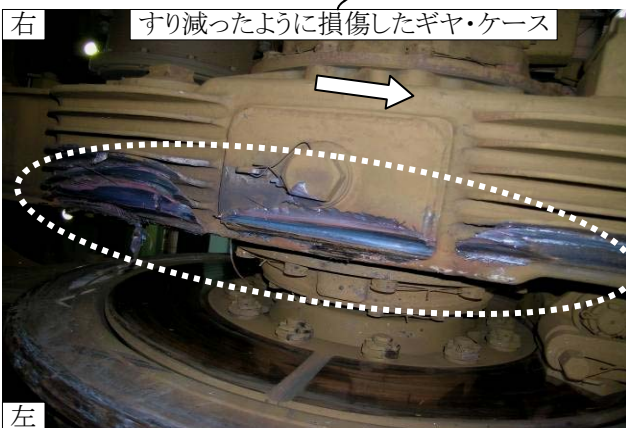
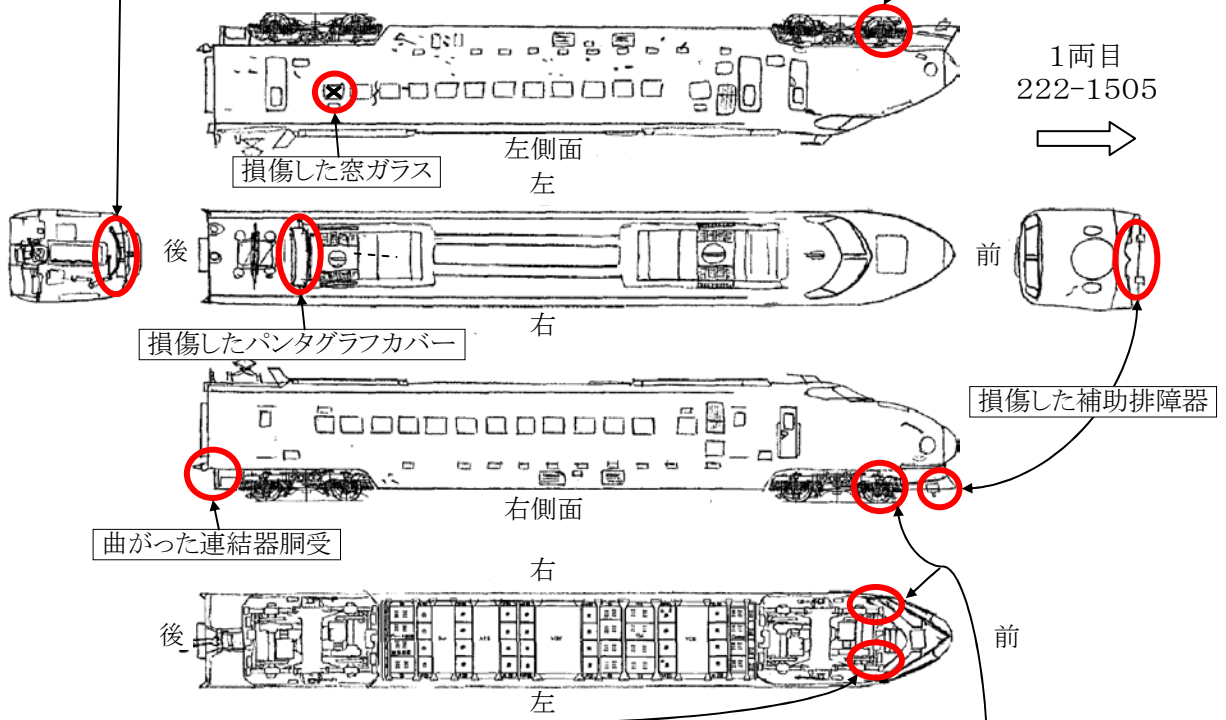
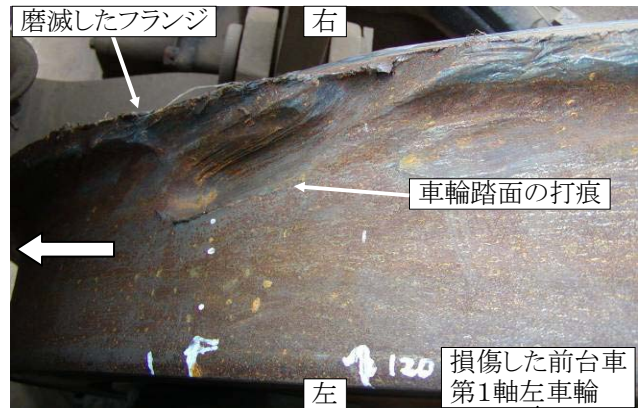
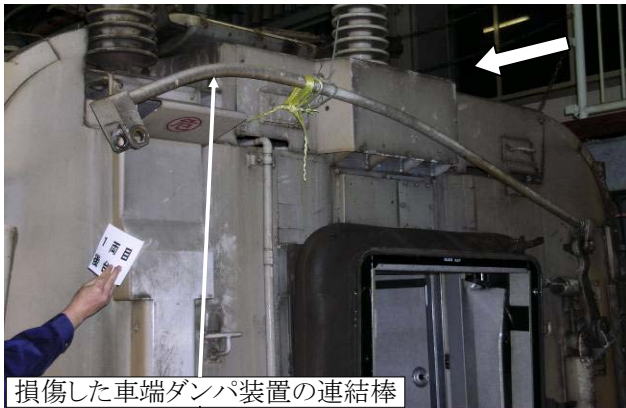
● ■ : 脱線軸

\*右車輪のみ軌間内に脱線

→ : 列車進行方向

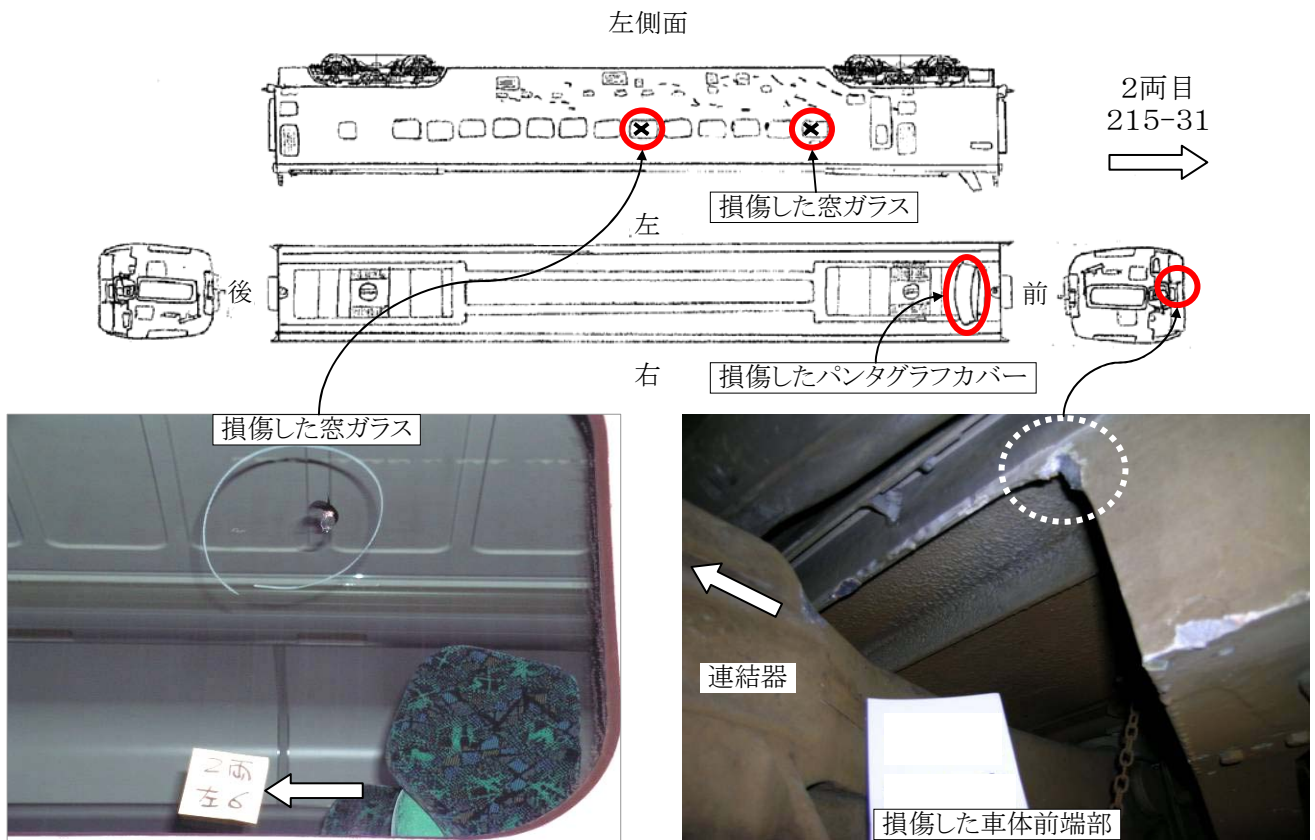
付図4 車両の主な損傷状況（その1）（1両目）

凡 例  
 :列車進行方向

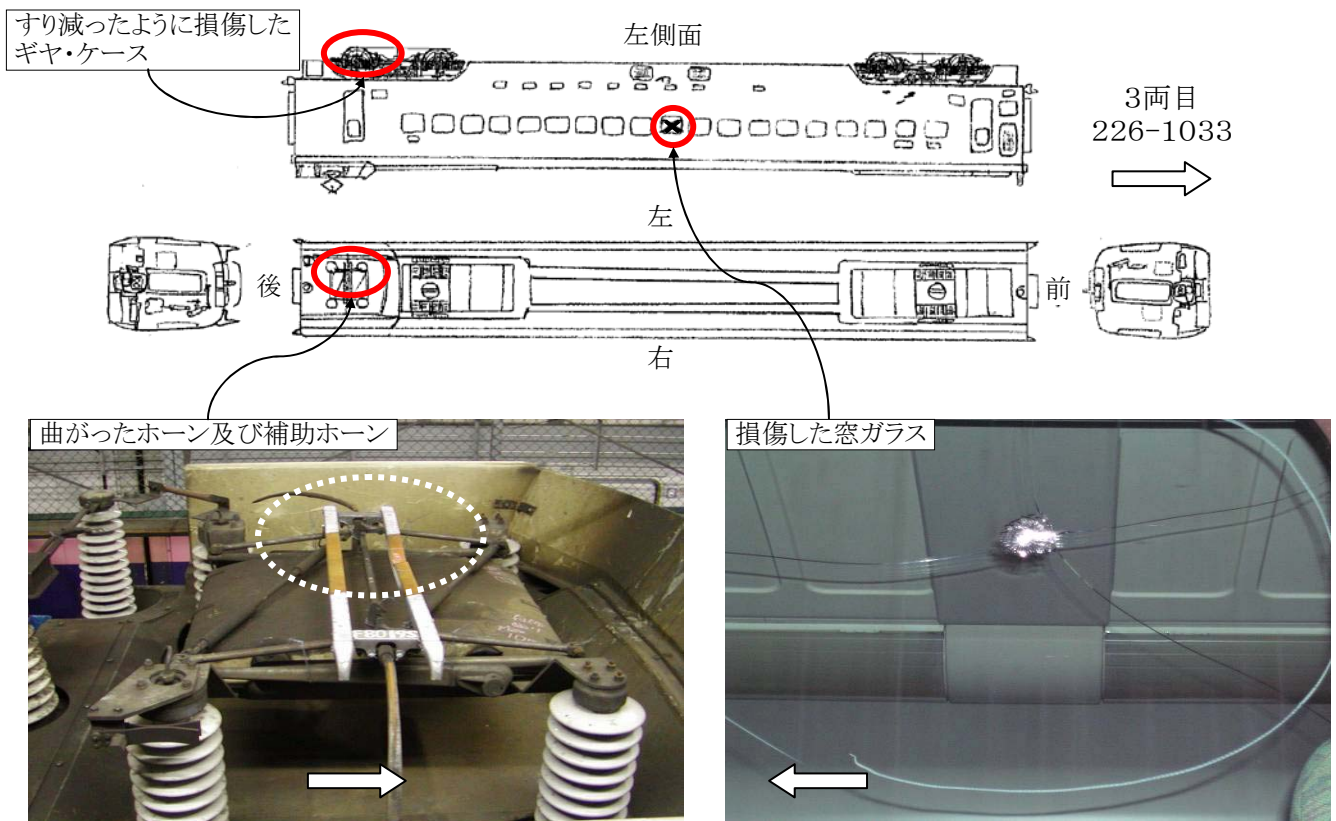




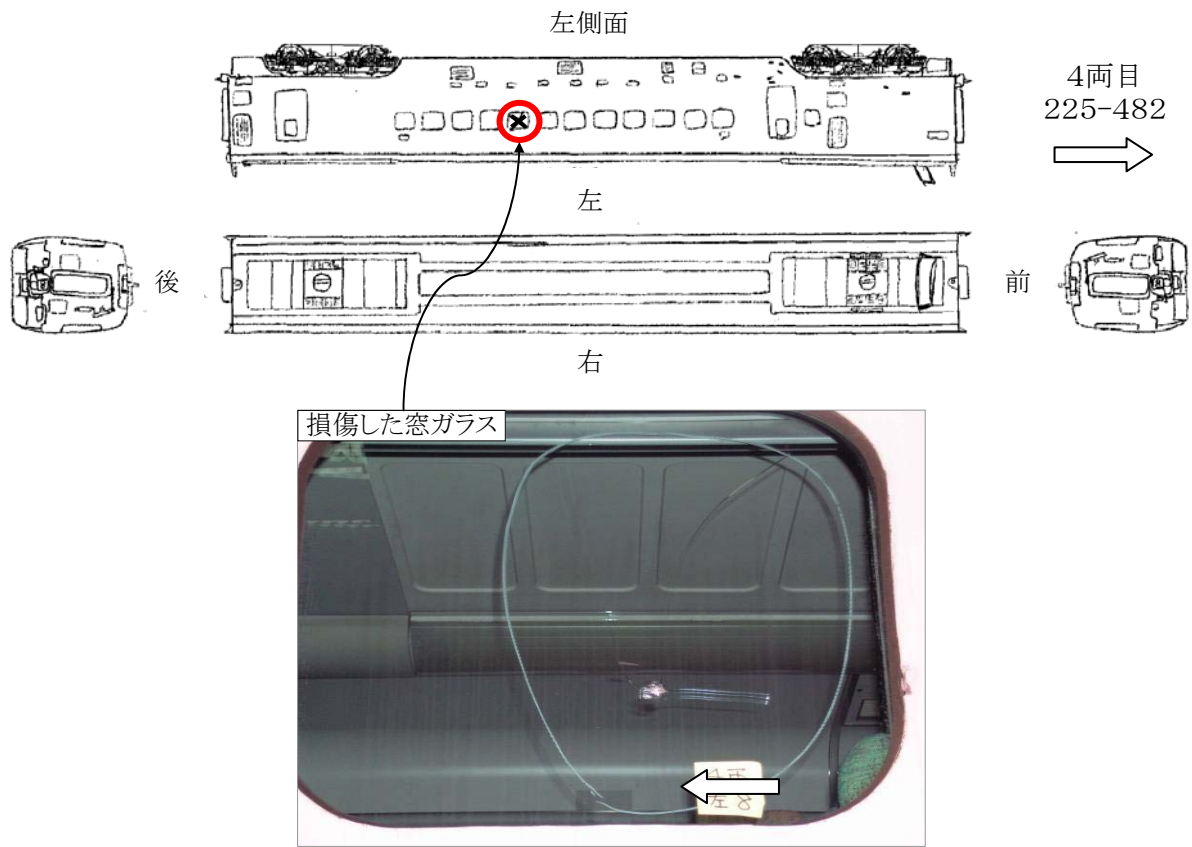
付図4 車両の主な損傷状況（その2）（2両目）



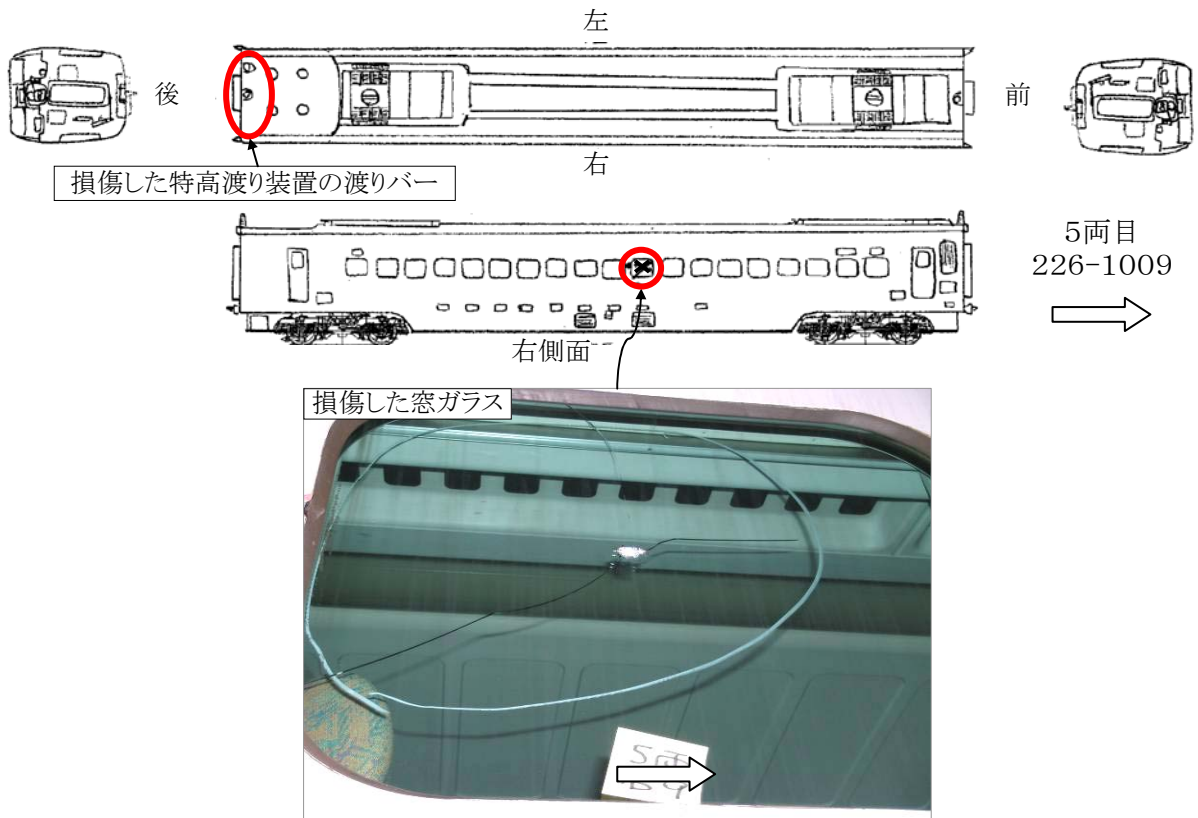
付図4 車両の主な損傷状況（その3）（3両目）



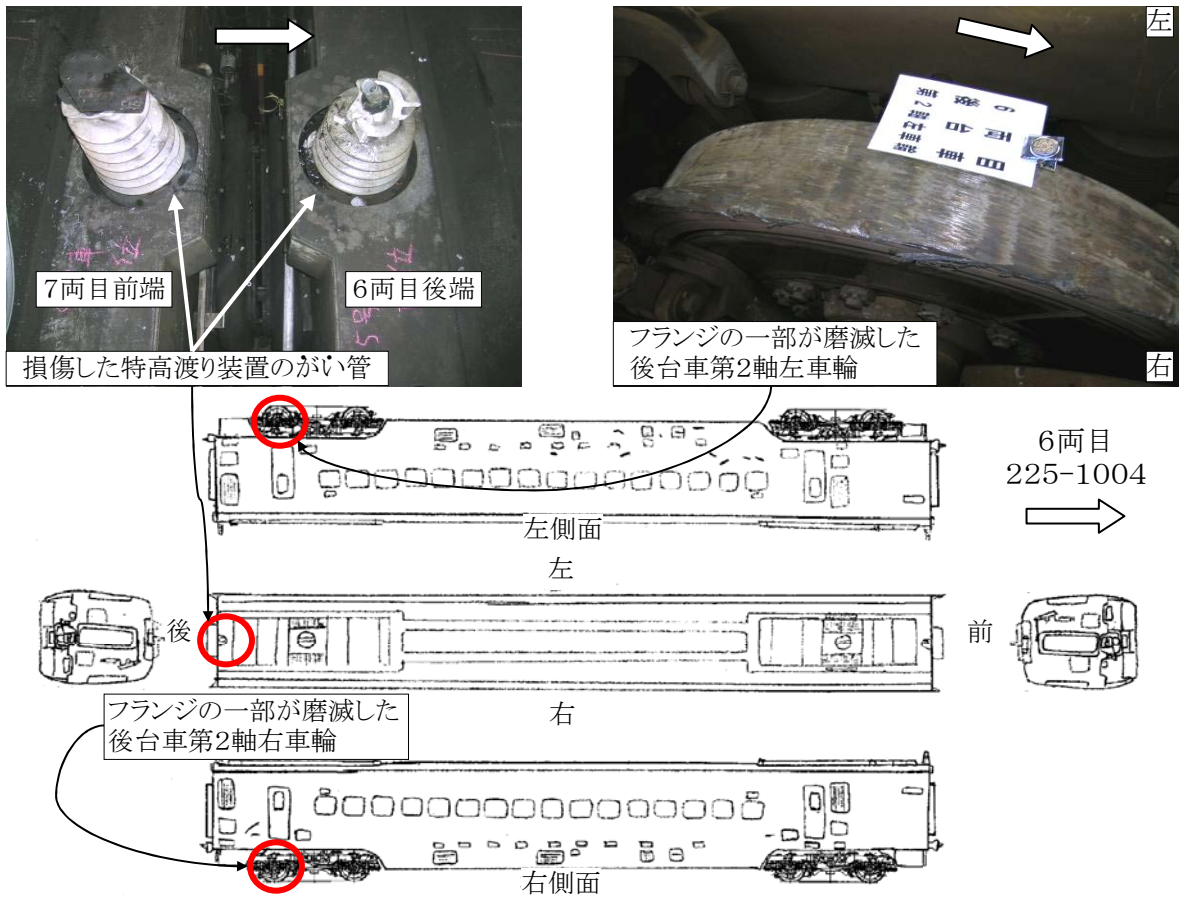
付図4 車両の主な損傷状況（その4）（4両目）



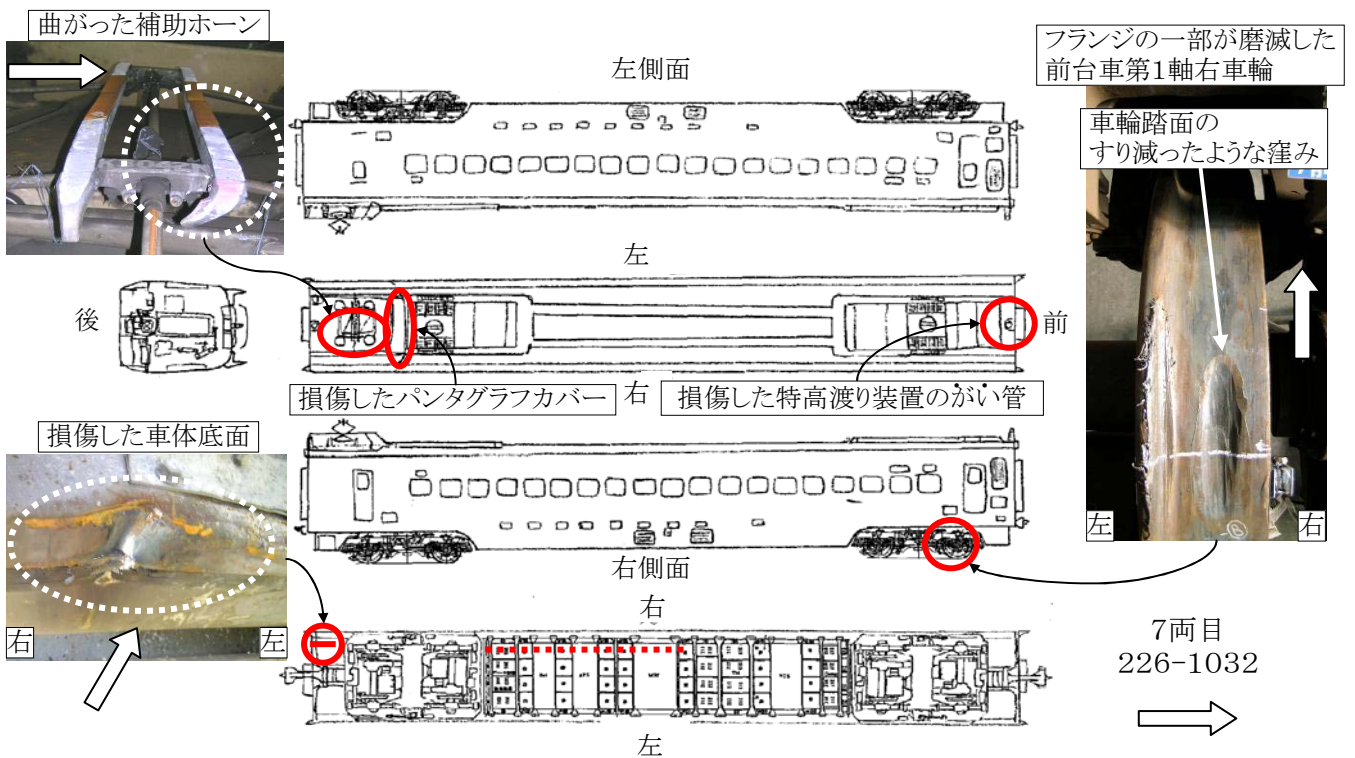
付図4 車両の主な損傷状況（その5）（5両目）



付図4 車両の主な損傷状況（その6）（6両目）



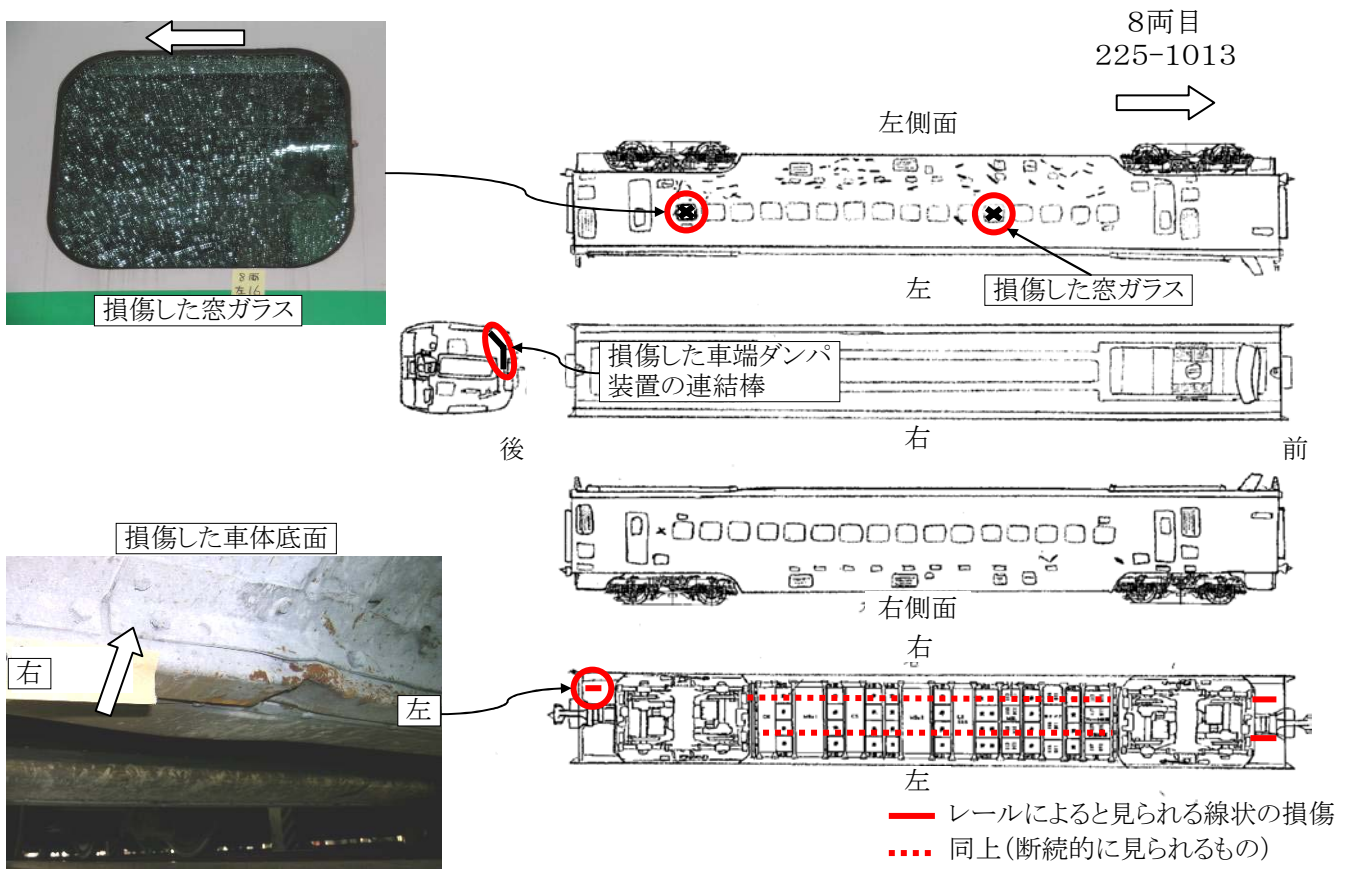
付図4 車両の主な損傷状況（その7）（7両目）



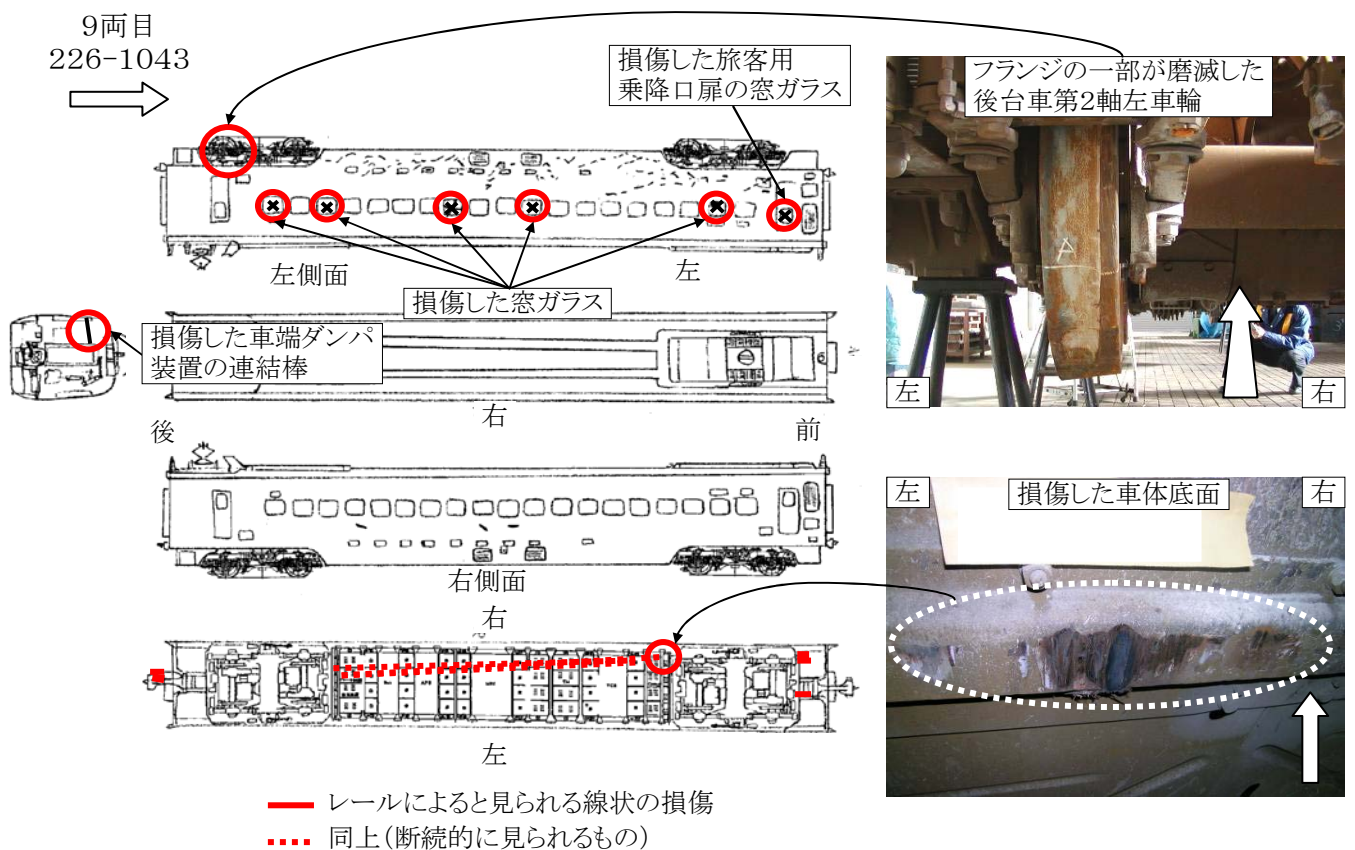
— レールによると見られる線状の損傷  
 ..... 同上(断続的に見られるもの)



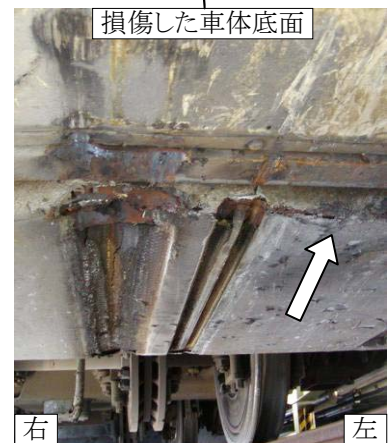
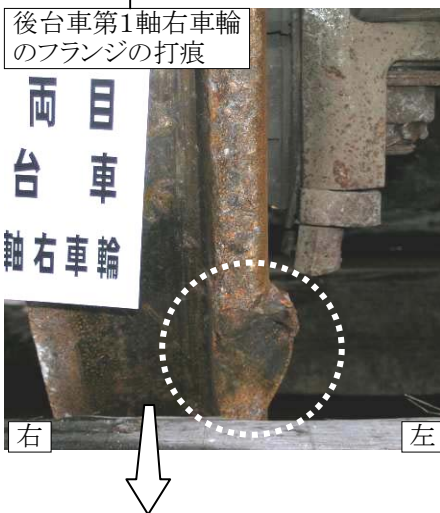
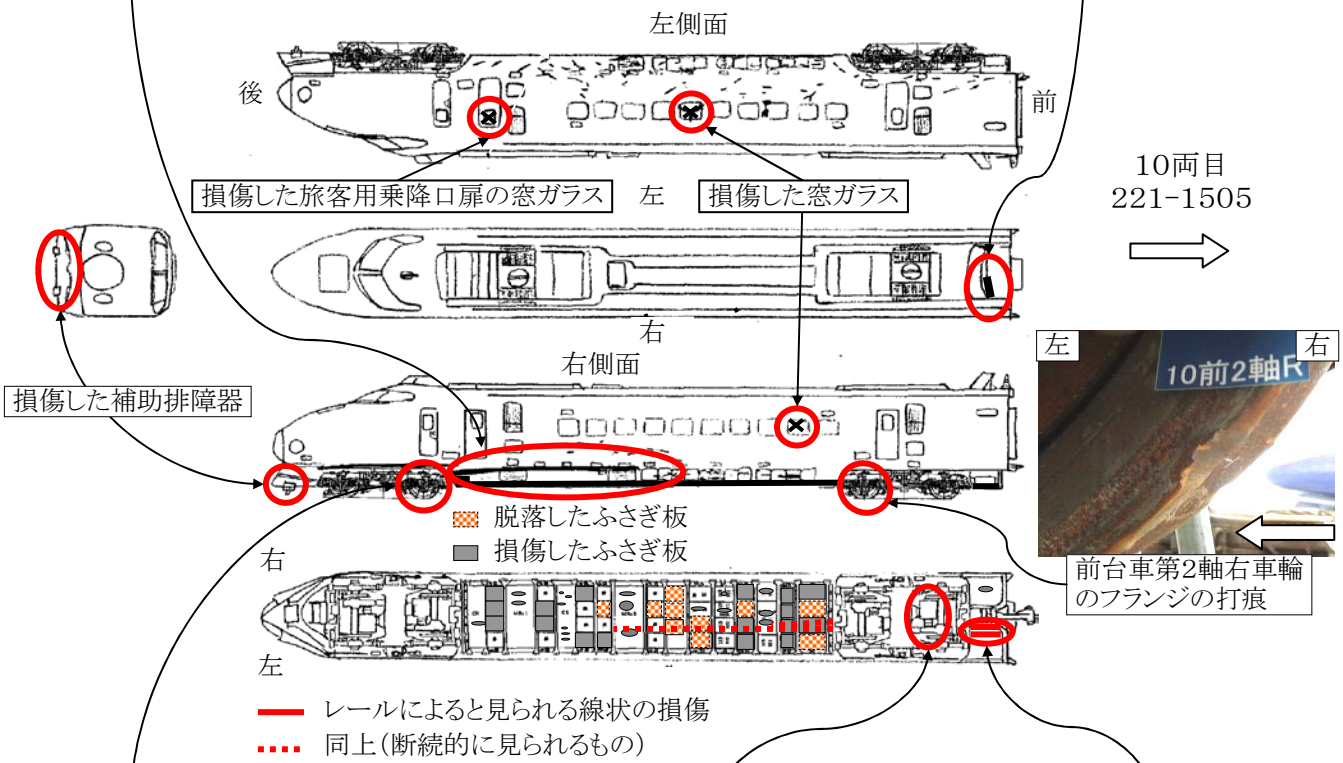
付図4 車両の主な損傷状況（その8）（8両目）



付図4 車両の主な損傷状況（その9）（9両目）

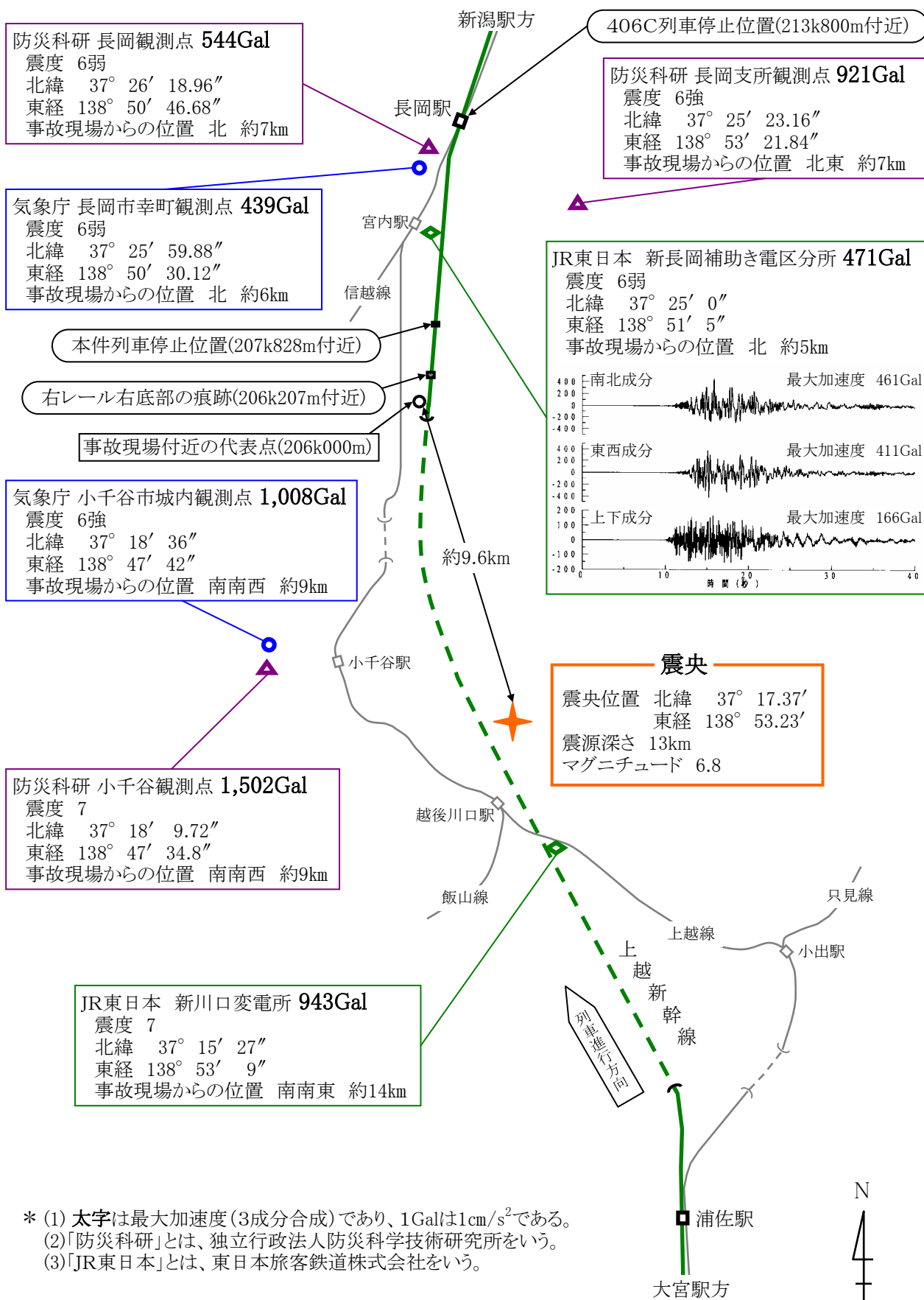


付図4 車両の主な損傷状況（その10）（10両目）





付図5 事故現場周辺で観測された新潟県中越地震の最大加速度



\* (1) **太字**は最大加速度(3成分合成)であり、1Galは $1\text{cm}/\text{s}^2$ である。  
 (2)「防災科研」とは、独立行政法人防災科学技術研究所をいう。  
 (3)「JR東日本」とは、東日本旅客鉄道株式会社をいう。

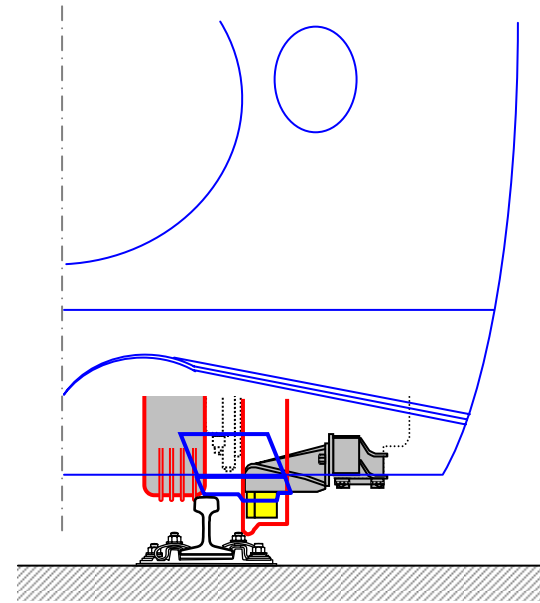
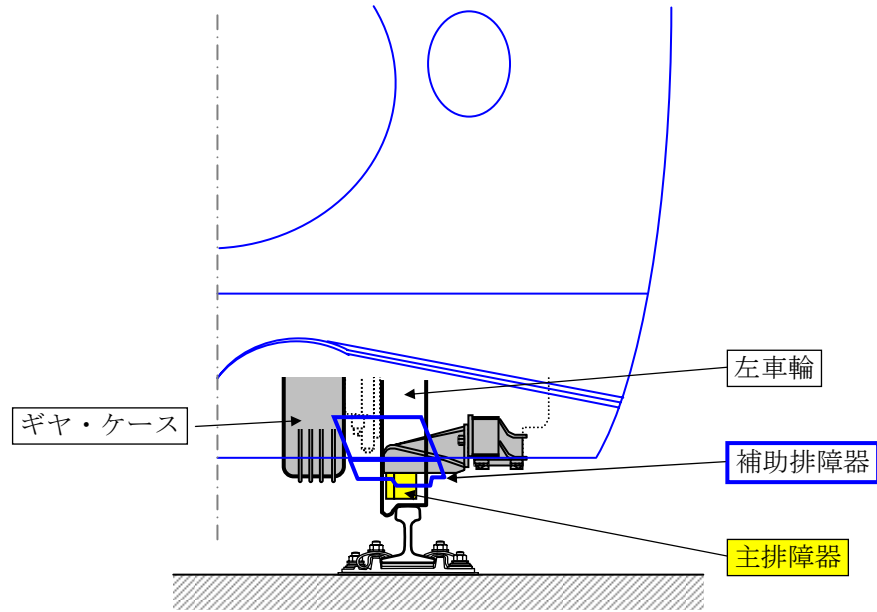


# 付図6 排障器と車輪との位置関係及び左車輪とギヤ・ケースとの間に左レールを挟んだ状態

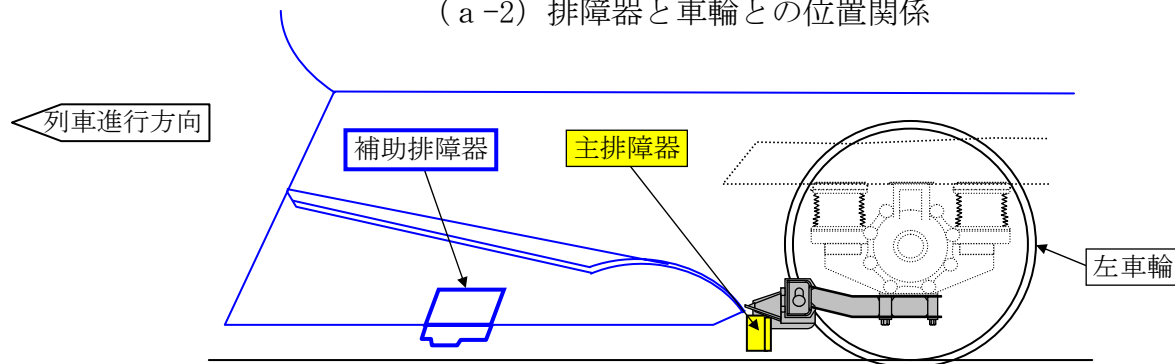
(a-1) 排障器と車輪との位置関係

(b) 左車輪とギヤ・ケースとの間に左レールを挟んだ状態

50

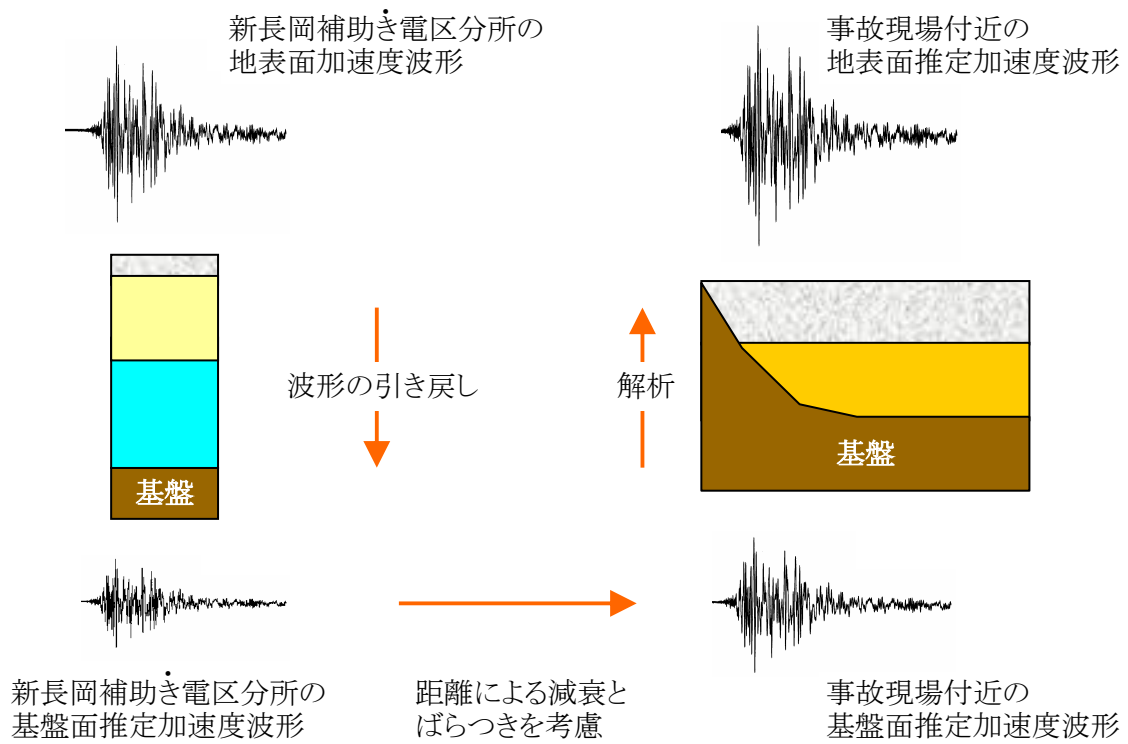


(a-2) 排障器と車輪との位置関係



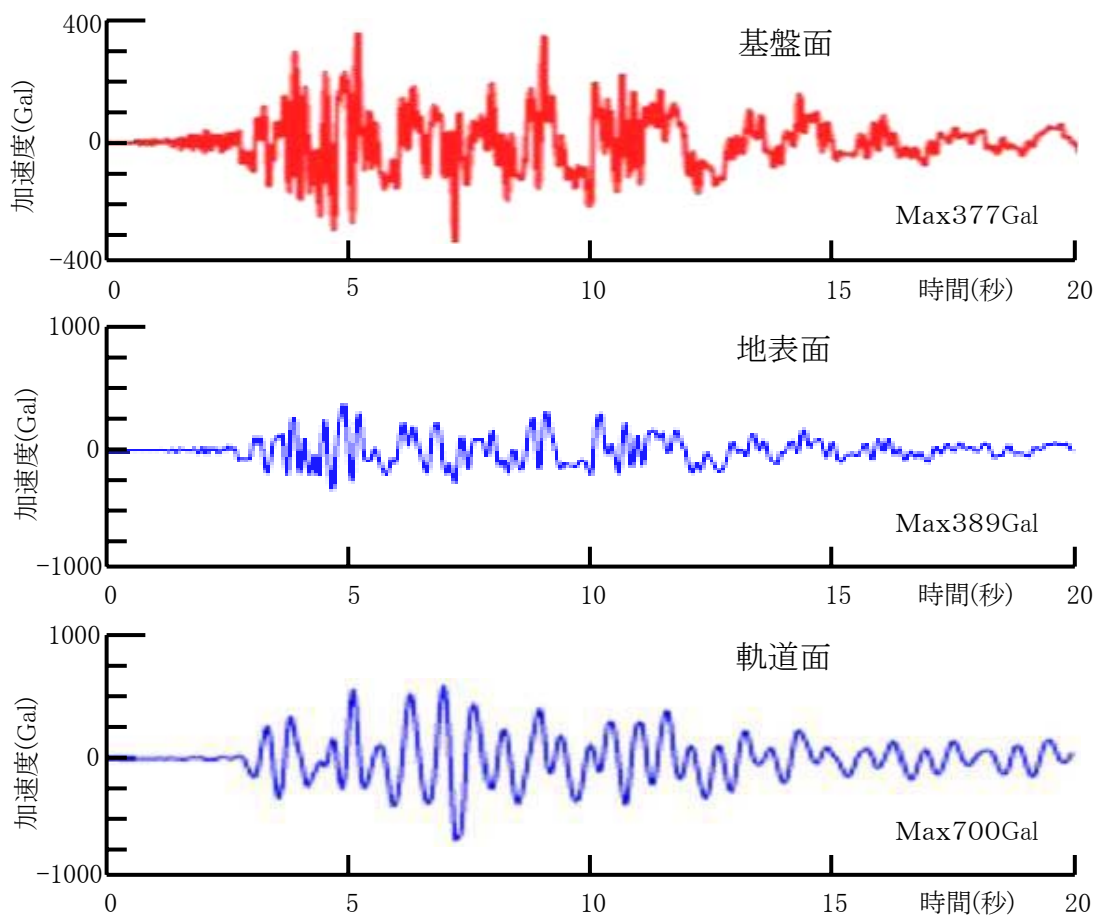
# 付図7 地震時の車両走行シミュレーション (その1)

(a) 地震動波形推定の概念図

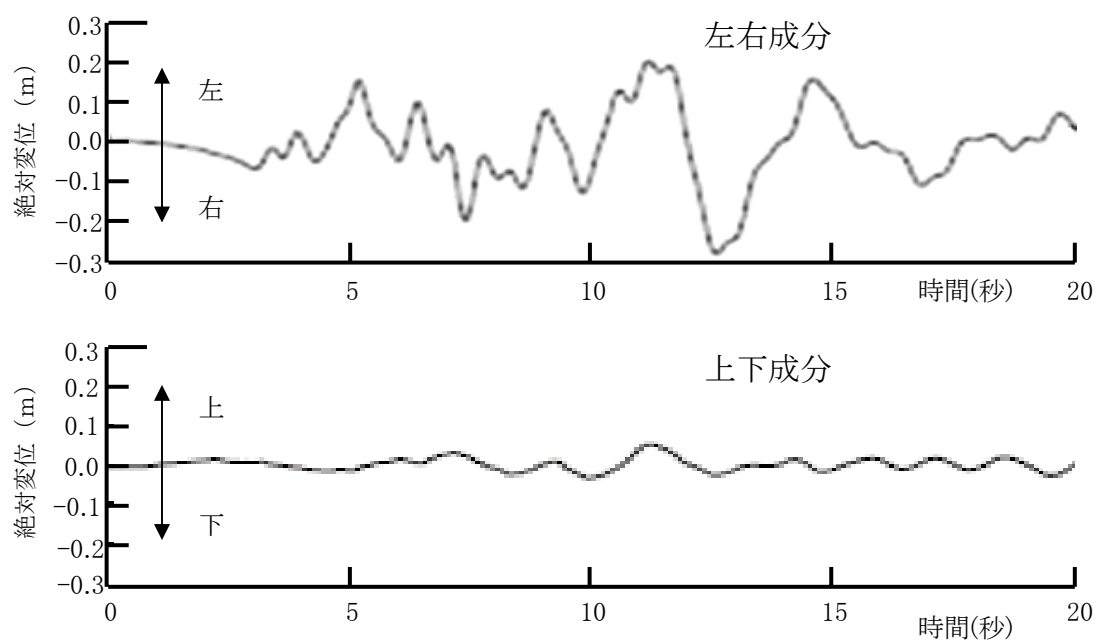


# 付図7 地震時の車両走行シミュレーション (その2)

(b) 十日町高架橋R3における推定加速度波形 (左右成分)

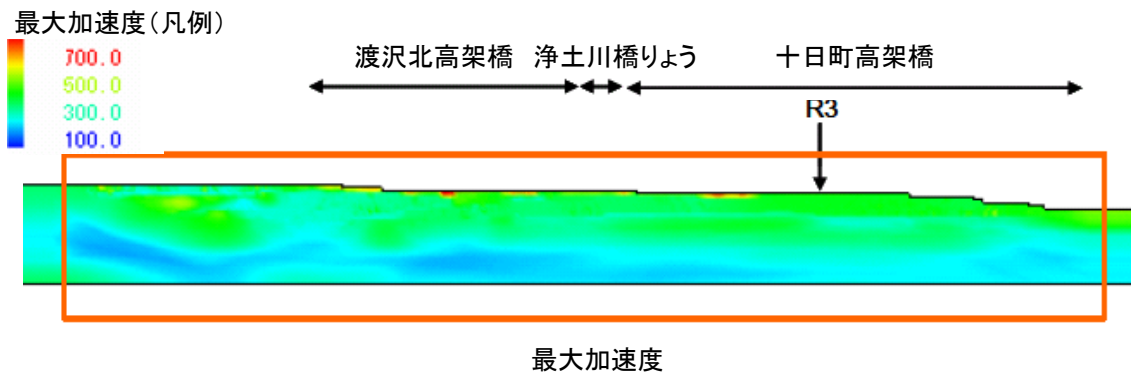
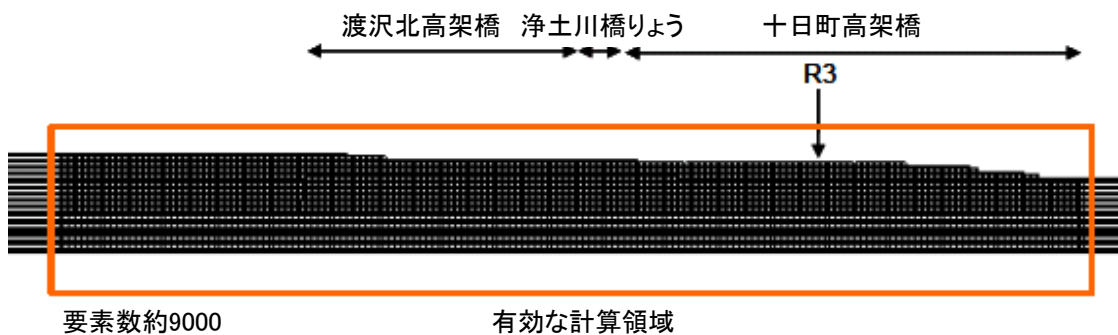
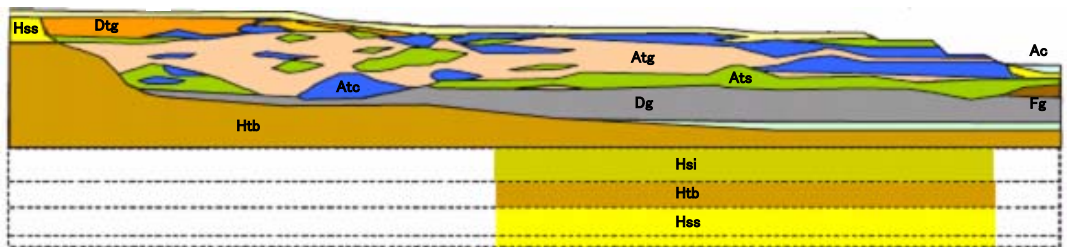
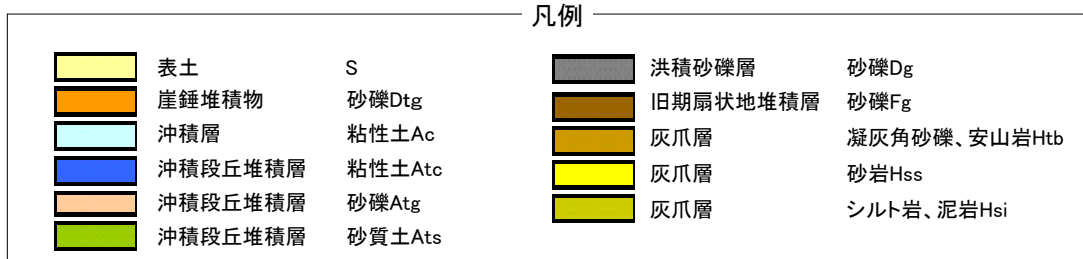


(c) 十日町高架橋R3の軌道面における推定絶対変位波形



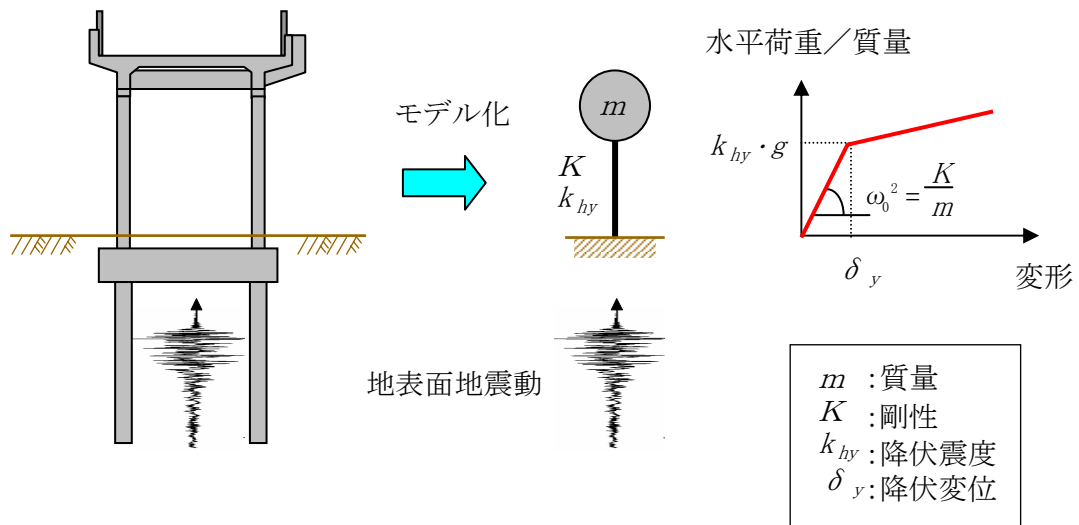
# 付図7 地震時の車両走行シミュレーション（その3）

(d) 現場付近の地盤構造モデルと解析結果

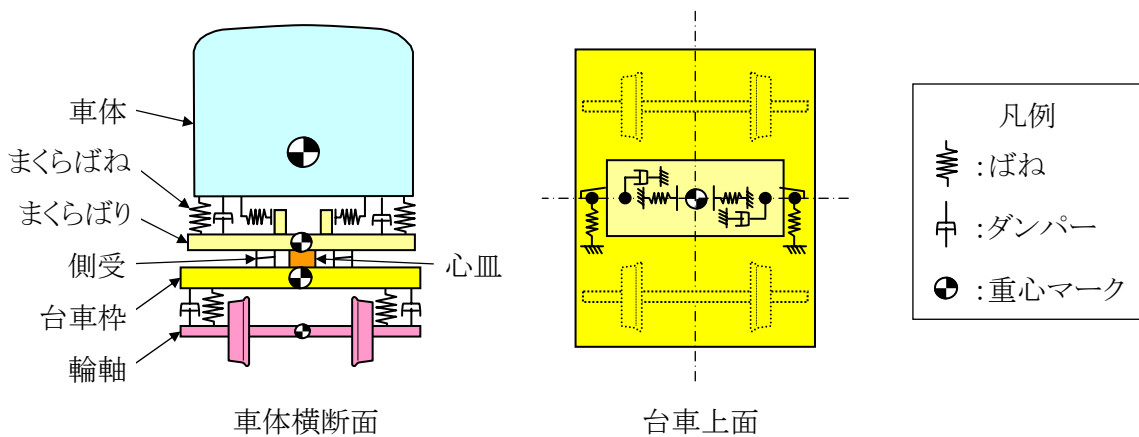


# 付図7 地震時の車両走行シミュレーション（その4）

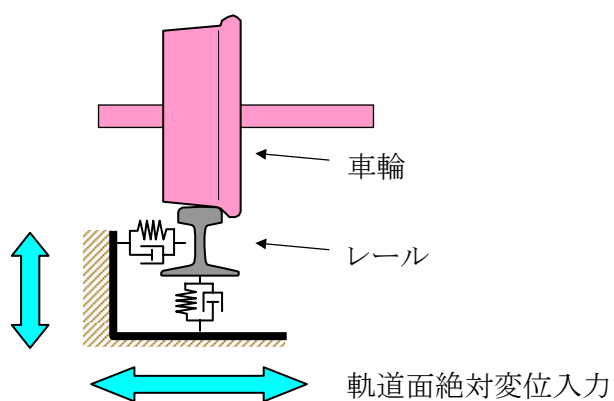
(e) 構造物の動的解析方法の概念図



(f) シミュレーションにおける車両モデル

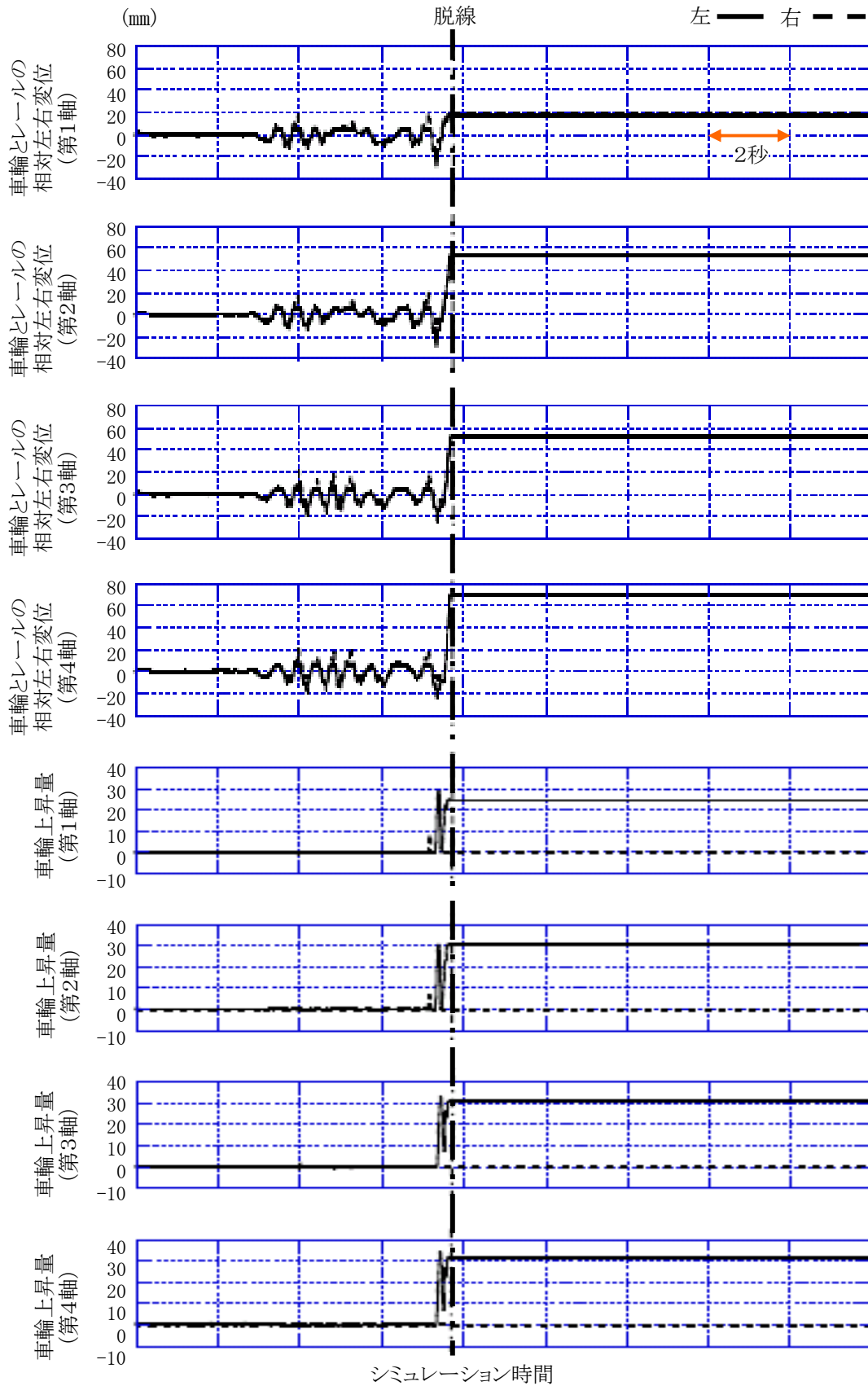


(g) シミュレーションにおける地震動入力概念図



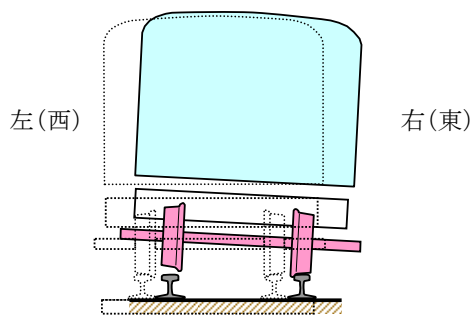
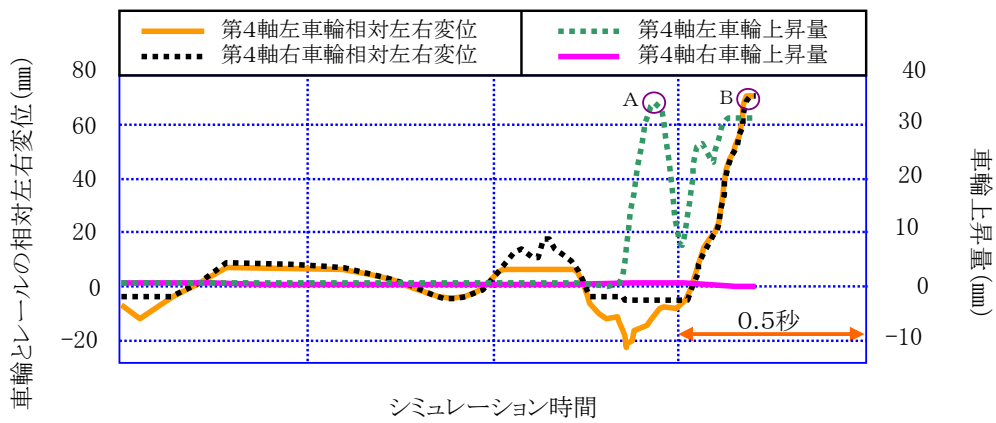
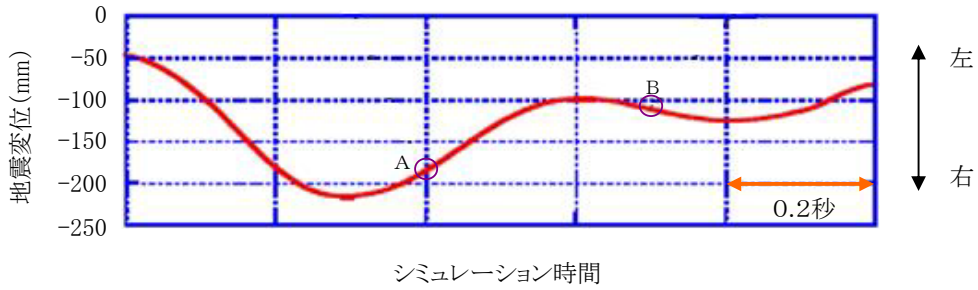
# 付図7 地震時の車両走行シミュレーション (その5)

(h) 車輪とレールの相対左右変位と車輪上昇量

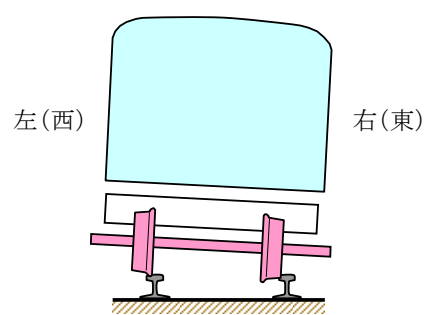


注：いずれかの軸が脱線状態になったときにシミュレーションを停止させた。

付図7 地震時の車両走行シミュレーション (その6)



A時点の車両挙動概念図



B時点の車両挙動概念図

《参 考》

本報告書本文中に用いる解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 事実を認定した理由」に用いる解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」