

本報告書は、[令和6年3月28日に公表した報告書](#)を、[令和6年9月26日に公表した正誤表](#)により訂正したものです。

## 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：令和4年3月16日 23時37分ごろ

発生場所：宮城県白石市

東北新幹線 福島駅～白石蔵王駅間

東京駅起点284k155m付近

令和6年2月26日

運輸安全委員会（鉄道部会）議決

委員長 武田展雄

委員 奥村文直（部会長）

委員 石田弘明

委員 早田久子

委員 鈴木美緒

委員 新妻実保子

## 要旨

### <概要>

東日本旅客鉄道株式会社の東北新幹線東京駅発、仙台駅行き17両編成の第223B列車は、令和4年3月16日（水）、福島駅を定刻（23時21分）から約5分遅れで出発した。列車は、速度約154km/hで福島駅～白石蔵王駅間を走行中、架線停電により自動で緊急ブレーキが動作し停止した。

停止後、列車の運転士は大きな地震の揺れを感じ、揺れが収まってから車内及び車外から列車を確認したところ複数の車両が脱線していた。

その後の調査の結果、全68軸のうち60軸が脱線していた。また、脱線した60軸のうち10軸については、車両に設置されていた逸脱防止ガイド等がレールを乗り

越えている状態であった。

列車には、乗客75名、運転士1名、車掌4名が乗車しており、このうち乗客6名が負傷した。

なお、同日23時36分33秒ごろ、福島県沖を震源とするマグニチュード7.4の地震が発生し、最大震度6強の揺れが観測された。また、その約2分前にマグニチュード6.1の前震が発生し、最大震度5弱の揺れが観測された。

#### <原因>

本事故は、令和4年3月16日に発生した福島県沖を震源とする地震のうちの、同日23時36分33秒ごろ発生した地震の地震動を受けたため、列車が脱線したものと推定される。

脱線に至る過程としては、地震動による軌道面の強い揺れにより、車体のローリングが発生したことで、左又は右車輪が上昇し、レールを乗り越えて脱線（ロッキング脱線）に至ったと考えられる。さらに、車体のローリングに伴い空気ばねが過大な変形により空気抜けの状態となったことが脱線を助長したと考えられる。

また、一部の輪軸において逸脱防止ガイド又は排障器取付腕がレールから外れ逸脱している状態であったことについては、脱線後に継続した地震動により逸脱を防止していた逸脱防止ガイドがレールを乗り越えて逸脱したこと、又は脱線時に排障器取付腕や歯車箱がレール上に落下した後に逸脱したことによる可能性があると考えられる。

なお、本事故においては、同地震の約2分前に発生した地震により早期に列車を停止させるシステムが動作して脱線時に列車が停止していたこと、及び多くの逸脱防止ガイド等が機能して車両が軌道から大きく逸脱することを防いだことが関与し、被害拡大を防止できたものと考えられる。

# 目 次

1	鉄道事故調査の経過	1
1.1	鉄道事故の概要	1
1.2	鉄道事故調査の概要	1
1.2.1	調査組織	1
1.2.2	調査の実施時期	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	事実情報	2
2.1	運行の経過	2
2.1.1	乗務員等の口述	2
2.1.2	運転状況の記録	9
2.2	人の死亡、行方不明及び負傷	10
2.2.1	車両ごとの乗客数等に関する情報	10
2.2.2	乗客の負傷に関する情報	11
2.2.3	避難及び救護に関する情報	11
2.3	鉄道施設及び車両等に関する情報	12
2.3.1	事故現場に関する情報	12
2.3.2	鉄道施設に関する情報	16
2.3.3	地形、地質等の状況	17
2.3.4	車両に関する情報	17
2.3.5	車体の振動加速度	22
2.3.6	空気ばねの内圧及び高さ	22
2.4	鉄道施設及び車両等の損傷に関する情報	23
2.4.1	事故現場付近の鉄道施設の主な損傷及び痕跡の状況	23
2.4.2	本件列車の車両の主な損傷及び痕跡の状況	26
2.4.3	本件列車の乗降ドアの異常開閉	27
2.5	乗務員等に関する情報	31
2.5.1	年齢等	31
2.5.2	健康状態等の状況	31
2.6	気象に関する情報	31
2.7	地震に関する情報	32
2.7.1	本件地震等の概要	32
2.7.2	本件地震等の震度及び震央と事故現場との位置関係	32

2.7.3	本件地震等の緊急地震速報	33
2.7.4	事故現場付近の地震観測点における地震計の記録	33
2.8	地震発生時に列車を緊急停止させるためのシステムに関する情報	35
2.8.1	新幹線早期地震検知システムの概要	35
2.8.2	新幹線早期地震検知システムの動作記録	35
2.8.3	本件列車以外の運行中の列車の停止状況	36
2.9	数値シミュレーションに関する情報	37
2.9.1	軌道面波形の推定	38
2.9.2	脱線メカニズムの解明	40
2.9.3	逸脱メカニズムの解明	44
2.10	実台車加振実験に関する情報	47
2.10.1	試験装置及び試験体	47
2.10.2	軌道面の振動	48
2.10.3	実台車加振実験の概要	49
2.10.4	実台車加振実験の結果	50
2.11	その他の情報	51
2.11.1	本事故後の復旧作業の状況	51
2.11.2	過去の大規模地震による新幹線列車脱線事故	52
3	分析	53
3.1	本事故発生前の鉄道施設、車両等に関する分析	53
3.1.1	鉄道施設	53
3.1.2	車両	54
3.1.3	運転取扱いに関する分析	54
3.2	気象に関する分析	54
3.3	脱線に関する分析	54
3.3.1	停電検知ブレーキの動作に関する分析	54
3.3.2	脱線の原因に関する分析	54
3.3.3	脱線の時刻に関する分析	55
3.3.4	脱線時の速度に関する分析	55
3.3.5	脱線した位置に関する分析	55
3.3.6	脱線状況に関する分析	56
3.3.7	排障器取付腕が設置された輪軸の脱線及び逸脱状況に関する分析	57
3.3.8	脱線及び逸脱のメカニズムに関する分析	58
3.3.9	脱線及び逸脱に至る過程に関する分析	61
3.4	鉄道施設及び車両の損傷等に関する分析	64

3.4.1	鉄道施設の損傷	64
3.4.2	車両の損傷	65
3.4.3	乗降ドアの異常開閉	66
3.5	新幹線早期地震検知システムの動作に関する分析	68
3.6	負傷者に関する分析	68
3.7	再発防止及び被害軽減に関する分析	69
4	結 論	70
4.1	分析の要約	70
4.2	原因	75
5	再発防止策	76
5.1	必要と考えられる再発防止策	76
5.2	事故後に J R 東日本及び J R 北海道が講じた措置	76
5.3	事故後に国土交通省が講じた措置	77

## 添 付 資 料

付図 1	東北新幹線路線図	78
付図 2	事故現場付近の地形図	78
付図 3	事故現場略図	79
付図 4	事故現場の状況	79
付図 5	本件列車の脱線の状況	80
付図 6	事故現場付近の構造物	81
付図 7	車体の振動加速度（抜粋）	82
付図 8	空気ばねの内圧及び高さ（抜粋）	83
付図 9	軌道の主な損傷及び痕跡状況	84
付図 10	本事故発生前後の軌道変位	88
付図 11	構造物等の主な損傷状況	89
付図 12	車両の主な損傷及び痕跡状況	91
付図 13	逸脱防止ガイド等の痕跡	94
付図 14	実台車加振実験の結果	95
付図 15	実台車加振実験結果とシミュレーション結果	99
付図 16	脱線及び逸脱時の車両挙動イメージ	101
附属資料 1	軌道面の不同変位についての考察	108
附属資料 2	脱線するまでの車両の挙動シミュレーション結果	111

附属資料 3	脱線後に逸脱するまでの車両挙動シミュレーション結果.....	112
附属資料 4	逸脱防止ガイド等の寸法についての分析（詳細） .....	113
附属資料 5	新幹線の地震対策に関する考え方について.....	115

# 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北新幹線東京駅発、仙台駅行き17両編成の第223B列車は、令和4年3月16日（水）、福島駅を定刻（23時21分）から約5分遅れで出発した。列車は、速度約154km/hで福島駅～白石蔵王駅間<sup>しろいしぎおう</sup>を走行中、架線停電により自動で緊急ブレーキが動作し停止した。

停止後、列車の運転士は大きな地震の揺れを感じ、揺れが収まってから車内及び車外から列車を確認したところ複数の車両が脱線していた。

その後の調査の結果、全68軸のうち60軸が脱線していた。また、脱線した60軸のうち10軸については、車両に設置されていた逸脱防止ガイド等がレールを乗り越えている状態であった。

列車には、乗客75名、運転士1名、車掌4名が乗車しており、このうち乗客6名が負傷した。

なお、同日23時36分33秒ごろ、福島県沖を震源とするマグニチュード7.4の地震が発生し、最大震度6強の揺れが観測された。また、その約2分前にマグニチュード6.1の前震が発生し、最大震度5弱の揺れが観測された。

## 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、令和4年3月17日、本事故の調査を担当する主管調査官ほか1名の鉄道事故調査官を指名した。

また、令和4年4月1日、2名の鉄道事故調査官を追加指名した。また、委員長（武田 展雄）及び委員（奥村 文直、石田 弘明）を事故現場等に派遣した。

東北運輸局は、本事故調査の支援のため、職員を事故現場に派遣した。

本事故は、令和4年3月16日に福島県沖を震源として発生した地震の地震動が関与した可能性が考えられることから、令和5年7月1日に、地盤、構造物及び車両に関わる、表1に示す2名の専門委員を任命し、地震動による高架橋等の動的挙動及び新幹線車両の脱線メカニズム等についての検討を行った。

また、本事故に関し、地震動による台車の挙動に関する調査を公益財団法人鉄道総合技術研究所（以下「鉄道総研」という。）に委託した。

表1 専門委員と調査すべき専門分野

所 属	職 名	氏 名	専門分野
鉄道総研	研究室長	井澤 淳	地盤、構造物
鉄道総研	主管研究員	日比野 有	車両

※所属及び職名は令和5年7月現在のものを示す。

### 1.2.2 調査の実施時期

令和4年3月17日～18日	現場調査及び口述聴取
令和4年3月22日	口述聴取
令和4年3月24日～25日	口述聴取
令和4年3月29日	現場調査及び車両調査
令和4年4月2日～3日	現場調査及び口述聴取
令和4年4月9日～10日	車両調査
令和4年4月12日	口述聴取
令和4年4月24日～25日	口述聴取
令和4年5月24日	口述聴取
令和4年10月13日	車両調査
令和4年8月～令和5年9月	地震動による台車の挙動に関する調査

### 1.2.3 経過報告

令和5年2月16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 事実情報

### 2.1 運行の経過

#### 2.1.1 乗務員等の口述

事故に至るまでの経過は、東日本旅客鉄道株式会社（以下「JR東日本」という。）の東北新幹線東京駅発、仙台駅行き17両編成の第223B列車（やまびこ223号）（以下「本件列車」という。）の運転士（以下「本件運転士」という。）、



車掌4名（以下「E6系車掌」（E6系編成担当の車掌、2.1.1(2)①及び図5参照）、「H5系車掌」（H5系編成担当の車掌、2.1.1(2)②及び図5参照）、「見習車掌」及び「便乗車掌」という。）、乗客として本件列車に乗り合わせたJR東日本の運転士（以下「社員乗客」という。）及び本件列車に乗車していた乗客5名（以下「乗客A」、「乗客B」、「乗客C」、「乗客D」及び「乗客E」という。）の口述によれば、概略次のとおりであった。

なお、以下本報告書内に記述する時刻は、年月日の記述がない場合、午後は令和4年3月16日を、午前は令和4年3月17日の時刻を表す。

(1) 本件運転士

本件列車には、東京駅から乗務した。体調は良く、健康状態に異常はなかった。また、本件列車の乗務開始から本事故発生に至るまでの間、本件列車に異状は感じなかった。

本件列車は、東京駅を定刻（21時44分）の約1分遅れで出発し、福島駅に定刻（23時20分）の約4分遅れで到着後に定刻（23時21分）の約5分遅れで出発した。

福島駅出発後、最高速度の320km/h近くで運転した後、白石蔵王駅に停車するために減速した。

減速中に、運転台の表示により、「停電検知ブレーキ<sup>\*1</sup>」が動作していることに気付いた。さらに、架線電圧は0Vとなり、事故表示灯に「電気機器」「ユニット」表示が点灯しブザーが鳴動した。そのため、停電したと思い、すぐに非常ブレーキを扱った。ほぼ同時に、業務用携帯電話から緊急地震速報が流れた。

非常ブレーキが掛かり、本件列車が停止した。その時の時刻は23時36分ごろであったと思う。本件列車が停止する前に若干の地震による揺れを感じた。停止後すぐに、再び地震による揺れを感じた。非常に強い揺れで上下左右に揺さぶられ、椅子に座ってられない状態であった。

揺れが収まるまでは周囲のものにつかまって耐えていた。揺れが収まってから、H5系車掌からの連絡で脱線している可能性があるとの報告を受け、輸送指令に連絡し列車の状況等を伝えた。

その後、輸送指令から、車両下回りの確認と、転動防止のための手歯止め設置の指示を受けた。車両下回りの確認は、乗務員室扉から車外に降りて行い、途中でH5系車掌と合流したため手分けして行った。そして、本件列車が脱線していることを確認した。手歯止めは5両目（13号車）（以下、

---

\*1 「停電検知ブレーキ」とは、架線停電を検知して架線停電検知装置から指令を出力するブレーキをいう。停電検知ブレーキは、通常の非常ブレーキより高い減速度のブレーキである。

車両は前から数え、前後左右は列車の進行方向を基準とする。)の前台車に設置した。なお、車外に降りる際には、運転室を離れる際の手順に従いブレーキハンドルを抜取位置にした。

その後、乗客救済の準備や誘導の手伝いを行い、乗客降車後に車内に乗客が残されていないかの確認をした後、本件列車から降車した。

## (2) 車掌

### ① E6系車掌

本件列車には、東京駅から1両目～7両目(17号車～11号車:E6系)担当の車掌として乗務した。体調は良く、健康状態に異常はなかった。また、本件列車の乗務開始から本事故発生に至るまでの間、本件列車に異状は感じなかった。

福島駅を定刻(23時21分)の約5分遅れで出発した後、6両目(12号車)の右側の乗務員室のパイプ椅子に座っていると、急ブレーキが掛かったのを感じた。少しして業務用携帯電話の緊急地震速報が鳴った。地震の揺れを感じたがそれほど大きくはなかった。その後、列車が停止した。車内は通常の照明が消え、非常灯が点灯していた。

それからすぐに、2度目の地震による揺れを感じた。横揺れが激しく、車両からバキバキというきしむ音が鳴っていた。自身の身を守るため踏ん張って耐えた。

揺れが収まってから、見習車掌及び便乗車掌と協力して1両目～7両目(17号車～11号車)の乗客の状況を確認した。H5系車掌に連絡を入れ、乗客は8名で、けが人はいないと報告した。

乗客の状況を確認している最中に、旅客用乗降口の扉(以下「乗降ドア」という。)が開いているのを発見した。モニターで乗降ドア開閉状況を確認すると複数の乗降ドアが「開」の表示となっていたため、旅客指令に連絡後、車内放送で乗客への注意喚起を行うとともに、他の乗務員等と協力し安全確認(車外に転落した乗客がいないかの確認及び乗降ドア付近での看視)を行った。しばらくして乗降ドアは閉まった。

その後は、乗客に防寒用のブランケットの配布等を行ってから、乗務員室で待機した。その後、現地に来たJR東日本の社員とも協力しながら6両目(12号車)に緊急避難用の<sup>はしご</sup>梯子を設置した。しばらくして、バスが到着したとの連絡があり、乗客の降車を開始した。その時の時刻は03時30分ごろであった。

乗客の降車後も、緊急避難用の梯子の片付け等をしながらしばらく待機し、05時50分ごろに降車した。

## ② H5系車掌

本件列車には、東京駅からH5系編成担当の車掌として乗務した。体調は良く、健康状態に異常はなかった。また、本件列車の乗務開始から本事故発生に至るまでの間、本件列車に異状は感じなかった。

福島駅を定刻（23時21分）から少し遅れて出発した後、9両目（9号車）の後ろ側の車掌室に座っていると、急ブレーキが掛かった。車掌室のモニター表示を見て停電したと思った。列車が停止して少し地震による揺れを感じたがすぐに収まった。

すぐに、地震が発生して停止していることを車内放送した。放送した直後に上下方向の激しい揺れがあり、車内放送を続けて、強い揺れに対する注意喚起を行った。

その後、9両目（9号車）から前方の8両目（10号車）を見ると脱線しているように見えたため、脱線しているかもしれないことを本件運転士に連絡した。

手伝いを申し出た社員乗客と共に、8両目（10号車）から後方に向かって11両目（7号車）まで車内を確認したが、車両間の通路が脱線により狭くなり、その先に進めない状態だった。12両目（6号車）については社員乗客に依頼し、11両目（7号車）から車両の連結部越しに12両目（6号車）の乗客に声を掛け車内の確認を取ってもらった。

旅客指令からの指示を受け、8両目（10号車）の左側の乗務員室扉から社員乗客と共に降車して8両目（10号車）から17両目（1号車）までの下回りの確認を行った。その後、17両目（1号車）から車内に入り、17両目～13両目（1号車～5号車）までの車内を確認した。車内確認の結果、17両目～8両目（1号車～10号車）において緊急な対応を要する人がいなかった。

社員乗客には、13両目～17両目（5号車～1号車）までの車内の対応を依頼し、私自身は降車後、再度8両目（10号車）に戻り8両目～11両目（10号車～7号車）までの車内対応を行った。

その後、社員乗客から、13両目（5号車）と12両目（6号車）の間の連結部に人が通れるほどの隙間を確保できたとの報告を受けたので、車体の傾きが大きかった12両目（6号車）の乗客の13両目（5号車）への誘導を依頼した。

その後は、ブランケットの配布、乗客の降車の準備等を行った。

乗客の降車後、本件列車を離れたのは05時50分ごろであった。

### ③ 見習車掌

本件列車には、東京駅からE 6系編成担当の見習車掌として乗務した。体調は良く、健康状態に異常はなかった。また、本件列車の乗務開始から本事故発生に至るまでの間、本件列車に異状は感じなかった。

福島駅を出発してから6両目（12号車）の左側の乗務員室で座っていた。白石蔵王駅到着を知らせる自動放送が流れているときに、業務用携帯電話の緊急地震速報が鳴り、急ブレーキが掛かった。止まる直前に地震の揺れに気付いたがそれほど大きくはなかった。

一旦揺れは収まったが、すぐに2回目の緊急地震速報が鳴り、間もなく激しい揺れを感じた。下から突き上げるような揺れであった。揺れている間は椅子にしがみついて耐えていた。

揺れが収まってから、E 6系車掌からの指示により乗客の確認を行った。

その後は、災害用簡易トイレの設置等を行ってから、乗務員室で待機した。03時30分ごろから乗客の降車を始めた。乗客の降車が完了した後、緊急避難用の梯子の片付け等をしながらしばらく待機し、05時50分ごろに降車した。

### ④ 便乗車掌

本件列車には、福島駅から便乗した。福島駅を出発してから1両目（17号車）前方の乗務員室内にいた。

福島駅を出発して白石蔵王駅に到着するとの自動放送が流れ、白石蔵王駅に着く前に列車が止まった。本件運転士から地震により止まったことを聞いた。運転席のそばで外の様子を見ていたら、大きな揺れを感じた。つかまるところがなかったため揺れにより尻餅をついた。

揺れが収まって、乗務員室を出て、E 6系車掌及び見習車掌と協力して車内の確認を行った。複数の乗降ドアが開いていたため安全確認（車外に転落した乗客がいないかの確認及び乗降ドア付近での看視）を行った。しばらくして乗降ドアは閉まった。

その後は、乗客へのブランケットの配布、乗客の降車の準備等を行った。

03時30分ごろから乗客の避難誘導を開始し、乗客の降車の補助を行った。その後、乗客と一緒に本件列車を離れた。

### (3) 社員乗客

本件列車には、新白河駅から乗車した。10両目（8号車）の後ろから2列目～3列目の2列席の窓側に座っていた。

福島駅を出発して少しウトウトしていると駅間でブレーキが掛かって止まった。少し揺れているのを感じた。揺れが収まってから9号車の車掌の

ところに行こうとして立ち上がった時、急に強い揺れが来て、体が通路を挟んだ反対の席まで飛ばされた。右腰と左肘をぶつけたが大したことはなかった。揺れが収まって9号車にいたH5系車掌のところに行き、手伝うことを申し出た。

H5系車掌と8両目（10号車）から後方に向かって11両目（7号車）まで車内を確認したが、車両間の通路が脱線により狭くなり、その先に進めない状態だった。12両目（6号車）については11両目（7号車）から車両の連結部越しに12両目（6号車）の乗客に声を掛け車内の確認を取った。

その後、8両目（10号車）の左側の乗務員室扉からH5系車掌と共に降車して8両目（10号車）から17両目（1号車）までの下回りの確認を行った。その後、17両目（1号車）から車内に入り、17両目～13両目（1号車～5号車）までの車内を確認した。

その後は、H5系車掌からの指示により、13両目～17両目（5号車～1号車）の乗客の案内等を行った。

13両目（5号車）と12両目（6号車）の間の車両の連結部については人が通れない状態であったが、幌の金具を外すこと<sup>ほろ</sup>によって人が通れるほどの隙間を確保し、車体の傾きが大きかった6号車の車内にいた乗客に5号車へ移動してもらった。

その後、乗客の降車の準備等を行い、04時08分ごろから乗客の降車を開始した。降車の補助を行い、13両目～17両目（5号車～1号車）の乗客が全て降車した後、本件列車を離れた。

#### (4) 本件列車の乗客

##### ① 乗客A

11両目（7号車）の1番前の列に座っていた。座席に座っていると緊急地震速報が鳴り列車が止まった。

しばらくすると激しい揺れを感じた。上下にバウンドし左右にも揺れた。激しい揺れにより、椅子から体が浮き、肘掛けに<sup>だいたいぶ</sup>大腿部等が衝突し打撲した。座席が反時計回りに回転しかけたので、前の壁を足で押して耐えていた。

揺れが収まって、周りの乗客と声を掛け合った。照明は非常灯だけが点灯していた。しばらくそのまま11両目（7号車）で待機し、案内があつてから車外に降りて避難した。

後日、JR東日本に電子メールで連絡し、けがの状態を伝えた。

## ② 乗客B

1 1 両目（7号車）の中程の列に座っていたら、急に列車が止まり、照明が非常灯になった。その直後に地震による揺れを感じ、更にその後再び大きな揺れを感じた。列車がトランポリンの上で数回バウンドしているように感じた。上下の揺れに加えて大きな横揺れもあった。

激しい揺れにより、何度か体が上下に揺さぶられ、座席や肘掛けに体を打ちつけられた。頭を打つと危ないと感じ、自ら膝を床につけた姿勢になり、前の席につかまって揺れに耐えた。

揺れが収まってから、車掌と思われるJR東日本の職員が乗客の状況を見回っていた。けが人がいたら手伝いますと声を掛けたが、今のところ助けが必要なけが人はいないとのことであった。しばらくそのまま車内で待機していると、車外への誘導があり線路に降りて避難した。

打撲による青あざ、腰痛、頭痛及び手足のしびれなどがあったので本事故の2日後に病院に行った。頸椎捻挫<sup>けいついねんざ</sup>及び腰椎捻挫<sup>ようつい</sup>と診断された。

後日、JR東日本のホームページを通じて連絡し、けがの状態を伝えた。

## ③ 乗客C

1 2 両目（6号車）の中程の列に座っていたら、緊急地震速報が鳴り列車が止まった。しばらくして波打つような激しい揺れがあった。

激しい揺れにより、座席から落ち、床に臀部<sup>でん</sup>をたたきつけられた。その時、腰と左腕を打撲した。揺れている間は、座席の手すりにつかまって耐えていた。

揺れが収まってからは、余震があると怖いので、周囲の人も含め床に座っていた。おおよそ1時間後に車掌から1 2 両目（6号車）は車体の傾きが大きく車外に出られないため1 3 両目（5号車）に移動するようとの案内があり、1 3 両目（5号車）に移動した。車体の傾きにより1 1 両目（7号車）側の車両の連結部は完全に塞がっていたが、1 3 両目（5号車）側の車両の連結部はかろうじて人が通れる状態であった。しばらく1 3 両目（5号車）で待機していると車外への誘導があり1 4 両目（4号車）から線路に降りて避難した。

後日、JR東日本の仙台駅に出向き、けがの状態を伝えた。その後も体の痛みが続いたため、本事故からおおよそ1週間後に病院に行き、腰、左腕の打撲と診断された。

## ④ 乗客D

1 4 両目（4号車）の中程の列に座っていた。座席に座って寝ていたが、「間もなく白石蔵王駅」というアナウンスが聞こえて目が覚めた。

すぐに緊急地震速報が鳴り列車が止まった。止まってから軽い地震の揺れを感じた。その後家族に電話しているとき激しい揺れを感じた。電車が宙に浮き、高架橋から落ちてしまうのではないかと恐怖を感じた。このとき、激しい揺れにより首を痛めた。揺れが収まるまで、座席にうずくまって耐えていたが、座席が回転し体が座席から滑り落ちた。

揺れが収まってから、しばらく14両目（4号車）で待機していたが、案内があり13両目（5号車）に移動した。

しばらく13両目（5号車）で待機していると車外への誘導があり14両目（4号車）から線路に降りて避難した。帰宅後、痛みがあったため午前中のうちに病院に行き、頸椎捻挫と診断された。

後日、家族が、JR東日本に電話で連絡し、けがの状況を伝えた。

#### ⑤ 乗客E

14両目（4号車）の1番後ろの列に座ってスマートフォンを操作していたら、急に列車が止まり、照明が非常灯になった。その直後に地震による揺れを感じたが、それほど大きいものではなかった。その後再び地震による揺れを感じた。ドンという感じで列車が跳ね上がり、続いて大きな横揺れがあった。

とっさに立ち上がり座っていた座席と前の座席につかまって揺れに耐えていたが、座っていた座席のシートが急に回転したため、左腕をひねった。

揺れが収まってから、車掌が乗客の状況を見回っていたので腕の痛みを報告した。しばらくそのまま車内で待機していると、車外への誘導があり線路に降りて避難した。

首、頭、左腕に痛みがあったので本事故の翌日に病院に行き、頸椎捻挫及び左腕の筋肉損傷と診断された。

後日、JR東日本に電話で連絡し、けがの状態を伝えた。

(付図1 東北新幹線路線図、付図2 事故現場付近の地形図、付図3 事故現場略図、付図4 事故現場の状況、付図5 本件列車の脱線の状況 参照)

#### 2.1.2 運転状況の記録

本件列車の運転状況を記録する装置（以下「運転状況記録装置」という。）は、各種の情報を0.2秒間隔で記録している。本件列車の停止に関わる情報は表2のとおりである。

速度情報については実測試験等を実施して補正したものではないため、若干の誤差が内在している可能性がある。

なお、2.7.1に後述するように、気象庁発表の地震情報によると、令和4年3月

16日23時34分27秒ごろ、福島県沖を震源とするマグニチュード6.1の地震（以下「1回目地震」という。）が発生し、最大震度5弱の揺れが観測された。また、同日23時36分33秒ごろ、福島県沖を震源とするマグニチュード7.4の地震（以下「本件地震」という。）が発生し、最大震度6強の揺れが観測された。

表2 運転状況記録装置から取得した列車停止に関わる情報

時刻 (令和4年3月16日)	キロ程 (本件列車先頭)	速度 (km/h)	備考
23時32分33.4秒	東京駅起点 274k587m (以下「東京駅起点」は省略する。)	315	常用ブレーキ（電気ブレーキ）が動作
23時34分46.6秒	283k463m	154	架線の停電を検知し、 停電検知ブレーキが動作
23時34分47.4秒	283k497m	152	非常ブレーキが動作 ※運転士操作による
23時35分18.6秒	284k155m	0	本件列車が停止
23時37分05.6秒 ～ 23時37分17.8秒	284k155m ～ 284k160m	1～4	速度1～4km/hを断続的に検知 (力行はしていない)

※表中の位置は運転状況記録装置に記録されているキロ程を、本件列車先頭位置に補正している。

※運転状況記録装置の時刻は、電波時計受信機による自動修正を行っており±1秒以内の誤差が内在している可能性がある。

## 2.2 人の死亡、行方不明及び負傷

### 2.2.1 車両ごとの乗客数等に関する情報

JR東日本の調査によると、本件列車の車両ごとの乗客数及び降車した人数は表3のとおりであったとのことである。なお、車両ごとの乗客数については、本事故発生時に乗務員及び乗客から得た情報、及び車内防犯カメラ（客室内）の映像から推定した情報に基づき算出しているが、若干の誤差が含まれるとのことである。



表3 車両ごとの乗客数及び降車した人数

両目	号車	乗客数	降車人数
1	17	0名	6両目（12号車）から降車8名
2	16	2名	
3	15	2名	
4	14	1名	
5	13	1名	
6	12	2名	
7	11	0名	
8	10	0名	11両目（7号車）から降車14名
9	9	0名	
10	8	3名	
11	7	11名	
12	6	20名程度	14両目（4号車）から降車53名
13	5	10名程度	
14	4	10名程度	
15	3	数名程度	
16	2	数名程度	
17	1	0名	

### 2.2.2 乗客の負傷に関する情報

本件列車に乗車していた乗客75名及び乗務員5名（運転士及び車掌）のうち、乗客6名が軽傷を負った。

負傷者6名のうち、3名が11両目に、1名が12両目に、2名が14両目に乗車していた。

### 2.2.3 避難及び救護に関する情報

JR東日本によると、本件地震発生後の乗客の避難及び救護に関しては以下のとおりとのことである。

・令和4年3月16日

23時36分ごろ：本件地震発生

※地震動が収まってから、車掌等により各車両内の確認を実施。一部車両（12両目（6号車））については、車内に入れなかったため乗客からの報告による確認となった。

・令和4年3月17日

00時06分ごろ : 乗客・乗務員に負傷者（応急手当、緊急治療及び救急車を手配する必要がある程度の負傷者）がいないことを把握し、旅客指令に報告

・02時06分ごろ : 救済バスが白石蔵王駅に到着

・03時10分ごろ : 6両目（12号車）・11両目（7号車）の乗降用扉に緊急避難用の梯子を設置

・03時26分ごろ : 白石蔵王駅から救済班（JR東日本社員）が到着  
14両目（4号車）に緊急避難用の梯子を設置

・03時35分ごろ : 6両目（12号車）から乗客8名の降車誘導  
03時38分ごろ完了

・03時45分ごろ : 11両目（7号車）から乗客14名の降車誘導  
03時50分ごろ完了

・03時54分ごろ : 14両目（4号車）から乗客53名の降車誘導  
04時09分ごろ完了

※その後、順次、降車した乗客を保守用階段（285k060m付近、本件列車前端から約900m白石蔵王駅方）を使用して高架橋上から地上に誘導し、さらに、地上を約200m移動し救済バスまで誘導した。

・04時20分ごろ : 救済バス（1台目）出発

・04時33分ごろ : 救済バス（2台目）出発

※その後、救済バスで白石蔵王駅及び仙台駅まで乗客を輸送した。

## 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) 線形

本事故は、第4大平<sup>おおだいら</sup>高架橋（283k553m～同811m）から第7大平高架橋（284k080m～同192m）の間で発生した。本事故現場付近は、高架橋及び橋りょうが連続する区間に位置しており、線形は直線で、13‰の下り勾配である。列車進行方向の線路の方位角<sup>\*2</sup>は、おおむね35°である。

#### (2) 軌道構造

本事故現場付近はスラブ軌道で、軌道スラブの寸法は、軌道スラブ1枚当たり8か所締結の場合が長さ4,930mm、同7か所締結の場合が3,930mm、幅は2,340mm、厚さは190mmである。

\*2 ここでいう「方位角」とは、北を0°、東を90°、南を180°、西を270°とした場合の角度をいう。

レールは60kgレールが使用されている。レール締結装置には、直結8形が使用されており、それらの間隔は、軌道スラブ1枚当たり8か所締結の場合が625mm、同7か所締結の場合が570mmである。また、図1に示すレール転倒防止装置\*3が軌道スラブごとに左右1組ずつ設置されている。

また、スラブ軌道の突起の形状は全円又は半円で、その半径は200mm、高さは250mmである。

各部の寸法は図2に示すとおりである。レールのゲージコーナーからレール締結装置端部及び軌道スラブ端部までの距離は、それぞれ213mm及び453mmとなる。

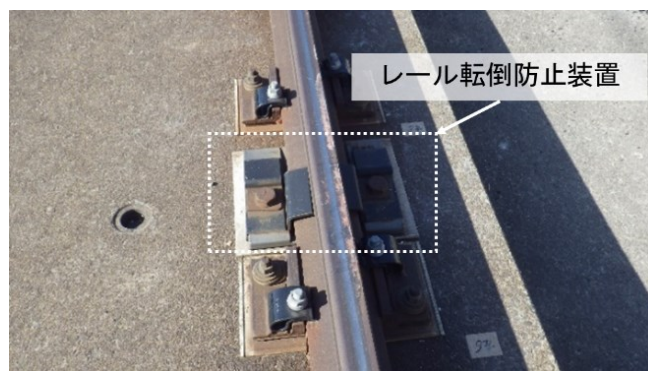


図1 レール転倒防止装置

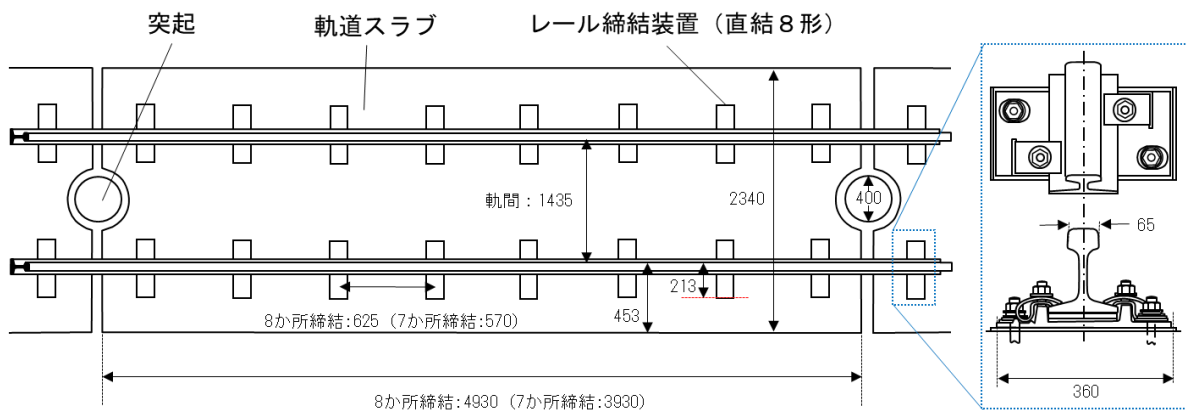


図2 軌道スラブとレール締結装置（軌道スラブ1枚当たり8か所締結）

### (3) 事故現場付近の高架橋及び橋りょうに関する情報

本件列車が停止していた位置にある構造物は、前方から第7大平高架橋、  
しんなかた新中田橋りょう、第6大平高架橋、うとうざわ宇当沢橋りょう、第5大平高架橋、

\*3 「レール転倒防止装置」とは、地震による脱線時に逸脱防止ガイド等がレールを転倒させないように取り付けられる装置をいう。

のうどう  
農道1号橋りょう、第4大平高架橋である。

高架橋の構造形式は、上部工は、2径間又は3径間の鉄筋コンクリートラーメン\*4及び鉄筋コンクリート単T桁（調整桁）であり、下部工は、杭基礎（場所打ち杭）で地中梁が設けられている。なお、地中梁上面から上部工上面までの高さは約16～18mである。

橋りょうの構造形式は、いずれもPCコンクリート単T桁、下部工は、壁式橋脚の杭基礎（場所打ち杭）である。

本事故現場付近の構造物は、「全国新幹線網建造物設計標準（東北・上越・成田用）」（昭和47年6月、施工第183号別冊）を基に設計され、昭和52年4月から昭和54年4月に竣工、昭和57年6月より供用を開始している。

なお、平成20年度に第4大平高架橋の一部、平成22年度に第7大平高架橋の一部の耐震補強工を実施している。JR東日本によると、高架橋の残り部分の耐震補強工についても、順次実施する予定とのことである。

（付図6 事故現場付近の構造物 参照）

#### (4) 脱線の状況

本件列車は前端部が284k155m付近に、後端部が283k755m付近に停止していた。

本件列車の脱線の状況を付図5に示す。概要は以下のとおりである。

なお、本件列車の各車両には、2.3.4(4)に後述するように、全ての輪軸の左右の軸箱の下面に‘逸脱防止ガイド\*5又は排障器取付腕\*6’（以下「逸脱防止ガイド等」という。）が設置されており、列車が脱線した場合において、逸脱防止ガイド等がレールに引っ掛かることにより逸脱\*7を防止する機能を有している。（図3参照）

- ① 全17両の輪軸68軸のうち、60軸が脱線していた。
- ② 脱線した60軸のうち、10軸が逸脱していた。（図3参照）
- ③ 8両目前台車第1軸左側及び17両目後台車第2軸左側の排障器取付腕はレール上に載っている状態であった。（図4参照）
- ④ 脱線した60軸のうち、左側に脱線したものが21軸、右側に脱線した

\*4 「ラーメン」とは、柱と梁が一体化した構造をいう。

\*5 「逸脱防止ガイド」とは、新幹線車両が地震などの発生により脱線した場合でも車両がレールから大きく逸脱することを防止する目的で、脱線後にレールに接触してガイドするように台車の軸箱下に設置されたものをいう。L型車両ガイド等とも呼称されている。

\*6 ここでいう「排障器取付腕」とは、排障器（走行安全上支障となる障害物を排除するため、列車先頭部の車輪の直前に取り付けられる機器）、セラミック噴射装置（セラミック粉を増粘着材として車輪とレールの間に介在させるために噴射する装置）等を取り付けるために、台車の軸箱下に設置されたものをいう。

\*7 ここでいう「逸脱」とは、脱線した輪軸に設置された逸脱防止ガイド等がレールを乗り越えている状態をいう。

ものが39軸であった。

- ⑤ 脱線による輪軸の左右移動量で最大のものは、12両目後台車第2軸で1,098mm（右側：上り線側）であり、車体の傾き角度は約14°であった。（付図9G参照）

なお、左側（線路外側）への脱線による輪軸の左右移動量で最大のものは、1両目前台車第1軸で668mmであった。（付図9B参照）

- ⑥ 逸脱防止ガイドが設置されている輪軸は62軸であり、そのうち、脱線しなかったものが8軸（13%）、脱線し逸脱していなかったものが47軸（76%）、脱線し逸脱していたものが7軸（11%）であった。なお、括弧内の割合は小数点以下を四捨五入したものである。

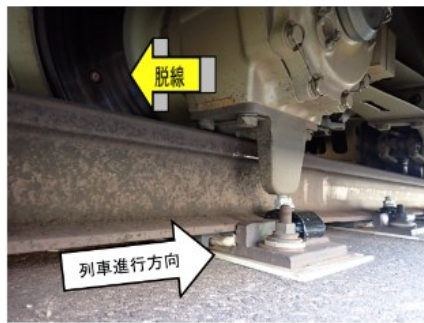
- ⑦ 排障器取付腕が設置されている輪軸は6軸であり、そのうち、脱線しなかったものが0軸（0%）、脱線し逸脱していなかったものが3軸（50%）、脱線し逸脱していたものが3軸（50%）であった。ただし、脱線し逸脱していなかった3軸のうち、2軸については、前記③のとおり排障器取付腕がレール上に載っている状態であった。

（付図5 本件列車の脱線の状況、付図9 軌道の主な損傷及び痕跡状況参照）

脱線し、逸脱していない輪軸

15両目 前台車第2軸 右側

逸脱防止ガイド



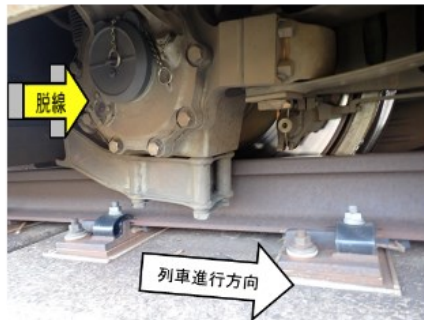
脱線し、逸脱している輪軸

1両目 前台車第2軸 右側



7両目 後台車第2軸 右側

排障器取付腕

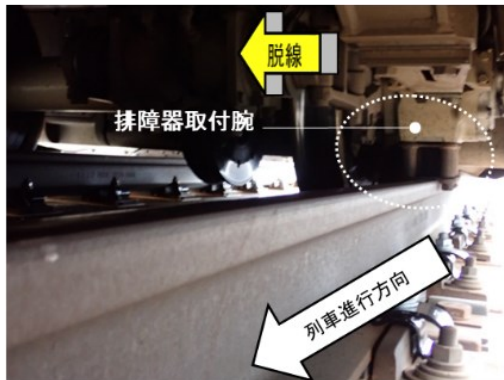


1両目 前台車第1軸 右側



図3 脱線及び逸脱した輪軸例

17両目 後台車第2軸 左側



8両目 前台車第1軸 左側



図4 レール上に載っている排障器取付腕

### 2.3.2 鉄道施設に関する情報

#### (1) 東北新幹線の概要

JR東日本の東北新幹線は東京駅から新青森駅に至る営業キロ713.7 kmの複線、交流25,000Vの電化区間で、軌間は1,435mmである。

#### (2) 土木施設及び軌道の定期検査に関する情報

JR東日本は、「鉄道に関する技術上の基準を定める省令（平成13年国土交通省令第151号）」（以下「技術基準省令」という。）に基づき、新幹線軌道施設実施基準及び新幹線土木施設実施基準を定めて国土交通大臣に届け出ており、この中で定期検査を規定している。この規定に基づく土木施設及び軌道の本事故発生前直近の検査実施日は表4のとおりである。これらの検査記録によれば、高架橋等の土木構造物や軌道に異常は認められなかった。

表4 土木施設及び軌道の直近の検査実施日（主なもの）

	検査等の種類	検査周期	実施日
土木施設	通常検査（橋りょう）	2年	令和4年3月16日
軌道	スラブ検査	1年	令和3年6月15日
	レール等検査	1年	令和3年12月13日
	ロングレール検査	1年	令和4年2月28日
	列車動揺検査	1年	令和4年3月4日
	本線の軌道変位検査	2か月	令和4年3月15日
	線路総合巡視	1週	令和4年3月8日（モーターカー等） 令和4年3月9日（列車）

(3) 電路設備及び信号関係機器の定期検査に関する情報

J R 東日本は、技術基準省令に基づき、新幹線電気設備実施基準及び新幹線運転保安設備実施基準を定めて国土交通大臣に届け出ており、この中で定期検査を規定している。この規定に基づく電路設備及び信号関係機器の本事故発生前直近の検査実施日は表 5 のとおりである。これらの検査記録によれば、電路設備及び信号関係機器に異常は認められなかった。

表 5 電路設備及び信号関係機器の直近の検査実施日（主なもの）

検査等の種類		検査周期	実施日
電路 設備	電車線	1 年	令和 4 年 9 月 2 1 日、2 9 日、1 1 月 2 8 日 令和 5 年 2 月 1 5 日
	支持物 (電化柱、ビーム等)	3 年	令和 2 年 4 月 1 3 日
信号関 係機器	軌道回路	1 年	令和 3 年 4 月 2 日
	列車防護装置	1 年	令和 3 年 9 月 2 1 日

2.3.3 地形、地質等の状況

本事故現場は白石盆地に位置し、東北新幹線工事史地質図<sup>\*8</sup>から推定される本事故現場付近の地層は、おおむね沖積粘性土層、沖積砂質土層、沖積礫質土層、有機質土層、洪積礫質土層等から構成されている。

2.3.4 車両に関する情報

(1) 車両の概要

本件列車で編成された車両は、J R 東日本が所有する下記の車両、

車 種：E 6 系交流電車（2 5, 0 0 0 V、5 0 Hz）

編 成 名：Z 9 編成

編成両数：7 両

及び、北海道旅客鉄道株式会社（以下「J R 北海道」という。）が所有する下記の車両、

車 種：H 5 系交流電車（2 5, 0 0 0 V、5 0 Hz）

編 成 名：H 2 編成

編成両数：1 0 両

が連結されていた。合計編成両数は 1 7 両であった。

本件列車の編成、車両の形式及び主要諸元は図 5 及び表 6 のとおりである。

\*8 日本国有鉄道 仙台新幹線工事局（1 9 8 1）：東北新幹線（桑折・有壁間）地質図

表 6 車両の形式及び主要諸元

編成位置 (両目)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
編成名	H 2																
車両形式	E621	E629	E627	E625	E625	E628	E611	H514	H515	H526	H525	H526	H525	H526	H525	H526	H523
車両番号	9	9	9	109	9	9	9	2	2	402	102	302	402	202	2	102	2
新製日	平成25年6月22日																
空車重量 (t <sup>*9</sup> )	43.6	43.7	41.8	41.8	41.8	44.2	45.0	42.6	45.9	46.0	47.1	46.5	46.3	46.4	46.1	46.0	42.1
定員 (人)	30	58	66	58	58	32	22	18	55	100	85	100	59	100	85	100	29
車両長 (mm)	23,075	20,500		23,075		26,500											
車両幅 (mm)	2,945																
車両高 (mm)	3,650																
台車中心間距離 (mm)	17,500																
台車形式	前	DT210A	TR7009	DT210	DT210	TR7009	DT210	TR7008A	N-TR7008A	N-DT209	N-DT209	N-DT209	N-DT209A	N-DT209	N-DT209	N-DT209	N-TR7008
	後	DT210	TR7009	DT210	DT210	TR7009	DT210A	N-TR7008	N-DT209	N-DT209	N-DT209	N-DT209A	N-DT209	N-DT209	N-DT209	N-DT209	N-TR7008A
軸箱支持方式	支持板方式																
車体支持装置方式	ボルスタレス式																
軸距 (mm)	2,500																
車輪踏面形状	新在円弧踏面																
車輪フランジ角度 (°)	70																
車輪径 (mm)	860																
車輪幅 (mm)	125																

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



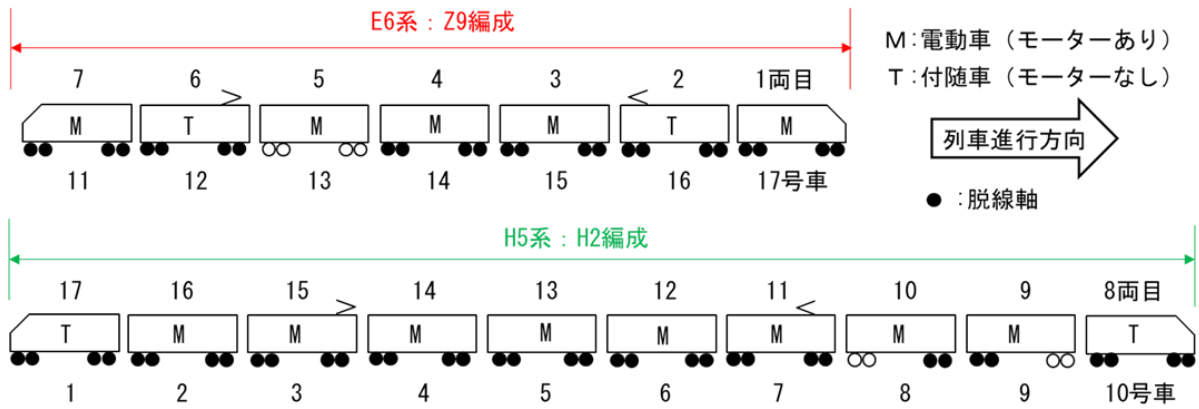


図5 本件列車の編成

(2) 車両の検査

J R 東日本及び J R 北海道は、技術基準省令に基づき、それぞれ、新幹線電車整備実施基準及び新幹線電車整備心得（実施基準）を定めて国土交通大臣に届け出ており、これらの中で定期検査を規定している。これらの規定に基づく各車両の本事故発生前直近の検査実施日は表7のとおりである。これらの検査記録では、異常は認められなかった。

表7 本件列車の本事故発生前直近の検査実施日

検査の種類	E 6 系 : Z 9 編成		H 5 系 : H 2 編成	
	検査周期	実施日	検査周期	実施日
全般検査	3 6 か月又は 走行距離 1 2 0 万 km	令和 2 年 3 月 1 6 日	3 6 か月又は 走行距離 1 2 0 万 km	令和 2 年 6 月 9 日
台車検査 <sup>*10</sup>	1 8 か月又は 走行距離 6 0 万 km	令和 3 年 4 月 1 6 日	1 8 か月又は 走行距離 6 0 万 km	令和 3 年 9 月 8 日
交番検査	走行距離 6 万 km	令和 4 年 2 月 1 4 日	3 0 日又は 走行距離 3 万 km	令和 4 年 3 月 1 1 日
仕業検査	2 日	令和 4 年 3 月 1 5 日	2 日	令和 4 年 3 月 1 6 日

(3) 静止輪重比

本事故発生前直近の静止輪重測定は、台車検査（令和3年4月16日及び令和3年9月8日実施）で行われている。静止輪重測定結果によれば、全

\*10 「台車検査」とは、主電動機、動力伝達装置、走行装置、ブレーキ装置等の台車を構成する主要な部分について検査を行うものをいう。

ての輪軸の静止輪重比<sup>\*11</sup>は管理値である15%未満であった。

#### (4) 車両の地震対策

JR東日本及びJR北海道では、所有する新幹線の車両には、全ての輪軸の左右の軸箱の下面に逸脱防止ガイド等が設置されており、列車が脱線した場合において、逸脱防止ガイド等がレールに引っ掛かることにより逸脱を防止する機能を有している。

なお、JR東日本及びJR北海道によると、先頭車両の先頭輪軸等の排障器やセラミック噴射装置が設置されている輪軸には排障器取付腕が設置されており、それ以外の輪軸には逸脱防止ガイドを設置しているとのことであった。また、逸脱防止ガイドと排障器取付腕の逸脱防止の効果は同等とみなしているとのことであった。

JR東日本によると、平成16年新潟県中越地震が原因となる上越新幹線列車脱線事故（平成16年10月23日発生）において、先頭車両の先頭輪軸が排障器取付腕と車輪の間にレールを挟み逸脱を防ぐことができたことが、新幹線車両に逸脱防止ガイド等を設置する施策の発端となったとのことである。

また、平成23年東北地方太平洋沖地震が原因となる東北新幹線列車脱線事故（平成23年3月11日発生）において、脱線した輪軸に設置されていた逸脱防止ガイドが車輪の間にレールを挟み逸脱を防いだ実績があるとのことである。

図6に逸脱防止ガイド及び排障器取付腕の設置状況を示す。また、図7に逸脱防止ガイド及び排障器取付腕の取付寸法の概要を示す。

図7に示すように、逸脱防止ガイドのレール外側側面と接触しガイドする部位（以下「ガイド部分」という。）は、車輪の外側面から242mm離れた位置にあり、排障器取付腕のガイド部分は、車輪の外側面から116mm離れた位置にある。

また、逸脱防止ガイドの外側面は、車輪の外側面から270mm離れた位置にあり、排障器取付腕の外側面は、同275mm離れた位置にある。さらに、車輪径が新品の860mmの状態において、逸脱防止ガイドの下面は、レール頭頂面から100mm離れた位置にあり、排障器取付腕の下面（ボルト下面）は、同111mm離れた位置にある。

なお、各輪軸においてM軸（駆動軸：モーター付きの輪軸）には歯車箱が、T軸（非駆動軸：モーターなしの輪軸）にはブレーキディスクが、いずれ

\*11 「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。管理に用いる値は、単位を%とし、100%との差の絶対値で表す。

も輪軸中心に対して左又は右方向に偏心した位置に取り付けられている。逸脱防止ガイドが設置されている輪軸で、歯車箱及びブレーキディスクが取り付けられている側に脱線した場合の位置関係を図8に示す。図8から分かるように、歯車箱の場合は歯車箱側のレールが歯車箱の下部に支障するが、ブレーキディスクの場合は支障しない。

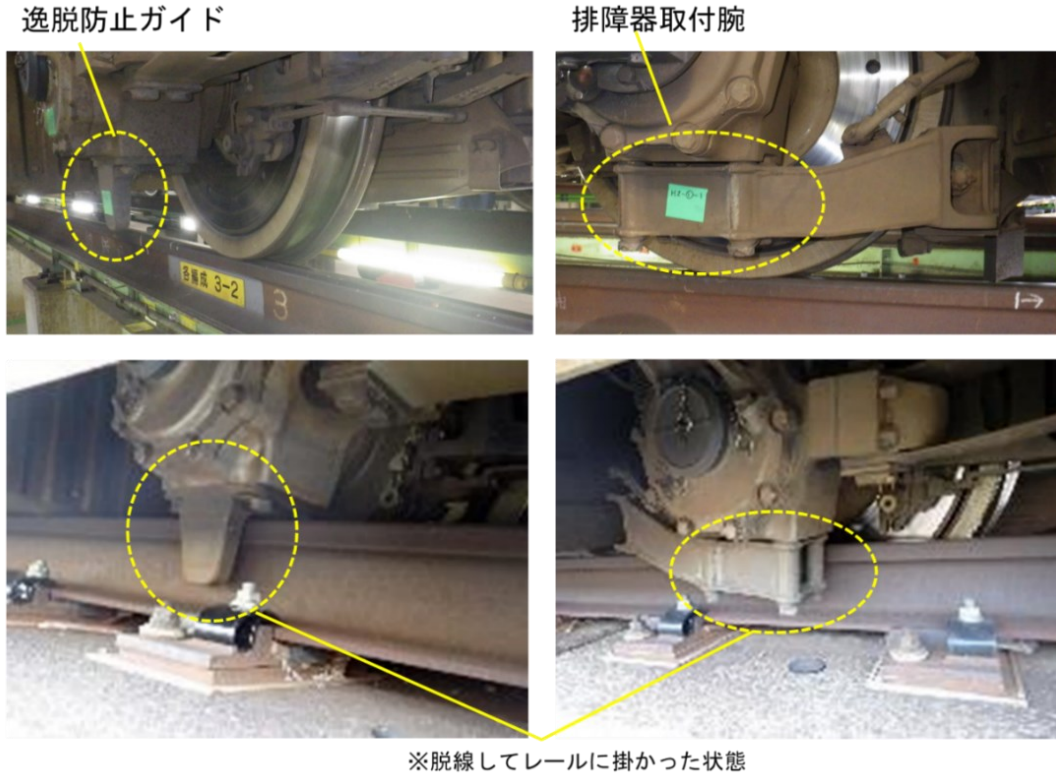


図6 逸脱防止ガイド及び排障器取付腕の設置状況

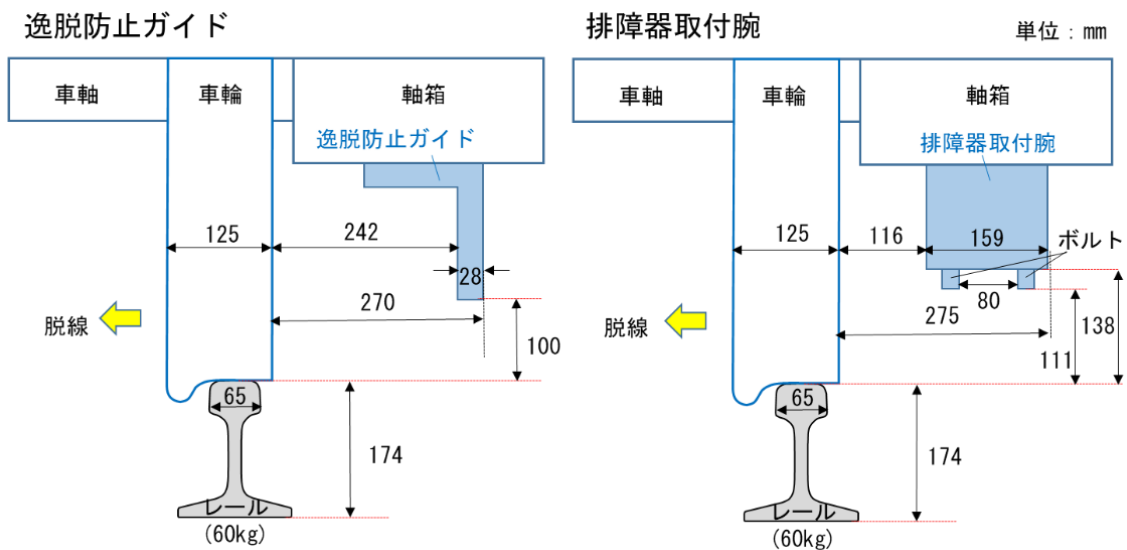


図7 逸脱防止ガイド及び排障器取付腕の取付寸法の概要

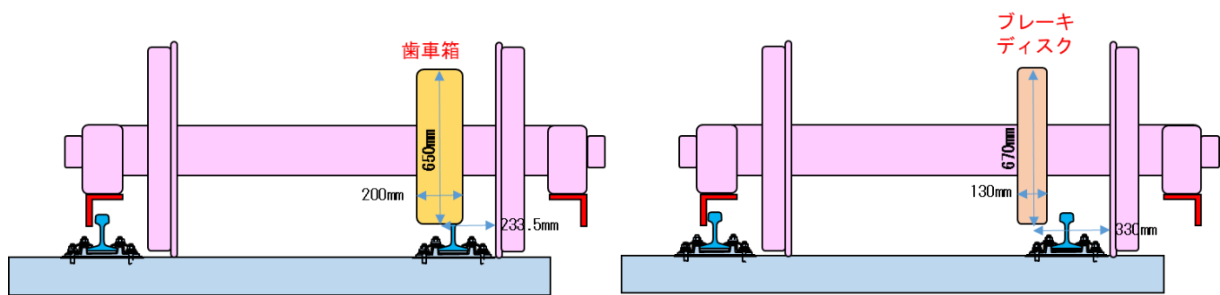


図8 歯車箱及びブレーキディスクの取付寸法と脱線時の状態

### 2.3.5 車体の振動加速度

本件列車の各車両には、制御等の目的で前台車付近及び後台車付近の車体下部に加速度計が装備されており、車体の上下及び左右振動加速度を記録している。本事故発生時における車体振動加速度の記録（一部車両の抜粋）を付図7に示す。

なお、車体振動加速度の記録は、列車速度が感知された場合に加速度をカットオフ周波数約30Hzのローパスフィルターを通して記録する仕様になっている。記録されている時刻については電波時計受信機による自動修正を行っており、誤差は±1秒以内である。

車体振動加速度の記録によると、本件地震が発生している時間帯において上下左右とも大きな加速度が観測されており、特に大きな加速度が観測されていた時間帯はおおよそ23時37分05秒～15秒であった。

記録された上下振動加速度の最大値（絶対値）は約13m/s<sup>2</sup>で、左右振動加速度の最大値（絶対値）は約15m/s<sup>2</sup>であったが、それぞれ本件列車の車体振動加速度に用いられている加速度計の検出可能値（上下：±13.07m/s<sup>2</sup>、左右：±14.70m/s<sup>2</sup>）に近い値のため、実際はそれ以上の加速度が生じていた可能性がある。

なお、本件地震発生時に本件列車が停止していたにもかかわらず、車体振動加速度が記録されていたことについては、3.3.4に後述するように、地震の揺れや本件列車の脱線の影響等により車輪が回転し、これを列車速度として検知した可能性があると考えられる。

（付図7 車体の振動加速度（抜粋） 参照）

### 2.3.6 空気ばねの内圧及び高さ

本件列車の各車両では、制御等の目的で空気ばね<sup>\*12</sup>の内圧及び高さ（基準の高さからの変位量）を計測し記録している。本事故発生時における空気ばねの内圧及び

\*12 「空気ばね」とは、鉄道車両の台車と車体の間に設置されるまくらばねの一種で、圧縮空気をゴム膜内に封入し、ばねとして用いるものをいう。

高さの記録（一部車両の抜粋）を付図 8 に示す。

なお、空気ばねの内圧は、車両ごとに前台車右側及び後台車左側の空気ばね内圧の平均値を 1 秒間隔で記録する仕様になっている。測定範囲は 0～98.1 kPa である。

また、空気ばねの高さは、列車速度が感知された場合に、各空気ばねの高さ変位量を 0.05 秒間隔で記録する仕様になっている。測定範囲は -12.8 mm～+12.7 mm である。

記録されている時刻については電波時計受信機による自動修正を行っており、誤差は±1 秒以内である。

空気ばねの内圧及び高さの記録によると、本件地震が発生している時間帯において、各車両の空気ばねの高さが上下に大きく変動している状況が見られた。また、一部の車両（4 両目、5 両目及び 15 両目を除く車両）において空気ばねの内圧が大きく変動する現象が見られた。特に大きく空気ばねの高さの変動が観測されていた時間帯はおおよそ 23 時 37 分 05 秒～15 秒であった。

なお、本件地震時には本件列車が停止していたにもかかわらず、空気ばねの高さが記録されていたことについては、3.3.4 に後述するように、地震の揺れや本件列車の脱線の影響等により車輪が回転し、これを列車速度として検知した可能性があると考えられる。

（付図 8 空気ばねの内圧及び高さ（抜粋） 参照）

## 2.4 鉄道施設及び車両等の損傷に関する情報

### 2.4.1 事故現場付近の鉄道施設の主な損傷及び痕跡の状況

#### 2.4.1.1 軌道

##### (1) 軌道スラブ、レール及びレール締結装置等の損傷

本件列車が停止していた位置の各輪軸付近において、軌道スラブ、レール及びレール締結装置等への損傷があった。主な損傷は以下のとおりである。なお、本件列車が停止した位置より手前において、脱線によるとみられる痕跡及び脱線後に本件列車が走行したとみられる痕跡はなかった。

① 軌道スラブ及びレール締結装置に脱線した車輪による打痕及び損傷があった。逸脱した輪軸においては軌道スラブの端部の損傷がある場合もあった。なお、損傷は片側の車輪ごとに 1 か所だけではなく複数ある箇所もあった。

② レール頭頂面に車輪による擦過痕が複数あった。レール頭頂面の擦過痕は、脱線した輪軸の位置だけでなく、脱線していない輪軸の位置にもあった。（付図 9 E 参照）

③ 本件列車前端部付近のレール頭頂面には、列車のスカート下面の接触

によるものとみられる擦過痕があった。(付図 9 A 参照)

④ 1 両目前台車第 1 軸の脱線した方向(左側)の軌道スラブの端部及びスラブ中央付近には、車輪によるものとみられる打痕があった。また、右側のレール頭頂面には擦過痕があった。(付図 9 B 参照)

⑤ 逸脱防止ガイドが設置された輪軸のうち、脱線し逸脱した輪軸の位置においては、脱線した方向と反対側のレールの外側頭部側面に擦過痕があった。(付図 9 C 参照)

ただし、1 4 両目前台車第 2 軸については、逸脱防止ガイドが設置され、右側に脱線し逸脱したが、反対側(左側)のレールの外側頭部側面に擦過痕がなく、当該箇所の軌道スラブには、左右の車輪によるものとみられる打痕が各々 1 か所ずつ見られ、右側の打痕は軌道スラブの右端に達していた。(付図 9 I 参照)

⑥ 1 1 両目後台車第 1 軸は、右側に脱線し、調査時点で逸脱はしていなかったが、反対側(左側)のレールの内側頭部側面に擦過痕があった。また、当該箇所の軌道スラブには、左右の車輪によるものとみられる打痕が各々 3 か所ずつ見られ、そのうちの 1 か所は軌道スラブの右端に達していた。(付図 9 F 参照)

⑦ 1 2 両目後台車第 2 軸の脱線し逸脱した方向(右側)のコンクリート路盤に、車体下部の側カバーの角が接触したとみられる擦過痕があった。(付図 9 G 参照)

⑧ 1 3 両目後台車第 2 軸は、右側に脱線し、調査時点では逸脱はしていなかったが、反対側(左側)のレールの内側頭部側面に擦過痕があった。また、当該箇所の軌道スラブには、左右の車輪によるものとみられる打痕が各々 1 か所ずつあった。(付図 9 H 参照)

(付図 9 軌道の主な損傷及び痕跡状況 参照)

## (2) 本事故発生前後の軌道変位

付図 1 0 に本件列車停止位置付近の本事故発生前後の軌道変位を示す。本事故発生前の値は、2.3.2(2)に記述した本事故発生前直近の軌道変位の定期検査によるもので令和 4 年 3 月 1 5 日に新幹線電気・軌道総合検測車で測定された動的軌道変位<sup>\*13</sup>である。本事故発生後の値は、令和 4 年 4 月 2 日にけん引式軌道検測装置で測定された静的軌道変位である。

これによると、本事故発生前直近の軌道変位は全て J R 東日本の軌道変位

---

\*13 「動的軌道変位」とは、軌道検測車等により列車荷重等を載荷した状態における軌道変位をいう。一方、人力による糸張りや軌道検測装置等により、列車荷重(又はそれに準ずる荷重)を載荷しない状態における軌道変位を「静的軌道変位」という。また、動的軌道変位の測定値を「動的値」、静的軌道変位の測定値を「静的値」という。

整備基準値内であった。また、通り変位及び軌間変位については、動的値と静的値の比較にはなるが、本事故発生前後で変化があり、本事故発生後に大きくなっている傾向が見られるが、その他の軌道変位については、ほとんど変化が見られなかった。

なお、本事故発生後の軌道変位における最大値（高低、通り、水準、平面性に関しては絶対値の最大値）は、高低 4.6 mm、通り 18.9 mm、軌間 -12.2 mm 及び +12.8 mm、水準 2.2 mm、平面性 1.3 mm であった。

これらの値と、JR 東日本の軌道変位整備基準値（最低限の基準である 70 km/h 未満の線区における軌道変位整備基準値：高低 30 mm、通り 30 mm、軌間 -9 mm 及び +20 mm、水準 20 mm、平面性 24 mm）を比較すると、軌間のマイナスの整備基準値を一部の区間で下回っていたが、その他に整備基準値を超過しているものはなかった。

また、通り変位及び軌間変位の変化が大きい箇所と本件列車の輪軸の位置及び状態との間に明確な関係は見られなかった。

（付図 10 本事故発生前後の軌道変位 参照）

#### 2.4.1.2 高架橋及び橋りょう等の構造物

##### (1) 高架橋及び橋りょう

本事故現場の第 7 大平高架橋から第 4 大平高架橋の区間における構造物の損傷状況を表 8 及び付図 11 に示す。なお、列車脱線に直接影響する軌道面の大きな沈下や‘角折れ<sup>\*14</sup>及び目違い<sup>\*15</sup>’（以下「不同変位」という。）が残存している状況はなかった。

表 8 事故現場付近の高架橋及び橋りょうの損傷状況

構造物名	損傷箇所	キロ程	損傷内容
第 7 大平高架橋	R 3 <sup>*16</sup> ・防音壁（左側）	284k200m付近	脱落
	R 3・中層梁 <sup>*17</sup>	284k200m付近	ひび割れ・剥落
	R 2・中層梁	284k131m付近	ひび割れ・剥落
第 6 大平高架橋	R 2・中層梁	284k016m付近	ひび割れ・剥落
第 5 大平高架橋	R 2・中層梁	283k873m付近	ひび割れ・剥落
	R 1・中層梁	283k844m付近	ひび割れ・剥落

\*14 ここでいう「角折れ」とは、構造物境界に生じる水平方向の折れ角をいう。

\*15 ここでいう「目違い」とは、構造物境界に生じる水平方向の段差をいう。

\*16 「R 3」とは、構造物中 3 番目のラーメン高架橋をいう。以下の R 1 及び R 2 もそれぞれ 1 番目及び 2 番目のラーメン高架橋をいう。

\*17 「中層梁」とは、2 層式のラーメン高架橋の中間層の梁をいう。

第4大平高架橋	R 3・中層梁	283k790m付近	ひび割れ・剥落
	R 2・中層梁	283k761m付近	ひび割れ・剥落
	R 1・中層梁	283k732m付近	ひび割れ・剥落

(附属資料1 軌道面の不同変位についての考察 参照)

(2) 電路設備

本事故現場付近の架線等の電路設備には、複数の曲線引装置<sup>\*18</sup>及びストラクチャ<sup>\*19</sup>の損傷があった。

(3) 信号関係機器

本事故現場付近の信号関係機器には、損傷等はなかった。

(付図1 1 構造物等の主な損傷状況 参照)

2.4.2 本件列車の車両の主な損傷及び痕跡の状況

本件列車の車両の主な損傷及び痕跡は、以下のとおりである。なお、損傷及び痕跡の位置や状況を付図1 2に示す。

(1) 車両の損傷

① スノウプラウ (付図1 2 A参照)

スノウプラウにゆがみがあった。

② 空気ばね (付図1 2 B参照)

空気ばねのベローズや外筒等の外れがあった。損傷した空気ばねにおいては、ベローズ内の空気が抜けている状態 (以下「空気ばねの空気抜け」という。) となっていた。

③ 主電動機、歯車箱 (付図1 2 C参照)

主電動機や歯車箱に、下部の擦過痕や打痕等の損傷があった。

④ 異常上昇止め (付図1 2 D参照)

1本リンクと台車枠間の異常上昇止めに、接触痕があった。

⑤ 軸箱ストッパ (付図1 2 E参照)

台車枠と軸箱間の軸箱ストッパに、金具の破損や変形が見られた。なお、接触痕については、全ての軸箱ストッパにあった。

⑥ その他 (付図1 2 F参照)

上記の他、車体間ダンパの変形や破損、高さ調整弁受け金具の曲損等の損傷が複数の車両にあった。

\*18 「曲線引装置」とは、曲線区間の架線が曲線の内側に外れないように外側に引っ張る装置をいう。

\*19 ここでいう「ストラクチャ」とは、鋼材によるビーム部とコンクリート製の電化柱部を井桁に組んだ箇所をいう。



## (2) 逸脱防止ガイド等の痕跡

### ① 逸脱防止ガイド（付図13A参照）

- a いずれも右側に脱線していた輪軸である11両目後台車第1軸左側及び13両目後台車第2軸左側の逸脱防止ガイドには、外側に擦過痕があった。他の逸脱防止ガイドに、外側に擦過痕があるものはなかった。
- b 右側に逸脱していた輪軸である14両目前台車第2軸左側の逸脱防止ガイドには、内側（ガイド部分）に擦過痕がなかった。他の逸脱していた輪軸の脱線した方向と反対側の逸脱防止ガイドには、内側（ガイド部分）に擦過痕があった。

### ② 排障器取付腕（付図13B参照）

- a 1両目前台車第1軸右側、8両目前台車第1軸左側、12両目後台車第2軸左側、13両目前台車第1軸左側及び17両目後台車第2軸左側の排障器取付腕の下部には擦過痕があった。そのうち、1両目前台車第1軸右側及び12両目後台車第2軸左側の擦過痕はボルトの頭にあるのみで、他に比べて少なかった。
- b 7両目後台車第2軸右側の排障器取付腕の下部には擦過痕がなかった。

## 2.4.3 本件列車の乗降ドアの異常開閉

### (1) 乗降ドアの開閉の仕組み

本件列車の乗降ドアは、各車両の左右に1か所ずつ、又は左右に2か所（前方及び後方）ずつ設置されている。構造は、1枚扉の側引戸で車内の気密性を保つために閉扉した後に内側から外側に扉を押し込むようになっている。（図9参照）

通常、乗降ドアの開閉は、乗務員が運転室又は車掌室内の車掌スイッチを取り扱うことで、制御継電器盤（図10参照）にある戸閉め回路上の該当するリレー\*20（自己保持回路\*21を有する。以下「乗降ドア開閉リレー」という。）が動作し、各乗降ドアの戸閉め装置が動きドアが開閉する。

なお、乗降ドア開閉リレーが振動・衝撃により誤動作し、乗降ドアが開扉した場合、自己保持回路の働きにより開扉が継続するが、運転席にあるブレーキハンドルを抜取位置にすると、戸閉め回路を含む車両の電源が断たれるため、乗降ドア開閉リレーが復旧し、乗降ドアが閉扉する。

\*20 「リレー」とは、外部から電気信号を受け取り、電気回路のオン/オフや切り替えを行う部品をいう。継電器ともいう。

\*21 「自己保持回路」とは、リレーが持っている自己の接点を利用して、自己の動作を保持しようとする回路をいう。この回路は、一度入力された信号を解除信号があるまで保持する特徴があるため、記憶回路とも呼ばれる。

さらに、本件列車の乗降ドアの開閉システムには、列車速度 5 km/h 以上を検知した場合には、該当するリレー（自己保持回路を有していない。以下「戸閉め保安リレー」という。）が動作し、乗降ドア開閉リレーの開指示を無効にすることで異常な開扉を防ぐ戸閉め保安装置が付加されている。

また、各車両の乗降ドアの開閉の状況は、車掌スイッチを操作することで動作するリレー（以下「戸閉め表示リレー」という。）により、運転室に設置されている運転士モニター及び車掌室に設置されている車掌モニター（以下「乗務員モニター」という。）に表示され、確認することができる。ただし、乗降ドア開閉リレーと戸閉め表示リレーは連動しているものではない。

なお、これらの各種情報は、運転状況記録装置に記録される。



図 9 本件列車の乗降ドア例

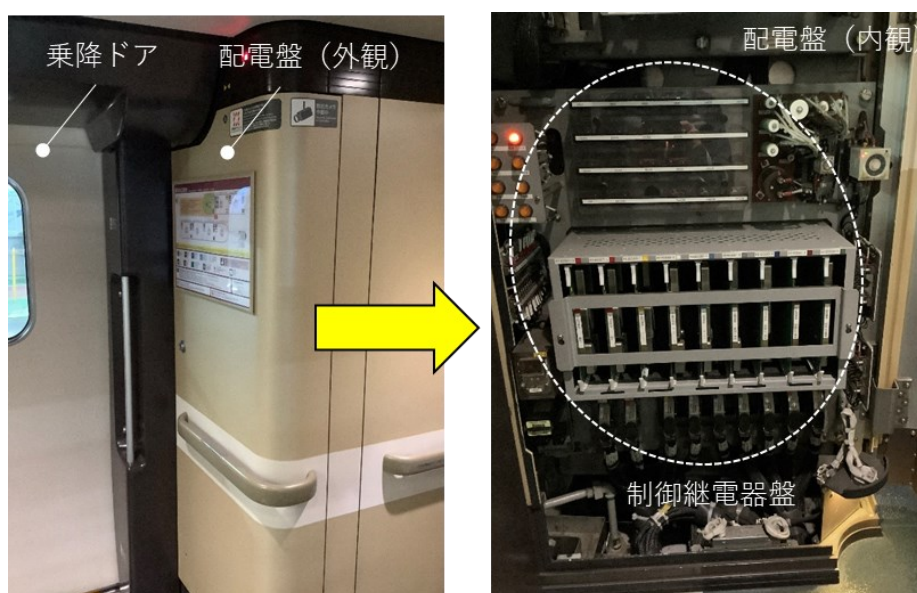


図 10 制御継電器盤設置例

(2) 乗降ドアの異常開閉（図 1 1 及び図 1 2 参照）

本事故発生時において、本件列車の乗降ドアが開閉する事象が確認された。概要は以下のとおりである。なお、2.1.1 に記述した乗務員等の口述及びその後の J R 東日本の調査により、乗降ドアが開閉した時間帯において、乗務員等は車掌スイッチを操作していないことが確認されており、乗降ドアは異常に開閉したとみられる。

① 開扉した乗降ドアの位置と時刻

本件列車の各車両のデッキに設置されている車内防犯カメラの映像記録（以下「車内防犯カメラ記録」という。）により、本事故発生時における乗降ドアの状態を確認したところ、本件地震発生時に 3 両目及び 7 両目の乗降ドア（いずれも左右両側）が開扉したことが確認された。

車内防犯カメラ記録より、3 両目及び 7 両目の乗降ドアが開いた時刻は、23 時 37 分 00 秒ごろから 23 時 37 分 59 秒ごろの間であった。この間で車内防犯カメラは記録が一時停止されていたため、開扉の詳細な時刻は車内防犯カメラ記録から特定することはできなかった。

なお、本事故発生時において乗降ドアが異常開閉している間に乗客の落下等の事象は発生しなかった。

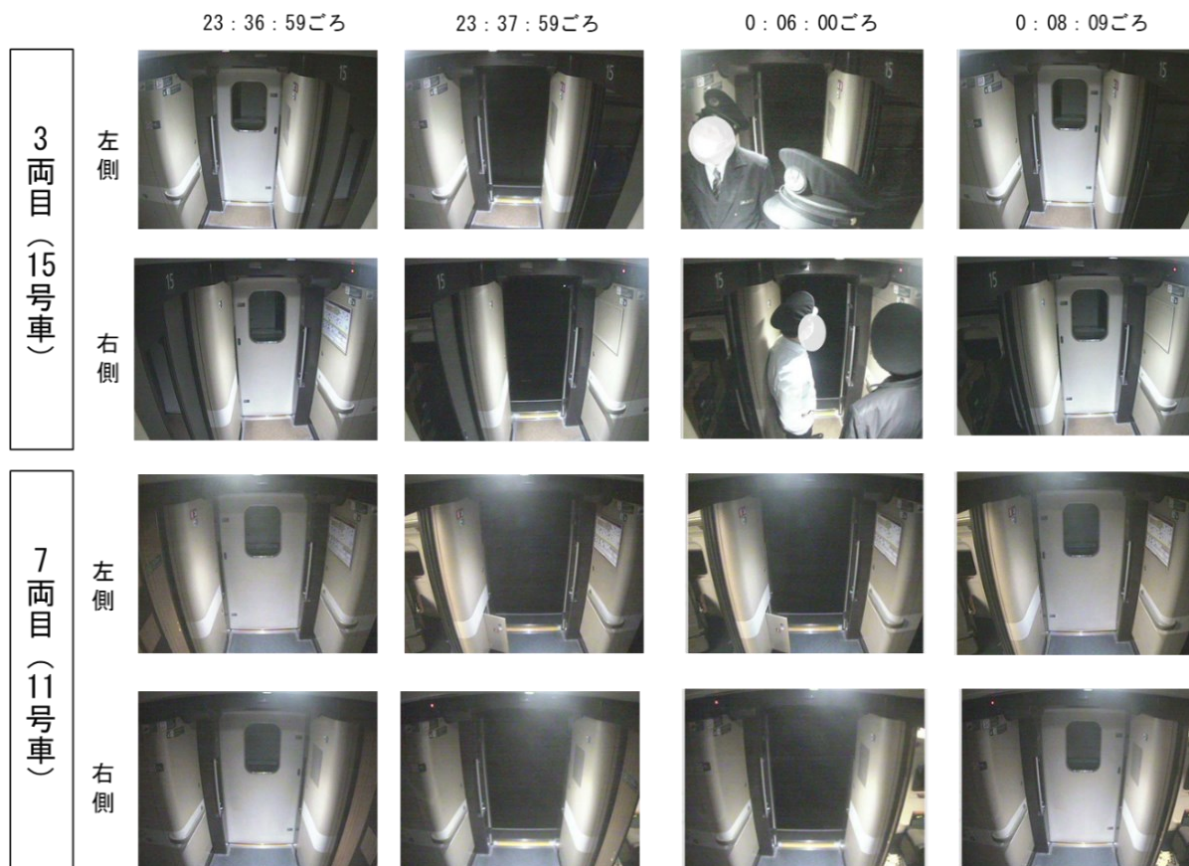


図 1 1 開閉した乗降ドアの状況

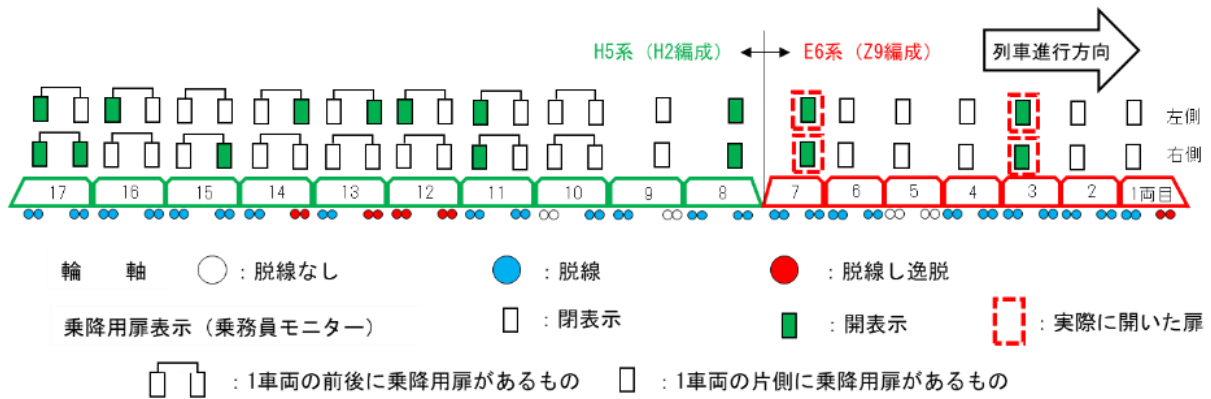


図 1 2 開閉した乗降ドアの位置

## ② 開扉に関する運転状況記録装置の記録

運転状況記録装置の記録による開扉に関する情報は以下のとおりであった。

### a ドア開閉指令状況

車両ごとに記録されている。戸閉め表示リレーの状況（実際に乗降ドアが開閉しているかを検知しているものではない）を示す。

本事故発生時の状況は、3両目及び7両目に加えて、8両目及び11両目～17両目に開扉指令が出た状態となっていた。なお、各車両のドアの状態を示す情報より、開扉の情報が記録された時刻は、23時37分07秒ごろから23時37分18秒ごろであった。

### b 戸閉め装置指令情報

編成ごとに記録されている。乗降ドア開閉リレーの状況を示す。

本事故発生時の状況は、Z9編成（E6系）において23時37分07秒ごろに開扉した記録があった。

### c 戸閉め保安情報

編成ごとに記録されている。戸閉め保安リレーの状況を示す。

本事故発生時の状況については、

- ・ Z9編成（E6系）は、動作していなかった、
- ・ H2編成は、23時37分07秒ごろ0.4秒間、戸閉め保安リレーが動作した記録があったが、その他の時間帯は動作していなかった。

## ③ 閉扉の状況

車内防犯カメラ記録により確認したところ、本地震発生時に開扉した3両目及び7両目の乗降ドアは、いずれも00時06分00秒ごろから00時08分09秒ごろの間に閉扉した。なお、この間で車内防犯カメラは記録が一時停止されていたため、閉扉の詳細な時刻は車内防犯カメラ記録か

らは特定することができなかった。さらに、00時06分00秒ごろ以降、運転状況記録装置では記録が停止となっていたため、運転状況記録装置に記録されている情報を確認することはできなかった。

なお、2.1.1(1)に記述したように、本件運転士は、車外に降りる（運転席を離れる）際に、手順に従いブレーキハンドルを抜取位置にする操作を行ったと口述しており、その時刻は、本件運転士と運用指令との電話会話記録より、00時06分00秒ごろであったとみられる。

さらに、本件運転士と運用指令との電話会話記録、本件運転士と輸送指令との電話会話記録、ブレーキハンドル操作の記録によると、本件運転士は、一旦ブレーキハンドルを抜取位置にした後に、運用指令からバッテリー温存措置のためにブレーキハンドルを元の位置に戻すよう指示があったため、一度、非常位置に戻す操作（00時07分05秒ごろ）を行い、その後再度ハンドルを抜取位置にした（00時09分00秒ごろ）。

## 2.5 乗務員等に関する情報

### 2.5.1 年齢等

本件運転士 39歳

新幹線電気車運転免許 令和元年11月6日

E6系車掌 40歳

H5系車掌 43歳

見習車掌 43歳

便乗車掌 43歳

### 2.5.2 健康状態等の状況

本件運転士、E6系車掌、H5系車掌、見習車掌及び便乗車掌の本事故発生前直近の運転適性検査結果及び医学適性検査結果には、特に問題は認められなかった。

## 2.6 気象に関する情報

本件列車が停止していた位置から北に約4.4kmにある気象庁白石地域気象観測所の観測記録によると、本事故発生当日の23時30分の気温は2.5℃、風向風速は北北東の風1.3m/s、湿度は100%、前1時間降水量は0.0mmであった。また、事故現場付近の当時の天気は晴れであった。

## 2.7 地震に関する情報

### 2.7.1 本件地震等の概要

気象庁発表の地震情報によると、1回目地震及び本件地震の概要は以下のとおりである。

#### (1) 1回目地震

発生日時 : 令和4年3月16日23時34分27.0秒

震源 : 北緯37度40.8分、東経141度36.3分、  
深さ57km

地震規模 : マグニチュード6.1、最大震度5弱

#### (2) 本件地震

発生日時 : 令和4年3月16日23時36分32.6秒

震源 : 北緯37度41.8分、東経141度37.3分、  
深さ57km

地震規模 : マグニチュード7.4、最大震度6強

なお、本件地震の発震機構<sup>\*22</sup>は、太平洋プレート内部で発生した西北西－東南東方向に圧力軸を持つ逆断層型であった。

### 2.7.2 本件地震等の震度及び震央と事故現場との位置関係

気象庁発表の1回目地震の震度データベースによれば、本事故現場付近は震度4の揺れが観測されている。なお、本事故現場は、震央からおおよそ西北西に約92.9km離れた位置であった。(図13参照)



図13 1回目地震の震度及び震央と事故現場との位置関係

\*22 「発震機構」とは、地震を起こした断層が地下でどのような状態なのか、及びその断層にどのような力が作用したのかを示すものである。

また、気象庁発表の本件地震の推計震度分布図によれば、福島県から宮城県にかけての東北新幹線沿線では震度6弱以上の地域が広がっており、特に福島駅～白石蔵王駅間の沿線では震度6強の揺れが推計されている。事故現場付近は震度6弱の地域に該当する。なお、本事故現場は、震央からおおよそ西北西に約93.6km離れた位置であった。(図14参照)

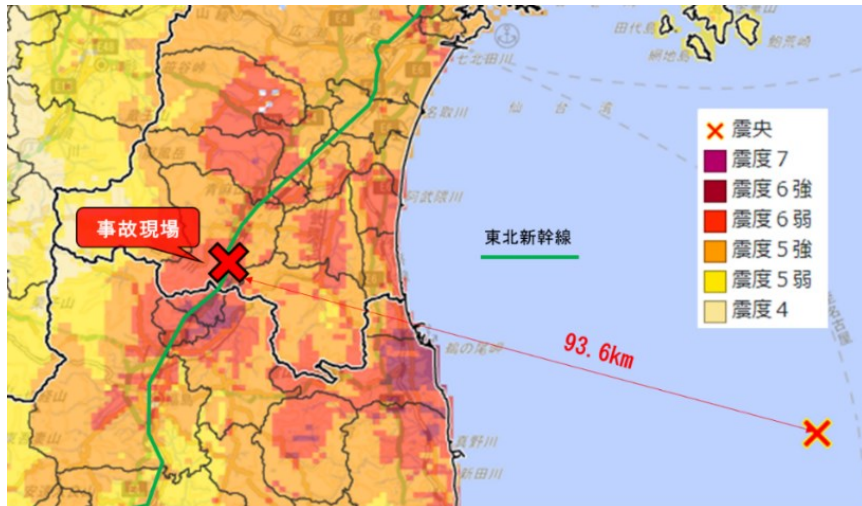


図14 本件地震の震度及び震央と事故現場との位置関係

### 2.7.3 本件地震等の緊急地震速報

気象庁発表の地震情報によると、1回目地震に対しては、23時34分52.5秒に緊急地震速報（警報）第1報が発表され、事故現場である宮城県白石市は震度5弱程度が予想されていた。

また、本件地震に対しては23時36分55.6秒に緊急地震速報（警報）第1報が発表され、事故現場を含む宮城県白石市は、震度5弱程度以上が予想されていた。

### 2.7.4 事故現場付近の地震観測点における地震計の記録

JR東日本の地震の観測点のうち、本事故現場からの距離が最も近い地点は、JR東日本の新白石き電区分所（以下「新白石SP」という。）に設置された地震計（以下「新白石SPの地震計」という。）である。

新白石SPの地震計は、本件列車の停止位置（284k155m～283k755m）の範囲内である283k883m付近にあり、下り線の軌道中心線から右に約30m離れた位置に設置されている。

新白石SPの地震計で観測された地震動の記録によれば、本件地震では、南北方向で約322gal<sup>\*23</sup>、東西方向で約605gal、上下方向で約258galの最大加速

\*23 「gal」とは、主に地震の分野で用いられている加速度の単位である。(1gal=1cm/s<sup>2</sup>)

度（絶対値）が観測されている。なお、東西方向の最大加速度が観測された時刻は23時37分14.8秒であった。

また、新白石SPの地震計で観測された地震動の記録によれば、1回目地震では、南北方向で約92gal、東西方向で約100gal、上下方向で約43galの最大加速度（絶対値）が観測されている。なお、東西方向の最大加速度が観測された時刻は23時34分56.8秒であった。

本件地震及び1回目地震の新白石SPの地震計記録と、2.1.2に記述した本件列車の運転状況を図15に示す。これによると、本件地震が発生し本件列車の停止位置（284k155m～283k755m）付近の地盤が振動した時間帯において、本件列車が停止しているにもかかわらず、列車速度1～4km/hを断続的に検知していたことが確認される。

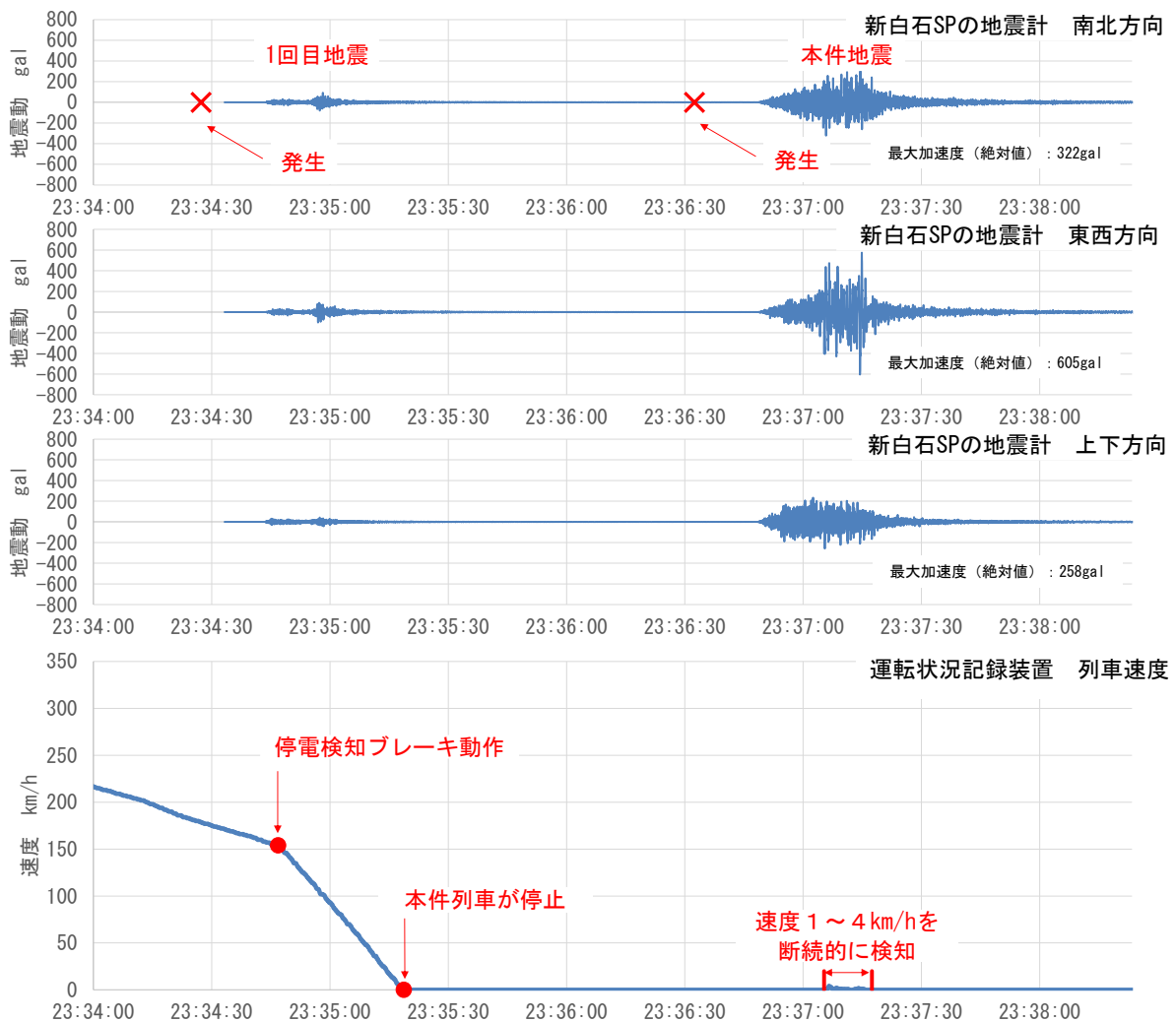


図15 本件地震の記録と本件列車の運転状況



## 2.8 地震発生時に列車を緊急停止させるためのシステムに関する情報

### 2.8.1 新幹線早期地震検知システムの概要

J R東日本では、地震発生時に新幹線列車を緊急停止させるためのシステムとして、地震動を早期に検知し、き電を停止させる新幹線早期地震検知システム、及び停電情報を車上で直ちに検知し停電検知ブレーキを動作させる車両側のシステムを採用している。

新幹線早期地震検知システムは、次のいずれかの条件により、警報を変電所に伝え、き電を停止させるものである。

- (1) 沿線、海岸、首都圏・内陸部地震計<sup>\*24</sup>で、地震の主要動（S波）より先に到達する初期微動（P波）を検知した際に、地震の発生位置や規模を推定し、その揺れが鉄道構造物に被害を及ぼすレベルと想定される場合。
- (2) 沿線、海岸、首都圏・内陸部地震計及び海底地震計<sup>\*25</sup>で、一定以上の大きさの揺れ（S波）を検知した場合。
- (3) 気象庁の緊急地震速報を受信した場合。

また、車両側のシステムは、き電停止による停電をA T C車上装置が検知して停電検知ブレーキを動作させるシステムに加えて、以前より約1秒早く停電を検知して停電検知ブレーキを動作させるシステム（停電検知装置）を導入している。

なお、2.1.2の表2に記述した、本件列車が架線の停電を検知し、停電検知ブレーキが動作した位置（下り線の283k463m）は、新福島変電所（259k961m、以下「新福島SS」という。）が制御するき電遮断区間（下り線の232k059m～283k753m）の範囲内であった。

### 2.8.2 新幹線早期地震検知システムの動作記録

新幹線早期地震検知システムの動作状況は、同システムの情報処理装置に記録されており、同記録及び2.1.2に記述した本件列車の運転状況等から、本事故発生時における本件列車に関する新幹線早期地震検知システムの動作状況は、以下のとおりであった。

- (1) 23時34分27.0秒：1回目地震が発生（2.7.1に記述）
- (2) 23時34分43.5秒：新白石SPの地震計が地震動（P波）検知
- (3) 23時34分45.4秒：新白石SPの地震計が地震の規模等を推定し警報動作
- (4) 23時34分46秒ごろ：新福島SSがき電を遮断

\*24 ここでいう「沿線、海岸、首都圏・内陸部地震計」とは、J R東日本が沿線に85台、海岸に30台、首都圏・内陸部に20台（合計135台、いずれも本事故発生時点）設置している地震計をいう。

\*25 ここでいう「海底地震計」とは、国立研究開発法人防災科学技術研究所が設置している、日本海溝海底地震津波観測網（S-net）をいう。

- (5) 23時34分46.6秒 : 本件列車の停電検知装置が停電を検知し、停電検知ブレーキが動作
- (6) 23時34分56.8秒 : 1回目地震による地震動の最大値観測 (2.7.4に記述した新白石SPの地震計の東西方向の最大加速度が観測された時刻)
- (7) 23時35分18.6秒 : 本件列車が停止
- (8) 23時36分32.6秒 : 本件地震が発生 (2.7.1に記述)
- (9) 23時37分14.8秒 : 本件地震による地震動の最大値観測 (2.7.4に記述した新白石SPの地震計の東西方向の最大加速度が観測された時刻)

なお、新幹線早期地震検知システム及び新白石SPの地震計は、本事故発生前直近の検査で異常はなかった。

### 2.8.3 本件列車以外の運行中の列車の停止状況

1回目地震及び本件地震発生時、東北新幹線の東京駅～新青森駅間の上下線には本件列車を除き16列車が運行しており、そのうち11列車が駅に停車していた。表9にそれらの概要を示す。

表9 本件列車以外の運行中の列車に関する情報  
(東北新幹線：東京駅～新青森駅間)

列車番号 (列車名)	駅・駅間	方向	作動時 走行速度 <sup>1)</sup>	作動時のキロ程 及び時刻 <sup>2)</sup>
695B (回送)	東京駅停車	下り	0 km/h	0k223m 付近
827E (回送)	東京駅停車	下り	データなし <sup>3)</sup>	データなし
825E (回送)	東京駅～上野駅間	下り	データなし	0k800m 付近
350C (とき350号)	東京駅～上野駅間	上り	77 km/h	1k938m 付近 23:36:59
693B (回送)	上野駅停車	下り	0 km/h	3k848m 付近
658B (回送)	上野駅停車	上り	データなし	データなし
74B (やまびこ74号)	上野駅～大宮駅間	上り	55 km/h	3k886m 付近 23:37:00
738B (回送)	大宮駅停車	上り	データなし	データなし
281B (なすの281号)	小山駅～宇都宮駅間	下り	17 km/h	109k082m 付近 23:36:56

279B (なすの 279 号)	那須塩原駅～ 那須塩原電留線	下り	データなし	データなし
258B (なすの 258 号)	郡山駅停車	上り	データなし	データなし
701B (回送)	白石蔵王駅停車	下り	データなし	データなし
50B (やまびこ 50 号)	盛岡駅停車	上り	データなし	データなし
73B (やまびこ 73 号)	盛岡駅停車	下り	0 km/h	496k525m 付近
4B (はやぶさ 4 号)	新青森駅停車	上り	データなし	データなし
3045B (はやぶさ 45 号)	新青森駅停車	下り	0 km/h	675k012m 付近

- 1) 列車が停電を検知した時の推定速度
- 2) 列車が停電を検知した時の車上の記録装置に記録されたキロ程及びその時刻
- 3) 「データなし」となっているのは、留置車両につき無加圧であったためデータが記録されていない等の理由による。

本件列車以外に東北新幹線を走行していた 5 本の列車は、いずれも停電検知ブレーキが動作して減速し、脱線せずに停車した。

なお、1 回目地震及び本件地震発生時には J R 東日本管内の新幹線の全区間で、新幹線早期地震検知システムにより、き電停止となった。

## 2.9 数値シミュレーションに関する情報

J R 東日本は、本事故による脱線及び逸脱のメカニズム（以下、各々を「脱線メカニズム」、「逸脱メカニズム」という。）を明らかにすることを目的に、研究機関に依頼して数値シミュレーションを行った。J R 東日本によると、その概要は 2.9.1～2.9.3 のとおりとのものである。

なお、数値シミュレーションは、三つのステップに分けて実施されており、

- ・ 第一ステップでは、本件地震の観測記録から、地盤－構造物群の動的解析により軌道面の振動波形（以下「軌道面波形」という。）を推定している。
- ・ 第二ステップでは、脱線メカニズムの解明を目的に、軌道面波形に対する本件列車の各車両単体（17両分）の脱線するまでの挙動シミュレーションを行っている。
- ・ 第三ステップでは、逸脱メカニズムの解明を目的に、軌道面波形に対する本件列車の編成車両の脱線後に逸脱するまでの挙動シミュレーションを行っている。

また、本節中の記号は、B Lは高架橋、Bは橋りょう、Rはラーメン高架橋、Tは桁、Pは橋脚を表す。

## 2.9.1 軌道面波形の推定

### 2.9.1.1 現地調査に基づく地盤・構造物の振動特性の把握

本事故現場直近の新白石S P周辺の地盤及び構造物の振動特性を把握するため、臨時の常時微動観測、地震観測を実施した。

図16に地震観測記録により得られた線路直角方向のフーリエ振幅比（構造物上／地盤上）<sup>\*26</sup>の平均値を示す。

これによると、フーリエ振幅比の卓越周期<sup>\*27</sup>（構造物の固有周期帯）に関して、ラーメン高架橋では0.8秒程度である一方で、橋りょうの橋脚（壁式橋脚）では0.3秒程度となっており、両者の卓越周期が大きく異なっている。このことから、地震時における構造物の線路直角方向の応答も構造形式によって異なることが想定される。

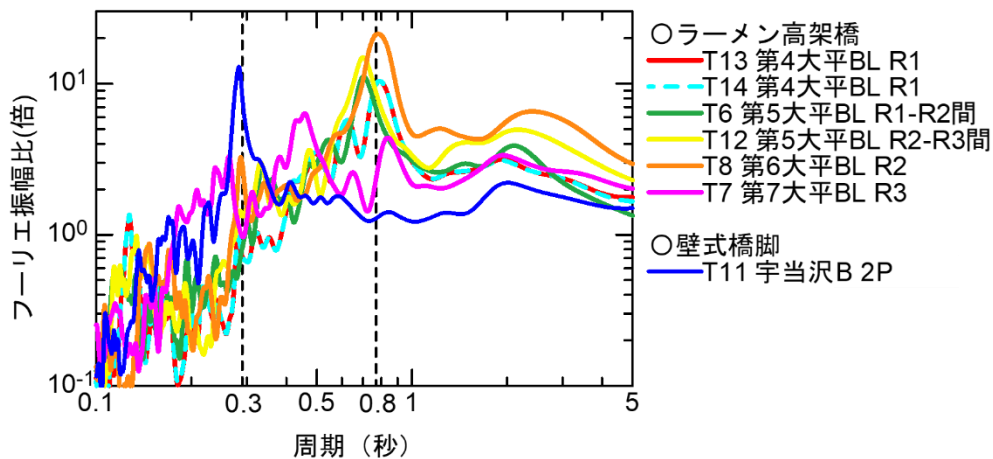


図16 線路直角方向のフーリエ振幅比の平均値（構造物上／地盤上）

### 2.9.1.2 地盤－構造物群のモデル化

2.9.1.1 の情報を参考に、東北新幹線建設時の地質図やボーリングデータ等を基とした地盤モデル及び本事故現場を含む約650mの区間の地盤－構造物群モデル（図17参照）を構築した。

なお、今回構築した地盤－構造物群モデルでは、実現象を可能な限り表現するため、以下の点にも配慮してモデル化を行っている。

- ・ 中層梁のせん断損傷を考慮する。
- ・ 桁間の衝突を考慮する。
- ・ ストラクチャ、電化柱を線材としてモデル化する。
- ・ 停車車両の重量を考慮する。
- ・ RCストッパーの損傷や緩衝ゴムの影響を考慮する。

\*26 「フーリエ振幅」とは、時刻歴波形データを周波数ごとの振幅に分解したものであり、ここでいう「フーリエ振幅比（構造物上／地盤上）」とは、地盤上のフーリエ振幅に対する構造物上のフーリエ振幅の比をいう。

\*27 「フーリエ振幅比の卓越周期」とは、フーリエ振幅比が最も大きくなる時の揺れの周期をいう。

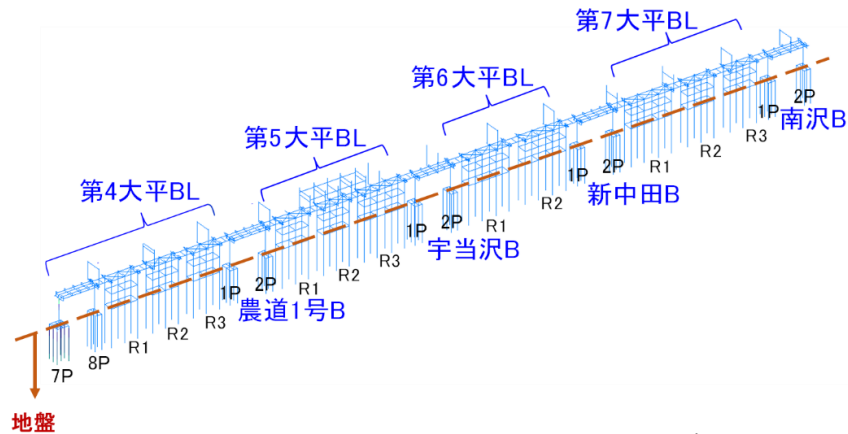
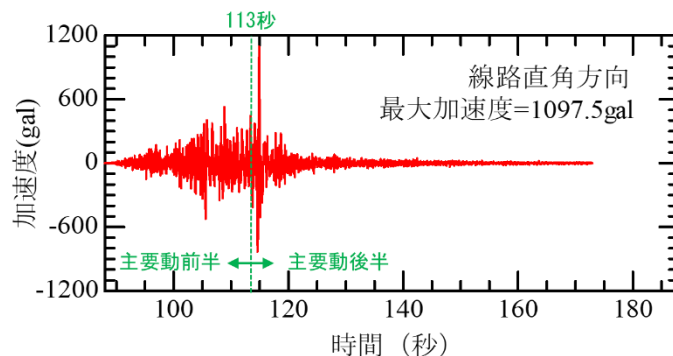


図17 構築した地盤－構造物群モデル

### 2.9.1.3 基盤地震動の推定と地盤－構造物群の動的解析

2.9.1.2 のとおり構築した地盤－構造物群モデルを用い、本事故現場直近の新白石S Pの地震計で観測された本件地震の地震動記録から軌道面の振動を推定した。

まず、本件地震の新白石S Pの地震計記録を地盤モデルを用いて耐震設計上の基盤面<sup>\*28</sup>まで引き戻す算定をし、脱線地点直下の基盤面での地震動（基盤地震動）を推定した。さらに、水平方向の振動を線路直角方向に補正した。（図18参照）次に、地盤－構造物群モデルに対して、基盤地震動（線路直角方向）を入力して動的解析を実施し、各軌道面位置における軌道面波形（地震動による絶対加速度、絶対速度、絶対変位）を推定した。



（横軸：令和4年3月16日23時35分20秒からの経過時間）

図18 基盤地震動（線路直角方向）

図19に各軌道面位置における絶対加速度、絶対速度及び絶対変位の最大値を示す。図20に線路直角方向の軌道面波形の例を示す。

その結果、軌道面位置の最大応答として630～1,220 gal、78～182 kine<sup>\*29</sup>、卓越周波数として1.0～1.3 Hz 程度と推定され、非常に大きな軌道面

\*28 「耐震設計上の基盤面」とは、耐震設計上振動するとみなす地盤の下に存在する十分堅固な地層の上面をいう。

\*29 「kine」（カイン）とは、主に地震の分野で用いられている速度の単位である。（1kine=1cm/s）

の揺れが車両に作用したことが分かった。なお、壁式橋脚とラーメン高架橋では線路直角方向の剛性が異なっており、壁式橋脚の橋梁の方がラーメン高架橋よりも揺れが小さいとの解析結果が得られた。

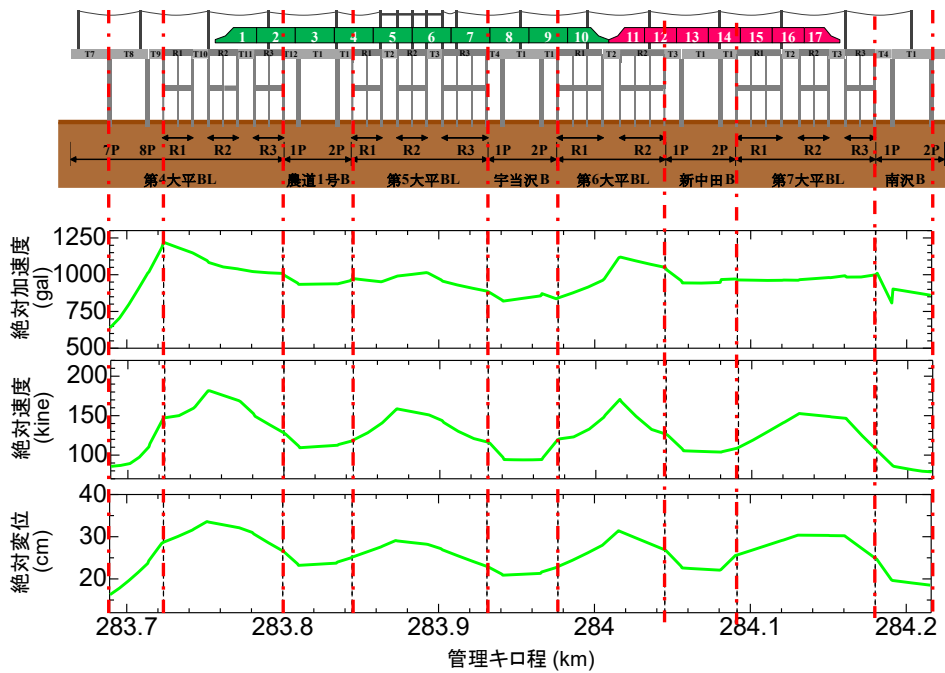
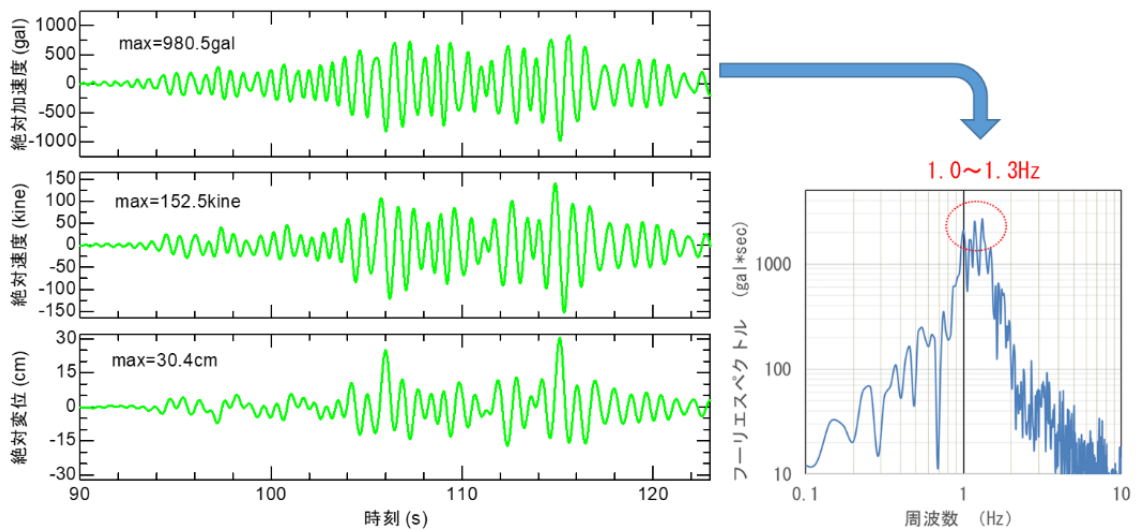


図 19 各軌道面位置における絶対加速度、絶対速度及び絶対変位の最大値



(横軸：令和4年3月16日23時35分20秒からの経過時間)

図 20 線路直角方向の軌道面波形の例（第7大平R2、下り線・左側レール）

## 2.9.2 脱線メカニズムの解明

### 2.9.2.1 脱線するまでの車両の挙動シミュレーション

2.9.1 で得られた軌道面波形に対する、構造物上の車両の挙動シミュレーションを行った。

図 2 1 に車両のシミュレーションモデルの概略、図 2 2 に本シミュレーションにおける座標系を示す。また、図 2 3 に車輪・レール周りのモデル（弾性支持レールモデル）を示す。

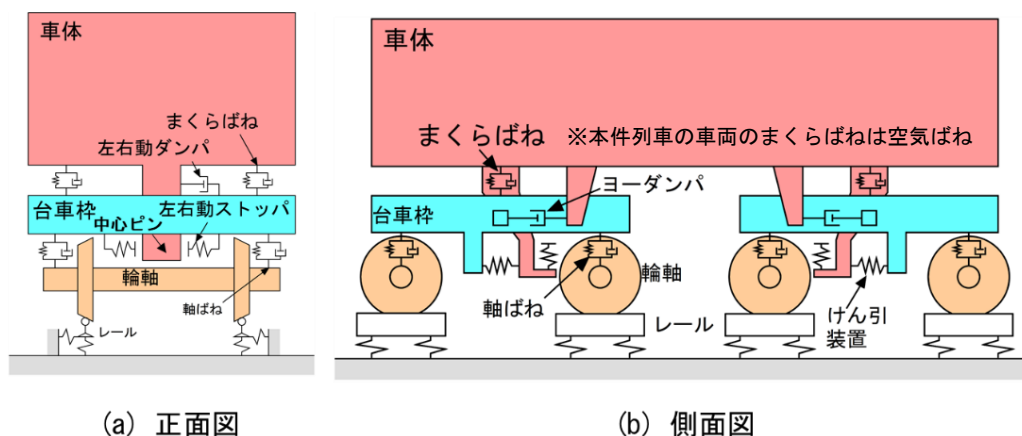


図 2 1 車両のシミュレーションモデルの概略

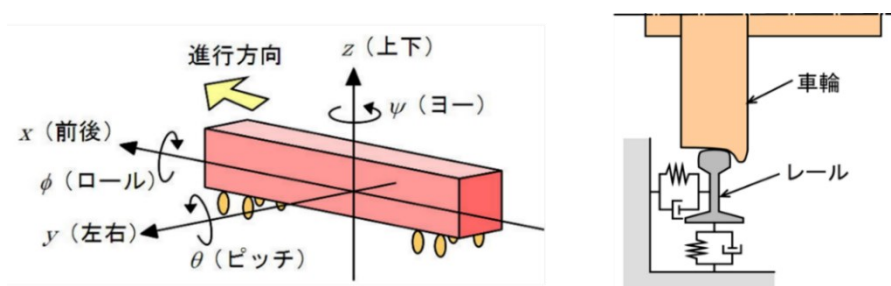


図 2 2 シミュレーションにおける座標系 図 2 3 弾性支持レールモデル

空気ばねのモデルについては、図 2 1 に示すように、ばねとダンパを並列に配置した一般的なまくらばねのモデルを用いているが、解析結果に大きな影響を及ぼす空気ばねの特性については、地震時を想定した特性を大型振動試験装置を用いた加振実験により同定した。また、空気ばねの空気抜けのモデル化に際しては、本件列車で測定された空気ばねの内圧及び高さを参考にして、空気抜けのタイミングや特性の変化を設定した。

なお、地震時の脱線までの車両の挙動を解析するプログラムは V D S<sup>\*30</sup> (Vehicle Dynamics Simulator) を用いている。

このプログラムによる解析については、大型振動試験装置を用いた実台車加振実験により検証<sup>\*31</sup>が行われ妥当性が確認されている。また、2.10 に後述する実台

\*30 「VDS」とは、鉄道総研が開発した車両運動シミュレータである。マルチボディダイナミクス理論に基づいて開発した解析プログラムであり、通常の走行シミュレーションに加え、地震時のように振動する軌道上を車両が走行する際の大変位を伴う車両の挙動も解析することができる。

\*31 「大変位軌道振動による実物大鉄道車両の加振実験」(宮本岳史ほか、日本機械学会論文集C編、71巻、706号、平成17年)

車加振実験のデータとも一致することを確認している。（付図15参照）

なお、VDSでは、いずれかの車輪のレールに対する左右変位が±70mmに達した時点で「脱線」と判定し解析を終了する。

また、シミュレーションにおいては、本事故の実態に応じて、車両は停止した状態とし、空気ばねの空気抜けや脱線のタイミングについては、本件地震の地震動がおおまかに前半と後半にそれぞれ大きくなる傾向にあることから、23時37分13秒（23時35分20秒からの経過時間が113秒）までを主要動前半、それ以降を主要動後半とし、解析を行った。（図18参照）

#### 2.9.2.2 シミュレーション結果

シミュレーション波形の一例として、脱線による輪軸の左右移動量が最大であった12両目及び先頭車両である1両目における計算結果を図24に示す。

これらの車両の、地震時の車両挙動及び脱線に至る過程の数値解析結果は次のとおりであった。

- ① 地震時の軌道面の振動により、車体・台車間で相対左右変位が生じる。
- ② 中心ピン<sup>\*32</sup>と左右動ストッパ<sup>\*33</sup>との接触により、車体左右加速度にスパイク状のピークが生じる。
- ③ 軌道面の振動の振幅が大きくなるに従い、中心ピン・左右動ストッパ間の接触力が大きくなり、車体のローリングが生じ、空気ばね上下変位が左右交互に大きくなる。
- ④ 空気ばね上下変位が大きくなり、空気ばねが過大な変形により空気抜けの状態となる。
- ⑤ 空気抜けした空気ばねにおいて、車体が台車に着座することで空気ばね上下力に大きなピークが生じる。
- ⑥ ⑤の空気ばねの反対側の車輪が上昇し、レール頭頂面上に乗る（車輪上昇量30mm程度となる）。
- ⑦ 車輪のレールに対する左右変位が±70mmに達し、脱線と判定される。

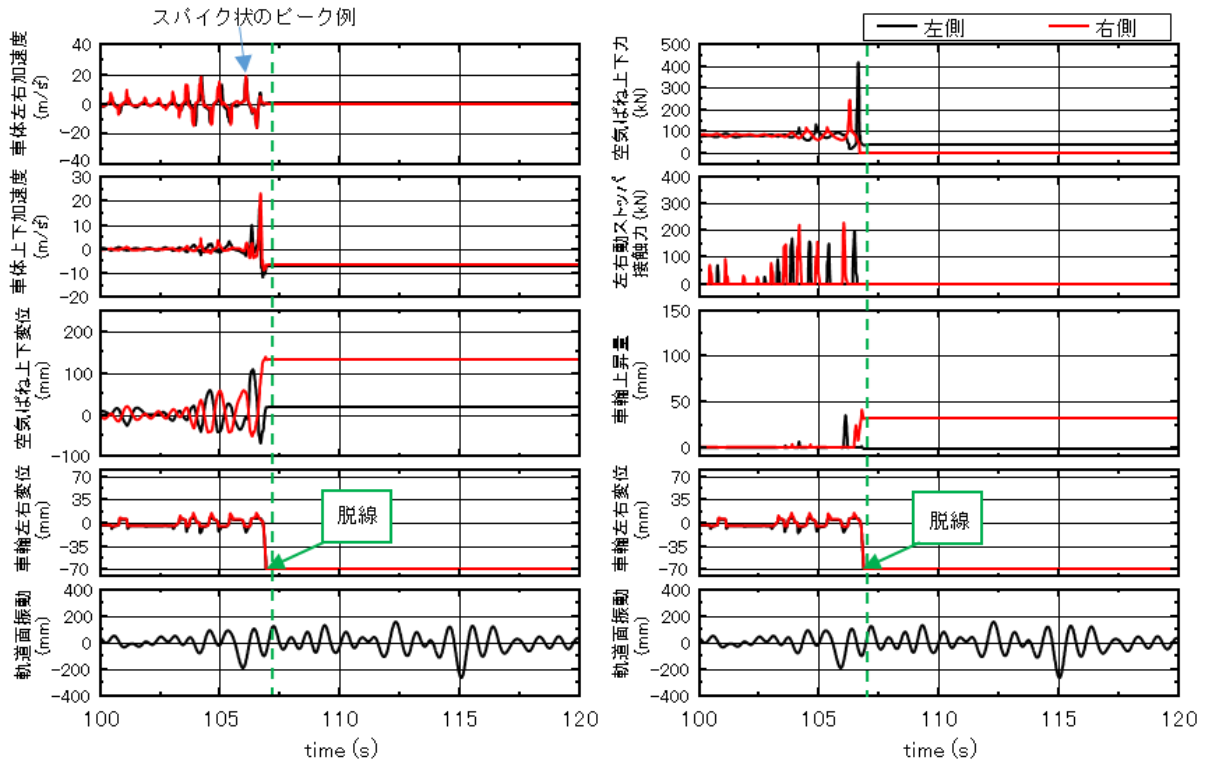
なお、12両目と1両目における脱線は、本件地震の前半部分の地震動により発生したと判定された。また、他の脱線した車両についても、車両挙動及び脱線に至る過程の数値解析結果は、④の有無を除き、上記とほぼ同様であった。

（附属資料2 車両の挙動シミュレーション結果 参照）

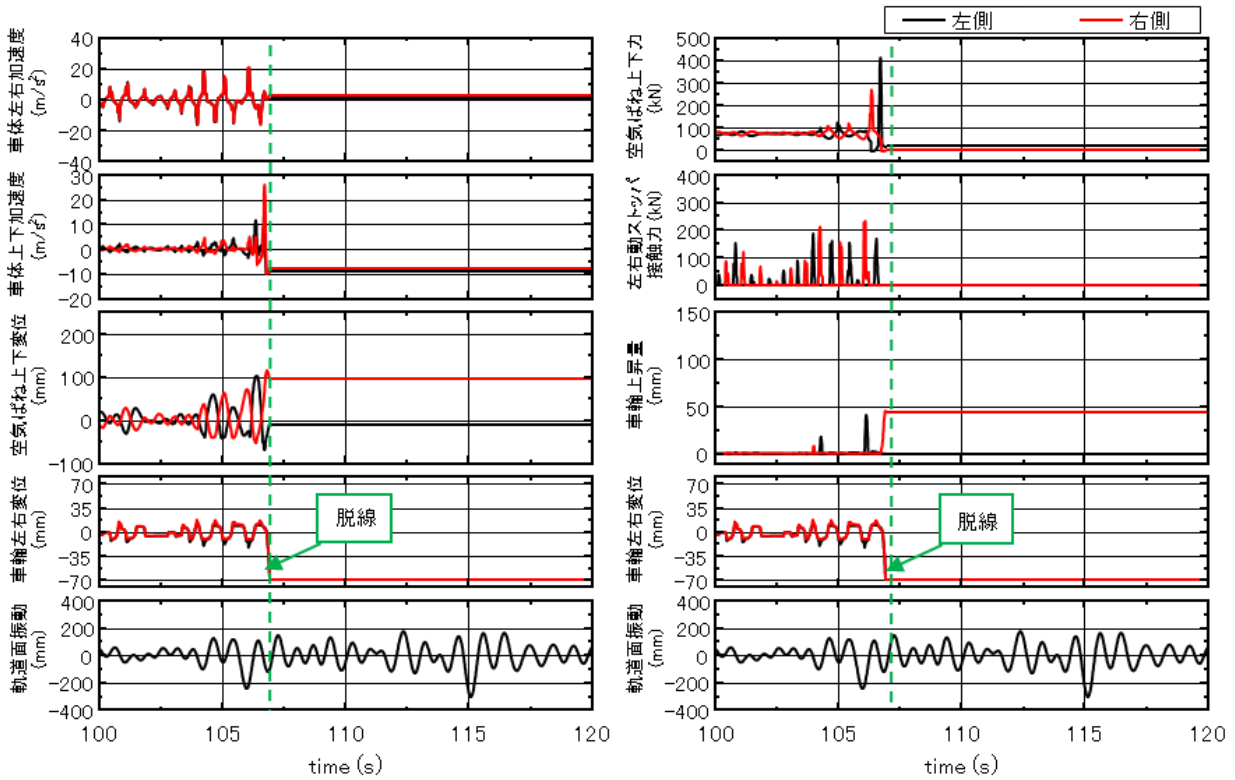
\*32 「中心ピン」とは、ボルスタレス台車の場合、けん引装置の車体取付け部分をいう。

\*33 「左右動ストッパ」とは、まくらばねによる過大な車体左右変位を防止するために、台車等に設けるストッパをいう。防振ゴムと金属板が当たることにより、車体の左右変位が拘束される。





(a) 12両目後台車第2軸



(b) 1両目後台車第2軸

(横軸：23時35分20秒からの経過時間)

図24 シミュレーション波形例

## 2.9.3 逸脱メカニズムの解明

### 2.9.3.1 脱線後に逸脱するまでの車両挙動シミュレーション

2.9.1 で得られた軌道面波形に対する、本件列車（17両編成車両）の脱線後を含む挙動シミュレーションを行った。

車両のモデル化に当たっては、脱線後において少なからず車両挙動に影響を及ぼす連結器や車体間ダンパなどの車両間の連結構造をモデル化した。また、脱線後の車輪の軌道スラブ上への落下、逸脱防止ガイドや排障器取付腕、主電動機等の車両部材がレール等の軌道部材に接触する現象も考慮できるようにモデル化した。（図25及び図26参照）これにより、脱線前から脱線後に逸脱するまでの一連の車両挙動を評価可能とした。なお、解析諸元については2.9.2に記述した車両の挙動シミュレーションと同様とした。

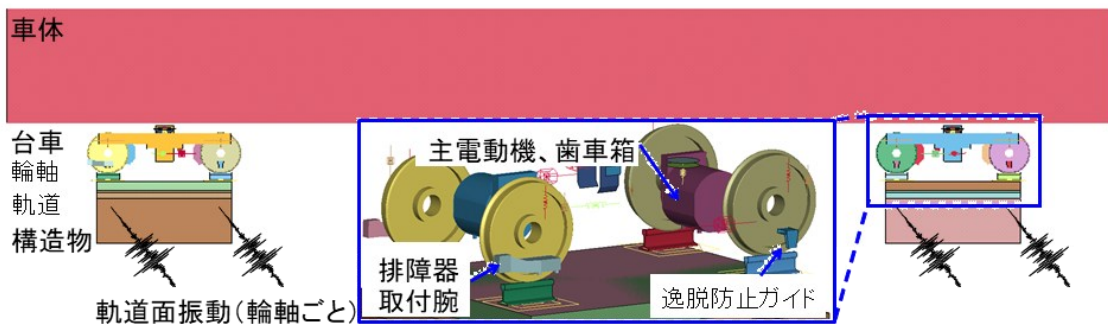


図25 数値解析の基本モデル（1車両モデル）

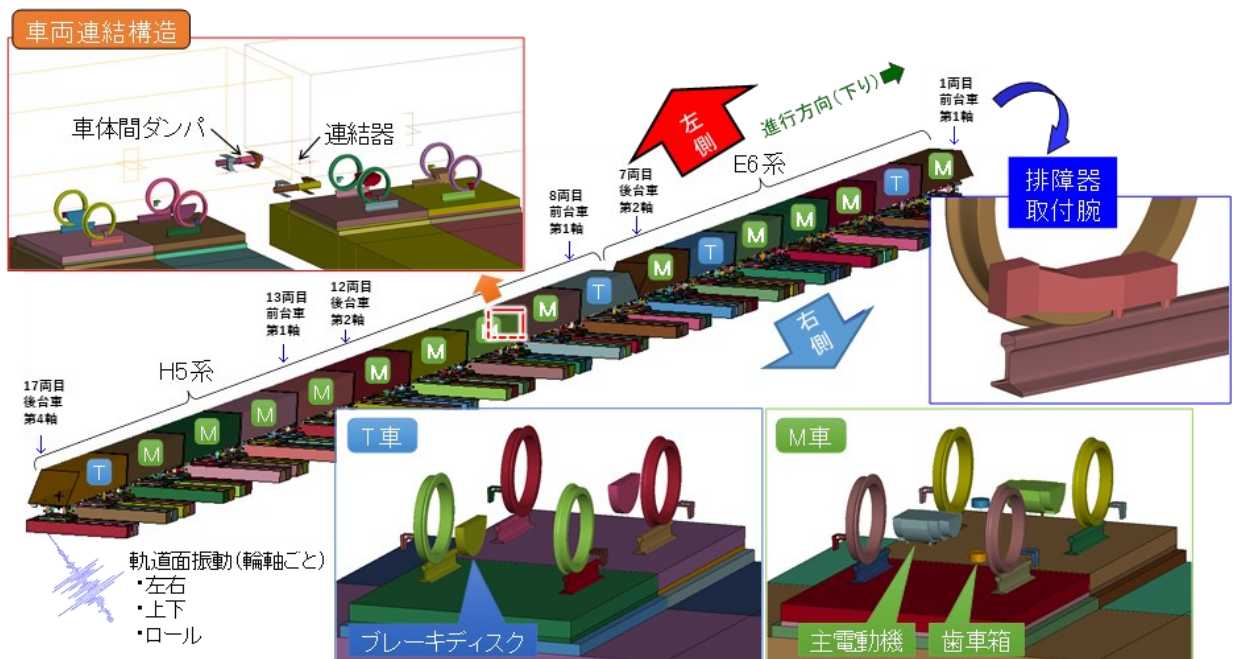


図26 数値解析の全体モデル（17両編成モデル）

なお、編成車両の脱線後に逸脱するまでの挙動解析には汎用の衝撃・構造解析ソフトウェアLS-DYNA<sup>\*34</sup>を用いている。このプログラムによる解析については、実物大の振動台実験等により精度の検証されている解析プログラムとの比較により、脱線までの車両挙動に限定されるが検証され妥当性が確認されている<sup>\*35</sup>。

### 2.9.3.2 シミュレーション結果

#### (1) 逸脱防止ガイドが設置された輪軸の逸脱の過程

逸脱防止ガイドが設置された輪軸での逸脱メカニズムに関する数値解析結果は、おおむね次のとおりであった。なお、①、②及び⑥については排障器取付腕が設置された輪軸と共通の挙動である。

- ① 軌道面の強い揺れに伴い脱線が発生する。(図27(a)参照)
- ② 脱線直後の車両の慣性力により輪軸が横移動することで、歯車箱（又は主電動機）がレール頭頂面に落下する位置まで移動する。(図27(b)参照)
- ③ 歯車箱（又は主電動機）がレール頭頂面と、逸脱防止ガイドがレール側面と接触する。逸脱防止ガイドとレールの接触により輪軸の横移動が制限する。(図27(c)参照) なお、歯車箱（又は主電動機）と逸脱防止ガイドのどちらが先にレールと接触するかは脱線挙動に依存する。
- ④ 歯車箱（又は主電動機）とレール頭頂面との接触位置を支点に輪軸のローリングが発生する。それに伴い逸脱防止ガイドがレールから外れる。(図27(d)参照)
- ⑤ 逸脱防止ガイドがレールから外れたことにより輪軸の横移動の制限が解除される。(図27(e)参照)
- ⑥ 車両の慣性力により輪軸が更に横移動することで逸脱が発生する。(図27(f)参照)

なお、③において、脱線直後の輪軸の横移動の速度が大きい場合には、逸脱防止ガイドがレール頭頂面と接触する場合や、逸脱防止ガイドがレールと接触することなくレールを飛び越えることもあった。これらの場合には、④の逸脱防止ガイドによる輪軸の横移動の制限効果は発揮されず、そのまま⑥の逸脱に至る。

上記の逸脱メカニズムは脱線直後の発生を前提に記載しているが、解析に

\*34 「LS-DYNA」とは、汎用の衝撃・構造解析ソフトウェアで、空間離散化手法の一つである有限要素法を用いることで様々な動的な接触現象を表現することが可能である。VDSと比較して、LS-DYNAでは車両と軌道部材との接触や脱線後の車両挙動を表現可能な点が特徴となる。

\*35 「有限要素法による車両／軌道の加振モデルの構築」（後藤恵一ほか、第18回鉄道技術・政策連合シンポジウム講演論文集、平成23年）

においては脱線後に軌道面の強い揺れを受けた際の発生も確認されている。

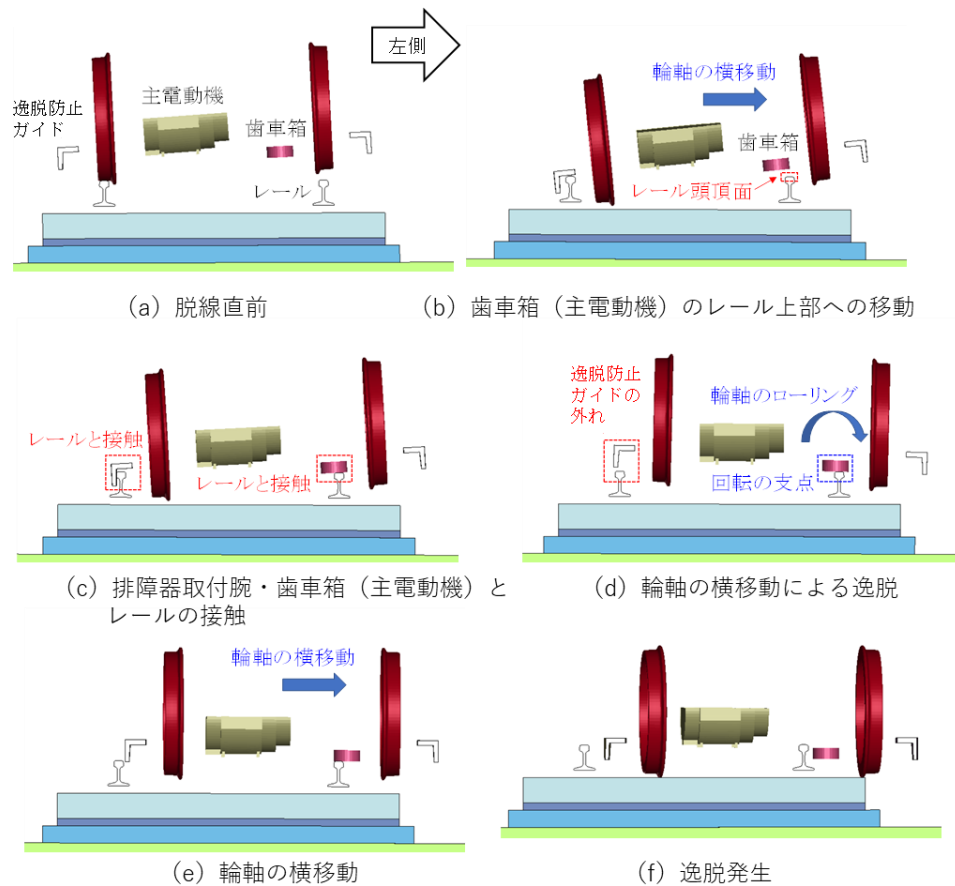


図 2.7 逸脱防止ガイドが設置された輪軸での逸脱メカニズムの解析結果例  
(例：9両目前台車第1軸)

(2) 排障器取付腕が設置された輪軸の逸脱の過程

排障器取付腕が設置された輪軸の逸脱メカニズムに関する数値解析結果は、おおむね次のとおりであった。

- ① 軌道面の強い揺れに伴い脱線が発生する。(図 2.8 (a) 参照)
- ② 脱線直後の車両の慣性力により輪軸が横移動することで、歯車箱（又は主電動機）がレール頭頂面に落下する位置まで移動する。(図 2.8 (b) 参照)
- ③ 歯車箱（又は主電動機）及び排障器取付腕がレール頭頂面と接触する。(図 2.8 (c) 参照) なお、歯車箱（又は主電動機）と排障器取付腕のどちらが先にレール頭頂面と接触するかは脱線挙動に依存する。
- ④ 車両の慣性力により輪軸が更に横移動することで逸脱が発生する。(図 2.8 (d) 参照)

上記の逸脱メカニズムは脱線直後の発生を前提に記載しているが、解析においては脱線後に軌道面の強い揺れを受けた際の発生も確認されている。

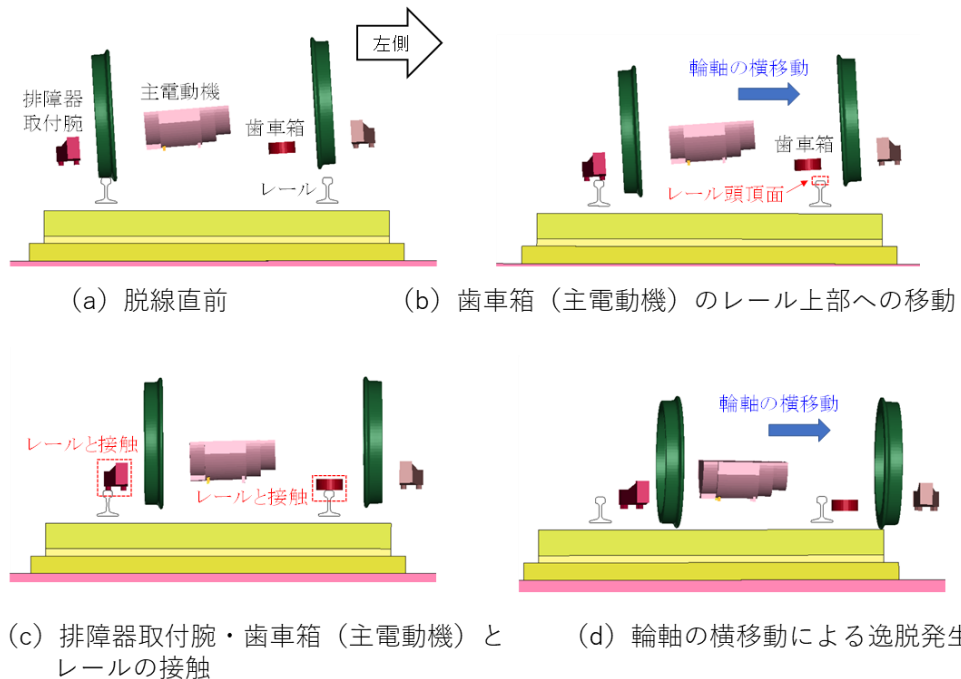


図 2 8 排障器取付腕が設置された輪軸での逸脱メカニズムの解析結果例  
 (例：1 両目前台車第 1 軸)

## 2. 1 0 実台車加振実験に関する情報

運輸安全委員会は、本件地震による振動が本件列車の台車の挙動に与えた影響について明らかにすることを目的に、鉄道総研へ委託し、本件列車の実物の台車を振動台上に設置し、本件地震を模擬した振動を与え、台車の挙動を計測する実験を行った。その概要は以下のとおりである。

### 2. 10. 1 試験装置及び試験体

#### (1) 大型振動試験装置

図 2 9 に大型振動試験装置の概略図を示す。本装置は、大きさが X 軸方向 7 m、Y 軸方向 5 m で最大質量  $5.0 \times 10^4 \text{ kg}$  まで積載可能な振動テーブル上に供試体を配し、油圧サーボ制御方式により加振を行う。X 軸方向は最大変位  $\pm 1 \text{ m}$ 、最大加速度  $9.8 \text{ m/s}^2$ 、Y 軸方向は最大変位  $\pm 0.25 \text{ m}$ 、最大加速度  $19.6 \text{ m/s}^2$  での加振が可能であり、振動台としては国内最大級の加振性能を有している。また、加速度及び変位制御により  $0.1 \sim 20 \text{ Hz}$  までの周波数帯において正弦波又は任意の地震波を模擬した加振が可能である。

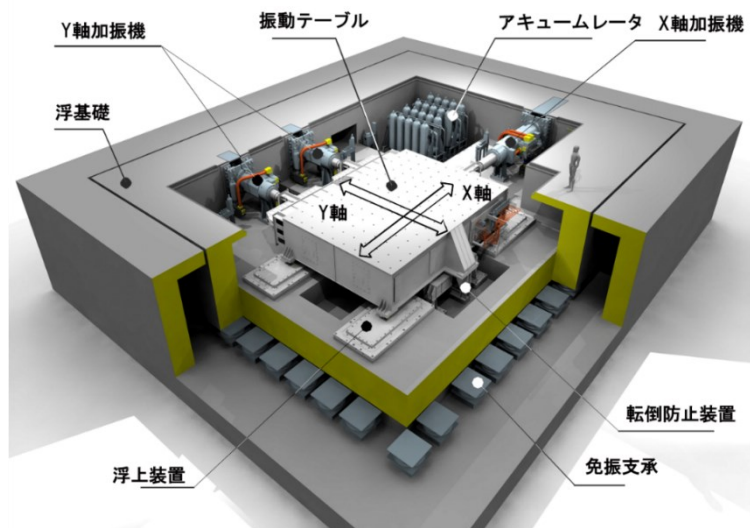


図 2 9 大型振動試験装置外観

(2) 試験体

本実験で使用した試験体は、本件列車 10 両目前台車 (H5 系の電動台車) とした。図 3 0 に大型振動試験装置に試験体を設置した状況を示す。図中、台車の上に載っている赤色の物体は、半車体相当の質量特性を再現した模擬車体である。

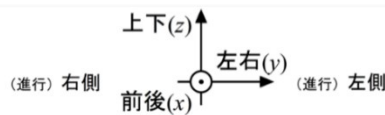
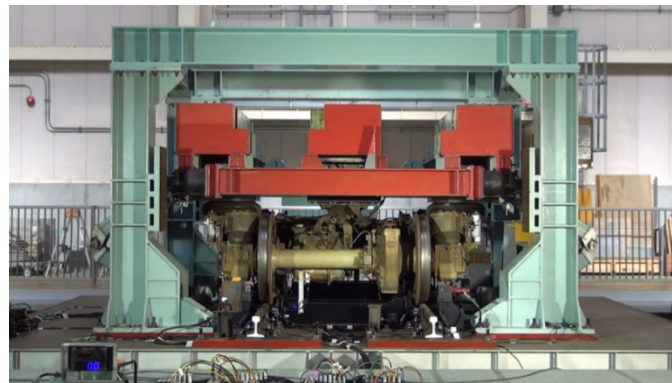


図 3 0 設置した試験体の外観と座標系

2.10.2 軌道面の振動

本実験の入力値として使用した本件地震による軌道面の振動は、2.9.1 に記述した軌道面波形の推定結果より以下の 2 ケースを選定した。軌道面の振動の左右変位波形を図 3 1 に示す。

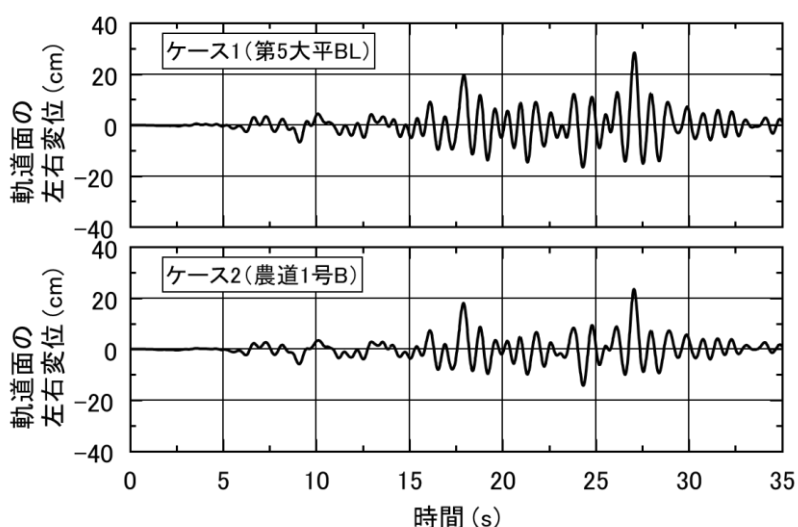


図3 1 入力値として使用した本件地震による軌道面の振動

なお、本節中の記号は、BLは高架橋、Bは橋りょう、Rはラーメン高架橋、Tは桁を表す。

- ・ケース1：第5大平BL-R2（ラーメン高架橋）
  - ※ 脱線・逸脱した輪軸（最大移動量）、12両目後台車付近
- ・ケース2：農道1号B-T1（橋りょう）
  - ※ 脱線した輪軸（逸脱なし）、15両目前台車付近

### 2.10.3 実台車加振実験の概要

加振入力倍率の検討、試験装置等の確認のために加振入力倍率を低くした予備の加振実験を行った後、以下に示す加振条件で実台車加振実験を行った。なお、加振入力倍率とは、振動テーブルに入力する振動変位の振幅を本件地震の軌道面波形の何倍とするかを表す振幅倍率のことである。

- ・ケース1（第5大平BL-R2）波形（主要動前半のみ抽出）
  - 1-1 加振入力倍率0.95倍
  - 1-2 加振入力倍率0.95倍、空気ばね排気状態
- ・ケース2（農道1号B-T1）波形
  - 2-1 加振入力倍率0.74倍
  - 2-2 加振入力倍率0.82倍

加振入力倍率は、解析プログラムVDSを用いて加振時の試験体の挙動シミュレーションを行い、試験装置性能上の制限値（950gal）を考慮して設定した。

また、ケース1の波形について、主要動前半のみを抽出したのは、軌道面の振動は後半の方がやや揺れが大きく、なるべく倍率を大きくするためには主要動前半のみ抽出する必要があったためである。

#### 2.10.4 実台車加振実験の結果

2.10.3 に記述した、各ケースの実台車加振実験の結果（付図14参照）は以下のとおりであった。なお、実験結果とVDSを用いたシミュレーション結果の比較を付図15に示す。

- (1) ケース1の波形（第5大平BL-R2）の加振入力倍率0.95倍で加振実験を行った結果、主要動前半で車体に左右動を含む大きなローリングが発生し、空気ばねの空気抜けが発生した。（図32参照）そのときの空気ばね上下変位は220mm程度であった。この加振実験では脱線（車輪フランジがレール頭頂面上に乗ること）は発生しなかった。しかし、軸箱上下変位（やや大きい値となるが、車輪上昇量に相当する）が100mm程度に達し、かつ100kNを超える左右動ストップ作用力（車体・台車間における衝撃的な左右力）及び横圧（車輪・レール間の左右力）が発生していた。

また、客室内を想定した模擬車体部での加速度測定において、非常に大きな上下及び左右加速度が発生していたことが確認された。

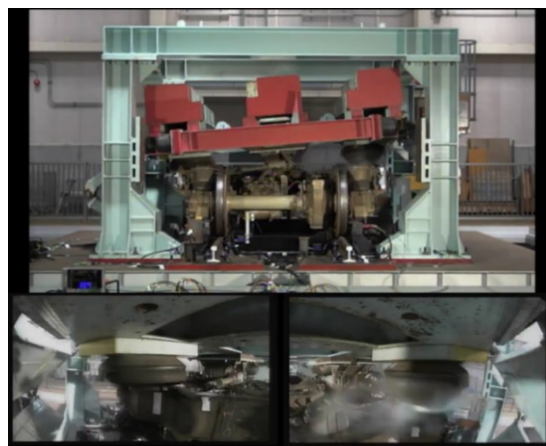


図32 ケース1-1（左側空気ばねが空気抜けした状況）

- (2) ケース2の波形（農道1号B-T1）の加振入力倍率0.74倍で加振実験を行ったが、空気ばねの空気抜けは発生しなかった。この加振実験における空気ばね上下変位の最大値は160mm程度であった。
- (3) ケース2の波形の加振入力倍率0.82倍で加振実験を行った結果、主要



動後半で空気ばねの空気抜けが発生した。(図3.3参照) そのときの空気ばね上下変位は200mm程度であった。この加振実験では脱線は発生しなかったが、(1)と同様、軸箱上下変位が100mm程度に達していた。

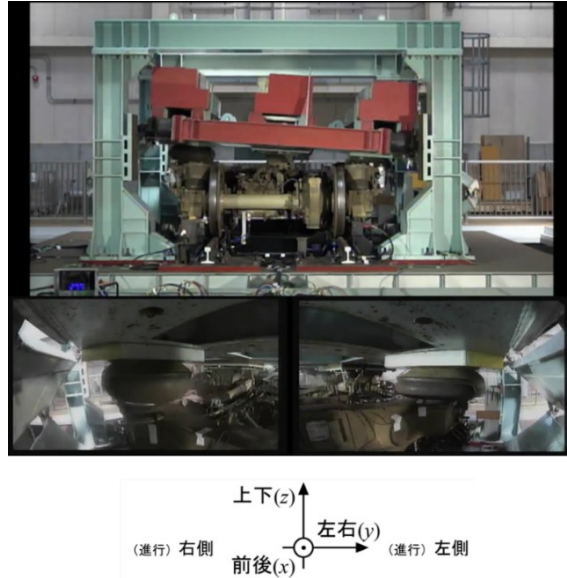


図3.3 ケース2-2(右側空気ばねが空気抜けした状況)

- (4) 空気ばね排気状態で(1)と同じ加振波形で加振実験を行った結果、主要動前半で脱線が発生した。空気ばねが排気状態になると、空気ばね部において車体(空気ばね上面板)が台車(積層ゴム上面)に衝突し、車輪がレールから浮き上がった。
- (5) ケース1及びケース2のいずれの場合も、脱線直前の試験体の挙動としては、模擬車体の回転中心が試験体の重心の下側にあり車体が大きくローリングする<sup>したしん</sup>下心ロール\*36であった。

## 2.1.1 その他の情報

### 2.11.1 本事故後の復旧作業の状況

本件列車の脱線復旧作業は、令和4年3月20日から始まり、同年4月2日までに載線及び白石蔵王駅への収容作業を完了した。

なお、本事故現場を含む東北新幹線の福島駅から仙台駅間においては、令和4年4月14日に徐行規制のための臨時ダイヤで運転を再開し、同年5月13日より徐行規制を解除し通常ダイヤで運転を再開した。

\*36 「下心ロール」とは、ローリング(進行方向を軸とする車体の回転運動)のうち回転中心が車両の重心より下側にあるものをいう。

## 2.11.2 過去の大規模地震による新幹線列車脱線事故

過去3回の大規模地震による新幹線列車脱線事故について、地震及び新幹線脱線地点の比較情報を表10に示す。

本件地震の最大震度は、過去3回の地震が震度7であったのに対し、震度6強であった。

過去3回の地震による新幹線列車脱線事故と本事故を比較して、脱線時の速度は、過去3回では、14～200 km/h の範囲でいずれも走行中であったが、本事故の場合は0 km/h で停止中であった。編成両数及び脱線軸数は、過去3回と比較して本事故が最も多かった。また、本事故では、乗客6名が負傷（軽傷）したが、過去3回では負傷者は出ていなかった。

なお、本事故発生時点における新幹線の地震対策は、平成16年に発生した新潟県中越地震による上越新幹線の脱線事故の教訓を踏まえた以下の三つの対策が進められているところであった。<sup>\*37</sup>

- (1) 構造物の耐震対策  
軌道面を支えている構造物が大きく壊れないようにすること。
- (2) 早期地震検知システム  
走行中の列車を早く止めること。
- (3) 列車の（脱線）逸脱防止  
列車が脱線、又は大きく逸脱しないようにすること。

表10 地震による新幹線列車脱線事故の概要比較

地震の名称	平成16年新潟県 中越地震	平成23年東北 地方太平洋沖地震	平成28年熊本地震	令和4年3月16日の 福島県沖の地震 (本件地震)
発生日時	平成16年10月23日 17時56分ごろ	平成23年3月11日 14時46分ごろ	平成28年4月14日 21時26分ごろ	令和4年3月16日 23時36分ごろ
震源深さ	約13km	約24km	約11km	約57km
地震の規模	6.8 (M)	9.0 (Mw)	6.5 (M)	7.4 (M)
最大震度	7	7	7	6強
地震種別	内陸地震	海溝型地震 (プレート間 地震)	内陸地震	海溝型地震 (スラブ内地震)

\*37 「第16回新幹線脱線対策協議会（令和4年12月23日開催）結果概要」（国土交通省HP、<https://www.mlit.go.jp/tetudo/content/001580436.pdf>）

地震により発生した列車脱線事故	・上越新幹線浦佐駅～長岡駅間列車脱線事故	・東北新幹線仙台駅構内列車脱線事故	・九州新幹線熊本駅～熊本総合車両所間列車脱線事故	・東北新幹線福島駅～白石蔵王駅間列車脱線事故
車両形式・編成	200系10両編成	E2系10両編成	800系6両編成	E6系7両＋H5系10両 (合計17両)編成
脱線軸数	22軸/40軸	2軸/40軸	22軸/24軸	60軸/68軸
列車種類	営業列車	試運転列車	回送列車	営業列車
地震発生時の走行速度	約204km/h	約72km/h	約79km/h	約154km/h (1回目地震時)
脱線時の走行速度	約200km/h	約14km/h	約78km/h	0km/h
震央からの距離	約9.6km	約172km	約12km	約94km
乗客・乗員数	乗客151名 乗務員2名 車内販売員1名	乗務員1名 車両検修員12名	乗務員1名	乗客75名 乗務員5名
死傷者	0名	0名	0名	乗客6名(軽傷)
構造物形式	鉄筋コンクリート ラーメン高架橋ほか (高さ：約9m)	鋼複合単純桁 高架橋 (高さ：約12m)	鉄筋コンクリート ラーメン高架橋ほか (高さ：約10m)	鉄筋コンクリート ラーメン高架橋ほか (高さ：約16～18m)

## 3 分析

### 3.1 本事故発生前の鉄道施設、車両等に関する分析

#### 3.1.1 鉄道施設

2.3.2(2)に記述したように、本事故発生前直近の高架橋や軌道等の鉄道施設の検査記録には異常は認められなかったこと、2.4.1.1及び2.4.1.2に記述したように、本事故発生後においても、軌道や高架橋等の損傷及び痕跡に、列車脱線に直接影響するような状況は見られなかったことから、鉄道施設には本事故発生前に脱線に関わる異常はなかったと推定される。

なお、本事故発生後の軌道変位の測定結果において、2.4.1.1(2)に記述した、軌間のマイナスの整備基準値を一部の区間で下回っていたことについては、マイナスの軌間は脱線により生じたと考えられ、脱線に直接影響するものではないことか

ら、本件列車停止位置付近に列車脱線に直接影響する大きな軌道変位の発生はなかったものと考えられる。

### 3.1.2 車両

2.1.1(1)に記述した本件運転士の口述に車両故障に関する内容は含まれないこと、2.3.4(2)に記述した車両の検査記録、及び2.3.4(3)に記述した車両の静止輪重比測定結果に異常は認められなかったことから、本事故発生前に車両の異常はなかったと推定される。

### 3.1.3 運転取扱いに関する分析

2.1.1(1)に記述した本件運転士の口述、及び2.1.2に記述した運転状況の記録に運転取扱い上問題となる点はなかったことから、本事故発生時における運転取扱いに誤りはなかったと推定される。

## 3.2 気象に関する分析

2.6に記述した気象状況から、本事故現場付近の気象に関しては、脱線に直接関与するような状況ではなかったものと考えられる。

## 3.3 脱線に関する分析

### 3.3.1 停電検知ブレーキの動作に関する分析

2.1.2及び2.8.2に記述したように、本件列車は、1回目地震により新幹線早期地震検知システムが作動したことによる停電を検知して停電検知ブレーキが自動的に動作し、23時34分46秒ごろに速度約154km/hから減速を開始したと考えられる。また、本件列車の速度が0km/hとなった時刻は、23時35分18秒ごろであったと考えられる。

### 3.3.2 脱線の原因に関する分析

本件列車は、

- ・3.1で分析したように、本事故発生前に鉄道施設、車両及び運転取扱いに問題はなかったと推定されること、
- ・2.3.5及び2.3.6に記述したように、本件列車は本件地震が発生している時間帯において上下左右に大きく揺れ、さらに、本件列車の空気ばねの高さが大きく変動し、2.1.1に記述した乗務員等の口述から、その後に脱線したと推定されること、
- ・2.9及び2.10に記述したように、シミュレーションや実台車加振実験の結果

から本件地震の地震動により本件列車が脱線する可能性があることが確認されたこと

から、本件地震による地震動を受けたために脱線したと推定される。

### 3.3.3 脱線の時刻に関する分析

本件列車が脱線した時刻は、

- ・ 3.3.2 で分析したように、本件列車は本件地震による地震動を受けたために脱線したと推定されること、
- ・ 2.3.5 及び 2.3.6 に記述したように、本件列車において本件地震の地震動の影響による大きな加速度及び空気ばねの高さの大きな変動が観測されていた時間帯は、おおよそ 23 時 37 分 05 秒～15 秒であったこと

から、23 時 37 分ごろであったと考えられる。

### 3.3.4 脱線時の速度に関する分析

本件列車の脱線時の速度は、

- ・ 2.4.1.1(1) に記述したように、本件列車が停止した位置より手前において、脱線によるとみられる痕跡及び脱線後に本件列車が走行したとみられる痕跡はなかったこと、
- ・ 2.1.2 に記述したように、本件列車は 23 時 35 分 18 秒ごろに停止した後、3.3.3 に記述した本件列車が脱線したと考えられる時刻である 23 時 37 分ごろにおいて力行はしていないこと

から、0 km/h（停止状態）であったと推定される。

なお、2.1.2 に記述したように、23 時 37 分 05.6 秒～23 時 37 分 17.8 秒の間に 1～4 km/h 程度の低い速度が断続的に検知されているのは、地震の揺れや本件列車の脱線の影響等により車輪が回転し、これを列車速度として検知した可能性があると考えられる。

### 3.3.5 脱線した位置に関する分析

本件列車は、

- ・ 2.3.1(4) に記述したように、本件列車の前端部が 284 k 155 m 付近に停止し脱線していたこと、
- ・ 2.4.1.1(1) に記述したように、本件列車が停止した位置より手前において、脱線によるとみられる痕跡及び脱線後に本件列車が走行したとみられる痕跡はなく、3.3.4 で分析したように、本件列車は 0 km/h（停止状態）で脱線したと考えられること

から、本件列車の前端部が284k155m付近にあった位置で脱線したと推定される。

### 3.3.6 脱線状況に関する分析

2.3.1(4)に記述した事故現場の脱線の状況、2.4.1.1(1)に記述した軌道の痕跡、及び2.4.2(2)に記述した逸脱防止ガイド等の痕跡から、本件列車の脱線状況は、以下のとおりであった。

(1) 2.3.1(4)①及び②に記述した内容から、本事故発生後の本件列車の脱線の状況は全17両の輪軸68軸のうち、60軸が脱線し、そのうち10軸が逸脱していた。

(2) 11両目後台車第1軸は、右に脱線し逸脱はしていない輪軸であったが、2.4.2(2)①に記述したように、左側の逸脱防止ガイドの外側に擦過痕があり、2.4.1.1(1)⑥に記述したように、左側のレールの内側頭部側面に擦過痕があった。また、同軸が脱線した箇所軌道スラブには、左右の車輪によるものとみられる打痕が各々3か所ずつ見られ、そのうちの1か所は軌道スラブの右端に達していたことから、同軸は一旦逸脱し、その後の挙動により逸脱していない状態に戻った可能性があると考えられる。

なお、軌道スラブの端部の打痕は、2.3.1(2)図2に示すレールのゲージコーナーから軌道スラブ端部までの寸法(453mm)と、2.3.4(4)図7に示す車輪の裏リム面から逸脱防止ガイドの外側までの寸法(逸脱防止ガイド395mm)が近いことから、車輪が逸脱した際の打痕と考えられる。

(3) 13両目後台車第2軸は、右に脱線し逸脱はしていない輪軸であったが、2.4.2(2)①に記述したように、左側の逸脱防止ガイドの外側に擦過痕があったことから、同軸は一旦逸脱し、その後の挙動により逸脱していない状態に戻った可能性があると考えられる。

なお、2.4.1.1(1)⑧に記述したように、同軸の左側(脱線した方向と反対側)のレールの内側頭部側面に擦過痕があり、同軸が脱線した箇所軌道スラブに、左右の車輪によるものとみられる打痕が各々1か所ずつ見られたものの、付図9Hに示したように、逸脱した場合の車輪の痕跡は軌道スラブ上には見られなかったことについては、同軸の歯車箱等がレールの上部と接触することにより、逸脱した際に車輪が軌道スラブまで落下しなかった可能性があると考えられる。

(4) 14両目前台車第2軸は、右に脱線し逸脱していた輪軸であるが、2.4.2(2)①に記述したように、左側の逸脱防止ガイドの内側に擦過痕がなかった。なお、他の逸脱していた輪軸の脱線した方向と反対側の逸脱防止ガイドには、

内側に擦過痕があった。

また、2.4.1.1(1)⑤に記述したように、左側のレールの外側頭部側面に擦過痕がなく、当該箇所の軌道スラブには、左右の車輪によるものとみられる打痕が各々1か所ずつ見られ、右側の打痕は軌道スラブの右端に達していた。さらに、2.3.4(4)に記述したように、同軸の歯車箱は脱線した方向（右側）に設置されていた。

以上のことから、14両目前台車第2軸は、脱線時に歯車箱がレール頭部と接触し、更に軌道面が横方向に移動することにより、途中で車輪が軌道スラブまで落下しない挙動をとり最終的に逸脱した可能性があると考えられる。

- (5) 2.3.1(4)⑤に記述したように、右側（上り線側）への脱線による輪軸の左右移動量が最大であった箇所は12両目後台車第2軸で、移動量は約1.1mであり、車体の傾き角度は約14°であった。同箇所付近の高架橋断面と新幹線車両限界から、本件列車は本事故発生後には上り線の車両限界を支障する位置で停止していたと考えられる。（図34A参照）
- (6) 2.3.1(4)⑤に記述したように、左側（線路外側）への脱線による輪軸の左右移動量が最大であった箇所は1両目前台車第1軸で、移動量は約0.7mであった。同箇所付近の高架橋断面の設計寸法と新幹線の車両限界を考慮すると、本件列車は高架橋端部まで約1.5mの位置で停止していたと考えられる。（図34B参照）

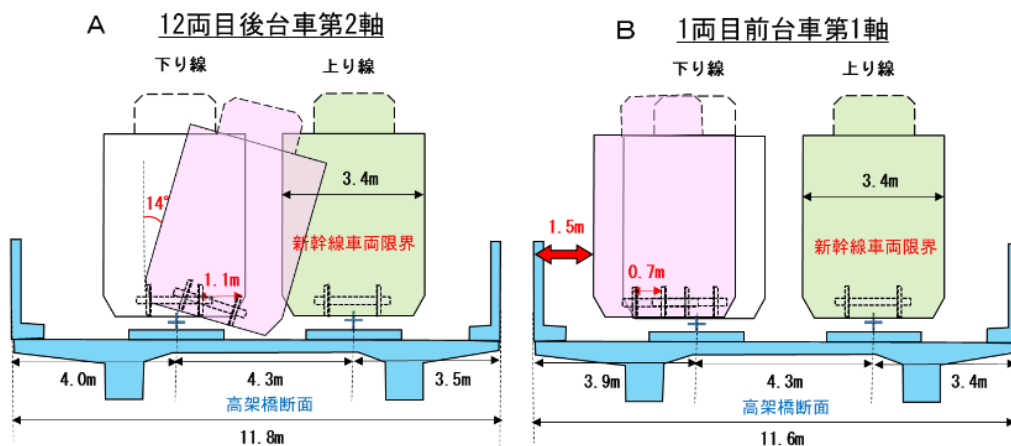


図34 脱線による左右移動量

### 3.3.7 排障器取付腕が設置された輪軸の脱線及び逸脱状況に関する分析

2.3.1(4)⑥及び⑦に記述した本事故発生後の本件列車の脱線の状況、並びに3.3.6(2)及び(3)で分析した車両の挙動から、‘一旦は逸脱して、その後逸脱していない状態に戻った軸’を逸脱したものとした場合、本件列車の脱線の状況は、以

下のとおりであった可能性があると考えられる。

◆逸脱防止ガイドが設置されている輪軸62軸のうち、

- ・脱線しなかったものが8軸（13%）
- ・脱線し逸脱していなかったものが45軸（73%〔83%〕）
- ・脱線し逸脱していたものが9軸（15%〔17%〕）

◆排障器取付腕が設置されている輪軸6軸のうち、

- ・脱線しなかったものが0軸（0%）
- ・脱線し逸脱していなかったものが3軸（50%）
- ・脱線し逸脱していたものが3軸（50%）

※ 割合は小数点以下を四捨五入したもの、〔〕内の数値は脱線しなかった輪軸を除いた場合の割合を示す。

これによると、逸脱防止ガイドが設置されている輪軸と比較して排障器取付腕が設置されている輪軸は、母数が少なく統計的な評価は難しいものの、脱線し逸脱した輪軸の割合が多かった。

その原因としては、2.3.4(4)に記述したように、排障器取付腕のレールに掛かる部分の寸法が逸脱防止ガイドと比較して小さく（逸脱防止ガイドが242mmに対して、排障器取付腕は116mm）、また、レール頭頂面からの離れも大きい（逸脱防止ガイドが100mmに対して、排障器取付腕は138mm）ため、脱線した場合に、排障器取付腕は逸脱防止ガイドと比較してレールに掛かりにくくなっていることが関与している可能性があると考えられる。

排障器取付腕が設置されている輪軸には列車の先頭軸も含まれる。列車の先頭軸は連結車両による拘束を受けないことから、走行中に脱線し逸脱すると、大きく逸脱して被害が拡大する可能性が考えられる。このため、排障器取付腕が設置されている輪軸についても、今後十分な検討を行い、逸脱を極力させない有効な対策を実施することが望ましい。

（附属資料4 逸脱防止ガイド等の寸法についての分析（詳細） 参照）

### 3.3.8 脱線及び逸脱のメカニズムに関する分析

#### (1) 脱線メカニズム

2.9.2.2 に記述した車両の挙動シミュレーションの結果から、本事故における脱線のメカニズムは以下のとおりであったと考えられる。

- ① 1.0～1.3Hz 程度の周波数で線路直角方向の強い揺れが軌道面にて発生



- ② 中心ピン・左右動ストッパ間に衝撃的な接触力が作用し、車体のローリングが発生
- ③ 片側の空気ばね部に車体から台車枠に大きな押し下げ力が作用し、反対側の車輪がレール面から上昇
- ④ 車輪が上昇した際に、中心ピン・左右動ストッパ間に作用する著大な接触力、又は軌道面の急激な左右変位により車輪がレールを乗り越えて脱線以上から、脱線発生の要因としては、「地震動による軌道面の強い揺れ」と「軌道面の強い揺れに伴う車体のローリング」が挙げられ、脱線形態はロッキング脱線<sup>\*38</sup>であったと考えられる。また、車体のローリングに伴い空気ばねが過大な変形により空気抜けの状態となったことが脱線を助長したと考えられる。

(2) 逸脱メカニズム

2.9.3.2 に記述した脱線後に逸脱するまでの車両挙動シミュレーションの結果から、図27及び図28で示した逸脱防止ガイドが設置された輪軸及び排障器取付腕が設置された輪軸の逸脱メカニズムにおいては、いずれも脱線直後に歯車箱又は主電動機がレール頭頂面に落下する位置まで輪軸が横移動した場合に、逸脱に至る可能性が高くなると考えられる。

逸脱防止ガイドが設置された輪軸においては、脱線直後に歯車箱又は主電動機がレール頭頂面に落下する位置まで輪軸が横移動しなければ、図35に示すように歯車箱又は主電動機とレール側面の接触により輪軸の横移動を制限する逸脱防止効果が発揮され、逸脱が発生しにくくなると考えられる。

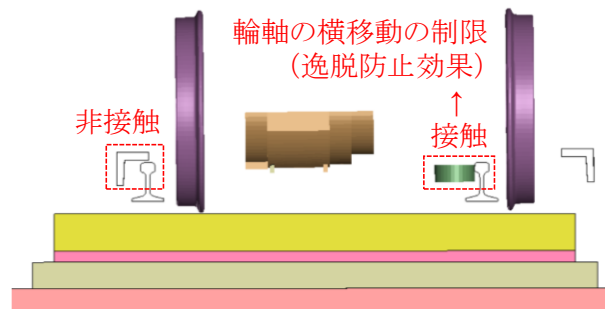


図35 逸脱防止ガイドが設置された輪軸における歯車箱又は主電動機の逸脱防止効果

ここで、逸脱防止ガイド、歯車箱又は主電動機とレールの位置関係から、

\*38 「ロッキング脱線」とは、地震などで軌道が上下左右に振動する場合に、輪軸が激しい左右の振動とともにロール方向に振動する状態で脱線することをいう。具体的には、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上方に離れ、その状態でレールに接触している側の車輪がレール上を滑って輪軸が横方向に移動し、降りてきた車輪のフランジがレール上に乗る、又はレールから外れ脱線する。

レール側面と先に接触するのは歯車箱又は主電動機である。(図3.5参照)  
 そのため、逸脱防止ガイド側面とレール側面間での接触痕が確認された軸については、歯車箱又は主電動機がレール頭頂面に落下する位置まで輪軸が移動していたことを意味しており、逸脱防止ガイドによる輪軸の横移動を制限する効果が発揮されなければ逸脱に至っていた可能性が高い軸、すなわち、逸脱防止ガイドにより逸脱が防止された可能性が高い軸であると言える。

なお、排障器取付腕が設置された輪軸においては、排障器取付腕、歯車箱又は主電動機とレールとの位置関係から、レール側面と先に接触するのは排障器取付腕であり(図3.6参照)、歯車箱又は主電動機とレール側面との接触により逸脱防止効果が発揮されるのは、図3.7に示すように排障器取付腕がレール頭頂面と接触する位置まで移動した後となる。

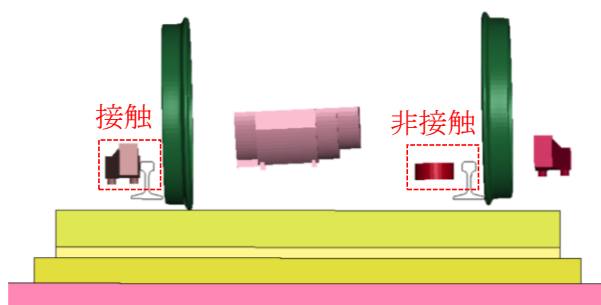


図3.6 排障器取付腕が設置された輪軸における排障器取付腕、歯車箱、主電動機及びレールの位置関係

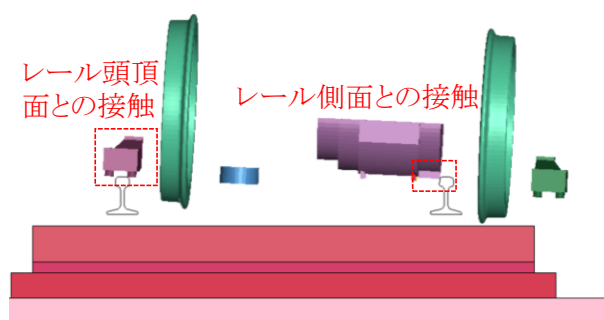


図3.7 排障器取付腕が設置された輪軸における歯車箱又は主電動機の逸脱防止

### (3) 実台車加振実験結果からの考察

2.10.4 に記述した実台車加振実験結果から、今回実験に使用した台車の空気ばねにおいては空気ばね上下変位が200mm程度になると空気抜けが発生し得ると考えられる。

また、空気ばねの空気抜けにより排気状態になると、空気ばねの減衰力が

失われ、空気ばね部において車体（空気ばね上面板）が台車（積層ゴム上面）に衝突するため、著大な上下力が作用して反対側の車輪が浮き上がるようになることから、空気ばねの空気抜けにより、地震時に脱線が発生しやすくなると考えられる。

なお、振動台での台車加振実験では試験体の構造上、逸脱までを試験することはできなかったが、主要動後半は主要動前半よりも揺れが大きいため、主要動前半で脱線した場合、主要動後半で逸脱に至る可能性はあると考えられる。

また、仮に車両が走行していた場合には、車輪がレールに対して左右に動きやすくなるものの、横動遊間<sup>\*39</sup>は7mm程度であり、地震時の軌道面の振動振幅（200～300mm程度）に比べ相対的に小さいこと、地震時車両挙動に大きな影響を及ぼすのは台車－車体間のばね系であることから、車両が停止している場合と比較して、脱線に至るまでの車両挙動に大きな違いはないと考えられる。

### 3.3.9 脱線及び逸脱に至る過程に関する分析

#### (1) 輪軸の挙動パターンの分類

3.3.6 に記述した脱線状況に関する分析から、本事故発生時における本件列車の各輪軸の挙動は、以下のパターンに分類されると考えられる。

#### ◆パターンⅠ：逸脱防止ガイドが設置されている輪軸の挙動

I-1：脱線し、逸脱防止ガイドが機能し逸脱はしていない。

I-2：脱線し、逸脱防止ガイドが一旦機能したが最終的に逸脱した。

I-3：脱線し、逸脱防止ガイドが機能せず逸脱した。

I-4：脱線し、逸脱したが戻り最終的に逸脱していない。

I-5：脱線していない。

#### ◆パターンⅡ：排障器取付腕が設置されている輪軸の挙動

Ⅱ-1：脱線し、排障器取付腕が機能し逸脱はしていない。

Ⅱ-2：脱線し、排障器取付腕がレール上に載っていたが、逸脱はしていない。

Ⅱ-3：脱線し、排障器取付腕が一旦レール上に載ったが、機能せず逸脱した。

各パターンに該当する輪軸の概要をまとめると表11のとおりである。

\*39 「横動遊間」とは、車輪フランジとレール側面との隙間をいう。

表 1 1 本件列車の各輪軸の挙動パターン

Z9編成										H2編成															
車両			M・T車	歯車箱・ブレイキ ディスク配置	ガイド	逸脱防止	取付腕	排障器	空気ばね損傷	脱線及び逸脱			車両			M・T車	歯車箱・ブレイキ ディスク配置	ガイド	逸脱防止	取付腕	排障器	空気ばね損傷	脱線及び逸脱		
両目	台車	輪軸								方向	状態	パターン	両目	台車	輪軸								方向	状態	パターン
1	前	1	M	左		○	●	左	逸脱	II-3	8	前	1	T	右		○	●	右	脱線	II-2				
		2		右	○		●	左	逸脱	I-2			2		左	○		●	右	脱線	I-1				
	後	1	左	○		●	右	脱線	I-1	1		右	○		●	右	脱線	I-1							
		2	右	○		●	右	脱線	I-1	2		左	○		●	右	脱線	I-1							
2	前	1	T	右	○		●	左	脱線	I-1	9	前	1	M	左	○				なし	I-5				
		2		左	○		●	左	脱線	I-1			2		右	○			なし	I-5					
	後	1	右	○			左	脱線	I-1	1		左	○			左	脱線	I-1							
		2	左	○			左	脱線	I-1	2		右	○			左	脱線	I-1							
3	前	1	M	左	○		●	左	脱線	I-1	10	前	1	M	左	○		●	左	脱線	I-1				
		2		右	○			左	脱線	I-1			2		右	○			なし	I-5					
	後	1	左	○			左	脱線	I-1	1		左	○			なし	I-5								
		2	右	○			左	脱線	I-1	2		右	○			なし	I-5								
4	前	1	M	左	○		●	右	脱線	I-1	11	前	1	M	左	○			右	脱線	I-1				
		2		右	○			右	脱線	I-1			2		右	○		●	右	脱線*	I-4				
	後	1	左	○			右	脱線	I-1	1		左	○			右	脱線	I-1							
		2	右	○			右	脱線	I-1	2		右	○			右	脱線	I-1							
5	前	1	M	左	○				なし	I-5	12	前	1	M	左	○		●	右	逸脱	I-2				
		2		右	○			なし	I-5	2			右		○		●	右	逸脱	I-2					
	後	1	左	○			なし	I-5	1	左		○		●	右	逸脱	I-2								
		2	右	○			なし	I-5	2	右		○		○	●	右	逸脱	II-3							
6	前	1	T	右	○		●	左	脱線	I-1	13	前	1	M	左	○		○	●	右	逸脱	II-3			
		2		左	○			右	脱線	I-1			2		右	○		●	右	逸脱	I-2				
	後	1	右	○			右	脱線	I-1	1		左	○		●	右	脱線	I-1							
		2	左	○			右	脱線	I-1	2		右	○		●	右	脱線*	I-4							
7	前	1	M	左	○		●	左	脱線	I-1	14	前	1	M	左	○		●	右	逸脱	I-2				
		2		右	○			右	脱線	I-1			2		右	○		●	右	逸脱	I-3				
	後	1	左	○		●	右	脱線	I-1	1		左	○			右	脱線	I-1							
		2	右	○			左	脱線	II-1	2		右	○			右	脱線	I-1							
15	前	1	M	左	○			左	脱線	I-1	15	前	1	M	左	○			左	脱線	I-1				
		2		右	○			左	脱線	I-1			2		右	○			左	脱線	I-1				
	後	1	左	○			左	脱線	I-1	1		左	○			左	脱線	I-1							
		2	右	○			左	脱線	I-1	2		右	○			左	脱線	I-1							
16	前	1	M	左	○		●	右	脱線	I-1	16	前	1	M	左	○		●	右	脱線	I-1				
		2		右	○			右	脱線	I-1			2		右	○			右	脱線	I-1				
	後	1	左	○			右	脱線	I-1	1		左	○			右	脱線	I-1							
		2	右	○			右	脱線	I-1	2		右	○			右	脱線	I-1							
17	前	1	T	右	○		●	右	脱線	I-1	17	前	1	T	右	○		●	右	脱線	I-1				
		2		左	○			右	脱線	I-1			2		左	○		●	右	脱線	I-1				
	後	1	右	○			右	脱線	I-1	1		右	○		●	右	脱線	I-1							
		2	左	○			右	脱線	II-2	2		左	○		○	●	右	脱線	II-2						

※11両目後台車第1軸、13両目後台車第2軸は、一旦逸脱した可能性があると考えられる。

●: 損傷があった箇所(付図12参照)  
 ※脱線後の車両調査により損傷が認められた箇所であり、空気抜けの状態となっている箇所と一致するものではない。

(2) 輪軸の挙動の分析

(1)に記述した各パターンについて、3.3.6に記述した脱線状況に関する分析、2.9に記述した数値シミュレーションに関する情報及び2.10に記述した実台車加振実験に関する情報から、脱線及び逸脱した際の輪軸の

挙動について分析した結果は、以下のとおりである。

① I-1、II-1 及び II-2 (脱線し逸脱していない輪軸)

脱線するまでの挙動としては、本件地震の地震動による軌道面の強い揺れにより、車体のローリングが発生したことにより、左又は右車輪が上昇し、レールを乗り越えて脱線（ロッキング脱線）に至ったと考えられる。その際、車体のローリングに伴って空気ばねが過大な変形により空気抜けの状態となった台車では、空気ばねの空気抜けにより更に脱線が助長されたと考えられる。

I-1 及び II-1 に関しては、脱線後に逸脱防止ガイド又は排障器取付腕と車輪の間にレールが挟まったことで逸脱を防止したと考えられる。また、II-2 に関しては、脱線時の左右移動により排障器取付腕がレール上に落下したのと考えられる。

② I-2 (脱線し、逸脱防止ガイドが一旦機能したが最終的に逸脱した輪軸)

脱線するまでの挙動は、上記①と同様である。脱線後の挙動として、逸脱防止ガイドが一旦機能したが最終的に逸脱したことは、脱線後に継続した地震動により逸脱を防止していた逸脱防止ガイドがレールを乗り越えて外れた箇所があったことによる可能性があると考えられる。付図 1 6 ①に歯車箱側に脱線したパターン及び歯車箱と反対側（以下「反歯車箱側」という。）に脱線したパターンに分けて脱線及び逸脱時の車両挙動イメージを示す。

③ II-3 (脱線し、排障器取付腕が一旦レール上に載ったが機能せず逸脱した輪軸)

脱線するまでの挙動は、上記①と同様である。脱線後の挙動として、脱線した方向と反対側の排障器取付腕がレール上に落下した後に上記②と同様の挙動があったのと考えられる。付図 1 6 ②に歯車箱側に脱線したパターン及び反歯車箱側に脱線したパターンに分けて脱線及び逸脱時の車両挙動イメージを示す。

④ I-3 (脱線し、逸脱防止ガイドが機能せず逸脱した輪軸)

脱線するまでの挙動は、上記①と同様である。ただし、脱線時に歯車箱がレール頭部と接触し、更に軌道面が横方向に移動することにより、途中で車輪が軌道スラブまで落下しない挙動をとり、最終的に逸脱した可能性があると考えられる。本パターンは、歯車箱側に脱線したパターンのみであった。脱線及び逸脱時の車両挙動イメージを付図 1 6 ③に示す。

⑤ I-4 (脱線し、逸脱したが戻り最終的に逸脱していない輪軸)

脱線するまでの挙動は、上記①と同様である。歯車箱側への脱線に関し

ては、歯車箱がレール頭部に接触した状態で逸脱防止ガイドがレールを乗り越え逸脱し、その後の挙動により逸脱していない状態に戻った可能性があると考えられる。また、反歯車箱側への脱線に関しては、逸脱後に逸脱防止ガイド外側面とレールが接触し、その後の挙動により逸脱していない状態に戻った可能性があると考えられる。付図16④に歯車箱側に脱線したパターン及び反歯車箱側に脱線したパターンに分けて脱線及び逸脱時の車両挙動イメージを示す。

上記②～⑤の分析結果から、一部の輪軸において逸脱防止ガイド等がレールから外れ逸脱したことについては、脱線後に継続した地震動により、逸脱を防止していた逸脱防止ガイドがレールを乗り越えたこと、又は脱線時にレール上に落下した排障器取付腕や歯車箱が横移動したことによる可能性があると考えられる。

なお、本事故における脱線時の速度は、3.3.4に記述したように、速度0 km/h（停止状態）であったと推定されるが、仮に速度が高かった場合においても、3.3.8(3)で記述したように、脱線に至るまでの車両挙動の状況は大きくは変わらないものと考えられる。

（付図16 脱線及び逸脱時の車両挙動イメージ 参照）

### 3.4 鉄道施設及び車両の損傷等に関する分析

#### 3.4.1 鉄道施設の損傷

##### (1) 軌道

2.4.1.1(1)に記述したスラブ面、レール及びレール締結装置等に認められる損傷は、2.3.2(2)で記述したように、本事故発生前直近の検査結果に異常は認められなかったことから、本事故により脱線した輪軸等によるものと推定される。

また、2.4.1.1(2)に記述したように、本事故発生前後の通り変位及び軌間変位に変化があり、本事故発生後に大きくなっている傾向が見られたことについては、

- ・2.9.1に記述した軌道面波形の推定結果から、本件列車が停止していた範囲の構造物では本件地震による強い地震動が発生していたと考えられること、
- ・2.10.4（付図14）に記述した実台車加振実験結果から、本事故発生時には各車輪・レール間で大きな横圧が発生していたと考えられることから、本件地震発生時の構造物の挙動及び本件列車脱線時の車両挙動の影響により、レールと軌道スラブの間でずれが生じること等により発生した

可能性があると考えられる。

なお、本事故発生後においても列車脱線に直接影響する軌道変位の発生はなかったことから、本事故発生時における軌道変位は本事故における列車脱線の直接の因子ではなかったと考えられる。

## (2) 構造物

2.4.1.2 に記述した高架橋、橋りょう及び電路設備に認められた損傷は、2.3.2(2)及び(3)で記述したように、本事故発生前直近の検査結果に異常は認められなかったことから、本件地震の地震動によるものと推定される。

2.4.1.2(1)に記述したように、高架橋及び橋りょうにおいて、列車脱線に直接影響する軌道面の大きな沈下や構造物境界における不同変位が残存している状況はなかった。

軌道面の大きな沈下がなかったことについては、高架橋の中層梁にひび割れや剥落等があったものの、損傷は限定的であり、柱の破壊等により桁が大きく沈下したり傾斜したりすることがなかったためと考えられる。

なお、高架橋の損傷のうち中層梁のひび割れ・剥落は、せん断ひび割れによるものと考えられ、地震動による構造物の動的挙動に影響することが考えられるが、JR東日本が本件列車を対象に行った中層梁のせん断ひび割れがなかった場合におけるシミュレーション結果（2.9に記述した数値シミュレーションと同等の手法による）では、その影響はそれほど大きくないとされていることから、中層梁のせん断ひび割れが地震動による構造物の動的挙動に与える影響は小さいと考えられる。

また、地震動発生時に、高架橋の振動により、ある程度の不同変位が発生していたと考えられるが、それらは地震動発生後に残存することはなかったこと、3.3.4に記述したように、本事故発生時、本件列車が停止状態であったことから、高架橋の不同変位は脱線に影響を及ぼさなかったと考えられる。

以上から、高架橋及び橋りょうの損傷は、本事故における列車脱線の直接の因子ではなかったと考えられる。

## 3.4.2 車両の損傷

2.4.2に記述した車両の損傷及び痕跡は、2.3.4(2)で記述したように、本事故発生前直近の検査結果に異常は認められなかったことから、本事故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。

### 3.4.3 乗降ドアの異常開閉

2.4.3(2)に記述したように、本事故発生時、本件列車の一部の乗降ドアにおいて、乗務員等が車掌スイッチを操作していない状況で開閉する異常開閉が見られた。異常開閉が発生した経緯及び原因は以下のとおりである。

#### (1) 乗降ドアの開扉について

本件列車の一部の乗降ドアが異常に開扉したことについては、

- ・2.4.3(2)①に記述したように、開扉した時刻は、車体が大きく振動し、脱線した時間帯と一致していること、
- ・2.4.3(2)②cに記述したように、Z9編成（E6系）の戸閉め保安リレーは動作していなかったこと

から、乗降ドア開閉リレーが振動・衝撃で誤動作し開扉に至り、さらに、同リレーが自己保持回路を有していたため開扉が継続した可能性があると考えられる。

乗降ドアの開扉が3両目及び7両目のみ、すなわちZ9編成（E6系）のみであったことについては、H2編成（H5系）において乗降ドア開閉リレーの誤動作が発生しなかった、又は乗降ドア開閉リレーの誤動作は発生したが、そのタイミングが2.4.3(2)②cに記述した、H2編成（H5系）の戸閉め保安リレーが動作した時間と重なったため開扉に至らなかった可能性があると考えられる。

さらに、本件列車が本件地震の影響を受けたときは、停止状態（速度0 km/h）であったにもかかわらず、H2編成（H5系）の戸閉め保安リレーが動作したことについては、本件地震の激しい振動及び本件列車が脱線した時の衝撃の影響等により戸閉め保安リレーが誤動作したか、又は車輪が回転し、H2編成（H5系）ではこれを5 km/h以上の列車速度として検知した可能性があると考えられる。

なお、2.4.3(2)①に記述したように、乗降ドアの開扉時に、車内防犯カメラの記録が一時停止していたことは、地震による振動等により防犯カメラの記録媒体の保護動作が働き記録されていなかった等の理由によると考えられる。

#### (2) 乗降ドアの閉扉について

開扉していた乗降ドアが閉扉したのは、

- ・2.4.3(1)に記述したように、本件列車の乗降ドアは、乗降ドア開閉リレーの誤動作により乗降ドアが開扉している状況において運転席にあるブレーキハンドルを抜取位置にした場合、乗降ドア開閉リレーが復旧し、開



扉していたドアは閉じること、

- ・ 2.4.3(2)③に記述したように、本件運転士がブレーキハンドルを抜取位置にし、その後、非常位置に戻す操作を行った時刻（00時07分05秒ごろ）は、車内防犯カメラ記録により確認できる閉扉した時間帯（00時06分00秒ごろから00時08分09秒ごろの間）に含まれることから、00時07分05秒ごろ本件運転士がブレーキハンドルを抜取位置にする操作を行ったことで、乗降ドア開閉リレーが復旧したことによるものと考えられる。

なお、2.4.3(2)③に記述したように、乗降ドアの閉扉時に車内防犯カメラ及び運転状況記録装置の記録が一時停止していたことは、同時間帯に運転席にあるブレーキハンドルを抜取位置にし、再投入したことで、車両の電源が断たれた後に再起動したことによるものと考えられる。

(3) 乗降ドアが走行中に異常開閉する可能性について

3.3.4で分析したように、本件列車の脱線時の速度は0km/h（停止状態）であり、乗降ドアが開扉した時も速度5km/h未滿で戸閉め保安装置が動作していない状態であったと考えられる。ここで、仮に速度5km/h以上で走行している状態で戸閉め保安装置が動作している時に同等の地震による振動及び脱線による衝撃を受けた場合を想定すると、乗降ドア開閉リレーが車掌スイッチを取り扱っていないにもかかわらず動作し、かつ戸閉め保安リレーも同時に動作しないことで開扉する可能性は否定できないが、

- ・ 同時に二つのスイッチの誤動作が発生する可能性は低いこと、
- ・ 戸閉め保安リレーは自己保持回路を有していないため、仮に一時的に動作しなかったとしても、その状態が継続することはないと考えられることから、速度5km/h以上で走行している状態で乗降ドアが異常開閉する可能性は低いと考えられる。

(4) 乗降ドアの異常開閉に関する乗務員等の対応について

2.1.1(2)に記述したように、本件地震発生後に乗降ドアの異常開閉を発見した乗務員等は、旅客指令に連絡後、車内放送による乗客への注意喚起、車外に転落した乗客がいないかの確認、巡回等による看視を行っている。

これらの対応については、駅間で列車が停止している状態において乗降ドアが異常に開扉した場合の対応として適切であったと考えられる。

(5) 乗降ドアの異常開閉に関する対策について

乗降ドアの異常開閉に関しては、上記(3)でも分析したように速度が高い状態で開閉する可能性は低いと考えられるが、停止中又は極低速走行中に地震動により脱線し開扉した場合においても、乗客の転落等の可能性が懸

念される。

よって、JR東日本は、停止中又は極低速走行中に地震動により脱線した場合に乗降ドアの異常開閉が発生する可能性があることを考慮し、駅間で乗降ドアが異常開扉した場合の対応に引き続き留意することが望ましい。

### 3.5 新幹線早期地震検知システムの動作に関する分析

2.8.2 に記述したように、本件列車は1回目地震発生時に新幹線早期地震検知システムによって停電検知ブレーキが動作して停止したと推定される。なお、新白石SPの地震計が地震動を検知してから、本件列車の停電検知ブレーキが動作するまでの時間は約3.1秒、停止するまでの時間は約35.1秒であったと考えられる。

また、2.8.3 に記述したように、本件列車以外に東北新幹線を走行していた4本の列車は、新幹線早期地震検知システムによって停電検知ブレーキが動作して停止したと推定され、脱線等の被害はなかった。

これらのことから、本事故発生時において新幹線早期地震検知システムは正常に動作したものと考えられ、被害発生及び被害拡大の防止に一定の効果を発揮したものと考えられる。

### 3.6 負傷者に関する分析

2.2.2 に記述したように、本件列車に乗車していた乗客75名及び乗務員5名のうち、乗客6名が軽傷を負い、負傷者6名のうち、3名が11両目に、1名が12両目に、2名が14両目に乗車していた。

11両目、12両目及び14両目については、いずれも脱線又は脱線・逸脱が発生していた車両であり、

- ・2.3.5 及び 2.10.4(1)に記述したように、本事故発生時に客室内で非常に大きな加速度が発生していたと推定されること、
- ・2.3.1(4)⑤に記述したように、12両目は車体傾斜が大きかったこと、
- ・2.1.1(4)に記述したように、負傷した乗客は、いずれも着席した状態から、本事故発生時の揺れや座席の回転等により体の一部を車内設備に打ち付けたり、ひねったりして負傷したと口述していること

から、本事故による負傷者は、本件地震の地震動及び本件列車の脱線による振動並びにその振動等により体勢を崩し車内設備に衝突したこと等により負傷したと考えられる。

なお、11両目、12両目及び14両目で負傷者が発生したことについては、上記の要因に加え、2.2.1 に記述したように、それらの車両の乗客数が比較的多かったことも影響していると考えられる。

### 3.7 再発防止及び被害軽減に関する分析

高速走行を前提とする新幹線列車は、脱線事故が発生し、更に逸脱が生じた場合は、大きな被害が発生することが想定されることから、脱線・逸脱防止対策による安全性の確保は最大限行われるべきであり、今回の事象を踏まえた新幹線列車の脱線・逸脱防止対策の更なる高機能化について検討を行い、実施していくことが必要である。

よって、2.11.2 に記述した平成16年に発生した新潟県中越地震による上越新幹線の脱線事故以降に実施している対策を踏襲し、さらに、本事故の教訓を踏まえた以下の対策を進めていくことが望ましい。

#### (1) 構造物の耐震対策

構造物の耐震対策については、3.4.1(2)に記述したように、本事故発生時における本件列車停止位置付近では、高架橋の中層梁のせん断ひび割れが発生したが、構造物の動的挙動への影響は小さく、列車脱線に直接影響する損傷はなかったと考えられる。今後においても、新幹線区間等における構造物の耐震対策を推進していくとともに、より適切な対策を実施するための研究や技術開発を進めていくことが望ましい。

#### (2) 早期地震検知システムの充実

早期地震検知システムは、3.5に記述したように、本件列車は1回目地震発生時に新幹線早期地震検知システムによって停電検知ブレーキが動作して停止したと考えられ、正常に動作したものと考えられる。

地震発生時においては、列車が逸脱した場合等の被害は、速度が高いほど大きくなる可能性があると考えられるため、この観点からも早期地震検知システムをより充実させていくことが望ましい。

新幹線早期地震検知システムは、これまでも、より早期に的確に新幹線を停止させるシステムを目指し性能向上を行ってきたが、今後も継続して行っていくことが望ましい。

#### (3) 脱線・逸脱防止対策

脱線・逸脱防止対策については、3.3.6に記述したように、本事故において、多くの逸脱防止ガイド等が機能して車両が軌道から大きく逸脱することを防いでいたものの、一部は想定された機能が発揮されず逸脱が発生していた。また、3.3.7に記述したように、排障器取付腕が設置されている輪軸は、逸脱防止ガイドが設置されている輪軸と比較して、脱線し逸脱した輪軸の割合が多かった。

排障器取付腕が設置されている輪軸は、列車の先頭軸も含まれ、走行中に脱線し逸脱すると、前方車両との拘束がないことから、大きく逸脱し被害が

拡大する可能性があるため、今後十分な検討を行い、逸脱を極力させない有効な対策を実施することが望ましい。

また、3.3.8(1)に記述したように、本事故は高架橋等の構造物上の列車が軌道面の強い揺れにより脱線・逸脱したものであり、車両や構造物の改良による振動抑制対策が脱線・逸脱防止に有効な対策であると考えられる。

さらに、3.4.1(2)に記述したように、本事故発生時における本件列車停止位置付近では、列車脱線に直接影響するものではなかったが、地震動発生時に、高架橋の振動により、ある程度の不同変位が発生していたと考えられる。不同変位を抑制することは、走行中の列車に対する脱線対策として有効であると考えられる。

そのため、今後の課題として、これらを実施するための検討及び研究や技術開発を進めていくことが望ましい。

(附属資料5 新幹線の地震対策に関する考え方について 参照)

## 4 結 論

### 4.1 分析の要約

本事故における分析結果をまとめると、以下のとおりである。

#### (1) 本事故発生前の鉄道施設、車両等に関する分析

本事故の原因となる鉄道施設及び車両の異常、並びに運転取扱いの誤りはなかったと推定される。(3.1) \*40

#### (2) 気象に関する分析

気象に関しては、脱線に直接関与するような状況ではなかったものと考えられる。(3.2)

#### (3) 脱線に関する分析

##### ① 停電検知ブレーキの動作に関する分析

本件列車は、1回目地震により新幹線早期地震検知システムが作動したことによる停電を検知して停電検知ブレーキが自動的に動作し、23時34分46秒ごろに速度約154 km/h から減速を開始したと推定される。また、本件列車の速度が0 km/h となった時刻は、23時35分18秒ごろであったと考えられる。(3.3.1)

##### ② 脱線の原因に関する分析

本事故発生前に鉄道施設、車両及び運転取扱いに問題はなかったと推定さ

\*40 本項の各文章末尾に記載した数字は、当該記述に関する「3 分析」の項目番号を示す。

れること、本件列車は本件地震が発生している時間帯において上下左右に大きく揺れ、さらに、本件列車の空気ばねの高さが大きく変動し、その後に脱線していることを乗務員等が確認していること、シミュレーションや実台車加振実験の結果から本件地震の地震動により本件列車が脱線する可能性があることから、本件列車は本件地震による地震動を受けたために脱線したと推定される。(3.3.2)

③ 脱線の時刻に関する分析

本件列車が脱線した時刻は、23時37分ごろであったと考えられる。  
(3.3.3)

④ 脱線時の速度に関する分析

本件列車の脱線時の速度は0 km/h（停止状態）であったと推定される。  
(3.3.4)

⑤ 脱線した位置に関する分析

本件列車は、本件列車の前端部が284 k 1 5 5 m付近の位置で脱線したと推定される。(3.3.5)

⑥ 脱線状況に関する分析

- ・ 本事故発生後の本件列車の脱線状況は、全17両、輪軸68軸のうち、60軸が脱線し、そのうち10軸が逸脱していた。
- ・ 11両目後台車第1軸及び13両目後台車第2軸は、一旦逸脱し、その後の挙動により逸脱していない状態に戻った可能性があると考えられる。よって、逸脱した輪軸は12軸であった可能性があると考えられる。
- ・ 14両目前台車第2軸は、脱線時に歯車箱がレール頭部と接触し、更に軌道面が横方向に移動することにより、途中で車輪が軌道スラブまで落下しない挙動をとり最終的に逸脱した可能性があると考えられる。
- ・ 右側（上り線側）への脱線による輪軸の左右移動量が最大であった箇所は、上り線の車両限界を支障する位置で停止していたと考えられる。
- ・ 左側（線路外側）への脱線による輪軸の左右移動量が最大であった箇所は、高架橋端部まで約1.5 mの位置で停止していたと考えられる。

(3.3.6)

⑦ 排障器取付腕が設置された輪軸の脱線及び逸脱状況に関する分析

逸脱防止ガイドが設置されている輪軸と比較して排障器取付腕が設置されている輪軸は、母数が少なく統計的な評価ができるものではないものの、脱線し逸脱した輪軸の割合が多かった。

その原因としては、排障器取付腕のレールに掛かる部分の寸法が逸脱防止ガイドと比較して小さく、また、レール頭頂面からの離れも大きいため、

脱線した場合に、排障器取付腕は逸脱防止ガイドと比較してレールに掛かりにくくなっていることが関与している可能性があると考えられる。

(3.3.7)

⑧ 脱線及び逸脱のメカニズムに関する分析

- ・脱線発生の要因としては、「地震動による軌道面の強い揺れ」と「軌道面の強い揺れに伴う車体のローリング」が挙げられ、車体のローリングに伴い空気ばねが過大な変形により空気抜けの状態となったことが脱線を助長したと考えられる。なお、実台車加振実験結果から、空気ばね上下変位が200mm程度になると空気抜けが発生し得ると考えられる。
- ・脱線直後に歯車箱又は主電動機がレール頭頂面に落下する位置まで輪軸が横移動した場合に、逸脱に至る可能性が高くなると考えられる。

(3.3.8)

⑨ 脱線及び逸脱に至る過程に関する分析

本事故発生時における本件列車の各輪軸の挙動は、以下のパターンに分類されると考えられる。

パターンⅠ：逸脱防止ガイドが設置されている輪軸の挙動

I-1：脱線し、逸脱防止ガイドが機能し逸脱はしていない。

I-2：脱線し、逸脱防止ガイドが一旦機能したが最終的に逸脱した。

I-3：脱線し、逸脱防止ガイドが機能せず逸脱した。

I-4：脱線し、逸脱したが戻り最終的に逸脱していない。

I-5：脱線していない。

パターンⅡ：排障器取付腕が設置されている輪軸の挙動

Ⅱ-1：脱線し、排障器取付腕が機能し逸脱はしていない。

Ⅱ-2：脱線し、排障器取付腕がレール上に載っていたが逸脱はしていない。

Ⅱ-3：脱線し、排障器取付腕が一旦レール上に載ったが機能せず逸脱した。

また、脱線及び逸脱した際の輪軸の挙動について分析した結果は、以下のとおりである。

各輪軸の脱線するまでの挙動としては、本件地震の地震動による軌道面の強い揺れにより、車体のローリングが発生したことにより、左又は右車輪が上昇し、レールを乗り越えて脱線（ロッキング脱線）に至ったと考えられる。さらに、車体のローリングに伴う空気ばねの空気抜けが脱線を助長したと考えられる。

- ・ I-1、II-1 及び II-2

I-1 及び II-1 に関しては、脱線後に逸脱防止ガイド又は排障器取付腕と車輪の間にレールが挟まったことで逸脱を防止したと考えられる。また、II-2 に関しては、脱線時の左右移動により排障器取付腕がレール上に落下したものと考えられる。

- ・ I-2

脱線後の挙動として、脱線後に継続した地震動により逸脱を防止していた逸脱防止ガイドがレールを乗り越えて外れた箇所があったことによる可能性があると考えられる。

- ・ II-3

脱線後の挙動として、脱線した方向と反対側の排障器取付腕がレール上に落下した後に上記（I-2）と同様の挙動があったものと考えられる。

- ・ I-3

脱線時に歯車箱がレール頭部と接触し、更に軌道面が横方向に移動することにより、途中で車輪が軌道スラブまで落下しない挙動をとり、最終的に逸脱した可能性があると考えられる。

- ・ I-4

歯車箱側への脱線に関しては、歯車箱がレール頭部に接触した状態で逸脱防止ガイドがレールを乗り越え逸脱し、その後の挙動により逸脱していない状態に戻った可能性があると考えられる。反歯車箱側への脱線に関しては、逸脱後に逸脱防止ガイド外側面とレールが接触し、その後の挙動により逸脱していない状態に戻った可能性があると考えられる。

一部の輪軸において逸脱防止ガイド等がレールから外れ逸脱している状態であったことについては、脱線後に継続した地震動により逸脱を防止していた逸脱防止ガイドがレールを乗り越えて逸脱したこと、又は脱線時に排障器取付腕や歯車箱がレール上に落下した後に逸脱したことによる可能性があると考えられる。

なお、今回の脱線は速度 0 km/h（停止状態）状態での脱線であったが、仮に速度が高かった場合においても脱線に至るまでの車両挙動の状況は大きくは変わらないものと考えられる。（3.3.9）

#### (4) 鉄道施設及び車両の損傷等に関する分析

##### ① 鉄道施設の損傷

スラブ面、レール及びレール締結装置等に認められる損傷は、本事故により脱線した輪軸等によるものと推定される。高架橋、橋りょう及び電路設備に認められる損傷は、本件地震の地震動によるものと推定される。

なお、本事故における列車脱線の因子に軌道変位、高架橋及び橋りょうの損傷は含まれないと考えられる。(3.4.1)

② 車両の損傷

車両の損傷及び痕跡は、本事故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。(3.4.2)

③ 乗降ドアの異常開閉

異常開閉が発生した経緯及び原因は以下のとおりと考えられる。

・乗降ドアの開扉について

本件列車の一部の乗降ドアが異常に開扉したことについては、本件列車が停止中であったことから戸閉め保安リレーが動作しておらず、乗降ドア開閉リレーが振動・衝撃で誤動作し開扉に至り、さらに、同リレーが自己保持回路を有していたため開扉が継続した可能性があると考えられる。

・乗降ドアの閉扉について

開扉していた乗降ドアが閉扉したのは、本件運転士がブレーキハンドルを抜取位置にする操作を行ったことにより、乗降ドア開閉リレーが復旧したことによるものと考えられる。

・乗降ドアが走行中に異常開閉する可能性について

速度 5 km/h 以上で走行している状態で乗降ドアが異常開閉する可能性は低いと考えられる。

・乗降ドアの異常開閉に関する乗務員等の対応について

乗務員等の対応については、駅間で列車が停止している状態において乗降ドアが異常に開扉した場合の対応として適切であったと考えられる。

・乗降ドアの異常開閉に関する対策について

停止中又は極低速走行中に地震動により脱線した場合に乗降ドアの異常開閉が発生する可能性があることを考慮し、駅間で乗降ドアが異常に開扉した場合の対応に引き続き留意することが望ましい。(3.4.3)

(5) 新幹線早期地震検知システムの動作に関する分析

新幹線早期地震検知システムは正常に動作したものと考えられ、被害及び被害拡大の防止に一定の効果を発揮したものと考えられる。(3.5)

(6) 負傷者に関する分析

本事故による負傷者は、本件地震の地震動及び本件列車の脱線による振動並びにその振動により体勢を崩し車内設備に衝突したこと等により負傷したと考えられる。(3.6)



#### (7) 再発防止及び被害軽減に関する分析

高速走行を前提とする新幹線列車は、脱線事故が発生し、更に逸脱が生じた場合は、大きな被害が発生することが想定されることから、脱線・逸脱防止対策による安全性の確保は最大限行われるべきであり、今回の事象を踏まえた新幹線列車の脱線・逸脱防止対策の更なる高機能化について検討を行い、実施していくことが必要である。

よって、平成16年に発生した新潟県中越地震による上越新幹線の脱線事故以降に実施している対策を踏襲し、更に本事故の教訓を踏まえた「構造物の耐震対策」、「早期地震検知システムの充実」及び「脱線・逸脱防止対策」を進めていくことが望ましい。

また、車両や構造物の改良による振動抑制対策が脱線・逸脱防止に有効な対策であると考えられ、さらに、不同変位を抑制することが、走行中の列車に対する脱線対策として有効であると考えられる。そのため、今後の課題として、これらを実施するための検討及び研究や技術開発を進めていくことが望ましい。(3.7)

#### 4.2 原因

本事故は、令和4年3月16日に発生した福島県沖を震源とする地震のうちの、同日23時36分33秒ごろ発生した地震の地震動を受けたため、列車が脱線したものと推定される。

脱線に至る過程としては、地震動による軌道面の強い揺れにより、車体のローリングが発生したことで、左又は右車輪が上昇し、レールを乗り越えて脱線（ロッキング脱線）に至ったと考えられる。さらに、車体のローリングに伴い空気ばねが過大な変形により空気抜けの状態となったことが脱線を助長したと考えられる。

また、一部の輪軸において逸脱防止ガイド又は排障器取付腕がレールから外れ逸脱している状態であったことについては、脱線後に継続した地震動により逸脱を防止していた逸脱防止ガイドがレールを乗り越えて逸脱したこと、又は脱線時に排障器取付腕や歯車箱がレール上に落下した後に逸脱したことによる可能性があると考えられる。

なお、本事故においては、同地震の約2分前に発生した地震により早期に列車を停止させるシステムが動作して脱線時に列車が停止していたこと、及び多くの逸脱防止ガイド等が機能して車両が軌道から大きく逸脱することを防いだことが関与し、被害拡大を防止できたものと考えられる。

## 5 再発防止策

### 5.1 必要と考えられる再発防止策

高速走行を前提とする新幹線列車は、脱線事故が発生し、更に逸脱が生じた場合は、大きな被害が発生することが想定されることから、脱線・逸脱防止対策による安全性の確保は最大限行われるべきであり、今回の事象を踏まえた新幹線列車の脱線・逸脱防止対策の更なる高機能化について検討を行い、実施していくことが必要である。

なお、本事故においては、多くの逸脱防止ガイド等が機能して車両が軌道から大きく逸脱することを防いでいたものの、一部は想定された機能が発揮されず逸脱が発生していた。特に排障器取付腕が設置されている輪軸は、列車の先頭軸も含まれ、走行中に脱線し逸脱すると、前方車両との拘束がないことから、大きく逸脱し被害が拡大する可能性があるため、今後十分な検討及び研究や技術開発を行い、逸脱を極力させない有効な対策を実施することが望ましい。

さらに、本事故は高架橋等の構造物上の列車が軌道面の強い揺れにより脱線・逸脱したものであり、車両や構造物の改良による振動抑制対策が有効であると考えられるため、これらを実施するための検討及び研究や技術開発を進めていくことが望ましい。

### 5.2 事故後にJ R東日本及びJ R北海道が講じた措置

J R東日本及びJ R北海道は、本事故発生後に地震による列車脱線事故に関する再発防止策を検討し、従来の対策に加えて、以下の新たな対策に取り組むこととしている。

#### (1) 逸脱防止性能の向上

地震による脱線を完全に防ぐことは困難であるが、脱線後に大きく逸脱することを防止するため、一部の箇所では逸脱防止効果を大きくするための改良を行う。具体的には、列車の先頭軸も含まれ大きく逸脱し被害が拡大する可能性がある排障器取付腕に関して、レールに掛かる部分の形状を改良し、逸脱防止ガイドと同じ高さまで延長した構造としてレールに掛かりやすくすることにより、より逸脱防止性能の向上を図る。(図38参照)

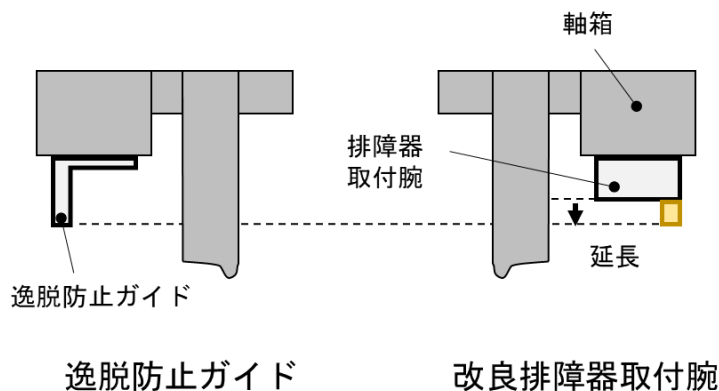


図 3 8 排障器取付腕の改良イメージ

(2) 地震対策左右動ダンパの導入検討

地震によって発生する左右方向の大きな揺れに対して、ダンパに高い減衰力を発揮させて車体の揺れを抑制し、脱線しにくくすることを目的に、新しい地震対策左右動ダンパを導入することを検討する。(図 3 9 参照)

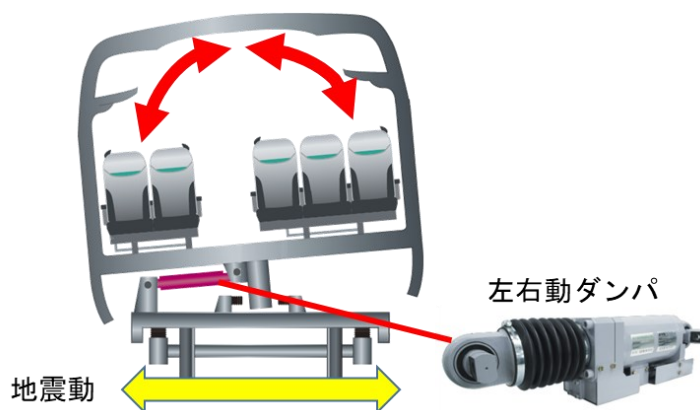


図 3 9 地震対策左右動ダンパ

5.3 事故後に国土交通省が講じた措置

国土交通省鉄道局は、令和 4 年 3 月 1 6 日に発生した福島県沖を震源とする地震による東北新幹線の脱線及び施設被害を踏まえ、構造物等の耐震設計等の技術基準、耐震補強計画等これまで進めてきた新幹線の地震対策を検証し、国土交通省が取り組むべき方向性を整理するため、学識経験者・研究機関等の有識者による検証委員会を発足させた。

第 1 回検証委員会を令和 4 年 5 月 3 1 日に、第 2 回検証委員会を令和 4 年 1 2 月 1 4 日に開催し、耐震補強の当面の方針を含む、耐震基準、耐震補強等の検証結果について、令和 4 年 1 2 月 1 4 日に「新幹線の地震対策に関する検証委員会－中間とりまとめ－」([https://www.mlit.go.jp/tetudo/tetudo\\_fr7\\_000044.html](https://www.mlit.go.jp/tetudo/tetudo_fr7_000044.html)) を公表した。

# 付図1 東北新幹線路線図

東北新幹線 東京駅～新青森駅間 713.7km（複線）



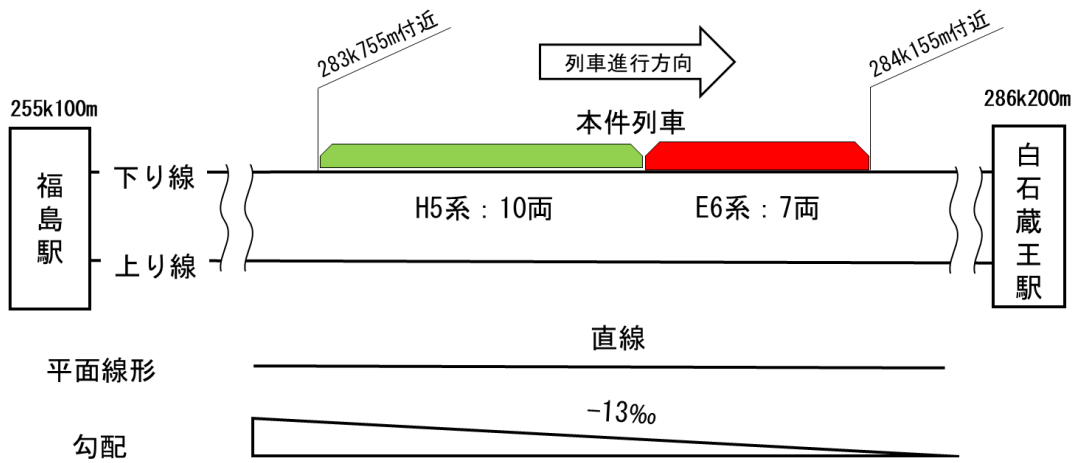
※この図は、国土地理院の地理院地図（電子国土Web）を使用して作成

# 付図2 事故現場付近の地形図

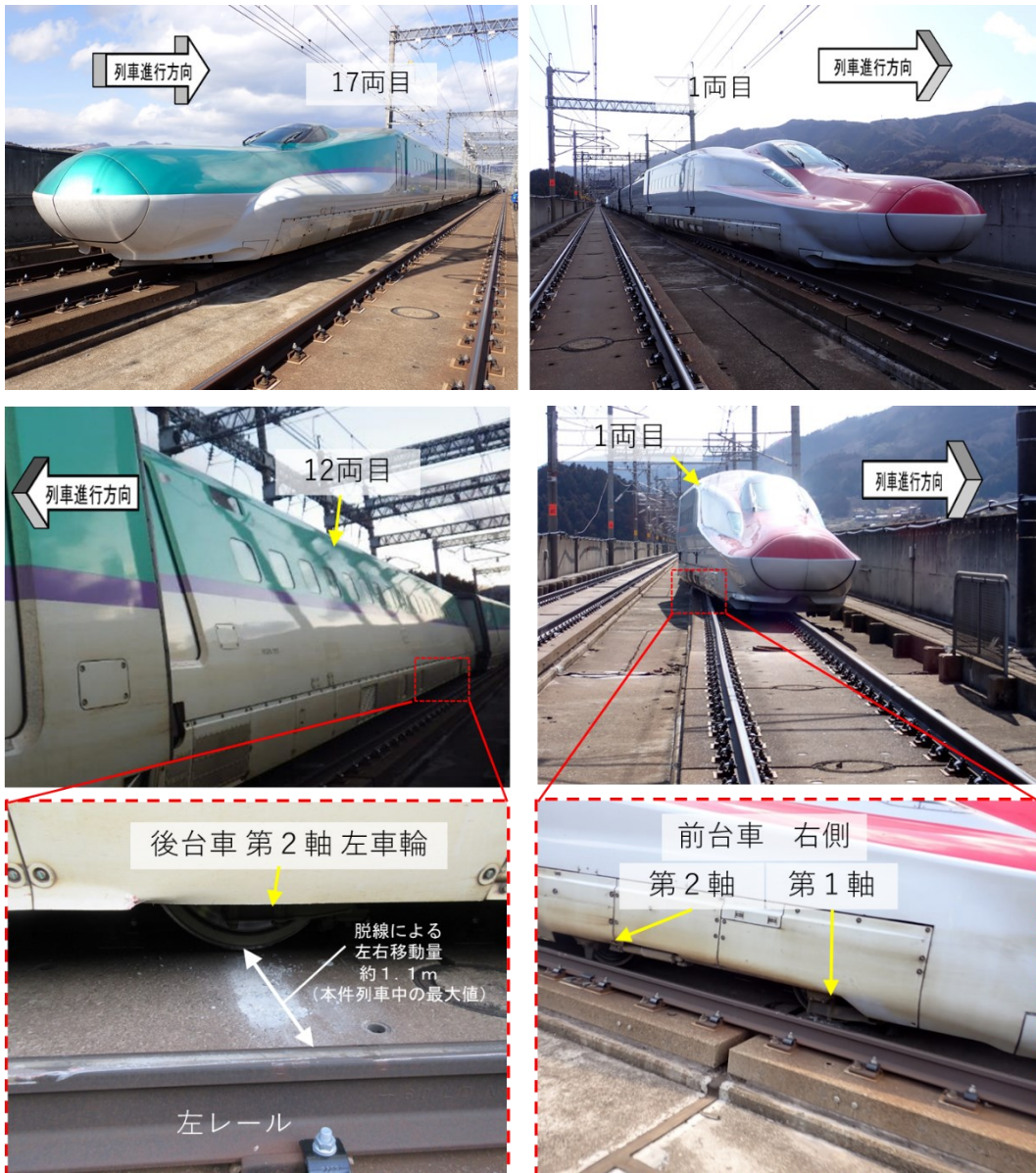


※この図は、国土地理院の地理院地図（電子国土Web）を使用して作成

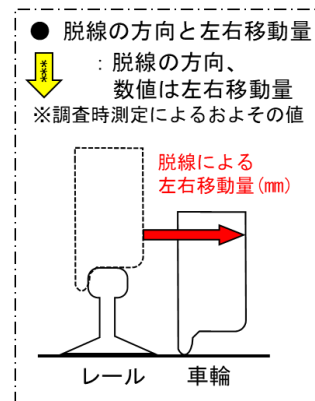
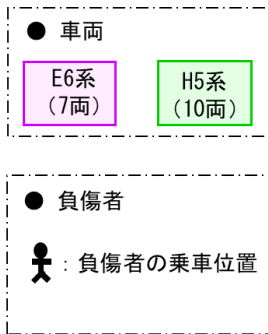
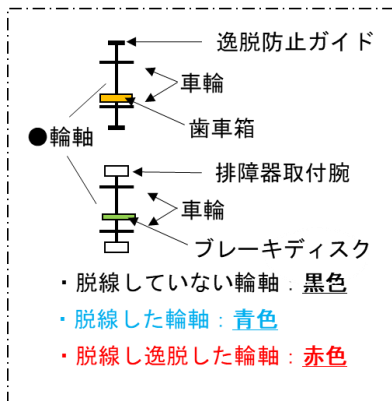
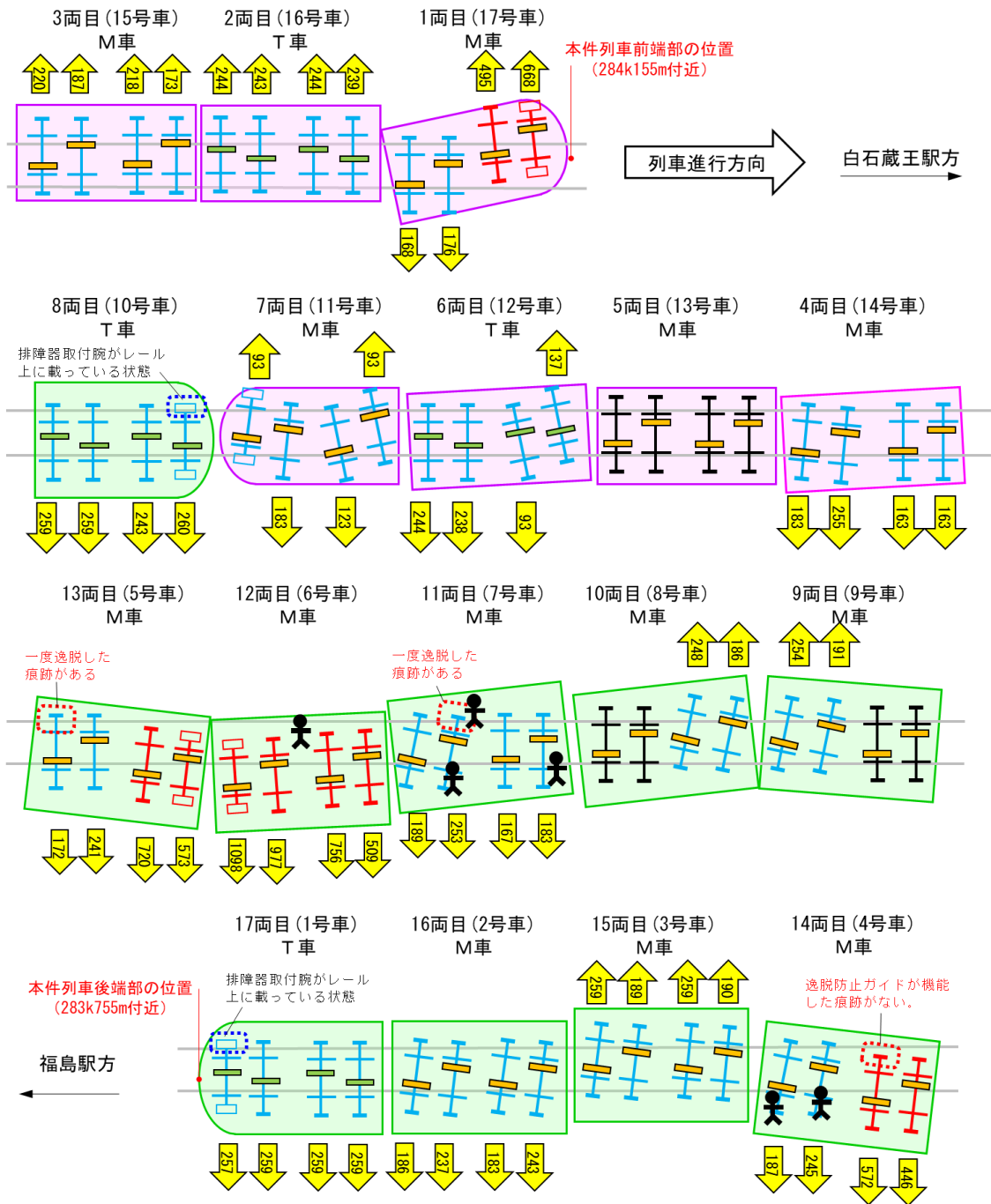
付図3 事故現場略図



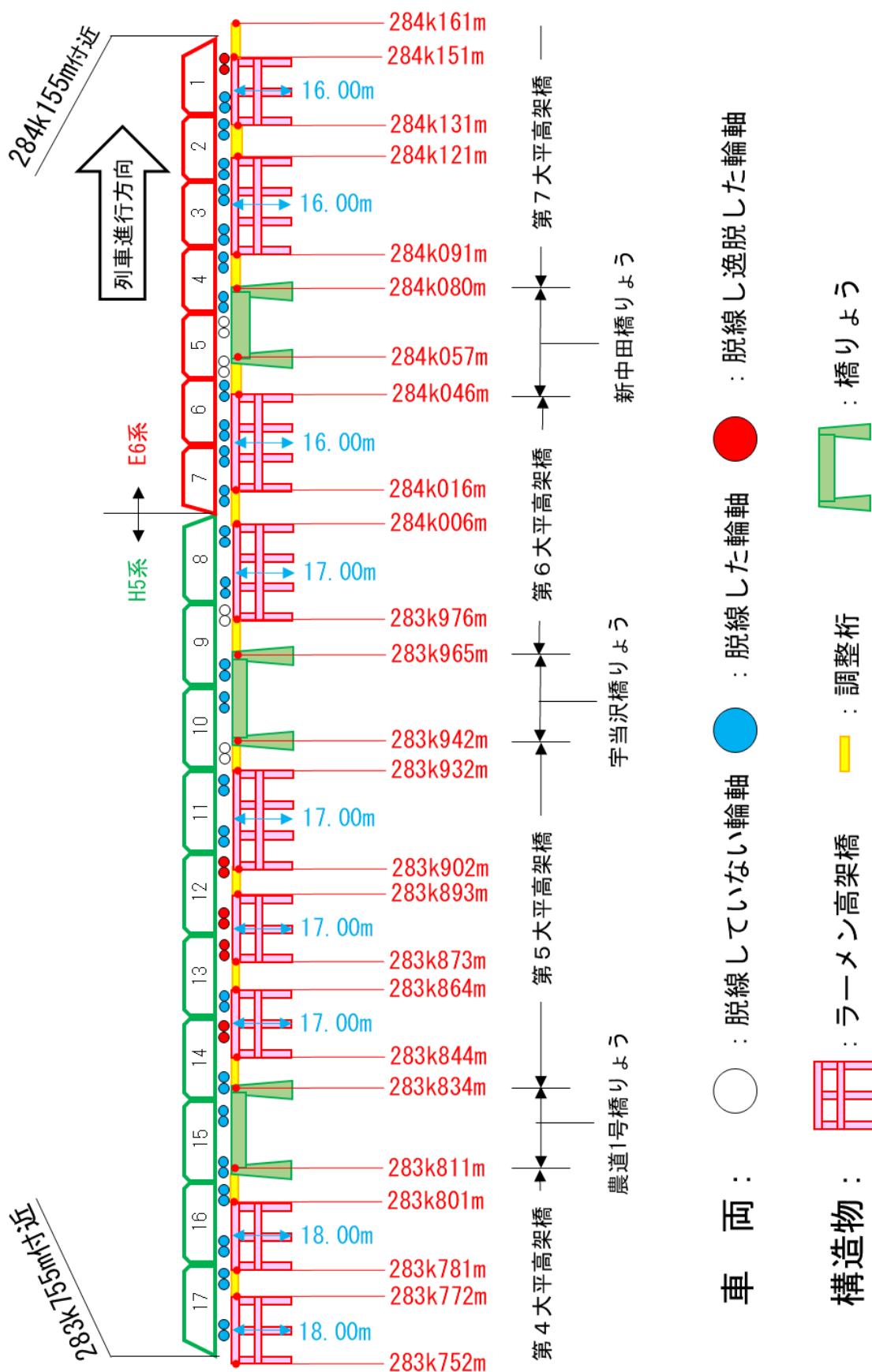
付図4 事故現場の状況



# 付図5 本件列車の脱線の状況

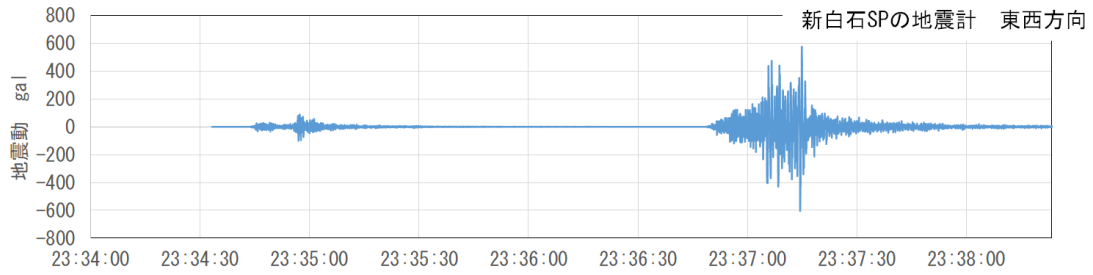


付図6 事故現場付近の構造物

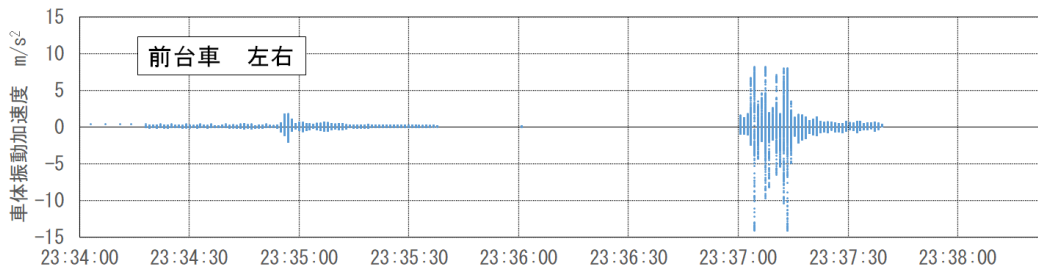
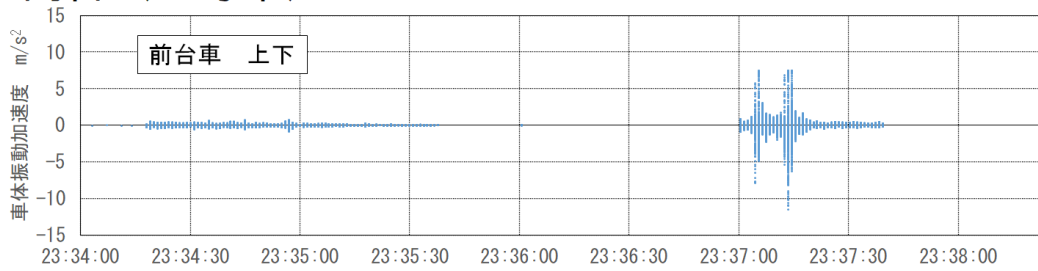


# 付図7 車体の振動加速度 (抜粋)

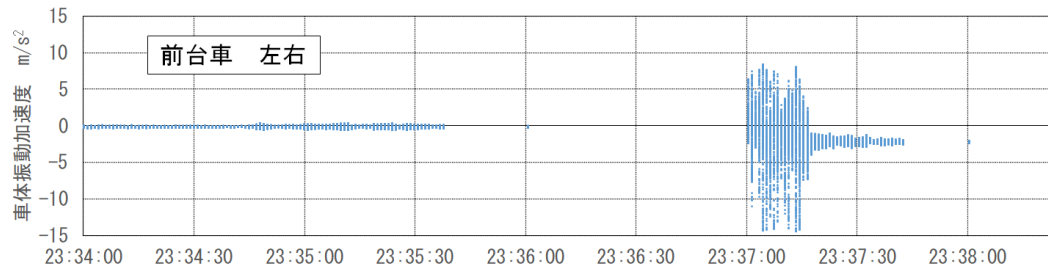
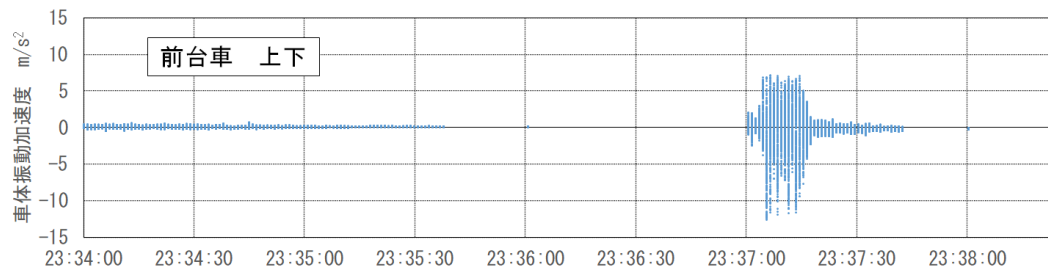
## 地震動



## 5両目 (13号車)



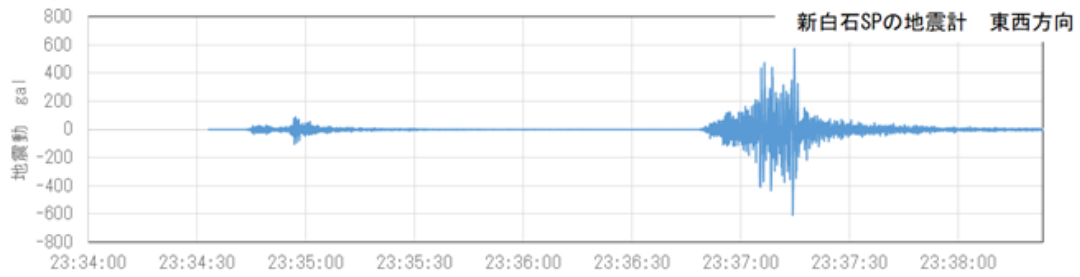
## 12両目 (6号車)



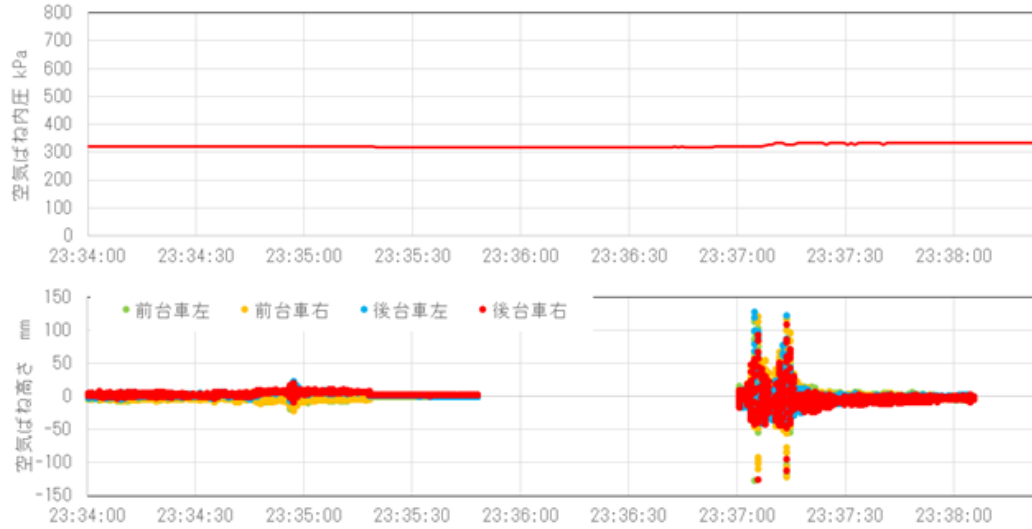


付図8 空気ばねの内圧及び高さ（抜粋）

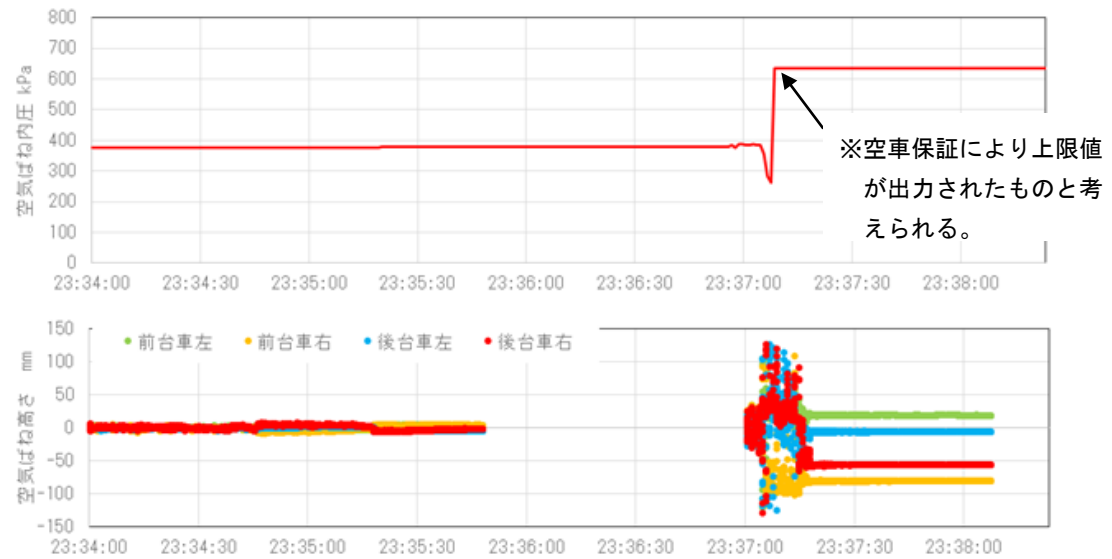
地震動



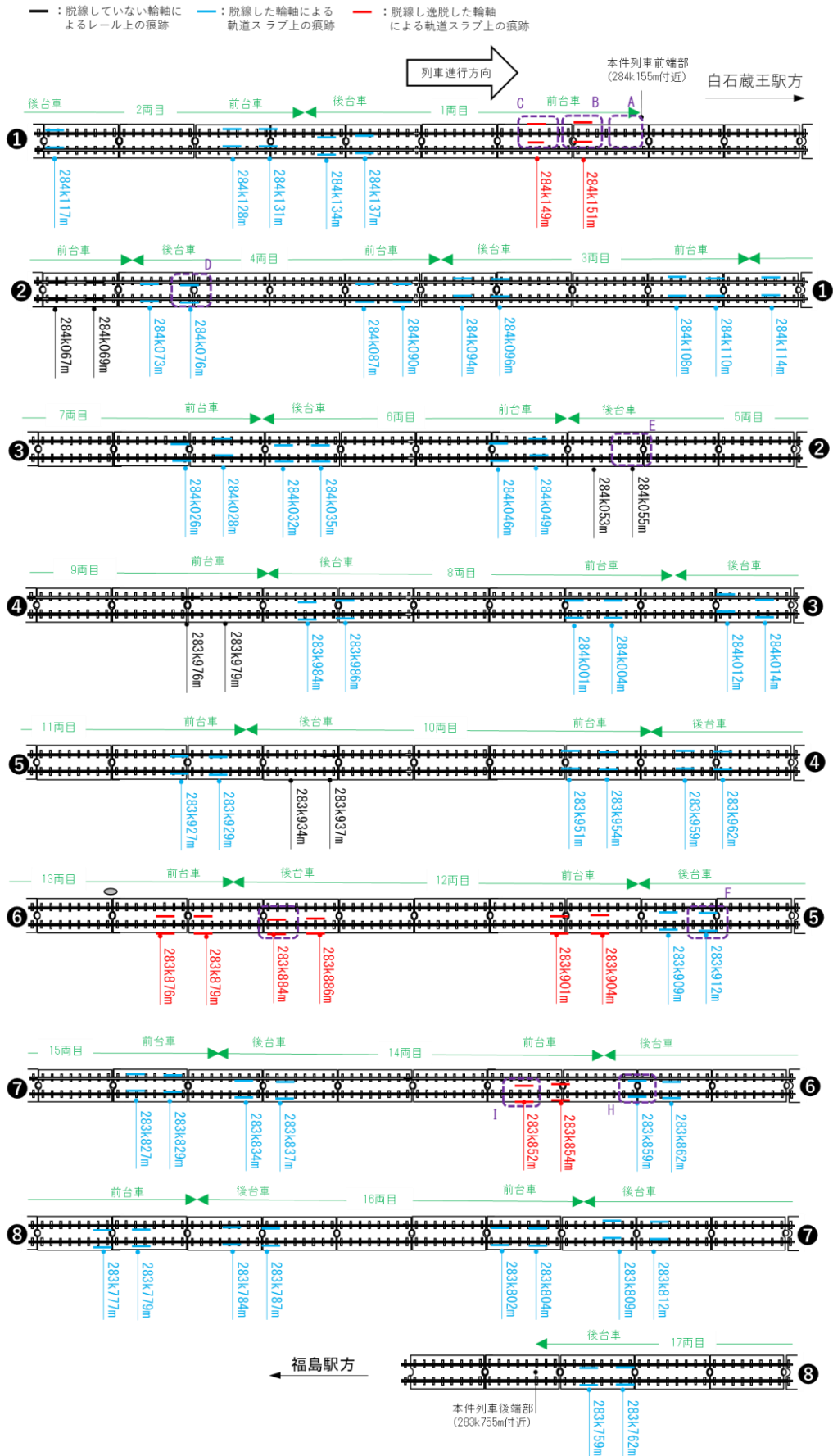
5両目



12両目



# 付図9 軌道の主な損傷及び痕跡状況（1）



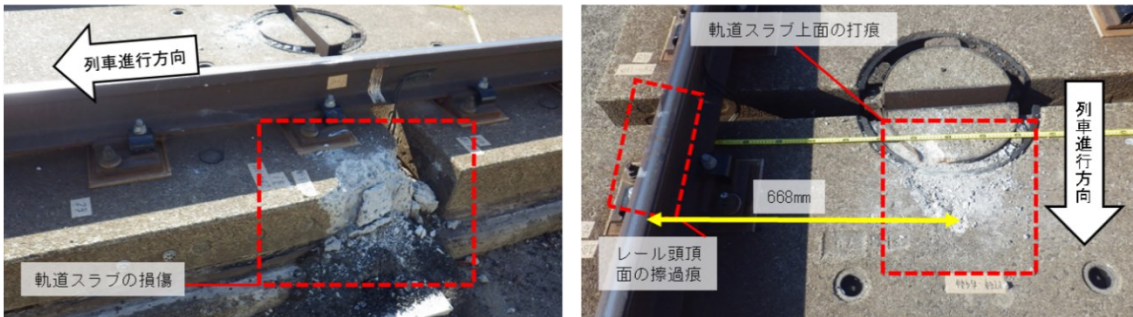
## 付図9 軌道の主な損傷及び痕跡状況（2）

A : 1両目 前端部



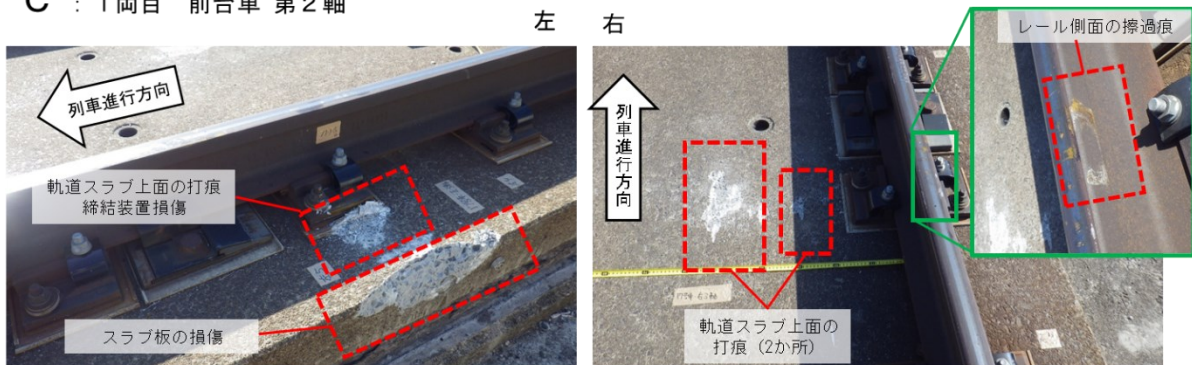
B : 1両目 前台車 第1軸

左 右



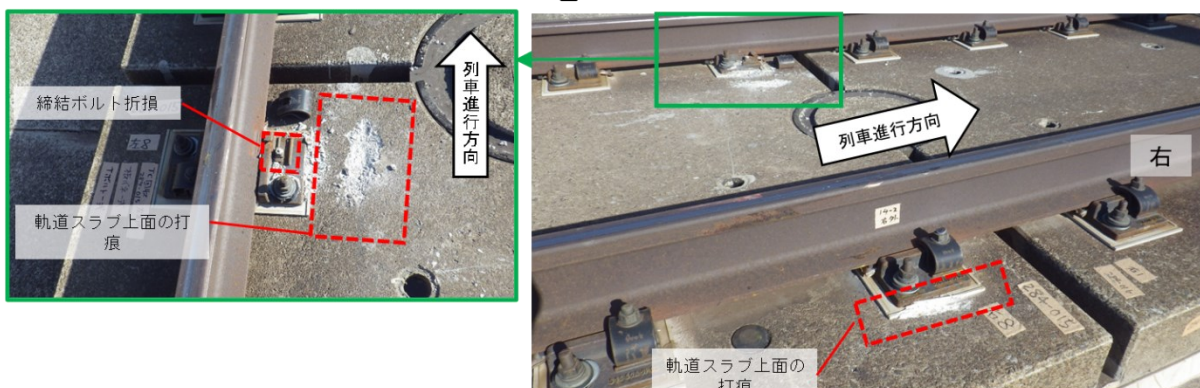
C : 1両目 前台車 第2軸

左 右



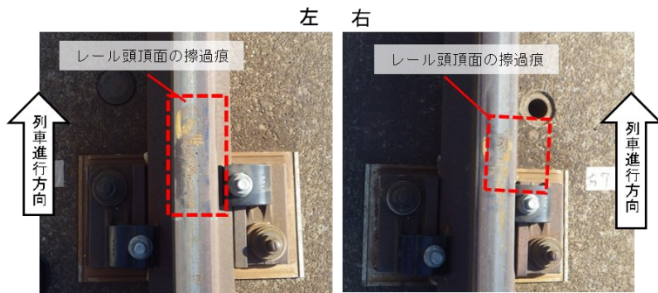
D : 4両目 後台車 第1軸

左 右

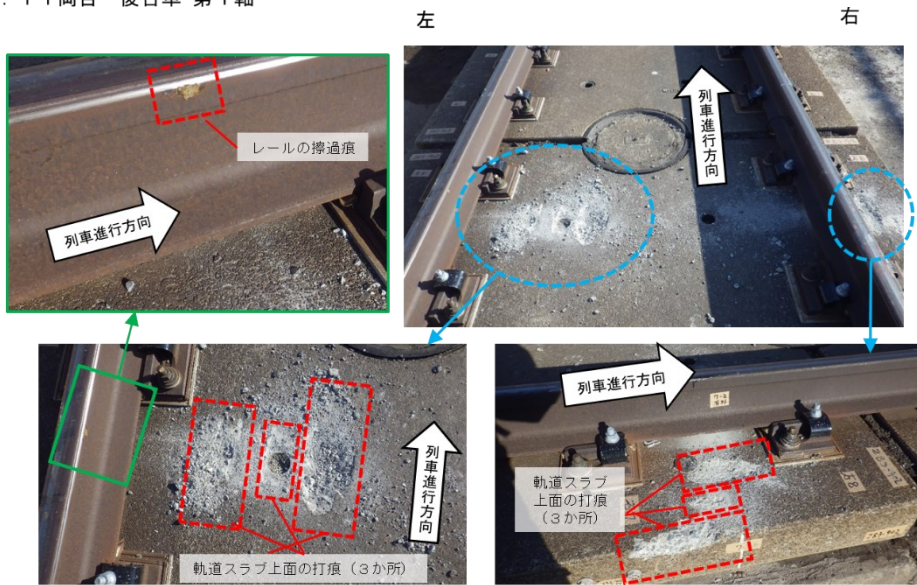


## 付図9 軌道の主な損傷及び痕跡状況（3）

E : 5両目 後台車 第1軸

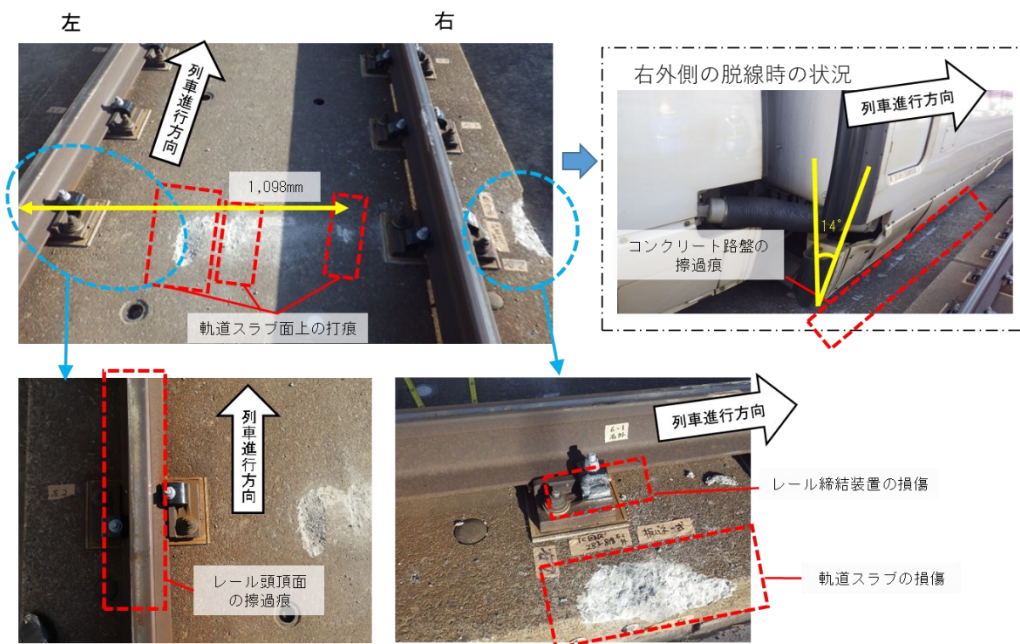


F : 11両目 後台車 第1軸



※脱線時に一旦逸脱防止ガイドがレールを乗り越えた後、再度逆に乗り越えた可能性がある。

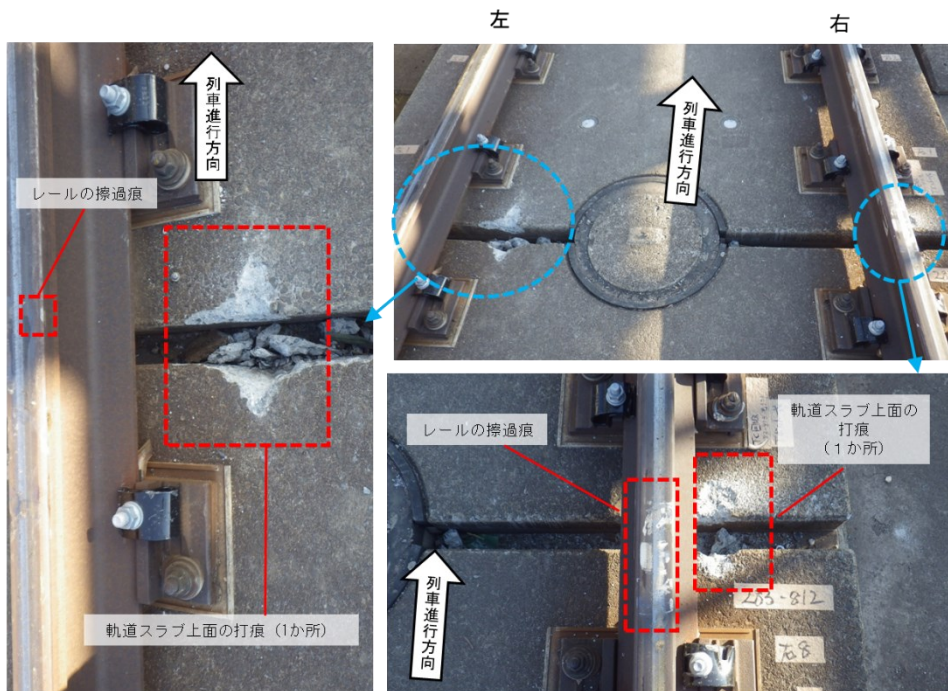
G : 12両目 後台車 第2軸



※全輪軸の内、停止時の左右移動量が最も大きかった輪軸

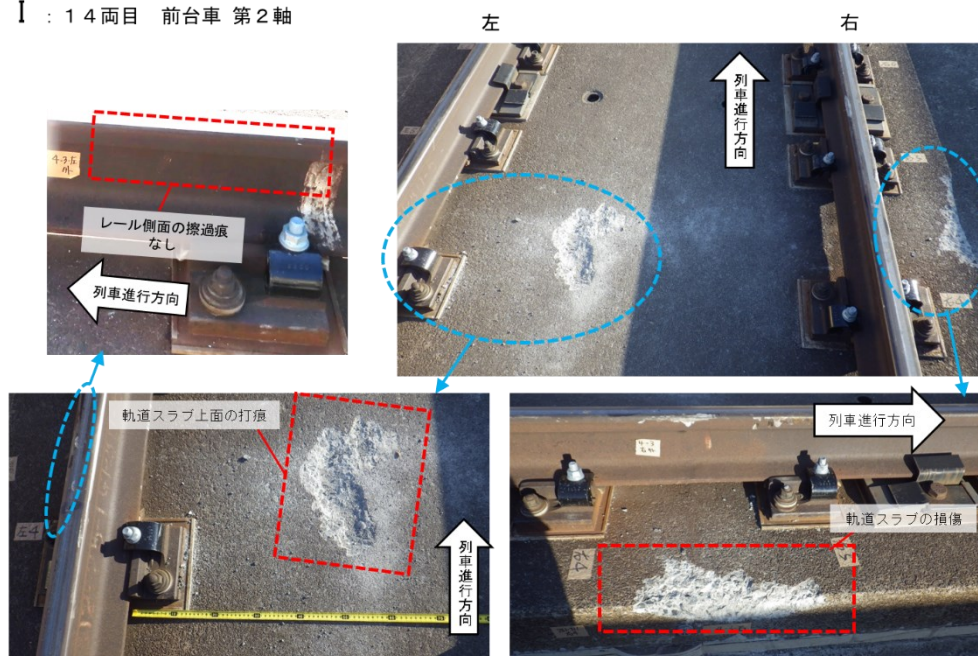
## 付図9 軌道の主な損傷及び痕跡状況（4）

H : 13両目 後台車 第2軸



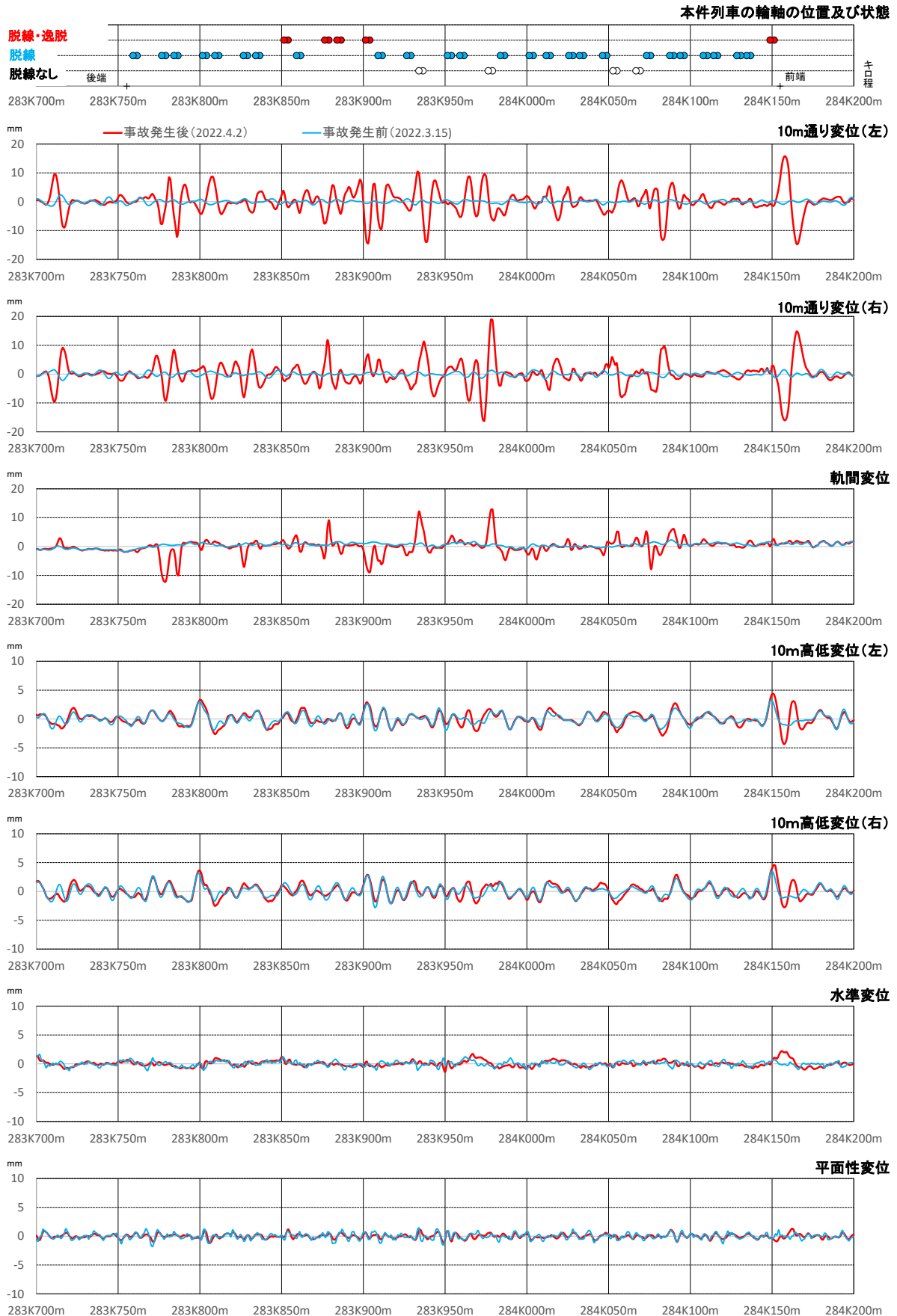
※脱線時に一旦逸脱防止ガイドがレールを乗り越えた後、再度逆に乗り越えた可能性がある。

I : 14両目 前台車 第2軸



※ 逸脱防止ガイドがレールに掛かった形跡が見られない。

# 付図 10 本事故発生前後の軌道変位



# 付図 1 1 構造物等の主な損傷状況 (1)

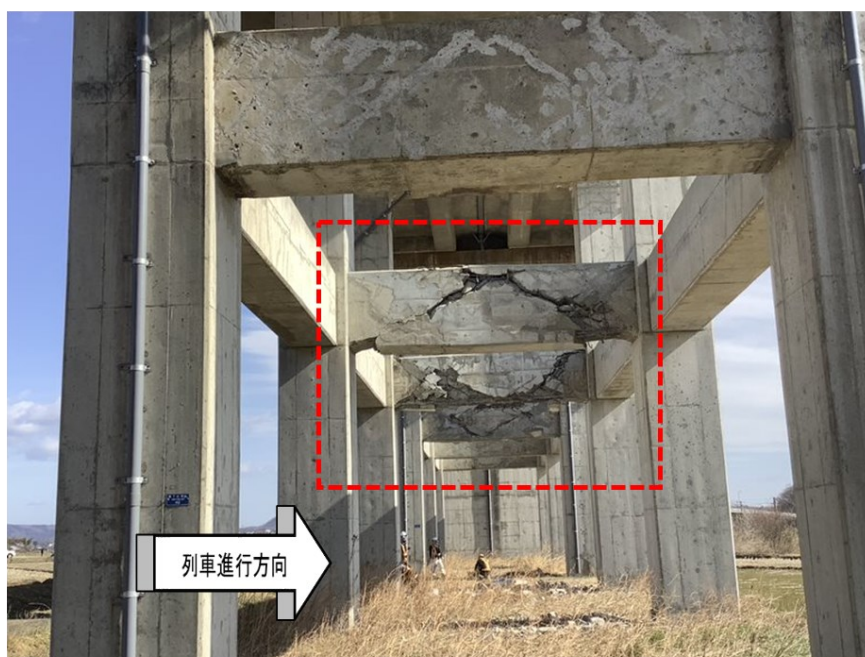
## ●高架橋の損傷 (主なもの)

第7大平高架橋 R3・防音壁 (左側) 脱落



284k200m付近

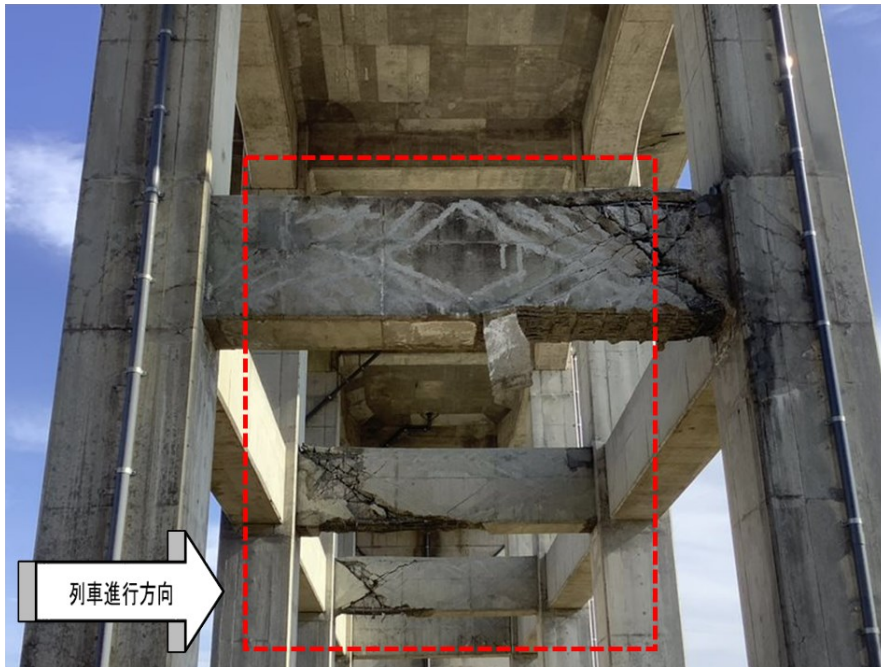
第7大平高架橋 R2・中層梁 ひび割れ・剥落



284k131m付近

# 付図 1 1 構造物等の主な損傷状況 (2)

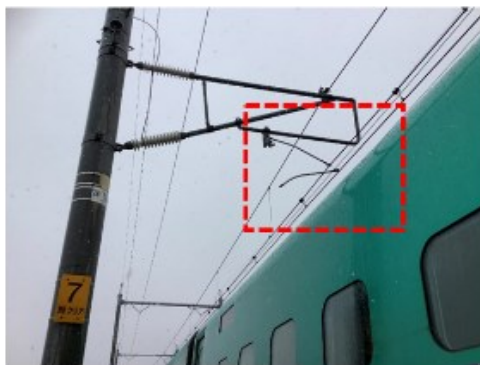
## 第6大平高架橋 R2・中層梁 ひび割れ・剝落



284k016m付近

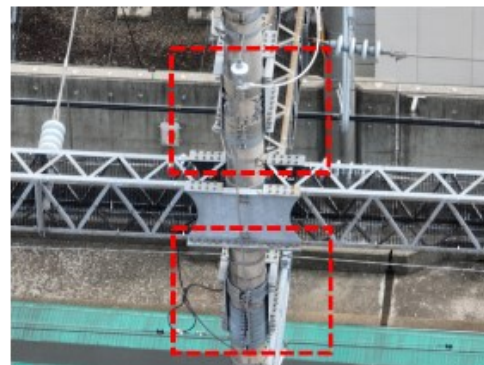
### ●電路設備の損傷

#### 曲線引装置損傷例



283k912m付近

#### ストラクチャ損傷例



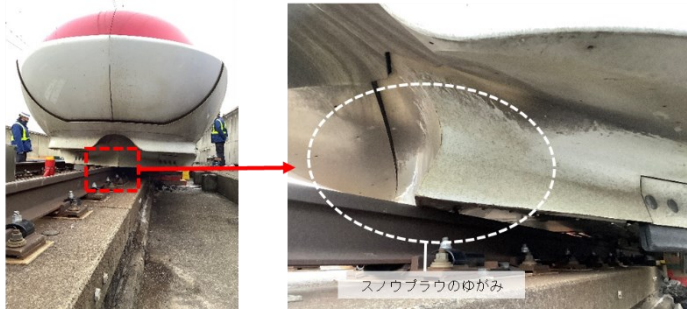
283k874m付近



# 付図 1 2 車両の主な損傷及び痕跡状況 (1)

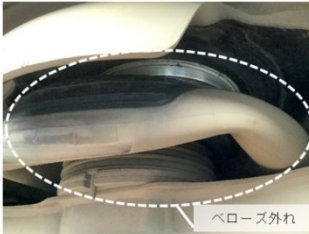
## A スノウプラウの損傷

1両目 前端

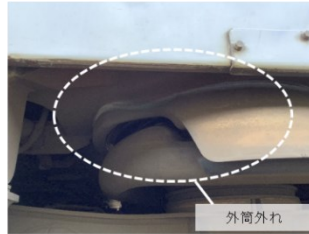


## B 空気ばねの損傷

1両目 (後台車左側)



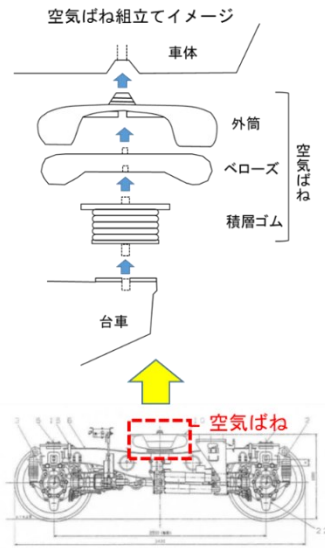
4両目 (前台車左側)



12両目 (後台車右側)

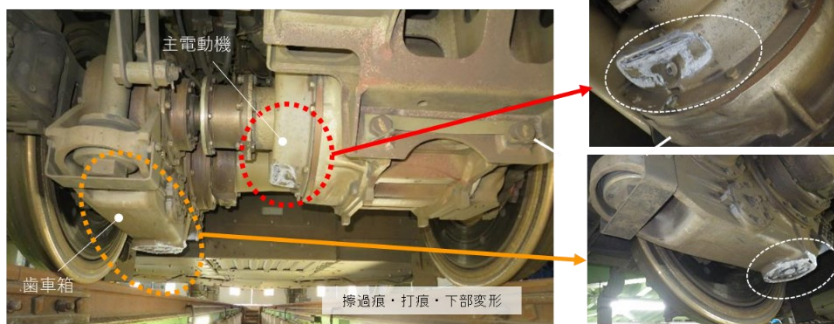


16両目 (前台車右側)

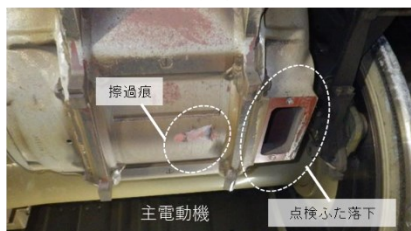


## C 主電動機、歯車箱の損傷

1両目 (前台車第1軸)



11両目 (後台車第1軸)



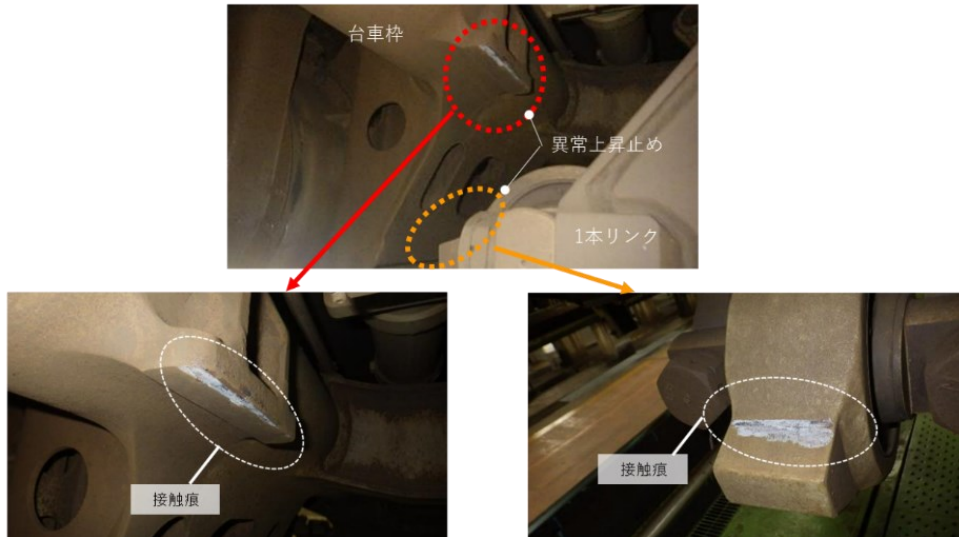
9両目 (後台車第1軸)



## 付図 1 2 車両の主な損傷及び痕跡状況 (2)

### D 異常上昇止めの損傷

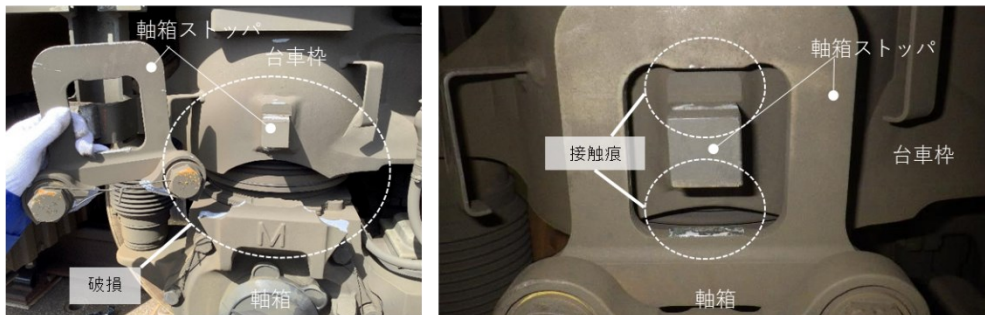
1 4 両目 (後台車)



### E 軸箱ストッパの損傷

7両目 前台車第2軸右

(参考:接触痕)5両目 前台車第1軸左



### F その他の損傷

8-9両目間 右側  
車体間ダンパ

12両目 前台車右側  
高さ調整弁受け金具



# 付図 1 2 車両の主な損傷及び痕跡状況 (3)

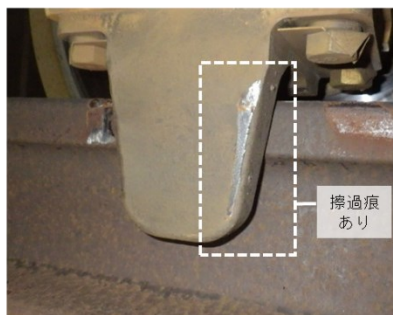
## 車両の主な損傷箇所

車両				車両の主な損傷箇所(●: 損傷があった箇所)							記事		
編成	両目	台車	輪軸	スノウ ブラウ	空気ばね		主電動機	歯車箱	異常上昇 止め	軸箱ストップ		(脱線の方向・ 輪軸の状態)	
					左	右				左	右		
Z9	1	前	1	●	●		●	●	●			(左)脱線・逸脱	
			2									(左)脱線・逸脱	
	後	1	●						●				(右)脱線
		2											(右)脱線
	2	前	1				●	●	●				(左)脱線
			2										(左)脱線
	後	1						●	●	●			(左)脱線
		2											(左)脱線
	3	前	1				●	●	●				(左)脱線
			2										(左)脱線
	後	1						●	●	●			(左)脱線
		2											(左)脱線
	4	前	1		●			●	●	●			(右)脱線
			2										(右)脱線
後	1					●	●	●			(右)脱線		
	2										(右)脱線		
5	前	1											
		2											
後	1												
	2												
6	前	1	●		●	●	●	●			(左)脱線		
		2									(右)脱線		
後	1						●	●			(右)脱線		
	2										(右)脱線		
7	前	1	●				●	●		●	(左)脱線		
		2									(右)脱線		
後	1	●								●	(右)脱線		
	2										(左)脱線		
H2	8	前	1	●	●	●	●	●	●			(右)脱線	
			2									(右)脱線	
	後	1	●										(右)脱線
		2											(右)脱線
	9	前	1						●	●			(左)脱線
			2										(左)脱線
	後	1											
		2											
	10	前	1				●	●	●	●			(左)脱線
			2										(左)脱線
	後	1											
		2											
	11	前	1					●	●	●		●	(右)脱線
			2										(右)脱線
後	1	●	●			●	●	●			(右)脱線		
	2										(右)脱線		
12	前	1	●		●	●	●	●			(右)脱線・逸脱		
		2									(右)脱線・逸脱		
後	1		●		●	●	●	●			(右)脱線・逸脱		
	2										(右)脱線・逸脱		
13	前	1			●	●	●	●			(右)脱線・逸脱		
		2									(右)脱線・逸脱		
後	1	●	●			●	●	●			(右)脱線		
	2										(右)脱線		
14	前	1	●			●	●	●		●	(右)脱線・逸脱		
		2									(右)脱線・逸脱		
後	1					●	●	●			(右)脱線		
	2										(右)脱線		
15	前	1				●	●	●			(左)脱線		
		2									(左)脱線		
後	1					●	●	●		●	(左)脱線		
	2										(左)脱線		
16	前	1	●		●	●	●	●			(右)脱線		
		2									(右)脱線		
後	1					●	●	●			(右)脱線		
	2										(右)脱線		
17	前	1	●			●	●	●			(右)脱線		
		2									(右)脱線		
後	1	●				●	●	●			(右)脱線		
	2										(右)脱線		

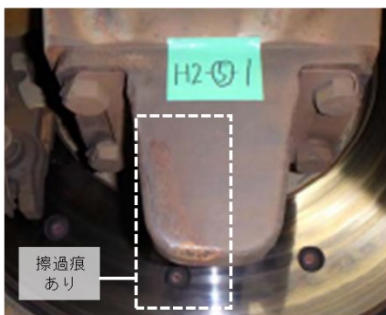
## 付図 1 3 逸脱防止ガイド等の痕跡

### A 逸脱防止ガイドの痕跡

1 1両目 後台車第1軸 左側



1 3両目 後台車第2軸 左側



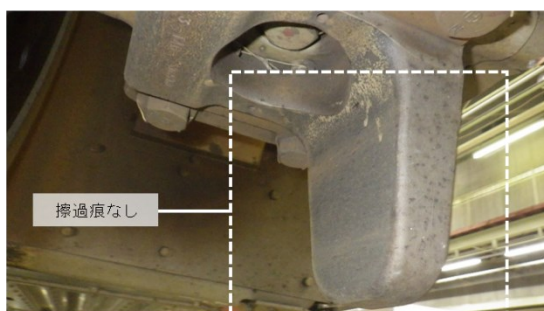
4 両目 後台車第1軸 左側



例：他の脱線しているが逸脱していない輪軸

※ 逸脱防止ガイド外側に痕跡が見られる

14両目 前台車第2軸 左側



13両目 前台車第2軸 左側

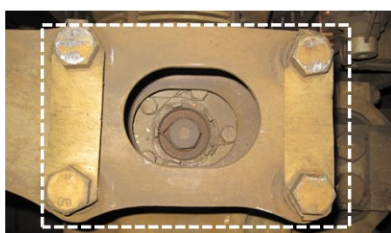


※ 逸脱防止ガイド内側に痕跡が見られない

例：他の逸脱した輪軸

### B 排障器取付腕の痕跡

1 両目 前台車第1軸 右側



擦過痕あり(少)

7 両目 後台車第2軸 右側



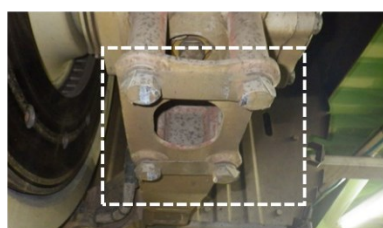
擦過痕なし

8 両目 前台車第1軸 左側



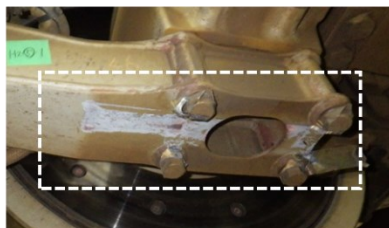
擦過痕あり

1 2両目 後台車第2軸 左側



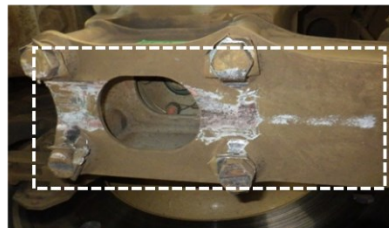
擦過痕あり(少)

1 3両目 前台車第1軸 左側



擦過痕あり

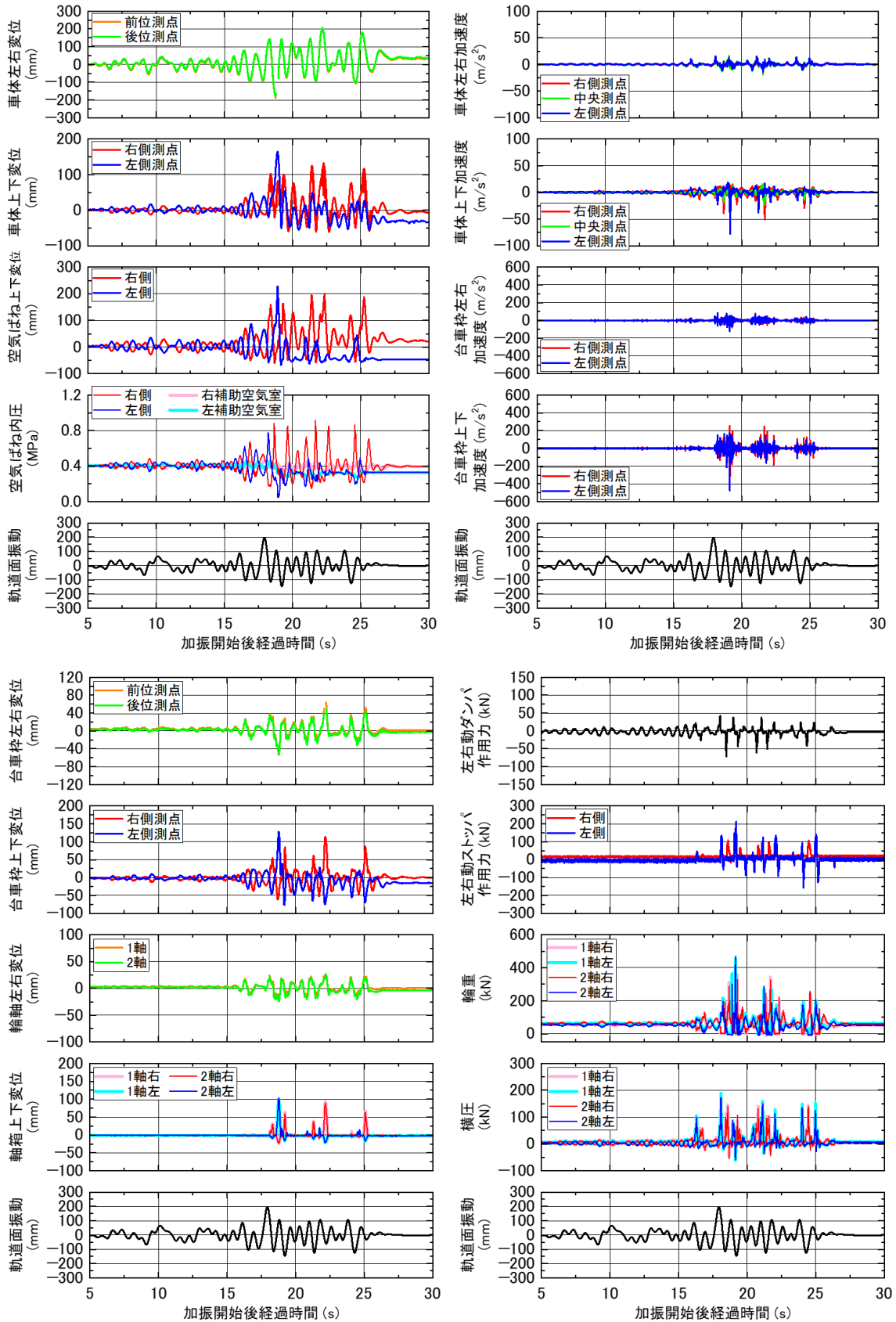
1 7両目 後台車第2軸 左側



擦過痕あり

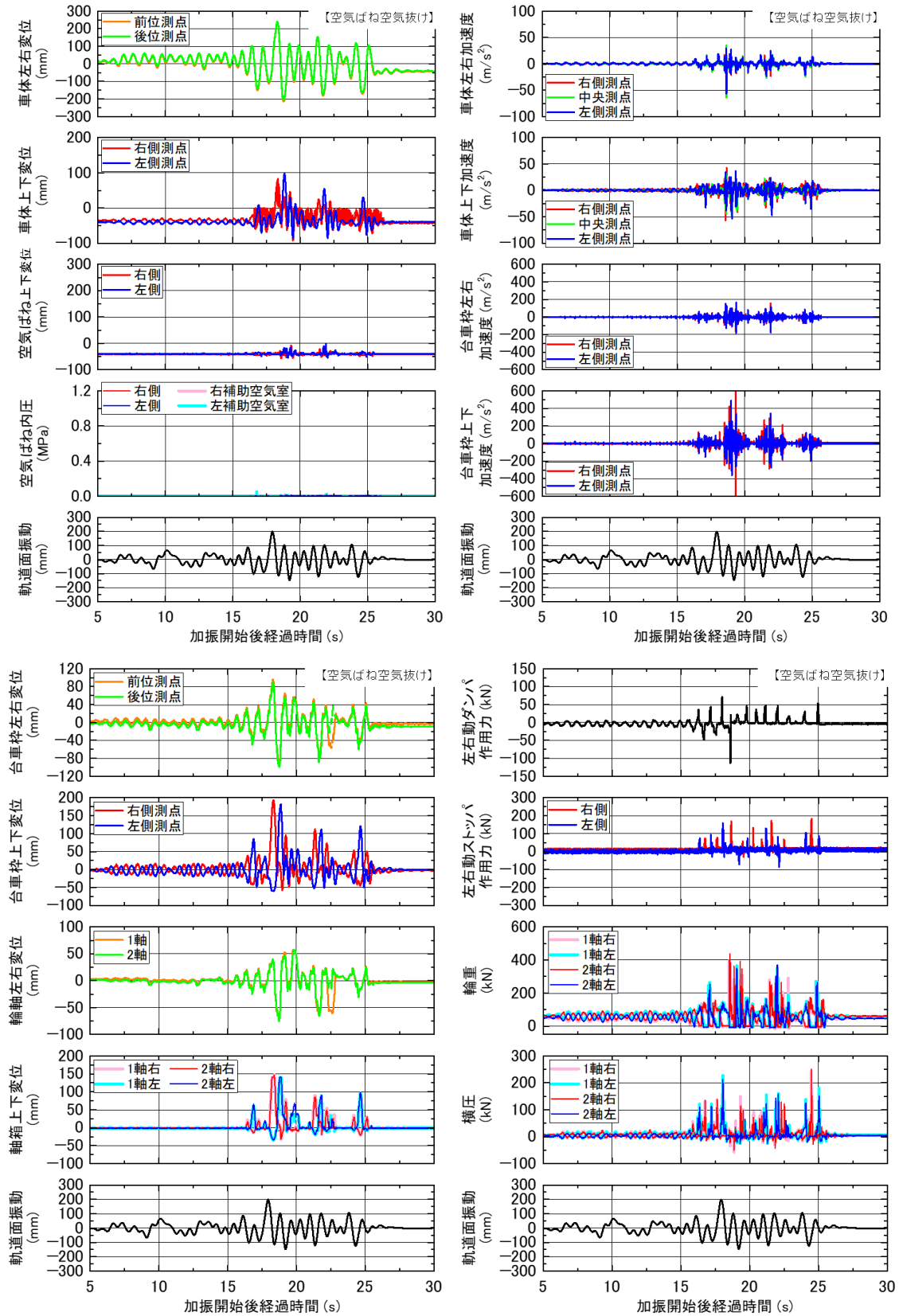
# 付図 1 4 実台車加振実験の結果 (1)

ケース 1-1: 第5大平BL-R2, 加振入力倍率0.95倍 (主要動前半まで)



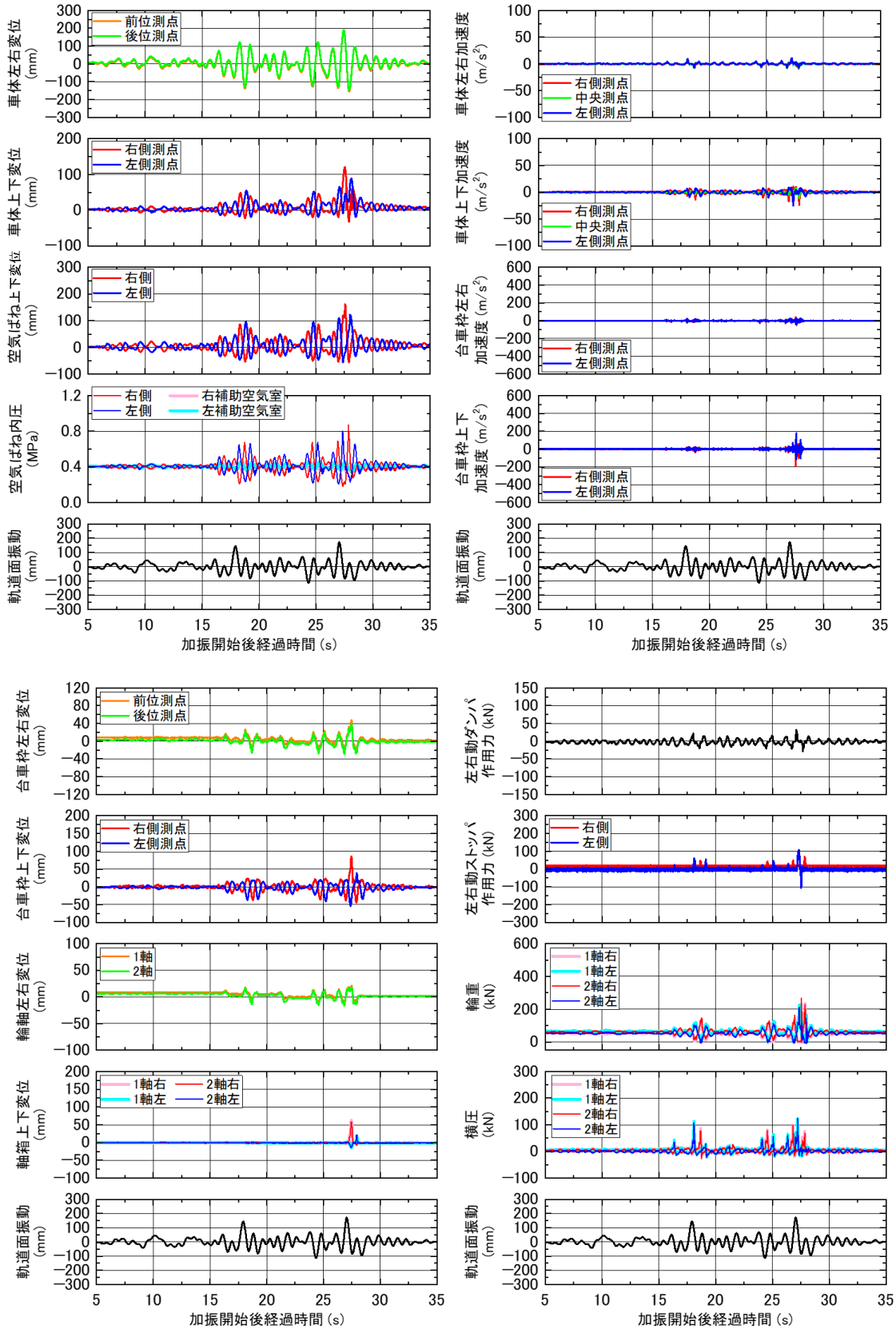
# 付図 1 4 実台車加振実験の結果 (2)

ケース 1-2: 第5大平BL-R2, 加振入力倍率0.95倍, 空気ばねの空気抜け (主要動前半まで)



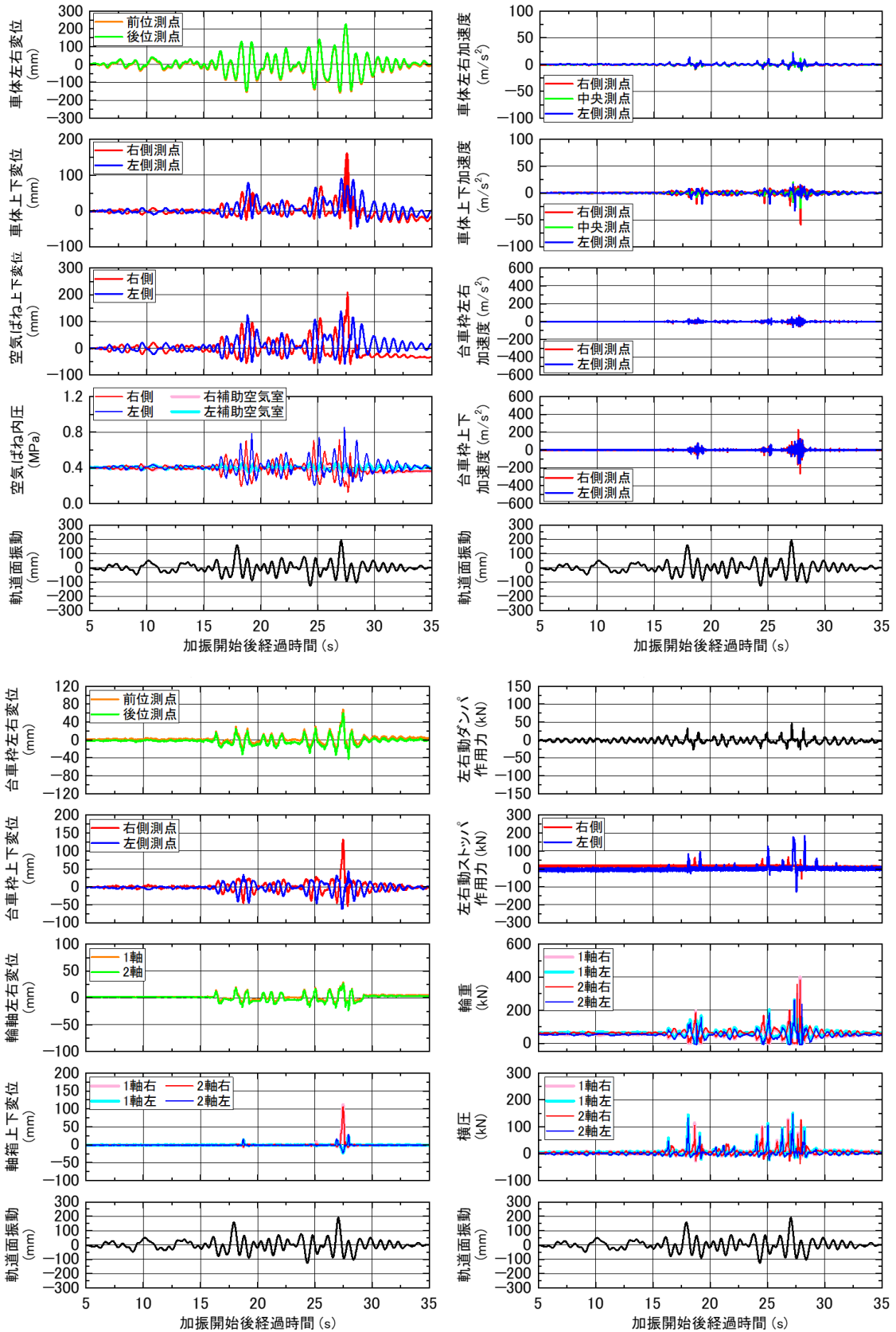
# 付図 1 4 実台車加振実験の結果 (3)

ケース 2-1: 農道 1 号 B-T 1, 加振入力倍率 0.74 倍



# 付図 1 4 実台車加振実験の結果 (4)

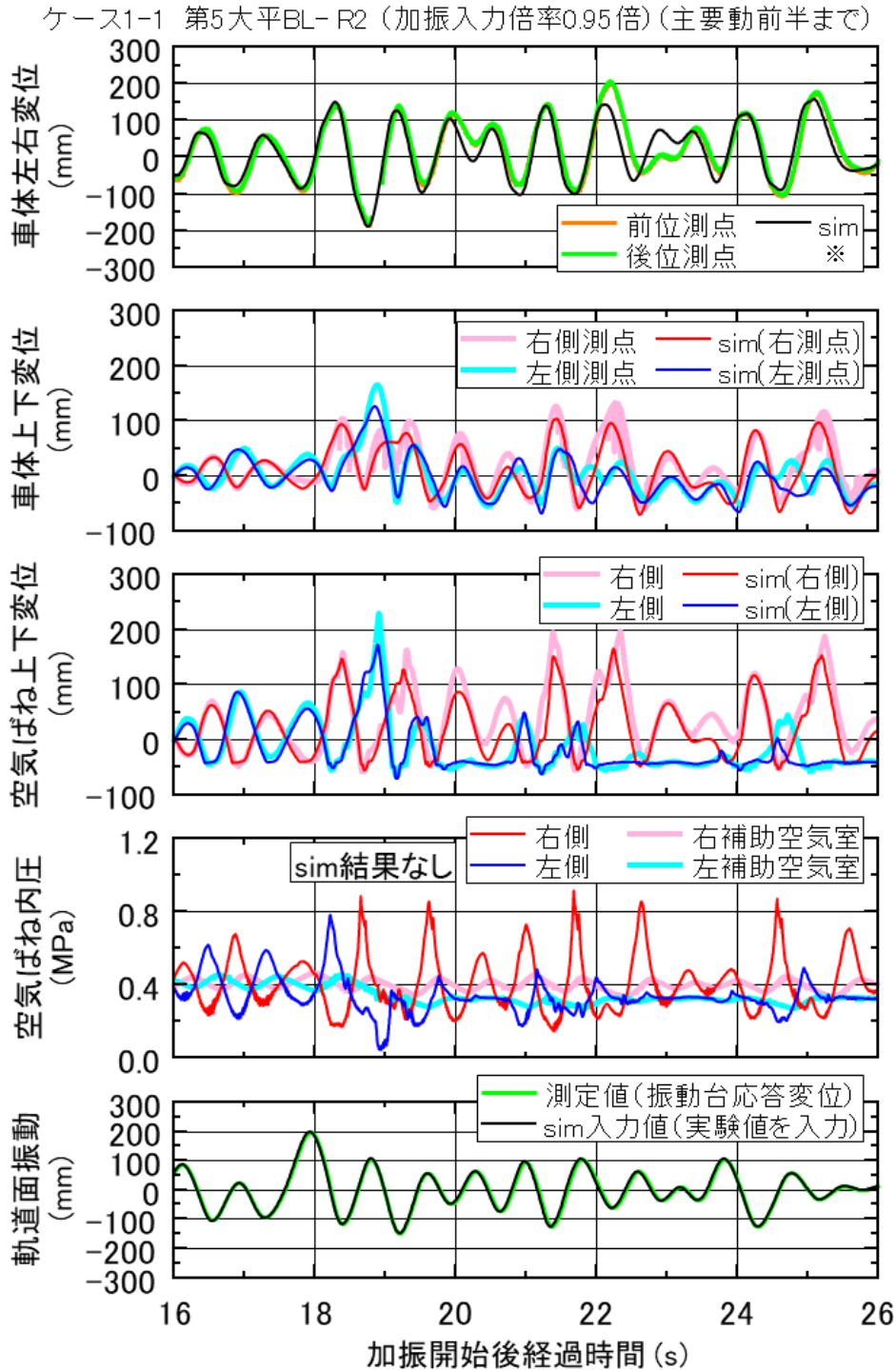
ケース 2-2: 農道 1 号 B-T 1, 加振入力倍率 0.8 2 倍





# 付図 1 5 実台車加振実験結果とシミュレーション結果 (1)

(車体・空気ばね関係)

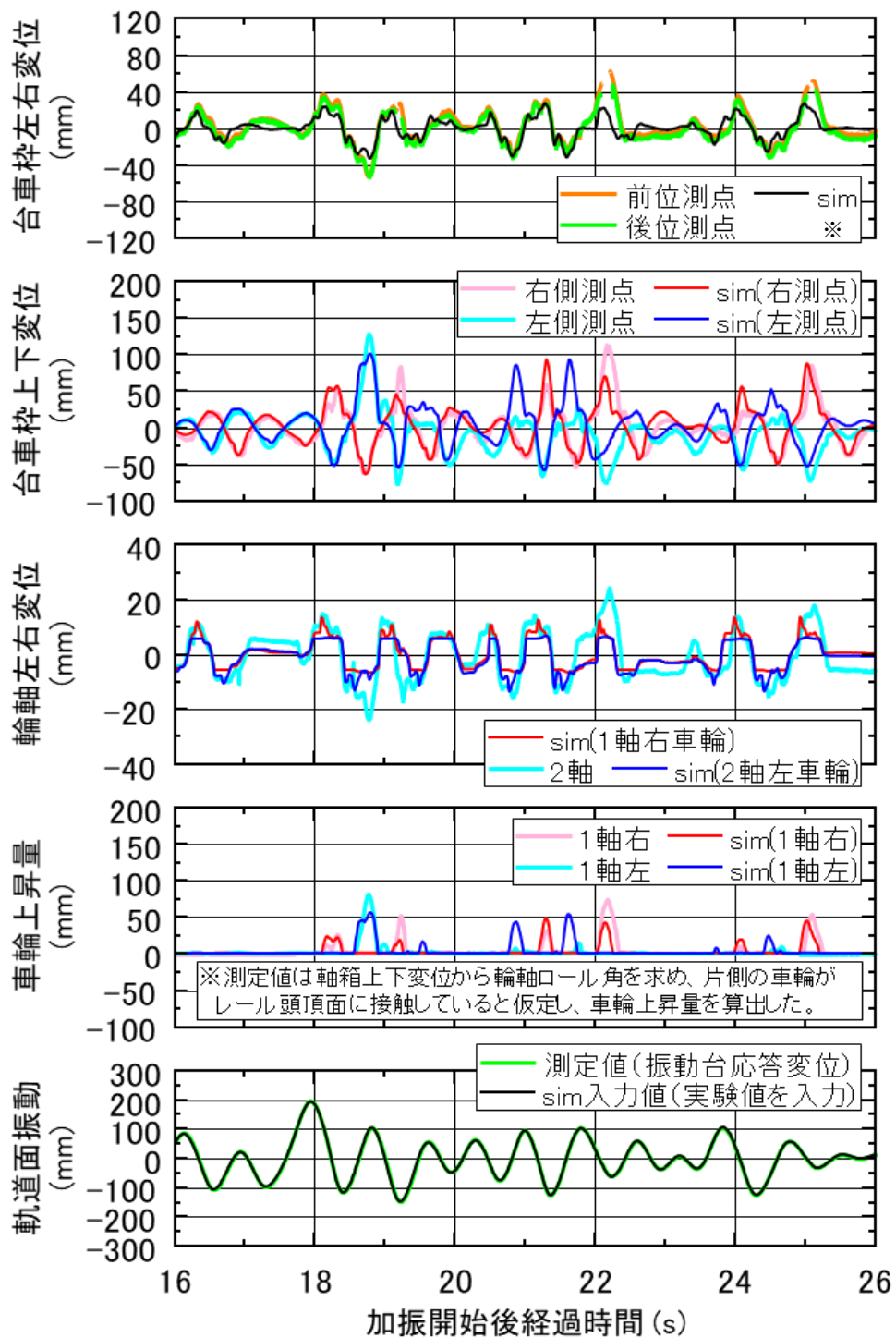


※sim:シミュレーション結果

# 付図 1 5 実台車加振実験結果とシミュレーション結果 (2)

(台車枠・輪軸関係)

ケース1-1 第5大平BL-R2 (加振入力倍率0.95倍) (主要動前半まで)

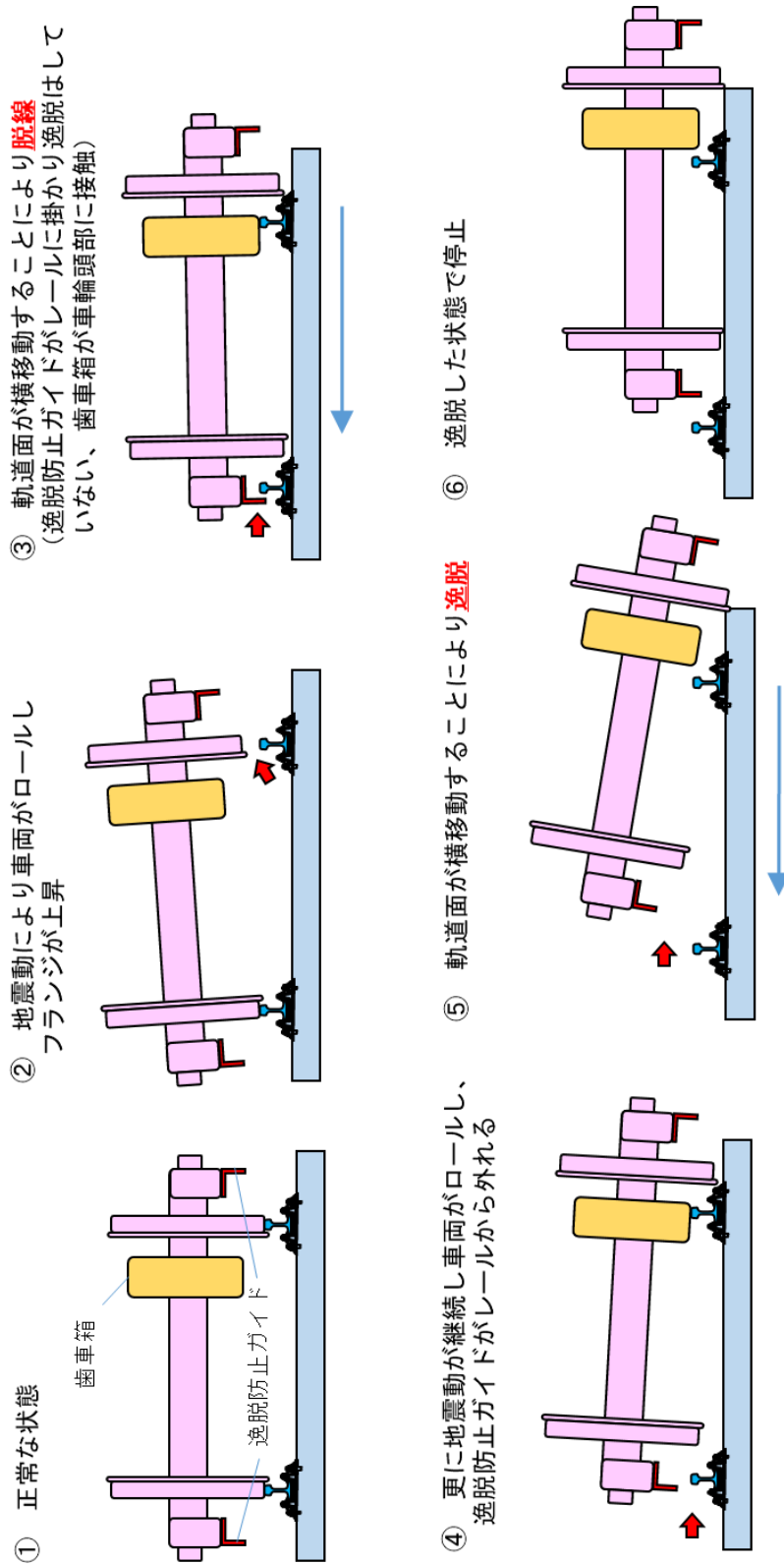


※sim:シミュレーション結果

# 付図 1 6 脱線及び逸脱時の車両挙動イメージ (1)

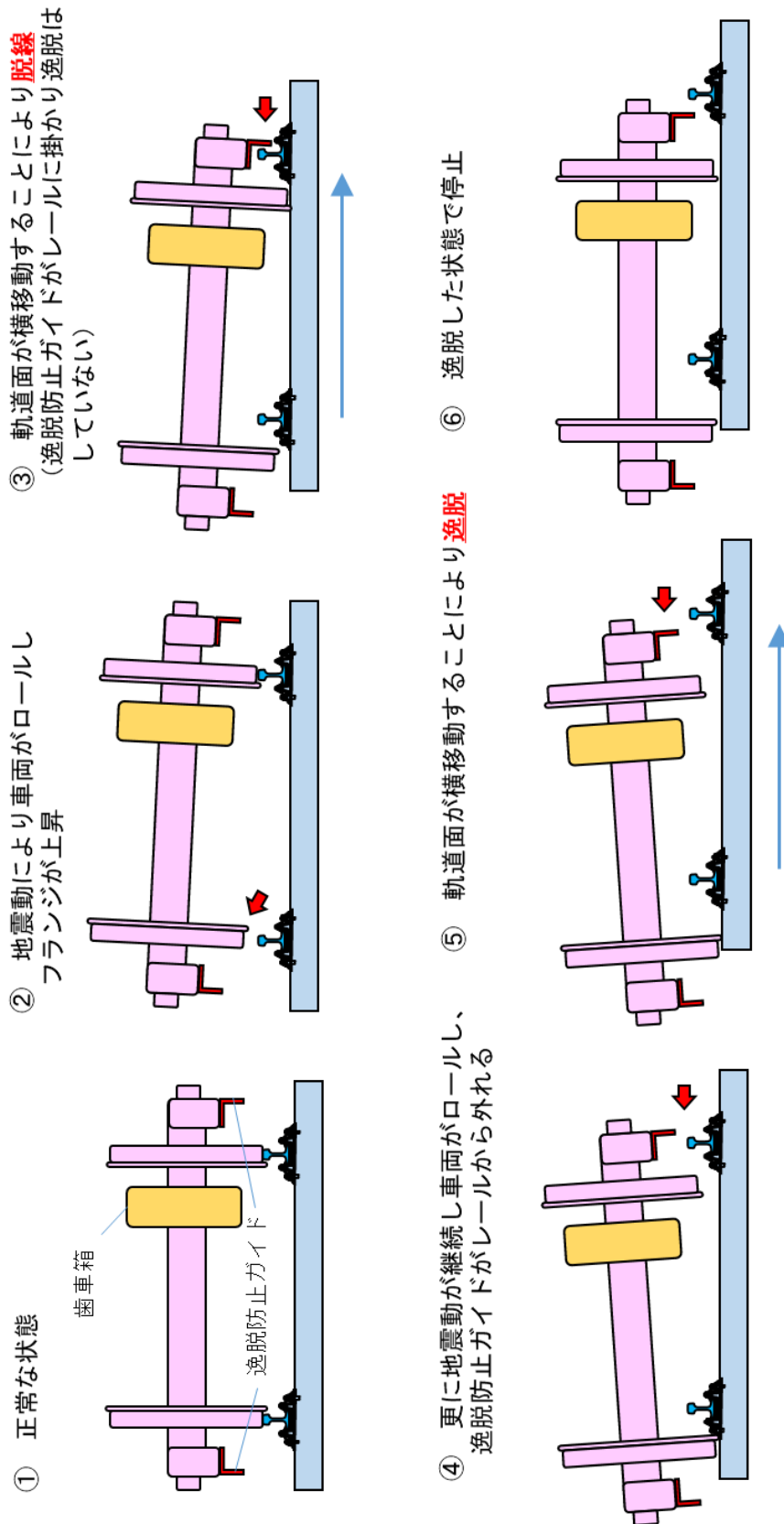
## ① I-2 (脱線し、逸脱防止ガイドが一旦機能したが最終的に逸脱した輪軸)

### (a) 歯車箱側への脱線



# 付図16 脱線及び逸脱時の車両挙動イメージ(2)

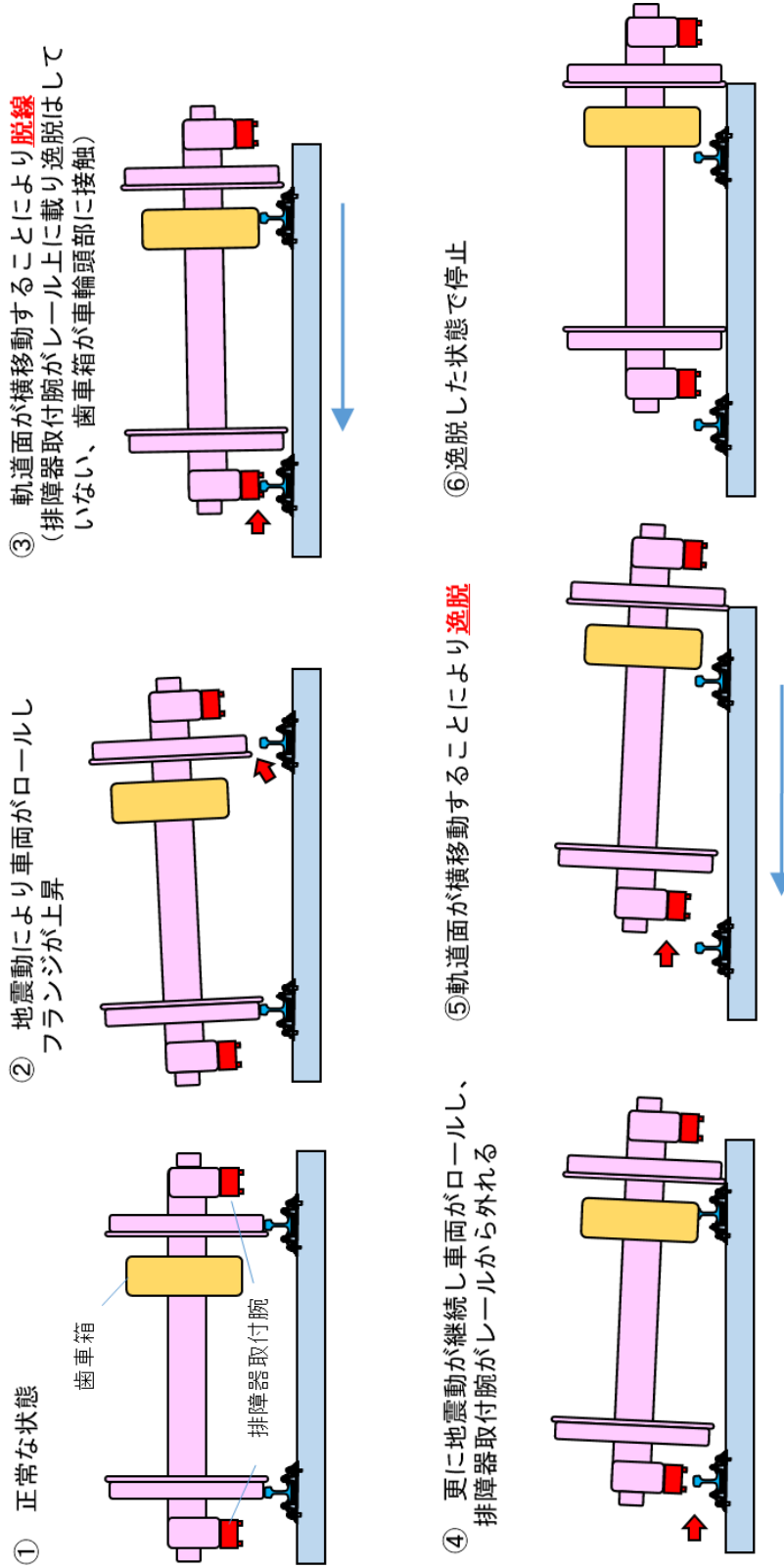
## (b) 反歯車箱側への脱線



# 付図 1 6 脱線及び逸脱時の車両挙動イメージ (3)

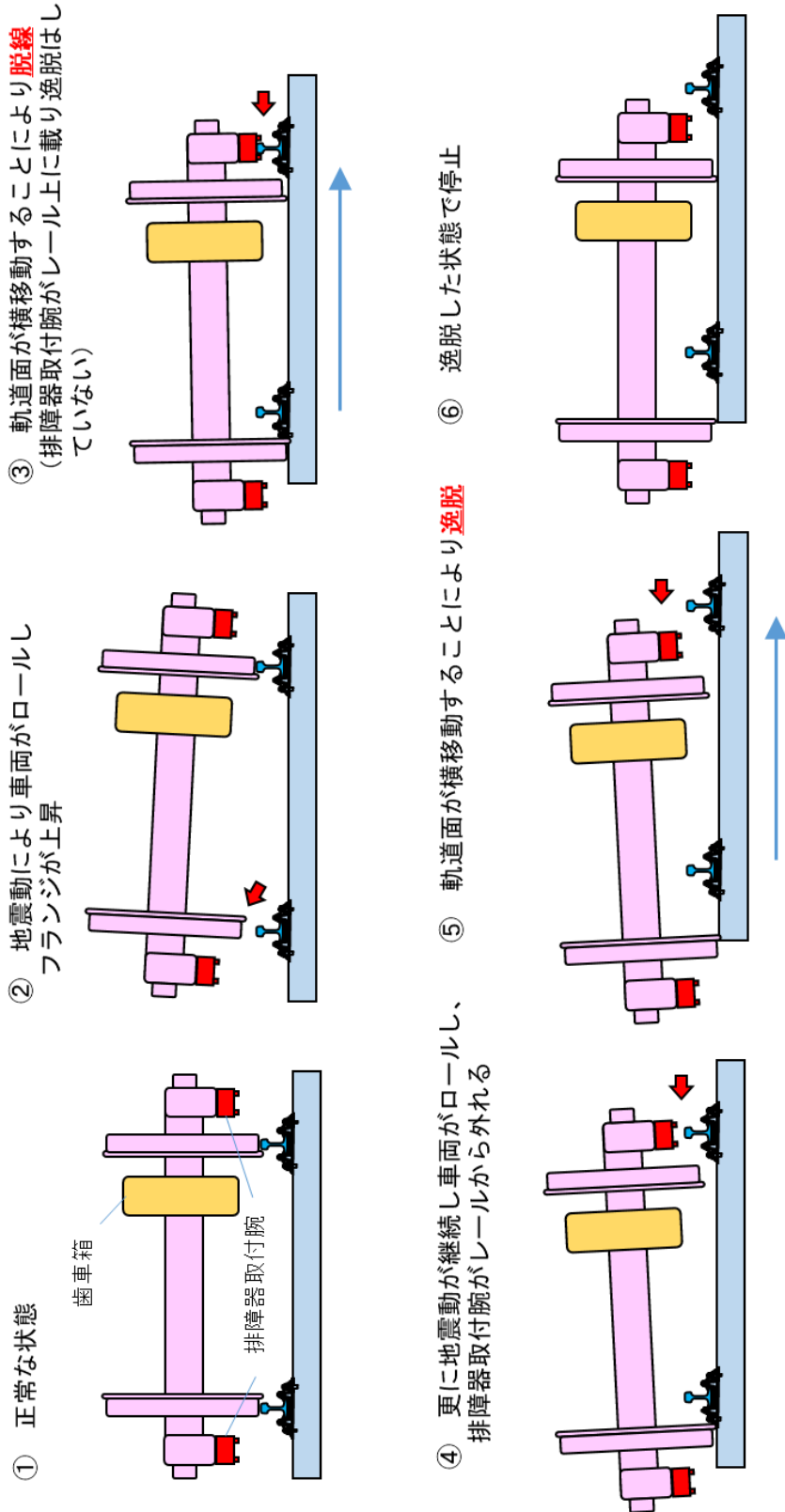
## ② II-3 (脱線し、排障器取付腕が一旦レール上に載ったが機能せず逸脱した輪軸)

### (a) 歯車箱側への脱線



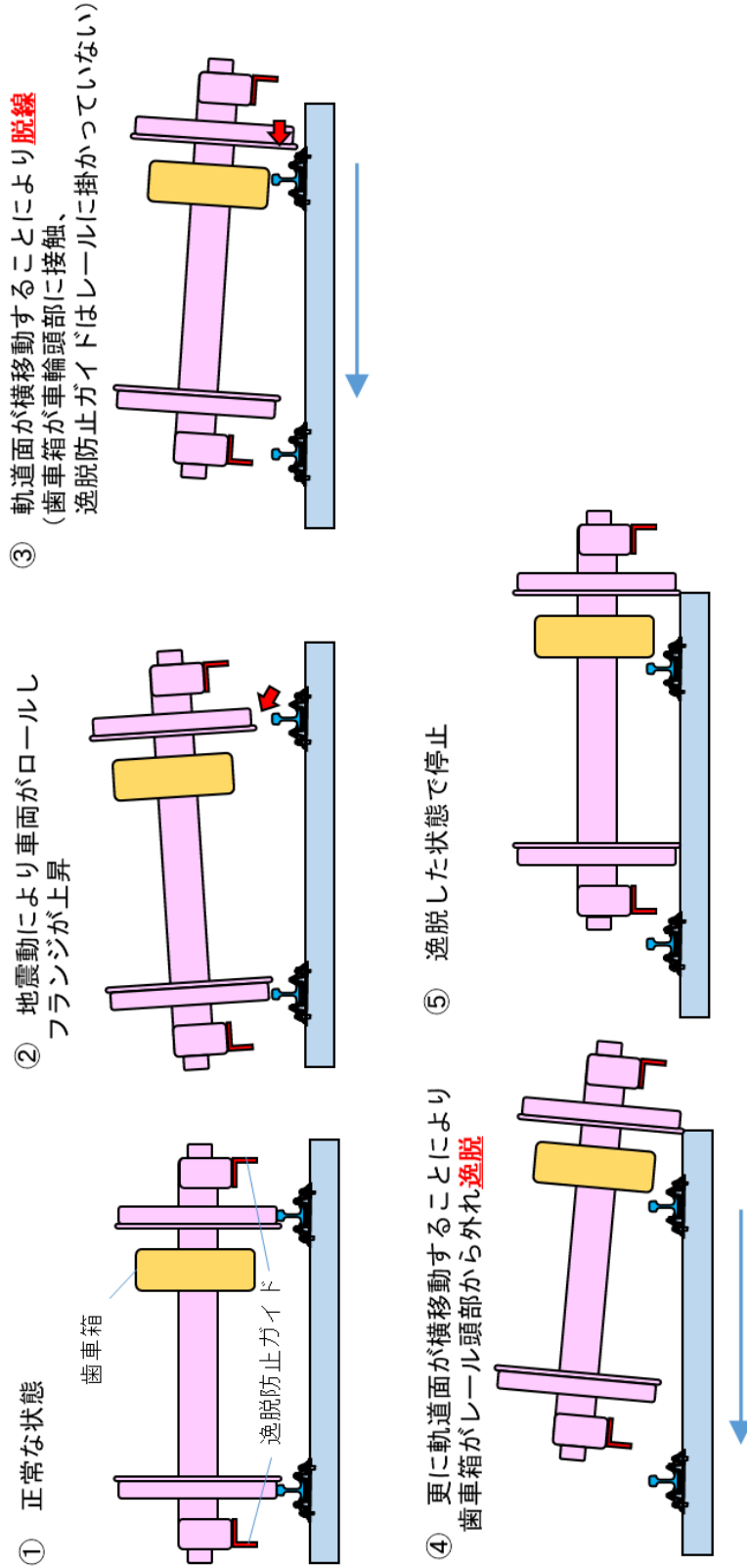
# 付図16 脱線及び逸脱時の車両挙動イメージ (4)

## (b) 反歯車箱側への脱線



# 付図 1 6 脱線及び逸脱時の車両挙動イメージ (5)

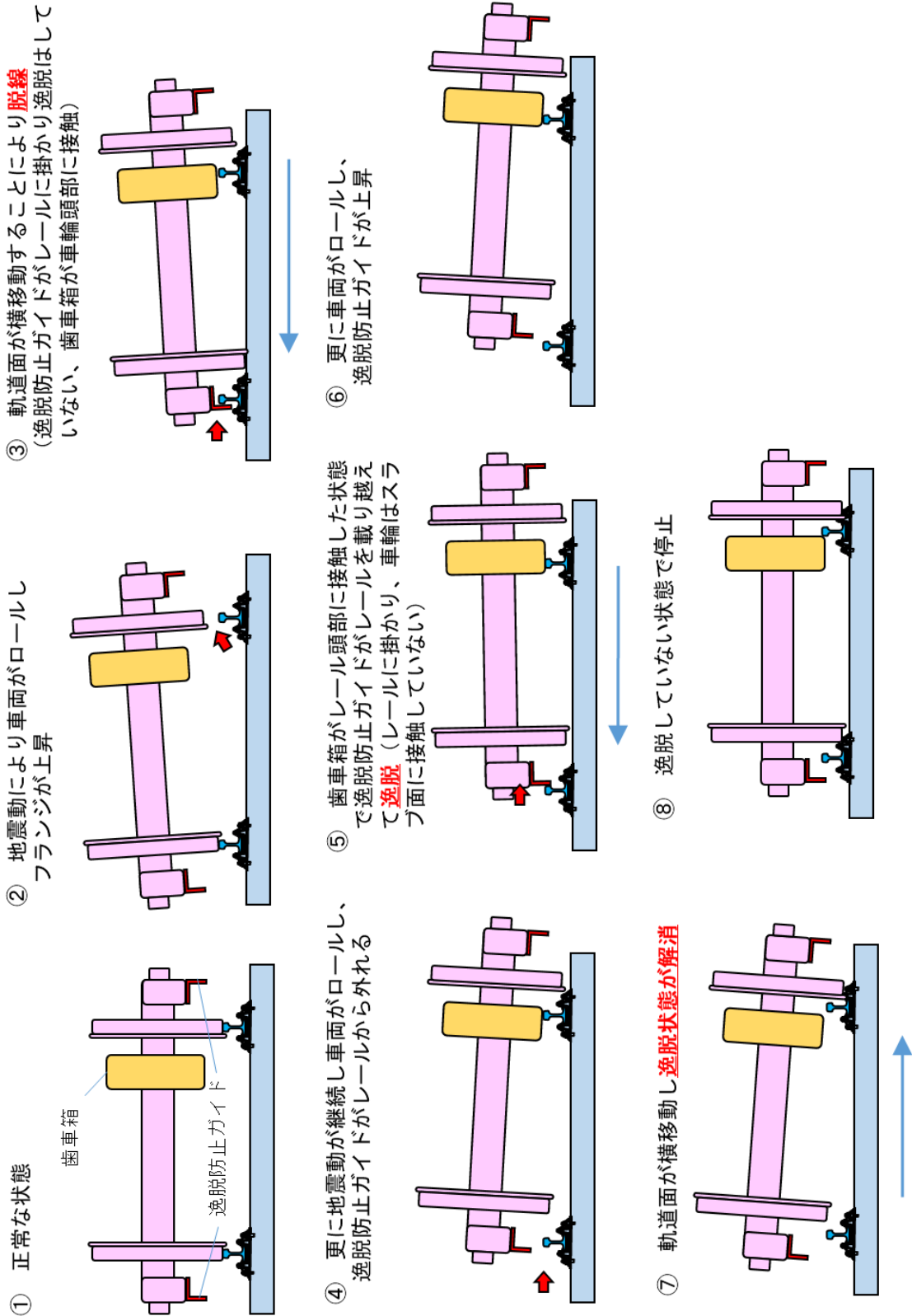
## ③ I-3 (脱線し、逸脱防止ガイドが機能せず逸脱した輪軸)



# 付図 1 6 脱線及び逸脱時の車両挙動イメージ (6)

## ④ I-4 (脱線し、逸脱したが戻り最終的に逸脱していない輪軸)

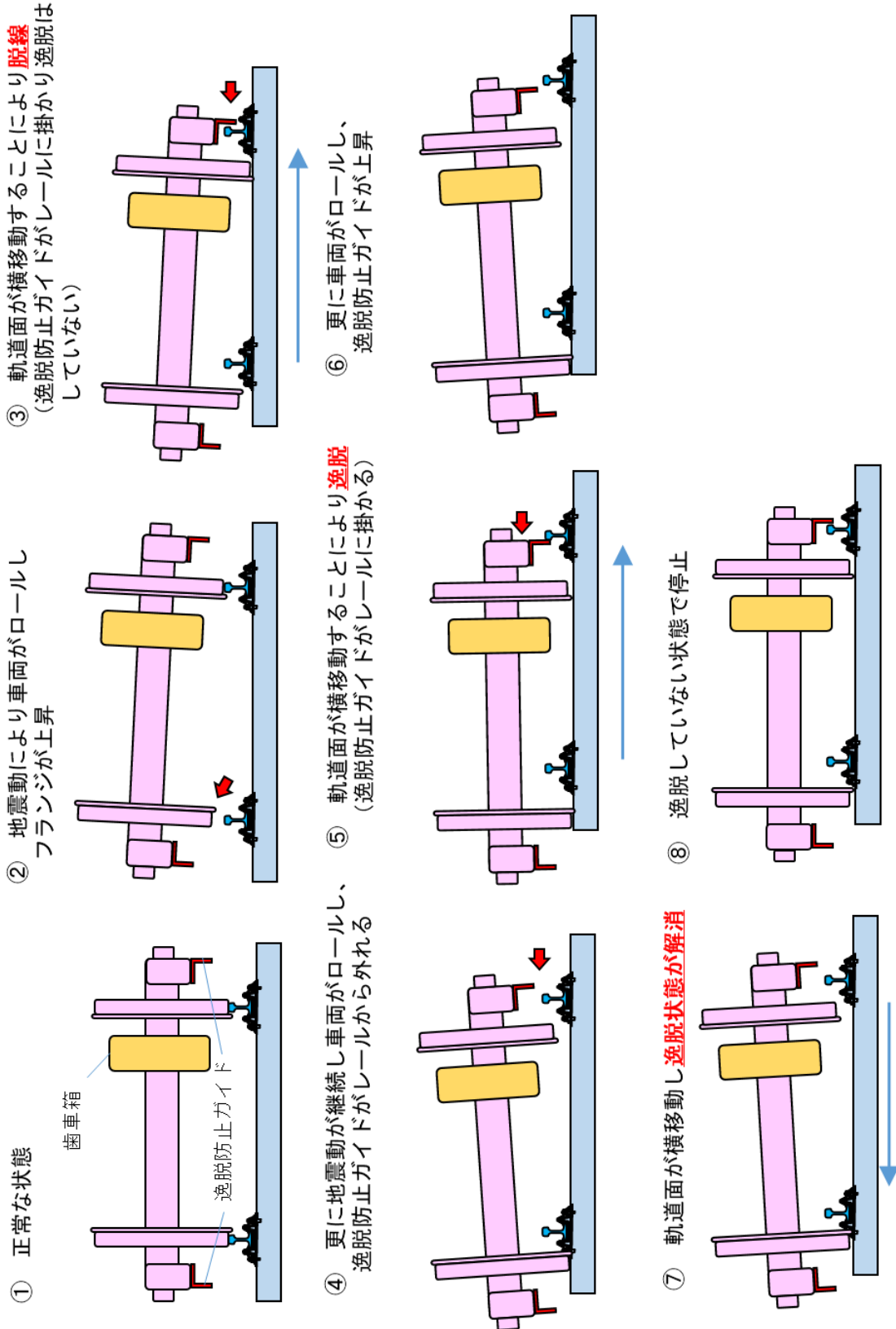
### (a) 歯車箱側への脱線





# 付図 1 6 脱線及び逸脱時の車両挙動イメージ (7)

## (b) 反歯車箱側への脱線



## 附属資料 1 軌道面の不同変位についての考察

本資料は、本事故発生箇所付近における不同変位について考察したものである。なお、本資料で検討された内容は、本件地震で被害のあった区間全体に渡る検討ではないため、本件地震による不同変位の評価を行ったものではない。

284k160m付近（本件列車前頭部から5m前方、図1-1参照）においては、通り変位の左右がほぼ平行に変動し、軌間変位にほぼ変動がないことから図1-2に示す形状の軌道面の不同変位が発生したと考えられる。



図1-1 当該箇所の状況

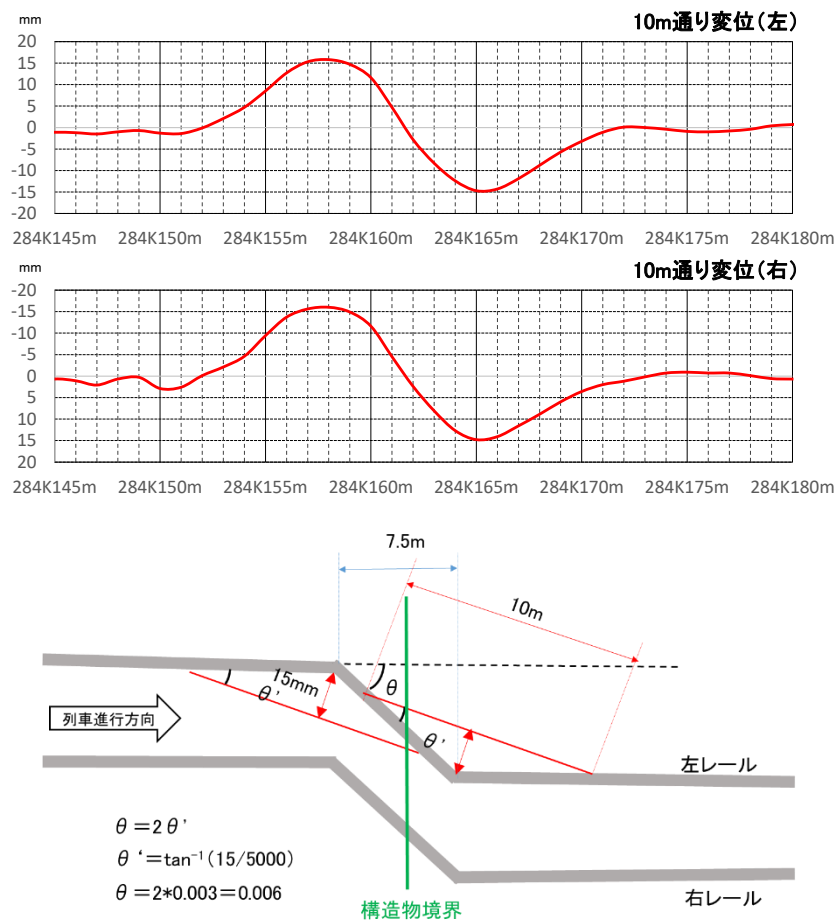


図1-2 当該箇所の通り変位から考えられる軌道面の不同変位

この不同変位は、当該箇所の構造物境界（第7大平高架橋の調整桁とラーメン高架橋の境界）付近が、本件地震の地震動により構造物が水平方向の角折れの状態となり発生したものと考えられる。

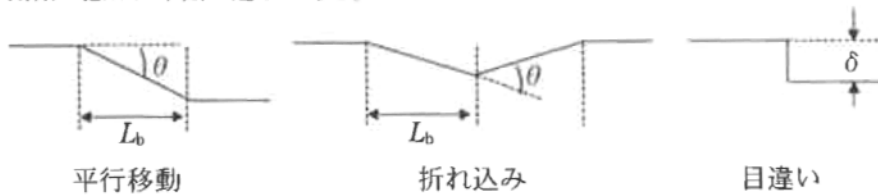
図1-2に示す当該箇所の10m弦通り変位より、当該箇所の構造物は、7.5m程の間隔で10m弦通り変位が15mm程度として検測される平行移動で角折れしている状態であり、平行移動の角度を算定するとおおよそ6mradであったと考えられる。

これは、地震時における軌道面の不同変位の限界値（表1-1参照）から、速度160km/h（平行移動の間隔=10m）時の限界値に相当するものであり、当該箇所の軌道面の不同変位はやや大きいものであったと考えられる。

表1-1 地震時における軌道面の不同変位の限界値（水平方向）\*41

方向	最高速度 (km/h)	角折れ $\theta$ ( $\cdot 1/1000$ )		目違い (mm)	
		平行移動			折れ込み
		$L_b=10\text{ m}$	$L_b=30\text{ m}$		
水平	130	7.0		8.0	14
	160	6.0		6.0	12
	210	5.5	3.5	4.0	10
	260	5.0	3.0	3.5	8
	300	4.5	2.5	3.0	7
	360	4.0	2.0	2.0	6

用語の意味は下図の通りである。

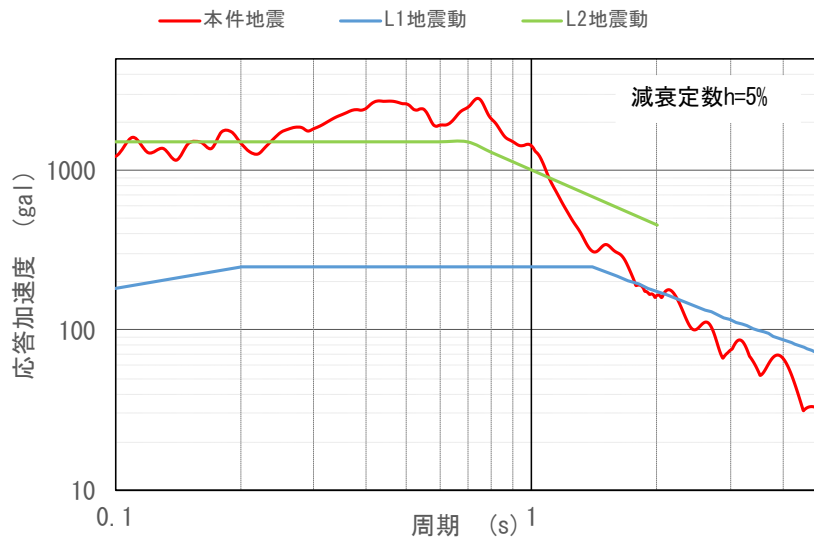


なお、JR東日本によると、当該箇所の通り変位や軌間変位等については地震動による軌道スラブやレール締結装置のズレにより発生しており、本件地震後に当該箇所での構造物の角折れは確認されていないとのことである。

さらに、軌道面の不同変位は、原則L1地震動を対象に照査する\*42のものであり、本件地震のようなL1地震動を超過するまれに発生する地震動（図1-3参照）における不同変位については、想定範囲外ということである。なお、現時点において、高架橋の改良による目違い・角折れ等の抑制対策の計画はないとのことである。

\*41 「鉄道構造物等設計標準・同解説―変位制限―」（国土交通省鉄道局、平成18年、p.155）

\*42 「鉄道構造物等設計標準・同解説―変位制限―」（国土交通省鉄道局、平成18年、p.69）



地震動	周期 T (s)	応答加速度 (gal)
L 1	$0.1 \leq T < 0.2$	$508 \times T^{0.44}$
	$0.2 \leq T < 1.4$	250
	$1.4 \leq T$	$350 \times T^{-1.0}$
L 2	$0.1 \leq T \leq 0.7$	1500
	$0.7 < T \leq 2.0$	$1000 \times T^{-1.137}$

※ L 1 地震動：建設地点における構造物の設計耐用期間内に数回程度発生する確率を有する地震動

弾性加速度応答スペクトルに地域別係数を乗ずる

宮城県地域別係数=1.0

基盤面：G1 地盤（耐震設計上の基盤面）

※ L 2 地震動：建設地点で考えられる最大級の強さをもつ地震動。

スペクトルⅠ：海溝型地震を想定したもの ※ スペクトルⅡは内陸活断層による地震

標準応答スペクトル

基盤面：G1 地盤（耐震設計上の基盤面）

※本件地震：基盤地震動（線路直角方向）（図18参照）

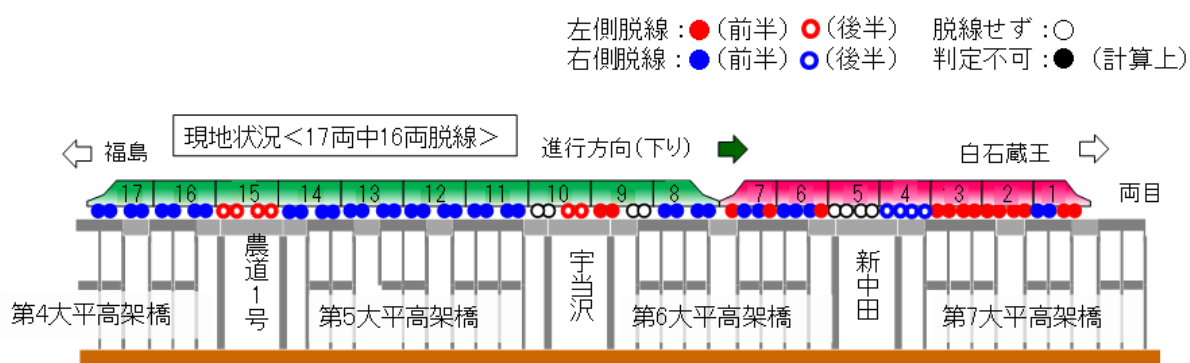
図1-3 本件地震とL1及びL2地震動<sup>\*43</sup>

\*43 「鉄道構造物等設計標準・同解説－耐震設計－」（国土交通省鉄道局、平成24年、p.36、p.45）

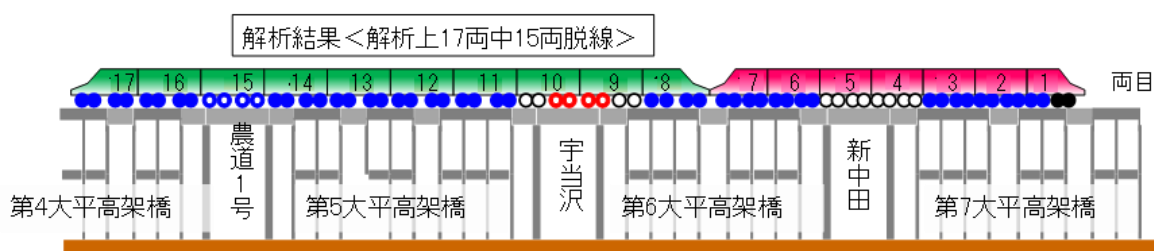
## 附属資料2 脱線するまでの車両の挙動シミュレーション結果

現地脱線状況と車両の挙動シミュレーション結果の比較を下図に示す。なお、現地状況の脱線タイミングは、本件列車の車体振動加速度の記録に基づき判断したものである。

これによると、車両の挙動シミュレーションでは、17両中15両が脱線と判定される結果となり、特に脱線軸と脱線タイミングについては、4両目を除き、現地状況にほぼ一致している。



(a) 現地状況分析結果

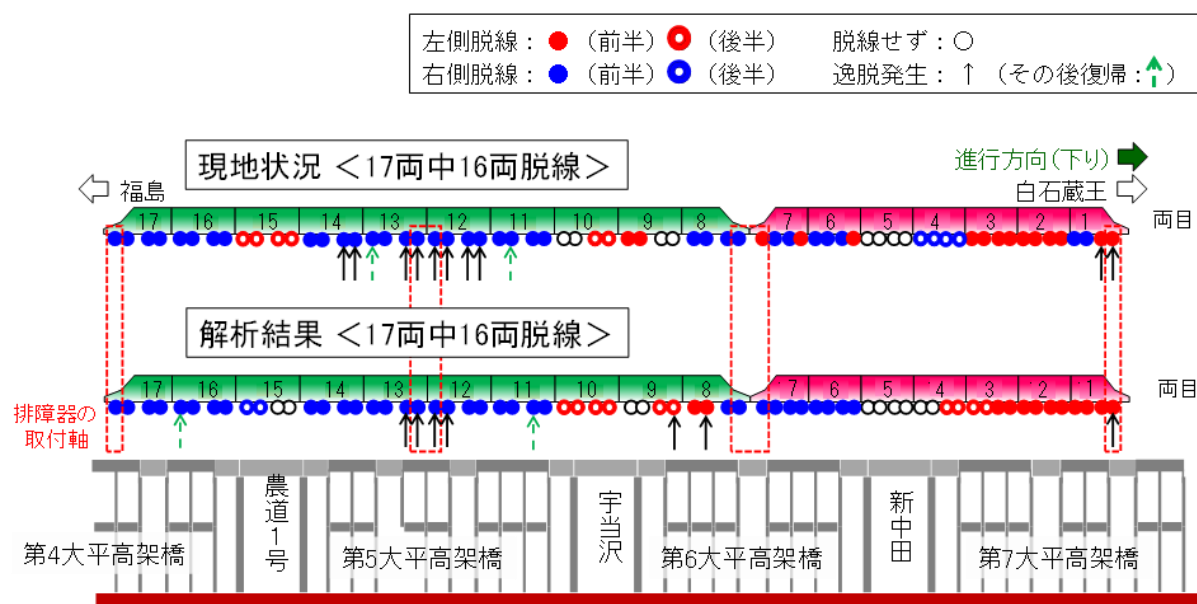


(b) シミュレーション結果

### 附属資料 3 脱線後に逸脱するまでの車両挙動シミュレーション結果

現地脱線状況と編成車両の脱線後に逸脱するまでの車両挙動シミュレーション結果の比較を下図に示す。なお、現地状況の脱線タイミングは、本件列車の車体振動加速度の記録に基づき判断したものである。

これによると、解析結果の脱線軸、脱線方向、脱線タイミング及び脱線両数が現地状況とおおむね一致していることが確認できる。さらに、排障器取付腕の取付軸である13両目前台車第1軸、12両目後台車第1軸及び1両目前台車第1軸での逸脱発生についても解析結果により再現できていることが分かる。



## 附属資料 4 逸脱防止ガイド等の寸法についての分析 (詳細)

本資料は、逸脱防止ガイド等のレールへの掛かりにくさについて詳細を分析したものである。図4-1に逸脱防止ガイド等の寸法から「逸脱を防ぐことができる」及び「逸脱が発生する」脱線後の車輪の左右移動量を示す。なお、以下に示す分析結果の数値は、本件列車の本事故発生前直近の検査結果などを用いて検討したものであり、逸脱を防止できる距離として一般化されたものではない。

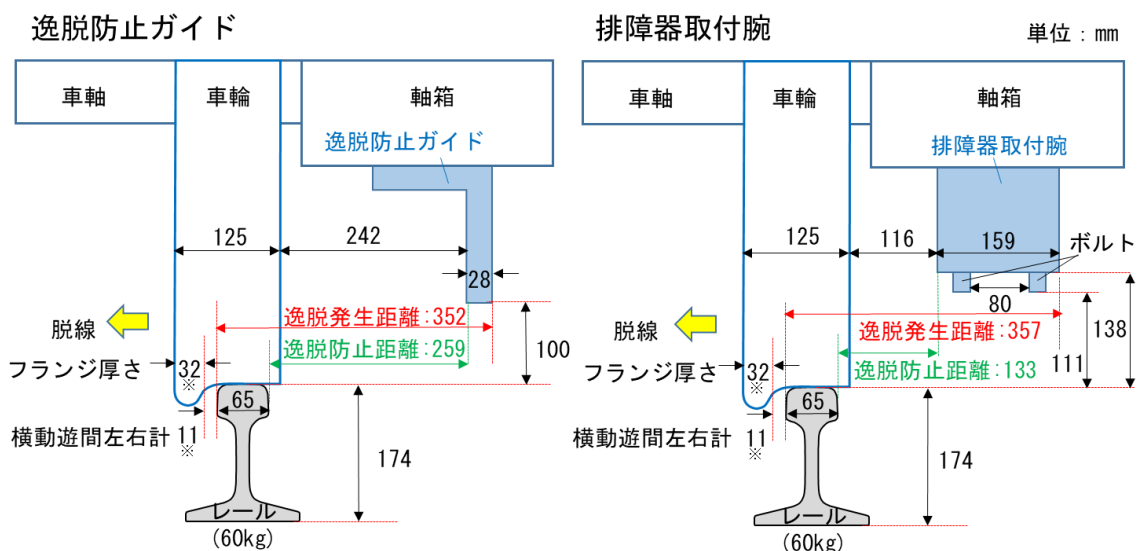
### ① 逸脱を防ぐことができる脱線後の車輪の左右移動量

脱線後に車輪と逸脱防止ガイド等がレールを挟み込み、逸脱を防止できる時の車輪の最大の左右移動量（以下、「逸脱防止距離」という。）を、脱線する側の車輪フランジがレールに接着している位置関係における脱線する側と反対側のレールの外側の側面とガイド部分の距離とすると、逸脱防止ガイドでは259mm、排障器取付腕では、133mmとなる。

### ② 逸脱が発生する脱線後の車輪の左右移動量

脱線後に逸脱防止ガイド等がレールを乗り越えて逸脱が発生する時の車輪の最小の左右移動量（以下、「逸脱発生距離」という。）を、脱線する側の車輪フランジがレールに接着している位置関係における脱線する側と反対側のレールの内側の側面とガイド部分と反対側の側面の距離とすると、逸脱防止ガイドでは352mm、排障器取付腕では、357mmとなる。

なお、上記の算出にあたり、フランジ厚さ及び横動遊間左右計については、H2編成（H5系）各輪軸の本事故発生前直近の測定データ平均値としている。



※本事故発生前直近の測定値（H2編成）より算定した値

図4-1 逸脱防止ガイド等の寸法

以上より、逸脱発生距離は、逸脱防止ガイドと排障器取付腕で大差ないが、逸脱防止距離は逸脱防止ガイドと比較して排障器取付腕が小さい。このため、排障器取付腕は脱線時に逸脱を防ぎにくいと言える。



## 附属資料5 新幹線の地震対策に関する考え方について

新幹線の地震対策は、これまでの地震被害の教訓を踏まえ、取組が進められており、現在は、平成16年に発生した新潟県中越地震による上越新幹線の脱線事故の教訓を踏まえ、「構造物の耐震対策」、「早期地震検知システムの充実」、「脱線・逸脱防止対策」の三つの対策を進めている。

本報告書では、基本的に上記の対策の考え方を踏襲しつつ、本事故による教訓を加え、新幹線の地震対策について考察を行っている。

なお、既存の新幹線の地震対策については、以下のとおりである。

### ① 構造物の耐震対策

構造物の耐震対策については、安全性を確保することを目的に、大規模な地震に対して構造物が崩壊しないこととしている。

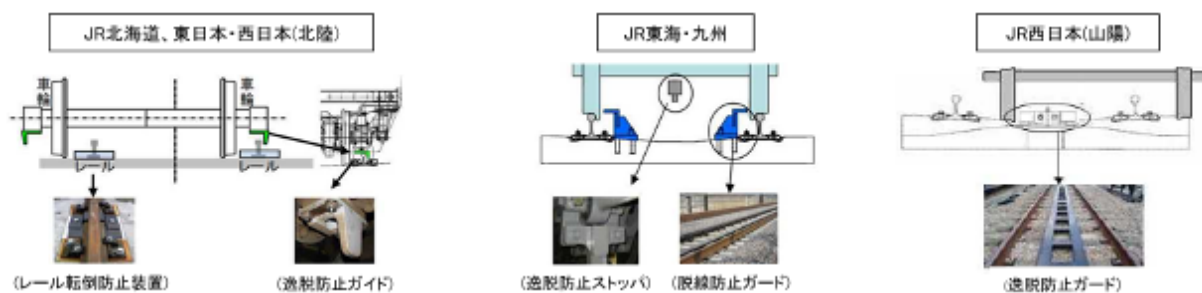
また、地震時の列車の走行安全性について、「地震時の走行安全性に関わる変位の照査」として構造物の設計時に考慮され、L1地震動によって生じる構造物の横方向の振動変位及び構造物境界における軌道面の不同変位を走行安全性上定まる一定値以内に<sup>とど</sup>留めることを照査している。

### ② 早期地震検知システムの充実

脱線及び逸脱をした場合の被害を軽減させるために、遠方で検知した地震動により列車に緊急ブレーキを作動させ、地震動を受ける列車の速度を極力低くするためのシステムである。既存のシステムを随時改良し、地震動を検知するまでの時間、検知してからブレーキが掛かるまでの時間の短縮に努めている。

### ③ 脱線・逸脱防止対策

上記①及び②の対策で脱線を完全に防ぐことは困難であるため、被害を軽減させるために、車両や軌道の設備で脱線や脱線後の逸脱を防ぐものである。現状、国内の新幹線においては3タイプの脱線・逸脱防止対策がある。(図5-1参照)



※出典：国土交通省HP、第1回 新幹線の地震対策に関する検証委員会（令和4年5月31日） 配付資料

<https://www.mlit.go.jp/tetudo/content/001483897.pdf>

図5-1 JR各社の新幹線脱線・逸脱防止対策

さらに、今後の課題として、以下の事柄を踏まえた検討及び研究や技術開発を進めていくことが望ましい。

- ① 本事故は高架橋等の構造物上の列車が軌道面の強い揺れにより脱線・逸脱したものであり、車両や構造物の改良による振動抑制対策が有効な対策であると考えられる。
- ② 3.4.1(2)に記述したように、本事故発生時における本件列車停止位置付近では、列車脱線に直接影響するものではなかったが、地震動による構造物境界の角折れや目違い等の不同変位を抑制することも走行中の列車に対する脱線防止対策として有効であると考えられる。