

東日本旅客鉄道株式会社 東北新幹線 列車脱線事故 (令和4年3月16日発生)

鉄道事故調査報告書 説明資料

運輸安全委員会
令和6年3月

鉄道事故の概要

1. 事業者名 : 東日本旅客鉄道株式会社
2. 事故種類 : 列車脱線事故
3. 発生日時 : 令和4年3月16日(水) 23時37分ごろ
4. 発生場所 : 東北新幹線 福島駅～白石蔵王駅間
東京駅起点284k155m付近
5. 列車 : 東京駅発仙台駅行き 第223B列車 17両編成
6. 死傷者 : 軽傷6名(乗客)

7. 概要 :

第223B列車は、令和4年3月16日、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。

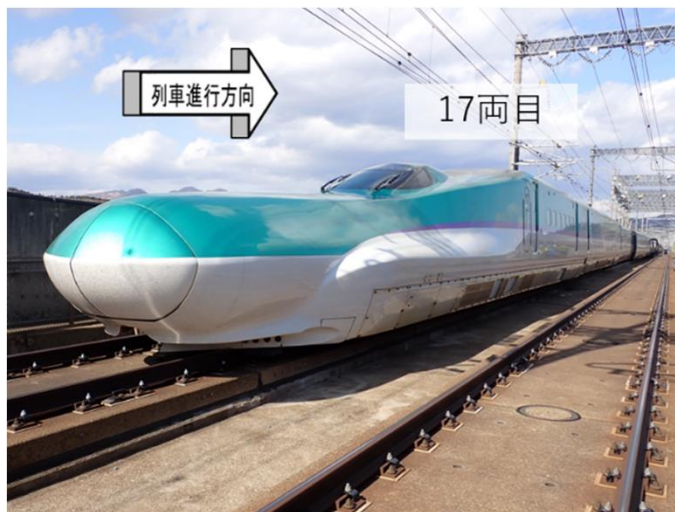
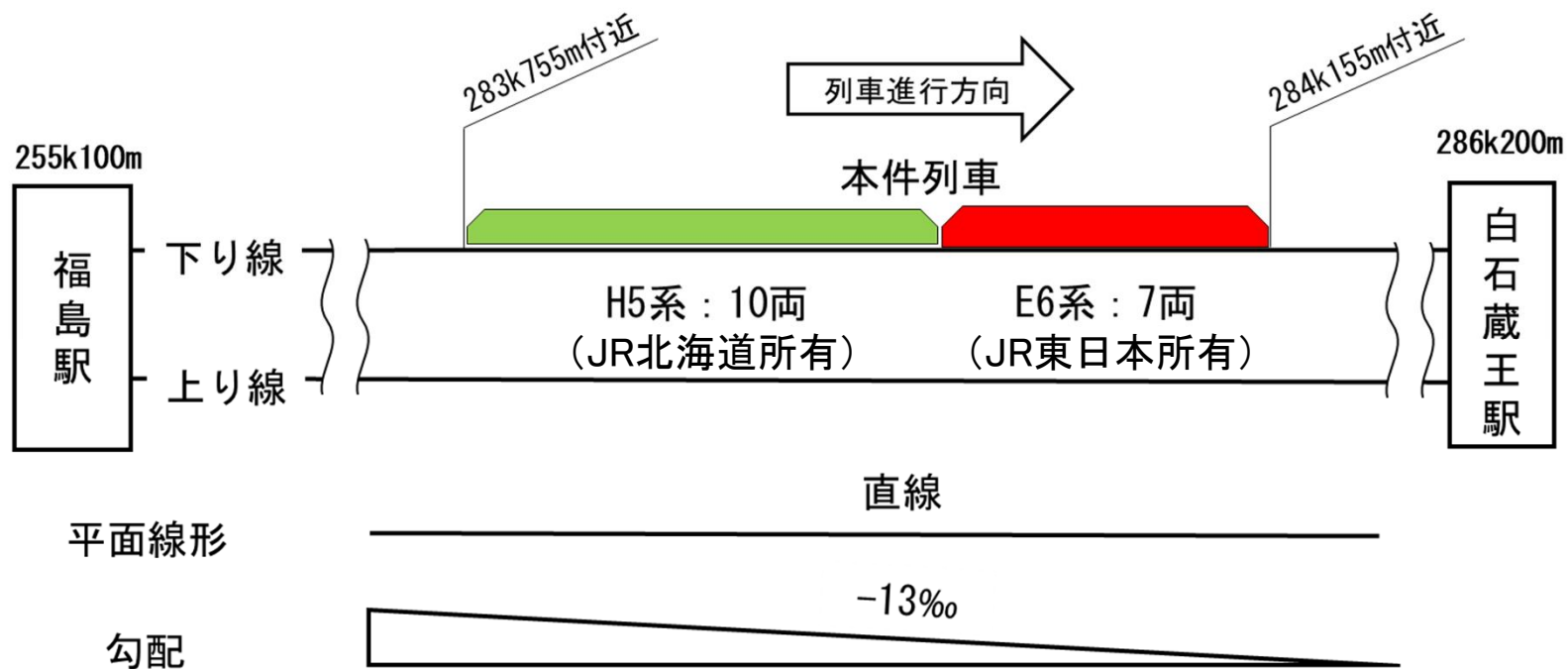
東北新幹線路線図

東北新幹線 東京駅～新青森駅間 713.7 km (複線)

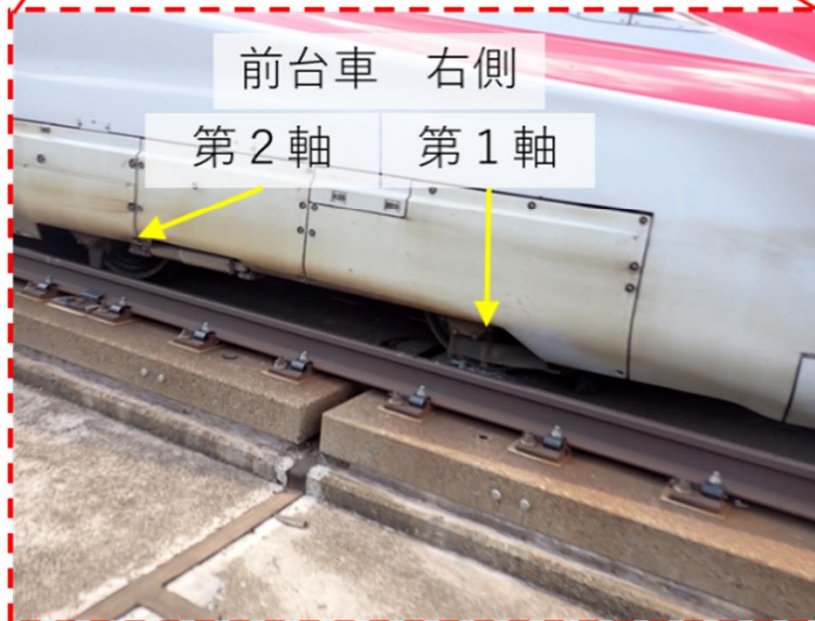
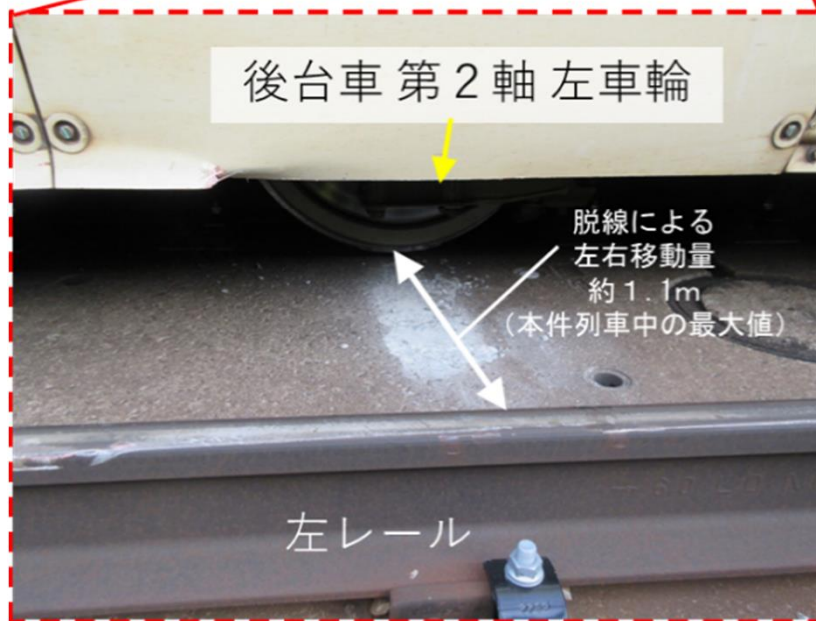
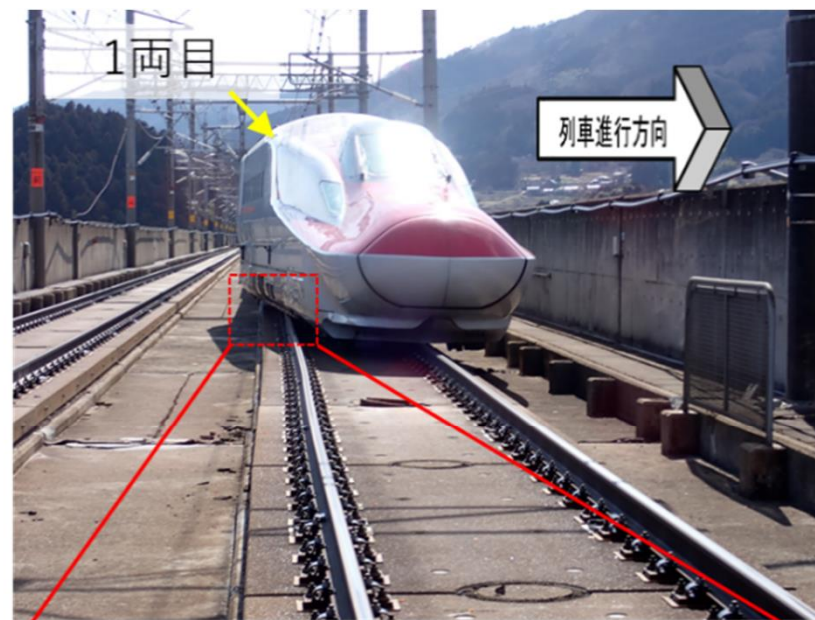


※この図は、国土地理院の地理院地図（電子国土Web）を使用して作成

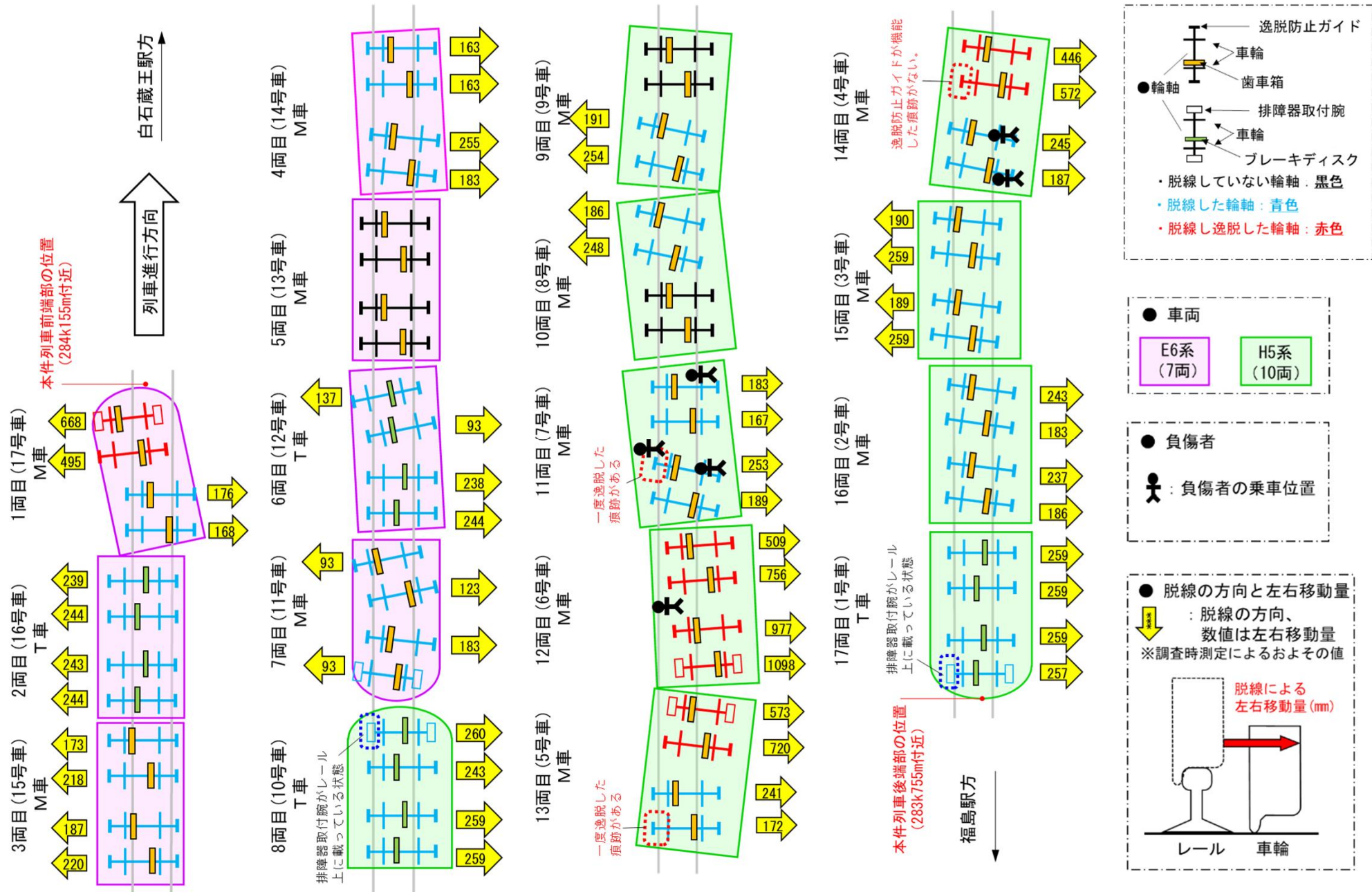
事故現場の略図・状況



事故現場の状況



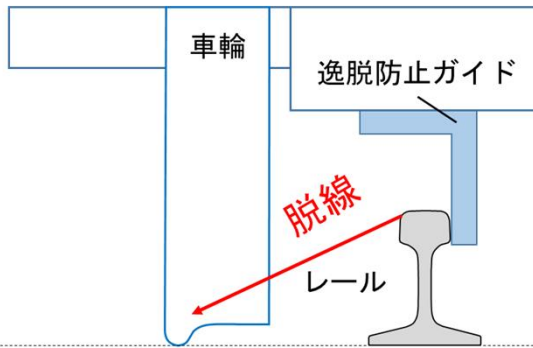
本件列車の脱線の状況(1/2)



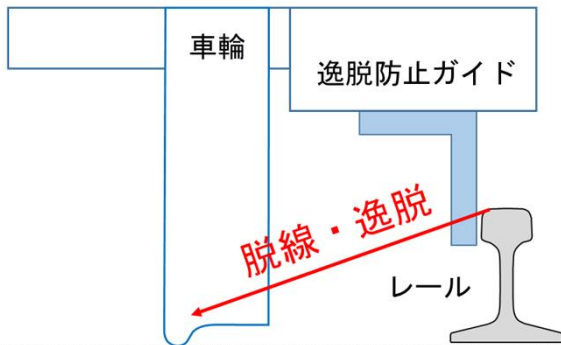
本件列車の脱線の状況(2/2)

- ・ **全17両、輪軸68軸の内、60軸が脱線**していた。
- ・ 脱線した**60軸の内、10軸は逸脱**していた。

脱線し、逸脱防止ガイドにより逸脱を防止している状態



脱線した後、逸脱防止ガイドがレールを乗り越えて逸脱している状態



脱線及び逸脱した輪軸例

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

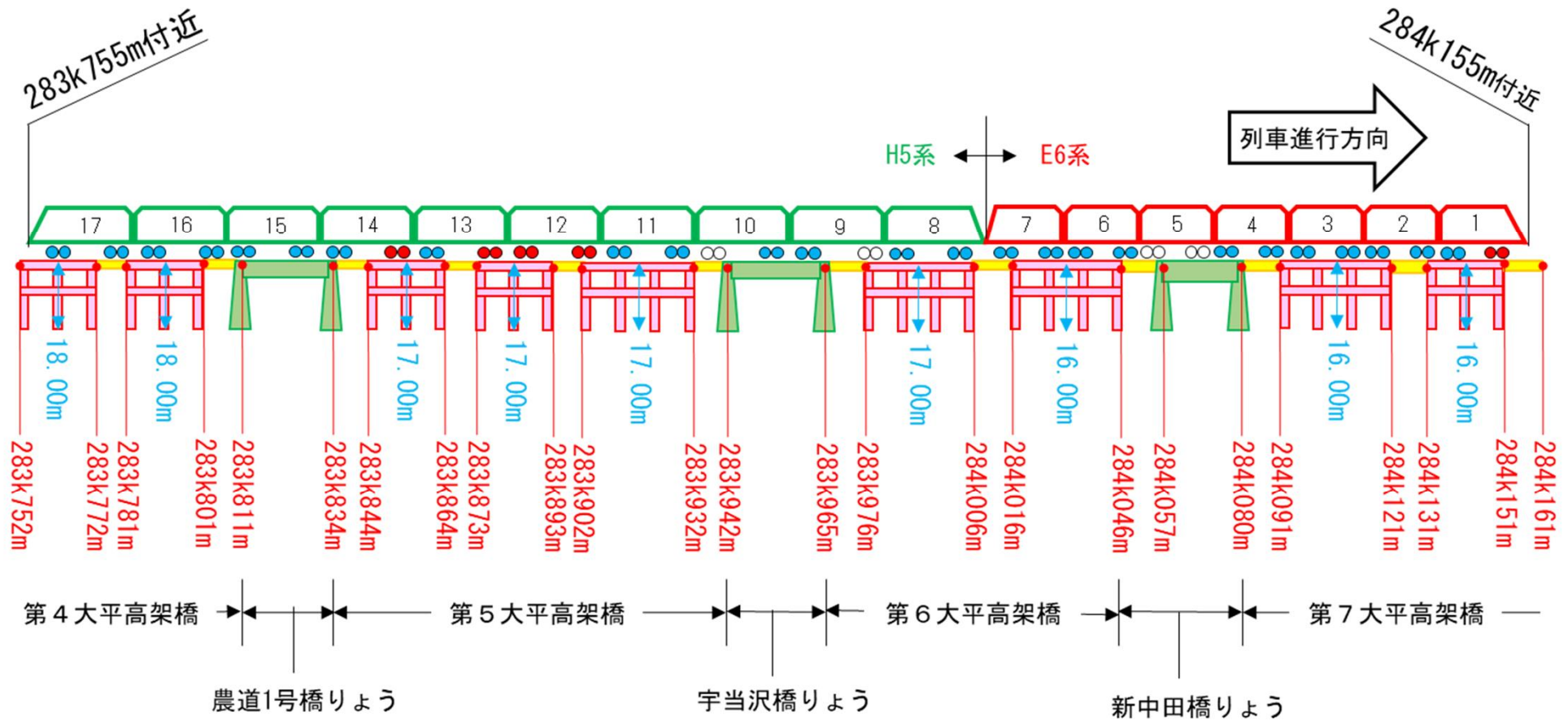


排障器取付腕

1両目 前台車第1軸 右側



事故現場付近の構造物



車 両 : ○ : 脱線していない輪軸 ● (Blue) : 脱線した輪軸 ● (Red) : 脱線し逸脱した輪軸

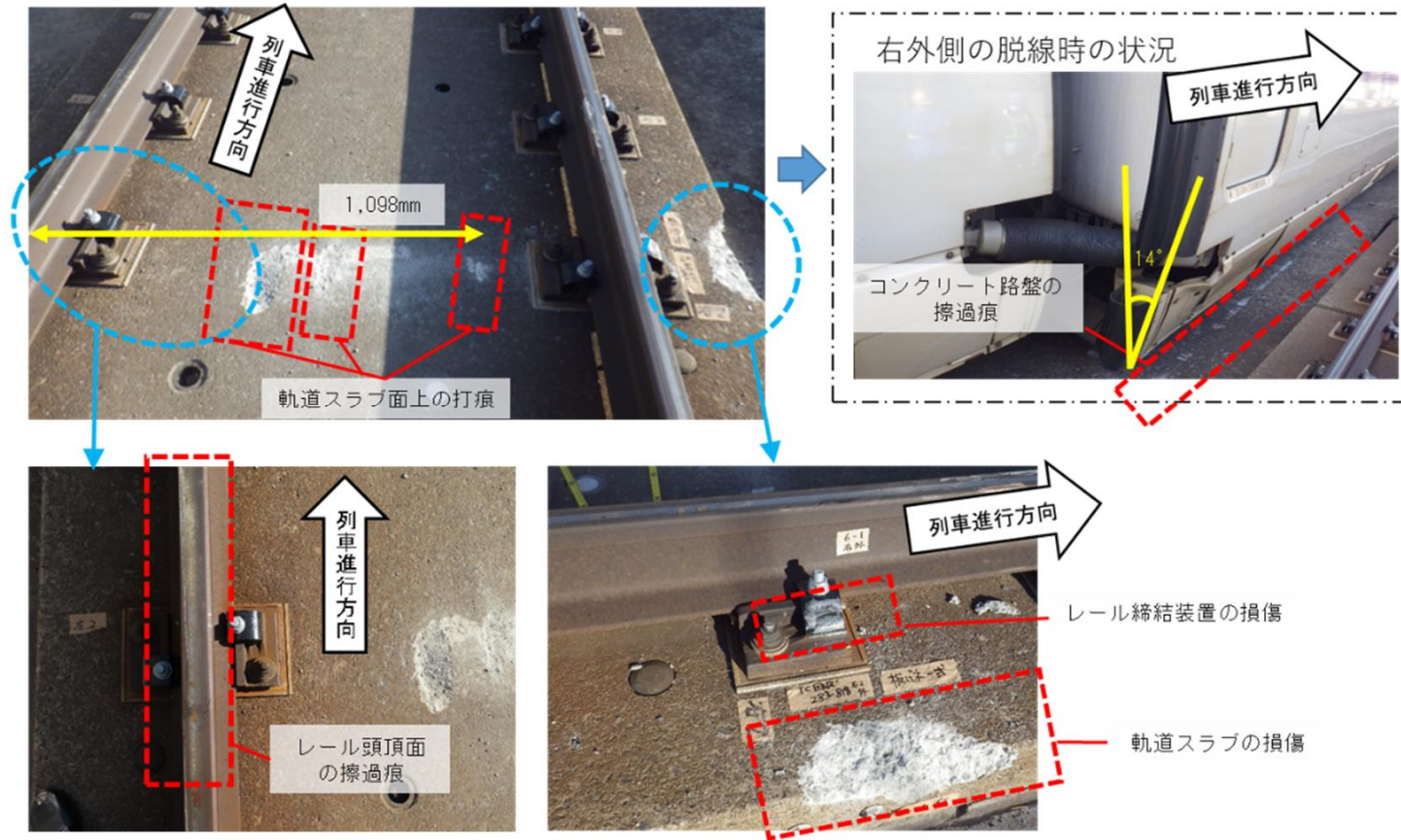
構造物 : ラーメン高架橋 調整桁 橋りょう

軌道の主な損傷及び痕跡状況(例)

G : 12両目 後台車 第2軸

左

右



※全輪軸の内、停止時の左右移動量が最も大きかった輪軸

本件列車が停止していた位置の各輪軸付近において、スラブ面、レール及びレール締結装置等への損傷が認められた。

本事故により脱線した輪軸等によるものと推定される。

構造物等の主な損傷状況(例)

第7大平高架橋 R2・中層梁 ひび割れ・剝落



284k131m付近

不同変位(構造物境界に生じる水平方向の折れ角や段差)
※地震動発生時に発生したが、残存していない



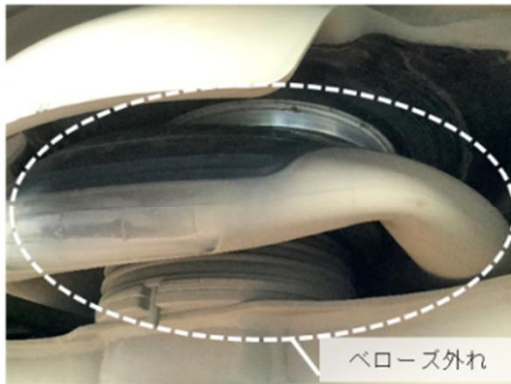
284k160m付近

列車脱線に直接影響する軌道面の大きな沈下や不同変位が残存している状況はなかった。高架橋の損傷のうち中層梁のひび割れ・剝落は、せん断ひび割れによるものと考えられるが、そ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。
→高架橋等の損傷は、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。

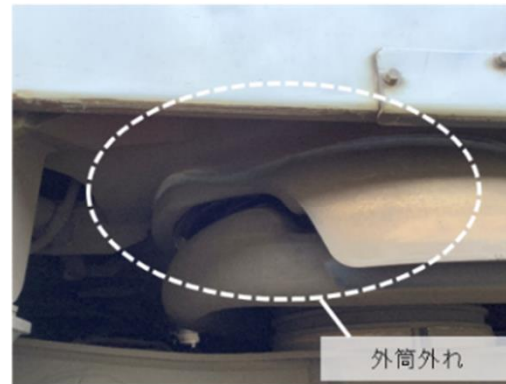
車両の主な損傷及び痕跡状況(例)

B 空気ばねの損傷

1両目 (後台車左側)



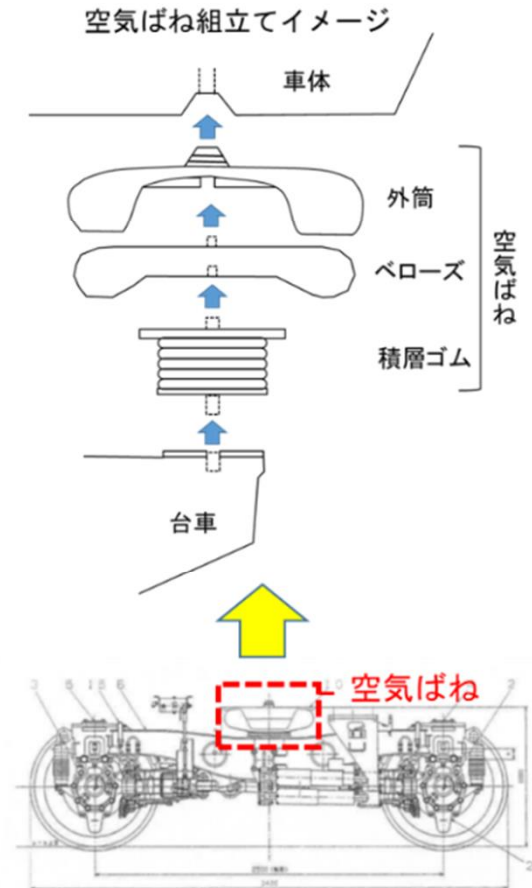
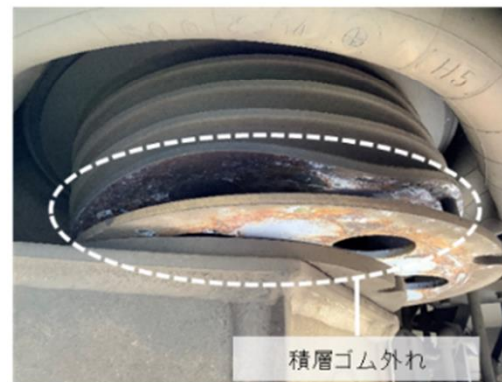
4両目 (前台車左側)



12両目 (後台車右側)



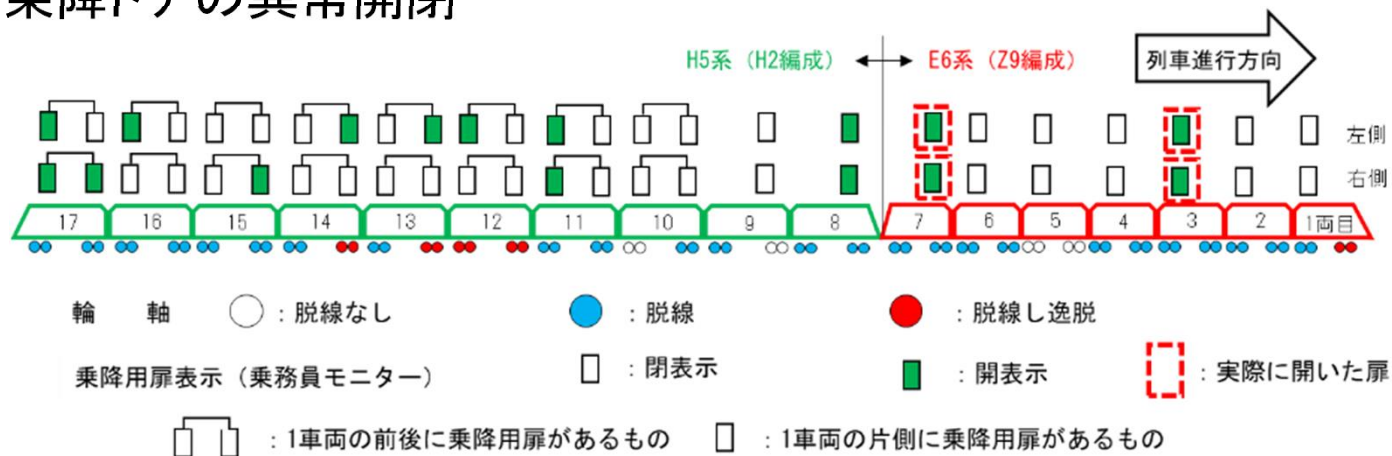
16両目 (前台車右側)



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。**

本件列車の乗降ドアの異常開閉

乗降ドアの異常開閉



本事故時において、本件列車の乗降ドアが車掌スイッチを操作していない状態で異常に開閉する事象が確認された。

開扉について

本件地震及び脱線の激しい振動・衝撃により、乗降ドア開閉リレーが誤動作したことによる。

閉扉について

本件運転士がブレーキハンドルを抜取位置にしたことにより、乗降ドア開閉リレーが復旧したことによる。

乗降ドアが走行中に異常開閉する可能性について

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。

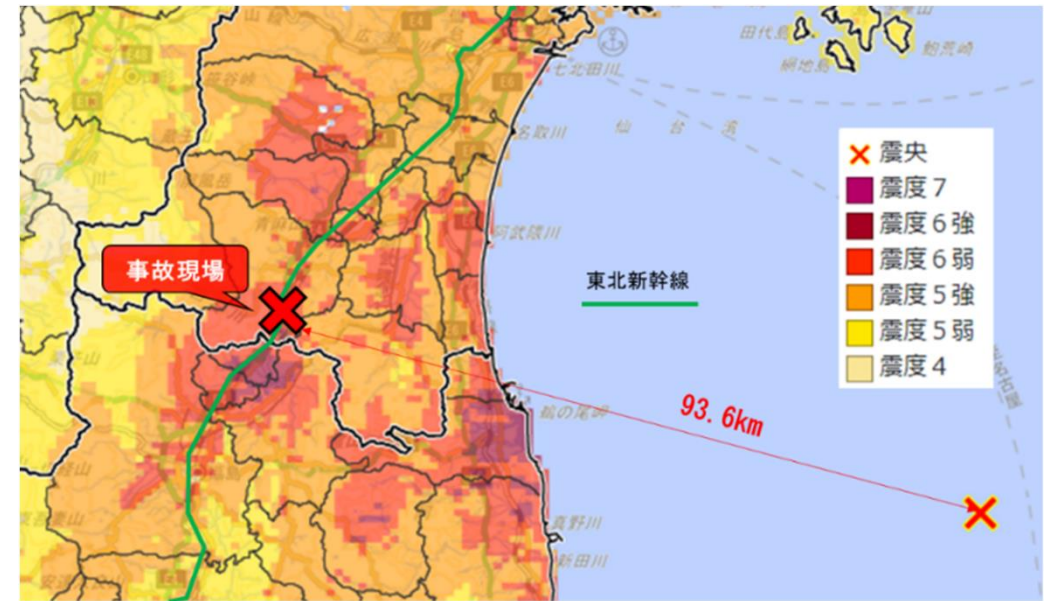
地震に関する情報

1回目地震

発生 : R4. 3. 16 23:34:27.0
 震源 : 深さ57km M6.1
 最大震度 : 5弱

本件地震

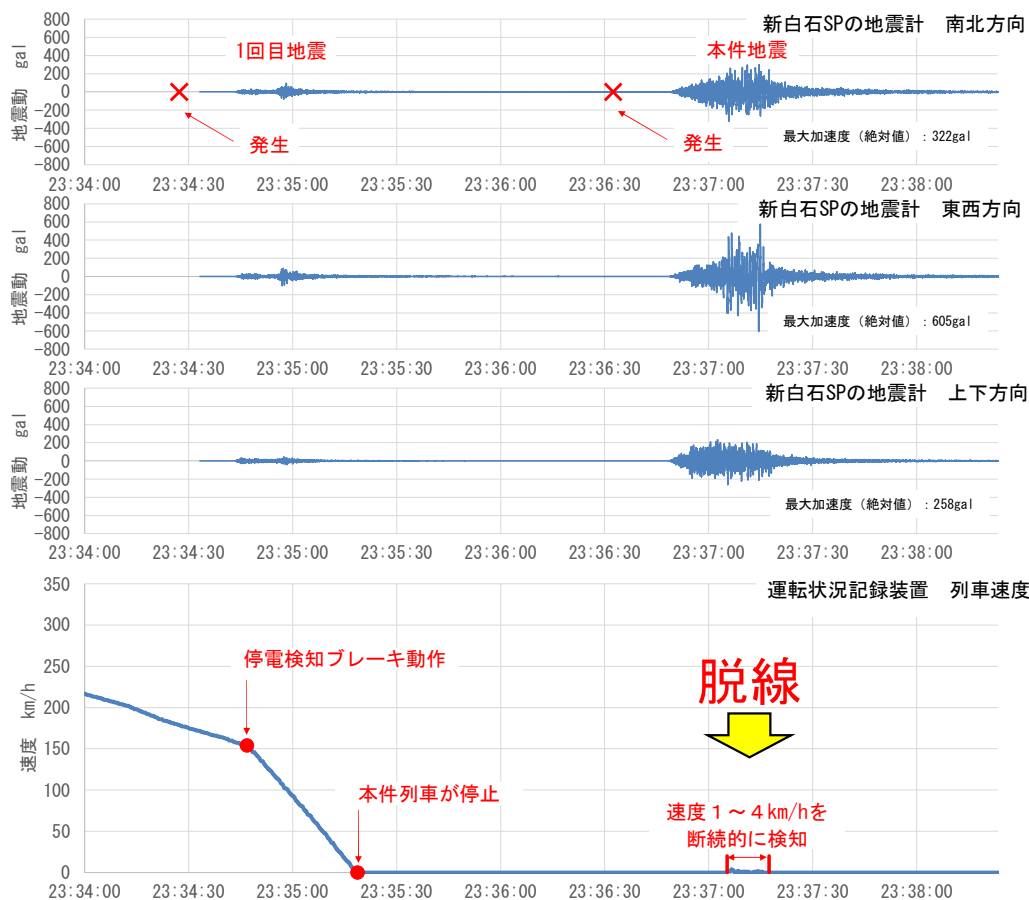
発生 : R4. 3. 16 23:36:32.6
 震源 : 深さ 57km M7.4
 最大震度 : 6強



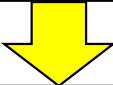
- ・JR東日本の地震の観測点(本事故現場からの距離が最も近い地点)
新白石き電区分所(SP) : 283k883m付近 右に約30m

※本件列車の停止位置(284k155m~283k755m)の範囲内

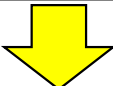
地震動と本件列車の速度



23:34:27.0: 1回目地震発生

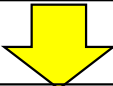


23:34:45.4: 新白石SP地震計が警報

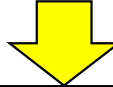


新幹線早期地震検知システム

23:34:46ごろ: き電遮断



23:34:46.6: 停電検知ブレーキ動作

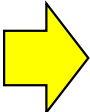


23:35:18.6: 本件列車停止

23:37:14.8: 新白石SP地震計
本件地震最大値観測

脱線

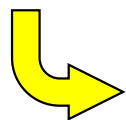
新幹線早期地震検知システムは正常に動作。
本件列車は1回目地震の影響により停止していた。



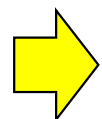
脱線時の速度: 0km/h

脱線及び逸脱の状況

・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。



本事故後に逸脱していなかった1 1両目後台車第1軸及び1 3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。



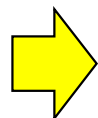
逸脱した輪軸は12軸であった可能性があると考えられる。

◆**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%)
- ・脱線し逸脱していたものが9軸(15%)

◆**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%)



排障器取付腕が設置されている輪軸は、脱線し逸脱した輪軸の割合が多かった。

車両の地震対策(逸脱防止ガイドと排障器取付腕)

逸脱防止ガイド

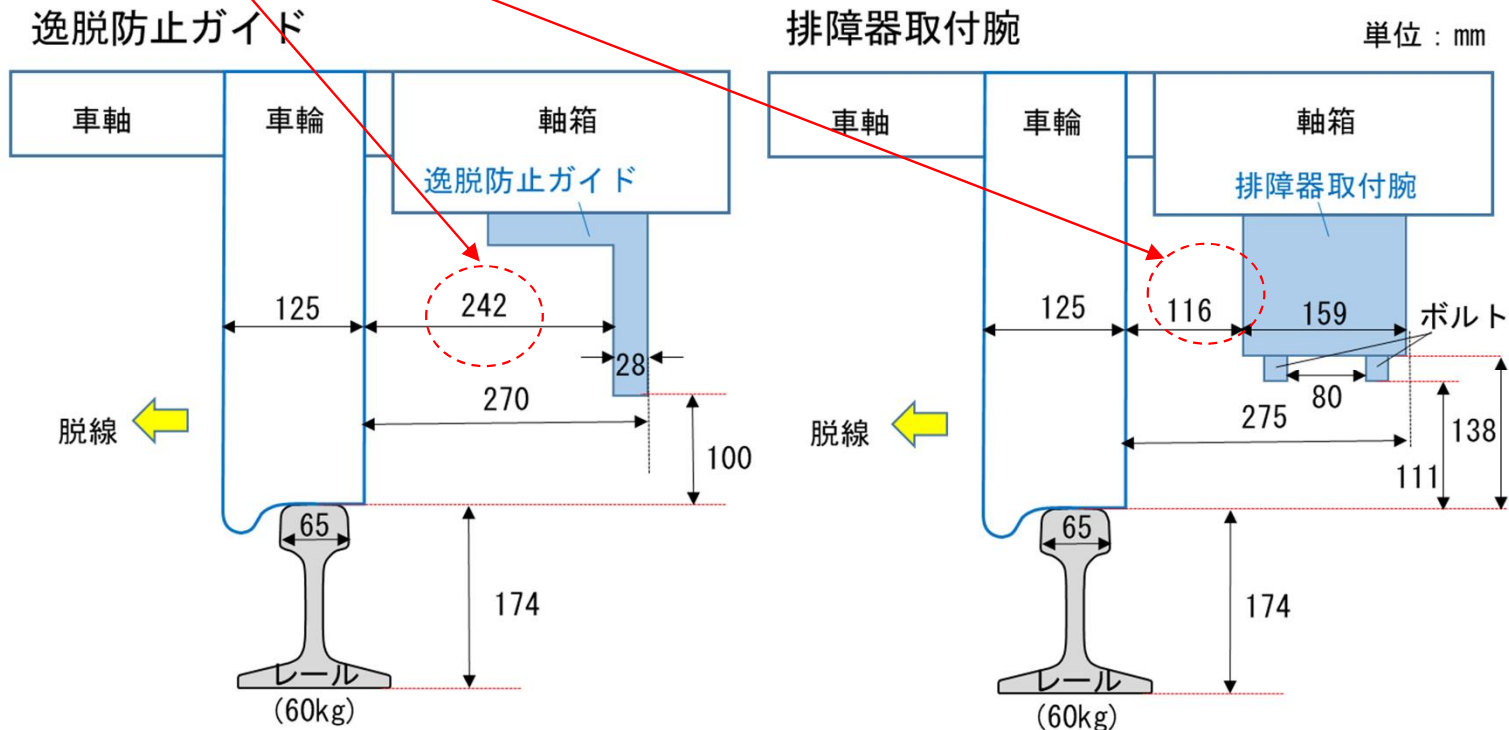
排障器取付腕

排障器取付腕は、逸脱防止ガイドと比較して、レールに掛かる部分の寸法が小さい



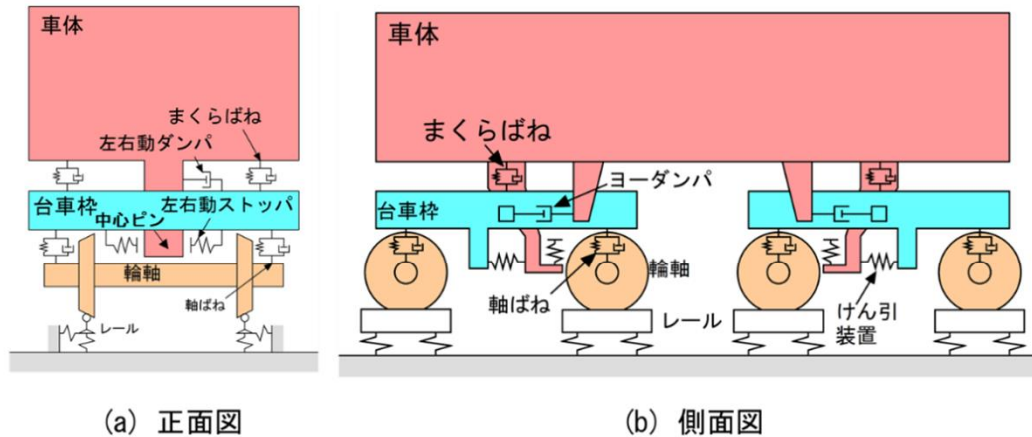
※脱線してレールに掛かった状態

逸脱に関する可能性がある。

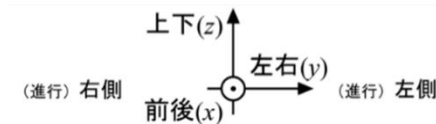
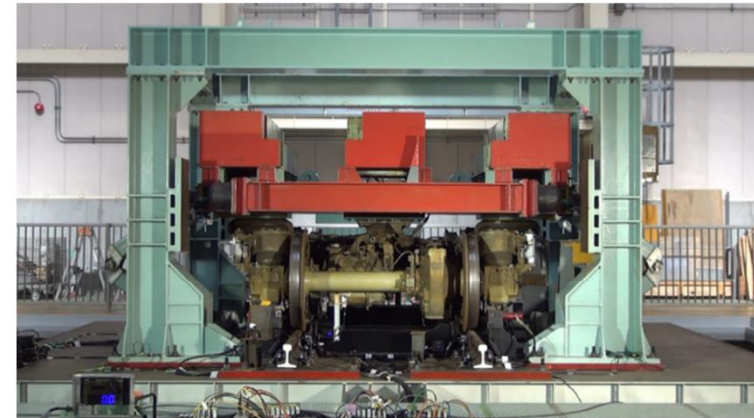


脱線及び逸脱のメカニズム

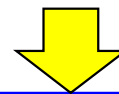
数値シミュレーション



実台車加振実験



結果に基づき分析



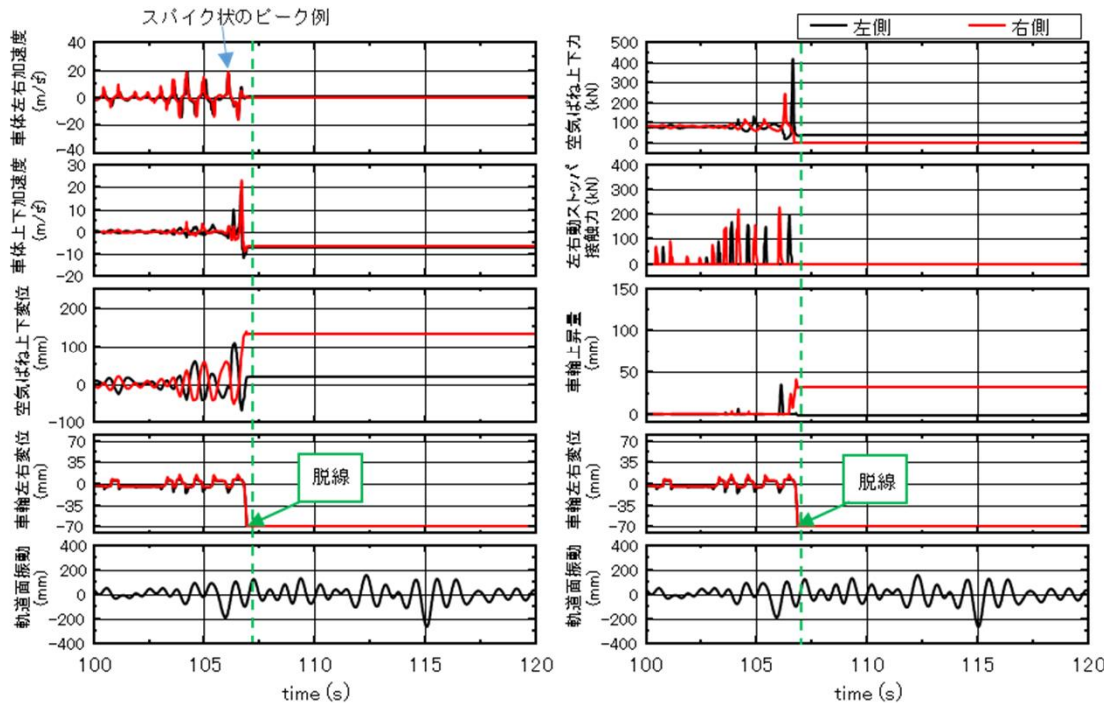
脱線発生の要因としては、「地震動による軌道面の強い揺れ」と「軌道面の強い揺れに伴う車体のローリング」が挙げられ、車体のローリングに伴い空気ばねが過大な変形により空気抜けの状態となったことが脱線を助長したと考えられる。

今回の脱線は速度0km/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。

数値シミュレーション シミュレーション結果例

脱線するまでの車両の挙動シミュレーション

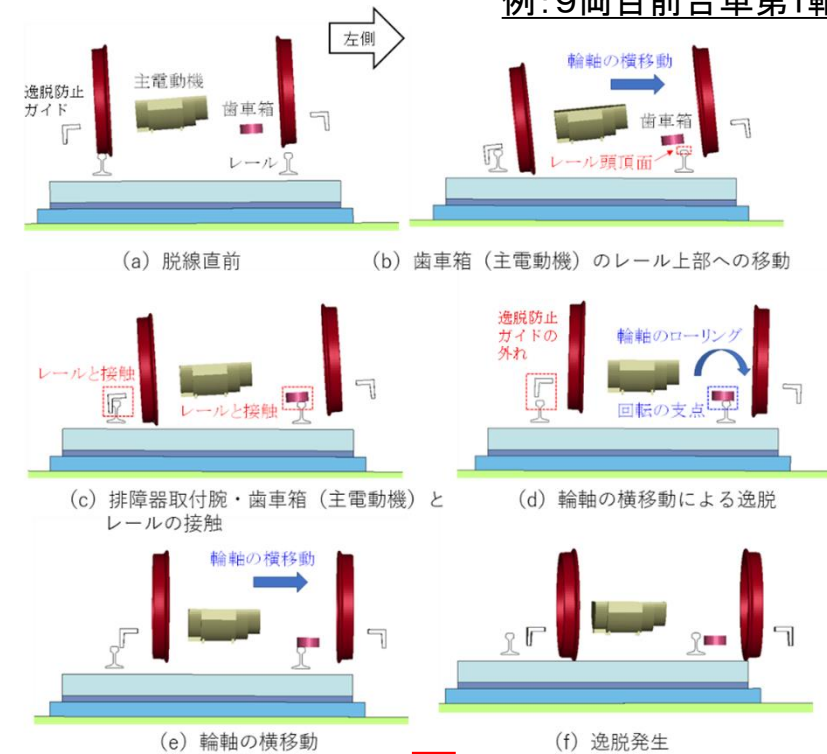
例: 12両目後台車第2軸



- 地震時の軌道面の振動の振幅が大きくなるに従い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。
- それにより空気ばねが過大に変形し空気抜けの状態となり、空気ばね上下力に大きなピークが生じる。
- 空気抜けした空気ばねの反対側の車輪が上昇し、レール頭頂面上に乗り、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。

脱線後に逸脱するまでの車両挙動シミュレーション

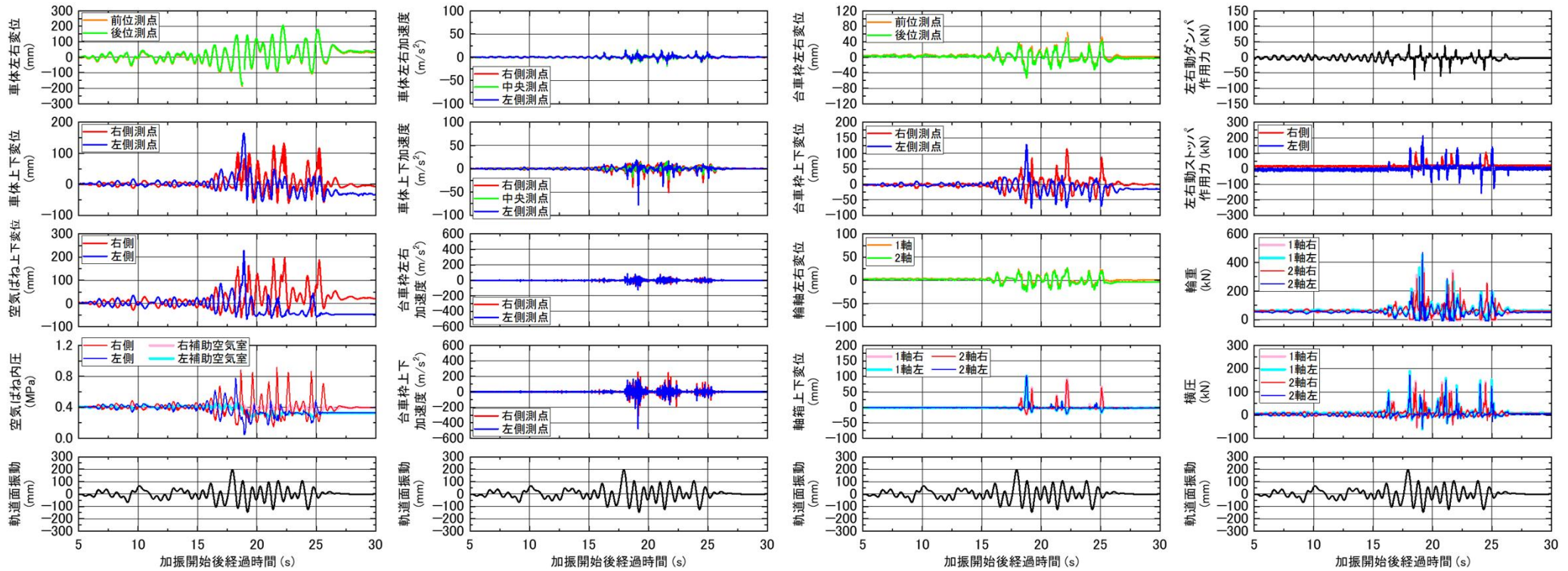
例: 9両目前台車第1軸



- 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

実台車加振実験 実験結果例

第5大平BL-R2 加振入力倍率0.95倍(主要動前半まで)



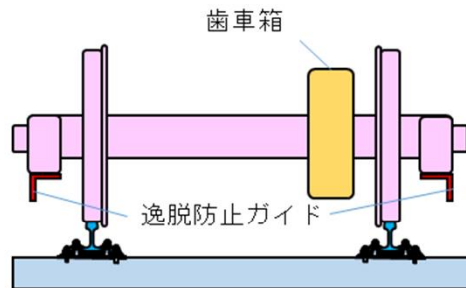
- ・主要動前半で車体に左右動を含む大きなローリングが発生し、空気ばねの空気抜けが発生した。
- ・この加振実験では脱線は発生しなかった。しかし、軸箱上下変位(車輪上昇量に相当)が100mm程度に達し、かつ100kNを超える左右動ストツパ作用力及び横圧が発生していた。
- ※空気ばね排気状態での実験では脱線が発生した。
- ※空気ばねが排気状態になると、空気ばね部において車体が台車に衝突し、車輪がレールから浮き上がった。
- ・客室内を想定した模擬車体部での加速度測定において、非常に大きな上下及び左右加速度が発生していた。

脱線及び逸脱に至る過程

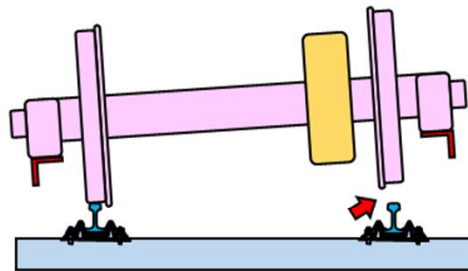
脱線及び逸脱時の車両挙動イメージ

(例 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)

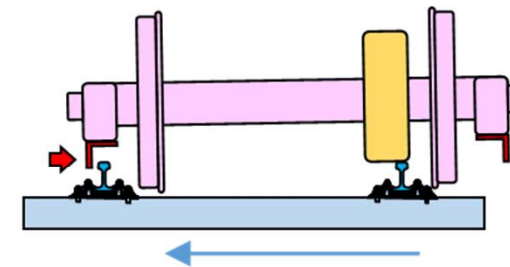
① 正常な状態



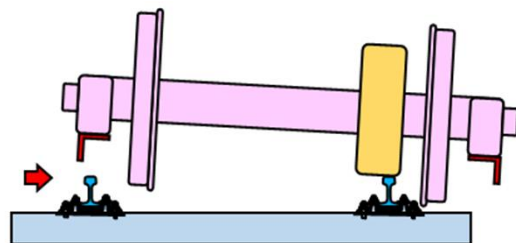
② 地震動により車両がロールしフランジが上昇



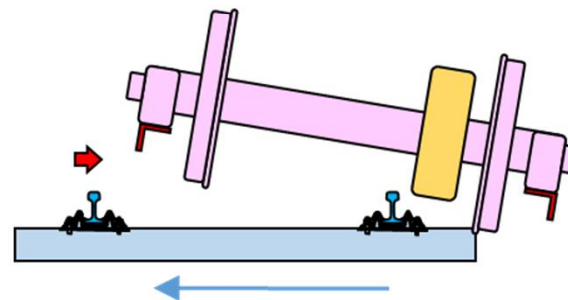
③ 軌道面が横移動することにより脱線
(逸脱防止ガイドがレールに掛かり逸脱はしていない、歯車箱が車輪頭部に接触)



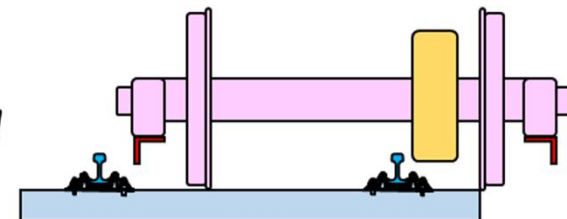
④ 更に地震動が継続し車両がロールし、逸脱防止ガイドがレールから外れる



⑤ 軌道面が横移動することにより逸脱



⑥ 逸脱した状態で停止



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。

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。

再発防止策－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、さら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。

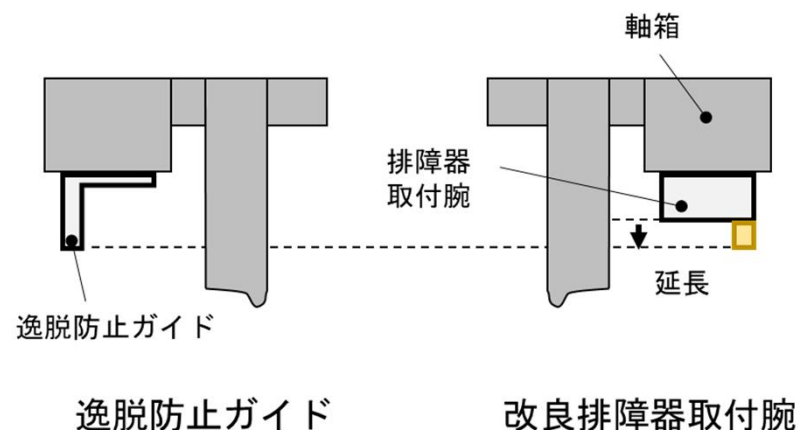
なお、本事故においては、多くの逸脱防止ガイド等が機能して本件車両が軌道から大きく逸脱することを防いでいたものの、一部は想定された機能が発揮されず逸脱が発生していた。特に排障器取付腕が設置されている輪軸は、列車の先頭軸も含まれ、走行中に脱線し逸脱すると、前方車両との拘束がないことから、大きく逸脱し被害が拡大する可能性があるため、今後十分な検討及び研究や技術開発を行い、逸脱を極力させない有効な対策を実施することが望ましい。

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。

再発防止策—事故後にJR東日本及びJR北海道が講じた措置—

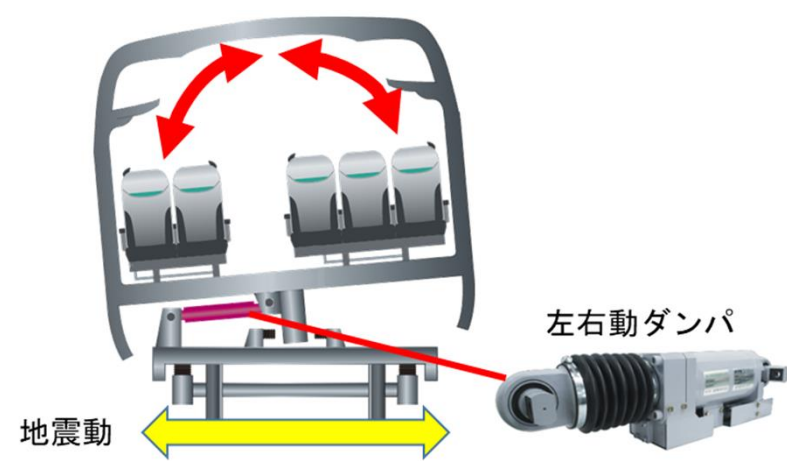
逸脱防止性能の向上

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。



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。



再発防止策－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16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31日に、第2回検証委員会を令和4年12月14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12月14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－」**を公表した。

END