

RA2020-1

鉄 道 事 故 調 査 報 告 書

I ひたちなか海浜鉄道株式会社 湊線 金上駅～中根駅間
踏切障害事故

II 秋田内陸縦貫鉄道株式会社 秋田内陸線 羽後長戸呂駅～八津駅間
踏切障害事故

III 弘南鉄道株式会社 大鰐線 中央弘前駅～弘高下駅間
列車脱線事故

IV 横浜市交通局 1号線 下飯田駅～立場駅間
列車脱線事故

令和2年2月27日

本報告書の調査は、本件鉄道事故に関し、運輸安全委員会設置法に基づき、運輸安全委員会により、鉄道事故及び事故に伴い発生した被害の原因を究明し、事故の防止及び被害の軽減に寄与することを目的として行われたものであり、事故の責任を問うために行われたものではない。

運輸安全委員会
委員長 武田展雄

《参 考》

本報告書本文中に用いる分析の結果を表す用語の取扱いについて

本報告書の本文中「3 分 析」に用いる分析の結果を表す用語は、次のとおりとする。

- ① 断定できる場合
・・・「認められる」
- ② 断定できないが、ほぼ間違いない場合
・・・「推定される」
- ③ 可能性が高い場合
・・・「考えられる」
- ④ 可能性がある場合
・・・「可能性が考えられる」
・・・「可能性があると考えられる」

Ⅲ 弘南鉄道株式会社 大鰐線
中央弘前駅～弘高下駅間
列車脱線事故

鉄道事故調査報告書

鉄道事業者名：弘南鉄道株式会社

事故種類：列車脱線事故

発生日時：平成31年4月14日 18時52分ごろ

発生場所：青森県弘前市

おおわに大鰐線 ちゅうおうひろさき中央弘前駅～ひろこうした弘高下駅間（単線）

大鰐駅起点13k280m付近

令和2年2月3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	柿嶋美子
委員	鈴木美緒
委員	新妻実保子

要旨

<概要>

弘南鉄道株式会社の大鰐線中央弘前駅発大鰐駅行き2両編成（ワンマン運転）の上り34列車の運転士は、平成31年4月14日、18時52分ごろ、中央弘前駅～ひろこうした弘高下駅間の半径160mの左曲線を速度約30km/hで通過中に衝撃を感じ、非常ブレーキを使用して列車を停止させた。

停止後に確認したところ、先頭車両の前台車第1軸が脱線していた。

列車には、乗客10名及び運転士1名が乗車していたが、負傷者はいなかった。

<原因>

本事故は、列車が半径160mの左曲線を通過中に、軌間が大きく拡大したため、先頭車両の前台車第1軸の左車輪が軌間内に落下したことによるものと考えられる。

軌間が大きく拡大したことについては、同曲線中の静的軌間変位が大きかったこと、まくらぎやレール締結状態の不良が連続していたため、列車走行時の横圧によるレール小返り等で軌間が動的に拡大したことによるものと考えられる。

静的軌間変位が大きかったことについては、軌間変位の整備基準値がスラックを考慮したものとなっておらず適正な値よりも大きかったことが関与しているものと考えられる。

まくらぎやレール締結状態の不良が連続していたことについては、まくらぎ検査の記録及び処置方法の不備により、まくらぎやレール締結装置の補修が不十分であったことが関与しているものと考えられる。

また、本事故の発生については、同曲線中のスラックが比較的大きかったため軌間内への脱線に対する余裕が小さくなっていたこと、平成30年6月28日に運輸安全委員会が軌間拡大による列車脱線事故の防止を目的に発出した意見に対応した対策の実施が十分でなかったことが関与しているものと考えられる。

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	1
1.2.3	原因関係者からの意見聴取	1
2	事実情報	1
2.1	運行の経過	1
2.2	人の死亡、行方不明及び負傷	2
2.3	鉄道施設等に関する情報	2
2.3.1	事故現場に関する情報	2
2.3.2	鉄道施設に関する情報	2
2.4	車両に関する情報	11
2.4.1	車両の概要	11
2.4.2	車両の整備に関する情報	12
2.4.3	車両の定期検査等に関する情報	13
2.5	線路及び車両の損傷状況等に関する情報	15
2.6	乗務員に関する情報	15
2.7	運転取扱い等に関する情報	15
2.8	気象に関する情報	15
2.9	過去の同種事故への対応に関する情報	16
3	分析	16
3.1	脱線の状況に関する分析	16
3.1.1	脱線開始地点について	16
3.1.2	本件車両前台車の脱線について	16
3.1.3	脱線開始地点の脱線の状況について	17
3.2	本事故発生時の走行速度等に関する分析	17
3.3	本事故発生時の時刻に関する分析	18
3.4	軌道に関する分析	18
3.4.1	軌道変位について	18
3.4.2	まくらぎについて	20
3.4.3	レールの締結について	21
3.4.4	軌間拡大について	22

3.4.5	スラックについて	23
3.4.6	まくらぎの交換について	24
3.4.7	線路の保守体制について	24
3.5	車両に関する分析	25
3.6	気象に関する分析	25
3.7	過去の同種事故への対応に関する分析	25
3.8	脱線の原因に関する分析	26
4	原因	27
5	再発防止策	27
5.1	必要と考えられる再発防止策	27
5.2	事故後に同社が講じた措置	28
5.3	事故後に国土交通省が講じた措置	29

添付資料

付図1	弘南鉄道の路線略図	31
付図2	事故現場付近の地形図	31
付図3	事故現場の略図と脱線の痕跡	32
付図4	事故現場付近の軌道変位等の状況	35
付図5	列車脱線事故の関与要因	36
附属資料1	軌道変位の種類と定義	37
附属資料2	軌間変位の限度値の考え方	38

1 鉄道事故調査の経過

1.1 鉄道事故の概要

弘南鉄道株式会社の大鰐線中央弘前駅発大鰐駅行き2両編成（ワンマン運転）の上り34列車の運転士は、平成31年4月14日（日）、18時52分ごろ、中央弘前駅～弘高下駅間の半径160mの左曲線（以下、前後左右は列車の進行方向を基準とする。）を速度約30km/hで通過中に衝撃を感じ、非常ブレーキを使用して列車を停止させた。

停止後に確認したところ、先頭車両の前台車第1軸が脱線していた。

列車には、乗客10名及び運転士1名が乗車していたが、負傷者はいなかった。

1.2 鉄道事故調査の概要

1.2.1 調査組織

運輸安全委員会は、平成31年4月14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。

東北運輸局は、本事故調査の支援のため、職員を事故現場等に派遣した。

1.2.2 調査の実施時期

平成31年 4月15日	現場調査及び口述聴取
平成31年 4月16日	現場調査

1.2.3 原因関係者からの意見聴取

原因関係者から意見聴取を行った。

2 事実情報

2.1 運行の経過

事故に至るまでの経過は、弘南鉄道株式会社（以下「同社」という。）の中央弘前駅発大鰐駅行き上り34列車（以下「本件列車」という。）の運転士（以下「本件運転士」という。）の口述によれば、概略次のとおりであった。

事故当日は、13時00分ごろに大鰐駅に出勤して点呼を受け、13時30分大鰐駅発の中央弘前駅行き下り21列車、大鰐駅と中央弘前駅間の2本の上り列車と2本の下り列車に続いて本件列車に乗務した。なお、本事故当日の本事故発生までの間、本事故現場及び本件列車の車両について異状は感じなかった。

本件列車が中央弘前駅（大鰐駅起点13k900m、以下「大鰐駅起点」は省略する。）を定刻（18時50分）に出発し、半径160mの左曲線（13k365m～13k250m、以下「本件曲線」という。）を速度約30km/hで走行中に、縦の強い衝撃及び「ガシャン」という異音がしたため、非常ブレーキを使用して本件列車を停止させた。この時の時刻は18時52分ごろであった。

停止後、業務用携帯電話で運転指令に連絡し、確認のために降車したところ、本件列車の先頭車両（以下「本件車両」という。）の前台車第1軸左車輪がレールから外れ脱線している状態であった。運転指令に脱線の状況を報告し、車内に戻り乗客のけがの状況を確認したところ、乗客にけがはなかった。

その後、19時15分ごろ、現場に到着した同社の社員とともに全ての乗客を補助しながら降車させた。

なお、本件列車には、運転状況を記録する装置は装備されていない。

（付図1 弘南鉄道の路線略図、付図2 事故現場付近の地形図、付図3 事故現場の略図と脱線の痕跡 参照）

2.2 人の死亡、行方不明及び負傷

なし。

2.3 鉄道施設等に関する情報

2.3.1 事故現場に関する情報

本件列車は、前端が本件曲線の大鰐駅方にある半径300mの左曲線内である13k228m付近、後端が本件曲線内の13k263m付近で停止していた。

また、本件車両の前台車第1軸の左車輪は13k230m付近で軌間内に脱輪していた。なお、同車輪は、踏面がレール上面より約40mm落下していたが、フランジ先端はまくらぎ上面まで達していない状態であった。

（付図3 事故現場の略図と脱線の痕跡 参照）

2.3.2 鉄道施設に関する情報

2.3.2.1 路線の概要

同社の大鰐線は、大鰐駅と中央弘前駅を結ぶ営業キロ^{*1}13.9kmの単線で電化された路線であり、軌間は1,067mmである。

同社には、大鰐線の他に弘前駅と黒石駅を結ぶ営業キロ16.8kmの単線で電化された路線である弘南線があり、同社の営業キロの合計は30.7kmである。

*1 「営業キロ」とは、旅客・貨物を運送する発着区間に対する駅間のキロ数をいう。

なお、弘高下駅から中央弘前駅における1日当たりの列車の運行本数は、2両編成で上り及び下り列車がそれぞれ20本の合計40本である。

(付図1 弘南鉄道の路線略図 参照)

2.3.2.2 線路の概要

本事故現場である本件曲線の線路に関する情報は以下のとおりである。

- (1) 本件曲線は、半径160mの左曲線で、13k280m～13k340mが円曲線、円曲線の前後の13k250m～13k280m及び13k340m～13k365mが緩和曲線である。また、カント^{*2}84mm及びスラック^{*3}25mmが設定され、これらは緩和曲線区間で^{ていげん}逓減されている。
また、13k250mから大鰐駅方は、半径300mの左曲線である。
- (2) 線路の勾配は、13k310mまでは上り勾配15.0%、13k310mからは上り勾配3.5%である。
- (3) 軌道構造はバラスト軌道であり、まくらぎは主に木まくらぎで、一部がPCまくらぎである。なお、レールは40kgNレールであり、レール継目は相互式継目^{*4}である。
- (4) 3.1.1に後述する脱線開始地点の13k280m付近から本件列車の前端が停止していた13k228m付近までの間の左レールには、13k259m及び13k234mにレール継目がある。
- (5) 本件曲線中のまくらぎ間隔は約640mmである。
- (6) 木まくらぎのレール締結装置には、B形タイププレートが用いられ、レールはタイププレート1枚当たり3本の犬くぎによって、まくらぎに締結されている(図1 参照)。

なお、軌道の維持管理マニュアル^{*5}に示されるB形タイププレートの犬くぎ打込み方法は、図2のとおり、タイププレート1枚当たり5本の犬くぎによる締結を標準としている。それに対し、本件曲線中のタイププレート1枚当たりの犬くぎ打込み本数は、標準の本数よりも2本少なかった。

同社によると、タイププレート使用時の犬くぎ打込み方法に関する規定等はないが、慣例的に上記のとおりタイププレート1枚当たり3本の犬くぎで締結する方法によっているとのことであった。

*2 「カント」とは、曲線を走行する際の遠心力が走行安全性及び乗り心地に悪影響を及ぼさないよう設定された、曲線外側のレールと内側のレールとの高低差をいう。

*3 「スラック」とは、曲線を円滑に走行するために軌間を所定の大きさよりも広げることを用いる。

*4 「相互式継目」とは、左右レールの継目位置を互い違いに配置するものをいう。これに対し、左右レールの継目位置をそろえるものを相対式継目という。

*5 「軌道の維持管理マニュアル」(一般社団法人 日本鉄道施設協会、平成26年、p.115)

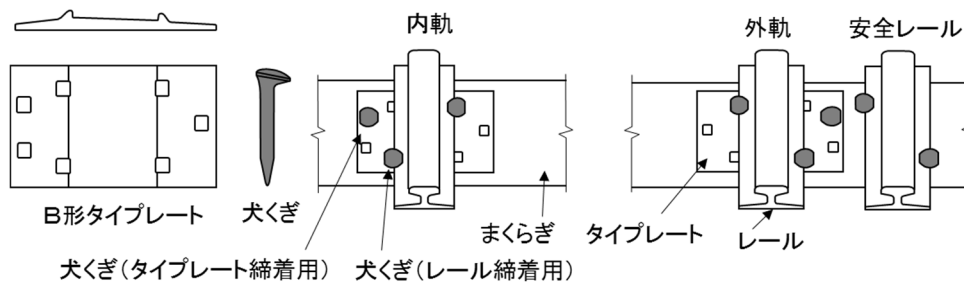
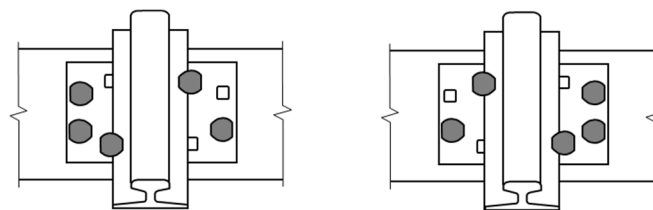


図1 本件曲線の主なレール締結装置



B形タイププレート:半径500m未満の曲線の場合

図2 タイプレートの犬くぎ打込み標準

(7) 本件曲線の全長に渡り、右レールの外側に37kgレールの安全レール^{*6}が設置されている。安全レールは、おおよそまくらぎ1本おきに内外1本ずつの犬くぎで締結されている(図1 参照)。

同社によると、本事故現場を含む地域は冬期の積雪が多いことから、脱線そのものを防止する脱線防止ガードや脱線防止レールを軌間内に敷設することが適さないため、軌間外へ安全レールを敷設しているとのことであった。

(付図3 事故現場の略図と脱線の痕跡 参照)

2.3.2.3 軌道の定期検査等

(1) 軌道変位の定期検査

「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)に基づき、同社が東北運輸局長へ届け出ている実施基準(以下「届出実施基準」という。)の一部である軌道施設実施基準で定められている本線における軌間変位、水準変位、通り変位、高低変位及び5m平面性変位の整備に関する基準値(静的軌道変位^{*7})は表1のとおりである。なお、軌道変位の定期検査の基準期間は1年である。

*6 「安全レール」とは、脱線した車両が軌間外に逸脱し、転倒又は転落による大事故を防ぐことを目的とし、本線レールに沿って敷設する誘導用のレールをいう。

*7 「静的軌道変位」とは、手検測(人力による糸張り検測)や軌道検測装置による検測等により測定される、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いう。一方、軌道検測車による検測等により測定される列車荷重等を載荷した状態における軌道変位を「動的軌道変位」という。

表1 軌道変位の整備基準値（静的軌道変位）

（単位：mm）

軌道変位の種別	本線
軌間変位	直線及び半径600mを越える曲線 : +14
	半径200m以上600mまでの曲線 : +19
	半径200m未満の曲線 : +14
水準変位	平面性に基づき整備を行う
通り変位	±22
高低変位	±22
5m平面性変位	±18

整備基準値に達した場合の整備については、「整備基準値に達した軌道変位並びに整備基準値未満の軌道変位の場合であって、急進性のもの及び列車の動揺に特に大きな影響を与えるものについては、早急に整備を行うものとする。」とされている。

同社によると、整備基準値に達した場合の早急に整備を行う期限については、具体的な規定等はなく、保線を担当する現業機関である工務区の判断によっていたとのことであったが、軌間変位及び5m平面性変位についてはおおむね1ヶ月以内に、通り変位及び高低変位についてはおおむね3ヶ月以内に整備するのを目安としていたとのことであった。

事故現場付近における本事故発生前直近の軌道変位検査は、平成30年7月30日に、手検測により静的軌道変位を測定し、その結果（以下「本事故発生前の軌道変位測定値」という。）がとりまとめられていた。本件曲線についての結果は次の①～⑤のとおりであった。なお、軌間変位以外の軌道変位の大小は絶対値で評価している。

① スラックを含む軌間変位は、13k280m付近が最も大きく+38mmであり、同地点のスラック25mmを除くと軌間変位は+13mmで整備基準値（+14mm）未満であった。また、その手前においては軌間が比較的大きく、13k305m付近～13k280m付近の平均値は約+35mmであった。

なお、軌間変位は、緩和曲線内でスラック20mmの13k345m付近が最も大きく+14mmで整備基準値に達していた。

② 水準変位は、13k325m付近及び13k340m付近が最も大きく

－15mmであった。

- ③ 通り変位は、13k290m付近が最も大きく－22mmで、整備基準値（±22mm）に達していた。
- ④ 高低変位は、13k360m付近が最も大きく－14mmで、整備基準値（±22mm）未満であった。
- ⑤ 5m平面性変位は、13k255m付近が最も大きく－14mmで、整備基準値（±18mm）未満であった。

(付図4 事故現場付近の軌道変位等の状況、附属資料1 軌道変位の種類と定義参照)

(2) 軌道部材の定期検査

軌道施設実施基準では、レール、まくらぎ等の軌道材料について、基準期間を1年として定期検査を行うこととしている。3.1.1に後述する脱線開始地点付近における本事故発生前直近の軌道部材の定期検査の結果は以下のとおりであった。

① まくらぎの検査

まくらぎ検査は、平成30年7月20日及び同月24日に実施されており、腐食やひび割れが発生しているまくらぎ（以下「不良まくらぎ」という。）の状況を確認し、検査台帳におおよそ100m区間毎の不良まくらぎ（同社ではT印と呼称している。）の本数を記録していた。

本事故現場付近の13k200m～13k300m間の不良まくらぎは、検査台帳に22本と記録されていた（図3 参照）。

また、まくらぎ検査時に、現地の不良まくらぎに「T」とペンキ等で記入していた。同社によると、現地の不良まくらぎの印付けは、おおよそ以下の基準により判断されていたとのことであった。ただし、連続性の判断については具体的な連続する本数は決めていなかったが、おおよそ3～5本を目安としていたとのことであった。

- ・白色「一」：やや不良

- まくらぎの機能が低下傾向にある状態

- ・白色「T」：不良

- まくらぎの機能（特に軌間を保持する機能）が失われている状態

- ・黄色「T」：交換が必要

- 連続していた不良等により交換を要する状態。

(犬) 木枕木

No. 平成 30 年 7 月 26 日

	T印	継目T		T印	継目T
6k900~7k	14		9k300~400	8	
7k~7k100	10		400~500	13	
100~200	29		500~600	11	
200~300	25		600~700	9	
300~400	41		700~800	2	
400~500	16		800~4年南部		
500~600	29		4年上り線	25	
600~700	29		" 下り線	29	
700~800	28		72号~10k160	3	
800~900	23		10k800~940	1	
900~8k	22		学院前上り線	29	7
8k~8k100	22		" 下り線	29	1
100~200	21		72号2507	2	
200~300	29		12k850~940	26	
300~400	27		13k~13k100	25	
400~500	26		100~200	27	1
500~600	23		200~300	22	
600~700	27		300~400	27	
700~800	9		" 400~500	18	1
800~900	25		500~600	17	3
900~9k	16		600~700	19	3
9k~9k100	26		700~800	9	2
100~200	21		800~900	14	
200~300	11		計	16, 23, 56	

本事故現場付近

図3 同社のまくらぎ検査台帳

② レール締結装置の検査

レール締結装置である犬くぎ等の検査は、平成30年5月5日に実施されており、本事故現場付近においては、

- ・犬くぎが抜け上がり、犬くぎの頭部がレール底部やタイプレート上部から浮き接触していない状態（以下「犬くぎ浮き」という。）、
- ・犬くぎが軌間の外方向に押し出され、タイプレートがまくらぎからずれ、犬くぎの頭部のレール底部へのかかりが少なくなっている、又はレール底部から離れている状態（以下「犬くぎ離れ」という。）

等（以下「レール締結状態の不良」という。）の状況を確認し、ほぼ1kmごとにレール締結状態の不良を良否で記録していた。13k000m~中央弘前駅間は「良」と記録されていた。

③ レールの検査

レールの検査は、平成30年5月5日に実施されており、レールの摩耗

や損傷及び安全レール等の状況を確認し、異常の有無又は良否で記録していた。13k000m～中央弘前駅間は「良」又は「異常なし」と記録されていた。

(3) 線路の巡視

軌道施設実施基準では、本線の巡視を毎週1回以上行うこととしている。

本事故発生前直近の事故現場付近の巡視は、平成31年4月14日の13時15分頃に徒歩により行われており、3.1.1に後述する脱線開始地点付近に関する異常は記録簿に記録されていなかった。

(4) 軌道整備

本事故発生前直近の軌道の定期検査等を踏まえた本件曲線の軌道整備については、平成30年11月2日に、2.3.2.3(1)に記述した、本事故発生前直近の軌道変位測定（平成30年7月30日）で整備基準値に達していた箇所（13k345m付近の軌間変位及び13k290m付近の通り変位）の軌道変位の整正を行った。また、同日に犬くぎ浮き等が発生していた箇所の犬くぎの打ち直し等を行った。

2.3.2.4 本事故発生後の軌道の状況

(1) 軌道変位の状況

‘本事故発生直後（平成31年4月15日）に、事故現場付近の13k270m～13k305m間（軌間のみ13k263m～13k305m間）の静的軌道変位の測定を手検測により行った結果’（以下「本事故発生後の軌道変位測定値」という。）は次のとおりであった。軌間変位以外の軌道変位の大小は絶対値で評価する。

- ① スラックを含む軌間変位は、13k281m付近が最も大きく+39mmであった。3.1.1に後述する脱線開始地点の13k280m付近は+38mmであった。
- ② カントを含む水準変位は、13k285m付近及び13k295m付近が最も大きく+89mmであった。
- ③ 曲線半径による正^{せいや}変位^{*8}を含む通り変位（右、外軌）は、13k305m付近が最も大きく+94mmであった。
- ④ 高低変位（左、内軌）は、13k300m付近が最も大きく、-14mmであった。
- ⑤ 5m平面性変位は、13k275m付近が最も大きく-13mmであった。

*8 ここでいう「正変位」とは、長さ10mの糸をレールの軌間内側面に張ったときの、その中央部における糸とレールとの距離をいう。

① レールの摩耗量は13k300m付近の右レール（外軌）のゲージコーナー^{*9}で9mmであった。これは同社の軌道整備実施基準に定めるレール摩耗量の整備基準値である14mm未満であった。

② 13k264m～13k292m間の45本の木まくらぎについて調査したところ、レール締結状態の不良と見られる箇所が多数あった（図4参照）。なお、レール締結状態に内外軌の明確な差異はなかった。

また、まくらぎについては、2.3.2.3(2)①に記述したまくらぎの検査において、不良まくらぎと判断された箇所に印付けされており、3.1.1に後述する脱線開始地点付近においては2本連続の不良まくらぎと見られる箇所があった（図4参照）。

なお、内外軌の各軌間外側のタイプレート締着用の犬くぎは、ほぼすべてが犬くぎ浮きの状態であった。同社によると、タイプレート締着用の犬くぎについては前後左右のずれを防止することを目的とし、犬くぎを完全に打ち込まないことが慣例となっていたためとのことであった。

（付図4 事故現場付近の軌道変位等の状況 参照）

2.3.2.5 まくらぎ交換の状況

平成30年度末の同社の本線における、まくらぎ本数（橋まくらぎ及び分岐まくらぎを除く）は、約47,000本（うち大鰐線21,000本）、このうち木まくらぎは約25,000本（うち大鰐線12,000本）、PCまくらぎは、約22,000本（うち大鰐線9,000本）である。

まくらぎの交換について同社は、自己資金又は国及び自治体から補助金を受けて、まくらぎ交換を行っており、その本数等は以下のとおりであった。

なお、同社によると、交換箇所はまくらぎの定期検査等で把握した不良まくらぎの程度に応じて、年度毎の交換計画本数の範囲内で選定しているとのことである。

(1) 木まくらぎの同種交換

交換本数は、年間約100～200本であった。

(2) 木まくらぎからPCまくらぎへの交換

交換本数は、平成24年度を除く平成18年度から平成25年度までが年間400本、平成26年度から平成30年度までが年間200本、平成31年度（令和元年度）の計画が200本であった。

同社によると、木まくらぎからPCまくらぎへの交換は、中古のPCまくらぎを用い、「交換が必要と判断される木まくらぎをPCまくらぎに交換」（以下「PCまくらぎ1本交換」という。）する方法で行っており、木まくら

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

表2 本件列車の主要諸元

諸元	車両	
	本件車両 (先頭車両) 7031	後部車両 7032
車両形式	デハ7000M2C	デハ7020
編成定員	140名	←
空車重量	28.0 t ^{*10}	28.2 t
車両長	18.0 m	←
台車中心間距離	12.0 m	←
台車形式	PⅢ-701 軸箱支持：防振ゴム 車体支持：空気ばね (ダイレクトマウント)	←
軸距	2.1 m	←
車輪踏面形状	基本踏面	←
車輪フランジ角度	60°	←
車輪径	860 mm	←
車輪幅	125 mm	←
製造年	昭和39年	←

←：左に同じ

2.4.2 車両の整備に関する情報

車両の整備については、届出実施基準の一部である車両実施基準で定められている。車両の定期検査の種類は、全般検査^{*11}、重要部検査^{*12}、状態・機能検査^{*13}があり、検査ごとに定められた期間又は車両の走行距離によって定期的に行われている。また、列車検査と称して、車両の使用状況に応じ、車両の消耗品の状態及び主要部分の機能について7日を超えない期間ごとに検査を行っている。

輪軸については、全般検査、重要部検査及び状態・機能検査で、車輪径、フランジ高さ、フランジ厚さ及び車輪内面距離の検査を行うこととされている。

各項目の使用限度値は表3のとおりである。

表3 輪軸に関する使用限度値

項目	使用限度値
車輪内面距離	989 mm以上 994 mm以下
フランジ高さ	25 mm以上 35 mm以下
フランジ厚さ	19 mm以上
車輪径	790 mm以上

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

*11 「全般検査」とは、同社における定期検査の一つで、車両全般について、8年を超えない期間ごとに行う検査をいう。

*12 「重要部検査」とは、同社における定期検査の一つで、車両の動力発生装置、走行装置、ブレーキ装置その他の重要な装置の主要部分について、4年又は当該車両の走行距離が60万キロメートルを超えない期間のいずれか短い期間ごとに行う検査をいう。

*13 「状態・機能検査」とは、同社における定期検査の一つで、車両の状態及び機能について、3か月を超えない期間ごとに行う検査をいう。

また、車両の静止輪重の管理については、全般検査及び重要部検査時に輪重の測定を行い、静止輪重比^{*14}10%以内を目標とし、20%を限度として管理することとされている。

2.4.3 車両の定期検査等に関する情報

2.4.3.1 定期検査等の実施状況

本件列車の本事故前直近の定期検査等の実施状況は、次のとおりである。車両及び台車の組立寸法は使用限度値以内であり、異常は見られなかった。

重要部検査	平成29年4月14日から24日まで
状態・機能検査	平成31年1月16日から18日まで
列車検査	平成31年4月10日

2.4.3.2 輪軸の状況

本事故発生前直近の状態・機能検査の検査結果及び本事故発生後に測定した結果は表4に示すとおりである。本件列車の車輪内面距離、フランジ高さ、フランジ厚さ及び車輪径は、いずれも表3に示す使用限度値内で、異常は見られなかった。

2.4.3.3 静止輪重及び静止輪重比の状況

本事故発生前直近の重要部検査時及び本事故発生後の静止輪重の測定結果は表5に示すとおりである。静止輪重比はいずれも目標値（10%）以内で、異常は見られなかった。

*14 「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。管理値は、単位を%とし、100%との差の絶対値で表す。

表4 輪軸各部の寸法測定結果

※「左」は進行方向左車輪、「右」は進行方向右車輪を示す。 単位：mm

項目	検査種類	本件車両（先頭車両） 7031							
		前台車				後台車			
		第1軸		第2軸		第1軸		第2軸	
		左	右	左	右	左	右	左	右
車輪内面距離	状態・機能検査	990.0		991.0		991.0		991.0	
	本事故発生後測定	990.0		991.0		991.0		991.0	
フランジ高さ	状態・機能検査	27.0	27.3	26.8	27.5	26.8	26.4	26.5	28.2
	本事故発生後測定	27.7	27.6	29.0	28.5	27.8	28.6	28.5	28.5
フランジ厚さ	状態・機能検査	27.5	24.6	27.6	26.3	28.3	27.5	27.2	26.3
	本事故発生後測定	26.6	20.9	27.5	22.3	26.7	25.4	26.8	22.8
車輪径	状態・機能検査	803.0	801.0	802.0	803.0	803.0	802.0	803.0	804.0
	本事故発生後測定	803.0	801.0	802.0	802.0	803.0	803.0	802.0	802.0

項目	検査種類	後部車両 7032							
		前台車				後台車			
		第1軸		第2軸		第1軸		第2軸	
		左	右	左	右	左	右	左	右
車輪内面距離	状態・機能検査	993.0		993.0		992.0		993.0	
	本事故発生後測定	993.0		992.0		992.0		993.0	
フランジ高さ	状態・機能検査	26.2	27.1	26.4	27.8	27.4	27.4	27.6	26.5
	本事故発生後測定	27.9	27.8	28.3	29.8	28.1	27.6	28.5	29.1
フランジ厚さ	状態・機能検査	27.4	25.6	26.5	26.2	27.3	26.2	24.7	24.2
	本事故発生後測定	26.1	22.1	26.3	23.3	24.7	23.5	24.5	20.6
車輪径	状態・機能検査	803.0	802.0	803.0	803.0	803.0	803.0	803.0	803.0
	本事故発生後測定	803.0	803.0	802.0	802.0	802.0	802.0	802.0	802.0

※ 状態・機能検査 : 平成31年1月18日

※ 本事故発生後測定 : 平成31年4月17日

表5 静止輪重の測定結果

※「左」は進行方向左車輪、「右」は進行方向右車輪を示す。

項目	検査種類	本件車両（先頭車両） 7031								合計
		前台車				後台車				
		第1軸		第2軸		第1軸		第2軸		
		左	右	左	右	左	右	左	右	
静止輪重 (kN)	重要部検査	36.0	38.0	38.0	40.0	38.0	36.0	38.0	36.0	300.0
	本事故後測定	38.0	43.0	39.0	38.0	37.0	36.0	38.0	32.0	301.0
静止輪重比	重要部検査	2.7%		2.6%		2.7%		2.7%		-
	本事故後測定	6.2%		1.3%		1.4%		8.6%		-

項目	検査種類	後部車両 7032								合計
		前台車				後台車				
		第1軸		第2軸		第1軸		第2軸		
		左	右	左	右	左	右	左	右	
静止輪重 (kN)	重要部検査	38.0	40.0	38.0	38.0	38.0	36.0	38.0	38.0	304.0
	本事故後測定	35.0	41.0	36.0	39.0	40.0	40.0	41.0	38.0	310.0
静止輪重比	重要部検査	2.6%		0.0%		2.7%		0.0%		-
	本事故後測定	7.9%		4.0%		0.0%		3.8%		-

※ 重要部検査 : 平成29年4月24日

※ 本事故発生後測定 : 平成31年4月17日

2.5 線路及び車両の損傷状況等に関する情報

- (1) 13k280m付近の左レール（内軌）のゲージコーナー側の頭部側面には、左車輪が軌間内に落下して車輪の表リム面が擦ったと見られる痕跡があった。なお、これより手前及び同地点の右レール（外軌）には、脱線の痕跡は確認されなかった。
- (2) 13k280m付近から本件車両の前台車第1軸が停止していた13k230m付近の間で、連続して左レール（内軌）の頭部側面に左車輪と接触したと見られる痕跡があった。なお、この間のまくらぎ上に車輪フランジの走行痕は確認されなかった。
- (3) 13k259m付近及び13k234m付近の左レールのレール継目板に左車輪が衝撃したと見られる打痕があった。
- (4) 本件車両の前台車第1軸左車輪の表リム面に多数の擦過痕及びレール継目板に衝撃したと見られる打痕が2箇所あった。なお、本件列車の他の車輪には同様の擦過痕等はなかった他、車両の損傷はなかった。

（付図3 事故現場の略図と脱線の痕跡 参照）

2.6 乗務員に関する情報

本件運転士 男性 37歳

甲種電気車運転免許

平成20年12月17日

2.7 運転取扱い等に関する情報

運転取扱いについては、届出実施基準の一部である「運転実施基準」で定められている。本件曲線の運転速度については、以下のように定められている。

- ① 列車の最高速度（中央弘前駅～弘高下駅間）：40km/h
- ② 曲線の制限速度（曲線半径160m）：40km/h

また、同社が本件列車の運転に適用している運転曲線図によると、本事故現場付近の速度は35km/hであった。

2.8 気象に関する情報

本事故発生当時の事故現場付近における天気は晴れであり、事故現場の最寄りの気象庁の弘前地域気象観測所の記録によれば、本事故発生当日の18時から19時にかけての降水量はなく、19時の気温は12.8℃、風向・風速は南東1.2m/sであった。

2.9 過去の同種事故への対応に関する情報

本事故と同様の軌間拡大による列車脱線事故の防止について、運輸安全委員会は、国土交通大臣に平成30年6月28日付け運委参第43号「軌間拡大による列車脱線事故の防止に係る意見について」（以下「運輸安全委員会の意見」という。）を发出していた。

東北運輸局は、同社に対して平成30年7月9日付け東鉄技第49号、東鉄安第53号、東鉄監第24号「運輸安全委員会の意見に係る対応について」にて、運輸安全委員会の意見を周知し、さらに平成30年7月9日付け東鉄技第50号「地域鉄道等における軌間拡大防止策の促進について」にて、連続性に注意してまくらぎ等の管理を行うこと等、必要な取組を指導した。

同社は、これらの通達を受け、まくらぎの管理を強化する方法について検討を行っていたが、実施していなかった。また、木まくらぎをPCまくらぎに交換するなど他の対策について、従来の管理方法で問題ないものと判断し、十分な対策を実施していなかった。

3 分析

3.1 脱線の状況に関する分析

3.1.1 脱線開始地点について

2.5(1)に記述したように、13k280m付近の左レール（内軌）のゲージコーナー側の頭部側面に左車輪が軌間内に落下して車輪の表リム面が擦ったと見られる痕跡があり、これより手前及び同地点の右レール（外軌）に脱線の痕跡は確認されなかったことから、最初に脱線した地点は、13k280m付近（以下「脱線開始地点」という。）の左レール（内軌）であると考えられる。

3.1.2 本件車両前台車の脱線について

2.3.1に記述したように、本件車両の前台車第1軸の左車輪は、13k230m付近で軌間内に脱輪し停止していた。また、2.5(4)に記述したように、本件車両の前台車第1軸の左車輪の表リム面に多数の擦過痕及びレール継目板に衝撃したと見られる打痕が2箇所あり、他の車輪には同様の擦過痕等はなかった。

このことから、脱線した車輪は本件車両の前台車第1軸の左車輪であると推定され、同車輪が脱線し停止するまでの経緯は、2.5(1)～(3)に記述した線路の痕跡から、以下のとおりであると考えられる。

- ・本件列車が半径160mの左曲線を通過中に13k280m付近で、左車輪が左

- レール（内軌）の軌間内に落下し、
 - その後、軌間を押し広げながら走行し、13k259m付近及び13k234m付近の左レールのレール継目板に左車輪が衝撃した後、13k230m付近で左車輪が軌間内に約40mm落下した状態で停止した。
- (付図3 事故現場の略図と脱線の痕跡 参照)

3.1.3 脱線開始地点の脱線の状況について

3.1.2に記述した本件車両の前台車第1軸の左車輪が13k280m付近で、左レールの軌間内に落下した事象（以下「軌間内脱線」という）は、3.4.3(1)に後述するように、列車走行時の横圧によるレール小返り^{*15}やレールの横移動（以下、「レール小返り等」という。）で動的な軌間拡大^{*16}が発生したことによるものと考えられる。本事故における軌間内脱線のイメージは図6のとおりである。なお、軌間拡大についての詳細は3.4.4で後述する。

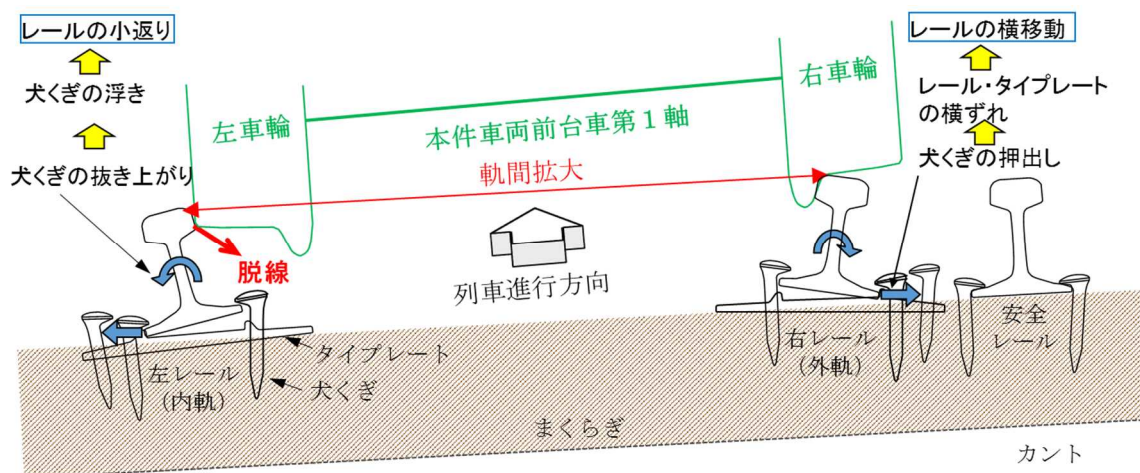


図6 本事故における軌間内脱線のイメージ

3.2 本事故発生時の走行速度等に関する分析

2.1に記述した本件運転士の口述によれば、本件曲線を速度約30km/hで走行中に衝撃及び異音があったとのことから、本事故発生時の走行速度は約30km/hであったと考えられる。

なお、2.7に記述したように、本件曲線の制限速度は40km/hであることから、速度超過はなかったものと考えられる。

*15 「レール小返り」とは、車輪がレールに及ぼす荷重によってレールが傾く現象をいう。

*16 「軌間拡大」とは、横圧（車輪がレールを横方向に押す力）によるレール締結装置の損傷やレール摩耗の増大により軌間が広がった状態をいう。軌間がある程度以上に広がると、左右いずれかの車輪をレール頭部で支持できない状態になり、脱線に至る。なお、ここでは、列車走行に伴う横圧による軌間拡大を「動的な軌間拡大」という。

3.3 本事故発生時の時刻に関する分析

本事故発生時の時刻は、2.1に記述した本件運転士の口述から、走行中に衝撃及び異音がして本件列車を停止させた18時52分ごろであったものと考えられる。

3.4 軌道に関する分析

3.4.1 軌道変位について

(1) 軌道変位の整備基準値について

2.3.2.3(1)に記述したように、同社は軌道施設実施基準で定められている軌道変位の整備基準値に基づき軌道整備を行っている。

静的軌間変位の整備基準値は、半径160mの本件曲線で14mmとなっており、これは動的軌間変位では20mmに相当し、さらに、本件曲線のスラックの25mmと合わせると45mmとなる。

一方、附属資料2に示すように軌間変位の限度値は、スラックを合わせて40mmであり、これより同社の軌間変位の整備基準値は5mm大きく、本件曲線における適正な軌間変位の整備基準値（以下「適正な整備基準値」という。）は9mmであるといえる。

また、2.3.2.3(1)に記述したように、軌道施設実施基準で定められている軌道変位が整備基準値に達した場合の処置については、早急に整備を行うものとされているが、整備を行う明確な期限を定めていなかった。

3.4.1(2)に後述するように、本事故発生前に適正な整備基準値を適用し、かつ、期限を決めて適正に整備を行っていたら、本事故の発生を未然に防ぐことができたと考えられる。

したがって、同社は、軌間変位の整備基準値について適正な整備基準値に改正し、さらに軌道変位が整備基準値に達した場合の処置について整備を行うまでの明確な期限を定めることが望ましい。

(附属資料2 軌間変位の限度値の考え方 参照)

(2) 軌道変位測定値について

2.3.2.3(1)に記述したように、本件曲線の本事故発生前の軌間変位の測定値は、13k345m付近の1箇所を除き、すべて同社の整備基準値未満であった。

ただし、軌間変位については、3.4.1(1)に記述した適正な整備基準値を適用すると、本件曲線において脱線開始地点（13k280m付近）を含む9箇所で整備基準値に達していた（図7 参照）。

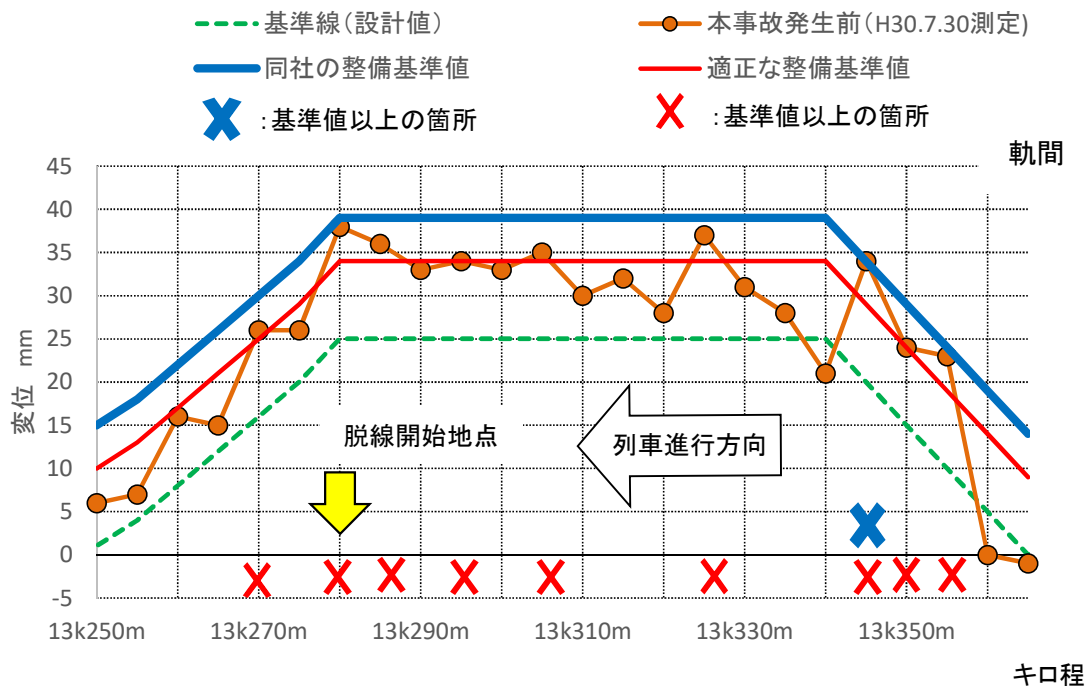


図7 本件曲線の軌間変位

また、2.3.2.4(1)に記述した本事故発生後の軌道変位測定値については、13k263m～13k270mの軌間変位について、2.3.2.3(1)に記述した本事故発生前の軌道変位測定値から広がっていた。

これは、本事故発生時に大きくレール小返り等が発生し、その影響が残存しているものと考えられるが、軌間変位の上記以外の区間及びその他の軌道変位については、2.3.2.3(1)に記述した本事故発生前の軌道変位測定値とほぼ同等であった。

したがって、本事故発生時の脱線開始地点（13k280m付近）においては、軌間が基本寸法と比較して大きくなっていた状態で、レール小返り等の動的な変位と相まって軌間拡大による軌間内脱線が発生しやすい状態にあった可能性があると考えられ、本事故発生前に3.4.1(1)に記述したように適正な整備基準値を適用し、かつ、整備期限を決めて適正に軌道整備を行っていたら、本事故の発生を未然に防ぐことができたと考えられる。

なお、2.3.2.3(1)に記述したように、高低変位及び5m平面性変位は整備基準値未満であったが、通り変位が脱線開始地点から約10m後方（13k290m付近）で整備基準値に達していた。ただし、この通り変位は曲率が小さくなる方向への変位であること、整備基準値を大幅に超過したものではないことから、軌間拡大に大きく影響するものではないと考えられる。した

がって、軌間変位以外の軌道変位については、脱線の発生に關与するものではなかったと考えられる。

(3) 軌間変位の測定方法について

2.3.2.3(1)に記述したように、同社の軌道変位の定期検査は静的軌道変位を測定している。

本事故については、3.4.1(2)に記述したように静的軌間変位が大きかったことにより軌間の異常を把握することが可能であったと考えられるが、3.4.4に後述するように、動的な軌間拡大が発生し脱線したものと考えられることから、動的軌間変位の測定により、異常を把握し、事故を未然に防ぐ確実性が高まった可能性があると考えられる。

したがって、木まくらぎやレール締結装置の整備状態等により、動的な軌間拡大が懸念される場合は、軌道検測車等により動的軌間変位の測定の実施を検討することが望ましい。また、動的軌道変位の測定が困難で、静的軌道変位測定のみで軌道変位の管理を行う場合は、レールの小返り等により動的な軌間拡大が発生する危険性に注意を払い、まくらぎやレール締結装置の管理を十分に行う必要がある。

なお、現在、地域鉄道向けに簡易な動的軌道変位（軌間変位及び平面性変位）を測定する装置の開発^{*17}が進められている。

3.4.2 まくらぎについて

脱線開始地点付近のまくらぎについては、2.3.2.3(2)①に記述したように、平成30年7月20日及び同月24日に定期検査を行っており、本事故現場付近の13k200m～13k300m間の不良まくらぎは検査台帳に22本と記録されていた。しかしながら、2.3.2.4(2)②に記述したように、本事故発生後の調査において、脱線開始地点付近で不良まくらぎが連続して存在していた。

同社のまくらぎ検査は、2.3.2.3(2)に記述したように、現地のまくらぎに不良まくらぎの印付けを行っていたが、検査台帳にはおおよそ100m区間毎の不良まくらぎ数を記入しており、不良まくらぎが連続している場合の数量を別掲する等の様式になっていないことから、検査台帳で連続した不良箇所があることを把握できるようになっていなかった。

まくらぎは、並列系で構成される軌道材料（部材個々の劣化が一定範囲で許容できるように設計されているもの）であり^{*18}、不良まくらぎやレール締結状態の不良については、特に連続性に注意して管理する必要がある。

*17 「車両走行時の軌道の変形を診る」（坪川洋友、石川智行、公益財団法人鉄道総合技術研究所、RRR、Vol.76、平成31年、pp.20-23）

*18 「鉄道構造物等維持管理標準（軌道編）の手引き」（財団法人鉄道総合技術研究所、平成19年、p.154）

したがって、同社はまくらぎ検査において、現地のまくらぎへの印付けだけではなく、不良箇所の連続性を把握できるように検査記録の様式を改善し、不良が一定数連続していた場合には早期に交換する等の処置についてあらかじめ定め、それに従い整備を行っていく必要がある。

3.4.3 レールの締結について

(1) レールの締結状態について

2.3.2.3(2)②に記述したように、脱線開始地点付近におけるレール締結装置については、平成30年5月5日に実施されたレール締結装置の検査では、検査記録にレール締結状態の不良はなかった。また、2.3.2.3(3)に記述したように、平成31年4月14日に実施された徒歩巡回による線路巡視でも、異常は記録されていなかった。

しかしながら、2.3.2.4(2)②に記述したように、本事故発生後の調査において、脱線開始地点付近で連続したレール締結状態の不良が多数見られた。

このような状態は、本事故の脱線の影響もあると考えられるが、一般的に列車走行時の横圧によるレール小返り等で、犬くぎの抜け上がり及び押し出しが発生し、それらが繰り返されることで、レール締結状態の不良が進展していくことから、本事故発生時には、脱線開始地点付近においてレール締結状態の不良がある程度連続して存在していた可能性があると考えられる。なお、レール締結状態の不良が多数あったことについては、3.4.2で記述したように不良まくらぎが多数あったことが関与しているものと考えられる。

以上により、3.1.2に記述したように、13k280m付近で、左車輪が左レール（内軌）の軌間内に落下したことについては、脱線開始地点付近においてレール締結状態の不良がある程度連続して存在していたところに、本件列車走行時の横圧によるレール小返り等で軌間が動的に拡大したことによるものと考えられる。

したがって、同社は、まくらぎ検査等の軌道材料の検査や線路の巡視等において、まくらぎの腐食や犬くぎ浮き等を確認し、状況に応じて犬くぎの打ち替えや増し打ち、まくらぎ交換、ゲージタイ（軌間保持金具）の設置等を実施する必要がある。

なお、これらについては連続的に発生している場合やスラックの大きい急曲線で発生している場合は、軌間内脱線に対する危険性が特に増大するため優先して整備を行うよう配慮する必要がある。

(2) レールの締結方法について

2.3.2.2(6)に記述したように、本件曲線中のタイププレート1枚当たりの犬くぎ打込み本数は、一般的に標準とされる本数よりも少なかった。

また、2.3.2.4(2)②に記述したように、タイププレート締着用の犬くぎについて完全に打ち込まないことが慣例となっていたため、ほぼすべてが犬くぎ浮きの状態であった。

犬くぎ打込み本数を増加させ、かつレールやタイププレートに密着するように適正に打ち込むことは、レール小返り等の防止に効果があると考えられる。

したがって、同社は、急曲線等の軌間拡大が懸念される箇所を優先的に犬くぎの増し打ち等の対策を行い、かつ適正に犬くぎを打ち込むことでレールの締結力を向上させることが望ましい。また、曲線半径毎の標準的な犬くぎ打込み本数及び方法をあらかじめ定めておくことが望ましい。

3.4.4 軌間拡大について

軌間内脱線は、レールの摩耗や車輪端部の面取りの影響を考慮しない条件で、軌間の基本寸法（本線路では1,067mm）、軌間変位及びスラックの合計値（以下「軌間寸法」という。）を、落下する反対側（本事故の場合は右車輪）のフランジ厚さ、輪軸の車輪内面距離及び落下する側（本事故の場合は左車輪）の車輪幅の合計値（以下「輪軸寸法」という。）が下回る（車輪のレールへの掛かり量がマイナスとなる）ことで発生する可能性がある（図8 参照）。

2.3.2.4(1)①に記述した本事故発生後に静的に測定されたスラックを含む軌間変位から算出される軌間寸法は、脱線開始地点の13k280m付近で+38mm（スラック25mm、軌間変位13mm）であったことから、1,105mm（=1,067+38）となる。

また、輪軸寸法については、2.4.3.2に記述した、本事故発生後に測定された本件車両の前台車第1軸の輪軸寸法（値は小数点以下を四捨五入し、車輪幅はほぼ変化がないことから、設計値である125mmとする。）から、1,136mm（=21+990+125）となる。

これより、本事故発生時の脱線開始地点付近の車輪のレールへの掛かり量の推測値は31mmとなり、軌間内脱線に至らない寸法であることから、本事故発生時の脱線開始地点付近では、レール小返り等による動的な軌間拡大の内外軌の合計値が約31mmを超過したものと考えられる。

なお、内外軌それぞれの拡大量は不明であるが、2.3.2.4(2)②に記述したように本事故発生直後の脱線開始地点付近のレールの締結の状態に内外軌の明確な差異がなかったこと等から、ほぼ同等の拡大量であったと仮定すると、内外軌の拡大量はそれぞれ約15.5mm（=31/2）であった可能性があると考えられる。

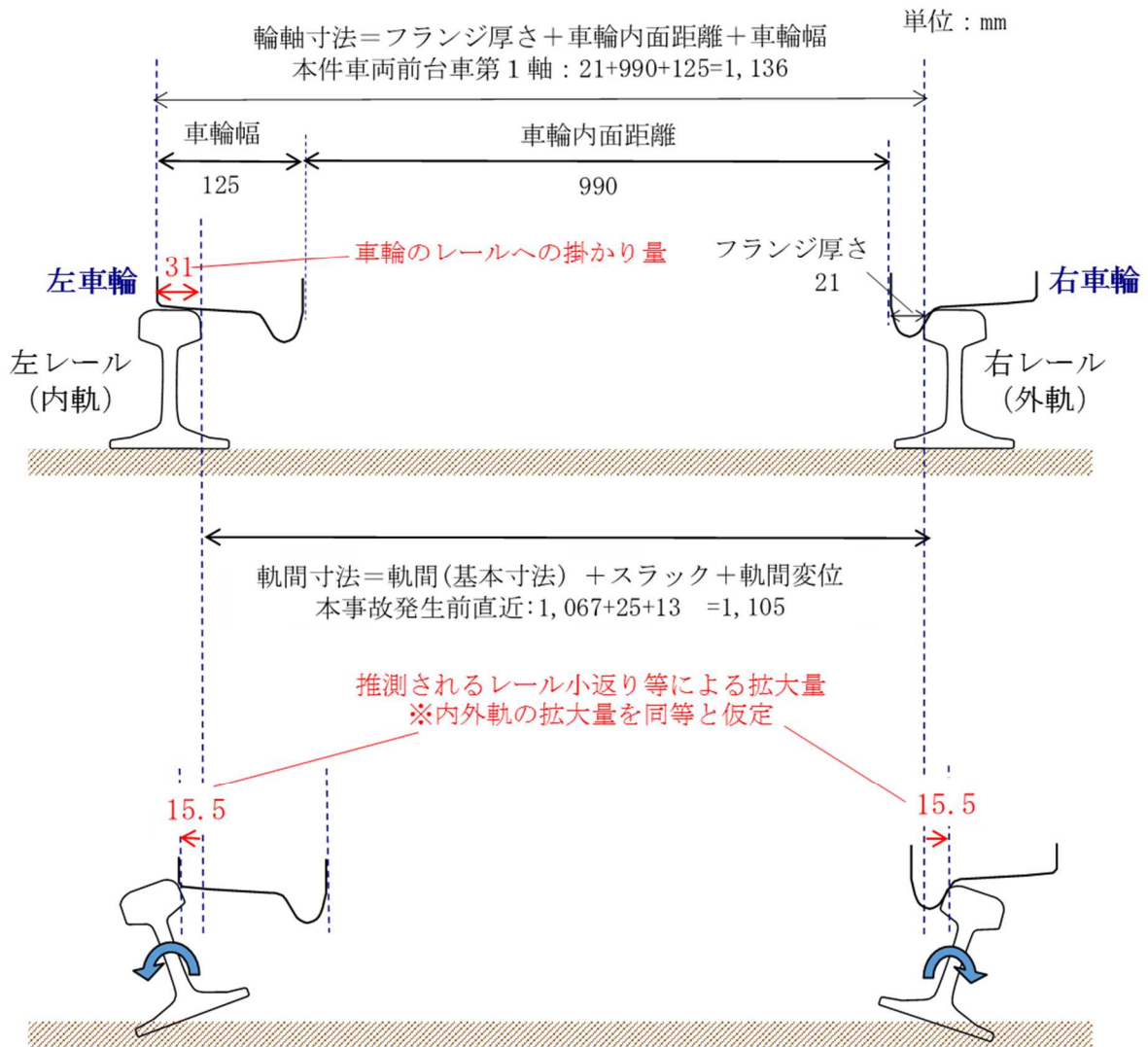


図8 推測される軌間拡大の状態

(附属資料2 軌間変位の限度値の考え方 参照)

3.4.5 スラックについて

2.3.2.2(1)に記述したように、本件曲線において設定されていたスラックは25mmであった。

ここで、3.4.4に記述した軌間内脱線が発生する条件から、軌間（基本寸法）、スラック、及び軌間変位の合計値が小さいほど、軌間内脱線に対する安全性が向上する。したがって、スラックについては、軌間内脱線を発生させないために許容できる軌間変位の範囲を拡大し、軌間内脱線への余裕を増大させるため、可能な範囲で縮小について検討することが望ましい。

「解説 鉄道に関する技術基準（土木編）第三版」^{*19}に示される、日本国有鉄道の曲線におけるスラックについては、車両構造の変遷及び軌間拡大による脱線に対する余裕を増大させるため、順次縮小されており、昭和62年には、半径170m未満の曲線の場合は20mm（専ら2軸車が走行する区間以外）とされている。この値よりも本件曲線のスラックは5mm大きく、軌間内への脱線に対する余裕が小さくなっていたと考えられる。

なお、スラックの変更は、比較的大規模な工事を伴うため、対象の曲線の改良工事等を行う際に合わせて施工するなどにより、順次整備することが望ましい。

3.4.6 まくらぎの交換について

2.3.2.5に記述したように、同社の木まくらぎからPCまくらぎへの交換は、PCまくらぎ1本交換により行われている。この方法は、交換が必要な不良まくらぎのみを交換することから経済的な方法ではあるが、交換する箇所がランダムになるため、木まくらぎが連続して残存する可能性があり、PCまくらぎ敷設による軌間拡大の防止効果を得るためには、一定の期間が必要となり、1回の工事により防止効果を得ることが担保されるものではない。

したがって、早期に軌間拡大の防止を図るためには、全数PCまくらぎ化することが望ましい。ただし、経済的な理由等からまくらぎの全数を交換するのが困難な場合は、部分PCまくらぎ化することも有効である。その場合は、走行する車両や線形等の条件を考慮して、交換するPCまくらぎの割合を決定することが望ましい。

なお、木まくらぎからPCまくらぎへの交換は、木まくらぎの不良の発生状況や線形等に基づく優先箇所を考慮し、計画的に実施していくことが必要である。

3.4.7 線路の保守体制について

2.3.2.6に記述したように、同社における線路の保守は、本事故発生時において担当者7名の体制で行っている。同社の営業キロ（30.7km）等を考慮すると、担当者を大幅に増員することは難しいと考えられ、また、軌道関係の検査を基準期間内で実施し、レールやまくらぎの交換等を含め簡易な補修作業について直轄で行っていること等、規定に従った一定の線路の保守ができていたことから、保線担当者個人ごとの業務遂行能力に顕著な問題はなかったと考えられる。

しかしながら、3.4.1(1)に記述したように、軌間変位の整備基準値が適正な整備基準値よりも大きかったこと、3.4.2に記述したように、まくらぎの検査において検査台帳で不良まくらぎの連続性を把握できていなかったこと等、技術力の不足も見受けられた。

*19 「解説 鉄道に関する技術基準（土木編）第三版」（国土交通省鉄道局監修、平成26年、p.119）

これは、同社に類する地域鉄道に共通する課題として、修繕費等の経費を十分に確保することが難しいことに加え、鉄道事業が小規模であるために、組織としての技術力の維持、向上が困難であることが考えられ、同社においては、そのような状況が継続していた可能性があると考えられる。

本事故の再発防止の観点から、このような組織としての技術力の不足を補うためには、各担当者の研修や訓練による社員教育を実施することや、適任者を増員すること等も有効であるが、即効性・確実性を考えると、木まくらぎに比べて耐久性に優れ容易な保守が可能であるPCまくらぎ等に交換（部分PCまくらぎ化を含む。）していくこと等ハード対策を更に実施していくとともに、各法人が行っている技術支援や技術開発等を積極的に活用し^{*20}、社外の知見等を取り入れていくことが望ましい。

3.5 車両に関する分析

2.1に記述した本件運転士の口述及び2.4.3に記述した本件車両の定期検査の結果より、本件車両に脱線の発生に関与する異常はなかったものと考えられる。なお、2.5(4)に記述した車両の損傷及び痕跡は、軌道の損傷及び痕跡から本件車両が脱線した後の走行により生じたものと考えられる。

3.6 気象に関する分析

2.8に記述したように、本事故発生当時の事故現場付近における天気は晴れであり、降水量はなく、気温は12.8℃、風向・風速は南東1.2m/sであった。これより、脱線の発生に関与するような気象状況ではなかったものと考えられる。なお、気象状況から、本事故現場付近のレールは乾燥状態であったと考えられる。

3.7 過去の同種事故への対応に関する分析

2.9に記述したように、同社は、本事故と同様の軌間拡大による列車脱線事故の防止について、東北運輸局より運輸安全委員会の意見を周知され、まくらぎ等の管理について必要な取組を指導されていたにもかかわらず、本事故が発生するまでに十分な対策を実施していなかった。

一般的に軌道を含むインフラのメンテナンスは、不具合が生じてから修繕を行う「事後保全」ではなく、不具合が発生する前に修繕等の対策を行う「予防保全」を基本として実施することが重要である。

したがって、同社は、3.4.1(1)に記述した軌間変位の整備基準値の改正や、3.4.2

*20 「運輸安全委員会ダイジェストNo.28 脱線事故の防止に向けてー軌道の保守管理のポイントー」（運輸安全委員会、平成30年、pp.11-13）

に記述したまくらぎ検査の方法や記録様式の改善等、できうることを早期に実施し、より確実な予防保全を行う必要があったと考えられる。

3.8 脱線の原因に関する分析

- (1) 本事故は、3.1.2 に記述したように、本件列車が半径160mの左曲線を通過中に13k280m付近で、左車輪が左レール（内軌）の軌間内に落下し、その後、軌間を押し広げながら走行し、13k259m付近及び13k234m付近の左レールのレール継目板に左車輪が衝撃した後、13k230m付近で左車輪が軌間内に約40mm落下した状態で停止したものと考えられる。
- (2) 軌間が大きく拡大したことについては、3.4.1(2)に記述したように、同曲線中の静的軌間変位が大きかったこと、3.4.2及び3.4.3に記述したように、脱線開始地点付近においてまくらぎやレール締結状態の不良が連続していたことから、3.1.3に記述したように、本件列車走行時の横圧によるレール小返り等で軌間が動的に拡大したことによるものと考えられる。
- (3) 静的軌間変位が大きかったことについては、3.4.1(1)に記述したように、軌間変位の整備基準値がスラックを考慮したものとなっておらず適正な値よりも大きく、かつ、軌間変位が整備基準値に達した場合における軌道整備を行うまでの明確な期限を定めていなかったことから、軌道整備が不十分であったことが関与しているものと考えられる。
- (4) まくらぎやレール締結状態の不良が連続していたことについては、3.4.2に記述したように、まくらぎ検査において、現地のまくらぎに連続性を考慮した印付けを行っていたが、検査台帳はまくらぎ等の不良の連続性を把握できる記録様式となっておらず、連続した場合の処置方法も定められていなかったことから、まくらぎやレール締結装置の補修が不十分であったことが関与しているものと考えられる。

また、3.4.3(2)に記述したように、タイプレート1枚当たりの犬くぎ打込み本数が、一般的に標準とされる本数よりも少なく、タイプレート締着用の犬くぎについては、完全に打ち込まないことが慣例となっていたため、ほぼすべてが犬くぎ浮きの状態であったことが関与しているものと考えられる。

- (5) また、本事故の発生については、3.4.5に記述したように、曲線中のスラックが比較的大きかったため軌間内脱線に対する余裕が小さくなっていたこと、3.7に記述したように、本事故と同様の軌間拡大による列車脱線事故の防止について、東北運輸局より運輸安全委員会の意見を周知され、まくらぎ等の管理について必要な取組を指導されていたにもかかわらず、本事故が発生するまでに十分な対策を実施していなかったことが関与しているものと考えられる。

(付図5 列車脱線事故の関与要因 参照)

4 原因

本事故は、列車が半径160mの左曲線を通過中に、軌間が大きく拡大したため、先頭車両の前台車第1軸の左車輪が軌間内に落下したことによるものと考えられる。

軌間が大きく拡大したことについては、同曲線中の静的軌間変位が大きかったこと、まくらぎやレール締結状態の不良が連続していたため、列車走行時の横圧によるレール小返り等で軌間が動的に拡大したことによるものと考えられる。

静的軌間変位が大きかったことについては、軌間変位の整備基準値がスラックを考慮したものとなっておらず適正な値よりも大きかったことが関与しているものと考えられる。

まくらぎやレール締結状態の不良が連続していたことについては、まくらぎ検査の記録及び処置方法の不備により、まくらぎやレール締結装置の補修が不十分であったことが関与しているものと考えられる。

また、本事故の発生については、同曲線中のスラックが比較的大きかったため軌間内への脱線に対する余裕が小さくなっていたこと、平成30年6月28日に運輸安全委員会が軌間拡大による列車脱線事故の防止を目的に発出した意見に対応した対策の実施が十分でなかったことが関与しているものと考えられる。

5 再発防止策

5.1 必要と考えられる再発防止策

(1) 軌道整備の着実な実施

① 軌道変位の整備基準値について

軌道変位の整備基準値についてスラックを考慮した適正な値に改正し、さらに軌道変位が整備基準値に達した場合の処置について整備を行うまでの明確な期限を定めることが望ましい。

② まくらぎ検査について

まくらぎ検査において、不良箇所の連続性を把握できるように検査記録の様式を改善し、不良が連続していた場合の処置についてあらかじめ定め、それに従い整備を行っていく必要がある。

③ レールの締結状態の検査等について

まくらぎ検査等の軌道材料の検査や線路の巡視等において、まくらぎの腐食や犬くぎ浮き等を確認し、状況に応じて犬くぎの打ち替えや増し打ち、まくらぎ交換、ゲージタイ（軌間保持金具）の設置等を実施する必要がある。

なお、これらについては連続的に発生している場合やスラックの大きい急曲線で発生している場合は、軌間内脱線に対する危険性が特に増大するため優先して整備を行うよう配慮する必要がある。

④ レールの締結方法について

急曲線等の軌間拡大が懸念される箇所を優先的に、犬くぎの増し打ち等の対策を行い、かつ適正に犬くぎを打ち込むことでレールの締結力を向上させることが望ましい。また、曲線半径毎の標準的な犬くぎ打込み本数及び方法をあらかじめ定めておくことが望ましい。

(2) まくらぎの材質の変更

まくらぎは、木まくらぎよりも耐久性、保守の容易性が優れているPCまくらぎ等に交換していくことが望ましい。

なお、本事故の再発防止を目的としたPCまくらぎ等への交換は、残存する木まくらぎが連続しないようにすることが必要であり、早期に軌間拡大の防止を図るためには、PCまくらぎ1本交換よりは、全数PCまくらぎ化または部分PCまくらぎ化が望ましい。

(3) スラックの縮小についての検討

スラックについては、軌間内脱線への余裕を高めるため、軌道の改良等に合せて、可能な範囲で縮小することが望ましい。

なお、上記の再発防止策については、運輸安全委員会の意見において記載している事項であり、また、東北運輸局は、その内容を既に同社に周知し指導していることから、同社は今一度、軌間拡大による列車脱線事故の防止について再考し必要な対策を実施する必要がある。

5.2 事故後に同社が講じた措置

同社は、5.3に後述する平成31年4月15日付東鉄安第6号、東鉄技第6号「輸送の安全確保について（警告）」に対して、令和元年7月30日、本事故の原因及び対策を記した「輸送の安全確保について（警告）に対する再発防止策について（中間）」を国土交通省東北運輸局に提出した。

また、同社は、5.3に後述する令和元年9月2日付東鉄監第8号、東鉄技第58号、東鉄安第56号「保安監査の結果について」に対して、令和元年10月2日に改善報告書を同運輸局に提出した。

同社による主な事故防止の対策は以下のとおりである。

(1) 急曲線のPCまくらぎ化

本事故現場において、老朽化した木まくらぎ44本を平成31年4月24日までにPCまくらぎに交換した。

また、大鰐線の半径250m以下の急曲線について、令和2年度までにPCまくらぎの敷設割合が3本に1本以上となるように、木まくらぎをPCまくらぎに交換し、PCまくらぎを敷設することが困難な場合はゲージタイを設置する計画を策定した。なお、本工事の完了までの期間については、軌間の測定及びレール締結装置の点検を3ヶ月に1回実施することとした。

平成31年度（令和元年度）におけるPCまくらぎ交換の計画本数は、本事故発生前は200本であったが、330本増の530本とした。

(2) まくらぎの管理方法の改善

まくらぎの検査及び管理については、まくらぎ1本毎に管理する方法とし、まくらぎの状態についてのランク判定を明確にするとともに、不良箇所連続性を把握できるように管理台帳を改めた。

(3) 軌間の整備基準値の改正

軌間変位の整備基準値をスラックを考慮した適正な値とするため、従来は半径200m未満の曲線について14mmであったものを9mmに改正し、また、整備基準値に達した場合における整備までの期限（軌間変位については、おおむね1ヶ月以内）を定めた。

(4) レール締結方法の改善

タイプレート締着用のおおぐぎについて、従来は完全に打ち込まないことが慣例となっていたが、タイプレートに密着するよう適正に打ち込むように改めた。

なお、同社は大鰐線のまくらぎ及びレール締結状態を確認し、必要な箇所についておおぐぎの増し打ち等の対策を行った後、平成31年4月17日に本事故発生後に運休していた大鰐線全線の運転を再開した。

5.3 事故後に国土交通省が講じた措置

本事故発生後に国土交通省が講じた措置は以下のとおりである。

国土交通省東北運輸局は、同社に対して

- (1) 平成31年4月15日付東鉄安第6号、東鉄技第6号「輸送の安全確保について（警告）」を発出し、本事故の再発防止策を検討し、必要な措置を講じて、

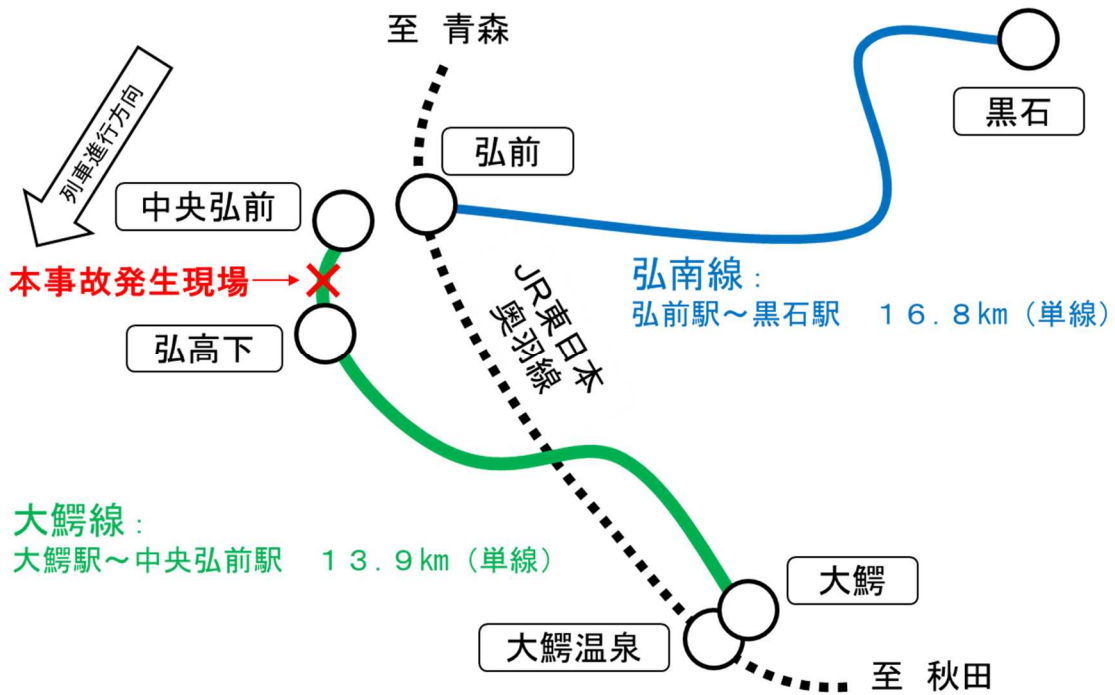
安全輸送の確保に万全を期すよう警告した。

- (2) 平成31年4月15日から17日まで保安監査を実施し、監査の結果、改善を要する事項が認められたことから、令和元年9月2日付東鉄監第8号、東鉄技第58号、東鉄安第56号「保安監査の結果について」を発出し、改善指示を行った。

また、国土交通省は、全国の鉄軌道事業者に対して、

- (3) 平成31年4月16日、国鉄技第16号、国鉄施第22号、国鉄安第4号「軌間拡大による列車脱線事故の防止について（再徹底）」及び事務連絡「地域鉄道等における軌間拡大防止策の徹底について」を発出し、軌間拡大による列車脱線事故の防止に係る通達等を改めて確認するとともに、これらに基づく対策（軌間拡大防止策の徹底）を確実に講じるよう指示した。
- (4) 令和元年7月5日、急曲線における軌間拡大の防止を図るため、事務連絡「急曲線における軌間拡大防止対策に係る指導について」を発出し、コンクリート製まくらぎへの交換又はゲージタイもしくは木まくらぎの同等交換を適切に実施するよう指示した。

付図1 弘南鉄道の路線略図

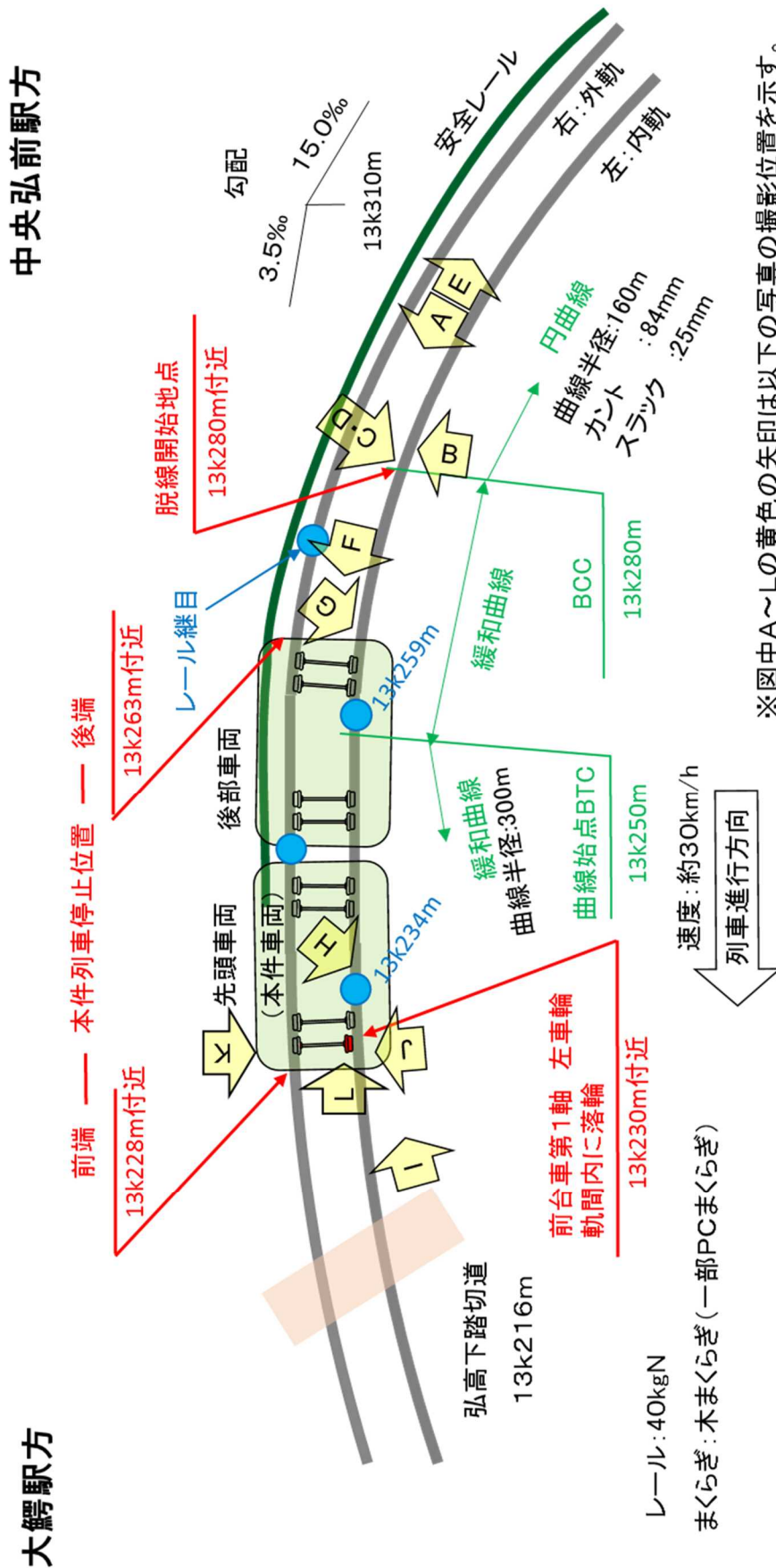


付図2 事故現場付近の地形図



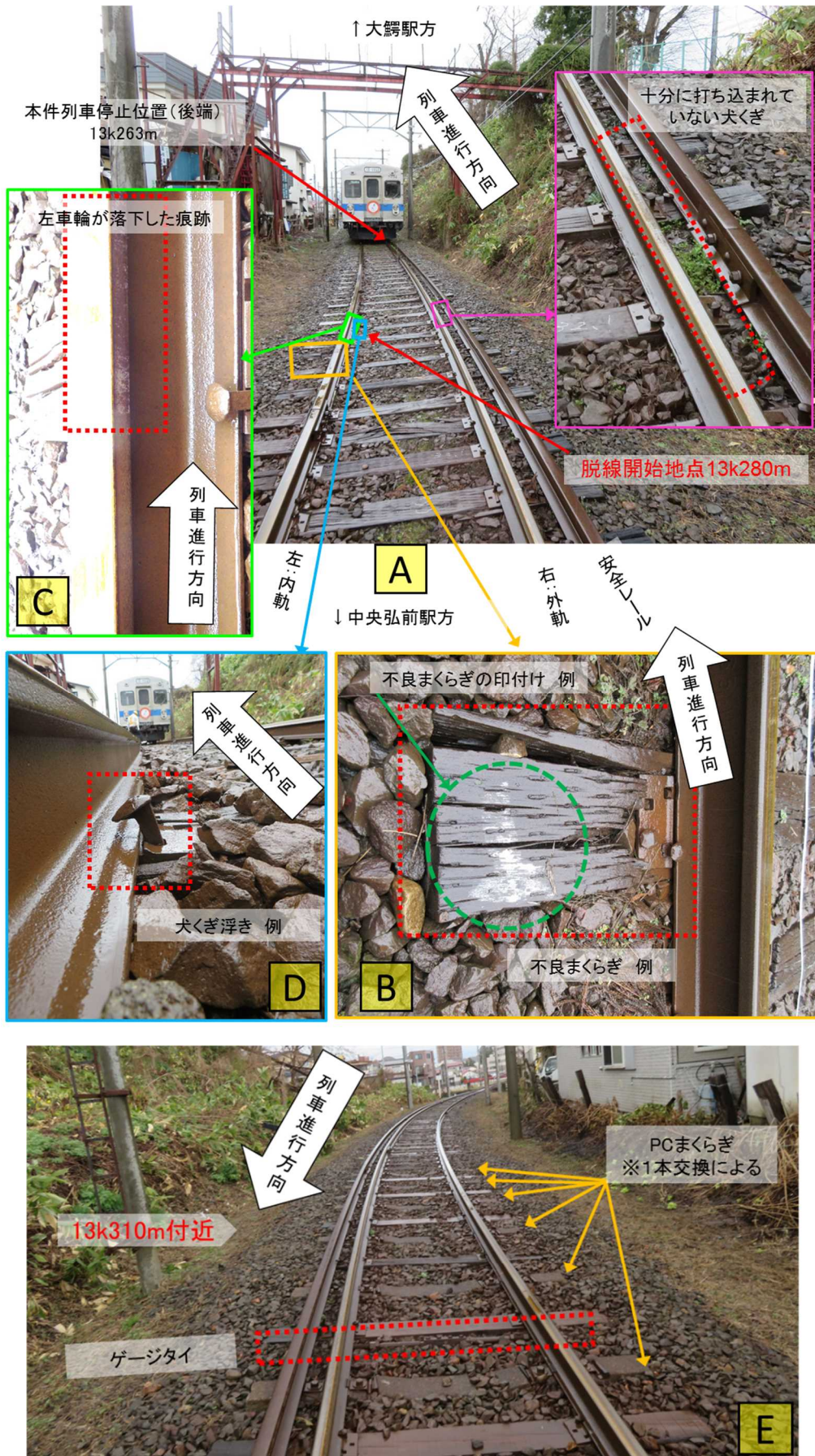
※この図は、国土地理院の地理院地図(電子国土Web)を使用して作成

付図3 事故現場の略図と脱線の痕跡（その1）

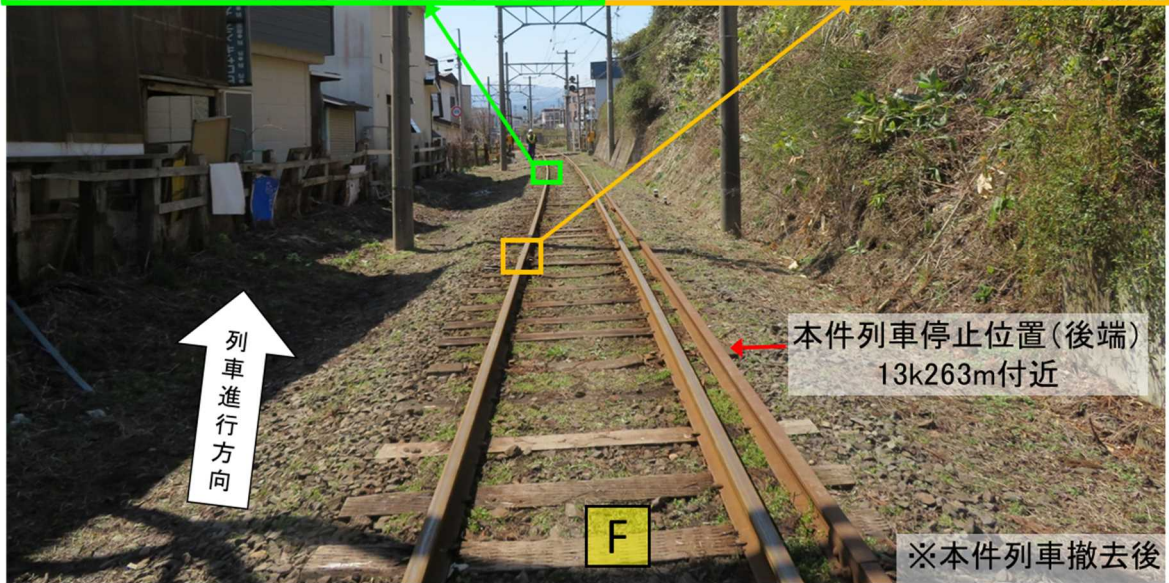
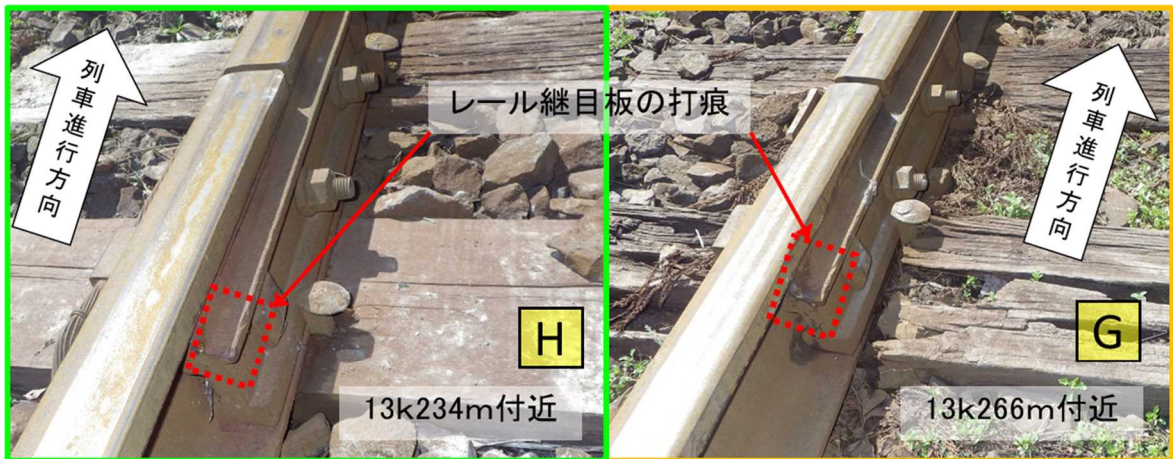


※図中A～Lの黄色の矢印は以下の写真の撮影位置を示す。

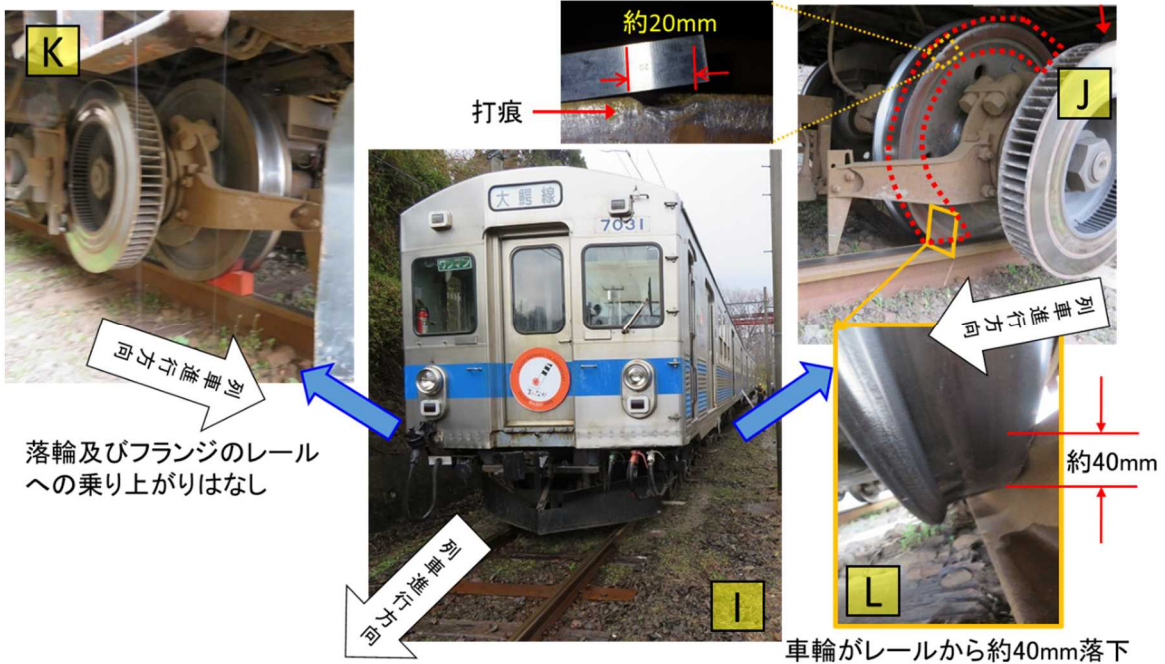
付図3 事故現場の略図と脱線の痕跡（その2）



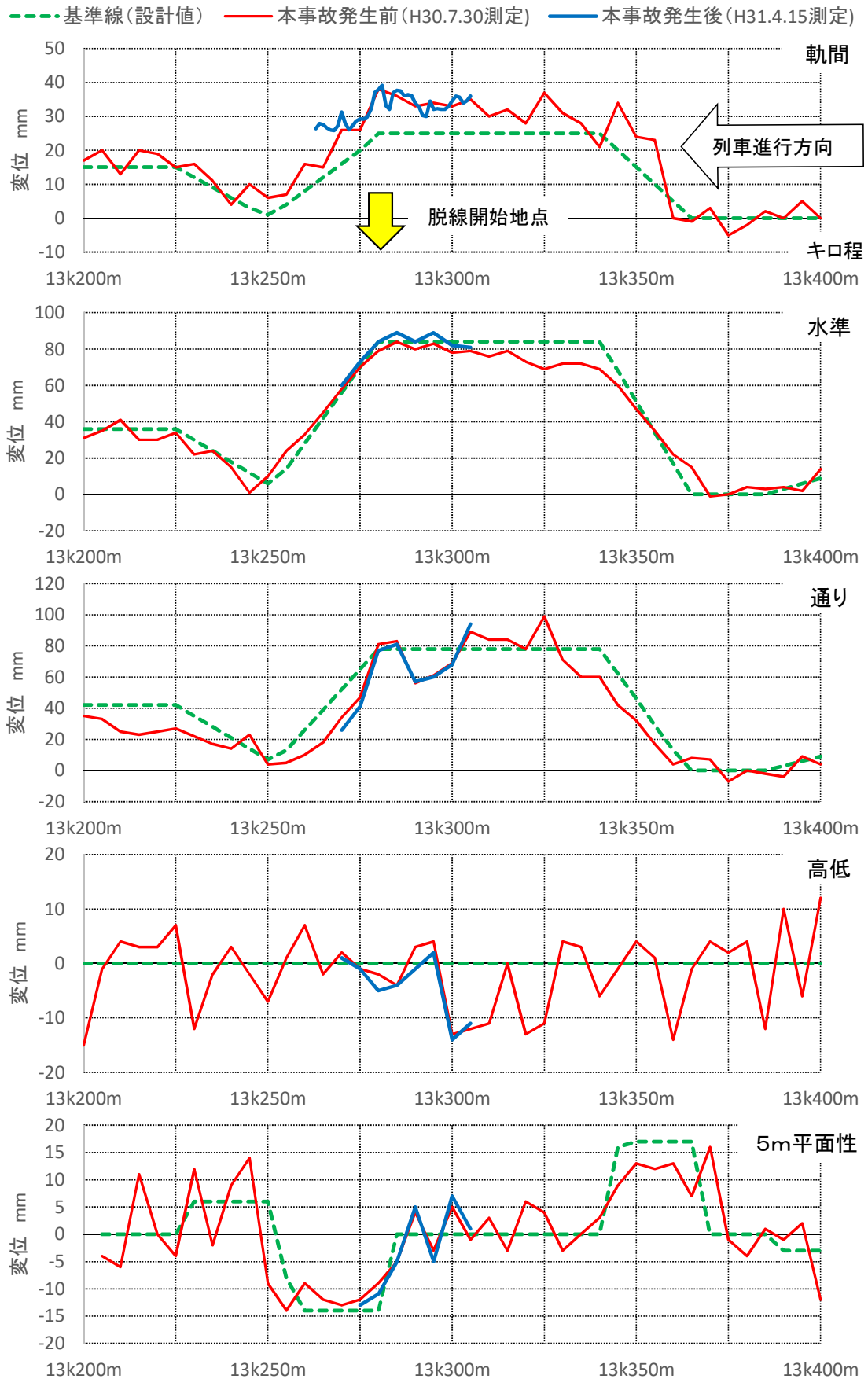
付図3 事故現場の略図と脱線の痕跡（その3）



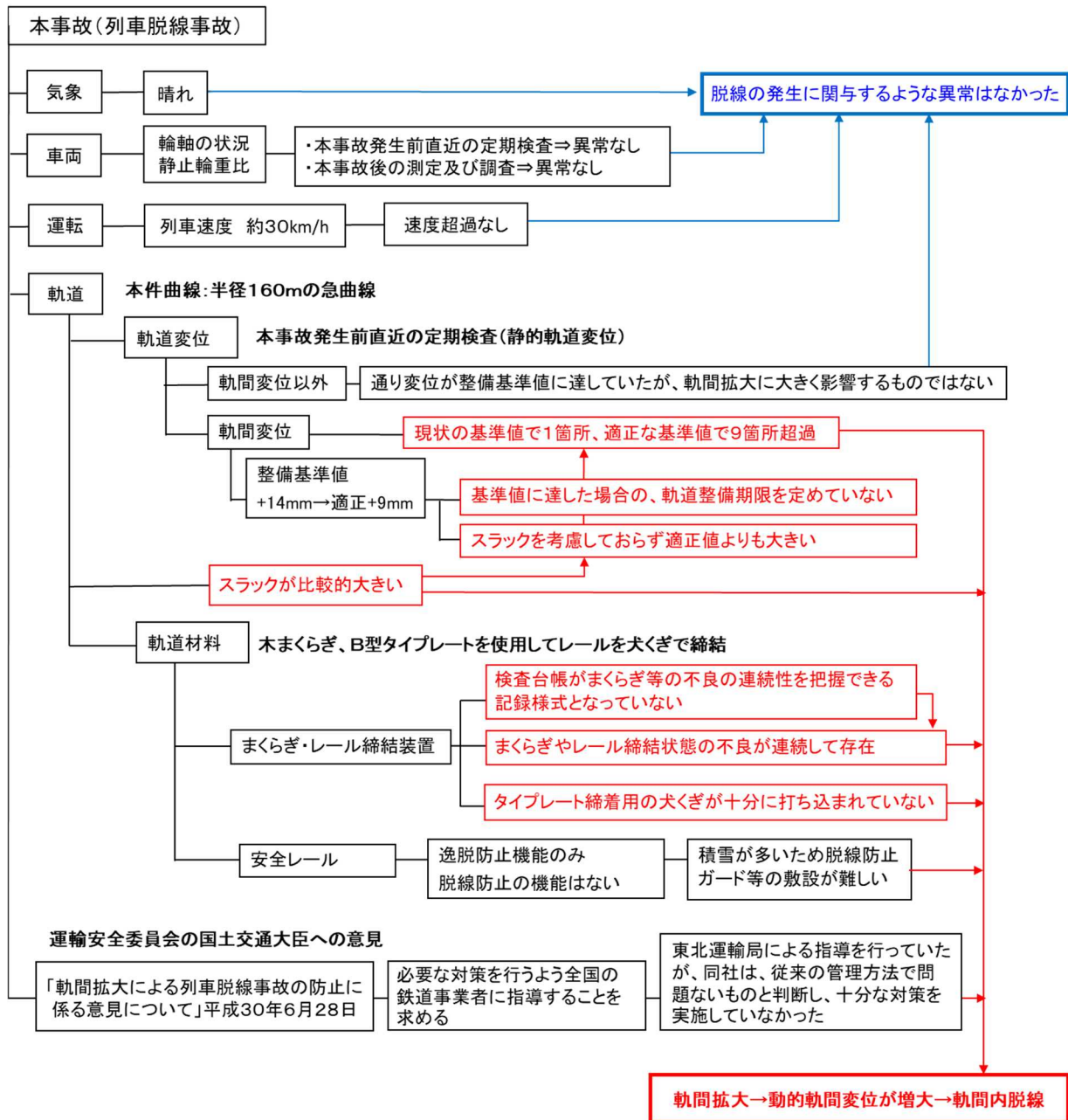
右側車輪 ← 先頭車両 前台車 第1軸 → 左側車輪 車輪の表リム面に擦過痕



付図4 事故現場付近の軌道変位等の状況



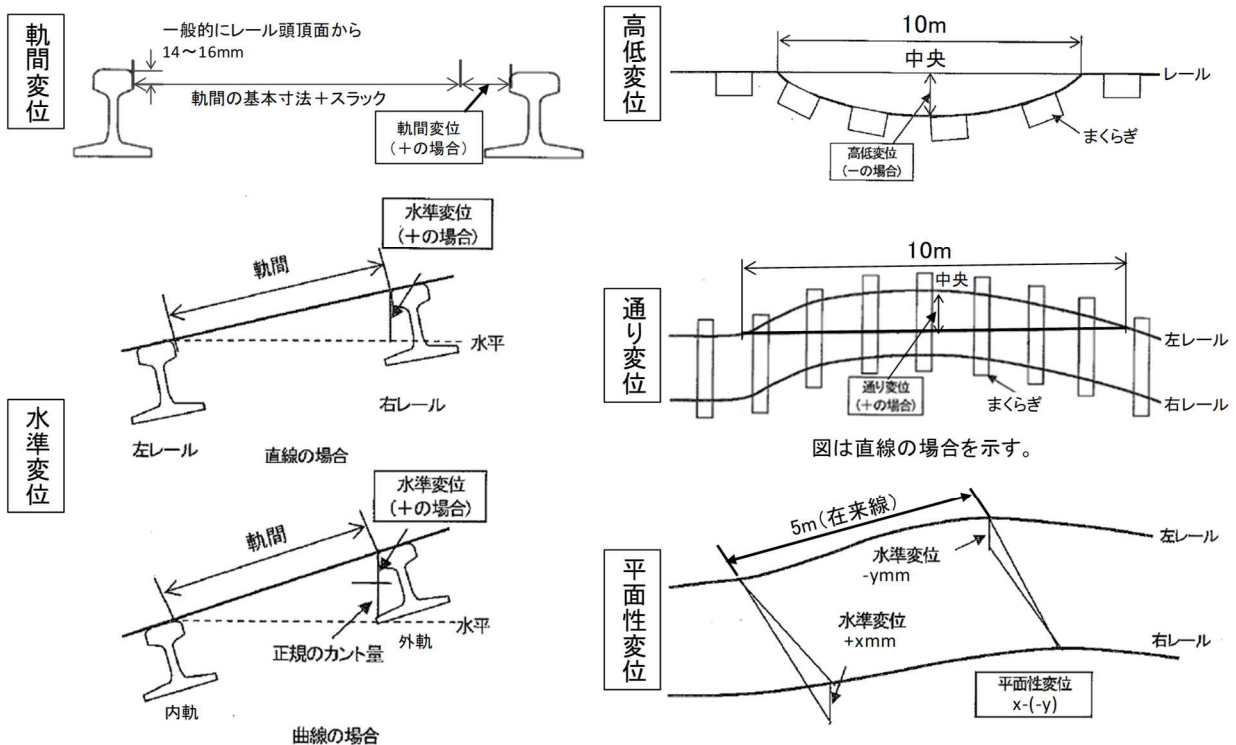
付図5 列車脱線事故の関与要因



※本資料は、本事故の原因の分析に関する概要を図示したものであり、内容の詳細については「3 分析」を参照

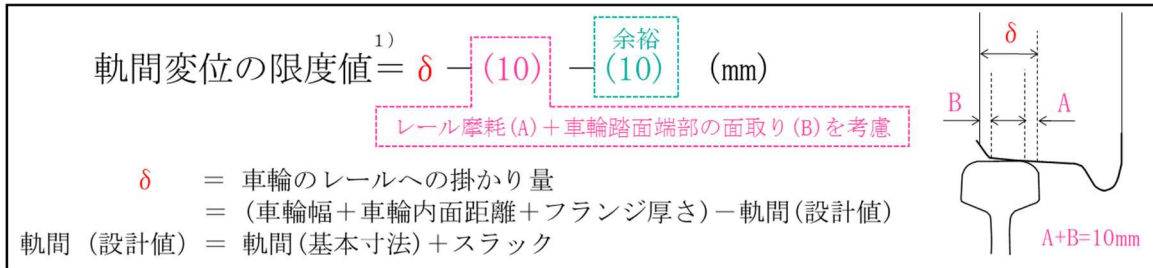
附属資料 1 軌道変位の種類と定義

軌道変位		列車の繰り返し通過や自然現象により、軌道の各部に生じる変位や変形のことをいう。軌道変位には、一般的に軌間変位、水準変位、高低変位、通り変位、平面性変位の5種類がある。
	軌間変位	軌間内側面間の距離から左右レールの基本寸法（1,067mm）及びスラックを除いたものである。軌間変位の限度値の考え方については、「附属資料2 軌間変位の限度値の考え方」を参照のこと。
	水準変位	左右レールの高さの差のことをいう。また、曲線部でカントが設定されている場合には、カントを差し引いた値のことをいう。
	高低変位	レール頭頂面の長さ方向での凹凸をいい、一般的には長さ10mの糸をレール頭頂面に張ったときの、その中央部における糸とレールとの距離で表す。
	通り変位	レール側面の長さ方向での凹凸をいい、一般的には長さ10mの糸をレールの軌間内側面に張ったときの、その中央部における糸とレールとの距離(通り正矢)で表す。また、曲線部においては、通り正矢から曲線半径による正矢量を差し引いた値で表す。
	平面性変位	レールの長さ方向の2点間の水準の差をいい、平面に対する軌道のねじれ状態を表す。2点間の距離が5mであれば、5m平面性変位という。

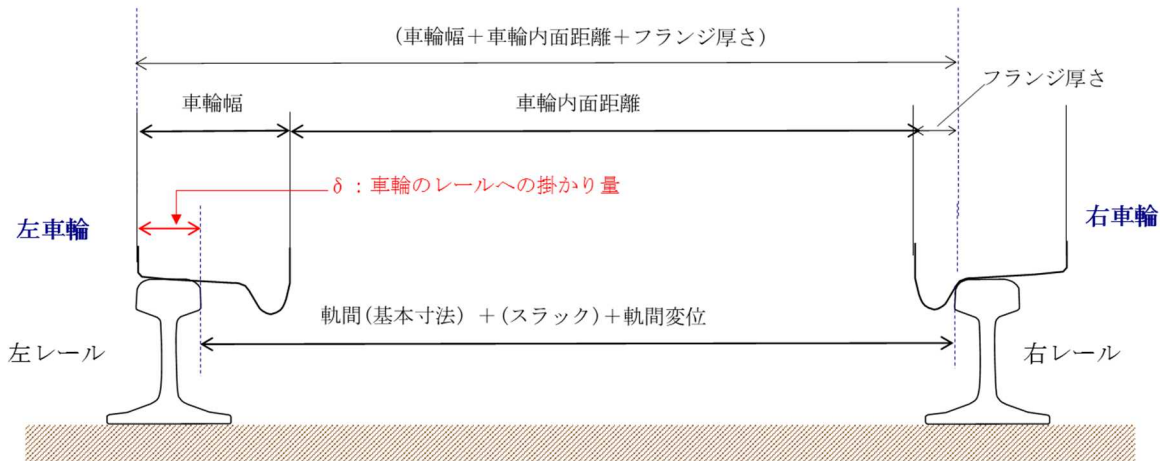


附属資料 2 軌間変位の限度値の考え方

鉄道車両の走行安全上の判定目標の一つとして、軌間内に車輪が脱線しないための軌間変位の限度値は、一般的にレールと輪軸の関係から次のように考えられる。



ここで、輪軸の寸法(最小値)、軌間(基本寸法)1,067mm及びスラック0mmとすると、
 軌間変位の限度値 = (車輪幅 + 車輪内面距離 + フランジ厚さ) - 軌間(設計値) - 10 - 10
 = (120 + 988 + 22) - 1,067 - 10 - 10 = 43 \div 40 (mm)



軌道整備基準値 (JR在来線の例)²⁾ では、軌間の拡大量の限度値40mmより、整備基準値の上限を、

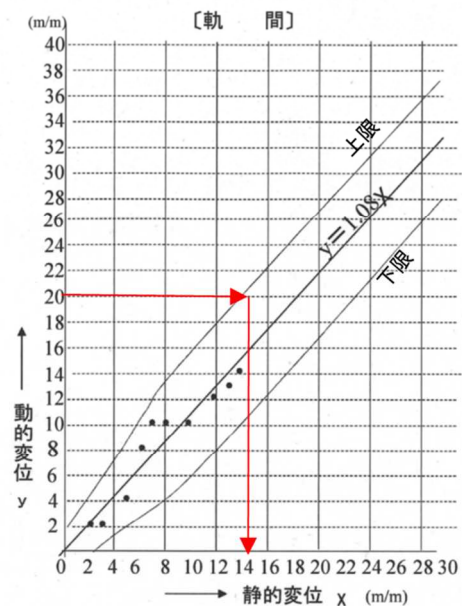
整備基準値の上限 = 軌間の拡大量の限度値 - スラック

として、例えばスラック20mmの曲線の動的軌間変位の整備基準値は、40 - 20 = 20mmとしている。

また、静的軌間変位の整備基準値は、動的軌間変位と静的軌間変位の関係³⁾ から求め、動的軌間変位の整備基準値が20mmの場合、静的軌間変位の整備基準値を14mmとしている。

参考文献

- 1) 鉄道構造物等維持管理標準(軌道編)の手引き、H19.3、p.31、財団法人鉄道総合技術研究所
- 2) 解説 鉄道に関する技術基準(土木編)第三版、H26.12、p.661、国土交通省鉄道局監修
- 3) 解説 鉄道に関する技術基準(土木編)第三版、H26.12、p.118、国土交通省鉄道局監修



動的軌間変位と静的軌間変位の関係