

## 新幹線脱線の状況

鉄道力学研究部  
部長 石田弘明

### 1. はじめに

2004年10月23日(土)17時56分頃、新潟県中越地方を震源とするマグニチュード6.8、最大震度7の地震が発生し、浦佐駅-長岡駅間を走行していた上越新幹線「とき325号」が脱線した。本発表会では、「とき325号」が脱線した箇所の地震動と高架橋天端の振動を推定し、さらにその高架橋上を走行する新幹線車両の挙動を解析したシミュレーションの手法と解析結果を報告する。ここでは、現場の状況と各講演で発表する解析結果との関係についての理解を助ける目的で、脱線箇所付近の線路の構造と線形、車両・軌道・構造物の損傷状況とこれらにより推定された地震時の列車位置及び脱線経過を、東日本旅客鉄道株式会社(以下、JR 東日本と記す)の「上越新幹線脱線調査専門委員会」がまとめた調査結果に基づいて紹介する。

### 2. 新潟県中越地震の発生と新幹線の脱線位置

2004年10月23日(土)17時56分頃に発生した新潟県中越地震の震央と脱線現場の位置、地震計の設置位置を図1に示す。図1には、JR 東日本の地震計設置位置のほかに防災科学技術研究所 K-NET<sup>1)</sup>の観測点を追記した。また、図中の( )内は、大宮起点のキロ程を示す。脱線現場は震央から北へ約9.8km離れた地点であった。



図1 震央と脱線現場付近

### 3. 脱線箇所付近の地上設備

脱線箇所付近の構造物とその名称、レール頭頂面上に脱線痕跡が残っていた地点、列車の最終停止位置を図2に、図2の区間の縦断平面線形を図3に示す。レール頭頂面上に脱線痕跡が残っていた地点は十日町高架橋上で、その箇所の軌道は直線・下り勾配3‰及び6‰のスラブ軌道であった。

10月28日に行われたレールレベルの測量結果を、当該地点の構造物とともに図4に示す。渡沢北高架橋から十日町高架橋の間の軌道は、浄土川橋りょう上の206k000m~206k080mで約70mm、十日町高架橋上の206k145m~206k180mで約30mm沈下していた。また、10月30日の軌間測定結果(図5)によれば、地震動を受けた際の車両在線により生じたと推定される軌間拡大が、渡沢北高架橋上の205k960m付近から起こり、十日町高架橋上の206k200m付近からは30mmを超える著大な拡大となっていた。

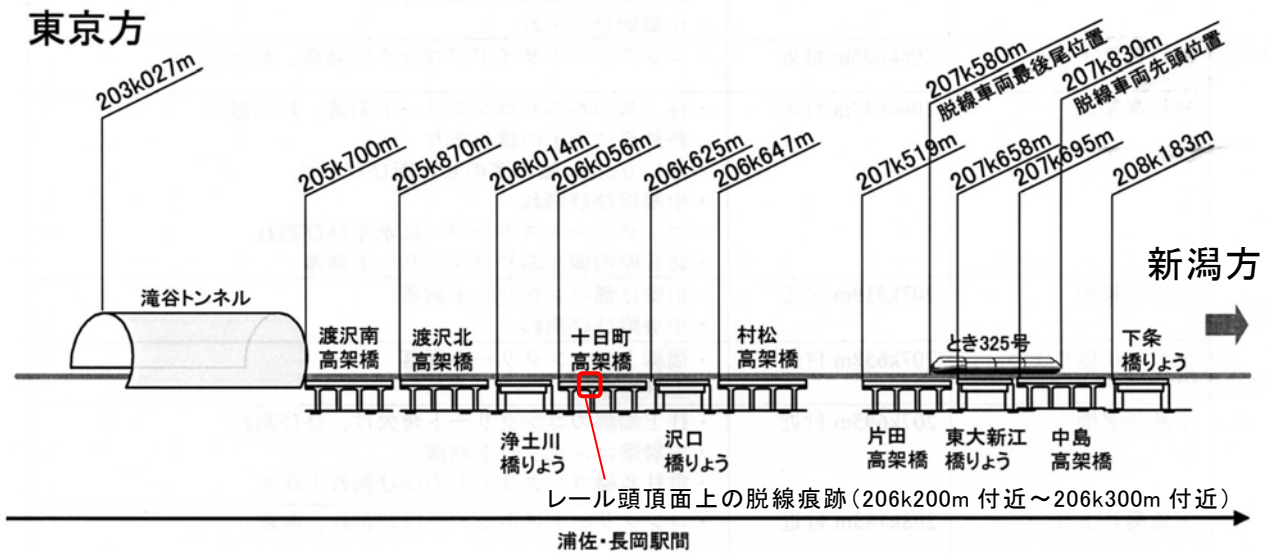


図2 脱線箇所付近の構造物

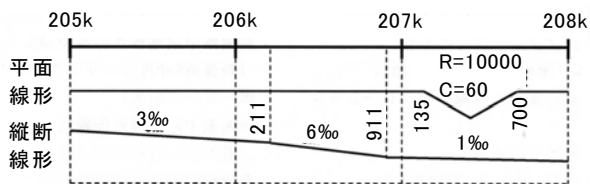


図3 脱線箇所付近の縦断平面線形

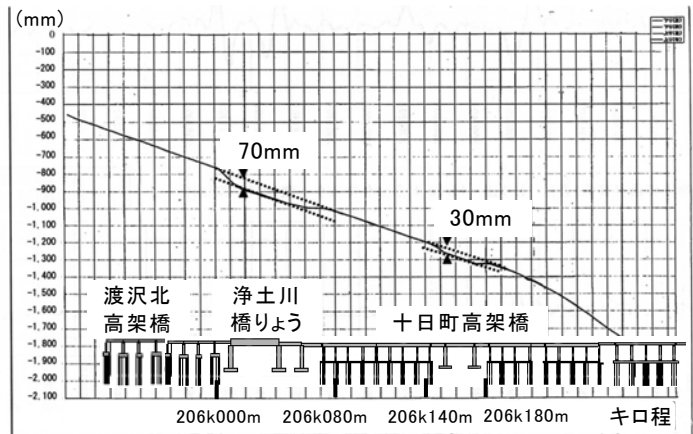


図4 レベル測量結果 (10/28 測定)

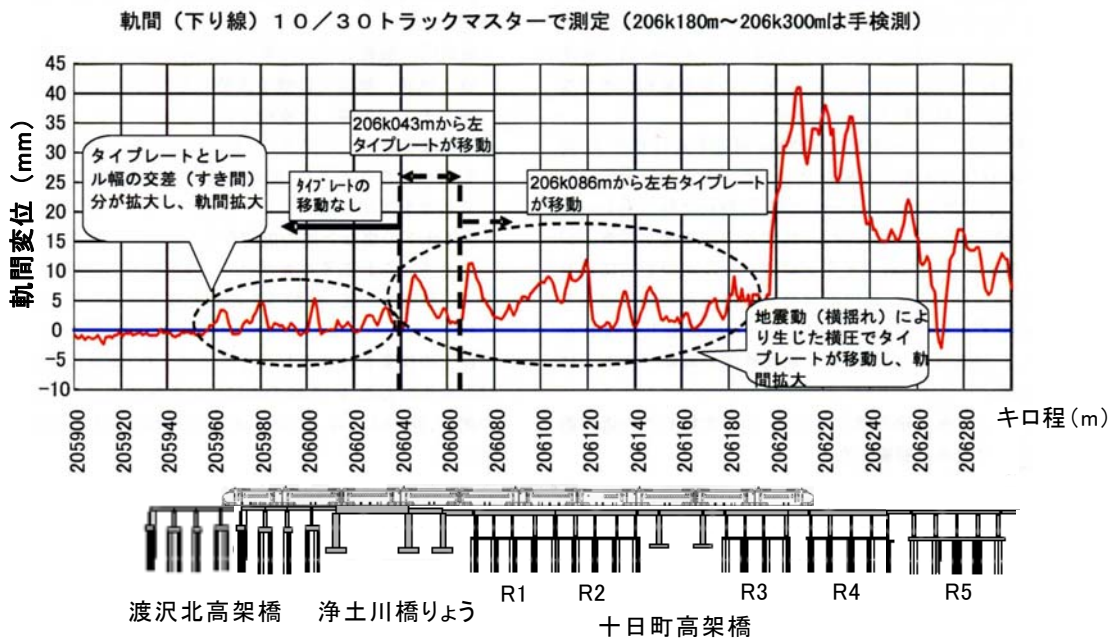


図5 軌間変位とタイププレート状態

#### 4. 「とき 325 号」の運転状況と脱線状況

列車の運行記録等によれば、「とき 325 号」は脱線直前に直線軌道上を約 204km/h の速度で走行していた。当該列車は 200 系新幹線電車の 10 両編成で列車長は 253m である。

「とき 325 号」の最終停止位置における脱線状況を図 6 に示す。当該列車は下り線 207k828m（先頭車 10 号車）地点にレールに沿ってほぼ真直ぐに停止していた。以下では、各号車の東京寄りの軸から順に、第 1 軸、第 2 軸、第 3 軸、第 4 軸と呼び、前後左右は進行方向を基準とする。10 号車は第 4 軸及び第 3 軸が進行方向左側に、9 号車は第 4 軸及び第 3 軸が右側に、8 号車は第 1 軸が右側に脱線し、以下 5 号車及び 4 号車の第 1 軸と 3 号車の全軸、2 号車の第 4 軸及び第 3 軸が左側に、4 号車の第 4 軸～第 2 軸の計 3 軸が右車輪のみ軌間内に、2 号車の第 2 軸及び第 1 軸と 1 号車の全軸が右側に各々脱線していた。特に最後尾車両である 1 号車は 2 号車との連結を保持したまま、上り線との間にある中央返送水路に落下していた。

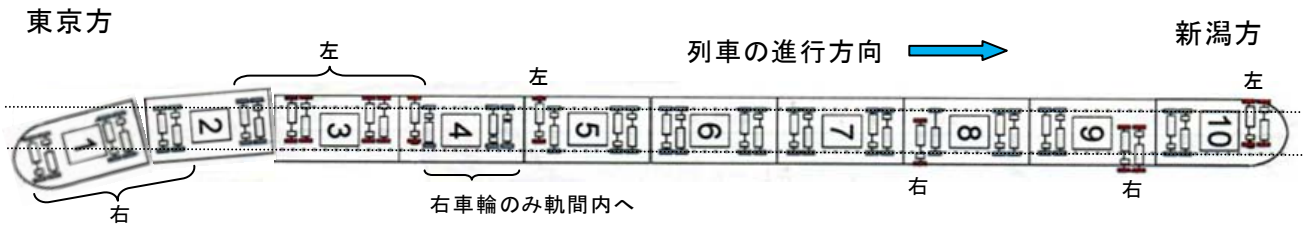


図 6 「とき 325 号」の最終停止位置における脱線状況

#### 5. レール頭頂面上の脱線痕跡と脱線発生状況の推定結果

206k200m 付近から 206k300m 付近に集中して発生していたレール頭頂面上の脱線痕跡を図 7 に示す。もっとも東京寄りにあった痕跡は、十日町 R3 高架橋上の 206k191m～207m にかけて

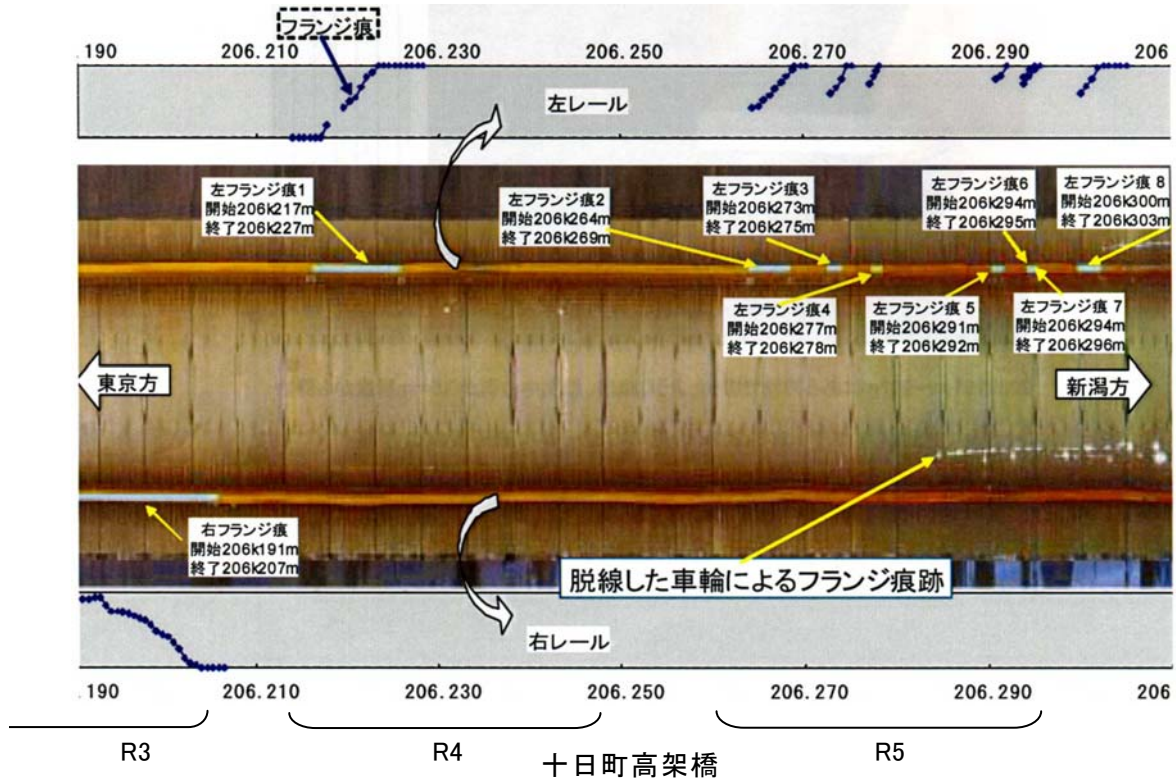


図 7 レール上に残る脱線痕跡 (全体：206k200m 付近～206k300m 付近)

右側レール頭頂面上に残る刃物で切ったような痕跡であった。また、その新潟寄りには 206k217m～227m にかけて左側レール頭頂面上に脱線痕跡があった。206k230m 付近から左レール頭頂面上には黒い残留物が付着しており、成分分析の結果、10号車第4軸についている排障器ゴムによるものと判明した。

新潟県中越地震発生時から停止までの列車位置推定、車両・軌道の損傷状況、軌道に残る脱線痕跡などから、レール上に残る脱線痕跡は大きく分けて4回の脱線に対応したものと推定された。その結果と、1回目から4回目の脱線におけるレール頭頂面上に残る痕跡と対応する車軸位置を推定した順序を図8に示す。

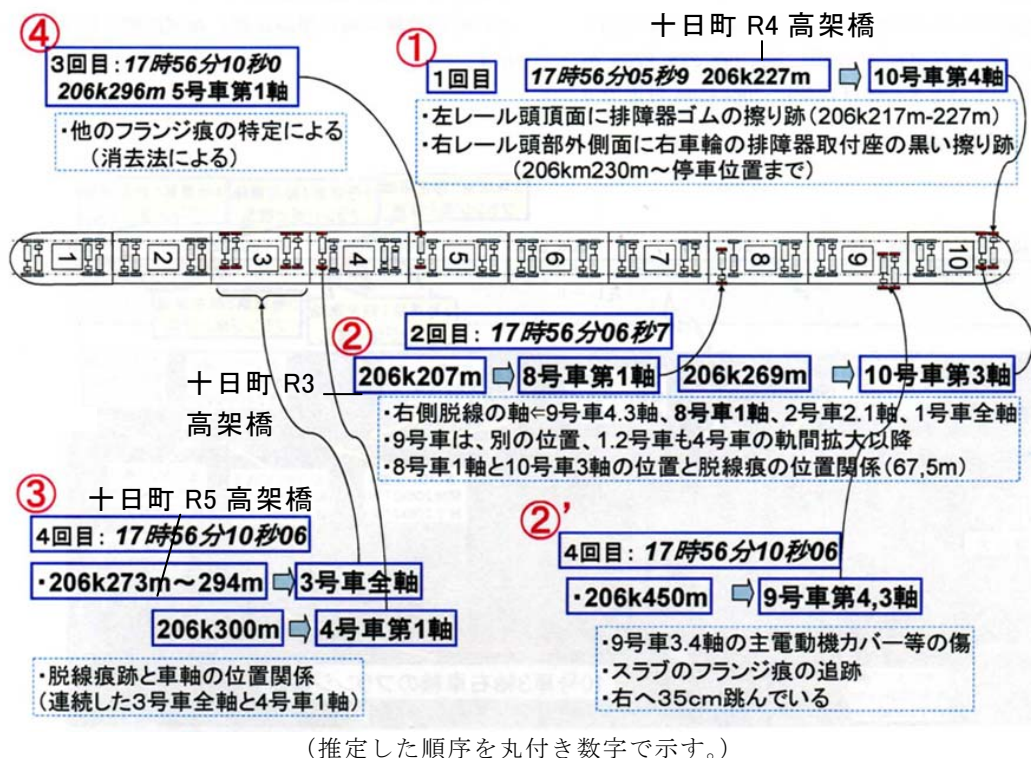


図8 脱線痕跡と車軸位置を推定した順序

## 6. 地震動の推定と車両挙動の解析を行った箇所

以上に述べた脱線調査と推定の結果に基づき、脱線箇所付近の高架橋天端における地震動推定は、渡沢北高架橋から浄土川橋りょう、十日町高架橋 R1～R6 について行い、地震発生中に高架橋上を走行する新幹線車両の脱線挙動解析は、レール頭頂面上に脱線痕跡が残っていた十日町 R3～R5 高架橋の三箇所について詳細に実施することとした。十日町 R3 高架橋でのシミュレーション解析は 8号車第1軸が進行方向右側に脱線したと推定されたもっとも東京寄りの脱線痕跡、十日町 R4 高架橋での解析は 10号車第4軸が最初に進行方向左側へ脱線したと推定された脱線痕跡、十日町 R5 高架橋は 10号車第3軸と4号車、3号車が脱線したと推定された脱線痕跡にそれぞれ対応するものである。なお、十日町 R5 高架橋での4回目の脱線は、列車前部車両の脱線により軌道変位を生じた軌道を走行中に大きな地震動を受けて発生したと考えられるが、脱線直前の軌道状態が推定困難なため、シミュレーションの際には軌道変位のない直線軌道を仮定した。

## 参考文献

- 1) 防災科学技術研究所：強震ネットワークK-NET <http://www.k-net.bosai.go.jp/k-net/>