

川崎駅構内での軌陸車との衝突による列車脱線事故の解析



飯島 仁^{*1}



鈴木 宏輔^{*2}



吉田 尚^{*3}



安田 陽一^{*4}

Analysis of Train Derailment in Collision with Road–Rail Vehicle at Kawasaki Station

Hitoshi IIJIMA^{*1}, Kousuke SUZUKI^{*2}, Hisashi YOSHIDA^{*3} and Youichi YASUDA^{*4}

^{*1} Chief Researcher, Safety Research Laboratory, Research and Development Center of JR East Group

^{*2} Chief engineer, Omiya General Rolling Stock Center of Omiya Branch (previously at Safety Research Laboratory)

^{*3} Researcher, Technical Center, Research and Development Center of JR East Group (previously at Safety Research Laboratory)

^{*4} Director, Niigata Rolling Stock Center of Niigata Branch (previously at Safety Research Laboratory)

Abstract

A deadhead train collided with road–rail vehicle at Kawasaki station on the Keihin-Tohoku line in 2014, resulting in the 1st car being damaged and the 1st and 2nd car overturning. Damage was severe, even though the lead car of the train was designed to absorb the impact of a collision with a dump truck at a level crossing. We therefore investigated the cause of the damaged by inferring the situation from collision to overturning from traces found on the train cars, road-rail vehicle, and track. From that, we studied improvements that could be made to safety in collisions similar to this accident

●**Key words:** Crashworthiness, Derailment, Road-rail vehicle, Train protection radio

1. はじめに

平成26年2月23日(日)1時11分ごろ、京浜東北線E233系電車10両編成の回送列車は川崎駅を速度約65km/hで惰行運転中、約100m前方に工事用軌陸型運搬機(以下、「軌陸車」という)を認め、直ちに非常ブレーキを扱ったが軌陸車と衝突した。同列車は先頭車両(10号車)と2両目(9号車)が脱線し、先頭車両は進行左側に横転、2両目は進行左側に約45度に傾いた状態で停止した(図1)¹⁾。

衝突した先頭車両は、踏切での大型ダンプとの衝突事故対策(図2)²⁾として、衝撃エネルギーを吸収するために意図的に変形させる空間(クラッシュアブルゾーン)と変形を抑えて乗務員を保護する生存空間(サバイバルゾーン)、および2両目との間に衝撃吸収連結器³⁾を装備していた。しかし、今回の衝突事故では、先頭車両の前頭部および台枠の損傷が大きく、クラッシュアブルゾーンの変形が小さく、サバイバルゾーンが大きく変形していた(図3)。さらに衝突により車両が転覆したことから、本研究では、車両と軌陸車の損傷状態、線路の痕跡、および車両に搭載されている各機器のデータから、衝突した時の位置関係や車両各部の損傷、転覆に至るプロセスを推定し、大型ダンプとの衝突とは異なる条件での安全性向上対策について検討を行った。

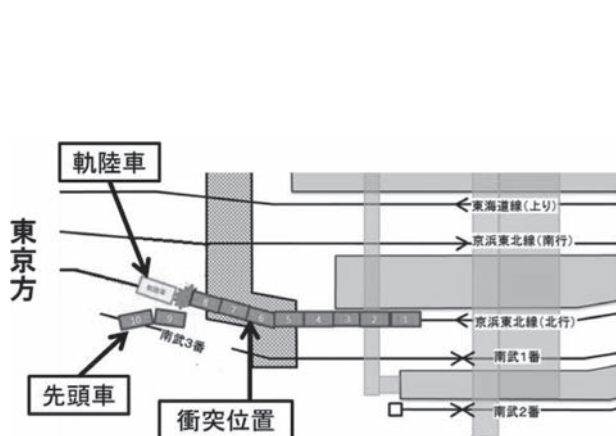


図1 川崎駅構内平面図

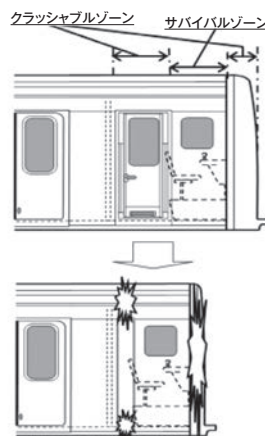


図2 衝突事故対策

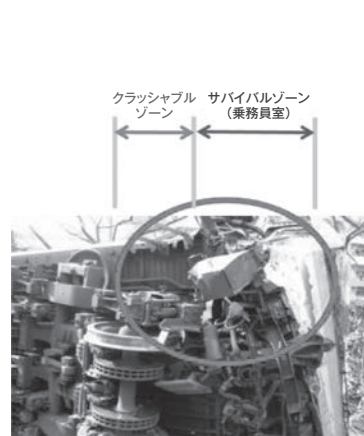


図3 衝突による車両の損傷

2. 車両および軌陸車の調査

2・1 衝突時の挙動の推定

衝突時の車両と軌陸車の位置関係を把握するため、車両の痕跡(図4 ①)および線路の痕跡・車体台枠の損傷から、衝突時の相対角度を推定し(図4 ②)、衝突時の車両と軌陸車の位置関係を推定した(図4 ③、④)。その結果、車両と軌陸車は中心が70mmずれた状態で、約6°の角度で衝突したと推定した。

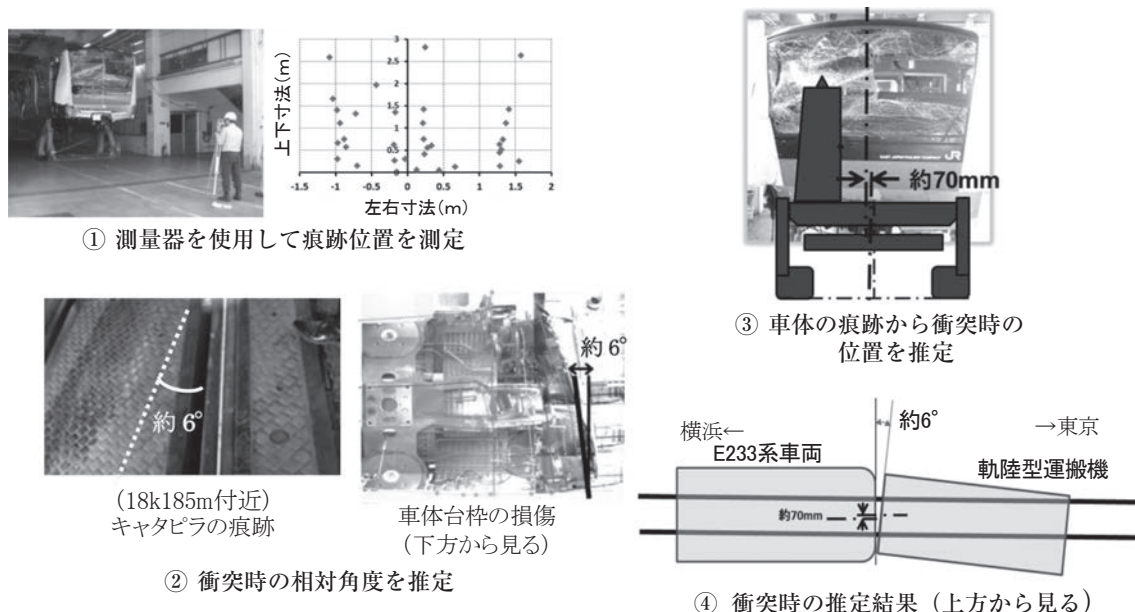


図4 衝突時の位置関係を推定

車両の前頭部進行右側が大きく損傷(図3)した原因は、衝突時の車両と軌陸車の位置関係(図4)より、軌陸車が、車体より内側で端梁部に衝突(図5 ①)したため、隅柱が損傷(図5 ②)し側梁が外側に膨らんだことで、本来側梁から後方にあるクラッシュブルゾーンに力が伝わり、クラッシュブルゾーンが変形すべきところを、側梁が変形したことで、サバイバルゾーンが変形したと考えられる。

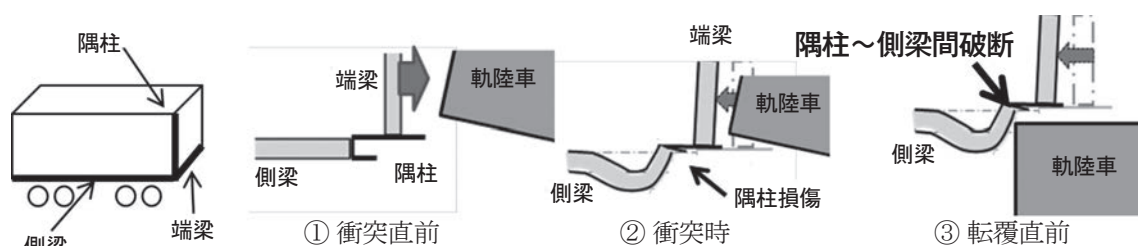


図5 衝突による車両の損傷

2・2 衝突後の挙動の推定

衝突から車両が転覆するまでの状況は、線路の損傷状況から、軌陸車は図6の様に進行右側に位置して、図5③の様に先頭車両の損傷によって膨らんだ側梁部分で線路方向に押されて進行した。その後、線路右側に設置してあった横取り装置にアウトリガーが衝撃し、軌陸車の進行を止めたため、軌陸車の後部と車両先頭部が持ち上がり、同時に車両が転覆を開始した。軌陸車を押していた隅柱～側梁間が破断したことにより、軌陸車は、転覆を開始した車両の側面に衝撃したと推定した。

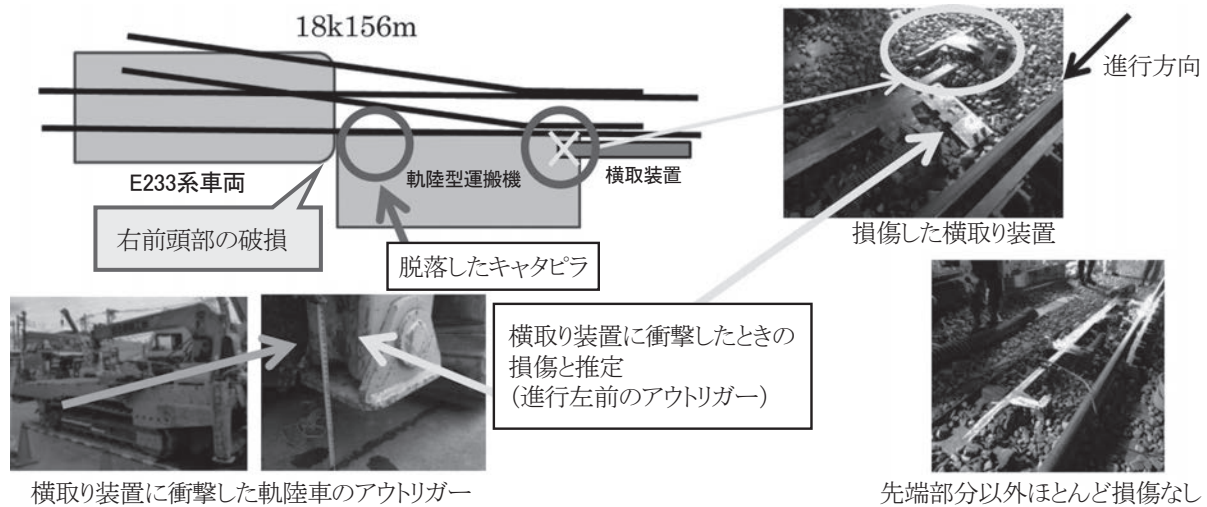


図6 転覆直前の推定

2・3 車両の記録データからの推定 (図7)

防護無線自動発報装置⁴⁾に記録されていた、衝突時の加速度波形および運転情報記録装置に記録されていた速度・キロ程から前項の推定と一致するか確認を行った。防護無線自動発報装置には上下、前後、左右方向の衝突前後の加速度が記録されており、最初の衝撃は6.6G (65m/s²) で、その後2両目以降の車両が順次衝撃し、加速度の最大値は、3両目の車両が後ろから衝撃したときの8.7G (85m/s²) で、設計時の目標である10G (98m/s²) 以下であった。2両目の車両の衝撃は、衝撃吸収連結器の動作によって最大加速度が抑えられ、衝撃吸収連結器によって最大の加速度を低減する効果が確認できた。その後、軌陸車が横取り装置に衝撃したと思われる位置で、前後方向の衝撃後、車両の転覆が始まっていることから、前項の推定と一致した結果であった。

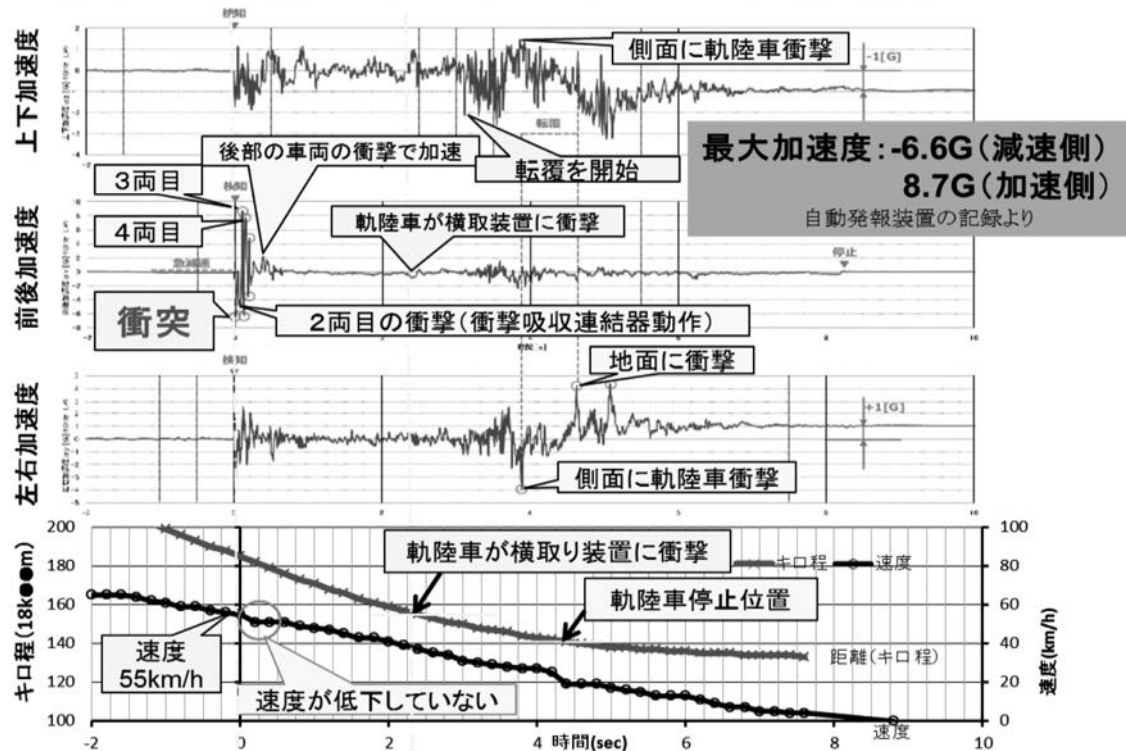


図7 防護無線自動発報装置・運転情報記録装置の記録からの推定

2・4 列車編成の損傷状態の調査 (図8)

編成の損傷を調査した結果、1、2両目の連結器伴板は衝撃により変形し脱落した。また、台車の一本リンクの衝撃痕から図8の様に、三角座屈が発生していたと考えられる。さらに5両目までは、連結器下枠受けの損傷があったことから、連結器が斜めになったことで下枠受けに大きな衝撃があったと推定する。このように三角座屈が発生すると、連結器下枠受けの変形や脱落に至る場合が多くみられる。伴板の脱落や緩衝器下枠受けの脱落など連結器が損傷すると、車体間衝突が発生し、被害が大きくなる可能性がある。

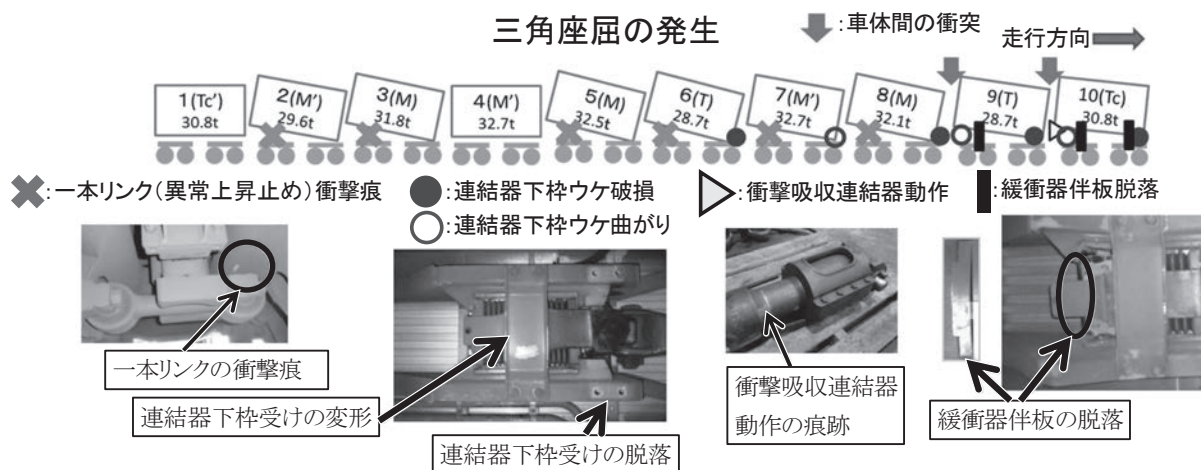


図8 列車編成での損傷状況

3. まとめ

本衝突事故の解析により、以下の2点を改良することで、衝突安全性の向上が可能であると考ええる。

- (1) 端梁～側梁間の補強により、端梁部への衝撃エネルギーをクラッシュアブルゾーンに伝達できるような構造が可能であると考ええる。
- (2) 緩衝器下枠受けの強度や、伴板の強度と車体強度のバランスをとり、車体台枠を变形させることで、衝突エネルギーを吸収することができれば、被害の低減が可能であると考ええる。

衝突事故に対する安全性は、過去の踏切事故事例から、先頭車両に衝撃吸収構造を備え、生存空間の確保、人体への衝撃緩和をすることでお客さまと乗務員の安全を最大限確保している。そこで、今回の様な実際の衝突事故での車両の損傷状態や挙動を解析することで、衝突安全性の向上に生かしていきたいと考えている。

参考文献

- 1) 運輸安全委員会、東日本旅客鉄道株式会社東海道線(京浜東北線)川崎駅構内列車脱線事故、鉄道事故調査報告書、RA2015-2 (2015)
- 2) 畑 弘敏、大野 潔、衝突シミュレーションを活用した車両の安全確保対策に関する研究、JR EAST Technical Review-No3 (2003)、pp35-40
- 3) 間 輝之、西見 裕介、上西 道雄、山口 篤典、山本 剛、鉄道製品の歩みと将来展望、日本製鋼所技報No.66 (2015)、pp43-49
- 4) 木野 二郎、寺田 和嗣、石毛 哲雄、安研型防護無線自動発報システムの開発、JR EAST Technical Review-No21 (2007)、pp15-20