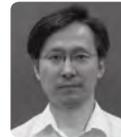


JR東日本研究開発センターの安全・安心への取組について



武田 祐一*1



田中 淳一*2



栗田 健*3

Efforts for Safety and Security at Research and Development Center of JR East Group

Yuuichi TAKEDA*1, Junichi TANAKA*2, and Takeshi KURITA*3

*1 Principal Chief Researcher, Safety Research Laboratory, Research and Development Center of JR East Group

*2 Principal Chief Researcher, Disaster Research Laboratory, Research and Development Center of JR East Group (General Manager, Facility Department, Tokyo Branch Office)

*3 Principal Chief Researcher, Advanced Railway System Development Center, Research and Development Center of JR East Group

Abstract

In this article, we will outline the main research and development being done by Research and Development Center of JR EAST Group. Research and development is being promoted based on the JR East Group's safety master plan "Group Safety Plan 2023".

●**Keywords:** Safety, Human factors, Heavy rain, Snow-slide, Earthquake, Strong wind, Tornado, Level crossing, Obstacle detection, Derailment

*1 JR東日本研究開発センター 安全研究所 上席研究員

*2 JR東日本研究開発センター 防災研究所 上席研究員 (現:東京支社 施設部 担当部長)

*3 JR東日本研究開発センター 先端鉄道システム開発センター 上席研究員

1. はじめに

1988年12月に中央緩行線東中野駅で発生した列車衝突事故及び、2005年12月に羽越線で発生した突風による脱線事故においてお客さまが死傷されました。これらの事故を契機に前者では安全研究所、後者では防災研究所が設立されました。両研究所が所属するJR東日本研究開発センターでは鉄道運行の安全性に寄与する研究開発を愚直に進めています。当社では技術革新中長期ビジョンを策定し、IoTやビッグデータ、AI等を活用して事故などの予兆を捉え、経験知では導けないリスクを掘り起こし、先取りした対策を進める研究開発を進めています。また安全への取り組みを5年ごとに策定しており、2019年度からは7期目の計画となる『グループ安全計画2023』を推進しています。本計画の3本柱の一つである「新たな技術を積極的に活用した安全設備の整備」では研究開発の目標を掲げています。主な目標は四つです。一番目の目標である「当社グループに起因する鉄道運転事故:ゼロ」では、保守工事のさらなる安全性向上などを進めています。二番目の目標である、「ホームにおける鉄道人身事故:3割減」では車両の戸挟み検知など、三番目の「踏切障害事故を着実に減少」ではより高機能化した障害物検知装置などの開発を進めています。最後の「自然災害に対するリスクの着実な低減」では突風の対策としてドップラーレーダーを用いた運転規制をはじめ、大規模地震・降雨防災・強風対策・突風・雪に対する技術開発を進めています。本計画の3本柱のもう一つの柱である「安全マネジメント」の進化と変革では、研究を進めているリスクアセスメント手法の導入や「うまくいっていることに」も着目する取り組みの推進が掲げられています。これらの研究開発にさらに力を入れていきます。

2. 安全研究所の最近の主な研究開発内容

2・1 社会とかがわりが密接な事故の対策

当社では踏切のさらなる安全性向上のために、踏切障害物検知装置等の導入など着実な対策を行ってきました。一方で地域の方々にも踏切に潜む危険についてご理解いただくため、踏切事故防止キャンペーンの展開等を進めています。グループ安全計画2023ではITS(高度道路交通システム)やナビゲーションシステム等を活用した踏切事故防止対策の推進を掲げています。安全研究所ではカーナビゲーション会社の協力のもと、車の進路上に踏切が近づくとその踏切を迂回するルートを提案し、踏切の交通量を抑制する機能の評価を行いました(関連論文、本誌P9)。

自殺者はピークの3万人台から、国や関係者が10年間かけてさまざまな形で自殺予防に取り組み、その結果2万人台まで減少してきました。当社では自殺予防週間や自殺対策強化月間での相談窓口紹介、ポスター等による啓発など、さまざまな自殺防止対策に取り組んでいます。安全研究所では専門家とともに、自殺ハイリスク者に対応する駅社員等向けに声かけ手法をモデル化し、これを分かりやすく学ぶ教材を開発しました（関連論文、本誌P17）。

2・2 社員の作業に関わる事故の対策

JR東日本グループ経営ビジョン変革2027では当社原因による輸送障害の発生率（2017年度比）を東京100km圏の在来線では50%減などの目標を掲げています。しかし多くのお客さまにご迷惑をおかけする大規模輸送障害が発生することもあり、ひとたび発生した場合には早期復旧・運転再開が求められます。その際にお客さま救済や復旧機材・要員等の手配、警察・消防との連携などに迅速に対応するためにも現場で指揮を執る現地対策本部長が重要な役割を持っていますが、これまでその能力向上には十分な検討がなされていませんでした。安全研究所では現地対策本部長に求められる役割とそれを果たすための能力を明らかにしたうえで、これらを身に着けるための教育手法を検討し、ポイント・心構えを学ぶことができる教材を作成しました（関連論文、本誌P13）。

列車を安全に運行するためには、線路設備のメンテナンスが欠かせません。そして、メンテナンスを行うためには、軌道モーターカーやマルチプルタイタンパーなどの保守用車とよばれる工事用車両が必要不可欠です。新幹線では営業列車運行時間とメンテナンスなどの作業時間帯を完全に区別する作時間帯方式を採用しており、作時間帯には多くの地上作業員と保守用車が同じ軌道上で作業しています。

安全研究所では保守用車同士の衝突防止、保守用車と作業員の触車防止のために新幹線保守用車作業安全システムを2000年に開発し、現在では全社に導入されています。しかしながら、このシステムでは保守用車と地上作業員の確認は目視によるものであったほか、他社との境界部分にシステム使用禁止区間が存在していました。そのため、触車リスクに対して人の注意力に依存する要素を残していました。そこで、「次期新幹線保守作業安全システム」の開発を行いました（関連論文、本誌P21）。地上作業員と保守用車の互いの位置情報をシステム上で確認可能としたほか、デジタル無線の導入により他社境界との使用禁止区間を解消することができました。これにより人の注意力に依存しないシステムを構築し、安全性の向上を実現しました。

2・3 車両に関わる事故の対策

横風による鉄道車両の転覆防止や転覆時の被害軽減を目的として、強風時に速度規制や運転中止といった運転規制（風規制）を行っています。この風規制において、従来からの方法では規制風速を経験的に定めていました。これに対し当社では、鉄道総研が提案した車両の転覆耐力評価式である「総研詳細式」（2003）による転覆限界風速の計算結果に基づいて風規制を行う「総研詳細式に基づく風規制手法」を開発し、2011年に導入しました。この手法について、信頼性理論に基づき車両にはたらく各種作用力の不確かさを考慮することによって、その安全性を評価しています。また関連の開発として、車両や構造物等の膨大な情報を取り入れて評価できる計算システムや、防風設備の効果を定量的に反映させる方法を開発しています（関連論文、本誌P25）。

車両に起因する脱線事故を防止する取り組みも重要です。2013年に中央本線の相模湖駅構内で発生した脱線事故は、車体を台車の上に載せている空気ばね装置（1両に4つ）のうちの1つの異常に起因する、左右の両車輪にかかる荷重（輪重）のバランスの大きな崩れによって、車輪がレールに乗り上がってしまったというものでした。そこで、この事故の対策として、このような輪重のアンバランスが発生してしまった場合に早期にその異常を発見するための装置を開発しました。そして、車両に搭載し、常時モニタリングしている空気ばねの内圧を監視する「空気ばね圧力異常検知システム」と、地上に設置し、レール上を通過する際の輪重を監視する「輪重アンバランス異常検知装置」の2つの方法を実用化しました（関連論文、本誌P34）。

3. 防災研究所の最近の主な研究開発内容

3・1 雨による災害への対策

日本の国土は約7割が山地や丘陵地であり、地質も大陸に比べて新しく軟弱な地質が多く、さらに台風や梅雨前線等、世界でも屈指の降水量という気候環境において、土砂災害や洪水害がたびたび発生しています。

これまで防災研究所では、降雨に対する運転規制に用いている実効雨量指標の開発、気象庁や国土交通省が提供するレーダー

雨量の運転規制への活用手法、地形や地理的な要因で大雨を捉えにくい雨量計を抽出し運転規制区間を適切に見直す等、降雨に対する運転規制をブラッシュアップする研究開発を行ってきました。

2019年の台風19号では、千曲川が氾濫し長野新幹線車両センターに留置中の車両が浸水しました。この事象を受け、気象庁の降雨予測情報から河川の氾濫危険度を1日程度前より予測し、車両疎開の判断を支援する「車両疎開判断支援システム」を開発し、78箇所の車両センター等で活用されています(関連論文、本誌P44)。また、降雨による土砂災害の危険度を斜面毎に定量的に評価する手法の研究開発を進めている他、気象庁の予測雨量や雨雲の移動を予測する気象モデルを活用し路線や区間別の雨量を予測することで、輸送対策本部や指令員等の計画運休の判断を支援する研究開発を進めています。

3・2 雪による災害への対策

積雪地域では、雪崩災害や春先の融雪に起因して土砂崩壊が発生する融雪災害により、列車の安全が脅かされる場合があります。現在、これら災害の予兆把握のため、地上点検やヘリコプターによる空からの点検を行っています。しかし、これらの点検は、過去の経験に基づく危険箇所の選定や着眼点により行われており、技術的な根拠に基づいた点検が必要だと考えています。そこで、気温や積雪深の変化を踏まえて点検時期を決定する研究を進めている他、雪崩危険斜面の抽出方法と点検時の着眼点に関する研究開発を進めています。

2013年の秋田新幹線こまちの脱線(奥羽本線神宮寺・刈和野間)は、強風で雪が堆積する“吹きだまり”に起因するものでした。この吹きだまりを予測し除雪を適切に行うことは困難が伴います。そこで、気温と風速から吹きだまり危険度を予測し、列車運休や除雪時期の判断支援を目指す手法の研究開発を進めています。

また、大雪の際に列車を駅間で長時間停車させた事象があり、沿線の降積雪状況把握は重要です。しかし、当社の積雪深計は積雪地域でも一部にしか設置しておらず、線路沿線の状況を細かく把握できません。そこで、国土交通省等の気象レーダーの情報を用いて沿線の降積雪の状況と予測値を把握する手法の研究開発を進めています。

3・3 地震による災害への対策

日本は地震、火山活動が活発な環太平洋造山帯に位置し、国土面積は世界の0.25%という狭い範囲ながら、地震の発生回数は世界の18.5%(2004年～2013年の世界のマグニチュード6以上の地震)と極めて高い割合を占める地震の多い国です。当社でも幾度も大きな地震を経験し、耐震補強工事による構造物の耐力強化や、地震発生時に早く列車を減速、停止させるため地震検知手法の改良を積み重ねてきました。

防災研究所では、地震時の運転規制指標としてSI値の研究開発を行い新幹線と在来線に導入されています。また東日本大震災後には、国が整備した海底地震計の情報を用いてより早く減速、停止させる研究開発を行い新幹線に導入しています。現在は国の研究機関と連携して海底地震計が設置されている海底の地盤情報と海底地震計から得られる値の関係性を研究することで、海洋発生型の地震に対し、よりの確に列車を停止させる方法を研究しています。

在来線の鉄道沿線地震計は、一般的に約40km間隔で配置され、輸送密度の高い首都圏線区ではさらに細かく配置されています。地震計で感知される地震動が一定の基準値を超えた場合には列車の運転停止や減速を実施し設備の点検を行っていますが、地震計間の地震動を捉えることはできません。そこで、地震計間の地震の大きさがどの程度であったかを推定する手法および線路に近い場所にある部外の地震計情報を活用する手法の研究開発を行い、地震に対する安全性をさらに向上させることを目指しています。

3・4 強風・突風による災害への対策

広い範囲で強い風が吹く“強風”に対しては、線路沿線に設置された風速計で一定の基準を超えた瞬間風速が観測された場合に列車の運転を中止するか、速度を落として運転する運転規制によって列車運行の安全を確保しています。防災研究所では、風速計の観測値を使って数分から数十分先の瞬間風速を予測し運転規制を行うことで、規制値を超える強風が突然吹いて列車運行の安全が脅かされるリスクを回避するとともに、合理的に安定輸送を確保できる“強風警報システム”を開発し在来線全線導入されています。

2005年12月25日に発生した羽越本線列車脱線転覆事故では“突風”が原因と考えられています。突風は竜巻などのように狭い範囲で短時間で生じるので風速計で捉えることが困難です。そこで、気象レーダーを用いて発達した積乱雲を捉えることで竜巻な

どを間接的に捉える「突風警報システム」と、ドップラーレーダーを用いて竜巻などに伴う渦を直接捉える「突風探知システム」を開発しました。「突風警報システム」は2008年1月から、信越本線、羽越本線等の日本海側の一部区間で、「突風探知システム」は2017年12月から羽越線脱線事故現場付近を中心に半径30km圏内で、11月～3月の期間で運転規制に活用されています。なお、「突風探知システム」は導入後の研究開発により2019年11月から半径60km圏内に適用範囲を拡大、2020年11月にはAI技術を活用することで突風の探知精度を向上しています（関連論文、本誌P40）。

4. 先端鉄道システム開発センターの最近の主な研究開発内容

4・1 踏切障害事故対策

これまでさまざまな踏切事故防止対策を実施してきたことにより事故件数は減少していますが、踏切事故による死亡者数は横ばい傾向にあり、特に死亡事故のうち歩行者が犠牲となる事故が大部分を占めていることから、踏切道における歩行者の安全確保が重要な課題になっています。そこで、以前は主として自動車を検知対象としていた踏切障害物検知装置の踏切歩行者の検知能力向上を目的とし、踏切障害物検知装置の高機能化に向けた開発に取り組んでいます。具体的には、3次元レーザレーダ（3DLR）式踏切障害物検知装置において、転倒した人を検知する機能の開発を行い、非降雪地域の踏切において実導入されています。現在さらに降雪地域への適用拡大のための開発を進めています（関連論文、本誌P48）。

4・2 保守作業員の安全対策

保守作業員の安全のために当社管内で広く使われているTC形列車接近警報装置の将来の取替に向けて、TC形列車接近警報装置と同等の安全性を確保し、「ユーザーニーズ（使い勝手の向上）の実現」と「地上設備からの脱却」を目指して、最新の情報通信技術を用いて機能向上を図った次世代列車接近警報装置の基礎検討を開始しました。

4・3 地震対策

過去の地震を教訓に、新幹線の車両側の地震対策として、逸脱防止L型車両ガイドの設置、停電検知から非常ブレーキ作動までの時間短縮を実施していますが、さらに地震発生時に脱線しにくい台車を目指して、（公財）鉄道総合技術研究所と共同で開発した地震対策左右動ダンパを、新幹線高速試験電車ALFA-Xの全台車に搭載し、走行試験を行っています。地震対策左右動ダンパは、通常走行時には従来の左右動ダンパと同じ減衰力を発生しますが、地震発生時には大きな減衰力を発生することで脱線を防止します（関連論文、本誌P52）。

4・4 着落雪対策

積雪寒冷地を走行する新幹線車両や新在直通車両では、台車部周辺は雪氷が付着しやすく、雪塊が高速走行中に落下すると、地上設備、車両等に損傷を与える可能性があります。着落雪対策として、構造の異なるヒータ付き台車端部フサギ板や温水除融雪装置を開発し、ALFA-Xの走行試験で評価を行っています。また、地上設備については、雪害軽減のため車上子との離隔拡大を図った新幹線位置補正用地上子の開発にも取り組んでいます。

5. これから

以上、簡単にJR東日本研究開発センターの安全に関する研究開発を紹介いたしました。技術の進展に伴い、お客さまや地域の方々が当社に期待する安全はより高いものになってきています。これまで以上に技術を磨き安全のレベルアップを図ってまいります。そして、安全の延長線上に安心を築く努力をしてまいります。