

## 安全研究所のミッションと近年の研究開発

Mission and recent R&D Themes of the Safety Research Laboratory

JR東日本研究開発センター 安全研究所

堀岡 健司



Our mission is to create splendid systems and professional persons which we can be proud of all over the world.  
The following is some examples of R&D themes we are currently engaging in accordance with “Group Safety Plan 2018”, the safety master plan of JR East Group.

### 1. 安全研究所の設立とミッション

安全研究所は1989年4月1日に設立しました。その前年の1988年12月5日には中央緩行線東中野駅で列車衝突事故が発生し、お客さまが死傷（死亡1名、負傷116名）され、また運転士が死亡した大事故となり、これが安全研究所設立の契機となりました。私事で恐縮ですが、事故当時、入社1年目の私は、追突された車両の配置区に赴任したばかりの出来事でした。現地を目の当たりにしましたが「このような事故は二度と繰り返してはいけない」と心に楔を打たれてから25年が経過しました。

当時の山之内副社長は「安全に科学を」と題した特別寄稿の末尾で、「安全研究所を通じてJR東日本は社会に、そして世界に安全の点で誇れるシステムと、情報と、人間をつかっていきたいというのが、大きな希望なのである」と記しています。25年を経た今、寄稿いただいたほど大きな飛躍はないものの、安全研究所では鉄道運行の安全性向上に寄与する研究開発を愚直に進めています。

### 2. JR東日本における鉄道の安全性向上のための研究開発

未来の鉄道に必要な技術課題は様々で、当社でも多くの研究開発が進められています。このうち鉄道システムを構成する要素技術、具体的には軌道、土木構造物、建築、信号通信、電力設備、車両、情報メディアなどの専門技術領域では、さらなる高速化やシステムのスリム化、ICTを活用した業務変革、またコストダウン、サービス向上などのニーズがあり、これらの実現にあたっては安全性の維持・向上は必要不可欠の前提となります。これらのニーズはJR東日本研究開発センターでは専門領域の研究者を配置する各研究所が本社技術企画部や各技術分野の主管部、また支社・現業機関と連携して研究開発を進めています。

いっぽう安全研究所が担う分野は専門領域とは一線を画し、図1のように予防安全の観点から、鉄道の安全性向上を目指して、リスクの工学的・社会的評価をベースに、人間科学的知見（ヒューマンファクター）を考慮しながら、「現象の解明」、「システムや手法の開発」、「ルールや基準の改善」を主体的に取り組んでいます。

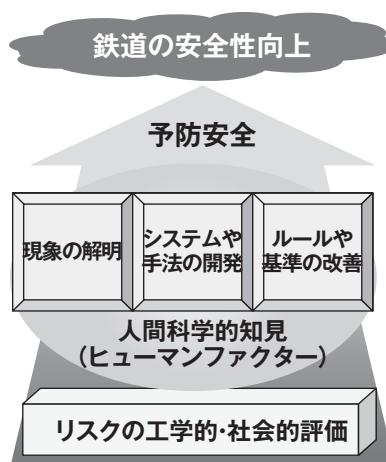


図1 安全研究所の研究方針

当社では2014年度から6回目の「安全5か年計画」である「グループ安全計画2018」を推進しています。このなかでも当社グループに原因があり、鉄道の運行や保守の仕組みのレベルアップで防げる事故、特にこれまでと同じ原因で発生している「注意を要する事象」の再発防止に力点を置いており、これらに関する研究開発に力を入れています。

なお安全研究所の発足当時は、地震、強風、降雨、降雪など自然災害からの被害を軽減するための観測手法や運転規制の研究も含めていましたが、この分野は2005年12月25日に発生した羽越本線列車脱線事故を契機に体制を強化し、防災研究所として独立した組織としています。

## 3. 現在の具体的な研究開発の取組み

### 3.1 ヒューマンファクター

安全研究所では、発足以来、以下に述べる安全性評価、地上保守作業、車両など、様々な観点から研究開発を行っています。ヒューマンファクターはその基盤に位置するものと考えており、鉄道運行にかかわる事故防止の研究全般に対してヒューマンファクターの観点から適切に評価・研究していく方針を採っています。現在力を入れている分野は「社員の能力・スキルの向上」および「組織・システムのレベルアップを通じた現場第一線の安全力向上」「ヒューマン・マシン・インタフェースを踏まえた安全システムの構築」などで、以下に幾つかの成果を紹介します。

前述のとおり「グループ安全計画2018」に示された課題のうち、「注意を要する事象」のなかで繰返し発生している事象は全体の半数前後で推移しており、信号冒進、速度超過、保守作業誤りなどが発生しています。これらを抑制するには他職場で発生した事象を「他山の石」として、真に自職場・自分自身に置き換えて考えることが重要となります。しかしながら現場第一線では「他山の石」を有効活用することが難しいとの声が多く寄せられたことから、安全研究所では職場のCS活動などで使用できる「他山の石 置換え支援ツール」を作成しました（関連論文P.33）。このツールは、まず事象の分析から始めて、次にその結果を鉄道事故の典型的な4つのエラータイプに当てはめ、さらにエラーを誘発した6つの背後要因に当てはめ、これを自職場の事例に置き換え、事例と対策を議論する流れで進めます。

2011年3月11日に発生した東日本大震災では、東北地方の沿岸線区で複数列車が津波被害を受けました。乗務員の判断に加えて、地理に詳しい地元のお客様のご協力により確かな避難誘導ができ、結果として人的被害は免れることができましたが、この災害は大きな教訓を残しました。鉄道運行は係員が決められたルールを遵守することで安全が保たれており、日頃から輸送障害発生時の応急処置訓練を実施しています。この処置は決められたことを誤ることなく遂行する「一本道」ですが、今回の津波では時々刻々と変化する状況下での判断や処置が求められ、柔軟に対応できる能力が非常に大切なことが顕在化しました。このため安全研究所では、異常時に選択肢を判断する「分かれ道」があるロールプレイング方式の「異常時イメージトレーニング」を開発しました（図2）。

ヒューマン・マシン・インタフェースでは、列車運行中に車両故障が発生した場合の運転士への応急処置支援を充実させる「電子チェックリスト」を開発中です（関連論文P.45）。これは航空分野で1990年代から採用されている異常時支援の考え方を参考にしたもので、鉄道分野においても切迫した状況下で乗務員が処置を誤らないよう、運転台モニター画

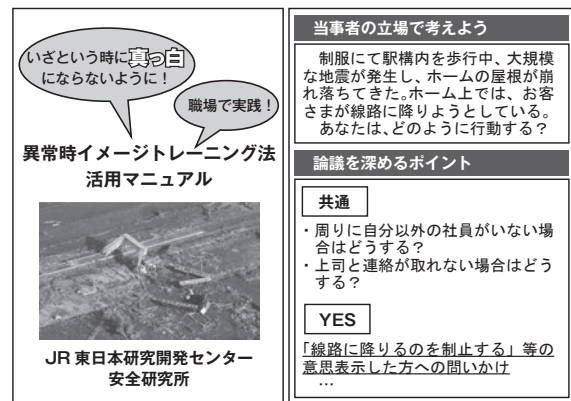


図2 異常時イメージトレーニング法マニュアルイメージ

面の故障表示情報や表示内容、また誤操作をしたときのアラーム支援機能などを盛り込んだシステムとしました。今後はこの成果を当社の車両に搭載すべく、ブラッシュアップしていきます。

### 3.2 鉄道システムの安全性評価

鉄道は他の交通輸送機関と較べた場合、統計的にも感覚的にも安全な乗り物と言えます。しかしながら、ひとたび大きな事故が起きると、その被害や影響は甚大となることもあり、当社も会社発足以来、安全性向上の設備投資を続けています。

安全研究所では、鉄道運行で得られた様々な事象データから鉄道システムの安全性評価を継続的に進めており、今後はお客様の信頼や価値観を加味した評価手法の提案に繋げていく予定です。また、欧州などで一般的な「費用」対「投資効果」を定量的に評価するリスク評価手法についても欧州鉄道事業者と情報交換して研究を進めており、将来のグローバル化を見据えて当社内の安全性評価に繋げていきたいと考えています（関連論文P.17）。

鉄道と社会の接点では、踏切における事故が大きな課題のひとつに挙げられます（関連論文P.29）。近年の調査結果では、列車と自動車とが踏切で衝撃した事象のうち、約6割が踏切遮断機の竿が下りた後に発生しています。遮断完了後は列車が踏切に接近しており、既設の安全対策では列車を停めることが困難となります。このため、ドライバーが遮断完了後の踏切に無意識に侵入するのを防ぐため、近年、自動車に普及しつつある「衝突被害軽減ブレーキ（CMSなど）」を活用した事故防止対策の可能性について検討しています。

### 3.3 地上保守作業の安全性向上

地上設備の保守点検作業は、一般的に列車運行に支障を及ぼさないような安全措置（線路閉鎖等による列車運行と保守作業の分離）を講じて行います。しかしながら、この安全措置の多くは人間系の情報のやりとりであり、係員がルールを誤ると列車が工事用車両や重機と衝突する恐れがあり、また係員が触車して死傷する重大な事象に繋がります。



このため、係員が誤った指示や取扱いをして工事用車両や重機が作業区間から逸脱しそうな場合、また作業できない箇所に入ってしまう場合に警報を発するシステムの開発を進めています（関連論文P.57）。

また係員の触車事故防止対策では、既存の軌道回路による列車在線情報を利用した列車接近警報装置（TC列警）が導入できない線区、つまり列車見張員の注意力に依存している線区への新たな列警の導入が現状の課題となっています。具体的には、首都圏稠密線区で5線路以上が並列する箇所向けの多線区対応列警、また地方交通線など軌道回路がない線区や長大軌道回路区間向けの列警を開発しています（関連論文P.53）。これらの技術開発に共通する課題は、工事用車両や重機、また係員の位置を精緻かつ迅速に把握する技術で、最新のGPS技術を活用した開発を進めています。

いっぽう、保守点検作業に伴い必要となる線路閉鎖などの取扱いについては、首都圏輸送管理システム（ATOS）エリアではシステム化されていますが、それ以外の線区では輸送指令員と地上係員が電話連絡による取扱いを行っています。現状、確認会話の疎漏による取扱い誤りも繰返し事象で発生していることから、地方幹線を中心としたシステム化が求められています。このため安全研究所では2001年に篠ノ井線、中央東線（富士見以西）に「線路閉鎖手続き支援システム」を先行導入しましたが、現在、これの機能向上を進めており、今後の拡大展開に向けた取組みを進めています（関連論文P.49）。

### 3.4 車両と軌道などの境界領域の安全性向上

レールと車輪の接触領域の課題は、鉄道固有の技術領域でも特に専門性が高く、物理現象としても解明の途上にあります。当社では2008年2月23日に尾久駅構内の分岐器で発生した乗り上がり脱線を契機に、構内の急曲線や分岐器を対象とした走行安全性評価手法の研究に着手しました（関連論文P.25）。脱線に到ったメカニズムは未知のものであり、現象の把握には実物の軌道と車両を使用した走行試験が必要と考え、休止線を活用した試験線を整備して走行試験を繰り返しました。この結果、車輪削正直後の車両が同一急曲線を繰り返して走行することで脱線限界への余裕が少なくなる（レール車輪フランジ間の摩擦係数が上昇して、限界脱線係数が低下する）こと、またこれを防ぐには脱線防止ガードを設置するほか、車輪フランジへの塗油が有効なことなどを走行試験から確認しました。また、このような状況で摩擦係数がどの程度まで上昇するのかについても走行試験から把握できたので、今後、構内線での走行安全性を定量評価する評価式の提案に繋げていきます。

2005年12月25日の発生した羽越本線列車脱線事故では、局地的な突風を受けた特急列車が脱線転覆し、多くのお客

さま（死亡5名、負傷31名）が死傷され、また乗務員など（2名）が負傷しました。当社としては二度とこのような事故を発生させないように、再発防止に向けた取組みを進めていますが、研究開発部門では突風発生の検知や予測、また強風時の列車運転規制方法の見直しに取り組んでいます。安全研究所では、強風を受けた車両の転覆耐力をより精緻に評価する手法として、鉄道総研が提案した詳細計算式を実地検証したうえで、これを活用した運転規制ルールを一部線区に先行導入しています。詳細計算式は、既存の評価式（國枝式）を基本としてこれに近年の知見を加えたものであり、地形や構造物で変る風の影響、また列車が走ることで車体で受ける風の影響などを加味した精緻な評価が可能となります。従って、風の影響を受けやすいリスク箇所を定量評価できるほか、運転規制ルールとしては風速と列車速度の双方を比較評価できることから柔軟な規制を設定することが可能になります。しかしながら計算結果はごく稀な条件下の厳しい評価になる場合もあり、今後の拡大に向けて実効性のある運転規制ルールの提案を検討しています。

## 4. 今後の課題と取組み

安全研究所では5年おきに見直される当社の中期安全ビジョンを機軸に研究開発を進めてきました。この流れは基本的に今後とも変わることはありませんが、後は少子高齢化や人手不足を見据えた仕事の仕組みの変化、またJR固有の問題である民営化前後の年齢断層を経たJR世代への技術継承など、様々な課題が鉄道の安全にも影響を及ぼすと思われます。

研究開発についても、鉄道運行を取り巻く変化点を客観的に把握し、適時適切に会社のニーズに応えた研究成果を提案できる感性和実行力に磨きをかけていきたいと思えます。そのためには、ICT分野の積極的な活用や、鉄道運行から得られる膨大なデータの効果的に分析して問題提起する力が必要と考えます。

いっぽうでは、脱線・転覆や列車衝突の防止、地震対策、気象・地象災害、ヒューマンファクターなど鉄道の専門性が高い分野についても多くの課題があります。これらについては、従前から（公財）鉄道総合技術研究所から多大なるご支援を賜っておりますが、今後とも連携を深めていきたいと考えています。鉄道事業者である当社としては、（公財）鉄道総合技術研究所からご提案いただいた技術や知見を実際のフィールドで検証し、実際の鉄道運行に供するシステムやルールづくりを進めていきたいと思えます。

本稿では安全研究所25周年を迎えて、近年の取組みをご紹介します。企業内研究所というミッションから見た場合、現在の安全研究所は今もって成熟途上の段階にありますが、今後とも読者各位からご指導、ご鞭撻を頂戴できれば幸いです。