

## 鉄道の安全を支える研究開発

～20年間を振り返り今後を展望する～

JR東日本研究開発センター 安全研究所 次長（企画・安定性評価）

石毛 哲雄



JR東日本は、「安全」を経営のトッププライオリティーとし、20年間様々な取組みを続けてきました。全社的な努力により安全性は大幅に向上しましたが、そこには研究開発で実現した成果によって、安全を支え、向上してきたという側面があります。

この間の安全性向上に向けた研究開発の歩みを振り返りその成果を紹介するとともに、今後、更にお客さまに信頼され安心してご利用いただける鉄道輸送を実現するため、研究開発に求められる視点を述べていきます。

### 1. はじめに

多くの輸送機関が競合関係にある現在の日本において、健全で安定した鉄道事業を維持していくためには、お客さまに信頼され選択していただける輸送を提供していかなければなりません。このため、鉄道輸送の優れた特性である安全性、正確性が損なわれることのないよう常に取り組んでいく必要があります。JR東日本では経営の指針の中に「安全・正確な輸送」をうたい、全社的な目標としています。とりわけ「安全」は経営のトッププライオリティーと位置づけ、様々な事故防止対策に取り組んできました。その成果が実を結び鉄道運転事故件数は着実に減少してきました（図1）。

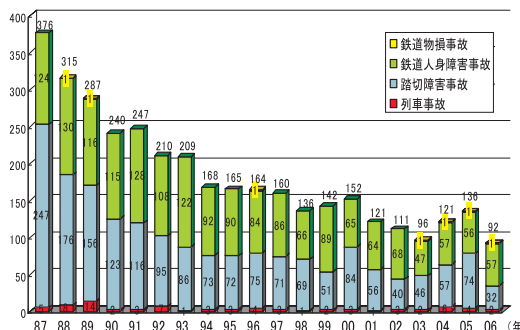


図1 鉄道運転事故の推移

しかし、近年は漸減ないしは横這い傾向にあり、安全上の課題の解決に更に取り組んでいかなければならない状況にあることを示しています。

### 2. JR東日本の安全の取組み

1988年12月、中央線東中野駅で列車衝突事故が発生し、お客さま1名と乗務員1名が死亡、お客さま116名が負傷しました。設立後2年に満たないJR東日本は、お客様の信頼を取り戻すためには、着実に安全を確立していかなければならないと考え、安全設備の充実、安全対策室の設置、総合訓練センターの設置などと共に、安全の向上に資する研究開発を行う「安全研究所」を設置しました。

#### 2.1 安全研究所の取組み

安全研究所ではこれまで、信号冒進などによる列車衝突事故防止対策、脱線事故防止対策、踏切事故防止対策、ヒューマンエラーによる事故防止対策、自然災害防止対策など鉄道を取り巻く様々な事故を低減するための研究開発と、事故のリスクアセスメントに関する研究などに取り組んできました。

#### 2.2 安全対策に向けての研究開発

2003年12月、研究開発部門を一元的に統合した「JR東日本研究開発センター」が開設され、従来から設置されていた「安全研究所」と「テクニカルセンター」に加え「フロンティアサービス研究所」「先端鉄道システム開発センター」が新たに設置されました。安全研究所以外においても、「高速鉄道の走行安全性」「信号システムのネットワーク化による信頼性向上」「効果的な耐震補強工法の開発」「新幹線脱線対策の軌道構造の開発」などそれぞれの分野に対応した安全性向上の研究開発を行っています。

2004年10月、新潟県中越地震によって上越新幹線の列車が高速走行中に脱線しました。また2005年12月、羽越本線

において特急いなほ号が脱線転覆し、お客さま5名が死亡、お客さまと乗務員32名が負傷する事故が発生しました。この事故の原因は現在究明中ですが、局地的な突風の可能性もあると考えられています。このほか、全国の鉄道においても自然災害による被害が跡を絶ちません。これらのことを受け、2006年2月、安全研究所が行っていた防災に関する研究開発を分離し、防災上の課題を専門に取り扱う研究開発機関として「防災研究所」を新設しました。

## 2.3 経営の課題としての安全の取組み

2005年度からスタートした中期経営構想「ニューフロンティア2008」では、「安全・安定輸送への絶えざる挑戦」や「研究開発に力を入れる」などを経営の課題と位置づけ、2004年度から5ヵ年計画でスタートした「安全計画2008」に基づく安全の確立を目標としています。

「安全計画2008」は、「安全設備重点整備」「安全のレベルアップ」「安全マネジメントの変革」「安全文化の創造」を柱とし、「お客さまの死傷事故0、社員の死亡事故0」を目指した取組みを進めています。現実には事故を0にすることは非常に困難なことであると考えられますが、常に、安全性を高めるという目標に挑戦し続け「究極の安全」を目指していかなければなりません。

安全研究所では、このような使命を達成するために、次の3項目を主な柱として研究開発に取り組んでいます。

- (1) 鉄道運転に関わる事故防止
- (2) リスクマネジメントに関する研究
- (3) ヒューマンファクターに関する研究

### 3. 安全対策に向けての研究開発の主な成果

これまで安全研究所で研究開発をしてきた、安全対策に向けての主な成果を以下に説明します。

### 3.1 鉄道運転に関わる事故防止

### 3.1.1 大口径赤白遮断桿

踏切事故防止対策として3種、4種踏切の1種化や障害物検知装置の導入などが進められ大きな効果を得ていますが、無謀進入、直前横断などドライバーの安全意識の欠如ともいえる事故は跡を絶ちません。このため、遮断機の存在を強く認識させる色彩で、無謀進入をすると自動車が損傷することもあるという高い抑止力を持った大口徑赤白遮断桿を開発し、順次導入がすすめられています(図2)。

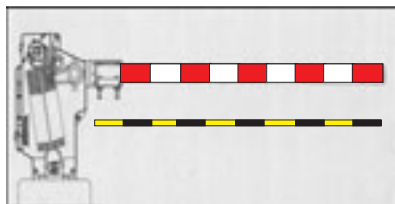


図2 大口径赤白遮断桿と従来型の比較

### 3.1.2 ATS- $P_s$

首都圏の在来線は、ATC線区以外の保安システムとしてATS-Pの導入が進められていますが、導入対象となっていない地方幹線、拠点駅における保安装置として、ATS-SNをベースとした低コストで保安度の高いATS-Psを開発しました。ATS-Psは、ATS-Pと同様にブレーキパターンに対して連続的に速度照査を行うことから、ATS-SNの弱点であった確認扱いを廃止することができ、地方線区の保安度向上に寄与しています（図3）。

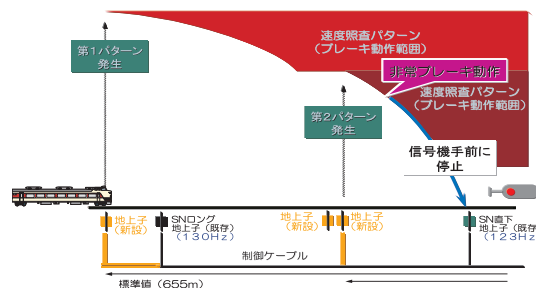


図3 ATS-PS

### 3.1.3 線路閉鎖手続き支援システム

線路内で保守作業を行う場合、CTC指令員（または駅長）と線路閉鎖責任者が電話で打ち合わせて実施しています。このとき、連絡ミスや勘違い、取り扱い誤りなどのヒューマンエラーによって列車が作業区間に進入するおそれがあります。このため、線路閉鎖手続きを支援するシステムを開発し、安全性の向上と担当者の作業負担の軽減を図ることとしました（図4）。

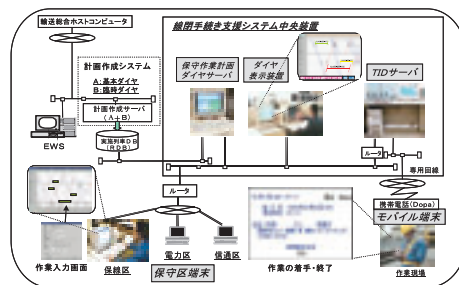


図4 線路閉鎖手続き支援システム

このシステムはCTC（除くATOS）線区を対象にしており、CTC指令員が運行状況を確認してシステム作業時間帯の設定を行い、現場の作業責任者はモバイル端末で保守作業計画ダイヤサーバに登録されている作業計画を設定し、線路閉鎖を行います。また、モバイル端末から保守用制御サーバを通じて保守用車の進路を設定することができます。

### 3.1.4 ホーム検知装置

乗務員が誤ってホームの無いところでドアを開扉してしまう事故が、時折発生しています。幸いにもお客さまが車両から転落した事象はありませんでしたが、万一そ

のようなことが起こると死傷事故となるおそれがあります。その防止対策として、ホーム検知装置を開発しました。

超音波センサーによってホームの有無を検知し、列車の全車両がホームに掛かっていることを検知しなければ、車掌スイッチを扱ってもドアは開扉しない機構になっています（図5）。

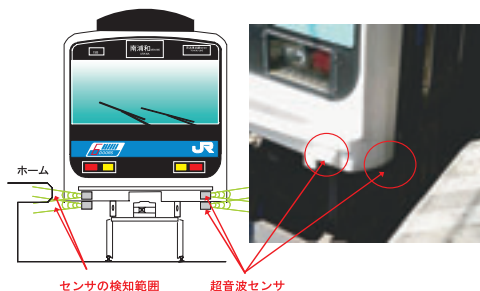


図5 ホーム検知装置

## 3.2 リスクマネジメント

### 3.2.1 輸送安定度指標「POINT」

従来、輸送障害時の影響を表す指標として運休本数や総遅延時分が用いられていましたが、これらは運行管理の立場から見たもので、必ずしもお客さまの視点に立ったものとは言えませんでした。

そこで、輸送障害の影響を受けたお客さまの人数と損失した時間を考慮してこれらの積により評価し、また、お客さまの不満は部内原因の方が大きくなることから、部内原因の場合は3倍とすることとしました。その計算結果は膨大な桁数となるため、直感的に理解を得やすい指標として地震や風力のような階級で表す「POINT (Personage Of INfluence on Transportation)」を考案しました（表1）。

表1 首都圏における「POINT」の階級分け

| POINT | 影響(人・分)   | 感覚的な表現        |
|-------|-----------|---------------|
| 1     | 10人・分     | 影響なし          |
| 2     | 100人・分    | 影響些少          |
| 3     | 1,000人・分  | 影響あり          |
| 4     | 1万人・分     | 不満度小          |
| 5     | 10万人・分    | 不満度中          |
| 6     | 100万人・分   | 不満度大          |
| 7     | 1,000万人・分 | 首都圏ラッシュ時、不満度大 |
| 8     | 1億人・分     | 首都圏数時間運休      |
| 9     | 10億人・分    | 首都圏終日運休       |

東京総合指令室で実際の輸送障害に適用し算出したところおおむね妥当な結果が得られ、お客さまへの影響を把握できる指標として運転整理手法の検討などに活用することとなりました。他支社の指令室へは、輸送形態を考慮して補整したものが順次導入されています。

## 3.3 ヒューマンファクター

### 3.3.1 4M4E事故分析法

事故の再発を防止するためには、原因の究明をしっかり行って対策を立てなければなりません。とすると

事故を最終的に惹起した原因ばかりが取り上げられ、背後要因が見逃されがちです。特に、ヒューマンエラーに関しては個人の問題に焦点が当てられ、事故に至る過程を深く掘り下げることが十分でない場合があります。

そこで、事故の原因や背景の抽出とその対策を的確に行えることから産業界で広く取り入れられていた「4M4E」分析法を、鉄道の事故で活用しやすいように改良したJR東日本版の「4M4E」分析法を開発しました。

また、この分析作業を支援するため「なぜなぜ君」と「掘り下げ君」という支援ツールを作成し、支社や現場でも分かり易く使いこなせるようにしました（図6）。



図6 4M4E事故分析ソフト

### 3.2.2 軌道工事管理者用訓練システム

軌道工事など線路内で保守作業を行う場合は、原則として線路閉鎖によることとなっており、現在、それらの作業の多くはパートナー会社が行っています。その作業指揮を執る軌道工事管理者は、作業管理と安全管理という重要な役割を担っています。

線路閉鎖工事は、基本的には人間系で行う作業で、トラブル等が発生した場合現場での的確な判断が要求されます。ATOS区間ではシステム化されているとはいえ、異常時の対応に求められる要素は大きくは変わりません。



図7 軌道工事管理者用訓練システム

このシステムでは、代表的な16のシナリオを設定し、(1) リスク知覚能力 (2) リスク管理能力 (3) リーダーシップ能力、の向上が図れる内容とし、パソコンを使用することにより現場で扱い易いものとなっています（図7）。

## 4. 安全対策に向けた研究開発の今後の課題

以上に述べたような研究開発により安全性の向上に貢献してきましたが、これからは、単に事故が起きにくいことを追求するだけではなく、社会的インフラとしてお客さまに信頼され、安心してご利用いただける鉄道輸送を確立するための研究を進めていく必要があります。

今後、更なる安全の推進を図りお客さまに安心感を持ってご利用いただくために取り組んでいかなければならない課題としては、次のようなことが考えられます。

### 4.1 IT化・システム化が進展する中での安全性確保

現在、世の中の様々な場面でIT化・システム化が進展し、社会の基幹的部分から身近な生活環境まで大きな変貌を遂げている状況にあります。鉄道を支える仕組みも広範にわたってこれらの技術が取り入れられ、社員の作業環境は大きく変化しています。

保守作業の自動化、運行管理のシステム化、車両のIT化などにより、作業の効率化、作業環境の改善が進められていますが、反面、従来人間系で行われていた業務処理が次第にブラックボックス化していく傾向にあります。このような状況下でシステムダウンが発生すると、人間系による代替処理が円滑に行えず、大混乱に陥る現象が時折発生しています。

業務の近代化は着実に進めていかなければなりません。常にシステムと人間系の調和を考慮して技術開発を進めていく必要があります。このような視点に立ち、新たな技術開発にあたってのリスク要因を評価する手法を検討していきます。

### 4.2 地方ローカル線における安全性の向上

首都圏をはじめとした大都市圏や主要幹線においては、安全性向上に向けた技術革新が着実に進められていますが、地方ローカル線の多くにおいては旧来のシステムが未だに使用されています。これらの地方ローカル線は、大規模工事に伴う線路切換などのきっかけがなければ、抜本的に改修される機会はなかなかありません。

このような状況は、JR各社、ローカル私鉄などにも共通する課題となっています。このため、保安システム、運行管理システム、お客さまへの情報案内システムなどを共通の基盤システムにより統合化を図るなど、コスト削減と信頼性向上を実現した技術開発を進めていくことを検討していきます。

### 4.3 脱線防止対策の更なる深度化

レール上を鉄車輪が走行する鉄道は、何らかの原因によって脱線することがあります。そのため、車両、軌道双方で様々な技術的改善が進められ、安定的に走行できるよう基準値が設定されています。しかし、低速走行時

に急曲線を通過する条件下において、乗り上がり脱線が発生することがあり、原因究明のため、車両、軌道双方の諸元を調査すると、いずれも基準値を満たしていても明確な原因が掴めない場合があります。

今後、安全性の更なる向上を図るため、車輪とレールの接触点における特性や車両、軌道双方の挙動を解明し、脱線の原因となる現象の防止を図る方策の研究を進めていきます。

### 4.4 安全風土の確立と定着に向けた個人と組織の変革

輸送の安全を守るためには、安全を最優先とする組織風土と社員の意識が重要です。現場管理者と第一線の社員が自職場の安全上の課題を共有し、自律的にそれを解決する取組みを進めることにより安全レベルを向上させていく力＝安全力を付けていくことが望まれます。このような状況を実現していくために、組織をリードする管理者のスキルのレベルアップを図り、社員が自覚を持って取り組める環境を実現するための方策を研究していきます。

### 4.5 社会的価値観を取り入れたリスク評価の確立

鉄道を取り巻く様々なリスクに対しては、適切な対処をしてそれを低減させていく必要があります。安全工学では一般的に、事故の「頻度」と「影響」でリスクの大きさを評価していますが、「軽微な影響が比較的多く発生する」場合と「めったに発生しないが大きな影響がある」場合とが同程度のリスクであると、対策の優先順位を決定しにくいことがあります。

社会から信頼されお客さまに安心してご利用いただける鉄道輸送を創り出すためには、お客さまの視点を取り入れることが重要であるとの認識に立ち、リスクの評価に「社会的価値観」という要素を加えた指標の構築を検討していきます。

## 5. おわりに

研究開発は、当面の課題の解決に取り組むことはもとより、長期的な展望を持って将来の鉄道輸送に必要な技術を実現していく視点が必要です。その際重視しなければならないことは、常にお客さまの視点に立つということです。私たちが研究開発に取り組む際、ともすると内向きの論理で進められてしまうことがあります。安全性向上の目的はお客さまの信頼を得るためであることを意識していく必要があります。

安全な鉄道とは、お客さまにとって「安心」のできる乗り物でなければならず、研究開発部門の使命は、高いレベルの技術の結集によってそれを創り出していくことだと思います。