

- 鉄道一般
- 車両
- 施設
- 電気
- 運転・輸送
- 防災
- 環境
- 人間科学
- 浮上式鉄道

鉄道の安全とヒューマンサイエンス



小美濃 幸司
Koji Omino
人間科学研究部長

鉄道総研の人間科学分野では鉄道の安全性向上を目的として、ヒューマンファクターの観点から安全運行に関わる鉄道従事員を支援するための研究開発に取り組んでいます。主な最近の取り組みとしては「ヒューマンエラー防止法と教育訓練法」の開発、「エラー分析・評価法」「システム改善」「部外原因事故対策」の提案があげられます。ここでは「ヒューマンエラー防止法と教育訓練法」の中から速度超過防止のための先取喚呼、線路内安全教育訓練手法、危険感受性向上教育訓練課題について、「部外原因事故対策」の中から踏切事故対策、車両の衝突安全性向上について紹介します。

はじめに

鉄道総研の人間科学分野では鉄道の安全性向上を目的として、ヒューマンファクターの観点から安全運行に関わる鉄道従事員を支援するための研究開発に取り組んでいます。主な取り組みとしては「ヒューマンエラー防止法と教育訓練」の開発、「エラー分析・評価法」「システム改善」「部外原因事故対策」の提案があげられます(図1)。ここでは、その中から「ヒューマンエ

ラー防止法と教育訓練法」および「部外原因事故対策」の最近の主な研究成果について紹介します。

ヒューマンエラー防止法と教育訓練法

ヒューマンエラーを防ぐため、鉄道事業者ではさまざまな教育訓練が実施されています。その効果を維持・向上することは容易ではなく、訓練を繰り返して定着を図る、見直して形骸化し

ないようにするなどの努力がつねに求められます。そこで、鉄道総研ではヒューマンエラー防止法や教育訓練法の開発に取り組んでいます。ここでは、速度超過防止のための先取喚呼、線路内安全教育訓練手法、危険感受性向上教育訓練課題をとりあげて紹介します。

速度超過防止のための先取喚呼

速度超過は重大な事故につながりかねないミスであり、事故データを調べてみると、その主な原因は運転士の失

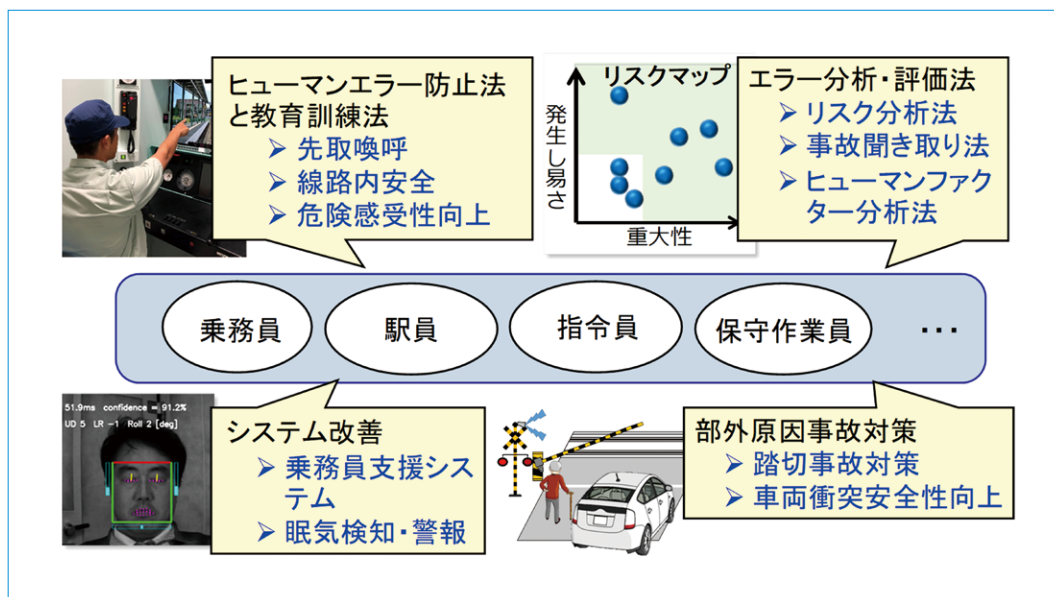


図1 安全運行に関わる鉄道従事員を支援する研究開発

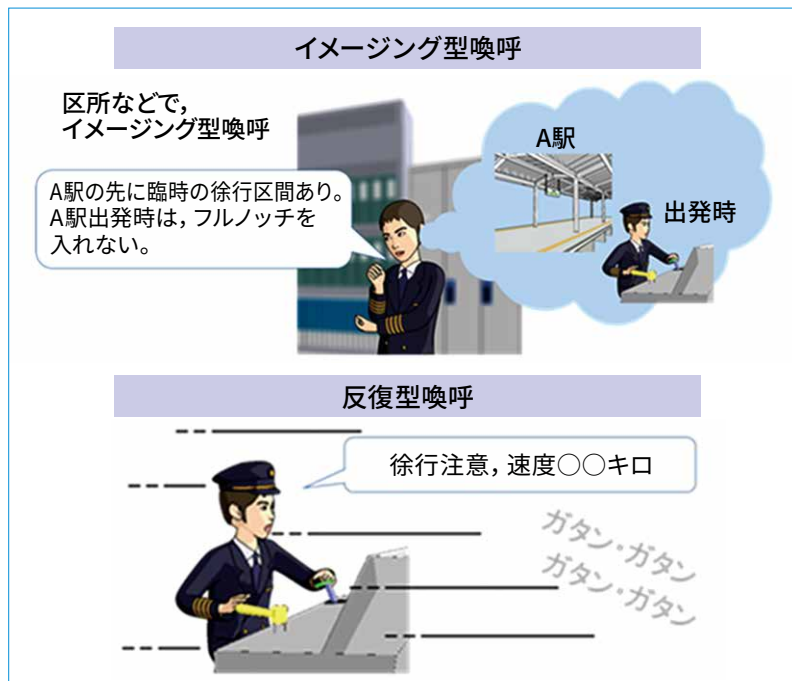


図2 先取喚呼



図3 線路内安全教育訓練のVR体験の様子

念エラーが多いことがわかりました。そこで、ヒューマンファクターの観点から、新たな確認の基本動作である先取喚呼法を提案しました。

先取喚呼法には適切なタイミングで思い出しやすくするための「イメージ型喚呼」、意識上に記憶を維持しやすくするための「反復型喚呼」の2種類があります。「イメージ型喚呼」は、たとえば区所などで、制限速度を守って運転しているところをイメージしながら口にするもので、「反復型喚呼」は運転中、たとえばノッチ操作や信号喚呼など制限速度以外に注意が向

いたときに制限速度などを口にするというものです(図2)。この先取喚呼の速度超過防止効果は、現役運転士による運転シミュレーター実験で確認されています¹⁾。くわしくは、本号の「先取喚呼で速度超過を防止する」(12～15ページ)で紹介します。

線路内安全教育訓練手法

ルール遵守という当たり前のことが当たり前に行われるためには、作業者にも管理者にも不断の努力と工夫が求められます。そこで、今回は線路内保守作業を列車の間合いで行う場合の「早期待避ルール」を具体例として取

り上げる遵守意識を維持・向上させる効果的な教育訓練法の開発に取り組みました。「早期待避ルール」は触車事故を確実に防止するためのルールであり、事業者で決められたタイミング(列車が来る数分前)になったら作業を中断し、早目に線路外に出るというルールです。

なかでも「大丈夫だろう」と考えルールを守らない違反に対してはリスク教育の必要性があり、かつ、従来の一方的な講義による知識教育では遵守意識を向上することが難しいといえます。保線関係の従事員のリスクに関する意識調査を行ってみたところ、とくに「事故の発生プロセス」の教育が必要ながわかりました。

そこで、触車事故の発生プロセスを学ぶVR体験型教育法を開発しました(図3)。体験者はVRの模擬空間内を歩き回り、保守作業を行います。作業に没頭していると列車接近に気がつきにくいという触車事故の発生プロセスを体験することができます。これにより、適切なタイミングで待避する必要性を理解することができます。

このVR体験型教育法を現場社員に試行した結果、触車事故の発生プロセスの理解が促進され、遵守意識が向上することが確認されました²⁾。くわしくは、本号の「触車事故防止ルールを守る意識を高める」(8～11ページ)で紹介します。

危険感受性向上教育訓練課題

事故を未然に防ぐため、作業員の危険感受性を高める訓練課題の開発にも取り組んでいます。危険感受性とは、作業環境内の危険源を速く正確に見つけ出す能力であり、その向上に大きく影響する要因としては、危険源を探そうとする動機づけと、危険源についての知識があります。そこで、動機づけの訓練課題として「成功体験課題」を、

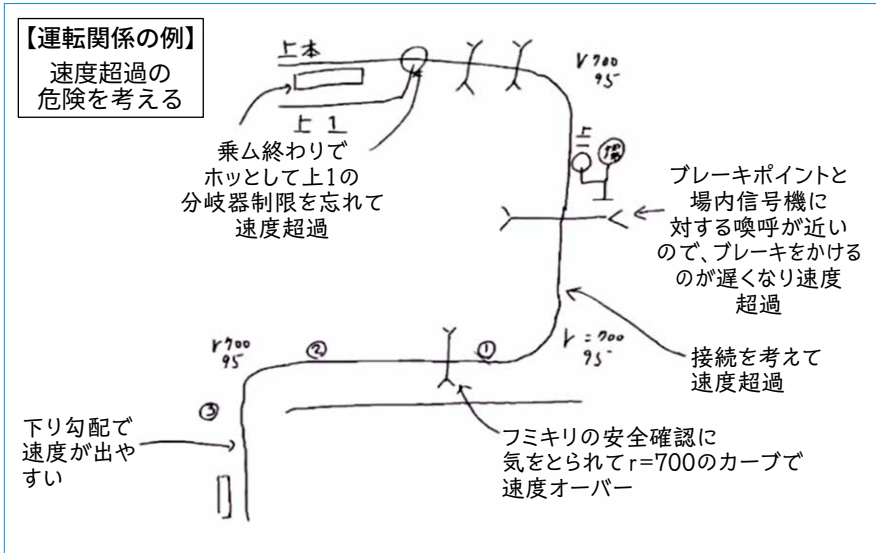


図4 シナリオ描画課題の例

知識の訓練課題として「シナリオ描画課題」を開発しました。

ここでは、「シナリオ描画課題」について説明します。図4は「運転士が速度超過の危険を考える」題材の例を示しています。まず、対象とした駅間の線路を描き、危険な事象の発生に至る過程を想定して心、モノ、設備の状態などを書き込んでいきます。さらに、異なる状況を想定して、たとえば旅客の状況、タイヤの乱れ、経験、仕事相手の変更などを想定して、視点を広げて考え、追記します。これにより、ヒューマンファクターからの視点で気をつけることができるようになりますとともに、実場面で危険源を見いだすのに活用できる知識を獲得することができます。現役運転士に「シナリオ描画課題」を試行してもらったところ、より多くの危険源をあげられるようになり、効果が確認されました³⁾。くわしくは、本号の「運転士の危険感受性を向上させる」(16～19ページ)で紹介します。

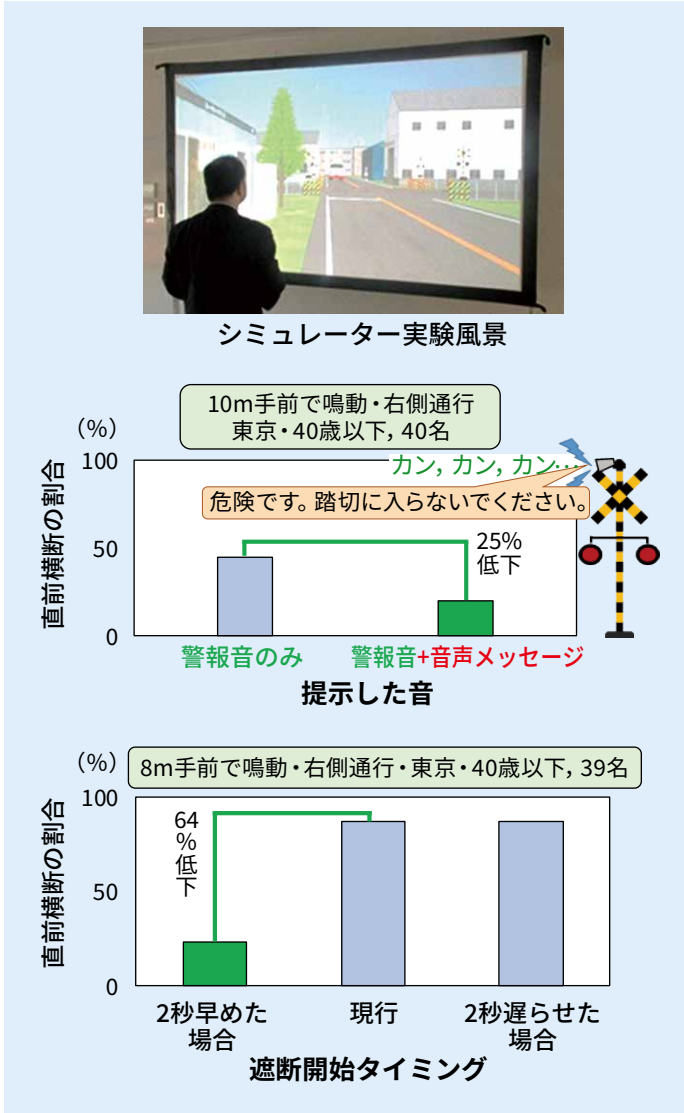


図5 シミュレーター実験による踏切警報への音声メッセージ追加と遮断開始タイミングの早期化の効果検証結果

部外原因事故対策など

鉄道運転事故や運転障害の中でもその原因が鉄道以外にあるものについては、鉄道側ではコントロールできないことから、対策が難しい場合が少なくありません。ここでは、事故件数減少傾向の鈍化がみられる踏切事故対策、さらに万が一踏切事故が発生した時にも被害を抑える車両の衝突安全性向上の研究成果について紹介します。

踏切事故対策

これまで線路の高架化による踏切の廃止や、線路内に立ち往生した自動車を自動検知する障害物検知装置の設置など、一通りの踏切事故対策は実施されてきているところです。さらに踏切事故を低減していくには、もう一段の工夫が必要と考えています。そこで、歩行者の警報鳴動中の進入(直前横断)

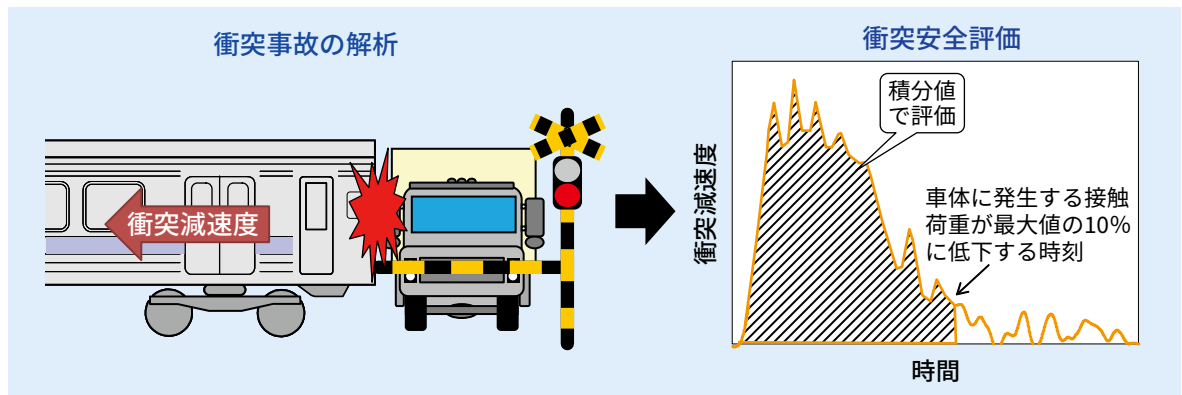


図6 車両の衝突安全性能の評価方法

を抑制するため、「進入禁止」を意味する警報音が「注意」の合図であると誤解している通行者に対して、進入禁止の音声をあわせて発する工夫や、遮断開始のタイミングを早めて、心理的な抑制を引き起こさせる工夫を提案しています。

CG映像を用いたシミュレーター実験では、警報音に、音声を合わせて発することで鳴動中に進入すると判断した人の割合が少なくなることが確認されました(図5)⁴⁾。また、遮断開始のタイミングを早めると鳴動中に進入する人の割合が少なくなること確認されました⁵⁾。今後、こうしたデータを蓄積するとともに、踏切直前横断対策の提案を目指していきます。なお、上記の警報への音声メッセージ追加の実験については、日本信号株式会社との共同研究として実施したものです。

車両の衝突安全性向上

万が一、上述のような事故が避けられなかった場合でも、乗客の被害を低減する車両安全性向上のための、衝突安全性評価手法についても取り組んでいます。

我が国の車体構造の設計基準には、衝突安全性を評価するための指標が明示されていません。一方、欧米では評価指標⁶⁾⁷⁾が定められています。車体強度および座席(シート)構造など車内設備の設計仕様が日本と異なってい

ます。そこで、国内の事故統計や車両の仕様を基に、踏切事故を想定した衝突解析を多様な条件で行うことにより、国内の実情に即し、かつ、乗客の傷害度と相関の高い評価指標として、衝突時に車両に発生する衝突減速度の積分値(図6、以降、減速度積分値)を提案しました。この減速度積分値が小さい車両ほど安全性が高いと評価します。

列車と大型ダンプカーとの衝突時に座っている乗客にどの程度の傷害が生じるかを、列車モデルと大型ダンプカーおよび乗客と座席のモデルを作成して解析を行い、列車速度、衝突位置・角度、大型ダンプカーの総重量などの条件をさまざまに変えて試したところ、乗客の傷害程度と減速度積分値には非常に高い相関がみられました。車体設計時に衝突安全性を考慮する際にこの

評価手法が役立つものと考えています。

おわりに

安全運行に関わる鉄道従事員を支援するための研究開発の中から代表的な取り組みを紹介しました。そのほかに、特別な状況下での危険回避、事故対応においては、鉄道従事員は高い負荷がかかった精神状態にあり、ヒューマンエラーを起こしやすい状況にあると考えられ、その対応能力を高めるための教育訓練や支援するシステム、あるいは乗客を避難誘導するための方法に関する研究にも取り組んでいるところです。これからも、こうした時代のニーズを把握しつつ、鉄道の安全の維持向上に貢献できる人間科学研究を進めていく所存です。RRR

文献

- 1) 佐藤文紀, 小野間綾子, 増田貴之: 先取喚呼を利用した速度超過防止法, 鉄道総研報告, Vol.34, No.1, pp.15-20, 2020
- 2) 村越暁子, 宮地由芽子, 松本麻美, 鍋木俊暁, 羽山和紀: 触車事故防止ルールの遵守徹底に向けた安全教育法の開発, 鉄道総研報告, Vol.34, No.1, pp.9-14, 2020
- 3) 増田貴之, 佐藤文紀: 見逃し体験における写真素材の意味的特徴の影響, 日本心理学会第83回大会 発表論文集, p.2007, 2019
- 4) 秋保直弘, 鍋木俊暁, 斎藤綾乃, 鈴木大輔, 遠藤広晴, 水上直樹, 小美濃幸司, 石毛隆晴, 佐藤和敏: 踏切警報音のテンポ変更及びボイス付加による直前横断抑止効果の検証, ヒューマンインタフェースシンポジウム2019論文集, pp.800-805, 2019
- 5) 鍋木俊暁, 宮地由芽子: 予告時間の短縮による踏切道内を通行中の歩行者への影響検証結果, 第32回秋季信頼性シンポジウム予稿集, pp.105-108, 2019
- 6) CEN: EN15227 2008+A1: 2010 Railway applications-Crashworthiness requirements for railway vehicle bodies, 2010
- 7) Federal Railroad Administration: 49 CFR Part 238 Passenger Equipment Safety Standards, 2011