

鉄道における最近の人間科学研究

小美濃 幸司*

Recent Topics on Human Science for Railways

Koji OMINO

In order to improve railway safety, from the human factor point of view, the Human Science Division of the Railway Technical Research Institute in Japan, has been conducting research for the prevention of human errors, their education and training, and the countermeasures for railway accidents caused by the external factor. This paper outlines the recent topics on the research based on the current issues of the railway.

キーワード：人間科学，ヒューマンエラー，教育訓練，部外原因事故対策

1. はじめに

鉄道総研の人間科学分野では鉄道の安全性，利便性，快適性向上を目的として，ヒューマンファクターの観点から，鉄道従事員を支援するための研究開発，車内・駅の旅客の利用環境改善に向けた研究開発に取り組んでいる。鉄道従事員を支援するための研究開発の中で，安全運行に関わる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，ヒューマンファクターの観点からの「エラー分析・評価法」「システム改善」「部外原因事故対策」の提案があげられる（図1）。本稿では，最近の人間科学分野の成果の中から，特に「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」をとりあげ，その主な研究成果について紹介する。

2. 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る。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，教育訓練を見直して形骸化しないようにするなどの努力が常に求められる。このため，その改善に苦心している事業者も多い。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る。ここでは，エラー防止法に関わる成果として新たな速度超過防止対策を，教育訓練に関わる成果として線路内安全教育訓練，危険感受性向上教育訓練，運転シミュレータ訓練における視線データ活用をとりあげて紹介する。

2.1 速度超過防止対策

速度超過は重大な事故に繋がりがかねないミスであるこ

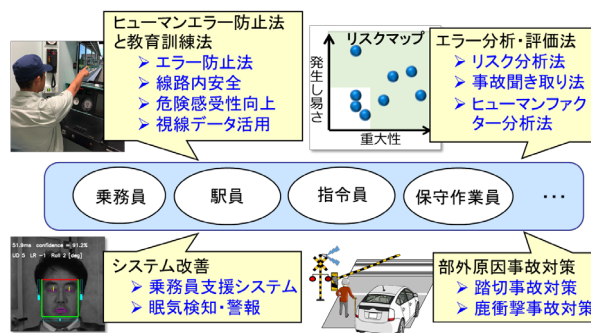


図1 安全運行に関わる鉄道従事員を支援する研究開発

とから，ハード，ソフト，あらゆる面から対策がとられている。特に，速度超過の主な原因として運転士の失念エラーがあり，安全性向上のためその対策が求められているところである。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た¹⁾。提案した先取喚呼法は「イメージング型喚呼」「反復型喚呼」の2種類がある。「イメージング型喚呼」には適切なタイミングで思い出しやすくする効果が，「反復型喚呼」には意識上に記憶を維持しやすくする効果があり，いずれも運転士が容易に業務の中に取り入れることが可能なものである（図2）。「イメージング型喚呼」は，たとえば区所等で，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動作となる。

この2種類の先取喚呼の速度超過防止効果について，現役運転士による運転シミュレータ実験を行った。速度制限区間が設定された運転シナリオにおいて，その区間の直前または区間内での突然の異常事態に対処した後でも，速度制限の失念を防止できるかを確認したところ，

* 人間科学研究部長



図2 先取喚呼法

先取喚呼を行わなかった場合に比べて速度超過する人数が明らかに減少することが確認された。

2.2 線路内安全教育訓練

安全輸送の観点からも労災防止の観点からもルールの遵守は基本である一方、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、作業員にも管理者にも不断の努力と工夫が求められる。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「ダイヤのWチェックルール」や「早期待避ルール」を具体例として取り上げて、ルール遵守意識を維持・向上させる効果的な教育訓練法の開発に取り組んだ。これらは進来する列車に対する触車事故を確実に防止するためのルールであり、前者は互いに確認し合うルール、例えば、作業責任者と見張員は、次の列車の時刻等を2人で確認した後に線路内に入るというルールであり、後者は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ある。

特に「大丈夫だろう」と考えルールを守らない違反に対しては、従来の一方的な講義による知識教育で遵守意識を向上することが難しく、リスク教育の必要がある。また、教育対象のリスクにもさまざまな要素があることから、保線・電気系統の事例分析および現場社員を対象とする意識調査を行ったところ、ルール遵守を促すためには、特に「事故の発生プロセス」の教育が必要ながわかった。

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た²⁾。この教育法は「VR体験(図3)」と「事例置換え課題」の2課題を行うものである。「VR体験」はロールプレイ課題であり、体験者はVRの模擬空間内を歩き回り、保守作業を行う。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で、適切なタイミングで待避する必要性



図3 線路内安全教育訓練のVR体験の様子

を理解することができる。さらに「事例置換え課題」では、過去の事例をもとにグループ・ディスカッションをして、触車事故の発生プロセスを自分達の職場に置き換え、対策の検討を行う。

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た。

2.3 危険感受性向上教育訓練

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る。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る。そこで、その教育のため、動機づけの訓練課題として「成功体験課題」を、知識の訓練課題として「シナリオ描画課題」を開発した。

「成功体験課題」には、コマ送りの画像の間にブランク画像を入れて、とびとびに画像を表示させるチェンジブラインドネスという技法を使う。一部のコマ画像に危険源を仕込んでおき、それに気づき指摘させるという課題であるが、チェンジブラインドネスを使うと、意図をもって探さないと、通常の動画では誰もが気づくような危険を見逃しやすくなるように設定できる³⁾。例えば、トラックの後ろを運転している状況のチェンジブラインドネス画像を提示し、その途中のコマでトラックの隣の車線に落下物があっても、多くの人が気づかない。このように気づいて当たり前と思われる危険源の見逃しを体験した上で、見逃しに関する解説と工夫の説明を受ける。さらに、その後、同様のやり方で異なる内容の画像についての確認を再度してもらおうと、多くの人が危険源を探し出すことに成功する。最後に、体験した見逃しやすいつい状況について、自職場の業務などに置き換えた解説を受けることで危険感受性の動機づけが高まる。

危険源に関する知識を向上させる「シナリオ描画課題」について「運転士が速度超過の危険を考える」例で説明する。まず、題材とした駅間について、危険な事象の発

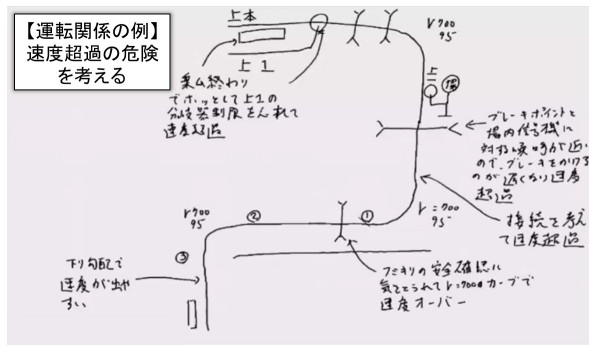


図4 シナリオ描画課題の例

生に至る過程を描画しながら考える。路線を描き、そこに心、モノ、設備の状態などについて、事象発生に至る想定を書き込んでいく(図4)。次に、異なる状況を想定して、例えば旅客の状況、ダイヤの乱れ、経験、仕事相手の変更等を想定して、視点を広げて考え、追記する。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るとともに、実場面で危険源を見出すのに活用できる知識を獲得することができる。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、超過速度に至る過程をより多くあげられ、また、危険源としてあげて欲しいポイントをより確実に抑えられ、その効果が確認された。

2.4 運転シミュレータ訓練における視線データ活用方法

鉄道事業者で行われている運転シミュレータを使った訓練を、より効果的に行うための研究開発に取り組んでいる。特に、前方確認は運転士の重要な作業の1つであり、視線データが訓練の振り返りに有効と考えられるため、視線検知機能を活用する方法を検討している⁴⁾。まずは、異常を見逃さない視線の動きを調査するために、「ATS地上子が故障」という通告を受取り、この先さらに隣接線が陥没しているという異常事態が重なるというシナリオで、シミュレータ訓練を実施した。この場合の異常に気づきやすい視線の動きと、そうでない動きのパターンが判明してきた。陥没に気づいた運転士は注視点の移動範囲が広く、特に前方注視の時間が長い(図5上段)。こうした知見を踏まえて運転の振り返りができれば効果的であるが、スムーズに理解してもらうためにどのような形でフィードバックするのがよいのかということも重要である。図5下段はフィードバックの1例であるが、注視点の動きを画像で可視化することも1つの有効な方法であると考えている。現在、さらに効果的なフィードバック情報と直感的に気づきを促す最適な可視化方法の検討を進めているところである。

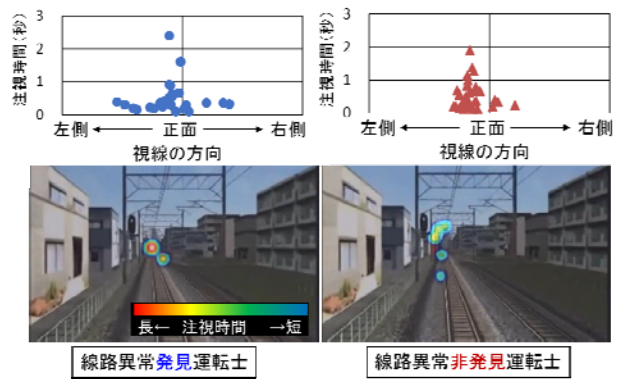


図5 運転シミュレータ訓練の注視点データ(上段)と可視化(下段)

3. 部外原因事故対策等

鉄道運転事故あるいは阻害の中でもその原因が鉄道以外にあるものについては、その要因が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ない。ここでは、野生動物、特に近年鉄道車両との衝突が頻発している鹿との衝撃対策、および事故件数減少傾向の鈍化がみられる踏切事故対策に関する研究成果について紹介する。

3.1 鹿衝撃事故対策

鹿の個体数増加と生息域の拡大によって、鉄道車両と鹿の衝撃事故が増えている。鉄道事業者では鹿止柵や運転に余裕時分を持たせるなどの対策を行い、一定の効果を得ているが、衝撃件数が十分に減少しているとははいえない。そこで、新たな対策として、列車から吹鳴することで線路前方から早期の逃走を促す「忌避音」を開発した(図6)⁵⁾。

臭いや光などの刺激を使った対策では、鹿が慣れてしまったり、季節や天候などの影響を受けたりする。鉄道総研では、音を使うことでそうした課題も解決できる可能性があると考えている。鹿は他の個体に危険を知らせるとき警戒声を発する。実際に、鹿に対して警戒声を吹鳴すると、鹿が音の方向を注視する性質が確認された。この鹿の習性を利用し、また、鹿は犬を嫌うことから、鹿警戒声の後に犬の咆哮を続けた「忌避音」を開発した。さらに、衝撃事故情報をもとに、地理情報システム(GIS)

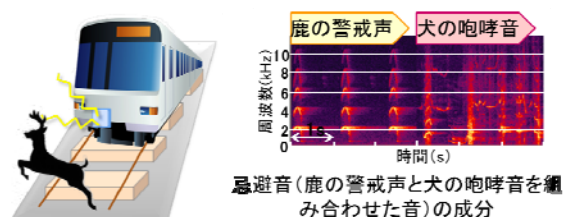


図6 忌避音による鹿衝撃事故対策

特集：人間科学

を利用した鹿衝撃事故マップを作成し、沿線の植生や地形などの特徴を考慮した吹鳴区間の選定法もあわせて考案した。

衝撃事故が多い冬期の夜間に、鹿衝撃事故マップを利用して予め選定した吹鳴区間で車両の先頭から忌避音を吹鳴したところ、鹿の目撃回数が45%減少した。現在、こうした走行試験を重ねながら、忌避音の実用化のための研究を進めているところである。

3.2 踏切事故対策

現在、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ある。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る。そこで、実態を把握し直すとともに、通行者への情報提示の工夫などについて検討中であり、ここまでに、明らかになったことについて紹介する。

踏切事故の約半数は遮断機のある踏切での歩行者の事故と、自動車の停滞等による事故である。また、踏切事故の中に占める高齢者の割合が高い。そこで、遮断後も踏切内に歩行者や自動車が留まってしまう現象に対して「踏切の鳴動状態を考慮した歩行速度特性」⁶⁾および「高齢ドライバーの踏切事故の要因解明」⁷⁾の研究を行った。「踏切の鳴動状態を考慮した歩行速度特性」では、複線1箇所と複々線2箇所の踏切をビデオカメラで撮影して歩行速度を計測し、歩行速度分布（歩行者通行モデル）を同定した。歩行者が鳴動後に進入した場合、歩行速度分布は速い方向にシフトしていたが、そのような場合でも歩行速度を上げない遅い人もいることがわかった。また、「高齢ドライバーの踏切事故の要因解明」では、自動車の踏切進入について調査と実験を行い、高齢者と若年者を比較した。その結果、進入時に、踏切出口の空間余裕を確認しなかったり、警報を無視したりして進入する傾向は若年者に多く、警報に気づかない傾向は高齢者に多いことが分かった。

こうした調査結果を踏まえ、現在は、歩行者の警報鳴動中の進入（直前横断）を抑止する対策に取り組んでおり、まずは遮断制御の予告時間（警報音開始から遮断桿が降下開始するまでの時間）の変更と警報音へのボイス（進入を抑止するための自動音声）追加についてその効果を調べている。CG映像を用いたシミュレータ実験では、予告時間を短縮すると鳴動中に進入する人の割合が少なくなることが確認された⁸⁾。また、警報音に、ボイスを合わせて発することでも、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た⁹⁾。今後、こうしたデータを蓄積するとともに、予告時間の短縮やボイスの追加の弊害の確認なども行い、踏切直前横断対策の

提案を目指していく。

4. おわりに

本稿では、鉄道における最近の人間科学研究、特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について代表的なものを紹介した。その他にも、近年意識が高まりつつある災害対応に関して、危機管理においてこれまで想定外とされてきた事象も想定に含める取り組みや研究も進めている。こうした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る。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などについても検討を始めている。さらには、万が一に備えた、乗客乗務員の被害軽減のための衝突安全性の車両要件に関する研究や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ある。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ヒューマンファクター研究を進めていく所存である。

文 献

- 1) 佐藤文紀他：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) 村越暁子他：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) 増田貴之他：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) 鈴木大輔他：異常事象に気付く運転士の注視行動，鉄道総研報告，Vol.33，No.1，pp.17-22，2019
- 5) 志村稔他：鹿警戒声を利用した接触事故防止技術の開発，鉄道総研報告，Vol.31，No.11，pp.35-40，2017
- 6) 鈴木大輔他：踏切の鳴動状態を考慮した歩行速度特性，鉄道総研報告，Vol.31，No.11，pp.29-34，2017
- 7) 井上貴文他：高齢ドライバーの踏切事故の要因解明，鉄道総研報告，Vol.31，No.11，pp.23-28，2017
- 8) 鍋木俊暁他：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，2019
- 9) 秋保直弘他：踏切警報音ボイス，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