

特集：人間科学

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

The Human Science Division of the Railway Technical Research Institute in Japan, has been conducting research on prevention of human error and occupational accidents as well as the measures for transport disorder and improvement of user environments in order to improve safety, convenience and comfort of railways. This paper outlines the recent accomplishments of the representative research on prevention of human error accidents and improvement of user environments.

キーワード：人間科学，ヒューマンエラー，労災事故，輸送障害，利用環境改善

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，利用者及び従事員に役立つ研究開発に取り組んでいる。安全性の向上の取り組みについては，ヒューマンエラー事故防止や労災事故防止に関わる研究開発が，利便性，快適性の向上の取り組みについては，主に鉄道利用者を対象とした輸送障害対策や利用環境改善に関わる研究開発があり，後者の2つについては研究テーマの多くが安全性の向上の要素も含んでいる（図1）。本稿では，この中からヒューマンエラー事故防止，利用環境改善に関わる代表的な最近の研究開発の成果について紹介する。

2. ヒューマンエラー事故防止に関わる研究開発

ヒューマンエラー事故を防ぐため，鉄道総研ではエラー防止法や教育訓練手法の開発，エラー要因に関する分析などに取り組んでいる。ここでは，代表的な最近のテーマとして，エラー防止訓練のための意思決定スキル評価手法¹⁾，危険感受性向上教育訓練課題の開発^{2) 3)}，駅停車に関わるエラー防止のための運転情報記録の解析⁴⁾をとりあげて紹介する。

2.1 意思決定スキル評価手法

判断ミスによる事故防止に向けた意思決定スキルの評価手法について紹介する。一般的に意思決定というと，会社の経営判断などをイメージされがちだが，心理学では現場作業で日常みられる個人の判断も意思決定に含め

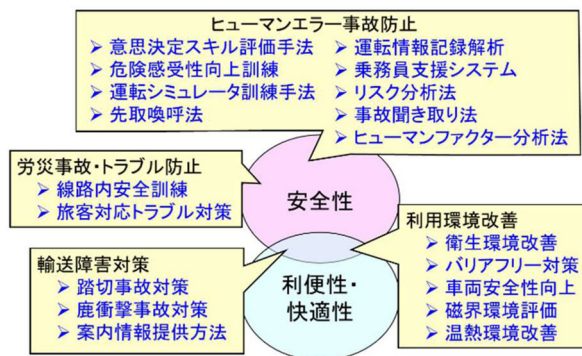


図1 鉄道総研の人間科学研究

て扱っている。図2の上段はそうした意思決定の流れを4段階で表したモデルである。

ある鉄道事業者から提供された事故事例を分析したところ意思決定のエラーが多く含まれていて，とくに自身の作業結果を過大評価し，確認を省略してしまうといったケースが多くみられた。過大評価のような意思決定に偏りを誘発する阻害要因はいくつも知られており，図2の上段に今回取り上げた代表的な阻害要因も示している。ここでは阻害要因に影響されずに適切に判断する能力を意思決定スキルと呼んでおり，将来的には，その教育訓練法の提案を目指している。まずは教育で必要となる意思決定スキル評価手法を開発した。

心理学および脳科学の知見をもとに，阻害要因の影響が成績に現れる意思決定の4つの作業課題，短期的利得を重視する傾向を測定する「タワー課題」，自分の作業結果を過大評価する傾向を測定する「確認の要否判断課題（コウテツ課題）」，衝動的に判断する傾向を測定する「BART課題」，前の選択に固執する傾向を測定する「異常時シナリオ課題」を作成した（図2下段）。開発した意思決定スキル評価手法は，各意思決定の段階に対応す

* 人間科学研究部長

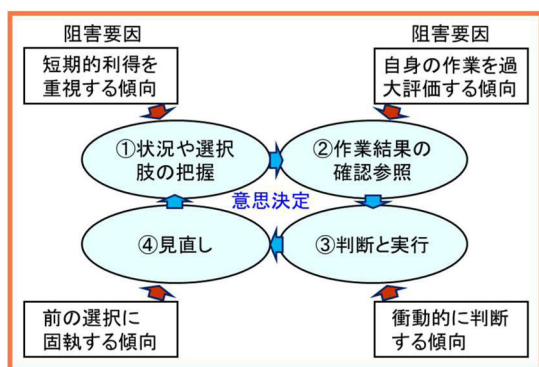


図2 意思決定の4段階モデル（上）と意思決定評価用課題（下）

る作業課題の成績で、意思決定スキルのレベルを評価する。たとえば「コウテツ課題」を実施しているときの脳機能画像において、適切に実施できている場合には自身の作業結果をモニタリングする部位が活動することが確認され、脳科学的にも課題の有効性が裏付けられた。なお、4つの作業課題は、その成績の結果表示をする機能も付けて評価ソフトウェアとしている。

2.2 危険感受性向上教育訓練課題の開発

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」²⁾を、知識の訓練課題として「シナリオ描画課題」³⁾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

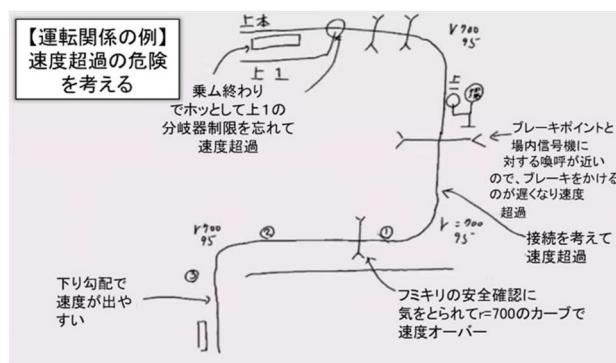


図3 シナリオ描画課題の例

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。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確認してもらおうと、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3）。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押さえられ、その効果が確認された。

2.3 駅停車に関わるエラー防止のための運転情報記録の解析

運転現場でみられるエラーの中では駅停車に関わるエラーが最も多い。運転士のエラー防止や技能向上に運転情報記録が活用されている例はあるが、運転操縦や駅設備等が駅停車に関わるエラーの発生に与える影響については科学的な説明はなされていなかった。そこで、駅停車に関わるエラーを経験した運転士と経験していない

運転士の運転操縦の違い、及び駅停車に関わるエラーが発生した駅と発生していない駅の設備等の違いを、運転情報記録を用いて解析した。

運転士を分析対象として、ブレーキ時機を逸したエラー(ブレーキ時機エラー)の経験についてロジスティック回帰分析を行った結果、常用最大ブレーキ使用割合、ブレーキ全緩め使用割合、200m 手前速度の標準偏差が「ブレーキ時機エラー」の発生に影響していることが明らかになった。これらのことから「普段から駅進入速度のばらつきが大きく、そのばらつきを修正するための運転操作が不安定な運転士はブレーキ時機エラーを起こしやすい」と考えられた。

同様に、駅を分析対象として、停止位置目標や編成両数を間違えたエラー(停目両数エラー)の発生についてのロジスティック回帰分析を行った。その結果、特定車両数の停止位置目標の有無と速度パターンの数「停目両数エラー」の発生に影響していることが明らかになった。

これらの解析成果は、日々の運転実績データを用いて乗務員を指導する際の基礎的な知見として役だつものと考えている。

3. 利用環境改善

鉄道の利用を促進するため、利用環境の改善に役立つ研究開発に取り組んでいる。ここでは、さまざまなバリアフリー対策の一貫しとして、ロービジョン者の視認性を考慮したトイレ色彩計画⁵⁾、また誰でも快適にトイレを利用してもらうための駅トイレ清掃に関わる基礎調査⁶⁾、安全・安心な環境のための取り組みとして鉄道車両の衝突安全性向上のための評価方法⁷⁾のテーマをとりあげて紹介する。

3.1 ロービジョン者の視認性を考慮したトイレ色彩計画

ロービジョン者の場合は、全盲者と異なり残存視力を活用して行動していることから、色彩計画などに配慮したバリアフリー対策が1つのポイントとなる⁵⁾。そこで、ロービジョン者を想定した駅トイレのユーザビリティ向上のため、主に現在使われている建材の色彩の範囲を対象として、ロービジョン者が視認するのに必要な輝度比を実験によって明らかにするとともに、輝度分布の可視化技術(図4)を活用しながらトイレ空間の視認性評価方法を提案した。

この評価方法に基づいてトイレ空間各部の視認性を検証したところ、建材の物性値(反射率)から想定される輝度比(素材輝度比)と実際の照明環境下で観察される輝度比(実現輝度比)の間に食い違いが生じていること

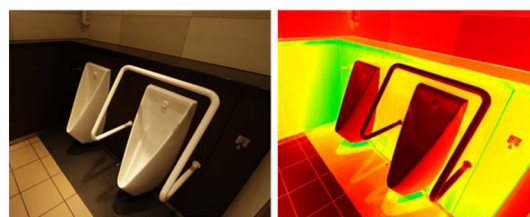


写真 可視化された輝度分布

図4 写真測光による輝度分布の例

が明らかになった。この食い違いの発生傾向の分析により、衛生器具まわり(大便器、小便器、洗面器)においては実現輝度比が素材輝度比より大きくなる傾向があるため、比較的視認性を確保しやすいこと、および、個室扉まわりにおいては実現輝度比が素材輝度比とほぼ同等に見られることを明らかにした。また、駅トイレ内におけるロービジョン者の注視行動の分析により、衛生器具や個室扉を視認する際には、当該対象物に加えてピクトグラムや手すりなどの周辺設備も重要な手掛かりとして活用されていることを明らかにした。これらの知見は、ロービジョン者に対するトイレの色彩計画に役立つようにまとめられている。

3.2 駅トイレ清掃に関わる基礎調査

トイレの衛生の実態と利用者意識の間に乖離があることが分かってきた。そこで、駅トイレ清掃に資する基礎調査として、利用者が駅トイレに感じている意識の調査を行い、その結果からわかってきた課題の1つである「におい」に着目して実態調査を行った。

まず、意識調査では50名のモニターに実際の駅トイレを見てもらい、設問「駅トイレを再度利用したいか、否か」(以下、「再度の利用」と)、清掃にかかわる項目について回答を求めた。この結果「再度の利用」に強く影響を与える要因として「幅木の尿汚れ」、「においの満足度」、「小便器の尿汚れ」の3要因が明らかになった。

そこで、「におい」に着目して、水を撒かずに清掃(乾式清掃)をする代表的な駅と水を撒いて清掃(湿式清掃)をする代表的な駅を選定し、駅トイレ臭気成分の一つであるアンモニアの濃度および細菌を測定した。乾式清掃をする駅トイレ床面は、小便器周辺の床や洗面台下に発生源が点在し細菌は少なかった。一方、湿式清掃をする駅トイレ床面は発生源がグレーチング(側溝)に局在し細菌は多かった。

これらのことから、利用者の視点に基づき、尿汚れ(水滴を含む)を取り除くこと、乾式清掃をする駅トイレでは小便器周辺の床や洗面台下、湿式清掃をする駅トイレではグレーチング(側溝)のアンモニアをそれぞれ低減

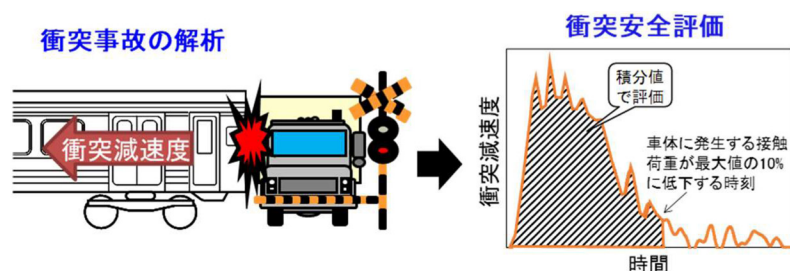


図5 車両の衝突安全性能の評価方法

させることが効果的であると考えられた。

3.3 鉄道車両の衝突安全性向上のための評価方法

万が一の事故に対して被害を軽減するために、踏切での衝突を想定した衝突安全性評価手法を提案した。日本の車体構造の設計基準には、衝突安全性を評価する指標が明示されていない。一方、欧米では評価指標が定められているが⁸⁾ ⁹⁾、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る。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、これを使った評価方法を提案した¹⁰⁾。

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数値シミュレーションにより推定した。シミュレーションでは、事前に衝突試験により高い精度であることを確認した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用い、列車速度、衝突位置・角度、大型ダンプカーの総重量を解析パラメーターとして、回転クロスシートに着座した乗客を対象に解析を行った。この結果、各条件で推定された傷害の程度と、車体に発生する衝撃減速度の積分値（以降、減速度積分値；図5）の相関係数は欧米の指標より高かった。以上のことから、減速度積分値を衝突安全性の評価指標として提案した。車体設計時の衝突解析で得られる減速度波形に対して、減速度積分値で評価することで乗客被害軽減に向けた対策を検討することができる。

4. おわりに

本稿では、鉄道における最近の人間科学研究、特にヒューマンエラー事故防止と利用環境改善を支援するための研究開発について代表的な成果を紹介した。最初に紹介した意思決定スキル評価方法については、今回の成

果を活用した教育訓練手法に繋げる研究を、危険感受性向上訓練課題については運転士以外の職場への応用開発を、運転情報記録の解析、トイレの色彩計画、トイレ清掃調査および鉄道車両の衝突安全性評価方法については、鉄道事業者などへ成果・知見の活用促進を図っていく。

その他、労災事故防止に関する研究開発では、触車事故防止を対象とした線路内安全訓練方法の提案を行っている¹⁰⁾。輸送障害対策に関する研究開発では、踏切事故防止のための踏切警報音や遮断かんの動かし方の改善の提案や、野生の鹿の衝撃事故防止対策として鹿忌避音の提案などに取り組んでいる¹⁰⁾。

これからも、鉄道事業のニーズを踏まえた、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) 北村康宏他：鉄道作業場面における判断傾向評価手法，鉄道総研報告，Vol.35，No.2，pp.17-22，2021
- 2) 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
- 3) 増田貴之他：運転士を対象とした危険感受性向上訓練課題の開発，鉄道総研報告，Vol.35，No.2，pp.5-10，2021
- 4) 鈴木大輔他：駅停車に関わるエラー防止のための運転情報記録の解析，鉄道総研報告，Vol.35，No.2，pp.11-16，2021
- 5) 大野央人他：ロービジョン者の視認性を考慮してトイレの色彩を計画する，RRR，Vol.77，No.11，pp.28-31，2020
- 6) 京谷隆他：駅トイレの清掃状況に関する利用者意識（第2報），2020年室内環境学会学術大会講演要旨集，pp.131-132，2020
- 7) 小美濃幸司：鉄道利用者の安全性向上，RRR，Vol.77，No.7，pp.12-15，2020
- 8) CEN：EN15227 2008+A1：2010 Railway applications—Crashworthiness requirements for railway vehicle bodies，2010.
- 9) Federal Railroad Administration：49 CFR Part 238 Passenger Equipment Safety Standards，2011.
- 10) 小美濃幸司：鉄道における最近の人間科学研究，鉄道総研報告，Vol.34，No.1，pp.1-4，2020