

人間科学に関する最近の研究開発と展望

小美濃 幸司*

Recent Topics on Human Science Research and the Future Prospects

Koji OMINO

Human Science on a railway field is the scientific discipline aiming at solving the problems and proposing the countermeasures in order to improve the safety, convenience and comfortability of railways, based on the understanding acquired by measuring, evaluating and analyzing the psychological, physical, physiological and behavioral characteristics of people, such as passengers using railways and workers operating them. This paper outlines the recent topics on the human science research of education and training, and the improvement of on-vehicle environment and station environment, and then explain the future prospects.

キーワード：人間科学，教育訓練，車内環境，駅環境

1. はじめに

鉄道における人間科学研究は、鉄道を利用する人、鉄道を動かす人、この人を対象として、その心理、生理、身体、行動の特性を測定、評価、解明し、その知見に基づいた鉄道システムの安全性向上、利便性・快適性向上のための問題解決や対策提案を目指す研究分野である。働く人に関係した研究には、適性検査、教育訓練、ヒューマンエラー分析、組織風土、運転室の設計支援などを対象としたものがあり、利用者に関係した研究には、車内の設計・改善支援や駅環境の改善・向上に関わるものがある。ここでは、教育訓練、客室・運転室設計支援、駅環境改善の話題を中心に紹介する。

2. 教育訓練

鉄道の安全性向上にとって、ヒューマンエラー防止は重要な課題であり、これまで鉄道従事員、特に乗務員の教育訓練に関する研究を行ってきたが、近年では自ら考えること、気づくことを促す指導法の研究が多くなっている。その背景として、知識を身につける指導は必要ではあるが、さらに現場で着実に能力を発揮できるように、一段高いレベルの教育訓練を目指し、意識を高めることに主眼を置いた指導方法を検討していることがある。そのためには指導に際しての支援ツールについても考慮することが重要であり、使いやすく効果的な教材や体感システムを提案していることも、一連の研究の特徴となっている。以下、代表的な4つの研究成果概要

について述べる。

かつてはインフォーマルな場での雑談や業務後の懇親会などを通して、ヒヤリハット経験や事故防止の工夫などが世代間で共有されていたが、ライフスタイルの変化に伴い次第に共有が難しくなっている。そこで開発されたのが「事故のグループ懇談手法」である¹⁾。この手法は職場で事故の原因や対策について4～10人くらいでディスカッションを進めるものであり、自然に情報が共有されて安全意識が向上する方法や留意点が「事故のグループ懇談マニュアル」にまとめられている。

事故やトラブルの防止には関係者の行動や発生状況等の十分な情報収集が必要であるため、現場において事象の関係者を対象に聞き取り調査を実施しているが、従来は標準となる手法がなく、情報不足により調査や報告の手戻りが発生しやすくなっていた。そこで、心理学研究における知見（認知面接法や傾聴法など）をもとに、聞き取り調査を実施する際の心構えや留意点を考慮した、聞き取り調査手法を開発した²⁾。また、手法の導入を支援するため、受講の動機づけや体験を重視した、5段階から構成される教育プログラムを作成した。開発した聞き取り調査手法はモニター調査で高い有効性があることを確認した。

上述は聞き取りを効果的に行うものであったが、普段の報告も重要な情報であり、安全報告を促進する要因の解明にも取り組んできた³⁾。特に一人で作業に取り組む労働環境では、作業者の自発的な安全報告が重要な情報源となる。その一方で、自らの過失を自発的に報告する際には少なくない心理的抵抗が生じると思われる。そこで、まず自主的な過失報告の実態把握を行った。その結果を基にヒアリング、web調査および心理実験を行い、

* 人間科学研究部 部長

特集：人間科学

①他者への視点取得傾向（他人の立場になって物事を考えられる認知的傾向）、②共感的配慮（他人に対する感情的な配慮をもつ傾向）、③私的自己意識（自分自身による自己評価を重視する傾向）、④職業的自尊心（自分の職業に対する自尊心の高さ）という報告を促進する4つの要因があることを明らかにした。さらに、現場作業者が自主的に自分の過失を報告した事例を使用し、明らかになった報告の促進要因を向上させる教材を提案した。

また、エラー防止以外の分野でも教育手法の検討を行っている。事故などで列車の運行が停止した際、運転再開見込み情報を早い段階から案内することが利用者の不満の低減に有効である。しかし、見込み情報は内容の変更が重なったり、情報が途絶えたりすることがあるため、社員は案内に慎重になりやすい。そこで、運転再開見込み情報の案内が利用者の心理・行動に与える影響の実証データに基づいて、情報の早期案内の重要性と利用者の不満抑制に効果的な案内方法について示した視聴覚教材を開発した（図1）⁴⁾。さらにこの教材を使ったフォローアップ教育について検討し、社員の不安を低減し、運転再開見込み情報の案内を促進する教育訓練手法として提案した。この手法により、より多くの社員が早期案内の重要性を理解して主体的に実践するようになるとともに、意識が長期的に維持されることが確認されている。

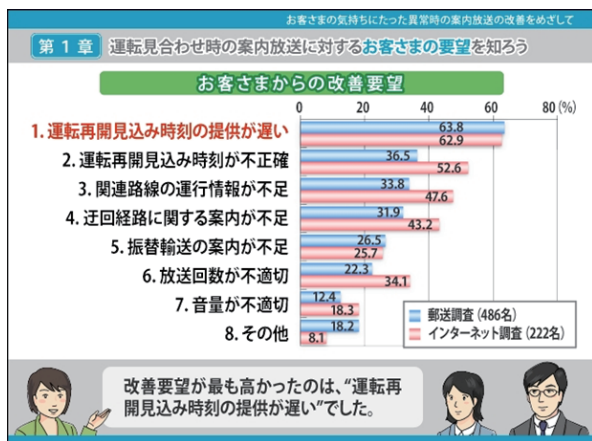


図1 視聴覚教材の画面例⁴⁾

－ エビデンスを用いて説明を行っている場面 －

3. 客室・運転室設計支援

車両の利便性、快適性はサービス向上にとって重要なテーマであり、人間科学の観点から列車の揺れ、車内騒音、温熱環境、臭いといった各要因に対して実態調査や実験的研究を推進し、客室の設計・改善に役立つ評価手法の提案を行っている^{5)~8)}。また、車内の安全面において、万が一、列車が衝突した場合の被害軽減の観点から、車内衝突安全性の評価手法について研究を進めてい

る。さらに、様々な改善がなされ、色々なデザインができ、変革を遂げてきた運転室に対し、その一方で、本質的に運転に求められる設計とはどのようなものかを問い直す声も多くなってきており、こうした問題に答えるための研究にも取り組んでいる。ここでは、最近の取り組みとして「夏季の通勤列車内の温熱快適性予測手法」「衝突シミュレーションで用いる鉄道用の人体モデルの開発」「運転室内の報知・警報音の決定法」の研究について紹介する。

通勤列車内の空調に対するクレームは毎年多く発生している。一方で、通勤列車内の温熱快適性に関する知見は極めて少なく、適切な評価自体が困難な状況にある。そこで「夏季の通勤列車内の温熱快適性予測手法」の開発を行った⁷⁾。まず、特にクレームの多い夏季を対象として、一般の鉄道利用者約100名が参加した被験者実験を行い、車内温熱環境と快適性の関係を把握した。さらに、同実験で得た知見や人の熱的特性に基づいて、夏季の通勤列車内の温熱快適性予測手法を提案した。同じ車内にあっても温度、湿度、風量にはばらつきがあり、快・不快感も異なる。温熱快適性予測手法により車内の不快分布が把握でき、こうした夏季の車内の最適な空調を設計したり、調整したりすることに効果を発揮するが期待される。

踏切衝突事故などにおける乗客の被害軽減対策として衝突安全性に優れた車両を検討するため、これまで乗客の傷害状況を精度良く推定する解析手法を開発してきた。今回、その一環として衝突シミュレーション解析で用いる鉄道用の人体モデル開発に取り組んだ。衝突シミュレーションで用いるダミーモデル（ダミー人形の数値計算モデル）は評価可能な衝撃方向が限定されており、前突用や側突用など複数のタイプがある。そのため、方向に応じてダミーモデルを使い分けて評価する必要があった。また、これまでのダミーモデルは欧米人体格であることから、国内の車内設備を対象とする評価や対策の検討は難しかった。そこで、これらの問題を解決し、列車内特有の様々な状況をより正確に評価するために、衝撃方向が限定されない日本人体格の人体モデル（有限要素法を用いて人体を模擬した数値計算モデル）を新たに開発した（図2）⁹⁾。この人体モデルと既存の着座正面衝突用のダミーモデルを、クロスシートのテーブルに対して正面、斜めおよび横方向に着座させ衝突解析を実施し、開発した人体モデルにより全方位の傷害評価が可能であることを確認した。今後、車内設備や車体の衝突安全性向上の検討に際して従来のダミーモデルとの使い分けをしながら、本モデルを活用していく予定である。ここ50年をみると日本人男性の体格は明らかに大きくなり、女性の運転士登用が進むといったことから、運転士の体格差が広がってきており、運転台設計において

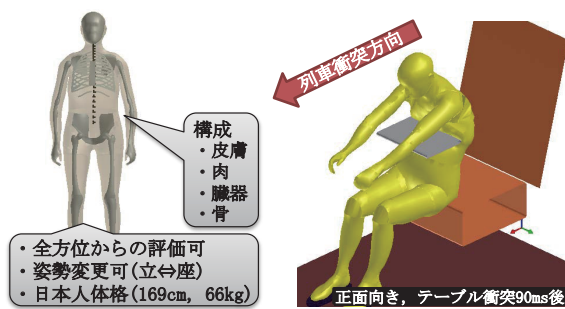


図2 人体モデルを用いた衝突解析

各寸法の見直しが重要な要素となってきた。そこで、多様な体格の運転士にとって使いやすい運転台にむけた設計支援ツールの開発に取り組んだ。その1つの成果として、運転士の型紙である運転姿勢テンプレートを提案した¹⁰⁾。運転姿勢テンプレートは、多様な体格の人を対象とした実験に基づいており、運転台の図面に簡単に重ねて平均的な運転姿勢を示すとともに、ボタンが操作しやすい範囲や適切な足台高さなどの情報も含まれている。例えば、運転姿勢における身体細部の位置を確認し、座席の調節範囲や機器配置の適切な範囲を簡易に検討できる。

また、運転士支援技術の発展や保安装置の多様化により運転室内の音は増える傾向にある。発音装置の音色の多様化は便利になる一方で、運転士の混乱や集中力低下につながる可能性もあり、一貫した音の設計指針が求められる。そこで、新しい音を追加するときの設計資料として報知・警報音の決定法を提案した。伝えたい情報の重要度を、事故に結びつく可能性の程度（危険性レベル）で4段階に分類し、各カテゴリの判断目安を作成した。そして、運転士の音の感じ方を基準に、各危険性レベルに音サインやボイス（音声）を対応させている。主に鳴動頻度による音サインとボイスの選択や、既存音と混同されそうな音の特徴、音数を増やしすぎないことなどの留意事項も示した。

4. 駅環境改善

駅環境の改善の近年の取り組みとしては「階段の下端部における視覚障害者誘導用ブロックの敷設方法」「駅トイレの臭気対策に関する研究」「芳香植物を用いた緑化による駅待合室の快適性の向上」などがあげられる^{11) 12) 13)}。

視覚障害者誘導用ブロックは、形状はJIS規格により定められているが、駅への敷設方法等のルールについては、事業者や地域で異なるケースが生じており、ユーザーから統一を求められていた。このため、国や関係機関からの委託を受けて、ブロックの敷設法を一元化するための一連の実験を実施し、ホーム上の敷設法について国のガイドラインの改訂に貢献した。最近では、階段部の敷

設法について調査・検討を行っている¹¹⁾。

駅構内で臭いが気になる場所としてトイレがあげられるが、効果的な対策のためには臭いの発生機序を明らかにする必要がある。そこで、トイレ内の物質を分析した結果、アンモニアが不快臭の主要成分であることがわかり、アンモニア発生要因の解明に取り組んだ¹²⁾。トイレの菌には尿素を分解しアンモニアを発生させるものがあり、細菌量、温度、尿素の量と染込み量が重要な要因であることが分かった。こうしたことから、トイレ床面に光触媒タイルを使用することを提案しており、これにより細菌の不活化が図れるものと考えている。

駅コンコース等の閉鎖空間において、自然環境を取り込むことによる快適性の向上を目的とした緑化が行われる事例が増えている。そこで、駅の緑化を効果的に行うため、植物の香りに着目し、その効果を明らかにするとともに、設置する植物量との関係から効果的な緑化方法について検討した¹³⁾。香りのある植物の中から駅構内の環境に適したモデル植物を選定し、空間の容積に対してこの植物の香りを感じるために必要な植物量を算出した。そして、算出結果に基づきモデル植物を閉じた空間に設置し、駅利用者モニターによる主観評価を行った。その結果、約4割のモニターが香りを認識し、モデル植物の香りを認識した場合に疲労回復効果がみられた。さらに、環境に合った内容で緑化について周知することにより、緑化の効果を高めることができると考えられた。

5. 今後の展望

ヒューマンエラー防止には地道な取り組みを重ねていくことが必要である。コミュニケーションエラーは代表的なヒューマンエラーと考えられ、いろいろな対策が採られてきているが、いまだに事故の原因として問題にあがってくることもある。本誌本号で紹介する「異常時における指令のコミュニケーション技術訓練手法」もコミュニケーションエラーを減らすための教育訓練について検討したものである¹⁴⁾。これは指令の職場を対象としているが、あらゆる職場でコミュニケーションエラーは生じる可能性があり、職場によって内容は異なってくるため、今後はコミュニケーションエラーに共通する本質的特徴と職場や場面に依存した特徴を明らかにしながら、さらにこの分野の研究を進めていきたいと考えている。

また、危機管理の観点から、近年ではこれまで想定外とされてきた事象も想定するような取り組みや研究が進められている。こうした特別な状況下での危険回避、事故対応などで鉄道従事員は負荷の高い精神状態にあり、ヒューマンエラーを起こしやすく、注意を要する状況にあるといえる。また、異常事態がそこまで特異ではない場合にしても、正しい判断、行動をとれるように普段よ

特集：人間科学

り備えておくことが重要である。そこで、迷いが生じる状況や臨機応変な対応が求められる状況下で、正しい判断、行動がとれるようになるために必要な意思決定スキルを探り、教育手法に生かしていく研究を進めていく。そのために、まず判断にかかわる人の心身状態を評価する手法の開発を目指す。

また、鉄道総研では運転士を支援するシステムについて検討を進めてきている。たとえば運転台において最新の画像処理技術を活用し、運転士の眠気を捉えるモニター方法、前方監視を支援する線路内状況のモニター技術や検知した異常事態について情報提供する方法について開発を進めている。人間科学研究としては、中でも眠気や運転士の心身状態の異変などを運転士に負担をかけることなくモニターし、運転の支援や事故防止に役立てられるよう、心身状態のモニター方法の開発を進める計画である。そのために心身状態の最新の生理計測や心理計測手法を取り入れることも検討していく予定である。

一方、鉄道と他の領域との境界に踏み込んだ研究も今後の課題として取り組み始めている。本誌本号の「車両接近時の鹿の行動と音による行動制御の可能性」は鉄道に及ぶ獣害に関する研究である¹⁵⁾。鹿が線路内に侵入し、列車が鹿と衝突すると運行に遅れが生じるが、その衝突件数が年々増加し、無視できない状況にある。運転士には衝突を回避するための負担が増え、衝突してしまうと乗務員に加え保線掛の負担も増え、乗客にも不便が及ぶ。そこで事業者は鹿避け柵を設けたり、徐行区間を設けたり、いろいろな対策を講じているが、鹿の個体数の増加などにより衝突件数を減らすことが難しいのが現状である。こうした事態を改善するべく、現在の鹿対策の検討を深度化していく予定である。

また、踏切事故は、主に道路交通という鉄道外要素が鉄道の安定輸送の阻害原因となっている課題である。鉄道側では線路の高架化などにより踏切をなくしたり、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を設置したり、考えられる対策は一通り実施されてきているところである。一方、踏切の数は多く、こうした対策をすべての踏切に実施することは難しい状況にあり、さらに踏切事故を軽減していくには、もう一段の工夫が必要と考えている。そこで、今後、踏切の通行実態をより詳細に分析し、危険な横断を抑えたり、衝突を未然に防いだりするための通行者への情報提供・表示の工夫などについて検討していく予定である。

6. おわりに

鉄道総研は基本計画 RSEARCH2020 を策定し、本年

度から取り組みをスタートした。研究項目として「鉄道の将来に向けた研究開発」の中で人間科学研究部が中心となり、信号・情報技術研究部、車両構造技術研究部と連携して推進していく個別課題「鉄道利用者の安全性向上」が計画されている。本課題では、今後の展望で述べた「鉄道従事員の意思決定スキル向上」「踏切安全向上」「車両の衝突安全向上」について推進していく予定である。いずれもチャレンジングなテーマであり、鉄道の安全性向上に貢献する新しい提案を目指して取り組んでゆく所存である。

文献

- 1) 重森：事故のグループ懇談手法，鉄道総研報告，Vol.23，No.9，pp.11-16，2009
- 2) 宮地他：事故の背景要因に対する聞き取り調査手法と教育プログラム，鉄道総研報告，Vol.29，No.7，pp.5-10，2015
- 3) 北村他：安全報告を促進する要因とその活用のための教育手法，鉄道総研報告，Vol.29，No.7，pp.17-22，2015
- 4) 山内他：運転再開見込み情報の社内教育向け視聴覚教材の効果検証，鉄道総研報告，Vol.28，No.5，pp.35-40，2014
- 5) 中川：複合振動に対する乗り心地の時間変化推定，日本人間工学会第 54 回大会講演集，Vol.49，pp.356-357，2013
- 6) 安部他：車内音に対する印象評価の分析，鉄道総研報告，Vol.27，No.3，pp.5-10，2013
- 7) 遠藤他：夏季の通勤列車内の温熱快適性予測手法，鉄道総研報告，Vol.29，No.7，pp.27-32，2015
- 8) 潮木他：新車臭の原因物質と発生源に関する研究，第 19 回鉄道技術連合シンポジウム講演論文集，pp.359-362，2012
- 9) 中井他：衝突シミュレーションで用いる鉄道用の人体モデルの開発，鉄道総研報告，Vol.29，No.7，pp.33-38，2015
- 10) 斎藤：乗務員の姿勢テンプレートの提案，第 275 回鉄道総研月例発表会要旨，2014
- 11) 大野他：階段の下端部における視覚障害者誘導用ブロックの敷設方法，日本人間工学会第 54 回大会講演集，Vol.49，pp.172-173，2013
- 12) 川崎他：駅トイレの臭気対策に関する研究（その 2），H24 年度室内環境学会学術大会講演要旨集，pp.60-61，2012
- 13) 潮木他：芳香植物を用いた緑化による駅待合室の快適性の向上，鉄道総研報告，Vol.29，No.7，pp.39-44，2015
- 14) 畠山他：異常時における指令のコミュニケーション技術訓練手法，鉄道総研報告，Vol.29，No.7，pp.11-16，2015
- 15) 志村他：車両接近時の鹿の行動と音による行動制御の可能性，鉄道総研報告，Vol.29，No.7，pp.45-50，2015