

人間科学に関する最近の研究開発

小美濃 幸司*

Recent Topics on Human Science Research

Koji OMINO

From the point of view of the safety, convenience and comfortability of railways, the Human Science Division of Railway Technical Research Institute has been conducting research on the education and training of employees and the improvement of onboard environment and station environment. This paper outlines the recent topics on the human science research of the countermeasures against human errors, and the proposals for improving the convenience and comfortability of railway passengers, and then explain its future prospects.

キーワード：人間科学，教育訓練，車内環境改善，駅環境改善

1. はじめに

鉄道総研の人間科学分野では安全性，利便性，快適性向上の観点から従業員の教育訓練の手法や作業環境改善，駅・車内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。今回は，鉄道従事員のヒューマンエラー対策および旅客にとっての利便性・快適性の向上の話題を中心として，研究開発の最近の成果および今後展望について紹介する。

2. ヒューマンエラー対策に向けた最近の研究

人間科学分野においてヒューマンエラー防止は重要な課題であり，ヒューマンエラーの調査・分析手法や鉄道従事員の教育訓練などにおいてより有効な提案を目指して研究を行ってきた。最近の研究開発の主なものとしては「ヒヤリハット情報を用いた安全管理支援手法」「鉄道総研式事故の聞き取り調査手法」「安全報告を促進する要因とその活用のための教育手法」「異常時における指令のコミュニケーション訓練手法」があり，以下，それらの成果について概説する。

これまでヒューマンエラーの背景要因を分析する「鉄道総研式ヒューマンファクタ分析法」を提案し¹⁾，多くの事業者に活用されてきた。ただし，この手法はエラー事象の数が多い場合に調査や分析に時間を要していた。そこで，分析を効率的に行うため，リスク情報を活用した新しい手順を提案した²⁾。従来は，システムが要求している目標と実際の行動とのズレを「逸脱」として特定し，その全てを分析対象としていたが，新しい手順では事故やヒヤリハット等のリスク情報を用いてリスクが大

きいエラーを特定し，分析対象を限定して分析の重点化ができるようにした。また，特定されたヒューマンエラーの背景要因を論理的に探る作業を補助するため，なぜなぜ分析の支援ツールを開発した。900件の事例のエラー要因の因果関係の分析結果に基づき「なぜ？」という問いに対する要因の候補を提示するツールであり，一貫した論理で効率的に分析を進めることができる。さらに，背景要因の分析結果に基づいて対策を検討する際に，関係者への注意等の一時的な是正対策に留まらずに作業の仕組みの改善を促すため，遵守すべき取り扱いの内容や実施条件等に無理がないかを確認する9つのステップからなるヒューマンファクター対策検討フローを作成した。この新たな提案はヒヤリハット等を安全管理体制に活用して，合理的に分析を行い，作業や仕組みの改善を促すものである。

上記のようなヒューマンエラーのエラー分析にあたり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が実施されているが，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「鉄道総研式事故の聞き取り調査手法」を開発した³⁾。手法は教材としてまとめられており，そ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教育プログラムも作成した。この聞き取り調査手法はモニター調査によって高い有効性があることが確認されている。

上記は聞き取りを効果的に行うことが目的であるが，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とその活用のための教育手法」の研究にも取り組ん

* 人間科学研究部 部長

特集：人間科学

できた⁴⁾。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、調査や心理実験を行い、①他者の立場で考える傾向、②他者に感情的に配慮する傾向、③自己評価を重視する傾向、④職業に自尊心を持つ傾向という自発的な報告を促進する4つの要因があることを明らかにした。この結果を踏まえて現場作業者が自発的に自分の過失を報告した事例を使用し、報告を促進する要因を向上させる教材を提案した。

コミュニケーションエラーが事故に繋がってしまうケースがたびたび取り上げられており、その対策には事業者の関心が高い。今回は、まずコミュニケーションが特に重要である指令業務を対象とし「異常時の指令のコミュニケーション訓練手法」を開発した⁵⁾。異常時に列車の運転状況を管理する担当者や、乗務員や車両の運用を手配する担当者が相互にコミュニケーションし、正確かつ円滑に情報を共有でき、現場で容易に実施可能な訓練を狙ったものである。訓練参加者は異常時の情報伝達場面を模擬したシナリオを体験し、訓練を撮影したビデオ画像を見て、相互に振り返りを行う。その際、コミュニケーション技術の留意点を45項目に整理したチェックシートは、意識づけやふだんの業務の振り返り時の実行度の確認に有効であり、コミュニケーション技術の習得を促すものとなっている。訓練試行の結果、コミュニケーション技術の重要性の認識が向上し、ふだんの業務における実行度も向上することが確認された(図1)。

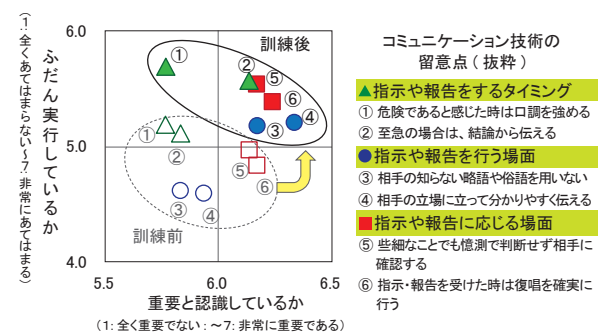


図1 「異常時の指令のコミュニケーション訓練手法」の有効性の検証結果(抜粋)

3. 快適性・利便性向上に関する最近の研究

日本の人口が減少する中で高齢化が進み、交通弱者に配慮したバリアフリー化が求められるようになってきた。また、海外からの入国者数が増えたことや、新幹線網の整備が進んで人の流れが変わりつつあることから、多様な利用者を想定した鉄道の利用促進を図っていかねばならない時代となってきた。そのための施策の1つとして利用者の要求をよりきめ細かく理解したサービ

スの提供が考えられる。そこで、車内の快適性向上を目的とした「非定常温熱環境の快適性予測手法」「不快な走行振動の検出手法」、駅の快適性・利便性向上を目的とした「輸送障害時における旅客案内能力の教育手法」「視覚障害者誘導用ブロックの輝度比の測定・評価・改善手法」「居室の不快臭発生の現象解明」などの研究を行ってきており、それらの成果について概説する。

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、適切な評価自体が難しい状況にある。より快適な鉄道車内空調環境の実現のためには、乗客の温熱的な快適性を適切に評価・予測することが重要である。そこで、実態調査により車内温熱環境の特徴を把握すると共に、鉄道車両(優等・通勤車両)および人工気候室での被験者実験により、鉄道車内で見られる非定常温熱環境下での人の生理状態および心理状態の基礎データを取得した^{6) 7)}。そして、これらのデータに基づき、優等・通勤列車内に適用可能な「非定常温熱環境の快適性予測手法」を提案した。提案手法は人体熱モデルによる生理状態予測部と、統計モデルによる心理状態予測部から構成され、前者の人体熱モデルには非定常温熱環境下での体温調節系が実装された既存モデルを適用した。提案手法で予測した熱的不快・不満足率は、実験結果と概ね一致し、既存の建物室内用の手法であるPMV・PPD手法と比較して予測精度が向上することを確認した。

車両の振動に対して感じる乗り心地は快適な旅行に重要な要因であり、これまで車両床面の振動加速度から乗り心地を評価する手法について研究をしてきた。近年、在来線から新幹線まで幅広い列車に対して乗客の感覚を最もよく反映した評価法として、複合振動乗り心地推定法(複合推定法)を新たに提案した。これまで対策の都合から、前後・左右・上下の振動方向ごとに乗り心地の評価をしてきたが、感覚に合うように3方向を合成した1つの尺度で評価するようにしたのが複合推定法である⁸⁾。さらに、走行試験を行って複合推定法を軌道管理に応用する検討を行い、乗り心地評価が低くなるエリアの検出や不快振動の推定に複合推定法が有効であることが示された。また、他の走行環境の諸元と同一画面に複合推定を表示できる乗り心地情報一元表示システムを使って、軌道・車両・人間工学など異なる分野の担当者間の議論が容易にできるようになった⁹⁾。

日本の鉄道は輸送の安定性が高く、定時運行が高いレベルで保たれている。一方、そのため利用者の要求レベルも高く、事故などにより列車の運行が大きく乱れると利用者の不満の声がしばしば聞かれる。この不満を抑えるために車掌や駅での異常時のアナウンスが重要な要因となっており、臨機応変なアナウンスが求められるが、その能力を向上する体系的な育成は行われてこなかっ

た。そこでアナウンスの臨機応変さを高める基礎能力の育成を目指した教育手法を提案し、それを職場訓練で実践するための訓練担当者向け育成支援プログラムを提案した¹⁰⁾。また、訓練担当者を学習・教授・評価の側面から支援する教材を作成した。車掌訓練で本プログラムを試用してもらい、訓練の前後に受講者にアナウンス実技試験を行った。現行のマニュアルの遵守度を測定する基礎尺度と臨機応変な対応度を測定する応用尺度を作成し、アナウンスの出来を評価したところ、両尺度とも訓練前に比べ訓練後に高くなっており、本プログラムによる訓練は、社員のアナウンス能力の底上げに役立つことが明らかになった。

駅のバリアフリー化が進み、障害者にとって駅利用環境が改善されてきている。コンコースやホーム床面などに敷設されている視覚障害者誘導用ブロック（以下、ブロック）もその一環であり、バリアフリー整備ガイドラインに従った整備が広く進んできている。一方、弱視者に対して敷設床面に対するブロックの有すべき輝度については、現在のガイドラインには目安値が示されていない。そこで、その基礎データを得るための研究を実施した。視認性を左右する、ブロックと周囲面の輝度比の測定・評価手法を、駅で起こり得る外乱などの諸条件を踏まえて提案し、駅の実測調査によって妥当性を確認した¹¹⁾。弱視者40数名に協力を得て輝度比とブロックの視認性の関係を調べ、弱視者の安全な歩行に必要な輝度比の目安値を1.9程度と提案した。さらに、輝度比が目安値を下回る場合の改善策について国内外の事例等を調査し、ブロックの両側に暗色の帯（側帯：図2）を付加する方式が実行可能性の面で妥当であると判断し、側帯の幅と輝度比について評価試験を行った。その結果、側帯の幅が広いほど視認性は向上するが、側帯の幅が広くなると側帯を溝と誤認するなどマイナス影響が増えるため、総合的な好ましきとしては幅が5～15cm程度の範囲で評価が高く、かつ輝度比が3程度あれば改善効果が見られること等を確認した。

駅構内で臭いが気になる場所としてトイレがあげられ、その対策に向けた研究については既に報告をしているところであるが¹²⁾、同様に指摘されているのが地下部や閉鎖された空間内のカビ臭である。そこで駅構内におけるカビに起因すると思われる不快臭がある居室について実態調査を行い、カビの発生要因に基づいた対策案を提案した¹³⁾。



図2 側帯の設置例
（ブロック両側の黒い帯が側帯）

年間の温湿度変化、室内空間の浮遊真菌、壁等の付着真菌、カビの生えやすさを表すカビ指数について調査し、夏季の高湿度や部屋内外の温度差、休養室では使用中の一時的な湿度の上昇などがカビの発生に関係する要因であることを明らかにした。また、居室内の空気中の揮発性物質を分析し、カビが放出する物質を検出するとともに、主に壁で発生していることを確認した。壁に使用されている内装材に含まれる水分量が、内装材の表裏間の湿度差または温度差によって増加することにより、カビが発生しやすい環境になっており、カビの発生の抑制には、除湿による居室内の湿度の調節と、壁が冷えることの防止が必要であることがわかった。

4. 今後の展望

ヒューマンエラー防止のための研究は重要課題として引き続き取り組んでいく予定である。「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」については前述したが、ヒューマンエラー防止にとってコミュニケーションは重要なキーワードであり、指令の職場に限らずあらゆる職場でコミュニケーションエラーは生じ得る。そこでさらにテーマ「情報伝達エラー防止手法」において、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、判断誤りを起こしやすい状況にあるといえる。一方、通常の作業においても、ちょっとした確認を省略して、判断誤りを犯す場合がある。両者の判断誤りの原因は大きく異なると考えられるが、背景にはどちらも判断を偏らせる認知的要因があり、いずれに対しても判断の偏りを起こしにくくできる何らかのスキルがあるものと考えている。そこで、まず、テーマ「意思決定スキルの測定に向けた意思決定課題の開発」において、判断を偏らせる要因を洗い出すとともに、そのときの人の心理状態を明らかにすることに取り組む。

また、これまでのヒューマンエラー研究ではヒアリングやアンケートによる本人の自己報告をもとに心身状態を推定する主観的方法を主に使ってきたが、脳波、心拍数、発汗などの生理データも積極的に活用し、心理的・生理的両方法で得られたデータと作業パフォーマンスを対応付けることでより説得力のある心身状態推定方法の検討についても並行して進めている。テーマ「生理指標による運転状態モニタリング」を立てて進めており、この推定法が確立すれば、どのような心身状態のときにパ

特集：人間科学

パフォーマンスが落ち、ヒューマンエラーを起こしやすい状態にあるのかをよりの確に探ることができ、そしてそのような心身状態に陥らない対策を検討できるものと考えている。

ヒューマンエラーを未然に防ぐための環境整備の1つとして、運転士を支援するシステムについて検討を進めている。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、運転支援や事故防止に役立てられるよう、テーマ「運転士の眠気状態推定システムの開発」において心身状態のモニター方法の開発を進めている。

このほか、鉄道外要因の事故に対する研究についても取り組んでいる。踏切事故は、主に道路交通という鉄道外要因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、踏み切りの数は多く、こうした対策をすべての踏み切り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、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り、まずは、そのための基礎データを整えるため、テーマ「踏切安全性向上のための実態把握と通行モデル」において踏み切りの通行実態の調査と詳細な分析を進めている。

同様に鉄道外要因が関係している問題として、列車が線路に侵入してきた野生動物と衝突する獣害原因の事故がある。特に鹿との衝突件数は年々増加し、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¹⁴⁾、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べく、テーマ「衝撃事故防止対策のための鹿の行動解析」の中で取り組んでいるのが、鹿が警戒する時に発する音の活用である。鹿は声で互いに危険を知らせあう習性があり、また、声以外にも警戒反応を示す音がみられ、車両接近時にこうした音を使って鹿が線路から離れるように行動制御する方法を検討している。

5. おわりに

技術の進歩や社会の変化など鉄道を取り巻く環境が変わり、鉄道が便利になることで、さまざまな人が利用し、ニーズも多様化してきている。鉄道システムも複雑化し、それを動かす人に求められる作業や能力に応じた取り組みが生じてくるものと考えられる。こうした背景に鑑みると、ますますヒューマンファクターに関わる課題が増えていき、人間科学への期待が高まるものと考えられる。鉄道総研はその期待に応えるべく、人の本質をしっかりと理解して研究を進めていく所存である。

文献

- 1) 宮地：職場安全管理の改善に向けたヒューマンファクタ分析手法、鉄道総研報告、Vol.21, No.5, pp.11-16, 2007
- 2) 宮地他：ヒヤリハット情報を用いた安全管理支援手法、Vol.30, No.9, pp.5-10, 2016
- 3) 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
- 4) 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
- 5) 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
- 6) 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
- 7) 遠藤他：冬季の優等列車内における温熱快適性に関する被験者実験、鉄道総研報告、Vol.30, No.9, pp.29-34, 2016
- 8) 中川：地点対応可能な複合振動乗り心地推定法、第275回鉄道総研月例発表会要旨集、2016
- 9) 中川他：軌道情報を含む乗り心地情報一元表示システムの開発と活用、Vol.30, No.9, pp.23-28, 2016
- 10) 山内他：利用者心理を考慮した異常時アナウンスのための指針、鉄道総研報告、Vol.30, No.9, pp.11-16, 2016
- 11) 大野他：駅における視覚障害者誘導用ブロックの輝度比の測定方法、鉄道総研報告、Vol.30, No.9, pp.35-40, 2016
- 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要旨演集、pp.60-61, 2012
- 13) 潮木他：不快臭が存在する居室におけるカビの生育抑制、鉄道総研報告、Vol.30, No.9, pp.41-46, 2016
- 14) 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