

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

Human Science Division of Railway Technical Research Institute comprises 4 laboratories: Safety Psychology, Ergonomics, Safety Analysis and Biotechnology, and has been conducting human scientific research to improve safety/comfort of railways involved with such issues as psychological aptitude tests, human error prevention, driver support, abnormality/accident handling, ride comfort, risk assessment, user environment. This paper outlines the recent topics on human science research of safety administration support, education and training, improvement of on-vehicle environment and other environmental investigations.

キーワード：人間科学，安全管理支援，教育訓練，車内快適性，車内安全性，駅環境調査

1. はじめに

鉄道総研の人間科学研究は旧国鉄鉄道労働科学研究所の研究を継承し、労働科学から人間科学へとその対象範囲を広げ、その取り組みが昨年50年を迎えた。現在、安全心理、人間工学、安全性解析、生物工学の4研究室体制で、運転適性検査、ヒューマンエラー防止、運転士支援、事故・異常時の対応、車内快適性、リスク評価、利用環境に関する研究等、鉄道の安全性・快適性の向上に貢献する人間科学研究に取り組んでいる。そこで、これまでの取組みを踏まえながら、人間科学分野で行っている最近の研究開発について解説する。

2. 安全管理支援

2006年に運輸安全一括法が施行され、運輸安全マネジメント制度が始まり、運輸事業者は「PDCAサイクル」の考え方を取り入れ、安全管理体制の構築に取り組んできた。この間、鉄道総研では安全マネジメント支援のための研究を行ってきており、「事故のグループ懇談手法」「鉄道総研式ヒューマンファクタ分析法」「職場の安全風土の評価法」を提案してきた¹⁾。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。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。「鉄道総研式ヒューマンファクタ分析法」はヒヤリハットも含めて、被害の小さな事故やトラブルの背景要因を的確に分析するための手法であり、重大な事故に繋がる可能性のあるハザードの発見や、事故防止策の提案に有効な手法である。この分析に必要な基礎知識や活用例などはハンドブックにまとめられている。「職場の安全風土の評価法」は職場の現状に関する100程度の質問紙に職員に回答してもらい、職種の特徴に応じた重み付けや同条件の職場との相対評価を加味して安全風土に関する個々の要因に評価を与える手法である。この結果をもとに職場の課題や職場づくりの改善点を議論するものである。

また、鉄道事業者がリスク管理をする上で必要なリスク分析の研究についても進めている。最近の研究に「鉄道利用者の認知によるリスクの重み付け算出法」「積雪・寒冷地における踏切安全評価手法」があり、以下に簡単に紹介する。なお、これらの詳細については本誌の特集で解説する。

2.1 鉄道利用者の認知によるリスクの重み付け算出法

これまでにリスクマネジメント支援のためエラーの最大影響と発生のしやすさとの組み合わせからなるリスク値にエラー誘発要因の影響度を加味した「エラーリスク管理支援手法」を提案している。さらに今回、社会から信頼される事業者であるためのリスクマネジメントという観点から、鉄道利用者に社会のリスクに対する価値観等を調査したところ、事象の発生件数について実際のリスクと鉄道利用者の見積ったリスクにはズレがあること

* 人間科学研究部 部長

特集：人間科学

が確認された。そこで、このズレをリスクの評価に反映させるため「鉄道利用者の認知によるリスクの重み付け算出法」を開発した²⁾。このズレは自身が遭遇する可能性を表す「近接性」と影響の大きさや危険性を表す「恐ろしさ」の2因子モデルで説明でき、開発手法ではこれらを点数化した「近接性得点」と「恐ろしさ得点」の合算値として鉄道利用者の認知によるリスクの重みを算出する。さらなる検証が必要と考えているが、こうした社会的認知の影響評価は鉄道事業者のリスク管理に役立つものと考えている。

2.2 積雪・寒冷地における踏切安全評価手法

運転事故の中で踏切事故の占める割合は高く、鉄道事業者としても長年にわたって踏切事故対策に取り組んできている。線路高架化等により踏切の数は減少してきているものの、現在でも日本全国で3万箇所以上あり、事故対策について踏切に優先順位を考え、また、対策を考えるための情報が必要であることから、鉄道総研では踏切事故件数を予測するための統計解析を行ってきた。そこで得られた予測式で踏切を評価する方法を踏切安全性評価手法と呼んでいる。これまでの予測式は踏切の種類別、線路本数、列車通過本数、道路の幅員、交通量など各諸元を説明変数とした回帰式となっている。しかし、従来手法では気象要因を考慮してこなかったことから、今回、積雪寒冷地のように冬期の気象による影響で事故に至る事象も説明できる「積雪・寒冷地における踏切安全性評価手法」を提案した³⁾。説明変数に冬期の気象条件や踏み切り周辺の交通環境が取り入れられており、実際の積雪寒冷地の踏切に適用した結果、推定結果と実際の値の相関が向上し、推定精度が改善することが確認された。

3. 教育訓練

これまでも鉄道従事員、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。たとえば、異常時運転シナリオによって異常時の心理過程をシミュレータ訓練で疑似体験し、直後にデータに基づいて客観的に振り返ることで自身の心理状態と運転行動の特徴を意識化する運転士用教育訓練プログラム（異常時対応能力向上プログラム）を提案している⁴⁾。そし

て2012年にはこのプログラムが機能する上で重要な役割を担うシミュレータオプションツール（振り返り支援システム）を開発した。さらに、最近の研究成果として、本誌で紹介する「指差喚呼のエラー防止効果の検証」「自己チェックを活用した安全コーチング」「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」がある。

3.1 指差喚呼の効果体感ソフト

安全確認の手段として指差喚呼は広く用いられているが、そのエラー防止効果を各自が実感し続けるのは難しく、ときに現場で形骸化してしまう。それを防ぎ、指差喚呼の正しい実施を促すために、パソコン課題のエラー体験を通して、指差喚呼の効果を実感できる訓練課題のソフトウェアを開発した。指差喚呼には5つのエラー防止機能があるとされているが、このソフトウェアはそれぞれの効果を体験できるようになっている。「指差喚呼のエラー防止効果の検証」⁵⁾では、その基礎となる指差喚呼のエラー防止機能の検証実験について報告する。

3.2 自己チェックを活用した安全コーチング

安全指導を効果的に行うためには、一人ひとりの個性に応じた対応が理想的である。そのような指導を目指して「自己チェックを活用した安全コーチング」では注意能力を自己チェックし、その結果をフィードバック、本人が心配だと感じる特性に対して、それがエラーにつながるような自主的な工夫を促していく安全教育手法を提案している⁶⁾。継続的なコーチング面談によって工夫を支援していく他、事前にグループ・ミーティングで自主的な工夫についての知見を増やす手順を組み込んでいるところに特徴がある。ここでは対象を運転士としているが、他の職場での指導にも応用可能と考えている。

3.3 運転再開見込み情報の社内教育向け視聴覚教材

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。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、その意識が長期的に維持されることが確認されている⁷⁾。

4. 車両環境改善のための評価手法

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、評価手法の提案を行っている。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。最近では、鉄道の利便性、快適性、安全性が向上している一方、利用客が期待するレベルが高くなってきており、そうした期待に応えるために検討すべき要因も多岐にわたり、かつ、それら要因の評価が実態を的確に反映した精度のよいものであることが求められているといえる。

4.1 乗り心地評価

列車の揺れに関して周波数の比較的高い振動と曲線で生じる慣性力に起因する周波数の低い揺れのそれぞれについて、快適性向上検討に必要な乗り心地評価法と乗り物酔い評価法の研究を進めている。乗り心地と乗り物酔いのどちらについても車両の加速度に基づいた評価指標を既に提案しているが、これらの指標を車両の振動や運動制御、軌道管理の品質向上において有効に活用するための取り組みも行っている。たとえば、乗り心地が悪い地点、乗り物酔いが起こりやすい区間が特定できるときめ細かな対策を検討できるようになると考えられ、そうした地点や区間を特定できるような指標の改良を行っている^{8) 9)}。さらに、地点毎に算出される乗り心地指標を走行環境や振動加速度の成分などと同時に表示する乗り心地情報一元表示システムを開発した(図1)。

4.2 車内温熱環境の快適性指標

車内の温熱環境については車内空調設備が普及するにつれ環境は大きく改善されてきたものの、現在も利用客からの苦情が多い要因である。その原因の1つとして

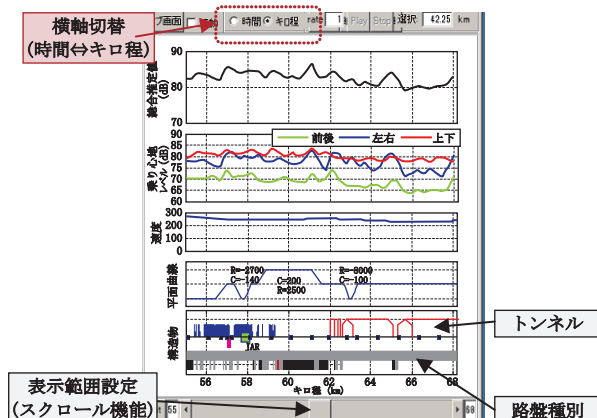


図1 一元表示・分析システムの画面例

利用客の温熱環境の要求水準が高くなっていることが挙げられ、要求に応えるためにはより詳細な実態調査と利用客が不快に感じるメカニズムを明らかにする必要がある。そこで、夏期の通勤列車内の温熱環境を測定し、さらに通勤列車特有の温度変化を模擬した体感実験を実施して、夏期の通勤列車内の人の温熱快適性に影響する要因を把握した¹⁰⁾。この結果から、車内温熱環境の快適性指標を提案し、本指標が体感実験で得られた温熱環境に対する人の不快度を的確に表現できていることを確認した。今後、提案した指標が実態に合った車内温熱環境改善に役立つように適用範囲の拡張等に努めていく予定である。

4.3 運転姿勢テンプレート

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各寸法の見直しが重要な要素となってきた。一方、ユニバーサルデザインに関する研究の中で、幅広い体格を考慮した手すりの設計や吊革の設置高さについて被験者試験を実施し、データに基づいた最適な設計寸法を提案した。こうした研究のノウハウを活かし、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でいる。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(図2)が提案されている¹¹⁾。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。今後は、設計場で試用してもらおう等の実用化を進めていく予定である。

4.4 事故時の乗客被害軽減

車内環境の向上には、安全・安心な車両設計を支援する研究も人間科学の重要な取り組みである。代表的な研究として、万が一、列車が衝突した場合の乗客被害軽減

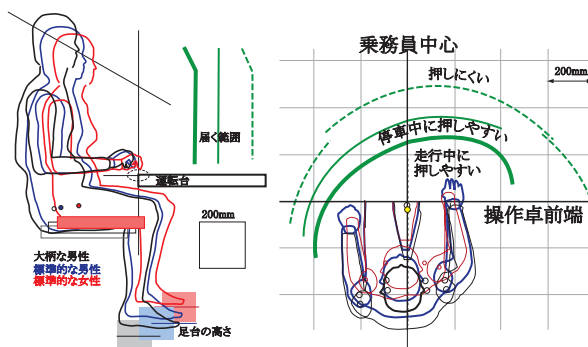


図2 運転姿勢テンプレート¹¹⁾

特集：人間科学

を目的とし、乗客挙動シミュレーションを活用した車内安全性の検討がある。一連の研究で、衝突事故で乗客が内装品とぶつかる現象を解析し、通勤列車のロングシーートの袖仕切り、荷棚、手すりの安全設計の提案を行ってきた¹²⁾。現在、鉄道専用の新しい人体シミュレーションモデルを開発中であり、車内の安全性評価の対象範囲が大きく広がり、総合的な安全性の高い車両設計に貢献できることが期待されている。

5. その他利用環境改善のための調査

上記以外に最近の人間科学の取り組みとして、バリアフリー環境のための視覚障害者誘導用ブロックの敷設法、鉄道環境で発生する磁界の健康影響の評価、車両や駅構内の臭いの調査などがある。

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てきた。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¹³⁾。

2012年鉄道分野においても公共の場として商用周波数磁界について規制が適用されることとなった。一方、鉄道環境で発生する磁界の健康影響について、鉄道車両の主変換装置等に関する数kHz～数十kHz（中間周波磁界300Hz～10MHzに含まれる）は知見がほとんどないため、その影響を調べている。中間周波磁界の曝露試験を行った結果、現在のところ、遺伝子変異等の遺伝子への作用、細胞分化への影響に対していずれも有意な影響が認められておらず、今後、さらに調査を進める予定である。なお、詳細は本誌特集論文「培養細胞を用いた中間周波磁界の遺伝子および細胞分化への影響評価」¹⁴⁾で報告する。

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¹⁵⁾。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てきた。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。

6. おわりに

本文中にも触れたが、鉄道技術や環境が向上するに従

い、相対的に利用客が鉄道に期待するレベルも高くなってきている。そうした期待に応えるために、人間科学分野で検討すべき課題も増えている。これまで扱ってこなかった新たな課題だけでなく、30年前、40年前に取り組んだかつての課題に対して現在の技術、環境、社会に応じた解決を求める形で再び研究依頼があることも少なくない。こうした要求に応えていくためには、しっかりとの方針に基づき研究を進めていく必要がある。その1つとして、各課題に対してヒューマンモデルをしっかりと作って臨むことだと考えている。良いヒューマンモデルを作ることは、人をしっかりと見つめ、理解することにつながる。今後、こうしたモデルを土台として実用的な提案ができるように研究に取り組んでいく所存である。

文 献

- 1) 鈴木：鉄道における人間科学研究の最近の動向，鉄道総研報告，Vol.27, No.3, pp.1-4, 2013
- 2) 宮地他：鉄道利用者の認知によるリスクの重み付け算出手法，鉄道総研報告，Vol.28, No.5, pp.29-34, 2014
- 3) 畠山他：積雪・寒冷地における踏切安全性評価手法，鉄道総研報告，Vol.28, No.5, pp.23-28, 2014
- 4) 小美濃他：運転士の異常時対応能力向上プログラムの実用化，鉄道総研報告，Vol.27, No.3, pp.17-22, 2013
- 5) 増田他：指差喚呼のエラー防止効果の検証，鉄道総研報告，Vol.28, No.5, pp.5-10, 2014
- 6) 井上他：自己チェックを活用した安全コーチング，鉄道総研報告，Vol.28, No.5, pp.11-16, 2014
- 7) 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
- 8) 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
- 9) 大野：乗り物酔い評価法の改良に向けて，RRR, Vol.70, No.6, pp.12-15, 2013
- 10) 遠藤他：通勤列車内の温熱快適性に関する研究，日本人間工学会第54回大会講演集，Vol.49, pp.352-353, 2013
- 11) 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
- 12) 中井：車両衝撃時の乗客の動きを推測する，RRR, Vol.70, No.9, pp.20-23, 2013
- 13) 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
- 14) 吉江他：培養細胞を用いた中間周波磁界の遺伝子および細胞分化への影響評価，鉄道総研報告，Vol.28, No.5, pp.17-22, 2014
- 15) 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