

## 人間科学分野における最近の研究開発

人間科学研究部  
部長 小美濃幸司

### 1. はじめに

鉄道総研の人間科学分野の取り組みとして鉄道を利用する人、鉄道を動かす人、これらの人を対象として心理、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している。最近の研究としては、鉄道事業者の安全管理を支援する研究開発として、事故背景要因の把握方法、教育訓練方法の提案、安全計画策定の支援などに取り組んでいる。また、運転室、車内および駅など運転士の作業環境や旅客の利用環境の改善支援の研究にも取り組んでいる。

### 2. 安全管理支援

人間科学分野の安全管理支援に関する主な研究項目を表1に示す。運輸安全マネジメント制度がスタートするにともない、鉄道総研ではこれまで事故の未然予防活動推進を支援する研究開発の更なる推進に取り組んできた。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、意識を高めることに主眼を置いた一段高いレベルの教育訓練を目指している。また、その指導に際しての支援ツールも重要であることから、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。そこで、以下ではいくつかの教育訓練関連の研究テーマに焦点を当てて成果の概要について紹介をする。

表1 人間科学分野の安全管理支援に関する主な研究項目

鉄道総研式ヒューマンファクタ分析法	指差喚呼教育手法
事故の聞き取り調査手法	運転適性検査
事故のグループ懇談手法	安全風土評価
安全報告の促進要因とその活用手法	ヒューマンエラーリスク評価手法
運転シミュレータ訓練手法	踏切事故リスク評価
指令のコミュニケーション訓練手法	鹿接触事故の実態把握と対策評価

運転シミュレータ訓練手法の研究では、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、次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。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、振り返り支援システムを導入していただいている訓練指導担当者の支援として、自らの運転の様子を映像で振り返る機能など

を効果的に活用するためのポイント集も作成している。

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、「鉄道総研式事故の聞き取り調査手法」を開発した。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。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の解明にも取り組んできた。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からず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。この結果踏まえて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、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が関連したヒューマンエラーはたびたび取り上げられるものの、さまざまな場でさまざまな原因により起こっている。そこでまず指令業務を対象とし、コミュニケーション訓練手法を開発した。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を通して、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、さらにコミュニケーション技術の留意点を45項目に整理した評価シートは、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。

### 3. 作業環境・利用環境の改善支援

人間科学分野の作業環境・利用環境の改善支援に関する主な研究項目を表2に示す。車両の安全、利便性、快適性は鉄道のサービス向上にとって重要なテーマである。そこで、利用者の観点から列車の揺れ、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。安全面においては、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。駅環境については、旅客の利便性や快適性向上を目的とした調査や研究を進めている。たとえばバリアフリー研究として視覚障害者誘導用ブロックの敷設方法の提案、不快を低減し、快適な空間を目指した駅トイレの臭気対策や緑化による駅待合室の快適性向上の研究、輸送障害時の案内放送の支援研究などがあげられる。一方、運転士の観点から人間工学的観点から考える運転室の寸法や警報音の設計に役立つ研究を行っている。これらの中から、いくつかの研究成果を紹介する。

表2 人間科学分野の作業環境・利用環境の改善支援に関する主な研究項目

振動乗り心地評価法	視覚障害者用誘導ブロック敷設支援
車内の温熱快適性予測手法	駅トイレ臭気調査
客室設備のユニバーサルデザイン	駅の緑化効果の評価
客室設備の衝突安全設計支援	運転室寸法設計支援
磁界の健康影響の評価	運転室報知・警報音の決定法
輸送障害時の案内放送の支援	信号視認性評価

通勤列車内の空調に対するクレームが毎年のように寄せられている実情に対して、通勤列車内の温熱快適性に関する知見は極めて少なく、適切に評価すること自体が困難な状況にある。そこで「車内の温熱快適性予測手法」の開発を進めている。特にクレームの多い夏季の通勤列車を対象として、営業車内の実態計測や鉄道利用者が参加した被験者実験を通じて、車内温熱環境と快適性の関係を把握し、夏季の通勤列車内の温熱快適性予測手法を提案した。さらに、通勤列車とは環境が異なると考えられる新幹線や、夏季以外の季節のデータについても収集し、より一般的な予測手法の研究を進めている。車内温熱環境は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。この予測手法により車内の不快分布が把握でき、最適な空調の設計や調整に効果を発揮することが期待される。

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現状のダミー人形のモデルは評価可能な衝撃方向が限定されており、方向に応じてモデルを使い分ける必要がある。また、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、列車内特有のさまざま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（人体の有限要素モデル）を新たに開発した。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人形のモデルと使い分けながら、本モデルを活用していく予定である。

快適性やイメージの向上を目的として駅コンコース等の閉鎖空間において、緑を取り込む事例が増えている。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。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感の回復効果がみられた。さらに、環境に合った内容で緑化していることを積極的に周知すると、緑化の効果を高めることができると考えられた。

利用者にとっては鉄道情報を受け取る環境は重要であり、特に事故などで列車の運行が停止した際には情報提供の仕方によっては苦情につながることもある。そのようなときには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が、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、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、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

		危険性レベル			
		I [報知]	II	III	IV
情報の意味の整理	情報の意味の整理	<input type="checkbox"/> 記憶の補佐 <input type="checkbox"/> 見通しを与える情報 <input type="checkbox"/> 視覚表示が主であるもの <input type="checkbox"/> 次の警報がある <input type="checkbox"/> フィードバック情報である	<input type="checkbox"/> 必ずしも危険を知らせない <input type="checkbox"/> 保安装置により停車・減速する <input type="checkbox"/> 保安装置の動作により、危険がなくなる／なくなった <input type="checkbox"/> 警報の無視が信号冒進・事故に至る可能性が低い	<input type="checkbox"/> 危険の存在を知らせる <input type="checkbox"/> 保安装置により停車する <input type="checkbox"/> 保安装置動作後通常状態に復帰しない <input type="checkbox"/> 警報の無視が信号冒進・事故に至る可能性が高い <input type="checkbox"/> 逸脱状態を表す	<input type="checkbox"/> 危険の存在を知らせる <input type="checkbox"/> 保安装置等のバックアップがない <input type="checkbox"/> 警報の無視が事故に直結する <input type="checkbox"/> 予告ではない <input type="checkbox"/> 保安装置の未投入・無効を示す
	音の仕様の整理	● 短い音 ● 減衰する音	● 連続音 [三角波] ● 2音 [組み合わせ]	● 連続音 [鋸波] ● 断続音 ● 交代音	● 激しい音 [速いテンポ、パル音、周波数が変化、約2kHzの断続音]
高頻度の事象音サイン					
低頻度の事象ボイス		警告感の弱い口調で、危険性レベル報知のための音と「状況」、危険性レベル報知のための音と「推奨行動」、「状況」と「推奨行動」を提示する。音は省略可。		「とるべき行動」と「状況」を強い命令口調で提示。「とるべき行動」が自明、文言が長い、一義的に提示不能の場合は危険性レベル報知のための音と「状況」を提示。	

※とるべき行動 = 運転士のアクション 状況 = 状況説明に関する情報

図1 報知・警報音の決定手順と判断目安（抜粋）

使ったフォローアップ教育の訓練手法を提案した。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。

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、運転室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。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。このように人間工学的見地から運転室を考え直してみるべき課題が少なくない。たとえば音についてみると、発音装置の音色の多様化により便利になる一方で、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（図1）。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. おわりに

鉄道総研は基本計画 RESEARCH2020 を策定し、本年度から取り組みをスタートした。その中の「鉄道の将来に向けた研究開発」項目のひとつとして、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。この課題で「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。

また、新たな基礎テーマ「生理指標による運転状態モニタリング」では最新の脳計測技術などを活用していく試みを始めており、新しい技術を活用することで鉄道の発展に役立つ人間科学の知見を提供していくことができると考えている。