

人間科学分野における研究開発のコア技術の高度化

人間科学研究部長
遠藤 広晴



1. はじめに

鉄道の人間科学分野の研究は、1962年に発生した三河島事故を直接の契機とする。運転士の信号冒進に端を発した多重衝突事故は甚大な人的被害を生じ、その対策としてヒューマンエラーに起因する事故の防止を主目的とした鉄道労働科学研究所（以下、鉄道労研）が設立された。

国鉄分割・民営化後は、鉄道総合技術研究所がその研究分野を継承し、「ヒューマンエラー事故の防止」に関わる研究に加えて、「事故時の被害軽減」に関わる研究や、速達化・快適性向上などの「利用者サービスの向上」に関わる研究も進めてきた¹⁾。

鉄道労研が発足してから60年以上が経過し、この間に、鉄道従事員・利用者を対象とした様々な実験や

調査を重ね、また、その時々最新の解析・シミュレーション技術も取り入れながら、鉄道の人間科学分野における独自のコア技術を育んできた。

本講演では、人間科学分野におけるこれまでの研究開発のコア技術の例を紹介するとともに、最近のコア技術の高度化の取り組みについて概説する。

2. 人間科学分野の研究開発の課題

近年、少子高齢化・生産年齢人口の減少が進み、労働力不足への対応や、熟練者の退職による暗黙知的なノウハウの継承が喫緊の課題となっている。また、社会の価値観も変化する中、より安全・安心・快適で、ウェルビーイングな社会への期待が高まっている。さらに、安全意識の高まりから、ヒューマンエラーの低減や異

	労働環境の変化	社会的価値観の変化	
鉄道を取巻く環境の変化	- 自動運転の普及 〔平常時〕監視業務 〔異常時〕指令・乗客との連携 - 役割の変化、未知の環境 - 現場熟練者の退職	- 事故・異常時を想定した安全設計へのニーズ 1次衝突、2次衝突 - 列車衝突時の被害軽減、異常時の避難誘導、...	- 快適で有意義な移動時間へのニーズ - 乗り心地、車内設備の使いやすさ、作業環境、...
研究開発の課題	- ヒューマンエラー事故の防止 - 列車運行中の乗務員の心身状態把握の更なる精緻化 - 自動運転中の異常時など未知の環境への対応 - 現場熟練者の安全スキルの形式知化・可読化	- 事故時の被害軽減 - 再現困難な被害事象に対する精度の高い検討方法の確立	- 利用者サービスの向上 - 多様なニーズに対応する的確な評価法の確立
コア技術の高度化の方向性（第4章）	 Logical Examination 論理的・実践的な本質の探究 AI等の最先端デジタル技術	 Fusion Promotion 技術融合の促進	 Knowledge Application ナレッジの活用

図1 鉄道を取巻く環境の変化に対応するための人間科学分野の研究開発課題

常時の適切な対応への要求、そして、人の特性(ヒューマンファクター)や多様性を踏まえた人間中心のシステム設計へのニーズが高まっている。

これら社会的課題・ニーズに対応して、持続可能な鉄道システムを構築するための人間科学分野の研究開発の課題を以下に整理する(図1)。

(1) 労働環境の変化に対する研究開発の課題

将来的な乗務員不足への対応策として、自動運転の普及が進められている。自動運転では、運転操作は主にシステム側が担い、乗務員側は、例えば自動化レベルGOA2.5を想定した場合、平常時は監視業務、異常時は、指令や乗客と連携した避難誘導を担うことになる。列車運行における人の役割が変化し、これまで体験したことのない未知環境への対応が求められる。このような中で、「ヒューマンエラー事故を防止」するために、平常時・異常時を含む、様々な状況での乗務員の心身状態を精緻に把握し、過緊張や覚醒低下などの異常状態を早期に検出する技術の高度化が課題である。さらに、自動運転中の異常時など、未知環境への対応力を強化する支援技術の高度化も重要な課題である。

また、熟練者の退職が進む中で、現場の安全管理のノウハウを確実に継承することが重要である。これに対しては、熟練者の安全スキルを形式知化し、若手職員と共有できるようにする技術の高度化が課題である。

(2) 社会的価値観の変化に対する研究開発の課題

鉄道利用者からの、安全・安心・快適な車内空間への期待の高まりから、事故時をも想定した安全設計が求められている。踏切事故時等で生じる衝撃への対策

や、異常時の避難誘導がその例で、「事故時の被害軽減」のために、これら複雑で再現困難な事象に対する精度の高い検討方法の確立が課題である。

また、平常時に関しても、鉄道は単なる目的地への移動手段ではなく、快適で有意義な時間を過ごす空間としての期待が高まっている。読書や携帯端末での映像鑑賞、座席テーブルを使用したPC作業など、車内での過ごし方が多様化する中、乗客がストレスを感じることなく快適に過ごせる環境が求められており、更なる「利用者サービスの向上」に向け、様々な利用状況に対応可能な車内快適性評価法の確立が課題である。

3. 研究開発のコア技術の例

コア技術は、フィジカル技術、シミュレーション技術、評価・予測・判断技術に分類されるが²⁾、人間科学分野では、これまでに人の様々な特性、すなわちヒューマンファクターに関連する評価・予測・判断技術を中心にコア技術の開発を進めてきた。本章では、第2章で示した研究開発課題の解決に向けた基盤として、これまで開発したコア技術の例を紹介する。

3.1 鉄道従事員を対象としたコア技術の例

鉄道従事員を対象としたコア技術の例を図2に示す。「事故の背景要因の検討」を支援するコア技術として、「事故の聞き取り調査手法」³⁾と「ヒューマンファクター分析法」⁴⁾がある。職場の安全マネジメントでは、事故やヒヤリハットの「情報収集」、「事故の原因



図2 鉄道従事員を対象としたコア技術の例

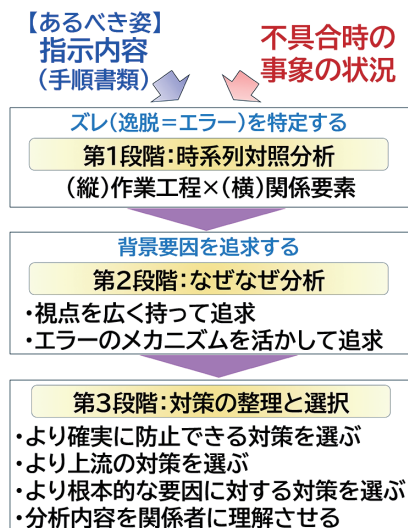


図3 鉄道総研式ヒューマンファクター分析法の概要



図4 鉄道利用者を対象としたコア技術の例

（背景要因）の分析」、「対策の策定と実施」、そして「対策の効果の確認」の流れを繰り返すことが重要である⁵⁾。「事故の聞き取り調査手法」は、「情報収集」を支援する技術で、心理学の専門技術である「傾聴法」と「認知面接法」を基に、対象者から多くの情報を聞き出し、事故の背景要因となる情報を効果的に探る手法である。「ヒューマンファクター分析法」は、「事故の原因（背景要因）の分析」と「対策の策定と実施」を支援する手法である。分析は3段階で構成され（図3）、まず、本来「何が期待され」、それに対して「どのような行動のズレが生じたのか」、そして次に、「なぜその行動が起きたのか」といった視点で事実確認を重ね、ヒューマンエラーのメカニズムを考慮して背景要因を分析する。そして第3段階では、推定した背景要因を基により確実に効果的な対策を検討する。

「職場の安全風土の醸成」を支援するコア技術として、職場の安全に対する認識の現状を把握し、改善に繋げるための「職場の安全風土評価手法」⁶⁾や、事故のグループ懇談を通じて、リスク情報の共有や安全意識の向上に繋げる「事故のグループ懇談手法」⁷⁾がある。

「現場での安全活動を支援」するコア技術として、指差喚呼のエラー防止効果を体感し、そのメカニズムを理解することで、現場での指差喚呼の実践を促す「指差喚呼のエラー防止体験」⁸⁾がある。また、線路内作業における触車事故の発生プロセスを、VR体験などを通じて理解し、ルール違反の抑止を図るために開発された「触車事故防止ルールの遵守に向けた安全教育法」⁹⁾がある。

この他、旧国鉄から受け継いだ運転適性検査に関する研究も継続しており¹⁰⁾、これまでに鉄道従事員の安

全管理・安全活動を支援する様々な評価法・教育訓練法を開発し、多くの鉄道事業者提供してきた。

3.2 鉄道利用者を対象としたコア技術の例

鉄道利用者を対象としたコア技術の例を図4に示す。

車内環境の快適性を評価するコア技術として、乗客の暑さ／寒さを評価する「車内温熱快適性評価法」^{11), 12)}がある。本評価法は、人の体温調節のメカニズムを考慮した生理モデルと、被験者実験に基づく統計モデルを用いて、乗客の何割が暑くて、または寒くて不満かを評価する。本評価法により乗客が温熱的に不快と感じる状況を検出し、空調制御の改善などへの活用が可能である。「車内騒音の不快感評価法」¹³⁾は、音の大きさ（ラウドネス）だけでなく、音の甲高さ（シャープネス）や変動感（変動強度）などの音質も考慮した不快感の評価法である。車内騒音の大きさを低減してもなお不快感が生じる場合には、本評価法により音質の観点からも評価することで、不快感の原因を特定し、効果的な対策を行えるようになることが期待される。

ユニバーサルデザインの視点からの、「車内設備の使いやすさの評価法」¹⁴⁾がある。身長や体格が異なる多様な利用者にとって最適な車内設備（つり革、手すりなど）の寸法や形状を明らかにするため、車内のレイアウトや振動環境を模擬する車内快適性シミュレータを用いたユーザビリティ評価を行う。これまで提案した支持具等は、多くの通勤車両に採用されている。

駅環境を対象としたコア技術として、バリアフリーの視点からの「視覚障害者誘導用ブロックの評価法」^{15), 16)}がある。延べ100名超の視覚障害者を対象に

実施したヒアリング調査や行動観察実験の結果に基づき、プラットホームの内外方の誤認に起因する転落事故を防ぐために開発された「ホーム縁端警告ブロック」は日本産業規格 (JIS) にも採用された¹⁷⁾。

以上のように、被験者実験やヒアリング調査、行動観察実験など、人を対象とした実験・調査のノウハウを基に、ヒューマンファクターを考慮した車内・駅環境の評価法を構築してきた。

4. 研究開発のコア技術の高度化

第2章で整理した、人間科学分野の研究開発の課題を解決するためには、評価・予測・判断技術の高度化に加え、フィジカル技術やシミュレーション技術も活用し、さらにデジタル技術・AIとも融合して、各コア技術の高度化を加速することが必須である。

図1に示した「労働環境の変化」に対応して「ヒューマンエラー事故を防止」するための課題に対しては、先端の計測技術による乗務員の状態把握や、列車運行環境の高度な再現技術を、「論理的・実践的な本質の探究 (Logical Examination)」によってさらに高度化する必要がある。また、熟練者が持つ暗黙知的なノウハウの継承に関しては、暗黙知の形式知化の支援に有効な生成AIの活用により課題解決を図る。

「社会的価値観の変化」(「安全・安心・快適な空間への期待の高まり」)に対応して「事故時の被害を軽減」するための課題に対しては、実試験とシミュレーションとの「技術融合の促進 (Fusion Promotion)」により、シミュレーション技術を高度化する。

また、「利用者サービスを向上」するための課題に対しては、これまで蓄積した乗り心地評価の「ナレッ

ジの活用 (Knowledge Application)」により、多様なニーズに対応可能な評価法への拡張を図る。

上記 Logical Examination、Fusion Promotion、Knowledge Application による研究開発のコア技術の高度化²⁾の取り組み例を以下に紹介する。

4.1 Logical Examinationによる高度化の例

ここでは、「ヒューマンエラー事故の防止」を目的とする高度化の取り組み例を3つ紹介する。

4.1.1 乗務員の生理・心理特性の評価技術の高度化

安全・安定輸送を確保するうえで、列車運行中の乗務員の心身が良好な状態を保つことが重要である。乗務員の心身状態の異常を早期に検出することで、良好な状態に戻るための適切な支援に繋げることが可能となるため、生理計測による心身状態の評価技術の開発を進めている。

図5は、運転シミュレータを用いた実験において、「突然、線路に倒木が出現」する異常時シナリオを体感した場面の生理量の計測結果 (上段から、脳波、心拍数、呼吸) とブレーキ操作 (最下段) を示したものである¹⁸⁾。

被験者Aに関しては、倒木に気づいてからすぐにブレーキ操作が行われ、心拍数が一時的に増加したものの、すぐに回復し、生理状態が安定していることが確認できる。一方、被験者Bに関しては、倒木に気づいてからブレーキ操作が行われるまで数秒程度の遅れが見られた。当該被験者は、倒木発見前後において、脳波に変化が見られ、心拍数が上昇し、呼吸も浅くなっていることから、倒木発見による心理的な緊張がブレーキ操作の遅れに繋がったと推測することができる。

このように、異常時における運転士の行動の要因となる心身状態を、生理量から把握できることをこれま

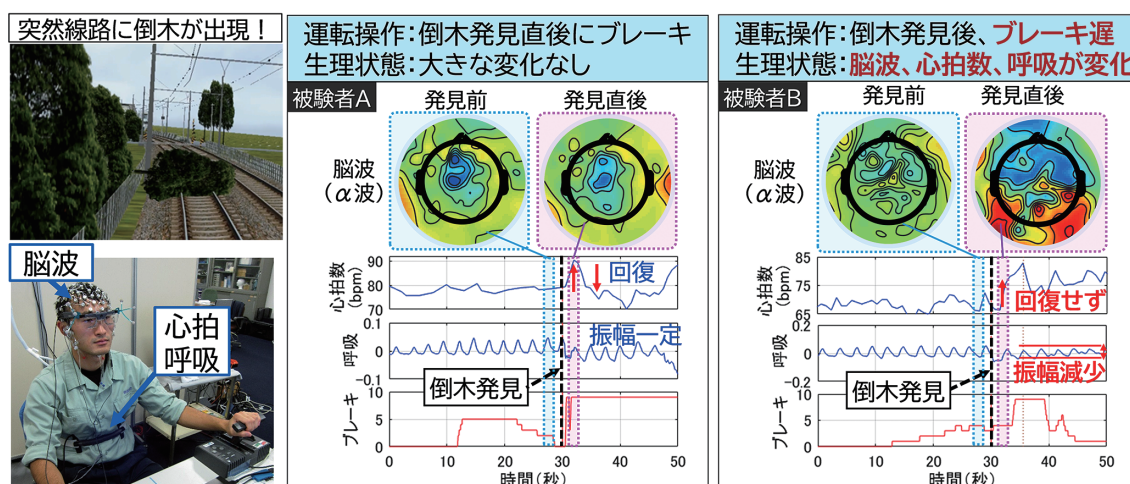


図5 乗務員の生理・心理特性の評価技術の高度化

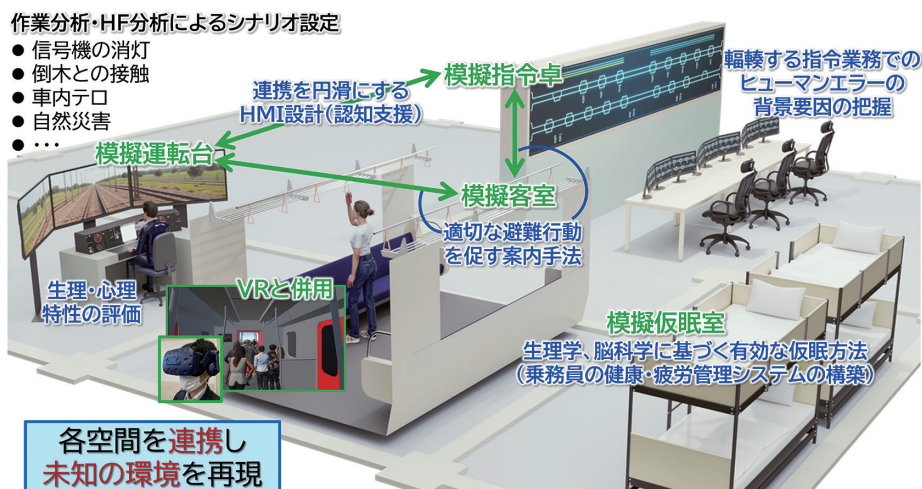


図6 高度化を目指す列車運行環境シミュレータのイメージ



図7 安全マネジメントの支援技術の高度化

での研究で明らかにしてきた。

一方、各生理量の正常時の値や、異常時の変化量には個人差が大きいため、運転士一人ひとりの「正常」／「異常」状態を的確に評価・判断することには依然として課題が残されている。そこで、現在、この生理量の個人差に対応可能な手法の検討を進めている。当該手法は、心拍間隔、呼吸の規則性、呼吸長などの複数の指標から個人ごとに適した指標を選定することで、各運転士の過緊張や覚醒低下等の異常状態を検出する手法である¹⁹⁾。実際の運転業務における当該手法の適用可能性について、先端のウェアラブルデバイスを活用して現在検証を進めている。

4.1.2 列車運行環境の再現技術の高度化

自動運転中の異常時など未知環境への対応力を強化する支援技術として、自動化レベルGOA2.5以上の運行形態（運転資格を持たない乗務員が乗車、もしくは完全無人運転）での列車運行環境の再現技術の高度化を目指す。現在計画しているシミュレータのイメージ図を図6に示す。「模擬運転台」、「模擬指令卓」、「模擬客室」

を一つの設備、もしくはネットワーク上で連携し、乗務員、指令、乗客のそれぞれの役割をもつ複数の人々が参加可能な設備である。体感する異常時シナリオは、想定する自動化レベルに応じた作業分析とヒューマンファクター分析に基づいて事前に設定する²⁰⁾。再現した未知環境での模擬体験を通じて、例えば、「輻輳する指令業務でのヒューマンエラーの背景要因の把握」や、「指令と乗務員間の連携を円滑にするヒューマン・マシンインタフェース設計」に関する研究、自然災害時や車内テロ発生時における、「乗客の適切な避難行動を促す案内手法」に関する研究の深度化等を行う予定である。また、生理計測装置を備えた「模擬仮眠室」を設置し、一連の勤務スケジュールでの乗務員の負担を定量的に評価することで、健康管理および疲労管理の高度化に資する研究も実施する予定である。

4.1.3 安全マネジメントの支援技術の高度化

事故が発生した際、必要な情報を不足なく収集して報告書にまとめることは、その後の原因分析や対策の策定に大きく影響するため、職場の安全マネジメント

において極めて重要である。一方、現場の安全管理のノウハウを有する熟練職員の退職が進む中、経験の浅い職員が安全管理業務を担う必要性も生じており、担当職員の経験に左右されない高品質な事故報告書を作成する体制の整備が課題となっている。

そこで、鉄道総研では、過去事例のデータと生成AIを活用して、事故報告書の作成を支援するツールの開発を進めている(図7)。本ツールの主な特徴は、現場熟練者のノウハウだけでなく、ヒューマンファクター分析の専門家のノウハウも形式知化して生成AIに反映させることで、現場の知識・経験に基づくリスク情報に加えて、根本原因分析に繋がる情報が含まれた、高品質な報告書作成を支援するという点にある。なお、生成AIが行うのはあくまで多様な視点からの「提案」であり、担当者は、AIからの提案を参考に、報告書に必要な情報を「判断」する。このAIとの対話を通じて、担当者は形式知化された熟練者のノウハウを学習すると同時に、ヒューマンファクターの視点も学習することになり、安全スキルの教育訓練効果も期待できる。

本ツールの開発は今年度より開始しており、現在、現場熟練者のノウハウの形式知化の検討を進めている。

4.2 Fusion Promotionによる高度化の例

4.2.1 人体挙動シミュレーション技術の高度化

「事故時の被害を軽減」する対策の一つとして、踏切事故時等で生じる2次衝突(車内の人と車内設備との衝突)を対象として、被害状況を高精度で解析する人体挙動シミュレーション技術の高度化に取り組んでいる。図8(a)に通勤車両のロングシートを対象として、手すりの有無による被害状況の比較を行った例を

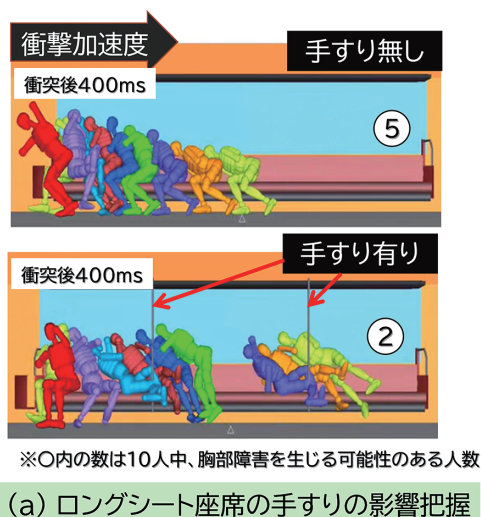
示す²¹⁾。手すり無しの場合と比べて、手すり有りの場合は、乗客同士の衝突や加速距離が抑えられ、傷害値が低くなることを確認している。

現在、衝撃試験とシミュレーションの融合により、人体挙動シミュレーション技術の更なる高度化を進めている²²⁾。スレッド試験(スレッドと呼ばれる台車を用いて衝撃を加えた際の人体ダミーの挙動を評価する試験)(図8(b))やインパクト試験(インパクトを用いて衝撃を加えた際の被衝撃部位の傷害値を評価する試験)(図8(c))から得られる実測データを基に、人体挙動シミュレーションモデルのパラメータを補正するデジタルツインにより、列車衝突時の被害推定の精度を高める取り組みを進めている。

4.3 Knowledge Applicationによる高度化の例

4.3.1 乗り心地評価技術の高度化

走行時の振動に起因する快・不快感を対象とした乗り心地の研究は国鉄時代から盛んに行われており、曲線走行時の左右定常加速度(遠心力)や、振子式車両のロール角速度・角加速度などに対する許容限度や目安値が設定された(図9)。また、走行振動の乗り心地を評価する「乗り心地レベル」も提案されており、各許容値/目安値と共に現在も参照されている(以後、これらをまとめて「乗り心地指標」と記載)。当時の乗り心地指標の開発目的は、軌道管理や車両設計への活用が主であり、乗り心地の改善箇所(振動要素や走行地点)の特定に重点が置かれていた。そのため、各振動要素に対して個別に指標が設定され、評価時間も数分程度と比較的短時間であった²³⁾。



(a) ロングシート座席の手すりの影響把握

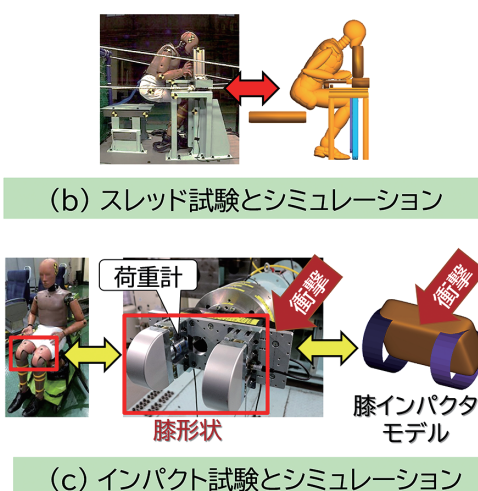


図8 列車衝突時の人体挙動シミュレーション技術の高度化

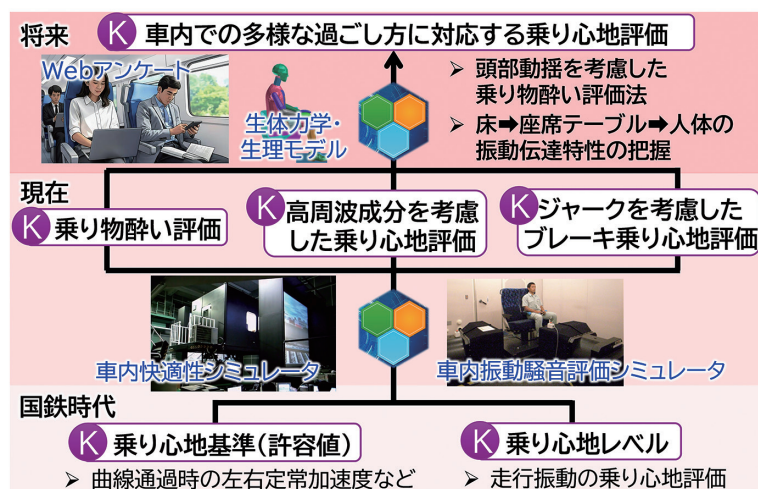


図9 乗り心地評価技術の高度化

国鉄分割・民営化後は、鉄道総研において「利用者サービス向上」の視点から、乗客の体感により合致した評価法の開発を進めている。振動乗り心地評価における高周波数成分(20～30Hz程度)の評価法の改良²⁴⁾や、減速度とジャークの両者を考慮したブレーキ時の乗り心地評価法²⁵⁾など、国鉄時代の乗り心地評価法を基盤として、精度改善や複数要素を対象とした評価法への拡張などを行ってきた。また、乗り物酔いなど、比較的長時間の乗車に起因する要素に対しても評価法を新たに開発し²⁶⁾、振子式車両の車体傾斜制御にも活用されている。

今後は、乗客の様々な利用状況に対応可能な車内快適性評価法の確立に向けた取り組みを進める。評価法の開発にあたっては、従来の乗り心地評価法に生体力学・生理モデルを導入する形で評価法の高度化を図る。これに加え、客室環境を模擬する車内快適性シミュレータや車内振動を精度よく模擬する車内振動騒音評価シミュレータを活用して、多様な過ごし方、例えば、PC作業や映像鑑賞、携帯端末操作などを作業条件とした被験者実験を重ね、主観評価、人体挙動、生体応答データを蓄積し、評価法の精度向上を図る。この取り組みにより、これまで蓄積された乗り心地評価のナレッジと、人の特性に基づく理論モデルを活用した、ヒューマンファクターの本質を捉えた高度な乗り心地評価法の構築を目指す。

5. おわりに

鉄道を取巻く環境は変化し続けており、それに応じて人の役割も変化し、新たな「未知環境」も絶えず発

生すると考えられる。そのような中で、「ヒューマンエラー事故の防止」に貢献するために、未知環境を再現可能な実験設備などのフィジカル技術の高度化に加え、先端的なセンシング技術を活用した鉄道従事員の心身状態に関する評価・予測・判断技術の高度化を図る。これらの取り組みにより、エラーに繋がるヒューマンファクターの本質を探究し、改善策や新たな支援方法の提案を目指す。

喫緊の課題である安全管理のノウハウの継承については、AIを活用して現場熟練者のノウハウを形式知化するとともに、鉄道総研のヒューマンファクター分析の専門的知見も導入することで、ナレッジの継承と安全マネジメントの効率的・効果的な運営を支援する技術の高度化を図る。

鉄道利用者からの安全・安心・快適な空間へのニーズに対しては、シミュレーション技術の高度化により解析精度を高め、有効な「事故時の被害軽減」対策を提案して、鉄道システムの安全設計に貢献する。また、平常時に関しても、生体モデルの導入により乗り心地の評価技術を高度化し、車内での多様な過ごし方に対応可能なきめ細かな評価を実現することで、「利用者サービスの向上」を支援する。

今後も、鉄道従事員・利用者のヒューマンファクターの本質の探究を基盤として、人間中心の視点を軸に、最先端技術との融合・協働により、人間科学分野における研究開発のコア技術の高度化を推進する。これらコア技術の高度化にあたっては、鉄道利用者のニーズを的確に捉えつつ、関係各所と十分に議論を重ねながら、現場の課題やニーズを踏まえて取り組んでいく所存である。引き続きご支援とご協力をお願いしたい。

※3.2節の一部は旧東急車輛製造株式会社（現株式会社総合車両製作所）との共同研究、交通エコロジー・モビリティ財団からの委託研究により実施し、4.2節の一部は国土交通省の鉄道技術開発費補助金を受けて実施した。

参考文献

- 1) 鈴木浩明：特集①：分野別人間工学の現状と将来（2）—鉄道分野における人間工学研究室の現状と将来展望—，人間工学，Vol.50，No.2，pp.61-70，2014
- 2) 曾我部正道：研究開発のコア技術の高度化—持続可能な鉄道システムの創造に向けて—，第38回鉄道総研講演会要旨集，pp.9-22，2025
- 3) 宮地由芽子，鍋木俊暁，岡田安功：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) 宮地由芽子：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
- 5) 国土交通省大臣官房運輸安全監理官室：事故、ヒヤリ・ハット情報等の収集・活用の進め方～事故の再発・未然防止に向けて～（鉄道モード編），2023
- 6) 宮地由芽子，村越暁子，赤塚肇，鈴木綾子：職場の安全風土評価手法の開発，鉄道総研報告，Vol.23，No.9，pp.23-28，2009
- 7) 重森雅嘉：安全意識向上のための事故のグループ懇談手法の開発，鉄道総研報告，Vol.23，No.9，pp.11-16，2009
- 8) 増田貴之，佐藤文紀：指差喚呼によるヒューマンエラー防止効果を体感する，RRR，Vol.71，No.4，pp.8-11，2014
- 9) 村越暁子，宮地由芽子，松本麻美，鍋木俊暁，羽山和紀：触車事故防止ルールの遵守徹底に向けた安全教育法の開発，鉄道総研報告，Vol.34，No.1，pp.9-14，2020
- 10) 井上貴文，鈴木浩明，喜岡恵子，赤塚肇，重森雅嘉，樋田航：新しい運転適性検査体系，鉄道総研報告，Vol.22，No.7，pp.5-10，2008
- 11) 遠藤広晴，伊積康彦，林伸明：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
- 12) 遠藤広晴，榎並祥太，菊地史倫，吉江幸子，伊積康彦，野口純：夏季における通勤車両内の横流ファン送風の影響を考慮した温熱快適性評価手法，鉄道総研報告，Vol.37，No.8，pp.1-8，2023
- 13) 安部由布子，水上直樹：人間の不快感と相関の高い車内騒音の評価手法，鉄道総研報告，Vol.24，No.11，pp.41-46，2010
- 14) 斎藤綾乃，鈴木浩明，白戸宏明，藤浪浩平，遠藤広晴，松岡茂樹，平井俊江，斎藤和彦：通勤近郊列車のつり革高さと手すり位置の検討，人間工学，42，pp.9-21，2006
- 15) 鈴木浩明：ヒューマンファクターの観点から安全性を向上する，第19回鉄道総研講演会要旨集，pp.69-76，2006
- 16) 水上直樹：バリアフリーのための小さな設備，RRR，66（1），pp.27-30，2009
- 17) 日本規格協会：高齢者・障害者配慮設計指針—視覚障害者誘導用ブロック等の突起の形状・寸法及びその配列，JIS T 9251，2014
- 18) 中川千鶴，秋保直弘，吉江幸子，小島崇，渡部貴浩，鈴木綾子：生理指標を活用した運転士状態推定の基礎的検討，鉄道総研報告，Vol.33，No.1，pp.5-10，2019
- 19) 中川千鶴，渡部貴浩，秋保直弘，小島崇，吉江幸子，鈴木綾子：生理指標を活用した運転士の心身状態の推定，鉄道総研報告，Vol.36，No.1，pp.11-16，2022
- 20) 鈴木大輔，本田裕尚：鉄道の自動運転におけるシミュレータを用いた異常時シナリオの検討，人間工学，Vol.61，Supplement号，2G04-03，2025
- 21) 小美濃幸司，中井一馬，白戸宏明，鈴木大輔：通勤列車の踏切事故時の乗客挙動シミュレーション，鉄道総研報告，Vol.26，No.1，pp.21-26，2012
- 22) 中井一馬，榎並祥太：衝突安全性を考慮した鉄道の運転台の対策検討，第31回鉄道技術・政策連合シンポジウム，SS6-4-1，2024
- 23) 鈴木浩明：鉄道車両の乗り心地評価法，騒音制御，Vol.31，No.5，pp.362-367，2007
- 24) 中川千鶴，島宗亮平，高見創，渡邊健，横山義彦：高周波振動を考慮した乗り心地評価法，鉄道総研報告，Vol.26，No.1，pp.33-38，2012
- 25) 小美濃幸司，白戸宏明，遠藤広晴，清野寛：乗り心地に配慮したブレーキパターン，人間工学，Vol.42，No.3，pp.164-171，2006
- 26) 鈴木浩明，白戸宏明，手塚和彦：低周波振動が列車酔いに及ぼす影響，鉄道総研報告，Vol.18，No.2，pp.9-14，2004