

人間科学に関わる研究開発の動向

鈴木 浩明*

Recent Topics on Human Scientific Approach to Railway Transport Research

Hiroaki SUZUKI

Human Science is a generalized term that encompasses research on human psychology, behavior and responses through a scientific approach. The main purpose of applying the human scientific approach to railway transport issues is for the improvement of passenger/employee safety and comfort. This paper outlines recent topics and potential developments of this approach. Recent major topics have included the following: development of an experience-based system to aid in the prevention of human error using a point-and-call check, simulation of passengers' motion patterns and potential injuries caused by train collisions, improvements in the provision of information upon suspended train services through PA systems, risk management system for human error, and evaluation of the influence of electric and magnetic fields on health.

キーワード：人間科学，心理学，人間工学，安全性，快適性，電磁波

1. はじめに

人間科学に関わる研究組織の前身は、1963（昭和38）年に旧国鉄が設置した鉄道労働科学研究所（鉄道労研）である。その前年に発生した常磐線三河島事故は、運転士の信号冒進に端を発した多重衝突事故で、死者160名、重軽傷者296名の大惨事となった。この事故を受けて鉄道労研が新設され、以来、ヒューマンエラー事故の防止を主目的とした研究開発に組織を挙げて取り組んできた。

国鉄の分割・民営化に伴い、鉄道労研の活動は財団法人鉄道総合技術研究所に承継された（2011年4月より公益財団法人）。当初は引き続き労働科学の名称を用いていたが、「利用者サービス向上」に関わる鉄道会社の関心が急増したことで、テーマ内容が非常に多様化したため、労働科学の名では活動を包含できなくなり、平成4年から人間科学の呼称を用いている。人間科学が扱うテーマは、鉄道システムのあらゆる領域と密接に関わるため、関連技術分野と協調した研究開発が不可欠となる^{1) - 2)}。このため、安全心理・人間工学・安全性解析・生物工学の4分野は、図1に示すような関連技術部分野と連携して、研究開発に取り組んでいる。

2. 安全心理に関わる主な研究

安全心理では、ヒューマンエラー事故の防止を目指して、運転関係従事員の心理的な資質や職務能力、これらに影響するさまざまな条件などを明らかにし、適性検査

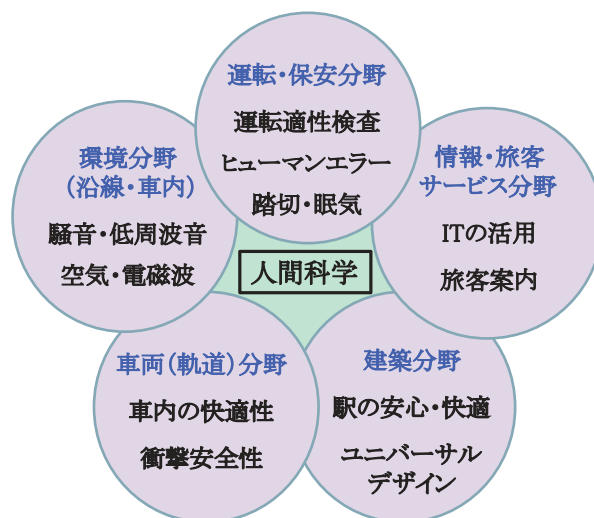


図1 人間科学と他の技術分野との連携

や作業環境整備、教育・訓練などに役立てるための研究に取り組んでいる。

(1) 作業性検査の新しい客観判定手法の開発

運転適性検査は、数種類の心理検査の成績から運転関係作業におけるヒューマンエラーの起こしやすさを推定し、就労の可否を判断するために設けられた制度で、約60年の歴史を有している。安全心理ではこの制度の維持・発展に関わる研究開発に長らく携わってきた³⁾。現在の主要検査である作業性検査は、検査員による直観判定方式を採用している。直観判定は検査員の技能が低下したり、判定基準がずれてしまう可能性がゼロではないため、それを補うためにプログラムを用いた客観判定手

* 人間科学研究部 部長

特集：人間科学

法も整備している。しかしながら、時に両者の結果が一致しないケースがあることから、直観判定との合致度を高めるように客観判定手法を改良するための研究開発を進めている。あわせて心理検査を活用した安全指導手法の開発にも取り組んでいる。

(2) 運転士支援システムの基盤技術の開発

これは、鉄道総研のプロジェクトテーマ「知能列車による安全性・信頼性向上」を構成するテーマの1つである。知能列車とは、「車両が持つ、あるいは外部に設置されたセンサ等の情報により、危険な状態を車両自体が検知し、事故を回避するため最適制御を行う」ものである。有人運転により160km/hで走行する在来線特急を想定して進めている。本テーマでは、運転士自身の異常を検知する運転士モニター技術や画像処理技術を用いた列車前方監視モニター装置、知能列車が行う検知・制御情報を運転士に適切に提示する支援システムの基盤技術等を開発する。

(3) 安全活動の支援

鉄道の現場における安全活動を支援するための様々な研究開発も重要である⁴⁾。例えば、鉄道の現場では「指差喚呼」が広く導入されているが、そのエラー防止効果を各自が強く実感することは難しく、ときに形骸化してしまう。それを防ぎ、指差喚呼の正しい実施を促すために、エラー体験を通して、指差喚呼の具体的な効果を感じることができるソフトウェアを開発した。本号の論文「指差喚呼のヒューマンエラー防止効果体感プログラム」において、取り組みの概要と成果を報告する(図2)。

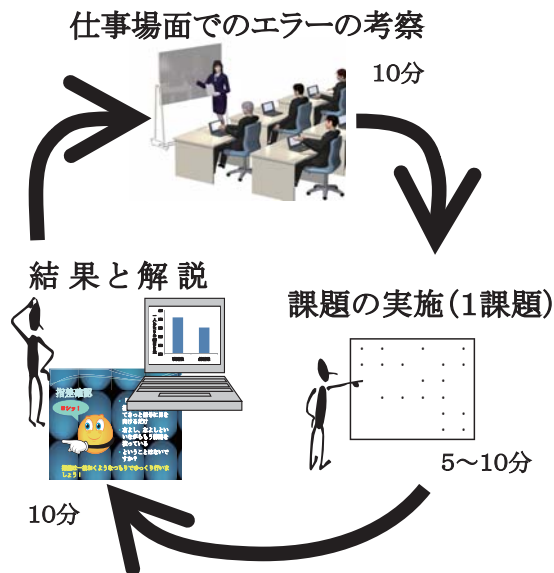


図2 ヒューマンエラー防止のための安全教育プログラム

3. 人間工学に関わる主な研究

人間工学の出発点は、運転台の使いやすさ、地上信号の視認性、運転士の作業負担など、運転環境の労働科学的研究であったが、現在では安全輸送を目的とした運転

支援に関する研究、事故時の被害軽減対策や輸送障害時の対応に関する研究、旅客が感じる快・不快の評価の研究等に取り組んでいる。

(1) 運転環境の評価

運転室の操作環境、運転作業の身体的・精神的負担、地上信号の視認性の評価など、主に運転を対象にした作業環境の評価は、労働科学研究所以来、人間工学分野の基本的な検討課題である。

現在のテーマの一つに、運転台等の設計支援用の姿勢テンプレートの開発がある。これは、設計担当者が、より安全で快適な運転台あるいは車内設備を設計するための姿勢テンプレートの開発を目指すものである。姿勢テンプレートとは、運転姿勢など典型的な姿勢を実態に即して表現する図面上の人型のことで、手の到達範囲などの必要な空間情報を確認できるツールである。まずは運転時における典型姿勢を抽出し、その姿勢の基準点や代表点を決定する作業を進めている。

また、本号の論文「貨物列車運転士の眠気の発生要因」では、夜間乗務が多く、また連続乗務時間が長いなどの特徴を持つ貨物列車運転士を対象にした眠気の調査研究結果について報告する。

(2) 運転士の異常時対応能力向上プログラム

列車運転シミュレータ等を用いた従来の訓練では、異常時の環境的な側面(視覚、音、振動など)の模様が重視され、運転士の心理状況の模倣は十分でなかった。訓練後に受験者(運転士)へフィードバックされる情報は、教師役(指導者)の主観的な評価が中心になりがちで、その客観化が課題であった。このため、現役運転士の協力を得て、異常時における運転士の心理的な側面の模倣体験が可能で、かつ、運転動作や運転士の生理状態などを記録して客観的にフィードバックできる「異常時対応能力向上プログラム」の開発に取り組んでいる⁵⁾。現役運転士にこのプログラムを体験してもらい、エラー課題の妥当性や運転士自身の気づきによる教育効果の有用性を確認した。現在は実用化に向けた最終的な調整作業を進めている。

(3) 事故時・輸送障害時の対応

① 列車事故時の乗客挙動シミュレーション

災害や事故で車両に強い衝撃があった際に、乗客や乗員の安全をどう守るかも人間工学的に重要な課題である。このため、衝撃に対する乗客・乗務員の身体の動きをコンピュータシミュレーションで推定し、被害発生ポイントを探り、安全対策に資するための検討を進めている。本号の「通勤列車の踏切事故時の乗客挙動シミュレーション」において、最新の成果を報告する(図3)。

② 輸送障害時のサービスリカバリー

旅客が期待するサービスを提供できない事態での事業者の対処の仕方は、旅客の不満感に大きく影響する。特に、輸送障害時の旅客への情報提供は重要な課題であ

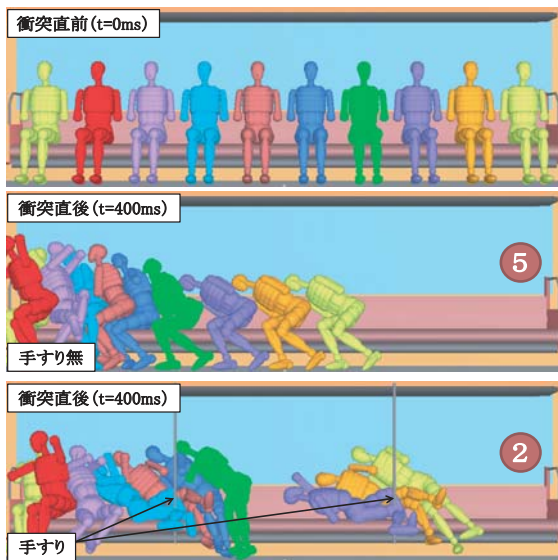


図3 ロングシートの乗客挙動シミュレーション
 ※ 〇内の数は10人中胸部傷害を生じる可能性のある人数

る。例えば、旅客が最も知りたい「運転再開見込み」情報は、提供するタイミングと情報の正確さがトレードオフの関係にあり、これまでは、正確さを優先するあまり提供タイミングが遅くなる傾向があった。本号の「見込み情報案内におけるルール遵守意識の促進手法とその検証」において、この課題に取り組んだ成果を報告する。なお、現在は旅客調査のデータをもとに、「事業者の対処策がどのように評価されるのか」を説明できるような「旅客の評価構造モデル」の構築を目指して、さらに研究を重ねている。

(4) 人の感覚特性に基づく車内快適性評価

車内の快適性を考える上で、車両の振動や車内音（走行音、空調音、がたつき音等）は重要な要因である。振動や音が快適性に及ぼす影響については、その大きさ、強さだけでなく、その質的な違いにも配慮する必要がある。そこで人の感じ方から振動と音の快適性への影響を適切に評価できる指標の開発に取り組んでいる。その一例として、本号の論文「高周波振動を考慮した乗り心地評価法」において、最近の高速列車で増えている高周波振動の影響評価に関わる研究事例を紹介する。

4. 安全性解析に関わる主な研究

安全性解析では、現状の作業や職場管理の改善点を的確に把握するための手法、把握した結果をマネジメントに繋げるための支援手法の開発研究に取り組んでおり、現在は踏切設備やヒューマンエラーのリスク管理手法に関連する研究や安全活動の支援に重点を置いている。

(1) エラーのリスク管理手法

これまで、運転と保守作業を対象に、ヒューマンエラーのリスク管理手法の開発に取り組んできた⁶⁾。この

手法は、ヒューマンエラーの「発生し易さ」と「最大の事故」との組み合わせで評価するリスク値に、誘発要因の「影響度」を加味することで、対策の優先順位付けを可能にするものである。現在では、本手法の運行管理業務への適用に取り組んでおり、本号の論文「運転指合作業におけるヒューマンエラーのリスク支援方法」において、最近の成果を報告する。

(2) リスクの社会的認知のモデル化

鉄道システムのリスクマネジメントには、上記の要因に加え、受け入れ社会の実態をふまえることも必要と考え、社会一般のリスク認知の把握を目指した研究にも取り組んでいる。例えば、鉄道関係者が考える以上に、一般社会においてリスクが過大評価されてしまう事故原因や社会特性を事前に把握することができれば、リスクマネジメントの意思決定に大きな助けとなる。このため、この種の要因や特性を明らかにするための社会調査を実施し、リスク評価やリスク管理の際に考慮すべき条件の洗い出しを進めており、本号の調査報告「リスク管理において考慮すべき社会的認知の内容と条件」において、その一端を紹介する。

(3) 事故のヒューマンファクタ分析手法

事故対策として、当該事故の関係者だけに注意喚起や指導徹底を求める対症療法的処置では、問題の発生に関わるその他の関係者の要因や無理な要求が是正されないまま見過ごされてしまう危険がある。また、作業やシステムを改善するのも人間であるため、関係者に「なぜその対策が必要なのか」を納得させることができなくては、組織全体のモチベーション低下に繋がり、それが新たな事故原因ともなりかねない。

これらを解決するために、「鉄道総研式ヒューマンファクタ分析手法」を開発し、鉄道事業者・関連会社への普及・指導に取り組んできた⁷⁾。エラーや事故の分析に必要なヒューマンファクタの考え方や活用例等をまとめた冊子は、すでに多くの事業者にも活用されている。

(4) 安全活動の支援

① 事故のヒューマンファクタ分析の講演・演習研修

上述の「鉄道総研式ヒューマンファクタ分析手法」について、事例演習なども交えた研修の講師派遣を実施している。鉄道総研が主催する鉄道技術講座の他、各社の個別の要望に対応可能である。研修受講者は、事故担当者、指導者、職場管理者、若手リーダーなど様々な担当や階層レベルに対応している（表1）。

表1 ヒューマンファクタ分析法の研修スケジュール例

時間	内容
9:30-11:00	ヒューマンファクタ分析の必要性
11:00-12:30	調査の着眼点・エラーの特定方法（事例演習）
13:30-15:00	背景要因の分析方法（事例演習）
15:00-16:20	結果の整理と対策の検討方法

特集：人間科学

② 職場の安全風土評価法の調査・分析，講演

組織や職場の仕組みや状況に対するメンバーの認識の程度は個人のやる気に大きく影響する。安全風土の評価は、トラブルが顕在しなくても積極的に取り組むことが可能であり、積極的な未然防止活動として有効である。そこで、評価方法の提案と調査データの分析、結果をふまえた改善ポイントの提案や各職場に対する診断コメントの作成等を行っている。また、安全風土の醸成の重要性や過去の調査研究から得られた改善のポイント等についての研修や講演への講師派遣も可能である。

5. 生物学に関わる主な研究

生物学では、鉄道環境で発生する変動磁界が生物に与える影響の評価、鉄道沿線の環境モニタリングに生物を利用する方法、駅や車両の衛生環境の評価法などに取り組んでいる。

(1) 電磁界の安全性評価

現代社会では、電気の使用に伴う電磁界の発生は不可避である。電気鉄道も電磁界と無縁でないため、鉄道で発生する電磁界が人体に影響を及ぼす可能性があるかどうかを実験で明らかにすべく取り組んでいる⁸⁾。静磁界（永久磁石のように強度が変動しない磁界）や変動磁界（交流電気の周波数により時間的に変動する磁界）の遺伝子に及ぼす影響や、様々な周波数の磁界が重なり合った場合の相乗効果などを調べた結果、これまでのところ、人体への影響を示す証拠は得られていない。電磁界に対する不適切な不安を取り除いて、電気鉄道が安全・安心な公共機関であることの科学的検証に引き続き取り組みたい。

(2) 駅や車両の「におい」の研究

人がその環境を快適と感じるか、不快と感じるかにはさまざまな因子が関与している。駅や車両では、振動・音・温度などが注目されてきたが、本研究では駅や車両の「におい」に焦点を当てている。「におい」は人の感覚の中でも研究が遅れている分野であるが、これまでに「におい」の本体である物質の分析方法や、「におい」を表現する記述語の検討などに取り組んできた（図4）。現在は、これらを土台として、駅や車両内の「におい」を構成する物質を特定し、それらの物質が発生する機構を明らかにし、合理的な対策に役立てるための研究を進めている。本号の論文「駅設備空気中の臭気成分の評価」において概要と成果を紹介する。

(3) 空気中に漂う微生物の監視技術

空気中には、健康に関わるいろいろな生物粒子（微生物や花粉など）が漂っている。これらの生物粒子を監視し、空調と連動させて、空気質の向上に貢献できないかと考え、微生物の検知方法に関する検討を始めている。

空中の浮遊粒子量を計る技術はすでに存在しているので、全浮遊粒子中にどれくらいの生物粒子が含まれているか、そして、それがどのような生物なのかを知ることが課題となる。まず、生物粒子を壊さずに捕獲する方法を検討した結果、湿式トラップという方法の有効性を確認した。この方法は、トラップ液を培養することで、微生物の数と種類も知ることができるとのメリットがある。一方、より早く情報を得るには、DNAの活用が考えられる。現在は、捕獲した微生物からDNAを取り出す方法と、DNA情報から生物種を判定する方法を検討中である。

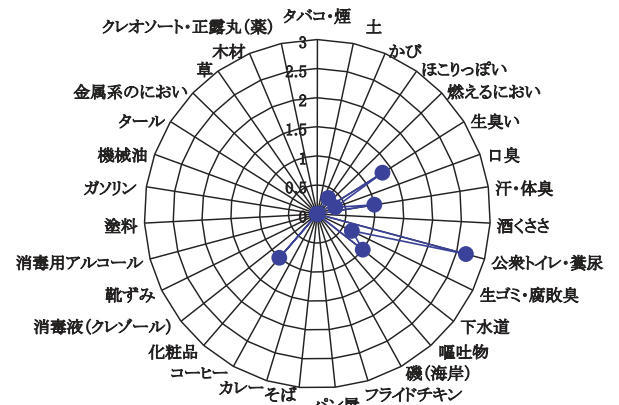


図4 においチェックシートによる評価の一例

6. おわりに

人間科学分野では、今後ともより安全で快適な輸送機関としての鉄道の発展に向けた研究開発に全力で取り組む所存であるので、一層のご理解とご協力をお願いしたい。

文献

- 1) 鈴木浩明: 鉄道における人間科学研究の現況と今後の展望, 鉄道総研報告, Vol.22, No.7, pp.1-4, 2008
- 2) 鈴木浩明: 人間とシステムの相互作用, 第21回鉄道総研講演会(技術の境界を超えて—鉄道システムの調和と知能化—) 講演集, pp.77-85, 2008
- 3) 井上貴文他: 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
- 4) 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
- 5) 喜岡 恵子他: 運転士の異常時対応能力向上に向けた教育プログラムの開発, 鉄道総研報告, Vol.23, No.9, pp.5-10, 2009
- 6) 宮地由芽子他: 背景要因を考慮した運転作業エラーのリスク評価手法の開発, 鉄道総研報告, Vol.23, No.9, pp.17-22, 2009
- 7) 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
- 8) 池畑政輝他: 鉄道の電磁界と生体との関わりを探る, RRR, Vol.68, No.8, pp.26-29, 2011