

# 鉄道における人間科学研究の現況と今後の展望

鈴木 浩明\*

## Human Scientific Approach to Railway Transport Research; Recent Topics and Potential Developments

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 is for the improvement of passenger/employee safety and comfort. This paper outlines recent topics and potential developments of this approach. Major topics are as follows: improvement of psychological aptitude tests, evaluation of driver's workload, analysis method of accidents caused through human error, testing methods for organizational climate, behavioral analysis of passengers in a train collision, and overall transport comfort for passengers.

キーワード：人間科学，心理学，人間工学，安全性，快適性

### 1. はじめに

鉄道利用者や鉄道で働く従業員にとって、より安全で快適な環境の実現に貢献することが、人間科学研究の目的である。1963（昭和38）年に旧国鉄が鉄道労働科学研究所（鉄道労研）を設置して以来、鉄道では人間科学研究に組織的に取り組んできた。その活動は現在、財団法人鉄道総合技術研究所（鉄道総研）の人間科学研究部に引き継がれている<sup>1) 2)</sup>。本稿では、内容面でいくつかの項目にわたった上で、代表的な研究例の成果と課題を述べる。

### 2. 鉄道システムの安全に関わる研究開発

#### 2.1 研究開発のアプローチからみた5分類

安全に関わる研究開発の最大の目的は、ヒューマンエラーに起因する事故の防止である。事故防止のための研究アプローチは、図1のように5つの側面に区別できる<sup>3)</sup>。

#### (1) エラーの発生を減らす対策

エラー低減のための対策は、個人や集団レベルにおいて、人そのものの信頼性を向上しようとするアプローチと、作業条件や作業環境の改善を図っていくアプローチに大別できる。運転取扱従事員への適性検査制度の整備や、現場でも活用できるような事故分析法の開発は前者の例である。一方、乗務に伴うワークロード（眠気や疲労など）の評価手法を開発して、集中力の維持や疲労防止といった観点からみて適正な乗務員運用計画の作成に貢献しようとする研究は、後者の例に位置づけられる。

#### (2) エラーを事故につなげない対策

前述のエラー低減対策のみでエラーをゼロにすることは現実的に難しい。このため、ATSを初めとする保安設備の開発に力が注がれてきた。最近では、乗務員の異常時対応能力の向上といった観点からの取り組みにも関心が高まっている。

#### (3) 事故時の被害を抑える対策

万一の事故の発生を防げなかった場合でも、乗客や乗員の被害をできるだけ小さくするような備えが必要である。例えば、衝突などの強い衝撃時の車内安全や、異常時における旅客の避難・誘導などが課題となる。我が国では、「そもそも事故が起きてはならない」という考え方が過度に強調されやすく、この種のアプローチを表立って議論しにくかったが、最近では重要な研究対象として

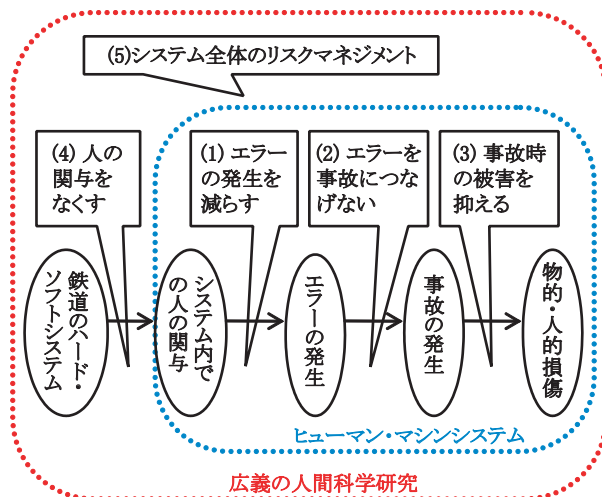


図1 人間科学からみた安全への5つのアプローチ

\* 人間科学研究部 部長

特集：ヒューマンファクター

広く認知されるようになってきている。

(4) 人の関与をなくす対策

システムに人が関わる以上、エラーの発生をゼロにできないのであれば、人を取り除いてしまうことでエラーを防止しようとする考え方（自動化対策）である。本稿では、この種の議論は扱わない。

(5) リスクマネジメントの導入・適用

上記の対策にはどれも相当なコストを要する。限られた時間・予算内で有効な対策を整備するには、各対策の効果を定量化し、優先順位を判断する際の根拠を示す必要がある。エラーのタイプ、発生頻度、被害規模などをもとにそのリスクの大きさを的確に示し、高リスクなところから、計画的に保安設備の整備・改良を行うリスクマネジメントの本格導入が鉄道分野でも始まっている。まずはその前段として、踏切、運転、保線作業などのリスクの評価手法に関わる研究開発を行っているが、この種のアプローチもまた、鉄道の安全に関わる人間科学研究に含めることができよう。

表1に各アプローチの代表的研究例を示す。以下、それぞれの概要を紹介する。

表1 各アプローチの具体的研究例

1. エラーの発生を減らす対策
運転適性検査（運転士の資質管理）
運転負担（疲労、眠気）の評価と管理
ヒューマンファクタ事故の分析法
安全風土の分析・評価法
職場における安全管理活動の支援
2. エラーを事故につなげない対策
異常時対応能力の向上
3. 事故時の被害を抑える対策
衝突安全性向上（サバイバルファクター）
異常時における避難・誘導
4. 人の関与をなくす対策
5. システム全体のリスクマネジメント
踏切のリスク評価
運転・保守作業のリスク評価

2.2 安全性向上に向けた研究開発の例

(1) 運転適性検査

鉄道におけるヒューマンエラー事故防止対策の1つに、運転適性検査制度がある。これは運転関係業務への就労候補者に数種の検査を受検させ、そ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ある。しかし、検査項目や判定方式等の基本的な枠組みは検査制度が導入された50年前と変わっていない。一方、

列車の高速化、ダイヤの高密度化、作業の自動化など、列車の運転を取り巻く環境は大きく変化し、人が担うべき役割も変化した。このため、以下の手続きで現状に即した新しい検査の開発に取り組んできた<sup>4)</sup>。

まずは、列車運転を模擬した環境下で実施した一連の基礎実験結果をもとに、新検査候補となる4検査（多重選択反応検査、割込抑制検査、注意容量検査、PC版処置判断検査）を選定した。これら4検査について、JR7社の運転取扱従事員約1,500名を対象にモニター調査を実施し、各検査の成績と、現行の適性検査の成績、事故経験の有無等との対応関係を分析した。その結果、現行検査項目である作業性検査と識別性検査、新規検査項目である多重選択反応検査と割込抑制検査が、新しい運転適性検査項目として有効なことを確認した（本号で詳しく紹介<sup>5)</sup>）。

今後は、新しい検査の合否判定用のガイドライン作成や、新検査の実施・分析用機器の整備、検査員への講習会の実施等を進める。事業者と緊密な連携をとりつつ運用開始への支援を行いたい。

(2) 運転負担の評価と管理

鉄道の運転は不規則、不定形で、しかも1人で行う職務であることから、運転士の覚醒レベルの低下（眠気、居眠り）による事故防止が古くからの課題であった。覚醒レベルの低下を事故へとつなげない対策は、ATSやデッドマン装置・EB装置などに代表される保安システムの整備であり、技術の進歩に伴いより確実性の高い装置やシステムの導入が図られてきた。

一方、人間科学ではさらなる安全性向上に向け、乗務員の生理・心理面に着目した研究にも取り組んでいる。本号では、作業条件と運転士の心拍数との関係についてのデータを収集し、運転士の勤務条件等から作業負担の程度を予測するシミュレーションプログラムを開発した研究を紹介する<sup>6)</sup>。

また、発話時の音声指標を用いた疲労判定法の研究を進めている<sup>7)</sup>。疲労判定には、光の点滅間隔が疲労度に応じ変化する特性に着目したフリッカー値の活用が一般的であるが、計測に一定時間を要し、運転中の計測が難しいなどの問題点がある。一方、発話音声指標は運転中でも継続的に測定できるメリットがある。現在はこの指標の精度向上に取り組んでおり、将来的には、運転士の心身状態のモニターシステムの開発へと発展させたい。

(3) ヒューマンファクタ事故の分析法

ヒューマンエラーに起因する事故の低減を図るには、ヒヤリハットも含め、被害の小さな事故やトラブルの背景要因の分析を的確に行う必要がある。これにより、重大な事故に繋がり得るハザード（危険源）を発見し、有効な事故防止策の提言に発展させることができる。このため、各鉄道事業者の現場レベルの担当者が的確に分析するための簡易な手法として「鉄道総研式ヒューマンファクタ分析」を開発した<sup>8)</sup>。この手法は、①トラブル

発生経緯から分析すべきヒューマンエラー事象を特定する「時系列対照分析」、②「なぜなぜ分析」による背景要因の追求、③問題点の整理と対策検討、の3段階で構成される。分析法の考え方や活用例をまとめたハンドブックも出版されている。

今後は、当該手法がより確実なヒューマンエラー防止対策に活かせるよう、適宜改善を図っていく予定である。

#### (4) 職場における安全管理活動の支援

かつてはインフォーマルな場での雑談などを通して共有化されていたヒヤリハット経験や事故防止の工夫が、世代間のギャップなどが原因で伝わりにくくなったといわれて久しい。この種の問題を解決するために、討議の場を用意し、題材となる事故の原因や対策について話し合う中で、関連するヒヤリハットや各自が持っている事故防止の工夫などを率直に話し合えるようにするための支援研究(事故のグループ討議手法)を実施している。まずは、運転職場を対象に、進行役を含め10人程度で、具体的な事故原因や対策を話し合う方法についてのマニュアル案を作成した<sup>9)</sup>。今後は、運転以外の職場への拡張も視野に入れ、発展させる予定である。

また、組織としての安全性向上のためには、「安全風土」を具体的な形で評価できる体系的な手法が必要であるとの考えから、職場の安全風土の調査・評価手法を整理・紹介した解説書を作成した。今後は、事故予防の予測に用いる長期的な評価指標としての妥当性検証が課題となる。

#### (5) 異常時対応能力の向上

「エラーを事故につなげない」ため、鉄道では各種の保安設備を開発してきた。一方、人間側の信頼性を向上し、異常時における従業員の対応力を高めることで、事故防止に貢献しようとするアプローチも存在する。

例えば、運転シミュレータを用いた従来の異常時訓練プログラムでは、異常時の環境的な側面の模擬が重視され、心理状況の模擬という側面は見落とされやすい。訓練後の受験者(運転士)へのフィードバックは、教師役(指導者)の主観的な評価が中心で、その客観化に向けた課題も残されている。このため、現在では異常時の運転士の心理的な側面の模擬体験が可能で、かつ、運転行動の客観的な評価手法を組み込んだ異常時対応能力向上プログラムの開発を目標とした研究開発に取り組んでいる。

#### (6) 衝突安全性の向上(サバイバルファクター)

列車の衝突など、強い衝撃が生じた際の乗客の身体挙動と傷害の有無や程度を推定しうるシミュレーションの開発にも取り組んでいる。まず、列車事故に遭遇した乗客を対象にしたアンケート調査を実施し、代表的な傷害パターンを明らかにするとともに、低速時の衝撃による立位姿勢の乗客の身体挙動に関する実験的検討を実施した。また、衝突実験装置において、ダミー人形を用いた衝撃実験等を実施し身体挙動に関わる種々のデータを蓄

積した。これらのデータを基礎に、自動車分野で使用されているシミュレーションを改良し、単純な条件下ではあるが、立位、座位の姿勢における衝撃時の乗客の挙動や傷害を推定し、安全姿勢や車内設備対策の効果を示した<sup>10)</sup>。現在も、衝撃加速度、乗客数、乗客姿勢等、より多様な衝突条件での乗客挙動、傷害推定を可能とするシミュレーションの改良を進めている。

なお、衝突安全性の向上のため、車両の強度向上が図られる方向にあるが、どの程度強度を増せば、乗客・乗員の安全性がどの程度向上したのかを定量的に示す物差し(指標)が、現時点ではない。このため、人間科学面からみた安全性指標の開発が今後の重点課題となる。

#### (7) 異常時における避難行動のシミュレーション

災害や事故などの異常時に、混雑した駅から旅客を安全に避難させることは重要な検討課題であるが、異常時における群集行動については不明な点が多く、効果的な策を立てるに至っていない。このため、改札を含むコンコースや階段などを備えた駅シミュレータを開発し、異常時における旅客の避難行動特性を把握するための基礎試験を実施している<sup>11)</sup>。今後は、シミュレータ実験を通して群集の速度や行動特性、駅内の構造物の影響などに関わるデータを蓄積し、「駅避難シミュレーション・ソフト」の開発へと展開する予定である。

#### (8) リスク評価

現在は、踏切や運転作業などを中心に、リスク評価の視点を取り入れた研究開発を進めている。

例えば、事故情報と踏切設備情報とを併用した踏切事故発生頻度の評価手法はすでに提案されているが、踏切事故による損害や輸送障害等の影響度などを加味したものはない。そこで、発生頻度評価と影響度評価の積としての簡易的な踏切リスクを設定し、これに基づく安全性評価手法を提案した。

また、踏切通行時の一旦停止義務解除時のリスク評価を行うため、踏切の先での先行車の停滞状況に着目して、ドライビング・シミュレータを用いた踏切通行評価実験を行い、踏切滞留リスクが大幅に増大する結果を得た<sup>12)</sup>。

加えて、背景要因を考慮した運転作業エラーのリスク評価手法に関わる研究開発を進めている。まずは、ヒューマンエラー事象の発生に影響する誘発要因の相対的影響度を算出し、運転作業で優先的に管理すべきヒューマンエラーとその管理法を診断するためのリスク評価手法を作成した。さらに、鉄道事業者がリスク管理を実施していくための支援策の一つとして、リスク管理の目的や評価の手続きなどをまとめた解説書を作成した。

### 3. 利用者の安心・快適のための研究開発

JRの発足以降、鉄道利用者の安心・快適に関わる研究

特集：ヒューマンファクター

開発の比重は増す一方であり、鉄道総研では各々の要請・委託に応えるかたちで利用者に関わる研究開発を進めてきた。振動を中心とした車内環境の快適性評価手法と、駅・車両のバリアフリー化に資する研究開発などが中心だが、最近では扱う内容が多様化する傾向にある。本号で紹介する研究を中心に、主なトピックを示す。

(1) 列車の高速化の影響

列車の高速化に伴い、30Hz前後の高周波振動が増える傾向にある。この帯域の振動は従来、体表面で減衰してしまい、乗り心地に影響しないとされてきたが、実際には無視できないことがわかってきた。この帯域の振動は非常に周波数の低い音としても知覚されるため、振動と音を総合した快適性の評価手法が必要となる。このため、低周波音・高周波振動条件を模擬可能な振動実験装置を開発するとともに、新たな乗り心地評価法を提案するための研究開発に取り組んでいる<sup>13)</sup>。

また、高速化に伴い、通過列車を駅ホームで待つ旅客への列車風の影響を再検討する必要性が生じている。このため、大型低騒音風洞を用いて、旅客の身体・心理的反応に及ぼす風の影響を調べ、定式化するための研究開発を進めている<sup>14)</sup>。

(2) 安定輸送に関わる諸問題

定められたダイヤに従い安定した輸送を実現することは、鉄道に課せられた使命の一つである。ひとたび輸送が混乱した時の影響は大きいと、旅客の安全性・利便性という視点から安定輸送へ貢献しうる研究開発を進めている。

その一つが、駅ホームでの駆け込み乗車行動を誘発する要因の特定と抑止策に関する研究である。駆け込み乗車は、当人や周囲の旅客にとって危険だけでなく、安定輸送にも大きく影響する。本号では、発車メロディの短縮化が駆け込み乗車行動に及ぼす影響について、実際の駅環境でメロディの長さを変えて実施した社会実験の結果を報告する<sup>15)</sup>。また、飛び込み自殺などの人身事故も安定輸送を阻害する一因であるが、扱いの難しい事象であるため、研究対象としての検討は進んでいない。本号ではこの問題を正面から取り上げた初の試みとして、既存の自殺研究アプローチの整理と、自殺手段の選択に着目したアンケート調査の実施、鉄道自殺の行動モデルの提案に関わる研究を紹介する<sup>16)</sup>。

一方、輸送障害が生じた際の情報提供のあり方についての研究開発も進めている。本号では、幹線区間を対象に駅社員と旅客への調査を実施して旅客の情報ニーズを把握し、在線表示を中心とした旅客向け運行表示画面を提案した研究を紹介する<sup>17)</sup>。この方法は、旅客への情報提供内容の向上につながるだけでなく、駅社員の負担軽減というメリットもあることを確認している。

さらには、安定輸送の基準となるダイヤそのものを利用者の視点からとらえ、その満足度に影響する要因を特

定するために行った調査研究を紹介する<sup>18)</sup>。

4. おわりに

時代とともに鉄道に対するニーズは多様化、個別化し、人間科学が扱う対象そのものも拡大しつつある。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を挙げて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) 四ノ宮章：最近の人間科学研究の課題と取り組み，鉄道総研報告，Vol.20，No.3，pp.1-4，2006
- 2) 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
- 3) 鈴木浩明：ヒューマンファクターの視点からみた安全対策，JREA，Vol.60，No.6，pp.4-6，2007
- 4) 井上貴文ほか：新しい運転適性検査項目の提案，鉄道総研報告，Vol.20，No.3，pp.5-10，2006
- 5) 井上貴文ほか：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
- 6) 澤賀ほか：運転士のワークロード予測モデルの精度向上，鉄道総研報告，Vol.22，No.7，pp.11-16，2008
- 7) 佐藤清ほか：発話音声を用いた心身状態評価法の実験的検討，鉄道総研報告，Vol.21，No.5，pp.17-22，2007
- 8) 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ー分析手法，鉄道総研報告，Vol.21，No.5，pp.11-16，2007
- 9) 重森雅嘉：事故のグループ討議，RRR，Vol.64，No.9，pp.22-25，2007
- 10) 小美濃幸司ほか：人体挙動解析による着座乗客の衝突安全性の検討，鉄道総研報告，Vol.21，No.5，pp.23-28，2007
- 11) 石突光隆ほか：駅シミュレータを用いた避難行動特性に関する基礎研究，鉄道総研報告，Vol.22，No.7，pp.17-20，2008
- 12) 松本真吾ほか：踏切通行時の一旦停止義務解除が安全性に与える影響，鉄道総研報告，Vol.22，No.7，pp.35-40，2008
- 13) 中川千鶴ほか：低周波音が浮上式車両の乗り心地に及ぼす影響の基礎実験，鉄道総研報告，Vol.21，No.9，pp.11-16，2007
- 14) 遠藤広晴ほか：列車風に対する人の姿勢保持限界風速の推定，鉄道総研報告，Vol.22，No.7，pp.21-26，2008
- 15) 山内香奈ほか：発車メロディの短縮化が駆け込み乗車行動に及ぼす影響，鉄道総研報告，Vol.22，No.7，pp.27-30，2008
- 16) 赤塚肇ほか：鉄道人身事故に関する自殺行動モデル，鉄道総研報告，Vol.22，No.7，pp.31-34，2008
- 17) 藤浪浩平ほか：在線表示を中心とした旅客向け運行情報の提示方法，鉄道総研報告，Vol.22，No.7，pp.41-46，2008
- 18) 村越暁子ほか：列車ダイヤに対する顧客満足度の予測，鉄道総研報告，Vol.22，No.7，pp.47-51，2008