



人間科学ニュース No. 240

2022. 7. 1

- 鉄道の人間科学研究の進むべき方向 熊谷 則道
- 災害対応に重要なレジリエントな行動とは 宮地由芽子
- 加齢による感覚機能の変化 その1 視覚 中村 竜
- 危険感受性を向上させる その4 増田 貴之
- 心理的安全性の高いチームとは 鈴木 綾子
- 人由来微生物を目印とした鉄道車両設備の微生物調査方法 吉江 幸子



鉄道の人間科学研究の 進むべき方向

鉄道総合技術研究所
フェロー
熊谷 則道

人間科学研究は科学と哲学に通じる

科学者であり哲学者のブレイズ・パスカルは「人間は考える葦である」と述べ、自然界で人間は小さいものであるが、考えることで無限の可能性を有していると主張した。パスカルは数学・物理定理の発見、歯車式計算機の考案、確率論に言及するとともに、人間の存在と考えることについて考察し、人間の精神（情感）の不確実性を重視して科学と哲学を関連付けた。人間科学研究は人間と自然・物の関連を科学と哲学をベースに探究することであり、人間科学研究部の目指す方向に通じていると思うのである。

鉄道の人間科学研究の多様性

人間科学では一方で人間の不確実な情感と行動を、他方で不確実な自然現象や機械（物）の挙動を扱うためか、結論は定量的でない場合もあり、「概ね正しい」といった蓋然性が伴う。鉄道の人間科学研究はお客様、従事者、設備等の総合的な安全追求が目標である。例えば作業者の行動が安全であることを認知するためには、数値化された基準や閾値を提示することが必要になる。すでに安全性は「安全」を定義しリスクという指標を用いて数値化でき、信頼性は故障率や寿命予測値等の指標を用いて数値化ができています。

研究部では運転適性検査、職場風土診断、車両衝突時の損傷評価、振動乗り心地評価、車両内設備形状、異常時の生理指標、磁気の人影影響評価、エラー防止教育法など数値で表現された指標を示して、多くの成果を生んできた。

これからの課題の一つはエラー行動防止のために、主観的な情感を科学的な手法により数値化を進めることであると思う。対象の人間をひとくりに扱うのではなく、個人個人で異なる心理的、生理的データの把握と解析、深層学習手法が、安全のための行動と判断の関連性を導くことに役立つ可能性は高い。

運転業務を科学する

私は旧国鉄入社2年目に電気機関士見習いとして貨物列車の運転業務に従事し、その際に感じたことがある。列車の運転士は、車両、軌道、構造物、電車線、信号等の設備状態はもとより、ホーム上のお客様、踏切での人や車の動き、すれ違う列車の状況、安全を損なう要因の予測等を五感で把握している。運転士が日常のシステムの診断を行っているとするれば、この診断をもとにした運転の判断に至る多様な知見を科学的に分析することは、さらなる鉄道の安全性向上に役立つと思う。

安心を科学的に解析するチャレンジ

社会システムでは「安全・安心」が強く希求される。鉄道の根幹をなす「安全、安心、快適」は人間科学研究の目標でもある。科学として定量的に表現できる安全にならない、主観性の高い安心についても科学的解析が必要である。今後、人間の「安心」を安心性として数値化し客観性を持たせることも課題になる。AIの活用も有効だ。研究部の皆さんには、人間を科学することにより、鉄道システムのさらなる安全・安心への研究成果を、鉄道事業者と協働して社会に実装していただきたいと思う。



災害対応に重要な レジリエントな行動 とは

安全心理グループ
宮地由芽子 ☎053-7344

はじめに

近年、大雨や局地的豪雨の発生頻度が増加し、災害が激甚化する傾向にあるため、事故を早期に回復するレジリエントな組織・現場づくりが求められています。そこで、我々は、事故や災害発生時にレジリエントな対応行動を促す職場活動のあり方について調査研究を行っています。

ここでは、災害時の対応行動について調査した事例調査の結果¹⁾を紹介します。

早期回復のために重要な行動とは

降雨災害時の復旧対応や併発事故防止、被害の拡大防止のための現業職場での対応行動について調査を行い、災害時に必要な対応行動を整理しました。そして、整理した対応行動が災害時に実施できたかどうか、結果として安全の確保や早期回復が達成できたかどうかの事例調査 (N=258) を行いました。

この結果をまとめたのが図1です。図1の横軸は、災害対応行動の各評価項目が、早期回復の結果とどの程度の関係があるのかを示す指標 (寄与率) です。寄与率は、各対応行動の評価項目ごとに「その行動が実施できた」時に「見込みより早期回復が達成できた」割合を算出しました。

この結果、各災害対応行動の早期回復への寄与率は12.2~88.0%と数値にバラツキがみられました。

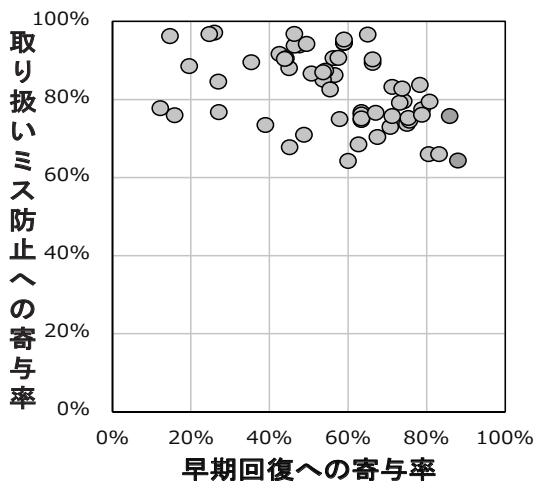


図1 各災害対応の取り扱いミス防止・早期回復への寄与率¹⁾

早期回復への寄与率が特に高い評価項目は、以下のような災害対応行動でした。

- ▶ 災害発生時に即時対応できるよう、天候が悪くなる前から、前線や台風接近の予想をしていた
 - ▶ 災害対応が予想されたので、対応に備えて、職場内の作業や社員の状況を確認し、警戒態勢の準備を開始した
 - ▶ 情報はスムーズに関係箇所に伝えることが出来た
- このように、災害の予想・予測や、予測に基づく警戒態勢、情報の共有化が事故や災害発生時にレジリエントな対応行動として重要であることが分かりました。

早期回復がエラーを誘発するわけではない

早期回復以外の結果の一つとして、取り扱いミスの防止への寄与率も算出しました。各対応行動の評価項目ごとに「その行動が実施できた」時に「取り扱いミスが防止できた」割合を算出しました。この結果 (図1 縦軸)、各対応行動の取り扱いミス防止への寄与率は64.3~97.2%と一定の高い数値を示しました。

すなわち、早期回復への寄与率が高い災害対応行動は、取り扱いミスの防止への寄与率においても一定レベル以上の高い結果となりました。このことから、特に早期回復を重視した行動のみ実施しても安全を損なうものではないことが確認できました。

おわりに

降雨災害の事例調査の結果、特に早期回復への寄与が高い対応行動は、レジリエントな組織に求められる能力²⁾のうち「監視」や「対処」に関するものであることが確認できました。一方、レジリエントな組織に求められる能力²⁾には「学習」があります。そこで、算出した早期回復への寄与率は、災害後に振り返り (学習) を行う際の災害対応行動の評価の際の重み値として活用できると考えています。ただし、職種系統や災害内容・規模等によって求められる作業内容や必要な行動は異なると思います。そのため、今後も、災害の内容や規模による詳細な分析をしていきたいと考えています。

参考文献

- 1) 宮地由芽子・羽山和紀：鉄道における災害対応行動の組織的学習支援、人間工学会、2021
- 2) 北村正晴(監訳)：レジリエンスエンジニアリング 概念と指針、日科技連、2012



加齢による感覚機能の変化 その1 視覚

安全心理グループ

中村 竜 ☎053-7344

はじめに

私たちは、目、耳、鼻、皮膚など様々な感覚器官からの外界の情報入力を受け、その情報を処理しながら生活していますが、これらの感覚機能の多くは、加齢によって変化していくことが知られています。

鉄道の運操作業においても、様々な感覚機能が重要な働きをしています。例えば、信号の注視、線路の監視、計器類の確認などには視覚機能が、警報の知覚や情報の伝達には聴覚機能が必要です。

鉄道総研では、人口減少や高齢雇用安定法改正を背景とした、運転士の定年延長に向けて、シニア運転士の体力や認知能力に応じた運用や行路要件の検討を進めております。この中で、シニアの方に若い頃との変化を聞く機会があります。多くの方が「小さい文字が見えにくくなった」、「暗い中で文字が見えにくくなった」と、視覚の変化を感じているようです。

視覚とは、視力、調節機能、色覚、視野、順応、グレア（まぶしさ）、動体視力など、様々な感覚が統合されたものであり、それぞれの機能が加齢によって変化します。今回は、加齢に伴う視覚機能の変化のうち、日常生活で感じやすい「老眼」と「暗いところでの見えにくさ」について解説します。

老眼とは

加齢とともに眼球は構造的に変化し、視覚機能に様々な影響を及ぼします。例えば、水晶体の弾力が低下したり毛様体筋（水晶体の厚みを調整し、対象物に焦点を合わせる筋肉）が衰えたりすることで、本などを読む場合に目から離さないと本や新聞を読みにくいといった、見たいものに焦点を合わせる調節力が低下します。これが、いわゆる「老眼」と呼ばれるものです。老眼は、早い人は30歳代からみられ、40歳、50歳代では多くの人が自覚します。対象物がぼやけずに見える最短距離を「近点」といいますが、近点は20歳では約10cmですが、30歳では約15cm、45歳を超えると約40cmになり、本やスマートフォンの文字が読みづらくなります。

なお、「近視の人は老眼にならない（なりにくい）」

と聞いたことがある方もいると思いますが、これは、近視の人はもともと近点が近いため、老眼になってピント調節機能が低下しても、眼鏡を外せば近くは良く見えるため、自分が老眼であることに気づきにくいことや、老眼鏡が必要になる年齢が遅くなるためです。

暗い中での物の見えにくさ

明るいところから急に暗いところに入ると、真っ暗でほとんど何も見えませんが、しばらくたつと次第に見えるようになります。このように暗さに慣れることを「暗順応」といいます。また、暗い中から、明るい場所に急にでると、目を開けていられないくらいまぶしく感じますが、次第に慣れてきます。これを「明順応」といいます。暗順応と明順応には、瞳孔の調節機能が関与しており、暗順応時はより多くの光を取り込むために瞳孔径は大きくなり、明順応時は小さくなります。

高齢になると瞳孔を調節する筋肉が老化し、瞳孔の大きさは小さくなります。これにより、明順応した状態（明るさに慣れた状態）での瞳孔径は若齢者と高齢者に大きな差はありませんが、暗順応状態（暗さに慣れた状態）では瞳孔径は加齢に伴って小さくなります。このため、高齢者は暗い中で取り込める光の量が少なく、見えにくくなる場合があります。

おわりに

加齢による感覚機能の変化のうち、今回は、視覚機能の変化について考えてみました。加齢に伴って物が見えにくくなるものの、文字の大きさや明るさを工夫することや、適切な矯正器具（眼鏡等）を用いれば、普段の生活だけではなく、運操作業にも支障はありません。この記事が、読者の皆さんの「見えやすさ」向上の工夫の一助になれば幸いです。



参考文献

- 1) 石口彰：キーワード心理学シリーズ1 視覚、新曜社、2006
- 2) 金谷他：高齢化社会と視環境、人間工学、1989



危険感受性を向上させる その4

安全心理グループ
増田 貴之 ☎053-7346

はじめに

事故防止のためには、事故発生の可能性を高める危険源を発見する必要があります。そのためには、危険に対する鋭敏性を意味する「危険感受性」が重要です。危険感受性の高い人の特徴の1つは、発見すべき危険源に関する知識があることです。そこで、鉄道総研では、その知識を向上させる「シナリオ描画課題」を開発し（人間科学ニュース No.223号（2019年9月号）など）、これまで導入の支援を行ってきました。

本稿では、運転士を例に、シナリオ描画課題の実施概要¹⁾と、その効果を検証した結果²⁾をご紹介します。

シナリオ描画課題の実施概要

この課題は、作業現場の絵を描きながら、ヒューマンファクターの要素から危険源について考えるというものです¹⁾。

まず、「速度超過」などの題材とする事象や「A駅～B駅」などの考える範囲を決めます。次に、参加者個人で、信号や踏切などの設備の配置などの絵を描いていきます。絵を描くことによって、実際の作業場面を頭に鮮明に思い浮かべることができます。

次に、作業時の天候や時間帯といった「環境」や、いつもと作業相手が違うといった「他者」など、ヒューマンファクターの6つの要素（図1横軸）から、題材事象の発生要因（危険源）を考えます。そして、「雨天によりブレーキ距離が長くなる」など、考えたことを描いた設備や信号の配置図に書き込みます。これにより、危険源を、より多く、より詳細に見出すことができます。

最後に、参加者同士で数名程度のグループに分かれ、お互いに気づいた危険源を共有します。

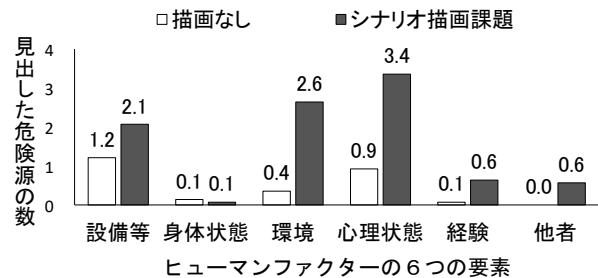
効果検証試験

運転士14名が、効果検証試験に参加しました。試験は、「描画なし」条件、「シナリオ描画課題」条件の順で行いました。

「描画なし」条件では、実在するA駅～B駅間で、速度超過が発生しうる場所やその発生要因（危険源）について考えました。次に、「シナリオ描画課題」条件では、前述のシナリオ描画課題を通じて、同じく速度超過が発生する場所やその要因（危険源）について、考えました。

図1の結果²⁾は、各条件で、どれくらい危険源を見出せたかを、ヒューマンファクターの6つの要素別に集計したものです。この結果、ヒューマンファクターの6つの要素のうち、「環境」、「心理状態」、「経験」、「他者」については、見出した危険源が多いことがわかりました。具体的な内容を見てみると、「他者」の要素として「車内の乗客の影響」といった新しい内容や、「心理状態」の要素として「前駅でのミスを感じて」といった、時間的、空間的に広い範囲の影響を考えた内容が見出されていました。

一方で、「設備等」などの要因は条件間に違いが見られませんでした。この理由として、シナリオ描画課題を行う前から、一定数の危険源を既に見出せていたことが考えられます。



注) シナリオ描画課題条件では、参加者同士で危険源を共有する前の記述内容を集計

図1 見出した危険源の要素別の比較

おわりに

シナリオ描画課題を行った方が、見出せる危険源が多いことがわかりました。このことから、本課題は危険感受性の向上に有効であると言えます。

本課題の実施・活用方法にご関心等ございましたら、お気軽にお問い合わせください。本課題を、危険感受性の向上、事故防止にご活用いただけましたら幸いです。

参考文献

- 1) 増田貴之他：運転士の危険感受性を向上させる、RRR、2020
- 2) 増田貴之：運転士の危険感受性向上、JREA、2021



心理的安全性の高い チームとは

人間工学グループ
鈴木 綾子 ☎053-7348

効果的なチームに必要なもの

2015年、Googleは「Google社内で効果的なチーム」の特徴を明らかにした研究成果を発表しました。ここでの効果的なチームとは、「マネージャーによるチームの評価」、「チームリーダーによるチームの評価」、「チームメンバーによるチームの評価」、「四半期ごとの売り上げノルマに対する成績」が高いことを差します。その結果、効果的なチームに最も影響する要因は、「心理的安全性」、「信頼性」、「構造と明瞭さ」、「仕事の意味」、「仕事のインパクト」であり、特に、心理的安全性が最も重要であることが明らかとなりました。

心理的安全性とは

心理的安全性 (Psychological Safety) とは、組織行動学者のエドモンドソンによると「グループやチームにおいて、率直に発言しても、拒絶されたり、制裁を受けたり、恥をかくことはないと思える状態であり、職場の仲間が互いに信頼・尊敬し合っている、つまり、率直に自分の考えや疑問、懸念を話すことで対人関係のリスクを冒したとしても、安全だと信じられることがメンバーに共有されている状態」であるとされています。

このように対人関係のリスクを恐れることなく、互いに率直な疑問や懸念、自らの過ち、まとまっていない段階の考えなどを伝えることによって、率直なコミュニケーションが促進され、問題とミスが迅速に報告され、すぐさま修正が行われ、知識とアイデアが共有され、より良い結果を導くことができると言われています。

心理的安全性が守られない場合

心理的安全性を阻害する要因として、エドモンドソンは、「無知だと思われる恐れ」、「無能だと思われる恐れ」、「邪魔する存在だと思われる恐れ」、「否定的だと思われる恐れ」を挙げており、これらの他者からどう思われるかという評価懸念や、対人関係を損なうのではないかと不安が、率直なコミュニケーションを阻害していると指摘しています。では、

このような心理的安全性が守られない環境下では、どのようなことが起こり得るのでしょうか？

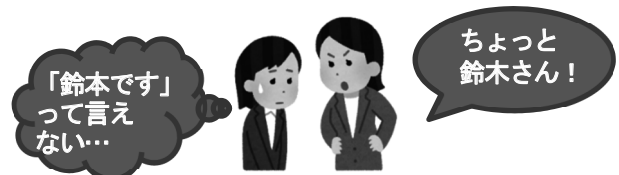
例えば、ヒヤリハットの収集は、重大事故を未然に防ぐため、日頃のヒヤリハット情報をできるだけ把握してその対策を策定し、周知するという安全マネジメント活動の手法として良く知られています。ヒヤリハットの原因が環境側にある時は、ヒヤリハットが報告されやすいと考えられますが、ヒヤリハットの原因が自分の側にあるという場合、心理的安全性の低い環境では、不安全行動を取っている、注意散漫だ、などと思われるのではないかとこの恐れや、評価を下げられてしまうのではないかとこの猜疑心から、報告はなされないままに終わる可能性が高いと言えるでしょう。実際、エドモンドソンが実施した病院の医療チームを対象とした研究では、有能なチームほどミスの報告数が多いという、一見矛盾した結果が示されています。エドモンドソンはここから、優秀なチームはミスの数が多いのではなく、報告する数が多いのだという事実を明らかにしました。すなわちこれは、メンバーが「ミスについて安心して話せる」という心理的安全性が高いということを意味しています。そして、そのようなチームほど実際の重大なミスの数が少ないという研究成果も存在しています。

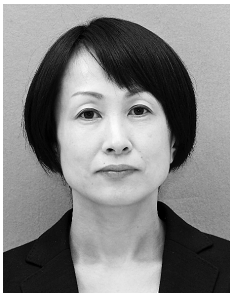
心理的安全性に対する誤解

心理的安全性のありがちな誤解に、心理的安全性が高い状態とは、仕事の結果を問われない仲良し職場である、高い基準を守る必要のない気楽な作業環境である、といったものがあります。

心理的安全性の本来の意義は、そもそも仕事には達成すべき様々な目標が山積しており、ここから対人関係に関する不安を除外することで、本来注力すべき課題に対して、より集中できる環境を整えているということであり、そのような環境下でこそ、最大の成果を上げる組織であることが期待されます。

「星の王子さま」で有名なサン＝テグジュペリの随筆の中に、「愛とはお互いを見つめ合うことではなく、ともに同じ方向を見つめることである」という言葉があります。心理的安全性の高いチームとは、お互いになれる仕事をするのではなく、同じ目的に向かって、言うべきことを言い合うことのできる厳しい組織であると言えます。





人由来微生物を 目印とした 鉄道車両設備の 微生物調査方法

快適性工学グループ
吉江 幸子 ☎053-7316

はじめに

環境衛生上の課題に対応するため、鉄道環境に存在する微生物の状況を把握する、微生物の「見える化」の取り組みについて、人間科学ニュース No.228号（2020年7月号）、No.234号（2021年7月号）でご紹介してきました。今回は、この環境衛生の向上に関する取り組みのうち、人由来微生物を1つの目印とした鉄道車両設備における微生物の量的な分布の調査方法についてご紹介します。

人が触れる箇所に特徴的な微生物

私たちはこれまで、通勤車両や優等車両内の設備の環境衛生状態を把握するため、マイクロバイーム解析により、その場に存在する微生物の種類や割合を遺伝子情報に基づき調査してきました。この中で、人が直接手で触れる車両設備（手すりやつり手等）では、その他設備と比較して、皮膚をはじめとする人の身体に普段から生息する微生物（常在微生物）の存在が特徴的であることがわかってきました¹⁾。

これらの1つが、アクネ菌 (*Cutibacterium acnes*) という微生物でした。そこで、これを人の接触の目印としてその分布を見える化することで、例えば、清掃・消毒作業を重点的に行う箇所や抗菌等の機能性材料の導入箇所の検討等に有用な知見が、より具体的に得られるようになるのではないかと考えました。

人由来微生物を目印にする

新型コロナウイルスをはじめとする病原体の感染は、飛沫・飛沫核感染と接触感染に分けられます。このうち、接触感染は、設備に病原体を含む飛沫が付着したり、飛沫の付着した手で設備に触ること等をきっかけに起こる可能性があります。従って、実際に人が高頻度に接触する箇所や飛沫が多く付いている箇所を推定することができれば、より効果的かつ効率的な対策が期待できます。

しかし、実際に病原体を鉄道のような一般環境から検出することは、感染者が入院する病院等の環境と比

較して、どの程度試料採取すれば十分に検出できるのか見積もるのが難しい等の課題もあります。

一方、人の皮膚や口腔には、微生物の構成等の個人差はあるものの、例外なく常に数多くの常在微生物が生息しています。先に述べたアクネ菌は、皮膚に常在する微生物の代表的なものです。また、飛沫に含まれたり、手に付着した病原体は単独で設備に移行するのではなく、これらの常在微生物と一緒に移行すると想定されます。従って、環境中から病原体を検出できなくても、これらの人の常在微生物を目印とすることで、設備のどのような箇所に病原体が付着しやすいかを推測できると考えています（図1）。

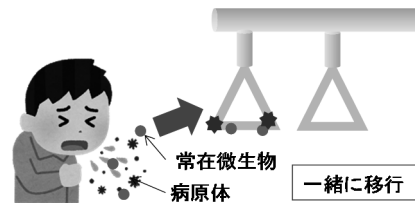


図1 設備への常在微生物と病原体の移行イメージ

人由来微生物を目印にした調査方法

私たちは、これまでに得た微生物の遺伝子情報を活用し、目印となる微生物量の測定を行っています²⁾。遺伝子はどんな微生物でも持っていますが、測定対象としたい微生物だけに特有の遺伝子配列を指標に、対象微生物だけを調べることができます。このように、設備ごとにより細かく、例えば、手すりの高さ方向ごとに人が接触した痕跡に見える化して、効果的かつ効率的な対策の提案に向けた取り組みを進めています。

おわりに

人由来微生物の分布を調べることで、設備の利用に伴う微生物の実態を調査する方法についてご紹介しました。人が接触しやすい、飛沫が付きやすい等、環境衛生上の対策が必要な重点箇所を検討するための知見を収集し、設備の設計やメンテナンス方法の改善につなげていきたいと考えています。

参考文献

- 1) 吉江幸子他: マイクロバイーム解析による鉄道車両の環境衛生モニタリングの検討—設備の特徴の把握—、交通医学、2021
- 2) 吉江幸子他: 環境衛生対策の効率化に向けた鉄道車両内設備における微生物の定量的分布調査法、J-RAIL2021、2021