



人間科学ニュース No.254

2024. 11. 1

□ 人間科学と異分野連携 神田 政幸

□ 汝自身を知れ 北村 康宏

□ 遮断かんの動きと音声メッセージの組合せ 鏑木 俊暁

□ 回転型特殊信号発光機の歴史 榎並 祥太

□ 「暑がり」／「寒がり」な人の温熱感覚特性を探る 遠藤 広晴

□ 高感度アンモニア測定試作機により臭気対策の効果検証が可能になりました 川崎たまみ



人間科学と異分野連携

事業推進部長

神田 政幸

鉄道の安全かつ安定的な運行には、鉄道システム全体の安全性を維持・向上することが必要不可欠です。鉄道車両や設備は法令等に基づき、これらのメンテナンスである定期検査や診断が実施され、結果に応じて補修・修繕・補強・取替が行われます。

一方、運転士等の運行業務もしかり、教育・訓練が実施されることで、鉄道の安全かつ安定的な運行の維持・向上につながります。しかしながら、少子高齢化と労働人口の減少が進む中で、これらのオペレーションに関わる要員の確保と人材育成・技術継承に課題を有しています。さらに、2020年の年初から発生・拡大した新型コロナウイルス感染症の対応をめぐる動向は、大規模かつ急激な社会の変化をもたらしました。現在、コロナ禍前の鉄道輸送人員に戻りつつあるものの、コロナ禍の経験をもとに、各鉄道事業者では、鉄道経営の効率化に資する鉄道システムの業務改善や改革が急激に進められています。一方で、社会的な流れにより働き方改革の実施も必要不可欠となっています。

このように、鉄道の労働環境や鉄道利用環境は急激な変化の中にあります。自ずと人間科学に関する研究分野においても、求められる研究課題に変化が生じます。例えば、車両内や駅環境での異常時に対するオペレーションに関するものであったり、異常

気象環境下の鉄道に関するオペレーションであったりします。また、事前対応なのか事象発生時対応なのかによっても変化します。従来考えられた範疇を超えて人間科学に関する研究開発が求められています。これらの研究課題に対しては、人間科学の分野のみで解決できるものではなく、車両や駅に関する技術分野、防災技術分野あるいは信号や情報通信技術分野など他分野との連携が必要となることでしょう。研究開発の手法においても、鉄道の安全に関わる研究分野として、デジタル技術を活用した研究開発・導入が進んでいます。例えば、画像認識、AI・機械学習、VR 技術、SNS データや携帯端末情報などを研究開発の過程に取り入れています。これにより、前述の労働環境や鉄道利用環境の変化をきめ細かく設定・収集・分析し、これまで以上に定量的、かつ繊細な研究開発成果を鉄道事業者を提供する可能性を秘めています。

鉄道総研では、人間科学に関する研究開発成果を論文等の公開だけではなく、広く、かつ多くの鉄道事業者へ教育・訓練ツールを提供することでお返ししています。このように、社会の変化、労働環境や鉄道利用環境の変化がもたらす、人間科学に関する研究分野の広がりに対応し、鉄道総研を代表する研究分野として、今後ますます人間科学に関する研究開発成果を社会に還元することが求められるものと考えています。

さらに、事業推進部では、技術交流会やwebセミナーを通じて、人間科学に関する研究成果である教育・訓練ツールを総研ブランドとして展開していくとともに、人間科学の研究者と鉄道事業者の皆様とのコミュニケーションの場を構築してまいります。



汝自身を知れ

安全心理グループ

北村 康宏

はじめに

鉄道の作業現場では、教育訓練で獲得した専門知識を基に、時々刻々と変化する状況を正しく把握して、適切な判断を行うことが必要です。

例えば、異常がある場合には列車を止めるという知識を持ち、運転中の走行音から異音を認識して、ブレーキ操作を行うという適切な判断をする、といったことです。しかし、十分な専門知識を持ち、正しく状況を把握していても、時に不適切な判断をしてしまうことがあります。

こういった事態を防ぐには、知識や情報のみならず、自分の判断そのものの癖（バイアスと言います）を自覚し、判断ミスに陥らないよう心掛ける必要があります。しかし、その自覚は難しいものです¹⁾。本稿では判断のバイアスを自覚することの難しさや、その対策についてご紹介します。

判断のバイアスを自覚することは難しい

例えば、雨の日になると列車の停止位置が手前になりがち、あるいは逆に奥になりがち、などというブレーキ操作の癖については、ある程度適切に自覚することが可能です。これは、ブレーキ操作のような行動は具体的な結果や成否がすぐにフィードバックされるからです。一方で、異音に対するわずかな懸念に対し、他人に比べてすぐにブレーキ操作をしようと判断しがちか、それとも運転を継続しようと判断しがちか、という判断のバイアスについては、その自覚が難しいものです。これは「判断」が具体的な行動を伴わず、当たり前なものとして実施されること、「判断」によって引き起こされた結果や成否に関するフィードバックがすぐに得られにくいからです。

そのため、判断に関するバイアスを自覚することができず、偏った判断を繰り返してしまう恐れがあります。

バイアスの悪影響を防ぐには

バイアスを自覚し、その悪影響を防ぐには、バイアスを自分自身が持っていることを自覚することが必

要です。しかし、誰しもが自分の判断を中立的・合理的と思って実行している以上、自分自身がバイアスのかかった判断をしていることを自覚するのは簡単ではありません。

鉄道総研では、このようなバイアスの自覚を支援するため、パソコン上で実施可能なバイアス評価用ソフトウェアを開発しています（図 1）。



図1 バイアス評価用ソフトウェア²⁾

このソフトウェアでは、バイアスの発生を模擬した4種類の作業課題を実施することで、バイアスの個人差を測定することが可能です。

おわりに

表題の言葉は、古代ギリシアのアポロン神殿に刻まれていた言葉とされています。ほかにも、ソクラテスの「無知の知」や、孫子の「彼を知り己を知れば百戦危うからず」、世阿弥の「離見の見」など、自分自身の能力や状態を自覚することの重要性については、昔から、洋の東西を問わずに述べられています。

「判断」のバイアスについて自覚することは難しいものですが、その内容や影響を学び、自分がどの程度のバイアスを持っているか、意識を向けてみてはいかがでしょうか。

鉄道総研では、バイアスによる判断ミス防止を目指し、上記のバイアス評価用ソフトウェアを活用した教育訓練手法の開発に取り組む予定です。

参考文献

- 1) 北村康宏：安全を左右するバイアス、気づいていますか？、安全衛生のひろば、2023
- 2) 北村康宏他：鉄道作業場面における判断傾向評価手法、鉄道総研報告、2021



遮断かんの動きと 音声メッセージの 組合せ

安全心理グループ
鏑木 俊暁

はじめに

鉄道総研では、警報中にも関わらず歩行者が踏切に進入することへの対策として、遮断かんの動きの変更や警報音への音声メッセージの追加を検討しています。これまでに、それぞれ単独で効果検証を行い、警報中の踏切に進入する人の割合が低下することを確認しています。

これらの対策は、遮断かんの動きが視覚、音声メッセージの追加が聴覚と、それぞれ異なる五感にアプローチする対策のため、組合せて活用されることが考えられます。ここでは、遮断かんの動きの変更に音声メッセージの追加を組合せた場合に、単独の場合と同レベル、またはそれ以上の警報中の踏切への進入抑止効果が得られるかについて、実験的に検討した結果¹⁾をご紹介します。

組合せた遮断かんの動きと音声メッセージ

この実験は、人間科学ニュース No.247 号（2023 年 9 月号）でご紹介した音声メッセージの改良についての効果検証実験とあわせて実施しました。このため、組合せた音声メッセージは音声メッセージの改良の実験と同様の 7 種類（表 1）です。

遮断かんの動きは、警報が鳴動してから遮断かんが降下し始めるまでの時間を 1 秒に変更（実験した踏切長における標準時間から 3 秒早期化）した上で、降下パターンを可変（最初の 1 秒で 15°、以降は毎秒 9.4° 降下）としました。

実験の方法と結果

実験は、参加者が自分の行動を操作するコントローラーを使って踏切内を通行する CG 映像シミュレータで行いました。提示する遮断かんの動きと音声メッセージの条件は表 1 に示す①～⑧の 8 条件です。音声メッセージを追加しない条件①は、遮断かんの動きのみ変更条件となり、条件②～⑧は遮断かんの動きの変更に音声メッセージの追加を組合せた条件となっています。実験の参加者は 20～30 代の若手と 65 歳以上の高齢者の男性です。

各条件で警報中の踏切へ進入する割合を、遮断か

んの動きのみ変更した条件①と統計的に比較した結果、若手と高齢者ともに、②～⑧いずれの条件も条件①と同レベルという結果でした。表 1 では、若手の結果を示します。

表 1 組合せた遮断かんの動きと音声メッセージ¹⁾
の条件と警報中の進入割合（若手 n=25）

No	遮断かんの動き	文言	声質	進入割合
①		音声メッセージなし		24.0%
②	遮断かんの降下開始タイミングを 3 秒早期化 ×降下パターン 可変（最初の 1 秒で 15°、以降は毎秒 9.4°）	危険です。踏切に入らないでください	女性	8.0%
③		踏切に入らないでください	女性	8.0%
④			男性	4.0%
⑤		列車がすぐ来ます	女性	12.0%
⑥			男性	16.0%
⑦		遮断かん降下中	女性	8.0%
⑧			男性	12.0%

注) 進入割合は 8m 手前で警報が鳴動開始した条件の結果を示す。

おわりに

遮断かんの動きの変更に音声メッセージの追加を組合せた条件の警報中の進入割合は、遮断かんの動きのみ変更の条件と同レベルであり、組合せることによる警報中の踏切への進入抑止効果の上積みはないと考えられます。

ただし、先行研究²⁾では、高齢者は音を手掛かりにしている人がいることがわかっています。また、傘等で視界の上部が隠れていると遮断かんの動きが見えづらくなる可能性があります。このため、遮断かんの動きと音声メッセージの追加の組合せは、情報伝達の方法が視覚と聴覚の二重系となる点から望ましいと考えられます。

今後は、実用化に向けた検証を積み重ね、さらなる踏切の安全性の向上につながる対策の提案に向けた検討を進めていきます。

参考文献

- 1) 鏑木俊暁他：遮断かんの動きと音声メッセージの組合せによる進入抑止効果の実験結果、日本信頼性学会 第 35 回秋季信頼性シンポジウム発表報文集、2022
- 2) 鏑木俊暁他：遮断かんの動きによる警報鳴動中の進入抑止効果の実験結果、日本信頼性学会 第 33 回秋季信頼性シンポジウム発表報文集、2020



回転型特殊信号発光機の歴史

人間工学グループ
榎並 祥太

はじめに

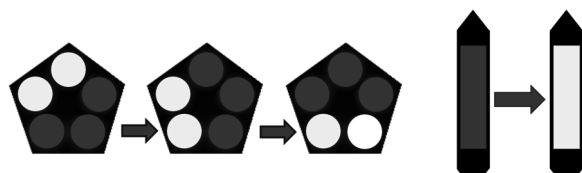
特殊信号発光機は、踏切の支障や、線路沿線の落石や路盤崩壊などの異常が発生した際に、列車に対して非常停止信号を現示する信号機であり、一般的には回転型と点滅型(図1)が使用されています。当初は発雷信管や発煙信号が使用されていましたが、火薬取締法の適用を受けるため保管が面倒であったこと、定期的な交換が必要となることなど、メンテナンスなどに問題がありました。そこで、これらの代わりとして開発されたのが特殊信号代用器、のちの特殊信号発光機でした。

特殊信号代用器の開発¹⁾

特殊信号代用器の開発にあたり、800m 先から視認可能であること、操作が簡単なこと、信号の現示が認識しやすいこと、他の信号または警音と紛らわしくないこと、などの要件を満たす必要がありました。これらの要件を満たすため、1960年に、鉄道総研の前身である鉄道技術研究所で試作品の800mからの視認性試験が行われました。

各試作品の形状は、正四角形のA形、正五角形のB形、A形でキセノンランプを使用したC形、十字灯中央に多灯形灯使用のD形が用意されました。また、それぞれの現示方法は、1灯回転や2灯回転、全灯同時点灯、斜十字灯点灯などで、それぞれ灯色や点滅速度も試験されました。

試験の結果は、A形は迫力が乏しく、C形は強力



(イ) 回転型

(ロ) 点滅型

図1 特殊信号発光機の種類



(イ) A、C形

(ロ) B形

(ハ) D形

図2 特殊信号代用器の各試作品の形状

な効力を発する一方でスパークとして感じられ、灯としての確認が得られず、またD形は十字形が認められず、中央の点滅は認められるが1灯のため光力が弱い、というものでした。一方で、B形は灯色が赤の場合効果的で、回転式の円を描く感じが優れていると評価されました。

以上の結果から、現示方式はB形の5灯式の2灯回転点灯、または同時点滅が実用に耐えられると判断され、5灯式の2灯回転点灯を採用した回転型特殊信号代用器が開発されました。このとき使用する電球については、自動車用前照灯が採用されました。

回転型特殊信号発光機のLED化²⁾

前述のような経緯で開発された特殊信号発光機(1960年代後半に特殊信号代用器から名称が変更)は、誤認が少なく視認性は非常に良かったのですが、設備費が非常に高いというデメリットがありました。また、電球のために定期的な補修が必要で、事前に故障検知ができないという問題もありました。

そこで、1980年代後半にさらなるローコスト化を目的として、本体を従来の鋳物より遥かに軽量なFRP成形品とし、電球に代わるLEDを使用した回転型特殊信号発光機が開発されました。

試作として5灯LED、4灯LED、3灯直列LED、1灯点滅LEDが試作され、結果として5灯LEDが最良と判断されました。理由は現行と表示形式が同じで統一性があったこと、視認性が良かったこと、相互乗り入れをしている他社を含めて乗務員に対する新たな教育を必要としなかったこと、運輸局への届け出の変更を必要としなかったことが挙げられました。

おわりに

通常滅灯しており、異常時に明滅発光する特殊信号発光機は、見逃すと事故に直結する可能性があるため、見逃しによる事故のリスク低減のため、より視認性を高めようと様々な工夫がされてきました。これら長年の工夫の蓄積が、今日の事故の予防へとつながっています。

参考文献

- 1) 舟田正男：特殊信号代用器について、信号保安、第16巻第10号、1961
- 2) 大同信号50周年史、技術編 第8節踏切保安設備 7.特殊信号発光機、2000



「暑がり」／「寒がり」な
人の温熱感覚特性を探る

快適性工学グループ
遠藤 広晴

はじめに

今年の夏も記録的な猛暑が続き、常にエアコンが欠かせない状況となりました。冷房をガンガン効かせたいと思う「暑がり」な人がいる一方で、冷房を苦手と感じる「寒がり」な人もいて、家庭内ではエアコンの設定温度で揉めたという話はよく耳にします。ところで、皆さんは「暑がり」、「寒がり」どちらでしょうか？ここでは、私達が実施した車内温熱環境の体感実験（人間科学ニュース No.238 号（2022 年 3 月号）参照）の結果を基に、「暑がり」／「寒がり」な人の特徴を探ってみたいと思います。

「暑がり」／「寒がり」と性別・体組成との関連

実験参加者（計 44 名）は、車両内で様々な温熱環境を体感し、温熱感覚に関するアンケート評価を行いました。また、各自が自覚する温熱感覚特性（「暑がり」、「寒がり」、「暑がりかつ寒がり」、「どちらでもない」）について回答し、体組成も測定しました。

温熱感覚特性の回答結果（男女別）を図 1 に、各回答グループの体組成情報を表 1 に示します。男性は「暑がり」、女性は「暑がりかつ寒がり」の回答割合が最も多いことがわかります（図 1）。また、体組成情報との関係を見ると、体脂肪率は「暑がりかつ寒がり」で最も高く、筋肉量は「暑がり」で最も多いことがわかります（表 1）。体脂肪率が高いと、脂肪の断熱性（低熱伝導率）により、高温環境では体内から

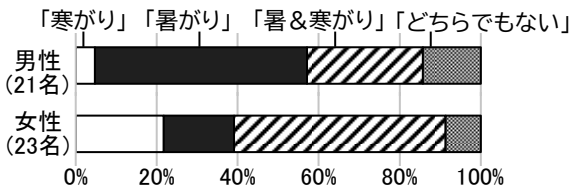


図 1 温熱感覚特性の回答割合

表 1 体脂肪率・筋肉量の回答グループ別平均値

回答項目	体脂肪率[%]	筋肉量[kg]
寒がり(6人)	20.8	35.7
暑がり(15人)	24.2	50.2
暑&寒がり(18人)	25.0	40.1
どちらでもない(5人)	19.7	46.2

外に熱が逃げにくくなるため発汗や暑さを感じやすく、低温環境では体内で発生した代謝熱が皮膚表面まで伝わりにくくなるため寒さを感じやすくなり、「暑がりかつ寒がり」の要因になっていると考えられます。また、筋肉量が多いと、代謝による発熱量が大きくなるため暑さを感じやすくなり、「暑がり」の要因になっていると考えられます。

温熱感覚特性の自覚と実際

「暑がり」、「寒がり」、「暑がりかつ寒がり」の回答グループについて、気温と温熱感覚の関係を図 2 に示します。図中の各曲線は、体感実験での気温と温熱感覚に関するアンケート評価の対応データを基に、統計的な手法により導き出したものです。24℃以上に着目すると、「暑がり」と「暑がりかつ寒がり」は、「寒がり」より発汗や暑い不快を感じやすい傾向にあり、24℃以下に着目すると、「寒がり」は寒い不快をより感じやすい傾向にあることが確認できます。

おわりに

ここでは、温熱感覚特性の自覚と体組成が関連することや、実際の温熱感覚特性（気温と温熱感覚の関係）とも整合することを紹介しました。これにより、温熱感覚の個人差要因を生理学的に解釈可能であることや、車内温熱環境に関する情報（弱冷房車の停車位置、天井部ファン設置位置など）の効果的な提示により、乗客が各自の温熱感覚特性に応じて乗車行動を選択し、快適性向上につながる可能性も期待されます。

今後は、温熱感覚の個人差要因の理解を深めるとともに、「暑がり」／「寒がり」を自覚する乗客の行動選択に関する理解を深め、列車内の温熱快適性向上に資する知見獲得を目指して研究を進めていきます。

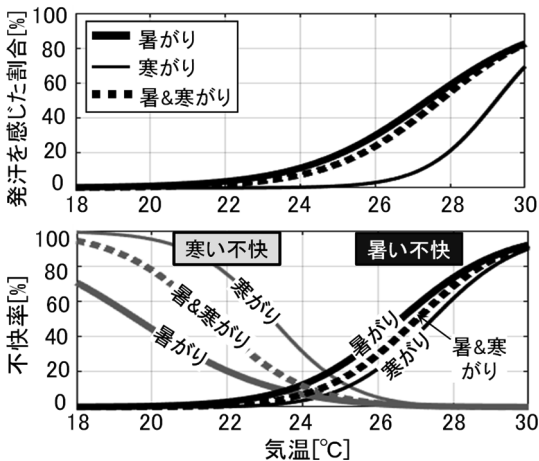


図 2 温熱感覚特性の自覚と実際



高感度アンモニア測定 試作機により臭気対策 の効果検証が可能に なりました

快適性工学グループ
川崎 たまみ

はじめに

人間科学ニュース No.226 号 (2020 年 3 月号) では、トイレの不快臭成分の一つとして知られているアンモニアを高感度良く検出する高感度アンモニアセンサを搭載した可搬型アンモニア測定システムについて紹介しました。人間科学ニュース No.248 号 (2023 年 11 月号) では、より具体的な試作機の構成や、駅男子トイレにおけるアンモニア発生源の探索事例について紹介しました。本号では、この試作機を用いた、駅男子トイレの臭気対策として行った清掃の効果検証例について紹介します。

駅トイレにおけるアンモニア発生源の探索¹⁾

床仕上げが磁器タイルと目地からなり、グレーチング (金属製の網目状のふた) 付側溝が設置されている駅男子トイレにおいて、本試作機によるアンモニア発生源の探索を行いました。清掃前においては、わずかながら公衆トイレの印象がありました。測定は日中行ったため、利用者のトイレ利用を妨げることがないように注意を払いながら行いました。その結果、側溝付近に 2 箇所 (以下、発生源①および②) のアンモニア発生源があることがわかりました。濃度は、発生源①②ともに約 10,000 ppb でした。そこで、側溝清掃が不快臭対策として効果があるかどうかを確認するために、清掃前後でアンモニア濃度を測定することにしました。

清掃前後におけるアンモニア濃度の経時変化

側溝清掃を含む通常清掃前、清掃直後、清掃 2 時間後および 4 時間後に、発生源①および②において、アンモニア濃度をそれぞれ測定した結果を、図 1 に示します。

この結果から、いずれの測定箇所においても、清掃後のアンモニア濃度が清掃前と比べて減少していることがわかりました。発生源②のアンモニア濃度が清掃 2 時間後に約 5,000 ppb と高くなった理由は、清掃後のトイレ利用により新たな尿汚れが発生したためである可能性が考えられます。空間中のアンモ

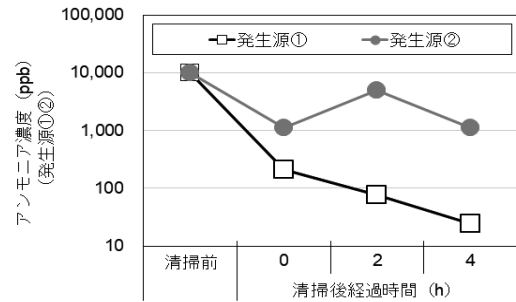


図 1 清掃前後の駅男子トイレ床面のアンモニア発生源①②のアンモニア濃度変化

ニア濃度については、清掃前は約 30 ppb を示しましたが、清掃直後から 4 時間後までは、試作機の検出下限値 (10 ppb) 未満に低下していることがわかりました。なお清掃後のにおいからは、公衆トイレの印象は感じられませんでした。

アンモニア以外のトイレ臭気成分

アンモニアよりも人の検知いき値濃度が 3 桁低いトリメチルアミン²⁾も、トイレの不快臭成分として知られています。ただし、アンモニア、トリメチルアミンともに、それぞれ尿中に含まれる成分が微生物によって分解されることにより発生することが報告されています³⁾。このことから、駅トイレ内において、尿汚れに由来するアンモニア発生源への臭気対策を行うことで、トリメチルアミンの発生も抑制できるのではないかと考えています。

おわりに

トイレ内の不快臭対策を検討する上で、アンモニア発生源の探索は欠かせません。そのため現在の試作機はトイレ内へ持ち込める可搬型としていますが、将来的には、トイレ内にセンサを常設し、アンモニア濃度のデータの一括管理へと展開することも可能になると考えています。

参考文献

- 1) 京谷隆：駅トイレ臭気の発生源の探索および低減対策の効果検証、鉄道総研月例発表会、2024
- 2) 株式会社ぎょうせい、ハンドブック悪臭防止法、2012
- 3) 青田紘和他：室内環境における微生物汚染実態および制御[4]、日本防菌防黴学会誌、vol.47, No.7、2019

■お知らせ：人間科学ニュースは、鉄道総研 HP (<https://www.rtri.or.jp/rd/news/human/>) にて PDF もご覧いただけます。送付先・印刷部数変更等は下記にて承ります。

■発行所：〒185-8540 東京都国分寺市光町 2-8-38 公益財団法人鉄道総合技術研究所 (発行番号 2024-6)

■編集者：人間科学研究部 (代表 水上 直樹) 電話: 042-573-7332 E-mail: human@rtri.or.jp