



人間科学ニュース No. 238

2022. 3. 1

- カーボンニュートラルへの行動変容 村本 勝己
- 乗客の温熱感覚の多様性を捉える 遠藤 広晴
- 列車内設備の衝突安全対策を考える 中井 一馬
- 警報音のテンポを変えてみると 秋保 直弘
- 警報音の奥深さ：危険を察知する聴覚メカニズムと危険を感じる音要素 星野 慧
- 人と微生物の切り離せない関係 池畑 政輝



カーボンニュートラルへの行動変容

企画室長
村本 勝己

去る2021年10月に行われた鉄道総研講演会のメインテーマは「脱炭素化に求められる鉄道技術」でした。この講演会で、電力中央研究所の犬丸様からは、「2050年のカーボンニュートラル（以下、CN）実現のためには、新技術を総動員するのはもちろんだが、シェアリングやリサイクルなどの市民の行動変容も必要。ただし、省エネは市民に我慢を強いるようなものではあってはならない」との提言を頂いています。30年先の地球環境のためにみんなで我慢して省エネしようなんていったところで、ダイエット以上に続かないのは目に見えていますから、現実的な提言であると思います。

エネルギーのCNに向けた取組みは専門家にお任せするとして、市民の行動変容はどうでしょう。省

エネはあんまり我慢しなくていいよ、とのことですが、シェアリングやリサイクルについては、もう少し科学的な理解が市民や政治家には必要かなと思います。例えば、レジ袋有料化がCNと一緒にたにされることがありますが、これは廃プラスチックによる海洋汚染問題対策（のほんの一部）です。レジ袋を使わないかわりに、石油を原料にしたエコバッグを、ファッションでとっかえひっかえしているようではCN的にはかえってマイナスで、決してセクシーではありません。

欧州では、プラスチックの原料として非化石資源由来の炭素を一定量以上使用することを義務付けるなど、むしろプラスチックを使い続けるために脱炭素化よりも炭素循環に軸足を移しつつあります。金属資源と同様に炭素が資源レベルで循環できれば、市民に過剰な我慢を強いることなくCNも海洋汚染問題も解決に近づくこととなります。

いずれにせよ、2050年カーボンニュートラルに向けての市民の行動変容は、これから30年で急速に進展するであろう脱炭素化や炭素循環などの技術を踏まえたものとすべきです。イメージ優先でなく、科学的根拠に基づいた、人にも地球にも優しい行動変容が望まれます。

☆ 人間科学関連刊行物のご案内 ☆

鉄道総研報告 2022年1月号：特集「人間科学」

展望解説

○鉄道における最近の人間科学研究

特集論文

○レジリエンスの実現のための職場活動評価手法
○生理指標を活用した運転士の心身状態の推定

○カスタマーエクスペリエンスに基づく鉄道における総合快適性の評価

○マイクロバイオーーム解析を用いた列車内の環境衛生評価のための基礎研究

○駅での利用者トラブルの発生メカニズムと対応方法

○音声と遮断開始タイミングによる踏切警報中の歩行者の進入防止策

お問合わせ先：(公財) 鉄道総合技術研究所 広報 TEL 042-573-7219 JR 053-7719



乗客の温熱感覚の 多様性を捉える

人間工学グループ
遠藤 広晴 ☎053-7348

はじめに

列車内が暑い／寒いという乗客からの不満の声は毎年多く寄せられています。一方で、「暑がり」、「寒がり」という言葉があるように、私たちの温熱感覚の特性は人により様々です。列車内の乗客は、様々な温熱感覚特性を持つ人々の集団であり、全ての乗客が満足できる温熱環境の実現は現実的には不可能といえます。とはいえ、出来る限り多くの乗客にとって満足できる環境にすることが重要であり、その実現のためには、乗客の温熱感覚の多様性を把握する必要があります。では実際、同一車内に滞在する乗客間で、温熱感覚にどの程度の違いが生じているのでしょうか？

乗客の温熱感覚の多様性の実態

この疑問を調べるために、私たちは車内温熱環境の体感実験を実施しました。実験は2回行い、1回あたり一般の鉄道利用者 22 名が参加しました（参加者はいずれか1回のみ参加）。図1は、実験中に行ったアンケート結果の例で、低温（20.4℃）、中温（24.1℃）、高温（28.1℃）の各環境での参加者の温熱感覚の回答分布を示したものです。なお、参加者全員の温熱条件を統一するため、参加者は同じ服に着替え、座席に座った状態でアンケートに回答しました。このように同一車内で条件を統一した状況でも、図1に示すように、「暑くて／寒くて」非常に不快と感じる人もいれば、「不快でない」と感じる人もいます。このことから、個々人の意見だけでは車内温熱環境の良し悪しを判断できないことがわかります。

一方、評価の分布にはいくつか特徴が読み取れます。まず、全ての温度環境で、1回目と2回目の実験結果に再現性があることです。つまり、人によって回答がバラバラでも、「集団全体としての規則性」があることを示しています。もう一つは、温度環境によりばらつきの程度が異なることです。低温・高温環境と比較して、中温環境は明らかにばらつきが小さく、8割近い参加者が「不快でない」と回答しています。

多様性を科学的に捉える

図1での「集団全体としての規則性」は、統計的な手法を用いて定量化（数式化）できます。図1の各温度環境に示した実線（◆）は、この数式による推定結果で、参加者の回答分布の特徴をよく捉えていることがわかります。したがって、乗客の温熱感覚の多様性を予測・評価対象として、図1の中温環境での評価分布に近づくよう温熱環境を維持・管理すれば、より多くの乗客が快適と感じる車内温熱環境に繋がると考えられます。

おわりに

人間工学研究室では、乗客の温熱感覚の多様性に関する理解を深め、空調設計に資する車内温熱環境の快適性評価法の検討を進めております。今後もこれらの研究成果についてご紹介したいと思います。

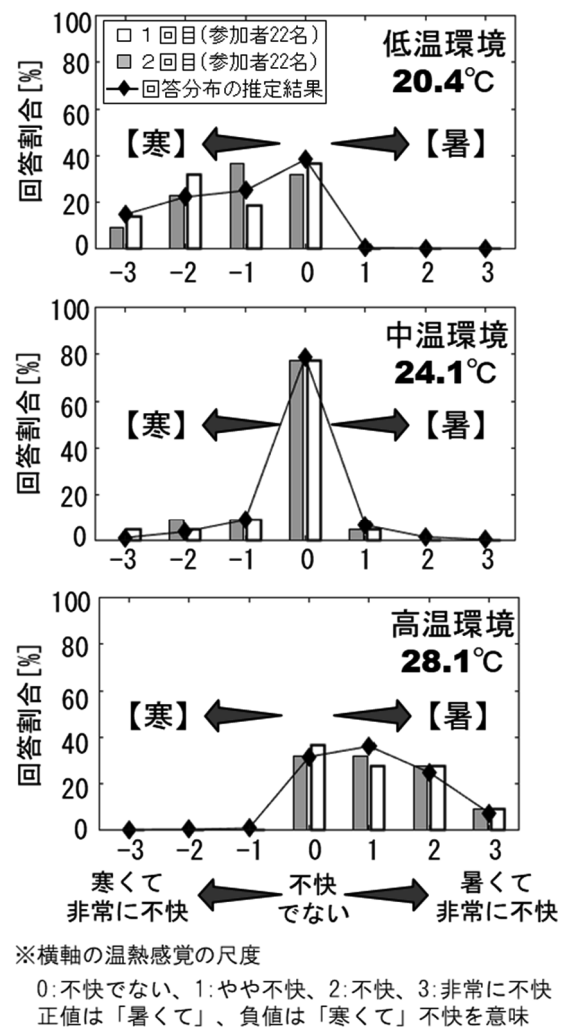


図1 同一気温環境での温熱感覚の回答分布



列車内設備の衝突安全対策を考える

人間工学グループ
中井 一馬 ☎053-7348

はじめに

鉄道輸送において安全確保は最も重要であり、事故を未然に防ぐこと、万が一事故が発生した場合にも被害を抑えることは、安全・安心な列車の両輪となります。鉄道総研では、列車衝突時の被害を抑えるための衝突安全研究に取り組んでいます。ここでは、列車内設備の設計の観点からみた衝突安全対策についてご紹介します。

乗客の2次衝突状況について

事故などにより、列車に大きな衝撃が発生した際、乗客は投げ出されて車内設備や他の乗客に衝突（以下、2次衝突）することで傷害を負います。車内レイアウトにより2次衝突する対象は様々ですが、ここでは、以下の2次衝突の状況への対策例を説明します。

- ① 乗客同士の2次衝突
- ② 車内設備の凸箇所への2次衝突
- ③ 車内設備の強度が高い箇所への2次衝突

① 乗客同士の2次衝突

通勤列車で乗車率が高い場合に、乗客同士の2次衝突は多くみられます。この対策として挙げられるのが、つり手や手すりの付加です。乗客が自身の身体を支えて、大きく投げ出されることを防ぐことが期待できます。福知山線の事故調査報告書¹⁾に、「事故後に車両が停止するまでつり手、手すりにつかまっていた乗客については、途中で手が離れた乗客に比べ負傷の程度が軽かった」という記述があります。また、投げ出されて2次衝突して傷害を負うだけでなく、投げ出された他の乗客に2次衝突されて傷害を負う可能性もあります。ロングシートに着座している乗客同士が2次衝突すると胸部の傷害度が高まることから、鉄道総研の研究で分かっています。ロングシートの中間に手すりを入れることで、着座乗客同士の2次衝突の衝撃が緩和され、胸部傷害の程度が下がることを、人体マネキンを用いた実験で確認しています²⁾ (図1)。

② 車内設備の凸箇所への2次衝突

この2次衝突に対しては、車内設備端部の曲線化が有効であると考えられます。また、ロングシート端部の袖仕切りの形状についても、最近普及している板型タイプは胸部の一部に衝撃力が集中しにくいため傷害の程度を抑えることが期待できます。

③ 車内設備の強度が高い箇所への2次衝突

この2次衝突には、乗客が衝突すると推定される箇所の強度を見直す対策が考えられます。例えば、クロスシートに着座している乗客は前席の背もたれ下部に下肢が衝突した後に、背面上部に頭部が衝突します。乗客が衝突すると推定される箇所に強度が高い補強材などがある場合は、可能な範囲で位置をずらすなど、設計を少し見直すだけでも傷害低減が期待できます。このような見直しが難しい場合は、衝撃を緩衝する構造を組み込む方法もあります。

さいごに

車内設備対策を考える際には、2次衝突状況を整理することが重要です。鉄道総研では、引き続き衝突安全研究を進めていきます。

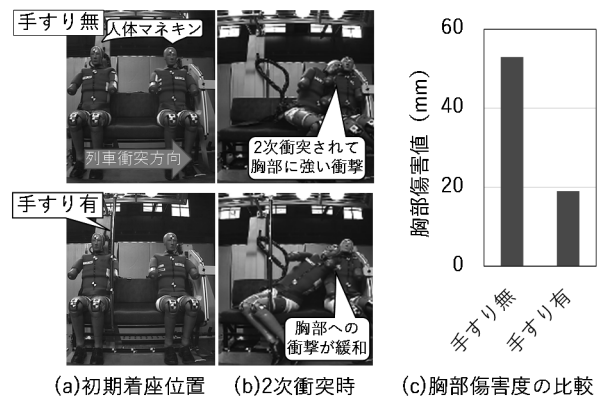


図1 事故時の乗客挙動と傷害度推定のための人体マネキンを用いた実験

参考文献

- 1) 航空・鉄道事故調査委員会：鉄道事故調査報告書(西日本旅客鉄道株式会社 福知山線塚口駅～尼崎駅間列車脱線事故)、2007
- 2) 中井一馬他：列車衝突事故時のロングシート着座乗客に対する手すりの傷害軽減効果の実験的検証、日本機械学会論文集、2019



警報音のテンポを変えてみると

人間工学グループ
秋保 直弘 ☎053-7348

はじめに

歩行者による踏切事故原因の約 3 / 4 は直前横断であり、直前横断の抑止は踏切事故低減につながると考えられます。人間科学ニュース No.223 (2019 年 9 月号) でも述べたように、踏切警報音は踏切への「進入禁止」を意味しますが、実際には鳴動中に踏切に進入する人も少なくありません。そこで鉄道総研では、踏切警報音の鳴動開始後に歩行者が踏切に進入しないようにする研究をいくつか行っています。その中の 1 つとして、踏切警報音のテンポを変更する対策の研究¹⁾ をご紹介します。

踏切警報音のテンポ変更の効果

最初に、踏切警報音のテンポを、通常の 0.5、0.75、1、1.25、1.5、1.75、2 倍に変えて、40 名の実験参加者に聞いてもらい、これらの警報音の焦燥感の印象を尋ねました。「この音聞いて急がなければならないという焦りを感じますか?」という質問に対し、4 段階 (0 : 感じなかった、1 : やや感じた、2 : 感じた、3 : 非常に感じた) で評定してもらいました。

次に、踏切に歩いて近づいている時の視点での CG 映像を実験参加者に視聴してもらい、踏切から 10m の地点に近づいた時点で警報機が動作 (上記 7 条件のテンポの警報音が鳴動) する状況 (図 1) において、「歩いて横断」するか、「手前で停止」するかを回答してもらいました (「歩いて横断」の割合を以降、直前横断率とします)。

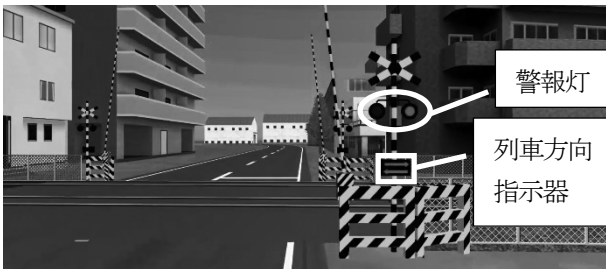


図 1 踏切 CG 映像

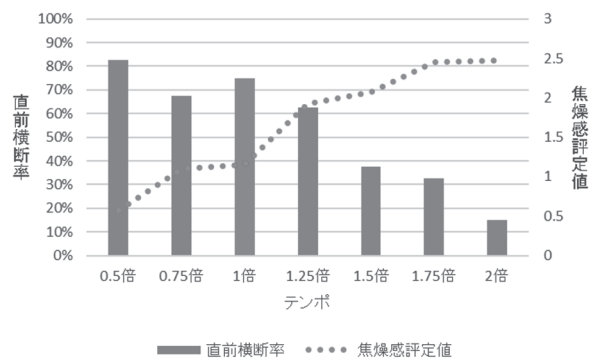


図 2 直前横断率と焦燥感評定値の関係

それらの結果、得られた直前横断率と焦燥感評定値の関係を示します。図から分かるとおり、テンポが速くなるほど直前横断率が下がる一方、焦燥感評定値は上がっています。直前横断率の低さと焦燥感評定値の低さはトレードオフの関係になっていると言えます。

踏切警報と焦燥感

鉄道に関する技術基準²⁾によると、「警報の開始により、踏切手前で一旦停止して列車の通過を待ち合わせるのに、焦燥感、抵抗感を踏切通行者にいだかせないものであること」とされています。技術基準の観点から、踏切警報音のテンポ変更により、焦燥感が上がらないことが望まれますが、テンポ変更による直前横断抑止効果は大きいと考えられ、対策案として一概に否定できるものでもありません。一方で筆者らは「踏切に入らないでください」等のボイスを付加する対策も検証していますが、こちらの対策ではこのような焦燥感の問題は見られていません¹⁾。

おわりに

テンポ変更もボイス付加も、踏切の直前横断抑止に一定の効果がありそうです。現場への導入には警報音変更に必要な費用の問題などのハードルがありますが、導入ができれば直前横断抑止の一助となるのが考えられます。

参考文献

- 1) 秋保直弘他：踏切警報音のテンポ変更及びボイス付加による直前横断抑止効果の検証、ヒューマンインタフェースシンポジウム 2019 論文集、2019
- 2) 国土交通省鉄道局監修、電気関係技術基準調査研究会編：解説 鉄道に関する技術基準 (電気編) 第四版、日本鉄道電気技術協会、2018



警報音の奥深さ： 危険を察知する 聴覚メカニズムと 危険を感じる音要素

人間工学グループ
星野 慧 ☎053-7348

警報音を聞いて危険を回避する

鉄道においては、踏切・駅・ホーム・運転室・客室内など、多くの場面で様々な警報音が使用されています。私たちはこれらの音に注意を向け、警告感や危険な印象を抱くとともに、状況を認識して、危険を回避するための行動を取ります。このように私たちは耳を使って危険を察知するわけですが、そのメカニズムはどうなっているのでしょうか。また、危険を感じる音とはどのような音でしょうか。

聴覚の起源は魚の振動センサ

魚は敵がくることを海水の動きから感じ取って危険を察知します。このときの水の動きを振動として感じ取るセンサ(有毛細胞)が人間の聴覚機能(耳)の起源という説があります¹⁾。

魚には人のような耳はありませんが、「内耳」という器官があり、ここで海の水の揺れがセンサによって電気の信号となり、神経を伝わることで音として知覚できます。一方、人は空気の振動である音が耳に届くと、耳の奥にあるリンパ液が揺れます。その液体の揺れをセンサが電気信号として神経に伝え、脳が音を知覚します²⁾。耳が空気の揺れをリンパ液という液体の揺れに変えて、この揺れをセンサが電気信号に変換する部分は、魚の内耳のセンサが水の揺れを電気信号に変える機能と似ています。そのため、魚が陸の上で暮らす生き物に進化するときに、危険を捉えるセンサ(有毛細胞)を海水と同じ成分(リンパ液)の中に入れたのが耳の起源という説です。古来の生物が生命の危機を乗り越えてきた仕組みが私たちの耳にあるのは神秘的です。

音に対して本能的に危険を感じるのはなぜ？

魚は敵が迫った時の危険な水の動きを捉えることを繰り返し、特定の揺れに対して危険を察知するように遺伝子に刻みこまれたようです。私たち人間の耳も、叫び声のような危険な状況のときに発する高い音を記憶し、高い周波数を含む音に対しては本能的に危険を感じるようになったと考えられます。

音が使われた状況で変わる印象

生物の進化という長いスパンだけではなく、日常で危険な場面に遭遇したときに聞いた音が、その場面の記憶と結びついて音の印象を変えることもあります。その一例として、緊急地震速報のチャイム音があります。このチャイム音は、複数の候補音を対象に警告感や不安の抱きにくさを比較した実験の結果に基づき、不安にならないことを考慮して選ばれたものです。しかし、このチャイム音は今では地震の場面と結びついてしまい、不安な印象を抱く人は少ないようです。

危険や警告感の印象を抱く音の要素

本能的な理由または経験から、人が危険や警告感を感じやすい音の要素は、リズムや音の高さに関して以下のようなものがあげられます。

- ・速い速度で音が鳴る・変化する
- ・音が高く、変動がある
- ・不協和音(増4度やテンションノート)を含む

不協和音の和音例を図1に示します。増4度は、「トライトーン(悪魔の音程)」と呼ばれる不穏な響きをもつ音で、海外の救急車などで使われている音です。また、テンションノートは協和音(きれいに聞こえる音)にその他の音を重ねて独特な緊張感のある響きを生むジャズの手法で、緊急地震速報チャイムにも取り入れられています。

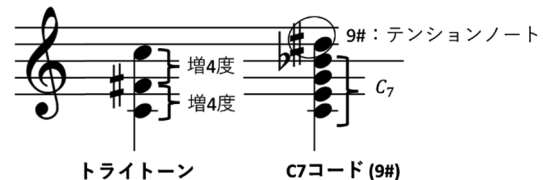


図1 不協和音の例

警報音デザインの研究

現在、列車運転時の覚醒維持支援につながる警報音の研究に取り組んでいます。警告感を抱くこれらの音の特徴を取り入れ、効果的な警報音の研究に活かしていきます。

参考文献

- 1) 伊福部達・筒井信介：ゴジラ音楽と緊急地震速報、ヤマハミュージックメディア、2012
- 2) B.C.J ムーア：聴覚心理学概論、誠信書房、1994



人と微生物の切り離せない関係

生物工学グループ
池畑 政輝 ☎053-7316

新型コロナウイルスの流行が始まってはや2年が経ち、世の中は、ウィズコロナ、アフターコロナを模索しています。微生物の中には、この新型コロナウイルスや大腸菌 O-157 のように、有害なウイルスや細菌もありますが、そのような微生物はごく一部であり、実際には、人は、膨大な数の微生物との共存があって、生かされているともいえます。本稿では、人と微生物、その関係を改めて眺めてみたいと思います。

人は微生物に包まれている

何のことか?と思われるかもしれませんが、実は、人が息をしても、頭をかいても、トイレに行っても・・・、何らかの微生物がともに排出されています。それほどまでに微生物は人に身近なものなのです。また、健康の維持と関連して、腸内細菌を整える食品の CM を日常よく目にしますが、これらの中にも大量の微生物(いわゆる善玉菌)が含まれていることが多く、免疫機能に良い影響を与え、感染予防にも役立つといわれています。一方、人の皮膚には、部位により特徴が異なりますが、延べ 1000 種類程度の微生物が生息しています。その餌となる皮膚の油の代謝産物は、皮膚をしっとりさせたり、感染防御のために働いています。口腔内にも同様に多数の微生物が棲みついており、一部は感染防止に役立っているといわれています。

このように、人と微生物は部位によって共生の仕方は異なるものの、いずれも微生物間あるいは人と微生物の間でそれぞれ不足の部分を補い合いバランスが維持されており、その恒常性により健康が保たれているといわれています。ちなみに、一人の人と共生する微生物の総数は、人の細胞数(約 30 兆個)よりもはるかに多いことが知られています¹⁾。息をしても出てくるわけですから、人は生きている限り微生物をまともに生きている、あるいは科学者によっては、人は微生物の雲に包まれていると表現する方もいます。

人のマイクロバイーム、ヴァイローム

人間科学ニュースでこれまで何度か触れていますが、環境中に存在している微生物の集団を「マイクロバイーム(微生物叢)」と表現します。前節で述べたように人にも多くの微生物が共生し、マイクロバイームが形成されていますが、これまでの研究で、このマイクロバイームは人それぞれの特徴があることが知られています²⁾。マイクロバイームを分析することで、個人の特定すら可能になり得るということです。将来的には、まとっているマイクロバイームが個人の身分証明代わりになる可能性も考えられます。

他方、ウイルスについても、その集団を意味する「ヴァイローム(ウイルス(Virus)と集団(-ome)を合成した言葉)」についての研究が進んでいます。ウイルスは、種類によっては、呼吸器系や消化器系の急激な症状や C 型肝炎、白血病などの病気の原因になりますが、最近の研究では、普段、健康な人でも、少なくとも 39 種類のウイルスに感染しており、一部は免疫応答を呼び起こし、免疫状態に良い影響を及ぼしていることも報告されています。さらに研究が進むことで、有害なウイルス感染症の制圧にも活路が開かれると考ええます。

おわりに

ここまで簡単に述べてきましたが、私たちの暮らす環境や飲食物、さらには生きることにさえ、微生物の存在は不可欠です。今後、アフターコロナの社会のあり方を考えるとき、このような人と微生物の共生関係をしっかりと認識し、何をどこまでなすべきか、どのような生活環境、文化を志向するのか、それぞれが考える時期であると思います。

私たちのグループでは、現在、鉄道利用環境のマイクロバイーム等の調査を進めています。このような環境衛生の状態・状況をモニタリングし、鉄道環境や日常生活環境での微生物との共生状態を把握し、状況変化に応じた知見も蓄えることで、我々が生きる社会環境の理解を深めつつ、鉄道利用環境の維持・向上に貢献していきたいと考えています。

参考文献

- 1) Sender R 他: Revised Estimates for the Number of Human and Bacteria Cells in the Body. PLoS Biol, 2016
- 2) Meadow JF 他: Humans differ in their personal microbial cloud. PeerJ, 2015