

人間科学研究部



人間科学研究部では、鉄道のさらなる安全性、利便性、快適性の向上を目的として、ヒューマンファクターの観点から、安全確保のための鉄道従事員の教育・訓練の充実化や支援策、鉄道利用者の駅や車内の利用環境改善などに向けた研究開発に取り組んでいます。さまざまな業務を、より低コストで効果的に行えるように、デジタル技術も積極的に活用し、他研究部と連携しながら研究開発を進めています。ここでは、人間科学研究部が取り組んでいる最近の研究開発の例を紹介します。

人間科学研究部長 水上直樹
人間科学研究部ウェブサイト <https://www.rtri.or.jp/rd/division/rd52/>

はじめに

人間科学研究部では、安全性、利便性、快適性の向上を目指して、鉄道システムにおける、人が関わる諸課題の解決、対策提案に取り組んでいます。そのためには、「人」および「人と鉄道システムとの関係」の理解や心理、生理、行動などの観点からの現象解明、蓄積してきた知見・技術の活用が欠かせません。

人間科学研究部はこれまで、安全心理、人間工学、安全性解析、生物工学の4研究室の体制としてきましたが、鉄道を取り巻く環境や安全・安心、快適性などに関するニーズの変化も見据え、より効率的に研究開発に取り組むために、2022年4月から、安全心理、人間工学、快適性工学の3研究室の体制に移行しました。

主な研究開発の内容を図1に示します。安全確保の教育・訓練、支援策に関するものとして、ヒューマンエラーや不安全行動、労働災害、職場風土、運転士の支援システムなどの研究開発に取り組んでいます。輸送障害対策については、異常時の案内方法や、踏切事故、列車と鹿との

接触事故の防止策に取り組んでいます。また、利用環境や作業の評価・改善については、車内設備の人間工学的設計、バリアフリー対策、車内快適性や衛生環境の評価・改善の研究開発を行っています。これらの諸課題について、低コスト化を十分に意識しつつ、デジタル技術を積極的に活用するために情報通信技術研究部など他の研究部と連携して取り組んでいます。

ここでは、デジタル技術を活用して、人の心身状態をモニタリングして運転士を支援するシステム、踏切の歩行者を対象とした安全性向上策、および低コストで効果的な鉄道用地の雑草防除手法について紹介します。

心身状態のモニタリングによる 運転士の支援システム

列車運転士の覚醒レベルの低下、いわゆる眠気がエラーや事故の発生につながらないように、人の心身状態をモニタリングして、眠気を検知した際にアラームを発することなどで、運転士を支援するシステムの開発に取り組んでいます。

安全確保の教育・訓練の充実化, 支援策

ヒューマンエラー, 不安全行動, 労働災害, 職場風土, ヒューマンファクター分析, 支援システムなど



輸送障害対策

異常時の案内, 踏切事故, 鹿接触事故など



安全性

利便性
快適性

利用環境・作業の評価・改善

車内設備設計, バリアフリー, 車内快適性, 衛生環境など



「人」および「人と鉄道システムとの関係」の理解, 解明(心理, 生理, 行動など)

蓄積した知見・技術

鉄道システムにおける, 人が関わる諸課題の解決, 対策提案

図1 人間科学研究部の主な研究開発

眠気の検知には, カメラで運転士の顔を撮影し, 画像解析技術を活用して検知する方式と, 生理計測技術によりウェアラブルセンサーを用いて検知する方式があります。鉄道総研では事業者

のニーズに応じて両方式の研究を進めています。ここでは, 後者について紹介します。

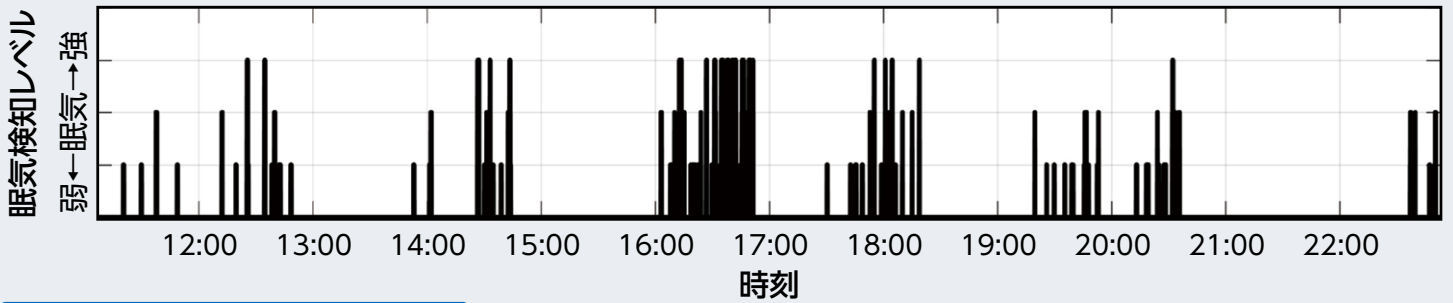
覚醒レベルが低い状態から高い状態まで, 幅広い範囲の心身状態をモニタリングするために, 測定の簡便さなどの実用性も考慮して, 心拍(脈波)と呼吸を用いた手法について検討を進めています¹⁾。実際に導入するには, 運転士が違和感なく装着できるウェアラブルセンサーを用いて, 精度よく, リアルタイムな計測を実現する必要があります。

市販のウェアラブルセンサーを用いた計測システムを試作し(図2), 現在, 列車運転士に運転中に使ってもらおう試験を行っています。一例として, 列車運転士の本システムによる眠気の検知レベ

図2 試作した心身状態計測システムの例



列車運転士の本システムが検知した眠気レベル



列車運転士の主観的な眠気評価

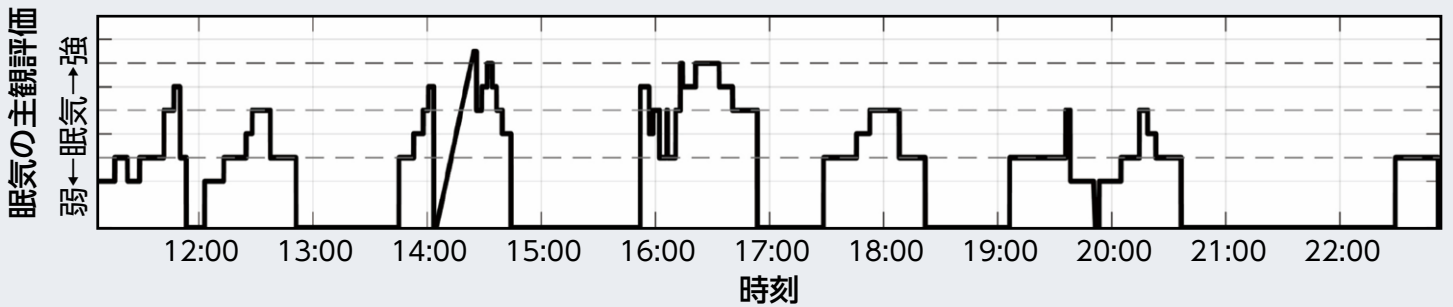


図3 列車運転士の本システムが検知した眠気レベル（上段）と主観的な眠気評価（下段）の結果の一例

ルと主観的な眠気の評価結果を図3に示します²⁾。本システムによる眠気の検知（図3上段）と主観的な眠気発生のタイミング（図3下段）がおよそ一致していることがわかります。

今後、さらにデータを収集し、情報通信技術研究部の情報解析グループと連携して精度向上を図るとともに、運転士や管理者にとって使い勝手がよいシステムの開発を目指しています。

踏切の安全性向上策³⁾

近年の踏切事故件数をみると、自動車が関係する踏切事故の件数は漸減傾向にあります⁴⁾が、歩行者が関係する踏切事故の件数は横ばいとなっています⁴⁾。踏切に関する調査では、歩行者の踏切事故の約3/4が、警報音の鳴動中の進入（直前横断）であることから⁵⁾、鉄道総研は、警報鳴動中の進入抑止策の研究に取り組んでいます。

歩行者への調査によると、「警報鳴動中に進入して遮断完了までに踏切から出られなかった経験のある人」の6割が、本来は「進入禁止」を

意味する警報を、「注意」と認識していました⁶⁾。そこで、警報鳴動中の進入抑止のため、警報鳴動時に「進入禁止」を伝える音声メッセージを流すとともに、警報鳴動開始後に少し早いタイミングで遮断かんを降下させる対策（以下、遮断かん降下の早期化）を考案しました。音声メッセージは、「踏切に入らないでください」などの文言を候補としました。遮断かんは、降下の開始直後は降下速度を大きくし、その後、速度を下げ、鳴動開始から遮断かんの降下完了までの時間は従前と同じにしました。

効果を調べるため、踏切横断を模擬したシミュレーター実験を行いました。実験参加者は、自分が踏切への接近中に警報が鳴動する映像を見て、「踏切手前で停止する」か「進入する」かを判断して回答します。その結果、音声メッセージ付加、遮断かん降下の早期化、また、これらを組み合わせた条件において、現行条件より、警報鳴動中に進入する人の割合が低下しました。結果の一例を図4に示します。この結果をふまえて、実機を用いた検証実験も進めています。

低コストで効果的な 鉄道用地の雑草の防除⁷⁾

鉄道用地の雑草の防除には多大な人手と時間を要しており、作業の効率化が求められています。人間科学研究部では、これまでに蓄積してきた雑草制御に関する知見を活かし、軌道技術研究部と協力して、防除効果と施工性に優れた蒸気除草手法を開発しました。

軌道外から用地境界までの雑草の防除に、除草剤を用いれば効率的に除草できますが、沿線の住宅地や農地などへの影響から使える場所は限られます。このため刈払いが広く行われています。刈払いは雑草を短時間で除去できますが、夏季にはすぐに草が再生します。また、刈払い機の使用には、回転刀の跳ね返りによる受傷のおそれや振動障害防止のための作業時間の制約もあります。加えて、沿線に敷設されている信号通信ケーブルの切断防止策も必要です。

そこで、農業分野で用いられている、蒸気の熱でタンパク質に変性を起こして雑草を枯死させる方法に着目しました。従来の蒸気除草は、大型ボイラーと多量の水を必要とします。鉄道用地では多量の水の確保が難しいため、水の消費量を1/10に抑えて、かつ、雑草の枯死に必要な加熱性能を有する、蒸気吹き付け用の蒸気噴出管とカバーなどで構成される手持ちノズルを開発しました。カバーの蒸気拡散経路の形状を工夫して蒸気の拡散性能を向上させるととも

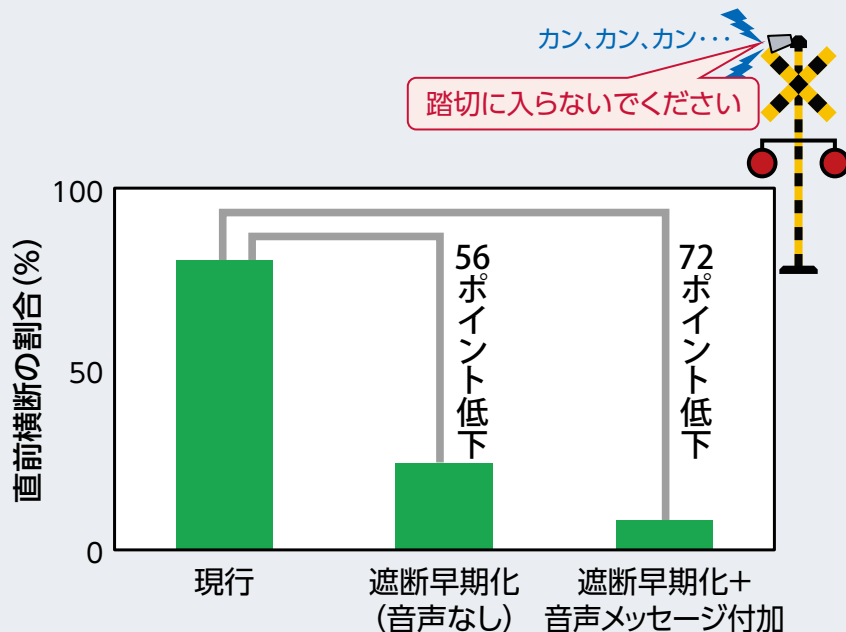


図4 遮断かん降下の早期化（遮断早期化）と音声メッセージ付加による直前横断の抑止効果

図5 開発した蒸気除草手法の機材

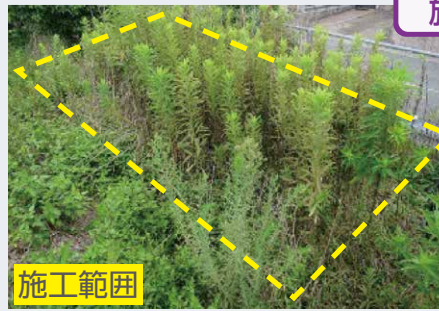


大型雑草の生い茂る 箇所での施工試験



セイタカアワダチソウ
鉄道用地での群生例が多い大型雑草

刈払い



蒸気除草

施工前



施工約3か月後

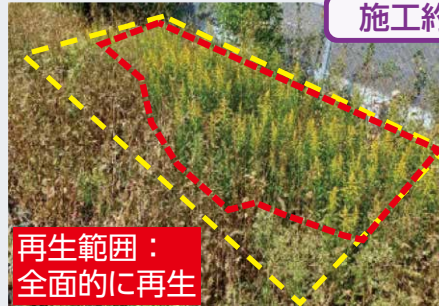


図6 蒸気除草手法と刈払いによる除草の比較

に、蒸気噴出口の形状を工夫することで、1回あたり5秒間の蒸気噴射によりカバーの範囲にある雑草を枯れされることを確認しました。これ以外に必要な機材は、蒸気を発生するための汎用スチーム洗浄機と小型発電機です(図5)。

大型雑草が生い茂る箇所での試験の結果、施工3か月後の雑草の再生が10%にとどまり、1年後の再生株数も刈払いと比べて70%減少しました(図6)。施工時間は刈払いに比べて30%短縮でき、作業員数も60%に抑えられます。

本装置は販売を開始しています。また、現在、軌道内の雑草をより効率的に防除する手法についても開発を進めています。

おわりに

ここでは、人間科学研究部の紹介と最近の研究開発の一例として、運転士支援システム、踏切の安全性向上策、鉄道用地の雑草防除手法の事例を紹介しました。このほかの人間科学研究部の取り組みについては、鉄道総研のウェブサイトでもご覧いただけます(<https://www.rtri.or.jp/rd/division/rd52/>)。

今後も、鉄道の従事員と利用者に着目し、進展著しいデジタル技術を積極的に活用して、人が関わるシステムの変革に資する研究開発にチャレンジします。

文献

- 1) 中川千鶴, 鈴木綾子, 菊地史倫, 渡部貴浩, 秋保直弘, 小島崇: 個人毎に最適化した複数生理指標による強緊張状態の推定に関する検討, 人間工学, Vol.58, No.2, pp.84-95, 2022
- 2) 中川千鶴: 鉄道運転業務中の運転士の覚醒レベル変化の検知を目的とするウェアラブルデバイスを活用した状態モニタリングシステムの検討, 日本人間工学会, 第64回大会, 2023
- 3) 鐘木俊暁, 秋保直弘, 宮地由芽子: 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, 2022
- 4) 国土交通省: 鉄軌道輸送の安全にかかわる情報(平成19年度~令和2年度版), http://www.mlit.go.jp/tetudo/tetudo_tk8_000001.html(入手日: 2023年2月13日)
- 5) 鐘木俊暁: 音声メッセージ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, 第346回鉄道総研月例発表会, 2021
- 6) 斎藤綾乃, 秋保直弘, 鈴木大輔, 遠藤広晴, 水上直樹: 踏切警報音の意味の理解別に見た鳴動後の歩行者の進入意向, 第26回鉄道技術連合シンポジウム(J-RAIL)講演論文集, pp.455-458, 2019
- 7) 谷川光: 防除効果および施工性に優れた蒸気除草手法, 第360回鉄道総研月例発表会, 2023