



人間科学ニュース No.259

2025. 9. 1

- 研究開発における AI との付き合い方 長倉 清
- 遮断かんの動きと音声メッセージの組合せ～実機試験の結果～ 鏑木 俊暁
- 運転台の衝突安全性を考える 2 中井 一馬
- シミュレータを用いた自動運転乗務員のための異常時シナリオ 鈴木 大輔
- 省エネ運転に取り組む運転士の運転方法の特徴 上田 珠生
- 人の動きをカメラで計測する 田頭 尚大



研究開発における AI との付き合い方

企画室長
長倉 清

学生時代から囲碁を趣味としており、囲碁関連の情報には常に目を配っているのですが、2016 年 3 月、グーグル・ディープマインド社によって開発された囲碁 AI (AlphaGo) が、韓国のトッププロ棋士を相手に勝利を収めたというニュースには強い衝撃を受けました。これまではせいぜいアマチュア高段者程度の実力といわれてきた囲碁 AI が急遽トッププロ棋士を破ったことは、囲碁界のみならず、社会現象として世の中に広く報道されました。このときの報道の中で、AlphaGo の開発者であるハサビス氏 (2024 年にノーベル化学賞を受賞した方です) から「AlphaGo で培われた AI 技術は、医療や気象解析など様々な分野で活用されていくだろう」という趣旨のコメントがありました。当時、このコメントはあまりピンとこなかったのですが、現在の状況に鑑みると将来を正確に見通したコメントだったと改めて感じます。

さて、鉄道総研で実施している研究開発においても、AI が広く活用されるようになりました。AlphaGo がプロ棋士に勝利した 2016 年当時、鉄道総研での研究テーマで AI を活用したと言えるテーマは数えるほどしかなかったのですが、現在では幅広い分野の研究テーマにおいて AI が活用されており、鉄道の安全性や利便性の向上、省人化・脱技能化などに貢献しています。人間科学の分野においても、顔画像による運転士の覚醒レベルの推定、事故報告書の作成支援など、その活用先は広がっています。

今後、AI の活用はますます進むと思われますが、研究開発の分野において AI とどのように付き合っていけば良いのでしょうか。囲碁の世界において、AI は勝つ確率の高い手を示してくれますが、その理由については何も語ってくれません。そのため、プロ棋士たちは AI が示す手の解釈について日々検討を重ね、その結果、従来の常識がかなり覆され、囲碁界のレベルはかつてないほどのスピードで進歩しているとのことです。研究開発の分野においても、AI の有効活用のためには研究者の関わり方が重要になってきます。これまでに培われた技術や研究者のノウハウと AI 技術の融合により、革新的な技術が創出されることを願ってやみません。

☆ 第 38 回鉄道総研講演会 ☆

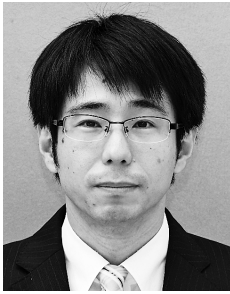
開催日時：2025 年 10 月 22 日 (水) 13:00～17:20

主 題：研究開発のコア技術の高度化ー持続可能な鉄道システムの創造に向けてー

開催場所：有楽町朝日ホール (有楽町マリオン 11 階)

※入場無料 両イベントとも事前登録のご案内を予定しております。

※最新の情報は鉄道総研ウェブサイトをご確認ください。



遮断かんの動きと 音声メッセージの組合せ ～実機試験の結果～

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音声メッセージの追加を検討しています。これまでに、これら 2 つの対策を組合せた場合の進入抑止効果について CG 映像を用いたシミュレータ実験を行い、警報中に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（人間科学ニュース No.254 号（2024 年 11 月号））。

今回は、シミュレータ実験で効果がみられた音声メッセージと遮断かんの動きを組合せた条件について、実機の踏切に実装して進入抑止効果が得られるかを実験的に検討した結果¹⁾をご紹介します。

実装した遮断かんの動きと音声メッセージ

対策を実装しない条件（現行条件）は、警報開始から遮断かん降下開始までの時間が 4 秒で降下速度が一定です。これに対して、対策を実装した条件では、遮断かんの動きの変更と音声メッセージの追加を行いました（組合せ条件）。遮断かんの動きは、遮断かんの降下開始タイミングを 3 秒早期化し、降下完了タイミングは現行条件と同様としました。

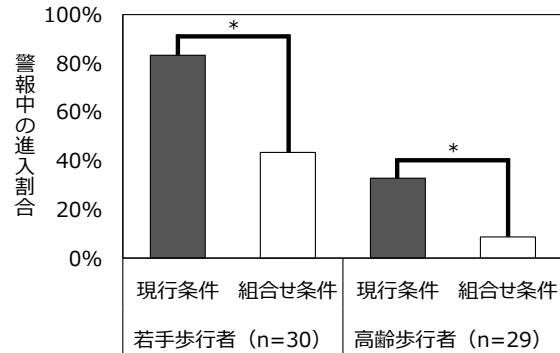
また、音声メッセージについて、声質（女性・男性）に関する先行研究²⁾では、災害発生時の避難呼びかけにおいて、女性の声の方が避難行動をより喚起することが示唆されています。このため、人間科学ニュース No.247 号（2023 年 9 月号）でご紹介した高齢者の進入割合が低下した音声メッセージ 3 種類のうち、「踏切に入らないでください（女性）」を実装しました。

対策の効果検証方法と結果

実験は、警報開始のタイミングを操作できる踏切で行うこととし、鉄道事業者の協力で営業線に繋がっていない踏切を使用しました。参加者にはスタート地点から踏切に向かって自由な速度で通行し（歩いても走ってもよいことにした）、踏切の警報音等の動作を踏まえてどのような対応をとるか、実際に行動してもらいました。実験の参加者は 20 代～30

代の若手と 65 歳以上の高齢者の男性です。

現行条件と組合せ条件について、警報中の踏切への進入割合を統計的に比較した結果を図 1 に示します。この結果、若手と高齢者どちらも組合せ条件は現行条件から警報中の進入割合がほぼ半減し、この差は統計的に有意であることを確認しています。



注)「*」は対応のある t 検定の結果、5%水準で有意差ありを示す。

図 1 現行条件と組合せ条件の警報中の進入割合¹⁾

おわりに

遮断かんの動きと音声メッセージの組合せについて、実機の踏切に実装して効果検証した結果、現行条件よりも警報中の進入割合が低下しており、対策による進入の抑止効果があることが確認できました。本対策にご関心等ございましたらお気軽にお問合せください。

ただし、今回の実験の結果では、組合せ条件でも警報中に進入する人が存在することもわかっています。今回提案した対策は、通行直前の情報提示ですが、組合せ条件で進入した人に対しては、直前の情報提示で行動を変えることが難しいと考えられます。このため、このような人に対しては、駅のデジタルサイネージや列車内のディスプレイ等を用いた日常的な情報提示により、行動変容を促すことが必要です。今後はこの様な情報提示の内容について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機試験結果、日本信頼性学会 第 32 回春季信頼性シンポジウム発表報文集、2024
- 2) 神田幸司：災害発生時の避難呼びかけに対する印象評価、日本心理学会大会発表論文集 日本心理学会第 82 回大会、2018



運転台の衝突安全性を考える 2

人間工学グループ
中井 一馬

はじめに

鉄道総研では、列車の衝突事故時の被害軽減に向けた衝突安全性に関する研究を行っており、近年は、運転士を対象とした研究に力を入れています。衝突安全対策には、運転席周りの「空間確保」、車内に発生する「衝撃緩衝」、その衝撃による運転士の運転台への衝突（2次衝突）時の「傷害軽減」という観点があり、人間工学グループでは2次衝突対策の検討を進めています。今回はその取り組みについてご紹介します。

運転台の衝突安全性評価

事故時における2次衝突をコンピュータ上で再現した数値解析の結果を、人間科学ニュース No.252号（2024年7月号）でご紹介しました。運転台の機の深さが浅いと下肢の傷害度が高まり、深いと胸腹部の傷害度が高まる傾向がみられました（図1）。数値解析の結果を検証するために、運転台のモックアップを制作して（図2、運転台機が浅め）、スレッド試験を実施しました。スレッド試験とは図2に示すようにスレッドと呼ばれる台車上に、人を模した人体ダミーと車内設備（今回は運転台）を設置し、スレッド自体に衝撃加速度を入力して事故時の車内を再現し、ダミー内に含まれるセンサから2次衝突時の傷害度を推定する手法です。

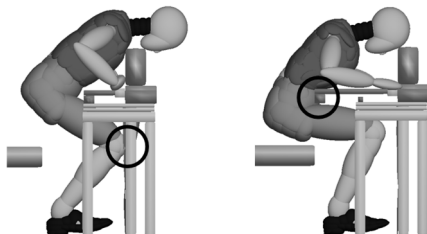


図1 数値解析の結果（左：机浅い、右：机深い）

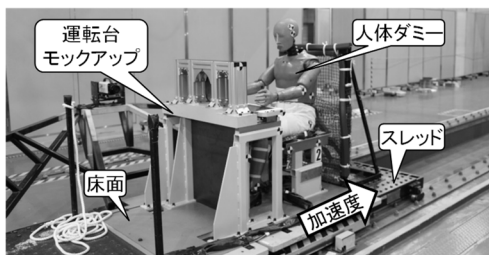


図2 スレッド試験の概況

スレッド試験時のダミーの挙動を図3に示します。紙面右側が列車進行方向なので①事故時の衝撃加速度を左側に入力します。①衝撃入力後にまず指先が計器に、②次に膝が足当て部の板材に、③最後に頭部が計器に2次衝突する挙動がみられました。胸腹部の運転台機への強い衝撃はみられませんでした。

身体全体の傷害発生リスクを把握するために、英国の鉄道業界で用いられる傷害指標で評価しました。頭部、首部、胸部、大腿部、下腿部における各傷害度を規定されている各限度値で除して比較しました（図4）。大腿部の傷害度が最も高く限度値を大きく超えた一方で、頭部、胸部と下腿部は限度値に対して十分に低いことが確認されました。

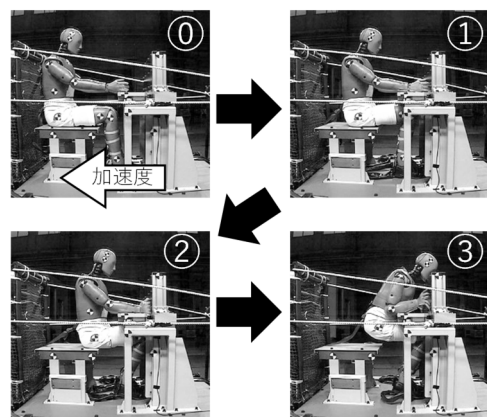


図3 ダミー挙動

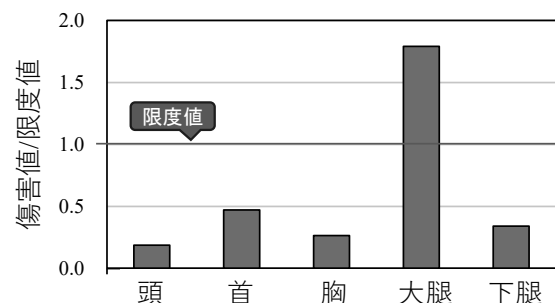


図4 傷害度の比較

おわりに

運転台の仕様により傷害発生傾向は異なると考えられます（例：机が深くなると胸部傷害度が高まる）。そこで、機の深さや計器の高さなどの仕様を条件として運転士の傷害度評価を行い、そのメカニズムを明らかにすることで、対策に向けた検討を進めています。結果については今後ご紹介する予定です。

参考文献

- 1) 中井一馬他：衝突安全性を考慮した鉄道の運転台の対策検討、第31回鉄道技術・政策連合シンポジウムプロシーディングス、2024



シミュレータを用いた 自動運転乗務員のための 異常時シナリオ

人間工学グループ
鈴木 大輔

はじめに

少子高齢化社会の日本では、鉄道事業者にとって運転士の採用が難しく、人手不足は鉄道事業の維持にとって深刻な問題となっています。鉄道事業者には業務の省力化が求められており、自動運転はそのための有効な手段の一つです。このような新たな運行形態において、乗務員の教育を効率化するために、シミュレータを用いた自動運転乗務員（運転資格を持たない係員）のための異常時シナリオについて検討しています。

ここでは、自動運転におけるシミュレータを用いた異常時シナリオを選定するために実施した「教育内容の整理」と「自動運転乗務員へのヒアリング」の取り組みについて紹介します。なお、ここでは卓上型の簡易シミュレータを想定しました。

自動運転乗務員の教育内容の整理

鉄道事業者の作業標準や異常時取り扱いマニュアルをもとに、自動運転乗務員のための教育内容を整理し、その中で、シミュレータを用いた教育が有効と思われる項目を選定しました。その結果、一部の「保安装置」や「表示・計器」、「機器配置」や「制動・起動試験」等、24 項目を抽出しました。その中から、「自動運転用列車停止ボタンの取扱い」や「臨時速度選択スイッチの取扱い」等、自動運転に特有な取扱い 6 項目を、シミュレータを用いた異常時シナリオに含める候補としました。

自動運転乗務員へのヒアリング

自動運転区間の乗務経験のある 6 名にヒアリングを行いました。「Q：自動運転シミュレータで、どのような異常時シナリオを体験したいですか？」という質問に対して、「A：信号関係、自動運転モニター、事故対応」が要望として挙げられました。「Q：運転士と自動運転乗務員で対応に何らかの違いが見られる可能性がある異常時シナリオは何だと思いますか？」に対して「A：信号関係、車両故障、事故対応」が挙げられました。

異常時シナリオの候補の選定

「教育内容の整理」と「自動運転乗務員へのヒアリング」からシミュレータを用いた異常時シナリオの候補 9 項目を選定しました。その一例を表 1 に示します。自動運転特有の取扱いについて、「自動運転用列車停止ボタン」の取扱いがあり、「信号関係」と組み合わせると、異常時シナリオとしては「踏切特発」が考えられます。また、自動運転特有の取扱いとして、「臨時速度選択スイッチ」があり、異常時シナリオとしては「強風や豪雨時における指令の指示による徐行」が考えられます。「車両関係」では、停止位置について、「所定の停止位置の手前に停車」が考えられます。

おわりに

今後は、異常時シナリオを体験中の乗務員から指令への報告等について研究を進める予定です。

ここで紹介した異常時シナリオに関する取り組みでは、九州旅客鉄道株式会社の関係者の皆様に多大なご協力をいただきました。ここに記して厚く御礼申し上げます。

参考文献

- 1) 鉄道における自動運転技術検討会 とりまとめ、2022

表 1 シミュレータを用いた自動運転乗務員のための異常時シナリオの候補の例

教育項目	シミュレータを用いた教育 が有効と思われる場面	異常時シナリオの構成要素
自動運転用列車停止ボタン	線路内の異常を発見	踏切特発
臨時速度選択スイッチ	指令からの通告	強風や豪雨時における指令の指示による徐行
車両関係	停止位置の不良	所定の停止位置の手前に停車



省エネ運転に 取り組む運転士の 運転方法の特徴

人間工学グループ
上田 珠生

はじめに

列車運行の消費エネルギーを低減する手法として、車両や地上設備の省エネ化の他に、運転方法の工夫も重要であると言われています。過去の研究では、列車の運転速度パターンのばらつきを低減することで、10%前後の省エネ化が可能であることが示されています¹⁾。

人間工学研究室では、車両技術研究部と共同で、特急列車の省エネ運転支援に関する研究を行っています。今回は、省エネ運転に取り組んでいる運転士の運転方法の特徴について調べた結果を紹介します。

運転方法の特徴

今回の分析では、運転士が携帯しているタブレット端末に搭載されたGNSSから収集された運転実績データを用いました。同じ職場に所属する66名の運転士を2群（「省エネ群」5名：省エネ運転の展開に取り組むチームに所属、「一般群」61名：その他の運転士）に分けて、同じ列車の特急列車の一つの停車駅間の運転方法を比較しました。運行全体に占める惰行割合を増やし、ブレーキを減らすとエネルギーの損失が抑えられ、省エネ効果が期待できることから、最高速度からの減速が必要となる速度制限区間の手前、停車駅手前の区間の運転方法に着目しました。図1に省エネ群、図2に一般群の典型的な運転曲線の例を示します（以下の①、②、③は図中の①、②、③に対応）。

①キロ程55～57km付近の、速度制限区間の手前で下り勾配の区間では、両群で速度を上げる運転と上げない運転が見られ、群間の運転方法の違いは確認されませんでした。

②キロ程60～65km付近の、速度制限区間の手前で平坦な区間では、省エネ群は速度制限区間の始まりに向けて早めに惰行を開始しているのに対し、一般群は制限速度に近い速度で運転する時間が長い傾向が見られました。

③キロ程68～70km付近の、速度制限区間の後で停車駅前の区間では、省エネ群では加速せずに惰行

する運転が一定数見られるのに対し、一般群では加速する運転がほとんどでした。

以上の結果より、省エネ運転に取り組んでいる運転士の運転方法の特徴として、速度制限区間の始まりに向けて早めに惰行を開始していること、停車駅が近い場合、速度制限区間の後でも加速を控えていることがわかりました。

おわりに

今後も省エネ運転パターンに関する調査を進め、運転士への教育プログラムへの応用や、運転中に使う省エネ運転支援システムの開発に向けて取り組んでいく予定です。

ここで紹介した分析では、九州旅客鉄道株式会社の関係者の皆様に多大なご協力をいただきました。ここに記して厚く御礼申し上げます。

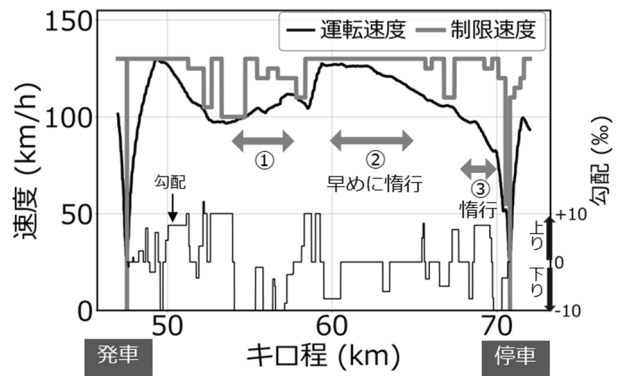


図1 省エネ群の運転曲線の例

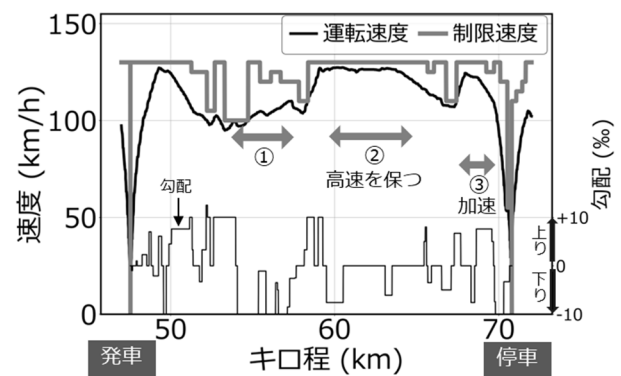


図2 一般群の運転曲線の例

参考文献

- 1) 牧健太郎他:GNSS を用いた運転実績の可視化と評価—阪急宝塚線における運行省エネ化の見積もり—、鉄道サイバネ・シンポジウム論文集、2024



人の動きを カメラで計測する

快適性工学グループ
田頭 尚大

はじめに

鉄道を利用する人の行動や利便性・快適性に関わる要因を把握するために、人の動きを常時計測したい場面が多々あります。例として、駅の利用者を対象とするのであれば、利用者の位置や姿勢をもとに各々の人がどのような経路で移動し、どのような条件で混雑が発生しているのか、助けが必要な人はいないか、などを把握することが挙げられますし、列車内の乗客であれば、乗車中の姿勢や、乗り心地に関わるような身体の揺れなどが挙げられます。

これらの計測にあたり、人の動きを目視で確認して分析する手法や、加速度計などのセンサを用いた手法が使われてきました。一方、近年の画像解析技術やAIの進歩により、人の動きをカメラで計測することが比較的容易かつ実用的な手法として認められるようになってきています。ここでは、筆者が関わってきた研究開発をもとに、人の動きを対象とした画像計測の応用例について紹介します。

研究例①：転倒・座り込みを自動で検知する

駅や列車内で発生した急病人やけが人に対しては、迅速な救護活動が求められます。近年では、監視カメラ映像に映る人の転倒・座り込みなどを自動で検知するシステムの開発が進んでおり、監視体制の省力化や早急な異常検知が期待されます。これらのシステムの多くは、人が転倒した映像や座り込んだ映像を大量に学習させた物体検出 AI を監視カメラ映像に適用して、異常状態にある人を検出します。

これらに対し、筆者らは、汎用的な姿勢推定 AI が人の骨格を検出した結果に対して転倒・座り込みと考えられる骨格配置を照合する検知手法を提案し、演算負荷を抑えた新たな転倒・座り込み検知の実現可能性を示しました¹⁾。姿勢推定 AI を活用することにより、カメラに映り込む多くの人の姿勢を同時に計測できますので、照らし合わせる骨格配置(姿勢)を変えれば、大勢の人の中から特定の姿勢の人のみを検出する手法への発展も期待できます。

研究例②：頭部の動きをカメラで計測する

次に、列車内の乗客を対象とした研究例を紹介します。乗り物酔い評価では、人の平衡感覚を担う前庭器官(内耳に存在)の動きは重要であり、車両の動揺に対する頭部の揺れ(頭部動揺)の計測が求められます。筆者らは、乗客の頭部動揺を図1のように配置したビデオカメラ2台で画像計測し、頭部の加速度・角速度を算出する手法を開発しました²⁾。

この手法は、実験参加者の身体に触れずに計測できる非接触手法であり、センサを頭部に固定する手法と比較して、実験参加者により自然な実験環境を提供できます。また、モーションキャプチャによる計測では、一般にカメラを固定する車体の座標系に基づいて頭部の動きを計測するため、頭部の前後・左右・上下の軸と計測する座標系の軸が一致しません。一方、筆者らの手法では、姿勢推定 AI を用いて検出した鼻や目の位置から車体座標系に対する頭部の回転角を推定することで、図1のように計測結果を頭部の向きに合わせて分析することができます。

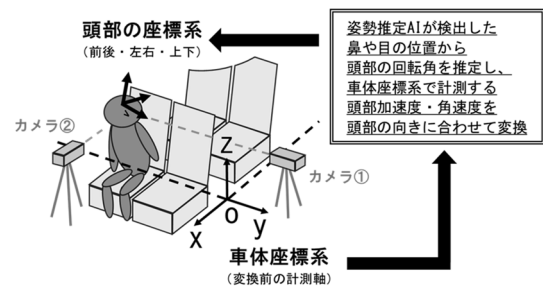


図1 開発した頭部動揺計測手法

おわりに

人の動きを計測する方法として、画像計測の応用例を紹介しました。画像計測には、高度で簡素な人物検出や非接触計測などを可能とする側面があり、効果的なデータ取得や解析への発展が期待されます。今後も引き続き、人間科学分野における画像解析技術の応用にも広く取り組んでいきます。

参考文献

- 1) 田頭尚大他：駅構内の監視カメラ映像を用いた異常判定のための転倒・座り込み検知手法に関する基礎検討、電気学会 D 部門交通・電気鉄道研究会、2024
- 2) 田頭尚大他：画像解析及び姿勢推定 AI を用いた振動環境における頭部動揺計測手法の開発、日本人間工学会第 66 回大会、2025

■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 2025-5）

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