



人間科学ニュース No.252

2024. 7. 1

- 人間と機械の役割分担 古川 敦
- 加齢と運転士の作業の負担感 中村 竜
- デジタル技術を用いた事故、ヒヤリハット情報等の収集・活用の事例調査結果 小野間統子
- あるはずのものを見落とす 斎藤 綾乃
- 運転台の衝突安全性を考える 中井 一馬
- 微生物の多様性と人 吉江 幸子



人間と機械の役割分担

理事
古川 敦

本年（2024年）1月2日に発生した、羽田空港での航空機同士の衝突・火災は、二つの点で人間と機械（システム）との関係について考えさせられた事故であった。

一つ目は、管制塔（管制官）と両機の乗務員との関係である。空中および地上での航空機間の離隔は、機械のサポートを受けつつも人と人との会話によって制御されている。これは、ATSによって制御されている鉄道とは本質的に異なる点である。過去に管制官と乗務員とのやりとりの過程で生じたミスによる事故で多くの人命が奪われ、その都度、新たな技術が導入されているが、最後は人と人とのやりとりに頼る管制システムを機械化（無人化）しようとする技術開発を筆者は寡聞にして知らない。あらゆる外的・内的条件に対応できる人工知能の実現は、ま

だ遠い先なのであろう。一方で、航空分野ではクルーリソースマネジメントと呼ばれる、コックピット内で良好な人間関係を築く方策が進んでいる。鉄道でも導入事例はあるが、参考となる面は多い。

二つ目は、全ての乗客の避難を実現した旅客機側の乗務員の行動である。賞賛の一言につきる。航空では、非常時の乗客の避難・誘導は乗務員にゆだねられている。一方、鉄道の場合、GOA4の路線では完全無人の列車が運行されている。過去には、GOA4の列車で発生した事故で、係員が当該列車に到着するまでに発生から約30分を要した事例もある。これをロボットで短縮できるであろうか？鉄道の自動運転において、非常時の乗客の避難・誘導は、今後、避けては通れない課題である。

一般的に考えると、ヒューマンエラーが無い機械の方が人間よりも安全である。ただし、あらゆる想定外の事象に対応するには、乗務員の判断が必要な場合もあろう。一方で、非常時対応のみに備える乗務員にとって、大部分を占める通常時に集中力を保ち続けるのは大変であろう。航空と鉄道では、人間と機械の役割分担の考え方は大きく異なる。正解はどこにあるのであろうか？

☆ 2024年度鉄道総研技術フォーラム ☆

開催日：2024年8月29日（木）、30日（金）

開催場所：（公財）鉄道総合技術研究所 国立研究所

東京都国分寺市光町2-8-38（JR国立駅北口：徒歩7分）

☆ 第37回鉄道総研講演会 ☆

開催日時：2024年10月18日（金） 13:00～17:20

主 題：鉄道の持続的発展を目指して－省人化と自動運転－

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。



加齢と運転士の作業の負担感

安全心理グループ
中村 竜

はじめに

少子高齢化等の影響により、鉄道でも運転士の確保は重要な課題です。この解決策の1つとして、シニア運転士の活用が注目されています。シニア運転士の活用にあたっては、加齢による体力や認知機能の変化に応じた対策の検討が求められます。しかし、これまで加齢の運転士の作業への影響は明らかになっていませんでした。そこで、鉄道総研では、加齢によって負担感が増加する運転士の作業を特定するための調査を行いました。本調査では、シニア運転士と若手運転士を以下のように定義しました。

- ・シニア運転士：「55歳以上」
- ・若手運転士：「運転経験3年以上」かつ「40歳未満」

運転作業の負担感調査

2つの鉄道事業者のシニア運転士と若手運転士を対象に、通常時の約80個の運転士の作業の負担感を5段階（1：全く大変ではない～5：非常に大変）で評価するよう求めました。その結果、約30個の作業について若手運転士よりもシニア運転士が負担感を高く評価しました。これらの作業の年齢間の負担感の差は、全てが加齢によるものとは限りません。そこで、シニア運転士の方が負担感を高く評価した作業について、具体的にどのように大変かについて、シニア運転士と若手運転士にヒアリングを行いました。

加齢によって負担感が「増加する」作業

ヒアリングの結果から、ルールや環境の変化等、加齢の影響以外で負担感が増加した作業を除外しました。その結果、出区点検、信号機の確認、時刻表・計器類の確認、進路の確認、ワンマン運転時の到着・発車の取扱い等に該当する26個の作業が加齢によって負担感が増加することが明らかになりました（表1）。

加齢によって負担感が「増加しない」作業

一方で、出勤点呼、乗務交代、構内運転、速度制御、

表1 加齢によって負担感が増加する運転士の作業

No.	作業場面	作業
1	出区点検	カバン等を持って、出場箇所まで移動
2		乗務向(車両番号)を地上から確認
3	信号機の確認	信号確認一般
4		高速運転中の信号確認
5		暗い時間帯の信号確認
6		本線運転での信号機に対する指差喚呼
7		本線運転での信号機以外に対する指差喚呼
8	時刻表・計器類の確認	時刻表の確認
9		懐中時計の確認
10		計器類の確認
11		時刻表の進入・進出制限の確認
12	進路の確認	通過区に進入する際の、信号機ホームの状況を確認
13	到着・発車の取扱い(ワンマン)	停車後のブレーキ操作(車種防止)
14		ホームを確認して扉の開閉
15		発車前の出発信号機の確認
16		発車時刻の確認
17		ATSチャイムの取扱い
18		発車時の出発信号機の確認
19		発車時の進出制限確認
20		進出時のワンマンミラー確認
21		発車後、到着前の放送ボタン押下作業
22		その他
23	高速運転	
24	遅延が発生している中での運転	
25	指差	
26	喚呼	

退勤点呼、踏切支障時の対応、天候不良時の取扱いに該当する作業は、加齢による負担感の増加は見られないことが明らかになりました。

シニア運転士の支援策の検討に向けて

本調査結果は、負担を軽減したシニア運転士用の行路や作業内容を検討する参考になると考えています。例えば、ヒアリングではほとんどのシニア運転士が、時刻表や計器類の確認について「暗くて見えにくい」と回答しましたが、文字が小さくて見えにくいという意見はほとんどなく、「明るければ見える（新しい車両は明るくて見えやすい）」という回答が多く得られました。このことから、運転台を明るくすることによって負担感は軽減されると考えられます。

さらに、鉄道総研では加齢による負担感の増加に影響する認知機能変化に関する調査を実施し、この認知機能変化を軽減する「鉄道運転士用認知機能訓練の開発」に取り組んでいます。

参考文献

中村他：加齢による運転士の作業の負担感の増加と関連する機能、鉄道総研報告、2024



デジタル技術を用いた 事故、ヒヤリハット情報 等の収集・活用の事例 調査結果

安全心理グループ
小野間 統子

はじめに

2006年に開始された運輸安全マネジメント制度では、安全管理体制の構築・改善を図るためのベースの1つとして、事故、ヒヤリハット情報等を収集・活用し、事故等の再発防止・未然防止のための対策を講じることを明示しています。

これまで、鉄道事業者では、事故、ヒヤリハット情報等の収集・活用は、各現場で社員が記入用紙に記入して報告する等、紙ベースで行っているケースが多く見られました。しかし、近年、労働人口減少やIT技術の進展等を背景に、様々な分野においてデジタル技術を活用した業務変革が注目されており、事故、ヒヤリハット情報等の収集・活用においてもデジタル化が進められています。そこで、どのようなデジタル技術が活用されているのか、事例調査¹⁾やヒアリング調査等を行う調査研究を実施しました。本稿では、事例調査の結果の一部について報告します。

収集・活用のフェーズの分類

事故、ヒヤリハット情報等の収集・活用には、現場での情報収集、分類や分析、対策の策定・実施、情報の周知等の様々なフェーズがあり、デジタル技術の導入状況は各フェーズによって異なる可能性があります。そこで、今回の事例調査では、事故、ヒヤリハット情報等の収集・活用の取り組みのうち、調査時点においてデジタル技術活用の可能性が考えられる取り組みをいくつかのフェーズに区切って分類しました。フェーズの区切り方と各フェーズの定義は、国土交通省の資料²⁾をもとに本調査独自に作成し、報告・収集、集約、分類・リスク評価、傾向分析・原因分析、展開・周知としました。

事例調査結果

調査対象は、幅広い事例を集めるために、鉄道・航空・自動車・海事分野における公開情報、事例、書籍としました(例:運輸安全マネジメント表彰事例、運輸安全取組事例、運転協会業務研究、安全報告書等)。調査の結果、事故、ヒヤリハット情報等の収集・活用

に関する取り組みの事例数は302件あり、そのうち、デジタル技術の導入事例は77件でした。各フェーズのデジタル技術導入の割合を図1に示します。

報告・収集フェーズは25%で、具体的な事例は、「報告用システム・フォーム・ポータルサイト・アプリ等」、「メール送信」等でした。集約フェーズは28%で、具体的な事例は、「報告を共有データベース(社内サーバー・クラウド上等)に集約」、「担当者が報告をデータファイル(Excel等)に集約」等でした。展開・周知フェーズは43%で、具体的な事例は「社内システム・ソフトウェア・ポータルサイト・アプリ等で職場や個人の端末に配信」、「職場の情報展開用のディスプレイ・モニターに投影」等でした。この結果から、報告・収集、集約、展開・周知では、デジタル技術が比較的導入しやすいことが推察されました。

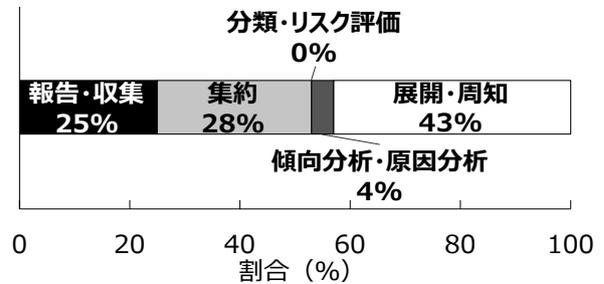


図1 デジタル技術を用いた事故、ヒヤリハット情報等の収集・活用における各フェーズの割合

※ 1つの事業者の取り組みが複数の公開情報でみられた場合は1件と計上した

おわりに

ここでは、事例調査の一部をご紹介しましたが、調査研究全体の成果として、鉄道事業者で導入されているデジタル技術の事例や工夫等を事例集にまとめました。弊所鉄道技術推進センター会員の法人の方は、会員HPからアクセスしてご覧いただけます(2024年7月中掲載予定)。デジタル技術の導入による効果的、効率的な事故、ヒヤリハット情報等の収集・活用の参考となれば幸いです。事例集については、今後の機会に紹介できればと考えています。

参考文献

- 1) 小野間統子 他: リスク情報の収集・活用におけるデジタル技術導入段階評価指標の試作、第36回日本リスク学会年次大会、2023
- 2) 国土交通省: 事故、ヒヤリ・ハット情報の収集・活用の進め方～事故の再発防止・予防に向けて～(鉄道モード編)、2019



あるはずのものを 見落とす

人間工学グループ
齋藤 綾乃

はじめに

かなり前のことですが、実験室に置いてあるはずの身長計が見つからなくて「すわ、紛失か」と焦ったことがあります。何人かで探したのですがなかなか見つかりませんでした。結果としてその部屋の中にあっただけですが、見落としについて考えさせられた体験だったのでご紹介します。

見落としの要因

身長計は図1左のように、同じようなアルミ材の試作物の隣に、横倒しに置いてありました。普段は立てて置いてあるのですが、持ち出した人が戻った際に、転倒防止の観点でこのように置いたのかもしれませんが。身長計のような大きなものを見落とすとは驚きですが、このケースには見落としやすいポイントがいくつか含まれているように思います。

まず、身長計が横倒しになっていたことです。筆者が探していたのは図1右に示すような典型的な見え方の身長計でした。そのため、床から空中に突き出たものを見つけようとしており、比較的室内の高い場所、身長計の横規がついているあたりの高さを探していました。床面も見ただけで横倒しの身長計も視界には入ってはいなかったはずですが、探していたイメージと違うので認識できませんでした。人は見つけようと

していないものは見つけにくいのですが、その好例と言えます。

次に、その場所に他のものが置いてあることを知っていたため、「だからここにはない」という思い込みもありました。一度だけでなく何度か探したのですが、人には一度見て見つからなかったところには注意が向きにくくなる傾向もあります。

さらに、周囲に身長計と色と形が同じようなアルミ素材のものが置いてありました。周囲のものと色や形が似ているというのも見落とししやすい要因です。

対策

これらの逆、つまり、

- ①見つけようとしているもののイメージをはっきり持つこと
- ②出現場所が予測できること
- ③周囲のものと区別できるようにすること

は、見落としの対策となります。例えば、あらかじめ身長計が横向きに置いてあることを知らせたり（上記①）、そのような画像を見せておいたり（①）、「〇〇の近くにありますが」と場所を絞ったり（②）、身長計に目立つシールが貼ってあったり（③）すれば、すぐに見つかったのではないのでしょうか。

おわりに

見落としの対策というと、対象物を周囲から目立たせるということに関心が向きがちだと感じます。それももちろん重要ですが、①や②のような、見つける人間側の構えについての対策もまた重要です。そのことを改めて実感した事件でした。

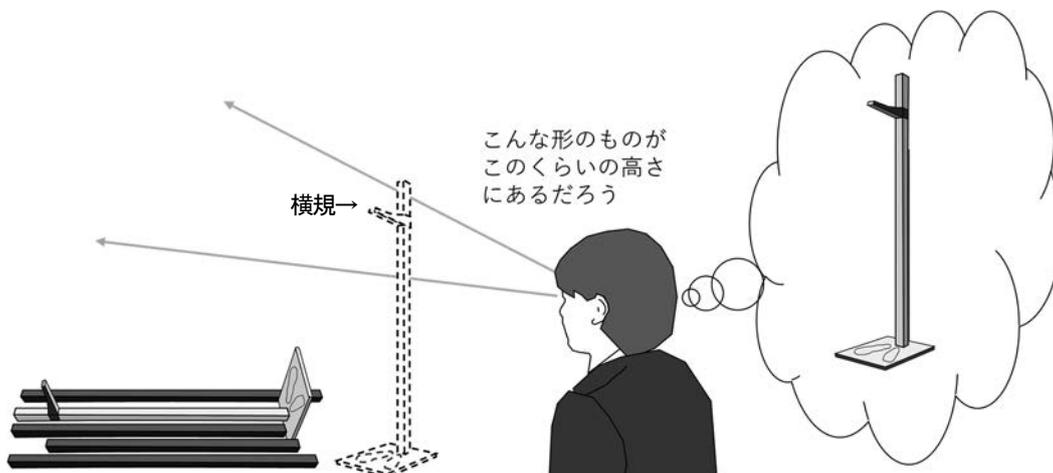


図1 探す際にイメージした身長計と実際の置かれ方



運転台の衝突安全性を 考える

人間工学グループ
中井 一馬

はじめに

鉄道総研では、列車の衝突事故が発生した際の被害を抑える（衝突時の安全性を高める）ための研究を行っています。これまで乗客を対象とした車内設備の検討を進めてきましたが（人間科学ニュース No.238号（2022年3月号）、No.246号（2023年7月号））、2023年度から、運転士を対象とした運転台の衝突安全性に関する研究にも力を入れています。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について

運転台の衝突安全性に関して、英国の基準では運転席まわりの「空間確保」と、運転士の運転台への衝突（2次衝突）時の「傷害軽減」の観点で定量的に規定されています。人間工学グループでは運転席まわりの「空間確保」を前提とした、2次衝突対策の検討を進めています。

欧米における近年の2次衝突対策に関して調査すると、ニーボルスター（運転台の、運転士の膝があたる箇所の緩衝対策）の検討例が幾つか報告されています。また、エアバックの検討例が英米で報告される一方で、エアバックを用いずに運転台への胸腹部の2次衝突を考慮した緩衝材を設置する仏からの報告例もありました。各国の状況により、対策検討の方向性は異なっているようです。

運転台の対策検討の方向性について

わが国ではそもそも衝突安全の基準がなく、対策の方向性から考える必要があります。そのために、運転士の傷害発生状況を推定することが有効です。傷害発生状況は、おもに想定する事故シナリオ、車体構造や運転台仕様などに依存します。そこで、事故シナリオと車体構造は乗客を対象とした研究と同様に、22トンのダンプカー側面にステンレス構造の鉄道車両が54km/hで衝突する踏切事故を想定しています。この場合に発生する衝撃加速度において、運転台の形状などの仕様が運転士の傷害にあたる影響を数値解析で検討しました¹⁾。

数値解析による検討

図1に示すように、運転台モデルに運転士を模した人体モデルを配置し、事故を想定した衝撃加速度を入力することで運転士の挙動や傷害度を推定します。例えば運転台の深さを条件とした場合は、運転台が浅い（図2左）と頭部の前方への飛び出し量は大きくなり、かつ胸部より先に下肢が2次衝突して下肢傷害度が高まります。一方で、運転台が深い（図2右）と頭部の飛び出し量は小さく、胸腹部が先に2次衝突することによって胸部の傷害度が相対的に高まり、下肢傷害度が低下する傾向が見られました。つまり、運転台の深さの違いにより有効な対策（頭部飛び出し量を抑える、下肢傷害度を抑える、胸部傷害度を抑えるなど）の方向性は異なるといえます。

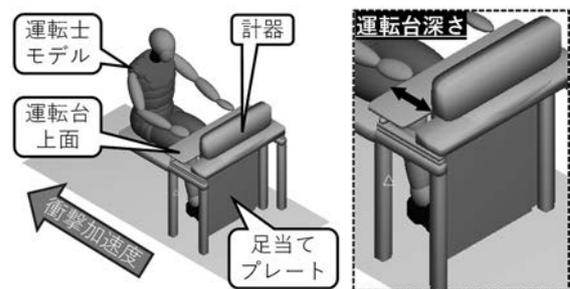


図1 運転士の数値解析の概要



(運転台が浅い条件) (運転台が深い条件)

図2 運転士の挙動推定

おわりに

運転台の衝突安全性に関する欧米の検討例や鉄道総研で実施した数値解析による検討結果を示しました。現在は、数値解析の精度検証や傷害発生状況の把握のため、解析で用いた運転台モデルを実際に製作して、それを用いた衝撃試験を実施しています。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：数値解析による運転台の衝突安全性評価、第30回鉄道技術・政策連合シンポジウムプロシーディングス、2023



微生物の多様性と人

快適性工学グループ

吉江 幸子

はじめに

近年、「多様性」という言葉をよく耳にします。人間の社会では、さまざまな特徴や特性を持つ人が同じ組織やグループの中に共に存在することをいいます。お互いを認め合い、さまざまな視点を取り込みながら、それぞれの能力を活かすことで他組織との競争力を高めていくことにもつながります。では微生物の世界ではどうでしょうか。ここでは、微生物の多様性に目を向けてみたいと思います。

微生物の多様性

地球上には、一説では、 10^{30} 個の微生物（ここでは細菌と古細菌）¹⁾がいると推定されています。この推定値から、実は世界の人口とは比べものにならないくらいの微生物が存在していることがわかります。微生物は、人の体内から、生活環境の表面、空気、土壌、海水、地殻内などに至るまで、あらゆるところに生息しています。

昨今の遺伝子解析技術の発展により、その環境に存在する微生物の全ての遺伝子をまとめて解析することができるようになってきました。この遺伝子情報をもとに、環境中の微生物の種類とその割合を解析し、さまざまな環境の微生物の多様性が調べられています。微生物の多様性はさまざまな尺度で示されますが、代表的な尺度では、種類の数が多く、かつその割合が均等であるほど多様性が高いといえます。

健康との関係

私たちの腸の中には 100 兆個もの微生物が生息しているといわれています。近年、腸内に生息する微生物の多様性とさまざまな疾患との関わりが明らかになってきました。腸内微生物は、腸内で人の免疫細胞と関わってバランスを保っており、多様性が低くなるなどしてそのバランスが崩れると、疾患の発症にもつながるといわれています。このように、体内の微

生物の多様性は、人の健康に密接に関わっています。

では、体内ではなく、生活する環境中の微生物の多様性は、人にどのように影響するのでしょうか。ほとんど植物がなかった都市部の複数の保育園を 2 つのグループに分け、片方のグループの園庭に林床と芝生を設置して、園児への影響を比較した研究があります²⁾。約 1 か月後に、園児の皮膚上の微生物の多様性と血液中の免疫に関わる物質を調査したところ、林床や芝生を設置したグループでは、微生物の多様性が高くなり、免疫系に関しては、抗炎症作用に関する血液中の物質が増加するなど、良い方向への変化が見られました。このことから、多様な微生物を含む自然に触れあうことで、これらの変化があった可能性があると考えられています。今後、より多くの知見が集まることで、環境中の微生物の多様性と免疫の関係も明らかになると考えられます。

おわりに

微生物は私たちの身近に存在し、人やその他の生物と共存しつつ、微生物の中でも多様性を維持しながら生きています。今回ご紹介したように、この微生物の多様性を保つことは、人の健康にとって良い影響をもたらすことも明らかにされつつあります。都市化が進み、自然との触れ合いが少なくなったり、感染症の流行の経験から、過度に消毒剤や抗菌・抗ウイルス剤を使用することは、本来、人にとってもよい影響を与える可能性のある微生物の多様性のバランスを崩してしまうことにもなりかねません。微生物の多様性と人との関係は、まだ明らかになっていないことがたくさんありますが、今回ご紹介した内容がより良い微生物との付き合い方を考えるきっかけになれば幸いです。

参考文献

- 1) 国立研究開発法人理化学研究所バイオリソース研究センター微生物材料開発室: ハローMicrobes (第 3.3 版)、2019
- 2) Roslund, M. I. 他: Biodiversity intervention enhances immune regulation and health-associated commensal microbiota among daycare children, *Sci. Adv.*, 2020

■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 2024-4)

■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