

鉄道一般
車両
施設
電気
運転・輸送
防災
環境
人間科学
浮上式鉄道

運転士の視線を可視化する

鉄道の運転士はさまざまな異常事象に対応することが求められており、この対応力を向上させるために運転シミュレーターを用いた訓練が行われています。また、前方に発生する異常事象をいち早く発見するためには、運転士の視線の動きが重要だと考えられます。そこで、異常時対応シミュレーター訓練において異常事象を発見できた運転士とできなかった運転士の注視行動をグラフ化して比較しました。ここでは、走行速度の異なる2つのシナリオ（高速と低速）における視線データの解析から得られた運転士の注視行動の特徴について紹介します。



鈴木 大輔
Daisuke Suzuki
人間科学研究部
人間工学研究室
主任研究員
【専門分野】安全人間工学、ヒューマンファクターズ



山内 香奈
Kana Yamauchi
人間科学研究部
安全心理研究室
室長
【専門分野】心理測定・評価、社会心理



松浦 理
Satoru Matsuura
北海道旅客鉄道株式会社
運輸部 運用課(運転士)
主席
【専門分野】運転士指導

はじめに

運転中に前方に発生する異常事象にいかに関心を持って着目すると、運転士の注視行動（注視対象物や注視時間）のあり方が重要だと考えられます。運転士の注視行動に関しては古くから研究されています。鉄道総研の人間科学研究部の前身である鉄道労働科学研究所において、列車運転中の注視割合が算出されました¹⁾。その結果、車外は約80%、車内機器は約15%、その他は約5%でした。また、車外のうち前方は約50%、信号は約25%、その他は約25%でした。また、西日本旅客鉄道株式会社の安全研究所においても注視割合が分析され²⁾、車外は約85%、速度計・時刻表・時計などは約15%でした。車外のうち前方は約65%、信号は約10%、標識は約10%、その他は約15%でした。しかしながら、通常運転時の注視配分については研究されている一方、異常事象の発見

と注視行動の関係は検討されてきませんでした。

他の交通分野についてみると、自動車分野の研究³⁾では、周囲に他の車両がない場合と比較して、複雑な状況の走行場面では一回あたりの注視時間が短くなるといわれています。これは他の車両の急な進路変更などを見逃さないためにさまざまな注視対象物を確認するためだと考えられています。また、船舶分野の研究⁴⁾では、出港時と比較して洋上では一回あたりの注視時間が長くなるといわれています。これは一様な海面から浮遊物などの注視対象物を探し出そうとするためだと考えられています。

筆者らは、異常事象に気付く運転士の注視行動を明らかにするために、異常時対応シミュレーター訓練において運転中に前方に発生する異常事象を発見できた運転士とできなかった運転士の視線の動きについて検討してきまし

注視

視線の動きは「移動」と「注視」に分けられます。「注視」は視線が一点に停留している状態です。人間は視線の移動と注視を繰り返す、注視している間に視覚情報を得ています。視線研究では、注視点を抽出し注視時間などを分析します。



図1 視線検知装置付き運転シミュレーター

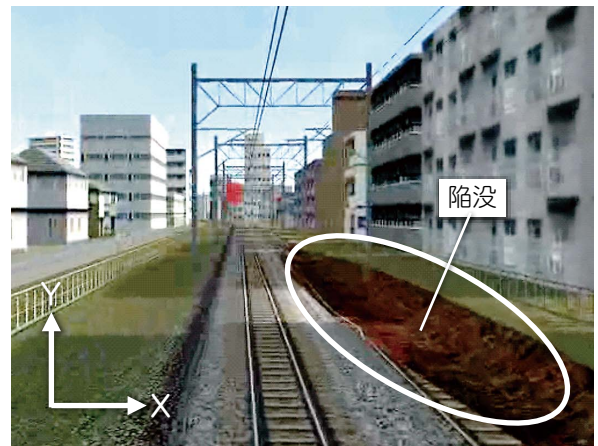


図3 陥没箇所の様子(赤印は注視点の例)

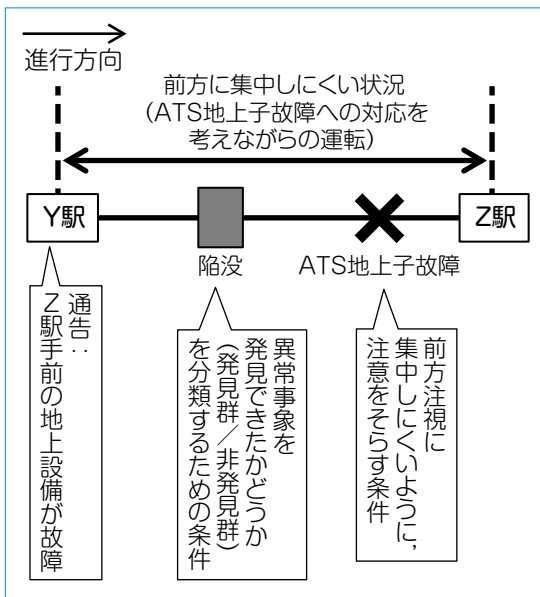


図2 高速走行における運転シナリオの概要

た^{5)~7)}。ここでは、高速走行と低速走行における運転士の注視行動をグラフ化して比較することによって得られた知見を紹介します。

高速走行における検討

現役の運転士を対象とした異常時対応シミュレーター訓練のデータを分析しました。

方法

列車運転の模擬とデータ収集には視線検知装置付き運転シミュレーター⁸⁾(三菱プレジジョン株式会社製)を使用しました(図1)。視線計測には、シミュレーターに搭載された非接触型の視線検知装置を使用しました。

参加者は、鉄道事業者の運転士121名(すべて男性)、年齢は23~59歳(平均41歳、標準偏差11歳)でした。半年に1回、職場で実施される定期的なシミュレーター訓練の一環として参加しました。

運転シナリオは、高速走行において前方の異常事象に気付きにくい状況とするために、二つの異常事象に同時に対応する課題としました(図2)。

まず、Y駅で「Z駅手前の保安装置の地上設備が故障している」ことを通告しました。地上設備が故障している場所では一旦停止することになっています。そのため、運転士は当該の場所を探すために、線路脇のキロ程標識などに注意を向ける

必要があります。前方に集中できない状況となります。次に、地上設備が故障している場所の手前で右側の隣接線が陥没している設定としました(図3)。約90km/hまで加速しノッチオフ後、惰行運転中に当該の陥没箇所には到達しません。陥没を発見した場合、直ちにブレーキをかけることになっています。地上設備の故障への対応を考えながら運転している状況で、陥没に気付くことができるかというシナリオ構成になって

います。なお、地上設備の故障への対応を確認するために、陥没を発見しブレーキをかけて停止した場合でも、その後に運転を再開し地上設備が故障している場所まで運転を継続しました。

陥没箇所を通り過ぎる前に停止した運転士を発見群、ブレーキをかけずに陥没箇所を通り過ぎた運転士を非発見群と分類しました。分析区間は陥没箇所の手前の直線区間30秒程度としました。異常事象に気付いたことによる影響を除くため、両群とも陥没箇所が見える前の区間を分析対象として、影響を受ける前の視線データを分析に用いました。

視線検知装置は、眼球や目蓋の個人差、眼鏡やコンタクトレンズの種類により視線検知率が100%になりません。このため、参加者121名のうち高い検知率で視線を検知できていた66名を分析対象としました。

視線データの分析にはSight Tracker Editor(株式会社エモヴィス製)を用いて、コマずつコマ送りで再生し注視点を抽出しました。抽出した注視点の注視位置と注視時間を計測しました。

結果

地上設備が故障している場所で一旦停止をしなかった運転士はいませんでした。参加者121名のうち陥没箇所を通り過ぎる前に停止した運転士(発見

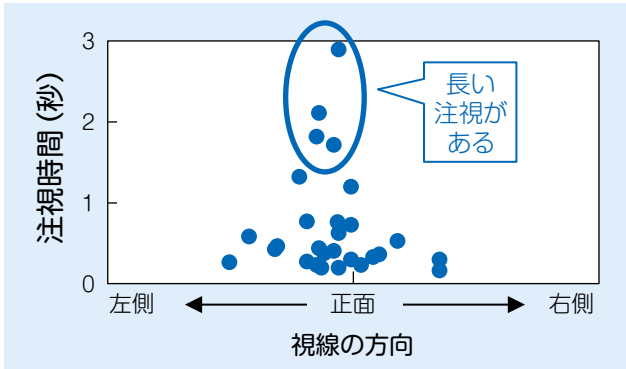


図4 高速走行における発見群の注視点の例(1名)

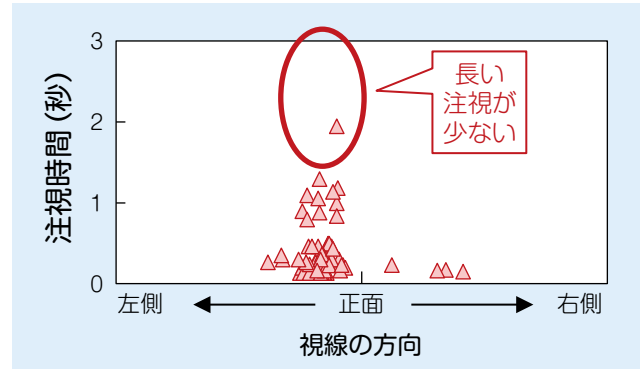


図5 高速走行における非発見群の注視点の例(1名)

群)は91名(75%), ブレーキをかけずに陥没箇所を通り過ぎた運転士(非発見群)は30名(25%)でした。視線データの分析対象者66名のうち、発見群は47名(71%), 非発見群は19名(29%)でした。

各群における注視時間と注視位置の違いがわかる例を図4, 図5に示します。図4は発見群, 図5は非発見群の注視点の例であり, それぞれ1名の結果例です。散布図の横軸は視線の左右方向の位置, 縦軸は注視時間を示し, 各プロットは注視点を意味します。これらの散布図は左右方向のどの位置をどの程度の長さ注視していたかを示しています。両群とも正面付近に長い注視があり, 左右にそれと注視が短くなる傾向でした。これは, 前方正面の比較的遠くを長い時間注視し, 短時間の注視で左右の標識や信号などを確認していたためと考えられます。各群の特徴をみると, 発見群は2秒以上の長い注視と1秒以下の短い注視が混在しているのに対して, 非発見群では2秒以上の長い注視が少ない傾向でした。

このことから, 長い注視と短い注視がバランスよく混在していることが, 高速走行においてさまざまな注視対象物を確認したうえで, 特定の注視対象が少ない前方正面の異常事象にも気付くのに適した注視行動であると考えられます。

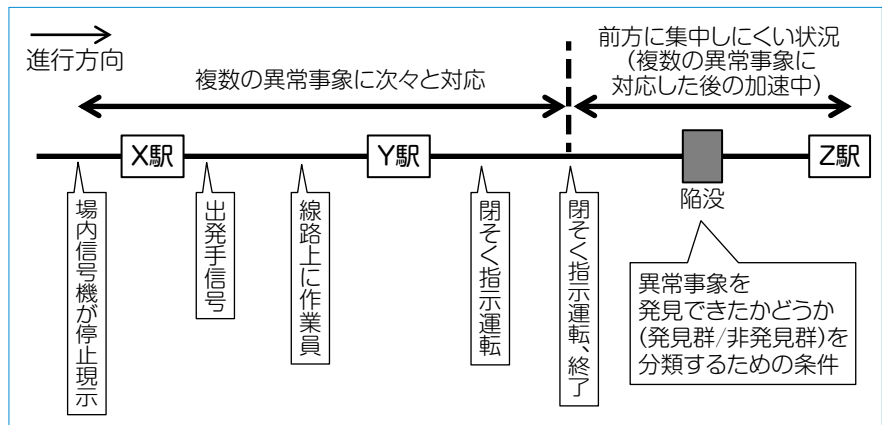


図6 低速走行におけるシナリオの概要

低速走行における検討

方法

高速走行における検討と同様の視線検知装置付き運転シミュレーターを使用しました。

参加者は, 鉄道事業者の運転士128名(すべて男性), 年齢は24~65歳(平均41歳, 標準偏差12歳)でした。半年に1回, 職場で実施される定期的なシミュレーター訓練の一環として参加しました。

運転シナリオは, 低速走行において前方の異常事象に気付きにくい状況とするために, 異常事象に次々と対応する課題としました(図6)。場内信号機の停止現示, 出発手信号, 線路上の作業員, 閉そく指示運転に対応した後, 通常運転となり約15km/hから加速する場面において, 隣接線が陥没しているというシナリオとしました。

高速走行における検討と同様に, 陥

没箇所を通り過ぎる前に停止した運転士を発見群, ブレーキをかけずに陥没箇所を通り過ぎた運転士を非発見群と分類しました。分析区間は陥没箇所の手前の直線区間30秒程度とし, 注視位置と注視時間を計測しました。参加者128名のうち高い検知率で視線を検知できていた73名を分析対象としました。

結果

参加者128名のうち陥没箇所を通り過ぎる前に停止した運転士(発見群)は85名(66%), ブレーキをかけずに陥没箇所を通り過ぎた運転士(非発見群)は43名(34%)でした。視線データの分析対象者73名のうち, 発見群は51名(70%), 非発見群は22名(30%)でした。

各群における注視時間と注視位置の違いがわかる例を図7, 図8に示します。図7は発見群, 図8は非発見群の

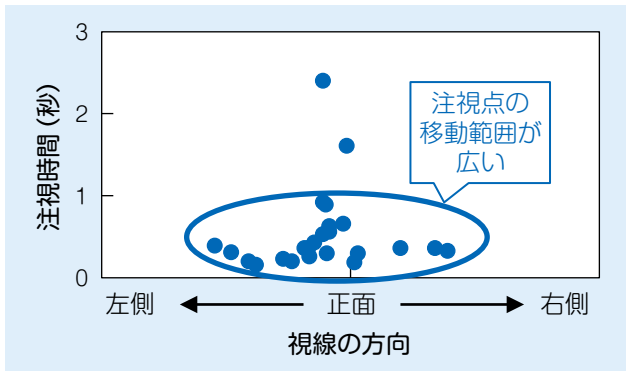


図7 低速走行における発見群の注視点の例(1名)

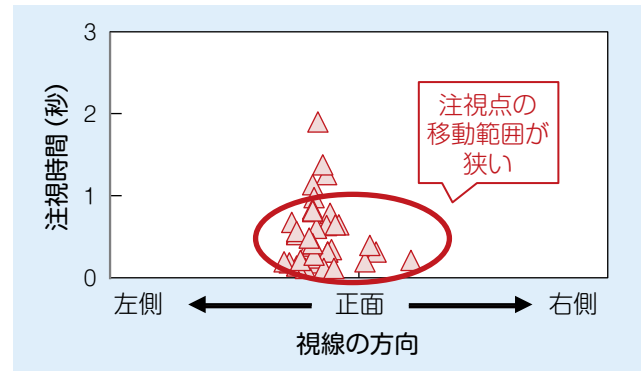


図8 低速走行における非発見群の注視点の例(1名)

注視点の例であり、それぞれ1名の結果例です。高速走行における検討と同様、散布図の横軸は視線の左右方向の位置、縦軸は注視時間を示し、各プロットは注視点を意味します。発見群は注視点の左右方向の移動範囲が広いのに対して、非発見群では狭い傾向でした。

このことから、視線を広く移動させることが、低速走行においてさまざまな注視対象物を効率的に確認し異常事象に気付くのに適した注視行動であると考えられます。

おわりに

異常時対応シミュレーター訓練において、走行速度の異なる二つのシナリオ(高速と低速)での視線データを分析し、異常事象を発見できた運転士と発見できなかった運転士の注視行動の違いについて検討しました。発見群の注視行動のイメージを図9に示します。高速走行では比較的遠くの正面を長い時間注視していることが多く、前方を奥行方向に深く見ていると考えられました。低速走行では比較的近くの注視点の移動範囲が広く、前方を左右方向に広く見ていると考えられました。これらは、運転士の育成において、「事象が重複した場合に、どこに注意が向いていたのか」や「気になる一点に集中し過ぎていないか」を指導する際に参考となる視線データであると思われます。

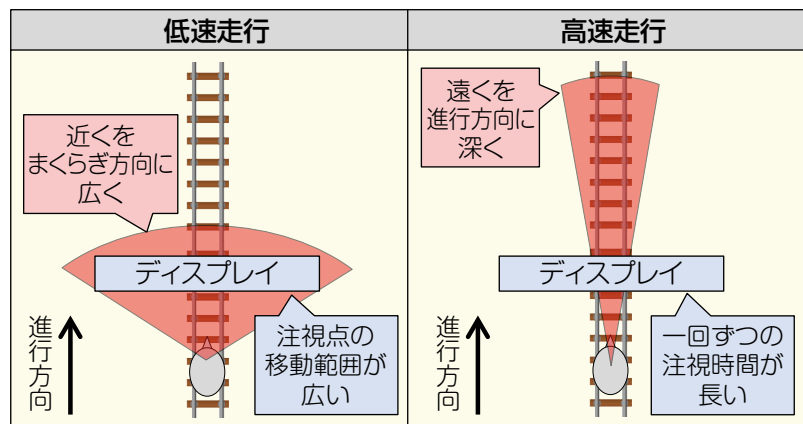


図9 発見群の注視行動のイメージ

これらの知見を運転士の教育に活用するためには、視線データを当該運転士にフィードバックすることが考えられます。効果的なフィードバック方法について、現在、検討しています。

また、今回の運転シナリオでは前方の注視に着目しましたが、他のシナリオでは運転室内の計器や時刻表などの

注視が重要となる場合も想定されます。今後は計器などを確認するために前方から視線がそれる場合などについて研究を進める予定です。[RRR]

文献

- 1) 水田淳一, 伊南盛治, 吉岡哲二, 工藤盈, 伊藤祐天, 飯山雄次: 列車運転における視作業分析, 人間工学, Vol.11, No.2/3, pp.55-61, 1975
- 2) 西本嗣史, 宗重倫典: 運転士の注視行動に関する研究(2) - 夜間および日中走行結果の比較 -, JREA, Vol.56, No.11, pp.31-34, 2013
- 3) 三浦利章: 行動と視覚的注意, 風間書房, pp.86-90, 1996
- 4) 福田忠彦, 渡辺利夫: ヒューマンスケープ 視覚の世界を探る, 日科技連出版社, pp.192-193, 1996
- 5) 鈴木大輔, 山内香奈, 塩澤幹大, 石坂直弘, 鈴木寿, 吉田鷹夫: 異常時対応シミュレーター訓練における列車運転士の注視行動, 人間工学, Vol.53, Supplement, pp.192-193, 2017
- 6) 鈴木大輔, 山内香奈, 松浦理: 異常時対応シミュレーター訓練における列車運転士の注視行動-列車の加速過程を対象とした検討-, 人間工学, Vol.54, Supplement, 2F2-5, 2018
- 7) 鈴木大輔, 山内香奈, 松浦理: 異常事象に気付く運転士の注視行動, 鉄道総研報告, Vol.33, No.1, pp.17-22, 2019
- 8) 石坂直弘: 運転士対応力向上シミュレーターの導入, サイバネティクス, Vol.20, No.3, pp.4-7, 2015