鉄道運転シミュレータにおける視線データを用いた振り返り

○鈴木 大輔、菊地 史倫（公益財団法人鉄道総合技術研究所）

小池 隆治（株式会社エモヴィス）

片野 博行（西日本旅客鉄道株式会社）

Gaze data feedback on railway driving simulator

Daisuke SUZUKI, Fumitoshi KIKUCHI (Railway Technical Research Institute),

Takaharu KOIKE (Emovis Corporation),

Hiroyuki KATANO (West Japan Railway Company)

1. はじめに

鉄道の運転においては、運転士の前方確認のあり方が重要だと考えられる。鉄道運転士の前方確認について、通常運転時の注視配分が研究されてきた。水田ら¹⁾は列車運転中の注視割合を算出し、車外のうち前方は約50%、信号は約25%、その他は約25%であった。西本ら²⁾も注視割合を算出し、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%であった。また、異常事象の発見と注視行動の関係について、鈴木ら³⁾は、約90 km/hでの惰行運転中に異常事象を発見できた運転士は前方正面の総注視時間が長く、一回あたりの注視時間も長いことを示した。

前方確認の仕方について教育するためには、シミュレータ等による訓練運転後に、「運転中の自身の注視行動を振り返ること」が有効であると考えられる。振り返りの訓練効果については、運動学習の分野で研究されてきた。村山ら⁴⁾はフライングディスク・サイドアームスローを対象に、映像の即時フィードバックの有無による技術向上について比較した。その結果、フィードバックを行った群において、課題の成功回数が多くなり、技術向上の効果が確認された。また、杉山ら⁵⁾は、バスケットボールのミドルシュートを対象に、シュート成功率が高い選手の注視行動を成功率が低い選手に映像で提示する効果について検討した。その結果、シュート成功率が低かった選手の注視行動は成功率が高い選手の注視行動に近づき、シュート成功率が向上した。しかしながら、振り返りの効果について、運転中の注視行動を対象とした検討はなされていない。そこで本研究では、視線データを用いた振り返りの効果を検証するために、「振り返り前」と「振り返り後」の注視行動を比較した。

2. 方法

本研究ではシミュレータによる現役の運転士を対象とした異常時対応訓練のデータを用いた。

2.1 装置

列車運転の模擬及びデータ収集には鉄道運転シミュレータ（三菱プレジジョン株式会社製）を使用した。視線計測には、シミュレータに搭載された非接触型のアイトラッカーを使用した。計測前にキャリブレーションを行い、運転開始後にサンプリングレート30Hzで記録した。

前方映像は運転席から900mm離れた42インチ液晶ディスプレイ（高さ520mm×幅930mm）に投影した。ディスプレイの視角について、縦方向は32.2度、横方向は54.7度であった。

2.2 参加者

参加者は鉄道事業者の運転士43名、年齢は28～61歳（平均40.8歳、標準偏差9.8歳）であった。経験年数は2～36年（平均13.8年、標準偏差9.8年）であった。定期的な訓練の一環として参加した。

2.3 手順

運転区間は、仮想線区のA駅からB駅までの一駅間とした。信号や速度計の確認等に余裕のない運転とするために、列車遅延を想定した。A駅を30秒遅れて発車し、遅れがない場合（通常時）の加速は80 km/hまでのところ100 km/hまで加速し、踏切やトンネルを通過後、B駅に停車するという運転シナリオとした。

参加者に対して列車遅延の想定を説明後、上記の運転シナリオを実施し、「振り返り前」の視線データを取得した。次に、上記の運転シナリオ実施時の視線データを用いて、振り返りの手順書に沿って、「駅出発時は特に信号機やホーム旅客の安全を確認すること」、「加速終了時は計器類を確認する際になるべく前方から視線が逸れないようにすること」等を指導した。視線データを用いた

振り返り後に再度、上記の運転シナリオを実施し、「振り返り後」の視線データを取得した。

2.4 分析項目

運転シミュレータが出力する注視対象物（信号機、踏切、計器類等）の注視時間について分析した。分析対象区間は、列車遅延時に余裕がなくなると考えられる駅出発時と加速終了時とした。

各運転士について、それぞれの区間における各注視対象物の総注視時間を集計した。振り返り前後の平均値に差があるかについて、 t 検定を行った。有意水準は5%とした。統計解析にはエクセル統計（株式会社社会情報サービス製）を使用した。

3. 結果

駅出発時における信号機とホーム旅客に対する総注視時間の平均値を図1に示す。信号機について、振り返り前は2.2秒、振り返り後は2.7秒となり、振り返り後は有意に長かった[$t(42)=2.05$, $p<0.05$]。また、ホーム旅客について、振り返り前は1.8秒、振り返り後は2.5秒となり、振り返り後は有意に長かった[$t(42)=2.31$, $p<0.05$]。

加速終了時における計器類と踏切に対する総注視時間の平均値を図2に示す。計器類について、振り返り前は0.4秒、振り返り後は0.2秒となり、振り返り後は有意に短かった[$t(42)=3.81$,

$p<0.05$]。また、踏切について、振り返り前は0.3秒、振り返り後は0.6秒となり、振り返り後は有意に長かった[$t(42)=2.18$, $p<0.05$]。

4. 考察

駅出発時において、振り返り後は信号機とホーム旅客ともに総注視時間が長かった。列車遅延時は先を急ぐ心理から信号機や駅ホームから目を離すのが早くなる可能性があるが、視線データを用いた振り返りにより、駅出発時は特に信号機やホーム旅客の安全を確認するよう指導した効果が表れたと考えられる。

また、加速終了時において、振り返り後は計器類の総注視時間は短く、踏切の総注視時間は長かった。本シナリオにおいては、加速終了のタイミングと踏切通過が輻輳していた。列車遅延時は通常時より高い速度まで加速するので、走行速度を確認するために前方から視線が逸れる可能性があるが、視線データを用いた振り返りにより、計器類を確認する際に前方から視線が逸れないようにするよう指導した効果が表れたと考えられる。

5. おわりに

以上のように視線データを用いた振り返りにより、鉄道運転士の前方確認について教育できる可能性が示唆された。運転シナリオに合わせた振り返りの方法等については、今後の課題である。

参考文献

- 1) 水田淳一他：“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) 西本嗣史他：“運転士の注視行動に関する研究（2）一夜间および日中走行結果の比較一”，JREA，Vol. 56，No. 11，pp. 31-34，2013.
- 3) 鈴木大輔他：“異常事象発見のための鉄道運転士の視覚探索方略”，人間工学，Vol. 55，No. 5，pp. 189-199，2019.
- 4) 村山光義他：“動作映像の即時フィードバックを用いた技術指導の効果”，日本体育学会第57回大会予稿集，pp. 1-15，2006
- 5) 杉山敬他：“バスケットボールのミドルシュートにおける注視点がシュート成功率に及ぼす影響”，スポーツパフォーマンス研究，Vol. 6，pp. 263-275，2014

図1 駅出発時の振り返り前後の注視時間の比較

図2 加速終了時の振り返り前後の注視時間の比較

（注）エラーバーは標準誤差を示す