

鉄道車両運転における視線のホームポジション学習支援

Support for learning the gaze home-position during train operation.

山田 健斗^{*1}, 竹内 寛典^{*1} 松浦 健二^{*1} 柏原 昭博^{*2} 村上 遼^{*3}
Taketo YAMADA^{*1}, Hironori TAKEUCHI^{*1}, Kenji MATSUURA^{*1}
Akihiro KASHIHARA^{*2}, Ryo MURAKAMI^{*3}

^{*1} 徳島大学

^{*1}Tokushima University

^{*2} 電気通信大学

^{*2}The University of Electro-Communications

^{*3} 三菱プレシジョン株式会社

^{*3}Mitsubishi Precision Co., Ltd.

^{*1}Email: c612235037@tokushima-u.ac.jp

あらまし: 本研究では、鉄道シミュレータを用いて初学者が鉄道車両運転時の注視方法を学習するためのシステム提案・開発を行う。鉄道車両運転時の注視行動は前方への注視が基本であることから、前方注視をホームポジションとして定義した上で、視線行動のパターンを分類し、分類した結果を学習者へ視覚的にフィードバックする。本稿では、それら手法の初期構想を述べる。

キーワード: 鉄道運転, 運転シミュレータ, 視線計測, 画面分割

1. はじめに

鉄道事故は大惨事になりやすく、鉄道運転士には危険な業務に従事する者として、事故を防止する注意義務が課せられている。そのため、鉄道運転士は、様々な異常事象に対応することが求められる。この異常事象とは、踏切内への人や車両の侵入、特殊発光信号機の鳴動、土砂崩れによる線路への土砂の流入等が挙げられる。ただし、実際の路線での異常事象の訓練は難しいため、これらへの対応力を向上させるための訓練として、鉄道運転士は鉄道運転シミュレータを用いた訓練を行っている。運転中の異常事象に対し、いかに素早く対応するかに着目すると、まず前方に発生する異常事象を素早く発見し、認知しなければならない。すなわち、運転士の視線行動のあり方が重要と考えられる。

異常事象の早期発見において、鈴木ら⁽¹⁾は、鉄道運転シミュレータでの視線情報を用いた学習支援の方法として「シミュレータ体験後に、運転中の注視行動を振り返ること」が有効な教育であることを示した。しかし、視線行動が適切に行えているかどうかを鉄道運転士自身で判断することは難しい。そのため、「運転中の注視行動を振り返ること」に加えて、運転時の模範的な視線パターンを示すことが出来れば、より効果的な異常事象発見の訓練になると考えられる。鉄道車両の運転は、運動スキル学習における古典的な概念と同様で、外界・環境面の認知、認識に基づく正しい判断（運転行動選択）、判断による実際の行動（鉄道車両の操作）というプロセスが適用可能である⁽²⁾。行動結果は、外在的・内在的に再度認知され、運転中繰り返される。一般に、聴覚情報の知覚に対する反応速度の方が視覚情報の知覚反応より早いとされるが、その判断時の情報量として

は視覚情報の方が大きい。そこで、主なオブジェクトの認識として視覚の情報に基づいて行われる部分に着目する。すなわち、人間の物体、運動に対しての認知を外部から判断するには、本稿は視線情報を用いることとする。また Reingold ら⁽³⁾によると、プロとアマチュアでは視線パターンやその特性は異なる。プロはその領域の視覚情報処理に優れており、眼球運動は暗黙知に依存している可能性がある。ただし、サッケードと呼ばれる1秒に3回ほどの高速な眼球の運動など観測上の影響も出るが、ファインスケールで視点座標軌跡を捉えれば、そもそも個人内でも同一対象に対してであっても軌跡を再現することはできない。よって、暗黙知としての眼球運動をある程度柔軟性のある粒度で捉え、学習することが要求される。

そこで、本研究では、鉄道運転士の視線情報から鉄道運転時の視線パターンを分類し、それら分類に基づき学習者へ見るべき場所を提示する視線誘導機能を備えた学習支援システムの開発を行う。本稿は、それら設計における初期構想を述べる。

2. シミュレータ環境等

鉄道運転環境を再現するために三菱プレシジョン社製の鉄道運転シミュレータを使用する。このシステムは、実際に運転士の教育・訓練に使用されており、異常時対応訓練や異常時の対応を誤った場合に起こり得るアクシデントを再現した訓練を行える。GUIで容易に運転環境の設定である運転シナリオを選択することが可能で、移動経路やイベントの紐づけなどを直感的に行うことができ、人身事故や線路内立入、土砂崩れ発生等の様々な異常事象イベントを発生させることが可能である。

これに加えて、アイトラッカーである Tobii Pro ナ

ノを使用してシミュレータ運転中の視線を取得する。Tobbi Pro ナノは、眼鏡やコンタクトレンズの有無に関係なく正確な視線の検出が可能であり、頭部を固定せずとも視線の検出ができるため、視線の計測時に実際の運転に近い環境を再現できる。

3. 鉄道運転士の視線パターン分類

鉄道運転士の運転時の注視行動は前方への注視割合が80%を超えており、特にベテラン群は高い傾向がある⁽⁴⁾⁽⁵⁾。すなわち鉄道運転士は運転時に警戒すべきオブジェクトが出現したときにそれを認識はしているが、そのオブジェクトだけを注視しているわけではなく、他の警戒すべきオブジェクトや事象にも対応できるように周辺視野で広くそれらを見ていると考えられる。そこで、運転手が周辺視野で捉える前方注視範囲をホームポジションと定義して、それに基づくパターン分類を行う。

3.1 ホームポジションの抽出

鉄道運転シミュレータの外景が描画されている画面を格子状にN分割(本研究では5×4分割)し、その格子領域内で同一及び隣接している領域内に0.2秒以上滞留している視線座標を注視座標として取り出す。そしてそれらの注視座標群に対して、One-Class SVMを適用することによりホームポジション抽出をする。鉄道運転時の注視時間の約95%は前方であることから⁽⁶⁾、One Class SVM計算時の外れ値の割合は5%とした。

3.2 視線パターンの分類

One-Class SVMにより抽出したホームポジションの中心から放物線上に8分割する。放物線を境界として左右に接する中心からの $\pi/8$ の角度領域に集まっている座標点数が、占める割合が最も多い角度を型とする。角度の型を横楕円形、縦楕円形、斜め45度楕円形、斜め-45度楕円形の4つに分類して運転士の視線パターンと定義した(図1)。

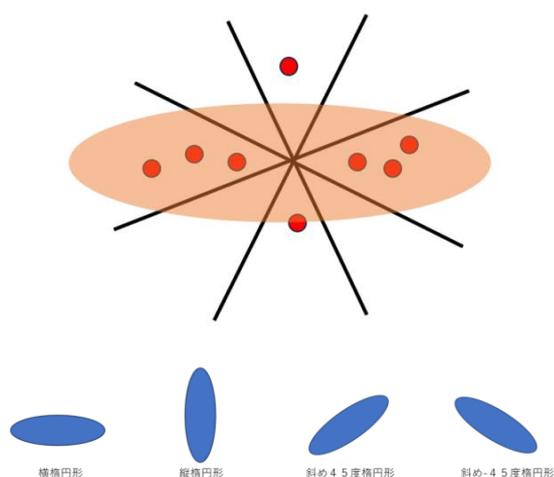


図1 視線パターン分類の例

4. 学習者へのフィードバック

学習者に対する運転時に画面上のどこを見ればよいかのフィードバックは、熟練者の視線、およびモデルとなるパターン分類を行った後、それらを以下のとおり色分けして、学習者の運転中映像に重畳表示することで行う。

- 赤色の楕円：熟練者のホームポジション
- 黄色の楕円：学習者のホームポジション
- 青色の楕円：学習者の運転時視点

これら視覚化された指示に加えて、熟練者と学習者の中心座標間距離に応じてテキストによる指示を行う。中心座標間の距離は画面の解像度に依存させ、使用しているモニタ解像度は1920×1080で27インチを前提として設定し、中心座標の距離が100以下であれば「だいたい同じところを見えています」という文章を表示し、中心座標の距離が100以上350以下の場合、「もう少し」、350以上であれば「もっと」と表示する。つまり「だいたい同じところを見えています」と表示された場合は、大まかに、中心視野内に捉えることができ、「もう少し」の場合は有効視野内、「もっと」の場合は有効視野外となる。また、乖離している方向軸に応じて上下左右で方向も指示する(例:「もう少し左です」)これによって、指導者が見ている場所との乖離を具体的に補正する。また画面下部に、学習者と熟練者それぞれのホームポジションの型をテキスト表示して提示することで、視線の振る舞いに対する補正も行う。

5. まとめ

鉄道運転シミュレータおよびアイトラッカーを用いて運転士の視線情報を取得し、視線パターンの分類およびフィードバックする学習支援手法を考案した。今後、実データを用いたパターン分類および定義した上で実験・評価を行う予定である。

参考文献

- (1) 鈴木大輔, 松浦理, 小池隆治, 松鶴邦征: “鉄道運転シミュレータにおける視線データフィードバックシステム”, 人間工学, Vol. 55, No. Supplement (2019)
- (2) 平岡敏洋: “ドライバに安全運転を促す運転支援システム”, 計測と制御, 第51巻, 第8号, pp. 742—747 (2012)
- (3) Reingold, E. M. and Sheridan, H.: “The Oxford Handbook of EYE MOVEMENTS”, Oxford University Press. 523—550 (2011)
- (4) 宗重倫典, 藤澤厚志, 福田啓介: “運転士の注視行動に関する研究”, JREA: 日本鉄道技術協会誌, Vol. 55, No. 11, pp. 26—29 (2012)
- (5) 宗重倫典, 藤澤厚志, 福田啓介: “運転士の注視行動に関する研究”, 第54回日本人間工学会大会講演集 (2013)
- (6) 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, pp. 1—6 (1975)