

⑧ GOA2.5 自動運転の安全性評価のための係員動作の比較検討

交通システム研究部 ※工藤 希 望月 駿登 三好 正太

1. はじめに

人口減少社会を迎え、鉄道事業者においても係員不足が深刻な問題であることから、踏切道がある等の一般的な路線における自動運転の検討が進められている。「鉄道における自動運転技術検討会とりまとめ」¹⁾ (以下、「とりまとめ」という)によれば、自動運転を導入する線区は、一般的な路線での安全性と同等以上の性能を確保することを基本としている。当研究所では、この安全性を示すための安全性評価手法の検討を行ってきた²⁾。

今回、自動運転のうち、GOA2.5 (Grade Of Automation 2.5:緊急停止操作等を行う係員付き自動運転)の評価に資する検討として、GOA2.5において列車前頭に乗務する係員 (以下、「2.5 係員」という)相当と運転士との動作の違いをシミュレータ試験により確認したので報告する。

2. GOA2.5 の評価について

とりまとめにおいて、自動運転の自動化レベルは、IEC (International Electrotechnical Commission : 国際電気標準会議) 62267 (Automated urban guided transport (AUGT)-Safety requirements : 自動運転都市内軌道旅客輸送システム (AUGT システム) -安全要求事項) を基に GOA として定義している。

上記規格には GOA2.5 の定義はないが、鉄道に関する技術上の基準を定める省令の解釈基準において、「AUGT 規格における半自動運転であって、動力車を操縦する係員以外の係員が列車の前方の線路を目視し、列車運行上の障害となる事象が発生したことを認めた場合に緊急停止操作を行うために列車の最前部の車両の前頭に乗務する形態」と定義されている。なお、GOA2.5 は九州旅客鉄道(株)香椎線において実用化されているほか、東京地下鉄(株)及び南海電気鉄道(株)において検討が進められている。

とりまとめにおいて、2.5 係員は動力車操縦者運転免許を有しないため、操縦及び列車保安に関わる判断

はできないが、列車前方に異常を認めた場合の緊急停止操作等を担うとされており、列車の運行に密接に係る作業を行うこととなる。一方、列車保安に対しては、システムが安全性を確保する必要があり、システムの安全性を評価するにあたり、2.5 係員の作業を想定して評価を行う必要がある。そこで、従来の運転士と 2.5 係員相当として車掌経験者の乗務中における動作の違いについて比較することとした。

3. 運転シミュレータによる試験

車掌経験者と運転士経験者がそれぞれ列車前頭に乗務したときの動作の違いを確認するためにシミュレータ試験を行った。

3. 1. 列車運行システム安全性評価シミュレータ

当研究所が所有する列車運行システム安全性評価シミュレータ (以下、「シミュレータ」という) は、運転席前方のスクリーンに投影した映像により鉄道の運転操作が可能な設備である。任意の路線と車両性能を用いて走行を再現する機能を有する (図 1)。

シミュレータを用いることにより、環境条件 (天候、時間帯)、営業運行の条件 (前方列車との間隔等)、及び被験者の線路の知悉度合いといった条件をそろえることができるほか、線路上に物体を配置するという営業路線では実施できない条件を設定することができる。



図 1 列車運行システム安全性評価シミュレータ

3. 2. 動作の把握試験

本試験では、障害物のある路線を車掌経験者が列車

前頭に乗務したときの操作及び視線計測、並びに運転士経験者が運転したときの操作及び視線計測により実態把握を行った。障害物は、線路中央に白色の四角形を配置した。障害物を発見した場合、運転士経験者は通常業務と同様に停止操作を行う。一方、2.5 係員は本来であれば緊急停止ボタンを操作するが、シミュレータに緊急停止ボタンが無いことから、試験において車掌経験者は障害物を発見した場合、シミュレータに既設の警笛又は連絡ブザーを押下することで代用した。試験には、15 名の被験者が参加した。15 名は 20 代から 40 代で運転士経験者が 5 名、車掌経験者が 10 名である。なお、路線最高速度は 70km/h である。

試験結果を図 2～図 4 及び表 1 に示す。図 2 及び表 1 は、障害物を視認し操作を行った際の障害物からの距離を示す。図 2 及び表 1 より、運転士経験者に比べ、車掌経験者が操作を行った距離は近いことが分かる。また、図 3 に試験中の視線計測の一例を示す。図中、橙色の記号（○□+）が視線の位置である。運転士は線路前方を注視する傾向であるのに比べ、車掌経験者はそれ以外の箇所にも視線を向ける傾向があった。これは、車掌は通常、列車最後尾の運転台に乗務しており、列車前頭における安全確認は定常業務ではなかったためと予想される。

また、図 4 に通常の乗務中に意識して見ている物体についてヒアリングした結果を示す。運転士経験者は



図 3 視線計測例（左：運転士経験者、右：車掌経験者）

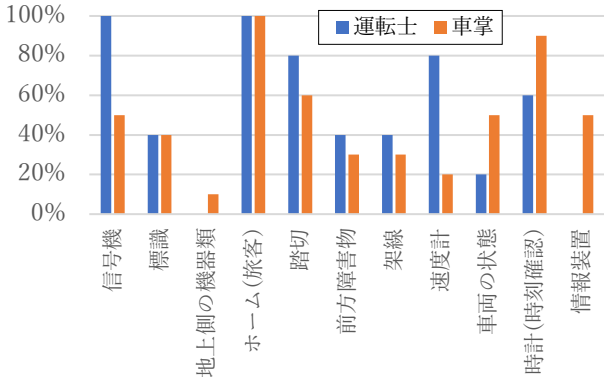


図 4 通常業務中に意識して見ている物体

信号機及び速度計を意識しているが、車掌経験者は時刻及び情報装置を意識していることが分かる。

このように、車掌経験者は、前頭での安全確認が定常業務ではなく、重点的に見ている物体は運転士経験者と異なるため、GOA2.5 の検討に当たっては、2.5 係員の業務とそのために必要な教育を踏まえてシステムの安全性評価を行う必要があると考えられる。

4. まとめ

既存の一般的な鉄道に自動運転を導入する際の安全性評価に資する検討として、運転士経験者と車掌経験者の乗務中における動作の違いを確認した。その結果、運転士経験者と車掌経験者とで動作に違いがあることが分かったことから、システムの評価の際にはこのような違いを踏まえた検討が必要と考えられる。今後も引き続き、鉄道における自動運転の評価手法について検討を行いたい。

参考文献

1) 鉄道における自動運転技術検討会，“鉄道における自動運転技術検討会 とりまとめ”，(2022)
<https://www.mlit.go.jp/tetudo/content/001512132.pdf>

2) 工藤ら，“鉄道の自動運転における安全性評価手法の検討”，交通安全環境研究所フォーラム 2024, pp25-28

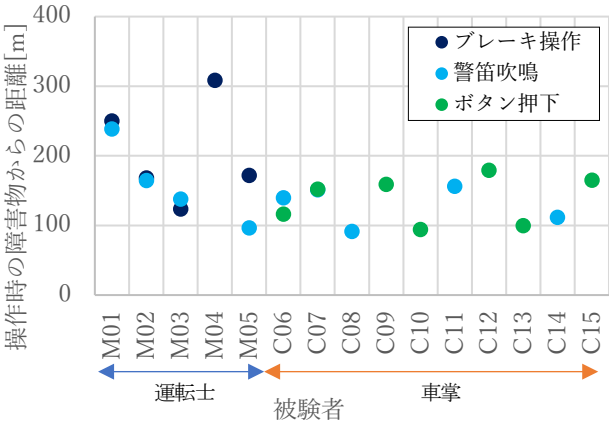


図 2 被験者毎の操作時の障害物からの距離

表 1 操作時の障害物からの距離[m]

		最大値	最小値	中央値
運転士	ブレーキ操作	308.8	124.0	172.1
運転士	警笛吹鳴	238.7	96.8	151.5
車掌	警笛吹鳴又はボタン押下	179.5	91.6	145.7