

⑤鉄道における自動運転の安全性評価に向けた 運転業務の見える化に関する取組

交通システム研究部

※工藤 希

望月 駿登

押立 貴志

1. はじめに

鉄道を含む軌道交通の分野では、人等が容易に立ち入れない構造となっている新交通システムにおいて自動運転が行われてきた。しかし、近年、少子高齢化に伴う労働力不足等に対応するため、踏切道がある等の一般的な路線においても運転士の乗務しない自動運転の導入が検討されている。踏切道がある等の一般的な路線で自動運転を行う場合、これまで運転士が行っていた業務を他の係員やシステムに行わせる必要がある。本稿では、安全性評価の観点から、運転士が行っていた業務を一覧にし、自動運転においてシステムが代行する必要がある項目と代行する際の課題を抽出した結果を報告する。

2. 鉄道の自動運転に関する動向

運転士の乗務しない自動運転を導入するため、踏切道がある等の一般的な路線を対象とし、平成30年度から令和3年度にかけて国土交通省において「鉄道に関する自動運転技術検討会」¹⁾が開催され、自動運転に関する技術的要件の検討が行われた。検討会では、国際電気標準会議(International Electrotechnical Commission)発行の国際規格 IEC 62267 (自動運転都市内軌道旅客輸送システム)を参考に自動化レベル(GoA: Grade of Automation)をGoA0(目視運転)からGoA4(無人運転)まで定義し、GoA2.5、GoA3 及びGoA4における技術的な要件について検討された。

また、各鉄道事業者においても、自動運転の検討が進められている状況である(表1)。

表1 鉄道の一般的な路線における
自動運転の検討動向

鉄道事業者	動向
九州旅客鉄道 ²⁾	GoA2.5の実証実験(香椎線)
南海電鉄 ³⁾	GoA2.5の実証実験予定(和歌山港線)
東日本旅客鉄道 ⁴⁾	将来のドライバレス運転目指した実証実験(山手線)
東武鉄道 ⁵⁾	GoA3を目指した検討を開始(大師線)

3. 運転業務の見える化

3. 1. 検討の目的

踏切道がある等の一般的な路線において、システムによる自動運転を行う場合、経済的な観点から、従来の設備をできるだけ活用することが考えられている。しかしながら従来のシステムは、列車に運行の責任を担う動力車操縦者運転免許を保有する運転士が運転することを前提に製作され、運用されている。

装置の安全性評価を行う際、RAMS⁶⁾の概念から考えると、従来の装置と、装置が自動運転をする場合の装置では、装置が稼働する前提や機能が異なるため、装置を改修する場合には変更が必要なフェーズに立ち返る必要がある。そこで本稿では、既存の一般的な路線を自動運転のために改修する場合の安全性評価手法の検討の一環として、従来運転士が行っている業務をリスト化し、それらをシステムが代行する場合に起こりえる課題を抽出した。

3. 2. 検討の前提

前述の検討会において議論された、以下の内容を本検討の前提とする。

- ・鉄道の安全は、鉄道専用敷地内は立入禁止とする法的措置のもと、線路内への人等の立入及び自動車の侵入に対する安全・安定輸送の確保は、列車運転士の前方視認力のみに頼っているものではない。
- ・自動運転、手動運転にかかわらず、鉄道利用者、踏切道通行者、鉄道沿線住民等の遵法行動や自制的行動によることが一般原則であり、鉄道利用者等の理解と協力が不可欠である。鉄道事業者においては、線路内への立入防止柵や自動車用防護柵の設置、気笛吹鳴、列車を停止させるブレーキ操作等により、事故防止や被害軽減に最善を尽くしている実態がある。
- ・自動運転での対応にあたっては、コスト負担を含めて合理的で実行可能な技術の導入を検討すべきである。

3. 3. 対象とする自動化レベル

本検討では、GoA2.5を対象とした。GoA2.5は列車の先頭車両の最前部の運転台に緊急停止操作等を行う係員（いわゆる GoA2.5 係員）が乗務する。GoA2.5 係員は動力車操縦者運転免許を保有している必要はなく、何かあった場合に非常停止操作のみを行い、減速をして様子を見る等の運転操作は行えないものとした。

3. 4. 整理結果

運転士の動作を資料^{7,8)}から抽出した。その際、時間軸によらずシステム全体に関わるもの、出庫時、駅停車時、駅から進出時、走行中、駅進入時、及び異常事態の7つに分けて分類した。また、現在の GoA2（半自動運転、ATO(Automatic Train Operation: 自動列車運転装置)による支援のもと運転士が運転）との違いに注目して整理を行った。以下に結果を示す。

- ・従来の GoA2 で実施している運転曲線に沿った運転は、GoA2.5 においても装置で実施可能である。
- ・GoA2.5 係員、その他係員又は装置が代行できる作業として、出庫点検、ホームの安全確認、特殊信号発光機、及び沿線作業員の待避状況の確認、警笛の吹鳴、緊急停止操作、並びに駅や指令との連絡等があると整理した。これらの作業については、係員や装置がどの機能を担うのか予め定義し、必要に応じて装置の設計をし直す必要がある。また、GoA2.5 係員では前方支障物、車両及び沿線の異常等の異常事態には対応できるが、それ以外の機器異常等に対しては、装置の信頼性を上げ、故障しにくくする、地上設備を利用する、及び GoA2.5 係員に相応の教育を受けさせる等の対策を併用して総合的に対処できるようにする必要がある。
- ・運転士が実施しているもので、GoA2.5 係員及び装置だけで完全に代行が難しい作業として、縮退運転、臨時速度制限及び徐行運転が考えられる。これらについては、係員と装置では対応できない場合が何で、どう扱うかについて予めルールを定めておく必要がある。同様に、非常停止操作後の復帰作業についても、運転士を派遣する等、運行にかかるルールを明確に整理しておく必要がある。
- ・GoA2.5 係員は緊急停止操作しか行えないため、前方支障物かもしれないので少し減速して様子を見る、エアセクションで停止しないようにブレーキを加減する等の操縦作業は行えないことに留意が

必要である。

4. おわりに

踏切道がある等の一般的な路線を、従来の運転士による運転からシステムによる自動運転へ変更することを想定した場合、これまで運転士がいることを前提に製作・運用されてきた装置をそのまま用いることは難しい。そこで本研究では、装置に求められる仕様の違いを検討するため従来の運転士の業務を整理した。その結果、支障物等の外乱や車両の異常等の異常事態及び臨時速度制限等への対応、非常停止しか行えないことや非常停止操作後の復帰作業にかかる対応が従来と異なることを整理した。安全性評価を行う際には、これらについて対処方針やルールを予め定めた上で装置の安全性評価を行う必要があると考えられる。

今後は、運転業務についてより詳細な検討を進めるとともに、一般的な路線に自動運転を導入する際の安全性評価手法について検討を行っていく予定である。

参考文献

- 1) 鉄道局ホームページ
https://www.mlit.go.jp/tetudo/tetudo_fr7_000027.html
- 2) 九州旅客鉄道，“自動列車運転装置の実証運転区間・対象列車を拡大します”，ニュースリリース 2022 年 2 月
- 3) 南海電鉄，京三製作所，“和歌山港線における『自動運転実証試験』に向けて事前準備を 2022 年 7 月から順次進めてまいります”，ニュースリリース 2022 年 6 月
- 4) 東日本旅客鉄道，“山手線の営業列車で自動運転を目指した実証運転を行います”，JR 東日本ニュース 2022 年 5 月
- 5) 東武鉄道，“鉄道の自動運転(GoA3) 実施に向けた検証を東武大師線において開始します”，ニュースリリース 2021 年 4 月
- 6) IEC 62278:2002, “Railway applications- Specification and demonstration of reliability, availability, maintainability and safety”
- 7) 西上，“電車を運転する技術”，2020 年
- 8) 日本鉄道運転協会，“解説 鉄道に関する技術基準（運転編）”