

⑥鉄道における自動運転の検討状況を踏まえた 安全性評価の方向性について

交通システム研究部

※工藤 希

押立 貴志

1. はじめに

鉄道における運転士の乗務しない自動運転は、新交通やモノレールの自動運転システムで実現されている。鉄道事業者においては運転士の確保、養成など、係員不足が深刻な問題となっており、鉄道事業を維持するために、運転士の乗務しない自動運転の導入が求められている。このため、人や自動車が軌道を横切る踏切道がある等の一般的な路線を対象とし、安全性や利便性の維持・向上を図るための技術的要件を検討することを目的に国土交通省において「鉄道に関する自動運転技術検討会」が開催され、今般、2022年9月13日にとりまとめが公表された。この検討会は、学識経験者、関係鉄道事業者、研究機関及び鉄道局で構成され、交通安全環境研究所も、委員及び幹事として参画してきた。本稿では、とりまとめの要点を述べるとともに、実路線における自動運転の検討にあたり必要とされる安全性評価の課題について検討した結果を報告する。

2. 検討会とりまとめの要点

2. 1. 自動化レベルに応じた検討

自動運転では、従来の安全性と同等以上（既存線区の場合は当該線区、新規線区の場合は周辺環境との分離等の条件が同等の線区）の性能を確保することとされており、表1のとおり自動化レベルが設定された。

表1 自動化レベル（GoA: Grade of Automation）

自動化レベル	内容
GoA2.5	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が乗務する
GoA3	列車の前頭には係員が乗務する必要がない
GoA4	係員が乗務する必要がない（無人運転）

2. 2. 自動運転の導入を進める上での基本事項

鉄道は列車相互の衝突を防ぐ信号装置や仕組みにより安全を保っている。一方、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。線路内への人立入等の突発的な事象については、自動運転、手動運転に関わらず、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り、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とされている。

2. 3. GoA2.5の留意事項

GoA2.5はシステムの機能レベル等に応じて、表2の3タイプが例示された。先頭車両に乗務するGoA2.5係員は動力車操縦者運転免許を有しないため、GoA2.5係員は操縦ができず、装置操縦となる。線路内支障物の対応は、現行の手動運転と同様にGoA2.5係員が対応できるが、自動運転であるため列車防護は自動化が基本となる。従来の自動運転は連続情報伝送のATC（Automatic Train Control: 自動列車制御装置）設置の場合に限っていたが、ATO（Automatic Train Operation: 自動列車運転装置）の高機能化などにより、地点情報伝送のパターン制御式ATS（Automatic Train Stop: 自動列車停止装置）の場合も自動運転が可能である。

表2 GoA2.5のタイプ分け

タイプ	システム概要
タイプA	GoA4、GoA3のシステム（例：無人の自動運転システム）をベースとするもの
タイプB	GoA2のシステム（例：有人の自動運転支援システムの地下鉄）をベースとするもの
タイプC	パターン制御式ATS（点送受信）と高機能ATOとで構成するシステム（例：手動運転の地方線区）をベースとするもの

2. 4. GoA3、GoA4の留意事項

一般的な路線におけるGoA3、GoA4では、路線の状況等に応じ表3のとおり4タイプが例示された。装置の性能や路線の状況を踏まえた総合的な判断（表

4の措置等の組合せ)により、従来の一般的な路線での安全性と同等以上の性能を確保するとされた。

既存のバリアフリー用ホーム可動柵が活用でき、またホームドア・可動式ホーム柵の設置を必須要件としない。また、前方監視にカメラ・センサを活用することについては、鉄道は運転士に線路内支障物を発見させる法的義務付けがなく、運転士による行為を客観的に評価することはできないため、運転士の視認能力の評価から車上カメラ・センサの性能を正確に導くことは困難とされた。

表3 GoA3、GoA4のタイプ分け

タイプ	路線の状況等
路線1	踏切道がある等の一般的な路線(最高速度120km/h程度)
路線2	新交通等自動運転システムと同様の完全立体交差路線(最高速度70km/h程度、高速走行を前提とした設備構造や運行開始前の安全確認を行う場合は当該速度以上も可能)
路線3	道路近接がない準立体交差化路線(ホームドア又は可動式ホーム柵無し、最高速度70km/h程度)
路線4	踏切道がある等の一般的な路線(最高速度40km/h程度(車両のカメラ・センサの検知距離内で停止できる速度))

表4 組合せ措置内容の例

項目	措置
①ホーム・踏切道部分以外	立入防止柵や自動車用防護柵、積荷転落防止柵、監視カメラ等
②列車前方支障物への対応	車両のカメラ・センサによる検知、支障物衝撃検知装置等
③踏切道部分	踏切障害物検知装置、支障報知ボタン等
④ホーム部分	ホームドア又は可動式ホーム柵、非常停止装置等
⑤脱線・衝突への対応	脱線検知装置、限界支障報知装置等
⑥車内の異常時対応	指令通報装置、非常停止装置等

2. 5. その他の主要事項

2.5.1. 部内要因リスク低減

運転士が行ってきた各種の安全確認、列車の状態監視等の鉄道部内要因に係わるリスク管理については、システム等で代替が難しい領域については、そもそものリスク事象の発生を低減することとされた。

2.5.2. センサ類の新たな使用方法

リスク低減のためのセンサ技術等は、バックアップ装置としてや、低速域での使用等、センサ性能や特性が発揮できる使用方法も検討していくこととされた。

2.5.3. 実証試験による技術確立

鉄道事業者の実路線において実証試験を実施し、詳細に分析、評価して、必要に応じ改善を図り、実路線

での最適な自動運転のシステムを確立していくことが適切であるとされた。

2.5.4. 社会的認知の重要性

鉄道利用者等の遵法行動や自制的行動を前提に、自動運転導入時の鉄道の安全、安定輸送を確保することができることの社会的な認知が必要であるとされた。

3. 今後の安全性評価について

今回のとりまとめは、既存のシステムを活用した自動運転への道を開くものに繋がっており、総合的な判断での評価や、リスク低減の評価については、以下のような課題がある。

① RAMSなどの機能安全規格は、閉じた運用環境を前提に適用され、踏切道での通行者やホームでの旅客の不安全行動は、人間行動を数値化できないため適用が困難である。装置故障とは言えない安全性能の限界外の事象や、曖昧性の大きな情報などの、開いた運用環境を対象としたリスク低減のプロセスを評価する方法の検討が必要となる。

② 装置故障の疑いがある場合や、フェイルセーフ特性による安全側停止が行われた場合に、従来は、運転士の操作により運転再開の処置を行っていたが、GoA2.5係員などの無資格添乗員では処置させる内容には限界がある。また、既存のシステムは責任者である運転士が臨機に対処する前提でシステム設計されていたが、自動運転では運転士はおらず装置保安・装置運転となり、既存システムを活用する場合には、設計の前提が異なるため、鉄道運行の現実に照らしてシステムの役割、機能分担を見直すことが必要となる。

4. おわりに

本稿では、「鉄道に関する自動運転技術検討会」のとりまとめの要点と今後の安全性評価の課題について述べた。今後は鉄道特性を踏まえた自動運転の安全性評価のあり方の検討を進め、その結果を用いて自動運転を導入する鉄道事業者等のシステムの機能分担の検討や、試験、システムの最適化など新たな課題等に対して、技術検討の支援などを行っていきたい。

参考文献

- 1) 国土交通省ホームページ:
https://www.mlit.go.jp/report/press/tetsudo07_hh_000229.html