

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(客員研究員)

はじめに

- 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ところ
- 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
- 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

運転業務の見える化の検討

鉄道における自動運転技術検討会で議論された、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は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ものが一般原則であり、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。

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(GoA2.5係員)が乗務するGoA2.5について検討した結果、以下の内容が明らかになった。

- 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
- 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作業等があると整理
- 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

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。
- 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。

表 運転業務の見える化とGoA2.5係員の作業可能性の検討

分類	業務内容		GoA 1	GoA2 (ワンマンATO)	GoA2.5
	大分類	細目			
全体	異常時取扱	列車無線機の使用・沿線電話機の使用	運転士	運転士	2.5係員
		運転命令の受領	運転士	運転士	2.5係員
		運転方式の変更の施行、指令式の施行、伝令法による救援、手信号運転	運転士	運転士	運転士
		縮退運転、小移動、臨時速度制限・徐行運転	運転士	運転士	ATO
		指差称呼	運転士	運転士	2.5係員
	その他	乗り心地の良い運転、回復運転、省電力運転	運転士	運転士	ATO
		全部のパンタグラフ上昇とその目視	運転士	運転士	2.5係員
		電車の電源スイッチ「入」運転室整備ATSの電源、各種スイッチや計器類の動作確認	運転士	運転士	2.5係員
		客室や後部運転台の点検、列車無線通話テスト、行先や標識の確認	運転士	運転士	2.5係員
		ブレーキ試験	運転士	運転士	システム
出庫時	出庫点検・下回り点検	各車両の連結や台車の状態の確認	運転士	運転士	2.5係員
		下回り点検、制輪子の締めつけの確認、漏気音がないかの確認	運転士	運転士	2.5係員
		本線試運転・流しノッチ	運転士	運転士	運転士
	停止時	手歯止め	運転士・車掌	運転士	係員
		連結作業	運転士・車掌	運転士	係員
駅停車時 (始発のみ)	運転台切替え (保安装置、各種装置の起動)	列車の前照灯の点灯を確認、列車の連結器が開いていないかを確認	運転士	運転士	2.5係員
		全部のパンタグラフ上昇とその目視	運転士	運転士	2.5係員
		乗車中の運転士と異常の有無についての引継ぎ	運転士	運転士	2.5係員 (正常のみ)
		時刻カードや時計をセットする	運転士	運転士	2.5係員
		保安装置(ATS、列車無線、EB装置またはデッドマン装置などの電源)の確認	運転士	運転士	2.5係員・システム
	ATOの始動・解放	レバーサー、マスコンキーの挿入	運転士	運転士	-
		ATOの始動・解放	運転士	運転士	-
		信号の確認	運転士	運転士	ATO・2.5係員
		出発時刻の確認	運転士	運転士	2.5係員
		ブレーキ状態の確認 (固着の確認)	運転士	運転士・ATO	ATO
駅から進出時	閉扉のアナウンス、閉扉	ホームの安全を確認(ホームの乗客の危険)	車掌	運転士・システム	2.5係員・システム
		運転台のバイロットランプの点灯を確認(出発要求)	運転士	運転士	システム
	ノッチの投入	ノッチの投入	運転士	ATO	ATO
		見える範囲で線路内の人などの運行障害物を確認	運転士	運転士	2.5係員・システム
		速度計の確認、速度制限標識を確認	運転士	ATO	ATO
走行中 (通常時)	通常走行	列車制御(力行・惰行・ブレーキ制御)	運転士	ATO	ATO
		時刻を確認	運転士	運転士	ATO
		信号を確認	運転士	運転士	ATO・2.5係員
		速度超過への対応、速度不足への対応	運転士	運転士	ATO
		勾配制限に従う	運転士	ATO	ATO
	踏切	見える範囲で線路内の人などの運行障害物を確認	運転士	運転士	2.5係員・システム
		踏切動作反応灯が点灯・点滅していることを確認	運転士	運転士	2.5係員
		特殊信号発光機を確認、確認した場合の非常ブレーキと無線連絡	運転士	運転士	2.5係員
	カーブ	速度制限標識を確認	運転士	運転士・ATO	ATO
		曲線制限に従う	運転士	ATO	ATO
分岐器	進行方向を確認	運転士	運転士	2.5係員	
	速度制限標識を確認	運転士	運転士・ATO	ATO	
沿線作業	分岐器制限に従う	見える範囲で線路近傍の係員の退避状況を確認	運転士	運転士	2.5係員・システム
		警笛を吹鳴	運転士	運転士	2.5係員
	臨時速度制限標識を確認	臨時速度制限標識を確認	運転士	運転士・ATO	ATO
		速やかに列車を停止、指令と列車・駅の連絡	運転士	運転士	2.5係員
		乗客の避難誘導	運転士	運転士	2.5係員
地震	警報が作動し列車を停止 (適当な場所へ停止)	徐行・注意運転にて再開	運転士	運転士	(緊急停止のみ)
		パンタグラフの降下	運転士	運転士	2.5係員
	安全な箇所に停止	安全な箇所に停止	運転士	運転士	(緊急停止のみ)
		非常ブレーキの投入、気笛を連打して警告	運転士	運転士	2.5係員
		間に合わなかった場合、防護無線を送信し状況説明	運転士	運転士	2.5係員
人身事故・自動車の接触	現場状況の確認、車両異常の点検	エアセクションでの停止	運転士・係員	運転士・係員	2.5係員・係員
		デッドセクションでの停止	運転士・係員	運転士・係員	ATO
	車両の応急処置 (機能正常復帰の場合)	車両の応急処置 (機能正常復帰の場合)	運転士	運転士	2.5係員
		車両の応急処置 (保安装置解放・機能低下の場合)	運転士	運転士	運転士
		自走できない場合救援列車で牽引	運転士・係員	運転士・係員	運転士・係員
走行中 (異常時)	列車防護	乗務員が信号炎管を持って知らせる	運転士・車掌	運転士	2.5係員
		駅での信号抑止	運転士・係員	運転士・係員	2.5係員・係員
	列車火災	指令通報	運転士	運転士	2.5係員
		車両の電源を切り、避難誘導	運転士	運転士	2.5係員
		消火活動	運転士・車掌	運転士	2.5係員
沿線火災	鎮火しない場合は車両開放措置	トンネルの場合列車は速やかに脱出する	運転士	運転士	2.5係員
		安全な箇所に停止する	運転士	運転士	(緊急停止のみ)
	指令の判断を仰ぐ	指令の判断を仰ぐ	運転士	運転士	2.5係員
		適当な場所を選んで停止	運転士	運転士	(緊急停止のみ)
		通電後上りと下りで時間差をつけて再開	運転士	運転士	ATO
停車時	しばらく直列・2Nで力行	しばらく直列・2Nで力行	運転士	運転士	運転士・ATO
		走行復帰	運転士	運転士	運転士・ATO
	緊急時やホーム上の旅客へ注意喚起の汽笛合図	ホームの安全確認(ホームの乗客の危険・前方路線上の転落)	運転士	運転士・係員	システム・2.5係員・係員・システム
		ブレーキ制御	運転士	ATO・運転士手動介入	ATO
		停止線を誤った場合の対処	運転士	運転士	運転士・ATO
駅進入時	停止線を誤った場合の対処 (装置故障原因)	停止位置を確認	運転士	運転士	ATO
		開扉	車掌	運転士	システム・2.5係員

注1) 運転業務については、事業者によってルール・設備等が異なることが想定されるため、事業者によって項目の増減が考えられる。
 注2) GoA2.5については、装置が健全に機能する場合に自動運転が可能である。また、GoA2.5システムが様々な想定されるため、機能が異なる場合には、上記で対応可能と整理した項目であっても、GoA2.5係員では対応出来ない場合がある。