

## No.11

# 在来鉄道への 自動運転の適用

今回は、鉄道の自動運転に関する話題として、在来鉄道へ自動運転を適用するために必要な技術と解決しなければならない課題について述べます。

### ■ 無人運転に必要な機能

日本では、神戸新交通や、ゆりかもめのような新交通システム8路線(表1)において、すでに運転士の乗務しない無人の自動運転列車が運行されています。これら新交通システムの無人運転では、安全運転に支障が出ないようにするため、国土交通省が定める「鉄道に関する技術上の基準を定める省令」とその解釈基準に定められた、施設や車両の構造・機能を満たす必要

があります(図1)。たとえば「容易に線路内に立ち入れない構造」とするため、全線を高架や地下構造として完全立体交差化を図るとともに、プラットホームには旅客が線路へ侵入しないように天井まで仕切るフルスクリーン型ホームドアを設置したりしています。

さらに、自動運転では、自動列車制御装置ATC(Automatic Train Control)とよばれる、列車の速度と地上からの信号・速度情報に基づき自動的にブレーキをかけたり、制限速度以下になれば、ブレーキを緩めたりする装置(ただし、加速制御は行わない)

により、列車運行の安全を確保する一方、自動列車運転装置ATO(Automatic Train Operation)とよばれる、ATCを基本にして、発車制御、定時運転制御、定位置停止制御などを全て自動的に行う、自動運転に必要な機能が備えられています。

### ■ 在来鉄道へ自動運転を適用するための課題

次に、在来鉄道へ自動運転を適用するために必要な技術と課題について考えてみたいと思います。

新交通システムなどでは、線路内に

表1 国内の無人運転の8路線

- ・神戸新交通ポートアイランド線  
六甲アイランド線
- ・大阪市高速電気軌道南港ポートタウン線
- ・ゆりかもめ
- ・横浜新都市交通金沢シーサイドライン
- ・東京都交通局日暮里・舎人ライナー
- ・舞浜リゾートライン
- ・愛知高速鉄道リニモ



ゆりかもめ(同社提供)

省令	解釈基準	対策例
動力車を操縦する係員の乗務等(第11条)	人等が容易に線路内に立ち入ることができない構造であり、かつ、列車の進路を支障する落石などの事態が発生しない	高架,地下,専用軌道,落石検知
	隣接線路に対する列車防護を必要としない構造又は形態の構造	分離帯,単線
	緊急時に旅客が容易に避難できる	避難経路
プラットホーム(第36条)	動力車を操縦する係員が乗務しない鉄道のプラットフォームには、ホームドア又は可動式ホーム柵を設ける	ホームドア
自動運転をするための装置(第58条)	自動運転するための自動列車運転装置は、自動列車制御装置を設けた鉄道に設ける	自動列車制御装置ATC 自動列車運転装置ATO
動力車を操縦する係員が単独で乗務する列車等の車両設備(第86条)	客室に運転指令所と送信及び受信ができる通話装置	新交通システムで 実用化済みの 自動運転機能
	走行中に旅客が列車の乗降扉を開けようとしたときに自動的に当該列車を停止	
	旅客が列車の乗降扉等を容易に開閉できないものにする	
	運転指令所から車両を停止できる	
	車両の異常を運転指令所から確認できる	
	サードレールで感電の恐れがある場合は、避難誘導の際にはき電停止できる	

図1 鉄道の無人運転に関連する省令と求められる機能



図2 自動運転車のセンサーによる周辺認識 (提供: 金沢大学)

表2 周辺環境認識技術の得失性

	カメラ	光レーダー	電波レーダー
分解能	◎	○	△
範囲	○	◎	△
物体認識	◎	○	△
現場適用性	○	◎	◎



図3 V2Iを支えるITSスポット

出典: 国土交通省ホームページ  
[\(http://www.mlit.go.jp/road/ITS/j-html/spot\\_ds/src/\)](http://www.mlit.go.jp/road/ITS/j-html/spot_ds/src/)

人が立ち入ることのないよう、地上を走行する区間でも線路敷地はフェンスなどで覆われていますが、一般の在来線では、線路敷地の境界に柵がない場合もあり、さらに、人や自動車が線路を横断するための踏切道なども設けられています。

また、在来線の運転士は、信号機が何色で点灯しているかという現示状況とともに、前方に人や自動車、動物の立ち入り、落石などの障害物がないかを視認しながら運転操作を行っており、一般には列車のブレーキ制動距離を考慮して、約600m先までの安全を確認していることとなります。こうした前方の安全を確認する作業を機械に行わせるためには、非常に高度な技術が必要となります。

自動車の自動運転では周辺状況をカメラ、光レーダー (LiDAR)、ミリ波などの電波レーダーといったセンサーで認識しています (図2)。各センサーの性能としては一長一短があるため

(表2)、これらを組み合わせて人や対向車、障害物などを検知しています。カメラは分解能が良く、望遠レンズを取り付ければ遠方まで物体を視認 (物体認識) できる利点がありますが、悪天候や逆光などの影響を

受けやすく、また、望遠レンズを取り付けた同じカメラで近距離を見渡すことが困難です。光レーダーは認識距離を長くとることができますが、それでも自動運転車の場合では100m程度です。さらに遠方を検知するためにはレーザー光の出力を増大する必要がありますが、人の目に障害を与えてはいけないというアイセーフという安全上の課題が出てきます。電波レーダーは雨、霧、逆光などの影響を受けにくいことから、現在市販されている自動車にも障害物検知用として取り付けられていますが、遠くまでは届きにくく、物体認識力もやや劣るようです。

このように、既存の自動車用センサーだけでは、在来鉄道で必要とされる600m先までを見渡すことは困難です。

### ■ 自動運転列車が踏切の安全を確認するには

踏切内外にいる人や自動車を検知することも自動運転化に向けた大きな課

題といえます。自動車では、自動運転を支援するために、自動車相互の車車間通信 (V2V / Vehicle to Vehicle) や自動車とスマホを持つ歩行者 (V2P / Vehicle to Pedestrian)、さらに信号機などの地上インフラ設備 (V2I / Vehicle to Infrastructure: 図3) との無線通信技術の開発が進んでいます。これらの技術は、自動運転車側から陰に隠れて見えない自動車や歩行者を認識したり、信号が赤から青に変わる残り時間や渋滞状況などの情報を得るのに役立ちます。こうした技術を鉄道へ応用することで、踏切へ近づく列車に対して、踏切内外の状況を即座に知らせて、安全を確認することが可能になるかもしれません。自動運転列車が踏切の安全を十分に確認するには、このような先端技術による支援が必要です。

### ■ 自動運転化に向けて高まる機運

自動運転を先端技術で補うとしても課題は残ります。また、無人運転化の場合、運転士のいない列車に安心して乗車できるかという旅客心理や社会的受容性に関する課題もあります。

しかしながら、鉄道事業者の経営計画で、無人運転の実現が示唆されるなど、無人運転化の機運が徐々に高まっていることも事実です。将来、自動車の自動運転が普及すれば、交通システムにおける大きな変革となり、鉄道の自動運転も大きく飛躍するのではないかと考えます。

(武藤雅威 / 企画室 戦略調査)