

# 自動運転の高度化

信号技術研究部長  
新井 英樹



## 1. はじめに

日本における生産年齢人口の減少による影響が様々な産業分野で深刻化しており、鉄道においても、今後の運転士等の鉄道従事者の確保が課題となっている。そのため、列車運行业務の省人化が求められており、とりわけ、地域鉄道においては、その必要性が高いと言える。

この課題の解決策の一つとして、列車の運転操縦を自動化し、列車の先頭に動力車操縦者運転免許を有しない係員が乗務する形態や、列車先頭に必ずしも人が乗務しない形態の自動運転が挙げられる。既に、前者はJR九州の香椎線に導入されており、後者のドライバレス自動運転については、国内では新交通システムで実施されている。

今後、列車運行の安全性・安定性を向上させつつ、さらなる省人化、省力化を図るためには、高度な列車運行の実現や自動運転の普及に資する研究開発が必要である。特に、自動運転の普及のためには、踏切があ

る等の一般的な鉄道の路線にも導入可能であることが求められる一方で、極力、自動運転システム導入のための新規設備の増設を必要とせず、既存設備を活用することにより低コスト化が図れる自動運転システムであることが求められる。

本講演では、鉄道の自動運転の現状と、高度な自動運転の実現に向けた課題について述べるとともに、課題解決のための研究開発として、現在、鉄道総研で取り組んでいる「自律運転システム」、そして今後取り組む「既存設備を活用したGOA2.5自動運転システム」と「高度な自動運転システムの共通技術」を紹介する。最後に、自動運転の高度化に向けた鉄道総研の役割を示す。

## 2. 鉄道の自動運転の現状

### 2.1 鉄道の運転の自動化レベル

鉄道の運転の自動化レベル (GOA : Grades Of Automation) は、国際電気標準会議 (IEC : International

表1 鉄道の運転の自動化レベル (運転士や係員の乗務形態による分類)

自動化レベル※	乗務形態のイメージ [ ] 内は主な作業		国内の導入状況
GOA 0 (TOS : On Sight Train Operation) 目視運転			路面電車
GOA 1 (NTO : Non-automated Train Operation) 非自動運転		運転士(および車掌)	踏切がある等の一般的な路線
GOA 2 (STO : Semi-automated Train Operation) 半自動運転		運転士 [列車起動、緊急停止操作、避難誘導等]	一部の地下鉄 等
GOA 2.5 (IECおよびJISには定義されていない) 緊急停止操作等を行う係員付き自動運転		列車の先頭に乗務する係員 [緊急停止操作、避難誘導等]	JR九州 香椎線
GOA 3 (DTO : Driverless Train Operation) 添乗員付き自動運転		列車に乗務する係員 [避難誘導等]	一部のモノレール
GOA 4 (UTO : Unattended train Operation) 自動運転		係員の乗務無し	一部の新交通 等

Electrotechnical Commission) の国際規格である IEC 62267 : 2009 (JIS E 3802 : 2012) : 「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」により定義されており<sup>1)</sup>、表1に示すように運転士や係員の乗務形態により分類される。

従来、踏切がある等の一般的な路線では、自動運転が行われておらず、非自動運転GOA1に区分される。地下鉄等の一部路線では、運転士が列車の先頭に乗務する半自動運転GOA2が導入されている。GOA3、GOA4が、いわゆるドライバレス自動運転であるが、国内では、踏切がなく、人等が容易に立ち入ることができない構造の新交通システムに導入されているのみである。

一方、2018年度から2021年度にかけて計8回開催された国土交通省の「鉄道における自動運転技術検討会」(座長：東京大学 古関教授)では、動力車操縦者運転免許を有しない係員が列車先頭の運転台に乗務し、緊急停止操作等を行う形態が検討項目として加えられた。この乗務形態は、IEC 62267 (JIS E 3802) では定義されていないものの、GOA2.5として区分された。表1には、GOA2.5も合わせて示している。なお、上記の「鉄道における自動運転技術検討会」のとりまとめは、2022年9月13日に公表されており<sup>2)</sup>、踏切がある等の一般的な路線を対象とした自動運転の導入について、鉄道の運転の自動化レベルに応じた、人間とシステムの役割分担、安全確保の考え方や要件が示されている。

国内および海外における自動運転の導入事例を表2に示す(海外においては、GOA2.5の導入事例はないため、除く)。GOA3、GOA4のドライバレス自動運転は、新交通システムや地下鉄に導入されている。GOA2を含めた自動運転については、国内ではレール式ATC (Automatic Train Control : 自動列車制御) を運転保安装置として用いる自動運転が主流であり、海外では無線式ATC、いわゆるCBTC (Communication-

Based Train Control) をベースとした自動運転が主流となっている。なお、世界初のGOA4のドライバレス自動運転による営業運転が開始されたのは、1981年の神戸ポートライナーであるが、近年では、海外において、CBTCと自動運転をセットにした形での新線等への導入事例が多く見られる。

踏切がある等の一般的な路線でのドライバレス自動運転に向けた主な課題として、「鉄道における自動運転技術検討会」のとりまとめでも示されたように、列車走行路上の安全確保が挙げられる。線路内への一般公衆の立ち入りは法的措置によって禁止されているものの、一般的な路線は新交通システムとは異なり、線路沿線からの侵入があり得る構造となっている。現状の運転士による運転においても、線路内への一般公衆の不法な侵入による事故も発生しており、鉄道事業者においては、線路内への一般公衆の立ち入りを防止するための柵 (立入防止柵) の設置や、運転士による汽笛吹鳴、列車を停止させるブレーキ操作扱い等により、事故防止や事故発生時の被害軽減に最善を尽くしている実態がある。そのため、「鉄道における自動運転技術検討会」のとりまとめでは、一般的な路線でのドライバレス自動運転における線路内への一般公衆の侵入等の対応として、コスト負担を含めて合理的で実行可能な技術導入の検討が必要であると指摘しているとともに、立入防止柵等の強化やセンサ技術を用いた支障物検知等による「総合的な判断による安全確保」を要件として示している。また、ドライバレス自動運転に用いる装置の性能や適用する路線の状況を踏まえた「総合的な判断による安全確保」により、現状と同等以上の安全性を確保することが求められている。

## 2.2 高度な自動運転とは

一般的な路線にも導入できるドライバレス自動運転の実現や、現状の運転士による運転でのヒューマンエラー防止による安全性向上を実現するためには、自動

表2 国内/海外における自動運転の導入事例

	ドライバレス自動運転		
	GOA 2 半自動運転	GOA 3 添乗員付き自動運転	GOA 4 無人運転
国内	30線区 東京メトロ 札幌、名古屋、大阪、福岡等の 市営地下鉄 つくばエクスプレス 等	1線区 舞浜リゾートライン	9線区 神戸ポートライナー ゆりかもめ 金沢シーサイドライン 大阪ニュートラム 等
海外	約350線区 パリメトロ3, 5号線 等	約10線区 サンフランシスコBART 等	約140線区 パリメトロ1, 14号線 ニュルンベルグU2, U3号線 等

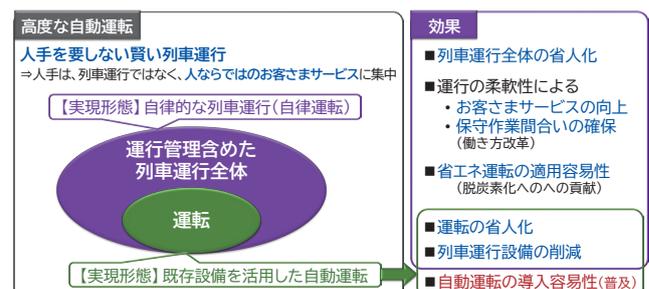


図1 高度な自動運転とその効果

運転システムの機能や性能をさらに高める必要があるが、本講演での「高度な自動運転」とは、列車運行の基本となる運転だけではなく、運行管理を含めた列車運行全体として、人手を要しない賢い列車運行を指す(図1)。人手は、列車運行ではなく、人ならではお客さまサービスに集中させるという考え方である。

高度な自動運転の実現形態としては、大きく分けて二つの形態を考えている。一つは、現在、鉄道総研で取り組んでいる、自律運転である。

自律運転では、

- 運転を含む列車運行全体の省人化
- 運行の柔軟性による、お客さまサービスの向上や保守作業間合いの確保
- 省エネルギー運転の適用容易性
- 列車運行設備の削減

といった効果が挙げられる。自律運転については、4.1節で詳述する。

もう一つの実現形態は、今後、鉄道総研が取り組む、既存設備を活用した自動運転である。この実現形態では、自律運転と同様に、

- 運転の省人化
  - 列車運行設備の削減
- 等の効果に加え、
- 自動運転の導入容易性(普及)

といった効果が期待される。鉄道総研が目指す既設設備を活用した自動運転については、4.2節で詳述する。

高度な自動運転の実現に向けた課題を図2に示すが、自律運転では、要素技術の研究開発が必要であるとともに、自動運転との親和性も高い無線式列車制御が必要になる等、大幅なシステムチェンジを必要とする。

一方、既存設備を活用した自動運転では、

- ・汎用技術を用いた絶対位置検知技術
- ・地域鉄道への導入も可能とする自動運転システムであること

が課題となる。

また、自律運転や既存設備を活用した自動運転のような高度な自動運転に必要な共通技術として、

- ・前方支障物検知技術
- ・GOA・検知対象に応じたセンシング機能要件
- ・前方認識技術

が挙げられる。

高度な自動運転に向けては、技術基準等との整合性も必要であり、進めるにあたり、国・鉄道事業者を含めた関係者との議論が重要となる。

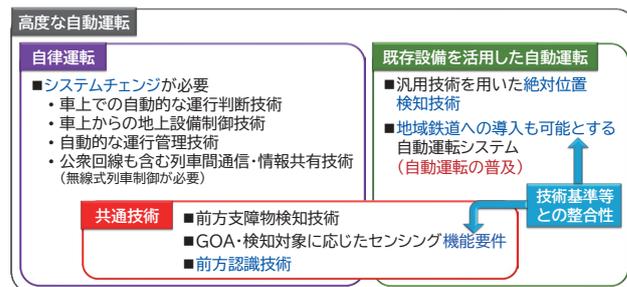


図2 高度な自動運転の実現に向けた課題

### 3. パターン制御式ATSを用いたGOA2.5自動運転システム

本章では、ATCを用いるのではなく、現用のパターン制御式ATS(Automatic Train Stop:自動列車停止)を用いたGOA2.5自動運転システムを紹介する<sup>3)</sup>。なお、開発主体はJR九州であり、鉄道総研は、その技術支援を行った。

#### 3.1 システムの概念

従来、自動運転においては、ATO(Automatic Train Operation:自動列車運転)装置により、運転操縦の自動化が行われているが、ATO装置は保安装置として位置付けられておらず、列車間の間隔を確保する装置であるATC装置が保安機能を担うことを前提としている。ATCは、地上の軌道回路あるいは誘導ループコイルから、常に速度信号等の保安制御情報を車上で受信し、ATOはATCの保安制御の下で走行制御を行うことが基本となっている。一方、在来線の多くでは地上信号機とATSによって列車制御を行っており、特に地域鉄道ではこれをATCに置き換えることは経済的に困難な場合が多い。車上子と地上子間で保安制御情報を送受信する点制御式と呼ばれるATSでは、保安制御情報は車上子が地上子上を通過したときのみ受信される。つまり、ATCのように車上で連続的に受信できないという制約があるが、点制御式ATSの中でも連続速度照査式ATS、いわゆるパターン制御式ATSでは、車上装置にて自列車位置と、停止位置および速度制限区間を認識して連続的な速度照査を行っており、これをベースにすることで、既存のパターン制御式ATSを置き換えることなく、自動運転の実現が期待できる。

その具体例として、JR九州で現在使用されている車上データベース搭載型のパターン制御式ATSであ

るATS-DKを対象とし、それを用いたGOA2.5自動運転システムにおける制御方式の検討、プロトタイプシステムを用いた機能検証試験、そして安全性評価等の技術支援を行った。ATS-DKをベースとしたGOA2.5自動運転システムは、表1に示した通り、列車先頭に乗務した係員が線路上の障害となる事象を発見した場合の緊急停止操作や緊急時の旅客の避難誘導等を行い、従来の運転士が行っていた主な運転操縦をATO装置が行うこととしている。また、本システムは、踏切があるような一般的な路線を対象として、ATCをベースとする自動運転システムよりも安価な自動運転システムを目指したものである。

### 3.2 システムの前提条件

本システムの開発にあたっては、線区、列車、列車先頭に乗務する係員に対して以下の前提条件を設定した。

線区については、ATS-DK(常時パターン制御方式: 当該信号機が停止現示でない場合、次信号機を停止現示と見なして速度照査パターンを発生させる方式) 導入線区であること、自動閉そく区間および特殊自動閉そく区間の本線上の運転のみを対象とし、入換信号機および入換標識、誘導信号機による制御は行わないこととした。

対象列車は、ATS-DK送受信器およびATO装置搭載の本線列車のみとし、自動運転実施時は駅の通過運転をしないこと、編成長ならびに各駅の停止目標を固定とすること、前進のみを対象とすることとした。また、自動運転に対応する車両も現状の手動運転区間を走行する場合があるため、その場合のATSの作用や、運転取扱いに影響を与えないよう、ATS-DKの基本機能を変更しないこととした。

列車先頭の係員については、列車防護、緊急停止操作等を行うために列車に乗務することとし、作業に必要な適性、知識および技能を有しており、かつATO装置の取扱いに必要な教育を受けた者とした。

### 3.3 システム概要

従来からのATSの位置付けは、運転士が適切な運転操縦を行う前提でのバックアップ装置である。しかし、係員によるGOA2.5自動運転を行うためには、システムの機能によって停止信号を冒進させないことが必須となる。

そこで、従来のATCベースでのATO装置とは異なり、ATO装置にも保安装置で実績のあるフェイルセーフ構成を適用することによって、ATS-DKとの組み合わせにより安全を確保する仕組みを導入することとした。また、自動運転実施時の信号冒進防護に関して、ATO装置側にATSを補完する機能を分担させることとした。これは従来にはなかった新しい考え方であり、今後、ベースとするATSの基本機能を変更することなく、GOA2.5自動運転を実現する場合における一つの方向性を示すものとする。

本システムは、既存設備(ATS-DK送受信器等)に新たにATO装置(自動運転演算部および継電器部)、自動運転システム用の地上子等を追加したものである。本システムの概略図を図3に示す。

自動運転演算部は、ATS-DK送受信器が演算する速度照査パターン(超過すると非常ブレーキを出力)の情報、および地上子情報に基づき目標速度となる運転パターンを作成し、それに従うように力行、ブレーキノッチ制御条件を出力する装置であり、ATS-DK送受信器と同様のハードウェア構成のフェイルセーフ

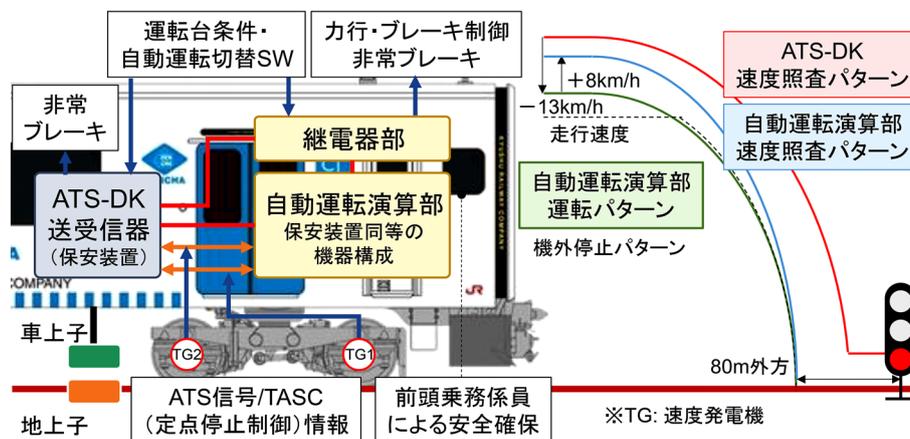


図3 ATS-DKベースの自動運転システムの概略図



行管理を含めた列車運行全体の省人化、省力化を、できる限り少ない地上設備で実現するための自律型列車運行制御システム（自律運転システム）に関する研究開発に取り組んでいる。

自律運転システムとは、現状の地上側に制御主体を置くスタイルとは異なり、ドライバレス自動運転の列車が、線路内や沿線の支障物、旅客流動、保守作業や災害による運転規制、そして消費電力等に関する情報に基づいて、沿線の信号設備（転てつ機や踏切）を制御しながら、安全かつ柔軟に運行できるシステムを指す。本システムを構築するためには、以下の要素技術が必要であり、現在、それらの技術確立に向けた研究開発を行っている<sup>4)</sup>(図5)。

- 技術① 画像処理やLiDAR (Light Detection and Ranging) センサによる線路内や沿線の前方支障物検知技術
- 技術② 線路内・沿線の状態や車両の状態に関する情報を車上で集約する技術と、その集約した情報を基に車上で自動的に運行判断する技術
- 技術③ 無線通信により車上から地上の信号設備を直接制御する技術
- 技術④ ダイヤ乱れ時の遅延波及防止・早期遅延回復等の運転整理や省エネルギー運転のための広域での運行管理を自動的に行う技術
- 技術⑤ 公衆通信回線の利用やサイバーセキュリティも考慮した列車間通信・情報共有する技術

これらの技術は、列車運行の無人化のみを目指すのではなく、現状の列車運行業務の支援にも活用できると考える。また、これらの技術の確立により、より少ない地上設備で、輸送需要に応じた短編成高頻度運転や保守作業間合いの確保といった列車運行の柔軟性を持たせた高度なドライバレス自動運転が可能になると考える。

本講演では、技術①と技術②を紹介する。

(1) 前方支障物検知技術

自律運転を含め、踏切のある一般的な路線でのドライバレス自動運転のために必要となる共通技術である。

鉄道総研では、カメラとLiDARセンサの融合による支障物検知アルゴリズムの開発を行っている<sup>5)</sup>。

通常の可視光カメラでは、物体に反射した光を撮像素子に取り込むことにより、物体の色や質感を把握できる。したがって、カメラで取得された画像から物体の有無だけでなく、物体の種別を識別することがで

きる。これは、昼間においては問題ないものの、夜間においては、照度が不足することにより検知性能が低下する。

一方、LiDARセンサは、波長900～1,500nm前後の近赤外線レーザを照射し、物体からの反射波を捉えることにより測距を行うセンサであり、昼夜を問わず物体をレーザ点の集合である点群データとして把握できる。よって、LiDARセンサの併用により、カメラの夜間での検知性能低下を補うこととした。

カメラとLiDARセンサによる支障物検知のイメージを図6に示す。照度を問わず遠方まで検知性能を確保するために、カメラの画像と複数台のLiDARセンサから得られる点群データを用いる。最初に、画像と点群データのそれぞれの情報から、物体がある可能性が高い領域を推定する。画像については、画像を均等に区切った格子毎に、物体検出用の深層学習モデルを用いて物体の位置、大きさ、存在確率、種別および種別の判定確率を算出する。一方、点群データについては、地面からの反射波を取り除く前処理を行った上で、点群密度がある閾値を超える領域を、物体候補点群として抽出する。次に、カメラから見たLiDARセンサの設置位置の情報を利用して、物体候補点群を画像に投影し、画像からの格子毎の検知結果と重ね合わせて比較する統合処理を行う。物体候補点群の中心がある画像格子については、ほぼ確実に物体があると判定し、当該の画像格子における物体の存在確率を、深層学習により算出された値に関わらず100%とし、物体の大きさについても物体候補点群の大きさを採用する。物体の種別判定については、深層学習で算出された判定確率がある閾値より高い場合は、深層学習による判定確率をそのまま採用する。低い場合には、点群データによって物体自体は確実に検知されているため、画像

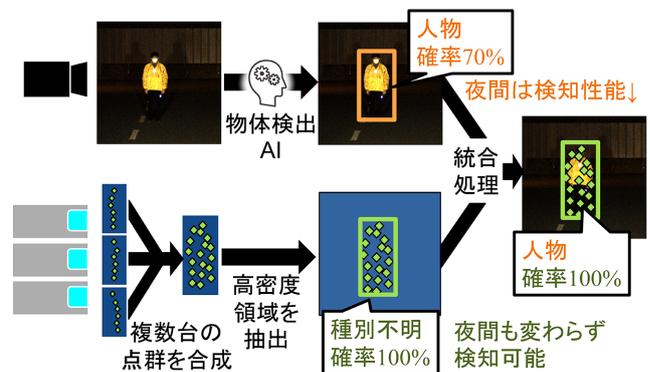


図6 カメラとLiDARセンサの融合による支障物検知

からは物体の種別が識別できなかったものとして「種別不明」と判定する。

カメラとLiDARセンサの融合による支障物検知アルゴリズムの評価試験結果を図7に示す。夜間における人物を検知対象とした。なお、試験では、カメラとLiDARセンサを列車に搭載した状態ではなく、実際の鉄道車両に取り付けた状態を模擬するために、地上から高さ約1.5mのトラックの荷台上にカメラ1台とLiDARセンサ9台、そしてLED前照灯2台を設置し、静止している被写体からの離れが50m毎の地点において、定置にて画像と点群データを取得している。晴れた夜間であるが、図7より、現状、カメラ1台とLiDARセンサ9台で、400m先の人物を90%以上で検知できることを確認した。また、LiDARセンサからのレーザ点群密度が向上することにより、検知率が向上することを試算している(図7中のLiDARセンサ12台は、点群密度に基づく検知率を机上で試算した結果である)。

(2) 車上で自動的に運行判断技術

現在の列車運行では、地上側に設置された各種監視装置からの状態情報を基に、多くの列車が関係する広域の運行判断は、指令所の指令員が、そして現場の運行判断については、乗務員が行っている。一方、自律運転システムでは、列車運行のさらなる省人化、省力化を図るため、各列車にて運行判断に必要な各種状態情報を集約し、状態情報に応じた制御(ある地点までに停止する、ある区間を徐行する、あるいは停止禁止区間を避けて停止する等)や運行再開判断の自動化が必要となる。車上で状態情報の集約や運行判断を

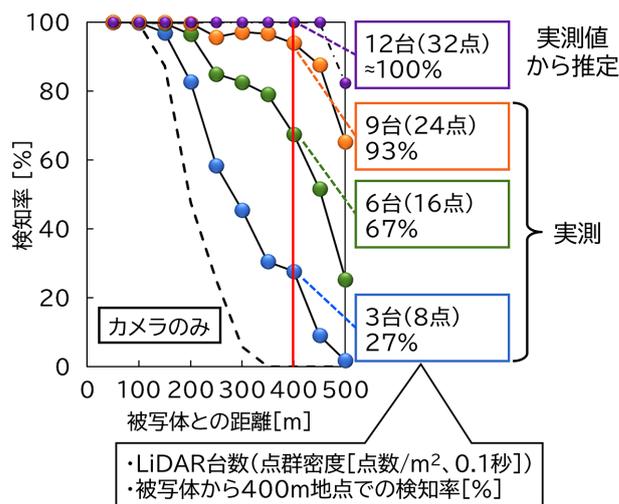


図7 夜間における400m先の人物検知率

行うための情報基盤として、鉄道ダイナミックマップを開発した<sup>6)</sup>。

鉄道ダイナミックマップは、地図面と線路図面から構成され、各種状態の変化の時間特性(更新頻度)に応じて区分された階層構造となっている。例えば、突発的な状態の変化が考えられる前方支障物検知の情報は更新頻度が高く、長期間にわたる大規模な計画的工事の情報は更新頻度が低い。また、地図面と線路図面の相互位置変換機能を有しており、キロ程を基準にした鉄道特有の状態情報と地図上の位置を基準にした気象情報等の公的な状態情報を統合し、時系列的に管理することが可能である(図8)。

列車の運行に影響を及ぼす線路内・沿線の状態情報、

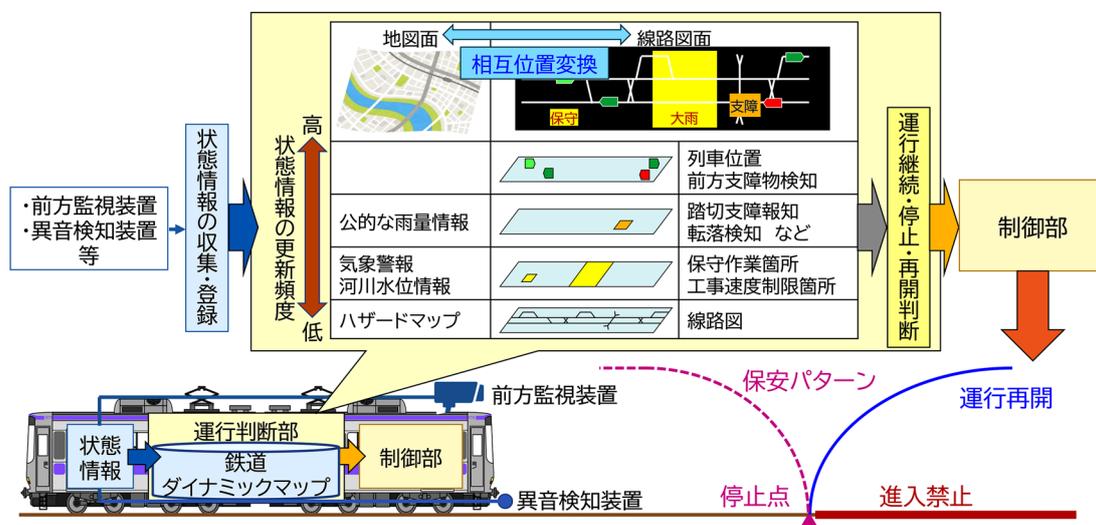


図8 鉄道ダイナミックマップとその情報に基づく車上で自動的に運行判断の概略図

降雨量・風速といった気象に関する状態情報が、鉄道ダイナミックマップに登録され、各列車は、走行経路上にある異常を自列車の現在位置をもとに探索・知得することができる。

鉄道総研の所内試験線を対象として、鉄道ダイナミックマップのプロトタイプを作成するとともに、コンピュータ上で、この鉄道ダイナミックマップに登録された状態情報に基づく列車の模擬走行を可能とするシミュレータを開発し、自律運転の検証を行った。本シミュレータでは、保守作業・工事による運転規制や線路内支障物の設定が可能であり、それら情報が鉄道ダイナミックマップに登録され、各列車の制御が所定どおりに行われることを確認している。

なお、鉄道ダイナミックマップは、沿線の状態情報を一元管理でき、運行判断を行うための情報基盤であるため、現状の指令員への支援装置としての活用についても検討を進めている。

**(3) 自律運転システムの実証試験**

現在、自律運転のためのATO装置や前方監視装置を鉄道総研の試験車両に仮設し、装置単体の動作確認を行っている(図9)。今後、鉄道ダイナミックマップを有する運行判断部も組み合わせ、前方支障物検知時に列車を止める機能や、支障物がなくなった後の自動的な運行再開も含めて、機能検証を行う。また、図5に示した自律運転システムのための各要素技術を、鉄道総研の試験車両および所内試験線に実装し、車上からの無線通信による信号設備制御や遅延回復のための運転整理といった自動的な運行管理等を含む自律運転システムの実証試験を2024年度中に行う計画である。



図9 鉄道総研試験車両への前方監視装置の仮設

**4.2 自動運転の普及に向けた取り組み**

今後、運転士等の確保が困難になる中、特に、地域鉄道においては、運転業務の省人化、省力化が喫緊の課題となっている。鉄道サービスの維持のためには、地域鉄道も含めた自動運転の普及が必要である。

自動運転の普及に向けて、鉄道総研では、今後、地域鉄道にも導入可能な「既存設備を活用したGOA2.5自動運転システム」、そして「高度な自動運転システムの共通技術」に関する基礎研究や技術開発に取り組む。

**(1) 既存設備を活用したGOA2.5自動運転システム**

現状、自動運転の導入時には、運転保安装置をATCやパターン制御式ATSに置き換える必要がある等、全面リプレースが必要となり、高額な設備投資を要する。

一方で、地域鉄道には、パターン制御式ATSではなく、旧国鉄のATS-S形相当(単一の周波数信号を車上子-地上子間で送受信する)のものが使われている場合が多い。そこで、地域鉄道にも多く導入されているATS-S形相当の既存のATSを活用したGOA2.5自動運転システムを構築する(図10)。

自動運転には、自列車の位置検知が非常に重要となるが、列車運行密度等の路線の条件に応じて、安全を確保するために必要となる位置検知精度を満たし、かつ低廉な汎用デバイスの活用による絶対位置検知技術を確立する。また、絶対位置検知技術については、車両基地内での自動運転への適用についても考慮する。既存設備であるATS-S形地上子や車両の速度発電機、そして車上データベースを軸に、必要となる位置検知精度を得るための慣性センサ、GNSS(Global



図10 既存設備を活用したGOA2.5自動運転システム

Navigation Satellite System：全球測位衛星システム)、RFID (Radio Frequency Identification：無線周波数識別) タグ等の低廉な汎用デバイスの中から組み合わせについて検討する。

その上で、既存のATSを活用し、限られた情報に基づいて、分岐器の開通方向によらず速度制限制御を行う等の安全側制御に機能を絞ったGOA2.5自動運転システムのプロトタイプ開発を行い、技術基準等との整合性を図る。

既存ATSと汎用技術の活用により、地域鉄道にも導入可能なGOA2.5自動運転システムの開発を目指す。

## (2) 高度な自動運転システムの共通技術

現状、GOA3以上のドライバレス自動運転に用いる前方監視装置やセンサに求められる機能要件や評価指標がないといった課題がある。また、地域鉄道では、都市鉄道と同じようなドライバレス自動運転のための大規模な設備投資は困難であるため、路線の状況等に応じた機能要件を選択できるようにする必要がある。さらに、極力、自動運転のための新規設備の増設を必要とせず、既存設備を活用できる自動運転システムが求められる。

そこで、高度な自動運転システムのための共通技術として、

- GOA・検知対象に応じたセンシング機能要件
- 前方認識技術

の整理や確立に取り組む(図11)。

2.1節で述べたように、「鉄道における自動運転技術検討会」のとりまとめでは、一般的な路線でのドライバレス自動運転における列車走行路上の安全確保のために、立入防止柵等の強化やセンサ技術を用いた支障物検知等による「総合的な判断による安全確保」が要件として示されている。そのため、GOA区分、検知対象に加え、線区最高速度、周辺との分離度、そして踏切の有無といった路線の状況等に応じた、実現性のあるセンシング機能要件、評価指標について、国・鉄道事業者を含めた関係者との議論を通して整理し、「総合的な判断による安全確保」に関する技術基準等の整備への支援に資する成果を創出すべく取り組む。

さらに、ドライバレス自動運転のための大幅な設備投資を抑えるために既存設備を活用する高度な自動運転の共通技術として、前方認識技術を確立する。ドライバレス自動運転だけでなく、現状の運転業務の支援にも活用できる共通技術と考える。

現状の鉄道では、信号機、速度制限標識、踏切の特設信号発光機等が、既に設置されている。これまで開

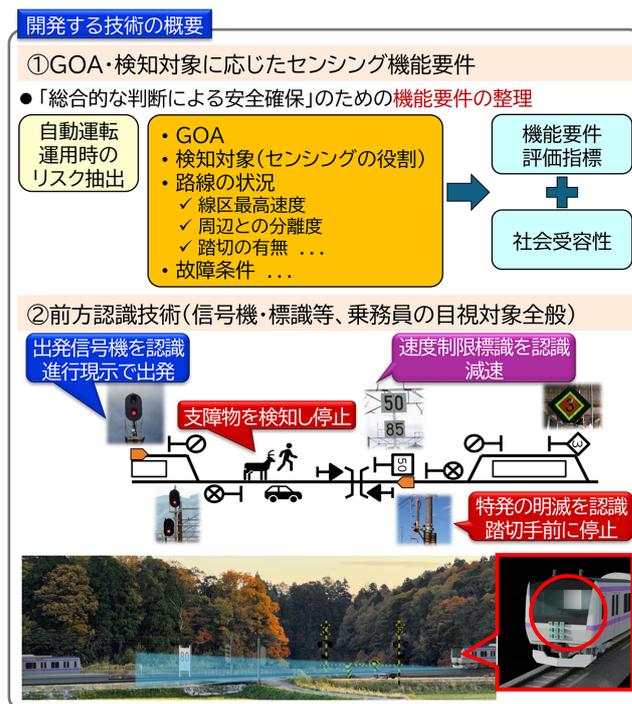


図11 高度な自動運転の共通技術

発してきた前方支障物検知技術は、カメラやLiDARセンサによる、主に支障物の検知を目的としていたが、支障物検知だけでなく、既存設備である信号機や速度制限標識といった、現状の運転士の目視対象全般を認識できる前方認識技術を確立し、自動運転における停止だけでなく、列車の出発や速度制限制御等の運転操縦にも対応させ、既存設備を活用することにより低コスト化が図れる高度な自動運転の実現を目指す。

## 5. おわりに ～自動運転の高度化に向けて～

本講演では、列車運行の省人化に向けた研究開発の取り組みについて述べた。

人手を要しない高度な自動運転や列車運行を実現するため、鉄道総研では、Forefront（先端技術で諸課題の本質を追及）とPlatform（系統間・事業者間の連携基盤の構築）の役割として、既存設備を活用した自動運転、高度な自動運転のための共通技術、そして自律運転に関する基礎研究や技術開発を進める。Code（ソリューションの社会実装の支援）の役割として、ドライバレス自動運転導入時の「総合的な判断による安全確保」の機能要件に関して、国・鉄道事業者を含めた関係者との議論を通して整理し、技術基準等の整備

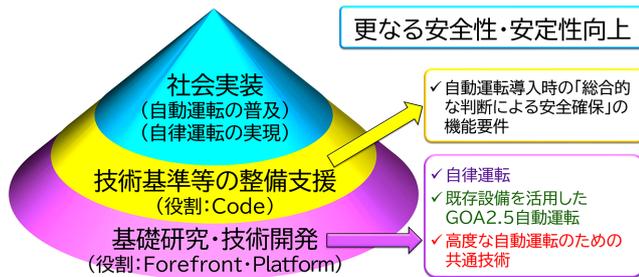


図12 自動運転の高度化に向けた鉄道総研の役割

への支援に資する成果を創出する。これらを基盤とし、自動運転の社会実装と普及、そして自律運転の実現により、鉄道の更なる安全性・安定性向上を目指す(図12)。

引き続き、国土交通省、鉄道事業者をはじめとし、先端技術を有する研究機関・大学・メーカ等と連携し、自動運転の普及に向けた研究開発・技術支援により、「鉄道の持続的発展」に貢献する。

## 参考文献

- 1) IEC 62267 : 2009 : Railway application- Automated urban guided transport (AUGT) - Safety requirements
- 2) 鉄道における自動運転技術検討会とりまとめ(令和4年9月13日) : <https://www.mlit.go.jp/tetudo/content/001512132.pdf>(参照日:2024年9月21日)
- 3) 藤田浩由, 野村拓也, 青柳孝彦, 森田隼史: ATS-DKを活用した自動運転システムの開発, 鉄道総研報告, Vol.35, No.10, pp.5-10, 2021
- 4) 新井英樹: 列車運行の自律化を目指す研究開発, JRガゼット, Vol.81, No.12, pp.44-46, 2023
- 5) 影山椋, 長峯望, 吉野純樹: 列車前方監視のためのカメラとセンサを用いた支障物検知手法, 鉄道総研報告, Vol.38, No.2, pp.1-7, 2024
- 6) 太田佑貴, 祇園昭宏, 西本翔, 櫻井勇輝: 自律運転に向けた沿線・車両状態情報に基づく運行リスク評価手法, 鉄道総研報告, Vol.38, No.3, pp.43-48, 2024