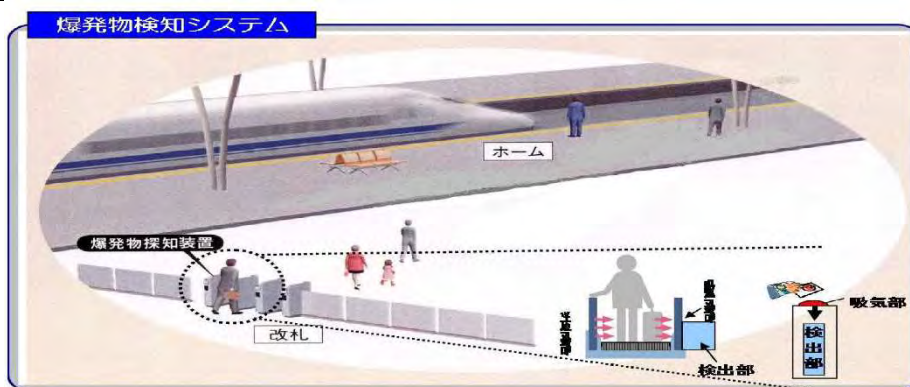


表 我が国の鉄道テロ対策のベストプラクティス（その2）

3. 鉄道テロ対策に資する新技術の導入に向けた取組み（つづき）



4. 鉄道事業者と警察機関等多様な主体が連携した取組み

駅構内売店と警察機関との緊急通報体制の強化、沿線住民のボランティアによる不審情報の通報制度など鉄軌道事業者と警察機関等とが連携した様々な取組

5. テロ発生時の緊急事態対処、被害軽減対策

鉄道テロを想定した警察・消防等との合同訓練、鉄道事業者職員による救命講習の受講、防護マスクの各駅配備など、テロの被害を最小限にとどめるための様々な取組

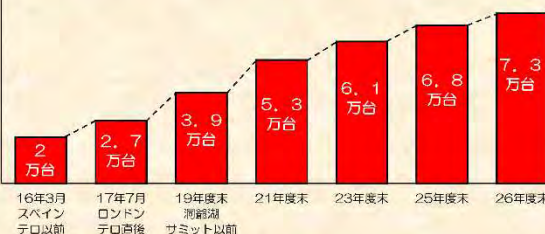
6. その他、透明ゴミ箱等の設置、監視カメラの増設など

駅構内におけるカメラの増設

ロンドン地下鉄等同時爆破テロ事件においてカメラ映像が容疑者特定の重要な手がかりとなったこと等を踏まえて、わが国においても駅構内における防犯カメラ等の増設を進めている。

（27年3月末現在、全国の鉄軌道駅構内において約7万3千台のカメラが設置されている（スペイン列車爆破テロ（16年3月）以前は約2万台）。

駅構内のカメラ設置台数（全国計）



出典：我が国の鉄道テロ対策のベストプラクティス（国土交通省）

<<http://www.mlit.go.jp/common/000147700.pdf>>

(4) トラムトレインの衝突安全対策

1) 自動運転技術のトラムトレイン等への応用

自動運転技術について、トラムトレイン、L R T及びB R Tへの応用について検討を行った。

現在、2020年までの自動運転の実用化を目指して、日本、米国及び欧州において技術開発が進められている。自動運転は人間に代わり認知、判断、操作を行う必要があり、高度な情報処理や走行制御が求められる。

このため、自動運転として、数台の車両が車群を構成して走行する隊列走行システムが開発された。この隊列走行システムを通じ、白線に沿って自動操舵する車線維持制御技術や車車間通信技術を用いた車間距離制御技術が開発された。

隊列走行システムの後、現在一般道での自動運転を目指した技術開発が行われており、キー技術として、制御コンピューターの故障時における安全を確保するフェイルセーフ技術や障害物を確実に認識するためのローカルダイナミックマップ技術及びA I化を中心とした自動運転アーキテクチャーが開発されている。

2) 自動運転に求められる技術

自動車における自動化技術として、ドライバーの漫然運転や居眠り運転等により事故の危険が迫った場合、制御システムがドライバーの運転操作に介入し、ドライバーの安全運転を支援する安全運転支援システムがすでに実用化され広く普及している。

自動運転はこの安全運転支援システムを高度化したものである。運転支援システムとの違いは走行環境認識および危険判断をシステムが中心となって行うものであり、現在、運転支援システムや自動運転を含め、自動車における自動化レベルの定義が国際的に進められており、自動化レベル定義の一例として、次頁の表に米国S A E（自動運転標準化委員会）が策定した自動運転レベル定義の要約を示す。

この自動化レベルにおいて、法令面及び技術面からみて、自動化レベル2までと自動化レベル3以上では大きく異なり、乗り越えなければならない壁が存在する。具体的には自動化レベル2までは走行環境認識の最終責任がドライバーであるのに対して、レベル3以上では走行環境認識の最終責任は制御システム側にある。

このため、自動化レベル3以上の自動運転を実現するには、現在、安全運転支援システムで実用化されているセンシング技術、情報処理技術の性能、知能化及び信頼性において大幅な技術革新が求められ、日、米及び欧州においてレベル3以上の自動運転の実現を目指した技術開発が進められている。

表 自動運転の定義（SAE）

レベル	名称	制御実行者	外界環境認識責任	システム故障時のバックアップ	運転モード
0	手動運転	人間ドライバー	人間ドライバー	人間ドライバー	手動/自動
1	運転支援	人間ドライバー/ 制御システム	人間ドライバー	人間ドライバー	手動/自動
2	部分自動運転	制御システム	人間ドライバー	人間ドライバー	手動/自動
自動運転					
3	条件付自動運転	制御システム	制御システム	人間ドライバー	手動/自動
4	高度自動運転	制御システム	制御システム	制御システム	手動/自動
5	完全自動運転	制御システム	制御システム	制御システム	自動のみ

出典：自動運転技術の開発動向と技術課題（須田 義大・青木 啓二）

3) 自動運転のための要素技術

自動運転（レベル3以上）に求められる新たな技術項目、前方障害物センシング技術として現在製品化されている運転支援システムと自動運転に求められる目標性能を下表に示す。

運転支援用の前方障害物センシング技術として、現在、GHzミリ波レーダーやレーザーレンジファインダー及び単眼カメラやステレオカメラが実用化されているが、自動運転システムではセンサーはドライバーの目の代わりをするため、さまざまな自然環境変化に対するロバスト（強靱）性が求められるとともに、単に物体までの距離と方位を検出するだけでなく、物体の形状識別や移動速度ベクトルの検出も必要になると思われる。

このため、自動運転では前方距離センサーとして、高精度な距離計測機能だけでなく、水平方向及び垂直方向に対して高い分解能を有する3Dレーザーレンジセンサーが必要と考えられる。

表 自動運転（レベル3以上）に求められる新たな技術項目

センシングの高度化	障害物 ・落下物 ・歩行者 ・自転車	<ul style="list-style-type: none"> ・物体形状の識別 ・移動速度ベクトルの検出
	交通標識・信号	<ul style="list-style-type: none"> ・高分解能3Dレンジセンサーの開発(移動ベクトル等) ・3Dレンジセンサーと画像認識のフュージョン
	車線・走行路	<ul style="list-style-type: none"> ・全天候対応型の車線識別センサーの開発
認識・判断の高度化 (人口知能)		<ul style="list-style-type: none"> ・ローカルダイナミックマッピング技術(周辺環境認識) ・走行環境認識のモデル化, 危険事象のデータベース化 ・走行路軌跡生成技術
測位技術の高度化・高信頼性化		<ul style="list-style-type: none"> ・準天頂衛星(QZSS)の利用による高精度・高信頼化 ・3Dデジタル地図 ・IMU用センサー(3軸ジャイロ)
外部情報との連携		<ul style="list-style-type: none"> ・クラウド連携/車車間通信/路車間通信 ・セキュリティの高度化技術
システムの安全性・信頼性向上		<ul style="list-style-type: none"> ・制御ECUのフェイルセーフ化技術の開発 ・冗長化技術の開発
HMI・ドライブレコーダーの高度化		<ul style="list-style-type: none"> ・HMIの高度化技術(ドライバーモニタリング技術, 表示技術等) ・ドライブレコーダーの高度化(センシング情報, 車両制御情報)

出典：自動運転技術の開発動向と技術課題（須田 義大・青木 啓二）

表 前方障害物センシングに対する目標性能

用途	検出対象物	要求性能						
		距離		水平方位		垂直方位		
		範囲	精度	検出幅	分解能	検出幅	分解能	
現 運 転 支 援	ACC (車間距離制御)	・自動車 ・自動2輪車	～120m	2%	±42.5°	0.125°	±1.6	0.8°
	PCS (衝突被害軽減ブレーキ)							
自 動 運 転	一般道自動運転	・落下物 ・自動車 ・自転車 ・歩行者 ・ガードレール ・電柱 ・走行空間	2m～ 60m	2%	±60°	0.45°	±30	0.5°
			10m～ 60m	2%	±30°	0.3°	±20	0.25°

出典：自動運転技術の開発動向と技術課題（須田 義大・青木 啓二）

4) 自動運転バスの実証実験の事例

①. 秋田県仙北市

内閣府と国家戦略特区の秋田県仙北市は、2016年11月13日に運転手がない自動運転バスに、人を乗せて走らせる実証実験を同市内で実施した。ハンドルや運転席がない自動運転車を公道で走らせる実験は国内で初めてであり、オランダに続き世界で2例目となる。今後は課題などを検証し、実用化に向けた検討を進めていく予定である。

実証実験はディー・エヌ・エー（D e N A）が受託し、通行止した田沢湖沿いの県道約400mで実施した。運転席や運転装置のないフランス製の自動運転バス『ロボットシャトル（定員12人）』を使用し、全地球測位システム（GPS）やセンサーなどで車両位置や周辺環境を把握しながら、最高速度約10km/hで関係者や市民ら約60人を乗せて往復した。なお、実験では緊急時には車内の担当者らが停止できるようにした。



写真 自動運転バス「ロボットシャトル」の実証実験の様子

出典：日本経済新聞『自動運転バス、公道で初の走行実験 秋田で』2016年11月14日
http://www.nikkei.com/article/DGXLASDG14H5B_U6A111C1CR0000/

②. アメリカ・ラスベガス市

Navya 社と Keolis 社は、2017 年 1 月 10 日、アメリカ・ラスベガス市との協力で、アメリカではじめて、完全自動運転の電気バス（シャトル）を公道での実証実験を開始した。

シャトルは、パリに本社がある Navya 社 によって開発され、デベロッパーが 1 月 20 日までフリーモント通りで運行を行った。

- シャトルは、定員 12 人で、最高速度 27mph あるが、安全運行のため、実証実験期間は 12mph に制限された。
- 実証実験期間中は、運賃は無料で、運行時間帯は午前 10 時から午後 6 時まで。
- シャトルは、GPS 技術の他、レーダーで道路の障害を検出する。
- Keolis 社は、公共の旅客輸送の世界のリーダーで、Navya 社と協同して運行を行っており、1 カ月に約 1 万ドルの費用がかかる。
- Navya 社は、2015 年末から 30 台のシャトルを保有しており、既に 10 万人以上の旅客を輸送した。



写真 ラスベガス市の公道を走る自動運転バス（外観）

出典：LASVEGAS SUN 『Self-driving shuttle bus launches test run along Fremont East, a first in the U.S.』 January 13, 2017

<<https://lasvegassun.com/news/2017/jan/11/self-driving-shuttle-bus-launches-test-run-along-f/>>



写真 ラスベガス市の公道を走る自動運転バス（外観）

出典：<http://gigazine.net/news/20170112-self-driving-shuttle-bus-in-las-vegas/>
(完全自動運転するシャトルバスがラスベガスの公道にデビューして走行実験を開始)

(5) 鉄軌道交通の安全方策等のまとめ

旅客のホーム転落防止対策については、可動式ホーム柵（ホームドア）の設置が有効であり、国土交通省では1日の利用者数が10万人以上の駅を優先的に進めることとしている。また、最近開業した仙台市高速鉄道東西線や横浜市高速鉄道4号線（グリーンライン）等の都市鉄道では、ホームドアの設置が標準となっており、コスト増嵩の要因となっている。

防災・防犯対策については、特に地下鉄道の火災対策として、韓国大邱市の地下鉄列車火災事故を踏まえて国で検討がなされ、火災対策基準等の見直しが行われた。また、阪神大震災や東日本大震災等の経験から地震や津波等の大規模災害への対応や、東京の地下鉄サリン事件やロンドンの地下鉄同時爆破事件等の鉄道を狙ったテロが世界中で頻発しており、これらの対策も求められており、コスト増嵩の要因となっている。

トラムトレインの衝突安全対策については、自動車の自動運転技術が応用できるものと考えられる。現在、2020年までの自動運転の実用化を目指して、日本、米国及び欧州において技術開発が進められており、公共交通分野では路線バスやタクシーなど実証実験が進められおり、その要素技術は日々刻々と進化している。自動運転技術は安全方策のひとつであるとともに、無人運転による人件費削減についても効果があるため、今後の検討課題として整理した。

2.2.6 道路への鉄軌道導入に伴う道路交通への影響についての検討

鉄軌道導入後及び工事期間中の道路交通への影響については、特に道路交通への負荷が大きいと想定される朝ピーク時間帯を対象とし、混雑度（交通量と交通容量のバランス）及び主要区間における所要時間を算出し定量的に評価を行った。

(1) 検討ケース及び検討対象区間の設定

検討ケースについては、鉄道はケース2（うるま・国道330号）、トラムトレインはケース7（うるま・国道58号）とし、検討対象区間については朝ピークの道路混雑が激しい区間を対象とし、南端は明治橋（旭橋付近）、北端は真栄原（国道330号）、大謝名（国道58号）とした。



図 検討対象区間