

【研究ノート】

クルマの自動運転技術の進展と移動保障

笠原正嗣

はじめに

クルマ社会の到来と言われて久しい。先進国では経済発展を支え続けた自動車産業が転換期に差し掛かっていると指摘されている。中国やインドなどのBRICs 諸国では自動車販売数は右肩上がりとなり、日欧米の各メーカーにとっては主要市場となりつつある。しかし先進諸国は、国内市場の成熟により販売数の現状維持さえも苦慮する場面が見られるようになってきた。当然、日本も例外では無く、少子高齢化による運転者（ドライバー）自身の減少と若者のクルマ離れが顕著となり、また景気後退も重なることで、国内販売台数の減少傾向が今後は加速化すると考えられている。

その一方で、高まり行く高齢化率に比例するかのよう公共交通充実の必要性が声高に叫ばれている。クルマ依存度が高い地方都市を中心に、加齢によりハンドルを握ることができない高齢者が増えて、買い物難民や医療難民となり社会問題化してきた。実際、都市部においては公共交通への回帰傾向が顕在化するようになり、バス路線充実やLRT 新設の計画など、脱クルマによる都市作りが展開されるようになった。

それでも、人口が少なく、拡散居住している地方都市（特に山間地域）では、クルマによる移動が最も効率的な移動手段であり、80・90歳の超高齢ドライバーが不安を抱えながらハンドルを握っているという実情がある。そうした状況を受けて、地方の足である軽自動車にかわる新しいクルマが2010年頃より開発されるようになってきた。マイクロカーである、電気自動車の技術普及により、その商品開発が加速化されている。それと同時に自動運転の技術開発が、

安全性の確保と物流の効率化，そして高齢化に対応するために開発が促進されている。そこで本稿では，移動保障という観点から，クルマの自動運転に関する技術開発の必要性を考えてみたい。

Ⅰ. 日本の交通社会の現状と課題

都市部では，超高齢化に伴う社会的弱者の増加を考慮に入れた都市計画の立案やバリアフリー対応環境への移行促進により，とりわけ大都市の公共交通は便利で快適なものに発展してきた。安価で多くの選択肢を提供して，維持費も不要となれば，特にクルマの所有にこだわりの無い若者を中心とした階層を代表として，公共交通に対するニーズは高まりを見せてきた。

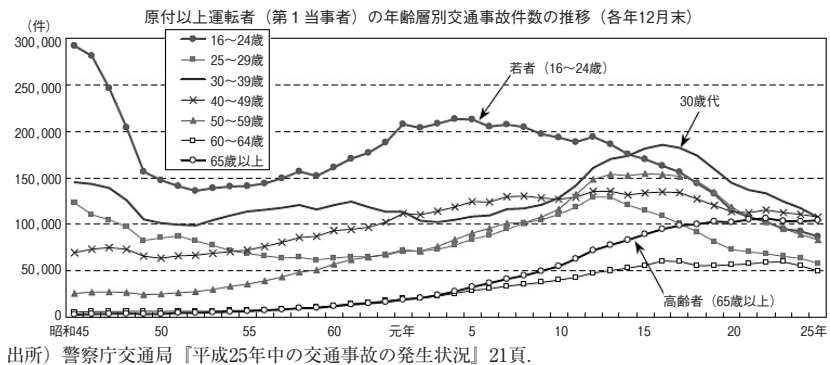
その一方で，地方都市，特に過疎地の高齢者の移動ニーズは満たされないまま放置されている。各地方自治体は交通網の現状維持に四苦八苦している状態である。スプロール化して拡大した都市構造を見直し，中心市街地に集住化するコンパクトシティへの移行が頻繁に議論されているが，理想論通りに事は進まず，富山市等の一部都市を除いて計画段階に留まっているのが実際である。クルマ依存度が非常に高い地方都市においては，高齢者や障害者などの移動困難者に対する移動環境の確保が必須課題となっている。

日本では高齢化が今後も大きく進むが，その波がアジア各国にも及ぶことは確実である。元気な高齢者の生活を保持するためには，人との交流や出会いの場を創出することが不可欠であり，移動手段の確保は必須となる。地方都市においては，その役割を公共交通のみに期待することは非常に困難である。つまり，クルマの役割はまだ必要不可欠である。外出できなくなると，人との交流が途絶え，生きがいや元気を失い，それが病気につながり，要介護状態へと導くことにもなる¹⁾。

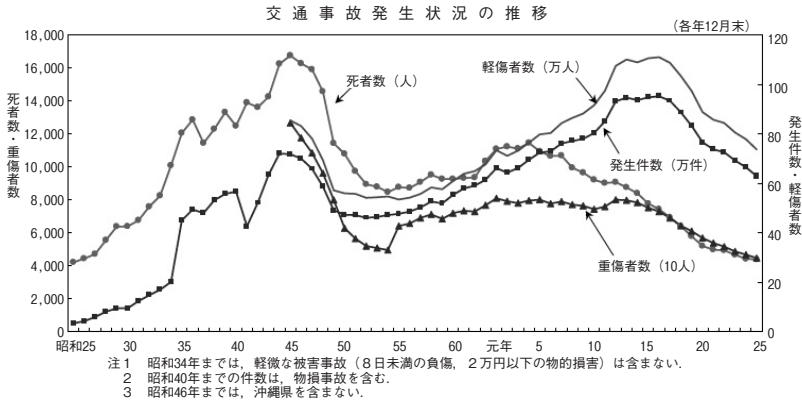
高齢者にやさしい自動車開発推進知事連合のプロジェクトでも確認されたように，公共交通の貧弱な地域においては，日常の足としてクルマが重要であり，それが無いと自立した生活ができない。しかしながら，加齢により運転能力の低下がみられ，交通事故の懸念が増加していく。高齢者は歩行者である場合の被害者としての件数と同時に，高齢ドライバーとして事故の当事者となる件数

が上昇している（図表1）。特に、認知症を原因とする逆走事故や、病歴が無い場合でも判断力低下に起因するアクセルやブレーキの操作ミスによる暴走やハンドル操作の誤りによる衝突など、人命に関わる事故が多く発生している。運転免許更新で認知機能検査が必須となる後期高齢者層のドライバーが急増する今後においては、具体的かつ合理的な対策が急がれている。

日本の2013年における交通事故の死者数は、4,373人となり13年連続で減少した（図表2）。しかし、交通事故死者数の前年比減少率は0.9%にとどまり近年は減少幅が逡減し、交通事故対策の効果も頭打ち傾向が指摘されている。その背景としては、高齢者人口の増加、シートベルトやエアバッグ等の装着率（特にサイドやカーテンタイプの高性能タイプ）の頭打ち、飲酒運転による悪質ドライバーによる交通事故の下げ止まり等が挙げられている。交通事故死者の内訳を見てみると、安全運転義務違反（運転操作不適、漫然運転、わき見運転、安全不確認など）や、一時不停止、信号無視等、運転者の何等かのヒューマンエラーに起因するものが多くを占めており、これらのことから、運転者に対し注意情報を提供すること等、ITS・安全運転支援システムの導入等による更なる死亡事故ゼロに向けた取組が自動車メーカー各社をはじめ行われている²⁾。



図表1 高齢者が当事者となる事故の統計



出所) 図表1に同じ、1頁。

図表2 交通事故の統計

実際、クルマの安全運転支援機能に関しては、ここ数年で目覚ましい発展を見せており、本格的な超高齢社会を迎えるにあたり、身体的能力が衰える高齢者ドライバーの安全運転支援は重要なテーマである。そこで、「ぶつからないクルマ」として衝突を事前に防止する衝突予防（予知）への取り組みについて次にみることにする。

II. ICT化とクルマの安全技術の革新

近年、クルマはICT (Information and Communication Technology) 技術を積極的に取り入れたハイテクカーが一般化している。クルマへのICTの導入例として代表的なものは、カーナビゲーションシステムやETC等がある。近年では、更なる付加価値向上のため、コネクテッドカー（connected car）と呼ばれる、情報通信機能を持たせスマートフォンやタブレット連携を強化させる機能を付加したクルマなど、新たなICT化も加速している。そして自動車産業の分野に、AppleやGoogleなどが新たな事業領域拡大を視野に参入してきている。自動車メーカーが導入や実験を進めている各種運転支援システム・自動走行のセンサー技術や情報処理等の分野でも、その発言力を高めてきている³⁾。

これからのクルマは、環境への配慮と共に ICT 関連の安全に関する装備が不可欠となっている。これまでの安全技術は、主に事故時の被害を軽減する「衝突安全」が重視されていた。今後は衝突そのものを回避する「予防安全」がさらに強化される傾向にある。自動車の安全・安心に関しては、現在のところ車載レーダーやカメラなどにより、先行車や車線を把握し、車が自律的に衝突回避や車線逸脱を防ぐ、自動車単体の安全運転支援技術、どちらかと言えば自律型システムとして進展してきた（図表3）。

<p>衝突被害軽減ブレーキ</p> <p>自動ブレーキ制御</p> <p>衝突回避</p> <p>《情報により自分でブレーキ制御》</p> <p>自動ブレーキ制御</p> <p>衝突回避</p> <p>《運転者のブレーキが離れた時》</p> <p>遅延によるブレーキ制御</p> <p>《従来遅れにより遅いタイミングで自分でブレーキ制御》</p>	<p>・衝突被害軽減ブレーキ</p> <p>約4km～30km/hでの低速走行中、車前方に設置した近距離を高精度で探知できるセンサーまたはレーダーで先行車を捉え、衝突の危険性が高いと判断するとブレーキを自動制御する機能である。ドライバーが不注意等で前方に障害物や車が迫っているにもかかわらずブレーキ操作などを行わなかった場合に、自動的にブレーキをかけて衝突回避をサポート、もしくは衝突による被害の低減を図る機能。</p>
<p>設定速度で走行</p> <p>《先行車がない場合》</p> <p>車間距離を一定にコントロール</p> <p>《先行車がいる場合》</p>	<p>・ACC (アダプティブ・クルーズ・コントロール)</p> <p>車に設置してあるレーダーセンサーが先行車との車間距離を計算して、適切な加減速を行い、設定車間距離を保持しながら運転者がアクセルやブレーキを操作しなくても定速で走行する機能。</p>
<p>車線維持のための操作支援制御</p> <p>車線維持</p>	<p>・レーンキープアシスト</p> <p>車内に設置されたカメラ画像をもとに車線を認識し、方向指示器を操作されないまま車線を逸脱しそうになると警報音を鳴らしディスプレイに表示する等でドライバーに知らせるとともに、軽いハンドル操作で車線維持が可能とする機能。</p>

(出典) 総務省「ICT先端技術に関する調査研究」(平成26年)
 ※図表は国土交通省自動車総合安全情報ホームページ

出所) 総務省『情報通信白書(平成26年版)』229頁。

図表3 安全運転支援装置

予防安全に関する世界的な規制強化と自動車アセスメント基準の強化が考えられる。実際、大型車が絡んだ重大な交通事故が多発している影響もあり、欧州では、2013年11月から新型の大型車へのAEB(Automatic Emergency Braking:自動緊急ブレーキ)の装着が義務化され、2015年には継続生産車にも適用される⁴⁾。日本でも、大型車が渋滞車列に突っ込み多数の死者が発生する

事故や、高速バスの側壁への追突事故など、自動緊急ブレーキ装備の必要性について議論が重ねられてきた。そこで、2014年11月から新型の大型トラック・バスに衝突被害軽減ブレーキの装着が義務化され、2017年11月から継続生産車への適用が始まる⁵⁾。

その流れは一般乗用車にも及んできた。欧州の新車アセスメントプログラム「Euro NCAP (European New Car Assessment Program)」では、2014年より乗用車でも AEB が評価対象となるため、安全性の最高ランクである5つ星を取得するにはAEBの搭載が必須となった。日本も2014年から自動車事故対策機構が実施する自動車アセスメントプログラム「JNCAP (Japan New Car Assessment Program)」で、自動ブレーキ装着を評価基準に加えられた。そして2014年10月23日に各メーカーの自動停止装置の評価が初めて公表された。衝突被害軽減ブレーキで最高32点満点、車線逸脱防止支援システムで最高8点満点として、合計40点満点で採点され、合計点数が2点以上の車は「ASV」(先進安全車)、合計点数が12点以上の車は「ASV+」(先進安全車プラス)として認定された(図表4・5)。なお、2016年度から対歩行者性能試験も加える事を予定している。日本初の画期的取り組みとなった今回の試験には、8メーカー26車種がエントリーして競い合ったが、その評価は大きく分かれることとなった⁶⁾。

そのような背景の中で、車と車、道路と車、車と人等がICT技術を取り入れ、相互にタイムリーな情報交換ができるようにするとともに、地図情報や車・人の位置情報等の地理空間情報、蓄積データを活用するITS (Intelligent Transport Systems) 技術は、交通事故の危険や交通渋滞の回避、安全で環境にやさしく経済的な道路交通社会を実現する上で、今後大いにその発展が期待される。さらに、本稿の主要論点としている自動運転につながると考えられる。

JNCAP NASVA 独立行政法人自動車事故対策機構 NASVAサイトへ ENGLISH 検索

TOP JNCAPの取り組み 自動車アセスメント 予防安全性能アセスメント チャイルドシートアセスメント 資料ダウンロード よくある質問

TOP > 予防安全性能アセスメント > 試験車種一覧(乗用車)

▼ 予防安全性能アセスメント

- ▶ 試験手続を検索
- ▶ 予防安全性能アセスメントの概要
- ▶ 衝突被害軽減ブレーキ制御装置
- ▶ 車線逸脱警報装置

▼ 資料ダウンロード

- ▶ 予防安全性能 資料ダウンロード

NASVAへのご意見・お問い合わせ
 NASVA総務部総務グループ
 東京都墨田区錦糸3-2-1
 アルカイスト19階
 電話:03-5608-7560(代表)
 [平日9:15~17:30]
 E-Mail: admin@nasva.go.jp

試験車種一覧(乗用車)

詳細の見方はこちら

メーカー	スズキ		Caution		
試験車	ソリオ バンディット				
グレード	BANDIT-DJE				
排気量	1,242cc				
旅客軽減ブレーキ	換出装置		確認作動域	10~45 km/h	
	オプション	ポイント		10.7/32.0	
はみ出し警報	換出装置		確認作動域	-km/h	
	ポイント		-	/8.0	
旅客軽減ブレーキ試験動画					はみ出し警報試験動画
	-	-	-	-	

メーカー	スバル		Caution		
試験車	フォレスター				
グレード	2.0i-L EyeSight				
排気量	1,995cc				
旅客軽減ブレーキ	換出装置		確認作動域	10~60 km/h	
	標準	ポイント		31.9/32.0	
はみ出し警報	換出装置		確認作動域	60km/h ~	
	標準	ポイント		8.0 /8.0	
旅客軽減ブレーキ試験動画					はみ出し警報試験動画
					

出所) JNCAP (独立行政法人自動車事故対策機構)「予防安全アセスメント」
http://www.nasva.go.jp/mamoru/active_safety_search/list_all.html (普通車)

図表4 予防安全性能アセスメント (JNCAP)

JNCAP 予防安全性能評価結果 1~12位

順位	車種	試験車	総合点	被害軽減ブレーキ		車種はみ出し警報	
1位	レクサス LS	LS 460 Fスポー	40.0/40.0	32.0/32.0 (オプション)	検出装置 ミリ波+カメラ 確認作動域 10~60km/h	8.0/8.0 (オプション)	検出装置 カメラ 確認作動域 60km/h~
1位	日産 スカイライン	スカイライン 200GT-t4 ATP	40.0/40.0	32.0/32.0 (標準)	検出装置 ミリ波レーザー 確認作動域 10~60km/h	8.0/8.0 (標準)	検出装置 カメラ 確認作動域 60km/h~
1位	スバル レヴォーグ/WRX	レヴォーグ 1.6GTアイサイト	40.0/40.0	32.0/32.0 (標準)	検出装置 カメラ 確認作動域 10~60km/h	8.0/8.0 (標準)	検出装置 カメラ 確認作動域 60km/h~
4位	スバル フォレスター	フォレスター 2.0i-Lアイサイト	39.9/40.0	31.9/32.0 (標準)	検出装置 カメラ 確認作動域 10~60km/h	8.0/8.0 (標準)	検出装置 カメラ 確認作動域 60km/h~
5位	スバル インプレッサ	インプレッサXV ハイブリッド 2.0i-Lアイサイト	39.3/40.0	31.3/32.0 (標準)	検出装置 カメラ 確認作動域 10~60km/h	8.0/8.0 (標準)	検出装置 カメラ 確認作動域 60km/h~
6位	日産 エクストレイル	エクストレイル 2.0i エアークラッシュブレーキロックアップ	32.5/40.0	24.5/32.0 (標準)	検出装置 カメラ 確認作動域 10~60km/h	8.0/8.0 (標準)	検出装置 カメラ 確認作動域 60km/h~
7位	日産 ノート	ノート Xエアークラッシュブレーキロックアップ	28.7/40.0	20.7/32.0 (標準)	検出装置 カメラ 確認作動域 10~60km/h	8.0/8.0 (標準)	検出装置 カメラ 確認作動域 60km/h~
8位	マツダ アテンザ	アテンザ XD レイカーズ	27.6/40.0	19.6/32.0 (標準)	検出装置 レーザー+ミリ波 確認作動域 10~60km/h	8.0/8.0 (標準)	検出装置 カメラ 確認作動域 60km/h~
9位	レクサス NX	NX 300h パーヴェル	26.9/40.0	18.9/32.0 (オプション)	検出装置 ミリ波レーザー 確認作動域 20~60km/h	8.0/8.0 (オプション)	検出装置 カメラ 確認作動域 60km/h~
10位	トヨタ カムリ	カムリ Qレイカーズ	26.2/40.0	18.2/32.0 (オプション)	検出装置 ミリ波レーザー 確認作動域 20~60km/h	8.0/8.0 (オプション)	検出装置 カメラ 確認作動域 60km/h~
11位	マツダ アクセラ	アクセラ XD	25.8/40.0	17.8/32.0 (標準)	検出装置 レーザー+ミリ波 確認作動域 10~60km/h	8.0/8.0 (標準)	検出装置 カメラ 確認作動域 60km/h~
12位	レクサス IS	IS 300h Fスポー	25.5/40.0	17.5/32.0 (オプション)	検出装置 ミリ波レーザー 確認作動域 20~60km/h	8.0/8.0 (標準)	検出装置 カメラ 確認作動域 60km/h~
13位	ホンダ オデッセイ	オデッセイ アソルテ EX	25.3/40.0	25.3/32.0 (オプション)	検出装置 ミリ波レーザー 確認作動域 10~60km/h	設定なし	

順位	車種	試験車	総合点	被害軽減ブレーキ		車種はみ出し警報	
14位	三菱アウトランダー /アウトランダーPHEV	アウトランダー PHEV ギャルビパッケージ	22.9/40.0	14.9/32.0 (標準)	検出装置 ミリ波レーザー 確認作動域 10~60km/h	8.0/8.0 (標準)	検出装置 カメラ 確認作動域 60km/h~
15位	トヨタ ハリアー	ハリアーハイブリッドアドバンスドレパッケージ	22.8/40.0	14.8/32.0 (標準)	検出装置 ミリ波レーザー 確認作動域 20~60km/h	8.0/8.0 (標準)	検出装置 カメラ 確認作動域 60km/h~
16位	スズキ ソリオバンディット (※2)	ソリオバンディット BANDIT-DJE	10.7/40.0	10.7/32.0 (標準)	検出装置 ミリ波レーザー 確認作動域 10~45km/h	なし	
17位	スズキ ハスラー (※3)	ハスラー G	8.9/40.0	8.9/32.0 (標準)	検出装置 赤外線レーザー 確認作動域 10~30km/h	なし	
17位	スズキ アシラー/アシラーX (※4)	ワゴンR FX	8.9/40.0	8.9/32.0 (オプション)	検出装置 赤外線レーザー 確認作動域 10~30km/h	なし	
19位	スズキ スーパーカブ/アスクル (※1)	スーパースタ X	8.8/40.0	8.8/32.0 (オプション)	検出装置 赤外線レーザー 確認作動域 10~30km/h	なし	
20位	ダイハツ タント/タントカスタム	タントカスタム RS "SA"	8.0/40.0	8.0/32.0 (標準)	検出装置 赤外線レーザー 確認作動域 10~30km/h	なし	
20位	ホンダ フィット	フィット ハイブリッド レイカーズ	8.0/40.0	8.0/32.0 (オプション)	検出装置 赤外線レーザー 確認作動域 10~25km/h	なし	
20位	ホンダ N-BOX/N-BOXカスタム	N-BOXカスタム G Aパッケージ	8.0/40.0	8.0/32.0 (標準)	検出装置 赤外線レーザー 確認作動域 10~25km/h	なし	
20位	ホンダ N-WGN/N-WGNカスタム	N-WGN G Aパッケージ	8.0/40.0	8.0/32.0 (標準)	検出装置 赤外線レーザー 確認作動域 10~25km/h	なし	
24位	ダイハツ ミライース (※5)	ミライース L "SA"	7.8/40.0	7.8/32.0 (標準)	検出装置 赤外線レーザー 確認作動域 10~30km/h	なし	
25位	ダイハツ ムーヴ/ムーヴカスタム	ムーヴカスタム X "SA"	7.4/40.0	7.4/32.0 (標準)	検出装置 赤外線レーザー 確認作動域 10~30km/h	なし	
26位	ホンダ ヴェゼル	ヴェゼル ハイブリッドZ	6.7/40.0	6.7/32.0 (標準)	検出装置 赤外線レーザー 確認作動域 10~25km/h	なし	

出所) 講談社BC『ベストカーガイド』2014年12月10日号, 50-51頁.

図表5 JNCAP 予防安全性能評価結果

Ⅲ. 開発競争が激化する自動運転

クルマの安全運行に関係する技術は更なる進化を遂げている。ITS等の技術により、情報提供や危険情報の警報等の運転支援レベルは、今や実験段階から実用段階に入った。しかし、高齢者に対しては、これらのリスクに対する情報支援が有効ではない場合も少なくないと鎌田実是指摘する。つまり、高齢ドライバーの特性は多様で、加齢によって処理能力の減退や視力や視野の衰えにより有益な情報がうまく伝わらず、逆に驚いてパニックに陥る懸念もあるという⁷⁾。ドライバーの特性に応じたシステム開発が求められるところである。

自動運転に対する技術開発は市販車レベルにおいても順調に進んでおり、今年にかけてたて続けに新型車を発表したメルセデス・ベンツは、最量販車種であるCクラス（排気量1600cc～）のフルモデルチェンジで、「部分自動運転」という文言をプレス発表に盛り込んだ（2014年7月11日）。主たる用途としては、特に高速道上を想定した安全運転サポートの技術ではあるが、クルマのインテリジェンスとして、次のように発表している⁸⁾。

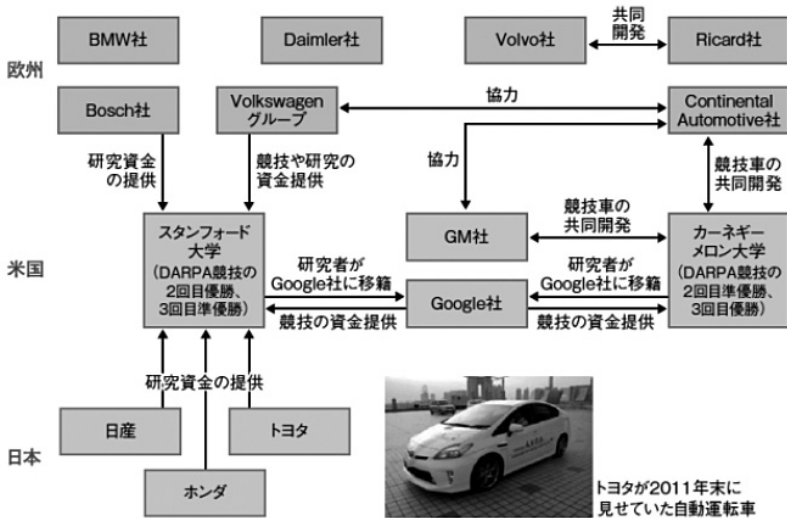
安全運転支援システムは、ドライバーの疲れを最小限に抑える快適性が安全なドライブに貢献するという思想に基づき、安全性と快適性を高次元で融合させたもので、メルセデス・ベンツではこれを「インテリジェントドライブ」と総称しています。

（中略） これらのカメラとレーダーから得られたデータをコントロールユニットで融合させ、安全運転支援システムに対応するデータを作成します。このデータを高度なアルゴリズムで解析することにより、先行車両、横切る車両、後方車両、対向車、歩行者などを検出し、その位置を特定します。これにより、状況を判断して、アクセル、ブレーキ、ステアリングを自動でアシストする、まさに「部分自動運転」を実現しました。メルセデス・ベンツの乗員のみならず、他の道路利用者をも含む包括的な保護を実現することが、その目標です。

日本での販売価格は500万弱からという高級車ではあるが、低価格化車種への今後の普及が期待できる。安全性向上を求めて運転支援技術の開発が進んで

いるが、各社はまず高速道路を中心に自動運転技術を実用化し、その後徐々に幹線道路へ、さらに一般道路へと拡げていく過程を描いている。しかし、歩行者や自転車など、さらには二輪車を含めての混合交通となり、道幅も狭くセンターラインもない市街地の一般道路での運用にはかなりの技術的な困難が予想される。複雑な判断やハンドル操作、交通ルール等が求められる場所ほど技術的難易度が高いとされる⁹⁾。

これらの自動運転技術における開発の特徴は、トヨタや日産、そしてGMやフォルクスワーゲン、メルセデスやBMW等の大手自動車メーカーに加えて、ネットワーク企業の代表的存在であるGoogleが中心的位置に居ることである。



自動運転車開発の中心地は米国。自動運転技術を手掛ける日米欧の主な企業や大学を示した。(関係を示す矢印には日経Automotive Technology誌の推定を含む)

出所) 日本経済新聞「グーグル追い越せ 『自動運転』 最前線、世界列強も本気」2013年4月2日

図表6 自動運転における研究連携

特に話題となっているGoogleは、2009年からスタンフォード大学と共同で、自動走行技術の開発を始め、2010年から米国で走行実験を開始した。同社の自動走行車は、センサーでとらえた情報を人工知能で解析し、安全な走行路を判

定する方法を採用しており、車両上部にLidarと呼ばれる機器を搭載し、レーザーにより物体との距離を測定することで、車両周辺の3Dマップを作成する。また、フロントガラスにはビデオカメラが設置され、信号機、道路標識、前方の車のテールランプなどの検知を行うほか、屋根のGPSアンテナで位置を把握し、車輪の位置測定センサーにて短距離の移動を測定することで正確な位置を算定している。これら各種センサーより収集した情報から、自動車の位置を正確に把握してGoogleの得意分野であるマップに重ね、どの車線が安全に走行できるか、横断歩道や交差点がどこにあるかなどを判定している。同社によると2014年4月には無事故での走行距離が70万マイル（約113万キロメートル）に達したという¹⁰⁾。

現在のアメリカにおける自動運転研究の拠点は、自動車産業の中心地であったデトロイトではなくシリコンバレーというのは誠に興味深い。その中心に位置するのは図表6の通りGoogleとスタンフォード大学なのであるが、アメリカで自動運転の研究で両者が飛躍した要因として、国防総省の研究機関である国防高等研究計画局（DARPA）が開催した自動運転自動車の競技が考えられる。2007年のアーバンチャレンジでは一般道に近い環境をつくり、交通法規に従って市街地走行をして順位を争った。その時準優勝したスタンフォード大学に在籍したセバスチャン・スランは、その後Googleに移籍して研究を牽引して、現在の同社の優位性を築いた¹¹⁾。

さらに興味深い話として、実はアメリカでの自動運転の先駆者はカーネギメロン大学の、ロボット研究所の金出武雄教授であるという。1980年代前半から自動運転の基礎研究をはじめ、1995年頃には東海岸のピッツバーグから西海岸のサンディエゴまでのアメリカ大陸横断で、98.2%を自動運転にて走破した。目としてカメラが2つ以上取り付けられており、車線の認識、GPSなども利用して現在地の把握、レーザーによる障害物の発見など、もちろん、ドライバーの代わりに意思決定も行い、ハンドルをモータにより操舵するという、現在の自動運転につながる基本技術を確認したのである。

自動運転の技術的中心は自車位置を正確に把握することが重要で、話題のGoogleやトヨタにしても、アメリカのペロダイン製のレーザーレーダーにて周

周囲の物体との距離を測定して、予め作成した3次元データと照合することで、正確にクルマの位置を推定している。しかしセンサーの価格が約900万円もするので、量産車に装備する際にどこまで低コスト化できるのか大きな課題である。また、日常使用での耐久性に不安も指摘されている。それに対して、金出教授の方法は、一般的なカメラを利用して、クルマが通った道を全て映像記録してデータベースを作成し、次回に通過する時は、そのデータベースと照合しながら位置情報を特定して運転するというシンプルなものである¹²⁾。そうした低コストの自動運転技術の研究が改めて注目されている。

自動走行の定義については、世界各国、関係団体が統一されていないが、米国NHTSA（National Highway Traffic Safety Administration：国家道路交通安全局）の「自律走行車に関する暫定政策提言」での分類が基本となっている。図表7を見ると、最新のハイテク安全装備車であっても、まだレベル1或いはレベル2であり、先進的とされるGoogleの事例でもレベル3と言われる。レベル4である完全自動化までにはレベル3での実績を重ね、その信頼性を十分に向上させることが必要である¹³⁾。そのためには、走行実験が欠かせないが、日本と異なりシリコンバレーをはじめアメリカ各地にはその環境が整っているのであった¹⁴⁾。なお、日本における安全運転支援システムや自動走行システムの整備計画のロードマップを図表8に示しているが、自動運転のひとつの目安（半自動化）が2020年の東京オリンピックで、完全自動化の実現は2030年まで待たなければならない。

また、自動運転技術においては、クルマの位置や周囲の状況を検知するセンサーと、それに基づいて判断を下し操縦する人工知能（AI）が根幹とされる。数百、数十メートル先の状況判断を行う場合、早い速度域では数秒しか猶予がない。障害物を回避する行動をとるか停止するかなど、臨機応変の運転状況判断が必要となる。レベル3以上の自動走行には自動車内外からの正確な情報通信技術と状況に応じた適切かつ迅速な判断を行う人工知能技術が必要不可欠なのである¹⁵⁾。だからこそ、IT企業やコンピューターサイエンスに強みを持つ大学が存在感を示し始めている。これからの自動車産業を考えた場合、自動運転という中核技術を押さえた企業が、自動車メーカーに対して主導権を握るよう

自動走行のレベル

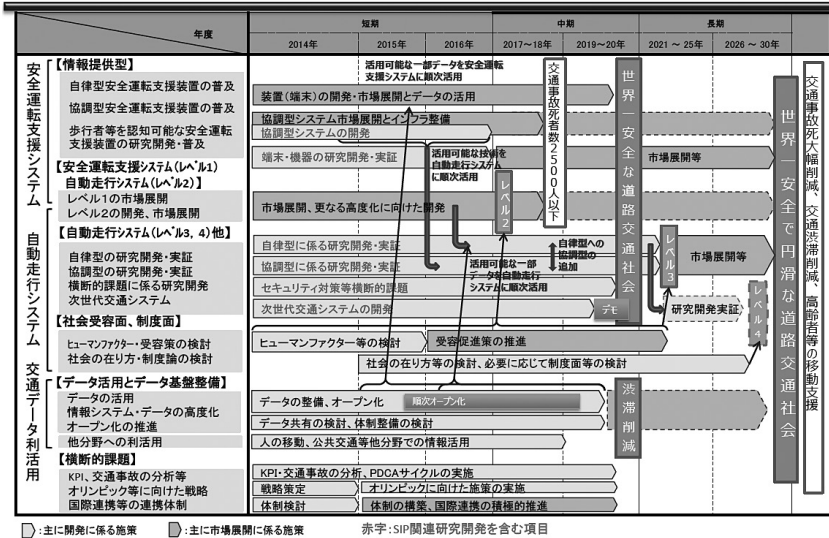
	自動化水準	概要
レベル 0	自動化なし	運転手が、自動車の主要操縦系統(ブレーキ、ステアリング、スロットル、原動力)を常に自ら完全にコントロールし、道路状況の監視及び全操縦系統の安全な操作について全責任を負う。 運転支援機能(前方車両衝突警報、車線逸脱警報、死角モニター等)を有しても、ステアリングやブレーキやスロットルを制御する能力がない自動車は、「レベル 0」と見なす。
レベル 1	特定機能の自動化	特定の操縦機能を 1 つ以上持つ自動車。複数の機能が自動化されている場合には、それら機能が互いに独立に動作する。 運転手が全体を制御し安全操作について全責任を負うものの、運転手は主操縦系統の限定的なコントロール権限(ACC)を任せたり、自動車が電子安定制御等限られたコントロール権限を自動的に引き受けたり、自動化システムとして追突防止ブレーキなど特定の状況での付加的な運転支援を提供することが可能。 自動車の自動化システムは、主操縦系統の一つの機能により運転手を補助するのであって、運転手が物理的に運転から開放されるのではない。機能別自動化の例は、クルーズ・コントロール、自動ブレーキ、レーンキープ等。
レベル 2	複合機能の自動化	主操縦系統の最低2つが自動化され、これら機能が同時に動作し、これら機能から運転手が解放されるよう設計された自動車。 運転手は特定の限定された状況下で、自動車との共有権限を利用して、主要な操縦を自動車に任せることが可能。但し、道路状況の監視と安全操作の責任は運転手にあり、運転手は短時間に自動車を安全にコントロール可能とするよう留意しなければならない。 車線の中央走行と ACC の併用がレベル 2 の一例。レベル 1 とレベル 2 の主な違いは、レベル 2 では自動走行モードが起動すると、運転手が物理的に運転から解放されること(ハンドルから手を、ペダルから足を同時に離す)。
レベル 3	半自動化	運転手は特定の交通・環境条件において、全ての安全重視機能(safety-critical functions)のコントロールを完全に自動車に任せることが可能。運転手の操縦に戻さなければならない状況の変化を監視することも自動車に大きく依存。自動走行モードを維持できないとき、運転手による手動モードへと安全に切替えられるだけの十分な猶予を持って運転手に知らせることが出来るのがこのレベル。 レベル 2 とレベル 3 の主な違いは、レベル 3 では、走行中に運転手が道路状況を常時監視する必要がないこと。
レベル 4	完全自動化	全ての安全重視運転機能を実行し、全行程の道路状況を監視するよう設計されている自動車。人が目的地やナビへの入力を行うものの、走行中のいかなる時にも運転することがない。レベル 4 の自動車には有人と無人があり、安全運転の責任は自動走行車両システムだけにかかる。

(出典) NHTSA (米、国家道路交通安全局) の Preliminary Statement of Policy Concerning Automated Vehicles (自動走行車に関する暫定政策提言) より KDDI 総研にて作表

出所) KDDI 総研『ICT 先端技術に関する調査研究報告書』2014年 4月, 34頁.

図表 7 自動走行段階表

官民ITS構想・ロードマップ（ロードマップ全体像）



出所) 高度情報通信ネットワーク社会推進戦略本部 新戦略推進専門調査会「官民ITS構想・ロードマップ(案)」2014年3月, 39頁.

図表8 普及ロードマップ

になるという、大きなパラダイム転換が起こるかも知れない。「走る、曲がる、止まる」という走行技術面と量産効率化でのコスト競争で争ってきた自動車メーカーであったが、環境対策に加えて、自動運転でも異分野との競争を強いられることになる。

なお、自動運転のシステムには、Google や日産などが取り組んでいる「自律型」と、トヨタやホンダが開発を進めているインフラとの「協調型」の2方式がある(図表9)。自律型は、自動運転の際に車載センサーやカメラの情報を主としているのに対して、インフラ協調型は、外部からの情報を取り組んで車載センサーやカメラの情報と融合・情報処理をしながら自律走行する方式である。後者の場合は、外部情報を利用することによりシステムコストの低減が期待されている¹⁶⁾。ただし、周辺インフラの整備が必要となる面もあるので、最初に実用化されるのは自律型であろうと筆者は考える。

安全運転支援・自動走行システムの情報収集技術の種類

情報収集技術の種類		技術の内容（情報入力的手法）	特徴
自律型		自動車に設置したレーダー、カメラ等を通じて障害物等の情報を認識。	<ul style="list-style-type: none"> 概ね全ての場所で機能。 障害物等の認識は「見える範囲」に限定されるとともに、手法によっては天候、明暗など周辺環境の影響をうける。 リアルタイム性に優れる。
協調型 (広義) 24	モバイル型	GPSによる位置情報とクラウド上の地図上にある各種情報を認識。	<ul style="list-style-type: none"> 概ね全ての場所で機能。 広域の情報を収集可能。 リアルタイム性に欠ける。
	路車間通信型	路側インフラに設置された機器から、道路交通に係る周辺情報等を収集。	<ul style="list-style-type: none"> インフラ設置場所にて機能。 周辺や広域情報についても入手可能。 リアルタイム性に優れる。
	車車間通信型	他の自動車に設置された機器から、当該自動車の位置・速度情報等を収集。	<ul style="list-style-type: none"> 他の自動車も設置している場合のみ機能。 見えない場所でも他の自動車のより詳細な情報を入手可能。 リアルタイム性に優れる。

出所) 図表8に同じ、19頁。

図表9 自律と協調型の分類

完全自立型の自動運転の商品化の目標年次については、Google が2017年と先行し、日産自動車はそれに遅れること3年後の2020年に実現することを公式発表している。2014年7月17日のカルロスゴーン社長の会見では、2016年末までに、混雑した高速道路上で安全な自動運転を可能にする技術であるトラフィック・ジャム・パイロットを市場に投入し、ほぼ同時期に、運転操作が不要な自動駐車システムも幅広いモデルに投入する予定を示した。2018年には、危険回避や車線変更を自動的に行う、複数レーンでの自動運転技術を導入し、2020年までに、ドライバーの操作介入なしに、十字路や交差点を自動的に横断できる交差点での自動運転技術を導入する予定という。今回のゴーン社長の会見で注目すべきは、「世界的に増加している高齢者人口に訴えかけるようなクルマの提供によって、ジェネレーション・ギャップを埋める必要性」を述べたことと、「高齢の消費者は、より長く、安全な運転を可能にしてくれる技術や自動運転システムを必要としている」ことを主張したことである。自動運転が超高齢社会

に対する自動車メーカーの対応策であることを認識しなければならない。

自動車メーカーの生きる道として、自動運転を含めた安全技術の確立は、必要不可欠なものとなる。日本の場合は高齢者の事故が多く、最近では免許を返納する人も増えている。特に地方都市では通院や買い物などに支障が出るので、やむなく運転している人もいる。こうした人々に安全な自動車を提供できれば、超高齢社会でも自動車会社としてもマーケットを維持できると考えている。

しかし自動運転の実現には、法整備を含めて多くの難題が山積している。例えば、人の手を介さない完全自動運転では、道路交通法第70条でドライバーに課している安全運転義務に抵触するので、新たな法整備も必要になる¹⁷⁾。さらに、事故が発生した場合の責任の所在（所有者なのか製造したメーカーなのか等）を巡っての議論がこれから深められていくと予想される¹⁸⁾。また公道で走行している他の手動運転車両から受容されるかという不安の声もある。自動走行のメリットとデメリットについて認識しておく必要がある。

IV. 自動運転が変える地方と高齢者の移動環境

あらためて日本における図表9の官民ITS構想のロードマップ（案）を確認すると、「交通事故削減」や「渋滞緩和」とともに「高齢者等の移動支援」という文言に注目したい。高齢者の移動環境整備は福祉政策としても重要課題である。例えば、科学技術振興機構（JST）のイノベーション研究テーマを調べると、「高齢社会を豊かにする科学技術システムの創成」分野の中に「高齢者の自立を支援し安全安心社会を実現する自律運転知能システム」という研究が見られる。井上秀雄トヨタ自動車主査をプロジェクトリーダーに実施されているもので、自動運転技術を運転支援に役立てることを目的とし、高齢者の日常生活圏における走行条件下で比較的安価に普及を広めることを重視した研究プロジェクトである¹⁹⁾。地方都市ではマイカーの役割が大きく、高齢者にやさしいクルマ、あるいは知能化運転支援システムが、その手段として非常に重要な役割を占めると考えている。地方で進行する人口減少社会では、公共交通を補完するための移動環境という点で、クルマは今まで以上に存在価値を高めるかも

知れない。産業振興を含めて、自動運転を通じた自動車産業の新たなイノベーションに期待したい。

2020年に自動運転の実用化を目指す Google が、2014年の5月に発表した最新の自動運転の試作車（図表10）は、これまでの市販車ベース改造のものではなく、自社設計の小型車両であった。2人乗りの電動のマイクロカーで、車のルーフ上に搭載したセンサーやカメラが周囲の情報を集め、人工知能を特別に備えたコンピューターがその情報を解析して自動運転する。注目すべきことに車内にはハンドルやアクセル、ブレーキペダルはなく、搭乗者は目的地を入力し、運転の「開始」「終了」を示すボタンを押すだけとなる。正真正銘の自動運転である（なお安全のために最高速度は約40キロとなっている）。プロモーションビデオでは、加齢のためクルマの運転ができなくなった老夫婦が乗る映像が映し出されるなど、自動運転のクルマが今後の社会で果たすべき役割を示唆していると感じるのは筆者だけではないであろう。



出所) 朝日新聞デジタル「自動運転車、グーグルが初公開 20年ごろの実用化目標」
2014年5月31日記事より。

図表10 グーグルの最新自動運転試作車

自動運転の普及のプロセスをみると、最初は高速道路を中心とした自動車専用道路での活用、次に主要幹線道路、最後に市街地の一般道路の順番に利用が

実施されると予想できる。つまり、全国規模での普及にはまだまだ長い時間が必要となる。しかし、地方のクルマを運転できない高齢者数は今後も急増するので、生活における移動環境を保障することは早期の解決課題となる。

そこで、注目したいのが「コミュニティ・モビリティサービス」に関する提案である²⁰⁾。全国規模で自動運転が普及するまでの時間的猶予を待つ方法として、自動運転が抱えている問題を順次解決できる枠組みを考えることで、法制度整備や社会的な受け入れに関するハードルが低く、普及のモチベーションが高い枠組みの採用である。ポイントは、エリアを地域（コミュニティ）に限定することである。つまり、①利用者のメリットが明確である、②法制度を整備する側の妥協、すなわち理解を獲得する余地が大きいことが考えられる。

高齢者や障害者、妊婦や子どもなど、自ら運転ができない人が享受する自動運転のメリットは、高速道路等の自動車専用道路での長時間移動のサポートとは異なり、コミュニティ内での日常的な短時間・短距離を基本とするサービスである。また、自動運転の対象エリアを限定することが容易である点もメリットである。渋滞緩和や交通事故減少は、広範囲に自動運転を導入して効果が顕在化するるのであるが、その実現には時間が必要で、また住民等の関係者の合意を得る時間と労力は多大なものとなる。それに対して、コミュニティ・モビリティサービスは、導入による様々なメリットをすぐに享受できることから、自動運転の導入に懐疑的・反対意見を持つ人も、移動に難題を抱えた周囲の高齢者を目前にした場合は合意の形成も早いのではないかと考える。

自動運転を適用する道路の範囲も日本全国津々浦々となれば、あらゆる事態を想定した制度を作る必要がある。まだ発展途上の新規技術である自動運転の場合、100%安全な状態にてあらゆる地形や交通状態の中をカバーすることは、長期にわたる実験と改良が必要となる。しかし、特定の地域、特に人口少数地域に限定すればエリア内での安全性確保は比較的容易なので、法的な制約も特区等の柔軟な対応にて運用が可能となるであろう。

こうした地方の過疎地の移動問題解決への取り組みとして、2014年1月より、自動走行実験が沖縄県の久米島を舞台に開始された（「久米モビ」）。デンソーと NEC が共同で取り組む日本初の事業で、その技術的な特徴は①準天頂

衛星システムの活用，②外部制御センターによる複数モビリティの走行の総合的制御，そして，③「I2V」(Infrastructure to Vehicle) や「V2V」(Vehicle to Vehicle) という社会インフラであり，それらの有効性を実験・検証して，今後の普及へのデータ収集を行うというものである．先ず，①の準天頂衛星の日本における運用開始により，GPS 衛星単体での運用で1メートル以上であった測位誤差が，両者を併用することにより10cm単位の測位が可能となった．その精度を活用することで，道路での自動車同士のすれ違いも問題なく行うことができるようになった．また③は，今後導入が見込まれている社会インフラでもあり，道路の路肩にある通信機と今回の新しいクルマ，クルマとクルマ間を無線でつなぎ，②の外部制御センターとデータのやりとりを行うことで，安全な自動走行を実現するというものである²¹⁾．

その成果について，大田治雄久米島町長のインタビュー記事を見ると²²⁾，今回の「久米モビ」の自動走行実証実験は島内の新たな交通網整備であるとの意欲が見て取れる．島は交通量が少なく，渋滞もないので運行の安全性が確保できる．そして，高齢者を買い物や病院の送り迎えする次世代の交通システムとして機能することを「久米モビ」に期待しているのであった．この実証実験は，2015年の12月から小さな離れ小島である住民20名程度の奥武島にても行われ，2018年頃をめどに久米島本島にて実施される予定である．とりわけ，集落が散在しており，小さな集落では20～30戸で交通の便が悪く，バスが走っていても1日2～3本という地域の買い物弱者への対応が期待できるのであった．

自動運転システムの導入には莫大な費用がかかることが予想される．町の単独事業として導入することは不可能であろうし，普及初期のシステムトラブルやコスト負担も相当なものになる．しかし，町長も指摘するように，中長期的なビジョンとはなるが，無人運転の事業がビジネスモデルとして成立するようになれば，町営バスの運営する費用はいらなくなるので，経済的合理性も広範囲に普及すれば確立するのではないかと考える．何よりも，1日数本の運行という時間的側面や，バス停まで1キロ近く歩くなど地理的な制約から解放されることが無人運転システムを推進する最大のメリットであろう．移動困難者の新たな移動環境整備としてその動向に大いに注目したい．

おわりに

家の外に自ら出かけて、買い物をして、おしゃべりをするなど、人とのコミュニケーションをとることは健康保持のためには最大の効用がある。とりわけ、住み慣れた地域を離れることなく、実現できることは単純に採算性の議論では語ることができない大きなメリットにもなるであろう。

高度に情報化する未来社会において、自らがハンドルを握りクルマを運転するという行為は趣味的なものへと変化するかも知れない。ドライブは操作の楽しみを享受するための行為となり、基本は行き先をクルマに向かって音声入力をしてインプットするだけで、あとは目的地へ到着するまでリラックスして車内にて待つのみという時代が訪れるかも知れない。そうなれば移動困難者が増加する超高齢社会も怖くないと言えるであろう。また高齢者が拡散して居住する過疎地の課題も解決されるかも知れない。

自動運転技術の進歩により高齢者の移動問題が解決されるというのは、夢物語の域を出ないものかも知れない。しかし今後の超高齢社会を考える場合、高齢者や障害者等の社会的弱者の移動問題の解決は最優先課題となることだけは確かである。電車やバスの公共交通、自動運転の可能性を求めるクルマ、そして何よりも自らの足で健康的に歩くことへの環境整備を真剣に考えなくてはならないであろう。

【註】

- 1) 先進的なデマンドシステムを用いた事例として注目される三重県玉城町の「元気バス」の導入効果の事例が紹介されている。町の介護予防事業への参加が年間約3500人と4倍に増えたのだ。無料のバスが高齢者の外出を促し、健康維持が確実に進んだ。町の担当者は医療費が減る効果を期待する。導入前と比べると75歳以上の1人あたり医療費は県全体で年率1%増だが玉城町はほぼ横ばい。効果が運行費用を上回るようになれば、公費を圧迫しない新たな交通モデルが誕生すると意気込んでいる。(日経新聞朝刊2014年11月23日)
- 2) 総務省『情報通信白書(平成26年版)』228頁。

- 3) 同上, 224頁.
- 4) 富士通テン Technical Article 「CANape と VX1000 を用いた車載ミリ波レーダー開発の効率化」 http://download.vector-japan.co.jp/portal/medien/cmc/Technical_Articles/FujitsuTen_CANape_VX_201303_Press_Article_JP.pdf
- 5) 貨物やバスの衝突被害軽減ブレーキの義務付けについての詳細については国土交通省自動車局のサイトを参照のこと. <http://www.mlit.go.jp/common/000985809.pdf> (2013年1月25日公表)
- 6) 講談社ビーシー 『ベストカーガイド』 12月10日号, 49-51頁.
なお, 詳細なデータは, JNCAP (独立行政法人自動車事故対策機構) HP の「予防安全アセスメント」 http://www.nasva.go.jp/mamoru/active_safety_search/list_all.html を参照のこと.
- 7) 鎌田実「高齢社会と知識化自動車」『情報処理』 Vol. 54, No.3, 2013年4月, 331頁.
- 8) メルセデス・ベンツ日本 公式プレスリリース「メルセデス・ベンツCクラスをフルモデルチェンジ」 7月14日 http://www.mercedes-benz.jp/news/release/2014/20140711_1.pdf
- 9) 尾崎正直「科学の眼・時代の鏡 (141) クルマの自動運転」『通信文化』 第22号, 2014年1月, 25-26頁.
- 10) 総務省, 前掲書, 229-230頁.
- 11) 「自動運転がやってきた」『日経ビジネス』 2013年6月号, 47頁.
- 12) 同上, 48-49頁.
- 13) KDDI 総研『ICT 先端技術に関する調査研究報告書』 2014年4月, 29頁.
- 14) アメリカでの自動運転の開発拠点の状況については, 「特集: スマートカー 巨大市場」『週刊東洋経済』 2013年11月9日号, 42-47頁を参照のこと.
- 15) KDDI 総研, 前掲書, 33頁.
- 16) 尾崎正直, 前掲論文, 24-27頁.
- 17) 条文の全文を示すと, 「車両等の運転者は, 当該車両等のハンドル, ブレーキその他の装置を確実に操作し, かつ, 道路, 交通及び当該車両等の状況に応じ, 他人に危害を及ぼさないような速度と方法で運転しなければなら

ない。」となる。自動運転については全く想定外となる。

- 18) 井熊均編著『「自動運転」が拓く巨大市場』日刊工業新聞社、2013年、33頁。
- 19) 鎌田実、前掲書、332頁。
- 20) 井熊均、前掲書、119-121頁。
- 21) ちぶりあん沖縄メディア、2014年1月28日号、<http://www.tibulian.com/2014/01/kumejima/>
- 22) 日経新聞電子版、2014年8月30日「過疎地で自動運転車『好理恵車の新たな足に』」大田治雄・久米島今町長日経新聞

【参考文献】

- ・井熊均編著『「自動運転」が開く巨大市場』日経工業新聞社、2013年。
- ・鶴原吉郎・仲森智博著『自動運転—ライフスタイルから電気自動車まで、すべてを変える破壊的イノベーション』日経BP社、2014年。
- ・尾崎正直「科学の眼・時代の鏡(141) クルマの自動運転」『通信文化』第22号、2014年1月。
- ・鎌田実「高齢社会と知識化自動車」『情報処理』Vol54, No.3, 2013年4月。
- ・津川定之「自動運転システムの展望」『IATSS Review』Vol.37, No.3, 2013年1月。
- ・KDDI総研『ICT 先端技術に関する調査研究報告書』2014年4月。
- ・高度情報通信ネットワーク社会推進戦略本部 新戦略推進専門調査会「官民ITS構想・ロードマップ(案)」2014年3月。
- ・総務省『情報通信白書(平成26年版)』
- ・「沖縄久米島で超小型EVの自動走行実証実験『久米モビ』がスタート」ちぶりあん沖縄メディア
- ・「フロンティアビジネス(68) 実用化に向け技術開発が加速する自動運転車：事故防止、渋滞緩和に期待集まる究極の運転支援システム」『産業新潮』第63巻第8号、2014年8月。
- ・「特集：スマートカー巨大市場」『週刊東洋経済』2013年11月9日号、38-49頁。
- ・「自動運転がやってきた」『日経ビジネス』2013年6月号、46-49頁。
- ・「自動運転 世界で開発競争」『日経テクノロジー』2013年3月号。