

自動運転の実現に向けた技術的課題と道路インフラの役割

井坪慎二・玉田和也・吉村仁志・牧野浩志

1. はじめに

「2020年には、東京でオリンピック・パラリンピックがありますから、どうか是非見に来てください。(中略) 2020年の東京には、自動運転車がきっと走り回っています。」科学技術と人類の未来に関する国際フォーラム第12回年次総会(平成27年10月4日)に出席した安倍総理の発言である。日本再興戦略2016¹⁾(平成28年6月閣議決定)、官民ITS構想・ロードマップ2016²⁾(平成28年5月閣議決定)においても、自動運転の推進に向けた記載がある。国土交通省では平成28年12月に大臣をトップとして自動運転戦略本部を立ち上げた。政府全体で自動運転の推進を進めている。

自動運転とはどのようなものを指すのか。官民ITS構想・ロードマップ2016では、自動運転レベルを表-1に示す4区分としている。自動運転といっても、レベル2までは、実用化され市販されている。例えば、わが国でも同一車線内の維持(操舵)・加減速機能は市販されており、欧米の高級車には、ウインカーの操作により車線変更を行うものもある。レベル3や4は研究開発段階である。レベル3では、本を読むなどセカンドタスクが許容され、レベル4では、ドライバが不要になる。

表-1 日本における自動運転レベル(我が国の定義)

レベル	分類名	概要
1	単独型	加速・操舵・制動のいずれかの操作をシステムが行う状態
2	システムの複合化	加速・操舵・制動のうち複数の操作をシステムが行う状態。人間の監視が必要。
3	システムの高度化	加速・操舵・制動を全てシステムが行い、システムが要請したときのみドライバが対応
4	完全自動走行	加速・操舵・制動を全てシステムが行い、ドライバが全く関与しない

注) 米国では5区分に見直し済みで日本でも議論中

本稿では、これら自動運転の社会的効果を考察し、自動運転を構成する技術と課題について説明する。自動運転技術の開発には、民間同士の競争領域と1社では開発できない協調領域が存在し、さらに協調領域にもインフラとの連携が有効なものがあり、5章以降で対応すべきインフラサイドの役割について現在の研究内容を紹介したい。

2. 自動運転がもたらす社会的効果

自動運転には事故や渋滞削減などのすぐに効果が発現する「直接効果」と道路利用者の利便性向上と行動変化に起因する「間接効果」が期待できる。いずれも、直接効果はレベル3で発現するが、レベル4まで自動運転が進むと「間接効果」として大きな社会変革をもたらすことが予測される。

2.1 交通事故の削減

事故の大半はヒューマンエラーが原因である。交通事故について、車両が第一当事者である死亡事故(3,589件)のうち、前方不注意や安全不確認などのヒューマンエラーが約95%を占める(図-1)。機械はヒューマンエラーを起こさない。なお、過渡期には、自動運転と人間の運転の混在による予期せぬ事故の発生や機械の故障なども考えられるが、逆走など高齢化による事故増加なども社会問題化しており、自動運転への期待は大きい。

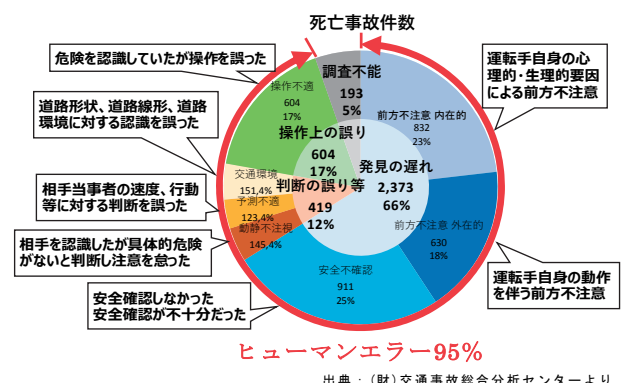


図-1 車両が第一当事者の死亡事故件数内訳(H27年度)

2.2 交通渋滞の解消・緩和

自動運転車は車間を詰めることができ、交通密度が向上する。その結果、交通容量（密度×速度）は向上し、渋滞の大幅な緩和効果が期待できる。

例えば高速道路ではサグ部が主要なボトルネックであり、乗り心地を重視して車間距離を長くとしたACC（オートクルーズコントロール）の場合には渋滞を助長する可能性がある。逆に車間を詰めるACCモードを活用すると渋滞が発生しにくくなることが報告されている³⁾。

また、一般道においては、最大のボトルネックが交差点であり、発進時の反応時間と停車時車間距離による影響が大きい⁴⁾。一般道の交差点部の交通容量について、簡単な試算を行った。自動運転の実現により反応時間と停車時車間距離が人間の運転に比べ2割減少すると仮定した場合、自動運転車の混入率が100%の時には交差点交通容量が3割向上する結果となった。一般道の渋滞に関しても大幅な改善が見込まれる。

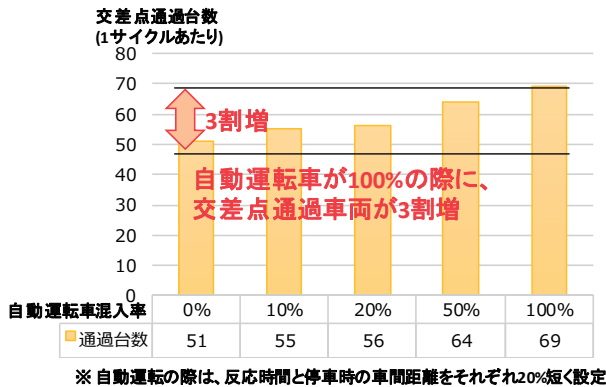


図-2 交差点での交通容量シミュレーション結果

2.3 モビリティの改革

現在のタクシーの営業費用の7割以上はドライバーの人件費⁵⁾である。レベル4まで自動運転が進むとドライバーが不要になり、ライドシェアなどを組み合わせると、単純に考えてもコストの8割程度の削減が見込める。例えば、スマホで簡単に呼び出せるタクシーが今の1/5(前述の8割減)の価格で利用できることを想像するとわかりやすいが、生活スタイルや住む場所によっては、車を所有する必要がなくなる。

ITSの世界では、マーズ(MaaS)との考え方が出てきている。Mobility-as-a-Serviceの略で、直訳するとサービスとしての移動であるが、これまで

乗用車など個人の所有物で支えられてきた移動を、ライドシェアや自動運転などを活用し、公共交通手段と末端交通を組み合わせ、決済もワンストップ化し、ドアtoドアの移動をサービスとして成立させようという考え方である。前述のとおり、レベル4自動運転は移動コストが大幅に低減しMaaSの推進に寄与する。

このように車を個人が所有する必要が無くなれば、自宅はもとより都市内の大半の駐車上は不要になる。渋滞が減少すると道路空間をオープンスペース等の他の用途に活用可能になる。都市構造にも大きく影響を与える。

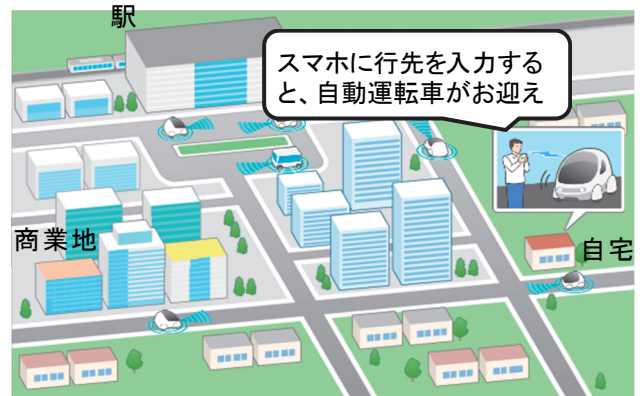


図-3 モビリティの改革のイメージ

3. 自動運転を構成する技術

自動運転は人間同様「認知」「判断」「操作」の三つから構成されている。「認知」は、さらに自己位置推定と周辺環境認知に分けられる。後者に用いられる車載センサ（人間の目にあたる）には、検知範囲、分解能や価格等により、様々なものがある（図-4、表-2）が、万能なものではなく、各メーカーは各センサの特徴を踏まえ組み合わせて使用している。普及には特にコストが重要であるが、レベル4の自動運転によく用いられるレーザーライダーは、高精度なものは、1千万円を超える。

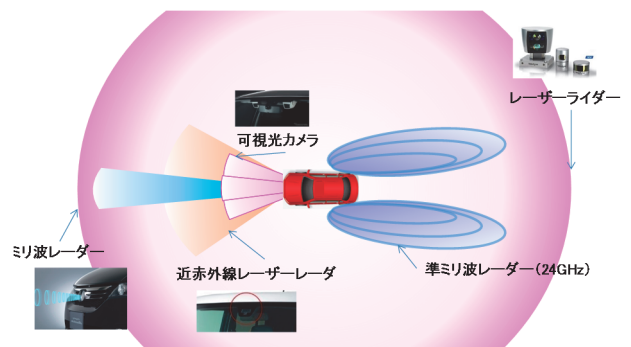


図-4 「認知」に用いられるセンサと検知範囲

表-2 各種センサによる特徴の比較

	コスト	夜間	雨・雪・霧での使用
レーザーライダー	×	○	×
ミリ波レーダ	△	○	○
可視光カメラ	○	×	×
赤外線レーザーレーダ	○	○	×
超音波センサー(ソナー)	○	○	×

「判断」についてはAIの分野で技術開発が盛んに行われている。「操作」については、電気信号に従い動かす技術であり既存技術の範疇である。

4. 自動運転の技術的課題

「判断」「操作」はおおむね民間各社の競争領域である。他方、「認知」については、高精度地図の作成や動的な周辺状況情報の生成、それらの情報配信のための通信、セキュリティなどは1社での開発は困難で協調領域とされ、内閣府のSIP(戦略的イノベーション創造プログラム)においても検討が進められている。地図作成に関して、車両センシング技術を当研究所でも研究しており、別報p.34をご覧ください。また、「認知」の協調領域について路車の連携が有効な技術的課題があり表-3に示す。円滑かつ早期の自動運転実現のためには、車と道路との連携が不可欠である。

これら表-3の①～⑤に示す課題についての取組について、次項以降で記述する。

表-3 自動運転の技術的課題(路車連携が有効なもの)

課題	自動運転が困難になる要因
①センサ検知範囲外の事象把握	<ul style="list-style-type: none"> センサで検知できる範囲外の事象について、車両単独では認識できない。 本線に合流する車両が、本線側の車両の有無や速度などを把握できない。
②自車位置特定	<ul style="list-style-type: none"> 白線不明瞭時の車線認識が困難 トンネル等のGPS遮蔽域
③悪天候でのセンサ能力低下	<ul style="list-style-type: none"> 悪天候(大雨、氷雪、濃霧など)により、センサの検知精度や検知距離が低下し、位置特定や前方状況の把握ができない。
④二輪車・歩行者への対応	<ul style="list-style-type: none"> 一般道を走行する二輪車や歩行者の予期せぬ挙動に備えると、十分な速度を出せない。
⑤走行空間の維持管理レベルの向上	<ul style="list-style-type: none"> 道路上落下物や雑草、植物の葉があると、正常な判断を妨げる要因となる。 明瞭な白線の維持

5. 自動運転実現に向けたインフラの役割

前述のとおり車載のセンサだけに頼る「自律型」では一般道や分合流部など複雑な交通状況下では対応が難しいことから、国土交通省では、道路側から情報提供を行うなど、新たな路車協調システムのあり方を検討することとしている(図-5)。

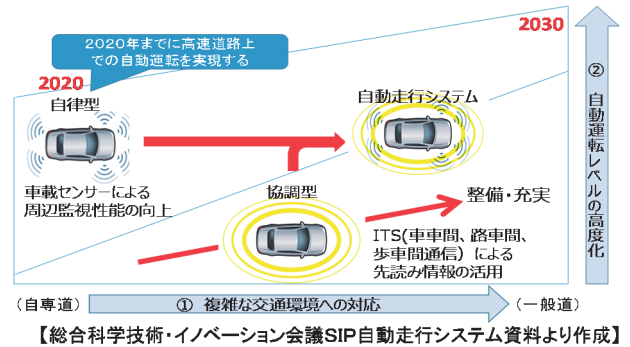


図-5 路車協調による自動運転の高度化のイメージ

5.1 次世代協調ITSに関する共同研究

現在、国土技術政策総合研究所では、高速道路会社、自動車会社、地図会社、通信関係のメーカーなど17社と次世代協調ITSに関する共同研究を実施している。

協調ITSとは車対車、車対インフラ及びインフラ対インフラの通信を統合し、通信方式やデータ形式などの整合を図ることにより、車、路側機、センター、個人端末などが相互に情報を交換し、それを安全、道路・交通管理、物流管理、環境、情報収集・提供などの多様なアプリケーションで共用するシステムのことである。

本共同研究においては、車載センサ検知範囲外の進行方向の情報(「先読み情報」と言われている、図-6)や高速道路などにおける分合流の支援情報(表-3の①に該当)のニーズが高く、これらのアプリケーションに注力して研究を実施している。いずれも自動運転の実現に際して、車単体で解決できない問題である。

いずれのアプリケーションも、プローブデータや路側センサを用いた検知、適切な処理、車へ情報を渡すための通信方法の開発が重要で、技術的な検討を本共同研究で実施している。図-7は事故発生時の前後のETC2.0プローブデータの旅行速度を示したものである。プローブの速度情報から事

故発生の検知の可能性がうかがえる。これらの結果から、自動運転車の先読み情報に対する要求事項や、早期の発見による対応の迅速化など道路管理の高度化の可能性などを共同研究で検討している。まとめり次第、共同研究報告書を公表する予定である。

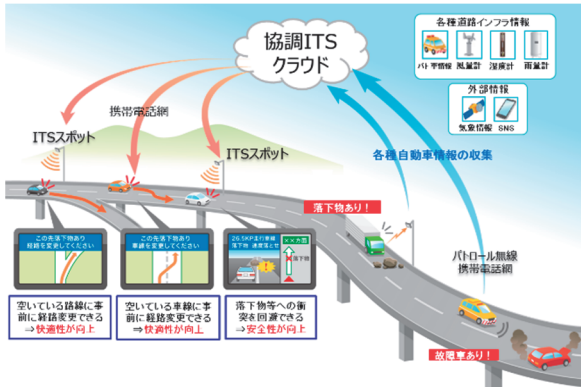


図-6 先読み情報提供のイメージ

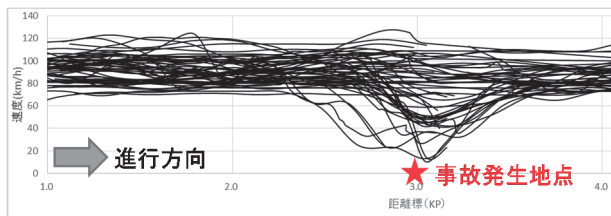


図-7 速度低下による事故の検知の可能性

5.2 道の駅を拠点とした自動運転サービス

国土交通省では、超高齢化が進行する中山間地域において、人流・物流を確保するため「道の駅」を拠点とした自動運転サービスの社会実験を計画している(図-8)。高齢化の進む地方部でのモビリティの確保は喫緊の課題である。

表-3に記載の課題のうち、②位置特定、③悪天候、④二輪車・歩行者との対応、⑤維持管理、また走行空間の確保や明示(どこを走るか)など一般道における課題は本実証実験でも検討する予定である。

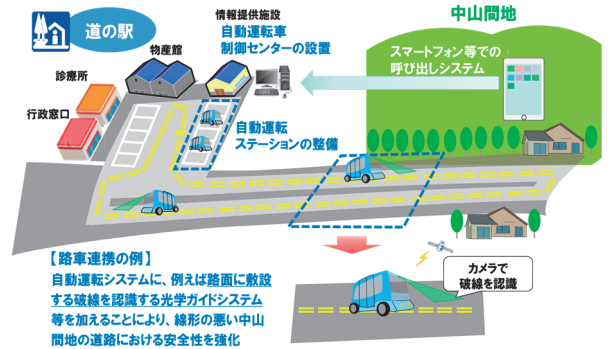


図-8 道の駅における社会実験のイメージ

6. さいごに

本稿では技術的課題について中心的に取り扱ったが、そのほかにも関係法令の整備や、自動運転車用の保険の整備、倫理上の問題の整理など様々な観点から自動運転の実現に向けた検討が進められている。前述のとおり、社会的インパクトの大きいシステムであり、道路分野も積極的に貢献していく必要がある。

参考文献

- 1) 日本再興戦略 2016・第4次産業革命に向けて、
http://www.kantei.go.jp/jp/singi/keizaisaisei/pdf/2016_zentaihombun.pdf H28.6
- 2) 官民 ITS 構想・ロードマップ 2016、高度情報通信ネットワーク社会推進戦略本部
http://www.kantei.go.jp/jp/singi/it2/kettei/pdf/20160520/2016_roadmap.pdf H28.5
- 3) 「高速道路サグ部等の渋滞箇所への効果的な交通円滑化対策の実現に向けて」中間とりまとめ、高速道路サグ部等交通円滑化研究会
http://www.nilim.go.jp/lab/qcg/japanese/2research/1field/36smoothing/sag/201510_sag_report.pdf H27.10
- 4) 森健二、矢野伸裕、横関俊也、牧下寛：エコドライブ実施時の車両挙動、土木学会論文集 D3、Vol.68、No.5、pp.I_1149~I_1154、2012
- 5) 内閣府規制改革会議 第18回投資促進等ワーキング・グループ 国交省提出資料より

井坪慎二



国土交通省国土技術政策
総合研究所道路交通研究
部高度道路交通システム
研究室 主任研究官
Shinji Itsubo

玉田和也



国土交通省国土技術政策
総合研究所道路交通研究
部高度道路交通システム
研究室 研究官
Kazuya TAMADA

吉村仁志



国土交通省国土技術政策
総合研究所道路交通研究
部高度道路交通システム
研究室 交流研究員
Hitoshi YOSHIMURA

牧野浩志



国土交通省国土技術政策
総合研究所道路交通研究
部高度道路交通システム
研究室長、博士(工学)
Dr. Hiroshi MAKINO