

第4部

特集4 自動車の情報化とセキュリティ

佐藤 雅明

第1章 自動車の現状と課題

自動車が誕生してからおよそ一世紀が経ち、現在では自動車を利した道路交通網は社会運営や人間の日々の生活に欠かすことのできない要素となった。一方、その普及に伴い、数々の問題も発生してきた。交通事故や渋滞のもたらす時間と資源の浪費、環境汚染などである。自動車の利便性をこれからも享受し続けるためには、これら諸問題の解決を図り、持続可能な自動車の利用環境を整える必要がある。

例えば、日本における交通事故による死傷者数は、様々な人の努力によって減少傾向にあるものの、近年では減少率が鈍化してきている。警視庁によれば、交通事故は年間約60万件が発生し、約4千人の死者と70万人近い負傷者が生じ、損害額は約60兆円と算出されており、依然として深刻な状況である[43]。また、国土交通省の調べによると日本における年間渋滞損失時間は約50億人時間であり、これは移動時間の約4割に相当する[44]。欧米の主要都市では移動時間の約2割であることを考えると、日本の交通渋滞は深刻であり、渋滞における経済損失は約12兆円と推計されている。また、日本の二酸化炭素排出量の約15%を自動車が占めており、年間約2億トンにのぼっている。

こうした交通の諸問題を抜本的に解決する手段として現在注目を集めているのが、自動運転・自律運転と呼ばれる分野である。一般的には「自動運転=無人で街を走り回るクルマ」というSF映画のようなイメージが想起されるかもしれないが、自動運転にはドライバーの運転を高度に支援する技術も含まれており、自動運転で得られるメリットは様々である。例を挙げると、疲れによる能力低

下や単純なミス・勘違いなどによる事故の減少と人為的要因による渋滞等の削減(動作の確実性)、短い車間距離や高い速度での安定した車速・車線の維持など通常のドライバーには困難な状況での安全な走行による交通の効率化(高度な走行制御)、人間の介在無しにモノや利用者を輸送、移動することによる道路利便性の向上(無人輸送・移動)などである。渋滞の削減や事故の減少、運転負荷の低減等に寄与する自動運転技術は既に市場に投入されはじめており、現在一般に言及されている「自動運転」は、こうした安全で快適な交通の実現から「究極のゴール」である無人による輸送・移動をも包含するとても大きなジャンルとなっている。

平成25年に閣議決定された「世界最先端IT国家創造宣言」で掲げられている「2020年までに世界で最も安全な道路交通社会を実現するとともに、交通渋滞を大幅に削減する」という目標を達成し、安全・安心で快適な交通社会を実現するには、既存技術の更なる高度化、そしてその先にある自動運転技術の研究開発と普及展開が不可欠である。

第2章 自動車を取り巻く環境と自動運転システムの現状

これまで、自動車は道路交通の最も重要な位置を占めていた。しかし自動車交通に関するシステムは、自動車の登場からほとんど進歩していないのが現状である。自動車交通の情報化は、通信技術と情報処理技術とを道路交通に取り入れることで、道路交通自体をシステムとして知能化することである。それは、自動車の搭乗者が自分の取得出来る範囲の情報だけを処理して判断する既存のシステムに比べ、遥かに効率的である。自動車という

移動する空間へ、刻一刻と変わっていく状況を伝達することで、自律分散的に交通流の効率的な管制が実現される。このために必要な情報を収集するシステム、移動中の空間へその情報を伝える情報伝達システム、そしてその情報を最適な形で利用できるインタフェースを整備することが、自動車の情報化には不可欠である。その実現形態として道路交通に関する総合的な情報通信システムである高度道路交通システム(ITS: Intelligent Transport Systems)の構築が世界規模でおこなわれている。

現在の自動車は「動くコンピュータ」としての側面を持つ。安全で確実な走行のために多数のセンサーを使用し、搭載したコンピュータで自分自身を制御している。“プローブ情報”と呼ばれる自動車から生まれるビッグデータは、道路交通問題の解決手段として役立つ。ビジネスの面から見れば、本格的なIoT(モノのインターネット)市場の担い手としても期待されている。例えば、都心部の渋滞緩和のため道路課金の仕組みを導入したシンガポールは、次世代のシステムで全てのクルマの位置情報をほ

ぼリアルタイムで収集する仕組みを2020年頃までにつくろうとしている。車載機のGPSでクルマの位置を把握し、課金ゾーンに入った際には携帯電話の通信網によって料金決済をする方式が採用される予定である。現行型は日本のETCと同様、ゲート型の路側機と車載機が通信して料金を収受しているが、次世代型は特別なインフラを必要としないため、柔軟な課金が可能になる。また、収集されるクルマの位置情報は、位置と連携した広告の配信など様々なサービスへの応用が期待されている。

安全・安心で快適な交通社会を実現するためには、既存技術の更なる高度化が必須であり、既に、人的ミスに起因する交通事故や交通渋滞の低減等が期待される安全運転支援システムとして、ドライバーの負担軽減に大きく貢献するACC(Adaptive Cruise Control)や、車線維持支援システム(Lane Departure Warning(LDA))等の実用化が進んでいる。現在、国内外で展開されている完成車メーカーの高度運転支援システムや自動走行システムの例を表1に示す。

表1 国内外の自動車メーカーの高度運転支援システム・自動走行システムの例

地域	メーカー	システム
日本	トヨタ	周辺車両認知支援(ITS Connect) 路外逸脱抑制(AHDA※)
	日産	低速追従機能(インテリジェントクルーズコントロール) 自動追い越し(NISSAN AUTONOMOUS DRIVE)
	ホンダ	衝突軽減ブレーキ(Honda SENSING) 路外逸脱抑制(Honda SENSING)
欧州	VW	自動追従システム(Adaptive Cruise Control) 路外逸脱抑制(Lane Assist)
	ダイムラー	PRE_SAFEブレーキ(Intelligent Drive) 高速道路運転支援(Highway Pilot)
	BMW	衝突回避・被害軽減ブレーキ(プレミアムアクティブクルーズコントロール)
米国	GM	高速道路運転支援(Super cruise)
	フォード	路外逸脱抑制(Traffic Jam Assist) 低速追従機能(Traffic Jam Assist)

※ AHDA: Automated Highway Driving Assist, ADAS: Advanced Driver Assistance Systems

今後、交通事故・交通渋滞の抜本的削減や、運転能力の低下した高齢者等の移動支援、トラックのドライバー不足への懸念等に対応するためには、自動車単体による走路環境を認識する技術(自律型システム)に加え、自動車と自動車、車と道路等をネットワーク化して走路環境を総合的に認識する技術(協調型システム)が重要となる。こうした高度な運転支援には、情報センターからの広域な情報の共有はもちろん、比較的狭いローカルな範囲において、自動車の挙動や環境の変化などの情報を高密度に共有することが求められ、用いられる通信を総称してV2X (Vehicle to X)通信と呼ぶ。このようなV2X通信を用いて情報共有を可能にするシステムは「協調型ITS」と呼ばれている。協調型ITSはドライバーの認知や反応を補完するもので、運転支援システムにとっても、その先にある自律運転にとっても不可欠な要素であり、無線通信・移動体通信技術の先端・融合領域である。

日本では、既に高速道路による安全運転支援やプローブ情報収集のシステムであるITSスポットなどが実用化されている。2015年には、世界に先駆けて車-車間通信を活用したサービスを実現するITS connectがサービスを開始しており、路車間通信によって交差点での安全運転支援をおこなうと共に、車-車間通信を利用した協調型ACC (Cooperative ACC:CACC)を実現している。これは、従来の車両単体のレーダーによる先行車両との車間距離や相対速度に加え、車-車間通信によって先行車両の加減速情報を取得することで追従性能を高めている。海外では、メルセデスベンツ社が周辺の情報を取得し安全な交通を実現するCar-to-X communicationを実用化している。現在はスマートフォンによる通信を採用しているが、将来的にはV2X通信を利用することが検討されている。

こうした通信機能を搭載している自動車はコネクテッドカーと呼ばれ、IoT市場を牽引する有望な分野として、自動車業界だけでなくIT企業などからも期待をあつめている。コネクテッドカー (connected car)とは、通信機能をはじめとするICT機能を搭載した自動車である。自動車の走行状態・状況を搭載されたセンサーによって収集し、ネットワークによって他の自動車やセンター設備と共有・集約することで新たな価値を生み出すプラットフォームを形成する。これまでも通信機能を搭載し

たカーナビゲーションシステムや車両状態を確認するサービスなどは実現されていた。近年は、コネクテッドカーを支える無線通信のブロードバンド化と低価格化に加え、クラウドコンピューティングの普及に伴う大量のデータの蓄積・流通・利用が可能となり、自動車ビッグデータによる新規ビジネス市場や、その先にある交通問題の解決の鍵としてコネクテッドカーが注目を集めている。

第3章 自動運転と要素技術

コネクテッドカーの進化に伴い、安全性と利便性向上のための自動運転のさらなる高度化も現実的になりつつある。

自律走行システムの実現には、前述の自律型システムと協調型システムが統合され、自動車の走行機能を構成する3つの要素である認知、判断、操作が高度化される必要がある。自動車の走行機能を構成する3つの要素を図1に示す。

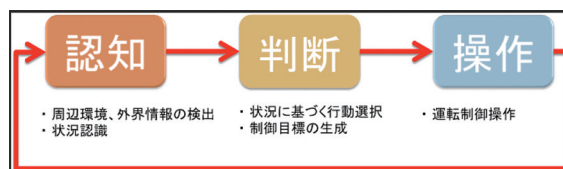


図1 走行機能の構成要素

自動車のドライバーが運転時におこなっている行動は、大きく分けると1) 周辺環境や外界情報を検出し、自動車とその周囲の状況を認識する「認知」、2) 状況に応じた適切な行動の選択と制御目標を決める「判断」、3) 制御目標を実現するために(操舵、制動、加速といった制御をおこなう「操作」、の3つの要素からなる。

自動車の運転における判断を司る機能を大別すると、運転を開始する前、あるいは運転中に今後の行動を考えて実行する思考的機能(大脳要素)と目的や目的が定まった後にリアルタイムに実行する反射的機能(小脳要素)の2つが挙げられる。また、車両の制御を司る機能を大別すると、加速、原則、速度等の操作をおこなう縦方向の制御

と、車線維持、車線変更をおこなう横方向の制御の2つが挙げられる。こうした機能の一部、あるいは複数要素が自動化される場合、システムの動作状況を運転者が監視する必要に着目すると、1) 運転者がいつでもすぐに運転をとって替わる状態で注視しているシステム(ドライビングアシスト)、2) 運転者は通常時は運転から開放されているが、外界状況によって自動運転継続が困難だとシステムが判定した場合には運転者に運転を促し遂行させる(半自動運転)、3) すべて自動でシステムが運転をおこなうもの(完全自動運転)、といった分類が可能である。自動車の運転が自動化されることで、以下のようなことが可能となる。

- 1) 疲れによる能力低下、単純なミス、勘違いなどによる事故の減少。およびこうした人為的要因による渋滞等の削減(動作の確実性)
- 2) 通常のドライバーには困難な状況での安定した車速維持、短い車間距離での安全な走行による交通の効率化(高度な制御)
- 3) 人間の介在無しにモノや利用者を輸送、移動することによる道路利便性の向上(無人による輸送・移動)

この内、3)については完全自動運転が実現された場合のみ得られるメリットである。自動走行や安全運転支

援システムの分類については、様々な国や研究機関が取りまとめているが、日本の分類は米国の運輸省(DoT: Department of Transportation)内の組織である米国運輸省道路交通安全局(NHTSA: National Highway Traffic Safety Administration)の分類を踏まえた4段階による分類をベースとしている[45]。日本における自動運転の分類(「官民ITS構想・ロードマップ2015」より)を表2に示す。

自動運転を実現するための技術には様々なものがあるが、制御操作、および判断を行う上で最も重要となるのが認知技術である。特に、自動運転レベル4(自律運転)においては、自車位置、および周辺状況の認知は極めて重要な要素である。自動運転では、自車の位置、および周辺状況を正確に把握することが求められる。そのための技術の基礎となっているのは「SLAM (Simultaneous Localization and Mapping)」という自律型移動ロボットで用いられている手法が用いられており、これは周囲360度にある物体の位置や形状を計測するレーザーレーダーによって3次元地図を作り、事前に作成した地図と照らし合わせて自車位置を推定する手法である。このSLAMをベースに、様々なセンサーと認識技術を組み合わせることで、より快適で安全な走行を実現しようとしている。

表2 安全運転支援システム・自動走行システムの定義

分類		概要	左記を実現するシステム	
情報提供型		ドライバーへの注意喚起等	安全運転支援システム	
自動化型	レベル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	安全運転支援システム	
	レベル2：システムの複合化	加速・操舵・制動のうち複数の操作を一度にシステムが行う状態	準自動走行システム	自動走行システム
	レベル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ーが対応する状態	準自動走行システム	
	レベル4：完全自動走行	加速・操舵・制動を全てドライバー以外が行い、ドライバーが全く関与しない状態	完全自動走行システム	

出典)IT総合戦略本部「官民ITS構想・ロードマップ2015」

第4章 自動運転の展望

現在、日本をはじめ海外で既に市場に投入され普及が進みつつある自動運転技術は、レベル1段階のものがほとんどであるが、2017年頃からは徐々にレベル2の段階のもの投入が増えてくると予想されている。その後、高速道路などの限定条件下において動作するレベル3の実用化が早くても2020年頃からと見込まれており、日本においても各自動車メーカー等が市場の期待に応えるべく研究開発を加速している。

一方、レベル4については、1) レベル3の技術の熟成や社会的受容性の先に実用化されるという考え方と、2) 最初から無人運転(レベル4)を前提として課題と研究開発を推進し、早期に市場への投入を目指すという考え方があり、各社が異なるアプローチを模索している。米国のGoogle社は当初からレベル4車両の開発を目的に掲げ、20012年から米国の限られた州の公道にてレベル4を目指した実験車両を走行させており、自律運転での総走行距離は約370万キロ(230万マイル)を突破している。また、実走行のデータを基にしたシミュレーションでは毎日4千キロの走行をおこなっており、システムの成熟を進

めてきた。2016年12月、Google社は自動運転車に関するプロジェクトを凍結し、これまで培った技術を自動車メーカー等へ提供すると共に、新たに自動運転技術を専門とする新企業Waymoを立ち上げ、実用化を目指していくことが発表された。

欧州では限定的なコミュニティ・エリアにおける無人輸送・移動の実証実験が盛んであり、フランスのEasymile社のEV (EZ10)を活用した取り組みでは、ドライバ不在であらかじめ定めたルートを低速(20km/h程度)で走行する「ラストワンマイル」のモビリティサービスを提供している(法規制の問題からオペレータが搭乗)。これまでにフランスだけでなくオランダやフィンランド、そしてシンガポール等でも実証実験をおこなっており、実用化へ向けた研究開発が進められている。日本でも、ロボットタクシー社が2016年に神奈川県藤沢市にて公道での自動運転によるモビリティサービスの実証実験を実施している。また、ロボットタクシーの親会社の一つでもあるDeNA社は、EZ10を活用した無人シャトルバスサービスの実証実験を千葉・幕張や秋田県などでおこなっており、早期の事業化を目指している。こうした自動運転の展開と分類を図2に示す。

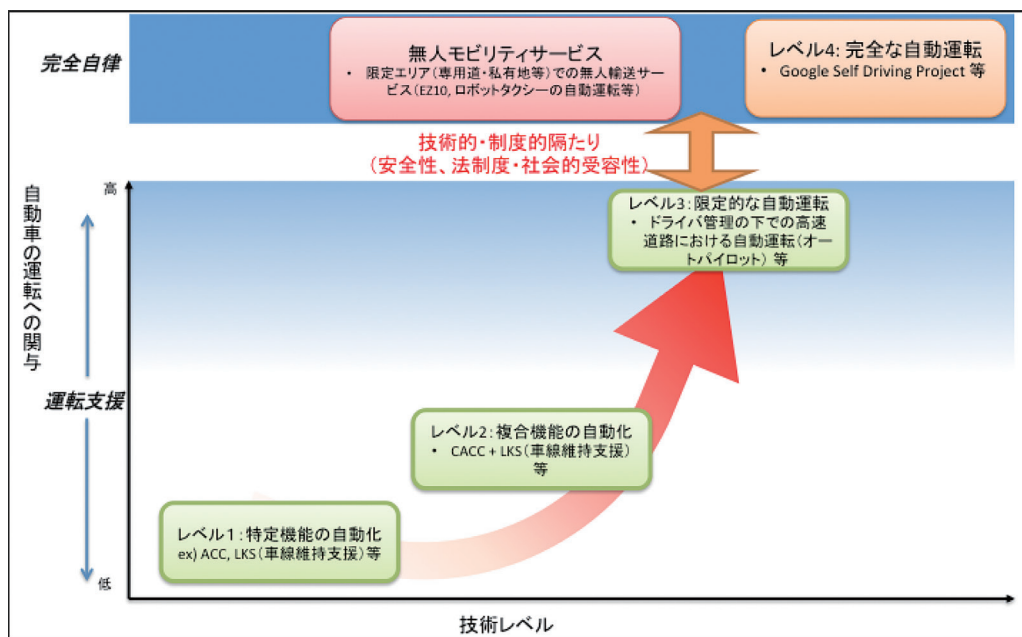


図2 自動運転の展開シナリオ

自動運転を人の介在,つまりドライバーが必要かどうかという観点で捉えると、「高度な運転支援(Automated Driving:レベル1-3)」と「自律運転(Autonomous Driving:レベル4)」の間には技術的にも制度的にも大きな隔りがある。自動運転を人の介在,つまりドライバーの存在という観点で捉えた場合「高度な運転支援(Automated Driving:レベル1-3)」と「自律運転(Autonomous Driving:レベル4)」の間には技術的にも制度的にも大きな溝がある。

「高度な運転支援」は、あくまでドライバーを運転の主体と捉えてその負荷低減や能力低下を補う技術であり、これまで自動車メーカー等が開発してきた走行・安全技術の延長線にある。この段階においては安全のための管理責任はドライバーが負う。

一方、「自律運転」はロボティクス・人工知能技術が重要な要素であり、既存の走行・安全技術からの“飛躍”が求められると共に、自動車(システム)が安全管理においても責任を負う事となる。また、1949年に制定されたジュネーブ道路交通条約においては「自動車には運転者がいなければならない」と定められており、国際的な制度も含む現行制度下では、実現可能な自動運転は運転者の制御下にあることが前提である。無人の自動運転車両が道路の上を走るためには、こうした各種の法律の改訂等も必要となってくる。同時に、技術に絶対は無いとすれば、自律運転の車両が事故を起こした場合の責任のあり方や保険制度についても十分な検討が求められる。

第5章 自動運転システムとセキュリティ

自動運転システムには、前述のように周辺の状況を認識したり、周囲の車両との協調した走行、あるいは交差点での適切な交通などを実現したりするために、センサーや自動車の制御情報を周囲と通信して共有する必要がある。

この通信路を介して、悪意のある第三者が自動車の周辺

状況を誤認識させたり、制御情報を故意に改ざんするなどがなされた場合、自動車の走行は極めて危険な状況となり、自動車に乗っている搭乗者のみならず、周辺の間も巻き込んだ事故に直結する状態が発生する。自動運転システムでは、外部からの攻撃、クラッキングに対するセキュリティ確保はきわめて重要である。

現在の自動車のシステムを構成する主要な要素である走行制御装置、センサ装置、操舵・制動などのアクチュエータ制御用のコントローラはCANと呼ばれる車内用のネットワークで接続されている。V2X通信を介して走行制御装置のデータが書き換えられると、制動や操舵などのアクチュエータが不正に遠隔から操作されたり、のっとられたりしてしまう。こういったことを防ぐために、自動車業界では、ICT分野で広く使用されているセキュリティ技術、公開鍵による認証や暗号化を活用したゲートウェイの導入が検討されている。

また、サイバー攻撃によって自動車が遠隔操作され、事故を誘発するのではないかと懸念も高まっている。米国の国防総省では、自動運転車を「自律で移動可能で十分なペイロードを持ったミサイル」という観点で捉え、爆薬を積んだトレーラーの自動運転による重要インフラへの攻撃や、サイバー攻撃による交通要所での多重事故の発生などを懸念している。V2X通信などのセキュリティは、ICT分野でも盛んに議論されてきたものであるが、自動車によるサイバー攻撃に対しては、技術だけでなく法制度の観点からも早急な検討と対応が必要な要素である。

こうした自動運転システムに活用される通信へのサイバー攻撃を防ぐために、国際的なルール作りが進められている。日本とドイツが主導する形で、攻撃を検知した際には1)運転手に警告をおこない、2)暴走を防ぐ対策をおこなうことが柱となっている。国土交通省が2016年6月に示した自動運転システムでのサイバーセキュリティおよびデータ保護に関するガイドライン[46]の要件を表3に示す。

第6章 まとめ

自動運転をドライバーが必要かどうかという観点で捉えると、「高度な運転支援(レベル1-3)」と「自律運転(レベル4)」には大きな違いがある。「高度な運転支援」はこれまで自動車メーカー等が開発してきた走行・安全技術の延長線にあり、運行・安全管理はドライバーの責任である。一方、「自律運転」はロボティクス・人工知能が重要な要素技術であり、システムが主体的に運行・安全管理をする必要がある。1949年に制定されたジュネーブ道路交通条約では「自動車には運転者がいなければならない」と定められており、国際的な制度も含む現行制度下では、実現可能な自動運転はドライバーの制御下にあることが前提である。無人のクルマが道路の上を走るには、こうした各種の法制度の改訂等が必要となる。同時に、ドライバー不在でクルマが事故を起こした場合の責任のあり方や保険制度についても十分な検討が求められる。レベル1-3までの自動運転については、現在の交通問題を抜

本的に解決し、安全・安心で快適な交通社会のために実用化が進み、いずれは自動変速機(AT)やパワーステアリングのように「当たり前」の技術となるだろう。一方、現在の自動車のように、細街路や幹線道路、高速道路や駐車場等のあらゆる状況において完全に無人で走行可能な自動車には技術的にも制度的にも課題がある。しかし、限定エリアにおいて低速で移動するようなサービスとしてのレベル4の実用化は思った以上に早いかもしれない。

しかし、技術的、あるいは制度的な課題が解決したとしても、自動運転にはもう一つ解決しなければいけない問題として、倫理上の課題がある。自動運転の自動車が、事故が避けられない状況においてどう振る舞うべきかといった問題で、ISOにおいて自動運転技術の標準化を担当する専門家なども自動運転の倫理に関する問題を提起している[47]。

自動運転中の自動車が事故が避けられない状況に陥った時、事故を回避するために他の自動車への接触をやむを

表3 自動運転におけるセキュリティガイドライン

項目	具体的要件
総論	<ul style="list-style-type: none"> 自動車製造者等は、データの操作、誤用等に対して適切な保護を確実にすることを規定 世界標準の通信技術等を用いた、データ及び通信の暗号化実施を規定 データ保護、セキュリティーについて、外部の機関等により証明されるべき旨を規定
データ保護	<ul style="list-style-type: none"> 情報の収集および処理は情報主体(例、運転手)には、どのようなデータが収集・処理されているのか等包括的な情報が提供されるとともに、情報主体の同意が必要な旨を規定 個人情報については、(自動運転に係る情報の)収集及び処理に関連するものに限定し、場合によって情報主体は同意を取り下げる権利を持つ旨規定
安全性	<ul style="list-style-type: none"> 自動運転車の接続及び通信につき以下を規定 <ul style="list-style-type: none"> 車外とのネットワーク機能から、制御系の車内ネットワークが影響を受けないようにする システムの機能不全に備えセーフモードを保証する手法を備える サイバー攻撃による不正な操作を自動運転システムが検知した時は、ドライバーに警告の上自動車を安全にコントロールすべき旨規定
セキュリティ	<ul style="list-style-type: none"> 通信利用型自動運転車へのリモートアクセスに係るオンラインサービスについては、強力な相互認証を持たなければならない旨規定

えないと考えるか否か、あるいは多くの人間が乗っているバスが衝突を回避するために歩道への乗り上げを緊急回避として承認するかどうか、こういった起こりうる状況における優先順位については、あらかじめ議論しておく必要がある。