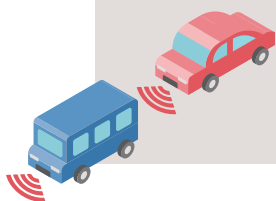


自動車の運転自動化技術の現状と
これからの展望

鈴木 彰一 Suzuki Shoichi 東京大学生産技術研究所 准教授
2000年に建設省(現国土交通省)に入省。国土技術政策総合研究所等で、道路行政の観点から高度道路交通システムに関する研究開発及び実務に従事。
2021年4月より現職にて、自動運転の社会実装にかかわる研究に取り組む



はじめに

2020年3月末現在、日本においては約8200万台もの自動車が登録されており*1、自動車は私たちの生活にとって、とても身近、かつ不可欠なものとなっています。しかし、一方で、自動車は交通事故や渋滞による環境負荷といった外部不経済をもたらします。一例として、わが国では2021年の1年間で約31万件もの交通事故が発生し、2,600人を超える人が亡くなっています。また、特にわが国では少子高齢化が進むなかで、トラックドライバーやバス・タクシー運転手等の運輸サービスにおける担い手不足が見込まれており、地域によっては既にバス路線の廃止・縮小といった影響も出始めています。

このような課題に対して、近年、自動車の運転自動化の取り組みが、行政、産業界、学术界を巻き込んだかたちで進められており、また、わが国のみならず、世界的な潮流となっています。

本稿では、自動車の運転自動化技術について、近年、国際的に使用されている基礎的な分類を紹介するとともに、わが国における最近の技術開発の取り組み、今後の展望等について述べます。

運転自動化技術の定義

人の力を用いず移動・輸送を実現する方法として、紀元前3300年～3100年頃には、メソポタミア地方において車輪が発明され、牛に引かせる四輪荷車が登場したとされています。これにより、都市・地域間の交易の拡大が可能となり、文明の発展に大きく寄与したとされます*2。移動に使用される動力として、家畜に代わり原動機が使用されるようになった18世紀後半が、いわゆる「自動車」が社会に出現した時期といえますが、実際には20世紀の初めにアメリカでT型フォードが販売された頃から、自動車が広く社会で利用されるようになり、飛躍的な社会・経済の発展がもたらされました。一方で、自動車の広範な普及に伴い、世界中で、前述したような道路交通に係る課題が生じるようになりました。自動車を運転する人間の作業を「自動化」する取り組みは、このような課題への対応もその1つの要因になっています。

「自動運転車」と聞いて、読者の皆さんはどのような車をイメージされるでしょうか。人によっては、運転手がハンドルやアクセルを操作しなくても走ってくれる車をイメージするかもしれ

*1 国土交通省ウェブサイト「数字で見る自動車2021」「自動車保有台数の推移」<https://www.mlit.go.jp/common/001405879.pdf>

*2 黒田勝彦・小林ハッサル柔子共著『文明の物流史観』(成山堂書店、2021年)

ませんし、運転手が乗っていない、運転席も存在しないロボットカーのようなものをイメージする人もいます。近年、多くの車に装備されるようになってきているペダル踏み間違い急発進抑制装置、横滑り防止装置や自動緊急ブレーキなどの予防安全システムや、車線維持支援装置などの運転者支援システムなども、自動運転の一部ではないかと考える人もいるでしょう。このように「自動運転車」「自動運転」といった用語が、企業や消費者によって、あるいは国や地域によって、さまざまな異なる意味で用いられることは、適切な商品の情報提供や使用の観点からは望ましくない状況といえます。

そこで、自動車の自動運転に関する定義として、アメリカに本拠を置く自動車技術者協会(Society of Automotive Engineers: SAE)が「SAE J3016」として公表した規格が共通的に参照されることが多くなっています。わが国でも2018年から、SAEの規格を基に公益社団法人自動車技術会が「自動車用運転自動化システムのレベル分類^{および}定義」と題した技術文書^{*3}を発行し、この中で定められた用語がわが国の関係者間で広く共通的に使用されています。

この文書で、「運転自動化システム(運転自動化技術)」は、「持続的に、DDT(動的運転タスク)の一部^{または}全部を実行することができるハードウェア及びソフトウェア」とされ、後述する運転自動化レベル1~5を可能とするシステムとされています。一方で、「自動運転システム」はレベル3~5の運転自動化システムを指すものとされています。すなわち、運転自動化システムが持続的に^{すべて}全ての動的運転タスクを実行するものを「自動運転」と呼び、運転者が対象物・事象の検知や応答といった動的運転タスクを担うものは「自動運転」ではなく「運転支援」といった呼び方をする^{こと}とされています。

ここでいう「動的運転タスク」とは、車両の運

表1 動的運転タスク

- 1) 操舵による横方向の車両運動の制御
- 2) 加速及び減速による縦方向の車両運動の制御
- 3) 物及び事象の検知、認識、分類、反応の準備による運転環境の監視
- 4) 物及び事象に対する反応の実行
- 5) 運転操作計画
- 6) 照明、信号及び身ぶり手ぶりなどによる被視認性の向上

※3)、4)は合わせて「対象物・事象検知及び応答」と呼ばれる
※技術文書^{*3}を基に筆者が一部改変

転を行うために、リアルタイムで行う必要がある全ての作業のことです。具体的には表1に示すように、ハンドルやアクセル・ブレーキを用いた横方向、縦方向の車両運動の制御や、物及び事象の検知・認識・分類等の運転環境の監視及びそれに対する応答などの一連の作業を指します。一時的な動的運転タスクの実行にとどまる自動緊急ブレーキ等の予防安全システムは、運転自動化とはみなされないとしています。

「運転自動化システム」が作動するように設定されている特定の条件を、「限定領域(Operational Design Domain: ODD)」と呼び、具体的には地理的な範囲や特定の道路交通環境、走行速度の条件等が設定される場合が考えられます。例えば、「高速道路上を時速○km/h以下で走行中に」といった条件が「限定領域」として設定されることが考えられます。

そして、運転自動化の分類としては、表2のような定義がされています。運転自動化が実施されず、動的運転タスクを全て運転者が実行する状況をレベル0として、レベル1及びレベル2は、一定の限定領域において、運転自動化システムが横方向、縦方向の動的運転タスクのいずれか、又は両方を実行するものです。自動化されていない動的運転タスク、具体的には対象物・事象の検知及び応答については、運転者が対応する必要があり、あくまで車両を運転する運転者が不可欠な運転自動化レベルです。

レベル3~5、すなわち「自動運転」と呼ばれるレベルでは、運転自動化システムが、持続的に動的運転タスクを実行します。レベル3では

*3 公益社団法人自動車技術会「JASO TP 18004:2022 自動車用運転自動化システムのレベル分類及び定義」(2022年3月18日改正)
https://www.jsae.or.jp/08std/data/DrivingAutomation/jaso_tp18004-2022.pdf

限定領域を外れるなどシステムが作動を継続できなくなった状況では、「介入の要求」が発せられ、これに運転者が応答し、動的運転タスクを引き継ぐことが期待されます。一方、レベル4では作動継続困難な場合においても、限定領

表2 運転自動化レベルの定義の概要

※技術文書*3を基に筆者が一部改変

レベル	定義概要	動的運転タスク(注)		作動継続が困難な場合への応答
		車両運動制御	対象物・事象の検知及び応答	
運転者が一部又は全ての動的運転タスクを実行				
0	運転者が全ての動的運転タスクを実行(予防安全システムにより支援されている場合も含む)	運転者	運転者	運転者
1	システムが縦方向又は横方向のいずれかの車両運動制御を限定領域において持続的に実行	運転者とシステム	運転者	運転者
2	システムが縦方向及び横方向の両方の車両運動制御を限定領域において持続的に実行	システム	運転者	運転者
自動運転システムが(作動時は)全ての動的運転タスクを実行				
3	システムが全ての動的運転タスクを限定領域において持続的に実行 利用者は自動運転システムの介入の要求を受け入れ、適切に応答することが期待される	システム	システム	作動継続が困難な場合は利用者(運転者)
4	システムが全ての動的運転タスク及び作動継続が困難な場合への応答を限定領域において持続的に実行	システム	システム	システム
5	システムが全ての動的運転タスク及び作動継続が困難な場合への応答を持続的かつ無制限に実行	システム	システム	システム

(注) 目的地の決定及び移動すべきタイミングなどの、運転タスクの戦略的側面を含まない

域においては、運転自動化システムがリスクを最小化するような必要な応答(例えば安全に車両を停止させるなどの車両制御)も含めて、全ての動的運転タスクを実行します。そして、レベル5では条件(限定領域)の制約なく、全ての動的運転タスクを運転自動化システムが実行します。すなわち、レベル4又はレベル5の運転自動化システムを備えた車は運転者を必要としません。

なお、運転自動化レベルの1~4は、技術的な難易度を直接的に表すものではありません。表1の定義概要から分かるとおり、レベル1~4の運転自動化システムは特定の限定領域において作動するものであり、たとえレベル4であったとしても、時速6kmでほかの移動体が存在しない専用空間でのみ作動できる、といった限定領域が設定されているものであれば、制限速度100km/hの高速道路で作動するレベル2の運転自動化システムよりも、社会実装に当たっての技術的難易度は低いことも考えられます。

自動運転技術の研究開発

わが国における自動運転技術の研究開発としては、1990年代に先駆的な取り組みがみられ

ました。しかし、本格的かつ大規模なものとしては、2013年に閣議決定された日本再興戦略、及び科学技術イノベーション総合戦略に基づき「戦略的イノベーション創造プログラム(SIP)」が創設され、2014年に制度面も含む自動運転に係る国家戦略として「官民ITS構想・ロードマップ」が策定され、その下で府省庁横断・官民連携により自動運転技術の研究開発及び社会実装に向けた制度整備が進められてきたことが挙げられます。「官民ITS構想・ロードマップ」に示された、自動運転システムの市場化・サービス実現期待時期の実現に向け、2014年度に開始されたSIP第1期においては「自動走行システム」が、2018年度に開始されたSIP第2期においては「自動運転(システムとサービスの拡張)」が実施されてきました。そして、これらのプログラムの中で、自動運転技術のうち協調領域とされる「地図情報の高度化」「センシング能力の向上」「サイバーセキュリティ」「安全性評価技術」等の研究開発が省庁横断・産学官連携の体制で進められるとともに、各地で実証実験が行われてきました。

これらの取り組みの結果*4、ホンダ・レジェンドが2020年11月に世界に先駆けてレベル3の

*4 高度情報通信ネットワーク社会推進戦略本部・官民データ活用推進戦略会議「官民ITS構想・ロードマップ これまでの取組と今後のITS構想の基本的考え方」(2021年6月15日) https://cio.go.jp/sites/default/files/uploads/documents/its_roadmap_20210615.pdf

型式指定を国土交通省より取得し、2021年3月に自動運転システムの市場化が実現されました。また、福井県永平寺町において、限定地域での遠隔型自動運転システム(レベル3)による無人自動運転移動サービスの運行が開始されています。

自動運転を実現させるうえで重要な基礎技術の1つである高精度3次元地図については、SIPにおけるオールジャパン体制での取り組みを足掛かりに、ダイナミックマップ基盤株式会社が設立されました。そして2018年度末までに全国の高速度道路と自動車専用道路を合わせた約3万km分の高精度3次元地図を整備し、商用配信を開始しています。

自動運転車両の開発・社会実装に必要な基礎技術としては、ほかにも自動運転システムの安全性評価技術が挙げられます。自動運転システムの多くは、動的運転タスクのうち、対象物・事象の検知を、カメラ、レーダー(電波を用いて検知・測距を行うセンサー)、LiDAR(光を用いて検知・測距を行うセンサー)等、長所・短所の異なる複数のセンサーを組み合わせることで実行し、必要となる応答を、ソフトウェアを用いた車両制御により実行します。そのため、複合的な要素を考慮した安全性評価が必要となります。そのような評価に当たっては、実環境下と同様の自動運転システムの評価が行える仮想空間でのシミュレーションが有効です。そこで、SIPの下で「仮想空間における安全性評価用環境プラットフォーム」が産学官のオールジャパン体制により構築され、2022年9月からは製品化、販売も開始されています^{*5}。

また、社会実装という観点からは、全国各地でレベル2移動サービスの実証が進められており、制度面についても2018年4月に策定された「自動運転に係る制度整備大綱」に沿って、関係府省庁での法令・ガイドライン等の整備が進

められています。実際、2022年4月に改正された道路交通法では、レベル4に相当する、運転者がいない状態での自動運転を「特定自動運行」として位置づけた許可制度が設けられ、無人自動運転移動サービスの社会実装に向けた制度整備が図られています^{*6}。

今後の展望

本稿では近年、国際的に広く用いられている運転自動化技術のレベル分類を紹介するとともに、政府における研究開発推進の取り組みについて紹介しました。「自動運転」と呼ばれるレベル3、レベル4の運転自動化技術を実装した車両、モビリティサービスの実現は、2022年現在ではまだまだ限定的ですが、政府は2025年には全国40カ所以上、そして2030年までに全国100カ所以上の地域で無人自動運転移動サービスを実現することを目標として掲げています。

現状、一般に体験可能な技術は、レベル1又はレベル2の「安全運転支援技術」がほとんどであり、レベル3～5の「自動運転技術」は身近とはいえません。しかし、動的運転タスクのうち検知を担う、カメラ、レーダー、LiDARなどのセンサーに関する技術、そして検知の精度を高め、適切な応答を担う人工知能ソフトウェア技術など、運転自動化を支える各種技術は、日々進化するとともに、低コスト化が進められています。

スマートフォンの登場、そして普及の際にみられたように、自動運転技術もさほど遠くない未来、「使い方」のイノベーションが起きた時点で、爆発的な普及が始まり、私たちの日々の暮らしを大きく変化させるかもしれません。自動車の発明以後、100年に一度の変革期と呼ばれるこの時代にめぐり会えた幸運を感じながら、自動運転技術が世の中をどのように変えていくのか、体感していきたいものです。

*5 内閣府ウェブサイト「SIP自動運転の成果を活用した安全性評価用シミュレーションソフトの製品化～戦略的イノベーション創造プログラム(SIP)研究成果を社会実装へ～」(2022年9月6日公表) <https://www8.cao.go.jp/cstp/stmain/20220906divp.html>

*6 警察庁ウェブサイト「特定自動運行に係る許可制度の創設について」 <https://www.npa.go.jp/bureau/traffic/selfdriving/L4-summary.pdf>