

## 自動運転によるモビリティの未来

Future of Mobility by Automated Driving



須田 義大

Yoshihiro SUDA

東京大学 生産技術研究所  
次世代モビリティ研究センター  
センター長  
教授 工学博士

### はじめに

人間の移動と物の輸送を、効率的にかつ快適に行うこと、これは人類が文明社会を創成して以来の課題であろう。産業革命で蒸気機関が発明され鉄道が誕生した。内燃機関とゴムタイヤの発展により、自動車が陸上交通の主役となった。バッテリーや燃料電池の進展により電気動力の自動車への本格的な導入が現実的になり、かつICT (Information and Communication Technology)の進展によりIoT (Internet of Things)時代に突入し社会インフラと繋がるクルマは、人工知能とセンシング技術の大幅な進化により自動運転技術を身に付け、新たなモビリティ社会の主役になることが期待できる。ITS (Intelligent Transportation Systems ; 高度道路交通システム)の進化と自動運転により、モビリティ社会の変革の可能性がある。本稿では、最近の情勢を紹介したい。ただし、この分野、技術の進展のみならず社会情勢の変化も早く、日進月歩で進展する。詳細なテクノロジーの紹介ではなく、主としてコンセプトと社会情勢についての紹介としたい。

### ITSの進展

20世紀には陸上交通の主役となった自動車は、いつでも、どこにでも、好きなときに人間に移動の自由度を与えた。一方で、道路インフラは有限であり、交通渋滞の発生、それに伴う交通事故や燃費の悪化などの課題が顕著になってしまった。交通事故は大幅に減少したとはいえ、我が国では依然4000名もの人命が一年間に失われ、世界規模で考えても安全性の一層の向上は急務である。地球の資源も有限であり、省エネルギーとCO<sub>2</sub>の発生の抑制は、エネルギー消費の約20%を占める交通に与えられた使命である。また、自分で運転をする必要のある自動車は、高齢者や視覚障害者などの交通弱者にとっては必ずしも万能の乗り物ではない。そこで、これらの負の課題を解決するために、ITSへの取り組みが20年以上も前から行われてきた。すなわち、ドライバーと車両、そして道路インフラとを情報通信で結び、知的な交通システムを構築しようという試みが研究開発され、実用化を果たしてきた(Figure 1)。2013年に東京で開催されたITS世界会議では多くの実用化技術、実証実験が

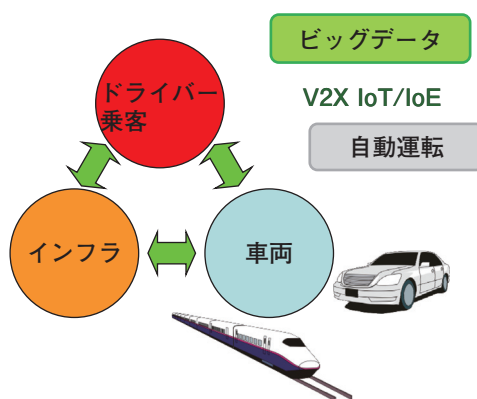


Figure 1 ITS(Intelligent Transportation Systems)

ショーケースとして展開された。自動ブレーキなどの高度安全運転支援技術もそのひとつである。ITSで定められた9つのテーマをFigure 2に示す。これらのほとんどは実用化され、なかなか普及の進まなかった高度安全運転支援技術についても、急速に普及が始まりつつある。

### 自動運転への進化

この高度安全運転支援技術の延長にあるのが、ITSの当初から研究者の間では最終ゴールとして開発のターゲットとされてきた自動運転である。2015年のモーターショーでは、自動運転が大きなトピックスとなった。ドライバーの役割は、認知・判断・操作であり、自分の走行する道路環境の認識と自分のクルマの状態の把握を行い、今後の走行のために必要な情報を集め、適切な経路選択を行い、車線変更などの運転行動を策定する。そして、追突や車線逸脱をしないように、絶えず車の挙動を制御する。この機能がうまく行われれば、何の問題もない。ところが、人間はいくら注意を払っていても時としてエラーを起こす。また、カーブの先、ブラインドコーナなどから侵入するクルマなど、認知が難しい場面もある。こんなときは、機械によるアシストは有効である。摩擦係数が著しく低下した路面で、安全にブレーキをかけるのも、人間よりも機械の方が得意である。認知については通信技術やセンシング技術の進展により人間より賢い場面も出てきているし、操作についても機械による自動制御のほうが、より高性能の場面もある。



Figure 2 ITS高度道路交通システム ファーストステージの開発9分野

近年のセンシング技術の大幅な進化は、自動運転を加速している。そして、人口知能(AI)の進展により認知についても人間に匹敵する機能が実現できれば、クルマの自動運転は現実的になってくるのである。AIについては、機械学習とその発展形である深層学習の進展により、従来では困難であった複雑な状況における自動運転への可能性が拓かれてきている。

著者も関わったNEDO「エネルギー-ITS推進事業」によるトラックの隊列走行・自動運転プロジェクトでは、2013年に車間距離をわずか4 mで、時速80キロで大型トラック3台と小型トラック一台の計4台による自動運転をテストコースで実証した例や、さらに、今まで自動車とは縁のなかったGoogleによる自動運転車両が有名になり、長年の自動運転に関する先駆的な研究事例を踏まえて、2013年は、自動運転実用化に向けた社会認知が得られた年といえよう (Figure 3)。そして、2014年からは、内閣府による戦略的イノベーション創造プログラム(SIP)に自動走行技術が取り上げられ、省庁横断で官民一体となった自動運転技術の戦略的な取り組みも始まった。さらに、2015年には、経済産業省と国土交通省の自動車局が合同で自動走行ビジネス



Figure 3 大型トラックの自動運転・隊列走行 NEDOプロジェクト 2008-2013

検討会を立ち上げ、技術開発という研究開発にとどまらず、自動運転により自動車産業がどのようにあるべきかという議論も進められるようになった。

自動運転については技術的な課題だけではなく、社会制度との関わりが強い。後述のように自動運転のレベルに応じて求められる社会制度や社会受容性は異なってくるが、自動化の進展には、制度改革が不可欠になってくる。この点についても、警察庁による自動走行の制度的な課題等に関する調査研究会も始まり、公道実証実験のガイドラインを策定するなど、二年前の自動運転が注目を集めた状況からも、大きな進展を見せている。当初は実現性に疑問符がもたれていた無人走行ですら、内閣府の官民ロードマップで議論されるようになった。それを受けて、自動運転を取り巻く状況は大きな変化を見せている。自動車産業や従来の交通システムに関わるビジネスのみならず、保険制度のような直接かかわる分野に加えて、IoTの観点から自動車や交通を考える立場も登場してきている。

### 自動走行レベル

一言で自動運転といっても、自動化のコンセプト、目的、目標や用途によって、自動化の考え方やレベルは多様である。一般的に、ドライバーは何もせずに、極端な場合は無人でも走るというイメージが強いが、そういう完全自動走行に至る前に高度運転支援というレベルがある。現在、国家プロジェクトのSIPでは4つのレベルを規定しており、以下のように定義されている。

- ・レベル1：加速・操舵・制動のいずれかの操作をシステムが行う状態
- ・レベル2：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
- ・レベル3：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
- ・レベル4：加速・操舵・制動の全てを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

すなわち、アクセル、ハンドル操作、ブレーキ操作のうち、一つを自動化するのがレベル1、複数の操作を自動化するのがレベル2、そして、すべてを自動化するのがレベル3とし、その場合でも、運転に必要な状況の認識はドライバーの責任で行い、自動化が困難な場合は、ドライバーがオー

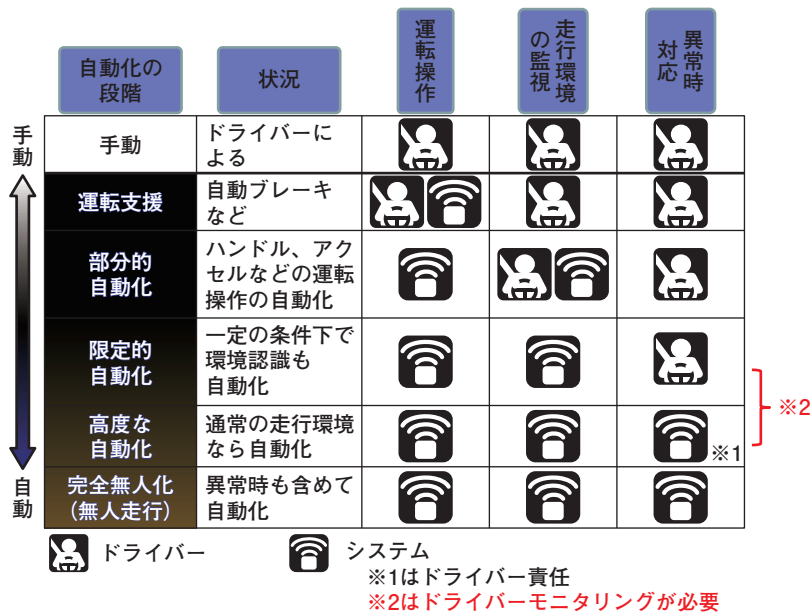


Figure 4 自動運転レベルの5段階

バーライドして手動で運転できることが当面の目標になっている。

一方、環境認識を含めて、すべて自動車が行く完全自動運転はレベル4として、最終的なゴールとなっている。人間のドライバーと機械の役割をもう少し明確に整理したのがFigure 4であり、自動化の段階において、運転操作、走行状況の監視、異常時の対応をドライバーが分担するのか、システムが支援するのかという観点で分類している。現在の法制度の下では、ウィーン条約、ジュネーブ条約という国際条約によって、公道を走行する自動車は、ドライバー主権・責任で走行することを規定しており、完全自動の無人自動車は制度改革が必要となる。そのため、ドライバーは走行環境や自動車の状況を監視する必要がある、自動走行中であっても、運転への責任がある。逆に、システムはドライバーをモニタリングして、運転が可能かどうかを監視する。自動運転で最も重要な技術開発項目は、HMI (Human Machine Interface; ヒューマンマシンインターフェース) であるという、一見パラドックスのような状況となっている。

### 自動運転のニーズと目的

そもそも、自動運転技術は手段であるため、ユーザや社会のニーズに合致した目的を明確にすることが重要である。社会的な大義としては、安全性の向上である。多くの交通事故はヒューマンエラーに起因しているため、自動化は安全性向上に寄与できる。交通事故死者数は最近までは右肩下がり減少し、より安全な車社会の実現に向けて順調に進んできていたが、近年では、高齢ドライバーによる事故が多発するようになり、2015年においては、わずかながら

交通事故死者数が増大してしまった。すなわち、安全性の向上については、自動運転を含む新たな取り組みが求められていると言える。

自動運転によりドライバーの負荷を軽減すれば快適性が向上する。快適性の向上は安全運転にも貢献するだろう。さらに、自動化により上手い運転ができれば、省エネ走行も可能となる。マイルドな加減速や一定速度で走行することで燃費は向上する。自動運転によりこのようなベテランドライバーの走行が誰でも実現できることになる。自動運転により車間距離を短縮できれば交通容量が増加して渋滞も減る可能性がでてくる。それにより、環境低負荷にも貢献する。隊列走行のように極端に車間距離を短縮できれば、燃費の向上にも貢献する。高齢者を始めと

する交通弱者にとっても、運転を自動化すれば非常に助かる。過疎地域では、公共交通は成立しにくく、タクシーにも頼ることが難しい。このような地域に完全自動の自動運転が実現できると、移動の自由が飛躍的に向上するだろう。

物流や事業用車両の自動運転によっても、ドライバー不足による課題を解決することが期待される。高速道路での大型トラックの隊列走行が実現できると、物流における革命がおきるかもしれない。このように、自動運転は交通体系の進化により社会の生産性向上に貢献できる。自動運転はモビリティ社会を大きく変革する非常に可能性の高い技術であろう。

### 自動運転のロードマップ

Google Self-Driving Carで有名となったアメリカのカリフォルニア州では、いち早く法制度の整備を実施してきたが、我が国においても内閣府省庁横断戦略的イノベーション創造プログラム(SIP)や経済産業省と国土交通省による自動走行ビジネス検討会、警察庁による自動走行の制度的な課題等に関する調査研究会など様々な取り組みが行われ、現在では、レベル4を含めて自動運転の公道実証実験は我が国においても可能となっている。公道実証実験のガイドラインも示され、既存の自動車産業のみならず新規参入する業界も現れ、ますます自動運転の実用化に向けた官民一体の取り組みが加速されている。

今後の実用化については、まずできることからやっていくことが重要だと考えられる。ニーズと、社会的受容性のあるところから始めて、経験を積み、大量にデータを集め、開発にフィードバックするという繰り返しである。自動化



Figure 5 実用化が期待されるアプリケーション(経済産業省・国土交通省 自動走行ビジネス検討会 中間とりまとめ報告書より)

の容易性という観点からは、高速道路における自動走行実用化が大いに期待されており、世界中の自動車メーカーやサプライヤーが実現に向けた技術開発を行っている。公道実証実験も進められており、高速道路の入り口から出口までの間を、通常の交通環境であればドライバーが操縦せずに走行できる車が市販化される日も近いと予測される。

一方、自動運転のニーズということでは、ドライバーが急病で運転不能になったときに安全に停止させるデッドマンシステム、ドライバー不足が顕著となったトラック輸送への自動隊列走行の適用、駐車場や専用区間、場所を限定した地域での自動運転などがある (Figure 5)。低速での自動化も、やり易さと万一のトラブルに対しても被害を考慮すると優先的に取り組む対象である。ヨーロッパで行われているCityMobile2や最近注目されているラストワンマイルへの適用がその例である (Figure 6)。

また、重要な視点として、自律か、社会基盤(インフラ)に頼るかという観点もある。インフラや通信に頼らない完全自律システムは自由度があるが、様々な交通環境を考慮すると実現のハードルは高いと考えられる。インフラの活用は、衛星による測地システム(Global Navigation Satellite System : GNSS)による自己位置特定とデジタル地図利用、さらに、通信を使ったシステムは自動運転を安全に効率よく行うためには不可欠なシステムとも想定されている。デジタル地図およびGNSSは、自動運転の協調領域として多くの関係者が共同で取り組む課題といえる。通信技術の活用についても、既にITSとしてV2X(車車間通信V2Vおよび路車間通信V2I)が進んでいることから、自動運転についても重要な協調領域技術として研究開発が進められてきてい

る。2015年には、道路交通信号との路車間通信もITS Connectとして実用化が成されてきている。現在のところ、760 MHzおよび5.8 GHzのITS専用周波数帯の活用が検討され、情報提供やデジタル地図情報の更新などに活用されることが念頭に置かれているが、今後は自動走行のセンシングや制御への活用という観点も検討が進むと期待される。高速道路での合流支援、一般道路での交差点走行については、V2Xが重要な役割を果たすことになるかもしれない。また、5Gなどの新たな通信方式が実現してくると、それらを活用した新たな展開も想定されてくるだろう。このようなインフラ協調技術の活用については、適用が限定的にならざるを得ず、巨大な投資も必要になるという課題がある。また、進化の早いITをインフラに適用したときに、どのようにメンテナンスするか、そしてアップグレードしていくか、ということも課題もある。自律と協調については、どこに折り合いを見つけるかが重要な観点となる。

### 次世代モビリティ

現行の制度のもとでも、ドライバーの責任で走行を前提とすればレベル4までについても自動運転は2020年代には実現していくと考えられる。法律や保険などの制度の改革が必要な完全自動運転や無人車両の走行については、その実現について多くの議論があり、明確な道筋は未だ見えてはいないが、社会ニーズは高い。既にウィーン条約、ジュネーブ条約についても改定の議論が始まりつつあるので、意外と早く完全自動運転の環境が整うかもしれない。その時には、都市構造、PL(製造物責任法)制度、保険制度などの社会システムの改革とセットで考えることが重要であろう。実現の暁には自動運転車両というクルマは、新たなジャン



Figure 6 ITS世界会議2015 ボルダーにおけるレベル4相当と思われる自動運転の公道走行

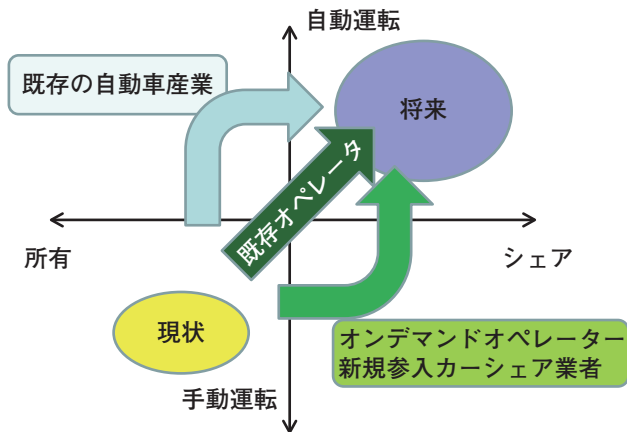


Figure 7 自動運転によるモビリティ・オペレーションの変革

ルのモビリティとなり、それによる新産業が創出され、より良い社会が構築されていくという期待が大きい。このような、自動運転に関わる多くの関係者が協力し、関係者にとってメリットがあるような仕組みをつくること、すなわち自動運転のためのエコシステムを構築していくことが重要である。

自動運転という新たな乗り物を考えると、従来の所有というコンセプトから、シェアというコンセプトで運用されることも考えられる。Figure 7には、手動と自動、そして所有とシェアという座標軸でモビリティ・オペレーションの変化を想定したコンセプトを示す。既存の自動車産業は所有の手動運転をベースとしているが、公共交通は手動であってもシェアをベースに運行されている。「ゆりかもめ」のような新交通システムでは、既に完全自動運転も実現している。自動車を用いるシステムでも、Uber（自動車配車Webサイト）のように、シェアモビリティをIoTで実現するビジネスも出現してきている。暇なドライバーと空いている自動車、そして移動を望む利用者をIoTによりリアルタイムに結びつけることができると、自分で運転するレンタカー、タクシー、バスなどの公共交通よりも便利な移動手段が提供されるようになってくる。このような新たなモビリティに自動走行技術が融合することは十分に想定されるだろう。このようなモビリティ社会が将来やってくることを想定して、技術開発、制度設計、ビジネスモデルを検討していくことが重要であろう。

## おわりに

最完全自動運転が実現して、新たなモビリティ社会が実現したとき、人類はどのような進化を遂げるのであろうか。人間の健康や脳の活性化には、歩行は重要な役割を担う。全く歩かない社会は想像できない。クルマの運転は人間にとって、センシング・判断・操作という三つの機能をバランスよく行うため、健康の維持にも効果があるのではない

か、という仮説も提案されてきている。高齢ドライバーが運転を止めると認知症が進展するということも言われている。快適な環境で人間があたかも手動でクルマを運転するが、完全自動運転技術により、ドライバーがミスも事故も未然に防いでくれるという自動運転のコンセプトも有用かもしれない。自動運転の実現のために、インフラ協調を積極的に導入すべきか、それとも自律主体を進めるべきか、というバランスを考えるとともに、モビリティ社会で自動運転技術をどう活用するのが長期的な視野に立った大義なのか、このような観点の議論も必要かもしれない。

我が国の自動車産業における技術開発、そしてモビリティ社会に携わる全ての関係者が、新たなモビリティ社会の実現にむけて貢献することを期待したい。かつては制度改革が必要であるから自動運転が実現しないと思われていたこともある。総合的な取り組みがなされている昨今では、研究開発、技術開発に携わる研究者や技術者は、より一層の取り組みの深度化が求められていると思う。