

米国における自動車 IT に関する取り組みの現状

八山 幸司
JETRO/IPA New York

1 はじめに

電子機械の発達とともに安全性と機能性の両方で大きな進化を遂げてきた自動車だが、自動車 IT の発達は、自動車の制御を人間が中心としたものから自動車そのものが行うものへと変えようとしている。自動車におけるコンピューターの活用は、車内設備や機械的な制御として使われることが多かったが、多様なセンサー、強力なコンピューター、ソフトウェアの発達により、様々な機能が実現している。その中でも大きな変化を遂げたのは人工知能を中心としたソフトウェアであり、人間にしか出来なかった道路上での様々な状況判断を行うことが出来るようになってきている。人工知能の活用により、カメラからの映像を使った正確な状況判断や、緊急状態であることを判断して自動車の制御を行うなど、これまでにないほどの高度な状況判断が可能となっている。また、通信技術を使った他の車や道路インフラとの情報共有は、交通状況の変化や緊急事態の回避など、人間を超えるほどの状況判断を可能にしている。今号では、人工知能や通信技術の発達により自動運転の実現へと近づく、自動車 IT について紹介する。

最初に、各自動車メーカーの取り組みについて紹介する。Google 社は自動運転車の開発に積極的に取り組んでおり、ハンドルのない完全な自動運転車のプロトタイプを発表している。Apple 社はスマートフォンの技術を応用したテレマティクスを発表している。電気自動車に特化している Tesla 社では、オートパイロットと呼ばれる半自動運転システムを年内に実現する予定となっている。配車サービスを行う Uber 社は、無人タクシーなどを目指して Google 社を競っている。Ford 社も様々な自動運転システムの開発を進めており、大量生産による安価な自動運転車を目指している。

次に自動車 IT の技術動向について紹介する。自動運転の段階に応じて様々な技術が生まれており、2030 年までに完全な自動運転車が登場すると見られている。センサーや人工知能を使った自動運転システムの開発は急速に発展している。自動車の情報通信を可能にするテレマティクスは、スマートフォンやウェアラブル端末を使ったサービスへとつながっている。フロントガラスに情報を映し出すヘッドアップディスプレイは、ドライバーが把握しにくい自動車の状態を視覚的に読み取ることができるようになると期待されている。

自動車 IT によって変化する交通システムでは、V2V(車車間通信)と V2I(路車間通信)や、IoT(Internet of Things)への活用について紹介する。自動車における通信機能を使った V2V と V2I は、事故防止、道路環境の変化、輸送システムの効率化など、様々なメリットが期待されている。IoT への活用では、インフォマティクスとの活用による自動車の制御などが期待されており、実際に盗難車を遠隔から停止させることにつながっている。また、自動車向けの通信規格を使ったデバイスも開発が進んでおり、様々なモバイル機器との活用が期待されている。

自動車 IT の市場動向では、2030 年までに自動運転車の市場は 250 億ドルにまで拡大すると見られており、特に人工知能を中心としたソフトウェアやコンピューターチップなどのハードウェアが拡大していくと見られている。また、交通状況の判断にレーダーとカメラを使った方式が進むと見られており、自動運転車のセンサー分野で大きく拡大していくと見られている。自動車保険も変化しており、自動運転車が登場することでドライバーではなく自動運転システムがリスクの対象になると見られている。また、Metromile 社のように従量制自動車保険を提供する企業も出てきており、自動車の所有に対する変化も出てきている。

最後に、米国の自動運転車に関する法規制や課題について紹介する。米国の自動運転車に対する法規制は州によって異なっており、カリフォルニア州、ネバダ州、ミシガン州、フロリダ州、ワシントン D.C.で自動運

転車の走行試験に対する法整備が完了している。また、倫理的な課題も浮かび上がってきており、人工知能に人命が絡むような緊急事態にどのように判断をさせるかという問題も出てきている。このため、Google 社をはじめとした企業は、試験走行を繰り返して人工知能に難しい状況判断を学ばせている。

これまで運転を行う人間を中心として様々な安全機能を発達させてきた自動車だが、より高度な安全機能とヒューマンエラーを回避するための技術として自動運転が実現しようとしている。様々な課題を持ちつつも、安全性を高めるために必要な技術として研究が進められており、特に人工知能は自動運転車の中心技術として大きな注目が寄せられている。自動車 IT は自動車だけでなく、通信技術や道路インフラなど様々な技術が必要となる。IT 技術を得意とする米国が自動車 IT に対してどのように取り組んでいくか、同じ自動車大国である日本の参考にしていきたい。

2 IT 企業・自動車メーカーの動向

(1) Google

Google 社は、同社の自動運転車 Google ドライバーレスカー (Google driverless car) の研究を積極的に進めており、実用化に向けた取り組みが進められている。Google 社では自動運転車の研究を 2009 年から進めており 2017 年の実用化を目指している¹。Google ドライバーレスカーはトヨタ社のプリウスや Lexus RX450h など既存の車を改造して研究を進めており²、2014 年 4 月までにカリフォルニア州やネバダ州の試験走行において、無事故で 70 万マイル (約 112 万キロメートル) の走行を達成している。同社が公開した動画の中では、工事中の標識を読み取って車線を変更する、踏切で一時停止して踏切に他の車がいなくなるまで待機する、交差点で曲がる時に横断歩道上の歩行者だけでなく後ろから近づく自転車が通り過ぎるのを待つといった様子が写し出されている³。

Google ドライバーレスカーにはレーザーレーダー (Light Detection and Ranging: LIDAR)⁴ や 360 度周囲を監視するカメラなど、およそ 15 万ドルの機器が使われている。LIDAR だけでは周囲の地形や駐車中の車を読み取ることは可能であっても、速度制限や工事中の看板などを読み取ることはできなかったため、カメラを使って実際の状況を判断するソフトウェアが開発されたことが自動運転の発展に大きく貢献している⁵。このソフトウェアは Google Chauffeur と呼ばれ、軽量化された Linux の Ubuntu⁶ が使用されている⁷。しかし実際には、大雨や雪の日には使用できないという指摘が出てきている。Google 社の担当者も、Google ドライバーレスカーが道路上の穴や蓋がされていないマンホールを認識できないということを述べており、実用化に向けた取り組みが引き続き続いている⁸。

2014 年 5 月には Google 社独自の自動運転車のプロトタイプを発表している。この車はハンドルもアクセルもブレーキもなく、スタートボタン、ストップボタン、ルートを示すスクリーンだけとなっており、スタートボタンを押した後は自動で走行する仕組みとなっている。また、スマートフォンを使って自動車を呼び出すことも可能となっている。カスタマイズされた Google 社の地図と GPS を使って自動車の場所を特定し、頭頂部に取

¹ <http://www.cbsnews.com/news/a-ride-inside-googles-driverless-cars-what-its-like/>

² <http://www.bbc.com/future/story/20140527-inside-googles-robot-car-lab>

³ <http://googleblog.blogspot.com/2014/04/the-latest-chapter-for-self-driving-car.html>

⁴ レーザーを使って地形などを読み取る技術

⁵ <http://www.extremetech.com/extreme/181508-googles-self-driving-car-passes-700000-accident-free-miles-can-now-avoid-cyclists-stop-for-trains>

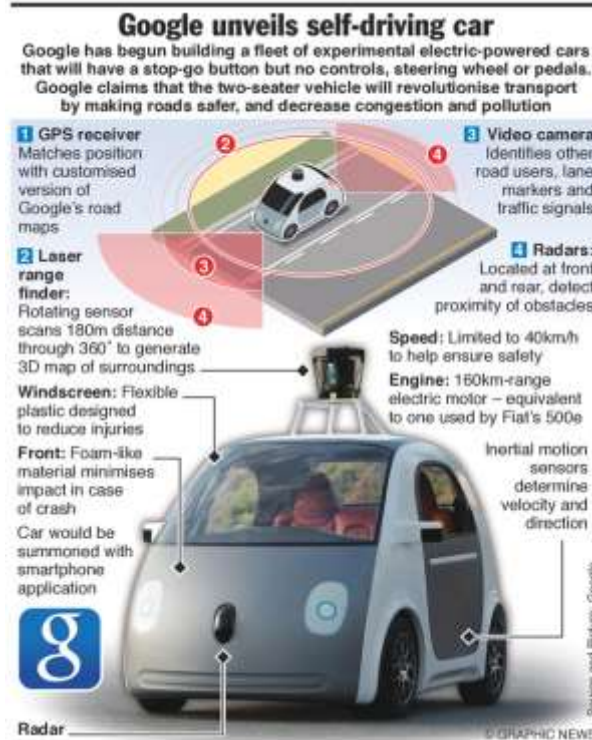
⁶ Linux と呼ばれるコンピューターの OS の一種

⁷ <http://www.computerweekly.com/blogs/open-source-insider/2013/12/linux-navigating-photon-laser-disturbance-in-google-self-driving-cars.html>

⁸ <http://www.technologyreview.com/news/530276/hidden-obstacles-for-googles-self-driving-cars/>

り付けられた LIDAR で周囲の状況を把握することが出来るようになってきている。この自動運転車は、フレームとセンサーの連結や、死角が出ないボディ形状を考えて設計が行われており、レーダーは周囲 600 フィート（約 182 メートル）の状況を読み取ることが出来るようになってきている。ミシガン州 Detroit の工場ですでに 100 台以上が生産されていると見られている⁹。図表 1 は Google 社の自動運転車 Google ドライバーレスカーの機能の説明である。

図表 1: Google ドライバーレスカー



出典: The Institution of Engineering and Technology¹⁰

Google 社は 2014 年 12 月には、自動運転車の生産に向けたパートナーとして自動車メーカーを探していることを発表した。同社は高齢者や視覚障害者の助けとなるような完全に自動化された車を目指しており、時速 25 マイル(約 40 キロ)未満で、エアバックのような従来の安全基準で求められる装備を必要としない、近隣用の電気自動車という構想を明らかにしている¹¹。この他 2014 年には、Android 搭載のスマートフォンを連動させるテレマティクス Android Auto を発表しており、自動車と IT の融合を目指した戦略を進めている¹²。

(2) Apple

Apple 社は、2014 年に iPhone を連動させるテレマティクス CarPlay を発表している。同製品では iPhone を自動車のテレマティクスと連動させることで、iPhone の音声アシスタント Siri、ナビゲーション、電話やメッセージの発信、アプリからの音楽の再生といった機能が、自動車の音声コマンドを通して利用可能となる。

⁹ <http://www.theguardian.com/technology/2014/may/28/google-self-driving-car-how-does-it-work>

<http://eandt.theiet.org/news/2014/may/google-driverless.cfm>

¹⁰ <http://eandt.theiet.org/news/2014/may/google-driverless.cfm>

¹¹ <http://jp.wsj.com/articles/SB11501383225136704765104580348483314342148>

¹² <http://mashable.com/2014/06/25/google-android-in-the-car/>

Apple 社は同社の戦略のひとつとして様々なデジタル機器の中心となる「デジタルハブ」戦略を進めており、Carplay は既存の自動車のインフォテインメントシステム¹³に代わるものになろうとしている¹⁴。米国内の主要自動車メーカーだけでなく、Jaguar 社や Ferrari 社などが CarPlay の導入を進めており¹⁵、2015 年内に 40 車種に CarPlay が搭載される予定となっている。図表 2 は、Ferrari 社の車に搭載された CarPlay となっている¹⁶。

図表 2: Apple 社の CarPlay



出典: Engadget¹⁷

Apple 社は 1,000 人以上の電気自動車関連エンジニアを集めており、電気自動車の開発を進めているのではないかと見られている。集めたエンジニアの中には、Mercedes-Benz 社の開発トップ、Ford 社の電気自動車のエンジニア、GM 社で新型自動車の開発と内装のデザインを行っていたエンジニアなど、コンピューターやモバイル機器の開発に直接結びつかない人材を確保していることがわかっている¹⁸。2015 年 2 月には、上級エンジニアを引き抜かれたバッテリー製造メーカー A123 Systems 社が Apple 社を提訴したが、A123 Systems 社の申し立ての内容からは、パナソニック社、東芝社、LG 社、Samsung 社などからもバッテリー関連のエンジニアを引き抜こうとしていたことがわかっており、Apple 社が本気で自動車を開発しようとしているのではないかと見られている¹⁹。

(3) Tesla

電気自動車専門の自動車メーカーである Tesla 社は、自動運転機能の搭載を 2015 年夏までに行うことを発表している。2015 年 3 月、同社の CEO Elon Musk 氏は 3 ヶ月以内に同社のラインナップの 1 つであるモデル S に、自動走行機能を搭載する予定であることを発表した。これは、モデル S のソフトウェアのバージョン 7.0 で予定されている機能となっており、遠隔からのアップデートを行うことで使用が可能となる。同社では自動走行機能のことをオートパイロット (Autopilot) と呼んでおり、道路上のレーンマーク (車線境界線)

¹³ 娯楽と情報を融合させた機能を提供するための機器

¹⁴ <http://techcrunch.com/2014/06/07/with-ios-8-the-iphone-will-become-your-digital-hub/>

¹⁵ http://www.nytimes.com/2015/02/23/technology/rivals-google-and-apple-fight-for-the-dashboard.html?_r=0

¹⁶ <http://www.engadget.com/2015/03/07/dreaming-of-an-apple-car/>

¹⁷ <http://www.engadget.com/2015/03/07/dreaming-of-an-apple-car/>

¹⁸ <http://techcrunch.com/2015/02/13/apple-car/>

<http://techcrunch.com/2015/02/19/apple-car-new-hires/#1cxyGL:CWAI>

¹⁹ <http://www.reuters.com/article/2015/02/19/us-apple-autos-lawsuit-idUSKBN0LN04Y20150219>

がはっきりしている幹線道路であれば、ハンドルから手を放した状態での走行が可能となっている。専門家は、大手自動車メーカーでも同様の機能が実現可能であるにもかかわらず安全面への配慮と法的な規制から踏み切っていないため、Tesla 社のオートパイロットがどのような結果をもたらすか注目している²⁰。同社ではソフトウェアのバージョンによって様々な機能を追加しており、バージョン 6.2 では、障害物が近づいた時の緊急ブレーキ、ブラインドスポットや横からの衝突に対する警告、バッテリー残量が少なくなる地域の充電ステーションの表示といった機能が追加される予定となっている²¹。

(4) Uber

配車サービスを行う Uber 社は、スマートフォンのアプリを使った配車サービスを展開させている。2009 年にサンフランシスコで始まった同社のサービスは、スマートフォンのアプリを使って同社が契約したドライバーの車を呼び出せるようになっており、事前に登録したクレジットカードで支払う仕組みとなっている。アプリでは地図上の車の場所や、運賃などを知ることができるようになっており、配車と決済までをスマートフォン上で行えるという手軽さから、現在では 55 カ国でサービスを展開させている²²

同社は 2014 年 2 月に Uber Advanced Technologies Center と呼ばれる研究所を設立することと、カーネギーメロン大学と提携して自動走行システムの開発を行うことを発表している。この研究では、マッピング、安全性、自動運転技術などに焦点が当てられており、無人タクシーなどに活用していくと見られている。同社は Google 社から様々な支援を受けてきたことから、Google 社の自動走行システムを活用すると見られていたが、独自の研究を行うことにより、競合相手として開発を進めていくと見られている²³。

(5) Ford

大手自動車メーカーも、自動車の IT 化に向けた様々な取り組みを行っている。2015 年 1 月、Ford 社は自動運転車で最初の大量生産を目標とすることを発表している。Ford 社の CEO Mark Fields 氏は 5 年以内に完全な自動運転機能を持った車が登場すると見ており、自動運転車に取り組む Daimler 社や Tesla 社といった高級車メーカーとは違い、誰もが購入できるような自動運転車の生産を目指している²⁴。また、2015 年 1 月、Ford 社はビッグデータの研究を強化するためカリフォルニア州シリコンバレーに研究所を設置することを発表した²⁵。ソフトウェアエンジニアやデータサイエンティストを使って、ビッグデータ、モバイル技術、自動車の音声認識などの研究を行う予定となっている。Google 社参加の Nest 社とも協力して研究を行っており、自動車が家に近づくると自動的に家の温度を調節するシステムの開発を行っている²⁶。

²⁰ http://www.nytimes.com/2015/03/20/business/elon-musk-says-self-driving-tesla-cars-will-be-in-the-us-by-summer.html?_r=0

<http://www.informationweek.com/it-life/tesla-model-s-autopilot-coming-soon-elon-musk-claims-/d/d-id/1319564>

²¹ <http://www.informationweek.com/it-life/tesla-model-s-autopilot-coming-soon-elon-musk-claims-/d/d-id/1319564>

<http://techcrunch.com/2015/03/19/the-tesla-model-s-will-get-early-autopilot-mode-in-about-three-months/#1cxyGL:mqHm>

²² <https://www.uber.com/cities>

<https://www.uber.com/features>

²³ <http://blogs.wsj.com/digits/2015/02/02/uber-chases-google-in-self-driving-cars/>

²⁴ <http://jp.wsj.com/articles/SB10441675140911724742004580384472601169594>

²⁵ <http://jp.wsj.com/articles/SB12476612882981423405204580416863641694760>

²⁶ <http://blogs.wsj.com/cio/2015/01/22/ford-wants-to-sharpen-big-data-skills-at-its-silicon-valley-innovation-center/>

3 最新の技術動向

(1) 自動運転技術

a. 自動運転の方式

自動運転のためのシステムの多くは複数のシステムが組み合わさったものとなっており、様々な機能によって高度な自動運転システムが実現しようとしている。2013 年 5 月、米国運輸省道路交通安全局（NHTSA）は自動運転システムに関する政策の方針を発表し、その中で自動運転システムを自動化の度合いに応じて 5 段階に分けて定義している²⁷。

- レベル 0: 自動化されていない
ドライバーが加速、ブレーキ、操舵など、自動車の運転に必要な操縦のすべてを行う。警報装置などが付いている場合でも、自動車の操縦機能を制御する機能がない場合はレベル 0 となる。
- レベル 1: 部分的な自動化
加速、ブレーキ、操舵など、自動車の操縦機能を 1 つ以上持っており、複数の機能が搭載されている場合でも独立して動作している。（例：アダプティブクルーズコントロール、横滑り防止装置、衝突被害軽減ブレーキ、車線逸脱防止支援システム）
- レベル 2: 自動化の複合
加速、ブレーキ、操舵など、主要な操縦機能が最低 2 つ以上自動化されている。ドライバーはハンドルとアクセルの両方を離れた状態で走行を行うことが可能だが、すぐに運転に復帰できる必要がある。（例：ステアリングアシスト付きアダプティブクルーズコントロール）
- レベル 3: 限定的な自動運転
ドライバーが特定の交通・環境の下で、全ての安全にかかわる操作を自動車に行わせることができ、周囲の環境や交通状況の変化の監視も自動車に大きく依存する。ドライバーは余裕を持って運転に復帰する必要がある。また、自動運転システムが道路工事などによって自動運転を継続できないと判断した場合、余裕を持ってドライバーへ操縦を渡す必要がある。
- レベル 4: 完全な自動化
自動車が有人か無人かにかかわらず、自動運転システムが走行におけるすべての行程で安全運転に必要な操作と道路状況の監視を行う。ドライバーは行き先などの入力を行って、走行に必要な運転は行わない。また、自動運転システムのみが安全運転の責任を背負う。

米調査会社 IHS 社によると、2030 年ごろまでに完全な自動運転システムが実現すると予測しており以下のような技術が段階的に加わっていくと見ている²⁸。

²⁷ http://www.nhtsa.gov/staticfiles/rulemaking/pdf/Automated_Vehicles_Policy.pdf

²⁸ <https://technology.ihs.com/502831/automotive-semiconductor-impression-220514>

図表 3: 自動運転車のロードマップ

2010 年～2015 年	2015 年～2020 年	2020 年～2025 年	2025 年～2030 年
<p>先進運転制御システム</p> <ul style="list-style-type: none"> アダプティブクルーズコントロール 車線逸脱防止装置 自動緊急ブレーキ 自動パーキングアシスタント 	<p>自動運転システム</p> <ul style="list-style-type: none"> 追従車群走行 先進 V2X²⁹ ドライバーの状態管理 夜間装置付き自動緊急ブレーキ 	<p>制限付き自動運転車</p> <p>自動運転車だが、特定の道路、スピード、交通状況で制限がある。</p>	<p>完全な自動運転</p>

出典: IHS³⁰

b. レーダー、カメラ

自動運転システムには様々なセンサーが不可欠であり、自動運転システムの実用化に向けて重要性が増している。自動運転システムが安全に走行を行うためには周囲の状況を正しく把握する必要があり、情報を集める方法としてレーダー、カメラ、超音波センサー、LIDAR などが使われている。レーダーは正確に物体との距離を計測することができるものの、対象が歩行者か自転車かどうか識別することが難しい。一方で、カメラはレーダーほど長距離を計測することはできないものの、物体の種類を識別することが可能となっており、レーダーとカメラを併用して自動車の前方を監視に使うことが多い。超音波センサーは短い距離にしかな効果がないものの近づく物体を検知することができ安価であるため、パーキングセンサー等に使用されている³¹。

LIDAR は自動車の周囲を広範囲にわたって詳細に計測ができるという特徴を持っており、自動運転車の上部に取り付けて、走行中に回転しながら周囲の 3 次元地図を作ることが可能となっている。有名なのが Velodyne 社の製品となっており Google 社の自動運転車などにも使用されている。しかしながら、LIDAR は価格が 7 万 5,000 ドルから 8 万 5,000 ドルと高額な上に大きくかさばるため、コスト低下と小型化が期待されている³²。図表 4 は、LIDAR のイメージ図と LIDAR を搭載した Google 社の自動運転車となっている。

図表 4: LIDAR が取り付けられた Google 社の自動運転車



出典: Wall Street Journal、Popular Science³³

²⁹ Vehicle to Everything。自動車が他の車や道路インフラと通信を行う構想。

³⁰ <https://technology.ihs.com/502831/automotive-semiconductor-impression-220514>

³¹ <http://www.autonews.com/article/20141013/OEM06/310139961/demand-skyrockets-for-collision-avoidance-sensors>

³² <http://www.wsj.com/articles/laser-eyes-raise-price-hurdle-for-driverless-cars-1405969441>

<http://www.autonews.com/article/20141013/OEM06/310139961/demand-skyrockets-for-collision-avoidance-sensors>

³³ <http://www.wsj.com/articles/laser-eyes-raise-price-hurdle-for-driverless-cars-1405969441>

c. ソフトウェア

自動運転システムが進化するにつれて、様々なシステムと膨大なデータを処理するソフトウェアはさらなる性能が求められている。自動運転システムは人間が行う運転をソフトウェアで再現しており、自動車メーカーにとってソフトウェアの開発は重要な課題となっている。特に、交通事故の回避や消費燃料の削減には高度なソフトウェアが必要であり、周囲の環境や交通状況に応じて判断することができる人工知能の開発が不可欠となっている³⁴。Google 社は自動運転車の開発のためにカリフォルニア州で試験走行を繰り返しており、機械学習 (Machine-learning) を使って人工知能に様々な条件下での走行を学習させている³⁵。

2015 年 1 月、米半導体メーカー Nvidia 社は機械学習の機能を持った車載コンピューター Drive PX を発表した。Drive PX の開発環境には DIGITS と呼ばれるディープラーニング³⁶のトレーニングシステムや動画処理のライブラリが含まれており、カメラから取り込んだ画像を解析し、機械学習によってコンピューターが判断能力を上げていくことが可能となる。また、Drive PX は同社が開発した強力なモバイルプロセッサ Tegra X1 によって 12 台のカメラの映像を同時に処理することができるようになっており、自動運転車の開発プラットフォームとして期待が寄せられている³⁷。図表 5 は NVIDIA 社の CEO Jen-Hsun Huang 氏と、Drive PX を使ったデモ画面となっている。

図表 5: NVIDIA 社の CEO と Drive PX のデモ画面



出典: NVIDIA、CNET³⁸

(2) テレマティクス、モバイル技術

テレマティクスやモバイル技術によって自動車の IT 化が様々な方向へと加速し始めている。Apple 社と Google 社は、自動車の IT 化に向けて、情報通信サービスのプラットフォームとなるテレマティクスを提供している。両社は 2014 年に Apple 社が CarPlay、Google 社が Android Auto という名前で発表しており、両社のテレマティクスはスマートフォンを自動車に接続することで、携帯電話を通じた電話の通話、音楽の再生、地図の表示、テキストメッセージ、ポッドキャストなどができるようになっている。その他のアプリの機

<http://www.popsi.com/cars/article/2013-09/google-self-driving-car>

³⁴ <http://www.newsday.com/classifieds/cars/experts-say-driverless-cars-will-require-artificial-intelligence-1.8817975>

³⁵

http://www.slate.com/blogs/future_tense/2014/04/28/google_self_driving_car_safety_first_with_city_streets_bicyclists_pedestrians.html

³⁶ ニューラルネットワークを用いた機械学習の一種。

³⁷ <http://blogs.nvidia.com/blog/2015/03/17/nvidia-drive-px/>

<http://www.wired.com/2015/03/nvidias-powerful-new-computer-helps-teach-cars-drive/>

<http://www.cnet.com/news/cars-could-learn-to-drive-themselves-from-human-behavior/>

³⁸ <http://blogs.nvidia.com/blog/2015/02/24/deep-learning-drive/>

<http://www.cnet.com/news/cars-drive-autonomously-with-nvidia-x1-based-computer/>

能はテレマティクス上ではなく、スマートフォンにインストールされているアプリを利用する形になる。また、ハンドルに取り付けられている音声操作ボタンを使うことで、Siri や Google Now などの音声アシスタントも使えるようになっている³⁹。

Apple 社は CarPlay を通して自動車の操作を行う構想を持っており、CEO の Tim Cook 氏は同社のウェアラブル端末 Apple Watch が将来的に自動車の鍵として使えるように設計していると語っている⁴⁰。また、CarPlay を通してスマートフォンを持ったユーザーが近づくだけでドアの開閉やエンジンの始動を行うことを記した特許を Apple 社が取得しており、CarPlay を通して自動車の IT 化が進むと見られている。

自動車メーカーからもモバイル技術を活用する動きが出ている。Chrysler 社の一部門である Dodge Viper は、2015 年 1 月に Apple Watch や Android Wear による自動車のエンジン始動、ドアの開錠や施錠を行うことができるアプリをいち早く発表している⁴¹。Tesla 社も、ドアの開錠やエンジンの始動を行う iPhone のアプリを、2014 年 8 月の自動車ソフトウェアの遠隔アップデートを通して提供している⁴²。

(3) ヘッドアップディスプレイ(HUD)

自動車のフロントガラスに様々な情報を映し出す、様々なヘッドアップディスプレイ(Head-up Display: HUD)の製品が登場している。ドイツの自動車部品メーカーContinental 社は、拡張現実(Augmented Reality: AR)と HUD を組み合わせた AR-HUD の研究を進めている。同社では、デジタルミラーデバイスと呼ばれる技術を使うことで、フロントガラスの広範囲に映像を映し出すことができ、24 フィート(約 7 メートル)先まで奥行きが出るようにすることも可能となっている。自動運転システムが高度なものになるにつれて、自動車がどのように制御を行っているかドライバーに必要な情報が伝わっていないという懸念があった。このため、AR-HUD を使うことで、アダプティブクルーズコントロール(ACC)をオンにしている場合は青いラインを表示し、ACC がどのように周囲の交通状況に対応しているかリアルタイムで知ることができるようになる。同社では、この技術を 2017 年までに自動車メーカーへ送り出すことを目指しており、2019 年には市場に送り出すことを目標としている⁴³。図表 6 は、Continental 社の HUD のイメージ図となっている。

図表 6: Continental 社の HUD



出典: Automobile Magazine⁴⁴

³⁹ <http://9to5mac.com/2014/11/28/carplay-vs-android-auto-comparison-video/>

⁴⁰ <http://www.reuters.com/article/2015/02/27/us-applewatch-cook-idUSKBN0LV28520150227>

⁴¹ <https://www.viper.com/News/2015/20150105.aspx>

⁴² <http://techcrunch.com/2014/08/21/tesla-model-s-software-update-brings-iphone-unlocking-and-ignition-start/>

⁴³ <http://www.automobilemag.com/features/news/1410-continental-shows-off-new-augmented-reality-hud-technology/>

⁴⁴ <http://www.automobilemag.com/features/news/1410-continental-shows-off-new-augmented-reality-hud-technology/>

イギリスの自動車メーカーJaguar Land Rover 社からは、車内にいながら全方位を目視で確認できるシステムの開発を進めている。このシステムは、運転者にとって死角となりやすいピラー（窓枠の柱）に外部の映像を映し出すことで、周囲を見渡すことができるようになっており、ピラーに内蔵されたディスプレイに外部カメラの映像を写し出すようになっている。また、歩行者などをマークし、自分が走るコース上に仮想の車を映し出してドライバーをナビゲートするといったことが出来るようになってきている。この技術はまだ構想段階となっているが、HUDの必要性を示す取り組みとなっている⁴⁵。図表7は、Jaguar Land Rover 社の HUD となっている。

図表 7: Jaguar Land Rover 社の HUD



出典: Car、Extremetech⁴⁶

⁴⁵ <http://www.extremetech.com/extreme/195951-jaguar-concept-car-has-transparent-pillars-advanced-hud-with-mario-kart-like-ghost-mode>

⁴⁶ <http://www.carmagazine.co.uk/car-news/industry-news/jaguar/tired-of-blindspots-check-out-jlrs-new-virtual-a-pillars/>
<http://www.extremetech.com/extreme/195951-jaguar-concept-car-has-transparent-pillars-advanced-hud-with-mario-kart-like-ghost-mode>

4 変革する自動車 IT の世界

(1) 車車間通信(V2V)と路車間通信(V2I)

自動運転システムやテレマティクスといった様々な技術の登場により、自動車は新しい社会インフラの一部へと変化しようとしている。自動車間や道路上の設備と通信を行う V2X (Vehicle to Everything) の構想はすでに始まっており、より安全で効率性の高い走行を実現しようとしている。V2X の構想には、車車間通信 (Vehicle-to-Vehicle: V2V)、路車間通信 (Vehicle-to-Infrastructure: V2I)、自動車と歩行者間の通信 (Vehicle-to-Pedestrian: V2P)、自動車と住宅間の通信 (Vehicle-to-Home: V2H) といったものがある。この中でも現在取り組みが進んでいるのが V2V と V2I であり、周囲の交通状況や道路状態を把握することで、現在の自動運転システムだけでは難しい状況判断が可能となる。V2V や V2I を使うことで以下のような技術が可能になると見られている⁴⁷。

- 事故防止

- 追い越し警告 (Do Not Pass Warning)



- 急ブレーキ通知 (Emergency Electric Brake Light Warning)
- 車線変更・ブラインドスポット警告 (Lane Change Warning/Blind Spot Warning)
- 前方車両衝突警報 (Forward Collision Warning)
- トラック前方車両衝突警報 (Truck Forward Collision Warning)
- 交差点進入アシスト (Intersection Movement Assist)、交差点内の左折警告 (Left Turn Across Path)



- バスとの衝突防止機能 (Vehicle Turning Right in Front of Bus)
- 一時停止や赤信号を違反している車両の通知機能 (Red Light Violation Warning、Stop Sign Gap Assistance)
- 工事区間の警告 (Work Zone Warning)
- カーブの速度警告 (Curve Speed Warning)
- スマートフォンなどを通じた交差点内の歩行者の通知 (Pedestrian in Signalized Crosswalk)

⁴⁷ <http://www.its.dot.gov/infographs/index.htm>



- 踏切侵入防止 (Connected Vehicle for Safety Rail)

- 道路環境

- 道路状況の情報共有 (Road Weather Connected Vehicle Applications、Enhanced Maintenance Decision Support System)
- 緊急車両を優先させるための情報共有とルート変更 (Information and Routing Support for Emergency Responders)



- 貨物輸送トラックなどへの情報提供 (Information for Freight Carriers)
- 緊急車両への情報提供 (Information for Maintenance and Fleet Management Systems)
- 周囲の環境情報の共有 (Motorist Advisories and Warnings)
- 道路状況に合わせた速度管理 (Weather-Responsive Traffic Management)

- 交通機関

- バスなどの交通インフラの管理 (Connection Protection)
- 相乗り輸送 (Dynamic Ridesharing)



- 交通状態の管理(Integrated Corridor Management)
- 道路の走行制限 (Response, Emergency Staging and Communications, Uniform Management and Evacuation: R.E.S.C.U.M.E.)

この他、仮想信号をフロントガラスの HUD に表示させることが、V2V や V2I によって可能になる。交差点に進入する直前で判断するのではなく、事前に信号の状態を把握することで事故が減少できると見られており、専門家は都市部における事故の約 40%を削減できるとみている⁴⁸。

米国運輸省道路交通安全局(NHTSA)は 2012 年から V2V の研究を重ねてきており、3,000 台におよぶ車両を使って、異なるメーカーの車両同士で相互運用性などをテストしている。2014 年 2 月、NHTSA は V2V の技術導入を義務づける計画を発表している。同局の研究からは、V2V の通信技術を用いて車両間で速度や位置などの情報を 1 秒間に 10 回以上の通信を行うことで、複数台を巻き込む大きな事故を回避できるということがわかっている。他の車の位置や速度の情報を受けることにより、後方からの接近、車線変更、交差点での事故といった、事故が起きやすいシチュエーションを自動車が予測することができるようになる⁴⁹。2014 年 8 月に NHTSA が出したレポートでは、V2V の技術を用いることで、年間 59,200 件の事故の減少につながり、1,083 人の命が救われるということがわかっている⁵⁰。

(2) モノのインターネット(IoT)としての活用

インフォマティクスを活用して、自動車を IoT(Internet of Things)⁵¹として活用する動きも出てきている。米調査会社 Gartner 社によると、2020 年までに通信機能を搭載した車は 2 億 5,000 万台に達すると見ており、道路上の高帯域幅ネットワークの整備や、スマートフォンやタブレットを使ったサービスが増えることにより、V2V と V2I が急速に増加してくると見ている。2014 年 5 月には、General Motors 社が同社のテレマティクス OnStar に 4G 回線を使ったサービスを月 5 ドルで提供することを発表している⁵²。同社のサービスには、事故の自動通報機能、緊急アシスタント、ロードサービスなどのほかに、コールセンターに電話をしてナビゲーションを操作してもらうということも出来るようになっている。また、音楽のストリーミング再生や車両が盗難された際に車両を止めることができるようになっている⁵³。2015 年 3 月に General Motors 社のディーラーから高級車 Lincoln が盗難されたが、ディーラーが警察へ通報を行った後にコールセンターを通して車両を停止させており、犯人が遠くへ逃走する前に警察に逮捕されている⁵⁴。Audi 社も 4G を使ったサービスを提供しており、通信機能を持った自動車が登場してきている⁵⁵。

V2V や V2I に使われる通信技術には Wi-fi や 4G 回線といったものがあるが、自動車向けの通信用規格を使った取り組みも進められている。DSRC(Dedicated Short Range Communication)と呼ばれるこの規格は、自動車や高度道路交通システム(Intelligent transportation system: ITS)向けに規格されたものとなっており、遅延が少なく天候に左右されにくいという特徴がある⁵⁶。2014 年 9 月には General Motors 社が 2 年以内に V2V 技術を搭載したモデルを投入することを明らかにしており、現在、様々な企業が DSRC を使った自動車用のデバイスを開発している。オーストラリアのベンチャー企業 Cohda Wireless 社が開発し

⁴⁸ <http://www.cnn.com/videos/business/2015/01/08/spc-tomorrow-transformed-traffic-systems.cnn>

⁴⁹ <http://www.nhtsa.gov/About+NHTSA/Press+Releases/2014/USDOT+to+Move+Forward+with+Vehicle-to-Vehicle+Communication+Technology+for+Light+Vehicles>

⁵⁰ <http://www.nhtsa.gov/About+NHTSA/Press+Releases/NHTSA-issues-advanced-notice-of-proposed-rulemaking-on-V2V-communications>

⁵¹ 様々なデバイスをインターネットへ接続する構想

⁵² <http://www.computerworld.com/article/2875572/gartner-foresees-250m-connected-vehicles-on-the-road-by-2020.html>

⁵³ <http://www.extremetech.com/extreme/201026-what-is-vehicle-telematics>

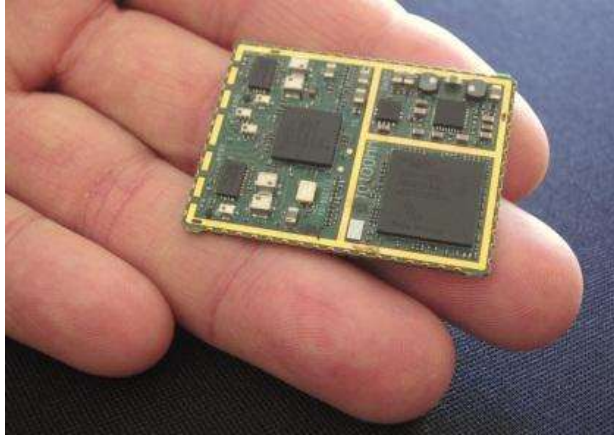
⁵⁴ <http://www.klknv.com/story/28596203/onstar-helps-bring-lincoln-car-chase-to-an-end>

⁵⁵ <http://www.extremetech.com/extreme/201026-what-is-vehicle-telematics>

⁵⁶ http://www.its.dot.gov/factsheets/dsrc_factsheet.htm

た V2V ソフトウェアは様々な企業からの注目を集め、オランダの半導体メーカー NXP 社と通信デバイスメーカーの Cisco 社から支援を受けている。2014 年 9 月には米自動車部品メーカー Delphi 社が、NXP 社と Cohda Wireless 社が開発したチップセットを V2V 製品に使用することを発表している⁵⁷。2015 年 1 月には Audi 社も両社の技術を使ったフィールドテストを行うことを発表しており、V2V 製品の開発が各メーカーによって進められている⁵⁸。図表 8 は、NXP 社と Cohda Wireless 社が開発した V2V 向けチップセットとなっている。

図表 8: NXP 社と Cohda Wireless 社が開発した V2V 向けチップセット



出典: EE Times⁵⁹

2013 年 10 月には Qualcomm 社からは、DSRC を使ったスマートフォンのプロトタイプが発表されている。3,000 人のユーザーを使ってテストをイリノイ州 Detroit で進めており、車側に歩行者の存在を通知するのではなく、歩行者が持っているスマートフォンにも危険を知らせる試みとなっている⁶⁰。2015 年 3 月には、同社から 4G、Wi-fi、DSRC に対応したチップセットを発表しており、スマートフォンをはじめとした様々なデバイスが自動車に接続されることを想定している⁶¹。

⁵⁷ http://www.eetimes.com/document.asp?doc_id=1324052

⁵⁸ <http://www.teleanalysis.com/apps/audi-conducts-field-test-of-nxp-and-cohda-wireless-v2v-technology-12057.html>

⁵⁹ http://www.eetimes.com/document.asp?doc_id=1324052&image_number=1

⁶⁰ <http://japanese.engadget.com/2013/10/17/5-9ghz-dsrc-halo/>

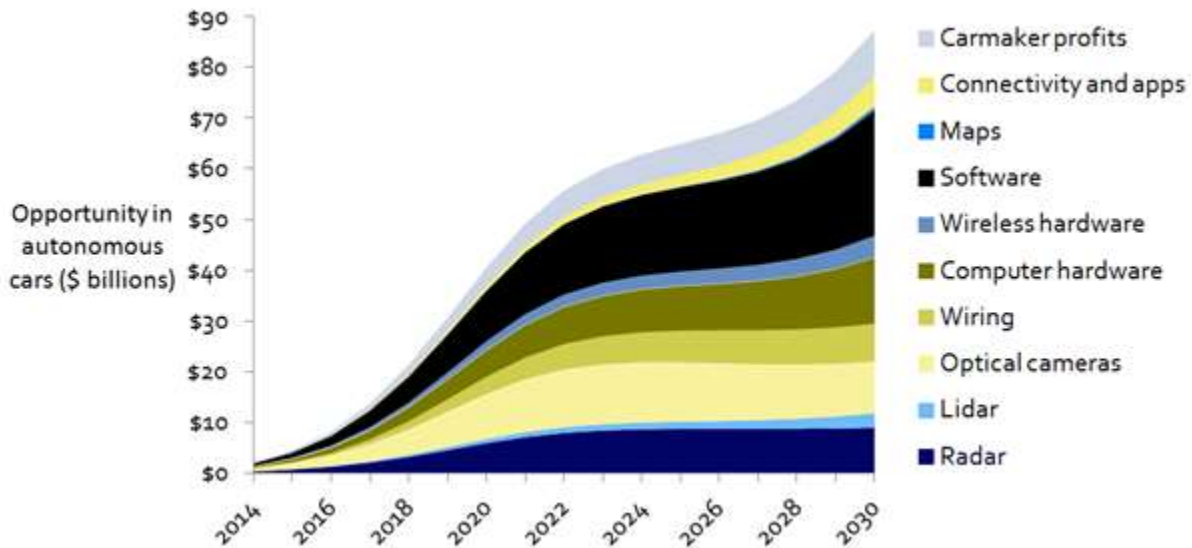
⁶¹ <http://www.m2mnow.biz/2015/03/04/30549-qualcomm-drives-future-automotive-connectivity-new-4g-lte-modems/>

5 市場動向

(1) 拡大する市場

自動運転車の市場はソフトウェアを中心として拡大していくと見られている。米調査会社 Lux Research 社によると、自動運転車の世界市場は 2030 年までに 870 億ドルにまで拡大すると見られており、その中でもソフトウェアが大きく成長すると見られている。自動運転のソフトウェア市場は 2014 年の 5 億ドルから 2030 年には 250 億ドルにまで伸びると見られており、特に IBM 社と Google 社がソフトウェアとビッグデータの分野をリードしていくと見られている。また、Nokia 社や Cisco 社などはマッピングと通信技術の分野に参入していくと見られている。ハードウェアの分野も自動運転システムのコンピューターを中心に成長が見られ、2030 年には 130 億ドルにまで拡大すると考えられる。NHTSA のレベル 2 にあたる自動運転車は、2020 年までに全体の 57%を占め、2030 年までに 92%に伸びると予想されている。しかしながら、レベル 3 は全体の 8%ほどにとどまり、レベル 4 の自動運転車は市場に出てくるほどの実用性には達していないと考えられている⁶²。図表 9 は、自動運転車の分野別の市場予測となっている。

図表 9: 自動運転車の分野別市場予測



出典: Lux Research⁶³

センサーの分野も 2020 年まで成長が続くと見られており、米調査会社 IHS 社によると 2014 年の 39.4 億ドルから 99 億ドルにまで成長すると見られている。レーダーとカメラが大部分を占めており、これは企業がレーダーとカメラの組み合わせを好む傾向があるためである⁶⁴。図表 10 は、自動運転車に使われるセンサー分野の市場予測となっている。

⁶² <http://www.luxresearchinc.com/news-and-events/press-releases/read/self-driving-cars-87-billion-opportunity-2030-thought-none-reach>

⁶³ <http://blog.luxresearchinc.com/blog/2014/05/self-driving-cars-will-lead-to-a-87-billion-opportunity-in-2030/>

⁶⁴ <http://www.autonews.com/article/20141013/OEM06/310139961/demand-skyrockets-for-collision-avoidance-sensors>

図表 10: 自動運転車に使われるセンサーの市場予測

	2014	2020
Radar	\$16.2 億ドル	\$4.38 億ドル
Camera	\$12.8 億ドル	\$3.93 億ドル
Ultrasound	\$9.9 億ドル	\$1.41 億ドル
LIDAR	\$0.52 億ドル	\$1.85 億ドル
<Total>	\$39.4 億ドル	\$99 億ドル

出典: Automotive News⁶⁵

(2) 自動車保険の変化

米大手コンサルティング企業マッキンゼー社の調査によると、米国で自動運転車が広く普及すれば、自動車事故全体の 90%の削減につながり、年間最大 1,900 億ドルもの損害や医療コストを節減できるということがわかっている。米保険業界団体の道路安全保険協会(IIHS)の推定では、自動ブレーキシステムを搭載した乗用車の保険金請求件数は 14%減少しており、衝突事故が発生した場合でも、損害ははるかに小さいという。こうした技術がもっと広まることによって安全性がさらに向上していくと広く見られている。また、自動運転車が普及すれば、保険会社はドライバーではなく自動運転車の技術をリスクとして見ていくと考えられる⁶⁶。

保険会社も自動車保険の内容を変えてきており、Metromile 社ではテレマティクスの技術を使い、走行距離に応じた保険料を適用する従量制自動車保険を取り扱っている。同社のサービスは、自動車のダッシュボードの下にある車両診断用のポートに専用の機械を取り付け、携帯無線付 GPS テレマティックを通して走行距離を確認できるようになっている。同社はオレゴン州、ワシントン州、イリノイ州などでサービスを展開させており、2014 年 7 月にはカリフォルニア州に進出している。保険にかかる費用の 70%は高速走行をしている時に関係しており、ガレージや同路上に駐車している場合は事故が起きないため、保険料を安くすることができると同社の CEO は語っている。Uber 社の配車サービスやカーシェアリングなどを併用することで、自動車保険にかかる費用を抑えることができる⁶⁷。図表 11 は、Metroline 社のデバイスとなっている。

図表 11: Metroline 社のデバイス



出典: abc7NEWS⁶⁸

⁶⁵ <http://www.autonews.com/article/20141013/OEM06/310139961/demand-skyrockets-for-collision-avoidance-sensors>

⁶⁶ <http://www.wsj.com/articles/self-driving-cars-could-cut-down-on-accidents-study-says-1425567905>

⁶⁷ <http://techcrunch.com/2014/07/16/per-mile-car-insurance/>

⁶⁸ <http://abc7news.com/technology/bay-area-car-insurance-company-helps-track-down-stolen-car/548600/>

6 法規制と課題

(1) 法規制

米国における自動運転車に関する法規制はいくつかの州で公道での走行実験が許可されているが、実験目的以外での走行に向けた取り組みが州政府と連邦政府で進められている。米国で自動運転車の公道走行実験を認めている州は、カリフォルニア州、ネバダ州、ミシガン州、フロリダ州、ワシントン D.C.のみとなっており、細かい内容は州によって異なる。ネバダ州では特別なライセンスと車両登録が必要で、車両は州内で販売されたものに限定される。フロリダ州では自動運転システムの技術に対して特別な規制や禁止事項を設けないとしている。巨大 IT 企業が集まるカリフォルニア州では、2014 年 9 月から自動運転車への免許の交付を行っており、交付に際して以下の条件を設けている⁶⁹。

- 選ばれた自動運転車の製造メーカーの、指名された従業員のみが申請できる
- 自動運転車には最低 500 万ドルの人身傷害、死亡、対物の保険が必要
- テストドライバーはすぐに運転に復帰できなければならない
- テストドライバーは、3 年以上の免許保有者、免許の反則ポイントは 1 点以上であってはいけない、傷害事故を起こしていないこと。また、過去 10 年に飲酒や薬物が理由で免許停止を受けている者は資格がない。
- 自動運転で走行中に起こした物損または人身事故は 10 日以内に車両局 (DMV)⁷⁰に届けなければならない。

2014 年 9 月に免許を受けたのは Volkswagen 社⁷¹、Mercedes Benz 社、Google 社が所有する自動運転車 29 台となっている⁷²。しかしながら、ハンドルやアクセルがない Google ドライバーレスカーは、カリフォルニア州が定めるドライバーがすぐに運転に復帰するという条件を満たすことができないため免許の交付を受けていない。Google 社はハンドルとペダルを追加して対応する予定となっている⁷³。

(2) 倫理など様々な課題

自動運転車の実用化が近づくにつれて、倫理的な課題も浮かび上がってきている。自動走行システムには人工知能の技術が使われており、コンピューターが状況に応じた判断を行うこととなる。しかしながら、車が他の自動車を避けることが出来ない状況に陥った場合、小型車と大型車のどちらを回避すべきかという判断をコンピューターに行わせることとなる。小型車だと車に乗っているドライバーや搭乗者に大きな被害が出るため、大型車にハンドル切るといった判断も考えられるが、もし大型車に大人数が乗った車であった場合、より大きな被害が出る恐れがある。倫理的な判断は人間であれば直感的に行うことが出来るものの、ソフトウェアであれば事前にプログラムの中で設定しておく必要がある。こういった問題に対処するために、Google 社などは自動運転車の市街地走行を繰り返すことで、予想がつかないシチュエーションを経験させ、人工知能に難しい判断を学習させている⁷⁴。

もし、人工知能に人間に近い運転を行わせることが目的であれば、ランダムに判断を行わせることで人間に近い運転となるかもしれない。しかしながら、米国の交通事故の 90%以上は注意散漫や飲酒運転といったヒューマンエラーが関係しているため、人工知能としての判断が必要な場合もある。また、ほんの一瞬で判

⁶⁹ <http://techcrunch.com/2014/05/22/california-will-start-granting-licenses-for-driverless-cars-in-september/>

⁷⁰ Department of Motor Vehicles. 免許の取得・更新、車両登録などを行う機関

⁷¹ Audi 社などを含むグループ

⁷² <http://arstechnica.com/tech-policy/2014/09/watch-out-californias-self-driving-car-permits-take-effect-today/>

⁷³ <http://blogs.wsj.com/digits/2014/08/21/a-car-without-a-steering-wheel-or-pedals-not-so-fast-california-says/>

⁷⁴ <http://www.wired.com/2014/05/the-robot-car-of-tomorrow-might-just-be-programmed-to-hit-you/>

断しなければならない場合、人間は誤った判断を行うこともあるため、人間の判断が必ずしも正しいとは限らないこともある。人工知能が判断を行うために明確な基準が必要な場合、コストを計算するアルゴリズムなどを使って、事故のコストが最も低い選択をさせるということもできる。しかしながら、現実世界では倫理的な問題だけでなく、法的な問題や、誰の基準に合わせるかという問題もあるため、今後も対応が必要な課題と言える⁷⁵。

7 終わりに

米国における自動車の IT 化は、IT 企業など多くの分野の企業が参入することでイノベーションが進み、急速に進化している。今回紹介したように、障害物の認識やディスプレイなどの先端技術やビッグデータ、人工知能などの様々な IT 技術が集約された自動車は、もはや単に人が運転する移動手段ではなくなってきており、従来の自動車とは全く異なる新しい概念が生まれているものと思う。そして、自動運転の実現によって人々の暮らしはどう変わるのか？自動車を使って何をするのか？といったように、人々と自動車の関わり方も大きく変わっていくであろうし、自動車に関連した、たとえば道路のようなインフラや、自動車保険など周辺産業も、その役割や性質が大きく変わっていくと思われる。さらに産業としての自動車産業も、今回紹介したような IT 企業のような、従来とは異なるプレイヤーが多く参入し、産業構造自体も大きく変革して行くものと思われる。IT により大きく変わろうとしている自動車の将来像を今後も注視していきたい。

※ 本レポートは、注記した参考資料等を利用して作成しているものであり、本レポートの内容に関しては、その有用性、正確性、知的財産権の不侵害等の一切について、執筆者及び執筆者が所属する組織が如何なる保証をするものでもありません。また、本レポートの読者が、本レポート内の情報の利用によって損害を被った場合も、執筆者及び執筆者が所属する組織が如何なる責任を負うものでもありません。

⁷⁵ <http://www.wired.com/2014/05/the-robot-car-of-tomorrow-might-just-be-programmed-to-hit-you/>