



山川智也*

車社会の将来展望と技術動向

Prospective Stories and Engineering Trend in Automotive Society

Tomoya Yamakawa

要 旨

現在、自動車業界は100年に一度の変革期にあると言われ、この変化の領域はCASE: Connected(コネクテッド), Autonomous(自動運転), Shared & Services(シェアリングとサービス), Electric(電動化)と呼ばれている。

電動化は、地球温暖化への影響が大きい温室効果ガスであるCO₂の排出を低減する有力な手段である。既にエンジンと電動モータを組み合わせたHEV(Hybrid Electric Vehicle)やPHEV(Plug-in Hybrid Electric Vehicle)は普及が進んでいる。また、走行中のCO₂排出をゼロにするEV(Electric Vehicle)の普及も進みつつある。

自動運転は、車社会が抱える深刻な課題である自動車事故による死傷者をなくす解決策として期待される。車載センサから周辺状況を認識し、運転を支援するシステム

ADAS(Advanced Driver Assistance System)は、機能が拡大して普及が進んでいる。さらに高精度測位やインフラ側からの情報を活用した自動運転技術の開発が加速している。

コネクテッドは、無線通信で車外とつながる共通機能である。従来のインフォテインメントシステムだけでなく、自動運転やMaaS(Mobility as a Service)などモビリティにかかわるサービス全般に必須となる。高速、大容量、高信頼性を実現する次世代移動体通信技術の進歩とともに、車の環境負荷低減や安全面の向上など社会課題解決のほか、モビリティサービスも多様化し、様々な分野でコネクテッド技術の活用が期待されている。



持続可能な開発目標SDGsと自動車業界の変化の領域

三菱電機は、経営戦略のなかで、“持続可能な社会”と“安心・安全・快適性”が両立する豊かな社会の実現に貢献する“グローバル環境先進企業”を目指すべき企業の姿として位置付けている。これは、2030年に向けて世界が合意した17の持続可能な開発目標SDGs(Sustainable Development Goals)が目指すものと合致していると考えている。このビジョンの下、CASEと呼ばれる自動車業界の変化の各領域で自動車の未来に向けて必要となる技術開発を進めている。

1. ま え が き

自動車普及し始めて100年を越えた現在、Connected(コネクテッド)、Autonomous(自動運転)、Shared & Services(シェアリングとサービス)、Electric(電動化)のCASEと呼ばれる変化の各領域の進展によって大きな変革期を迎えていると言われている。

自動車によって排出されるCO₂は人類が世界で排出するCO₂全体の2割を占めており、大気中のCO₂濃度の上昇は地球規模での気候変動をもたらしつつある。自動車の電動化は化石燃料の使用量を減らし、排気ガスが環境に及ぼす影響を低減する有力な手段である。自動車事故も車社会が抱える深刻な課題である。死者数は世界で年間135万人にもなっている。自動運転は事故の原因となる運転時のヒューマンエラーをなくすることができる本格的な解決策として期待されている。無線通信技術の普及によって、自動車がインターネットと常時接続されるコネクテッドカーになりつつある。これによっていつでも必要な情報をやり取りすることが可能になり、カーシェアやライドシェアなどのシェアリングサービスへの活用や様々なサービスへのデータ活用が可能になってきている。

将来、自動車以外の多様なモビリティと組み合わせたモビリティサービス(MaaS)の提供へと発展し、交通全体の最適化を図るスマートモビリティ社会が実現されようとしている。

本稿では、これらの自動車を取り巻く状況と、その問題解決に向けた自動車機器の技術動向について、電動化、自動運転、コネクテッドの三つの視点から述べる。

2. 電 動 化

地球の重大な環境問題の一つは、温室効果ガスによる温暖化現象である。この対策として世界各国で自動車のCO₂排出量規制を行っている(図1)。最も積極的な欧州では、2015年に乗用車1台が排出するCO₂のEU全体の平均値を130g/kmに制限する罰則を伴う規制を導入しており、2021年に95g、2030年には2021年から更に37.5%削減する方針を固めている。欧州以外でも規制が強化されている(図1)。また、世界最大の車市場である中国では、新エネルギー車(NEV)と称しPHEV、EV、FCV(Fuel Cell Vehicle)を戦略産業として育成し、2025年に20%まで普及させる方針である。

このような国際状況に対応し、各国の自動車メーカーは、後述する様々な対策に取り組んでいる。

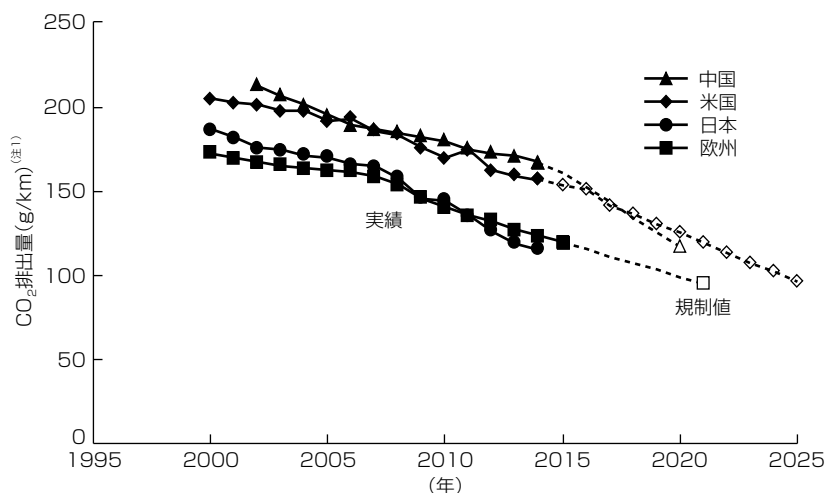
2.1 低燃費化

自動車のパワートレインは電動化の方向にあるものの、依然としてガソリンやディーゼル車の低燃費化技術の進化も求められている。代表的なガソリンエンジンのモード燃費の分析ではエンジンの正味仕事量は30%に過ぎず、冷却や排気による熱損失が60%、エンジンやポンプの摩擦損失が10%あるとされている。このため、車両の軽量化やタイヤの転がり抵抗の低減の負荷低減に加えて、エンジンの希薄燃焼化、高圧縮化や可変圧縮比化による燃焼の改善、過給機との組合せによるエンジンの低排気量化(ダウンサイジング)が進められている。また、電動パワーステアリングの適用による補機損失の削減、変速機の多段化や無段化技術でエンジンの燃料消費率の向上が実現されている。最近ではアイドリングストップ機能の普及が顕著であり、2020年には半数以上の車に適用される見込みである。

2.2 電動化

自動車の電動化はモータだけで駆動するEVと、エンジンとモータを併用するHEVに大別される。EVは、バッテリーのコストやサイズに起因する航続距離の短さや充電時間の長さ、充電施設の普及の問題などがあり、急速な普及には至っていない。現在の主流であるリチウムイオンバッテリーは高エネルギー密度化が進展し、航続距離やコストの問題が緩和されていく傾向にある。さらに安全性が高く、高エネルギー密度化も期待される全固体電池の開発も進んでいる。EVとPHEVを併せた規模は2030年に2千万台/年まで増加すると予測されている(図2)⁽²⁾。

エンジンを主動力に使用し、発進時のトルクアシストと減速時の発電をモータで行う方式がMild-HEVである。この方式は、追加するモータ、制御装置、バッテリーが比較的小型であるため、大規模な機器レイアウトの変更がなく実現可能である。特に欧州の主要カーメーカーを中心に、



(注1) NEDC(New European Driving Cycle)モードへの換算値

図1. CO₂排出量実績と規制の動向⁽¹⁾

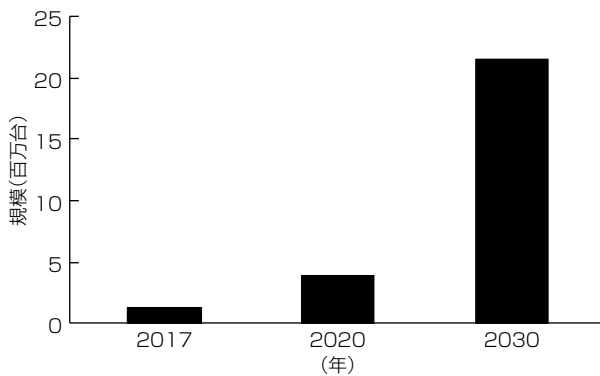


図2. 電動車両(EV・PHEV)の規模予測⁽²⁾

低電圧で安全対策コストが安い48Vのバッテリーを使用したMild-HEV方式の採用が拡大している。エンジンとモータをベルトで連結する形式やエンジンと変速機の間で薄型モータを挟み込んで直結する形式の採用が拡大している。

これに対して、エンジンが停止した状態で電動走行を可能にした方式がFull-HEVである。また、車外からバッテリー充電を可能にしたものがPHEVである。PHEVは電動走行が可能な近距離使用だけに限定すれば燃料を使わないため環境性能が高く、航続距離は燃料によるエンジン走行によって長い。EVより先行して普及が進んでいる。Full-HEVやPHEVでは電動走行と発電を別々のモータで行うと、更なる低燃費が実現できる。この2モータによる電動化システムをコンパクトに実現するため、インバータや降圧コンバータ等のパワーエレクトロニクス機器を統合したパワーユニットも普及している。

また、エンジンの代わりに燃料電池を搭載したFCVは走行中に水しか排出しないため環境に優しいと言われている。燃料電池は、燃料の水素と外部から導入した酸素(空気)の化学反応で発電してモータを駆動し、生成される水だけが排出物となる。水素生成工程効率化と生成時のCO₂排出量低減などの課題があるが、2015年には初の量産車が販売された。

住宅や工場が電力供給側からも制御でき、電力需要の平準化や再生可能エネルギーの導入促進を目指すスマートグリッドでは、EVやPHEVは充電タイミングを電力需要の小さい時間帯にずらし、逆に電力需要の大きい時間帯には車載バッテリーから電力を供給することで電力需要の平準化に貢献することが可能であり、実用化に向けた検討が進んでいる⁽³⁾。

3. 自動運転

3.1 交通事故の状況と対策

環境問題に加えて、交通事故による死傷者の増加は車社会の発展に伴って生まれたもう一つの課題である。

世界保健機構(WHO)が2018年12月に発表した道路の安

全に関する報告書によると、2016年に交通事故で死亡した人は世界で135万人に達した。交通事故による死者の半数以上は、交通弱者の歩行者と自転車やバイクを運転する人が占めていた。

日本では、警察庁によると、2017年の交通死亡事故による死者数は3,694人であった。このうち、65歳以上の高齢者の占める割合は54.7%で、10年間の統計では高い水準で推移している。日本政府は、第10次交通安全基本計画(2016年3月)で、2020年までに24時間死者数を2,500人以下とし、世界一安全な道路交通を実現することを目標に掲げている。その実現に向けて、高齢者や若年者を含むドライバーへの交通教育などの人的対策、道路交通環境の整備などのインフラ対策、車自体の安全性向上などの車両対策に加えて、人・インフラ・車の連携による安全性向上策が必要である。

関係省庁は交通事故の死傷者低減に取り組んでいる。国土交通省は、1991年から先進安全自動車(ASV)に関する技術の開発・実用化・普及を促進している。また、国土交通省所管の独立行政法人自動車事故対策機構で1995年から自動車アセスメント(自動車の安全装置の性能評価とランク付け)が行われている。これは安全な車の指標として衝突安全性の評価結果を一般ユーザーに公表することで、自動車メーカーの開発を促進させることを意図したものである。

3.2 車両の安全性向上

ADASは、車載の各種センサから周辺状況を認識し、ドライバーの運転を高度に支援するシステムで、様々な機能に対応するものが開発されている。

3.2.1 運転支援システム

AEB(Autonomous Emergency Braking)は、衝突を防止したり被害を軽減する自動ブレーキで、多くの量産車で採用されている。車両以外に、歩行者や自転車などを対象とするものも実用化されている。対歩行者では、夜間でも歩行者を検知する機能や、AI(Artificial Intelligence)の利用によって歩行者の行動を予測する機能に対応するシステムも実用化が進められている。

政府は、高齢ドライバーの事故防止対策の一環として、指定したADASを搭載した車を安全運転サポート車として認定しており、AEBをADAS要件に組み込んでいる。その他のADAS要件には、ペダル踏み間違い時加速抑制装置、車線逸脱警報、先進ライトが指定されている。

操舵(そくだ)に係るADAS機能も高度化してきている。従来の車線逸脱警報機能は、システムが操舵を制御して車線逸脱を防止する機能に発展している。また、緊急時にAEBと自動操舵を組み合わせることで衝突回避の確率を高めるシステムも実用化されている。自動操舵機能は、このような緊急的に用いるシステム以外に、車線維持支援や車線変更支援などの実用化も進められている。

日本や欧州の自動車アセスメント(NCAP)では、AEB関連がADAS分野に共通して組み込まれた評価項目となっている。評価対象のAEBは、技術の進展に合わせて高度な機能に置き換わっていく。NCAPの評価項目は地域による違いがあり、AEB以外のADAS評価項目では車線逸脱警報、車線維持支援などが含まれる。

3.2.2 駐車支援システム

利便性を主目的とする駐車支援システムは、ドライバーによる駐車操作を支援するシステムから自動で駐車するシステムに進化しつつある。自動化された駐車支援技術では、車外からの遠隔操作による自動駐車や学習型の自動駐車が実用化段階である。

遠隔操作による自動駐車は、ドライバーが駐車スペースに入る直前位置で降車してから、スマートフォンのアプリケーションなどを操作することによって駐車させる機能である。システムは、ソナー等の周辺監視用センサで障害物や歩行者を検知しながら駐車させる。

学習型の自動駐車は、所定位置の駐車スペースへの駐車を自動化する方式である。その用途は、利用頻度の高い自宅ガレージや職場などの駐車場で駐車である。ドライバーの実演による運転手順をシステムに記憶させた後に、ドライバーがスマートフォンなどから自動駐車アプリケーションを起動する。遠隔操作による自動駐車よりも長距離の駐車操作に対応でき、駐車経路等を記憶させるための容量次第で自動駐車距離を長くしたり、登録する駐車地点数を増やしたりできる。

3.3 人・インフラ・車の連携

前述したような車両単独での安全システムでは限界があることから、人(歩行者)・インフラ・車の連携による安全システムの開発・適用が進んでいる。

V2X(Vehicle-to-everything)は、車と、人・インフラ・車が通信する技術である。V2Xは、様々な用途が検討されており、車載センサで検知されない道路上の注意情報等を周囲の車やインフラ等から通知することによって、走行時の安全性を高めることができる。V2Xの通信方式は、ITS(Intelligent Transport Systems)用帯域を利用するDSRC(Dedicated Short Range Communication)とセルラ系のC-V2Xがある。C-V2Xは、セルラ網を経由する通信と直接通信モードが規定されている。後者は、5.9GHz帯のITS用帯域を用いて機器間で直接通信するので低遅延であり、DSRCと同様に車車間通信などで緊急性のある情報の送信にも利用できる。今後、DSRCとC-V2XのどちらがV2Xで展開されるかは、世界の地域ごとに状況が異なっている。

自動バレーパーキングは、車と駐車場インフラの連携による自動駐車システムである。駐車場入口でドライバーが降車してから車が駐車スペースまで自動走行する。自動バ

レーパーキングに必要な機能は、車やインフラに持たせる必要がある。日本では、経済産業省が一般社団法人日本自動車研究所に委託した自動バレーパーキングシステムの実証事業で、車とインフラに機能を分担させる協調型システムとして2018年に実証実験が行われた。これに対し、ドイツでは、インフラ側への機能配分を大きくしたシステムの実験が行われている。ISOでは、自動バレーパーキングシステムの国際標準化に向けた検討が進められている⁽⁴⁾。

3.4 自動運転に向けて

現在、自動車事故の大半が人の過失に起因するものであるため、車の自動運転が将来的な安全対策として期待されている。日本政府は、自動運転の実用化推進に取り組んでいる。国土交通省による2016~2020年度の第6期ASV(Advanced Safety Vehicle)推進計画では、“自動運転の実現に向けたASVの推進”がテーマとなっている⁽⁵⁾。また、内閣府の戦略的イノベーション創造プログラム(SIP)自動走行システムは、2014年からの活動で自動運転の実用化に向けた技術開発と実証実験を行った。これに続く第2期の活動では、物流や移動に係る新たなサービスやビジネスの創出などに取り組んでいる⁽⁶⁾。

自動運転を含むITSについて、関連省庁や民間企業等は、“官民ITS構想・ロードマップ”によって今後の方向性等を共有している⁽⁷⁾。2018年版のロードマップでは、高速道路でのレベル3と限定地域でのレベル4の無人運転移動サービス実現が2020年頃となっている(表1)。

レベル3では、システムが運転タスクを継続できない場合、ドライバーに引き継ぐため、ドライバーが運転を引き継げる状況にあるかを常に確認するためのドライバーモニタリング機能が必須となる。また、引き継ぎのプロセスでは、ドライバー側に必要な行動(操作)が適切なタイミングで分かりやすく提示されることが必要である。

表1. 自動運転レベルの定義の概要⁽⁷⁾

レベル	概要	安全運転に係る監視、対応主体
運転者が一部又は全ての動的運転タスクを実行		
レベル0 運転自動化なし	・運転者が全ての動的運転タスクを実行	運転者
レベル1 運転支援	・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のサブタスクを限定領域において実行	運転者
レベル2 部分運転自動化	・システムが縦方向及び横方向両方の車両運動制御のサブタスクを限定領域において実行	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		
レベル3 条件付運転自動化	・システムが全ての動的運転タスクを限定領域において実行 ・作動継続が困難な場合は、システムの介入要求等に適切に回答	システム (作動継続が困難な場合は運転者)
レベル4 高度運転自動化	・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回答を限定領域において実行	システム
レベル5 完全運転自動化	・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回答を無制限に(すなわち、限定領域内ではない)実行	システム

レベル4については、ロボットタクシーや自動運転バス等の事業によって実用化が始まる。国内外で、事業者が限定地域でのサービスを開始する見込みである。ドライバーが搭乗しない遠隔監視・操作に対応する自動運転システムも含まれる。

自動運転では、車線上の場所までの精度で自車位置を把握する必要があるが、車載カメラやセンサ類で対応できない場合もある。このため、衛星測位の活用が期待されている。従来のGNSS(全地球航法衛星システム)では車線を判定できる精度が得られないが、測位補強情報を用いることで高精度化が可能になる。日本では高精度測位端末(ロケータ)を搭載して準天頂衛星システム(QZSS)のセンチメートル級測位補強サービスを利用することができる。海外でも高精度測位補強サービスが提供される見込みである⁽⁸⁾。

自動運転では、高精細な道路地図も必要である。将来は、静的な情報とともに准静的、准動的、動的な情報も組み込んだダイナミックマップが整備されていく見通しである⁽⁹⁾。

4. コネクテッド

無線通信で車外通信ネットワークとつながるコネクテッド技術は、従来のインフォテイメントシステムへの情報提供に加えて、車両から収集したビッグデータを活用するこ

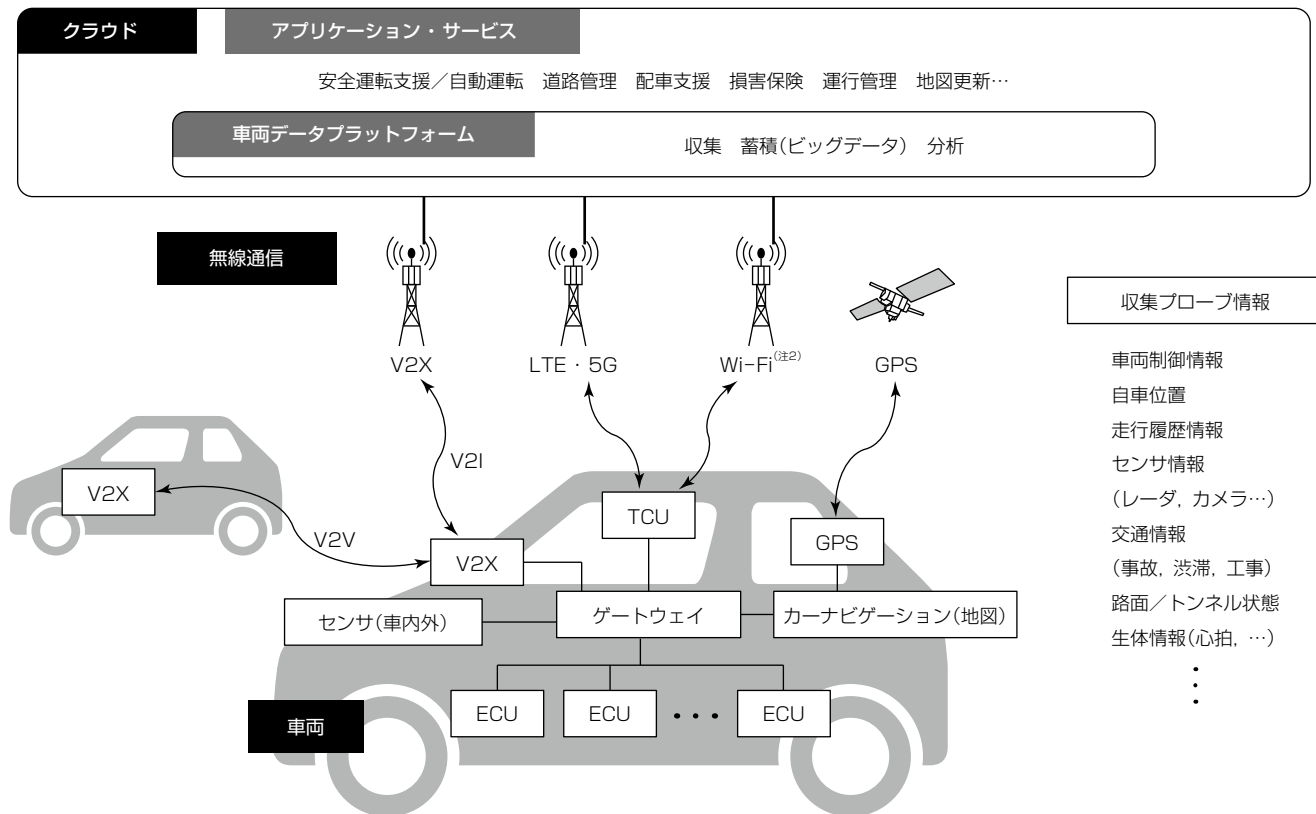
とでユーザーへの新たな価値提供を可能にする。情報通信技術利用の拡大によって、サービスは多様化し、新たな分野での市場創出が期待されている。

4.1 情報通信技術利用の拡大

従来のVICS(Vehicle Information and Communication System)では、渋滞や規制などの交通情報をインフラ側から車両側へ一方向に提供し、運転の快適性の向上を実現してきた。DSRCやETC2.0, LTE, 5G(第5世代移動体通信)などの無線通信でつながるコネクテッドカーでは、インフラと車両との間で双方向かつリアルタイムにつながることによって、車両が保有する車両制御情報や車載センサのセンシング情報などの車両プローブ情報を収集可能になる。収集した情報はクラウドサーバへ集約し、他車両からの収集情報と合わせてビッグデータとして解析することで、様々なサービスへ利用可能になる(図3)。

ビッグデータを用いたサービスは、地図情報生成・更新サービス、路面センシングによる道路保守サービス、タクシーや商用車の配車サービス、業務車両管理サービス、損害保険サービスなど様々な分野への適用が検討されている。

また、公共交通機関などを利用したモビリティサービスを統合化し、エンドユーザーがシームレスに移動可能になるMaaSなどの新たな市場創出をもたらすと予想される。



TCU : Telematics Communication Unit, LTE : Long Term Evolution, GPS : Global Positioning System, V2V : Vehicle to Vehicle, V2I : Vehicle to Infrastructure, ECU : Electronic Control Unit

(注2) Wi-Fiは、Wi-Fi Allianceの登録商標である。

図3. コネクテッドカー

4.2 コネクテッドカーのHMI

コネクテッド技術の適用によって、車載情報サービスは高機能化・高度化し、ドライバーや乗員に提供する情報は複雑化していく。よって、より直感的で運転の邪魔にならない、ドライバーの意図を理解したHMI(Human Machine Interface)が求められる。

近年搭載が始まったドライバーモニタリングシステムは、ドライバーの覚醒状態や顔向き、視線といった情報から、運転時のドライバーの状態を検出し、脇見・居眠り運転防止支援を行っている。さらに、モニタリングを脈波などの生体情報や乗員の発話情報に拡張し、感情を分析することによって、ドライバーや乗員の感情に適応した最適なHMIへの発展が期待される。

4.3 サイバーセキュリティ

コネクテッドカーはサイバー攻撃の対象になり得るため、攻撃を防御するセキュリティ対策技術を準備する必要がある。同時に、開発・製造だけでなく、出荷後に発生する脆弱(ぜいじゃく)性への対応を含めた運用・廃棄に至る自動車機器のライフサイクル全体にわたるプロセスと体制の整備が必須になっており、国際標準化が進められている。

5. む す び

電動化、自動運転、コネクテッドの三つの視点から自動車機器の技術動向を述べ、大きく変化する自動車を取り巻く状況を確認した。当社は、総合電機メーカーとしてモビリティの先進技術を結集し、“グローバル環境先進企業”として“持続可能性”と“安心・安全・快適性”が両立する豊かな社会の実現に貢献していく。

参 考 文 献

- (1) Yang, Z., et al.: 2017 Global Update : Light-Duty Vehicle Greenhouse Gas and Fuel Economy Standards, International Council on Clean Transportation (2017)
- (2) Global EV Outlook 2018, International Energy Agency (2018)
- (3) 鈴木浪平：スマートコミュニティの取組み, 三菱電機技報, **88**, No.9, 606~611 (2014)
- (4) 谷川 浩, ほか：特別講演“自動運転・自動パーキングの開発動向について”, 日本自動式駐車場工業会会報誌, No.71, 9~12 (2018)
- (5) 国土交通省：クルマの高度化による更なる交通事故の削減を目指して～自動運転の実現に向けたASVの推進～ (2017)
- (6) 内閣府：戦略的イノベーション創造プログラム(SIP)自動運転(システムとサービスの拡張)研究開発計画 (2018)
- (7) 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2018 (2018)
- (8) 廣川 類, ほか：準天頂衛星システムのセンチメートル級測位補強サービスが拓く高精度測位社会, 三菱電機技報, **92**, No.2, 105~108 (2018)
- (9) 小山 浩, ほか：自動走行におけるダイナミックマップ整備, システム／制御／情報, **60**, No.11, 463~468 (2016)