

トレンド

次世代の自動車のトレンド CASE に適した 東芝の車載用半導体技術

Trends in CASE for Next-Generation Vehicles and Toshiba's Approach to Automotive Semiconductor Devices

福岡 浩 FUKUOKA Hiroshi

近年、自動車業界ではCASE (Connected, Autonomous, Shared, Electric) と呼ばれる次世代の自動車のトレンドが注目されており、車載用半導体の需要予測でもこの分野の割合が突出している。電気自動車 (EV) やハイブリッド自動車 (HEV) に代表される電動化では、モーターや電池などの制御や監視を担う半導体デバイスの小型・軽量・高効率化が求められる。また、先進運転支援システム (ADAS) には自動運転機能も取り入れられつつあり、センシングと認識の高精度化とともに、判断・経路生成機能なども加えた高性能プロセッサが必要となっている。更に、クラウドコンピューティングによる車外との情報交換も増えるため、通信機能、モバイル機器との連携、高速車内LAN、及びセキュリティー機能の充実も求められる。

このような市場動向を踏まえて、東芝デバイス&ストレージ(株)は、最先端のCASEに適した、様々な車載用半導体技術の開発に注力している。

In line with the recent connected, autonomous, shared, electric (CASE) trends in the global automotive industry, advanced automotive semiconductor devices are becoming increasingly important for the realization of next-generation CASE vehicles. In the field of electrification represented by electric vehicles (EVs) and hybrid EVs (HEVs), semiconductor devices with compact dimensions, light weight, and high efficiency are required to monitor and control motors, batteries, and other devices. In the field of advanced driver-assistance systems (ADAS), high-performance processors for path-planning and decision-making functions as well as highly accurate sensing and recognition functions are required accompanying the increase in demand for automated driving systems. Moreover, for exchanges of information with external equipment by means of cloud computing, communication functions, cooperative functions with mobile devices, high-speed in-vehicle local area network (LAN) functions, and enhanced security functions are required.

In response to these trends, Toshiba Electronic Devices & Storage Corporation is promoting the development of a wide variety of advanced automotive semiconductor devices and contributing to the advancement of CASE technologies.

| 市場要求 | 機能安全 | | |
|---------------|--|---|--|
| | 車載品質・信頼性 | | |
| | 小型化, 高効率化, 高速化, 高機能化 | | |
| | 環境 | 安全 | 情報 |
| 半導体製品 | アナログIC パワーMOSFET IGBT カプラー | 画像認識LSI センサーデバイス | ディスプレイコントローラー Ethernet AVB IC オーディオパワーアンプIC Bluetooth® IC |
| 要素部品・機能 | モーター 電池 インバーター | センサー 認識 判断 制御 | モデム 各種I/F 車内LAN Bluetooth® HMI(表示・音声) |
| 主なアプリケーション | 電池監視システム 電動ポンプ HEV/EV 電動パワーステアリング ファン | 自動運転 レーンキープ 自動ブレーキ アダプティブクルーズコントロール 駐車支援 | インフォテインメントシステム スマートフォン連携 |
| トレンド | Electric | Autonomous・ADAS | Connected Shared |
| 自動車を取り巻く環境の変化 | 地球温暖化抑制 CO ₂ 排出量規制 | 新車安全アセスメント強化 各種安全装置義務化 | 情報の増大 自動車の使い方の変化 |

MOSFET: 金属酸化膜半導体型電界効果トランジスター IGBT: 絶縁ゲートバイポーラトランジスター AVB: Audio Video Bridge
I/F: インターフェース HMI: ヒューマンマシンインターフェース CO₂: 二酸化炭素

特集の概要図. 高度化する自動車と車載用半導体技術

Sophistication of automotive semiconductor devices to meet automotive market needs

1. まえがき

従来、自動車の商品性を決める要素は、走る・曲がる・止まる（主に、エンジンや、トランスミッション、シャーシなど）に関わる機能であったが、最近では、環境・安全・情報の分野が重要視されている。特集の概要図は、車載市場におけるトレンドや要求事項と、東芝デバイス&ストレージ(株)の半導体製品について分類したものである。特に、近い将来の自動車社会をにらんで、CASE (Connected, Autonomous, Shared, Electric) と呼ばれるキーワードに関連する要素が注目されている。

2. 車載市場動向

Strategy Analyticsによれば、2016年から2024年までの自動車の生産台数はCAGR（年平均成長率）2.2%で成長すると予測されている。一方、同期間の自動車用半導体生産額の成長率はCAGR4.5%と予測されており、自動車自体の伸びを大きく上回っている。特に、電動化や、自動運転、ADASに関連する半導体の伸びは突出している⁽¹⁾。

また、上記以外に、車とつながるモバイル機器や、家、インフラ、サービスなどでの新たな需要も生まれている。

2.1 電動化 (Electric)

近年、地球温暖化や環境汚染の深刻化などの社会的問題を背景として、各国で、CO₂（二酸化炭素）排出量や燃費に関する、基準の作成や法制化が推進されている。

主な国や地域における、自動車1台当たりの平均CO₂排出量規制値のトレンドを示したのが表1であり、これによると、CO₂排出量は、各国で段階的に規制が強化されている。例えば、欧州では、2030年にはCO₂排出量を現在の約1/2に抑制する必要がある。

また、インドやドイツでは2030年までに、イギリスやフランスは2040年までに、ガソリンやディーゼルのエンジンだけで駆動する新車の販売を禁止する。更に、中国は、新エ

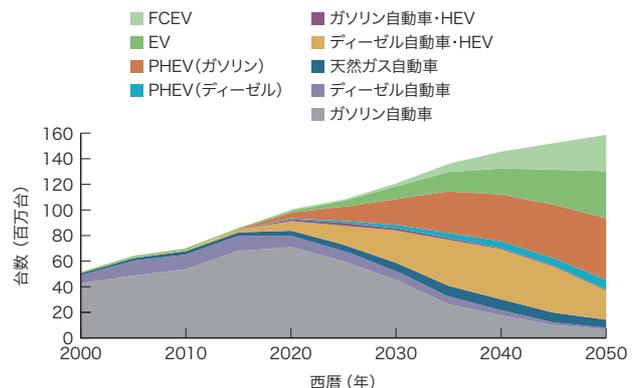
ネルギー車 (NEV) 規制として、2019年には10%以上のEV又はプラグインハイブリッド車 (PHEV) 化を義務付けている。このように、各国でエンジン駆動車 (ガソリン自動車、ディーゼル自動車) の将来的な廃止決定がアナウンスされており、これに向けて、エンジン駆動車の販売・生産の制限、CO₂排出量や電動車販売比率に応じたペナルティーの支払いなどが、段階的に実施され始めている。HEVは、従来は環境対応車の範疇 (はんちゅう) にいたが、各種優遇措置の対象から除外されつつあり、今後は、電動車 (EV, PHEV, 燃料電池自動車 (FCEV: Fuel Cell Electric Vehicle)) の伸びが顕著になる見込みである。

これらのCO₂排出量に関する各地域の法制化や規制に対応するため、駆動系の電動化が加速している。国際エネルギー機関 (IEA: International Energy Agency) によれば、ガソリン自動車は、2020年以降減り始め、2050年には、電動車の販売構成比が、全体の3/4程度 (EV, PHEVが約60%, FCEVが約20%) になると予測されている (図1)⁽²⁾。

現在の電動車の主な課題は、走行距離の伸長や、充電時間の短縮、電池の劣化の抑制などであるが、これらについても各種の改善が進んでいる。

走行距離を伸ばすには、以下のように、電池容量増大や、車両軽量化、消費電力削減が必要となっている。

- (1) 電池容量増大 リチウムイオン電池のエネルギー密度向上による、電池重量の増加抑制との両立
- (2) 車両軽量化 超高張力鋼板や樹脂素材の使用拡



*IEA 「Energy Technology Perspectives 2015 Mobilising Innovation to Accelerate Climate Action」⁽²⁾を基に作成

図1. 動力源別の自動車の世界市場規模予測

2020年以降、EVやPHEVの比率が伸びていき、2050年には、全体の3/4程度が電動車になると予測されている。

Forecast of scale of global market for automobiles by power source

表1. 主な国や地域のCO₂排出量規制値

Regulated values of carbon dioxide (CO₂) emissions in various countries

| 規制値 | 地域 | 時期 | | | |
|--|----|-------|-------|-------|-------|
| | | 2020年 | 2021年 | 2025年 | 2030年 |
| 自動車1台当たりの平均CO ₂ 排出量規制値 (g/km) | 欧州 | 130 | 95 | 80 | 70 |
| | 米国 | 146 | — | 101 | 89 |
| | 日本 | 136 | — | 114 | — |
| | 中国 | 159 | — | 116 | 93 |

大、機電一体と呼ばれる機械部・回路部の小型化・簡素化・一体化

(3) 消費電力削減 各種アクチュエーターの油圧駆動から電気駆動への切り替え、更に駆動モーターの小型化や高効率化

一方、充電時間短縮（急速充電）のため、電池の高電圧化も行っている。

更に、電池の劣化対策としては、電池監視の高精度化や、将来的には、全固体電池への変換が進められている。

この流れを受け、モーターや電池に加え、それに付随する半導体の需要が増大している。

2.2 自動運転 (Autonomous), ADAS

安全面では、各国で新車アセスメントプログラム (NCAP : New Car Assessment Programme) や車両への安全機能搭載の法制化が進んでおり、パッシブセーフティーから運転支援システムへ、ひいては自動運転への進化などが注目されている。

この分野で先行している欧州では、“Euro NCAP”で5スター（星五つ）のランクを獲得することが、自動車メーカー各社において喫緊の課題となっている。Euro NCAPでは、2020年に交差点での出会い頭の事故を想定した自動ブレーキ試験を導入し、2023年には交差点での試験の対象物に歩行者・自転車を追加する計画である。

米国では、KT (Kids and Transportation Safety Act) 法によって後方監視・周辺監視が必須要件となっているほか、2022年までに、大手メーカーの全新規車両で、自動緊急ブレーキを標準装備するとの発表が行われている。また、国家道路交通安全局 (NHTSA : National Highway Traffic Safety Administration) では、2022年までに衝突被害軽減ブレーキ (AEB : Autonomous Emergency Braking) の搭載義務化を目指す方針である。

我が国の“JNCAP”でも、安全性ランク付けが行われているほか、高齢者の保護・支援側面でも必要性が高くなっている。

自動運転に向けては、国際連合の作業部会「自動車基準調和世界フォーラム (Working Party 29)」で、自動運転の機能定義について議論されている。国内でも、内閣府が「戦略的イノベーション創造プログラム (SIP)」活動の一つとして、“自動走行システム”を研究・推進している。

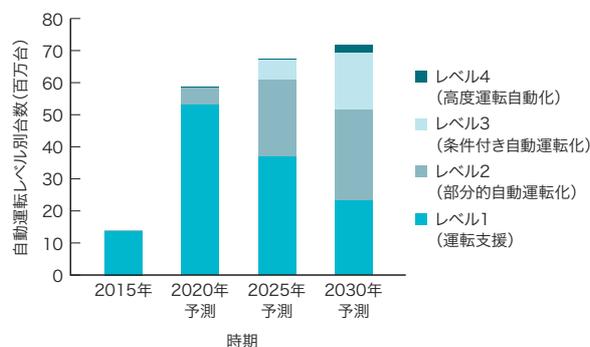
表2^③は、米国自動車協会 (SAE) による自動運転レベルの定義であり、現在全世界でほぼ共通の概念として認識されている。

表2. SAE J3016による自動運転レベルの定義

Definition of automated driving levels as classified by SAE J3016 standard of Society of Automotive Engineers (SAE) International

| レベル | 概要 | 安全運転に係る監視・対応主体 |
|---------------------|---|------------------|
| レベル1 (運転支援) | システムが前後・左右のいずれかの車両制御に係る運転操作の一部を実施 | 運転者 |
| レベル2 (部分運転自動化) | システムが前後・左右の両方の車両制御に係る運転操作の一部を実施 | 運転者 |
| レベル3 (条件付き運転自動化) | 限定領域内で、システムが全ての運転を実施。システムで運転困難な場合は、運転者が対応 | システム (一部、運転者) |
| レベル4 (高度運転自動化) | 限定領域内で、システムが全ての運転を実施 | システム |
| レベル5 (完全運転自動化) | 領域は限定されず、システムが全ての運転を実施 | システム |

*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2017」^③を基に作成



* (株) 矢野経済研究所「2016 自動運転システムの可能性と将来展望～Tier1/自動車メーカーの開発動向～」^④を基に作成

図2. 自動運転レベル別の世界市場規模予測

ADASの搭載率は2020年以降60%程度に達するが、レベル3以上の自動運転も普及が始まる。

Forecast of scale of global market for automobiles by automated driving level

世界市場における、自動運転システムのレベル別の予測台数を、図2^④に示す。ADAS (レベル1以上)の搭載率は、2020年以降全自動車台数の60%程度に達するが、次第にレベル2クラスが主流になっていくと予測される。また、自動運転 (レベル3以上)は、2020年頃、限定環境での実現から始まり、2025年から2030年頃に本格化すると予測されている。この実現には、自動車自体の物体認識・判断能力の向上だけでなく、クラウドサービスやインフラ情報との連携を含めた統合判断・制御や、HMI (ヒューマンマシンインターフェース)の高度化が必要となる。

2.3 通信 (Connected)

従来、自動車で使われる情報は、制御情報やインフォテインメント系など、そのほとんどが車内で完結しており、外部か

らのデータは、ラジオ、テレビ、VICS（道路交通情報通信システム）、ビーコン、GPS（全地球測位システム）など、放送やカーナビ利用のデータに限定されていた。自動車における、基幹データの車外とのやり取りは、唯一、OBD2（On-Board Diagnostics 2）をインターフェースとして、カーディーラーでのログデータ取得やプログラムの書き換えなど、限定された環境だけで行われていたため、自動車は、IoT（Internet of Things）の時代となった後も、ネットワーク接続という面では、最後まで取り残されていた領域であった。

しかし、昨今、リアルタイム情報の必要性の増加や、車両の各種ソフトウェアのアップデートを通信経由で行うOTA（Over The Air）の登場、スマートフォン連携サービスの拡充などで、ネットワーク接続は必須要件になってきている。自動車で利用されるリアルタイム情報としては、自動運転に必要な、道路状況が逐次更新されるダイナミックマップなどのインフラ情報、車車間連携情報などがある。

これら車外との通信には、V2X（Vehicle to X）と呼ばれる通信（欧米では5.9 GHz帯、我が国では760 MHz帯が使用される）や、スマートフォンを経由したLTE（Long Term Evolution）通信が利用される。更に、これらを専用のDCM（Data Communication Module）として自動車に内蔵しているケースも増えている。車外との通信データの増大や車内での情報共有・連携が増えるにつれて、車内LANも、従来のCAN（Controller Area Network）通信での数Mビット/sでは容量・速度が不足してきており、新しい車内LANとして、Ethernet AVB（Audio Video Bridge）の導入が始まっている。

一方で、キーレスエントリーのリレーアタックや、イモビライザーの暗号キー読み出しをはじめ、ハッキングによるなりすまし、改ざんなど、外部からの不正アクセスのリスクも高まっており、セキュリティー機能の重要性が増している。

自動車の場合、開発開始から、製品化し、廃車に至るまでの期間が非常に長いので、通信環境の進化やセキュリティー攻撃の変化に長期間追従できる仕組みが必要となっている。

2.4 カーシェア(Shared)

都市部における人口増加に伴う車両台数の飽和や、将来的な自動運転の普及でドライバーが自ら運転しないなど、自動車を“所有”する価値が低下することにより、今後、カーシェアやライドシェアが増えてくると予測されている。

MaaS（Mobility as a Service）という言葉も生まれているように、これまでは自動車と無縁であったサービスベン

ダーも参入し、利用時間によって費用が発生するなど、新たなビジネスモデルも生まれている。

製造・販売が主ビジネスであったOEM（Original Equipment Manufacturer）各社は、サービス分野への注力を始めている。

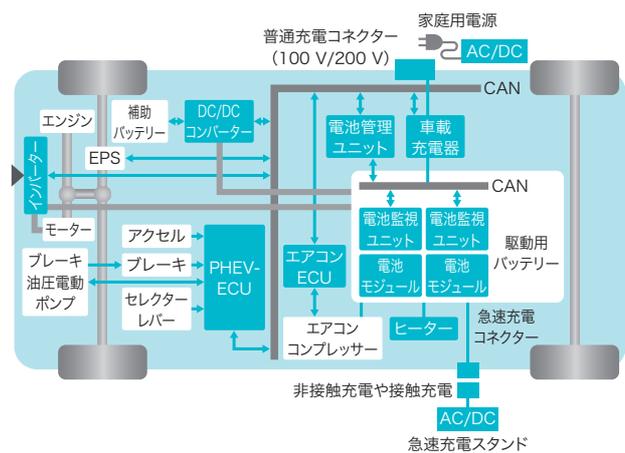
3. 車載用半導体技術動向

3.1 環境：モーターによる電動化

電動車やHEVでは、駆動性能の向上が求められる一方で、2.1節で述べたように、航続距離が問題となるため、小型・軽量・高効率化により、エネルギー消費を抑える施策も必要となっている。PHEVのブロック図を、図3に示す。

駆動用モーターは、小型化と高トルクを両立するため、モーター回転数と制御周波数が更なる高くなる方向である。このため、電動車やHEV用のモーター制御MCU（マイクロコントローラユニット）は、静音、高効率、高速制御が必要で、20,000 rpmを超える高速回転のモーターを制御できるベクトル制御機能を搭載する必要がある。また、自動車の“走る”機能であるため、機能安全規格ISO 26262（国際標準化機構規格 26262）における、ASIL（Automotive Safety Integrity Level）-Dレベルのフェールセーフが求められる。

電動車やHEV用の電池をはじめ、車内では、異なる電圧のシステム間で信号のやり取りが行われており、電氣的



■ 半導体搭載アプリケーション
AC:交流 EPS:電動パワーステアリング

図3. PHEVの構成

現在主流のエンジン駆動車に比べて、半導体製品を搭載したアプリケーションが格段に増える。

Configuration of plug-in HEV (PHEV)

に絶縁可能なインターフェースデバイスの需要が高くなっている。このうちの 하나가、光結合デバイスであるフォトカプラーであり、主にインバーターやDC（直流）-DCコンバーターのほか、電池監視システム（BMS）内の信号通信用途や、BMS内でバッテリー電圧を取り込むためのスイッチとして使用される（この特集のp.31-35参照）。

駆動部以外でも、これまで動力を自動車の様々な場所に伝えるために使われていた機構部品や、配管、軸受けなどを、“軽量化”の観点でモーターに置き換える動きが進んでいる。また、エンジン駆動車においても、アイドリングストップ時にはエンジンによる駆動力が得られないため、冷却水、油圧、燃料の循環をモーターで代替する必要があり、静音化を実現した三相モーターを多数搭載することで、各用途の要求（低速回転や、急速始動、静音化など）を満たしている⁵⁾。

また、パワー素子の集約と小型化を両立するための混載技術も重要で、特にボディー系では、機電一体の目的で、アナログ回路とパワー半導体を1パッケージ化した製品も、市場からの要求がある。この際、熱対策が課題となるため、半導体パッケージの放熱や、コネクタ構造の改良、熱シミュレーション技術によるチップ配置の最適化などが必要になってくる（同p.13-16参照）。

パワーステアリングも、従来の油圧方式からモーターによるアシストへの移行が進んでいるが、ステアリングは、自動車の基本機能の“曲がる”を担うため、機能安全として回路の冗長化（二重化、四重化）が進んでいる。電動パワーステアリング（EPS）用モーターの駆動用MOSFET（金属酸化膜半導体型電界効果トランジスター）は、ECU（電子制御ユニット）内に最大22個が搭載され、大電流と小型化の背反両立を求められているため、導通損失（オン抵抗）を低減する必要がある（同p.26-30参照）。

最近の自動車は、BCM（Body Control Module）により、ボディー系のスイッチ、センサー類を一括で制御している。このため、メカニカルリレーから半導体スイッチへの置き換えも進んでいる。メカニカルリレーは、コイルに通電するため、消費電流が大きい、外形が大きい、応答が遅い、接点が機械式のため寿命が短いなどの特徴があった。半導体リレー（FET（電界効果トランジスター）と制御IC）では、小型・軽量化や、消費電流低減、応答性向上、寿命延長が実現できる（同p.21-25参照）。

これ以外にも、オーディオアンプの高効率化など、随所で自動車の電力効率向上に関わる施策が行われている。加え

て電動化に伴い、VSP（Vehicle Sound for Pedestrian）やASC（Active Sound Controller）など新たな車載装置の普及も始まっている（同p.17-20参照）。

3.2 安全：運転支援

ADASや自動運転の分野では、多くの種類のシステムが必要とされており、図4に示すように、その要求に応じて使い分けられている。

今後普及が始まるレベル3以上の自動運転に必要な、統合判断や経路生成の手法として、人間の脳を模したニューラルネットワークを活用する“ディープラーニング”技術が目ざされている。この実現には、多数のGPU（Graphics Processing Unit）や、CPU、DSP（Digital Signal Processor）などを内蔵した、高性能なメニーコアプロセッサでの処理が主流になると見られている。例えば、前方監視システムのモジュールは、ルームミラーの裏側に設置されることが多いため温度環境が厳しい一方で、画素数の増加やフレームレートの高速化に伴ってデータ量が増加している上、複数の認識アプリケーションを同時実行する必要がある。これらを解決するために、画像処理・認識プロセッサの高速化や低消費電力化など、多様なアプリケーションにフレキシブルな対応ができるアーキテクチャが必要である⁶⁾。

また、自動運転を実現するには、クラウドサービスの情報や、外部情報、自律センシングした情報などを基に統合判断を行った結果得られる、高精度3D（3次元）マップ（障害物マップ）を使って経路を生成し、走行を制御する必要がある。自律センシングの手段としては、カメラによる画像認識に加え、ミリ波レーダーや、ライダー（LiDAR：Light

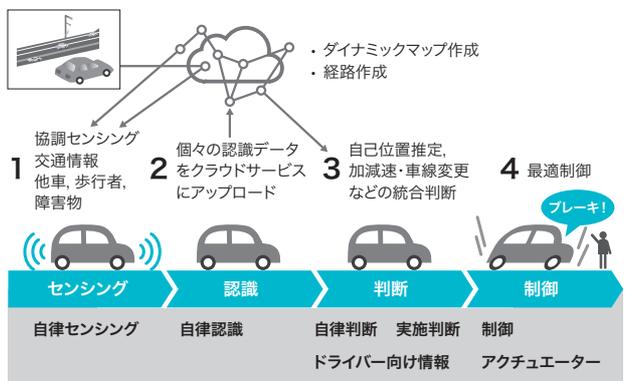


図4. 自動運転に必要な要件

自動運転の主なプロセスは、センシング、認識、判断、制御であり、多くのシステムが、その要求に応じて使い分けられている。

Requirements for automated driving

Detection and Ranging), ソナーなどを組み合わせたセンサーフュージョンが必要となるが、特に自車周辺の高精度3Dマップ作成のために、ライダーの利用が増えてくると予想されている。ライダーは、現在は、レーザーを機械的にスキャンして照射し、APD (Avalanche Photo Diode) で受光する方式が多いが、普及に向けて、機械的な可動部のないソリッドステート型で、受光素子としてSiPM (Silicon Photo Multiplier) を使うタイプが増えてくると考えられる(同p.8-12参照)。

3.3 情報：高速ネットワーク通信

これまでの通信は、ETC (自動料金収受システム) やリモートキーレスエントリーなどのほかには、コンテンツ再生やハンズフリー通話を目的として、Bluetooth®を使ってスマートフォンとカーオーディオやカーナビゲーションなどの車内機器と接続することが主なアプリケーションであった。しかし、バッテリー残量や走行情報などの車両情報を取得して管理するなどのトレンドもある。

車内高速ネットワーク規格のEthernet AVBや、更に次世代規格のTSN (Time Sensitive Network) による高速ネットワークは、カメラの画像データの伝搬用途以外に、V2X通信や、スマートフォン連携、車両搭載の通信モジュールなどを介して、クラウドサービスやインフラから提供された情報を車内に転送する経路としても使用されるため、これらのインターフェース機能の搭載は、必須要件となっていくであろう。

今後は、HMI機能も重要となり、センシングの状況やクラウドサービスからの情報を運転者に伝えるための音声合成や、高解像度の描画・画像表示、運転者の操作を入力するための音声・ジェスチャー認識など、これらの機能実現においても車内で流通するデータ量は更に増大する方向である(同p.17-20参照)。

3.4 開発の効率化と信頼性への取り組み

開発面でも効率化が進み、モデルベース開発が標準的になりつつある(同p.36-40参照)。品質や信頼性の面では、微細化・高集積化に対応するため、開発・設計段階からの品質信頼性設計が更に重要となっていく(同p.41-45参照)。

4. 今後の展望

カーシェア、ライドシェアの普及は、自動車のプラットフォームやアーキテクチャーの標準化を促進し、自動車全体を新車に更新するだけでなく、部分的にアップデートして

いく使い方も可能になると予測される。AIやビッグデータの利用も進むと予測されるが、クラウドサービス側とエッジ側の処理のバランスは、全体のデータ量や5G (第5世代移動通信システム) の普及動向など、通信環境の進化やエッジでの処理能力の進化などで決まっていくと思われる。また、OTAの普及や、自動運転時の車両状態の履歴記録 (Black Box)、転売・廃棄時の個人データ保護などにあたって、セキュリティ技術は更に重要となっており、セキュア技術自体の開発のほか、鍵管理をどのように行うかなどの新たな課題も生まれている。更に、機能安全においても、外部からの攻撃に対する安全性という観点での要件が追加されつつある。

5. あとがき

自動車を取り巻く環境と、それに伴う車載用半導体の技術動向について述べた。

当社は、CASEに貢献する様々な半導体技術を開発することで、自動運転の実現など、人間の目や運転感覚を総合的に支援する半導体技術を提供し続けていく。

文献

- (1) Webber, C. Strategy Analytics Automotive Semiconductor Demand Forecast 2015 - to 2024 : -January 2018. Strategy Analytics, 2018, 35p.
- (2) IEA. Energy Technology Perspectives 2015 Mobilising Innovation to Accelerate Climate Action. 2015, 412p.
- (3) 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2017。首相官邸, 2017, 70p.
- (4) 矢野経済研究所。2016 自動運転システムの可能性と将来展望〜Tier1/自動車メーカーの開発動向〜。2016, 170p.
- (5) 長井健太郎。車載用半導体の技術動向と自動車の環境性向上、安全化、及び情報化に向けた東芝の取組み。東芝レビュー。2014, 69, 8 (2014), p.2-6.
- (6) 鶴原吉郎編。“9. ASSP (特定用途向け汎用半導体)”。テクノロジー・ロードマップ2018-2027 自動車・エネルギー編。日経BP社, 2017, p.148-149.

・Bluetoothは、Bluetooth SIG, Inc.の登録商標。



福岡 浩 FUKUOKA Hiroshi
東芝デバイス&ストレージ(株)
車載戦略部
Toshiba Electronic Devices & Storage Corp.