

車載用半導体の技術動向と自動車の環境性向上、安全化、及び情報化へ向けた東芝の取組み

Trends in Semiconductor Technologies for Automotive Systems and Toshiba's Approach toward Reduced Environmental Impact, Greater Safety, and Enhanced Computerization

長井 健太郎

■ NAGAI Kentaro

近年、環境や安全への意識の高まりと情報化の進展に伴い、自動車の電子化及び電動化が急速に進んでいる。こうしたなか、環境面ではハイブリッド電気自動車（HEV）や電気自動車（EV）などモータ駆動方式の利用拡大や、電子制御の進化による内燃機関の更なる改善、安全面ではパッシブセーフティから運転支援システム、更に自動運転へと向かう運転支援・制御技術の進化、また情報化の面では車内における情報アクセスの快適性の向上、などを加速させる技術が求められている。こうしたニーズに応えるため、車載用半導体の需要は急増している。

東芝は、30年以上にわたる車載用半導体への取組みを通じて、機能安全技術、車載環境技術、及び品質・信頼性向上技術を蓄積してきた。これらに加え、産業用システムや、家電、デジタル機器といった様々な分野で培った画像認識や、高周波IC、制御、セキュリティなどの技術を取り入れ、サステナブルな自動車社会と交通事故ゼロ化の実現に向けて車載用半導体を進化させ続けている。

Growing awareness of environmental impacts and safety in the automotive field coupled with the progress of information technologies (ITs) have led to the expanding use of onboard electronics and electroactuation in vehicles. From the environmental viewpoint, technologies to electronically control both motor-driven systems for hybrid electric vehicles (HEVs) and electric vehicles (EVs) and internal-combustion engines for gasoline-powered vehicles are required. From the standpoint of safety, there is a need for support and control technologies ranging from those for passive safety and driving assistance to automated driving. In terms of ITs, technologies allowing smooth access to Internet or cloud systems have become increasingly important. Hence, there is growing demand for semiconductors for automotive systems to fulfill these diverse high-level requirements.

Toshiba has been engaged in the development of state-of-art semiconductor technologies for automotive systems and has accumulated a wide array of technologies related to functional safety, in-vehicle environments, and improvement of the quality and reliability of automotive systems for more than three decades. We are also applying image processing, radio frequency integrated circuit (RFIC), control, and security technologies to this field, making use of our proprietary intellectual property in various sectors including industrial systems, home appliances, and digital products. Through these activities, we are making continuous efforts to achieve the further evolution of semiconductors for automotive systems aimed at realizing a sustainable, zero-traffic-accident automobile society.

車載用半導体への多様なニーズ

近年、自動車を取り巻く環境は大きく変化している。世界的に環境や安全への意識が高まっているだけでなく、情報や通信技術を活用した車内空間の利便性及び快適性を求めるニーズも高まっている。

環境への対応については、ハイブリッド電気自動車（HEV）や電気自動車（EV）などモータ駆動方式の利用拡大や、電子制御の進化による内燃機関の更なる改善が加速している。駆動系だけでなく多くの箇所でモータが使われており、多様な電圧・電流仕様に対応するために、また省エネと静音化を両立させるために制御用マイコンや駆動用の半導体に高い仕様求められるようになってきている。

安全への対応については、パッシブセーフティから運転支援システム、更に自動運転へと向かう運転支援・制御技術へのニーズが高まっており、キーとなるセンサによる画像認識・処理ICの進化が求められている。更に機能安全に関する国際規格ISO 26262（国際標準化機構規格 26262）に対応したICの開発や、その開発スキームを支える故障検証技術の開発も必要になってきている。

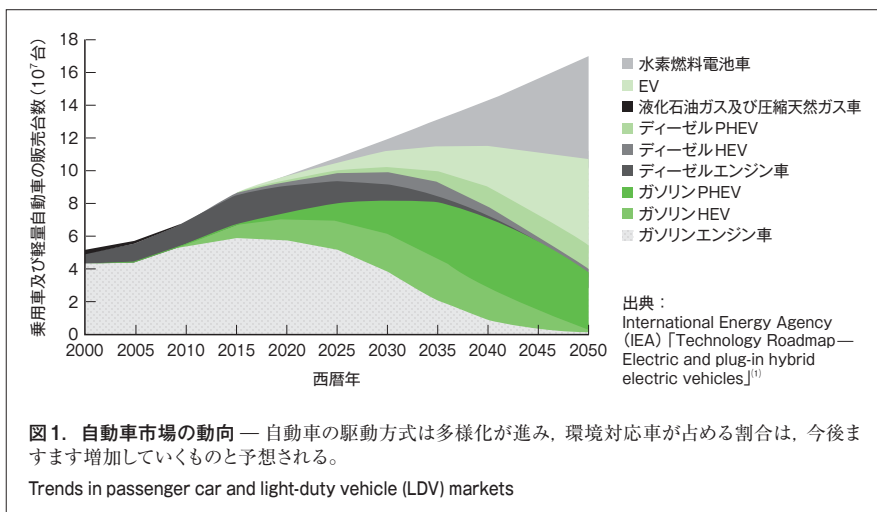
一方、情報化への対応については、カーナビシステムの飛躍的な高機能化が進むとともに、エンターテインメント向けの大容量データの車内での活用や、ハンズフリー通話の実現など、車内の快適性に関するニーズも多様化してきている。そのようななかで東芝は、これらの環境、安全、及び情報化に関する様々

な車載用半導体へのニーズに応えるため、キーとなる技術の開発と製品の提供に注力している。

自動車を取り巻く市場動向

■環境対応

自動車の年間生産台数は、2013年には約8,300万台であり、2016年には1億台に達すると言われている。地球温暖化の進行と、その一因である新興国でのモータリゼーション隆盛による化石燃料の消費拡大を考慮すると、環境問題への取組みは自動車分野においても緊急の課題である。こうした動向を受け、駆動方式の多様化が進んでおり、2020年には、およそガソリンエンジン車60%、ディーゼルエンジン車17%、HEV及びEV 20%、



その他3%の構成になると予想される(図1)。これらのうち、ガソリンエンジンとディーゼルエンジンを併せたレシプロエンジン搭載車でも、Stop&Goシステム^(注1)や48Vバッテリーシステムなどを搭載したマイクロHEVなどが4,000万台/年に達し、駆動系の電動化が進むと予想される。これに加えて直噴エンジン搭載車が拡大し、従来の内燃機関自体も電子化による高精度制御で燃費が更に改善されていくものと予想される。従来の内燃機関の効率は現在40%にまで達しているが、走行距離当たりの二酸化炭素(CO₂)や窒素酸化物(NO_x)排出量を更に低減するため効率50%を目指す改善が進んでいる⁽²⁾。

欧州では、ストロングHEV^(注2)、プラグインHEV(PHEV)、及びEVに加え

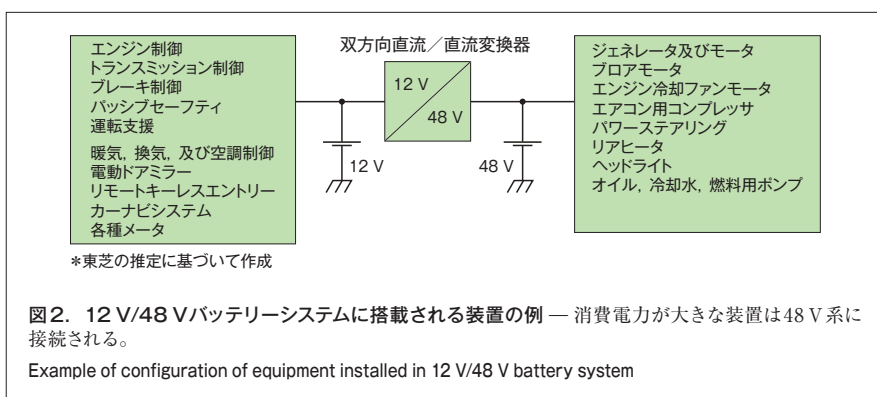
て、従来の12Vバッテリーと48Vバッテリーの2種類のバッテリーを搭載したマイクロHEVを2015年～2016年の車両モデルに導入する動きがある。導入する主な理由は、ジェネレータの出力を10kW程度に引き上げ、高出力システムや将来追加されるであろう新規システムでの消費電力を全てカバーすることである。アイドリングストップ時や、下り坂でエンジンを停止して惰性で走行するコースティング走行時にも駆動しなければならない、エンジン冷却用のポンプとファンモータや、ヘッドライト、エアコン用コンプレッサ、プロアモータ、EPS(電動パワーステアリング)、油圧維持システムなど、消費電力が大きな装置を48Vバッテリー側に設置することにより、15%程度の燃費改善効果が得られ

ると言われている(図2)。加えて、同じ出力であれば電流を約1/4に、ワイヤハーネスや半導体での発熱を1/16にできるという利点がある。これは、ワイヤハーネスの径と質量、及び半導体出力段のオン抵抗(Ron)を低減し、また放熱構造を簡素化できるということであり、軽量化による燃費改善と低コスト化を実現できることになる。

■安全化・情報化対応

毎年、世界中で130万人もの人命が交通事故で失われており、“交通事故ゼロ化”を目指し、法制化と推進体制の整備が日欧米を中心に進められている(困み記事参照)。従来から自動車業界は予防安全としてABS(アンチロックブレーキシステム)や横滑り防止システムを導入し、また、衝突安全としてエアバッグや、衝突安全ボディー、シートベルトプリテンションなどを導入してきたが、パッシブセーフティにとどまったものであった。現在では、予防安全は進化し、ミリ波レーダや、レーザーレーダ、暗視カメラ、バックカメラといった周辺を監視する“目”が搭載されるなど、周辺を知覚しこれを自動車の制御に活用するアクティブセーフティへと進化している(図3)。

こうした安全に向けた自動車の高度電子化と情報化が進む一方、車内の快適性を高めるための情報活用も進んでいる。カーナビシステムも従来の地図情報の提供から、“インフォテインメントシステム”と呼ばれるインフォメーションとエンターテインメントの提供を両立させる、より高機能化したシステムが主流になりつつある。また、車内における無線通信は高速データ通信やクラウドシステムを活用するサービスも提供できるようになった。



(注1) 自動車が減速したときに回生制動でバッテリーを充電し、停車中はガソリンエンジンを止め、自動車が再始動するときにモータで加速を補助するシステム。
(注2) 走行条件に応じてエンジンとモータを使い分け、効率がもっとも良くなる出力配分で走行するHEVのシステム。

車載用半導体の技術動向と東芝の取組み

■環境対応

環境対応に向けては、第一にエンジ

運転システムの進化と法制化、及びコンソーシアムの動向

自動車単独での交通事故低減には限界があると言われている。追突事故、及び合流地点での出会いがしらの交通事故を予防するために、今後は、路車間通信によるビッグデータの活用や車車間メッシュ通信による、より複雑な周辺監視の実用化が検討されており、後者のために欧州ではCar-to-Car Communication Consortiumが既に発足している。各種センサの融合による高度な運転支援や自動運転支援へと向かう。

安全性に関する法制化などの各地域の動向について、以下に述べる。

- (1) 米国 自宅駐車場で後退する際の人身事故が問題となっており、KT法 (Kids Transportation Safety Act) が2013年に法制化され、バックビューカメラの搭載が必要になっている。
- (2) 日本 12t以上の新車バス、22t以上のトラック、及び13t以上のトラックに対しAEB (衝突被害軽減ブレーキ) の搭載が2014年11月から義務化される。
- (3) 欧州 新車の大型車にAEBとLDW (車線逸脱警報) の装着が2013年に法制化された。

また、消費者が自動車の購入を検討する際の一つの重要な基準として各地域のNCAP (新車アセスメントプログラム) がある。この評価では運転支援システム機能が点数化され、消費者レポートとして報告される。また、欧州のEuro NCAP 2016年では昼間に歩行者を認識する機能を搭載することで評価に加点され、Euro NCAP 2018年では夜間歩行者認識で加点される。最高の評価であるファイブスターを受けると、自動車保険を優遇することも検討されている。各種センサの融合による統合判断や自動ブレーキなどの制御機能は、ユーザーから見た価値としてますます重要になっていく (図A)。

一方、運転者の利便性の向上、運転支援の高度化、自動運転支援への進化、及び自動車システムのオープン化に際して、悪意

のある第三者からのハッキングの脅威が指摘されている。携帯電話とカーナビシステム間のBluetooth^(*)やWi-Fi^(*)接続から車内LANを介して、又はOBD (車載コンピュータによる自己診断システム) を介してシステムのぜい弱性を攻撃し、“走る、曲がる、止まる”といった重要保安システムのソフトウェアが改ざんされるなど、自動車の制御に影響を与えるリスクが懸念されている。

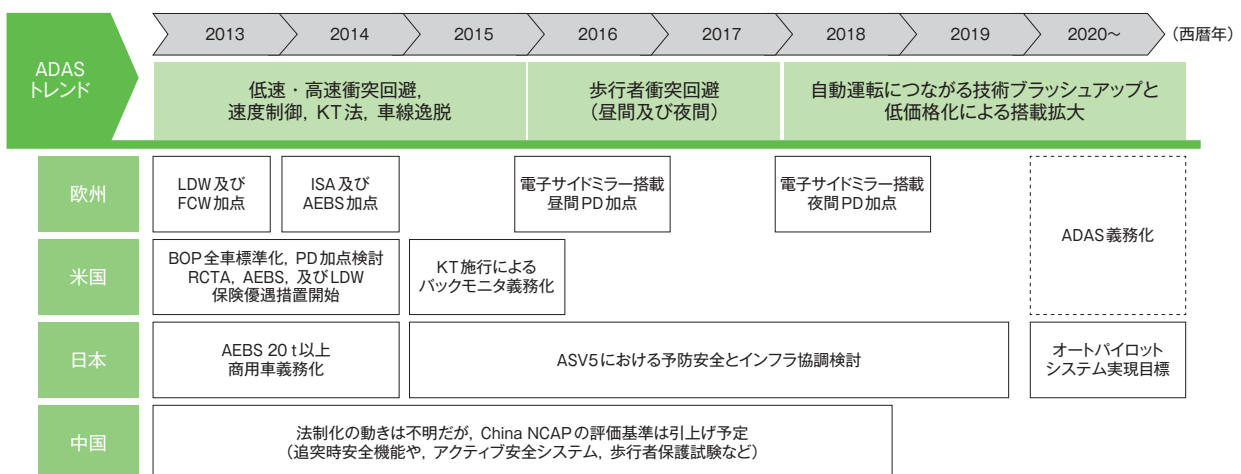
こうした背景を受け自動車のセキュリティに関する検討は欧州がもっとも進んでいる (表A)。今後、セキュリティは機能安全を実現するうえでの重要な要素となる。機能安全の視点だけからの危険要因に関する情報の分析にとどまらず、外部機器とのインタフェースや車内のLAN構成を考慮したセキュリティ対策と機能安全の実現が必須になる⁽³⁾。

表A. 欧州でのセキュリティコンソーシアム活動の例

標準化団体	活動の概要
EVITA	EU (欧州連合) のプロジェクトとして発足。V2X (Vehicle to X) 通信のためのセキュリティ仕様、車内オンモードセキュリティなどの規格作り。EVITA Full, Medium, 及びLightのセキュリティ規格を提唱。EVITAは2011年12月に終了し、新たにPRESERVEに移行。
PRESERVE	EVITA後継プロジェクト。2011年1月～2014年末を予定。車車間及び路車間通信のセキュリティアーキテクチャの構築。EVITAで開発したASIC (用途特定IC) へ実際に搭載して機能確認を計画。

EVITA : E-Safety Vehicle Intrusion Protected Applications
PRESERVE : Preparing Secure Vehicle-to-X Communication Systems

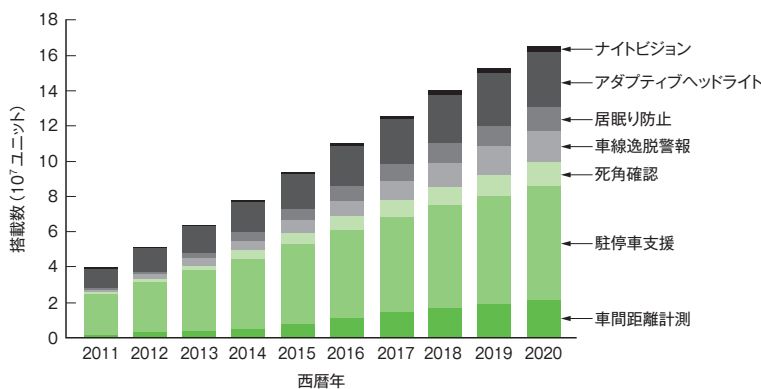
* 独立行政法人 情報処理推進機構の調査結果⁽⁴⁾に基づいて作成



ADAS : 先進運転支援システム FCW : 前方衝突警報 ISA : 高度速度制御システム AEBs : AEBシステム PD : 歩行者検知 BOP : 防噴装置
RCTA : 後退時支援システム ASV5 : 第5期先進安全自動車推進計画

* 東芝の調査に基づいて作成

図A. 運転支援システムや、NCAP、法制化などの各地域の動向



出典：Strategy Analytics「Advanced Driver Assistance Systems Demand Forecast 2007 to 2020—August 2013」⁽⁵⁾

図3. 運転支援システムのトレンド — 2020年には1億6,000万ユニットが搭載されると予想されている。
Trends in driving assistance systems

ンに関連して、超希薄燃焼化を実現する直噴技術や、バルブ開閉のタイミングの制御、排熱エネルギーの回収、EGR（排熱再循環）の改善などの要求がある⁽²⁾。これに応じてフラッシュメモリを混載したマイコンの高速化や、インジェクタドライバの80～130Vへの高耐圧化、ブラシ付きモータや三相モータドライバのPWM（パルス幅変調）制御の高速化などに対応したICの開発が進行している。

第二にモータの制御が重要である。現在、小型車から中型車では30～40個程度、ハイエンド車では80個程度の大小のモータが搭載されていると言われている（表1）。モータ駆動の大きなメリットは、機構部品や、配管、軸受などの機能をモータで行うことによる軽量化と、それに伴う電費の改善である。現在、ステアリングシャフトの機能もモータと電気信号線だけで実現する技術（Steer-by-Wire）の研究開発も進められている。このように、燃費改善のため多くのモータが搭載されることになる。こうしたモータに要求される特性は、用途に応じて様々である。

走行系モータとしては、代表的なものにEPS駆動用モータがあり、油圧による操作機構の機能をモータで代替しステアリングのトルクをアシストすることで3～5%の燃費改善効果がある。EPSは自動車の進行方向を制御する重要な

装置であるため、ISO 26262へ準拠することや、クランキング時にバッテリー電圧が低下するのを想定して3V付近という極低電圧でも動作することなどの要求がある。駆動系HEV/EV用モータでは、静音・高効率制御や、15,000 rpmを超える高速回転制御が必要で、モータの小型化とトルク維持を両立させるためモータ回転数やPWM制御の周波数は更に上昇させる必要がある。また、冷却水、操作機構の作動油、及び燃料を循環させる機能は、エンジンに替えてポンプモータで行われており、静音化や、低速回転、急速始動などを実現した三相モータの開発、並びにシステムを小型化するために機電一体化を実現することが必要になっている。

当社は、EPSに対しては、マイコン、電源ICやゲートドライバなどのアナログペリフェラル、及び低RonパワーMOSFET（金属酸化膜半導体型電界効果トランジスタ）のチップセットをターンキーソリューションとして提供できる（この特集のp.7-19参照）。機能安全を実現するためには、FMEA（Failure Mode Effects Analysis）とFTA（Fault Tree Analysis）を用いてシステムへの影響度や残存故障率を分析し、自動車メーカーや自動車電装品ベンダーとの議論から、冗長系や監視系機能を盛り込んだ最適仕様を提案している。また、バッ

表1. 車載用モータの例
Examples of onboard motors

用途	小型車、 中型車	ハイ エンド車
電動発電機	(個) 0～1	0～2
プロアモータ	(個) 1	1
エンジン冷却用ファンモータ	(個) 1	1
オイル、冷却水、及び燃料用ポンプ	(個) 4	4
バッテリー冷却ファン	(個) 0～1	0～1
排気再循環用スロットル	(個) 1～2	2
エンジン系	(個) 2	4
暖気、換気、及び空調制御	(個) 3～5	6～25
パワーステアリング	(個) 1	1
電動ドアミラー	(個) 6	6
パワーウィンドウ	(個) 0～4	4
電動ドアロック	(個) ～4	4
電動スライドサンルーフ	(個) 0～1	1
電動スライドドア	(個) 0～2	2
パワーシート	(個) 0	～8
パワーバックドア	(個) 0	1
ヘッドライト	(個) 0～2	～6
ワイパ	(個) 2～3	2～3
各種モータ	(個) 2	5
合計	(個) ～42	～81

*東芝の推定に基づいて作成

テリー電圧3V付近での動作を可能にするため上流側にBuck-boost（昇降圧型）コンバータを搭載したシステム電源も開発して量産中である。

駆動系HEV/EV用モータに関しては、ベクトル制御演算処理をコプロセッサで実装することでCPUの負荷を低減し、同時にCPUで実行した場合、当社従来比で3倍という高速な処理により高速回転を実現している。また1パルス制御機能を併せて搭載し、高トルクの別のユースケースにも対応している。

ポンプ系モータでは、低Ron大電流出力やジャンクション保証温度175℃に対応したアナログ・デジタル・高耐圧出力混在プロセスBiCD^(注3)-0.13μm（40V/60V/80V/96V）を開発した。出力段やセンサレス制御ロジックを搭載し、マイコンレスでの静音駆動、小型化、及び高温下での機電一体を実現している。

また、高耐圧BiCD-0.13μm 96Vプロセスを活用し、車載用リチウムイオン

(注3) バイポーラトランジスタとCMOS（相補型MOS）に加え、高耐圧・大電流能力のLDMOS（Lateral-Diffused MOS：横方向拡散MOS）を内蔵したプロセス。

電池のインテリジェントな監視を可能にする電池監視ICを開発している(同p.20-23参照)。こうした技術は今後予想されるバッテリーの複電圧化にも効果的な応用が期待される⁽⁶⁾。

■安全化・情報化対応

ADAS(先進運転支援システム)には、用途に応じた様々なシステムが搭載されている。車載カメラを使った長距離前方・後方監視システム、及び周辺監視システムでは、100万画素以上にして歩行者の検出距離を延ばすことが検討されている⁽⁷⁾。1フレーム当たりの情報量の増加や、複数の認識アプリケーションを同時に実行する必要があり^(注4)、画像処理・認識プロセッサでの高速処理と低消費電力の両立が大きな付加価値となっている。

当社のViscontiはメディアプロセッシングエンジンを複数搭載しているのに加え、ハードウェアアクセラレータを搭載することで、各種画像処理の効率的な並列・高速処理と低消費電力を両立させている⁽⁸⁾(同p.24-28参照)。

一方、自動車に搭載されるECU(Electric Control Unit)は100個以上、ソフトウェアは約1,000万ステップ以上と言われている⁽⁴⁾。当初、自動車の安全に関しての統一規格は存在しておらず各社の自主規格に依存していたが、車載用電子制御系システムの高度化と複雑化の進展に伴い、車載用電子機器の安全性に関しての規格化の必要性が高まり欧州主導でISO 26262が制定されている。機能安全は、危険そのものを取り除いた本質安全とは異なり、危険をもたらす可能性のある機器やシステムに制御機能を付加して安全を保つ考え方である。機能安全では、Automotive Safety Integrity Level(車載電子制御機器の安全性基準)に適合するためにICに付加すべき冗長機能と検知機能を、次の検討を通じて決定する。

(注4) Euro NCAP 2016年では歩行者、標識、白線、及び前方車両の四つを認識。

- (1) システムの危険要因からのFTA
 - (2) 部品故障モードからシステムへのエンドエフェクト(最終製品に及ぼす影響)分析
 - (3) 検出不可能な残存故障率の検証
- 当社は、こうした機能安全に関わる故障注入テストを容易化するためのシステムを構築しており、関連する規格に準拠した半導体の効率的な開発への活用を図っている(同p.29-33参照)。

情報化対応では、インフォテインメントシステムに代表されるようにカーナビシステムの高機能化が進むにつれて、地図だけでなく、音楽や映像といった情報のストレージに関しても、高速化や、大容量化、高信頼化といった多様な要求が強くなっている。

当社は、このような車載用インフォテインメントシステム向けに、e・MMC^(注)や、SDカード、SSD(ソリッドステートドライブ)といった様々なNAND型フラッシュメモリ製品を開発して提供している。車載に向けた動作温度の拡張や、車載ベースの信頼性の確認、スクリーニング条件の最適化などを行ってこれらを実現した(同p.38-41参照)。また、民生向け製品に対して、電源瞬断対応機能やデータリフレッシュ機能などを付加し、様々なユースケースにおける品質及び信頼性の向上を実現している。

また、車載用無線アプリケーションの視点からも、高速データ通信やクラウドシステムへアクセスするニーズが高まっている。当社は、電力増幅器の出力歪み(ひずみ)のデジタル補償や送信機のキャリブレーションを最適化する独自の回路技術を使用したコンボチップ(統合型チップ)を開発し、無線による車内の情報伝送の促進に貢献している(同p.34-37参照)。

今後の展望

自動車を取り巻く動向と、車載用半導体へのニーズを環境、安全、及び情報化の三つのキーとなる視点から考察

し、それらを支える車載用半導体の技術動向と当社の取組みについて述べた。

当社は、30年以上にわたる車載用半導体への取組みを通じて、機能安全技術、車載環境技術、及び品質・信頼性向上技術を蓄積してきた。これらに加え、産業用システムや、家電、デジタル機器といった様々な分野で培った画像認識や、高周波IC、制御、セキュリティなどの技術を取り入れ、今後も自動車の電動化と電子化に貢献していく。

文献

- (1) International Energy Agency (IEA). Technology Roadmap—Electric and plug-in hybrid electric vehicles. IEA, 2009, 47p.
- (2) 日経BP. 熱効率60%を目指すエンジン. 日経Automotive Technology. 3, 2014, p.42-57.
- (3) 自動車技術会. 社会を支えるクルマと技術. 自動車技術. 67, 2, 2013, p.4-102.
- (4) 情報処理推進機構 技術本部 セキュリティセンター. “2012年度 自動車の情報セキュリティ動向に関する調査”. 情報処理推進機構ホームページ. <<http://www.ipa.go.jp/files/000027274.pdf>>. (参照 2014-07-19).
- (5) Riches, I. Advanced Driver Assistance Systems Demand Forecast 2007 to 2020—August 2013. Strategy Analytics, 2013, 23p.
- (6) 伊藤健司 他. 自動車の環境調和と安全・快適性を支える半導体技術. 東芝レビュー. 66, 2, 2011, p.29-33.
- (7) 日経BP. ぶつからないクルマ実車試験. 日経Automotive Technology. 7, 2014, p.43-58.
- (8) 鈴木美彦 他. 画像処理プロセッサVisconti™ 2を用いた車両検出技術. 東芝レビュー. 67, 12, 2012, p.19-22.

・Bluetoothワードマーク及びロゴは、Bluetooth SIG, Inc.の登録商標。

・Wi-Fiは、Wi-Fi Allianceの登録商標。

・e・MMCは、JEDEC Solid State Technology Associationの商標。



長井 健太郎
NAGAI Kentaro

セミコンダクター&ストレージ社 ミックスドシグナルIC事業部 車載IC応用技術部長。車載用半導体の商品企画及び開発に従事。
Mixed Signal IC Div.