巻頭論文

車社会の将来展望と技術動向

加古　一*

Prospective Stories and Engineering Trends in Automobile Society

Hajime Kako

要　旨

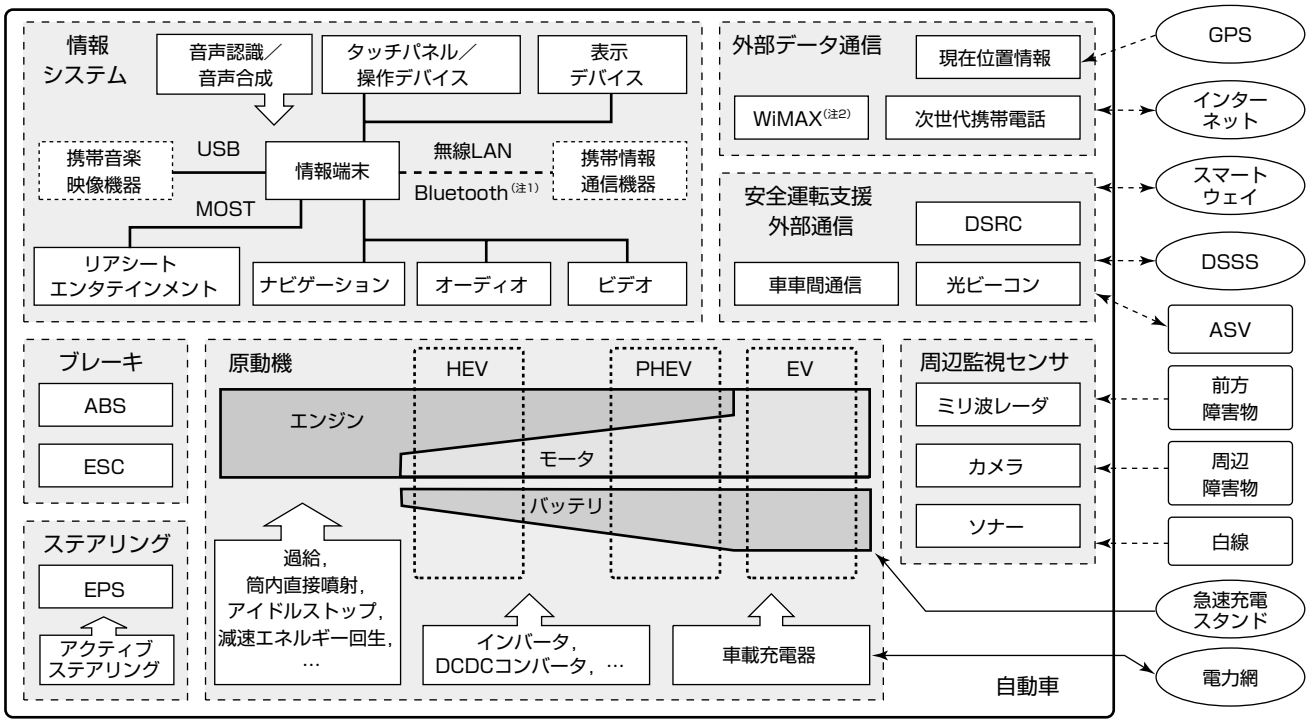
自動車は我々の生活に欠かせないものであるが，環境への負荷や交通事故といったネガティブな面を克服するとともに，車生活をより便利で快適なものにしたいという一般ユーザーの思いにこたえることが求められている。

環境面では，これまで石油を消費し続けてきた自動車の原動機で，地球温暖化の防止と石油依存からの脱却に向けて電動化の動きが急進展しており，電気自動車の普及に不可欠な急速充電スタンドなどのインフラ整備が図られている。一方，当面はエンジンが原動機の主流であることに変わりはなく，エンジンの更なる燃費改善が進む。

交通事故死者数は日本では年々減少しているものの，事故件数や負傷者数は依然として高い水準にあり，安全対策として，自律的に危険を回避又は事故影響を軽減する装置の充実とともに，無線通信を利用した路車協調による安全運転支援システムの実用化が進められている。

また，車に乗っている時間をいかに有効に使えるかが，車の利便性・快適性の基準の一つになってきているが，日常生活では携帯通信機器の普及によって欲しい情報をいつでもどこでも入手できる環境が整ってきており，車内でも同様の環境が求められるようになってきた。

このように自動車はインフラの充実とともに世の中の新しい技術を取り入れながら進化していくが，三菱電機は自社の持つ先進技術を結集した製品づくりによって，より良い車社会づくりに貢献していく。



ABS : Antilock Brake System　ASV : Advanced Safety Vehicle　DSRC : Dedicated Short Range Communication
DSSS : Driving Safety Support Systems　EPS : Electric Power Steering　ESC : Electronic Stability Control　EV : Electric Vehicle
GPS : Global Positioning System　HEV : Hybrid Electric Vehicle　LAN : Local Area Network　MOST : Media Oriented Systems Transport
PHEV : Plug-in Hybrid Electric Vehicle　USB : Universal Serial Bus　WiMAX : Worldwide Interoperability for Microwave Access

（注1）　Bluetoothは，Bluetooth SIG, Inc.の登録商標である。　（注2）　WiMAX，WiMAX Forumは，WiMAX Forumの登録商標である。

インフラとの協調で環境・安全・利便性を高めたこれからの自動車

これからの自動車は，低炭素社会，交通事故のない社会，より快適な車内空間を目指して，自動車自体の機能・性能の進化に加え，急速充電スタンド，路車協調安全運転支援システム，次世代移動体無線通信などのインフラの充実に伴い，原動機の電動化による環境性能の向上，インフラとの協調による環境・安全性能の向上，通信技術利用の拡大による利便性・快適性の向上が進む。

*自動車機器開発センター長

1. まえがき

1908年にフォードが自動車の量産を始めてからすでに100年が経過したが，経済発展とともに自動車の保有台数が増加するなかで，大気汚染や交通事故増加の問題を解決するため，規制の強化や対策技術の導入が進められてきた。その間，自動車は石油を消費し続けてきたが，地球温暖化防止に向けたグローバルな動きとともに，石油依存からの脱却，経済対策としての低燃費車購入奨励，石油高騰下での燃料費の節約といった，国・企業・一般ユーザーのそれぞれの思いのなかで，現在，原動機の電動化が急進展している。

自動車の保有台数は，今後も新興国を中心に増加していくが，地球温暖化，資源枯渇，交通事故といった課題に対処して，次の100年でも自動車が人・地球と共存し続けるために，二酸化炭素(CO_2)排出量削減，再生可能エネルギー利用，安全運転支援などを具現化する新たな技術を導入していかなければならない。そこでは，自動車自体の機能・性能の進化とともに，社会インフラとの協調も欠かすことができない。このような取組みは新興国では未だ十分ではないが，自動車保有台数の伸びとともに環境や安全への懸念は増大するため，先進国からの新技術の浸透は，国の経済発展に伴い短期間のうちに進むと考えられる。

本稿では，これからの車社会の課題とそれに向けた自動車機器の主な技術動向について述べる。

2. 地球環境維持に向けて

2.1 低炭素社会の実現を目指して

地球環境問題における最大の課題は，自動車，工場，火力発電所などからのCO_2排出による地球温暖化である。2007年に公表された“気候変動に関する政府間パネル(IPCC)第4次評価報告書”によって，地球温暖化に関する科学的知見の集約結果が周知され，早急かつ大規模な緩和策の必要性を強く認識させられたが，各国では，石油輸入依存度を下げる意図も込め，国策として自動車の燃費規制を強化してCO_2排出量削減を図っている。

日本では2015年度の燃費基準に基づく推定平均燃費を16.8km/ℓ(CO_2排出量138g/km相当)としており，更には2020年度の目標値を21km/ℓ以上(CO_2排出量110g/km以下相当)とする方向である。最も規制が厳しい欧州では，2020年のCO_2排出量の目標値として95g/kmを掲げており，これらの目標を達成するためには，従来エンジンの更なる燃費改善に加え，ハイブリッド車(HEV)や電気自動車(EV)のようにモータを使った原動機の導入が必要になってくる。

2008年のリーマンショック後の世界同時不況によって自動車の販売が不振となった。しかしその後，景気刺激策として各国で低燃費車購入を後押しする税制優遇策や購入補助金が導入されたことと，一般ユーザーの環境意識の高まりによって，低燃費車は販売を伸ばした。

日本では，これらの優遇策と低価格のHEVの登場によってHEVの普及に拍車がかかったが，HEVは低CO_2排出であるものの石油のみを駆動エネルギーとする点では従来エンジン車と変わりはない。石油エネルギーは使い続ければ，いずれ枯渇するエネルギーであることから，各国で太陽光や風力などの再生可能エネルギーの比率を高める政策が進められている。これらのエネルギーを自動車で電気として利用するためには，モータ駆動だけで走行可能なEVやプラグインハイブリッド車(PHEV)を普及させていく必要があるが，まだ車両自体が高価であるため普及には購入補助策が必要であり，また航続距離が短いというEVの課題に対して急速充電スタンドなどのインフラ整備が急がれる。

2.2 原動機の電動化

EV，PHEVの将来の普及拡大の鍵(かぎ)を握るのが蓄電デバイスの性能とコストであるが，EV，PHEVに使われるリチウムイオン二次電池のコストダウンは，(独)新エネルギー・産業技術総合開発機構(NEDO)が描いたロードマップ[(1)]よりもむしろ速いペースを目標に進められている。ただ，二次電池の性能が向上しても必要以上に二次電池を積んで車重を増やすことはコストアップとエネルギーの無駄になるため，EVの航続距離はおのずと実用範囲に限られてくる。しかし，今後の急速充電スタンドの設置拡大や充電スタンド位置案内の充実によって，EVも不安なく乗れる交通手段になる。

また，エネルギー密度は小さいが大電流での充放電が可能で劣化がほとんどない蓄電デバイスとしてキャパシタがある。方式としては電気2重層キャパシタやリチウムイオンキャパシタが実用化されているが，自動車ではリチウムイオン二次電池と併用することで，減速エネルギー回生の効率化や電池寿命アップの効果が期待できる。

なお，太陽光，風力を使った発電は電力供給が不安定になることから，供給が多い場合はそれを蓄電装置に充電し不足時に放電することで，電力網全体でインテリジェントに系統電圧の安定化を図るスマートグリッドの取組みが開始されているが，住宅に接続されるEVの二次電池はその蓄電装置としての活用が期待されている。

EV，PHEV，HEVといった電動車両の駆動用モータには，一般的に高効率な永久磁石同期モータが採用されており，その磁石にはネオジウム，ディスプロシウムといったレアアースが使用されている。これらは中国が世界産出量の95%以上を占めており，もし産出国の政策などによって供給面で支障が出れば，電動車両のコストを押し上げその普及に歯止めがかかりかねない。また，長期的に需要が拡大すれば資源量の制約を受ける可能性もある。そのため，レアアースを使用しない又は使用量を減らしたモータの研

究も進められている。

電動車両には，さらにインバータ，DCDCコンバータ，車載充電器といったパワーエレクトロニクス機器が必要になる。電気エネルギーを有効に利用するために，これらの機器には変換効率の高いものが要求されるが，半導体やパワーエレクトロニクス回路技術の進歩に伴い小型高効率のものが実現されている。また，将来のパワー半導体としてSiC（Silicon Carbide）を適用したSBD（Schottky-Barrier Diode）やMOSFET（Metal Oxide Semiconductor Field Effect Transistor）の開発が活発であるが，低オン損失，高温動作，高速動作といった特性を活かして，機器の更なる小型高効率化，冷却系の簡素化への寄与が期待されている。

自動車の燃費向上には，車載機器類の小型軽量化も効果があるが，車体自身の軽量化の効果は大きい。低燃費車普及促進によって需要は小型車へシフトしているものの，毎日の通勤や買い物に使う車は一人乗りがほとんどであることを考えると，まだ無駄が多い。一人又は二人乗り専用の小さい車両であれば，動力に使うエネルギーだけではなく，空調用エネルギーなども少なくて済む。近距離移動に限れば，車体の小型化に対しては，車載機器類のレイアウト自由度が高いEVが相性が良く，EVのメリットを更に活かすことができることから，この種のEVの位置付けも高まると考えられる。

2.3　エンジンの低燃費化

世界市場におけるEV，PHEVの年間生産台数は2020年でも200～400万台[(2)(3)]と予測されており，HEVを含めエンジンを原動機とする車両が未だ世界生産台数の90%以上を占めることから，エンジンのCO_2排出量低減の努力も怠ることはできない。

エンジンでは，燃料の持つエネルギーのうち正味仕事として取り出しているのは30%程度であり，約30%は排気損失，約30%は冷却損失，残りはポンプ損失や機械損失として捨てられていることから，エンジンの効率はまだ改善の余地がある。

これらの損失の低減と熱効率改善を実現する様々な手段を組み合わせることでエンジンの低燃費化が図られているが，特に欧州では，ターボチャージャーによる過給と排気量のダウンサイジングを組み合わせることでポンプ損失や機械損失を低減したエンジンが増えている。ターボチャージャーの欠点であるターボラグの抑制策として低慣性ターボチャージャーなどが実用化されているが，ターボラグ解消と電気エネルギー利用を目的に，電動チャージャーや電動アシストターボチャージャーといったモータによる過給技術も開発されている。

ガソリン筒内直接噴射による吸気冷却を利用したエンジンの高圧縮比化によって熱効率の改善を図ったエンジンも増えているが，高圧縮比化への対応として，燃焼によって発生するイオンを電流として検出し，その波形からノッキング，異常燃焼を気筒ごとに検出してエンジンの持つ性能を最大限まで引き出す技術も実現されている。

ガソリン筒内直接噴射では過去に希薄燃焼によってポンプ損失を減らすエンジンが実用化されたが，窒素酸化物（NOx）の後処理にコストがかかるなどの課題があり主流とはならなかった。最近では，希薄燃焼であるが圧縮自己着火によって燃焼温度を下げてNOxの排出を抑制した予混合圧縮自己着火燃焼（Homogeneous Charge Compression Ignition：HCCI）エンジンの開発が進められている。

排気損失，冷却損失として排気ガスや冷却水によってエンジンから外部に排出される熱をエネルギーとして回収する排熱回生の試みもある。熱交換器を通して排熱を冷媒に吸収させて生成した高圧蒸気によって膨張機を回転させることでエネルギーを取り出す方式や，熱電変換素子によって熱を直接電気に変換する方式が研究されている。

アイドルストップと減速エネルギー回生を行うシステムをマイクロハイブリッドと呼ぶことがあり，エンジンをベースに燃費を向上させる技術としてHEVとともに普及が期待される。アイドルストップは以前から知られた技術であるものの，コスト高になることやユーザーに我慢を強いる部分もあって普及に至っていなかったが，燃費規制の強化と環境意識の高まりによってCO_2削減のキーシステムとして拡大しつつある。減速エネルギー回生については，減速時にオルタネータの発電能力を最大限に活かし，短時間にエネルギーを回収するために，電気二重層キャパシタやリチウムイオン二次電池を併用するシステムが検討されている。

エアコンコンプレッサや冷却水ポンプなどの補機類をエンジン駆動からモータ駆動に変更して効率の良い駆動とすることも燃費向上に効果がある。エンジン駆動のパワーステアリング油圧ポンプを廃止しステアリングの操作をモータで直接アシストする電動パワーステアリング（EPS）はすでに一般化した技術であり，新興国でも採用が拡大している。

太陽光や風力とともに再生可能エネルギーの一つでありエンジンで利用できるエネルギーとして，植物由来のバイオ燃料がある。石油燃料と混合して用いられるが，食料価格に影響することなくいかに原料となる植物を大量に生産できるかが課題である。

自動車の燃費については，燃費測定方法で定められたモード燃費が重要な指標になるが，実用燃費の向上も注目されている。一般ユーザーの運転では加速時のアクセルの踏み過ぎなどで実際の燃費がモード燃費と比較して悪いことが多い。そこで，実際のアクセル操作に対してドライバーに違和感を与えない範囲でスロットル動作を緩和させることによって実用燃費を向上させる機能が実用化されている。

また，ナビゲーションによって渋滞回避など効率の良い運転ができるルートを案内する機能も実用燃費の向上に寄

与する。将来的には，地形情報や信号機情報，先行車両の情報などに基づいて自動的に省燃費運転するシステムも有用と考える。

3. 交通事故のない社会を目指して

日本では，2012年末の交通事故死者数を2003年に対して半減し5,000人以下とする方針が出されていたが，死者数は毎年減少し，2009年には4,914人となって目標を前倒しで達成したことから，新たに2018年をめどに更に半減の2,500人以下とする目標が掲げられている。

交通事故死者数が年々減少している要因として，シートベルト着用義務化などの交通規則の強化や自動車の安全機能向上があげられるが，事故件数や負傷者数は依然として高い水準を維持しており，車両単独での更なる安全対策とともに，路車協調によって安全運転を支援するインフラの整備と車載器の普及が待たれている。

3.1 車両単独での安全対策

車両単独での安全対策としては，すでに衝突時の乗員被害を軽減するエアバッグや制動力を安定させるアンチロックブレーキシステム（ABS）がほとんどの車両に装着されており，横滑り防止装置（ESC）も米国や欧州では装着義務化の方向にある。

また，ミリ波レーダやカメラなどの車載周辺監視センサからの情報に基づき自律的に安全性を高める予防安全装置として，衝突被害軽減ブレーキ（Collision Mitigation Brake：CMB），車間距離制御システム（Adaptive Cruise Control：ACC），車線逸脱警報装置（Lane Departure Warning Systems：LDWS），ふらつき警報などが実用化されているが，交通事故削減に向け，自動車アセスメントの評価や法規制も変化してきている。米国では自動車アセスメントの評価の対象に，前方衝突警報装置（Forward Collision Warning：FCW），ESC，LDWSが追加されることが決定した。欧州では2013年から大型車へのCMBとLDWSの搭載が義務化され，予防安全装置の普及促進を図っている。

ABSやESCはブレーキを制御するシステムであるが，ステアリングでも，EPSを活用したアクティブステアリング制御によって，滑りやすい路面や凸凹の激しい路面などでの車両姿勢を安定化させる機能が開発されている。

安全機能の実現のためには原動機，ブレーキ，ステアリングなどの制御機器やセンシング機器間の協調が不可欠であり，高速で信頼性の高い通信が必要になるため，タイムトリガー通信によるリアルタイム性保証などを特徴とするFlexRay（注3）が本格的に採用され始めている。また，FlexRayなどの多重通信の拡大で大規模・複雑化するソフトウェアの開発効率化をねらい，標準化団体AUTOSAR（AUTomotive Open System ARchitecture）で規格策定が進められている。

また，電動車両の普及に伴う新たな課題として，モータのみでの走行時に歩行者が車の接近に気付かないという課題に対応するため，車の走行状態を想起させる音を発する装置の装備に関するガイドラインが示され，対策の早期普及が求められている。

（注3） FlexRayは，Daimler AGの登録商標である。

3.2 インフラ協調型安全運転支援

安全運転に必要な情報として，ドライバーから見える事象については，レーダ，カメラ，ソナーといった車載センサによって検知できるが，ドライバーから見えない又は見えにくい事象に対しては，外部からの無線通信による情報提供が不可欠である。

無線通信を利用した安全運転支援システムについて，最近では2009年2月に東京で開催された大規模実証実験“ITS（Intelligent Transport Systems）-Safety 2010”で各種システムの一般公開デモが実施された。システムとしては，電波を使った車車間通信によって出会い頭衝突などを防止する“ASV”，一般道での光ビーコンやDSRC電波を使った路車間通信によって右折時衝突や歩行者横断見落としなどを防止する“DSSS”，高速道路などでのDSRC電波を使った路車間通信によって合流支援や前方障害物情報提供などを行う“スマートウェイ”が検討されており一部実用化されている。

“スマートウェイ”で情報を提供するDSRCサービスの路側機は全国配備中であるが，このサービスを利用するにはDSRC車載器が必要となる。同じくDSRC電波を使うETC（Electronic Toll Collection System）は渋滞解消を主な目的としているが，2009年に実施された“1,000円高速”によって車載器は普及し，高速道路ゲートでのETC利用率は80%を超えた。今後はDSRCサービスの増加に伴いETC車載器からDSRC車載器へ置き換えられていく。

2009年の交通事故死者数を年齢層別にみると65歳以上の高齢者が49.9%で最も多く，また過失の重い“第一当事者”になるのも65歳以上の高齢者が他の年代より多い[4]。高齢者ドライバーは，視野が狭くなり周辺状況の変化に気付かない，複雑な情報を同時に処理することが難しいといった身体機能の低下によって事故を起こす可能性が高くなるが，高齢化社会でその高齢者ドライバーの数は増加している。特に公共交通機関が整っていない地方部では自動車は高齢者にとっても重要な交通手段であることから，近距離，パーソナル移動に適した新たな車両規格で，事故防止機能，運転能力向上機能を搭載した“高齢者にやさしい自動車”の開発が提案されているが，インフラ協調型安全運転支援やEVはこのニーズに適した技術と言える。

4. 快適な車内空間づくり

4.1 通信技術利用の拡大

自動車における利便性・快適性の追求は今後もとどまる

ことはなく，車に乗っている時間をいかに有効に使えるかが利便性・快適性の基準の一つとなってくる。そのキーとなる技術は無線通信である。日常生活では携帯通信機器の普及によって欲しい情報をいつでもどこでも入手できる環境が整ってきており，車内でも同様の環境が求められるようになってきた。

ナビゲーションについては，廉価なPND(Portable Navigation Device)に加え，携帯電話によってもその機能を実現できるようになってきている。一方，車載のナビゲーションシステムは多機能化が進んでおり，車載情報端末として，道案内だけではなく，オーディオ・ビデオ(AV)再生，安全運転支援，省燃費運転支援，有用情報を得るための情報通信，車載制御機器との協調など多くの役割を担っている。今後は，ドライバーからの要求に対して応答するだけでなくドライバーの意図を汲んで機器側から適時に有用情報を提供するようになり，ドライバーの真のガイド役としての価値を高めていく。

また，携帯電話などの外部通信によるテレマティクスのサーバへの接続で，天気情報の提供，渋滞情報に基づく最適ルート案内，地図の更新，位置情報(Point Of Interest：POI)の検索などの情報サービスが実施されているが，一部では接続無料のサービスも登場してきており，車側から走行データを積極的にサーバに取り込みサービス向上を図っている。

今後，WiMAXや次世代携帯電話によって，インターネットに常時高速接続できるようになれば，車載情報機器は大容量データの保持と高度な計算をする必要はなくなり，最新の多彩な情報をオンデマンドでサーバ側から取り出すことができるようになる。例えばナビゲーションであれば，サーバ側で最新地図を基に最適なルート検索をして車載器側に表示することができる。さらに，車内に無線LANルータを備えることで，最近普及している無線LANを備えた携帯機器との接続が可能になり，これらの機器を家庭や車内を問わずにシームレスに利用できるようになる。

AVについては，普及が著しい携帯音楽映像機器とのシームレスな連携，膨大なコンテンツからの好みのコンテンツの簡単で素早い検索，シートごとの個別AV再生といった技術が要求されてくる。ビデオでは，地上デジタル放送，Blu-ray Disc(注4)などのハイビジョンメディアの普及によって，それらを車内でも利用したいというニーズが広まるが，MOSTのような車内高速通信がハイビジョン画像の各シートへの伝送にも使われるようになる。

(注4) Blu-ray Discは，Blu-ray Disc Associationの登録商標である。

4.2 ユーザーインタフェースの進化

車載情報端末は多機能化・高度化によってその操作が複雑化する方向にあるが，携帯情報機器でタッチパネルを使ったユーザーインタフェースが一般化するなかで，ドライバーの操作負荷を軽減する，瞬間認知，直感操作可能な使いやすいユーザーインタフェースの実現に対する要求が高まっている。また，走行中の画面注視による操作は事故を誘発する可能性が高いため，操作内容は制限される方向にあるが，それを補うために音声による自然なインタフェースの向上や，視認に頼らない手の操作によるインタフェースの改良が進む。

音声合成では音質の肉声感，感情豊かな韻律など高品質化が進展し，車内でストレスなく聞けるようになり，メール，ニュース，交通情報など多様なコンテンツ読み上げの実用が進む。また，音声認識については，あいまいな内容からの検索，意図の類推やユーザーに合わせて言葉を覚えるなど，発声自由度が向上する。

手による操作は，停車中は，複雑な機能を簡便に操作可能なタッチパネル，手元操作デバイスの進化が進む。携帯電話などで好評の静電容量式タッチパネルの導入も加速すると予想される。走行中は，限定された機能を安全かつ確実に操作が可能な触覚フィードバックデバイス等の高度化が進む。

最近の“若者の車離れ”に関する調査結果[5]によると，その理由として，事故などのリスクや維持費用といった“車に対する負担”の意識が高まり，逆に利便性などの“車に感じる効用”が以前よりも小さくなったためと分析している。安全運転支援のインフラの充実や，通信技術利用の拡大による利便性・快適性向上によって，自動車が若者にとって魅力のあるものになることを期待する。

5. むすび

環境，安全，情報・エンタテインメントの切り口で自動車機器の技術動向を述べたが，路車協調安全運転支援システム，次世代高速無線通信，スマートグリッドといったインフラ側の充実とともに，自動車は世の中の新しい技術を取り入れながら進化していく。その進化の一端を担うべく，三菱電機の持つ先進技術を結集した製品づくりによって，より良い車社会づくりに貢献していきたい。

参考文献

(1) NEDO技術開発機構 燃料電池・水素技術開発部 蓄電技術開発室：NEDO次世代自動車用蓄電池技術開発ロードマップ2008，9（2009）
(2) ㈱野村総合研究所：2020年までのエコカー販売市場を展望，2010年3月15日付 NEWS RELEASE（2010）
(3) ㈱富士経済：HEV，EV，PHEV世界市場を調査，PRESS RELEASE 第10033号（2010）
(4) 内閣府 共生社会政策統括官：平成22年度交通安全白書，30～32（2010）
(5) ㈳日本自動車工業会：2008年度乗用車市場動向調査―クルマ市場におけるエントリー世代のクルマ意識―，6～11（2009）