

基調論文 | 安全システムの競争力強化に貢献するセンサ技術の動向*

Technology Trends of Sensors Contributing to Strengthening the Competitiveness of Safety Systems

野村 浩 酒井峰一 横山賢一
 Hiroshi NOMURA Minekazu SAKAI Kenichi YOKOYAMA

Traffic accident casualties have been recognized as a severe social issue for decades. In order to reduce the number of casualties, extensive research and studies have been performed. As a result, various sophisticated safety systems have been developed and have evolved year by year in vehicles.

Vehicle safety systems are categorized into Active Safety to prevent collision and Passive Safety to minimize passenger injuries.

Recently, there has been a change in technology trends whereby many research and development projects have been shifting back from Passive Safety systems to Active Safety systems including driving support systems such as Adaptive Cruise Control.

This paper describes (a) the future direction of R&D in safety technology in both categories, (b) the trend of possible systems in the future, and (c) the technological movement of sensors supporting the evolution of safety systems.

Key words : Safety system, Active safety, Passive safety, sensor,

はじめに

日本の2011年交通事故死者は4611人で、11年連続減少している。これは、エアバッグ等安全システムの普及も一因であるが、交通事故自体の発生率は、まだまだ高い水準である (Fig. 1)¹⁾。交通事故は大きな社会的問題であり、交通事故から一人でも多くの人を守るために、車の安全システムを進化させていくことは、自動車技術の切実な課題である。車の安全システムは、事故を未然に防止するための「予防安全」と、事故時

の被害を軽減するための「衝突安全」の2つに大別される。これら2つの分類をその代表的な安全システムとともに、時系列に示したグラフをFig. 2に示す¹⁾。安全システムの開発の歴史は、衝突安全の代表的なシステムであるエアバッグに始まり、予防安全の端緒となったABSを経て、近年はACCなどの運転支援システムが数多く開発され、より「予防安全」への開発比重が高まっている。

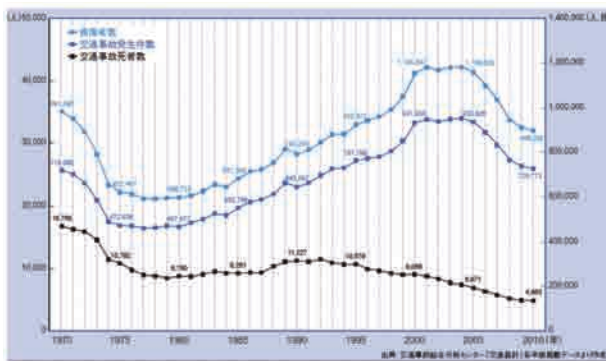


Fig. 1 Traffic Accident records in Japan¹⁾



Fig. 2 Safety Systems Launched in the Market in Recent Years¹⁾

*2012年9月14日 原稿受理

これら自動車の安全装備の装着率を高めることが交通事故件数、死者数低減につながる。予防安全装置の普及の為には、効果予測が必要であり、事故の状況を再現するシミュレーションにはマイクロデータが必要である。今後、安全装備はどのように開発が進むか。デンソーでは、事故調査分析、試験法設定、シミュレーション技術などの安全装備開発のための基盤整備に取り組んでいる^{3) 8)}。考えられるシステム動向とセンサ技術の動向について以下に示す。

2.1 システム動向

2.1.1 周辺監視^{2) 14)}

車の運転は、主に「認知」「判断」「操作」という手順を踏んで行われている。安全運転はそれぞれの手順でミスを起こさないことである。そして、まずは事故にならないために、適切な情報の認知が必要となる。認知を支援するシステムとして最近実用化されている例としては、カーブ走行時にヘッドライトの光軸を操舵方向に自動制御するAFS (Adaptive Front Lighting System) と呼ばれるシステム (Fig. 3) や、夜間の前方視界を赤外線カメラで支援するナイトビューあるいはナイトビジョンと呼ばれるシステム (Fig. 4) などがある。また、操作の支援まで行うシステムには、レーダなどで前方を監視しながら一定の車速で走行し、先行車がいる場合はブレーキ制御も行って適切な車間距離を保つACC (Adaptive Cruise Control) (Fig. 5) や、前方カメラやレーザレーダで車線を認識し、高速道路や急カーブのない自動車専用道などで、車線を逸脱しないように警報やステアリング操作を補助するLKA (Lane Keeping Assist) (Fig. 6) などのシステムが実用化されている¹³⁾。

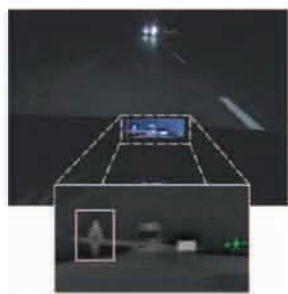


Fig. 3 AFS System¹³⁾ Fig. 4 Night View System¹³⁾

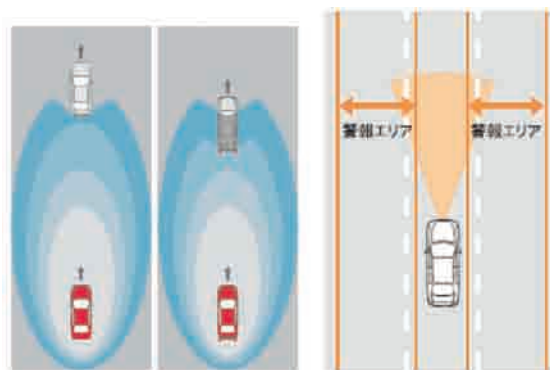


Fig. 5 ACC System¹³⁾ Fig. 6 LKA System¹³⁾

今後、運転支援システムは、視界の確保と認知に必要な周辺情報を提供するために、夜間の雨降り時や霧の発生時などの悪条件下で視界を補助するための技術⁴⁾ や、車両周辺のモニタシステムとそこから障害物や歩行者を認識し、警報するシステムなどが開発中である^{5) 6) 9)}。これらに対応して周辺認識センサの開発が進められている。この分野では、性能向上や普及のための低価格化など、センシングハードウェア自体の開発に加えて、センサフュージョンやアクティブセンシングという手法が多用されていくと考えられる。

センサフュージョンは、レーザやカメラなどの複数のセンサの情報を相補的に用いたり、それらを演算処理などして、総括的な情報を抽出したりする手法である。周辺認識には主にレーダやカメラ、超音波などのセンサが用いられるが、それぞれ一長一短がある。これらを融合 (フュージョン) することによって、より高い認識性能を得るものである。

アクティブセンシングは、対象からの情報を受け取るだけでセンシング (パッシブセンシング) を行うのではなく、対象に対してセンサ側から何らかの働きかけを行い、その結果対象から得られる反応や応答に基づいてセンシングを実行する方法である。これにより、センシング性能を向上できる。これには、センサとアクチュエータを組み合わせる方法や、対象物的に対応してセンサ特性を変化させる方法がある。例えば、レーダを通常は広角でスキャンし、対象物を検知した場合は、そこにスキャンを絞り込んで空間分解能を上げたり、対象物の明るさによってカメラのダイナミックレンジを可変にして、障害物や交通標識の認識精度を向上したりすることなどが考えられる。

また、ここまで述べた運転支援システムは、車両側が自ら得られる情報に基づいて支援する自律型運転支援システムであるが、これだけでは防げない出会い頭事故など危険の可能性がある場合には、路車間通信や車車間通信、さらには歩行者と車の通信も使ったインフラ協調型の運転支援システムが必要である⁷⁾。これに伴いインフラ側にも、車両や歩行者を検知するセンサや、路面の凍結等を検出する路面状況のセンシング技術などが求められる。

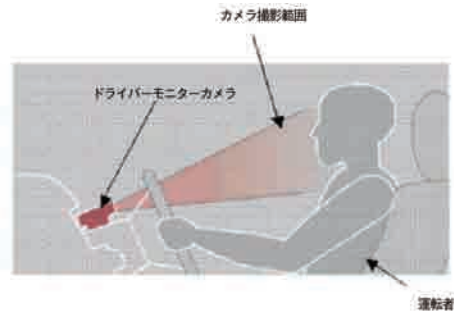


Fig. 7 Driver Monitoring Camera¹⁶⁾

2.1.2 ドライバ状態検知^{2) 15)}

予防安全のもう一つの主要な開発項目は、運転者の状態認識、いわゆるドライバモニタである。運転の主役は最終的にはドライバ自身であり、運転中のドライバ状態を把握し適切な支援や警報を行うことも重要な技術となる。特に最近では飲酒運転への対応も非常に注目を浴びている。これらの開発にはドライバの状態を検出するモニタリング技術とその結果を元にドライバに違和感を与えずに支援、警報を行うHMI (Human Machine Interface) 技術の開発が重要である。

今後の高齢者社会では、ドライバが運転中に体調不良や意識障害を引き起こす確率が高くなると予想されている。そこでドライバの覚醒度の研究・開発もさかんである (Table 1)。

Table 1 Driver Monitor Method¹⁵⁾

計測対象	計測手段	推定手法
脳波	脳電図	α波, θ波
心拍	心電図, 脈波	心拍数変化, 周波数成分解析
呼吸	サーミスタ	呼吸数変化
眼球運動	眼電図	活動度
瞼き, 視線	カメラ	瞼閉度継続時間, 顔向き
ホルモン	試験紙	コルチゾール, デミラーゼ
横揺れ, 車線逸脱	ステアリング角センサ, 白線検知カメラ	横ずれ量, 操舵パターン

覚醒度の推定には大きく分けて人間の生理情報から推定する方法と、車両情報から推定する方法がある。生理情報から推定する方法は、脳波や心拍数を用いたものや、非接触式であるカメラで撮影して覚醒度を研究する方法が盛んである。(Fig. 7) ドライバの「まぶた」の位置を検出し、「まぶた」が閉じているのか、開いているのか判定し、衝突の危険がある場合、表示やブザーで警報を発するものである。他にもステアリングに脈拍センサを組み込んだ研究もある¹⁰⁾。

車両情報や車の操作情報から覚醒度を研究する方法も盛んである。車両の横揺れや白線逸脱を検知し、ドライバに注意喚起を促すものが一部で実用化されている。

今後の動向として、運転者の体調、意識、意図まで踏み込んだセンシング技術も、将来に向けて開発が期待されている (Fig. 8)¹⁶⁾。

感覚系と運動系の支援を行う自動車

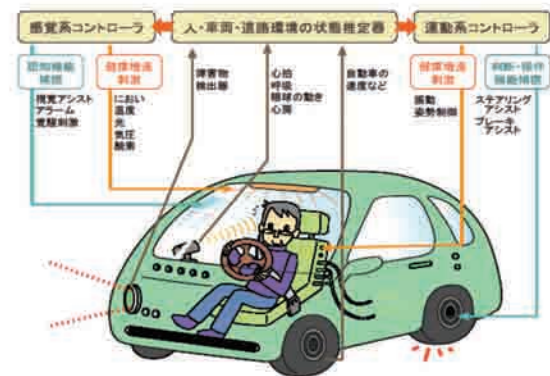


Fig. 8 Vehicle Assisting Human Sensory and Kinetic Systems¹⁶⁾

2.1.3 走行安全^{2) 14)}

予防安全の分野では走行安全時の車両を制御することで走行安定性の確保を目的としたABS (Anti-lock Brake System), TCS (Traction Control System), ESC (Electronic Stability Control) システムが実用化されている。車両が操縦不能状態となり、事故につながる場合にその不能状態の発生を抑制することを目的として開発されている。また、最近ではVDIM (Vehicle Dynamics Integrated Management) が開発され、一部車両で実用化されている。VDIMはエンジン、ブレーキ、ステアリングなど、それぞれ単独で制御していた機能を一つのシステムとして統合制御し、理想的な車両運動性能とより高い予防安全性を目指したシステムである (Fig. 9)。

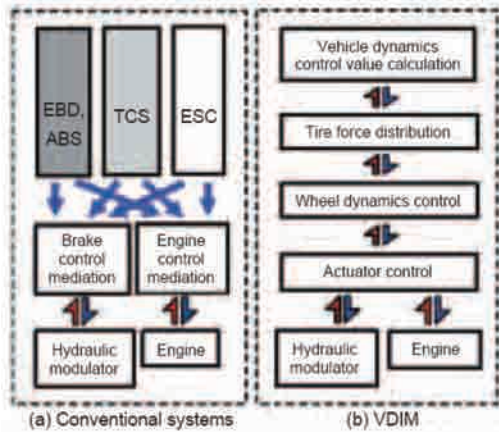


Fig. 9 VDIM System ¹⁴⁾

予防安全や衝突安全のセンサに求められる動向として、判定時間の短時間化がある。従来の加速度センサ¹²⁾の高応答化に加え、加速度以外の衝突特徴量の検出による、より早い衝突検知も必要であり、これに対応した例として、衝突検知用の圧力センサや衝突検知用の音響センサがある。側面衝突は、衝突箇所と乗員の距離が近いので、できるだけ早い検知が求められるが、ドア内に圧力センサを設け、ドアのへこみに伴うドア内の圧力変化を捉えることによって、ドアがへこんでから加わる力を検知する加速度センサに比べて、より早い衝突検知ができる。音響センサは、前面衝突で車体に変形する時に発生する特定の音の周波数を検知するもので、特に車両前部の衝撃吸収ストロークが短くなっている小型車での採用例がある。

予防安全と衝突安全を融合させる例として、衝突したことを検出してから作動するエアバッグシステムに対し、しそうなことを事前に検出して、乗員の保護に必要な装備を衝突に備えて予め作動させるシステムが実用化されている。このシステムは、PCS (Pre-Crash Safety System) と呼ばれている¹⁸⁾。(Fig. 10)当初PCSは、ミリ波レーダや赤外線センサで前方進路上の障害物を検知し、衝突の危険があるときは、まずブザーなどで警報し、衝突が避けられないと判定されるとブレーキアシスト、シートベルトの巻き取りなどを行い、衝突した場合の被害を軽減するシステムである。

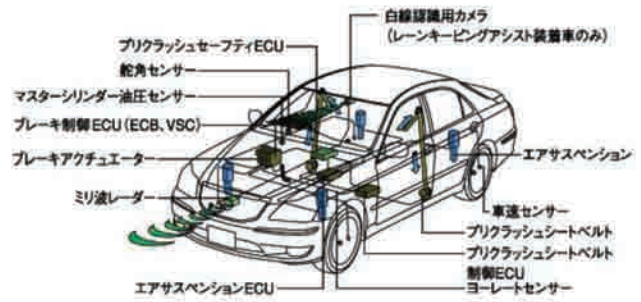


Fig. 10 Pre-crash Safety System ¹⁸⁾

事故が起きてしまった場合の衝突安全システムにはエアバッグに代表される乗員保護システムがある。正面衝突・側面衝突・後突・横転等の衝突形態に対しての保護システムはすでに定着し、その事故に対する効果が認められてきている。衝突安全に対する今後の期待は乗員保護のみでなく、特に、交通弱者である歩行者・高齢者に対する被害軽減対策が要求される。この歩行者保護については、歩行者の衝撃を緩和する歩行者保護ボデーが一般的に普及しているが、一部の車両ではポップアップフードも採用されてきた。このシステムは、エンジンとボンネットフードとの隙間を十分に確保することが難しい車両において、前部のバンパーに配置した加速度センサや光ファイバーなどで歩行者との衝突を検知して、ボンネットフードの後端を持ち上げるシステムである。これによりフードの低い車両デザインを維持しつつ、歩行者との衝突時には、フードとエンジンとの隙間を設けて歩行者の頭部への衝撃を和らげる事ができる (Fig. 11, Fig. 12)。

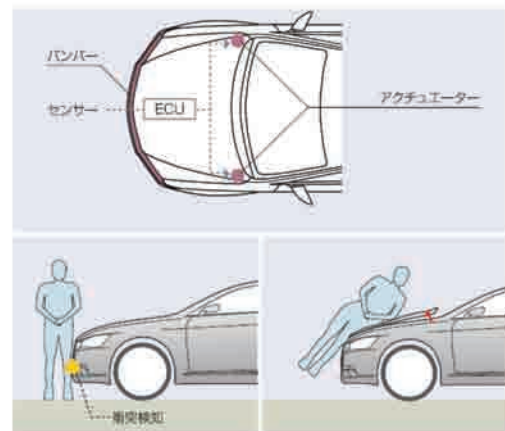


Fig. 11 Pop-up Engine Hood ¹³⁾

また、歩行者保護用のエアバッグシステムの開発も進められている。これには、ボンネットフードから飛び出すフードエアバッグやフロントグリルから飛び出すグリルエアバッグなどがある¹⁴⁾。フードエアバッグは、歩行者の頭部がフロントピラー部などに衝突する衝撃を緩和し、グリルエアバッグは大人の腰部や子供の頭部への衝撃を和らげるものである。これらのシステムでは、例えばレーダやカメラなどによる、より早い歩行者との衝突検知方法の開発が求められている。



Fig. 12 Air Bags for Pedestrians¹⁴⁾

2.1.4 センサネットワーク²⁾

予防安全分野では、従来は独立で制御していた車の電子制御システムが、ある単位で統合されるとともに、これらのシステムをネットワーク化して各システム間で互いに協調して制御するという動向にある。先に述べたVDIMは、その代表例である。また今後は、車外のインフラとも連携した統合制御が行われていくものと思われる。この統合制御と協調制御に伴い、各システム間では更に多くの信号のやり取りが必要となり、一つのセンサからの信号も多くのシステムで共有されるようになってきている。これらの信号は、1対1のワイヤでのやり取りでなく、LAN通信によって行われる。この車内LANはさらに高速化され、また、外部との通信連携も行なわれるようになる。これに対応して、センサへの通信機能の内蔵がますます多くなっていくものと考えられる。さらに、これらの動きは、センサにマイクロプロセッサを内蔵するという、いわゆるセンサのスマート化を今にも増して進展させ、センサ技術に様々なインパクトを与えるものと思われる。また、いわゆるX-by-Wireと呼ばれる、機械式リンクから電気式リンクへの移行が、ステアリングやブレーキ、スロットルなどで、既に活発に行なわれている。これに伴い、運転者の操作量の検出やアクチュエータの動作量の監視やフィードバックのため、回転、位置、圧力な

どの高精度なセンサの重要性はますます高まるものと思われる。

衝突安全の分野では、エアバッグシステムが、様々な衝突形態に対応して急速な拡大を遂げており、今や1台に10個以上のバッグを備える車もある。これに伴い搭載されるセンサの数も増えており、センサとECUとの間の配線数の増大への対応が求められている。このためセンサには、多重通信や省線化通信、さらには無線通信など、高度な通信機能の内蔵が必要になる。

2.2 センサ動向

2.2.1 システムに必要なセンサ

上記に示したシステム例で使用されるセンサをTable 2に示す。センサの測定対象は、圧力、慣性(加速度、角速度)、磁気(回転、角度)、光の4種類に分類できる。

Table 2 Types of Sensors for Safe Systems

	圧力センサ	慣性センサ	磁気センサ	光センサ
AFS			車速 舵角	
ナイトビュー		ジャイロ	車速	日射 遠赤カメラ
ACC/PCS				レーザレーダ ミリ波 超音波 画像(カメラ)
LKA				レーザレーダ 画像(カメラ)
ドライバ検知			舵角	画像(カメラ)
ESC/VDIM	ブレーキ油圧	加速度 ジャイロ	車速 舵角	
エアバッグ	ドア圧	加速度	スロットルポジション	

Fig. 13にデンソーの安全システムに使用される半導体センサの製品群を示す。この中で圧力センサと慣性センサは、MEMS (Micro Electro Mechanical System) 技術を用いている。圧力センサはピエゾ抵抗変化検出タイプであり、シリコンに歪みゲージを作り込み、ダイヤフラム形状に加工している。加速度センサは、容量検出タイプで、SOIウエハを用いたクシバ形状加工を施している。

一方、MEMS技術を用いない磁気センサは、MRE (磁気抵抗薄膜) で製品化している。非接触回転センサには、検出方式として光学式と磁気式があるが、自動車用では搭載性と耐環境性(汚れ)から、磁気式が主に用いられる。さらに磁気式には、代表的な方式としてMPU (Magnetic Pick Up)、Siホール、MRE (Magneto-Resistance Element) がある。近年の自動車制御システムの高精度化に伴うセンサへの要求として回転検出の高感度化や回転停止位置検出があり、こ

れらへの要求に答えるMRE方式の適用が増加している。光センサは、主にシリコンPD（ホトダイオード）を利用している。



Fig. 13 Semiconductor Sensors of DENSO 19)

2.2.2 センサの動向

前述したように、自動車の安全装備の装着率を高めることが交通事故件数，死者数低減につながる。Table 3に、日本の安全装備装着率を示す。予防安全装置の装着率は低く，衝突安全装備でもサイドエアバッグの装着率は、依然と低い。

Table 3 ECU Installation Rate in Vehicles 1)

装備	装備車種数	販売数	販売車台数	装着率
アンチロックブレーキシステム	101 (167)	98.5	3,851,786	95.1
ABS用ブレーキアシスト装置	170 (158)	87.6	3,716,284	91.8
シートベルト非着用警報装置(運転席)	191 (191)	98.5	4,049,410	100.0
シートベルト非着用警報装置(運転席および助手席)	61 (62)	31.4	1,420,625	35.1
濃霧検知前照灯	150 (58)	77.3	1,764,517	43.6
配光可変前照灯(AFS)	44 (18)	22.7	223,932	5.5
衝突時後方視界情報提供装置	109 (21)	56.2	521,283	12.9
車両周辺視界情報提供装置	37 (6)	19.1	122,156	3.0
車両周辺障害物注意喚起装置	33 (4)	17.0	189,141	4.6
交差点左右視界情報提供装置	18 (2)	9.3	81,424	2.0
夜間前方視界情報提供装置	4 (0)	2.1	1,279	0.0
カーブ進入速度注意喚起装置	24 (1)	12.4	174,736	4.3
タイヤ空気圧注意喚起装置	7 (5)	3.6	83,881	2.1
少うき注意装置	26 (1)	13.4	185,593	4.6
車両距離警報装置	43 (1)	22.2	41,727	1.0
車線逸脱警報装置	21 (0)	10.8	23,882	0.6
横滑り防止装置(ヘッドレス)制御装置	8 (0)	4.1	3,599	0.1
前方障害物衝突軽減制御装置	47 (2)	24.2	47,882	1.2
定速走行・車両距離制御装置	45 (2)	23.2	38,843	1.0
低速域車両距離制御装置	6 (0)	3.1	12,877	0.3
全車域定速走行・車両距離制御装置	9 (0)	4.6	17,665	0.4
車線維持支援制御装置	17 (0)	8.8	10,040	0.3
後退時駐車支援制御装置	18 (0)	9.3	39,104	1.0
カーナビゲーション接続システム制御装置	29 (8)	14.9	79,037	2.0
緊急制動時シートベルト着き取り制御装置	39 (5)	20.1	28,623	0.7
車両横滑り/制動時制動力制御装置	117 (55)	60.3	1,016,588	25.0
車輪スリップ時制動力/駆動力制御装置	112 (54)	57.7	985,581	24.3
カーナビゲーション連携一時停止注意喚起ブレーキアシスト装置	11 (6)	5.7	119,844	3.0
後方接近車両注意喚起装置	3 (1)	1.5	1,377	0.0
サイドエアバッグ	130 (82)	67.0	1,086,455	26.8
カーテンエアバッグ	131 (49)	67.6	958,876	24.4
前後衝突軽減シート・アクティブヘッドレスト	117 (112)	60.3	2,502,817	61.8
ISO FIX (CRS)用アンカレッジ	144 (126)	74.2	3,256,095	80.4
座席中央3点式シートベルト型	81 (71)	50.9	1,091,546	36.7
総車種数と総生産台数(平成22年1月~12月半期在)	194車種		4,040,694台	

注1.車種数は、通称名単位で計上する。2.装備車種数は、標準またはオプション設定されている数を記載し、()内には標準設定の数を内数で記載する。3.台数は国内向け車の台数とする。
 4.対象車は軽自動車を含む乗用車(3.5ナンバー車)。
 ※「後席中央3点式シートベルト」の装着状況は、軽自動車、2シーター車、乗車定員4名の自動車など後席中央席のないものを除いたもので、対象車種は159車種、生産台数は2,970,375台。
 出典：日本自動車工業会

装着率を高めるには、センサの低価格化，搭載場所の制約の少ないセンサの小型化，多彩なシステムのネットワークに対応した通信機能のセンサへの搭載が必要である。

これらを実現するキー技術の一つがMEMS技術である。Fig. 14にデンソーの加速度センサを示す。Siの深掘りエッチングでSOIウエハにクシバ形状を加工している。

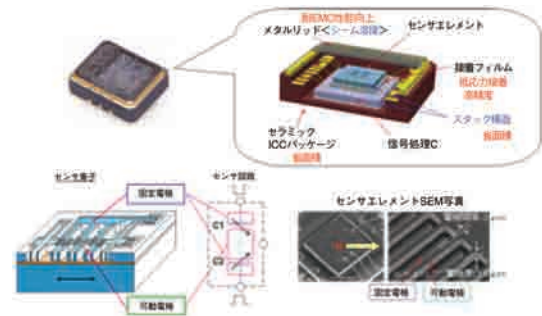


Fig. 14 Acceleration Sensor 19)

この深掘り技術を進化させれば，検出容量が増加し，クシバ面積の小型化や，広ダイナミックレンジを確保することができる。

そこで弊社は，この深掘り技術を継続して開発中である。深掘り技術は，DRIE (Deep Reactive Ion Etching) と呼ばれる装置で，Fig. 15に示すように深掘り時にシリコンの側壁をポリマー膜で保護しながら垂直方向にイオンで掘っていくやり方である。

深掘り技術による高アスペクトの実現だけでなく，低価格化に対応可能な加工費の低コスト化も実現している。尚，深掘り技術は研究レベルでは，100μmを実現している (Fig. 16)。

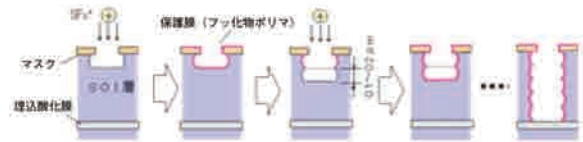


Fig. 15 Flow of Trench Process 19)



Fig. 16 Photo of Trench 11)

通信機能の搭載の為に、微細プロセスを採用することで信号処理回路に集積して、センサ機能と通信機能を一体化している。さらに多軸・高精度対応のため小規模マイコンを活用し、フレキシビリティも併せて向上する開発を進めている (Fig. 17)。

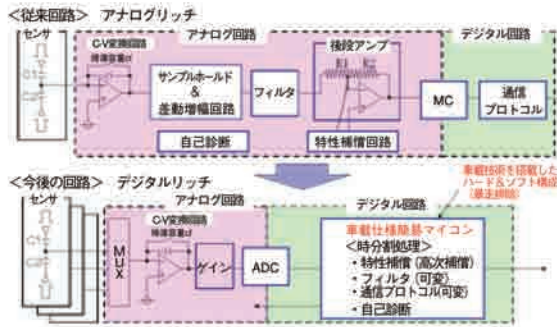


Fig. 17 Diagram of Acceleration Sensor (ASIC) 19)

現在、上記の技術を用いた、車両検知用の加速度センサも開発中である。深掘り技術による高感度を利用し、幅広い検出レンジを持つ加速度センサとなることで、低G~高Gセンサの複合化が実現できる見込みである。

センサの高精度化の為に、低ノイズ化も必要である。この事例として、EMC回路を集積化し、アンテナの役割となる配線長さを大幅に削減した技術を Fig. 18 に示す。第1世代センサは、ディスクリートセンサデバイスと回路部品のハイブリッド構成であった。第1世代のEMC対策はパッケージ全体をシールドケースに入れている。シールドケースで放射ノイズを低減し、ハーネスからの誘導ノイズは、貫通コンデンサを介してシールドケースに導き、過電流で消失させている。第2世代のEMC対策は、回路部を集積化し配線長を極小化することで、シールドケースを廃止した。第3世代のEMC対策は、更にコンデンサと抵抗からなる低減フィルタ (ローパスフィルタ) を集積化し、貫通コ

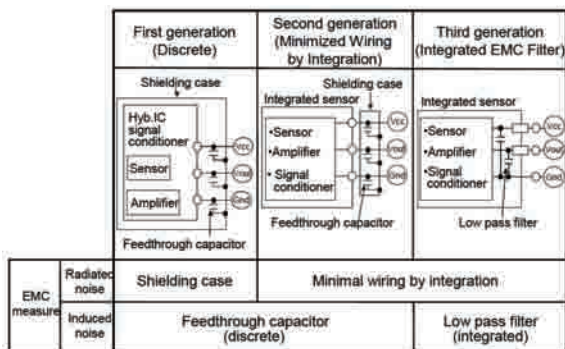


Fig. 18 Evolution of EMC Technology 17)

ンデンサを廃止した。これにより、EMCノイズ対策機能を1チップに集積したセンサ構造を実現している。

センサの高精度化や小型化には、上記のMEMSやASICの実装技術も進化しなければならない。例えば加速度センサは、セラミックパッケージに回路チップとセンサチップを積層し、Auワイヤで電気的接続をおこなっている。そのため、Auワイヤ間の寄生容量値がAuワイヤの揺れにより変化し、より高精度化を実現する場合はその影響を無視できなくなる。そこで、ワイヤ間の寄生容量値の揺れによる変化と温度による構造的歪みの低減を解決する手段としてAuバンプによるフリップチップ (FC) 接合を開発した (Fig. 19)。Auバンプ同士で電気的接続をしているので、寄生容量値が揺らぐ事は無い。この技術は、より微小な信号を取り扱うジャイロ (ヨーレート) センサに適用している 20)。

	加速度センサ	ヨーレートセンサ
構造	配線長 	配線短
電気接続	ワイヤボンディング	FC接合
精度	低・チップ裏面応力	高・チップ表面応力フリー
感度	低・配線容量大	高・配線容量極小

Fig. 19 Evolution of Package Technology 19)20)

FC接合では20個のバンプを一括で接合するため、各バンプの接合性を確保し、かつバンプの位置及び高さばらつきを吸収する必要がある。各バンプの接合性の確保とバンプの位置及び高さばらつきを吸収する手段として、センサチップ側と回路チップ側のバンプの機能を分離することで達成している。センサチップ側バンプは、ワイヤボンディングと同様に荷重と超音波振動を印加することで、塑性流動による新生面の創出を行い、接合性を確保し、回路チップ側のバンプはレベリングを行うことで、接合面の確保とバンプ高さの均一化にてばらつきを吸収している (Fig. 20)。

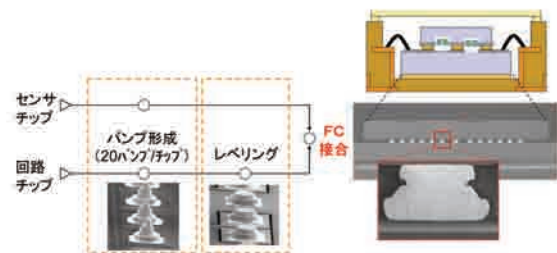


Fig. 20 Flip-chip Joint 19) 20)

むすび

車は着実に「走る」「曲がる」「止まる」の基本性能の向上はもとより、より安全性・環境性を追及しています。ASV（先進安全自動車）（Fig. 21）に示されるように、車と道路が一体となり交通事故や渋滞を低減する活動が今後も進んで、近い将来「完全自動運転」も現実味をおびています。しかし、その実現には、人間の感覚機能に相当するセンサと、頭脳に相当するECU、手足に相当するアクチュエータのどれもが、著しい進化を遂げる必要があります（Fig. 22, Fig. 23）。

事故を起こさない車、環境にやさしい車、そして快適で楽しい車づくりを支えるため、センサ技術を核として、車載環境に適応した高信頼性を備える車載用センサの発展を願って止みません。

参考文献

- 1) 日本自動車工業会：自動車の役割と安全・環境への取り組み（2011）
- 2) 松橋:車載用半導体センサ入門, 2010年, 三松(株)
- 3) 坂東, 宮原, 玉津: 'Traffic Interactions: A Novel Approach for Driving Assistance Systems' The Intelligent Vehicles Symposium 2011
- 4) 松浦, 磯貝, 赤塚: '隊列走行におけるレーザレーダ白線検知システム(第2報)－エネルギーITS推進事業の開発-d' 自動車技術会 2010年秋季大会
- 5) 光本, J.W.Burdick, Michael Wolf: 'People Tracking with UWB Radar Using a Multiple-Hypothesis Tracking of Cluster (MHTC) Method' Special Issues on People Detection and Tracking,

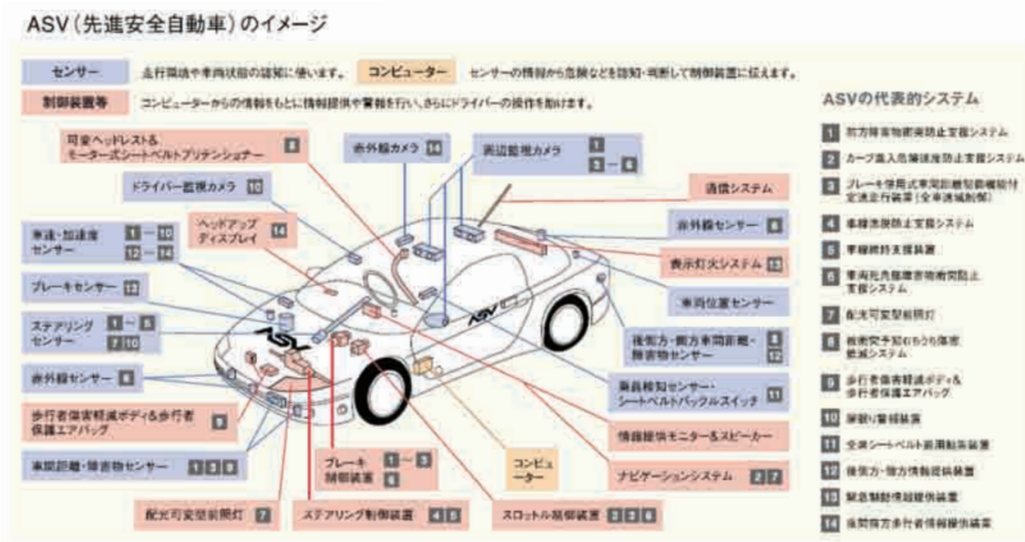


Fig. 21 ASV¹³⁾

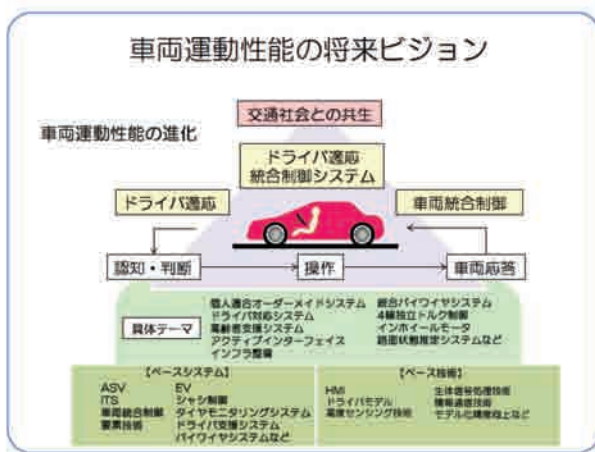


Fig. 22 自動車工業会 車両運動性能部門委員会の将来ビジョン 2011年²¹⁾

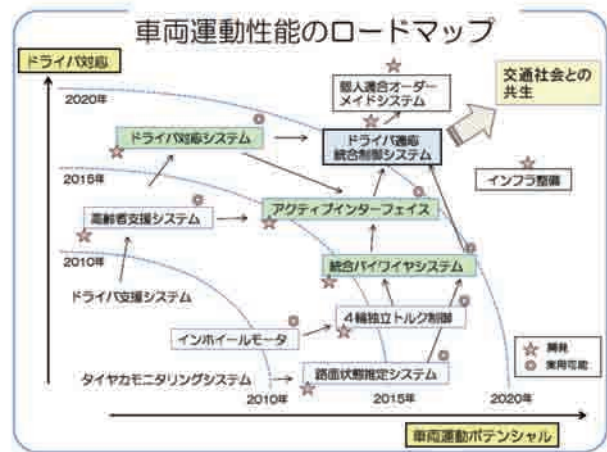


Fig. 23 自動車工業会 車両運動性能部門委員会のロードマップ 2011年²¹⁾

- Springer International Journal of Social Robotics
- 6) 小川, 高木, 森川: 'Pedestrian Detection and Tracking using Multi-functional Lidar for automobile application' The Intelligent Vehicles Symposium 2011
 - 7) 伊佐治, 津留, 森川: '渋滞末尾への追突回避を目的とした車車間通信利用型ACCの開発' (社)自動車技術会 2011年秋季大会 学術講演会
 - 8) 堀井, 土居, 藤吉: 'Effective Assessment of Nighttime Visibility of Pedestrians Using a Driving Simulator' VISION2010 (SIA)
 - 9) 佐藤, 山野, 柳川: '車載単眼カメラを使った障害物検知手法' 2011 IEEE Intelligent Vehicle Symposium
 - 10) ニツ山, 光本, 中川: 'Noise robust optical sensor for driver's vital signs' SAE International 2011年
 - 11) 竹内: '自動車の安全&エコ関係のセンシング技術' センサ技術応用研究会
 - 12) 前田, 鈴木, 井手: 'エアバッグにおけるセンシングバス通信技術' 電気学会全国大会シンポジウム 2008年
 - 13) 日本自動車工業会: 日本の自動車技術 2011年
 - 14) 柵木: 自動車における安全技術の現状と将来, デンソーテクニカルレビュー Vol.12, No.1, 2007
 - 15) 中野, 宮川, 佐野: ドライバの覚醒度検知技術, 富士通Vol.59, No.4, P416-420, 2008年7月
 - 16) 大日方: 「カーロボティクス・ヒューマンファクター研究の最前線」ドライバ状態推定技術についての研究動向, 次世代自動車地域産学官フォーラム, 2011年10月11日
 - 17) 吉田: 「自動車用センサへのMEMS実用化技術」第27回センサマイクロマシンと応用システム, P10-P12, 2010年
 - 18) 松橋: 「先進安全自動車を実現する半導体/センサ」第100回Electronical Journal Technical Symposium 2005年
 - 19) 下山: 「車載用加速度センサの現状と将来」センサエキスポジャパン2010, 次世代センサフォーラム
 - 20) 河口, 藤本他: 「DEVELOPMENT OF YAW RATE SENSOR FOR PREVENTIVE SAFETY SYSTEM」F2012-F08-008
 - 21) 自動車工業会 将来ビジョン 2011年
<http://www.jsae.or.jp/~dat1/vision/>

<著者>



野村 浩
(のむら ひろし)
IC技術2部 第2開発室
安全センサ開発



酒井 峰一
(さかい みねかず)
IC技術2部 第2開発室
安全センサ開発



横山 賢一
(よこやま けんいち)
IC技術2部 第2開発室
安全センサ開発