

第1部：大競争時代の幕開け

統合センサーの開発が続々
多種使い分けは少数寡占へ

カメラ（CMOSイメージセンサー）、LiDAR、ミリ波レーダーの3つは、現在、自動運転車の外界認識に欠かせないセンサーとみられている。それぞれの長所を組み合わせることで信頼性を高める。多種センサーの使い分けと言える。こうした状況が急変しつつある。革新的なセンサーが登場し、3大センサーの勢力図を乱す可能性があるからだ。



自動運転向けに車両の周囲を認識するセンサーの開発が、新たな局面を迎えている。カメラ（CMOSイメージセンサー）、LiDAR（Light Detection and Ranging）、ミリ波レーダー……。多様なセンサーを組み合わせる現行手法に対して、次世代を見据えた技術が、この1年ほどの間に相次いで登場した。主には米国やイスラエルのベンチャー企業が革新的な検知手法を競っている。

次世代の革新的な新型センサーは、既存センサーの検知手法の長所を“良いところ取り”したとも言える。いずれの開発企業もレーダーやLiDARの一種と主張しているが、旧来の検知原理からすると、その分類に当てはまらない。多様なセンサー機能を統合したまったくの新型だ（図1）。既存のカメラ、LiDAR、レーダーを市場から駆逐し、あらゆる自動車メーカーから必要とされる“センサープラットフォーム”の座を狙う。

まずはセンサー情報を融合

現状、自動運転車向けセンサーの開発では、「センサーヒュージョン」を基にするのが業界のコンセンサス（共通認識）である。センサーヒュージョンでは、多種多様なセンサーの異なる役割や強みを生かす。検知範囲があえて重複するように組み合わせ、雨天や逆光など周囲の認識が厳しい環境において

も確実に認識することを目指す。

複数のセンサーからの情報は、車載コンピューターにまとめて取り込み、組み合わせた「融合（ヒュージョン）情報」とすることで、外界の状況を総合的に認識する。例えば悪天候の状況下で、仮にカメラの情報が不十分ならLiDARの情報で補い、逆にLiDARの

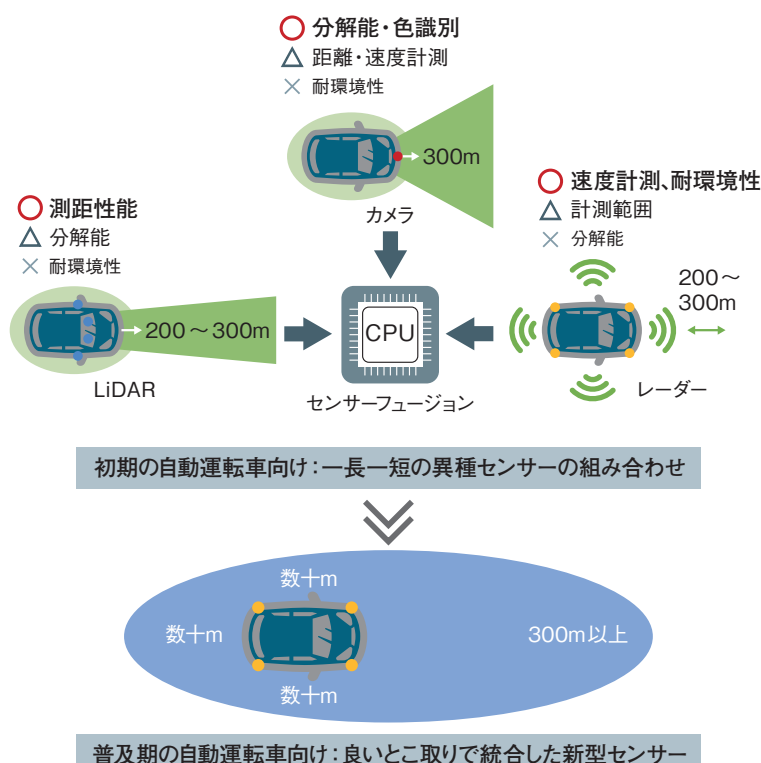


図1 「組み合わせ」から「良いところ取り」へ

自動運転車向け外界センサーは、カメラ、LiDAR、レーダーといった異種のセンサーを組み合わせることで情報を融合させる「センサーフュージョン」で2020年前後に実用化された後、新型で普及しそうだ。新型は、厳しい環境下にあっても高分解能での測距が可能である。既存のセンサーを単純に進化させたものではなく、既存の異種センサーの強みを盛り込んだデバイスになる。ここへ来て開発が活発化している。



図2 当初はLiDARが主には高価格車に搭載

自動運転には、少なくとも当初は距離情報が必要と多くの自動車メーカーが考えているようで、LiDARを搭載した開発車が多い。上はトヨタ自動車の子会社で、米国で人工知能など研究開発しているToyota Research Institute社が開発した自動運転実験車。レクサスの高級セダンがベース。米Luminar Technologies社のLiDARを搭載する。中央はNavya社の自動運転タクシー。車載LiDARで先行しているVelodyne LiDAR社のセンサーを搭載し、同社のブースに車両を置いていた。下は、米Fisker Automotive社のスポーツカー（コンセプトカー）。Quanergy Systems社のLiDARを前部や側面などに搭載する。日経エレクトロニクスが「CES 2018」で撮影。

注1) カメラは、色と高分解能での形状の認識に適している。一方、対象物の距離や速度を直接計測することができない。雨天や霧など悪天候での認識力は落ちる。LiDARは、対象物の距離画像を形状認識が可能な分解能で取得できる。ただし速度を直接は計測できず、悪天候や強い日差しの下など悪環境下で遠方の認識力が低下する恐れがある。レーダーは、距離に加え速度を直接検知でき、悪環境ではカメラやLiDARより遠くまで検知できる。分解能は荒く、対象物が人か車両といった認識には適さない。

情報が足りない場合はレーダーの情報で安全確保に必要な最低限の判断材料を与える。

2020年前後に登場する初期の自動運転車のほとんどは、センサーヒュージョンをベースとすると見られる。原理的には、現在の実験用の開発車両がベースとなる。開発車両の仕様から、カメラ、LiDAR、レーダーを合わせて20個前後搭載することになりそうだ^{注1)}。場合によっては近距離用の超音波センサー、カメラや遠距離レーダーがカバーできない遠方の側方など向けに遠赤外カメラ（サーモグラフィカメラ）も使う。車々間通信による他の車両からの情報や、路車間通信による道路インフラからの情報も生かす。

公道での走行実績が少ない初期の自動運

転車が、冗長性を確保して信頼性に重きを置くセンサーヒュージョンに基づくことは理に適っている。多数のセンサーを搭載することでコストがかさむため、車両価格が1000万円を超える高級車や、シェアサービス用の車両などが中心となる見込みである（図2）。

センサーヒュージョンの考え方は、自動車メーカーはもちろん電装システムメーカーの「ティア1」や電子部品メーカーの「ティア2」にも深く浸透している。しかも自動車業界に入り込んでいる関係者ほど、「冗長性によって高い信頼性を確保できるセンサーヒュージョンによる開発が今後も必要」（欧州の半導体メーカーの技術者など）と口をそろえる。

高分解能レーダーで認識も

もっともセンサーヒュージョンですべてが解決するわけではない。コスト、外形寸法、重量、消費電力が増大するという課題が生じるからだ。こうした課題に解決できる可能性があるのが新型センサーだ。その1つが、2018年1月に開催されたハイテク分野の展示会「CES 2018」（2018年1月9～12日、米ラスベガス市）で、ひっそりと展示されていた^{注2)}。カナダのティア1であるMagna International社が見せたミリ波レーダーだ（図3）。「解像度が（既存のレーダーよりも格段に）高くLiDARを不要にできる」（同社のブースの説明員）。2019年に市場に投入する。

同社は、低価格化しやすいメカレスLiDAR技術を持つイスラエルInnoviz Technologies社へ2017年9月に出資を発表したばかりだ。Magna社が新型レーダーを期待通りに実用化できれば、顧客である自動車メー

カーにはLiDARを含まない形で車載センサーシステムを提供する可能性がある。

同社のレーダーは、米国のベンチャー企業である Uhnder 社の技術を採用する (pp.25-30の第2部参照)。“レーダー”とはいえ、ミリ波レーダーで一般的な距離検知手法を使わない。デジタル携帯電話や無線LANなどで利用されているスペクトラム拡散の信号処理を、距離推定に応用している。

水平方向と垂直方向の分解能をいずれも1度未満と高めつつ、計測範囲は最大300mと既存の長距離レーダー並みを維持している。さらに既存レーダーよりも認識速度が50倍速いとしており、結果としてカメラの一般的なフレーム速度 (例えば30フレーム/秒) に見劣りしない更新速度での認識が可能となる。

既存の車載用レーダーの分解能は、良くて数度から10度前後であることが多い。この分解能では、捉えた対象物が存在することや移動していることは認識できても、それが人なのか車なのかは分からない。同社の新型レーダーでは、移動物体の識別はもちろん、静止物体のガードレールや道路の凹凸を正しく認識できるという。

車載センサーで移動物体や静止物体を認識するには、従来はLiDARやカメラからの情報に頼っていた。レーダーのみで済むなら、わざわざコストのかさむLiDARは要らなくなる。ただし今回のレーダーでも色は認識できないため、色の識別が必要な用途ではカメラは省けない。

カメラを不要にする“LiDAR”

Magna社のほかにもCES 2018では、複数

(a) レーダーの認識イメージ



(b) レーダー



(c) LiDAR



図3 レーダーで人や車の位置や速度を認識

カナダMagna International社は、自動運転に向けた新しいレーダー技術を開発した。LiDARの役割の一部を担えるためLiDARを使わず、カメラとレーダーで外界の認識ができる可能性がある。同社はLiDARもイスラエルInnoviz Technologies社と共同開発することを2017年に発表した。下の2枚の写真は「CES 2018」で撮影。(a)の写真:Magna社)

の車載センサー企業が、デモ車両を使うなどして独自のセンシング技術をアピールしていた。

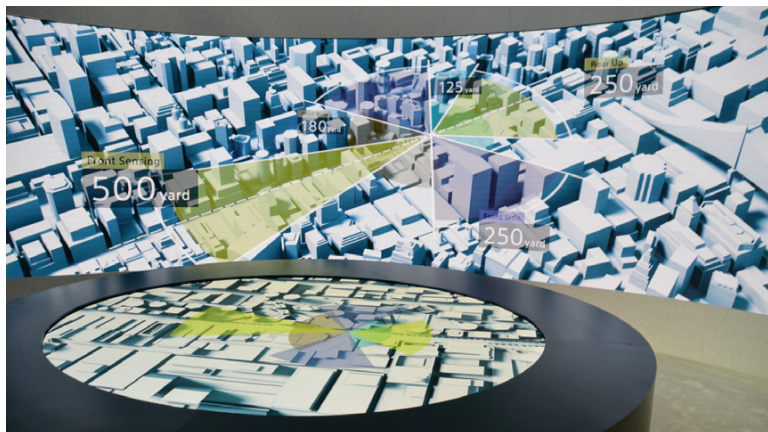
例えばLiDARの開発企業からは、既存のLiDARとは原理が大きく異なる興味深い提案があった。その1つの米TetraVue社は、汎用のCMOSイメージセンサーを組み合わせた“LiDAR”で注目を集めていた。距離画像をカメラ並みの解像度で取得できる (pp.31-36の第3部参照)。色の識別は、公開した試作機ではできなかったが、原理的には可能だ。カメラの置き換えも視野に入る。

同社はLiDARと呼んでいるが、距離検知手法は既存のLiDARで一般的なToF (Time of Flight) の計測手法を使っていない。ToFでは近赤外光を放射して反射光が戻るまで

注2) Magna社は、CES 2018の直後に開催された北米最大の自動車展示会「North American International Auto Show (NAIAS、デトロイトモーターショー)」(2018年1月13～28日、米デトロイト市)で、このレーダーを完全自動運転(レベル4およびレベル5)に対応した超高解像度レーダー「iCON」として大々的に発表した。



図4 カメラを不可欠なセンサーに
イメージセンサー最大手のソニーは、カメラを自動運転向けで欠かせないセンサーにし、その市場でリーダーの座を狙う。左は、ソニーセミコンダクタソリューションズ 車載事業部統括部長の北山尚一氏。下は将来のカメラの広い検知範囲を示した同社のビデオ。いずれも「CES 2018」で撮影。



注3)ソニーは、協業中のドイツRobert Bosch社、デンソー、イスラエルMobileye社に加えて、新たにトヨタ自動車や日産自動車、韓国Hyundai Motor社、韓国Kia Motors社、米NVIDIA社と協業することをCES 2018で明らかにした。

の時間を計測する。計測手法の刷新によって、長距離化や高速化・高分解能化が難しくなるというLiDARの課題を解決するための。

カメラの座は安泰か

車載カメラでは、イメージセンサー最大手のソニーが、400mを超える長距離での認識能力を高める技術を開発中だ。CES 2018では、742万画素と車載向けとしては業界最高解像度のセンサーと、さらに解像度を高めたというセンサーでデモした。将来的には解像度をなお一層高めて450m (500ヤード) 遠方まで認識できるようにする(図4)。人の目には暗闇に見える0.005lxの環境でカラー撮像できるセンサー、約4万lxと明るい環境とトンネル内などの暗所を同時に撮像できるセンサーもデモした。

同社の事業戦略は「自動車業界との幅広

い協業関係の構築で主導的な立場を築く」(代表執行役社長 兼 CEOの平井一夫氏)こと^{注3)}。協業によって自動運転センサーの基盤の座を確実なものとする。

その一方、素子の技術力にも磨きをかける。「車載カメラで差別化要因となるのはハードウェア(センサー素子)になる。信号処理や解析アルゴリズムは汎用化するのではないか」(ソニーセミコンダクタソリューションズ 車載事業部 統括部長の北山尚一氏)。

車載センサーで最大手の米ON Semiconductor社も協業関係の構築を進めている。完全自動運転一歩手前の「レベル3」による自動運転車を2018年中に実用化するドイツAudi社へ、ON Semiconductor社の最新センサーを含む半導体技術を早期に提供する提携を2018年1月末に結んだ。

同社やソニーは、いずれもカメラが自動運転には欠かせないセンサー技術であり続けると考えている。カメラで他のセンサーを駆逐するとは考えていない。

大競争時代へ

安全が第一の自動車業界は、同時にコスト意識が極めて強い。過去を振り返ると、新技術の投入初期の冗長性は、市場での実績を重ねて安全性を確認することで省かれてきた。ABS (Antilock Brake System) や車載マイコンなどの電子システムがそうだった。

自動運転向けの追加機能が、冗長性をなくす過程で多様なセンサーの統合が進むことは歴史の必然かもしれない。カメラ、LiDAR、レーダーという3大センサーの領域を超えた大競争が始まった。