

自動車を取り巻く環境認知センサーの検証

中里武彦

1 はじめに

近年、車の自動運転技術や、安全支援車両技術に注目が集まっている、実際に特定環境の中では走行可能な車両が開発され一部販売もされている。

また、自動車メーカーも機械、鉄鋼などの従来の関係を飛び越え、IT 関連の企業と提携を進めるなど自動車を取り巻く環境は複雑さを増しながら自動運転車両実現に各メーカーはしのぎを削っている状態である。

本研究では、現在、自動運転のコア技術として注目をされているカメラ、LiDER（ライダー）、ミリ波レーダー、に注目し各センサーの持つ特徴を検証したい。また、GPS 測位についても併せて報告する。

2 技術展望

2-1 自動運転定義

自動運転定義とはアメリカの非営利団体 SAE インターナショナルが定めた SAE -J3016に定義されており、表 1 に示すように 5 段階に区分される、区分内容を下表に示す。

現在、レベル 1 の運転支援については各メーカーで発売され、レベル 2 の車両も登場してきている、レベル 3 は世界的に見てもまだ稀有ではあるがすでに存在している。

表 1 自動運転定義

レベル	自動運転機能	条 件
0	自動運転なし	
1	運転支援	ハンドル、加減速など 1 項目
2	部分自動運転	ハンドル、加減速など同時に複数の操作を行う
3	条件付き自動運転	限定的条件ですべての操作をシステムが行うが必要に応じてドライバーに操作をゆだねる
4	高度自動運転	ドライバーなしでも、交通量が少ない、天気が良いなど条件がそろえば自動で走行できる
5	完全自動運転	どのような状況下でも自律的に走行可能

2-2 運転支援機能

運転支援機能は各メーカー固有の名称もあり、機能に対する正式名称が追いつかないのが現状であるが、代表的な機能と支援内容を下表に示す。

表2 運転支援機能

運転支援機能	支援内容	センサー
地図ナビゲーションシステム	車両の現在位置を示し、目的位置までの道順を案内する	GPS
衝突被害軽減ブレーキ	車が、障害物を察知し自動でブレーキをかける	LiDAR ミリ波レーダー カメラ
360度バックモニター	車両の全方位を一つの画面に映し出す	カメラ
車両追従走行	前方車両の走行に合わせて車間距離を保ちながら加減速を自動で行う	LiDAR ミリ波レーダー カメラ
誤発進抑制	車両周りの障害物を察知し、誤った発進を防止する	音波センサー カメラ
ブラインドスポットモニター (インフォメーション)	高速道路などで車線変更時の後続車両を察知	LiDAR ミリ波レーダー
車線追従走行	走行車線からの逸脱防止	カメラ
トルクベタリングコントロール	車両の各タイヤのトルク配分を制御	加速、ヨーセンサー
歩行者事故低減ステアリング	歩行者と衝突の危険があるときにステアリングの操作を行う	LiDAR ミリ波レーダー カメラ
路車間通信システム	道路わきに設置された路側機と自車の通信により道路状況を把握、危険防止	LiDAR ミリ波レーダー 通信システム

表2中に示したような自動運転レベル2を限定的に制御する車両は既に存在し、技術的には完全自動運転車両（レベル5）も可能かと期待されている。本研究では現在の技術の潮流を探索すべくコア技術と呼ばれるセンサーの検証を試み報告する。

3 実験方法

今回の実験が異なるセンサーの性能検証であるため同一基準での性能を比較する実験は困難であるが図1に示すように左右を建物に囲まれた通路先に対象物を置き、視認性、距離、認知を測定した。

図1は対象物から20m離れた地点からデジタルカメラで撮影したものである、すでに筆者の所有するカメラでは対象物の存在が認識しづ



図1 実験環境

らい状態である。

対象物の大きさは、小学生低学年程度の大きさを目標とし、1000mm × 530mm の合板より作製した。また、警視庁の発表する交通白書より時速60Km/h からの空想ブレーキ距離を含む停止距離が20m であることから、測定距離を20m とした。

4 実験機材

本研究で性能試験を行ったセンサーと、各センサーの仕様及び製造メーカーを表3に示す。

表3 実験機材

Device	仕様	メーカー
GPS 測位 (GVS 速度距離計)	0.1km/h~999.9km/h の速度測定可能	バイオシステム
HD カメラ (HD Webcam C525)	最大解像度720/30fps オートフォーカス, 視野角69°	Logicool
LiDAR (RPLiDAR A 1 M 8 360)	360° 無指向性レーザースキャン 5~55Hz スキャン周波数 サンプル周波数400~8000Hz 測位距離 0.15~12m	Slamtec
ミリ波レーダー (AWR1642)	76~81GHz 帯で使用可能 測位距離 0~10m, 10~250m 測定角度 14.5°	TEXAS Instruments

これらのセンサーであるが、現在、自動車メーカーが開発などに使用しているものは当然入手困難なため、一般に購入できるセンサーの中から適切な製品を選んだ。本来の車両に取り付けられた物との性能差があることはご承知願いたい。

5 検証

5-1 GPS 測位

GPS の運用は1993年より開始され、現在は携帯電話にも搭載され身近な存在であり、多くのドライバーはナビゲーションの恩恵に預かっている、自動運転技術では注目が低く感じるが本来 GPS を使った地図機能の正確さが自動運転期待への始まりである。

今回の検証では20m の実験用コースを手動で移動させ走行距離を計測することによる位置情報の正確さを検証した。

計測方法は図2のように機材を移動車に乗せ

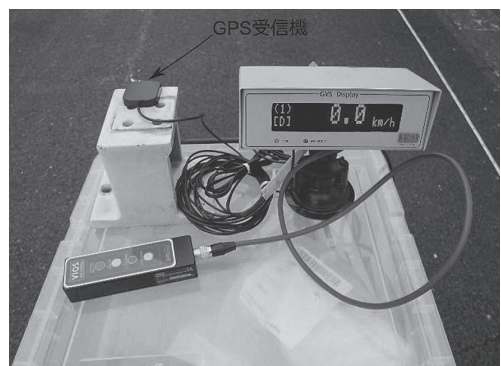


図2 GPS測定

20m が計測できるように巻き尺を伸ばした状態で20m を移動させた。

その結果、計測値は19.96m を示した、誤差 4 cm である、しかも地面に置かれた巻き尺の誤差や、測定誤差など考慮すると果たしてどちらが正しいか悩む結果となったが、一般道路に置き換えてみれば道路に引かれた白線の幅が15cm であることから GPS だけでも十分走行できるだけの精度を有することが分かった。今回の測定データより走行軌跡を描き出すことができ図 3 に示す上側から開始し下側が終点である。測定中は真っすぐ移動したつもりであるが蛇行し最後の 20m 地点で調整している様子が伺える。

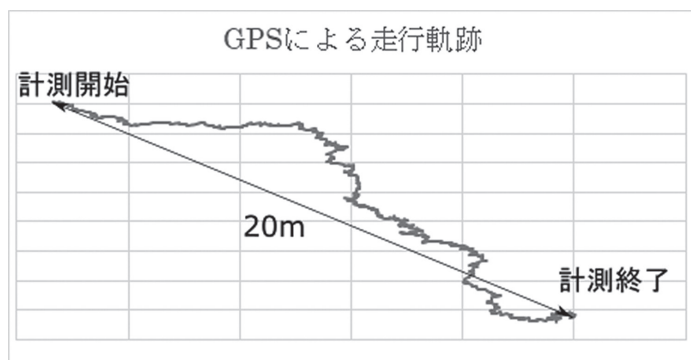


図 3 走行軌跡

5-2 カメラ

現時点ですでにカメラの持つ技術は多岐にわたり表 2 で上げた安全支援機構の中でも多方面にわたる支援機構の要となる、その技術には AI（人工知能）を含む画像処理や、ステレオカメラ、ToF カメラ（光による距離測定機能付きカメラ）など本体、ソフト両面の開発が著しい分野である。

今回の検証では HD カメラによる画像検証のみに限定し、現在の技術進化の確認を試みた。

下図 4-1 から図 4-4 は検出対象物を 2 m ～ 20m 離れた所からのカメラで写された画像であるが、検出対象物の右にゴミ箱が接地されているが距離が近づかないと奥行きを認識できないことがわかる、検出対象物の大きさが 100 × 53cm, ゴミ箱が 105 × 52cm である。

20m 付近では前方の対象物らしき物を何とか認識し徐々に距離が近づくと対象物に描かれた模様も認識し物体の位置関係も見えてくる、この結果から画像のみでは距離を認識するのが難しいことがわかる、もちろん現在の市販車に利用されている最新の技術はこのレベルではないことは先に述べた通りであり、最新の ToF カメラは濃霧の中でも物体を認識できる。しかし、車を取り巻く環境は気象条件や市街地、山岳地など常に変化し続けることを考えればカメラからの画像だけに頼るのは難しいと言え、それを補うために次に示す LiDAR やミリ波レーダーが搭載されるようになってきた。



図 4-1 20m

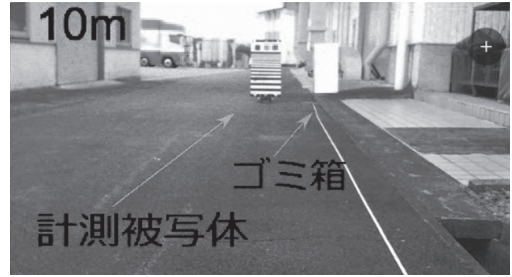


図 4-2 10m



図 4-3 5m



図 4-4 2m

5-3 LiDAR

LiDAR「light detection and ranging」はレーザーを照射し物体からの反射時間を計測し物体との距離を測定している、現時点で Audi A 8 に搭載されたと聞いているが、まだ、搭載車両は少ない。

今回使用したセンサーは 2D での 360 度検知であったが、主流は 3D 検知である、このセンサーからの情報があれば車両を取り巻く環境を立体的に察知することができる。図 5 は同種の上級機



図 5 LiDAR 3D イメージ (techcrunch.com)

で得られた3Dイメージのサンプル画像 (techrunch.com) であり、図6は、検証に使用したLidar本体である。

図6のLiDAR本体の円筒部分が回転しながらレーザーを照射し、物体を感知している、図からは大きさが判別しにくい縦横が100×70mm、高さが55mmである、決して大きくはないが車のボディーに取り付けるには工夫が必要と思われる。



図6 LiDAR本体

図7にLiDARによる3m離れた場所の測定結果を示す。LiDARでは対象物を真上から見たように表す事ができ、この図では図4の各図に示した対象物が中央に位置し周辺の状況を示している。

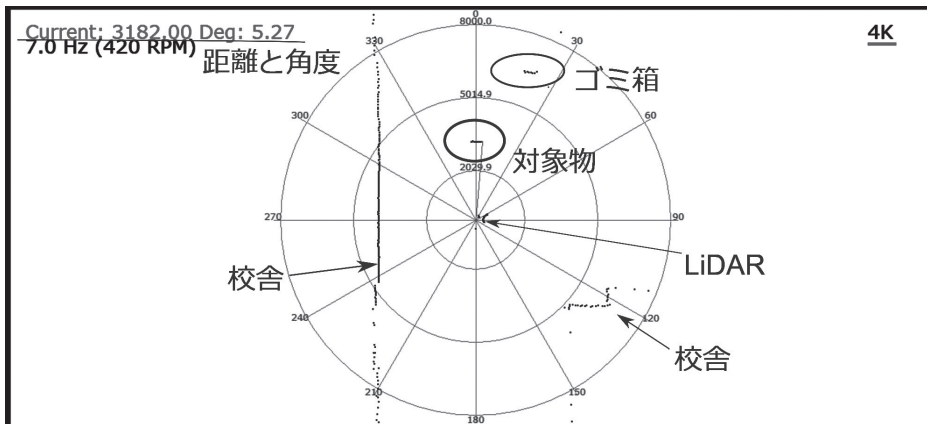


図7 LiDAR 3m

先の図5に示した上級機によるLiDARイメージと比較すると簡素な結果であるが、図の中心にLiDARがあり周囲360度を感知している様子が判る、図の左上には対象とされる物体までの距離と角度を表示し、カメラでは判別しにくい対象物とゴミ箱の奥行きがはっきりと認識された、対象物までの距離が3182mm、角度が5.27°と表示され、周囲の建造物も同時に感知していることがわかる、しかし、LiDARが万能のセンサーではなく今回の検証では6m付近まで近づいたときに対象物を認識した、センサー自体の性能によるところもあるが、レーザーが空気中の水滴により乱反射してしまう傾向があるため測定範囲には限界がある、今回は雨天での検証は行えなかったが重要な検証項目として次回に期待したい。

5-4 ミリ波レーダー

ミリ波レーダーは、先に述べたLiDARと違いミリ波と呼ばれる高い周波数の電波反射を利用

して物体の位置を感知する。光学を使用したカメラやレーザーと比較すると雨、霧、逆光などの影響を受けにくい性質がある。

このセンサーはすでに自動ブレーキ搭載車両などに多く取り入れられ、対象物の検知及び距離測定に使用されている。車両のグリルに取り付けられたマスコットと一体化された形で見ることができる。

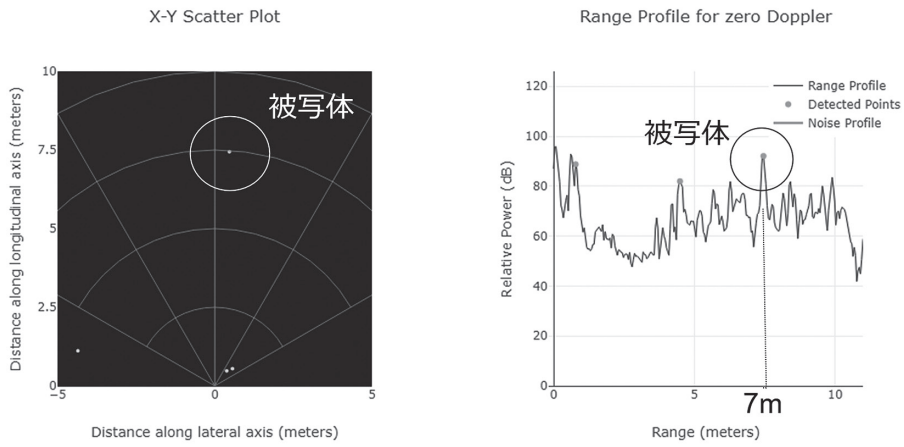


図8 ミリ波レーダー

ミリ波レーダーの測定結果を図8に示す、左側の図の○で囲まれた点が被写体を表し、右のグラフも同様に○で囲まれた位置が被写体になる。右のグラフの縦方向が物体を察知し戻す電波の強弱を表し横方向に距離を示す。今回の測定では測定範囲が10mの設定までに限られているがプログラムを操作することにより広範囲での検知が可能になり、範囲は0～250m精度は0.5mmと人間の検知できるレベルを超えている。図では表現できなかったが、このミリ波レーダーは移動する物体をとらえるのに適し物体の速度も表示することができる、見方を変えれば自身が物体に近づく速度を感知しているとも言え、この特徴が表2運転支援機能に示した衝突被害軽減ブレーキに多く活用される理由の一つと考えられる。

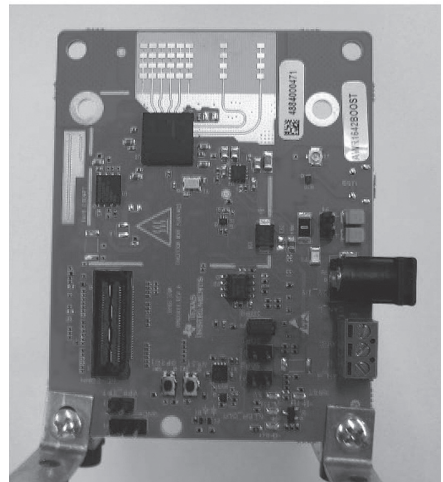


図9 Texas AWR1642

ミリ波レーダーはカメラやLiDARと比較すると天候や日照に影響されず遠方の状態を把握で

きるなどの長所を持つが、検知角度に一定の条件があることや、複数のミリ波レーダーが電波を出すことによる電波干渉、極寒冷地での起動不具合などの短所もあるが、筆者の知りうる範囲であることを付け加えたい。

6 検証実験にて見えてきたこと

今回の4種類のセンサー検証実験でそれぞれのセンサーの持つ特徴が見えてきた、検証結果を下記に示す。

(1) GPS

- ① 位置情報は正確である。
- ② 車両を取り巻く環境の情報は測定できない。

(2) カメラ

- ① 画像として模様なども認識できる。
- ② 距離認識が難しい。
- ③ 天候や環境などによる安定した視界確保が難しい。

(3) LiDAR

- ① 周囲の物体と距離を把握できる。
- ② 測定距離が短い。
- ③ 雨などによる光の屈折に弱い。

(4) ミリ波レーダー

- ① 測定距離も長く正確である。
- ② 天候による影響が少ない。
- ③ 計測角度に条件がある。
- ④ 電波干渉が懸念される。

それぞれのセンサーが持つ特徴を生かし走行する車両の位置と環境を検知していることが見えてきた。また、それぞれのセンサーが技術進化により外部影響低減や精度向上し続けている事も見えてきた。

7 ま と め

今回はセンサーに対する検証に絞ってきたが完全自動運転実現に向け、センサーの情報を読み取り車輛をコントロールするIoT、人工知能などの制御ソフトウェア性能が重要である事も見え、車の性能自体を左右してくる、すでにカメラによる画像処理では人や車、走行車線を認識しているのである。また、車両側の技術だけに留まらず路車間通信システムに見られるように市街地など複雑な情報が入り混じる環境では交差点の交通状況を車両側に発信するなど、この分野の

技術無しではこれからの車は語れないといっても過言ではないといえる。

しかし、最新の制御技術で武装した車両も車の基本となる走る、曲がる、止まるの基礎があって初めて安全に走行できるのであり、我々自動車整備に携わる者としては新技術への理解を深めつつ、従来の基礎を忠実に行うことが重要である。

自動車技術大変革と呼ばれるこの時代の先にどのような車が登場するのか期待しつつ、新技術理解への取り組みを継続したい。

8 謝 辞

環境認知センサーの検証としてLiDAR、ミリ波センサーの評価キットを購入したがセンサーを起動するための設定を行うためには専門的知識が必要であり筆者が困惑する中、本学、寺尾裕二先生が夜遅くまで設定を行い、プログラムの解説までしていただいた、今回の実験が行えたのは寺尾裕二先生の力によるところが大きくここに感謝を述べたい。

参 考 文 献

- 1) 自動車技術 2019 Vol.73

