

2020 年9月 30 日

自律走行車両 の解剖学

Raffi Mardirosian

自動車産業の専門家はしばしば、自律走行車企業の設立と巨大な可能性、あるいは困難な課題について議論を行いますが、自律走行車両のアーキテクチャが実際どのようなものになるかについては、比較的議論に費やされる時間が少ないようです。我々Ouster 社においては、AV センサー/計算スタックにおいて重要な役割を果たすセンサーの開発に日々の時間を費やしているので、ここで、自律走行車両アーキテクチャの現状に関し、簡単にご紹介したいと思います。さらに深く掘りご理解いただくためには、Teraki との[ケーススタディ](#)をご覧ください。

最初に、自律走行車両の初心者の方に対して、少しばかり背景を説明します。

[米国自動車技術者協会](#)（SAE）により 5 ステップから成る完全自律走行車両へのロードマップが敷かれています。





SAE J3016™ LEVELS OF DRIVING AUTOMATION

	SAE LEVEL 0	SAE LEVEL 1	SAE LEVEL 2	SAE LEVEL 3	SAE LEVEL 4	SAE LEVEL 5
What does the human in the driver's seat have to do?	You are driving whenever these driver support features are engaged – even if your feet are off the pedals and you are not steering			You are not driving when these automated driving features are engaged – even if you are seated in “the driver's seat”		
	You must constantly supervise these support features; you must steer, brake or accelerate as needed to maintain safety			When the feature requests, you must drive	These automated driving features will not require you to take over driving	
What do these features do?	These are driver support features			These are automated driving features		
	These features are limited to providing warnings and momentary assistance	These features provide steering OR brake/acceleration support to the driver	These features provide steering AND brake/acceleration support to the driver	These features can drive the vehicle under limited conditions and will not operate unless all required conditions are met	This feature can drive the vehicle under all conditions	
Example Features	<ul style="list-style-type: none">• automatic emergency braking• blind spot warning• lane departure warning	<ul style="list-style-type: none">• lane centering OR• adaptive cruise control	<ul style="list-style-type: none">• lane centering AND• adaptive cruise control at the same time	<ul style="list-style-type: none">• traffic jam chauffeur	<ul style="list-style-type: none">• local driverless taxi• pedals/steering wheel may or may not be installed	<ul style="list-style-type: none">• same as level 4, but feature can drive everywhere in all conditions

今日、商業的に展開される車両はレベル2のオートメーション（あるいは、今や“2+”とも呼ばれます）に到達し、カメラ、前面レーダー、低解像度 LiDAR からなるセンサー群に依存しています。この簡素なセンサー群の背後には、とても基礎的な処理スタックが存在します。

SAE レベル4や5に進むためには、産業界は、2～3のカギとなる技術的なハードルを乗り越えなければなりません。:

- 全環境における高精度で高い強靱性と高度な知覚および位置推定
- 様々な条件における、より高速なリアルタイム意思判断
- 信頼性があり、かつ、費用対効果の高いシステムで、大量生産が可能

これらの課題を乗り越えるには、より強力なセンサー群（スイート）と、より高速な計算インフラを備えた新しいハードウェアスタックが、コストと規模（スケーラビリティ）の両面において、商業的に提供されることが必要となります。

ハードウェア：センサー

LiDAR

LiDAR は、全てのレベル4あるいはレベル5の試作車両に使用されます。これは、環境に対する深さ方向、および空間情報を正確に提供できる能力を持つためです。このデータは、3D 点群として表され、カメラとレーダーのデータを増強して、車両周りのオブジェクトを、より迅速かつより正確に分類します。

良い点：

極めて高精度かつ正確な深さ方向（レンジ）情報、昼夜を問わず稼働、照明やほとんどの外部条件に依存せず、中間レベルの解像度（レーダーよりもずっと高く、カメラよりも低い）

悪い点：

高データ転送速度、今日では高コスト、フォームファクターの増大



標準的なセットでは、短距離、中距離、長距離 LiDAR センサーが、自律走行車両周りの異なる位置に配置されます。

統合：

- 4 つの [短距離用 LiDAR センサー](#) が車両の端部に配置。人間のドライバーにより見逃される可能性のある車両周りの直近の潜在リスク（即ち、小動物、コーン、縁石）を特定するのに使用されます。この設定には、1 つのセンサーが車両のグリル上に、2 つ

のセンサーがサイドミラー近傍に、そして、1つのセンサーが車両のリアゲート上への配置が含まれます。

- 2つの[中距離 LiDAR センサー](#)が、車両のルーフの端部に配置され、マップ作成と位置推定に使用されます。
- 2つの[長距離 LiDAR センサー](#)が、車両の上部に配置され、高速で走行中に、車両の前の暗いオブジェクトと潜在的障害物の検出に使用されます。通常、冗長性確保のため、これらのセンサーは2つ存在し、それらは、360° センサーあるいは前向きセンサーのどちらかになります。

カメラ

カメラは、自律走行車両の知覚スタックの伝統的なコアとなります。レベル4や5の車両は、最大 20 以上ものカメラが車両周りに配置され、それらは、整列および校正され、環境を非常に高精細な 360° ビューで表示します。

良い点：

2D アレイ中で高解像度かつフルカラー、安価、統合が容易（車体にほとんど隠すことが可能）、人間の目と同じ方法で世界を描写できる。

悪い点：

外部光源からの光に依存し、照明条件の変化に対して影響を受けやすい、天候に左右されやすい、360° ビューは、画像を縫い合わせる計算負荷の高い処理作業が必要。

レーダー

過去 15 年以上の間に、レーダーは自動車用途として当たり前のものになっていた。レーダーは、ラジオ波を周波数変調連続波（FMCW）として用いて 3D 点群を提供している。

良い点：

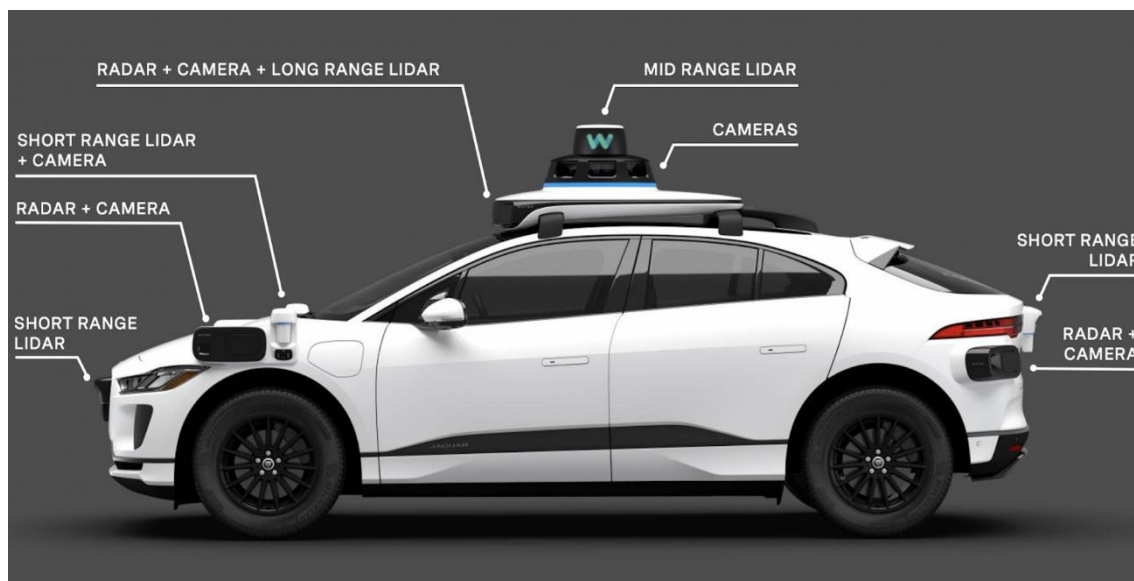
オブジェクトと環境の深さ方向情報、廉価、高い強靱性、天候条件（雨、雪）への影響されにくさ、長距離（レンジ）

悪い点：

低解像度、静止オブジェクトや臨界障害物に対する偽陰性（検出もれ）

統合：

- レベル4あるいは5の自律走行車両に対しては、レーダーは車両周り 360° に設置され、オブジェクト検出のための信頼性の高い冗長ユニットとして機能します。
- サイドミラー、フロントグリル、リアバンパー、車両の角部を含み、レーダーは10基程度まで搭載。



自律走行車両周りの標準的なセンサー配置、説明目的のみのイメージ（実物とは異なります）

上記センサーの3つともすべて、長所と短所がありますが、組み合わせることで、それらは、強靱性の高いセンサーセットを構成し、レベル4あるいは5の自律走行運転を実現します。

これらの車両に配備されるセンサーの数を考慮すると、処理要件は膨大になります。次に、この課題に取り組む様々な方法を見ていきましょう。

ハードウェア：プロセッサ

センサーセットにより作成される膨大な量のデータの処理方法は大きく分けて2つあります。集中処理あるいは分散（エッジ）処理です。

集中処理

集中処理では、センサーからの全ての生データは、一つの集中処理ユニットに送られ、処理されます。

良い点：

センサー側は小さく、低コストで、低出力。

悪い点：

高出力高速の高価なチップセットが必要、潜在的なアプリケーションの待ち時間が長い、センサーの追加により、追加の処理命令の必要性（直ちにボトルネックになりえる）。

分散（エッジ）処理

分散処理では、アプリケーションプロセッサ付きのセンサーモジュールが、高度なデータ処理を行い、局所において局所的な意思決定を行います。各センサーから関連のある情報のみが中央ユニットに送られ、ここで集積され、解析や意思決定に用いられます。

良い点：

狭いバンド幅、センサーモジュールと集中処理ユニット間のインターフェースが安価、アプリケーションの待ち時間が短い、処理出力が低い、センサーの追加により性能要求が大幅に増えることはない。

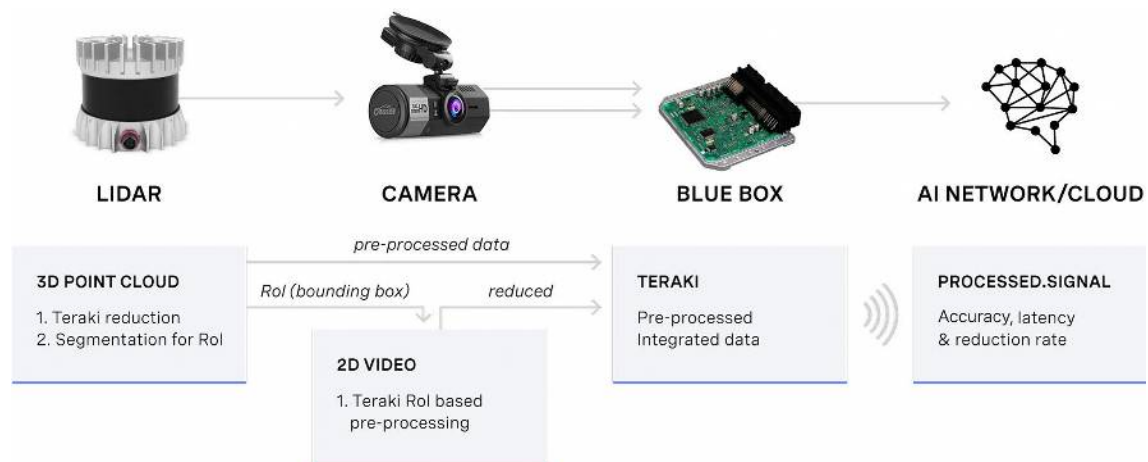
悪い点：

機能安全性に関する要件がより厳しい。

増え続けるデータ集約型センサー信号量をリアルタイムで同時に処理するために、車両分散処理モデルが好まれるようになってきています。

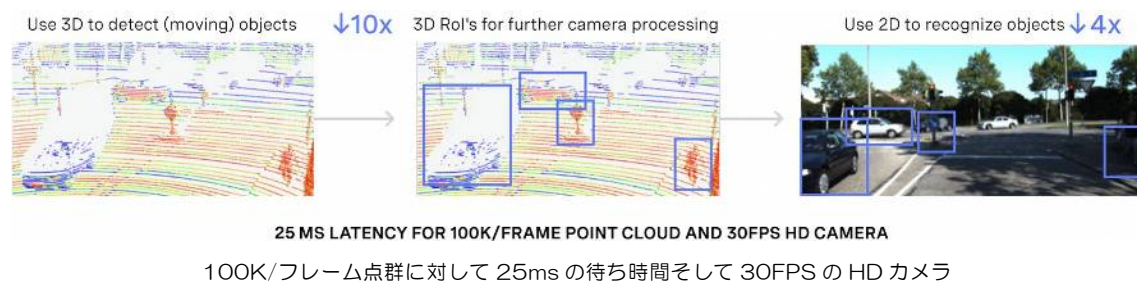
この方法の長所を解説するため、我々は Teraki 製のソフトウェアを使用して、OusterLiDAR センサーと HD カメラの融合（フュージョン）を行いました。

弊社ソリューション：Teraki ソフトウェアと Ouster LiDAR



Ouster LiDAR は、高解像度点群データを作成し、センサーの周囲の空間をマッピングします。LiDAR センサーにより得られた高密度情報（128 チャンネルでは 250Mbps 程度）は、自動車のハードウェアに対して高速処理上の課題を突き付けます。これを、ビデオ処理に必要とされる複雑な計算と組み合わせると、ほとんどリアルタイムに近い待ち時間で正確な意思決定を行うことは、自律走行運転の適用例（ユースケース）では、気の遠くなるような課題となります。

Teraki の組み込み型分散（エッジ）処理センサーフュージョン製品は、組み込み型のセンサー情報のインテリジェント選択で、この課題の解決に貢献します。ソフトウェアは、Ouster の 3D 点群から関心のある領域を検出、認識し、それらを簡素化し、集中処理ユニットに関連する情報のみ通過させます。



このモデルを分散（エッジ）処理でプリプロセスに適用すると、マップ作成、位置推定（定位）、知覚アルゴリズムを改善することが出来ます。これは、より良く、よりリアルタイムに近い意思決定が実現でき、より安全な車両を実現し、レベル4および5の自律走行車両への1つのステップとして考えられます。

この投稿は、Teraki との協業で作成されたケーススタディをその出典としています。
Teraki との[ケーススタディ](#)をご覧ください。自律走行車企業が如何にして、次世代車両のアーキテクチャとして完成していくか、詳細をご確認ください。彼らの自律走行車両の分散（エッジ）処理ソリューションに関しては、www.teraki.com にアクセスして下さい。