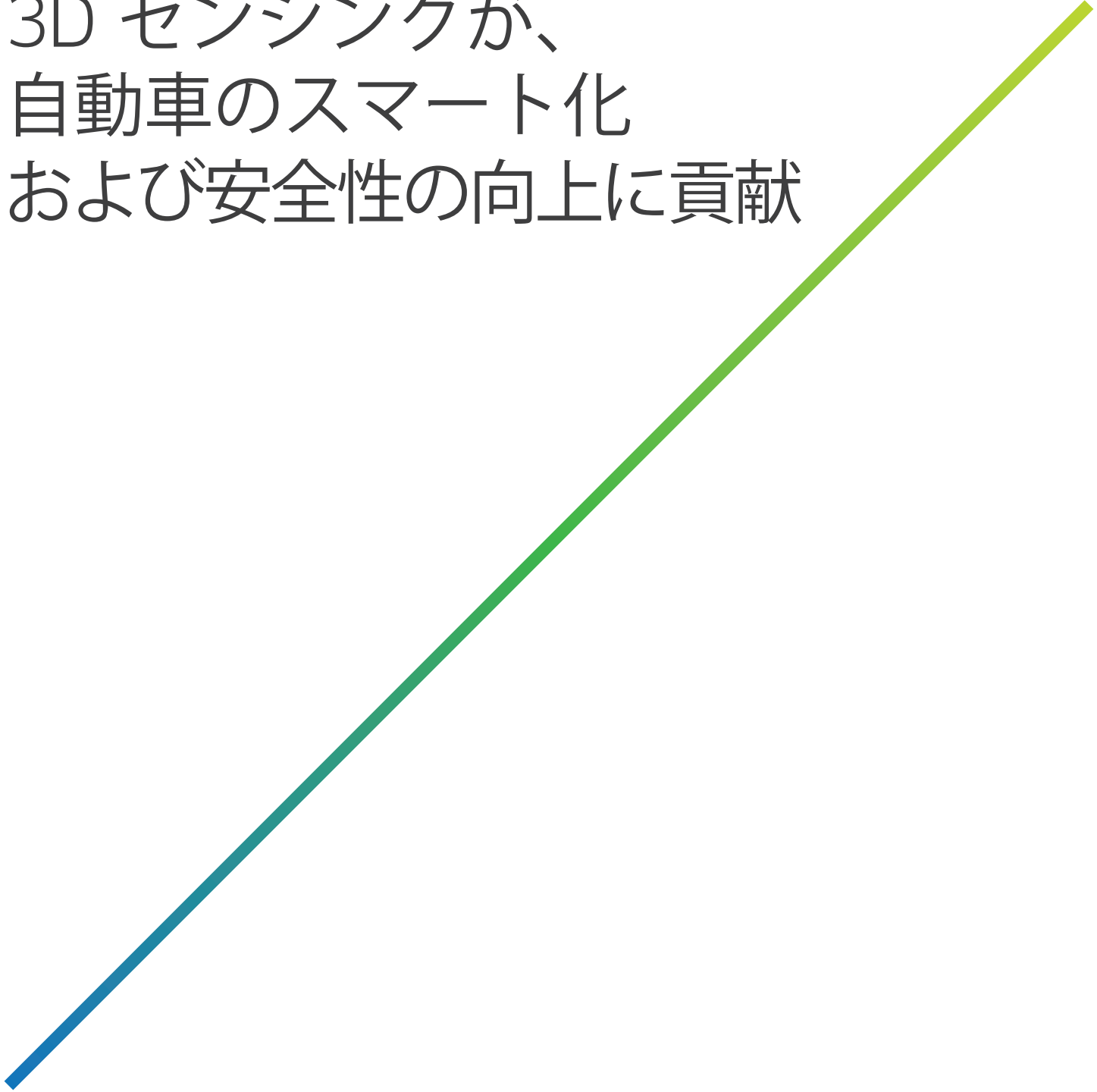


半導体レーザベースの
3D センシングが、
自動車のスマート化
および安全性の向上に貢献



自動車の安全性を向上させるため、運転支援や自律運転といった技術を利用した途方もない数の開発が進行中です。自動車のスマート化を実現する上で課題となるのが、道路を走行中に発生する可能性がある複雑かつ予期せぬ、あらゆる状況に対処する必要があるということです。

3D センシング技術を発展させることは、スマートカーや自律走行車の安全性を向上させる上で、ますます重要な役割を担うこととなります。物理的な環境、自動車、ドライバーに関するデータをリアルタイムで提供することで、3D センサーは自動車を取り囲むすべての物体を反映した包括的なマップを作成することが可能になります。分析による裏付けに基づいて、自動車は物体を認識したり、相対速度を追従させたり、今後の位置を正確に予測することができるようになります。自動車で使用する環境地図を、これまで以上に広範囲にわたり、より正確なものに仕上げることは、さらに的確かつ安全性の高い決断を下すことにつながります。

車載型 3D センシング

走行する道路の環境や物体の包括的な 3D マップを作成するには、数百メートル前方で何が起きているのかに始まり、どの程度ドライバーが危険を察知しているのかまで多種多様なデータを収集する必要があります (図1)。

- 長距離レーダー：長距離レーダーは最も離れているスキャン範囲までサポートしており、自動車が高速で移動する際には、適応走行制御を補佐します。また、レーダーは今後の潜在的な危険を察知します。
- 長距離 LiDAR：長距離 LiDAR は最大 200 m の範囲を対象とする狭い光円錐を使用して、車両前方の物体を検知します。長距離 LiDAR からは、歩行者の検出、衝突防止、非常ブレーキに備えて使用するデータが得られます。

- カメラ：視覚センシングは、危険物を特定するだけでなく、信号機や標識など地域の環境状況を収集するために使用します。カメラは、車線逸脱警報を出したり、駐車支援システムを有効にしたり、ドライバーが自動車のサラウンドビューシステムを確認する際にも使用します。
- 短距離 LiDAR：短距離 LiDAR は、バンパー周辺をよく確認する際に使用します。短距離 LiDAR は、物体を検知するだけでなく、それが何かを特定します。たとえば、設置されているゴミ箱と縁石に立っている子供の違いを自動車が見極める上で役立ちます。
- インキャビンセンシング：インキャビンセンシングではドライバーと同乗者のデータを収集することで、積極的に道路に注意を払っているか、集中力が散漫になっていないか、眠気を催していないかなど、ドライバーの状態を監視することができます。また、キャビンセンシングでは、車載ナビゲーション、通信、インフォテインメントシステムに対するジェスチャー認識も可能になります。

正確なマップを作成するには、様々な種類のセンサーが必要となります。それぞれが特定の機能を備えており、収集した測定データを他のセンサーと統合します。自律走行車においては、安全性はそうのように重要な要素であることから、センサーは極めて信頼性が高く、堅牢性に優れていることが不可欠と言えます。

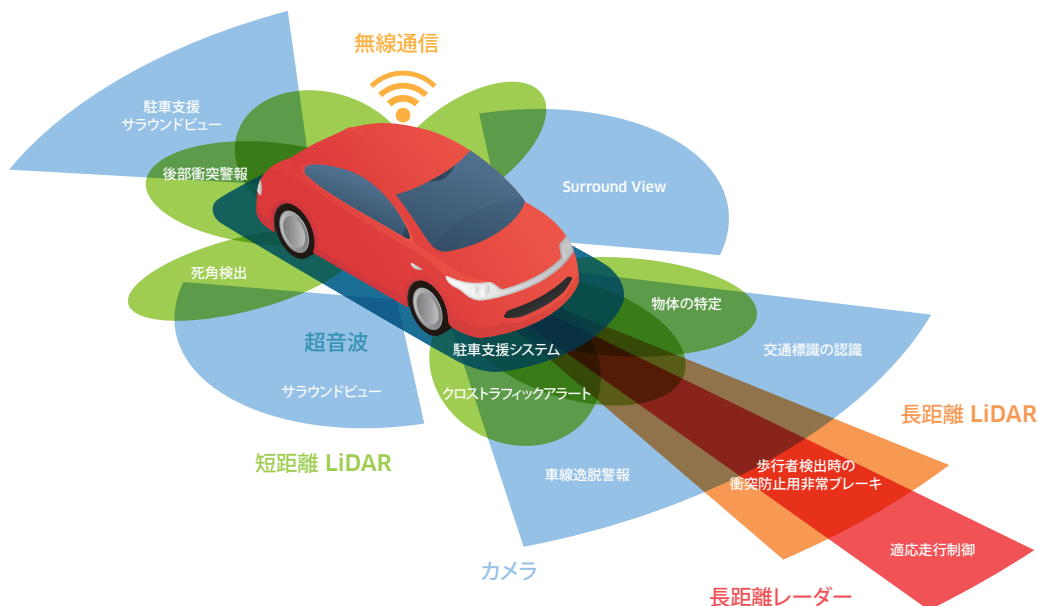


図 1 自動車 3D センシングでは、数百メートル前方で何が起きているのかに始まり、どの程度ドライバーが危険を察知しているのかまで、膨大な量の自動車、環境、ドライバーに関するデータを収集します。

レーダーと画像センサーの限界

レーダーは、長距離センシング用途において、遠方における物体の有無を検知する能力を備えていることから、効果的な技術であることが実証されています。その成熟度ゆえ、レーダーは安価で既にすべてのスマートカーに配備されています。とはいえ、レーダーには欠点もあります。レーダーの空間分解能には限界があるため、レーダーからは物体の正体を見極めたり、その物体がどのような動きをしているのかを判断できるほど十分な情報が得られないことがよくあります。

特に自動車周囲の状況を視覚的に収集するために、現在は画像センサーが使用されています。画像センサーを使用してレーダーの機能を強化し、少し離れた場所にある物体を特定することもできます。

ただし、現在の画像センサー技術では十分な安全性を確保するレベルには至っていません。画像センサーでは環境光に依存しているため、夜間に、あるいは対向車のヘッドライトなどの光がカメラに直接照射すると、自動車が正確に追従する上で必要な機能が発揮されません。画像センサーは、トラックの両側や店舗の正面など、実際には塗装されている画像を誤って物体と認識する場合もあります。

安全上の一番の関心事は、自律走行車は「曲がり角の状況」と例外を堅実な方法で見極める能力があることが不可欠となります。予測できない場面こそ、このシステムが力を発揮する必要があります。このような理由から、レーダーにも画像センサーにもまだいくつもの死角が存在するとはいえ、十分信頼に値するものであると言えます。

半導体レーザーベースの 3D センシング

半導体レーザーベースの 3D センシングは、本質的にさらに詳細な情報を収集し、レーダーや画像ベースのイメージングなど、従来のスキャニングベースのセンシング技術と比較した場合、より高い精度を発揮します。特に、半導体レーザーはコスト効率も優れており、長短範囲の LiDAR だけでなく、近距離、インキャビンセンシングでも利用できます。

半導体レーザーには、信頼性においても長い歴史があります。数十年にわたり、半導体レーザーは高速電気通信およびデータ通信機器において重要な役割を担ってきました。これらの用途では、「99.999%」の動作を維持するために極めて高い信頼性が必要とされます。

半導体レーザー技術における現在進行中のイノベーションは、これまで以上に高い精度を発揮するために、より速い速度に適応し、より高いシグナル・ノイズ比 (SNR) を達成することで、ネットワークが進歩するペースを押し上げてきました。半導体レーザー製造メーカーは、コストを維持しながら、出力効率、信頼性、および密度を向上させる必要がありました。

同時にイノベーションは、半導体レーザー技術を消費者レベルの製品として送り出すことと並行して進められました。たとえば、半導体レーザーベースの 3D センシングは、ゲーム機や顔認識用のモバイル機器など、数多くの用途に既に組み込まれています。

同様に、LiDAR は確立された半導体レーザーベースの技術として、軍事用途、トポロジマッピング、深度センシング、セキュリティなど、幅広い分野で採用されています。ただし、LiDAR の実装はコスト、サイズ、出力の面から、自動車用途には向いていません。

通信、消費者、および軍事用途に対して、信頼性の高いソリューションを提供する上での専門知識を積み上げることで、Lumentum のような業界リーダーは既存の技術を発展させて、自動車業界における品質、動作範囲、信頼性に関する要件を満たす半導体レーザー製品のポートフォリオの発展に取り組んできました。広範にわたる製品を取り扱っていることから、自動車の OEM が特定の用途に最適な半導体レーザーを選択できるようになります。他の用途においても半導体レーザーが普及していることは、自動車市場もレーザーの成熟度および低コストから恩恵を受けることが可能であることを意味します。さらに、半導体レーザー業界が驚異的な成長段階にあることから、半導体レーザーの用途がさらに広がるのに呼応して、その恩恵は増していきます。

VCSEL およびエッジエミッタ

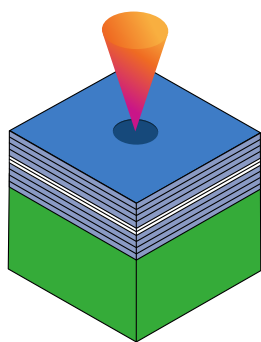
企業の中には、単一タイプのレーザーの製造に専門知識の照準を置いている会社もあります。ただし、垂直共振器面発光レーザー (VCSEL)、分布帰還型 (DFB) またはファブリーペロー型エッジエミッタレーザー (図 2 を参照) と、光学ベースの 3D センサーではさまざまな異なる半導体レーザー技術が採用されています。技術ごとに、特定の強みがあり、用途に応じて最適な半導体レーザーを使用することができます。

VCSEL は、基板面に対して垂直方向に光を発します。このため、実装が簡単で、単一チップ上の数百から数千の VCSEL と共に 2 次元配列にスムーズにまとめることができます。このため、開発者には、出力、信頼性、および正確性において多大な柔軟性がもたらされます。

特に、配列を増やして全体の出力を高め、システムが検知することができる距離を延ばすことが可能であることから、VCSEL 配列の柔軟性はスケールアップ出力を大幅に簡素化します。VCSEL 間の変動は平均化される傾向があり、結果として均一照射がもたらされ、検知精度が高まることから、出力の一貫性も数多くの個別のエミッターを使用して改善されています。VCSEL 配列により、信頼性も向上します。これは、単一 VCSEL エミッターの損失は配列の全体出力や一貫性にはほとんど影響を与えないため、冗長性を本質的に備えているためです。最後に、VCSEL は一貫性があるため、較正が不要となり、製造上の複雑さとコストが軽減されます。

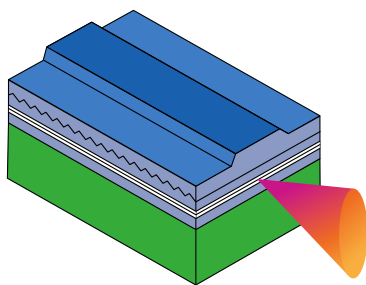
VCSEL 配列には、場面に光を当てて撮像する能力があることから、VCSEL はインキャビンセンシングなど、短距離 3D センシング用途に最適です。優れた出力効率を発揮し、他のタイプの照明デバイスよりもコスト効率も高く、正確なセンシングを利用する上で複雑な技術は不要です。

エッジエミッタ半導体レーザーは確立された技術で、さまざまな用途において採用されています。レーザー光はチップの端から発せられるため、取り付けられている基板に対して平行になります。長距離用途の場合、エッジエミッタ半導体レーザーは最適な技術となる傾向にあります。エッジエミッタは、VCSEL よりも個々の出力ははるかに高く、同等のチップ面積に対してより長い距離で検知することができます。また、単一空間モード (輝度が高い) の出力もはるかに高くなっており、パルスをさらに早く発生させてレーザーや画像センサーを上回る解像度を提供することができます。



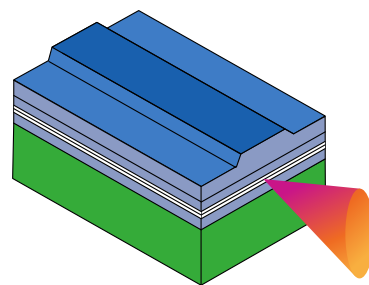
VCSEL

- 狭帯域: <1 nm
- 出力範囲: 200mW - 10数ワットの拡張性
- 出力ビーム: 楕円型
- 温度による波長のロック



DFB (分布帰還型) エッジエミッタ

- 狭帯域: <1 nm
- 出力範囲: 200mW - 10数ワットの拡張性
- 出力ビーム: 楕円型
- 温度による波長のロック



ファブリーペロー型エッジエミッタ

- 広帯域: >1 nm
- 出力範囲: 200mW - 10数ワットの拡張性
- 出力ビーム: 楕円型
- 最も効率的なソリューション

図 2 市場には、数々の異なる半導体レーザーオプションが出回っており、用途に応じてそれぞれに特定の強みがあります。

別のタイプのエッジエミッタ半導体レーザーの中で、数多くの用途においてファブリーペロー型エッジエミッタは最も効率的です。ただし、ファブリーペロー型エッジエミッタは帯域が広く、温度の安定性に欠けるため、SNR と 3D センシング用途によってはその正確性に悪影響を与える可能性があります (図 3 を参照)。たとえば、自走ファブリーペロー型エッジエミッタは $\sim 0.1 \text{ nm}/^\circ\text{C}$ の安定性を有します。分布帰還型 (DFB) レーザは波長が安定し「固定」されていることから、VCSEL 同様の温度安定性があり、結果的に $\sim 0.07 \text{ nm}/^\circ\text{C}$ 程度の変動に留まります。

長距離センシングにおいて特に重要なことは、目の安全性を向上させる上で必要な長い波長で運用できるように、エッジエミッタだけが実質的に設計可能であることです (1550 nm)。このため、用途に応じた最適な半導体レーザーを選択する際は、数多くの要素を検討する必要があります。

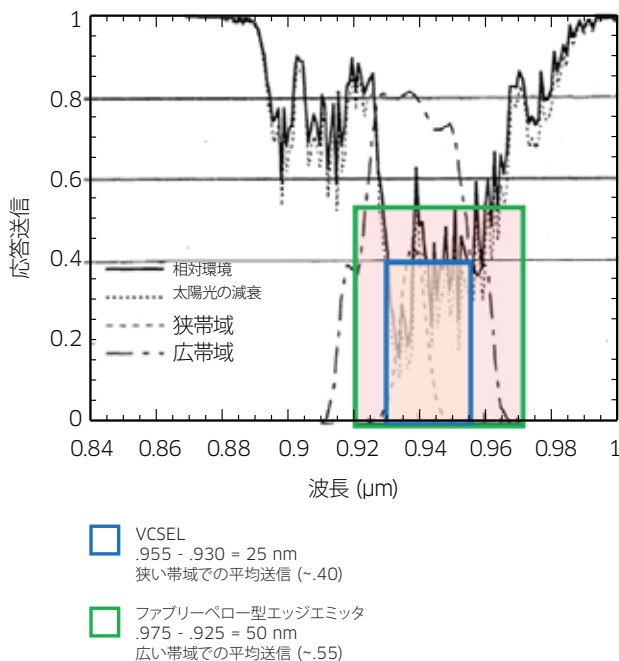


図 3 波長の安定化の「固定」は、広い温度範囲において優れたシグナル・ノイズ比 (SNR)、つまり正確性を保つ上で、自動車車両を確実に運転できることが必要不可欠です。

インキャビンセンシング

インキャビンセンシングは、さらに先を行くスマートカー機能を実行する上で、ますます重要な役割を担います。たとえば、自律運転のレベルでは、自動車の移動時にはドライバーが全面的に関与することが求められます。

インキャビンセンシングでは、画像処理を使用してドライバーが居眠り運転をしていないか、メールチェックをしたりしていないか、わき見運転をしていないかを確認します。従来の画像センサーを使用してインキャビンセンシングを実行する上での課題は、照明条件がそれぞれ異なる環境下でドライバーのデータを収集することが困難であったことです。インキャビンセンシングでは、白昼、夜間、そしてあらゆる照明条件において、画像を鮮明に映し出すことが求められます。これを達成するためには、ドライバーの運転能力に悪影響を与えることがないように (LED によって、ドライバーの目をくらませたり、気を散らすなど)、システムは確実な方法で首尾一貫してドライバーを照らす必要があります。

VCSEL は、ドライバーには見えないスペクトルの一部を操作することで、安全にドライバーを照らすことができます。また、VCSEL では特定の波長を使用しているため、波長幅フィルタと組み合わせると特定のスペクトルの光だけをとらえることが可能です。このような仕組みであることから、対向車のヘッドライトや明るい日光といった環境光を取り除く一方で、効率的にドライバーを照らしてくれます。その結果として、操作する処理用サブシステムには見やすく一貫した画像がもたらされます。

インキャビン 3D センシング向け VCSEL の代替手段が、IR LED です。ただし、IR LED の効率性 (25~30%) は、VCSEL (35~40%) より劣ります。IR LED は、VCSEL (<10 nm) と比較すると帯域幅も広く (30~40 nm)、結果的に少ない光、低い SNR を受け付けずに、安定性に欠ける画像を取得して処理します。

最近の Euro NCAP (ヨーロッパ新車アセスメントプログラム) では、欧州では次世代自動車における安全基準となる方向で、ドライバーモニタリングシステム (DMS) の導入の義務化が進んでいることに留意しておくことが重要です。自動車においてこの基準が義務付けられるまでには、まだ時間があるとはいえ、ハイエンド向け自動車における安全機能を差別化することが可能になることから、自動車製造メーカーにとってドライバーモニタリングは、これからも興味がある分野と言えます。このような取り組みにより、これらの技術を利用して OEM は経験を積むこともできるため、前述のモニタリングシステムが義務付けられる頃には、その変化に備えておくことができます。

LiDAR の利点

車外を検知するには、LiDAR が最適な技術として選択されるようになってきています。LiDAR は、物体の距離を正確に検知し、包括的な 3D 環境深度マップを作成することができます。センサーは、周囲光の有無に対して堅牢性があり、このような条件下で優れた正確性を発揮するように設計されています。レーダーは波長が長いので、その波長に相当する基本的な空間分解能を備えています。LiDAR の波長ははるかに短いため、小さな物体をはるかに詳しく見極めることができます。これは、物体を特定したり、区別したりする上で役立ちます（消火栓や静止状態ではあるが急に飛び出す可能性がある子供など）。

一般的な LiDAR センサーでは、1 秒当たり最大で 15 フレームの画像を取り込むことができます。この大量のデータを使用して、自動車は速やかに危険物（動き始めた子供）を識別し、自動車の速度と道筋（道路に飛び出してきた子供）を追跡して、適切な対応を取ります（減速、進路変更、子供との衝突を避けるために停車）。

LiDAR が、数々の用途におけるレーダーに取って代わる一方で、LiDAR そのものが技術として進化を遂げている最中であることを認識しておくことが重要です。現在実装されている LiDAR は、さらに進化したレーザー技術というよりは、むしろ半導体レーザー技術（テレコムから派生）が商品化された頃に組み込まれたものです。これは、一昔前のレーザに対応するためのシステムトレードオフの結果であり、LiDAR に不要な制限を数多く課しています。

たとえば、検知範囲を広げるために、より高い出力が求められます。LiDAR センシングシステムは、厳格さを増す目を保護するための安全規則に従う必要があり、波長が短い旧来の半導体レーザーでは出力が制限されることから、検知できる距離が短くなります。

LiDAR 技術を前進させるには、半導体レーザーには使用される用途に対応することが必要不可欠となります。たとえば、長距離での検知を念頭に設計されているエッジエミッタ半導体レーザーでは、長い波長を使用することで、短い波長レーザーの 100X の出力を発揮しつつ、目に対する安全基準を満たしています。

品質も問題の 1 つです。これまでのレーザーは、レーザーパルスの反射を利用して測定を行っています。ただし、他の光（日光や道路を走行する他の自動車の LiDAR を含む）が、反射されたレーザー光を遮り、正確性が損なわれることがあります。

LiDAR の最新半導体レーザーでは、光通信において広範囲で導入されているレーザー技術の長い歴史を活用しています。たとえば、信頼性と品質は 2 番目の信号を使用して、両方の信号における干渉パターンを分析することで、SNR を大幅に改善することができます。

半導体レーザーは、新しい基準として進化を遂げていく必要があることは明らかです。自律運転は急速に変化している分野であり、技術の進歩に伴い、その成長には新たな法令に対する順守が付随します。3D のセンシングサブシステムの開発に取り組む OEM は、自律走行車やスマートカーで将来的に義務付けられる要件に対応し、それ自身が進化を遂げている半導体レーザー技術を利用する必要があります。

この進化が、別の方法で起こることを認識しておくことが重要です。たとえば、用途によっては半導体レーザーが進化してより高度な機能を発揮することが求められます。同時に、OEM は自動車用途における性能、信頼性、およびコスト要件により即した、簡素化されたソリューションを市場に投入する上で、軍事などで使用されている技術の複雑さを軽減させる必要があります。

自動車用途向けに開発された半導体レーザー

半導体レーザーの技術的能力に加えて、自動車関連の OEM は寿命や厳しい環境条件、大量生産における品質の一貫性に対する信頼性の高い運用性、および半導体レーザーを後押しするエコシステムの専門知識などの要素についても考慮する必要があります。

たとえば、VCSEL は光通信や短距離データ通信で幅広く使用されています。さらに、25 年もの長期間にわたって安定した信頼性を維持しなければならない海中での用途でも使用されています。ここで製品障害が発生した場合、復旧には極めて高額な費用を要します。

半導体レーザー製造メーカーは、超大量生産においても信頼性と品質も維持する必要があります。これまでに、15 万個もの半導体レーザーが海中での用途に使用されてきましたが、Lumentum では 1 個も障害の発生は報告されていません。半導体レーザーは、消費者向け商品でも高い信頼性を発揮しています。5 年間という一定の寿命を備え、Lumentum では 2 億個ものレーザーを出荷している一方で、障害の発生率は 100 万分の 1 以下です。

このレベルの信頼性を達成するには、イノベーションを継続し続けることも求められます。たとえば、Lumentum では、短期間で故障する可能性のあるデバイスを特定して廃棄することができるよう、データ駆動型の分析を使用したバーンインプロセスを開発しました (図4)。この工程はカスタマイズ可能であることから、Lumentum ではコスト面と信頼性面のバランスを取りつつ、この工程を最適化した上で他の製造工程が特定の用途要件を満たすようにすることができます。このような柔軟性があることから、自動車関連の OEM は重要度がそれほど高くないセンシングシステムにおけるコストを抑えつつ、重要な役割を担う場面において信頼性を確保することができます。

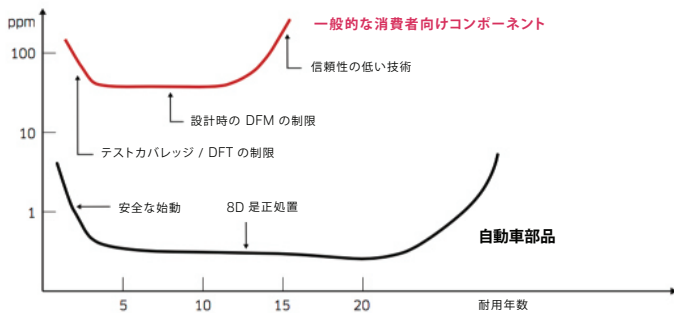


図 4 Lumentum では、コストと信頼性の面のバランスを取りつつ、短期間で故障する可能性のあるデバイスを早い段階で特定できるよう、データ駆動型の分析を使用したバーンインプロセスを開発しました。これにより、製造工程を最適化して、特定の顧客の自動車に関する要件を満たすことができます。

用途に応じた適切な半導体レーザーサプライヤー

最後になりますが、適切なレーザーを選択することは、必ずしも簡単であるとは限りません。自動車 3D センシングシステムはタイプによって求められる要件が異なり、コスト面の制約条件も変わってきます。また、利用できるオプションが途方もない数にのぼるため、レーザー技術に不慣れな OEM が自社の製品設計に見合った最適な半導体レーザーを選ぶのは至難の業とも言えます。

しかるべき専門知識があつて初めて、各用途に応じた最適なソリューションを見つけることができます。このため、他の半導体レーザー技術の機能や制約事項に加え、レーザーの動作、信頼性、および正確性における環境要因をよく理解しているパートナーの存在は非常に心強いと言えます。さらに、適切なパートナーを得ることで、半導体レーザーを既存のシステムに統合する際に貢献してくれるだけでなく、法令を順守した上で、開発を促進したり、市場投入までの時間を短縮したり、設計費への投資を最小化したりする際に旗振り役を担ってくれます。

Lumentum には、半導体レーザーの製造において長い歴史があります。レーザーを熟知し、業界全体を通じて強力な提携を築くことで、Lumentum は予測不能な地域上、技術上、財政上の生産に影響を与えかねない出来事に、弾力的な信頼性の高いサプライチェーンを築き上げてきました。当社は、自社の技術基盤を継続的に活用して、OEM が今日必要とする最先端の製品を生み出してきました。

Lumentum は、VCSEL、DFB エッジエミッタ、およびファブリーペロー型エッジエミッタを幅広く取り揃えているだけでなく、自動車用途向けの 3D センシングのニーズに応えるべく、IR LED などの代替技術にも対応しています。また、そのソリューションは世代を越えて導入されており、その結果、半導体レーザー技術が業界を牽引しています。

以前は JDS Uniphase の一部であった Lumentum は、30 年にわたる高い信頼性の歴史があり、1000 件近くもの大量の特許を有しています。Lumentum は光学コンポーネントにおける世界的なリーダーで、2018 年の収益は 12 億 5 千万ドルにのぼる、3D センシングに導入されているレーザー照明デバイスにおける最大手サプライヤーと言えます。Lumentum はレーザー技術の広範囲にわたり、比類のない製造および設計経験を有しており、自動車関連の OEM が自社の 3D センシング用途に見合う適切なレーザーを選択する際に力を発揮します。

結論

半導体レーザーを使用した 3D センシングは、自動車、物理的な環境、およびドライバーに関するデータをリアルタイムで提供することで、スマートカーや自律走行車の安全性を向上させる上でますます重要な役割を担うこととなります。実績のある半導体レーザー技術を採用することで、自動車関連の OEM は、コスト効率の高い方法で次世代の機能に対応した 3D センシングシステムを設計することが可能になります。このような次世代の機能は、今後 10 年間の終わりまでには主流の特性となると見込まれており、半導体レーザーは自動車用途において重要かつ新たな技術として存在感を示してきています。

半導体レーザーベースの 3D センシングが、自動車のスマート化および安全性の向上に貢献

〒163-1115東京都新宿区西新宿6-22-1
新宿スクエアタワー15F
Tel: 03-5339-8748
E-mail: laser.sales.japan@lumentum.com

<https://www.lumentum.co.jp/ja>



北米
通話料無料: 844 810 LITE (5483)

北米以外
通話料無料: 800 000 LITE (5483)

中国
通話料無料: 400 120 LITE (5483)

© 2018 Lumentum Operations LLC
本書に記載の製品仕様および説明は
予告なく変更される場合があります。

diodelaservehicle-wp-cl-ja 30179612 001 0918