インタラクティブAUTOS 自動運転認識を支える赤外光技術

フィラット・サリアルタン

生体認証、ジェスチャ制御、占有検出は、自動車の安全性と利便性を新しい時代へと導いている。固体赤外光源はそうした技術の基礎であり、そのような機能は今、実現可能となっている。

自動車が完全に自動で走行できるようになるまで、あとどのくらいかかるだろうか。おそらくまだ少なくとも10年はかかるだろう。しかし、自動車の真の自律性に向けた動きは、車内に既に大きな影響を与えている。なぜなら、運転者はもはや運転者ではなく搭乗者であり、単なる搭乗者であれば、車内でできることに対する期待が、運転者とは根本的に異なるためである（https://bit.ly/2VjVOSE）。

朝の通勤時に車を運転しないのであれば、仕事をしたり、動画を見たり、もしかしたらイラストを描いたりと、あらゆる種類の他のことを行うだろう。家にいるのと同様に、心地よさやインテリアデザインが重要な役割を担うことになる。つまり、卓越した快適性と、自動車との直感的なやり取りに対する需要は、今後高まっていくと考えられる。赤外光は、そうした需要に対応するための非常に重要な役割を担う。

従って、自動車メーカーにとっての今後の最優先事項は、車内照明から自動車との日々の相互作用に至るまでの新たな要件を満たすように、自社の自動車ラインアップを改変することである。新しい相互作用とはどのようなものだろうか。重い買い物袋を両手に下げて、スーパーから出てくる場面を想像してほしい。幸いあなたの車は、20フィート離れた場所にいるあなたを認識して、自動的にトランクを開けてくれるので、あなたは荷物をすばやく簡単に積み込むことができる。未来の話のように聞こえるかもしれないが、一部の自動車で現在、これが実際に可能になっている。

その技術は、多くのスマートフォンやタブレットに一般的に用いられているアプリケーションである生体認証に基づいている。生体認証は、虹彩スキャンや顔認証によって、ユーザーに固有の特徴を分析する技術である。例えば、虹彩スキャンは、ユーザーの虹彩の固有パターンを検出し、顔認証システムは、目の間の距離など、特定の2次元または3次元の特徴に着目する。その分析結果に基づき、システムはユーザ

図1　運転者監視システムは、運転者の顔に赤外光を均等に照射することにより、視線の方向や疲労の蓄積を検出する（写真と図はすべて、amsオスラム社提供）。

ーを正確に特定することができる。

生体認証は、ドアロックを解除してトランクを開ける以外にも、座席位置の調整、異なる色の照明の点灯、運転者のお気に入りの音楽の自動再生など、車内のさまざまなアプリケーションを実現することができる。しかし、それはほんの始まりにすぎない。3次元顔認証の導入は、基本的なユーザー認証以外の多くのアプリケーションの可能性を切り拓くものである。

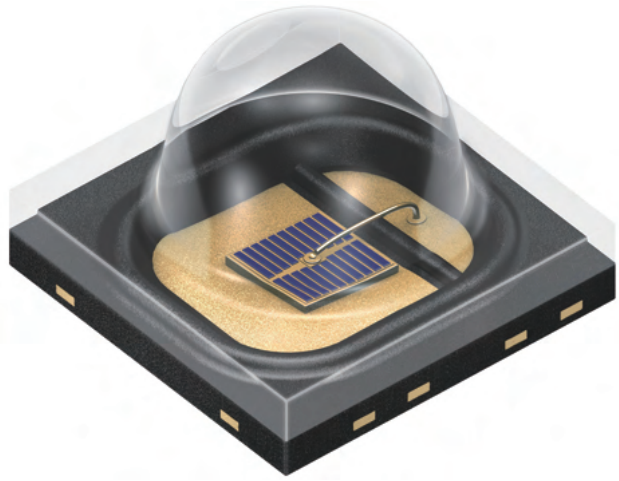

図2 「Oslon Black SFH 4725 AS A01」は、連続動作で最大1970mWの光出力を達成する。システムメーカーは、50°、90°、150°の中からビーム角度を選択できる。このLEDの寸法は3.85×3.85mmで、車載アプリケーションで求められるスリムなシステム設計を可能にする。

徹底的なドライバーモニタリング

運転者には、道路を無視してもいいというまでの贅沢はまだ許されない。運転席に座っている間は、確固たる注意を払う必要がある。しかし、運転支援システムの登場は、事故の減少と救命に役立っている。ドイツ連邦統計局（Federal Statistical Office of Germany）による2019年の調査では、同国の自動車事故の90%近くが人的ミスによるものだったと結論付けられた（https://bit.ly/3yxVDBy）。従って、欧州連合（EU）が、一部の自動車に対して運転支援システムの装備を2022年から義務付けるとしたのも、驚きではない。2026年からは、この規制が欧州市場のすべての新車に適用される予定である。この種の規制に向けた動きは、米国においても加速している。

運転者監視システム（Driver Monitoring System：DMS）では、裸眼では見えない赤外光が、運転者の顔に向けて照射される。車種にもよるが、1～2メガピクセルの特殊なCMOSカメラによって、1秒あたり30枚か60枚ほどの画像が記録される。記録画像は、下流側のシステムによって評価される。このシステムは、運転者のまばたきの頻度から視線の方向に至るまでのあらゆるものを分析する（**図1**）。このシステムはそのデータを基に、運転者が注意散漫になっているか、または、眠気が増しているかという点について、結論を導き出す。そして、適切な警告信号によって運転者に注意を促し、休憩をとるように勧める。

視野（Field of View：FoV）は、運転者監視システムの位置によって異なる。FoVとは、カメラベースのシステムがカバーする矩形領域のことである。従って、個々のコンポーネントをFoVに適合させる必要がある。光源の場合は、対象領域をできる限り明るく均等に照らすことが必要になる。運転者監視システムは一般的に、FoVが垂直方向に35～45°、水平方向に45～60°になるように設計される。

光源によって領域を、約4～5W/m^{2}で絶えず照らすことも重要である。この値は、エミッタと運転者の間の平均距離（一般的には、40～110cmの間）に基づいて算出されている。波長850nmの光源は、人間の目には赤色のちらつきとして認識される、いわゆる「レッドグロー」（red glow）効果を引き起こす可能性がある。波長が940nmになると、このレッドグロー効果は実質的に除去される。また、積分

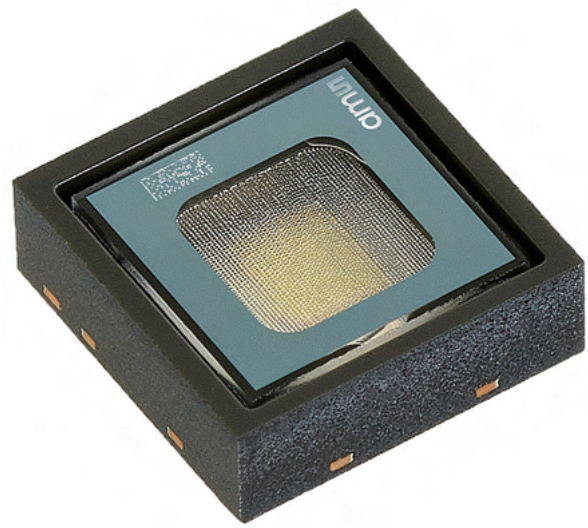

図3 940nmのVCSELである「Tara 2000-AUT」は、高い光学性能と優れたS/N比を達成し、車載カメラによる高画質記録を可能にして、複数の低出力エミッタを1台で簡単に置き換えることができる。

車内アプリケーションに対するIREDとVCSELの主要機能

	IRED	VCSELアレイ
ビーム品質	ランバート配光／低発散性	対称配光／高発散性
最適性能	最大5W	最大10W
スペクトル幅	20～30nm	1～2nm
温度係数	0.3nm/K	0.07nm/K
スイッチング時間	10～15ns	1ns未満
目に対する安全性	LEDの標準規格である「IEC 62471」のリスクグループ0	「IEC 60825-レーザクラス1」に準拠する必要あり
スペックル	なし	アレイにはほとんどなし。皮膚に対するS/N比の影響はなし

時間が0.5～4msのカメラを使用することが推奨される。「Oslon Black IRED」(赤外線LED)ファミリーのエミッタは、運転者監視システムの要件を満たすように設計されており、高い光出力、さまざまなビーム角度、スペースに制約のある車載アプリケーションに向けたコンパクトなサイズを備える(**図2**)。

垂直共振器型面発光レーザ(Vertical Cavity Surface Emitting Laser：VCSEL)も、運転者監視システムに対して顕著なメリットを提供する。VCSELは、赤外線LEDのシンプルなパッケージングと、レーザのスペクトル幅と速度という、2つの照明技術の主要な特長を併せ持つ。3nm未満の狭いスペクトル幅により、上述のレッドグロー効果は、波長940nmのIREDよりもさらに低い。

VCSELの狭いスペクトル幅に合った小さなバンドパスフィルタを使用することにより、システムメーカーは、VCSELの太陽光に対する耐性を高め、全体的な信号雑音比(S/N比)を高めることができる。またVCSELは、カメラの口径食を補正して、2つめのリフレクタを不要にするという、カメラ撮影に対して最適化された放射特性を備える。

「Tara2000-AUT」のようなAECQ-102に準拠するVCSEL投光イルミネータは、均等な照射、複数の光学系オプション、コンパクトなフットプリントを備え、複数の低出力エミッタを1台で置き換えることができる。これにより、運転者監視と車内監視のためのシステムに必要なコンポーネント数が削減され、占有面積が縮小される(**図3**)。

車内の忘れ物や幼児置き去りを防止

赤外光は、車両の搭乗者の着席位置を認識したり、貴重品を誤って車内に置き忘れることを防いだりするためにも役立つ。さらに重要な機能として、車内にまだ搭乗者がいることを運転者に警告することができる。レンタカーを借りて、財布を後部座席に置き忘れたことに車両を返却した後に気づくという状況を想像してみよう。車内監視システムは、忘れ物を検出して、あなたのスマートフォンにテキストメッセージでアラートを送信することができる。さらには、幼児や犬が誤って車内に閉じ込められる状況を防ぐことができる。

そうしたソリューションを可能にする信頼性と品質に優れたデータを生成するには、高度な3D ToF(Time of Flight)アプリケーションが必要である。ToFに基づいた車内監視ソリューションは一般的に、PMD(Photonic Mixer Device)カメラ、赤外光源としてのVCSEL、特殊な検出器で構成される。VCSELは、数百もの個々の開口部から光を正しい角度でチップ表面に照射する。特殊な光学系によって、光がFoVに収束される。簡単に言えば、VCSELは、一定数の平行な光ビームを環境内に送信する。いずれかのビームが、ヘッドレストやチャイルドシートといった車内の物体に当たると、その反射が検出器によって検出される。光ビームが光源から発射されてから、物体で反射して返ってくるまでにかかる時間により、距離を計算することができる。

他の開口部によるデータを組み合わせることにより、関連する深度情報を含む高解像度の3D画像を生成することができる。下流側のソフトウエアはその測定結果を利用することにより、対象物体を特定することができる。車内監視システムに求められるFoVは、設置位置によって異なるが、一般的に水平方向に110～160°、垂直方向に80～100°である。システムは通常、車内のできるだけ広い部分をカバーできるように、車両の天井の中心に搭載される。

ジェスチャ制御の魔法

ジェスチャ制御ソリューションは、自動車業界の次なる目玉であり、赤外

図4　ジェスチャ制御は、運転者と自動車の間の直感的な相互作用のための複数のコンポーネントの１つで、システム要件の複雑さにもよるが、赤外線LEDまたはVCSELによって実現することができる。

線LEDとVCSELはそれを実現することができる。シンプルなジェスチャ制御システムには一般的に、個別のエミッタと検出器など、ディスクリートなコンポーネントが使用される。そうしたソリューションの力を借りれば、基本的なジェスチャやモーションシーケンスの検出も可能である。IREDからの光を、定義されたFoVに均等に届けるには、二次光学系を使用して光を収束する必要がある。

しかし、光学系を追加するには、少し大きなスペースが必要である。「Oslon Piccolo」は、小さめのパッケージ（1.6×1.6mm）に収容されたIREDである。1Aで1.15Wを出力し、約30MHzでのスイッチングが可能で、シンプルなジェスチャ認識システムを対象としている（https://bit.ly/2QaaVrf）。

最大100MHzという非常に高速なスイッチング時間などの性質を備えるVCSELは、はるかに複雑な3次元の動きやジェスチャを認識して処理できる、ToFベースのハイエンドソリューションを実現することができる。この処理においては、深度関連データを生成する能力が非常に重要である。一般的に、ジェスチャ認識システムは、自動車のメイン制御ユニットとの相互作用に重点が置かれるため、ディスプレイ筐体に組み込まれる。表は、本稿で説明した車内監視及び制御システムに使用される、IREDとVCSELのいくつかの主要パラメータを比較したものである。

今後の展望

今後わずか数年のうちに、自動車の車内空間は、今日とは全く異なる状態になっているだろう。どのようなアプリケーションやソリューションが最前線に躍り出るかを知るのは、とても楽しみである。エンドユーザーに広く受け入れられることが重要だが、最終的にはシステムメーカーが、自社のアーキテクチュアに最も適した技術を選定しなければならない。

赤外光源やセンサなどのコンポーネントを搭載するシステムが、未来の自動車における中心的役割を担うことになるのは明らかだが、そうしたシステムの複雑さに関する要件は、多種多様になるだろう。あらゆる主要なエミッタ技術と出力クラスを備えた、独自の製品ポートフォリオを保有する企業が、自動車のサプライ／デザインチェーンにおいて、リーダーとして頭角を現すことになる可能性は高い。

著者紹介
フィラット・サリアルタン（FIRAT SARIALTUN）は、光学センサ及び照明ソリューションを製造する、オーストリアのamsオスラム社（ams Osram）の車内センシング部門マネージャー。IREDやVCSEL技術に基づく赤外照明ポートフォリオを担当するマーケティング／製品管理チームを統括している。
URL: https://ams-osram.com/

LEDJ