

豊富なイノベーションを可能にする車内センシングプラットフォーム

自動車の安全性向上については、車両の外側に目が向きがちです。今日、安全性と聞くと、レーダーやカメラなど、周囲の環境をスキャンするセンサーからの信号を人工知能が解釈して、ドライバーの衝突回避を支援することが思い浮かびます。

しかし、車内での出来事は車外での出来事と同等に重要であり、車内センシングが安全性にもたらすイノベーションの可能性もまた、車外のそれに匹敵します。ドライバーの状態検知に関して今後策定されるであろう基準を見越して、OEM は車内にカメラを搭載し始めましたが、こうした動きは、実は始まりに過ぎません。車内センサーは、これから心躍るさまざまな可能性を解き放ち、ドライバーと同乗者の安全性、快適性、利便性を向上させ、同時にコスト削減にも貢献するでしょう。

車内のユーザー エクスペリエンスの有益性を実現するために必要なのは、車両のより上位のユーザー エクスペリエンス システムに統合された総合的な車内センシングプラットフォームです。適切なプラットフォームが生まれれば、安全性を確保し基準を満たす基本機能から、乗員を認識しそれに応じて体験をカスタマイズするプレミアム機能、さらに高度な自動運転を可能にするために必要な機能まで、将来的に幅広く対応できるようになるでしょう。

車内センシングへの関心

OEM は、さまざまな規制基準や競争上の理由から、車内センシングシステムの開発、導入を急いでいます。

高度な安全性

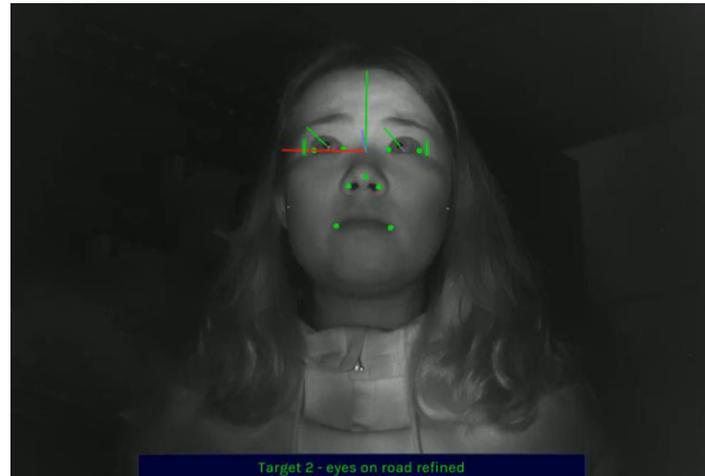
交通事故の発生には、不注意、疲労、集中力低下が大きく関係しています。米国運輸省道路交通安全局は、[近年](#)、警察から報告された全車両事故の14%、全死亡事故の8%が脇見運転によるものであると見積もっています。死亡事故の13%では、ドライバーが携帯電話を使用していました。

きわめて重要な車両安全評価を試験を通じて発行している欧州新車評価プログラム (Euro NCAP) によれば、高齢化社会では「突然の[運転不適性](#) (健康上の運転不能状態) も交通事故の原因として増えて」います。事故統計はドライバーの年齢別に分かれてはいませんが、欧州連合 (EU) では65歳以上の[人口](#)が2019年の9,050万人から2050年には1億2,980万人に増え、75～84歳の人口は56.1%増加すると予測されています。

一方、昨今のパンデミックにより、消費者がオンラインで商品を注文する傾向に拍車がかかったことで、路上に配送車両が増え、そのドライバーが過労や眠気に襲われる可能性が高まっています。

こうしたさまざまな要因による事故を減らすため、Euro NCAP は自動車メーカーに対し、ドライバー状態検知システムの導入を促しています。運転不能状態や脇見運転を検知し、音声と視覚による適切な警告を発して、健康状態に起因する事象が発生した場合に車を安全に路肩に寄せたり、自律的に回避行動を開始したりするなど、有効な措置を講じるものです。

ドライバー状態検知システムに関する Euro NCAP 基準の実施スケジュールは、COVID-19 パンデミックにより1年延期されることになりました。しかし、最新のガイダンスでは、ドライバーの疲労、集中力低下、アルコールに起因する障害を監視する基本的な機能の実装について、自動車メーカーの採点を2023年から2025年の間に開始するよう Euro NCAP は求められています。



ドライバー状態検知機能

- 集中力低下認識
- 眠気検出
- 突発的な体の不調の検出
- ドライバー準備状況監視
- ドライバー識別
- 視線関心領域
- まばたきの頻度
- 目と頭の追跡
- ドライバー アクティビティ (会話、あくび、食事、喫煙、電話の使用など)

同様に Euro NCAP は、車内に子供がいることを検知、監視し、子供が放置された場合に車の所有者や緊急サービスに警告することができるシステムを2023年までに配備するよう、自動車メーカーに期待しています。

さらに、2022年に発表される予定の[欧州委員会の一般安全規則](#)は、Euro NCAP の基準に足並みを揃え、EU で販売される自動車には、全車両に高度ドライバー集中力低下警告を、レベル3車両には運転可否監視機能を搭載するよう求めています。これは、2024年までに新型車、2026年までに全車両に適用されます。

自動運転

カメラを使ってドライバーの疲労や集中力低下を監視する車内センシング技術は、自動運転システムに求められる要件にぴったり合致しています。

レベル 2+ とレベル 3 (「[自動運転のレベルとは](#)」を参照) では、ドライバーと車両とが複雑かつリアルタイムに相互作用し、状況に応じて制御が切り替わります。

レベル 3 では、ドライバーが運転から完全に離脱できませんが、それは特定の条件、車速、道路の種類、天候に限られます。たとえば高速道路を走っている間は、ドライバーは何もせずリラックスしてスマートフォンをチェックできますが、出口や工事現場など、車が対処できない状況に近づくとき制御の引き継ぎが発生します。このレベルの自動化では、ドライバーが物理的に制御を再開する準備ができていて、ハンドルを握っていること、また、間近に迫っている作業に意識が向いていることを車両が知る必要があるのです。

快適で便利な機能

車内センシングシステムは OEM にとって、顧客に感動を与え、競争上の優位性をもたらす機能を実現する機会となります。視線認識やジェスチャ認識など、マルチモーダルなヒューマンマシンインターフェイスのアプローチで特定の車両機能を制御する能力を、OEM は車内センシングシステムを使ってドライバーや同乗者に提供できるようになるでしょう。

このようにして、ドライバーと同乗者のどちらも、車両のさまざまな機能を制御できるようになるかもしれません。視線認識を使えば、ドライバーはミラーを見て、ジェスチャでミラーを調整できるようになるでしょう。あるいは、ドライバーがラジオのチャンネルを変えようとして計器パネルを見るとパネルが明るくなり、路上に視線を戻すと邪魔にならない程度の明るさに戻るといったことも可能です。また、視線と音声を組み合わせれば、より砕けた会話での操作が可能になります。わざわざ「左座席のエアコンを 20°C にして」と言わなくても、「20°C にして」と指示することができるのです。

高度な [インフォテインメントシステム](#) があれば、ドライバーはホームオートメーションシステムなど、車外のデジタルシステムに接続することができます。たとえば、車で帰宅する際に、簡単なハンドジェスチャで家の電気を付けることができたかどうか。また、車内のだれかが建物などの目標物を指差してその情報を入手したり、レストランを指差して予約したりできるように、指差し検索機能を拡張できるようになるかもしれません。

実際、インフォテインメントシステムがタッチレス (音声、ジェスチャ、視線) で完全に操作できるようになれば、車内デザインの可能性がさらに広がります。インフォテインメントの画面はドライバーの手の届く範囲にある必要はなく、フロントガラスから画面へ、また画面からフロントガラスへと、ドライバーが視線を行き来させやすい場所に配置でき、道路から目を離す時間を減らせるからです。

車両の簡素化と収益化

車内センシングプラットフォームについて注目すべき点は、従来のハードウェアを取り除き、新しい収益源を実現する可能性です。

たとえば、助手席にだれかが座っているかどうかはカメラで「見る」ことができるため、エアバッグとシートベルトシステムに含まれる圧力センサー (PODS: Passive Occupant Detection System) は取り除くことができ、そのコストを削減できます。同時に、このようなプラットフォームなら、後部座席も含む乗員全員がシートベルトを着用しているかどうかを検出できるので、さらに機能性が高まります。現在のほとんどの車種は、この機能に対応していません。

また、車載パーソナルアシスタントによる注文時や屋内駐車場で、顔認証によって取引の確認ができるようになるでしょう。車内に搭載されたそのカメラは、ビデオ電話会議や置き忘れの検知など、生産性向上の用途にも活用することができます。

また、このプラットフォームであれば、乗員がどのように感じているかを把握するのに十分なデータを収集できます。人間の顔をピクセル単位で調べることで、眉毛や目、口、鼻の位置の情報を解析し、その人が喜んでいるか、怒っているか、驚いているか、嫌がっているか、怖がっているか、悲しんでいるかなどをソフトウェアで判断することができます。

この情報が実用化されるのは、タクシー、ライドシェアリングネットワーク、バンなど、顧客を輸送し、その感情状態を知ることによって利益が得られる車両の商用領域である可能性が最も高いでしょう。

しかし、感情検知によって、OEMも自社のハードウェアやソフトウェアにユーザーがどう反応しているかを知ることができます。ある機能を実行しようとしたときのユーザーのストレスや楽しさを検出できるのです。これを利用すれば、道路上の状況で問題となっている事柄を洗い出し、将来、よりユーザーに優しい機能を開発することができます。

車内センシングへの取り組み

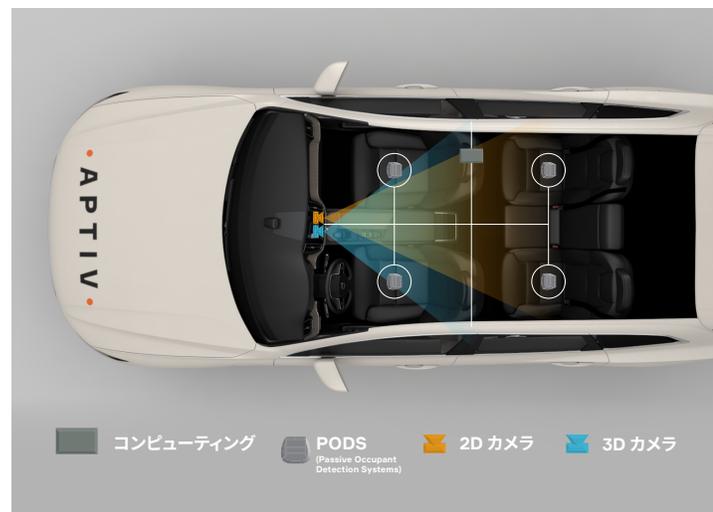
車内センシングの取り組みは始まったばかりですが、今後待ち受けているステップは明確です。

基本的なドライバー センシング

車内センシングシステムの最新のロードマップの出発点は、基本的な規制要件を満たして車両全般に広く展開できる低コストの実装です。このレベルでは、ステアリングコラム、計器群、または中央ディスプレイに取り付けられた1台のカメラで、眠気や集中力低下を検出することができます。たとえば、ドライバーが2秒以上道路から目を離した場合に、警告音を発したり、ダッシュボードに赤いランプを点滅させたりすることができます。ドライバーが眠気を感じているかどうかを判断するために、頭の位置、目の動き、まばたきの頻度、目の開き具合などが、カメラに接続されたインテリジェンスによって測定されます。居眠り運転をしている場合は、シートを揺らしたり、警告音を発したりすることが考えられます。

高度なドライバー センシング

眠気や集中力低下を認識する基本的な機能に、さらなる機能を追加してシステムの基盤を強化することができます。声を検出したり、カメラや生体情報（指紋など）によってドライバーを正確に識別したりすることができます。ドライバーが酒に酔っているか、ストレスを感じているか、考え込んでいるか、あるいは写真をかざして自動運転システムを欺こうとしているかを判断することもできます。



キャビン センシング

キャビン センシングはドライバー センシングが進化したもので、助手席や後部座席を含む車内の、より広い範囲を広角カメラで撮影します。見える範囲が広がることで、ドライバーがハンドルを握っているかどうかをシステムが判断できます。また、助手席の乗員を識別し、その人の基準に合わせてシートを調整したり、シートベルトを正しく装着しているかどうかを確認したりすることもできます。完全な車室在席検出によって車内の人数を特定し、各自の気分や感情を正確に把握できます。ドライバーの体調に急な異変が生じたかどうかを検知して安全に車両を路肩に停め、救急隊に通報する自動システムを作動させることもできます。

また、車内ルーフに広角 3D カメラを取り付け、撮影方向を下にすれば、前部座席の様子を観察できます。これによって、乗員はハンドジェスチャや手のポーズ、空中での手書き、前述の指差し検索機能などで、車両の諸機能を操作できるようになります。このジェスチャ認識機能は進化し続けており、ドライバー状態検知とは別の技術的道筋をたどっています。

将来のイノベーション

機械学習システムがより賢く、より強力になれば、ドライバーに何が起きているかを理解するだけでなく、それに応じて行動を起こすことができるようになります。たとえば車線を逸脱しそうになっているとき、ドライバーが道路から目を離していた場合、たとえ車線維持機能を手動でオフにしていたとしても、システムは数秒間その機能を作動させることができます。また、ドライバーが目を離れた際に前方の車が停止した場合、車両を減速させたり、早めにブレーキをかけたりして、突然作動する自動緊急ブレーキ機能に備えることもできるでしょう。

車内センシングのアルゴリズムが向上すれば、他の安全性応用、たとえば体勢を追跡してエアバッグの展開を調整することも可能になります。

リクライニングして眠ったりビデオを観たりできるレジャーカー、医療用テレプレゼンスのための自律型診療クリニック、自律型ショッピングブティックなど、いずれ完全自動運転車の時代がやってきます。再構成可能な車内デザインなど、完全自動運転車のための標準外の車内コンセプトを実現する鍵はフルキャビンセンシングにあるのです。

仕組みについて

車内センシングプラットフォームは、ハードウェアとソフトウェアの複合的な統合ともいえるものです。ハードウェア面では、基本的なプラットフォームとして、フレームレート 60 fps で動作する 130 万画素のカメラと、目に見えない光をドライバーに照射する赤外線垂直共振器面発光レーザー (VCSEL) を備えているため、システムでは、夜間や暗いサングラス越しにドライバーの目を確認することができます。さらに進化すると、複数の 2D・3D カメラを車内のいたる場所に搭載することも可能です。ルーフから下方向を撮影するカメラも含まれます。

カメラを柔軟に配置できるよう、衛星を使ったアプローチも可能です。この場合、車室にはカメラ光学系と最小限のハードウェアのみが配置され、データは中央のドメインコントローラー、つまり特定のアルゴリズムを実行するビジョンプロセッサのホストに、各カメラから高速ネットワーク回線を通じて転送されます。また、カメラ光学系とプロセッサを電子制御ユニット (ECU) に搭載し、ECU からドメインコントローラーにデータを送信することも可能です。プライバシーとデータ保護の観点から、データが車外に出ることはありません。

カメラからの警告や各種情報に基づく自動緊急ブレーキや、自動運転の複雑なハンドオフなどのアクションを作動させたり、ジェスチャを正確に解釈して具体的なアクションに変換するには、車内センシングプラットフォームが OEM と密に連携して開発されていることと、車両の他のシステムと完全に統合されていることが非常に重要です。



キャビンセンシングの機能

- 座席占有区分
- シートベルト使用検出
- ステアリング握り検出
- 体勢追跡
- 物の置き忘れ
- ビデオ電話/リモートスナップショット
- ジェスチャ認識
- 指差し検索
- 乗員の場所
- 乗員識別

では、ドライバーの疲労やストレス、集中力低下、運転不能状態をカメラはどのように把握するのでしょうか。車内センシングプラットフォームは、顔全体からデータポイントを収集し、そのドライバーの基準値と比較します。まばたきの回数がいつもより多いか、まばたきの時間がいつもより長いのか、おかしな角度で首が傾いていないか、目が細くなっていないか、閉じていないか、表情が変わっていないか、といったことです。

道路に集中しているかどうかは、ドライバーの目を追跡することで確認できます。さらに、ドライバーが前方を見つめているにもかかわらず、実際には注意を払っていない「ぼんやり」した状態も見分けることができます。先進的なシステムでは、ドライバーの注意をそらす可能性のあるものを認識し、再び道路に注意を向けることも可能になります。

ジェスチャ制御は下向きカメラと3Dジェスチャ認識インテリジェンスによって実現され、基本的にドライバーはボディランゲージで車両とコミュニケーションをとることができます。たとえば、電話がかかってきたとき、ドライバーは簡単なスワイプジェスチャで着信を拒否したり、1本の指でタップして電話に出たりすることができます。時計回りに指を回転させることで、音量を上げたり、コンソールに表示された地図を拡大したりすることもできます。親指と人差し指で円を作って右へ動かすことで、次の曲や次のメニュー項目への移動の合図とすることもできるでしょう。

一般的な車内センシングプラットフォームでは、車内カメラからの画像を解釈するために20以上のニューラルネットワークが使用され、その数は増え続けています。これらのネットワークには、学習と最適化の対象となるパラメーターが合わせて7,000万以上含まれています。

最終的に、車内センシングによる快適性と安全性の応用システムがインフォテインメントとADASのドメインコントローラーに統合されれば、すべての車両セグメントで安価に、この技術を利用できるようになるでしょう。また、適切なソフトウェアフレームワークがあれば、OEMは車両のライフサイクルの間、無線によるアップデートで個々のアプリケーションを更新することができます。

視線、音声、ジェスチャ認識



1
ドライバーはミラーを見て、ジェスチャで調整できます。



2
ドライバーが中央のコンソールを見ると、そのコンソールが明るくなります。



3
ドライバーは冷暖房を見て、音声コマンドにより温度を調節できます。

仕組み

1 ジェスチャ制御は、下向きの赤外線、カメラ、3Dジェスチャ認識ソフトウェアを使用してドライバーの手信号を読み取ります。
2 ドライバー状態検知システムは、カメラと赤外線が使用されているため、夜間やサングラス越しでもドライバーの目を確認できます。



OEM が車内センシング システムに求めるべきもの

車内センシングシステムの開発支援パートナーを選ぶ際に最も考慮すべき点は、柔軟性、拡張性、経験、技術的ノウハウ、コスト、連携の能力です。

OEM は、ローエンドから高級モデルまで対応できるカスタムシステムの開発ノウハウがあるテクノロジープロバイダーを選ぶ必要があります。もう一つ考慮すべき重要な点は、クラス最高のサプライヤーから選定したベストオブブリードの機能、そしてOEMの社内開発のアルゴリズム、これらを組み合わせた統合ソリューションを組み立てることができるテクノロジーパートナーであるかどうかです。

車内センシングシステムの市場展開は長期にわたる難しい仕事であるため、強固な技術プラットフォームと綿密なロードマップ、そして成功の実績がある企業を探さなければなりません。

Aptiv は 2015 年に BMW と共同で、業界初の統合型 3D ジェスチャ認識システムをまず 7 シリーズで展開し、その後、顧客の興味に応える形で 5 シリーズと 3 シリーズにも拡大しました。2018 年には、これとは別にドライバー センシングシステムを発表しています。このシステムは現在、レベル 2 自動運転システムの重要な要素として BMW X5 シリーズの車両に配備されており、他のモデルにも拡大されつつあります。今日、Aptiv は 5 社の OEM 生産で顧客賞を獲得しており、車内センシング技術の主導的な地位にあります。

やがて、このようなシステムの普及が進むにつれ、自動車メーカーには間違いなく顧客からのフィードバックが集まり、思いもよらない新しい応用技術やユースケースに火が付くことでしょう。イノベーションの創出と普及を長期にわたって支えることのできるテクノロジープロバイダーとの提携がきわめて重要なのです。

スケーラブルな車内センシングプラットフォーム



👁️ ドライバー状態検知 エントリー

- ・集中力低下認識
- ・視線関心領域
- ・眠気検出



👁️ ドライバー状態検知 ミドルおよびハイ

- ・拡張眠気検出
- ・突発的な体の不調の検出
- ・ドライバー準備状況監視
- ・ドライバー識別
- ・ドライバー アクティビティ



📶 2D キャビンセンシング ミドルおよびハイ

- ・座席占有状態とシートベルト検出
- ・乗員の場所と識別
- ・物の置き忘れ検出
- ・ビデオ電話/リモートスナップショット



👋 3D キャビンセンシング ミドルおよびハイ

- ・体勢追跡
- ・ハンドル握り検出
- ・ジェスチャ認識
- ・指差し検索

著者について



Doug Welk
グローバル先進 DSM 部門責任者

Doug Welk は、Aptiv の車内センシング製品グローバル技術開発責任者として、主にビジョン ベースのドライバー センシングおよびキャビン センシングに取り組んでいます。次世代インフォテインメントシステムのハードウェア・ソフトウェア開発からキャリアをスタートし、ナビゲーション、車載 HMI、コネクテッドカー、クラウドベース機能など、多様な製品分野をカバーする複数のエンジニアリング職を歴任してきました。また、GENIVI Alliance でリーダー職も経験しています。



Poorab Sarmah
ユーザーエクスペリエンス、グローバル プロダクト マネージャー

Poorab Sarmah は、Aptiv のユーザー エクスペリエンス製品ラインのグローバル プロダクト マネージャーとしてポートフォリオ マネジメントや製品戦略を担当しています。マルチメディアとグラフィカル ユーザー インターフェイス コンポーネントのソフトウェア エンジニアとしてキャリアをスタートし、スウェーデンではカスタマー レジデント システム エンジニアとして、中国の上海ではアドバンスト エンジニアリングの責任者として勤務してきました。

詳細については、[APTIV.COM/USER-EXPERIENCE](https://www.apativ.com/user-experience) をご覧ください →