

ヒューマンモニタリングシステム

Human Monitoring System

*三菱電機(株) 先進応用開発センター
†三菱電機モビリティ(株)

要 旨

自動車内の乗員状態を検知するドライバーモニタリングシステム(DMS)及び乗員モニタリングシステム(OMS)は、安全強化に向けた法規制やアセスメント要求によって、車両への搭載が加速している。DMSでは、IR(Infrared)カメラによる走行中のロバストな脈拍計測技術と、AIを用いた複合的な解析による高精度な飲酒状態検知を開発した。OMSでは、広角カメラとミリ波レーダーを連携し、カメラ画像からの三次元骨格推定によるシート位置に依存しない乗員体格検知と、レーダーの透過性を生かした幼児置き去り検知技術を開発した。今後、車載環境で培った高度な人検知・状態推定技術をヒューマンモニタリングシステムへと発展させて、三菱電機及び三菱電機モビリティ(株)両社の幅広い事業領域へ展開していく。

1. ま え が き

自動車内に設置したカメラなどのセンサーで乗員の状態を検知するDMS、OMSは、欧州GSR(General Safety Regulation)などの法規制及びNCAP(New Car Assessment Program)などの安全関連のアセスメント強化によって、欧州を皮切りに車両への搭載が加速している(図1)。これまでDMSは、ドライバーの外面上の変化から捉えられる、脇見、居眠り、眠気といった顔検知機能を中心として発展してきた。近年、DMSの技術は外面的な情報にとどまらず、脈拍や呼吸検知などの生体センシングを通じてドライバーの内面状態を推定する方向への発展が期待されている。さらに、顔だけでなく乗員の身体全体を検知し、運転席だけでなく車室内の全乗員へと検知範囲を拡張したOMSも更なる安全性向上に向けて、重要になっている。

本稿では、両社の次世代戦略での重要技術として開発したDMS・OMS技術及び将来展望について述べる。



DMS



OMS

図1-DMSとOMSによる乗員センシングの様子

2. DMS

交通事故の根絶には、ドライバーの健康状態の把握と、飲酒運転の防止が不可欠である。

この章では、生体センシング技術と生体データを活用したソリューション展開について述べる。

2.1 生体センシング技術

この節では、ドライバーの状態把握のために必要な生体センシング技術の一つである“脈拍数計測技術”と、計測結果を活用した“飲酒状態検知技術”について述べる。

2.1.1 脈拍数計測技術

これまでRGB(Red Green Blue)カメラ(カラー)を用いて対象者が静止した状態で脈拍を計測する技術は知られているが、DMSに用いるIRカメラ(白黒)は信号量が少なく、振動や外光のノイズにかき消されるため、脈拍計測は困難とされていた。今回、運転中の振動や顔の動きにも追従する“肌トラッキング技術”と、ノイズ信号から脈拍信号を分離して抽出するための“脈拍ノイズ分離技術”を開発した(図2)。これによってIRカメラで走行時でもロバストに脈拍数を計測可能にした。また、カメラの設置角度や距離に応じて計測領域を最適化する“適応型レイアウト技術”によって、顔の写る面積が限られるレイアウトでも安定した信号品質での計測を実現した。これによって様々なレイアウトの要求に対応できる。

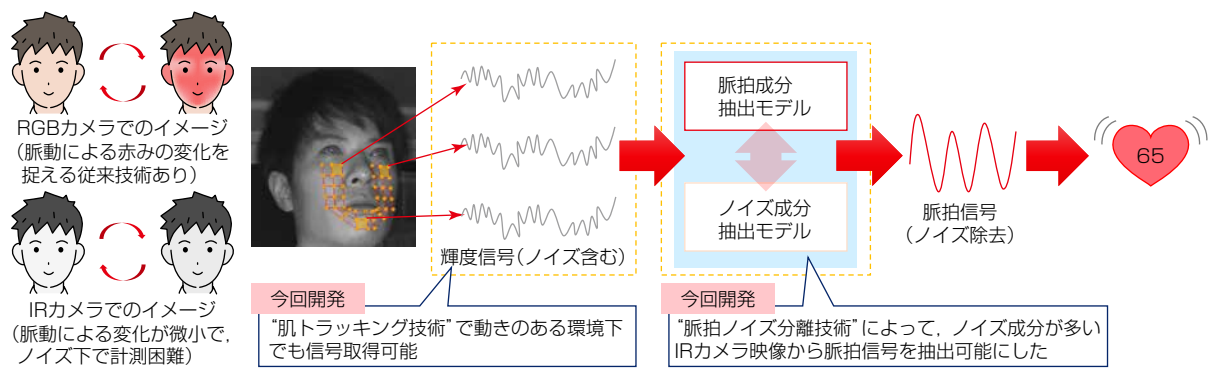


図2-脈拍数計測アルゴリズム概要

2.1.2 飲酒状態検知技術

2025年12月に発表した最新技術として、カメラ映像から飲酒状態を検知する手法を確立した。この技術は、飲酒に伴う脈拍の変化、及び顔や目の変化などをAIが複合的に解析するものである(図3)。従来の呼気検知器のようなドライバーの負担がなく、なりすましも防止できる。また、飲酒による覚醒度の変化は表情に個人差が現れるが、飲酒によって変動する脈拍数を判定に組み込むことで、この個人差の影響を低減し、高精度な飲酒状態検知を実現する。2.1.1項で述べた高度な脈拍計測技術を特徴量抽出の基盤として活用することで、高い検知精度を実現している。

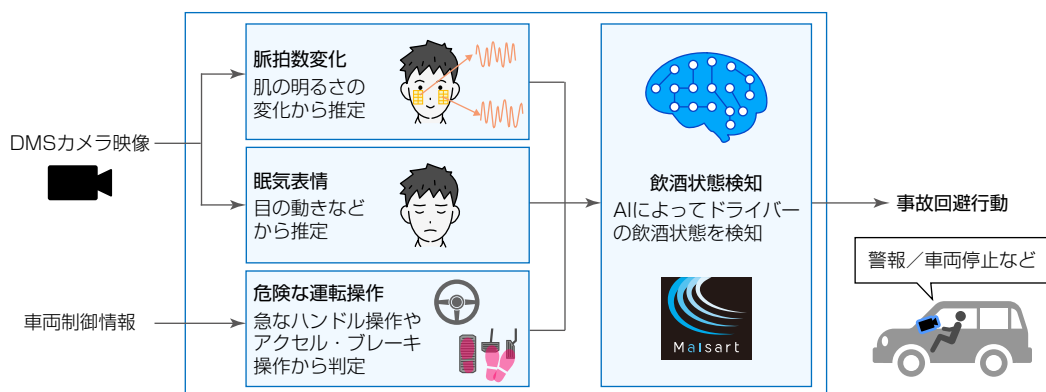


図3-飲酒状態検知技術の全体像

2.2 生体データを活用したソリューション展開

今後はDMSで計測した生体データを、三菱電機のデジタル基盤“Serendie”（セレンディ）へ蓄積し、解析することで、ドライバーの長期的な健康傾向の把握や、事故リスクの将来予測といった、更に高度な予防安全サービスを提供することを目指す。

3. OMS

この章では、OMSの多機能な検知項目のうち、両社が独自のアルゴリズム開発に注力した“乗員体格検知技術”及び“幼児置き去り検知技術”について述べる。

3.1 乗員モニタリング技術の概要

1章で述べたように、OMSは運転席に限らず車室内の全乗員を検知することで、車内の安全性及び快適性を向上させる技術である。このシステムは、車室内上部に設置した広角カメラとミリ波レーダーを連携させて、車室内全域の状況をリアルタイムに把握する。具体的には、全席のシートベルト着用状況の確認、エアバッグへの過度な接近やダッシュボード上への足載せといった危険姿勢の検出、乗員の体格分類、さらには幼児の車内置き去り状態の検知など、多岐にわたるセンシングを実現する。カメラは高い空間分解能と豊富な視覚情報を提供可能なため、人物の骨格推定やシートベルト、チャイルドシートといった物体の認識に特に有利である。一方、レーダーはシートや毛布などの非金属を透過してセンシングできる特性を持つため、遮蔽物に隠れた幼児もロバストに検知できるという利点を持つ。これらのセンサーの長所を組み合わせることで、車室内全体の安全性と快適性の向上に貢献する。

3.2 乗員の体格検知技術

自動車の車室内には、幼児から大柄な成人まで多様な体格の乗員が乗車する。車両側で乗員の体格を正確に把握することは、体格に応じたエアバッグの展開制御やシートベルトの張力最適化を可能にし、衝突安全性能を向上させる上で重要である。従来の手法では、シート内の荷重センサーによる体重計測で体格分類を行っていたが、重い荷物を乗員と誤判定したり、チャイルドシートの重量増加によって幼児を成人として誤検知したりする課題があった。

そこで両社は、図4に示すように、OMSカメラの画像から乗員の骨格点を検出し、身長と体重を推定することで、体格(幼児、小柄、中柄、大柄など)进行分类する新たな技術を開発した。この手法は画像認識AIによって乗員と物を識別できるため、従来の手法が抱えていた誤判定の問題を解決する。一方、カメラ方式の技術的課題は乗員の奥行き補正である。二次元画像では奥行き情報が欠落するため、画像上の見かけの大きさだけでは、シート位置の前方スライドによるものか、乗員自身の体格が大きいのかを識別することが困難である。この課題に対して、両社は車両のカメラ位置と座席位置に関する事前情報を活用し、二次元画像から乗員の各骨格点の三次元座標を推定する手法を導入した。これによって、三次元骨格点の関係性から身長・体重を算出し、シート位置に依存しない体格検知を実現した。

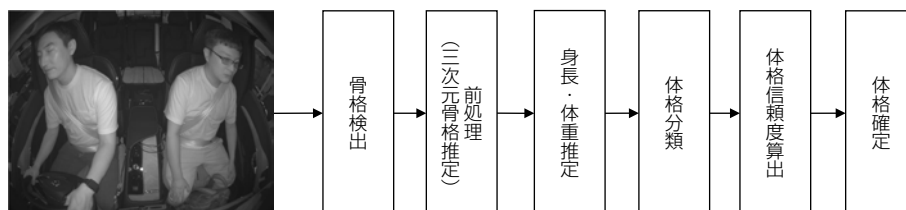
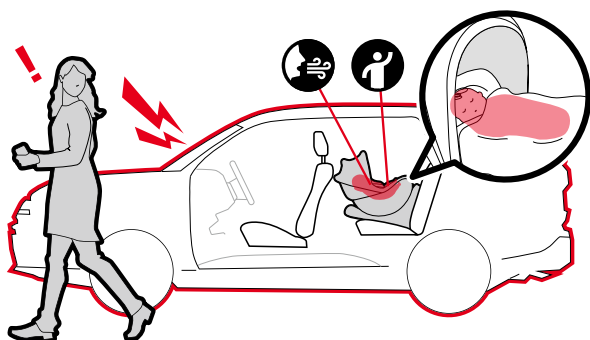


図4-体格検知技術の処理フロー

さらに、この技術は衝突安全制御に直結するため高い信頼性が求められる。そこで両社は、体格検知の信頼度を算出するアルゴリズムも開発した。このアルゴリズムは、体格分類の境界付近や、人間の身長・体重の統計値から外れた推定結果に対しては、低い信頼度を出力する。このように両社の体格検知技術は、信頼性の高い検知結果だけを出力することで、車両の衝突安全性能の向上に貢献する。

3.3 幼児置き去り検知技術

幼児置き去り検知システムは、車内に取残された幼児を検知・通知し、熱中症などの重大事故リスクを軽減するものである。近年、欧州の自動車安全評価機関であるEuro NCAPの評価基準にこの機能が追加されるなど、世界各国で規格化が加速している。車内環境では、後ろ向きチャイルドシートで眠る幼児や、座席足元に潜り込んだ幼児の検知が求められる。こうした死角の多い状況下では、光学式センサーだけでは検知は困難であるが、金属以外を透過する特性を持つ電波センサーであれば検知が可能である。両社は、この特性を生かせるセンサーとして、ミリ波レーダー及びUWB(Ultra Wide Band)レーダーの開発を進めている。ミリ波レーダーとUWBレーダーを比較すると、ミリ波レーダーの方が波長が短く、使用する周波数帯域幅も広い。このため、距離分解能や微小な動きの観測性能の観点ではミリ波レーダーが優位であり、車室内の更に広い範囲を高精度にモニタリングすることが可能である。一方、UWB帯は近年デジタルキーシステムへの応用が進んでおり、デジタルキー用のUWBユニットを既に搭載している車両では、新たなハードウェアを追加することなく、ソフトウェアの変更だけで幼児置き去り検知システムを実現できる。このように、ミリ波レーダーとUWBレーダーという異なる特徴を持つ電波センサーを開発することで、車両のレイアウトや搭載システムに応じた最適なセンサー構成を提供可能になる(図5)。



検知対象	カメラ	レーダー	カメラ+レーダー
席上の幼児	😊	😊	😊
日よけや毛布の下の子	😞	😊	😊
後ろ向きチャイルドシート上の幼児	😞	😊	😊
足元にいる幼児 (シート背後/ダッシュボード下)	😞	😊	😊
大人/幼児の判別	😊	😐	😊

図5-幼児置き去り検知システム

両社レーダーの技術的特長は、呼吸に伴う微小な体動を高感度に捉える信号処理技術と、反射波から人体由来の成分を抽出する独自の判定アルゴリズムにある。反射信号の時間・周波数特性や位相変動を解析することで、車両の揺れや構造物の動きと、人体特有の微細な動きを識別する。さらに、レーダーと車内カメラを連携させることで、体格分類も可能である。レーダーは車内カメラに比べて解像度が低いため、車内カメラを活用することで、レーダーだけを用いるシステムと比較して、高精度な体格分類が可能になる。これによって、幼児だけが取り残されている状態を的確に判断し、大人が同乗している場合には警報を抑制するなど、ユーザーの利便性を損なわない高度な制御を実現する。

4. む す び

モビリティ社会の安心・安全を支える中核技術として、AIや生体センシングを駆使した最新のDMS及びOMS技術について述べた。これらの技術は、乗員の内面状態から車室内全域までを把握することで、車両の予防安全及び衝突安全性の向上に貢献できる。今後、両社はこれらの技術を車載領域だけではなく、“人”を理解し寄り添うヒューマンモニタリングシステムへと発展させていく予定である。車載環境下で培われたロバストな人検知技術や状態推定アルゴリズムは、FA、インフラ、ライフ領域など両社の幅広い事業基盤で強力なシナジーを生むと考えている。両社はヒューマンモニタリングシステムの全社的な展開を通じて、イノベティブカンパニーとしてあらゆる生活シーンでの社会課題の解決に貢献していく。