

車室内モニタリングシステム

熊谷太郎*

In-vehicle Monitoring System

Taro Kumagai

要旨

車室内の乗員の状態を把握し、乗員の安全性・快適性の向上に寄与する目的で、車室内モニタリングシステム(IMS)の開発を行っている。三菱電機のIMSは広角カメラを利用しており、ダッシュボードセンター位置に搭載することによって、運転席と助手席に対するセンシングを同時に行うことができる。加えて、水平方向だけではなく、垂直方向の映像も幅広く撮像するため、顔だけではなく、肩や手などの情報や、姿勢まで検知できる。このように当社IMSは、運転者の顔だけを高精度に撮像してセンシングを行う通常のドライバーモニタリングシステムと比較して、

機能の拡張性が高い。

IMSの車載量産向け開発を行うに当たり、多種多様な環境・ユーザーで利用されることを考慮し、IMSの機能のロバスト性を担保、又は性能限界の見極めを実施する必要がある。当社IMSでは特に“環境ロバスト性”“個人差ロバスト性”“アクセサリロバスト性”“行動ロバスト性”の四つの観点でロバスト性検証で重視し、データの収集と評価、性能限界の検証を実施している。また、開発の効率化やセンシング性能の可視化を目的としてIMSの開発用ツールを開発した。



IMSの撮像映像と処理結果例

IMSの撮像映像と、撮像映像を当社IMSの開発用ツールを用いて、一部センシング結果を見える化したイメージである。IMSでは、顔向き角度や開眼度を検出することで、運転者の脇見や眠気・居眠りを検知する。また、助手席も撮像範囲に含まれていることから、助手席乗員向けの機能の追加も可能である。

1. ま え が き

車室内の乗員の状態を把握し、乗員の安全性・快適性の向上に寄与する目的で、当社は、広角カメラを利用したIMSの開発を行っている。当社IMSは、運転者だけでなく、その他乗員も撮像できるため、運転者の脇見や眠気・居眠りの検知等はもちろん、乗員を含めた個人認識やシートベルト装着状態検知を実現できる。IMSに対する要望・期待は、事故防止や自動運転時の運転者監視の観点、Euro NCAP(The European New Car Assessment Programme)等の自動車アセスメントの観点から年々高まっており、今後、市場規模の拡大が予想されている⁽¹⁾。さらにIMSで撮像した画像は、交通事故の原因解析にも有効であり、事故前後の映像記録装置としての役割も担うことができる。

本稿では、当社IMSのシステム構成と特長、搭載機能、車載向け製品として満たすべきセンシングのロバスト性について述べる。また、IMSの評価・開発効率化用に用いているツールについても述べる。

2. IMSのシステム構成と特長

2.1 システム構成

当社IMSは、近赤外線カメラ、近赤外線LED(Light Emitting Diode)、SoC(System on a Chip)の三つで構成される。近赤外線カメラモジュールに内蔵されたイメージセンサは、近赤外線LEDから発光された光が物体に当た

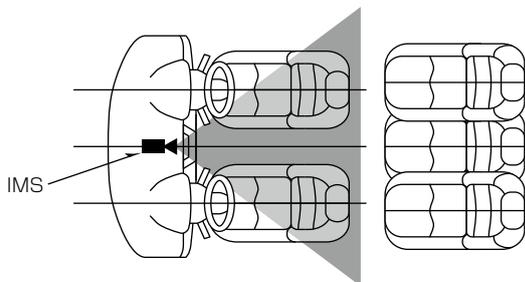


図1. IMSの搭載位置と撮像範囲



図2. IMSの撮像映像例

り、反射した光を受光することで、近赤外線映像を取得する。その近赤外線映像をSoCで画像解析することによって、車室内の乗員の状態を推定できる。

2.2 当社IMSの特長

当社IMSは広角カメラを利用しており、図1のようにダッシュボードセンター位置に搭載することによって、運転席と助手席に対するセンシングを同時に行うことができる。加えて、水平方向だけでなく、垂直方向の映像も幅広く撮像するため、顔だけではなく、肩や手などの情報や、姿勢まで検知できる。そのためIMSは、運転者の顔だけを高精度に撮像してセンシングを行うドライバーモニタリングシステムと異なり、機能の拡張性が高い(図2)。

3. IMSの機能

IMSの機能は、顔の検出や顔向き角度、開眼度、視線角度、手の形といった基本的な情報を出力するセンシング機能と、センシング機能で検知された情報を利用し、乗員有無の検知や脇見検知、眠気検知、ジェスチャ判定等を行うアプリケーション機能に大別される。

次に二つの検知機能について述べる。

3.1 脇見検知機能

図3に脇見検知機能の処理フローを示す。IMSはまず、センシング機能である顔・パーツ検出を実施し、それらの情報を用いた顔向き角度の推定を行う。脇見の判定は、顔向き角度がしきい値を超えたか否かで判定するが、車両情報によってそのしきい値を変化させる。これは、停車中や旋回時に不適切な脇見検知が行われることを防止する目的や、高速走行で有効視野が狭くなった場合に、より適切なタイミング・状況で警報等の支援を行う目的でしきい値を変化させている。

IMSの脇見判定としては、図3に示すように顔向き角度と車両情報を利用する以外にも、視線角度や車外センシングの結果を利用することも可能である。しかしながら、指標を増やすことによる誤判定リスクの増加や、評価の煩雑化、他システムとの依存度増加等の観点も鑑み、判定方法を判断していく必要がある。

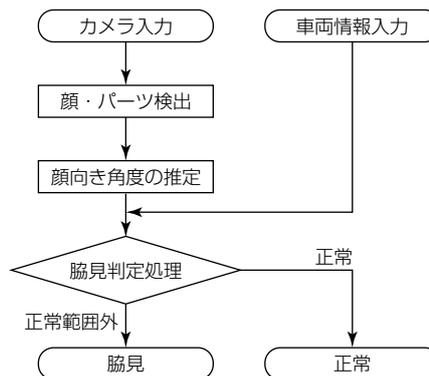


図3. 脇見検知機能の処理フロー

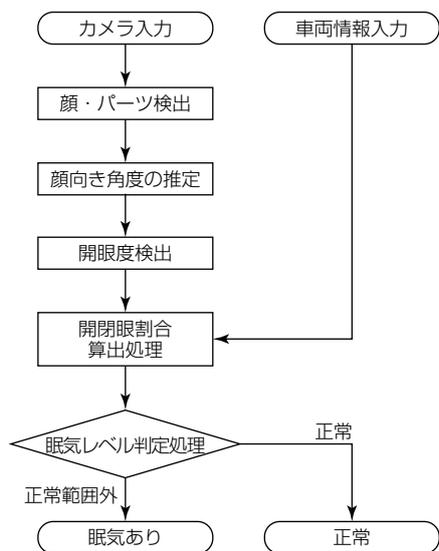


図4. 眠気検知機能の処理フロー

3.2 眠気検知機能

IMSでは、眠気をPERCLOS(Percent of Eyelid Closure)を用いて推定している。PERCLOSは単位時間当たりの閉眼の割合を示しており、眠気レベルと相関が高く、個人差が少ないとされている⁽²⁾。

図4に眠気検知機能の処理フローを示す。センシング機能として、顔向き角度の推定までの処理は脇見検知機能と同様である。追加となる開眼度検出では、目の開き具合を算出し、開眼と閉眼を判定する。なお、顔向き角度の推定の後に開眼度検出を行うのは、顔向き角度ごとに画像として映る目の形が異なることによって、開眼度検出の補正処理を行う必要があるためである。次に、開閉眼割合算出処理では、単位時間当たりの開眼と閉眼の割合を算出し、その後の眠気レベル判定処理によって眠気の有無を判定する。なお、開閉眼割合算出処理で車両情報を利用しているのは、停車中の故意の閉眼を眠気の指標から除くためである。

眠気レベルの判定には、PERCLOSのほかにも、表情や姿勢の変化、仕草等の情報を用いることが考えられる。特に姿勢の変化や仕草を利用した眠気検知については、広角カメラを利用し、肩から下の体の情報や、左右方向に広い範囲のセンシングが可能な当社IMSであるからこそ、実現可能な機能ということが出来る。

4. ロバスト性

IMSの車載量産向け開発を行うに当たり、多種多様な環境で、多種多様なユーザーが利用することを前提に、センシング機能又はアプリケーション機能としてのロバスト性を担保、又は、性能限界の見極めを行う必要がある。当社IMSでは特に、“環境ロバスト性”“個人差ロバスト性”“アクセサリロバスト性”“行動ロバスト性”の四つの観点をロバスト性として担保又は性能限界を見極めるべき主な観点と捉え、データ収集と評価、性能限界の検証を実施している。



図5. 顔に生じる光のコントラスト例

次に、それぞれの内容について述べる。

4.1 環境ロバスト性

環境ロバスト性は、車載環境での多種多様な環境へのロバスト性項目であり、その多くは、人工的な光や太陽光等、光関連のロバスト性である。図5に、顔に生じる光のコントラスト例を示す。図に示すとおり、同一個人にも関わらず、時間帯や走行環境によって顔に様々な形、強さのコントラストが生じることによって、画像としての情報は大きく異なってしまふ。このような状況でも、安定的にセンシング機能やアプリケーション機能が動作することが求められる。

4.2 個人差ロバスト性

個人差ロバスト性は、人ごと及び同一人物内の変化に対してIMSが担保すべきロバスト性である。利用者によってIMSの利用可否が異なる、また、個人内での化粧の有無や髭(ひげ)の有無、髪型の変化等によって、大きく結果が異なるようであれば、商品性を欠くことになる。当社IMSは、国内外でのデータ収集及び様々な個人内変動を再現したデータ収集を行い、性能評価・改善を行うことで、個人差ロバスト性を高めている。

4.3 アクセサリロバスト性

アクセサリロバスト性は、顔の場合であれば、図6に示したような、メガネやサングラス、マスク等、装着品へのロバスト性のことを示す。また、センシング範囲を肩より下に広げた場合は、衣服や手袋等に対するロバスト性まで含まれる。当社IMSでは、様々な形状のメガネやサングラスでの性能評価、改善を実施していることはもちろん、サングラスの近赤外光の透過率を計測し、センシング性能の限界の見極めを実施している。

4.4 行動ロバスト性

行動ロバスト性とは、顔の一部を手で隠す動作や表情の変化、姿勢の変化等、走行中に乗員が行う行動に対するセンシング機能、又はアプリケーション機能のロバスト性を



図6. 装着アクセサリの個人内変動例

示す。例えば手の動きをIMSで認識させ、車載機器を操作するジェスチャ操作機能では、運転者が他車に対して何らかの意思表示を行う動作を誤ってジェスチャ操作と判定してはならない。そのために、ジェスチャとそれ以外の切り分け処理を搭載し、ロバスト性を高める必要がある。なお、ソフトウェア処理でロバスト性を高める以前に、検知範囲や検知対象とするジェスチャをあらかじめ他の行動と判別が容易になるよう設計を行ってれば、それ自体がロバスト性向上の取組みとなる。

5. IMSの開発用ツール

ここでは、IMSの開発を効率的に進めるために用いている開発用ツールについて述べる。このツールは、IMSへの組み込み前に、アルゴリズム検証や、図7に示すようなセンシング結果の見える化を行う目的で開発したソフトウェアであり、パソコン上で動作させることができる。このツールを開発する上で特に工夫した点は次の3点である。

- (1) 評価用の映像を入力することで、車載用に搭載するIMSと同じセンシングやアプリケーションの結果を出力する点である。IMSとこの開発用ツールの出力結果が同じになることで、パソコンを用いた性能評価結果を、IMSでの性能評価結果と等価として取り扱うことができる。パソコン評価用ソフトウェアでは、この仕組みに加え、データの読み込み機能や自動評価実施機能を付加することで、オフラインでの繰り返しの評価を、人手を用いることなく実施することが可能になり、開発の効率化に大きく寄与している。
- (2) 開発用ツールからIMS実機へのソフトウェア移植性である。開発用ツールとIMS実機のソフトウェアについて、出力結果が同様であっても、ソフトウェアの構成等が異なり、実機に移植する際、再度作り直しが必要にな



図7. センシング結果の見える化

ると、開発の効率性が下がってしまう。当社IMSは、開発用ツールと実機のソフトウェア構成を極力同一にすることで、非常に高い移植性を実現している。

- (3) 性能の可視化である。実機のソフトウェアの場合は、センシング機能やアプリケーション機能の出力結果を数値として確認できても、その結果を実際の入力映像と重畳させ、確認することは困難である。そこでこの開発用ツールでは、センシング結果を画像と重畳させて表示できるようにしたことで、不具合の早期発見はもちろん、当社IMSのデモンストレーション用ソフトウェアとしても利用することが可能である。

6. む す び

当社IMSと開発用ツールについて述べた。IMSは、運転者だけでなく、他の乗員もセンシングすることで、例えば、エアバッグの展開に利用が可能な前席乗員の体格を判定する機能等、様々な機能拡張が考えられる。また、車室内を広範囲に撮像できることから、運転者がスマートフォンを手元で見ているような状況や、体調急変によって大きく姿勢が崩れたような状態等、自動運転時代の到来によって必要性が増す機能に対する親和性も高い。今後は、前席だけでなく、その他の席も対象にしたIMSの開発や他のセンサとの連携機能の開発を進めることで、車室内から車の安全性や快適性の向上に寄与していく。

参 考 文 献

- (1) STRATEGY ANALYTICS : Semi-Autonomous Applications Accelerate Development in Automotive Driver Monitoring Systems (2016)
- (2) Knippling, R. : PERCLOS : A valid psychophysiological measure of alertness as assessed by psychomotor vigilance, Tech Brief FHWA-MCRT-98-006 U.S.Department of Transportation (1998)