

# 搭乗者の状態推定技術

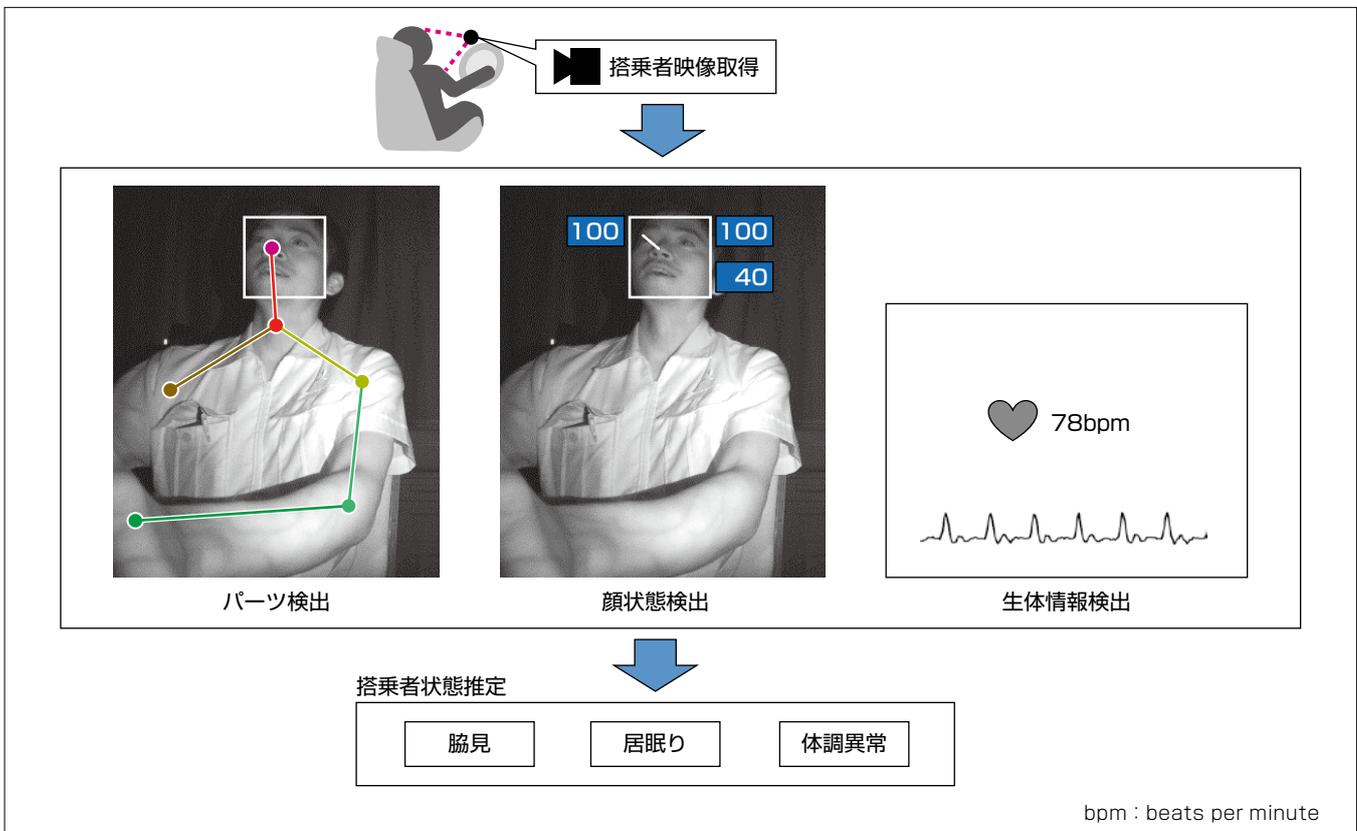
Estimation Technologies for Driver's State

## 要旨

交通事故を予防するために、運転中の脇見や居眠りなどの不注意を検知して注意を促す搭乗者モニタリングシステムが車に搭載され始めている。また、体調異常による交通事故の発生を抑えるために、国土交通省からも体調異常を表す典型的な姿勢崩れパターンや、体調異常が発生した際に安全に車を停止させるためのガイドラインなどが示されており、今後の搭乗者モニタリングシステムには、不注意だけではなく、体調異常を推定して交通事故予防につなげることも求められる。

搭乗者モニタリングシステムでは、これらの不注意や体調異常を推定するために次の技術を用いる。

- (1) 搭乗者が直接装着することなく非接触で、かつ夜間でも動作可能な近赤外線カメラを使った搭乗者の映像取得
- (2) 骨格や顔の位置情報を検出するパーツ検出
- (3) 顔の位置を使い、顔向きや目・口の開き度合いなどを検出するための顔状態検出
- (4) 居眠りや体調異常の検出精度を上げるための脈拍などの生体情報検出
- (5) 骨格、顔向き、目・口の開き度合い、生体情報を用いて脇見、居眠り、体調異常を推定する搭乗者の状態推定



## 搭乗者の状態を推定する技術

近赤外線カメラを用いて映像を取得した後、骨格や顔などのパーツ検出、顔向きや目・口の開き度合いなどの顔状態検出、脈拍などの生体情報検出を行い、最後に脇見、居眠り、体調異常など搭乗者の状態を推定する。

## 1. ま え が き

車に関連する交通事故を減らすことが社会課題になっており、脇見運転や居眠り運転など搭乗者の状態を検知して注意を促す搭乗者モニタリングシステムが車に搭載され始めている。国土交通省や欧州の委員会も交通事故を減らすためのガイドライン、Euro NCAP(European New Car Assessment Programme)等を作成しており、今後、搭乗者モニタリングシステムの搭載義務化が法令化されると普及が加速することが見込まれる。

その流れの中で、交通事故につながるような搭乗者の状態を推定できる技術の開発が求められている。

本稿では、搭乗者モニタリングシステムに用いられる技術の中で三菱電機が先行的に開発している技術について述べる。

## 2. 搭乗者の状態推定技術

交通事故につながるような脇見、居眠り、体調異常を推定するために、図1に示すような流れで搭乗者の状態推定を行う。それぞれの詳細について順に述べる。

### 2.1 搭乗者映像取得技術

搭乗者から情報を得るために、接触型のセンサやミリ波センサなどを使うことも考えられるが、センサの種類や個数が多くなるとコストアップにつながるため、できるだけコストを抑える構成として、今回は、カメラを用いたセンシング技術に絞る。

カメラを用いる中で、車載用途であることを考慮すると、可視光線カメラを使う場合には夜間の被写体の照度不足が問題になる。そのため、人間の目に見えない波長帯である近赤外光線を照明として照射し、近赤外線カメラを使って

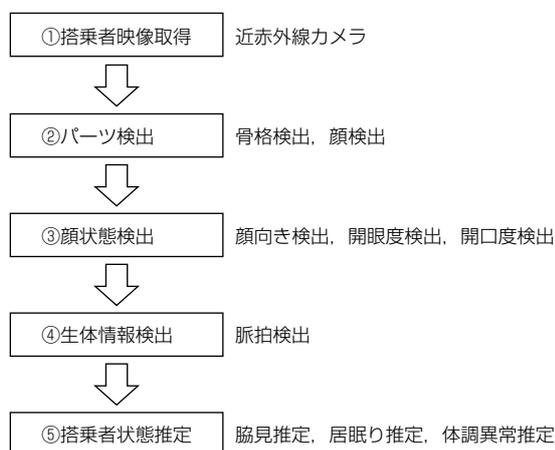


図1. 搭乗者状態推定の流れ

映像を取得する構成を用いた検出技術について述べる。

### 2.2 パーツ検出技術

近赤外線カメラの映像から搭乗者の不注意や体調異常を検出するためには、まず、搭乗者が映像のどこに映っており、どのような姿勢をしているか、また、搭乗者の顔が映像のどこに映っているかを検出する必要がある。

前者を検出するために、搭乗者の骨格を検出し、後者を検出するために、搭乗者の顔位置(顔領域)を検出する。

#### 2.2.1 骨格検出技術

骨格検出は、映像の中から人物を検出し、さらにその人物の骨格を認識して骨格の座標データを出力する技術である。車内を撮影するカメラの場合、カメラの設置位置にもよるが、搭乗者の脚部まではあまり映り込まない画角である場合には、上体だけの骨格検出に限定することで、検出に必要な処理量を低減できる。

先行的に開発している技術を使って近赤外線カメラの映像から骨格を検出した一例を図2に示す。この技術では、映像を基に顔、首、肩、肘など骨格の関節の位置を検出しているが、当社独自のAI技術“Maisart”も活用することによって比較的少ない演算量で実現している<sup>(1)</sup>。

#### 2.2.2 顔検出技術

顔検出は、映像の中から人物の顔を認識して顔領域の座標データを出力する技術である。検出した顔領域の情報をを用いて顔状態検出を行う。

### 2.3 顔状態検出技術

顔状態検出技術は、2.2.2項の顔検出技術で検出した顔領域の情報から、顔向き、開眼度、開口度を検出する技術である(図3)。

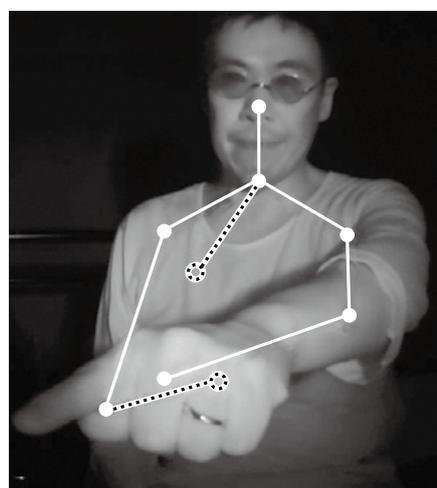


図2. 骨格検出

### 2.3.1 顔向き検出技術

顔向き検出は、顔領域の情報から、顔の向きを検出する技術であり(図4)、ここで検出した顔向きは、後述の脇見推定や体調異常推定に利用する。

### 2.3.2 開眼度検出技術

開眼度検出は、顔領域の情報から、目の周りの情報を使って、目の開き具合を検出する技術である(図5)。目の開き具合は人によって差があるため、目の最大開きを用いて搭乗者に合わせた補正を自動的に行う。

ここで検出した開眼度は、後述の居眠り推定で利用する。

### 2.3.3 開口度検出技術

開口度検出は、顔領域の情報から、口の周りの情報を使って、口の開き具合を検出する技術である(図6)。

ここで検出した開口度は、開眼度と同様に後述の居眠り推定で利用する。

### 2.4 生体情報検出技術

生体情報検出技術は、検出した骨格や顔領域の座標情報を用いて、生体情報の検出に用いる領域を特定し、その領域の情報を用いて目的とする生体情報を検出する技術である。

#### 2.4.1 脈拍検出技術

脈拍を取得する際、ハンドルやシートに埋め込んだセン

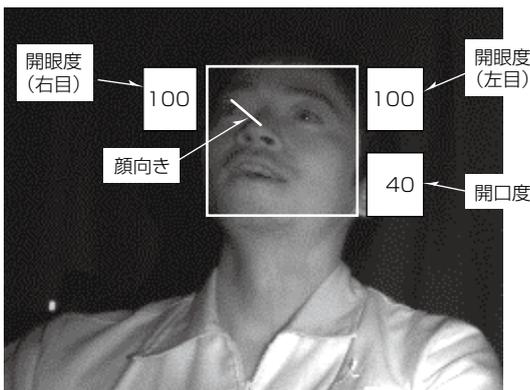


図3. 顔向き, 開眼度, 開口度検出

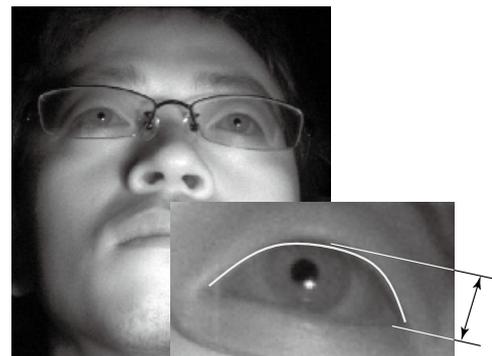


図5. 開眼度検出

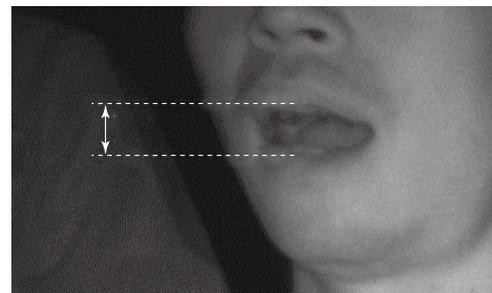


図6. 開口度検出

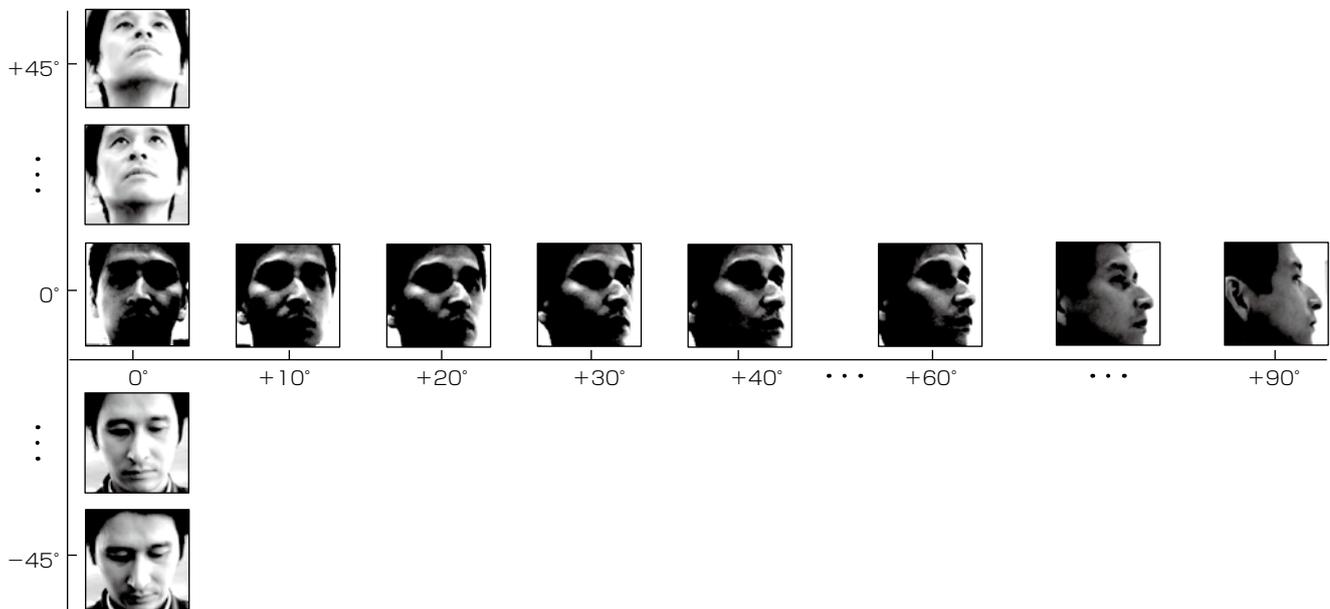


図4. 顔向き検出

サを用いたり、手首や耳たぶに光学式のセンサを装着する方法が一般的であるが、カメラ以外のセンサが必要になることでコストアップにつながったり、搭乗者が直接装着するわずらわしさがあるため、近赤外線カメラの映像だけを使った方式にしている。これによって、非接触でかつ他のセンサの追加を不要にしている。

肌の下に通っている毛細血管は、脈拍に合わせて拡張と収縮を繰り返しており、毛細血管の血の量が変わっている。この血の量の変動が輝度の変動として映像に表れている。脈拍による輝度変動を人間の目で検知することは難しいが、カメラで撮影した映像から、肌の微小な輝度変化をとらえて脈拍以外のノイズ成分を除去することで脈拍を検出する(図7)。

可視光のカラーカメラを利用する場合は、比較の変動幅が大きい色の変動を利用できるが、単色の近赤外線カメラでは、微小な変化しかしない輝度の変動を用いて脈拍情報を検出するため、より高精度なノイズ除去が必要になる。

この生体情報検出技術を搭載した当社のコンセプトキャビン“EMIRAI S”を東京モーターショー2019とCES 2020に出展した。

## 2.5 搭乗者状態推定技術

検出した骨格情報、顔状態、生体情報を用いて、搭乗者の脇見、居眠り、体調異常を推定する技術である(図8)。

### 2.5.1 脇見推定技術

運転中の搭乗者は、車の進行方向だけではなく、安全確認を含めた車の周囲の状況確認、メータや他の搭乗者など車内の確認などを行っている。車の停止中の進行方向以外の注視は問題ないが、車が走っている状態での周囲の注視は事故につながるため、顔向きを用いて進行方向以外を注視していることを検出し、脇見運転を推定する。

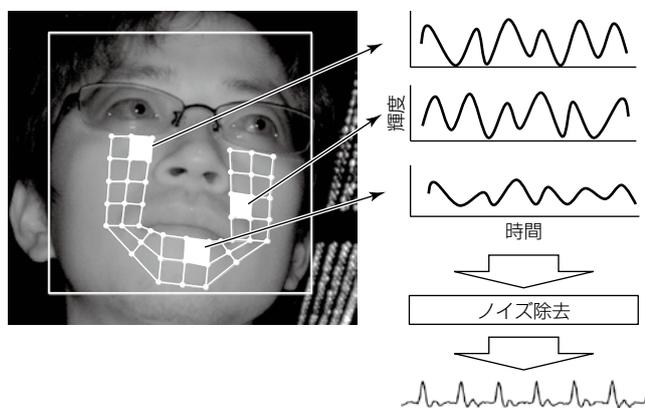


図7. 脈拍検出

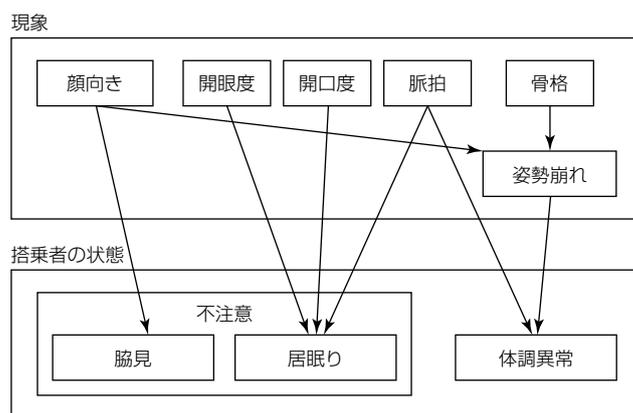


図8. 搭乗者状態推定

表1. 国土交通省が示す姿勢崩れパターン

| 姿勢崩れパターン                                |
|---|
| 突っ伏し、うつむき、のけ反り、えび反り、<br>首だけ横倒れ、横倒れ、横もたれ |

### 2.5.2 居眠り推定技術

目を閉じる頻度や口を大きく開けるあくびの動作を検出することで、居眠りにつながる搭乗者の覚醒度を推定する。目を閉じる頻度としては、単位時間当たりの目を閉じている割合であるPERCLOS(PERcent of eyelid CLOSure)や、単位時間当たりの瞬(まばた)きの回数を表す瞬目率などの情報を用いる。通常、眠くなると、起きている時よりも脈拍数が下がるため、脈拍の情報を併用することで居眠りの推定精度を向上させることができる。

### 2.5.3 体調異常推定技術

骨格情報と顔向きの情報を用いることで、搭乗者の姿勢を検出できる。この姿勢を用いて国土交通省が示している姿勢崩れパターン(表1)を検出し、搭乗者の体調異常を推定する。また、脈拍の情報を合わせて用いることで、体調異常の検出精度を向上させることができる。

## 3. むすび

交通事故を減らすための搭乗者モニタリングシステムに搭載する、脇見、居眠り、体調異常を推定する技術について述べた。今後も交通事故削減に寄与する技術を継続的に開発していく。

### 参考文献

- (1) 津田圭一：サポートベクタ回帰を用いる骨格検出器，情報処理学会 第82回全国大会講演論文集，2-27~2-28 (2020)