

カメラを用いた非接触生体センシングによる ドライバーの体調異常検知技術

Driver's Abnormal Physical Condition Detection System Using
Camera-Based Biological Information Estimation

高橋龍平*
Ryuhei Takahashi

*先進応用開発センター

要 旨

ドライバーの意識喪失などの体調異常は重大な交通事故につながるため、対応が急務である。既に体調異常などによって運転姿勢が崩れる“姿勢崩れ”をカメラで検知するという技術が開発されている。しかし、姿勢崩れ検知では、運転姿勢を維持したまま体調異常を起こした場合には対応できないという課題がある。この課題を解決するために、ドライバーモニタリングシステム(DMS: Driver Monitoring System)を活用し、DMSのカメラ映像からドライバーの生体情報を推定することで体調異常を検知する技術を開発中である。この技術によって、姿勢崩れを伴わない体調異常が発生したケースに対しても検知可能になり、交通事故のない安心・安全な社会の実現への貢献が期待できる。

1. ま え が き

交通事故件数は年々減少している⁽¹⁾ものの、健康起因による事故は増加傾向にある⁽²⁾。健康起因交通事故につながる体調異常の中でも“心疾患”“てんかん”“脳血管疾患”が三大要因になっており、これらの特徴を踏まえてリアルタイムにドライバーの体調異常を検知し、事故を予防することが急務である。体調異常を検知する技術として、DMSのカメラ映像(図1)から体調異常に伴うなどして生じる姿勢崩れを検知する技術がある。一方、体調異常ではあるものの、姿勢崩れを伴わない場合も約50%(てんかん発作に対しての三菱電機推定)あり、その対策が課題である(表1)。そこで、当社はDMSのカメラ映像から非接触でドライバーの生体情報(脈拍数、脈拍間隔、脈の強弱、血圧の変化)を推定して、その生体情報の変化から姿勢崩れが伴わない場合でも体調異常を検知する技術を開発中である。体調異常発生による姿勢崩れの前に生体情報が変化した場合は、体調異常の早期検知によって車両安全システムが路肩への停車を行う、といった事故回避行動の早期実施が期待できる。この技術によって死亡や重傷リスクの高い事故の予防につなげることで、安心・安全な社会の実現に貢献する。



図1-DMSで撮影したドライバーの顔映像例

表1-てんかん／心疾患の発作が生じたときに姿勢崩れ／硬直／脈拍変化を伴う割合

	てんかん	心疾患
姿勢崩れ(%)	50	10
硬直(%)	27	6
脈拍変化(%)	100	56

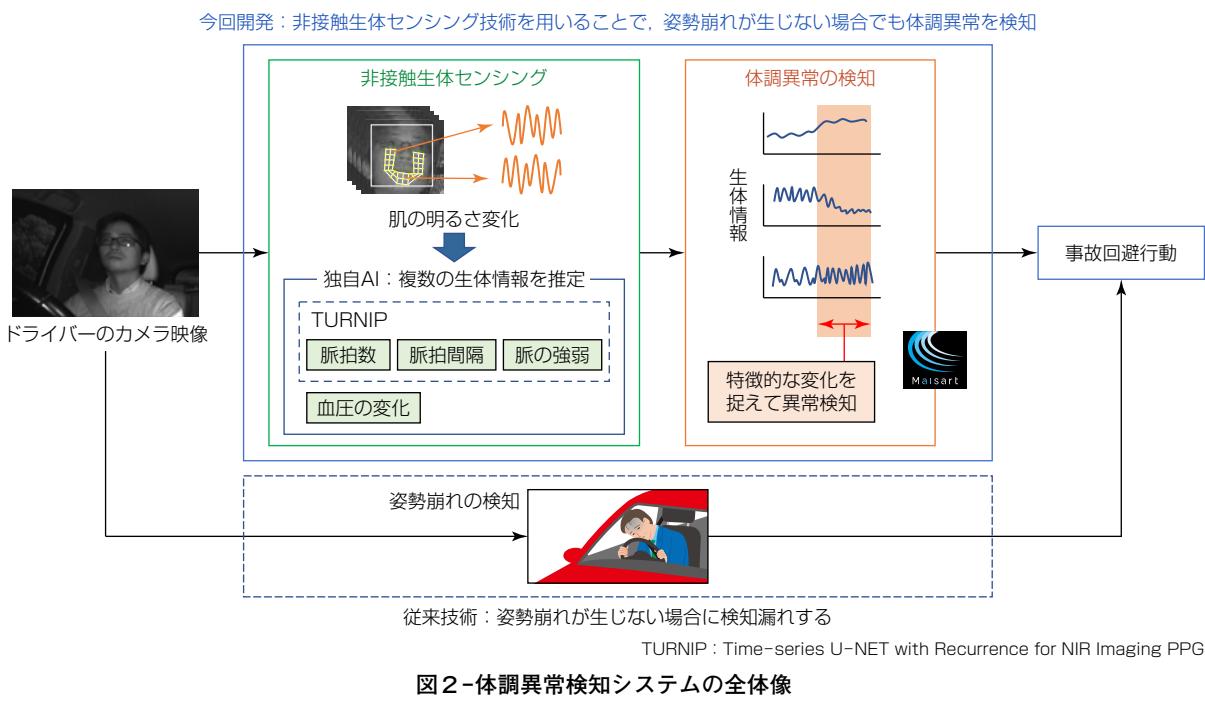
AMECC(Automotive and Medical Concert Consortium)
が収集したデータセットを基に当社で推定

2. 体調異常検知システム

2.1 システム全体像

体調異常検知システムの全体像を図2に示す。当社の体調異常検知システムは、従来の姿勢崩れ検知部に加えて、大きく分けて非接触生体センシング部と体調異常検知部の二つのモジュールで構成している。まず、非接触生体センシング部で、ドライバーの顔映像から取得する肌の輝度変化を基に、脈拍数や脈拍間隔といった生体情報を推定する。次に、体調異常検知部で、これらの生体情報推定結果を基に、体調異常時の特徴的な生体情報の変化から体調異常かどうかを当社のAI技術“Maisart”によって判定する。この体調異常検知結果は後段のアプリケーションへ通知する。アプリケーションの適用先は多岐にわたるが、例として車両安全システムが挙げられ、体調異常を検知した場合に自動運転によって車を路肩へ移動することで事故を予防する、といった用途が考えられる。

本稿では、このシステムを実現するために重要な要素である非接触生体センシング部での生体情報推定方式、体調異常検知部による体調異常検知方式について述べる。



2.2 非接触生体センシング部

非接触生体センシング部では、ドライバーの顔映像から取得される肌の明るさの変化を基に、脈拍数や脈拍間隔などの生体情報を推定する。本稿では、それらのうち脈拍数推定アルゴリズムを述べる。肌の輝度(明るさ)は、脈動による血流量の変動に応じて変化しており、その変化量は微小である。また、太陽光などの外光ノイズも、肌の輝度変化として重畳して観測される。これらのノイズを除去した上で、脈波を抽出するアルゴリズム(TURNIP⁽³⁾)や抽出した脈波から脈拍値を計測するアルゴリズムを導入することで生体情報を推定する。推定結果に対しても、外れ値を除去する独自アルゴリズムを適用することで推定精度を高めている。処理フローは図3に示すとおりであり、入力はDMSで撮影したドライバーの顔映像、出力は脈拍値である。これによる生体情報の推定を数秒間隔で実施し、推定結果をリアルタイムに後段の体調異常検知部に渡す。

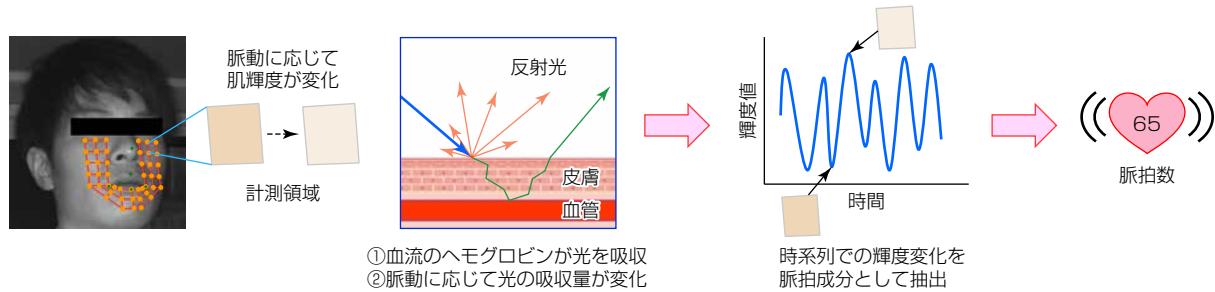


図3-非接触生体センシング部の動作概要

2.3 体調異常検知部

体調異常検知部では、前段の非接触生体センシング部の推定結果を基に、体調異常時の特徴的な生体情報の変化から体調異常かどうかを判定する。体調異常検知はルールベース方式と機械学習ベース方式の2種類を搭載している。

ルールベース方式では、体調異常時の特徴的な生体変化に着目し、同様の脈拍数の変化が生じた場合に体調異常と判定するルールを導入している。特徴的な生体変化の例として、図4のような、短時間で脈拍数が急上昇し高止まりする変化をAMECCが構築したデータセットで確認している。

機械学習ベース方式では、Maisartを使用しており、独自の方式で個人差を除去し、生体情報から抽出した特徴量で学習した判定モデルで体調異常を判定する。

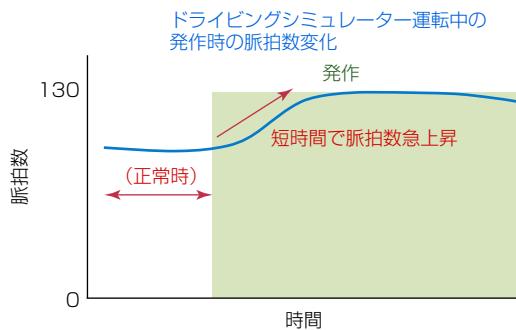


図4-ドライビングシミュレーターを運転中にてんかん発作が生じた際の脈拍数変化のイメージ

3. 性能評価

3.1 非接触生体センシング部の性能評価

2.2節で述べた非接触生体センシング部の性能を示す。図5は、運転中のドライバーに対して非接触生体センシング部による脈拍数推定を実施した結果の一例である。心電図から計測した真値との誤差が5 bpm未満であったときに正解とみなした場合の正解率は約97.0%であり、真値に対して精度良く推定できていることが分かる。

3.2 体調異常検知部の性能評価

2.3節で述べた体調異常検知部の性能を示す。AMECCのデータセットに含まれる心疾患患者の発作314件の脈拍情報を対象に、ルールベース、機械学習ベースの両方式で体調異常の検知率を評価した。その結果を表2に示す。機械学習ベース方式がより高いものの、両方式で90%以上の検知率を達成している。さらに、当社で収集した、健康な被験者によるドライビングシミュレーター運転時の脈拍情報を用いて、運転可能な状態にもかかわらず体調異常と誤判定してしまう“過検知”的発生頻度を評価した。その結果が表3であり、ルールベース方式で過検知0回を達成している。これらの結果から、ルールベース方式と機械学習ベース方式の間で、検知率と過検知頻度がトレードオフの関係にあることが分かる。現状では両方式による検知結果をそれぞれ出力するだけであるが、将来的には、両方式の結果を統合し最終的な体調異常を判定するアルゴリズムを導入することで、高検知率・低過検知の両立を目指す。

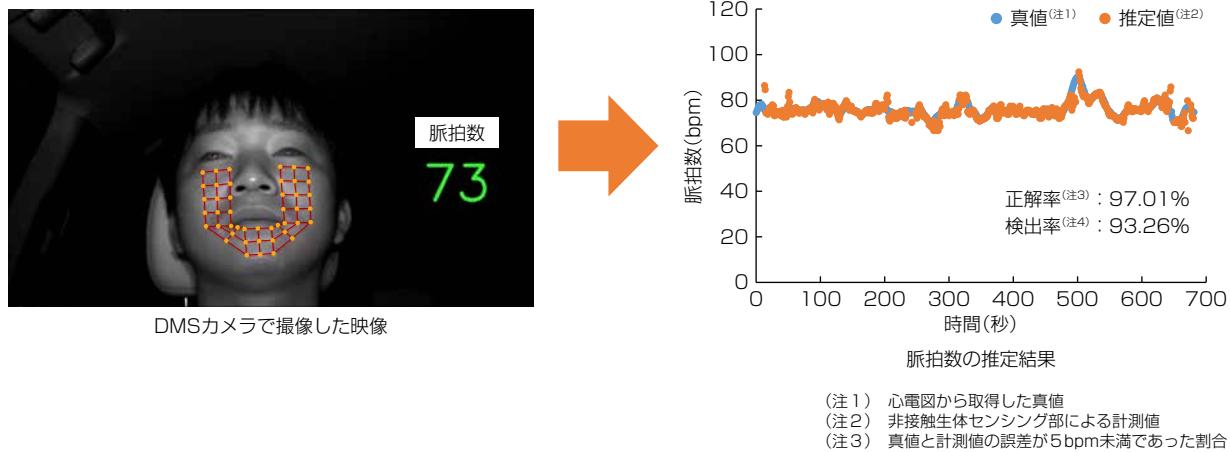


図5-非接触生体センシング部の出力例

表2-体調異常検知部による心疾患発作の検知率

	ルールベース	機械学習ベース
検知率(%)	91.4	97.6
体調異常後30秒以内での検知率(%)	91.1	97.6

表3-体調異常検知による過検知頻度

	ルールベース	機械学習ベース
過検知頻度(回/h ^(注5))	0.0	0.1

(注5) 1時間当たりに過検知が生じた回数

4. む す び

開発中の健康起因交通事故を未然に防ぐためのドライバーの体調異常検知システムについて、システムを構成する各モジュールの性能を述べた。

今後は、3章で述べた各モジュールでの評価だけでなく、システム全体での評価と改良を進めていく。全体評価には体調異常時の被験者の顔映像データが必要なため、医療系大学との共同研究を通じて、大学病院に来院した患者の協力を受けてデータを収集する。

本稿は産業技術総合研究所、筑波大学附属病院、東京大学、及び複数の国内自動車関連企業で構成されるAMECCが収集したデータを利用した。また、体調異常時の被験者の顔映像データ収集に当たり、共同研究先の医療系大学に多大なる協力をいただいている。

参 考 文 献

- 国土交通省：最近の交通事故発生状況について（2023）
<https://www.mlit.go.jp/jidosha/content/001621948.pdf>
- 国土交通省：健康起因事故発生状況と健康起因事故防止のための取組について（2023）
<https://www.mlit.go.jp/jidosha/content/001586895.pdf>
- Comas, A., et al. : Turnip: Time-Series U-Net With Recurrence For Nir Imaging Ppg, IEEE International Conference on Image Processing (2021)