

# 「安全運転支援のための感情共有を用いたヒヤリハットマップシステムの開発」

齊藤義仰 (ソフトウェア情報学部、准教授)、村山優子 (ソフトウェア情報学部、教授)、西岡大 (ソフトウェア情報学部、准教授)、高橋幹 (地域連携本部、特別客員研究員)、中野裕貴 (ソフトウェア情報学研究科、学生)、鈴木清寛 (ソフトウェア情報学部、学生)

安全な車社会を実現するためには、機械的な側面からの運転支援技術だけでなく、人間的な側面からの運転支援技術が必要である。本研究では、運転者の感情に基づいたヒヤリハットマップ自動作成システムを提案する。急ブレーキ検知などの自動車の状態のみを用いた既存のヒヤリハットマップ作成システムでは、危険地点の誤検出と検出漏れが問題となっていた。そこで、運転者の恐怖と驚きの感情を用いることで、情報の質を維持しながら危険地点の情報収集を行い、ヒヤリハットマップを自動作成するシステムを実現する。

## 1 背景

車は世界で11億台以上[1]、日本で7,600万台以上[2]が人々に利用されており、現代社会において必要不可欠な存在である。しかし、平成26年度は約57万件の交通事故が発生し、約4,100名の死者と約71万人の負傷者を出しており[3]、車は人にとって危険な存在であるとも言える。近年の車には、横滑り防止装置 (Electronic Stability Control : ESC) やアンチロックブレーキシステム (Antilock Brake System : ABS) 等の運転支援技術が導入され、交通事故発生件数は減少してきた。実際に、交通事故件数が最多だった平成15年度から現在にかけて、95万件から57万件へと大きく減少した。しかし、ここ数年の交通事故件数の減少は頭打ちし、走行制御などの機械的な側面からの運転支援だけでは限界が見え始めている。最終的に運転性能に影響を与えるのは、車を運転する人間である。交通事故件数をさらに減少させるためには、人間的な側面からの運転支援技術により、安全運転を促すことが必要である。

人間的な側面からの運転支援については、運転者の感情が運転性能に影響を与えることが認知されている。代表的な例として Road Rage[4]がある。Road Rageとは、他車からの割り込みや追い越し等により、運転者が怒りの感情から報復行動を起こし、危険運転を行うようになる現象である。このように、感情という人間的な側面が人の行動に与える影響を検証・応用することが、近年の大きな研究分野となっている。実際に、人間の感情を利用した運転支援の研究が盛んに行われている。

本研究では、運転者の感情を利用することで、高品質なヒヤリハットマップの自動生成を行

う。ヒヤリハットマップとは、危険地点の情報を収集し、それらを地図上に表示したものである。既存のヒヤリハットマップにおける危険地点の情報収集では、アンケートなどを用いて手動で収集する方法と、センサなどを用いて自動で収集する方法がある。しかし、手動のものは手間がかかり、自動のものは情報の質の維持が難しいといった問題がある。そこで我々は、情報取得の自動化に感情を用いることで課題の解決を行う。スマートフォンを用いて、運転者が恐怖・驚きの感情を示した地点を、運転者の顔認識やセンサ情報により自動的に検出する。検出後に、インターネットを介して危険地点の情報をサーバに蓄積する。蓄積された情報を用いて、記録された地点を通りかかる車に対して危険であることを通知し、運転者に安全運転を促す。

## 2 ヒヤリハットマップ自動作成の課題

本章では、既存のヒヤリハットマップを取り上げ、作成方法について述べる。また、既存のヒヤリハットマップシステムの問題点を明らかにする。

### 2.1 既存のヒヤリハットマップ

これまでに、交通安全のためのヒヤリハットマップは多くの自治体や組織によって作成・提供されてきた。ヒヤリハットマップを作成・提供するためには、危険地点の情報収集と情報提供が必要となるが、本稿では危険地点の情報収集に焦点を当てる。

危険地点の情報収集については、大きく分けて2つの方法が存在する。1つ目の方法は、アンケートやインタビュー、Webフォームから

といった手動の情報収集である（以後、手動ヒヤリハットマップと呼ぶ）。多くの自治体や組織のヒヤリハットマップは、この方法で作成されている。この方法では、質の高い情報を収集できるが、手間暇が必要であり、リアルタイムな情報取得は難しい。2つ目の方法は、センサ情報を用いて自動的に収集する方法である（以後、自動ヒヤリハットマップと呼ぶ）。例としては Honda インターナビの SAFETY MAP がある。これらの方法では、加速度センサ等により急ブレーキや悪路地点を検出する。危険地点の情報収集を自動で行うため手間暇がかからない。しかし、自動車の状態情報のみを用いるため、運転者にとって本当に危険地点かはわからず、情報の質を維持することが難しいと考えられる。

## 2.2 比較調査

危険地点の情報収集について、手動での収集と自動での収集の差異を明らかにするため、既存のヒヤリハットマップを比較調査した。本調査では、新潟県南魚沼市六日町駅周辺のヒヤリハットマップ [5] と、Honda の SAFETY MAP [6] における同地点のヒヤリハットマップを利用した。前者のヒヤリハットマップは市民からのアンケート調査により作成されたものであり、手動で情報収集されたマップである（以後、手動ヒヤリハットマップと呼ぶ）。後者は、Honda の専用ナビが  $-0.25G$  の加速度を検知し、急ブレーキを踏んだと判断した地点を示したものであり、自動で情報収集されたマップである（以後、自動ヒヤリハットマップと呼ぶ）。

それぞれのヒヤリハットマップを比較した結果、手動ヒヤリハットマップでは危険地点と表示されているが、自動ヒヤリハットマップでは表示されていない地点がいくつも存在し、危険地点の「検出漏れ」があることが確認できた。急ブレーキといった車の状態は変わらないが、運転者が危険だと感じる地点があることがわかる。特に、市街地のようなスピードのでない入り組んだ地点で見受けられた。

一方で、自動ヒヤリハットマップでは危険地点と表示されているが、手動ヒヤリハットマップでは表示されていない地点も存在し、危険地点の「誤検出」があることが確認できた。これは、スピードのでる郊外の長い直線道路で見受けられた。スピードがでているため急ブレーキとなっているが、運転者は危険だと感じていない地点があることがわかる。

このように、急ブレーキといった自動車の状態だけでは、「検出漏れ」や「誤検出」が発生し、運転者が危険と感じた地点を正確に把握できないことが確認できた。自動車の状態だけでなく、

運転者の状態として感情を把握し、それをヒヤリハットマップに活かすことができれば、より質の高いヒヤリハットマップを自動で作成できるようになると考えられる。

## 3 提案システム

提案システムのモデルを図1に示す。提案システムでは、危険地点の情報収集について、自動車の異常状態および運転者の恐怖と驚きの感情を利用する。自動車の状態情報だけでなく、運転者の状態情報を用いることで、情報の質を維持しながら、危険地点の情報収集を自動化する。危険な情報の情報提供については、危険地点付近を通過する運転者に対し、危険を通知することで、運転者に安全運転を促す。本研究では、危険地点の情報収集について焦点を当てる。

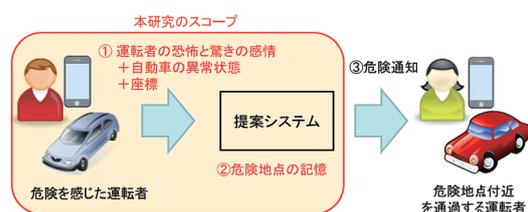


図1 提案システムのモデル

提案システムの前提として、より多くの人々が利用できるように、汎用のスマートフォンを利用し、専用デバイスを必要としないシステムとする。そのため、汎用スマートフォンに標準搭載されている、カメラや加速度センサなどの一般的な装置から取得できる情報のみを用いて実現するものとする。

提案システムのアーキテクチャを図2に示す。提案システムの一連の動作は、大きく以下のように分けられる。

- (1) 自動車の異常状態の検出
- (2) 運転者の恐怖と驚きの感情検出
- (3) 危険地点の登録
- (4) 危険地点付近を通過する運転者への危険通知

次節から上記の機能について設計を行い、システムの仕様を決定する。

### 3.1 自動車の異常状態の検出

自動車の異常状態の検出については、既存のヒヤリハットマップシステムで用いられている加速度を利用し、急ブレーキ等の自動車の異常状態を検知する。まずは、実装が容易な急ブレーキを対象とし、一定の  $G$  がかった場合に検出する。

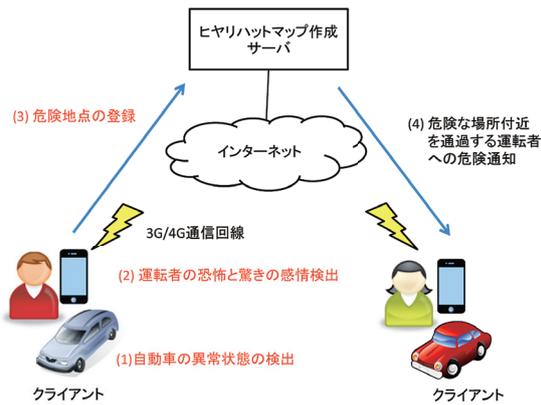


図2 提案システムのアーキテクチャ

### 3.2 運転者の恐怖と驚きの感情検出

感情については、運転者の感情を検出する様々な研究がされているが、汎用スマートフォンを用いることから、カメラを用いた表情認識による手法を用いる。表情認識による人間の感情検出では、「happiness」、「surprise」、「fear」、「sadness」、「anger」、「disgust」、「neutral」等の基本感情 [7] を抱いた時の表情の特徴をデータベース化し、撮影された映像と比較することで、高確率で一致するものを提示する手法である。人間の感情検出において、表情認識はよく用いられる一般的な手法であり、開発ライブラリも数多く存在する。しかし、「happiness (喜び)」の感情検知は比較的容易であるが、「fear (恐怖)」や「surprise (驚き)」等の感情検出は難しいことが知られている。よって、現状の開発環境では、運転者の恐怖の感情検出精度は低いと考えられる。そこで、現段階では恐怖の感情検出精度については本研究の範疇外とし、自動車の状態情報と組み合わせることで、より質の高いヒヤリハットマップの自動作成を目指すこととする。

### 3.3 危険地点の登録

危険地点の登録については、「自動車の異常状態の検出」と「運転者の恐怖と驚きの感情検出」で得られた情報から危険地点の判別を行う。自動車が異常状態（急ブレーキ等）で表情認識により一定以上の確率で運転者が恐怖していると検知した時、そこが危険地点であると判別する。市街地などのスピードのでない地域にも対応するため、高確率で運転者が恐怖していると検知したとき、自動車の状態に関わらず危険地点であると判別するものとする。危険地点であると判別した後、スマートフォンのGPSを用いて座標を取得し、3G/4G 通信回線を用いてインターネット上にあるサーバに座標情報を送信する。クライアントから危険地点の座標情報を受け取ったサーバは、時刻情報と共に座標情

報をデータベースに保存し、ヒヤリハットマップを自動生成する。

### 3.4 危険地点付近を通過する運転者への危険通知

危険地点付近を通過する運転者への危険通知については、自動車に設置されたスマートフォン（クライアント）は、(3)で自動生成したヒヤリハットマップの情報を定期的に取得するものとする。この時、自車周辺の情報のみを取得することで効率化を図る。クライアントはGPSにより現在位置をリアルタイムで把握し、サーバから取得した危険地点付近に近づいた際に、危険通知を行う。危険通知の方法は、アイコンと音による通知を一定時間行い、何か危険があることを運転者に認知させる。

本研究のスコープは危険地点の情報収集であるため、(1)～(3)までの機能を評価対象とする。(4)については、実装は行うが、今回は評価対象としない。

## 4 システム実装

評価実験を行うため、前章の設計に基づきプロトタイプシステムを実装した。本章では、実装したプロトタイプシステムにおける、自動車の異常状態の検出、運転者の恐怖と驚きの感情検出、危険地点の登録、および危険地点付近を通過する運転者への危険通知の機能について述べる。

#### 4.1 自動車の異常状態の検出

自動車の異常状態を検出するため、急ブレーキを検出する。急ブレーキの検出機能は、一定の加速度がかかった場合に検出する。加速度の取得はスマートフォンの加速度センサを利用する。本システムを使用する際はスマートフォンを固定した後、基準となる加速度を取得し、基準値からの変化量により加速度を求める。急ブレーキとして検出する加速度は、既存の自動ヒヤリハットマップシステムを参考に $-0.25G$ とした。

#### 4.2 運転者の恐怖と驚きの感情検出

感情推定機能については、表情認識ライブラリとして、clmtrackr [8, 9] を用いて実装を行った。また、予備実験を行い、一定の恐怖・驚きの感情を検知する確率の基準を30%とした。しかし、市街地などスピードの出ない地域では加速度も変化しづらい。このような地域にも対応するため、高確率で運転者が恐怖していると検知したとき、自動車の状態に関わらず危険地点であると判断する。高確率で運転者が恐怖・驚いている状態は通常の2倍である60%を閾

値とした。

#### 4.3 危険地点の登録

スマートフォンの3G/4G 通信回線を用いて、Websocket でインターネット上にあるサーバに位置情報・運転者の感情情報・加速度情報を送信する。通常時はクライアントからサーバに対して、5秒毎に位置情報を送信する。また、危険地点を検出した場合は個別に、危険地点の位置情報・運転者の感情情報・加速度情報を送信する。サーバはデータの蓄積を行う。

#### 4.4 危険地点付近を通過する運転者への危険通知

危険地点付近を通過する運転者への危険通知するための、スマートフォン上で実装したクライアントのユーザインタフェースを図3に示す。ユーザインタフェースには、カメラにより撮影された運転者の顔映像、加速度計により取得された加速度、自車の位置をマップ上にリアルタイムに表示する。位置情報については、スマートフォンに搭載されているGPSを用いて位置座標を取得する。そして、Geolocation APIを使用することによりスマートフォンの位置座標が変わる度に位置情報を更新する。また、マップ表示機能は一般的に使用されているGoogle map APIを使用し、自車位置はリアルタイムでマップ上に表示される。また、クライアントは定期的にサーバと通信を行い、危険地点の情報を更新する。そして、クライアントが危険地点として登録された地点に近づいた場合、警告音と共に警告表示のアイコンを一定時間表示して危険通知を行う。その後、しばらくすると図3の状態に戻る。



図3 クライアントのユーザインタフェース

## 5 評価

本章では、実装したプロトタイプシステムを用いて、危険地点の検出漏れと誤検出を減らすことができたのかを評価した。まず、実験の方法について説明する。次に、実験結果を示し、考察を述べる。

### 5.1 実験方法

本評価実験では、アンケートにより作成した手動ヒヤリハットマップと、提案システムにより作成された自動ヒヤリハットマップの比較を行った。自動ヒヤリハットマップにおける危険地点の検出漏れと誤検出の割合を検証し、情報の質が向上したのかを評価した。

評価実験に用いた走行ルートを図4に示す。岩手県立大学周辺の住宅地やスピードの速い直線道路、坂道等が含まれる走行ルートとなっている。全長約17kmで1周あたり約30分の走行時間となっている。

まず、アンケート調査により、手動ヒヤリハットマップを作成した。被験者は岩手県立大学の運転免許を持っている学生30名とした。アンケートに先立ち、左側に実験ルートの走行映像を表示し、右側に現在走行位置をマップ上にリアルタイムに表示するアンケート用システムを開発した。被験者にはアンケート用システムを用いて回答してもらった。その際、映像中には危険な場面は無いものとし、周辺環境や過去の経験を思い出しながら記入してもらった。また、映像は一時停止や巻き戻し等を行っても良いものとし、マップを見ながら危険地点を正確に記入するよう依頼した。アンケートは、危険地点を地図に記入し、別紙に危険だと感じた理由を記入してもらった。それらの情報を集約し、被験者の1割(3名)以上が回答した地点を、危険地点として定義した。

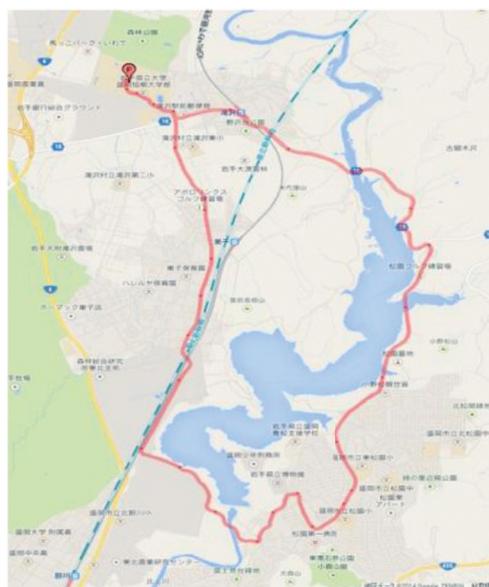


図4 評価実験に用いた走行ルート

次に、自動ヒヤリハットマップを作成するため、プロトタイプシステムを実車両に載せ、走行実験を行った。被験者は岩手県立大学の運転

免許を持っている学生20名とした。提案システムの利用モデルとして、運転者が用いることを想定している。しかし、本実験では安全面を考慮し、被験者には同乗者として助手席に乗ってもらい実験を実施した。実験クライアントとしてスマートフォン端末を助手席フロント部に固定し、分析用として走行映像をドライブレコーダにより録画した。

## 5.2 実験結果

図5に、アンケートにより作成した手動ヒヤリハットマップを示す。アンケート結果を集約し、危険地点の座標データを、Google Map上に表示したものである。本評価実験では、この手動ヒヤリハットマップを比較の正解データとして扱う。

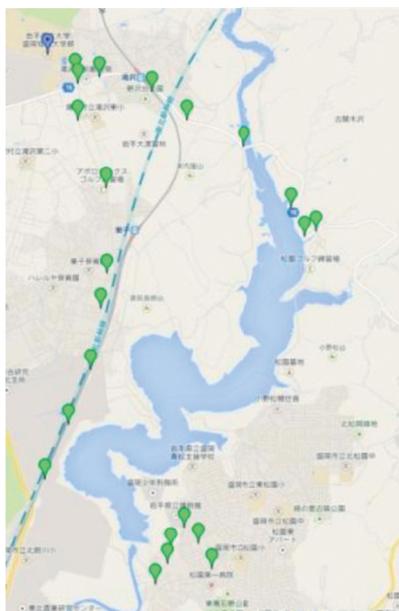


図5 アンケートで作成した手動ヒヤリハットマップ

図6～8に走行実験の結果を示す。図6は加速度センサにより $-2.5G$ が検出され、急ブレーキを踏んだと判定された地点を示したものである。手動ヒヤリハットマップと比べると、誤検出や検出漏れが多い。また、マップ下部の坂道では、過剰に検出していることがわかる。よって、急ブレーキだけでは、危険地点を検出することは難しいことがわかる。

図7は、急ブレーキが検出され、かつ低い確率で恐怖と驚きの感情が検出された地点（以後、急ブレーキ+低確率感情検出地点と呼ぶ）を示したものである。加速度センサのみを使った場合に比べ、過剰な検出を抑えることができているが、検出漏れが目立つことがわかる。よって、予想していた通り、急ブレーキを踏まないような地点でも、危険地点として検出する必要があ

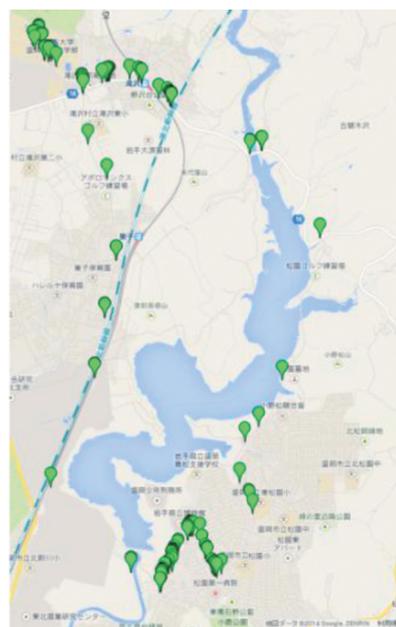


図6 急ブレーキが検出された地点

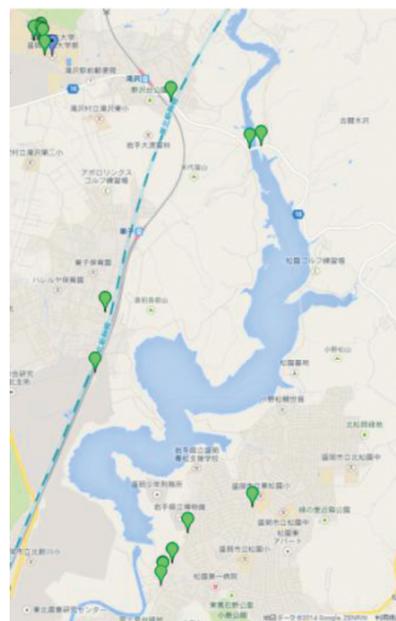


図7 急ブレーキで低い確率の驚きまたは恐怖の感情が検出された地点

ることがわかった。

図8は、図7の地点に高い確率で恐怖と驚きの感情が検出された地点（以後、高確率感情検出地点）を加えた、提案システムが作成した自動ヒヤリハットマップである。図7で、検出漏れとなっていた地点が補完できていることがわかる。次節で、手動ヒヤリハットマップと自動ヒヤリハットマップの詳細な比較結果と考察を行う。



図8 提案システムにより作成された自動ヒヤリハットマップ

### 5.3 手動ヒヤリハットマップと自動ヒヤリハットマップの比較と考察

図9は、手動ヒヤリハットマップと自動ヒヤリハットマップを比較したものである。赤い○で示した箇所は提案システムが誤検出した地点で、青い△で示した箇所は検出漏れした地点である。なお集計にあたり、近辺で検出した危険地点は1点として集約した。

誤検出した地点は、計3地点であった。1地点は急ブレーキ+低確率感情検出地点であり、2地点が高確率感情検出地点であった。急ブレーキ+低確率感情検出地点の誤検出については、10地点中1地点で10%の誤検出率であり、低い誤検出率を達成できている。また、高確率感情検出地点の誤検出については、11地点中2地点で18%の誤検出率であり、低い誤検出率

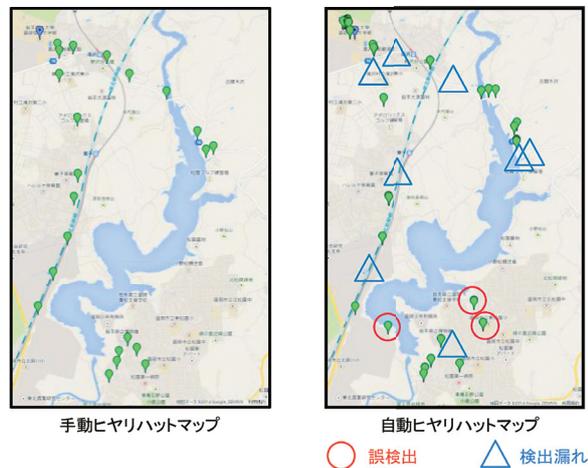


図9 自動ヒヤリハットマップと手動ヒヤリハットマップの比較

を達成でき、恐怖と驚きの感情を高確率で検出した地点は、実際に危険地点である場合が多いことがわかった。本システム全体の誤検出は、21地点中3地点で14%の誤検出率であり、総合的な誤検出に関して1割強という低い誤検出率を達成できた。さらに、高確率感情検出地点における誤検出について、録画映像で確認したところ、2地点とも同一人物によるもので、被験者には笑顔が見受けられたため、感情検出精度の問題であると考えられる。感情検出精度を高めることができれば、さらに誤検出率を低く抑えることが可能であると考えられる。

一方で、検出漏れした地点は、計8地点であった。手動ヒヤリハットマップで危険地点と定義された22地点中、8地点を検出漏れしていることから、36%の検出漏れがあることがわかる。検出漏れの原因として、2点の要因が挙げられる。1つ目は、誤検出の時と同様に感情検出精度の問題である。被験者の恐怖・驚きの感情を正確に検出できなかった可能性がある。2つ目は、手動ヒヤリハットマップ作成の際に、被験者が危険だと判断した理由が、落ち葉や路面凍結など条件限定で危険地点を答えていたからである。そのような地点で、検出漏れしたものは2地点あり、実験中には危険を感じる条件に当てはまっていなかった。これら2地点が条件に当てはまっていれば、危険地点として検出できていた可能性がある。それらの地点を除くと、検出漏れは22地点中、6地点となり、検出漏れ率は27%と若干低くなる。いずれにせよ、検出漏れが多いため、感情検出精度を向上させる等することにより、システムを改善する必要がある。

感情検出精度については、表情認識の手法を改良する他、脈拍や体温の計測などの別の手法を取り入れることで向上できると考えられる。近年は、Apple Watch や Android Wear といった腕時計型のウェアラブルデバイスが普及しはじめており、脈拍等の生体情報を容易に取得できるようになりつつある。また、トヨタとデンソーは、ハンドルに内蔵されたセンサから運転者の脈拍等の生体状態を検出する仕組み [23] の開発に取り組んでおり、将来的には自動車から運転者の生体状態を容易に取得できるようになる可能性もある。そのため、運転者の生体情報を用いる方法は、今後より現実的になると考えられる。さらに、人間の感情を検出する方法として、脈拍や体温、脳波といった生体情報を用いる研究も盛んにされている。表情認識だけではなく、生体情報を用いることで運転者の感情をより正確に把握し、高品質なヒヤリハットマップを自動生成できると考えられる。

## 6 おわりに

本稿では、運転者の恐怖と驚きの感情を利用して、高品質なヒヤリハットマップを作成するシステムを提案し、プロトタイプシステムの設計と実装を行った。また、評価実験により、アンケートにより作成した手動ヒヤリハットマップと、提案システムにより作成された自動ヒヤリハットマップの比較を行った。その結果、提案システムで作成されたマップは、危険地点と誤検出した割合については、14%と低く抑えることができた。危険地点を検出漏れした割合については36%、条件付きで危険地点とされていた地点を除いても27%となり、改善の余地があることがわかった。今後は、感情検出の精度を上げるため、表情認識の手法改善と、表情認識以外の手法での感情検出と組み合わせることを検討していく。

## 7 論文・学会発表等の実績

- 1) 齊藤義仰、鈴木清寛、中野裕貴、西岡大、高橋幹、村山優子：安全運転支援のための感情共有を用いたヒヤリハットマップシステムの検討、Vol.2014-IOT-27、No.11、pp.1-6 (2014).
- 2) 鈴木清寛、齊藤義仰、西岡大、村山優子：運転者の感情に基づいたヒヤリハットマップ自動生成の試み、平成26年度第2回情報処理学会東北支部研究会、資料番号14-2-27 (2014).
- 3) 齊藤義仰、鈴木清寛、中野裕貴、西岡大、高橋幹、村山優子：安全運転支援のための運転者の感情に基づくヒヤリハットマップ作成システムの提案、Vol.2015-GN-93、No.43、pp.1-7 (2015).

## 8 受賞・特許

なし

## 9 参考文献

- [1] 日本自動車工業会、  
[http://www.jama.or.jp/world/world/world\\_2.html](http://www.jama.or.jp/world/world/world_2.html)
- [2] 自動車検査登録情報協会、  
<http://www.airia.or.jp/number/pdf/01.pdf>
- [3] 警察庁 平成25年中の交通事故の発生状況、  
<http://www.npa.go.jp/toukei/index.htm#koutsuu>
- [4] Galovski, T. and Blanchard, E.: Road rage: a domain for psychological intervention?, *Aggression Violent Behavior*, Vol. 9, Issue 2, pp. 105-127 (2004).
- [5] 地域AD倶楽部 ヒヤリハットマップ 南魚

沼市 (新潟県)、

[http://www.adclub.jp/common/hiyari-hatto/minamiuonuma\\_niigata.html](http://www.adclub.jp/common/hiyari-hatto/minamiuonuma_niigata.html)

- [6] Honda インターナビ SAFETY MAP、  
<http://safetymap.jp/>
- [7] Paul Ekman: Facial Expression and Emotion, *American Psychologist*, pp. 384-392 (1993).
- [8] clmtrackr, <https://github.com/auduno/clmtrackr>
- [9] Jason M. Saragih, Simon Lucey and Jeffrey F. Cohn: Deformable Model Fitting by Regularized Landmark Mean-Shift, *International Journal of Computer Vision*, Volume 91, Issue 2, pp. 200-215 (2011).