

令和元年6月20日現在

機関番号：21201

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2015～2018

課題番号：15K00439

研究課題名(和文) 交通事故防止のためのパーソナライズド・セーフティ・システムの研究開発

研究課題名(英文) A Study on Personalized Safety Systems for Road Accident Prevention

研究代表者

羽倉 淳 (Hakura, Jun)

岩手県立大学・ソフトウェア情報学部・准教授

研究者番号：30305289

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,600,000円

研究成果の概要(和文)：本研究では、特定の運転者に対してパーソナライズされた危険箇所の教示を実現する運転支援システムの構築を目的とし、(1)客観的事故要因の特定とそれに基づくリスク予測法、(2)運転者固有情報の抽出方法、(3)運転者固有情報のリスク予測法への反映方法の構築を行なった。ここで、「パーソナライズされた」とは、運転者の心理状態、個人差により同じ場所、状況でも交通事故リスクが変容ことを考慮し、運転中の運転者にとって必要な時だけ危険を教示することを指す。(1)から(3)のそれぞれについて可能性のある複数の手法を構築した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究では、運転者固有の情報と交通事故に関する一般的な統計情報の両者を考慮することにより、危険な状態に至る前にその状況のリスクを計算し、運転者に知らせるべきリスクのみを提示する点で先進的な運転支援システムの構築を目指し研究を行なった。すなわち、「この場所ではこれらに注意すべき」といった一般的な指示を毎度行うのではなく、特定の運転者が特定の状況下で注意すべき情報のみを「あなたは、今ここに注意すべき」といったかたちで提供することを可能にするためのいくつかの要素技術を提案した。

研究成果の概要(英文)：Road accident prevention is one of the most important issues in Japan. We have tried to contribute to solve the issue by proposing the driving support system that can warn hazardous situations specific to the driver. Namely, the same situation can act differently when personality of the drivers, or a mental condition of the driver is different. Thus, we have tried to build the following three components: (1) Prediction methods to identify common accident factors by analyzing statistical data on traffic accidents provided by the local police (2) Detection methods of medical/mental information of a driver, such as precursor of heart attack, and detecting stresses, and (3) Driver-specific risk prediction methods. Each of these components has implemented with several methods from different points of view. Each method was tested separately, and the results show possibilities of the each component.

研究分野：知能機械学

キーワード：高度交通システム 運転者支援 自動車事故リスク予測

## 様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19、CK - 19 (共通)

### 1. 研究開始当初の背景

世界的にみて交通事故防止は現代の人類の抱える課題の一つであるといえる。実際、我が国や、欧米の先進国では、交通事故防止に関する研究、開発が数多く行われてきている。これらの取組みの多くは、ITS (Intelligent Transport System) に代表される工学的な事故防止と、ヒューマンエラーに着目した交通心理学的事故防止に大別される。ITS の中でも、本研究が対象とする安全運転の支援に着目すると、我が国では ASV (Advanced Safety Vehicle) や DSSS (Driving Safety Support Systems) 等の支援システムが存在する。ASV では自動車そのものが、DSSS では道路が、情報を収集し運転の補助や情報の提供を行う。これらの多くは危険を検出した際に、運転への介入・警告、あるいは、情報提供を行う。しかし、時間的、精神的ストレスといった運転者の心理状態や、性格、運転技能といった個人差といった情報を取り入れた支援を行っているものはあまり類をみない。

一方、交通心理学の分野では、事故原因の解析をヒューマンエラーの観点から行っており、その成果は啓発活動や道路インフラの整備等に活用されている。また、視線、血圧、発汗といった運転者の状態観察技術も数多く研究開発されており、これらに特定の意味付けを行い利用している例は数多い。反面、これらを統合し交通事故リスク予測に応用した例はない。

本研究代表者等はこれまで、科研費・基盤研究(B) (平成 20 年度から 22 年度)、及び、総務省・戦略的情報通信研究開発推進制度・地域 ICT 振興型研究開発 (平成 21 年度から 22 年度) の支援を受け、人間の心理状態を考慮した相互作用システムの構築を試みてきた。そこでは、システムが、対面する人間 (以下、システム利用者と呼ぶ) に対する状況判断・意思決定の場面において、物理的な情報 (プロフィール、センサー値など) と心理的な情報 (システム利用者の状態) の両方を利用した推論を行っている。この推論には、二つの情報の間の関係を抽出したナレッジベース (以下 KB) の構築が必要でこれらの構築を行った。さらに、システム利用者の性別、年齢、性格といったプロフィール情報の利用が必要となりその方法も構築された。本システムの応用事例として、VDS (Virtual Doctor System) が挙げられる。VDS は特定の医師のコンピュータ上で再現を目的としており、問診を医師と同様に行うための手法を構築してきた。これらの研究成果は多くの論文として公表されている。

そこで本研究では、上述の推論手法と心理状態の推定方法を拡張し自動車に適用する。これにより、ドライバーの心理状態や個人差を考慮した特定の場所の交通事故リスク (どんな事故が起こり得るか) を算出し、特定の運転者が注意すべきリスクのみを伝える運転支援システムを構築できるのではないかとこの着想を得た。

### 2. 研究の目的

本研究では、特定の運転者に対してパーソナライズされた危険箇所の教示を実現する運転支援システムの構築を目的とする。ここで、「パーソナライズされた」とは、運転者の心理状態、個人差により同じ場所、状況でも交通事故リスクが変容するのに対して、これらを考慮して運転中にその運転者にとって必要な時だけ危険を教示することをいう。事故要因には、一般的に成立する要因と、運転者個人にのみ成立する要因が存在することから、これらを事故統計や実験的に抽出する。その上で、特定の事故現場において特定の運転者に発生する事故種類を特定する手法を構築する。そのために、(1)客観的事故要因の特定とそれに基づくリスク予測法 (2) 運転者固有情報の抽出方法、(3) 運転者固有情報のリスク予測法への反映方法の構築を目的とする。

### 3. 研究の方法

2 で述べた目的を達成するために、(1) 客観的事故要因の特定とそれに基づくリスク予測法においては、警察から入手可能な交通事故に関する統計データを利用し、MCDM で用いるデジジョンマトリクス (以下 DM) の構築方法を確立する。この統計データは、事故多発地帯の事故当事者の年齢、性別といった客観的プロフィールや、事故時の天候、時間帯、事故種類といった情報を含んでおり、これらを Rough Set や統計的手法により処理することで DM を獲得する手法を構築する。この DM を利用し、TOPSIS (Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution) 法といった MCDM の手法を適用することで、運転者全般に亘るデータに基づく客観的リスク予測手法が構築できることを明らかにする。この他に、(1-a) 交通事故に関する統計データのみから運転者のプロフィール情報と環境情報から事故種別 (注意すべき場所) を特定する手法の構築を行った。

(2) 運転者固有情報の抽出方法の構築においては、事故の因果関係のある性格、心理状態といった運転者固有の情報の抽出方法を明らかにする。文献等による調査から、心理状態の候補として、焦り、(ストレスによる) 苛立、及び、油断をとりあげ、ドライビングシミュレータによる実験により血圧、表情、手の動き、心拍と言った観測可能なデータによりそれぞれを測定する方法を構築する。また、これらの個人差による影響の有無を明らかにする。また、運転者の主観的プロフィールとしての性格を推定する手段として、BIG-5 やエゴグラムといった質問紙法の活用方法を構築する。具体的には、(2-a) 運転者の主に心臓発作による事故を防ぐために、心臓発作を事前に予測する方法論の構築、(2-b) 運転者のストレスを回避するルートを選択方法の構築を行う。さらに、(3) 運転者固有情報のリスク予測法への反映方法の構築では、(3-a) 個人差を考慮した事故種別 (注意すべき場所) とその危険度を推定する手法の構築 (3-b)

ドライブレコーダーの映像に映った周囲の状況から事故防止のために、運転者が注意を向けるべき方向・対象を教示する手法の構築、および、(3-c) 運転者と環境をカメラで観測し抽出した動作から異常を検知する手法の構築を行った。これらの手法を拡張することで目的とするパーソナライズド・セーフティ・システムの構築が可能になると考えている。

#### 4. 研究成果

研究目的で述べた(1)から(3)での成果について概要を述べる。

##### (1) 客観的事故要因の特定とそれに基づくリスク予測法

本課題に関しては、岩手県に関する過去10年の4万5千件あまりのデータを岩手県警察の協力の下で入手したデータを利用した。これらのデータから類似場所の事故種別の特徴を運転者の属性、自動車の属性、時刻・場所といった事故発生時の状況毎にRoughセットにより事故種別毎にルール抽出した。このルールに対する各事故データの適合度合いと、交通事故のエキスパートとして岩手県警察の13名の警察官の協力の下、得た事故要因間の対比較から算出した重みを利用し、統計データから得られるDecision Matrixに重み付けし、Fuzzy-TOSIS法を用いて特定の状況下で起こりやすい事故種別の推定を行った。事故種別を推定することで、運転者が注意すべき方向、対象を特定できると考えられる。今回は、事故の状況を表す特徴(criteria)として、事故を起こした運転者の年齢・性別・運転目的、事故時の自動車の車種、および、天気・時間・路面状況を選定した。また、事故種別は、正面衝突、追突、出会い頭、追越・追抜き時、すれ違い時、左折時、右直事故、右折時(その他)、その他の9種類とした。実験では、事故種別にあった1000件の事例を抽出し、200件ずつに5分割し、クロスバリデーション法により評価を行った。9種の事故種別のうち、上位3種を正解とした場合、平均約85%で正しい事故種別を推定できた。ただし、事故種別を一つに限定した場合には、平均約35%と推定精度がかなり悪化した。これは、主に、同一状況下での事故件数がかなり少ないこと、および、同一状況下で同じ種別の事故が発生するケースも限定されることにより、事故種別を1種類に限定して推定できるほど十分な数のデータがないことが要因であると考えられる。

また、環境状況を固定し、運転者に時間的プレッシャーをかけた際の実験における、ドライビングシミュレータ上で発生した事故種別毎の事故件数を用いて算定した重みを、本手法のDecision Matrix生成法にさらに重み付けした場合に、事故種別の推定結果に違いが生じることも確認している。

(1-a) 交通事故に関する統計データのみから運転者のプロフィール情報と環境情報から事故種別(注意すべき場所)を特定する手法の構築

事故における要因をより明確にするために、前述と同じ目的の実験を同じデータを用いてMTA(Mahalanobis-Taguchi Adjoint)法による事故に関連する特徴の抽出と、抽出された特徴に基づき行った。この結果、追突事故に関しては、発生時間、性別、年齢の事故への関連が大きく、これらの特徴により、追突事故をその他の約20種の事故種別から60%の精度で区別できることが明らかになった。

##### (2) 運転者固有情報の抽出方法の構築

ここでは、運転者の固有情報として、(2-a) 心臓発作を事前に予測する方法論の構築、(2-b) 心拍によるストレス推定に基づく運転者のストレスを回避するルートの選択方法の構築、(2-c) 手の動きによる苛立ちの検出についてそれぞれの成果の概要を述べる。

##### (2-a) 心臓発作を事前に予測する方法論の構築

ここでは、心電図信号(Electrocardiogram, ECG)を用いて、不整脈(心房細動、心房粗動、心室細動)、冠動脈疾患・心筋梗塞・鬱血性心不全を検出する手法を構築した。

不整脈の検出においては、Shannon entropy, Fuzzy entropy, Tsallis entropy, Approximate entropy, Permutation entropy, Modified Multi Scale entropy, Wavelet entropy, Sample entropy, Renyi entropy, Signal Energy, Fractal Dimension, Kolmogorov Sinai entropy, および、Largest Lyapunov Exponentといった13の非線形特徴を使ってECG拍動を分析した。次に、抽出された特徴は分散分析を用いてランク付けし、K近傍法(KNN)および決定木(DT)を使用して自動分類した。上記で抽出した特徴は10分割交差検証法で訓練・検証した。DTでは14個の特徴を用いて96.3%の精度、99.3%の感度、および、84.1%の特異度を得た。また、KNNでは12個の特徴を用いて93.3%の精度、97.5%の感度、および、75.3%の特異度を得た。

さらに、冠動脈疾患、心筋梗塞、および、鬱血性心不全を同定するために心電データをウェーブレット・パケット分解と非線形特徴を組み合わせて用いた新しい特徴抽出アルゴリズムを構築した。本アルゴリズムによって心電データから得られた特徴を、KNN法を用いて分類した結果、正確度97.98%、感度99.61%、特異度94.84%と極めて高い精度の結果を得ている。

これらの手法は、臨床データで検証しているが将来的には、これらを運転者に適用・応用することで、運転中の心臓発作を未然に防げるのではないかと考えられる。

(2-b) 心拍によるストレス推定に基づく運転者のストレスを回避するルートの選択方法の構築  
運転中に経験する焦り、怒り、不安といった心理的ストレス反応により、リスクテイキング行動や、確認省略などの不安全行動を誘発することが知られている。そこで、運転中のストレス

を減少させることができれば、交通事故防止の一助となりえる。一方で、道路とストレスの関係についての既存研究によれば、道路の特徴と運転者のストレスには相関があるとされる。これらのことから、ルート選択によって、運転者のストレスを減少させることが可能であると考えられる。そこでここでは、運転者のストレス回避のためのルート推薦手法を提案する。道路特徴に対して、ストレス因子となりうる度合いを、道路走行中のストレスを計測することで付与し、これをコスト係数とする。なお、ストレスは、心拍の RR 間の標準偏差 (SDNN) と隣り合う RR 間の差をあらわす指標 (RMSSD) の比により測定できるとした既存の知見を利用し心拍計により RR 間隔を測定することで算出した。このコスト係数を利用し、出発地点と目的地により定まる領域の地図をグラフとし、最小コスト探索問題として捉えることで、ストレスを軽減するルート算出手法を提案する。本手法の有効性を、ドライビングシュミレーターを用いた実験により確認した。実験では、シュミレーター上で被験者に複数のルートを走行させ、運転者のコスト係数データベースを作成した。データベースを基に算出したルートと、他の 5 つのルートを、順番を伝えずに走行させ、その際の総ストレス実測量を比較した。結果として、提案手法で算出したルート走行時の総ストレス実測量は、6 つのルートのうちの 2 番目に低い値であった。ランダムに抽出したルートのうちの 1 つで総ストレス実測量がわずかに低かったが、他のルートと比較すると低い総ストレス実測量であり、ランダムに抽出したルートのうち実測値が高かった 3 つのルート総ストレス実測量を比較すると約 20%低い値を得た。また、手指の動作からもストレスを測る方法について検討を行なった。

### (3) 運転者固有情報のリスク予測法への反映方法の構築

#### (1-b) 個人差を考慮した事故種別 (注意すべき場所) とその危険度を推定する手法の構築

事故統計データを見てみると、あらゆる状況下であらゆる属性の人が事故を起こしているように見えるが、交通量に対して事故が発生することは極めて稀である。したがって、事故統計データのみから事故種別を推測し、それを運転者への注意喚起に用いたとしても、その信憑性は疑わしいといえる。医学界でも同様のことがいえるが、リスク因子をスコア化し生活習慣病の発症を予測するモデルが提案されている。そこで、この考え方を応用し、運転者の各属性、時刻、曜日や道路形状といった環境要因毎に事故リスクを算出し、合算することで、個人のある状況下における事故リスク交通事故要因の危険度を事故種別ごとにスコア化する、個人差を考慮した交通事故予測モデルの作成手法を構築した。ここでは、前述の岩手県内の交通事故に関する統計データの他に、岩手県内の年齢別免許保有者データ、各職業者人数データ、年間天気データ、時間帯別交通量データを使用し、リスクスコアを算出することで、モデル作成を行った。前述のデータのうち 9 年分を用いて算出した、7 つの事故要因 (運転者の年齢・性別・職業、路面状態、場所、天気、時刻) のリスクスコアを基に、翌 1 年間のデータから抽出した 1500 件の事故 (事故発生者) に関するリスクスコアを算出し、無作為に作成した 1500 件の架空運転者 (非事故発生者) のリスクスコアを算出し比較した。スコアの分布を図 1 に示す。これらの 2 つのグループに対して、「事故発生数に差がない」という仮説を立て検定を行なった結果、仮説は棄却され、有意水準 0.05% で「差がある」との結果になった。また、2 つのグループのリスクスコアを比較すると、事故発生者では 0.11 であるのに対して、非事故発生者では 0.025 と大きく差が出た。



図 1. 事故発生者とランダムに生成した非事故発生者のリスクスコアの比較

本手法は、まだ改良の余地は大きいものの、事故種ごとに予測モデルを作成することで、特定の属性を持つ運転者が、特定の環境において、注意すべき事故種別を特定し、事故種別に応じた注意箇所を考慮することで、運転者に警告を与えるシステムとなることが期待できる。また、本手法により、事故の事例数が比較的少ない場合にも、事故リスクが算定できるようになる。また、個人や状況を特定する属性、特徴が増えた場合にも容易に対応可能となった。さらに、個人の性格による事故リスク比を実験的に求めた他の研究者による研究データを本手法に反映することから、個人の特性や状態を反映したリスク計算が可能になると考えている。例えば、Dahlen (2006) 等による交通事故と性格特性 (Big five) の相関関係を基に算出されたオッズ比を本手法のリスク算定に加えると、性格を反映したリスクスコアの算出が可能になる。

#### (1-c) ドライブレコーダーの映像に映った周囲の状況から事故防止のために、運転者が注意を向けるべき方向・対象を教示する手法の構築

(1)車内からの映像を用いて事故に影響を与える自動車、歩行者、信号などの対象物を抽出する手法の検討と(2)抽出された対象物の運転者から見た配置状況から、数秒後に注意すべき場

所・対象物を予測する手法の構築を行った。(1)に関しては、ドライブレコーダー等の車載カメラからの映像内に映っている自動車、歩行者などの事故の要因となりうる対象物の位置と種類を同定する手法を検討した。様々な一般物体検出手法から、実時間性に優れた YOLO を選定し、目的通りに機能することをパソコン上に実装し、ドライブレコーダーで録画した映像を用いて確認した。また、計算コストのかからない方法で運転者が数秒程度先の事故を防ぐために、注意をむけるべき方向、対象物を同定し、注意喚起することができれば、本研究の目的である事故リスク低減に寄与する。そこで(2)では、機械学習によってドライバー視点の事故前の状況を入力とし、数秒後に事故につながる対象物とその方向を分類する手法を構築した。ドライバーの視野を 5 分割し、それぞれの分割範囲に 4 種類の対象物が存在するか否か(20 特徴) および、視界内の信号機、横断歩道等 6 種類の存在の有無の計 26 特徴を入力とし、危険の可能性がある方向と注意をむけるべき対象を、SVM, KNN, 決定木, Xgboost, NaiveBayes, Neural Network といった手法により分類し比較した。これらの学習には、2 社から発行されているドライバーの教育用映像(DVD5 枚分、計 350 事例)に収録されている事故事例やヒヤリハットを利用した。これらの映像から人手で特徴抽出し交差検証法で比較した。予測精度は方向に関しては SVM で最高値 50.9 を、対象に関しては、Xgboost で最高値 70.0 を得ている。本手法は、エキスパートが選別した映像をもとに学習を行なっているが、特定の運転者自身のヒヤリハットや事故の際のドライブレコーダーの映像を学習に用いることで、その運転者が注意を向けるべき対象や方向が特定される本研究課題の目標とするパーソナライズド・セーフティ・システムにつながると考えられる。

(3-d) 運転者と環境をカメラで観測し抽出した動作から異常を検知する手法の構築  
運転者動作と環境の変化との関係を 360 度カメラにより取り込み、通常運転時の運転者動作と環境の変化との大きく異なる状態を検出することで運転時の異常の検出を試みた。これは、カメラから得られた映像からオプティカル・フローを作成し、そのフローを既知のパターンと未知のパターンに分類することにより運転者と周辺環境の相互作用を検出した。ドライビングシミュレータで行なった予備実験では、既知パターンとして歩行者の飛び出しのない状況を学習させたのちに飛び出しが発生するような状況で、提案手法により飛び出しを未知のパターンとして識別できることがわかった。また、運転者の携帯電話の使用、よそ見といった状態も未知パターンとして識別できる可能性があることを確認した。

上述の内容について研究を行ってきたが、実際にこれらの手法で実施に事故をどの程度防げるのかに関しては、実際の道路上で測定することは極めて困難であり、効果の実証を行うためには、ドライビングシミュレータ上での実験に限定されることが大きな課題であることが改めてわかった。また、ドライビングシミュレータ上での運転者の振る舞いや状態は、実車でのそれらとは大きく異なることがわかってきた。そのため、今後の課題として効果の実証方法の検討が挙げられる。

## 5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕(計 0 件)

〔学会発表〕(計 6 件)

1. 佐々木爽介, 羽倉淳, 藤田八ミド, 交通事故要因となるストレス回避のためのルート推奨手法, 第16回計測自動制御学会システムインテグレーション部門講演会, 2015.
2. U Rajendra Acharya, Hamido Fujita, Muhammad Adam, Oh Shu Lih, Tan Jen Hong, Vidya K Sudarshan, Joel EW Koh, Characterization of Arrhythmias Using Nonlinear Features from Tachycardia ECG Beats, 2016 IEEE International Conference on Systems, Man, and Cybernetics, 2016, Budapest, Hungary.
3. Chaitra Sridhar, U Rajendra Acharya, Hamido Fujita, G. Muralidhar Bairy, Automated Diagnosis of Coronary Artery Disease using Nonlinear Features Extracted from ECG Signals, 2016 IEEE International Conference on Systems, Man, and Cybernetics, 2016, Budapest, Hungary.
4. 安ヶ公平, 羽倉淳, 樽松理樹, 藤田八ミド, 統計データに基づく個人差を考慮した交通事故予測モデル, 第12回日本感性工学会春季大会, 2017

- 5 . Hamido Fujita, Vidya K. Sudarshan, Muhammad Adam, Shu Lih Oh, Jen Hong Tan, Yuki Hagiwara, Kuang Chua Chua, Kok Poo Chua, U. Rajendra Acharya, Characterization of Cardiovascular Diseases Using Wavelet Packet Decomposition and Nonlinear Measures of Electrocardiogram Signal, International Conference on Industrial, Engineering and Other Applications of Applied Intelligent Systems IEA/AIE 2017: Advances in Artificial Intelligence: From Theory to Practice, 2017.
- 6 . Hamido Fujita, Challenges on Data Analytics for Risk Predictions based on Deep and Ensemble Learning, IEEE 12th International Symposium on Applied Computational Intelligence and Informatics, 2018.

〔図書〕(計0件)

〔産業財産権〕

出願状況(計0件)

取得状況(計0件)

〔その他〕

ホームページ等

## 6 . 研究組織

### (1)研究分担者

研究分担者氏名：藤田 ハミド

ローマ字氏名：Fujita Hamido

所属研究機関名：岩手県立大学

部局名：ソフトウェア情報学部

職名：教授

研究者番号(8桁): 30244990

### (2)研究協力者 なし

科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等については、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属されます。