

自動車のコンテキストを活用した状態遷移に関する検討と危険度

酒井寛崇^{†1} 千明優喜^{†1} 清原良三^{†1}

概要: 情報技術の発展に伴い自動運転技術に関する研究が ITS(Intelligent Transport System)の分野で行われている。初歩的な段階として運転者の支援を行うものから、最終段階として完全にシステムが運転を行うものまでが定められている。自動運転技術が確立された場合、車両に搭載されたセンサや通信機を用いて、自動運転車両および周辺の状況から自動運転車両自身で判断し走行する。現時点では自動運転車両は普及しておらず、人間が運転を行う車両が主流であり、運転者の誤った判断、動作などから事故が発生する可能性がある。システムが運転を行う車両が普及するまでは運転者が運転を行う必要があるため、事故の発生を予測して運転者に知らせるなどのアシストが必要である。

そこで、運転者が運転時に持つコンテキストと運転時に発生するイベントから状態遷移図を作成し、各状態に危険度の概念を設定することを提案する。危険度に応じて対応を行う。本論分では、車載情報端末等の操作によって注意が散漫になっている状態の危険度を設定するため、ドライビングシミュレータ実験を行い評価した。

Risk Awareness Based On Driver's Context with State Transition

YUKI CHIGIRA[†] HIROTO FURUKAWA[†]
RYOZO KIYOHARA[†]

Keywords: コンテキスト, 状態遷移図, ITS, 自動車, 車載機器

1. はじめに

情報社会の発展に伴い、自動運転技術に関する研究が ITS(Intelligent Transport Systems)の分野で行われている。運転技術は運転者の支援を行うものから、完全にシステムが運転を行うものまでが定められている。

自動運転技術が確立されると、車両に搭載したセンサや通信機を用いて自動運転車両および周辺の状況から自動運転車両自身が運転行動を判断し、ユーザが操作する必要のない走行が可能となる。現在の ACC(Adaptive Cruise Control)では、他車との車間距離、相対速度から自車の速度を決定し、一定値に保つことが可能である。また、CACC(Cooperative Adaptive Cruise Control)では車車間通信を用いることで、より効率的な速度維持が可能である[1]。

日本政府、米国の NHTSA が規定する自動運転システムのレベル[2]を次に述べる。現時点では、自動運転車両は普及しておらず、自動運転レベル 0 の車両が主流である。一部の車両で、自動運転レベル 1 や自動運転レベル 2 が実現されており、ドライバ自身が運転行動を行っている。そのため、ドライバの誤った判断や動作により、予期せぬ事故が発生することがある。

交通事故総合分析センターによると、ハンドル操作不適 (5,940 件)、ペダル踏み間違い (6,402 件)、ブレーキ操作不適、(20,117 件)、その他の操作不適 (9,346 件) と平成 25 年の操作不適事故は報告されており、計 41,805 件の事故が発生している[3]。これらの事故は路面状況や疲労度合、

集中力の欠如などから生じる誤った操作、判断によるものである。

路面状況によっては、積雪・凍結路において走行経験の少ないドライバが運転することで、操作の不慣れから誤判断が発生する可能性が高い。心的要因では、長時間の運転による疲労、それに伴った集中力の欠如から正常な判断が出来なくなったことが要因になると考えられる。

これらに加え、ドライバが左折時に死角から二輪車が直進してくる巻き込み事故がある。この場合においても眼前にある左折という目標があるために、後方周囲への注意が散漫になったために発生するものであると考えられる。

次に、携帯電話を使用しながらの運転について述べる。警察庁の報告によると、平成 28 年の交通事故件数は 499,201 件であり、その内 1,999 件が運転中の携帯電話の使用等により発生した事故である[4]。携帯電話使用等による事故は、スマートフォンの普及に伴って増加していることが、警察庁と総務省の報告[5]を照らし合わせることで明確になる。

スマートフォンを使用しながら運転をすることで注意が散漫になる。そのため、周囲の視認が遅れ、事故に繋がる可能性が増す。また、突然の通行人や二輪車の飛び出しにも即座に反応できず、回避行動が遅れて事故に繋がる可能性が高まる。

一方、自動運転ではここまで述べた事故の要因による影響を受けず、機械的に運転行動を行える。自動運転レベル 4 ないし 5 ではシステムが完全に運転を行うことでドライバの持つ心的要因、注意力欠如や疲労といった不安定な要素から開放される。

[†] 神奈川工科大学
Kanagawa Institute of Technology

だが、自動運転レベル4または自動運転レベル5が普及するまでは、不安定な要素を持ちながらドライバが運転をする必要がある。そのため、事故の発生を予測してドライバに通知するなどのアシストが重要である。

そこで、ドライバが運転時に持つコンテキストと、運転時に発生するイベントからなる状態遷移図を作成し、各状態に危険度の概念を設定することを提案する。この危険度に応じて対応処理を行う。本論文では、特に車載情報端末等の操作によって注意が散漫になっている状態についての危険度を設定するために、ドライビングシミュレータ実験を行い評価した。

2. コンテキスト

コンテキスト(Context)とは、直訳で文脈という意味であり、Oxford Dictionary ではイベント、声明、または考えにおいて場面を構築し、それを完全に理解することができる状況と定義されている[6]。

情報学におけるコンテキストを扱った様々な研究では、コンテキストを状況、状態、イベントという言葉に置き換えている。コンテキストの例として、部屋の電気が点いている状態、消えている状態がある。また、コンテキストはスマートフォン向けのサービスでも多様に利用されている。カメラ映像から顔の構成要素を用いる、加速度センサを用いて歩数を計測する、生活に関わる特定の情報を入力することで利用者の支援をするなど、その利用方法の形態は様々である。本研究では、運転に関わるコンテキストとして状況、状態を扱い、イベントによって状態が変わるものとする。

3. 関連研究

3.1 位置コンテキストを活用した研究

松山ら[7]はLBS(Location Based Services)への関心が高まっていることから、位置情報だけでなくユーザのコンテキストに応じたサービスの提供を行うことでユーザ満足度の高いサービスを提供でき、それらには特にユーザと位置との関係を表すコンテキストを用いることが有用であると考えた。そこで、運転者が特定の地点をどの程度把握しているかを表す地点把握度を推定する手法を提案した。

提案手法には認知地図の考えが基となっており、認知地図には特定地点までの経路は把握しているが、経路の外については認知していないルートマップ的理解、地図を俯瞰的に把握しており、経路から外れても目的地まで辿り着けるサーヴェイマップ的理解の2状態があると報告されている。この研究ではルートマップ的理解をある程度把握している状態、サーヴェイマップ的理解をよく把握している状態とし、新たにほとんど把握していない状態を追加した。認知地図の構築過程に大きく影響を与えると報告されている熟知性とランドマークから、それら3状態の遷移を推定

した。

地点把握度の推定には、LBSのプラットフォームとなるスマートフォンを用いることを考慮し、スマートフォンを用いて取得可能な位置情報とランドマーク情報のみを用いる手法を地点把握スコア記録モジュールによって実現した。

提案手法を評価するために走行映像を用いた被験者実験を12名に対して行い、被験者データを正解データとして提案手法と比較を行った。その結果、提案手法の適合率は49.7%の精度となり、おすすめ情報などの情報提示サービスで提供する情報の選択基準の1つとして用いることができる可能性がある。

この研究は運転者の安全性に直結するような情報を扱っているものではなく、位置情報によって操作性の向上を目指すものである。操作性の向上によって間接的に安全性を高める可能性はあるが、直接的な情報の提示によって安全を促すものではない。

3.2 自動車の周辺通知に関する研究

車両にセンサを取り付けることで周囲の人や他車両を通知する取り組みが自動車メーカーによって行われている。自車両の後方を支援する多くのシステムはカメラや超音波などを用いることで検知している。運転者への伝達方法には視覚、聴覚で行うものが多く採用されており、それらの伝達方法は環境、状態によっては有効ではなくなる。鈴木ら¹²⁾は、伝達を阻害されにくい手法として、触覚による通知を提案している。特に、座面に設置した振動モータによって通知する手法を提案している。提案手法を評価するために実験を行い、被験者の回答によって提案手法に有用性があることを示している。

危険性が低い場合において運転者に情報の通知を行う場合、運転に対する集中力を欠くことに繋がるため、運転者のコンテキストによって適切な情報を提示する必要がある。

3.3 運転者コンテキストを扱った研究

運転時のドライバのコンテキストを扱ったものには、眠気に関する研究[8]、疲労に関する研究[9]、周囲へ向ける警戒[10]、安全運転の認識に関する研究[11]などがあり、ドライバのコンテキスト推定に関して多々研究がなされている。

3.4 本研究の位置付け

ドライバの眠気や疲労に関する研究は数多くなされておられ、それらはドライバの危険行動を抑止することが可能である。しかし、ドライバの危険度に応じて対応する処理が変わるべきである。そこで、本論文では、ドライバの持つコンテキストと発生するイベントを掛け合わせ、次にどのような状態に遷移するかを把握することと、その状態の危険度に注目することとした。

特に、事故に直結するような危険な状態への遷移に着目しており、どのように危険状態へ遷移するかを探ることでその状態への遷移を停止することができる。この推定が可能になることで、ドライバの運転による人為的過誤での安

全性の消失を避けられると考える。

4. 提案手法

4.1 コンテキストの状態遷移

運転時にドライバが持つコンテキストはドライバ自身の行動や他車の動作、天候、路面状況などから影響を受けることで常に遷移を続けている。我々は運転時のコンテキストを調査、整理し、それらを車の走行状態、ドライバの心の状態、身体の状態、周辺環境、車内環境の5つの分類に分けた。

また、運転時にコンテキストに影響を与えるイベントについても調査を行った。すでに述べた通り、ドライバが持つコンテキストは様々なものから影響を受ける。例えば、ドライバがアクセルを踏む、ハザードを焚くといったドライバ自身が起こす内的要因であるイベント、クラクションを鳴らされる、人が飛び出すといった外的要因であるイベントなど多種存在する。

これらのコンテキストとイベントを網羅することで、ドライバの状況を認識し、且つイベントが発生することで次の状態に遷移するか予測することができる。例として、「もし走行中に人が飛び出してくるならブレーキを踏む」のようにできる。

表1に状態遷移表の一部を示す。この状態遷移表の作成に際して、最初にコンテキストの調査を行った。まず、各分類の内部に存在する最も大きいコンテキスト、例えば車の走行状態の次にある走行状態である。更にその下に項目分けとして使えるコンテキストがある場合は更に追加を行う。このように追加作業を行い、末端のコンテキストまで

を発散し、その後イベントの調査を行った。

イベントについては運転時に発生しうるイベントのみを使用している。イベントにはアクセル押下、右ウィンカー一点灯といったドライバ自身が車両に対して起こすもの、ナビゲーションを見る、スマートフォンを操作などドライバが車載情報端末等に対して起こすもの、前方車両がブレーキを押下、人が飛び出すといった他車両、他者が要因のものなど多種であり、これらイベントについても整理を行った。

状態遷移の案出では遷移する可能性があると考えた状態を記載した。遷移に関してはある一つの状態とある一つのイベントの掛け合わせで考えても無数に遷移する先があるため、遷移する可能性が多いもののみを記載している。

状態遷移表の中には、いくつかの状態を分けたものの、遷移が共通している場合がある。そのため、それらを集約することで状態の重複を減少させ、一覧性と認識性の向上を図った。

これらコンテキストとイベント、状態遷移の調査に関して、個人で選出を行った場合にその個人による偏りが生じる可能性が発生する。そのため、今回は日常的に運転を行う運転者に聞き取りを行い、調査したものが現実的であることを確認した。これによって状態遷移表の普遍性向上を図り、現実に発生する状態遷移などと差異を減少させた。

4.2 危険度の定義

表1の状態遷移表にて各状態遷移に対して危険度の定義を行った。本論文で扱う危険度とはドライバ自身が持っているもの、他車が持っているもの、ドライバが他車に与えるものであると考えている。危険度は5段階に分けられ、そ

表1 状態遷移表の例

車の走行状態	走行状態	前進	高速走行中	直進	アクセル押下	アクセル離す	右ウィンカーを点灯
	高速走行中	前進	直進	直進		減速中直進	減速中右折 右ウィンカー一点灯
			右折	右折		減速中右折	減速中右折 右ウィンカー一点灯
			左折	左折		減速中左折	減速中右折 右ウィンカー一点灯
	等速走行中	前進	直進	高速走行中直	減速中直進	減速中右折 右ウィンカー一点灯	減速中右折 右ウィンカー一点灯
			右折	高速走行中右	減速中右折	減速中右折 右ウィンカー一点灯	減速中右折 右ウィンカー一点灯
			左折	高速走行中左	減速中左折	減速中右折 右ウィンカー一点灯	減速中右折 右ウィンカー一点灯
	低速走行中	前進	直進	等速走行中直	減速中直進	減速中右折 右ウィンカー一点灯	減速中右折 右ウィンカー一点灯
			右折	等速走行中右	減速中右折	減速中右折 右ウィンカー一点灯	減速中右折 右ウィンカー一点灯
			左折	等速走行中左	減速中左折	減速中右折 右ウィンカー一点灯	減速中右折 右ウィンカー一点灯
	徐行中	前進	直進	低速走行中直	徐行中直進	徐行中右折 右ウィンカー一点灯	徐行中右折 右ウィンカー一点灯
			右折	低速走行中右	徐行中右折	徐行中右折 右ウィンカー一点灯	徐行中右折 右ウィンカー一点灯
			左折	低速走行中左	徐行中左折	徐行中右折 右ウィンカー一点灯	徐行中右折 右ウィンカー一点灯
減速中	前進	直進	等速走行中直	減速中直進	減速中右折 右ウィンカー一点灯	減速中右折 右ウィンカー一点灯	

これらの定義方法は状態遷移によって異なる。例としていくつか述べる。

徐行中の状態は危険度を0~10%としているが、その状態でアクセルペダルを踏むと低速走行中に遷移し、危険度は11%~20%とした。これは速度が上昇することで、仮に事故が発生した場合に被害が大きくなることを考慮しこのように仮定している。また、低速走行中にアクセルペダルを踏む場合は等速走行中に遷移し危険度は21%~30%になる。等速走行中にアクセルペダルを踏む場合は高速走行中に遷移し危険度は31%~40%となる。仮定されている危険度は危険度が低い程色が薄く、危険度が高い程色が濃くなるようにデータ上では扱っている。

本論文で扱うコンテキスト、それらに関わるコンテキストとその危険度を求めた。これら状態遷移に存在する危険度は暫定的に定義したものである。そのため、それらの危険度の定量化を行う。

5. 実験

作成したコンテキストの危険度を評価するために、ドライビングシミュレータを用いてシミュレーション実験を行った。

5.1 実験環境

実験にはホンダドライビングシミュレータを使用した。シミュレータでは付随するシナリオエディタを用いることで、任意の車を任意の地点に生成させ、任意の速度で任意の地点まで動作させることができる。本論文で扱うシナリオでは、ドライビングシミュレータによって用意されている街区を表現したマップ上で、先行車の急ブレーキによる追突事故を想定したもの、二輪車の巻き込みによる事故を想定したものを実装する。

シミュレータによる実験データはCSV形式で0.01秒毎に自転車移動に関するファイル、自転車操作に関するファイル、他車移動に関するファイルに分割し抽出される。

5.2 使用シナリオ

実験に際し、先行車が急ブレーキする状況を3シナリオ、自車が左折時に二輪車が直進する状況を3シナリオ実装した。また、予備実験用のシナリオも実装した。以下に実装したそれぞれのシナリオの概要を示す。

予備実験用シナリオ

街区を4分程走行後、山道に進入する。山道途中にある脇道付近に自車が進行したところで、脇道から二輪車が急発進を行う。想定走破時間は5分30秒。

急ブレーキ追突事故想定シナリオ

- ルート1：直線道路上で**300m 走行後**、先行車両が急ブレーキをかけ**路肩に駐車**する。制限速度は時速50kmであり、想定走破時間は1分40秒。

- ルート2：直線道路上で先行車両が急ブレーキをかけ道路上に停車する。制限速度は時速50kmであり、想定走破時間は1分50秒。
- ルート3：直線道路上を走行し、信号待ちを1分行う。その後走行中に先行車両が急ブレーキをかける。制限速度は時速50kmであり、想定走破時間は4分。

二輪車巻き込み事故想定シナリオ

- ルート1：幹線道路上を走行し、左折待ちを1分行う。その後、左折する際に二輪車が左側から直進する。想定速度は時速10kmで、想定走破時間は4分。
- ルート2：直線道路上を走行し、左折を行う。その際に二輪車が左側から直進する。制限速度は時速30kmであり、想定走破時間は2分20秒。
- ルート3：直線道路上を走行し、左折を行い、区画道路に進入する。その後、住宅の塀の陰から二輪車が直進する。制限速度は時速30kmであり、想定走破時間は2分50秒。

事故が想定される状況は各シナリオの終了地点付近で発生するようになっており、想定される走破時間はシナリオによってまばらになっている。これは、被験者が運転に集中している状態から運転以外に集中している状態への遷移が人によって異なると考えたためである。信号待ちと左折待ちに1分ほど要するシナリオには、それらの意味を強く持たせるために設けている。

5.3 本実験

被験者は男性6名、女性2名の計8名に対して実験を行った。うち4名は日常的に運転を行っているため運転慣れしており、うち1名は免許取得後の運転経験が無い、いわゆるペーパードライバである。また、シミュレータ上での運転は車両での運転と異なるため、被験者がシミュレータの運転に慣れたと判断するまで練習用シナリオを運転した後に実験に移った。

評価ではシミュレーション時間、自転車速度、自転車操舵角、自転車アクセル開度、自転車ブレーキ開度、自転車位置、他車発生時間と他車位置の情報を収集した。

6. 評価・考察

6.1 評価手法

シミュレーション実験で得られたデータを基に通常運転時とながら運転時の危険度の評価を行った。なお、各データの評価指標には停止距離を用いる。停止距離が短いほど慌てて急ブレーキを踏んでいることを示す。シミュレータであるため、タイヤの摩耗や路面度の摩擦係数などは一定とできるため停止距離がブレーキの強さを示すことになる。また、2つのシナリオにおける各ルートでの評価に用いる値の抽出方法が異なるため、以下に示す。

急ブレーキ追突事故想定シナリオ

- ルート1：事故想定車両が減速を開始と共に、路肩に停車するために左方向にハンドル操作を行った時点から、自車の最も早いブレーキ押下またはハンドル操作を行ったときに反応したとみなし、その地点でのデータを抽出する。
- ルート2：自車の2車両先の事故想定車両が停車したときから、自車の最も早いブレーキ押下を行ったときに反応したとみなし、その地点でのデータを抽出する。
- ルート3：先頭車両が減速を開始し、Y軸が特定点に達した段階での自車の最も早いブレーキ押下を行ったときに反応したとみなし、その地点でのデータを抽出する。

二輪車巻き込み事故想定シナリオ

- ルート1：信号待ち後、自車が横断歩道を踏むと事故想定車両が発進する。そのため、事故想定車両が発進を行った後の自車の最も早いブレーキ押下を行ったときに反応したとみなし、その地点でのデータを抽出する。
- ルート2：自車と事故想定車両のY軸を比較し、二輪車が自車を越えたときを閾値にそれ以前のもっとも自車の最も早いブレーキ押下またはハンドル操作を行ったときに反応したとみなし、その地点でのデータを抽出する。
- ルート3：区画道路内の直線を自車が走行中に、十字路に近づいた段階で事故想定車両が生成される。生成後で自車の最も早いブレーキ押下を行ったときに反応したとみなし、その地点でのデータを抽出する。

各ルートの判定開始地点と、自車の操作が行われたときの時間の差を反応時間に置き換えた。また、自車の操作が行われたときの自車位置と事故想定車両との位置より相対距離を求めた。且つ、停止距離を計算するためにそのときの速度についても抽出した。

6.2 急ブレーキ追突事故想定

先行車の急ブレーキによる追突事故想定シナリオの各ルートの平均反応時間を図1に示す。また、自車と事故想定車との平均相対距離求め、自車の反応時の平均速度を図

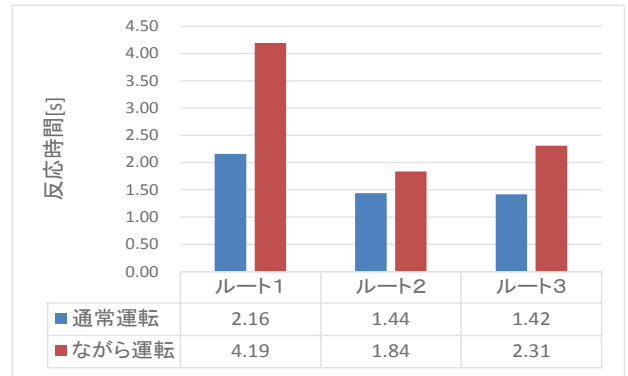


図1 急ブレーキ追突事故想定シナリオでの平均反応時間

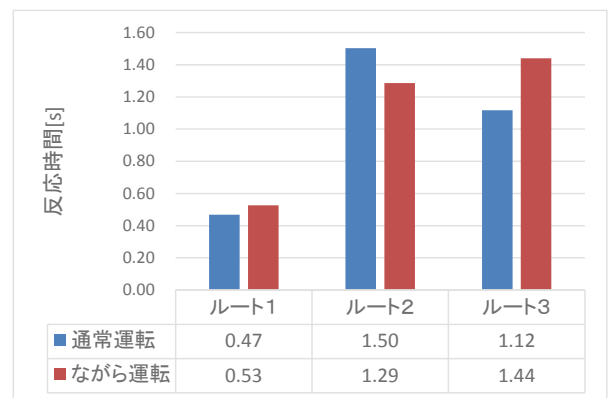


図2 二輪車巻き込み事故想定シナリオでの平均反応時間

3に示す。また、各ルートの停止距離と、相対距離との差を表2に示す。

6.3 二輪車巻き込み事故想定

二輪車巻き込み事故を想定したシナリオの各ルートの平均反応時間を図2に、自車と事故想定車との平均相対距離をや自車の平均速度なども求めた。また、各ルートの停止距離と、相対距離との差を表3に示す。

6.4 危険度の評価

求めた状態遷移表の危険度を実験結果から定量化を行う。反応時間が遅くなるほど空走距離が伸び停止距離に大きく影響を与える。各ルートの反応時間と速度から得られる空走距離 $f[m]$ と平均相対距離 $r[m]$ および制動距離 $b[m]$ から空走可能距離割合 $a[\%]$ を計算する。空走可能距離割合が小さくなる程、コンテキストの持つ危険度は高くなる。式(1)

表2 急ブレーキ事故想定シナリオでの停止距離とその差

	ルート1		ルート2		ルート3	
	通常運転	ながら運転	通常運転	ながら運転	通常運転	ながら運転
停止距離(m)	42.20	61.23	28.05	33.65	29.05	43.62
相対距離の差	15.71	35.92	1.89	7.33	9.55	22.87

表3 二輪車巻き込み事故想定シナリオでの停止距離とその差

	ルート1		ルート2		ルート3	
	通常運転	ながら運転	通常運転	ながら運転	通常運転	ながら運転
停止距離(m)	1.88	2.65	17.86	12.47	12.90	14.04
相対距離の差	-0.44	0.33	8.16	1.68	-1.79	2.21

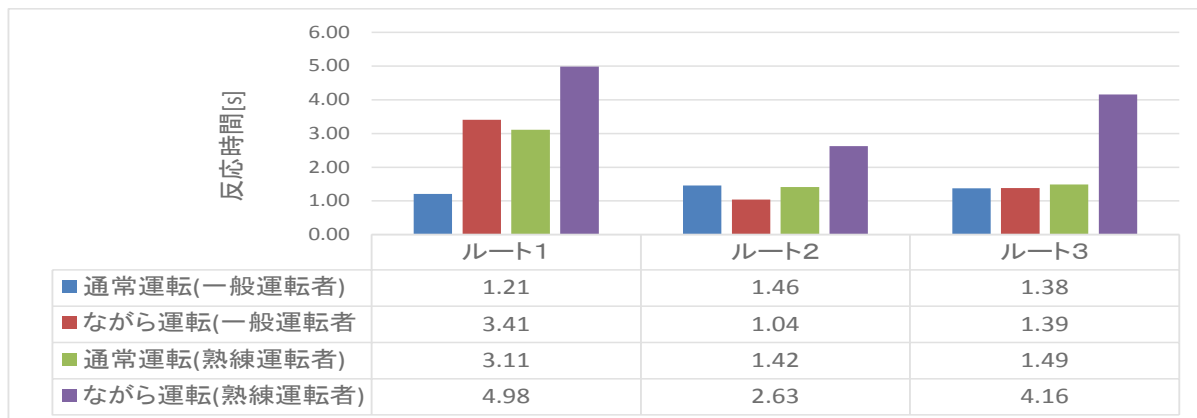


図3 急ブレーキ追突事故想定シナリオでの平均反応時間の違い

表4 急ブレーキ追突事故想定シナリオにおける空走可能距離

	ルート1		ルート2		ルート3	
	通常運転	ながら運転	通常運転	ながら運転	通常運転	ながら運転
空走可能距離[m]	1.79	1.53	4.88	7.53	10.68	8.38
空走可能距離割合[%]	132.59	82.26	37.42	0.08	120.13	79.13

表5 二輪車巻き込み事故想定シナリオにおける空走可能距離

	ルート1		ルート2		ルート3	
	通常運転	ながら運転	通常運転	ながら運転	通常運転	ながら運転
空走可能距離[m]	14.23	15.65	16.15	16.03	8.82	8.78
空走可能距離割合[%]	0.48	0.30	0.90	0.69	0.48	0.28

を以下に示す。また、計算結果をシナリオ毎に表4、表5に示す。

$$a = \frac{f}{r-b} \times 100 \quad \dots \dots (1)$$

これらを各ルートに対して行い、各ルートの空走可能距離を導き出す。空走可能距離割合が高い場合、反応時間が遅くなっても停止距離に余裕を持ち停止することが可能となり安全であることを示す。また、空走可能距離割合を反転し、重み0.16を掛け、各シナリオの各ルートで総和した

ものを危険度 r [%] とする。この重みの設定には、前述した危険度の最大値50%を各シナリオの3ルートにそれぞれ分配した数値である。また、空走可能距離割合が100%を超えた数値に関しては、全て同様に100%として扱う。100%を超えた場合であっても、危険度の下限値は0%としているためそれ以上に安全にはならないため、100%で統一する。式(2)を以下に示す。

$$\begin{aligned} \text{risk} = & 0.16 \times (100 - \text{route1.a}) + 0.16 \times (100 - \text{route2.a}) \\ & + 0.16 \times (100 - \text{route3.a}) \\ & \dots \dots (2) \end{aligned}$$

式(2)より、急ブレーキ追突事故想定シナリオおよび自車が走行中に先行車が急ブレーキをかけた場合の危険度、二輪車巻き込み事故想定シナリオおよび自車が左折時に二輪車が直進する場合の危険度を通常運転、ながら運転の2つの状態で算出した。

先行車が急ブレーキをかけた場合の危険度は、通常運転時が31.78%、ながら運転時が47.8%となり、通常運転時と比較してながら運転時には危険度が16.02%高いことが分かった。これら数値はルート毎の制限速度から等速走行中における状態遷移に置き換わる。これらは仮定した危険度の段階と合致し、危険度の仮定は正しかった。

左折時に二輪車が直進する場合の危険度は、通常運転時が6.79%、ながら運転時が22.16%となり、通常運転時と比較してながら運転時には危険度が15.37%高いことが分かった。これら数値はルート毎の制限速度、想定速度から低速走行中における状態遷移に置き換わる。通常運転時の危険度は仮定した段階よりも危険度が低い。

6.5 考察

シミュレーション実験中に、事故想定地点で発生した事故は、急ブレーキ追突事故想定シナリオのルート1では通常運転時に1件、ルート2では1件だった。ながら運転はルート1で2件、ルート2で1件だった。このような結果になった原因として、反応速度が通常運転時よりも遅いためだと考えられる。ながら運転時の特徴として、自車が信号待ち後に先行車両が徐行で進行中なのに、車間距離を見誤り、追突する事故が6件発生した。この事故が発生した原因として、スマートフォンを操作している状態で発進したため視界が狭くなり、先行車両との車間距離が狭いことに気づけなかったことが考えられる。この事故は想定した場所と異なる場所で発生し、通常運転時には発生していない。

急ブレーキ追突事故想定ルートでは、事故想定車両の急ブレーキに対して回避行動を取らなかった事故が通常運転

時につけな3件、ながら運転時に2件あった。この行動は運転経験の多い運転者に見られ、運転行動の練度が高い程先行車両との車間距離を広くすることが判明した。

実験中の被験者の運転行動では、運転練度の高い運転者は走行中、信号待ちの間にスマートフォンを操作し、運転練度の低い運転者は信号待ちの間のみ操作を行った。この運転行動の違いにより、データに差が生じると考えられる。

急ブレーキ追突事故想定シナリオで一般運転者の各ルートの停止距離と、相対距離との差を表6に示す。熟練運転者のそれらを表7に示す

一般運転者と熟練運転者を比較すると、一般運転者が通常運転時よりもながら運転時の方が良い結果が急ブレーキ追突事故想定シナリオのルート1,2の両方で発生している。一般運転者は熟練運転者よりも運転練度が低く、その状態でスマートフォン操作を行うことは困難である。スマートフォンを所持していることで一般運転者の周囲への警戒が高まり、慎重な運転行動を行ってこのような結果になったと考えられる。

全体平均ではながら運転が良い結果になった理由として、回避行動を行ったときに反応した時間にはならず、それ以外の身体動作の瞬間が実際の反応時間であると考えられる。

危険度の評価では、状態遷移表の危険度を実験結果から定量化を行った。算出した数値は仮定した危険度の段階と合致し、危険度の仮定は正しいことが分かった。

定量化した危険度は運転者の状態、特にスマートフォンを使用したながら運転を対象にしたものである。そのため、運転者の意識が散漫になっているときなどの危険度を測定することはできる。しかし、これは運転行動時の全ての要素に当てはまる訳ではないと考えられる。

6.6 今後の課題

今回の実験から得た危険度を運転行動時の全てに当てはまる訳ではないと仮定したときに、当てはまらないものの危険度を別に取得する必要がある。

表6 急ブレーキ追突事故想定シナリオにおける一般運転者の停止距離とその差

	ルート1		ルート2		ルート3	
	通常運転	ながら運転	通常運転	ながら運転	通常運転	ながら運転
停止距離[m]	29.31	49.99	27.74	25.14	29.04	30.57
相対距離の差[m]	10.72	30.66	8.96	4.98	11.56	10.92

表7 急ブレーキ追突事故想定シナリオにおける熟練運転者の停止距離とその差

	ルート1		ルート2		ルート3	
	通常運転	ながら運転	通常運転	ながら運転	通常運転	ながら運転
停止距離[m]	54.93	73.13	28.35	41.13	29.18	70.64
相対距離の差[m]	20.55	41.84	-5.20	8.64	6.66	47.69

今後取得する危険度と今回取得した危険度を比較したときに、今回取得した危険度の方が高いと予想される。理由として、運転時に運転者の心理的な状態が最も危険度を左右すると考えられるからである。この予想を検証するため、今後はドライビングシミュレータを用いて自車の状態や周囲の状態を対象にした実験を行う予定である。

7. まとめ

本論文では、運転に関係するコンテキストが常に変化することに注目し、原因となる運転時に発生するイベントとコンテキストを把握し、状態遷移図を作成した。提案手法として、それらコンテキスト状態遷移図の暫定的な危険度の設定を行い、運転時における危険度の差について扱った。

提案手法での状態遷移に存在する危険度を評価するために実験を行った。実験ではドライビングシミュレータを使用し、追突事故に繋がるシナリオと巻き込み事故を想定したシナリオを考案し、事故想定ルートを実装した。

実験で得たデータから、一般運転者と熟練運転者で運転行動時に差異が生じ、通常運転時よりもながら運転時の方が事故想定行動に対する反応に時間が掛かることが確認できた。

提案手法の評価を材料として、反応時間、相対距離、速度から空想距離、速度から空走距離、空走可能距離を実験から求めた。空走可能距離と空走距離によって危険度の定量化を行った。

考察では定量化した危険度は心理的に注意散漫な状態になっているものに適応されると仮定し、自転車や周囲の状況が変化した際の定量化した危険度はこれよりも下がると予想した。今後、ドライビングシミュレータを用いて仮定の検証を行う予定である。

謝辞

本研究の一部は JSPS 科研費 16K00143 の助成を受けたものです。

参考文献

- [1]津川 定之. 自動運転の課題. IEICE Fundamentals Review Vol.10 No.2.
- [2]https://www.kantei.go.jp/jp/singi/it2/senmon_bunka/detakatsuyokiban/dorokotsu_dai1/siryou3.pdf
- [3]交通事故総合分析センター. ITARDA INFORMATION 交通自己分析レポート No.107.
- [4]警察庁. やめよう！運転中のスマートフォン・携帯電話等使用 | 警察庁 Web サイト.
<http://www.npa.go.jp/bureau/traffic/keitai/info.html>
- [5]平成 28 年における交通事故の発生状況.
<http://www.e-stat.go.jp/SG1/estat/Pdfdl.do?sinfid=000031559551>
- [6]総務省. 平成 29 年版 情報通信白書(第 1 部 特集 データ主導経済と社会変革).
- [7]金 勝進, 司 化, 川西 直, 森川 博之. 認知症患者の日常生活動作を支援するコンテキストウェア案内システムの設計と実装. 情報処理学会 研究報告 2007-MBL-40 (23) 2007-UBI-13 (23) 2007/2/23.
- [8]鈴木 彰真, 瀧谷 俊介, 村田 嘉利. 座面アクチュエータを用いた臀部触覚による自動車の周辺通知. 「マルチメディア, 分散, 協調とモバイル(DICOMO2016)シンポジウム」平成 28 年 7 月.
- [9] Han, W., Yang, Y., Huang, G.-B., Sourina, O., Klanner, F. and Denk, C. .Driver Drowsiness Detection Based on Novel Eye Openness Recognition Method and Unsupervised Feature Learning, Systems, Man, and Cybernetics(SMC), 2015 IEEE International Conference on, pp.1470-1475 (2015).
- [10] Yang, G., Lin, Y. and Bhattacharya, P. . A Driver Fatigue Recognition Model Based on Information Fusion and Dynamic Bayesian Network, Special Issue on Intelligent Distributed Information Systems, Vol. 180, p.19421954 (2010).
- [11] Ji, Q. and Yang, X. . Real-Time Eye, Gaze, and Face Pose Tracking for Monitoring Driver Vigilance, Real- Time Imagin, Vol.8, pp. 357-377 (2002).