

ドライバのコンテキストを活用した危険性認識

千明優喜[†] 古川義人[‡] 清原良三[†]

概要: 自動運転技術が確立されると、自車両の状況および周辺車両や道路の状況から運転車両が自ら判断し走行する。しかし、現在は人間のドライバ自身がそれらの判断を行っており、その判断の結果として事故に繋がる可能性がある。最近では多くの車両で適切な判断をさせるための警報などを出すものの、レンタカーや警報に慣れてないドライバは意味を理解している間に事故に至る可能性もある。また、停止などに限れば車両が自ら判断する場合もある。本論文では、そのような判断の誤りから発生する事故を減らすことを目的とし、誤った判断要因を分析するために、運転時に持つ状態、運転時に発生するイベントから状態遷移図を作成した。また、各状態の危険性の度合いを測ることを目的に、運転時に注意を他の方向に向けている状態を危険な状態と定義し、シミュレーション実験によって評価を行った。

Risk Awareness Based On Driver's Context

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

1. はじめに

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の状況および周辺の状況から運転行動を自動運転車両自身が判断し、ユーザ操作の必要がない走行が可能となる。現状の 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に速度維持が可能になっている[1]。

表1に日本政府や米国の NHA などが規定する自動運転のレベル[2]を示す。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の車両が主流であり、一部の車両で、レベル1やレベル2が実現されており、運転行動をドライバ自身が行っている。そのため、ドライバの誤った判断、動作によって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の把握、集中力の欠如から生じる誤操作、誤判断によるものである。

路面状況では、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、捜査の不慣れから誤判断が発生する可能性高い。心的要因では、長時間の運転による疲れ、それに伴った集中力の欠落から正常な判断が行えなく

なったことが要因になると考えられる。

併せて、ドライバが左折時に死角から二輪車が直進してくることでの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件が携帯電話使用等により発生した事故である。その内訳を表2に示す[4]。携帯電話

表1 自動運転レベル

レベル	名称	定義
0	運転自動化なし	全ての運転行動をドライバが行う
1	運転者支援	ドライバが運転を行うが、システムはそれを補助する
2	部分的運転自動化	システム支援しながらドライバが運転を行う
3	条件付運転自動化	システムが運転を行うが、非常時にはドライバに運転を任せる
4	高度運転自動化	システムが運転を行うが、非常時にはドライバが運転を代わってもよい
5	完全運転自動化	全ての運転行動をシステムが行う

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

[‡] 神奈川工科大学大学院
Graduate School of Kanagawa Institute of Technology

表 2 携帯電話使用等による交通事故件数

事故内容	件数
通話目的使用	159
画像目的使用	927
ハンズフリー使用	47
その他動作	866
小計	1,999

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運転以外へも向くようになる。そのため、歩行者や二輪車の視認が遅れ、事故に繋がる可能性が増大する。また、突然の人の飛び出しにも即座に反応できず、回避行動が遅れる可能性が高まる。

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ない。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。よって、それらの要素の影響を受けず機械的に運転行動を行える。

だが、自動運転レベル4ないし5が普及するまでは不安定な要素を持ってドライバが運転をする必要があるため、事故の発生を予測してドライバに知らせ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た上で、各状態には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。

以下、第2章では関連研究を紹介し、本研究の位置づけについて述べる。第3章では提案手法について述べる。第4章では行った実験の概要について述べる。第5章では提案手法の評価方法について述べ、第6章では本論文のまとめを述べる。

2. 関連研究

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[6]、疲労に関する研究[7]、周囲へ向ける警戒に関する研究[8]、安全運転の認識に関する研究[9]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。併せて、ドライバの周囲のコンテキストを扱ったものでは、位置コンテキストによりドライバの位置認

識の度合いを推定した研究[10]がある。これらのコンテキストに応じて操作を促す、特定の情報を提示することでドライバの運転支援に大きく貢献することが可能になる。

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り、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着目することとした。

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。

3. 提案手法

本論文で提案する手法は、ドライバに関する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表を活用した危険度の定義と認識である。本節では状態遷移表と危険度の定義について述べる。

3.1 状態遷移表

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。分類の概要について表3に示す。

表 3 ドライバコンテキストの分類

分類名称	説明
車の走行状態	車両が走行中であるか否かを扱う 例：「前進:高速走行中:直進」 「バック:減速中:右折」
心の状態	ドライバの感情、精神状態を扱う 例：「感情:怒り」 「精神状態:焦燥」
身体の状態	ドライバの身体状況を扱う 例：「体感:眼球:疲労」 「欲求:食事」
周辺環境	車両周辺の状況を扱う 例：「道路状態:アスファルト:凍結」 「天候:日中:晴れ」
車内環境	車両内の環境を扱う 例：「匂い:オイル」 「音:エンジン」

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にど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。

以下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、表3で示した各分類の内部に存在する最も大きいコンテキスト、例えば表4では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自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

表4 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
		前進	高速走行中	直進		減速中直進	減速中右折 右ウィンカー点灯
				右折		減速中右折	減速中右折 右ウィンカー点灯
				左折		減速中左折	減速中右折 右ウィンカー点灯
			等速走行中	直進	高速走行中直	減速中直進	減速中右折 右ウィンカー点灯
				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 右ウィンカー点灯
			低速走行中	直進	等速走行中直	減速中直進	減速中右折 右ウィンカー点灯
				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 右ウィンカー点灯
			徐行中	直進	低速走行中直	徐行中直進	徐行中右折 右ウィンカー点灯
				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 右ウィンカー点灯
		減速中	直進	等速走行中直	減速中直進	減速中右折 右ウィンカー点灯	
			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 右ウィンカー点灯	
		危険	スリップ				
		バック	高速走行中	直進		減速中直進	
				右折		減速中右折	
				左折		減速中左折	
			等速走行中	直進	高速走行中直	減速中直進	
				右折	高速走行中右	減速中右折	
				左折	高速走行中左	減速中左折	
			低速走行中	直進	等速走行中直	減速中直進	
				右折	等速走行中右	減速中右折	
				左折	等速走行中左	減速中左折	
			徐行中	直進	低速走行中直	徐行中直進	
				右折	低速走行中右	徐行中右折	
				左折	低速走行中左	徐行中左折	
		減速中	直進	等速走行中直	減速中直進		
			右折	等速走行中右	減速中右折		
			左折	等速走行中左	減速中左折		
		危険	スリップ				

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。表5にその一例を示す。

3.2 危険度の定義

3.1 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み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定義している。また、低速走行中にアクセルペダルを踏み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み場合は高速走行中に遷移し危険度は31%~40%となる。設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とその危険度を表5に示す。

4. 実験

表5で示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。

4.1 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、自車が左折時にバイクが直進する状況を3シナリオ実装した。以下に実装したそれぞれのシナリオの概要を示す。

急ブレーキ想定シナリオ

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。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。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。想定走破時間は4分。

二輪車巻き込み想定シナリオ

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

表5 通常運転とながら運転時の状態遷移と危険度

			イベント			
			スマートフォン操作	先行車がブレーキ押下	先行車が急ブレーキ	自車が左折時にバイクが直進
走行状態 コンテキスト	通常運転	高速走行	ながら運転：高速走行	通常運転：減速→等速走行	通常運転：減速→等速走行	通常運転：減速→等速走行
		等速走行	ながら運転：等速走行	通常運転：減速→低速走行	通常運転：減速→低速走行	通常運転：減速→低速走行
		低速走行	ながら運転：低速走行	通常運転：減速→徐行	通常運転：減速→徐行	通常運転：減速→徐行
		徐行	ながら運転：徐行	通常運転：停止	通常運転：停止	通常運転：停止
		停止	ながら運転：停止	通常運転：停止	通常運転：停止	通常運転：停止
		減速	ながら運転：減速	通常運転：停止	通常運転：停止	通常運転：停止
	ながら運転	高速走行	ながら運転：高速走行	ながら運転：減速→等速走行	ながら運転：減速→等速走行	ながら運転：減速→等速走行
		等速走行	ながら運転：等速走行	ながら運転：減速→低速走行	ながら運転：減速→低速走行	ながら運転：減速→低速走行
		低速走行	ながら運転：低速走行	ながら運転：減速→徐行	ながら運転：減速→徐行	ながら運転：減速→徐行
		徐行	ながら運転：徐行	ながら運転：停止	ながら運転：停止	ながら運転：停止
		停止	ながら運転：停止	ながら運転：停止	ながら運転：停止	ながら運転：停止
		減速	ながら運転：減速	ながら運転：停止	ながら運転：停止	ながら運転：停止
危険度の定義		0-10%	11-20%	21-30%	31-40%	41-50%

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。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。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。

4.2 実験方法

被験者は男性2名、女性2名の計4名に対して実験を行った。うち1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。

実装した6シナリオに対して図1に示すようにスマートフォンを操作している状態、スマートフォンを操作していない状態で運転を行った。スマートフォン操作時の運転では被験者に数独をスマートフォン上で解答させた。

数独は3x3のマスをもとに1ブロックとして更にそれらを3x3の正方形にしたものに1~9の数字を縦、横、ブロック内で重複しないように入力するパズルである。

通常、ながら運転を行うドライバはスマートフォンを操



図1 ながら運転での実験

作する必要がある、または操作したいという欲求のもとにその行動を取ると考えられるため、本実験では数独の問題を2問解くように指示した。また、数独を操作対象に選択した理由として、数独は解答を導き出すための手法が多様であり、それら知識を用いて問題を解くものである。そのため、解答に際して被験者がそれら知識を使用するために数独に注意が向くと仮定して数独を使用した。

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

5. 評価方法

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制動距離を用いる。制動距離が短いほど慌てて急ブレーキを踏んでることを示す。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制動距離がブレーキの強さを示すことになる。

5.1 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図3に、自車の速度平均を図4に示す。

各制動距離は表6に示すようにルート1での制動距離は通常運転時が2.36m、ながら運転時は3.01mであり、通常運転時は相対距離との比較結果では0.12m余裕がある。しかし、ながら運転時には0.49m制動距離を超えていた。

ルート2での制動距離は通常運転時が13.47m、ながら運転時は4.43mであり、通常運転時は相対距離との比較結果では5.22m制動距離を超えていた。ながら運転時は0.51m

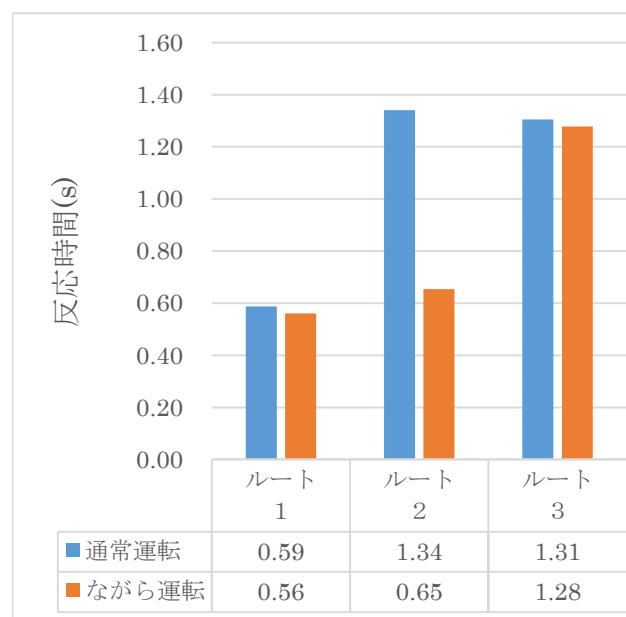


図2 二輪車巻き込み事故想定シナリオの平均反応時間

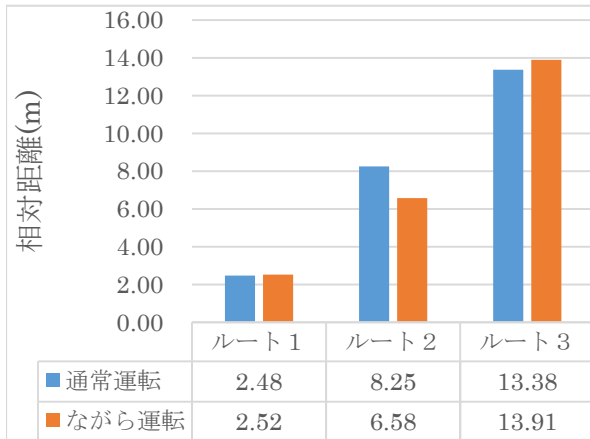


図3 二輪車巻き込み事故想定シナリオの平均相対距離

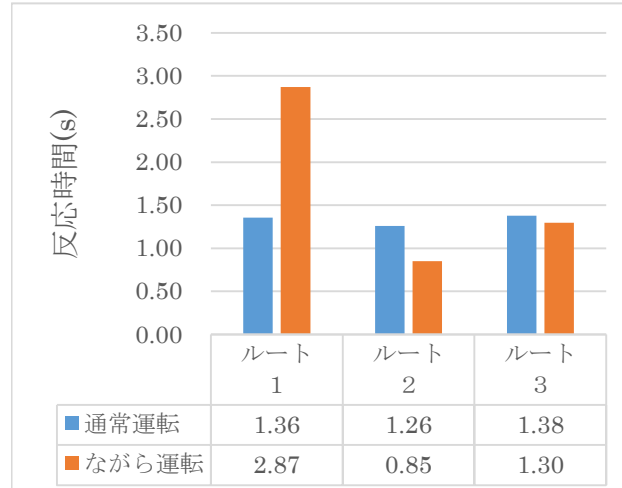


図5 急ブレーキ追突事故想定シナリオの平均反応速度

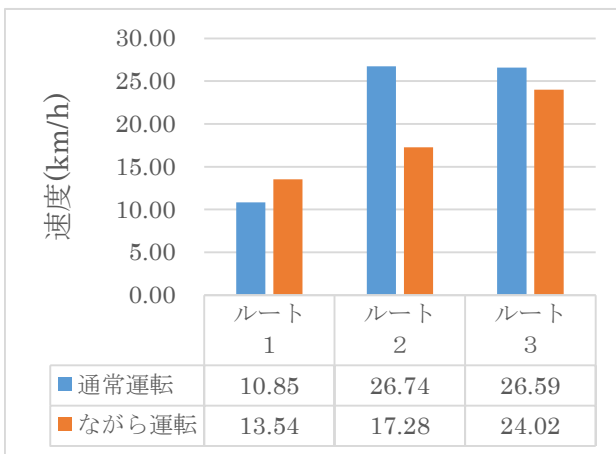


図4 二輪車巻き込み事故想定シナリオの平均速度

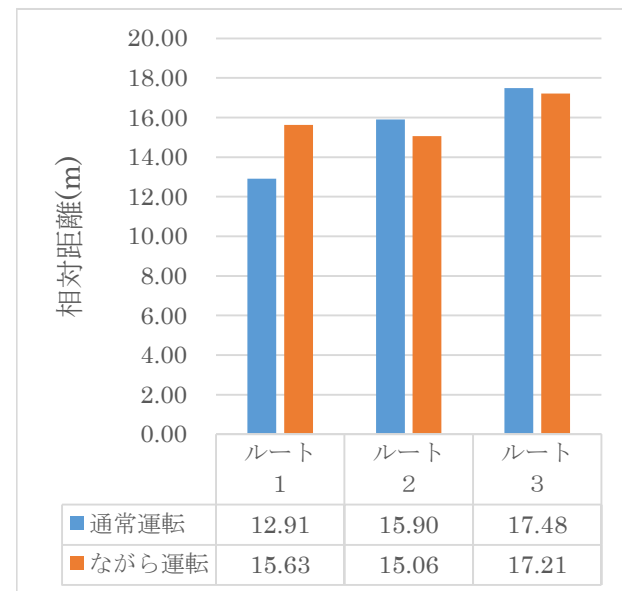


図6 急ブレーキ追突事故想定シナリオの平均相対距離

表6 各運転状態における各ルートでの制動距離(m)
2輪巻き込みシナリオ

運転状態	ルート 1	ルート 2	ルート 3
通常状態	2.36	13.47	13.16
ながら運転	3.01	4.43	11.38

表7 各運転状態における各ルートでの制動距離(m)
ブレーキ事故想定シナリオ

運転状態	ルート 1	ルート 2	ルート 3
通常状態	29.12	25.17	9.27
ながら運転	42.88	22.66	7.6

余裕のある結果となった。

ルート3での制動距離は通常運転時が13.16m、ながら運転時が11.38mとなり、通常運転時が0.22m制動距離に余裕がある。ながら運転時では2.53m制動距離に余裕があり、

通常運転時よりもよい結果となった。

5.2 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を想定シナリオの各ルートの平均反応時間を図5に、自車と事故想定車の平均相対距離を図6に、自車の速度平均を図7に示す。

制動距離は表7に示すように、ルート1での制動距離は通常運転時が29.12m、ながら運転時は42.88mであり、通常運転時は相対距離との比較結果では16.21m制動距離を超えた。ながら運転時には0.58m制動距離を超えていた。

ルート2での制動距離は通常運転時が25.17m、ながら運転時は22.66mであり、通常運転時は相対距離との比較結果では9.27m制動距離を超えていた。ながら運転時は7.6mを超える結果となった。

ルート3での制動距離は通常運転時が29.04m、ながら運

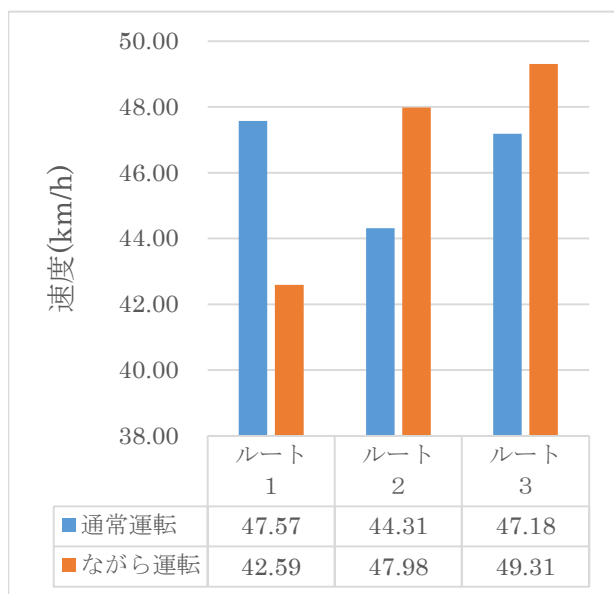


図7 急ブレーキ追突事故想定シナリオの平均速度

転時が 29.77m となり、通常運転時が 11.56m 制動距離を超えた。ながら運転時では 12.56m 制動距離を超えた。

5.3 考察

巻き込み事故想定シナリオの平均制動距離は通常運転時が 1.63m を超え、ながら運転時は 0.85m 余裕がある結果となった。また、急ブレーキ追突事故想定シナリオの平均制動距離は通常運転時が 16.81m を超え、ながら運転時は 6.91m 超える結果となった。このような結果となった理由として、ながら運転時に被験者は信号待ちの間にスマートフォンを操作するが、走行中には前方に注意を払っている状態であったためであると考えられる。これは運転自体、運転中のスマートフォンの操作、また片手運転に慣れておらず、スマートフォンを持っていても事故を起こさぬように周りに注意を向けていたためだと考えられる。よって、ながら運転時の制動距離に余裕が生まれたと考察する。

しかし、実験開始直後の信号待ち後に先行車両が徐行で進行中に被験者が衝突することが 2 回あった。これは、被験者がスマートフォンを注視した状態で徐行進行していたため、先行車両との距離感覚を誤ったものだと考えられる。この場合は徐行ならず停車できるという被験者の考えから発生した事故だと考察する。併せて、巻き込み事故シナリオのルート 2 では左折時に事故を起こした。これについても同様の理由であると考えられる。

また、ルート 1 では他のルートと違い先行車両が路肩に駐車する。そのため、被験者はブレーキペダルを少し踏みハンドルを操作する、または駐車確認後にハンドルを少しだけ切り回避行動を取るなどの動作が確認できた。このような動作は 300m 程の直線道路を停止することなく走行す

ることで、他のルートに比べて先行車両との車間を空けやすかったことが理由であると考えられる。

6. まとめ

本論文では、運転時のドライバーに関するコンテキストを扱い、それらに運転時に発生するイベントを掛け合わせることで状態遷移表の提案と、状態遷移が持つ危険度の定義を行った。特に、通常運転時とスマートフォンを操作しながら運転時に遷移した場合の危険度を評価することを目的とし、それらの評価を行う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。

シミュレーション実験では、二輪車の巻き込み事故を想定したもの、先行車が急ブレーキをかけることで衝突事故を発生することを想定したもの、この 2 つのシナリオを実装し、実験を行った。

評価では制動距離を評価指標とし、被験者の反応速度、事故想定車との相対距離、反応時の車両速度を用いた。結果として、通常運転時とながら運転時に差は生まれなかった。これは被験者に走行経験が少なく、尚且つスマートフォンを操作しながら走行することができなかったためであると考察した。

今後は、日常的に運転を行うドライバー、休日に運転を行うドライバーなど、個人の運転経験の差について組み分けを行って評価することで組み分け毎の危険度について評価を行っていく。

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/siryous3.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> 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>
- [5] 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).
- [6] 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).
- [7] 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).
- [8] 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).

- [9] Lee, B. -G. and Chung, W.-Y. . A Smartphone-Based Driver Safety Monitoring System Using Data Fusion, Sensors, Vol, 12, pp. 17536-17552 (2012).
- [10] 松山 聖路, 徳永 雄一, 清原 良三. 認知地図の構築家庭に着目したスマートフォンによる運転者の地点把握度推定手法. 情報処理学会論文誌 Vol.58 No.10 1606-1616 (Oct. 2017)