

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 26 年 6 月 23 日現在

機関番号：37112

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2012～2013

課題番号：24710192

研究課題名(和文) 出会い頭事故の数理学的モデルの構築と、それに基づく安全運転支援装置の開発

研究課題名(英文) Constructing the mathematical model of a broadside collision for driving risk evaluation, and developing a driving support system for safe driving based on it

研究代表者

松木 裕二 (MATSUKI, Yuji)

福岡工業大学・工学部・准教授

研究者番号：00315128

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,600,000円、(間接経費) 1,080,000円

研究成果の概要(和文)：運転者は交差点通過時の運転の危険性を客観的に評価する手段を持っていない。このような状態では、交差点での危険性を過少に評価した場合、適切な安全運転行動を取れず、交通事故を起こしてしまう。交差点事故防止のためには、交差点通過時の危険性を客観的に評価する手段が必要といえる。

本研究では交差点通過時の出会い頭事故の危険性評価のために、交差点での出会い頭事故モデルを構築し、モンテカルロ法を用いたシミュレーションにより、様々な状況下での運転危険性について調べる運転支援システムを開発した。その結果、速度、路肩距離、交通密度、交差点形状、走行方法の違いが衝突リスクに与える影響を定量的に評価することを可能にした。

研究成果の概要(英文)：Drivers have no method to evaluate the objective risk when passing the blind intersection. Thus, they drive a vehicle with using their subjective risk evaluation based on their driving experiences. In order to decrease such a collision, the method is needed for drivers to recognize the precise risk of broadside collision. In this study, a mathematical broadside collision model between two vehicles was developed using a simple two driver models on each road in order to evaluate the objective driving risk. This collision model can predict the possibility of broadside collision (POC) and pre-crash kinetic energy (PKE) as the index of collision damage between the vehicles. The experiments to calculate POC and PKE with the broadside collision model by using Monte Carlo simulation were conducted under various traffic conditions. As a result, it was found that vehicle speed, distance between the edge of the road and the car, traffic density, and shape of the intersection affect POC and PKE.

研究分野：複合新領域

科研費の分科・細目：社会・安全システム科学，社会システム工学・安全システム

キーワード：安全 衝突予測 交差点モデル モンテカルロシミュレーション 反応時間分布 衝突確率

1. 研究開始当初の背景

平成25年の日本における交通死亡事故を類型別にみると、交差点での出会い頭事故が最も多く、全体の約 15%を占めている。また、死亡事故件数を道路形状別にみると、交差点内が 38.6%、交差点付近が11.2%を占め、交差点内と交差点付近を合わせると49.8%となり、死亡事故の半数近くが交差点とその付近で発生している。さらに、交差点事故のうち約 6 割は見通しの悪い信号のない交差点で起こっている。出会い頭事故を防ぐためには、交差点進入時の速度の減速や、車両から路肩までの距離を大きく保持することが必要である。しかしながら、運転者にとっては、交差点通過時の危険性を客観的に評価する手段がない為、運転者自身で定量的な危険性を評価することが出来ない。そのため、通常の運転者は自身の経験に基づいた主観的な危険性評価に頼って運転を行っているのが現状である。

交差点での事故の危険性評価に関する先行研究としては、交通事故統計などのマクロデータを分析する手法と、交通事故モデルを構築し、計算機シミュレーションにより理論上の危険性を求める手法がある。このうち、計算機シミュレーションを用いた方法は、特に交通工学の分野で行われており、交差点での事故発生確率を求めた研究もいくつか行われている。これらの先行研究の主目的は、ある交差点での事故リスクを求め、最適な交差点形状を得ることにある。しかしながら、ある特定の車両の運転挙動変化が交差点通過時の衝突リスクに与える影響については、殆ど研究されていない。特に見通しの悪い交差点での衝突リスクに関する定量的な危険性評価研究は、筆者が探した範囲では見つけることができなかった。

2. 研究の目的

見通しの悪い交差点での出会い頭事故の客観的な危険性評価をおこなうために、本研究では主に運転者の運転方法が、交差点通過時

の危険性にどのような影響を及ぼすのかについて、計算機シミュレーションによって明らかにする。

近年では、計測デバイスの測定精度向上や小型化も飛躍的に進み、運転中の衝突リスクをリアルタイムに計測・評価するための研究も進められている。その中で、衝突リスクをどのように表現するのかという問題がある。西山らは、衝突リスクを2つの指標を用いて評価することを提案している。一つは衝突する頻度を表す衝突確率(POC)、もう一つは衝突時の損害程度を表す衝突直前の運動エネルギー(PKE)である。しかしながら、西山らの研究でのリスク評価は先行車との追突事故に限定されたものであった。また、衝突確率POCは、運転者の反応時間分布関数のみを考慮したものであった。そこで、本研究では、見通しの悪い交差点通過時の出会い頭事故の危険性評価のために、西山らの提案したPOCおよびPKEを交差点での出会い頭事故の危険性評価に対応させて、様々な条件下での交差点通過時の衝突リスクを評価することにした。このために、本研究では以下の(1)~(3)の3つのサブテーマを設けた。

(1) 運転者の視線の向きを考慮した反応時間分布の推定：交差点での衝突リスクの一つである衝突確率を求めるためには、運転者の反応時間分布モデルを決定する必要がある。従来用いられてきた反応時間分布モデルは、運転者の視線が前方を注視しているときを想定しており、本研究で取り扱うような交差点通過時にはそのまま適用することが難しい。そこで、Driving Simulatorによる実験環境を構築し、運転者の視線の向きが反応時間分布にどのように影響するのかを明らかにするとともに、その分布関数を推定することをおこなう。

(2) 交差点での出会い頭事故モデルの構築：先行研究において既に提案している追突事故発生モデルをベースとし、交差点での

出会い頭事故を数理的なモデルとして構築する。このモデルには、(1)で明らかにした運転者の視線の向きを考慮した反応時間分布も用いる。

(3) 交差点通過時の衝突リスク評価：構築した衝突モデルに対して、交差道路からの他車両の出現確率(交通密度)、他車両の運転者の反応時間分布、運転者の反応時間分布を適用し、衝突確率および衝突直前の運動エネルギーを求め、様々な運転状況における衝突リスクを評価するシステムを開発する。

3. 研究の方法

サブテーマごとの研究方法を以下に示す。

(1) 運転者の視線の向きを考慮した反応時間分布の推定：実験参加者は、普通自動車免許を有する視覚異常のない男性3名であった。本実験の目的である確率密度分布を推定するためには非常に多くの試行数が必要となるため、実験参加者数は少なくし、一人あたりの試行数を増やすことにした。

図1に実験に用いた視覚刺激呈示位置と実験参加者の関係を示す。実験参加者の正面を0°として実験参加者を中心に左方向に80°まで20°間隔で計5つの角度位置にLEDを設置し、各角度位置における反応時間の計測を行った。また、実験中、実験参加者はDriving Simulator上で0°の位置を注視した状態で運転し続ける副次課題をおこなわせ、LEDが点灯したら出来るだけ速くブレーキペダルを踏んだ。LED点灯が点灯し、ブレーキを踏むまでを1試行とし、1回の実験で15試行を行った。実験参加者の体調具合を統一するため、実験参加者が眠気や疲れを感じているときは実験を控え、続けて実験を行う際は間に10分以上の休憩を挟んだ。なお、実験参加者にはブレーキ操作を誤った場合には、その都度、申告させた。その際の反応時間については、解析対象から除外した。5つの刺激呈示角度に対してそれぞれ50試行以上の計測を行った。

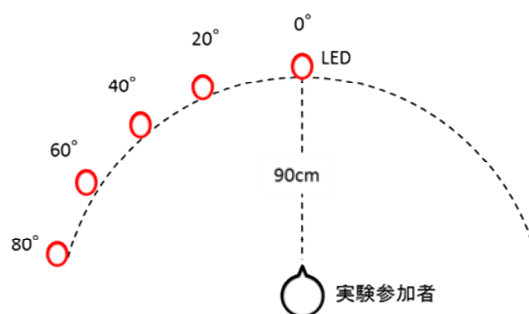


図1 視覚刺激呈示位置

次に、確率密度関数の推定を行った。推定された確率密度関数に対し、ex-Gaussian分布によるフィッティングを行い、分布関数決定に必要な3つのパラメータを推定した。その後、刺激呈示角度と反応時間の確率密度関数との関係を調べるため、呈示角度とex-Gaussian分布の各パラメータの関係を1次関数と仮定し、フィッティングによりそれらの関係を求めた。

(2) 交差点での出会い頭事故モデルの構築：本研究では、交差点通過時の危険性を衝突事故の起こり易さ(衝突確率TPOC)と衝突時のダメージの大きさ(衝突直前の運動エネルギーPKE)を用いて評価することにした。TPOCおよびPKEは式1および式2によって求められる。

・衝突確率(TPOC)

$$TPOC = \frac{CC}{N} \times 100[\%] \quad (1)$$

(但し、 N : 試行回数, CC : 衝突回数)

・衝突直前の運動エネルギー(PKE)⁽⁴⁾⁽⁵⁾

$$PKE = \frac{m}{2} \times v^2 [J] \quad (2)$$

(但し、 m : 車両総重量[kg], v : 衝突直前の車速[m/s])

出会い頭事故の危険性を計算機シミュレーションにより評価するために、交差点モデル、車両モデル、運転者モデルの3つから成る交差点での出会い頭事故モデルを構築した。

交差点モデル

交差点の形状は、交差点に進入するまで、他の道路状況を視認できない見通しの悪い2つの道路が直交したものとした(図2)。非

優先道路側を走る車両を A 車，優先道路側を走る車両を B 車と呼ぶことにする．また，シミュレーションの簡略化の為，信号機とカーブミラーの存在については，考慮しなかった．道路幅は，一般的な道路幅に合わせて，優先道路を 6.0m，非優先道路を 5.5m とした．

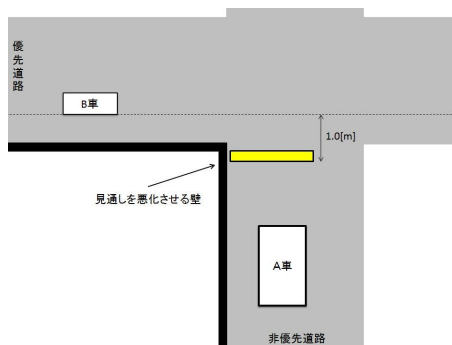


図 2 交差点モデル

車両モデル

本研究では，A 車を自動車，B 車を自転車と仮定した．車長，車幅，車両重量については，表 1 に示す値を用いた．

表 1 A 車と B 車の諸元

車 両 名	車長[m]	車幅[m]	車両重量[kg]
A 車	4.46	1.745	1,280
B 車	1.9	0.6	16

運転者モデル

A 車，B 車の運転者は，どちらも同じ運転条件に従うものとした．運転者は相手車両を視認できる位置に到達するまでは，事前に設定された速度関数に従って交差点に接近するものとした．運転者が相手車両を視認できる位置に到達した後は，運転者のブレーキ反応時間後に制動を開始し，車両が停止するまで一定の制動力で減速を行うものとした．

(3) 交差点通過時の衝突リスク評価：

(1) および (2) のサブテーマで得られた成果をもとに，運転危険性評価システムを開発した．このシステムでは，刺激呈示角度ごと (運転者の視線情報) の反応時間の確率密度関数および交差点での出会い頭事故モデルに基づいており，運転者の視線情報，交

差車両の速度，交通密度，路肩距離，自車の速度をパラメータとして衝突リスクを調べることができる．これらのパラメータを独立変数とし，モンテカルロ法によるシミュレーションを行い，衝突発生率および衝突直前の運動エネルギーについて詳細に調べた．

4. 研究成果

(1) 視線情報を考慮した反応時間分布推定：実験参加者数は少ないが，一人あたりの試行数を多くとることで，図 3 に示すような刺激呈示角度と反応時間分布関数との関係を明らかにし，分布関数を動的に推定することを可能にした．これによって，運転中のわき見による運転リスクを定量的に評価することも可能になる．

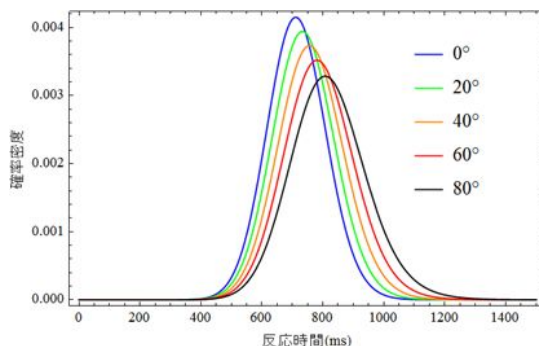


図 3 各刺激呈示位置における反応時間の確率密度関数

(2) 交差点での出会い頭事故モデルの構築：見通しの悪い交差点での出会い頭事故発生事象について，3つのモデル (運転者モデル，交差点モデル，車両モデル) を適用することで，数理的モデルとして構築した．さらに，このモデルのうち，運転者の反応時間分布，交通密度の分布についてモンテカルロ法によるシミュレーションをおこなうことで，衝突確率および衝突直前の運動エネルギーの大きさという2つの指標を用いて総合的に評価することが可能になった (図 4 参照)．

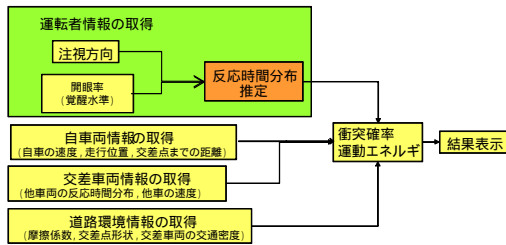


図4 交差点通過時の危険性評価システム

(3) 交差点通過時の衝突リスク評価：開発した危険性評価システムを利用して、様々な運転環境の変化が、衝突リスクにどのような影響を及ぼすのかを調べた。いくつかの条件のうち、図5に交差点侵入速度および路肩距離と衝突確率の関係を、図6に運転者の視線角度と衝突確率の関係を示す。

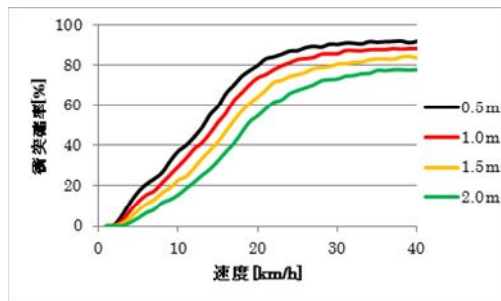


図5 交差点侵入速度および路肩距離と衝突確率の関係

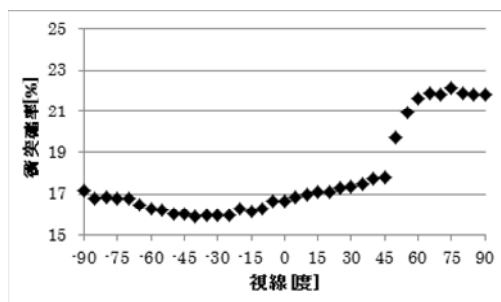


図6 視線の向きの違いと衝突確率の関係

図5を見ると、わずか10km/hの速度低下によって、衝突確率を半分に減少させることが可能であることが分かる。また、路肩距離を大きくとることによって、衝突確率が低下することが分かった。図6を見ると、視線の向きの違いによって、衝突確率の差が最大で6%異なることも分かった。このように、衝

突リスクの定量的な評価は、今後、運転者教育や安全運転支援装置の開発に大きく貢献できると考えられる。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文](計1件)

松木裕二、日常の運転行動に基づく運転評価システムの開発、福岡工業大学情報科学研究所所報、Vol.23、2012、pp.5-8

[その他](計1件)

2014年2月26日付の中日新聞(第5部 交差点の魔物)に当該研究内容が紹介された。

6. 研究組織

(1) 研究代表者

松木 裕二 (MATSUKI, Yuji)
福岡工業大学・工学部・准教授
研究者番号：00315128