

令和元年6月26日現在

機関番号：82505

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2015～2018

課題番号：15K06267

研究課題名(和文)衝突による運転行動の中断過程の解明とポストクラッシュセーフティシステムによる解決

研究課題名(英文)Elucidation of interruption process of driving behavior by collision and solution with post-crash safety system

研究代表者

大賀 涼(Oga, Ryo)

科学警察研究所・交通科学部・室長

研究者番号：50392262

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,700,000円

研究成果の概要(和文)：本研究ではドイツで実用化されたポストクラッシュセーフティシステムを、日本に導入した場合の効果を検証した。普通乗用車による多重追突事故に限っても、その効果は年間約670件の被害軽減が期待される。また広範な事故形態でポストクラッシュセーフティシステムを活用するため、必要な事故検知のためのセンサーの閾値を実験により検証したところ、デルタV 9.23km/hとの結果を得た。これは既存のエアバッグ用のセンサーで代用可能である。さらに、追突事故時の運転者下肢の挙動を解析したところ、衝突後70-160msecにおいて右足の後退が認められた。

研究成果の学術的意義や社会的意義

普通乗用車による多重追突事故は国内で年間約5200件が発生している。ポストクラッシュセーフティシステムの効果を見積もったところ、年間約670件の多重追突事故を単独の追突事故へと被害軽減できると推定された。普通乗用車に加え貨物車などの事故を考慮すれば、より多くの多重追突事故の被害が軽減できると予想される。昨今、車両相互事故の後に制御を失った車両が歩道に乗り上げて歩行者を轢く事故が発生しており、被害の甚大さ、また歩行者の過失が無いことから多くの耳目を集めている。このような事故にもポストクラッシュセーフティシステムは有効である。

研究成果の概要(英文)：In this study, we verified the effects of introducing a post-crash safety system commercialized in Germany into Japan. The effect is expected to be about 670 cases a year, even in the case of multiple collisions with normal passenger cars.

In order to utilize the post crash safety system in a wide range of accident condition, when the threshold of the sensor for necessary accident detection was verified by experiments, the delta V=9.23 km/h was obtained. This can be substituted by the existing air bag sensor.

Furthermore, analysis of the behavior of the driver's lower limbs at the time of a rear-end collision showed that the right foot retreated 70-160 msec after the collision.

研究分野：交通事故

キーワード：交通事故 ポストクラッシュセーフティ 交通事故被害軽減 インパクトバイオメカニズム

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

### 1. 研究開始当初の背景

我々は事故発生時の車両挙動の調査を行うため、各種の映像記録を入手して、解析を進めてきた。その中において第一の事故が発生した際に車両がなんら制御されることなく走行を続け、第二の事故が発生する多重事故が認められた。

第一の事故については衝突被害軽減ブレーキなど予防安全技術の開発・普及がめざましい。しかしながら、これらの装置は「被害軽減」という名が示すとおり、交通事故ゼロの社会を即座に達成できるものではない。他方でドイツではポストクラッシュセーフティシステムが開発され、第二の事故を抑制する取組が行われている。ポストクラッシュセーフティシステムは衝突時に起動するシステムであり、自動的に制動を開始して速度を低減し、またスタビリティコントロールにより自車がスピンすることを防ぐ。これらの機能により路外への逸脱や他車両との衝突など第二の事故を回避するシステムである。

現在、日本においてポストクラッシュセーフティシステム搭載車両は製造されていない。そこで日本におけるポストクラッシュセーフティシステムの採用を促進するため、日本の交通事情を加味したポストクラッシュセーフティシステムの評価を行うこととした。

また日本の独自規格であり、かつ軽量なため第一の事故で激しい衝撃を受けると考えられる軽自動車について、ドイツでは対象となっていない。そこで軽自動車のためのポストクラッシュセーフティシステムについて検討することとした。

### 2. 研究の目的

本研究では以下の課題を研究対象とした。

- ドイツで実用化されているポストクラッシュセーフティシステムについて、交通事故統計のマクロ分析を通じて国内における事故低減効果を推定する。
- 事故時に運転者が受ける衝撃を把握し、衝撃が運転行動に与える影響を検討する。
- 現在はエアバッグの展開と連動しているポストクラッシュセーフティシステムについて、軽微な事故での事故検知や事故後対応を検討し、対象事故形態の拡大をはかる。
- 将来の完全自動運転における事故時対応に関する知見を収集する。

### 3. 研究の方法

本研究は下記の手段を用いて研究を起こった。

- ドライブレコーダ（東京農工大ヒヤリハットデータベース）
- 実車衝突実験
- 交通事故統計（警察庁）

#### （1）ドライブレコーダ

研究に使用したデータベースはタクシー（普通乗用自動車）における記録であった。ドライブレコーダに記録された事故の中から、追突事故の形態であり、かつ衝突前に被追突車両がブレーキ操作中であった事故を抽出した。まず事故をドライブレコーダ搭載車が追突車両であった場合と被追突車両であった場合に分類した。前者の事故では前方カメラに映った被追突車両のブレーキランプから、ブレーキ操作の中断発生の有無や中断時間を計測した（図1）。後者の事故では自車のペダル情報からブレーキ操作について把握した。



図1. ドライブレコーダで観察されたブレーキ中断

#### （2）実車衝突実験

実車により追突事故の再現実験を実施した。低速域では被験者を搭乗させ、後方から追突された際の運転姿勢の乱れ、またそこからの姿勢の回復について観察した（図2）。高速域では人体ダミーHybrid-IIIにより追突時のダミーの挙動を観察した。



図2. 被験者を用いた追突事故再現実験

(3) 交通事故統計

ドイツで開発されたポストクラッシュセーフティシステムを日本で使用した場合の効果を検証するため、交通事故統計により日本における追突事故の発生状況の精査を行った。特に追突車両および被追突車両について軽自動車や普通貨物車などサイズ別での事故発生率や多重事故発生率を調べた。また多重事故発生時の追突車両の速度の分布を調べた。

4. 研究成果

ドライブレコーダを解析した結果、ドライブレコーダに記録された当該追突事故の中で64%の事故においてブレーキ中断が発生していた。このブレーキ中断中に車両が前方へと移動していた。移動距離 = 速度 × 時間であるところ、ドライブレコーダでは衝突前の速度は正確であるが、タイヤの回転から計測するため衝突直後の速度は不正確である。

そこで対象とする事故形態を停止車両への追突事故へと絞り込み、実車衝突実験から追突事故における車両の反発係数  $e$  を求めた(図3)。この反発係数と追突車両の衝突前速度  $V_{10}$  から被追突車両の衝突後速度  $V_2$  の推定が可能となる。ここで車体重量  $m_1$ 、 $m_2$  は車両の映像より推定した。この推定された衝突後速度にブレーキ中断時間  $t_2$  を乗じると、ブレーキ中断により移動した距離が求められる。なお  $L_2$  はブレーキ中断から回復し、再ブレーキを行った際に停止に要した距離であり、 $D_2$  は再ブレーキの強さ(減速度)を示す。

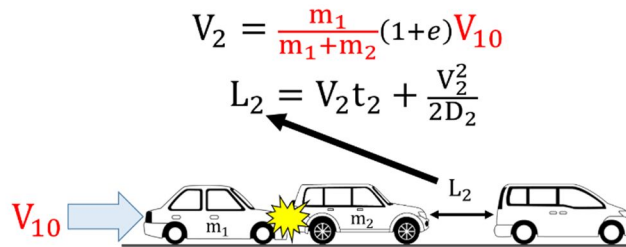


図3. 停止車両が追突された場合の衝突後速度と移動距離の推定

ブレーキ操作が中断した際に、ポストクラッシュセーフティシステムによりブレーキが保持された場合、 $V_2 t_2$  はゼロとなり、 $L_2$  が減少する。

日本における信号待ち等での車間距離の平均値である2.5mを目安とすると、被追突車両の前に3台目の車両が停止しており、かつ追突後の  $L_2$  が2.5mを超えた場合に多重追突事故が発生することになる。そしてポストクラッシュセーフティシステムにより  $L_2$  を2.5m以下に減少させれば、ポストクラッシュセーフティシステムにより多重追突事故を単独の追突事故へと被害を低減できたと予想することができる。

そこで交通事故統計から日本における多重追突事故の追突車の追突前速度、車両のサイズについて分析を行った(図4)。多重追突事故を下記の2種類に分類し、現状における発生頻度を算出した。

- 本システムにより多重追突事故を防げた事故
- 本システムを用いることで第二の追突の被害を低減できるが、防ぐまでには至らない事故

なお、追突車両はドライブレコーダの記録と合わせるため、普通乗用車を対象とした。分析の結果、普通乗用車に追突された多重事故は年間約5200件に対し、約670件で多重追突事故を防ぎ得たと推定された。この普通乗用車の結果に貨物車等に追突された事故を含めれば、より多くの事故がポストクラッシュセーフティの対象となると考えられる。

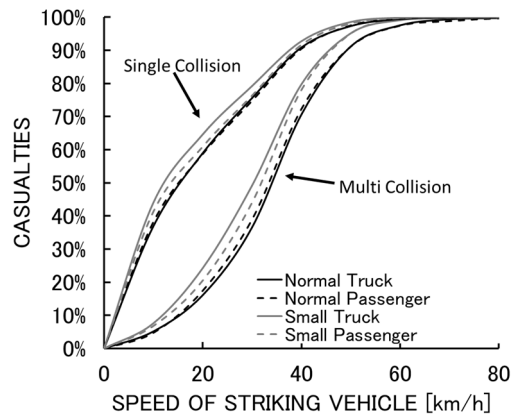


図4. 日本における普通乗用車に追突された事故の、被追突車両のサイズ別の普通乗用車の追突前速度

最後に、ポストクラッシュセーフティシステムの起動閾値について検討した。ドイツではエアバッグ展開をポストクラッシュセーフティシステムの起動条件としているが、本研究で事故分析を行ったところ、より軽微な事故でも多重追突事故が発生していた。そこで、より軽微な事故でポストクラッシュセーフティシステムを起動するための検出閾値の検討を実車実験により行った。

軽自動車に被験者を搭乗させ、軽自動車後方から乗用車を追突させた。衝突直後の軽自動車のブレーキランプの明滅からブレーキ操作の中断の有無を観察した。追突の強度は追突による軽自動車の加速を示すデルタVで評価した。図5に示すとおり、ブレーキ操作の中断確率の閾値を99.9%に設定した場合、そのデルタVは9.23km/hとなった。現在、エアバッグの制御アルゴリズムはデルタV 8km/hで起動する設定になっており、そのための衝撃センサー(加速度計)がエアバッグ用ECUに搭載されている。つまりエアバッグ用の衝撃センサーを活用することでポストクラッシュセーフティシステムを容易かつ適正に制御できると考えられる。

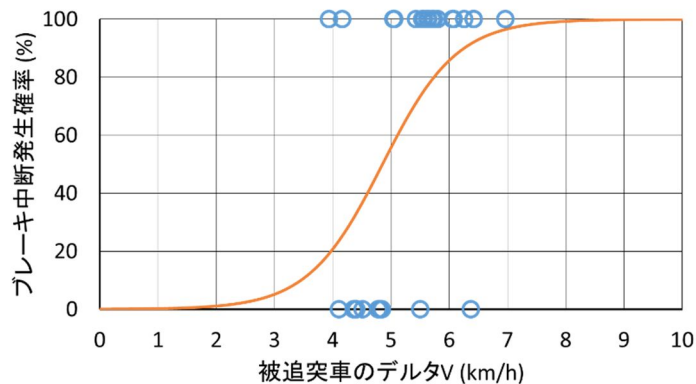


図5. 乗用車に追突された軽自動車の運転者乗員がブレーキ操作を中断する確率

また、実車実験にて運転者がブレーキ操作を中断する過程を高速度ビデオで観察した(図6)。追突による衝撃は車体全体の前進を引き起こす。これにより運転席が前進し、運転席背もたれ下部が運転者腰部を押すことで、運転者下肢に追突の衝撃が伝搬する。その際、運転者のふとももが前進を始めても膝下は慣性のために後退を続け、膝角度は縮むこととなる。この挙動により足がブレーキペダルから離れることが確認された。また、運転姿勢によってはふくらはぎが運転席座面前端と接触し、膝下の後退が途中で止まる現象も観察された。



図6. 実車による追突事故の再現と運転者下肢の挙動観察

被追突車両のデルタ V をもとに衝突瞬間の右足首の挙動を整理すると、図 7 に示すとおり 3 つの時間帯に分類することができた。まず 0~70ms は第一段階として追突の衝撃が運転席に伝搬する初期の状態である。次に 70-160msec は第二段階として膝下が後退し、足とブレーキペダルが離れ、ブレーキ操作の中断が発生する。160msec 以降の第三段階ではブレーキペダルの踏み直しが行われる。

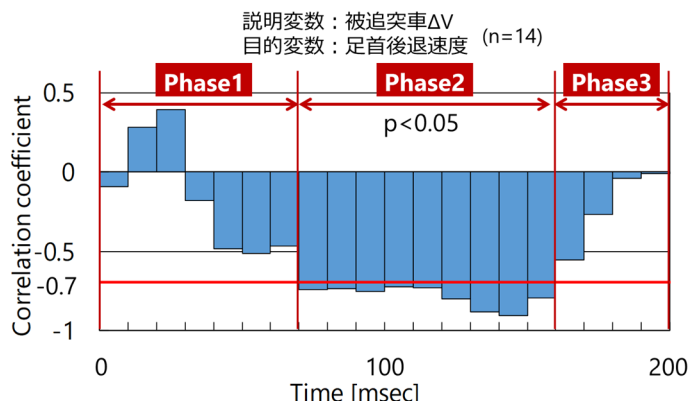


図7. 追突の瞬間における運転者右足首の移動量とデルタ V の相関

以上のとおり、本研究ではドイツで実用化されたポストクラッシュセーフティシステムを日本に導入することを目指し、各種の検討を行った。対象とする事故形態として普通乗用車に追突された被追突車両が多重追突事故を起こす場合を想定した。ドライブレコーダの記録ならびに交通事故統計から事故の発生状況を調査し、ポストクラッシュセーフティシステムが有効と考えられる事故件数を推定した。また実車による追突事故の再現実験を行い、ブレーキ操作が中断する衝突条件を求め、またその際の運転者下肢の挙動を解析した。

なお、自動運転車が追突された場合、前方へと押し出された車両を安全に停止させる事の必要性は運転者が運転する車両と変わりがない。よって本研究で検討したポストクラッシュセーフティシステムに関する知見は自動運転車においても同様に適用可能と考えられる。

## 5. 主な発表論文等

### 〔雑誌論文〕(計1件)

寺島孝明、大賀涼、加藤憲史郎、田久保宣晃、追突事故における被追突車両の押し出しとポストクラッシュブレーキによる二次被害削減効果の検証、日本交通科学学会誌、17(2)、2018、8-17

### 〔学会発表〕(計7件)

Oga, R., Sakurai, T., Terashima, T., Takeuchi, N., Kato, K., Takubo, N., Maki, T., Effectiveness of post-crash braking system in rear-end collisions in Japan, 7th International Conference Expert Symposium on Accident Research (ESAR) Conference program, 2016, 10

大賀 涼、寺島 孝明、加藤 憲史郎、田久保 宣晃、木田 勇次、秋田 仁也、案部 雄一郎、衝突被害軽減ブレーキ搭載車両のイベントデータレコーダに記録されるブレーキペダル操作情報の検討、第53回日本交通科学学会学術講演会、2017、85

加藤憲史郎、田久保宣晃、大賀涼、寺島孝明、秋田仁也、縁石乗り上げにおける車両挙動の検討、日本法科学技術学会誌、22(Supplement)、2017、103

加藤憲史郎、田久保宣晃、大賀涼、寺島孝明、石井晶規、縁石の高さによる車両挙動および速度変化量の検討日本法科学技術学会誌、23(Supplement)、2018、105

池田巧、稲田航介、関口樹、大賀涼、槇徹雄、櫻井俊彰、追突時の運転者が受ける衝撃がブレーキ操作に及ぼす影響の確認、自動車技術会 関東支部 2017 年度学術研究講演会、CD-ROM、2018

宮田湧希、岩邊悠、池田巧、大賀涼、櫻井俊彰、杉町敏之、槇徹雄、追突時における衝撃が運転者のブレーキ操作に及ぼす影響の検証、自動車技術会 関東支部 2018 年度学術研究講演会、CD-ROM、2019

宮田湧希、岩邊悠、池田巧、大賀 涼、櫻井俊彰、杉町敏之、槇徹雄、追突時における運転者のブレーキ操作中断発生メカニズムの解明、第55回日本交通科学学会学術講演会、2019、90

### 〔図書〕(計3件)

大賀涼、追突事故における反発係数、月刊交通、47(5)、2016、14-17

大賀涼、衝突被害軽減ブレーキを搭載した車両の交通事故鑑定、月刊交通、48(11)、2017、

90-98

大賀涼、車両に搭載された事故自動通報システムについて、月刊交通、49(3)、2018、78-84  
〔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：田久保宣晃

ローマ字氏名：Nobuaki Takubo

所属研究機関名：科学警察研究所

部局名：交通科学部

職名：部長

研究者番号（8桁）：50356226

研究分担者氏名：櫻井俊彰

ローマ字氏名：Toshiaki Sakurai

所属研究機関名：東京都市大学

部局名：工学部

職名：講師

研究者番号（8桁）：80610047

### (2) 連携研究者

研究分担者氏名：寺島孝明

ローマ字氏名：Takaaki Terashima

所属研究機関名：科学警察研究所

部局名：交通科学部

職名：研究員

研究者番号（8桁）：50356226

### (3) 研究協力者

研究協力者氏名：加藤憲史郎

ローマ字氏名：Kenshiro Kato

研究協力者氏名：宮田湧希

ローマ字氏名：Yuki Miyata

研究協力者氏名：岩邊悠

ローマ字氏名：Haruka Iwanabe

研究協力者氏名：杉町敏之

ローマ字氏名：Toshiyuki Sugimachi

研究協力者氏名：槇徹雄

ローマ字氏名：Tetsuo Maki

研究協力者氏名：石井晶規

ローマ字氏名：Akinori Ishii

研究協力者氏名：木田勇次

ローマ字氏名：Yuji Kida

研究協力者氏名：秋田仁也

ローマ字氏名：Kimiya Akita

研究協力者氏名：案部雄一郎

ローマ字氏名：Yuichiro Ambe

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。