

平成 30 年 6 月 4 日現在

機関番号：13901

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2015～2017

課題番号：15K05896

研究課題名(和文) 力覚提示による衝突回避誘導とタイヤ力の飽和を考慮した減速・操舵による自動回避制御

研究課題名(英文) Collision avoidance assist by haptic information provision and automatic collision avoidance control by using braking and steering with consideration for tire force saturation

研究代表者

平岡 敏洋 (Hiraoka, Toshihiro)

名古屋大学・未来社会創造機構・特任准教授

研究者番号：30311749

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,800,000円

研究成果の概要(和文)：本研究課題では、ドライバに早めの減速を促したうえで、ドライバとシステムが競合しないようなHaptic guidanceを実現しつつ、手動では衝突回避が困難となった場合には、タイヤ力の飽和を考慮した衝突回避の自動制御を行う衝突回避支援システムの構築を目指して、1) 前方障害物に衝突しないように自車両が左右それぞれに避ける際に必要な横加速度である衝突回避横加速度の導出、2) タイヤ力の飽和を考慮した減速と操舵の組合せによる緊急時自動衝突回避制御則の導出、3) ドライバとシステムの競合解消を考慮したうえで衝突回避行動を促すハプティックガイダンスの構築を行った。

研究成果の概要(英文)：This study aimed to construct a collision avoidance assist system, which consists of the following functions; 1) it encourages a driver to decelerate the vehicle early by providing a haptic guidance without conflict between the driver and the system, and 2) it performs automatic collision avoidance with consideration for tire force saturation when the manual collision avoidance becomes difficult. First, this study proposed the calculation method of a lateral acceleration for collision avoidance, which is a required lateral acceleration to avoid collision with a preceding vehicle. Second, it proposed an automatic control law to avoid a collision by the combination of braking and steering with consideration for tire force saturation. Finally, it constructed a haptic guidance system to encourage the driver to perform avoidance maneuver without conflict between the driver and the system. The driving simulator experiments were conducted to verify the effectiveness of the proposed system.

研究分野：人間機械系

キーワード：Haptic guidance Haptic shared control 衝突回避横加速度 自動衝突回避制御 タイヤ摩擦円 ドライビングシミュレータ

1. 研究開始当初の背景

先行車などの前方障害物との衝突危険性が高まった場合にシステムが自動でブレーキ操作を行う自動緊急ブレーキに対する期待が高まっている。しかし、このシステムは自動減速によってのみ前方障害物との衝突回避を試みるものであり、状況によっては被害を軽減できるものの衝突は避けられないケースが生じうる。そこで近年、1) 操舵と減速を組み合わせる衝突回避を行う、2) Haptic shared control によって自動操舵回避とドライバの操舵による回避を組み合わせる、といった更なる衝突回避性能の向上を目指した支援システムの研究開発が進みつつある。

しかし、これらの新しい技術においても、i) 各障害物に対するリスクポテンシャル関数やリスクポテンシャル場を計算して合算する際のパラメータ設定が設計者の経験に委ねられる、ii) 計算コストが高い、iii) 自動操舵回避とドライバによる手動操舵回避が競合する恐れがある、iv) 自動ブレーキによる減速力と操舵による横力の合力がタイヤに発生できる摩擦力を超えて不安定な車両挙動となりうる、iv) 自動回避システムに対してドライバの過信・依存が生じうる、などの解決すべき問題点が残っている。

2. 研究の目的

上記課題を解決するために、ドライバに早めの減速を促した上で、ドライバとシステムが競合しないような Haptic guidance を実現しつつ、手動運転では衝突回避が困難となった場合には、タイヤ力の飽和を考慮した衝突回避の自動制御を行うような衝突回避支援システムの構築を本研究で目指す。

3. 研究の方法

本研究課題では、衝突回避支援システムを構成する全要素を対象とせず、三つのサブテーマを対象として、下記に示す方法で研究を行う。

(1) 衝突回避横加速度の提案

衝突回避減速度 (DCA: Deceleration for Collision Avoidance) の算出法^[1]を参考にして、前方障害物に衝突しないように、自車両が左右それぞれに避ける際に必要な横加速度である衝突回避横加速度 (LACA: Lateral Acceleration for Collision Avoidance) を算出する。より小さな加速度となる方向を自車両が避けるべき方向とし、その横加速度を生じるための操舵角を求める。

(2) 減速と操舵の組合せによる自動衝突回避制御則の導出

リアルタイムに計算される DCA と LACA の値に基づいて、減速と操舵の組合せによる緊急時の自動衝突回避制御則を導出する。この制御則では、タイヤ摩擦円を考慮することでタイヤ力の飽和を防ぎ、車両挙動が不安定

にならないように図る。この自動衝突回避制御則の有効性は、a) 数値シミュレーション、b) ドライビングシミュレータを用いた被験者実験により確認する。

(3) Haptic guidance による衝突回避行動誘導

ステアリング反力による Haptic guidance によって、ドライバ自身の衝突回避操作を誘導するシステム設計を行う。このシステムを導入することで、(2)で構築した自動回避システムが作動するような状況にならないように、ドライバに対してより安全な運転を促すことを狙う。ドライビングシミュレータ実験により、提案手法の有効性を検証する。

4. 研究成果

(1) 衝突回避横加速度の提案

記号の定義

車幅 w_f の自車両と車幅 w_p の先行車の位置は、それぞれ車体先端の中心、車体後端の中心を基準点とする。 x 軸方向(前後方向)の自車両と先行車の位置、速度、加速度をそれぞれ $x_f, v_f, a_f, x_p, v_p, a_p$ とし、 x 軸方向に関する両車の相対位置、相対速度、相対加速度を x_r, v_r, a_r と定義する。自車両が先行車の後方から追従走行する場合に相対位置 $x_r=(x_f - x_p)$ は負となるので、追従状態時の車間距離を求める場合には相対位置 x_r に-1 を乗じる。また、 y 軸方向(横方向、左方向が正)の自車両と先行車の位置、速度、加速度をそれぞれ $y_f, v_{fy}, a_{fy}, y_p, v_{py}, a_{py}$ とし、 y 軸方向に関する両車の相対位置、相対速度、相対加速度を y_r, v_{ry}, a_{ry} と定義する。自車両が先行車より左(右)にある場合、相対位置 $y_r=(y_f - y_p)$ は正(負)となる。

衝突回避横加速度 (LACA)

先行車を追従走行している場合に、減速反応時間 $T_{D,a}$ 秒後に $y_r(T_{D,a})$ が

$$-\frac{w}{2} < y_r(T_{D,a}) < \frac{w}{2} \quad (1)$$

を満たし、さらに

$$x_r(T_{D,a}) = x_f(T_{D,a}) - x_p(T_{D,a}) \quad (2)$$

となる場合には、先行車と自車両は反応時間内に衝突してしまう。ここで、 $w = w_p + w_f$ である。問題を簡単化するために、式(1)を満たさない場合には、操舵を用いなくてもぶつからないとして LACA は 0 とする。

式(1)と(2)を同時に満たさないときを、(a) 先行車が加速または等速走行している場合と、(b) 先行車が減速している場合、に分けて、LACA の計算手法について算出する。

(a) 先行車が加速または等速走行している場合： $a_{p0,x} \geq 0$

$$\alpha_j = \begin{cases} a_{f1,j} & (a_{fT,x} \geq 0) \\ a_{f2,j} & (a_{fT,x} < 0) \end{cases} \quad (3)$$

(b) 先行車が減速している場合： $a_{p0,x} < 0$

$$\alpha_j = \begin{cases} a_{f1,j} & (T_{D,i} < t' \leq -\frac{v_{p0,x}}{a_{p0,x}}, a_{fT,x} \geq 0) \\ a_{f2,j} & (T_{D,i} < t' \leq -\frac{v_{p0,x}}{a_{p0,x}}, a_{fT,x} < 0) \\ a_{f3,j} & (t' < 0 \text{ or } -\frac{v_{p0,x}}{a_{p0,x}} < t', a_{fT,x} \geq 0) \\ a_{f4,j} & (t' < 0 \text{ or } -\frac{v_{p0,x}}{a_{p0,x}} < t', a_{fT,x} < 0, s_f \geq s_p) \\ 0 & (a_{fT,x} < 0, s_f < s_p) \end{cases} \quad (4)$$

導出過程と $a_{fn,j}$ ($n=1, 2, \dots, 5, j=R, L$) などの詳細については参考文献^[2]を参照されたい。

(2) 減速と操舵の組合せによる自動衝突回避制御則の導出 タイヤの摩擦円

路面摩擦係数を μ 、タイヤの垂直荷重を F_z とすると、タイヤの制駆動力に相当する前後力 F_x とタイヤ横力 F_y の合力が、半径 μF_z の円内にとどまる場合、タイヤ力は飽和しない。この場合、 $\sqrt{F_x^2 + F_y^2} \leq \mu F_z$ が成り立つ。

本研究では、車全体を一輪モデルとして考える。車の質量を m とすると、車に作用する前後力と横力はそれぞれ ma_x, ma_y となるので、 a_x と a_y の合成ベクトルが半径 mg の円内に留まるように a_x と a_y の組合せを決めることでタイヤ力の飽和を防ぐことができる。

タイヤワークロード W を次式で定義する。

$$W = \sqrt{(F_x^2 + F_y^2)} / F_z^2 \quad (5)$$

F_z を摩擦円の半径 μmg に置き換えた場合、 W は μ 利用率と呼ばれる値となる。

自動衝突回避制御則

本研究では、減速のみで衝突回避できない場合に自動操舵で回避する制御則を提案する。具体的には、DCA が μg を超えた場合に、前後加速度 $a_{f0,x}$ を 0 とし、 $|\alpha_R|$ と $|\alpha_L|$ の小さい方が μg を超えていない場合に、その LACA の値を目標横加速度として、その目標値に追従するように前輪舵角を制御して、衝突回避する。自動衝突回避制御則のフローチャートを図 1 に示す。

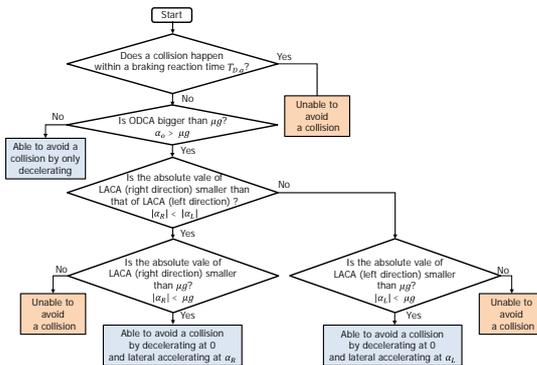


図 1 衝突回避制御則のフローチャート
自動衝突回避制御に関する数値シミュレーション

DCA の上限値は $10[m/s^2]$ とし、LACA も大きな上限値を $10[m/s^2]$ とした。先行車と自車両の初期状態は次の通りである。

先行車：

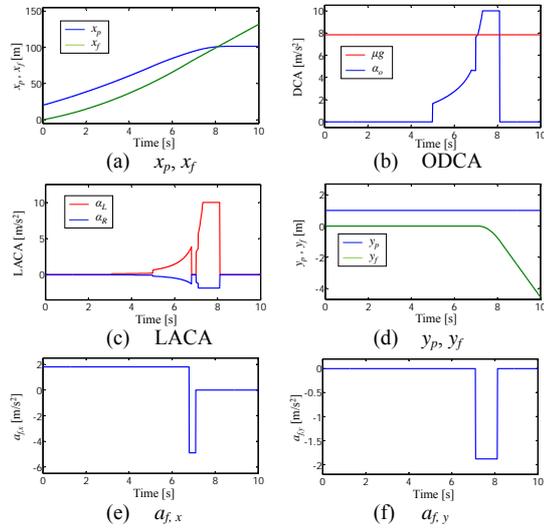


図 2 シミュレーション結果

$x_p(0)=20[m]$, $v_{p,x}=30[km/h]$, $a_{p,x}(0)=0.9[m/s^2]$,
 $y_p(0)=1[m]$, $v_{p,y}=0[km/h]$, $a_{p,y}(0)=0[m/s^2]$

自車両：

$x_f(0)=0[m]$, $v_{f,x}=20[km/h]$, $a_{f,x}(0)=1.8[m/s^2]$,
 $y_f(0)=0[m]$, $v_{f,y}=0[km/h]$, $a_{p,y}(0)=0[m/s^2]$

先行車は走行開始 5 秒後に、 $0.9[m/s^2]$ で加速している状態から $1.96[m/s^2](=0.2[G])$ で減速する。先行車の減速に応じて、自車を操縦するドライバーは走行開始 6.8 秒後に $4.9[m/s^2](=0.5[G])$ で減速し衝突回避を試みる。しかし、その 0.2 秒後に先行車が $5.88[m/s^2](=0.6[G])$ で急減速するという状況である。ただし、 $w_p = w_f = 1.8[m]$, $\mu = 0.8$, $T_{D,a} = T_{L,a} = 0.01[s]$ とした。

走行開始 7 秒後の先行車の急減速により、DCA が μg の値を超えてしまい、減速だけでは衝突を避けられない状況に陥る(図 2 (b))。そこで、縦加速度を $a_{f0,x}=0$ 、横加速度は右方向の LACA のほうが小さいので $a_{f0,y}=\alpha_R$ として衝突回避を行っていることが図 2 (e), (f) に示されている。また、自車両が先行車を追い越す時刻 8.12 秒で、 $y_r = -1.96[m]$ となり、先行車の右側に回避できている(図 2 (a), (d))。

自動衝突回避制御に関するドライビングシミュレータ実験

実験コースは片側三車線で一方通行の直線道路であり、路面摩擦係数を 0.6 に設定した。自車両は中央車線で先行車を追従するため、先行車追従中の車間時間が $1.3[s]$ となるように自車両の速度を自動調節した。等速制御が行われている間、実験参加者の操舵入力を受け付けるが、アクセル入力は受け付けない。参加者がブレーキペダルを操作した場合のみ等速制御が解除される。

実験参加者はシステムなしとシステムありの 2 条件で走行する。「等速制御による追従走行→先行車が減速→衝突回避」という一連の流れを 1 試行とする。各条件において、先行車は四つのパターンで減速する。

P1/P2: 50/80[km/h] → 0.4[G]で減速

P3/P4: 50/80[km/h] → 0.55[G]で減速

システムなし条件，システムあり条件ともに，P1→P2→P3→P4という順番で1回ずつ発生させる．自動操舵回避システム介入中の横移動に伴ったハンドルの動きはなしとした．

参加者に対して，a) いつも通りの運転を心がけること，b) 中央車線を走行し，等速制御で先行車に追従する，c) 先行車減速時には衝突しないよう適切に回避する，d) 等速制御で追従走行中は右足をフットレストに置く，e) 本システムは先行車のみに対する衝突回避支援システムであることに注意する，f) 先行車との衝突を回避した後も，道路の両脇にある建物にぶつからないように操作する，g) 自車両の先端位置が先行車の後端位置を超えるとシステム介入が終了し，操作権限は実験参加者に移る，という内容を教示した．

24名の実験参加者の年齢は18歳～31歳（平均年齢23.04歳）であり，運転歴は1ヶ月～99ヶ月（平均31.71ヶ月）であった．

平均衝突回数を図3(a)に示す．システムなしでは平均1.79回衝突したが，システムありでは全員が全パターンで衝突回避に成功した．すなわち，ドライバによる手動操作のみでは衝突してしまう危険な状況でも，提案手法によって衝突回避できることがわかる．

システムありの衝突回避行動を分析すると，P3とP4では，先行車の減速度が大きいためほとんどの参加者でシステムが作動したが，P1とP2ではシステムが作動したのは8名と15名であった．また，システムなしの減速パターンP1～P4での衝突回数は10, 1, 19, 13回であった．したがって，システムがない場合に衝突危険性が高い減速パターンほど，提案システムが動作して衝突回避できているといえよう．

図3(b)に減速度の平均値と最大値を示す．システムを要因とする分散分析の結果，システムありの場合に減速度の平均値が有意に小さかった．また，減速度の最大値もシステムありの方が有意に小さい．システムありでは衝突回避中，ブレーキ入力とアクセル入力

を受け付けないので，ほとんど減速しないが，システムなしではほとんどの参加者が最初に減速したことで，このような結果になったと推察される．

図3(c)に横加速度の平均値と最大値を示す．システムありの方が横加速度の平均値ならびに最大値が有意に大きい．システムがある場合にLACAの値だけ横加速度を発生させて衝突回避しているのに対して，システムなしでは減速しながら先行車に接近した後でハンドルを切る参加者が多かったために，この差が生じたと考えられる．

図3(d)にワークロードの平均値と最大値を示す．システムありのほうがワークロードの平均値，最大値ともに有意に小さい．この結果から，システムがある場合に，タイヤ力に余裕をもって衝突回避できていたことがわかる．一方，システムなし時の最大ワークロードの平均値は，実験で設定していた0.6に近い値となっており，限界に近い状態であったことを示している．すなわち，システムなし時に手動で回避した場合には，タイヤ力が飽和して，その結果として衝突したケースが多数生じたと考えられる．

(3) Haptic guidance による衝突回避行動誘導 Haptic Shared Control における競合解消

Haptic Shared Control (HSC)とは，人と自動化システムが操作を共有する Shared Controlにおいて，自動化システムの操作介入量を人に触力覚提示することで，両者の協調操作を可能にするものである．自動車におけるHSCの例として，操作介入量をステアリングホイールにトルクを加えることで提示する手法が挙げられる．

HSCにおいて生じる問題の一つとして競合がある．HSCにおける競合とは，操作者と自動化システムの振舞いが異なる状況を指す．競合が生じると，操作者の受容性低下やタスク性能の低下を招く．ステアリングホイールにトルクを加えることで前方障害物の衝突回避を支援するHSCにおける競合は意図の競合であり，この競合を解消する手法として様々な取組みが行われている．西村ら^[3]は，Pseudo-Powerの概念を用いた競合判別手法を提案し，Lane Keeping Assist Systemにおけるレーンチェンジ時の競合解消に適用した．また，Abbinkら^[4]は，前方障害物の衝突回避において左右どちらに回避しても衝突可能性が変わらない状況下において，操舵反力トルクを弱めて，システムがドライバの操作を待つことで競合解消を図った．

本研究では，Pseudo-Powerを用いた競合解決手法^[3]を導入した．ドライバとシステムがステアリングホイールに加えるトルクをそれぞれ t_c ， t_{das} ，車両の横速度を v_y としてドライバとシステムが加えるPseudo-Powerを p_c ， p_{das} として，それぞれ以下のように定義した．

$$p_c := \tau_c v_y, \quad p_{das} := \tau_{das} v_y \quad (6)$$

車両の横速度とステアリングに加えるトル

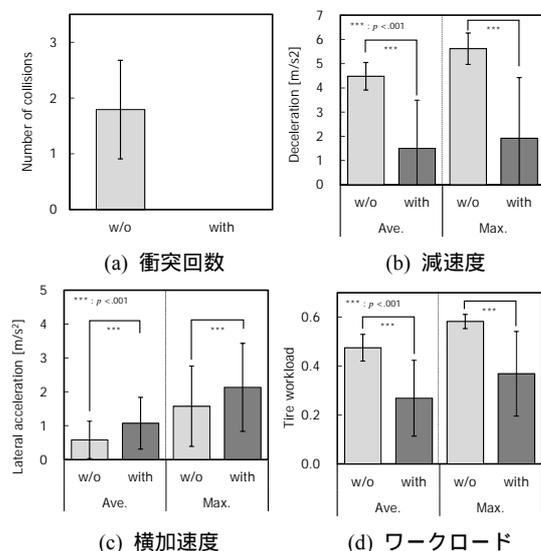


図3 シミュレータ実験結果

クの符号が一致している場合，Pseudo-Power は正となる．これらを用いて Pseudo-Work が以下のように定義される．

$$w_c(t) := \frac{1}{\Delta T} \int_{t-\delta t}^t p_c(s) ds \quad w_{das}(t) := \frac{1}{\Delta T} \int_{t-\delta t}^t p_{das}(s) ds \quad (7)$$

Pseudo-Work を用いて協調状態の評価を行う基準は，1) 主導権保持者がドライバかシステムのどちらであるか，2) ドライバとシステムの操作の意図が一致しているか，の二つである．この二種類の基準の組合せを表 1 に表す．ここで γ_1, γ_2 はセンサノイズなどによる誤判断を防ぐ閾値である．表に示すように，二つの Pseudo-Work w_c, w_{das} の値によって I, II, III, IV の協調状態に分類され，状態 II の場合に競合が起きていると判断する．

表 1 競合評価

		w_c	
		$< \gamma_1^2$	$\geq \gamma_1^2$
w_{das}	$\geq \gamma_2^2$	III	I
	$< \gamma_2^2$	IV	II

本研究で提案する Haptic Shared Control 衝突回避に必要な LACA と PDCA が以下の値を超えた場合に Haptic guidance を行う．

$$a_{LACA} \geq \alpha \mu g \quad a_{PDCA} \geq \beta \mu g \quad (8)$$

安全な状況下で不必要に HSC が作動しないよう，試行錯誤の結果， $\alpha = 0.1, \beta = 0.3$ とした．

本研究で提案する Haptic guidance は LACA の値に応じたトルク支援とするが，上述の Pseudo-Power の仕組みを取り入れることで，競合を解消しつつ操舵支援を行う．支援トルク τ_{das} は，LACA の値から算出した衝突回避に必要なステアリングホイール操作量に比例した値であり，ドライバにとって身体的に負担がかからないように配慮して，支援トルク最大値 $\hat{T} = 9$ [Nm] とした．

$$\tau_{das} = \begin{cases} K(w_{das})\hat{T} & (\hat{T} < K_0(\delta_{LACA} - \delta)) \\ K(w_{das})K_0(\delta_{LACA} - \delta) & (K_0(\delta_{LACA} - \delta) \leq \hat{T}) \\ \square K(w_{das})K_0G_{ay}(0)^{-1}(a_{LACA} - a_y) & \\ -K(w_{das})\hat{T} & (K_0(\delta_{LACA} - \delta) < -\hat{T}) \end{cases} \quad (9)$$

上式において， $G_{ay}(0)$ はステアリングホイール角から車両横加速度への伝達関数の定常ゲインである．また， $K(w_{das})$ は次式とした．

$$K(w_{das}) = \begin{cases} \frac{1}{1 + \exp(-1.5w_{das} + 10)} & (\text{stateII}) \\ 1 & (\text{else}) \end{cases} \quad (10)$$

ドライビングシミュレータ実験

4-(2)- で述べた自動衝突回避制御則と 4-(3)- で述べた Haptic Shared Control を組み合わせた衝突回避支援システムをシミュレータに実装し，被験者実験を行った．

12 名（男性 9，女性 2）の実験参加者の年齢は 20～49 歳（平均年齢 25.36 歳），運転歴は 3～368 ヶ月（平均 62.36 ヶ月）であった．

実験コースは片側三車線の直線道路である．中央車線を走行する先行車に対して車頭時間が 1.5 秒となるように自車両の速度を自動制御する等速制御を行った．先行車の減速

に対し自動的に減速を行う機能はなく，実験参加者がブレーキペダルを操作した場合のみ等速制御が解除される．等速制御中，操舵入力を受け付けるが，アクセル入力は受け付けない．ODCA の値が $0.95 \mu g$ を超えたときに，自動衝突回避機能が作動する．

参加者に対して，4-(2)- のドライビングシミュレータ実施と同じ教示内容に加えて，

A) 自動衝突回避機能の作動の有無にかかわらず，自車の完全停止をもって衝突回避完了とする，B) 運転に支障がない範囲で可能な限りサブタスク（暗算）を行う，と教示した．

実験走行は，w/o 条件：システムを提示しない，システム A 提示条件：自動衝突回避機能のみ実装，システム B 提示条件：HSC と自動衝突回避機能を実装，の 3 条件で， $\mu = 0.6$ or 0.8 の 2 種類の路面摩擦係数で行った．先行車は $\mu = 0.6$ で 5.59 [m/s^2], $\mu = 0.8$ で 7.45 [m/s^2] の急減速を行う．減速時に先行車はランダムな 6 種類の操舵パターンで横移動する．また，二種類のシステム提示条件の二つのシステム走行時の最後に，システムが作動しない試行を付け加えた．このとき，先行車は回避操舵せずにまっすぐ減速する．

各条件における自動衝突回避機能の作動回数と衝突回数の平均値を図 4 (a), (b) に示す．自動衝突回避の作動回数は，システム，路面摩擦係数の主効果がそれぞれ有意であったが，交互作用は見られなかった．HSC を付加することで回避行動が促され，自動衝突回避機能の作動回数が減ったと考えられる．

衝突回数はシステムと路面の摩擦係数を要因とする 2 要因分散分析を行った結果，システムの主効果が有意であり，交互作用も有意であった．多重比較の結果，路面摩擦係数 0.6 において，w/o はシステム A, B より有意に衝突回数が多かった．

μ が低い場合にシステムなし条件(w/o)よりも自動衝突回避機能を有する二つの条件において衝突回数が有意に減少している．これは，滑りやすくタイヤ力が飽和しやすい状況において，自動衝突回避機能が効果的であることを示唆している．

先行車減速時から，衝突時もしくは回避完了時までの ODCA, LACA の平均値と最大値，衝突時もしくは自車両停止時までの μ 利用率の最大値と平均値を図 4 (c)～(h) に示す．

ODCA の最大値，平均値ともに，システム B が w/o とシステム A よりも有意に小さくなった．アンケート結果において，「システム B の方が早めにブレーキを踏みそうなので利用したい」「(システム B の HSC は) お知らせ機能として前方の注意を促すのによかった」のように，HSC によって先行車の減速を知ることができる点を評価する意見があった．したがって，HSC の導入によって先行車の減速に早く気づいて減速タイミングが早くなったことや，操舵支援によって衝突リスクが高まる（ODCA の値が高まる）前に衝突回避したことで，システム B の ODCA が小

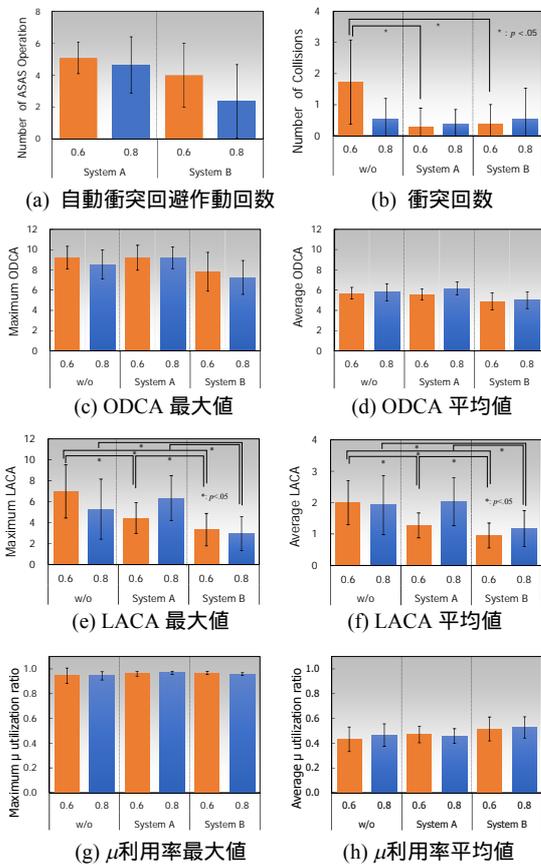


図4 シミュレータ実験結果

さくなくなったと推察される。

LACAの最大値と平均値ともに、路面摩擦係数0.6において、システムBがw/oとシステムAより有意に小さく、システムAがw/oよりも小さかった。路面摩擦係数0.8では、システムBがw/oとシステムAよりも有意に小さかった。すなわち、システムBは他の二つよりもLACAが小さくなっており、HSCを備えることで操舵支援があると、より安全に横方向に衝突回避することができるだけでなく、滑りやすい路面において、自動衝突回避機能があることで横方向により安全に回避できることがわかる。

μ利用率の最大値では条件間に有意差はなかったが、平均値において、システムの主効果が有意で、システムBが有意水準5%でw/oとシステムAよりも大きい。HSCを伴うシステムBを使う場合、HSCによって他の条件よりも早めに操舵を行う。操舵と減速の双方にタイヤ力を使うために、結果としてμ利用率が高まったと推察されるが、システムBを使う場合でも最大μ利用率が他よりも高くなっているわけではない。すなわち、システムBを使ってタイヤ力を有効に活用することで、衝突回避の性能が向上したといえよう。

欠報時の平均衝突回数は、システムAで0.4回、システムBで0.3回であった。なおw/o条件の同じ状況では0.09回であった。この結果から、実験参加者がシステムに対して依存していたことが示唆される。

< 引用文献 >

- [1] T. Hiraoka, S. Takada, Improvement of evaluation indices for rear-end collision risk, IEEE Transactions on Human-Machine Systems, Vol.48, No.1, 2018, pp.102-109
- [2] 平岡敏洋, 中川結翔, 本村佳大, タイヤ力の飽和を考慮した減速と操舵を用いた緊急時衝突回避制御, 自動車技術会秋季学術講演会予稿集, 2017, pp.162-167
- [3] R. Nishimura, T. Wada, S. Sugiyama, Haptic shared control in steering operation based on cooperative status between a driver and a driver assistance system, Journal of Human Robot Interaction, Vol. 4, No. 3, 2015, pp. 19-37
- [4] M. D. Penna, M. M. van Paassen, D. A. Abbink, M. Mulder, Reducing steering wheel stiffness is beneficial in supporting evasive maneuvers, Proc. of IEEE Int. Conf. on Systems Man and Cybernetics (SMC), 2010, pp. 1628-1635

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕(計 1 件)

T. Hiraoka, S. Takada, Improvement of evaluation indices for rear-end collision risk, IEEE Trans. on Human-Machine Systems, Vol.48, No.1, 2018, pp.102-109, 査読有
DOI: 10.1109/THMS.2017.2751556

〔学会発表〕(計 4 件)

平岡敏洋, 中川結翔, 本村佳大, タイヤ力の飽和を考慮した減速と操舵を用いた緊急時衝突回避制御, 自動車技術会秋季学術講演会予稿集, 2017, pp.162-167
T. Hiraoka, T. Tachibana, Advanced driver-assistance system to encourage motivation and skill improvement for safe and smooth driving, Proc. of FAST-zero 2017 Symposium, 2017
中川結翔, 平岡敏洋, 本村佳大, タイヤ力の飽和を考慮した緊急時の衝突回避制御, 計測自動制御学会 システム・情報部門学術講演会 2016(SS12016)講演論文集, 2016, pp.821-826
平岡敏洋, 手動操作に対する動機づけと技能向上を促す運転支援システム, 信学技法 SSS2016-10(電子情報通信学会・安全性研究会 (SSS)), Vol.116, No.109, 2016, pp.13-16

6. 研究組織

(1)研究代表者

平岡 敏洋 (HIRAOKA, Toshihiro)
名古屋大学・未来社会創造機構・特任准教授
研究者番号: 30311749

(3)連携研究分担者

和田 隆広 (WADA, Takahiro)
立命館大学・情報理工学部・教授
研究者番号: 30322564