

⑰ 急な飛び出し車両に対するドライバの衝突回避操作の実験的検証

自動車安全研究領域
芝浦工業大学

※森田 和元 波多野 忠 児島 亨 田中 信壽
廣瀬 敏也（客員研究員）

1. はじめに

ドライバに対して運転支援を行うさまざまなシステムが開発されており、衝突直前には車両側から強制的に操作介入が行われるようになってきている。その操作介入のタイミングについて、ドライバの通常の回避操作よりも早いタイミングで介入する場合には、ドライバの操作の妨げや意図と反する動きとなる可能性がある。従って、ドライバの行動に期待しては事故が防げないと判断されるぎりぎりのタイミングで介入することが望ましい。この介入タイミングについて検討するためには、緊急時にドライバがどのような行動をとるのかの基本的なデータが必要となる。今回、横方向から突然飛び出す車両に対してドライバの回避行動についてのデータを得ることとした。

2. 実験概要

テストコースにおいて被験者に小型乗用車を約40km/h の速度で運転させ、停車車両の陰から不意に発泡スチロール製の模擬台車が出現する状況を設定した（図1）^(1, 2)。実験車両と模擬台車の遭遇状況を実験車両側（図2左図）と逆方向側（図2右図）とで示す。模擬台車は6～8km/h の速度で実験車両が走行する車線に出現した。被験者に対して模擬台車の出現は予告しておらず、また、模擬台車はテント内に隠してあるため事前にその存在を知ることはできなかった。

58名の被験者により実験を行ったものの、そのうち計測不備の事例が2件あり、56件が解析対象となった。56名の中には65歳以上の高齢ドライバ15名も含まれ、平均年齢は46.5歳（標準偏差(SD)は17.5歳）であった。

3. 実験結果

3. 1 実験結果概要

模擬台車出現時のTTC (Time To Collision) については、56件全体の平均は1.11秒（SD=0.19秒）であり、衝突なしの場合（24件）は平均1.25秒（SD=0.13秒）、衝突ありの場合（32件）は平均1.00秒（SD=0.16秒）

であった。ここで、TTCとは、実験車両前端から模擬台車走行車線までの距離（正確には模擬台車の車幅を考慮した台車手前までの距離）を模擬台車出現時の実験車両速度で除した値である。このTTCの値が小さい場合には衝突を回避する余裕が少ないことになる。

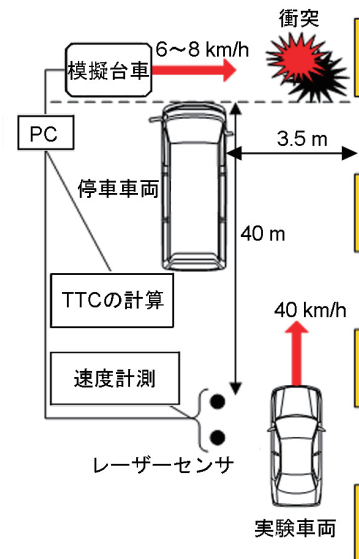


図1 実験レイアウト



図2 実験車両と模擬台車の遭遇状況

この56件の事例のうち、模擬台車出現にもかかわらずアクセルペダルを踏み続けた例が1件、アクセルペダルを離したものの衝突に至るまでブレーキペダルを踏まなかったものが1件あり、ブレーキペダルを踏下したものは54件であった。また、ハンドル操作とブレーキ操作を比較した場合、ほとんどの被験者はハンドル操作を行うものの限定的な操作に留まっており、衝突を回避するのは主にブレーキ操作によるものであることがわかった。

3. 2 反応時間

衝突回避に影響するブレーキ操作について検討を行った。ブレーキ踏下を行った 54 件の事例のうち、3 件については模擬台車出現時にアクセルペダルを離している状態であった。これら 3 件を除外した 51 件について、模擬台車出現時点から被験者がブレーキを踏むまでの反応時間について求めた。反応時間の頻度分布を図 3 に示す。全体 51 件では平均 0.45 秒 (SD=0.09 秒) であり、衝突なしの場合には平均 0.40 秒 (SD=0.08 秒)、衝突ありの場合には平均 0.48 秒 (SD=0.09 秒) であった。

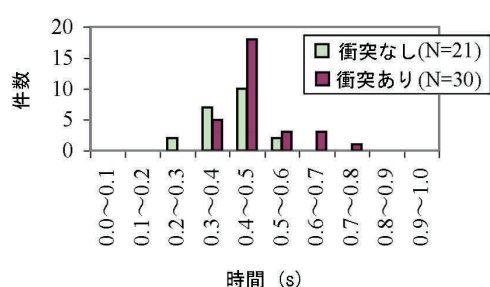


図 3 反応時間の頻度分布

3. 3 速度と相対距離の関係

51 件のうちブレーキは踏んだものの主にハンドル操作により衝突を回避したものが 1 件あるため、この事例を除外した 50 件について、ブレーキを踏んだ後の平均減速度を求めると 6.9m/s^2 (SD= 1.6m/s^2) となった。

ここで、衝突の有無を決定する物理的な指標は、模擬台車出現時の実験車両速度と、実験車両－模擬台車間距離である。一方、衝突有無に影響を与える人的な要因として、被験者ごとの反応時間と平均減速度がある。早く強くブレーキ操作ができる被験者であれば衝突を避けることができる場合であっても、そうでない被験者であれば衝突に至ることが考えられる。この点に関し、衝突有無別に模擬台車出現時の模擬台車までの距離 (縦軸) と実験車両速度 (横軸) をとり図示すると図 4 となる。同じ速度であっても相対距離が長い場合には衝突しない事例が多くなることがわかる。前述のブレーキの反応時間と平均減速度を基にして、下記式により初期速度に対する停止可能距離を求めて同図中に太線で示す。

$$L = v_0 \delta + \frac{1}{2} \frac{v_0^2}{\alpha}$$

ここで、 L : 停止距離 (m)、 δ : ブレーキ反応時間 (s)、 α : 平均減速度 (m/s^2)、 v_0 : 実験車両の初期速度 (m/s) である。

この線は被験者の平均を示すものであり、平均的なドライバであれば、線よりも上にある距離では模擬台車が出現した場合には衝突を回避することができ、下にある距離では模擬台車が出現した場合には衝突に至ると考えることができる。しかし、実際には被験者によるばらつきがあるため線よりも上であっても衝突する場合、逆に線よりも下であっても衝突しない場合が生じた。実際の支援システムを考慮する場合には、これらのばらつきも考慮する必要がある。

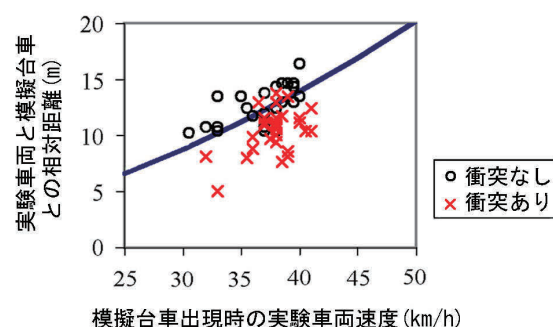


図 4 衝突有無別の実験車両速度と相対距離

4. ま と め

実車を使用して横方向から不意に車両が出現するという実験を行った結果、56 名の被験者のうち、2 名については衝突回避操作を行うことができなかった。従って、これらのドライバの事故を回避するためにはなんらかの車両側からの衝突回避支援システムが有効である。また、今回の実験条件下では、平均として、危険に気がついてから 0.45 秒後にブレーキペダルを踏下し、その後平均減速度 6.9m/s^2 で車両を減速することができると考えられるものの、そのような反応ができないドライバも存在する。従って、支援システムを考える場合には、ドライバによるこれらの値のばらつきも考慮する必要がある。

参考文献

- (1) Toshiya Hirose et al., "A study on the effect of Brake Assist Systems (BAS)", SAE Int. J. Passeng. Cars - Mech. Syst. 1(1), pp.729-735 (2009)
- (2) 森田和元, 廣瀬敏也, 波多野忠, 児島亨, 田中信壽, "横方向からの飛び出し車両に対するドライバの衝突回避操作に関する実車実験結果", 日本機械学会論文集 (C 編) 79 巻, 807 号, pp.4311-4320 (2013)