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*

森田 和元^{*1}, 廣瀬 敏也^{*2}, 波多野 忠^{*3}
児島 亨^{*3}, 田中 信壽^{*3}

Collision Avoidance Behavior of Drivers when Vehicle Suddenly Appears from Side

Kazumoto MORITA^{*1}, Toshiya HIROSE, Tadashi HATANO,
Toru KOJIMA and Nobuhisa TANAKA

^{*1}National Traffic Safety and Environment Laboratory
7-42-27, Jindaijihigashimachi, Chofu, Tokyo 182-0012 Japan

This paper analyzes the driver's collision avoidance behavior in an emergency. Experiments, in which participants drove a test vehicle at around 40 km/h and a dummy vehicle suddenly appeared from the side, were conducted on a proving ground. Two out of 56 participants did not respond to the emergency situation by applying their brakes. Most participants steered the vehicle to some extent, though it was their braking operation that was essential to avoid collisions. Driver behaviors in the emergency revealed, for example, that the average brake response time was 0.45 seconds and the average deceleration after braking was 7.0 m/s². These values should be considered when designing the driver support systems for emergencies.

Key Words : Automobile, Human Engineering, Human Error, Safety, Emergency, Brake Operation, Response Time

1. ま え が き

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. したがって, 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.

このタイミングについて検討するためにはドライバが緊急時に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. このための研究が各種行われているものの⁽¹⁾⁽²⁾⁽³⁾⁽⁴⁾, 実験実施の困難さから実際の車両ではなくドライビングシミュレータ (DS) を用いてのデータ採取が行われることが多い⁽⁵⁾. しかし, DS による実験では臨場感が乏しいため緊急時のドライバ挙動を正確に把握できているかどうかの疑問がある. したがって, 実際の車両を用いてのデータ採取を行うことが望ましい. この目的で, 今回, 交通安全環境研究所において 2007 年に実施した実験データ⁽⁶⁾をドライバ挙動の観点からあらためて詳細に解析して, 左側から不意に出現する車両に対してドライバがどのように反応するのかを明らかにすることとした.

2. 実 験 概 要

実車を使用して実験を行うとしても, 実際の道路において車両飛び出しの実験を行うのは危険がともなうため,

* 原稿受付 2013 年 7 月 21 日

^{*1} 正員, (独)交通安全環境研究所 (〒182-0012 東京都調布市深大寺東町 7-42-27)

^{*2} 正員, 芝浦工業大学 (〒135-8548 東京都江東区豊洲 3-7-5)

^{*3} (独)交通安全環境研究所

E-mail: morita@ntsel.go.jp

テストコース（アスファルト路面）において見通しの悪い交通状況を再現して実施した。被験者は実験車両（小型乗用車、全長 4.41 m、車幅 1.70 m、高さ 1.47 m）を運転して、約 40 km/h で走行する先行車両に追従するように指示された。先行車両は $1\sim3\text{ m/s}^2$ の制動を繰り返す、被験者はそれに追従するように運転を行う。テストコースの周回路を 2 周（約 10 分間）した後に、予め設定したマイクロバスの陰から模擬台車が不意に出現するという設定とした（図 1）。

模擬台車は発泡スチロール製（全長 2.0 m、車幅 1.3 m、高さ 1.6 m）であり、6～8 km/h の速度で実験車両が走行する車線に出現した。被験者に対する教示は、先行車両に対して追従して運転するように指示をしたのみであり、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ができなかった。

Fig. 1 Experimental layout

View from the driver

Reverse view

Fig. 2 Pictures of emerging dummy vehicle from the side

模擬台車の出現タイミングについては、実験車両の速度をレーザセンサーにより求め、その時の速度から出現タイミングを計算して模擬台車の留め金を自動的に外すようにした。模擬台車は傾いたレール上に乗っており、留め金を外れると同時に車線上に向かって移動を開始し、実験車両の前に出現する。図 2 に実験車両と模擬台車の遭遇時の写真を実験車両側から見た場合（左図）と逆方向から見た場合（右図）とで示す。なお、模擬台車の出現タイミングについては、出現時の模擬台車と実験車両との TTC (Time To Collision) を 1.5 秒となるように設定したものの、発進時のばらつきがあったため、結果として TTC の値は毎回ばらついた。なお、TTC 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。

Fig. 3 Histogram of participant's ages

Fig. 4 Histogram of years of driving license holding

Fig. 5 Histogram of travel distance per year

被験者は運転免許を有する外部からの参加者であり必要な報酬が支払われた。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名の年齢分布は図3に示すようであり、65歳以上の高齢者についても被験者に含まれるようにした。平均年齢は46.5歳（SD17.5歳、男性37名、女性19名）であった。運転経験年数（図4）については、経験年数が20年以上のものが多く含まれ、また、年間あたりの走行距離（図5）については、平均は5330km、中央値は3300kmであった。

被験者に対しては、先行車両に対して追従する実験であることを説明して、実験に参加することの同意を得た。ただし、事前に模擬台車が出現することは伝えておらず、実験終了後に本来の目的が緊急時の計測であることを説明した。

実験車両の速度(m/s)、加減速度(m/s²)、ブレーキペダル踏力(N)、ブレーキペダルストローク(mm)、アクセル開度(%), 操舵角(deg)などを時刻とともに計測した（時間分解能は1ms）。また、このほか、実験車両のルーフに取り付けたビデオカメラの映像もデータとして取り込み（30フレーム/秒）、この映像を解析することにより、実験車両から模擬台車までの距離を算出した。

3. 実験結果概要

模擬台車出現時の実験車両の走行速度については、約40km/hで走行する先行車両に追従するように指示をしたのみであるので、被験者によって図6に示すようなばらつきがあった。平均37.4km/h（SD=2.3km/h、N=56）という結果であった。なお、先行車両との車間距離についてはとくに指示はせず、普段の運転感覚に任せた。

Fig. 6 Distribution of subject vehicle velocity

Fig. 7 Distribution of TTC according to w/o collision

TTCについては、56件全体の平均は1.11秒（SD=0.19秒）であり、衝突なしの場合には平均1.25秒（SD=0.13秒、N=24）、衝突ありの場合には平均1.00秒（SD=0.16秒、N=32）であった（図7）。衝突ありの場合となしの場合とで、TTCの有意差が認められた（5%有意水準、以下、有意水準5%で判定する）。TTCが短い場合には衝突事例が多くみられ、0.8秒以下の場合には衝突が避けられないと考えられる。逆に1.2秒以上であれば衝突回避の可能性が高くなると考えられる。

Fig. 8 Maximum brake pedal force with respect to ages

Fig. 9 Maximum steering angle with respect to ages

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れ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。

56 件の事例について、最大ブレーキペダル踏力を衝突の有無別に年齢との関係で示す(図 8)。衝突しない場合には停止するまでの間の最大ブレーキペダル踏力、衝突した場合には衝突に至るまでに得られた最大ブレーキペダル踏力を示す。年齢による最大ブレーキペダル踏力の差はとくにないと考えられる。なお、解析時に、ブレーキペダルについては、ストローク 5 mm 以上踏下した場合にブレーキペダルを踏下したものと判定し、ステアリングホイールの操舵角については、3 度以上変化した場合にハンドル操作が行われたと判定した(右側にプラスをとる)。アクセルペダルについては 0 % の踏み込み量で判定した。

また、56 件について最大操舵角を年齢との関係で図 9 に示す。年齢による最大操舵角の差はとくになく、多くの被験者において右方向 50 度以内の操舵角となっていた。この理由として、左からの出現台車に対して右方向にハンドルを切って避けようとしたものの、台車の進行方向と同じであるため、ハンドルを切るよりもブレーキペダルにより衝突を回避しようとしたと考えられる。

上記のブレーキ踏下を行った 54 件のうち、ハンドル操作で衝突を回避したものは 1 件のみ(最大操舵角 231 度)であり、他の被験者はブレーキ操作により衝突を回避する傾向がみられた。なお、ハンドル操作を行わなかったものは 1 件のみ(最大操舵角マイナス 1.9 度)であり、ほとんどの被験者はなんらかのハンドル操作を行っていた。

これらのことから、今回のように横方向から車両が飛び出す場合には、ハンドル操作は行うものの、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。

4. 要因別解析

4・1 反応時間の頻度分布

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はアクセルペダルを離している状態であった。このうち 1 件については模擬台車出現時に既にブレーキペダルを踏んでいた。ブレーキ操作に関連する時間の頻度分布を求める際に、これらの件数を除外して 51 件の結果を求めた。

衝突有無別に、模擬台車出現時からアクセルペダルを離すまでの時間(図 10)、アクセルペダルからブレーキペダルへの踏みかえ時間(図 11)、模擬台車出現時からブレーキペダルを踏下するまでの時間(ブレーキ反応時間)(図 12)の頻度分布を求めた。

アクセルペダル離すまでの時間については、全体の 51 件の平均 0.27 秒(SD=0.09 秒)であり、衝突なしの場合には平均 0.23 秒(SD=0.08 秒, N=21)、衝突ありの場合には平均 0.31 秒(SD=0.09 秒, N=30)であった。衝突有無による有意差が認められた。

踏みかえ時間については、全体の 51 件の平均 0.17 秒(SD=0.05 秒)であり、衝突なしの場合には平均 0.18 秒(SD=0.04 秒)、衝突ありの場合には平均 0.17 秒(SD=0.05 秒)であった。衝突有無による有意差は認められなかった。

Fig. 10 Distribution of release time from gas pedal

Fig. 11 Distribution of foot transfer time

Fig. 12 Distribution of brake response time

Fig. 13 Distribution of starting time of steering

ブレーキ反応時間については、全体の 51 件の平均 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。衝突有無による有意差が認められた。ブレーキ反応時間について衝突有無によって 0.08 秒の差があり、この差はアクセルペダルを離すまでの時間の差によると考えられる。

また、ハンドル操作開始時間に関しては上記の 51 件からハンドル操作を行わなかった 1 件を除外した 50 件のデータについて衝突有無別の頻度分布 (図 13) を求めた。全体の 50 件の平均 0.34 秒 (SD=0.15 秒)、衝突なしの場合には平均 0.35 秒 (SD=0.19 秒, N=21)、衝突ありの場合には平均 0.33 秒 (SD=0.12 秒, N=29) であった。ハンドル操作開始時間の衝突有無による有意差は認められなかった。

Fig. 14 Average deceleration after applying brakes

また、このほかブレーキを踏んだ後の平均減速度について衝突有無別に図 14 に示す。衝突しない場合についてはブレーキを踏下してから停止するまでの間の平均減速度を求め、また、衝突した場合についてはブレーキを踏下してから衝突するまでの間の平均減速度を求めた。なお、平均減速度は速度変化分をその間の時間で除した値である。上記の 51 件のうち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 件についての結果を示す。全体の 50 件について平均 6.9 m/s^2 (SD=1.6 m/s^2) であり、衝突なしの場合については平均 7.7 m/s^2 (SD=1.2 m/s^2 , N=20)、衝突ありの場合には平均 6.4 m/s^2 (SD=1.6 m/s^2 , N=30) であった。また、衝突有無による平均減速度の有意差が認められた。なお、減速度に関しては路面状態の影響も考えられるものの、今回はとくに天候、路面状態による有意な差は認められなかった (付録 1)。また、発生し得る減速度については車両の制動特性に依存するものの、今回使用した実験車両は広く普及している車両であるため一般的な値であると考えられる (付録 2)。

4・2 年齢層別の解析

年齢による差を調べるため、20・30代21名（若年層という）、40～64歳15名（中年層という）、65歳以上15名（高齢層という）の計51名についてそれぞれの時間を調べた。ただし、ハンドル操作開始時間については、ハンドル操作を行わなかった若年者1件を除外した結果である。

アクセルを離すまでの時間については、若年層の平均0.28秒（SD=0.10秒）、中年層の平均0.24秒（SD=0.09秒）、高齢層の平均0.29秒（SD=0.08秒）であった（図15）。踏みかえ時間については、若年層の平均0.17秒（SD=0.04秒）、中年層の平均0.18秒（SD=0.03秒）、高齢層の平均0.18秒（SD=0.07秒）であった（図16）。ブレーキ反応時間については、若年層の平均0.45秒（SD=0.10秒）、中年層の平均0.42秒（SD=0.09秒）、高齢層の平均0.47秒（SD=0.08秒）であった（図17）。ハンドル操作開始時間については、若年層の平均0.39秒（SD=0.21秒）、中年層の平均0.31秒（SD=0.11秒）、高齢層の平均0.31秒（SD=0.07秒）であった（図18）。

いずれの時間についても分散分析の結果、年齢層による有意差は認められなかった。

Fig. 15 Release time from gas pedal with respect to age groups

Fig. 16 Foot transfer time with respect to age groups

Fig. 17 Brake response time with respect to age groups

Fig. 18 Starting time of steering with respect to age groups

Fig. 19 Average deceleration after applying brakes with respect to age groups

また、ブレーキ踏下後の平均減速度については、ハンドル操作により回避した1件（中年層）を除外した結果、若年層の平均 7.3 m/s^2 (SD=0.9 m/s^2 , N=21)、中年層の平均 7.1 m/s^2 (SD=1.6 m/s^2 , N=14)、高齢層の平均 6.2 m/s^2 (SD=2.1 m/s^2 , N=15) となった（図19）。ブレーキ踏下後の平均減速度についても年齢層による有意差はなかった。

4・3 ブレーキ反応時間と平均減速度

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。それらによって計算される値として TTC をとった場合、衝突有無による TTC の有意差が認められた。すなわち、TTC が短い場合には衝突は避けられないと考えられる。

いっぽう、衝突有無に影響を与えるその他の要件として、被験者ごとのブレーキ反応時間と平均減速度の値がある。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。

ブレーキ操作を行った 54 名の被験者について、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 20 となる。同じ速度であっても距離が離れている場合には衝突しない場合が多くなることがわかる。前述のように、ブレーキ反応時間の平均（解析対象となるのは 51 名）をとると 0.45 秒、平均減速度の平均（解析対象となるのは 50 名）は 6.9 m/s^2 であった。

これらのブレーキ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。

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

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。

Fig. 20 Relationship between vehicle velocity and distance when dummy vehicle appeared

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ある。ブレーキ操作を行った被験者 54 名に対して式(1)により衝突の有無を推測した結果と、実際の衝突有無とをまとめたものが表 1 である。正判別率は $(16+26)/54=77.8\%$ 、誤判別率は $(8+4)/54=22.2\%$ となった。なお、切りのいい数値として平均減速度 7.0 m/s^2 として計算しても同じ判別結果となった。したがって、 6.9 m/s^2 の代わりに 7.0 m/s^2 としても実質的にほとんど差がないと考えられる。

Table 1 Discriminant results for 54 participants

Observed \ Prediction	No collision	Collision	Sum
No collision	16	8	24
Collision	4	26	30
Sum	20	34	54

以上のことから、横方向からの出現車両に対して、平均的なドライバはブレーキ反応時間 0.45 秒、その後の平均減速度 7.0 m/s^2 で停止すると考えてよく、模擬台車出現までの距離がこれらによって計算される停止距離よりも短い場合には衝突すると考えられる。しかし、実際には個人のばらつきがあるため、衝突しないと判断される場合であっても、約 20% の衝突回避失敗があるということになる。

また、実世界においては、平均よりも遅く弱くブレーキを踏む人もあることを考慮しなければならない。この点を明らかにするため、例として 80% タイルとなる場合のブレーキ反応時間と平均減速度を求める。このためブ

レーキ反応時間の累積頻度(図 21)と平均減速度の累積頻度(図 22)を基にすると,ブレーキ反応時間は 0.5 秒,平均減速度は 6.0 m/s^2 と求められる. なお,平均減速度については題意より図の 20%タイルの値を使用する.

これらの値を使用して速度-距離の関係を図 20 中に細線として図示する. 細線よりも下の領域では衝突と判定されることから,距離が長くても衝突と判定される例が多くなることがわかる. 実際の緊急時を考える場合には,このようなブレーキ操作が不十分な人たちも考慮すべきであるというのも一つの考えである.

Fig. 21 Accumulated histogram of brake response time

Fig. 22 Accumulated histogram of average deceleration

4・4 緊急時のドライバ挙動に関する考察

過去の同種の研究結果を調査すると,土居ら⁽⁷⁾は障害物回避の制動操作に関して,車速 60~100 km/h で直進走行中に左側から障害物が出現するシーンを DS により設定し,障害物の飛び出し時間(TTC)を 2.0~3.0 秒として被験者の制動操作を明らかにしている. その結果,一般的にブレーキ反応時間として 0.7 秒程度という値を得ている.

また,森田ら⁽⁸⁾は脇見運転時に車間時間 2 秒前を走行する先行車両が突然減速(減速度 3 m/s^2)したときのブレーキ反応時間を DS 実験により求めている. その結果,視線を前方に戻してから反応時間として 0.71 秒($\text{SD}=0.26$ 秒)という値を得ている. いずれも今回のブレーキ反応時間よりも長い値となっており,その理由として,TTC,車間時間が今回の緊急時の実験条件よりも少し余裕のある状態であったためと考えられる.

なお,裁判所における判決例として「知覚反応時間は一般に 0.7 秒程度から 1.0 秒程度と考えられており」というのがあり,また,「摩擦係数は 0.87 前後」という値が示されている⁽⁹⁾. このときの減速度は最大の摩擦係数を想定していることから減速度 0.87 G ($=8.5 \text{ m/s}^2$)で減速可能であると考えていることとなる. しかし,今回の結果からでは,通常のドライバはそのような高い減速度を出すことは困難であると考えられる.

今回の実験のように TTC が 1 秒程度の衝突直前という状況であれば,反応時間は 0.5 秒程度,減速度は $6\sim7 \text{ m/s}^2$ であると考えるのが適当である. ただし,今回の被験者は実験に参加しているということから注意レベルは高い状態であると考えられ,通常の運転時のドライバは今回の実験時よりは注意レベルが低いものと考えられることに留意する必要がある. その場合には,反応時間はより遅くなり,減速度は低下すると考えられる.

5. 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緊急時のドライバ挙動について解析を行った結果,以下の知見を得た.

- (1) 横方向からの突然の模擬台車出現に対して,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. したがって,なんらかの車両側からの衝突回避支援を行うことにより,これらのドライバの事故回避あるいは被害軽減を図ることが可能となる.
- (2) 衝突回避操作はブレーキ操作によるものがほとんどであり,ハンドル操作については操舵をするものの衝突回避に寄与しているとは言い難い. したがって,緊急時の車両側からの支援方法についてはブレーキ操作に係るものを主として考慮すべきである.
- (3) ブレーキを踏むまでの反応時間はアクセルペダルを離すまでの時間により影響をうけ,その時間の長短が衝突有無に関係する.

(4) 一般的なドライバであれば、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 7.0 m/s^2 で車両を減速することができる。また、反応が遅くブレーキペダルの踏み方がやや不十分なドライバ (80% タイル) で考えると、0.5 秒後にブレーキを踏下し、 6.0 m/s^2 の平均減速度で車両を減速すると考えられる。したがって、厳密には車両の制動特性を考慮する必要はあるものの車両側からの支援システムを考える場合には、これらの値を参考にして設計をすることが望ましい。

付 録 1

今回の実験時の天候、路面については、晴天乾燥路面、降雨後の湿潤路面、雨天時との 3 種類の状態があった。その影響がブレーキ踏下後の平均減速度に対して表れる可能性があるため、3 種類の条件についての平均減速度を調べた (図 23)。晴天乾燥路面での平均は 7.4 m/s^2 ($\text{SD}=0.9 \text{ m/s}^2$, $N=21$)、降雨後湿潤路面では平均 6.5 m/s^2 ($\text{SD}=1.6 \text{ m/s}^2$, $N=13$)、雨天時では平均 6.7 m/s^2 ($\text{SD}=2.1 \text{ m/s}^2$, $N=16$) であった。分散分析の結果、3 種類の条件において有意差は認められなかった。有意差がなかった理由として、雨天ではあったものの水膜ができるほどの大雨ではなかったことがあげられる。

Fig. 23 Average deceleration according to weather and road surface conditions

Fig. 24 Brake characteristics of subject vehicle

付 録 2

今回使用した小型乗用車の制動特性について実測した結果を、横軸にブレーキペダル踏力、縦軸に減速度をとって示す (図 24)。測定時のばらつきはあるものの、ほぼ一般的な乗用車の制動特性と考えられる⁽¹⁰⁾。なお、制動時の条件によってはアンチロックブレーキシステム (ABS) が作動することがあり、今回の 56 件中 34 件について ABS の作動が認められた。

文 献

- (1) Prynne K., and Martin P., "Braking behavior in emergency", *SAE Technical paper series*, No. 950969 (1995), pp.1-8.
- (2) Dilich M. A., Kopernik D., and Goebelbecker J., "Evaluating driver response to a sudden emergency: Issues of expectancy, emotional arousal and uncertainty", *SAE Technical paper series*, No. 2002-01-0089 (2002), pp.1-11.
- (3) Bouslimi W., Kassaagi M., Lourdeaux D., and Fuchs P., "Modeling driver behavior in a straight-line emergency situation", *SAE Technical paper series*, No. 2005-01-2700 (2005), pp.1-9.
- (4) Fowler G. F., Larson R. E., and Wojcik L. A., "Driver crash avoidance behavior: Analysis of experimental data collected in NHTSA's vehicle Antilock Brake System (ABS) research program", *SAE Technical paper series*, No. 2005-01-0423 (2005), pp.1-11.
- (5) 天野也寸志, 名切末晴, 羽田昌敏, 土居俊一, "緊急時におけるドライバの運転動作モデル (障害物回避時および車両特性急変時への適用)", 日本機械学会論文集 C 編, Vol.65, No.632 (1999), pp.282-288.
- (6) Hirose T., Taniguchi T., Hatano T., Takahashi K., and Tanaka N., "A study on the effect of Brake Assist Systems (BAS)", *SAE International Journal of Passenger Cars - Mechanical Systems*, Vol. 1, Issue 1 (2009), pp.729-735.
- (7) 土居俊一, 名切末晴, 天野也寸志, "ドライバの緊急操作挙動に基づく車両の予防安全性能解析", R&D レビュー, Vol.33, No.1 別刷 (1998), pp.1-5.

- (8) 森田和元, 関根道昭, 岡田竹雄, “車載ディスプレイへのわき見時におけるドライバの情報処理の負荷レベルによるブレーキ反応時間の差異”, 自動車技術会論文集, Vol.40, No.2 (2009), pp.525-530.
 - (9) 裁判所, “裁判所下級裁判判例集 裁判所名神戸地方裁判所 事件番号平成 12(わ)952 事件名業務上過失致死, 道路交通法違反” 裁判年月日平成 14 年 3 月 25 日 (2002),
http://www.courts.go.jp/hanrei/pdf/E1925F25335457CD49256BDB_002EA16A.pdf (参照日 2012 年 6 月 29 日) .
 - (10) 自動車技術ハンドブック編集委員会編, 自動車技術ハンドブック (第 5 分冊) 設計 (シャシ) 編, 改訂版 (2005), p.170, 自動車技術会.
-