

平成28年度
高速道路調査会 研究発表会

高速道路における
適正な車両間隔に関する調査研究
(平成27年度報告)

公益財団法人 高速道路調査会
研究部 児玉 知之

発表次第

1. 調査研究の概要

- 1-1 背景と目的
- 1-2 調査研究の体制・経過

2. 高速道路における車両間隔の実態

- 2-1 高速道路を走行する自動車の車両間隔
- 2-2 高速道路における交通事故と車両間隔

3. 車間保持の必要性

- 3-1 車間保持の目安～自動車運転免許学科教本(例)
- 3-2 車間保持に関する法令等
- 3-3 車間保持の目安の変遷
- 3-4 「交通の方法に関する教則」車間保持目安の由来
- 3-5 海外における車間保持の指導・啓発(例) ①～④
- 3-6 日本における車間保持の指導・啓発(例) ①～②
- 3-7 国内外における車間保持の指導・啓発(まとめ)
- 3-8 追従車両が前方車両に追突しない条件
- 3-9 人の反応時間と車両の減速度に関する設定値
- 3-10 ACCの設定値(取扱い説明書に基づく・例)

4. 人の反応時間

- 4-1 ブレーキ操作に係る人の反応時間 ①～④
- 4-2 少数被験者による多数参加者実験の推定
- 4-3 人の状態による反応時間の変化 ①～⑥
- 4-4 ハンドル操作による回避

5. 車両の減速度

- 5-1 ブレーキによる車両の制動停止と減速度
- 5-2 ブレーキによる制動停止までの減速度①～④

6. 今後の予定

1. 調査研究の概要

2. 高速道路における車両間隔の実態

3. 車間保持の必要性

4. 人の反応時間

5. 車両の減速度

6. 今後の予定

1.調査研究の概要「高速道路における適正な車両間隔に関する調査研究」

1-1 背景と目的

高速道路の交通安全のため、「時速100キロメートルでは約100メートルの車間距離」といった、「速度と同じ距離」を確保するルールが広く指導・啓発されている。

しかし、このルールは、十分遵守できないケースがあり、特に混雑した状況では守られていない。

その実態等を踏まえ、道路管理の立場から、適切な車両間隔についての考え方を整理する。

2.前車との十分な車間距離をとってください！

- 路面が乾燥していてタイヤが新しい場合は、100km/時では約100m、80km/時は約80mの車間距離をとる必要があります。
また、路面が雨に濡れていたり、タイヤがすり減っている場合には、この約2倍程度の車間距離が必要とされています。
- 天候、路面やタイヤの状態、荷物の重さなどを考慮して、何らかの原因で前車が急停止してもこれに追突しないよう、十分な車間距離をとってください。

図1 高速道路会社による「車間距離確保」の啓発事例
(NEXCO東日本ウェブサイトより)



図2 十分な車間距離が確保できていないと考えられる車群(例)
(NEXCO中日本・西日本パンフレット表紙より)

1.調査研究の概要「高速道路における適正な車両間隔に関する調査研究」

1-2 調査研究の体制・経過

委員会名)高速道路における適正な車両間隔に関する調査研究委員会

(平成27年4月設置・継続中)

●委員会メンバー(計16名) 敬称略、50音順

委員長	片倉 正彦	東京都立大学 名誉教授
委員	赤羽 弘和	千葉工業大学 創造工学部都市環境工学科 教授
	大口 敬	東京大学 生産技術研究所 次世代モビリティ研究センター 教授
	菰田 潔	日本自動車ジャーナリスト協会 会長
	三林 洋介	東京都立産業技術高等専門学校 教授
	田中 伸治	横浜国立大学大学院 都市イノベーション研究院 准教授
	西田 泰	(公財)交通事故総合分析センター 研究部特別研究員(兼) 研究第一課長
	東 正訓	追手門学院大学 心理学部 教授
	学識経験者委員として上記8名に加え、 実務経験者として高速道路会社関係より8名	

●委員会の開催経過(平成27年度)

第1回 2015(平成27)年6月4日開催

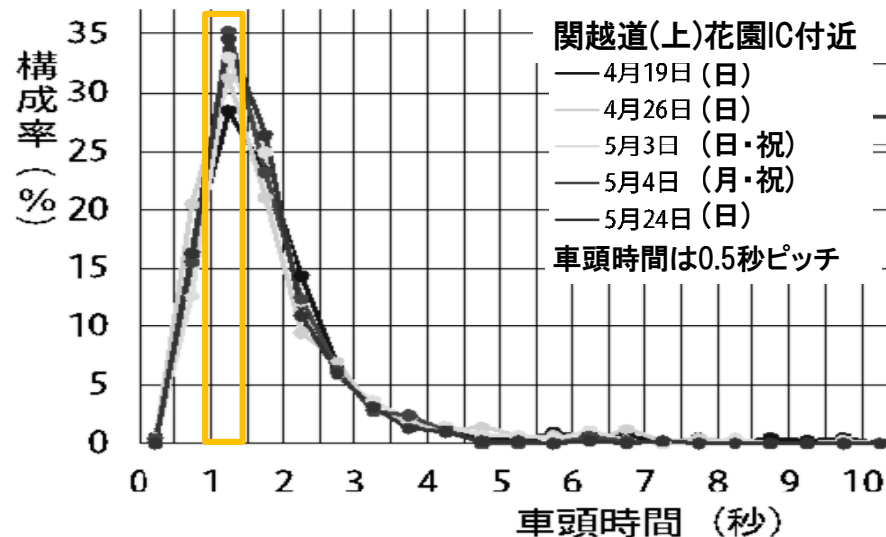
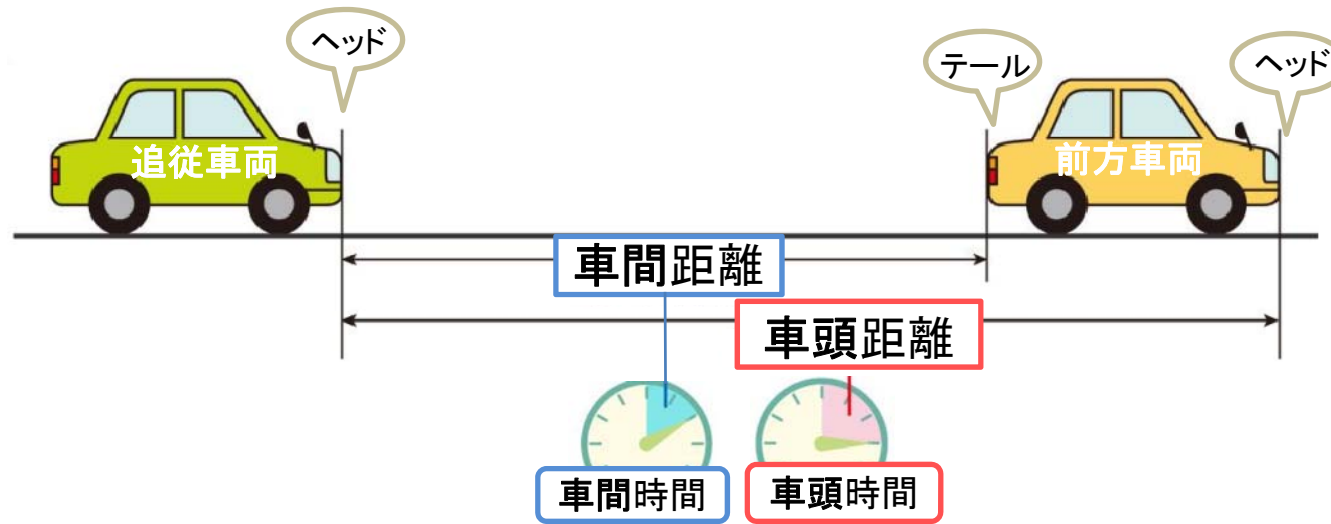
第2回 2015(平成27)年10月23日開催

第3回 2016(平成28)年1月25日開催

1. 調査研究の概要
2. 高速道路における車両間隔の実態
3. 車間確保の必要性
4. 人の反応時間
5. 車両の減速度
6. 今後の予定

2. 高速道路における車両間隔の実態

2-1 高速道路を走行する自動車の車両間隔



渋滞発生前15分間の車頭時間構成率(追越車線)

出典: 邢健・鶴元史・石田貴志・村松栄嗣: 車両感知器パルスデータを用いた渋滞発生時交通現象分析, 土木計画学研究・講演集, Vol.41, 2010.6

✓ 渋滞発生直前の
車頭時間は
1.0~1.5秒が最頻値

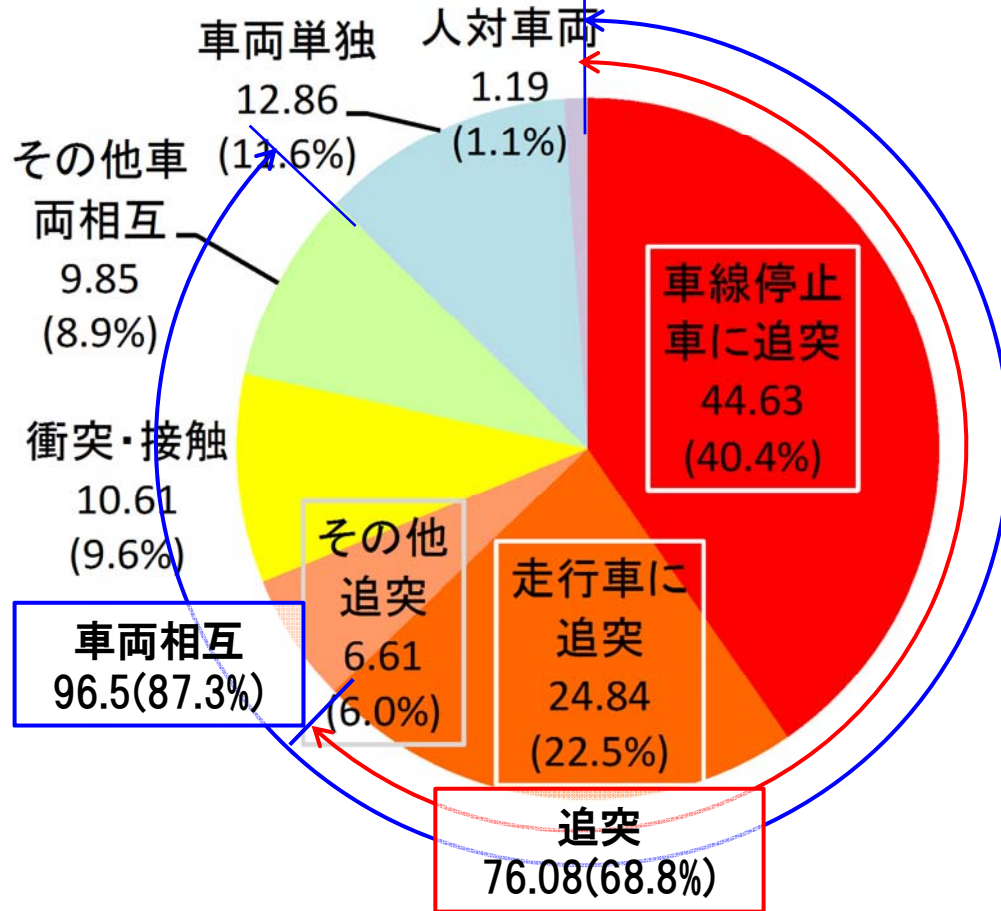
車頭時間1秒は、小型乗用車80km/hで、
車間距離約18mに相当

2.高速道路における車両間隔の実態

2-2 高速道路における交通事故と車両間隔

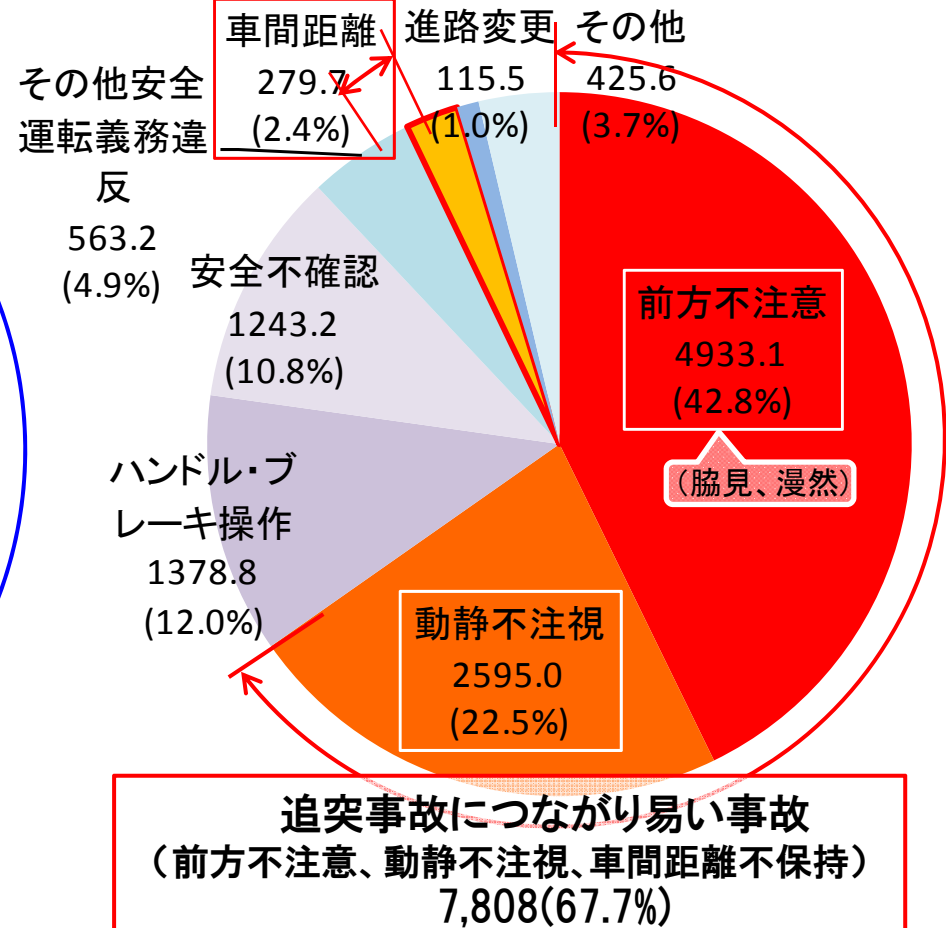
高速道路における供用延長100km当たり
事故類型別交通事故件数

平成18~27年 年平均110.6 単位:件/100km



高速道路における法令違反別
(第1当事者)交通事故件数

平成18~27年 年平均11534 単位:件



出典:平成27年における交通事故の発生状況(2016年3月30日公表/交通統計(政府統計の総合窓口))より作成

1. 調査研究の概要
2. 高速道路における車両間隔の実態
- 3. 車間保持の必要性**
4. 人の反応時間
5. 車両の減速度
6. 今後の予定

3. 車間保持の必要性

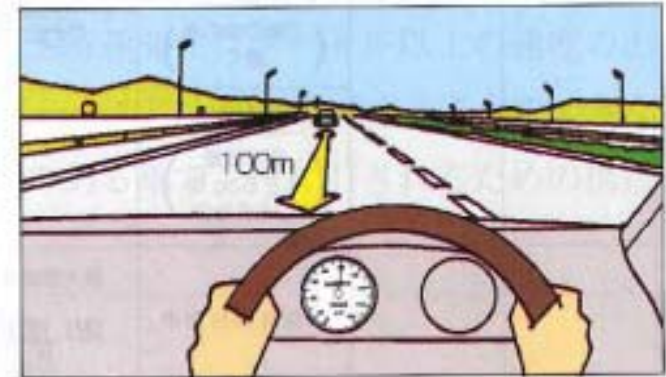
3-1 車間保持の目安～自動車運転免許学科教本（例）



(3) 安全な車間距離の保持 (法26)

車間距離を十分とって走りましょう。路面が乾燥していてタイヤが新しい場合は、時速100キロメートルでは約100メートル、時速80キロメートルでは約80メートルの車間距離をとる必要があります。

また、路面が雨等でぬれている場合は、この約2倍程度の車間距離が必要になることがあります。



(一社)東京指定自動車教習所協会編集・発行:学科教本(2014年12月第31版)p.321)

速度と同じ車間距離※

※キロメートルで表される時速と同じメートル数（距離）
（以降の頁では注釈略）

3. 車間保持の必要性

3-2 車間保持に関する法令等

- 「道路交通法」(昭和35年法律第105号)

第26条(車間距離の保持)

車両等は、同一の進路を進行している他の車両等の直後を進行するときは、その直前の車両等が急に停止したときにおいてもこれに追突するのを避けることができるため必要な距離を、これから保たなければならない。

「道路交通法」(昭和46年法律第98号で改正)で追加

⇒第108条の28(交通安全教育指針及び交通の方法に関する教則の作成)

- 「交通の方法に関する教則」(昭和47年国家公安委員会告示第1号)

⇒昭和53年に全部改正

- 「交通の方法に関する教則」(昭和53年国家公安委員会告示第3号)

第7章「高速道路での走行」>第2節「走行上の注意」第2節 走行上の注意(抄)

(中略)

(4) 車間距離を十分とつて走りましょう。路面が乾燥していて、タイヤが新しい場合は、**時速100キロメートルでは約100メートル、時速80キロメートルでは約80メートルの車間距離**をとる必要があります。また、路面が雨にぬれ、タイヤが減っている場合は、この約2倍程度の車間距離が必要となることがあります。

3. 車間保持の必要性

3-3 車間保持の目安の変遷

- 「ドライバークのエチケット」
(昭和39年愛知県制作/名古屋テレビで放映)



ここで事故になれば、その車一台では済みません。
そこで、時速100kmで走っている場合、車間距離は少なくとも50m、安全を考えると、100mくらいの間隔は保ちたいものです。

速度の半分の車間距離

- 「フリーウェイ オペレーションズ」
(昭和36年11月高速道路調査会)

FREEWAY
OPERATIONS
車 間 距 離

米国交通工学会 編著：
“Freeway Operations”

先行する車の後に保つ間隔は走行速度に見合ったものでなければならない。
最小間隔として推奨されるフィート数はマイルで表わされる時速の2倍である (10 マイル/時に対して自動車1台の長さ)。同様に、重要な法則は交通量の少ない時には、追越すかあるいは速度を落すことによって他の車から最大の間隔を自分の前にあけておくべきだということである。密度の高い交通の中では、間隔は交通一般の行動に合わせるべきである。時たま車が車線に入れるように速度を落してやることは、フリーウェイ走行の持ちつ持たれつの必要な面ではあるが、もしこれがくり返し起るようであれば、その間隔はその場の状況にふさわしからぬ過大なものなのであって、もっとつめなければならない。

1マイル ⇒ 5280ft , 1609.344 m

最小間隔として推奨されるメートル数は、
キロメートルで表される時速の4割

100km/hの場合、最小として
推奨される車間距離は約40 m

出典:フリーウェイ オペレーションズ(1962年11月(財)高速道路調査会)

3. 車間保持の必要性

3-4 「交通の方法に関する教則」 車間保持目安の由来

国・社会のできごと	経過
<p>1968(昭和43)年4月 東名高速道路(東京IC-厚木IC)開通 (富士IC-静岡IC,岡崎IC-小牧IC開通。 小牧ICで名神と接続)</p>	<p>⇒開通にあたり、日本道路公団が 「高速道路の正しい走り方」を配布</p>
<p>1968(昭和43)年4月 衆議院 交通安全対策特別委員会</p>	<p>⇒日本道路公団が配布した「高速道路の正しい走り方」に 「時速百キロの場合は百メートル・・・が安全の目安」 【政府委員】</p>
<p>1969(昭和44)年6月 衆議院 建設委員会</p>	<p>⇒日本道路公団が(時速)八十キロのときには八十メートルの車間距離確保を指導している【国会議員委員】</p>
<p>1972(昭和47)年2月 参議院 交通安全対策特別委員会 国家公安委員会告示第1号 「交通の方法に関する教則」</p>	<p>⇒車間距離の確保は、普通(乾燥路面)でも (時速)百キロならば百メートルが常識【政府委員】</p> <p>⇒<u>時速100キロメートルでは約100メートル・・・の車間距離をとる必要があります</u></p>

3. 車間保持の必要性

3-5 海外における車間保持の指導・啓発（例）①



Portugal・社会基盤計画省/交通モビリティ研究所

(Institute da Mobilidade e dos Transportes/MINISTRO DO PLANEAMENTO E DAS INFRAESTRUTURAS)

1. seleccione um ponto de referência na estrada, por onde irá passar o veículo que o precede
2. quando esse veículo passar por esse ponto, conte mentalmente 2 segundos
3. só depois de terminarmos a contagem, o nosso veículo deve passar no ponto de referencia pré-estabelecido



ワニが1匹



ワニが2匹



前の車両が(目印を)通過してから
2秒

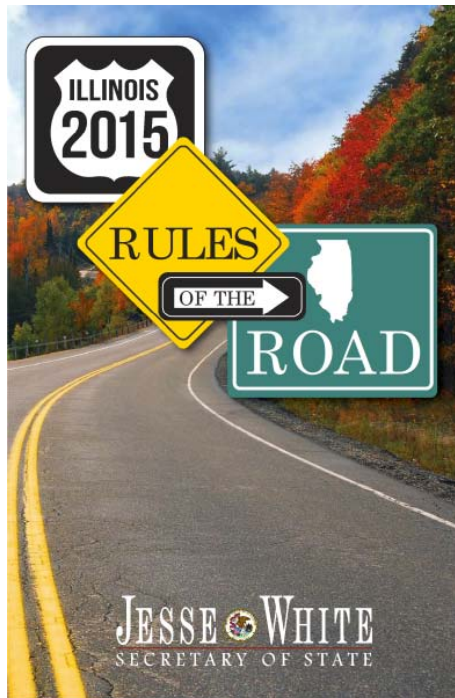
<http://www.imtt.pt/sites/IMTT/Portugues/Paginas/IMTHome.aspx#topo>

3. 車間保持の必要性

3-5 海外における車間保持の指導・啓発（例）②



米国・イリノイ州 道路のルール
(Illinois State/Rules of the Road)



Vehicle Speed	Approximate Feet Vehicle Will Travel in 1 Second	3-Second Rule Distance
25 mph	37 feet	111 feet back
35 mph	52 feet	156 feet back
45 mph	66 feet	198 feet back
55 mph	81 feet	243 feet back
65 mph	96 feet	288 feet back
70 mph	103 feet	309 feet back

Illinois State: Rules of the Road, 2015, p.76

3秒ルールの車間時間

3. 車間保持の必要性

3-5 海外における車間保持の指導・啓発（例）③



欧州 道路管理者会議

⇒ 安全な車間距離(2010.4)

(Safe distance between vehicles/April 2010)

3 Conclusions

In most countries in Europe, the general rule is that each driver must keep sufficient distance between his/her vehicle and the vehicle in front in order to avoid an accident if the car in front stops suddenly or reduces speed.

This rule does not always come with specific distances that must be observed, such as the required minimum distance or time between the vehicles. In those cases where minimum distances or times are provided, the figures vary greatly from country to country. The 2-second rule or the half-distance rule can be applied. Different, specific rules can be applied to heavy goods vehicles. The 2-second rule is often used as a rule of the thumb and taught at driving schools.

Some devices (e.g. road markings) are used to help drivers obey the rule.

Still, most countries encounter problems with enforcement.




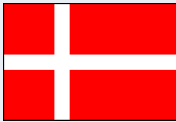








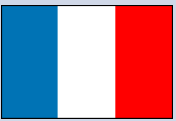




Conference of European Directors of Roads: Safe distance between vehicles, 2010.4, p.8

2秒ルール的車間時間

速度の半分の車間距離

3. 車間保持の必要性

3-5 海外における車間保持の指導・啓発（例）④

国	法令／指導	国	法令／指導	国	法令／指導
 Austria	法令：車間時間0.4秒 貨物車50m 指導：2秒ルール	 Iceland	法令：(あり) 指導：－	 Portugal	法令：(あり) 指導：2秒ルールを周知
 Denmark	法令：－ 指導：2秒ルール(経験則)	 Ireland	法令：－ 指導：2秒ルール	 Sweden	法令：車間時間 1.0秒(処罰)0.5秒(免許取消) 指導：－(施行上の問題が存在)
 Estonia	法令：(あり) 指導：2秒ルール(経験則)	 Italy	法令：(あり) 指導：－	 Switzerland	法令：(あり) 指導：速度の半分の距離、 2秒ルール
 Finland	法令：車間時間 1.0秒(普通)1.5秒(貨物) 指導：2秒ルール(経験則)	 Luxembourg	法令：車間距離 100m(都市間)50m(都市内) 車間時間2.0秒 指導：2秒ルール(教習項目)	 United Kingdom	法令：－ 指導：2秒ルール
 France	法令：車間時間2.0秒 車間距離50m(3.5t又は7m以上) 指導：2秒ルール(経験則)	 Netherlands	法令：車間時間1.0秒 指導：2秒ルール	 The United State of America	法令：(州によって異なる) 指導：(州によって異なる) 【例】 2秒ルール(New York) 3秒ルール(Illinois) 4秒ルール(Texas)
 Germany	法令：車間距離50m (貨物50km/h以上) 指導：速度の半分の距離、 2秒ルール	 Norway	法令：車間時間0.4秒 0.3秒(小型)0.5秒(大型) 指導：－		

3. 車間保持の必要性

3-6 日本における車間保持の指導・啓発（例）①



(4) 車間距離を十分とって走りましょう。路面が乾燥していて、タイヤが新しい場合は、時速100kmでは約100m、時速80kmでは約80mの車間距離をとる必要があります。また、路面が雨にぬれ、タイヤが減っている場合は、この約2倍程度の車間距離が必要となります。

出典(財)全日本交通安全協会編集・発行:交通の教則(2011年4月改訂版)

高速道路会社による「車間距離確保」の啓発事例(NEXCO東日本ウェブサイトより)

2. 前車との十分な車間距離をとってください!

- 路面が乾燥していてタイヤが新しい場合は、100km/時では約100m、80km/時は約80mの車間距離をとる必要があります。
また、路面が雨に濡れていたり、タイヤがすり減っている場合には、この約2倍程度の車間距離が必要とされています。
- 天候、路面やタイヤの状態、荷物の重さなどを考慮して、何らかの原因で前車が急停止してもこれに追突しないよう、十分な車間距離をとってください。

3. 車間保持の必要性

3-6 日本における車間保持の指導・啓発（例）②



高速道路安全走行のポイント

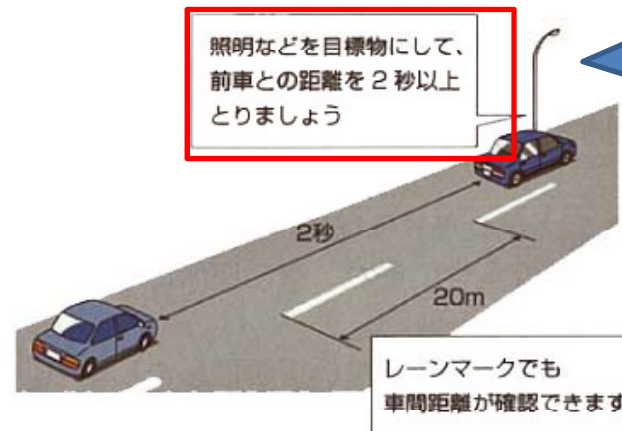
■安全速度を守る

高速道路では速度標識に注意して天候や路面状況にあった安全速度で走行しましょう。

■十分な車間距離をとる

路面が濡れている状況では普段の2倍以上の車間距離が必要です。前の車との車間距離を確保しましょう。

(一財)東京都交通安全協会編集・発行:安全運転のしおり(平成27年4月版)p.14)



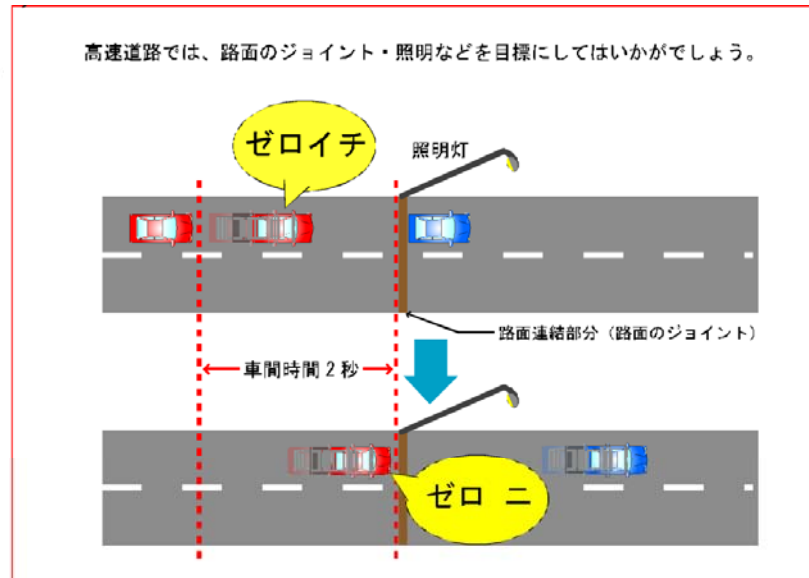
警視庁ウェブサイト

<http://www.keishicho.metro.tokyo.jp/kotu/kousoku/osirase1.htm>



高速道路を利用する皆様へ

スピードの出しすぎや、無理な追越しは絶対にやめましょう!



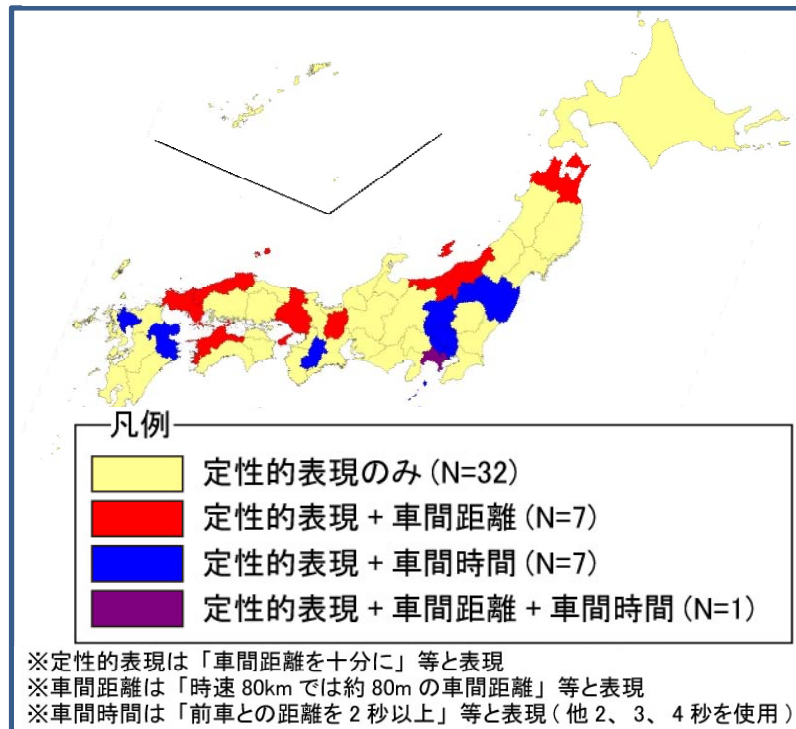
3. 車間保持の必要性

3-7 国内外における車間保持の指導・啓発（まとめ）

車間保持について、

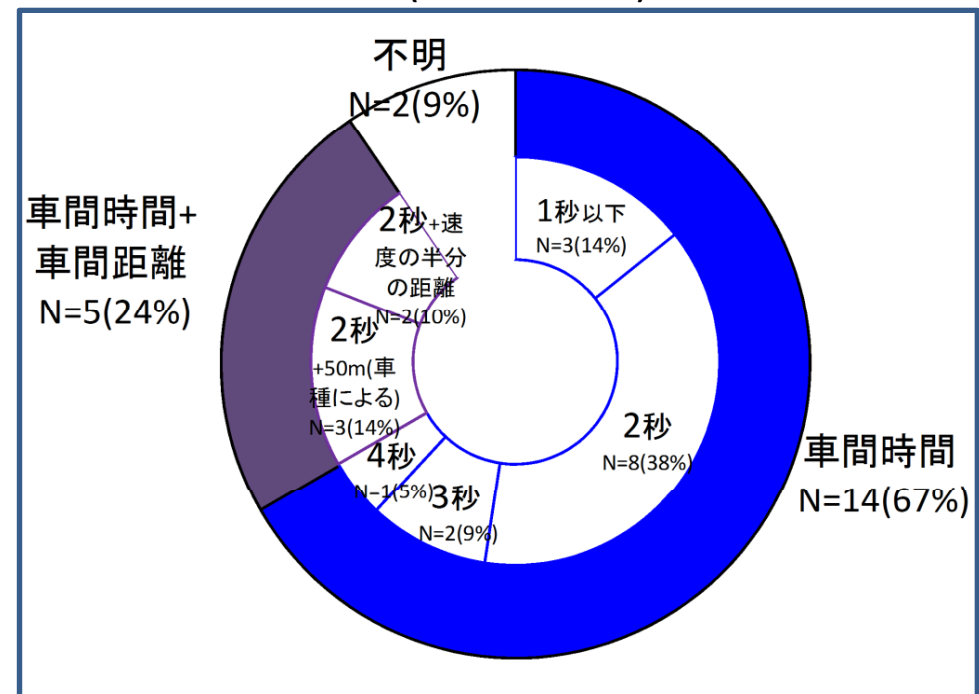
- 日本では、全国の警察ウェブサイト調査によると、8都県(17%)で、「車間時間」による啓発が行われていた。
- 海外では、調査した欧米の21カ国のうち、不明を除く全てにおいて、「車間時間」による指導・啓発が行われていた。「車間距離」を併用する場合も5カ国(24%)あった。

全国の警察(ウェブサイト調査)(N=47)



全国警察のウェブサイト調査による

海外(N=21国・地域)

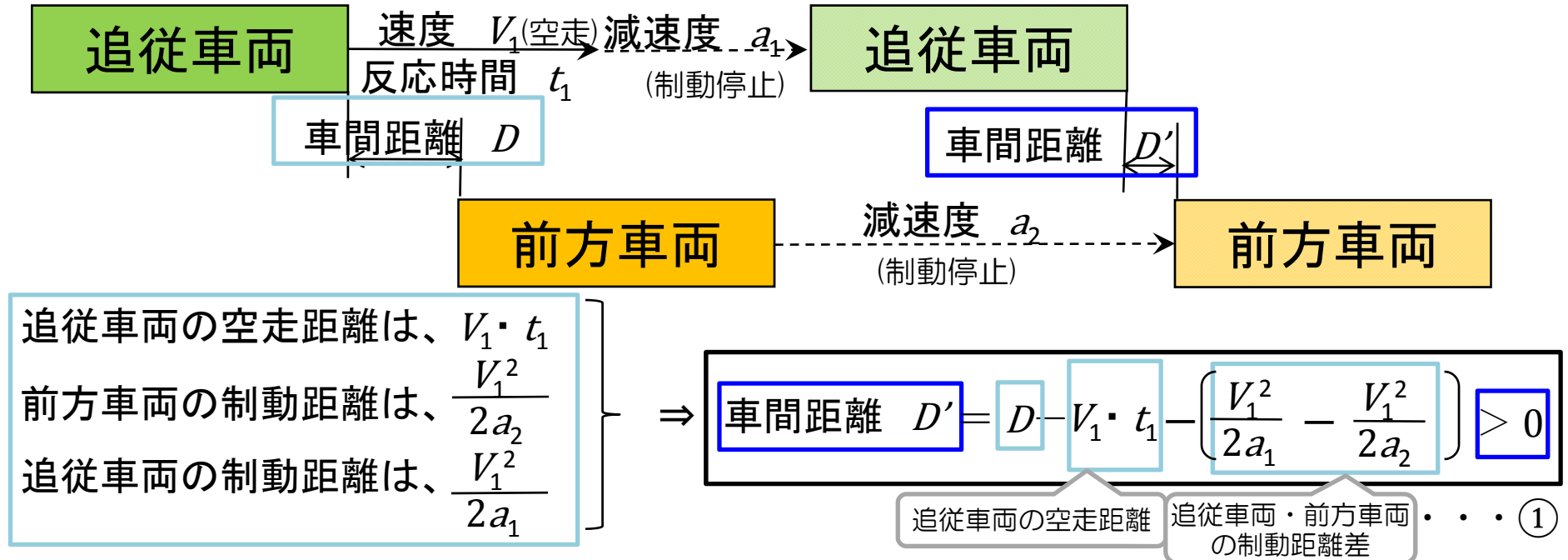


欧州道路管理者会議2010資料およびウェブサイト調査による

3. 車間保持の必要性

3-8 追従車両が前方車両に追突しない条件

前方車両の制動距離 + 車間距離 > 追従車両の空走距離 + 追従車両の制動距離



①式を整理し、
両辺を V_1 で除せば、

$$\frac{D}{V_1} > t_1 + \frac{V_1}{2} \left(\frac{1}{a_1} - \frac{1}{a_2} \right) \dots \textcircled{2}$$

車間時間 反応時間 減速時間差
 (人に関する項) (車両に関する項)

3. 車間保持の必要性

3-9 人の反応時間と車両の減速度に関する設定値

●「道路構造令」 (昭和45年政令第320号)

第19条(視距等)(抄)

視距は、当該道路の設計速度に応じ、
次の表の下欄に掲げる値以上とするものとする。

設計速度 (単位 一時間につきキロメートル)	視距 (単位 メートル)
一二〇	二一〇
一〇〇	一六〇
八〇	一一〇
(以下、略)	

「道路構造令の解説と運用」(日本道路協会)によると、
制動停止視距は、次式で計算される

$$\frac{V}{3.6} t + \frac{V^2}{2gf(3.6)^2}$$

空走距離 制動距離

空走距離の計算のなかで**反応時間**(t)は、

- (1) **判断時間: 1.5秒**
- (2) **反動時間: 1.0秒**

(1)と(2)を足し合わせて、**2.5秒**と設定される。

判断時間: 対象物を発見した後、運転者がブレーキを踏むかどうか判断する時間
反動時間: 運転者がブレーキを踏むと判断してからブレーキを踏むまでの時間)

●高度道路交通システム～車間距離制御装置 (ACC等)に係る日本工業規格(JIS)

- ACCは、運転者の運転負荷の軽減のために、縦方向
車両制御の部分的自動化を行う。
→前方車両に追従する。目標車両との車間距離を維持
するか又は設定速度を維持するか、いずれか低い方
で自動的に制御する。

※作動条件が50km/hを超えるものを抜粋

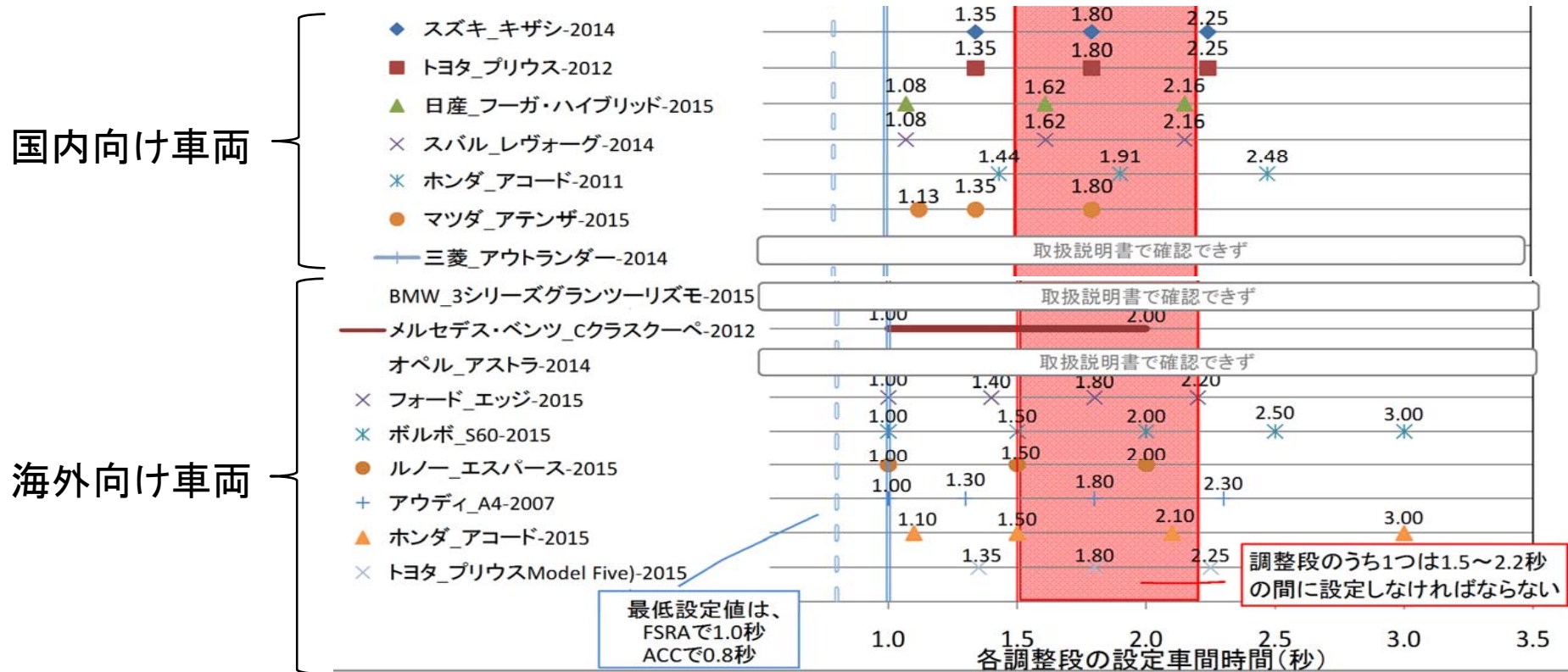
規格の種類	設定できる車間		平均自動 減速度
	最低値	必須	
● JIS D 0801:2012 (ISO 15622:2010)高度道路交通システム- アダプティブ・クルーズ コントロールシステム (ACC) -性能要求事項及び試験手順	車間時間 0.8秒 (6.2.4「追従 能力」より)	1.5～ 2.2秒 で最低 限一つ (同左)	3.5m/s² を超えない (6.4「作動上の 制限」より)
● JIS D 0807:2011 (ISO 22179:2009)高度道路交通システム- 全車速域アダプティブ・ クルーズコントロール (FSRA)システム -性能要求事項及び試験手順	車間時間 1.0秒 かつ 車間距離 2.0m以上 (6.2.3 「追従能力」 より)	8m/s(28. 8km/h)を 超える車 速では、 1.5～ 2.2秒 で最低 限一つ (同左)	車速が 20m/s(72k m/h)超の 場合は 3.5m/s² を超えない (6.4「作動上の 限界」より)

3. 車間保持の必要性

3-10 ACCの設定値（取扱い説明書に基づく・例）

- 市販のACC装着車の取扱い説明書によると車間時間の設定値は、国内向け車両：最低値が1.1～1.4秒、最高値は1.8～2.5秒だった。海外向け車両：最低値が1.0～1.4秒、最高値は2.0～3.0秒だった。

取扱い説明書に記載の速度(約80～100km/h)における車間設定に基づき整理

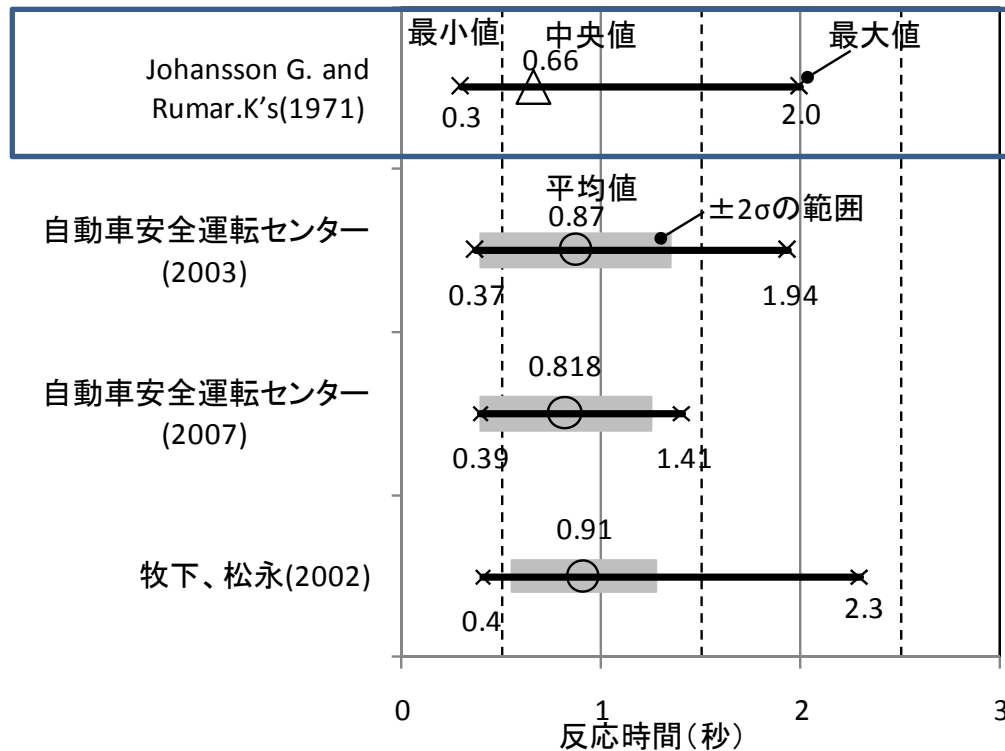


1. 調査研究の概要
2. 高速道路における車両間隔の実態
3. 車間保持の必要性
- 4. 人の反応時間**
5. 車両の減速度
6. 今後の予定

4. 人の反応時間

4-1 ブレーキ操作に係る人の反応時間 ①

各種文献(抜粋)による反応時間



①

②

③

④

クラクションを合図にブレーキを踏む実験
(被験者321人)@highway(実車)

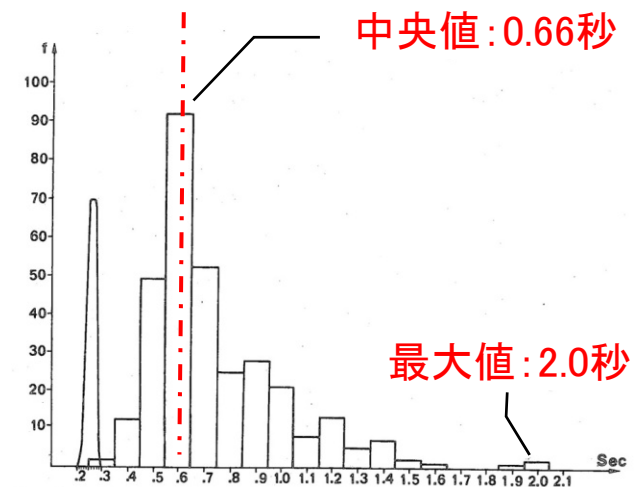


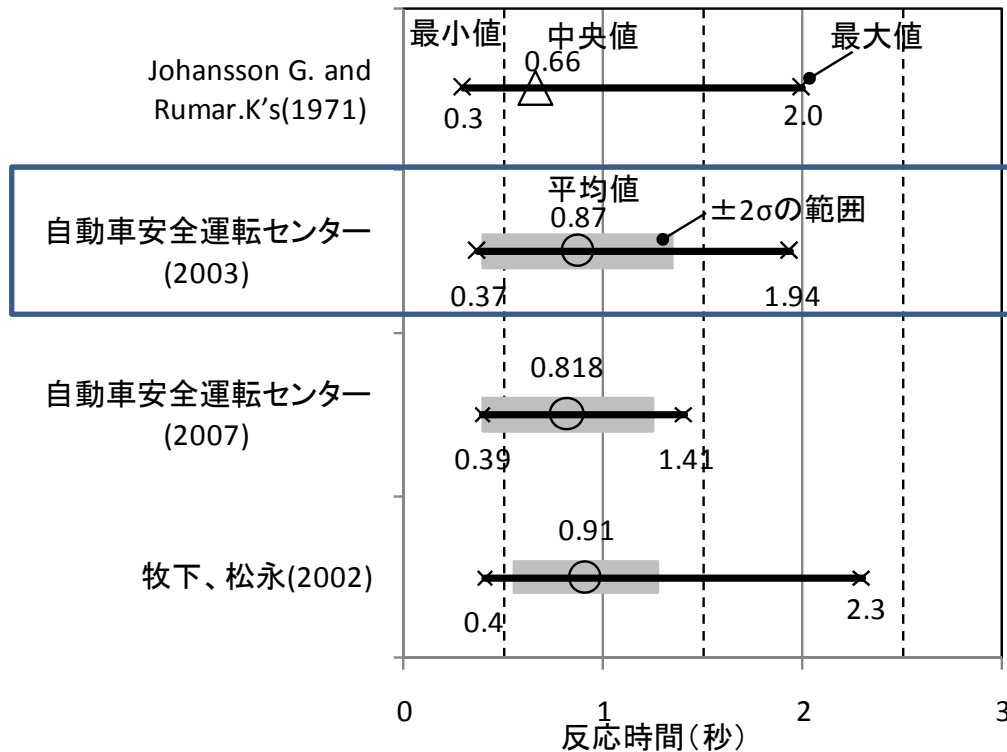
Figure 1. The brake-reaction-time distribution for 321 drivers on the road and the reaction-time distribution of the experimental assistant responsible for the measurements.

出典) Johansson G. and Rumar.K's, "Driver's Brake Reaction Times", Human Factors, vol.13, No.1, 23-27, 1971.

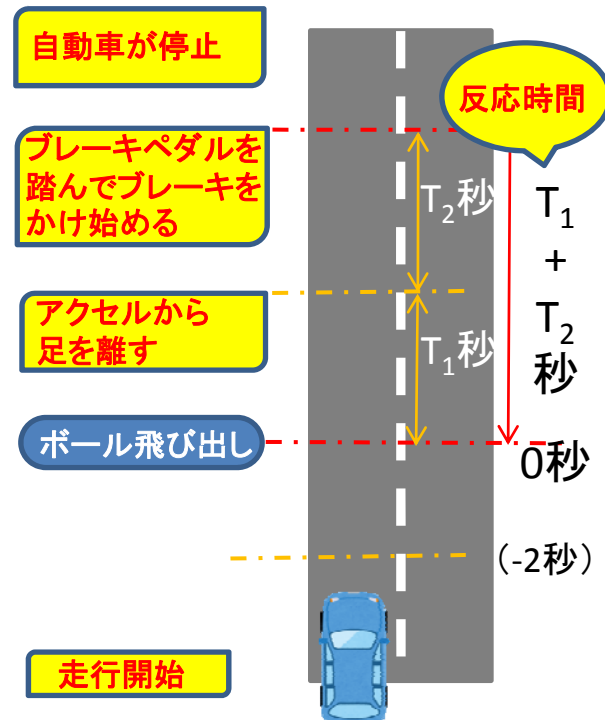
4. 人の反応時間

4-1 ブレーキ操作に係る人の反応時間 ②

各種文献(抜粋)による反応時間



「ボールの飛び出し」を機にブレーキを踏む単独走行実験(被験者15人)
@テストコース50km/h(実車)

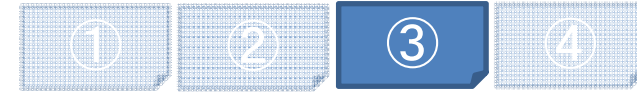
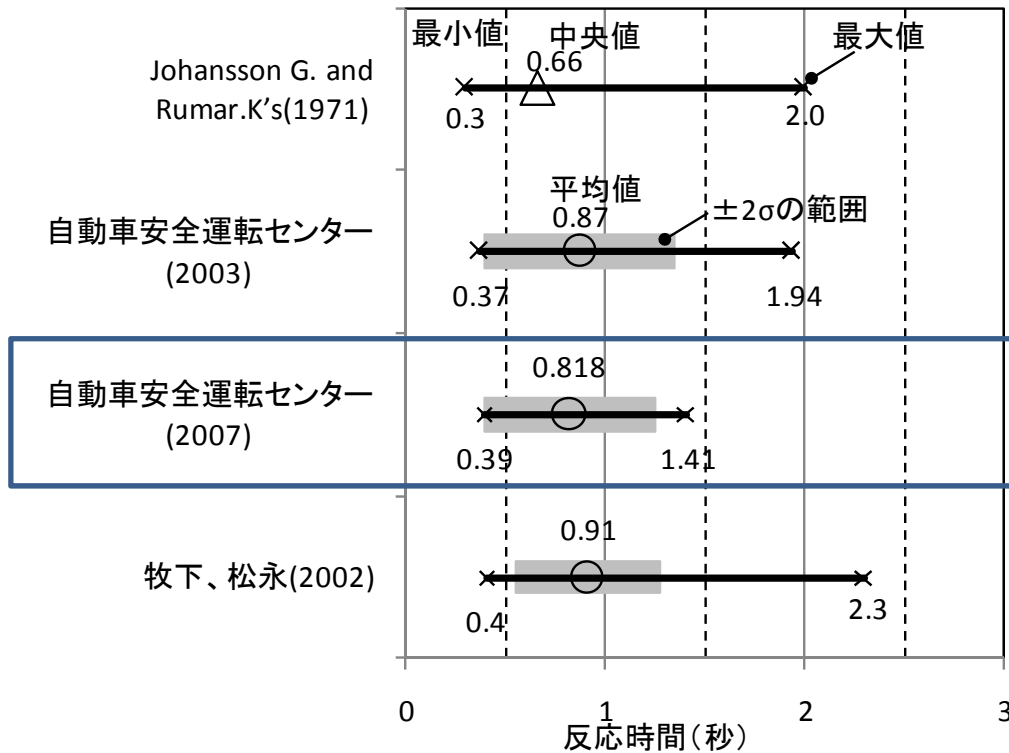


出典)「運転環境が運転行動に与える影響に関する調査研究(実験編)」(平成14年3月 自動車安全運転センター)

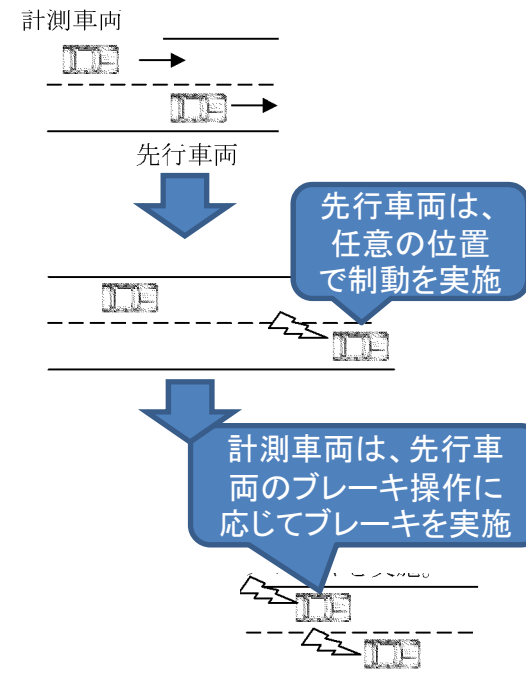
4. 人の反応時間

4-1 ブレーキ操作に係る人の反応時間 ③

各種文献(抜粋)による反応時間



「先行車両の制動灯」を機にブレーキを踏む追従走行実験(被験者30人)
@テストコース100km/h(実車)

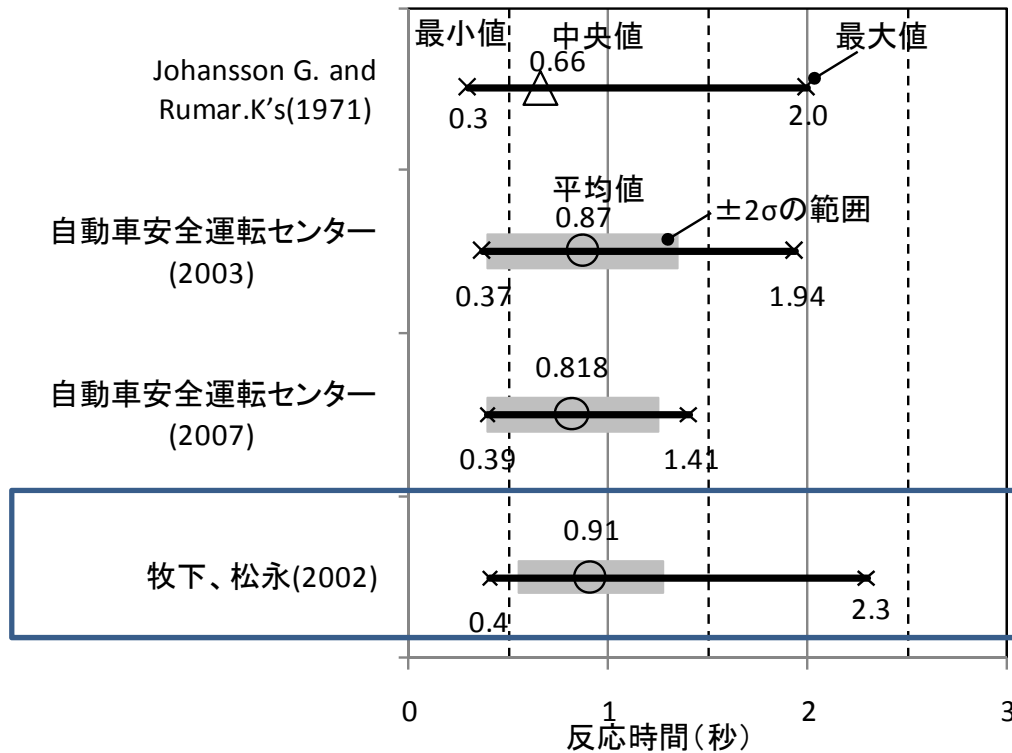


出典)「適正な車間距離のあり方に関する調査研究」
(平成19年3月 自動車安全運転センター)

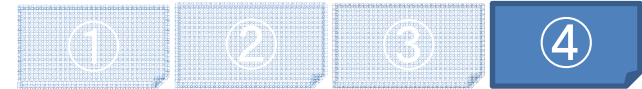
4. 人の反応時間

4-1 ブレーキ操作に係る人の反応時間 ④

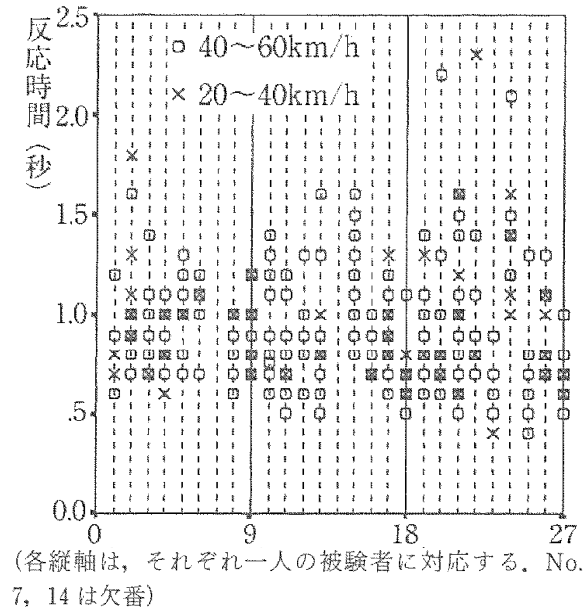
各種文献(抜粋)による反応時間



ブレーキ反応時間の平均値は1秒を下回り、
最大値は1.4~2.3秒、最小値は0.3~0.4秒の範囲



「先行車両の制動灯」を機にブレーキを踏む追従または単独走行実験(被験者25人)@一般道40~60km/h(実車)



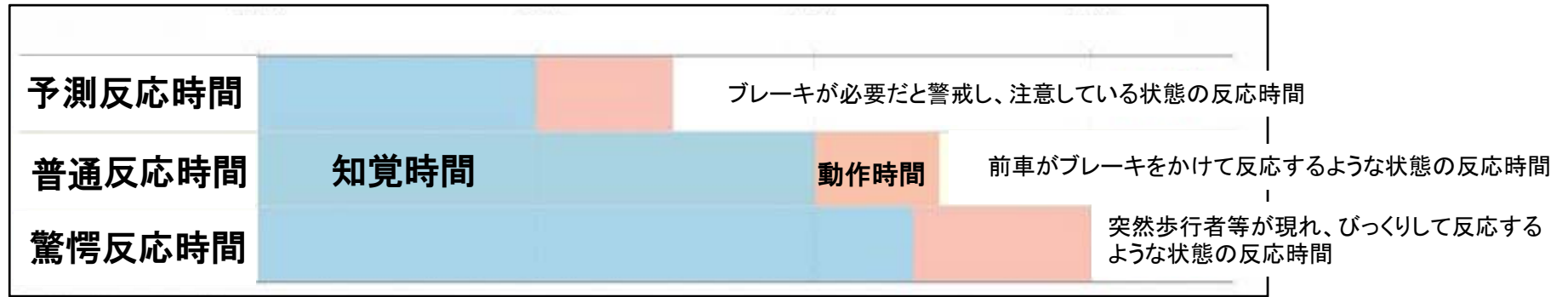
(各縦軸は、それぞれ一人の被験者に対応する。No. 7, 14は欠番)

図6 先行車の制動灯に対する被験者別の反応時間

出典) 牧下、松永：自動車運転中の突然の危険に対する制動反応の時間, 人間工学, Vol. 38, No. 6, 2002

4. 人の反応時間

4-2 少数被験者による多数参加者実験の推定



出典)日本自動車連盟ウェブページ(<http://www.jaf.or.jp>)より作成

小数被験者による統計の比で、多数参加者による実験を推定できる

聴覚反応

(車外のクラクション音)

⇒予測時

被験者321名

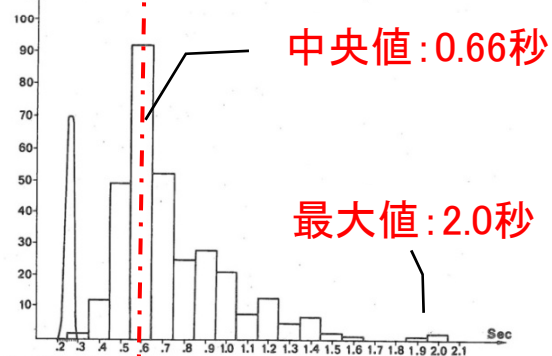


Figure 1. The brake-reaction-time distribution for 321 drivers on the road and the reaction-time distribution of the experimental assistant responsible for the measurements

(fig1 ドライバー321名の運転時ブレーキ反応時間の分布、および計測員の反応時間分布)

聴覚反応

(車内のブザー音)

⇒驚愕時

被験者5名 反応時間(中央値)

予測時: 0.54秒

驚愕時: 0.73秒

したがって、

予測時と驚愕時の反応時間比は $\frac{0.73}{0.54} = 1.35$

$$0.66 \times 1.35 = 0.891$$

予測時の中央値

驚愕時の50%で
反応時間0.9秒を下回る

$$1.5(\text{以上}) \times 1.35 = 2.025$$

予測時の上位10%

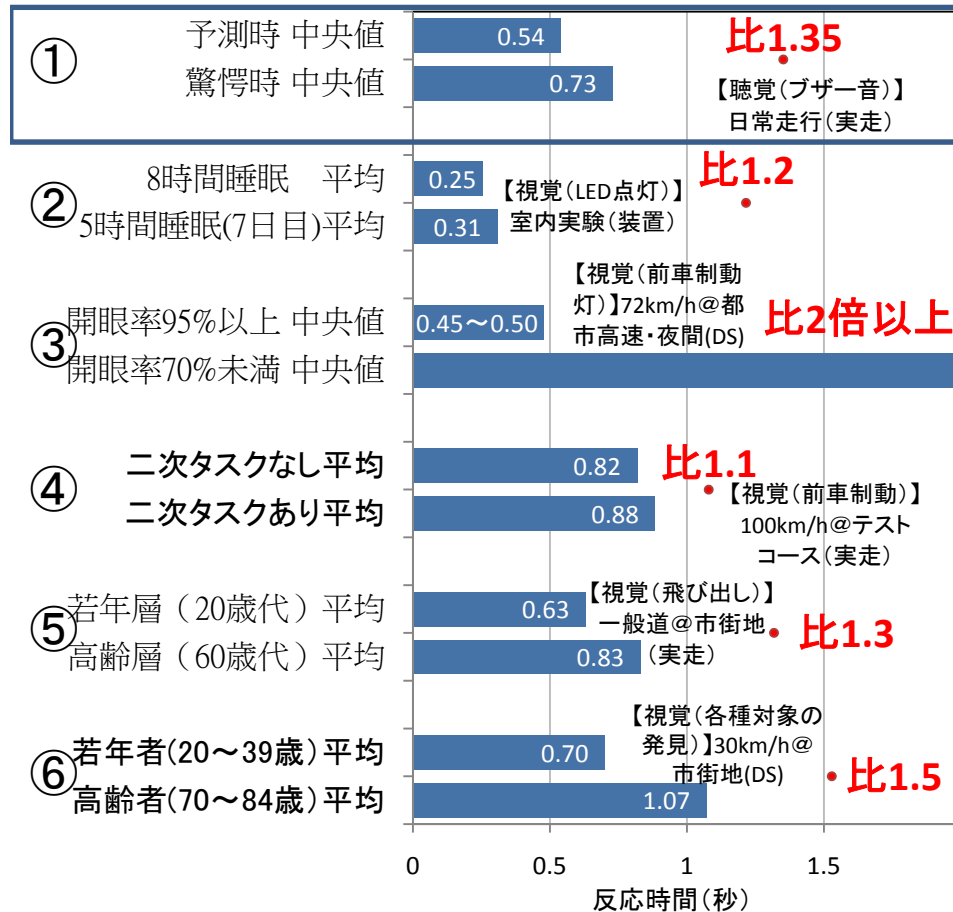
驚愕時の数ケースで
反応時間2秒を超える

出典) Johansson G. and Rumar.K's, "Driver's Brake Reaction Times", Human Factors, vol.13, No.1, 23-27, 1971.

4. 人の反応時間

4-3 人の状態による反応時間の変化 ①

各種文献(抜粋)による反応時間の変化



①

②

③

④

⑤

⑥

● 予測時と驚愕時の反応時間の違い

- ・ブザー音を合図にブレーキを踏む実験
- ・被験者5人(運転歴7年以上、25~35歳4名、50歳代1名)
- ・日常の自動車使用時に実験。しばしば1時間以上走行の場合あり、実験間隔時々1週間以上の場合あり(実車)

TABLE 1

Table1 5名による驚愕時と予測時の空走時間

(注1 驚愕時(s)、予測時(a)それぞれにおける被験者5名のブレーキ反応時間計測値)

Situation	n		Median		Range	
	s	a	s	a	s	a
Subject			驚愕時(s) - 予測時(a)			
A	10	10	.85	.6	.7-1.1	.5-.7
B	10	10	.6	.5	.6-1.0	.5-.8
C	10	10	.9	.55	.7-1.0	.5-.8
D	10	10	.7	.55	.6-.7	.5-.6
E	10	10	.6	.5	.5-.9	.4-.6
Total (M)	5	5	.73	.54	.5-1.1	.4-.8

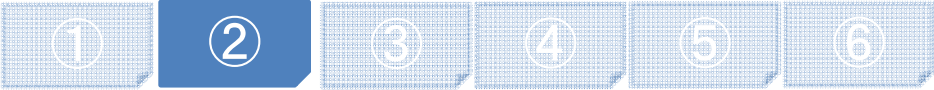
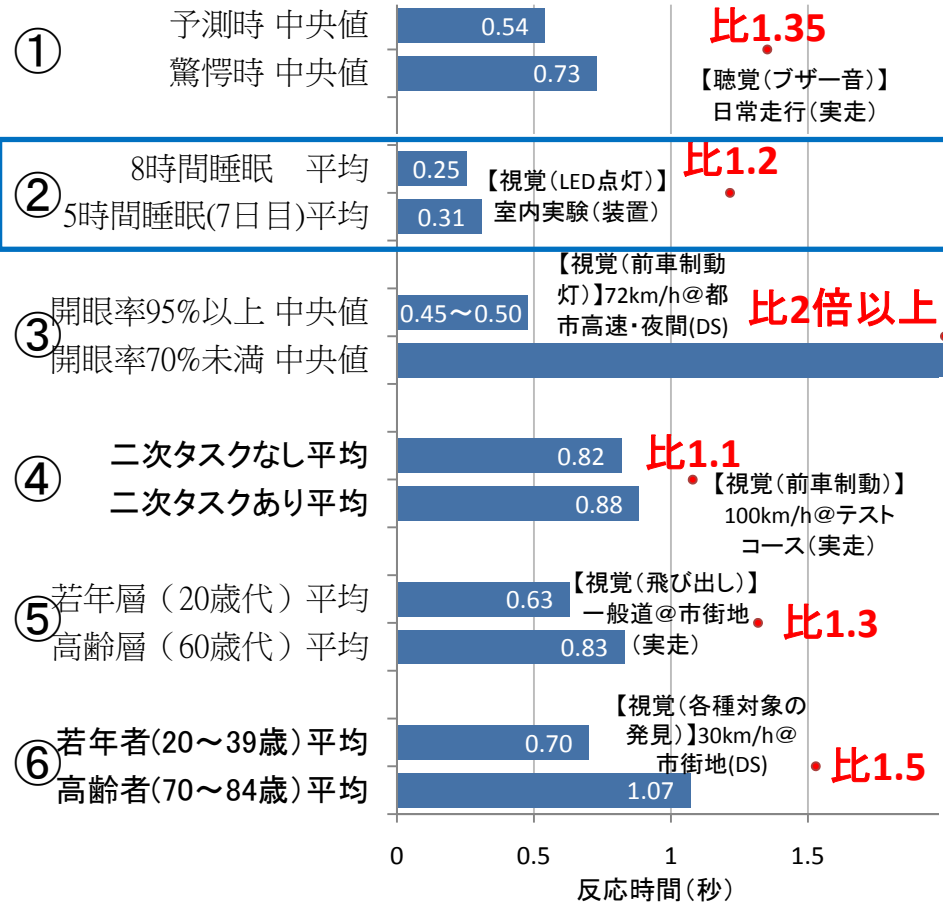
出典) Johansson G. and Rumar.K's, "Driver's Brake Reaction Times", Human Factors, vol.13, No.1, 23-27, 1971.

$$\text{予測時と驚愕時の反応時間比は } \frac{0.73}{0.54} = 1.35$$

4. 人の反応時間

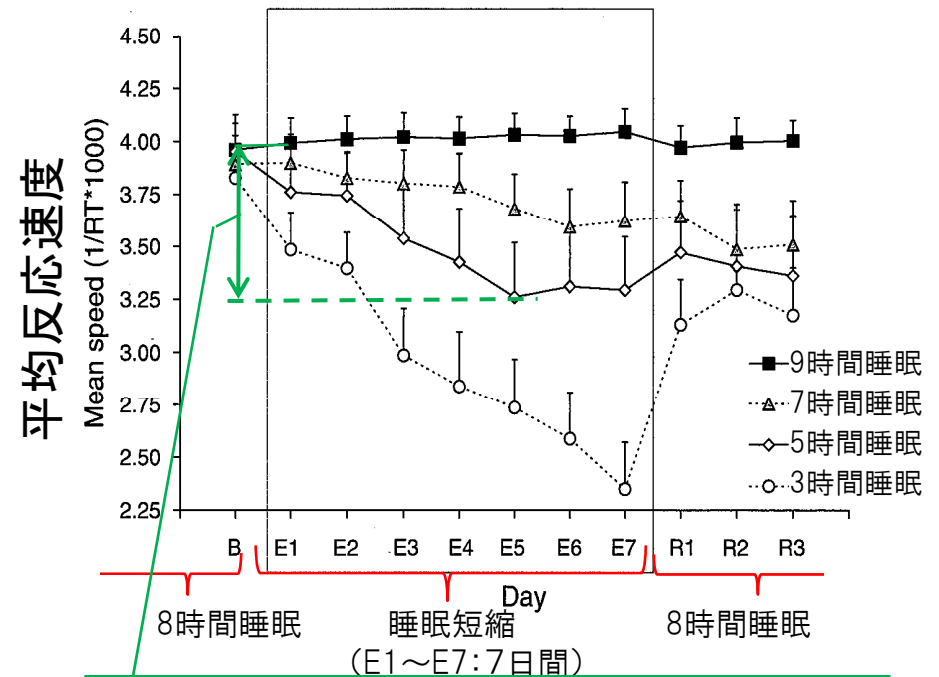
4-3 人の状態による反応時間の変化 ②

各種文献(抜粋)による反応時間の変化



●睡眠時間の短縮による反応速度の低下

・一日8時間睡眠の被験者に、睡眠時間の短縮を課した



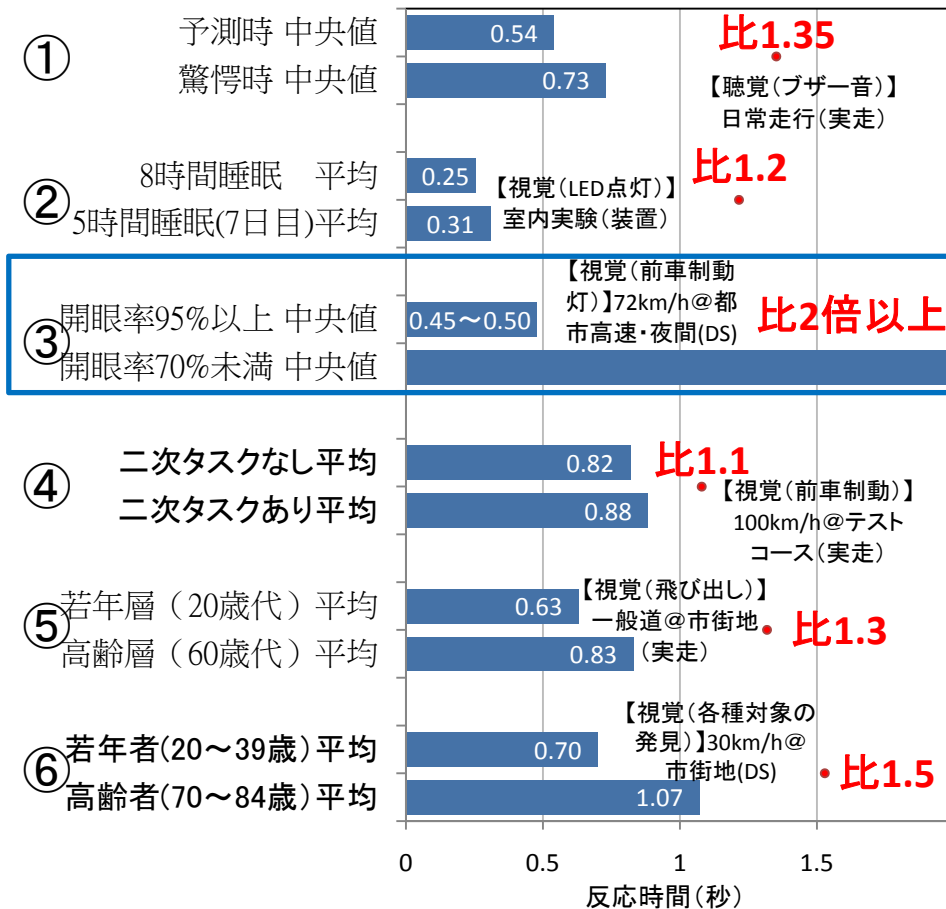
5時間睡眠5日目で、反応時間は約8割に
⇒反応時間約1.2倍

出典) G.Belenky・N.J.Wesensten・D.R.Thorne・M.L.Thomas・H.C.Sing・D.P.Redmond・M.B.Russo and Thomas J.Balkin, "Patterns of performance degradation and restoration during sleep restriction and subsequent recovery: a sleep dose-response study", Journal Sleep

4. 人の反応時間

4-3 人の状態による反応時間の変化 ③

各種文献(抜粋)による反応時間の変化



●覚醒度による違い

- ・覚醒時の瞼(まぶた)の開き具合に対する任意時点におけるその具合の割合を開眼率と定義
- ・都市高速を想定した夜間・追従走行(72km/h、車間約20m)時のドライビングシュミレータによる実験(被験者1名)
- ・前日徹夜や完全覚醒など15セッション計300試行)
- ・全試行の平均反応時間は1.269秒

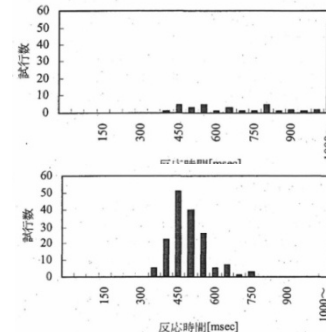


図12 開眼率95%以上のときの反応時間の分布

開眼率が70%未満のとき、反応時間1秒以上が62.7%を占め、分布は大きくばらついた。

開眼率95%を超えると、反応時間0.40~0.45秒をピーク(31.9%)に、最大で0.75秒を超えなかった。

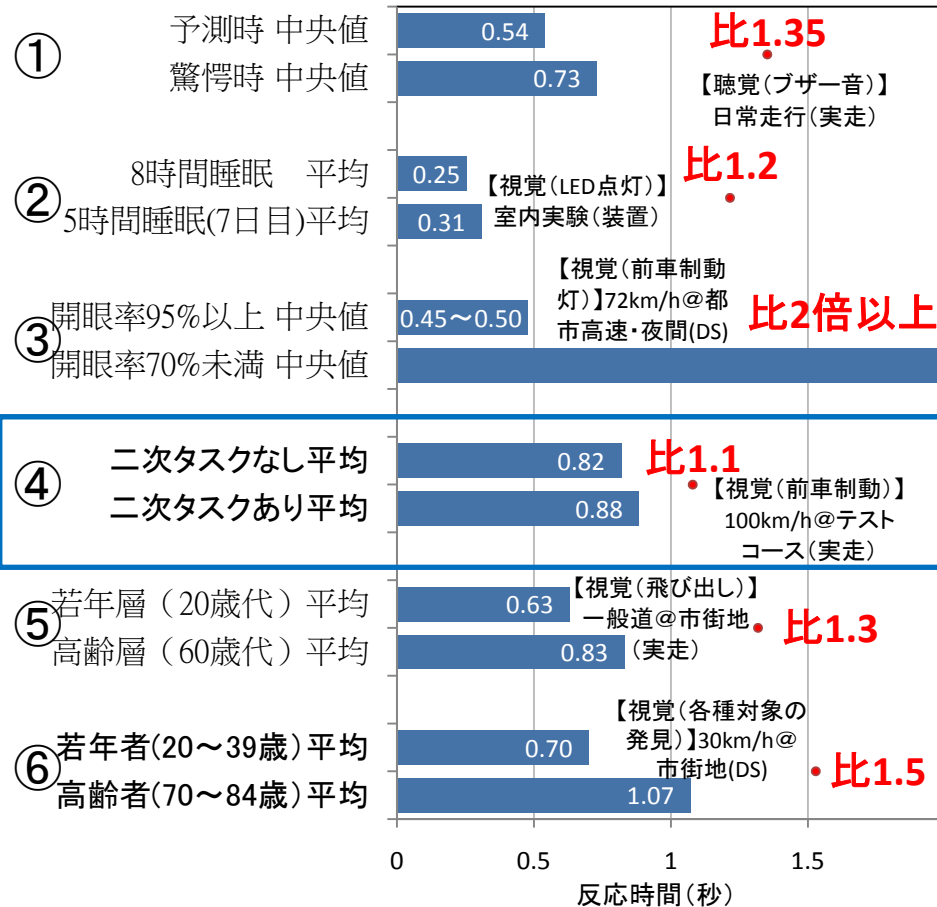
- ・開眼率が70%未満の時(著しく覚醒していない時)、開眼率が95%を超える時(覚醒している時)と比較すると、50%を超えるケースで、反応時間が2倍以上

出典) 吉岡・松木・森・植草, “自動車運転中の覚醒状態と反応時間に関する基礎研究”, (社)電子情報通信学会, 信学技報, 2007-12, 131-136, 2007.

4. 人の反応時間

4-3 人の状態による反応時間の変化 ④

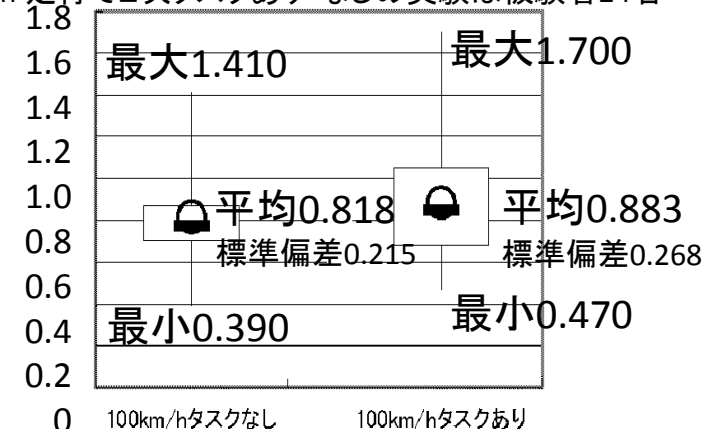
各種文献(抜粋)による反応時間の変化



① ② ③ ④ ⑤ ⑥

●二次タスク有無(ながら運転)【視覚反応】

- ・テストコース上に2台の自動車を並走させ、追従走行を再現。
- ・運転中の別作業(二次タスク)有無別に反応時間を測定した。二次タスクの方法は、フロント窓に貼った2つのランプのいずれかが点灯したら右親指にはめたスイッチを押下するもの
- ・100km/h 走行で2次タスクあり・なしの実験は被験者24名



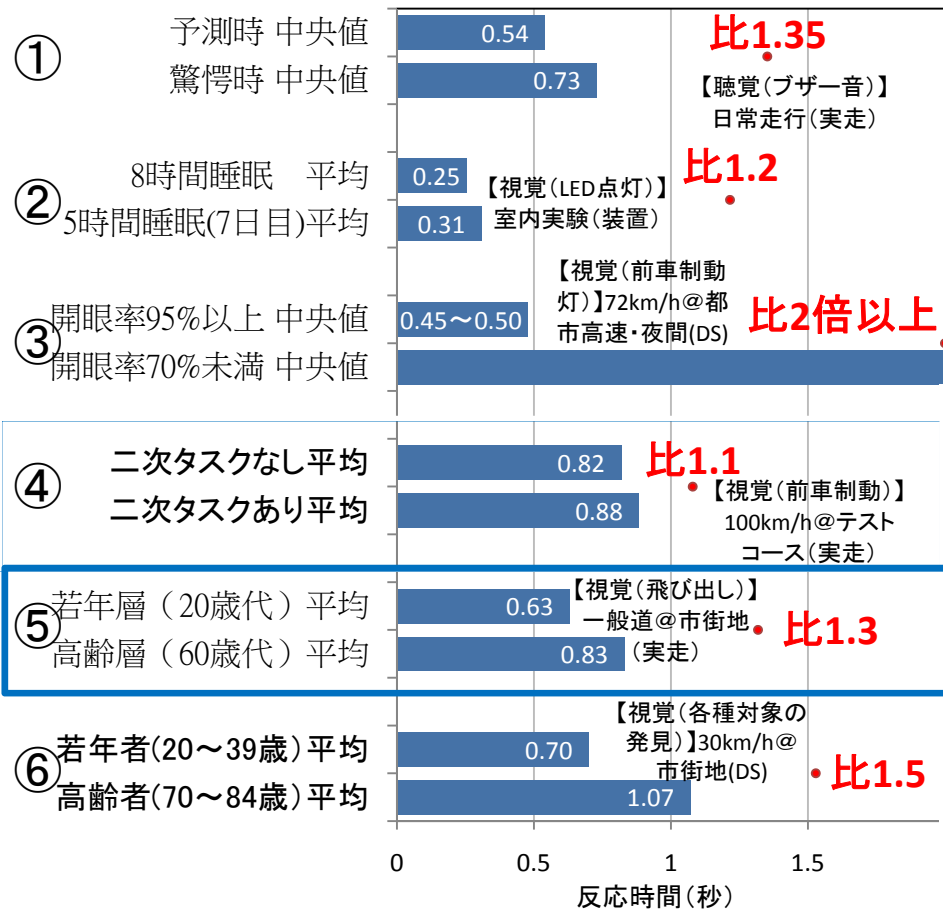
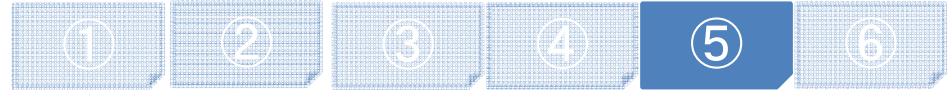
出典)「適正な車間距離のあり方に関する調査研究」(平成19年3月 自動車安全運転センター)

- ・100km/h走行時の空走時間(運転者のブレーキ反応時間)の平均値は、二次タスクなしで0.818秒、二次タスクありで0.883秒だった。
- ・二次タスクあり・なしの反応時間平均値の比は、1.1(=0.883/0.818)だった。

4. 人の反応時間

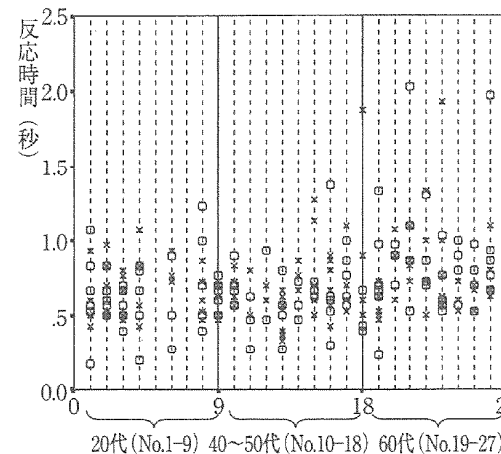
4-3 人の状態による反応時間の変化 ⑤

各種文献(抜粋)による反応時間の変化



●加齢によるブレーキ反応時間(1)【視覚反応】

- ・市街地の一般道を走行中に、追従走行の制動灯、追従走行又は単独走行で人の飛び出しに対するブレーキ反応時間を測定
- ・若年層(20歳代)~高齢層(60歳代)で比較(被験者計25名)



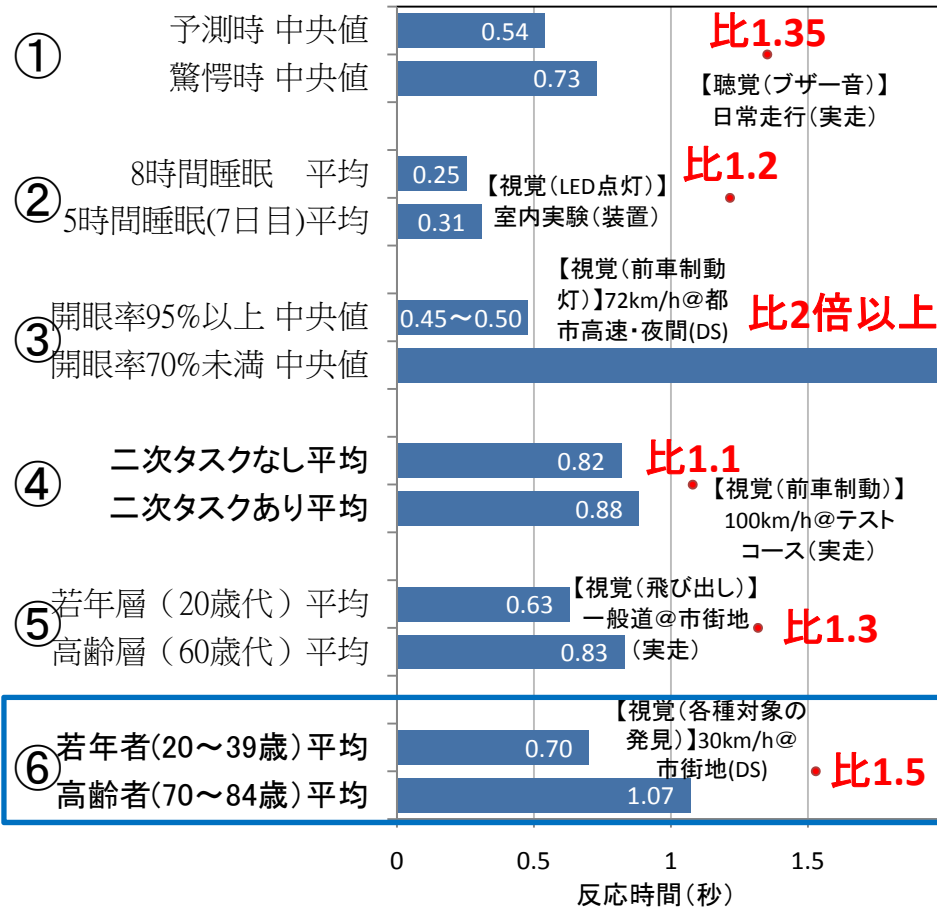
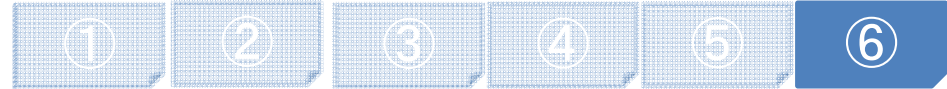
出典) 牧下、松永：自動車運転中の突然の危険に対する制動反応の時間，人間工学，Vol. 38，No. 6，2002

高齢層の反応時間は、単独走行の飛び出し実験で、他の年齢層に比べて有意差が認められた(若年層(20歳代)との比は1.3)が、他では年齢層による差は見出されなかった。

4. 人の反応時間

4-3 人の状態による反応時間の変化 ⑥

各種文献(抜粋)による反応時間の変化



●加齢によるブレーキ反応時間(2)【視覚反応】

- ・ドライビング・シュミレータを用い、30km/h走行で、順次表示される13の対象物を発見した時点でアクセルを離す反応時間を測定
- ・被験者は、若年者(20~39歳、25名)、高齢者(70~84歳、47名)

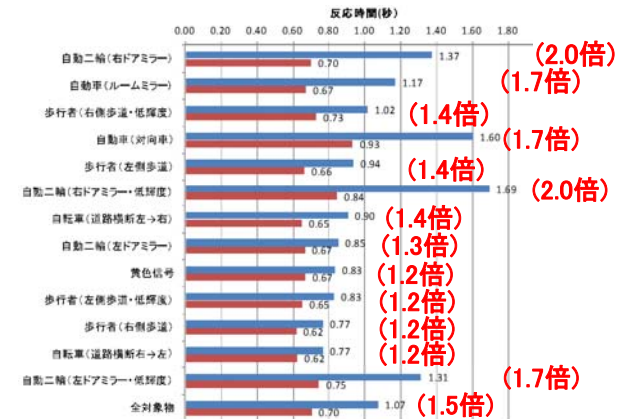


図 高齢者・若年者別の視野検査結果<対象物別の反応時間>

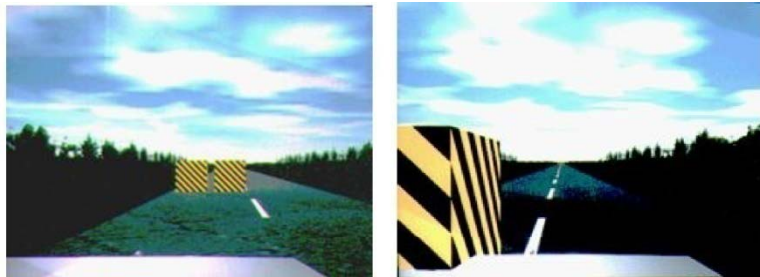
出典)「講習予備検査等の検証改善と高齢運転者の安全運転継続のための実験の実施に関する調査研究Ⅱ」(平成24年3月 自動車安全運転センター)

- **高齢者の反応時間は、若年者と比べて、1.2~2.0倍の範囲にあった。**
- **高齢者の平均反応速度は若年者の1.4倍(高齢者 1.05/若年者 0.75)**

4. 人の反応時間

4-4 ハンドル操作による回避

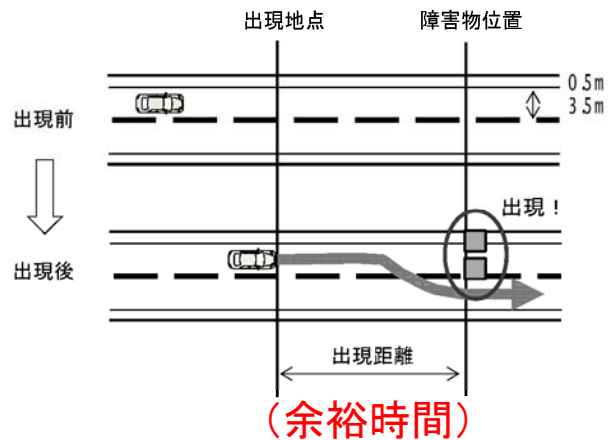
- ブレーキをかけずハンドル操作のみで障害物を回避する実験では、障害物出現から障害物までの余裕時間が2秒を下回ると、障害物に衝突する被験者が必ず現れた。



(a)障害物手前30m

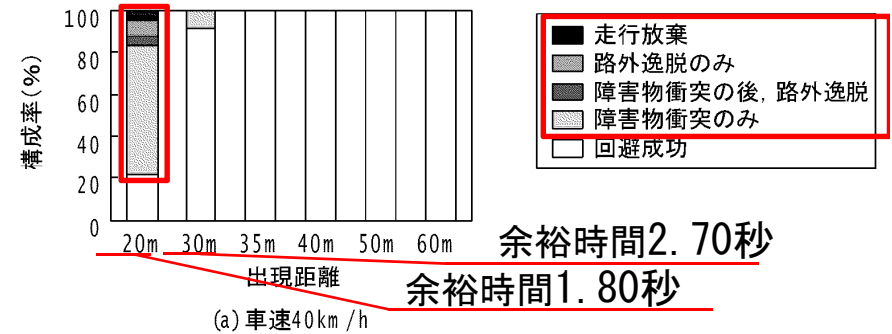
(b)衝突時

図 4-1 ドライビングシミュレータにおける前方風景例

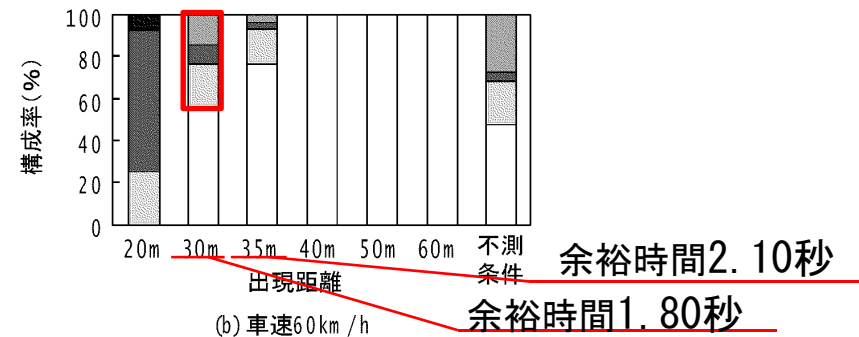


(余裕時間)

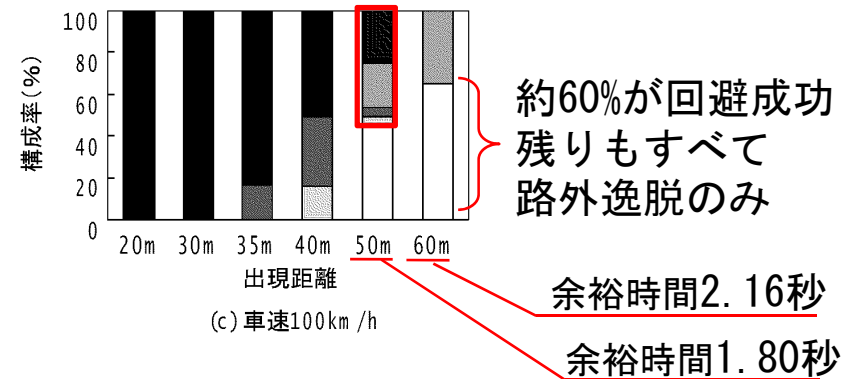
出典：宇野宏「運転者の通常時ならびに緊急時の行動特性に関する研究」2010年



(a) 車速40km/h



(b) 車速60km/h



(c) 車速100km/h

図 4-3 回避成否の構成率

1. 調査研究の概要
2. 高速道路における車両間隔の実態
3. 車間保持の必要性
4. 人の反応時間
- 5. 車両の減速度**
6. 今後の予定

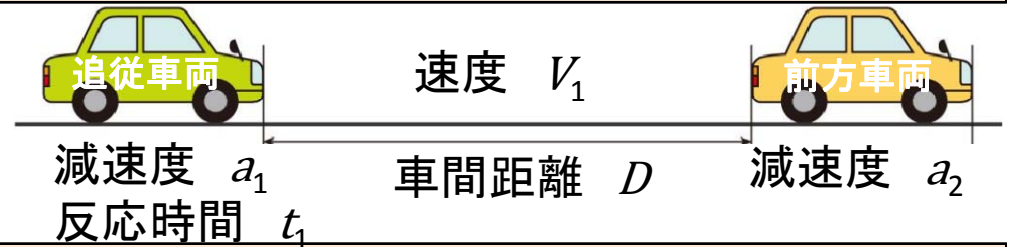
5. 車両の減速度

5-1 ブレーキによる車両の制動停止と減速度

追突回避の条件： 前方車両の制動距離 + 車間距離 > 追従車両の空走距離 + 追従車両の制動距離

$$\frac{D}{V_1} > t_1 + \frac{V_1}{2} \left(\frac{1}{a_1} - \frac{1}{a_2} \right) \quad (\text{式1})$$

$\frac{D}{V_1}$: 車間時間
 t_1 : 反応時間 (人に関する項)
 $\frac{V_1}{2} \left(\frac{1}{a_1} - \frac{1}{a_2} \right)$: 減速時間差 (車両に関する項)

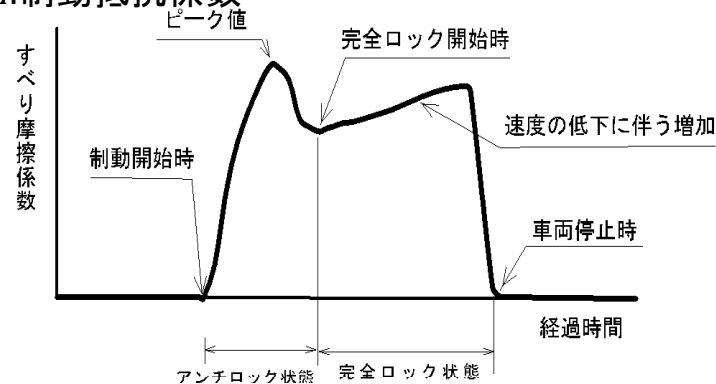


ブレーキによる減速度

$$\frac{dv}{dt} = \frac{g}{1+\varepsilon} \left(\mu + f + \frac{\lambda S}{W} v^2 \right) \quad (\text{式2})$$

v : 自動車の走行速度
 g : 重力の加速度
 ε : 加速抵抗比
 μ : ころがり摩擦係数
 f : 制動抵抗係数
 λ : 空気抵抗係数
 S : 自動車の投影面積
 W : タイヤにかかる重量
 ν : 機関抵抗係数

- ブレーキは運転者が自由に調節できる
 - 急制動時にロック状態になる場合がある
- ⇒ 各種パラメータを仮定して
減速度を計算してもあまり意味がない



制動時のすべり摩擦係数の変動イメージ図

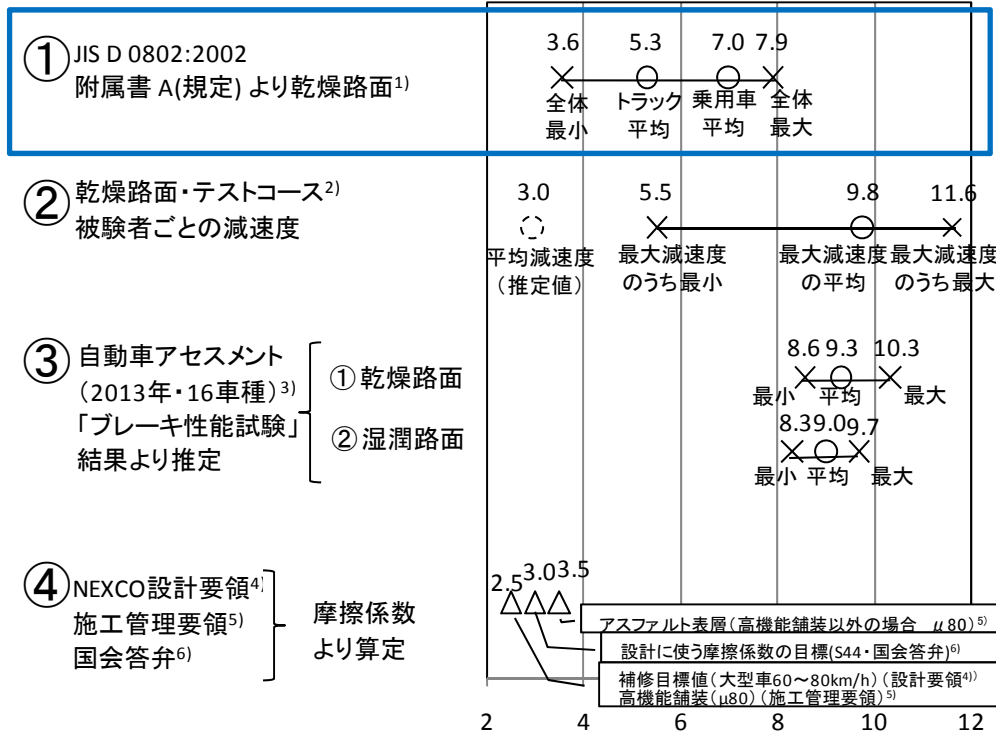
(安藤・倉持・寺田: “アンチロック状態などを考慮した制動停止距離”, 土木技術資料51-10, p.52-55, 土研センター, 2009.)

制動して停止するまでの
減速度で検討

5. 車両の減速度

5-2 ブレーキによる制動停止までの減速度 ①

各種文献(抜粋)による自動車の減速度



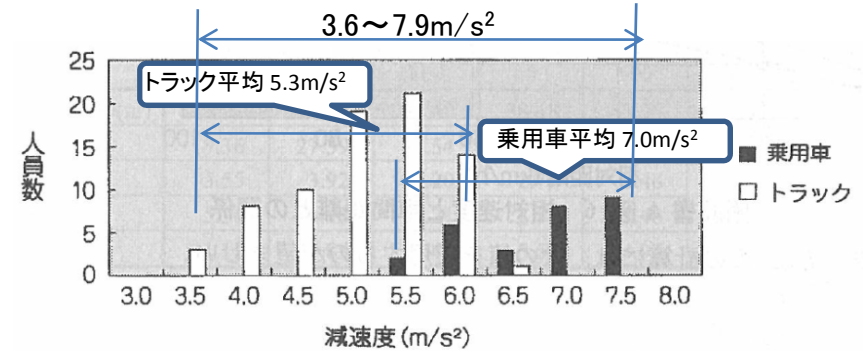
JIS D 0802:2002

附属書 A(規定)より乾燥路面¹⁾

A.3.2 減速度a

減速度aとして、乾燥した平坦な道路で行った緊急ブレーキ性能評価を示す。減速度試験の結果、測定値は3.6~7.9m/s²に収まっており、乗用車の平均値は7.0m/s²、トラックの平均値は5.3m/s²である。

測定値は、車種、積載量、運転者反応特性などによって広範囲に分布している。



附属書 A 図 3 減速度 a の分布

- 1) JIS D 0802:2002 附属書 A(規定) A.3.2 減速度a
- 2) 「運転環境が運転行動に与える影響に関する調査研究(実験編)」(平成14年3月自動車安全運転センター)減速度
- 3) 自動車アセスメント(自動車事故対策機構)「ブレーキ性能試験」の結果(16車種、2013年)
- 4) 設計要領第1集舗装編(平成27年7月東・中・西日本高速道路株)9-2-4評価
- 5) 舗装施工管理要領(平成27年7月東・中・西日本高速道路株)p.29-35
- 6) 1969(昭和44)年6月6日衆議院・建設委員会議録 政府参考人答弁より

5. 車両の減速度

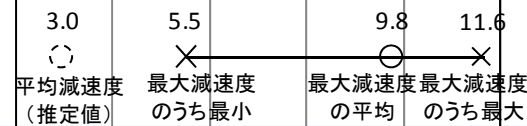
5-2 ブレーキによる制動停止までの減速度 ②

各種文献(抜粋)による自動車の減速度

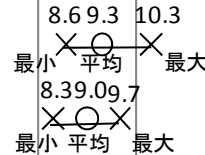
① JIS D 0802:2002
附属書 A(規定)より乾燥路面¹⁾



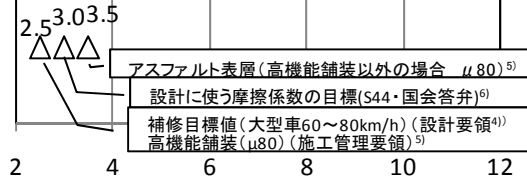
② 乾燥路面・テストコース²⁾
被験者ごとの減速度



③ 自動車アセスメント
(2013年・16車種)³⁾
「ブレーキ性能試験」
結果より推定



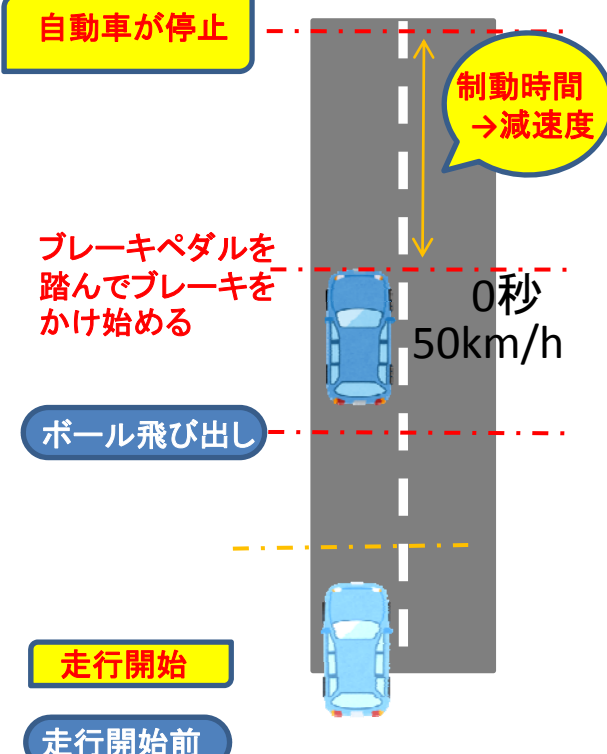
④ NEXCO設計要領⁴⁾
施工管理要領⁵⁾
国会答弁⁶⁾



- 1) JIS D 0802:2002 附属書 A(規定) A.3.2 減速度a
- 2) 「運転環境が運転行動に与える影響に関する調査研究(実験編)」
(平成14年3月自動車安全運転センター)減速度
- 3) 自動車アセスメント(自動車事故対策機構)「ブレーキ性能試験」の結果
(16車種、2013年)
- 4) 設計要領第1集舗装編(平成27年7月東・中・西日本高速道路株)9-2-4評価
- 5) 舗装施工管理要領(平成27年7月東・中・西日本高速道路株)p.29-35
- 6) 1969(昭和44)年6月6日衆議院・建設委員会議録 政府参考人答弁より



「ボールの飛び出し」を機にブレーキを踏む
単独走行実験(被験者15人)
@テストコース50km/h(実車)²⁾



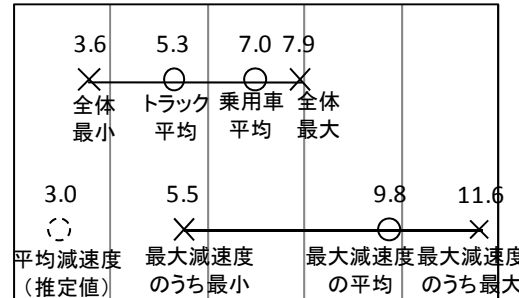
被験者15人の減速度(路面乾燥時)は、
最大値の平均 9.8m/s^2 、
制動開始から停止までの平均 3.0m/s^2 (推定)

5. 車両の減速度

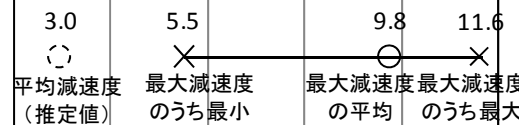
5-2 ブレーキによる制動停止までの減速度 ③

各種文献(抜粋)による自動車の減速度

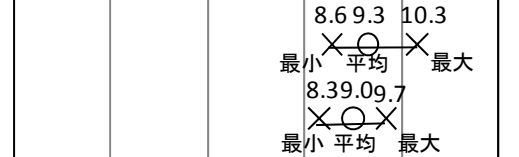
① JIS D 0802:2002
附属書 A(規定)より乾燥路面¹⁾



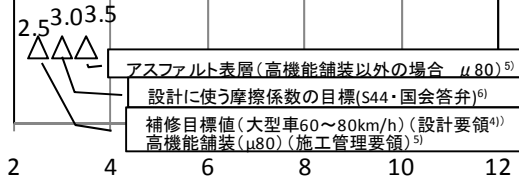
② 乾燥路面・テストコース²⁾
被験者ごとの減速度



③ 自動車アセスメント
(2013年・16車種)³⁾
「ブレーキ性能試験」
結果より推定

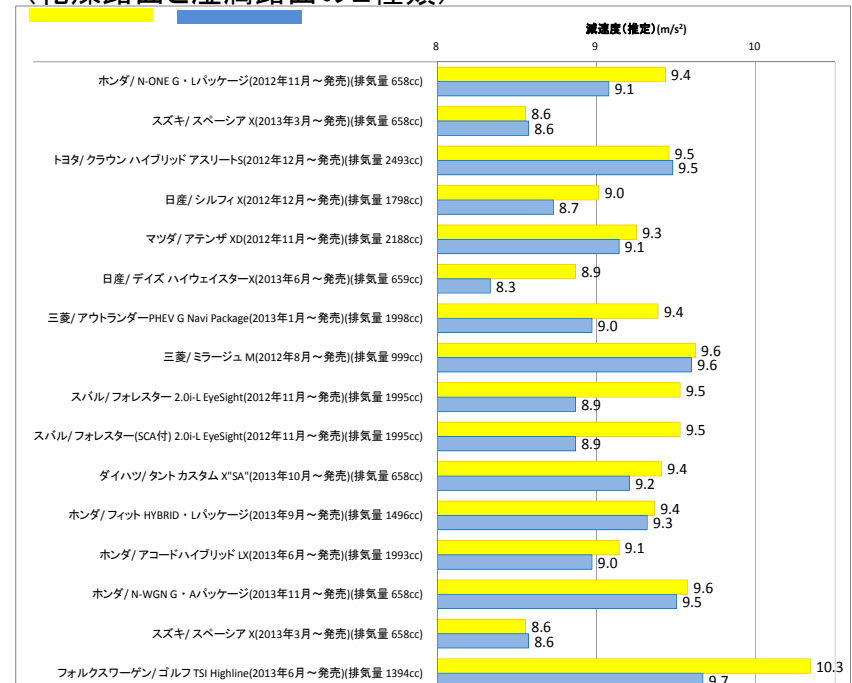


④ NEXCO設計要領⁴⁾
施工管理要領⁵⁾
国会答弁⁶⁾



- 1) JIS D 0802:2002 附属書 A(規定) A.3.2 減速度a
- 2) 「運転環境が運転行動に与える影響に関する調査研究(実験編)」
(平成14年3月自動車安全運転センター)減速度
- 3) 自動車アセスメント(自動車事故対策機構)「ブレーキ性能試験」の結果
(16車種、2013年)
- 4) 設計要領第1集舗装編(平成27年7月東・中・西日本高速道路(株))9-2-4評価
- 5) 舗装施工管理要領(平成27年7月東・中・西日本高速道路(株))p.29-35
- 6) 1969(昭和44)年6月6日衆議院・建設委員会議録 政府参考人答弁より

自動車アセスメント(自動車事故対策機構) 「ブレーキ性能試験」(2013年)³⁾ 2人乗車・100km/hからの停止距離より算出(推定) (乾燥路面と湿潤路面の2種類)



16車種の減速度は、100km/hから制動停止した距離より推定したところ、
路面乾燥時で平均 9.3m/s²、
路面湿潤時で平均9.0m/s²

5. 車両の減速度

5-2 ブレーキによる制動停止までの減速度 ④

各種文献(抜粋)による自動車の減速度

① JIS D 0802:2002
附属書 A(規定)より乾燥路面¹⁾

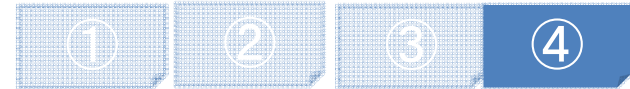
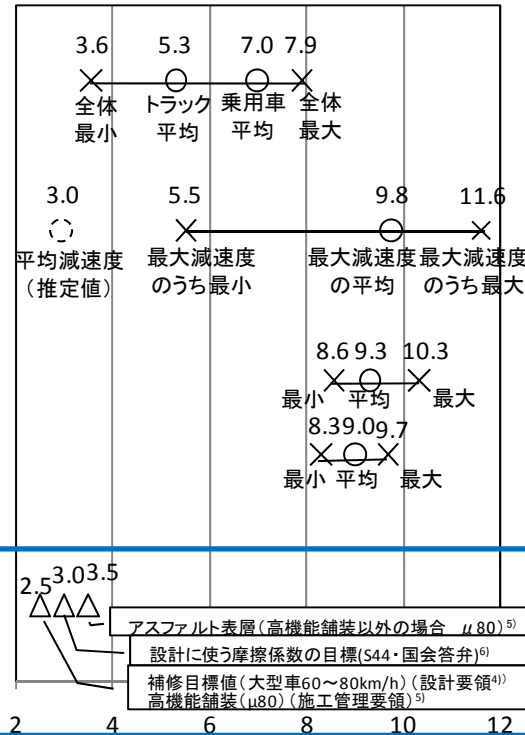
② 乾燥路面・テストコース²⁾
被験者ごとの減速度

③ 自動車アセスメント
(2013年・16車種)³⁾
「ブレーキ性能試験」
結果より推定

① 乾燥路面
② 湿潤路面

④ NEXCO設計要領⁴⁾
施工管理要領⁵⁾
国会答弁⁶⁾

摩擦係数
より算定



舗装施工管理要領(平成27年7月 NEXCO)⁵⁾

出来形基準(表層工、基層工、中間層工および橋梁レベリング層工)

すべり抵抗値の測定(表層工舗設後) 注(2)	高機能舗装の場合	μ 80	0.25以上
	高機能舗装以外の場合	μ 80	0.35以上

(試験法222) 5点/km

注(2) 監督員が測定する。

設計要領 第一集 舗装編(平成27年7月 NEXCO)⁴⁾

表9-3「補修目標値」より抜粋
すべり摩擦係数(μV): 0.25

すべり摩擦係数の評価に当たっては、大型車の法定速度60~80km/hにおけるすべり摩擦係数(μV)で行う。

昭和44年6月6日衆議院・建設委員会議録 政府参考人答弁より⁶⁾

われわれの道路全体の設計に使っております摩擦係数の数字は、大体百キロで〇・三くらいのもを目標にしまして…

1) JIS D 0802:2002 附属書 A(規定) A.3.2 減速度a
2) 「運転環境が運転行動に与える影響に関する調査研究(実験編)」(平成14年3月自動車安全運転センター)減速度
3) 自動車アセスメント(自動車事故対策機構)「ブレーキ性能試験」の結果(16車種、2013年)
4) 設計要領第1集舗装編(平成27年7月東・中・西日本高速道路株)9-2-4評価
5) 舗装施工管理要領(平成27年7月東・中・西日本高速道路株)p.29-35
6) 1969(昭和44)年6月6日衆議院・建設委員会議録 政府参考人答弁より

6. 今後の予定

引き続き、高速道路を走行する自動車の間隔(車両間隔)に関する知見を収集・整理し、高速道路において自動車が確保すべき車両間隔について、知見のまとめと表現の仕方を検討し、適正と考えられる車両間隔を提示した報告書を取りまとめる

ご清聴ありがとうございました。

(公財)高速道路調査会ウェブサイト

<http://www.express-highway.or.jp/>

ホーム> 事業内容 > 調査研究事業 > 平成27年度 専門研究委員会