自動運転車普及までと普及後の人の運転事故防止対策

第１５回ITSシンポジウム（2017）

基調講演

一般社団法人安全運転推進協会代表理事
九州大学名誉教授
松　永　勝　也

内　容

1. 自動運転システム車普及後でも人が
   自動車を運転せざるを得ない状況は存在
2. 安全運転の考え方
3. 運転者への安全運転指導管理の必要性
4. 安全運転指導管理システム例の紹介

自動運転車の問題点とその解決

- 自動運転システム
  - 故障：無ではない。
  - 走路交差部分の障害物の発見能力：不十分
  - 人による自動運転システムの監視、支援が必要
  - 自動運転により、運転者の作業負荷が減少すると、運転者の脳の活動水準は低下（体力消費節減機構が働く）
  - 自動運転中（遠隔操縦による運転）に故障があった場合、それに気づくのに３～５秒以上を要した場合があった

（新幹線：運転作業の負荷を低減→システムの監視役（運転士）が居眠り状態となることが多かった→運転は基本的には運転士に行わせる（緊急事態や走行時間短縮のような場合のみ、機械システムが支援）

- 自動車の運転は、ある程度人に行わせ、人が不得意な作業・緊急事態で自動運転システムが運転を支援（追突防止、安全確認のための一時停止、安全確認先行習慣の形成）
- 自動運転システム車：
  - 完全に管理可能な環境（自動車専用道路、自動車レーン）での使用となるであろう。

人が運転する場合の安全運転の考え方例（既発表論文からの抜き書き）

安全運転とは：

・速度規制の着実な実行
・安全運転は「危険でない」運転と定義（「危険でない」の定義は不明）
・適切な減速、後続車に配慮した減速、無理のない加減速、安全な車間距離（先行車が急減速した場合でも余裕を持って対応できる車間距離を維持できたか）（具体的な安全車間距離は不提示）
・安全運転＝注意力が欠かせない。運転に必要な情報の90%は視覚、視線の向きが重要
・安全運転を心がけている運転
・安全性の確認には視覚が重要（事故経験者と事故無経験者の視力の比較）
・危険予測運転（危険状況のパタンは無数にあり、予測できるか？）
・車から十分な距離を維持し、公示された制限内の速度での走行（十分な距離がどのようなものであるかについては不提示）
・事故による怪我または死亡がないこと（怪我や死亡が発生しない）

など。

問題点：具体性がない

一般人の安全運転観・運転者教育の問題点

一般的な考え方・意識：

・安全運転：道路交通法を守った運転、注意した運転

現実の状況：

- 制限速度で走行している運転者は多くはない（約20%）[1][2].
- 一時停止・安全確認を行っている運転者は少ない（約3-8%）[3]
- 注意しているつもりでも，気づくのが遅くなる場合がある[4]

意識と行動は異なっている人が多い.

これまでのような考え方と教育では，
運転事故の効果的防止は困難.

自動車運転事故類型の概要

多発事故の類型：

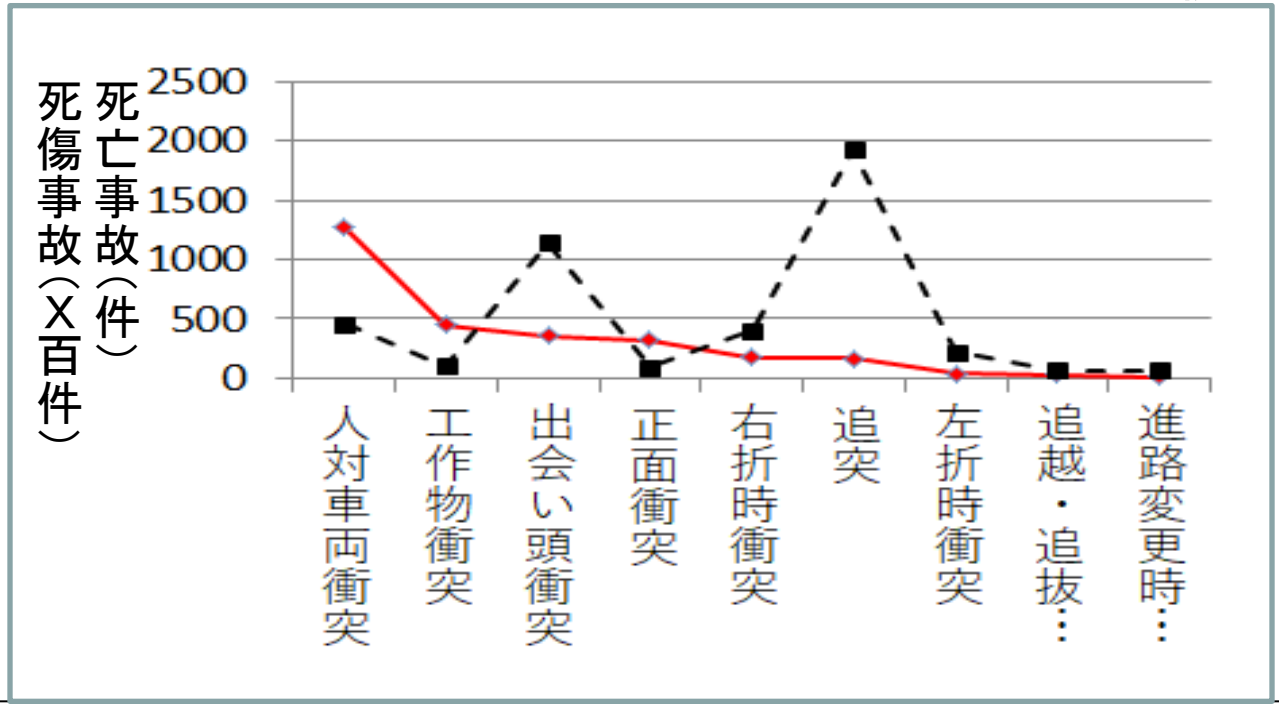
1．見通しのよいところでの衝突事故（追突）
2．道路交差部分での衝突事故（出会頭の衝突）
3．発進時･進路変更時（狭いところで）の衝突

発生要因：

・車間距離＜停止距離

事故防止法の概要
1．車間距離＞停止距離
2．停止状態での安全確認
3．安全確認後に運転操作

H27年事故統計[5]



死亡事故：歩行者との衝突+工作物との衝突+出会頭衝突+正面衝突＝60%
死傷事故：追突＋出会頭衝突＋人との衝突＋右折時衝突　　＝73%

自動車運転事故とは．．．

○事故＝故意ではない運転操作により
当該自動車、または、その対
象に損失が生じた場合をいう

○ほとんどの場合，
損失は衝突（一部、転落、転覆）により発生

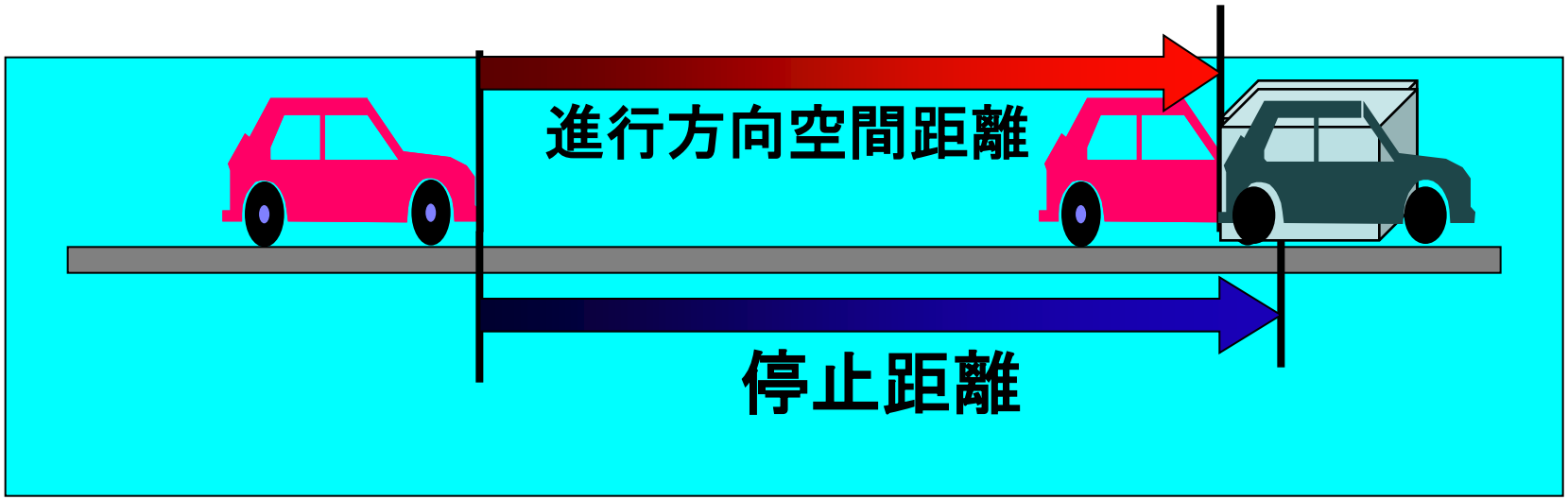
事故は衝突によって発生

衝突発生条件

進行方向空間距離＜停止距離

（車間距離）

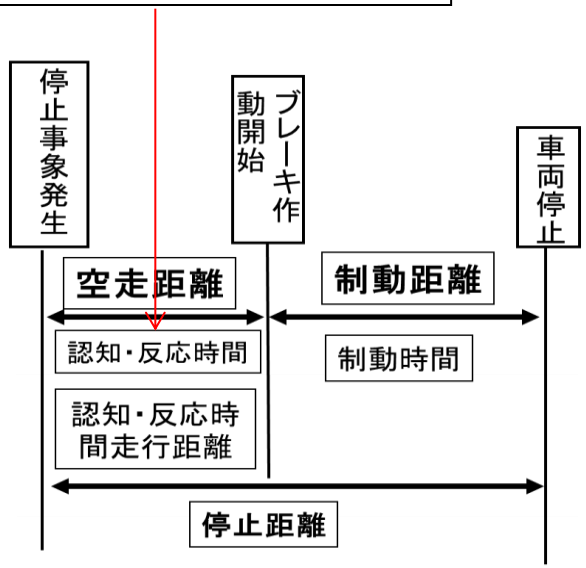
衝突発生



実車運転時のブレーキ反応時間

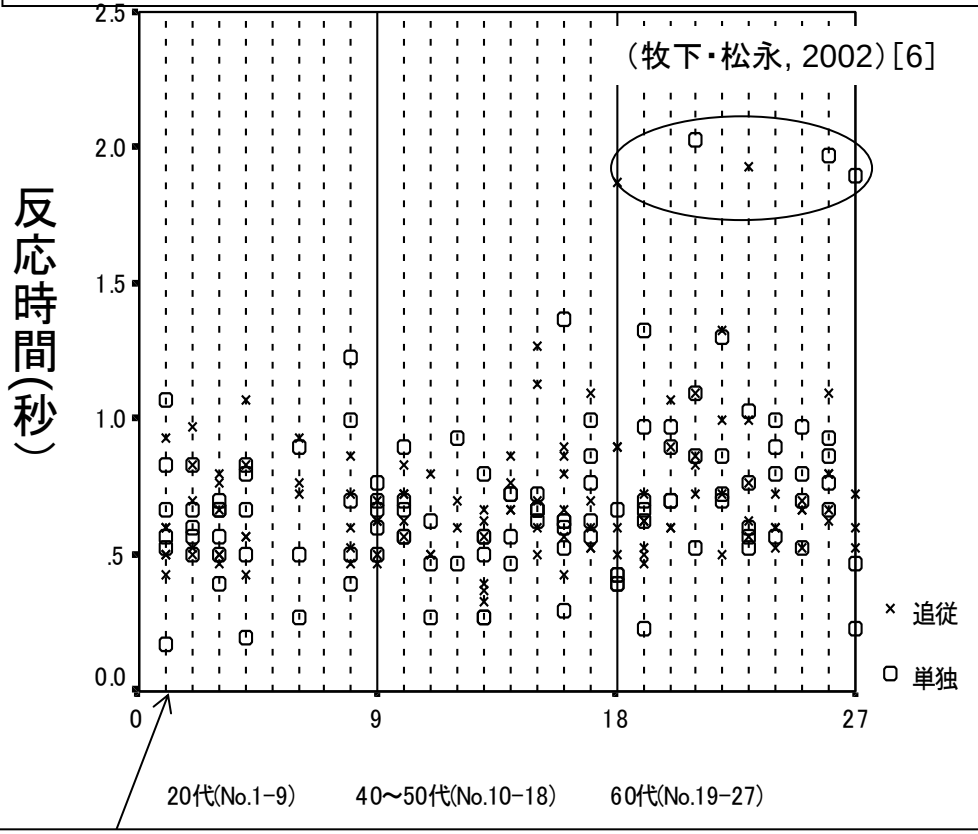
人の運転では、気をつけていても、ブレーキ反応時間は一定ではない

ブレーキ反応時間



停止距離＝空走距離＋制動距離

人の飛び出しに対してのブレーキ反応時間



1本の縦棒上の×□：1人分の数回の測定値

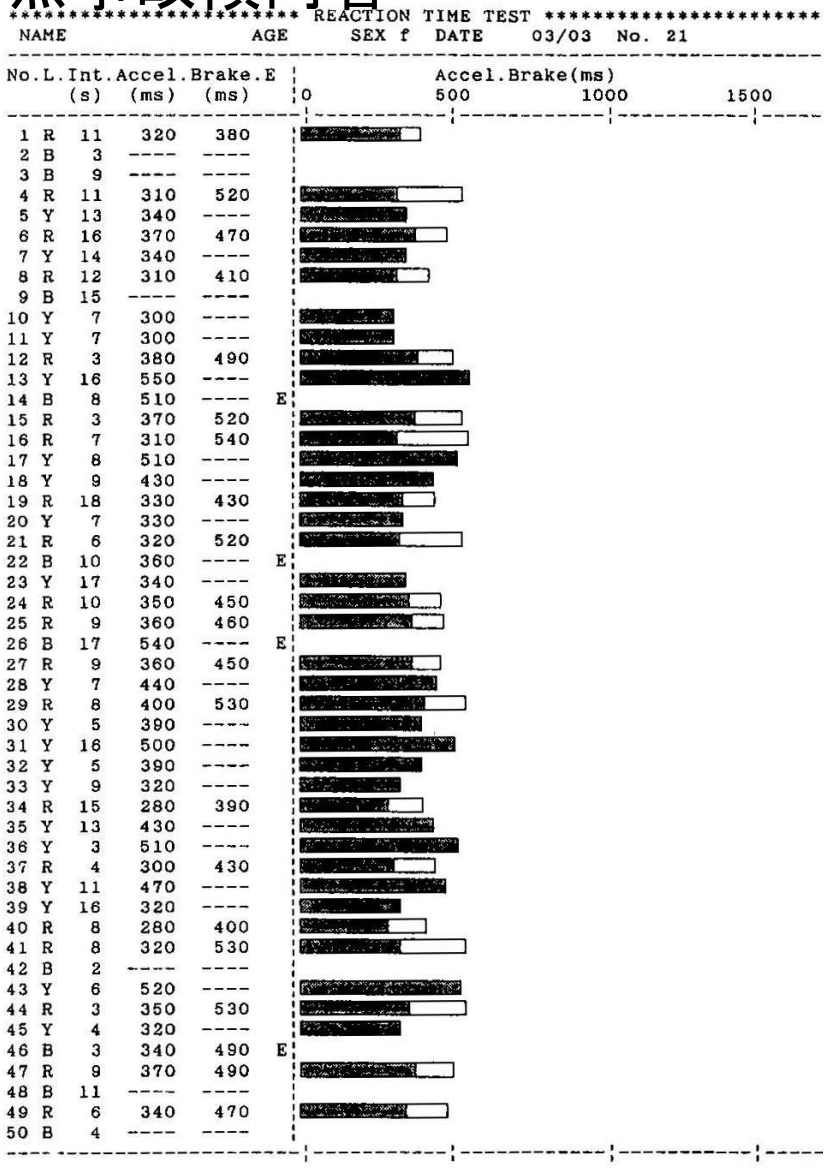
進行方向空間距離（車間距離）検出装置による制動：

ブレーキ反応時間≒0秒

認知・反応時間検査の結果例

（松永:交通事故防止の人間科学,ナカニシヤ出版,2006,p.18)）[7]

無事故傾向者

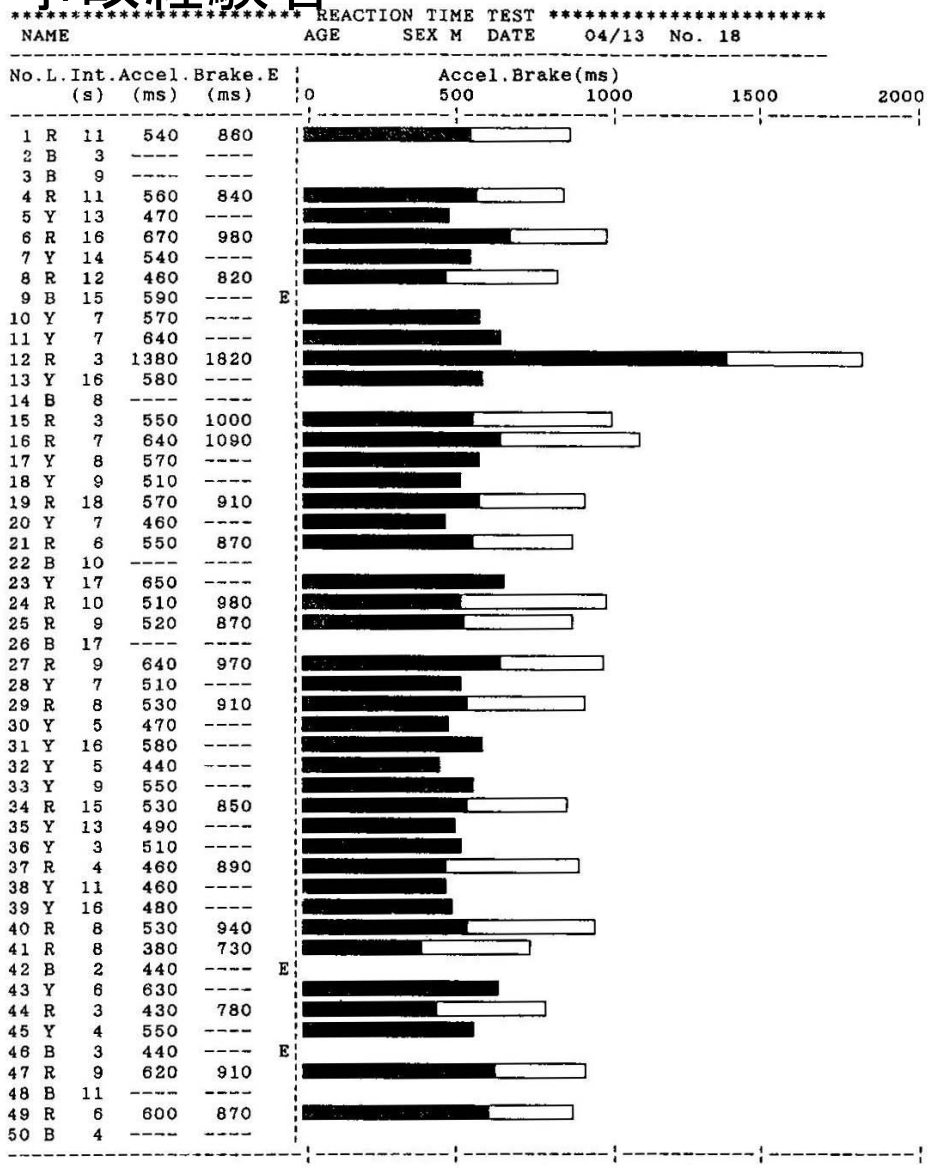


********** REACTION TIME TEST **********

NAME　　AGE　　SEX f　DATE　03/03　No. 21

No.	L.	Int.(s)	Accel.(ms)	Brake.(ms)	E	Accel.Brake(ms) 0–1500
1	R	11	320	380		
2	B	3	----	----		
3	B	9	----	----		
4	R	11	310	520		
5	Y	13	340	----		
6	R	16	370	470		
7	Y	14	340	----		
8	R	12	310	410		
9	B	15	----	----		
10	Y	7	300	----		
11	Y	7	300	----		
12	R	3	380	490		
13	Y	16	550	----		
14	B	8	510	----	E	
15	R	3	370	520		
16	R	7	310	540		
17	Y	8	510	----		
18	Y	9	430	----		
19	R	18	330	430		
20	Y	7	330	----		
21	R	6	320	520		
22	B	10	360	----	E	
23	Y	17	340	----		
24	R	10	350	450		
25	R	9	360	460		
26	B	17	540	----	E	
27	R	9	360	450		
28	Y	7	440	----		
29	R	8	400	530		
30	Y	5	390	----		
31	Y	16	500	----		
32	Y	5	390	----		
33	Y	9	320	----		
34	R	15	280	390		
35	Y	13	430	----		
36	Y	3	510	----		
37	R	4	300	430		
38	Y	11	470	----		
39	Y	16	320	----		
40	R	8	280	400		
41	R	8	320	530		
42	B	2	----	----		
43	Y	6	520	----		
44	R	3	350	530		
45	Y	4	320	----		
46	B	3	340	490	E	
47	R	9	370	490		
48	B	11	----	----		
49	R	6	340	470		
50	B	4	----	----		

事故経験者



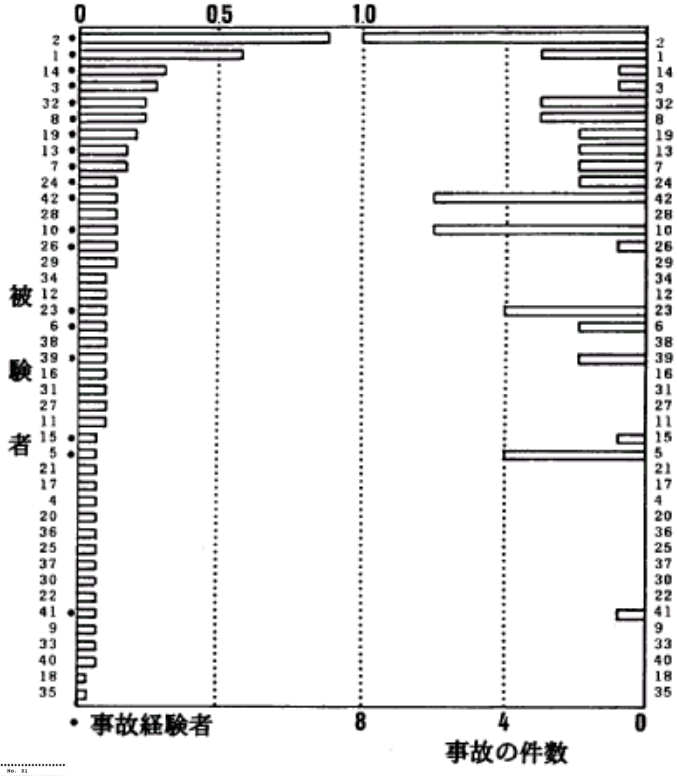
********** REACTION TIME TEST **********

NAME　　AGE　　SEX M　DATE　04/13　No. 18

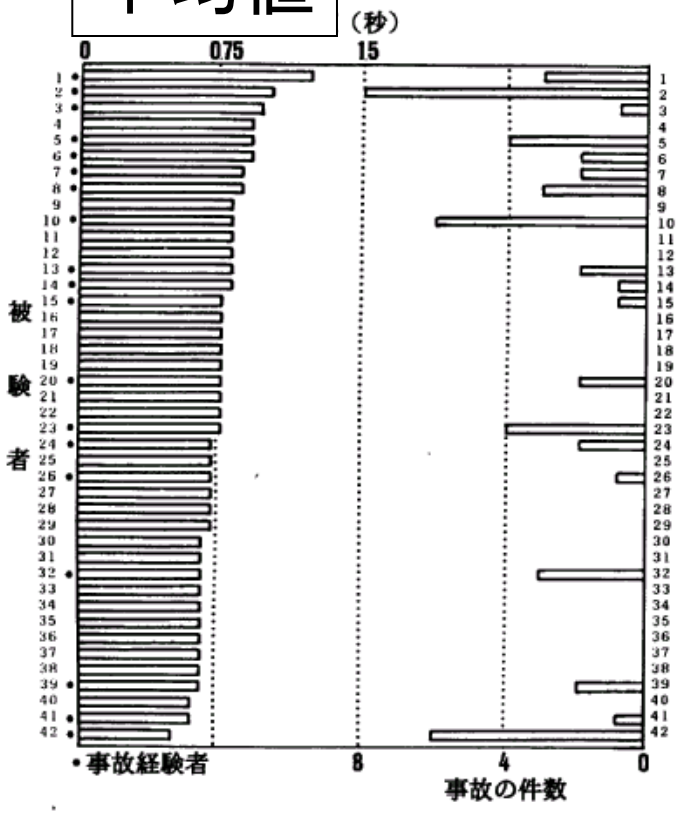
No.	L.	Int.(s)	Accel.(ms)	Brake.(ms)	E	Accel.Brake(ms) 0–2000
1	R	11	540	860		
2	B	3	----	----		
3	B	9	----	----		
4	R	11	560	840		
5	Y	13	470	----		
6	R	16	670	980		
7	Y	14	540	----		
8	R	12	460	820		
9	B	15	590	----	E	
10	Y	7	570	----		
11	Y	7	640	----		
12	R	3	1380	1820		
13	Y	16	580	----		
14	B	8	----	----		
15	R	3	550	1000		
16	R	7	640	1090		
17	Y	8	570	----		
18	Y	9	510	----		
19	R	18	570	910		
20	Y	7	460	----		
21	R	6	550	870		
22	B	10	----	----		
23	Y	17	650	----		
24	R	10	510	980		
25	R	9	520	870		
26	B	17	----	----		
27	R	9	640	970		
28	Y	7	510	----		
29	R	8	530	910		
30	Y	5	470	----		
31	Y	16	580	----		
32	Y	5	440	----		
33	Y	9	550	----		
34	R	15	530	850		
35	Y	13	490	----		
36	Y	3	510	----		
37	R	4	460	890		
38	Y	11	460	----		
39	Y	16	480	----		
40	R	8	530	940		
41	R	8	380	730		
42	B	2	440	----	E	
43	Y	6	630	----		
44	R	3	430	780		
45	Y	4	550	----		
46	B	3	440	----	E	
47	R	9	620	910		
48	B	11	----	----		
49	R	6	600	870		
50	B	4	----	----		

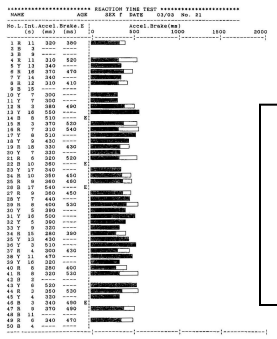
認知・反応時間の変動と事故件数

標準偏差（ばらつき）



平均値





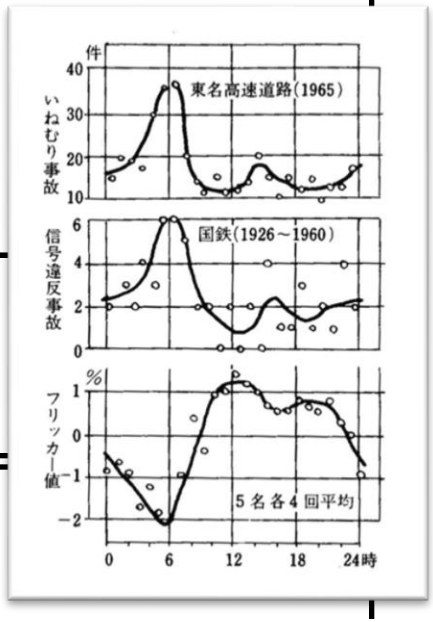
（松永:交通事故防止の人間科学.ナカニシヤ出版,2006,p.17）[7]

認知反応時間の変動要因
1）生理的要因、2）心理的要因、3）環境的要因

認知・反応時間の突発的延長要因（その１）
生理的要因

●人には覚醒水準の変動がある（バイオリズムなど）：

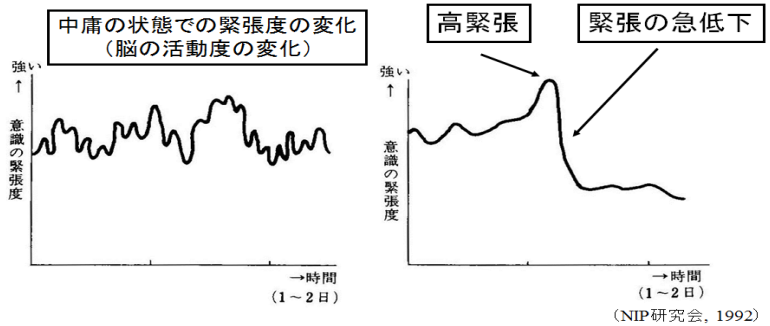
・原始社会では生存を有利にするメカニズム
（省体力のメカニズム）
・自動車社会では事故要因
・先天的であり，修正困難



●覚醒水準の突発的低下が発生
→認知・反応時間の突発的延長発生

・体力低下（病気・疲労状態・睡眠不足）
・薬物・アルコール服・飲用
・視覚機能低下

●覚醒水準の変動大



認知・反応時間の突発的な延長の要因（その3）
心理的要因

自己の生存継続上の障害が発生すると無意識に考え事をすることが多くなる

多重課題処理状況

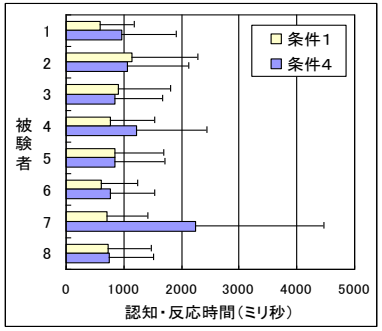
- 生存持続上の障害の発生
  - 競争的生存にかかわる障害発生
  - 共助的生存にかかわる障害発生
- 上記とかかわる性格的な問題
  - 不安定性，衝動性

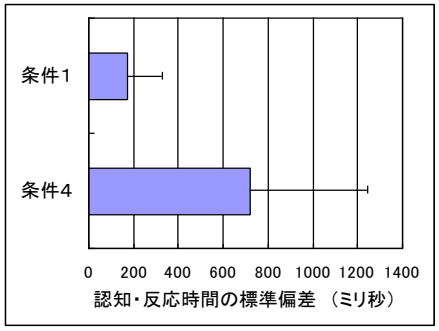
- 食糧問題
- 経済問題
- 健康問題

- 人間関係の問題（家庭，職場，地域）

運転中の認知・反応時間
条件1：運転のみ
条件4：電話使用

(Fuse etal,2001)[8]





認知・反応時間の突発的な延長の要因（その2）
環境的要因(夜や夕刻の見にくい状況要因)

・衝突可能性のある物体が見にくい状況

↑

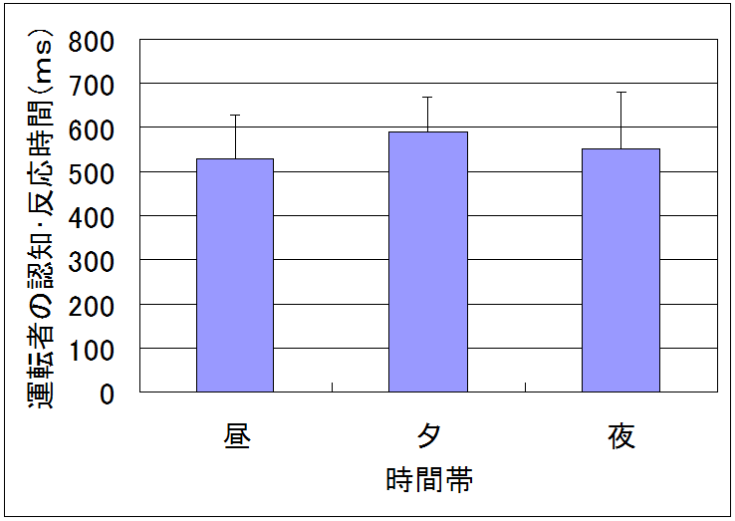
・コントラストの減少（対象が目立ちにくい状況）

↑　　↑

・明るさの減少　　・色彩的コントラストの減少

↑　　↑

・曇り，雨，霧，夜　　・近似色



（松永ら、2006）[9]

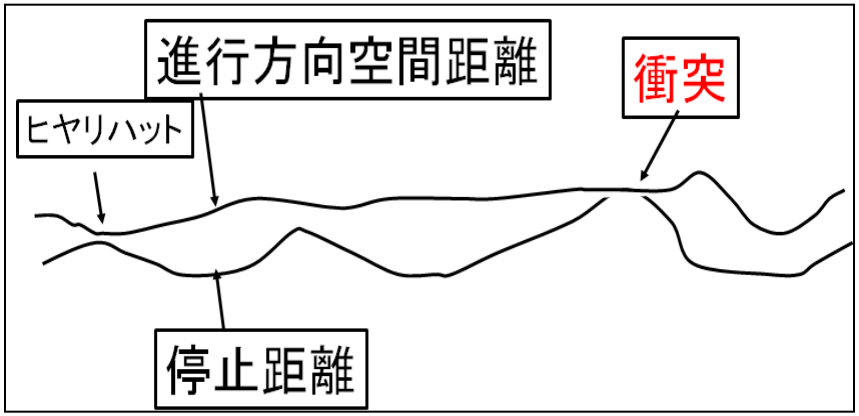
人の運転での安全運転

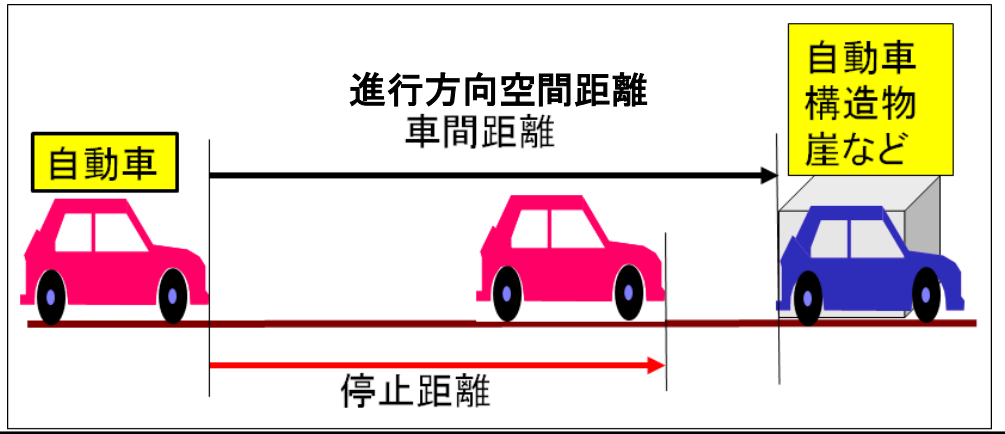
安全運転とは．．．

・停止距離の突発的な延長があっても衝突しない車間距離（進行方向空間距離）を保持した運転．

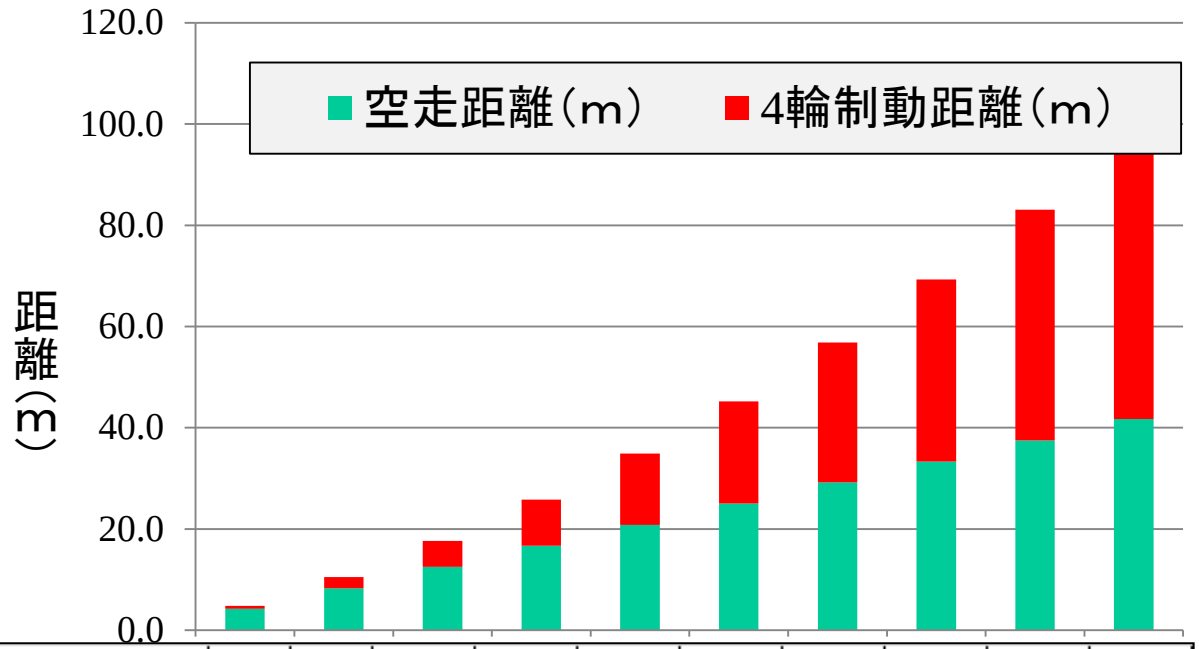
車　間　距　離　＞　停止距離

（進行方向空間距離）





空走距離・制動距離・安全車間時間



速度(km/h)	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
空走距離(m)	4.2	8.3	12.5	16.7	20.8	25.0	29.2	33.3	37.5	41.7
4輪制動距離(m)	0.6	2.2	5.1	9.1	14.1	20.2	27.6	36.0	45.6	56.2
2輪制動距離(m)	0.8	2.9	6.6	11.8	18.3	26.3	35.9	46.8	59.3	73.1
4輪安全車間時間(s)	1.8	1.9	2.2	2.4	2.6	2.8	3.0	3.2	3.4	3.6
2輪安全車間時間(s)	1.8	2.0	2.3	2.6	2.8	3.1	3.3	3.6	3.9	4.1

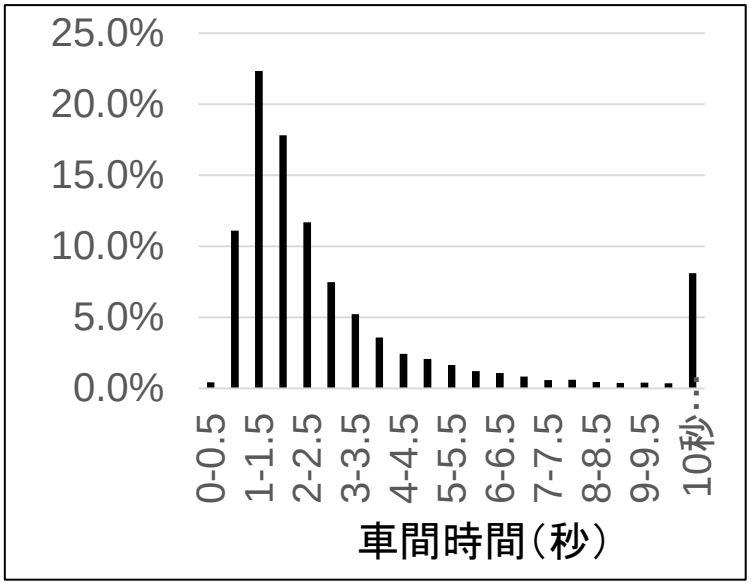
ヒヤットすることがあればもう少し長く

・道路の摩擦係数μ:0.7(乾燥路面)
・運転者のブレーキ反応時間:1.5秒として

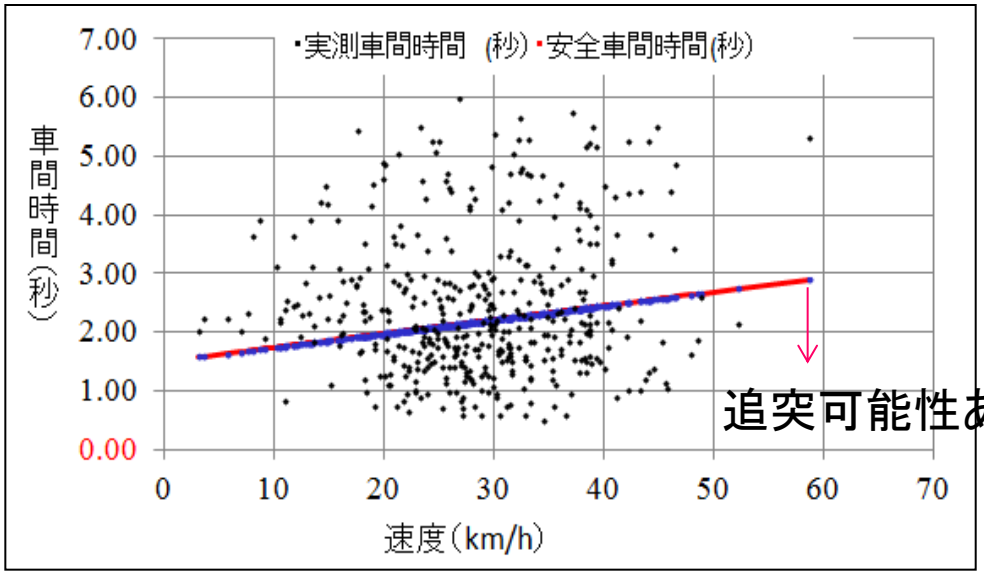
実測車間時間（その1）
（国道3号線、福岡市）

追突可能性のある車間時間での走行車：
<u>約50%～80%</u>

車間時間の分布（国道3号線、福岡市）

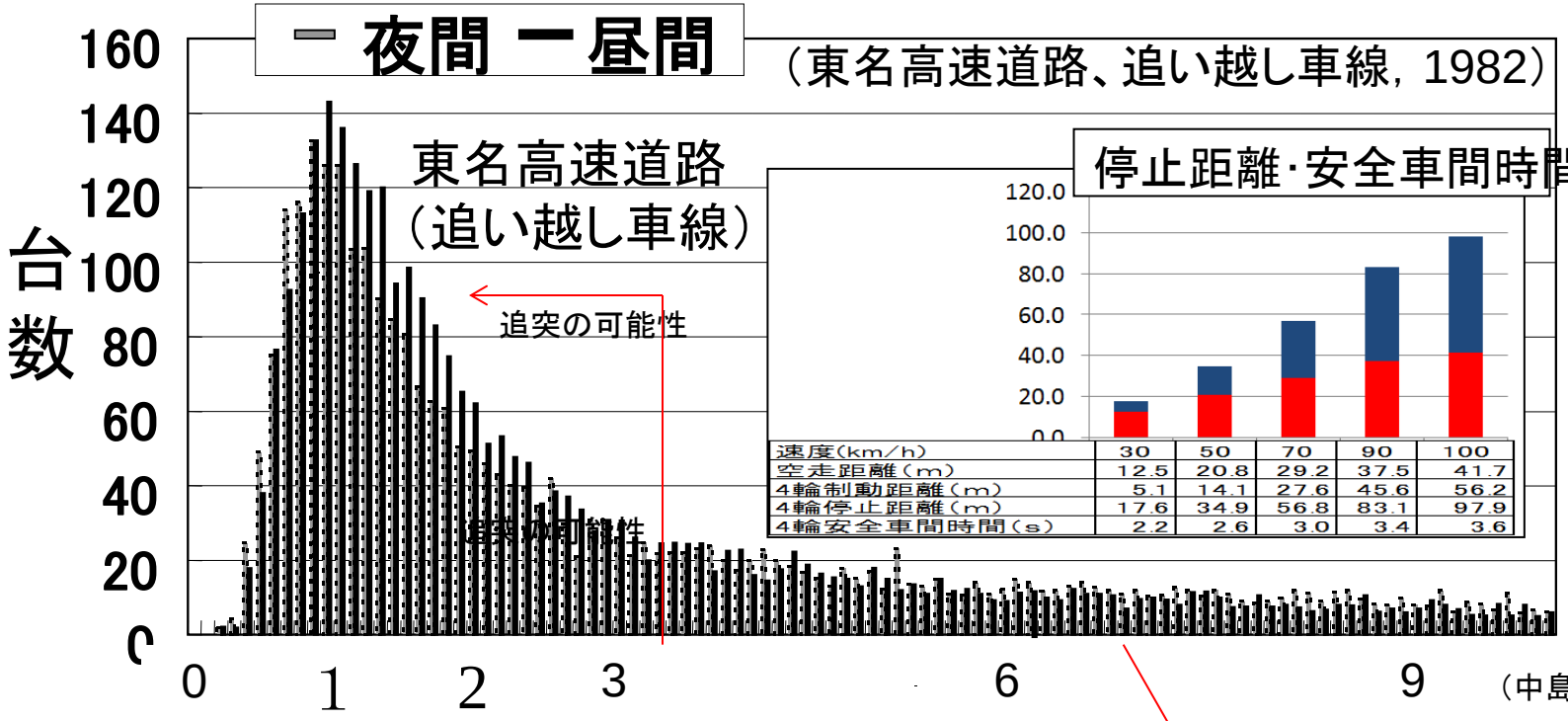


（隅田ら，2017）[10]



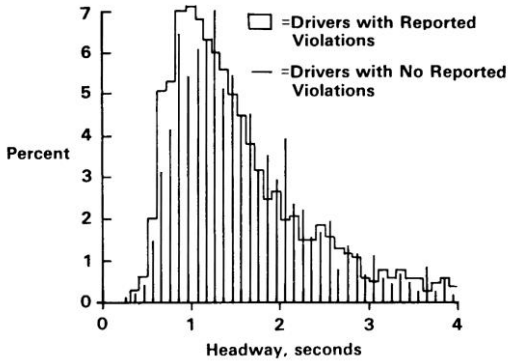
（西ら，2017）[11]

実測車間時間(その2)

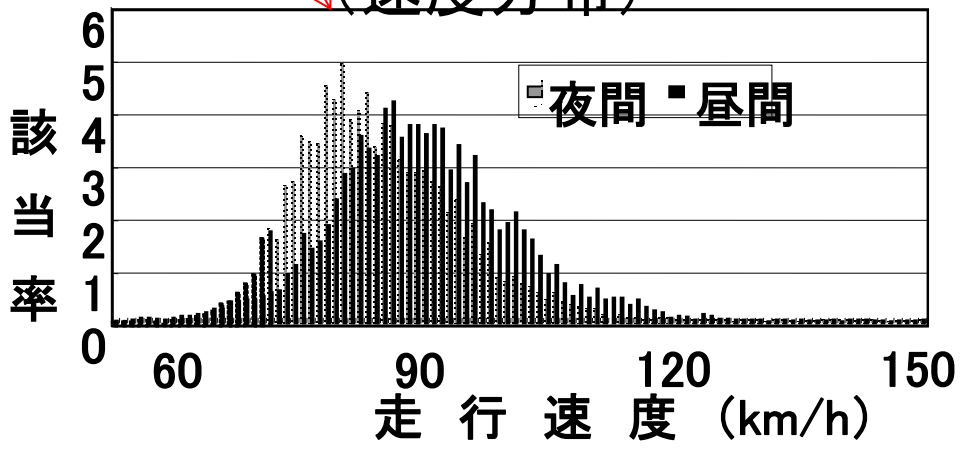


(中島ら，1983)[2]

米国での測定例
(Evans & Wasielewski, 1982)[12]

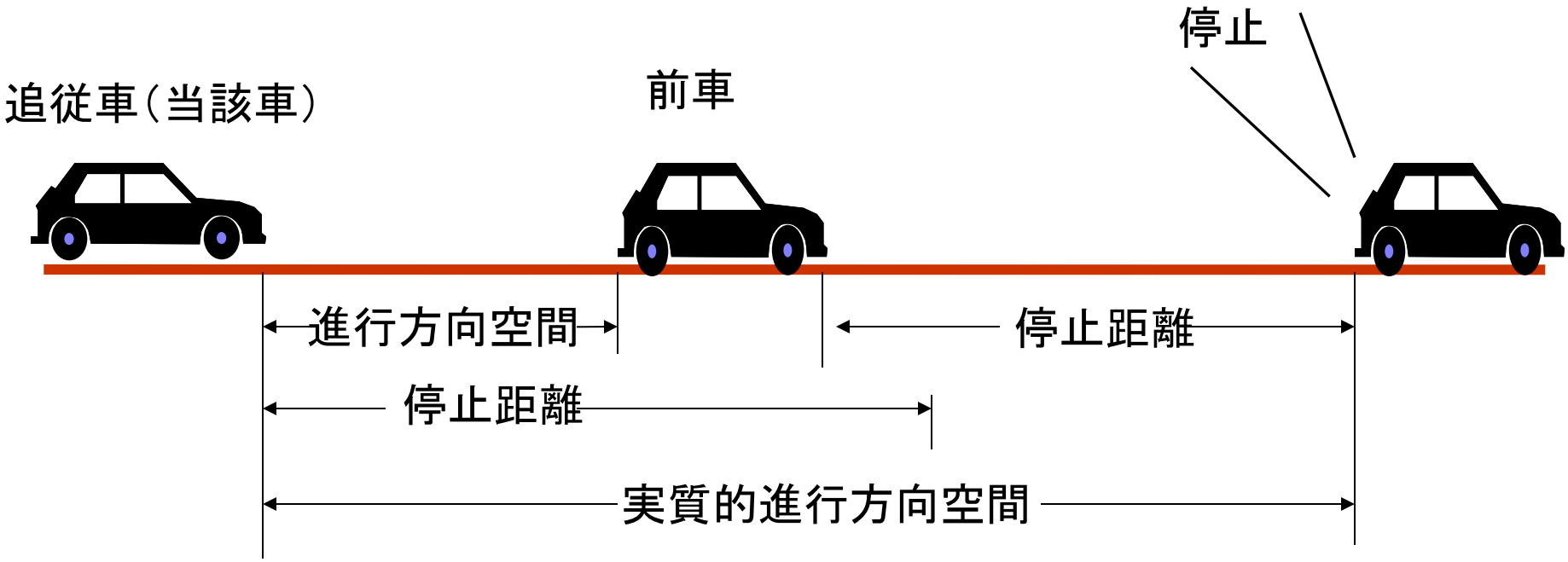


(速度分布)



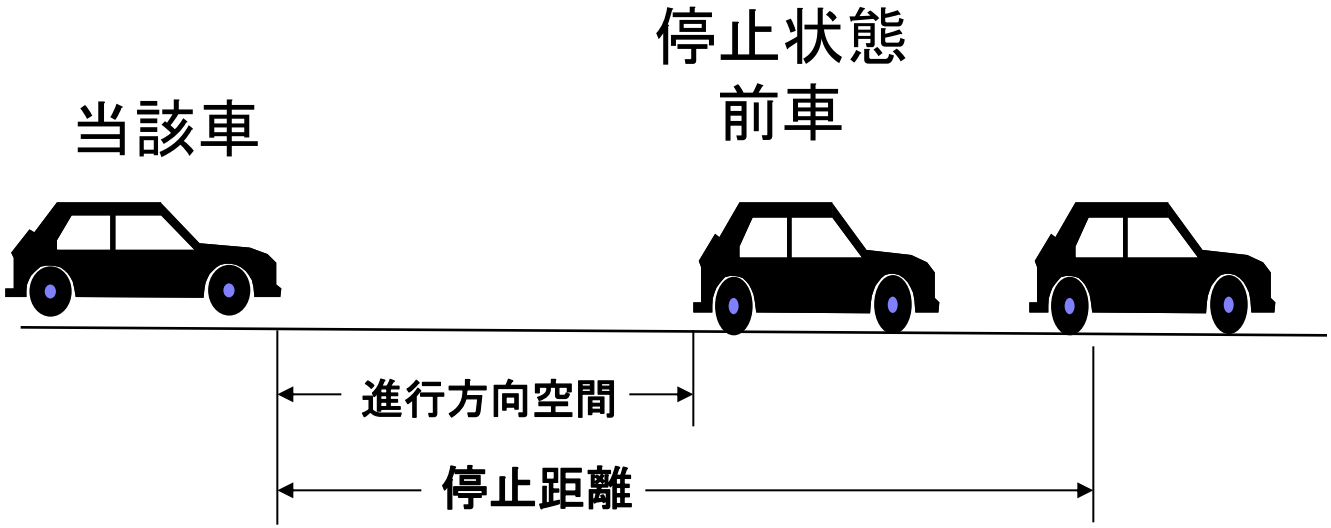
進行方向空間が停止距離より短くても衝突が発生しない理由

前車が流れに乗って走行している場合、前車の停止距離が追従車の停止距離と同じくらいであれば、ブレーキ反応時間（2秒以内）程度の車間時間でも衝突しない場合が多い。

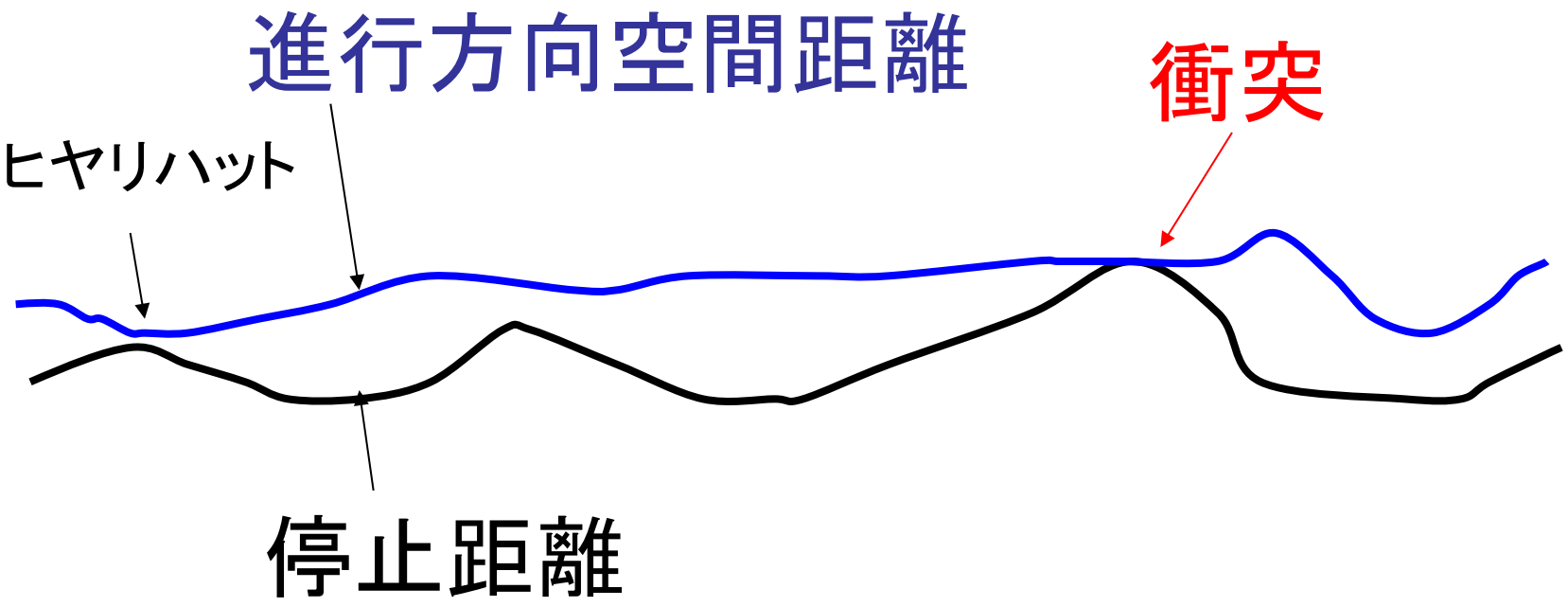


追突事故：
約90%は停止状態の車への追突

停止距離よりも短い車間距離での走行習慣がある人においては、先方の車両が停止していることに気付かなければ、いつもの車間距離まで接近してから制動操作を行うことになる。

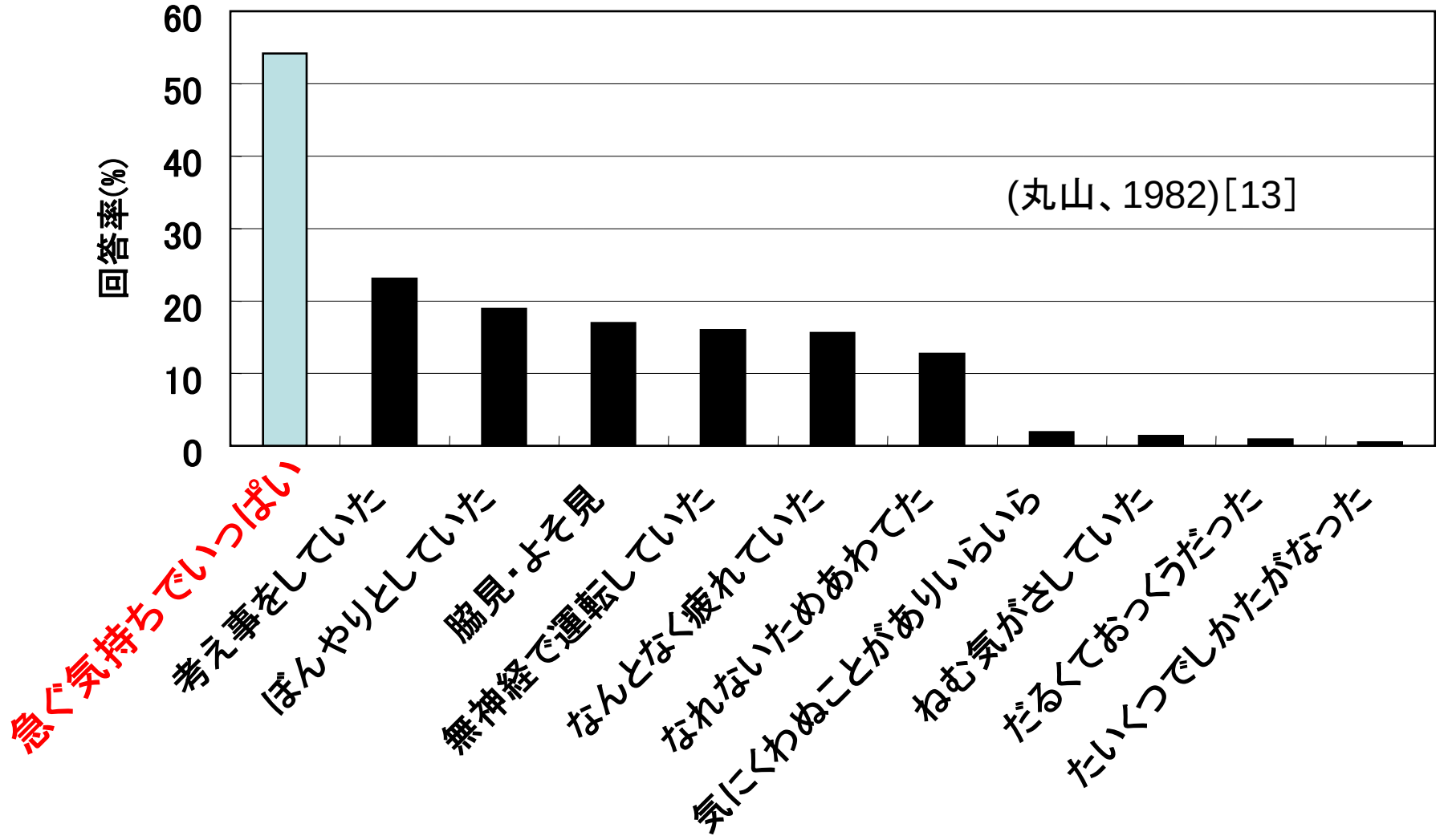


停止距離と進行方向空間距離の関係で事故（衝突）が発生



事故直前の心理状態

安全な走行（進行方向空間距離＞停止距離）の実行には先急ぎ衝動の抑圧が必要



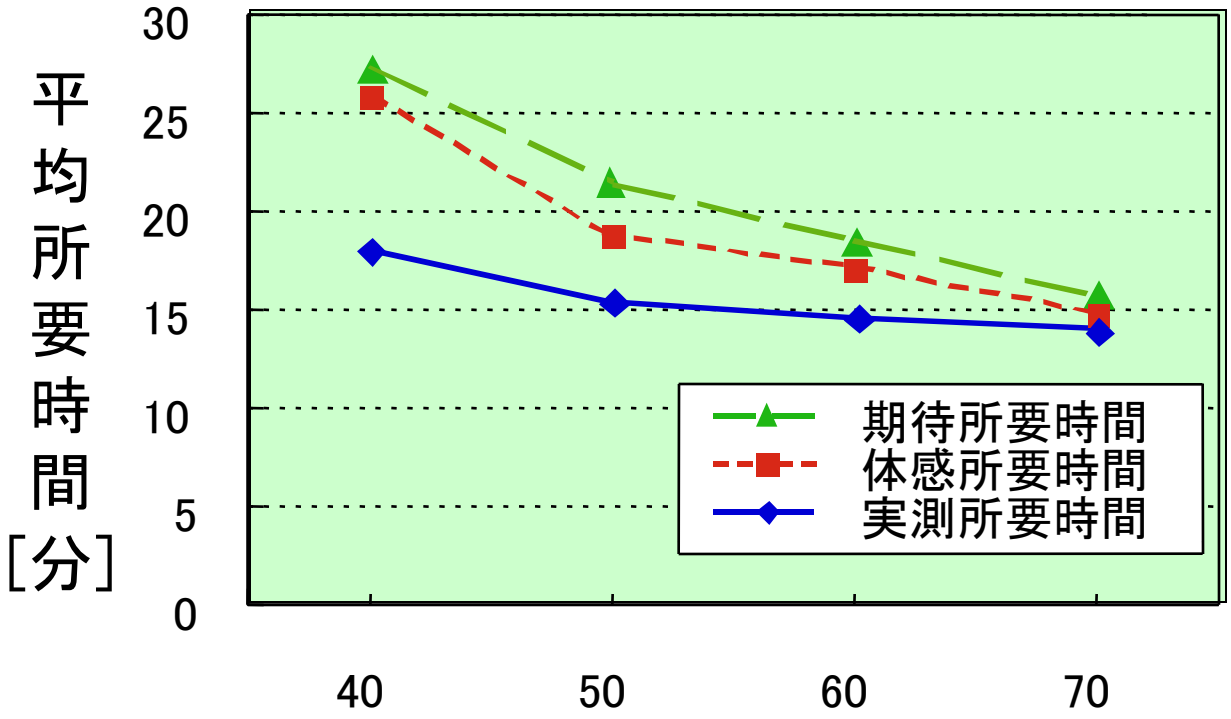
車間(進行方向空間)距離短縮要因

先急ぎ要因

- ●目的地への到着を早めるための先急ぎ:
  - ・予定の時間よりの運行の遅れ。
  - ・渋滞(以降の運行の遅れを心配)。
  - ・輸送効率を高めようとする先急ぎ。
- ●高い先急ぎ衝動による先急ぎ:
  - ・性格要因(高い活動性、衝動性)。
- ●知識要因:
  - ・先急ぎ運転と移動効率についての知識のなさ。
  - ・低い危険予知力(低い危険感受性)。

期待所要時間と実際の所要時間

部分的に高い速度で走行しても平均走行速度が高くなるわけではない



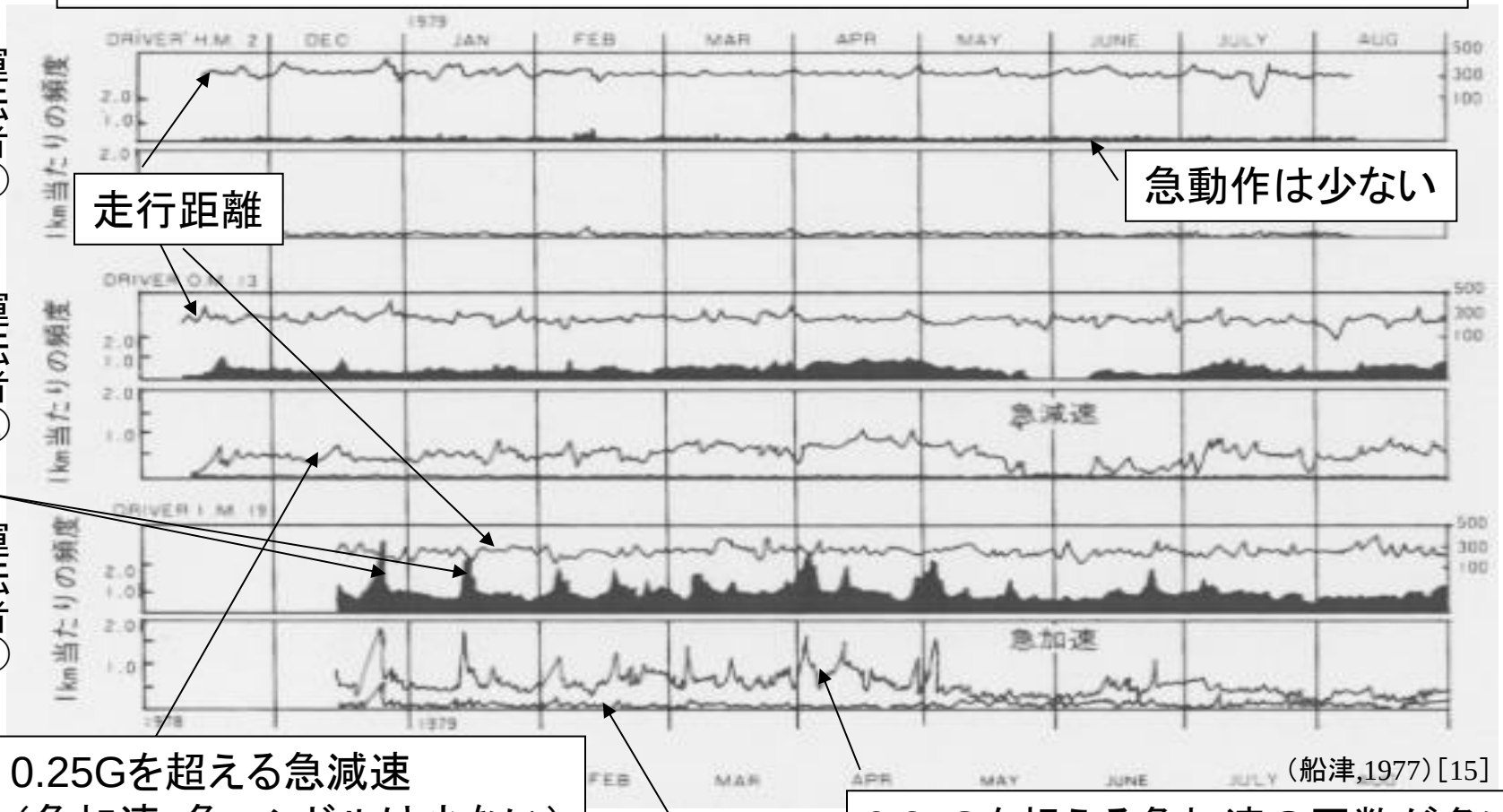
（松木ら,1998）[14]

到着を早めようとして速度を高める ⇒ 車間距離の短縮

走行状態と走行距離（タクシー運転者の例）

急動作の少ない（急がない：十分な車間距離保持）運転での走行距離が長い

急動作が多いときには走行距離が短くなる



（船津,1977）[15]

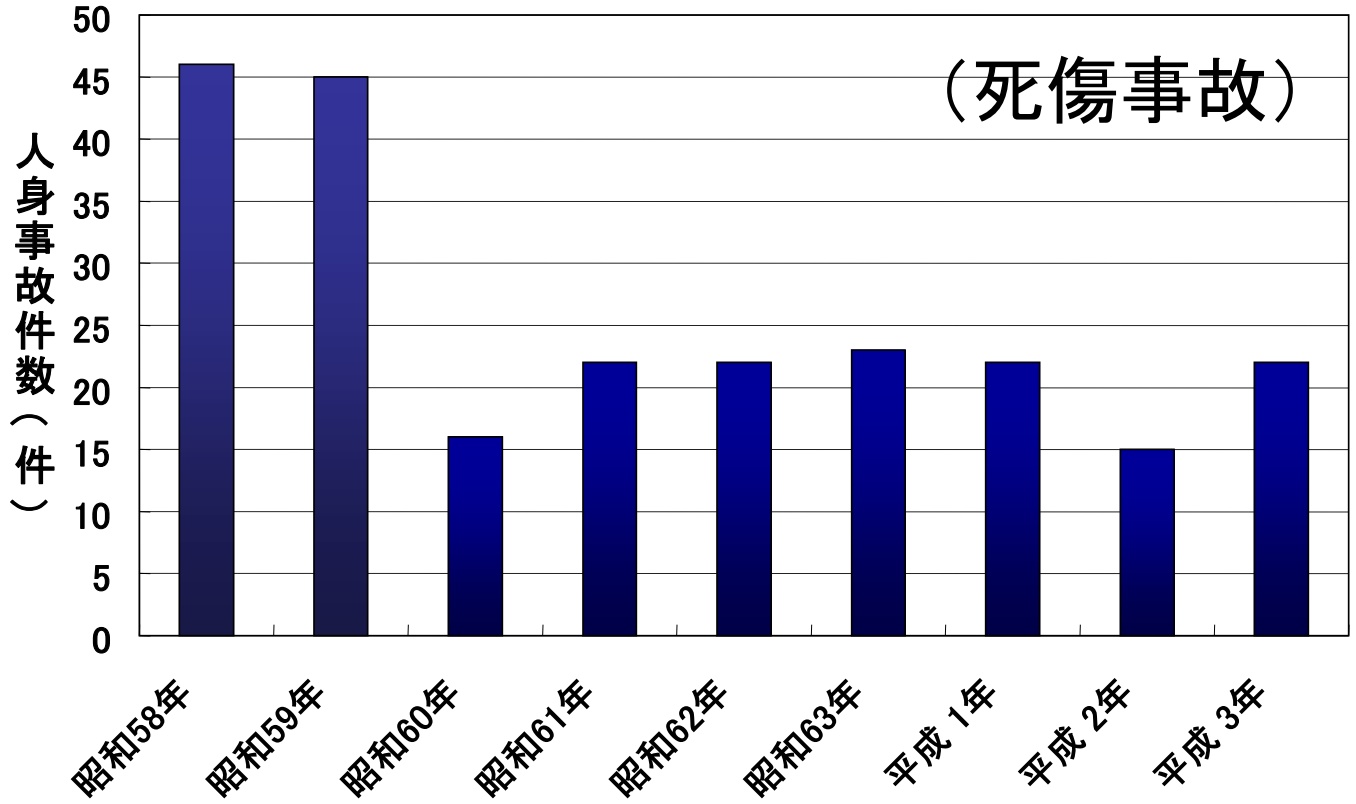
急がない運転者の方の稼働距離が長い（収入が多い）.

運転中のストレス

	状　　況	時　速	血圧変動	運転者	備考
名神高速道路	ならんで徐行するトラックと小型車のために追い越しできずいらいらする.	100km/h	+50(120 → 170)	D	
	左から接近した車との接触を避けるために右側のグリーンベルトに乗り上げそうになる.	85km/h	+43(142 → 185)	H	
	追い越し路線にでたとき前方車も右に出る.	90km/h	+40(180 → 220)	B	
	下り坂で追い越す.	75km/h	+35(120 → 155)	A	
	上り坂のいやなカーブにさしかかる.	110km/h	+30(140 → 170)	D	
京都市街道路	車両入り乱れて運転する.	0-40km/h	+40(120 → 160)	D	
	大型トラックが右から接近したので左に避ける.	47km/h	+37(145 → 182)	C	
	後からパトロールカーがサイレンを鳴らして接近してくる.	48km/h	+32(140 → 172)	F	
	信号待ちでイライラする.	0km/h	± 36(120 → 156) +30(130 → 160)	F C	
	左側の細い道から急に車が現れたの	40km/h	+32(130 → 162)		G

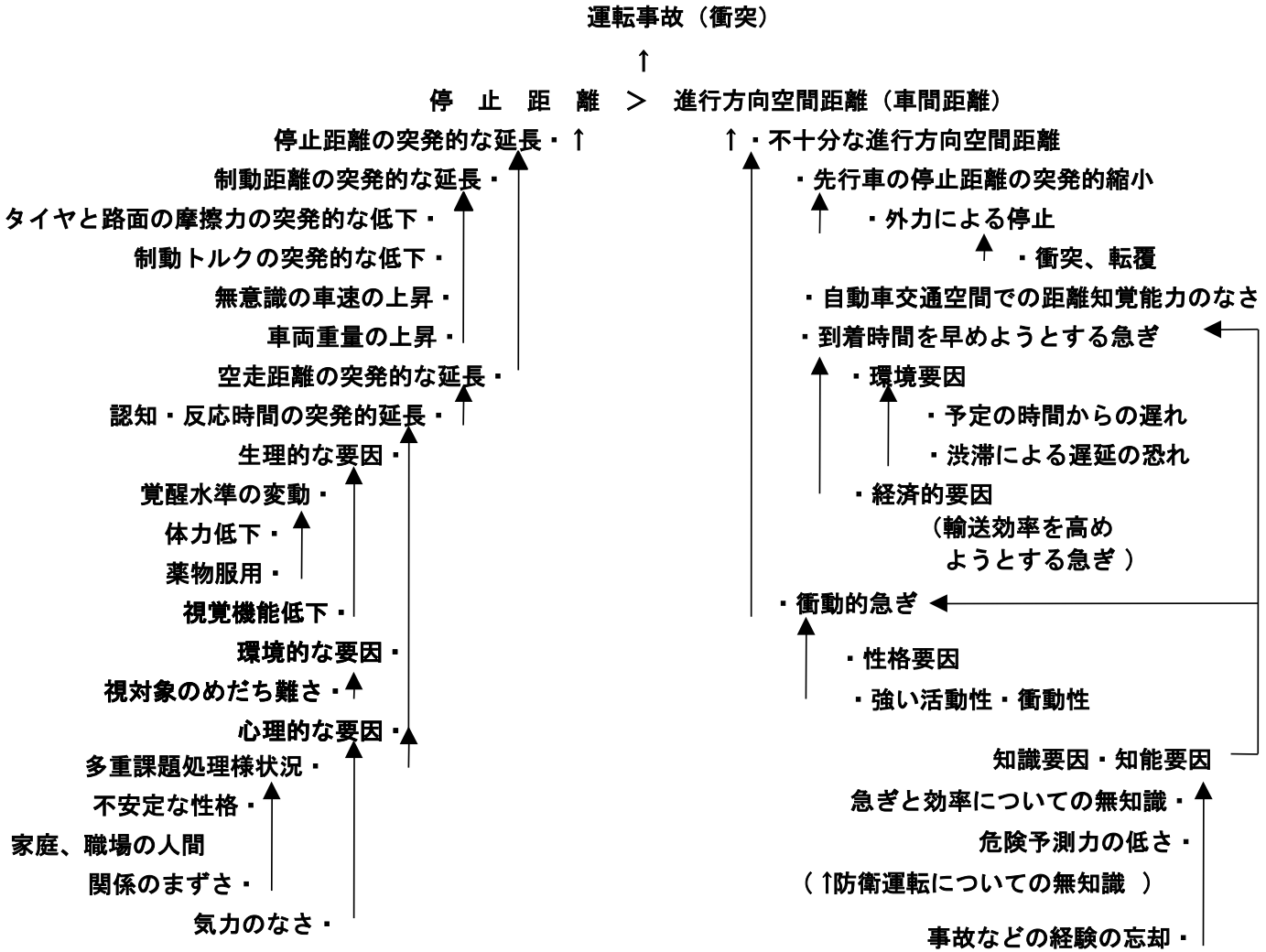
(万井：人間工学 3(1), 45-52_2, 1967) ［16］

60km/h以下走行規制後の事故件数



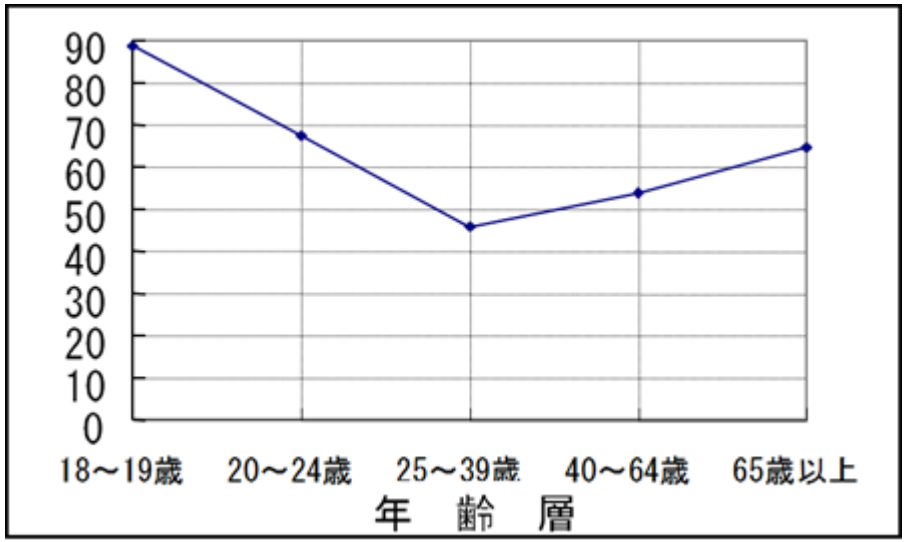
（Tタクシー、未公刊資料）

衝突事故発生要因

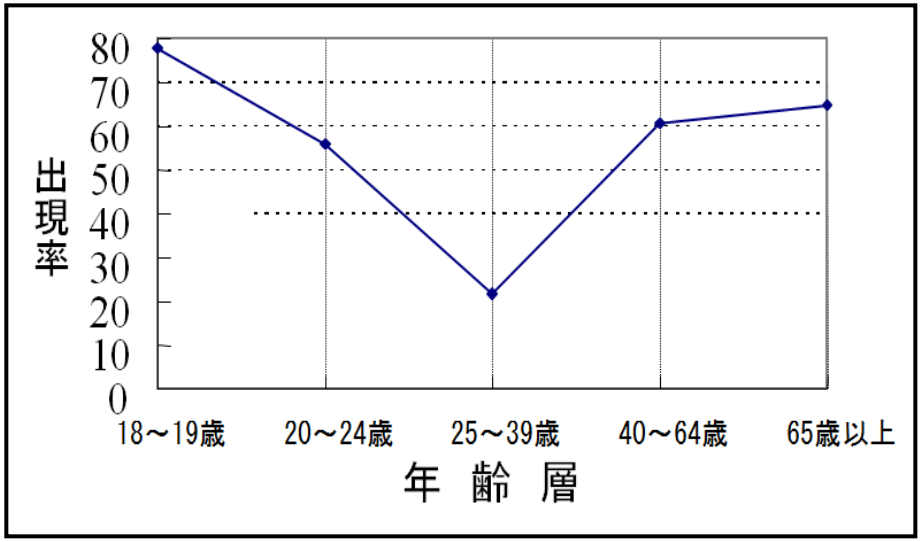


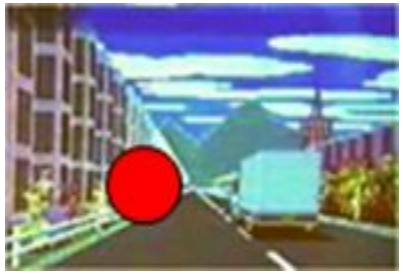
（松永,1985）[17]

一定水準を越える認知・反応時間のばらつき度を示す人の年齢層ごとの出現率

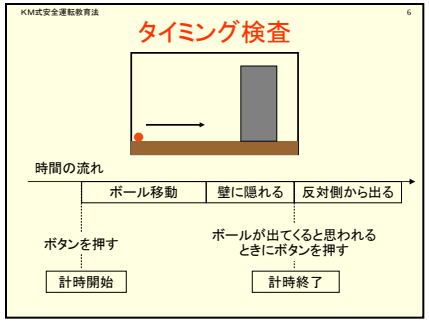


一定水準を越える先急ぎ度を示す人の年齢層ごとの出現率





（松永,2006）[7]



若年者と高齢者に認知・反応時間のばらつき度の高い人，先急ぎ度の高い人が多い．

安全運転

進行方向空間距離＞停止距離
（車間距離）

短縮傾向

- 衝動的な先急ぎ
- 到着時間短縮のための先急ぎ

突発的延長

- 空走距離
  速度×認知･反応時間
  - ･高い速度、
  - ･認知・反応の遅れ
- 制動距離
  速度^2÷制動度
  - ･高い速度
  - ･制動力の低下

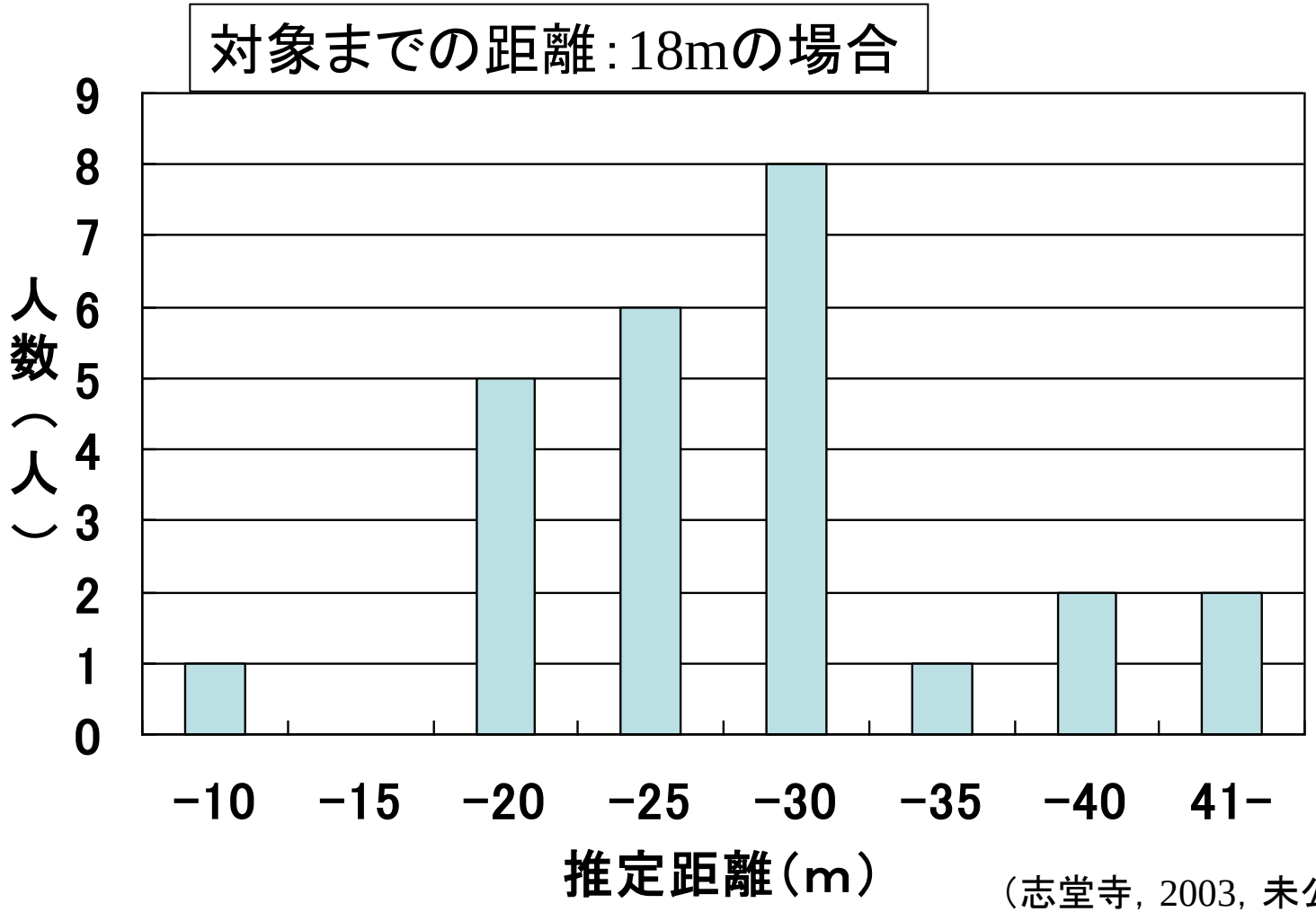
（松永、2006）[7]

十分な進行方向空間の保持法

- 見通しの良いところであれば，停止距離より長い進行方向空間（車間距離）となるように走行（距離による見積もりは不正確、時間で見積もる。4秒が目安、または、距離計による支援）.
- 見通しのよくないところ（交差点）では，完全に停止した状態で交差道路の状況を確認し，相手車両に 停止距離より長い空間を確保し，発進.

安全な車間距離を見積もることが出来るか

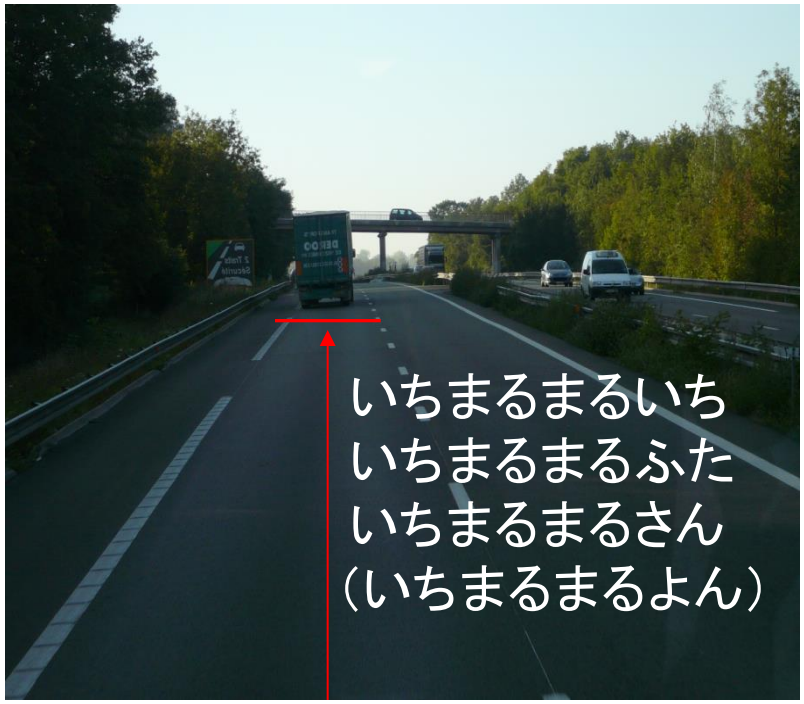
- 我々の感覚での距離の見積もりは正確ではない。
  - 過大評価している人が多い。

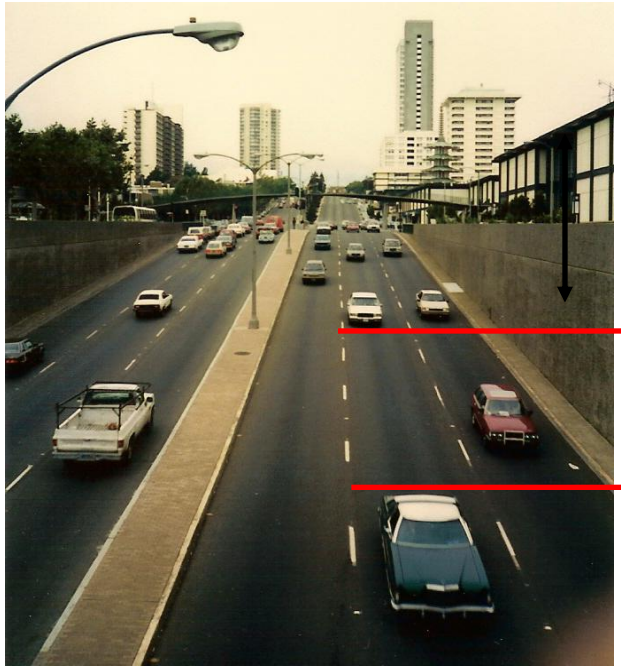


（志堂寺，2003，未公刊資料）

安全な車間距離をより正確に見積もるにはどうすれば良いのか：

・前車の走行位置に到達するまでの時間で見積もる。
・車間距離計の使用がなお良い。

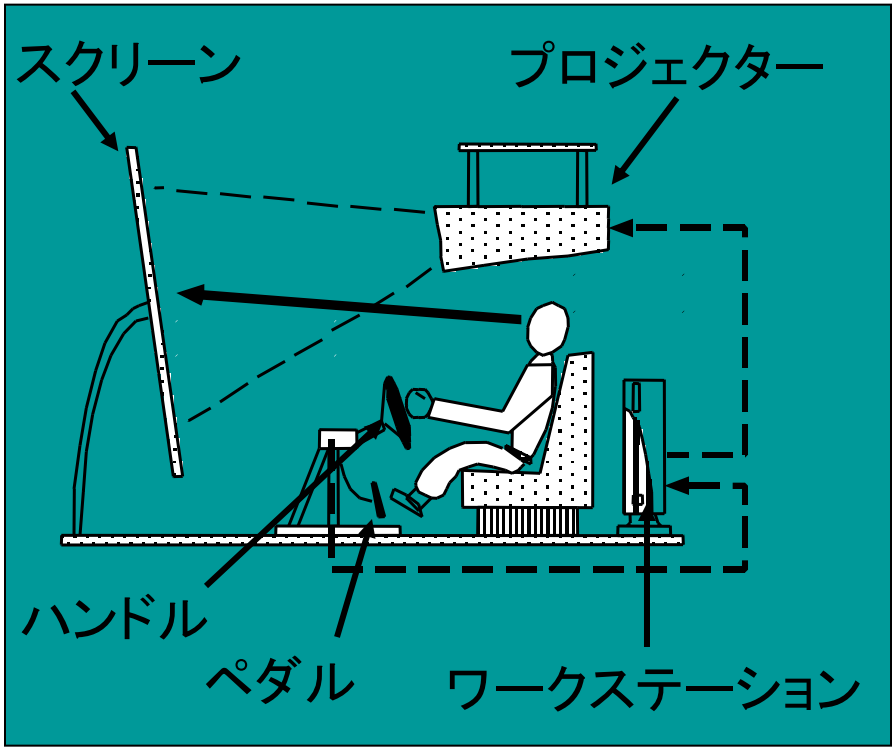




・知的な行動制御よりも優先される衝動行動の考慮も必要

・人間（動物）には、他の人よりも先行しようとする本能（先行本能）
・目的地に早く着き、楽をしようとする本能（省体力消費本能）

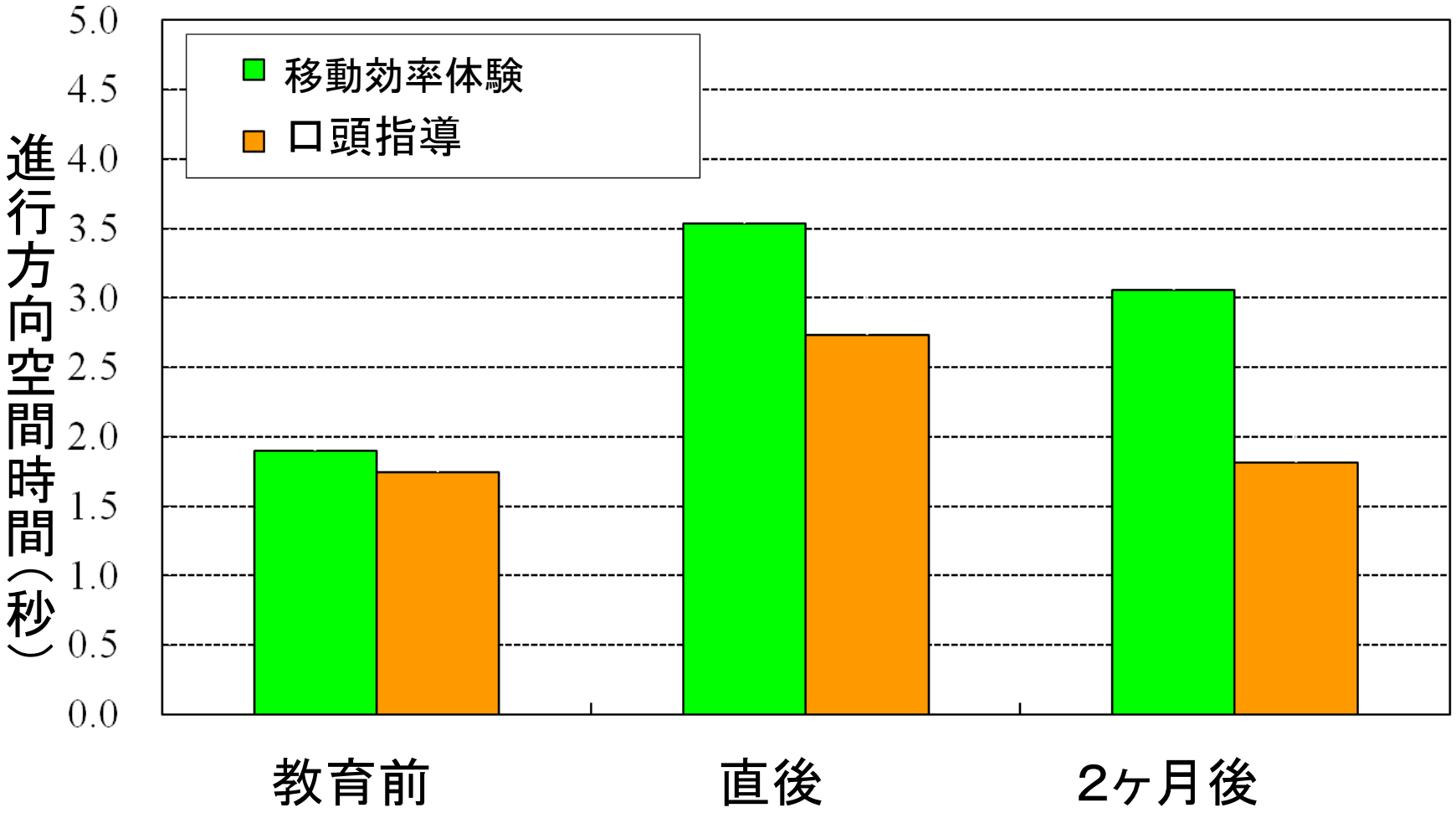
移動効率体験型ドライビングシミュレータ



実在の道路をモデルとしており，移動効率を一致させるために，その道路にある信号機の位置，動作を再現した．

（松木ら,1998）[14]

教育効果（実車・2ヶ月後）



（松木ら,1998）[14]

口頭指導効果の持続期間は短い.

一時停止・安全確認の実行状況

●一時停止挙動の調査結果

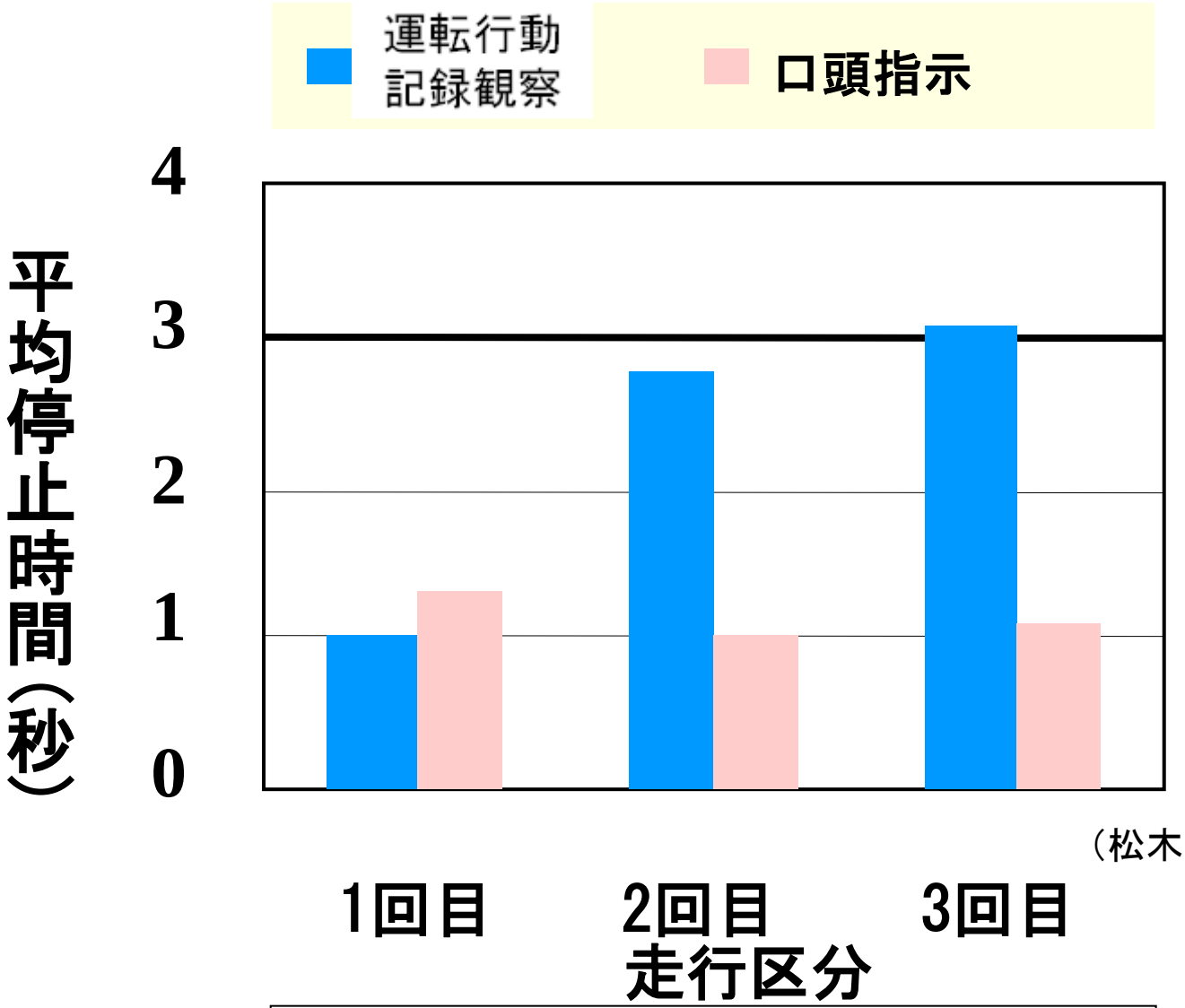
・完全に停止して安全の確認を
行っている人：**約3%～8%**（小森ら、1996）[3]

・他は瞬間停止または徐行.

●意識調査の結果

・意識としては，すべての人が一時停止を
行っていると回答している.

教育効果(停止時間)



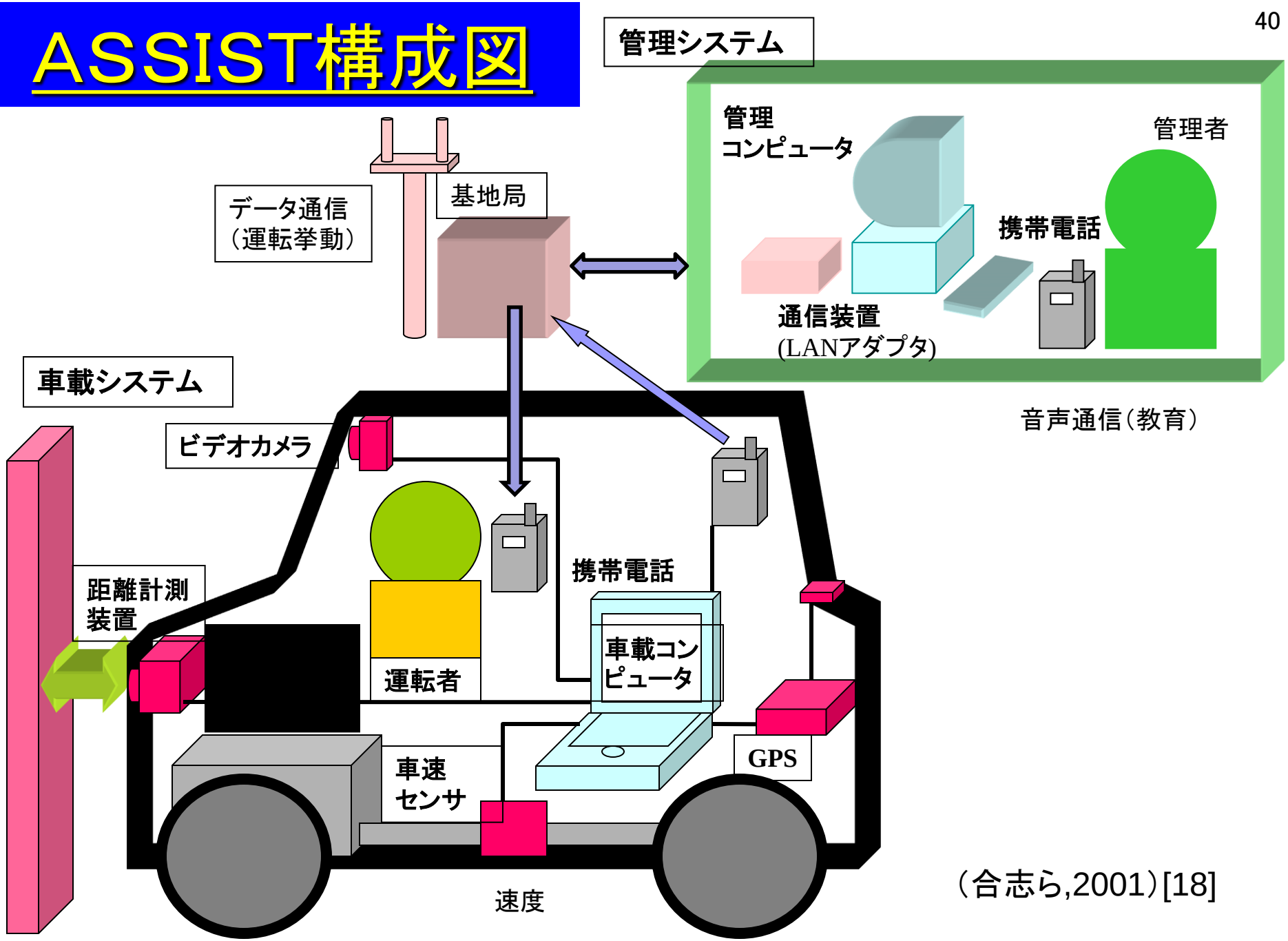
(松木ら,1998)[14]

口頭指導での効果は認められない.

安全運転指導・管理システム例

- 疲労が問題とならない水準であれば、運転者に出来ることは運転者に行わせる。
  - **覚醒水準低下防止**
- 人に出来ないことは機械システムが支援する。
  - 追突防止（電子システムによる車間距離測定とそれによる自動制動支援）
  - 運転者の安全運転度自動評価
- 運転者が日常的に運転を行っている中で、即座に指導できるようにする。
  - 即座のフィードバックが効率的学習を支える
- 自己管理の困難な人には、他の人や機械システムが安全運転習慣形成の支援ができるようにする。

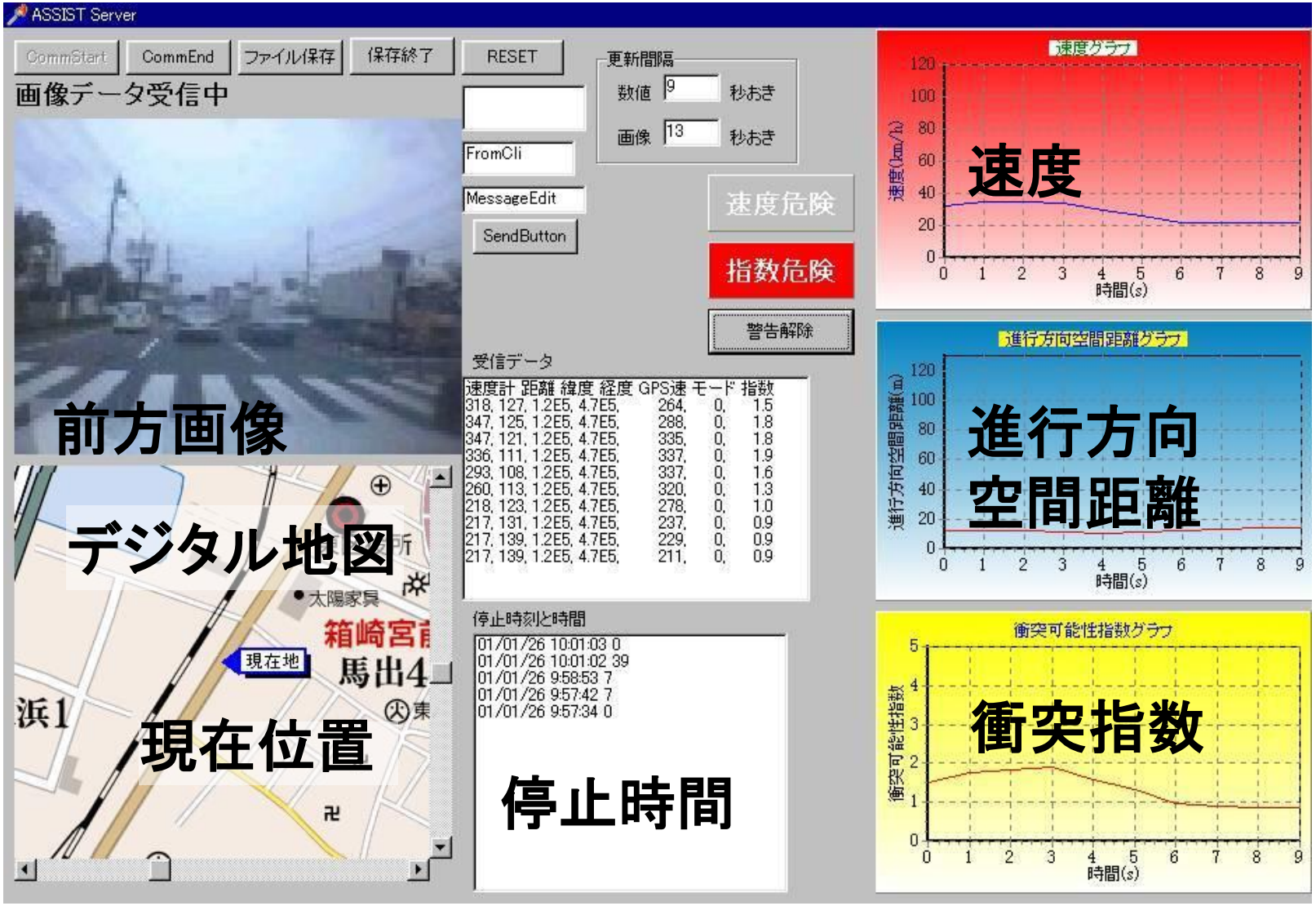
ASSIST構成図



（合志ら,2001）[18]

実験車両

安全運転支援装置画面例



（合志ら,2001）[18]

安全運転度自動評価表例

安全運転レポート

氏名

運行開始時刻	2017-07-18 15:16:43
運行終了時刻	2017-07-18 15:44:36
走行距離	8.1km
旅行時間	27分53秒
走行時間	17分48秒
最高速度	45.7km/h
旅行速度	17.4km/h
平均速度	27.2km/h

速度分布	
～20km/h	308秒(28.8%)
～40km/h	617秒(57.8%)
～60km/h	142秒(13.3%)
～80km/h	0秒(0.0%)
～100km/h	0秒(0.0%)
100km/h～	0秒(0.0%)

一時停止*1	
停止率	0%(2/2)
～1秒	2回
～3秒	0回
3秒～	0回
平均停止時間	0.0秒

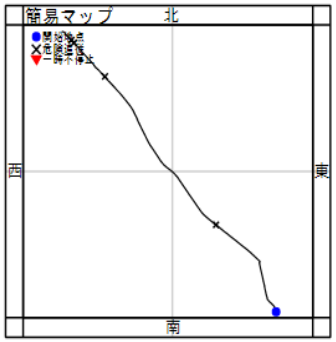
安全車間割合	91.9%
危険追従回数	4回
平均車間時間	2.7秒
通常時/低速時	2.7/2.6秒
急加速回数	0回
急減速回数	0回
速度標準偏差	1.98
加速/減速	0.04/0.05

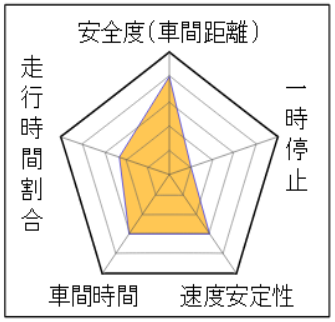
速度毎の安全車間割合	
～20km/h	221秒(100.0%)
～40km/h	434秒(86.6%)
～60km/h	112秒(99.3%)
～80km/h	
～100km/h	
100km/h～	

車間時間分布	
～1秒	2秒(0.3%)
～2秒	223秒(26.7%)
～3秒	419秒(50.1%)
～4秒	119秒(14.3%)
4秒～	72秒(8.6%)

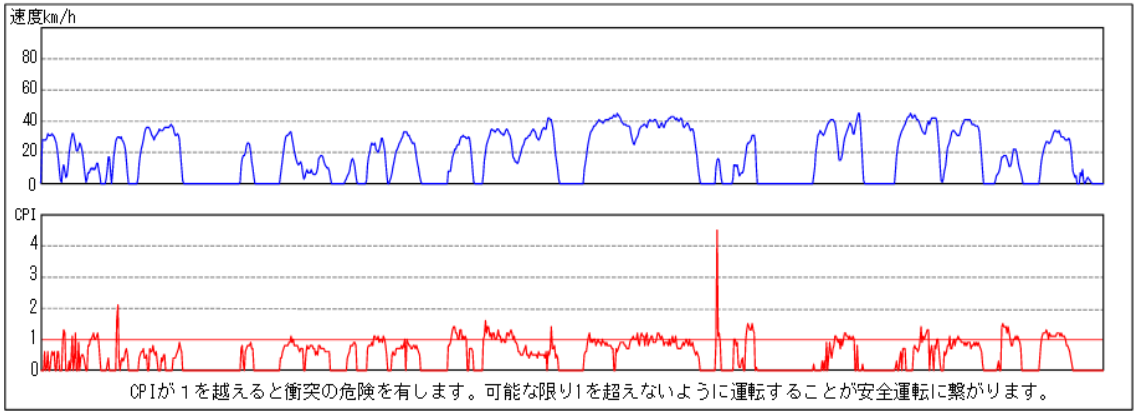
総合評価	44点

*1 CPIとは停止距離を車間距離で割った値であり、CPIが1を越えると衝突の危険を有する
*2 一時停止は、一時停止標識を認識し、速度を0km/hにした上で、安全確認を行っているか





コメント



（林ら,2017）[19]

まとめ１：3つの行動の習慣化と習慣化支援体制

１）追突事故防止（見通せるところでの事故防止）：
・停止距離よりも長い（４秒以上の）車間距離（時間）保持.
２）出会い頭衝突事故防止（見通しの良くないところでの事故防止）：
・停止状態（２段階停止）での安全確認

2つの習慣化で，事故の約70%を防止できる.

３）発進時や狭い場所（構内・道路の狭い場所）での事故防止：
・アクセル操作を行う前に，進行方向の安全確認
・ハンドル操作を行う前に，進行方向と後方の安全確認

3つの習慣化で，事故の多くを防止できる.

安全運転の習慣化のためには：
・繰り返しの実行が必要であり、そのためには、個々の運転者の安全運転度評価（自動評価システム）が必要

まとめ2：自動車の運転事故防止対策

1）人への対策

- 安全な運転法に関する教育と実行度評価
- 安全な移動行動の強制・習慣化
  - 道路交通法による取締り、安全運転度の評価支援など

2）自動車への対策

- 衝突防止対策：
  - 緊急時自動制動装置、緊急時自動方向制御装置
- 衝突時対策：
  - シートベルト、エアーバッグなど

2）道路への対策

- 衝突防止対策
  - 歩車分離、交差道路の情報提示装置設置など

引用文献

[1]西太地・重松宏和・松村智行・高野清一郎・小森弘詞・隅田康明・林政喜・合志和晃・松永勝也：一般車両の車間時間計測データ解析による事故防止対策の検討. 日本交通心理士会第１０回中国・四国・九州地区研究発表会発表論文集, pp.12-14,2017.
[2]中島源雄・末永一男・鈴村昭弘・船津孝行・堀内数・松永勝也：動的な環境における視感覚の特性. 国際交通安全学会誌, Vol.9, No.3, pp.162-172, 1983.
[3]小森弘詞・江上嘉実・高橋謙二・西江博樹・水野博・杉元俊彦・松永勝也・志堂寺和則：一時停止の遵守状況に関する調査研究. 交通心理学会第54会大会論文集, pp.25-26,1996.
[4]松永勝也・原口雅浩・末永一男：自動車の運転事故者の脳波と認知・応答時間の変動について. 脳波と筋電図, 13, 169-177.1985.
[5]警察庁：平成27年版交通統計, 2016.
[6]牧下寛・松永勝也: 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, 38(6), pp.324-332, 2002.
[7]松永勝也（編著）:交通事故防止の人間科学（第2版）.ナカニシヤ出版, 2006,
[8] Fuse T., Matsunaga, K., Shidoji, K., & Umezaki, K.: The cause of traffic accidents when drivers use car phones and the functional requirements of car phones for safe driving. International Journal of Vehicle Design 26(1) pp.48-56, 2001.
[9]松永勝也・志堂寺和則・合志和晃・松木裕二・井上朋紀・布施智行・丸山兼司・田口学：薄暮時の交通事故発生要因の解明.2008(未公表).
[10]隅田康明・林政喜・合志和晃・松永勝也：公道における自動車の保持可能車間時間の検討. 自動車技術会2017年秋学術講演会前刷集(136) pp.679-684, 2017.
[11]西太地・重松宏和・松村智行・高野清一郎・小森弘詞・隅田康明・林政喜・合志和晃・松永勝也：一般車両の車間時間計測データ解析による事故防止対策の検討. 日本交通心理士会第１０回中国・四国・九州地区研究発表会発表論文集, pp.12-14,2017.
[12]Evans, L., & Wasielewski P.: Do accident-involved drivers exhibit riskier everyday driving behavior? Accident Analysis & Prevention 14 (1), pp.57-64,1982.
[13]丸山康則：ヒヤリハット体験－その原因と対策. 交通心理学会編, 安全運転の人間科学１, 事故はなぜ起こるか, 企業開発センター, p.230,1982.
[14]松木裕二・志堂寺和則・松永勝也, 移動効率体験用ドライブシミュレータの開発, 九州大学大学院システム情報科学研究科報告, 3(1), 49-52, 1998.
[15]船津孝行：安全管理への新しいアプローチ－予備的な考察－. 九州大学哲学年報, 第36輯, pp.1-43,1977.
[16]万井正人：自動車運転中の連続血圧測定. 人間工学, Vol.3, pp.45-52,1967.
[17]松永勝也：交通事故の発生原因についての一つの考察. 九州心理学会第46回大会発表論文集, p.42, 1985.
[18]合志和晃・松永勝也・黒木大一朗・志堂寺和則・松木裕二：自動車運転事故防止のためのＩＴＳ-安全運転管理教育システムASSIST, 情報処理学会論文誌, 42(7), pp.1754-1761, 2001.
[19]林政喜・隅田康明・合志和晃・松永勝也4：安全車間距離保持と一時停止行動に関わる自動評価システムによる安全教育の試み. 自動車技術会2017年秋学術講演会前刷集(130) pp.511-515, 2017.

終