

高齢運転者の認知・操作特性に関する実験的検討

自動車安全研究領域 ※森田和元, 関根道昭, 岡田竹雄, 益子仁一
電気通信大学 大野督史

1. はじめに

我が国における社会全体の高齢化にともない、高齢運転者による交通事故件数が近年増加してきている。図1は、第1当事者が自動車の運転者である場合の交通事故件数の推移を3種類の年齢層について示したものである⁽¹⁾。ここで、第1当事者とは、最初に交通事故に関与した車両等の運転者又は歩行者のうち、当該交通事故における過失が重い者をいい、また、過失が同程度の場合には人身損傷程度が軽い者をいう。この図から、65歳以上の高齢者による事故件数が増加していることが明確に認められる。高齢運転者の事故は今後も増加することが予想されるため、その交通事故低減対策が求められており、このため、本研究では2種類の実験を行うことにより高齢者の認知・操作特性について基礎的な検討を行うこととした。

一つは有効視野に関する実験である。カーナビゲーションシステム等の表示装置の普及にともない、運転者が前方を視認しながら車載の表示装置に視線を移動して、必要な情報を得なければいけないことが多くなっている。表示装置の方を見ている場合にはわき見運転となり、安全走行に支障をきたすこととなる。しかし、周辺視において前方の状況を把握できるのであれば、その危険性も少なくなると考えられる。このため、有効視野がどの程度の広さを持っているのかが安全性に関係してくる。この前方認知に関する点について、室内における運転シミュレータを用いて評価実験を行った。

もう一つは、追突事故と関連するブレーキ操作に関する実験である。先行車両減速時に適切なタイミングでブレーキ操作を行うことは、追突事故防止のために必要なことであり、このため、車両側からブレーキ操作等に関する自動的な支援が行われるようになってきている。しかし、車両側から自動的にブレーキ操作を行う場合、あるいは、警報を与える場合に、運転者の考えるタイミングと一致していない場合には、運転者に違和感を与えるおそれがある。従って、これらの技術の普及を図るためにも、後続車両の運転者が先行車両減速時にどのようなブレーキ操作を行うのかを明らかにすることが重要な問題となる。特に今後、高齢運転者の数が増大することを考えると、高齢運転者に対する設定が若年運転者に対する設定と同じでよいかという問題があ

る。本研究では、先行車両が減速したときの後続車両の運転者のブレーキ操作の特性を室内実験により求めて、高齢者の操作特性と若年者との差異を明らかにすることを試みた。

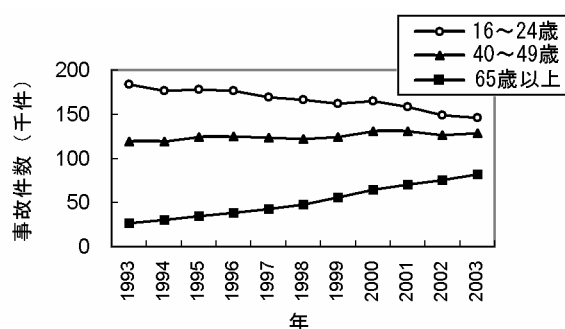


図1 交通事故件数の推移
(第1当事者が自動車の運転者の場合)

2. 有効視野実験

2.1 実験内容

運転者に対して車室内の表示装置の方向を見るように教示してわき見運転を行わせ、そのときに前方の先行車両の減速(ストップランプ点灯)に気がつくかどうかについて調べた。

2.1.1 設置位置

車載の表示装置設置位置を4種類に設定した。設置位置については、運転者のアイポイント位置からの左方向角度、下方向角度により設定を行うこととした。このため、専用の人体模型を運転席に着座させ、そのシーティングリファレンスポイントから上方635mmの位置を求めて基準アイポイントの位置とした⁽²⁾。

表1に表示装置の設置位置を示す。これらの位置について、本稿では便宜的に「右」「上」「中」「下」

表1 表示装置の設置位置

| 設置位置 | 水平方向角度 (左側) | 垂直方向角度 (下側) |
|------|----------------|----------------|
| 右 | 24 | 14 |
| 上 | 34 | 14 |
| 中 | 34 | 22 |
| 下 | 34 | 30 |

という。「右」についてはインパネ上のステアリングホイールに近い位置であり、「上」「中」「下」については、車両のほぼ中央部分を垂直方向に順に設置した位置となっている（図2）。これらの設置位置は実際の車両の表示装置の設置位置をほぼ網羅しているものである。なお、表示装置の大きさは6.5インチサイズである。

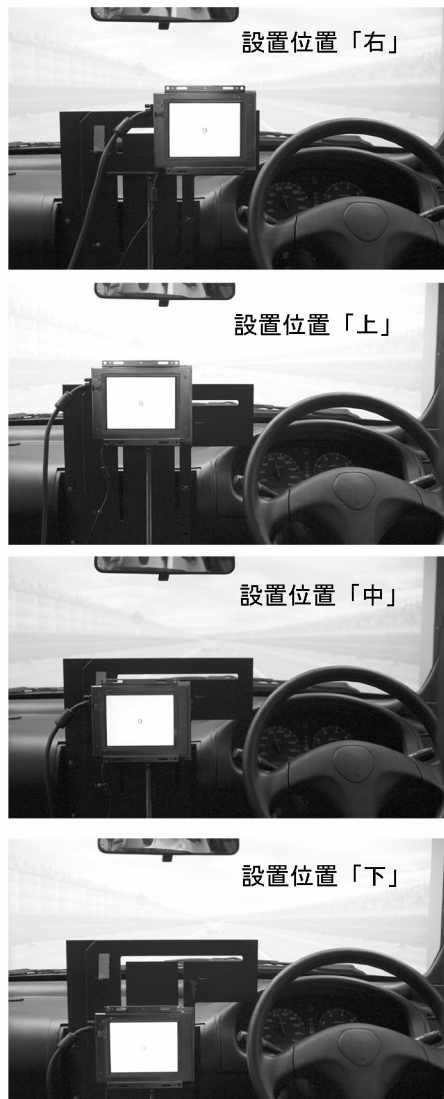


図2 各表示装置の設置位置

2. 1. 2 実験方法

実験にあたっては、被験者（運転者）に時速80km/hの一定速で運転を行わせ、前方の先行車両（80km/hの定速走行）との車間距離が約44m（車間時間で2秒に相当、ここで、車間時間＝車間距離／後続車両の車速）となるように追従走行させた。この際、隣の車線に車間距離が先行車からみて同じ44mとなるように一台車両を走行させて、その車両と併走させるようにして車間距離を保つようにさせた（図3）。なお、運転者のアイポイントからスクリーンまでの距離は約3.5mであり、スクリー

ン上の先行車両の大きさについては実際の走行時と同じ視角の大きさとなるようにした。

また、実験時には、ビデオカメラにより被験者の顔面等を撮影して視線移動状況を記録した。

被験者は65歳以上の高齢者12名（平均年齢67.9歳、標準偏差2.9歳）であった。また、比較対象として、20代、30代の若年被験者11名（平均年齢32.5歳、標準偏差4.6歳）についても実験を行った。



図3 スクリーン画面（先行車両と併走車両）

2. 1. 3 実験手順

先行車両への追従を行わせて定常走行の状態になったときに、被験者に対して表示装置を見させてわき見をさせた。わき見を行っている間に、先行車両のストップランプが点灯するので、その点灯を認めたら直ちにブレーキを踏んで停車するように指示をした。ストップランプの点灯は実験実施者が任意のタイミングで行った。この際、先行車両は 0.5m/s^2 のゆっくりとした減速度により減速した。これは、急減速を行わせると、運転者がわき見をしているときに追突を引き起こすことが予測されたためである。

なお、わき見を行わせる際、表示装置の画面中心に縦方向10mmサイズの一粒の数字を1秒ごとに表示して、その数字を読み上げさせるようにして、確実にわき見を行わせるようにした。

ただし、実験時にわき見をし続けることは被験者にとって心理的負荷が高く、そのため、できるだけ長く表示装置を見続けるように指示をしたものの、前方の安全確認のためには視線を前方に戻してもよいとした。

従って、被験者がブレーキ操作を開始するのは、表示装置を見ていて先行車両のストップランプ点灯に気がついた場合と、表示装置を見ていないときは気がつかずに前方に視線を戻して初めてストップランプ点灯に気がついた場合とがある。

実験終了後に、被験者に対して、ストップランプ点灯に気がついたかどうかを毎回確認した。被験者がストップランプ点灯に気がついたと回答した場合においても、実際は、数秒後に視線を前方に戻して始めてブレーキペダルを踏んでいる場合があり、

そのため、被験者の申告だけでは必ずしも正確に状況をとらえることができなかった。また、気がついてから前方を見たのか、前方を見たときに気がついたのかについて、曖昧な回答しか得られないこともあった。このため、実験実施者が状況を判断していて、明らかにストップランプ点灯に気がついていないと判断した場合には、最終的なデータとしては、ストップランプに気がついていないという範疇にした。なお、被験者にも実験実施者にも、どちらも判別できないものは判断不能という範疇にして解析対象から除外した。

実験回数としては、4種類の設置位置について4回ずつ繰り返して実験を行ったので、高齢被験者12名について、各設置位置について48個のデータが得られた。若年者の場合には各設置位置について44個のデータであった。

2. 2 実験結果

2. 2. 1 気がついた比率

各設置位置について先行車両のストップランプ点灯に気がついた比率を、図4（高齢者）および図5（若年者）に示す。図中の分数については、各設置位置における（気がついた件数）/（有効解析件数）を示す。「下」の位置については、この方向を見ている場合には、実際には前方風景はほとんど認知できない状況であるものの、今回の評価結果においては、10%程度の比率で認知できたということとなった。この理由としては、前方のストップランプ点灯に気がついたほかに、偶然、表示装置の方向から前方を見ようとしてちょうどストップランプが点灯したという状況も含まれているものと考えられる。他の設置位置においても同様のことが考えられ、今回の測定データからでは、完全な前方認知に関するデータが得られたとはいえない。

ただし、正面前方に近い「右」の位置において、高齢者は18%の比率であったが、若年者は32%の比率となっており、この位置においては、若年者の方が前方を認知しやすかったと考えられる。すなわち、高齢者と若年者との有効視野の差が表れたものと考えられる。

なお、「右」の位置においても、若年者の認知の比率が32%であったことを考えると、年齢にかかわらず車載表示装置を見ている場合には、前方の危険な事象を的確に認知するのは困難であるということになる。

2. 2. 2 反応時間

表示装置の方から前方に視線を戻したときには視認する内容が大きく変化するため、前方風景を見たとしても先行車両のストップランプ点灯等の状況の変化にすぐに気がつかないことも考えられる。前方に視線を移動させたときに、前方の危険を認知してブレーキペダルを速やかに踏むことができる

かどうかは、安全性に直結する問題である。この点について検討するため、前方に視線を戻した時点からアクセルペダルから足を離すまでの時間、アクセルペダルからブレーキペダルに足を踏み換える時間、さらに、前方に視線を戻した時点からブレーキペダルを踏むまでの時間がどのようになるのかを解析した。ここで、先行車両のストップランプ点灯に気がつかなかった場合を対象とすることとして、また、最初からアクセルペダルから足が離れている場合は除外した。この結果、解析対象事例は111件（高齢者）と94件（若年者）となった。

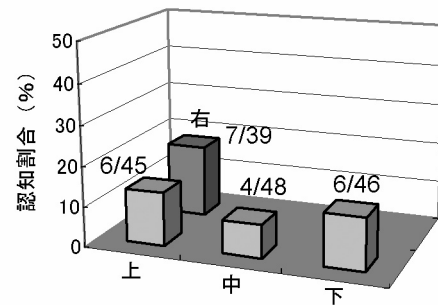


図4 ストップランプ点灯に気がついた比率（高齢者）

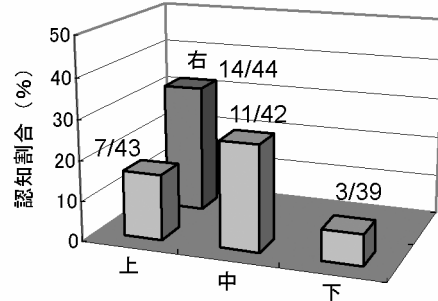


図5 ストップランプ点灯に気がついた比率（若年者）

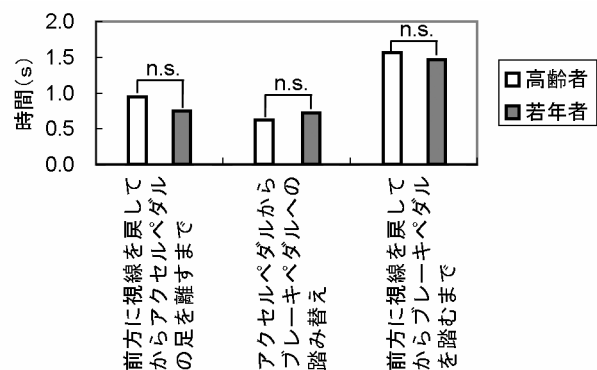


図6 反応時間

解析結果を図6に示す。たとえば、前方に視線を戻してからアクセルペダルの足を離すまでの時間については、高齢者の方が若年者よりも0.2秒長くなった(高齢者0.94秒, 若年者0.74秒)。しかし、統計的にみると3種類のいずれの時間についても、高齢者と若年者とでは有意差がなかった(有意水準5%によるt検定)。

3. ブレーキ操作実験

3.1 実験内容

先行車両減速時の後続車両運転者のブレーキ操作について室内評価実験を行い、その特性を明らかにすることとした。

前節と同じ運転シミュレータを用いて実験を行った。先行車両の走行速度として、40km/h, 70km/h および 100km/h の3種類を実験条件として設定し、被験者に対して、車間時間が2秒となるように追従走行させた。この際、前節の実験と同様に、隣の車線に車間時間が2秒となる位置に一台車両を走行させて、その車両と併走することにより車間時間が確保されるようにした。

先行車両の減速度として、1m/s², 2m/s², 3m/s² および 4m/s² の4種類を設定した。1m/s²の減速度については、すぐに気がつくのは困難なくらいの緩減速であり、4m/s²の減速度であっても急ブレーキという感じではない。

先行車両の減速開始のタイミングは実験実施者が決定しており、追従走行が定常状態になったときに先行車両を減速させるようにした。この際、先行車両のストップランプを点灯させる場合と、点灯させないまま減速させるという2種類の条件を設定した。これは、緩減速の場合にもストップランプを点灯させると、後続車両の運転者にとって違和感があるという意見があるためである⁽³⁾。

被験者に対して、先行車両の減速にあわせて追突しないように車両を停車させるように指示をした。この場合、どのような減速度でブレーキ操作を行うかは被験者の自由にさせた。

被験者については、高齢者12名(平均年齢68.0歳, 標準偏差2.9歳)と若年者14名(平均年齢32.7歳, 標準偏差4.8歳)を用いた。

実験回数については、走行速度3種類, 減速度4種類, ストップランプ点灯の有無の条件について各1回ずつ繰り返したので、被験者一人当たり24回の実験となった。

3.2 実験結果

3.2.1 ブレーキを踏むまでの時間

先行車両の減速開始時から、後続車両運転者がブレーキペダルを踏むまでの時間を図7(高齢者)と図8(若年者)に示す。先行車両がストップランプを点灯するかどうかで、ブレーキを踏むまでの時間

が大きく異なることがわかる。ここで注意することは、先行車両が減速したとしても、直ちにブレーキ操作を行うようには指示をしていないため、緩減速のときのストップランプ非点灯の場合には、ブレーキ操作を踏むまでの時間が長くなっている。

ストップランプ点灯時には、後続車両の被験者は先行車両の減速度にかかわらずストップランプ点灯にあわせてブレーキ操作を開始しており、高齢者の場合には約1.1秒~2.0秒の範囲でブレーキペダルを踏んでいた。また、若年者の場合には約1.0秒~1.4秒の範囲であり、高齢者と比較して大差はなかった。

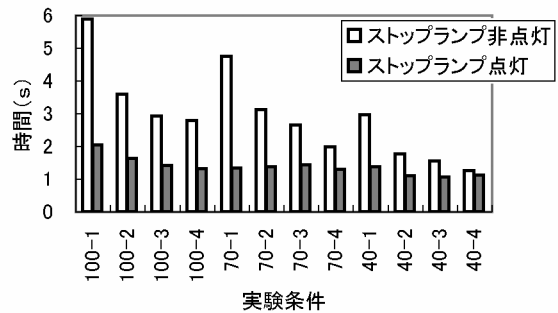


図7 先行車両減速時からブレーキを踏むまでの時間(高齢者)

(横軸の数値は、「時速 km/h-減速度 m/s²」を示す)

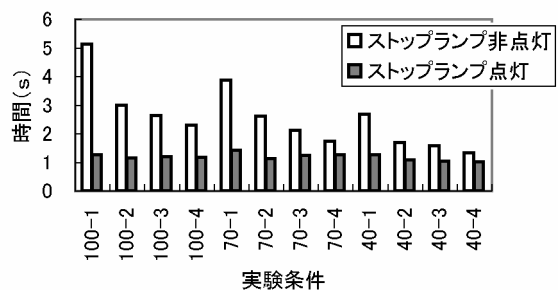


図8 先行車両減速時からブレーキを踏むまでの時間(若年者)

(横軸の数値は、「時速 km/h-減速度 m/s²」を示す)

ストップランプが点灯しない場合には、一般にブレーキを踏むまでの時間が長くなり、高齢者の場合には5.9秒(速度100km/hで1m/s²の減速度の時)の場合もあった。同じ条件で、若年者の場合には5.1秒(速度100km/hで1m/s²の減速度の時)であった。ブレーキを踏むまでの時間は、先行車両の減速度が高くなるにつれて短くなっており、運転者は先行車両の運動を判断しながらブレーキ操作を行っていたと考えられる。別の考え方をすれば、緩減速のときにストップランプが点灯する場合には、運

転者が適切と判断するブレーキ操作の時間とは関係なくブレーキ操作を反射的に行う場合があることとなり、運転者にとっては、必ずしも望ましい状態とはいえないと考えられる。

また、図7と図8とを比較すると、ストップランプが点灯しない場合には、高齢者の方が若年者よりもブレーキを踏むまでの時間が長いことがわかる。

3. 2. 2 その他の計測項目

計測データに関しては、運転シミュレータによって記録された自車位置、自車速度、自車加速度、先行車両位置、先行車両速度、先行車両加速度（減速度）等がある。ここで、自車とは被験者が乗った後続車両をいう。今回の計測データの例として、ブレーキ踏み量の変化を、各走行速度毎に図9（高齢者）と図10（若年者）に示す。ここで、時間軸のゼロは、運転者がブレーキペダルを踏み始めた時点をとっており、その0.5秒前から3.0秒後まで0.5秒間隔で示している。また、図の上段はストップランプが点灯する場合、下段はストップランプ非点灯の場合を表す。

合を表す。

高齢者と若年者とで大差はないものの、ストップランプが点灯しない場合には、走行速度70km/hの場合にみられるように、高齢者の方が若年者よりもブレーキ踏み量が多い傾向があることがわかる。ちなみに、ブレーキ踏み量が多いということは、減速度が大きいということである。

また、ストップランプが点灯、非点灯の差について検討すると、高齢者に顕著に見られるように、ストップランプが点灯しない場合の方が踏み始めのブレーキ踏み量が多いことがわかる。

図7～図10を考えると、ストップランプ点灯時には後続車両の運転者はすぐにブレーキ操作を行うもののその減速度は小さく、逆に、ストップランプが点灯しない場合にはブレーキ操作が遅くなるものの減速度の大きいブレーキ操作を行っていたといえる。高齢者は、特にその傾向が強いことがわかる。

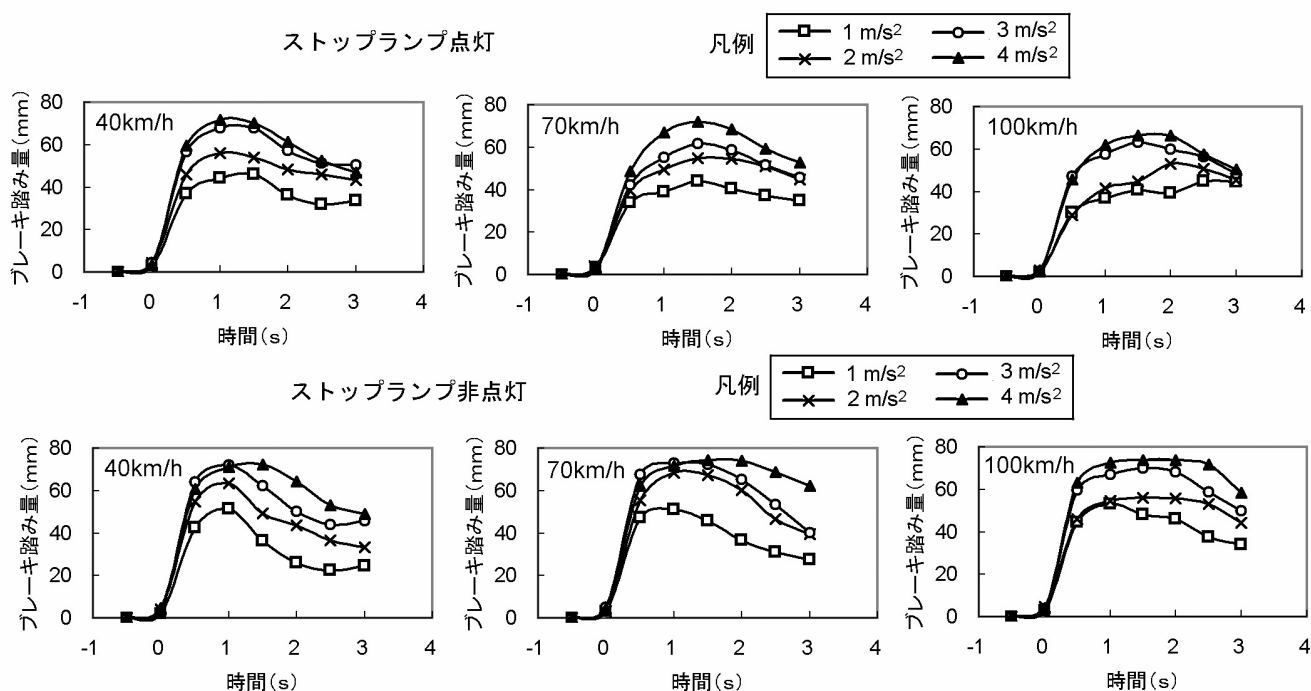


図9 ブレーキ踏み量の時間的变化（高齢者）

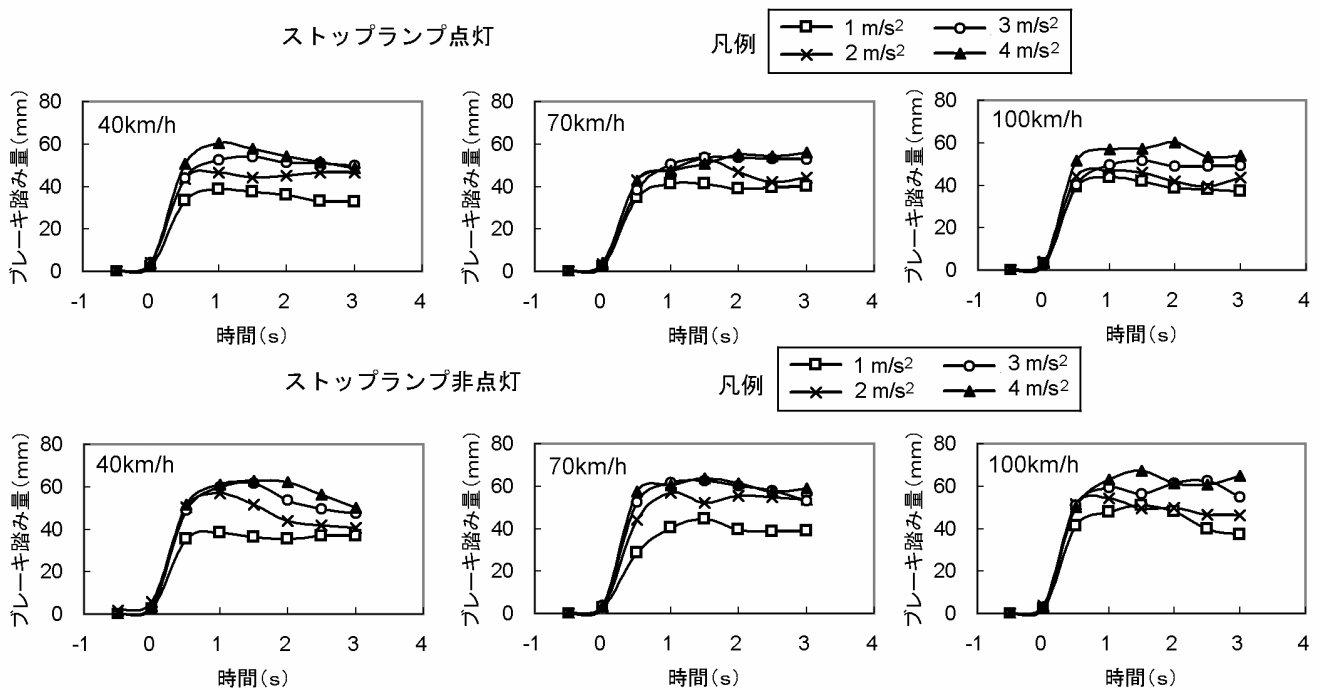


図 10 ブレーキ踏み量の時間的变化（若年者）

4. 考察とまとめ

高齢運転者の認知・操作特性を明らかにするため、運転シミュレータによる室内評価実験を行った。

最初に、車載表示装置の設置位置を4種類に変更して、先行車両追従時に、先行車両のストップランプ点灯に気がついたかどうかの評価実験を行った。その結果、設置位置が正面前方に近い位置であっても、年齢にかかわらず、わき見運転時の前方の認知の比率が低下して、危険な事象に気がつくのは困難であることがわかった。とくに、高齢被験者の場合には、若年被験者の場合よりも認知できる比率が低くなった。高齢者の有効視野の狭さが前方の認知に影響を及ぼしたものと考えられる。高齢運転者の有効視野が狭いことを考えると、正面前方を向いているときでも左右の認知が不十分であると考えられ、これを支援するためのシステムが有効であると考えられる。

さらに、先行車両の減速に対応してブレーキ操作を行わせるという評価実験を行った結果、ストップランプ点灯の有無によってブレーキペダルを踏むまでの時間が大きく異なることがわかった。ストップランプ点灯時には、点灯にあわせてすぐにブレーキ操作を行っていたが、実際には急なブレーキ操作を行う必要のない場合にもブレーキペダルを踏むことになるので、内的な心理状態とは相違があると考えられる。ストップランプが点灯しない場合には、ブレーキペダルを踏むまでの時間が長くなるものの、いったん踏み始めた場合には減速度が大きいという結果が得られた。この傾向は高齢者の場合に若

年者よりも認められた。このストップランプが点灯しない場合の操作特性の詳細については、さらに検討を行う必要があると考えられるが、概観してみれば、通常の減速時においては高齢者と若年者とでブレーキ操作に関して顕著な差は認められなかった。この点を考えると、先行車両の減速に係る支援システム（アダプティブクルーズコントロールシステム、車間距離警報装置等）については、必ずしも高齢者専用の特性を設定する必要はないと考えられる。

謝辞

本内容は、文部科学省科学技術振興調整費重要課題解決型プロジェクト「状況・意図理解によるリスクの発見と回避」によって行われた研究成果の一部である。記して謝意を表す。

参考文献

- [1] K. Morita, M. Sekine: "Analysis of Accidents by Older Drivers in Japan", Proceedings of 13th International Pacific Conference on Automotive Engineering, pp.719-724 (2005)
- [2] JASO Z 008 運転者アイレンジ (乗用車), (社)自動車技術会 (1973)
- [3] 関根,森田,成,岡田,益子: "補助ブレーキ等の作動に伴う制動灯の自動点灯条件に関する基礎調査", 交通安全環境研究所発表会概要集, pp.139-142 (2004)