自動車の車室内表示装置を注視することによる 反応時間の遅れについて

正会員 森田 和 元 非会員 益子 仁 一 非会員 岡田 竹 雄
(交通安全公害研究所)

Delay in Response Time of Automobile Driver due to Gazing at an In-Vehicle Navigation Display Device

Member Kazumoto Morita, Non-Member Jin'ichi Mashiko, Non-Member Takeo Okada
(Traffic Safety and Nuisance Research Institute)

ABSTRACT

This paper examines how a driver's behavior, such as gazing at an in-vehicle navigation display device, affects safety driving. We carried out two types of experiments. The first one examined the response time of the driver from the time when the stop lamps of the preceding vehicle went on, under the conditions that the driver was instructed to look at the in-vehicle display device as long as possible. We found that it was almost impossible for the driver to recognize the traffic conditions in front when gazing at the display device. The other experiment examined an ordinary driver's behavior of diverting his line of vision from the front. Based on the results, we also conducted an analysis to obtain quantitatively the delay in response time when the driver is ordinarily shifting attention from in front to the display device.

KEYWORDS : automobile, navigation system, response time, safety, peripheral field of view

1. まえがき

最近、急速に自動車用ナビゲーション装置が普及してきている(図1、(社)日本電子機械工業会調べによる国内出荷台数)。一般に、表示装置は車室内に搭載されることから、運転者がその表示内容を見る場合には、正面前方から表示装置の方に視線を移動させることになる。表示装置の方を見ている、周辺視により前方の交通状況を認知できるのであれば、表示装置を見るという行為も安全走行上重大な支障にはならないといえる。逆に、表示装置を見

ているとき前方の交通状況の変化に気がつくことがなければ、交通事故にもつながりかねない。本論文の目的は、車室内表示装置を見ることが、どのように安全運転と関係するのかを調べることである。

この目的のために、今回2種類の実験を行った。一つは、運転者(観測者)に表示装置の方向を見させているときに前方の先行車両のストップランプを点灯させて、そのときの運転者の反応時間(ブレーキ操作に要する時間)を調べるという実験である(以下「ブレーキ反応実験」という)。この実験においては、表示装置の設置位置を各種変更し、また、表示装置の方を見続けるように観測者に指示をした。周辺視による反応時間等についてはこれまでに多くの研究が行われているが^{1,2)}、室内実験によるものが多く、実際の自動車を使用して表示装置を見させるというわき見運転を行って反応時間を調べたものはほとんどない。従って、実走行時の運転者の反応を実験により調べることにした。

また、運転者が自動車を運転する場合には、これまでににおいてもスピードメータ等を見るなどして短時間のわき見を行いながら運転をしてきている。車室内の表示装置を全く見ないで運転するというのも現実的な話ではない。従って、運転者にとって、通常どの程度のわき見ならば危険と感じないかを調べるもう一つの走行実験を行った(以下「わき見動作実験」という)。さらに、この実験結果を基にして、通常行われるわき見運転時の反応時間を計算により求め、わき見運転をしていないときと比較してどの程度ブレーキ操作が遅くなるのかの検討を行った。通常行われるわき見については短時間のものが多いことから、先行車両のストップランプをタイミングよく点灯させる実験を実施することが困難で

図1 自動車用ナビゲーション装置の国内出荷台数
((社)日本電子機械工業会調べ)

Fig. 1 Number of domestic sales of in-vehicle navigation devices
(on the data of EIJA).

あるため、計算により反応時間の検討を試みたものである。

2. ブレーキ反応実験

2.1 実験方法の概要

2 台の車両（観測車両と先行車両）を使用して、観測車両の運転者（観測者）が先行車両のストップランプ点灯に気がついたら、アクセルペダルからブレーキペダルに足を踏み替えて車両を停車させる。

観測車両のアクセルペダルとブレーキペダルには、テープスイッチがセンサーとして貼られており、このテープスイッチが踏まれると車室内後方に設置した計測用ランプ（LED）が点灯するようにしている。

計測用の実験装置として、観測車両の車室内にビデオカメラを設置して、観測者の顔面、先行車両の状況、車室内表示装置の設置状況及び上記の計測用ランプの 4 画面を撮影して一画面に合成して録画した。このビデオ画面上には、タイムコードジェネレータにより経過時刻が記録される。実験結果として、ビデオ画面に記録された時間記録から必要な時間が求められる。時間記録の分解能は1/60秒である。また、先行車両のストップランプ点灯は、ビデオ録画された映像から判断した。

2.2 表示位置

自動車用ナビゲーション装置及びテレビの車室内の搭載位置について調査した結果(1994年11月現在)、水平方向については左方向に約30度から33度(平均で31.6度)、垂直方向については下方向に約28度から38度（平均で33.6度）のあたりに設置しているものが多い（図2）。

この調査結果を参考にして、今回は、7種類の表示位置を設定した。基準アイポイントを原点として、各表示位置（表示画面の中心位置）を視角で表現すると表1のようになる。（水平方向に関しては左方向に対する角度をプラス、また、垂直方向に関しては下方向に対する角度をプラスとしている。）また、図3に各表示位置を図示している。ここで、基準アイポイントとは、運転者の眼の位置の統計的分布を基にして運転者の眼の位置を代表する点として定められたものである³⁾。

これらの表示位置の中で、例として表示位置1、3、4、7を写真により示す(図4)。表示位置7は自動車メーカーの標準搭載位置の平均に近い表示位置となっている。また、車両販売後のアフターマーケットで表示装置をインストルメントパネルの上部に設

表 1 7種類の表示位置

Table 1 Seven display positions

各表示位置	水平方向	垂直方向
表示位置 1	39度	15度
表示位置 2	33度	15度
表示位置 3	26度	15度
表示位置 4	39度	27度
表示位置 5	33度	27度
表示位置 6	39度	36度
表示位置 7	33度	36度

図3 表示位置
Fig. 3 Display positions.

置するという場合も考えられるので、これに対応して表示位置1、2、3を設定した。

また、この他、表示装置を観測者に見させるのではなく、観測者に正面前方を見させるようにして、すなわち、先行車を見続けるようにさせて、わき見運転とならないような実験も行った。

2.3 表示内容

周辺視の実験を行う際には、中心視として何を見させるかが重要な問題となる。中心視に対して注意が集中する場合には、有効視野の範囲が狭くなることが知られている^{4,5,6)}。今回の実験に際しては、自動車用ナビゲーション装置を想定することから、それと類似の負荷を与えるようにする必要がある。また、単に表示装置を見るように指示をただけでは、観測者が実際にその方向を見ていない可能性がある。これらのことを考慮して、表示される一桁の数字を読み上げさせることにより、確実に表示装置の方を見させるようにした。すなわち、パソコンにより1秒ごとに一桁の数字（縦方向6 mm）を表示画面のほぼ中央に呈示して、観測者に読み上げさせるというようにした。表示内容は黒色の背景に緑色の数字であり、表示画面に対して垂直方向から測定した表示部分の輝度は約80cd/m²（色度座標 x=0.280, y=0.643）であった。なお、実際のナビゲーション装置の表示文字の大きさが約5または6 mmのことが多いことを考慮して、表示する数字の大きさを設定した。

2.4 実験手順

埼玉県熊谷市にあるテストコースにおいて走行実験を行った。観測者が乗車する観測車両と先行車両との2台の車両間距離は約20から30mとし、走行速度に関しては40km/h、60km/h及び80km/

図2 自動車用ナビゲーション装置等の搭載位置
Fig. 2 Setting positions of in-vehicle navigation device and TV.

表示位置 1

表示位置 3

表示位置 4

表示位置 7

図4 表示位置の例

Fig. 4 Examples of display positions.

hの3種類とした。

実験手順は以下のとおりである。

- (1) 観測者の乗った観測車両が走行を開始して、指示された速度まで加速する。先行車両は観測車両の動きにあわせて、車間距離を保ちながら走行する。
- (2) 指示された速度に達した後、観測者は表示装置の方に視線を移動して一桁の数字を読み始める。
- (3) 観測車両に同乗する実験実施者が、先行車両の実験実施者に無線により合図を送る。
- (4) 先行車両の実験実施者が、手動により無作為のタイミングでストップランプを点灯させる。このストップランプは、通常のブレーキとは別に、先行車両の実験実施者が自由に点灯させることができるものである。
- (5) 観測者は先行車両のストップランプ点灯に気がついた時点で、アクセルペダルからブレーキペダルに足を踏み替えて観測車両を停止させる。
- (6) 先行車両もあわせて停止する。

先行車両のストップランプの光度については、左右の平均で約83cd（色度座標は、 $x=0.685$, $y=0.314$ ）であった。また、ハイマウントストップランプは装備されていない車両であった。

ビデオ画像からの解析データとしては、先行車両のストップランプが点灯した時点から観測者がブレーキペダルを踏む時点までの時間（以下「反応時間」という）とアクセルペダルを離してか

らブレーキペダルを踏むまでの時間（以下「踏み替え時間」という）の2種類とした。

実験を行う際、観測者が表示装置の方を注視した場合、表示位置によっては、前方を全く認知できないという実験条件もあった。このため、できるだけ長く見続けるように指示はしたもの、走行上必要であれば、前方に視線を戻してかまわないとした。従って、今回の結果については、先行車両のストップランプが点灯したときに気がついて観測者が反応する場合と、ストップランプが点灯したときに気がつかないで視線を前方に戻したときに初めてストップランプ点灯に気がつくという場合とが混在した結果となった。

2.5 その他実験条件

観測者は男性8名、女性4名の計12名（平均年齢31.9才、20代観測者8名、40代観測者4名）であり、いずれも色覚正常者であった。

各実験条件で2回繰り返したので、1つの表示位置における測定回数は、各走行速度ごとに24回（12名×2回）となった。全体の実験回数は、表示位置8種類（正面前方を見ている場合も含む）であるので、計576件（各表示位置の実験回数24回×表示位置8種類×走行速度3種類）となった。しかし、アクセルペダルのテープスイッチからの信号が不安定なためうまく信号計測ができない件数が5件あったので、解析の対象となる件数は571件となった。

実験時の天候は晴れまたは曇りであって、照度計を天頂方向に

表2 不安感に関する評価基準
Table 2 Rating scale for feeling of uneasiness

評価値	評価基準
0	全く不安を感じない
-1	やや不安である
-2	かなり不安である
-3	非常に不安である
-4	極めて不安である

向けて測定した水平面照度は、約600から100,000 lx の範囲であった。

また、このほか、表2に示す評価尺度を用い、各試行ごとに観測者に不安感の程度を回答させた。

3. ブレーキ反応実験の結果及び考察

3.1 ストップランプ点灯に気がつくかどうかについての観測者の意見

表示位置によって、先行車両のストップランプ点灯に気がつく場合と気がつかない場合があるので、実験終了後に観測者に対して気がつくかどうかに関する意見を求めた。今回の実験においては、各試行ごと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を回答させなかったため、一連の実験終了後に各表示位置に関する意見を求めることとなった。観測者の意見はほぼ共通しており、表示位置6、7については、その方向を見ていると先行車両のストップランプ点灯に気がつかないという意見であった。表示位置1、2、3については、気がつく場合と気がつかない場合との両方があるというものであった。表示位置4、5については、気がつかない場合が多いものの、時として気がつくことがあるというものであった。

3.2 踏み替え時間

踏み替え時間に関して、各表示位置ごとの平均を示すと図5の

図5 踏み替え時間
Fig.5 Stepping time.

ようになる。これらはいずれも3種類の走行速度のデータの集計である。正面前方を見ているときの踏み替え時間がもっとも短く(0.26秒)、もっとも長い場合が、表示位置7の場合の0.32秒である。平均の差に関するt検定を行うと、正面前方を見ている場合と表示位置6、並びに、正面前方を見ている場合と表示位置7の間において、踏み替え時間の差が認められた(有意水準5%)。しかし、表示位置による踏み替え時間の差をみると、正面前方を見ているときと比較して、表示位置7の場合においても0.06秒の差があるので、実際の運転時を考えれば実質的な差はないと考えてよい。踏み替え時間に関しては、先行車両のストップランプ点灯に気がついて足をアクセルペダルから離してから時間であるから、表示位置による差は顕著ではないと考えられる。

3.3 反応時間

走行速度による反応時間の差異をまず最初に調べる。各走行速度について反応時間の平均を求めると図6のようになる。

表示位置1、2、3の場合よりも表示位置6、7の場合の方が反応時間が長いというように、全体的に、表示位置が正面前方から離れるに従い反応時間が長くなる。これは、先行車両のストップランプが点灯したときに気がつかない割合が増加するためであると考えられる。

走行速度の影響について調べると、すべての表示位置(正面前方を含む)において、3種類の走行速度40、60、80km/hの間で反応時間の差は認められない(有意水準5%によるt検定)。従って、これ以後、走行速度40、60、80km/hのデータの集計により検討を行うこととする。

反応時間の度数分布を、各表示位置ごとに図示すると図7のようになる(ここで、たとえば0.4~0.6の項は0.4超かつ0.6以下の値のデータが入る)。この中でたとえば、正面前方を見ているときの反応時間は、平均で0.57秒(標準偏差0.21秒)である。この値は、従来から得られている値とほぼ同じ値であった^{7,8)}。

これらの度数分布が正規分布をしているかどうかについて、「対象となる度数分布が正規分布をしている」という仮説をたてて、 χ^2 分布検定⁹⁾により調べる。その結果、ここで示された度数分布については、いずれの表示位置の場合にも正規分布であるとの仮説は棄却された(有意水準5%)。一方、横軸で表される時間軸を常用対数に変換して(以下「対数時間」という)、度数分布を求めると図8のようになる。対数時間に関する度数分布については、表示位置6の場合を除いて、正規分布であるという仮説を棄却でき

図6 走行速度による反応時間の差
Fig.6 Effect of the vehicle velocity on the response time.

図7 反応時間の度数分布 (実時間)
Fig.7 Histogram of response time concerning real time.

図8 対数時間における反応時間の度数分布
Fig.8 Histogram of response time concerning logarithmic time.

なかった(有意水準5%)。従って、対数時間に関して、反応時間は正規分布をすると考えられる。今後、必要に応じて、対数時間に関するデータについて検討することにする(付録1)。

3.4 先行車両のストップランプ点灯に気がつく割合についての考察

今回の実験においては、先行車両のストップランプ点灯に気がつくかどうかについて、実験終了後の意見として聴取したものの、毎回の試行ごとに確認しなかったため、気づいた件数を厳密に求めることはできない。従って、以下のような検討を行うこととする。図7に示されるように、正面前方を見ているときは反応時間はほとんどが1.0秒以下である。この場合、1.0秒を超える場合は3件のみである。従って、ストップランプが点灯したときに気がついた場合には、ほぼ1.0秒以下で反応することが可能であると考えられる(付録2)。正面前方を見ているとき以外の場合、先行車両のストップランプが点灯したときにいつも気がつくとは限らないので、反応時間が長い件数が多くなる。

この1.0秒の根拠に関しては、次のようにも考えられる。一般的に、正規分布については「平均-2×標準偏差」と「平均+2×標準偏差」との区間に、分布の95.5%が含まれる。今回、対数正規分布で表した図8において、正面前方を見ているときの値を基に平均と標準偏差を求めるとそれぞれ、-0.2700と0.1388となる。これらの値から「平均+2×標準偏差」を求めると0.0076となる。従って、この値を超える件数については、その割合は対数正規分布に関して全体の約2.3%となる。従って、ストップランプ点灯に気がついてしかも対数時間の0.0076を越えて反応する例はまれであると考えられる。この値を実時間に変換すると1.018秒となり、ほぼ1.0秒となる。いま、反応時間が1.018秒を超える場合を、ストップランプ点灯に気がつかなかった場合と考え、各表示位置に関してその件数及び比率を求めると表3のようになる。

表に示されるように、表示位置が下の方になるにつれて気がつかない件数が増加する。表示位置6、7の場合においては、観測者の実験終了後の意見では、その方向を見ている場合には先行車両のストップランプ点灯に気がつくことはないというふうであったので、その比率はほぼ100%に近い値を示すべきものと考えられる。しかし、上記の結果からは、約7~8割の件数にとどまっている。この原因として、表示装置をできるだけ長く見続けるように指示しているものの、走行上必要であれば、前方に視線を戻してもかまわないとしたため、偶然前方に視線を移動した場合に先行車両のストップランプが点灯した場合があり、その結果、反応時間が短くなったという件数が含まれるためであると考えられ

表3 ストップランプ点灯に気がつかなかった件数

Table 3 Number of the cases of not recognizing the stop lamps lit

各表示位置	件数	(比率)
表示位置1	44件	(62%)
表示位置2	33件	(47%)
表示位置3	31件	(43%)
表示位置4	42件	(59%)
表示位置5	52件	(72%)
表示位置6	51件	(71%)
表示位置7	56件	(80%)

図9 不安感
Fig. 9 Feeling of uneasiness.

る。

このことを考えると、インストルメントパネルの上部のあたりで正面前方に近い表示位置2、3であっても、表示に気がつく割合は約半分程度であると考えられる。

3.5 不安感

不安感に関しては、各試行ごとに観測者に表2に示す0から-4までの値で回答させている。各表示位置について、この不安感の平均を全観測者に対して求めると図9のようになる。不安感は図中の縦軸で表され、マイナスの値の方が(図では上方向)、不安が大きいことを示す。正面前方を見ているときは不安感は低いものの(平均は-0.1)、表示位置が正面前方から離れるに従い不安感が増す傾向が認められる。たとえば、表示位置7においては、不安感の平均は-2.9となっている。

4. わき見動作実験

4.1 実験方法

この実験においては、運転者にとって、通常どの程度のわき見ならば危険と感じないかを調べた。この場合、表示装置(市販のナビゲーション装置)を運転者にとって「普通に見る」という感覚で見させた。すなわち、先行車両に追従して走行する場合に、運転者にとって全く不安感のないような見方をしてもらい、その視線移動状況をビデオカメラにより撮影した。観測者に対する負荷としては、これまでの実験のように数字を読ませるのではなく、ただ単に、表示装置の方を見るように指示をしているのみである。従って、どの程度の時間わき見をするかについては、表示内容等による外部要因ではなく、観測者の主観的な判断に任せられている。

観測者は合計15名(平均年齢33.5才、男性9名、女性6名)であり、また、走行速度は20、40、60、80km/hの4種類とした。表示装置の設置位置は、基準アイポイントからの視角で表現して水平方向に左側40度、垂直方向に下側27度の方向であり、前述の実験の表示位置4とほぼ一致している。実験回数については、各観測者が2回ずつ繰り返したことから120回(観測者15名×繰り返し数2回×走行速度4種類)となった。他の実験条件は、前述の実

験とはほぼ同じである。

4.2 実験結果

観測者が正面前方を見ている状態から表示装置の方に視線を移動するのに要する時間を、4種類の走行速度におけるデータの集計として求めると、平均0.17秒(標準偏差0.05秒)となる。また、表示装置を注視している時間は平均1.05秒(標準偏差0.44秒)、表示装置から正面前方に視線を移動する時間は平均0.16秒(標準偏差0.04秒)となる。つまり、正面前方から視線を移動してまた正面前方を見るまでの時間(以下「わき見時間」という)は平均1.38秒(標準偏差0.44秒)である。なお、今回の視線移動に要する時間については、これまで著者らが行ってきた室内実験から求めた値(0.15秒)とはほぼ同じとなっている¹⁰⁾。

この実験結果から、運転者は約1.4秒前後の時間であれば、通常走行時、何の不安もなくわき見を行っていると考えられる。

このわき見時間について走行速度別に示すと図10となる。走行速度によるわき見時間の差は、走行速度20km/hと80km/hにおいて認められたが、他の走行速度間では認められなかった(有意水準5%によるt検定)。従って、図から判断すると走行速度が高くなるにつれてわき見時間は減少する傾向はあるものの、特に顕著ではないと考えられる。

なお、このわき見時間に関して度数分布を示すと、実時間に関して図11、対数時間に関して図12となる。正規分布であるかどうかについて χ^2 分布検定を行うと(有意水準5%)、実時間に関する度数分布に関しては「正規分布である」という仮説が棄却された。しかし、対数時間に関する度数分布については仮説は棄却されなかった。従って、厳密には対数正規分布であると考えられる。

図12 対数時間におけるわき見時間の度数分布
Fig.12 Histogram of diverting time concerning logarithmic time.

かにについて χ^2 分布検定を行うと(有意水準5%)、実時間に関する度数分布に関しては「正規分布である」という仮説が棄却された。しかし、対数時間に関する度数分布については仮説は棄却されなかった。従って、厳密には対数正規分布であると考えられる。

5. わき見運転時の反応時間に関する解析

前章で述べたように、運転者は通常走行時においても危なくない範囲で短時間のわき見を行っていると考えられる。このような場合に、どの程度の反応時間の遅れが発生するのかを計算により解析する。

この解析にあたっては、車室内の表示装置を見ているときには先行車両のストップランプ点灯に気がつかず、正面前方に視線を戻したときに初めて先行車両のストップランプ点灯に気がつくという前提で考える。つまり、表示装置を見ているも周辺視により先行車両のストップランプ点灯に気がつくという状況は、この解析の対象ではない。

t秒間のわき見をするとき、もっとも早く気がつくのは、視線を戻したときに先行車両のストップランプが点灯する場合であり(この場合、気がつくまでの時間は0秒である)、もっとも長くかかるのは視線を表示装置の方に向け始めた時にストップランプが点灯する場合である(この場合、気がつくまでt秒間かかることとなる)。従って、0秒からt秒までの範囲で先行車両のストップランプ点灯に気がつくこととなり、その確率密度は $1/t$ という一様分布となる。

実際のわき見時間tについては、前章で述べたように図11または図12のような分布となる。この分布から求めたわき見時間の確率密度関数を $f(t)$ とする。この確率密度関数を考慮すると、先行車両のストップランプ点灯時から、運転者が視線を正面前方に戻してストップランプ点灯に気がつくまでの時間の確率密度関数 $Q(s)$ (単位は1/秒)は、以下の式で表される。

$$Q(s) = \int_s^{\infty} \frac{f(t)}{t} dt \quad \dots\dots\dots (1)$$

ストップランプ点灯に気がついてから運転者はブレーキペダルを踏むこととなるが、その動作は、正面前方に向けてブレーキランプ点灯に気がついた後の動作であるので、最初から正面前方を見ている場合の動作とはほぼ同じであると考えられる。従って、気が

図10 走行速度別のわき見時間
Fig.10 Diverting time with respect to the vehicle velocity.

図11 実時間におけるわき見時間の度数分布
Fig.11 Histogram of diverting time concerning real time.

ついでからブレーキペダルを踏むまでの時間に関する確率密度は、正面前方を見ているときのデータ（図7または図8）から得られるものとなる。この確率密度関数を $g(t)$ としたとき、わき見時の反応時間（先行車両のストップランプ点灯時から運転者がブレーキペダルを踏むまでの時間）に関する最終的な確率密度関数は、以下のように $Q(s)$ と $g(t)$ の畳み込み積分で求められる。

$$R(t)=\int_{-\infty}^{\infty}Q(s)g(t-s)ds \quad \cdots\cdots\cdots(2)$$

さて、式(1)によりストップランプ点灯に気がつくまで（すなわち、先行車両のストップランプ点灯時から運転者が正面前方に向くまでの時間）の確率密度を求めて図示すると図13のようになる。また、わき見時の反応時間を式(2)により求めて図示すると図14のようになる。これらの計算を行うにあたり、 $f(t)$ と $g(t)$ の値については、それぞれ対数正規分布で近似されることを利用して必要な値を求めている（付録3）。なお、図13、図14中の確率密度については、時間軸について積分した値が1となるようになっている。

図14には、最初から正面前方を見ているときの反応時間（実験結果）を対数正規分布により近似して実時間に変換したものもあわせて示している。この正面前方を見ているときの反応時間について、平均と95パーセンタイルの値を求めると、それぞれ0.63秒と1.00秒となる。一方、わき見運転時の反応時間に関しては、平均1.37秒、95パーセンタイルの値は2.33秒となる。95パーセンタイルで考えるということは、反応時間の長い方の5%の運転者に

図13 ストップランプ点灯に気がつくまでの時間の確率密度（計算結果）
Fig.13 Probability density of the time to recognize the stop lamps lit (results of calculation).

図14 わき見時の反応時間の確率密度（計算結果）
Fig.14 Probability density of the diverting time (results of calculation).

ついて、正面前方を見ているときは1.00秒よりも長い反応時間となり、わき見運転をしているときは2.33秒よりも長い反応時間となることを示している。

上述のように、正面前方を見ているとき（わき見をしていないとき）と比較して、通常のわき見をしているときは、平均では0.74秒長くなり、95パーセンタイルで比較すると1.33秒長くなる。平均で比較するよりも、95パーセンタイルで比較した方が両者の差が大きくなる。これは、わき見運転時の反応時間の分布が時間軸に関して横に広がった形状となっており、特に、右側の方に分布がのびているためである。

このように、運転者が通常のわき見を行って、しかも周辺視により前方の交通状況に気がつかない場合には、正面前方を見ているときと比較して反応が遅くなることを定量的に明らかにすることができた（付録4）。

6. まとめ

今回の実験結果及び計算により得られた結果は以下のとおりである。

- (1) アクセルペダルからブレーキペダルに足を踏み替えるための踏み替え時間は約0.3秒であり、表示位置による差は顕著ではない。
- (2) 先行車両のストップランプ点灯に気がついてからブレーキペダルを踏むまでの反応時間については、走行速度による差は認められない。また、正面前方を見ているときの反応時間は、平均で0.57秒（標準偏差0.21秒）である。表示位置が正面前方から離れるにしたがい反応時間が長くなるが、これは、先行車両のストップランプが点灯したときに気がつかない割合が増加するためであると考えられる。
- (3) 実験後の観測者の意見から判断すると、表示位置6、7については、その方向を見ている場合には、前方の先行車両のストップランプ点灯に気がつくことはほとんどないと考えられる。
- (4) インstrumentパネルの上部付近である表示位置2、3については、その方向を見ている場合に先行車両のストップランプ点灯に気がつく割合は約半分程度である。また、その割合は、周囲の明るさ等にも関係していると考えられる。
- (5) 観測者が「普通に見る」という感覚で表示装置を見る場合、前方から表示装置へ視線を移動させるのに要する時間は0.17秒、表示装置を見ている時間は1.05秒、表示装置から前方に視線を戻すのに要する時間は0.16秒となり、合計1.38秒となる。この程度のわき見であれば、観測者は通常危険を感じることなく行っているものと考えられる。
- (6) 通常行われるわき見運転時の反応時間を計算により求めると、正面前方を見ている場合（平均で0.63秒）と比較して、わき見運転時には平均で1.37秒となり0.74秒長くなる。95パーセンタイルで比較すると、正面前方を見ている場合には、1.00秒であるものが、わき見運転時には2.33秒となり1.33秒長くなる。以上のように、表示装置を注視している場合には、前方の道路交通状況を把握することは困難である場合が多く、また、通常行われるわき見運転時であっても反応時間が長くなることが計算により定量的に明らかになった。

付録1

反応時間の度数分布について、実時間に関して正規分布であることが棄却されたので、本文中の前段階で述べているような t 検

定は厳密な意味では成り立たない。しかし、比較する2群のデータ数が等しい場合には、正規性が少々崩れていても大きな影響を与えないことが明らかとなっており¹¹⁾、今回のt検定の結果についても全く無意味とは考えずに、参考として理解しておくのがよい。ちなみに、対数時間に変換した後の反応時間について走行速度による差の有無を調べると、3種類の走行速度の間で反応時間の差は認められなかった（有意水準5%によるt検定）。

付録2

本文中で述べた観測者12名のほかに、薄暮時の曇天（一時雨）という著しく異なった条件で実験を行った観測者がいた。この場合、先行車両のストップランプ点灯に気がつきやすくなっており、表示位置1、2、3に表示装置を設置した場合には、全試行において周辺視によりストップランプ点灯に気がついていた。このときの反応時間の平均を示すと、

正面前方を見ているとき	0.63秒（標準偏差0.05秒）
表示位置1の場合	0.71秒（標準偏差0.18秒）
表示位置2の場合	0.63秒（標準偏差0.05秒）
表示位置3の場合	0.59秒（標準偏差0.04秒）

となり、表示位置による差はほとんどなかった。従って、周辺視であってもストップランプ点灯に気づいた場合には、反応時間は中心視の場合とほぼ変わらないと考えられる。浅見によれば、中心視の場合と比較して周辺視の場合には、反応時間が長くなると報告されているが¹²⁾、その差は約0.03秒であるとされており、実際の自動車運転時の場合には大きな差とは考えられない。

また、この観測者の結果から、先行車両のストップランプ点灯については、周囲の明るさが暗い場合には、より気づきやすくなると推測される。

付録3

本文中のように対数正規分布でf(t)とg(t)の分布を近似をするのではなく、実時間のデータを正規分布で近似した場合の反応時間の計算結果を付図1に示す。同図には、本文中で求めた対数正規分布で近似した結果も示している。これから、実時間での正規分布で近似した結果も本文中の結果と類似していることがわかる。これは、実時間においてもf(t)とg(t)の分布が正規分布から大きく異なっていないためであると考えられる。

付図1 実時間における正規分布近似を行った場合の反応時間
Response time by means of normal distribution approximation concerning real time.

付録4

本文で述べた計算による解析結果の妥当性を検討するためには、通常のわき見を行っているときに先行車両のストップランプを点灯させるという実験を行わなければならない。しかし、通常のわき見時間は本文中に見られるように1.4秒程度の短い時間であるので、わき見を行った瞬間に先行車両のストップランプを点灯させるというような実験は実際上実施できない。従って、今回の計算結果に関して、実験による検証は極めて困難であるといえる。

さて、2章、3章においては、できるだけ長く表示装置を見続けるように観測者に指示をしていた。そこで、計算結果と実測値との比較を、「できるだけ長く見る」という実験条件で行うことを試みた。4章で述べた運転者に対して、表示装置を「普通に見る」という感覚で見させる場合のほかに、危なくない範囲でできるだけ長く表示装置を見続けさせるという実験を行った。この場合、正面前方から視線を移動してまた正面前方を見るまでの時間は平均3.12秒（標準偏差2.02秒）となった。また、対数正規分布であることが確認された（付図2）。このわき見時間に関する分布の結果を基に、本文中と同じように反応時間の計算結果を求めると付図3のようになる。同図には、3章の実験結果のうち、表示位置7を見させた場合の反応時間を対数正規分布で近似して実時間に変換したものも示している。2章及び3章における実験では表示

付図2 できるだけ長く見る場合のわき見時間の度数分布
Histogram of diverting time in case of having a look as long as possible.

付図3 できるだけ長く見る場合の反応時間
Response time in case of having a look as long as possible.

装置上の一桁の数字を読ませ、一方、4章における実験では表示装置の方を見させるだけというように観測者に対する負荷の条件が異なる等実験条件が同じではないので、厳密に両者の比較をすることはできない。しかし、表示装置の方をできるだけ長く見させてわき見運転をさせた場合の反応時間としては、両者はほぼ類似していると考えられる。従って、本文中で述べた計算による解析方法がほぼ妥当であると推定できる。

参 考 文 献

- (1) 宇野, 平松:「複合作業化における高齢ドライバの基礎特性」, 自動車技術会論文集, Vol.26, No.2, pp.61-66, (1995)
- (2) 浅見, 木塚:「注視状態における視野別反応時間について」, 筑波大学体育科学系紀要16, pp.89-97, (1993)
- (3) JASO Z008:「運転者アイレンジ(乗用車)」, (株)自動車技術会, (1973)
- (4) Arihiro Isomura et al.: "Driver's Cognition in Peripheral Field of View", SAE paper No.931876, (1993)
- (5) 三浦:「行動と視覚的注意」, 風間書房, pp.146-165, (1996)
- (6) 池田:「視覚の心理物理学」, 森北出版, pp.194-204, (1975)
- (7) 田中, 高橋, 上村, 久芳, 永谷:「ブレーキング時におけるドライバの反応時間について」, 第4回ヒューマンインターフェースシンポジウム, pp.291-296, (1988)
- (8) N.Schweitzer et al.: "A field study on braking responses during driving. II. Minimum driver braking times", ERGONOMICS, Vol.38, No.9, pp.1903-1910, (1995)
- (9) 岸根:「理論・応用統計学」, 養賢堂, pp.364-365, (1966)
- (10) 森田, 益子, 岡田:「自動車用ナビゲーションシステムの表示情報の判読性一目的地の読みとり時間に関する要因分析一」, 照明学会誌, 第81巻, 第8A号, pp.61-67, (1997)

(11) 永田:「統計的方法のしくみ」, 日科技連出版社, p.114, (1996)

(受付日1997年7月18日/採録日1997年11月6日)

もりおか かずもと
森田 和元 (正会員)

運輸省交通安全公害研究所自動車技術評価部
昭和26年11
月生まれ, 昭和51年3月京都大学大学院工学
研究科修士課程修了, 同年4月運輸省交通安
全公害研究所入所, 平成3年4月同研究所保
安装置研究室長, 自動車技術会, 計測自動制御学会会員。

ましこ じんいち
益子 仁一 (非会員)

運輸省交通安全公害研究所自動車技術評価部
昭和39年5
月運輸省船舶技術研究所入所, 現在自動車技
術評価部主任研究官, 主に, 自動車のランプ
類, 車検機器などの研究に従事, 自動車技術
会会員。

おかだ たけお
岡田 竹雄 (非会員)

運輸省交通安全公害研究所自動車技術評価部
昭和46年4
月運輸省交通安全公害研究所入所, 現在自動
車技術評価部主任研究官, 主に, 自動車の運
転視界, 車検機器などの研究に従事, 自動車
技術会, 日本機械学会会員。