カーナビゲーションの使用が高齢ドライバーの
視覚情報機能に与える影響*井上文彦^{*1}, 川上満幸^{*2}, 伊原大介^{*3}Effects of using Car-Navigation on the Visual-Information Management
of Elderly DriversFumihiko INOUE^{*4}, Mitsuyuki KAWAKAMI and Daisuke IHARA^{**} Nittsu Research Institute and Consulting, INC.,
1-9-3 Higashi-Shimbashi, Minato-ku, Tokyo, 105-8322 Japan

The aim of this paper is to explore and present proposal for the accident preventive element for safe driving. The method of this research is to consider about the effects of using a car-navigation on the visual-information management of elderly drivers from the experimental approach. The evaluation indexes are measuring the movement of the driver's fixation point, the reaction time and the visibility time of a navigation screen. The results show the following: (1) In usual operation, the move area of an elderly driver's eye-fixation point becomes small and the tendency to gaze at the front of a car. (2) If a navigation screen is installed near 15 degrees surround directions and 15 degrees of horizontal directions from the driver front, the reaction time will become short. (3) The factor of the character size in navigation information is effective in reduction of the visibility time of the elderly drivers under driving. (4) The factor "Blue" of the color in navigation information is expectable in reduction of the visibility time of elderly drivers.

Key Words: Car-Navigation, Stimulus Light, Eye-Fixation Point, Reaction Time, Visibility Time

本研究は、ドライビングシミュレーターを用い、カーナビゲーションの使用が高齢ドライバーの視覚情報機能に与える影響について実験的アプローチから考察する。実験の評価指標は、注視点の動きと視点の停留時間、外部からの光刺激に対する動作反応時間、ナビゲーション画面の視認時間である。研究の結果、次の諸点が明らかになった。

- 1) 高齢ドライバーの通常運転は、注視点の移動面積が小さくなり、車の前方を注視している傾向にある。
- 2) 光刺激に対する動作反応時間を指標とすると高齢ドライバーは正面から 15°、垂直方向 15° 付近にナビゲーション画面を設置することが望ましい。
- 3) ナビゲーション情報における文字サイズの要因は自動車運転中における高齢ドライバーの視認時間

の減少にその有効性が認められる。

- 4) ナビゲーション情報における色相の要因 Blue は高齢ドライバーの視認時間の減少に期待できる。

1. 緒言

今日の高度情報化社会においては、電子通信機器の発展やネットワークの充実により、マルチメディア端末は人々の生活ツールとして一般的なものになっている。しかしながら、そのマイナス効果に対する認識や対策が立ち遅れているのも事実である。その代表的な例として自動車運転が挙げられる。カーナビゲーションの急激な普及⁽¹⁾、また、運転中の携帯電話の使用により、利便性や快適性が高まっているといえるが、これらの使用に起因する事故が急激に多発する傾向にあるのも周知の事実である。つまりこの点は、カーナビゲーションや携帯電話などの情報機器端末の使用が運転中のドライバーの反応や挙動に影響を与え、信号や道

* 原稿受付 2003年6月2日。

^{*1} 正員、(株)日通総合研究所物流技術環境部(〒105-8322 東京都港区東新橋1-9-3)。^{*2} 正員、東京都立科学技術大学(〒191-0065 日野市旭が丘6-6)。^{*3} 松下電器産業(株)(〒571-8501 門真市大字門真1006)。

E-mail: inouef@soken.nittsu.co.jp

路標識、歩行者ならびに他車の存在に気付くのに遅れることや、慣れによる注意力の低下から、操作ミスを引き起こすことに起因していると考えられている⁽²⁾⁽³⁾。また、我国の高齢社会を背景に、中高年齢の運転者が増加している⁽⁴⁾。このことは、人間の加齢現象による身体機能の低下、特に中枢機能である情報処理を伴う作業能力の低下に起因する事故発生の危険性を有していると考えられる^{(5)~(8)}。

現在、早急に実施すべき対策は道路交通法の規制を是としながらも、機器の改良、様々な側面からの危険性の明確化、使用方法や機器の設置位置の科学的根拠による改善などが考えられる⁽⁹⁾⁽¹⁰⁾⁽¹¹⁾。このような対策を施す設計の要因は、人間の生理的特性や生体機能の面からの考察に基づいたものであることが必要であり、また重要になる⁽¹²⁾⁽¹³⁾。

そこで本研究では、安全運転のために最も重要である視覚、反応能力に重点を置き、カーナビゲーションの使用が自動車運転中の高齢ドライバーに与える影響について、考察することを目的とする。

2. 研究内容

研究方法は、ドライビングシミュレーターを用いた実験1,2による。実験1はカーナビゲーションの設置位置の違いが高齢ドライバーの視覚情報機能に与える影響について、また実験2は、カーナビゲーション情報の違い(色相と文字サイズの違い)が高齢ドライバーの視覚情報機能に与える影響について考察する。

3. 実験1

3.1 実験内容

(1) 注視点の動き

ナビゲーション画面の設置位置の違いが自動車運転中における高齢者の注視点の動きに与える影響をみるために、図1に示すように被験者にアイマークレコーダを装着し、ドライビングシミュレーターを操作させる。実験に用いたコースは市街地で、危険イベント「歩行者の飛び出し」を起こすように設定する。シミュレーターの操作時間は5分間である。

実験の測定項目は、危険イベント遭遇時の30秒間の注視点軌跡、視点の停留時間である。被験者にはコース上に表示された速度遵守で走行するように指示する。

ナビゲーション画面には事前に作成した画像を提示する。被験者には画面から発せられる発信音を合図に画面に表示される文字情報を読み取り、その内容を読

み上げるように指示する。図2に画面に提示する情報の1例を示す。

(2) 動作反応時間

ナビゲーション画面の設置位置の違いが車外からの光刺激に対する高齢ドライバーの動作反応時間に与える影響をみるために、フロントガラス正面に点滅ダイオード、図3に示した運転席周辺の設置位置PI,PⅡ,PⅢにナビゲーション画面とブレーキペダル裏にスイッチをそれぞれ設置し被験者に運転させる。実験用のコースは危険イベントのない直線のみ単純なものとし、ナビゲーション画面には事前に作成した画像を提示する。被験者には画面から発せられる発信音を合図に画面に表示される文字情報を読み取り、その内容を読み上げるように指示する。

フロントガラス上の発光ダイオードは走行開始から終了までランダムに発する発信音の直後に点灯させる。フロントガラス正面の発光ダイオードの点滅は、1ヶ所の設置位置につき9回試行させる。光刺激に対する動作反応時間は、点滅の開始がアクセルペダルに一定の負荷がかかっている状態でおこない、点滅開始時から被験者が点滅を視認し、ブレーキを踏みこみ、ブレーキ裏のスイッチによって消灯するまでの時間とする。なお、被験者には走行中は可能な限りコース上に表示された速度を守って走行するように指示する。

3.2 実験の条件

(1) 被験者

被験者は両眼の矯正平均視力が0.9から1.5の普通自動車運転免許を取得している健常者で、62-67歳の男性高齢者10名(内4名は眼鏡使用)と、22-24歳の男性若年者6名(内3名は眼鏡もしくはコンタクトレンズ使用)であり、ドライビングシミュレーター操作には十分習熟させる。

(2) 注視点の動きの測定

アイマークレコーダを用いて被験者の注視点の軌跡と視点の停留時間を計測する。眼球運動検出には、角膜反射法を用いる。一般的には眼球の回転角に比例した角度座標系で表現されるが、センサーから観察面までの距離が与えられている場合にはこの観察平面に変換した座標系でも表現される。また、本研究で述べる停留点とは、アイマークが一定範囲内に一定時間以上溜まった時、この範囲の中心と定義している。⁽¹⁴⁾

(3) ブレーキ動作の検出

測定者がスイッチを入れると被験者前方の点滅発光ダイオードが点灯し、それに反応した被験者がブレーキを踏みこむとブレーキペダル裏のスイッチが入り、前

方の点滅発光ダイオードが消灯する仕組みになっている。動作反応時間はダイオードが点灯してからブレーキ踏み込み動作によって消灯するまでの時間である。

(4) 運転条件(ナビゲーション設置位置)

ナビゲーション画面は図 3 に示したように(PⅠ:運転席正面から水平方向左 30° 垂直方向下 30°, PⅡ:水平方向左 30° 垂直方向下 15°, PⅢ:水平方向左 15° 垂直方向下 15°)の 3 箇所の異なる位置に設置し、ナビゲーション画面を取り付けない運転(N:通常運転)でえられた結果と比較するように実験を立案する。

なお、ナビゲーション画面の設置位置は、ナビゲーション画面とハンドルが重ならず、かつ最もハンドルからの距離が最小となる位置である運転席より左方向 15° の位置 (PⅢ) を基準として 15° 刻みに条件を設定している。

(5) ナビゲーション画面の出力映像

ナビゲーション画面に表示される情報は漢字 5 文字の簡単な文字情報とする。その画像の種類は 32 種類とし、組合せはランダムとする。また、表示される画像情報は 15 秒で発信音とともに次の情報に変わるよう設定する。

4. 実験 2

4. 1 実験内容

(1) 実験内容

(1) 注視点の動き

実験 1 と同様に被験者にアイマークレコーダを装着し、ドライビングシミュレーターを操作させる。実験に用いたコースは危険イベントのない単純なもの(交差点など右左折のない運転条件)とする。シミュレーターの操作時間は 5 分間である。被験者にはコース上に表示された速度遵守で走行するように指示する。

実験の測定項目は、1 回の視認開始から終了までの注視点軌跡と視点の停留時間である。

(2) 視認時間

ドライビングシミュレーターを運転中は、ナビゲーション情報の違いが被験者の画面視認時間に与える影響をみるために、ハンドルに押しボタンと、ナビゲーション画面に、異なる色相と文字サイズの組合せにより作成した計 12 種類の情報を提示し、被験者に測定者の指示を合図に画面表示される文字情報を読み取らせ、指示された単語が 5 段ある項目の何段目に提示されているかを口頭で答えるよう指示する。

ナビゲーション情報に対する視認時間は、被験者がスイッチを押し、前方から視線を移動しナビゲーションを視認した後、ふたたび前方に視線を戻し、スイッ

チを押すまでの時間を測定する。

4. 2 実験の条件

(1) 被験者

被験者は両眼の矯正平均視力が 1.0 から 1.5 の普通自動車運転免許を取得している健常者で、普通自動車運転免許を取得している 63-67 歳の男性高齢者 5 名(内 3 名は眼鏡使用)と 22-24 歳の男性若年者 5 名(内 3 名は眼鏡もしくはコンタクトレンズ使用)であり、ドライビングシミュレーターの操作には十分習熟させる。

(2) 注視点の動きの測定

注視点の動きの測定は実験 1 と同様の方法で行う。

(3) 運転環境

実験では走行時と停車時の 2 つの異なる運転環境で測定を行うよう立案する。

(4) ナビゲーション情報

実験で使用したナビゲーション情報の構成を①～⑥に示す。背景色と台座色の測定は視覚的測色で行い、比較面には「新彩色辞典」⁽¹⁵⁾を用いる。

① 背景色

本実験では濃紺色を使用するよう立案する。色相、明度、彩度はそれぞれ 8.2PB, 3.9, 9.8 である。

② 台座色

台座色は青、緑、黄、赤、の 4 種類の色を使用する。各色の色相・明度・彩度を表 1 に示す。カッコ内は、日本色彩研究所色表系における純色の色相・明度・彩度である。

Table1 Hue, Value, Chroma of pedestal color

Pedestal color	Hue	Brightness	Chroma
Red	5.7R(7.6R)	4.3(4.0)	13.5(12.2)
Blue	0.1PB(10B)	3.8(4.5)	7.6(11.0)
Yellow	3.3Y(2.7Y)	7.4(7.8)	13.1(11.7)
Green	5.7G(5.0G)	5.5(4.8)	9.7(9.5)

③ 文字色

文字色は、誘目性を高めるため、台座色が赤・青・緑に対しては白を、台座色が黄に対しては黒とする。

④ 文字サイズ

文字サイズは、大・中・小の 3 種類とする。

大:30pt(約高さ 10.0mm×横幅 10.0mm)

中:22.5pt(約高さ 7.0mm×横幅 7.0mm)

小:15pt(約高さ 5.0mm×横幅 5.0mm)

⑤ 台座に表示する単語

台座に表示する単語は、カタカナ 9 文字～10 文字の単語から 5 種類を選びランダムに配置する。

(単語例:コンビニエンスストア、ファミリーレストラン、アウトレットモールなど)

⑥ 表示メニューの数

画面に表示するメニュー項目数は5個とする。ナビゲーション画面に提示する画像の例を図4に示す。図4に示した例は台座色 Red, 文字サイズ 22.5pt で作成した画像である。本サイズは、市販のナビゲーションユニットのメニュー画面で5種類のメニュー表示を行う際に採用されている文字サイズを参考に設定している。

⑦実験の使用機材

実験で使用した機材は次のとおりである。

(A) 注視点解析撮影システム

アイマークレコーダ(EMR-8 ; nac)
アイマークデータプロセスユニット
アイマーク解析ソフトウェア

(B) ドライビングシミュレーター

DS6000 ; 三菱プレジジョン製一般販売向け研究用ドライビングシミュレータ 3 CRT タイプ
以下表2に主な仕様を示す。

Table2 Specifications of Driving Simulator

項目	主な仕様
運転席部	小型乗用車運転席
模擬視界表示装置	29インチCRT3面
演算処理装置	DOS/V PC
ステアリング反力制御装置	ステッピングモーター制御
模擬視界発生装置	PCベースビジュアル 3チャンネル
模擬視界データベース	高速道路コース 市街地コース
寸法(mm)	(W) x (D) x (H)
■運転席部	2,204x1,702x1,556
■操作卓	1,200x800x1,200
消費電力	100V 30A

(C) カーナビゲーションユニット

ALPINE NV8-NO99SR

(D) ハイスピードビデオシステム

HSV-500 ; nac
VCR, AC パワーシステム, オペレーションユニット, HM ズームレンズより構成

Fig.1 The situation of the experiment

Fig.2 Image information (EXP. I)

Fig.3 Installation position

Fig.4 Image information (EXP. II)

5. 結果と考察

5. 1 実験 1

(1) 注視点の動き

高齢者の注視点軌跡と停留時間分布の1例を図5と図6に、若年者の注視点軌跡の1例を図7と図8に示す。図5と図7は通常運転(ナビゲーション画面なしでの走行)の結果である。図6と図8はナビゲーション画面をPIに設置して走行したときの結果である。なお図5から図8に示した例は直線道路において走行中に左方向から人が飛び出す危険イベントを含む計測場面での結果である。図5～図8から高齢者はすべての被験者で、若年者は全体の80%が同様の傾向にあった。

図5より通常運転における高齢者は、車の前方を注視している傾向にある。各被験者における水平方向の注視点の移動幅が $\pm 10^\circ$ 以内となっている。次に図7より通常運転における若年者は、車の前方ならびに左右方向への注視点の移動傾向にある。一方ナビゲーションを設置しての運転では、図6と図8のように両者いずれもナビゲーション画面への注視点の移動が大きくなっている。これらの点から運転者は、画面注視中に車両前方からの動きを視認することは困難な状況にあると考えられる。

(2) 動作反応時間

高齢者と若年者の光刺激に対する動作反応時間の平均値の結果をナビゲーション画面の設置位置ごとに図9と図10に示す。図9と図10に示した結果を用いて、A:個人差、B:運転条件の2つの因子が動作反応時間に及ぼしている影響をみるために1条件につき繰り返し回数9回の2元配置分散分析を行う。高齢者の場合、A:個人差の水準数は被験者数の10、B:運転条件の水準数はP I、P II、P III、Nの4水準である。若年者の実験ではAの水準数5、Bの水準数は高齢者の場合と同様の4水準である。その結果を表3と表4に示す。

高齢者の実験結果における分散分析結果では、各因子のF値が54.207, 56.144とほぼ同等の大きい値となっている。したがって、個人差、運転条件とも動作反応時間に対する説明変数として重要度が大きいことがわかる。つまり両者とも有意差があることが確認された。一方交互作用部分については、有意差があるもののA、Bに比べてその影響は小さい。

したがって、個人差、運転条件とも動作反応時間から見た運転環境設計を行う上で、重要な因子である。

表4から若年者もB:運転条件の要因について危険率1%水準で有意差が認められた。しかし、F値が9.553となっており、運転条件の違いによる影響を高齢者ほど受けていない。そこで個人差の影響を考慮し、運転条件の因子内での傾向を確認するために、動作反応時間におけるt検定による平均値の差の検定を行った。t値の大きさにより、『比較する2水準のデータの各々の集合は同じ集合である』という仮説の棄却可否を検証する。その結果を表5、表6に示す。

その結果、高齢者の場合、P IIとP III以外の組合せにおいて危険率1%水準で有意差が認められた。また、P IIとP IIIの組合せにおいては危険率5%水準で有意差が認められた。次に、若年者の動作反応時間の検定結果から、P IIIとN以外の組合せにおいて危険率1%水準で有意差が認められた。つまり、P IIIとNの条件間での

差異はあまり認められないことがわかる。

また、平均動作反応時間の最も遅かったP Iの位置における動作反応時間と通常運転での動作反応時間を比較すると、高齢者では0.244秒、若年者では0.106秒遅くなる。高齢者の結果を走行速度に照らし合わせて見ると、時速40kmで2.49m、時速60kmで3.73m、時速80kmで4.98m進んだことになる。

Fig.5 Eyemark locus & Distribution at eyes stopping time (elderly;N)

Fig.6 Eyemark locus & Distribution at eyes stopping time (elderly;P I)

Fig.7 Eyemark locus & Distribution at eyes stopping time (young;N)

Fig.8 Eyemark locus & Distribution at eyes stopping time (young;P I)

Table3 3-way ANOVA on Reaction time (Elderly Drivers)

Elements	ϕ	S	V	F
Direction A	9	6.630	0.737	54.207**
Direction B	3	2.289	0.763	56.144**
A*B	27	1.822	0.068	4.967*
e	320	4.349	0.014	
Sum	359	15.091		

A: Individual variation B: Drive condition

*:A significant level($p<0.01$), **:A significant level($p<0.05$), ϕ :degree of freedom,,S:Sum of Squares,V:variance,F:F-Value

Table4 3-way ANOVA on Reaction time (Young Drivers)

Elements	ϕ	S	V	F
Direction A	5	0.059	0.012	0.888
Direction B	3	0.383	0.128	9.553**
A*B	15	0.259	0.017	1.292
e	192	2.565	0.013	
Sum	215	3.266		

A: Individual variation B: Drive condition

*:A significant level($p<0.01$), **:A significant level($p<0.05$), ϕ :degree of freedom,,S:Sum of Squares,V:variance,F:F-Value

Table5 Results of t-test (Elderly Drivers)

A Significant level		t(89,0.05)			
Factor		to-value	t	f	test
P I	P II	6.80	1.99	89	reject
P I	P III	8.88	1.99	89	reject
P I	N	9.49	1.99	89	reject
P II	P III	2.02	1.99	89	reject
P II	N	9.11	1.99	89	reject
P III	N	5.83	1.99	89	reject
A Significant level		t(89,0.01)			
P I	P II	6.80	2.63	89	reject
P I	P III	8.88	2.63	89	reject
P I	N	9.49	2.63	89	reject
P II	P III	2.01	2.63	89	accept
P II	N	9.11	2.63	89	reject
P III	N	5.83	2.63	89	reject

Table6 Results of t-test (Young Drivers)

A Significant level		t(53,0.05)			
Factor		to-value	t	f	test
P I	P II	3.18	2.01	53	reject
P I	P III	5.32	2.01	53	reject
P I	N	5.71	2.01	53	reject
P II	P III	4.60	2.01	53	reject
P II	N	4.56	2.01	53	reject
P III	N	1.02	2.01	53	accept
A Significant level		t(53,0.01)			
P I	P II	3.18	2.67	53	reject
P I	P III	5.32	2.67	53	reject
P I	N	5.71	2.67	53	reject
P II	P III	4.60	2.67	53	reject
P II	N	4.56	2.67	53	reject
P III	N	1.02	2.67	53	accept

Fig.9 The Reaction time (Elderly)

Fig.10 The Reaction time (Young)

5. 2 実験 2

(1)注視点軌跡

走行時における高齢者の注視点軌跡と停留時間分布の1例を図11に、若年者の注視点軌跡の1例を図12に示す。図11より高齢者の注視点軌跡はナビゲーション画面付近において、リズムカルではなく複雑な動きをしていることがわかる。

次に、図12に示した若年者の注視点軌跡では乱れの少ない比較的直線的な傾向がみられる。すなわち、高齢者は若年者に比べ視線移動がスムーズに行えていない傾向にあることがわかる。この傾向は、停車時における注視点軌跡も同様であった。

Fig.11 Eye mark locus & Distribution at eyes stopping time (elderly)

Fig.12 Eye mark locus & Distribution at eyes stopping time (young)

(2) 視認時間

各運転環境における高齢者と若年者の視認時間の平均を図 13 から図 16 に示す。

① 高齢者の視認時間

図 13 と図 14 の結果から、各運転環境においてナビゲーション情報の違いが高齢者の視認時間に与える影響について考察するために、A:個人差、B:色相、C:文字サイズの 3 つの因子に関して 1 条件につき繰り返し回数 6 回の 3 元配置分散分析を行う。A の水準数は被験者数の 5 水準、B の水準数は色相 Red, Blue, Yellow, Green の 4 水準、C の文字サイズは 30pt, 22.5pt, 15pt の 3 水準である。若年者の実験でも同様である。その結果を表 7 と表 8 に示す。

運転時、非運転時とも個人差、文字サイズ両因子での F 値が大きく、動作反応時間に対する説明変数となると考えられる。表 7 と表 8 から要因 A と C に危険率 1% 水準で、要因 B に危険率 5% 水準で有意差が認められた。そこで個人差の影響を考慮し、色相別に文字サイズの因子内での傾向を確認するために、水準間で t 検定による平均値の差の検定を行った。その結果、文字サイズの違いが高齢者の視認時間に大きく影響を及ぼしていることがわかった。次に文字サイズ別に色相を要因とした平均値の差の検定を行った。その結果、すべての水準間の組合せにおいて有意差は認められなかった。つまり文字サイズが一定であれば、色相は視認時間にあまり影響を与えていないことがわかる。しかしながら、各被験者の走行時における視認時間の結果から、Blue の要因において文字サイズ 15pt で被験者の 60%、22.5pt で被験者の 100%、30pt で被験者の 80% に視認時間が早くなる傾向がみられる。また、停車時においても走行時と同様に Blue の要因において視認時間が早くなる傾向がみられる。このことより、高齢者は Blue の要因で走行時の視認時間が早くなる傾向にあるといえる。

図 13 と図 14 に示した結果から、文字サイズを X、視認時間を Y として最小 2 乗近似により、説明変数 X の係数を決定し、回帰式を求めた結果を表 9 に示す。

② 若年者の視認時間

図 15 と図 16 に示した結果を用いて、各運転環境においてナビゲーション情報の違いが若年者の視認時間に与える影響について考察するために、A:個人差、B:色相、C:文字サイズの 3 つの因子について分散分析を行う。各水準については高齢者の実験の場合と同様である。その結果を表 10 と表 11 に示す。

運転時、非運転時とも個人差、文字サイズ両因子での F 値が大きく、動作反応時間に対する説明変数となると考えられる。表 10 と表 11 から要因 A、C に危険率 1% 水準で有意差が認められた。そこで前述と同様に、色相別に文字サイズを要因とした t 検定による平均値の差の検定を行った結果、文字サイズの各条件の組合せでは、『比較する 2 水準のデータの集合は同じ集合である』という仮説が棄却される組合せは少なく、文字サイズの違いは若年者の視認時間に影響を及ぼすが、高齢者の結果と比べてその効果は少ないことが分かった。

図 15 と図 16 に示した結果から、文字サイズを X、視認時間を Y として最小 2 乗近似により、説明変数 X の係数を決定し、回帰式を求めた結果を表 12 に示す。

文字サイズ別に、若年者に対して高齢者の視認時間の比較を行うと、走行時では 15pt で 0.65 秒、22.5pt で 0.50 秒、30pt で 0.38 秒長くなり、停車時では 15pt で 0.42 秒、22.5pt で 0.25 秒、30pt で 0.14 秒長くなる。このことから、高齢者は若年者に比べ視認時間が長くなり、停車時に対し走行時は、その差が大きくなる傾向にあることがわかる。また、走行時、停車時に問わず文字サイズが大きくなると視認時間は短くなる傾向にあるといえる。

Fig.13 Visibility time (Driving; Elderly)

Fig.14 Visibility time (Non-Driving; Elderly)

Fig.15 Visibility time (Driving; Young)

Table7 3-way ANOVA on Visibility time
(Elderly Drivers:Driving)

Elements	ϕ	S	V	F
Direction A	4	55.442	13.860	147.41**
Direction B	3	0.794	0.264	2.816*
Direction C	2	13.786	6.893	73.308**
A*B	12	0.437	0.036	0.387
A*C	8	2.900	0.363	3.855**
B*C	6	0.033	0.006	0.059
A*B*C	24	0.442	0.018	0.196
e	540	50.774	0.094	
Sum	599	124.609		

A: Individual variation B: Hue C: Font size

** : A significant level($p < 0.01$), * : A significant level($p < 0.05$), ϕ : degree of freedom, S: Sum of Squares, V: variance, F: F-Value

Fig.16 Visibility time (Non-Driving; Young)

Table8 3-way ANOVA on Visibility time
(Elderly Drivers :Non-Driving)

Elements	ϕ	S	V	F
Direction A	4	64.621	16.155	204.588**
Direction B	3	0.682	0.227	2.880*
Direction C	2	15.435	7.717	97.733**
A*B	12	0.460	0.038	0.486
A*C	8	1.858	0.232	2.941**
B*C	6	0.305	0.051	0.644
A*B*C	24	1.127	0.047	0.595
e	540	42.641	0.079	
Sum	599	127.128		

A: Individual variation B: Hue C: Font size

** : A significant level($p < 0.01$), * : A significant level($p < 0.05$), ϕ : degree of freedom, S: Sum of Squares, V: variance, F: F-ValueTable9 Equation of relationship between Character size and
Visibility time (Elderly drivers)

	Driving ($15 \leq X \leq 30$)	Non-driving ($15 \leq X \leq 30$)
Red	$Y = -0.0235X + 2.2374$	$Y = -0.0306X + 2.0955$
Blue	$Y = -0.0236X + 2.1574$	$Y = -0.0251X + 1.9131$
Yellow	$Y = -0.0262X + 2.3043$	$Y = -0.0258X + 2.0210$
Green	$Y = -0.0251X + 2.2276$	$Y = -0.0228X + 1.9047$

X: Character Size(pt), Y: Visibility time(sec)

③走行時と停車時の比較

図 13 から図 16 に示した結果を用いて、運転環境の違いが高齢者と若年者の視認時間に与える影響について、A:個人差、B:運転環境、C:文字サイズの3つを要因として分散分析を行う。その結果を表 13 と表 14 に示す。表 13 と表 14 から高齢者、若年者とも、すべての要因に危険率 1%水準で有意差が認められた。そこで、前述と同様に、文字サイズ別に運転環境を要因とした平均値の差の検定を行った。その結果、運転環境の違いは高齢者の視認時間に強く影響を及ぼしていることがわかった。ここで文字サイズ別に、停車時に対して走行時の視認時間を比較すると、高齢者では 15.0%~20.6%視認時間が長くなり、若年者では 0.7%~6.6%長くなる傾向にある。このことから、若年者にくらべ高齢者の視認時間は運転行為の影響を強く受けることがわかる。

Table10 3-way ANOVA on Visibility time

(Young Drivers :Driving)

Elements	ϕ	S	V	F
Direction A	4	14.611	3.653	101.025**
Direction B	3	0.041	0.0135	0.374
Direction C	2	1.095	0.5476	15.145**
A*B	12	0.671	0.0559	1.546
A*C	8	0.310	0.0387	1.070
B*C	6	0.297	0.0494	1.367
A*B*C	24	1.094	0.0456	1.262
e	540	19.525	0.0362	
Sum	599	37.644		

A: Individual variation B: Hue C: Font size

** :A significant level($p<0.01$), * :A significant level($p<0.05$), ϕ :degree of freedom,S:Sum of Squares,V:variance,F:F-Value

Table11 3-way ANOVA on Visibility time

(YoungDrivers :Non-Driving)

Elements	ϕ	S	V	F
Direction A	4	11.821	2.955	74.884**
Direction B	3	0.079	0.026	0.664
Direction C	2	2.083	1.041	26.384**
A*B	12	0.763	0.064	1.610
A*C	8	0.889	0.111	2.816**
B*C	6	0.210	0.035	0.885
A*B*C	24	0.612	0.026	0.651
e	540	21.311	0.040	
Sum	599	37.770		

A: Individual variation B: Hue C: Font size

** :A significant level($p<0.01$), * :A significant level($p<0.05$), ϕ :degree of freedom,S:Sum of Squares,V:variance,F:F-ValueTable12 Equation of relationship between Character size and
Visibility time (Young drivers)

	Driving($15 \leq X \leq 30$)	Non-Driving($15 \leq X \leq 30$)
Red	$Y = -0.0067X + 1.3338$	$Y = -0.0057X + 1.2696$
Blue	$Y = -0.0097X + 1.3861$	$Y = -0.0069X + 1.2727$
Yellow	$Y = -0.0014X + 1.2048$	$Y = -0.0076X + 1.2832$
Green	$Y = -0.0091X + 1.3657$	$Y = -0.0101X + 1.3481$

X:Character Size(pt), Y:Visibility time(sec)

Table13 3-way ANOVA on Visibility time (Elderly Drivers)

Elements	ϕ	S	V	F
Direction A	4	116.068	29.017	347.505**
Direction B	1	24.061	24.061	288.149**
Direction C	2	28.995	14.498	173.621**
A*B	4	3.995	0.999	11.961**
A*C	8	1.104	0.138	1.653
B*C	2	0.226	0.113	1.352
A*B*C	8	3.654	0.457	5.469**
e	1170	97.696	0.084	
Sum	1199	275.798		

A: Individual variation B: Drive environment C: Font size

** :A significant level($p<0.01$), * :A significant level($p<0.05$), ϕ :degree of freedom,S:Sum of Squares,V:variance,F:F-Value

Table14 3-way ANOVA on Visibility time (Young Drivers)

Elements	ϕ	S	V	F
Direction A	4	25.398	6.350	166.547**
Direction B	1	0.669	0.669	17.543**
Direction C	2	2.971	1.486	38.969**
A*B	4	1.034	0.259	6.781**
A*C	8	0.553	0.069	1.813
B*C	2	0.206	0.103	2.706
A*B*C	8	0.646	0.081	2.117*
e	1170	44.605	0.038	
Sum	1199	79.083		

A: Individual variation B: Drive environment C: Font size

** :A significant level($p<0.01$), * :A significant level($p<0.05$), ϕ :degree of freedom,S:Sum of Squares,V:variance,F:F-Value

6. 結言

本研究では、カーナビゲーションの使用が自動車運転における高齢ドライバーの視覚情報機能に与える影響についての考察に主たる目的があった。本研究の実験条件下では研究の結果、次の諸点を指摘しえた。

- 1) 高齢ドライバーの通常運転は、注視点の移動範囲面積が小さい。ほぼすべての被験者で水平方向の移動範囲が平均で $\pm 10^\circ$ 以内に入っており、車の前方を注視している傾向にある。
- 2) 光刺激に対する動作反応時間を指標とすると高齢ドライバーは正面から水平方向 15° 、垂直方向 15° 付近にナビゲーション画面を設置することが望ましい。
- 3) ナビゲーション情報における「文字サイズ」の要因は自動車運転中における高齢ドライバーの視認時間の減少にその有効性が期待できる。
- 4) ナビゲーション情報における「色彩」の要因 Blue は高齢ドライバーの視認時間の減少に期待できる。さらに、
- 5) 文字サイズと視認時間の関係を示す実験式を提案した。

参考文献

- (1) 日本エコノミックセンター出版事業部：カーナビゲーションの現状と展望，日本エコノミックセンター，pp.1-3(1998)。
- (2) 末永：安全運転の科学，日本放送出版協会，pp.16-46(1970)。
- (3) 武藤：携帯電話を使用中に発生した交通事故の特徴，科学警察研究所報告交通編，38・1，pp.20-38(1997)。
- (4) 国立社会保障・人口問題研究所：日本の将来推計人

- 口, (1997 年 1 月推計).
- (5) 宇野・平松: 複合作業下における高齢ドライバーの基礎特性, 自動車技術会論文集, 26-2, pp.61-66(1995).
 - (6) 林: 自動車事故の科学, 大河出版, pp.26-29(1994).
 - (7) 大塚博保: 高齢運転者の動作・行動機能, 科学警察研究所報告交通編, 32-2, pp.59-62(1991).
 - (8) 鈴村ほか: 老人の視野と色覚, 眼科 MOOK, 29, pp.25-35(1985).
 - (9) 飯塚: ASV(Advance Safety Vehicle)の概要, 目産技報, 37, pp.21-25(1995).
 - (10) 川上・福井・松本・大久保: 自動者運転中の携帯電話使用が視覚情報処理に与える影響, 照明学会誌, 84-2, pp.117-123(2000).
 - (11) 大久保: 人間工学から見た人に優しい車, 自動車技術会論文集, 53-7, PP.4-11(1999).
 - (12) 中野・水野・北岡・山本・木村・徳永: 運転中のドライバーの視線計測システム, 自動車技術会論文集, 26-2, pp.72-77(1995).
 - (13) 柳瀬徹夫: 自動車の人間工学技術, 朝倉書店(1998).
 - (14) 大島正光・大久保堯夫: 人間工学, 朝倉書店, pp.72-73(1989).
 - (15) 伊藤友雄, 「新彩色辞典」カラーデータ集(1990).
-