自動車運転時における画像表示ディスプレイの 位置知覚に聴覚への情報提示が与える影響*

米田 圭 祐^{*1}, 山中 仁 寛^{*2}, 川 上 満 幸^{*2}

Effect of Auditory Information for Positional Perception of a Visual Display While Driving

Keisuke YONETA, Kimihiro YAMANAKA^{*3} and Mitsuyuki KAWAKAMI

^{*3} Faculty of System Design, Tokyo Metropolitan University,
6-6 Asahigaoua, Hino-shi, Tokyo, 191-0065 Japan

The aim of this study is to investigate the right position for installation of a visual display of Car-Navigation system. The method of this research is to consider about the effects of presenting auditory information on the positional perception of driver from the experimental approach. The evaluation indices are measuring the saccadic time, the stationary time and the reaction time from the movement of the subject's fixation point. The results shows following: (1) Since an auditory information plays an important role in the information processing on positional perception, the visibility time, the saccadic time, the stationary time and the reaction time become small by presenting auditory information. (2) The bigger the vertical instillation angle from the glabellar point to the position for installation of a display becomes, the bigger the effects of presenting auditory information on the positional perception is. Based on an analysis of fixation, it is seen that the saccadic movement is possible to do smoothly on the narrow vertical direction in useful of view by presenting auditory information.

Key Words: Human Engineering, Human Interface, Automobile, Positional Perception, Visual and Auditory Information Processing, Visual Attention

1. 結 言

近年, 情報通信技術を用いた ITS (高度道路交通システム) の発展により, 道路交通の安全, 円滑化ならびに環境保全等に関する快適性と利便性の向上が進んでいる. 特にカーナビゲーションシステム等の画像表示ディスプレイを用いたインタフェースの重要性が高まっており, 2005 年度にはカーナビゲーションシステムの単年度出荷台数が 300 万台を超え急速に普及している^①. しかしながら, これらの情報機器端末の使用がドライバーの反応や挙動に影響を与え, 信号や道路標識などの運転作業に重要な対象物の発見に遅れることや, 慣れによる注意力の低下から, 操作ミスの原因となることが危惧されている^{②, ③}.

カーナビゲーションの使用に起因する事故を防止するためのガイドラインとして, (社)日本自動車工業会

による「画像表示装置の取り扱いについて(改定第3.0版)」が発行されており, 2004 年版では, ディスプレイの設置位置について「ドライバーの目の位置と画面中心との俯角が 30(deg)以内となるように取り付けること」としており, これは, ドライバーがディスプレイを注視した状態で周辺視によって前方車両のブレーキランプを確認できる距離から求められている^④. また, 走行中のカーナビゲーションに対する視認操作行動を模擬する台上試験の方法として occlusion 法が提案されており, その概要は「情報獲得ためにディスプレイを視認する際の 1 度の注視行動に要する時間を 1 回の視認時間とし 1.5 秒までに規制する. また, 1 度の注視動作では視認ができなかった場合に複数回生じる注視動作と, その操作に要する時間の合計を総操作時間とし 7.5 秒以内とする.」というものである^{⑤, ⑥}.

上記のようなディスプレイの設置位置や視認時間に関する規制値の提案に対して, 川上ら^⑦はディスプレイの設置位置が被験者の眉間点より離れるほど視認時間が増加すること, また, ディスプレイの設置位置は, 水平方向より垂直方向で視認時間の増加へ大きな影響を与え, このことは眼球のサッカード運動特性と有効

* 原稿受付 2007 年 3 月 23 日.

^{*1} 首都大学東京大学院工学研究科(〒191-0065 日野市旭が丘 6-6).

^{*2} 正員, 首都大学東京システムデザイン学部.
E-mail: kiyamana@cc.tmit.ac.jp

視野領域に依存することを明らかにしている。つまり、ディスプレイの設置位置がドライバーの視野の中心から遠ざかると、ドライバーは前方視の運転作業中に、周辺視によってディスプレイの設置位置を正確に検出することが難しくなり、その結果、視認時間の増加につながるものと考えられる。

この問題は、ディスプレイをドライバーの視野の中心付近に設置することで解決可能であるが、ディスプレイの設置位置は車体の設計やデザインの制約を受けるため他の解決案が望まれている。そこで、周辺視などの視覚情報だけでなく、他の感覚器へ視認対象物の位置情報を提示することにより視認時間の短縮の可能性を検討する必要があると考える。

かかる観点から、本研究では視覚と聴覚を統合した情報提示が視認行動に与える影響を考察する。聴覚は音源の位置知覚に優れており、音源の最小弁別角度は1(deg)程度である⁸⁾。具体的には、ドライバーにカーナビゲーションのディスプレイに表示される情報に対して視認を促す際、聴覚刺激によるディスプレイの設置位置に関する情報の提示が、自動車運転時におけるドライバーのディスプレイに対する視認行動に与える影響について考察し、適正な設計要因を提案する。

2 実験

2・1 実験内容 実験内容は、自動車の運転席を想定した空間における、スクリーン上に投影されたカーナビゲーションのディスプレイを模擬した画像に対する視認作業である。図1に実験空間のレイアウトを示す。図に示すように、運転席の5.0(m)前方には動くマーカーと視線の固視点が表示されるスクリーンを設置し、0.75(m)前方にはカーナビゲーションのディスプレイを模擬した画像が表示されるスクリーンを設置する。被験者は、注視点の挙動を調べるためアイカメラを装着し、5.0(m)前方のスクリーン上をランダムに動くマーカーを注視する。次に、各実験条件で決められたスピーカーから発する音信号により、模擬ディスプレイ中央に表示されている文字情報を読み取り、理解した時点で視線を5.0(m)前方のスクリーン上の固視点に戻し、内容を読み上げる。この作業を1条件につき30回繰り返す。

2・2 実験条件 本研究では、視覚刺激となる文字情報が表示されたディスプレイを模擬した画像の表示位置と、その表示位置から発せられる聴覚刺激の有無がドライバーの視認行動に与える影響について考察する。

Fig 1 The layout of experiment

Fig 2 The layout of visual display

Fig 3 Appearance of experiment

2・2・1 模擬ディスプレイ表示位置(ディスプレイ設置位置) ディスプレイの設置条件として垂直方向と水平方向設置角度の2つの因子を設定する。また、2つの因子をそれぞれ3水準とし組み合わせた計9条件を実験条件にしている。垂直方向設置角度は、被験者の眉間点とディスプレイ中心との角度が下方に15, 22.5, 30(deg)の3水準に設定しているが、これは(社)日本自動車工業会のガイドライン⁹⁾を参考にしている。

一方、水平方向設置角度は、車載ディスプレイの設置位置に関する先行研究での実験条件⁴⁰⁾を参考に、被験者の眉間点とディスプレイ中心との角度が左方に20, 30, 40(deg)の3水準に設定している。図2に模擬ディスプレイの表示位置を、図3に被験者と模擬ディスプ

レイの写真をそれぞれ示す。また、実験での模擬ディスプレイの表示順序は9条件をランダムとする。

2・2・2 ディスプレイの設置位置に関する情報の提示(ディスプレイ位置情報提示方法) 情報の提示方法を以下の2条件に設定する。

a. Visual : 視覚に対する情報提示

模擬ディスプレイの表示位置に関わらず被験者の眉間点の前方0.75(m)に設置したスピーカーから視認開始の合図となる音信号を発生する。この条件では、被験者は周辺視によりディスプレイの設置位置に関する情報を取得する。以下条件Vと記す。

b. Auditory-Visual : 視覚と聴覚に対する情報提示

スクリーンに投影した各模擬ディスプレイの中心から下方5.7(deg.)に設置したスピーカーから情報の視認開始の合図となる音信号を発生する。この条件では、被験者は周辺視に加え聴覚によりディスプレイ設置位置に関する情報を取得する。以下条件AVと記す。

被験者に提示する聴覚刺激は、ドライバー向け情報提供に利用する聴覚表示の国際規格であるISO15006⁹⁾に準拠する。具体的に本実験で用いる音信号は、提示時間が1秒間、周波数が1000(Hz)、被験者の左耳元での音圧が約56.50(dB(A))であり、背景騒音レベルより平均12.50(dB(A))大きい映像と音源の位置のずれによる位置知覚の許容限界は約8(deg.)であることが知られている¹⁰⁾。よって、本実験のディスプレイとスピーカーの距離では引き込み現象が発生し、音信号は各画像から発生しているように知覚される。

2・2・3 ディスプレイ表示内容 模擬ディスプレイの中央には図4に示すように4桁の算用数字をランダムな組み合わせで表示する。背景は青色、文字は白色とし、その設定にはカーナビゲーションのディスプレイ上における背景色と文字色の違いが視認時間に与える影響についての先行研究¹¹⁾を参考としている。文字のサイズは視角にして0.61(deg.)×0.61(deg.)、文字間隔を0.15(deg.)とする。この文字サイズは国際規格化されている視力測定指標であるスネル文字¹⁰⁾を基準とすると、視力0.8以上で識別可能な値であり、本研究の被験者の視力であれば十分に識別が可能である。また、模擬ディスプレイのサイズは8インチディスプレイの大きさに相当する横13.2(deg.)、縦7.6(deg.)とする。

2・2・4 スクリーンレイアウト 時速40(km)での市街地走行を模擬したドライビングシミュレータを用いた研究では、ドライバーの注視点分布範囲は、およそ垂直方向上下10(deg.)、水平方向左右20(deg.)の範囲であり、その中でも、垂直方向上下4(deg.)、水平方向左右12(deg.)の範囲における注視点分布密度は10倍であ

Fig 4 Snap shot of displaying visual stimuli

ることが示されている¹²⁾。先行研究の成果を参考に図1に示すようにスクリーンを被験者の眉間点から5.0(m)前方に設置し、そのサイズは、視角にして垂直方向上下10(deg.)、水平方向左右20(deg.)とする。被験者がディスプレイ視認時以外に注視するマーカーは液晶プロジェクターを用いてこのスクリーン上に投影するが、マーカーの移動範囲は垂直方向上下4(deg.)、水平方向左右12(deg.)の範囲で他の範囲に比べて10倍となるように設定する。これにより、実際の運転作業中のドライバーと同様の注視作業を被験者が行うことで、仮想運転作業としている。

2・2・5 被験者 被験者は、両眼の矯正視力が1.0以上(平均1.13,標準偏差0.19)で21~24歳(平均23.14歳,標準偏差1.21歳)の普通自動車の運転免許を有した健康な男子7名である。

2・3 眼球特性による評価指標 本研究では、模擬ディスプレイ上の文字情報への視認動作ならびに反応動作を眼球運動特性により分類し評価を行う。眼球運動の検出には、角膜反射法¹⁰⁾を用いる。また、計測機器はアイマークレコーダ(nac, EMR-8)とし、被験者の随意眼球運動を計測する。計測の精度は時間分解能が60(Hz)、眼球運動の認識に関する最小値は0.1(deg.)である。

人間が随意的にコントロールできる眼球運動は追従眼球運動とサッカード運動の2つに大別される^{(13), (14)}。追従眼球運動は動く視対象を追従・認識する際に生じ、その最高回転角速度は35(deg/sec)程度である⁽¹⁵⁾。この速度を上回る眼球運動はサッカード運動と表現され、視対象の方向に視線を向けるために生じる急速な眼球運動である。サッカード運動は、追従眼球運動で追従対象を追いきれなかった際にも生じる^{(13), (14)}。またサッカード運動状態では、視覚から得られる情報の認識能力が極端に低下することが知られている⁽¹⁶⁾。

このことにより、本研究では、追従眼球運動の限界速度である35(deg/sec)を認識状態、非認識状態の判断基準と定義し、次に示す評価指標を用いる。

a. サッカード運動時間 視認時間のうち、ディスプレイ方向に視線を移す際と、ディスプレイから正面に視線を戻す際の眼球の角速度が、非認識状態である $35(\text{deg/sec})$ 以上である状態をサッカード運動状態と定義する。また、ディスプレイ設置位置がサッカード運動時間に与える影響について考察するために、サッカード運動時の被験者の眼球の平均角速度もサッカード運動速度として計測する。

b. 視点停留時間 視認時間のうち、情報の位置を探索し、情報を読み取るために注視点が停留している状態を視点停留運動と定義し、この視点停留運動状態にある時間を視点停留時間として計測する。本研究では、眼球の角速度が、非認識状態である $35(\text{deg/sec})$ 未満である場合に注視点が停留しているものと定義する。さらに、ディスプレイに対する視認動作時に発生する一試行あたりの注視点の停留回数を視点停留回数として計測する。

c. 視認時間 視認時間は、注視点が前方のスクリーンから外れ、ディスプレイに表示された情報を読み取り、再び前方のスクリーンへ戻るまでの時間である。

d. 反応時間 反応時間は、視認開始の音信号が発生してから、眼球がディスプレイ方向へ速度 $35(\text{deg/sec})$ 以上で動き出すまでの時間とする。

3. 結果と考察

3・1 時間計測結果 全被験者の各評価指標における計測時間の平均値を図5、6にそれぞれ示す。図5にはディスプレイの設置位置を視覚情報のみで提示した場合を、図6には、ディスプレイの設置位置を視覚と聴覚情報を統合して提示した場合の結果を示す。図5(a)には、各垂直方向設置角度条件において、全ての実験条件での時間計測結果を平均した値を、(b)には、各水平方向設置角度条件における時間計測結果を平均した値をそれぞれ示す。また、図6(a)、(b)についても図5と同様とする。図5、6から垂直、水平の両設置角度において、ディスプレイの設置角度が眉間点から離れるほど視認時間、サッカード運動時間が増加していることがわかる。また、図5と6を比較すると、ディスプレイの設置位置を視覚情報のみで提示した場合より視覚と聴覚情報を統合して提示した場合のほうが全ての計測時間が短縮していることがわかる。次に、図5、6に示した結果を用いて、A:ディスプレイ位置情報の提示方法、B:垂直方向設置角度、C:水平方向設置角度の3つを要因として、個人差を考慮するために、偶然誤差内に個人差を含む被験者内計画の分散分析¹⁹⁾を行い、結果を表1に示す。交互作用については、

(a) Vertical installation angle

(b) Horizontal installation angle

Fig 5 Mean value of measurement time (condition-V)

(a) Vertical installation angle

(b) Horizontal installation angle

Fig 6 Mean value of measurement time (condition-AV)

危険率5%以下で有意差が認められるものについて示す。表(a)~(d)には、各計測時間における結果をそれぞれ示す。表より、要因 A、B は全ての計測時間において、有意差が認められる。特に、視認時間においては、要因 A と B の交互作用にも有意差が認められる。また、視認時間、サッカード運動時間では要因 C にも有意差が認められる。そこで、有意差が認められる要因において、その影響を詳しく調べるため、多重比較検定を行う。本研究ではホルムの方法²⁰⁾を用い、ディスプレイの設置位置とそれに関する情報の提示方法の違いによりみられる傾向について考察を行う。

Table 1 ANOVA table for each result

(a) Visibility time

Factors	Frequency	Unbiased variance	Variance ratio
S	6	33.914	
A	1	6.192	50.412 **
S×A	6	0.123	
B	2	8.366	31.720 **
S×B	12	0.264	
C	2	8.157	56.136 **
S×C	12	0.145	
A×B	2	0.345	3.927 *
S×A×B	12	0.088	

** : P<0.01 * : P<0.05

(b) Saccadic time

Factors	Frequency	Unbiased variance	Variance ratio
S	6	7.992	
A	1	2.978	89.086 **
S×A	6	0.033	
B	2	7.099	25.115 **
S×B	12	0.283	
C	2	10.128	61.725 **
S×C	12	0.164	

** : P<0.01 * : P<0.05

(c) Stationary time

Factors	Frequency	Unbiased variance	Variance ratio
S	6	17.935	
A	1	2.284	29.968 **
S×A	6	0.076	
B	2	0.535	6.942 **
S×B	12	0.077	
C	2	0.041	0.309
S×C	12	0.133	

** : P<0.01 * : P<0.05

(d) Reaction time

Factors	Frequency	Unbiased variance	Variance ratio
S	6	6.643	
A	1	1.673	18.642 **
S×A	6	0.090	
B	2	0.277	3.912 *
S×B	12	0.071	
C	2	0.031	0.428
S×C	12	0.073	

** : P<0.01 * : P<0.05

S: Individual variation A: Method of information presentation B: Vertical installation angle C: Horizontal installation angle

3・2 ディスプレイ設置位置（垂直と水平方向設置角度による違い）

本研究における定義では、視認時間はサッカーボール運動時間と視点停留時間の合計で表される。表1に示した分散分析の結果より、視認時間については、垂直方向設置角度とディスプレイ位置情報の提示方法との交互作用が認められ、視点停留時間においては、水平方向設置角度にはみられず垂直方向設置角度のみで有意差が認められた。これらの結果より、ディスプレイの設置位置においては、垂直と水平方向設置角度で視認時間に与える影響に違いがあるものとする。そこで、表2に示すように視点停留時間において、垂直方向設置角度の各水準間で多重比較検定を行なう。表より、垂直方向設置角度15(deg)と22.5(deg)の間には違いがみられないが、それ以外の垂直方向設置角度間には有意差が認められた。この結果は、垂直方向では、設置角度が大きくなると視点停留時間が大きくなることを示しており、水平方向に比べてその影響が大きいが分かる。また、視認時間が垂直方向設置角度22.5(deg)、水平方向設置角度30(deg)の条件では1210(ms)であるのに対し、眼球の運動量がほぼ等しい垂直方向設置角度30(deg)、水平方向設置角度20(deg)の条件では1330(ms)と120(ms)の差が存在しており、これは視点停留時間の影響が大きいのと考える。

Table 2 Results of multiple comparisons for stationary time on Vertical installation angle

	15(deg.)	22.5(deg.)	30(deg.)
15(deg.)		1.152	4.583 **
22.5(deg.)			3.430 **
30(deg.)			

**P<0.01 *P<0.05

このことについて、図7に示す垂直方向設置角度が15(deg)、30(deg)の場合のディスプレイへ視線を移す際の注視点の停留点の軌跡から考察する。図7ではスクリーン上を原点とし、視線座標上に注視点の停留点とその軌跡を表現している。円図形で表現されているものは、注視点の停留点であり、その大きさは停留持続時間が長いほど大きくなる。また、円図形と円図形を結ぶ線は、連続する注視点間の視線移動の軌跡を表している。また、図7は1回の試行に対する結果の一例である。図より、15(deg)の場合ではディスプレイ方向へスムーズな視線移動が行われているが、30(deg)の場合ではディスプレイ方向での注視点の停留点がばらついていることが分かる。これは、水平方向に比べて垂直方向でその範囲が狭く、楕円形である有効視野⁹⁾の形状に影響を受けているものと考えられる。視線を認識する対象物へ移す際に次の注視点である対象物が有効視野内に存在する場合、視線の移動はスムーズに1回のサッカーボール運動で行われる。しかし、

認識すべき対象物が有効視野内に存在しない場合、サッカード運動は有効視野内に対象物を捉えるまで複数回にわたり行われる。つまり、対象物が有効視野内に存在しない場合の視線移動は、サッカード運動と停留運動の繰り返しとなる。このため、水平方向に比べて有効視野の狭くなる垂直方向でディスプレイの設置角度が前方スクリーンの固視点より離れるほどサッカード運動の回数、並びに注視点の停留点が増加し、その結果、視認時間も増加したものとする。これは、先行研究⁷⁾での結果と一部同様の傾向を示している。

3・3 ディスプレイ位置情報提示方法 図5, 6より、全ての計測時間においてディスプレイ設置位置の情報提示方法がAVの場合にVに比べて短縮していることがわかる。また、分散分析の結果でもディスプレイ設置位置の情報提示方法の違いに危険率5%以下で有意差が認められる。よって、情報提示方法の違いは各計測時間に影響を及ぼしていると考えられる。視認時間においてその影響が顕著にみられ、条件Vでは1280(ms)であるのに対し、条件AVでは1200(ms)と、条件Vに比べて視認時間が80(ms)短縮している。条件AVでは周辺視による対象の位置知覚に聴覚からの情報が付加されることで、対象の位置知覚がより明確になりスムーズな視線移動が行われたものとする。

図8には、条件VとAVの場合のディスプレイへ視線を移す際の注視点の停留点の軌跡を示す。図より、条件Vと比べAVのほうが注視点の停留回数が少なく、停留点のばらつきが抑制されスムーズな視線移動を行っていることがわかる。具体的に、注視点の平均停留回数は、条件AVではVの約88%に減少している。また、サッカード運動による眼球の回転角速度も条件Vに比べてAVで7.75(deg/sec)速くなっている。これらの結果より、条件AVにおいて、視線移動時の眼球のサッカード運動の分割が減り高速な眼球運動が可能となったことで、条件Vより視認時間が短縮できたものとする。

次に、垂直と水平方向設置角度とディスプレイ設置位置の情報提示方法の関係について考察する。表1に示した視認時間に対する分散分析の結果をみると、ディスプレイ設置位置の情報提示方法と垂直方向設置角度の交互作用に有意差が認められており、ディスプレイ設置位置の情報提示方法の違いが各垂直方向設置角度条件における視認時間に及ぼす影響が異なることが分かる。垂直方向設置角度が15(deg), 22.5(deg), 30(deg)と大きくなるほどディスプレイ設置位置の情報提示方法による差は50(ms), 70(ms), 120(ms)と条件Vに比べAVで視認時間が短縮している。この結果より、ディ

(a) 15(deg.) of vertical installation angle

(b) 30(deg.) of vertical installation angle

Fig. 7 The distribution chat of fixation point (FP)

(a) Condition V

(b) Condition AV

Fig. 8 The distribution chat of fixation point (FP)

スプレイの垂直方向設置角度が大きくなるにつれ、情報提示方法の違いによる視認時間の差が大きくなることがよくわかる。視認すべき対象へのサッカードの正確性は周辺視から得た情報の精度に依存する⁽²¹⁾。つまり、設置角度が小さい条件では周辺視により精度の高い情報が得られるため、視覚情報のみで対象の位置情

報を十分取得することができ、聴覚からの対象の位置に関する情報の付加による影響は小さなものとなる。一方、ディスプレイの設置角度が大きくなると、視覚情報のみでは対象の位置知覚に必要な情報を十分な精度で取得することが出来ないため、聴覚から付加される情報の効果が大きくなる。そのため、水平方向ではなく有効視野範囲の狭い垂直方向で顕著な差が統計的に認められたものとする。このことより、ディスプレイの垂直方向設置角度が大きいくほど聴覚刺激を用いた情報提示法の効果が大きくなるものとする。

3・4 位置知覚に関する情報処理 3・3節での議論により、聴覚情報の付加が視認対象の位置知覚に影響を及ぼしていることが示唆された。ディスプレイの設置位置の情報提示方法の違いが、位置知覚に関する情報処理に影響を与える理由を反応時間の計測結果から考えてみる。表1に示した分散分析の結果より、反応時間はディスプレイ設置位置の情報提示方法の違いと垂直方向設置角度の違いに影響を受けていることがわかる。さらに、表3に示す多重比較検定の結果、垂直方向設置角度に15(deg.)と22.5(deg.)、30(deg.)の条件間に有意差が認められることから、垂直方向設置角度が大きくなると反応時間が延長していることがわかる。本実験における反応時間は視認開始の合図である音信号から被験者が実際に眼球運動を開始するまでの時間であるが、その間には大きく分けて二つの情報処理過程が存在すると考えられる。一つ目は合図を聴覚系によって認識する過程であり、二つ目は視線を対象に移す際に視覚系内で行われる情報処理過程である。前者については、本実験では全条件で同じ音圧、周波数の聴覚刺激を使用しているため、条件の違いによる音信号の認識に要する時間の差は誤差の範囲内である。一方、後者の情報処理過程では、脳内における中枢神経系で視認対象の位置を把握し、眼球の回転量を計算した後、運動開始の信号を運動ニューロンに送り、運動を発生させるという処理がなされている⁽²⁾。この際、対象の位置の把握には周辺視により得られた情報が利用され、サッカード運動が発生する前に視覚的注意が対象の方向へ移動する⁽²⁾。また、対象の位置の把握に要する時間は、事前に注意を向けている対象へサッカード運動を行う際には短くなることがわかっている⁽²⁾。これは、対象の位置の把握に必要な情報をあらかじめ保持しているためである。これらのことより、水平方向と比べ有効視野範囲の狭い垂直方向でディスプレイの設置角度が大きくなるほど、周辺視により得られる情報の精度がより低下するため、視覚的注意を視認対

Table 3 Results of multiple comparisons for reaction time on Vertical installation angle

	15(deg.)	22.5(deg.)	30(deg.)
15(deg.)		3.484 **	3.230 **
22.5(deg.)			0.254
30(deg.)			

**P<0.01 *P<0.05

象へ移動するために必要となる時間が増加し反応時間が延長したものとする。

こうした知見をもとに、ディスプレイへ視線を移す際の眼球の振る舞いに着目する。眼球運動が発生する前、対象の位置に関する情報が十分でない場合、決定されたサッカードの移動先と視認対象の位置の間にずれが発生する。この場合、視認可能である位置を注視するまで同様の情報処理が行われ修正サッカードが繰り返される。そのため、図7(b)に示すような複数回の停留運動が見られるものとする。つまり、サッカード運動の分割による複数回の停留運動の発生が視認時間の増加につながっている。

また、ディスプレイ設置位置の情報提示方法の違いについて着目すると、条件AVでVと比べ反応時間、視認時間共に短縮している。条件AVでは周辺視に加え聴覚刺激によりディスプレイの設置位置に関する情報が与えられるため、ディスプレイの設置角度が大きくなったことによる設置位置情報の不足を補うものと考えられる。そのため、視覚的注意の移動が高速に行われ視覚系内での情報処理に要する時間が短縮し、反応時間が短くなる。さらに、ディスプレイの設置位置に関する情報の精度が向上すると、図8(b)に示すようにサッカード運動の精度と速度が向上することから条件AVにおいて視認時間が短縮したものと推察できる。

4. 結 言

ドライバーにカーナビゲーションシステムのディスプレイ上の情報に対して視認を促す際、聴覚刺激によるディスプレイの設置位置に関する情報の提示が、自動車運転時におけるドライバーのディスプレイ上の情報に対する視認行動に与える影響について考察を行った。これらを要約すると次の2項目に集約される。

- 1) 聴覚刺激を用いたディスプレイの設置位置の情報提示により、位置知覚に関する情報処理過程において獲得する視認対象物の位置情報の精度が向上するため、視認時間、サッカード運動時間、視点停留時間、反応時間が短縮することを示した。

- 2) 視認対象物の位置情報の獲得精度が有効視野領域に依存し、サッカー運動へ影響を及ぼすことを注視点解析により明らかにした。その結果、ディスプレイの垂直方向設置角度が注視点から離れるほど聴覚刺激を用いた情報提示による視認時間の短縮効果が大きいことを示し得た。

参 考 文 献

- (1) Yano Research Institute, *car-navigation market survey result*(PRESS RELEASE),(2006),pp1-4, Yano Research Institute
- (2) Suenaga, T., *Science of safe driving*(in Japanese), (1970), pp16-46, Japan Broadcast publishing.
- (3) Mutou, M., *Reports of the National Research Institute of Police Science. Research on traffic safety and regulation*, Vol.38, No.1(1997), pp20-38.
- (4) Asoh, T. et al., *An Experimental Study on the Position of In-vehicle Displays*, *JARI Research Journal*, Vol.22, No.10 (2000), pp483-486.
- (5) Japan Automobile Manufacturers Association Inc., *Handling of visual display. The 3.0th edition of amendment*(in Japanese), (2004), pp1-5.
- (6) Asoh, T. et al., *Study on the Static Test Method to Evaluate the Total Glance Time for Car Navigation Systems while Driving*, *JARI Research Journal*, Vol.24, No.4(2002), pp133-136.
- (7) Kawakami, M. et al., *A study on the right position for installation of a visual display while driving*, *Transactions of the Japan Society of Mechanical Engineers, Series C*, Vol.72, No.722(2006), pp186-193
- (8) Hukushima, K. et al., *Information processing in the visual and auditory systems*, (2001), pp152-158, Morikita Shuppan.
- (9) ISO15006, *Road vehicles. Ergonomic aspects of transport information and control systems. Specifications and compliance procedures for in-vehicle auditory presentation*
- (10) The Vision Society of Japan, *Handbook of information processing*(in Japanese), (2000), pp44-51, pp191, pp379-387, Asakura Publishing.
- (11) Inoue, F. et al., *Effects of using Car-Navigation on the Visual-Information Management of Elderly Drivers*, *Transactions of the Japan Society of Mechanical Engineers, Series C*, Vol.70, No.696(2004), pp272-281
- (12) Uno, H., *Elderly Driver Characteristics in Ordinary Driving Situation Part2: Visual Information Acquisition During Simulator Driving*, *JARI Research Journal*, Vol.24, No.1 (2002), pp37-40.
- (13) Ikeda, M., *psychophysics of vision* (in Japanese), (1975), pp.206-221, Morikita Shuppan.
- (14) Ohyama, T., Imai, S. and Wake, T., (1994), *Handbook of Sensory and Perception* (in Japanese), (1994), pp.185-193, Seishin Publisher.
- (15) Shimoda, H., *Measurement of Ocular Indexes* *Human Interface Society*, Vol.7, No.2(2005), pp.139-144.
- (16) Ikeda, M., *What is the eye looking at*(in Japanese), (1988), pp29-50, Heibonsya Limited, publishers, tokyo.
- (17) Tanaka, S. and Yamagiwa, Y., *Education psyche statistics and experimental design* (in Japanese), (1989), pp.120-127, KYOIKU-SHUPPAN.
- (18) Nagata, Y. and Yoshida, M., *The foundation of a statistical multiplex comparison method*(in Japanese), (1997), pp87-95, Scientist Inc.
- (19) Miura, T., *Behavior and Visual Attention* (in Japanese), (1996), pp.36-52, Kazama Publisher.
- (20) Ikeda, M., Takeuchi, T., *P&P*, Vol.18, No.4(1975), pp.255-260.
- (21) Hiraoka, S. and Tomimatsu, K., *Japanese Society for the Science of Design*, Vol.49, (2002), pp.336-367.
- (22) Komatsuzaki, A. et al., *Neurology of eye movements*(in Japanese), (1985), pp9-14, pp105, Igaku-Shoin,
- (23) Matsubara, K. et al., *The effect of attentional states on the eye movement*, *ITE technical report.*, Vol.26, No.28 (2004), pp37-41