

## 自動二輪車用ヘッドアップディスプレイにおける提示情報量の評価

伊藤 研一郎<sup>\*1</sup>, 立山 義祐<sup>\*2</sup>, 西村 秀和<sup>\*3</sup>, 小木 哲朗<sup>\*1</sup>

## Evaluation of information amount to present for motorcycle head-up display

Kenichiro ITO<sup>\*1</sup>, Yoshisuke TATEYAMA<sup>\*2</sup>, Hidekazu NISHIMURA<sup>\*3</sup> and Tetsuro OGI<sup>\*1</sup><sup>\*1,\*2,\*3</sup> Keio Univ. Graduate School of System Design and Management  
4-1-1 Hiyoshi, Kouhoku-ku, Yokohama-shi, Kanagawa 223-8526, Japan

Received 6 April 2015

## Abstract

Car navigation systems have recently become a popular assist system for automobiles. On the other hand, lack of dedicated motorcycle navigation system is still an issue. This is because currently provided navigation system utilizable for motorcycle has difficulties for riders to obtain information while driving. Recent research propose of using the head-up display technology is considered to solve this issue. Although, topics about the amount of information to provide using the head-up display has not yet been discussed. Since providing too much information distracts driving behaviors, amount of information control is required to prevent inattentive driving behaviors. To evaluate the preferable amount of information, we conducted an experiment using the immersive motorcycle simulator integrated with a head-up display. The experiment measured motorcycle riders' viewpoint movements using the eye-mark recorder to observe the duration spent against the information provided using the head-up display. Through the experiment, we presented different length of Japanese syllabary characters (Hiragana) on the head-up display to 10 subjects. Experiments results indicate presenting 5 Japanese syllabary characters is the preferable amount of information to the motorcycle rider while driving. Applying information theories, we conclude that the preferable information transmission rate is approximately 16 bits per seconds.

**Key words** : Head-up display, Immersive cave, Virtual reality, Motorcycle simulator, Navigation system, Human interface

## 1. 緒 言

近年、四輪自動車用のカーナビゲーションシステム（以下、カーナビ）は広く利用されるようになったが、自動二輪車用のカーナビはほとんど普及していない。その原因として、現状のカーナビが自動二輪車の運転者が運転中に路面を頻繁に注視するという、視線移動の特性を考慮していないことが指摘されている（自動車安全運転センター、2006）。この視線移動の特性を考慮したカーナビとして、筆者らはヘッドアップディスプレイ（以下、HUD）を用いたカーナビを提案してきた。これまでの研究では、シミュレータを用いた実験により、HUDのどこに情報提示を行うと有効であるかの評価実験を行い、視野の左下または右下への情報提示が有効であることが確認されている。

この実験では交差点での進行方向を矢印の記号で示す方法を用いたが、現実の交通環境では複雑な状況が多く、

記号のみではカーナビとして提供可能な情報が不十分である。そのため、運転者へ適切な情報を提供するためには文字を用いた提示も必要である。しかしながら、提示する情報量が多すぎてしまうと疎かな運転行動に繋がり、危険運転を誘発する可能性があるため、提示を行う情報量のコントロールが必要である。

文字情報に対して人間の行う視覚情報処理は、与えられる情報量と情報が提示される状況により、情報処理時間が変化することが難波(難波, 1983)の研究よりわかっている。特に、自動二輪車運転中という状況における情報提示に対する視覚情報処理については十分な解明がなされていないため、運転者に対して文字情報を効果的に用いるためには情報量と処理時間についての十分な検討が必要である。

本論文では、HUDを用いた情報提示に対する自動二輪車運転者の視覚情報処理時間を計測することで、カーナビに適した文字の提示情報量に関する検討を行った。人間の視覚情報処理は状況に応じて処理時間が変化するため、実験環境としては、現実に近い道路環境を表現可能な没入型自動二輪シミュレータを用いて評価実験を行った。また運転者の視線の動きに関しては、視線計測装置を用いて計測を行い、HUDに提示するひらがなの文字数に対する運転者の発見時間、視認時間を計測評価した。

## 2. 文字情報提示実験

HUD上に提示する適切な情報量の検討を行うために、文字を用いた情報提示実験を行った。現実の交通環境では、他車両や歩行者などといった運転者の視線移動へ影響を与える要因のコントロールが難しいことや、実験において被験者の安全を優先する必要があるため、実験はシミュレータで行うこととした。また、本実験では運転者の視線移動を評価軸として用いるため、シミュレータとしては運転者の視野を広く覆う没入型自動二輪シミュレータ環境を用いた。実験は視線計測装置を用いて運転者の視線移動を計測し、提示された情報を視認するのに要した時間を測った。具体的には、HUDを備えた没入型自動二輪シミュレータ環境で、運転中にHUDにひらがな文字を提示し、提示された文字情報に対して運転者が読み取るのに要した時間を計測する実験を行った。

### 2.1 実験環境

実験はHUDを取り付けたスクータ型自動二輪シミュレータを3次元没入型ディスプレイ環境(Tateyama et al., 2008)で使用して行った(図1)。HUDとしては、運転者から見て4mの焦点距離に虚像を映しだす、筆者らの開発した装置を用いた(Ito et al., 2013b)。具体的には、レーザ光プロジェクタ(Microvision製, Pico Projector SHOWWX+)が投影する映像の焦点距離をレンズ(Eschenbach製, 2636-11)を用いて調整し、利用者は透過率92.6%の汎用アクリル板のーフミラーを介して虚像を見る。レーザ光プロジェクタの入力映像としては、ノートパソコン(Panasonic製, CF-S10)上でPerl/TKを用いて実験用に開発された日本語表示アプリケーションを用いた。

スクータ型自動二輪シミュレータでは、運転者の行うハンドル操作・アクセル操作・ブレーキ操作をポテンシオメータを用いて計測した。ポテンシオメータの計測値はデジタルシグナルプロセッサ(dSPACE製, DS1006)を用いてデジタル変換し、計算された車両位置データはイーサネット経由で没入型ディスプレイ用の計算機へ送信される。ハンドル操作の計測には緑測器製CPP-35を使用し、アクセル操作・ブレーキ操作の計測には緑測器製LP-05Fを用いた。

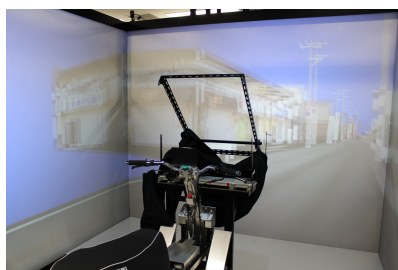


Fig. 1 HUD attached scooter-type motorcycle inside the immersive CAVE.

没入型ディスプレイ環境は、Tateyamaら (Tateyama et.al., 2008) により OpenCABIN ライブラリを用いて構築された K C a v e の仮想環境を用いた。K C a v e は左面・正面・右面・床面の四面のスクリーンを有し、それぞれのスクリーンに2台のプロジェクタを用いて3次元立体映像が投影される。投影映像は、運転者が掛ける円偏光立体視眼鏡に取り付けられた磁気センサ (Ascension Technology 製, Flock of Birds) で計測される視点位置・視線方向データと、デジタルシグナルプロセッサから受信する車両位置データを元に描画される。描画処理は、データの受信と描画領域の計算を行う計算機1台と、各スクリーンに対する映像のレンダリングを行う計算機4台の合計5台で行われる。描画映像は、1面のスクリーンに対して2台のプロジェクタ (NEC 製, NP2150J) を用いて、円偏光フィルタを通して左眼と右眼の映像が投影される。スクリーンの寸法は左面と右面が 2.10 m × 2.10 m, 正面が 2.10 m × 2.63 m, 床面が 1.05 m × 2.63 m となっている。

## 2.2 提示情報について

自動二輪車運転中に HUD に提示される情報を運転者が容易に得るのに適した情報量を調べる実験を行った。まず、HUD 上に提示する情報としては文字情報を利用した。文字の種類としては、漢字、ひらがな、カタカナ、数字、英字などが考えられるが、本論文においては被験者が確実に読めるひらがなを用いた。斎田 (斎田, 1993) や福田ら (福田, 1995) によると、読書時における1回の注視で読み取ることの可能なひらがなの最大文字数は8文字程度であると言われていことから、HUD 上に提示する最大文字数は8文字とした。なお、難波 (難波, 1983) によると、情報は与えられる状況や求められる出力によって処理時間が変化することが言及されていることから、自動二輪車運転環境における1回の注視で読み取ることができる文字数は読書時とは一致しない可能性が考えられる。そのため実験では提示を行う文字数を1文字から8文字の8種類を用いて比較した。

情報処理時間に影響を及ぼす可能性のある要因として、福田ら (福田, 1995) は文字列が単語または文章となっているかどうかの影響することを指摘している。また斎田 (斎田, 1990) は漢字を含めた文字列について、単語の認知が文字列の境界の手掛かりとなり、一度に知覚される文字数の範囲が変化することで、読書速度 (情報処理時間) が変化することを示唆している。本論文では以上のことから、文字列が単語となっているかどうか情報処理時間へ影響を及ぼす可能性があると考え、実験で提示を行う文字列はランダムに生成したものと、辞書から選んだ単語の2種類 (意味の有無) を用いた。

筆者らのこれまでの研究 (伊藤他, 2013a) では、HUD 上の提示位置として、視野を水平方向と垂直方向をそれぞれ3分割し、左上から右下までの9箇所でも有効な提示位置を調べる実験を行った。実験では、路面から注視点を外し、提示情報を得るのに必要な時間の長さが短い方が、提示箇所として有効であると考え評価したところ、左下または右下への提示が有効であることがわかっている。この際、左下と右下の間には有意な差は見られなかったため、本論文における実験では、左下と右下の両方に情報の提示を行うこととした。

以上より文字情報提示実験では、1文字から8文字の文字数を、意味の有無の2種類用意し、左下と右下の2箇所へ提示を行う、計32通りのパターンを用意した。また、HUD に提示される文字列についての運転者の推測を防ぐため、文字列の提示文字数、意味の有無の順番はランダムとした。実験は運転者一人に対して、1通りの文字列5回ずつ提示を行い、合計160回の情報提示を行った (表1)。

Table 1 Amount of trial conducted for each subject.

		Text length								Total
		1	2	3	4	5	6	7	8	
Lower left	With meaning	5	5	5	5	5	5	5	5	40
	No meaning	5	5	5	5	5	5	5	5	40
Lower Right	With meaning	5	5	5	5	5	5	5	5	40
	No meaning	5	5	5	5	5	5	5	5	40
Total		20	20	20	20	20	20	20	20	160

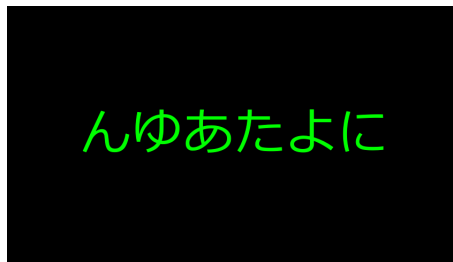


Fig. 2 Randomly generated text string example presented on the HUD.

提示に用いたフォントは Microsoft Windows 7 に標準搭載されているメイリオの、72 pt を使用した。提示した文字色は、日中や夜間でも視認しやすいと考えられる、分光視感効率の高い緑色 (Sagawa and Takeichi, 1987) を用いた。図 2 に提示に用いた出力画面例を示す。HUD では画面は運転者から見て 4 m 先に約 4 インチ (16:9 のワイド画面) の大きさで提示されるため、1 文字当たりの視野角は約 0.29 度の大きさで提示される。

### 2.3 評価方法

運転者の視線移動を計測するために、帽子型の視線計測装置 (nac 製, EMR-9) を用いた (図 3)。視線計測装置は水平画角 92° と垂直画角 69° を有する視野カメラと、左右それぞれの瞳孔を計測するセンサから構成されている。視野カメラの撮影映像に 2 つ瞳孔計測センサから算出される注視点を記録した動画 (640x480, 29.97fps, MPEG4 形式) を用いて、視線移動の分析を行った。具体的には、動画から、HUD に提示された情報に対する運転者の視点の動きを 2 つの時間ににわけ、データ化を行った。図 4 に示すように、発見時間・視認時間の 2 つを定義した。HUD に情報が提示されてから運転者の視点が提示情報に移るまでの時間を発見時間 (Detection time) とし、提示情報から視点を外すまで注視している時間を視認時間 (Observation time) とした。

実験としては、運転者に没入型自動二輪シミュレータ上のコースを走行してもらい、HUD に提示される文字を読む時の視線移動を測定した。運転者は、設定した直進コースを走行した (図 5)。運転者には、交差点の約 40 m 手前の地点でランダムなタイミングで HUD 上にひらがなの文字列が表示され、普段の運転と同じ行動を心がけながら読み取ってもらった。実験は普通自動二輪免許を持つ 20 代から 50 代の男性 10 名に対して行った。実験中の様子を図 6 に示す。

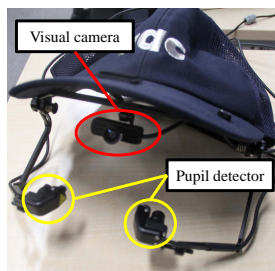


Fig. 3 The eye mark recorder EMR-9.

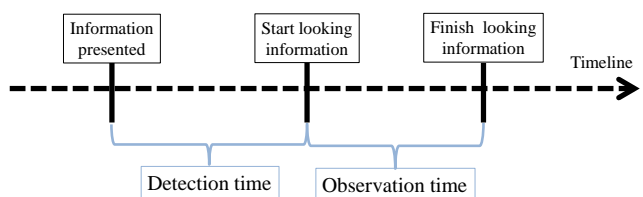


Fig. 4 Defined rider's reaction duration for analysis.

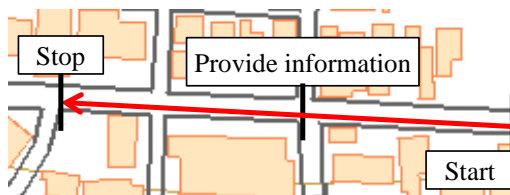


Fig. 5 Virtual course, and the place where the information was provided.

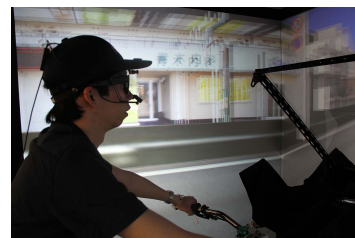


Fig. 6 Scenery of the performed experiment.

### 3. 実験結果

実験は、表 1 で示したとおり一人当たり合計 160 回行ったが、動画のコマ落ちが発生し、データ化を行うことが困難であったデータについては除外したため、被験者 10 人より合計 1594 回のデータを得ることができた。得られたデータは、提示文字数・意味の有り無し・提示位置を因子とおいた三元配置の分散分析を、発見時間・視認時間に対してそれぞれ行った。提示文字数については、発見時間に関しては有意な差はなく、全体を通して平均 418 ms であった。一方視認時間に関しては 1% 有意 ( $p=0.000$ ) であったため、更に提示文字数について多重比較 (Tukey の HSD) を行った。計測データの平均値と標準偏差および、視認時間に関しての多重比較の結果を図 7 に示す。なお、意味の有り無し・提示位置についてはいずれも有意な差は無かった。

また、1 文字当たりの視認時間についても提示文字数・意味の有り無し・提示位置を因子とおいた三元配置の分散分析を行った。分析の結果、提示文字数について 1 文字あたりの視認時間も 1% 有意 ( $p=0.000$ ) であったため、更に多重比較を行った。1 文字当たりの視認時間の平均値と標準偏差および、多重比較の結果を図 8 に示す。また、意味の有り無し・提示位置についてはいずれも有意な差は無かった。

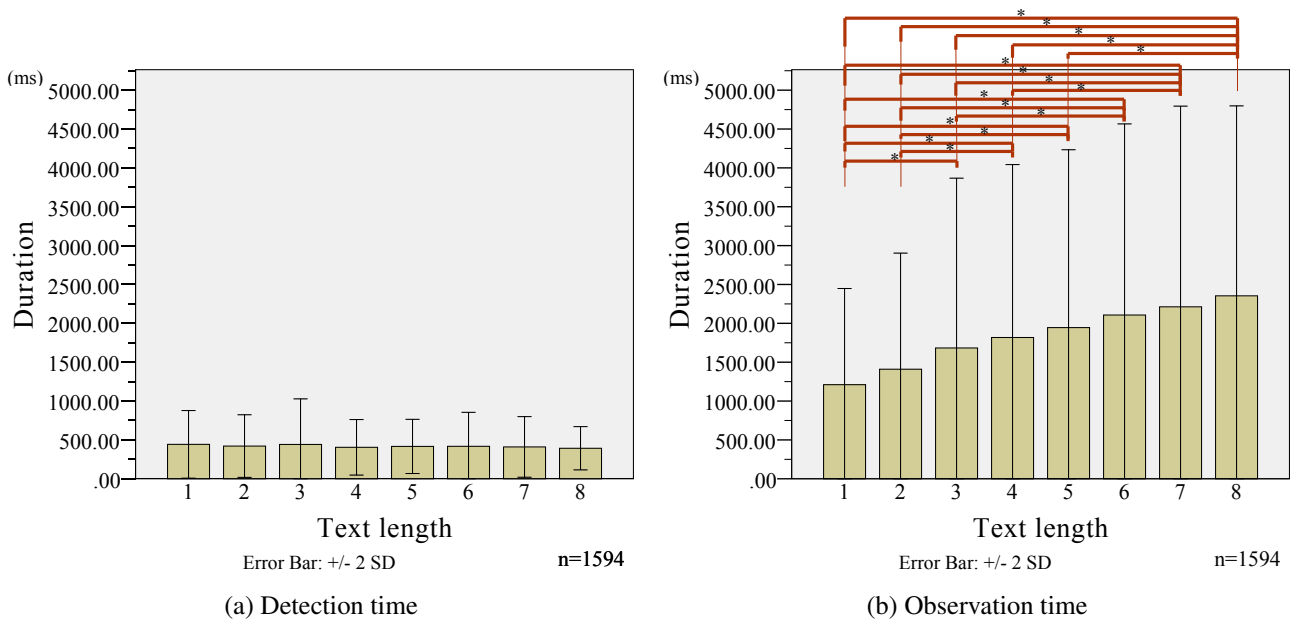


Fig. 7 Experiment results of average duration based on length.

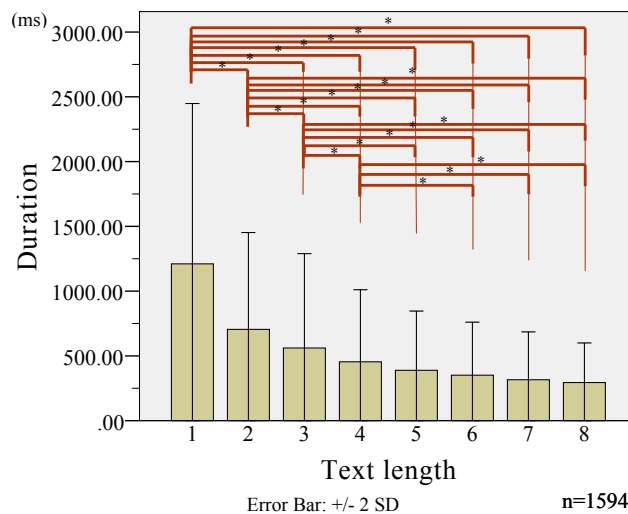


Fig. 8 Experiment result of observation time per letter.



## 4. 考 察

## 4.1 文字の情報処理

本論文における実験結果では、提示文字数の増加は視認時間の増加を示した。これは、文字数が増えると情報量が増えるため、情報を処理するのに必要な時間が増えるからと考えられる。しかしながら1文字当たりの視認時間の分析では、4文字を境に多重比較における文字数間の有意差の生じ方に変化が見られた。提示文字数3文字までは1文字当たりの処理時間は短縮し他の文字数間すべてと有意差が確認できたが、5文字以上ではそれぞれの間に有意差はなかった。これは、Ikedaら (Ikeda and Saida, 1978) による日本語を読むときに行われる眼球運動の研究で説明ができる。Ikedaらは、日本語を読むときに行われるサッカド運動が3文字から5文字の間と報告しており、これは一回の注視で3文字から5文字を見て、それ以上の文字列を見る場合は視線を動かし再度3文字から5文字程度を見ることを示唆している。また、渡辺ら (渡辺他, 2005) は、提示された文字列を読む速度は4文字から5文字をピークに、それまでは速度が増加傾向を示すと説明している。これらは読書時における眼球運動の知見であるが、本論文の実験から、1文字当たりの視認時間の変化は、同様の傾向が示されたと考えられる。

一方で、難波 (難波, 1983) によると、処理時間そのものは情報の与えられる状況や、与えられた情報に対する応答により変化すると言われている。本実験結果においても、自動二輪車運転中の文字情報処理時間は多くの先行研究が採用している読書時の文字情報処理時間とは、異なる結果を示している。視認時間について、懸田 (懸田, 1998) による読書時の眼球運動に関する知見を整理した報告では、単語の視認は平均 250 ms とまとめられている。本実験においては1文字の場合でも視認時間の平均は 1210.70 ms であり、読書時の視認時間と比較した場合4倍以上の時間を要していることがわかる。難波は、このような文字情報処理時間の違いが出ることに、人間を情報伝送路と見立て、状況や応答による伝送路の限界に起因していると言明している。そこで次節では、得られた実験結果より自動二輪車運転中の情報処理について論じる。

## 4.2 情報量について

情報量をあらわす方法として、Shannon (Shannon, 2001) による情報量の考え方がよく知られている。この情報量の考えに則った場合、人間が外部から受ける刺激は脳内ニューロンの情報処理速度の制限より、情報を処理して応答可能な最大速度はほぼ 50 bit/s と言われている (Marko, 1967)。本実験では濁音、半濁音、長音符を含めた合計 72 種類のひらがなを用いたため、1文字あたりの情報量は 6.17 bit と考えることができる。そのため、最大速度がほぼ 50 bit/s であることを踏まえると、ひらがなの場合は最大で1秒間に8文字程度の情報を処理することが可能であると計算できる。

2.3 節で定義した情報を実際に見ている視認時間について、実験結果から情報量の単位であらわした数値を表 2 に示す。計測された視認速度は8文字を提示した時が最大で約 21 bit/s であるが、最大速度の 50 bit/s の半分にも満たない結果を示している。これは、自動二輪車を運転中であることが影響し、HUDに文字情報が提示されている状況でも、運転者は、周辺視野の情報からハンドル操作やアクセル操作を行う応答が求められているため、文字を読むことに情報処理を最大限確保していないことを示唆している。

自動二輪車運転中の提示情報処理速度がひらがな文字に限らず、運転中という状態に則ることを確認するため、交差点での進行方向を記号で提示する実験データと比較を行った。実験は個人差によるデータへの影響を排除す

Table 2 Observed speed of information processing.

Text length	Text in bits	Observation time [ms]	Bit per second
1	6.17	1210.70	5.10
2	12.34	1409.80	8.75
3	18.51	1682.98	11.00
4	24.68	1817.84	13.58
5	30.85	1944.95	15.86
6	37.02	2106.95	17.57
7	43.19	2212.46	19.52
8	49.36	2353.90	20.97

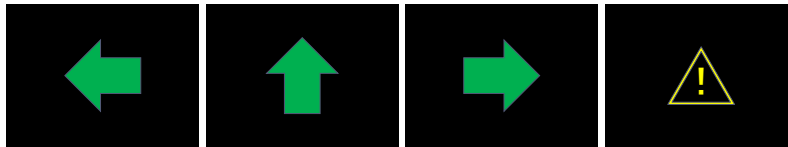


Fig. 9 Four types of signs presented on the HUD.

Table 3 Comparison of observation time between text and sign.

Information type	bit	Observation time [ms]	Bit per second
text	6.17	1196.01	5.16
sign	2.00	411.07	4.87

るために、ひらがなの提示実験と同じ被験者9名に対して行い、視認時間のデータを比較した。記号は、図9に示す左折・右折・直進・一時停止の4種類の記号を用いて行った。運転者には事前に4種類の記号が提示されることを伝えていることから、1記号あたりの情報量は2.00 bitとなる。また、記号の場合は1回の提示で1つの記号だけ提示されるため、1文字の提示データと比較を行った。比較した結果を表3にまとめる。ひらがな1文字と記号1つの比較を行った結果、ひらがなの情報量は記号の情報量の約3倍であるが、視認時間も比例して約3倍長くなっているため、情報処理速度はどちらも約5 bit/sの値を示していることがわかる。このことから、自動二輪車運転中の提示情報処理速度は、記号や他の文字種を使用した場合でも、情報量に従い同様の考え方で予測することが可能であると考えられる。

#### 4.3 自動二輪車HUDの提示に適した情報量について

4.1節では文字数の観点から、ひらがなを読む速度は4文字から5文字で最大となりそれ以上の速度の短縮は望めないこと、4.2節では情報量の観点から、提示情報処理速度は自動二輪車の運転という状況により制約を受けることが示された。ここでは自動二輪車運転中であることを踏まえたHUD上での情報取得について考察を行う。

三浦(三浦, 1979, 1982)や森田(森田, 1978)の研究では、自動二輪車運転者の視点の移動は交通状況によらず、路面を多く注視する傾向があり、注視点1つ当たりの平均停留時間は200 msから250 msであると報告している。しかし、森田は、人が注視してもものを認知するためには最低150 ms、通常は250 ms必要であることに留意し、視線計測装置で示される注視点は対象を視認までしていない可能性について言及している。運転中は対象を1つずつ視認するよりも、周辺を広く見て危険を察知することが重要であることから、運転者が必ずしも路面の状況を1つずつ視認していないという考え方は合理的である。

一方で、人間の網膜の構造から文字を読むためには中心視野で対象を注視する必要があり、注視点の周辺に形成される周辺視野は視力が弱いため文字を読むことは困難であると言われている(福田, 渡辺, 1996)。そのため、HUDに提示された情報を読み取るためには、運転者は注視点の移動を行い中心視野で提示情報を見ることになるが、この際注視点に1秒以上停留することから、普段の運転時の注視点の移動とは異なる働きをしていることがわかる。

しかしながら、標識を読むことなどは注視点の停留により行われていることから、注視点の停留が行われることそのものには問題は無い。注視点の停留で問題となるのは、交通環境以外への長い停留時間により、周辺を広く認識し運転中の危険を察知することが阻害されることにあり、これは一般的に脇見運転と呼ばれている。ただし、四輪自動車へカーナビの導入が行われているように、脇見運転となる長さの停留時間でなければ、提示情報のある程度注視することは許容されている。警察庁(警察庁, 2002)によると、道路交通法第71条第5号の5の法令に違反しない注視時間はおおむね2秒としており、現在普及している四輪自動車用カーナビの多くは運転中は2秒以内に視認可能な設計となっている。また、具体的な秒数の指定はないものの、四輪自動車のカーナビを対象とした日本自動車工業会のガイドライン(日本自動車工業会, 2004)では、運転中有用かつ短時間で認識しやすいような工夫の無いものについては、運転中の表示は認められていない。

以上から、HUDの場合は周辺視野によって交通環境を把握できるため、実際には許容範囲は大きくなると考えられるが、四輪自動車向けのカーナビの現状と同じ2秒以内の基準で判断すると、表2と照らし合わせ、ひら

がなの場合は5文字以内の情報提示が望ましいとすることができる。

## 5. 結 言

本論文では、自動二輪運転者に対してHUDを用いた情報提示を実現するために、提示する適切な情報量について検討を行った。人間の視覚情報処理は状況に応じて変化することがわかっているため、本論文では没入型シミュレータを用いて自動二輪車運転中におけるHUDへの情報提示実験を行った。実験はひらがなの文字列を提示し、視線計測装置を用いて運転者の視点の移動を計測した。実験結果より、提示した文字数により視覚情報処理時間が変化することが示され、人が文字を読む時の視覚情報処理時間、情報量の概念、自動二輪車運転中の情報提示の観点から考察を行った。その結果、HUDに提示する情報量は、2秒以内の視認時間を基準にすると、ひらがな文字列の場合は5文字が適切であり、この場合の提示情報処理速度は約16 bit/sであることがわかった。

## 謝 辞

本研究の一部は、公益財団法人JKAの機械工業振興補助事業(27-159)の支援を受けて実施した。

## 文 献

- 福田忠彦, 渡辺利夫, ヒューマンスケープ: 視覚の世界を探る, 日科技連出版社(1996), p.95.
- 福田亮子, 福田忠彦, 楽譜の視覚情報処理単位に関する実験的検討 文字列との比較, 人間工学, Vol.31, No.3 (1995), pp.179-189.
- Ikeda, M. and Saida, S., Span of recognition in reading, Vision Research, Vol.18, No.1 (1978), pp.83-88.
- 伊藤研一郎, 立山義祐, 西村秀和, 小木哲朗, ヘッドアップディスプレイによる自動二輪運転手への情報提示の評価, 日本機械学会 第23回設計工学・システム部門講演会, JSME No.13-22, 沖縄(2013a), Paper No.3205.
- Ito, K., Tateyama, Y., Nishimura, H. and Ogi, T., Development of head-up display for motorcycle navigation system, Asia-Pacific Conference on Systems Engineering (APCOSEC) (2013b), Paper No.TS-05-2.
- 日本自動車工業会, 画像表示装置の取り扱いについて 改訂第3.0, 日本自動車工業会(2004).
- 自動車安全運転センター, 自動二輪車等への情報提供のあり方に関する調査研究, 自動車安全運転センター(2006).
- 三浦利章, 運転場面における視覚的行動: 眼球運動の測定による接近, 大阪大学人間科学部紀要, Vol.5 (1979), pp.253-289.
- 三浦利章, 視覚的行動・研究ノート: 注視時間と有効視野を中心として, 大阪大学人間科学部紀要, Vol.8 (1982), pp.171-206.
- 森田敬信, 運転行動における視覚情報摂取過程: 二輪自動車運転を中心として, 大阪大学人間科学部紀要, Vol.4 (1978), pp.239-265.
- Marko, H., Information theory and cybernetics, IEEE Spectrum, Vol.4, No.11 (1967), pp.75-83.
- 警察庁, 交通情報の提供に関する指針, 国家公安委員会告示 No.12 (2002).
- 難波誠一, 画像情報量と提示時間, NHK 技術研究, Vol.35, No.1 (1983), pp.1-18.
- Sagawa, K. and Takeichi, K., Spectral luminous efficiency functions: Final experimental report, Journal of Light and Visual Environment, Vol.11, No.1 (1987), pp.22-29.
- 斎田慎也, 読書時の周辺視野の役割 漢字位置情報, 日本人間工学会誌特別号(第31回大会講演集), Vol.26 (1990), pp.238-239.
- 斎田慎也, 読みと眼球運動 苧阪良二, 中溝幸夫, 古賀一男編, 眼球運動の実験心理学, 名古屋大学出版会(1993), pp.167-197.
- Shannon, C. E., A Mathematical theory of communication, SIGMOBILE Mobile Computing and Communications Review, Vol.5, No.1 (2001), pp.3-55.
- Tateyama, Y., Oonuki S., Sato, S., and Ogi, T., K-cave demonstration: seismic information visualization system using the opencabin library, Proceedings of the ICAT 2008 (2008), pp.363-364.
- 渡辺隆行, 安村通晃, 小田浩一, 西本卓也, 視覚障害者の聴覚認知の解明と音声対話への利用に向けて(ヒューマンコミュニケーショングループ(HCG)シンポジウム), 電子情報通信学会技術研究報告 WIT 福祉情報工学, Vol.104, No.751 (2005), pp.7-12.



## References

- Fukuda, T. and Watanabe, T., Humanscape: searching the world of perception, JUSE Press, Ltd. (1996), p.95 (in Japanese).
- Fukuda, R. and Fukuda, T., Visual information capacity for musical tones, The Japanese Journal of Ergonomics, Vol.31, No.3 (1995), pp.179-189 (in Japanese).
- Ikeda, M. and Saida, S., Span of recognition in reading, Vision Research, Vol.18, No.1 (1978), pp.83-88.
- Ito, K., Tateyama, Y., Nishimura, H. and Ogi, T., Evaluation of presenting information to motorcycle rider using head-up display, 23rd Conference on The Japan Society of Mechanical Engineers, Design and Systems Division, JSME No.13-22, Okinawa (2013a), Paper No.3205 (in Japanese).
- Ito, K., Tateyama, Y., Nishimura, H. and Ogi, T., Development of head-up display for motorcycle navigation system, Asia-Pacific Conference on Systems Engineering (APCOSEC) (2013b), Paper No.TS-05-2.
- Japan Automobile Manufacturers Association, Guidelines for in-vehicle display systems - version 3.0, Japan Automobile Manufacturers Association (2004).
- Japan Safe Driving Center, Research on ways of providing information to the motorcycle, Japan Safe Driving Center (2006) (in Japanese).
- Miura, T., Visual behavior in driving : an eye movement study, Departmental Bulletin Paper, The Faculty of Human Sciences, Osaka University, Vol.5 (1979), pp.253-289 (in Japanese).
- Miura, T., Some notes on visual behavior: problems of gazing duration and functional visual field, Departmental Bulletin Paper, The Faculty of Human Sciences, Osaka University, Vol.8 (1982), pp.171-206 (in Japanese).
- Morita, T., On visual information seeking of motorcyclists, Departmental Bulletin Paper, The Faculty of Human Sciences, Osaka University, Vol.4 (1978), pp.239-265 (in Japanese).
- Marko, H., Information theory and cybernetics, IEEE Spectrum, Vol.4, No.11 (1967), pp.75-83.
- National Police Agency, Guideline for providing traffic information, National Public Safety Commission Announcements No.12 (2002) (in Japanese).
- Nanba, S., Study on the amount of information in a still-picture and the display time required, NHK Technical Research Laboratories, Vol.35, No.1 (1983), pp.1-18 (in Japanese).
- Sagawa, K. and Takeichi, K., Spectral luminous efficiency functions: Final experimental report, Journal of Light and Visual Environment, Vol.11, No.1 (1987), pp.22-29.
- Saida, S., The role of peripheral vision in reading –position of Chinese letters–, Vol.26 (1990), pp.238-239 (in Japanese).
- Saida, S., Reading and eye movements Osaka R., Nakamizo S., Koga K. ed., Experimental psychology on eye movements, The University of Nagoya Press (1993), pp.167-197 (in Japanese).
- Shannon, C. E., A Mathematical theory of communication, SIGMOBILE Mobile Computing and Communications Review, Vol.5, No.1 (2001), pp.3-55.
- Tateyama, Y., Oonuki S., Sato, S. and Ogi, T., K-cave demonstration: seismic information visualization system using the opencabin library, Proceedings of the ICAT 2008 (2008), pp.363-364.
- Watanabe, T., Yasumura, M., Oda, K. and Nishimoto, T., Basic research on speech recognition for the visually impaired and its application to voice interaction, Technical report of IEICE WIT2004-74, Vol.104, No.75 (2005), pp.7-12 (in Japanese).