

1408

自動二輪車用ヘッドアップディスプレイの提示コンテンツ設計*

伊藤 研一郎^{*1}, 立山 義祐^{*2}, 西村 秀和^{*3}, 小木 哲朗^{*4}

Contents Design of Information Presented on the Head-up Display for Motorcycle

Kenichiro Ito^{*1}, Yoshisuke Tateyama, Hidekazu Nishimura, and Tetsuro Ogi

^{*1} Keio Univ. Graduate School of System Design and Management
Hiyoshi 4-1-1, Kouhoku-ku, Yokohama, 223-8526 Japan

In this paper, we discuss about the amount of navigation information to provide to the driver using the head-up display car navigation for motorcycle. From our previous research, we confirmed presenting symbolic information like arrows can navigate for a specific crossroad. It is clear that only providing one arrow of information is not enough to actually navigate the motorcycle driver. To provide enough geographical information, usages of letters are necessary. Although, we need to consider not to provide too much information, since we do not wish the driver taking too much time looking at the provided information rather than looking at the road or the traffic environment. To confirm the proper information amount, we conducted a motorcycle simulator experiment in the immersive CAVE environment using the head-up display. The subject was provided information in Japanese *Hiragana* while driving the motorcycle simulator in a virtual test course. We used an eye mark recorder to measure the subject's viewpoint to calculate the duration spent for the presented information. From the experiment, we conclude that the preferable amount of information to provide while driving is 4 letters of *Hiragana*.

Key Words : Head-up Display, Immersive CAVE, Motorcycle Simulator, Navigation System, Human Interface

1. はじめに

カーナビゲーションシステム（以下、カーナビ）は四輪自動車では広く普及し利用されているが、自動二輪車向けのカーナビはほとんど普及していない。その原因として、自動二輪車の運転者は路面を頻繁に探索しつつ運転する視線移動の特性が指摘されている⁽¹⁾。この特性を考慮した情報提示装置として、筆者ら⁽²⁾はヘッドアップディスプレイ（HUD）を用いる方法を提案している。矢印などの記号提示を用いたシミュレータ実験を通じてHUDを用いた情報提示位置の評価を行い、左下または右下が有効であることがわかっている。一方で、提示情報が矢印などの記号のみでは適切にナビゲーション可能な機会が限定されてしまうため、四輪自動車に見られるカーナビのようなコンテンツ提示を実現するためには文字の利用を考慮する必要があると考えられる。

情報提示装置より提示された文字情報に対して人間の行う視覚情報処理は、難波⁽³⁾による研究から与えられた情報量と求められている応答などの状況により処理時間が変化することがわかっている。しかしながら、自動二輪車運転中において、HUDを用いた情報提示の際の視覚情報処理に関しては十分な解明がなされていないため、文字情報を効果的に用いるためには提示情報量に対する処理時間に関する検討が必要である。

本論文では、自動二輪車用HUD上に情報を提示する際に、カーナビのようなコンテンツ提示を実現するために文字による情報提示の検討を行った。特に運転中に適した情報量を調べるために、視線計測装置を用いて運転

^{*1} 非会員，慶應義塾大学 大学院 システムデザイン・マネジメント研究科（〒223-8526 神奈川県港北区日吉 4-1-1）

^{*2} 非会員，慶應義塾大学 大学院 システムデザイン・マネジメント研究科

^{*3} 正員，慶應義塾大学 大学院 システムデザイン・マネジメント研究科

^{*4} 正員，慶應義塾大学 大学院 システムデザイン・マネジメント研究科

E-mail: aa@z7.keio.jp

者の視線の動きを計測し、HUD上に表示された文字の情報量に対して費やされた時間の評価を行った。評価実験は、実験条件を均一にするために、没入型自動二輪シミュレータ環境を利用し、提示する文字情報はひらがなを用いた。

2. HUD を用いた没入型自動二輪シミュレータの構成

本研究でHUDを用いた没入型自動二輪シミュレータ（図1）は、3次元没入型ディスプレイCAVE⁽⁴⁾とスクータ型自動二輪シミュレータとHUDの3つを組み合わせた構成となっている（図2）。

CAVEは、立山ら⁽⁵⁾⁽⁶⁾により開発されたOpenCABINライブラリを用いて構築されたK-CAVEシステム上のドライビングシミュレータ環境を用いた。K-CAVEのコンピュータ群は、描画情報を計算するマスタコンピュータ1台と、左面・正面・右面描画用の合計3台のコンピュータを利用した。K-CAVEは床面描画用のスクリーンとコンピュータを有しているが、HUDを用いた運用時には描画映像がHUDに干渉するため利用していない。K-CAVEのマスタコンピュータは自動二輪車の仮想空間内の車両の位置情報と磁気センサより得られた目の位置と方向の情報を元に描画情報の計算を行い、イーサネットを通して各描画用のコンピュータに描画情報の送信を行っている。描画用のコンピュータはそれぞれ左目用、右目用の映像を描画し、NEC社製NP2150Jのプロジェクトで円偏光フィルタを通してスクリーンへ立体視映像の投影が行われる。運転者は磁気センサ付きの円偏光眼鏡を被ることにより、K-CAVEの中で高い没入感と臨場感のもとで運転を行う。磁気センサにはAscension Technology社のFlock of Birdsを利用し、RS232Cを通してマスタコンピュータへセンシングデータの送信を行った。

スクータ型自動二輪シミュレータは山本ら⁽⁷⁾によって開発された四輪自動車用のドライビングシミュレータを自動二輪車用に改造し、実現している。運転者の行うハンドル操作・アクセル操作・ブレーキ操作はポテンショメータを用いて操作量が電圧として計測される。計測値はデジタルシグナルプロセッサ（dSPACE社製DS1006）でデジタル信号に変換されたのち、二輪車両モデルを用いて自動二輪車の位置情報が計算され、イーサネットを通してK-CAVEのマスタコンピュータへデータが送信される。ハンドル操作のポテンショメータは緑測器社製のCPP-35を利用し、アクセル操作とブレーキ操作のポテンショメータは緑測器社製のLP-50Fを利用した。

HUDはスクータ型自動二輪シミュレータに取り付けられており、運転者から4mの位置に虚像の焦点距離が合うように設計されている。ハーフミラーは透過率92.6%の亚克力板を用いた。虚像を映し出すプロジェクタはMicrovision社製Pico Projector SHOWWX+を使用し、焦点距離の調節用として、Eschenbach社製倍率3.8倍の非球面レンズを用いた。

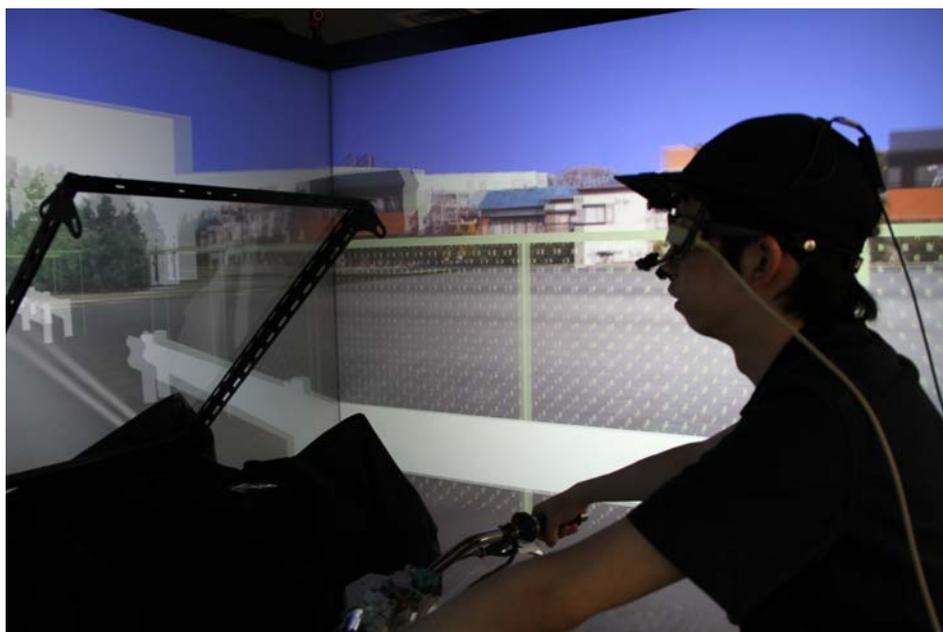


Fig. 1 HUD attached scooter-type motorcycle driven inside the immersive CAVE

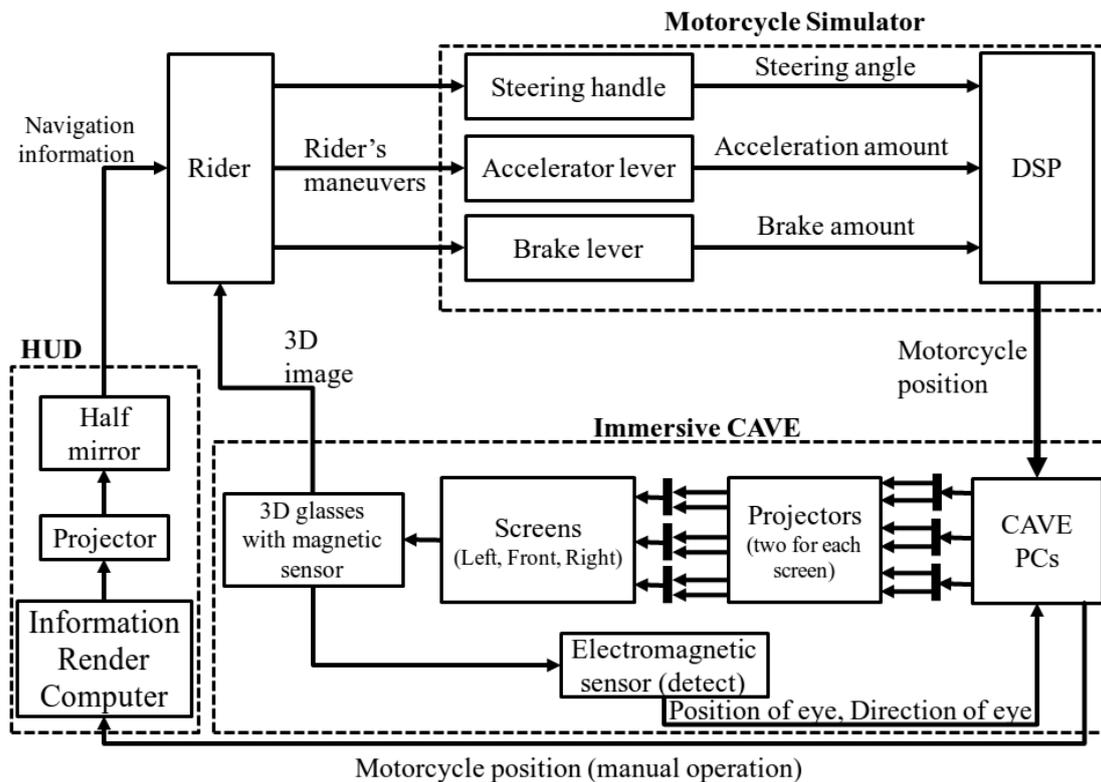


Fig. 2 HUD attached motorcycle simulator system in Immersive CAVE

3. 文字情報提示実験

HUD上で提示する情報に対し、運転者が提示情報を理解するためにどの程度の時間を必要とするかを確認するための実験を行った。現実環境では天候、他車両や歩行者などといった外部要因のコントロールが難しいことや、実験の安全を優先し、実験はシミュレータで行うこととした。具体的には、HUDを用いた没入型自動二輪シミュレータ環境で運転中、HUDに文字を提示し、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。

3.1 HUDに提示する情報

文字は漢字、ひらがな、カタカナ、数字、英字などが考えられる。日本語における提示された文字に対する情報量の考え方として難波⁵⁾は読みカナの文字数を基準に1カナ当たりの情報量を6bitと定義し、平均的な読み取り速度は1秒あたり50bitと報告しており、本研究においても同様の考え方を採用した。また本実験では提示された情報量に対する運転者の読み取り時間を計測するため、運転者が読む際に情報量以上の時間を費やしてしまう可能性のある文字の提示は行わないこととした。その結果、提示された文字を一番迷いなく読むことのできるひらがなを用いることにした。

HUD上では左下または右下に情報を提示することが有効であることが筆者ら⁴⁾のこれまでの研究からわかっているため、本実験では左下と右下の二箇所限定してひらがなを提示することとした(図3)。また、読みかな数が同等である場合においても、意味の知っている単語と意味の知らない単語とでは情報量が同じであるにもかかわらず読み取り時間に影響が生じることを考え、提示するひらがなは、乱数を用いてランダムに生成された単語となる意味のある文字列と意味のない文字列の二種類を用意した。これは、カーナビの提示する情報に初めて読む地名などが提示されることもあることを想定している。表示する文字数は、1文字から最大8文字を用意し、運転環境でなければ読み取るのに必要とする時間はおおむね1秒となるよう設計を行った。実際表示に用いた、提示例を図4に示す。

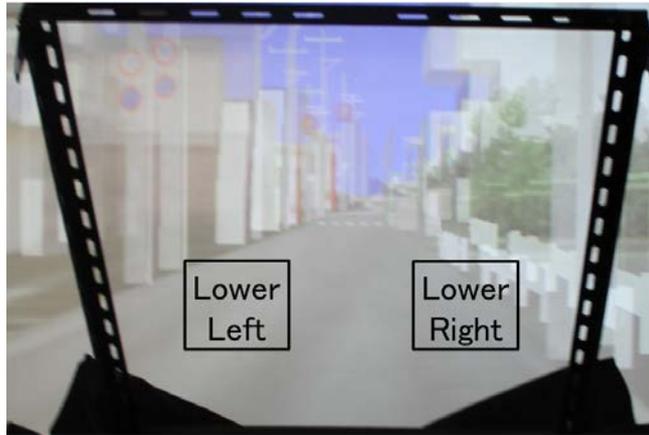


Fig. 3 The HUD and the information presented positions used for the experiment.



Fig. 4 Example of randomly generated Japanese *Hiragana* string presented during the experiment.

3・2 評価方法

運転者の視線を計測するために図5に示す、帽子型の視線計測装置（nac 社製 EMR-9）を用いた。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運転者の注視点を記録した動画（640x480, 29.97fps, MPEG4 形式）を出力する。出力される動画を通じて、提示された情報に対する運転者の視線の動きの反応を計測した。運転者に対して情報が提示されてから 運転者が提示された情報を見終わるまでの時間を3つにわけて定義し、評価を行った。定義した時間は図6に示すように、発見時間・視認時間・情報伝達時間である。発見時間は文字情報が提示されてから運転者が視線を文字情報に当てるまでの時間、視認時間は文字情報に視線を当て視ている時間、情報伝達時間は発見時間と視認時間の合計である。また文字情報量に対する情報伝達効率を測定するために、視認時間と情報伝達時間に対して1文字当たりの所要時間を求めて評価項目とした。



Fig. 5 The eye mark recorder EMR-9.

3・4 実験結果

提示文字数、提示位置、意味の有無を因子とおいた分散分析では、提示文字数に関しては、視認時間・情報伝達時間において1%有意 ($p=0.000$) であり、多重比較 (Tukey の HSD) の結果を図8と図9に示す。視認時間・情報伝達時間に有意な差があることから、提示文字数に対し1文字あたりの視認時間・情報伝達時間についても提示文字数、提示位置、意味の有無を因子とおいた分散分析を行い、1%有意 ($p=0.000$) であった。多重比較の結果を図10、図11にそれぞれ示す。

提示位置の因子に関しては、発見時間・視認時間・情報伝達時間において有意な差はなかった。また1文字当たりの発見時間においては有意な差はなく、視認時間 ($p=0.024$)・情報伝達時間 ($p=0.043$) においては5%有意であった。ただし、提示位置を因子とおいた一元配置の分散分析ではいずれも有意な差はなかった。図12に視認時間、図13に情報伝達時間を示す。

提示文字の意味の有無に関しては、発見時間・視認時間・情報伝達時間において有意な差はなかった。また1文字当たりの発見時間・視認時間・情報伝達時間においても有意な差はなかった。

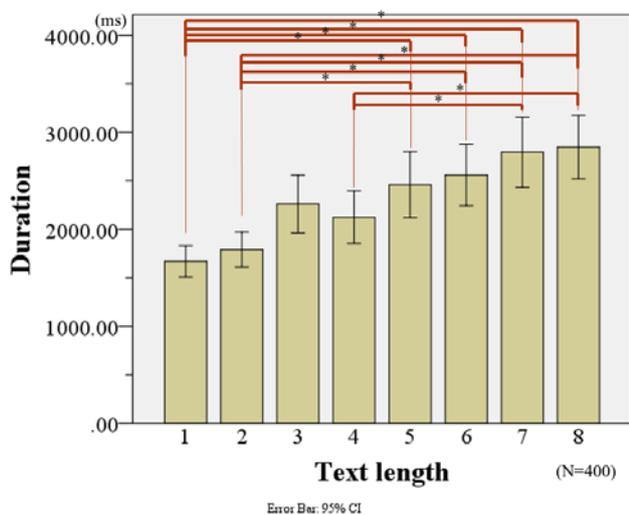


Fig. 8 Experiment results of observation time

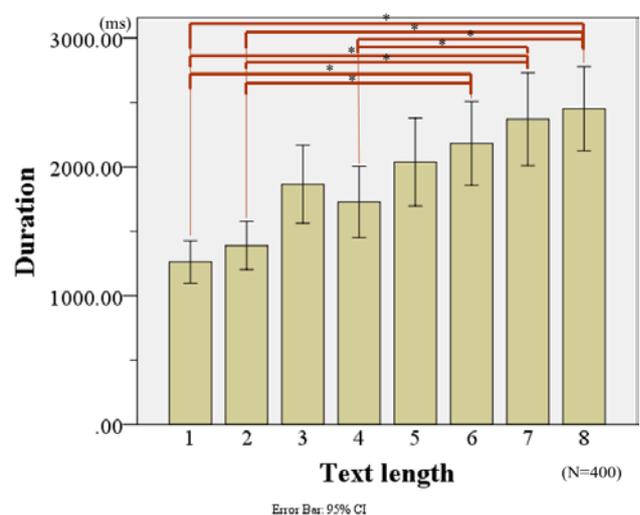


Fig. 9 Experiment results of impartation time

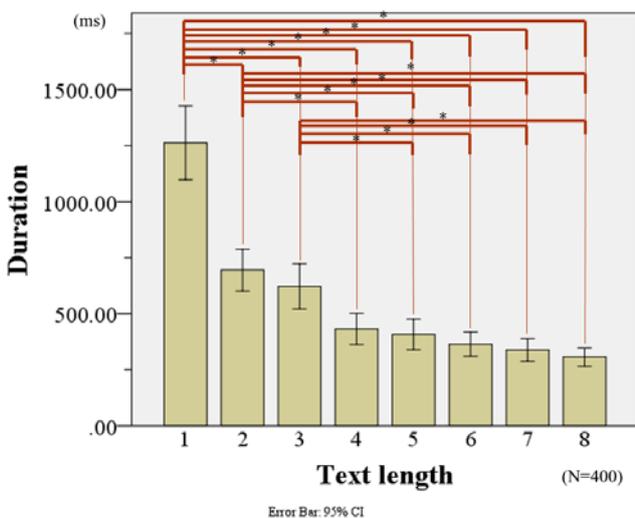


Fig. 10 Experiment result of observation time per letter

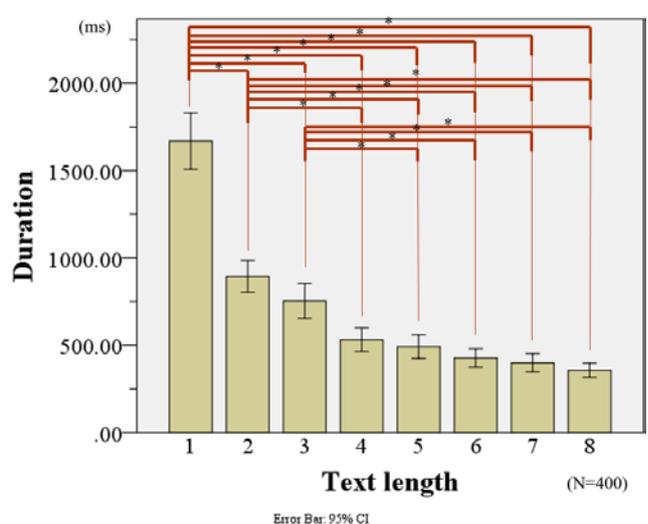


Fig. 11 Experiment result of impartation time per letter

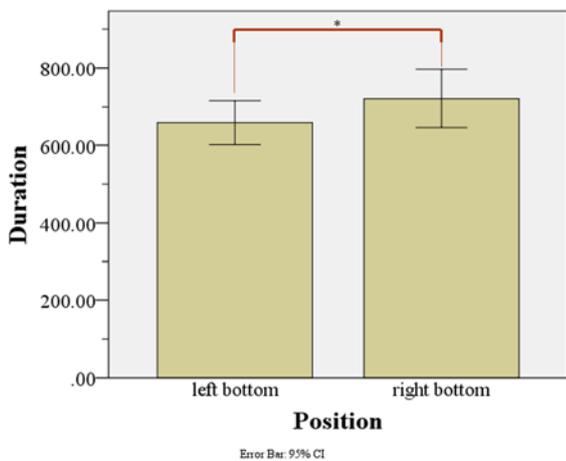


Fig. 12 Experiment results of observation time

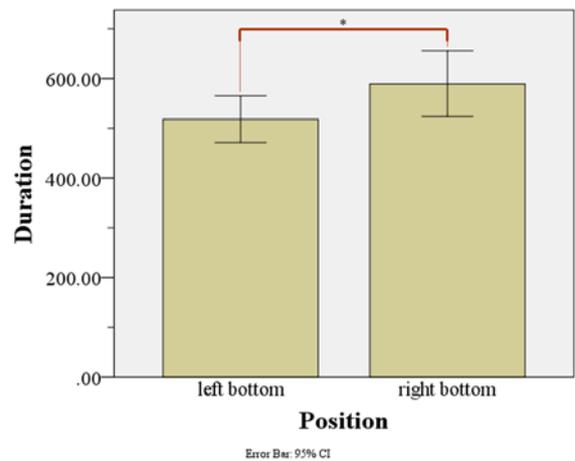


Fig. 13 Experiment results of impartation time

3・5 考察

実験結果より、提示する文字数が情報の読み取り時間に対して影響を与えていることがわかる。文字数が増えることにより読み取り時間が増えることは容易に想像できるが、多重比較の結果より視認時間と情報伝達時間においては5文字以上の情報提示に対して4文字以下では有意な差があることが確認できる。

また定義した時間を文字数で割った一文字あたりの時間に対する多重比較の結果より、4文字以上の場合に比べ、3文字以下では有意に時間がかかっていることが確認できる。

提示位置に関しては、筆者らの提示位置に関する研究より、HUD上の上方・中側より距離のある位置に提示した方が速いデータを示しており、左下と右下の記号情報の提示では有意な差はなかった。今回の実験では、文字の読み取りは左から右に行うことが影響し、左下の平均値が早くなっているのではないかと考えることもできる。しかし、以前の研究とデータ数が少ないため提示位置に関しては結論を出すのは早急であると考え、今後被験者を増やして確認する必要がある。

以上の結果を踏まえ、自動二輪運転中の文字の情報提示に関しては、まず運転中であることを考慮した場合、視線を交通環境から長時間外す脇見運転は好ましくないため、視認時間・情報伝達時間は短い方が良いと考えられる。提示する文字数が少なければ情報伝達時間は短くすむが、文字数が少なくでは伝えることが可能となる情報量が少なくなってしまう。費やされた時間が有意に長くならず、また費やされた時間に対して得られた情報量の効率が有意に低下しないことを考えた、4文字の提示が最も効率的であると考えられる。

4. おわりに

自動二輪運転者に対して、HUDを用いた現在普及しているカーナビのようなコンテンツの提示を検討した場合、記号だけでなく文字情報の提示を考える必要がある。提示された文字に対する人間の視覚情報処理の反応は、提示情報の条件に左右されることがわかっているため、本研究では自動二輪車運転中における文字数の変化に対する視覚情報処理に必要な時間を計測した。実験にあたっては、HUD付きの没入型自動二輪シミュレータを利用し、ひらがなを運転者に対して提示し、視線計測装置を用いて読み取りに要した時間を計測した。計測結果より、提示した文字数によって情報伝達時間に有意な差があることを確認した。また、情報伝達時間を提示した文字数で割った1文字当たりの情報伝達時間においても有意な差があることを確認した。これらの結果より、HUDを用いてひらがなの文字情報を自動二輪運転者に対して提示する際は、4文字の前後で視認の振る舞いに差があることから、4文字前後の情報量で提示することが望ましいことがわかった。

文 献

- (1) 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).
- (2) 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, 2013.10.23-25.
- (3) 難波誠一, “画像情報量と提示時間”, NHK 技術研究, Vol. 35, No. 1, (1983).
- (4) Cruz-Neira, C., Sandin, Daniel J., DeFanti, and Thomas A., “Surround-screen projection-based virtual reality: the design and implementation of the CAVE”, *Proceedings of the 20th Annual Conference on Computer Graphics and Interactive Techniques, SIGGRAPH '93*, (1993), pp.135-142.
- (5) Tateyama, Y., Oonuki S., Sato, S., Ogi, T., “K-Cave demonstration: seismic information visualization system using the OpenCABIN library”, *Proceedings of the ICAT 2008*, (2008), pp.363-364.
- (6) Tateyama, Y., Ogi, T., Nishimura, H., Kitamura, N., Yashiro, H., “Development of immersive virtual driving environment using OpenCABIN Library”, *2009 International Conference on Advanced Information Networking and Applications Workshops (INVITE'2009)*, (2009), pp.550-553.
- (7) 山本敬一, 森幸弘, 西村秀和, 立山義祐, 小木哲朗, 北村憲康, “3 次元没入型ビークルシミュレータのシステム開発と応用”, 日本機械学会第 19 回交通・物流部門大会講演論文集 TRANSLOG2010, (2010), pp. 331-334.