

自動二輪車運転支援を目的とした 情報種別による視覚処理時間の評価

伊藤 研一郎*¹ 西村 秀和*¹ 小木 哲朗*¹

Visual Processing Evaluation on Character Types for Navigation Assist to Motorcyclist

Kenichiro Ito*¹, Hidekazu Nishimura*¹, and Tetsuro Ogi*¹

Abstract – Nowadays, navigation systems widely used for automobiles are designed to consider safe driving by controlling the amount of information to be presented. On the other hand, preferable amount of information to present for motorcyclists is not well known. Since motorcyclist has different gaze movement compared to the automobile driver, further research is required in order to safely provide navigation information for motorcyclist. As a first step to understand navigation information processing, we performed a rudimentary experiment presenting multiple kind of characters and symbols. For the experiment we used symbols defined in Unicode, English, Japanese Hiragana, and Japanese Kanji. From the experimental results, we compared subjects observation time of the presented information and found significant difference between the presented characters. In this paper, we describe about visual processing of information regarding to design a navigation system for motorcycle.

Keywords : Navigation System, Motorcycle, Visual Processing, Character Type

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利用されるようになったが、自動二輪車での利用は高い需要があるにも関わらず普及していないことが報告されている^[1]。近年では、スマートフォンなどを自動二輪車に取り付けて利用している運転者もいるが運転中は運転者が路面を頻繁に注視することから^{[2],[3]}、スマートフォンを運転中に視認することは容易ではなく、運転者が必要とする情報を適切なタイミングで取得するのは難しい。そこで筆者らは、自動二輪車の運転者が運転中にも視認することが可能なカーナビとして、ヘッドアップディスプレイを用いた方法を提案している^[4]。

これまでの筆者らの研究から、シミュレータを用いた実験を通じてヘッドアップディスプレイに対する情報の提示位置と情報量を明らかにしてきた^{[5],[6]}。しかし、これまでの実験はヘッドアップディスプレイの設計を主眼とし、提示情報は分析の都合で矢印やひらがな文字列を用いてきたため、提示する情報に用いる情報種別に関する検討は行っていない。情報種別は、たとえば記号を中心とするべきか漢字を中心とするべきか、運転中であるため限られた視認時間の中で理解のしやすい表現方法を選択する必要がある。

そこで本論文では、自動二輪車運転中の情報提示を想定し、情報の意味は変えずに種類だけ変更した時の視線の動きを実験を通じて考察した。具体的には、記号と3種類の文字の合計4種類の情報種別を用いた情報提示を行い、被験者に提示内容に応じてテンキーを押す作業を行ってもらった。この際、実験は視線計測装置を用いて提示された情報に対する視線の動きを計測し、提示される情報種別に対する視覚処理時間を評価した。

2. 情報種別提示実験

2.1 実験環境

情報種別の提示実験は情報の種別による視線の動きの違いを計測するために、視線の動きに影響を及ぼすと考えられる要因をできる限り排除した環境で行った。実験環境は情報を提示するディスプレイ（EIZO製、EV2336W）と、提示された情報にもとづいて入力を行うテンキー（ロアス製、TNK-MC217SL）の2つの装置を用い、両装置は高さ73cmの机の上に置かれた。ディスプレイは被験者前方100cmの位置に設置し、テンキーは被験者が入力しやすい任意の距離に設置してもらった。また、実験を行う部屋の前方400cmの壁にはクロスヘアの書かれた板が、クロスヘアの中心が地面から高さ150cmの位置にくるよう設置され、被験者にはディスプレイに文字が表示されていない間はクロスヘアの中心を見続けているよう指示を与えた。これらの実験環境の概略図を図1に示す。

*1: 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

*1: Graduate School of System Design and Management, Keio University

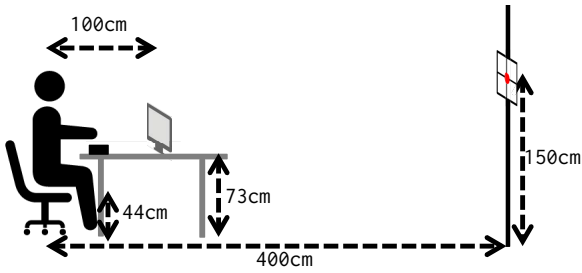


図 1 実験環境図

Fig. 1 Illustration of the Experiment.



図 2 視線計測装置を着用した様子

Fig. 2 Scenario of the Experiment Wearing the Eye-mark Recorder.

視線の動きの計測には、帽子型視線計測装置（nac 製，EMR-9）を使用した（図 2）。視線計測装置は、左右両眼の瞳孔を計測するセンサで構成され、キャリブレーションを行った後、両眼から算出される注視点を記録し、記録された測定データは前方を録画する視野カメラの動画内に書き込まれる。視野カメラは水平画角 92°、垂直画角 69°で解像度 640*480px、フレームレート 29.97fps の MPEG4 形式で録画する。録画動画にはディスプレイとクロスヘアが映り込むため、記録動画をコマ送りして視線の動きのデータ化を行うことで分析を行った。

2.2 評価方法

分析では、ディスプレイに情報が提示される時間、視線をクロスヘアから提示情報へ移動し終える時間、テンキーで入力を行いディスプレイから提示情報が消える時間、視線をクロスヘアに戻す開始時間の合計 4 つの時間を記録した。記録した時間情報より図 3 に示す 3 つの評価時間を定義した。情報が提示されてから視線を提示情報へ移動し終える時間を発見時間（Detection time）とし、提示情報を見始めてからテンキーの入力を行うまでの時間を入力時間（Input time）とし、提示情報を見始めてから視線をクロスヘアへ戻し

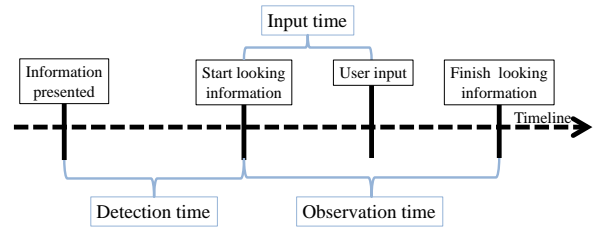


図 3 分析用に定義した時間

Fig. 3 Defined Duration for Analysis.

始めるまでの時間を視認時間（Observation time）と定義した。また、提示に用いた情報に対して被験者の入力したテンキー情報は実験プログラム側で入力履歴として保存し、分析に用いた。

2.3 提示情報について

本実験では記号、英語（アルファベット文字列）、漢字、ひらがなの 4 種類の情報種別を用いた。また情報種別による視線移動への影響を調べるために、提示する情報の意味の統一を行った。

まず提示に用いる記号は、国際標準として利用されている Unicode (ISO/IEC 10646:2014^[7]) で定義されている中から選び、U+2600-26FF、U+2B00-2BFF、U+2190-21FF の三つのブロックから合計 109 種類を提示に用いた。記号には形だけではなく英語で意味も定義されているため、修飾語を取り除いた英単語を提示するアルファベット文字列とした。漢字とひらがなの情報種別は英単語を筆者が翻訳し、提示する情報とした。

実験としては被験者に提示情報の意味を意識させる必要があるため、被験者が提示情報の意味を理解する努力を怠らないために Unicode の定義で矢印となっている情報（Arrow という単語を意味の記述に含む記号）については、テンキーで方向に対応する数字を入力するよう実験前に指示を行った。そのため提示に用いた 109 種類の情報のうち矢印となっている 39 種類の情報は、英語・漢字・ひらがなの提示の際は方向を示す単語に置き換え、表 1 に示す対応する数字の入力を行わせた。また方向を示さない記号や単語は、テンキーの Enter を押すよう指示を行った。

提示情報の制御としては、情報の提示に対するテンキーの入力後一定時間経過後に次の情報が提示する。この際、提示される情報に対する反応時間を評価軸にしているため、被験者が次の情報提示が行われるタイミング推測を防ぐために、テンキー入力後から次の情報を提示するまでの時間は、1 秒単位で 1 秒から 6 秒の時間がランダムに選ばれるよう配慮を行った。提示する情報は合計 109 種類すべてを 1 回ずつ提示を行い、提示する情報種別は 4 種類からランダムに選んだ。

表 1 矢印や方向を意味する情報提示の際に入力するテンキー番号

Table 1 Ten-key Number to Input for Arrow Symbols and Words Indicating Directions.

Ten-key Number	Alphabet	Kanji	Hiragana
1	Lower Left	左下	ひだりした
2	Down	下	した
3	Lower Right	右下	みぎした
4	Left	左	ひだり
6	Right	右	みぎ
7	Upper Left	左上	ひだりうえ
8	Up	上	うえ
9	Upper Right	右上	みぎうえ

情報提示プログラムは Perl/TK を用いて開発され、Microsoft Windows 7 の動作するノートパソコン (Panasonic 製, Let's note CF-S10) 上で実行した。ノートパソコンからディスプレイへの出力は VGA 端子を通じて 1920*1080px の解像度で接続を行い、ディスプレイの中央に Noto Sans Symbols フォント (Google 製, Noto フォントファミリー) を用いて、サイズ 72pt、緑色 (#00FF00) の情報提示を行った。

2.4 実験結果

実験は 20 代の男女 3 名に対して行い、各被験者に提示実験を 2 回ずつ行った。合計 654 回の提示を行ったが、視線計測装置より得られる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試行については分析対象から除外したため、分析可能なデータは 640 であった。そのうち、被験者が方向を示す情報提示に注目し、231 データの分析を行った。分析に用いた各情報種別のデータ数を表 2 にまとめる。

分析対象データに対して情報種別を因子とおいた一元配置の分散分析を、発見時間・視認時間・入力時間に対してそれぞれ行った。分析の結果、発見時間は有意な差はなく、平均値は 0.445 秒であった。

視認時間に関しては 5% 有意 ($p=0.011$) であり、情報種別について多重比較 (Tukey の HSD) を行った。計測データの平均値と標準偏差、多重比較の結果を図 4 に示す。入力時間に関しては 1% 有意 ($p=0.000$) であり、情報種別についての多重比較 (Tukey の HSD) を行った。計測データの平均値と標準偏差、多重比較の結果を図 5 に示す。

表 2 分析に用いたサンプル数
Table 2 Number of Samples.

Character Type	Samples
Symbol	58
Alphabet	59
Kanji	56
Hiragana	58
Total	231

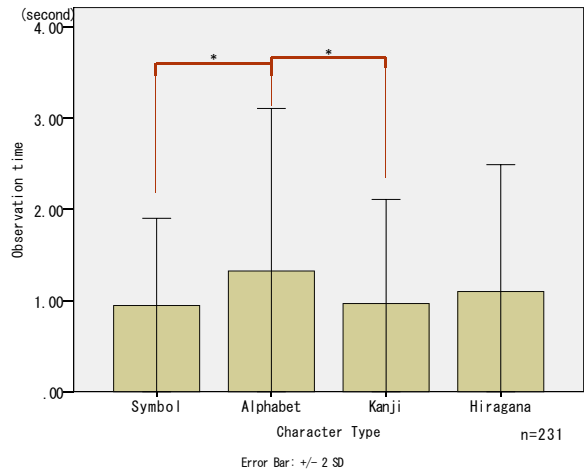


図 4 視認時間の分析結果

Fig. 4 Experimental Results of Observation Time.

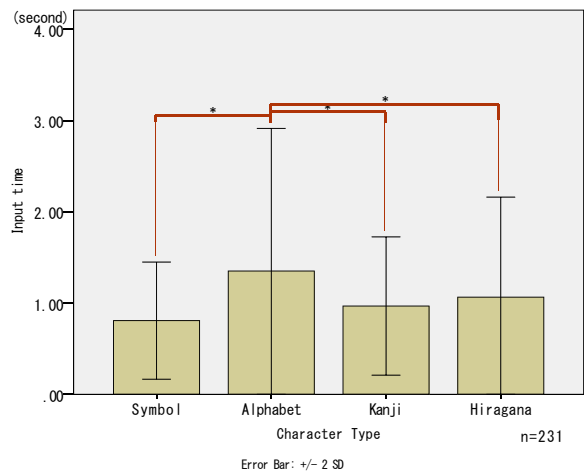


図 5 入力時間の分析結果

Fig. 5 Experimental Results of Input Time.

3. 考察

本実験結果より、提示情報を視認して提示内容に応じてテンキー入力を行う負荷を与え、提示情報種別で比較を行うと、英単語の提示では情報伝達が遅くなるという結果が得られた。これは、英単語で示された情報は情報の意味を理解するために必要な視覚情報時間が長いことを示唆しているとも言えるが、母国語と外国語の視覚情報処理時間の比較について読書で計測した先行研究 [8], [9] と傾向が一致していることから、日頃から英語を読むのに慣れていない被験者であった可能性が高い。一方、英語の場合は文字数が増加するため、単に文字数を追うための視覚処理時間が増大したものとも考えられるが、これだけでは記号、漢字、ひらがなの処理時間の差を説明できない。

そこで提示情報に情報量 [10] の考え方を反映させ、比較する方法が考えられる。各情報種別の情報量は各

表3 1文字あたりの情報量と平均提示情報量
Table 3 Information Amount per Letter and Average Information Amount Presented

Character Type	Bits per Letter	Average Letters Presented	Average Bits Presented
Symbol	6.77	1.00	6.77
Alphabet	4.70	7.02	32.98
Kanji	11.06	1.36	15.01
Hiragana	6.17	3.38	20.85

文字の文字種数により決定され、分析で用いた各種情報種別の1文字当たりの情報量と文字数、提示された平均情報量は表3の通りとなる。ここで記号に関する情報量は109種類から算出しているが、被験者にとっては何種類の記号が用意されているかは分からないため、最大で無限大の種類と受け取られ、大きくなる可能性がある。また漢字に関する情報量は平成22年内閣告示第2号の常用漢字表を参考に常用漢字数2136文字から算出を行った。

情報量について、文字種別を因子として、実験で提示された情報量を一元配置の分散分析を行うと1%有意($p=0.000$)であり、多重比較(TukeyのHSD)を行うと、すべての組み合わせで有意であった。多重比較の結果から文字種別で提示の行われた情報量が、互いに有意に違うことがわかり、表3から英語の提示情報量は多かったことがわかる。情報量が増えるに従い視認時間の増加は想像に難しくなく、先行研究^{[11],[12]}や筆者らの以前の研究結果^[6]と相違はなかった。

本実験より、同じ意味を伝達する目的の提示においても各情報種別のもつ情報量に左右され、視認時間は影響を受けることが示された。ただし、上述のとおり提示情報種別を読み慣れているかどうかの影響も考慮することに留意する必要がある。また、本実験は被験者3名の実験結果の分析結果であり、より正確な結論を述べるためには実験を継続して行いデータを収集する必要があると考える。

4. おわりに

本論文では、自動二輪車用ヘッドアップディスプレイの提示に適した情報種別を調査するために、視覚処理時間に着目して実験を行い評価を行った。実験では記号・アルファベット・漢字・ひらがなの4種類の情報種を用い、視線計測装置を用いてデータを収集した。分析の結果、アルファベットを用いた英単語の提示では視認時間と入力時間が有意に遅いことがわかった。言語に対する読み慣れの影響または提示情報量の影響について考察を行い、その結果、提示情報種別による視覚処理時間は各情報種別の持つ情報量に左右される可能性があることがわかった。

参考文献

- [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] 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, pp.239-265 (1978).
- [3] 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, pp.253-289 (1979).
- [4] 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), Paper No.TS-05-2 (2013).
- [5] 伊藤, 立山, 西村, 小木,: 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, Paper No.3205 (2013).
- [6] 伊藤, 立山, 西村, 小木,: 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; 日本機械学会 第24回設計工学・システム部門講演会, JSME No.14-27, Paper No.1408 (2014).
- [7] ISO/IEC 10646:2014: Information Technology – Universal Coded Character Set (UCS); (2014).
- [8] Altarriba, J., Kroll, J.F., Sholl, A., and Rayner, K.: The Influence of Lexical and Conceptual Constraints on Reading Mixed-Language Sentences: Evidence from Eye Fixations and Naming Times; Memory & Cognition, Vol. 24, No.4, pp.477–492 (1996).
- [9] Chincotta, D., and Hyönä, J., and Underwood, G.: Eye Fixations, Speech Rate and Bilingual Digit Span: Numeral Reading Indexes Fluency Not Word Length; Acta Psychologica, Vol. 93, No. 3, pp.253–275 (1997).
- [10] Shannon C. E.: A Mathematical Theory of Communication; SIGMOBILE Mob. Comput. Commun. Rev., Vol. 5, No. 1, pp.3-55 (2001).
- [11] Marko, H.: Information Theory and Cybernetics; IEEE Spectrum, Vol.4, No.11, pp.75-83 (1967).
- [12] 難波,: 画像情報量と提示時間; NHK 技術研究, Vol. 35, No. 1, pp.1-18 (1983).