

1210

## 実車走行試験による自動二輪車用HUDを用いた情報提示の評価

### Evaluation of Information Presentation for Motorcycle HUD by Actual Vehicle Testing

○正 伊藤 研一郎<sup>\*1</sup>, 西村 秀和<sup>\*1</sup>, 小木 哲朗<sup>\*1</sup>  
 Kenichiro ITO<sup>\*1</sup>, Hidekazu NISHIMURA<sup>\*2</sup>, Tetsuro OGI<sup>\*1</sup>  
<sup>\*1</sup> 慶應義塾大学 Keio University

In this paper, the use of motorcycle HUD is proposed and evaluated through testing by operating a HUD prototype in a controlled real world environment using actual vehicles. The proposal of motorcycle HUD has been evaluated through human-centered design using virtual environments, realizing to develop a real world operational HUD for motorcycle navigation. However, evaluations in virtual environments are well controlled and simulated, therefore, the rider's riding behavior may be different from actual riding situations. Testing prototypes in real traffic situations can still be dangerous regarding irregular situations that may occur. Hence, testing in a controlled environment is necessary for prototype evaluation using actual vehicles. We used private roads inside the university campus as a riding environment to conduct experiments. A riding course has been set by combining one-way roads and parking spaces, making a simple loop course so the subject can come back with simple navigation. From the experiment, we observed how the designed motorcycle HUD was capable in presenting information in the real world riding environment.

**Key Words** : Motorcycle, Head-Up Display, Actual Vehicle, Virtual Reality, Navigation System

#### 1. はじめに

運転者へ情報を提供するナビゲーションシステムは、四輪自動車用のシステムと比べて自動二輪車用のシステムは普及していない。自動二輪車用のナビゲーションシステムの普及が遅れている原因としては、運転者の路面を探索的に視線移動する特性の影響<sup>(1)(2)</sup>から、運転中に小型ディスプレイを視認して情報を得ること難しく<sup>(3)</sup>、運転中に情報を得るシステムとして利用することができていない現状がある。この問題に対して筆者らは、ヘッドアップディスプレイ (HUD) の技術を用いて視ている方向の近い視野に情報を提示することを提案している<sup>(4)</sup>。一方で、運転中に提示された情報を視る行為は脇見運転の一種と言われており、交通事故を引き起こす原因と言われることも少なくない<sup>(5)(6)</sup>。そのため、情報提示は事故に繋がるような提示方法を避けるなど、人間中心設計によるアプローチで適切な設計をすることが求められる。

ナビゲーションシステムの情報提示については、四輪自動車についてはさまざまな研究を通じて既に法律やガイドラインが整備されている<sup>(7)(8)(9)</sup>。一方で、自動二輪車用の法律やガイドラインは整備されていないため、自動二輪車用ナビゲーションシステムの設計は明らかとなっていない設計パラメータを解明する必要がある。設計パラメータを求めるためには、運転者が運転中に情報を提示されたときの振る舞いを観測して行く方法が有効であると考えられるが、交通事故に繋がる脇見運転を実車走行で試すのは安全でないと考えられる。そのため筆者らは、没入型自動二輪シミュレータを用いて設計パラメータを明らかにしてきた<sup>(10)(11)(12)</sup>。

本論文では、明らかになった設計パラメータを実装したプロトタイプを開発し、実車走行試験を行う。具体的には、電動スクータにナビゲーション情報を提示する HUD を用いた走行試験を行い、没入型シミュレータ環境下で設計したパラメータが実車でも有効であることを確認した。走行試験は私道を用いた一方通行のコース内で行い、左折を促す情報を走行中に提示し、提示された情報に従って運転者が走行可能か評価した。また、HUD を用いたナビゲーションシステムとして提示された情報の視やすさなどの意見を収集し、自動二輪車用 HUD の情報提示について論じる。

## 2. 実車走行試験の環境

走行試験環境は、自動二輪運転者または他車運転者が危険な状況になることは避ける必要があるため、公道を用いず私道での走行試験を行うこととした。走行試験会場は、慶應義塾大学新川崎タウンキャンパス内の駐車場と駐車場を繋ぐ車路を用いた（図 1）。駐車場及び車路は一方通行となっており、対向して走行する車両はない。走行試験時は、走行コースの封鎖は行わず、他車の走行状況を確認しつつ安全性を確保したうえで試験を行った。走行速度は、約 150 m の直線となっている車路は最大 30 km/h として、駐車場内は歩行者や他車両に配慮した徐行運転を行った。

自動二輪車の車両はスクーター型の電動バイク YAMAHA 製 EC-03 を用いた。開発した HUD は、ミラーステー接続部を用いて、ウインドシールドとともにハンドルに取り付けた（図 2）。車両への取付は HUD の他には、投影映像を生成する PC を動かすための電源（APC 製、GS Pro 500）を車両後方、車体下の後輪上部となるところへ取り付けた。HUD に提示する情報は、Windows 8.1 (64bit)の動作する小型 PC（Intel 製、NUC DC3217IYE）に HDMI で接続されているレーザ光プロジェクタ（Celluon 製、PicoPro）で投影した。投影映像は Perl/TK を用いて

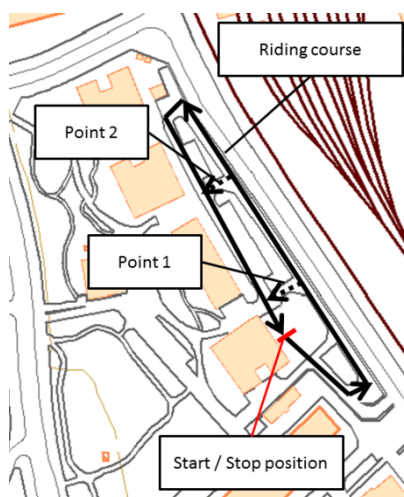


Figure 1 Riding course of actual vehicle testing.

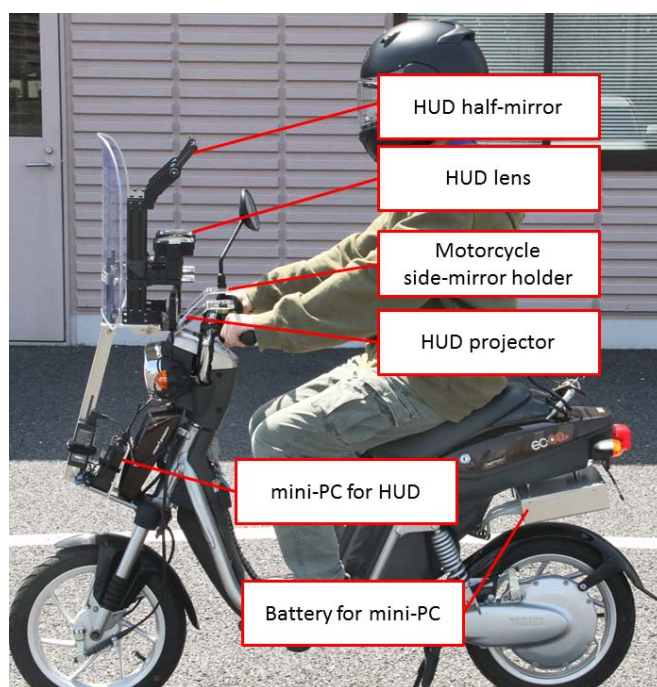


Figure 2 Motorcycle with HUD equipped.

開発したプログラムを動作させ、進行方向を示す矢印の提示を行った。矢印は、ISO/IEC 10646:2014 で標準化されている Unicode 記号から、左折として U+2B05, 直進として U+2B06 を用いた。記号は Symbola フォントを用いて 144pt の大きさで、緑色 (#00FF00) で行った。なお、HUD のハーフミラーは左側と右側の 2 つあるが、筆者らのこれまでの研究成果<sup>(10)(11)</sup>から左右に差は無いことがわかっているため、本試験では左側のみ用いて走行試験を実施した。プロジェクタの映像はスクリーンへ投影され、レンズ (Eschenbach 製, 2636-11) を通した映像をハーフミラー (透過率 92.6 %) 越しに運転者は視認できる。小型 PC は、USB 接続されたスマートフォン (ASUS 製, X008DB) を通してインターネットに接続して、実験者がインターネットを介してリモート操作を行う。リモート操作内容の反応は、スマートフォンの受信する電波状況に左右されるが、走行試験地においては概ね 1 秒以内に反応していることを確認した。

### 3. 走行試験方法

走行試験では、図 1 に示すコースで自動二輪運転者がスタート地点を出発し、約 150 m の直線走行が可能な車路までコースを進む。直線となっている車路には、左折して駐車場へ進入可能な短い車路が 2 箇所あり、それぞれの手前で左折または直進を促す情報が提示される。情報が提示されたのを運転者が確認した場合は、提示内容に従って運転操作を行う。2 箇所とも直進の情報、または情報が一切提示された無かった場合は車路の終わりまで走行し、道なりに従い駐車場に進入して 1 周まわるコースを走行する。図 3 に直線となっている車路を走行している試験の様子を示す。

情報の提示は手動で操作して、Point1 での左折を 2 回、Point2 での左折を 2 回、車路の終わりまでの走行を 2 回行われるようにした。提示される順番はランダムで行った。試験の評価方法は、提示された情報内容に従って運転操作を行えたかどうかを評価した。運転者にはウェアラブルカメラ (HX-A500) を装着してもらい、HUD に提示された情報がどのように映るか録画を行い、運転操作の正答率とあわせて評価した。また運転者には、スタート地点と同様の箇所でストップし、一周走行毎に試験に関する意見を述べるよう指示を行った。

運転者には実験前に、公道で走行しているつもりで安全確認を怠らない走行を心がけることと、他車両の走行が確認された場合は安全な位置で一時停止して走行を中断するよう指示した。また、歩行者が出てくる可能性のあることも注意してもらい、歩行者が駐車場内で横断しようとしている場合は歩行者優先で停止するよう指示した。



Figure 3 Actual vehicle testing scenery of the rider driving the main 150 m straight.

#### 4. 結果と考察

走行試験は、普通自動二輪免許を保持する30代の男性1名に対して実施した。天候不良のため中断を挟みつつ、走行コースの路面が濡れていないのを確認して合計6回の走行試験を実施した。試験結果としては、図4に示すウェアラブルカメラに録画される映像と照らし合わせて評価したところ、6回の走行すべてにおいて提示情報に従う運転操作が行われ、自動二輪車用 HUD がナビゲーションシステムとしての妥当な情報提示方法であることが確認できた。一方で、走行後に述べる意見からは、情報提示のあり方に関する意見があった。

本試験で用いた情報は、左折と直進を示す2つのみであり、記号の形状から判断は可能であったが、左折と右折は区別して認識するのが難しい可能性を指摘する意見があった。筆者らによる没入型自動二輪シミュレータ環境を用いた研究<sup>(10)(11)(12)</sup>では指摘されなかった意見のため、環境の違いによる影響が考えられる。屋外環境は室内環境に比べて照明が明るくなるため、シミュレータ環境に比べて実車環境の方が HUD の情報が見えづらくなる。解決策としてプロジェクタの投影する映像輝度を上げることにより、相対的にシミュレータ環境と同様の明るさを表現して解決が可能とも考えられる。

一方で、四輪自動車用 HUD の研究では表示輝度が高くなるにつれて運転者の感じる煩わしさが上昇する<sup>(13)</sup>報告もあるため、輝度を高める場合は運転者の印象評価に留意する必要がある。また、本試験では情報が提示されていることを気付くことは問題無くできているため、気付けば理解可能な情報提示方法を検討することも考えられる。これは、四輪自動車を運転時において読まずに理解可能なアイコン表記された標識の方が理解しやすい報告<sup>(14)</sup>もあることから、直感的にわかりやすい情報提示方法の検討が有効と考えられる。本試験で利用した HUD で検討するならば、左折の場合はスクリーンの左側を塗りつぶして提示、右折の場合は右側を塗りつぶして提示、直進なら上部を塗りつぶして提示方法などで対応できると考えられる。

走行試験の意見として他には、情報が出たかどうか気になり HUD を必要以上意識してしまうため、音声などによる通知があると視線移動に抑えることができる可能性についての意見があった。自動二輪車においては、周辺の交通環境を聴きながら運転するため常時音声を流す事は難しいと考えられるが、いわゆるバイク用インカムも普及していることから、装着するイヤホンを通して通知を促すことは可能と考えられる。特に四輪自動車用のナビゲーションシステムにおいても、車内に通知音や音声案内が流れることも少なくなく、視覚だけでなく聴覚への情報提示も有効に活用できる。



Figure 4 Recorded scenery from a wearable camera showing information presented on the HUD.

## 5. おわりに

本論文では、自動二輪車用 HUD の情報提示システムとして、実車環境を用いて実車走行試験を通じて情報提示の評価をした。電動バイクに開発した HUD を取り付け、駐車場と駐車場を結ぶ車路を用いて実車走行試験を行った。約 150 m の直線車路を走行中に、左折を促す情報または直進を促す情報を提示する試験走行を行い、その様子をウェアラブルカメラを用いて録画し、提示される情報に関する意見を回答してもらった。その結果、提示情報を理解して、間違えることなく運転操作を行えることが確認された。ただし、回答してもらった意見から、運転者へより判りやすい情報提示方法の有効可能性が示唆されているため、実車走行環境にあわせた情報提示方法の検討を進める。また、本論文の走行試験は試験者 1 名と少ないため、定量的なデータの分析収集や意見の集約と検討は、試験者を増やしてを行う必要がある。

## 謝 辞

本研究の一部は公益財団法人 JKA のオートレース補助事業 (27-158) の補助を受けて実施した。

## 文 献

- (1) 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.
- (2) 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.
- (3) 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).
- (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)* (2013), Paper No.TS-05-2.
- (5) Maltz, M., and Shinar, D., “Eye movements of younger and older drivers”, *Human Factors* 1 (1999), pp. 15–25.
- (6) Wulf, G., Hancock, P.A., and Rahimi, M., “Motorcycle conspicuity: An evaluation and synthesis of influential factors”. *Journal of Safety Research* 4 (1989), pp. 153 – 176.
- (7) Japan Automobile Manufacturers Association, “Guidelines for in-vehicle display systems – version 3.0”, (2004).
- (8) Alliance of Automobile Manufactures, “Statement of principles, criteria and verification procedures on driver interactions with advanced in-vehicle information and communication systems”, (2006).
- (9) Ito, H., “Integrated development of automotive navigation and route guidance system”, *Synthesiology English edition*, 3 (2012), pp. 162–171.
- (10) 伊藤研一郎, 立山義祐, 西村秀和, 小木哲朗, “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”, 日本機械学会論文集, Vol.81, No.830 (2015), pp.15-00203.
- (11) 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を用いた自動二輪運転者への情報提示位置の評価”, *ヒューマンインタフェース学会論文誌*, Vol.18, No.4 (2016), pp.435-442.
- (12) 伊藤研一郎, 西村秀和, 小木哲朗, “自動二輪車用HUD を用いた経路情報提示の設計”, *日本機械学会第 26 回設計工学システム部門講演会*, Paper No.2508.
- (13) 森田和元, 益子仁一, 岡田竹雄, “自動車用ヘッドアップディスプレイの煩わしさ感に関する考察 (第 2 報)”, *照明学会誌*, 81(8), (1997), pp.638-647.
- (14) Kline, T. J. B., Ghali, L. M., Kline, D. W., and Brown, S., “Visibility distance of highway signs among young, middle-aged, and older observers: Icons are better than text”, *Human factors*, 32(5), (1990) pp.609-619.