

## 科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 29 年 5 月 29 日現在

機関番号：14401

研究種目：挑戦的萌芽研究

研究期間：2014～2016

課題番号：26590177

研究課題名(和文)単眼式拡張現実視覚提示の有効性に関する認知心理学的研究

研究課題名(英文)A study in cognitive psychology on the effectiveness of monocular visual presentation of augmented reality

研究代表者

篠原 一光 (Shinohara, Kazumitsu)

大阪大学・人間科学研究科・教授

研究者番号：60260642

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,500,000円

研究成果の概要(和文)：ヘッドアップディスプレイ(HUD)は自動車などの視覚的情報提示装置として普及しつつあり、その効果的な提示方法として映像を単眼に提示する方法を提案した。本研究では、自動車用HUDでの単眼提示が、HUD像の距離知覚や視認性、観察者の精神的負担や課題成績に及ぼす影響を検討した。3つの実験により、単眼提示の優位性は常にみられるのではなく、画像の大きさ等の要因によって影響を受けることが示された。単眼提示と両眼提示は運転場面に応じて切り替えを可能とするのが望ましいと考えられる。

研究成果の概要(英文)：A Heads-Up Display (HUD) is becoming widespread as a visual information display. How to present HUD images effectively has been investigated. We proposed a monocular HUD presenting an artificial image to either the right or left eye. The purpose of this study was to examine the effects of monocularly observing the HUD image on the perceived distance and visibility of the image, task performance, and level of mental workload. Three experiments were conducted, resulting that the monocular presentation was not always superior to the binocular presentation, and its superiority depended on various factors (e.g., the size of the image). The suitability of the presentation method for an automotive HUD display seems to depend on the traffic and driving situation. Therefore, enabling flexible selection of the presentation mode according to the situation is highly desirable.

研究分野：応用認知心理学

キーワード：ヘッドアップディスプレイ 拡張現実 単眼視 車載視覚情報インタフェース 注意

### 1. 研究開始当初の背景

現実空間上に人工的な情報(虚像)を付加する技術である拡張現実 (Augmented Reality : AR) は、作業を行う際の視覚情報提示方式として近年注目されている。例えば、拡張現実の技術をヘッドアップ・ディスプレイ (HUD) に用いて前方空間上に画像を提示すると、情報読み取りの際に生じる視線移動量を軽減することが可能となる。しかし、奥行き方向における視覚的注意の移動には時間を要することが知られている (Miura et al., 2002)。したがって、HUD 像と現実空間で奥行き差がある場合には注意移動が生じ、AR 利用時に現実世界で生じた変化の検出が遅れる恐れがある。

この問題を解消する方法として、HUD 像を単眼にのみ提示する単眼式拡張現実視覚提示 (以下単眼提示と略す) が提案されている (Sasaki et al., 2010)。HUD 像までの距離知覚において、単眼提示では両眼提示に比べて HUD 像が遠方に知覚されることが示されている (木村他, 2012)。したがって、単眼提示では、HUD 像と前方風景の間の奥行き差が小さく知覚されることで、奥行き方向への注意移動がしやすくなると考えられる。

また、単眼提示では課題に無関係な HUD 像を無視することができるが示されている (Kitamura et al., 2015)。そのため、単眼提示の HUD を用いた場合には運転への影響が少なく、ドライバの精神的負担が軽減されると考えられる。

### 2. 研究の目的

本研究は、拡張現実を用いた視覚情報提示方法 (単眼提示・両眼提示) の違いが、HUD 像の距離知覚や視認性、観察者の精神的負担や課題成績に及ぼす影響を検討することを目的とした。

### 3. 研究の方法

本研究では、認知心理学的手法による 3 つの実験を実施した。各実験の具体的な目的・方法については、結果とともに「4. 研究成果」にて述べる。

### 4. 研究成果

(1) 実験 1 HUD 像の距離知覚に対して観察条件が及ぼす影響の検討

【目的】木村他 (2012) では、偏光フィルタによって単眼提示と両眼提示を切り替え、HUD 像は常に同じ奥行き位置に提示された。本実験では木村他 (2012) と異なる方式で HUD 像を提示した場合に、HUD 像を単眼または両眼に提示することが HUD 像までの距離知覚に対して及ぼす影響を検討することを目的とした。

【方法】大学生 20 名 (平均年齢 22.65 歳) を対象に実験をおこなった。全員が裸眼または矯正により 0.7 以上の視力を有していた。実験は暗室でおこなった。実験参加者の左右に設置したディスプレイ上に提示した刺激をハーフミラー上で反射させ、左右それぞれの眼に画像を刺激として提示した (図 1)。単眼提示では利き目にのみ画像を提示した。両眼提示では両方のディスプレイに刺激を提示し、両眼視差量の調整により HUD 像の知覚上の奥行き位置を調整した。このため、本装置では試行毎に単眼提示と両眼提示を切り

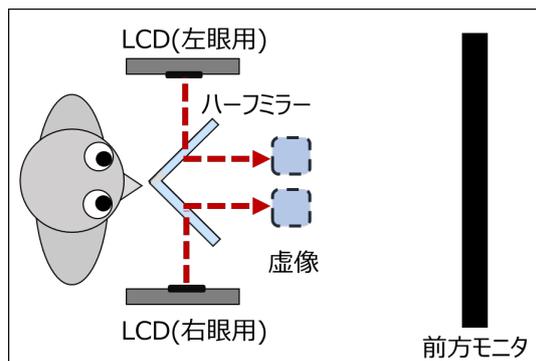


図 1 実験装置の配置図

替えることができる点が木村他 (2012) で使用した提示方法との違いである。なお画像の大きさは視角にして  $3.4^{\circ} \times 2.5^{\circ}$ 、色は白色であった。

実験は学習フェーズと実験フェーズに分けられた。実験フェーズにおいてのみ単眼提示をおこなった。

学習フェーズでは、数字までの距離を 3 種類 (40cm、100cm、200cm) 設けて、数字までの距離を識別させた。各提示距離において 5 回連続で正解した段階で学習が完了し、距離を正しく評価できると見なした。

実験フェーズでは HUD 像の提示距離を 4 種類 (50cm、90cm、150cm、200cm) 設定し、数字までの距離をセンチメートル単位で口頭評価するように求めた。評価対象である数字の提示に続いて、距離評価の基準となる文字が 100cm の奥行き位置に両眼提示された。試行数は計 80 試行であった。

実験計画は、観察条件 (単眼提示、両眼提示)  $\times$  提示距離 (50cm、90cm、150cm、200cm) の参加者内 2 要因計画であった。

【結果】観察条件  $\times$  提示距離の 2 要因分散分析をおこなった結果、提示距離の主効果が有意であった ( $F(1, 51, 28.66) = 40.19, p < .01$ )。観察条件  $\times$  提示距離の交互作用は有意であった ( $F(1, 75, 33.30) = 26.66, p < .01$ )。

各観察条件における単純主効果の検定をおこなったところ、単眼提示ではいずれの提示距離においても知覚距離に変化が見られず ( $ps > .05$ )、HUD 像は基準と近似した奥行き位置 (100cm) に知覚されることが示された。

また、両眼提示における提示距離間での多重比較をおこなったところ、提示距離 150cm

と 200cm の間以外では提示距離の増大に伴う知覚距離の増大が見られた ( $p < .05$ )。したがって、両眼提示では HUD 像の奥行き位置を単眼提示時よりも正確に知覚できることが示された (図 2)。

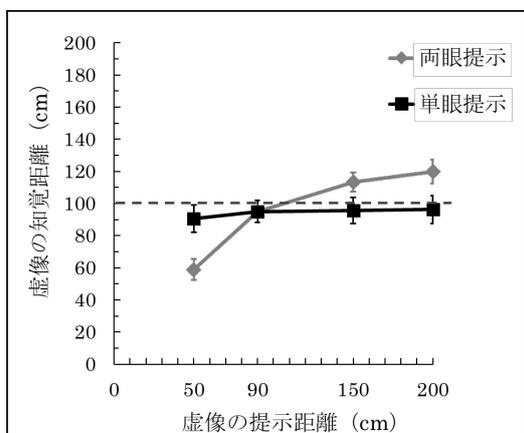


図 2 各提示距離における HUD 像の平均知覚距離

(2) 実験 2 運転中の HUD 像提示がドライバの精神的負担に及ぼす影響の検討

【目的】 HUD を自動車の視覚的ヒューマン・マシン・インタフェース (HMI) としてより利用する際、単眼提示を導入することで HUD 像の視認がよりしやすくなることが期待されるが、これによりドライバにとって運転のしやすさが向上するか検討しておく必要がある。この点について先行研究で検討されていない。そこで、運転時に HUD 像を単眼提示した場合に、両眼提示した場合に比べて精神的負担が軽減されるかどうかを検討することを目的として実験 (2) を実施した。

【方法】 大学生 20 名 (平均年齢 23.05 歳) を対象に実験をおこなった。全員が普通自動車運転免許を保有していた。実験装置は、実験 (1) で使用したものに追加してドライビングシミュレータ (DS) を使用した。DS の映像は実験参加者の前方 200cm の位置に設置した前方モニタに表示した。HUD で提示する画像の大きさは、大条件で視角にして  $10^{\circ} \times 8.3^{\circ}$ 、小条件で  $5^{\circ} \times 4.2^{\circ}$  であった。HUD 像の色は白色で、提示距離は常に 90cm であった。

実験参加者はドライビングシミュレータ (DS) 内で先行車を追従する運転課題をおこなった。運転コースは直線路とカーブを組み合わせたものであり、先行車は時々ブレーキングをおこなった。また、運転課題と同時に HUD 像読み取り課題と光点検出課題をおこなうように求めた。HUD 像読み取り課題では、ピープ音が鳴った時に HUD に表示されていた 2 桁の数字の値と矢印の方向を口頭で報告するように求めた。運転中は HUD 像が常に前方風景に重畳提示されており、1200ms ごとに内容が切り替わった。光点検出課題では、前方モニタに設置した 16 個の LED のうち 1

個が点灯し、ハンドルに取り付けたボタンを押して反応した。LED の提示間隔は 2000-5000ms の間でランダムであった。なお、課題終了後に日本語版 NASA-TLX によって主観的な精神的負担を測定した。

実験では、観察条件 (単眼提示、両眼提示) と HUD サイズ (大、小) の組み合わせにより 4 条件 (単眼・大、単眼・小、両眼・大、両眼・小) を設けた。各条件の運転時間は 10 分間であった。

【結果】 本実験では精神的負担の指標として日本語版 NASA-TLX の適応加重平均ワークロード (AWWL) 得点を分析した。図 3 に各条件における平均 AWWL 得点を示した。

観察条件  $\times$  HUD 像サイズの 2 要因分散分析をおこなった結果、観察条件  $\times$  HUD 像サイズの交互作用が有意であった ( $F(1, 19) = 16.70$ ,  $p < .01$ )。単純主効果の検定をおこなったところ、両眼提示では HUD 像サイズが大きい時の方が小さい時よりも AWWL 得点が高くなることが示された ( $F(1, 19) = 10.93$ ,  $p < .01$ )。一方、単眼提示では HUD 像サイズが小さい時の方が大きい時よりも AWWL 得点が高くなることが示された ( $F(1, 19) = 5.84$ ,  $p < .05$ )。

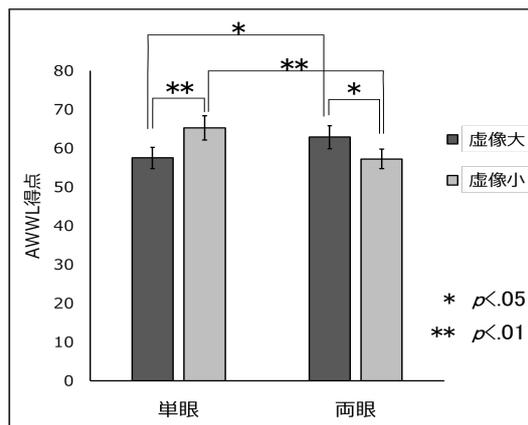


図 3 各条件における平均 AWWL 得点

また、DS 内で得られた運転指標 (走行速度のばらつき、ステアリングのばらつき、車線内での車体位置のばらつき、ブレーキ回数、ブレーキがかかるまでの時間) において 2 要因分散分析をおこなったところ、いずれにおいても観察条件の主効果はみられなかった ( $p > 1.0$ )。光点検出課題の反応時間においても 2 要因分散分析をおこなったところ、観察条件の主効果はみられなかった ( $p > 1.0$ )。

したがって、両眼提示では HUD 像が大きい方が、精神的負担はより大きくなることが示された。HUD 像が大きく提示されたことにより前方の視認性が低下したため、精神的負担が増大したと考えられる。一方、単眼提示では HUD 像が小さい方が、精神的負担がより大きくなることが示された。従って、単眼提示では HUD 像を小さくすることによる HUD 像の視認性の低下が問題であると考えられる。

(3) 実験3 HUD 像の視認性に対して観察条件が及ぼす影響の検討

【目的】実験(2)において、HUD 像を小さく提示した場合に、単眼提示では HUD 像の視認性が低下することで精神的負担が増大する可能性が示された。しかし HUD 像の視認性における単眼提示と両眼提示の違いは、実験(2)や先行研究では示されていない。そこで、HUD 像の視認性の評価に対して観察条件がおよぼす影響を検討することを目的として実験(3)を実施した。

【方法】大学生 20 名(平均年齢 21.75 歳)を対象に実験をおこなった。全員が裸眼または矯正により 0.7 以上の視力を有していた。

実験は暗室でおこなった。実験装置は、実験(1)で使用したものと同一であった。HUD 像の大きさは、大条件で  $10^{\circ} \times 8.3^{\circ}$ 、小条件で  $5^{\circ} \times 4.2^{\circ}$  であった(視角)。HUD 像には 2 桁の数字を提示し、HUD 像の色は白色で、提示距離は常に 90cm であった。実験参加者から前方モニタまでの距離は 200cm であった。

実験参加者は後続提示された数字の値が先行提示された数字と比べて大きい小さいかを判断した。値が小さければ「F」のキー、値が大きければ「J」のキーを押して反応するように求めた。

数字は HUD 像または前方モニタに提示された。提示パターンとして、HUD 像に数字が提示された後に前方モニタに数字が提示される HUD 像先行試行と、前方モニタに数字が提示された後に HUD 像に数字が提示される背景先行試行と、前方モニタに数字を提示した後にもう一度前方モニタに数字が提示される HUD 像なし試行の 3 水準を設けた。数字の提示間隔(SOA)として、100ms と 500-1000ms と 1000-1500ms の 3 水準を設けた。

課題終了後に視認性に関する質問と日本語版 NASA-TLX に回答するように求めた。視認性に関する質問では、HUD 像と前方モニタに提示した数字の視認性を 1-7 の 7 段階で評価するように求めた。

本実験では、HUD 像の視認性の客観的指標として背景先行試行における反応時間、主観的な指標として視認性に関する質問における評価値を使用した。

実験は、観察条件と HUD サイズの組み合わせにより 4 条件(単眼・大、単眼・小、両眼・大、両眼・小)に分けられた。

実験計画は、観察条件(単眼提示、両眼提示)×HUD 像サイズ(大、小)×提示パターン(HUD 像なし、HUD 像先行、背景先行)×SOA(100ms、500-1000ms、1000-1500ms)の参加者内 4 要因計画であった。

【結果】反応時間(図 4)に関して、観察条件×HUD 像サイズ×提示パターン×SOA の 4 要因分散分析をおこなった。その結果、観察条件×HUD 像サイズ×提示パターンの 2 次

交互作用がみられた( $F(2, 38)=4.18, p<.05$ )。各提示パターンにおける観察条件×HUD 像サイズの単純交互作用の検定をおこなったところ、背景先行試行において観察条件の主効果が有意傾向であり( $F(1, 19)=3.76, p<.10$ )、単眼提示の方が両眼提示よりも反応時間が長くなった。

また、HUD 像自体の視認性の評価値(図 5)に関して、観察条件×HUD 像サイズの 2 要因分散分析をおこなった。その結果、観察条件の主効果が有意傾向であり( $F(1, 19)=3.45, p<.10$ )、単眼提示の方が両眼提示よりも HUD 像の視認性が低いと評価された。

したがって、単眼提示の方が両眼提示よりも HUD 像の視認性が低くなること示された。HUD 像の大きさによる視認性の違いはみられなかった。

日本語版 NASA-TLX の得点において 2 要因分散分析をおこなったところ、知的知覚的要求と身体的要求と作業成績の項目において観察条件の主効果がみられ( $p<.05$ )、単眼提示の方が両眼提示よりも精神的負担が大きくなること示された。単眼提示では HUD 像の視認性が低下したことで読み取る際に生じる負担が大きくなるため、これらの項目において精神的負担が大きくなったと考えられる。

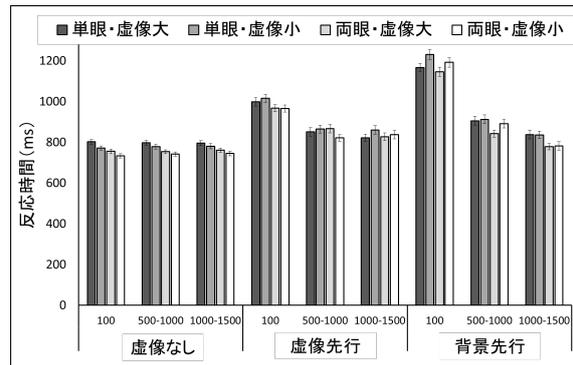


図 4 各観察条件・HUD 像サイズ条件における平均反応時間

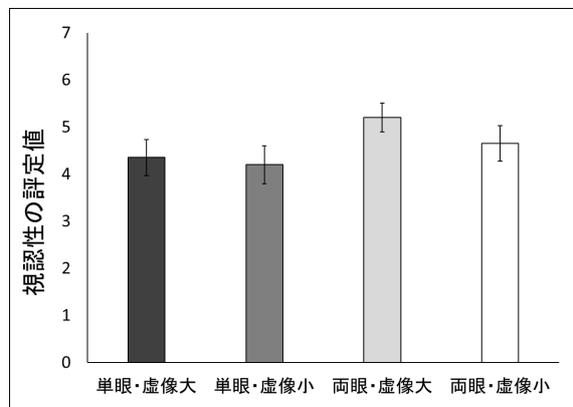


図 5 各観察条件・HUD 像サイズ条件における視認性評価値

#### (4) まとめ

ヘッドアップ・ディスプレイでの情報提示における単眼提示は、どのような場合であっても両眼提示よりも優れるというわけではなく、両眼提示に対する単眼提示の優位性はHUD像の大きさなどいくつかの要因によって規定される。運転時の情報提示手法としては、単眼提示と両眼提示のどちらが現在の状況により適切かをふまえた上で、運転場面に応じて単眼提示と両眼提示を切り替えることでドライバの精神的負担が軽減されると考えられる。

今後は単眼提示が両眼提示に比べて有利になる条件を探索する必要がある。また、単眼提示の優位性について、これまでは主として、HUD像を単眼で観察した時にHUD像の位置が遠くに（より背景に近い位置に）知覚されることに基づいて説明してきた。しかし、これ以外にも単眼提示の優位性をもたらす要因があると考えられる。HUD像を単眼提示または両眼提示する場合に現実世界とHUD像の視覚情報はどのように取得されるのか、また視覚的ワーキングメモリ内にこれらの視覚情報がどのように保持されるのかといった基礎的認知プロセスの解明を行いたい。

#### 5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計0件)

[学会発表] (計4件)

- ① 藤原悠史・篠原一光・紀ノ定保礼・木村貴彦 (2015) 単眼・両眼に提示されたHUD像に対する情報処理(3): 提示位置の異なる虚像に対する距離知覚, 日本心理学会第79回大会発表論文集, 79, (査読無) (2015年9月22日, 愛知県名古屋市)
- ② 篠原一光・藤原悠史・紀ノ定保礼・木村貴彦 (2015) 単眼・両眼に提示された虚像に対する情報処理(4): 虚像から背景への注意移動と刺激検出パフォーマンス, 日本心理学会第79回大会発表論文集, 634, (査読無) (2015年9月22日, 愛知県名古屋市)
- ③ Shinohara, K. (2015) Psychological issues on visual attention while using head-up display. SIGGRAPH Asia 2015. DOI:10.1145/2818406.2818410 (査読有)
- ④ 藤原悠史・篠原一光・木村貴彦・紀ノ定保礼 (2016) ヘッドアップ・ディスプレイ(HUD)利用による運転パフォーマンスとメンタルワークロードへの影響: HUD像の単眼呈示と両眼呈示の比較, 日本人間工学会第57回大会講演集, 57, 404-405, (査読無) (2016年6月26日, 三

重県津市)

[その他]

ホームページ

<http://acpsy.hus.osaka-u.ac.jp/monoAR/>

#### 6. 研究組織

##### (1) 研究代表者

篠原 一光 (SHINOHARA, Kazumitsu)

大阪大学大学院・人間科学研究科・教授

研究者番号: 60260642

##### (2) 研究分担者

木村 貴彦 (KIMURA, Takahiko)

関西福祉科学大学・健康福祉学部・准教授

研究者番号: 80379221

紀ノ定 保礼 (KINOSADA, Yasunori)

大阪大学大学院・人間科学研究科・助教

研究者番号: 00733073