

光学シースルー型ヘッドマウントディスプレイ使用時における 周辺環境の視覚的变化に対する応答特性の評価

トウ コウ[†] 山添 崇[†] 三家 礼子[†] 河合 隆史[†]

早稲田大学[†]

● はじめに

ICT（情報通信技術）の進歩に伴い、スマートフォンが急速に普及し、人々のライフスタイルやビジネスのあり方に大きな影響を与えている。スマートフォンのニーズが高まるにつれて、その小型化、軽量化が求められているが、近年は特に多機能化していることから、より少ない部品で多くの機能を実現する事や、同じ部品でもより小型化してその他機能を実現するスペースを作るなどの努力が行われている。それらの技術の進化は、他領域の発展に推進し、その中で次世代ディスプレイとして注目されているヘッドマウントディスプレイ（HMD）の小型化・軽量化にも大きく貢献し、実際に Google Glass をはじめ、無理なく日常的に利用できるような製品が登場している。一方で、HMD 使用時に生じる影響やユーザエクスペリエンスにおいて、未だ解明されていない点が多く、生理・心理的な影響に関する研究の歴史もまだ浅い。実環境において単眼式 HMD 使用時における生理・心理の評価を行った先行研究[1]では、ワークロードが上昇することが確認されており、実生活環境において、HMD 使用時には、様々な視覚的要素に対して注意を払うことが必要であると考えられる。

● 研究目的

シースルー型 HMD は周辺環境を確認しながら映像を見たり、目の前の景色と映像を重ね合わせて AR（拡張現実）コンテンツを楽しんだりすることができるが、観察時における人間の視覚特性および行動特性はあまり知られていない。HMD の重要な問題点の 1 つとして、外界すなわち周辺環境を見ようと注意を向けた際に、HMD に呈示された視覚情報が阻害要因となりうるということが懸念されている。そのため、海外では、運転時の規制や、利用場所の規制を検討する動きがある。一方で、ヘリコプター、飛行機[2]などでは数十年の歴史を持つ HMD の活用事例が存在しており、重大な事故につながっていないことから、一概に周辺環境への阻害要因になるとはいえない状況にある。

そこで本研究では HMD 使用時における周辺環境の視覚情報の変化への応答速度を計測し、同

時に応答時の生理・心理特性の変化を主観指標と客観指標を用いて評価した。

● 被験者

被験者は、20 代の男性 10 名とした。矯正視力が 1.0 以上とした。実験環境における視野角への影響を考慮し、身長 175 cm を基準とし、身長 180 cm までの人を被験者とした。170 cm 以下の被験者に対して、踏み台を用いて 175 cm に合わせるように調整した。

● 実験環境と刺激

HMD には両眼式シースルー型（MOVERIO BT-100）を、外界の視覚情報呈示には、液晶テレビ（65 型、PANASONIC TH-P65VT2）を用いた。心拍計（POLAR RS800CX）により被験者の心拍数の計測を行った。

HMD の視覚刺激には、クレペリンテストを行うための 7 桁の数列を用意した。7 桁の数列は 10 秒間隔で異なる 7 桁の数列に切り替わるものとした。それぞれの数列は疑似乱数によって生成された 7 桁の数列を用いて重複しないものとした。数列の数字は白色とし、背景を黒色とした。

外界の視覚刺激には、矢印画像が呈示される映像を用意した。矢印の方向は上向き、右向き、下向き、左向きの 4 種類とし、矢印の呈示位置はテレビ画面中心より上、下、左、右の 4 か所に呈示するものとし、合計 16 パターンとした。矢印は 1 パターンが呈示されると、矢印の方向と対応するキーを押した後に消え、10 秒後に異なるパターンの矢印が呈示されるものとした。呈示される順序はランダムなものとした。矢印画像は白色とし、背景を黒色とした。

実験は蛍光灯下（約 507lx）で行うものとした。

● 実験課題

被験者は、HMD 映像とテレビに呈示される矢印映像を同時に観察し、7 桁の数列を用いてクレペリンテストを行った。クレペリンテストを口頭で行いながら矢印画像が出現すると、手元にあるキーボードを用いて呈示された矢印と同側方向に該当するキーを押し、回答するものとした。被験者には、あらかじめ矢印画像への回答を優先することを教示して実験を行った。

● 実験条件

視覚情報の認識の遅れには様々な要因が考えられる。そこで本実験では、認識の遅れに関わる基本的な要因である観察距離、視野角、観察方法の3要因に絞って条件を設定するものとした。条件Ⅰは単眼式 HMD 観察、視距離 0.6m、視野角:上下 12°、左右 20°とした。条件Ⅱは両眼式 HMD 観察、視距離 0.6m、視野角:上下 24°、左右 40°とした。条件Ⅲは、両眼式 HMD 観察、視距離 1.8m、視野角:上下 12°、左右 20°とした。条件Ⅳは、統制条件とし、両眼式 HMD 観察、視距離 0.6m、視野角:上下 12°、左右 20°とした。

● 評価指標

客観指標には心拍数と矢印出現時から回答までの反応時間を用いた。主観指標には NASA-TLX、SSQ と眼精疲労に関する自覚症状調査を用いた。

● 実験手順

被験者は、実験前に眼精疲労に関する自覚症状調査と SSQ の評価を行った。次に、心拍計と HMD を着用し、液晶テレビの前に静止直立した。その後、課題を 10 分間遂行した。実験後に再度、眼精疲労に関する自覚症状調査と SSQ の評価を行い、加えて NASA-TLX の評価と自由回答も行った。これを 1 試行とし 4 試行を行った。1 試行はクレペリンテストの遂行時の慣れや短期記憶の影響を考慮し、1 日に 1 試行に限定するものとした。

● 実験結果

図 1 に各条件における平均反応時間の結果を示す。平均反応時間は、条件Ⅳ、条件Ⅱ、条件Ⅰ、条件Ⅲの順に長かった。条件Ⅱと条件Ⅳの間を除いて、すべての条件間において有意差が認められた ($p < .01$)。

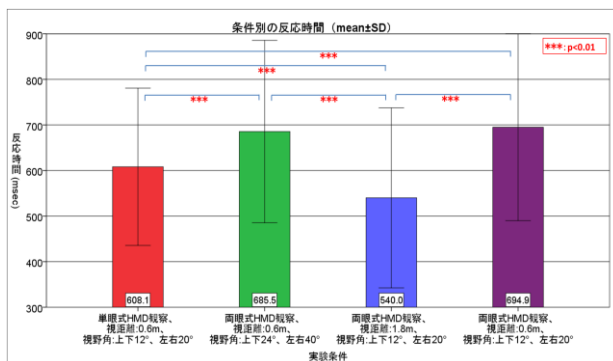


図 1 条件別の平均反応時間

図 2 と図 3 にそれぞれ NASA-TLX の「タイムプレッシャー」項目と「知的・知覚的要求」項目

の得点結果を示す。両項目とも条件Ⅳ、条件Ⅱ、条件Ⅰ、条件Ⅲの順にスコアが高かった。この結果は平均反応時間と対応する結果となった。

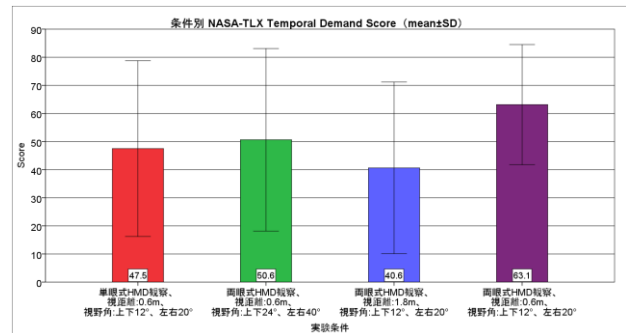


図 2 「タイムプレッシャー」項目の得点

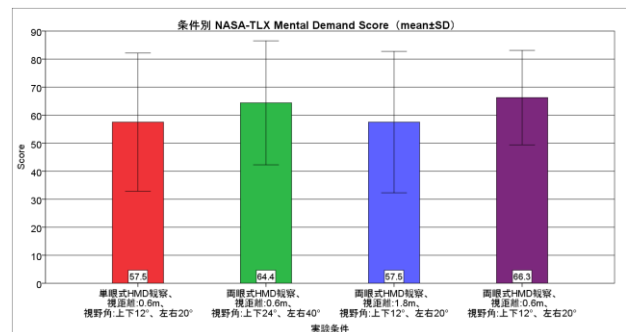


図 3 「知的・知覚的要求」項目の得点

● 考察

平均反応時間における条件Ⅱと条件Ⅳの間に差がないことから、有効視野と安定注視野では視野角の影響は存在しないことが考えられる。

一方で、被験者と外界の視覚情報の距離が長くなると平均反応時間が短くなることから、直近で出現する視覚情報の方が遠くの視覚情報より、その変化が与える生理・心理的負荷が高いと考えられる。

また、単眼式観察時には、両眼式観察時よりも反応時間が速いことから、外界の変化を速く知覚しやすいと考えられる。これは単眼呈示によって外界が知覚しやすくなることを示唆していると考えられる。

参考文献

- [1] T.Kawai et al.:Ergonomic evaluation of ubiquitous computing with monocular head-mounted display, Proc.SPIE 7542, 754202-1-9(2010)
- [2] Rash,C.E., Martin,J.S. : The impact of the U.S. Army's AH-64 helmet mounted display on future aviation helmet design, USAARL Report 88 13(1988)