指導教員 須藤 正時 准教授

山本 浩司

【1】研究の背景と目的

光学式シースルー型ヘッドマウントディスプレイ(HMD: Head Mounted Display)は画面が透過し、視界を完全に妨げることなくハンズフリーでオペレーションが可能という特徴がある。それゆえHMDを用いた作業支援は、工場において従来のマニュアルを確認する時間の短縮による作業効率の向上、ミスの防止に役立つと期待されており、すでに実現された事例もある。また、工場での作業マニュアルに用いられる図記号は、作業内容を記号化して視覚的に表現できるため、作業支援に適切だと考えられる。しかし、HMD使用時における図記号サイズが作業に与える影響を検証した事例はなく、不適切な図記号サイズを提示した場合は、作業効率の低下を招く恐れがある。

そこで本研究では、HMDによる図記号の情報提示において、認知可能な最小の図記号サイズ及び作業効率を保つために最低限必要な図記号サイズを明らかにすることを目的とする。

【2】実験計画

- 2.1 実験環境 本研究ではブラザー工業株式会社の単眼光学式シースルー型 HMD (表 1) を用いた。この HMD は、1m 先に 16 インチ相当の画面サイズを 800×600pixel (以下、px) で表示する。従って1px は約 0.41mm 四方で表される。また、表示用図記号として JIS 規格準拠の通信機器の表示用図記号(図 1) を用いた。
- 2.2 実験 1 HMD に図記号を提示した際、無作業、静視状態の被験者が認知可能な最小の図記号サイズを検証した。図記号のサイズは、10px から 100px まで 10px 刻みの 10 種のサイズとし、各サイズでの誤答数を測定した。実験手順は以下の通りである。(i)1 秒間、HMDに1つの図記号が提示される。(ii)被験者は机上にある図記号集の中から、表示された図記号と同一の図記号を選択し、その番号をチェックシートに記入する。(iii)以上を計 10 回繰り返す。2.3 実験 2 HMD に提示される図記号サイズが被験者の作業に与える影響を検証した。手作業や梱包といった作業時の HMD 使用を想定し、手元でペグを操作するペグ挿入課題 (T1)と HMD 上での図記号の視覚探索課題 (T2)による二重課題 (T1+T2)を設定した。図記号のサイズは、予備実験より、

10px から 60px まで 10px 刻みの 6 種のサイズと

表 1 本研究で使用した HMD



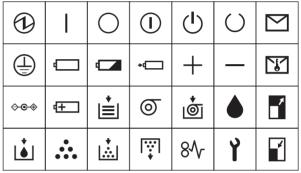
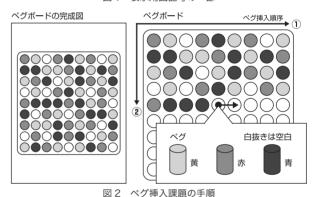


図 1 表示用図記号の一部



祖常探索理師の東西相三例 (60m)



した。ペグ挿入課題の達成数と視覚探索課題の誤答数を測定した。全ての実験は制限時間を50秒とし、各実験後に図記号サイズに関する主観評価を4項目5段階で行った。

〈T1 | ペグ挿入課題〉 被験者がペグボードの完成 図に沿って、3 色のペグを指定順序で挿入する課題 である(図 2)。ペグは片手で1本ずつ操作させた。 《T2 | 視覚探索課題》 HMD に提示される妨害図記号の中から、ターゲット図記号を探索する課題である。実験課題で用いた画面提示例を表2に示す。実験手順は以下の通りである。(i) 1 秒間、HMD に1つのターゲット図記号が提示される。(ii) 3 秒間、20 種の整列した図記号が画面に提示され、被験者はその中からターゲット図記号を探索する。なお、妨害図記号の中にはターゲット図記号が存在する場合と存在しない場合が混在する。(iii) 1 秒間の待機時間の後、次のターゲット図記号が表示されるまでに被験者がターゲット図記号を確認できた場合は「ある」、確認できなかった場合は「ない」と、被験者に回答させた。(iv) 以上を計10 回繰り返す。

【3】結果と考察

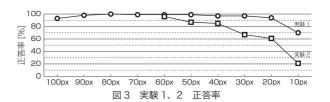
3.1 実験 1 10種の図記号サイズの誤答数から正答率を求めた。その結果を図3に示す。20pxから100pxにおいて、正答率の有意な低下は見られなかった。しかし、10pxは70%であるのに対し、他のサイズは93%以上であり、10pxは他の全ての図記号サイズに比べ正答率が有意に低下した(p<.05)。なお、分析には多重比較検定を用いた。また、視覚認知における知見として、運転者が規制標識を標識注意運転した場合の認知率は84~90%であり²⁾、本実験の20px以上の図記号サイズはこの水準を満たした。以上より、無作業の静視状態では20px以上の図記号サイズが適切だと言える。

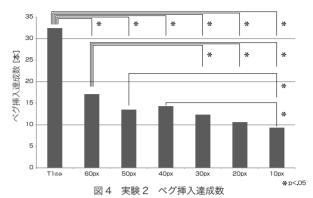
3.2 実験 2 6種の図記号サイズの誤答数から正答率を求めた。その結果を図 3、ペグ挿入達成数の結果を図 4、主観評価の結果を図 5~8 に示す。

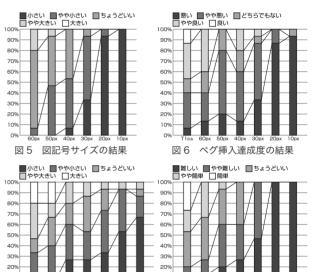
正答率は実験1同様、10pxが他の全ての図記号サイズに比べ有意に低かった (p<.05)。また、20px,30px は平均64%であるのに対し、40px,50px は平均86%であり、30pxと40px,50px,60pxの間には有意差が認められた (p<.05)。また、40px以上の図記号サイズは、前述の認知率の水準を満たした。以上より、正答率の観点において、40px以上の図記号サイズが適切だと言える。

ペグ挿入達成数は、T1のみ行った場合とT1+T2を行った場合で大きく差が生じたことから、それぞれの課題で視覚を要する二重課題を行う際には作業効率が大きく低下することがわかった。また、60pxと10px、20px、30pxの間にはそれぞれ有意差が認められ(p<.05)、30px以下の図記号サイズでは作業効率が低下することが明らかとなった。以上より、ペグ挿入達成数の観点において、40px以上の図記号サイズが適切だと言える。

主観評価の結果では、図記号サイズについて、10px, 20pxの図記号サイズで「小さい」が93%以上を占める結果となった。同様に、ペグ挿入達成度、







疲労感、難易度について、10px, 20pxの図記号サイズは他のサイズに比べて主観的評価が低い結果となった。特に10px, 20pxと60pxは全ての評価にて有意な差が認められた(p<.05)。反対に、より大きな図記号サイズを用いた場合は評価が改善される傾向を示した。以上より、主観評価の観点において、30px以上の図記号サイズが最低限必要だと言える。

疲労感の結果

【4】結論

実験1、2の結果から、HMDによる図記号の情報提示において、認知可能な最小の図記号サイズは20pixel以上であり、また、認知率・作業効率・主観評価の結果から、作業効率を保つために適切な図記号サイズは40pixel以上であるとわかった。今後の課題として、より細分化された図記号サイズでの検証、作業環境や図記号のアニメーションの側面からも評価していく必要がある。

[【]注釈及び参考文献】

高橋梓帆美,小山慎一,日比野治雄: 視覚探索課題を用いた大型電子ペーパーサイネージの可読性評価,デザイン学研究, Vol.57, No.4, pp.45-50, 2010

²⁾三井達郎 , 矢野仲裕 , 木平真: 運転者の規制標識認知に影響する要因に関する研究 , 土木計画学研究・論文集 , Vol.18, No.5, pp.833-842, 2001