

令和 6 年 6 月 26 日現在

機関番号：37112

研究種目：基盤研究(C)（一般）

研究期間：2020～2023

課題番号：20K12522

研究課題名（和文）5000インチ画面を用いたVDT作業のリラックス効果の生起と作業効率の改善

研究課題名（英文）Impact of long viewing distance to 5k-inch screen on physical fatigue and task performance

研究代表者

石原 真紀夫（Ishihara, Makio）

福岡工業大学・情報工学部・教授

研究者番号：40389151

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 1,600,000円

研究成果の概要（和文）：パソコン利用者からのディスプレイの視距離が10m以上など任意の位置に提示できる仮想ディスプレイシステムを用いて、利用者の心身の負担と作業効率への影響を評価した。作業としてタッピング検査やトレース検査、クレペリン検査を用いた。視距離は0.5m, 8.0m, 32.0m, 128.0mの4通りとし、作業の経過時間、正確性、精度、心理的疲労、身体的疲労を被験者30名から収集した。タッピング検査では視距離が短いとミスクリック数が減り、トレース検査では視距離が長いとトレース精度が向上し、最短経路を通る傾向がみられた。クレペリン検査では視距離が長いと計算間違いの頻度が減り、正答率が向上する傾向がみられた。

研究成果の学術的意義や社会的意義

日常の部屋の広さを超える視距離10m以上に仮想PC画面を提示するシステムを構築し、心身の負担と作業効率の関係を明らかにした。次の2点に将来への貢献がある。○視距離によるVDT症候群の改善：視距離が長いと、マウスドラッグの精度が向上し、計算ミスが減少する傾向がみられた。心身の負担に顕著な違いは見られなかったが、視距離が長いと作業効率が良くなり、VDT作業の時間短縮が期待できる。○メタバースでの作業環境の最適化：メタバースが台頭している今日、仮想世界での作業は今後増えることが予想される。HMDを用いて10m以上の視距離にPC画面を提示するシステムにより、より人に優しい作業環境の構築が期待できる。

研究成果の概要（英文）：This research employs an HMD-based virtual display environment which can provide users with an ultra long viewing distance to a virtual computer screen such as 100m and discusses an impact of the long viewing distance of 0.5m, 8.0m, 32.0m and 128.0m, upon task performances, psychological fatigue and physical fatigue. The tasks include a tapping task, a tracing task and a Kraepelin task, and a series of experiments are conducted for 30 academic students from the university. As for the tapping and tracing tasks, the results show that an amount of mis-clicks would decrease for shorter viewing distances and the accuracy of tracing would increase with shorter paths for longer ones. As for the Kraepelin task, an amount of calculation errors would decrease and the correction rate would increase for longer viewing distances.

研究分野：ヒューマンコンピュータインタラクション

キーワード：視距離 VDT作業 作業効率 リラックス効果 メタバース 仮想世界

### 1. 研究開始当初の背景

近年、仕事や趣味でパソコンを使用する機会が著しく増えている。厚生労働省が2008年に実施したコンピュータ機器の利用状況に関する統計データによると、コンピュータ機器を使用している労働者の割合は86.2%であり、労働日1日あたりパソコンの平均利用時間が2時間以上の労働者は62.6%、6時間以上でも20.6%である。このような状況の中、目の疲れ（ドライアイや視力低下）、肩こり、腰痛、頭痛、めまいなどを訴えるパソコン利用者は78.0%であり、その内訳は目の疲れや首、肩のこりが圧倒的に多い。これらの症状は、VDT（Visual Display Terminal）症候群とよばれ、長時間の過度な目の酷使、長時間にわたるデスクワーク、単調ながらも誤りが許されない精神的な負担などパソコン利用者への複合的な影響から生じる諸症状である。特に、最近では不安感や抑うつ症状を訴えるパソコン利用者も少なくない。パソコンの平均利用時間が長いほどストレスを感じる割合が多く、6時間以上では42.4%である。

このような現状に対して、国際標準化機構 ISO は、VDT を用いた作業に対する人間工学的要求事項を規定している国際規格 ISO9241 において、心身的な負担を軽減するために、人間工学的な見地から作業環境の改善を行っている。具体的にディスプレイに関する ISO9241-303 では、成人で水平視野角度範囲  $\theta$  は40度以下、視距離  $h$  は30cm 以上が規定されている（図1）。

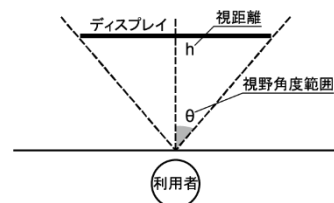


図1 ディスプレイからの距離に関する事項

申請者はこれまで、映画館など視距離のある大画面では臨場感が高く没頭しやすい傾向があることをヒントに、視距離の異なる12型と24型、36型の3種類のディスプレイを用いて、視距離が及ぼす空間認知への影響について、3次元CG迷路を題材にした予備実験を行った。その結果、水平視野角度範囲  $\theta$  を一定に保ち、視距離  $h$  を長くすると、3次元CG立体迷路を解く探索効率が改善されることが示された。上述のISO9241が物理的な制約を一意に規定することに対し、この結果は物理的な制約を作業内容毎に最適化できることを示し、ISO9241が定める事項をより最適に拡張する可能性を持つ。

### 2. 研究の目的

上述の背景をもとに、視距離と作業効率、心身的負担の関係についてより詳細な調査をするため、応募者はこれまでに50cmの視距離に24インチ画面と、3.5mの視距離に200インチ画面を、ともに視野角度範囲を30度とした2条件において、2つの枠を交互に速く正確にクリックしてマウス操作の精度を図るタッピング検査と、1桁の足し算を速く正確に行い計算作業の精度を図るクレペリン検査を実施した。その結果、長い視距離ではマウス操作と計算作業において心身的負担は軽減され、速度に変化はないが正確性は上がる傾向が見られた。一方、短い視距離ではマウス操作と計算作業において一定の心身的負担があり、速度に変化はないが正確性は下がる傾向が見られた。この結果は、長い視距離の方が作業効率と心身的負担ともに改善されることを示している。そこで、近年のHMDの普及で10mなどより長い視距離（以後、超遠視距離）での画面提示が可能になっていることを受け、上記の結果に沿った超遠視距離での検証実験が強く望まれる。

応募者は本研究課題の準備として、日常の部屋やオフィスの広さなどの制約を超える超遠視距離10m以上の任意の位置に仮想PC画面を提示できるディスプレイシステムを構築した。本研究の目的は、本システムの利用における心身的負担と作業効率への影響を評価することである。

### 3. 研究の方法

上述の研究の目的を達成するため、申請者はこれまでに、HMDを用いて超遠視距離にPC画面を提示するディスプレイシステムを構築した。図2は本システムの実行画面である。利用者はHMDを装着し、任意の視距離にISO9241-303を参考に水平視野角度範囲30度となるよう大きさが調整されたPC画面を観察できる。図では視距離100mに、5200インチのPC画面（アスペクト比16:9）を提示している。視距離が長くなればPC画面の大きさは増す。更に、HMDは両眼視差による立体視原理を用いており、PC画面に奥行きを知覚できる。

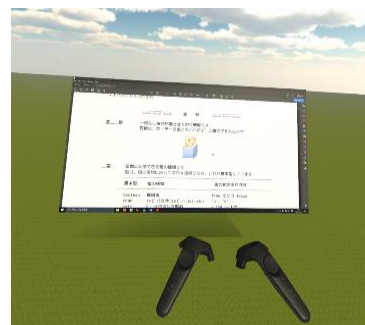


図2 HMD画面

HMDとしてHTC社のVIVE Proを用いる。本機は2つの赤外線送信器から出力される信号をもとにHMDの空間的な位置をリアルタイムに認識する。片目あたりのスクリーン解像度は1440 x 1600ピクセル、視野角FOV（左右合わせて）は110度である。水平視野角度範囲（左右合わせて）60度に提示される仮想PC画面（約582 x 328ピクセル）の情報は十分に視認できることを確認済みである。また、リフレッシュレートは90 Hzで

あり、HMD に投影される映像のコントラストは多くのアプリケーションにおいて安定的である (ISO9241-302)。

(1) 上記で構築したディスプレイシステムを用いて、タッピング検査とトレース検査、クレペリン検査を対象に超遠視距離の心身の負担への軽減と作業効率への改善に関する実験を行う。通常の PC 画面の場合の視距離をコントロール条件 0.5m として加え、0.5m 8.0m 32.0m 128.0m の 4 通りの視距離を設定する (図 3)。取得データとして、達成時間や操作/計算ミスによる作業効率、心拍とフリッカー検査、疲労に関するアンケート (ISO9241-411) を用

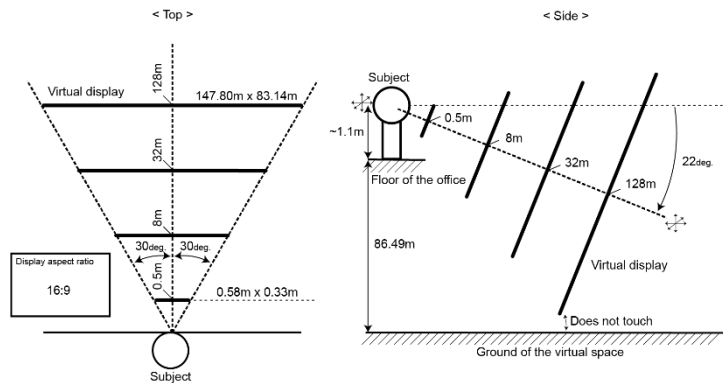


図 3 仮想 PC 画面と視距離の設計

いた評価を行う。さらに、被験者の視力も結果に影響を及ぼす要因であるため記録しておく。目標 視距離 4 通り × 検査・作業 3 通り × 被験者 30 名 × 1 試行 = 合計 360 試行 の完了

(2) 視距離と作業効率、心身の負担との関連を明らかにする。

目標 視距離を横軸、作業効率または心身の負担を縦軸とするグラフの作成

#### 4. 研究成果

被験者は本学情報工学科に在籍する大学生 30 名である。全員右利きであり、マウス操作の十分な経験がある。事前に視力検査と口頭確認により、HMD 画面に提示される内容物の認識に問題が無いことを確認している。各被験者は、タッピング作業、トレース作業、クレペリン作業の 3 つの作業をこの順で行う。各作業は 4 条件の視距離 (0.5m, 8.0m, 32.0m, 128.0m) の内、被験者に分からないように 1 つを設定し、作業を 1 試行行う。順序効果を排除するために視距離の順番は被験者毎に異なる順番で設定される。

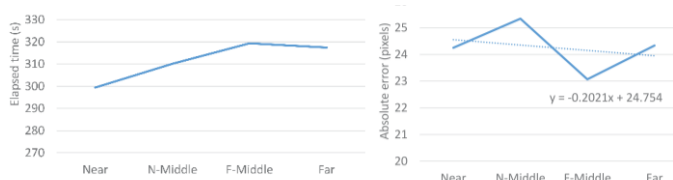


図 4 トレース作業の経過時間とドラッグ経路外れ

図 4 と図 5 は顕著な関係がみられたトレース作業とクレペリン作業の結果である。横軸は左から順番に視距離 0.5m, 8.0m, 32.0m, 128.0m である。図 4 より、長い視距離ほど、経過時間が長く、ドラッグの経路外れが改善する傾向にあることがわかる。図 5 より、長い視距離ほど、計算問題の正答数が増加し、また正答率も上昇する傾向にあることがわかる。

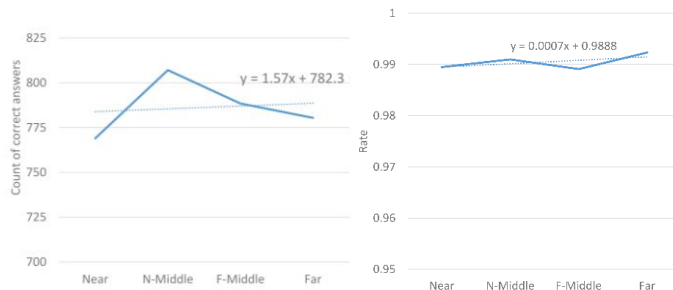


図 5 クレペリン作業の正解数と正答率

図 6 と図 7 は作業時間の長いクレペリン作業の身体的疲労と心理的疲労の視距離の違いによる変化である。フリッカー検査結果より、作業の前後での心理的疲労の増加は各視距離において顕著な違いは見られなかった。同様に、心拍による疲労検査と身体的疲労についてのアンケート結果においても顕著な違いは見られなかった。この原因は、HMD による仮想 PC 画面のステレオ 3D 提示においては、ステレオ立体視におけるヒトの目の輻輳と焦点の関係に矛盾が生じるため、疲労の軽減効果は限定的であったと考えられる。

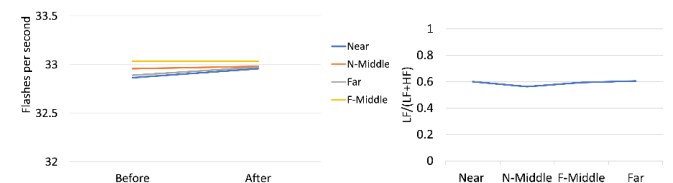


図 6 フリッカー検査結果と心拍による疲労度検査結果

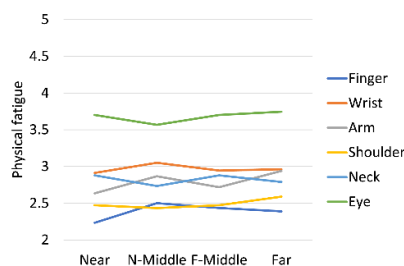


図 7 疲労度アンケート結果

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計0件

〔学会発表〕 計4件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 3件）

1. 発表者名 Makio Ishihara
2. 発表標題 A longer viewing distance to a virtual screen could improve task performance
3. 学会等名 25th International Conference on Human-Computer Interaction (国際学会)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 Makio Ishihara
2. 発表標題 Impact of Longer Viewing Distance to Virtual Screen upon Mouse-Manipulation Performance
3. 学会等名 24th International Conference on Human-Computer Interaction (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Makio Ishihara and Yukio Ishihara
2. 発表標題 Impact of viewing distance to virtual screen upon Kraepelin-task performance and its psychological fatigue
3. 学会等名 23rd International Conference on Human-Computer Interaction (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 石原真紀夫
2. 発表標題 没入環境での仮想画面への視距離が及ぼすリラックス効果と作業効率への影響
3. 学会等名 2023年度(第76回)電気・情報関係学会九州支部連合大会
4. 発表年 2023年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

福岡工業大学 研究者情報  
<https://www.fit.ac.jp/research/search/profile/id/79>  
福岡工業大学 情報工学部 情報工学科 石原研究室  
<http://www.fit.ac.jp/~m-ishihara/Lab/>

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
--	---------------------------	-----------------------	----

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------