

# 眼球運動測定を用いた文字表記やレイアウトによる ユーザインタフェースの実験的検討

河野 和希 広田 すみれ

ソフトウェア操作時にユーザインタフェースが操作へ好影響を及ぼす条件を検討する目的で眼球運動測定器を用いて印象評価実験を行った。実験では参加者にグループウェアを模したソフトを業務として操作させた。実験条件は①見出し部分の配色の陽画または陰画表示, ②メニューバー配置の水平上部または垂直左部配置の2要因各2水準とし、条件ごとにソフトのユーザインタフェースのデザインを切り替えた。実験参加者は学生20名で参加者5人ずつに実験条件を割り当て、アイトラッカーの眼球運動分析ツールと二元配置分散分析を用いて分析を行った。結果は陰画表示が陽画表示に比べ操作時間及び視線の動きを効率化し、また垂直メニューバーが水平のものに比べユーザに早く発見されることが分かった。

キーワード：眼球運動測定, 印象評価, グループウェア, ユーザインタフェース, デザイン

## 1 はじめに

### 1.1 研究と実験の目的

本研究の目的は、ソフトウェア操作時にユーザインタフェース (UI) が操作へ好影響を及ぼす条件を検討することである。予備調査として現状の有料及び無料グループウェア22種を調べた結果、UIで統一されていない部分は見出し部分の配色とメニューバーの配置の2点だった。そこで実験ではデザインのこの2点の差異が操作に与える影響を検討した。

### 1.2 ユーザビリティとは

本研究ではUIの操作性及び効果の指標として、ユーザビリティという概念を扱った。ISO 9241-11によれば、ユーザビリティとは「特定のユーザ・文脈・目的のもとで、有効さ・効率・満足をもたらしつつ利用可能であることを指す」という<sup>[1]</sup>。このうちの「有効さ」および「効率」について、Wikipedia<sup>[2]</sup>では次のように説明している。すなわち有効さとは「ユーザが、指定された目標を達成する上での正確さと完全さ」であり、一方効率とは「ユーザが、目標を達成する際に正確さと完全さに費やした資源」である。このことから、あるシステムのユーザビリティを計測し比較するには、システム利用者が操作をした際の操作の正確さや完全さ・要した操作時

間・システムに対する満足度を扱えばよいと言える。

## 2 先行研究と仮説

### 2.1 先行研究

山田・森・小林 (2015)<sup>[3]</sup> は、視野及び効率的な情報通知手法を検討し、人は難しいタスクにおいて視野を狭めることで知覚精度を向上させ、集中時の人の視野領域は左右の画面端から画面横サイズの約10%ずつを取り除いた縦長の部分であることを明らかにした。

片山・庄山・栃原 (2012)<sup>[4]</sup> は、背景色よりも文字色が明るい陰画表示と、背景色が文字色よりも明るい陽画表示の明度差による作業効率と疲労への影響を探る実験を行った。その結果作業効率には条件ごとの差が見られないが、低い明度の陽画表示は疲労度を抑制し、明度の高い陰画表示は見やすさに対するユーザからの評価を高める傾向が見られた。

遠藤・茂登山・中村 (2015)<sup>[5]</sup> は、デジタルサイネージでの情報提示において提示する情報のパターンを複数種作成し、それぞれに印象評価及び眼球運動測定実験を行った。その結果、色付きピクトグラムなど画面上で目立つ要素を配置したパターンが高く評価され、視線を効率的に誘導することが明らかになった。

### 2.2 仮説

先行研究からUIに関する2つの仮説を立てた。仮説1は、「見出しは陰画表示にした方が周囲よりも強調され目立つため、視線の動きや操作の効率化及び見やすさに対するユーザからの高評価を期待できる」である。仮

KOUNO Kazuki  
東京都市大学メディア情報学部社会メディア学科 2018 年度卒業生  
HIROTA Sumire  
東京都市大学メディア情報学部社会メディア学科教授

説 2 は、「メニューバーの配置は集中時に除外される視野領域である垂直で縦方向の配置にした方がユーザの視野や意識を集中させるため、操作の効率化や正確化、使いやすさに対するユーザからの高評価を期待できる」とした。

### 3 研究方法

#### 3.1 実験機材

利用した実験機材は、ハードウェアは Dell Latitude3570 (画面サイズ 15.6 インチ、幅 345mm、高さ 194mm、解像度 1366 × 768、OS Windows10 ノート PC) および Tobii アイトラッカー X2-60 (単眼・60Hz) を利用した。ソフトウェアは Microsoft Access2016 バージョン 1807 及びそれでグループウェアを模して作成した実験用ソフトと、Tobii Studio を利用した。その他として実験参加者の顔を固定するための、高さの細かい調節が可能なあご台を用いた。

#### 3.2 実験内容

条件ごとに実験用ソフトの見出しの配色及びメニューバーの配置を切り替え、印象評価及び眼球運動測定の実験を行った。実験参加者に要求する業務に関する操作内容は大きく次の 4 つである。(1) 架空の部下からの提案への承認または否認を判断する提案判断場面 (図 1)。(2) メニューバーから「日報」ボタンをクリック



図 1 提案判断場面 (陰画・水平群)



図 2 日報場面の初期文面

して日報画面を呼び出す日報選択場面。(3) 日報として下書き保存された文面の誤字を修正し提出する日報場面 (図 2)。(4) 参加者にソフトの使いやすさ等を回答してもらう質問場面 (図 3)。

実験参加者の立場は架空の家電製品メーカー社員とし、業務として高速かつ正確に操作を行うように指示した。

実験条件は表 1 の通りである。提案判断場面の見出し部分の配色の陰面表示または陽面表示と、メニューバー配置の上部水平配置または左部垂直配置の 2 要因各 2 水準から 4 条件を作成し、これらを実験参加者に割り振った。さらに色調に関する一般性の確保のため、参加者 4 人ごとに実験用ソフトのメニューバー及び見出しの背景色を赤・灰・青・緑・黒の順で変更した。陽面表示条件時の見出し背景色は白で固定した。

測定した変数は大きく (1) 操作時の眼球運動、(2) 操作時間、(3) 日報場面の誤字訂正箇所数、(4) 見出しの見やすさ等に対する実験参加者からの 5 段階評価、である。評価は「非常に見やすい」などソフトとして最も望ましい評価を 5、反対に最も望ましくない評価を 1 とした。眼球運動は Tobii アイトラッカー X2-60 で計測し、Tobii Studio で分析を行った。

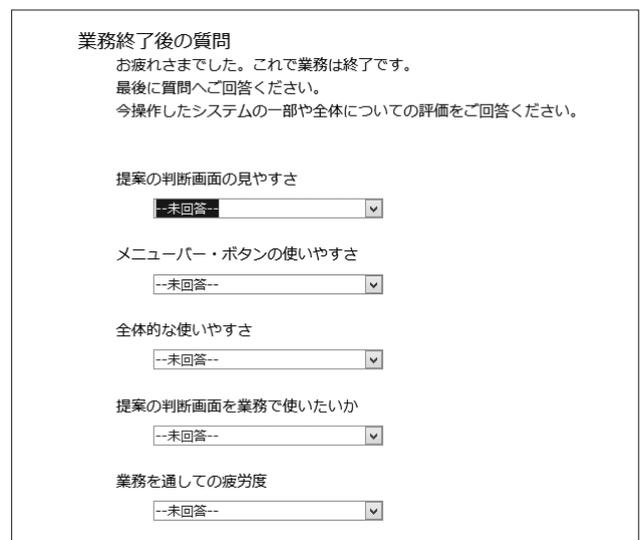


図 3 質問場面

表 1 実験条件の一覧

通し番号	群名	見出し配色	メニューバー配置
1	陰画・水平群	陰面表示	上部横方向 (水平)
2	陽画・水平群	陽面表示	上部横方向 (水平)
3	陰画・垂直群	陰面表示	左部縦方向 (垂直)
4	陽画・垂直群	陽面表示	左部縦方向 (垂直)

### 3. 4 実験参加者

実験参加者は東京都市大学に通う 20 代の男女 20 名 (男性 17 名, 女性 3 名) で, 1 条件 5 人である。

## 4 結果

### 4. 1 視線の動き

#### (1) 提案判断場面の視線の動き

図 4～図 7 は提案判断場面における参加者の注視の持続時間を条件別に表したものである。色が赤く濃いほどその部分が長く注視されたことを示す。陰画表示を利用した群は, 陽画表示を利用した群と比べて情報提示領域下部への注視が短かった。群ごとの特徴として, 陽画・水平群 (図 5) では他の群に比べて視点が広範囲に散らばっており, 作業中の注視が拡散している傾向が見られ



図 4 提案判断場面での注視 (陰画・水平群)

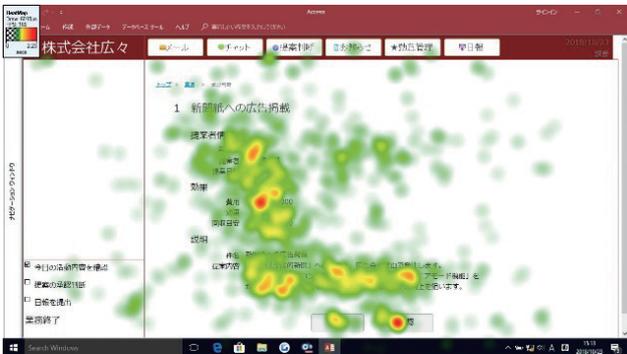


図 5 提案判断場面での注視 (陽画・水平群)

た。一方, 同じ水平メニューバーを利用した図 4 の陰画・水平群や図 6, 図 7 の垂直群ではそれ程の視点の散らばりは見られなかった。

#### (2) 非主要領域への注視

次に提案判断場面において, 参加者の注視の強さや注視した順序を数字付きの点で表現する視覚化機能を用いて, 操作上主要でない部分にどの参加者が長く注視していたのかを調べた。主要でない部分は, 図 8 の提案者情報横部分 (中央右), 水平および垂直メニューバー部分 (左上 2 箇所), タスクリスト部分 (左下) の 3 つとした (いずれも四角で囲った部分)。図 9 は ID18 の参加者の提案判断場面での眼球運動を例として挙げたものである。この図 9 のように, それぞれの非主要領域に注視点が 4 つ以上集まっていた場合はその部分を長く見ていたものとした。なお背景の画面はイメージであり, 実際の ID18 の参加者は黒色のテーマ色の画面で操作を行った。

表 2 に提案判断画面での注視の様子を表す。全参加者のうち, 主要領域以外の部分を長く注視した参加者の欄に丸を付けて表した。表 2 より, 提案者情報横部分およびメニュー部分を長めに注視した参加者は陽画表示群に多かった。また, 陽画表示の 2 群は陰画表示利用群よりもメニューバー部分を長く注視していた。言い換えると, 陰画表示を利用した群では主要領域への注視

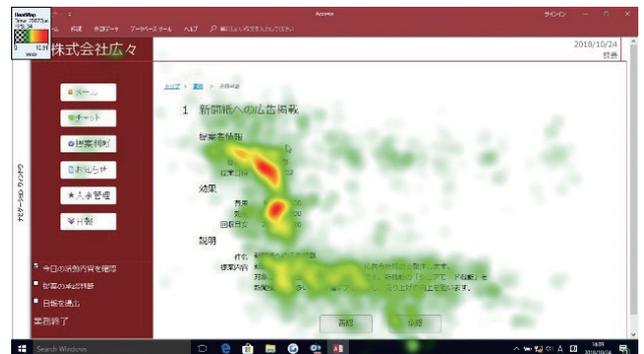


図 7 提案判断場面での注視 (陽画・垂直群)

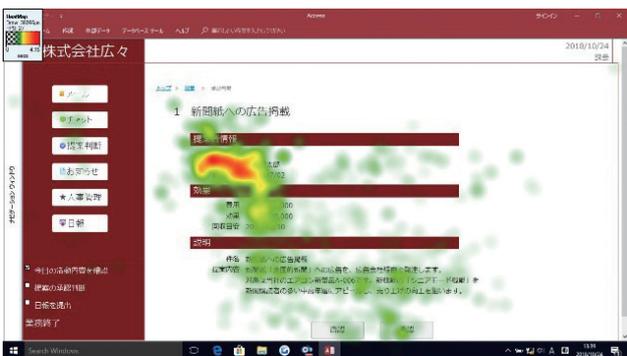


図 6 提案判断場面での注視 (陰画・垂直群)



図 8 提案判断場面の非主要領域

が短時間で済み、非主要領域への注視が抑えられていたことになる。

(3) 日報選択場面の眼球運動

図10及び図11は、参加者が提案判断場面を終了してから水平及び垂直メニューバーを最初に見るまでの所要時間の条件別平均値である。図10は左から陰画・水平群、陽画・水平群、両群の総合平均を表し、図11は左から陰画・垂直群、陽画・垂直群、両群の総合平均を表す。1条件あたり2種類の平均値が表示されており、各条件の左側はメニューバー外、右側はメニューバー内を対象とした初期注視所要時間の平均値を示す。

図10及び図11から言えることとして、垂直メニュ

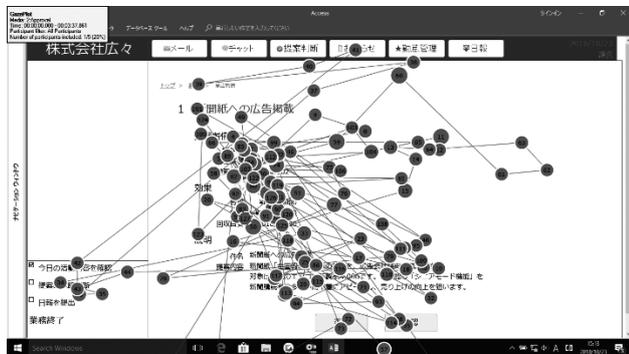


図9 提案判断場面での眼球運動の例 (ID18)

表2 非主要領域への注視

群名	実験参加者ID	提案者情報注視	メニュー注視	タスクリスト注視	操作時テーマ色
1 陰画・水平群	1	○	○		赤
1 陰画・水平群	5				灰
1 陰画・水平群	9				青
1 陰画・水平群	13				緑
1 陰画・水平群	17	○			黒
2 陽画・水平群	2	○	○		赤
2 陽画・水平群	6	○			灰
2 陽画・水平群	10	○	○		青
2 陽画・水平群	14			○	緑
2 陽画・水平群	18	○	○	○	黒
3 陰画・垂直群	3		○	○	赤
3 陰画・垂直群	7	○			灰
3 陰画・垂直群	11				青
3 陰画・垂直群	15				緑
3 陰画・垂直群	19	○			黒
4 陽画・垂直群	4	○	○		赤
4 陽画・垂直群	8	○	○		灰
4 陽画・垂直群	12	○			青
4 陽画・垂直群	16	○	○		緑
4 陽画・垂直群	20	○			黒

ーバーの所要時間平均値が低かった。垂直メニューバー利用群の総合平均は4.00秒で、水平メニューバー利用群の総合平均の5.57秒よりも1.5秒程度短かった。つまり、垂直メニューバーは参加者が画面を初めて見た時点からこれを発見するまでの平均時間を水平メニューバーよりも1.5秒短縮できることになる。

(4) 日報場面での視線の動き

次に図12～図15は日報場面における参加者の注視の持続時間を条件別に表したものである。垂直メニューバーを利用した図14の陰画・垂直群と図15の陽画・垂直群に共通する特徴は特に見られなかった。一方提案判断画面で陰画表示を利用した群について、図12の陰画・水平群および図14の陰画・垂直群は、陽画表示の他の2つの群よりも、日報文面への注視が短かった。また群ごとの特徴として、図13の陽画・水平群は他の群に比べて日報画面での視線の散らばりが大きく、他の群に比べてテキストボックス外の部分へ注視が広がっていた。

4.2 操作時間・正確性・印象評価

次に、操作時間、正確性、印象評価の3つの測定変数の結果について陰画・陽画表示、水平・垂直メニューバーの2要因を用いて二元配置繰返しありの分散分析を行ったところ4つの測定変数で平均値に有意差が

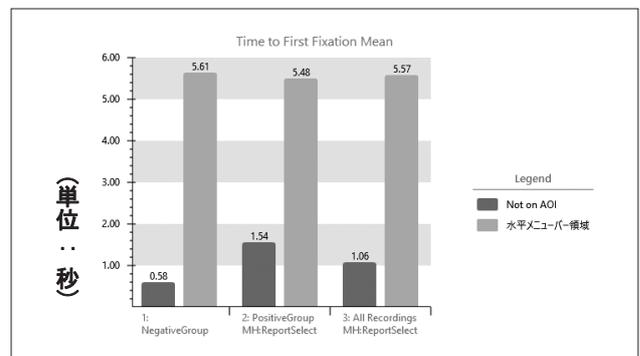


図10 日報選択場面の初期注視所要時間 (水平)

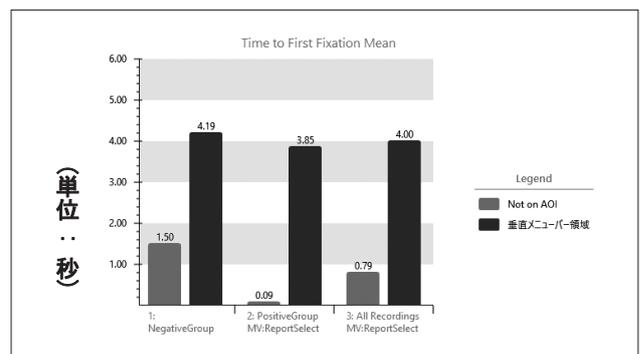


図11 日報選択場面の初期注視所要時間 (垂直)

見られた (図 16～図 19)。見出し評価以外は陰画表示と垂直メニューバーの組み合わせが最も低いまたは短い値となり、それとは正反対の組み合わせである陽画表示と水平メニューバーの条件がその次に低いまたは短い値となる交互作用が、総操作時間、メニューバーの使いやすさ評価 ( $p<.05$ ) と日報場面操作時間 ( $p<.01$ ) で見られた。一方、見出し評価では陰画表示よりも陽画表示の方が有意に高かった ( $p<.05$ )。

## 5 考察

### 5.1 結論

総じて、陰画表示と垂直メニューバーの組み合わせは操作時間の短縮および視線の動きの効率化に一定の効果を発揮したものの、ユーザからの主観評価 (見出しの見やすさ、メニューバーの使いやすさ) では他の条件よりも劣っていた。よって、両者の組み合わせはユーザの高速な操作や情報理解を特に追求する場合に活用できると言える。

また、陰画表示単体の効果については、参加者からの評価は低かったものの視線の誘導という点では効率化を生み出しており、遠藤ら (2009)<sup>[5]</sup> と一部合致する結果となった。よって、ユーザの主観評価をあまり重視しないのであれば効率化の為に導入する価値はあると考えられる。

一方垂直メニューバー単体では、特に参加者の視野を

狭める効果は見られなかった。ただし参加者から早く発見されやすく、メニューバーに関する操作の効率化には適していると考えられる。

### 5.2 視線誘導に関する効率化の条件

仮説 2 では垂直メニューバーが視線の動きを効率化すると考えた。しかし、提案判断場面での非主要領域への注視においてはメニューバーの違いによる影響はほとんど見られなかった。表 2 のように、非主要領域への注視は陽画表示の群の参加者に多かったが、これに対してメニューバー部分への注視でさえメニューバーの配置による影響は見られなかった。このことから見ると、今回の実験で利用したメニューバーは配置に関わらず、操作上の主要な領域でないところでは視線の動きの効率化を生まなかったことになる。実験で利用したメニューバーは、背景色を白以外の 5 色のいずれかにして、主要領域と別の領域として区別できるようにしたものであり、根本的には陰画表示の見出しと同質のものである。メニューバーは操作上の主要領域内にあつて初めて視線の動きを効率化できる可能性がある。

### 5.3 垂直メニューバーの効果に対する考察

仮説 2 では同時に垂直メニューバーが視線の動きを効率化するとした。実際、実験の結果でも日報選択場面で垂直メニューバーは水平メニューバーよりも 1.5 秒ほ

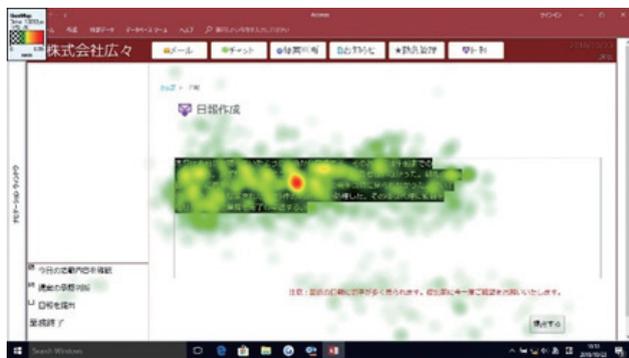


図 12 日報場面の注視 (陰画・水平群)

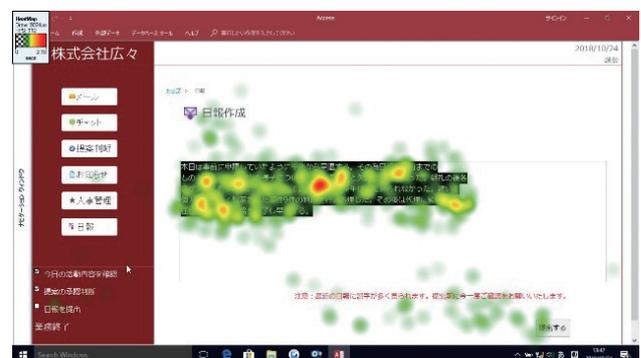


図 14 日報場面の注視 (陰画・垂直群)

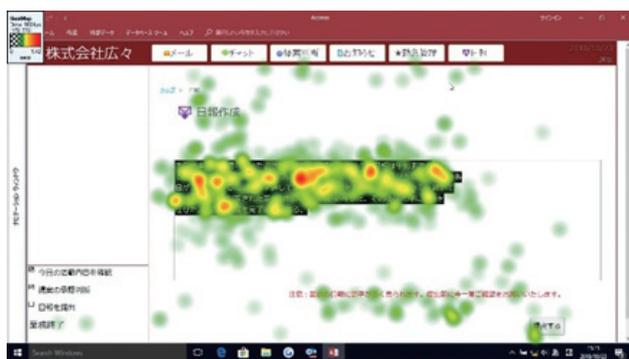


図 13 日報場面の注視 (陽画・水平群)

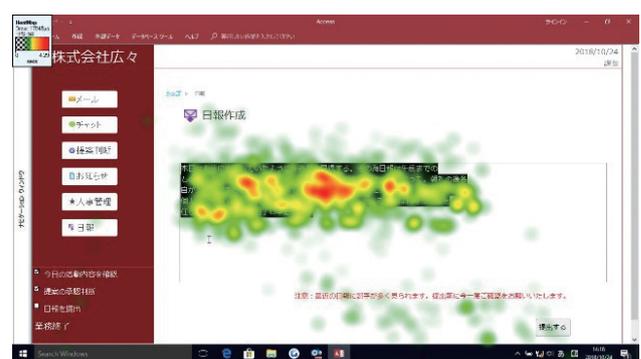


図 15 日報場面の注視 (陽画・垂直群)

ど早く参加者から発見されており、この場面では視線の動きを効率化していたと言える(図 10 及び図 11)。しかし日報選択場面での操作時間に有意差は見られなかった。つまり垂直メニューバーは操作の初動を早めたものの、操作時間の短縮には繋がらなかったことになる。

この理由については、垂直メニューバーと横書きの文字の相性の悪さが原因ではないかと考えた。今回の実験で利用したソフトの文字は UI も含めて横書きであり、横方向の視線の動きで情報を読み取る必要がある。一方日報選択場面では垂直メニューバーを見渡す際には視線を縦方向に動かす必要がある。よって垂直メニューバー上のボタンを識別して利用する上では、視線を垂直メニューバー上で縦方向に動かしつつボタンごとの文字を横方向に追って識別するといったように、視線の動きを縦横に細かく切り替えながら動かす必要があった。反対に水平メニューバーを利用する場合は横方向に視線の動きを行うのみで目的のボタンを認識する事ができる。つまり垂直メニューバー上に横書きの文字があったことでユーザは複雑な視線の動きを要求されたため、垂直メニューバーの初動の早さが相殺されて水平メニューバーと同程度の操作時間になったのではないかと考えた。

## 6 むすび

本研究では見出しの配色およびメニューバーの配置を異ならせた UI のソフトについての、眼球運動測定を併用した評価実験を通して、UI がユーザビリティに好影響を及ぼす条件を探った。

そして、仮説では陰画表示と垂直メニューバーを組み合わせた UI がユーザビリティを最も高められるのではないかとしたが、結果として陰画表示および垂直メニューバーはユーザの視線の動きを効率的に誘導し操作時間を抑えられるものの、操作の正確性やユーザからの評価においては陽画表示と水平メニューバーの組み合わせに劣ることが分かった。

ユーザビリティに好影響を与える色彩、UI の専有面積のバランスは今後の課題である。

## 7 謝辞

本研究の実験に協力いただいた学生の方々に心より御礼の言葉を申し上げます。

## 参考文献

- [1] “ISO 9241-11:2018 (en), Ergonomics of human-system interaction — Part 11: Usability: Definitions and concepts”, <https://www.iso.org>

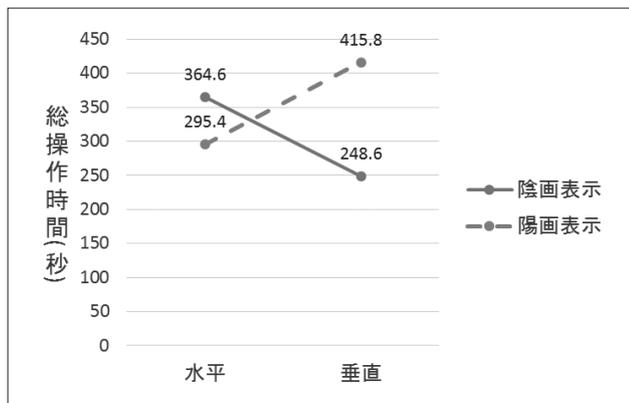


図 16 総操作時間平均値の条件別比較

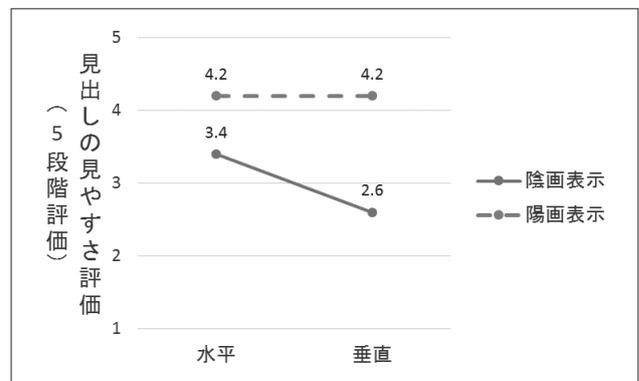


図 18 見出し評価平均値の条件別比較

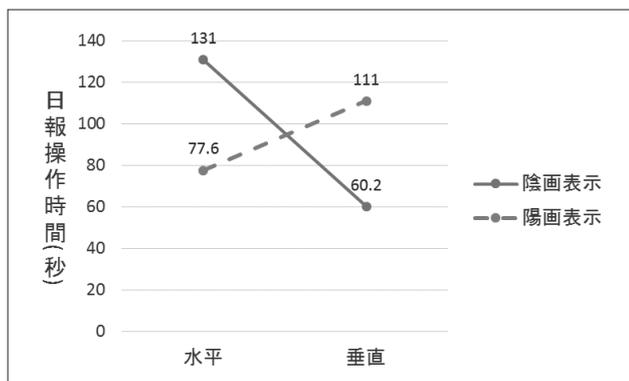


図 17 日報場面の操作時間平均値の条件別比較

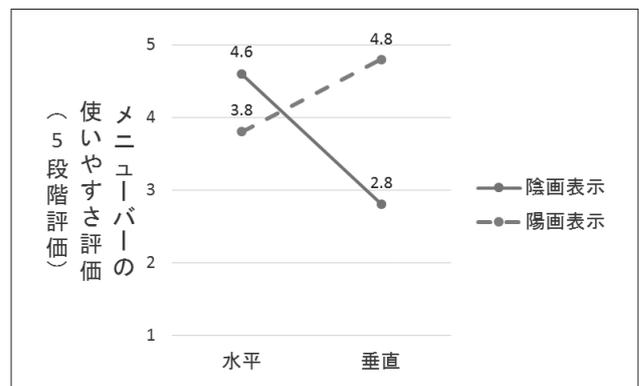


図 19 メニューバー評価平均値の条件別比較

org/obp/ui/#iso:std:iso:9241:-11:ed-2:v1:en  
(2018年6月27日に検索)

- [2] 「ユーザビリティ」 - Wikipedia, <https://ja.wikipedia.org/wiki/%E3%82%B0%E3%83%AB%E3%83%BC%E3%83%97%E3%82%A6%E3%82%A7%E3%82%A2> (2018年6月27日検索)
- [3] 山田誠二・森直樹・小林一樹 (2015). 周辺認知テクノロジーPCTによるユーザの作業に干渉しないペリフェラル情報通知. 人工知能学会論文誌, 30 (2), pp.449-458.
- [4] 片山徹也・庄山茂子・栃原裕 (2012). 同一明度差のグレースケール配色がVDT作業効率と疲労に及ぼす影響, 人間と生活環境, 19 (2), pp.91-100.
- [5] 遠藤潤一・茂登山清文・中村純 (2009). 情報提供を目的としたデジタルサイネージの画面デザイン評価. 図学研究, 43 (4), pp.23-30.