

モニターにおける画面中央の周囲に表示された学習情報の 見つけやすさに関する検討

本 多 薫

(文化システムプログラム)

門 間 政 亮

(宇部フロンティア大学短期大学部)

1. はじめに

語学や資格試験の自学自習用、小中学校の学習補助教材、通信制大学の e-Learning など、学習支援システムが広く導入されている。学習支援システムに関する研究は、学習コンテンツの内容や学習効果に関する検討が数多く行われている [1] [2]。しかし、高齢者向け学習支援システムにおける情報表示の階層数と操作の複雑度を削減して、直感的に操作できる UI を検討している研究 [3] はあるが、学習情報の見つけやすさなどの視覚認知特性の視点からの画面設計に関しては、あまり検討が行われていない。既存の学習支援システムを見ても、学習情報の表示位置や解答等を入力する位置、メニューの配置などに一貫性はなく、また、学習者の視覚認知特性や操作性を考慮した画面設計の指針なども存在しない。学習支援システムでの学習では、パソコンやタブレットが使用されるが、情報通信白書 [4] の「情報通信機器の世帯保有率の推移」によれば、2021年でパソコンが 69.8%、タブレット型端末が 39.42% である。学校における ICT 環境整備の在り方に関する有識者会議の資料 (文部科学省) [5] によれば、画面サイズが小さくなったことによる不都合が認識され、「コンピュータ教室をタブレットタイプに置き換える件数は減少した」と報告されている。また、情報端末装置に関する日本の市場調査 [6] によると、モニターの画面サイズは、2020 年で 23 型以上が 64% を占め、画面アスペクト比が 16:9 または 16:10 のワイド画面が 93% に達している。そのため、学習支援システムにおいてもデスク

トップ型のパソコン用の画面サイズは 23 インチ以上 (註 1) のモニターの利用が多いと推察される。さらにモニターの画面アスペクト比は、従来 5:4 であったものが 16:9 など左右に広くなり、情報を表示できる範囲も左右に広がっている。そのため、画面が大型・ワイド化した現在の学習環境において、広くなった画面上の上下左右に表示された学習情報の見つけやすさなどが課題となる。視覚的な情報収集に関する先行研究では、画面に表示された情報を見る際には、Z-Pattern, Zig-Zag Pattern, F-Pattern の 3 つのパターンがあることが知られている [7]。この 3 つのパターンの共通した視線の動きは、左側からスキャンを開始し、水平方向に右に移動した後、左側の方向に戻る。そのため、最初に画面を見た場合には、画面の左側に視線が向けられ、そこから必要な情報の検索が始まると思われる。しかし、既存の学習支援システムでは、画面の中央付近に課題文などの主学習情報を表示しているものが多く、最初に視線が画面中央に向けられていることが多いと推察される。その場合において、画面上の空いたスペースの表示位置により学習情報の見つけやすさに違いがあるのかを確認し、どのように画面配置すれば学習者が使いやすいシステムとなるのかを検討する必要がある。

そこで本研究では、24 インチワイド画面を取り上げ、画面を 9 分割し、画面中央に主学習情報と仮定した文字を表示し、同時に画面中央の周囲 8 か所に表示した文字の中から同じ文字を検索してマウスでクリックする課題を行わせた。そして、最初に視線が画面中央に向けられている場合、画

画面中央の周囲に表示された学習情報の見つけやすさに差異があるのかを、実験を通して検討した。

2. 方法

2. 1 実験参加者

実験参加者は大学生12名（男性5名，女性7名，平均年齢 20.08 ± 1.16 歳）である。実験前に視力，視野が正常であることを自己申告により確認した。また，「研究の内容」，「予測される不利益，危険性」，「個人情報・研究データの取り扱い」などの説明を行い，書面による同意を得た。なお，山形大学人文社会科学部倫理委員会の承認（承認番号2019-1）を得て実施した。

2. 2 実験環境と内容

実験には，24インチワイド液晶フラットパネルのモニター（DELL G2410， 1920×1080 at 60Hz）を使用した。画面サイズは， $531\text{mm} \times 299\text{mm}$ （画面アスペクト比16：9）である。実験参加者にモニターの正面を向けさせ，モニターの画面の中心と目の位置との高さが同じとなるようにモニターの高さを調整した。そして，机と画面が垂直（90度）になるように設定した。JIS（日本工業規格）[8]では，座位でのモニターとユーザーの目との最適視距離は600mmであると述べられていることから，画面と実験参加者の目の位置までの視距離を600mmに設定した。また，モニターの画面に照明器具からの光線が直接当たらないように調整するとともに，窓のカーテンを閉めた。なお，モニターの画面上の輝度は白色部分で $222\text{cd}/\text{m}^2$ ，机上の照度は 223 ± 2.0 lx，室温 25.8 ± 0.4 度の環境であった。

学習では，最初にモニター画面に表示された学習情報の中から必要な情報を探さなければならないことから，検索課題とした（註2）。画面の上下左右に9分割し，その分割した各枠の中央に文字（20mm前後（縦の幅））を配置した。画面の背景は白色とし，文字は黒色（MSゴシック）とした。実験を開始すると，白色無地の画面が5秒



図1 実験画面の一例

間表示される。その後，画面全体を9分割した周囲8か所に枠を表示した状態で，画面中央に固視点として図形「■」（ $27\text{mm} \times 27\text{mm}$ ）が1秒間表示される。次に画面中央と，その周囲8か所の枠内に文字（アルファベット）が表示される（図1）。枠の大きさは， $118\text{mm} \times 66\text{mm}$ であり，画面の中心から各枠の中心までの距離は，斜め方向 203mm ，横方向 177mm ，縦方向 99mm である。周囲の8つの文字のうち，画面中央の文字に合致するものが1つあり，該当する文字を囲む枠内をマウスでクリックする検索課題を行わせた。文字を囲む枠内をクリックすると全ての文字が消え，次の固視点の図形「■」が表示される。この検索課題を繰り返し80回行った。各表示位置に10回ずつ検索する文字が表示されるようにカウンターバランスを取った。また，検索する文字の表示位置はランダムな順番とした。実験参加者には，毎回，固視点の図形を見るように指示した。本研究では，文字が表示されてから該当する文字を検索してマウスでクリックするまでの時間（ミリ秒）を計測

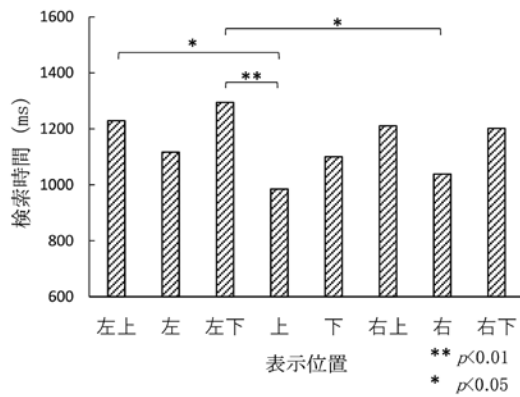


図2 各表示位置の検索時間の比較

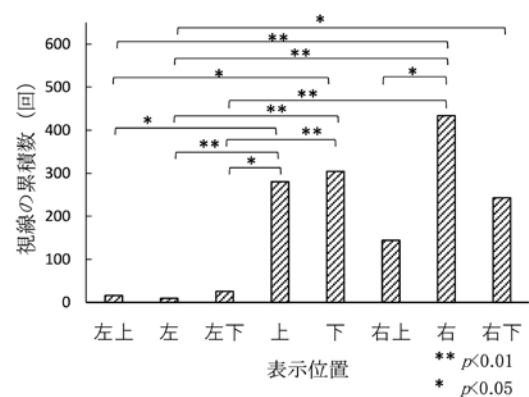


図3 各表示位置の視線の累積数の比較

し、各表示位置での時間10回の平均値を「検索時間」とした。なお、各表示位置間の検索時間の差異がマウスのポインターを動かす距離や方向によるものでないことを示すために、検索前のマウスポインターの位置は、前試行終了時点のランダムな位置とした。この検索時間測定システムは Microsoft Visual Basic 6.0で作成した。

非接触タイプの眼球運動測定装置 (TalkEye Free, 竹井機器工業) をモニターと実験参加者の間に置き、視線 (眼球運動) を測定した。視線の分析では、文字の検索中に画面のどの位置に視線が多く向けられているのかを把握するために、画面を等面積に9分割して、表示位置ごとに視線の座標データ (1/30秒間隔でサンプリング) の個数を算出した (註3)。各実験参加者における検索課題80回の座標データの個数の累積した値を「視線の累積数」とした。

実験の終了後、Q1:「どの位置にある文字が見つけやすかった (楽) ですか?」、Q2:「どの位置にある文字が見つけにくかった (苦勞) ですか?」の質問を、複数選択可で評価用紙に記入させた。実験では最初に検索課題を16回の練習した後、5分間の座位安静を入れてから開始した。

3. 結果

3.1 検索時間について

文字の検索時間の結果 (実験参加者12名の平均) を図2に示す。検索時間が最も短い表示位置は、

「上」であり、次いで、「右」である。また、検索時間が最も長い表示位置は、「左下」であり、次いで、「左上」、「右上」、「右下」の順番である。検索時間に対して表示位置 (8水準) の一元配置分散分析を行った結果、表示位置に有意差 ($F(7, 88)=4.081, p<0.01$) が認められた。各表示位置間の多重比較 (Tukey 法) を実施した結果、「左上」と「上」 ($p<0.05$)、「左下」と「上」 ($p<0.01$)、「左下」と「右」 ($p<0.05$) の間に有意差が認められた。

3.2 視線の累積数について

視線の累積数の結果 (実験参加者11名の平均) を図3に示す。なお、1名のデータが欠損したため、11名の結果である。視線の累積数が最も多い表示位置は、「右」であり、次いで、「下」、「上」である。また、視線の累積数が少ない表示位置は、左側の位置である。視線の累積数に対して表示位置 (8水準) の一元配置分散分析を行った結果、表示位置に有意差 ($F(7, 80)=9.366, p<0.01$) が認められた。各表示位置間の多重比較 (Tukey 法) を実施した結果、「左上」と「上」 ($p<0.05$)、「左上」と「下」 ($p<0.05$)、「左上」と「右」 ($p<0.01$)、「左」と「上」 ($p<0.01$)、「左」と「下」 ($p<0.01$)、「左」と「右」 ($p<0.01$)、「左」と「右下」 ($p<0.05$)、「左下」と「上」 ($p<0.05$)、「左下」と「下」 ($p<0.01$)、「左下」と「右」 ($p<0.01$)、「右上」と「右」 ($p<0.05$) の間に有意差が認められた。

1	10*	1
8		8
0	9	1

見つけやすかった位置 (人数) * : $p < 0.05$

7	0	6
0		0
10*	1	8

見つけにくかった位置 (人数) * : $p < 0.05$

図4 主観的評価の結果

3.3 主観的評価について

主観的評価の結果を図4に示す。「どの位置にある文字が見つけやすかったですか?」の質問では、半数を超える実験参加者が表示位置の「上」、「下」、「右」、「左」と回答している。特に表示位置の「上」は、12名中10名が回答している(符号検定の結果、有意差が認められた ($n=12, p < 0.05$)). 次に、「どの位置にある文字が見つけにくかったですか?」の質問では、半数を超える実験参加者が表示位置の「左下」、「左上」、「右下」と回答している。特に表示位置の「左下」は、12名中10名が回答している(符号検定の結果、有意差が認められた ($n=12, p < 0.05$)).

4. 考察

本研究では、画面中央に主学習情報と仮定した文字を表示し、同時に画面中央の周囲8か所に表示した文字の中から同じ文字を検索してマウスでクリックする課題を行わせた。その結果、検索時間(他の表示位置と有意に速い位置)と主観的評価(文字が見つけやすかった位置)から、文字の検索が速く見つけやすい表示位置は、「上」と「右」であることがわかった。また、検索時間(他の表示位置と有意に遅い位置)と主観的評価(文字が見つけにくかった位置)から、文字の検索が遅く見つけにくい表示位置は、「左下」と「左上」であることがわかった。視覚情報の獲得・処理に関わるものに有効視野があると指摘されている[9]ことから、画面の中心に表示された情報を注視しながら学習する場合には、有効視野の影響を検討する必要があると思われる。この有効視野の範囲は、水平方向30度(左右15度)、垂直方向20度(上

下15度)程度の範囲である[10]。また、有効視野内においても、数文字の語の認識限界は半径5~10度である[11]。さらに、視力は中心窩で1.0が、左右10度離れると0.2まで急激に低下し、左右20度を超えると0.1以下となる[12]。これらのことから、文字を認識できる有効視野は、中心より半径10度以内であると思われる。画面と実験参加者の視距離を600mmとした場合には、文字を認識できる有効視野に入る画面の範囲は、中心から半径105.8mmとなる。今回の実験で画面の中心に視線を向けている際には、画面の表示位置「上」と「下」以外の6つの表示位置は認識限界の外となる。特に画面の四隅(左上, 左下, 右上, 右下)が認識限界から大きく外れる。表示位置「上」は認識限界内であるため、文字の検索が速く見つけやすい位置となったと考えられる。主観的評価においても、表示位置「上」は12名中10名 ($p < 0.05$), 表示位置「下」は12名中9名が見つけやすかった位置と回答した結果とも一致する。

次に表示位置「右」、「左下」、「左上」の検索時間について考察する。先に述べたZ-Pattern, Zig-Zag Pattern, F-Patternの3つのパターンの視線の動きは、左側からスキャンを開始し、水平方向に右に移動した後、左側の方向に戻る[7]。このパターンに従い、最初に視線が画面中央に向けられている場合は、視線を右方向に移動するため、表示位置「右」は検索時間が速く見つけやすい位置になったと考えられる。視線の累積数の結果から、画面の左側に該当の文字(検索する文字)がある場合でも、最初に視線が向けられている画面中央と画面の右側を検索したために、文字の検索中の視線は画面の上下と右側に集中したと考え

られる。特に表示位置「右」が最も視線が向けられていたことから裏付けられる。また、最初に画面中央から視線を右方向に向け、該当の文字が見つからなかった場合には、視線を画面の左の方向に移動させる。この際、表示位置「左」に表示している文字が最初に視野内に入るが、対角線上（画面中央からの距離が長い）にある「左下」と「左上」に表示されている文字は視野内に入らないことから、文字の検索が遅く見つけにくい位置となったのではないかとと思われる。なお、視線の累積数に大きな左右差が生じたことに関しては、考察で述べた以外の要因が複合的に影響した可能性もあり、さらなる検討が必要であると考えている。

これらのことから、学習支援システムの画面配置において、画面中央に課題文などの主学習情報を表示する場合には、使用頻度が高い学習情報（解答例、ヒントなど）や重要度の高い学習情報は、見つけやすい画面の「右」に配置し、重要度が低い学習情報やメニューなどは画面の左側の上下に配置することも考えられる。

5. おわりに

本研究では、最初に視線が画面中央に向けられている場合は、画面中央の周囲に表示された学習情報の表示位置により見つけやすさに差異があることがわかった。学習支援システムの学習画面の設計では、見つけやすい位置と見つけにくい位置を考慮し、学習情報や操作メニューなどを配置することで、操作性の向上や学習者の負担軽減につながると思われる。今後、学習情報を表示する位置と解答を入力する位置との関係、最初に画面の中央以外の表示位置に視線を誘導した場合の影響などを調べる実験を行う予定である。

註

- (1) 市販のモニターでの画面サイズが23インチ以上29インチ以下の製品としては、23.8インチ、24インチ、27インチなどが販売され

ている。この中で製品数が最も多いものが24インチであった。そのため、実験では、画面サイズ24インチを使用した。

- (2) 表示する情報量が多くなると、情報の処理に時間を要することになり、検索時間データの変動が大きくなる可能性があるため、単純に1つの文字を探す検索課題とした。
- (3) 検索課題の1回ごとの画面上に文字が表示されてから文字が消えるまでの間の視線の座標データを抽出した。視線の座標データの数値が画面の範囲外のものには除外した。なお、実験前に視線の画面上の位置を合わせるキャリブレーションは行ったが、測定時の視線の座標位置のズレなどの補正は行っていない。
- (4) 検索時間と視線の累積数の統計処理は、IBM SPSS Statistics Version 28を用いて行った。

謝 辞

本研究にご協力いただいた実験参加者の皆さんに心より感謝いたします。

参考文献

- [1] 王戈, 熊谷倫子, 沢井佳子, 坂元章. 学習支援システムの使用が小学生の学力に及ぼす効果. 日本教育工学雑誌, Vol.29 (suppl.), p.45-48, 2006.
- [2] 大林史明, 山本専, 伊藤京子, 下田宏, 吉川榮和. コンピュータを利用した総合学習支援システムの設計・試作および主観評価と活用法の考察. 情報処理, vol.43 no.8, p.2764-2778, 2002.
- [3] 陸恣, 田村かおり, 岡本剛, 大井京, 島田敬士, 畑埜晃平, 山田政寛, 木實 新一. 高齢者向け学習支援システムの利用者の操作負担の軽減及び不安感・抵抗感の解消を考慮した設計. マルチメディア, 分散協調とモバイルシンポジウム2019論文集,

- p.1594-1598, 2019.
- [4] 総務省. 令和4年度版情報通信白書. 日経印刷, p.93-97, 2022.
- [5] 文部科学省. 調査研究について. 学校におけるICT環境整備の在り方に関する有識者会議（第5回）資料3, p.16-18, 2017.
- [6] 情報端末事業委員会. 情報端末装置に関する市場調査報告書. 一般社団法人電子情報技術産業協会, 情産-21-情端-1, p.1-11, 2021.
- [7] HILLIARD, B., ARMAREGE, J. and MCGILL, T. Optimising Visual Layout for Training and Learning Technologies. Australasian Conference on Information Systems 2016, p.1-11, 2016.
- [8] 日本規格協会編. JISハンドブック37-3 人間工学. 日本規格協会, p.377-383, 2012.
- [9] 三浦利章. 行動と視覚的注意. 風間書房, p.15-52, 1996.
- [10] 畑田豊彦, 矢口博久, 福原政昭, 小笠原治, 郡司秀明ほか. 眼・色・光より優れた色再現を求めて. 日本印刷技術協会, p.8-9, 2007.
- [11] 小松原明哲. ヒューマンエラー第2版. 丸善出版, p.25-28, 2008.
- [12] 真島英信. 生理学 改訂第18版. 文光堂, p.250-251, 1986.

An Examination of the Findability of Learning Information Displayed on Computer Screens Monitors

HONDA Kaoru

MOMMA Tadasuke

In this study, we confirm whether there is a difference in the findability of information depending on the display position of the learning information when the eye is directed to the center of the monitor's screen. For this purpose, we displayed a character assumed to be the primary learning information in the center of the screen, and asked the participants to search for the same character among the characters displayed in eight locations around the center of the screen. As a result, the easiest display positions to find were located at the "top" and "right". The most difficult display position to find a character was located at the "lower left" position. This indicates that frequently used and highly important learning information should be placed on the "right" side of the screen in the learning support system.

