

パーソナル・コンピュータ用のワイドディスプレイにおける 情報表示に関する基礎的検討

本 多 薫

(文化システム専攻心理・情報領域担当)

1. はじめに

近年、パーソナル・コンピュータ用のディスプレイ（モニタ）の大型化、低価格化が進み、多くのユーザが大画面のワイドディスプレイを利用するようになってきている。電子情報技術産業協会の情報端末装置に関する市場調査¹⁾によると、日本市場における液晶ディスプレイ（モニタ）のサイズ別構成比は、20型以上が2009年では38%であったものが、2010年には47%に増加している。また、画面アスペクト比が16:10または16:9のワイド画面タイプが、2009年で79%であったものが、2010年では85%に増加している。この市場調査の結果からも、ディスプレイの大画面化、ワイド化が急速に進んでいることがわかる。この大画面・ワイド化の背景には、液晶ディスプレイの1インチ当たりの製造コストが低下したことやハイビジョンテレビの登場による画面アスペクト比の変更などの影響がある。また、従来のパーソナル・コンピュータ用のディスプレイは、画面サイズが17インチ以下が一般的であった。そのため、メニューバーやツールバーなどを表示すると作業スペースが狭くなるなどの問題点があった。画面サイズの違いによる作業効率に関する先行研究としては、大画面ディスプレイの方が作業時間が短くなる²⁾、高精細・大画面LCDのような高性能ディスプレイによって、ユーザの業務を効果的及び快適にできる³⁾と報告されている。しかし、人間の視覚情報処理能力は、中心はよく見えるが、周辺にいくほど見えにくくなるという性質を有する。この視野の特性を無視した視覚情報処理が課されると、ヒューマン・エラーが生じやすくなるとの指摘がある⁴⁾。コンピュータを用いた

作業（VDT作業）時の望ましい作業姿勢は、ディスプレイとユーザ（眼の位置）との距離が45~70cmであると言われている⁴⁾。望ましい作業姿勢において、ディスプレイの大画面・ワイド化した場合には、見えにくくなる周辺が広がり、ユーザの視覚情報処理能力が問題になる。特にディスプレイ上に表示された重要な情報の見逃しや発見が遅れるなどのヒューマン・エラーが増加することが予想される。

そこで本研究では、パーソナル・コンピュータ用のワイドディスプレイと擬似的に作成した標準ディスプレイを取り上げ、両者のディスプレイにおいて計算課題と反応課題を同時に行わせた場合の作業成績（正答率と反応時間）を比較し、ワイドディスプレイにおける情報表示の課題について検討する。

2. 実験内容

2.1 被験者

被験者は18歳から21歳の健康な大学生9名（男性6名、女性3名）である。実験前に視力が0.7以上（矯正視力を含む）であることを確認した。また、「これまでに視野について、何らかの指摘を受けたことがありますか。」との質問を行い、視野が過去および現在において正常であることも確認した。また、眠気などを考慮し、実験前日の夜は23時までには就寝するように指示した。

2.2 実験環境

被験者には椅子に座り楽な姿勢を取らせた（図1）。そして、ディスプレイの正面を向かせ、ディスプレイの高さを調整し、ディスプレイの画面の中心と眼との高さを同じにした。また、机と画面



図1 実験風景

実験時の説明内容
これから実験について、説明します。
ディスプレイの中央に2桁と2桁の足し算の計算問題が表示されますので、暗算で行い口頭で解答してください。
計算作業中に、ディスプレイの端の8方向から○(円)が飛び出してきましたので、円が飛び出してきたら、ただちに、キーボードの「スペースキー」を押してください。
計算作業中の姿勢は、椅子に深く座り、背もたれに背中を付けて座ってください。ディスプレイに顔を近づけたり、机に寄りかかたりしないでください。
また、机の上に手のひらを乗せ、人差し指を「スペースキー」に軽く乗せてください。実験中は人差し指を「スペースキー」から離さず、常に「スペースキー」に軽く乗せてください。
これから、2分間、練習を行います。リラックスして行ってください。
何か不明な点などありませんか？

図2 被験者への説明内容

を垂直(90度)にして、ディスプレイの画面と被験者の眼の位置までの距離を60cmに設定した。被験者には、「計算作業中の姿勢は、椅子に深く座り、背もたれに背中を付けて座ってください。ディスプレイに顔を近づけたり、机に寄りかかたりしないでください。」「机の上に手のひらを乗せ、人差し指を「スペースキー」に軽く乗せてください。実験中は人差し指を「スペースキー」から離さず、常に「スペースキー」に軽く乗せてください。」と指示した(図2)。なお、椅子はキャスター(車輪)の付いていないものを使用した。また、ディスプレイ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し、窓のブラインド

を閉めた。なお、室温は24~25℃、湿度62~63%、照度はキーボード上の中心位置で 570 ± 20 lxであった。

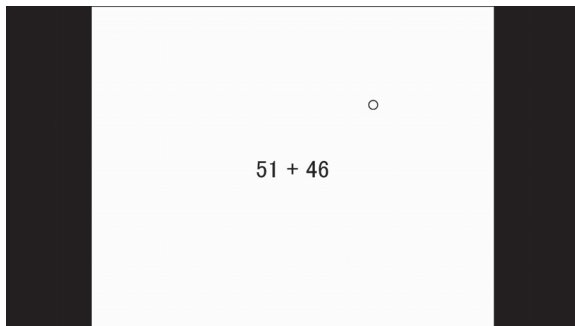
2.3 実験方法

本実験では、ヒューマン・エラーの視点から、精神作業中にディスプレイ上に表示された別の情報を発見し、それに反応することができるのかを検討することにある。これまでの精神作業として計算作業⁵⁾⁶⁾⁷⁾、記憶作業⁸⁾、探索作業⁹⁾などを課題として取り上げている。この中でも、計算作業を課題として取り上げているものが多い。よって本研究では、精神作業として計算課題を取り上げ、2桁と2桁の足し算とした。計算課題の解答を筆記やキーボード入力などで行わせた場合には、入力に時間がかかることが考えられるため、暗算で行わせ、解答は口頭とした。なお、被験者の解答は、デジタルビデオカメラに音声として記録した。パーソナル・コンピュータ(DELL Precision T7500)、ディスプレイ(DELL G2410)の24インチワイド液晶フラットパネルを使用した。ワイド画面と標準画面で異なる機器で実験を行った場合には、文字サイズ、色彩や輝度などが違ってしまふことが考えられるため、一つのディスプレイ(DELL G2410)で、ワイド画面(53.1 cm × 29.9 cm)と擬似的に作成した標準画面(37.4 cm × 29.9 cm)で実験を行った(図3)。なお、ディスプレイのワイド化による影響を検討するために、高さを29.9 cmに統一した。画面アスペクト比は、ワイド画面で16:9、標準画面で5:4である。

実験内容を被験者に説明した後(図2)、2分間の練習を行った。その後、5分間の座位安静による休息を取った。そして、被験者が落ち着いていることを確認し、実験を開始した。図3に示すように画面の中央に計算課題が2秒間隔で表示されるとともに、画面の端8方向からランダムに円図形が画面中心に向かって現れる(図4)。円図形を見つけたら、ただちにキーボードのキー(スペースキー)を押す反応課題を行わせた。この計算課



ワイド画面（画面アスペクト比16：9）



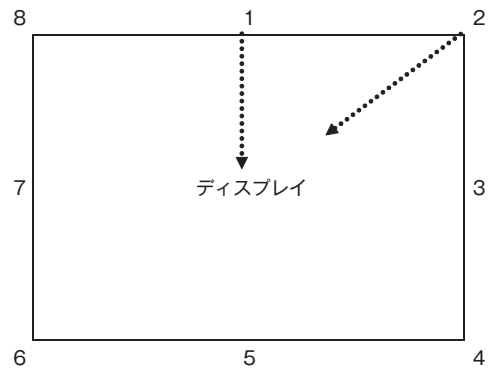
標準画面（画面アスペクト比5：4）

図3 実験画面の一例

題と反応課題を同時に5分間連続で行わせた。終了後に実験調査用紙（主観的評価）に回答させた（資料1）。画面の背景は白色とし、計算課題の文字（数字）および反応課題の円図形は黒色とした。なお、ディスプレイ上の輝度は、白色部分で222 cd/m²であった。

2. 4 反応時間測定システム

本研究で使用した反応時間測定システムは、Microsoft Visual Basic 6.0で構築した。本システムは、ランダムな数字の組合せを発生させ、2桁と2桁の足し算の計算問題を自動的に生成して、ディスプレイの画面の中心に2秒間隔で次々に表示する。そのため、表示される計算問題は数字に偏りがなく毎回異なる。表示した計算問題は、自動的にテキストファイルとしてハードディスク内に記録される。数字の大きさは、縦15mm、横20mm（数字2文字での幅）である。また、ディスプレイの画面の8方向から、直径1センチの円図形をランダムに表示する。円図形は実験開始5秒後



（1～8の数字が位置を示す）

（1 中央上 2 右上 3 中央右 4 右下 5 中央下 6 左下 7 中央左 8 左上）

図4 円図形が飛び出してくる位置

より、 5 ± 1 秒の範囲のランダムな間隔で表示した。この円図形は画面の端から飛び出してくるものであり、画面の中心方向に向かって進む。そして、画面の端から飛び出してから、4秒で画面上から消えるようになっている。円図形の動く速度は、3.75 cm/秒である。4秒より前に、キーボードのスペースキーが押されると、反応時間が計測されるとともに画面上から円図形が消えるようになっている。ここでの反応時間とは、“円図形が画面端から飛び出してから、スペースキーが押されたまでの時間”とした。反応時間と飛び出してきた位置を自動的にテキストファイルとしてハードディスク内に記録される。この反応時間は、ミリ秒（ms）の単位で計測される。なお、スペースキーが押されなかった場合には、4秒が反応時間として記録されるようにした。

3 実験結果

3. 1 計算課題の作業成績（正答率）について

図5に各被験者の計算課題（2桁と2桁の足し算）の正答率を示す。ここでの正答率とは、150問中（5分間）で正答した問題数との割合である。時間が足りずに回答できなかった問題は誤答としてカウントした。図5より、正答率が最も低かった被験者Bは、標準画面で40.0%である。また、正答率が最も高い被験者Aでも、標準画面で79.3%である。被験者の正答率の平均では、ワイド画面で64.4%、標準画面で63.7%である。次に

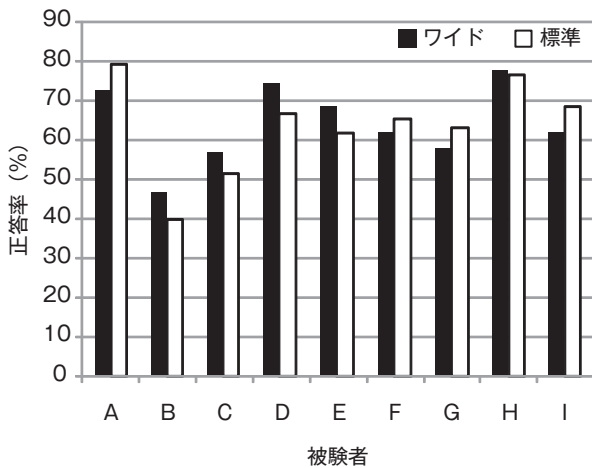


図5 計算課題（正答率）の結果

ワイド画面と標準画面での正答率を比較すると、ワイド画面の方が標準画面よりも正答率が高い被験者は5人であり、逆に標準画面の方がワイド画面よりも正答率が高い被験者は4人である。これらの結果を見ると、単純な計算課題（足し算）であるにもかかわらず、正答率は低い。また、ワイド画面と標準画面で正答率に違いは見られない。

3. 2 反応課題の作業成績（反応時間）について

図6に各被験者の反応時間を示す。ここでの反応時間とは、60回前後（5分間）の反応時間の平均値である。ただし、スペースキーが押されなかった場合には、反応時間を4秒とした。図6より、ワイド画面と標準画面での反応時間を比較すると、ワイド画面の方が標準画面よりも反応時間が長い（反応が遅い）被験者は7人であり、逆に標準画面の方がワイド画面よりも反応時間が短い（反応が速い）被験者は2人である。この結果を見ると、被験者は7対2であり、標準画面よりもワイド画面の方が反応時間が長くなる（反応が遅くなる）者が多いと言える。

ワイド画面の情報表示について検討するため、標準画面よりもワイド画面の方が反応時間が長かった（反応が遅れた）7名の被験者を取り上げ、さらに実験結果を見て行くことにする。図7に円図形が飛び出してくる位置（方向）ごとの反応時間を示す（被験者7名の平均値）。図7より、位置

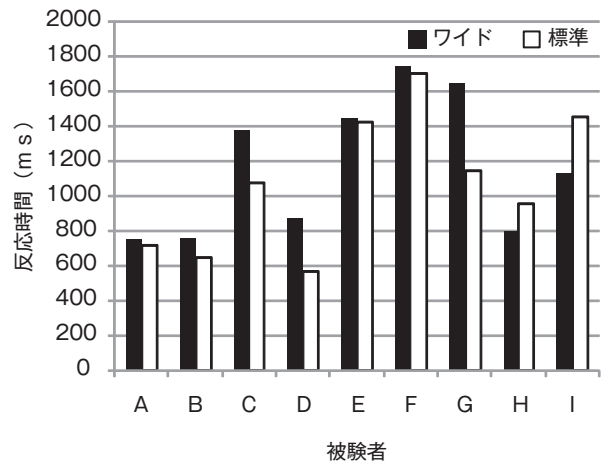


図6 反応時間の結果

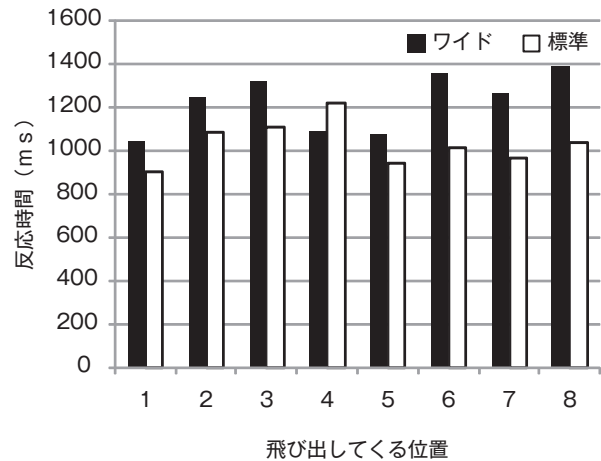


図7 各位置における反応時間の結果

4（右下）のみ、ワイド画面の方が標準画面よりも反応時間が短いですが、他の7つの位置（方向）は、ワイド画面の方が標準画面よりも反応時間が長い（反応が遅い）結果となっている。ワイド画面と標準画面の反応時間の差を大きい順に並べると、位置8（左上）、位置6（左下）、位置7（中央左）、位置3（中央右）の順で反応時間の差が大きい。ワイド画面と標準画面の反応時間をt検定した結果（対応がある場合）、位置7（中央左）に有意差が認められた（ $t=3.990, p<0.01$ ）。

以上から、9名の被験者中7名（被験者の78%）が、標準画面よりもワイド画面の方が反応時間が長くなった。また、ワイド画面の方が反応時間が長くなった被験者では、7つの位置（方向）で、ワイド画面の方が標準画面よりも反応時間が長く

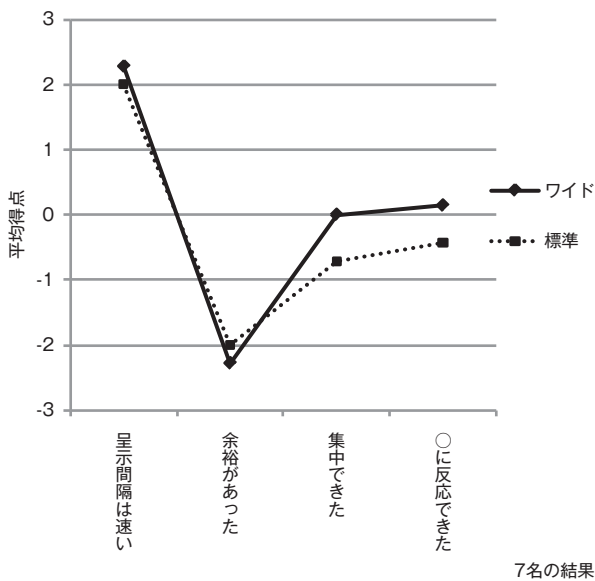


図8 主観的評価の結果 (その1)

(反応が遅い), 特に画面の左右 (左上, 左下, 中央左, 中央右) の反応時間が長くなる傾向が認められた。

3.3 主観的評価について

資料1 (実験調査用紙) の主観的評価の結果を図8および図9に示す。ただし, ワイド画面の情報表示について検討するために, 3.2節で取り上げた標準画面よりもワイド画面の方が反応時間が長かった (反応が遅い) 7名の被験者について述べることにする。

図8の主観的評価 (7段階) を見ると, 「計算問題の呈示間隔は“速い”, “遅い”」では, ワイド画面, 標準画面ともに平均得点が2以上であり, 呈示間隔は“速い”と評価している。また, 「計算問題の解答時間に余裕が“あった”, “なかった”」では, 平均得点が-2以下であり, “余裕がなかった”と評価している。次に, 「計算問題に集中“できた”, “できなかった”」および「飛び出してくる○に反応“できた”, “できなかった”」では, ワイド画面で平均得点が0前後であり, 標準画面で平均得点が-0.4から-0.7前後である。標準画面の方がワイド画面よりも, 集中・反応ができないと評価している。

図9の主観的評価 (位置) を見ると, ワイド画

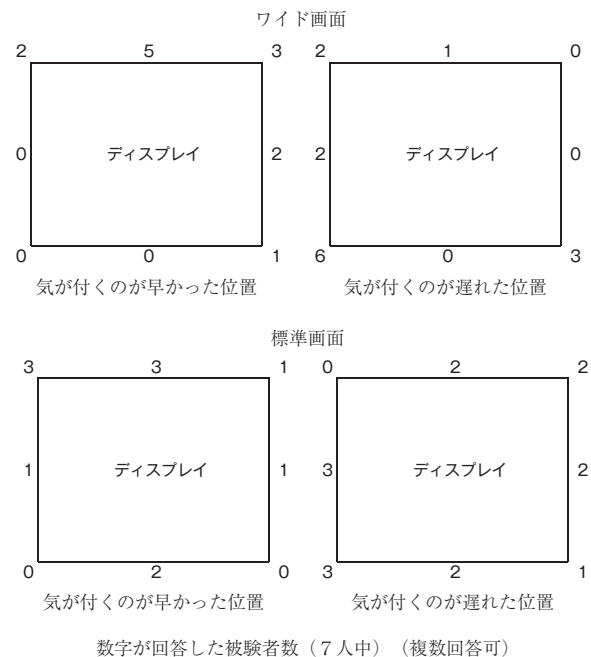


図9 主観的評価の結果 (その2)

面では, 「気が付くのが早かった位置」は, 位置1 (中央上), 位置2 (右上) と回答した被験者が多い。また, 「気が付くのが遅れた位置」では, 位置4 (右下), 位置6 (左下) と回答した被験者が多い。次に標準画面では, 「気が付くのが早かった位置」は, 位置1 (中央上), 位置8 (左上) と回答した被験者が多い。また, 「気が付くのが遅れた位置」では, 位置6 (左下), 位置7 (中央左) と回答した被験者が多い。ワイド画面と標準画面で共通して, 「気が付くのが早かった位置」は, 位置1 (中央上) であり, 「気が付くのが遅れた位置」では, 位置6 (左下) である。特にワイド画面では, 7人中6人が, 位置6 (左下) が「気が付くのが遅れた位置」と回答している。

4. 考察

コンピュータを用いた作業 (VDT作業) 時の望ましい作業姿勢は, ディスプレイとユーザ (眼の位置) との距離が45~70cmであると言われて⁴⁾いる。この姿勢は, 画面に表示される情報の見やすさ (文字の大きさ等) や机のサイズ, キーボード・マウスの操作性などが関係しているものと思われる。実際にコンピュータを用いた作業中の

表1 作業中の作業者と画面との距離

作業者	作業者と画面との距離 (cm)
1	52
2	54
3	49
4	61
5	58
平均	54.8

- 注1 Microsoft Word 2007 を用いて、標準の文字サイズ 10.5 ポイント MS 明朝で文章を表示した。
 注2 文章を読む作業と自分の名前を日本語で入力する作業を行った。その際のディスプレイの画面中心と作業者の眼との距離を測定した。
 注3 実験と同じディスプレイ (DELL G2410) の 24 インチワイド液晶フラットパネルを用いた。また、椅子は、キャスター付きで自由に距離を調整できるものを使用した。

ディスプレイと作業者の眼の位置との距離を測定したところ、49~61 cm (平均 54.8 cm) であった (表1)。今回の実験では、ディスプレイと被験者の眼の位置との距離を 60 cm に設定して計算課題と反応課題を行わせた。計算課題では、画面の中央に計算問題を 2 秒間隔で表示し、解答させた。その結果、正答率の平均は、ワイド画面で 64.4%、標準画面で 63.7% であり、被験者の中には 40.0% しか正答できなかった。また、主観的評価結果では、計算問題の呈示間隔が“速い”、計算問題の解答時間に余裕が“なかった”との評価点が高い。これらの結果から、被験者は画面の中心に表示された計算問題を注視しており、計算問題以外の情報を見る余裕は少なかったと考えられる。

人間の視野は、中心視、有効視野、周辺視に分類することができる¹⁰⁾。この中でも、ディスプレイの画面の中心に表示された情報を注視しながら作業する場合には、有効視野の影響を検討する必要があると思われる。有効視野とは、与えられた課題において、知覚者が情報を検索、弁別、処理、ないしは貯蔵しうる注視点の周辺領域と定義している¹¹⁾。また、ある作業をする際に有効に活用することのできる視覚情報収集範囲を有効視野と呼ぶ場合もある¹²⁾。すなわち、有効視野はある情報処理を行う際に機能する範囲と考えられる。有効視野の範囲であるが、有効視野の大きさが対象の

情報量と密接な関係があると考えられている¹³⁾が、中心窩付近の視力は左右 10 度まで急激に低下する^{14, 15)}、有効視野は約 4~20 度の範囲¹⁰⁾、有効視野は 30 度 (左右 15 度)¹⁶⁾とされている。これらを整理すると、有効視野は中心より左右に 15 度 (水平 30 度の範囲) 以内であると思われる。画面と被験者の距離を 60 cm とした場合には、有効視野に入る画面の範囲は、中心から左右に 16.1 cm (有効視野幅 32.2 cm) となる。しかし、実験で使用した 24 インチのワイド画面の横幅は 53.1 cm、標準画面の横幅は 37.4 cm であり、ワイド画面では、有効視野内 (水平方向) に入るのは 60% 程度である。また、標準画面では、有効視野内 (水平方向) に入るのは 86% である。今回の実験結果より、ワイド画面の方が標準画面よりも左右 (位置：左上, 左下, 中央左, 中央右) の反応時間が長くなる傾向が認められたことから、有効視野が影響しているものと考えられる。

ワイド画面 (53.1 cm × 29.9 cm) と擬似的に作成した標準画面 (37.4 cm × 29.9 cm) で実験を行ったが、ワイド画面および標準画面ともに、高さは 29.9 cm である。しかし、位置 1 (中央上) および位置 5 (中央下) においても、ワイド画面の方が標準画面よりも反応時間が長い (反応が遅い) 結果となった。注意を深めるということと、注意を広げるといふことは両立しない (視覚的注意のトレードオフ) と言われている¹⁷⁾が、ワイド画面では左右の面積が増え、注意を向ける範囲が広がったために中央上下の反応時間が長くなったのではないかと推察される。また、位置 4 (右下) の反応時間のみが、他の位置と逆の結果 (標準画面の方が反応時間が遅い) となった。コンピュータ画面の表示位置に関する研究において、優れた表示位置は画面の中央上であり、検索時間が長く、作業成績 (記憶課題) が低く劣った表示位置は画面の右下であると言われている¹⁸⁾。本来、画面の右下の位置は、表示された情報を見つけにくい場所であるために、標準画面においても反応時間が長くなったためと考えられる。

主観的評価の結果では、標準画面の方がワイド画面よりも、集中・反応ができないとの評価点が高い傾向が見られた。標準画面では、円図形が有効視野内に直ぐに入ってくるために、集中・反応できないと感じられたのではないと思われる。また、標準画面とワイド画面で共通して、「気が付くのが早かった位置」は、位置1（中央上）であり、「気が付くのが遅れた位置」では、位置6（左下）である。特にワイド画面では、7人中6人が、位置6（左下）が「気が付くのが遅れた位置」と回答している。この結果と反応時間の結果を比較すると、他の位置よりも位置1（中央上）は反応時間が短く、位置6（左下）はワイド画面での反応時間が長くなっており、主観的評価と反応時間の結果は、一致していると思われる。

5. まとめ

本研究では、パーソナル・コンピュータ用のワイドディスプレイと標準ディスプレイを取り上げ、両者のディスプレイにおいて計算課題と反応課題を同時に行かせた場合の作業成績（正答率と反応時間）を比較し、ワイドディスプレイの情報表示の課題について検討した。その結果、(1) ワイド画面と標準画面で、画面の中央に表示した計算問題の正答率に差違はみられない、(2) ワイド画面では、画面の左右（左上、左下、中央左、中央右）の反応時間が長くなる（反応が遅くなる）、(3) ワイド画面と標準画面では、画面の高さが同じ場合でも、ワイド画面では中央上と中央下の反応時間が長くなる（反応が遅くなる）、ことを示した。(2)と(3)はワイド画面を使用することで生じる課題であり、人間の有効視野の特性と視覚的注意のトレードオフによるものと考察した。

複数のアプリケーションソフトウェアを同時に起動して行う並行作業や図面の一部を拡大するCAD作業などでは、大画面のワイドディスプレイを用いることで、作業を効率的に行うことも可能である。しかし、画面の中心に表示された情報を処理する場合には、画面の端に表示された情報を

見落とす可能性もあり、情報を表示する位置や範囲などを考慮する必要があると思われる。

謝 辞

実験準備・実施およびデータの整理・分析において、門間政亮 博士（山形厚生看護学校非常勤講師）に多大な協力をいただきました。ここに深く感謝の意を表します。

参考文献

- 1) 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，IS-11-情端-1，p.1-7，2011.
- 2) Mary Czerwinski, Desney S. Tan, George G. Robertson: Women take a wider view, CHI'02 Proceedings, p.195-202, 2002.
- 3) 森田善代, 吉武良治, 土屋和夫：高精細LCDの有効的な使用方法に関する検討，人間工学，第38巻特別号，p.382-383，2002.
- 4) 村田厚生：ヒューマン・インタフェースの基礎と応用，日本出版サービス，p.135-136，p.118-121，1998.
- 5) 平田乃美, 田多英興, 田中裕：精神作業課題遂行時の主観的ストレス評価と唾液中 α -アミラーゼ活性，白鷗大学論集，第24巻第1号，p.115-124，2009.
- 6) 野村収作, 水野統太, 野澤昭雄, 浅野裕俊, 井出英人：唾液中のコルチゾールによる軽度な精神作業負荷の生理評価，バイオフィードバック研究，第36巻第1号，p.23-32，2009.
- 7) 曾我知絵, 三宅晋司, 和田親宗：難易度の異なる計算課題遂行時における感情変化と生理反応の関係，人間工学，第45巻第1号，p.29-35，2009.
- 8) 佐伯徹郎, 藤井健生, 山口静馬, 加藤裕一：短期記憶作業時における騒音の影響：うるささの心理的印象と作業成績，日本音響学会誌，第59巻第4号，p.209-214，2003.
- 9) 村田厚生：情報検索作業における精神的な作

- 業負担の測定, 電子情報通信学会論文誌 (A 基礎・境界), 第 74 巻第 4 号, p.706-714, 1991.
- 10) 三浦利章: 行動と視覚的注意, 風間書房, p.15-17, 1996.
 - 11) 石松一真, 三浦利章: 有効視野における加齢の影響: 交通安全性を中心として, 大阪大学大学院人間科学研究科紀要, 第 28 巻, p.15-36, 2002.
 - 12) 伊藤謙治, 小松原明哲, 桑野園子 (編集): 人間工学ハンドブック, 朝倉書店, p.68-69, 2003.
 - 13) 金澤裕, 佐藤幸男: 有効視野による認識対象の情報量評価 - 情報量と有効視野の関係を示す心理実験結果, 電子情報通信学会技術研究報告, HIP97-30, p.9-14, 1998.
 - 14) 渡部叡, 坂田晴夫, 長谷川敬, 吉田辰夫, 畑田豊彦: 視覚の科学, 写真工業出版社, p.31-33, 1975.
 - 15) 真島英信: 生理学 改訂第 18 版, 文光堂, p.250-251, 1986.
 - 16) 産業技術総合研究所人間福祉医工学研究部門 (編集): 人間計測ハンドブック, 朝倉書店, p.585-596, 2003.
 - 17) 三浦利章, 原田悦子 (編者): 事故と安全の心理学 - リスクとヒューマンエラー, 東京大学出版会, p.134-136, 2007.
 - 18) 本多薫: コンピュータ画面の表示位置に関する基礎的研究 - 文字の検索時間および記憶を通して -, 人間工学, 第 36 巻第 2 号, p.95-98, 2000.

実験調査用紙

Q 1. 次の質問をお答えください。該当する場所(縦線上)に○印をつけてください。

非 か や どい や か 非
 常 な ちえ や な 常
 に り や らな り に
 とい
 も

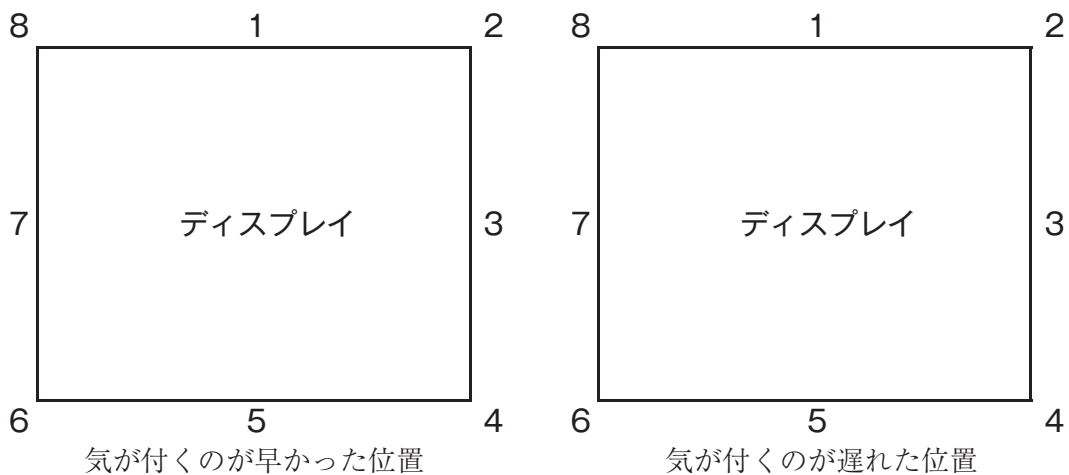
計算問題の呈示間隔は 速い 遅い

計算問題の解答時間に余裕が あった なか
 った

計算問題に集中 できた できな
 かった

飛び出してくる○に反応 できた できな
 かった

Q 2. 飛び出してくる○に気が付くのが早かった位置および気が付くのが遅れた位置の数字（1～8の数字）に○印をつけてください（複数回答可）。



資料1 実験調査用紙（主観的評価）

Basic Examination on Information Display in Wide Displays for PCs

HONDA Kaoru

(Professor, Psychology & Information, Cultural System Course)

In this study, computation tasks and response tasks were simultaneously carried out in both wide displays and normal displays, when we compared task performance (accuracy rate and response time) and considered information display on wide displays. As a result, it was shown that (1) No difference is shown between wide displays and normal displays, in accuracy rate as to computation tasks displayed in the center of the screen, (2) in wide displays horizontal response time is longer (response is slower), and, (3) even when screens of wide displays and normal displays are the same in height, wide displays show longer response time at top and bottom center.

Keywords: personal computer (PC), wide display, information display, computation task, response task