

画面配色が精神疲労に及ぼす影響 —配色条件の異なる精神負荷作業による検証—

矢野有美[†] 谷川由紀子[†] 福住伸一[†]

画面配色が精神疲労に及ぼす影響を調べるために (1) 配色条件の異なる精神負荷作業を用いた実験, (2) 精神的負荷の高い背景色の組み合わせを調査する実験を行い, パフォーマンスと主観の 2 側面を評価した. 結果, (i) 疲労感はタスク時間に伴って増加すること, (ii) タスク時間に伴う回答時間は顕著な増加は見られなかったため, 回答時間で疲労を評価することは困難であることがわかった. また, (iii) 隣接する背景色のコントラストに加えて, 色相の組み合わせや配置が精神的負荷に大きく影響する可能性が示唆された.

The effects of screen colors on mental fatigue -Mental work-load validation under different conditions-

NAOMI YANO[†] YUKIKO TANIKAWA[†]
SHIN'ICHI FUKUZUMI[†]

To clarify the effect of screen colors combination on mental fatigue, we carried out two experiments by using subjective evaluation and performance evaluation for validating mental work-load occurred by different color conditions and relationship between mental stress and background color combination. As results, though tiredness increased with task execution time, reaction time didn't increase with task execution time. It was found that it is difficult to evaluate fatigue by reaction time. Also it was suggested that hue combination and layout affect mental stress materially in addition to contrast of nearby two-color.

1. はじめに

業務システムの画面配色は, 画面の印象だけでなくユーザビリティにも大きく影響を与える. 特に, (1)作業の目的を達成できること, (2)目的達成に向けた作業を効率よく行えること, (3)作業を気持ちよく行えることの 3 点は, 使いやすい画面を設計するために必須な観点である[1].

上記 3 つの観点を満たす画面を設計するためには, ユーザによる情報の視認, 判別, 理解を促進すること, またユーザが疲労なく, 落ち着いた状態でいられるように配慮することが重要になる. 筆者らは, これらの要件の中から配色が特に大きな役割を果たすと期待できるものとして, 情報の視認性を確保すること, 疲労を抑えること, 落ち着いた状態を維持することの 3 点に着目した. このうち, 作業時の疲労を抑える点については様々な要因が考えられるが, ここで対象としている業務システムでは画面配色によって生じる目の疲れを抑制することが効果的であると考えている. そこで我々は, 配色と目に起因する疲労の関係を明らかにすることを目的とした研究を進めている. その第一ステップとして, 目が疲れやすい配色条件下でより疲労が生じるか否かを調査するための実験, 及び, 精神的負荷の高くなる背景色の組み合わせや配置を調査する実験の 2 つを実施した. 前者の実験ではパフォーマンスと主観の 2 側面を, 後者では主観のみで配色と目に起因する疲労の関係を

評価した.

2. 仮説と検証方法

疲労とは, 身体的あるいは精神的負荷を連続して与えられたときにみられる一時的な身体的および精神的パフォーマンスの低下現象と定義されている[2]. 疲労には, 肉体的疲労と精神的疲労の 2 種類があり, 目の疲労に限定すると, 焦点調節機能に影響を及ぼす毛様体筋などの眼調節系による肉体的筋疲労と, 認知機能に影響を及ぼす視覚情報処理の中枢性疲労, すなわち精神疲労に分けられる[4]. 目の疲労, 特に配色や光に関連する研究に限定すると, 例えば, 画面または画面に表示する刺激の輝度が疲労に及ぼす影響[5][6]や, 色光環境が与える影響についての報告がある[7][8]. しかし, 画面配色によって生じる疲労については未だ十分に明らかになっていない. 我々は配色が目の疲労に影響を及ぼすと考え, 精神疲労の側面から配色に起因する疲労を調べることにした.

精神疲労とは, 精神的負担の強さ, 継続期間または時間的パターンに依存する, 精神的および身体的機能の一時的な減退と JIS Z8502 に定義されている[9]. 精神的負荷は, 外部から人間に対して作用を及ぼし, かつ, 精神的に効果を与える評価可能な影響の全体, 精神的負担は, 精神的負荷によって個々の人の内部に直ちに起こる効果と定義されている. これらの定義とストレスおよび疲労の先行研究を総合すると, 精神疲労は, 精神的負荷を受けて精神的負担となり, それが継続・蓄積していくことで生じると考えられ

[†] 日本電気株式会社 情報・ナレッジ研究所
NEC Corporation Knowledge Discovery Research Laboratories

る[3][9][10] (図1)。これをシステム画面のユーザの立場に置きかえると、画面の配色が精神的負荷となってユーザが精神的負担を感じ、この状態が継続することで精神疲労が生じると仮定できる。



(文献[3][9][10]を改定)

図1 精神疲労が生じる過程

Figure 1 Process of occurring mental fatigue.

では、どのような配色が精神的負荷となり精神疲労を生じさせるのか。これには様々な条件があると予想されるが、中でも隣り合う背景色のコントラストの強さ、つまり、2色が補色関係、または明度差が大きい、または彩度差が大きい場合や、彩度・明度の高い色の面積が広いことによる影響が特に大きいのではないかと考えた。これは、前者が違いの大きい色に交互に順応すること、後者が明るさの刺激を受け続けることによって目が疲労するからである[1]。したがって我々は、背景色のコントラストが強い場合と、彩度や明度が高い面積が広い場合に、配色が精神的負荷となり、精神疲労を生じさせるとの仮説を立てた。

疲労の定義は、一時的なパフォーマンスの低下、または疲労感の増加であるので、上記の仮説を検証するためには、主観とパフォーマンスの2側面による評価が有効であると考えられる。

配色による疲労を検証するにあたり、タスクをどの程度続けると疲労が生じるのかを明らかにする必要があると考えた。疲労に関する研究では、タスク遂行時間は30分間から1日と幅広い[6][12][13]。可能な限り多くの配色条件下における疲労を調べたいが、被験者の負担を考えるとタスク遂行時間は必要最小限であることが望ましい。しかし短すぎると精神疲労が生じない可能性が高まる。最短で30分間の暗算課題を実施して精神疲労が生じたとの報告があるが、その報告通り(1)30分で精神疲労は生じるのか、(2)生じるのであれば、時間経過とともにどのように変化していくのか、(3)目が疲れにくい配色と目が疲れやすい配色で疲労感とパフォーマンスに違いが現れるのかを事前に調査する必要がある。そこで、本稿の実験1では、30分間の精神負荷作業で精神疲労を実証できるか、目が疲れやすい配色条件下でより精神疲労が生じるか、を主観とパフォーマンスの2側面から調査する。

また、精神疲労を起こす配色条件を設定するにあたり、2色のコントラスト以外の要因、色相の組み合わせや配置によって影響が異なるのか否かも事前調査し、必要最小限の配色条件数を決める必要があると考えた。そこで実験2

では、コントラスト以外の配色要因は精神疲労の原因となり得るのか、を調査した。各実験の詳細を次章以降で述べる。

3. 実験1：精神疲労実験

3.1 目的

目が疲れやすい配色条件下で精神負荷作業を30分間行くと、目が疲れにくい配色条件下に比べて、より精神疲労が生じることをパフォーマンスと主観で評価する。この実験を行うにあたり、筆者らは、

(i) 疲労感はタスク時間と共に増加し、目が疲れやすい配色条件下ではより疲労感が増加する

(ii) 目が疲れやすい配色条件下で、目の疲労感も精神疲労と同様、タスク時間と共に増加する

(iii) 回答時間は疲労に伴って増加する、かつ、作業の習熟効果は回答時間に影響しない

(iv) 誤回答は発生し、疲労感と相関がある

との仮説を立てた。これらを検証するために、課題の回答時間、誤回答率、疲労感、目の疲労感がタスク時間の経過と共にどのように変化するのか、また、それらの変化は目が疲れにくい配色条件下と目が疲れやすい配色条件下で、異なる傾向が現れるのか否かを調査する。

3.2 方法

配色によって生じる疲労をパフォーマンスを計測して評価するために、画面の注視を必要とする精神負荷作業を課すことにした。その際、被験者が画面を集中して見ることを制御できるようにした。

(1) 実験概要

タスクパフォーマンスが計測可能なことと、タスク達成の戦略が複数存在しないことから、精神負荷作業として頻繁に用いられる暗算を課題に選定した。この作業を目が疲れにくい配色と目が疲れやすい配色の2種類の配色条件下で行い、主観アンケートとパフォーマンスを計測した。

(2) 被験者

本実験は、健康で視力正常(矯正視力を含む)かつ色覚特性のない男女5名を被験者として実施した。

(3) 実験機器/環境

視覚刺激は19型液晶ディスプレイ(NEC, LCD92VM-R)に提示した。モニタの応答速度は16[ms]である。ディスプレイ輝度の影響を排除するため、ディスプレイの輝度を目が疲れにくいと報告されている125[cd/m²]に設定した[5]。実験室内照度はJIS Z9110 照度基準を参考に350~725[lx]とした[15]。

(4) 課題

計算問題は2桁+2桁の加算である。繰り上がり計算の有無の数の違いによる回答時間の変化を排除するため、繰り上がりなしの問題のみとした。計算問題提示画面の一例を図2に示す。画面中央で上下2領域に分け、各領域の背景色

に異なる2色を用いる。画面中央の2背景色の境界に接する位置に計算問題を1問表示する。被験者は画面に1問ずつ表示される計算問題を解き、口頭で回答する。回答後にマウスをクリックすると次の計算問題が表示される。これを制限時間に達するまで繰り返す。

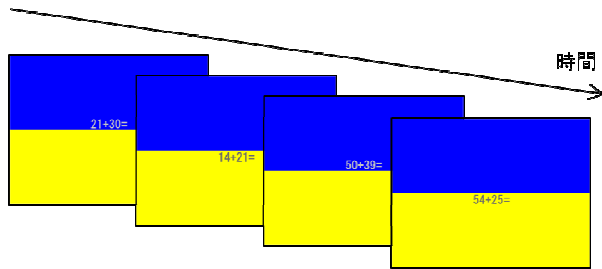


図2 計算問題の提示方法

Figure 2 Method of displaying calculation problem.

(5) 配色条件

配色条件として、目が疲れにくいと予想される黒色と濃い灰色の2色、目疲れやすいと予想される青色と黄色の補色2色の2種類を用意した(図3)。計算問題の文字の輝度・フォントサイズによるよみづらさや印象など、配色条件以外の要因の影響を排除するため、文字色と背景色の輝度比を1:6.6、文字サイズを16ptに設定し、アクセシビリティ基準を満たすようにした。また、文字色の色相による要因を排除するために、文字色はグレースケールを用いた。文字のフォントは業務システムで頻繁に用いられるMSゴシックを用いた。



(a) 黒/灰条件 (b) 補色条件

(a)Black/gray condition (b)Complementary color condition

図3 配色条件

Figure 3 Color combination conditions.

(6) 測定

本実験では、疲労の客観評価として回答時間と誤回答数、主観評価として疲労項目に関する主観アンケートを計測した。主観アンケートは精神疲労または目の疲労に関する研究の文献[12][13][14]を参考に、精神疲労と目の疲労に関する項目の計21項目で構成した(表1)。精神疲労項目は、配色による疲労だけでなく暗算作業や時間経過も含めた総合的な主観値であり、配色に起因する疲れを十分に検出できない可能性があると考え、目の疲労項目を追加した。被験者はこれらの項目に対して、「はい」の度合いを0~10の数値で回答する。

表1 精神疲労及び目の疲労に関するアンケート項目

Table 1 Questionnaire about mental fatigue and eye fatigue.

精神疲労 関連項目	疲労を感じたか	注意力の低下 関連項目	集中できない
	続けるのが困難に感じる		気が散る
	休みたい		眠かった
関連項目	効率が上がらない	心的飽和状態 関連項目	いらいらする
	ぼんやりする		飽きた
	不快である		うんざりした
単調感 関連項目	単調に感じる	目の疲労	目がちかちかする
	気分転換したい		まぶしい
	意欲がわかない	その他	達成感がある

(7) 実験手順

被験者には、2桁+2桁の繰り上がりなし加算を行うこと、1試行の制限時間は10分であり、制限時間内に可能な限り多く正答するよう教示した。被験者はモニタから約50[cm]の位置に正対して座り、右手でマウスを握りタスクを遂行した。

1試行の手順について説明する。タスク開始の合図が鳴ると同時に被験者はマウスをクリックしてタスクを開始する。クリック後、画面に計算問題が1問表示され、口頭で回答する。回答後マウスをクリックすると次の問題が表示され、回答する。この作業を10分間継続する。10分間に達したら終了の合図が鳴り、タスクを終了する。以上が1試行である。記入完了後、すぐに次の試行を実施する。試行と試行の間に休憩時間は設けない。

1つの配色条件について3試行連続して行う。これを1ブロックの実験とする。主観アンケートの記入は、1試行開始前と、各試行終了後3回の計4回設置した(図4)。1ブロック目の疲労が2ブロック目の実験結果に影響を及ぼさないようにするため、1日1ブロックのみ実施し、計2日間に渡り実験を行った。1ブロック、2ブロックの実験開始時刻は被験者毎に同じ時刻に設定した。配色条件の順序効果を排除するため、被験者3名には1ブロック目に黒条件を用い、残りの2名には1ブロック目に補色条件を用いた。また、習熟効果の影響を排除するため、1ブロック目を実施する数時間前に1時間の練習を実施した。

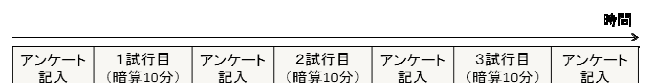


図4 1ブロックの手順

Figure 4 Experimental procedure of 1 block.

3.3 結果

(1) 主観

精神疲労および目の疲労に関するアンケート項目のうち、

特に重要と考える精神疲労関連項目「疲労を感じる」、目の疲労項目「まぶしい」の回答結果を図5, 6に示す. スペースの都合により, 被験者1名の回答結果のみを掲載した. 図5より, 黒/灰条件と補色条件の双方において, 試行を重ねると共に疲労感が増加している. 黒/灰条件では2試行目から疲労感が非常に高くなっているのに対して, 補色条件では1試行目から非常に高い疲労感を訴えている.

黒/灰条件における「まぶしい」項目の回答は, タスク開始前~1試行目は10スケール中の2であり, 2試行目以降は3とわずかに増加しているが, 補色条件では, 1~3試行目すべてにおいて10と大きく増加している.

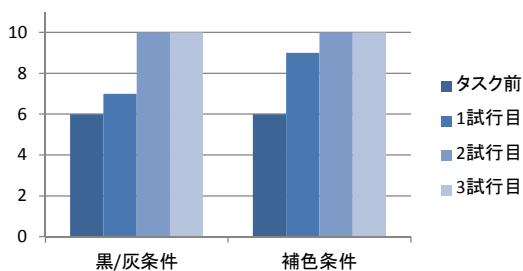


図5 被験者Bの「疲労を感じる」項目への回答
 Figure 5 Answer for "felt tired" of subject B.

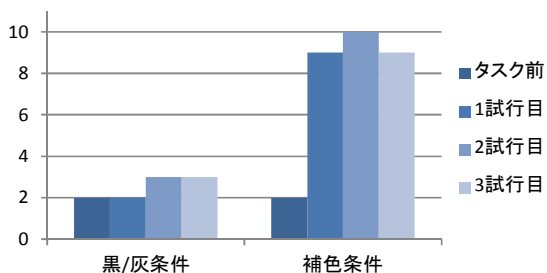


図6 被験者Bの「まぶしい」項目への回答
 Figure 6 Answer for "too bright" of subject B.

(2) パフォーマンス：回答時間

黒/灰条件, 補色条件における被験者5名の平均回答時間を図7に示す. 補色条件より黒/灰条件での回答時間が約0.1秒有意に長かった.

1ブロック目に黒/灰条件下で作業した被験者3名の平均回答時間, 1ブロック目に補色条件下で作業した2名の平均回答時間を図8に示す. 1ブロック目が黒/灰条件のグループ, 1ブロック目が補色条件のグループ共に, 1ブロック目の配色条件下では時間が経過すると共に回答時間が短くなっている. 2ブロック目では, 1ブロック目に黒/灰条件下で作業した3名の平均回答時間は1.3秒程度に収束し, 1ブロック目が補色条件の2名の平均回答時間は, 1試行目に比べて2~3試行目で約0.2秒増加した.

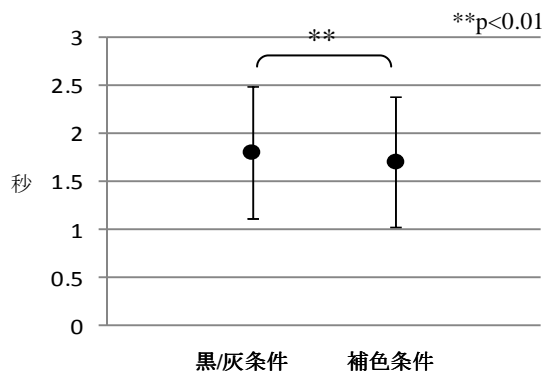


図7 2つの配色条件における5名の平均回答時間
 Figure 7 Average response time under two conditions.

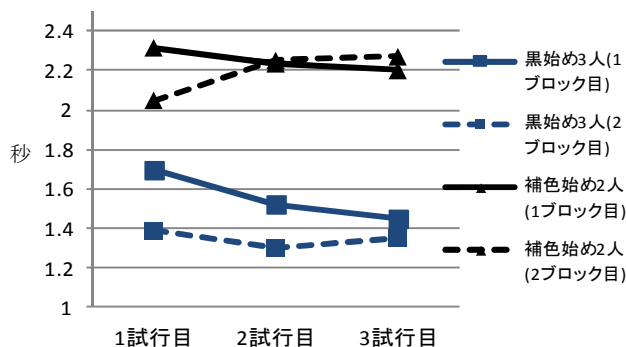


図8 各試行における2グループの平均回答時間
 Figure 8 Average response time of two groups.

(3) パフォーマンス：誤回答率

誤回答の発生数が非常に少なかったため, 図の掲載は省略する. 黒/灰条件下において, 被験者4名の誤回答率は試行を重ねるにつれて増加していたが, 補色条件では被験者間のばらつきが大きく, 特に傾向は見られなかった.

3.4 考察

精神疲労に関する主観については, 図5より, すべての被験者において, 試行を重ねると共に疲労感が増加する傾向が見られ, これは仮説(i)の通りであった. 被験者が少ないため検定は行っていないが, 30分の精神負荷作業で精神疲労が生じる可能性が示唆された. しかし, 配色条件間で比較すると, 補色条件下でより疲労感が高くなる傾向にある被験者とそうでない被験者に分かれた. 被験者2名については, 黒/灰条件下で2試行目から疲労感が非常に高くなり, 補色条件では1試行目から非常に高い疲労感を訴えている. これより, 目が疲れにくい配色条件と目が疲れやすい配色条件では, 疲労が生じる時間に違いがあり, 疲れやすい条件下においてより早く精神疲労が生じる可能性があることがわかった. したがって, 一定時間毎に主観を計測し, 疲労感の変化を評価することは, 配色条件間の精神疲労の違いを検証するために有効である. ただし, 残りの3名のうち1名は補色条件において疲労感の増加率がより高く, 2名は配色条件間で疲労感の変化の違いは特に見

られなかった。このため、問題の提示方法や配色条件、またはアンケート項目、タスクのいずれかを改善して配色条件間の差をより検出しやすくする必要がある。

目の疲労に関連する主観については、図6に一例を示した通り、精神疲労項目に比べて、配色条件間でより顕著な違いが現れ、仮説(ii)通りの結果であった。これは、目の疲労項目として用いた、「目がちかちかする」についても同様の傾向が見られた。これより、精神疲労項目より目の疲れ項目の方が配色に起因する疲労感をより検出できる可能性がある。しかし、黒/灰条件下の「まぶしい」と「目がちかちかする」では、配色条件間で異なる傾向が見られた被験者とそうでない被験者に分かれたため、より精度良く疲労感を検出できるように目の疲労項目を再検討する必要がある。

次に、回答時間については、図7, 8より、疲労感の増加と共に回答時間が長くなる傾向は見られず、仮説(iii)と異なる結果であった。配色条件間の回答時間を比較すると、黒/灰条件の回答時間のほうが有意に長かった。この原因を探るために、1ブロック目に黒/灰条件を実施した3名、1ブロック目に補色条件を実施した2名の2グループに分けて平均回答時間を算出したところ、2グループ共に1ブロック目では時間経過と共に回答時間が短くなり、2ブロック目では回答時間が同程度あるいは増加していた。これより、配色条件間の回答時間の差は暗算作業への慣れが大きく影響したと考えられる。実際に、被験者から「タスクに慣れてきた」とのコメントもあった。後の試行になるほど回答時間が長くなれば疲労を評価する客観的指標に利用できるが、今回の実験ではそのような結果は得られず、むしろ習熟効果が大きく影響していることがわかった。このことから、30分の実験の中では回答時間を用いて疲労を評価することが困難なことがわかった。ただし、今回の結果から事前練習を30分以上実施した後であれば回答時間を評価に用いることは有効かもしれない。

最後に誤回答率については、仮説(iv)とは異なり、誤回答の発生数は非常に低く、特に補色条件下では被験者間のばらつきが大きく、特別な傾向は見られなかった。誤回答数は回答時間の計測数に比べてサンプルが圧倒的に少なく、統計的に有意差を示せるほど採取できないため、傾向を分析することが困難である。したがって今回の実験条件下で暗算課題の誤回答率で疲労を評価することは非常に難しい。

4. 実験2：精神的負荷実験

目が疲れやすい配色の仮説として、補色色相の2色、明度差または彩度差が一定の閾値以上の2色を挙げた。この条件を満たす配色の組み合わせは多数あるが、どの組み合わせでも生じる精神疲労の違いはないのだろうか。例えば、光色によってグレア感が異なる[16]、暖色系が生理機能を

活性化させるのに対して寒色系は沈静化させる[17]ように、色相や配色の好みによって疲労の程度が異なる可能性も考えられる。そこで、色相や配置が精神疲労に影響を及ぼすか否かを調べるために、精神疲労を誘発する原因である精神的負荷を調査した。

4.1 目的

色相、計算問題の提示位置と2色の境界の位置関係、2色の境界の数が精神的負荷や主観に影響を及ぼすか否かを調べる。この実験を行うにあたり、筆者らは、

- (i) 色相は精神的負荷に影響を及ぼさない
- (ii) 問題提示位置と2配色の境界の位置関係は精神的負荷に影響を及ぼす可能性がある
- (iii) 2色の境界の数は精神的負荷に影響を及ぼし、全条件の中で最も負荷が高い

との仮説を立てた。本実験では精神疲労を調査しないが、精神疲労につながると考えられる精神的負荷を評価することで精神疲労への影響を調査できると考えた。

4.2 方法

配色によって生じる疲労をパフォーマンスを計測して評価するために、画面の注視を必要とする精神負荷作業を課すことにした。その際、被験者が画面を集中して見ることを制御できるようにした。

(1) 概要

実験1と同様、精神負荷作業として暗算を課題に選定した。この作業を色相や配置の異なる10種類の配色条件下で行い、主観を計測した。

(2) 被験者

実験1と同様とする。

(3) 実験機器/環境

実験1と同様とする。

(4) 課題

被験者は画面に1問ずつ表示される2桁+2桁の繰り上がりなし加算問題を解き、口頭で回答する。回答後にマウスをクリックすると次の計算問題が表示される。「終了です」と表示が出るまでこの作業を繰り返す。

(5) 配色条件

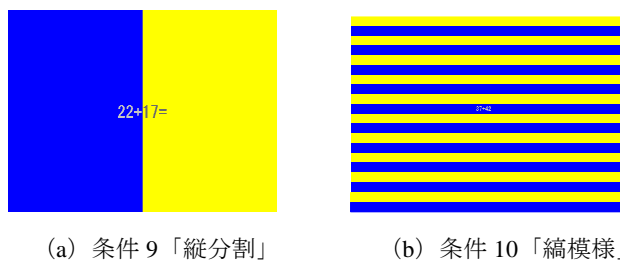
表2に挙げる10種類の配色条件を用意した。条件(1)~(8)は実験1と同様、画面中央で上下2領域に分け、各領域に1色ずつ割り当てた。条件(9)は画面中央で左右2領域に分けて各領域に1色ずつ割り当てた(図9(a))。これは、計算問題の文字の背景色が1色のみの場合と2色に分かれている場合で精神的負担や主観に違いが現れるかを確認するための条件である。条件(10)は、横縞模様にした(図9(b))。これは、2色の境界が多く存在する場合とそうでない場合の負荷の違いを確認するための条件である。彩度差および補色条件で3種類ずつ用意した理由は、色相による影響を確認するためである。もし違いがなければ、この後実施予定の実験では、彩度または補色条件では1種類の刺激を用意

すればよいことになる。全ての条件において計算問題の提示位置は実験1と同様で、画面を上下に分ける中央線の上下に接する位置に問題を交互に提示する。文字サイズは16pt、フォントはMSゴシック、文字色はグレースケールで文字色と背景色の輝度比は1:5.0に設定した。

表2 配色条件

Table 2 Color combination conditions.

	コントラスト	色相	配置	境界の数
目が疲れにくい配色	—	黒/灰(1)	—	—
	明度差	黒/白(2)		
目が疲れやすい配色	彩度差	黒/赤(3)		
		黒/緑(4)		
	黒/青(5)			
	補色	赤/シアン(6)		
		緑/マゼンタ(7)		
	青/黄(8)	縦2分割		



(a) 条件9「縦分割」 (b) 条件10「縞模様」
 (a)Condition9: segmentation by vertical (b)Condition10: stripe

図9 提示画面例

Figure 9 Example of task screen used by this experiment.

(6) 測定項目

本実験では、精神的負荷を主観評価するために日本語版NASA-TLXを用いた。ただし、NASA-TLXだけでは配色の色相や位置関係の影響を十分に検出できない可能性があると考え、目の疲労に関する文献[13][14]を参考に目の訴えに関する項目を並べたアンケートを作成し、併せて計測した。作成したアンケート項目を表3に示す。被験者はこれらの項目に対する「はい」の割合を0~10の数値で回答する。0は「いいえ」、10は「はい」を表す。また、色の嗜好が影響しないことを調べるために、色の嗜好アンケートも計測した。被験者は8種類の2配色について、各配色の好みを0~10の数値で答える。

表3 目の訴えに関するアンケート項目

Table 3 Questionnaire about eye.

読みづらい	目が痛い	タスクを遂行しづらい
ぼやけて見えた	不快である	集中しづらい
ちかちかする	気持ち悪い	やる気がなくなる

(7) 実験手順

被験者には、2桁+2桁の繰り上がりなしの加算を行うこと、30問を可能な限り早く正答することを教示した。被験者はモニターから約50[cm]の位置に正対して座り、右手でマウス

を握りタスクを遂行した。

1 試行の手順は実験1と同様、次の通りである。タスク開始の合図が鳴ると、被験者はマウスをクリックする。クリックすると計算問題が表示される。クリック後、画面に計算問題が1問表示され、口頭で回答する。回答後すぐにマウスをクリックすると次の問題が表示され、回答する。今回は1試行30問と問題数が決まっているため、30問すべてに回答すると「終了です」の文字を画面に表示してタスク終了を知らせる。試行終了後、主観アンケートに回答を記入する。被験者1人あたり10種類の配色条件下で10試行実施した。配色条件の実施順序は被験者間でランダムにした。

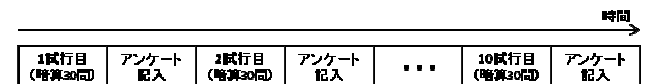


図10 実験手順

Figure 10 Experimental procedure.

4.3 結果

(1) 精神的負荷

NASA-TLX アンケートへの回答を用いて算出した、10種類の配色条件下における各被験者のAWWL値を図11に示す。AWWL値は精神的負荷を表す値であり、値が高いほど負荷が高いことを示す。全体で見ると、補色条件および補色縞模様条件の値が高い。

補色3条件(6)~(8)間で比較すると、緑/マゼンタ、赤/シアンの2条件の数値がより高い。被験者A、Bはマゼンタと緑条件、被験者C、D、Eは赤色と水色条件のほうが負荷が高い。

彩度差3条件(3)~(5)で比較すると、黒/赤条件(3)のAWWL値が他の2条件より高い(被験者4名)。

補色の青/黄を上下2領域に配置した条件(8)、左右2領域に配置した条件(9)、縞模様の条件(10)を比較すると、条件(6)の負荷が最も低く、縞模様の負荷が最も高い。被験者3名は条件(8)より条件(9)の方が100スケール中で約2~4負荷が高いと評価、被験者2名は12~24負荷が高いと評価し、被験者によって条件(8)との違いが分かれた。

(2) 目の訴えに関するアンケート

アンケート項目のうち、「目がちかちかする」の回答結果を図12に示す。AWWL値と同様、補色の緑/マゼンタ、赤/シアン条件および補色縞模様条件の値が特に高く、黒/灰条件が最も低い。彩度差条件間(3)~(5)では、4名が同程度と回答している。条件(8)~(10)間で比較すると、縞模様の値が最も高く、上下2領域に分かれている青/黄条件が最も低い。縦2領域条件は、高い被験者と低い被験者に分かれた。

4.4 考察

図11より、精神疲労の原因となる精神的負荷は、補色条

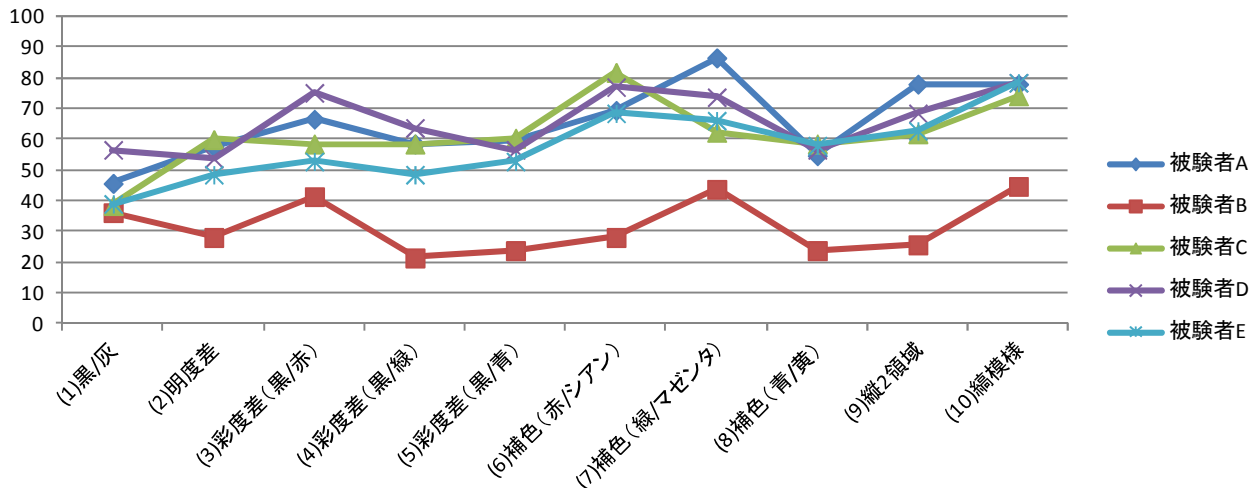


図 11 被験者 5 名の AWWL 値
 Figure 11 AWWL value of five subjects.

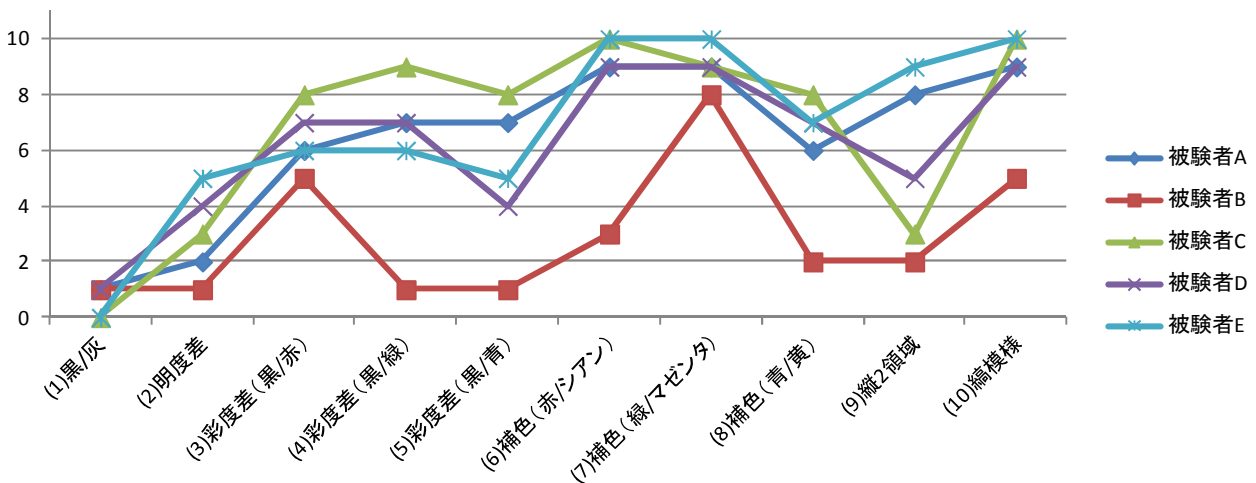


図 12 「目がちかちかする」の回答
 Figure 12 Answer for "Both eyes"

件下でより高くなる傾向が見られた。補色 3 条件(6)~(8)では、青/黄に比べて赤/シアン、緑/マゼンタの 2 条件の負荷がより高く、仮説 (i) と異なる結果であった。ただし、実験 1 を行った数日後に実験 2 を実施したため、青/黄配色に慣れて負荷が高く感じなかった可能性はある。

ここで被験者の嗜好を見てみると、被験者 A, C, E は赤/シアン配色より緑/マゼンタ配色の方を好み、被験者 B, D は赤・水色配色をより好んでいる。精神的負荷は、被験者 A, B は緑/マゼンタ条件、被験者 C, D, E は赤/シアン条件の方が高い。これより、精神的負荷に嗜好は関係がない可能性が示唆された。

彩度差 3 条件(3)~(5)において、彩度差赤条件の AWWL 値が他の 2 条件より高く、仮説 (i) とは異なる結果であった。また、色の嗜好では、赤条件で値が高い 4 名のうち 3 名が黒/赤配色が好みであると回答しており、AWWL 値と嗜好の関係は特にみられなかった。

計算問題の文字の背景色が 1 色のみの場合と 2 色の場合

の違いがある条件(8)と条件(9)については、被験者 3 名は 2 条件の負荷に大きな違いはないと評価し、2 名は違いがある(AWWL 値の差は 100 スケール中の 12~24)と評価したため、計算問題の背景色が 1 色の場合と 2 色の場合には、負荷に違いが無いと感じる被験者と、違いを感じる試験者に分かれた。このため仮説 (ii) は、今回の実験では明らかにできなかった。

補色の青/黄を上下 2 領域に配置した条件(8)、左右 2 領域に配置した条件(9)、縞模様の条件(10)では、仮説 (iii) の通り、縞模様の AWWL 値が最も高かった。補色配色の境界が多いと精神的負荷が高くなることが示唆された。

以上より、精神的負荷にはコントラストに加えて色相の組み合わせが大きく影響するため、これらの配色を画面背景色に用いると、より精神疲労が生じる可能性が示唆された。ただし、ディスプレイを最大輝度に設定して同様の実験を実施した場合には、コントラスト要因が大きく影響する可能性はある。なお、色の嗜好と精神的負荷値に相関は

無いことがわかった。

以上より、AWWL 値の高かった補色条件および補色縞模様条件において、より精神疲労が生じる可能性が示唆された。

5. おわりに

本稿では、配色に起因する精神疲労を検証するための第一実験として、精神疲労と精神的負荷を調査する実験を 2 つ実施した。実験 1 では、30 分の精神負荷作業で精神疲労が生じるか、タスク遂行時間とともに疲労がどのように変化するか、異なる配色条件下で主観およびパフォーマンスの違いが見られるか否かを、実験 2 では、精神的負荷の高い背景色の組み合わせを調査した。結果は次の通りである。

- 30 分の精神負荷作業で精神疲労が生じた
- 目が疲れにくい配色条件と疲れやすい配色条件では、配色条件に差が見られる被験者とそうでない被験者に分かれた
- 目の疲労感と精神疲労と同様、タスク時間と共に増加し、目が疲れやすい配色条件下でより顕著に増加した
- 回答時間は疲労感と共に増加しなかった
- 回答時間は習熟効果の影響を受ける
- 暗算課題の誤回答発生数は非常に少なく、疲労評価に用いることは困難である
- 精神的負荷にはコントラストに加えて色相の組み合わせや境界の数が大きく影響する

今後、生理データを用いた精神疲労評価を実施するなどして精度を高め、最適な配色設計に向けた研究を進めていく。

参考文献

- 1) 谷川由紀子,他: ユーザビリティに配慮した配色評価・推薦方式の提案と設計支援ツールへの適,情報科学技術フォーラム 2011, 2011
- 2) 疲労の科学
<http://www.hirou.jp/P04/01-1.html> (2012.4.26)
- 3) 南谷晴之: 疲労とストレス, バイオメカニズム学会誌, 21(2), pp.58-64, 1997
- 4) (社)電子情報技術産業協会 EMF 専門委員会: 「眼精疲労」という用語の使い方などの調査報告,技術報告書 JEITA-EMF-R0504, 2005
- 5) 大高功, 他: モニターを使った作業 (VDT 作業) と疲労度合いについて, 日本末病システム学会雑誌, Vol.14, No.2, pp.211-213, 2009
- 6) 高橋慶多, 他: 医用液晶ディスプレイを用いた X 線画像観察による眼の疲労度の客観的な評価, 日本放射線技術学会雑誌, Vol.66, No.11, pp. 1416—1422, 2010
- 7) 望月悦子, 他: 分光分布の違いが視覚疲労に与える影響, 日本建築学会環境系論文集, Vol.75, No.647, pp.35-41, 2010
- 8) 西川雅弥, 他: 800lx と 3lx の机上面照度が知的生産性に与える影響に関する被験者実験, 日本建築学会環境系論文集, Vol.73, No.625, pp.349-353, 2008
- 9) JISZ8502: 人間工学—精神的作業負荷に関する原則—用語及び定義, 1994

- 10) 山口昌樹: 唾液マーカーでストレスを測る, 日本薬理学雑誌, Vol.129, No.2, pp.80-84, 2007
- 11) 平柳要, 他: メンタルワークロード (MWL) の測定・評価法に関する実験的検討, 人間工学, Vol.32, No.5, pp.251-259, 1996
- 12) 芳賀繁: メンタルワークロードの理論と測定, 日本出版サービス, 2001
- 13) 福住伸一,他: ストレスマネジメントに関する研究—VDT 作業による精神疲労と目の調節機能及び平衡機能の関係—, ヒューマンインタフェースシンポジウム,1991
- 14) 西村武, 他: VDT 作業による疲労の主観評価値と客観的測定との相関, テレビジョン学会誌, Vol.40, No.12, pp.1239-1244, 1986
- 15) JIS Z9110:照度基準総則, 2010
- 16) 謝明, 他: 光色の違いがグレア感の評価と許容度に与える影響に関する研究, 照明学会誌, Vol.89, No.11, pp.788-793, 2005
- 17) 千々岩英彰: 色彩学概説, 東京大学出版会, 2001