

GUIの配色が与える生体的影響の調査

Study on Biological Influence by Color Combination in GUIs

小林 久祥[†] 豊浦 正広[‡] 茅 暁陽[‡]

Hisayoshi KOBAYASHI[†] Masahiro TOYOURA[‡] Xiaoyang MAO[‡]

[†] 千葉大学大学院 工学研究科

[‡] 山梨大学大学院 医学工学総合研究部

[†] Graduate School of Engineering, Chiba University

[‡] Interdisciplinary Graduate School of Medicine and Engineering, University of Yamanashi

概要：ディスプレイなどの表示機器を使用した作業は VDT 作業と呼ばれ、長時間化による健康障害が問題となっている。本研究では、VDT 作業で利用されることが多い GUI について、その配色を変えることで、作業者に与える身体的負担を軽減し、作業効率も向上させることを目指し、GUI の配色の違いによる作業者の身体的状態変化および作業効率の違いを調べた。被験者の脈波と呼吸を計測することで、時間ごとの被験者の身体的状態変化を定量的に計測することができた。実験結果から、GUI の配色の違いによって、被験者への身体的状態変化と作業効率に違いがあることを確かめた。

キーワード：GUI, 配色, 生体情報計測, 身体的状態変化, 作業効率

1. はじめに

コンピュータ端末での作業が長時間化し、作業者に身体的負担がかかっている。特に、ディスプレイなどの表示機器を使用した作業は、VDT(Virtual Display Terminal)作業と呼ばれ、長時間化による健康障害が昨今問題となっている。

2008 年の厚生労働省調査[1]によると、25.0%の労働者は勤務日あたり 6 時間以上ディスプレイの前に座っている。また、34.6%の労働者は、コンピュータ機器によりストレスを感じていると答えている。VDT 作業の身体的負担を減らしたり、作業効率を上げたりすることは、社会全体にとって重要なことである。

我々は VDT 作業で利用されることが多い GUI (Graphical User Interface) に焦点を当てた。GUI の配色を変えることによって、作業効率を上げたり、身体的負担を減らしたりすることを目指し、作業者の身体的状態変化および作業効率の違いを調べた。身体的状態変化は作業中の被験者の生体情報を観測することで調べ、さらに作業効率は正答数によって調べた。最後に両者の関係を分析した。

WWW で利用される技術の標準化を進める団体である World Wide Web Consortium(W3C)は、ウェブページの配色に関する指針を示している[2]。これに従うことで、ウェブページの利用者が、文字が読めなかったり、ページにちらつきを感じた

りすることがないようにページを作成することができる。しかしこの指針は、作業に最適な配色の作成指針を定めたというよりは、不都合がないようなページを作成するための配色の指針を定めるものである。本研究で目指す作業者の効率向上や身体的負担の軽減を実現する指針ではない。

ディスプレイの背景色の違いによる作業効率の違いを調べた研究に、佐藤によるものがある[3]。大学生 14 名に対して、赤、緑、青のそれぞれを背景色とするディスプレイ上で、2 桁の数字同士の引き算を解くタスクを与えた。このときの誤答数、平均解答時間から、以下の結果を得た。

1. 青の背景では、赤や緑の背景よりも有意に誤答数が少ない
2. 平均解答時間には、背景の違いによる有意差は見られない

佐藤の調査では、色が作業に与える効率面での影響を客観的、かつ、定量的に調べたことに意味がある。しかし、身体的状態変化に対する影響については考慮されなかった。

一方で、被験者の身体的状態を客観的に観測する試みとして、被験者の生体情報を観測することで、被験者の感情の状態をどれほど言い当てることができるかについて検証した研究が行われている[4]。生体情報とは、心拍や呼吸に代表される人間の生理的な情報を指す。この研究では、被験

者の血流量、皮膚伝導率、呼吸数を生体情報として観測し、これらの信号から被験者の感情の状態をある程度言い当てられることを示した。彼らが観測した生体情報は、被験者の身体的状態を客観的に示すものであり、本研究の目的に合致している。

本研究では、作業者の脈波および呼吸を観測し、GUIの配色による作業者の作業効率および身体的状態への影響を調べる。生体情報を用いて作業者の状態を調べることで、客観的・時間連続的・定量的な配色の影響の調査が実現する。

2.では、生体情報の獲得方法の説明を行い、個々の生体情報が示す身体的状態について述べる。3.で、実験結果について説明する。4.で本研究をまとめる。

2. 生体情報の獲得

血流量、皮膚伝導率、呼吸数の獲得には、Thought Technology社のProComp-InfinityTM[5]を用いる。

2.1. 脈波

脈波は、人差し指の腹に取り付けたセンサによって取得する。動脈内圧の変化から生じた動脈管の膨張および収縮を皮膚表面から波形として電気的に獲得することができ、末梢血管の収縮拡張や脈拍数の変化を調べることができる。

一般に皮膚血管は、交感神経性血管収縮線維の神経支配を受けており、交感神経は毛細管径を細め、結果的には毛細管の血液が減少する[6]。このような性質を持つ脈波から以下に示す4つの数値を算出し分析に用いる。

心拍数

心拍数は1分間の心拍の回数を指す。脈波の波の数から心拍数を数えることができる。心臓交感神経と心臓副交感神経の支配を受けており、交感神経が優位になると心拍数は増加し、副交感神経が優位になると心拍数は減少する。

脈波振幅

脈波振幅は交感神経、副交感神経の影響を受け、交感神経が優位の際に値は小さく、副交感神経が優位の際に値は大きくなる。

HF, LF

交感神経と副交感神経による心拍数調節には周波数に差があり、交感神経は0.15Hz以上の心拍変動を伝達しないのに対し、副交感神経は1Hz前後の変動まで伝達し得る[7]。つまり、0.15Hzよりも速い心拍変動は副交感神経によって生じたものといえる。低周波成分をLF(0.04~0.15Hz)、高周波成分HF(0.15~0.4Hz)と定義すると、HFを副交感神経の活動指標とすることができる。一方、LFは交感神経、副交感神経のどちらが有意でも出現する。交感神経の活動指標を求めるために、

LFとHFのパワー比であるLF/HFを算出することにより、交感神経の活動指標とする。

2.2. 呼吸

呼吸は、バンド状のセンサを被験者の胸部と腹部に装着することにより取得する。呼吸数および呼吸の大きさは、バンドの収縮によって調べることができる。

呼吸運動によって横隔膜が下がり、外肋間筋が収縮によって胸郭が広がると胸腔内の容積が拡大する。これにより肺が拡張し、空気が肺内に取り込まれる。逆に呼息内肋間筋が収縮することによって胸郭が小さくなる。運動時には、血流量の増加に伴い、ガス交換が増進され、呼吸の回数や心拍数の増加する。興奮時にもやはり、血流量の増加が見られるため、呼吸の回数は増加する傾向にある。リラックス状態では、ゆっくりとした呼吸になるため、呼吸の回数は減少する。

呼吸数

脈波の振幅と同様に呼吸の振幅も交感神経、副交感神経の影響を受ける。交感神経が優位の際には浅い呼吸が連続するため、振幅は小さくなる。副交感神経が優位の際にはゆっくりと深い呼吸になるため、振幅は大きくなる。

呼吸振幅

脈波の振幅と同様に呼吸の振幅も交感神経、副交感神経の影響を受ける。交感神経が優位の際には浅い呼吸が連続するため、振幅は小さくなる。副交感神経が優位の際にはゆっくりと深い呼吸になるため、振幅は大きくなる。

以上をまとめると、表1のようになる。

表1. 生体情報と身体状態の変化の関係

	交感神経優位	副交感神経優位
心拍数	増加	減少
脈波振幅	上昇	下降
HF	減少	増加
LF/HF	増加	減少
呼吸数	増加	減少
呼吸振幅	上昇	下降

3. 実験

本研究では、平常時の生体情報と作業中の生体情報の変化を計測し、GUIの配色が与える生体的影響を調べた。

3.1. 実験環境

タスクとして、表示される多数の図形の中から、六角形を探し出してクリックするというものを設定した。タスクは色以外の影響をできるだけ排除したシンプルなタスクとした。表示例を図1に

示す。

実験では、GUI で一般的に利用されることが多い配色を選択して比較した。図 1(a)は Linux のターミナルなどでよく利用される組み合わせである。図 1(b)は、Microsoft Word などの文書ソフトで最もよく利用される配色である。図 1(c)は、WindowsOS のメニューバーで用いられることが多い配色である。図 1(d)は黒板の組み合わせであり、一部のターミナルで利用されることがある。

被験者には1つの六角形と多数の六角形でない多角形が提示される。それぞれの図形はランダムに選択された角度で回転されて提示される。問題の難易の影響をなくするために、すべての被験者に対して同じ問題を与えた。

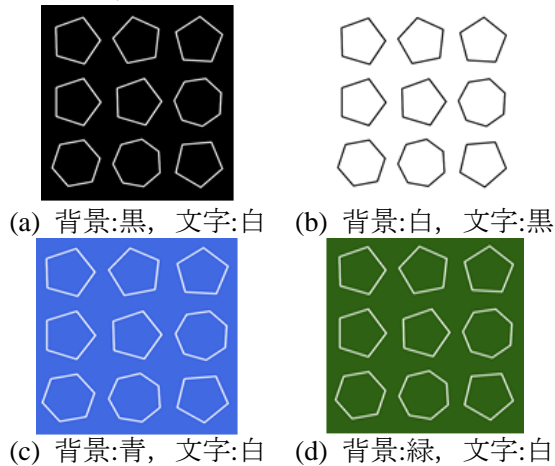


図 1. タスク画面例

被験者がある図形を選択すると、正誤に関わらず、新しい図形のセットが提示される。これを 25 分間繰り返してもらい、残り時間は机上に置いた時計により被験者に提示されるが、正誤は被験者に提示されない。被験者 20 人はすべて大学生であり、5 人ずつ 4 つのグループに分けて実験を行った。それぞれのグループのメンバは別々の背景色でタスクを行った。

実験中、脈波と呼吸を調べるためのセンサを被験者に装着した。センサから得られるデータを平常時と比較することで、被験者の身体的負担の変化を時間ごとに調べた。また、時間ごとの回答数、正誤、かかった解答時間を記録し、作業効率の変化を調べた。事後にはアンケートを実施し、負担を感じた時刻を答えてもらった。

タスクを行う前には、センサをつけた状態で 1 分間安静にしてもらった。これは、タスク直前の運動の要因を取り除くため、また、センサを装着することによる違和感を取り除くためである。さらに 1 分間安静にもらい、この 1 分間でのセンサの値を平常時の値として利用した。

3. 2. 実験結果

3. 2. 1. 脈波の変化

脈波の観測により得られる心拍数は、回数が多いほど交感神経が優位に働いており、覚醒状態にあると考えられる。各グループのタスク作業中全体を通じた心拍数の変化は、表 2 の通りである。背景色が青のときに心拍数の増加が最も大きく、背景色が緑のときに心拍数の増加が最も少ないという結果が得られた。分散分析を行った結果、背景色が緑のときの心拍数が、他の 3 色を背景色にしたときに比べて、10%の有意水準の下で有意に少ないという結果が得られた。以上により、緑の背景色で有意に心拍数が少なく、交感神経の活動が低かったと結論づけることができる。

表 2. 心拍数の平常時からの変化

背景色	黒	青	白	緑
	1.056	1.062	1.027	1.017

図 2 のグラフは、横軸がタスク開始からの時間、縦軸がその時間でのグループごとの心拍数の変化率を示す。タスク開始から 17 分までは、1 分ごとに分散分析を行ったが、どの色とも有意差はみられなかった。タスク開始から 18 分以降で、背景色が緑のときが、背景色が青のときと黒のときに対し、10%の有意水準で有意に心拍数が少なかった。22 分以降からは、背景色が緑のときが、背景色が白のときに対しても 10%の有意水準で有意に心拍数が少なかった。これらのことから、背景色に緑を用いると、22 分間以上作業する場合に他の色より有意に副交感神経が優位に働くといえる。

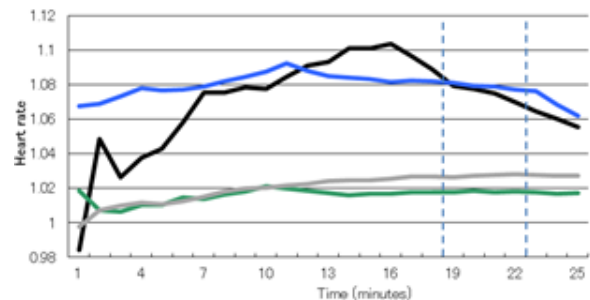


図 2. タスク作業中の心拍数の変化

また、背景色が青のときには 11 分、背景色が黒のときには 16 分をピークに心拍数が下がっていることがグラフから読み取れる。背景色が白や緑のときには、全体を通して心拍数の変化が少なく、途中から減少する傾向は読み取れない。これに対して、図 3 は負担を感じたと感じた時刻をアンケートから集計した結果である。横軸は経過時間を表し、縦軸は各時刻で負担を感じたと答えた被験者の人数を表す。たとえば、背景色が青のときには、12 分経過時に負担を感じたと答えた被験者が 2 名で、それ以前に負担を感じたと答えた被験者と合わせて、3 名が負担を感じたと答えたこ

とが読み取れる。図3のアンケート結果においても、背景色が黒や青のときには、早い時点で負担を感じたと答えた被験者が、背景色が緑や白のときに比べて多いことが読み取れる。

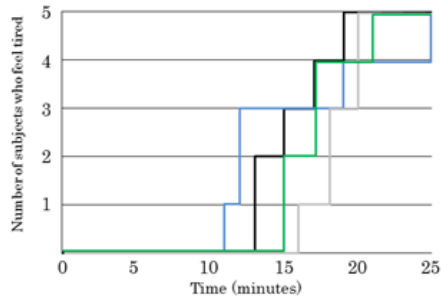


図3. 時刻ごとの負担を感じたと答えた人数

これらのことから、背景色が黒や青のときには作業中の覚醒の度合いが大きく、負担を早くから感じやすいと結論づけることができる。

なお、脈波振幅および HF, LF/HF においても、背景色が黒や青のときに、背景色が緑のときと比べて交感神経が優位に働く傾向が若干見られたものの、被験者間のばらつきが大きく、有意差を確かめることはできなかった。

3.2.2. 呼吸の変化

呼吸数が多いほど交感神経が優位に働いており、覚醒状態にあると考えられる。各グループのタスク作業中全体を通した呼吸数の変化は、表3の通りである。背景色が青や黒のときに呼吸数の増加が大きく、背景色が緑や白のときには心拍数の増加が少ないという結果が得られた。分散分析を行った結果、背景色が緑のときの呼吸数が、背景色が白のときの呼吸数に対して、10%の有意水準で有意に少ないことがわかった。背景色が青のときや背景色が黒のときには、呼吸数にばらつきがあったため有意傾向は得られなかった。

表3. 呼吸数の平常時からの変化

背景色	黒	青	白	緑
	1.224	1.517	1.192	1.178

なお、呼吸振幅においても、背景色が青のときが他の色の背景色のときと比べて、交感神経が優位に働く傾向が若干見られたものの、被験者間のばらつきが大きく、有意差を確かめることはできなかった。

3.2.3. 正答数の変化

図4に5分間ごとの正答数の変化を示す。背景色が黒のときに正答数が多く、背景色が緑のときには正答数が少ないという傾向がみられる。作業効率の面では、緑の背景色は劣っていることがグラフからは読み取ることができる。ただし、被験者間に正答数のばらつきが大きく、有意差は見られなかった。また、背景色の違いによる正答率および回答時間に関する違いにも有意差はなかつ

た。

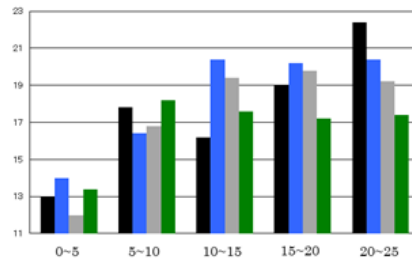


図4. タスク作業中の正答数の変化

4. まとめ

被験者実験において計測した生体情報から、GUIの配色によって身体状態や作業効率が異なることが確かめられた。生体情報を計測することで、従来のアンケート調査では調べられなかった時間ごとの身体状態変化を調べることができた。緑は色彩心理学では癒しの色とされており[8]、作業効率は低くなるが、負担を感じるまでの時間が長いことが実験を通して確かめられた。

今後の課題として、被験者数を増やすことで、より有意な知見を得ることを挙げる。

謝辞

本研究は科学研究費(基盤研究B 課題番号21300033)の助成を受けたものである。

参考文献

- [1] 厚生労働省, 技術革新と労働に関する実態調査, 2008.
- [2] "Techniques For Accessibility Evaluation And Repair Tools," W3C Working Draft, 26 April 2000.
- [3] 佐藤 基治, "背景色が課題遂行に及ぼす影響," 福岡大学人文論叢, Vol.40, No.2, pp.229-245, 2008.
- [4] Christian M. Jones and Tommy Troen, "Biometric valence and arousal recognition," Proceedings of Australasian Conference on Computer-Human Interaction, Vol.251, pp.191-194, 2007.
- [5] Robert M. Stern, William J. Ray, Karen S. Quigley, "Psychophysiological Recording," New York: Oxford University Press 2001.
- [6] 小俣 昌樹, 内藤 雄也, 今宮 淳美, "生体信号に連動する吹き出しオンラインチャットの設計と評価," ヒューマンインターフェース学会論文誌, Vol.10, No.2, pp.49-60, 2008.
- [7] B. Pomeranz, R. J. Macaulay, et al., "Assessment of autonomic function in humans by heart rate spectral analysis," Heart and Circulatory Physiology, The American Physiological Society, Vol. 248, pp.H151-H153, 1985.
- [8] 大山 正, "色彩心理学," 中公新書, 1994.