

色の誘目度が視覚探索時の知覚負荷に与える影響について

The Effects of Visual Attractiveness of Color in Visual Search on Perceptual Load

岡城 純孝†
Sumitaka Okajo

岡田 英彦‡
Hidehiko Okada

谷川 由紀子†
Yukiko Tanikawa

福住 伸一†
Shin'ichi Fukuzumi

1. はじめに

現在、多くのシステムで GUI が用いられており、そこに表示される情報量も増加し、表現も多様になっている。これらシステムを使用するユーザは、あるタスクを遂行するために、GUI に表示される多数の項目の中から正しい項目を選択する行動を繰り返す。このとき、各項目の目立ちやすさ/目立ちにくさによって、ユーザに知覚的な負荷が生じると考えられる。そして、この負荷がユーザのパフォーマンス低下やヒューマンエラー発生の原因となっている。そのため、筆者らはヒューマンエラーを低減する GUI の設計開発に向けて、GUI を操作するユーザの知覚負荷を推定する研究に取り組んでいる。本稿では、誘目度に着目し、色の誘目度が知覚負荷に与える影響について実験的に検証した結果について述べる。

2. 知覚負荷と誘目度

知覚負荷とは人間の認知処理のうち、視覚や聴覚などの感覚・知覚による比較的低次の処理における負荷のことを指す。視覚に限ると、人間が視覚刺激を知覚するために必要とする“注意”や“努力”の大きさであり、本研究では“多数の妨害刺激の中から、ある目標刺激を探索するときの困難度”と定義した。

一方、誘目度とは視覚刺激の目立ちやすさである“誘目性”を表す特徴量である。田中ら[1]は、画像中の図領域の物理的特徴に基づき誘目度を算出する手法を提案している。提案手法では誘目度を、各視覚刺激自体の絶対的な目立ちやすさを表す特徴誘目度と、各視覚刺激がその他の視覚刺激と比べた相対的な目立ちやすさを表す異質性誘目度の和としている。本研究では、この手法を参考に、色の誘目度 A の算出手法を以下のように定めた[2]。

誘目度 A = 特徴誘目度 FA + 異質性誘目度 HA

$$FA = \left| 1 - \frac{H}{\pi} \right| + \left(\frac{2.3}{255} \times \frac{R \times 299 + G \times 587 + B \times 114}{1000} - 0.65 \right) + S$$

$$HA = \left| \frac{d - dm}{std} \right|$$

ここで、H は色相 ($0 \leq H < 2\pi$)、R、G、B は RGB 値、S は彩度 ($0 \leq S \leq 1$)、d は $L^*u^*v^*$ 知覚均等色空間における色差、dm は色差平均、std は色差の標準偏差である。

3. 実験

3.1 実験設計

ユーザの視覚負荷は、(1)目標刺激の特徴誘目度 FA_T 、(2)目標刺激の異質性誘目度 HA_T 、(3)妨害刺激の特徴誘目

度 FA_D の 3 つの要因に依存すると仮定し、これら 3 要因が知覚負荷に与える影響を検証する実験を行った。実験に際して、目標刺激が目立ちにくく、かつ、妨害刺激が目立ちやすいほど探索は困難になると考え、“ FA_T および HA_T が小さく、 FA_D が大きいほど知覚負荷は高い”という仮説を立てた。実験課題は、GUI 操作を模擬した視覚探索課題とした。課題画像の一例を図 1 に示す。

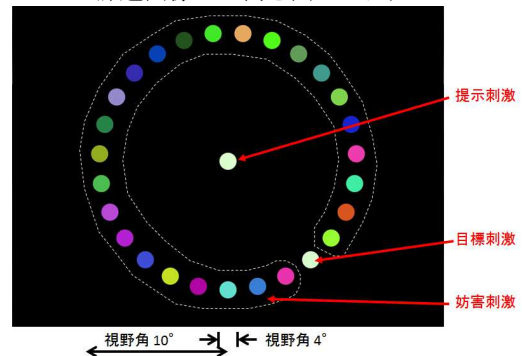


図 1 課題画像

被験者は、中心に表示される提示刺激と同色の目標刺激を、環状に並べられた 27 個の刺激の中から探索する。つまり、目標刺激を除いた 26 個が妨害刺激となる。実験条件として、 FA_T 、 HA_T 、 FA_D の 3 要因それぞれに 3 水準 (大(L), 中(M), 小(S)) を設け、 $3^3=27$ 条件を設定した。被験者は色覚特性のない男女 6 名であった。各被験者は 1 条件につき 10 課題、計 270 課題に回答した。評価指標として、タスク時間と、知覚負荷の主観的評価手法である NASA-TLX 値を用いた。

3.2 実験結果

タスク時間と AWWL 値のそれぞれについて 3 要因 3 水準分散分析を行ったところ、両方で主効果 FA_T に有意差が認められた。さらに、多重検定を行ったところ、主効果 FA_T についてタスク時間では 2 つの水準間のすべての組み合わせに有意差が認められ、AWWL 値では M-L および S-L の水準間に有意差が認められた (図 2 参照)。

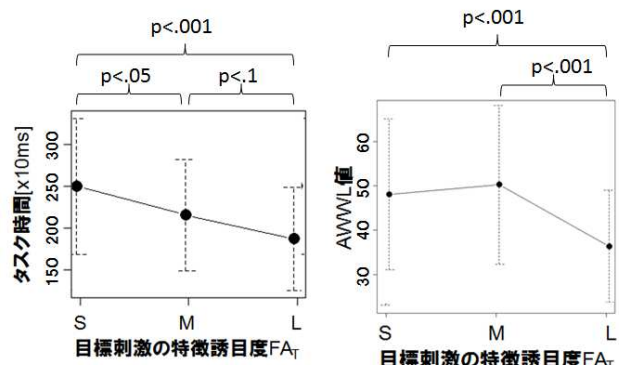


図 2 主効果 FA_T によるタスク時間と AWWL 値の変化

† NEC 情報・ナレッジ研究所, Knowledge Discovery Research Laboratories, NEC Corporation

‡ 京都産業大学, Kyoto Sangyo University

4. 考察

実験結果から、目標刺激の特徴誘目度 FA_T が大きいほど効率がよく、かつ知覚負荷は低いことが明らかとなった。このことから、重要な情報や部品の特徴誘目度を大きくすることで、効率を向上させるとともに知覚負荷を低減させてヒューマンエラーを抑制できる可能性があり、この知見が GUI 設計に役立つことが期待される。ただし、 FA_T を大きくすることで効率に改善が見られても知覚負荷は高いままの場合があることから、知覚負荷に起因するヒューマンエラーを低減するためには効率だけでなく知覚負荷の観点から GUI 評価を行う必要があることを示している。

また、実験結果は、“ FA_T が大きい（目標刺激が目立ちやすい）ほど知覚負荷は小さい”という仮説の一部を支持している。一方、妨害刺激の特徴誘目度 FA_D については有意な主効果は認められなかったことから、“ FA_D が大きい（妨害刺激が目立ちやすい）ほど知覚負荷は大きい”という仮説の一部は支持されなかった。この理由として、今回の実験では 26 個の妨害刺激色の平均値を用いて FA_D を算出したが、この値が妨害刺激によって生じる被験者の知覚負荷を適切に反映していなかった可能性がある。

そこでさらに、評価指標としてタスク時間を用い、 FA_D 以外の物理的特徴と知覚負荷の関係の分析を試みた。AWWL 値は誘目度の観点からの条件ごとの値であり、別の観点からの分析には適さないため、今回の評価指標には用いなかった。分析方法は、まず、各被験者で 270 課題をタスク時間順にソートし、最もタスク時間が大きいものから最もタスク時間が小さいものまで各課題に 270~1 点を付与し、被験者 6 人分の合計点が上位/下位のそれぞれ 10 課題を抽出した。次に、これら 20 課題×6 人=120 課題分のデータについて、妨害刺激の物理的特徴とタスク時間との相関を調べた。分析に用いた特徴は色相、彩度、明度である。これらを用いた理由は、人間の色覚に比較的合致しており、得られた知見を設計にも反映しやすいと考えたためである。

色相について、各妨害刺激と目標刺激との色相差の平均値を x 軸、タスク時間を y 軸にとった散布図を図 3(a)に示す。これら 2 値間でのスピアマンの順位相関係数は $r_s = -0.516$ であった。これは妨害刺激の色相が目標刺激から離れるほど知覚負荷が低くなる傾向があることを示唆している。この結果は、視覚探索において近い色相の組み合わせは探索効率を下げるという横溝ら[3]の実験結果と一致する。さらに、図中の実直線は回帰直線を、点線は局所重み付き回帰による平滑線を、一点鎖線は平滑線からのばらつき幅（正/負の残差の二乗平均平方根）を表す。図 3(a)を見ると、色相差が大きいほどタスク時間のばらつきが収束しており、負荷低減の効果が安定していると言える。次に、被験者らの「目標刺激と同系統の色を持つ妨害刺激の数が多き場合に探索が難しい」という意見を元に、目標刺激と同系統色の妨害刺激の個数とタスク時間との相関を調べた。「同系統色」として、11 の基本色[4]から無彩色 3 色（黒、白、灰）を除くと 8 色になることから、目標刺激を中心に色相差が ± 22.5 度以内であれば人は同系統色とみなすと仮定した。結果は $r_s = 0.376$ で個数が少ないほ

ど知覚負荷が低くなる傾向があった（図 3(b)参照）。この結果は視覚探索におけるカテゴリカル色知覚処理[5]の関与を支持するものと言える。カテゴリカル色知覚とは、多色視覚探索において人は、まず目標刺激と同じ色カテゴリー（同系統色）に属する刺激を妨害刺激中から抽出し、その後抽出された刺激を逐次的に探索するというものである。また、図 3(b)でも個数が少ないほどタスク時間のばらつきが収束し、負荷低減の効果が安定していると言える。

彩度については、「『妨害刺激の彩度－目標刺激の彩度』の絶対値」の平均値とタスク時間との間で $r_s = -0.285$ であった。これは妨害刺激と目標刺激の彩度の大小関係によらず、妨害刺激と目標刺激との彩度差が大きいほど知覚負荷が低くなる傾向があることを示唆している。

明度については、「妨害刺激の明度－目標刺激の明度」の平均値とタスク時間との間で $r_s = 0.377$ であった。これは妨害刺激の明度が目標刺激に比べて小さいほど知覚負荷が低くなる傾向があることを示唆している。

以上の結果から妨害刺激に関して、(i) 目標刺激との色相差を大きくし、同系統の色数を少なくする、(ii) 目標刺激との彩度差を大きくする、(iii) 目標刺激より明度を小さくする、ことで知覚負荷を低減できることが示唆された。

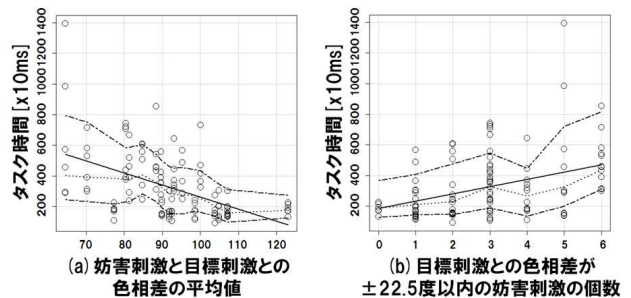


図 3 妨害刺激の物理的特徴とタスク時間との関係

5. おわりに

本稿では、GUI を操作するユーザを想定した視覚探索課題を被験者に行わせ、色の誘目度が知覚負荷に与える影響について検証した。その結果、目標刺激の特徴誘目度 FA_T が大きいほど効率がよく、かつ知覚負荷は低いことが明らかとなった。妨害刺激については、目標刺激との色相差および彩度差を大きくし、明度を小さくすることで知覚負荷を低減できる可能性があることがわかった。

参考文献

- [1] 田中, 井口, 岩館, 中津: 画像領域の物理的特徴に基づく誘目度評価モデル, 電子情報通信学会論文誌, Vol.J83-A, No.5, pp.576-588(2000).
- [2] 岡城, 岡田, 福住: 視覚探索における色の誘目性が認知負荷に与える影響について, 情報処理学会研究報告, ヒューマンコンピュータインタラクション(HCI), 2012-HCI-148(12) (2012).
- [3] 横溝, 池上, 福住: 画面の配色バランスの作業効率・エラー率への影響の検証, 情報処理学会研究報告, ヒューマンコンピュータインタラクション(HCI), 2012-HCI-148(14) (2012).
- [4] Berlin, B. and Kay, P.: Basic color terms: Their Universality and evolution, University of California Press, Berkeley(1958).
- [5] 横井, 内川: 多色不均一ディストラクタ上の視覚探索における色カテゴリーの役割, Vision, Vol.14, No.1, pp.1-12(2002).