

オブジェクトの目立ちやすさの定量化 ～枠線による誘目度モデル構築～

古川あずさ[†] 吉田悠[†] 池上輝哉[†]

画面上の重要な情報を目立たせることで、ユーザの状況把握を助け、見落としを低減することができる。筆者らは、開発者による適切な画面設計の支援に向け、画面上のオブジェクトの目立ちやすさを定量化する誘目度モデル構築を進めている。今回、枠線による誘目度モデルを、オブジェクトの目立ちやすさを採点法で評価してもらうユーザ実験により構築した。本モデルは、枠線及びその内外の色により誘目度を算出する。実験方法と構築したモデルについて報告する。

Quantification of Visual Attention - A study on Frame Effect Modeling -

AZUSA FURUKAWA[†] HARUKA YOSHIDA[†] TERUYA IKEGAMI[†]

A Screen which is designed as important information catch user's attention is said to reduce human error, because it encourage user's situational awareness. In order to help system developers to estimate user's attention on a screen, we have developed several models which quantify user's visual attention. This paper reports development of a model which quantifies object's frame effect on visual attention. We have carried out an experiment to verify relationship between colors of framed objects and visual attention. Variables of the model are color of frame, and its inside and outside colors. This paper reports details of our experiment and the model.

1. はじめに

業務システムにおいて、ユーザが画面を見ながら様々な情報閲覧や入力作業、意思決定を行う場合、作業遂行に関わる重要な情報が画面内で目立っていると、ユーザが現在の状況を即座に把握でき、作業を円滑に進めやすくなる。逆に、重要でない情報が重要な情報と同程度、またはそれ以上に目立っていると、現在の状況を正しく把握することが困難になり、結果、作業効率低下やヒューマンエラー発生につながる[1]。

特に、航空管制や運用管理などの監視系業務では多種多様な情報を画面上に同時に表示する必要があり、配色やレイアウト上の制約なども相まって、重要な情報を適切に目立つように設計することは画面設計の専門家であっても困難である。また、目立ちやすさに配慮した画面を設計できたとしても、目立ちやすさは人間の主観的な感覚であることから、その妥当性の客観的な説明や、効果の提示が難しい。

これらの課題に対し、筆者らは画面上の情報の目立ちやすさを客観的な数値とすることで、重要な情報が他と比べて顕著に目立つ適切な設計となっているかを、専門的知見を持たない人でも評価可能になると考えた。さらに、顧客に対して提案画面における目立ちやすさを数値化することで、説得力のある客観的な説明ができると考えた。

これまで筆者らは、画面の構成要素の因子の中でも特に

目立ちやすさに対する影響が大きいとされる、色・サイズ・レイアウト（注視点からの距離）それぞれについて、人間が感じる目立ちやすさとの関係を調べる実験を行い、オブジェクトの目立ちやすさを「誘目度」として数値化するモデルを構築してきた[2~4]。今回はこれらの因子に加え、画面内でよく使用される強調表現であり、目立ちやすさへの影響も大きい、枠線による目立ちやすさを評価できるモデルを構築することで、色による誘目度のモデルの精度と適用範囲を改良した。本モデルは、オブジェクトの枠線部分及びその内側・外側の色と、人間の感じる目立ちやすさとの関係を調べる実験結果を推定する重回帰式である。本稿ではモデル構築のために行った実験と構築したモデル、今後の展望について報告する。

2. 従来の色による誘目度算出の課題

誘目度とは、対象物がどの程度視覚的注意を引くかを数値化した指標であり[5]、中でも色に起因する誘目度を特徴誘目度と異質性誘目度の合計値として算出する方法が提案されている[6]。特徴誘目度とは色単体としての視覚的注意の引きやすさであり、異質性誘目度は、同画面上で使用されている他の色と比較したときの視覚的注意の引きやすさである。

筆者らはこの考え方を踏襲し、特徴誘目度と異質性誘目度を足し合わせることで色の誘目度を算出するモデルを、画面上のオブジェクトを評価する目的に特化したものとして構築してきた[2]。このうち特徴誘目度のモデルは、対象色の HLS 系での色相 H 、 $L^*u^*v^*$ 系でのメトリック彩度[7]に

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

加え、対象色と背景色との W3C 明度差[8]を説明変数として構成されている。なお、色相とは赤系統、青系統といった色合いを図 1 に示す色相環上の角度で表した値である。メトリック彩度とは、色空間上での距離が知覚的な色の距離に類似するよう設計された表色系である、 $L^*u^*v^*$ 系における彩やかさの指標である。W3C 明度差とは、2 色の明るさを比較することで算出される視認性の指標である。

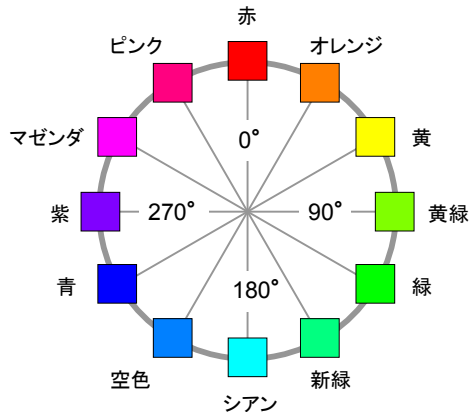


図 1 色相環 (HLS 表色系)

Figure 1 Hue circle (HLS color model).

これまで筆者らは、実験を経て構築したモデルを実際の画面に適用し、人間が感じる目立ちやすさの主観との合致度を確認することで、モデルの精度や実用面での課題を発見し、モデル改良を行ってきた。この活動の中で見つかった色の誘目度モデルの課題が、周囲を枠線によって囲われたオブジェクトの誘目度算出精度である。

本モデルを用いて誘目度を算出するには、各オブジェクトの色を一意に定める必要がある。そのため、オブジェクトに複数の色が使用されている場合、各オブジェクトの平均的な色をモデルの入力として誘目度を算出しており、複数の色が使用されたオブジェクトのうち多くについて、人間が実際に感じる目立ちやすさの感覚と大きな差異がないことを確認できた。

しかし、オブジェクトの周りを枠線が囲っている場合に上記の方法を取ると、枠線による強調効果が誘目度に十分に反映されず、特に特徴誘目度が実際の感覚より低めに算出されてしまうことが分かってきた。枠線は、テキストボックスやボタン、選択中の項目などを表現するためによく使われており、枠線付きオブジェクトの誘目度を精度良く算出可能とすることが、モデルの実用性を高めるために必要と考えた。

3. 枠線による誘目度に関する実験の設計

枠線付きオブジェクトの誘目度を精度よく算出可能とするためには、枠線が付いていないオブジェクトに枠線が付いた場合の特徴誘目度の変化分(以後、「枠線の影響」と

呼称)を推定するモデル(以後、「枠線モデル」と呼称)を構築することが有効であると考えた。そのため、枠線の影響がどのような因子により決定されるかについて仮説を立て、実験で調べることにした。

3.1 枠線の影響についての仮説

枠線の影響を決定する因子としては、枠線の色、枠線の太さ、枠線の形状(点線、波線、二重線など)があると考えられる。しかし、実際の画面では色に比べて太さや形状のバリエーションは少ないことから、今回は色による影響について仮説を立て、モデル化を行った。

仮説立案に先立ち、小規模なプレ実験を行った。まず、枠線とその内側(以後、「中身」と呼称)、外側(以後、「背景」と呼称)の色の色相・明度・彩度について、様々な条件を組み合わせる複数のオブジェクトを作成した。そして、これらのオブジェクトを組にして、実験協力者に目立ちやすさを一対比較してもらった。結果、枠線部分の色だけでなく、中身や背景との明度や色相の差も枠線の影響に関係することが分かってきた。本結果を踏まえて立てた仮説一覧を以下に示す。

仮説 1 (枠線の彩度に関して)

枠線のメトリック彩度が高くなると、枠線の影響は大きくなる。

仮説 2 (枠線の色相に関して)

枠線のメトリック彩度がある程度高い場合、枠線の色相が緑の時の方が、赤・青の時より枠線の影響は大きくなる。

仮説 3 (枠線と中身の色相差に関して)

枠線と中身の色相 H の差が大きいと、枠線の影響は大きくなる。

仮説 4 (枠線・中身・背景の明度の関係に関して)

下記 $\alpha \sim \gamma$ が枠線の影響を変化させる。

- α . 枠線と中身の W3C 明度差
- β . 枠線と背景の W3C 明度差
- γ . 中身と背景の W3C 明度差

このうち α と β は、大きくなるほど枠線の影響も大きくなる。 γ は、大きくなるほど枠線の影響は小さくなる。ただし $\alpha \sim \gamma$ は独立ではないため、互いに影響を及ぼし合う。

3.2 実験の設計と実施

枠線の影響についての仮説を検証するために、画面上に表示したオブジェクト(以後、「評価対象オブジェクト」と呼称)の目立ちやすさを実験協力者に採点法で評価してもらう実験を行った。

なお、画面上の大半を占める背景部分の色が頻りに変わると実験協力者にかかる負担が大きくなると考え、背景色は固定した。しかし、これにより仮説 4 で扱う 3 つの変数

について、枠線の影響との関係を他の変数による外乱を排除して分析することが困難になった。特に枠線と中身の明度差（仮説4の α ）と枠線の影響との関係は、他の明度差による外乱の排除が不可能であった。そのため、今回の実験は仮説1~3の検証を主目的とした設計とした。仮説4に関してはモデルの変数を選択するにあたって参考となるデータを収集するに留め、結果の分析も、枠線と背景の明度差及び中身と背景の明度差（仮説4の β と γ ）についてのみ行うことにした。

(1) 実験条件

評価対象オブジェクトは、枠線の色、中身の色、枠線の有無の条件を変化させ、組み合わせることでバリエーションを作成した。背景色は、近年の業務システム画面で使用されることが多い、明るめの無彩色で固定した。その他、中身のメトリック彩度、オブジェクトの面積、枠線の太さも固定とした。なお、これらの実験条件は実際の画面でよく使用される配色・サイズ・枠線の太さ・形状に加え、枠線部分の視認性を考慮して設定した。

評価対象オブジェクトの例を図2に示す。図2のaは枠線付きオブジェクト、図2のbは枠線のないオブジェクトの例である。

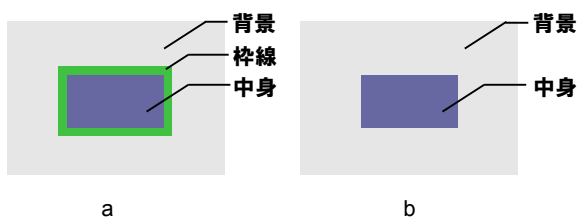


図2 評価対象オブジェクトの例
 Figure 2 Examples of target objects.

評価対象オブジェクトの実験条件の一覧を以下に示す。これらの条件を組み合わせることで、実験で目立ちやすさを評価する評価対象オブジェクトのパラメータを決定した。

◆変化させる条件

- ・ 枠線のメトリック彩度 : 30, 60, 90, 120
- ・ 枠線の色相 H : 0 (赤), 120 (緑), 240 (青)
- ・ 枠線の W3C 明度 : 80, 140, 200
- ・ 中身の W3C 明度 : 50, 110, 170
- ・ 中身の色相 H : 0 (赤), 120 (緑), 240 (青)
- ・ 枠線の有無 : あり, なし

◆固定する条件

- ・ 背景の色 : W3C 明度 230 の無彩色
- ・ 中身のメトリック彩度 : 48
- ・ オブジェクトの形状 : 横長の矩形
- ・ オブジェクトの大きさ : 視角 1.9 度×3.5 度
 (視距離 40cm で 1.3cm×2.4cm)

- ・ 枠線の太さ : 視角 0.3 度
 (視距離 40cm で 0.2cm)

枠線の色相と中身の色相の組み合わせ方を表1に示す。表1のように組み合わせることで、仮説3に関する変数である枠線と中身の色相 H の差を 2 条件 (0, 120) 用意した。

表1 枠線と中身の色相 H の組み合わせ

Table 1 Hue combinations of frame and inside colors.

ID	色相 H		枠線と中身の色相差
	枠線	中身	
1-1	0 (赤)	0 (赤)	0
1-2	0 (赤)	120 (緑)	120
1-3	0 (赤)	240 (青)	120
1-4	120 (緑)	0 (赤)	120
1-5	120 (緑)	120 (緑)	0
1-6	120 (緑)	240 (青)	120
1-7	240 (青)	0 (赤)	120
1-8	240 (青)	120 (緑)	120
1-9	240 (青)	240 (青)	0

枠線、中身、背景の W3C 明度の組み合わせ方を表2に示す。表2のように組み合わせることで、仮説4に関する変数である枠線と中身の W3C 明度差を 3 条件 (30, 90, 150)、枠線と背景の W3C 明度差の条件を 3 条件 (30, 90, 150)、中身と背景の W3C 明度差の条件を 3 条件 (60, 120, 180) 用意した。

表2 枠線・中身・背景の W3C 明度の組み合わせ

Table2 Lightness combinations of frame, inside and background colors.

ID	W3C 明度			W3C 明度差		
	枠線	中身	背景	枠線と中身	枠線と背景	中身と背景
2-1	80	50	230	30	150	180
2-2	80	110	230	30	150	120
2-3	80	170	230	90	150	60
2-4	140	50	230	90	90	180
2-5	140	110	230	30	90	120
2-6	140	170	230	30	90	60
2-7	200	50	230	150	30	180
2-8	200	110	230	90	30	120
2-9	200	170	230	30	30	60

なお、メトリック彩度の最大値は色相と明度によって変わるため、条件の組み合わせ方によっては作成できない。このような作成が不可能な条件を除くと、評価対象オブジェクトは枠線付きが計 234、枠線のないものが計 9 (中身の W3C 明度 3 条件×中身の色相 3 条件=9) となった。

(2) タスク

二つのオブジェクトを画面の左右に並べて提示し、右のオブジェクトの目立ちやすさを参考に、左のオブジェクトの

目立ちやすさを数値評価するタスクを実験協力者に実施してもらった。実験画面の例を図3に示す。

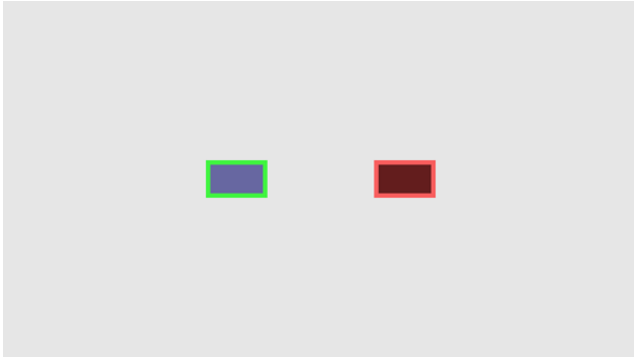


図3 実験画面の例
Figure3 Sample of task screen.

左側のオブジェクトは、実験協力者に目立ちやすさを評価してもらった評価対象オブジェクトである。右側のオブジェクトは、左側のオブジェクトの目立ちやすさを判断するための参考として提示している「基準オブジェクト」であり、全タスク共通とした。両オブジェクトの位置、サイズ、枠線の太さは全タスク共通とした。また、2つのオブジェクトは画面中央を注視点とした場合の有効視野範囲内に入るように配置した。

実験では、基準オブジェクトの目立ちやすさが1から7のうち6とした場合の、評価対象オブジェクトの目立ちやすさを1から7までの自然数で回答してもらった。なお、本来、実験協力者が評価を行う際の難易度を下げるために、尺度の中心にあたる4を基準とすることが望ましい。しかし、枠線付きオブジェクトの目立ちやすさについて、筆者らには十分な知見がなく、中程度の目立ちやすさとなる適切なオブジェクトを選定することが難しかった。そのため、評価対象オブジェクトの中で最も目立つと考えられるオブジェクトを筆者らが仮説を参考に選定し、尺度上の6にあたるオブジェクトとして示すことにした。

回答する数値範囲と基準オブジェクトの数値をいつでも確認できるように、実験協力者の手元に図4のような用紙を常時配置した。

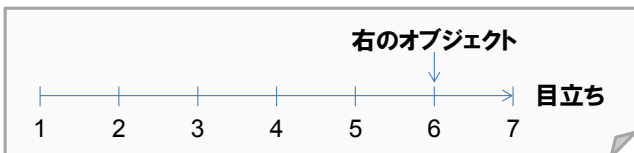


図4 実験協力者に提示した回答の選択肢を示す用紙
Figure 4 Options of examinee's evaluation.

(3) 実験の実施

実験協力者は20代～50代の男女20名で、過去の色覚検査

で異常が見られなかったか、実験に先立ち色覚検査を行った結果、異常が見られなかった者であった。

実験画面は、表示サイズ1104×621mm、アスペクト比16:9の50型プラズマディスプレイ上に表示した。ディスプレイは実験協力者から視距離150cmの位置に配置した。

実験協力者には、本実験前に練習として本実験の約1/3の量のタスクを行い、評価の感覚をつかんでもらった。また練習が足りないと申告した実験協力者に対しては、もう一度同じ練習タスクを、順序を変えて行ってもらった。本実験では実験協力者の疲労に配慮し、適宜休憩を挟んだ。

(4) 教示

実験協力者には、実験の目的、タスク内容、スケジュールと目安の所要時間について教示を行った。注意事項として、画面右の基準オブジェクトの目立ちやすさを参考に、左のオブジェクトの目立ちやすさを評価すること、誘目度の数値間の間隔は同じになるよう心がけて評価すること、などを併せて教示した。

実験を始める前に、実験の目的や、収集データと個人情報取り扱い、実験協力者の色覚特性を確認することについて、ヒューマンインタフェース学会の倫理指針に準拠した形で説明を行った。その上で、内容に理解・合意した協力者にのみ実験を実施してもらった。

4. 実験結果の分析

4.1 枠線の影響の算出

収集したデータの中には、枠線付きオブジェクトを評価したものと枠線のないオブジェクトを評価したものが混在している。前者は中身の目立ちやすさと枠線の影響を足し合わせた目立ちやすさを表し、後者は中身の目立ちやすさを表す評価データとなっている。ここから枠線の影響だけを取り出すために、式(1)、(2)に示す処理を行った。

- 各オブジェクトに対する、実験協力者20人分の評価値の平均を計算し、各オブジェクトの評価値とする

$$X_i = \sum_{j=1}^{20} \frac{X_{ij}}{20} \quad \text{式(1)}$$

X_i : オブジェクト*i*の評価値

X_{ij} : オブジェクト*i*に対する被験者*j*の評価値

- 枠線付きオブジェクトの評価値から、枠線を取り除いた枠線のないオブジェクトの評価値を引くことで差を求め、これを枠線の影響とする

$$x_i = X_i - X_{i'} \quad \text{式(2)}$$

x_i : 枠線付きオブジェクト*i*の枠線の影響

$X_{i'}$: 枠線付きオブジェクト*i*から枠線を除いたオブジェクトであるオブジェクト*i'*に対する評価値

この処理により、234 の枠線付きオブジェクトにおける枠線の影響を算出し、その後の分析に用いた。

4.2 仮説の検証と分析

3.1 節で述べた 4 つの仮説について分析を行った。なお、以後の分析では各パラメータが枠線の影響と有意に関係しているかを調べる方法として、Tukey-Kramer 法[9]を使用した。

(1) 枠線の彩度に関する検証 (仮説 1)

枠線のメトリック彩度と、枠線の影響との関係を図 5 に示す。枠線のメトリック彩度の増加に伴い枠線の影響も有意に増加しているため、仮説は支持された。

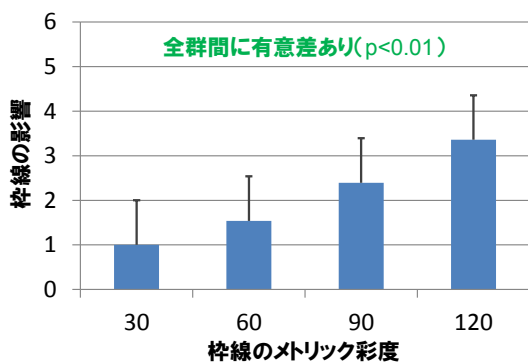


図 5 枠線の彩度と枠線の影響の関係

Figure 5 Relationship between “metric chroma of frame” and “frame effect”.

(2) 枠線の色相に関する検証 (仮説 2)

枠線の色相と、枠線の影響との関係を、枠線のメトリック彩度別に図 6 に示す。

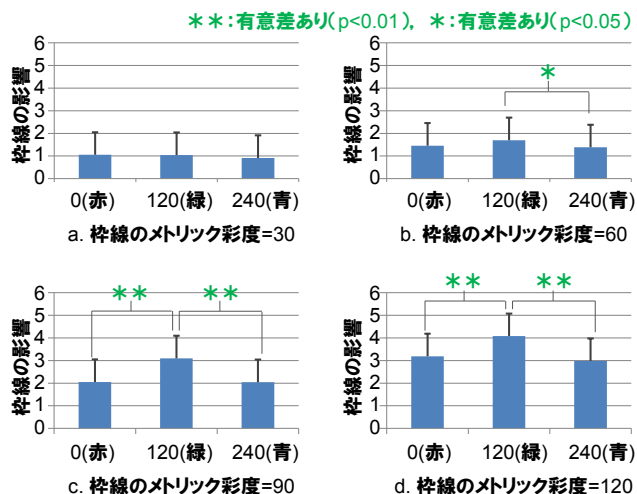


図 6 枠線の色相と枠線の影響の関係

Figure 6 Relationship between “hue of frame” and “frame Effect”.

図 6 の a, b に示すように、メトリック彩度が低い (30, 60) 場合、枠線の色相の条件間に有意差はほとんど見られない。しかし、図 6 の c, d に示すように、メトリック彩度が高い (90, 120) 場合、枠線の色相が赤・青より緑の方が有意に枠線の影響が大きい。よって、仮説は支持された。

(3) 枠線と中身の色相差に関する検証 (仮説 3)

枠線と中身の色相差と、枠線の影響との関係を図 7 に示す。枠線と中身の色相差が大きくなるほど、枠線の影響も有意に大きくなる傾向が見られた。よって、仮説は支持された。

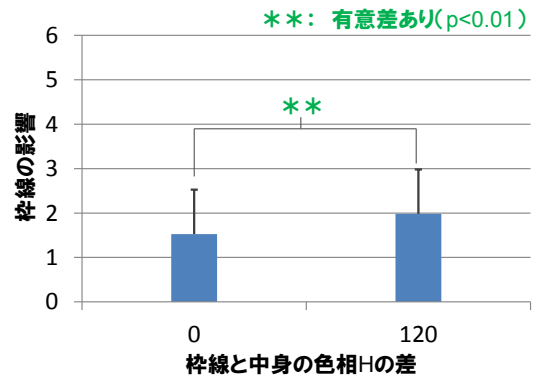


図 7 枠線と中身の明度差と、枠線の影響の関係

Figure 7 Relationship between “hue difference between frame and inside” and “frame effect”.

(4) 明度差に関する分析 (仮説 4)

◆ 枠線と背景の明度差に関して (仮説 4 の β)

他の明度差 (枠線と中身, 中身と背景) による外乱を排除し、枠線と背景の W3C 明度差による影響を検証できる部分を抽出したものを図 8 に示す。

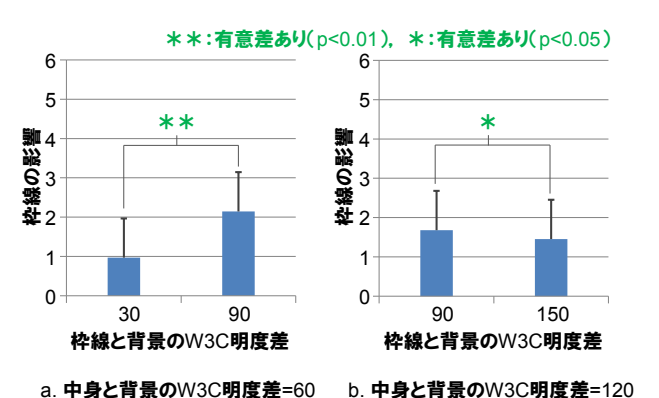


図 8 枠線と背景の明度差と、枠線の影響の関係 (枠線と中身の明度差が 30 のとき)

Figure 8 Relationship between “lightness difference between frame and background” and “frame effect” (“lightness difference between frame and inside”= 30).

図 8 では、枠線と中身の W3C 明度差を 30 に固定し、その際の枠線と背景の W3C 明度差と、枠線の影響との関係を、中身と背景の W3C 明度差別 (60, 120) に示している。図 8 の a に示すように、中身と背景の明度差が 60 のときは、枠線と背景の明度差が大きくなるほど枠線の影響も有意に大きくなっている。これに対して、図 8 の b に示すように、中身と背景の明度差が 120 のときは、枠線と背景の明度差が大きくなるほど、枠線の影響はわずかではあるが有意に小さくなっている。

このように、限定的な条件下での分析ではあるが、枠線と背景の明度差と枠線の影響との関係は、中身と背景の明度差の大きさによって変化する可能性があるかと推察される。

◆中身と背景の明度差に関して (仮説 4 の γ)

他の明度差 (枠線と中身, 枠線と背景) による外乱を排除し、中身と背景の W3C 明度差による影響を検証できる部分を抽出したものを図 9 に示す。

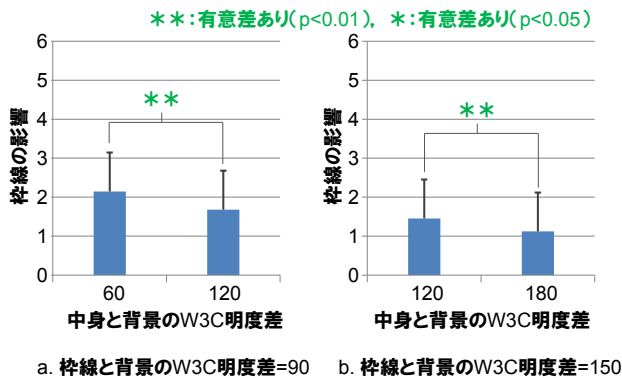


図 9 中身と背景の明度差と、枠線の影響の関係 (枠線と中身の明度差が 30 のとき)

Figure 9 Relationship between “lightness difference between inside and background” and “frame effect” (“lightness difference between frame and inside”= 30).

図 9 では、枠線と中身の明度差を 30 に固定し、その際の中身と背景の明度差と、枠線の影響との関係を、枠線と背景の明度差別 (90, 150) に示している。枠線と背景の明度差がいずれの場合も、中身と背景の明度差が大きくなるほど枠線の影響は有意に小さくなっている。

このように、限定的な条件下ではあるが仮説に即した傾向が見られた。

5. モデルの構築

枠線の影響を算出するモデルを構築するために、実験結果から算出した枠線の影響を被説明変数とする回帰分析を実施した。なお、主効果の項と交互作用の項との相関が高くなることを防ぐために、説明変数を中心化したうえでモデル構築を進めた。

5.1 主効果のみの回帰式作成

4 章の分析では仮説 1~3 が支持された。また、仮説 4 で扱っている変数についても、何らかの形で枠線の影響に関係していることが示唆された。そのため、まずは仮説で扱っている以下の A~F の全てを説明変数とする回帰式を作成し、そこから AIC (赤池情報量基準) [10]が最小となる式が求まるまで P 値の大きな説明変数から順に 1 つずつ減らすことで、主効果のみの回帰式作成を行った。

なお、B の「枠線の色相 H による値」とは、色相 H によって変化する値である。これまでの活動を通じて、色相ごとの人が感じる目立ちやすさを算出する関数を構築してきたが、この関数が出力する値である。

◆説明変数候補

- A. 枠線のメトリック彩度
- B. 枠線の色相 H による値
- C. 枠線と中身の色相 H の差
- D. 枠線と中身の W3C 明度差
- E. 枠線と背景の W3C 明度差
- F. 中身と背景の W3C 明度差

分析の結果を表 3 に示す。AIC 最小の式は式 1-1 だった。

表 3 主効果のみの回帰式

Table 3 Linear formula.

式の名前	説明変数	AIC
式 1-1	A, B, C, D, E, F	373.6
式 1-2	A, B, C, D, F	398.7

5.2 交互作用を含む回帰式作成

前節で作成した式 1-1 に、交互作用の項を追加した回帰式の作成を行った。回帰式の作成は、式 1-1 の説明変数から 2 つを選んで掛け合わせる全組み合わせによる交互作用を説明変数に追加して回帰式を作成し、そこから AIC が最小の式が求まるまで、P 値の大きな説明変数から順に 1 つずつ減らすことで行った。なお、説明変数の候補は以下のとおりである。分析の結果を表 4 に示す。AIC 最小の式は式 2-5 だった。

◆説明変数候補

- A. 枠線のメトリック彩度
- B. 枠線の色相 H による値
- C. 枠線と中身の色相 H の差
- D. 枠線と中身の W3C 明度差
- E. 枠線と背景の W3C 明度差
- F. 中身と背景の W3C 明度差
- A~F から 2 つを選ぶ全組み合わせの掛け算

表 4 交互作用を含む回帰式

Table 4 Linear formula with interaction factors.

式の名前	説明変数	AIC
式 2-1	A, B, C, D, E, F, AB, AC, AD, AE, AF, BC, BD, BE, BF, CD, CE, CF, DE, DF, EF	166.5
式 2-2	A, B, C, D, E, F, AB, AC, AD, AE, AF, BC, BD, BE, BF, CD, CE, CF, DE, EF	164.5
式 2-3	A, B, C, D, E, F, AB, AC, AD, AE, AF, BC, BD, BE, BF, CD, CE, CF, DE	162.9
式 2-4	A, B, C, D, E, F, AB, AC, AD, AE, AF, BC, BD, BE, CD, CE, CF, DE	161.2
式 2-5	A, B, C, D, E, F, AB, AC, AD, AE, AF, BC, BE, CD, CE, CF, DE	160.2
式 2-6	A, B, C, D, E, F, AB, AC, AD, AE, AF, BC, BE, CD, CE, DE	160.8

以上の分析から、式 2-5 を枠線の影響を推定するモデルとして決定した。モデルによる予測値と、実験結果から求めた枠線の影響との関係を図 10 に示す。また、モデルの構造を式(3)に示す。なお、本モデルの自由度調整済決定係数は 0.917, RMSE (Root Mean Square Error) [11]は 0.314 であった。

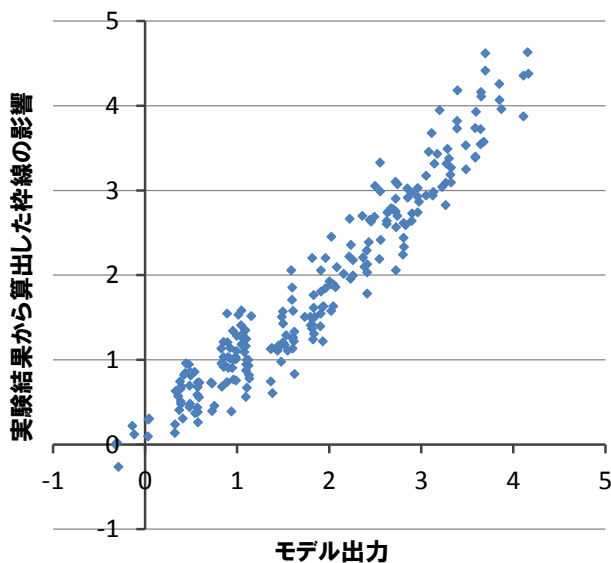


図 10 モデル出力と、実験データとの関係
 Figure 10 Relationship between model output and frame effect.

枠線モデル

$$\begin{aligned}
 &= w_1A + w_2B + w_3C + w_4D + w_5E + w_6F + w_7AB + w_8AC \\
 &+ w_9AD + w_{10}AE + w_{11}AF + w_{12}BC + w_{13}BE + w_{14}CD \\
 &+ w_{15}CE + w_{16}CF + w_{17}DE + w_{18}
 \end{aligned}
 \tag{3}$$

w_i : 定数

6. モデルの検証

6.1 検証実験の実施

構築したモデルの精度検証を行うために、モデル構築に使用した実験データとは異なるデータを検証実験で新たに収集した。検証実験は、最初の実験と比べて実験手続きや、実験協力者の特性・人数の違いはないが、実験条件に変化を持たせた。主な変更点は、枠線と中身の色相の条件から赤をなくし、代わりに黄を追加したことである。これまでのモデル構築の中で、明るい背景色上では、黄は赤と青よりさらに目立ちにくい色相であることが分かっている。そのため、検証実験の条件に黄を含めることで、先の実験条件から外れた場合におけるモデルの精度を確認し、モデルの適用範囲の広さを確かめることができると考えた。

検証実験では枠線のないオブジェクトも含め、総計 141 の評価対象オブジェクトを用意し、実験協力者に評価してもらった。このうち 128 のオブジェクトは、最初の実験とは異なるものである。

6.2 検証結果

検証実験の各評価対象オブジェクトについて、モデル出力と、検証実験結果から算出した枠線の影響との関係を図 11 に示す。ばらつきはあるものの、モデル出力と追実験データの間には正の相関が見られた。相関係数は 0.724, RMSE は 0.911 であった。

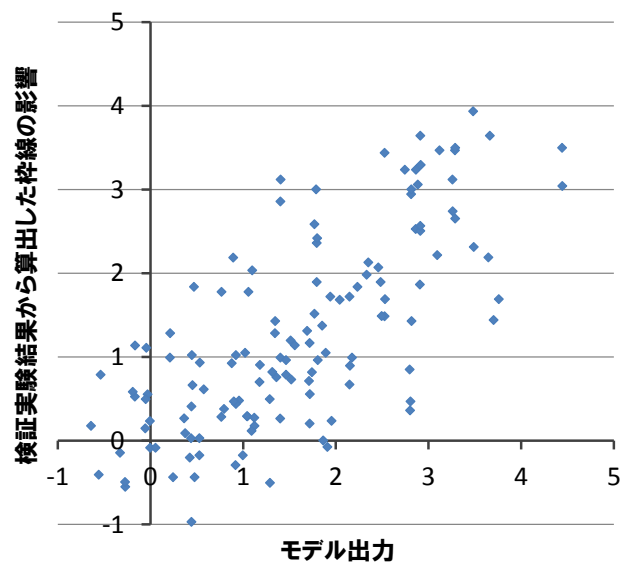


図 11 モデル出力と、検証実験データとの関係
 Figure 11 Relationship between model output and frame effect of verification experiment.

7. モデルの課題に関する考察

7.1 暗い背景の画面への対応

今回の実験では背景色を一色に固定したため、明度差に関する仮説4については参考となるデータを収集するに留めた。本仮説の検証を行うためには、背景色の明るさが異なる場合の実験データの収集を行う必要がある。

なお、今回の実験では背景色を明るい色に固定したが、実際の画面では暗い色が背景色にも使用されることもある。筆者らはすでに暗い背景上での色の目立ちやすさを実験で調べ、特に色相による目立ちやすさについて、背景色による違いが顕著に表れることを確認している。例えば、黄は明るい背景上では目立ちにくい、暗い背景上では目立ちやすい。そのため、モデルの適用範囲を広げるといっても、背景色が異なる実験データの収集は有効であると考えられる。

以上の理由から、今後は暗い背景における枠線による影響についても実験で検証し、画面の背景色の明るさによってモデルを分けて構築していきたいと考える。

7.2 枠線の色以外の因子による影響の反映

今回構築したモデルは、枠線の色による影響を出力するものである。しかし、枠線の表現に関する要素としては、他にも太さや形状（点線、波線、二重線など）があり、これらの因子も枠線の影響に関わってくると考えられる。実際の画面では色に比べて太さや形状のバリエーションは少ないと考え、今回は色による影響のモデル化を行ったが、モデルの精度を高めるためには、太さや形状による影響についても実験で確認し、モデルに反映していく必要があると考える。

7.3 実際の画面適用時の精度検証

今回のモデル構築の目的は、実際の画面に表示される情報の目立ちやすさを客観的な数値として評価できるようにすることである。そのため、モデルの有用性を判断するためには、単純な表現のオブジェクトのみを扱う実験タスク画面上での精度だけでなく、実際の画面上の情報の目立ちやすさに対する精度を確認する必要がある。

2章で述べたように、筆者らが過去に構築してきたモデルについては、画面に適用した際のモデル出力と、人間が画面を見て感じる目立ちやすさの感覚との間にずれがないか確認することで、精度の確認とモデルの課題発見・改良を行ってきた。同様に、今回構築した枠線モデルについても、実験データ拡充によるモデル改良に加え、実際に画面上での精度の確認を行うことで、モデルの課題発見と改良につなげていきたい。

8. まとめ

オブジェクトに枠線による強調が施されたときに、人間が感じる目立ちやすさの増分を数値化するモデルを構築した。本モデルは、オブジェクトの枠線部分及びその内側・外側の色と、人間の感じる目立ちやすさとの関係を調べる実験を行い、その結果を推定する重回帰式である。本モデルの構築により、筆者らが過去に構築した色の特徴誘目度モデルを改良することができた。

ただし、本モデルの品質を実際の画面評価へ活用するにあたって十分なものにまで高めるためには、考察で述べた課題を解決する必要がある。今後も引き続き、実際の画面への適用と実験を並行して進めることで、モデルの検証と改良を行っていきたい。

参考文献

- 1) Airbus: Enhancing Situational Awareness; Flight Operation Briefing Notes, Human Performance, FLT OPS - HUM_PERF - SEQ 06 - REV 01 - JUL2007, pp2 (2007).
- 2) 横溝, 吉田, 池上: 情報の目立ちやすさの定量化 (1) -色による誘目度モデルの構築-; ヒューマンインタフェースシンポジウム 2013, 3321L, pp783-792 (2013).
- 3) 吉田, 横溝, 池上: 情報の目立ちやすさの定量化 (2) -サイズ・レイアウトおよび統合誘目度モデルの構築-; ヒューマンインタフェースシンポジウム 2013, 3322L, pp793-802 (2013).
- 4) 吉田, 横溝, 池上, 福住: オブジェクトのサイズと目立ちやすさとの関係の定式化; 信学技報, vol.114, no.189, HCS2014-55, pp.69-74 (2014).
- 5) Itti, Koch and Niebur: A model of saliency-based visual attention for rapid scene analysis; IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, 20 (11), pp. 1254-1259 (1998).
- 6) 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. A, 基礎・境界 J83-A(5), pp.576-588 (2000).
- 7) 財団法人日本色彩研究所: 色彩ワンポイント 2 色彩管理の基礎; 日本規格協会, pp.70 (1993).
- 8) W3C: Web Content Accessibility Guidelines 1.0 (1999).
- 9) 吉田: 不等標本サイズの場合の Tukey の多重比較法: 精密計算に基づく Tukey-Kramer 法の評価; 計算機統計学 2(1), pp.17-24 (1989).
- 10) 得丸, 柴田, 他: 統計工学ハンドブック; 培風館, pp.313-314 (1987).
- 11) Armstrong and Collopy: Error Measures For Generalizing About Forecasting Methods: Empirical Comparisons; International Journal of Forecasting, Vol.8, Issue1, pp.69-80 (1992).