

# Web 閲覧時の背景色と文字色の視認性に関する基礎的検討

納富 一宏<sup>1</sup>・平松 明希子<sup>2</sup>・山口 俊光<sup>3</sup>・斎藤 恵一<sup>4</sup>・斎藤 正男<sup>4</sup>

<sup>1</sup>情報工学科 <sup>2</sup>情報工学科 学部3年 <sup>3</sup>博士前期課程 情報工学専攻 <sup>4</sup>東京電機大学 超電導応用研究所

## A Fundamental Study on Visibility of Background and Character Colors at the Web Browsing

Kazuhiro Notomi<sup>1)</sup>, Akiko Hiramatsu<sup>2)</sup>, Toshimitsu Yamaguchi<sup>2)</sup>, Keiichi Saito<sup>3)</sup>, Masao Saito<sup>4)</sup>

### Abstract

In this paper, firstly, we described a paired comparison test of character and background colors. The color sets were selected from achromatic colors of the Web Safe Color, which is a de facto standard for the HTML color representation. Secondly, we showed a SOM (Self-Organizing Map) analysis to estimate different color sets for visibility of same users. Since a user profiling is required beforehand for every user, we solved this problem with SOM. Finally, we proposed a Web browsing method with an automatic color correction (palette changing) for personal user's visibility. We applied the result of the test and analysis to our method, and we implemented a Palette Changing System for evaluating of usability as CGI (Common Gateway Interface) software on a HTTP server of the Internet. It was suggested that our method is useful for automatic color correction of Web browsing and is available for improving visibility and individual personal usability.

**Keywords:** Visibility, Color Correction, Paired Comparison Test, Self-Organizing Map, User Profile, the Internet, and WWW

### 1. はじめに

近年、コンピュータの普及により、誰もが気軽にインターネット、特に Web (WWW: World Wide Web) を利用できるようになっている。一般に、Web コンテンツは情報提供手段として他のメディアに比べて低コストであるため、様々なデザインが適用されると共に、動的デジタルオブジェクトを活用するなど、利用者層の関心を集める工夫がなされている。

しかし、各種機関・企業・大学をはじめとする比較的大規模な Web サイトが配信するものの中には、見づらい Web ページも数多く存在し、Web ページを作成する上で実際的な見やすさの基準、または指標となるものはないことが指摘されている<sup>[1], [2]</sup>。さらに、ユニバーサルデザイン的な見方では W3C WAI (Web Accessibility Initiative)<sup>[3]</sup>の公開する 4 つのガイドラインのうち、WCAG (Web Content Accessibility Guidelines) および ATAG (Authoring Tool Accessibility Guidelines) が注目されるのみである。

こうした現状から、我々は Web 閲覧時の視認性向上のための方式の提案が重要な課題であると考え、

本研究の目的は、①Web 閲覧者(利用者)の「見やすさ」の基準を明らかにするための基礎データの収集・分析、②個人差を考慮したコンテンツ表示に関する自動補正方式の開発、の2点である。

本稿では、Web 閲覧時の視認性向上を目的として、第2章では基礎データの収集として「コンテンツの前景(文字)色と背景色の組み合わせ(以下、これをカラーセットと呼ぶ)」に注目した一対比較実験について述べる。また、第3章では、カラーセット予測の可能性を検討するために自己組織化マップ (SOM: Self-Organizing Maps) による分析結果について述べる。そして、第4章では利用者の個人差を考慮した自動色補正機能を有する Web 閲覧方式についての提案、およびシステムの実装例を示し、応用面について考察する。

### 2. 前背景色の一対比較実験

Web ページの見やすさを評価するためのレイアウト的、あるいはデザイン的要素には、色、文字の大きさ、画像などがあげられるが、それらをまとめて評価するのは困

難であることから、カラーセット(前背景色の組み合わせ)に着目し、評価対象を単純化する。また、見やすさの基準をコントラストと輝度で評価するために、カラーセットを無彩色に限定する。ここでは、前背景色の一対比較実験について述べる。

## 2.1 実験方法

被験者 10 名(教員2名, 学生8名, 男女比4:6)に対し、以下の条件・環境下で実験を行った。実験に使用した装置およびソフトウェアを表1に示す。また、計測プログラムとしては、今回の実験のために我々が自身で開発したものをを用いた(図1)。

同一背景色上に色の異なるランドルト環2つを同時に表示し(図2)、被験者が見やすいと思ったランドルト環側のマウスボタン(左もしくは右)をクリックするよう教示した。被験者とディスプレイとの距離約 50cm, 視野角 2 度、画面表示待機時間 1 秒に設定した。また、被験者が選択に要する時間は制限しなかった。

実験に用いた色は、デファクト・スタンダードである「Web Safe Color(4.4参照)」から選んだ無彩色5色であった。色の組み合わせ(順列)は、背景、および左右に配置したランドルト環2つに対して、それぞれ異なる色を使うため、合計 60 通り( ${}_3P_3=5 \times 4 \times 3$ )となり、これを 1 セットとした。計測は一人あたり3セットとした。従って、一対比較の試行回数は一人あたり合計 180 回となる。

なお、カラーセットの提示シーケンスは乱数を用いて被験者ごとに異なる順序とした。

表1. 実験装置およびソフトウェア

| 装置・ソフトウェア              | メーカー・型など             |
|------------------------|----------------------|
| パーソナルコンピュータ            | Proside Pro DS1000SP |
| CRT ディスプレイ             | Mitsubishi RDF171S   |
| OS                     | Windows2000          |
| ランドルト環色比較判定<br>計測プログラム | TwinRing ver.1.0.2   |

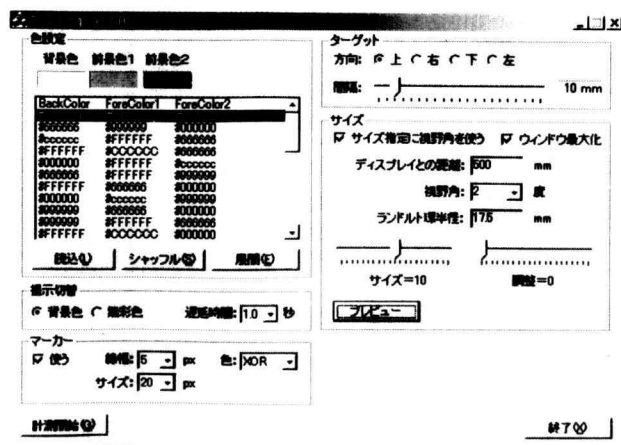


図1. 計測条件の設定画面

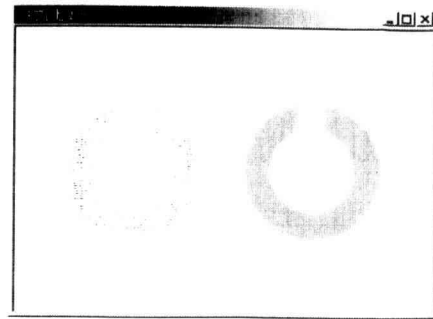


図2. ランドルト環プレビュー画面

ここで、計測プログラム(図1)について補足する。

プログラム TwinRing は、本研究の今後の実験計画を考慮して、汎用性を重視した設計となっており、主に4つのコンフィギュレーション機能から構成される。すなわち、①実験シーケンスおよびカラーセットの設定、②画面切り替えおよび注視点マーカーに関する設定、③ランドルト環開口方向および環提示間隔の設定、④提示サイズ(ピクセル指定および視野角指定)の設定である。

プログラムはタイマー割込み精度の関係で、NT カーネル系 Windows(NT4.0, 2000, XP)上で動作し、C++言語を用いてインプリメントした。プログラムの規模は、ソースファイル 1,757 行(43,577 バイト)、クラス数 6 である。

また、実際の計測時には、ランドルト環の提示画面は最大表示されるため、図2のようなウィンドウフレームは表示されない。

## 2.2 実験結果

### 2.2.1 一対比較による心理学的尺度化

Thurstone の一対比較法<sup>[4], [5]</sup>により実験結果の心理学的尺度化を行った。これを表2にまとめる。

表2. 一対比較

| #000000 | 平均   | AH   | TY   | KN   | KS   | TK   | KK   | CK   | AK   | NK   | MK   |
|---------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| #000000 | -2.7 | -4.0 | -4.0 | -3.0 | -4.0 | -1.9 | -3.0 | -1.8 | -4.0 | -0.5 | -0.3 |
| #999999 | -0.5 | -1.3 | -1.3 | -1.0 | -1.3 | 0.1  | 0.7  | -0.2 | -0.1 | 0.1  | 0.0  |
| #CCCCC  | 1.2  | 1.3  | 2.3  | 0.0  | 1.3  | 1.8  | 1.7  | 0.8  | 2.7  | 0.4  | 0.0  |
| #FFFFFF | 1.9  | 4.0  | 3.0  | 4.0  | 4.0  | 0.0  | 0.7  | 1.3  | 1.5  | -0.1 | 0.3  |

| #000000 | 平均   | AH   | TY   | KN   | KS   | TK   | KK   | CK   | AK   | NK   | MK   |
|---------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| #000000 | -0.9 | -1.3 | -2.7 | 1.0  | -1.2 | -1.7 | -1.5 | -1.2 | 0.0  | -0.1 | -0.5 |
| #999999 | -2.1 | -4.0 | -2.7 | -3.0 | -2.8 | -0.6 | -2.7 | -1.8 | -3.0 | -0.5 | -0.3 |
| #CCCCC  | 0.5  | 1.3  | 1.3  | -1.0 | 0.0  | 0.6  | 0.1  | 0.3  | 1.3  | 0.6  | 0.5  |
| #FFFFFF | 2.5  | 4.0  | 4.0  | 3.0  | 4.0  | 1.7  | 4.0  | 2.7  | 1.7  | 0.0  | 0.3  |

| #999999 | 平均   | AH   | TY   | KN   | KS   | TK   | KK   | CK   | AK   | NK   | MK   |
|---------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| #000000 | 1.6  | 3.0  | 1.3  | 4.0  | 1.6  | 0.8  | 2.8  | -0.7 | 1.3  | 1.6  | 0.3  |
| #000000 | -1.7 | -2.5 | -3.0 | -2.5 | -2.8 | 0.9  | -3.0 | -1.5 | -2.5 | 0.5  | -0.3 |
| #CCCCC  | -1.6 | -2.8 | -1.3 | -2.8 | -1.3 | -1.8 | -2.3 | -0.5 | -0.8 | -1.7 | -0.3 |
| #FFFFFF | 1.6  | 2.3  | 3.0  | 1.3  | 2.5  | 0.1  | 2.5  | 2.7  | 2.0  | -0.5 | 0.3  |

| #CCCCC  | 平均   | AH   | TY   | KN   | KS   | TK   | KK   | CK   | AK   | NK   | MK   |
|---------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| #000000 | 2.4  | 4.0  | 2.7  | 4.0  | 2.7  | 1.7  | 4.0  | 1.5  | 1.7  | 1.6  | 0.3  |
| #666666 | 0.8  | 1.3  | 0.1  | 1.3  | 0.1  | 2.7  | 1.3  | -0.9 | 1.3  | 0.3  | 0.3  |
| #999999 | -2.3 | -3.0 | -3.0 | -2.5 | -4.0 | -2.3 | -3.0 | -0.5 | -4.0 | -0.1 | -0.6 |
| #FFFFFF | -0.9 | -2.3 | 0.2  | -2.8 | 1.2  | -2.0 | -2.3 | -0.1 | 1.0  | -1.8 | 0.0  |

| #FFFFFF | 平均   | AH   | TY   | KN   | KS   | TK   | KK   | CK   | AK   | NK   | MK   |
|---------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| #000000 | 2.0  | 4.0  | 2.0  | 4.0  | 4.0  | -0.2 | 2.0  | 2.7  | -0.9 | 1.5  | 0.6  |
| #666666 | 1.7  | 1.3  | 1.3  | 1.3  | 1.3  | 3.0  | 0.3  | 0.3  | 4.0  | 1.6  | 2.5  |
| #999999 | -0.3 | -1.3 | 0.7  | -1.3 | -1.3 | 0.0  | 0.7  | 1.1  | -0.1 | -0.1 | -1.3 |
| #CCCCC  | -3.4 | -4.0 | -4.0 | -4.0 | -4.0 | -2.8 | -3.0 | -4.0 | -3.0 | -3.0 | -1.8 |

表2において、上から順に背景色が“#000000”，“#666666”，“#999999”，“#CCCCC”，“#FFFFFF”のもので、縦軸が文字色、横軸が被験者の氏名(イニシャル)を示している。表中の数値は、被験者ごとに一対比較を用いて実験データを得点化したものである。値が高いほど各被験者にとって視認性が高い(見やすい)ことを意味している。得点の低いもの(見づらいもの)ほど表の網掛け(背景色)を濃くした。

## 2.2.2 判定の一貫性の検討

一対比較では、同時に2つのものを比較し、どちらか一方を選択することで全体の対象物の順位付けを行うものである。しかしながら、AよりB、BよりC、CよりAと選択がなされた場合に、選択の順位が一巡してしまい、順位付けに矛盾が生じてしまう。これを評価するために Kendall の一致性係数(coefficient of consistency)  $\zeta$  を求める。比較対象数  $k$ 、 $i$  番目の対象が選択された回数  $a_i$  のとき、 $\zeta$  は次式で与えられる<sup>[4], [5]</sup>。

$$d = \frac{1}{6}k(k-1)(k-2) - \frac{1}{2} \sum_{i=1}^k a_i(a_i - 1) \quad \cdots (1)$$

$$k \text{ が奇数の場合: } \zeta = 1 - \frac{24d}{k^3 - k} \quad \cdots (2)$$

$$k \text{ が偶数の場合: } \zeta = 1 - \frac{24d}{k^3 - 4k} \quad \cdots (3)$$

被験者ごとに求めた  $\zeta$  の平均値は、0.88 となり、全体として一貫性のある選択が行われたことが確認できる。

## 2.2.3 判定の一致性の検討

実験では、左右に配置されたランドルト環の空間的順序依存性を考慮しているため、一対比較の対象となる2色をそれぞれ  $C_1$ 、 $C_2$  とすると、 $C_1C_2$ 、および  $C_2C_1$  の同一ペアでの比較を行うこととなる。さらに、3セットの繰り返しを行うため、同じ色ペアが選択される最大値は6となる。このことから、Kendall の一致性係数(coefficient of consistency)  $u$  を求めることで、判定の一貫性が保たれているかを調べる。

判定回数  $n$ 、比較対象数  $k$ 、比較判定結果の正平方

列の要素を  $x_{ij}$  とした場合、Kendall の一致性係数  $u$  は以下の式で与えられる<sup>[4], [5]</sup>。

$$S = \sum_{i < j} x_{ij}^2 - n \sum_{i < j} x_{ij} + \binom{n}{2} \binom{k}{2} \quad \cdots (4)$$

$$u = \frac{8S}{k(k-1)n(n-1)} - 1 \quad \cdots (5)$$

ここで、 $u$  の取り得る範囲は以下のようになり、値が小さいほど判定に一貫性がなく、1 に等しいとき判定が完全に一致することを表す。

$$\begin{cases} -\frac{1}{n} \leq u \leq 1 & (n \text{ が奇数}) \\ -\frac{1}{n-1} \leq u \leq 1 & (n \text{ が偶数}) \end{cases} \quad \cdots (6)$$

また、自由度  $\nu$  の  $\chi^2$  分布を用いて検定を行うための  $\chi^2_0$  値は次式で与えられる。

$$\gamma = \binom{k}{2} \frac{n(n-1)}{(n-2)^2} = \frac{k(k-1)n(n-1)}{2(n-2)^2} \quad \cdots (7)$$

$$\chi^2_0 = \frac{4}{n-2} \left[ S - \frac{1}{2} \binom{k}{2} \binom{n}{2} \frac{n-3}{n-2} \right] \quad \cdots (8)$$

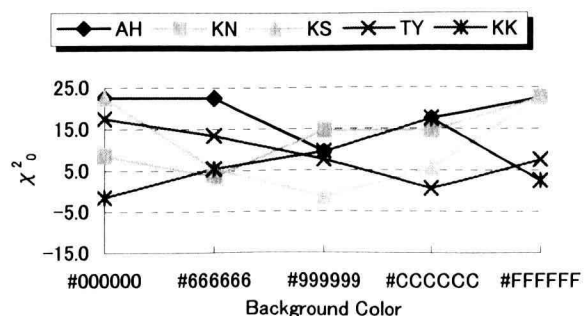
一致性係数  $u$  と  $\chi^2_0$  値との相関係数は1となるので、計算結果のうち  $\chi^2_0$  値のみを表3および図3に示す。

但し、データは平均値により降順にソートした。また、平均値 Avg の正負(符号)により、便宜的に被験者を2つのグループに分割した。

表3. 被験者ごとの一貫性( $\chi^2_0$  値)

|        |    | #000000 | #666666 | #999999 | #CCCCC | #FFFFFF | Avg   |
|--------|----|---------|---------|---------|--------|---------|-------|
| Group1 | AH | 22.5*   | 22.5*   | 9.5     | 17.5*  | 22.5*   | 18.9* |
|        | KN | 8.5     | 3.5     | 14.5    | 14.5   | 22.5*   | 12.7  |
|        | KS | 22.5*   | 5.5     | -1.5    | 5.5    | 22.5*   | 10.9  |
|        | TY | 17.5*   | 13.5    | 7.5     | 0.5    | 7.5     | 9.3   |
|        | KK | -1.5    | 5.5     | 9.5     | 17.5*  | 2.5     | 6.7   |
| Group2 | TK | -8.5    | -10.5   | -12.5   | 3.5    | -4.5    | -6.5  |
|        | AK | -12.5   | -7.5    | -4.5    | -16.5  | 5.5     | -7.1  |
|        | CK | -12.5   | -7.5    | -4.5    | -16.5  | 5.5     | -7.1  |
|        | NK | -23.5   | -23.5   | -11.5   | -11.5  | -3.5    | -14.7 |
|        | MK | -27.5   | -22.5   | -23.5   | -23.5  | -6.5    | -20.7 |

(\*: 危険率  $\alpha=0.1$  で検定した際、棄却域に入るもの)



a) Goup1

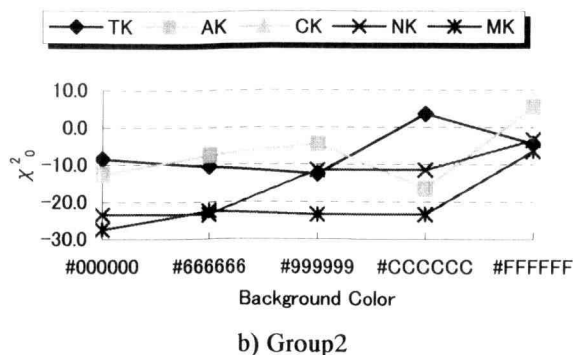


図3. 被験者ごとの一貫性 ( $\chi^2$  値)

## 2.3 考察

表2より、背景色と文字色のコントラストが近いものほど見づらいことが確認された。

見やすい色に関しては、個人差がかなり現れた。特に背景が中間色“#999999”の場合、両極端の“#000000”と“#FFFFFF”の2つに分かれた。これには、単にコントラストの差だけではなく、個人の好みも影響していることが考えられる。

また、背景色が両端の“#000000”（黒）や“#FFFFFF”（白）の場合に、一番見やすいと思った色が正反対の色だけに集中しなかった。この原因としては、コントラストがあまり強すぎると、目に負担がかかり、逆に見づらいと思うようになることが挙げられる。

さらに、背景色が中間色となる“#666666”や“#CCCCC”の場合は、共に“#999999”が一番見づらいという結果になった。この理由としては、CRT と RGB 表色系との色再現域 (Gamut) の違いを上げることができる。Web コンテンツが Web Safe Color のみで表現される場合は、色彩輝度計により計測された基準データによる色補正、および相互変換を考慮する必要がある。

また、表3の Group1 では、背景色が両端色“#000000”および“#FFFFFF”の場合に優位差が多く見られる。逆に背景色が中間色“#999999”の場合には、全く優位差が見られない。すなわち、一貫性が保たれていないことがわかる。これは、状況に応じて、選択基準が変化してしまうことを意味する。視認性という観点からは、ハイコントラストである色の組み合わせが選択される可能性が高いはずだが、被験者の疲労度によって、高輝度を嫌うという状況も少なくない。実際、実験後の口頭質問で、大半の被験者が実験シーケンスの後半に疲労を感じたと答えた。今回の実験では、各被験者に、全体で 180 回の選択を行ってもらったが、今後の実験においては、疲労の影響を考慮すべきであると考えられる。

図3では、Group2 の一貫性特性値が、Group1 と比較して、マイナス側にシフトしていることがわかる。さらに、高輝度になるほど一貫性が増加する傾向にあることがわかる。Group1 に分類した被験者の内訳は、教員2名、大学院生2名、および学部3年生1名であるのに対し、Group2 は5名全員が学部3年生であった。このことから、一般に、パソコン利用年数が長い場合、その分、VDT 作業に慣れていると考えられるため、一貫性にはパソコ

ン利用年数の違いが関係してくると思われる。

## 3. 自己組織化マップによる分析

見やすさの基準となるカラーセットについては、理論的には先に述べた一対比較実験を行うことで利用者毎の基礎データの収集は可能であるが、現実問題として、全カラーセットについて調査することは不可能である。従って、部分的なカラーセットによる一対比較実験の結果から他のカラーセットを用いた場合の結果が予測可能であるか否かを評価するために、自己組織化マップ (SOM: Self-Organizing Map) [6], [7] によるクラスタリングを用いた分析を行った。

SOM は教師なし競合学習型ニューラルネットワークモデルのひとつであり、 $n$  次元属性ベクトルから 2 次元へのトポロジカルマッピングの機能を有する。汎用的なデータ・クラスタリングおよび情報視覚化への応用に有効な手法 [8], [9] である。

### 3.1 エンコーディング

SOM への入力として、背景色、左ランドルト環前景色、右ランドルト環前景色、および被験者の選択値 (左、または右) を用いて、要素数 4 の属性ベクトルを作成した。色情報に関しては、全て Web Safe Color の無彩色であることから色成分の下位 8 ビットを用いた。選択値は便宜的に左を 0、右を 1 とした。

例えば、一対比較 1 試行において背景色が“#FFFFFF”，左ランドルト環前景色が“#666666”，右ランドルト環前景色が“#CCCCC”で、ユーザが左を選択した場合、属性ベクトルは、[15, 6, 12, 0] となる。

### 3.2 学習とクラスタリング

マップサイズ 40×40 (ユニット数 1,600)、学習回数 10,000 回、属性ベクトル数 180 の SOM 出力層の例を図 4 に示す。

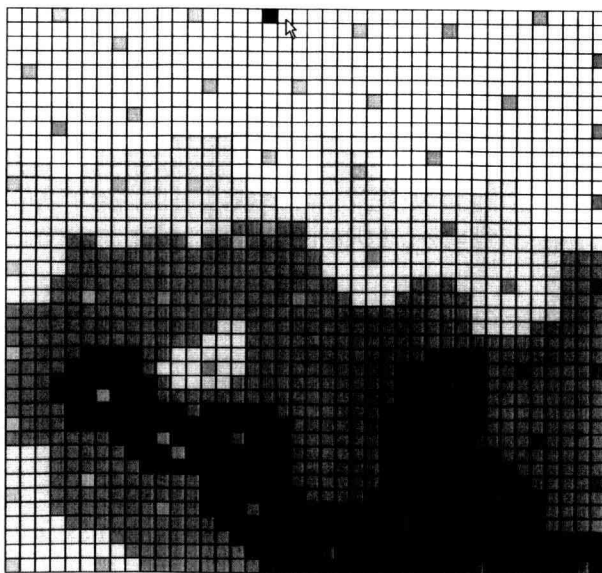


図4. SOM 出力例

ノードは背景色に対応付けて輝度を変えている。また、



等高線状の模様(領域)は、マウスカーソル位置を原点とした場合、荷重ベクトルのユークリッド距離の絶対値に対し、ある閾値の範囲内が同一輝度となるよう表示してある。図4の例では5階調となるように閾値を設定した。

マップの全体的な形状は SOM 学習の性質から毎回違ったものが出力されるが、クラスタリングされた各ノードは、原理的に属性の類似度によって配置されている。

階調 (Depth) の違いによる等距離領域の違いを図5に示す。

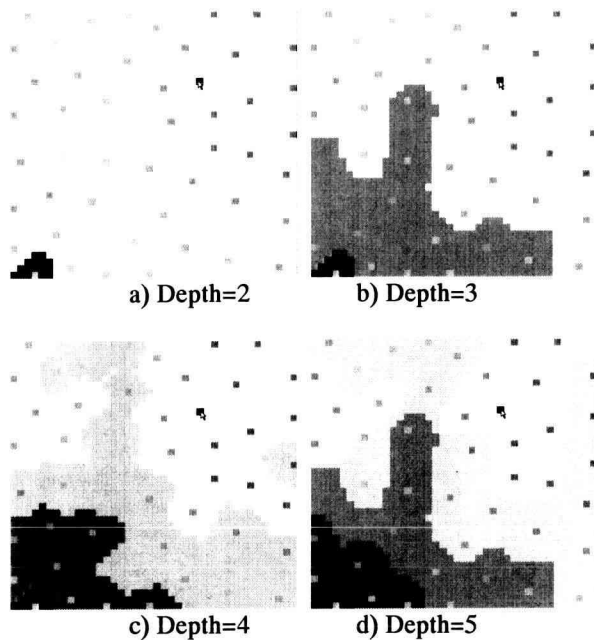


図5. 各階調の等距離領域の違い

図5を見ると、そこに含まれるノード(属性ベクトル)は異なるため、ある属性値による多数決を領域単位で行う場合、結果に影響がある。

### 3.3 カラーセット予測と個人プロフィールへの応用

クラスタリングされたデータは、一対比較時の色選択という情報が属性ベクトルに反映されているため、個人差が見られる。この個人差はプロフィール情報として重要であり、先に示したような一対比較実験をすべての色の組み合わせに対して行うことが理想であるが、現実的ではない。

そこで、カラーセット予測が SOM を利用することで可能であるか評価するために、以下の実験を行った。

まず、180 試行のうち、特定の背景色データを除外して SOM 学習を行う。

次に最初に除外したデータの色選択属性が2値(左=0, 右=1)であることに着目して、2つの場合の属性ベクトルを作る。例えば、除外したオリジナルの属性ベクトル[Bg, Fg1, Fg2, s]に対して、[Bg, Fg1, Fg2, NOT(s)]を用意する。

この2つの属性ベクトルを SOM アルゴリズムに従ってマップ上にプロットする。プロットされたデータのマップ座標を原点とし、等距離領域を求め、そこに含まれるノード(属性ベクトル)のうち、ユーザの色選択属性(左=0,

右=1)の頻度を調べ、頻度の高い方が領域全体の色選択属性の代表値であると考え。

この手順に従って、決定された選択属性と、評価データの色選択属性が一致するかどうか調べた。結果を表4、および図6に示す。

表4. カラーセット予測の正解率

| Excepted BgColor | KS   | KN  | AH   | TY   | KK   | H-Avg |
|------------------|------|-----|------|------|------|-------|
| #000000          | 100% | 92% | 100% | 100% | 100% | 97%   |
| #666666          | 83%  | 75% | 58%  | 58%  | 75%  | 64%   |
| #999999          | 92%  | 75% | 67%  | 42%  | 58%  | 61%   |
| #CCCCCC          | 75%  | 75% | 83%  | 83%  | 67%  | 81%   |
| #FFFFFF          | 67%  | 83% | 83%  | 58%  | 42%  | 75%   |
| V-Avg            | 83%  | 80% | 78%  | 68%  | 68%  | 76%   |

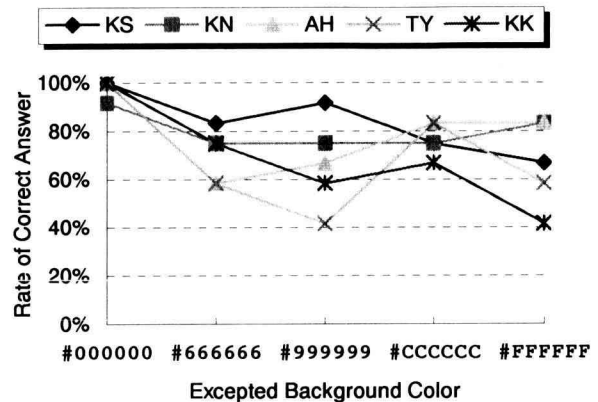


図6. 正解率の平均値

### 3.4 考察

予測正解率は、両端色の場合が大きく、中間色ではかなり低い。実際、表4の背景色ごとの正解率平均値 H-Avg では、“#000000”の時に 100%、“#CCCCCC”の時に 81%、“#FFFFFF”の時に 75%となっているのに対し、中間色“#999999”の時に 61%と良い結果とはならなかった。

このことから、コントラストが高い場合の色の組み合わせでは、比較的高い正解率が得られていることがわかる。しかし、一対比較の場合と同様、中間色では個人差が大きく、ほとんどの場合、このままでは個人プロフィールとして利用することが難しい。

2.2.3で述べたように、一貫性が低い被験者の場合、予測正解率は低くなる。実際、一貫性と予測正解率との相関係数  $r$  を求めると、 $r=0.563$  となり、中程度の相関があることが分かる。

SOM を利用する場合、属性ベクトルのエンコーディングが重要であり、目的に叶ったクラスタリングを実現するためには、数値化の際の重み調整(チューニング)が必要となる<sup>[8]</sup>。

また、問題点としては、属性ベクトルの要素数(属性数)が4と非常に小さい点、色選択属性が心理指標としての主観的な情報である点が挙げられる。

#### 4. 色補正型 Web 閲覧方式

SOM クラスタリングを用いることで、一部の対比較実験結果から別のカラーセットを用いた場合を予測可能であるならば、これを個人プロフィールとして扱うことで、色補正の自動化が可能となる。ここでは、自働色補正システムへの応用可能性を検討するために、従来方式の問題点の指摘と、これに対処可能な新たな Web 閲覧方式の提案、およびプロトタイプシステムの実装について述べる。

##### 4.1 背景と従来方式の問題点

一般的な Web コンテンツは、HTML (Hyper Text Markup Language) で記述されたテキスト情報が主体であり、ブラウザに表示される見た目のデザインを規定するために、タグ形式で表現した情報が含まれている。補足的な拡張方式としては、カスケードスタイルシート (CSS: Cascade Style Sheet) 方式が用いられる。ブラウザは、この HTML タグ表現、もしくは CSS 表現を解釈して画面表示を行う。色情報は、タグのオプションとして Web Safe Color (4.4参照) などの RGB 値や色名を指定することで表現する。こうすることで、例えば、任意の文字列に対して、色やサイズを指定することが可能となる。

そこで、Web サーバから配信された情報を、一時的にキャッシュ (cache) して、色やサイズ情報を書き換えた上で、ブラウザにリレーする、いわゆる Proxy 動作を行うシステムを考案することができる。この方式の利点はクライアント側の環境は既存のままでよく、特に変更の必要が無い点である。

従来の研究では、実験データを統計処理することにより色補正式を求め、Proxy サーバとして実装するという方針の提案がある<sup>[2]</sup>。また、CSS をローカル側に用意しておき、表示の際にターゲットコンテンツに対して強制的にこれを適用する方式がある。

これら従来方式は、次の問題点を抱えている。

- ① 色選択基準は個人差が大きく、また長期的スパンで見た場合の経時変化に動的に対応することが困難である。
- ② Proxy サーバによる実装では、ユーザによる明示的な色補正要求が無い場合でも、ターゲットコンテンツの内容を変更してしまうため、オリジナルであるか否かの確認が困難となる。
- ③ CSS は自由度が高い点では有効な手段であるが、専門的な知識が要求されるため、ユーザが個人ごとに設定することが困難である。

以上、指摘した問題点に対処する必要がある。

##### 4.2 方式の提案とシステム概要

上記①に関しては、SOM のカラーセット予測により、部分的な実験結果から他のカラーセットを予測する。また、経時変化については、SOM の再学習により対応する。

上記②に関しては、CGI 型 Web アプリケーションとしてのシステム実装により、2ペイン構成をとることで、色補正要求をクライアント側で確認できるようにする。このことは、また、視認性向上という観点から低コストで色補

正機能を実現するためのひとつのアプローチとなる。

上記③に関しては、コントロールパネル方式の直観的なインタフェースを提供することで、ユーザへの負担を軽減する。

以上の点を特徴とし、フォームにターゲット URL (Uniform Resource Locator) を入力することでオリジナルの HTML データの色指定部分を SOM によるカラーセット予測を用いた個人プロフィール情報によりオーバーライド (override) する方式を提案する。

このためには、あらかじめユーザごとにベースシード (base seed) となる個人プロフィール情報を収集しておく必要がある。また、現在、どのユーザがブラウジングしているかをシステムが知る必要があり、個人識別を簡便に行える方法の検討が必要である。図7にブロック構成を示す。

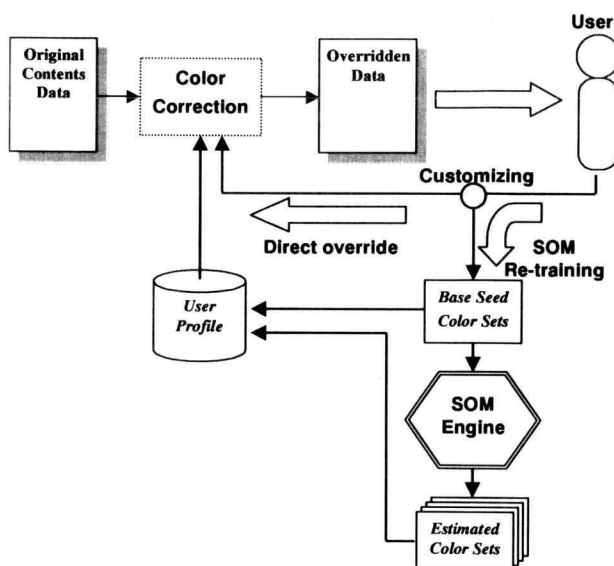


図7. 色補正システム

##### 4.3 プロトタイプの実装

プロトタイプを C++ 言語を用いて、CGI 型 Web アプリケーションプログラムとして実装した。プロトタイプシステムの動作画面例を図8に示す。

本プロトタイプは、2ペインの Browser in browser 方式を採用しており、2分割フレームの上フレームがコントロールパネル、下側フレームがターゲット URL のブラウジングウィンドウとなっている。現在のところ、カスタマイズ機能として、コントロールパネルからオーバーライドすべきカラーセットを選択することで、ブラウジングウィンドウにはオリジナルとは異なるカラーセットによるページを表示することができる。また、オリジナルコンテンツに含まれるリンクは、本プロトタイプ経由でのリンクにオーバーライドされるため、新たにリンクを辿っても、指定したカラーセットのままでターゲットを表示 (タグジャンプ) することができる。

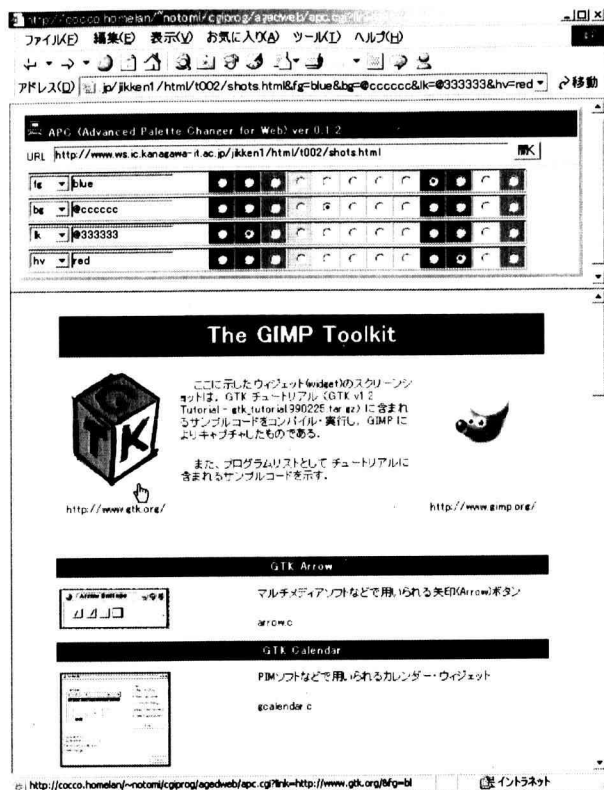


図8. プロトタイプ動作画面例

図9に HTML タグオプションのオーバーライドの例を示す。CSS のオーバーライドについては割愛するが、同様に対応することが可能である。

[Anchor Tag – for hyper link]

`<a href="URL">`



Override

`<a href="CGI"?link=URL & Color Set Info.s">`

[Frame Tag – for dividing window]

`<frameset src="URL">`



Override

`<frameset src="CGI"?link=URL & Color Set Info.s">`

[Image Tag – for including image]

``



Override

``

図9. オーバーライドの例

オーバーライドは、一時的にオリジナルの HTML ソースを取得し、ソースの内容を解析することで、`<FRAME>`、`<FORM>`、`<BODY>`、`<A>`、`<IMG>`等のタグに含まれるオプション部分を書き換えることで実現している。このと

き、オプションで指定された URI, または URL のターゲットが CGI やサーバサイドスクリプト (server side script) である場合、HTTP\_REFERER としてオリジナルの URL しか許さないコンテンツが事実上存在する。これは、セキュリティ上の制限、もしくは著作権的な制限をサイト側が全クライアントに強制するような場合が該当し、本方式によるオーバーライドではページが正しく表示されないという問題点がある。その他、ダイナミック HTML などページ本体がスクリプト実行により動的に生成される場合は現在のところ本方式では対応できない。よって、これらに関しては今後の課題となる。

#### 4.4 Web Safe Color についての補足

Web Safe Color とは、256 色表示制限のある環境下においても Web コンテンツが正しい色を再現できることを目的に、Netscape 社が 1994 年に定義した 216 カラーセットのことである。具体的には、8 ビット R, G, B において、等間隔で各 6 段階ずつの色を採用することで、合計 216 色を表現する。すなわち、16 進 RGB 値で、“00”, “33”, “66”, “99”, “CC”, “FF” の “33” 刻みとなる。

今回の無彩色実験 (2 参照) で使用した Web Safe Color に含まれる 5 色は HTML 表現で、“#000000”, “#666666”, “#999999”, “#CCCCCC”, “#FFFFFF” となる。

#### 5. まとめ

ランドルト環を用いた Web Safe Color における無彩色の選択による一対比較実験、および自己組織化マップ (SOM) による分析について述べた。実験により、無彩色に関する見やすさの基準について検討を行った。また、分析によりカラーセット予測の可能性が示唆された。このことにより、色補正型 Web 閲覧方式の提案とシステムの実装例を示した。

今回の実験では若齢者のみの結果を示すこととなったが、本研究では、最終的には高齢者の視認性における特性を明らかにし、モデル化を検討することによって、高齢者の Web 閲覧時の負担軽減を目指したカラーセット予測、および自動補正システムの開発を考えている。

また、基礎データ収集・分析では、有彩色の一対比較実験、選択反応時間に関する実験、さらに生理指標として P300 脳波計測実験が今後の課題である。

#### 参考文献

- [1] 木村, 近江: 知覚的色差による配色の視認性の定量化; ヒューマンインタフェース学会研究報告集 Vol.2 No.4, pp.27-31, (2001).
- [2] 西島, 山崎, 他: 高齢者の色覚特性を考慮した Web ページの補正; ヒューマンインタフェースシンポジウム 2001 一般発表 3431, pp.597-598, (2001).
- [3] W3C WAI: <http://www.w3c.org/WAI/>
- [4] 心理学実験指導研究会編: 実験とテスト=心理学の基礎 (実習編), 培風館, (1985).

- [5] 心理学実験指導研究会編: 実験とテスト＝心理学の基礎(解説編), 培風館, (1985).
- [6] S.Kaski, K.Lagus, T.Honkela, T.Kohonen: Statical Aspects of the WEBSOM System in Organizing Document Collections, Computing Science and Statics, 29, pp.281-290, (1998).
- [7] K.Lagus and S.Kaski: Keyword selection method for characterizing text documents maps , ICANN '99, (1999).
- [8] 納富, 山口, 斎藤, 藤本: 臨床症例データベースにおける自然言語処理と自己組織化マップを用いた疾患系分類, バイオメディカル・フuzzy・システム学会誌, Vol.3, No.1, pp.7-17, (2001).
- [9] K.Notomi, T.Yamaguchi, K.Saito, T.Fujimoto: A Personal Authentication with Keystroke Timing Patterns Based on Self-Organizing Maps, Biomedical Soft Computing and Human Sciences, Vol.7, No.1, pp.61-67, (2001).
- [10] 納富, 山口, 他: 自己組織化マップによる臨床症例クラスタリングシステムの開発ー属性ベクトルの重み変化による分類効果ー, 第64回情処全大, IT-04, (2002).