

## 色彩の心理的効果が

## Overview + Detail ドキュメントインタフェースにもたらす効果

市 野 順 子<sup>†,††</sup> 竹 内 和 広<sup>†††</sup> 井 佐 原 均<sup>††,†††</sup>

本稿では、Web ドキュメントのブラウジングを支援するためのインタフェースを提案する。我々のアプローチは、色彩の心理的効果を利用した overview+detail ドキュメントインタフェースの改良である。文章を内的に再構成する手がかりとなる情報、その手がかり情報や文章の提示方法およびブラウジングの方法を分析することにより、ユーザの読むという知的活動を阻害することなくドキュメントの読みやすさを向上させるインタフェースを設計した。提案手法に基づいた色、ランダムな色、無色の3通りの overview+detail インタフェースでの文章の読解を比較する実験を行い、提案したインタフェースの基本的な有効性を確認した。

Effects of the Psychological Effects of Color  
in Overview+Detail Document InterfaceJUNKO ICHINO,<sup>†,††</sup> KAZUHIRO TAKEUCHI<sup>†††</sup> and HITOSHI ISAHARA<sup>††,†††</sup>

We present an interface that supports Web browsing activity. Central to our approach is improvement of the overview+detail document interface using the psychological effects of color. Having analyzed cue information which helps readers to reconstruct a document in their mind, how the system should present the documents, and how the documents should be browsed by users, we proposed an interface that removes hindrances to reading and improves readability. We also employ the psychological effects of color in order to realize this interface. Moreover, we confirmed the effectiveness of the proposed color interface by comparing it with both a randomly colored interface and a colorless interface.

## 1. はじめに

オンラインドキュメントは、紙では実現しえない階層的な文章構造（ハイパーテキスト）やオンラインで検索可能な資料空間の増大が長所である。オンラインドキュメントの利用は、企業だけでなく学校や一般家庭においても生活の中に深く浸透し、紙やノートを使って行われてきた「読む」という知的活動の多くは、コンピュータ上で行われるようになりつつある。

しかし、紙メディアと比較して、電子メディアが必ずしも万能ではなく、電子テキストでは文章を快適に読むことができず、紙に印刷してから読む人も多い。スクロールバーの、マウスポインタを画面右端の小さなスライダに移動させる操作や、わずかな移動による

表示内容の急激な変化にユーザは注意を向けざるをえない。マウスホイールは、ポインタをスクロールバーまで移動させる操作は必要ないが、回転速度を上げすぎるとスクロールと同様に表示内容の変化に目がついていかない。長い文章をスクロールして表示する方が1ページずつ表示するよりも、文の位置や文のつながりの記憶が悪くなる事例<sup>3)</sup>も報告されている。このように、現在のドキュメントインタフェースは、限られたサイズのディスプレイ上で膨大な情報にアクセスするために、本来の目的である読解以外の行為にかなりの認知的負荷をともなった状態にあり、これを回避する必要がある。

同時に、認知的負荷を軽減するだけでなく、読みやすさを向上させる機能も提供する必要がある。ふだん我々は本を開け、その見開きの左右の平面上を目で追い、文章を読む。紙に書かれた文章は線形であり、時間に沿って線的に読み進めるのが一般的な読み方である。この紙の上に書かれた文章に対する読解の研究は古くから行われており、文章材料の記憶や理解の程度を測る課題を工夫し、理解の結果や所産から理解の過程を推定する方法がとられることが多い。その過程で

† TIS 株式会社産業第2事業部  
Industrial Business Div.2, TIS Inc.

†† 神戸大学大学院自然科学研究科  
Graduate School of Science and Technology, Kobe University

††† 独立行政法人情報通信研究機構  
National Institute of Information and Communications Technology

何が起きているのか、理解そのものの内的メカニズムや、理解と知識の関係についての理解は限られている<sup>4)</sup>。一方、ディスプレイ上に文章を表示する場合、単に紙の上での読解という知的活動を再現するのではなく、コンピュータでしか実現できない表現や読ませ方があるはずである。ドキュメントというひと固まりのデータに積極的に働きかけ、何らかの情報を表出させることで、ドキュメントの読みやすさを向上させることができると考えている。

そこで本研究では、ユーザの読解を妨げない操作性やオンラインドキュメントの読みやすさを向上させる表現を実現できれば、上記の問題のいくらかは解消できると考え、ドキュメントインタフェースの研究を進めてきた<sup>1),2)</sup>。本稿では、Web ドキュメントのブラウジングを対象に取り上げ、スクロールバーに代わる表示方法の1つとして考案されている overview+detail インタフェースをベースにし、これを改良する。また、ディスプレイ上での読解を評価するための観点を整理し、提案したインタフェースの有効性評価実験を行う。本研究の考察から、ディスプレイ上の文章と読み手のヒューマンインタフェースについての知見が得られるものと期待する。

## 2. 関連研究と本研究のアプローチ

### 2.1 関連研究

本節では、言語情報の提示という観点から、関連研究を概観する。

#### 2.1.1 テキストのレイアウトに関する研究

小さな画面上で、全体の構造を把握しつつ部分データを操作する方法が考案されている。主に、全体の構造を別ウィンドウに一覧表示する overview+detail (たとえば研究 5) や研究 6)) と、場所によって表示の粒度を変える focus+context の2つがある。これらを比較すると、overview+detail インタフェースの方が、一度読んだ箇所への移動や、エッセイを書く場合に有効なため、電子文書のインタフェースに有用であると報告されている<sup>7)</sup>。

研究 6) では、overview+detail をベースに、ユーザが入力したキーワードに基づき、文字サイズを周囲より大きくする、矩形で囲む、文字や矩形に着色するといったことによりブラウザ上のテキストを強調表示することで、ユーザの興味へ誘導する工夫をしている。

#### 2.1.2 文章上の言語的特徴を抽出・提示する研究

自然言語処理技術を利用することで、文章の構造、テキスト間類似度、重要語抽出など文章上の特徴を数値化できる。研究 8) や研究 9) は、多角形状のマッ

プ、Tree Map、ヒストグラムを用いて段落間の関連性、文脈構造、主題構造などを表示し、複雑で長い文章を理解するための手法を提案している。

また、研究 10) は、要約技術を応用し、電光掲示板のようなウィンドウ上に文書のトピックを繰り返し表示したり、文書の特徴的なフレーズをテキストの上に半透明のテキストを重ねてハイライト表示したりすることで、文書の内容をダイナミックに提示している。

#### 2.1.3 文章の一部に視覚的注意を誘導する研究

研究 11) や研究 12) は、ユーザのマウス移動などにより補助的情報への興味を示すと、それをきっかけとして、ポップアップ上や、動的に拡大した行間スペースや欄外の空白スペース上に、文章に付随する注釈など補助的な情報を提示する流動的なインタフェースを提案している。

## 2.2 本研究のアプローチ

上述の overview+detail インタフェースをベースにテキストの提示を行う研究は、テキスト全体の物理的構造の把握を促すことを実現しているが、テキストの内容的な把握を促す側面からの考慮は十分とはいえない。一方、文章の言語的特徴や補助的情報を提示する研究は、内容理解を促すための情報提示を試みている。しかし、その目的はドキュメントの内容把握であるにもかかわらず、それらの情報の提示方法に重点が置かれ、ドキュメントそのものの読みやすさへの配慮を欠いている。これらをふまえ、本稿では、overview+detail インタフェースの有用性を拡張したドキュメントインタフェースを提案する。その際、文章を軸として、「有効な手がかり情報」「情報のスムーズな提示」「スムーズなブラウジング」の3つの側面を考慮する必要があると考えた。

#### (1) 有効な手がかり情報

ユーザの読解を妨げずかつオンラインドキュメントの読みやすさを向上させるためには、どのような手がかり情報を表出させるべきかを分析する。

#### (2) 情報のスムーズな提示

ユーザの読解を妨げずかつオンラインドキュメントの読みやすさを向上させるためには、文章や手がかり情報をどのような形態で表現し、どのように提示すべきかを考察する。

#### (3) スムースなブラウジング

従来のインタフェースの困難性を分析し、ユーザの読解を妨げないために、限られたディスプレイスペース上で表示内容の切替えがどう行われるべきか要件を抽出する。

各々について、次章で詳述する。



出するために、どのような条件で行為の適切さが損なわれるのかを分析するモデルとして提案されたノーマンの7段階モデル<sup>19)</sup>を使い、従来のインタフェースを分析した。分析に際し、オンラインドキュメントインタフェースを利用して文章を読む際にともなう行為を「現在の読み位置の確認」、「移動先の位置の見当付け」、「移動操作のための操作」、「移動操作」の4つの基本行為に細分化した。複数のインタフェースを比較することで問題点がより明確になると考え、overview+detailインタフェース、スクロールインタフェース、ホイールマウスの3つのインタフェースそれぞれにおける基本行為を分析した。この分析をふまえ抽出した要件を以下にまとめる。下線部はノーマンが定義した行為の7段階—「目標」、「意図」、「行動選択」、「実行」、「知覚」、「解釈」、「評価」—のいずれかに相当する。

現在の読み位置の確認 「XX が書いてあったあたりを読みたい」という目標に対して最初に行うのは、現在の場所が文章全体のどこにあるかを確認することである。全体における現在の位置を示すためのオブジェクトは、ユーザにとって 知覚 [a] しやすい必要がある。知覚後は、実際の内容を確認（解釈）[b] しやすい必要がある。

overview+detail インタフェースは、detail を縮小した overview にドキュメント全体が表示されるため、現在地の空間的位置を知覚しやすい。しかし overview の多くは detail を単に縮小したサムネイル画面になっており、内容を確認するために overview を読むには文字が小さくなりすぎる問題がある。

移動先の位置の見当付け この基本行為は、現在位置を確認後、読みたい場所が文章全体の中でどのあたりに位置していたかおよその見当をつける行為である。全体の中からある部分を特定するためのオブジェクトは、一度読んだ箇所の位置を想起（意図）[c] しやすい目印のような機能が必要である。現在の読み位置と同様、そのオブジェクトを 知覚 [d] しやすい、かつ内容を確認（解釈）[e] しやすい必要がある。

移動操作のための操作 この基本行為は、ペンやマウスのポインタが画面の表示内容を変えるための表示切替えオブジェクトに触るまでの行為である。ホイールマウスはホイールという物理的インタフェースに触ることでこの行為が代替される。ソフトウェアで実現する場合、目は文章の文字を追いつながりながらこの行為を行えるようにするには、表示切替えオブジェクトのポインタ領域そのものを 知覚 [f] しやすい、ポインタが領域内に入ったことも 知覚 [g] しやすいしなければならない。

移動操作 この基本行為は、表示切替えオブジェク

トに触れた後、そのオブジェクトを使って、画面の表示内容を切り替える行為である。「移動操作のための操作」に引き続き、文章を読みながら行えるためには、いったんとらえたオブジェクトを注視せずに操作（実行）[h] できる必要がある。オブジェクト操作後は、読みたい箇所が変化した画面内容のどこに表示されているかを 知覚 [i] しやすいものでなければならない。

#### 4. ユーザインタフェースの設計

##### 4.1 色彩の心理的效果

色彩は、ユーザに受け入れられやすく、好感を持たせるうえで効果があるだけでなく、様々な心理的效果を持つ。前章で整理した手がかり情報の表現に関する要件—視覚情報であること、視覚情報の解釈が容易であること、視覚情報を視認しやすいが注意を喚起しすぎないこと—を満たすものとして、本研究は色に注目する。色情報の心理的效果は、大きく3つ（色感覚効果、色知覚効果、色感情効果）に分類される<sup>20)</sup>。本研究が利用する効果を中心に以下にまとめる。

色感覚効果 色感覚効果は、外界の物理的色刺激が眼に入って最初に行う色の識別である。人間が識別できる色の数は750万程度にも及び、色は色相、明度、彩度という人間が直感的に見分けられる3つの尺度を用いて説明でき、色相は赤や青といった色合い、明度は色の明るさ、彩度は色の強さを示す。本研究では、この人間の色に対する高度な識別能力に着目した。

色知覚効果 色知覚効果は、空間的・時間的に周囲にある他の色の刺激の影響を受けて起こる効果である。本研究では、その効果の1つである、周囲の色と比較して彩度が高い色は特に誘目性が高い性質に着目した。

色感情効果 色感情効果は、知覚感情と情緒感情に分類できる。知覚感情は人間の視覚系の本来持っている特性に基づいており、情緒感情は個人が独自に持つ。本研究では、前者の個人の情緒に依存しない色知覚感情効果に着目し、その1つである、明度が低いほど硬く感じ、高いほどやわらかく感じる色の硬軟感の効果を利用した。

##### 4.2 インタフェースの設計

前章の分析をもとに、ユーザの読解を妨げずかつオンラインドキュメントの読みやすさを向上させる overview + detail ドキュメントインタフェースの設計を行った。

文章の提示 文章は、原文の内容を加工せずに提示した。文章の各段落を後述の手がかり情報を表す色の枠線で囲み、段落単位に分割表示した（図2、detail フレーム）。

手がかり情報の提示 各段落に塗られた色について説明する。3.1 節の分析から、文章の内的な再構成を促すための手がかり情報として、①「段落間の関連性：どの段落とどの段落が関連しているか?」、②「段落の重要度：書き手の主張が特に現れている段落はどれか?」、③「段落の具体度：具体的な事例や応用例を取り上げた段落はどれか?」の3つの情報を提示する。

これらの手がかり情報を、解釈が容易で、視認しやすいが注意を喚起しすぎないような視覚情報として表現するために、前節で述べた色彩の種々の効果を利用した。まず、人間の色に対する高度な識別能力（色感覚効果）に着目し、人間が直感的に見分けられる3つの尺度—色相、明度、彩度—を、複数の情報を視覚的に表現する手段として利用する。色相、明度、彩度で表現できる情報を、手がかり情報の表現にどう適用すべきかを考察する。図3の例を用いて説明する。図3の左段の3つの図は、3属性の2つを固定し1属性のみを変化させた色である。

段落間の関連性を色相で表現する。段落間の関連性が分かるということは、どの段落とどの段落が類似した内容か、どの段落とどの段落が類似していない内容かが分かるということである。一方、人間は色相、つまり色味の近さを感覚的に識別できる（色感覚効果）。色相は、人間の目で見てほぼ等間隔になるように円周上に循環的に表すことができる。これを色相環といい、図4に示す。段落どうしの距離感を色相環上の色相の距離感に対応させ、段落間の関連性を解釈させる手段として色相を利用する。色相環上で類似した色相は近くに位置し、最も類似していない色相は対極に位置する。段落間の類似性を色相環上にマッピングすることで、図3左段上の段落A（赤紫）と段落B（紫）は色相が近い—段落の内容が類似している、段落A（赤紫）と段落C（緑）は色相が遠い—段落の内容が類似していない、ことをユーザが直感的に把握できる効果を期待できる。一方向的ではなく円環的な構造上に段落間の関連性を重ねることで、個々独立にではなく、文章全体における各段落の相対的な位置関係を表現できると考えた。

段落の重要度を彩度で表現する。たとえば受験参考書では、著者は下線を引いたり色を変えたりして、視覚的に強調し目立たせることで、特に主張したい部分を読者に伝達する。読み手自身も文章を読み進める中で、重要な箇所をマークする。この「重要な文を目立たせる」慣用手段を「周囲の色と比較して彩度が高い色は特に誘目性が高い」色知覚効果に適用し、段落の重要度を表現する手段として彩度を利用する。デザイ

ンの分野においても、注意をひくことを優先させる場合、彩度の高い色を用いることが原則とされている<sup>21)</sup>。図3左段中央の段落Aの重要度が高い場合に、周囲の段落B、Cより彩度の高い色を配色することで、自然にユーザの注意を引く効果を期待できる。

段落の具体度（具体性の度合い）を明度で表現する。一般的に、具体的な表現の多い本を「やわらかい本」と表現したり、抽象的な内容の文章を「硬い」と感じたりする。この「具体的な文をやわらかいと感じる」一般的な人の感じ方を「明度が低いほど硬く感じ、高いほどやわらかく感じる」色知覚感情効果に適用し、段落の具体性の高さを表現する手段として明度を利用する。図3左段下の段落Cの具体性が高い場合に、周囲の段落A、Bより明度の高い色を配色することで、ユーザが文章において具体的に分かりやすい部分とそうでない部分を意識しながら読み進める効果を期待できる。

以上より、段落間の関連性、段落の重要度、段落の具体度を、色を用いて表現する場合は、それぞれ色の色相、彩度、明度と対応させることで効果的に表現できると考えた。図3の右側は、左側の3属性を組み合わせさせた色である。各段落に配色された個々の色が、周囲の段落の色との比較によって、段落に関する3種類の手がかり情報をユーザに伝えることが可能になると考える。

現在の読み位置の確認 3.3 節で述べたとおり、overview+detail インタフェースの特性を利用することで、全体における現在の読み位置を知覚しやすくなる。さらに知覚 [a]（3.3 節のアルファベットに対応）を容易にするために、overview フレームの各段落に対しては、枠線ではなく背景全体に detail フレームの段落と同一の色を施した（図2, overview フレーム）。知覚後、内容を確認 [b] しやすくするために、overview フレームの各段落の先頭 10 文字のみは detail フレームと同程度のフォントサイズで表示した。

移動先の位置の見当付け 段落の色は意味を持っており、3つの手がかり情報を連想できる。これが、一度読んだ箇所の位置を想起 [c] しやすくする目印の機能を果たす。「現在の読み位置の確認」で設計した、overview フレームへの彩色および先頭文字拡大表示により、移動先の位置の知覚 [d] および内容の確認 [e] が容易になる。

移動操作のための操作 表示切替えオブジェクトのポイント領域を知覚 [f] しやすくするために、overview フレームのポイント可能な領域を段落全体とした。ポイント可能な面積が大きだけでなく、色で切り分け

られていることで、さらに知覚が容易になる。ポインタがポイント領域内に入ったことを知覚 [g] しやすくするために、ポインタが overview フレームの段落内に入ると同時にその段落の周囲をグレーの枠線で囲った (図 2, overview フレームの下から 3 番目の段落)。

**移動操作** ポインタが overview フレームの段落内に入った後も、ユーザがポインタや overview を注視せずに操作 [h] できるために、ポインタが overview フレームの段落内に入ると同時に detail フレームの表示内容を、選択された段落に切り替えた。つまり、「移動操作のための操作」と「移動操作」が同時に行われる。選択した段落が、変化した画面のどこに表示されているかを知覚 [i] しやすくするために、detail 画面の中央に選択された段落を表示し、その先頭 10 文字を反転表示した (図 2, detail フレーム中央)。

## 5. 提案インタフェースの有効性評価実験

### 5.1 実験設計

本実験の目的は、文章をブラウジングする際に、提案した overview + detail 型インタフェースと従来の overview + detail 型のインタフェースを比較し、どちらが有効かを明らかにすることである。そのために、以下 2 つの観点から実験の設計を行った。

#### (1) テキストの空間符号化

1 章で述べたように文章の理解度を文章読解の過程からとらえることは容易ではなく、理解度を測る一般的な指標には、主に、文章に関する記憶の保持量の多さと、問題解決などの転移課題の成績の 2 種類が用いられる<sup>22)</sup>。これをふまえ、ディスプレイ上での文章の理解度をどのようなタスクで測るべきかを考察する。

紙と比較したオンラインドキュメントインタフェースの短所の 1 つは、現在読んでいるところが全体の中のどこに位置するのかを把握しにくいことである<sup>23)</sup>。テキスト情報の 2 次元空間上への符号化は文章中の単語の想起のきっかけになる<sup>24)</sup> といった記憶の側面との関係が主張されており、読み手にとって有用と考えられる。この観点から、PC<sup>3)</sup> や PDA<sup>25)</sup> 上のインタフェースの違いを比較した諸研究は、テキスト情報の空間的位置を問う実験を行っている。同様の観点に基づき、提案手法がテキスト情報の空間符号化に及ぼす効果を測定する (再参照タスク)。

#### (2) インタフェースとしての利用可能性

(1) はテキストの空間的位置の記憶を計測の対象とした。この空間上での符号化がテキスト情報の想起のきっかけになっているか、そこから得られた知識をさまざま提案インタフェース上で利用できるかどうかを

確認する必要がある。そこで、インタフェース上で文章中の語句を探して空欄を補う課題を設定し、課題解決における所要時間とペン操作の効率性を分析する (空欄補充タスク)。

### 5.2 実験方法

#### 5.2.1 実験計画

3 つの表示条件—提案色表示、ランダム色表示、無色表示を設定する。提案色表示は、提案手法に基づいて決定した色を文章の各段落に色付けして表示する。ランダム色表示は、使用する色は提案色表示とまったく同じだが順序をランダムに並べ替えて段落に色付けする。無色表示は、色付けを行わない無色の文章を表示する。

#### 5.2.2 被験者

20~30 代の男女 16 名が実験に参加した。16 名全員が各表示条件でそれぞれ異なる文章を 1 回ずつ読み、合計 3 文章を読んだ。

#### 5.2.3 実験材料

**実験環境** いずれの表示条件も、文章の提示・操作には 10.4 インチの液晶ペンタブレットディスプレイを用いた。紙の本のように手軽に持ち運べる薄型軽量の電子ブックやタブレット PC が身近になりつつあることと、アノテーション機能 (6.3 節で詳述) の拡張を考慮し、タブレット PC を使用した。解像度 (1,280 × 1,024)、ディスプレイの明るさ、スタイラスペンの動作設定も統一した。文章読解後に行うテスト問題の提示・解答用に、タブレット PC とは別にノートパソコンを用意した。

文章を提示するブラウザは Microsoft Internet Explorer Ver.6 を使用した。いずれの表示条件も overview+detail タイプのインタフェースで文章を提示した。フォントの種類、フォントや行間のサイズも統一した。提案したインタフェースのうち、手がかり情報は CSS (Cascading Style Sheets) を用いて画面表示し、操作に関する機能は JavaScript を用いて実現した。

実験の様子、実験に用いたブラウザ画面をそれぞれ図 5、図 6 に示す。

**実験文章** 16~18 段落からなる約 3,500~3,800 字 (図 6 の画面で 4~5 画面分) の論説文を 3 つ 用意

(1) 山室信一著「ユーラシアの岸辺から同時代としてのアジアへ」(岩波書店)の「『多にして一』の秩序原理と日本の選択」の一節、(2)「20 世紀の定義第 5 巻新コペルニクス的転回」(岩波書店)所収の山田慶児著「科学の意味するもの」の一節、(3)「講座美学 1」(東京大学出版会)所収の今道友信著「現代の美学」の一節

表 1 再参照タスクの設問構成

Table 1 Question composition of sentence-locating task.

|        | 設問内容                                  | 設問数 |
|--------|---------------------------------------|-----|
| 関連性/色相 | 隣り合う段落どうしの関連性（色相）が<br>大きく変化する段落境界付近の文 | 4   |
| 重要度/彩度 | 重要度（彩度）が高い段落中の文                       | 4   |
| 具体度/明度 | 具体度（明度）が高い段落中の文                       | 4   |
| その他    | 上記いずれにも該当しない段落の文                      | 4   |
|        | 計                                     | 16  |

した。

実験文章への色付け 実験に先立ち、被験者とは異なる実験条件を知らされていない 12 名の評定者によって文章の段落間の関連性、段落の重要度、具体度に関する評定を行った。評定者の多数決により決定した値に基づき、提案色表示で提示する各段落の色を決定した。

色空間は、心理的な色の 3 属性（色相、彩度、明度）に近似するために使われる表色系の 1 つである HSL 色空間を利用した。HSL の利点は、明暗に対称性があり、RGB への変換が平易であることである。色相は色相環の角度で表現され、彩度や明度はパーセントで表現される。

事前に、提案インタフェースでの利用を前提とした色彩の効果に関する予備実験を行った。12 個並んだ色群を、色の誘目性（彩度の効果）および色の硬軟感（明度の効果）の程度を高/中/低の 3 段階に分類する課題の正解率はそれぞれ 71%、76%、高/低の 2 段階の場合はそれぞれ 90%、96%であることが分かった。これをふまえ段落の重要度、具体度はいずれも高/低の 2 段階に分類した。彩度と明度の両方が高い場合、彩度の誘目性の効果が低下するため、重要度と具体度の両方が高いと評定された段落は、より強い方のみを反映した。色相に関しては、色相環を偏角差 15 度で 24 分割したものに対して、最も類似した色相と最も類似していない色相を特定する課題は、それぞれ 99%、91%の正解率だったため、表示する色相の分割数はこれを採用した。

再参照タスク 文章中の文 16 個を 1 文ずつ提示し、提示空間上の位置を問う。16 個の文は、段落の関連性、重要度、具体度に対応付けられた色相、彩度、明度が文の空間符号化に影響するかを確認するために各 4 文ずつ 4 つのカテゴリに分類した（表 1）。16 問の提示順序はランダムとした。

空欄補充タスク 一箇所空欄を設けた文 18 個を 1 文ずつ提示し、文章中の語句を使った空欄補充を問う。文章中の 1 文をそのまま引用し提示する 10 文（引用文問題）と、文章中から引用した複数の文を連結し生

表 2 空欄補充タスクの設問構成

Table 2 Question composition of blank-completing task.

|     | 設問内容                                 | 設問数 |
|-----|--------------------------------------|-----|
| 引用文 | 文章中の 1 文をそのまま引用                      | 10  |
| 連結文 | (a) 関連性が高く（色相が類似）かつ隣接した 2 つの段落中の文を連結 | 2   |
|     | (b) 関連性が低く隣接した 2 段落中の文を連結            | 2   |
|     | (c) 関連性が高く隣接していない 2 段落中の文を連結         | 2   |
|     | (d) 関連性が低く隣接していない 2 段落中の文を連結         | 2   |
|     | 計                                    | 18  |

成した文を提示する 8 文（連結文問題）の 2 つのカテゴリに分類した（表 2）。引用文は文章を 10 等分した範囲から 1 文ずつ引用した。連結文は 2 つの段落から 2、3 文を抽出し、接続詞などを補い 1 文に連結した。連結文問題は、段落間の関連性に対応付けられた色相の提示がインタフェース上の操作に影響するかを確認するために、抽出する段落をさらに 4 つのサブカテゴリに分類した。問題の提示順序は、引用文問題 10 問、連結文問題 8 問の順で提示し、両問題内における各文の提示順序はランダムとした。

#### 5.2.4 実験手順

被験者は 5 時間以上間隔を置き、3 つの表示条件に 1 回ずつ合計 3 回の実験に参加した。各文章、各表示条件に割り当てる被験者が 16 名ずつとなるように、被験者、文章、表示条件を組み合わせた。実験順序は提示文章や表示条件の順序効果が被験者間で相殺されるように設定した。

トレーニング 実験に先立ち、被験者に各表示条件および操作方法に関して説明し、具体例を教示した。また、読解タスク後に行う 2 種類のテストの具体例、操作方法を教示し、実際に練習を行った。

読解タスク 文章の提示時間は 40 分とした。被験者には「よく理解し、内容を覚えながら読むこと。40 分の文章提示時間中に、200 字程度の要約文を紙にまとめること」を教示した。

再参照タスク 読解タスク後、被験者はブラウザ画面を見ずに文章中の文の位置を解答するテストを 16 問行った。テスト用に準備したツールを図 7 に示す。文章中の文を 1 文ずつ提示（図 7 左）し、読解タスクで提示した overview フレームの各行を直線に置き換えた画像（図 7 右）上で、文の位置をできるだけ正確にポイントしてもらった。テスト時間は各被験者の任意とした。

空欄補充タスク 再参照タスク後、被験者はブラウザ画面を見ながら文の空欄を埋めるテストを 18 問

行った．1文ずつ提示し，ブラウザ上の文章を確認しながら，文章中の言葉を使って空欄を埋めてもらった（図8）．引用文問題，連結文問題の順に行った．ブラウザ利用における時間や操作を計測するため，被験者に「必ずブラウザで文章を確認し，正確にかつできるだけ早く解答すること」を教示した．

16名の被験者の1文章における実験全体の所要時間は，約60～70分であった．

### 5.2.5 計測項目

文の再参照位置の誤差 位置の再参照テストについては，解答の正確さとして被験者がポイントした位置と正解位置の誤差行数を計測した．

空欄補充に要した時間・ペン操作 空間補充テストについては，問題に解答するのに要した，作業時間，ペンのタップ数，ペンの移動距離を計測した．提案手法の操作性を確認するために，実験を通して detail，overview フレームともスクロールバーを非表示に設定した．これにより，ブラウザ上でのユーザの移動操作は overview フレーム上の段落をペンでタップする行為に限定される．

## 5.3 結果と考察

### 5.3.1 データの標準化および検定方法

表示条件間でデータを比較する前に，実験で使われた3文章間の差を吸収する必要がある．文章ごとに，各16名分のデータを平均0，標準偏差1になるように標準化した z-score を求めた．z-score を用いて，2要因—文章，表示条件の分散分析を行い，文章の主効果と文章 × 表示条件による交互作用効果がないことを確認し，実験に用いた3つの文章は同質と仮定した．z-score を用いて表示条件ごとに再グループ化し，表示条件間で比較を行った．

有意性検定は，1つの対照群と他のすべての群との比較に用いられる Dunnett 検定<sup>26)</sup>を用いた．提案色表示を対照群とし，ランダム色表示，無色表示と比較した．

### 5.3.2 文の再参照位置の誤差

図9に各群の被験者が再参照タスクにおいてポイントした文の位置と正解位置の誤差行数の平均および標準誤差を示す．表3にDunnett検定を行った結果を示す．

全16問の平均，隣接段落の関連性（色相）が大きく変化する段落境界付近の文を提示する[関連性]問題と，重要度（彩度）の高い段落中の文を提示する[重要度]問題の誤差行数は，提案色表示の方がランダム色表示，無色表示よりも有意に小さかった．アンケートには「通常のブラウザで長文を読むのと比べ，今ど

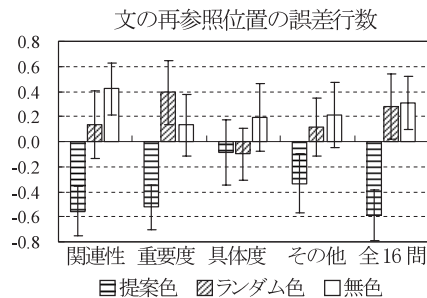


図9 再参照タスクの結果

Fig. 9 Mean difference between locations chosen in response box and real sentence locations.

表3 再参照タスクのDunnett検定の結果

Table 3 Dunnett test result of sentence-locating task.

|           | 関連性    | 重要度    | 具体度   | その他  | 全16問   |
|-----------|--------|--------|-------|------|--------|
| 提案色—ランダム色 | 2.15*  | 2.83** | -0.03 | 1.32 | 2.72** |
| 提案色—無色    | 3.04** | 2.03*  | 0.80  | 1.60 | 2.83** |

\* $p < 0.05$  (片側 5%境界値 1.96), \*\* $p < 0.01$  (片側 1%境界値 2.67)

こを読んでいるのかははっきり分かった」というコメントがあった．これらの結果から，段落間の関連性を表した色相と段落の重要度を表した彩度の提示が，テキストの空間符号化に効果があることを確認できた．

一方，具体度（明度）の高い段落中の文を提示する[具体度]問題は有意差が見られなかった．

### 5.3.3 空欄補充に要した時間・ペン操作

図10に各群の被験者の空欄補充タスクにおける作業時間，ペンタップ数，ペン移動量，表4に検定結果を示す．

全般的に，無色表示よりもランダム色表示との間に有意差が認められた．特に，2つの段落中の文を連結して作成した[連結文]問題において，効果が見られた．ペン移動距離に関しては，文章中の1文をそのまま引用した[引用文]問題でも距離が有意に小さかった．アンケートには「色のイメージを記憶することで，検索のスピード・労力が格段に向上した．付箋のような効果があった」というコメントがあった．これらの結果から，無作為ではなく吟味して色彩を利用，提示することで，色彩が情報を伝達しインタフェースの操作性を向上させることができることを確認した．

ペンの移動距離に注目し，[連結文]問題をサブカテゴリごとに比較する（図11，表5）．隣接した段落中の文を使った問題（a），（b）を比較すると，関連性の高い（色相が類似）段落の文を使った（a）の方が提案色表示の効果が大きい．同様に，隣接していない段落の文を使った問題（c），（d）においても，関連性の高い

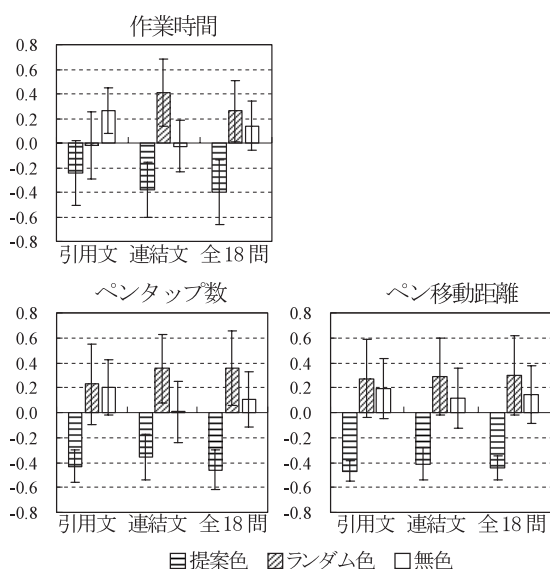


図 10 空欄補充タスクの結果

Fig. 10 Time, number of taps, and move distance of pen in blank-completing task.

表 4 空欄補充タスクの Dunnet 検定の結果

Table 4 Dunnet test result of blank-completing task.

|        |           | 引用文   | 連結文   | 全 18 問 |
|--------|-----------|-------|-------|--------|
| 作業時間   | 提案色—ランダム色 | 0.65  | 2.37* | 1.95   |
|        | 提案色—無色    | 1.46  | 1.06  | 1.60   |
| ペンタップ数 | 提案色—ランダム色 | 1.96  | 2.10* | 2.46*  |
|        | 提案色—無色    | 1.89  | 1.08  | 1.72   |
| ペン移動距離 | 提案色—ランダム色 | 2.24* | 2.09* | 2.21*  |
|        | 提案色—無色    | 1.99* | 1.58  | 1.76   |

\* $p < 0.05$  (片側 5%境界値 1.96)

段落の文を使った (c) の方が提案色表示の効果が大きい。このことから、色相の類似性が段落間の関連性の高さを把握するうえで何らかの手がかりとなっていることが分かる。特に、隣接しておらず関連性が高い段落の文を使った問題 (c) で有意差が見られた。この結果は、ある程度離れた場所への移動時にも、色相の類似性の効果が有効に機能していることを示している。

また、先に行った [引用文] 問題よりも後の [連結文] 問題の方で提案色表示の有意性が顕著に認められた。これは、[引用文] 問題 10 問の学習効果が要因の 1 つと考えられる。

## 5.4 議 論

### 5.4.1 3 つの手がかり情報と色の 3 属性の組合せの妥当性

5.3.2 項の結果から、段落間の関連性と色相、段落の重要度と彩度の組合せは妥当であることを確認できたが、段落の具体度と明度の組合せは、その効果を確認できなかった。それについて考察する。

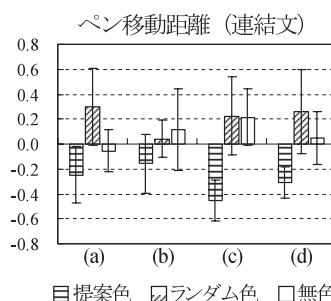


図 11 空欄補充タスク (連結文問題) の結果

Fig. 11 Move distance of pen in blank-completing task (copulative sentences).

表 5 空欄補充タスク (連結文問題) の Dunnet 検定の結果

Table 5 Dunnet test result of blank-completing task (copulative sentences).

|        |           | (a)  | (b)  | (c)   | (d)  |
|--------|-----------|------|------|-------|------|
| ペン移動距離 | 提案色—ランダム色 | 1.59 | 0.56 | 1.97* | 1.66 |
|        | 提案色—無色    | 0.56 | 0.77 | 1.97* | 1.03 |

\* $p < 0.05$  (片側 5%境界値 1.96)

色彩の 3 要素のうちの少なくとも 2 要素に対応させた情報はブラウジングに有効に作用することを確認した。つまり、明度による具体度情報の提示が他の 2 情報の提示に悪影響を与えていないことを示唆する。

具体度という手がかり情報それ自体の妥当性に関しては、読解に関する先行研究においてその効果が示されている<sup>15)</sup>。よって、具体度情報の別の提示方法を検討することが可能である。

硬軟感に影響を与える明度の心理的効果の、提案インタフェースにおける妥当性に関しては、予備実験から明度に起因する色の硬軟感の方が、有意差のあった彩度に起因する色の誘目性よりも正解率が高い結果が得られている (5.2.3 項「実験文章への色付け」参照)。よって明度差による色の効果そのものが被験者にとって分かりにくかった可能性は低い。よって、明度による色の硬軟感の効果は利用でき、この効果を活かすことのできる具体度以外の手がかり情報を、他の 2 情報とは独立して検討することが可能である。

次に、効果を確認できなかった要因として可能性があるものを、今後の検討課題の指針として提示する。1 つ目は、設定した評価タスクが、提示した具体度の情報を必要としないタスクであった可能性である。この場合、より効果的に具体度情報の提示効果を測定できるタスクを検討する必要がある。

2 つ目は、具体度情報と明度による色の硬軟感の効果の組合せの妥当性である。本研究では「具体的な文をやわらかいと感じる」一般的な人の感じ方に着目し、

明度による色の硬軟感の効果を利用したが、段落の具体性の度合いと硬軟感の結び付きに対する一般性がそれほど高くなかった可能性がある。関連性と重要度の情報提示に利用した色の効果は、それぞれ感覚的な効果、知覚的な効果だが、具体度の情報提示に利用した色の硬軟感の効果は、人間の視覚系が本来持ち個人の情緒に依存しない効果ではある（4.2 節参照）ものの、人の「感じ方」に関する効果である。よって、明度による色の硬軟感の効果を利用する場合、6.1 節で述べるようなユーザアダプテーションにおける工夫が必要である。

#### 5.4.2 ブラウジングスタイルの変化

空欄補充タスクにおける [連結文] 問題 8 問の解答時間は、提案色表示は 8 分前後、ランダム色表示は 11 分前後、無色表示は 9 分前後だった。提案色表示の回答時間が最も短い。被験者は 1 問を解答するのに平均して 1 分以上文章内を探索している。

[連結文] 問題は、段落をまたいだ文を連結した文の空欄 1 カ所を補充する問題のため、文や段落の個々の位置だけでなく文章全体の流れを把握できていれば解答時間がより短くなると想定できる。これは、このタスクが単なる記憶の保持量を測る想起タスクではなく、たとえば新規の文章を作成する際に、引用する文章内を探索するような、より現実の利用形態に近い作業だったのではないかと考えられる。そのようなタスクにおいて、提案色表示の被験者の解答時間およびペン操作の短縮が見られたということは、ユーザのブラウジングのスタイルを変化させた可能性を示唆する。

#### 5.4.3 ブラウジング過程の観察

本研究では、オンラインドキュメントの読解という知的作業に関連する基礎的なタスクを設定し、それを測定する手段を開発した。今後、前節で述べたブラウジングスタイル、つまり文章をブラウジングする過程が実際にどのように変化したかを測定するためには、今回設定した基礎的タスクに基づいて、さらに詳細な評価技術を開発することが有益である。

視線測定装置の価格低下や信頼性向上が進み、以前ほど扱いにくい道具ではなくなってきた。前節で注目した [連結文] 問題や、要約文を紙にまとめるような、より現実の利用形態に近いタスクにおいて、ユーザの視線やペン操作の軌跡を観察することで、読解の過程に関する有用な知見を得られると考える。その際、3.3 節で述べたようなブラウジング行為の分析が観察の観点を明確にするうえで必要になると考える。

ブラウジング過程を観察し、色の提示効果の有無によって、overview フレームと detail フレーム間の行

き来がどのように変化したのか比較検討することは、両者の持つ問題点を明らかにするうえで有効と考えられることから、今後の課題とした。

## 6. 実用可能性

### 6.1 ユーザアダプテーション機能

アンケートから「考えがまとまっていない場合に『色を見てアプローチする』という通常と異なる方法が使えるのは良い」というコメントが得られた一方で、「実際に及ぼす影響は少なくとも、自分の読み方・理解が他人に支配されているのではないかという心配が生じて集中できない」というコメントもあった。このことから、提示された色とユーザの意図とのずれの有無以前に、色の提示を思考や価値観の一方的な押し付けとして拒否感をいただくユーザもいることが分かった。また、「自分で好きなように色やフォントを変えたい」とのコメントも得られた。

これらは、文章の内的な再構成を促す情報を画一的に提示するのではなく、現在の提案インタフェースにユーザの思考や好みを反映できる機能の拡張が有効である可能性を示唆する。

### 6.2 システムの実現形態

今回の実験では、提案インタフェースを CSS と JavaScript を用いて Internet Explorer 上で実現した。手がかり情報を機械的に数値化できれば、今回の手法をそのまま適用することで、プラグインモジュールやプロキシサーバーシステムとして実現でき、個人利用型システムから、共同利用型システムまで、種々の Web サービスへの応用が可能である。

手がかり情報の数値化は、3.1 節で述べたテキスト処理によって抽出するアプローチのほか、利用者による何らかのアノテーション情報から抽出する方向性もある。

### 6.3 総合的なオンラインドキュメント環境

紙とオンライン文書の読解を比較した研究<sup>23)</sup>によると、オンラインドキュメントと比べた場合の紙の優位性として、(1) ドキュメント内を簡単に移動できるナビゲーション機能、(2) 複数のドキュメントを自在に参照できる空間レイアウト機能、(3) 読みながら注釈を書けるアノテーション機能があげられている。この紙の優位性は換言すれば、現在のオンラインドキュメントインタフェースが克服すべき課題である。

本稿で提案したインタフェースは、Web ドキュメントのブラウジング支援を対象とした。これは (1) のナビゲーション機能に相当する。一方ページ間のブラウジングが (2) の空間レイアウト機能に関連する。紙

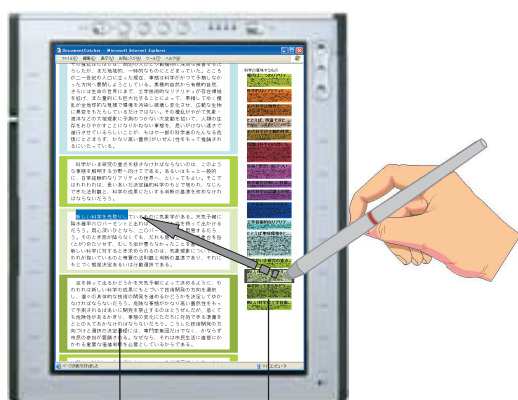


図 2 提案した Overview+Detail ドキュメントインタフェース  
Fig.2 Proposed Overview+Detail document interface.

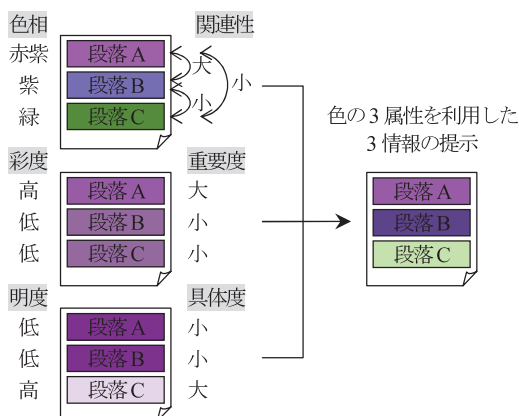


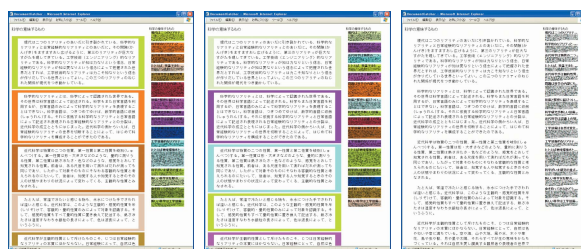
図 3 色の心理的効果を利用した手がかり情報の提示  
Fig.3 Expression of cue information using the psychological effects of color.



図 4 色相環  
Fig.4 Color wheel.



図 5 ペンタブレットディスプレイで文章を読む様子  
Fig.5 The experiment in action.



提案色表示 ランダム色表示 無色表示

図 6 各表示条件のブラウザ画面  
Fig.6 Screenshots of display windows.

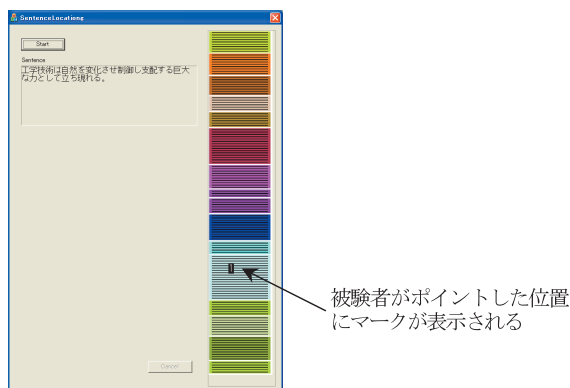


図 7 文の空間的記憶を問うタスク  
Fig.7 Sentence-locating task.

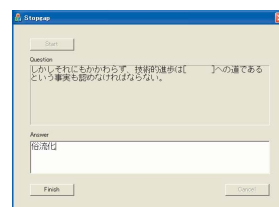


図 8 空欄を補充するタスク  
Fig.8 Blank-completing task.

をパラパラとめくるようには複数のドキュメント間を行き来できないという制約を取り払わなければならない。情報の連想的探索を強力に支援するハイパーテキストもこの機能に影響を及ぼす。リンクを「たどる」、「戻る」操作にかかる負担は重く、同じ情報を紙で提示した場合の方が理解や作文の結果が良いことが実験で示されており<sup>27)</sup>、ハイパーリンクを安易に利用することの危険性を示している。(3)のアノテーション機能に関しては、読みながらメモをとる、重要な箇所に下線を引く、原文から書き写す、原文に書き込みする、など我々が理解を深めるために経験的に用いている行為を、道具の操作に振り回されることなく行える必要がある。

これらの課題を克服することで、電子空間でしか実現しえない、文章を読むための総合的なメディア空間を実現できる。今回提案したインタフェース機能は、その要素機能として活用できると考える。

## 7. おわりに

色彩の心理的效果を利用した Web ブラウジングを支援するインタフェースを提案した。まず、文章の内的な再構成を促す手がかり情報、ユーザの読解を妨げずかつオンラインドキュメントの読みやすさを向上させる文章や手がかり情報の提示やブラウジングについての分析を行った。その分析をもとに、overview+detail ドキュメントインタフェースの設計を行った。

提案インタフェースを、ランダムに着色したインタフェースおよび無色のインタフェースと比較する実験を行った。実験の結果、提案インタフェースを利用したユーザは、ランダム色、無色のユーザよりもテキスト情報の空間的な位置を正確に示すこと、ランダム色のユーザよりも文章中の特定の箇所の探索を短時間かつ少ないペン操作で行うことを確認でき、提案インタフェースの基本的な有効性を実証した。色彩を吟味して使うことが、オンラインドキュメントの重要な点に注意を引き付け、情報をまとめ、視覚的に切り分けうるうえで有効な手段となりうることを確認した。さらに、ユーザによる定性的な評価も良好な結果を得た。

謝辞 本研究において、貴重なご助言をくださった電気通信大学田野俊一教授に感謝します。実験に協力してくださった電気通信大学大学院情報システム学研科田野・橋山研究室の皆様にも深く感謝します。

## 参 考 文 献

- 市野順子, 竹内和広, 井佐原均: Color-coded Document Catcher: 色彩の心理的效果を用いた文書読解支援システムの提案, ヒューマンインタフェースシンポジウム 2004, pp.139-142 (2004).
- Ichino, J., Takeuchi, K., and Isahara, H.: Color-coded Document Catcher: Interface for Reading Online Documents Using the Psychological Effects of Color, *11th International Conference on Human-Computer Interaction (HCI '05)* (2005).
- Piolat, A., Roussey, J. and Thunin, O.: Effects of Screen Presentation on Text Reading and Revising, *Int. J. of Human-Computer Studies*, pp.565-589 (1997).
- 内田伸子: 文章理解と知識, 認知心理学講座 3 推論と理解, 佐伯 胖 (編), 東京大学出版会 (1982).
- Graham, J.: The Reader's Helper: A Personalized Document Reading Environment, *CHI99*, pp.481-488 (1999).
- Suh, B., et al.: Popout Prism: Adding Perceptual Principles to Overview+Detail Document Interfaces, *CHI2002*, Vol.4, No.1, pp.251-258, ACM Press (2002).
- Hornbæk, K. and Frøkjær, E.: Reading of Electronic Documents: The Usability of Linear, Fisheye, and Overview+Detail Interface, *SIGCHI'01*, Vol.3, No.1, pp.293-300 (2001).
- Salton, G., et al.: Automatic Text Decomposition Using Text Segments and Text Themes, *Proc. 7th ACM Conference on Hypertext* (1996).
- Sun, Y., et al.: Design of an E-Book User Interface and Visualizations to Support Reading for Comprehension, *SIGIR'04*, pp.510-511 (2004).
- Boguraev, B., et al.: Dynamic Presentation of Document Content for Rapid Online Skimming, *AAAI Spring 1998 Symposium on Intelligent Text Summarization*, pp.109-118 (1998).
- Chang, B., et al.: A Negotiation Architecture for Fluid Documents, *UIST'98*, pp.123-132 (1998).
- Zellweger, P.T., et al.: Fluid Links for Informed and Incremental Link Transitions, *Hypertext'98*, pp.50-57 (1998).
- Schank, R.C. and Abelson, R.P.: *Scripts, Plans, Goals and Understanding*, Hillsdale (1977).
- Mani, I.: *Automatic Summarization*, John Benjamins, Amsterdam (2001).
- 久原恵子: 知識獲得のための読みの促進, 自己学習能力を育てる—学校の新しい役割, 波多野 誼余夫 (編), 東京大学出版会 (1980).
- 南不二男: 現代日本語の構造 (第 11 版), 大修館書店 (1998).
- Pynte, J. and Noizet, G.: Optimal Segmentation for Sentence Displayed on A Video Screen, *Visible Language*, Vol.2, pp.376-385 (1980).
- Zang, J. and Norman, D.A.: Representations in Distributed Cognitive Tasks, *Cognitive Science*, Vol.18, pp.87-122 (1994).
- Norman, D.A.: 野島久雄 (訳): 誰のためのデザイン? 認知科学者のデザイン原論, 新曜社 (1990).
- 山中俊夫: 色彩学の基礎, 文化書房博文社 (1997).
- Lidwell, W., Holden, K. and Butler, J.: Design Rule Index—デザイン, 新・100 の法則, ビー・エヌ・エヌ新社 (2004).
- 谷口 篤: 文章の理解と記憶を促進する具体化情報, 風間書房 (1999).
- O'Hara, K. and Sellen, A.: A Comparison of

Reading Paper and Online Documents, *CHI* '97, pp.335-342 (1997).

- 24) Lovelace, A.E. and Southall, D.S.: Memory for Words in Prose and Their Locations on The Page, *Memory and Cognition*, 11, pp.429-434 (1983).
- 25) O'Hara, K., Sellen, A. and Bentley, R.: Supporting Memory for Spatial Location while Reading from Small Displays, *CHI '99*, pp.220-221 (1999).
- 26) 永田 靖, 吉田道弘: 統計的多重比較法の基礎, サイエントリスト社 (1997).
- 27) Shapiro, A.M.: Promoting Active Learning: The Role of System Structure in Learning from Hypertext, *Human-Computer Interaction*, Vol.13, No.1, pp.1-36 (1998).

(平成 17 年 3 月 30 日受付)

(平成 18 年 1 月 6 日採録)



市野 順子 (学生会員)

1994 年南山大学経営学部情報管理学科卒業. 1994~1996 年(株)インテック. 1998 年電気通信大学大学院情報システム学研究科博士前期課程修了. 1998~2001 年大日本印刷(株). 2001 年~TIS(株). 2003 年~(独)情報通信研究機構けいはんな情報通信融合研究センター自然言語グループ特別研究員. 神戸大学大学院自然科学研究科博士後期課程在学中. ヒューマンインタフェース技術と自然言語処理技術の融合する分野, 感性工学に関する研究に従事.



竹内 和広 (正会員)

高校卒業後, 中小 SI にて情報システム設計・開発・運用業務に従事. 10 年以上の業務経験を持つ. 在職中に愛知県立大学外国語学部第二部英米学科に入学. 1997 年同学を社会人学生として卒業. その後, 奈良先端科学技術大学院大学情報科学研究科に入学. 自然言語処理の研究を行う. 1999 年同大学院博士前期課程修了. 2002 年同博士後期課程修了. 博士(工学). 現在, 独立行政法人情報通信研究機構自然言語グループおよびタイ自然言語ラボラトリーに所属. 言語コミュニケーションおよび言語に関わるオフィス活動支援システムの研究に興味がある.



井佐原 均 (正会員)

1980 年京都大学大学院修士課程修了. 博士(工学). 同年通商産業省電子技術総合研究所入所. 1995 年郵政省通信総合研究所. 現在, 独立行政法人情報通信研究機構けいはんな情報通信融合研究センター自然言語グループリーダーおよびタイ自然言語ラボラトリー長. 自然言語処理, 語彙意味論の研究に従事. 言語処理学会, 人工知能学会, 日本認知科学会, ACL 各会員.