

色彩の心理的効果を利用した On-Line Document Interface の有効性評価

市野 順子^{*1*2} 竹内 和広^{*3} 井佐原 均^{*2*3}

1. はじめに

On-Line Document は、紙では実現し得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。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じっくり読むことができず、紙に印刷してから読む人も多い。つまり、読み手の能動的な読みがより意識化される必要がある。

本研究では、紙に代わる、自然に文章を読むことに集中でき、かつ理解を促進、発展させることのできる、自然で高度な On-Line Document Interface の構築を目指す。

本稿では、提案したインタフェースを示し、その有効性を測定するために行った比較実験について述べる。

2. 色彩の心理的効果を利用した On-Line Document Interface

On-Line Document Interface において本研究が対象とする機能は、Web ブラウザの 1 ページに表示されたテキスト内をブラウジングする機能である。筆者らは文献^{[1][2][3]}において、オンライン文書が思考に及ぼす影響を分析し、より直感的に文書内を移動できかつ読解中の思考過程を促す On-Line Document Interface の設計(図 1)を行った。色彩はユーザに受け入れられやすく好感を持たせる上で効果があるだけでなく、様々な心理的効果をもつ。本研究は、色彩のこのような特徴と、電子文書インタフェースに有用^[4]な表示手法である“Overview + Detail”方式に注目しインタフェースに適用した。以下に特徴を述べる。

■ 思考が中断されない自由な移動

ユーザの読解という本来の思考への影響を軽減するには、読んでいる場所を捕らえやすいこと、文章を読みながら目の端で移動操作を行えることが必要である。

読んでいる場所を捕らえやすくするために、まず意味的な単位で情報をまとめ視覚的に切り分ける。Web ページ内の各セグメントを色の枠線で囲んだ (Detail フレーム)。その右側に文書全体を表示できるサイズに縮小した Overview フレームを表示し、各セグメントの背景色に Detail フレームと同様の色を施した。さらに、自分や目的



Detail フレーム Overview フレーム

図 1 提案した On-Line Document Interface

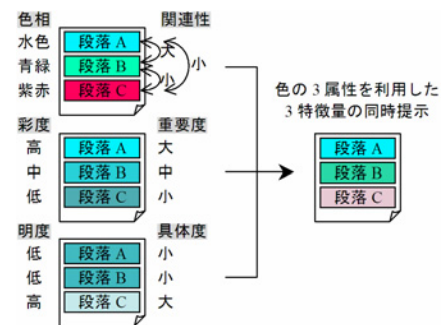


図 2 色の心理的効果を利用した文章枠組み情報の提示地の場所を把握しやすくするために、ユーザが Overview のセグメント内にポイントを移動すると、Detail フレームの中央にそのセグメントが表示されるようにした。Detail フレームと Overview フレームのセグメントを同一の色で示すことで、移動前後につながりが生まれる。

読みながら目の端で移動できるためには、移動操作にできるだけ意識を集中することなく感覚的に行える必要がある。そのために、移動時のポイント領域を知覚しやすくする。移動時の Overview フレームのポイント可能な領域を文字列ではなくセグメント全体とした。ポイント可能な領域が大きだけでなく、色により切り分けられていることが、さらに知覚を容易にする。

■ 思考過程を補助する文章の枠組み情報の提示

ユーザの思考の整理を促すために、文章の枠組み情報「セグメント間の関連性：どのセグメントとどのセグメントが関連しているか?」、「セグメントの重要度：書き手の主張が特に現れているセグメントはどれか?」、「セグメントの具体度：具体的な事例や応用例を取り上げたセグメントはどれか?」を提示する。こ

*1: TIS 株式会社 産業第 2 事業部 産業システム第 2 部

E-mail: ichino@karl.tis.co.jp

*2: 神戸大学大学院自然科学研究科

*3: 独立行政法人情報通信研究機構

E-mail: {kazuh, isahara}@nict.go.jp

の付加情報の提示を、読む行為をできるだけ中断させずに
行う。そのために、文章を追う視線の位置を大きく移
動させることなく付加情報を知覚できかつその内容を把
握できるようにする。色は色相、彩度、明度という人間
が直感的に識別できる3つの尺度を用いて表現できるだ
けでなく、種々の心理的效果をもつ。この特性を利用し、
3つの文章の枠組み情報を色相、彩度、明度と対応させ
た。つまりセグメントの3つの文章特徴を数値化するこ
とでそのセグメントの色が決定する。

図2に、色彩の心理的效果を利用することで、1つの
色が周囲の色との差によって3つの文章特徴を同時に提
示できる例を示す。「関連性」の提示には、セグメン
ト同士の距離感を認知できる必要があるため、感覚的に
等間隔に配置された色相を用いた。例えば水色と青緑色
で表されたセグメント同士は関連性が強く、水色と紫赤
色は弱いことを直感的に把握できる(図2左段上)。「重
要度」の提示には、色の「目立つ」度合いと相関のある
彩度が適する。セグメントの重要度が高い場合に彩度の
高い色を配色することで、自然にユーザの注意を引く(同
中央)。「具体度」の提示には、色の硬軟感に影響を与
える明度が適する。具体的で分かり易い文章ほど軟らか
い印象があることから、セグメントの具体性が高い場合
に明度の高い色を配色することで、ユーザは両者の違い
を容易に認知できる(同下)。

3. 提案インタフェースの有効性評価実験

3.1 実験目的

本実験の目的は、文章をブラウジングする際に、提案
した色彩の心理的效果を用いた 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

紙と比較した On-Line Document Interface の短所の一つ
は、現在読んでいるところが全体の中に位置するのかを
把握しにくいことである^[5]。テキスト情報を2次元空間
上に符号化することは、文章中の単語の想起のきっかけ
になる^[6]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であると考えられる。この観点から、
PC^[7]や PDA^[8]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
ている。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、またそこから得られた知識をすぐ
さ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。本実験では、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)

3.2 実験方法

3.2.1 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全く同じだが
順序をランダムに並び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。

3.2.2 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。

3.2.3 実験材料

実験環境 いずれの表示方法も、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。解像度、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。読解タスク後に行うテスト用に、
タブレットPCとは別にノートパソコンを用意した。

文章を提示するソフトウェアは Microsoft Internet
Explorer Ver.6 を使用した。実験に用いた Internet Explorer
画面を図3に示す。

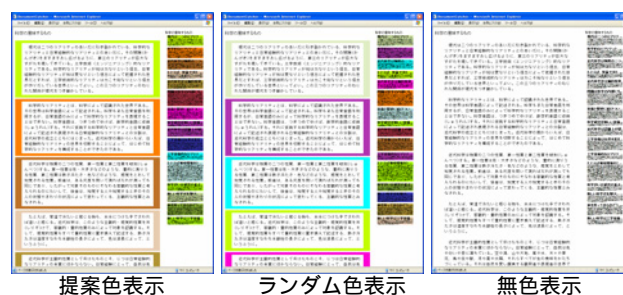


図3 各表示方法のブラウザ画面

実験文章 16~18段落からなる約3500~3800字の長
さの論説文を3つ用意した。

実験文章への色付け 実験に先立ち、被験者とは異な
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。

再参照タスク 文章中の16個の文を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、明度それ
ぞれの手がかり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)。

空欄補充タスク 一箇所空欄を設けた18個の文を1
文ずつ提示し、文章中の語句を使った空欄補充を求める。
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）. 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 4 つのサブカテゴリに分類した. 文は 2 つの段落から 2~3 文を抽出し、接続詞等を補い 1 文に連結した.

表 1 再参照タスクの設問構成

設問内容	設問数
関連性 / 色相 (a) 隣接段落の関連性（色相）が大きく変化する境界付近の文	4
重要度 / 彩度 (b) 重要度（彩度）が高い段落中の文	4
具体度 / 明度 (c) 具体度（明度）が高い段落中の文	4
その他 (d) 上記いずれにも該当しない文	4
計	16

表 2 空欄補充タスクの設問構成

設問内容	設問数
引用文 文章を 10 等分した範囲から 1 文ずつ引用	10
連結文 (a) 関連性の高い（色相が類似）隣接段落の文を連結	2
(b) 関連性の低い隣接段落の文を連結	2
(c) 関連性の高い非隣接段落の文を連結	2
(d) 関連性の低い非隣接段落の文を連結	2
計	18

3.2.4 実験手順

被験者は 5 時間以上間隔を置き、3 つの表示方法に 1 回ずつ合計 3 回の実験に参加した. 各文章、各表示方法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、表示方法を組み合わせた. 実験順序は文章や表示方法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 3 つの表示方法及びその操作方法について説明し、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「よく理解しながら読むこと. 40 分の文章提示時間中に 200 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、被験者は文章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 4 に示す. 文章中の文を 1 文ずつ提示（図 4 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 4 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、被験者は文の空欄を埋めるテストを 18 問行った. 1 文ずつ提示し、タブレットディスプレイ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 5）. テスト時間は、被験者にできるだけ速い解答を求めた.

3.2.5 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

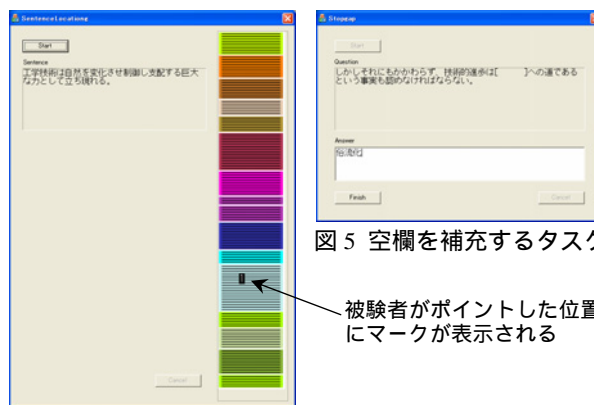


図 4 文の空間的記憶を問うタスク

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.

3.3 結果

3.3.1 データの標準化及び検定方法

表示方法間でデータを比較する前に、実験で使用した 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^[9]を求める. z-score を用いて表示方法ごとに再グループ化し、表示方法間の比較を行った.

有意性検定は、ひと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^[10]を用いた. 提案色表示を対照群としてランダム色表示、無色表示と比較した.

3.3.2 文の再参照位置の誤差

図 6 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を示す. Dunnett 検定を行ったところ、全 16 問の平均、(a)関連性、(b)重要度の誤差行数は、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. (c)具体度、(d)その他の誤差行数に有意な差は示されなかった.

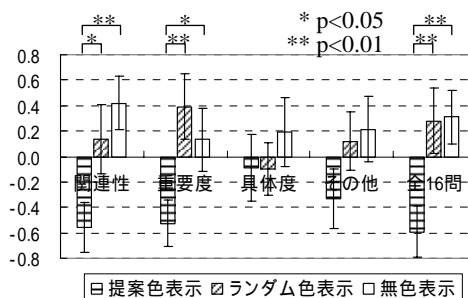


図 6 文の再参照位置の誤差行数

3.3.3 空欄補充に要した時間・ペン操作

図 7, 8, 9 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、ペン移動量の平均を示す. Dunnett 検定を行ったところ、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.

作業時間 連結文問題で、提案色表示がランダム色表

示よりも有意に少なかった．引用文問題に有意差は認められなかった．

ペンタップ数 全平均，連結文問題で，提案色表示がランダム色表示よりも有意に少なかった．引用文問題に有意差は認められなかった．

ペンの移動距離 引用文問題，連結文問題のいずれも，提案色表示がランダム色表示よりも有意に小さかった．引用文問題に関しては，無色表示との比較においても，提案色表示の方が有意に小さかった．

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 10）．隣接していない段落の文を連結した文を提示するサブカテゴリ(c),(d)において，提案色表示の移動距離が小さい傾向が見られた．特に隣接していないが関連性が高い（色相が類似している）段落から生成したサブカテゴリ(c)は，ランダム色表示，無色表示よりも有意に小さかった．

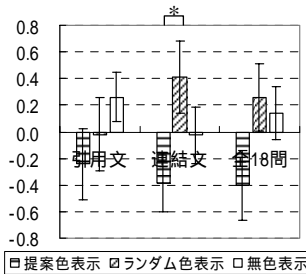


図 7 空欄補充の作業時間

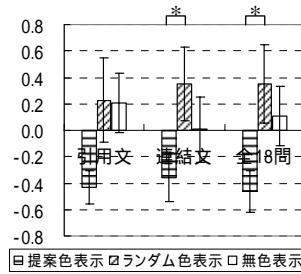


図 8 空欄補充のペンタップ数

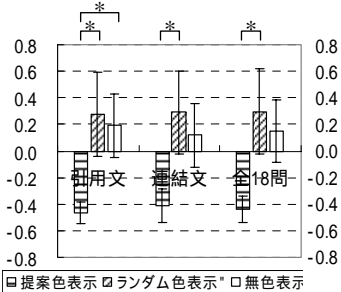


図 9 空欄補充のペン移動距離

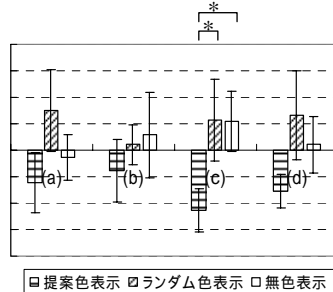


図 10 空欄補充のペン移動距離（連結文）

3.4 考察

テキストの空間配置記憶タスクの結果から，提案色表示のユーザはランダム色表示，無色表示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が明らかとなった．特に，隣接段落の関連性（色相）が大きく変化する境界付近の文を提示する問題と重要度（彩度）の高い段落中の文を提示する問題の誤差行数が有意に小さい結果であった．この結果から，段落間の関連性を表す色相と段落の重要度を表す彩度の提示が，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，具体度を表した明度においては，提案色表示はランダム表示とほぼ同結果で，効果が得られなかった．文章特徴として設定した具体度と読みの関係を再考察する必要がある．

空欄補充タスクの結果から，提案色表示で文章を読んだユーザはランダム色表示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が明らかとなった．この結果から，無作為ではなく吟味して色彩を利用することで，色彩が情報を伝達しインタフェースの操作性を向上できることを確認した．特に，内容的には関連性が高いが物理的には隣接していない段落中の文を探すことを要求する連結文問題(c)において，ランダム色，無色のユーザよりもペンの移動量が小さかった．この結果は，ある程度離れた場所への移動時に，色相によって提示された段落間の関連性の情報が有効に作用したことを示している．また，引用文問題よりもその後に行った連結文問題で特に効果が見られたのは，学習効果があったのではないかと推測できる．

4. まとめ

本論文では，色彩の心理的効果を利用した On-Line Document Interface を提示し，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，色を着けないインタフェースと比較する実験について述べた．実験の結果，色彩（色相，彩度）の心理的効果を文章特徴（関連性，重要度）と対応付けることでテキストの空間的符号化と，インタフェースの操作性の向上を定量的に確認でき，提案インタフェースの基本的な有効性を確認した．

今後は，文章特徴として提示した「セグメントの具体度」情報の再考察，実験で得られている主観評価結果の分析を行い，提案したインタフェースの総合的な評価を行う予定である．

謝辞

本研究において，貴重なご助言を下された電気通信大学田野俊一教授に感謝します．また，実験に協力して下さいまし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，他：Color-coded Document Catcher :色彩の心理的効果を用いた文書閲覧支援インタフェース，言語処理学会第 10 回年次大会 発表論文集，pp.140-143 (2004).
- 市野，他：文書の読解を支援するインタフェースの考察，日本認知科学会第 21 回大会発表論文集，pp.392-393 (2004).
- 市野，他：Color-coded Document Catcher :色彩の心理的効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).
- K. HORNBÆK, et al.: Reading Patterns and Usability in Visualizations of Electronic Documents, ACM Transactions on Computer-Human Interaction, Vol.10, No.2, pp.119-149(2003).
- K. O'Hara, et al.: A Comparison of Reading Paper and On-Line Documents, CHI 97, pp.335-342 (1997).
- Lovelace, et al.: Memory for words in prose and their locations on the page, Memory and Cognition, 11, pp.429-434 (1983).
- A. Piolat, et al.: Effects of Screen Presentation on Text Reading and Revising, Int. J. of Human-Computer Studies, pp.565-589 (1997).
- O'Hara, et al.: Supporting Memory for Spatial Location while Reading from Small Displays. CHI '99, pp.220-221 (1999).
- 吉田：本当にわかりやすいすぐ大切なことが書いてあるごく初歩の統計の本，北大路書房 (1998).
- 永田，他：統計的多重比較法の基礎，サイエンティスト社，(1997).