

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

市野 順子*¹ 竹内 和広*² 井佐原 均*²

1. はじめに

WWWの急速な普及・発展に伴い、膨大な量の文書へアクセス可能となり、特定の文書を発見する検索エンジン、ページ間の関連を視覚化するツール、新たな知識を発見するテキストマイニング技術等、巨大なテキスト情報空間へアクセスするための仕組みは整備されつつある。

しかし、凡そどんな内容でどの辺りに知りたい情報が書かれているか、といった文書の内容に関する把握は依然ユーザの精読に任されている。しかもアクセス可能な文書が大量であるが故に、逐一文書を精読することは大きな負担であり、ユーザが拾い読みをする傾向は強まる。

そこで本研究では、文書の構造やポイント、ユーザの必要な情報を素早く把握でき、拾い読みを容易にする文書閲覧支援システム「Color-coded Document Catcher」を提案する。本稿では、提案システムのユーザインタフェースを考察すると共に、実装したプロトタイプシステムの実現方法について説明する。

我々は、コンピュータシステムを自己の知識を発展させるメディアとして捉えている。本研究が主題に据える「読み」という知的活動は、どうすれば紙と鉛筆より使い勝手が良く、かつ人間の知性や創造性を進化させるシステムを構築できるかという大きな課題の一端である。

2. 文章を読む

2.1 文章を読む行為

文章を読む行為を支援するためには、文章の読解過程をモデル化した知識が必要と考えられる。しかし、文章の読解過程に関しては、認知言語学や認知心理学の分野で数多く行われ様々なモデルが提案されている^[1]ものの完全には明らかになっていない。殆どのモデルに共通している考えは、複数の文や段落が一次的に並べられて構成されている構造から、次々に既存知識を取り込みその間の関係を付け、一つの意味的なまとまりを持った構造を作り出す過程であると捉えている点である。

2.2 文章を読む道具

高度で自然な支援が得られるユーザインタフェースを実現するために、文章を読む道具として従来の非電子的

なツールと電子的なツールそれぞれの特徴を分析する。

文章を読むための従来の非電子的ツールには、紙、黒板などがある。紙は、パラパラとページをめくりながら内容を概観でき、斜め読みし易い点が長所である。一方、データの再利用がしにくい点が短所である。

一方、文章を読むための代表的な電子的なツールには、WebブラウザやAcrobatReader等の文書閲覧ソフトがある。Webブラウザには、リンクを辿るという単純な操作で情報の連想的探索を支援する強力な機能として、ハイパーリンクがある。しかし、現在の多くのハイパーリンクが、他人の視点で静的に設定されている、基本的に語単位でしか探索できない、といった理由から必要とする情報になかなか辿り着くことができず、Web空間上で迷子になることが多い。また、表示位置を動的に制御するスクロールバーは、わざわざポインタを画面の端へ移動させて小さいつまみを掴まなければならないほか、文章が長い場合にはつまみの微小な移動で表示内容が急激に変化するといった問題がある。研究^[2]では、文書を1ページごとに提示して読む方が、スクロールして読むよりもユーザの理解が良いことが示されている。

3. 従来研究

3.1 情報視覚化に関する研究

本来直接目で見るできない情報を何らかの形で見えるようにする視覚化の研究は盛んに行われており、その中でテキスト情報を扱った研究も数多くある。

WebBook^[3]では、ウェブページ群を3次元表示し、現実の本のようにパラパラめくるインタフェースや、レンズのメタファを用いてページを拡大表示するインタフェースを提供している。Data Mountain^[4]では、ページのサムネールを山の斜面に置くメタファを使用しており、多くのページを一望できる。これらの研究は文書群の管理には有効であるが、文書の内容を把握するインタフェースとしては適切でない。また、表示できる情報量が多くなるため3次元的に視覚化することが主流になりつつあるが、必ずしも最適ではなくタスクやユーザによってはいくつかの問題が起きることも指摘されている^[5]。

Popout Prism^[6]では文書の概観と詳細を視覚化している。Webページ上の重要語を視覚的にポップアウトすることでユーザの注意を引く。画面の左部にはサムネール画像が表示され、点線で囲われた部分が右部の詳細画面全体との相対位置を示しており、表示位置を把握し易い。

*1: TIS(株) 産業第2事業部 産業システム第2部
E-mail: ichino@karl.tis.co.jp

*2: 通信総合研究所
E-mail: {kazuh, isahara}@crl.go.jp

しかし、文書の大まかな流れを把握するには全文を精読しなくてはならないため、ユーザへの負担は大きい。

3.2 自然言語処理を利用した文章特徴の抽出に関する研究

自然言語処理の分野においては、文章構造、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する研究は古くから取り組まれている。本研究では、そのような数値化された情報を視覚的に提示することに着眼する。

Salton^[7]は、テキストを日付や意味に基づき段落に分解し、楕円上の点で示された段落同士を線で結び段落間の関連性を視覚的に表現している。これは、段落の構造を直感的に把握するにはよいが、文章を提示していないため内容を読むことができない。研究^[8]では、Webページの論理構造を抽出し、ユーザの興味に適合した部分のみを抜き出しテキスト表示することで閲覧支援を行っている。抽出した情報とWebページ本体を別画面で表示しているため、両方のテキスト情報を読まなければならない、その相対関係を把握するのが困難、といった問題がある。

一方、文章の要約を行う研究は、原文を縮約した結果を提示するものが大半である。これを文章の拾い読みの支援に適用することも考えられるが、提示する段階で情報が欠落しているため関連情報や詳細情報を確認できない、読み手自身の視点を通して必要な情報を抽出できない、といった点が課題といえる。

4. 文書閲覧支援システムの要件

以上の分析より、従来のツールや研究は利点もあるものの、ページの切り替え方法、文章の概観のしにくさ、概観を重視した場合の精読しにくさなど、様々な問題点が見出された。それらを踏まえ、文書閲覧支援システムのインタフェースの要件を以下にまとめる。

(i) 読解過程の促進

文章の読解過程をできるだけ具体的にに行え、後戻りが少なければ情報を高速に処理でき、拾い読みが容易になると考える。読解過程における要素的行為として、Web文書などの多種多様な文書の閲覧を支援するという観点から、現在のところ表1に示す3つを考えた。その行為を具体的、発展的に行うためには適切な情報提示が必要となる。文書を分解し関係付けを行う単位は段落とした。

(ii) 読み位置認識+精読+概要把握の容易性

現実の紙の本をバラバラと斜め読みするときのように、文書のどの辺りを読んでいるかを直感的に認知でき、かつ、読む行為に自然に意識を集中できる機能が必須である。アニメーションや音声を用いた情報提示は一見使いやすいが、感覚を刺激するため体験的認知を強要し、読むという内省的認知を阻害する。内省を促し、体験を排除するには抽象度の高い情報提示が必要である^[9]。さらに、読解行為を妨げることなく、(i)で分析した文章上の特徴も同時に把握できる機能を提供する必要がある。

表1 読解過程における要素的行為と提示すべき情報

	要素的行為	提示情報
①	構造把握	段落間の類似度
②	重要箇所の特定	段落の重要度
③	事実と意見の区別	段落に事実又は意見が含まれる程度

(iii) 的確かつ柔軟な連想的探索

紙の本以上に強力なインタフェースを実現するためには、連想的な探索を可能にするハイパーリンク機能は必須である。多種多様な情報空間の中でユーザを迷子にさせずに効率的な探索を支援するためには、ユーザが必要としている情報を動的に反映した連想や、単語ではなく文章のある範囲をキーにした曖昧な連想を可能とする、的確で柔軟な情報探索機能を提供する必要がある。

5. Color-coded Document Catcher

前章でまとめた要件を満たす新たな文書閲覧支援の手法として我々が提案するのが「Color-coded Document Catcher」(図2)である。本研究はWeb文書の閲覧への適用を前提として検討を行った。

5.1 色彩の心理的効果

色彩の心理的効果は、色感覚効果、色知覚効果、色感情効果に分けることができる。本研究では、色彩のもつ心理的効果の大きさと、色による視覚化はタスクやユーザに関わらず有効である^[2]ことに着眼し、色彩を用いて文書閲覧支援システムを実現する。色に関する心理的効果を分析する際の総論として文献^[10]を参照し、本研究で利用する効果を中心に以下にまとめる。

(1) 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750万程度にも及ぶ。色は色相、明度、彩度という直感的に見分けることのできる3つの尺度を用いて説明することができ、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する。

(2) 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ることで起こる効果である。本研究では、その効果の一つである、周囲の色と比較して彩度が高い色は視認性が高く特に目立つという性質に着目する。

(3) 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くものであり、情緒感情は個人が独自に持つものである。本研究では、知覚感情の一つである、明度が低いほど硬く感じ、高いほど軟らかく感じる色の硬軟感に着目する。

5.2 色彩を利用したユーザインタフェース

4章でまとめたシステムの要件に基づき、色彩の心理

的効果を利用した文書閲覧支援システムのインタフェースの設計を行った。システム全体に関わるインタフェースとして、色の識別能力の高さを利用し、各段落の特徴を表す色を背景色としてマッピングすることで、文章上の特徴を視覚的に提示するインタフェースを設計した。

要件(i)を満たすインタフェースとして、読解を促すための3つの文章特徴「段落間の類似度」、「段落の重要度」、「段落の事実／意見の程度」をそれぞれ色相、彩度、明度と対応させ、その3属性で決定される色を用いて段落の特徴を示すインタフェースを設計した。図1に、3属性のうち2軸を固定し1軸のみを変化させた色を用いた文章特徴の提示と、3属性で決定された色を用いて3つの特徴を同時に提示する例を示す。

「類似度」の提示には、段落同士の距離を認知する必要があるため、感覚的に等しい間隔で配置されている色相による表現が適している。例えば黄色と橙色のように隣接する色相で示された段落同士は内容の類似度が強く、黄色と青色のように離れた色相で示された段落同士は弱い、といったことを感覚的に把握できる(図1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している。段落の重要度やユーザの興味の度合いに応じて配色する色の彩度を変化させることで、自然にユーザの注意を引くことができる(図1左段中央)。

「事実／意見の程度」の提示には、色の硬軟感に影響を与える明度が適している。文章に事実が多く含まれる文章ほど硬い印象があり、意見が多いほど軟らかい印象があることから、段落に含まれる事実／意見の程度に応じて配色する色の明度を変化させることで、ユーザに両者の違いを認知させることができる(図1左段下)。

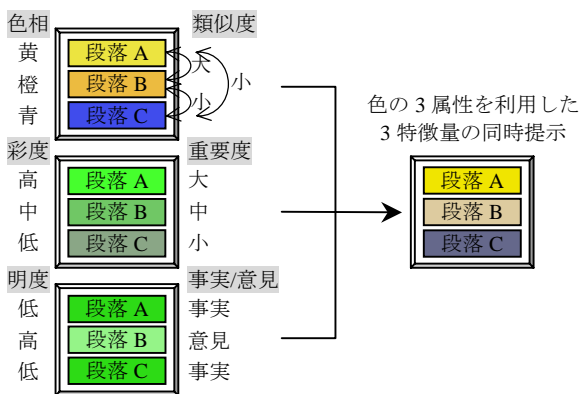


図1 色の心理的効果を利用した情報提示

要件(ii)を満たすインタフェースとして、任意の Web ページに対して、段落の背景色に文章特徴を表す色彩が施された Detail 画面と、その左側に文書全体が表示されるように Detail 画面を縮小した Overview 画面を表示するインタフェースを設計した(図2)。Overview 画面の、ある色で示された段落内の任意の場所をポインティングすると、Detail 画面の先頭に選択した段落が表示されるよう

にした(図2左)。このようにポインティングの範囲を大きくすることにより、ユーザは直感的に表示位置を切り替えることができ、スクロール操作により読解が中断されるといった思考への影響を軽減することができる。

要件(iii)を満たすインタフェースとして、Detail 画面上の段落内の任意の場所でクリックすると、選択された段落の内容及び、ユーザが知りたい情報を基に連想される Web ページへジャンプするインタフェースを設計した(図2右)。また、オリジナルの Web ページに埋め込まれたリンク操作もそのまま利用できるようにした。

提案したインタフェースの一部をプロトタイプシステムとして実装した(図3)。

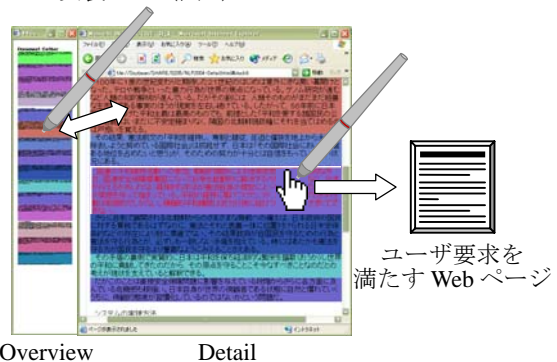


図2 文書の概観と詳細の提示



図3 プロトタイプシステムで閲覧している様子

6. システムの実現方法

6.1 システムの概要

以上より、本システムは図4に示す処理を行う必要がある。まず、ユーザが閲覧した Web 文書から段落を抽出し、段落の特徴量(類似度、重要度、事実／意見の程度)を導出する。その特徴量を基に配色(色相、彩度、明度)を決定しこれを用いて、Overview ページと Detail ページを生成する。また、Detail ページには、ユーザの利用履歴を基にユーザの知りたい情報に適合した Web ページへジャンプするためのハイパーリンク情報が付加される。

次節では、段落間の類似度に基づいて段落を色相環上に配置するアルゴリズムについて説明する。

6.2 個体間の類似度に基づき個体を円環状に配置するアルゴリズム

本システムでは段落間の類似度を色相で表現する。色相は、色相環といって色味が変化していく様子が循環的な円周上に表される。そのため、個体間の類似度や距離に基づいて個体を円環状に配置する機能が必要となる。この条件を満たすアーキテクチャを考察する。

数量化IV類や主座標分析は、個体間の類似度を表す行

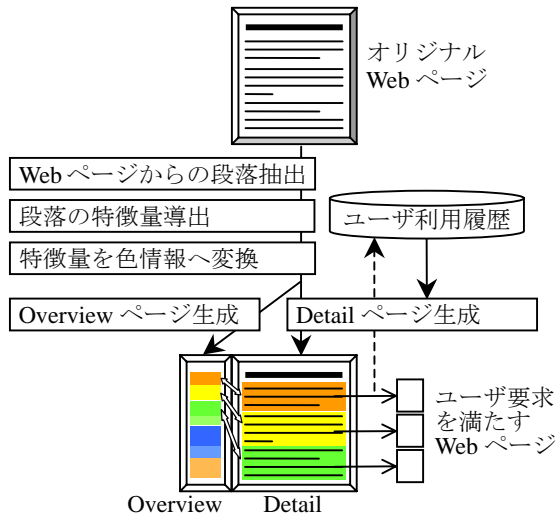


図4 システム概念図

列に基づいて個体を直交空間に配置する。本システムでは、個体を直交座標上ではなく極（円）座標上に配置する必要があるため、適用できない。

そこで本システムでは、出力層を円環状の1次元配列とすることにより従来の自己組織化マップ（SOM）を拡張した。これを用いて段落間の類似度に基づき段落を色相環上に配置する。以下で、提案する円環状 SOM の概要を述べる。

《基本構造》

SOM は1層のネットワークである。本システムのネットワークは入力ベクトルとして n 個の段落の特徴ベクトル E を受け取り、出力層は m 個の参照ベクトル U_i が円環状に1次元に配列されている。この様子を図5に表す。段落の特徴ベクトル E は、索引語の重みに $tf \cdot idf$ の値を用いたベクトル空間モデルを用いる。入力ベクトルと参照ベクトルの次元数はいずれも索引語の総数と等しい。

《学習》

入力ベクトル E は、式(1)で定義される、段落間の類似度 $sim(E, U_i)$ を最大にするノード c を探す。

$$sim(E, U_c) = \max(sim(E, U_i)) \quad (1)$$

類似度の測定には、式(2)で表される Dice 係数を用いる。

$$sim(P_x, P_y) = \frac{2 \sum_{i=1}^T x_i \cdot y_i}{\sum_{i=1}^T x_i^2 + \sum_{i=1}^T y_i^2} \quad (2)$$

x_i, y_i はそれぞれ段落 P_x, P_y の索引語 i に対する $tf \cdot idf$ 重み、 T は索引語の総数である。式(1)で得られた参照ベクトル U_c を持つユニットを勝者ユニットと呼び、勝者ユニットの前後に近傍領域を図6中の点線で囲った長方形のように定義する。通常の2次元 SOM の場合、近傍領域の端が SOM を超えた場合は切り捨てられるが、本システムでは SOM が円環状であるため、 m 番目の隣りのユニットを0番目とし循環的に近傍領域を設定する。

近傍内の全てのユニットは式(3)に従って入力ベクトル

を学習し、入力ベクトルに少し近づく。学習（更新回数）が進むにつれて、近傍領域のサイズ、学習率係数の値を減らす。 $U_i(t)$ は出力層のユニット i が時刻 t に保持しているパターン、 $\alpha(t)$ は時刻 t の学習率係数である。

$$U_i(t+1) = U_i(t) + \alpha(t)[E(t) - U_i(t)] \quad (3)$$

学習の結果、入力ベクトル空間で近くにある段落が、ネットワーク上でも互いに近傍のユニットへと射影される。同一の段落が複数のユニットにまたがって射影された場合は、更新回数が最も多かったユニットをその段落の中心位置とし、色相環の偏角を決定する。

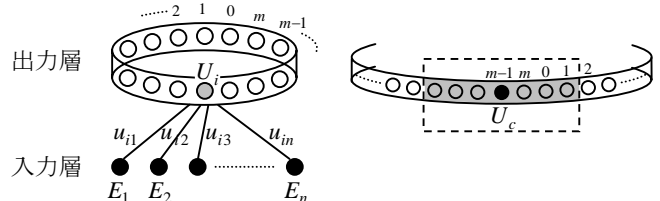


図5 円環状 SOM のネットワーク

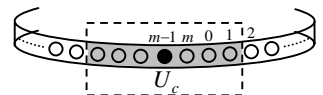


図6 更新される近傍領域ネットワーク

7. まとめ

色彩の心理的効果に注目し、文書閲覧支援システムに必要な条件を考察し設計した。また、段落間の類似度に基づき段落を色相環上に配置するアルゴリズムについて考察した。

今後は、段落の特徴量としての事実／意見の程度を抽出する方法の検討、提案アルゴリズムの有効性の検証、提案システムの評価実験を進める予定である。

参考文献

- [1] 阿部, 桃内, 他: 人間の言語情報処理—言語理解の認知科学, サイエンス社, 1994.
- [2] A. Piolat, et al.: Effects of Screen Presentation on Text Reading and Revising, Int. J. of Human-Computer Studies, pp.565-589, 1997.
- [3] Stuart, K. Card, et al.: The WebBook and the Web Forager: An Information Workspace for the World-Wide Web, CHI96, pp.111-117, 1996.
- [4] G. Robertson, M. Czerwinski, et al.: Data Mountain: Using Spatial Memory for Document Management, UIST'98, pp.153-162, 1998.
- [5] Marc M. Sebrecths, John V. Cugini, et al.: Visualization of Search Results: A Comparative Evaluation of Text, 2D, and 3D Interfaces, Proc. 22nd Annual International ACM/SIGIR Conference, 1999.
- [6] B. Suh, A. Woodruff, et al.: Popout Prism: Adding Perceptual Principles to Overview+Detail Document Interfaces, CHI2002. ACM Press, Vol.4, No.1, pp.251-258, 2002.
- [7] G. Salton: Automatic Text Decomposition Using Text Segments and Text Themes, Proc. 7th ACM Conference on Hypertext, 1996.
- [8] 品川, 北川, 他: ユーザプロファイルに基づくビューページの動的生成による WWW 閲覧支援, 情報処理学会論文誌: データベース, Vol.41, No.SIG 6 (TOD7), pp.22-36, 2000.
- [9] 田野: インターフェースシステム論, 電気通信大学大学院情報システム学研究所「インターフェースシステム論」講義資料, pp.39-40, 2001.
- [10] 山中: 色彩学の基礎, 文化書房博文社, 1997.