

# 可読性向上を図る対話的文書自動彩色システム

内田 友幸<sup>†</sup>      田中 英彦<sup>†</sup>

## An Interactive Document Coloring System for Legible Expression

Tomoyuki UCHIDA<sup>†</sup> and Hidehiko TANAKA<sup>†</sup>

あらまし 文書を自動的に彩色してコンピュータディスプレイ上に表示し、またユーザがその彩色表現を読みやすいように素早く変更できる GUI を実装したシステム (CERAS) を作成した。文書の彩色については今まで多くの試みがなされてきたが、いまだに実用化されてこなかった背景には色のもつ読解に対する阻害要因をうまく抑えながら彩色の有効性を引き出すことが難しかったからである。その結果カラーデバイス上でも文書は白黒表現が通例であり、彩色が施されることがあっても特定の文書に対し経験的に彩色されるだけであった。しかし、心理実験により文書に適切に彩色を施せば読みやすい、理解しやすい文書にできる可能性があることが確認できた。また、動的なデバイスを利用すれば彩色を有効利用できる可能性もわかってきた。そこで、この可読性を向上させる文書を自動的に生成し、ユーザに提示し、ユーザからのカスタマイズやチューニングを GUI で受け取って適切に反映するシステムを開発した。心理実験による速読に適用した評価では CERAS は読解の速度、精度とも向上することがわかり、CERAS の有効性が示された。

キーワード ユーザインタフェース、ヒューマンインタフェース、彩色、文書、カラー

### 1. まえがき

近年、インターネットの普及に伴い電子化された自然言語文書が大量に流通するようになってきた。また、カラーディスプレイなどデバイスのカラー化も進み、動的なカラーデバイス上で文書を読むことが多くなってきた。しかし、自然言語文書部分に対するユーザインタフェースは従来の紙メディアと同様の白黒で静的な表現が主流となっている。

そこで我々はこれらのデバイスを積極的に利用した読みやすい自然言語文書のユーザインタフェースについて検討を重ね、文書をより読みやすく、理解しやすくするシステムの開発を進めている。

赤線を引いたり、カラーマーカを利用する等文書を彩色して可読性を向上することは我々が通常よく行っていることではある。しかし、それをより系統的に行う研究はいくつか行われてきたが、汎用的に有効な手法はいまだ確立されていない。このような色の可能性、有効性を生かせなかった背景には色のもつ視認性の低

下要素、心理的な影響の個人差、心理的不快要因に対する対処方法が見出せなかった [1] ことによる。例えば彩色を施すとコントラストが低下するので、色を使う時点において既にその文字の可読性自体は低下してしまっている。そのため、この可読性の低下を補って余りあるほどのメリットを確立できなければ彩色の有効性は主張できない。

従来の研究では利用する色は派手で刺激の強い原色をターゲットにしていたり、彩色のポイントとして見出ししか考慮していなかったり [1] と彩色に対する検討が不十分であった。また、表示するデバイスは紙などの固定デバイスを前提に考えられており、動的に彩色を変更することができるデバイスの存在を視野に入れていなかったこともあり、彩色を有効利用する可能性はまだ十分にあると考えられる。

本研究では、文書のインタフェースとしてこれらの彩色表現を利用した際の効果について調べ、この有用性を最大限に引き出す手法について検討を行う。そして、それらの手法を実現するシステム (英文, CERAS) を構築し、より有効な文書のインタフェース環境を構築する。

<sup>†</sup> 東京大学大学院工学系研究科, 東京都  
Department of Electrical Engineering, Faculty of Engineering,  
The University of Tokyo, 7-3-1 Hongo Bunkyo-ku, Tokyo, 113  
Japan

## 2. 彩色の効果

### 2.1 彩色の効果

色彩は心理的に多彩な効果がある。まず、形状が同じままに最大で人間が見分けられる数百万種類に及ぶ複数の属性をもたせることができる点が挙げられる。特に複数の刺激の中から目的の刺激をひと目で発見できるポップアウトという現象を容易に起こせる点はとても有効であると考えられる。この現象はうまく色を選べば18種類の色まで同時にポップアウトの対象とできる[2]ので広範な応用が期待できる。次に、暖かさや大きさ、距離感、重さといった感覚を誘起できる点が挙げられる。このような感覚を色彩以外で誘起させるのは容易ではないと考えられるため、応用の仕方によっては非常に効果が期待できる。このほかにも広告などの分野では既に広く認知されているように美しさや楽しさなどの感性に訴えられる点も挙げられる。

これらの色彩の効果を有効に用いれば、読者は文書の概要を速くつかめたり、文書の内容をより理解できたり、より文書を楽しむことができるようになることが期待される。

### 2.2 読解における彩色

文書の読解は複雑な過程を経ている[3],[4]と考えられるが、その中で彩色が効果的であると考えられる7種類の過程を、効果が期待できる主なポイントと共に以下に挙げる。

#### (1) 読み始め位置の探索

キーワードなど目安となる単語をポップアウトする色でマークし、読み始める位置を探しやすくする。

#### (2) 文字列の取込み

漢字や平仮名などの文字種ごとに文字列の取込みの眼球運動に違いがある[5]。これを彩色で補助する。

#### (3) 単語の認識

単語の品詞や意味に合わせて特定の傾向の彩色を行い単語の認識を促進する。

#### (4) 構文の解析

5W1Hや係り受けの構造を色彩の構造としてもたせることで把握しやすくする。

#### (5) 文の意味内容の理解

会話文や引用文の色分けなど、文単位でその概要を彩色することで文脈の理解を促し文の理解を速める。

#### (6) 文章全体の意図の理解

要約や結論に相当する文の色分けなどで文章全体の意図の理解を速める。

#### (7) 読解内容の記憶

色という特徴が思い出すきっかけになるなど、記憶の整理、長期化を促す。

このほかにも色彩の感情効果、感覚効果、美的効果などの感性に訴える心理的效果を利用して、小説の情景描写などの表現力を増す効果も期待できる。

### 2.3 彩色による弊害

しかし、彩色による影響には好ましくない点もある。以下に、彩色による弊害を挙げる。

(1) 彩色された文字は認識に時間がかかってしまう可能性がある

(2) 利用する色の組合せによっては不快感や疲労を招く危険がある

(3) 彩色された単語の意味内容を把握し損なう可能性がある

(4) 慣れていなかったりして彩色をうまく利用できないと可読性を損なう

(5) 彩色が目的としている表現に対して読み手が興味がない場合、意図した効果が得られなかったり可読性を損なったりする

これらは大きく二つのタイプに分けられる。一つは(1),(2)の彩色すること自体に発生する弊害、もう一つは(3),(4),(5)の読み手と彩色側の意図のずれによって発生する弊害である。前者は知覚的な問題であり、本質的に対処できない要素がある。そのため、そのような弊害が発生しにくい色使いをして弊害を最小に抑える方向で対策を講じていく必要がある。後者は読み手と彩色側で違うことを意図してしまうために発生する弊害のため、読み手が彩色表現に慣れていたり、動的なデバイス上でインタラクティブに表現を読み手の意図に合わせるようにしていけば抑えられると考えられる。

### 2.4 彩色表現の適用

彩色文書を作成する場合、色による構造を積極的にとり入れるなど多彩な表現形態が考えられるが、従来の白黒文書に慣れている人がすぐに違和感なく利用できるようにすることを考えて、従来の白黒文書の表現を拡張する方向で彩色を行っていくことを考える。このようにすることにより、ユーザのインタラクティブな要請に応じて色表現をなくしてもそのままの形で読むことができるというメリットも出る。

このような彩色の場合、文書表現中彩色できる位置には文字色、背景色、アンダーラインや囲みなどのライン、傍点、文書の周囲などがある。これにフォント

の種類、フォントのサイズやインデント、キャプションなどの位置の整形との組合せを加えて文書に対する彩色を実現する。

次に利用色についてであるが、有効な彩色には以下の彩色表現上の制約を考慮する必要がある。

(1) 混同を避けるため、利用する色の色空間上の距離はなるべく大きくする

(2) 絶対的な色空間上の位置に依存しない配色にする

(3) 彩色面積は小さすぎないようにする（視角で0.22度以上必要[6]）

(4) 視認性確保のため文字と背景の明度差は十分にとる（7:1以上必要[6]）

(5) 色の感性的な心理的影響に相反しない機能、定義を割り当てる

(6) 目立つ色の数はなるべく少なくする

(7) 読み手に不快感などの心理的悪影響を及ぼさないような配色にする

### 2.5 読者と文書の関係における彩色

彩色の際は上記の利点、弊害、制約を考慮に入れて、制約の範囲内で弊害が少なく効果が高い彩色ルールを検討していく必要がある。しかし、文書を読む際の、文書のジャンル、読み方、読む目的のすべてのケースについて常に最高の効果を引き出す唯一の彩色ルールがあるとは考えにくい。そこで、それぞれのケースについて有効な効果を絞り、弊害を最小に抑える彩色ルールを検討し、その結果を組み合わせる。

また、読み方などは文書を読んでいる最中でも変更する可能性があるため、これらの彩色ルールを動的に変化させて読者に提示することができることがより望ましいと言える。

一般に有効な彩色でも読者の興味の方向と合わなければそれは弊害になってしまうが、興味の方向と彩色ルールが合っていれば一般に弊害の多い彩色でも有効性を引き出せる可能性がある。そのため、ディスプレイなどの動的な表示が可能なデバイスを用いる場合はGUIを用意してこれらの彩色ルールの動的な選択をできるようにすることが大切である。

## 3. 心理実験

彩色文書の有効性を心理実験によって評価した。

### 3.1 読解実験概要

この実験では一般の小説、紀行文の精読という過程で「文書の内容の理解」と「読む速度」に効果がある

表1 CRT表示の輝度と色座標

Table 1 Luminances and chromaticity coordinates of characters on CRT.

利用色	輝度 (lx)	色度 (CIE 1931 XYZ 表色系)
白 (文字の背景)	42.8	(0.273, 0.295)
灰 (記事の周囲)	22.7	(0.277, 0.289)
紺 (どうだ, どうした)	1.7	(0.145, 0.064)
青緑 (片仮名, アルファベット)	5.9	(0.205, 0.279)
紫 (数字)	4.0	(0.183, 0.084)
緑 (固有名詞)	8.4	(0.299, 0.616)
灰 (上記以外の平仮名)	7.7	(0.279, 0.297)
黒 (上記以外の漢字)	0.0	—

ような彩色を施してその効果を評価した。

### 3.2 読解実験手順

被験者には1回の測定で文書、質問文それぞれ一つずつを順次提示し、読み終わったらキーを押してもらい、内容に関する質問に答えるという手順で行った。提示する文書の半数は白黒とし、それぞれについて読むのにかかった時間と正答率を測る。文書は小説、紀行文から意味的にまとまりのある部分からそれぞれ約120文字切り出し、40文字ごとに3行にした。質問文は文書の内容にかかわることを簡潔に述べた約20文字の1文によって構成され、その半数については虚偽の記述となるように設定した。

文の表示には三菱電機の17インチCRT RD17G2を利用し、被験者の目の位置から約80cm離れた位置に暗所にて表示させた。この際、表示される文字の1辺は視角にして0.43°に相当する。

彩色文書の彩色ルールは文字種（片仮名と英字、数字、平仮名、漢字）によるものと固有名詞、文が述べている内容の「どうだ」「どうした」にあたる述語の6種類に分類した上で、それぞれに色を決めて、文字色として彩色した。この配色をミノルタの色彩色差計CL-100によって計測した結果と合わせて表1に示す。なお、これらの色は次の点で配慮を行いながらアドホックに決めていった。

- 精読を対象とするため、読みにくく、読むのに疲れる原色などの鮮やかな色は用いない。
- コントラストを得るため低明度のものを用いた。
- 色空間上の距離を大きくするため色相的に偏りがないようにした。

利用した文書は全部で36文で、18文ずつ二つに分け1群、2群とする。半数の被験者には1群の白黒文書と2群の彩色文書の組合せ、残りには1群の彩色文

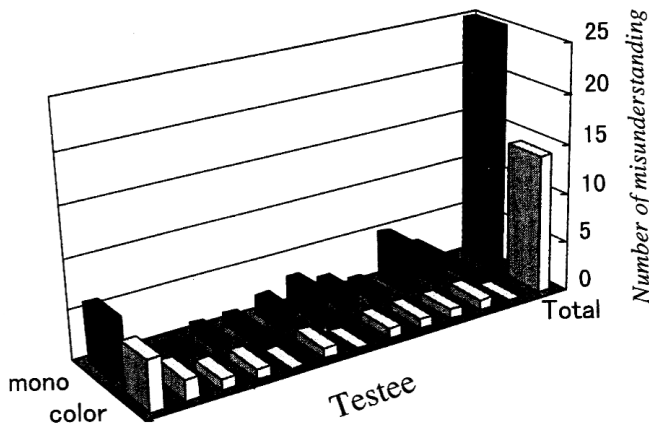


図1 誤答数  
Fig.1 Number of misunderstanding.

表2 読解所要時間  
Table 2 Reading time.

諸元	1群彩色	1群白黒	2群彩色	2群白黒
平均 (10sec)	1.011	1.005	0.980	1.005
標準誤差 (95%)	0.022	0.023	0.021	0.022
標準偏差	0.227	0.236	0.222	0.233

書と2群の白黒文書の組合せを利用して実験した。

### 3.3 読解実験結果

被験者の数は12名。文章を読み終わるまでの時間を表2に示す。各群とも白黒と彩色は95%の信頼区間において誤差の範囲内にあり、彩色と白黒のときの読解所要時間に有意な差は認められなかった。

次に誤答数を被験者ごとにグラフに表したものを図1に示す。誤答数は合計で白黒が25に対し、彩色が14と44%も低くなっている。また、彩色の方が誤答数が少ない人が6名、白黒の方が誤答数が少ない人が2名で人数的に比べても彩色の方が誤答が少ない方向にある。これを平均の正答率で見ると白黒のときは86.1%だったのに対し、彩色のときは92.2%と6.1%彩色の方が向上している。

### 3.4 読解実験考察

読解実験の結果から文書を彩色してやることにより設問に対する正答率が上がり、なおかつ読む時間は白黒文書と変わらないということが言える。設問は単色の分布だけを見て回答できるようにはなっておらず、文章の意味を理解していなければ正確に回答できない。そのため、正答率が上がるのは彩色文書の方が文書の内容をより正確に理解し、覚えているということが推察される。これを被験者の弁を借りれば「イメージが頭に浮かびやすく残りやすい」という感覚のようだ。

実験後に被験者から聞いた感想の中には速度向上に

肯定的な意見もあり、何らかの速度向上効果があるようであるが、数値に現れないのは弊害が効果をキャンセルしてしまっている可能性が高いと考えられる。

また、被験者は彩色文書に対して不慣れであり、彩色箇所を有効に生かせなかった可能性もある。そのため、読者が慣れた状況下では読む速度も速くて理解しやすい、思い出しやすいという理想的な文書も作成できる可能性はあると考えられる。

## 4. 対話的自動彩色システム CERAS

### 4.1 CERASの概要

心理実験の結果から文書に色彩することには理解度の向上などの効果が期待できるということがわかった。静的で、実験実施側がアドホックに作った彩色ルールで彩色した文書でも効果があるため、これをカスタマイズやチューニングが可能な動的なインタフェースで実現すればその有用性は大きなものが期待できる。

そこで、我々は自然言語処理を行ってインテリジェントに、GUIを活用してインタラクティブに表現を変えながら彩色文書を提示するインタフェースを実現し、動的なカラーデバイスを生かした読みやすい文書表現を実現するシステム(CERAS)を開発した。

### 4.2 CERASのアーキテクチャ

CERASの処理の流れの構成図を図2に示す。指定されたプレーンテキストファイルはまず要素抽出部(Element Extract Section)に送られ、ここで要素に分解される。続いて属性付加部(Attribute Adding Section)に送られ読者の視点、知識に応じた属性が付加される。次に表現生成部(Expression Generation Section)でユーザのカスタマイズ情報とブラウザからのチューニングの二つを考慮して彩色ポイントに具体的な表現を生成する。表現はブラウザに送られユーザに提示される。また、ブラウザではGUIでユーザからのチューニング、カスタマイズを受けるとそれを表現生成部、属性付加部にフィードバックする。

なお、要素抽出部、属性付加部の文書処理に関する部分はUNIXワークステーションで、表現生成部およびGUIはWindows95マシン上で実装した。両者はEtherネットをつなぎ、一貫した処理を行わせている。

続いてCERAS内の各セクションについて詳述する。

### 4.3 要素抽出部 (Element Extract Section)

指定されたプレーンテキストファイル内のテキストを単文ごとに整形した後に形態素解析を行い、可読性に効果の期待できるポイントを抽出する。形態素解析

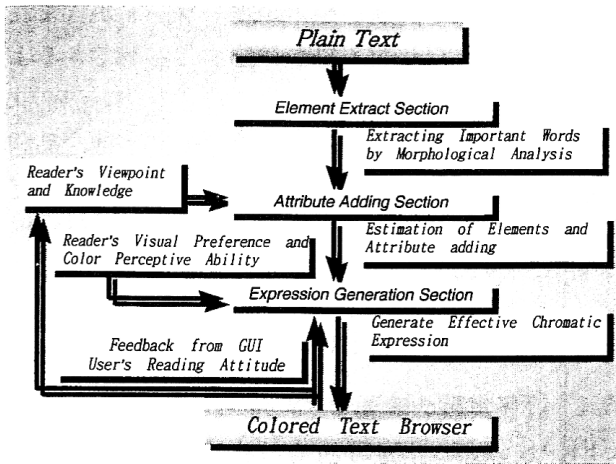


図2 対話的自動彩色システム (CERAS) の構成  
Fig.2 The structure of CERAS.

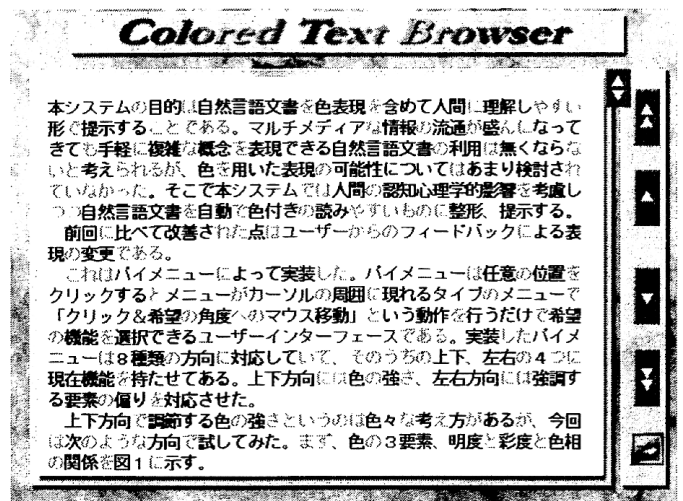


図3 ブラウザ  
Fig.3 The appearance of colored document browser.

には JUMAN [7] を利用させてもらった。

#### 4.4 属性付加部 (Attribute Adding Section)

抽出された要素に対して読者の興味、関心に沿った方向の評価を行い、可読性に対する貢献度を見積もって属性を付加していく。

読者の興味、関心の指定に現システムではキーワードを利用している。キーワードは事前に登録しておいたものと、読みながらユーザに指定された単語の2種類に対応している。また、シソーラスを利用してキーワードの関連語を検索し、この関連語にも属性が付加される。

#### 4.5 表現生成部 (Expression Generation Section)

表現生成部では読者のカスタマイズ情報、ブラウザからのフィードバック情報を考慮しながら、属性の付加された要素に対して具体的な表現を与えていく。現在、対応しているのは次の属性である。

- 文字種 (漢字, 平仮名, 片仮名, 記号, 数字)
- 品詞 (動詞, 接続詞)
- キーワード (キーワード自身とその関連語)

システムはユーザのカスタマイズ情報をベースにし、更に GUI からのフィードバック情報を用いてこれらに強弱の変化をつけて表現を生成する。

ここで言う色表現の強さとは、有彩色では同一色相内での彩度の高さで定義している。但し、彩度をそれ以上上げられない場合は明度を彩度が上がる方向に調整して上げていく。また、無彩色では背景が白なので明度の低さを強さと定義している。

#### 4.6 ブラウジング GUI

ブラウザ画面の様子を図3に示す。彩色を施された



図4 フィードバック用 GUI パイメニュー  
Fig.4 Feedback GUI "Pi menu."

テキストが大きな窓内に表示されている。操作はすべてマウスオペレーションで、右側に縦に並んでいるボタンのうち、上四つがページ送りのボタン、一番下が終了ボタンである。また、テキスト表示部分右側はスクロールバーになっている。

#### 4.7 カスタマイズ GUI

利用色はユーザが適宜カスタマイズして自分に合った色を選択することができる。この GUI に本システムではパイメニューを用いた。テキスト画面の任意の位置をクリックするとクリックした位置を中心に図4のようなパイメニューが表示される。ユーザはマウスボタンを押したまま目的の機能の割り当てられているメニューボタンの方向へマウスを動かして機能を選択する。

彩色のカスタマイズは最初のパイメニューの左上のメニューボタンで行う。マウスのボタンを押したままここへマウスを動かすと新しいパイメニューが更に開き、そこでカスタマイズしたい要素を選択し、更に開く三つ目のパイメニューで色と着色位置を選択する。

色は左右方向で色相，上下方向で明度，右上と左下方向で彩度を調整するようになっている。また選択した結果はリアルタイムに画面に反映されるので，ユーザは変化していく画面を見ながら一番良いと思う色になるようにマウスボタンでメニューを選択する形になる。

#### 4.8 チューニング GUI

本システムには読みやすいように全体の色調をその場で俊敏に変更するチューニング GUI も実装されている。この GUI は文書の読解中に彩色全体に対する要求が変わったときに利用する。

例えば速読から精読に読み方を変えるときや，文書のタイプが変わったときに読みやすいように全体の彩色表現を調整するときに用いる。

このチューニングもカスタマイズと同様にパイメニューを利用する。チューニングは最初のパイメニューに機能が割り当てられており，クリック&マウス移動ですぐに機能を選択できるようになっている。

現状ではアドホックに，右のメニューボタンがキーワード彩色を強調する速読しやすい方向，左のメニューボタンが品詞彩色と文字種彩色を強調する精読しやすい方向へのセッティング変更を割り当ててある。

また，全体の表現の強さはパイメニューの上下に割り当てられている。下は弱調に割り当てられているので，下を選択し続けると白黒文書表現に近づき，逆に上を選択すると強調になり，派手できつい表現になっていく。

#### 4.9 彩色モード

CERAS は一般的特徴を彩色する一般彩色モードと，指定した単語とそれに関連する情報を彩色する指定彩色モードのどちらかで動作している。一般彩色モードは興味の対象が絞られていないときに漠然と文書を読むときに利用するモードでデフォルトではこの設定になっている。指定彩色モードは興味の対象が絞られているときに利用し，興味のある単語，特徴をマウスの右ボタンでクリックすることでこのモードに移る。指定彩色モードではクリック位置の単語をキーワードとしてシソーラスを検索し，関連語を彩色する。この際，関連語は関連の強さに応じて強弱を付けて提示する。これを利用することでユーザは興味のある単語に対して動的に色表現を与えられるので，文書の中から興味のある部位を素早く見つけ出すことができるようになる。

また，指定した単語の関連語が表現されることで，

興味のある事項に関連が深いキーワードが含まれていないところも漏れなく見つけ出すことができるようになっている。

キーワードだけでなく，指定位置の文字種，品詞と同一のものの彩色表現も行われるので例えば数字だけを強調したいなど特定の表現を利用して読みたい場合にも利用できるようになっている。

## 5. CERAS の評価実験

### 5.1 評価実験の概要

CERAS のもつ指定彩色モードの彩色機能を心理実験で評価した。被験者には表示される文書中から指定した条件に合う記述を速読で探してもらい，その有無で文書を分類してもらった。この際に白黒のものも分類してもらって彩色との違いを時間と分類精度の2点で評価した。

実験は2種類行った。それぞれ被験者には分類の基準となる条件文を一つ提示し，その次に1画面に収まる約1100字，全部で40記事の新聞記事を順次CRTに提示する。但し，その半数は白黒のまま提示した。回答にはマウスの右か左のボタンを押してもらう。

一つ目の実験の条件文は「減税の財源に言及しているもの」となっており，「減税」をキーワードとして彩色した新聞記事から「財源」という単語と共に使われている文を探索し，分類してもらった。二つ目の実験の条件文は「消費か内需の回復に言及しているもの」となっており，「消費」をキーワードとして彩色し，「内需」を含む「消費」の関連語も彩色された新聞記事から「消費」，「内需」のどちらかの単語が「回復」と共に使われている文を探索し，分類してもらった。この際の利用色は表3に示す。

### 5.2 評価実験結果

被験者は成年男子12名，女子2名の計14名。

それぞれの実験の平均分類所要時間と正答率を表4に示す。ここから彩色することで白黒のときに比べて所要時間が条件が一つのときに約15秒から約4秒

表3 評価実験利用色  
Table 3 Luminances and chromaticity coordinates of characters on CRT.

利用色	輝度 (lx)	色度 (CIE 1931 XYZ 表色系)
白 (文字の背景)	89.8	(0.288, 0.313)
赤 (マーク単語)	15.0	(0.615, 0.330)
紺 (関連単語)	2.6	(0.152, 0.078)
黒 (漢字)	0.0	—

表4 平均分類所要時間と平均正答率

Table 4 Classify time and correct answer rate.

	実験1 白黒	//1色	実験2 白黒	//2色
分類時間 (s)	15.47	3.745	13.18	5.347
正答率	0.87	0.92	0.91	0.93

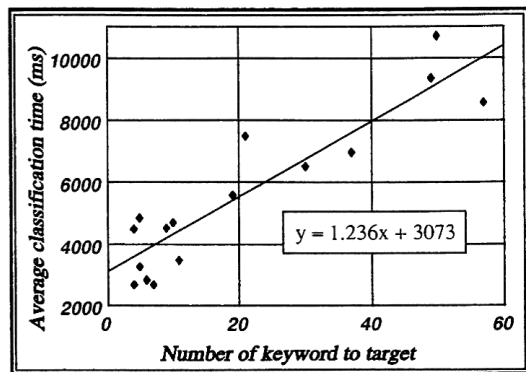


図5 目標までの彩色数と分類時間の分布 (実験2)

Fig.5 Searching time vs. number of coloring words to target.

に75.8%, 条件が二つのときは約13秒から約5秒に59.4%短縮されたことがわかる。また, 正答率は条件が一つの際に5%, 二つのときに2%彩色の方が高い結果となった。

続いて記事内の探索目標の位置と分類時間の関係についての結果を調査した。白黒の場合は目標までの単語数から助詞や助動詞などを除いた自立語数, 彩色の場合は目標までの彩色マーク数を横軸に, 分類時間を縦軸にして関係を調べた。二つ目の実験の彩色の場合のものを図5に示す。その他のケースも同様にして調べ, 結果を表5に示す。この結果を見るとそれぞれ直線的な傾向があることがわかる。また, 回帰直線の傾きは要素をチェックするのに必要な時間に相当すると言える。

### 5.3 評価実験考察

続いて以上の結果を利用して, より現実の利用形態に近い意味的に条件を満たす未知の単語も含めて探索する場合を検討する。

御領らの実験[4]によると意味的探索にかかる時間は単に一致する単語探索に比べて24.4%増加している。そこで, これを仮定すれば彩色した関連単語一つに123.4msの24.4%増しの153.8msかかると考えられる。また, 順次単語を追っていく白黒文書は, 関連する単語を続けて読むと意味理解が速まるプライミング効果が出ていることが考えられる。この効果の大きさは語の関係などによって異なる[3]ため見積もるの

表5 目標位置と分類時間の相関と回帰直線

Table 5 Correlation coefficients and regression coefficients between target position and time.

	実験1 白黒	//1色	実験2 白黒	//2色
相関係数	0.603	0.789	0.803	0.915
傾き	27.71	923.3	31.22	123.6
y切片	4032	1815	2311	3073

は困難であるが, ここでは10%あると仮定する。その結果, 1自立語当り31.22msの24.4%増しから10%削減した34.95msかかると言える。

また, 別の実験でキーワードに都合の良い単語を探してマウスクリックする時間に相当する, 彩色単語の指定にかかる時間を測ったところ平均601msとなった。

同じ条件で $n$ 文書閲覧し, 目標以前にあるキーワード彩色マークが平均して $a$ 個, 関連語彩色マークが平均して $b$ 個あり, 目標は自立語を数えて $t$ 単語目にあるとする。彩色したときにかかる探索時間は彩色単語の指定にかかる時間, キーワード彩色マークの周辺の探索時間, 関連語彩色マークの周辺探索時間, その他の動作や文書全体の把握にかかる諸時間の総和であると考えられる。表5と上記の値から彩色した場合の探索時間は $601/n + 923.3a + 153.8b + 3073(\text{ms})$ と言える。白黒文書の場合は1自立語当りの意味探索時間とその他の動作や文書全体の把握にかかる諸時間の和になるので $34.95t + 2311(\text{ms})$ と言える。これが上記の彩色時の探索時間より大きい場合は次式によって表される。

$$t > \frac{17.2}{n} + 26.4a + 4.40b + 21.8 \quad (1)$$

$$(t > 0, a \geq 0, b \geq 0, n > 0)$$

この条件を満たす場合, 彩色文書は有利であると考えられる。この条件を, 一つの例として今回の実験に利用した新聞記事, キーワードを対象にしたときに当てはめるとそれぞれの値は $a = 0.4500$ ,  $b = 18.05$ ,  $t = 355.4$ と計測された。式(1)の $t$ と $a$ に上記の数字を代入すると,  $b < 72.8$ であるので, 関連語彩色マークはこのような場合平均72.8個まで増やしても彩色の効果が得られると言える。この上限値は現在のシステムの約4倍の値に相当する。

## 6. むすび

流通する文書が電子化され, 多くの人が動的なクライアント上で文書を読むケースが非常に増えてい

る。しかし、その文書表現はハイパテキストのようにリンクをもたせたり、絵や音声とミックスしたりする方向では改善がなされているが、肝心の文書表現そのものについては従来の紙を利用していたときの白黒の表現のままである。

彩色には多彩な効果があり、文書の読解に対しても多くの効果が期待できる。そしてこの文書を読む際の彩色の有効性の一部を心理実験によって調査した結果、彩色することで理解が進み、また記憶に残りやすい機能があることが確認できた。

また、彩色して有効なポイントは読む文書の種類、読者の興味の方向、読者の読むスタンスによって全く異なってきてしまう。特に読むスタンスに至っては読む動作中も動的に変化していつてしまうため、ある特定のルールに従って作られた彩色文書を提示するという方法では彩色の有効性を引き出せなかった。

それに対して我々は彩色の有効性を最大限に生かすためにユーザからのカスタマイズやチューニングを動的に受け取る GUI をもちながら、有効な彩色ポイントに彩色を施してユーザに提示する自動彩色システム (CERAS) を作成した。

CERAS は心理実験で効果が認められたタイプの彩色を自動的に施し、ユーザに提示するが、それ以外にもユーザの動的なキーワード指定に対してインタラクティブに彩色することもできる。また、このキーワード指定による彩色では関連語についても彩色が施され、キーワードに関連する事項にも注意が払えるようになっている。CERAS を新聞記事を速読するようなケースに利用する場合、評価実験により CERAS は読む速度、精度ともに向上することがわかり、その優位性が示された。また、彩色する単語数の面では現状のシステムでは新聞記事に対して優位性が失われるレベルまでには十分なマージンがとれていると言える。

以上から CERAS により自然言語文書を動的なカラーデバイス上でより有効に生かすことができるようになったと言える。またこれはインタラクティブに文書と関わりをもちながら効率の良い文書の読解を目指すという自然言語文書に対する新しい形のインタフェースの提案でもある。

**謝辞** 形態素解析には京都大学長尾研究室、奈良先端大松本研究室によって開発された JUMAN を、実験の素材には CD 毎日新聞 (94) を利用しました。シソーラスの作成にあたっては当研究室の永松健司氏の協力を得ました。この場を借りて皆様に感謝の念を表

します。

## 文 献

- [1] R.J. Brockmann, "The unbearable distraction of color," IEEE Trans. Professional Commun., vol.34, no.3, pp.153-159, 1991.
- [2] H.S. Smallman and R.M. Boynton, "Segregation of basic colors in an information display," J.Optical Society of America, vol.7, no.10, pp.1985-1994, 1990.
- [3] 阿部純一, 桃内佳雄, 金子康朗, 李 光五, "人間の言語情報処理," サイエンス社, 1994.
- [4] 御領 謙, "読むということ," 東京大学出版会, 1987.
- [5] 苧阪良二, 中溝幸夫, 古賀一男, "眼球運動の実験心理学," 名古屋大学出版会, March 1993.
- [6] W. Horton, "A guide to the confident and appropriate use of color," IEEE Trans. Professional Commun., vol.34, no.3, pp.160-173, 1991.
- [7] 松本裕治, 黒橋禎夫, 宇津呂武仁, 妙木 裕, 長尾 真, "日本語形態素解析システム JUMAN 使用説明書 version 2.0," JUMAN 本体に付属して配布, 1994.

(平成 9 年 1 月 31 日受付, 6 月 11 日再受付)



内田 友幸

平 4 東大・工・化学卒。平 6 同大学院情報工学専攻修士課程了。現在同大学院博士課程在学中。統計的自然言語処理。ユーザインタフェースの研究に従事。情報処理学会, 認知科学会各会員。



田中 英彦 (正員)

昭 40 東大・工・電子卒。昭 45 同大学院博士課程了。工博。同年東大・工・講師。昭 46 同大助教授, 昭 62 同大教授, 現在に至る。この間昭 53~54 ニューヨーク市立大客員教授。計算機アーキテクチャ, 並列推論マシン, 帰納推論, オブジェクト指向計算システム, 分散処理, CAD 等の研究に従事。著書「非ノイマンコンピュータ」, 「情報通信システム」, 共著書「計算機アーキテクチャ」, 「VLSI コンピュータ I, II」, 「ソフトウェア指向アーキテクチャ」, 情報処理学会, 人工知能学会, 日本ソフトウェア科学会, IEEE, ACM 各会員。