

# 携帯電話を用いた Web 閲覧のためのコンテンツ適応的提示システム

荒瀬 由紀<sup>†</sup> 前川 卓也<sup>††</sup> 原 隆浩<sup>†</sup>  
上 向 俊晃<sup>†††</sup> 西尾 章治郎<sup>†</sup>

近年、携帯電話を用いた Web 閲覧が一般的なものとなっている。しかし、WWW 上の Web ページのほとんどが PC での閲覧を前提としており、小さなディスプレイと貧弱な入力インタフェースしか持たない携帯電話でそのようなページを快適に閲覧することは困難である。携帯電話を用いた Web 閲覧では、まずユーザは Web ページ全体から閲覧するコンテンツを探すため、多数のスクロール操作を行った後、そのコンテンツの内容を詳細に閲覧するため、コンテンツの特性に応じた細かで煩雑なスクロール操作を行う。そこで本論文では、ページのオーバビューを提示することでページ内で目的のコンテンツを探すためのスクロール操作を軽減し、さらに、ユーザが詳細に閲覧したいコンテンツをその特性に応じて適応的に提示することで、コンテンツを閲覧する際の細かで煩雑なスクロール操作を解消するシステムの設計と実装を行う。

## An Adaptive Content Presentation System for Web Browsing Using Cellular Phones

YUKI ARASE,<sup>†</sup> TAKUYA MAEKAWA,<sup>††</sup> TAKAHIRO HARA,<sup>†</sup>  
TOSHIKI UEMUKAI<sup>†††</sup> and SHOJIRO NISHIO<sup>†</sup>

Cellular phones have already been widely used to access the Web. However, most available web pages are designed for desktop PCs, and thus, it is inconvenient to browse these large web pages on a cellular phone with a small screen and poor interfaces. Users who browse a web page on a cellular phone have to scroll the whole page to find an objective content, and then, have to scroll within the content in detail to get useful information. In this paper, we describe the design and implementation of a novel browsing system for cellular phone. This system presents an overview of a Web page to reduce scroll operations to find an objective content within the page, furthermore adaptively presents a content according to its characteristics to break off burdensome operations within the content.

### 1. はじめに

携帯電話の普及と通信技術の発展にともない、携帯電話を用いた Web 閲覧が一般的となった。しかし、WWW 上の Web ページのほとんどが PC の大きなディスプレイでの閲覧を前提として作られている。携帯電話の小さなディスプレイ上でそのような大きな Web ページを閲覧するとき、ほとんどの携帯電話が 4 方向の入力キーや数字キーといった貧弱な入力イン

タフェースしか備えていないため、ユーザは多くのスクロール操作を行う必要がある。

ここで、Web ページは様々な関連する情報のブロックであるコンポーネントが複合的に集まって構成されている。たとえば、Yahoo! JAPAN (<http://www.yahoo.co.jp/>) などのポータルサイトにおけるメニューや検索フォームなどの情報のブロックがコンポーネントである。このようなページ構造を考慮すると、ユーザの一般的な Web 閲覧は 2 段階のステップに分けることができる。まずユーザは、ページ全体から目的とする情報が含まれるコンポーネントを探し、その後、コンポーネント内を詳しく閲覧する。携帯電話は小さなディスプレイしか持たないため、目的とするコンポーネントを探すためには Web ページ内を連続的に長時間スクロールする必要がある。またコンポーネント内の情報を詳しく閲覧するため、細かで煩雑なスクロール操作が必要となる。たとえば、文章のみからなるコ

<sup>†</sup> 大阪大学大学院情報科学研究科マルチメディア工学専攻  
Department of Multimedia Engineering, Graduate  
School of Information Science and Technology, Osaka  
University

<sup>††</sup> 日本電信電話株式会社  
NIPPON TELEGRAPH AND TELEPHONE  
CORPORATION

<sup>†††</sup> 株式会社 KDDI 研究所  
KDDI R&D Laboratories Inc.

ンポーネットを閲覧するとき、ユーザは文章をじっくり精読する。リンク文字列を含むコンポーネットを閲覧するとき、ユーザはリンク文字列の集合から目的のリンクや興味のあるリンクを探し、選択する。したがって、携帯電話による快適な Web 閲覧を実現するためには、以上の 2 つのスクロール操作を低減させる必要がある。

Chen らは、Web ページの縮小画像をオーバビューとしてユーザに提示するシステム<sup>6)</sup>を実現している。また筆者らの研究グループでは、レイアウトや拡大率を変更していない Web ページ全体を自動的にスクロールしてユーザに提示するシステム<sup>11)</sup>を実現している。これらの研究では、コンポーネットを探すための長時間のスクロール操作を解消することができるが、コンポーネット内を閲覧するための細かで煩雑なスクロール操作を解消することには焦点がおかれていない。なお、本論文では“拡大率”を、元の Web ページに対する拡大率を表すものと定義する。つまり、拡大率 100%とは、元の Web ページと同じサイズでの表示を行うことを示す。

そこで本研究では、携帯電話を用いる Web 閲覧におけるユーザのスクロール操作を軽減するために、コンポーネットの適応的提示を行うシステムを実現する。このシステムでは、ユーザに Web ページのオーバビューを提示することで目的のコンポーネットを探すための長時間のスクロール操作を解消する。オーバビューでは、Web ページの幅が携帯電話の画面の幅に合うように縮小して表示（拡大率は 100%以下）を行う。さらに、ユーザが選択したコンポーネットを閲覧方法に合わせて適応的に提示することで、コンポーネット内を閲覧する際の細かで煩雑なスクロール操作を解消する。

以下では、2 章で関連研究について述べる。そして 3 章でコンポーネット特性について述べた後、4 章でシステムの実装について述べる。5 章で評価実験について述べ、6 章で考察を行う。最後に 7 章で本論文のまとめとする。

## 2. 関連研究

モバイル端末は小さなディスプレイしか持たないため、表示できる情報は制限され、また数字キーや 4 方向キーといった貧弱な入力インターフェースでは煩雑な操作が必要となる。そこで、Web ページ内のコンテンツの簡略化や削除を行うことで、ディスプレイ上に重要な情報のみを表示し、操作量を低減するための研究が数多く行われている。

表 1 携帯電話用ブラウザとその機能

Table 1 Browsers for cellular phone and their functions.

	機能 1	機能 2	機能 3
Opera for Mobile	×		×
NetFront	×		×
jig ブラウザ		×	
Scope	×		×
サイトスニーカー		×	×

Bruijn らは、Web ページから重要な画像を抽出し、自動的に順番にモバイル端末の画面に表示するシステムを実現している<sup>1),2)</sup>。これにより、ユーザは貧弱な入力インターフェースによる煩雑な操作なしに Web ページ内の情報を速覧できる。しかし、このような閲覧は、多数の重要な画像が含まれるページでなければ有効ではない。また Buyukkokten らは、Web ページ内の各コンテンツのテキストを要約し、ページ内のコンテンツのインデックスを作成する研究を行っている<sup>3)-5)</sup>。このときページ内の画像はすべて削除する。作成されたページのインデックスからユーザが閲覧したいコンテンツを選択すると、要約されていない元のコンテンツが表示される。

現在、商用化されている携帯電話用ブラウザとしては、Opera for Mobile<sup>14)</sup> や NetFront<sup>12)</sup>、jig ブラウザ<sup>8)</sup>、Scope<sup>16)</sup>、サイトスニーカー<sup>15)</sup> などがある。このうち、Opera for mobile と NetFront はプリインストール型と呼ばれており、携帯電話を購入した際にあらかじめインストールされているものである。一方、jig ブラウザ、Scope、および、サイトスニーカーは Java アプリケーションであり、Web ページからダウンロードし、インストールすることができる。これらの携帯電話用ブラウザは、主に下記のような機能を持つ。

機能 1: Web ページを PC と同様に表示し、携帯電話の画面をスクロールさせることでページを閲覧する。

機能 2: 携帯電話の画面幅に合うように Web ページのレイアウトを変更し、垂直方向のみのスクロールで閲覧できるように表示する。

機能 3: 画像を縮小して表示することで、Web ページの幅を小さくし、水平方向のスクロールを減少させる。

表 1 は、各々の携帯電話用ブラウザが提供する機能を示している。ここで機能 3 については、ページの幅を小さくすることで水平方向のスクロールを減少させることを目的としているため、機能 2 の制約を緩めたもの考えられる。機能 2 では、ディスプレイの幅に合

わせて Web ページを再構成することにより、縦方向のみのスクロールでページを閲覧することができる。しかし、テーブルなど複雑な構造を持つページの再構成は困難である。

従来研究および既存の商用ブラウザ（機能 1 を除く）では、Web ページを再構成したり、コンテンツの簡略化や削除を行ったりするため、ページのレイアウトが変更されてしまう問題がある。そのためユーザはこれまでの Web ブラウジングから得た経験則を閲覧に利用できない。たとえば、ページの右端や左端にはサイトのメニューが配置されていることが多いことをユーザは経験的に知っていることが多いが、ページの構成が変更されることでこのような情報を利用することができない。また、HTML 言語は「文書の構造」を記述することを主たる目的として開発されたが、実質的にはレイアウトを記述するための言語として用いられており、ページ内に含まれるコンテンツの意味的内容やコンテンツ間の関係について記述することはできない。そのため、ページの構成が変更されることで Web ページ製作者の意図がユーザに伝わらなくなることがある。たとえば、文章中に“左図を参照”という記述があったとき、レイアウトが変更されるとユーザはどの図が対象の図であるのが特定することができない。

以上に述べたように、ユーザが Web ページをモバ

イル端末で閲覧する際には、できるだけ Web ページのレイアウトを変更せずに提示することが有効である。さらにユーザが快適にページを閲覧できるよう、ユーザによる煩雑な操作を低減する必要がある。本研究で構築するシステムでは、オーバビュー提示とコンポーネントの適応的提示により、これを実現している。

### 3. コンポーネントの特性

本章では、Web ページを構成するコンポーネントの特性について説明する。

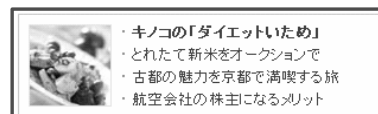
#### 3.1 コンポーネントの特性の調査

本研究では、コンポーネントはその内容ごとに共通の特性を持つと考えた。そこで、ポータルサイトやニュースサイトなど、代表的な 15 の Web サイトを調査した結果、Web ページに含まれるコンポーネントはその内容ごとに以下の 6 種類のいずれかに分類できることが分かった。

- 文章のコンポーネント：文章のみを含む。
- 文章 + 画像のコンポーネント：図 1 (a) のように文章とその文章に関連する画像を含む。
- 画像のコンポーネント：画像のみを含む。
- リンク + 画像のコンポーネント：図 1 (b) のように画像とリンク文字列の集合を両方含む。
- 縦リンク集合のコンポーネント：図 1 (c) のように縦に並んだリンク文字列の集合を含む。



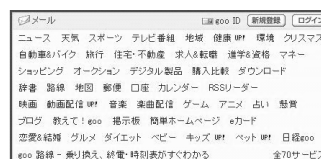
(a) 文章 + 画像



(b) リンク + 画像



(c) 縦リンク集合



(d) 縦横リンク集合

図 1 コンポーネントの分類の例

Fig. 1 Examples of components classes.

- 縦横リンク集合のコンポーネント：図 1 (d) のように縦横に並んだリンク文字列の集合を含む。

以下では、この分類をコンポーネント特性と呼ぶ。1 章で述べたように、これらコンポーネントの特性により、ユーザの閲覧動作は異なる。たとえば、文章 + 画像のコンポーネントを閲覧する際、ユーザは文章を読みながら、周辺の画像を参照する。

### 3.2 コンポーネントの抽出

Web ページからコンポーネントを抽出することを目的とした既存研究は多数ある。たとえば Embey らの手法<sup>7)</sup>では、HTML タグの構造から出現頻度の高い HTML タグのパターンを抽出した後、そのパターンを用いて Web ページを分割し、コンポーネントを抽出する。Chen らの手法<sup>6)</sup>では、DOM ツリーを利用して、Web ページを大まかに分割した後、Web ページを画像処理することにより、詳細にコンポーネントを抽出する。Yang らの手法<sup>18)</sup>では、出現頻度の高い HTML タグのパターンをオブジェクトとして抽出した後、抽出したオブジェクトをテキスト解析し、類似する語を多く含むオブジェクトを併合することで、コンポーネントを抽出する。Yang らの手法<sup>19)</sup>では、コンポーネントの外観に注目する。まず、出現頻度の高い HTML タグのパターンをオブジェクトとして抽出し、類似する外観を持つオブジェクトどうしを併合していくことでコンポーネントを抽出する。これらの研究では、HTML タグの解析や画像処理、テキスト解析などを行うことでコンポーネントを精密に抽出することを目的としているが、コンポーネントの表示サイズに関しては考慮されていない。

一方、提案システムは、Web ページに含まれる各コンポーネントをユーザに提示するものである。このとき、コンポーネントのサイズが携帯電話の画面のサイズより極端に大きくなると、コンポーネントの一部分しか携帯電話の画面に表示することができないため、Web ページ全体を閲覧するときと同様にスクロール操作の増加を招く。そのため、コンポーネントのサイズを考慮してコンポーネントを抽出する必要がある。そこで、提案システムでは DOM ツリーを利用して、すべてのコンポーネントが目的とする範囲内のサイズ（幅と高さ）に収まるようにコンポーネントの抽出を行う。さらに、HTML タグを考慮することでその精度を向上させる。

提案システムにおけるコンポーネントの抽出手法について、図 2 を用いて説明する。まず、DOM ツリーにおいて、ページ全体がルートノードに設定される。そこでページ全体をブロックとし、ブロックのサイズ

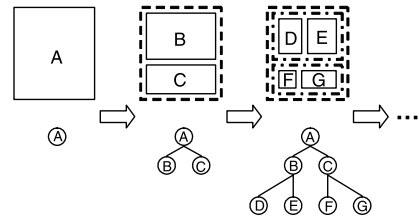


図 2 コンポーネントの抽出

Fig. 2 Extraction of components from a Web page.

と目的とするコンポーネントのサイズとを比較する。このとき、目的とするコンポーネントのサイズよりブロックのサイズが大きいときは、図 2 に示すように、DOM ツリーにおけるルートノードの子ノードを参照し、その子ノードにブロックを分割する。そして、得られた新たなブロックと目的のコンポーネントサイズとを比較する。ブロックのサイズが目的とするコンポーネントのサイズより大きいときは、DOM ツリーにおけるその子ノードにブロックを分割することで新たなブロックとする。

このサイズの判定と分割を、すべてのブロックのサイズが目的とするコンポーネントのサイズの範囲内となるまで再帰的に繰り返し、最終的に得られたブロックをコンポーネントとする。ここで、目的のサイズの範囲より大きいブロックを分割することで、目的のサイズの範囲より小さいブロックが得られることがある。このようなブロックは、木において兄弟関係にあるブロックどうしを併合することで目的のサイズのコンポーネントを得る。このとき、ブロック全体を括弧括弧している HTML タグを考慮する。ただし、併合することで目的とするサイズの範囲を超えてしまうときは併合は行わない。考慮する HTML タグとしては以下のものがあげられる。

- TABLE, TH, TD, DIV, P, IMG  
これらのタグは情報のまとまりを表すものである。そこで、ブロックのサイズが目的とする範囲内である場合、他のブロックとは併合しない。
- HR  
セパレータであるため、他のブロックとは併合しない。

なお、本システムでは、目的とするコンポーネントのサイズを携帯電話の画面サイズの 1 から 5 倍としている。

### 3.3 コンポーネント特性の決定

本節では、3.2 節の方法を用いて抽出したコンポーネントの内容からコンポーネントの特性を決定する方法について述べる。まず、アンカータグをともなわな

い画像のみからなるコンポーネントは画像のコンポーネントとする．それ以外のコンポーネントにおいて，文章または文章 + 画像のコンポーネントであるか，リンクのコンポーネント（リンク + 画像，縦リンク集合，縦横リンク集合）であるかを決定するために，コンポーネント内のリンク占有率を用いて以下のように決定する．

#### コンポーネント特性

$$= \begin{cases} \text{リンク} & (\text{if リンク占有率} \geq 0.5) \\ \text{文章 or 文章 + 画像} & (\text{if リンク占有率} < 0.5) \end{cases}$$

#### リンク占有率

$$= \frac{(\text{リンク数}) \cdot (\text{リンク文字列} \cdot \text{画像の高さ [pix]})}{\text{コンポーネントの高さ [pix]}}$$

リンク占有率が 0.5 以上のときリンクのコンポーネントであるとする．リンク占有率が 0.5 未満のときは文章または文章 + 画像のコンポーネントであるとする．文章または文章 + 画像と決定されたコンポーネントで，画像を含まないものは文章のコンポーネントとする．画像を含むものは文章 + 画像とする．一方，リンクのコンポーネントと決定されたコンポーネントで，コンポーネントの高さが幅よりも大きく，縦長の形状を持つものは縦リンク集合とする．コンポーネントの幅が高さよりも大きく，横長の形状を持ち，さらに画像を含むコンポーネントはリンク + 画像とし，画像を含まないものは縦横リンク集合とする．

画像や文章，リンクがすべて含まれているような複合的なコンポーネントでは，コンポーネントのリンク占有率に応じて文章 + 画像のコンポーネントであるか，リンクのコンポーネントであるか決定する．画像にアンカータグがつけられている場合には，画像につけられたアンカータグもリンクとして考慮し，リンク占有率を求め，コンポーネントの特性を決定する．画像にアンカータグがつけられていない場合には，コンポーネントのリンク占有率が 0.5 よりも小さいとき，文章 + 画像のコンポーネントに分類され，ユーザは手動のスクロールで閲覧することになる．

#### 3.4 準備実験

コンポーネントの特性ごとに適した閲覧方法を検証するため，被験者による準備実験を行った．ここで，ユーザがコンポーネント内を詳しく閲覧するときの細かで煩雑なスクロール操作を容易に軽減できる方法として自動スクロールを検討する．自動スクロールにより，ユーザの操作なしにコンポーネントの内容を自動的にスクロールして提示できる．コンポーネントの特

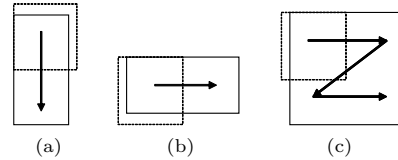


図 3 スクロールのパス  
Fig. 3 Scroll paths.

表 2 スクロールパターン

Table 2 Scroll patterns.

スピード/拡大率	等倍 (100%)	2 倍 (200%)	3 倍 (300%)
20 [pix/sec]	パターン 1	パターン 2	パターン 3
50 [pix/sec]	パターン 4	パターン 5	パターン 6
100 [pix/sec]	パターン 7	パターン 8	パターン 9

性ごとに，自動スクロールの有効性と効果的な自動スクロールの方法を検証するため，以下の実験を行った．

#### 【実験手順】

16 人の被験者に，3.1 節で説明した特性をそれぞれ持つ 6 つのコンポーネントを自動スクロールで閲覧してもらった．自動スクロールのパスは，コンポーネントの形状から実験用システムが決定した．コンポーネントの幅が携帯電話の画面幅より小さく，コンポーネントの高さが画面の高さより大きいときは，図 3 (a) のように縦方向の自動スクロールを行った．また，コンポーネントの高さが画面の高さより小さく，コンポーネントの幅が画面幅より大きいときは，図 3 (b) のように横方向の自動スクロールを行った．コンポーネントの幅と高さがともに画面の幅と高さより大きいときは，図 3 (c) のように折り返してスクロールを行った．ここで，図 3 中の実線の矩形はコンポーネントを，点線の矩形は携帯電話の画面を示している．実線の矢印はスクロールのパスとその方向を示している．実験では，拡大率とスクロールスピードをそれぞれ 3 段階変化させた表 2 に示す 9 つのスクロールのパターンから，閲覧に最適なパターンを決定してもらった．実験用システムは，240 × 240 [pix] の携帯電話の画面上にコンポーネントを PC の画面での表示と同様のレイアウトで表示した．コンポーネントは MSN Japan (<http://www.msn.co.jp/home.armx>) と大阪大学 (大学の沿革:<http://www.osaka-u.ac.jp/jp/about/history.html>) のページから 3.3 節で説明した方法を用いて抽出し，その特性を決定したものをを用いた．

#### 【実験結果】

以下に，実験から得られた結果について簡単に述べる．文章および文章 + 画像のコンポーネントは，文章を読むスピードの個人差が影響するため，自動スク

ロールが適さないことが分かった．また，文章 + 画像のコンポーネントを自動スクロールすると被験者は必要なときに画像を参照できないことが明らかとなった．一方，画像とリンクのコンポーネントは自動スクロールが有効であることが確認された．しかし，これらのコンポーネントが折り返しの自動スクロールで提示されると非常に見にくいことが分かった．画像のコンポーネントはパターン 4 を最も良いと評価した被験者が 8 人で最も多く，リンクのコンポーネントはパターン 1 とパターン 4 を支持する被験者に分かれた．縦リンク集合では，4 人の被験者がパターン 1 を最も良いと評価しており，2 人の被験者が最も良いと評価したパターン 4 に近接していた．縦横リンク集合においても，4 人の被験者がパターン 1 を最も良いと評価しており，6 人の被験者が最も良いと評価したパターン 4 と近接していた．これは，リンクの集合から目的のリンクを探す方法として，リンク文字列 1 つ 1 つを確認してリンクを探す方法と，流し読みしながらリンクを探す方法の 2 つがあるためであると考えられる．つまり，ユーザごとにリンクを探す方法が異なり，パターン 1 とパターン 4 がそれらの方法に対応している．

#### 4. システムの実装

3.4 節の準備実験で得られた知見に基づいて，コンポーネントの適応的提示を実現するシステムをサーバ/クライアント構成として実装した．サーバは WindowsXP 搭載の PC 上で，Visual C# 言語および PHP (Hypertext preprocessor) 言語を用いて実装し，クライアントは NTT DoCoMo の i アプリ対応携帯電話 SH900i 上に Java 言語を用いて実装した．SH900i の画面解像度は， $240 \times 320$  [pix] であるが，i アプリで利用可能な画面は  $240 \times 240$  [pix] である．

サーバは Proxy サーバとして動作しており，ユーザから要求された Web ページを WWW サーバから受信し，ページのキャプチャ画像を作成する．さらに，3.3 節で述べた方法を用いてコンポーネントを抽出し，その特性を決定する．そして抽出したコンポーネントの特性やコンポーネントのページ内での位置，幅，および，高さといった情報と，ページのキャプチャ画像をクライアントに送信する．クライアントは，受信したコンポーネントの情報とキャプチャ画像からページのオーバビューを提示する．また，ユーザがオーバビューから選択したコンポーネントを適応的に提示する．以下では，準備実験の結果に基づいて実現したクライアントのインタフェースについて詳細に述べる．

##### 4.1 オーバビューの提示

ユーザは要求した Web ページのオーバビューから閲覧したいコンポーネントを選択する．オーバビューは図 4 に示すように，Web ページのキャプチャ画像を携帯電話の画面幅に収まるように縮小して作成する．注目するコンポーネントは図 4 (a) のように拡大される．また図 4 (b) に示すように，ユーザのキー操作により注目しているコンポーネントをもう 1 段階拡大することができる．さらにユーザは，オーバビュー画面において以下の操作を行うことができる．

コンポーネントの選択：閲覧したいコンポーネントをキー操作で選択すると，コンポーネントが適応的に提示される．

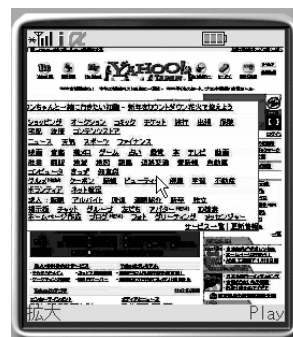
バック：直前に閲覧していた Web ページを表示する．  
 フォワード：バック操作を行った後に，バック前に閲覧していたページを表示する．

##### 4.2 コンポーネントの適応的提示

以下に，各コンポーネントの提示方法を述べる．



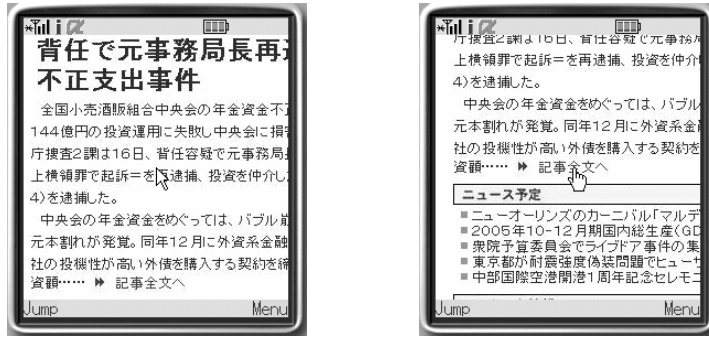
(a) コンポーネントの拡大



(b) 2 段階目の拡大

図 4 オーバビュー画面

Fig. 4 Overview.



(a) 手動のスクロール

(b) リンクの選択

図 5 文章のコンポーネントの適応的提示

Fig. 5 Adaptive presentation of "Text" components.

#### 4.2.1 文章のコンポーネント

準備実験から文章を読むスピードは個人差が大きいことが分かったため、文章のコンポーネントは手動のスクロールで閲覧する。図 5 (a) に文章のコンポーネントを提示している画面のスクリーンショットを示す。画面中央の矢印はポインタを表している。ポインタがリンク文字列上にあるときは、図 5 (b) のように表示が変わり、ユーザはリンクを選択することができる。また、ユーザがコンポーネントの右端の文字まで読み終えると、キー操作により次の行の先頭までジャンプする“自動折り返し機能”を実現している。

#### 4.2.2 画像のコンポーネント

準備実験から画像のコンポーネントは自動スクロールが適しているが、画像を折り返しの自動スクロールで提示するとユーザにとって非常に見にくいことが分かった。そこで、画像が携帯電話の画面サイズより大きいとき、画像の高さまたは幅の小さい方を画面の高さまたは幅に等しくなるように縮小し、実験で最適だった 50 [pix/sec] のスピードで自動スクロールして提示する。ユーザは自動スクロールを任意に停止した後、その位置から手動のスクロールを行うことができ、文章のコンポーネントと同様にリンクの選択を行うこともできる。

#### 4.2.3 文章 + 画像のコンポーネント

文章 + 画像のコンポーネントを自動スクロールで提示すると、必要なときに画像を参照することができないため、ユーザは快適に閲覧できないことが準備実験から分かった。そこで、ユーザが文章部分を手動のスクロールで閲覧し、必要に応じてキー操作で画像に表示を切り替えることができる機能を実現している。この機能により、ユーザは読んでいる文章に関する画像を参照した後、精読していた文章に表示を切り替え、続きの文章を精読することができる。コンポーネント

内に複数の画像を含む場合は、画像切替え機能により、コンポーネント内の画像を順番に切り替えて表示する。ユーザは画像切替えボタンを押すことで、コンポーネント内の画像を順番に閲覧することができる。最後の画像を表示した後は、最初の画像に戻る。また、文章のコンポーネントと同様に、コンポーネントの自動折り返し機能とリンク選択機能を実現している。

#### 4.2.4 リンクのコンポーネント

準備実験の結果から、リンクのコンポーネント（縦リンク集合、縦横リンク集合、リンク + 画像）は自動スクロールが適していることが確認されたため、自動スクロールでコンポーネントを提示する。このとき、コンポーネントの内容からスクロールのスピードや拡大率を変更する。

まず、スクロールのスピードの決定手法について述べる。提案システムでは、自動スクロールのスピードをコンポーネントごとに次式で決定する。

$$Speed \text{ [pix/sec]} = \frac{\alpha}{ID \cdot Breadth} \quad (1)$$

ここで  $\alpha$  [文字数/sec] は自動スクロールにおいて、人が単位時間あたりに認識する文字量であり、 $ID$  [文字数/pix<sup>2</sup>] (Information Density) はコンポーネント内に均等な密度で文字が配置されているとしたときの、単位面積あたりの文字数である。 $Breadth$  [pix] はコンポーネントをスクロールする際の、スクロール方向と直交するコンポーネントの幅（高さ）であり、次式で与えられる。

$$Breadth = \begin{cases} \text{コンポーネントの幅} & (if \text{ 縦方向}) \\ \text{コンポーネントの高さ} & (if \text{ 横方向}) \end{cases}$$

以上から、 $\alpha$  は次式で表される。

$$\alpha = \text{Speed} \cdot ID \cdot \text{Breadth}$$

準備実験において、リンクのコンポーネントの自動スクロールのスピードは 20 [pix/sec] と 50 [pix/sec] が高い支持を得た。これは、リンクを探す方法にはリンク文字列 1 つ 1 つを確認する方法と、流し読みしながらリンクを探す方法の 2 つがあるためと考えられる。そこで、リンク + 画像、縦リンク集合、および、縦横リンク集合といったコンポーネント特性と、リンクを探す方法ごとに、準備実験の結果を用いて対応する  $\alpha$  を求めた。これら  $\alpha$  を、ユーザが自身の閲覧方法に合わせて選択できる。そしてコンポーネントを適応的に提示する際、スクロールのスピードは、コンポーネントの  $ID$ ,  $Breadth$ , および、ユーザが選択した  $\alpha$  の値から式 (1) を用いて決定する。これにより、ユーザの閲覧方法とコンポーネント特性に適したスピードで自動スクロールを行うことができる。

次にスクロールのパスと拡大率を決定する方法について述べる。提案システムでは、コンポーネントの幅と高さを比較し、幅（高さ）が高さ（幅）よりも大きいときは、横（縦）方向にスクロールするパスとする。ただし、コンポーネントのサイズが携帯電話の画面のサイズより大きいときは、折り返しの自動スクロールにならないようにコンポーネントを縮小して提示する。このとき、コンポーネント内の情報の視認性を確保するため<sup>13)</sup>、コンポーネントの幅（高さ）をその 60% 未満に縮小しなければならぬときは、縮小せずに折り返しを行う。

また、スクロールの巻き戻し機能と早送り機能を付加している。さらに、自動スクロールを途中で停止し、その位置から手動のスクロールを行うことができる。そして、文章のコンポーネントと同様にリンク選択を行うことができる。

## 5. 評価実験

本章では実装したシステムの評価実験について述べる。

### 5.1 コンポーネント抽出とコンポーネント特性の決定に関する評価

本節では、提案システムにおけるコンポーネント抽出とコンポーネント特性の決定に要する時間、および、その精度に関する評価実験について述べる。実験では、提案システムを用いて、MSN Japan (<http://www.msn.co.jp/home.armx>) や CNN.co.jp (<http://www.cnn.co.jp/index.html>)、文部科学省ホームページ (<http://www.mext.go.jp/>) などの 25 の Web ページからコンポーネントを抽出

し、抽出したコンポーネントの特性を決定した。そして 2 つの処理に要した合計時間を測定した。さらに、コンポーネントの抽出と特性の決定の精度について調査した。

実験に用いた Web ページにおいて、すべてのコンポーネントの抽出と特性の決定に要した時間の平均は 2.2 秒であった。コンテンツが少なく単純な構造を持つページは 1 秒程度で、含まれるコンテンツが多く複雑な構造を持つページは 5 秒程度でコンポーネントを抽出し、その特性を決定することができた。

コンポーネント抽出の結果を検証したところ、携帯電話での閲覧に支障をきたすページが 1 つあった。これは抽出の際、JavaScript を考慮していないため、JavaScript を含むプルダウン式のメニューをコンポーネントと誤認識していたエラーであった。今後は JavaScript を考慮したコンポーネント抽出を行うことで、このようなエラーを防ぐことができると考える。また、閲覧自体は可能であるが十分な精度でないページが 2 つあった。これらのページでは、コンポーネントの見出しを表す文字列のみが 1 つのコンポーネントとして抽出されたり、見出しがその上部に位置するコンポーネントに併合されてしまうエラーがあった。これらの原因は、ページのレイアウトしか記述できない HTML 言語では、タグ構造のみからコンポーネント間の区切りを決定することが困難であるためである。この問題を解決するには、画像処理などを併用してコンポーネント間の区切りを決定する方法などが考えられる。これには、3.2 節で紹介したコンポーネント抽出法など、従来研究のアプローチを採用できる。

コンポーネント特性の判定の精度について検証したところ、正しく抽出された 218 のコンポーネントのうち、その特性の判定が誤っていたのは 4 つのみであり、約 98% のコンポーネントの特性を正確に判定できていた。コンポーネント特性の判定におけるエラーとしては、リンクのコンポーネントを文章のコンポーネントとして判定するものがあった。コンポーネント内に空白部分を多く含むリンクのコンポーネントにこのエラーが見られた。このようなコンポーネントは含まれるリンクの数に比べてコンポーネントの高さが大きい場合、リンク占有率が小さくなり、文章のコンポーネントと判定されていた。この問題を解決するためには、コンポーネント内の文章量も考慮する必要があると考える。また、縦横リンク集合のコンポーネントをリンク + 画像のコンポーネントと判定するエラーがあった。これは、提案システムでは、文章に添えられているような大きな画像とアイコンなどの画像を区



別して扱っていないためである．この問題を解決するためには，Web ページ内の画像をその役割ごとに分類し<sup>10)</sup>，これらの画像を区別して扱う必要があると考える．さらに，縦横リンク集合のコンポーネントを文章 + 画像と判定するエラーもあった．これは，本来縦横リンク集合のコンポーネントに分類されるべき，画像のアイコンとリンクの集合を含んだコンポーネントが，コンポーネント内の文章量とコンポーネント内の画像の役割が考慮されないため，文章 + 画像のコンポーネントに誤判定されてしまったものである．このことから，コンポーネント特性決定の精度を向上させるためには，コンポーネント内のリンク数に加えてコンポーネント内の文章量も考慮し，コンポーネント内の画像の役割を考慮して，役割に応じて画像を扱う必要があることが分かる．

## 5.2 被験者による利用評価

本節では実装したシステムの有効性を確認するため実施した，被験者による 2 つの利用評価について述べる．

### 5.2.1 比較対象

2 章の関連研究で述べたように，携帯電話用の商用ブラウザでは PC 同様の閲覧（機能 1），レイアウト変更による縦スクロールのみの閲覧（機能 2），および横幅減少による水平スクロールを減少させた閲覧（機能 3）を提供している．なお，機能 3 は機能 2 の制約を緩めたものであるため，本実験では比較対象として，実験用に実装した“単純システム”と，商用ブラウザである Scope を用いた．単純システムは機能 1 を実現しており，NTT DoCoMo の i アプリ対応携帯電話 SH900i 上に Java 言語を用いて実装されている．SH900i のディスプレイのうち，240 × 240 [pix] を使用している．ユーザは携帯電話の画面を 4 方向キーによりスクロールさせることでページを閲覧する．方向キーを 1 回押すとその方向へ 5 [pix] スクロールし，方向キーを押し続けている間は 150 [pix/sec] のスピードでその方向へスクロールし続ける．一方，Scope は機能 2 を有する携帯電話用ブラウザである．

実験では，提案システムと単純システムのそれぞれにおいてユーザの操作ログを記録した．ログとして，被験者が操作したキーと操作した時刻，および，0.1 秒ごとの携帯電話の画面のページ内における表示位置を記録した．Scope については，自動でログを記録することができないため，被験者の操作回数を手動でカウントし，課題の達成に要した時間を記録した．さらに，操作回数の正確性を保証するため，被験者の用いた実験用携帯電話の画面をビデオで撮影し，手動でカ

ウントした操作回数正しいことを確認した．

### 5.2.2 利用評価 1

#### 実験課題

被験者は，携帯電話の操作に習熟した 20 代から 30 代の男女 30 人である．被験者 30 人を 10 人ずつの 3 グループに分け，提案システム，単純システム，Scope をそれぞれ利用してもらった．提案システムを用いるグループの被験者には，システムの操作方法に慣れるまで共同通信社のページを閲覧してもらった．その後，まず「味の素」(レシピ大百科：<http://www.ajinomoto.co.jp/recipe/>)のページにおいて，“! 特集”のトピック（コンポーネント）にある，“今が旬! 「白菜」「ぶり」”の文字列において，“ぶり”のリンクを探し，選択してもらった（課題 1）．そしてリンク先のページにおいて，ぶりに関する文章を読み（課題 2-1），列挙されたぶりを使った料理の中から，気になる料理を見つける（課題 2-2）という課題を実行してもらった．また，“大阪大学”（大学の沿革：<http://www.osaka-u.ac.jp/jp/about/history.html>）のページにおいて，“自由な発想，先見性を受け継ぐ”というトピックについて，画像を参照しながら文章を読む（課題 3）という課題を実行してもらった．このトピックは図 1 (a) に示すコンポーネントと同じものである．課題 1 は大きなページから目的のリンクを探す状況を想定しており，課題 2-1，課題 3 は文章 + 画像のコンポーネントを閲覧する状況を，課題 2-2 はリンクのコンポーネントを閲覧する状況を想定している．

#### 実験結果と考察：課題 1

課題 1 では，携帯電話の画面サイズに比べて非常に大きな Web ページ内からユーザが目的のコンポーネントを探し，さらにそのコンポーネントの中からリンク文字列などのオブジェクトを探して選択するタスクを想定している．それぞれのシステムを用いた被験者の操作回数を図 6 (a) に，課題の達成時間を図 6 (b) に示す．実験結果から，提案システムを用いたほとんどの被験者の操作回数は単純システムより下回っていたが，一部の被験者において圧倒的に上回っていた．Scope についても，おおむね単純システムよりも小さい値となっているが，達成時間の短い被験者と比較的長い被験者に 2 分化されていた．これらの結果に対して，それぞれのシステム間の有意差を検定するため，Mann-Whitney の U 検定を用いた<sup>17)</sup>．Mann-Whitney の U 検定とは，独立した 2 群のデータに有意差があるか検定する手法であり，分布に依存しないノンパラメトリック検定である．Mann-Whitney の U 検定では，

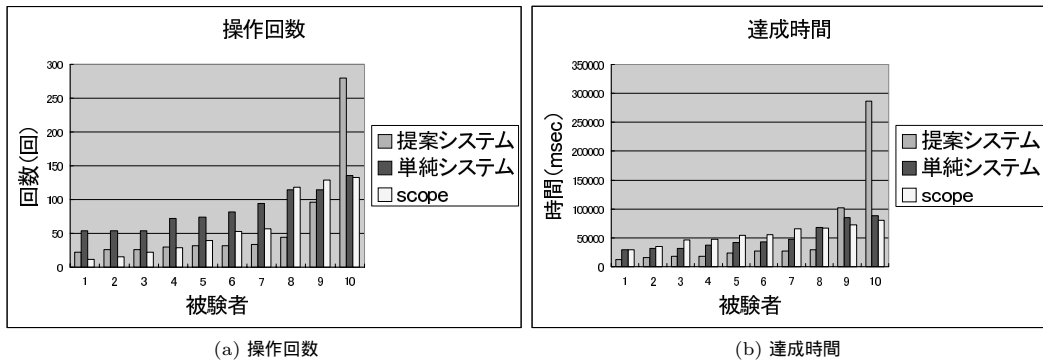


図 6 操作回数と達成時間  
Fig. 6 The number of operations and time for task completion in task 1.

正規分布に従うと見なすことができないデータについて観測値の順位を用いて検定するため、本実験の操作回数のように個人差が大きいデータにおいても有意差を検定することができる。有意水準 5% で操作回数について検定を行った結果、 $U=17.0$ 、 $U$  テーブル (10,10)=23.0 となり、操作回数について、提案システムと単純システムには有意差が認められた。ここで、 $U$  の値は 2 群のデータを小さい順に並べた順位から求めた値であり、 $U$  テーブルの値は統計数値表より求めた“2 群のデータに差がない”という帰無仮説の棄却限界値である。一方、提案システムと Scope では有意差は認められなかった ( $U=53.5$ 、 $U$  テーブル (10,10)=23.0)。すなわち、提案システムは操作回数について、既存の商用ブラウザである Scope に遜色ないものといえる。ここで、Scope では、方向キーを一定時間押し続けることで、画面を速くスクロールできる。そのため、このような方法でスクロール操作を行った被験者の操作回数は少なくなっているが、キーを 1 回ずつ押し続けてスクロール操作を行った被験者の操作回数は大きくなった。また、後述のアンケート評価により、方向キーを押し続けるスクロールは、スピードが速すぎるため、内容を確認できないという意見が得られた。

達成時間については、提案システムを用いたほとんどの被験者の値は、単純システムおよび Scope を用いた被験者を下回っており、単純システムと Scope では同程度であった。しかし、操作回数同様、提案システムを用いた一部の被験者において、他のシステムを大きく上回る値となっていた。達成時間について、有意水準 5% で  $U$  検定を行った結果、提案システムと単純システムでは  $U=79.0$ 、 $U$  テーブル (10,10)=23.0、提案システムと Scope では  $U=79.0$ 、 $U$  テーブル (10,10)=23.0 となり、提案システムと単純システム、および Scope に有意差が認められた。一方、単純システムと Scope の

間には有意差が認められなかった ( $U=60.0$ 、 $U$  テーブル (10,10)=23.0)。Scope は垂直方向のみのスクロールで Web ページを閲覧できるようにレイアウトを変更するため、サイズの大きい Web ページは非常に縦長になってしまう。また、現在位置を示すフォーカスがリンクごとに移動していくため、多数のリンクが含まれているページでは、スクロールに時間がかかってしまう。さらに Scope を用いる場合、ユーザは目的の情報が見つかるまで、スクロールしながらすべてのコンテンツを閲覧しなければならない。一方、提案システムでは、オーバビューから閲覧したいコンポーネントに目星をつけ、そのコンポーネントを適応的提示により閲覧することができる。以上の理由から、提案システムは、目的のリンクを探す状況において達成時間を短縮できている。

提案システムを用いた被験者のうち、操作回数や達成時間が圧倒的に多い被験者の軌跡を検証すると、その被験者は目的のリンクを含むコンポーネントを見つけることができずに、スクロール操作とコンポーネントを拡大する操作を繰り返し行っていたことが分かった。実験後、その被験者から、「オーバビューの縮小率が大きいため、文字を認識できず、どこに目的のリンクがあるのか発見できなかった。」という意見が得られた。オーバビューの拡大率については他の被験者からも「縮小率が大きいため、内容を認識しにくい」という意見が多数得られた。そこで、オーバビューにおける 1 段階目の拡大をより大きくするなど、オーバビューの提示方法については改善の余地があると考える。

#### 実験結果と考察：課題 2-1、2-2

課題 2-1 および課題 2-2 は、被験者の自由閲覧による評価であるため、被験者のブラウジングの軌跡により、被験者が各々のシステムを用いてどのような

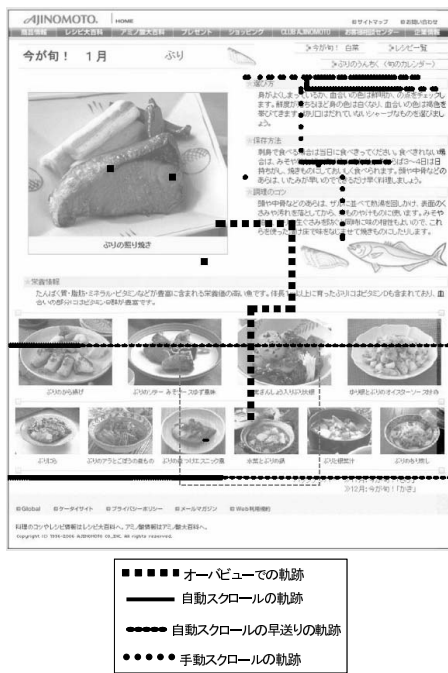


図 7 提案システムを用いた軌跡の例

Fig. 7 An example of browsing orbit using our system.

ラウジングを行ったのかを検証することが有効であると考えられる。ここで、Scope は垂直方向のみのスクロールでページを閲覧するため、その軌跡は垂直方向のみの長い線分となり、軌跡の評価からは特に有益な知見が得られない。したがって、ここでは Scope については議論しないものとする。提案システムを用いた被験者の軌跡の例（図 7）と、単純システムを用いた被験者の軌跡の例（図 8）を比較すると、目的のコンポーネントにたどりつくまでの経路に大きな差があることが分かる。提案システムを用いた被験者は、課題で指示されたとおり、課題 2-1 のコンポーネントであるページ右上の文章を閲覧した後、課題 2-2 のコンポーネントであるページ下部の画像群を閲覧していた。ここで、課題 2-1 のコンポーネントは文章 + 画像のコンポーネントであり、課題 2-2 のコンポーネントはリンク + 画像のコンポーネントである。一方、単純システムを用いた被験者は、スクロール中に偶然見つけたコンポーネントから閲覧しており、図 8 の例では課題 2-2 のコンポーネントをまず閲覧し、その後課題 2-1 のコンポーネントを閲覧していた。このとき、課題 2-1 のコンポーネントの下部から閲覧を始めたため、一度コンポーネントの上部までスクロールしてからその内容の文章を閲覧していた。このような状況は、単純システムのような閲覧形態ではよくあるものと考えられ

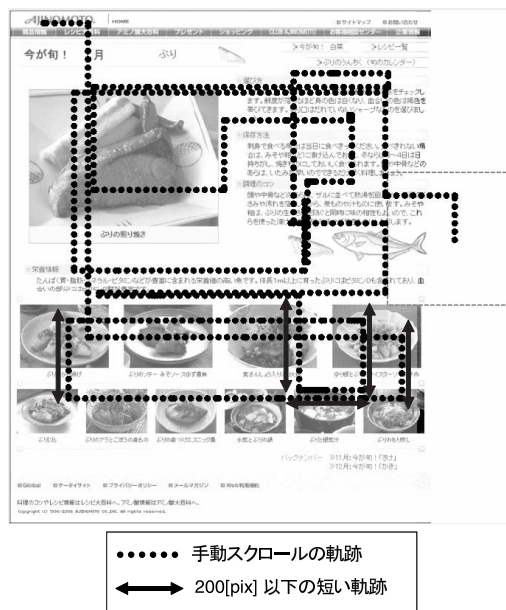


図 8 単純システムを用いた軌跡の例

Fig. 8 An example of browsing orbit using the simple system.

る。つまり、文章のように文頭から順に読む必要があるコンポーネントを閲覧するときは、文章の開始位置までスクロールする必要があるため、ユーザにとって負担となる。

図 7 と図 8 の軌跡の全体を比較すると、提案システムを用いた被験者の軌跡が水平方向と垂直方向のみからなる簡潔な軌跡となっていたのに対し、単純システムを用いた被験者の軌跡は、同じ場所を何度も行き来したり、周回したりする煩雑な軌跡となっていた。提案システムはオーバビューを提供するため、ユーザがページ全体の内容と構成を容易に把握できる。さらに、ユーザの選択によりコンポーネントごとの提示を行うことで、コンポーネントの区切りを明確に示すことができる。つまりユーザは、提示されたコンポーネントの形状からどの方向にスクロールすればよいかある程度認識できるため、簡潔な軌跡になったと考える。一方、単純システムを用いた被験者はページの構造を把握するためのスクロールや、現在閲覧しているページ内の位置を確認するためのページ端までのスクロールを行うことが多かった。さらにコンポーネントの区切りが示されていないため、どの方向にスクロールすべきか判断できない。その結果、図 8 のような煩雑な軌跡になったと考えられる。

しかし、提案システムでは、適応的提示の際に、コンポーネントごとの提示を行うため、周辺のコンポー

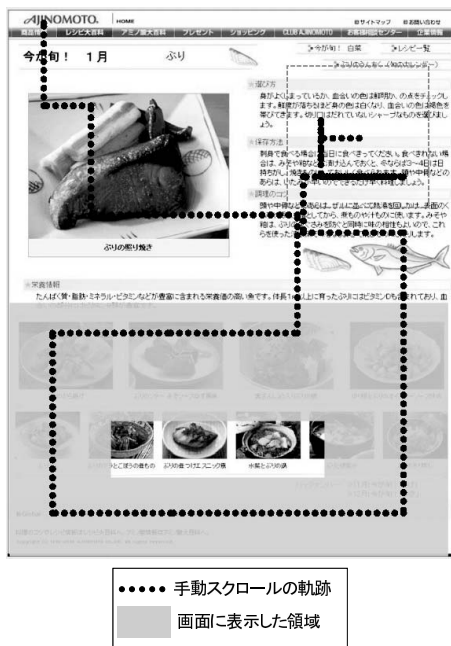


図 9 単純システムを用いた閲覧範囲の例

Fig.9 An example of browsing area using the simple system.

ネットを提示できない．PC を用いた Web 閲覧において、閲覧しているコンテンツの周辺にあるコンテンツが偶然目に入り、興味を持つという現象はよくあるものと考えられる．提案システムではこの現象を再現できないという欠点がある．

課題 2-2 について、単純システムを利用した被験者の閲覧範囲の例を図 9 に示す．図中の網掛けで示した領域は課題 2-2 を実行する際、被験者が画面に表示した領域である．図 9 から明らかなように、コンポーネント内において被験者が閲覧できていない領域がある．これは、ページの一部分しか表示できない携帯電話の小さな画面では被験者がページ内の閲覧している位置を認識できないため、また、コンポーネントの区切りを認識できないため、見落としてしまった領域である．通常の PC の画面で閲覧する場合、このような見落としは発生しないが、同じページを携帯電話の小さな画面で閲覧することで、このように閲覧できる情報量が減少することはユーザにとって不利益である．提案システムではオーバビューを提示し、さらにコンポーネントごとに提示を行うため、このような見落としが生じることは少ない．

提案システムは、課題 2-2 で閲覧するコンポーネントを自動スクロールで提示する．単純システムを用いた被験者の課題 2-2 のコンポーネント内の軌跡には、

図 8 に多く見られるような短い線分がすべての被験者において見られ、その平均は 4.6 本であった．ここで、200 [pix] 以下の線分を短い線分としている．一方、提案システムを用いたほとんどの被験者の軌跡は、図 7 に示すような水平方向のみの長い線分の軌跡であり、短い線分が見られたのは 1 人のみだった．短い線分の軌跡は、単純システムを用いた被験者が、コンポーネントを閲覧している途中でページ内での位置を確認するためにページ端までスクロールしたり、コンポーネントの区切りを認識したりすることでスクロールすべき方向を判断するために、閲覧しているコンポーネントの上部や下部にあるコンポーネントまでいったんスクロールすることで生じていたと考えられる．つまり、この短い線分の軌跡の数が多く、不必要なスクロール方向の転換を多く行っている．提案システムの被験者は自動スクロールでコンポーネントが提示されるため、スクロールすべき方向を意識する必要がない．その結果、このような短い線分の軌跡はほとんど生じないことから、自動スクロールにより煩雑なスクロール操作を低減できたといえる．

実験結果と考察：課題 3

課題 3 のような文章 + 画像のコンポーネントを閲覧するとき、提案システムでは、ユーザは文章を読んでいる途中で、キー操作により任意に画像に表示を切り替えることができる．課題 3 において提案システムを利用した被験者のうち、画像への切替えキーを使用した被験者は 7 人いた．使用した被験者の平均使用回数は 3.6 回であった．被験者のブラウジングの軌跡を検証すると、表示切替え機能を使用した被験者はすべての画像を閲覧していた．また表示切替え機能を使用した被験者は、まず最初に画像を閲覧したり、文章の途中で閲覧したり、文章を読み終えてからまとめて画像を閲覧したりなど、任意のタイミングで閲覧していることが分かった．一方、単純システムでは、被験者はスクロール回数をできるだけ抑えるため、文章を読んでいる途中で画面に画像の一部が表示されたときに画像の内容を確認していた．なかにはすべての画像を閲覧できていない被験者もいた．以上から、文章 + 画像のコンポーネントにおいて提案システムを用いると、ユーザは任意のタイミングで画像を閲覧できていることが分かる．Scope を使用した被験者からは、長いテキストを垂直方向のみのスクロールで閲覧できるため、文章を読みやすかったという意見が得られた．しかし、携帯電話の画面の幅に表示を合わせるため、画像が縮小して表示され、閲覧しにくかったという意見も得られた．つまり、文章 + 画像のコンポーネントにおける

表 3 実験用 Web ページと使用ブラウザ  
Table 3 Web pages and browsers for the experiment.

実験用ページ	Yahoo! Japan	Yahoo! News	goo
グループ 1	提案システム	Scope	単純システム
グループ 2	Scope	単純システム	提案システム
グループ 3	単純システム	提案システム	Scope

文章は Scope のように縦方向のみで閲覧する方法が有効であり、画像については提案システムの画像切替え機能が有効であることが分かる。

### 5.2.3 利用評価 2

#### 実験課題

本実験では、被験者に提案システム、単純システム、Scope の 3 種類のシステムを使用してもらい、操作性についてアンケート調査を行った。具体的には、被験者 18 人を 6 人ずつの 3 グループに分け、それぞれ異なった順番ですべてのシステムを使用してもらった。実験用 Web ページとして Yahoo! Japan (<http://www.yahoo.co.jp/>)、Yahoo! NEWS (<http://dailynews.yahoo.co.jp/fc/>)、goo (<http://www.goo.ne.jp/>) を使用し、それぞれのページを自由に閲覧しながら興味のあるリンクを探して選択し、リンク先のページでも同様の操作を行うという動作を 3 回繰り返してもらった。実験に用いた Web ページとシステムの組合せを表 3 に示す。このように、著名なポータルサイトやニュースサイトから興味のあるリンクを探し、閲覧を行うというのは、一般的な Web 閲覧の行動と考えられる。

アンケートは、指定の項目ごとに点数をつけて評価するものと、自由記入によるものの 2 つを実施した。前者については、以下の項目について、まったくそう思わない場合には -3 点、どちらともいえない場合には 0 点、はっきりそう思う場合には 3 点という基準で、-3 点から 3 点の間で点数をつけてもらった。

- 目的のリンクを探しやすい。
- テキストを読みやすい。
- 画像を閲覧しやすい。
- リンクの集合を閲覧しやすい。
- テーブルを閲覧しやすい。
- ページ内で閲覧している位置を把握できる。
- 操作量が少ない。
- PC と比べて違和感がない。
- 直感的に操作できる。
- 今後も使ってみたい。

後者については、以下の項目について被験者に自由に記入してもらった。

- それぞれのブラウザについて便利だと感じた点

- それぞれのブラウザについて不便だと感じた点  
実験結果と考察

利用評価 2 における採点式アンケートの結果を図 10 に示す。ユーザは Web ページ内からリンクを探す際、ページの構成からメインのコンテンツに関連するリンクかどうか、ページのメニューのリンクであるか、また、広告のリンクであるかなどを判断していると考えられる。アンケート評価の結果、提案システムではオーバビューによりページの構成を示した後、コンポーネントを適応的に提示するため、リンクを探す際に有効であることが分かる。さらに、リンクの集合のコンポーネントを自動スクロールで提示することにより、ユーザの操作回数を減少できることが分かる。“リンクの集合を閲覧しやすい” というアンケートにおいて提案システムが高い評価を得ていることから、自動スクロールが有効であることが示された。自由記入によるアンケートでも、提案システムの利点について、「自動スクロールしてくれるので、操作することなくコンポーネントを閲覧できる」という意見が得られた。一方で、提案システムは文章のコンポーネントを手動のスクロールで閲覧し、リンクのコンポーネントは自動スクロールを用いて閲覧するといったように、コンポーネントの特性ごとに操作が異なるため、操作に慣れるまで戸惑うと答えた被験者も見られた。

単純システムでは、PC と同様にページを表示するため、PC での Web 閲覧と比べて違和感がないことがアンケートの結果から示された。また、操作が簡潔であるため、直感的に操作できることも高く評価されている。しかし、ページ内で閲覧している位置を見失ってしまうことや、多くの操作が必要なことから、全体では評価は低くなった。

Scope については、特に文章が中心となったページにおいて高い評価を得た。これは、垂直方向のみのスクロールでページを閲覧できるように再構成するため、ユーザが容易に文章を読むことができるためである。しかし、PC 用に作成された大きな Web ページのレイアウトを変更すると、非常に縦に長いページになってしまうため、スクロール操作の増加を招く。また、自由記入のアンケートの結果、ページの構成が大きく変わってしまうため、ページ内において閲覧して

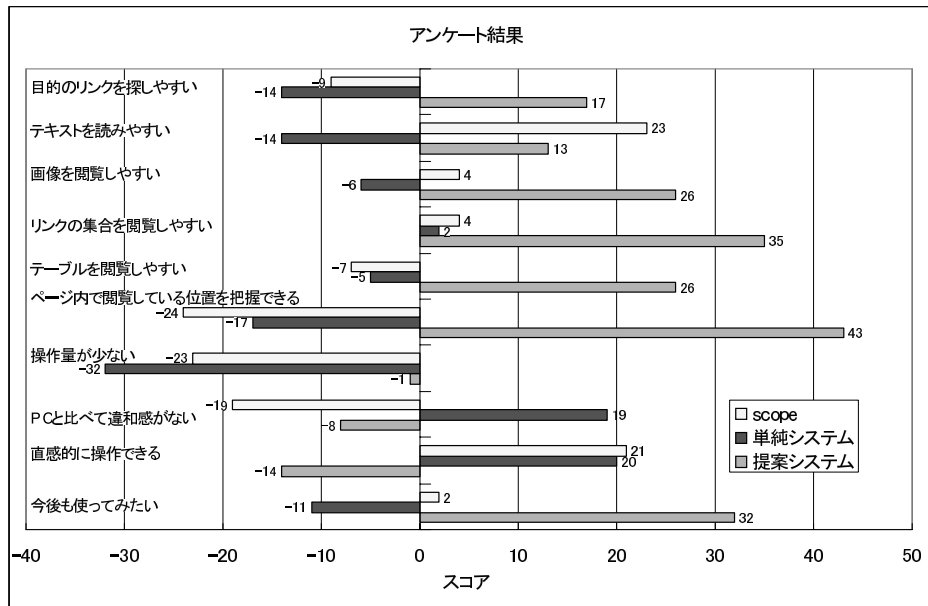


図 10 アンケート結果

Fig. 10 Result of questionnaire survey.

いる位置が分からず不安になるという意見や、PCで見慣れたページでは違和感を感じたり、混乱するという意見も得られた。さらに、構成が変更されることで、テーブルが見にくくなってしまおうという意見があった。Scopeでは、携帯電話の画面の幅よりもテーブルの幅が長いとき、テーブルを折り返して表示を行うため、元々は1つであった行が複数に分割され、行どうしのつながりを把握しにくいものと考えられる。

ここで、利用評価1における操作回数の評価結果では、提案システムとScopeの間には有意差は認められなかった。しかし、図10に示すアンケート結果では、提案システムの方が操作量について圧倒的に高い評価を得ている。このことから、利用評価1でScopeを使用した被験者は、方向キーを押し続けてスクロールすることで操作回数を減少させていたが、「キーを押し続ける」という操作は1回の操作ではなく、キーを1回ずつ押して操作するのと同様、ユーザにとって負担に感じられる操作であることが分かる。

最後に、「今後も使ってみたい」システムとして非常に高い評価を得ていることから、提案システムの有効性が示されたと考える。

## 6. 考 察

### 6.1 最適な自動スクロールのパスの決定

現在の実装ではコンポーネント内のスクロール方向を決定する際、コンポーネントの幅と高さを比較して

スクロールする方向を決定している。この方法は折り返しの必要がないコンポーネントでは十分有効であるが、折り返しの自動スクロールが必要なコンポーネントでは、コンポーネント内の情報が途切れて表示される問題がある。たとえば、横に長いリンク文字列が縦に列挙されており、リンク文字列の幅が画面の幅より大きいコンポーネントが縦方向に折り返して自動スクロールされる時、横に長い文字列が途切れて縦方向にスクロールされる。そこで、コンポーネントの幅と高さに加えて、コンポーネント内の文字列の方向、文字列の長さ、画像の有無などを考慮してスクロールのパスを決定する必要がある。

### 6.2 最適な自動スクロールのスピードの検証

準備実験により自動スクロールの有効性を検証したが、最適なスクロールスピードはだまかにしか測定できていない。自動スクロールのスピードはユーザがコンポーネント内から目的の情報を探す行動に多大な影響を及ぼすものと考えられるため、詳細な実験により最適なスクロールスピードを調査する必要がある。

### 6.3 動的コンテンツへの対応

現在の実装では5.1節で述べたように、JavaScriptをはじめとしてCGIやフォーム、Flash<sup>9)</sup>などの動的コンテンツに対応していない。CGIやフォームは、テキストの入力などユーザの能動的な操作が必要となるため、ユーザが手動のスクロールで閲覧できる文章のコンポーネントに分類される。今後、ユーザが入力

したデータをサーバに送信して処理することなどにより、これらに対応する必要があると考える。Flash については、現在の実装では Flash のコンテンツのキャプチャ画像を画像のコンポーネントとして提示している。Scope<sup>16)</sup> や jig ブラウザ<sup>8)</sup> など、一般的に普及している携帯電話用 Web ブラウザでも Flash には対応していない。さらに、Flash のコンテンツは容量が大きいためダウンロードに時間がかかってしまうことや、携帯電話の処理速度の制限を考えると、現状で Flash に対応することは困難と考える。

## 7. ま と め

本論文では、携帯電話を用いた Web 閲覧のためのコンテンツ適応的提示システムの設計と実装を行った。提案システムでは、ユーザにページのオーバビューを提供することで、ユーザがページ内から目的のコンポーネントを探す際の連続的なスクロール操作を軽減できる。さらに、ユーザが詳細に閲覧したいコンポーネントをその特性に応じて適応的に提示することで、ユーザはコンポーネントに適した方法で快適に閲覧することができる。

今後は、自動スクロールにおいて、情報を途切れさせることなく効率的にスクロールするパスを決定する手法について検討する予定である。また、詳細な実験により、最適な自動スクロールのスピードについて検証する必要がある。

謝辞 本研究を進めるにあたりご指導いただいた KDDI 研究所秋葉所長に深謝する。

また本研究の一部は、文部科学省 21 世紀 COE プログラム「ネットワーク共生環境を築く情報技術の創出」、文部科学省科学技術振興調整費先端融合領域イノベーション創出拠点の形成：ゆらぎプロジェクトおよび文部科学省特定領域研究(18049050)の研究助成によるものである。ここに記して謝意を表す。

## 参 考 文 献

- 1) Bruijn, O. and Spence, R.: Rapid serial visual presentation: a space-time trade-off in information presentation, *Proc. Advanced Visual Interfaces (AVI2000)*, pp.189–192 (May 2000).
- 2) Bruijn, O., Spence, R. and Chong, M.Y.: RSVP browser: Web browsing on small screen devices, *Personal and Ubiquitous Computing*, Vol.6, Issue 4, pp.245–252 (Sep. 2002).
- 3) Buyukkokten, O., Garcia-Molina, H. and Paepcke, A.: Power Browser: Efficient web browsing for PDAs, *Proc. CHI'00*, pp.430–437

(Apr. 2000).

- 4) Buyukkokten, O., Garcia-Molina, H. and Paepcke, A.: Accordion summarization for end-game browsing on PDAs and cellular phones, *Proc. CHI'01*, pp.213–220 (Mar. 2001).
- 5) Buyukkokten, O., Garcia-Molina, H. and Paepcke, A.: Seeing the whole in parts: text summarization for web browsing on handheld devices, *Proc. WWW'01*, pp.652–662 (May 2001).
- 6) Chen, Y., Ma, Y. and Zhang, H.: Detecting web page structure for adaptive viewing on small form factor devices, *Proc. WWW'03*, pp.225–233 (May 2003).
- 7) Embey, D.W., Jiang, Y. and Ng, Y.-K.: Record-boundary discovery in web documents, *Proc. ACM SIGMOD'99*, pp.467–478 (May/June 1999).
- 8) jig ブラウザ . <http://br.jig.jp/pc/>
- 9) Macromedia Flash.  
<http://www.macromedia.com/jp/platform/>
- 10) Maekawa, T., Hara, T. and Nishio, S.: Image classification for mobile web browsing, *Proc. WWW'06*, pp.43–52 (May 2006).
- 11) 前川卓也, 原 隆浩, 西尾章治郎: モバイル端末のための Web ページ自動スクロール方式, 日本データベース学会 Letters, Vol.4, No.2, pp.29–32 (Sep. 2005).
- 12) NetFront.  
<http://www.access.co.jp/products/nf.html>
- 13) 置田 誠, 山口典男, 重松隆之, 高橋 修, 宮本衛市: 携帯電話機用 WEB ブラウザのサーバ・レンダリング方式の提案と実装評価, 情報処理学会マルチメディア, 分散, 協調とモバイルシンポジウム論文集, pp.733–736 (July 2005).
- 14) Opera for Mobile.  
<http://www.opera.com/products/mobile/>
- 15) サイトスニーカー .  
<http://www.uei.co.jp/sitesneaker/>
- 16) Scope. <http://www.programmer.co.jp/>
- 17) 柳川 堯: 新統計科学シリーズ 9 ノンパラメトリック法, 倍風館 (1982).
- 18) Yang, G., Tan, W., Mukherjee, S., Ramakrishnan, I.V. and Davulcu, H.: On the power of semantic partitioning of web documents, *Proc. Information Integration on the Web (IIWeb-03)*, pp.39–46 (Aug. 2003).
- 19) Yang, Y. and Zhang, H.: HTML page analysis based on visual cues, *Proc. ICDAR2001*, pp.859–864 (Sep. 2001).

(平成 18 年 3 月 29 日受付)

(平成 18 年 10 月 3 日採録)



荒瀬 由紀

2006年大阪大学工学部電子情報エネルギー工学科卒業。現在、同大学院情報科学研究科博士前期課程在学中。モバイルコンピューティング、ユビキタスコンピューティングに興味を持つ。

興味を持つ。



前川 卓也(正会員)

2003年大阪大学工学部情報システム工学科卒業。2006年同大学院情報科学研究科博士後期課程修了。同年日本電信電話株式会社入社。情報科学博士。ユビキタスコンピューティング、モバイル環境におけるWeb閲覧の研究に興味を持つ。

興味を持つ。



原 隆浩(正会員)

1995年大阪大学工学部情報システム工学科卒業。1997年同大学院工学研究科博士前期課程修了。同年同大学院工学研究科博士後期課程中退後、同大学院工学研究科情報システム工学専攻助手、2002年同大学院情報科学研究科マルチメディア工学専攻助手、2004年より同大学院情報科学研究科マルチメディア工学専攻助教授となり、現在に至る。工学博士。1996年本学会山下記念研究賞受賞。2000年電気通信普及財団テレコムシステム技術賞受賞。データベースシステム、分散処理に興味を持つ。IEEE, ACM, 電子情報通信学会, 日本データベース学会の各会員。



上向 俊晃(正会員)

平成12年大阪大学工学部情報システム工学科卒業。平成13年同大学院修士課程修了。平成16年同大学院博士課程修了。同年KDDI(株)入社。現在、(株)KDDI研究所テキスト情報処理グループ研究員。この間、コンテンツ配信、HMIの研究開発に従事。工学博士。



西尾章治郎(正会員)

1975年京都大学工学部数理工学科卒業。1980年同大学院工学研究科博士後期課程修了。工学博士。京都大学工学部助手、大阪大学基礎工学部および情報処理教育センター助教授、大阪大学大学院工学研究科情報システム工学専攻教授を経て、2002年より大阪大学大学院情報科学研究科マルチメディア工学専攻教授となり、現在に至る。2000年より大阪大学サイバーメディアセンター長、その後2003年より大阪大学大学院情報科学研究科長を併任。この間、カナダ・ウォータールー大学、ビクトリア大学客員。データベース、マルチメディアシステムの研究に従事。現在、Data & Knowledge Engineering等の論文誌編集委員。本会理事を歴任。電子情報通信学会フェローを含め、ACM, IEEE等8学会の会員。