

携帯電話ユーザのための加速度センサを用いた Web 閲覧システム

大西 健史[†] 荒瀬 由紀[†] 原 隆浩[†] 上向 俊晃^{††} 西尾章治郎[†]

[†] 大阪大学大学院情報科学研究科 〒 565-0871 大阪府吹田市山田丘 1-5

^{††} 株式会社 KDDI 研究所 〒 356-8502 埼玉県ふじみ野市大原 2-1-15

E-mail: †{ohnishi.kenji,arase.yuki,hara,nishio}@ist.osaka-u.ac.jp, ††to-uemukai@kddilabs.jp

あらまし 近年、携帯電話を用いた Web 閲覧が一般的となっているが、小さなディスプレイと貧弱な入力インタフェースしかもたない携帯電話では、既存の Web ページを快適に閲覧することができない。一方、携帯電話の入力インタフェースを改善するために、センサを搭載した携帯電話が登場している。本稿では、携帯電話を用いた Web 閲覧を、加速度センサを用いて補助する Web 閲覧システムを提案する。提案システムでは、ユーザが携帯電話を傾けた際にその傾きに応じて表示情報を変化させることで、携帯電話のディスプレイを仮想的に拡張する。これにより、ユーザは携帯電話の小さなディスプレイ上で、多くの情報を参照することができる。

キーワード 携帯電話, Web ブラウジング, 加速度センサ

A Web Browsing System Using Acceleration Sensors for Cellular Phone Users

Kenji OHNISHI[†], Yuki ARASE[†], Takahiro HARA[†], Toshiaki UEMUKAI^{††}, and

Shojiro NISHIO[†]

[†] Dept. of Multimedia Engineering, Graduate School of Information Science and Technology, Osaka Univ.

1-5 Yamadaoka, Suita, Osaka 565-0871, Japan

^{††} KDDI R & D Laboratories Inc.

2-1-15 Ohara, Fujimino, Saitama 356-8502, Japan

E-mail: †{ohnishi.kenji,arase.yuki,hara,nishio}@ist.osaka-u.ac.jp, ††to-uemukai@kddilabs.jp

Abstract Celluer phones have been widely used to access the Web. However, since cellular phones have small screens and poor interfaces, it is inconvenient to browse Web pages designed for desktop PCs on cellular phones. Besides, some recent cellular phones are equipped with sensors to provide a user-friendly interface. In this paper, we propose a Web browsing system for supporting cellular phone users using acceleration sensors. Our system virtually extends a cellular phone's screen by displaying different information according to the tilt of the cellular phone so that the user can acquire more information from the small screen.

Key words Cellular phone, Web browsing, Acceleration sensor

1. はじめに

携帯電話の普及と通信技術の発展に伴い、携帯電話を用いた Web 閲覧が一般的になっている。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成されているため、携帯電話の小さなディスプレイではページのごく一部分しか表示されず、ユーザが一度に参照できる情報は制限されている。また、携帯電話は貧弱な入力インタフェースしか備えていないため、ページを閲覧するために多数の操作が必要となる。

近年、携帯電話の入力インタフェースを改善するため、センサを搭載した携帯電話が登場している。このようなセンサを搭載した携帯電話では、センサにより検出した値をユーザの操作情報として利用することで、従来のボタンによる操作に比べ、ユーザが簡潔かつ直観的に操作することができる。しかしディスプレイサイズについては、端末を携帯するという特性上、改善することは困難である。

そこで本研究では、携帯電話ユーザのための加速度センサを用いた Web 閲覧システムの設計と実装を行う。提案システムでは PC と同様に Web ページを表示し、画面をスクロールさ

せることでページを閲覧する．そして、携帯電話が傾けられた際に、画面に表示されている周辺の領域やリンク先ページのプレビューを表示することで、携帯電話のディスプレイを仮想的に拡張する．さらに、加速度センサを入力インタフェースとして用いることで従来システムよりも操作量を低減し、簡潔で直観的な操作を提供する．これにより、ユーザは携帯電話の小さなディスプレイ上で、多くの情報を簡潔な操作で参照することができる．

本稿の構成は以下の通りである．まず 2 章で関連研究について述べる．3 章で本研究で想定する環境を述べ、4 章で提案システムが提供するモードについて説明する．5 章で実施した評価実験について述べ、6 章で考察を行う．最後に 7 章で本稿のまとめとする．

2. 関連研究

携帯電話を用いた快適な Web 閲覧環境の実現を目的とした研究は多数行われている．これらの研究の多くには、大きく分けて 2 つのアプローチがある．

まず 1 つ目は、Web ページを携帯電話のディスプレイでの表示に適するよう再構成するものである．Opera for Mobile [7] では、縦方向のみのスクロールで閲覧できるよう、Web ページを再構成する．しかし、複雑な構造を持つページの再構成は困難である．RSVP browser [4] では、ページ内の画像を抽出し、順番に紙芝居のように表示する．これにより、ユーザは少ない操作で目的の情報を探することができるが、このような閲覧はサイズの大きな画像が多く含まれているページでなければ有効でない．Xie ら [9] は、Web ページを複数の関連する情報のブロックに分割し、各ブロックの重要度を求め、その重要度に応じてブロックを並び替えて表示するシステムを実現している．これにより、ユーザは縦方向のスクロールのみを用いて、重要なブロックから順に閲覧できる．

これら従来研究では、Web ページの構成が PC での閲覧と比べて大きく変化するため、ユーザが過去の Web 閲覧の経験を利用できないという問題がある．例えば、ページの右端や左端にはメニューが配置されることが多いことをユーザは経験的に知っているが、ページの構成が変更されると、ユーザはこのような過去の Web 閲覧の経験を利用できない．さらに、HTML 言語ではコンテンツの意味的な関係を記述することができないため、ページの構成が変更されると、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．例えば、Web ページの文章に「左図を参照」という記述があったとき、ページの構成が変更されると、ユーザはどの図が対象の図であるか理解できない．そこで、Web ページの構成を維持して提示することが有効である．

2 つ目のアプローチは、Web ページの構成は維持したまま、端末での提示方法を改善するものである．Web ページの構成を維持することにより、上述の問題を防ぐことができる．Baluja [3] は Web ページを 9 つのブロックに分割し、ページ全体を携帯電話のディスプレイに合うように縮小したサムネイルを表示するシステムを提案している．ユーザがサムネイルから

数字キーを用いて閲覧したいブロックを選択すると、その部分が元の大きさで表示される．筆者らの先行研究 [2] では、Web ページのサムネイルを表示し、ユーザが選択したコンテンツをその特性に応じて適応的に提示するシステムを提案している．Minimap [8] では、ページの構成はできるだけ維持したまま、ページ内の画像や表を縮小して表示する手法が提案されている．この手法では、テキストはその幅が携帯電話のディスプレイの幅に合うように折り返す位置を変更する．しかし、これらの従来システムや手法では、ディスプレイサイズの制限上、一度に閲覧できる情報は限られている．

提案システムでは、上述のシステム同様、構成を変更していないページを表示する．さらに、加速度センサを用いて端末の傾きを検出し、その値に応じて表示内容を変化させることで、携帯電話のディスプレイを仮想的に拡張する．これにより、携帯電話の小さなディスプレイ上で、多くの情報を系統的に表示することができる．

3. 想定環境

1 章でも述べたように、携帯電話を用いた Web 閲覧では、小さなディスプレイと貧弱な入力インタフェースのため、一度に表示される情報量は制限されており、閲覧には多数のスクロール操作が必要となる．特に、ディスプレイサイズが制限されていることにより、ユーザは小さなディスプレイ上に表示された領域の周辺の情報を確認することができず、闇雲に周辺をスクロールして目的の情報を探さなければならない．また、ディスプレイ上に一度に表示できない大きなサイズのコンテンツを閲覧する際にも、上下左右方向のスクロールを繰り返すことになる．さらに、目的の情報を含むページを探し、候補となるリンクを選択してリンク先ページの内容を確認し、目的のページでなければ、元のページに戻って別のリンクを選択する、という操作は Web 閲覧においてよくあるものと考えられるが、携帯電話では処理能力や通信速度は制限されているため、ユーザにとって大きな負担となる．

そこで提案システムでは、ユーザが注目している領域の周辺の領域やリンク先ページをプレビュー表示し、ユーザが簡潔な操作で閲覧することでこれらの問題を改善する．プレビュー表示に適し、かつユーザが直観的で簡潔に操作できるプラットフォームとして、加速度センサや視線追尾システムの利用が考えられる．そこで、提案システムでは、現在多数の携帯電話に搭載されており、制御も容易である加速度センサを採用した．

実装においては将来の携帯電話による Web 閲覧形態を見越して、KDDI 研究所が開発したセンサスクロールブラウジングシステムを利用している．このシステムは、図 1 に示す携帯電話型筐体、レンダリング用 PC、および両者間を接続する通信ケーブルからなる．携帯電話型筐体は、ボタンやセンサ等の入力インタフェースとディスプレイやスピーカー等の出力デバイスを搭載しており、ユーザの入力に対する処理や出力のための処理はレンダリング用 PC が通信ケーブルを通して行う．これにより、現在の携帯電話の処理能力では困難な処理を実行できる．無論、将来的には、これら全てが携帯電話の端末に搭載さ



図 1 携帯電話型筐体

れるものと想定している。

レンダリング用 PC は Web ブラウザを搭載しており、PC 用に作成された大きな Web ページの一部を携帯電話型筐体のディスプレイに表示する。携帯電話型筐体は 3 軸加速度センサを搭載しており、ユーザは携帯電話型筐体を傾けることでディスプレイに表示されている Web ページをその方向へスクロールさせることができる。また、携帯電話型筐体が搭載するディスプレイサイズは縦 640 ピクセル、横 480 ピクセルである。つまり、本研究では、3 軸加速度センサにより Web ページをスクロールさせることができ、VGA の画面を持つ携帯電話を想定する。以下に、ユーザによる Web 閲覧の際のセンサスクロールブラウジングシステムの動作手順を示す。

(1) レンダリング用 PC は、ユーザがリクエストした URL に対応する Web ページを WWW から受信し、メモリ上でそのページのレンダリングを行う。

(2) レンダリング用 PC は、ページのレンダリング結果から筐体のディスプレイサイズに相当する領域を抽出し、携帯電話型筐体のディスプレイに出力する。また、そのページを最初にロードした際の領域の位置は、ページの左上の端としている。

(3) ユーザがページをスクロールするために携帯電話型筐体を傾けると、3 軸加速度センサが携帯電話型筐体の前後左右の傾きを取得し、レンダリング用 PC にその情報を送信する。レンダリング用 PC は、受信した情報を用いてレンダリング結果から抽出する領域の位置を決定する。手順 (2) に戻る。

提案システムでは、このセンサスクロールブラウジングシステムを応用し、ユーザの携帯電話の傾きに応じて表示内容を変化させることで、ディスプレイを仮想的に拡張する。

4. 提案システムの提供モード

提案システムでは、ユーザの操作量を低減し、携帯電話を用いた快適な Web 閲覧環境を実現するため、以下の 3 つのモードを提供する。

- 隣接 4 画面モード
- リンク先プレビューモード
- ブックマークモード

隣接 4 画面モードでは、携帯電話を傾けた際に、同一ページ内の異なる領域を表示することで、ユーザが閲覧できる情報量を拡張する。またリンク先プレビューモードでは、閲覧している Web ページに存在するリンクのリンク先ページを表示する。

これにより、ユーザはリンク先ページを前もって確認しながら、選択するリンクを決定することができる。ブックマークモードは、上述の 2 つのモードを補助するものであり、加速度センサを用いて検出した携帯電話の傾きをユーザの入力として利用することで、ブックマーク操作におけるユーザの操作量を低減する。以降では各機能について詳しく述べる。

4.1 モードの切り替え

各モードの切り替えは数字キーにより行う。各モードに対応した数字キーを 1 回入力するとモードオンになり、もう一度同じ数字キーを入力するとモードオフになる。また、あるモードを選択中に他のモードに切り替える際には、選択したいモードに対応した数字キーを入力する。モードと数字キーの対応は以下のようにになっている。

- 隣接 4 画面モード: 数字キー '1'
- リンク先プレビューモード: 数字キー '2', '3'
- ブックマークモード: 数字キー '4'

また、数字キー '0' を入力すると、キー入力時の携帯電話の傾きをホームポジションとして設定する。傾きはホームポジションからの差分をとる。これにより、ユーザの姿勢に依存せず、傾きを検出することができる。ユーザの煩雑なボタン操作を低減するために、提案システムではボタンによる入力はモード切り替え時以外では使用せず、閲覧では携帯電話を傾けることで操作する。

4.2 隣接 4 画面モード

従来の携帯電話による Web 閲覧では、閲覧中の領域の周辺の情報を確認するために、周辺の領域までスクロールし、再び元の領域までスクロールして戻るといった操作が必要であった。このような間雲なスクロールを繰り返すことで、ユーザは自身が閲覧している位置を見失ってしまい、どちらにスクロールすべきか分からなくなってしまう。そこで本モードでは、携帯電話のディスプレイ上に表示している領域を基準領域として固定し、ユーザが携帯電話を傾けた際に、基準領域に隣接している上下左右の領域を表示することで、ユーザが閲覧できる情報を拡張する。これにより、ユーザは簡潔な操作で周辺の領域の情報を確認できる。

具体的にはまず、ユーザは数字キー '1' を入力して隣接 4 画面モードを選択する。携帯電話を傾けていないときには、図 2 の中央に示す '0' の番号のついた四角形で示された領域がディスプレイに表示される。携帯電話を奥方向に傾けると、図 2 の '1' の番号のついた楕円で示された領域がディスプレイに表示される。また携帯電話をユーザから向かって左方向、手前方向、右方向に傾けた際には、それぞれ図 2 の '2', '3', '4' の番号のついた楕円で表示された領域がディスプレイに表示される。このとき、携帯電話を正面に戻すと、基準領域 (図 2 の '0' の番号のついた四角形で示された領域) が表示される。基準領域がページ端に位置しているとき、基準領域に隣接している領域が存在しないため、携帯電話を傾けても表示される領域は変化しない。例えば、ページ内の左端の領域を基準領域とした場合は、携帯電話を左方向に傾けてもディスプレイに表示される領域は変化しない。



図 2 隣接 4 画面モードで表示する領域

ユーザは本モードを用いることで、注目している領域の周辺情報を簡潔な操作で確認し、スクロールする方向を決定することができる。

4.3 リンク先プレビューモード

一般的に、ページ内の訪問経験のないリンク先ページがユーザにとって有益であるかどうかを実際にページを訪問する前に判断することは難しい。そのため、有益でないリンクにアクセスし、再び元のページに戻るという操作が頻繁に生じると考えられる。特に、携帯電話は処理能力と通信速度が制限されているため、このような操作はユーザにとって大きな負担となっている。そこで本モードでは、携帯電話のディスプレイ上に表示されているリンクの、リンク先ページをプレビュー表示する機能を提供する。これによりユーザは、興味を持ったリンクのリンク先ページを予め確認しながら、そのリンクを選択するかどうかを判断することができる。

具体的には、数字キー‘2’または‘3’を押してリンク先プレビューモードを選択する。選択する数字キーによって、プレビューできるリンクが変化するようにしている。その詳細については、4.3.1 節、4.3.2 節で述べる。その後、携帯電話を傾けると、対象となるリンクのリンク先ページがディスプレイに表示される。このとき、プレビューするリンクのリンク先ページをシステムがあらかじめ取得し、キャッシュしておくことで、プレビューする際のページ取得の遅延が発生しないようにする。なお、プレビューにおいては、ページの左上端の領域のみがディスプレイ上に表示され、ユーザはスクロールなどの操作を行うことはできない。プレビューできるリンク上には、図 3 に示すように矢印を表示し、ユーザがプレビューできるリンクを把握できるようにする。矢印の方向は、その方向に携帯電話を傾けると、そのリンクのリンク先ページのプレビューができることを表している。本モードで利用するリンクの座標は、3 章で述べたように、レンダリング用 PC で Web ページをレンダリングした際に取得したものをを用いる。

Web ページ内には多数のリンクが存在するため、プレビューするリンクを取捨選択する必要がある。そこで本モードでは、

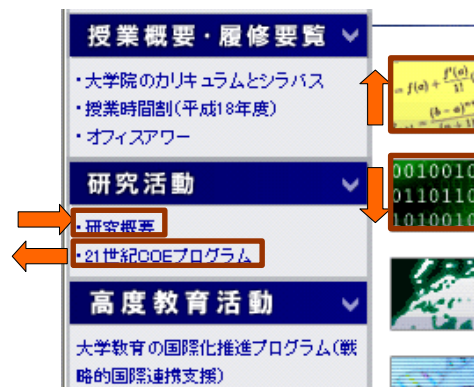


図 3 リンク先プレビューモードの例



図 4 リンクを含んだ Web ページの例

“左上優先法”と“階層法”の2つのリンク選択方法を用いている。以下では、それぞれの方法について説明する。

4.3.1 左上優先法

リンク先プレビューモードに割り当てられている数字キー‘2’および‘3’のうち、数字キー‘2’が左上優先法に対応している。一般的に、Web ページは左上から右下に向かって重要なコンテンツが配置されていることが多い。そこで左上優先法では、ページの左側、上部にあるリンクの重要度が高いと見なし、優先してプレビューの対象とする。同じ高さに位置するリンクについては、左側に位置するリンクを優先する。つまり、図 4 のような Web ページにおいて、選択されるリンクの優先度は、リンク A、リンク B、リンク C、リンク D の順で高くなる。

ユーザが一度プレビューした後は、プレビューしたリンクの次に優先度の高いリンクが新たにプレビューの対象となり、一度プレビューを行ったリンクは、モードを解除するまで再びプレビューできないようにしている。

4.3.2 階層法

数字キー‘3’はリンク先プレビューモードのうち、階層法に対応している。一般的に、Web ページ内のリンクは階層構造を持つことが多い。そこで階層法では、ディスプレイ上に表示されたリンクを階層に分類した後、その階層構造に基づいてプレビューの対象となるリンクを選択する。

まず、携帯電話のディスプレイ上に表示されたリンクを、階層に分類する方法について説明する。ここで、ディスプレイ上



図 5 複数のカテゴリに関するリンクの集合の例

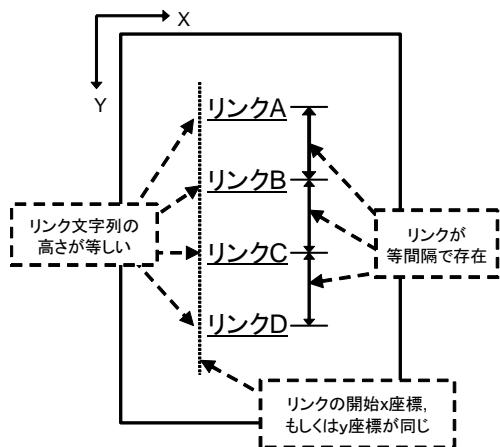


図 6 条件 (1) を満たす階層の例

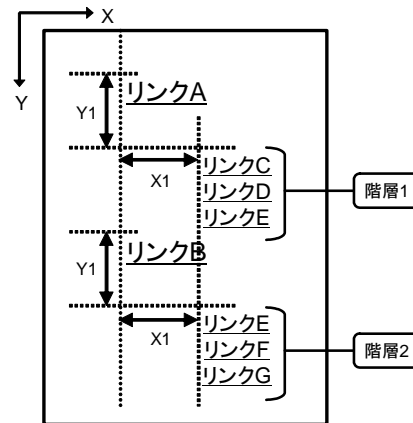


図 7 条件 (2) を満たすリンクの集合

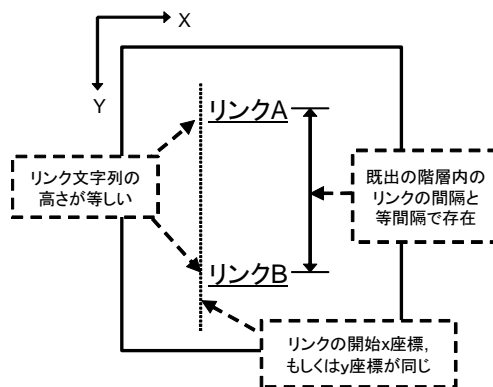


図 8 条件 (3) を満たすリンクの集合

に表示されたリンクについて、同様の形式で記述されたリンクの集合を“同位リンク”と定義する。具体的には、同位リンクは以下の 2 つの特徴を満たすものとする。

- リンク文字列の高さが等しい。
- リンク文字列の開始位置の x 座標もしくは y 座標が等しい。

例えば、図 5 のような複数のカテゴリに関するリンクの集合では、カテゴリ“U.S.”内のリンク B とリンク C は、リンク文字列の高さが等しく、その x 座標が等しいため、同位リンクと見なす。同様に、カテゴリ“SCIENCE”内のリンク D とリンク E も、同位リンクとなる。一方、リンク A とリンク B については、リンク文字列の開始位置の x 座標が異なっているため、同位リンクではない。

階層法では、この同位リンクの集合から階層を抽出する。階層は次の条件のうち少なくとも 1 つを満たすものとする。

- (1) 同位リンクが等間隔で 3 つ以上並んでいる。
- (2) 同位リンクが 2 つ並んでおり、それぞれの同位リンクの周辺に階層が存在し、その位置関係が等しい。
- (3) 同位リンクが 2 つ並んでおり、その間隔が上記の条件 (1), (2) で抽出した階層内のリンクの間隔と等しい。

条件 (1) は図 6 のように、同位リンクが等間隔に直線に並んだ状態を表しており、このような同位リンクの集合を 1 つの階層とする。条件 (2) は図 7 のように、2 つの同位リンクについて、

それぞれの同位リンクから同じ位置関係に階層が存在している状態を示す。例えば図 7 では、リンク A、リンク B の右下に、階層 1 と階層 2 が同じ位置関係で存在するため、リンク A とリンク B は同じ階層に属するとする。条件 (3) は図 8 のように、並んだ 2 つの同位リンクについて、その間隔が上記の条件 (1), (2) で抽出した階層内のリンクの間隔と等しい状態を表す。

ここで、ある階層内のリンクが他の階層にも重複して含まれている場合、それらの階層を結合して 1 つの階層とする。例えば、図 9 ではリンク 1 が階層 a と階層 b に含まれており、リンク 2 が階層 a と階層 c に含まれているので、階層 a、階層 b、および、階層 c を結合して階層 A とする。また、あるリンクの同位リンクが存在しない場合は、そのリンクは階層を持たないものとする。

次に階層法では、以上のようにして抽出した階層の上下関係を決定し、プレビュー表示するリンクを選択する。上下関係はリンク文字列間の間隔とリンク文字列の先頭文字の座標を用いて決定する。階層の上下関係を決定する流れを図 10 に示す。

まず、階層内のリンク文字列間の間隔が大きいリンクを持つ階層を上位の階層とする。そして、リンク文字列間の間隔が等しい階層について、階層の先頭のリンク文字列の開始座標を比較する。先頭のリンク文字列の開始 x 座標、もしくは y 座標が等しい階層を同位の階層とする。先頭のリンク文字列の開始 x 座標、もしくは y 座標が異なる階層については、先頭のリンク

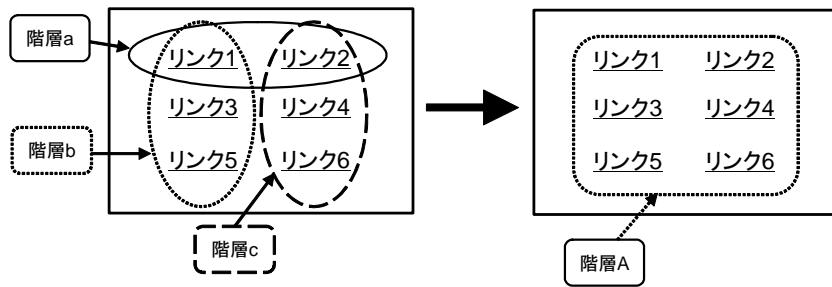


図 9 等間隔で並んでいる複数の階層の例

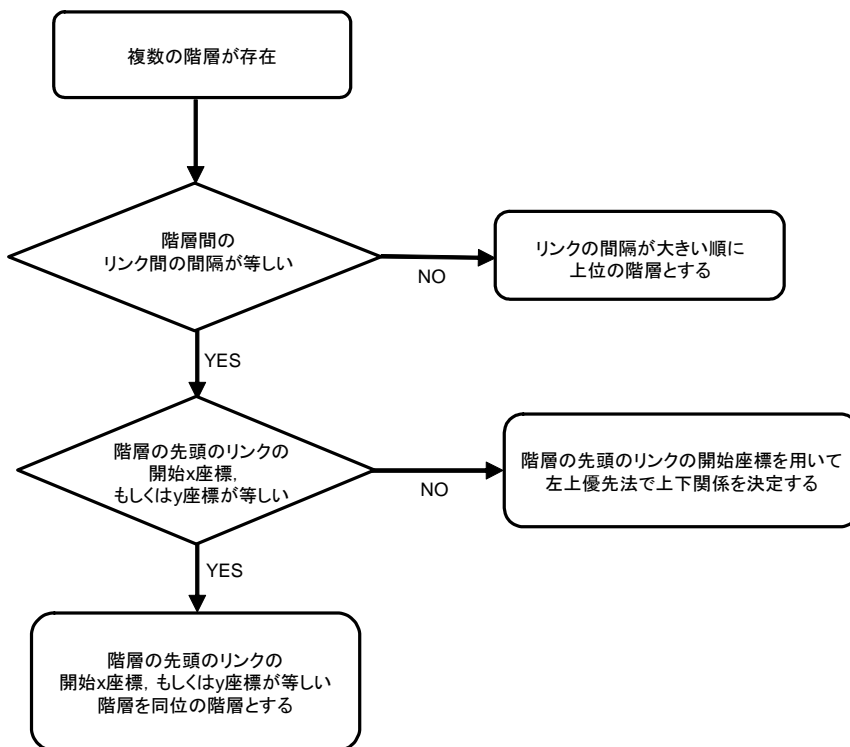


図 10 階層の上下関係を決定するフローチャート

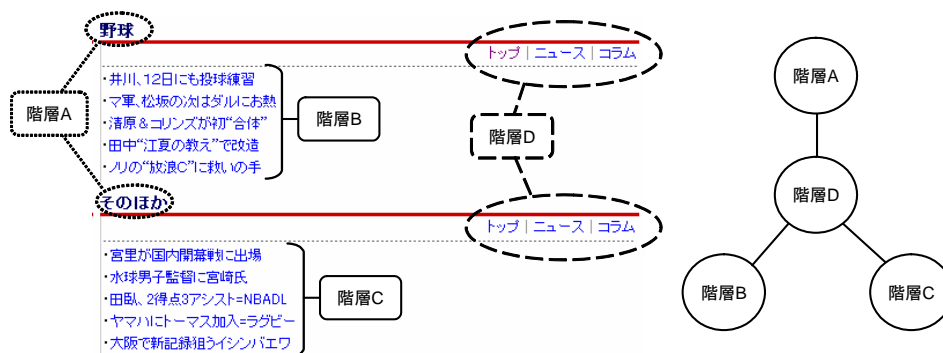


図 11 階層の上下関係の例

文字列の開始座標を用いて、左上優先法で階層間の上下関係を決定する。例えば、図 11 に示すページ内の階層 A から D については、階層 A 内のリンク間の間隔が最も大きいので、最上位の階層とする。次に階層 D 内のリンク間の間隔が階層 A に次いで大きいので、階層 D は階層 A の下位の階層となる。そして、階層 B と階層 C 内のリンク間の間隔が等しく、その値は最も小さい。さらに、それぞれの階層の先頭のリンク文字列の

開始 x 座標が等しいため、階層 B と C は階層 D の下位層に 2 つの同位層として設定される。

最後に本モードでは、ユーザが注目しているリンクを基準リンクとし、この基準リンクの周辺の階層構造に基づいてプレビュー表示するリンクを決定する。基準リンクは、モード選択時にはポインタの位置に最も近いリンクとし、以降はプレビューを行ったリンクとする。基準リンクが階層に属している

場合は、その階層内のリンクから2つ、その階層より上位の階層に属しているリンクのうち、基準リンクの属する階層の先頭のリンクから最も近い距離にあるリンクを選択する。さらに、その階層より下位の階層に属しているリンクのうち、基準リンクの属する階層の最後尾のリンクから最も近い距離にあるリンクを選択し、プレビュー表示するリンクとする。これらのリンクをプレビューする際には、それらが属する階層の上下関係と端末の傾きを考慮することで、ユーザが直観的にプレビューするリンクを選択できるようにする。携帯電話が奥方向に傾けられた際には、上位階層に属するリンクのリンク先ページをプレビュー表示し、手前方向に傾けられた際には、下位階層に属するリンクのリンク先ページをプレビュー表示し、左右方向に傾けられた際には、基準リンクと同じ階層内のリンクのリンク先ページを表示する。なお、基準リンクが階層に属していない場合は、プレビューを表示しない。

4.4 ブックマークモード

本モードでは、加速度センサにより検出した携帯電話の傾きをユーザの入力として利用することで、ブックマーク操作におけるユーザの操作量を減少させる。ユーザが、数字キー「4」を押してブックマークモードを選択すると、以下の3つの機能を提供する。

閲覧中のページのブックマーク： 携帯電話を右方向に傾けると、閲覧しているページをブックマークする。

ブックマークリストの表示： 携帯電話を奥方向もしくは手前方向に傾けると、ブックマークの一覧を表示する。携帯電話を奥方向に傾けた際には、ブックマークリスト内のカーソルが携帯電話の傾きに応じた速度で上から下に向かって移動し、携帯電話を手前方向に傾けた際には、カーソルが下から上に移動する。なおカーソルの移動速度は、携帯電話の傾きに依りて4段階変化する。

ブックマークページへのジャンプ： 携帯電話を奥方向または手前方向に傾け、ブックマークリストを表示している際、カーソルが閲覧したい項目上にあるときに携帯電話を正面に戻すと、そのブックマークのページに移動する。

ブックマークの削除： ブックマークリスト表示中に、カーソルが消去したい項目上にあるときに携帯電話を左方向に傾けると、そのブックマークが削除される。

5. 評価実験

本章では、提案システムの有効性を検証するために行った簡易評価実験について述べる。実験では、20代の男女10名に提案システムを使って15分間自由にページを閲覧してもらった。提案システムの操作に慣れてもらうため、実験を開始する前に被験者に提案システムを5分間自由に使用してもらった。実験後、隣接4画面モードとリンク先プレビューモード、および傾きによる入力インタフェースについて、長所および短所を自由記入のアンケートにより調査をした。

実験の結果、隣接4画面モードについて6人の被験者から、簡潔な操作で周辺の情報を参照できるため、有益なコンテンツの位置を確認でき、その情報をその後の閲覧に役立てることが

できたという意見を得た。また、一画面に収まらない大きなサイズのコンテンツを簡潔な操作で閲覧できるという意見が得られた。一方で、4人の被験者から、大きなコンテンツを閲覧している際に表示領域を変更すると、閲覧していた箇所を見失ってしまうという意見も得られた。この問題を解決するためには、表示領域を基準領域から隣接した領域に変更した際に、領域の境界付近を重複して表示させる必要があると考える。さらに、隣接している領域を閲覧している際に、その領域を基準領域に変更できると便利であるという意見を得た。これにより、ユーザはスクロールせずに、ページ内の興味を持った領域に簡単に移動できる。今後、この機能をモードに反映したいと考える。

リンク先プレビューモードについては、簡潔な操作で興味のあるリンク先ページを確認できるため、有益な情報を含むリンク先ページを迅速に見つけられるという意見を得た。また、あるリンクのリンク先ページをプレビューした後、次にプレビューされるリンクが自動的に移動するため、カーソルを移動させる操作が必要なく、便利であるという意見が得られた。一方で、ユーザが一度確認したプレビューを再び閲覧したい場合もあると考えられるため、今後はプレビューするリンクが自動的に移動するモードと、ユーザが手動で次にプレビューするリンクを指定するモードを用意する必要があると考える。また、3人の被験者から、プレビュー表示してもリンク先ページの内容を把握できないリンクがあるという意見を得た。これは、提案システムではページの左上端の領域しかプレビュー表示しないため、ユーザがリンク先ページのわずかな情報しか得ることができず、ページの内容を推測できないためであると考えられる。今後、リンク先ページを解析すること等により、ページのメインのコンテンツをプレビューとして表示することでこのような問題を解決できると考える。また、3人の被験者から、プレビューしているリンクに移動し、閲覧を続けられるようにしてほしいという意見を得た。現在の実装では、プレビュー表示しているページに移動するためには、モードを終了し、そのリンクを再び選択して閲覧する必要がある。このような冗長な操作を削減するため、今後は、ユーザがプレビューから目的のコンテンツを含むページを見つけた際には、そのページを続けて閲覧できるように改善する必要があると考える。

傾きによる入力インタフェースについては、従来のボタン操作のように、操作の度に指を動かす必要がなく、端末を傾けるという単純な動作で操作できるため、直観的に容易に操作できるという意見や、従来のボタン操作よりも少ない操作量で閲覧できるという意見を得た。特に隣接4画面モードでは、携帯電話の傾きの方向と閲覧できる領域の位置が対応しているため、直観的に操作できるという意見が得られた。

6. 考察

6.1 傾きの入力インタフェース

提案システムでは、加速度センサを搭載した携帯電話を使用し、検出した携帯電話の傾きをユーザの入力として利用する。IRIS [6] では、端末に搭載した傾きセンサを使って、小さなディスプレイに大きなドキュメントを表示する。ユーザは、端末を

傾けてディスプレイを覗き込むような操作をすることで、大きなドキュメント全体を眺めることができる。Eslambolchilarら[5]は、携帯端末を傾けることにより、ズームのレベルを自動的に制御しつつスクロールを行う手法を提案している。これによりユーザは、閲覧している領域がページ内のどの位置にあるかを確認しながら画面をスクロールすることができる。これらのシステムでは、端末の傾きに応じて表示内容やズームのレベルを変更することで、ユーザはあたかも実在する物体を端末の画面から覗いているかのような操作感を得られる。提案システムでは端末の傾きによりスクロールを行うが、上述のシステムとは異なり、その速度は傾きの大きさにかかわらず一定であるため、ユーザの意図が操作に反映されにくくなっている。今後、傾きの大きさとスクロール操作を対応させることで、ユーザがより直観的に操作できるよう改善する必要がある。

6.2 リンク先プレビューモード

リンク先プレビューモードでは、左上優先法と階層法の2つの方法でプレビューを行うリンクを決定する。リンクが少ないページを閲覧する際には、左上優先法でページ内の全てのリンクを網羅することが有効であるが、多数のリンクを持つポータルサイトなどを閲覧する際には、リンクを網羅的にプレビューするためには多くの操作が必要となる。そこで、多数のリンクを含むページでは、ページ内のリンクの多くに階層が存在すると考えられるため、階層構造を利用する階層法が有効である。現在はリンクの選択方法については、ユーザがページの構成に基づき、左上優先法と階層法のどちらかの方法を選択する。しかし、ユーザが初見のページでどちらの方法を用いるかを正しく判断することは難しい。そこで今後は、リンク数に応じて自動的にリンクの選択方法を決定するように改善する必要がある。また、左上優先法や階層法では、広告ページへのリンクや閲覧しているページのトップページへのリンクなど、ユーザにとっては有益ではないリンクがプレビューの対象として選ばれる可能性がある。今後、リンク先ページの内容などを考慮して、ユーザに有益なページのみプレビューするよう改善する必要があると考える。

Anderson[1]らは、ユーザの閲覧履歴を利用し、有益なリンクのみをページに表示するシステムを提案している。ユーザが現在閲覧しているページを以前訪問した際のコンテンツの閲覧履歴を利用し、ユーザが閲覧しなかったコンテンツは省略し、ユーザがよく訪問するリンク先ページへのショートカットリンクを新たに作成し、表示する。これによりユーザは、頻繁に閲覧するページを自身の閲覧に合わせて最適化することができる。しかし、リンク先ページをプレビューする際には、以前に訪問したリンクをプレビューするリンクとして優先することが有効であるとは限らない。これは、リンクのプレビューにおいては、リンク先ページをプレビューした結果を元にユーザがそのページを実際に訪問するかどうかを判断するため、通常のリンク選択とはユーザの振舞いが異なるからである。リンクのプレビューにおいては、ユーザが多くの判断材料を得られるよう、できるだけ多くの有益なリンクのリンク先ページの情報を提示する必要があると考える。

7. まとめと今後の課題

携帯電話を用いた Web 閲覧では、小さなディスプレイと貧弱な入力インタフェースのために、既存の Web ページを快適に閲覧することができない。そこで本稿では、携帯電話ユーザのための加速度センサを用いた Web 閲覧システムを提案した。提案システムでは、ユーザが携帯電話を傾けた際にその傾きに応じて表示内容を変化させることで、携帯電話のディスプレイを仮想的に拡張する。これにより、ユーザは携帯電話の小さなディスプレイ上で、多くの情報を参照することができるようになった。

今後は、各モードの機能を拡張し、提案システムの有効性を検証するための詳細な評価実験を実施する予定である。

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。

文 献

- [1] Corin Anderson, Pedro Domingos and Daniel Weld: “Web Site Personalize for Mobile Devices”, Proc. of Intelligent Techniques for Web Personalization (ITWP 2001) (Aug. 2001).
- [2] 荒瀬由紀, 前川卓也, 原 隆浩, 上向俊晃, 西尾章治郎: “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”, 情報処理学会論文誌, Vol. 47, No. 2, pp. 3149–3164, (Dec. 2006).
- [3] Shumeet Baluja: “Browsing on Small Screens: Recasting Web-Page Segmentation into an Efficient Machine Learning Framework”, Proc. of the 15th International Conference on World Wide Web (WWW 2006) pp. 33–42, (May 2006).
- [4] Oscar De Bruijn, Robert Spence and Min Yih Chong: “RSVP Browser: Web Browsing on Small Screen Devices”, Personal and Ubiquitous Computing, Vol. 6, No. 4, pp. 245–252 (June 2002).
- [5] Parisa Eslambolchilar and Roderick Murray-Smith: “Tilt-Based Automatic Zooming and Scaling in Mobile Devices – a state-space implementation”, Proc. of the 6th International Symposium on Mobile Human-Computer Interaction (Mobile-HCI 2004), pp. 120–131 (Sep. 2004).
- [6] IRIS: <<http://www.f-origin.com/technologies/iris.htm/>>.
- [7] Opera for Mobile: <<http://www.opera.com/>>.
- [8] Virpi Roto, Andrei Popescu, Antti Koivisto and Elina Vartiainen: “Minimap – a Web Page Visualization Method for Mobile Phones”, Proc. of International Conference for Computer/Human Interaction (CHI 2006), pp. 35–44 (Apr. 2006).
- [9] Xing Xie, Gengxin Miao, Ruihua Song, Ji-Rong Wen and Wei-Yang Ma: “Efficient Browsing of Web Search Results on Mobile Devices Based on Block Importance Model”, Proc. of IEEE International Conference on Pervasive Computing and Communications (PerCom 2005), pp. 17–26 (Mar. 2005).