

原著論文

モバイル機器におけるドキュメント閲覧効率化のための テキストと図表の独立ズームング

山田 浩輝¹⁾, 村田 和義²⁾, 渋谷 雄²⁾

¹⁾京都大学, ²⁾京都工芸繊維大学

Independent Zooming of Text and Chart to Read Documents on Mobile Devices Efficiently

Hiroki YAMADA¹⁾, Kazuyoshi MURATA²⁾, Yu SHIBUYA²⁾

¹⁾Kyoto University, ²⁾Kyoto Institute of Technology

Abstract: Web pages and documents with some charts may be commonly read on mobile devices such as smartphones, cell phones and PDAs. However, the display size of these devices is usually too small to read such documents. This study proposed a method to browse documents with independent zooming of text and charts. In this method, pinching on text changes the font size only and pinching on a chart changes its size only. The result of our experimental evaluation, comparing with the current usual method, shows that the proposed method did not reduce the operating time, but reduced the number of operation. Subjective evaluation showed that the participants felt the method easy to use and wanted to keep using it.

Keywords: mobile interaction, document browsing, swipe, pinching, E-book

キーワード: モバイルインタラクション, 文書閲覧, スワイプ, ピンチング, 電子書籍

1 はじめに

携帯電話, スマートフォン, および PDA などのモバイル機器を用いて, Web ページあるいは電子書籍などの図表入りドキュメントを閲覧する機会が多い[1,2]. 本論文では, PDF ドキュメントのように, テキストならびに図表の位置とサイズが指定されているドキュメントをレイアウト指定型ドキュメントと呼ぶ. これに対して, EPUB 形式のドキュメントのように, レイアウトがリーダアプリケーションにより決定されるドキュメントのことをリーダ依存型ドキュメントと呼ぶ.

レイアウト指定型ドキュメントをモバイル機器上で閲覧する際, 閲覧に適切な表示倍率で表示すると画面にドキュメントが収まらないことがある. このような場合, 画面外の図表あるいはテキストを参照するためには, 縦および横方向のスクロール操作が必要となるが, 頻繁なスクロール操作は, 閲覧効率の低下を招く.

一方, リーダ依存型ドキュメントでは, テキスト行の幅が画面幅に合うようにテキストが整形(リフロー)されるため, テキスト行の幅が画面幅より長いことによる横方向のスクロールが生じない. 例えば, Stanza[3]を用いた場合にはユーザはスワイプ

ジェスチャによって, 縦方向にスクロールするのみで, テキストおよび付随する図表を読み進むことができる. また, ユーザによるフォントサイズの変更も可能である. しかし, フォントサイズを変更しても図表のサイズは固定のため, 図表の詳細を見るためにはピンチング等による表示の一時的拡大操作が必要になる. そして, このような拡大操作はテキスト部分も拡大するため, テキストおよび図表が画面幅に収まらなくなり, 横スクロール操作が必要となる.

ユーザにとって, テキストならびに図表の適切な表示サイズがあると考えられる. さらに, 図表については, その内容に応じて適切な表示サイズが図表毎に異なると考えられる. しかし, 現状の手法では, 拡大/縮小操作がドキュメント内の図表ならびにテキスト全てに適用される. このため, 閲覧する図表あるいはテキスト毎に適切な表示サイズにするための拡大/縮小操作が頻繁に発生する. さらに, 画面に収まらない場合には閲覧のためのスクロール操作が発生する. これらの操作が頻繁に発生すると, ドキュメント閲覧の効率が低下すると考えられる.

そこで本研究では, モバイル機器を用いて, テキストと図表が混在した電子書籍を効率的に閲覧するために, 各図表とテキストを独立して拡大あるいは縮小する手法を提案する. なお, レイアウト指定型ドキュメントからリーダ依存型ドキュメントへの変換は calibre[4]によって可能であるため, 本研究ではリーダ

2011 年 8 月 25 日受理.

依存型ドキュメントのみを対象とした。

なお、本研究ではタッチスクリーンを用いたモバイル機器を対象として、手法を提案する。タッチスクリーンを用いることにより、画面表示領域を出来るだけ広く確保できる点と操作対象に直接接触することによる直観的操作が使いやすさの点で優れていると考えられるからである。

2 関連研究

Summary Thumbnails は、デスクトップ向け Web ページを画面の小さなモバイル機器の画面に表示する際に、ページのレイアウトを保持したままページ幅を画面幅に合わせ縮小表示する手法である[5]。この際、テキスト部分のフォントサイズは可読な最小サイズより小さくはならないようにし、表示しきれないテキストを省略する。これにより拡大せずに Web ページの概略(サマリ)を得ることができる。しかし、より詳細な情報を得るためには拡大操作あるいはスクロール操作をする必要がある。この手法は、Web ページを流し読みする際には適しているが、電子書籍のように、ドキュメントの内容をすべて把握したいときや、図表の内容を理解したいときには適さないと考えられる。

また、Ishak らが提案した Content-Aware Scrolling は、段組されたドキュメントなど、表示領域幅に収まらないドキュメントに対してユーザが読む順序を推定して経路情報をシステムが与え、その経路に沿って表示領域を動かす手法である[6]。この手法により、縦スクロールのみの操作でドキュメントを読むことができ、横スクロール操作の手間を削減している。しかし、表示時のテキストあるいは図表のサイズをシステム側が決定するため、サイズがユーザにとって適切でない場合には、拡大/縮小あるいはスクロール操作が発生し、ドキュメントを読む効率が低下する。

3 提案手法

本論文では、ドキュメント内の各図表とテキストをそれぞれ個別に拡大あるいは縮小する手法を提案する。また、あるドキュメントについて一度調整すれば、同じドキュメントについては再調整を行う必要がない。これにより、閲覧時の拡大/縮小操作の回数が低減し、ドキュメントの効率的閲覧が可能になることを期待している。

提案手法では、各図表の拡大/縮小をその図表上でのピンチング(画面上に触れた2つの指でつまむような操作。図1(a)参照)によって行う。この操作はピンチングしている図表に対してのみ有効であり、他の図表およびテキスト部分の拡大/縮小はしない。そして、図表サイズの変更後に、ドキュメントのレイアウトが更新(リフロー)される。また、テキストが表示されている領域上でピンチングを行うことによりテキストのフォントサイズを変更できる。なお、テキストのフォントサイズを変更しても図表のサイズは変更されない。ただし、フォントサイズを変更すると、ドキュメントのレイアウトはリフローされる。

なお、提案手法により図表を拡大した際に図表が画面幅に収まらない可能性がある。そこで、図表にタッチした指を動かすスワイプ操作(指で画面を撫でる操作。(図2参照)により、図表を横方向にスクロールできるようにした。また、スクロールされた図表の位置は保持されるようにした。

なお、初期状態では、図表の表示は画面の横幅に収まる大きさで表示するものとする。これには大きすぎる図表に対しては、ユーザが概観を得やすくする目的と、特に小さ過ぎる図表に対しては、図表に対する操作を行いやすくする目的とがある。



図1 ピンチングによる拡大/縮小操作(a)図表, (b)テキスト

Fig. 1 Zooming in/out with pinching. (a) chart, (b) text.



図2 図表の横スクロール

Fig. 2 Horizontal scrolling of a chart.

4 実験

4.1 実験目的

本実験の目的は、提案手法によるモバイル機器上での図表入りドキュメントの閲覧が効率的かどうかを調べることである。また、提案手法に対する主観評価も併せて行う。なお、電子書籍のファイル形式としては、現在 EPUB 形式が多く用いられているが、本実験では、実験用ドキュメントの作成を容易にするため HTML 形式を用いた。

4.2 実験用システム

提案手法は JavaScript を用いて iPod touch 上に実装し、これを iPod touch の標準 Web ブラウザである Safari にて閲覧するシステムを用いた。以降、このシステムを提案システムと呼ぶ。また、提案システムと比較するためのシステムとして Safari をスタイルシートにて表示を調整したものを用いた。これは提案システムとの差を提案手法であるピンチング操作とスワイプ操

作の挙動のみに絞られたためである。以降、これを比較システムと呼ぶ。スタイルシートによる調整は、タスク開始時において、比較システムによる表示を提案システムによる表示と同じにするために行い、具体的には横方向の文字列の表示幅を提案システムと同じく画面幅とし、フォントサイズおよび図表サイズも提案システムと同じになるようにした。なお、提案システムと比較システムの主たる違いを表 1 に示す。

表 1 提案システムと比較システムの違い
Table 1 Difference between the proposed system and the reference system.

システム	拡大/縮小操作対象	リフロー (レイアウト変更)
提案システム	フォントサイズあるいは各図表	拡大/縮小操作毎に実行しない
比較システム	ドキュメント全体	実行しない

4.3 実験タスク

表を 1 つ含む実験用ドキュメントを用意し、ドキュメント内に記載された問題を被験者に解いてもらうタスクを行った。図表と文章とを相互に参照する状況は、ユーザがブラウジングを行う際に生じる頻度が比較的高いと考えられる。また、図表同士あるいは文章同士の相互参照なども考えられるが、本実験では、より頻度が高いと考えられる、図表と文章とを相互に参照するタスクを選択した。なお、表の下部に 2 つの空行を挟んで問題文を提示した。

実験に使用した表の一例を図 3 に示す。この図に示すように、表の各データセルには、ひらがな 4 文字の日本語単語が記載されている。また、表の列名としてアルファベットを、行名として数字を付け、各データセルをアルファベットと数字の組み合わせで指定できるようにした。そして、問題文中では、表中の 1 つのセルを指定し、被験者に指定されたセルに記載されたひらがな 4 文字を回答するように指示した。なお、セルを指定するための文字(アルファベットと数字)と混同させにくいひらがなを使用し、また 4 字に統一することによって、文字数で文字列を被験者が推測できないようにした。ただし列と行を直接指定するのみではなく、「そのひとつ上を答えよ」などのように、指定したセルからの相対位置を指定する問題文も含めた。これは、被験者に問題文を最後まで読ませることにより、問題文の読み方が、タスク達成時間に与える影響を少なくするためである。

なお、実験に使用した表の各データセルの標準サイズは横 100[pix]、縦 30[pix] であり、セル中のひらがな文字のフォントには 13[pt]の可読性の高いメイリオを用いた。この標準サイズは、各セルに収めるひらがな 4 字の可読性を失わないために

設定した。ただし、タスク開始時に画面の横幅よりも表の横幅が広い場合には、表の横幅が画面の横幅収まるように表を縮小した。

実験に用いたドキュメントのパラメータは表のセル数(以下「表の大きさ」と呼ぶ)および問題数である。表の大きさは、表のサイズを変更せずに確実に表中のひらがなが判読できる「小」、サイズを変更しなくてもかろうじて表中のひらがなを判読できる「中」、表中のひらがなを判読するためには表の拡大が必須である「大」を設定した。なお、各大きさにおいて、縦のセル数と横のセル数は同じになるようにした。具体的には、データ項目のセルが、小が 4 個、中が 8 個、大が 16 個がそれぞれ縦と横に並ぶ大きさに設定した。また、問題数については 2 問、4 問、8 問の 3 種類を用意した。システムが 2 種類、表の大きさが 3 種類、そして問題数が 3 種類あるので、計 18 個のドキュメントを用意した。

	A	B	C	D	E	F	G
1	たまねぎ	はいせん	はいいろ	なんこつ	きゅうり	にんげん	はいきよ
2	かまぼこ	ていしん	すうがく	なおざり	ちょうぼ	かちょう	のりもの
3	とびうお	どうなん	じょうぼ	どうぶつ	もんぜん	かいぞく	かまくら
4	てみやげ	つづつづ	けんこう	しょうぶ	とろとろ	きみどり	なくさめ
5	けんばん	おつくり	しゃしん	らいおん	かみなり	せんとう	ねっとう
6	しゅうり	たいまつ	ごうげん	まいぼつ	こまざれ	ゆいごん	さっかく
7	さんべん	かんじゃ	おさらい	かいとう	るじうら	さかんし	ししゃも

図 3 実験に用いた表

Fig. 3 A table for the experiment.

4.4 実験手順

実験手順を以下に示す。

1. 被験者に実験の概要を説明する。
2. 被験者に使用するシステムについて説明する。被験者に、使用するシステムを起動し練習用のドキュメントを表示させた iPod touch を手渡し、自由に練習させる。被験者が十分に練習をしたと発言した後に iPod touch をいったん回収する。
3. 使用するシステムを起動した状態で iPod touch を被験者に手渡す。ただし、画面が被験者から見えないように紙で隠す。
4. 実験者が紙をとると、被験者はタスクを開始する。なお、問題に対する解答は、口頭で発話させる。
5. タスクが完了したら被験者に「おわりました」と発話させる。
6. 実験者が iPod touch を回収し、被験者に正答数を伝える。
7. 上記 3. から 6. を、9 種類のドキュメントに対して行う。
8. 上記 2. から 7. を 2 種類のシステムに対して行う。

なお、被験者の学習効果と疲労による実験結果への影響が出ないように、被験者に提示するドキュメントの種類ならびにシステムの順番のバランスをとった。

4.5 評価項目

提案システムによるドキュメント閲覧時の効率性(すなわち、ユーザのある特定のタスクを達成するために要する時間および操作数)を評価するために、タスク達成時間と操作数を測定した。本実験におけるタスク達成時間とは、実験者が画面を隠している紙を取り除いた時点から、被験者が「おりました」の「お」を発話する時点までの時間である。また、操作数とは、ピンチングおよびスワイプそれぞれの操作数の合計である。なお、いずれの操作も操作のために画面に指で触れてから離すまでを1回と数える。

また、主観評価のために各システムによる実験が終了する毎に、以下に示す各項目についてアンケートを行った。

1. 今回のシステムは使いやすかったですか(使いやすかった~使いづらかったの5段階)。どうしてそう思ったかを具体的にお書きください(自由記述)。
2. 今回のシステムにおける操作を学習することは容易でしたか(容易だった~容易ではなかったの5段階)。どうしてそう思ったかを具体的にお書きください(自由記述)。
3. 今回のシステムを今後も使いたいと思いましたが(使いたい~使いたくないの5段階)。どうしてそう思ったかを具体的にお書きください(自由記述)。
4. その他、何か気づいたことがありましたら、以下に自由にお書きください(自由記述)。

被験者はタッチスクリーンを有したスマートフォンもしくは iPod touch を用いた Web ブラウジングの経験のある大学生あるいは大学院生 18 人(男性 15 人, 女性 3 人, 20 代前半 17 人, 10 代後半 1 人)であった。

5 実験結果

5.1 タスク達成時間

タスク達成時間の結果を図4に示す。なお、以降のグラフでの誤差線は標準偏差を示す。タスク達成時間に対し、各実験条件毎に対応のあるt検定を行ったところ、表の大きさが中で問題数が2の場合に、比較システム(16.4[s])よりも提案システム(12.8[s])の方が有意に短くなっていた($t(17)=3.465, P<0.01$)。また、表の大きさが小で問題数が8のとき、比較システム(38.3[s])よりも提案システム(33.1[s])の方がタスク達成時間が短くなる有意傾向が見られた($t(17)=1.901, P<0.1$)。これら以外の条件では、比較システムと提案システムの間には有意な差を見いだすことは出来なかった。

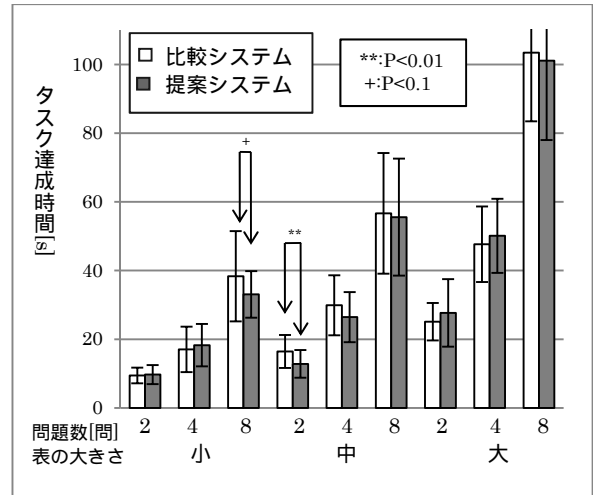


図4 タスク達成時間

Fig. 4 Task completion time.

5.2 操作数

操作数の結果を図5に示す。操作数に対し、各実験条件毎に対応のあるt検定を行ったところ、表の大きさが大で問題数が2の場合を除いて、提案システムの操作数が比較システムの操作数よりも有意に少なかった。なお、表の大きさが大で問題数が2の場合にも、提案システムの操作数(13.8 [回])が比較システムの操作数(17.2 [回])よりも少なくなる有意傾向が見られた($t(17)=2.019, P<0.1$)。

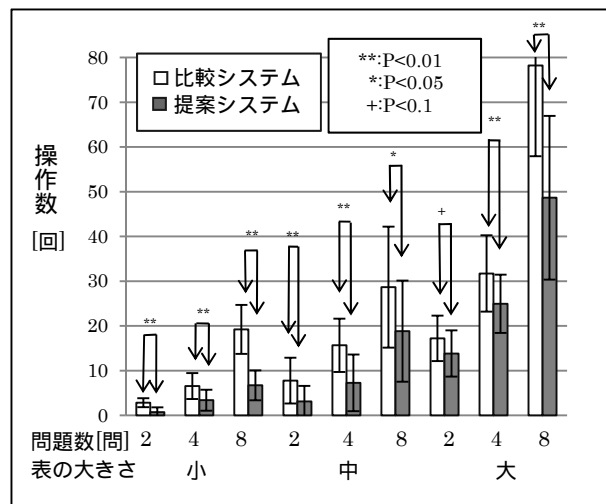


図5 操作数

Fig. 5 The number of operation.

5.3 主観評価

主観評価の結果を図6に示す。対応のあるt検定を行ったところ、提案システムの使いやすさ(3.7)は比較システムの使いやすさ(2.7)よりも有意に高かった($t(17)=3.449, P<0.01$)。また、「今後も使いたいか?」という問いに対する回答をみると、提案シ

システム(3.9)の方が比較システム(3.1)よりも有意に高い結果が得られた($t(17)=2.945, P<0.01$). しかし, 提案システムの学習容易性(4.3)は比較システム(4.6)よりも低いという有意傾向が見られた($t(17)=2.062, P<0.1$).

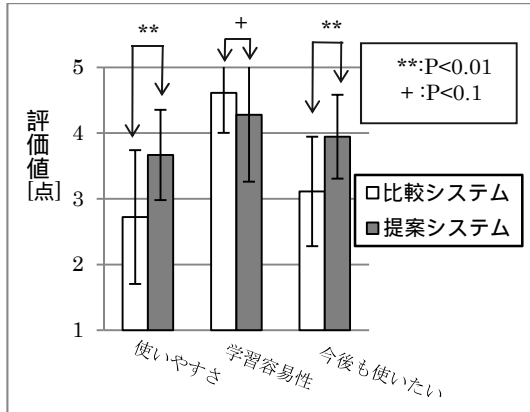


図6 主観評価

Fig. 6 Subjective evaluation.

6 考察

タスク達成時間については, 表の大きさが中で, 問題数が2のドキュメントに対しては有意な差が, 表の大きさが小で問題数が8のドキュメントに対しては有意傾向がそれぞれ見られたものの, 他のドキュメントには有意な差は見られなかった. しかし, 操作数については, 表の大きさが大で問題数が2であるドキュメント以外では, 提案システムの操作数が比較システムの操作数よりも有意に少なかった. このように操作数が少ないにもかかわらず, タスク達成時間においては, それほどの優位性を示すことが出来なかった.

実験時に撮影したビデオを解析した結果, 提案システムにおいてはスワイプ操作を短いストロークで行っていた被験者が多かったのに対し, 比較システムでは, 長いストロークで行っていた被験者が多かった. これは, 提案システムにおける操作への習熟が不十分であり, 特に表の上でのスワイプ(表の位置のみが変わる)とテキスト上でのスワイプ(ドキュメント全体がスクロールする)の挙動が異なるため, 被験者が慎重に操作したと考えられる. 提案システムにおけるこの慎重な操作が, 操作数が有意に少ないにも関わらず, タスク達成時間については有意な差を見いだせなかった要因の一つであると考えられる.

操作数についてさらに詳細に分析するために, 操作をスワイプとピンチングに分け, それぞれの回数をシステム毎に比較した結果を図7および図8に示す.

図7より, 表の大きさが小と中の場合には提案システムのスワイプ回数が比較システムよりも有意に少ないが, 表の大きさが大の場合には問題数が8のときを除き, システム間に有意

差が無いことが分かる. 一方, 図8より, 表の大きさや問題数が増加するのに伴い, ピンチング回数が増加する傾向にある比較システムに対し, 提案システムでは, わずかに増加するものの, 3回程程度の増加に収まり, システム間の差は, 表の大きさと問題数が増加するほど大きくなっていることが分かる.

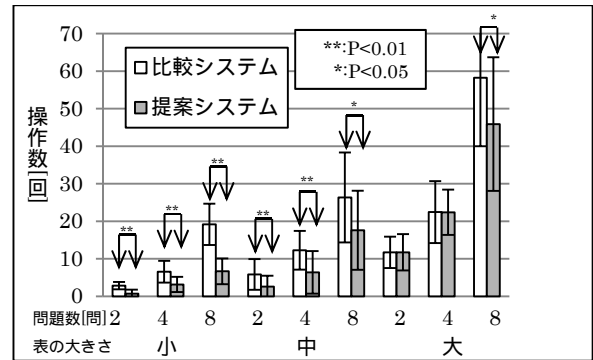


図7 スワイプ回数

Fig. 7 The number of swipe gesture.

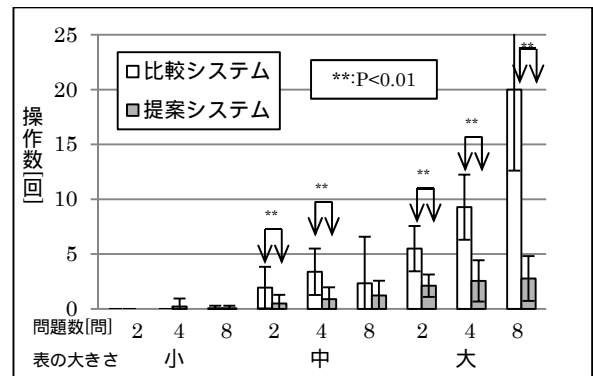


図8 ピンチング回数

Fig. 8 The number of pinching gesture.

これは, 比較システムにおいては, 表の大きさが大の場合に, 問題文を読むとき, 回答を探すために表を参照するときとで, 適切なズームレベルが異なるために, それぞれを参照する毎に拡大あるいは縮小の必要が生じ, このためにピンチング操作が増加したものと考えられる. これに対して, 提案システムでは, 表およびテキストのズームレベルを一度適切なものに設定すれば, それ以降に変更する必要性が低くなるために, ピンチング操作数が, 表の大きさあるいは問題数によってあまり変化しなかったものと考えられる.

また, 主観評価の「1. 今回のシステムは使いやすかったですか」はシステムの使いやすさを問う設問であるが, 有意に提案システムの方が使いやすいという結果になった. 特に点数が「どちらでもない」である3点を比較システムでは下回っているが, 提案システムではこれを上回っている.

主観評価の「2. 今回のシステムにおける操作を学習することは容易でしたか」は学習容易性を問う設問であるが, 提案シ

システムの評価が比較システムよりも有意に低かったが、いずれのシステムも 4 点以上の高評価であった。これは、被験者全員がタッチスクリーンを採用したスマートフォン、もしくは iPod touch での Web ブラウジングを経験しており、特に、アンケートの自由記述に比較システムの操作への学習容易性について、「普段から操作しているので」という主旨の回答をした被験者が 18 人中 17 人いたので、ピンチングおよびスワイプによる操作に慣れていたということが考えられる。

主観評価の「3. 今回のシステムを今後も使いたいと思いましたが」という設問に対して、提案システムの方が比較システムよりも有意に高い評価を得ており、自由記述欄にも、「拡大/縮小の操作が低減されるから」、「図と本文をわけて操作することができるから」、「今後、このような状況があるなら、使いたいと思う」などの回答が好意的な意見が見られた。

7 おわりに

本論文では、図表入りのドキュメントを、モバイル機器を用いて効率的に閲覧するために、各図表とテキストをそれぞれ個別に拡大あるいは縮小する手法を提案した。評価実験の結果、操作時間は低減されなかったが、操作数は低減されることがわかった。また、拡大あるいは縮小操作が頻繁に必要な場合、例えば交互に参照する図表とテキストの適切な表示倍率が異なる場合に、ピンチングの操作回数が大きく低減することがわかった。さらに、提案システムの学習容易性は、被験者が日常的に利用しているシステムと比べた場合には相対的に低かったが、十分に高い評価を得ることが出来た。また、使いやすさと今後使用したいかという評価については、比較システムよりも高く好評価を得ることが出来た。

今後の課題としては、今回の実験のタスクが限定的なタスクだったので、これをより一般化したタスク、例えばドキュメント内に図表が複数ある場合、問題文が複数箇所に散見される場合、あるいは異なる図表同士を比較する場合などについて評価実験を行う必要がある。また、今回実験に利用した比較システムや提案システムは Web ブラウザ上に実装し、ページ送りが縦方向にスクロールするものであった。今後は、EPUB リーダなどで一般的に見られるページめくり方式における提案手法の評価も必要であると考えられる。

謝辞 本研究の一部は、平成 21～23 年度科学研究費補助金(基盤研究(C) 21500121)の補助を受けている。ここに記して感謝の意を表す。

参考文献

- [1] amazon, amazon(オンライン), 入手先
(<http://www.amazon.com/>)(参照 2011-2-14)
- [2] Apple, Apple(オンライン), 入手先

(<http://www.apple.com/jp/>)(参照 2011-2-14).

- [3] Stanza, Lexcycle(オンライン), 入手先
(<http://www.lexcycle.com/>)(参照 2011-2-14).
- [4] calibre, calibre - E-book management(オンライン), 入手先(<http://calibre-ebook.com/>)(参照 2011-2-14).
- [5] Heidi Lam, Patrick Baudisch: Summary thumbnails: readable overviews for small screen web browsers, Proc. CHI 2005, pp.681-690 (2005).
- [6] Edward W. Ishak, Steven K. Feiner: Content-aware scrolling, Proc. UIST 2006, pp.155-158 (2006).

著者紹介



山田浩輝(学生会員)

2011 京都工芸繊維大学工芸科学部情報工学課程卒業, 学士(工学). モバイルインタラクシオンに従事する。



村田 和義(正会員)

2005 京都工芸繊維大学大学院博士後期課程修了. 博士(工学). 東京農工大学産学官連携研究員, 特任助手, 特任助教を経て, 2007 京都工芸繊維大学情報科学センター助教. 遠隔地間でのコミュニケーション支援などに関する研究に従事. モバイル学会, 電子情報通信学会, 情報処理学会, ヒューマンインタフェース学会, ACM 各会員.



渋谷 雄(正会員)

1985 阪大・工・通信工学卒. 1990 同大学大学院博士課程了. 工博. 同年京都工芸繊維大学工芸学部助手. 同講師, 同助教授を経て, 2007 同大学情報科学センター教授. 1997～1998 ドイツ, カッセル大学客員研究員. ヒューマンインタフェース, メディアコミュニケーション, モバイルインタラクシオンに関する研究に従事. モバイル学会, 電子情報通信学会, ヒューマンインタフェース学会, システム制御情報学会, 日本人間工学会, 情報処理学会, ACM 各会員.