

閲覧用カード虫メガネメタファに基づく携帯電話上でのコンテンツ閲覧における専用カードの利用と効果

山下 大二[†] 金 大雄[‡] 牛尼 剛聡[‡]

[†]九州大学大学院芸術工学府 〒815-8504 福岡県福岡市南区塩原 4-9-1

[‡]九州大学大学院芸術工学研究院 〒815-8504 福岡県福岡市南区塩原 4-9-1

E-mail: [†] 2DS09101R@s.kyushu-u.ac.jp, [‡] {ushiana,dwkim}@design.kyushu-u.ac.jp

あらまし 携帯電話の進歩は性能面、通信面共に著しい発達をみせている。それにつれて、情報量の大きいコンテンツを閲覧できる環境が整ってきた。しかし、操作するための入力インタフェースはあまり進歩しているとは言いがたい。そこで、我々は携帯電話に搭載されているカメラ機能を利用して直感的操作で効率よくコンテンツを閲覧可能な閲覧手法を開発中である。先行研究では、実世界上の矩形領域を利用した。今回の提案手法では、閲覧用カードを利用することで、利用状況を限定する代わりに、より正確で使いやすい手法を提案する。2種類の提案手法を用いて、現行の携帯電話と iPhone を利用して比較する。

キーワード 携帯電話、コンテンツ閲覧、拡張現実、虫メガネメタファ

Design and Evaluation of Handheld Card for Browsing Digital Content with Mobile Phone Based on Magnifying Glass Metaphor

Daiji YAMASHITA[†] Daewoong KIM[‡] and Taketoshi USHIAMA[‡]

[†] Graduate School of Design, Kyushu University 4-9-1 Shiobaru, Minami-ku, Fukuoka-shi, Fukuoka, 815-8504 Japan

[‡] Faculty of Design, Kyushu University 4-9-1 Shiobaru, Minami-ku, Fukuoka-shi, Fukuoka, 815-8504 Japan

E-mail: [†] 2DS09101R@s.kyushu-u.ac.jp, [‡] {ushiana,dwkim}@design.kyushu-u.ac.jp

Abstract Mobile phones have been developed in performance and communication. Mobile phones can be browsed some kind of contents. However, mobile phones have been still not highly developed in input interfaces. We have been developing the techniques that browse various types of digital content easily and intuitively. Our recent research used rectangular region. We propose a method which is easy and more precision to use using a browsing card instead of availability limited. We compare browsing techniques which is a cellular phone, iPod touch and two kind of proposal technique.

Keyword Mobile phone, Contents browsing, Augmented reality, Magnifying glass metaphor

1. はじめに

近年、携帯電話の性能は著しく進歩している。これによって、従来の携帯電話では利用できなかった機能が利用できるようになった。従来の携帯電話で利用できる代表的な機能としては、電話機能、メール機能、携帯電話専用のインターネット機能等があげられる。近年の携帯電話では音楽聴取やテレビ視聴、ゲーム、カメラ撮影、パソコン用のコンテンツ閲覧機能等が利用できるようになった。しかし、多くの携帯電話では、従来型の携帯電話と同様に小さいディスプレイを出力インタフェースとし、十字キーと9ボタンによるインタフェースを入力インタフェースとが採用されることが多い。特にパソコンで閲覧されることを想定しているコンテンツは高解像度であり、携帯電話の小さいディスプレイで閲覧するためには、拡大・縮小、スクロール操作を繰り返しながら閲覧しなければならない

ため、内容を理解しにくいという問題点がある。これらの操作は携帯電話の十字キーや9ボタンによる操作によって行われ、PCのキーボードやマウスと比べて操作性が悪い。またスマートフォンと呼ばれる、PDA機能が付いた高機能携帯電話も普及してきているが、その入力デバイスは通常の携帯電話とほぼ同等のディスプレイサイズに携帯電話と同等のサイズのキーボードがついているのみで、操作性は大幅には変わらないと思われる。

我々は、上記の問題点を解決するために携帯電話に搭載されているカメラ機能を利用して直感的操作で効率よくコンテンツを理解可能な閲覧手法として虫メガネメタファに基づく閲覧手法を開発中である。虫メガネメタファに基づくコンテンツ閲覧では、携帯電話のカメラ機能を利用して、実空間上のオブジェクトにWebページなどのデジタルコンテンツを仮想的にマッ

ピングし、実空間上のオブジェクトを携帯電話で撮影するようにしてデジタルコンテンツを効率的に閲覧する手法である。

これまでに我々は、実世界に存在する4角形の輪郭を有するオブジェクトに対してコンテンツを貼り付ける手法を提案してきた。しかし、認識精度が低く、拡大率が低いという問題点があった。本論文では、この問題点を解決し、専用の閲覧用カードを利用する手法を提案する。

閲覧用カードは、カード中の閲覧場所が特定できるようにビットマップパターンが印刷されており、簡単な処理で高精度に注目領域を指定可能である。ビットマップパターンの大きさは、携帯電話において17インチディスプレイと同等な視認性を実現できるように設計されている。

本論文は以下のように構成される。2.では虫メガネメタファを用いたコンテンツ閲覧操作について述べる。3.では矩形領域の抽出とマッピング処理について述べる。4.では虫メガネメタファに基づくコンテンツ閲覧の有効性を評価する。5.では関連研究との比較によって本手法の特徴について述べる。6.でまとめと今後の課題と発展について述べる。

2. 虫メガネメタファを用いたコンテンツ閲覧

2.1. アプローチ

本研究では携帯電話を仮想的な虫メガネとしてコンテンツを閲覧する手法を提案する。具体的には、携帯電話に搭載されたカメラを用いて撮影した実世界の風景に存在する矩形領域にコンテンツを仮想的に貼り付ける。携帯電話本体を矩形領域に対して上下左右に移動させると、画面に映っている矩形領域が上下左右に移動するため、矩形領域にマッピングされているコンテンツが移動しスクロール操作を実現できる。また、携帯電話本体を矩形領域に対して近づけたり遠ざけたりすることで、コンテンツを拡大・縮小できる。

このように虫メガネを介して対象を観察するような閲覧手法は連続的にボタンを押下する等の煩雑な操作を必要とせず、ユーザにとって直感的にわかりやすい。また、操作の効率化も期待できる。

2.2. 閲覧操作

本手法では、まず、閲覧対象のコンテンツを実世界の矩形領域にマッピングをすることが必要である。この操作の概要を図1に示す。まず、携帯電話のカメラで、マッピング対象となる実世界上のオブジェクトを撮影する。図1では、マッピング対象の例として、書籍にコンテンツを張り付ける。この場合、閲覧対象となるコンテンツは、認識された矩形領域に合わせて変形され、矩形領域にマッピングされる。マッピングさ

れたコンテンツに対しては、携帯電話を移動させることで、以下の閲覧操作を行うことができる。

(1) 拡大・縮小

携帯電話を、対象とする実世界のオブジェクトに近づけると、携帯電話に表示される矩形領域が大きくなる。矩形領域に対してコンテンツがマッピングされているので、図2のように表示され拡大される。同様に携帯電話を、対象とする実世界のオブジェクトから遠ざけると、携帯電話に表示される矩形領域が小さくなる。矩形に合わせてコンテンツはマッピングされているので、縮小される。

(2) スクロール

図3のように、携帯電話を対象とする実世界のオブジェクトに対して上下左右に動かすことでスクロールができる。たとえば左にスクロールしたい場合、矩形領域に対して左に動かすことで、表示領域も同様に左に移動するため、スクロール操作を実現できる。

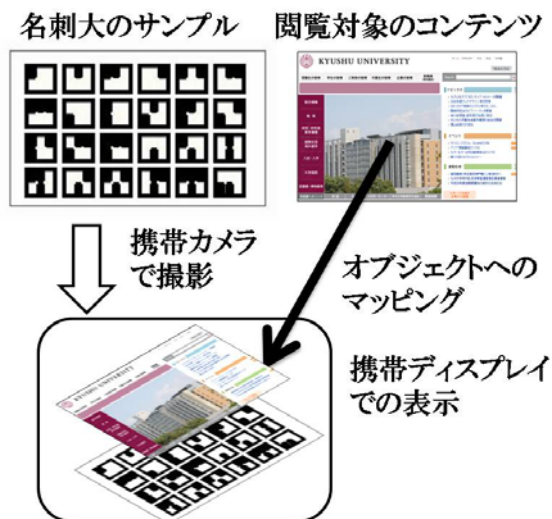


図1: コンテンツマッピングの概要

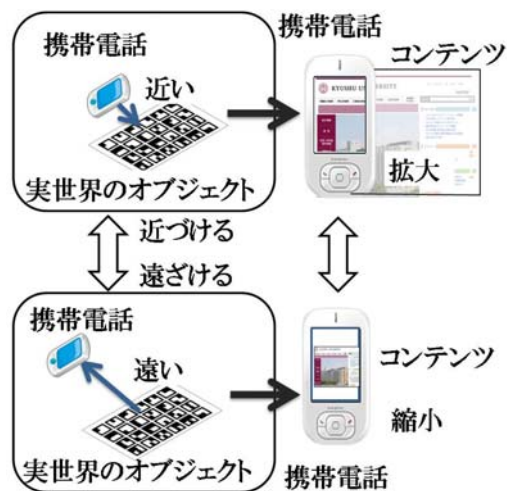


図2: 拡大・縮小の概要

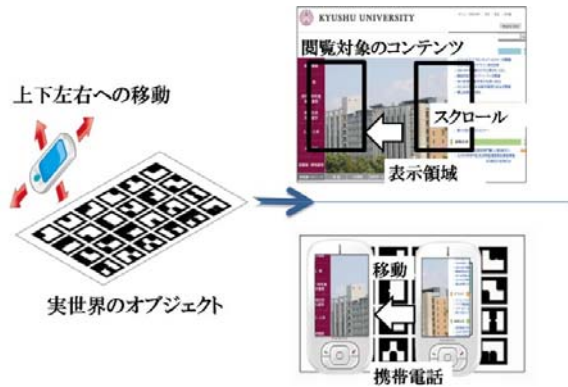


図 3：スクロールの概要

このように近づけたり遠ざけたり，上下左右に移動させるだけで簡単にかつわかりやすく拡大縮小，スクロールが可能となる。

3. 矩形領域の抽出とマッピング

3.1. 処理手順

提案手法を実現するためには，カメラで撮影した実世界の画像から，画像処理により矩形領域を抽出し，対応するコンテンツを変形させてマッピングする必要がある．これを実現するためには画像をもとに「エッジの抽出」，「直線成分の抽出」，「矩形領域の抽出」そして「矩形領域へのコンテンツのマッピング」を順に行う必要がある．

3.2. スクロール範囲の拡大

上記の手法では，コンテンツを表示画面よりも大きく拡大できないために，スクロール可能な範囲が限定される．これは，図 4(a)に示すように，マッピング対象となる矩形の輪郭がすべてカメラの撮影領域内に存在しなければ矩形の抽出ができないため，図 6(b)のように，矩形領域が撮影領域から一部分でも出てしまうと，コンテンツのマッピングができないからである．注目部分を拡大して広範囲にスクロールすることは，本手法において重要な機能であるため，この問題を解決する必要がある．

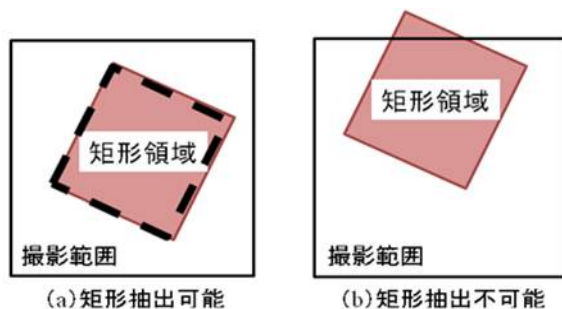


図 4 矩形領域が抽出できる場合とできない場合

3.2.1. 矩形を利用した手法

これまで，カメラの撮影範囲とディスプレイへの表示範囲が同一であると考えてきた．しかし，表示範

囲を撮影範囲の中心部に設定することによって，矩形領域のすべてが表示範囲に含まれていない場合でも，撮影範囲に含まれていれば矩形領域の抽出が可能になる．これにより，コンテンツの一部分を拡大して表示可能となり，広範囲のスクロールが可能となる．図 7 のように中心部分のみを拡大し，表示することで矩形全体を認識しつつ矩形内部を拡大して表示することができる．

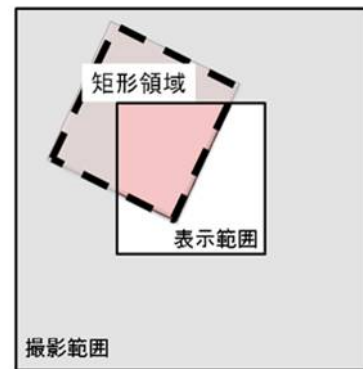


図 5 撮影範囲と表示範囲

3.2.2. 閲覧用カードを利用した手法

矩形を利用した手法では，拡大して表示するために，微細な手の動きが，画面では大きな振動となるという問題点があった．また，スクロールの幅が大きくなってしまったために，閲覧の効率を低下させる問題点があった．その点を解決し，スクロール範囲を拡大してするために，閲覧用カードを利用する．具体的な閲覧カードの詳細を図 6 に示す．

閲覧用カードに矩形のビットマップパターンを等間隔に印刷し，それぞれのパターンを認識することで，閲覧用カード中のどの部分を携帯電話のカメラで撮影しているかを判定する．

閲覧カード内に印刷するビットマップパターンのデザインについて考える．本研究では，携帯電話において，パソコンと同等の閲覧性能を実現することを目標とする．ここで，想定するパソコンのディスプレイサイズとして，17 インチのディスプレイを想定する．また，携帯電話の平均的なディスプレイのサイズとして 3 インチのディスプレイを想定する．

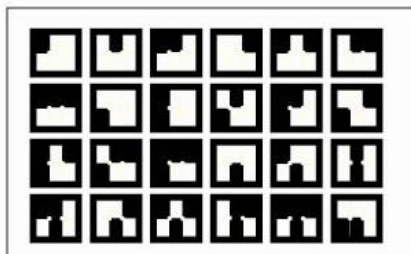
パソコン及び携帯電話のディスプレイに対して，ユーザの顔面からそれぞれのディスプレイまでの距離を計測した．結果として，ユーザの顔面からパソコンのディスプレイまでの距離は約 60cm であった．一方，携帯電話のディスプレイまでの距離は約 25cm であった．

このことから，ユーザから見える大きさは，パソコンのディスプレイよりも携帯電話のほうが $6/5$ 倍大きく見えることになる．実際のディスプレイの大きさを考慮すると，携帯電話のディスプレイはパソコンの

ディスプレイの約 $1/6$ の表示能力を有することになる．このことから，閲覧用カードを 6 分割し，一つの矩形を携帯電話のディスプレイ全体に表示させるようにした場合，携帯電話を動かすことで 17 インチディスプレイを利用する場合と同等の大きさで閲覧できる．

しかし，矩形全体がカメラの撮影範囲に収まっていなければ矩形を認識できないため，スムーズにスクロールするためにはさらに 4 倍の 24 分割しなければならない．

次にビットマップパターンの認識手法について述べる．撮影領域に含まれる矩形領域を抽出し，矩形領域内の画素値の分布によって，ビットマップを認識する．得られたビットマップのパターンに基づいて，カメラが撮影中の閲覧用カードの部分範囲を計算する．



図：6 閲覧用カードの詳細

4. 評価

提案手法の有効性の評価を行うために，プロトタイプシステムを実装し実験を行った．

4.1. プロトタイプシステム

パーソナルコンピュータ (PC) と USB カメラ，外付けディスプレイを用いてプロトタイプシステムを実装した．外付けディスプレイは，4.3 インチで WVGA サイズ解像度が 800×480 pixel のものである．今回は外付けディスプレイの一部を隠蔽することで，携帯電話の画面サイズに合わせた．USB カメラは映像素子が対角 $1/4$ インチの CMOS センサであり，有効画素数が 130 万画素，最大解像度が 1280×1024 ，最大フレームレートが最大 30fps，フォーカス固定のものである．PC は OS が Windows XP，CPU が Intel® Core2 Duo CPU E4500，メモリが 1 GB 搭載のものである．プログラム開発には Visual Studio .NET Visual C++言語およびライブラリとして OpenCV[1]を利用した．

今回のプロトタイプでは 3.2.1 の矩形を利用した手法と，3.2.2 の閲覧用カードを利用した手法をそれぞれ実装した．矩形を利用した手法では，実世界の矩形領域に見立てて，紙に印刷した黒の四角形を利用して閲覧操作を行った．閲覧カードを利用した手法では，図のような模様が描かれた名刺大の閲覧用カードを利用して閲覧操作を行った．

4.2. 実験内容

被験者に携帯電話，iPhone の代わりに iPod touch，2 種類の提案手法という 4 種類の閲覧環境に関して，与えたタスクの実行時間を計測した．タスクは全部で 3 種類であり，それぞれの環境において実行することから，被験者一人に対して合計 12 回のタスクを実施させた．また，タスクの遂行時間を計測するほかに，すべてのタスク終了後にユーザビリティに関するアンケートに答えてもらった．

実施したタスクの内容は以下の 3 種類である．

- (1) 地図の閲覧
- (2) ポータルサイトの閲覧
- (3) 文章の読解

それぞれのタスクの詳細を以下に示す．

【タスク 1：地図の閲覧】

地図中から特定のランドマークを見つけ出し，その総数をカウントする．具体的には，googlemap[2]より地図中のランドマークの数がほぼ同様な異なった地図を 4 つ用意し，その地図の全体をスクロールすることで地図に含まれる中学校の数をカウントしてもらう．実験開始から全体をスクロールし終えたところまでで時間の計測を行った．その後でカウントした数を答えてもらい，成否を判断する．

【タスク 2：ポータルサイトの閲覧】

多数のリンクを含むページから，指定したリンクを発見するタスクである．具体的には，被験者が閲覧したことのない，米国の雑誌社のポータルサイトの中のメニューから特定のリンクを探し出してもらう．利用したポータルサイトと探しだすリンクは「NewsWeek」[3]から「WORLD」，「Fortune」[4]から「TECHNOLOGY」，「The New York Times」[5]から「TECHNOLOGY」，「The Economist」[6]から「THE WORLD IN」のリンクをそれぞれ探しだしてもらった．実験開始から目的のリンクを探しだすまでの時間を計測した．

【タスク 3. 文章読解】

小学生の国語の簡単な文章問題をやってもらうタスクである．問題はある程度長い文章を読んでもらい，それに関する問いに答えてもらう．具体的には，学習研究社発行の「毎日のドリル 小学 6 年の文章読解」[7]の中から適当な文章問題を 4 つ選んで解いてもらった．およそ 150 文字の文章を読んでもらってから問題に口頭で答えてもらった．実験開始から文章を読み問題に答え終わるまでを時間を計測した．その後，答えの成否を判定した．

4.3. 実験手順

まず，はじめに今回の実験の趣旨と実験に関する説明をする．その後で実験を行う．それぞれの手法ごとのタスクを課す前に実験手法の説明と，操作に慣れても

らうために今回の実験とは関係のないコンテンツをしばらく閲覧し利用してもらう。その後でタスクをこなしてもらう。全タスクをこなした後でアンケートに答えてもらう。アンケートの内容は、以下のとおりである。iPhone/iPod touch のユーザであるか、使い初めてどのくらいか、携帯電話で日常的に Web 閲覧をするかと 4 種類の手法それぞれに閲覧のしやすさ、意図通りに操作できたか、操作方法の理解と習得がしやすかったかを 5 段階で評価してもらい、最後に気づいた点をコメントしてもらった。

4.4. 実験結果

上記の実験内容を実施した結果について述べる。被験者数は 6 名、年齢は 21～26 歳、性別は男性 4 名女性 2 名である。

図 7,8,9 はそれぞれタスク 1 タスク 2 タスク 3 を示す。太い棒グラフが平均時間を、細い棒グラフがそれぞれ最大値最小値を示している。

タスク 1 に関しては、平均時間が携帯電話は 93.6sec, iPod touch は 89.3sec, 矩形利用は 89.1sec, カード利用は 108.6sec となった。携帯電話を利用してかかった時間を 100% とすると、iPod touch と矩形利用がそれぞれ 5% 短縮、カード利用は 16% の時間延長となった。

タスク 2 に関しては、平均時間が携帯電話は 23.5sec, iPod touch は 18.8sec, 矩形利用は 13sec, カード利用は 15.6sec となった。携帯電話に比べて iPod touch は 20% の短縮、矩形利用が 45% の短縮、カード利用が 33% の短縮となった。

タスク 3 に関しては、平均時間が携帯電話は 45.3sec, iPod touch は 33sec, 矩形利用は 42.3sec, カード利用は 41sec となった。携帯電話に比べて iPod touch は 27% の短縮、矩形利用は 7% の短縮、カード利用は 10% の短縮となった。

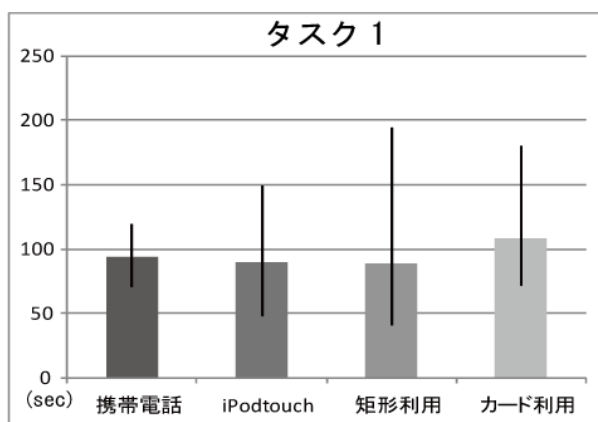


図 7: タスク 1 の結果

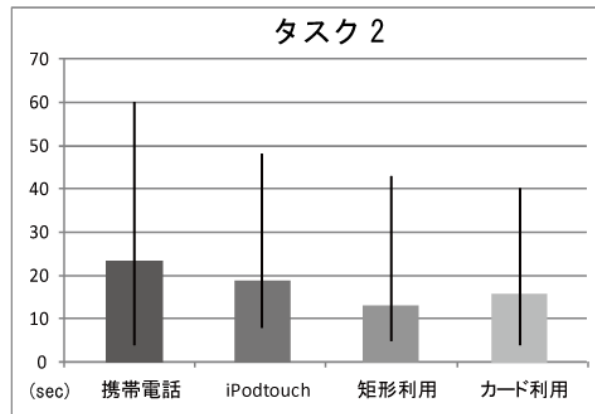


図 8: タスク 2 の結果

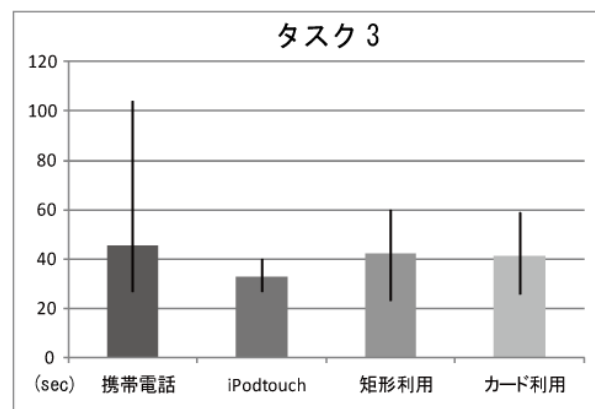


図 9: タスク 3 の結果

4.5. 考察

提案手法は外部にスクロールの基準があり、それは絶対座標である。そのために、目的の場所に素早くスクロールすることができる。反対に iPod touch はスクロールの基準が内部にあり、相対座標である。その上、指で直接画面をタッチして操作するので、画面が指で隠れてしまうために見える画面の範囲が狭まってしまう。このことから、全体を素早く見渡してリンクを見つける、タスク 2 のような操作では iPod touch よりも提案手法の方が有効であると言える。

タスク 1 で携帯電話の時間が短かったのは、その操作の方法にあると考えられる。携帯電話以外の手法ではユーザが縦にも横にも斜めにもフレキシブルにスクロールできるのに対し、携帯電話では縦と横にしかスクロールできないために、かえって全体をまんべんなくスクロールするには効率が良かったのではないと思われる。

今回はディスプレイのサイズを携帯電話に合わせて実験を行った。そのため、iPod touch のディスプレイは 3.5 インチであり、携帯電話と提案手法に比べて 0.5 インチ表示画面が大きい。このことも実験結果につながったのではないかと考えられる。

どちらの提案手法でもカメラを利用した画像処理による操作をしているため手ブレや、矩形の認識をす

る際の誤差によりコンテンツがぶれてしまう．そのため小さい部分に注目している時などに不意に画面がぶれてしまうと閲覧している位置を見失ってしまうことがある．

iPod touch のタスク 3 の達成時間の幅が少ないのは、今回のタスクで提示した文章は比較的文章量が少なかったため、iPod touch で表示すると、拡大・縮小やスクロールを必要とせず、そのままの状態で文章を読む事ができたのではないかと考えられる．

またプロトタイプを空中に構えカードを撮影しているとき、画面を固定しようと止まっても、微小に振動してしまい、完全に静止することが困難である．このことで小さい部分を詳細に眺めるのが困難であった．これはボタン等を利用し表示画面を固定することができれば解決できるのではないかと考えられる．

5. 関連研究

これまでに、携帯電話上で効率的なコンテンツ閲覧を実現するために多くの研究・開発がなされてきた．

Yee ら[8]は、仮想的なワークスペースがモバイルの機器よりも大きく存在し、モバイル機器のディスプレイが動くウインドウ、つまりのぞき穴(Peephole)になるようなシステムを提案している．このシステムでは、ワークスペースが仮想的に 2 次元上に存在するとした場合、2 本の釣り糸とマウストラッキングを組み合わせることで、モバイル機器の座標を得ている．モバイル機器を動かすと動かした分だけ糸が動く、それをマウスで感知し、その情報をもとにディスプレイの位置に即した情報を表示させる．こうすることで実際にデバイスを動かすことがそのままスクロール操作にすることができる．しかしこの手法では、まずマウストラッキングを利用する場所が必要で、マウスは固定されていなければならない．それに釣り糸をかける場所や釣り糸を一定のテンションに保つための重りなどが必要であり、それらがすべて利用できる状況と場所でないといふと利用しにくいだろうと考えられる．さらにモバイル機器に糸を取り付けて利用するために、利用する範囲も限られる．提案手法では名刺大の大きさの閲覧用カードを撮影できるスペースがあれば利用可能であるため手軽に利用することができる．

Apple 社の iPhone[9]では、表示画面を複数の指で触れて操作可能なマルチタッチディスプレイ上で、指で軽くはらうことによりスクロールする操作(フリック)や、2 本指でのつまむ操作により拡大・縮小を行う操作(ピンチ)によって、効率的な閲覧環境を提供している．しかし、それらの操作はわかりやすい操作方法ではあるが、操作方法を知らないユーザが発見的に操作することができないと思われる．また iPhone は一方の

手で本体を把持し、他方の手でピンチを行わなければならないため、両手を使って操作しなければならないという短所がある．これに対して提案手法は、片手で素早く拡大・縮小の操作が可能である．また、提案手法は、操作方法を知らないユーザに対しても、発見的に操作方法を習得することが容易であると考えられる．

成田ら[10]は窓メタファに基づいて、ユーザが窓越しに覗き込むようにしてコンテンツを閲覧するインタフェースを提案している．窓メタファでは、提示するディスプレイの奥にコンテンツが存在するものとし、ディスプレイから視点を移動させることによって、表示されるコンテンツの範囲を決定する．この手法では、ディスプレイに対してユーザが視点を移動させることで、コンテンツの拡大・縮小、スクロールを実現できる．しかし、ユーザの視点の位置を計測する必要があるために、ユーザの顔を継続的に撮影するカメラ等の付加的な装置が必要であるという欠点がある．提案手法では、携帯電話を移動して注視点を決定することで、拡大・縮小、スクロール操作を行う．ここでは携帯電話に搭載されたカメラを用いるため、付加的な装置は必要ない．

6. まとめと今後の課題

本論文では、虫メガネメタファを利用した閲覧手法を提案し、その効果について実験を行った．閲覧手法としては矩形を利用した手法の問題点を解決するために、閲覧用カードを利用した閲覧手法を提案した．矩形を利用した手法と閲覧用カードを利用した手法の二つの手法を用いて現行の携帯電話と iPod touch の 4 種類の手法の比較実験を行った．

課題としては、画面の振動を少なくすること、被験者実験の人数が少ないので、多い人数による実験を行うことがある．また最終的にブラウザとして利用するのなら、カーソルに変わるものや閲覧用カードに合わない形のウインドウへの対応という課題もある．応用例としては、閲覧用カードのカーソルを合わせたい部分を指でさすことによって指示する方法や、ウインドウのスクロールバーを動かすようにコンテンツをスクロールさせることで閲覧用カードに合わない形のものの対応をさせるといった方法がある．今後は応用例の実装や、より利用しやすい手法や操作の拡張を行っていく．

文 献

- [1] OpenCV リファレンスマニュアル,
<http://opencv.jp/opencv-1.0.0/document/index.html>
- [2] Google map
<http://maps.google.co.jp/maps>
- [3] Newsweek

<http://www.newsweek.com/>

- [4] Fortune
<http://money.cnn.com/magazines/fortune/>
- [5] The New York Times
<http://www.nytimes.com/>
- [6] The Economist
<http://www.economist.com/>
- [7] “毎日のドリル 小学 6 年の文章読解,” (株) 学習研究社, 2008.
- [8] Yee, K. Peephole displays: pen interaction on spatially aware handheld computers. CHI '03, pp. 1-8, 2003..
- [9] iPhone, <http://www.apple.com/jp/iphone/>
- [10] 成田 智也, 渋谷 雄, 中村 重雄, 物部 文彦, 辻野 嘉宏: “視点による情報提示インタフェースの試作と評価”, 情報処理学会ヒューマンインタフェース研究会報告, Vol.2001, No.87, pp. 39-46, 2001.