

フレキシブルディスプレイへ応用可能な曲げを利用した操作デバイス

渡邊 純一郎[†] 望月 有人[†]

大量のデジタルコンテンツに効率的かつ直感的にアクセスするためのユーザインタフェースの研究が盛んに行われている。本論文では、薄いシート状のデバイスを曲げる操作により、本のページをパラパラとめくる感覚で一次元状に配置された写真などのデジタルコンテンツのスクロールを行うことができるインタフェースを提案する。曲げによる弾力やページめくりの時の振動を手や指にフィードバックとして与えることで、実世界の本のページを自在にめくる感覚でバーチャル世界のコンテンツのスクロール操作を行うことができる。このインタフェースは既存の情報端末向けのタンジブルな操作デバイスとしてだけでなく、技術開発が進んでいるフレキシブルディスプレイ向けのインタフェースとしての応用が可能である。

Bendable Device for Browsing Digital Content and Applying as an Interface for Flexible Displays

JUN-ICHIRO WATANABE[†] and ARITO MOCHIZUKI[†]

Various interaction techniques have been studied for browsing a rich variety of digital content in an easy way. In this paper, we propose a novel method of content browsing using a metaphor of turning over pages of a book. User can easily scroll digital content such as photos arranged in one dimension by bending the thin sheet device with the same sense of turning over pages. The developed prototype can be applied not only as an interface for conventional information terminals but also as the one for flexible displays.

1. はじめに

近年、HDDレコーダやパソコンなどに大量のデジタルコンテンツが蓄積されるようになるに伴い、これらのコンテンツにアクセスするための操作の複雑さが増大している。所望のコンテンツへのアクセサビリティが低下するひとつの例として、階層構造のコンテンツ管理方法が一般化していることが挙げられる。この方法は管理するコンテンツ数が多くない場合には有効であるが、コンテンツ数が増えると検索が難しくなる。ある親フォルダから階層構造を降りていき、もし所望のコンテンツが存在しなかった場合には、再び別の親フォルダから検索をしなければならず、非効率的な検索になる。

所望のコンテンツへ効率よくアクセスするためのユーザインタフェースに関するさまざまな研究が行われている中で、現実世界において人間が慣れ親しんだ感覚をバーチャル世界で利用する実世界指向インタフェースの研究が多く行われてきた。これらは、マウスやキーボードなどコンピュータ操作のためにデザインされた手段を用いず、自然な作法でコンピュータとインタラクションするためのインタフェースに関するものである。

本論文では、本をパラパラとめくるメタファを利用した新

しいコンテンツブラウジング方法を提案する。本は紙を媒体とした情報メディアである。近年、携帯電話や携帯ゲーム機、あるいは電子ブックなどを利用して書籍コンテンツを読んだり、大量の写真を閲覧したりすることが可能になってきている。このようなデバイスが普及しているにもかかわらず、依然として本は人間にとって使い易い情報メディアとして存在している。その理由として、紙のタンジビリティとシンプルな操作が挙げられる。本の内容、すなわちコンテンツがページとして一次的に配列されており、基本的にはページをめくるだけで所望のページにたどりつくことができるということが、誰にとっても使い易いインタフェースとなっている大きな要因である。我々が提案するインタフェースは、一次的に配置されたデジタルコンテンツに、直観的な作法でアクセス可能にするものである。

本のページをパラパラとめくるときには本をある程度曲げて保持する。我々は、薄いプラスチックのシートにバンドセンサを取り付け、曲げ具合の検出が可能なデバイスを試作した。このシート状デバイスを曲げることにより、コンテンツのスクロールを行う。シートを曲げるときに感じる弾力が、実際の本のページをめくるときの感覚に近いため、直観的に操作できる。本試作では、小型スピーカをシート状の操作デバイスに設置し、スクロールの際に短い音を出力することにより振動を発生させ、ページめくりのときの指先の振動もフィードバックとしてユーザに与えた。また、タクトスイッチを用いて指をページの間にはさんで後からそのページをすぐ

[†](株)日立製作所 基礎研究所 ヒューマンインタラクションラボラトリー
Hitachi Ltd. Advanced Research Laboratory,
Hitachi Human Interaction Laboratory (HHIL)

に開く操作（以降、「指しおり」と呼ぶ）を実装した。

本研究の最終的な目的は、技術開発が進んでいるフレキシブルディスプレイに向けた新しいインタフェースを提案することである。フレキシブルディスプレイは発光素子をプラスチックなどのフィルムで挟んだ構造であり、薄く、曲げることが可能である。このようなシート状の曲げられるディスプレイ向けに、従来のフレキシブルではないディスプレイに対しては不可能であった新しい操作方法をデザインすることは重要な課題である。本研究では試作したデバイスを用いて一次元状に配置した写真のブラウジングに関する基本的な実験を行い、有効性を検証した。

2. 関連研究

フレキシブルディスプレイ向けのインタフェースに関しては、Carsten らの研究がある[1]。この中では、ディスプレイ自体を曲げる操作とタッチセンサを併用したコンテンツの表示や選択、文字入力方法などが提案されている。たとえば、ディスプレイを上方向あるいは下方向に曲げることで、レイヤー構造になった地図と航空写真の重ね合わせ度合いを変えて表示する機能などを実装している。地図などの画像のスクロールに関してはプロトタイプ背面に設置したタッチセンサを利用している。

David らは、フレキシブルディスプレイ向けに 8 種類のジェスチャを利用したインタラクションテクニックを提案している[2]。たとえば、ディスプレイに表示される画像のスクロールは、紙を裏返す (flip) ジェスチャでシミュレートしている。「1 枚の紙」に関するジェスチャに基づいた操作の提案であり、3 枚の紙をそろえる動作でコンテンツをファイリングする操作などの提案は行っているが、ページ数が多い本をメタファにはしていない。

Nicholas らは電子ブック向けのインタラクションテクニックを提案している。本の左右のページに相当する 2 つの小型ディスプレイを連結し、この 2 つの部分を開閉する操作で、ページを送ったり戻したりする現実の本のページめくりの作法を電子ブックの操作に利用している[3]。しかしながら、1 ページずつページをめくる操作は実際のページをめくるように行うことができるが、「多くのページを一気にパラパラめくる」という操作はできない。

フレキシブルディスプレイ自体をスピーカとして利用する技術も研究されている[4]。フレキシブルディスプレイが実用化された場合の大きなメリットのひとつである携帯性を損なわず、音と映像を楽しむためには必要な技術である。

市販されている携帯音楽プレーヤーの中には、タッチパネルを用いて CD のジャケット写真のスクロールや拡大縮小などを行うことができるものがある。直接画面を指先で触れることで、あたかも実際の CD ジャケット写真に手を触れているような直感的なインタフェースを実現している。指先でページをめくっているような感覚をソフトウェア的に実現しているが、指先がディスプレイの表面をなぞっているため現実の本のページをめくる感覚とは異なる。

本をメタファにした画像ビューアソフトが市販されている（無料で入手可能なものもある）。これらを用いると、パソコ

ンの画面に表示されるバーチャルな本のページに写真などを貼り付けて表示できる。キーボードの左右矢印キーや、マウスクリック、あるいはページのドラッグなど、マウスやキーボードを使って画面に表示される本のページをめくるが、操作負荷が大きい。見たいページに一気にジャンプする場合にはそのページ番号を入力すればよいが、ページ番号が不明な場合は検索に時間を要する。実際の本で行うような「だいたい何ページ」という検索は困難である。

3. 基本アイデア

3.1 本を読む動作

実際に本を読むときの特徴的な動作を列挙する。本を読む作法には個人差があるが、基本的な動作としては以下のものが挙げられる。

- (1) 表紙を開く・閉じる
- (2) 1 ページずつページをめくる
- (3) 斜め読みのためゆっくりとしたスピードでパラパラとページをめくる
- (4) 所望のページを探すために、比較的速いスピードでサッとページをめくる
- (5) 本を伏せる
- (6) 後で参照したいページに指をはさんだ状態（指しおり）でページをパラパラとめくる
- (7) 付箋やしおりをはさむ



図 1 パラパラとページをめくる

Fig. 1 Turning over pages

既存のユーザインタフェースを考えると、(1) は電源の ON/OFF, (2) はボタン操作に相当する。(3) (4) はボタンの長押しやマウスホイール、スクロールバーの操作に近い。しかし、実際の本の操作では、視認に加えて手や指に感じる弾力や摩擦からページがめくられる速度やめくられたページ数を体感的に知覚できるのに対し、ボタンやマウスホイール操作では操作した時間（ボタンを長押しした時間や、ホイールを回転させた時間あるいは回数）を手がかりにコンテンツブラウジングを行う。この点が本と既存のデジタルデバイスの操作の本質的な違いのひとつである。(5) (6) (7) はブックマーク機能であり、既存の情報端末のインタフェースでは必要不可欠なものとなっている。

本研究では、(3) (4) のようにタンジブルなフィードバックを得てページめくりのスピードを自在に変えながら大量のページをブラウジングする操作（図 1）をバーチャル世界のコンテンツブラウジングへ応用することを試みた。また、(6) のようにブラウジング途中で指を好みのページに挟み、そのページにいつでもジャンプする操作（図 2）にも着目した。

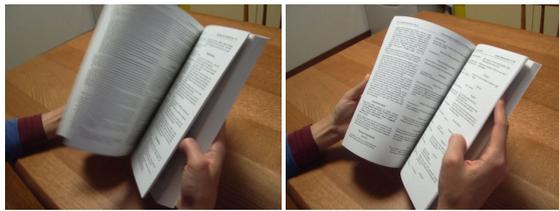


図 2 指しおりの例
Fig. 2 Example of bookmark by fingers

3.2 タンジビリティ

ページをパラパラとめくる操作をより詳細に観察すると次のようなことが分かる。

- (1) ページをめくる方向と反対のページをある程度曲げる。たとえば、左にページをめくりたい場合、本の右側を曲げる (図 4 (a-1))。
- (2) 曲げ具合が大きい場合、指先でページを押さえる力の加減により、ページがめくられるか否かが決まる。たとえば、指先でページをしっかり押さえるとページはめくられないが、完全に指先を開放すると、次々にページがめくられる。
- (3) 曲げ具合が小さい場合、指先でページを押さえずともページはめくられない。
- (4) 曲げ具合によりページめくりの速度が変わる。すなわち、曲げ具合が小さい場合には1ページずつゆっくりと、大きい場合にはパラパラと速いスピードでページがめくられる。

本研究の基本的なアイデアは、一次元的に配列されたデジタルコンテンツのスクロール操作を、実世界における本のページめくりの作法を用いて行うことである。具体的には、シート状の操作デバイスを曲げることにより、スクロール速度をコントロールする。また、「指しおり」という実際の本を扱う場合のひとつの特徴的な操作の応用も検討した。

4. 実装

4.1 曲げ具合の検出

曲げ具合の検出にはベンドセンサ (FLX-01, Jameco Electronics 社製 [5]) を利用した (図 3)。FLX-01 は、フラットな状態で約 $10k\Omega$ 、曲げると抵抗値が上昇し 180 度で約 $40k\Omega$ の抵抗値を示す (マイナスの方向に曲げても抵抗値は変化しない)。長さは約 $10cm$ であるが、曲げられている位置を検出することはできない。そこで、プラスチックシートに 2 本ベンドセンサを配置し、シートの左右どちら側がどの程度曲げられているかを検出した。図 4 は、(a) 実際の本をめくる様子、(b) シートを曲げる様子、(c) シートに取り付けたベンドセンサの様子 (側面図) をそれぞれ示している。プラスチックシートに取り付けた 2 個のセンサのうち、ページめくりの方向によって一方の抵抗値が上昇し、左右のどちら側が曲げられているかを知ることができる。たとえばページを右から左へめくる場合 (図 4 (a-1)) には本の右側を曲げるが、この操作をシートで行うと同図 (b-1) のような状態になる。この場

合、シートの右側のベンドセンサの抵抗値が大きくなる (図 4 (c-1))。曲げの程度によって連続的に抵抗値が変化するので、曲げ度合いをスクロール速度に反映して直観的な操作感覚を実現することができる。

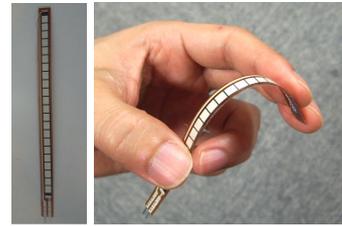


図 3 ベンドセンサ
Fig. 3 Bend sensor

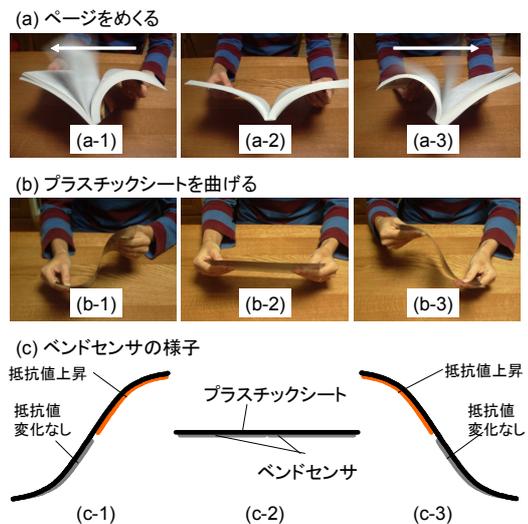


図 4 ページめくりと曲げの様子
Fig. 4 Turning over pages and bending sheet

4.2 指先の感覚

実際の本のページをパラパラとめくっているときには、指先でページがめくられる感触を知覚している。ページをある程度曲げ、指先でページを押さえる力を加減することにより、ページをめくったり、任意のページで止めたり、という操作を行っている。

ここでは、小型のスピーカをシートの左右の端に取り付け、ページめくりイベントが発生したときに音 (短い破裂音) を出力することで、小さな振動と音によるフィードバックをユーザーに与えるように実装した。ユーザーがデバイスを曲げ、曲げ具合が閾値を超えると、パソコン画面では写真のスクロールを行うと同時に、ユーザーは手元のデバイスで指先に振動を感じることができる。

4.3 指しおり

実際の本を読む場合には、パラパラとページをめくって所望のページを探す途中で、偶然、興味のある別のページを発見することがある。このような場合、人差し指、あるいは親指をそのページにはさんで、ページめくりを継続することがよくある (図 2)。指を挟んでおくことで、ひととおりのページ

めくり動作を終えたあと再びそのページを検索しなくても、指を挟んでいたページをすぐに開くことができる。

本研究では、人差し指の位置する場所に左右 2 個のタクトスイッチを設け、これらを押したり放したりする動作を指しおり機能に利用した。シートの曲げられている側と反対側のスイッチを押すことにより、スイッチが押されたときのページ番号を記憶する。たとえば、シートの右側を曲げて右方向にスクロールしている場合に、左側のスイッチを押下する(図 5)。曲げ操作を終了した後でスイッチを OFF にすると、記憶していたページまでジャンプして表示する。

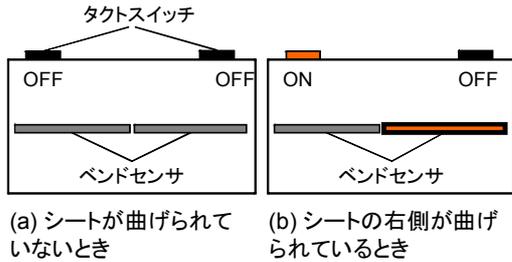


図 5 指しおりの場合のセンサ状態
Fig. 5 Sensor activation in case of finger-bookmark

4.4 指先の押さえ

実際の本でページをパラパラとめくる場合には、ページを曲げることと、曲げた側のページを指先で押さえてページめくりのスピードをコントロールする。この指先の押さえにより、曲げ具合が大きくてもページめくりを止めてページを読んだり、押さえる力を弱めることによりページめくったりすることができる。

ここでは、指しおりで使用したタクトスイッチを用い、曲げられている側と同じ側のスイッチを押して ON にすると、曲げ具合を保ったままスクロールを停止することができるように実装した(図 6)。

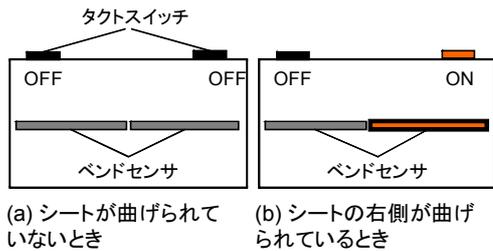


図 6 指先の押さえのセンサ状態
Fig. 6 Sensor activation in case of finger-tip press

4.5 プロトタイプ

図 7 に試作したプロトタイプを示す。薄いプラスチックのシート、バンドセンサ、タクトスイッチ、小型スピーカーで構成されている。図 8 にシステム構成を示す。バンドセンサおよびタクトスイッチで取得する値はマイクロコントローラに入力され、シリアルケーブルでパソコンに送信される。パソコン上で動作する写真ブラウザなどのアプリケーションはこれらのセンサの値に応じてコンテンツのスクロールや音出力を実行する。

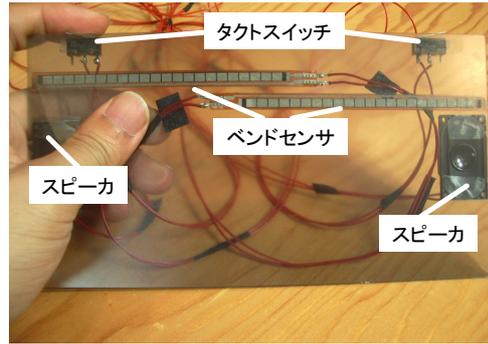


図 7 プロトタイプ
Fig. 7 Prototype

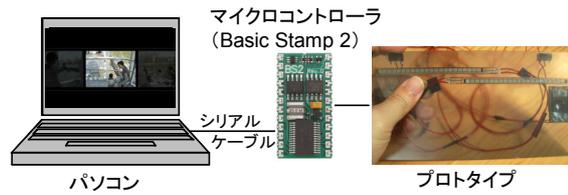


図 8 システム構成
Fig. 8 System composition

5. アプリケーション

5.1 写真ブラウザ

一次元状に 200 枚のデジカメ写真を配列し、試作したシート状のデバイスを用いて左右方向にスクロールを行うことができる簡単な写真ブラウザを作成した。画面中央に位置する写真が選択された写真であり、中央下にページ番号(写真の識別番号)が表示される。たとえば、デバイスの右側を曲げると右方向に写真がスクロールしページ番号が増加する。曲げ具合とスクロール速度の関係に関しては、曲げの大きさに対して線形に加速する方法(1)と、指数関数的に非線形に加速する方法(2)の 2 通りを実装した(図 9)。曲げの大きさがある閾値を超えると写真のスクロールを実行する。

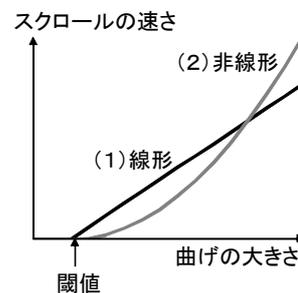


図 9 曲げの大きさとスクロールの速さ
Fig. 9 Amount of bending and scroll speed

気に入った写真がある場合に「指しおり」を挿入する機能も実装した。たとえば、右方向へのスクロール中に左側のタクトスイッチを ON にして指しおりを挿入し(図 10 (a))、引き続き右方向へのスクロールを行った後(図 10 (b))、デ

バイスを曲げるのを止めてスクロールを停止し (図 10 (c)), タクトスイッチをリリースすると、一気にその写真 (図 10 (a)の写真) までジャンプする (図 10 (d)).

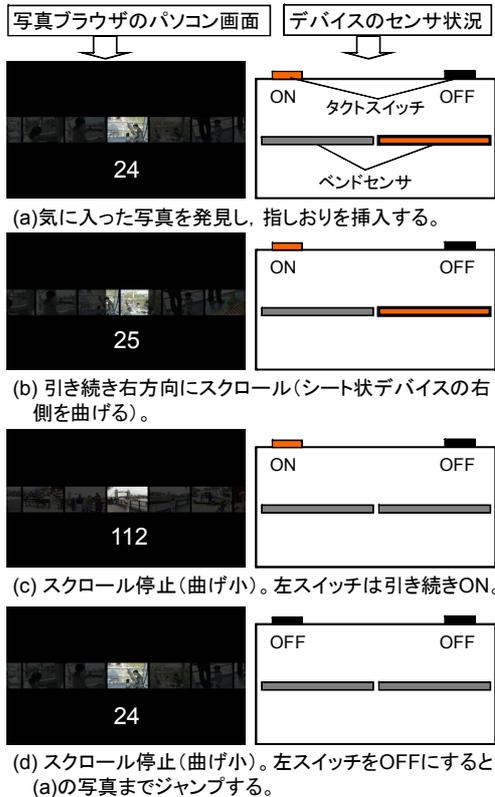


図 10 写真ブラウザと指しおり機能

Fig. 10 Operation of photo browser and function of finger-bookmark

5.2 音楽プレーヤーソフトのCDジャケット操作

音楽プレーヤーソフトの中には、CD ジャケット写真を検索キーにして所望の音楽データを検索し易くなっているものがある。通常、パソコンではキーボードの左右キーの押下、あるいは画面の左右の端のクリックにより、ジャケット写真を左右にスクロールすることができる。ここでは、試作したデバイスを用いて音楽プレーヤーソフトのCDジャケット写真のスクロール操作を行った。写真ブラウザの場合と同様、曲げの大きさによってスクロール速度を変えるように実装した (図 11)。

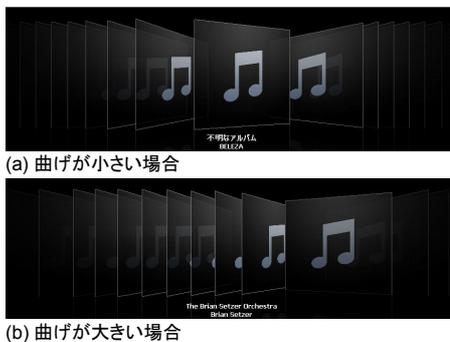


図 11 音楽プレーヤーソフトのCDジャケット操作

Fig. 11 Scrolling CD jacket images

6. 実験

6.1 実験の目的と方法

試作したデバイスと写真ブラウザアプリケーションを用いて、ユーザテストを行った。テストの目的は、本研究で試作したデバイスと、本やキーボードなど既存の操作手段を比較して、コンテンツの検索性の評価を行うことである。実験の内容は、(1) ランダムに提示される写真と同じものを探す、(2) 提示されるページ番号と同じものを探す、という2つのタスクである。(1)は全コンテンツの中から画像をキーにした検索性の評価を、(2)は、現在表示しているページからあるページ数移動する場合の操作性の評価を目的としている。

実験の前提として、「少なくとも一度は見たことのある写真集の中から指定された写真を検索する」ものとした。すなわち、今まで一度も見たことのないコンテンツの中から検索するのではなく、写真の内容や順序を何となく記憶している、という状況における検索性の評価を行った。

比較対象は、(a) 本、(b) パソコンの左右矢印キー、(c) マウスホイール、(d) タッチパネルを用いた携帯情報端末、(e) 本研究で試作した曲げを利用した操作デバイス、の5種類である。

コンテンツは写真 200 枚である。これらを紙に印刷しページ番号付きの本にしたもの(a)、パソコン画面で本のページ番号と同じ順序で一列に配置したもの(b)(c)(e)、タッチパネル操作で写真の閲覧ができる携帯型情報端末にインストールしたもの(d)、をそれぞれ用意した。検索対象となる写真やページ番号を検索開始の合図と同時にディスプレイに表示し、検索終了までの時間を計測する。(1) 写真の検索を行う場合にはページ番号を非表示にし、画像情報のみを検索キーにする。(2) ページ移動の評価を行う場合には写真の中央下にページ番号を表示する。実験の前提である「少なくとも一度は見たことのある写真集の中から、指定された写真を検索する」条件を満たすために、被験者には、実験開始前に3分間時間を与え、200枚の写真の内容と配置順序をある程度記憶してもらった上で実験を行った。試作したデバイスは事前に操作方法を練習してもらった後で実験を行った。実験に参加したのは、パソコンや携帯型情報端末を比較的良好に利用している30歳代、40歳代の男女計8名である。

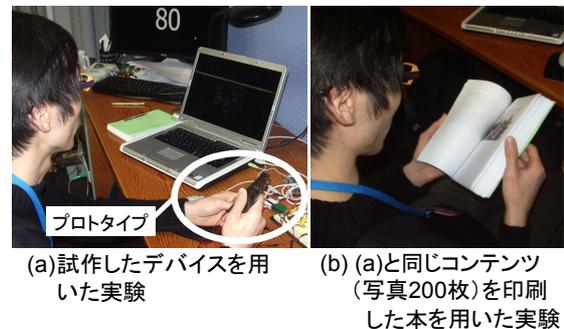
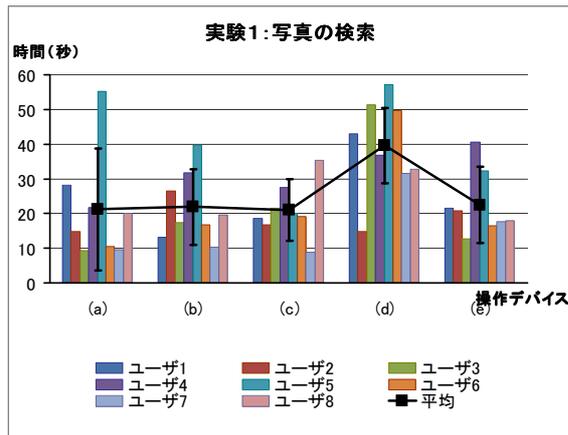


図 12 ユーザ評価実験の様子

Fig. 12 User test

6.2 実験結果

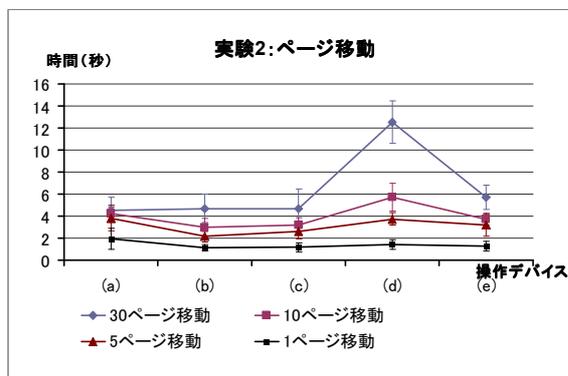
図 13 に (1) ランダムに提示される写真と同じものを探すタスクの実験結果を示す。ここで、(a) 本、(b) パソコンの左右矢印キー、(c) マウスホイール、(d) タッチパネルを用いた携帯情報端末、(e) 試作した曲げを利用した操作デバイスである。このタスクでは、8 人の被験者が提示された写真を見つけるまでの時間を計測する実験を 5 回ずつ行った。図 13 には各ユーザが 5 種類の方法でこのタスクを実行したときの平均所要時間と検索方法ごとの平均を示してある。試作したデバイスの結果(e)を他と比較すると、本、パソコン矢印キー、マウスホイール、とほぼ同じ性能を示すことが分かる。



(a) 本、(b) パソコンの左右矢印キー、(c) マウスホイール、(d) タッチパネルを用いた携帯情報端末、(e) 試作した操作デバイス

図 13 写真の検索に要する時間
Fig. 13 Time for finding a photo

図 14 に (2) 提示されるページ番号と同じものを探すタスクの実験結果を示す。この実験では、ユーザが見ている写真から 1 ページ、5 ページ、10 ページ、30 ページ前あるいは後のページを見つけるまでの時間を計測した。図 14 にはそれぞれのページ移動量に対して 5 種類の方法で操作した場合の平均所要時間を示す。



(a) 本、(b) パソコンの左右矢印キー、(c) マウスホイール、(d) タッチパネルを用いた携帯情報端末、(e) 試作した操作デバイス

図 14 ページ移動に要する時間
Fig. 14 Time for turning over pages

一定量のページ移動に関する実験では、パソコンの矢印キー操作とマウスホイールによる操作に比べるとページ移動量が大きい場合には若干遅いことがわかった。本と比べるとほぼ同等の結果である。

検索性に関する定量的な評価のほかに、曲げデバイスに関する定性的な評価を被験者の感想として得た。

- デバイスの曲げの大きさに対して線形にスクロール速度が増加するよりも、指数関数的に増加する方が良い。
- シートを曲げる操作とスクロールが加速する感覚があっている。
- スピーカからの音出力によるスクロール時の振動は直感的なフィードバックになっている。
- 指しおり機能は便利。

6.3 実験結果の分析

定量的には、提案手法である曲げ操作インタフェースは、本や既存の操作デバイスと同等の性能を実現していると言える。定性的には、シート状のデバイスを曲げる操作で、一次的に配列されたデジタルコンテンツを直感的にブラウジングすることが可能であると言える。「指しおり」機能も付加機能として有効であると考えられる。実験結果から、既存の操作デバイスと同等の検索性を維持しつつ、本をめくるメタファを利用した直観的なインタフェースとして提案手法が有効であると考えられる。

7. 議論

本研究では、物理的にデバイスを「曲げる」ことにより、人間が慣れ親しんだ本のページをパラパラとめくる感触を利用した直観的なコンテンツブラウジング方法を検討した。

プロトタイプを用いて基本的な実験を行った結果、定量的には本やパソコンのキー操作、マウスホイール操作など既存のデバイスと同等の操作性を確保して、写真の検索を行うことができた。定性的には、デバイスの曲げ具合でスクロール速度を変化させることにより直観的に操作を行うことができ、スピーカからの音出力による音と振動のフィードバックも有効であった。一次元状に配置されたコンテンツのブラウジングには、提案手法は有効であると考えられる。

「指しおり」の機能実装に関して本研究ではタクトスイッチを用いて機能面での検証を行った。フレキシブルディスプレイへの応用という意味では、タクトスイッチではなく、たとえばフレキシブルなタッチセンサなどを用いる必要がある。

応用としては、たとえばゲーム機のコントローラが挙げられる。加速度センサを利用したジェスチャ認識ゲームが普及しているが、直感的な操作という意味で曲げられる操作デバイスを用いたゲームという可能性も大きいと考える。テレビなど家庭向け映像機器の操作デバイス（リモコン）としても応用可能である。多機能化が進むテレビや HDD レコーダを誰もが簡単に操作できるインタフェースとして検討していきたい。

本研究では、本メタファを用いて一次元の曲げ具合をセンシングした。バンドセンサを 2 次元状に配置し、一枚のフレキシブルディスプレイの中でどの部分が曲げられているか、

を検出することも可能である。これを利用して、たとえば画像の部分的な拡大縮小や、曲げられている場所の画像補正などの応用を考えたい。

8. まとめ

本研究では、実世界指向インタフェースとフレキシブルディスプレイへの応用、という2つの観点から、本をパラパラとめくる動作をメタファにしたコンテンツブラウジング方法を提案し、プロトタイプを作成した。写真ブラウザや音楽プレーヤーソフトのCDジャケット操作などの簡単なアプリケーションを作成し基本操作実験を行った結果、シート状のデバイスを曲げる操作に伴う感覚や作法が、大量のデジタルコンテンツの直観的なブラウジング操作に応用可能であることを確認した。今後の課題は、実際のフレキシブルディスプレイを用いた試作と実験を行うことである。

謝辞 議論およびユーザ評価実験に参加して頂いた、HHILメンバ諸氏に感謝する。

参考文献

- 1) Carsten, S., Ivan, P., and Eijiro, M.: Gummi: A Bendable Computer, *Proc. CHI '04*, pp. 263–270 (2004).
- 2) David H., Roel, V., Mark, A., Nikolaus, T., and Derek, J.: Paper windows: interaction techniques for digital paper, *Proc. CHI '05*, pp. 591–599 (2005).
- 3) Nicholas, C., and Francois, G.: Enhancing Document Navigation Tasks With a Dual-Display Electronic Reader, *UIST '07, demonstrations* (2007).
- 4) NHK Information, 技術情報: 「フレキシブルディスプレイ用スピーカー」を開発,
<http://www3.nhk.or.jp/pr/marukaji/m-giju182.html> (2007).
- 5) Jameco Electronics,
<http://www.jameco.com/webapp/wcs/stores/servlet/ProductDisplay?langId=-1&storeId=10001&catalogId=10001&productId=150551>.