

推薦論文

## 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<sup>†1</sup> 望月 有人<sup>†1</sup>

さまざまな情報端末を用いて膨大な情報にアクセスすることが可能になってきているが、それらのユーザインタフェースはコンテンツの検索性という点において複雑さを増している。本研究では、複雑な操作を必要とせず所望のページにアクセスできる「本」という情報メディアに着目し、パラパラとページをめくる操作をメタファとしたブラウジングインタフェースを試作した。薄いシート状のデバイスを曲げる操作により、曲げによる弾力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デジタルコンテンツのブラウジング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を視野に入れている。

### Bendable Device for Browsing Content for Use as Flexible Display Interface

JUN-ICHIRO WATANABE<sup>†1</sup> and ARITO MOCHIZUKI<sup>†1</sup>

A rich variety of digital content can be accessed using various information terminal devices. However, the complexity of the user interfaces on these devices has been increased. In this paper, we propose a novel method of content browsing using a metaphor of turning the 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 tangible sense of turning over pages. The developed prototype can be applied not only as an interface for conventional information terminals but also as one for flexible displays.

### 1. はじめに

さまざまな情報端末を利用して膨大な情報を享受することが可能になってきている一方で、所望のコンテンツへのアクセサビリティが低下しており、ユーザインタフェースをデザインするうえで大きな課題になっている。たとえば家庭内では、大容量のHDDレコーダに長時間録画したテレビ番組、デジカメ写真、ホームビデオカメラで撮影した動画などを大量に蓄積し、GUI (Graphical User Interface) やリモコンを操作してそれらを視聴する。このとき、GUI やリモコンの良し悪しによって所望のコンテンツの検索性は大きく左右され、ユーザが感じる「ブラウジングの快適さ」に影響を与える。また、携帯型の情報端末を用いて場所を選ばず膨大な情報を楽しむことも可能である。このような端末では、画面や端末自体のサイズが制限されるため、より効率的なGUI やポインティング手法が求められており、数個程度のボタン、タッチパネル、スタイラスなどによる操作が一般的である。

所望のコンテンツへ効率良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デジタル世界でも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、実世界環境における自然な作法を利用してデジタル世界の情報とインタラクションする手法に関するものである。

本研究では、複雑な操作を必要とせず、ページをめくるというシンプルな操作で所望のページにアクセスできる「本」という情報メディアに着目し、ページをパラパラとめくるメタファを利用したブラウジングインタフェースを試作した。IT技術が発展し情報のデジタル化が進んでいるが、情報メディアとしての紙は廃れることなく存続している。Sellenらは、書類の束や本のページをめくりながら自在に情報を検索することが、デジタル機器にはない紙インタフェースのアフォーダンスの1つであり、好まれる理由であると述べている<sup>1)</sup>。

背景技術動向として、フレキシブルディスプレイ技術の発展がある。現状では、表示書き換え速度などの問題があり実用化まであと一歩という段階にあるが、近い将来には普及することが期待できる。情報表示部であるディスプレイそのものを曲げることができるため、本研究で提案するページめくりメタファを利用したインタフェースを有効に利用できる可能性がある。

本研究の目的は、「本メタファ」を利用したブラウジングインタフェースを試作し、シ-

<sup>†1</sup> 株式会社日立製作所基礎研究所日立ヒューマンインタラクションラボ  
Hitachi Human Interaction Laboratory (HHIL), Advanced Research Laboratory, Hitachi Ltd.

本論文の内容は2008年3月のインタラクション2008シンポジウムにて報告され、同プログラム委員長により情報処理学会論文誌への掲載が推薦された論文である。

ト状のデバイスを曲げるインタラクション手法に関する基礎実験と評価を行うことである。

## 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, Schwesig らの研究がある<sup>2)</sup>。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。曲げ操作のパターンがコマンドに割り当てられており(たとえば上方向連続 2 回の曲げ操作でシステムメニューを表示), アプリケーションごとにパターンを学習する必要がある。また, 地図などの画像のスクロールは曲げ操作ではなく, タッチセンサ操作で行っている。

Holman 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<sup>3)</sup>。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。主として 1 枚の紙に関するジェスチャに基づいたインタラクション手法の提案であり, 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。

Chen らは Dual-Display 式の電子ブックリーダー向けのインタラクションテクニックを提案している。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, これらを開閉する操作を利用して本メタファを電子ブックリーダー操作に適用している<sup>4)</sup>。ディスプレイを扇ぐようなジェスチャ (fanning) で 1 ページずつページをめくる操作を実現しているが, 多くのページを一気にバラバラめくるような操作は実装していない。

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<sup>5)</sup>。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 1 つである携帯性を損なわず音と映像を楽しむために有用な技術である。

本をメタファにしたデジタルコンテンツビューアに関する研究<sup>6)</sup> や製品も数多くある。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を貼り付けて表示したり, 電子書類を閲覧したりすることができる。キーボードの左右矢印キー, 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。タッチパネルを用いて指先でページをめくることも可能であり, グラフィクス表現のリアルなものもあるが, 画面中のバーチャルな本であるため実際の本に近い操作感覚を実現す

ることは難しい。

市販されている携帯音楽プレーヤの中には, 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。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実際の本のページをめくる感覚とは異なる。

## 3. 基本アイデア

### 3.1 本を読む作法

本を読む作法には個人差があるが, 表 1 に特徴的な作法を 7 つあげる。また, 既存の情報端末で写真ブラウジングを行う場合の対応する操作をあげる。

(1) は電源の ON/OFF, (2) はボタン操作で 1 枚ずつ写真を切り替えながら閲覧する操作に相当する。(3), (4) は全写真の内容を把握するための操作であり, 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。(5) はスライドショーの一時停止, (6) はブックマーク機能に相当し, 電子ブックリーダーには「しおり機能」が実装されているものもある。(7) のような状態を機能として実装している情報端末はあまりなく, 本に独特の操作

表 1 本を扱う操作と既存の情報端末操作の比較  
Table 1 Operations of a book and an information terminal device.

	本の作法	既存の情報端末で写真を閲覧する場合
(1)	表紙を開く・閉じる	電源の ON/OFF
(2)	1 ページずつページをめくる	ボタン操作で 1 枚ずつ写真を切り替える
(3)	ゆっくりとしたスピードでバラバラとページをめくる	ボタンの長押し マウスホイール スクロールバー
(4)	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	スライドショーの一時停止
(6)	付箋やしおりをはさむ	ブックマーク機能
(7)	後で参照したいページに指をはさんだ状態でページをバラバラとめくる	—

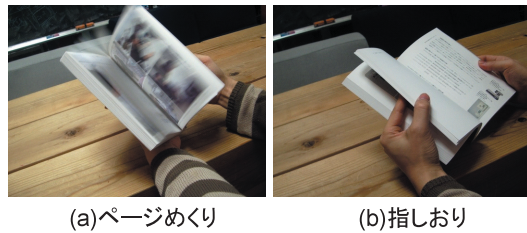


図 1 本に特徴的な操作  
Fig. 1 Operations which characterize a book.

であるといえる。

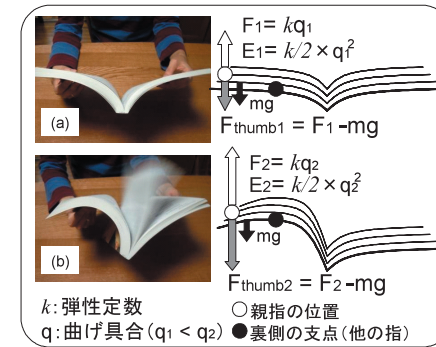
我々は、(3)、(4)のようにスピードを自在に変えながらパラパラとページをめくる作法(図1(a))が、本における情報閲覧に本質的であると考えた。ページを曲げることによる弾力や、めくられるページが指先に与える摩擦力がタンジブルフィードバックとなり、ページをめくるときの「心地良さ」を生み出しているのではないかと考えられる。本研究では、ページをパラパラとめくる心地良さをデジタルコンテンツのブラウジングにおいても体験できるインターフェースを目指して、曲げ操作を利用したシート状操作デバイスを試作した。また、気になるページに指をはさみそのページをいつでも開くことが可能であること(表1(7)、図1(b)、以降、「指しおり」と呼ぶ)も既存のデジタル機器にはない本独特の操作であると考え、一機能として実装した。

### 3.2 タンジビリティ

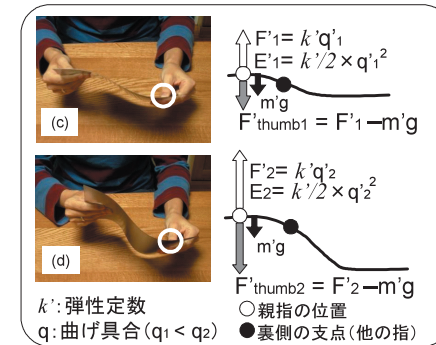
ページをパラパラとめくる操作を詳細に観察すると次のようなことが分かる。

- (1) ページをめくるときの方向と反対のページを曲げる。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。
- (2) 曲げ具合が大きい場合、親指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、押さえる力を緩めると徐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) 速くページをめくろうとする場合は曲げ具合が大きく、ゆっくりページをめくろうとすると曲げ具合が小さくなる。

本を開いた状態で保持した場合、左右のページは重力  $mg$  ( $m$ : ページの質量,  $g$ : 重力加速度)により撓む(図2(a))。ページをめくるときにはページを保持する裏側の指を支点



本のページをめくる様子。



薄いプラスチックシートを曲げる様子

図 2 曲げ具合と弾性力

Fig. 2 Bending and elasticity.

にしてページを大きく撓める(図2(b))。どちらの場合もページは曲げ具合  $q$  に応じた弾性エネルギー  $E = \frac{1}{2}kq^2$  を有し、弾性力  $F = kq$  で元にもどろうとする ( $k$  はページの弾性定数)。親指でページを押さえているときは  $F_{thumb} = F - mg$  の力を加えているが、親指の押さえを緩めると弾性力によりページがめくられる。曲げ具合 ( $q_1 < q_2$ ) が大きいほど弾性エネルギーと弾性力は大きく ( $E_1 < E_2, F_1 < F_2$ )、ページを押さえるために必要な親指の力も大きくなり ( $F_{thumb1} < F_{thumb2}$ )、親指を放したときのページめくりの速度や、めくられるか否かが決まる。

薄いプラスチックシートの左右の端を曲げる場合、シートの質量と弾性定数をそれぞれ

$m', k'$  とすると、ページめくりの場合と同じ力学が働くと考えられる。曲げ具合 ( $q_1 < q_2$ ) が大きいほど弾性エネルギーと弾性力は大きくなり ( $E'_1 < E'_2, F'_1 < F'_2$ )、その結果、親指でシートの端を押さえるために必要な力も大きくなる ( $F'_{thumb1} < F'_{thumb2}$ , 図 2(c), (d))。

図 3 に本の左右のページと薄いプラスチックシート (硬いものと柔らかいものの 2 種類) の左右の端にベンドセンサを取り付け、ページの右側を曲げて左方向にめくる場合とシートの右端を曲げた場合のセンサ値の測定結果を示す。「(1) 本を開いて保持 → (2) ゆっくりめくる → (3) 速くめくる → (4) 開いて保持」という操作と、「(1) シートを保持 → (2) 軽く曲げる → (3) 強く曲げる → (4) 保持」という操作を行った場合の測定値であり、縦軸の値が小さいほど曲げ具合が大きいことを表している。本では、右ページ (曲げる側, 図 3(b)) はページをゆっくりめくろうとする場合は曲げ具合が小さく、速くめくろうとする場合は曲げ具合が大きくなること、左ページ (支える側, 図 3(a)) はほぼ一定の撓み具合を保っていることが分かる。本の右ページ (図 3(b)) とシートの右端 (同図 (d), (f)) の曲げ具合の変化の様子は、大きさの違いはあるが同様の傾向を示している (柔らかいシートの場合 (f) は本と同程度まで曲げることもできる)。シートの左端 (支える側) の撓み具合は本の左ページ (図 3(a)) と同様に一定の曲げ具合を保っているが (同図 (c), (e)), その性質は異なる。本の場合は左右のページが中央で連結されているため、開いた状態ではつねに上方向に撓んでいる、これに対してシートの場合には一方の端を曲げる場合には、もう一方の端

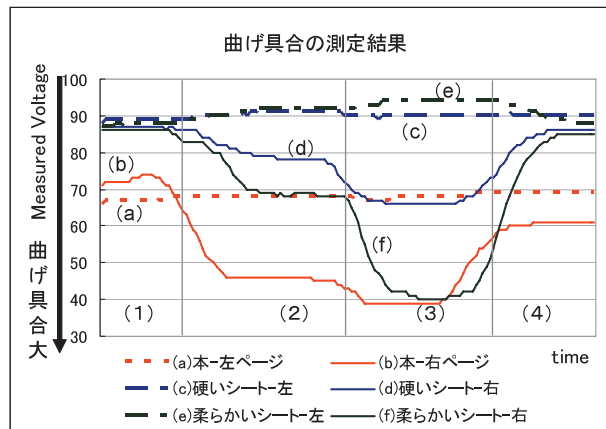


図 3 本と薄いプラスチックシートの曲げ具合

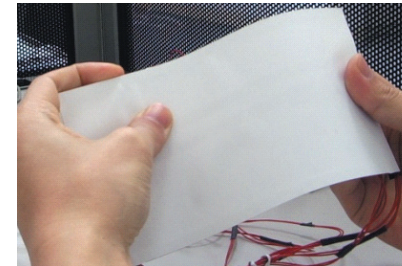
Fig. 3 Characteristic of bending of a book and a thin plastic sheet.

は逆方向に撓むように表面を親指で押さえる必要がある (図 2(c), (d) 丸印)。本研究では、ページをめくる場合とシートを曲げる場合の曲げる側の力学 (曲げ具合の変化) の類似性に着目し、ページめくりの心地良さを追求したシート状の入力デバイスを試作した。

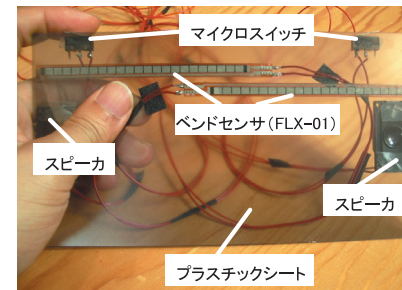
## 4. 実装

### 4.1 プロトタイプ

本研究では薄いプラスチックシートを曲げて操作するデバイスを試作した (図 4(a))。このシート状デバイスは、曲げ具合を取得するためのベンドセンサ、マイクロスイッチ、小型スピーカで構成されている (図 4(b))。ベンドセンサおよびマイクロ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センサの値に応じてスクロールや音出力を実行する。



(a) 外観 (背面にセンサ類を設置)



(b) 構成要素

図 4 プロトタイプ

Fig. 4 Prototype.

#### 4.2 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<sup>7)</sup>) を利用した (図 4(b)). FLX-01 は, フラットな状態で約 10 k $\Omega$ , 曲げると抵抗値が上昇し 180 度で約 40 k $\Omega$  の抵抗値を示す. 長さは約 10 cm 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, シートの左右の端に 1 つずつベンドセンサを設置し, どちら側がどの程度曲げられているかを検出した. たとえばページを右から左へめくる場合には本の右側を曲げる (図 5(a)) が, この操作をシートで行うと図 5(b) のような状態になり, 右側のベンドセンサの抵抗値が大きくなる (図 5(c)).

#### 4.3 写真ブラウザアプリケーション

水平方向一次元状に 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写真ブラウザを作成した (図 6(a)). たとえば, デバイスの右側を曲げると右から左へ写真がスクロールする. 本研究では曲げ具合とスクロール速度の関係に関して, (1) 曲げの大きさに対して線形に加速する方法と, (2) 指数関数的に加速する方法の 2 通りを実装した (図 6(b)). 曲げの大きさが閾値を超えると写真のスクロール

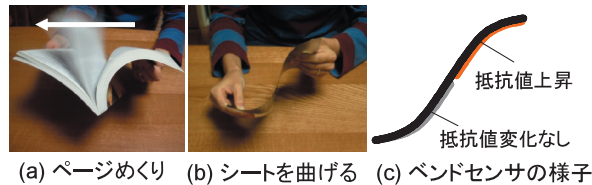


図 5 シートの曲げ具合の検出  
Fig. 5 Detection of bending sheet.

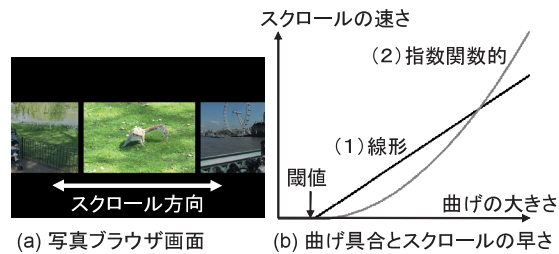


図 6 曲げ具合とスクロールの速さ  
Fig. 6 Amount of bending and speed of scrolling.

を実行する.

##### 4.3.1 指先の感覚と音

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 (振動) と音を同時に知覚している (図 7(a)). この振動と音はページめくりの速さを自在にコントロールするうえで重要なフィードバックとなっている.

本研究では, 小型のスピーカ (図 7(b)) をシートの左右の端に接着し, 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, 振動と音によるフィードバックをユーザに与えるように実装した. 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, ユーザは指先に振動を感じ, シート状デバイスから発生する音を聴いて, 本のページめくりと同様の感覚を体感できる (図 7(c)).

##### 4.3.2 指しおり

本を読む場合には, パラパラとページをめくる途中で興味のあるページを発見し, 人差し指, あるいは親指をそのページにはさんだ状態でページめくりを継続することがよくある (図 1(b)). ひとつおり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, 指をはさんでいたページをすぐに関くことができる.

本研究では, 人差し指の位置する場所に左右 2 個のマイクロスイッチを設け (図 4(b)), 指しおり機能に利用した. シートが曲げられている側と反対側のスイッチが押されたときに



図 7 音と振動  
Fig. 7 Sound and vibration.

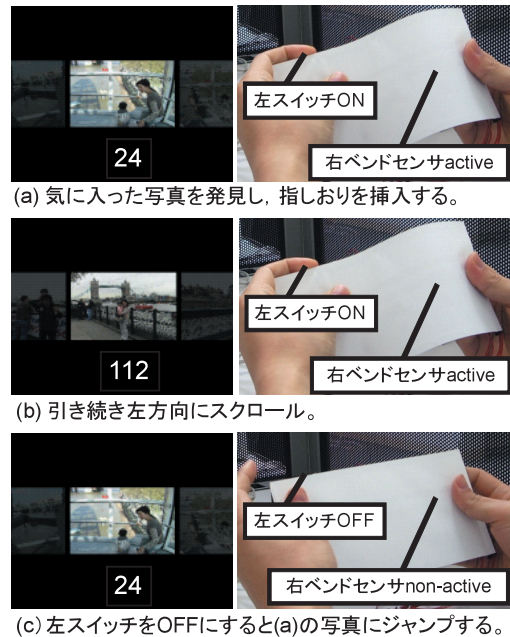


図 8 指しおり  
 Fig. 8 Finger-bookmark function.

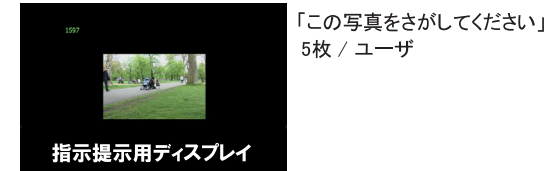
ページ番号を記憶する。たとえばシートの右側を撓めて右から左へスクロール中に気に入った写真を発見し、左側のマイクロスイッチを ON にして指しおりを挿入する(図 8(a))。引き続きスクロールを行った後(図 8(b))、マイクロスイッチをリリースすると記憶していたページを表示する(図 8(c))。指しおり機能により、スクロール操作を妨げることなくいつでも気になる写真を記憶することができる。既存の情報端末のしおり機能が、ブックマークの登録操作やブックマークリストの呼び出し操作が必要であるのに比べて、手軽に気に入ったコンテンツを記憶できる点で効果的である。

## 5. ユーザ評価実験

### 5.1 実験の目的と方法

本研究ではシート状デバイスを曲げる操作を利用したインタフェースを試作した。しか

### 実験1: 画像を検索キーにした検索性の評価



### 実験2: 一定ページ数移動時の操作性の評価

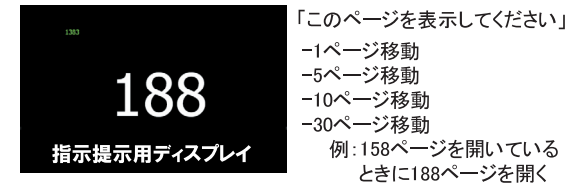


図 9 実験内容  
 Fig. 9 Experimental tasks.

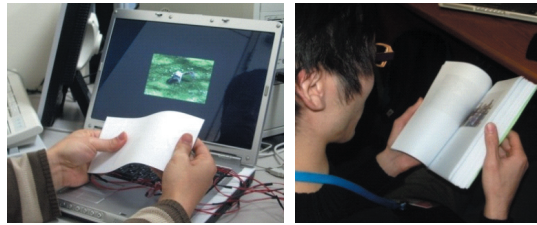
し、曲げ操作に比べて既存のボタン操作などが操作性で優位にあるならば、フレキシブルディスプレイが普及した場合においても曲げではなくボタンなどで操作を行うべきである。そこで、本研究で試作した曲げ操作デバイスの有効性を検証するために既存の操作デバイスとの比較実験を行った。比較対象は、(a) 本、(b) パソコンの左右矢印キー、(c) マウスホイール、(d) タッチパネルを用いた携帯情報端末、(e) 本研究で試作した曲げを利用した操作デバイス、の 5 種類の操作方法である。被験者には 200 枚の写真の中から、

実験 1: 提示される写真と同じものを探す

実験 2: 提示されるページ番号と同じものを探す

という 2 つのタスクを上記した 5 種類の操作方法を用いて行ってもらい、検索に要する時間を計測する(図 9)。実験 1 は画像をキーにした検索性の評価を、実験 2 は表示しているページからある一定ページ数移動する場合の操作性の評価をそれぞれ行い、曲げ操作の実用性の検証を目的としている。また、指しおり機能に関しては、操作方法を説明した後で実際に被験者に操作してもらい、感想を述べてもらった。

実験の様子を図 10 に示す。検索対象となる写真やページ番号を実験開始の合図と同時に指示提示用ディスプレイに表示し、検索に要する時間を計測する。実験の前提として「少なくとも 1 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、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



(a) 試作したデバイスを用いた実験 (b) 本を用いた実験

図 10 ユーザ評価実験の様子

Fig. 10 User test.

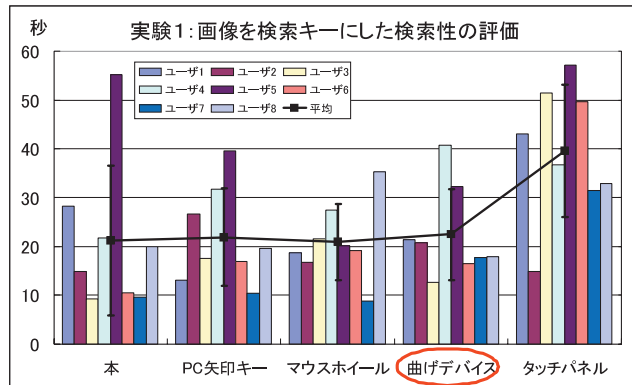


図 11 写真の検索に要する時間

Fig. 11 Time for finding a photo.

らったうえで実験を行った。試作したシート状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。被験者はパソコンや携帯情報端末をよく利用している 20~40 歳代の男女 8 名（女性 2 名、男性 6 名）である。

### 5.2 実験結果

図 11 に実験 1 の実験結果を示す。ユーザごとの平均検索時間と操作方法ごとの全平均を示してある。この実験では、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。試作したデバイスの結果を他と比較すると、本、パソコンの左右矢印キー、マウスホイールとほぼ同等の性能を示すことが分かる。

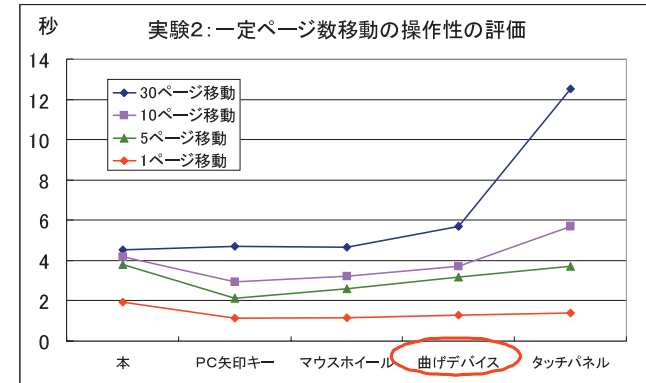


図 12 ページ移動に要する時間

Fig. 12 Time for turning over pages.

図 12 に実験 2 の実験結果を示す。操作方法ごとの平均時間を示してある。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それぞれ計測した。10 ページ以下のページ移動に関してはキーボードの矢印キー押下が最も操作性が良い。本研究で試作した曲げデバイスは、本よりも操作に要する時間は短く、矢印キーと比較しても 1 秒程度の遅れでありほぼ同等の操作性を有しているものと考えられる。30 ページ移動に関しては、本、矢印キー、マウスホイールがほぼ同等であるのに対して 1.2 秒程度、余分に時間を要している。実験前には、曲げ具合を自在に変えながら体感的にスクロール速度を変えることができる本研究の手法は、大きな移動に関しては既存の操作方法よりも有効ではないかと予想していたが、その予想に反する結果であった。この原因としては、曲げ具合を大きく維持した状態で高速でスクロールを実行し、目的のページを発見したときにスクロール停止に失敗する、という操作ミスが起こるためだと推測する。これに対して 10 ページまでの移動ならば曲げ具合を小さく維持して低速でスクロールを行うため、目的のページで確実に停止することができる。スクロールを確実に停止させる方法に関しては、曲げ操作の停止という操作ではなく、マイクロスイッチの押下などで解決可能であると考えられる。

指しおり機能に関しては、曲げ操作とボタン操作を同時に行う操作であるが、操作自体は問題なく行うことができていた。既存の情報機器には実装されていない機能であり、「あれば便利な機能である」と認識した被験者が多かった。ただ、今回使用したマイクロスイッチ

のサイズ、形状、設置位置に関しては改善の余地があると考えており、複数本の指しおり挿入機能など、機能面での拡張も図りたい。

また、試作した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。曲げをスクロールに対応づけた点については、体感的にスクロール速度調節が可能なことに関して肯定的な評価を得た。スクロール速度については、曲げの増加率に対してスクロール速度の増加率が大きい場合（指数関数的）の方が、線形にスクロール速度が増加するよりも心地良く操作でき、ページをめくる感覚に合っている、という被験者が多かった。

## 6. 議 論

実験の結果、本研究で試作したシート状デバイスは、定量的には本やキーボード、マウスホイールなど既存の操作方法と同等の検索性、操作性を備えているといえる。被験者の感想として、シート状デバイスを曲げる感覚や、曲げ具合とスクロール速度の加速性、指しおり機能などに関しては肯定的な意見が多く、ページめくりメタファを利用したタンジブルなインタフェースを実現できたと考える。

検索性に関しては操作デバイスによる差はあまり大きくなく、むしろコンテンツの特徴による影響が大きいことが本研究で実施した実験で定量的に分かってきた。被験者がコンテンツの内容や位置をどの程度記憶しているかによって同じ写真を提示した場合でも検索に要する時間が異なる。今回の実験で使用した 200 枚の写真の中には、同じような写真が連続して並べられているシリーズものとそうでないもの、記憶しやすいならかの特徴があるものとそうでないものが混在している。実験では、これらの組合せ 4 通りの条件を満たす写真を提示した。たとえば、「お誕生日シリーズの中のケーキのみ（唯一）」「観覧車シリーズの中の子ども（類似写真多数）」「全写真の中で唯一のピンク色調」「子どもシリーズと公園シリーズの間にある 1 枚」などである（図 13）。図 14 にこの 4 種類の写真ごとの検索に要する時間を示す。シリーズものであれば全コンテンツ中のどの位置にあるかということをグループとして記憶しているため、写真が提示されてすぐにそちらの方向へスクロールを始める。シリーズものではない場合には全体の中における位置を記憶しにくいいため検索に時間を要するが、特徴がある写真であれば位置を覚えている場合もある。シリーズものでなく特徴もない写真は検索に多くの時間を要する。この結果は、記憶や検索対象コンテンツの持つ特徴と、人間の検索行動の間に相関があることを示唆している。人間の検索行動メカニズムを理解し、より自然な作法でコンピュータとインタラクションできる手法を実現するために、実験を継続して知見を得たい。



図 13 実験に用いた 4 種類の写真  
Fig. 13 Photos with different features.

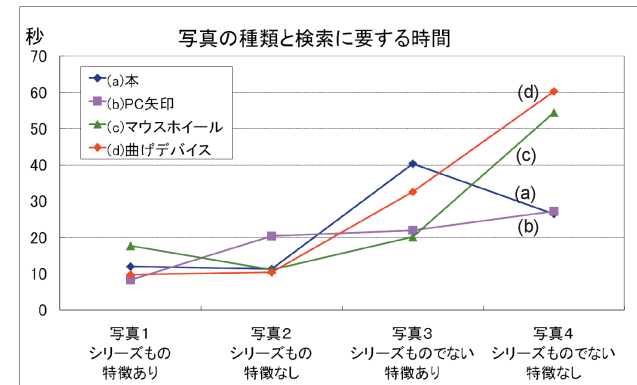


図 14 写真の種類と検索に要する時間  
Fig. 14 Photos with different features and time for finding them.

## 7. まとめと今後の課題

本研究では、心地良い操作感で膨大なコンテンツのブラウジングを行うことができるインタフェースとして、実世界の本に対する作法をメタファにしたシート状デバイスを試作し



た。これは、手や指先に感じる弾力を知覚しながらシート状デバイスの曲げ具合を調整し、スクロール速度を自在にコントロールして写真のブラウジングを行うものである。ユーザ評価実験を行った結果、本やキーボードやマウスホイールなど既存の操作方法と同等の操作性を維持しつつ、ページめくり操作と同じような感覚で操作を行うことができることを確認した。また、コンテンツブラウジングインタフェースの設計という観点から、コンテンツの特徴が検索性に与える影響に関する基礎的な実験データを得た。シリーズものや特徴のあるコンテンツは記憶されやすく検索に要する時間が少ない。

今後の課題の1つは、本の厚みに着目したインタラクション方法を実装することである。たとえば、100ページの本で75ページを開く場合には本の厚さの4分の3あたりを最初に開き、そこから差分をめくる。既存の情報端末では、指定した番号のページを表示することは可能であるが、所望コンテンツの位置をなんとなくは覚えているがページ番号までは分からないという場合に適したブラウジング方法はない。一覧表示でサムネイルやリストなどを利用して検索することは可能であるが、画面サイズが制限される携帯端末向けには適していない。本の厚みを利用した作法を応用できれば有効であると考えられる。

もう1つの課題はページめくりの心地良さを生み出している曲げ以外の力学的要因も利用することである。ページの曲げ具合だけでなく、親指の押さえやすさがページめくりに重要な役割を果たしている可能性がある。これらを反映した、より本のダイナミクスに忠実な実装を行う予定である。

謝辞 議論およびユーザ実験に参加していただいた、HHIL メンバ諸氏に感謝する。

### 参 考 文 献

- 1) Sellen, A.J. and Harper, R.H.R.: *The Myth of the Paperless Office*, MIT Press, ISBN:026269283X (2003).
- 2) Schwesig, C., Poupyrev, I. and Mori, E.: Gummi: A Bendable Computer, *Proc. CHI '04*, pp.263-270 (2004).
- 3) Holman, D., Vertegaal, R., Altosaar, M., Troje, N. and Johns, D.: Paper Windows: Interaction Techniques for Digital Paper, *Proc. CHI '05*, pp.591-599 (2005).
- 4) Chen, N., Guimbretiere, F., Dixon, M., Lewis, C. and Agrawala, M.: Navigation Techniques for Dual-Display E-Book Readers, *Proc. CHI '08*, pp.1779-1788 (2008).
- 5) 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 (2007). <http://www3.nhk.or.jp/pr/marukaji/m-giju182.html>

- 6) Arai, K., Yokoyama, T. and Matsushita, Y.: A Window System with Leafing Through Mode: BookWindow, *Proc. SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems*, pp.291-292 (1992).
- 7) Jameco Electronics. <http://www.jameco.com/webapp/wcs/stores/servlet/ProductDisplay?langId=-1&storeId=10001&catalogId=10001&productId=150551>

(平成 20 年 3 月 21 日受付)

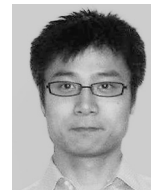
(平成 20 年 9 月 10 日採録)

### 推 薦 文

膨大な情報の中から所望の情報への直感的なアクセスに適した、本の操作作法をメタファにしたインタフェースを試作している。フレキシブルディスプレイの実用化・普及を視野に入れた将来性のあるインタラクション手法は新規性が高く、評価実験でその有効性も確認している。本論文の元となったシンポジウム論文は、インタラクション 2008 シンポジウムにおいて評価が特に高く、論文誌への推薦が強く期待されたものである。

(インタラクション 2008 シンポジウムプログラム委員長 井上智雄)

渡邊純一郎 (正会員)



1999 年日立製作所中央研究所に入社し音声認識の研究に従事。2003 年より同社基礎研究所日立ヒューマンインタラクションラボ (HHIL) にてヒューマンインタフェースの研究に従事。

望月 有人



2005 年日立製作所基礎研究所に入社。日立ヒューマンインタラクションラボ (HHIL) にてヒューマンインタフェースの研究に従事。