

# 直接操作可能なめくりインタフェースによる新しいインタラクションの提案

井澤謙介<sup>†</sup> 鈴木宣也<sup>†</sup> 赤羽亨<sup>†</sup>  
山川尚子<sup>†</sup> 丸山潤<sup>††</sup> 相坂常朝<sup>††</sup>  
久保元亮樹<sup>††</sup> 柴山史明<sup>††</sup>  
竹中寛<sup>††</sup> 小林茂<sup>††</sup>

本研究は、紙の書籍をめくるのに近い感覚で電子書籍をブラウズできるインタフェース「Flip Interface」と、それをを用いた新しい読書体験のインタラクションについての提案である。静電容量センシングの電極として銀インクを印刷した複数のフィルムを複数枚積み重ねたものをセンサとし、これをはじくことで紙をめくるようにページをブラウズできる。紙の書籍と人の関係を単に電子書籍において再現するのではなく、両者の関係から抽出した要素を電子書籍ならではのインタラクションとして提案する。プロトタイプを用いた質的調査の結果より、タッチパネルによる電子ブックリーダーよりも指先の感覚に訴え、質感豊かな体験をもたらすインタフェースとなっていることが検証できた。

## A Proposal of New Interactions with Directly-manipulable ‘Mekuri’ Interface

KENSUKE IZAWA,<sup>†</sup> NOBUYA SUZUKI,<sup>†</sup> KYO AKABANE,<sup>†</sup>  
HISAKO YAMAKAWA,<sup>†</sup> JUN MARUYAMA,<sup>††</sup> TSUNETOMO AIKAWA,<sup>††</sup>  
RYOKI KUBOMOTO,<sup>††</sup> FUMIAKI SIBAYAMA,<sup>††</sup> HIROSHI TAKENAKA<sup>††</sup>  
and SHIGERU KOBAYASHI<sup>†††</sup>

In this study, we propose Flip Interface, a new interface that enables the user to browse electronic books with feeling similar to flip pages of paper books, and novel interactions for book reading experiences. Flip Interface consists of sensors compounded from multiple Ag ink printed films as electrodes for capacitive sensing. We aim to not by simulating relations between paper books and human, but by extracting essences. According to the results from the qualitative research, this interface has possibilities to be a new interface that realizes novel book reading experience with rich texture.

### 1. はじめに

本研究は、紙の書籍をめくるのに近い感覚で電子書籍をブラウズできるインタフェース「Flip Interface」、およびそれをを用いた新しい読書体験を提案するものである。フィルム状の静電容量センサを複数枚積み重ねたものをセンサとし、これをはじくことで紙をめくるようにページをブラウズできる。電子書籍において単に紙の書籍と人の関係を再現するのではなく、両者の関係から抽出した要素を電子書籍ならではのインタラクションとして新たに提案するものである。

近年、情報を直感的に扱う入力方式としてディスプレイに直接タッチする入力方法が普及しつつあり、様々な情報機器にタッチパネルが搭載されている。Apple社のタブレット型コンピュータ「iPad」を皮切りに、通信キャリア、家電メーカー、印刷会社、大手書店などが日本の電子書籍市場に参入することが決まった。ウェブや雑誌などでは2010年を「電子書籍元年」と称して、電子書籍関係の話題が数多く取り上げられている<sup>1)</sup>。このような背景もあり、書籍の電子化は急速に進み、それに伴い多様な電子ブックリーダーが発売、その普及とともに電子書籍市場も急速に拡大し、電子ブックリーダーでの読書体験は一般的なものになりつつある。

普及し始めた電子ブックリーダーのインタフェースの現状は、触覚及び操作方法（直接操作と間接操作<sup>2)</sup>）

<sup>†</sup> 情報科学芸術大学院大学  
Institute of Advanced Media Arts and Sciences

<sup>††</sup> 日本写真印刷株式会社  
Nissha Printing Co., Ltd.

<sup>†††</sup> 岐阜県立国際情報科学芸術アカデミー  
International Academy of Media Arts and Sciences

の点から主に2つのカテゴリーに分けられる。1つは電子書籍専用端末で、AmazonのKindleやSONYのSONY Readerがあげられる。これらのインタフェースはボタンによるスイッチ操作が基本で、触覚的な要素がある反面、マウスやキーボードと同様に間接操作である。もう一方は、タブレット型コンピュータである。AppleのiPadやSHARPのGALAPAGOS、SAMSUNGのGalaxy Tabなどがあげられる。これらはタッチパネルによるタッチ入力方式のものが大多数で、直接操作が可能である反面、ガラスパネルの表面を触るだけの入力方法で、触覚的要素の欠如が問題として挙げられる。このように電子ブックリーダーのインタフェースには現状では2つの方向があるが、画面の中の書籍を読むというインタラクションについてはまだ試行錯誤の段階である。

本研究では、手で触れることができる実体物をインタフェースに用いることでユーザにとって直接操作を可能にすることを目的としたFlip Interfaceを提案する。スイッチ操作では実現されていない直接操作と、タッチ入力方式では実現されていない触覚という2つの要素を実現することで、従来の電子ブックリーダーとは異なる読書体験が期待できる。このインタフェースを既存の電子ブックリーダーのインタフェースと比較することで、読書体験にどういった変化が起こるのかをインタビューを中心とした質的調査法で検証する。

## 2. 関連研究

情報処理技術やハードウェアの発展を背景に登場したデジタルコンテンツにアクセスするためのインタフェースについては、様々な研究が行われてきた。特に、人間の身体空間において慣れ親しんだ感覚をインタフェースに用いる実世界指向インタフェースについての研究は数多く行われている。

石井らは、情報に物理的実体を与え直接触れて感知・操作可能にするタンジブル・ユーザー・インタフェースをタンジブル・ビット<sup>3)</sup>として提唱した。物理世界を「メタファ」としてグラフィカルにシミュレートするのではなく、物理世界そのものをインタフェースに変えることで、直接触れ、自然な作法でコンピュータとインタラクションできるインタフェースとして位置づけている。

渡邊、望月らは、フレキシブルディスプレイへの操作方法としてブック型インタフェース<sup>4)</sup>を提案した。これは、本の形状をしたデバイスを両手で持ち、文庫本をパラパラめくるのに似た操作でデジタルコンテンツをブラウジングできるインタフェースである。折り

曲げ可能なプラスチックシートの中に曲げセンサと感圧センサがあり、このシートの曲がり具合とシート面上の指のズレによる圧力を検出し、パソコンに無線で伝えている。

光永らは、電子ペーパーに向けたフリップインタフェース<sup>5)</sup>として、表示装置である液晶テレビの周辺に曲げられる領域を設けたインタフェースを提案した。こちらも曲げセンサを用いており、曲げセンサの出力が設定した閾値を超えた時をセンサが反応した時とし、時間の経過によってブラウジングの方法を変化させている。

チームTERIYAKIは、紙の書籍を曲げる動作に応じて紙でできた歯車を回転させ、ユーザがその紙の歯車に触れながらデジタルコンテンツを動かすことができるインタフェースとしてパラંગ<sup>6)</sup>を提案した。実際の紙に触れながらデジタルコンテンツを操作することで、紙の書籍のめくる感覚を再現している。

David Holmanらは、電子ペーパーのためのインタラクションの提案として紙にプロジェクションをすることで操作部と表示部の一体化したプロトタイプ制作とインタラクションの提案をしている<sup>7)</sup>。プロジェクションをおこなう紙と操作をする指に赤外線マーカーを付け、赤外線カメラVicon IR cameraで動きをキャプチャすることで、電子ペーパーにおける様々なインタラクションの実証をおこなっている。

いずれも共通しているのは曲げセンサを使用し、紙の書籍をめくる際の曲げ具合やせん断力の関係をデジタルコンテンツの操作方法に用いている点である。また、多くはフレキシブルなディスプレイを想定したブラウジング方法の提案で、インタフェースのみの提案という観点で考えられている。また、フレキシブルディスプレイ等の媒体が十分な表示速度でないために操作部と表示部が一体化しておらず、このようなインタフェースがどういったインタラクションをもたらすのかについては明確には述べられていない。David Holmanらの研究のようにプロジェクションによる操作部と表示部の一体化を試みた研究もあるが、投影範囲の制限や使用方法や使用時の環境が限定的になってしまうなどのユーザへの負担が問題としてある。そのため、操作部と表示部が一体化しているものの限定的な条件化での実験・評価にとどまっている。

## 3. プロトタイプの実装

### 3.1 ハードウェアの構成

プロトタイプとして制作したFlip Interfaceを実際に操作している様子を図1に、構成を図2に、システ

ム構成を図3に示す。プロトタイプのリップインタフェースは、タッチパネルのデバイスに付加するインタフェースと位置づけ、今回は付加する対象としてApple社のiPadを選択した。このタブレット型コンピュータは日本における現在の電子書籍ブームの火付け役として広く知られており、画像処理の速度など機器としてスペックも十分あることが選択の理由である。リップインタフェースはiPadと一体化するようにし、リップセンサと呼ぶセンサをデバイスの両端に固定してセンサの変化を電気信号にしてデバイスと通信する。マイコンボードにはAtmel社の8ビットマイコンATmega328Pを実装し、電極と抵抗器による弛緩発振方式の静電容量センサを構成した。また、既存の電子ブックリーダーとのインタラクションの違いを検証するため、デバイスを持って電子書籍を読む際に違和感がないように配線等を隠すケースも制作した。



図1 Flip Interface を操作している様子。iPad 本体と一体化していることで、違和感なく操作できる。

Fig.1 Reading an electronic book with Flip Interface. Since the interface is integrated with an iPad, the reader can operate without uncomfortable feelings.

### 3.1.1 フリップセンサ

リップセンサは、弾力性のあるPET フィルムの片面に導電体である銀インクを印刷したフィルムを複数枚積み重ねたもので、このフィルムを静電容量センサとしてセンシングをおこなう。図4にリップセンサの外観、図5にリップセンサの構造を示す。制作したリップセンサは5枚のフィルムから成っていて、長辺の長さはいずれも35mmであるが、短辺の長さは1枚ごとに異なる。紙の書籍のページの端をメタファとして用いているため、5枚が階段状に並ぶようにサイズの調整をしている。一番短いフィルムの短辺の長さは25mmで、階段状に26mm、27mm、28mm、29mmと1mmずつ長くなっている。雑誌の

Polyethylene Terephthalate の略。

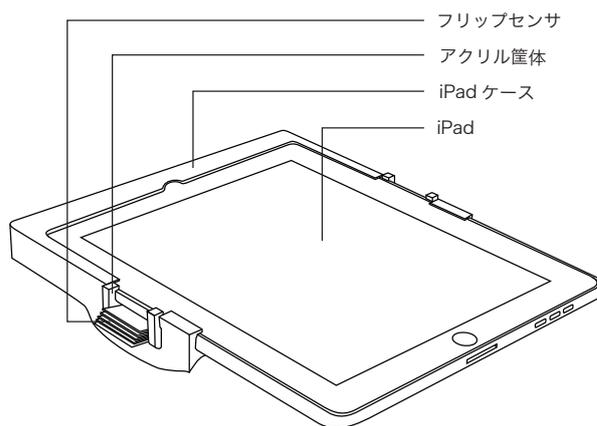


図2 Flip Interface の構成図。リップセンサをiPadの両端にアクリル筐体で固定している。リップインタフェースはこれと基板を専用のケースで覆ったものである。

Fig.2 The structure of a Flip Interface. The sensors are mounted to each side of an iPad's body with acrylic frames. Flip Interface consists of flip sensors, PCBs and a case.

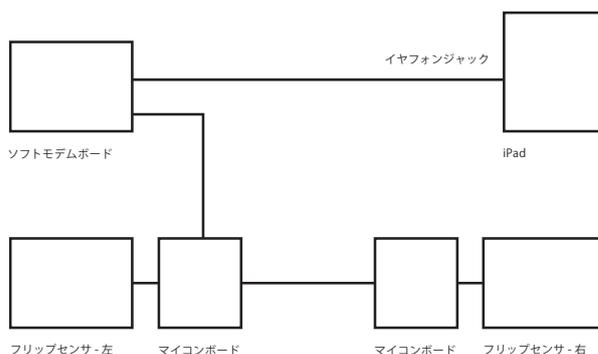


図3 Flip Interface のシステム構成。左右のリップセンサがマイコンボードと繋がっており、マイコンボードはモデムボード、イヤフォンジャックを通じてiPadと通信している。

Fig.3 The system of a Flip Interface. The flip sensors on both side are connected to the microcontroller board, and the board communicates with the iPad via the modem board.

ようなめくり感を再現するため、フィルムとフィルムの間には一定の間隔が空くようにするためのアクリルパーツを制作した。図5にリップセンサを組み上げたものを提示する。リップセンサを作る過程でPETフィルムの厚さによる操作感の違いを検証するため、 $0.5\mu\text{m}$ 、 $0.75\mu\text{m}$ 、 $1.0\mu\text{m}$ の3パターンの厚さを試し、同様に弾力に影響するフィルムの長さも複数回調整した。フィルム同士の間隔は1.0mm、1.5mm、2.0mmを試し、最終的にフィルムは $1.0\mu\text{m}$ の厚さで、短辺の長さが25mmから1mmずつ増加していくものを5枚、フィルムの間隔を1.5mmに設定した。

### 3.1.2 操作部と表示部の結合

センサ部分はデバイスと結合されていて操作部と表

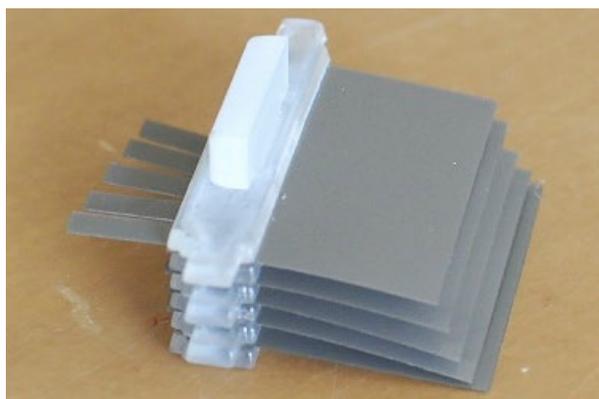


図 4 フリップセンサは 5 枚の PET フィルムとアクリルパーツの組み合わせでできており、それぞれのパーツの中心に軸を通すことで固定している。

Fig. 4 A flip sensor consists of five PET films and acrylic frames, and parts are tied up with a stem.

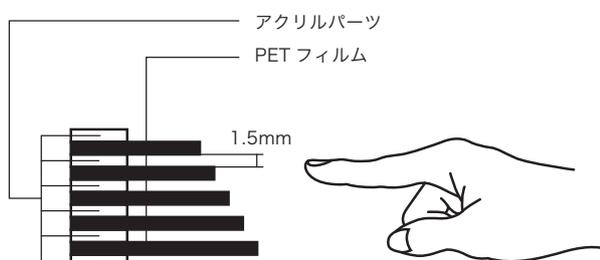


図 5 フリップセンサは PET フィルムの上に 1.5mm のアクリルパーツをはさみ、フィルムとフィルム間に適切な隙間を作っている。この間隔によってフィルムを曲げるのに必要な力やめくったときの感触が変化する。

Fig. 5 The clearances between films are 1.5mm by inserting an acrylic spacer. The clearance affects the force to bend films and feelings.

示部が一体化している (図 6)。センサ部分とデバイスの結合にはアクリルを用いて、このアクリル筐体にフリップセンサやマイコンボード、ソフトモデムボードを固定した状態でデバイスと結合させている。フリップセンサを固定するには、複数の角度で比較検討を行った結果から、約 15 度の傾きをつけた状態で固定し、デバイスを手に持って操作しやすくなるようにしている。なお Flip Interface の重量は 85g で、使用している iPad Wi-Fi モデルの重量 680g に装着した状態の総重量は 765g であった。

### 3.1.3 音声信号による iPad との通信

マイコンボードと iPad の通信方法として FSK (Frequency Shift Keying, 周波数偏移変調) によりデジタル信号を音声信号に変換して送信する方法を採用した。今回のプロトタイプでは佐々木がオープンソースで公開しているライブラリとハードウェアのリファレ

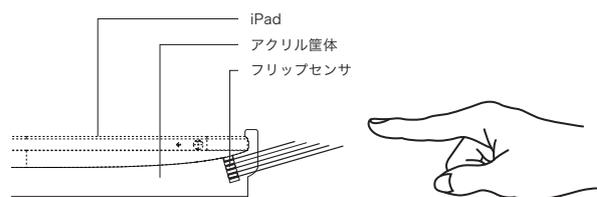


図 6 フリップセンサのアクリル筐体を経由した iPad への固定方法。フリップセンサを iPad の底面の曲面に沿って固定することで、Flip Interface を持った際に触れやすい角度をつけている。

Fig. 6 A flip sensor is tied to the body of an iPad. The angle is carefully determined through testing with partial prototypes.

ンス設計「SoftModem」を利用した。マイコンボード側ではセンサから受けた値を一度 FSK で音声に変調し、iPad 側で音声からデジタルデータに復調する。この通信方法以外に Wi-Fi や Bluetooth による無線通信も検討した。しかし、無線の使用によりデバイスの駆動継続時間が急激に低下する、個々のネットワーク環境の違いによるトラブルの発生、無線通信によるレイテンシといった問題が考えられたため、シンプルで確実な方法として音声による有線通信を選択した。

### 3.2 ソフトウェアの構成

FSK で音声信号に変換されたデータは、iPad 側で音声からデジタルの信号に変化し、データに応じてアプリケーション内のデジタルコンテンツのページを遷移する。図 7 にフローチャートを示す。

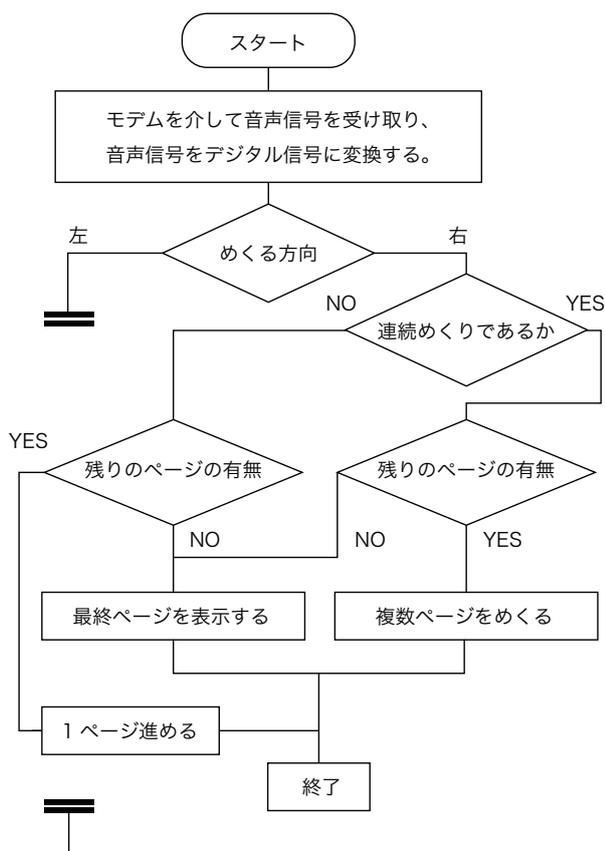
#### 3.2.1 Leaves

Flip Interface 専用のアプリケーションはオープンソース・ソフトウェア「Leaves」をベースに開発した<sup>8)</sup>。Leaves は、紙のページをめくるようなアニメーションに対応して PDF や画像をブラウジングできるフレームワークである。このフレームワークと SoftModem ライブラリを組み合わせたものを用いて Flip Interface の専用アプリケーションを開発した。

#### 3.2.2 予備実験

Flip Interface を実装し、予備実験として被験者 4 名に Flip Interface を使用して電子書籍を読んでもらい、実験を行うにあたって改善点がないか調査した。予備実験施行後の被験者のインタビューから、インタフェースを操作していないのにも関わらずページがめくってしまう誤操作が問題として多くあげられた。この問題は、静電容量センサの実装が完全ではないため、触れていないのにも関わらずセンサが反応したため起こった問題だと考えられる。そこで、フリップセンサに実

## 直接操作可能なめくりインタフェースによる新しいインタラクションの提案



残りのページがなければ最初のページを表示する。それ以外はめくっていく方向以外に違いはなく、右方向のフローチャートと同じである。

図 7 Flip Interface 用に開発した電子書籍リーダのフローチャート。左右のフリップセンサの状態に応じて PDF 形式で用意した電子書籍をリアルタイムでレンダリングして表示する。

Fig. 7 The flow chart of the electric book reader software. The reader renders pages of electric books in PDF format in relation to state of flip sensors.

際に触れて、ある程度力を加えてセンサを曲げた時に反応するスイッチセンサを静電容量センサ方式と組み合わせることでこの問題を解決できると考えた。

### 3.2.3 フリップセンサの改善

予備実験で上がった問題を改善するために、静電容量センサ方式に新たにスイッチセンサ方式を加えたフリップセンサの制作を行った。センサ部以外のデバイスの結合方法やソフトウェア自体に大きな変化はない。図 8 に新たに制作したフリップセンサの構造を示す。このフリップセンサは、導電体である銀インクがペーストされた PET フィルムを二枚重ね合わせることで、フィルムの両面に導電部が存在するフィルムを制作した。フィルムの上面は、アクリルパーツの導電体との接触によるスイッチセンサの役割を果たし、下面では静電容量センサの役割を果たすようにするために両面に導電体を用いている。この PET フィルムを積み重ね

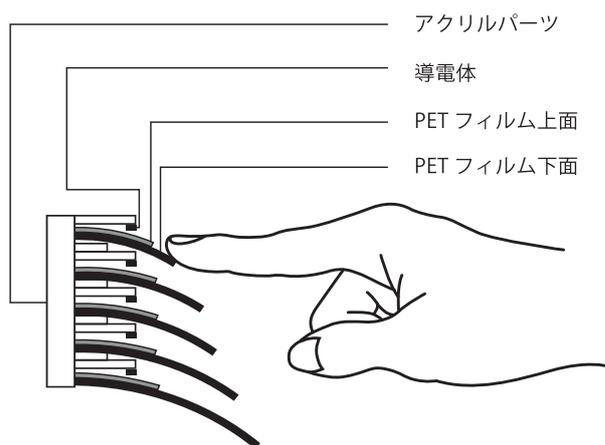


図 8 静電容量センサ方式とスイッチセンサ方式のハイブリッドなフリップセンサの構造。フィルム上面がスイッチセンサで、フィルムの下面で静電容量センサになっている。

Fig. 8 The structure of the hybrid version of the Flip sensor. A flip consists of a film for switch (the upper side) and another film for a capacitance sensor (the under side).

た物をハイブリッド方式のフリップセンサとして用いている。スイッチセンサである上面は、アクリルパーツ側に装着された導電体とフリップセンサ側の導電体が接触したり、離れたりすることで起こる通電の ON と OFF のセンシングを行う。通常時は PET フィルムとアクリルパーツの導電体は接触した状態で、通電することでスイッチは ON の状態である。フリップセンサをめくる際に PET フィルムが彎曲し、導電体同士の接触が外れることで通電しなくなり、スイッチ OFF になる。そして、フィルムをはじくことで彎曲したフィルムは再びアクリルパーツ側の導電体と接触し、通電することでスイッチが ON になる。静電容量センサの値に閾値を設けて、この OFF → ON に変わった時に静電容量センサの値が閾値を超える変化があれば、フリップセンサをめくったと判定することができる。この静電容量センサ方式とスイッチセンサ方式の 2 つのセンシング方法を用いることで、静電容量センサのみのフリップセンサと比べて誤動作を少なくすることができた。本実験はこのセンサを用いて行った。

## 4. 実験

### 4.1 概要

提案した Flip Interface が、従来の電子ブックリーダーのインタフェースと比べてどのような違いがあるのか比較する為にインタビュー主体の評価実験を行った。定量的調査法ではなく、インタビューによる質的調査法を用いたのは、検証の対象となるのが電子書籍の読書体験という主観的なもので、被験者の率直な感

想が重要であると考えたためである。比較する対象としては、Apple が iPad 用に提供している「iBooks」という電子ブックリーダーのインタフェースとした。iBooks は、タッチパネル上で指のジェスチャーにより操作するインタフェースで、既存のタブレット型コンピュータの多くはこの iBooks と同様な入力方法でデジタルコンテンツを操作している。この 2 種類のインタフェースを比較することで、インタフェースの違いによってインタラクシオンにどのような変化があるのか調べることを目的とした。

#### 4.2 実験計画

実験用のデジタルコンテンツは、週刊誌の漫画、から 5 タイトル分（1 タイトルは約 18 ページ）の合計 95 ページを PDF 形式に変換したものを 2 種類用意した。漫画を電子データで読むことはすでに市場として確立しており、ある程度一般化している。また、テキストとグラフィックが適度にレイアウトされておりページの行き来も頻繁であることなどから、今回の実験用の素材としては漫画が適していると判断した。実際の週刊誌では、それぞれの号ごとに多くのジャンルの内容が含まれるため、読者の読みたいタイトルは常に同じところに配置されている訳ではなく、まず所望のタイトルを検索することから始まる。これに習い、本実験でもユーザに指定したタイトルを検索してもらい、見つけ出したタイトルを読むというタスクを設定した。

以上の課題は全て被験者に椅子に座ってもらった状態で試行した。

#### 4.3 被験者

被験者は男性 4 人、女性 4 人の合計 8 名で平均 23.5 歳の学生、被験者のうち電子書籍を読んだことがある者は 6 名で、その内の 1 名は iPad を所有していた。

#### 4.4 実験手順

iPad (Wi-Fi モデル、メモリは 16GB) を 2 台用意した。1 台は Flip Interface が装着された iPad で、もう 1 台は iBooks で読むための iPad として、別々の PDF を入れたものを用意した。予備実験として、被験者 1 名により 2 つのインタフェースで所望のタイトルの検索から読み終えるまでの時間を計測した。その結果より、指定した漫画のタイトルを読み終えてからの動向を見ることも想定して、8 分という時間を設定した。また、2 種類のインタフェースを各被験者に試してもらうため、インタフェースを試す順番を Flip Interface、iBooks、iBooks、Flip Interface という 2 つのパ

ターンを用意し、試す順番によって偏ったデータにならないよう、両パターンとも男女 2 名づつに試してもらった。被験者には導入として研究と実験の目的を伝え、各インタフェースの操作方法の説明をおこなった。その際に指定したページ数をめくってもらい、各インタフェースでのめくり時間を測定した。その後、実験を 2 つのインタフェースで試してもらい、2 回の試行終了後にインタビューをおこなった。インタビューの前半では 2 つのインタフェースを比較してどのような違いがあったのかを問い、後半では Flip Interface のインタラクシオンについて詳しく聞いた。それぞれの被験者に了承を得た上で、実験の過程はビデオで、インタビューは音声でそれぞれ記録した。実験の流れの詳細は次の通りであった。

#### (1) 導入

- (a) 研究と今回の実験の目的
- (b) Flip Interface と iBooks の基本操作
- (c) 課題の説明

#### (2) 課題（1 回の試行は 8 分、2 回）

- (a) 与えたタイトルの漫画を探す
- (b) 見つけた漫画を読み込む
- (c) 残り時間があれば、別の漫画を読み込む

#### (3) アンケート（5 段階評価）

- (a) 操作性について
- (b) 紙の書籍をめくる操作感があつたか
- (c) 各インタフェースの触感に関して
- (d) めくった時のアニメーションに関して
- (e) センサをめくった時の音に関して

#### (4) インタビュー

- (a) 電子書籍を読んだ経験があるか
- (b) 紙の書籍との違いなど感じたこと
- (c) 各インタフェースについて思ったこと
- (d) 両者間で漫画の読み方に変化があつたか
- (e) 2 つのインタフェースの比較
- (f) 実験者側から見て気になったことなど

## 5. 結果と考察

### 5.1 めくり時間について

実験の導入で、各インタフェースの基本操作の説明の際にページのめくる速度の測定をおこなった。Flip Interface を制作した際の仮説としては、iBooks は複数ページをめくるのにジェスチャー入力やタッチ入力を複数回行わなければならないため、Flip Interface に比べてめくる速度が遅くなるのではないかと考えていた。しかし、実験をしてみると 4 ページめくるのに対して、iBooks では平均 3.6 秒、Flip Interface では平均

3.9 秒かかっている、2つのインタフェースのめくる速度に大きな違いはなかった。実験時に記録していた映像から Flip Interface で複数ページをめくる時に、被験者はフリップセンサを1枚ずつめくっていたため、仮説での一度に複数枚のフリップセンサをめくることでの複数ページをめくる速度が早くなるという傾向はみられなかった。これは、既存の電子ブックリーダーのインタフェースには一度に複数ページをめくるという操作方法がないため、Flip Interface を複数ページめくる際もこれに倣い、被験者は iBooks のジェスチャー・入力やタッチ入力のようにめくる動作を複数回繰り返したのだと考えられる。なお、予備実験の際に一度に Flip Interface をめくる方法で同様な測定を行った際には、平均 2.6 秒と短くなることが確認できていた。

### 5.2 検索時間について

Flip Interface が連続的にめくりやすいことで検索の速度に違いが出るのではないかとこの仮説を持っていた。各インタフェースごとに検索にかかった時間の平均や標準偏差をみると、Flip Interface と iBooks の検索時間に違いが認められた。Flip Interface は iBooks に比べて検索にかかった平均時間はやや短く、また標準偏差も小さいため iBooks より個人差が少なく、効率的に検索ができているといえる。これは iBooks のインタフェースで提案されている、サムネイルを表示してカーソルを動かしてページを移動する方法が大きく影響している。被験者 4 と被験者 8 は iBooks での課題にこの方法で検索が不慣れであったため、他の被験者と比べて時間が長くかかっている。この方法は、表示されるサムネイルが小さくて操作しにくい点やこの方法を用いた場合のページの表示が遅いといったことから検索に時間がかかってしまうためである。ただし、被験者 6 (iPad 所有者) の検索時間からわかるように習熟度によっては検索の効率を高めることができる。

### 5.3 インタビュー結果

実験後に行ったインタビューから、Flip Interface は iBooks との比較について次のような感想が得られた。

- 紙の本のアナログな部分を残したインタフェースなのでは、触って操作できることの良さがある。
- たくさんめくる時は Flip Interface で、1枚1枚は画面の端のタッチで、の組み合わせがよかった。
- Flip Interface はコンテンツを読む際に、フリップセンサがあるため紙の書籍のような持ち方になった。
- テンションをかけて読む感じが紙の本を彷彿とさせ、iBooks での電子書籍とは異なる体験となった (iPad 所有の被験者)。

表 1 2 回の試行で目的のタイトルに到達するまでの時間 (単位は秒)。被験者 4 と被験者 8 は iBooks の操作の際、途中でサムネイル操作を断念して 1 枚ずつめくっていったため時間がかかっている。被験者 6 は iPad 所有者で操作に馴れていたため、検索時間が極端に短い。

被験者	iBooks	Flip	順序
1	48	46	iBooks Flip
2	36	42	Flip iBooks
3	40	42	iBooks Flip
4	76	45	Flip iBooks
5	56	43	iBooks Flip
6	26	48	Flip iBooks
7	65	40	iBooks Flip
8	82	54	Flip iBooks
平均	53.6	45.0	
標準偏差	18.4	9.1	

- iBooks のサムネイルは有効性があったが、めくる時に何を触っているんだろうと感じた。
- フリップセンサをめくる時に音が出ることで、ページをめくって読んでいる感じがあった。

電子書籍を読む姿勢に関しては、iPad 単体で持つより Flip Interface を使用した方が姿勢が楽であるという意見や、フリップセンサが装着されていることで、紙の書籍のように持つことで iPad とは違う感覚でコンテンツを読めるという意見が聞かれた。実験中に撮影した映像からも iBooks と Flip Interface の姿勢や持ち方に違いが見られた (図 9)。iBooks の場合、多くの被験者が iPad の下部をゲーム機のコントローラーの様に持って操作をしていた。これは両手で iPad を支えなくてはならず、読む姿勢が限定的にならざるをえないことが理由であると考えられる。被験者の中には途中で机に iPad を置いてしまう人もいた。一方 Flip interface は、めくる操作をするためにデバイス中部を両手でフリップセンサを持たなくてはならず、紙の書籍を読むような持ち方でコンテンツを読んでいた。中にはデバイス中央を片手で支え、もう片方の手でフリップをめくるというような持ち方も見られた。Flip Interface は、こういったことから iBooks と比べて持ち方に大きな違いがあり、また楽な姿勢 (=紙の書籍を読む時のような姿勢) をとれるのではないかと推測する。

この他、Flip Interface を使用すると電子書籍を読んでいる際も指でフリップセンサを押さえているため、指にテンションがかかった状態での読書体験になるという意見もあった。フリップセンサによって指にテンションがかかった状態のため、固いガラスのパネルに触れながら書籍を読むのとは違う体験になっていることがわかった。この感覚は紙の書籍での読書体験に近いものだと考えられる。



図 9 左側の写真は iBooks, 右側の写真は Flip Interface での実験風景。Flip Interface では紙の書籍のように手で持ち、楽な姿勢でコンテンツを読むことができたという意見があった。  
Fig. 9 Examples of postures of subjects while reading. The left side is iBooks and the right side is Flip Sensor.

#### 5.4 アンケート結果

インタビューの結果とアンケート結果から, Flip Interface と iBooks の比較では, Flip Interface の方がページをめくっている感覚があるという回答を得た。(実験後のアンケートでは 8 人中 7 人が紙をめくような操作感があると答えた。残り 1 名はどちらでもないと回答した。) これは, 書籍というコンテンツに対して, ガラスのパネルに触れて操作することと, 紙の書籍のような薄いフィルムでできたセンサに触れて操作することの違いによって生まれる大きな変化であると考えられる。これにより, 同じコンテンツを提示しても, インタフェースの提案方法の違いで違った体験になることがわかった。めくった感覚に関しては, 触覚以外に音によるフィードバックの影響も大きく, 音とフリップセンサの触り心地によってめくった感覚を得ている被験者もいた。Flip Interface から発生する音に関しては, 被験者 8 名の中に不快に感じる者はいなかった。ただし, 被験者 1 名によりフリップセンサの音はフィルムをはじいた時に物理的に鳴る音なので, 薄い紙で構成される週刊誌の漫画をめくるのに適した音ではない, という意見があった。

#### 6. おわりに

本論文では, 紙の書籍をめくるのに近い感覚で電子書籍をブラウズできるインタフェースとして Flip Interface を提案した。従来の電子ブックリーダーとの比較を行い, 手で触れることができる実体物がインタフェースであることにより, 従来とは異なる読書体験を提示するものであることが確認できた。

一方で, 1 枚 1 枚めくるときにはページの端をタッチ

する従来の方法が使いやすいという感想が複数の被験者から回答があった。これは, プロトタイプの静電容量センサの実装が完全ではなく, 軽く触れただけで誤反応で複数ページめくってしまうことがあったためだと思われる。これは今後の課題として, より精度の高いセンサを作ることによって正確な実験結果を求めていきたい。

また今回はセンサの素材として PET フィルムを用いたが, 表面に紙などの素材を貼り付ける, コンテンツに応じて取りかえるなど, より触感に訴える展開も考えられる。長期間に渡って使い続けるための工夫や, センシングの都合ではなく, 人間側からみて最適な素材の追求は今後の課題である。また, インタフェースや素材による, 読んだ後の印象への影響, 再度想起するまでの時間や内容に対する集中度の違いなど, より深い点についてもさらなる質的調査により深い分析が期待できると思われる。

謝辞 本研究は, 情報科学芸術大学院大学と日本写真印刷株式会社の共同研究「新しい触感とセンシングについての研究」の一部として行われました。プロジェクトメンバーとして参加していただいた山本雄平さんと, 実験に御協力いただいた皆様に感謝申し上げます。

#### 参考文献

- 1) 田代真人: 電子書籍元年 iPad&Kindleで本と出版業界は激変するか?, インプレスジャパン (2010).
- 2) Jacob, R. J. K.: Human-computer interaction: Input devices. ACM Computing Surveys. Vol.28, pp.177-179 (1996).
- 3) 石井裕: タンジブル・ビット: 情報と物理世界を融合する新しいユーザ・インタフェース・デザイン, 情報処理, Vol.43, No.3, pp.222-229 (2002).
- 4) 渡邊純一郎, 望月有人: 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, 情報処理学会論文誌ジャーナル, Vol.49, No.12, pp.3899-3907 (2008).
- 5) 光永法明, 米澤朋子, 田近太一: 一枚の紙束 (TABO): 電子ペーパーの未来に向けたフリップインタフェース, 情報処理学会シンポジウム論文集, pp.39-40 (2008).
- 6) チーム TERIYAKI: パランガ, <http://www.youtube.com/watch?v=76CjECNmSxk>, 国際学生対抗バーチャルリアリティコンテスト 2010, (2010).
- 7) David Holman, Roel Vertegaal, Mark Altosaar, Nikolaus Troje and Derek Johns: PaperWindows
- 8) Leaves: <https://github.com/brow/leaves>