JAIST Repository
https://dspace.jaist.ac.jp/

Title	電子ブックにおける物理的ページング操作を可能にしたセンシング装置の開発
Author(s)	Wang, Yunlong
Citation	
Issue Date	2011-03
Type	Thesis or Dissertation
Text version	author
URL	http://hdl.handle.net/10119/9679
Rights	
Description	Supervisor:國藤　進，知識科学研究科，修士

JAIST
JAPAN
ADVANCED INSTITUTE OF
SCIENCE AND TECHNOLOGY

Japan Advanced Institute of Science and Technology

第１章

序論

1.　１研究の背景

近年、インターネットから電子書籍がオンラインで閲読可能となり、モバイル端末からそれら書籍を通勤・通学などいつでも閲覧できる環境が整いつつある。そのようなモバイル端末として、ipadやKindle（第1世代、第2世代、DX、第3世代）、iriver、LIBRIeなどといった軽量で表示領域が比較的大きい電子ブックリーダーが期待されており、今後も更に読み易い電子ブックリーダーの開発が求められている。

図1.1　ipadとkindle[第2 世代]

全体的にそれらの電子ブックリーダーは以下の特徴がある。

・美しい文字表示

・薄くて軽い、片手でらくらく操作

・辞書が引ける

・音声が再生できる

・しおりをはさめる

・手書き対応

・読む姿勢が自由…

これらの電子ブックリーダーは使いやすさに工夫している、そして、さまざまな機能を電子ブックリーダーに追加しているが、ページの切り替えについては、これらの電子ブックリーダーにおいてすべてボタン操作で実現されている。確かに、ボタン操作は便利で、動作も俊敏である。しかし、便利な操作だからこそ、紙媒体の物理性を失ってしまっている。

それにより、

・安心感

ページを触れながら捲るという実感覚。

・理解度

前後ページの同時閲覧による参照、比較。

が影響を受けることがある。

最近話題になったipadの読書機能は大好評を受けている。既存の電子ブックリーダーが持っている機能の上で、ページの切り替え操作に工夫として、指さしでページの切り替えを実現している。その結果、既存の電子ブックリーダーより、操作性が高い。

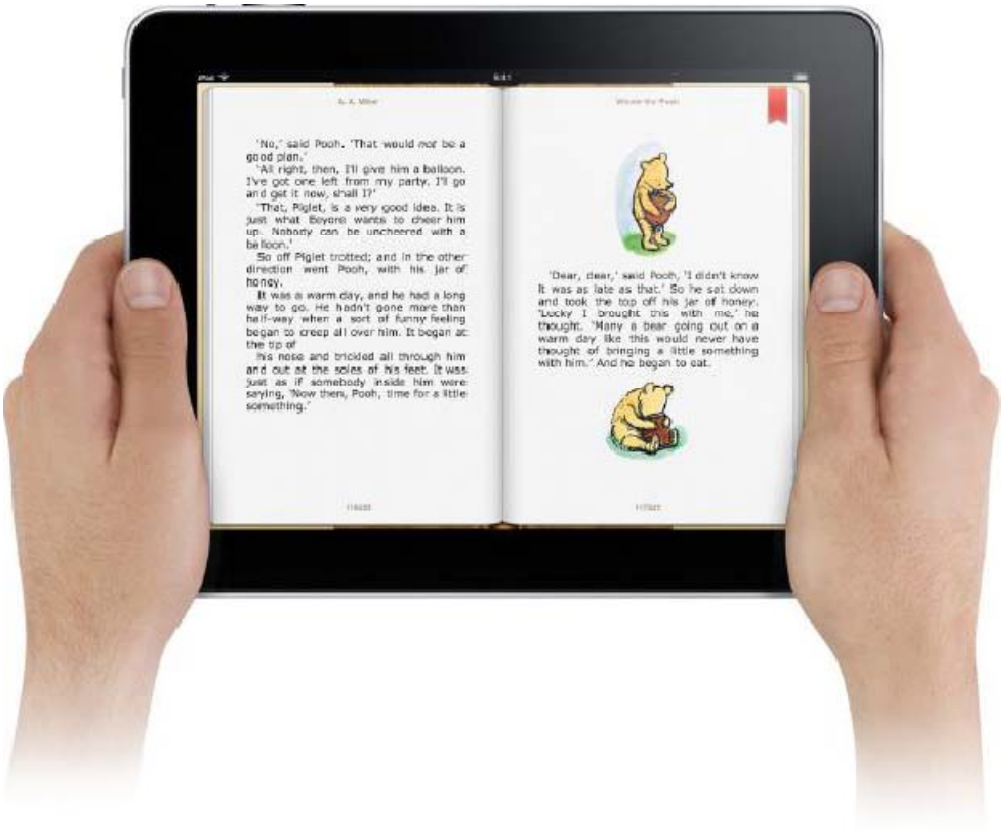


図 1.2 ipadの読書機能

（出典:http://www.apple.com/jp/ipad/features/ibooks.html）

図 1.2の示すように、ipadでは既存の電子ブックリーダーの機能が全部揃っているうえで、特にページング操作に独自の機能が開発されている。

「前のページに戻ったり、次のページに進む時は、画面の右側または左側をタップするだけ。右から左にドラッグすると、ページをゆっくりとめくることができます。目次を開いて、章をタップすれば、その章まで一瞬でジャンプします。」。

物理的操作を実現しているが。読書活動はそういうような物理的操作により、インターフェースが親しくなり、楽しくなっている。しかし、これだけでは、物理的ページング操作の長所は説得力が足りない。

１．２　研究の目的

既存の電子ブックリーダーの物理性不足に対し、本研究はセンシング装置を開発し、それにより、物理的ページング操作を実現し、電子ブックリーダーの操作性を高める。そして、物理的操作の有用性を検討する。

１．３　本論文の構成

本論文の構成は、序論である本章を含め、五つの章から構成される。第二章では、本研究に関する概念や関連研究を述べた上で、本研究の位置付けを示す。第三章では、システムの概要と動作状況を説明する。第四章では、評価実験とアンケートによって得られた結果をもとに、システムの有効性について検証する。最後に、第五章で本研究の研究成果をまとめるとともに、今後の課題・展望について述べる。

第２章

本研究にかかわる概念と研究の位置付け

本章では、本研究に関わる概念と、その関連研究を説明した上で、本研究の位置付けを説明する。

２．１　物理的操作

２．１．１　物理的操作とは

「物理的」の定義はデジタル大辞泉（出典：小学館）で以下のように定義される。

１ 物理学にかかわるさま。物理学の法則にかなっているさま。物理学的。

２ 一般に、空間・時間・重量など、数量に置き換えられる条件に関連するさま。「素手で持ち上げるのは―に不可能だ」「仕事が多すぎるという―な問題」。

電子ブックリーダーにおける「物理的」というのは様々な意味がある。

例えば、

・デバイスの軽薄感

・媒体の剛性感・持ちやすさ

・タスクの快適感、読みやすさ

・デバイスの置きやすさ

・ページ操作感・一覧性

などである（小清水　実、２００１）。

本研究のキーワード「物理的」の定義は：

物事例えばパソコンとの間の緊密なインタラクションを実現するための方式である。連動的である。直接的である。

「物理的」は何をもたらしているかというと、紙媒体を例とうして分析する。

・紙媒体の読書

紙媒体の本で行っているような物理的なページングは文章の読み易さに対して、現状の電子ブックリーダーに備わっていない以下の実感覚を与えていると考えた。

・ ページを触れながら捲るという実感覚が、ページの切り替わりをより実感させる。そのことで、1ページずつ読み進めているという安心感を与えることができる。

・ ページを部分的に捲ることで、前後ページの内容を簡便に確認することができる. そのことで文章内容の振り返りや先読みを容易にし、複数ページに渡る内容の理解を促進させる. 異なるページの内容を正確に対照と比較が容易になる。

異なるページの内容の対照と比較

本を読む時、前後ページを同時に読む必要な時もある. 主に二つの目的がある。図 2. 1に示す。

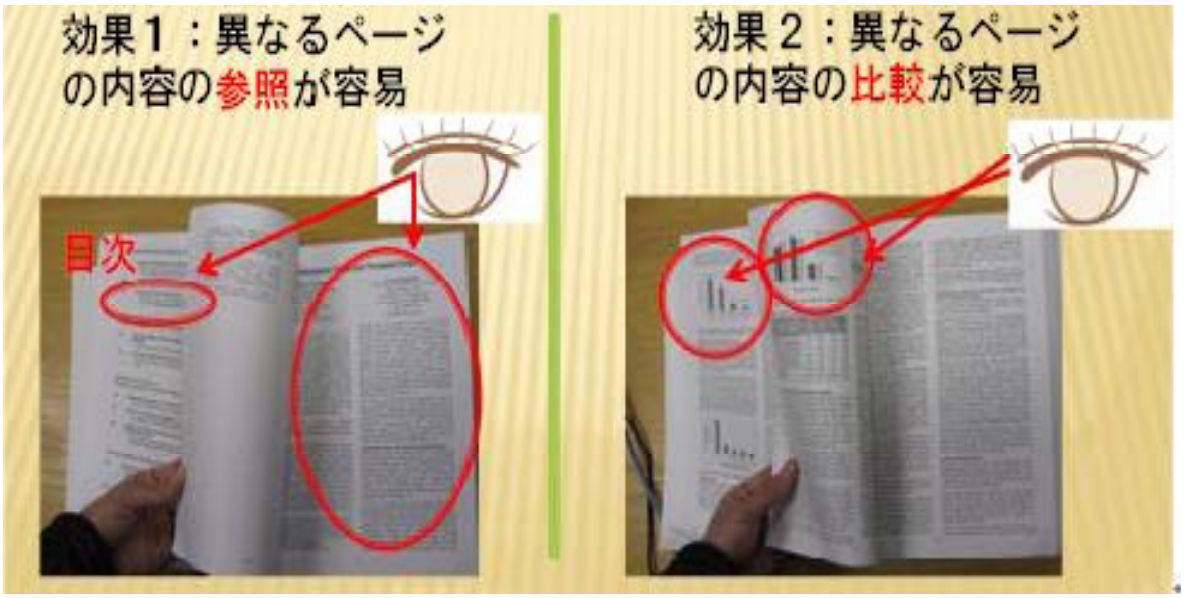


図 2. 1 対象と比較

・対照効果

本を読む時、関連内容は同じページにないことよくある。既存の電子ブックリーダーはボタン操作で、ボタンを押せばページが完全に切り替える。同時に関連内容が見られないため、対照が不便になる。

・比較効果

もうひとつは比較したい内容が同じページにない場合、前後ページの同時閲覧も重要である

２．１．２　既存の電子ブックリーダーの不足

既存の電子ブックリーダーはまだ不足が多く存在している。この節では、電子ブックリーダーの不足について分析する。

まず、Amazon Kinkle2を例とする。

スクリーンの両端にはページ切り替え用のボタンが配置されている（図2.2）。

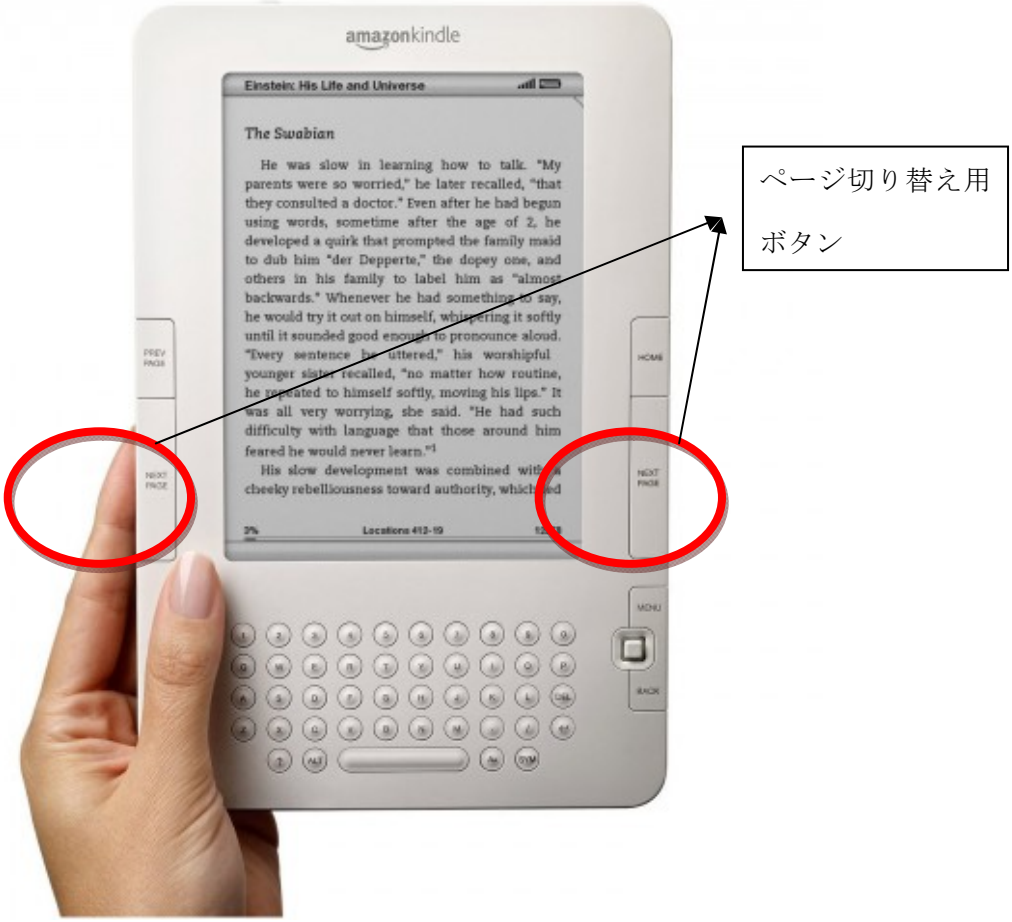


図 2.2　Amazon Kinkle2（掲載ページ: http://www.slashgear.jp/2009/02/post-3929/）

この二つのボタンを押すことにより、簡単にページ切り替えを実現している。しかし、問題点はデバイスを手で持つ時、思わずにボタンを触って、またはほかの物と接触して誤ってページを進めたり戻したりする現象が多く起こることである。そして、ページの切り替えは遅延があるため、ボタンを余計に押す際に、目的のページの前後を行ったり来たりすることに陥る。間違ったページへめくることが多く、読んでいた箇所まで探して戻るという場合がある。

そして、昔から慣れてきた紙媒体は直接触りながら読むことができる。その齎した実感覚と直接感覚は電子ブックリーダーでは感じられない。また、紙媒体を読む時の物理的操作がもたらしたメリットも電子ブックリーダーで実現されていない。

要するに、既存の電子ブックリーダーはまだ誰もすぐ慣れるものではない。読みやすい、そして操作性がいい電子ブックリーダーはどうなるかについて次の関連研究をもとに分析する。

２．２　関連研究

これまで電子ブックリーダーの読み易さを改良する研究としては、インターフェース分野において紙媒体の本が持つ物理的な操作、特にページング操作に着目したいくつかの研究がある。

Chenらは電子ブックリーダーにモーションセンサーを取り付けることで、その回転によってページング操作を実現している。システムのページング操作は図2.3に示す。しかしながら、このシステムではページを捲るといった物理的なページング操作機能を満たしていない。

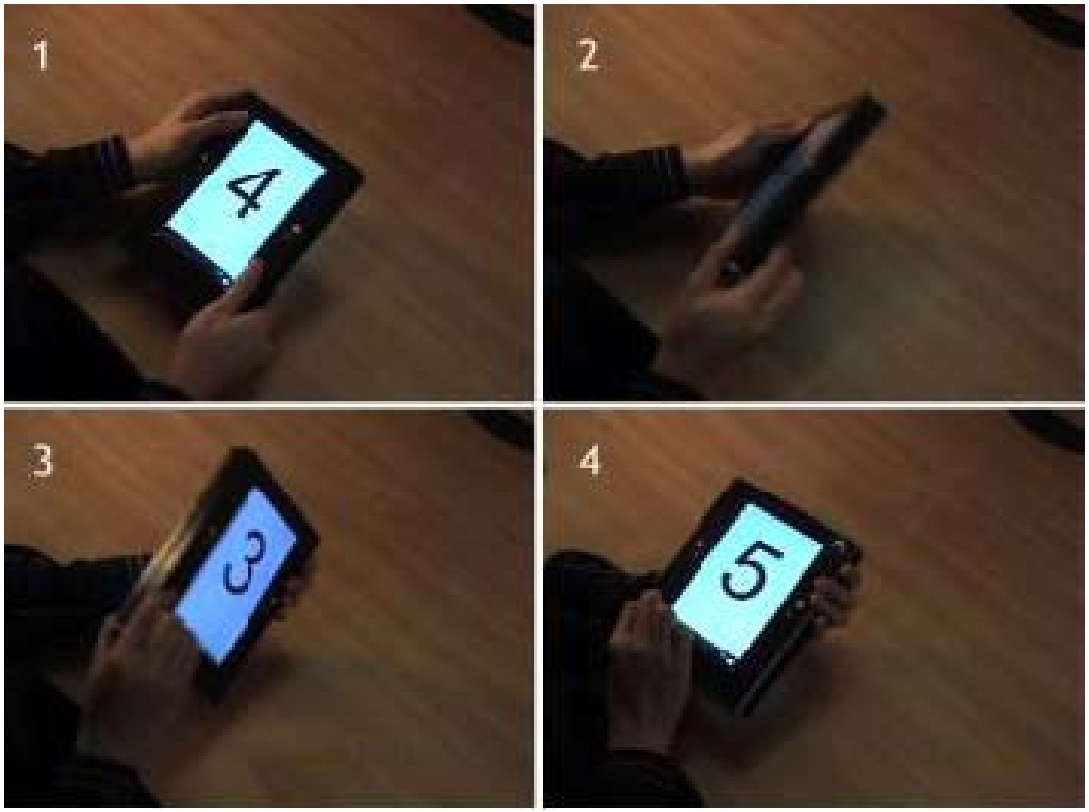


図2.3　Chenらの回転によるページング操作　（出典：Navigation techniques for dual-display e-book readers，2008）

このシステムのページング操作は図 2.3 に示しているように、二つのディスプレイを畳み、最初の読むページを 4 ページ目にすると、デバイスの縦方向の真ん中を軸とし、左側に回転すると 3 ページ目に戻る。逆に右側に回転すると 5 ページに進む。

この研究で、デュアルディスプレイ電子ブックリーダーのいろいろな価値を探索している。確かにシングルディスプレイ電子ブックリーダーより、操作性、有用性、効率性は明らかに良い。

Watanabeらはマウスやキーボードに代わる電子ブックインタフェースを開発している。システム動作は図2.4に示す。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。

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（Watanabe,2008）。

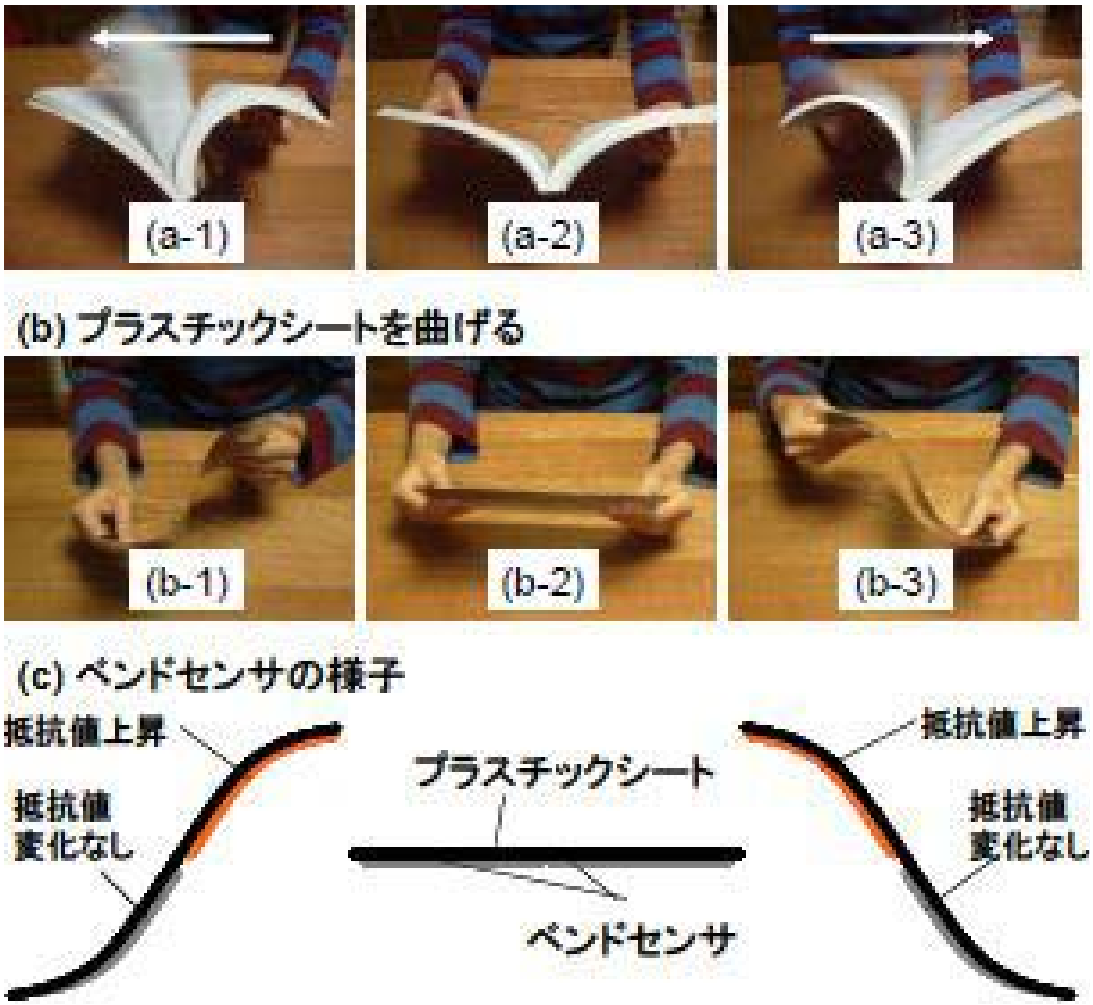


図 2.4　Watanabeらのベンドセンサーによるページング操作

（出典：Bookisheet: bendable device for browsing content using the

metaphor of leafing through the pages.Procs，2008）

図2. 4示したように、紙媒体の本を読むよき、手の本を押す力の大きさにより、ページの切り替えのスピードが変わる。このデバイスはその原理により、ベンディングセンサーの曲げ具合により、ページ捲りのスピードが変わる。曲げ具合小さい場合、１ページずつゆっくりと、大きい場合はぱらぱらと捲る。

この研究では、本と類似する形状のシートに対して圧力センサーとディベンディングセンサーを付与することで、ページング操作を可能としている。しかしながら、電子ペーパーへの適用を想定しており、電子ブックリーダーに適用することは考慮されていない。また、これまでの研究では物理的なページング操作を装備することで、その読み易さや使用感については明らかにされていない。

２．３　本研究の位置付け

そこで本研究では、電子ブックリーダーにおいて物理的なページング操作を可能にするセンシング装置を開発し、その試用実験を行った。その結果、開発したシステムは電子ブックに対し、物理的なページング操作するための装置として動作することを確認した。既存の電子ブックリーダーのボタン操作を使わず、物理的な機能を付けるのは本研究の特色である。今後、電子ブックリーダーの操作性を高めるため、貢献する。

第3章

開発システム

３．１　システム概要

物理的なページング操作を可能にした電子ブックリーダーを開発した。提案システムでは電子ブックリーダーに対し、ディスプレイ部分の周囲に磁力センサーを付与し、透明なプラスチックシートを表面に乗せている。その透明シートには各磁力センサーと対応する位置に磁石が張り付けられている。ユーザは透明シートを捲ることで、その捲れた部分に次のページの一部分が表示されるため、次のページの部分的な内容と現在のページの内容とを同時に閲覧し、参照することと比較することができる。

ここで用いている磁力センサーとは磁気の強さを検知する装置である。提案システムでは透明シートが電子ブックリーダーから離れると、磁力センサーの値がその距離に応じて変化する。そのため、それら複数点の磁力センサーの値の変化を同時に検知し複合的に判断することで、ページが捲れる程度とその捲れ方を判断することができる。 システム動作を図 3.1に示す。

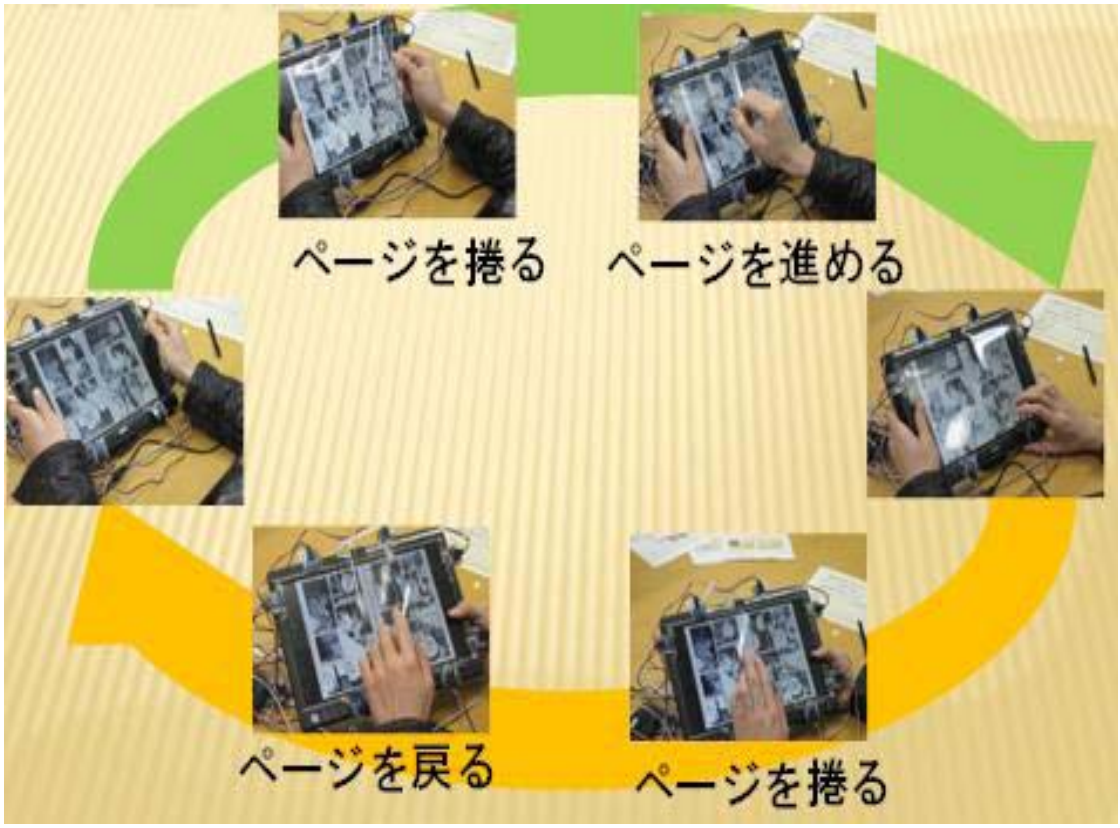


図 3.1 システム動作

図3.1の示しているように、教材を閲覧すると（今は５ページ目を読んでいると仮定する）、透明シートの右上側あるいは右下側を少し捲ると、捲った部分の下のディスプレイは対応的に６ページ目の内容が部分的見えるようになる。透明シートを戻すと、５ページ目に戻る。さっきほどより幅が大きく捲って戻すと（図の破線まで捲る）、完全に６ページに進む。透明シートの左上側あるいは左下側を捲ると、捲った部分の下のディスプレイは対応的に５ページ目の内容が部分的見えるようになる。透明シートを戻すと、６ページ目に戻る。さっきほどより幅が大きく捲って戻すと（図の破線まで捲る、完全に５ページ目に戻る。

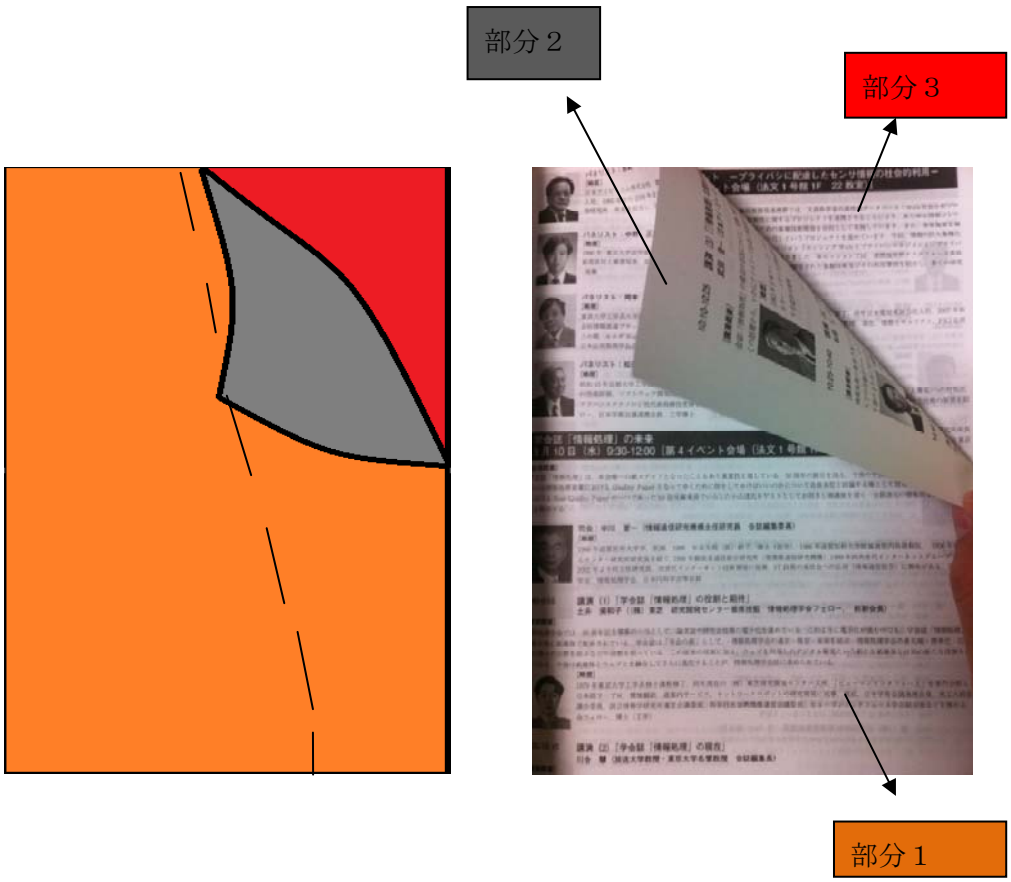


図3.２　システム動作Ｉ

見えやすいように、デバイスの各部分を塗りつぶしている。

は５ページ目

は透明シートのめくった部分

は６ページの見える部分

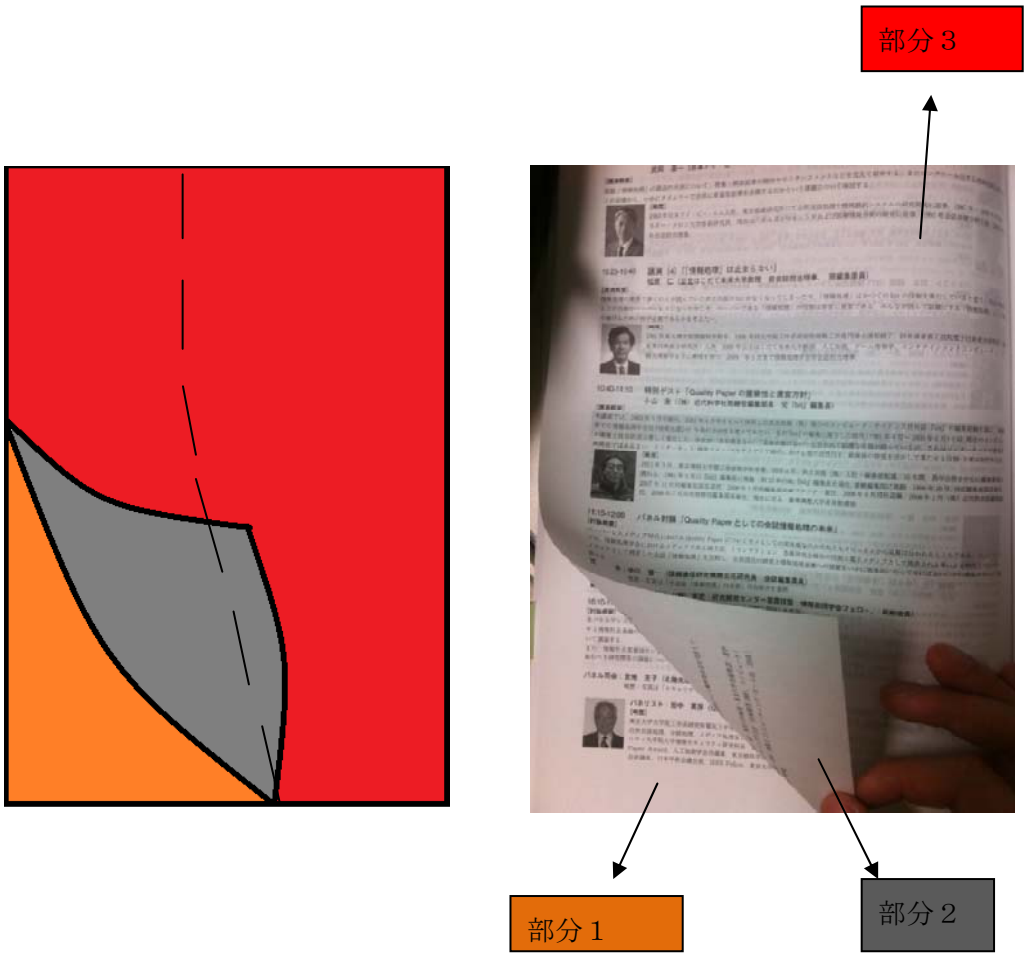


図3.3　システム動作Ⅱ

見えやすいように、デバイスの各部分を塗りつぶしている。

は５ページ目の見える部分

は透明シートのめくった部分

は６ページ目

3. 2 透明シートの捲れの判定

透明シートの捲れを判定するために、複数の磁力センサーの検出値から判定を行う。そのために、本研究ではページングの位置とその捲れ方を判定する必要がある。

センサーの値の変化は図 7に示す。

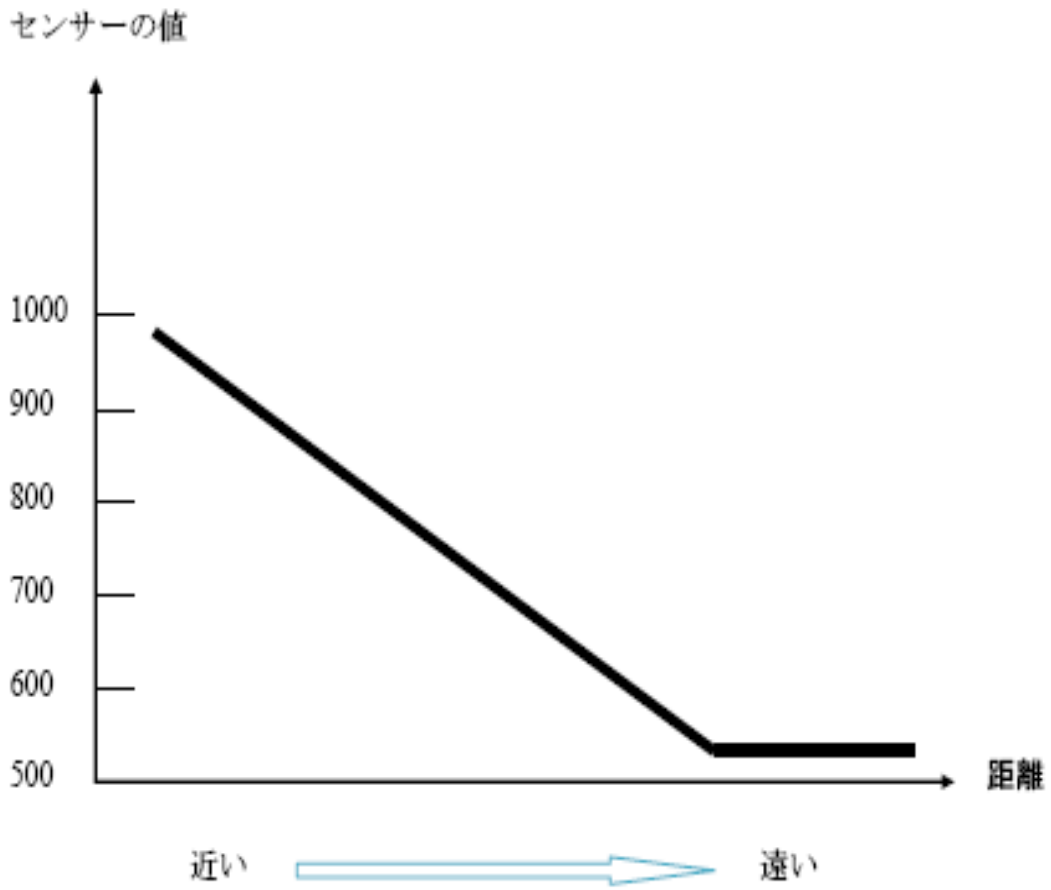


図 3.4　センサーの値の変化　（磁石のＮ極はセンサーに向く場合）

センサーの値は図 3.4のように変化する。磁石が磁気センサーと貼り付ける時、即ち初データは1000あたりで、磁石の離れにより、遠ければ遠いほど、センサーの値は、500のちょっと上まで小さくなる。磁気センサーが磁石を感知できない時、値はそのまま変わらない。磁石のＳ極はセンサーに向く場合は値の変化が11の辺りから500のちょっと下まで変化する。

センサー値の変化はMicrosoft Visual Studioで、Ｃ＃を使い、測定した。

これにより、センサー値が表示されている（付録A）。

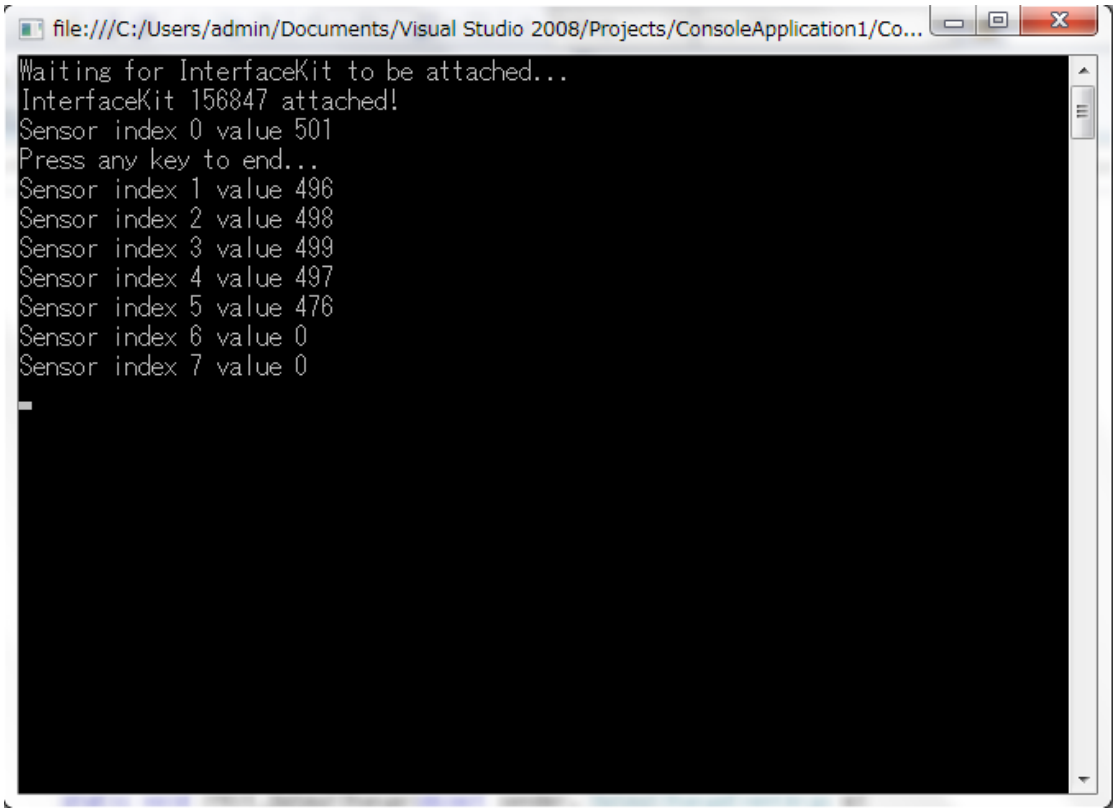


図3.5　　磁石が接近する前の磁力センサーの値

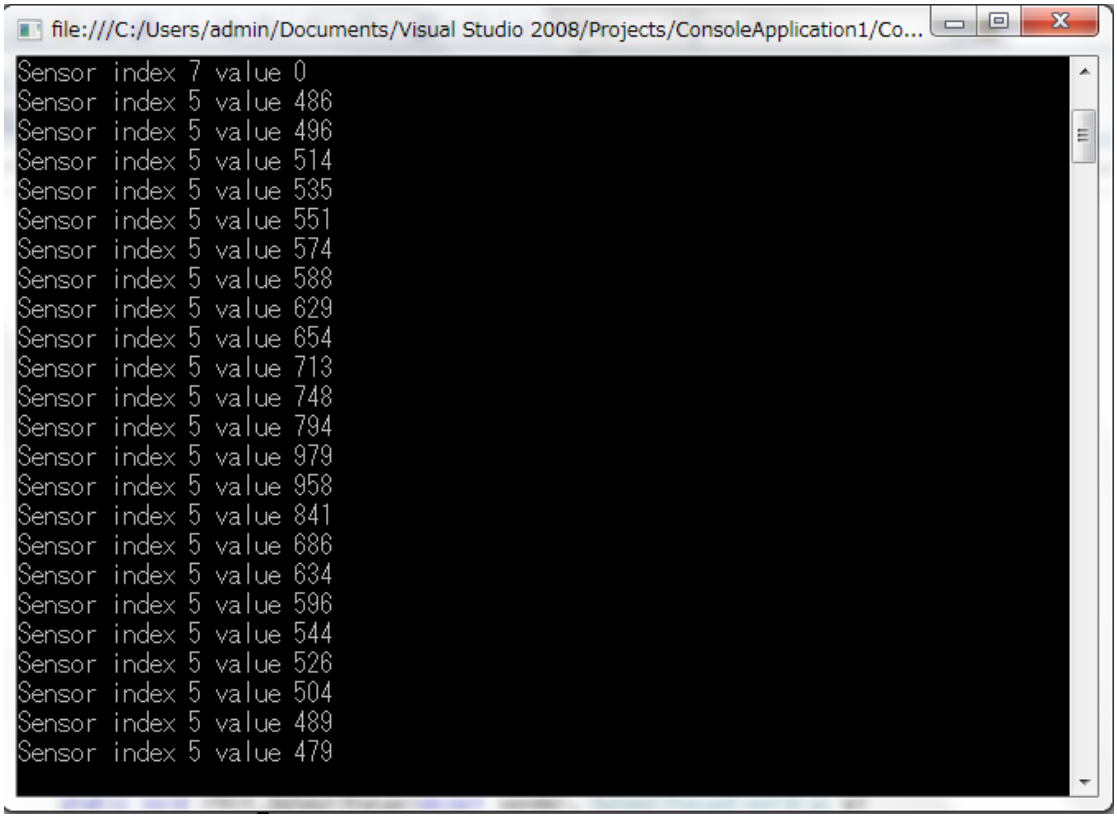


図3.6　磁石が磁力センサーに接近して離れるまでの数値変化

現在は経験則にもとづき各センサー位置の組合せとその値の設定を行っている。しかしながら、多様なページの捲り方へ対応するために、今後はSupport Vector Machineなどの機械学習を使用し、自動化させていく必要があると考える。

3．3 構成

現在のシステムでは、コンテンツ閲覧表示部とページング操作インタフェース部から構成されている。システム全体はプログラミング言語 C#で開発されており、磁気センサーはセンサーツールキッド phidgets を利用している。 システム構成を図 3.7 に示す。

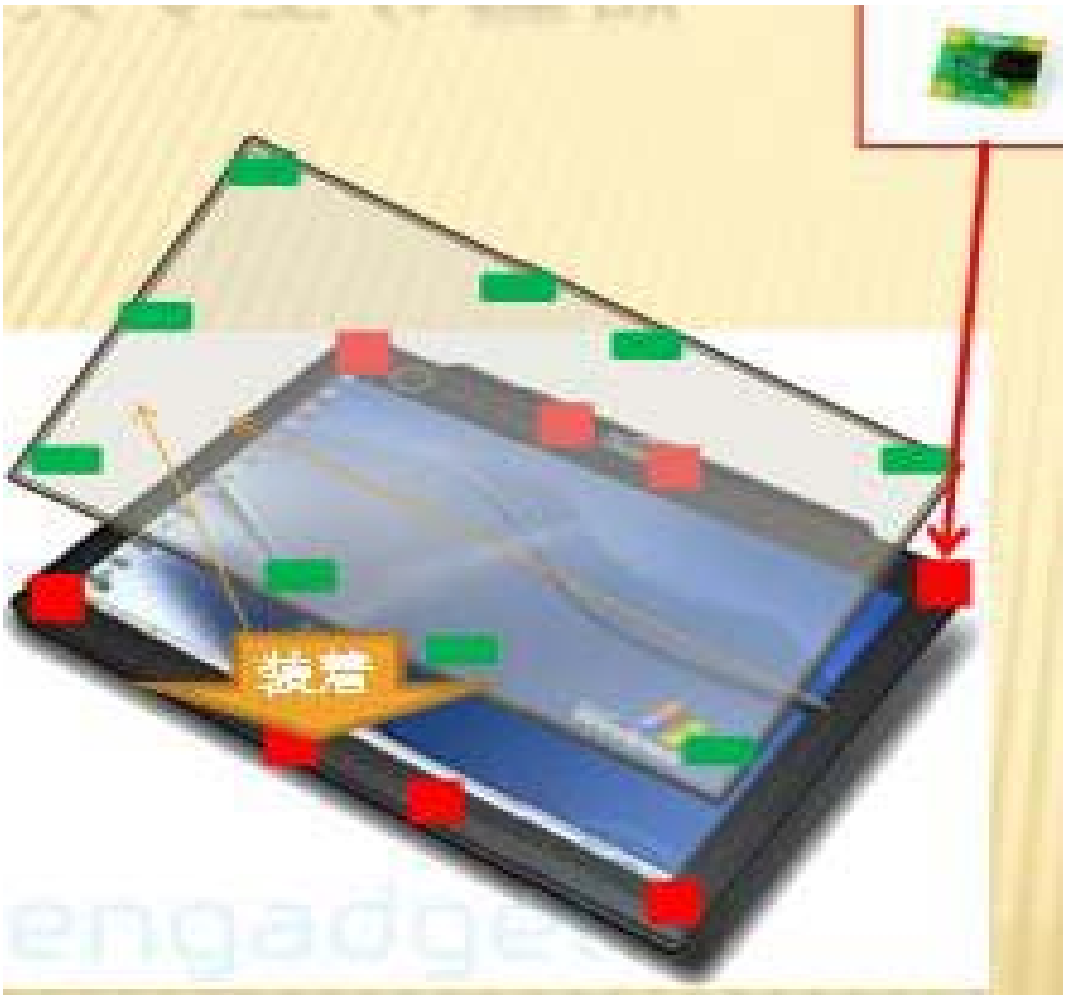


図 3.7 システム構成

電子ブックリーダーの上に透明プラスチックを付け、真ん中の部分が固定している。

緑の８か所に小さくて薄い強力磁石を付け、緑の位置と対応する赤の８ヵ所に磁気センサーを付ける。 磁気センサーを利用する理由は磁石以外の物体を感知しない。 そして、接近センサーだと、手が邪魔になる。 ベンドセンサーだと、折り曲げの角度が限定される。 透明プラスチック製シートを利用する理由は透明性があり、ある程度弾力性がある。 既存の電子ブックリーダーのタッチパネルがそのまま使用できる。 そして、何回も実験を行い、プラスチックが壊れていない。寿命長い。

また現在の電子ブックリーダーは機能的にプログラムが動作できる環境でないため、ノートPCを代替品として用いているが、今後の電子ブックリーダーのスペックが向上することで、電子ブックリーダーにも適用可能であると考える。

第４章

評価実験

本章では、作成したシステムの評価実験をおこない、その結果を検討する。以下には、実験を行う上での方針、実験の概要、実験の概要、評価結果と考察を述べる。

４．１　実験の方針

以下の二つの項目に分けて評価する。

・システムの実用性

・システムの有用性

これらは、システムの使用履歴と実験後の被験者に対して行ったアンケートによって定性的かつ定量的に評価する。

４．２　実験の概要

４．２．１　実験で使ったシステム

　本研究では、捲り操作と連動するディスプレイ画面の処理は、今の段階では、動画の代わりに、画像を使っている。

熱帯魚の例を挙げる。

0

1.レッド・グラミー

- 2.レオパードクテノポマ
- 3.クロコダイル・フィッシュ
- 4.トラディッショナル・ベタ
- 5.アブラミテス
- 6.レッドフックメチニス
- 7.ピラニア・ナッテリー
- 8.スリーラインペンシルフィッシュ
- 9.シルバーハチェット
- 10.ファイヤー・スパイニーイール
- 11.ラミーノーズテトラ
- 12.ネオンドワーフレインボー
- 13.トランスルーセントグラスキャット
- 14.レッドグラス
- 15.ゴールデン・レッドテール・グッピー
- 16.カージナルテトラ
- 17.コロンビアレッドフィンテトラ
- 18.ゼブラ・ダニオ
- 19.ブルー・ペッパー・プラティー
- 20.ブラックライヤテールモーリー

図4.1　１ページ目　熱帯魚の名前

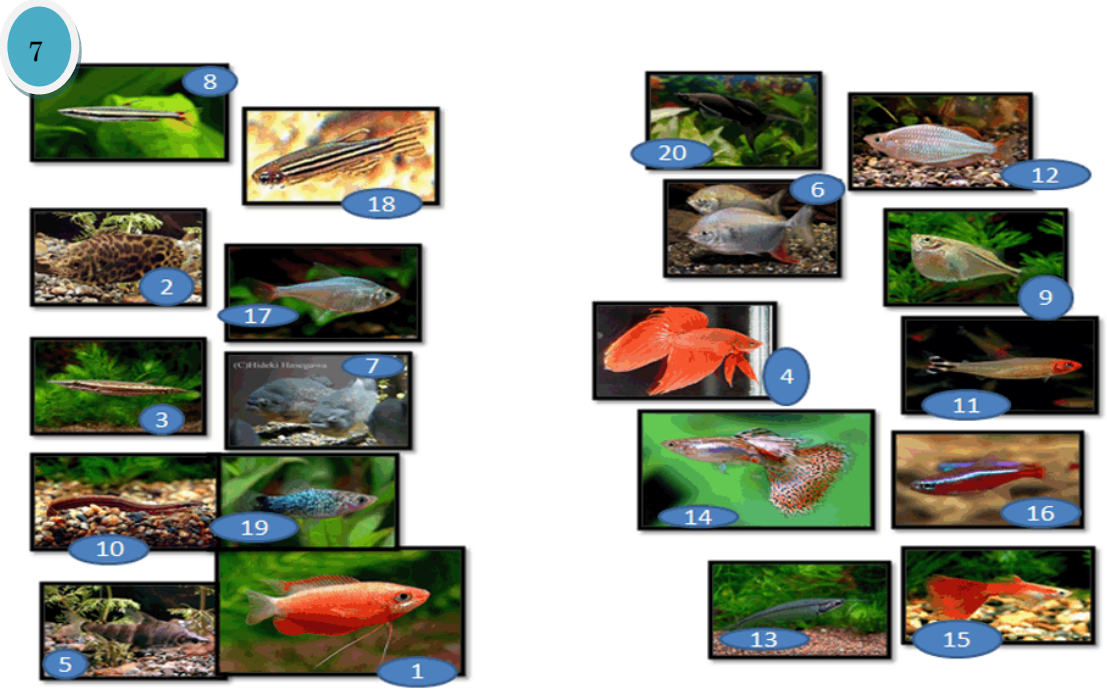
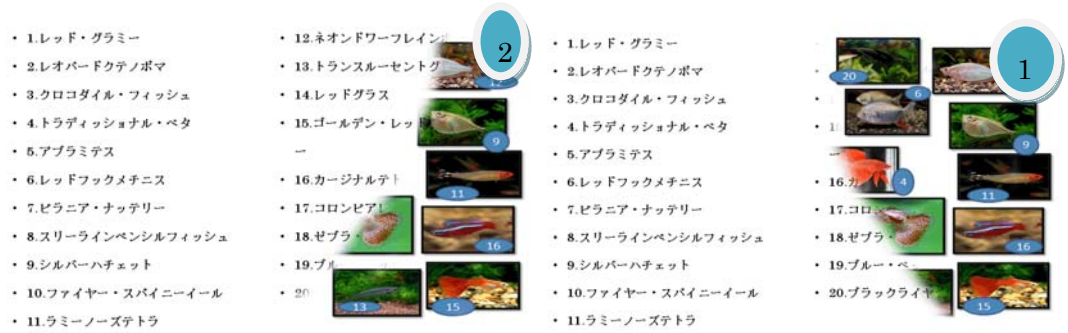
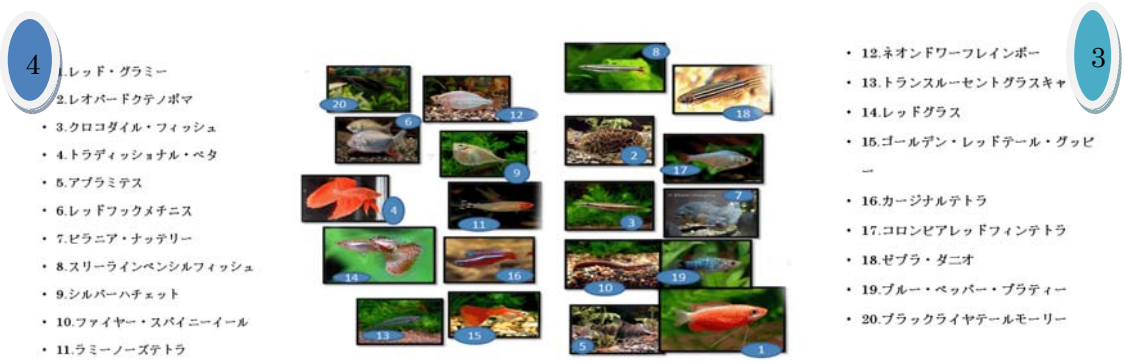


図4.2　２ページ目の熱帯魚画像

また、以下の六つの画像を用意した。



透明シートの右下と右上を捲る時の画像



透明シートを半分程度捲る時の画像

透明シートの左上と左下を捲る時の画像

図4.3　　ページ捲りの表現

Microsoft Visual Studioで、Ｃ＃を使いシステムを実現した（付録Ｂ）。

４．２．２　実験内容

提案システムがページング動作を適切に行っているかどうかを確認するとともに、透明シートによる物理的なページング操作を用いた読みがどのような感覚を与えているのかを試用実験により、２回の実験を行った。大学院生30人を集めて調査した。

実験１では、異なるページの内容を正確に結びつけることができるかどうかを検証した。正式の実験する前に、予備実験を行った。

聞き取り調査により、被験者の国旗と熱帯魚についての了解度を調査した。

調査により、被験者の中、国旗と熱帯魚両方とも「よく知らない」と答えた被験者は 25 人になった。

また、残った 25 人で、実験２の予備実験を行った、実験で使う画像と違い、同じぐらいの「間違い探し教材」を利用し、実験で必要な限定時間を測定した。10 ヵ所の間違いを探すには、平均 30 秒が適切であることが分かった。

国家の名前、国家の国旗の２ページからなる教材を用意し、規定時間にこの２ページの中で国家の国旗を覚えるといった対照タスクを用意した。

図 4.4　実験１で使った教材

教材は図 4.4 の二組、４枚の画像を使った。

評価では現状の電子ブックのページング操作であるボタン操作と比較した。さらに、操作履歴を計測した（ページの切り替え回数）。

実験２の概要

実験１は異なるページの内容を正確に結び付けることができるかどうかを検証すること目的にし、異なる操作方法（捲り操作とボタン操作）を使用し、2ページからなる教材を閲覧してもらい、1ページ目と2ページ目の情報をどれだけ結びつけられるかをテストした（10問）。最後にアンケートをした。規定時間は2分間で（聞き取り調査により設定した）。被験者は大学院生25名である。二つの教材を使っていた。教材１は国名と国旗の対照である。教材２は熱帯魚と名前の対照である（図4.4）。

評価方法：ボタン操作（既存の電子ブックリーダーの操作）によるページ切り替え操作と、以下の点を比較する。

① 正しく照合できた数

② 操作履歴によるページの切り替え回数

被験者に教材を閲覧してもらう時、以下のような順番に従い、行っていた。

表4.1　被験者順番

被験者	操作方法	教材
被験者Ａ	捲り操作	１
被験者Ａ	ボタン操作	２
被験者Ｂ	捲り操作	２
被験者Ｂ	ボタン操作	１
被験者Ｃ	捲り操作	１
被験者Ｃ	ボタン操作	２
被験者Ｄ	捲り操作	２
…	…	…
…	…	…

※このようにした目的は同じ被験者は同じ教材を閲覧しないためである。

実験２では、異なるページの内容を正確に比較できるかどうかを検証した。

比較的煩雑なデザインの絵本 1 ページとそれに小さな修正点 10 か所を含むページを用意し、この 2 ページの中で異なる部分を発見するといった間違い探しのタスクを用意した。教材は図 4.5 に示す。

アニメ画像 1

アニメ画像 2

図4.5　実験 2 で使った教材

評価では現状の電子ブックのページング操作であるボタン操作と比較することで、その間違い探しのための操作履歴を計測した。

実験 2 の概要

実験 1 は異なるページの内容を正確に比較できるかどうかを検証すること目的にし、異なる操作方法（捲り操作とボタン操作）を使用し、2ページからなる教材を閲覧してもらい、1ページ目と2ページ目の情報の違いをどれだけ気づいたかをテストした（10問）。最後にアンケートをした。規定時間は30秒で（予備実験により設定した）。被験者は大学院生25名である。二つの教材を使っていた。（図4.5）。

評価方法：ボタン操作（既存の電子ブックリーダーの操作）によるページ切

り替え操作と、以下の点を比較する。

① 間違いを正確に見つけることができた数

② 操作履歴によるページの切り替え回数

被験者に教材を閲覧してもらう時、順番は表１のように行う。

また二つの実験終了後には使用感に関するアンケート調査を行った。

４．３　実験結果と考察

図4.6の示したように、実験１の結果としては、25人中17人が、提案システム「捲る」操作のほうが、正しく照合できた。そして、平均照合できた数は捲り操作のほうが多い。図4.8の示したように、25人中14人が、提案システムの「捲る」操作のほうがページ切り替えが多かった。それに、ほとんどの被験者は切り替えが多ければ多いほど、覚えられた国旗の数が多い。

図4.7の示したように、実験２の結果としては、25人中18人が、提案システムの「捲る」操作のほうが、正確に違い探すことができた。そして、探した間違いの数平均は捲り操作のほうが多い。図4.9の示したように、25人中18人が、提案システムの「ボタン」操作のほうが、ページ切り替えが多かった。 逆に探した間違いの数は少ない。

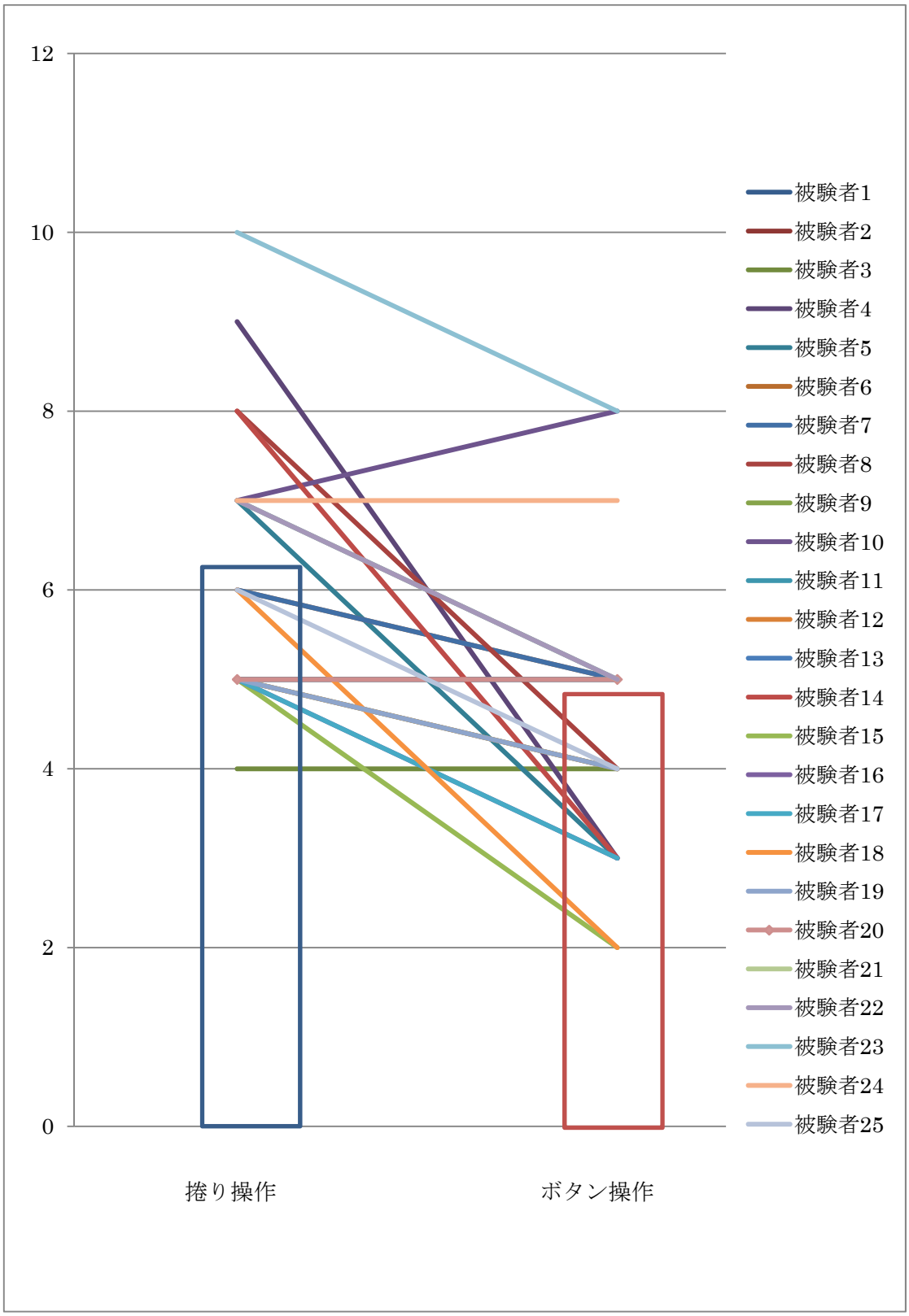


図4.6　実験1の正しく照合できた正解数の比較

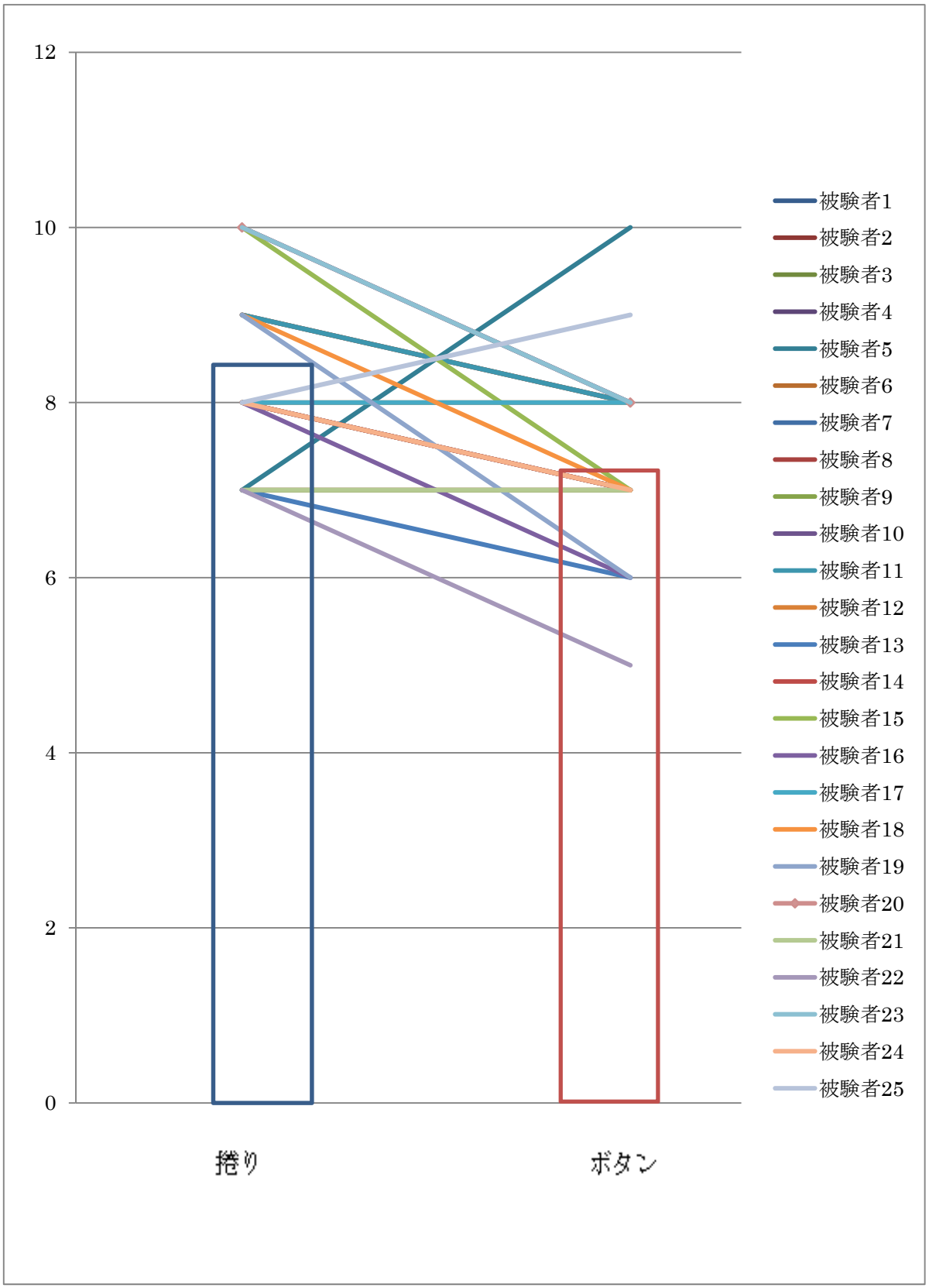


図4.7　実験２の間違えを正しく探した正解数の比較

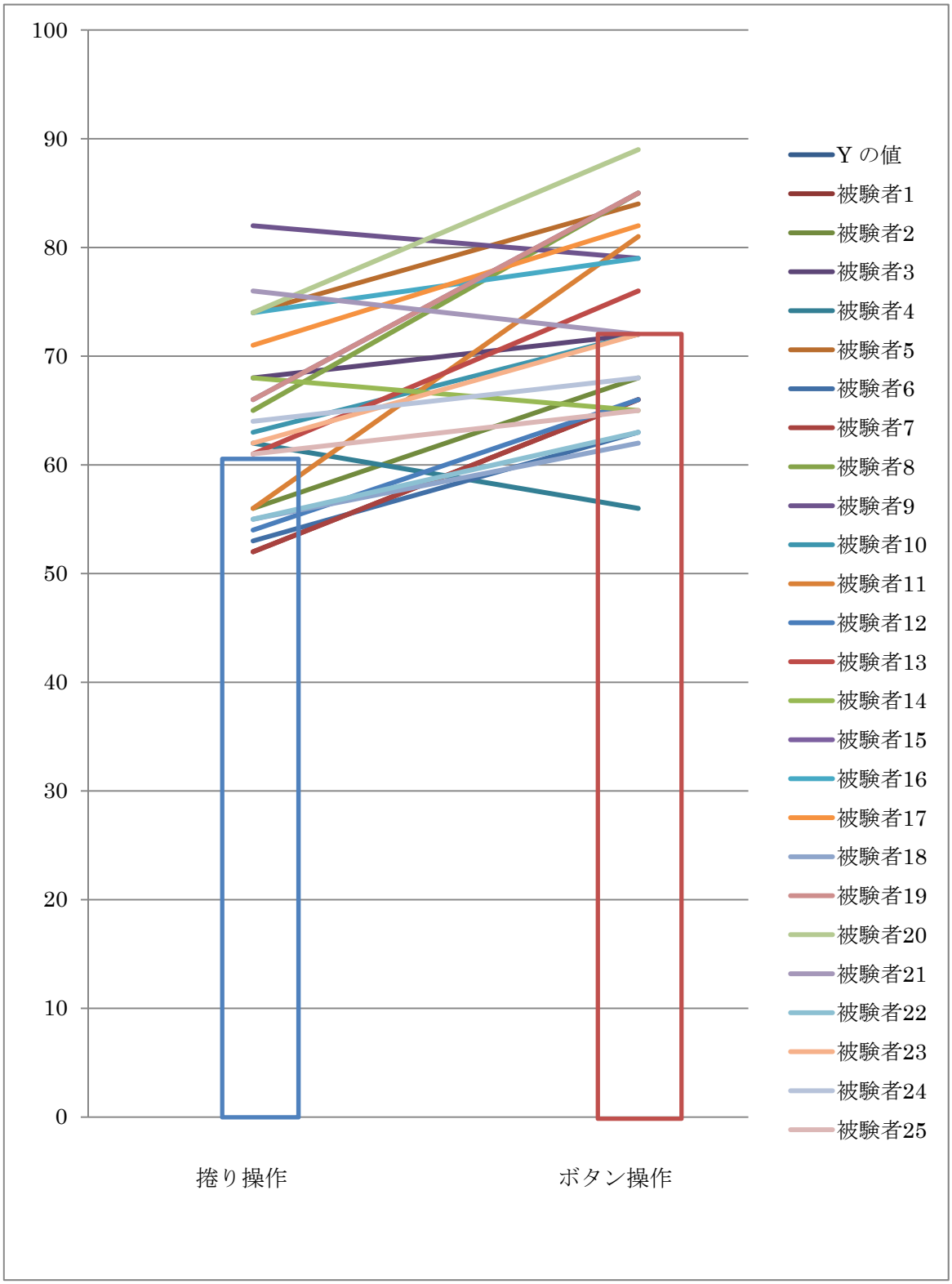


図4.8　実験1のページ切り替え回数の比較

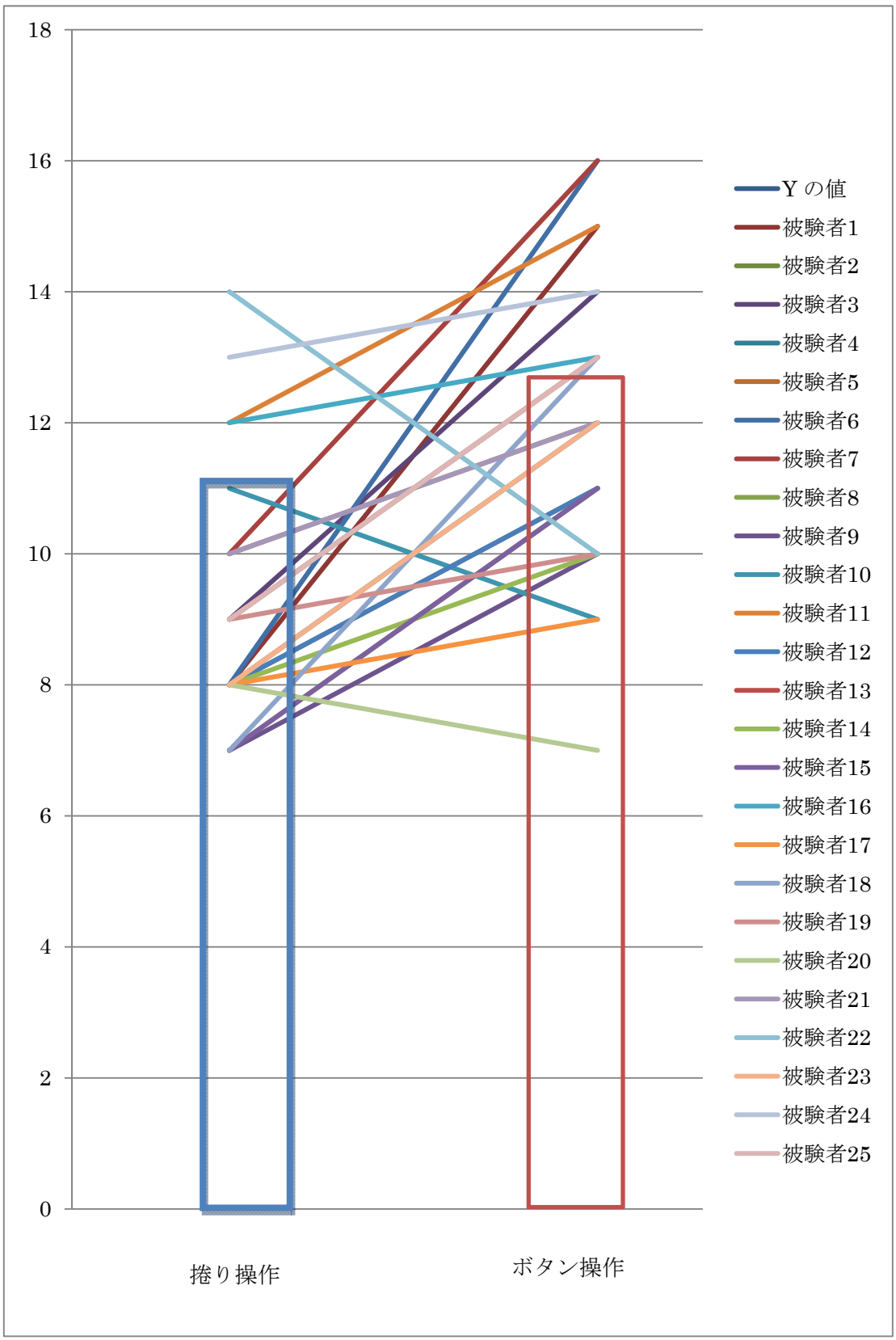


図4.9　実験2の切り替え回数の比較

表4.2　対照の場合正解数と切り替え回数の関係

	捲り操作	ボタン操作
正解数	多い	少ない
切り替え回数	少ない	多い

表4.3　比較の場合正解数と切り替え回数の関係

	捲り操作	ボタン操作
正解数	多い	少ない
切り替え回数	少ない	多い

この結果、以下の結論が得られた。

まず、二つの実験の正解数から見ると、両方とも捲り操作のほうが多い。それにより、捲り操作の有用性が認められている。

さらに、切り替え回数から見ると、両方とも捲り操作のほうが少ない。有用だけではなく、少ない操作回数で多い正解を得られたため、効率性、操作性たかいということも分かった。

つまり、この二つ実験の結果により、物理的ページング操作は高い有用性（ページ捲りの実感覚と部分的な閲覧）、異なる2ページを同時に閲覧する時、比較と対照の効率性が高い、電子ブックリーダーに与えられている。

そして、このシステムについて、被験者に次のような六つの質問からなる満足度の調査をした。調査は「物理的ページ捲り操作と部分的な閲覧の有用性に満足ですか？」、「デバイスのデザインに満足ですか？」、「ページ捲りの操作性に満足ですか？」、「携帯性に満足ですか？」、「捲り機能に満足ですか？」、「総合的に満足ですか？」といく６問をした。各質問は次のような七段階評価で答えてもらった。「非常に不満=1点」、「不満＝2点」、「どちらかといえば不満＝3点」、「どちらともいえない＝4点」、「どちらかといえば満足＝5点」、「満足＝6点」、「非常に満足＝7点」というような選択肢を設定した。

表4.4　システムに対する満足度のアンケート調査結果

	満足度質問	得点
問１	捲り操作と部分的な操作の有用性の満足度	５．５２
問２	デバイスのデザインの満足度	４．８８
問３	ページ捲りの操作性の満足度	４．３
問４	デバイスの携帯性の満足度	３．２
問５	システム機能の満足度	５．３６
問６	総合	５．６

表4.2の示したように、満足度調査により、「物理的ページ捲り操作と部分的な閲覧の有用性に満足ですか？」、「デバイスのデザインに満足ですか？」、「捲り機能に満足ですか？」、「総合的に満足ですか？」4問は４．８点以上を得られた。操作性は真ん中の3.5点以上である、しかし、捲って戻すような操作が必要なので、やはり面倒であるということが分かった。電子ブックリーダーの上に透明シートが付いているから、持ち歩きや手で持ち、歩きながら使うと、携帯性が非常に納得できない。

また提案システムの物理的なページング操作の使用感は従来のボタン操作と比較し、以下の利点・不利点に関する主なコメントが得られた（自由式アンケート）。

自由アンケートでは、ページ捲り操作の利点と不利点を五つずつ被験者に書いてもらった。利点の125点と不利点の125点をＫＪ法よりまとめ、以下の結果が得られた。

長所：

・比較領域が狭いため、違いを記憶し易い。

・操作が直感的で分かり易い。

・全体でなく見たい部分だけの表示がよかった。

・ボタン操作より、面白い。

・集中力が引き付けられる。

・デバイスを触りながら読むと、安心できる。
・本当に本を読んでいると感じていた。
・読みやすい。
・操作性が高い。

短所：
・ページの連続切替えが面倒であった。
・操作の遅さを感じた。
・捲って戻すというのは面倒くさかった。
・読み姿勢が自由ではない。
・携帯性はほかの電子ブックリーダーに負けている。
・透明シートは壊れやすい。
・磁石センサーはあまり正確でもない。
・ほかの電子ブックリーダーに比べ、機能不足。
・捲る時のシミュレーションが足りない、音とかない。
・一回数ページをめくることができない。

今回の実験で、以上の評価結果が得られた。システムの物理的ページング操作と部分的な閲覧の有用性、デザイン、機能が認められている。そして、総合的には、満足度はやや高い。しかし、操作性また携帯性について、不満が多かった。それに対し、今後の課題に、考慮する。

第五章

結論

５．１　まとめ

本研究では現状の電子ブックリーダーでのコンテンツの閲覧し易さを向上させるために、物理的なページング操作を可能にする装置を開発した。開発システムでは、ディスプレイの表面に付与した透明シートを捲ることで、磁気センサーによってページングの位置と程度を検知し、次のページを部分的に閲覧可能にしている。また試用実験ではアンケートにより、物理的なページング操作に有用性を確認した。

実験１では、２ページからなる教材の対照におけるページ捲り操作の有用性を確認した。

実験２では、２ページからなる教材の比較におけるページ捲り操作の有用性を確認した。

既存の電子ブックリーダー（ボタン操作）より、捲り操作ができる電子ブックリーダーの物理的操作により、部分的な閲覧が実現されている。まず、紙媒体のような「本」を触る実感覚により、直感的で操作性が高いという評価があった。

また、内容が異なる２ページを読む時、ボタン操作の電子ブックリーダーは、一遍で切り替えを実現しているから、部分的な比較や対照は難しい。繰り返してボタンを押して切り替えするしかない。本研究では、ページ捲り操作により、部分的な閲覧を実現している。そのため、電子ブックリーダーの操作性を高めている。

５．２　今後の課題

今後は読書作業性や電子ブックリーダーに求められる形態的特性などの研究をしながら、定性的な評価により、電子ブックリーダーによる物理的操作の有効性を示すとともに、さらなる拡張を目指したい。

今のシステムはまだ短所が多く存在する。改善のために以下の三点が挙げられる

・今のシステムはタブレットＰＣで作業されている。今後、電子ブックリーダーで、さまざまな操作を実現されるよう、研究を進める。

・パラパラ効果を実現する。

現時点で、センサー装置を用いていろいろ試したが、パラパラの効果はまだ実現されていない。例えば、一回の捲り操作で、パラパラの音をしながら、数ページが捲れるや指定ページに一回届くような機能である。さらに使いやすい装置を実現する。例えば、ボタン操作の併用を考えている。

・ページ捲りのバリエーションを実現する。

今の時代、電子ブックリーダーは単に本を読むツールではなく、生活を楽しむツールでもある。様々な面白い機能を電子ブックリーダーに付けることにより、読書活動の面白さが高まる。本研究は手で1ページだけの透明シート捲るから、捲って戻すような動作をしている。評価実験の結果により、有用性があったが、そのような操作は面倒であった。ある程度電子ブックリーだの利便性を減少している。本研究で、圧力センサーを付けたり、もっと小さいデバイスを使うということを考えた。圧力センサーを付けてパラパラめくる効果を作ろうとした。しかし、今の段階で、まだ、うまく実現されていない。今後は、まるでほかのボタンのような操作を使わず、「捲る」だけの操作で、多くの機能を実現するのは望ましい。

最後に、自由式アンケートで現時点のシステムの125点の長所と125の短所を調査したが、今後、ＫＪ法の知識を深く学び、W型問題解決モデルを利用し、システムを改善する。

謝　辞

本研究は、たくさんの方々のご指導とご支援によってまとめることができました。
まず、この修士論文を執筆するにあたっては、指導教官である國藤進教授から多大なご指導を賜りました、特別に感謝を申し上げたいと思います。お忙しい中、方向性、進め方や論文の書き方など、いつも的確なご指導をいただき、心よりお礼を申し上げたいと思います。

副テーマをご指導いただきました梅本勝博教授にはいろいろな方面で副テーマ論文をご指導いただきましたことに感謝の気持ちを申し上げたいと思います。

審査にご参加いただいている藤波努教授、西本教授、由井園准教授には中間審査で貴重なご意見をいただき、後半の研究に大変役立ちました。心から感謝の気持ちを申し上げます。
また国藤研究室の羽山徹彩助教からは、いつも貴重な意見をいただき、ありがとうございました。そのほかの国藤研究室の皆さんにも、一緒に研究して、深い友情を築きました。修士遂行という苦楽を共にして、感謝の気持ちを申し訳ません。
最後に、すばらしい研究環境を作っていただいた北陸先端科学技術大学院大学に心より御礼を申し上げます。

参考文献

[1] e-Bookリーダー「リブリエ」：
http://wwwsonyjp/products/Consumer/LIBRIE/
[2] Kindle: Amazon's New Wireless Reading Device.http://www.kindle.com .
[3] iriver's E-BOOK reader:
http://www.engadgetcom/2007/01/08/irivers-e-book-reader/
[4] ipad: http://www.apple.com/jp/ipad/
[5] ipad: http://www.apple.com/jp/ipad/features/ibooks.html
[6] J. Watanabe .and et al.: Bookisheet: bendable device for browsing content using the metaphor of leafing through the pages.Procs. the 10th international conference on Ubiquitous computing, P2-5,CA 94720, 2008.
[7] N.Chen, and et.al.: Navigation techniques for dual-display e-book readers, Proc. the twenty-sixth annual SIGCHI conference on Human factors in computing systems, P2, 2008.
[8]岡野翔，面谷信，中田将裕，前田秀一：読書作業性に対する電子媒体提示条件の影響評価，電子情報通信学会，Ｐ3-4，EID2004-80（2005）
[9]小清水実，津田大介，馬場和夫：電子ペーパーに求められる形態的特性の研究，P23, IDY2001－75，MMS2001－14（2001）
[10] 暦本純一：多様な物理的操作を可能にする入力デバイス, P2-3,（2007）

付録A

センサーの値を測定するコードの一部（動作部分）

```
//Attach event handler...Display the serial number of the attached InterfaceKit
        //to the console
        static void ifKit_Attach(object sender, AttachEventArgs e)
        {
            Console.WriteLine("InterfaceKit {0} attached!",
                                e.Device.SerialNumber.ToString());
        }
        //Detach event handler...Display the serial number of the detached InterfaceKit
        //to the console
        static void ifKit_Detach(object sender, DetachEventArgs e)
        {
            Console.WriteLine("InterfaceKit {0} detached!",
                                e.Device.SerialNumber.ToString());
        }
        //Error event handler...Display the error description to the console
        static void ifKit_Error(object sender, ErrorEventArgs e)
        {
            Console.WriteLine(e.Description);
        }
        //Input Change event handler...Display the input index and the new value to the
        //console
```

```
static void ifKit_InputChange(object sender, InputChangeEventArgs e)
{
    Console.WriteLine("Input index {0} value (1)", e.Index, e.Value.ToString());
}
//Output change event handler...Display the output index and the new valu to
//the console
static void ifKit_OutputChange(object sender, OutputChangeEventArgs e)
{
    Console.WriteLine("Output index {0} value {0}", e.Index, e.Value.ToString());
}
```

付録Ｂ

実験のページを捲る時の動作コード

```
public void ifKit_SensorChange(object sender, SensorChangeEventArgs e)
        {
            senser_info[e.Index] = e.Value;
            if (senser_info[3] < 510 && senser_info[4] < 510 && senser_info[5] < 510)
            {
                // 半分
                pictureBox1.Image = bitmaps[3];
                if (image_position != 3)
                {
                    image_position = 3;
                    ope_history_paging[3]++;
                    Console.WriteLine("History: " + this.make_history());
                }
            }
            else if (senser_info[0] < 510 && senser_info[1] < 510 && senser_info[2] < 510)
            {
                pictureBox1.Image = bitmaps[6];
                if (image_position != 6)
                {
```

```
            image_position = 6;
            ope_history_paging[6]++;
            Console.WriteLine("History: " + this.make_history());
        }
    }
    else if (senser_info[1] < 510 && senser_info[2] < 510)
    {
        pictureBox1.Image = bitmaps[5];
        if (image_position != 5)
        {
            image_position = 5;
            ope_history_paging[5]++;
            Console.WriteLine("History: " + this.make_history());
        }
    }
    else if (senser_info[0] < 510)
    {
        pictureBox1.Image = bitmaps[4];
        if (image_position != 4)
        {
            image_position = 4;
            ope_history_paging[4]++;
            Console.WriteLine("History: " + this.make_history());
        }
    }
    else if (senser_info[3] < 510 && senser_info[4] < 510)
    {
        pictureBox1.Image = bitmaps[2];
        if (image_position != 2)
        {
```

```
                image_position = 2;
                ope_history_paging[2]++;
                Console.WriteLine("History: " + this.make_history());
            }
        }
        else if (senser_info[5] < 510)
        {
            pictureBox1.Image = bitmaps[1];
            if (image_position != 1)
            {
                image_position = 1;
                ope_history_paging[1]++;
                Console.WriteLine("History: " + this.make_history());
            }
        }
        else
        {
            pictureBox1.Image = bitmaps[0];
        }
    }
    public void Form1_KeyDown(object sender,
System.Windows.Forms.KeyEventArgs e)
    {
        if (e.KeyCode == Keys.Left)
        {
            pictureBox1.Image = bitmaps[0];
            if (image_position != 0)
            {
                image_position = 0;
                ope_history_button[0]++;
```

```
            }
        }
        else if (e.KeyCode == Keys.Right)
        {
            pictureBox1.Image = bitmaps[7];
            if (image_position != 1)
            {
                image_position = 1;
                ope_history_button[1]++;
            }
        }
        Console.WriteLine("History: " + this.make_history());
    }
    public String make_history()
    {
        String history = "Paging :: ";
        for (int i = 0; i < ope_history_paging.Length; i++)
        {
            history = history + " - " + i + ":" + ope_history_paging[i];
        }
        history = history + "¥nButton :: ";
        for (int i = 0; i < ope_history_button.Length; i++)
        {
            history = history + " - " + i + ":" + ope_history_button[i];
        }
        return history;
    }
```

付録Ｃ

アンケート調査の答え

	問１	問２	問３	問４	問５	問６
被験者１	6	5	3	4	6	4
被験者２	6	6	6	3	7	6
被験者３	5	3	5	2	6	5
被験者４	6	4	4	3	6	5
被験者５	5	5	6	4	6	6
被験者６	6	6	5	3	4	5
被験者７	6	5	5	3	4	5
被験者８	5	4	4	4	5	6
被験者９	6	6	5	3	6	6
被験者 10	5	4	3	3	6	6
被験者 11	6	5	4	2	4	5
被験者 12	5	6	4	2	5	5
被験者 13	6	4	5	4	5	6
被験者 14	5	5	4	2	6	5
被験者 15	5	6	6	3	5	6
被験者 16	6	4	5	3	6	5
被験者 17	5	5	4	3	5	6
被験者 18	6	6	4	4	5	5
被験者 19	6	4	4	2	4	5
被験者 20	5	5	5	4	6	6
被験者 21	5	5	4	5	4	6

被験者 22	6	6	5	4	6	5
被験者 23	5	4	4	2	5	5
被験者 24	6	5	3	4	6	6
被験者 25	5	6	4	3	6	6