

# パラंगा：ページをめくる触感を再現する本型デバイス

城所 宏行<sup>†</sup> 藤田 和之<sup>†</sup> 大脇 正憲<sup>†</sup>  
Khoa Doba<sup>‡</sup> Christopher Chung<sup>‡</sup> 伊藤 雄一<sup>†</sup>

本のページをめくるときの紙の触感をユーザの指に提示する本型デバイス「パラंगा」を実装する。パラंगाでは、複数の紙片を取り付けたローラを本の曲げ具合などに応じて回転させ、そのローラをユーザの親指で触れることにより、触感を再現している。また、ローラの回転に応じたアニメーションをディスプレイに表示させることで、パラパラとページをめくる行為を無限に体験可能にする。さらに、パラंगाの特徴を生かしたインタラクティブなパラパラ漫画アプリケーションも提案する。実際にパラंगाを体験してもらい、体験者からフィードバックを得たところ、パラंगाは本をめくるときの指の触感を十分に提示できていることが分かった。

## Paranga: A Book-shaped Device Reproducing Page-flipping Sensation

HIROYUKI KIDOKORO<sup>†</sup> KAZUYUKI FUJITA<sup>†</sup> MASANORI OHWAKI<sup>†</sup>  
KHOA DOBA<sup>‡</sup> CHRISTOPHER CHUNG<sup>‡</sup> YUICHI ITOH<sup>†</sup>

We implement a book-shaped device called "Paranga" which allows users to feel sensations of flipping pages. Users can feel haptic sense by putting their thumbs on the roller with several pieces of paper. In addition, flipping animation on the display enables users to experience page-by-page flipping of a book. We propose some interactive applications designed for Paranga, and from a user study we found that they could sufficiently give users haptic sensations of flipping pages.

### 1. はじめに

本のページをめくるという行為は非常に身近で、誰もが知っている行為である。その中でも、パラパラ漫画のように本のページをパラパラめくるという行為は、通常なされる本のコンテンツを読む用途とは異なる。それは、本の触感、パラパラと聞こえる音、紙の遷移や静止している画像がアニメーションのように動いて見える視覚情報等を楽しむ行為として親しまれている。これらのような本のコンテンツ以外でユーザに与える知覚は、実際の本だけでなく、近年普及が著しい電子書籍の閲覧においても、ページがめくれるアニメーションの付与<sup>\*1</sup> などによって一般的に導入されている。他にも、曲げセンサを用い、本の曲げ具合をページの



図1：パラंगा

進み・戻りの入力とするものなどがある[1]。このように近年では単に本のコンテンツの提示だけでなく、本を読んでいる時の様々な知覚の付与が注目されている。また、実際の本をパラパラめくっている時に得る様々な感覚を再現して人に提示することで、同時に電子書籍閲覧のインタラクションの直感性や快適さの向上にもつながると考えられる。

そこで、本のページをパラパラめくるときの知覚

<sup>†</sup> 大阪大学 大学院情報科学研究科  
Graduate School of Information Science and Technology,  
Osaka University  
<sup>‡</sup> ウースター工科大学  
Worcester Polytechnic Institute

\*1. iBooks <http://www.apple.com/jp/ipad/features/ibooks.html>

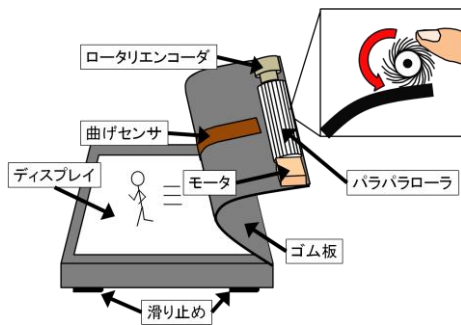


図 2: パランガの構造図

のうち重要であると考えられる指の触感に着目し、ページをパラパラめくる際に、回転機構を用いて紙の触感を無限にユーザの指に提示する本型デバイス「パランガ」(図 1)を開発する。さらに、このパランガを用い、通常のパラパラ漫画を再現するだけでなく、電子デバイスであることを活かしたインタラクティブなパラパラ漫画アプリケーションを実現する。

そこで本稿では、まず本のページをめくる際の人の動作を調べ、それを考慮したパランガの実装とインタラクシオン例を述べる。次に、パランガを用いたアプリケーションと、それを実際に利用してもらった感想についてまとめ、本デバイスの有効性について述べる。

## 2. パランガ

### 2.1 ページをめくる動作を調べる予備実験

実装にあたり、本のページをめくる際に得られる知覚の特定が必要であるため、まずは本のページをめくる際の人の動作を調査する。分厚さや紙の材質の異なる数種類の本を、数人の参加者に実際にパラパラとめくってもらい、その様子を観察した。この結果、ページをめくる際には親指以外の指で本の曲がり具合を本の裏側から調節し、めくれようとするページの端を親指で押さえることによって、めくる量を調節していることがわかった。そこで、ページをめくるための入力動作として、従来研究[1]と同様の本の曲げ具合に加え、親指によるページ端を押さえる強さを用いる。さらに、パラパラと本がめくれている際、人は様々な情報からそれを知覚している。予備実験中の参加者の観察や実験後の参加者から得た意見から、知覚する情報として以下の 3 項目が特に重要であると結論付けた。

- ・ ページがめくれる視覚情報

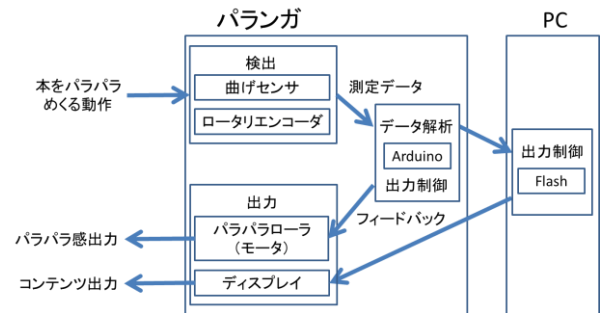


図 3: システム構成

- ・ ページがめくれるパラパラという音
- ・ 親指が紙をはじく時の触感

ページがめくれる視覚情報の再現は iBooks や従来研究[1]等でなされており、音も容易に再現可能だと考えられる。そこで、親指が紙をはじく時の触感に着目する。

紙の触感を再現する方法として、実際の本のように紙のページを用いることがまず考えられる。Yamadaらは実際にそのような方法で本型デバイスを実装している[2]が、電子書籍のように任意のコンテンツを表示するためにはプロジェクタが必要であるなど、実装が大がかりになる。そこで本実装では、コンテンツの表示にはディスプレイを用い、ページをめくる触感を利用者に与えるための機構を作成する。

### 2.2 実装

#### 2.2.1 動作原理

前述の要素を考慮して実装したデバイス「パランガ」の構造図を図 2 に示す。できるだけ実際の本をめくる感覚を利用者に与えるため、デバイスの形状は本型とし、右利きの人がページをパラパラとめくりやすいよう、本の見開きのうち右側をページめくりの操作部、左側をディスプレイによる表示部とする。操作部は柔軟なゴムでできており、表示部の底面には滑り止めを取り付けてある。このため、利用者は右手だけで操作部を容易に曲げられる。

本の曲げ具合を検出するため、曲げセンサをパランガの操作部中央に取り付ける。また、本のページをパラパラめくる時の感触を再現するために、金属の棒に 24 枚の紙素材を放射状に取り付けた「パラパラローラ」を作成し、モータと共に取り付ける。利用者がページをめくるように本を曲げると、その曲げの強さに



図 4: 電子書籍アプリケーション

応じてパラパラローラの回転速度が変化し、図 2 に示すように利用者の親指の腹をはじくことでパラパラとページがめくれる触感を提示する。実際に本を読む時、親指でページがめくれないように押さえるが、パラंगाでも親指でパラパラローラを押さえることでページがめくれないようにすることができる。しかし、親指の力覚がモータのトルクに依存するため、実際の本のページをパラパラめくるような感覚を親指に与えることができない。そこで、24 パルスのロータリエンコーダをパラパラローラの回転軸に取り付け、親指の押さえによる回転の弱まりを検出する。それにより、モータを速く回転させ、実際の親指の力覚に近づけさせる。また、ローラの回転時は、指がローラ上の紙をはじくパラパラという音が鳴るため、特別なデバイスを必要とせずにも再現される。パラパラローラの回転を検出するロータリエンコーダが 1 パルス分の回転を検出すると、ディスプレイ上にはページのめくれるアニメーションを表示させ、その後、次のページに該当する静止画を表示させる。以上のようにして、利用者は親指を同じ位置に留めた状態で、ページを無限にめくるインタラクションを体験可能になる。

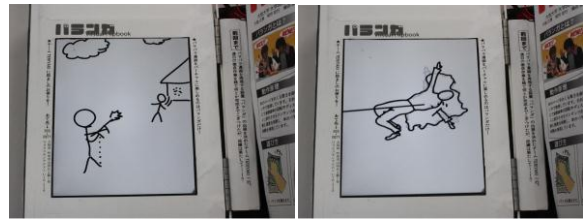
### 2.2.2 システム構成

図 3 にパラंगाのシステムの流れを示す。曲げセンサとロータリエンコーダを入力を検出とし、モータの回転とディスプレイの表示を出力とする。ディスプレイに表示するコンテンツは Flash を使用する。制御基板には Arduino (Duemilanove 328) を用い、ディスプレイは RGB 入力の 8 インチディスプレイ (Century 社, plus one(LCD-8000V)), モータは TAMIYA の多段ギアボックスをギア比 89.9:1 で使用する。デバイス



(a) 遅くめくっている時 (b) 速くめくっている時

図 5: パラパラ漫画アプリケーション 1



(a) 遅くめくっている時 (b) 速くめくっている時

図 6: パラパラ漫画アプリケーション 2

全体は閉じた状態で 250 mm×190 mm×90 mm の大きさで、A4 サイズよりやや小さい。

## 3. アプリケーション

本章では、パラंगाの特徴を生かした 2 種類のアプリケーション例について述べる。

### 3.1 電子書籍アプリケーション

このアプリケーションは、図 4 に示すように、単純に本のページをパラパラめくる視覚情報を再現し、パラंगाを電子書籍のページをめくるコントローラとして利用する。従来の電子書籍では、大幅なページ送りをする場合、スライダバーなどの、本での動作とは乖離したインタラクションが必要なことが多かった。パラंगाではこれを解消し、実際の本と同様のインタラクションで、ページをめくる速度を容易に制御できる。

### 3.2 パラパラ漫画アプリケーション

このアプリケーションでは、ページをめくるとパラパラ漫画のようなアニメーションが再生される。ただし、通常のパラパラ漫画ではなく、電子コンテンツであることを生かし、めくる速度に応じて異なる内容を表示させる。図 5 に示す例では、ゆっくりめくっている時には棒人間が歩くアニメーションが表示される (図 5(a)) が、速くめくるほど棒人間が速く走り、それに合わせて手足の振りなどの視覚効果が大きくなる

(図 5(b)). 一方で図 6 に示す例では、ゆっくりめくっている時には棒人間が銃で撃たれているように見える(図 6(a))が、速くめくるほど撃たれている人にズームしていき、ある閾値以上の速度になると、その人が弾を避けていたことがわかるようなスーパースローのアニメーションに切り替わる(図 6(b)). これは、一定の速度で流れている映像のフレームレートを、ページのめくる速度を変化させることによってコントロールするという意味合いを持つ。

#### 4. ユーザフィードバック

パラंगाが実際の本をめくっているような触感を利用者に提示できているかを検証するため、日本科学未来館にて開催された IVRC2010 でデモ展示を行い、100 人程度の子供から年配の方までの幅広い年齢の体験者からユーザフィードバックを得た。

ほとんどの体験者は、親指を置く位置の説明を受けただけで、本を曲げてページをめくるという使い方を推測することができていた。また多数の体験者から、「本物の本に近い感覚だ」「触感が気持ち良い」などのポジティブな感想が得られ、「iPad に取り付けて電子書籍を読む時に使いたい」という、実用化を望む意見もあった。ただし、パラパラとめくることに適しているのに対し、1 ページだけをめくるためには慣れが必要で、そのことに対して実装の改善を求める体験者もいた。また、パラパラローラの紙が指を弾く際にパラパラという音が鳴るが、これに対しては「心地よい」「スピーカーで音を鳴らして再現しているのかと思った」など、筆者らの予想以上に良い反響が得られた。

#### 5. 考察

ユーザスタディで触感に関してポジティブな意見が多く得られたことから、パラंगाは本をめくる時の指の触感を利用者に十分に提示できているといえる。また、使い方を推測できた人が多かったことから、パラंगाが直感的なインタラクションを提供できていたことが伺え、電子書籍を扱うインタフェースとしても有用であると考えられる。

一方で、リアリティ向上のための課題も明らかにな

った。その一つとして、1 ページだけ進める操作が難しいことが挙げられる。ページのめくりはロータリエンコーダに連動しているため、必ずしも指が紙を弾くタイミングとは一致していないことが主な原因だと考えられる。これを解消するために、紙の1枚1枚の裏表にアルミ箔などの導電性の材質のものを取り付け、指で弾かれると電気回路が開放されるような機構にすることを考えている。

また、バーチャルで再現していることを生かしたさらなる改良も考えられる。例えば、電子書籍を読み返す際に、利用者がブックマークした箇所が目にとまりやすいようにページをめくりにくくしたり、ホラー小説の怖いシーンでページのめくり振動を加えたりするなど、コンテンツの重要度やストーリーに応じてめくりやすさを動的に変更するという応用が考えられる。今後は、リアルな触感の再現に留まらず、このような、読みやすさや臨場感を向上させるような触感の提示について検討していきたい。

#### 6. おわりに

本研究では、ページをめくる触感を再現する本型デバイス「パラंगा」を実装し、パラंगाの特徴を生かした複数のアプリケーションを構築した。実際にパラंगाを体験してもらったユーザスタディを実施し、パラंगाが本をめくる時の指の触感を利用者に十分に提示できていることがわかった。

今後は、リアリティ向上のために、1枚1枚ページをめくる精密なインタラクションの実現に取り組む。さらに、コンテンツに応じてページのめくりやすさを動的に変化させるなど、実際の本では体験できない触感を提示することについても検討していく予定である。

#### 参考文献

- 1) 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, インタラクション 2008 論文集, (2008).
- 2) Yamada, H.: SequenceBook: interactive paper book capable of changing the storylines by shuffling pages, *Proc. CHI '10 Extended abstract*, pp. 4375-4380 (2010).