

アクティブリーディング中の柔軟なページ操作と コンテンツタッチを支援するタッチ操作体系

柴田 博仁^{1,a)} 高野 健太郎²

受付日 2019年2月19日, 採録日 2019年6月11日

概要: タッチ操作デバイスでの読みには, 紙での読みと比べて, (1) ページ間の行き来を含む柔軟なページアクセスができない, (2) 精読を支援する指差しやなぞりが抑制される, という問題がある. 本研究では, タッチ操作デバイスの利用を前提として, この2つの問題を同時に解決するタッチ操作体系を提案する. 提案方式では, タッチを読みの支援行為と見なす読書モードと, タッチを文書操作の行為と見なす操作モードの2つのモードを導入することで, 読書モードでのコンテンツへのタッチの抑制を防ぐ. そして, 操作モード中に行った利き手での操作を非利き手のジェスチャによりキャンセル可能にすることで, 異なるページ間を簡単に行き来できるようにする. 試作システムを用いた2つの実験を通して, 提案方式の有用性を検証した.

キーワード: テキストタッチ, 指差し, なぞり, ページ間の行き来, 指しおり, 一時的ブックマーク

Touch Operations Supporting Flexible Page Access and Text Touching during Active Reading

HIROHITO SHIBATA^{1,a)} KENATARO TAKANO²

Received: February 19, 2019, Accepted: June 11, 2019

Abstract: Reading on touch-sensitive devices has two important problems: (1) it does not support flexible page access including moving back and forth among pages, and (2) it constrains pointing to text or tracing text, in comparison with reading on paper books. This research proposes a touch operation framework to resolve these two problems at the same time under the condition of using touch-sensitive devices. Our framework prevents from constraining pointing or tracing by introducing two modes: (a) a reading mode in which the system considers a touch action as one to support reading, and (b) an operation mode in which the system considers a touch action as one to manipulate a document. Besides, in the operation mode, readers can easily switch two different pages repeatedly by canceling page-turning operation performed in this mode by using a gesture of a non-dominant hand. Through the two experiments using our prototype system, we confirmed the effectiveness of our framework.

Keywords: text touch, pointing, tracing, moving back and forth among pages, place-holding of pages using fingers, temporal bookmarks

1. はじめに

本稿は, 業務や研究で見られる文書の批判的な読みや読

解, 学習目的での読みなど, アクティブリーディング [1] として知られる能動的な読みの支援に関するものである.

小説の読みで代表される娯楽を目的とした読みは, 先頭から順に1ページずつページをめくって最後まで読む, 後戻りの少ない線形の読みである [2]. これに対して業務や学習で見られるアクティブリーディングでは, 同一ページ内の異なる箇所, 異なるページ間を行き来することが多く, 飛ばし読みされることもあれば, 精読されることもある [3], [4]. また, 書き込みをともなうことが多く, 複数の

¹ 富士ゼロックス株式会社研究技術開発本部
Research and Technology Department, Fuji Xerox Co. Ltd.,
Ebina, Kanagawa, 243-0494, Japan

² 富士ゼロックス株式会社エンタープライズ・ドキュメント・ソリューション事業本部
Enterprise Document Solutions Business Department, Fuji
Xerox Co. Ltd., Yokohama, Kanagawa, 220-8668, Japan

^{a)} hirohito.shibata@fujixerox.co.jp

文書を横断して読むこともある [5], [6]. 現在広く普及したタブレット端末や電子書籍端末は、娯楽を目的とした読みでは広く利用されているが、業務や学習のシーンで文書を読み込む状況では頻繁に活用されているわけではない [7], [8].

近年、高性能なペンデバイスを備えたタブレット PC (Microsoft Surface Pro, Apple iPad Pro など) や電子ペーパーデバイス (Sony Digital Paper) が次々と市販されている。アクティブリーディングでは書き込みをともなうことが多いため [4], [6], ペン入力可能なスレート端末は読みの支援環境として魅力的である。さらに、メニューやアイコンは、視覚的外乱として作用し、注意の阻害要因になる [9], [10], [11]. したがって、読みの支援ではコマンド指定のための GUI 表示はできるだけ排除し、読むことだけに集中できることが望ましい。そのように考えると、メニューやボタンを表示することなく多様で直感的な操作が可能なタッチ操作デバイスは、アクティブリーディング支援のプラットフォームに適しているように思われる。

しかし、これらのタッチ操作デバイスでは、アクティブリーディング中のページアクセスを紙の書籍のように柔軟に行えないという問題がある。アクティブリーディングは、異なる箇所や異なるページを行き来しながら読み進められる [4] ため、この点は重要である。たとえば、論文を読んでいる最中に、参考文献の参照のために最後のページに移動して、再び本文に戻ることがある [12], [13]. あるいは、本文と参考文献を何度も行き来して情報を比較することもある。また、異なるページの図表や以前の記述を確認したり、場合によっては、明確な目的もなく何気なしに前後のページや目次、表紙をちらりと見ることもある。後者はライトウェイトナビゲーションと呼ばれ、雑誌の読みでも頻繁に、しかもほとんど無意識的に行われていることが報告されている [14].

こうした状況で、紙の書籍や紙にプリントして束ねた書類では、参照ページにアクセスする前に元のページ位置に指をはさんでおく (「指しおり」と呼ぶ) ことが多く、これにより元の位置にすぐに戻ることができる。デジタル環境ではページ間の柔軟なナビゲーションが支援されず、読み手のフラストレーションを招いたり [5], 読みの効率の低下を招くことが確認されている [12], [13].

なお、読書中に行われるこうした行為を意識せずに行えることはきわめて重要である。機能があればよいわけではなく、その操作の認知負荷が限りなく小さいことが重要である。アクティブリーディング中に頻繁に行われるさまざまな行為を自動的にできないと、読書中に思考の中断が頻繁に生じることになる。そして、これが読みのパフォーマンス (スピードや理解度、校正読みでの誤り検出率) の低下につながる可能性がある [8].

さらに、タッチ操作デバイスでこうした多様な操作を行

うことには、もう 1 つ別の問題がある。通常、校正読みのように、集中して文書を読む状況では、文書を指差したり、なぞったりする行為 (「コンテンツタッチ」と呼ぶ) が、ほとんど無意識的に行われている。こうした行為には特定の箇所に意図的に注意を向けたり、離れた情報を比較しやすくしたり、読みのスピードを制御して読み飛ばしを避けるなどのメリットがある。しかし、テキストを指差したり、なぞる行為は、タッチ操作デバイスではタップやスワイプと解釈され、意図しないページめくりや表示ページの拡大・縮小が生じることがある。表示文書が突然切り替わると読みが阻害されるため、タッチ操作デバイスで文書を読む際、読み手はパネルに触らないように注意する必要がある。そして、校正読みでコンテンツタッチが制限されると、読みのパフォーマンスが低下することがある [15].

これはある意味、タッチ操作デバイスでのページめくりや表示の拡大・縮小などのページ操作が簡単に行えることによる弊害ともいえる。簡単に行えるからこそ、読みの最中の無意識的なコンテンツタッチが、ページ操作のジェスチャとして誤認識される。逆に、誤認識を防ぐためにページ操作のジェスチャを複雑にすると、今度はページ操作が簡単でできなくなる。あるいは、無意識的に操作できずに、読みが阻害される。ページ操作のために特殊なボタンやデバイスを利用すると、ペンを片手にアクティブリーディングする状況では、今度はペンの持ち替えが必要になり、これも好ましくはない。

本稿の狙いは、タッチ操作デバイスの利用を前提に、アクティブリーディング中に頻繁に行われるコンテンツタッチを阻害することなく、紙の書籍で行えるような多様で簡単なページアクセスを可能にするタッチ操作体系を提案することである*1。いくなれば、無意識的に行われるコンテンツタッチを阻害せずに、ページアクセスのための多様で簡単なタッチ操作を可能にするという一見矛盾する課題の解決を目指す。

なお、電子文書は動画や音声も含めたマルチメディアコンテンツである。コンテンツを再生しながら読んだり、点滅する情報を読み取ったり、常時スクロールをしながら読んだり、電子文書にはそれぞれ特有の読み方がある。しかし、本稿ではテキストと画像を中心とした静的なコンテンツを対象とし、静的な文書をじっくりと読み込む状況を想定する。アクティブリーディングで取り扱われる典型的な文書である論文、報告書、専門書などは依然として静的なコンテンツが多く、今後もしばらくはその傾向が続くと考えるためである。また、本研究はアクティブリーディングの支援を目指すため、電子機器は小型のスマートフォンではなく、B5 サイズ以上のスレート端末を想定する。

*1 本稿は先行する文献 [16], [17] に記載の実験内容をもとに、コンセプトを整理し直し、全面的な修正を加えたものである。

2. 操作の分類と問題意識の明確化

まずは文書に対する操作にどんなものがあるのか概観する。表 1 に示すように、読みの最中に行われる操作は「文書操作」「ページ操作」「コンテンツ操作」に大別できる。

文書操作はページを束ねた文書、あるいは 1 ページの文書に対する操作で、文書を持ったり、移動したり、複数の文書を束ねたり、重なり順番を変更する行為を含む。

ページ操作は複数のページからなる文書のページ（紙の場合にはシート）に対する操作である。さらに、ページを 1 枚ずつめくったり、連続してばらばらめくる「ページ移動」、ページに指やしおりをはさんだり、付箋を貼る「ブックマーク付与」、また電子環境のみの操作として表示ページのサイズを変更する「表示サイズ変更」に細分される。

コンテンツ操作は、ページ内の文書内容に対する操作である。さらに、文書内容への変更や情報の追加をとまなう「書き込み」と変更や追加をとまなわないタッチ行為である「コンテンツタッチ」とに細分される。

1 つの文書を 1 つのデバイスに表示することを前提としたスレート端末では、文書操作はスレート端末そのものへの直接操作となる。端末は今後、軽量化の方向へと進化するはずである。端末が薄く軽くなれば、端末の操作性、すなわち文書操作の操作性はしだいに改善されるだろう。そこで、読みの最中に行われる多様な行為の中でも、本研究

表 1 読みの最中に行われる操作の種類（アスタリスクのついた項目は電子環境での操作）

Table 1 Categories of actions performed during reading (Items with asterisks are actions for electronic environments).

操作の種類		操作の例
文書操作		<ul style="list-style-type: none"> ・ 文書を持つ、移動する ・ 文書を束ねる ・ 文書の重なり順番を変更する
ページ操作	ページ移動	<ul style="list-style-type: none"> ・ ページを 1 枚ずつめく ・ ページを連続してばらばらめくる ・ 複数ページを同時にめくる (ジャンプする) ・ 異なるページを行き来する ※ リンクをたどる
	ブックマーク付与	<ul style="list-style-type: none"> ・ ページに指やしおりを挟む ・ ページに付箋を貼る、ページの角を折る
	表示サイズ変更 (電子環境のみ)	<ul style="list-style-type: none"> ※ ページを拡大・縮小する ※ (拡大状態で) ページの表示位置を変える ※ 複数ページを一覧表示する
コンテンツ操作	書き込み	<ul style="list-style-type: none"> ・ アンダーラインをつける ・ テキストを選択する ・ 記号、文章、絵などを書き込む
	コンテンツタッチ	<ul style="list-style-type: none"> ・ 指さし(ポインティング)する ・ テキストをなぞる

ではページ操作を支援対象とする。

提案するタッチ操作体系は、電子環境（タッチ操作デバイス）でのページ操作の柔軟さを増すためのものである。この枠組みは、表 1 のページ操作すべて（電子環境に固有の操作も含む）に適用できるものだが、試作システムではページをめくったり、ページ間を行き来するページ移動の操作を支援する。また、本稿の枠組みは書き込みの操作にも適用可能である。これらについては、後で考察する。

3. 関連研究

これまで、アクティブリーディングの支援を目的としたさまざまな環境が提案されてきた [1], [18], [19], [20]。ここでは、本研究が解決を目指すページアクセスの問題、テキストタッチの問題の 2 つの問題について言及した研究を概観する。

3.1 ページアクセスの問題

電子的な文書リーダで柔軟なページアクセスが支援されない問題は古くから認識されており、これまでにさまざまな解決策が提案されてきた。

アクティブリーディング支援の先駆的試みとして、XLibris [1] ではページめくりを物理的なボタンで行わせることで触覚フィードバックを与え、電子音による聴覚フィードバックも提供する。Chen ら [21] は、連結した 2 枚のスレート型端末に 2 ページ分を連続表示させたり、2 枚のスレートを開け閉めするジェスチャでページめくりを可能にする方式を提案している。

曲げを検知可能なデバイスを利用して電子文書のページめくりを制御する試みもある [22], [23]。これらは、デバイスの曲げ具合や曲げの方向に応じて、ページめくりのスピードや方向を制御する。また、スレート端末そのものにフレキシブルなものを用いて、端末を湾曲させることでページをめくる方式も提案されている [24], [25], [26], [27]。さらには、タブレット端末の左右に湾曲可能な突起をつけ、これをはじくことでページめくりを可能にする試みもある [28], [29]。さらには、紙の書籍でのパラパラめくりの際のページをはじく触覚を電子的に再現する試みもある [30]。

これらはいずれも、電子環境でのページめくりに触覚フィードバックを与えて、紙の書籍での操作感を模倣することを目指している。これにより、読んでいる位置から視線を外すことなくページめくりでき、正しくめくれたことのフィードバックも視覚以外の手段で確認できる。しかし、これらの試みでは、異なるページ間を行き来する操作は支援されない。

ページ間を行き来を支援する試みとして、Masunaga ら [31] は紙の書籍そのものを電子文書端末の入力デバイスとして利用してページめくりを行う環境を実現した。この

環境では、紙の書籍と同様の柔軟なページアクセスが可能である。しかし、その実現には、カメラの設置を含めた大がかりな仕掛けが必要であり、実用には課題が多い。

一方、ページ間の行き来をソフトウェア的に支援する提案もなされている。Touch-Bookmark [32] というシステムでは、画面内の特定の位置に指を置くことで、後でそのページに簡単に戻れるようにし、指しおりの機能を実現している。しかし、Alexander ら [33] が指摘するように、ページアクセスの最中に、読み手が後でそこに戻ることを意識して、明示的にブックマークを付与することは難しい。そこで、彼らは一定時間以上閲覧したページ位置に自動的にブックマークを付与し、その位置をスクロールバー上で視覚化する。しかし、以前に見たページに戻るには、スクロール上のブックマークの位置をクリックする必要がある、操作に視覚を必要とする。

高田ら [34] は、回転操作でページをスクロールするリングという操作方法を導入し、指を画面から離すとリングの開始位置に戻る方式を提案している。これにより、一時的にスクロールして元のページに簡単に戻れるようになる。しかし、ページをジャンプして元に戻ることはできるが、元の位置に戻った後、再び最初のジャンプ先に戻ることは、すなわち異なるページ間を何度も行き来することは支援されない。

市販の Kindle のアプリケーションでは、Page Flip *2 という機能により、ページ間の行き来を可能にする。この方式では、ページを大きくジャンプするときには複数ページの一覧表示（ズームイン）がよく使われることに着目し、ズームインの開始ページをアイコンとして保持しておく。そして、後でそのアイコンをクリックすると、ズームインの開始ページに簡単に戻れる。しかし、ズームインを利用せずにスワイプでページ移動した場合には、この機能は利用できない。すなわち、Page Flip は大きくページをジャンプして元に戻る場合には有効だが、数ページ先を見て戻るライトウェイトなナビゲーションには効果的に機能しない。

異なるページを2面並べておけば、ページ間の行き来など必要ないという考えもありうる。実際、アクティブリーディングの支援では、位置的に離れた2つのページを並べて表示可能にしたり、クリップとして脇に置いたりする機能が提供されている [35], [36]。しかし、別のページを少しだけ参照してすぐに戻る場合など、ページを移動する前に現在のページを比較対象として事前にクリップするのは面倒である。さらには、2つのページを並べると、各ページの表示エリアが小さくなることは避けられない。

これまで見てきたように、電子文書のページアクセス方式として、これまでにさまざまなものが提案されているが、

いずれも部分的な問題の解決にとどまっている。これは電子文書でのページアクセスの問題が広く認識されていると同時に、決定的な解決策が見出せていないことを示唆する。

3.2 コンテンツタッチの問題

業務や研究のシーンでの読みの観察によると、人はアクティブリーディングの最中に頻繁にテキストを指やペンでポインティングしている [37], [38]。そして、タブレット端末ではポインティングやなぞりの行為が促進されず、読みのパフォーマンスが低下する可能性があることが実験的に確認されている [15]。

しかし、タッチ操作デバイスがコンテンツタッチを抑制する問題はこれまで重視されることがなく、その解決策が提供されることはなかった。タッチ操作可能なタブレット端末が登場する以前の研究では、この点が問題視されないのは当然かもしれない。しかし、タッチによるインタラクション手法が広く普及した現在、アクティブリーディングの支援にタッチ操作デバイスを利用するならば、コンテンツタッチが抑制されないよう配慮したタッチ操作体系が必要と考える。

4. アプローチ

4.1 紙の書籍でのページアクセス方式

次に、柔軟なページアクセスの方法論を検討する。特に、現状の支援システムでは、異なるページ間の行き来が困難であり、この点の改善が必要である。まずは紙の書籍でページ間の行き来がどのように支援されているのかを見る。

ページ間を行き来する例として、マニュアルなどのように詳細な目次のついた書籍から情報を探す状況を想定して説明する。このとき、読み手は最初に目次から関連する節を探し (図 1(A))、そのページにジャンプする。ジャンプしたページの周辺に求める情報が見つければよいが、見つからない場合は再び目次に戻ることになる。この際、図 1(B) のように、多くの人はジャンプ前の目次の位置に指 (図 1(B) の左手の親指) を残しているため、ワンアクションで簡単に目次に戻ることができる (図 1(C))。

さらに、目次に戻って周辺を見た結果、やはり先ほどの節に求める情報があるはずだと考え、再び本文に戻ることもある。その際、目次に戻る直前に見ていた本文のページ位置にもう一方の手の指が残っているため (図 1(C) の右手の親指)、先ほどの本文のページに簡単にアクセスできる。こうして、目次と本文の行き来が支援される。

こうしたページ間の行き来は書籍から答えを探す状況だけでなく、文書を読んでいる最中に、ふと目次を見て自分の現在位置を確認したり、先に読んだ用語の定義を確認したり、別ページにある図表の内容を確認したり、参考文献を確認したりなど、さまざまな状況で見られる [12], [13], [14]。

この現象を考察すると、目次からセクションに移動する

*2 <https://www.dream-seed.com/weblog/news/kindle-page-flip>

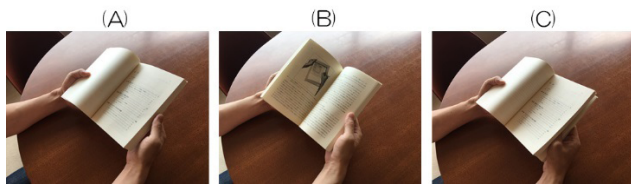


図 1 ページ間を行き来するシーン

Fig. 1 A scene of moving back and forth among pages.

際、読み手は後で目次に戻ることを意識して、意図的にそこに指を挟んだわけではないと考える。無意識的に目次の位置に指が残り、後付けでそれがナビゲーションの手がかり（一時的なしおり）として機能したにすぎないのではないだろうか。同様に、本文から目次に戻る際にも、読み手は後で本文に戻ることを意識して指を挟んだわけではないと考える。目次にジャンプする際に、そこに無意識的に指が残り、たまたまそれがしおりとして機能したのではないだろうか。

実際、注釈付き文書の読み [12] や答えを探す読み [13] の実験では、こうした状況において参加者のほぼ全員が元の本文、あるいは目次の位置に指を残していた。そして、実験後のインタビューでは、自分が目次の位置に指を残していたことを意識していない人もいた [13]。

このような観察と考察に基づき、筆者は一時的なしおりの付与では、意識的にしおりを付与する方式は避けることが望ましいと考えた。むしろ、一連のページアクセスの手続きに組み込まれる形で、自動的にしおりが付与されることが望ましい。そして、上で紹介したページアクセスの例からも分かるように、読み手がしおりを付与する場所は、次の2つの場所であることが多い。

- 一連のページアクセスの開始位置 (図 2(A))
- 指しおりへのジャンプの直前 (図 2(B))

4.2 支援の基本的枠組み

本研究ではタッチ操作可能なデバイスを利用して、無意識的に発生するコンテンツタッチを阻害せずに、読書中の多様なインタラクションを可能にすることを目指す。いかなれば、タッチ操作したいときはこれができ、タッチで何もアクションが生じてほしくないときはこれを回避したい。

そこで、タッチジェスチャに対するシステムの振舞いとして「読書モード」と「操作モード」の2つのモードを導入する。読書モードでは、画面へのタッチはコンテンツタッチと見なされ、画面表示はいっさい変わらない。これに対して操作モードでは、画面へのタッチは文書操作のための行為と見なされ、表示ページが切り替わったり、拡大・縮小したりする。参考までに、通常の文書リーダはつねに操作モードの状態にある。ここで、コンテンツタッチは無意識的な行為だが、ページめくりは意識的になされる。したがって、無意識的になされるコンテンツタッチが阻害され

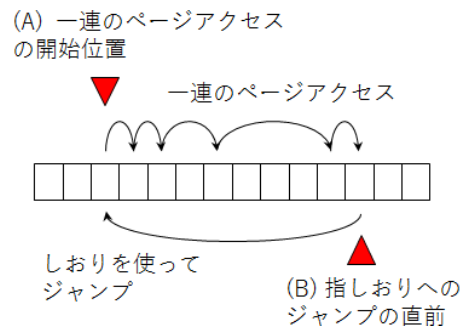


図 2 指しおりの典型的な使い方

Fig. 2 Typical usage of temporal bookmarks using fingers.

ないよう、デフォルトは読書モードにする。

次に、利き手での操作に制約が与えられることのないよう、読書モードから操作モードへの移行は、非利き手で制御することにする。両手での操作は自然で、直感的で、効率的であり、操作に多様さをもたらすことが知られている [39], [40]。両手インタラクションでの画像編集方式を調べた Brandl の実験 [39] では、非利き手でメニュー表示などの大まかな指定を行い、利き手で描画などの精緻な指定を行うのが望ましいことが示されている。本稿の枠組みでは、両手の利用を前提として、非利き手でモード変更を指定し、利き手でページめくりや書き込みの精緻な操作を行わせる。

なお、非利き手でのモード変更のジェスチャは、簡単に行えることに加え、通常のコンテンツタッチでは生じないジェスチャを選ぶ必要がある。これは、非利き手のコンテンツタッチにより、意図せずにモード変更が生じるのを防ぐためである。そこで、多様な読みでの行為の分析結果 [38] をもとに、非利き手を上にスライドさせるジェスチャ（スライドアップ）をモード変更のジェスチャとして選定する。

モード遷移を図式化したものを図 3 に示す。デフォルトは読書モードだが、読み手が非利き手でスライドアップを行うと操作モードに遷移する。この際、一連のページめくりの開始位置として、モード変更後のページに自動的にしおりが付与される (図 2(A) のしおりに相当)。操作モードは、スライドアップされた非利き手がパネルに接触している間中、有効である。操作モードでは、利き手でスワイプやタップをすることでページめくりが可能である。また、ページを拡大した状態ではページのドラッグによりページの表示位置を変更できる。

そして、操作モード中に、非利き手でスライドアップとは逆に下方向にスライドさせるジェスチャ（スライドダウン）をすることにより、しおりが付与された一連のページめくりの開始位置に戻ることができる。このとき、スライドダウンの直前のページに、もう1つのしおりが付与される (図 2(B) のしおりに相当)。この状態でスライドアップとスライドダウンを繰り返すことにより、一連のページアクセスの最初と最後のページを何度も行き来できる。

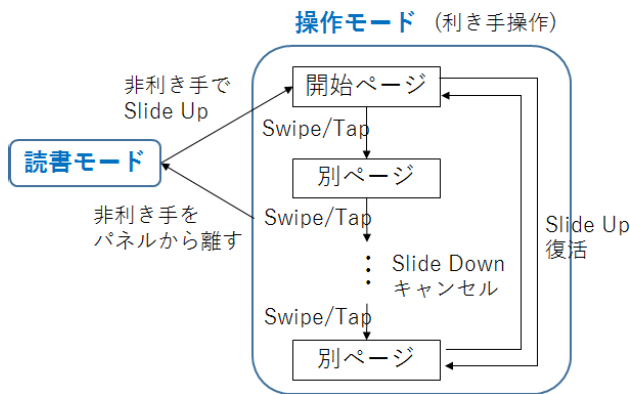


図 3 モード変更での状態遷移図

Fig. 3 State transition of mode switching.

非利き手をパネルから離れたとき、操作モードは終了する。このとき、非利き手をスライドアップした状態でパネルから離すと、ページは移動された状態になる。これは操作モードで行ったページアクセスを有効なものとして受理したことに相当する。一方、スライドダウンした状態で非利き手をパネルから離すと、表示ページは一連のページアクセスの開始位置に戻った状態になる。これは操作モードで行ったページアクセスを無効なものとしてキャンセルしたことに相当する。したがって、本研究の枠組みは、ページアクセスの操作を受理するかキャンセルするかを事後的に判断できるものととらえることもできる。

なお、本提案でのスライドアップとスライドダウンの選び方は恣意的である。通常のコテンツタッチでは生じないジェスチャであり、簡単かつ直感的なものであれば、モード変更は他のジェスチャでもよい。それでも、操作のために指を前に出し、操作のキャンセルのために指を引き戻すこのジェスチャは、ユーザの行為とシステムの振舞いが論理的に整合し、覚えやすく直感にも合うものだと考えている（評価は考察にて言及）。また、スライドアップとスライドダウンのジェスチャは非利き手の親指の付け根を支点として弧を描くように回転させる動作で対応できる。非利き手の持ち位置を変えることなくワンアクションで操作できるという意味で、このジェスチャは簡単なものだと考えている。

椎尾ら [41] は、非利き手でパネルを押さえるジェスチャにより、ペン操作の振舞いを変える方式を提案している。紙の上に文字を書くとき、しばしば非利き手で文鎮のように紙を押さえることから、非利き手がパネルに置かれているときペンは書き込みのモードになり、非利き手がパネルにないときはペン操作はスクロールと認識される。非利き手のジェスチャを利用して、利き手でのジェスチャの役割を変更するという意味で、本提案は椎尾らの文鎮メタファーの枠組みに似ている。椎尾らの枠組みが、非利き手でペンの役割を制御するのに対して、本提案では非利き手で利き手のタッチ操作の役割を制御する。これによりアク

ティブリーディング中のコテンツタッチを促進させることを目的とする。そして、非利き手により、操作モード中の操作を受理するかキャンセルして後戻りするかを事後的に指定可能にし、ページアクセスの柔軟性を増している。

これまでページ間の行き来を支援するさまざまな方式が提案されてきたが [31], [32], [33], [34], すでに述べたように、いずれも後で戻る場所を明示的に指定する必要があり、ライトウェイトなナビゲーションが支援されない、何度もページ間を行き来できない、などの問題を内包している。加えて、これらはコテンツタッチの支援について何ら解決策を与えない。すなわち、コテンツタッチを促進させながら、タッチ操作で柔軟なページアクセスを可能にする本稿の狙いに対して、従来の方式はその一部の支援にとどまっている。

5. 提案システム

支援方式の有用性を検証するためのプロトタイプシステムを試作した。システムは C# で実装され、Microsoft .NET Framework 上で動作する*3。

提案システムでは、PDF 文書の表示が可能である。メニューやアイコンはいっさい表示されない。デフォルトは読書モードであり、通常の PDF リーダと異なり、パネル上でタップやスワイプを行っても、文書表示がいっさい変わらない。したがって、読み手は遠慮せずにコテンツをポインティングしたり、なぞったりできる。

操作モードでの振舞いの例を図 4 に示す。まずは、非利き手でスライドアップを行うことにより、モードが操作モードに変更になり、スライドアップでの指の移動軌跡が「ガイド UI」として表示される（図 4(A)）。ガイド UI の表示はモードが操作モードであることを示す役割も果たす。操作モードでは、通常のタブレットでの操作と同じように、スワイプやタップによりページめくりが可能である（図 4(B)）。この状態で、非利き手でスライドダウンを行うと、表示ページは操作モード開始位置のページに戻る（図 4(C)）。非利き手をパネルから離すと、操作モードは終了し、ガイド UI も消える（図 4(D)）。この際、スライドダウンの状態でも非利き手をパネルから離れたため、表示ページは操作モード開始時のページ（図 4(A) での表示ページと同じ）である。すなわち、操作モードでのページアクセスはキャンセルされ、表示ページは元の状態に戻ったことを意味する。

また、図 5 に示すように、提案システムではスライドアップとスライドダウンを繰り返すことにより、異なる 2 つのページ間を何度も行き来できる。図 5(A) は、操作モードでページアクセス後にスライドダウンした状態を示

*3 システムのデモは <https://www.youtube.com/watch?v=GBpd5b0Y8IU> で閲覧可能である。タイトルは「紙に近い操作性を有する読み支援システム」である。

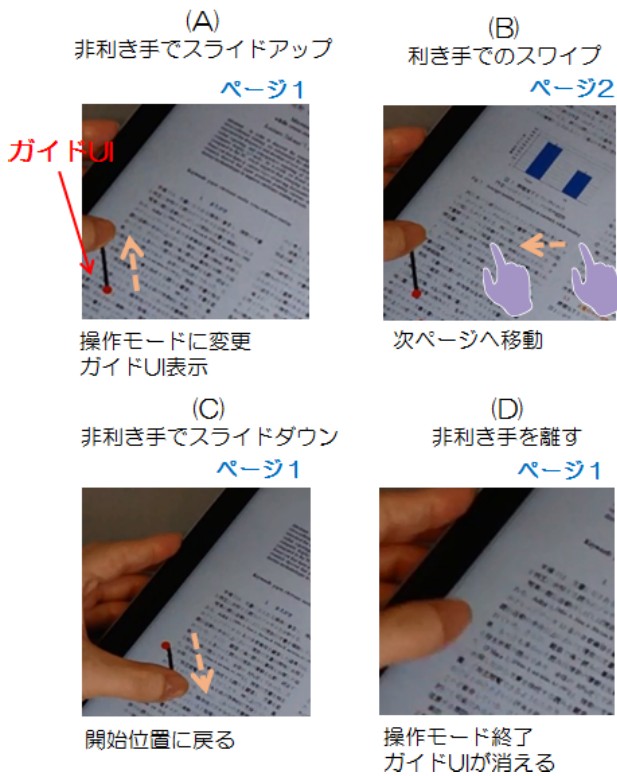


図 4 操作モードでの振舞い

Fig. 4 System behavior in the operation mode.

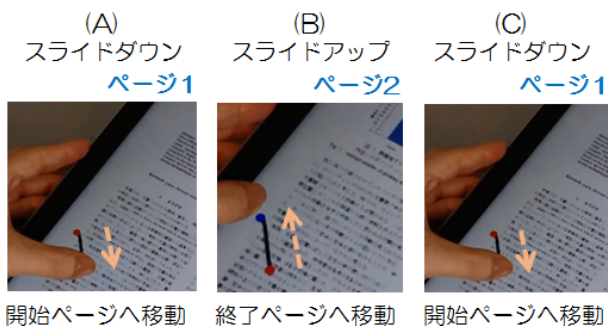


図 5 ページ間の行き来の振舞い

Fig. 5 System behavior to support moving back and forth among pages.

している。この操作により、表示ページは一連のページアクセスの開始位置に移動する。この状態でスライドアップすると、一連のページアクセスの終了位置に再び移動する(図 5(B))。再びスライドダウンを行うと、今度は再び一連のページアクセスの開始位置に移動する(図 5(C))。

提案システムでは、デフォルトの読書モードで、意図しない振舞いの発生を心配する必要なく、文書コンテンツにタッチしながら自由に読むことができる。操作モードへは非利き手で簡単に移行でき、一連のページアクセスの開始と終了の 2 つのページ間を簡単に行き来できる。

現在のシステムの実装では、ユーザの利き手はユーザがシステムに事前に指定することになっている。右利きと指定した場合、パネルの左端のエリアでのスライドアップ、スライドダウンのジェスチャがモード変更のジェスチャと

見なされる実装になっている。

6. 評価

本システムの利用により、次の効果が期待できる。

- 画面に触れても意図しない操作が発生しないため、テキストへの指差しやなぞりが増え、精読が必要な文書の読み込みが促進される。
- ページ間の行き来が支援されることで、ページ移動が多い文書の読みが効率的になる。

これらの効果を確認するため 2 つの実験を実施する。前者の効果を確認するため、実験 1 では精読が必要で指差しが頻繁に生じる読みとして、対訳文書の校閲を実験課題として取り上げる。提案システムと従来システムとで、指差しの頻度を比較し、またそれが校閲での誤り検出率に与える影響を検討する。

後者の効果を確認するため、実験 2 では複数のページからなる文書での誤り検出を実験課題として取り上げる。提案システムと従来システムとで、誤り検出率を比較し、ページ間の行き来のしやすさが複数ページ文書の読みに与える影響を検討する。

6.1 実験 1：校閲

実験方法

実験デザイン 実験デザインは、作業環境(提案システム、従来システム)を要因とする参加者内要因計画である。全参加者が各作業環境で 2 回ずつ課題を行った。作業環境と文書の各参加者内での試行順の影響が実験全体で相殺されるようカウンタバランスをとった。

参加者 参加者は日本語を母国語とする 20 代から 30 代の男女 24 名で、全員右利きである。参加者の募集は、PC 利用歴 3 年以上、タッチパネル搭載端末の利用歴 10 カ月以上、矯正視力 0.7 以上、過去 2 年間に受験した TOEIC の点数が 600 点から 700 点の間であることを条件に募集した。

材料 実験で利用する文書は、朝日新聞の新聞記事(天声人語)をもとに作成した。作成した文書は 4 種類あり、各々の文書は 3 ページ(表紙、本文、背表紙)からなる。本文では、左半分は英語のテキスト、右半分にその日本語訳が記載されている(図 6)。本文のフォントは、英語と日本語の文の表示の長さが同程度になるよう、英語部分を Calibri 10.5 ポイント、日本語部分を MS PGothic 14 ポイントに設定した。

各文書には、日本語と英訳の対応に意図的に 5 つの不整合を埋め込んだ。いずれも語句の不整合であり、日本語テキストの「お父さん」に対して、英訳で「father」とすべきところが「mother」となっているなどの誤りである。

英語能力の影響を調べるのが目的ではないので、難易度の高い英単語については、注釈(図 6 の “*1” など)を

Nine minutes in January, 28 minutes in February and 42 minutes in March. The figures represent the length of time sunrise moves up during each month in Tokyo. Here are some memorable quotes from the month of Yayoi (March) when morning breaks into a run and seasons change from those of farewells*3 to ones of new beginnings. Takayo Fujiyoshi, 74, of Nagoya, took night courses to graduate from junior high school. Coming from a poor family, she couldn't go to junior high school as a child and had a hard time growing up. When she was finally able to read Romanized Japanese words, she wept tears of joy with her English teacher. "The other day, I even understood the concept of a square root*4 in mathematics. I wish I could have studied earlier. If I had, maybe I could have gone on to senior high school," Fujiyoshi said. Kikusui shoten is again making kawara senbei (literally "roof tile crackers"), which is specialty*5 of Kobe. The company had suffered financial difficulties amid*6 a decline in the popularity of the Japanese-style snack. Four former employees got together and decided to rebuild the company. Toshinori Horiki, 56, said: "It doesn't matter if our wages are meager*7 at the beginning. I am happy that I can continue to work with my colleagues." The company credits*8 its fresh start to the encouragement of regular customers. Sam Sullivan, 50, a wheelchair user and former mayor of Vancouver, the venue of the 2010 Winter Paralympics, said many people think Vancouver's accessibility to people with disabilities was improved because the mayor had physical disabilities, but it actually was the other way around*9. He said he could serve as mayor because the city was already highly accessible*10. Yumiko Hongo, 44, whose daughter was killed in the 2001 stabbing spree*11 at Ikeda Elementary School in Osaka Prefecture, has been providing counseling to Ikuko Yasunaga, 52, in Hyogo Prefecture. Yasunaga lost her only daughter in a horse-riding accident in 2005. But she has started to smile again. "I will put my feelings (for my daughter) in the freezer and take them out when I need them," Yasunaga said. "Instead of always keeping them or discarding*12 them, I am going to hold them in between*13." Asahi Haidan, the haiku column of the vernacular Asahi Shimbun, ran the following haiku by Togeaku Yamaoka: "I graduate from university/ After getting married and having a child./ Life's paths are not made up of straight lines alone. Life with twists and turns*14 can be lithe*15 and profound*16. (Herald Asahi, Apr. 1)

図 6 本文の対訳のサンプル

Fig. 6 Sample of parallel translation.

付けて日本語の意味を参照できるようにした。単語の日本語訳は紙で別紙として提供した。

課題 課題は文章を読んで、日本語テキストと英訳の間の不整合箇所（誤り）を速くかつ正確に見つけることである。誤りの修正は不要とし、英文を参照しながら該当する日本語テキストをつと、口頭で報告してもらった。制限時間は6分に設定した。

作業環境 作業環境は提案システムと従来システムの2種類である。従来システムは、見た目は提案システムと同じだが、振舞いは通常の電子文書リーダを模倣し、スワイプやタップによりページめくり、複数のページを一覧表示するサムネイル機能を備える。ただし、提案システムのような意図しないタッチ操作を抑制する手段は備えていない。両システムで文字の大きさや文書のレイアウトを同じに設定した。

装置 タブレット端末はマイクロソフト社製 Surface Pro 3 (OS は Windows 8.1) を利用した。

手続き 実験に先立ち、システムの説明を行い、システムの練習を10分ほど行った。実験後にインタビューを行い、各条件でのシステムに対する感想を質問した。

結果と考察

図 7 は条件間での誤り検出頻度（1分あたりの誤り検出数）を比較したものである。グラフにおける縦方向のバーは標準誤差を示している（以降のグラフにおいても同じ）。

誤り検出頻度について条件間で t 検定を行ったところ、有意差が確認された ($t(23) = 2.9, p < .01$)。提案システムでは、従来システムに比べて誤り検出頻度が 31.7%高かった。

この理由を探るため、両システムがコンテンツタッチに

1月は9分。2月は28分。3月は42分。東京で、ひと月のうちに早くなる日の入りの時間である。朝が駆け足になり、別れから出会いへ季節が変わる弥生の言葉から。名古屋の藤吉宇代さん(74)が「夜間中学を卒業した。貧しく育ち、中卒の学歴もなく苦労した。ローマ字が読めるようになったとき、国語の先生と涙を流した。「この前ね、数学のルート(v)が分かったの。もっと早く勉強したかったわ。そしたら大学に行けたかも」。神戸土産で知られる「瓦せんべい」の菊水総本店が営業を再開した。和菓子離れによる経営難で一度は廃業したが、元社員4人がお金を出し合った。堀木利剛さん(56)は「最初は給料がわずかでもいい。仕事を仲間と続けられるのがうれしい」。なじみ客にも励まされての再出発だ。パラリンピックのあったバンクーバーで車いすの現市長サム・サリバンさん(50)は言う。「多くの人は市長が障害者だから街のバリアフリーが進んだと思ってるが、事実とは逆。街のバリアフリーが発展していたから私が市長を務められた」。一人娘を亡くした兵庫の安永都子さん(52)に、付属池田小の事件で娘を失った本郷由美子さん(44)が精神対話士として寄り添う。安永さんに笑顔が戻り始めた。「娘への思いは) 押入れに入れ、必要なときに出すんです。持ち続けたり、捨てたりするのはなく、その真ん中で」。朝日俳壇に山岡冬岳さんの作く妻も子も出て来大学卒業す>。直線ばかりが生きる道ではない。曲線で描かれる人生のしなやかさ、そして深さ。

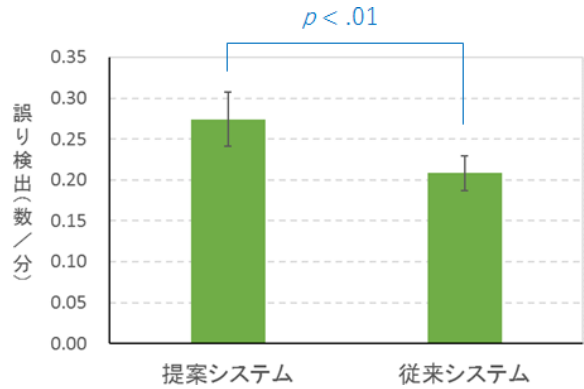


図 7 誤り検出頻度の比較

Fig. 7 Comparison of the error detection rate.

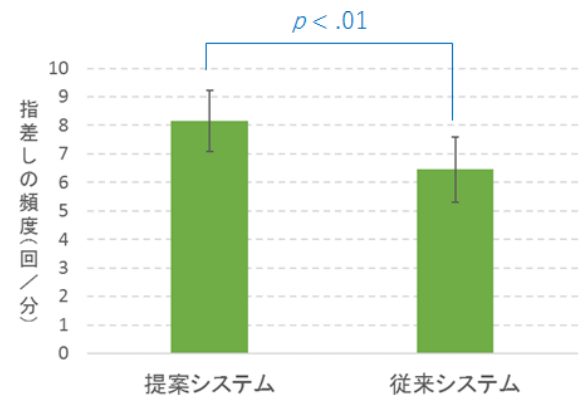


図 8 指差しの発生頻度の比較

Fig. 8 Comparison of the frequency of pointing.

どのような影響を与えたのかを分析する。図 8 は各条件での文書への指差しの発生頻度（1分あたりの指差し回数）を比較したものである。指差しは、作業のビデオ映像をコマ送りして判定し、カウントした。

指差しの発生頻度について条件間で t 検定を行ったところ、両条件の平均に有意差が確認された ($t(23) = 3.1, p < .01$)。提案システムでは、従来システムに比べて指差しの発生頻度が 26.5%高かった。

従来システムでは、画面へのタッチにより意図しない操作が発生する可能性がある。実際、従来システムの利用時には、参加者 24 名中 12 名が画面に触れることで意図しないページめくりの操作が発生させた。また、実験後のインタビューでは、「集中していたら、いつの間にか触ってしまった」という報告がなされた。これは、従来システムの利用で、参加者が画面に触らないよう注意しながらも、意図せずに触ってしまったことを示唆する発言である。同時に、このことはコンテンツタッチが無意識的に行われることを示唆する。

これらの結果から、従来システムでの誤り検出率の低下の原因として、従来システムではコンテンツタッチが阻害されたことが一因として考えられる。対訳文書の校閲では、並んだ2つの文書の訳語を1つ1つ確認する必要があ

る。こうした状況では、単語を指差す行為は、個々の単語に意識的に注意を払う効果や、視線を効果的にガイドする効果を持つ。指差しを促進しない従来システムでは、より一般化すれば市販の多くの文書リーダでは、こうした読みにおける上記の効果をも有効に活用できない可能性がある。提案システムはこの問題を軽減することが期待できる。

6.2 実験2：ページ間の相互参照読み

実験方法

実験デザイン 実験デザインは、作業環境（提案システム、従来システム）を要因とする参加者内要因計画である。全参加者が各作業環境で2回ずつ試行を行った。作業環境と文書の各参加者内での試行順の影響が実験全体で相殺されるようカウンターバランスをとった。

参加者 参加者は日本語を母国語とする20代から30代の男女24名で、全員右利きである。参加者の募集は、PC利用歴3年以上、タッチパネル搭載端末の利用歴10カ月以上、矯正視力0.7以上であることを条件に募集した。

材料 実験で利用する文書は、紙や板紙の生産、消費、輸出入、原材料などの統計資料を参考にして独自に作成した。表紙が1ページ、裏表紙が1ページ、テキストのみのページが1ページ、グラフが記載されたページが4ページで、全部で7ページからなる。フォントはMS Mincho 11ポイントを利用した。

テキストには、グラフから読み取れる情報と整合しない21個の誤りを意図的に埋め込んだ。誤りはいずれも単一のグラフを参照することで検出できるものであった。

課題 課題は文書を読んで、テキストとグラフの間の不整合（誤り）を速くかつ正確に見つけることである。誤りの修正は不要とし、グラフを参照しながら該当するテキストのみを口頭で報告してもらった。制限時間は6分に設定した。

作業環境 作業環境は提案システムと従来システムの2種類である。従来システムはAdobe Acrobat Reader DCを用いた。ページめくりやスクロールの操作方法を説明し、ページ移動方法は各人の好みにゆだねた。

装置 タブレット端末はマイクロソフト社製Surface Pro 3 (OSはWindows 8.1)を利用した。

結果と考察

図9は条件間で誤り検出頻度を比較したものである。誤り検出率について条件間でt検定を行ったところ、有意差が確認された ($t(23) = 7.6, p < .001$)。提案システムでは、従来システムに比べて誤り検出率が33.2%高かった。

提案システムの利用では「(ページ間を行き来する機能が)紙のように使えた。ストレスなく意図したページに戻れた」という報告がなされた。これに対し、従来システムでは「サムネイルも便利だけど、(目的のグラフが)どのページにあるかを覚えていなかった。そのため、(前のペー

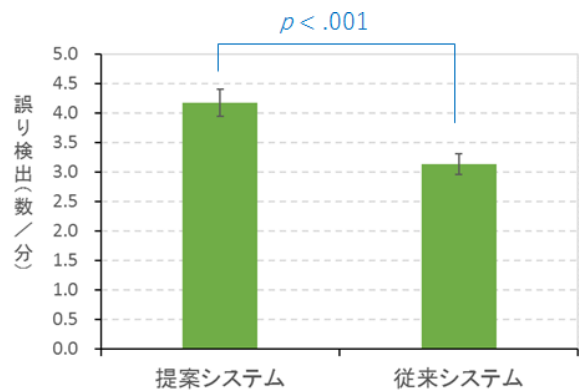


図9 誤り検出頻度の比較

Fig. 9 Comparison of the error detection rate.

ジに)戻りたいと思ったときに毎回サムネイルを(表示して)チェックしなおす必要があった」という意見がみられた。ページのサムネイルは文書全体を概観するには便利だが、ページ間を行き来するには提案システムのほうが直接的で効率的に支援できていることが示唆される。

今回の実験課題を遂行するにはテキストと図を何度も比較する必要があるため、ページ間を行き来が頻繁に発生する。ページ間を行き来がしにくいと、異なるページ間の情報の比較が疎かになったり、ページ間を行き来に手間取っている間に比較すべき情報を忘れてしまうことがあるだろう。こうした理由により、提案システムに比べて従来システムでは誤り検出率が低下したものと考えられる。

7. 総合考察

提案システムは、対訳文書の校閲読み(実験1)において、従来システムよりも誤りを多く検出した。提案システムでは指差しが促進され、これが読みのパフォーマンスを向上させたと考えられる。また、ページ間を相互参照する読み(実験2)でも、提案システムは従来システムよりも高い誤り検出頻度を示した。ページ間を行き来を容易にしたことで、異なるページ間の情報の比較が促進され、これが誤り検出の向上につながったと考えている。

本研究では、タッチ操作可能なタブレット端末で柔軟なページアクセスを可能にしながらも、読書中に読み手が半ば無意識的に行うコンテンツタッチを阻害しないタッチ操作体系を模索した。そして、試作システムの有用性を確認することにより、それが可能なことを示した。

本提案は、タッチ操作デバイスでアクティブリーディングを支援する際の本質的な課題(柔軟なページアクセスが難しいこと、コンテンツタッチが抑制されること)を解決する。本提案の枠組みでは、特殊なデバイスの利用を前提とせず、メニューやアイコンの表示を必要とせず、また画面の使い方やGUIデザイン上の制約もない。その意味で、さまざまな状況や目的で利用可能な支援の枠組みだといえる。今後、読みを支援するさまざまなアプリケーションを

構築していくプラットフォームになりうると考えている。

本稿では、操作のキャンセルを可能にする枠組みをページ移動操作に適用したが、他の操作にも適用可能である。具体的には、ブックマークの付与や表示サイズの変更を含めたすべてのページ操作、さらにはハイライトやペンによる書き込みの操作にも適用可能である。表示サイズを変更して元に戻したり、書き込みをしてみたりやめるなど、自分が行った一時的な行為をキャンセルすることへの要求は、実は予想以上に高い可能性もある。また、簡単にキャンセルできることが、文書に対してアクションを起こす敷居を下げる可能性もある。文書に対するアクションの受理とキャンセルを事後的に指定できることが、アクティブリーディングにどんな効果をもたらすか、今後、試してみたい研究対象である。

提案したタッチ操作体系は両手の利用を前提とする。片手操作ができないことにより、操作が手軽でない印象を与えるかもしれない。しかし、このことに不満を表明した参加者はおらず、実験ではそう思わせる現象も見られなかった。実験で取り上げた課題はいずれも認知負荷が高く、顔を上げて、文書を遠目に見ながら作業できるようなものではない。実験では従来システムを利用する場合も含めて、参加者は全員、体を前のめりにして、文書と取っ組み合いをするようにして作業をしていた。そして、これはアクティブリーディングに典型的な読み方だといわれている [4]。どこまで一般化できるかは今後の課題ではあるが、こうした状況では両手を使って文書を読むことは大きな問題ではないように思われる。そもそも、人は集中すればするほど、目だけでなく、手も使って文書を読む傾向がある [8], [42]。両手を使うことの煩雑さよりもむしろ、文書に両手を添えさせることが、読み手の意識を文書に集中させる効果を筆者らは期待している。

モード切り替えのための非利き手でのジェスチャとして、本提案では指を前に出すスライドアップと指を引き戻すスライドダウンを選択した。これは、通常のコンテンツタッチで生じないことを条件に、簡単かつ直感的な操作であることを期待して選んだものである。通常、直感的なジェスチャは頻繁に行われたため、ほとんど行われな直感的なジェスチャを探すのは難しい。しかし、この操作体系を実験参加者はすぐに覚え、実験中に誤動作もほとんど観察されず、参加者からも不満は表明されなかった。その意味で、この試みは成功だったのではないかと考えている。それでも、説明なしにシステムを利用するユーザへのガイドとして、また操作前に非利き手を前方にスライドさせることを忘れないよう、スライドアップを誘導させる視覚的な工夫があってもよいと感じている。今後、非利き手をパネルに置くと指をスライドアップさせる方向に、半透明の視覚的ガイドを表示するなどの工夫を試してみたい。

本提案の枠組みの適用範囲について考察する。実験で

は比較的ページ数の少ない文書を材料として利用したが、ページ数の多い書籍に対しても本提案は適用可能である。むしろ、大きく離れたページ間を行き来するときこそ、本提案のナビゲーション支援の効果を実感できると考える。さらには、Web ページの閲覧に関しても本方式は適用可能である。たとえば、読書モードではリンクにタッチしても表示が変わることなく読みに集中でき、操作モードではリンク先にジャンプしてもよいだろう。また、スライドダウンでナビゲーションをキャンセルできれば、リンク先とリンク元の行き来も簡単になることが期待できるだろう。こうした方式の有用性の検証は今後の課題である。

一方、本提案は、能動的に文書を読むアクティブリーディングの支援を対象に考案されたものであるため、スマートフォンのような小画面のデバイスへの適用は想定していない。アクティブリーディングを行うには広い文脈を一覧できる比較的大きな画面のデバイスを利用するのが望ましいし、両手の利用を前提とした本方式では、狭いエリアが指で隠れて、閲覧スペースがさらに狭くなってしまおう。また、スマートフォンで見られるようにスクロールしながら文書を読む場合など、つねに操作モードであることが望ましく、操作モードと読書モードを分離した本提案の枠組みを利用することにメリットはないと考える。

さらに、電子文書から情報を探する場合、検索機能は有効な手段だが、本提案の枠組みでは操作モード中に検索を行うことは難しい。操作モードの継続のために、非利き手を画面に接触させておくことが必要であり、こうした状態では検索語の入力が難しいためである。この問題に対処するには、非利き手を画面から離しても操作モードを継続させる別のジェスチャが必要であろう。

なお、本稿の試作システムについて、ユーザビリティ上の次の問題が実験参加者から指摘された。可能な解決策も合わせて報告する。

- スライドダウンでページアクセス開始位置に戻る際に「一瞬何が起きたのかわかりにくい」というコメントがあった。ページを巻き戻す過程をアニメーションで表示するなど、より明確なフィードバックをユーザに与える工夫をすべきだと考える。
- 「(読書モードと操作モードの) どちらのモードなのかわかりにくい」という報告もあった。安易な解決策は背景色を変えることであるが、表示の切り替えが集中の阻害要因になることは避けたい。ガイド UI の存在と役割を分かりやすくデザインするのが現実的だと考えている。あるいは、モードの違いを触覚フィードバックで提供するのでも有効かもしれない。
- ページ間の行き来で、元のページに戻った際に「ページのどこを見るべきか一瞬迷う」という報告があった。紙の書籍では、指しおりで元のページに戻るとき、前に読んでいた行の周辺に指を置いておくことが多い

め、このような問題が生じることは少ない。電子環境では、触った位置、視線を向けた位置を保持しておいて、そのページに戻った際に、そこに視線をガイドするなどの工夫が有効かもしれない。

8. おわりに

本稿では、紙での読みに学ぶことで、電子機器を用いたアクティブリーディング支援の方式を探った。タッチ操作デバイスは、多様な操作を直感的かつ簡単にできる利点があるが、原状ではアクティブリーディングでの利用は難しい。ページ間の行き来が難しく、指差しやなぞりが抑制されるなどの問題があるためである。

本稿では、この2つの問題を同時に解決する枠組みを提案した。両手を使い分けて、読み込み用のモードと操作用のモードを簡単に切り替え可能にした。また、ページアクセスのパターンに応じて一時的なしおりを自動で付与することにより、ページ間の行き来を容易にした。そして、2つの実験により、提案システムはアクティブリーディングを効果的に支援し、読みのパフォーマンス（校正読みでの誤り検出率）の向上にも寄与することを明らかにした。

提案方式は、特別なデバイスを必要とせず、いっさいのGUIコンポーネントも必要としない。したがって、タッチ操作デバイスの利用を前提とした汎用性の高い枠組みとして、さまざまな状況での読みの支援の基盤としての利用が期待される。今後、この基盤の上に、読みを支援するさまざまな工夫を盛り込んでいきたいと考えている。

登録商標について

- Microsoft, Surface は、米国 Microsoft Corp. の商標です。
- Apple, iPad は、米国 Apple Inc. の商標です。
- その他、掲載されている社名、商品名は各社の登録商標または商標です。

参考文献

- [1] Schilit, B.N., Golovchinsky, G. and Price, M.N.: Beyond paper: Supporting active reading with free form digital ink annotations, *Proc. CHI '98*, pp.249–256, ACM Press (1998).
- [2] O'Hara, K.: Towards a typology of reading goals, Rank Xerox Research Centre, Technical Report, EPC-1996-107 (1996).
- [3] Adler, A., Gujar, A., Harrison, B., O'Hara, K. and Sellen, A.J.: A diary study of work-related reading: Design implications for digital reading devices, *Proc. CHI '98*, pp.241–248, ACM Press (1998).
- [4] Sellen, A.J. and Harper, R.H.: *The myth of the paperless office*, The MIT Press (2002).
- [5] O'Hara, K. and Sellen, A.: A comparison of reading paper and on-line documents, *Proc. CHI '97*, pp.335–342, ACM Press (1997).
- [6] O'Hara, K.P., Taylor, A., Newman, W. and Sellen, A.J.: Understanding the materiality of writing from multiple sources, *International Journal of Human-Computer Studies*, Vol.56, No.4, pp.269–305, Elsevier (2002).
- [7] Franze, J., Marriott, K. and Wybrow, M.: What academics want when reading digitally, *Proc. DocEng '14*, pp.199–202, ACM Press (2014).
- [8] 柴田博仁, 大村賢悟: ペーパーレス時代の紙の価値を知る: 読み書きメディアの認知科学, 産業能率大学出版部 (2018).
- [9] Hembrooke, H. and Gay, G.: The laptop and the lecture: The effects of multitasking in learning environments, *Journal of Computing in Higher Education*, Vol.15, No.1, pp.46–64, Springer (2003).
- [10] Car, N.G.: *The shallows: What the Internet is doing to our brains*, W.W. Norton & Co. (2010).
- [11] Baron, N.S.: *Words onscreen: The fate of reading in a digital world*, Pxford University Press (2015).
- [12] 柴田博仁, 大村賢悟: ページ間の行き来を伴う読みにおける紙と電子メディアの比較, ヒューマンインタフェース学会論文誌, Vol.13, No.4, pp.345–356 (2011).
- [13] 柴田博仁, 大村賢悟: 答えを探す読みにおける紙の書籍と電子書籍の比較, 日本画像学会論文誌, Vol.55, No.3, pp.274–282 (2016).
- [14] Marshall, C. and Bly, S.: Turning the page on navigation, *Proc. Joint Conf on Digital Libraries*, pp.225–234, ACM Press (2005).
- [15] 柴田博仁, 高野健太郎, 田野俊一: テキストタッチが読みに与える影響: タブレット端末の利用がアクティブリーディングにもたらす影響の分析, 情報処理学会論文誌, Vol.57, No.9, pp.2131–2141 (2016).
- [16] Takano, K., Uchihashi, S., Shibata, H., Omura, K., Ichino, J., Hashiyama, T. and Tano, K.: Proposal and evaluation of a document reader that supports pointing and finger bookmarking, *Proc. HCI International 2016*, LNCS 9734, pp.371–380 (2016).
- [17] 高野健太郎: 紙に近い操作性を有する読み支援システム, 富士ゼロックステクニカルレポート, No.26 (2017).
- [18] Golovchinsky, G., Carter, S. and Dunnigan, A.: ARA: The active reading application, *Proc. Multimedia '11*, ACM Press (2011).
- [19] Matulic, F. and Norrie, M.C.: Supporting active reading on pen and touch-operated tabletops, *Proc. AVI '12*, pp.612–619, ACM Press (2012).
- [20] Chen, N., Guimbretiere, F. and Sellen, A.: Designing a multi-slate reading environment to support active reading activities, *ACM Trans. Computer-Human Interaction*, Vol.19, No.3, pp.1–35, ACM Press (2012).
- [21] Chen, N., Guimbretiere, F., Agrawala, M. and Lewis, C.: Enhancing document navigation tasks with a dual-display electronic reader, *Proc. UIST '07*, ACM Press (2007).
- [22] Schwesig, C., Poupyrev, I. and Mori, E.: Gummi: A bendable computer, *Proc. CHI '04*, pp.263–270, ACM Press (2004).
- [23] 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, Vol.49, No.12, pp.3899–3907 (2008).
- [24] 高田恭宏, 宇都宮毅, 鏡原篤男, 田中 圭, 島田英之, 大倉 充, 東 恒人: 仮想書籍ブラウジングシステムの試作, 情報処理学会論文誌, Vol.46, No.7, pp.1646–1660 (2005).
- [25] Gallant, D.T., Seniuk, A.G. and Vertegaal, R.: Towards more paper-like input: Flexible input devices for foldable interaction styles, *Proc. UIST '08*, pp.283–286, ACM Press (2008).
- [26] Tajika, T., Yonezawa, T. and Mitsunaga, N.: Intuitive page-turning interface of e-books on flexible e-paper

- based on user studies, *Proc. Multimedia '08*, pp.793–796, ACM Press (2008).
- [27] Wightman, D., Ginn, T. and Vertegaal, R.: Bendflip: Examining input techniques for electronic book readers with flexible form factors, *Proc. INTERACT '11*, pp.117–133, Springer (2011).
- [28] Wightman, D., Ginn, T. and Vertegaal, R.: TouchMark: Flexible document navigation and bookmarking techniques for e-book readers, *Proc. Graphics Interface '10*, pp.241–244, ACM Press (2010).
- [29] 井澤謙介ほか：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, 情報処理学会インタラクション 2011 予稿集, pp.123–130 (2011).
- [30] 伊藤雄一, 藤田和之, 城所浩行：触覚フィードバックを持つ電子パラパラ漫画, 日本ヴァーチャルリアリティ学会論文誌, Vol.19, No.14, pp.477–486 (2014).
- [31] Masunaga, S., Xu, X., Terabe, T., Shibuta, K. and Shibata, H.: A paper book type Input device for page navigation in digital documents date of evaluation, *IE-ICE Trans. Electronics*, Vol.E100-C, No.11, pp.984–991 (2017).
- [32] Yoon, D., Cho, Y., Yeom, K. and Park, J.H.: Touch-Bookmark: A lightweight navigation and bookmarking technique for e-books, *Proc. CHI '11 Extended Abstract*, pp.1189–1194, ACM Press (2011).
- [33] Alexander, J., Cockburn, A., Fitchett, S., Gutwin, C. and Breenberg, S.: Revisiting read wear: Analysis, design and evaluation of a footprints scrollbar, *Proc. CHI '09*, pp.1665–1674, ACM Press (2009).
- [34] 高田勝也, 宮下芳明：往復を前提とした一時的スクロール手法の提案, 情報処理学会主催「インタラクション 2017」予稿集, pp.417–422 (2017).
- [35] Tashman, C. and Edwards, W.K.: LiquidText: A flexible, multitouch environment to support active reading, *Proc. CHI '11*, pp.3285–3294, ACM Press (2011).
- [36] Hinckley, K., Bi, X., Pahud, M. and Buxton, B.: Informal information gathering techniques for active reading, *Proc. CHI '12*, pp.1893–896, ACM Press (2012).
- [37] Hong, M.K., Piper, A.M., Weibel, N., Olberding, S. and Hollan, J.D.: Microanalysis of active reading behavior to inform design of interactive desktop workspaces, *Proc. ITS '12*, pp.215–224, ACM Press (2012).
- [38] Takano, K., Shibata, H., Ichino, J., Hashiyama, T. and Tano, S.: Microscopic analysis of document handling while reading paper documents to improve digital reading device, *Proc. OZCHI '14*, pp.559–567, ACM Press (2014).
- [39] Brandl, P., Forlines, C., Wigdor, D., Haller, M. and Shen, C.: Combining and measuring the benefits of bimanual pen and direct-touch interaction on horizontal interfaces, *Proc. AVI '08*, pp.154–161, ACM Press (2008).
- [40] Foucalt, C., Micaux, M., Bonnet, D. and Beaudouin-Lafon, M.: SPad: A bimanual interaction technique for productivity applications on multi-touch tables, *Proc. CHI '14 Extended Abstract*, pp.1879–1884, ACM Press (2014).
- [41] 椎尾一郎, 辻田 眸：文鎮メタファを利用した小型情報機器向けインタフェース, 情報処理学会論文誌, Vol.48, No.3, pp.1221–1228 (2007).
- [42] Shibata, H., Omura, K. and Qvarfordt, P.: Optimal orientation of text documents for reading and writing, *Human-Computer Interaction*, Taylor Francis (2018).



柴田 博仁 (正会員)

2003年東京大学大学院工学系研究科博士課程修了。博士(工学)。現在、富士ゼロックス株式会社研究技術開発本部研究主幹。東京工科大学兼任講師。大妻女子大学非常勤講師。HCI, 知的活動支援, 認知科学に関心を持つ。ACM, 人工知能学会(理事), 日本画像学会, 日本印刷学会, 電子情報通信学会の各会員。



高野 健太郎

2014年電気通信大学大学院情報システム学研究科博士課程修了。博士(工学)。現在、富士ゼロックス株式会社に勤務。インタラクションデザイン, 認知科学に関心を持つ。