

電子書籍端末は紙を代替できるか？

電子書籍端末の評価実験にもとづく考察

Can electronic reading devices replace paper?

Experiments to evaluate electronic reading devices

要 旨

近年、電子書籍端末が普及の兆しを見せている。本稿では、電子書籍端末が紙の書籍の読みやすさにどれくらい迫っているのかを読みのパフォーマンス（読書速度、理解度、校正読みでのエラー検出率など）の観点から評価した一連の実験結果を紹介する。娯楽を目的とした読みにおいて電子書籍端末はページめくりの操作性で紙に劣るが、これは読みを阻害するほどのものではない。また、業務で頻繁に見られる相互参照の読み、答えを探す読み、意味的な校正を行う読みにおいて、紙の書籍は電子書籍端末に比べて作業効率が高い。こうした事実をもとに、電子書籍端末が紙または紙の書籍をどれくらい代替できるのかを議論する。

Abstract

Electronic reading devices have recently become popular. This report introduces the results of a series of experiments conducted to evaluate the readability of documents by electronic reading devices. This evaluation compared the reading performance (e.g., speed, understanding, error detection rate in proofreading) of electronic reading devices with that of paper documents. In reading for pleasure, the operability of turning pages on electronic reading devices is inferior to that of paper documents. However, this does not interfere with reading for pleasure. In reading at work (e.g., cross-reference reading, reading to answer questions, proofreading), it is more efficient to use paper documents than electronic reading devices. Based on these findings, this report discusses whether electronic reading devices could possibly replace paper documents in the future.

執筆者

柴田 博仁 (Hirohito Shibata)
高野 健太郎 (Kentaro Takano)
大村 賢悟 (Kengo Omura)

研究技術開発本部 コミュニケーション・デザイン・オフィス
(Communication Design Office,
Research and Technology Group)

1. まえがき

これまでオフィスのペーパーレス化が何度となく叫ばれてきた。しかし、いずれも単なる神話にすぎなかった¹⁾。Sellenら¹⁾の見解によれば、ペーパーレスオフィスの第1の波はパーソナルコンピューター(PC)の登場であり、第2の波はインターネットの普及とPCの大衆化である。確かに、これらの技術は電子文書の量を大幅に増加させた。人は文書の検索や閲覧に電子的手段を利用するようになった。しかし、文書を読み込む際には依然として紙を好んだ。電子文書が増えることで、それを読み込む機会も増え、その際には紙が好まれ、結果として紙の消費量は増えた。紙を減らすことが期待されたこれらの技術は、紙を減らすのではなく、逆に紙を増やす方向へと作用した。そして、世の中の電子文書の量が爆発的に増加する一方で、紙の消費量は緩やかではあるが線形かつ堅調に伸びてきた。

われわれは今、ペーパーレス化の第3の波のなかにいる²⁾。今回の主役の技術は電子書籍端末^{*1}である。Amazon社のKindle[®]、Apple社のiPad[®]の相次ぐ成功をひまえ、2010年は電子書籍元年と呼ばれている^{3) 4)}。これまでの私たちの調査では、紙が最も好まれるのは「読む」という局面においてである⁵⁾。これまでの技術と異なり、電子書籍端末はこの「読む」という行為を直接的に支援する。デバイスの形状を読む行為に特化し、書籍配信のインフラを整備することで、電子書籍と電子書籍端末の売上は現在、急速に伸びている。

さらに、電子書籍のリーダーとしてだけでなく、電子書籍端末は営業活動や文書の共有などのビジネスシーンでも活用され始めている²⁾。私たちが2010年に日本、米国、中国の3カ国の新型情報端末(電子書籍端末あるいはスマートフォン)のユーザー531名を対象に実施した調査では、ビジネスでこれら端末を頻繁に

利用する人は全く使わない人に比べて PPC 用紙(コピー用紙)の消費量が7.9%低かった。これらの端末の利用はオフィスでの紙消費量を減らす効果があることがわかる。さらには、エコやセキュリティーに対する意識の高まりもまたオフィスのペーパーレス化を後押ししている。実際、2008年以降、これまで大幅な伸びを示してきた PPC 用紙は、ついに減少傾向へと転じている。

電子書籍端末は、これまで神話にすぎなかったオフィスのペーパーレス化を実現しうるのか。これを議論するためには、「読む」という行為に電子書籍端末がどのような影響を与えるのか、電子書籍端末の利用により読みのパフォーマンス(読みのスピード、理解度、校正読みでのエラー検出率など)がどのように変化するかを把握する必要がある。こうした疑問に答えるため、私たちは電子書籍端末に対する一連の評価実験に着手した。

本稿の構成は以下のとおりである。最初に、電子書籍端末の利点と特徴を概観する。次いで、一連の実験を2つのカテゴリーにわけて紹介する。前半は、娯楽を目的とした読みを取り上げ、そこでの読みのパフォーマンスを紙の書籍と電子書籍端末とで比較する。これにより、市販の電子書籍端末が支援対象とする雑誌や小説の読みにおいて、電子書籍端末がどれほど紙の書籍の読みやすさに近付いているのかを議論する。後半は、業務で生じる読みを対象に、そこでの読みのパフォーマンスを紙と電子書籍端末とで比較する。これにより、電子書籍端末が業務での読みにどれくらい適用できるのか、言い換えるなら電子書籍端末がどれくらいオフィスに浸透するのかを検討する。

2. 電子書籍端末の利点と特徴

電子書籍端末はなぜこれほど普及したのか。現在広く利用されている Kindle[®]と iPad[®]の2つのデバイスを取り上げ、その利点を検討する。Kindle[®]と iPad[®]は利用目的、設計思想ともに大きく異なるため、別々に説明を行う。

Kindle[®]の設計思想について、Amazon社の会長 Jeff Bezos は次のように述べている。「本

^{*1}電子書籍端末は読書専用設計されたツールであるとして、読書以外の用途でも利用できる iPad が電子書籍端末ではなくタブレット PC に分類されることもある。本稿では、電子書籍端末を読書での利用を想定して設計されたツールであると定義する。したがって、読む機能も提供する iPad はこの範疇に入る。

の最大の特色は、読み始めると消えてしまうことだ。本を読んでいる最中に、インクの糊や紙の綴りは気にならない。著者の世界にはまり込むわけだ。4年前に Kindle を開発し始めた時にデザインの第一目標にしたのが、このコンセプトだ。Kindle は消えなければならない。そうしないと、読者が著者の世界に入れないことになる」（『Kindle の衝撃⁹⁾』より引用）

読み始めると読むためのデバイスは意識にのぼらないくらい端末の操作が自然なものであり、手に馴染むツールである必要がある。Bezos はこれを「消えなくてはならない」と表現している。そこで、表示パネルには軽くて、省電力で、自然光で読める電子ペーパーを採用している。また、デバイスにプラスチック素材のカバーを用いて、カバー側面が丸みを帯びたデザインになっているのは、読書中の持ちやすさ、携帯しやすさを考慮しての工夫だと考えられる。

Kindle[®]が読むことに特化した端末であるのに対して、iPad[®]はそれ以外の用途も備えた汎用のツールである。先と同様の調査で iPad[®] ユーザー 290 名から得たフリーコメントを分析したところ、ユーザーが感じている iPad[®] の利点は第 1 に「起動の速さ」（31%）、第 2 に「携帯しやすさ」（17%）、第 3 に「使いやすさ・操作性」（10%）であった。軽くて、バッテリーが長持ちすることで、携帯しやすいツールとなっている。また、タッチパネルを用いて指先で操作でき、デザインもシンプルでキーボードもないという点が使いやすい印象を与えている。さらには、表示が綺麗で、低コストという要因もある。iPad[®] の利点を分析すると、iPad[®] の特徴は「きれい」「簡単」「軽い」「速い」「バッテリーが長持ち」「低コスト」「どこでも繋がる」の 7 つに集約される^{*2}。

もちろん、電子書籍端末の急速な普及には、豊富な電子書籍を販売・流通させる電子書店や電子図書館といったサービスが充実してきたことも大きな要因のひとつである。多くの場合、電子書籍のほうが、同じタイトルの紙の書籍よりも速く、かつ安く入手できるのである。

3. 娯楽を目的とした読み

これまでに紙の書籍と電子書籍端末の読みやすさを比較するためのさまざまな実験が行われてきた⁷⁾⁻¹⁴⁾。いずれも短編小説やエッセイの読みを対象にしたものであり、視覚的、身体的な疲労度、さらには読みの速さや理解度といった読みのパフォーマンスが評価指標として用いられてきた。

主観的には紙の書籍のほうが疲労度が少ないと判断されるものの、30 分から 90 分程度の読みでは視覚疲労度の客観指標の値に紙と電子書籍端末（電子ペーパーを利用したタイプのもの）の間に違いは認められなかった^{9) 11)}。

一方、読みのパフォーマンスについては必ずしも一貫した結果が示されているわけではない。たとえば、寇ら¹¹⁾の実験では、紙の書籍、LIBRle[®]、CRT（Cathode-Ray Tube）ディスプレイ、LCD（Liquid Crystal Display）ディスプレイの 4 種類で短編小説を読ませたが、メディア間で読みのスピードに違いはなかった。これに対して Nielsen¹⁴⁾の実験では、紙の書籍、iPad[®]、Kindle[®] 2 を用いて短編小説を読ませ、Kindle[®] 2 が紙の書籍に比べて有意に読書速度が遅かったことを報告している。紙での読みとコンピューターディスプレイでの読みの比較実験では、文書を高品質に表示する場合には両者の読書速度に違いがないことが 80 年代後半の段階で既に確認されており¹⁵⁾、Nielsen の実験結果はこれとも整合しない。

Nielsen の報告は Web で速報という形でなされているものであり、実験条件の詳細については記述されていない。したがって、これはあくまで推測にすぎないが、ページめくりの操作性が読みのスピードに影響を与えた可能性がある。これまで、紙とディスプレイの比較研究では、ページめくりを頻繁に伴う読みにおいて、紙はディスプレイよりも速く読めることが確認されている¹⁶⁾。Nielsen の実験では、文字の表示サイズが大きかったり、余白が広いなどの理由によりページ内に表示される文字数が少なく、これによりページめくりの頻度が高かったのではないかと私たちは考えている。

本節では、ページめくりの操作性に着目し、

*2 この 7 つの特徴を私たちは、頭文字をつなげて「3K&HBCD」としてまとめている。

電子書籍端末の評価を行う。具体的には、ページめくりの前後の読みとそれ以外のページめくりを含まない読みとを分離し、紙の書籍と電子書籍端末とで読みのスピードや認知負荷を比較する。

3.1 実験 1：読みのスピードの比較^{*3}

● 方法

被験者は 22～42 歳（平均 30.9 歳）の男女同数の 24 名である。課題は村上春樹の『カンガルー日和』に収録された短編小説を理解しながら読むことである。文書の見開き 2 ページの最初と最後の 1 文に傍線を引き、傍線部分は音読、その他の部分は黙読することを求めた。これにより、音声データを分析することで、ページめくりを含む箇所と含まない箇所の読みを分離することが可能になる^{*4}。

実験条件として、紙の書籍（市販の文庫本）、iPad[®]、Kindle[®] DX、PC（Panasonic Let's note CF-T7CW 12.1 型）の 4 種類のメディアを利用した。電子メディアの条件（iPad[®]、Kindle[®]、PC）では、文庫本をスキャン（解像度は 600dpi）して作成した PDF 文書を利用した。iPad[®]では文書閲覧に「i 文庫 HD」を利用した。

実験デザインは被験者間要因計画であり、4 つの条件に 6 名ずつ被験者を割り当てた。読書速度は個人差が大きいため、全員に最初に文庫本で読書を行ってもらい、この読書速度をベースラインとした相対的な読書速度でメディア間の比較を行った。

● 結果

図 1 は、ページめくりを含む場合と含まない場合について、メディア間での読書速度を比較したものである。グラフでの縦方向のバーは標準誤差を示す（以降も同様）。

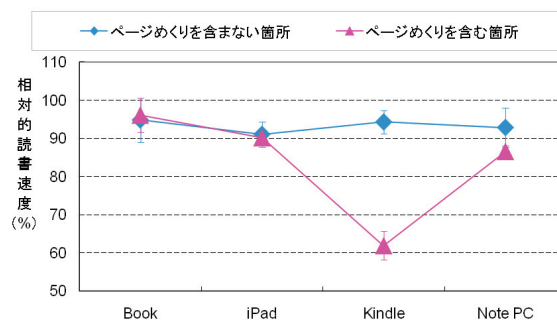


図 1. 各メディアでの読書速度
Reading speed in each medium

最初に、ページめくりを含まない場合、メディア間で読書速度に有意差はなかった^{*5}。ページめくりを伴わない場合、読書速度に違いをもたらす最も大きな要因はメディアの表示品質である。このことから、メディアの表示品質の違いは読書速度に影響を与えないことがわかる。

次に、ページめくりを伴う場合、Kindle[®]と PC は紙の書籍よりも有意に読書速度が遅かった^{*6}。紙の書籍と iPad[®]の間に有意差はなかった。iPad[®]でのページめくりには 2 種類の方法がある。片手を画面上で横にスライドさせる「スワイプ」と、画面の端を軽く叩く「タップ」と呼ばれるページめくりの方法である。いずれもページをめくる過程をアニメーション表示し、前者ではアニメーションのスピードが手の動きに同期する。ページめくりにどちらの方法を利用するかは被験者の判断に委ねたが、ほとんどの人はスワイプによりページめくりを行った。

スワイプでの手を横にスライドさせるジェスチャーによるページめくり、さらにはページめくりの過程のアニメーションはユニークなユーザインタフェースとして注目を集めている。しかし、この機能は人目を引くだけでなく、ページめくりの際の読みをスムーズにする効果があることが実験から示唆される。

^{*3} 詳細については高野らの文献¹⁷⁾を参照されたい。

^{*4} 通常、小説を読む際には声に出さずに読む。声に出して読むことが読みのプロセスを変容させることが懸念される。しかし、黙読の速い人は音読も速く、黙読スピードと音読スピードには高い相関があることが知られている¹⁸⁾。

^{*5} 紙面の都合上、検定方法と検定結果の詳細は述べないが、本稿で示す実験結果についてはいずれも検定を行っている。本稿で実験結果について、単に「違いがある」「違いがない」と述べている場合についても、統計的検定をもとに「有意差がある」「有意差がない」ことを示すものであると考えていただきたい。

^{*6} ページめくり前後での Kindle[®]での読書スピードの遅さは、デバイスの画面切り替えの遅さに起因するところが大きい。ただし、最新の Kindle[®]ではこの点が大幅に改善されていることを明記しておく。

3.2 実験 2：認知負荷の比較

実験 1 では、ページめくりを含む場合でも、紙の書籍と iPad®の間に読書速度に違いは見られなかった。iPad®でのページめくりの操作性は紙の書籍でのページめくりの操作性と同等だと言えるのだろうか。実験 2 では、紙の書籍と iPad®とでページめくりの認知負荷を測定する。また、実験 1 では iPad®でのページめくりの仕方を統制していなかったが、この実験ではスワイプとタップを分離して認知負荷を測定する。

● 方法

被験者は、23～40 歳（平均 31.4 歳）の男女同数の 24 名である。課題は村上春樹の短編小説を理解しながら読むことである。実験デザインは被験者内要因計画である。実験条件は、紙の書籍で読む（Paper）、iPad®でスワイプによりページをめくって読む（Swipe）、iPad®でタップによりページをめくって読む（Tap）の 3 種類である。ページめくりの機会を増やしてサンプル数を多くするため、材料は文庫本ではなく独自に編集したものを利用した。

認知負荷の測定には、二重課題法を適用する。被験者にはヘッドフォンをして小説を読んでもらい、ブザー音が聞こえたらすぐに足元のフットペダルを踏むことを求めた。二重課題では主課題（読書）に費やされる心的資源が少ないほど、ブザー音への反応時間が短くなる^{19) 20)}。言い換えると、ブザー音への反応時間が短いほど読みの認知負荷が少なく、長いほど認知負荷が高いことを示す。

読んでいる最中、読んでいる場所を把握するため声に出して読むことを求めた。二重課題法でのブザー音は各行の音読中に 1 回ずつ、行内でランダムに発生させた。見開き 2 ページの最後の行の二次課題への反応時間がページめくりを伴う読みでの認知負荷、それ以外の行での二次課題への反応時間がページめくりを伴わない読みでの認知負荷として分析を行った。

● 結果

図 2 は二次課題への反応時間の平均を条件間で比較したものである。

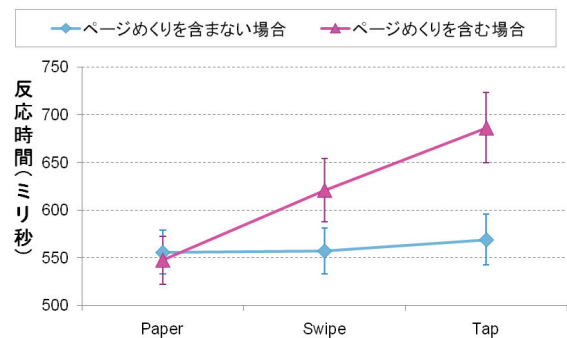


図 2. 各条件での二次課題への反応時間
Reaction time in for the secondary task in each condition

この結果から 3 つのことが言える。

第 1 に、ページめくりを含まない場合、メディア間で二次課題への反応時間に有意差はない。すなわち、紙と iPad®の両者の表示品質はともに高いものであり、少なくとも読んでいる最中の認知負荷については違いが検出できないレベルにある。

第 2 に、ページめくりを含む場合には、メディア間で反応時間に違いが見られ、紙の書籍、iPad®でのスワイプ、iPad®でのタップの順で反応時間が短かった。紙の書籍でのページめくりは iPad®でのページめくりよりも認知負荷が小さいことがわかる。同時に、同じ iPad®でのページめくりについてもタップよりもスワイプのほうが認知負荷が小さくなっている。

タップでページをめくるには、文書の端のエリアを軽く叩く必要がある。この際、正しくページをめくるには叩く位置が文書の端かどうかを確認する必要がある。すなわち、タップでページをめくるには操作位置に視線を向ける必要がある。さらには、ページめくりのフィードバックが視覚のみでなされるため、実際にめくれたかどうかを目で確認する必要がある。これに対してスワイプでは手を横にスライドさせる大まかな動きでページをめくるため、操作位置が制限されることがなく、操作の際に操作位置に視線を向ける必要がない。この違いが、タップとスワイプの認知負荷の違いをもたらしたのだと考えている。

第 3 に、紙の書籍では、ページめくりを伴う場合も伴わない場合も二次課題への反応時間に違いがない。すなわち、ページめくりをせずに読む場合に比べて、ページめくりをしながら読んでも、紙の書籍では認知負荷が高まることは

ない。紙の書籍でのページめくりがほとんど無意識的になされる自動化された行為であることを示している。

3.3 考察

ページめくりを伴う場合には紙の書籍は Kindle[®]やノート PC に比べて読書速度が速かったが、iPad[®]とは差がなかった（実験 1）。しかし、ページめくりに伴う認知負荷については、iPad[®]でのスワイプやタップのページめくりに比べて紙でのページめくりは認知負荷が小さかった（実験 2）。このことから、電子書籍端末に比べて紙の書籍は依然として優位な位置にあり、電子書籍端末に改良の余地があることがわかる。そして、タップとスワイプの操作性の違いからわかるように、改良の方向性としては、ページめくりの操作に視線を必要としないこと、操作のフィードバックが豊富であり、フィードバックが視覚以外でもなされることである。

それでも、娯楽を目的とした読みは後戻りの少ないシーケンシャルな読みであり、ページめくりの頻度は決して高くない。Marshall ら²¹⁾の観察によれば、雑誌の読みは 1 ページずつ先にめくる行為がナビゲーションの大半（70%以上）を占める。ページめくりの操作性について電子書籍端末は紙の書籍に劣るが、ページめくりが頻繁に発生しない読みにおいては、その点は大きな問題にならないと考える。むしろ、ページめくりを伴わない限り、紙の書籍と電子書籍との間に読書速度、認知負荷ともに違いがなかったことから、電子書籍端末の読みやすさは紙の書籍に近いものだと考えることができる。

ただし、この事実をもって、娯楽を目的とした読みで電子書籍端末が紙の書籍を代替可能だとは必ずしも言えない。顧客受容性を考える場合、デバイスの値段、携帯性、デザイン、企業ブランドなどの要因が大きく影響する。それでも、読むという行為は電子書籍端末を利用する際の主目的であり、これが阻害される端末は決して受け入れられることはないだろう。今回の実験結果から言えることは、読みのパフォーマンスへの影響という観点から見た場合、電子書籍端末は娯楽を目的とした読みにおいて顧客に受容されるレベルにあるということである。

4. 業務での読み

前節の実験では、現状の電子書籍端末が支援対象とする娯楽のための読みを対象に電子書籍端末の評価を行った。しかし、業務での読みへの電子書籍端末の適用可能性を考えると、これまでとは違った側面からの評価が必要になる。

先に述べたように、娯楽の読みは後戻りの少ないシーケンシャルな読みである。これに対して業務での読みは、複数の文書やメディア間を行き来したり、異なるページ間を行き来しながらなされることが多い¹⁾。そして、このような読みにおいて、文書を並べたり、移動したり、重ねたりすることの重要性が指摘されている^{22) 23)}。私たちのこれまでの研究からも、複数の文書を交互に読む相互参照の読み、異なるページを行き来する読みにおいて、紙文書での作業は PC のディスプレイでの作業に比べて作業効率が高く、場合によっては作業の達成度（校正でのエラー検出率）も高いことがわかっている^{16) 24)}。電子書籍端末の業務での読みへの適用可能性を考えると、複数の文書、複数のページを行き来するような読みを対象に、メディアが読みに与える影響を調べる必要がある。

業務での読みについて、Adler ら²⁵⁾はナレッジワーカー 15 名の日常業務で生じる読みを観察している。そして、そこで得られた読む行為の事例を 10 種類に分類し、各々の読みの出現頻度を集計している。そのなかで頻度が高かったのは、第 1 に相互参照の読み（約 28%）、第 2 に答えを探すための読み（約 24%）、第 3 に議論のための読み（約 22%）、第 4 に拾い読み（約 14%）であった。

ここでは、Adler らの調査で出現頻度の第 2 位にあげられた答えを探すための読みを対象に、電子書籍端末と紙の書籍での読みを比較した実験を紹介する。Adler らの調査で最も出現頻度が高かった相互参照の読みを検討対象として取り上げなかったのは、この種の読みでの紙の優位性は自明だと考えるからである。現状の電子書籍端末では 1 つの機器で複数の文書や複数のページを同時に閲覧できない。また複数のデバイスを並べたり重ねたりするには機器が重すぎるし、大きすぎる。言い換えるなら、現状の電

子書籍端末は、複数文書の相互参照の読みを想定して設計されていない。

さらに、答えを探す読みではページをばらばらめくりながら読むことが多いことが予想され、これはAdlerの調査で第4位にあげられた拾い読みの行為に近い。そこで、答えを探す読みを対象に電子書籍端末を評価することにより、現状の電子書籍端末が業務での読みをどれくらい支援できるか、大まかな傾向をつかむことができるかと考える。

また、文書の校正作業や外国語の文章を読むといった認知負荷の高い読みにおいて、文書に「触る」行為（文書タッチ）がしばしば生じる。本節の後半では、文書タッチが読みにどのような影響を与えるのか、またメディアの違いにより文書タッチの頻度にどのような違いが生じるのかを調べた実験を紹介する。

4.1 実験3：答えを探す読み^{*7}

● 方法

被験者は23～37歳（平均30.6歳）の男女同数の24名である。課題は、ビジネスマナーの入門書（84ページ）を参照して、質問に対する答えを探すことである。実験デザインは1要因の被験者内要因計画であり、作業条件は紙の書籍（Paper）、iPad[®]、Kindle[®] DX、リンクなしPDF文書（PC）、目次から各節へのリンクのついたPDF文書（PC-Link）の4種類である。

紙の書籍は実験者が自ら製本したものを利用した。電子環境と見た目が同じになるようにA5サイズの紙に片面でモノクロプリントし、左端をホッチキスで束ねて製本テープを貼った。

● 結果

図3は、答えを探すのに要した時間を作業条件ごとに比較したものである。正答率は条件間で違いはなかったが、作業時間は条件間で違いが見られた。PaperとPC-Linkが同水準で最も速く、次にPCとiPadが同水準でこれらよりも遅く、Kindle[®]が最も遅かった^{*8}。

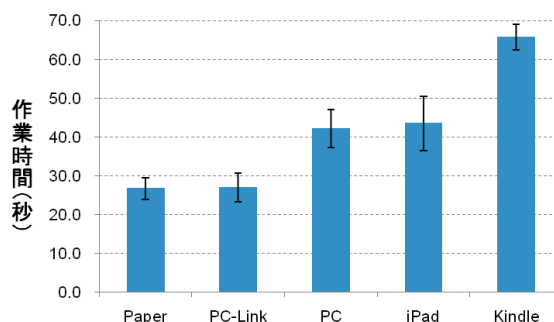


図3. 各条件での作業時間
Task completion time in each condition

PC-Linkでは目次から節見出しへワンクリックでアクセスできることから、全条件のなかで最も速く作業できるものと予想した。しかし、PC-Linkは紙の書籍と同水準であった。PC-Linkでは最初にアクセスしたページに答えがある場合には非常に速く答えを見つけることができた。しかし、最初にアクセスしたページに答えがない場合には、再び目次に戻る必要があり、この処理は時間のかかるものであった。同じような状況で、紙の書籍では多くの被験者が目次の位置に指をはさんで目的のページにアクセスしていたため、目次の位置に簡単に戻ることができた。紙の書籍は状況に応じた臨機応変な対応を可能にしていることがわかる。

また、iPad[®]は紙の書籍やPC-Linkよりも遅かった。観察にもとづいて言えば、iPad[®]ではページのナビゲーションに時間がかかっていた。iPad[®]では1枚ずつめくることは可能だが、複数のページをばらばらめくるのが困難である。スライダーを使って特定のページにジャンプすることもできるが、その際にめくりながらテキスト情報を読み取ることができない。したがって、目的のページの周辺の情報を取得することができず、目的のページに答えがない場合、前後のページに移動したり、目次に戻ることが困難であった。

なお、実験では電子環境で検索機能の利用を禁じることはなかったが、メニューからダイアログを選択して単語を入力するのは面倒な作業

^{*8} そもそもKindle[®]は実験で取り上げたような、ページ切り替えが頻繁に生じる読みを支援することを想定して設計されたわけではない。したがって、この種の読みで作業効率がよくないのは当然と言える。また、先に述べたように最新のKindle[®]ではページめくりのスピードは大幅に改善されている。

^{*7} 詳細については、柴田の文献²⁶⁾を参照されたい。

であり、実際にはほとんど使われなかった。文書が極端に長い（たとえば 500 ページ以上）場合には検索機能は効果を発揮するであろうが、100 ページ弱の今回のようなマニュアルでは目次を参照してページをめくるほうが速い。

4.2 実験 4: 意味的な校正をする読みにおける文書タッチの効果^{*9}

次に文書タッチが読みに与える影響を分析するための実験を紹介するが、狙いを明らかにするため、まずは著者自身の体験談を述べる。

iPad[®]が発売されてすぐ、著者のひとりはいPad[®]で日常的に論文を読み始めた。しかし、すぐに読みにくいと感じるようになった。文書に触れるたびに、意図せずに文書が横にずれたり、拡大・縮小したり、ページがめくれたりする。この経験を通じて、論文を読んでいる最中には単語をポインティングしたり、文をなぞったりという行為が頻繁に行われており、これができなくなるととても不快に感じるのだと実感した。そして、普段、ほとんど無意識に行っている文書に「触る」というインタラクション（文書タッチ）は、文書を理解するうえで重要な役割を担っているのではないかと考えるようになった。

同種の見解として、Marshall ら²¹⁾は、日常生活での雑誌の読みの観察をもとに、チラリとめくって次のページを見たり、ばらばらめくって先読みするライトなナビゲーションを支援できるのが紙の良さであり、これらはほとんど無意識になされることを指摘している。

この指摘は雑誌の読みを対象になされたものであるが、シーケンシャルに読まれることの少ない業務での読みでは、文書タッチの重要性がより顕著になると考える。そして、このような行為が阻害されるメディアでは読みのパフォーマンスが低下するのではないか。本節では、そのような疑問に答えることを意図して実施した 2 つの実験を紹介する。

(1) 実験 4A: 紙と iPad[®] の比較

まずは、意味的な校正課題において、紙での読みと iPad[®]での読みを比較する。文書と本気で対峙すればするほど、人は文書とのインタラクションが増えるのではないだろうか。予備実験でさまざまな読みでの文書タッチの回数を調べたが、文書タッチが多く見られた読みは、意味的な校正作業や外国語の文章の読みなど、認知負荷の高い読みであった。

● 方法

被験者は 23~40 歳（平均は 31.6 歳）の男女同数の 18 名である。課題は意味的な誤り（数値が「増加した」はずだが「減少した」になっているなど）を 4 分の制限時間内に全て（5 つ）見つけることである。実験は被験者内要因計画であり、紙と iPad[®]の 2 種類のメディアでエラー検出率の比較を行った。エラーは口頭にて間違っている箇所のみ報告することを求めた。また、iPad[®]では画面に透明なフィルムを張り付け、油性ペンで書き込みができるようにした。

● 結果

図 4 はエラー検出率をメディアごとに比較したものである。紙での校正は iPad[®]での校正に比べて 16.8%エラー検出率が高かった。

図 5 は各メディアでなされた文書タッチの頻度を比較したものである。文書タッチの種類は、文書への書き込み（書き込み）、テキストの読んでいる箇所を指でなぞりながらの読み（なぞり）、文書のテキストエリア内での接触（ポインティング）、さらには余白エリア内での接触（余白）である。iPad[®]に比べて紙では、「なぞり」「ポインティング」の文書タッチが多くなっている。

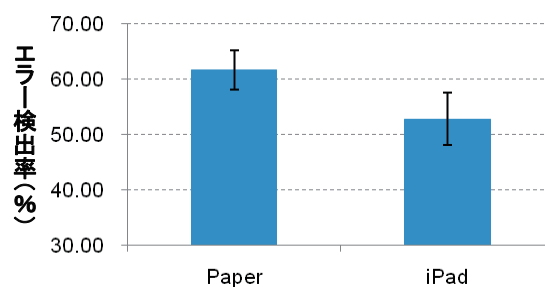


図 4. 各条件でのエラー検出率
Error-detection rate in each condition

^{*9} 詳細については柴田の文献²⁶⁾を参照されたい。

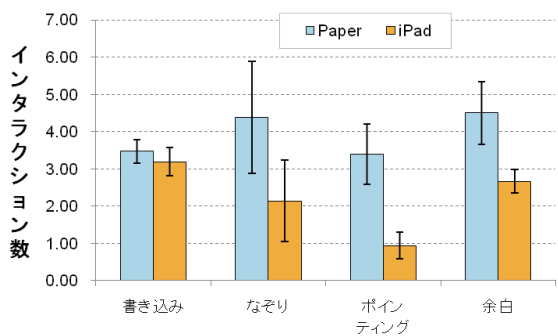


図 5. 文書タッチの発生頻度
Frequency of touching documents

実験後のインタビューでは「iPad®に書き込みもうとして手を置いたら、文書が拡大してしまった。以降、書き込む際に手のひらが触れないように注意した」「iPad®はテカテカしていて、触るのをためらってしまう」という報告があった。これらの要因により、iPad®での文書タッチの頻度が少なくなったと考えられる。

(2) 実験 4B：紙での操作に制約を課す場合

先の実験では、紙での校正作業は iPad®に比べてエラー検出率が高いこと、さらには紙では頻繁に文書タッチが行われていることを確認した。この結果をふまえると、文書タッチは文書を理解するうえで重要な役割を担っており、紙では文書タッチが促進される（逆に iPad®では、文書タッチが阻害される）ためにパフォーマンスが高いのではないかと仮説が導かれる。これを検証するため、同じ紙を用いる場合でも、文書タッチに制約を課すことで読みのパフォーマンスがどのように変化するかを実験的に検討した。

● 方法

被験者は先の実験（実験 4A）と同じ 18 名である。課題も先の実験と同じで、4 分の制限時間内に 5 つの意味的誤りを速くかつ正確に見つけることである。実験デザインは作業条件を要因とする被験者内要因計画である。作業条件は、文書に触ることができない条件（接触不可）、文書に触ることはできるが書き込みできない（接触可）、文書に触ることに加え書き込みができる（書き込み可）の 3 種類である。いずれの条件も紙文書を用いて作業してもらった。

● 結果

図 6 は条件ごとにエラー検出率を比較したものである。「接触可」条件は「接触不可」条件に比べて有意にエラー検出率が高いが、「書き込み可」条件と「接触可」条件の間には有意差はない。すなわち、文書タッチはエラー検出率の向上に寄与するが、書き込みはエラー検出率の向上に寄与しない。紙に比べて iPad®での校正のパフォーマンスが低いのは、iPad®では文書タッチが促進されない、あるいは制約されるためだとする仮説が支持された。

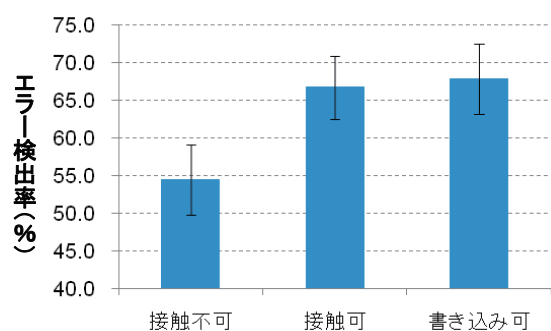


図 6. 条件ごとのエラー検出率
Error-detection rate in each condition

実験での被験者のコメントから、文書タッチには以下のような効果があることが示唆される。

- 指やペンを特定の位置に置くことで視線の移動がしやすくなり、異なる箇所を比較しやすくなる。
- テキストを指でなぞりながら読むことで、読むスピードを制御し、読み飛ばしを防ぐことができる
- 注意を指先（あるいはペン先）に向け、確認したり、記憶を強めたりできる。
- 文書に触れることで、作業に集中でき、文書に入り込んで作業でき、文書に親しみを感じるようになる。逆に文書に触れない条件では、「もどかしい」「(文書との) 距離感を感じてしまう」「掲示板を見ているような感じになる」という報告がなされた。

実験 4A において、iPad®で文書タッチが減ったことにより、被験者はこれらの効果を得ることができず、エラー検出率が低下したものと考える。したがって、業務で利用される電子書籍端末の設計は、上で述べたような文書タッチの効果を前提として、これを阻害しない形で設計される必要がある。

4.3 考察

本節での実験結果をもとに、電子書籍端末のオフィス業務での適用可能性について検討する。

Adler ら²⁵⁾の観察によれば、業務で最も頻繁に見られる読みは複数の文書を相互に参照する読みである。最初に述べたように、現状の電子書籍端末は複数の文書を同時に閲覧できないし、複数のデバイスを並べたり重ねて閲覧するようにもデザインされていない。すなわち、相互参照読みにおいて、電子書籍端末に対する紙の優位性は明らかと考える。

また、業務で2番目に頻繁に観察される答えを探す読みにおいて、紙の書籍は電子書籍端末よりも速く答えを見つけることができ、電子的にリンクを埋め込んだPDF文書と同等の速さで答えを探すことができた。紙の書籍では状況に応じて柔軟なナビゲーションを行うことが可能である。特定の作業に限定すれば紙の書籍を上回る機能を電子的に提供することは可能であるが、さまざまな局面においてうまく機能する、あるいはそれなりに機能するというのが紙の利点である。

さらに、文章の意味的な校正を行う場合には、テキストをなぞったり、ポインティングするといった文書タッチが頻繁に発生する。そして、文書タッチを制限することで読みのパフォーマンスが劣化することは実験4で確認したとおりである。

業務での読みにおいて、メディアが選択されるための最も重要な要因は作業効率である。そして、業務で頻繁に生じる上記のような読みにおいて、現状の電子書籍端末は紙に及ばない。この点をふまえると、電子書籍端末がオフィス業務の特定の作業で利用されることはあっても、現状のままで広範にわたって紙を代替することは難しいと予想する。

電子書籍端末が業務での読みに広く適用されるには、少なくとも、複数文書や複数ページを同時閲覧できるようにすること、ページめくりやナビゲーションの操作性を改善すること、文書に触りながら読むという行為を阻害しないことが本稿の実験から得られた要件である。

5. むすび

本稿では、電子書籍端末の評価に関する一連の実験結果を示した。最初の2つは娯楽を目的とした読みに関するものであり、ページめくりの操作性では電子書籍端末は紙の書籍に劣るが、電子書籍端末は娯楽のための読みを阻害するものではないことを示した。後半の実験では、答えを探す読み、文書タッチが頻繁に生じる読みにおいて紙の優位性を示した。

現在、多くの企業がペーパーレス化を進めている。2009年にオフィスワーカー2050名を対象に実施した調査では、全体の59%の企業や役所において、オフィス用紙の節減施策が施されていた²⁷⁾。その目的は第1にコスト削減(44%)、第2に業務の効率化(22%)であった。紙を減らせば、紙のコストが減る。また、電子化すれば保存スペースも小さくできる。検索や送付のコストや手間も格段に削減できるし、文書共有も容易になる。こうした効果は誰にとってもわかりやすい。

しかし、本稿の後半の実験で示したように、オフィスの過度なペーパーレス化は表示メディアを用いて行う本来の作業(「読む」ということ)に弊害をもたらす場合があることも事実である。実際のところ、メディアの選択においては、業務全体を見てペーパーレス化のメリットとデメリットのトレードオフを検討する必要がある。現段階でその答えを示すことはできないが、本稿の実験結果はそのための基礎データを提供しうる。また、ペーパーレス化がコストを削減し、業務を効率化すると信じられているのであれば、本稿の実験結果はその考えに再考を迫るものとして捉えることができる。

今回の実験結果をふまえて、電子書籍端末が現状のままでオフィスでの紙を広範にわたって置き換えることはないであろう。また、今後についても電子書籍端末がオフィスでの紙を完全に駆逐することは当面の間は(もしくは永遠に)ないと考える。ただし、これは紙が安泰だということの意味するのではない。実際、私たちは、オフィス用紙の消費が今後緩やかに減少していくという予想を別稿にて示している²⁸⁾。私たちの見解では、オフィスにおいて、今後しばらく

紙と電子は共存する。したがって、技術が目指すべき方向性は、紙と電子メディアのスマートな使い分けや融合である。そこで重要なことは、紙か電子かという二元論ではなく、紙や電子がどのような局面でどのような利点を持ち、それをふまえていかに使い分けるべきか、いかに融合すべきかといういわばワークスタイルのデザインである。

6. 商標について

- Kindle[®]は、アマゾン社の登録商標または商標です。
- iPad[®]は、米国および他の国々で登録された Apple Inc.の商標です。
- LIBRie[®]は、ソニー株式会社の登録商標または商標です。
- Adobe[®] Reader は、アドビシステムズ社の登録商標または商標です。
- Windows[®]は、米国マイクロソフトコーポレーションの米国およびその他の国における商標または登録商標です。
- その他、掲載されている会社名、製品名は各社の登録商標または商標です。

7. 参考文献

- 1) Sellen, A.J. and Harper, R.H.: The myth of the paperless office. The MIT Press, 2001. (柴田 博仁, 大村 賢悟 訳: ペーパーレスオフィスの神話. 創成社, 2007)
- 2) 日経コミュニケーションズ: 特集『iPad時代のペーパーレス』, 2011年2月号, (2011)
- 3) 西田 宗千佳: iPad vs キンドル: 日本を巻き込む電子書籍戦争の舞台裏. エンターブレイン, (2010)
- 4) 佐々木 俊尚: 電子書籍の衝撃. ディスカヴァー・トゥエンティワン, (2010)
- 5) 大村 賢悟, 柴田 博仁: 紙と電子メディアの読み書きに関する意識調査, 紙業タイムス, Vol.62, No.10, (2010年5月-2), 18-30
- 6) 石川 幸憲: キンドルの衝撃. 毎日新聞社, (2010)
- 7) 面谷 信: 紙への挑戦 - 電子ペーパー. 森北出版, (2003)
- 8) 面谷 信, 岡野 翔, 井澤 英二郎, 杉山 明彦: 電子ペーパーのめざす読みやすさに関する研究: 紙とディスプレイの読み取り作業比較実験からわかってきたこと. 日本画像学会誌, Vol.44, No.2, (2005), 121-129
- 9) 磯野 春雄, 高橋 茂寿, 滝口 雄介, 山田 千彦: 電子ペーパーで読書した場合の視覚疲労の測定. 映像情報メディア学会誌, Vol.59, No.3, (2005), 403-406
- 10) 寇 冰冰, 椎名 健: 新時代の表示媒体: 電子ペーパー: その現状と媒体評価研究, 図書館情報メディア研究, Vol.3, No.1, (2005), 121-131
- 11) 寇 冰冰, 椎名 健: 異なる表示媒体の読みに関する統制条件下における比較研究: 読書媒体としての読みやすさについて, 図書館情報メディア研究, Vol.4, No.1, (2006), 29-44
- 12) 寇 冰冰, 椎名 健: 読書における異なる表示媒体に関する比較研究: 呈示条件が読みやすさに及ぼす影響について, 図書館情報メディア研究, Vol.4, No.2, (2006), 1-18
- 13) 岡野 翔, 面谷 信: 読みやすい電子ペーパーの具備すべき条件の検討: 媒体呈示条件, 媒体重量, 表示面サイズが読みやすさに及ぼす影響の評価, 日本印刷学会誌, Vol.43, No.5, (2006), 34-41
- 14) Nielsen, J.: iPad and Kindle reading speeds, <http://www.useit.com/alertbox/ipad-kindle-reading.html>, (July 2, 2010)
- 15) Gould, J.D., Alfaro, L., Barnes, V., Finn, R., Haupt, B., and Minuto, A.: Reading from CRT displays can be as fast as reading from paper. Human Factors, Vol.29, No.5, (1987) 497-517
- 16) 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, (2011), 345-356
- 17) 高野 健太郎, 柴田 博仁, 大村 賢悟: ページめくりの操作性に着目した電子書籍端末の評価, ヒューマンインタフェース学会論文誌, Vol.14, No.1, (2012) [掲載予定]
- 18) Sovik, N., Arntzen, O., and Samuelstuen, M.: Eye-movement parameters and reading speed - A study of oral and silent reading performances of twelve-year-old children. *Reading and Writing*, Vol.13, (2000), 237-255
- 19) Piolat, A., Olive, T., and Kellogg, R.T.: Cognitive effort during note taking. *Applied Cognitive Psychology*, Vol.19, (2005), 291-312
- 20) Wastlund, E., Norlandera, T., and Archerb, T.: The effect of page layout on mental workload: A dual-task experiment. *Computers in human behavior*, Vol.24, No.3, (2008), 1229-1245
- 21) Marshall, C. and Bly, S.: Turning the page on navigation. In *Proc. Joint Conf on Digital Libraries*, (2005), 225-234
- 22) O'Hara, K. and Sellen, A.J.: A comparison of reading paper and on-line documents. In *Proc. CHI '97*, (1997), 335-342
- 23) 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, (2002), 269-305
- 24) 柴田 博仁, 大村 賢悟: 文書の移動・配置における紙の効果: 複数文書を用いた相互参照の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.12, No.3, (2010), 301-311
- 25) Adler, A., Gujar, A., Harrison, B., O'Hara, K., Sellen, A.J.: A diary study of work-related reading: Design implications for digital reading devices. In *Proc. CHI '98*, (1998), 241-248
- 26) 柴田 博仁, 高野 健太郎, 大村 賢悟: 文書タッチが読みに与える影響: 校正作業での紙と iPad の比較, ヒューマンインタフェースシンポジウム2011, (2011年9月)
- 27) 柴田 博仁, 大村 賢悟: 表示メディアとしての紙と電子メディア: 環境の視点からの比較, 富士ゼロックス・テクニカルレポート, No.20, (2011), 85-95
- 28) 大村 賢悟, 柴田 博仁: ペーパーレスワークスタイルへの転換と紙の未来, 紙業タイムス, Vol.62, No.15, (2010年8月-1), 28-41

筆者紹介

柴田 博仁

研究技術開発本部 コミュニケーション・デザイン・オフィスに所属
専門分野: インタラクティブデザイン

高野 健太郎

研究技術開発本部 コミュニケーション・デザイン・オフィスに所属
専門分野: インタラクティブデザイン

大村 賢悟

研究技術開発本部 コミュニケーション・デザイン・オフィスに所属
専門分野: 認知科学