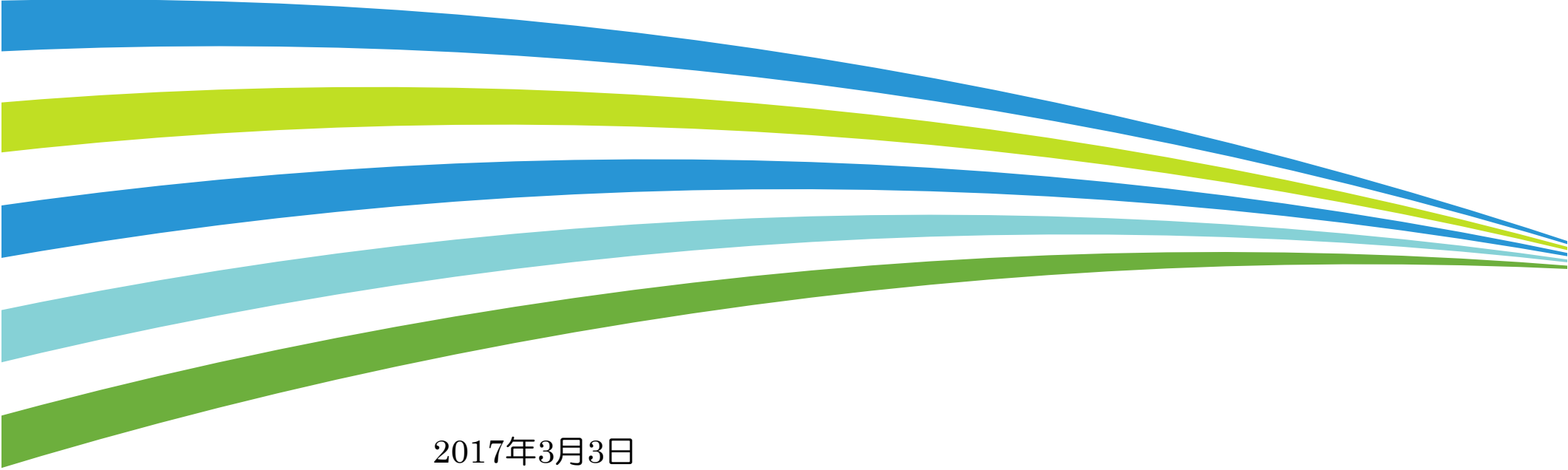


# 認知科学的視点から見たディスプレイの進化の模索

～紙との比較にもとづく考察～



2017年3月3日

富士ゼロックス株式会社

研究技術開発本部

柴田 博仁 (hirohito.shibata@fujixerox.co.jp)

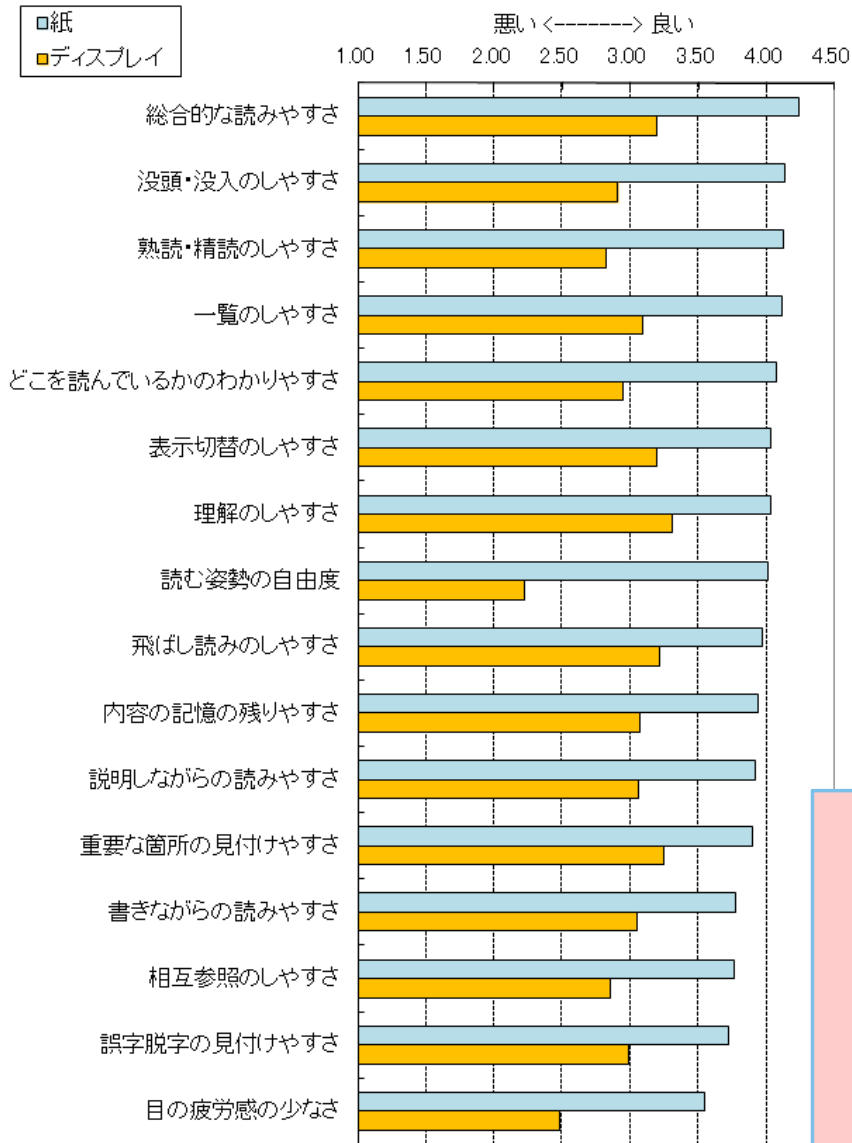
# 人間工学と認知科学

	人間工学 (Human Factor)	認知科学 (Cognitive Science)
目的	<ul style="list-style-type: none"> <li>人間の身体・知覚特性の理解</li> <li>安全で働きやすい環境の実現</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>認知の解明</li> </ul>
歴史	産業革命とともに登場 (1850～)	コンピュータ科学とともに登場 (1950～)
対象行為	見る、聞く (低次処理)	理解する、考える (高次処理)
対象部位	感覚器 (目、耳、鼻、舌、皮膚) と身体特性	脳の振る舞い
人間の捉え方	人間をハードウェアとみなす	人間をソフトウェアとみなす
関連の深い分野	医学、機械工学	人工知能
研究の傾向	<ul style="list-style-type: none"> <li>性能評価の評価研究</li> <li>測定の妥当性が重要</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>仮説検証の探索研究</li> <li>仮説の面白さが重要</li> </ul>

人間工学と認知科学の違いは「見る」と「読む」の違い

- ✓ 「見やすさ (Legibility)」は目で見たときの視覚特性の評価
- ✓ 「読みやすさ (Readability)」は (見やすいことを前提として) 読んで理解する認知機能の評価

# 読むためのメディアとして紙は好まれているが・・・



主観的には紙は好まれるが  
紙とCRTディスプレイとで

- 読みのスピードに違いはない (Gould 1987)
- 理解度にも違いはない (Muter 1991)
- 眼精疲労の客観値 (コントラスト感度、フリッカー値、視力) にも違いはない (寇 2006)
  - ✓ 長期にわたって読みを継続した場合の蓄積疲労について、実験はなされていないが・・・

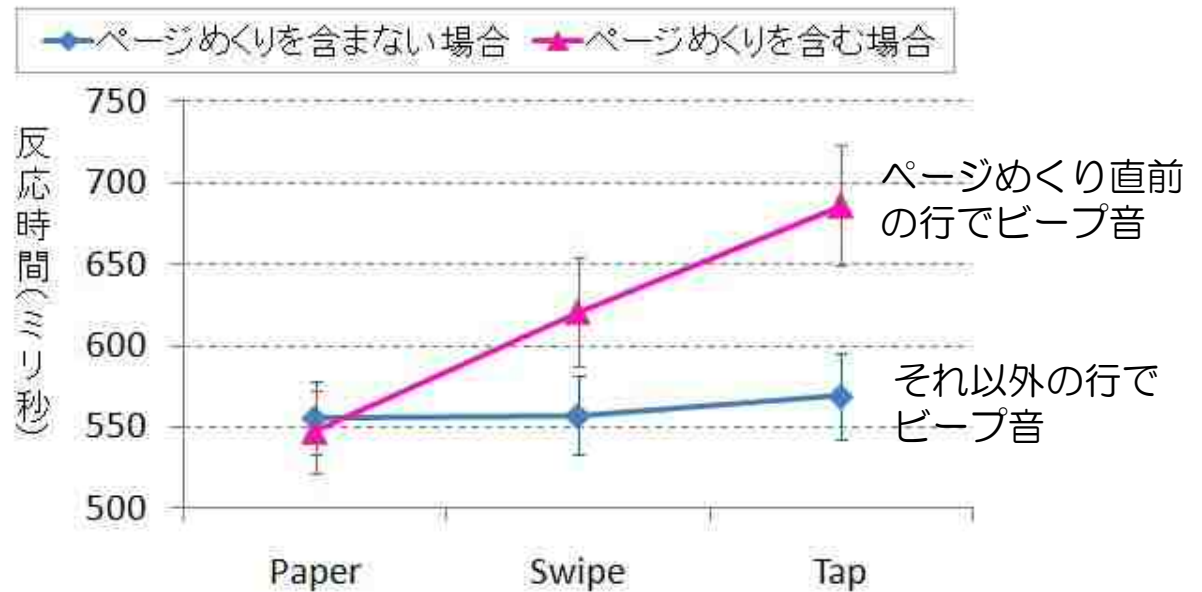
紙の良さはどこにあるのか？  
視認性が満たせた今となっては、  
紙とディスプレイに違いはない？  
好みだけの問題？

2008年9月、オフィスワーカー1053名。  
評価項目ごとに、紙とディスプレイで5段階評価。

# 本当に違いはないのか?

## 二重課題

ヘッドフォンをしながら読む音がなったら足元のペダルを踏む



- ページめくりを含まない場合、
  - ✓ Paper = Swipe = Tap [ $p > .1$ ]
  - 画面の違いは認知負荷に影響しない
- ページめくりを含む場合、
  - ✓ Paper < Swipe < Tap [ $p < .05$ ]
  - 紙でのページめくりの認知負荷が最も少ない
- Paper条件では、ページめくりを含むときも含まないときも反応時間に違いがない [ $p > .1$ ]
- 紙でのページめくりはほとんど注意を必要としない

ページめくりの仕方により認知負荷に違いがある

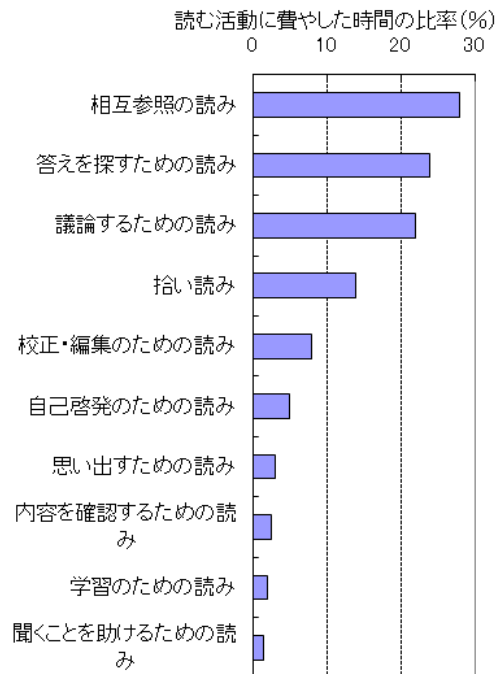
# 紙と電子メディアの特性比較

## 紙は操作性に優れている

- 業務の読みは見るだけではない
  - ✓ 文書を移動したり、重ねたり、
  - ✓ ページをめくったり、異なるページを行き来したり、
  - ✓ 書き込みしたり、指でなぞったり
- こうした行為が増えれば増えるほど、電子メディアに対する紙の優位性が顕著になる

## 電子メディアは柔軟で高精細

- マルチメディアの表示が可能
- 動的に表示を変更することが可能
  - ✓ フォントやフォーマットの変更
- 表示品質は年々向上
  - ✓ より高精細、高品質



紙の読みやすさは  
「見やすさ」ではなく  
「扱いやすさ」にある

紙は  
表示メディアというより  
「操作メディア」

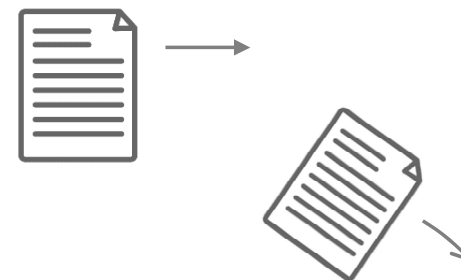
役割分担「表示は電子、操作は紙」

紙の操作性に学ぶディスプレイの進化

# ディスプレイの操作性の向上を目指す

## ▶ 1. 文書操作

- ✓ 文書の移動、整理 (実験1)
  - ウィンドウ操作 (実験2)
- ✓ 文書の位置調整、角度調整 (実験3)



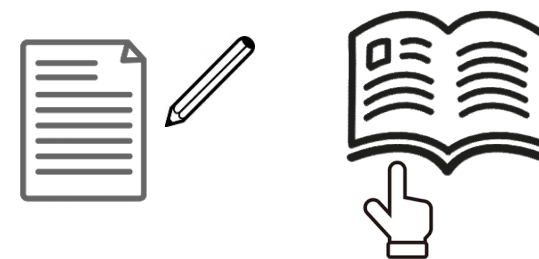
## ▶ 2. ページ操作

- ✓ ページめくり
- ✓ ページ間の行き来 (実験4)
- ✓ パラパラめくり (実験5)



## ▶ 3. コンテンツ操作

- ✓ 書き込み (実験6)
  - キーボードの認知負荷 (実験7)
- ✓ ポインティング、なぞり (実験8)

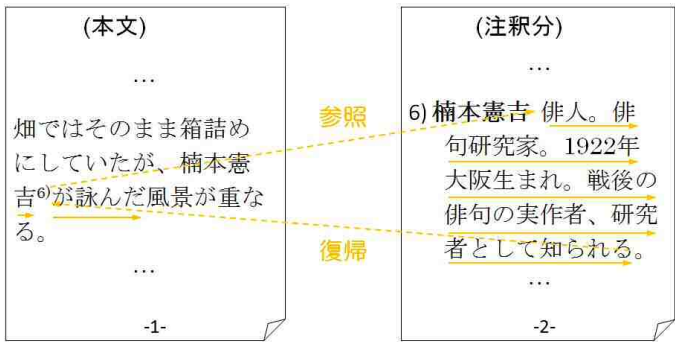


## 2. ページ操作

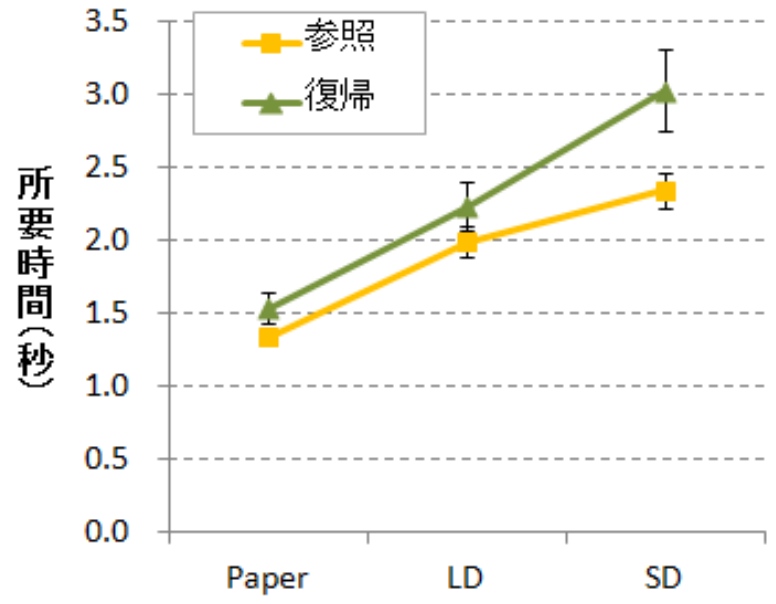
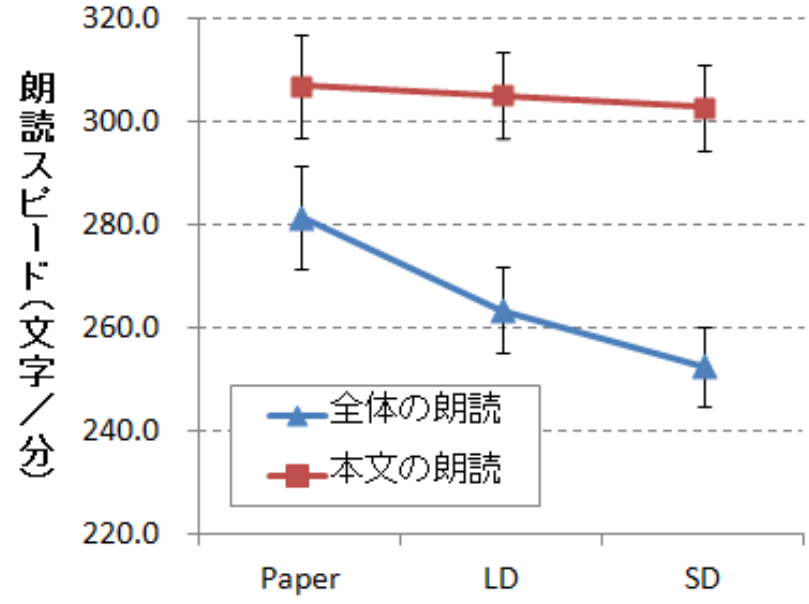


# 実験4：ページ間を行き来する読み

【出展】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).



- 課題：注釈付文書を読む (1ページに8つの注釈)
- 被験者：18名
- 作業条件：Paper, Large-Display, Small-Display

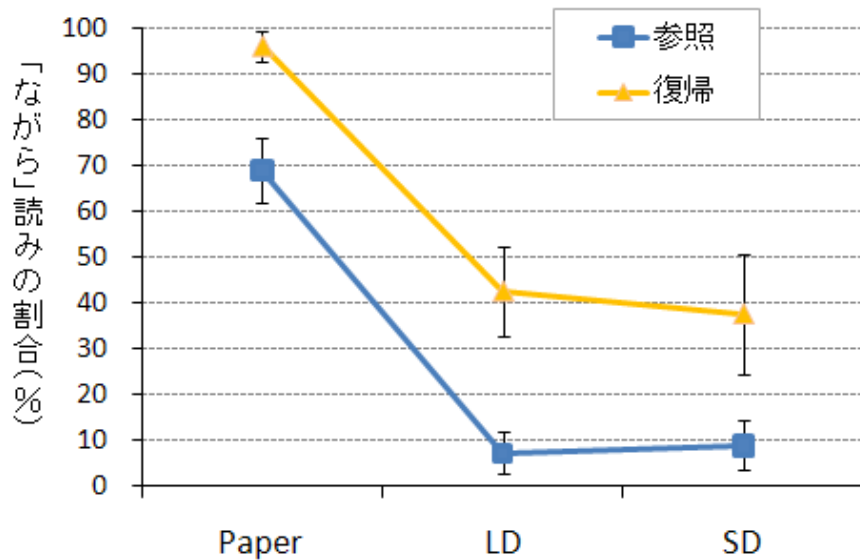


- 全体の朗読スピードについて、
  - ✓ 紙は Large-Display よりも6.8%高速 [ $p < .01$ ]
  - ✓ 紙は Small-Display よりも11.4%高速 [ $p < .05$ ]

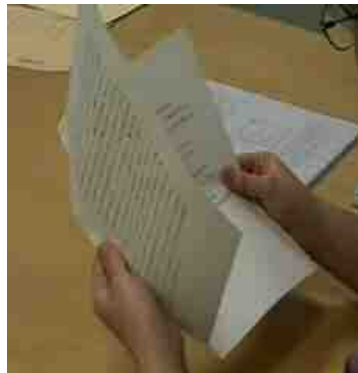
- 紙では参照・復帰の中断時間が少ない



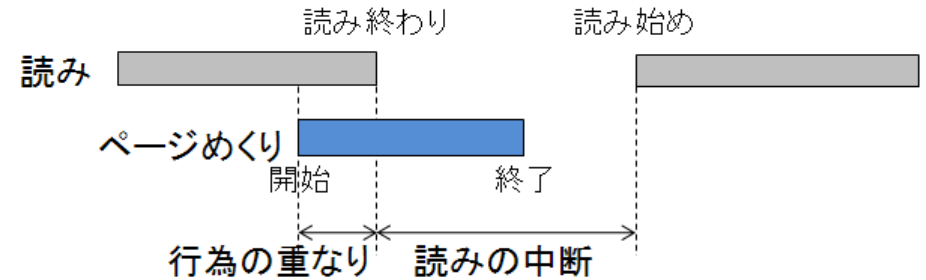
# 参照・復帰が紙で速い理由



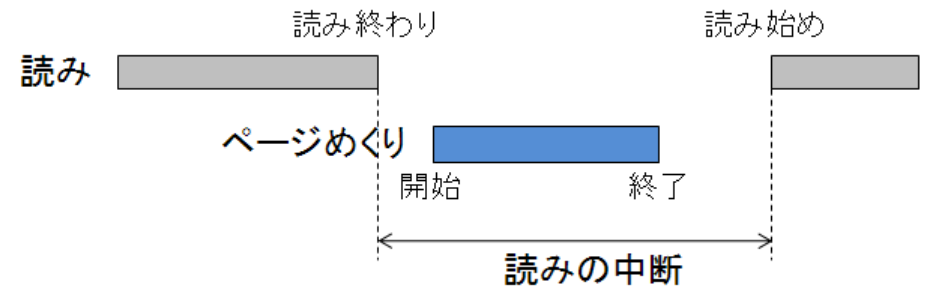
- 電子環境に比べて、紙では読みながらページをめくっている割合が高い [ $\alpha.001$ ]



## A. 「ながら」読みの例



## B. 「ながら」読みでない例



紙では読む行為とページをめくる行為が同時に行われている  
 i.e. 2つの行為が重なり合っている

電子環境では読み終わってからページをめくっている  
 i.e. 2つ行為が完全に分断している

# 実験5：写真を探す

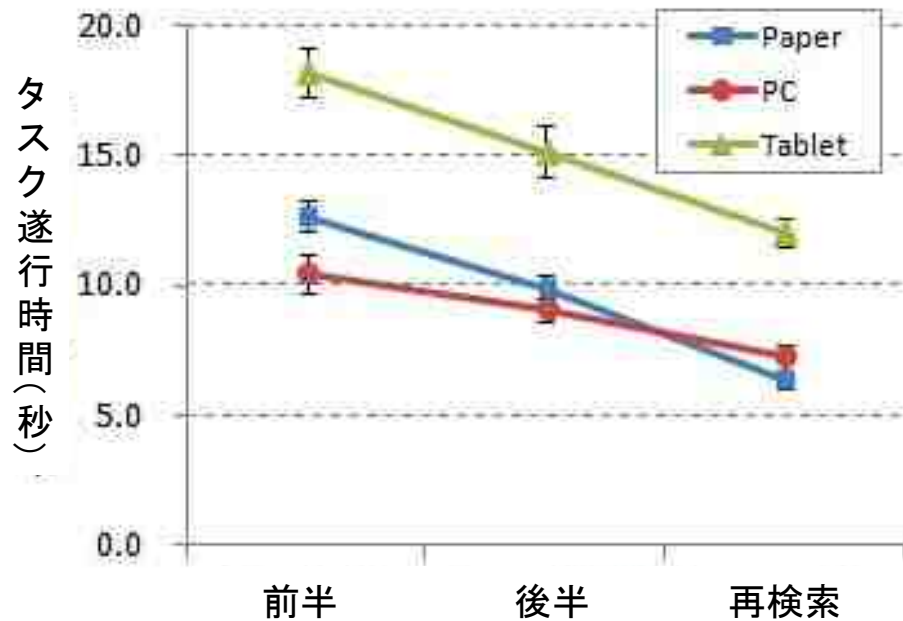
紙の書籍



検索対象の写真



- 課題：写真集 (48ページ) から写真を探す
- 被験者：24名
- 作業条件：Paper, PC, Tablet



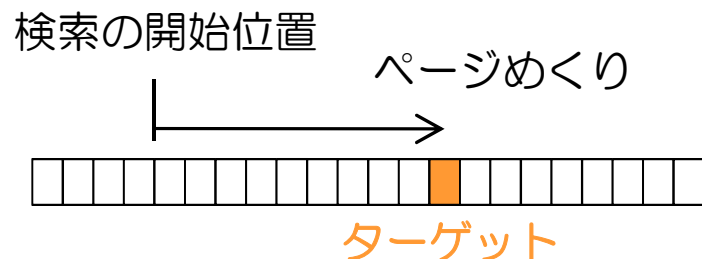
書籍の内容に慣れてくると、紙の書籍での検索が高速になる

1. 全メディアで、前半 > 後半 > 再検索
  - ✓ 検索を繰り返すことで、写真の位置記憶が形成される
2. 全検索順で、Tablet が最も遅い
  - ✓ Tablet ではパラパラめくりが難しい
3. 前半、後半では、PC < Paper
  - ✓ PC：スクロールバーをクリックし続けることで、写真を1枚ずつ高速にめくれる。しかも、ページを飛ばすことがない
  - ✓ Paper：複数のページが同時にめくれてしまうことがあった
4. 再検索では、Paper < PC

# 紙の書籍で再検索が速い理由 (2)

## ランダムアクセスの仕方

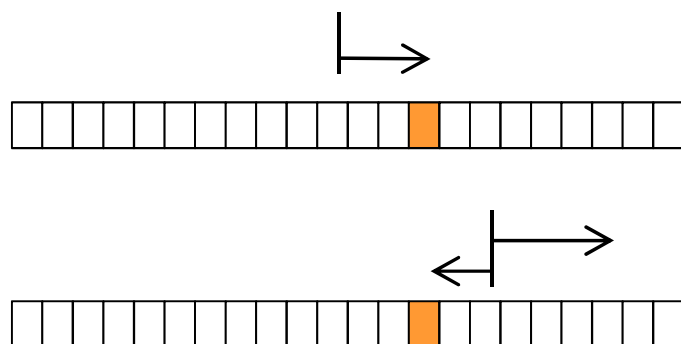
### PC、iPad の場合



ターゲットから遠いページにジャンプして、そこから1ページずつめくる  
「(ターゲットを) 超えちゃうのが嫌だから」  
→ 後戻りを恐れている

慎重なナビゲーション

### Paper の場合



いきなりターゲットの近くにジャンプ

大胆なナビゲーション

ターゲットを飛び越えた場合、そのことに気付くとすぐに最初のページに戻る (指を挟んでいるため)。

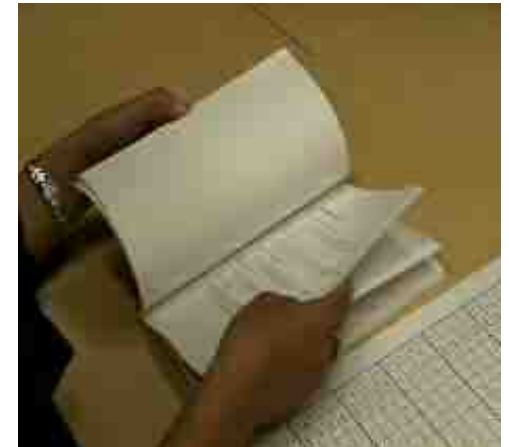
「いくら何でも、こんなに後ろじゃない」  
→ やり直しが簡単で、探索に無駄がない

柔軟なナビゲーション

紙の書籍では操作が自動化。  
操作に注意を必要としない。  
自在に制御できる自信がある。  
だからこそ、大胆で柔軟

# ページ操作に求められる要件

- 認知負荷の低いページめくり
  - ✓ 視覚に依存しないページめくり
  - ✓ 手の感触でめくれ、正しくめくれたフィードバックも手の感触で
- ページ間の行き来が容易
  - ✓ 手で押さえて行ったり来たり
- 一時的なしおり（特定のページの保持）を無意識的に付与
  - ✓ 操作に埋め込まれた無意識的なしおりの付与
    - 読み手は「ここにしおりを付与しよう」「ここに後で戻るかも」とは思わない。思えない
  - ✓ 一時的なしおりの付与を支援するシステムは多数提案されているが (Watanabe 2008, Wightman 2010, Yoon 2011)、いずれも意識的にしおりを付与する必要がある

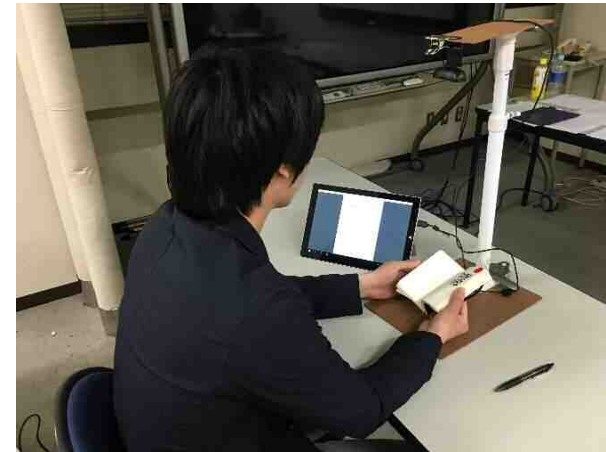


やはり紙の書籍にはかなわない？

# アイデアの例：紙の本をページめくりデバイスとして利用

紙の書籍がそんなに良いのなら、紙の書籍そのものをページめくりのデバイスとして利用

操作は紙  
表示はディスプレイ



## 振る舞い

- 紙のシートをめくるとデジタル文書のページもめくれる
- 紙の書籍を「表示デバイス」ではなく「ページめくりデバイス」として利用

## 効果

- ページ間の行き来が容易
  - ✓ キーボードに比べて24.0%、タッチに比べて28.2%、マウスに比べて24.8%速い
- パラパラめくりが容易
- ページをめくながら情報を取得できる

【出展】 Masunaga, S., Xu, X., Terabe, T., Shibuta, K., Shibata, H.: A proposal of a paper book type input device for page navigation for digital documents. Proc. IDW '16, (2016).

### 3. コンテンツ操作



# 実験6：講義ノートのとおり方

【出展】 Mueller, P.A. and Oppenheimer, D.M. The pen is mightier than the keyboard: Advantages of longhand over laptop note taking. Psychological Science, (April 2014).

- 課題：講義を聴いてメモ。後でテスト
- 条件：ノートPC、手書き
- 参加者：プリンストン大の学生67名



ノートPCでメモ

手書きでメモ

## 結果

- テスト成績：PC < 手書き
- メモの単語数：PC > 手書き
- 講師の発話とメモの重複：PC > 手書き



手書きでは書きながら考えられる。  
キーボードでは書きながら考えられない。  
人を入力マシーンにする。

- ノートPCでは、講師が言ったことをそのまま書き写している
  - ✓ そして、大量にメモを取って満足する
- 手書きでは、講師が言っていないことを書いている
  - ✓ 講師が言ったことを解釈し、自分の言葉でメモを取っている
- 「自分の言葉でメモを取る」ように教示しても、結果は変わらない
  - ✓ 心がけで修正できない。ツールが人の行動を決定する

## 実験7: キーボードの認知負荷

- 目的: 手書きとタイプの認知負荷を比較
- 課題: ××しながら単語を記憶 (二重課題)
- 条件: 何もしない、手書き、タイプ
- 参加者: 24名 (20~30代)

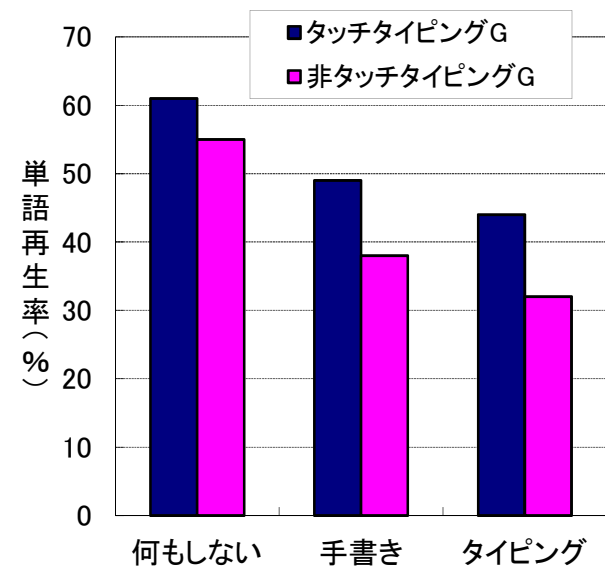
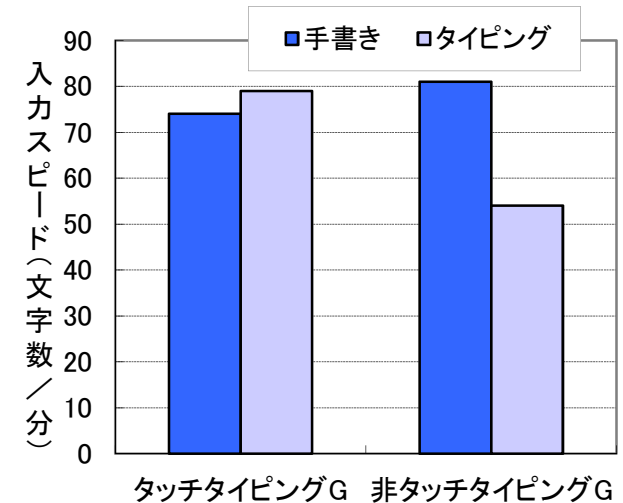
### 結果

- 入力スピード
  - ✓ タッチタイピングG: 手書き = タイピング
  - ✓ 非タッチタイピングG: 手書き > タイピング
- 単語再成率: 手書き中 > タイプ中
  - ✓ タッチタイピングできる・できないとは関係なく



- 手書きでは、書きながらも単語を覚えられる (他に注意を向ける余裕がある)
- タイピングでは、(入力スピードにかかわらず) 書きながら単語を覚えられない

タイピングの認知負荷は高い。  
他のことに頭を使う余裕がない。

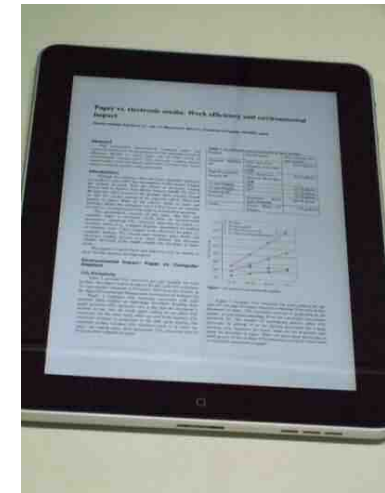




# 実験8：アクティブリーディング

【出展】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).

2010年夏 iPadで論文を読むことの困難さを実感。文書に触れるたびに、文書が横にずれたり、拡大したり、ページがめくれたり



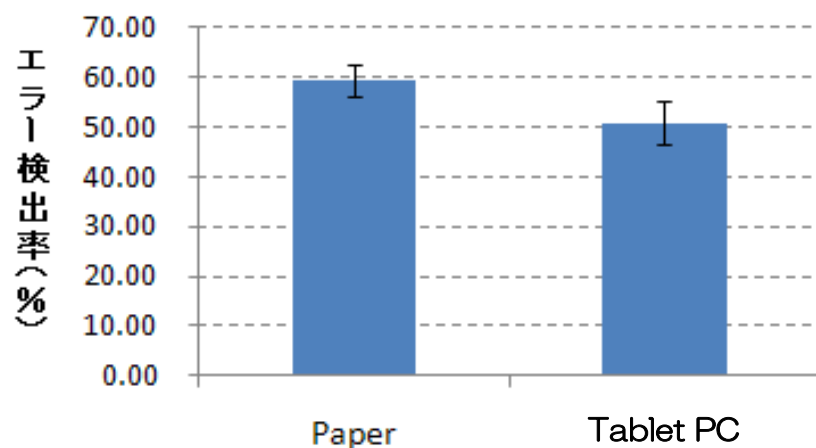
ポインティングやなぞり (テキストタッチ) の効果

1. 読みのスピードを制御
2. 特定の場所に注意を払う
3. 異なる場所の情報を比較しやすくする (ランドマーク)
4. 読みの集中を維持



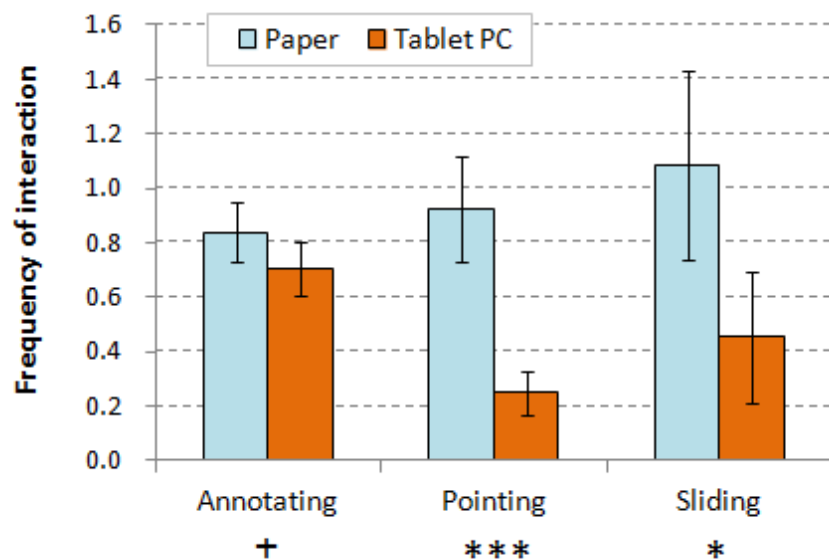
- 課題：意味的な誤りを見つける
  - ✓ 数値が「上昇した」はずなのに「減少した」
  - ✓ 制限時間4分
- 参加者：24名
- 条件：Paper, Tablet (透明フィルムをはって、油性ペンで書き込み)

# 実験結果：エラー検出率



- Tablet PCよりも紙のほうがエラー検出率が17.2%高い [ $p < .05$ ]
- 作業時間には違いがない [ $p > .1$ ]

認知負荷の高い読みでは、  
タブレット端末よりも紙？



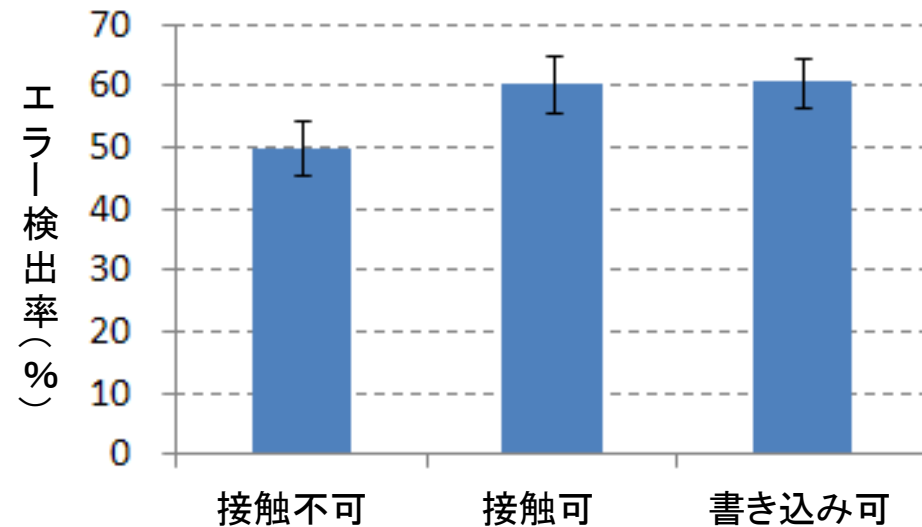
- Tablet PCよりも紙のほうがテキストタッチが多い
- テキストタッチの頻度とエラー検出率に正の相関 (相関係数は0.451、0より有意に大 [ $p < .05$ ])

紙でパフォーマンスが高いのは、  
紙がテキストタッチを促進するから？

# 追加実験：テキストタッチを制限

## 方法

- 課題：意味的な誤りを見つける
- 被験者：24名
- 条件：接触不可、接触可、書き込み可



## 結果

- 接触不可 < 接触可 [ $p < .05$ ]
  - ✓ テキストインタラクションを制限されると、読みのパフォーマンスが劣化
- 接触可  $\div$  書き込み可 [ $p > .1$ ]
  - ✓ 文書に書き込みができて、読みのパフォーマンスは向上しない

テキストタッチは  
読みのパフォーマンス向上に寄与。  
(この課題では) 書き込みよりも  
テキストタッチ

# 示唆

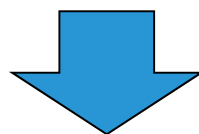
- 手書きの重要性（キーボードの問題）を再認識すべき
  - ✓ 思考を阻害しない入力手段
    - ・ 話しながら、聞きながら、見ながら、考えながら（4ながら）
  - ✓ デジタルペンの研究開発が必要
    - ・ 特にキラーアプリの登場が待たれる
- テキストタッチを阻害しないインタラクションデザイン
  - ✓ タッチ操作は簡単で便利だけど…
- 社会への訴え
  - ✓ 誤ったツール利用の弊害を社会に訴えるべき
    - ・ データは訴える材料になる
  - ✓ 特に教育現場での弊害を政府に働きかけるべき
    - ・ データは働きかけの材料になる

# まとめ



## まとめ

- ディスプレイは「見る」のに、紙は「扱う」のに優れている
- 紙が扱いやすいのは紙がモノ（物理的実態）だから
  - ✓ 見ることなしに（主業務を邪魔せずに、思考を中断させずに）、触覚で操作
  - ✓ 行為が正しく行えたか否かも触覚で確認できる



- ディスプレイの高精細で柔軟な表示能力とモノの扱いやすさを統合したメディア
  - ✓ 多様な入力デバイス、入力手段の検討
    - 必ずしもタッチ操作が最適解ではない
  - ✓ 他デバイスとの連携
    - 複数デバイスに対する使いやすさ、インタラクションデザイン

# 登録商標と画像の引用

## 登録商標

- Adobe Reader® は、アドビシステムズ社の商標です。
- Windows® は、マイクロソフト社の登録商標または商標です。
- Apple, iPad は、アップル社の商標です。
- Kindle はアマゾンテクノロジー社の登録商標です。
- その他、記載の会社名、製品名は、各社の登録商標または商標です。

## 画像・アイコンの引用

- 本資料で利用している画像やアイコンは以下のサイトのものを各サイトのガイドラインに従って利用
  - ✓ <http://business-icon.com/>
  - ✓ <http://www.civillink.net/fsozai/>