

紙の認知研究から見た電子メディア

～紙と電子の最適な使い分けに向けて～



2014年6月6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)

研究の背景：ペーパーレスオフィスの波

1. ペーパーレスオフィスの第1の波 (1970年代)

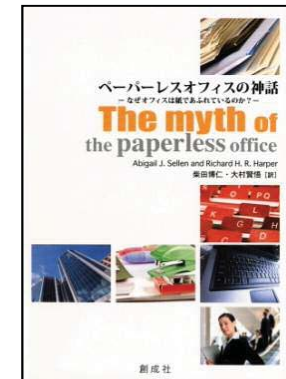
- ✓ PARC (Xerox Co.) 世界初のパーソナルコンピュータ Alto を開発
 - 紙を模した縦型のビットマップディスプレイ
 - Ethernetを介してコンピュータがつながる
- ✓ しかし、紙の消費は増え続けた
 - 多くの文書を作成 → 多くの文書をプリント

2. 第2の波 (1995)

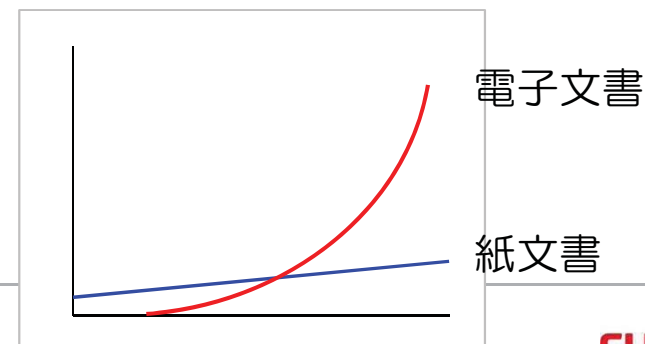
- ✓ インターネットの普及とPCの大衆化
- ✓ それでも紙は増え続けた
 - 多くの情報にアクセス → 多くの文書をプリント
 - 電子情報が指数関数的に増える一方で、紙は線形ではあるが、堅調に増え続けた
- ✓ ペーパーレスオフィスを試みた多くの失敗例



Alto
(富士ゼロックス(株)
横浜みなとみらい事
業所3F展示)



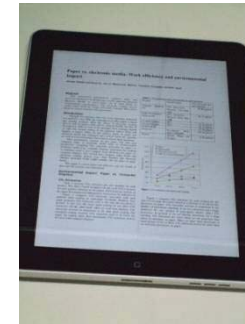
A.J. Sellen and R.H. Harper (柴田博仁, 大村 賢悟 訳):ペーパーレスオフィスの神話-なぜオフィスは紙であふれているのか?-, 創成社, (2007)



ペーパーレスオフィスの第3の波

3. 第3の波 (現代)

- ✓ 電子書籍端末 (Kindle, iPad) の出現
- ✓ エコ、セキュリティ、コストに対する意識の高まり
- ✓ 2008年を境にオフィス紙の需要は減少に転じている
- ✓ 紙を徹底的に排除したというオフィスの事例
e.g., ソフトバンク



2005年を100とした場合の紙と
PPC用紙の国内生産量の推移
(経済産業省のデータをもとに作成)

研究の狙い

紙の認知研究への着手

- 2007年、経営からの強い要請をもとに「ペーパーレスオフィス研究」として研究を開始

研究課題

- 紙と電子メディアの利点と欠点は何か？
 - ✓ メディアの特性を客観的・定量的に把握
 - ✓ 紙の語り部
 - 「富士ゼロックスはどこよりも紙をよく知っている」
 - 「紙をよく知っている。だからこそペーパーレス化もうまくできる」
- 紙は今後、どのようなになるのか？
 - ✓ 経営に対するインパクト

狙い

- 「紙を排除することではなく、必要最小限の紙を効果的に利用すること」
 - ✓ 紙と電子の使い分けのガイドライン
 - コンサルティング
 - 電子メディアの改良

これまでの活動

1. 調査

- ✓ 紙と電子メディアの利用実体調査
- ✓ 紙と電子メディアに対する意識調査

2. 認知実験

- ✓ 紙と電子メディアを用いる場合の読み書きのパフォーマンス比較

3. 環境負荷の測定

- ✓ 紙と電子メディアを用いる場合のCO₂排出量の比較

4. ペーパーレスワークスタイルの尺度構成

- ✓ 紙依存指数、IT活用指数

5. オフィスから紙を排除する試み

- ✓ オフィスのペーパーレス化の促進と効果測定

6. プリントログの分析

- ✓ 分析手法の確立 (組織ごとに平均と分散を集計するだけでは不十分)

7. 新たなデバイスやアプリケーションの開発

アウトライン

1. メディアの比較 (紙 vs 電子メディア)

- ✓ メディアの主観評価
好み
- ✓ メディアの客観評価
読みのスピード、理解度、正確さ
- ✓ メディアの環境負荷
CO₂排出量

2. メディアの未来

オフィスにおける未来のメディアのあるべき姿

【参考文献】

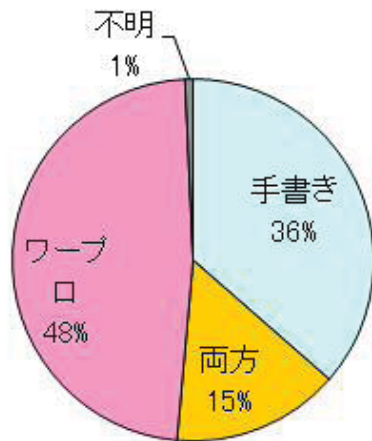
○ 大村 賢悟, 柴田 博仁: 短期連載: 人はなぜ紙を好み続けるのか, 紙業タイムス,
(2010年5月-2~2010年7月-1)

メディアの主観評価

「読むためのメディアとして紙は好まれている」

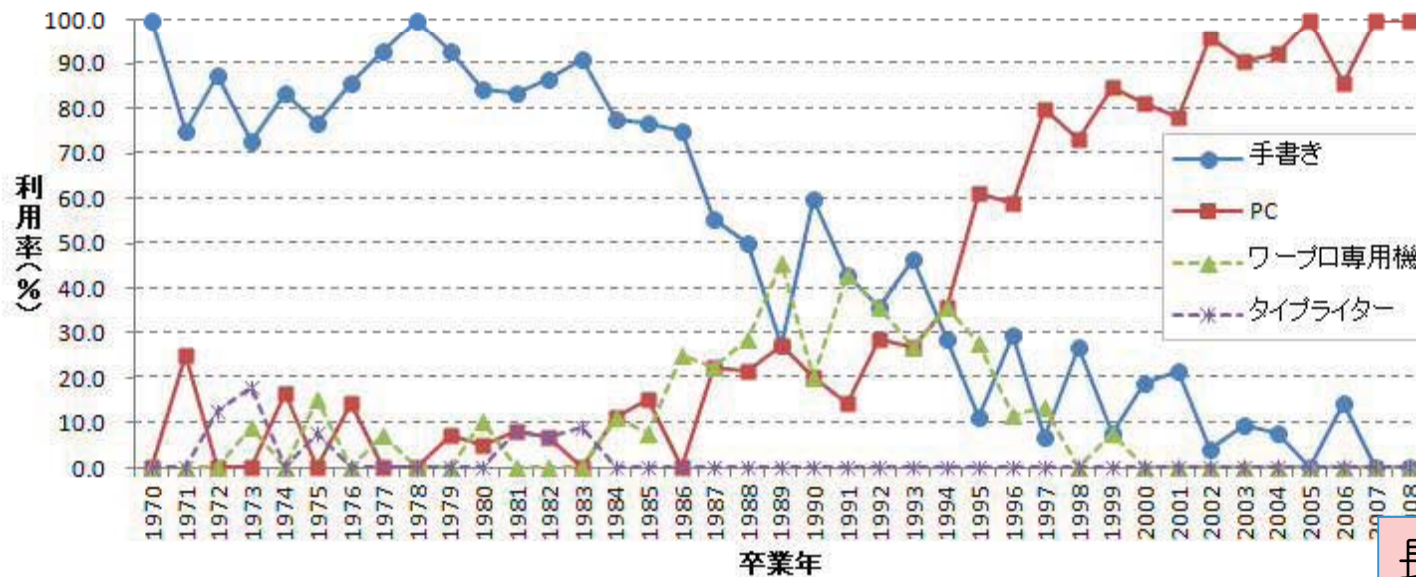
- 1 メディアの比較
 - メディアの主観評価
 - メディアの客観評価
 - メディアの環境負荷
- 2 メディアの未来

書く作業でのワードプロセッサの浸透



2000年に雑誌「文学界」が実施したプロのもの書き140名を対象としたアンケート調査。
「文章を書く際に手書きで行うかワードプロセッサを利用するか教えてください」

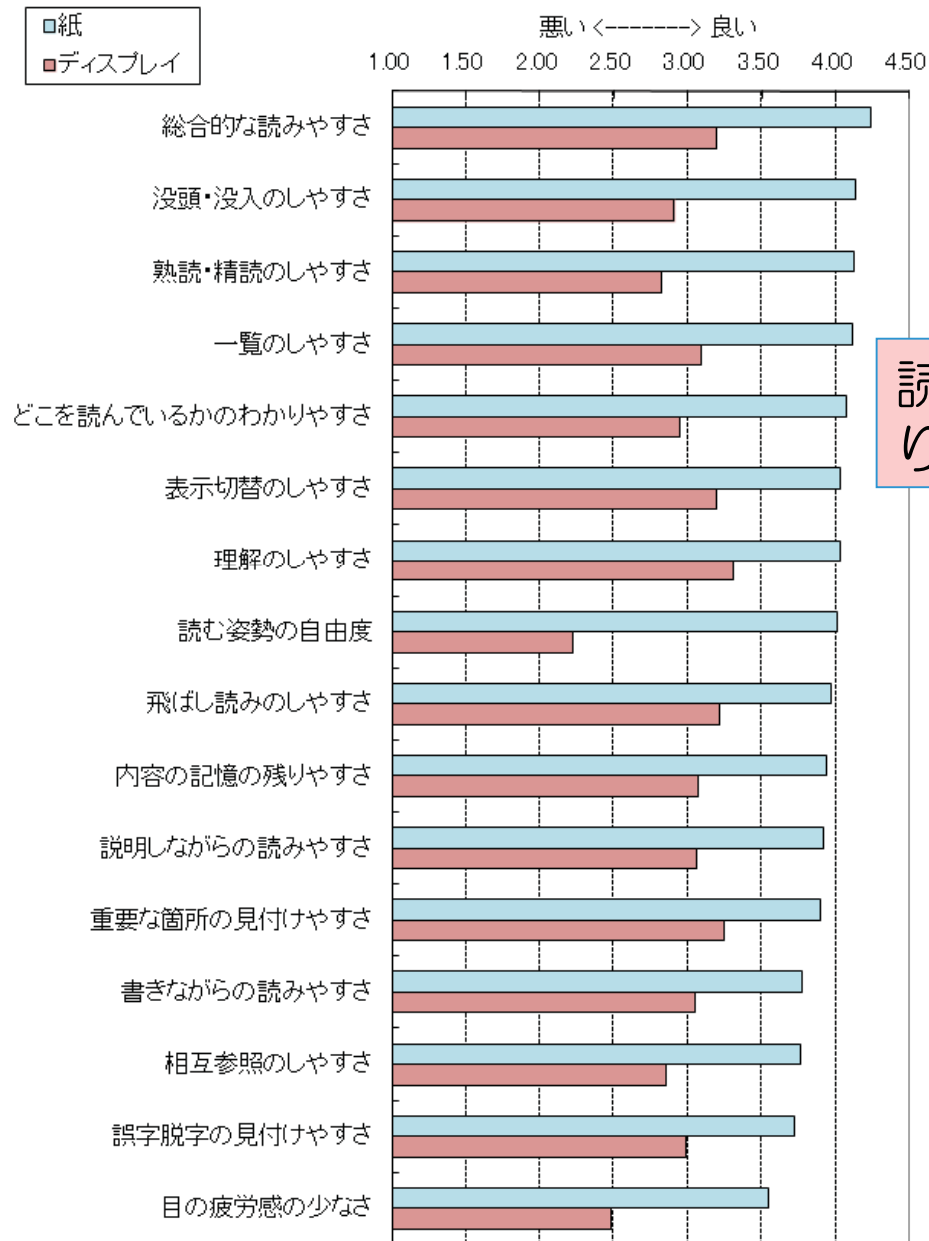
平均年齢57.1歳（2000年時点）のプロのもの書きの間でも書く際には電子的手段が浸透



2009年に大卒のオフィスワーカー514名を対象に実施したアンケート調査。
「卒業論文を何で書きますか」

長文の作成ではワープロの利用が浸透

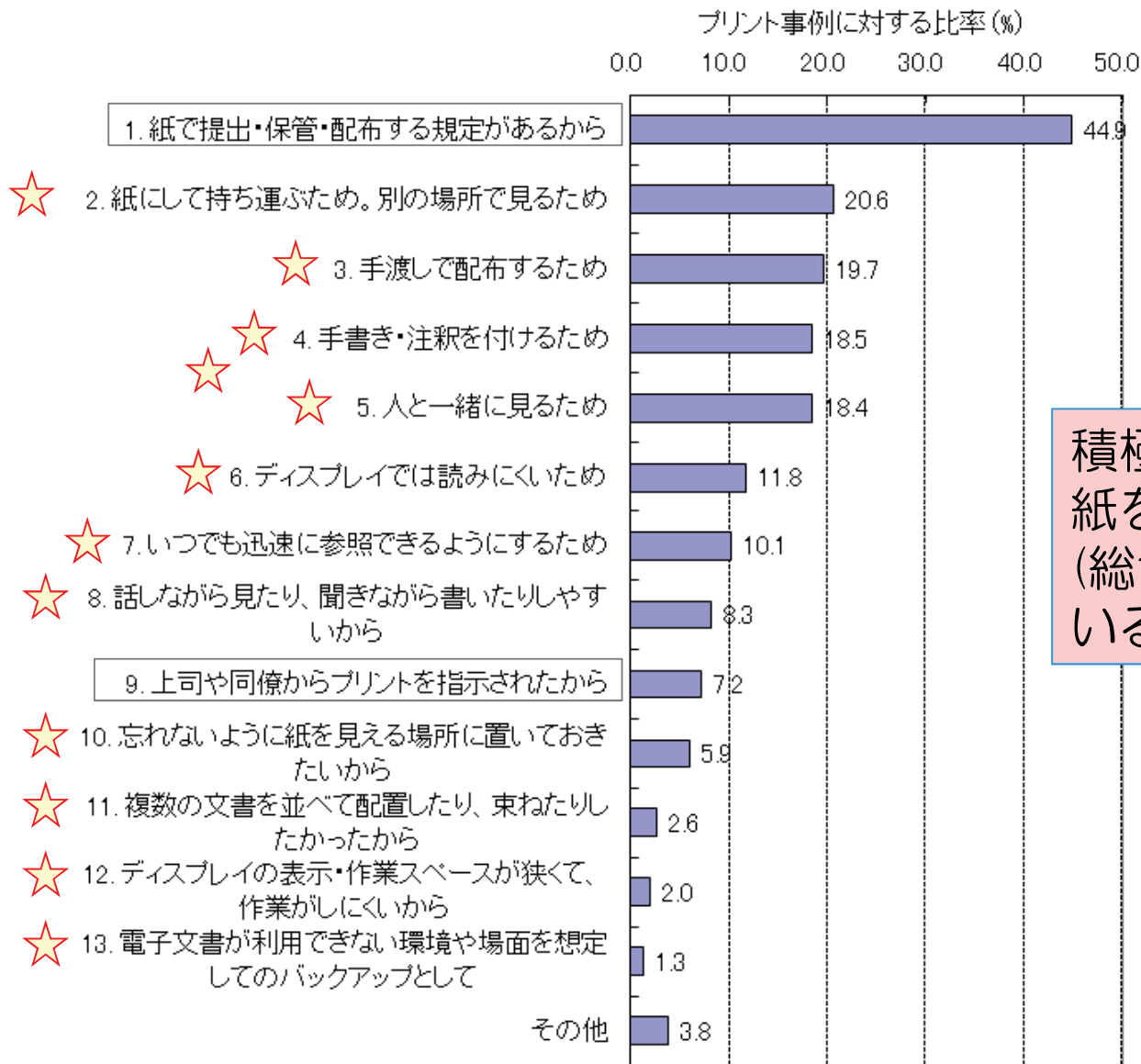
紙とディスプレイの主観評価



2008年9月にオフィスワーカー1053名を対象にアンケート調査。
評価項目ごとに、紙とディスプレイで5段階評価。

読むメディアとして、ディスプレイよりも紙のほうが好まれている

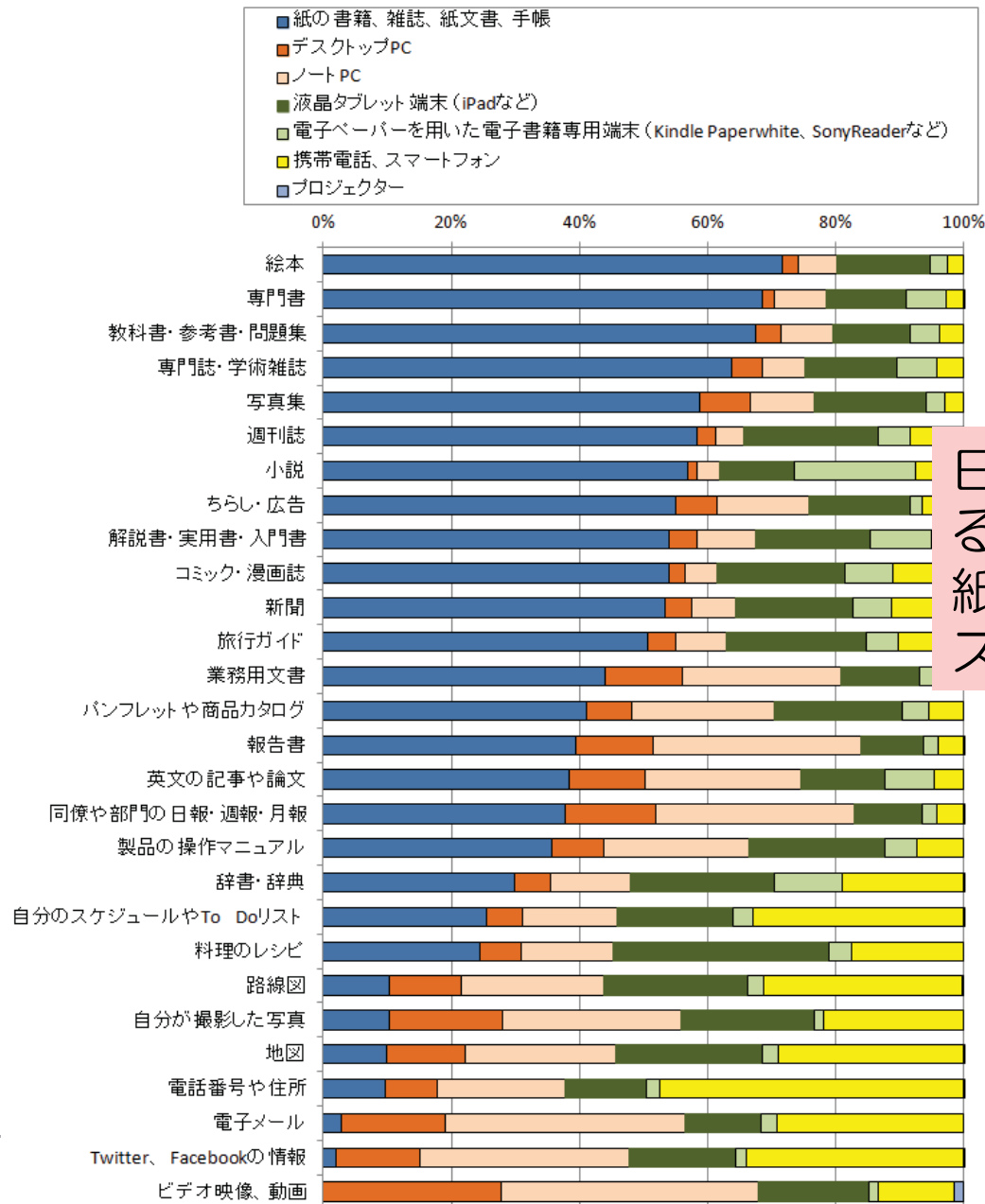
プリントアウトの理由



2008年3月にオフィスワーカー144名(5日間)を対象に実施したプリント事例に対するダイアリー調査。電子文書をプリントアウトした理由を収集。

積極的に紙が利用されている。紙を利用する理由は多様である(総合力として紙が求められている)

読むのに適したメディア



2012年3月に日常的に電子機器 (タブレット、電子書籍専用端末、スマートフォン) で読書を行っている554名を対象にアンケート調査。
文書ごとに、読む際にどのメディアを好むかを質問。

日常的に電子メディアで読書している人の間でも、読むメディアとして紙が望ましいと考えられているケースが多い

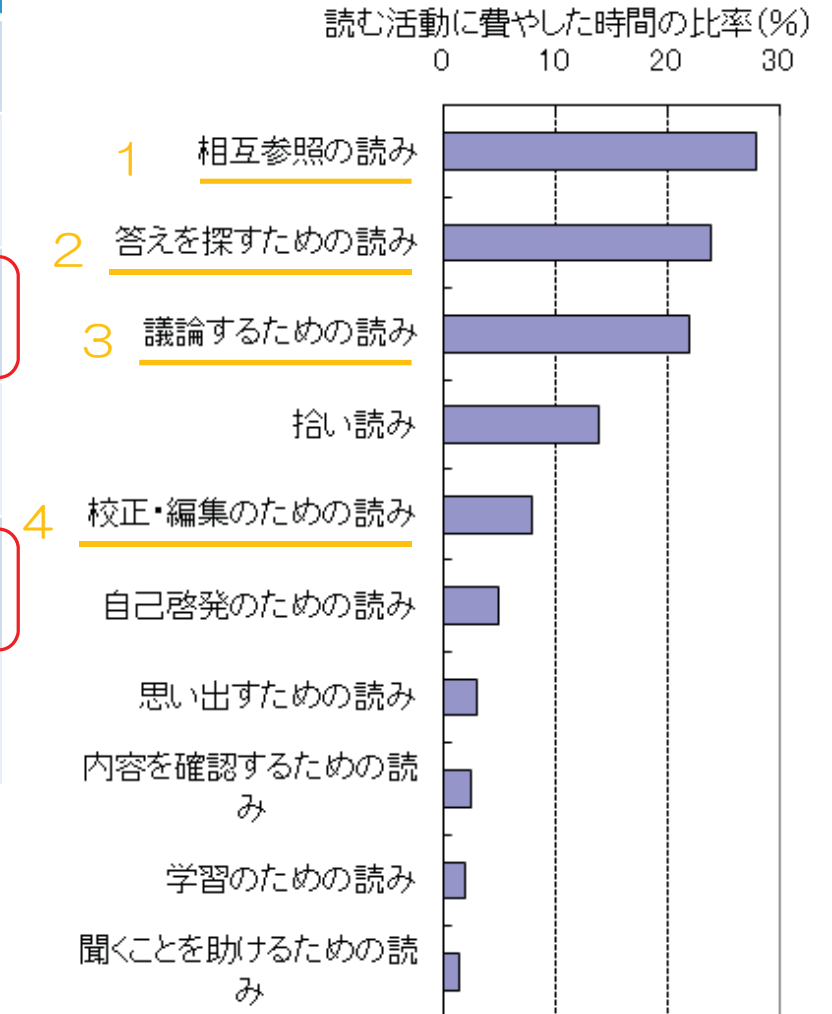
メディアの客観評価 「紙のほうが効率的に作業できることもある」

- 1 メディアの比較
 - メディアの主観評価
 - メディアの客観評価
 - メディアの環境負荷
- 2 メディアの未来

実験の概要

	読みの種類	メディアの種類		
		紙	ディスプレイ	タブレット
▶ 実験0	娯楽を目的とした読み	○	○	○
▶ 実験1	複数文書の相互参照読み	○	○	
▶ 実験2	答えを探す読み	○	○	○
▶ 実験3	議論のための読み	○	○	○
▶ 実験4	校正読み (熟読)	○		○

業務での読みの分析 (Adler 1998)



【参考文献】

○ 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).

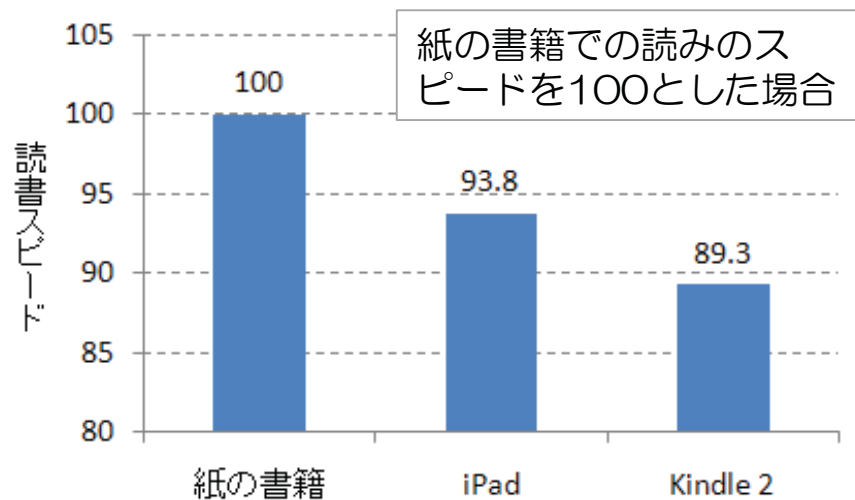
実験0 娯楽を目的とした読み (短編小説の読み)



実験の狙い

電子書籍端末の Jakob Nielsen
(2010) による評価実験

- 被験者内デザイン
 - ✓ 紙の書籍
 - ✓ iPad
 - ✓ Kindle 2
- 被験者24名
- 課題はヘミングウェイの短編小説を読むこと



しかし、

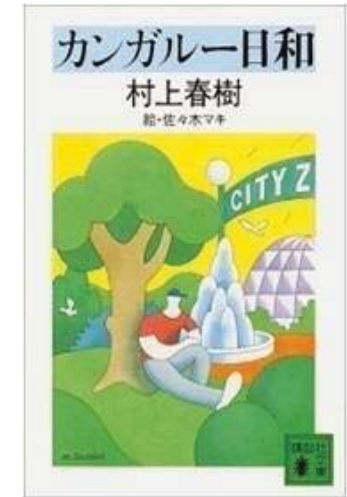
- 実験条件の詳細が不明確
- 読みのスピードに違いが生じた理由が不明
 - ✓ 高解像度ディスプレイを利用すれば、紙と電子メディアとに読みのスピードに違いはない (Gould 1987, Muter 1991)

そこで

- 短編小説の読みを対象に、読みのスピードを比較する実験を再度実施
- ページめくりを含む部分と含まない部分を分離してスピードを比較

方法

- 参加者間デザイン。全員、はじめに紙の本で読む（ベース条件）。その後、6名ずつ、各条件で3編ずつ短編小説を読む
 - ✓ 文庫本 (Book条件)
 - ✓ iPad Wi Fiモデル (iPad条件)
 - ✓ Kindle DX (Kindle条件)
 - ✓ Let' s note (Note PC条件)
- 被験者：24名
- 材料
 - ✓ 村上春樹の短編小説『カンガルー日和』より4編（1編あたり7～9ページ）
 - ✓ 全条件にわたって同一サイズ、同一レイアウトで小説を読む
- 手続き
 - ✓ 自由なペースで、自由な姿勢で読む
 - ✓ 読書後に1分間で小説を要約



条件	1回目の読書（ベース）	2回目の読書	3回目の読書	4回目の読書
Book条件（6名）	全員が紙の本で 小説を読む	紙の本	紙の本	紙の本
iPad条件（6名）		iPad	iPad	iPad
Kindle条件（6名）		Kindle	Kindle	Kindle
Note PC条件（6名）		ノートPC	ノートPC	ノートPC

読み方

ページめくりを含む部分と含まない部分を区別するために、
ページめくりの前後を音読

ページめくり



あ、相手が素人なら日本刀の真剣持ってたってべつに怖かかったさ。その頃はね、今なら一目散に逃げるさ、もちろん。それは十月の風の強い夜だった。寒くはなかった。どちらかというとむしろいらいの感じだった。夕方ごろからやけに蚊が多くてね、蚊取線香を二つつけてたのを覚えているよ。ずうっと風が音を立てていた。ちょうどプールの仕切り戸が壊れていてね、これが風にあおられてはたんばたんとうるさかった。なおそうかとも思ったんだけど、暗くてなおしよまなかった。それで一晩中ばたんばたんさ。

九時に見回った時には何も起こらなかった。二十のチェック・ポイントが全部OKだった。鍵はちゃんとかかっているし、何ももちろんとあるべき場所にあわせてぐすり眠った。

三時に時計のベルが鳴った時、僕はなんだかすごく変な気がした。うまく説明できないんだけど、実に変な気分なんだよ。具体的に言うとな、起きたくないわけさ。体が起きようとする僕の意思を押しとどめるような感じさ。僕は寝起きはとも良いから、そんなことあり得ない。で、無理に起きあがって、見回りの仕度をした。

あ、相手が素人なら日本刀の真剣持ってたってべつに怖かかったさ。その頃はね、今なら一目散に逃げるさ、もちろん。それは十月の風の強い夜だった。寒くはなかった。どちらかというとむしろいらいの感じだった。夕方ごろからやけに蚊が多くてね、蚊取線香を二つつけてたのを覚えているよ。ずうっと風が音を立てていた。ちょうどプールの仕切り戸が壊れていてね、これが風にあおられてはたんばたんとうるさかった。なおそうかとも思ったんだけど、暗くてなおしよまなかった。それで一晩中ばたんばたんさ。

九時に見回った時には何も起こらなかった。二十のチェック・ポイントが全部OKだった。鍵はちゃんとかかっているし、何ももちろんとあるべき場所にあわせてぐすり眠った。

三時に時計のベルが鳴った時、僕はなんだかすごく変な気がした。うまく説明できないんだけど、実に変な気分なんだよ。具体的に言うとな、起きたくないわけさ。体が起きようとする僕の意思を押しとどめるような感じさ。僕は寝起きはとも良いから、そんなことあり得ない。で、無理に起きあがって、見回りの仕度をした。

あ、相手が素人なら日本刀の真剣持ってたってべつに怖かかったさ。その頃はね、今なら一目散に逃げるさ、もちろん。それは十月の風の強い夜だった。寒くはなかった。どちらかというとむしろいらいの感じだった。夕方ごろからやけに蚊が多くてね、蚊取線香を二つつけてたのを覚えているよ。ずうっと風が音を立てていた。ちょうどプールの仕切り戸が壊れていてね、これが風にあおられてはたんばたんとうるさかった。なおそうかとも思ったんだけど、暗くてなおしよまなかった。それで一晩中ばたんばたんさ。

あ、相手が素人なら日本刀の真剣持ってたってべつに怖かかったさ。その頃はね、今なら一目散に逃げるさ、もちろん。それは十月の風の強い夜だった。寒くはなかった。どちらかというとむしろいらいの感じだった。夕方ごろからやけに蚊が多くてね、蚊取線香を二つつけてたのを覚えているよ。ずうっと風が音を立てていた。ちょうどプールの仕切り戸が壊れていてね、これが風にあおられてはたんばたんとうるさかった。なおそうかとも思ったんだけど、暗くてなおしよまなかった。それで一晩中ばたんばたんさ。

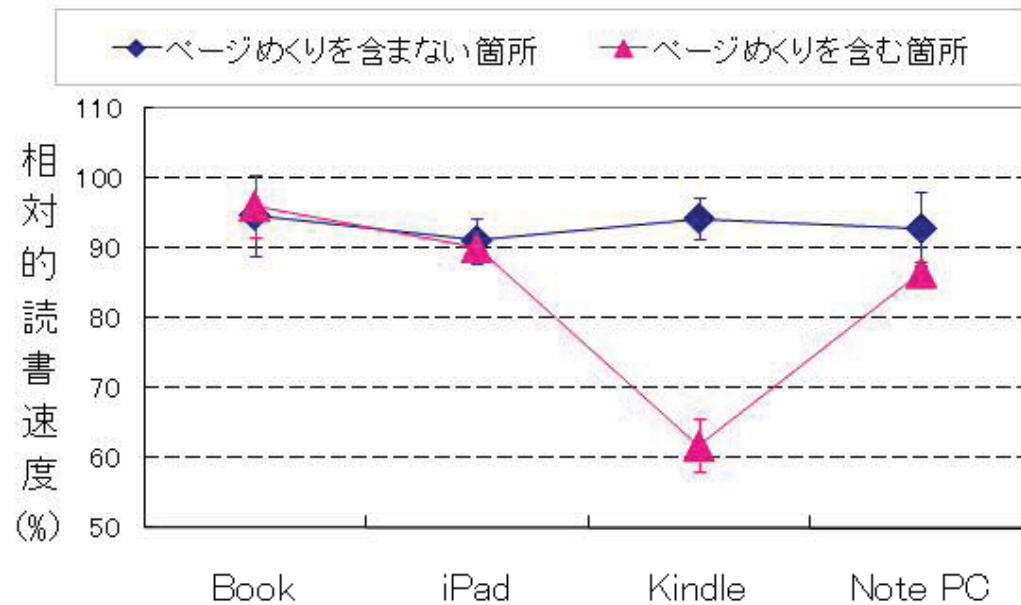
黙読

音読

黙読

音読箇所 → 各媒体のページ捲りの影響を受ける
黙読箇所 → 各媒体の表示品質のみに影響を受ける

結果：読みのスピード



- ページめくりを含まない場合
 - ✓ メディア間で読みのスピードに違いがない [p>.1]
- ページめくりを含む場合
 - ✓ ノートPCは文庫本よりも有意に遅い [p<.05]
 - ✓ KindleはノートPCよりも有意に遅い [p<.001]
 - ✓ iPadと文庫本との間に有意差はない [p>.1]



- 表示品質の違いが読みのスピードに変化をもたらすことはない
- ページめくりの操作性が読みのスピードに違いをもたらす

追加実験（認知負荷の計測）：方法の概要

- 材料は村上春樹の短編小説『カンガルー日和』より3編選定
 - ✓ 1頁2行（見開き4行）11ページ
- 課題
 - ✓ 全文の音読
 - ✓ 主課題である音読の速度を落とさず かつ 可能な限り速い音への反応を教示
 - ✓ 自由なペース、自由な姿勢
 - ✓ 読書後に文章内容の確認テストを行うことを教示
- 作業条件
 - ✓ Paper：紙を束ねて作成した書籍
 - ✓ Swipe：iPadを使用し、ページめくりはスワイプ（手を横にスライドさせる動き）を利用
 - ✓ Tap：iPadを使用し、ページめくりはタップ（ページの端を軽くタップ）を利用

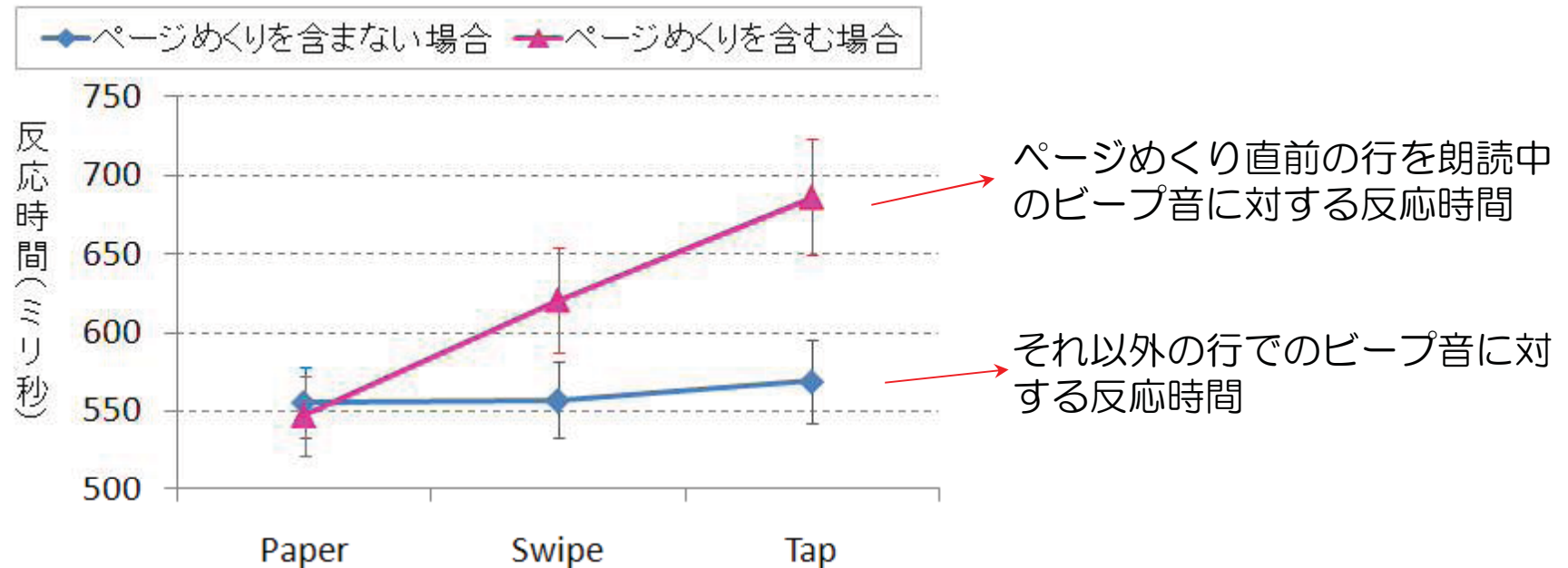
二重課題の実施

- 一次課題：ヘッドフォンをしながら読書
- 二次課題：音がなったらペダルを踏む



一次課題の認知負荷が高ければ、二次課題への反応が遅れる。二次課題に多くの心的リソースを導入できないから

結果：二重課題での反応時間



- ページめくりを含まない場合、二次課題への反応時間に違いはない [$p > .1$]
→ ページめくりを含まない場合、読みの認知負荷に違いはない
- ページめくりを含む場合、Paper条件、Swipe条件、Tap条件の順で反応時間が速い [$p < .05$]
→ 紙でのページめくりの認知負荷が最も少ない、次がiPadのスイープ、最後がiPadのタップ
- Paper条件では、ページめくりを含む場合と含まない場合で反応時間に違いがない [$p > .1$]
→ 紙でのページめくりには、ほとんど認知負荷を必要としない

【参考文献】

- 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, pp.301-311, (2010).
- 高野 健太郎, 柴田 博仁, 大村 賢悟: 複数文書を相互に参照する読みでの文書操作のミクロな分析の試み, ヒューマンインタフェース学会論文誌, Vol.14, No.4, pp.487-496, (2012).
- Shibata, H., Takano, K., and Omura K.: Why is paper superior to computer displays in cross-reference reading for multiple documents?, In Proc. International Display Workshops (IDW) '13, (2013).
- 柴田 博仁: 大画面ディスプレイ・多画面ディスプレイの導入による業務効率化の測定. 情報処理学会論文誌, Vol.50, No.3, pp.1204-1213, (2009).

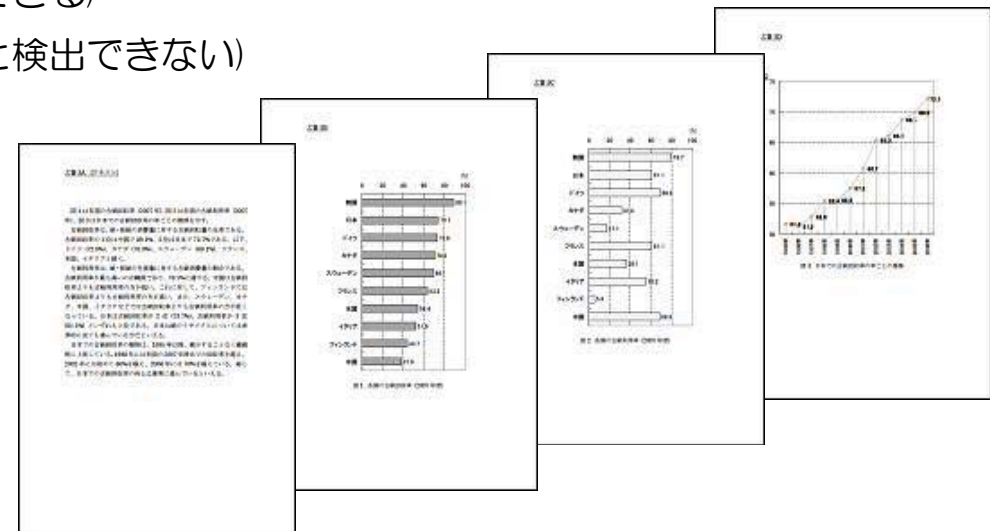
実験1

複数文書の相互参照読み



実験方法

- 被験者：24名
- 参加者内デザイン (3水準)
 - ✓ Paper：作業スペースに制限はない、紙文書はB5
 - ✓ Small-Desk：作業スペースを制限した机(27インチディスプレイと同じサイズ) で紙で作業
 - ✓ PC：27インチディスプレイ、文書はB5サイズと同じ
- 材料：4文書1組 (3つの図と1つのテキスト文書)
 - ✓ テキスト文書に8つのエラー (図から読み取れる情報との矛盾点) を埋め込む
 - 単一文書エラー (単独の図の参照で検出できる)
 - 複数文書エラー (複数の図を比較しないと検出できない)
- 手続き
 - ✓ 修正箇所にアンダーラインを引く
 - 紙、PCともに別文書に書き込み
 - ✓ 時間制限はなし
 - 各自の好きなペースで校正



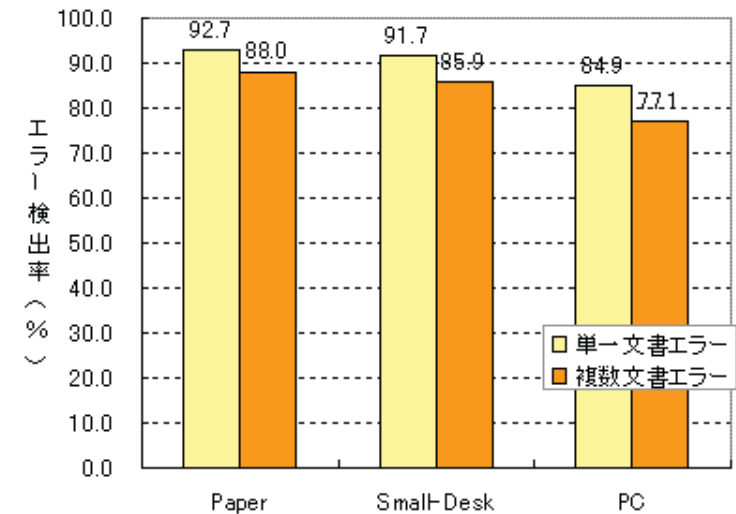
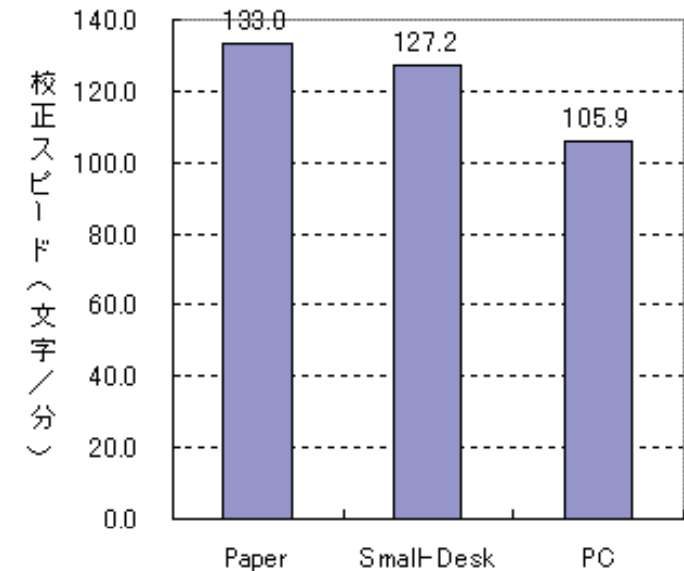
結果：校正スピードとエラー検出率

■ 結果

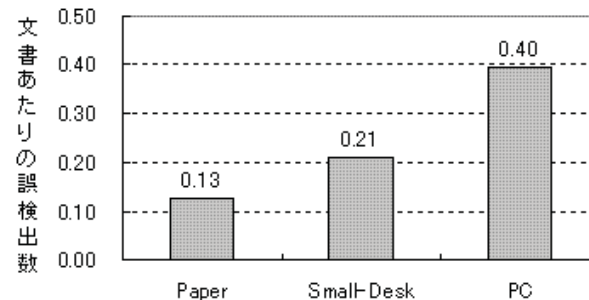
- ✓ 校正スピードについて、紙はPCよりも25.5%速い
- ✓ エラー検出率について、紙はPCよりも10.7%高い
- ✓ 誤ったエラー検出において、紙はPCの3分の1以下

■ PaperとSmall-Deskに有意差はない、 Small-DeskとPCの間に有意差

- ✓ メディア間でのパフォーマンス（校正スピード、エラー検出率）の違いは、作業スペースの広さによるものではない。文書の操作性によるもの



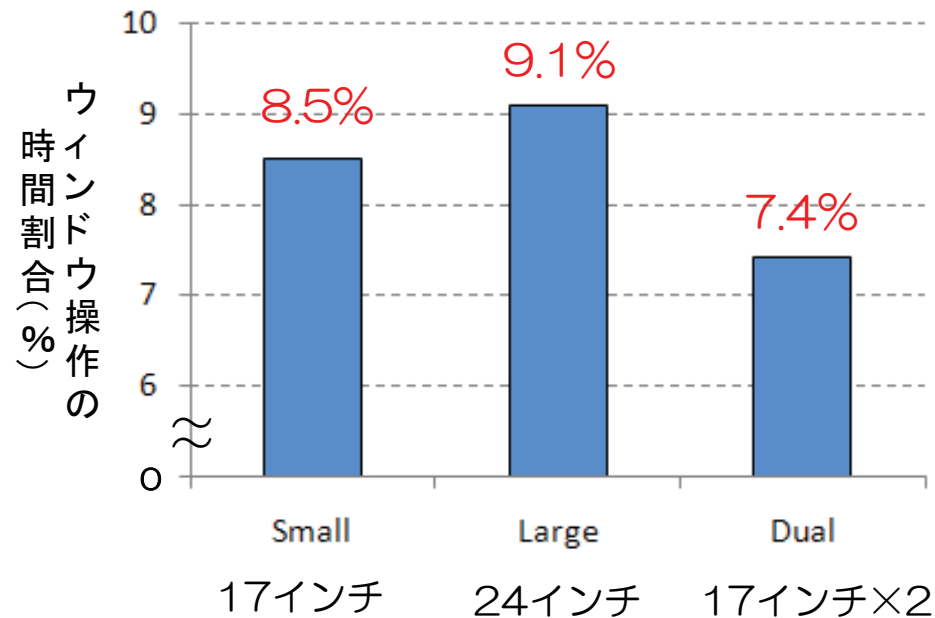
複数の文書を頻繁に参照する読みでは、紙はディスプレイよりも作業効率がよい。



ウィンドウ操作ログの分析： 大画面ディスプレイ vs マルチディスプレイ

知財部8名の4週間のウィンドウ操作ログを分析した結果

アクション時間1時間あたりのウィンドウ操作コストの割合



- ウィンドウ操作コストは決して無視できない
 - ✓ PCに向かって作業している時間の8.5%をウィンドウ操作 (切り替え、移動、サイズ変更) に費やしている
- ディスプレイを大きくすればよいという問題ではない
 - ✓ 作業スペースを広くするよりも、ウィンドウ (文書) の操作性を向上させることが重要
- マルチディスプレイでは複数の文書の並置が容易。これがウィンドウ操作コストの低減につながっている

大画面ディスプレイ環境では複数文書の同時閲覧が難しい

【参考文献】

○ Shibata, H and Omura, K.: Comparing paper books and electronic media in reading to answer questions, In Proc. NIP28, pp.43-46.(2012).

実験2 答えを探す読み



方法

■ 参加者内デザイン

✓ 環境 (3水準)

- Paper (紙の書籍)
- iPad
- PC (PDF文書をAdobe Readerで閲覧)

✓ 検索順 (3水準)

- 前半 (最初の6回)
- 後半 (次の6回)
- 再検索 (最後の6回：前半、後半で探した写真)

■ 実験参加者は男女同数の24名 (26~39歳、平均30.5歳)

- PC利用暦3年以上、矯正視力0.7以上

■ 材料は写真集3つ

- 48枚の写真、1ページに1つの写真 (全て風景写真)
- A5サイズの紙にカラーで片面印刷し、ホッチキス止め

■ 課題：提示した写真を探してページ番号を答える

■ 実験後に、

✓ 写真の再認テスト

- 写真があったか否か、確信度 (5段階)、写真集での位置 (前、中、後)、作業環境

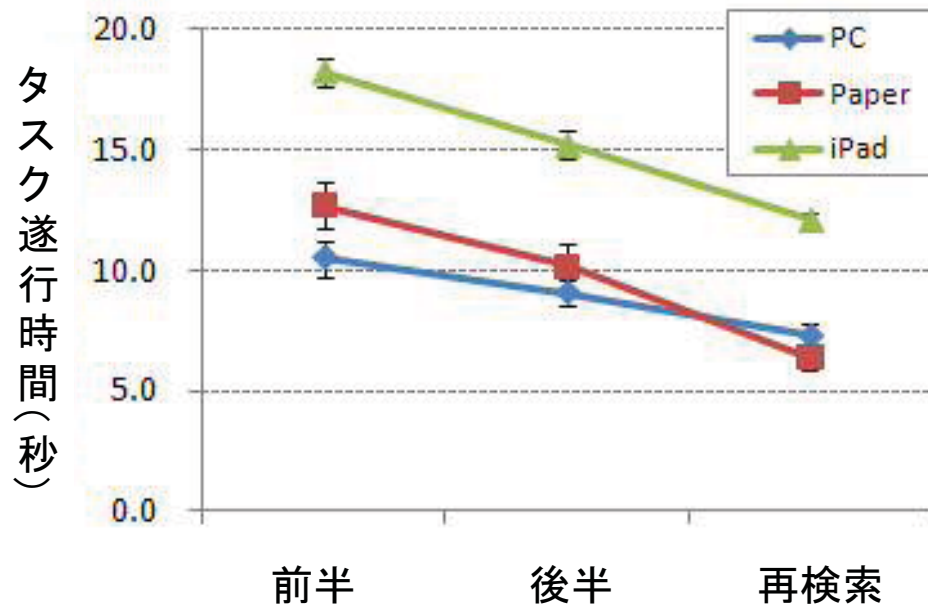
紙の書籍



検索対象の写真



結果：タスク遂行時間



交互作用が有意 [$p < .05$].

検索順ごとの単純主効果

- ・前半：PC < Paper < iPad [$p < .05$]
- ・後半：PC \div Paper < iPad [$p < .05$]
- ・再検索：Paper < PC < iPad [$p < .1$]

メディアごとの単純主効果

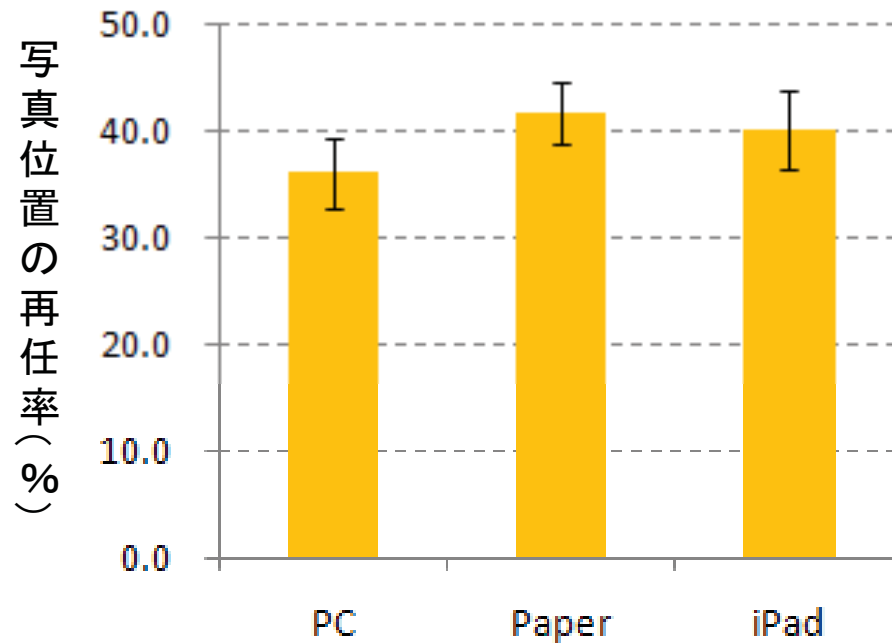
- ・全てのメディアに対して：前半 > 後半 > 再検索 [$p < .05$]

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、iPadが最も遅い
 - ✓ iPad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

書籍の内容に慣れてくると、紙の書籍では、検索が高速になるようだ。

再認テストの結果：写真の位置記憶

問. 写真は書籍のどこにあったか。
(前、中、後)



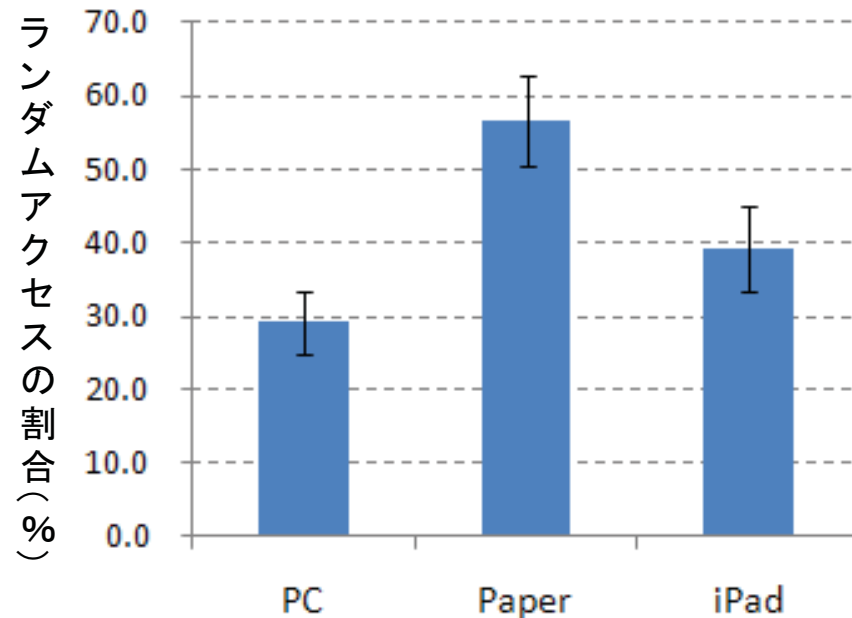
- メディア間で位置記憶に違いはない [p>.1]
 - ✓ 従来研究では、紙の書籍で位置記憶が促進されるとしているが (O'hara 1998)、それはページ内での単語や画像の位置 (書籍内でのページの位置ではない)

紙の書籍で再検索が速くなるのは、紙の書籍で写真の位置をよく覚えていたためではない。では、なぜか？

紙の書籍で再検索が速い理由 (1)

ランダムアクセスの頻度

ランダムアクセス：
最初に関くページが1ページ目でない(後ろから、あるいは中ほどから検索を開始)



- 紙の書籍では、参加者は頻繁にランダムアクセス
 - ✓ いきなりターゲットの近くにジャンプ
 - ✓ とっさの判断でジャンプ
- 電子メディアでは、先頭から1ページずつ順番にめくっていくことが多い
 - 後半にあるとわかっているにもかかわらず、先頭から探し始めることも

1要因分散分析
主効果が有意 [$F(2, 46)=10.26, p<.001$]

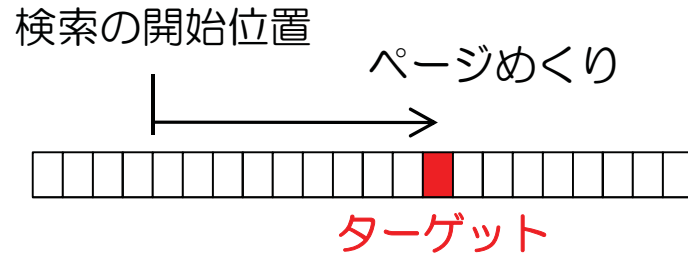
LSD法の多重比較から
Paper > iPad \doteq PC [$p<.05$]

紙の書籍では柔軟な検索。
人は紙の書籍でのナビゲーションに慣れ親しんでおり、ナビゲーションに自信がある。

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

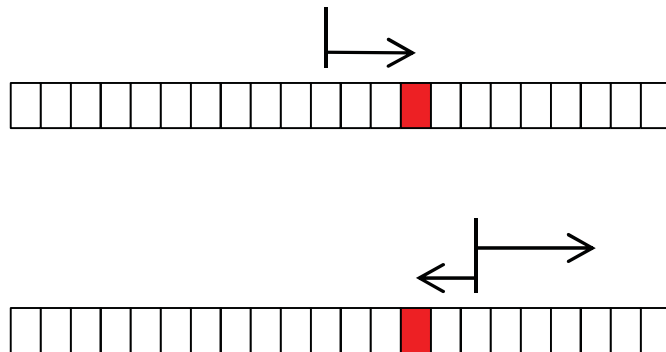
PC、iPad の場合



ターゲットから遠いページにジャンプして、そこから1ページずつめくっていく
「(ターゲットを) 超えちゃうのが嫌だから」

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

紙の書籍では、
操作が自動化されている。
操作に注意を必要としない。
だからこそ、大胆で柔軟

ターゲットを飛び越えて開いた場合、飛び越えたことに気付いた段階で、最初を開いたページにすぐに戻る (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」
→ 簡単にやり直しでき、かつ探索に無駄がない

柔軟なナビゲーション

【参考文献】

○ Takano, K., Shibata, H., Omura, K., Ichino, J., Hashiyama, T., and Tano, S.: Do tablets really support discussion?: Comparison between paper, a tablet, and a laptop PC used as discussion tools, In Proc. OzCHI 2012, pp.562-571, (2012).

実験3 議論のための読み



従来研究と狙い

- ノートPCの利用は議論を阻害する (Sellen 2011)
 - ✓ 議論よりも操作に集中してしまう
 - ✓ 相手のペースに合わせるよりも、自分のペースで議論を進めてしまう
- ノートPCでは文書操作に手間取るため
 - ✓ PCに比べて紙でのページ移動がしやすい (柴田2011, 高野2012)
 - ✓ 手書きよりタイピングの認知負荷が高い (Hamzah 2006)
- タブレットPCでは文書操作の操作性が改善されている
 - ✓ タッチ操作による直観的なページめくり、拡大・縮小
 - ✓ 軽くて持ちやすい
 - ✓ 見た目がシンプルなため、とっつきやすい印象がある



議論の場で利用するメディアとして、タブレットPCはどれくらい紙に迫っているのか？
ノートPCに比べてどの程度の改善がみられるのか？

- ✓ 2人で同じ文書を見ながら議論するシーンを想定
- ✓ 創造型の会議を想定
 - 高橋 (1987) によると、会議のタイプは大まかに、伝達、調整、意思決定、創造

実験方法

- 1要因 (メディア) グループ間デザイン
 - ✓ Paper (A5用紙に両面印刷、左をホッチキスでとめて製本)
 - ✓ タブレット (iPad2, iAnnotatePDFで文書を閲覧)
 - ✓ PC (15.6インチのノートPC、Foxit J-Reader Plus 5.0で文書を閲覧)
- 被験者は24人 (2人1組の12組)
 - ✓ 20~30代
 - ✓ PC利用暦3年以上
 - ✓ 矯正視力0.7以上
- 課題：ガイドブックを参照しながら、1日の観光プランを決定する
- 手続き
 1. 各条件による課題の練習
 2. 課題の実施 (条件と試行順番は被験者間でカウンターバランス)
 3. アンケートと事後のインタビュー



課題の補足

- ガイドブック (19~24ページ) を参照しながら、1日の観光プランを立てる
 - ✓ 個々のメンバーが個別にガイドブックを見る
 - ✓ 全条件で紙へのメモ書きが許される
 - ✓ 制限時間は25分
 - ✓ 双方が満足いくプランを立てる
- 議論後、プランを口頭で報告

ガイドブックのページの例

地図

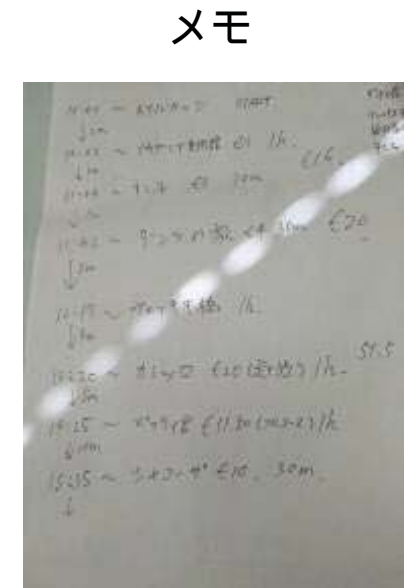


観光スポット

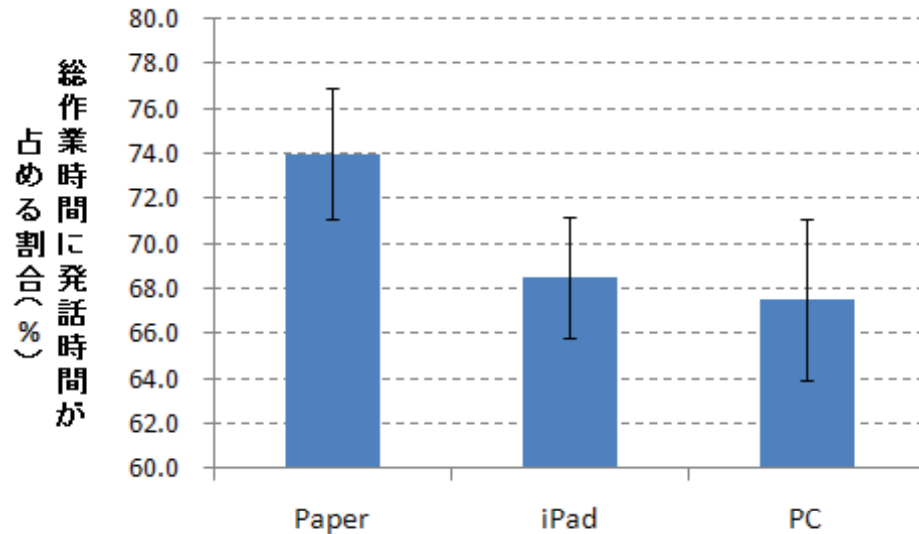


レストラン





実験結果：発話量 議論がどれだけ活発だったか？



紙は iPad、PC よりも発話量が多い [p<.01]
iPad と PC の間には有意差はない [p>.1]

紙は iPad に比べて 8.0%、PC に比べて 9.6% 発話量が多い

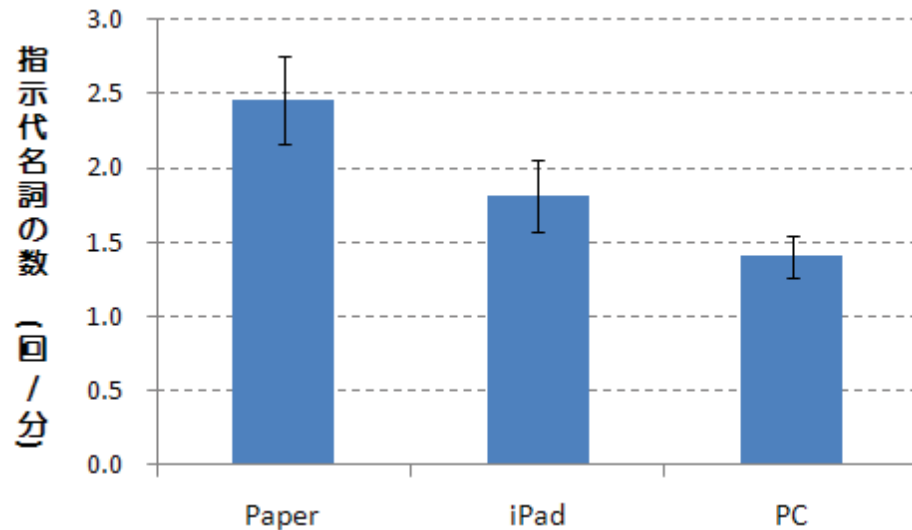
予想に反して、iPad の利用は紙ほどに議論が活性化されない。
ページめくりと書き込みに関して、iPad は紙に比べて操作性が悪く、議論よりも操作に集中してしまった。

ページ間を行き来する操作のしずらさから

- iPad では役割分担の方略がとられた
 - ✓ 「いちいち地図に戻るのがめんどくさい。(ページ間を行き来するのに) ぴっぴ (iPad でのページ操作をさして) やるのがめんどくさい」
 - ✓ 「(ページ間を行き来する操作が) やりづらい。」
- PC では画面を並べて役割分担する方略
 - ✓ 「後半になると (片方の画面は) 地図から動かしていない。」



実験結果：指示代名詞の利用頻度 どれだけ文脈を共有できているか？



指示代名詞の使用頻度に関して、
Paper > iPad > PC [p<.05]

紙はiPadに比べて35.7%、PCに比べて74.5%
指示代名詞の利用が多い

紙では相手が何をしているかを知っている。また、自分が何をしているか相手もわかっている

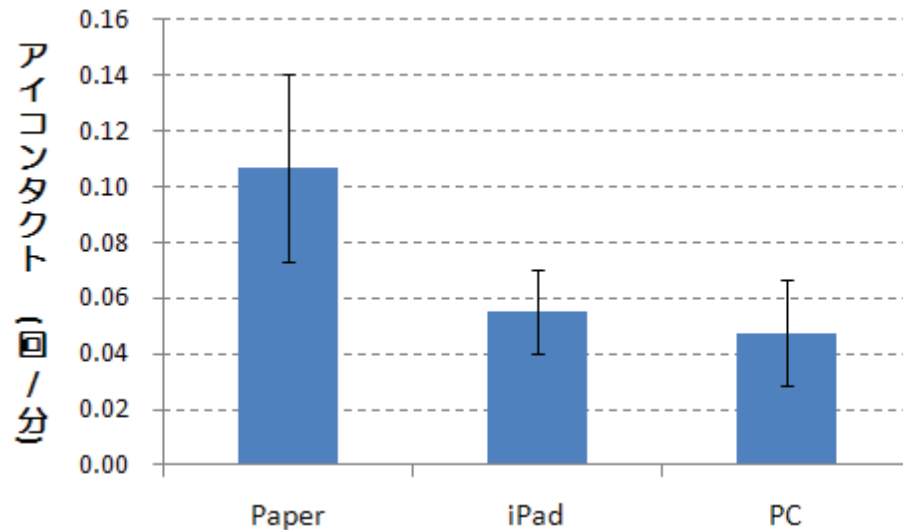
「あれ」「それ」で話が通じるのは、相手と文脈を共有できているという自信があるから

- 紙では相手に文書を見せることが多い
- 紙では文書を指差しながらの発話が多い



「(紙やiPadと異なりPCでは) これ、これってやって(画面を指さして) も相手が見えないじゃないですか」

実験結果：アイコンタクトの頻度 どれだけ相手の意図に配慮しているか？



アイコンタクトの発生頻度に関して、
Paper > iPad ≒ PC [p<.05]

紙はiPadに比べて93.8%、PCに比べて
124.3%アイコンタクトが多い

紙では相手の意図をうかがいながら、相
手に配慮したコミュニケーションを行っ
ている

アイコンタクトの役割

- ・相手に好印象
- ・発言権の調整
- ・意図や感情を伝える

- 紙では作業中に文書を持ち上げることが多い
 - ✓ 文書を持ち上げると自分の顔を持ち上げることになる
 - ✓ 相手の顔が見やすい
 - ✓ 視線の移動が少ない
- iPadだと操作が煩雑
 - ✓ 「iPadとかPCだと操作に意識がいっちゃう。その分(紙の方が)、やりとりに集中できた

【参考文献】

○ Shibata, H., Takano, K., and Omura K.: Impact of the use of a touch-based digital reading device in immersive reading, In Proc. Annual Symposium of the Society for Information Display (SID '13), Vol.44, Iss.1, pp.45-48, (2013).

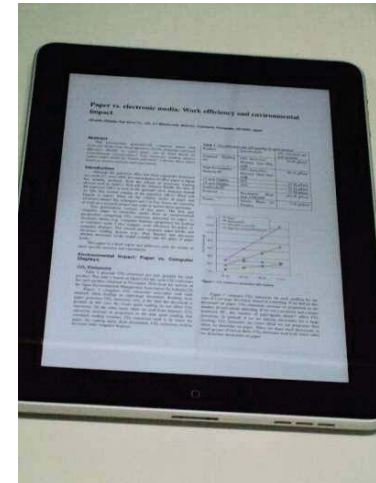
実験4 校正読み (熟読)



背景

2010年夏の体験談

2010年夏、iPadで論文を読んでいた、読みにくいと感じた。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する。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、それができなくなるととても不快なのだと実感した。



テキストインタラクション

テキストをなぞったり、ポインティングするテキストに対する行為

初期仮説

1. テキストインタラクションが読みを支援している
2. 認知負荷の高い読みでは、テキストインタラクションが増える

テキストインタラクション効果

1. 読みのスピードを制御. テキストをなぞることで、単語ひとつひとつに注意を払いながら読むことができ、単語や文を読み飛ばす(ついつい急いでしまう)のを防ぐことができる
2. 特定の場所に注意を払う. 単語や文をポインティングすることで、その場所に意図的に注意を向けることができる。(指さし確認)
3. 異なる場所の情報を比較する. 異なる場所に指やペンを置くことで、そこに記述された表現や文を比較しやすくなる。(視線の誘導)
4. 読んでいる場所を保持する. 読んでいる最中、持ち手が読んでいる行や段落を指すようにする。これにより、どこを読んでいるか見失わないようにする。
5. 読みに集中する. テキストに触れることで、そのテキストを所有し、制御しているような感覚を与えることができる。これによりテキストの読みに集中できるようになる。

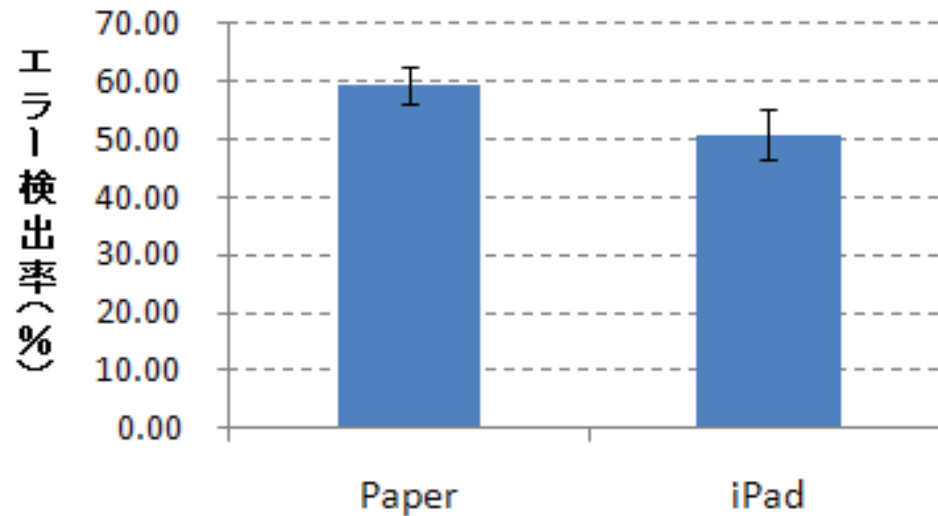
こうしたインタラクションが制限されると、読みのパフォーマンスは低下するのではないだろうか

実験4A：実験方法の概要

- 被験者内デザイン (各条件2試行)
 - ✓ 作業条件
 - Paper (A5の紙に片面モノクロで印刷)
 - iPad (iPadの上に透明なフィルムを張り付けて、油性ペンで書き込みできるようにした。アプリケーションは「i文庫HD」を利用)
- 被験者は男女同数の24名 (23~40歳、平均31.3歳)
 - PC利用暦3年以上、視力0.7以上
- 材料
 - ✓ 朝日新聞の『天声人語』(2007年掲載)
 - 時事に関するもの、散文的な文章は除外
 - ✓ 誤りを5個ずつ埋め込む
 - 意味的な矛盾点であり、文脈を正しく理解しないと検出できない
例) 数値が「上昇した」はずなのに「減少した」となっている
- 課題
 - ✓ 文書を読んで、間違いを「速く」かつ「正確に」みつける
 - ✓ 制限時間は4分 (4分以内に5個の間違いを全て見つけるよう教示)
 - ✓ 間違い個所のみ口頭で報告
- 実験後、アンケートとインタビュー



実験結果：エラー検出率



エラー検出率 =
全エラー数に対して、被験者がエラーを正しく検出したものの割合

制限時間があるなかで意味的な誤りを検出する場合

- iPadよりも紙のほうがエラー検出率が17.2%高い [p<.05]
 - ✓ 紙の59.5%に対してiPadでは50.83%
- 作業時間には違いがない [p>.1]
 - ✓ 紙の218.5秒に対して、iPadでは225.4秒

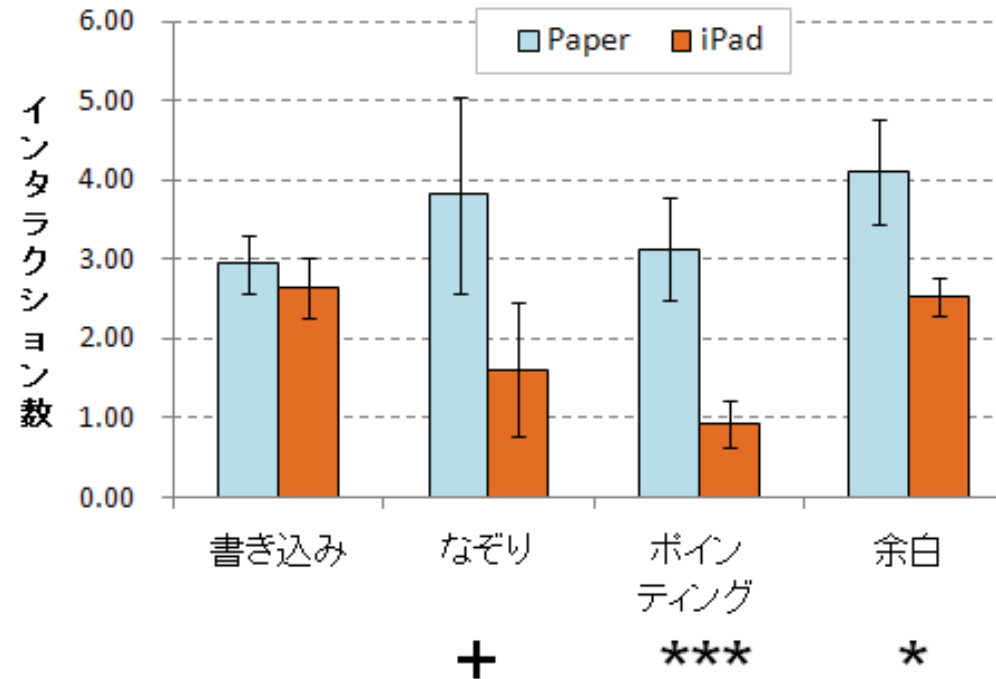


認知負荷の高い読み
では、
iPadより紙？

実験結果：インタラクションの種類

校正作業1分あたりのインタラクション数

- ・書く
- ・テキストをなぞる
- ・テキストエリアに触る
- ・余白 (iPadの場合には画面の外も含む) に触る



対応つきt検定により
 “-” は10% (傾向)
 “*” は5%
 “**” は1%
 “***” は0.1%
 で有意

- iPad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 (Pearsonの積率相関係数は0.451であり、0とは有意に異なる [p<.05])



新たな仮説

紙でパフォーマンスが高いのは、紙では頻繁に文書タッチが生じるから？

追加実験：テキストインタラクションを制限する

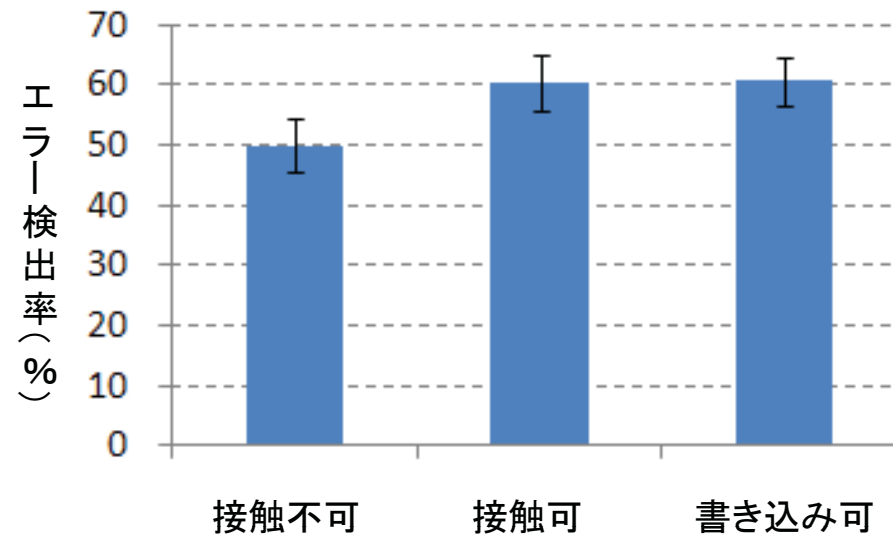
目的:

同じ紙文書に対する読みでも、テキストインタラクションに制約を与えると、読みのパフォーマンスが変化するかを調べる。

方法

- 課題：先の実験と同じ
 - 4分間で5つの意味的な誤りを全て検出する
- 実験デザイン：参加者内要因計画
 - ✓ タスク条件 (3水準)
 - 接触不可：紙に触ることができない
 - 接触可：紙に触ることができるが、書き込みできない
 - 書き込み可：紙に触ることができるし、書き込みもできる
- 参加者：24名 (男女同数)
 - ✓ 年齢は23～40歳 (平均31.3歳)
 - ✓ 母国語が日本語

結果：エラー検出率



- 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



- テキストインタラクションは読みのパフォーマンス向上に寄与
- (この課題では) 書き込みは読みのパフォーマンス向上に寄与しない

考察と示唆

得られた知見

1. 認知負荷の高いある種の読み(少なくとも、実験で試みた、制限時間内でできるだけ多くの意味的な誤りを検出する課題)では、人はテキストに触りながら読む
2. そのような読みでは、テキストインタラクションが制限されると読みのパフォーマンスが劣化する



示唆

1. 読むためのデバイスは「人は文書に触りながら読むも」ことを前提にデザインすべき
 - ✓ タブレットPCはタッチを文書操作に割り当てているため、テキストへの接触が意図しない振る舞いを引き起こす
 - ✓ タッチを文書操作に割り当てるなら、通常の読みでは見れないジェスチャーに割り当てべき
2. 読むためのデバイスはテキストインタラクションを阻害しないようにするだけでなく、テキストインタラクションを促進するようなデザインにすべき
 - ✓ 表面の素材
 - ✓ 重さ
 - ✓ アプリケーションの振る舞い

【参考文献】

○ 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, pp.85-95, (2011).

○ Shibata, H.: Paper vs. electronic media: Work efficiency and environmental impact, Proc. NIP27, (2011).

メディアの環境負荷 「紙は環境の悪者ではない」

- 1 メディアの比較
 - メディアの主観評価
 - メディアの客観評価
 - メディアの環境負荷
- 2 メディアの未来

紙はオフィスの悪者か？ ～紙に対するイメージと現実～

紙の原料は木
木はエコ (グリーン) の象徴
→ 紙はエコの悪者？

日本製紙連合会の調査 (2008年, N=1000) によると
「紙の消費と森林減少に関係があるか」の問に対して
「あると思う」「ややあると思う」と答えた人が73.8%

紙は目につきやすい
机の上に高く積まれた紙は、無駄の象徴
森林伐採の産物であることを連想させる

アル・ゴア『不都合な真実』p315
「毎週、米国人に新聞の日曜版を供給する
ために、森1つ分にあたる50万本以上の
木が必要になる」

紙の生産における古紙利用率は高い (2008年時点で
61.9%)

紙の原料の大半は紙
「紙は紙からできている」

電力消費量も見えるようになれば、
電力に対する受け止め方も随分と違はず

新聞紙すべてが天然林からできているわけではない。
日本製紙連合会の方向によれば、
少なくとも日本では、紙の生産に
天然林の伐採は一切行われていない
(古紙、人工林、間伐材、製材残材を活用)

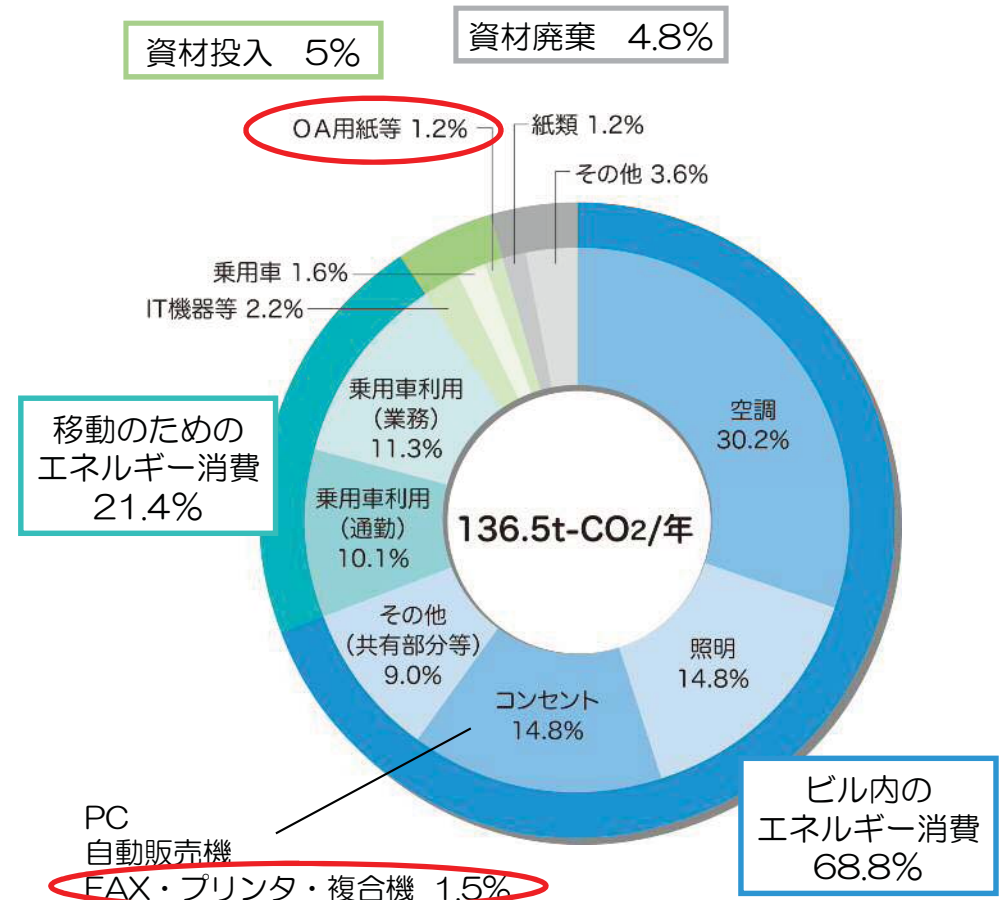
オフィスでのCO₂排出量における紙の位置づけ

伊藤ら (2008) によると、日本の典型的オフィスにおいて、オフィスでの全CO₂排出量に対して、
 ○ 紙の資源消費によるCO₂排出量の占める割合は**1.2%**
 ○ FAX、プリンタ、複合機の電力によるCO₂排出量の占める割合は**1.5%**

合わせて**2.7%**、これは、空調 (30.2%) の 1/11 以下
 照明 (14.8%) の 1/5 以下

算出の考え方

- ・ 50人のオフィス
- ・ 1人1台のPC保有
- ・ FAX、複合機、プリンタは計3台保有
- ・ OA用紙は、1人1日21枚の消費
- ・ 1人1日あたり業務に伴う移動量は27km (うち、半分近くが乗用車、40%近くが電車)
- ・ 乗用車を5台所有 (10年間使用)



伊藤 裕二, 川本 真司, 青柳 雅明 『日本のオフィスの平均的CO₂排出量試算と削減の可能性検討』 (エコデザイン2008ジャパンシンポジウム) より

シーンごとのCO₂排出量の比較

1. 文書を読む場合

- ✓ どちらのCO₂排出量が少ないか
 - 紙にプリントして読む
 - ディスプレイで読む



2. 会議で資料を共同閲覧する場合

- ✓ どちらのCO₂排出量が少ないか
 - 紙にプリントして配布
 - プロジェクタで投影



情報を表示するためのCO₂排出の種類

	エネルギー消費	資源消費	見なし消費
紙	プリンタの電力	紙 トナー	プリンタ利用
電子	ディスプレイの電力 PCの電力 プロジェクタの電力		ディスプレイ利用 PC利用 プロジェクタ利用

見なし消費とは、製品の素材、製造、運送、廃棄の段階でのCO₂排出量を利用量に応じて均等配分し、各製品の利用でCO₂を排出したと見なすもの

情報表示のためのCO₂排出量の算出における2つの考え方

■ 見なし消費を除いてCO₂排出量を算出する場合

- ✓ ミクロな視点では直感に合う (今このときにプリンタを使わなかったとしても、プリンタがなくなる限りプリンタ利用の見なし消費は減るわけではない)
 - 『環境的側面からの紙と電子メディアの比較』(柴田・大村: 紙パルプ技術タイムス, Vol.53, No.6, 2010) では、見なし消費を含めずにCO₂排出量を算出した

■ 見なし消費を含めてCO₂排出量を算出する場合

- ✓ マクロな視点では現実を正しく反映 (今このときだけでなく、プリントを継続的になくせば、プリンタが不要になり、プリンタの見なし消費が減る)

製品ごとの単体量あたりのCO₂排出量

産業環境管理協会のWebサイトの情報をもとに、2008年以降の製品を対象に算出

製品の種類	選定条件	製品数	ライフサイクルCO ₂ 排出量(kg)	ライフサイクルCO ₂ 算出の条件	単体量あたりのCO ₂ 排出量
標準的PC	インテルCore メモリ4GB以下	11	225.00	稼動4.5時間/日、省 電力4.5時間/日、 240日/年、4年間	49.60 g/h
高性能PC	インテルCore メモリ4GB超	6	446.42		98.42 g/h
17型ディスプレイ	17インチLCD	5	105.67		23.36 g/h
19型ディスプレイ	19インチLCD	6	119.58		26.36 g/h
ノートPC		9	125.16		27.59 g/h
プロジェクタ	解像度 1280×800以上	13	286.75	3.5時間/日、100 日/年、5年間	163.58 g/h
プリンタ	A3プリント可 電子写真方式	3	2379.73	製品ごとに総プリン ト枚数が異なる	2.58 g/枚

さらに、環境情報科学センター『CO₂原単位表(2007年版)』によれば、OA用紙1枚あたりのCO₂排出量は4~5g-CO₂以降では、OA用紙1枚あたり5g-CO₂に相当するものとして議論する。

文書を読む場合 紙 vs ディスプレイ

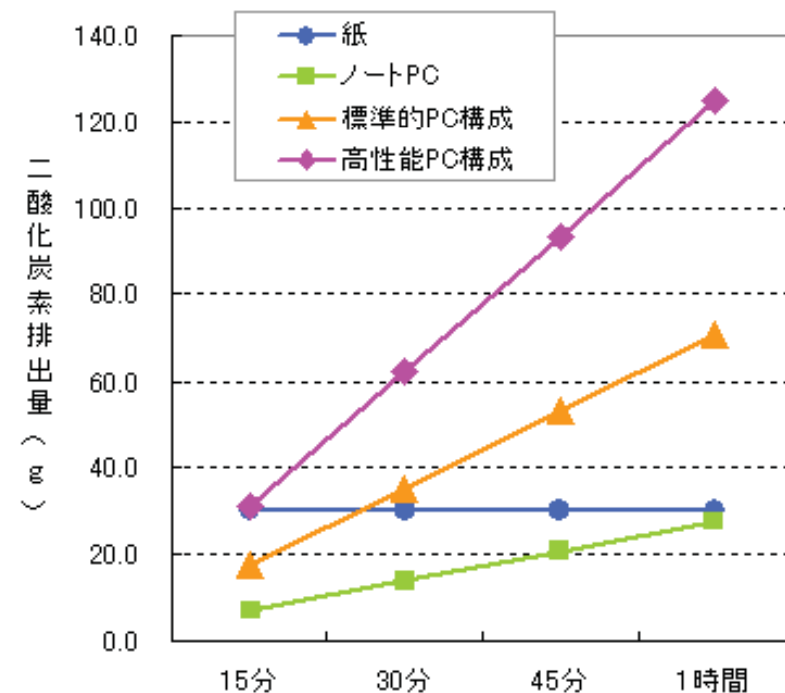
8ページの文書を読む場合

- 紙に両面プリントして読む場合、
 - ✓ $4 \text{枚} \times (5\text{g-CO}_2 + 2.58\text{g-CO}_2) = \underline{30.3\text{g-CO}_2}$
- 17インチディスプレイを備えた標準的PC (標準的PC構成) で30分読む場合、
 - ✓ $(49.6\text{g-CO}_2 + 23.3\text{g-CO}_2) \times 0.5\text{hr} = \underline{36.4\text{g-CO}_2}$

これをふまえると

- 標準的PC構成で30分文書閲覧するよりも、紙にプリントして読むほうがCO₂排出量が少ない
- 読むのに1時間かかるならノートPCよりも紙のほうがCO₂排出量が少ない
 - ✓ 英語の論文だと数時間かかる
- 後で読んで、紙では追加でCO₂が発生することはない

プリント出力1枚は、ノートPCで16.5分、標準的PC構成で6.4分、高性能PC構成で2.6分のCO₂排出量に相当



会議で文書を共同閲覧する場合 紙 vs プロジェクタ+PC

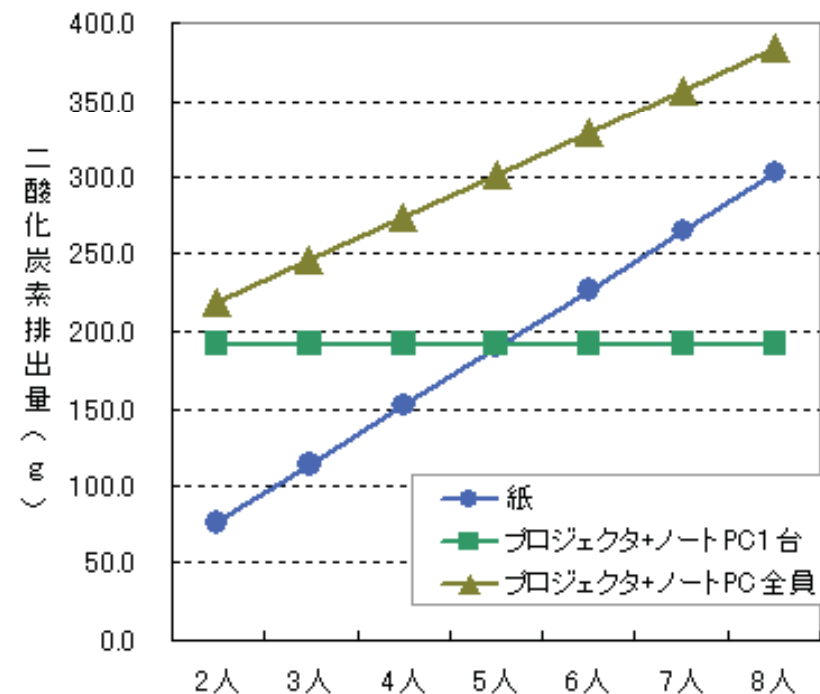
5人参加の1時間の会議で

- 10ページの文書を両面でプリントして全員に配布すると、
 - ✓ $5\text{枚} \times 5\text{人} \times (5\text{g-CO}_2 + 2.58\text{g-CO}_2) = \underline{189.5\text{g-CO}_2}$
- ノートPCをプロジェクタに接続して1時間投影すると、
 - ✓ $(27.59\text{g-CO}_2 + 163.85\text{g-CO}_2) \times 1\text{hr} = \underline{191.4\text{g-CO}_2}$

これふまえると

- ノートPCとプロジェクタの利用1時間は紙25枚のプリントに伴うCO₂排出量の値に相当
 - ✓ 会議で配布する紙が25枚以上ならプロジェクタのほうがCO₂排出量が少ない
 - ✓ 25枚以下なら紙のほうがCO₂排出量が少ない
- 会議に全員がノートPCを持ち込むとCO₂排出量が紙での資料配布の場合と逆転する(紙で配布するほうがCO₂排出量が多くなる) には参加人数が16人以上の場合

プリント出力1枚は、ノートPCとプロジェクタでの投影
2.4分のCO₂排出量に相当



【参考文献】

○ 柴田 博仁: 未来のメディアとワークスタイルについての一考察, 紙パルプ技術タイムス, Vol.57, No.1, pp.61-70, (2014).

メディアの未来

「未来のメディアのあるべき姿」

- 1 メディアの比較
 - メディアの主観評価
 - メディアの客観評価
 - メディアの環境負荷
- 2 メディアの未来

メディア比較研究からわかったこと

1. 紙は読むためのメディアとして好まれている
2. 紙は環境の悪者ではない
3. メディアによって利便性が異なる
 - ✓ 万能なメディアは存在しない
4. 作業によっては紙の利用が効率的なことも
5. 紙の読みやすさは「見やすさ」ではなく「扱いやすさ」にある
 - ✓ 見るだけなら紙と電子メディアに違いはない
 - ✓ 文書に対するインタラクション（ページをめくる、ページ間を行き来する、文書を移動する、並べる、重ねる、持つなど）が増えると紙が優位さが顕著に
 - ✓ 紙は「表示メディア」というよりも「操作メディア」
6. 紙の扱いやすさはモノとしての紙のアフォーダンスによって支えられている
 - ✓ 紙は情報をモノ化
 - ✓ モノに対する操作は無意識的にできる
7. 大画面ディスプレイ環境では複数文書の同時閲覧が難しい

紙は必ずしも排除すべきものではない

使い分けが大事

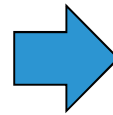
物理的なモノとしての紙の利便性は電子的に置き換えが難しい

大画面よりも小画面の組み合わせ

メディアの未来像

- タスクや目的に特化した多様なメディアを状況によって使い分ける (Media Harmony)
 - ✓ ひとつのデバイスで全てを行うのではなく、目的に特化した複数のデバイスを使い分けながら作業
 - ✓ 紙はその際の選択肢のひとつ
 - ✓ デバイス間での連携が必要
- 文書は紙でなく電子で保存 (Stockless Office)
 - ✓ 文書は電子のほうが、低コストで保存、伝送、加工、検索が可能
 - ✓ 「紙を使用しないオフィス (Paperless Office)」ではなく「紙を保存しないオフィス (Stockless Office)」
 - ✓ 活用の際に、状況に応じて、最適なメディア、最適なフォーマットに変換
- ひとつひとつの文書を別々に操作できるタンジブルなワーク環境 (Tangible Work)
 - ✓ 物理法則にもとづく操作を可能にすることで直観的操作が可能
 - 使い方はモノの形からわかる
 - 触覚、聴覚、力覚を含めた豊富なフィードバックが可能になる
 - ✓ 手を動かしながら仕事することで体験が強化される (エピソード記憶の強化)
 - ✓ 行為が他人に見えるようになることで協調作業が促進される

「オールインワン」から「使い分け」へ



機能は豊富だが、どの作業をするにしてもベストではない。使いやすさを犠牲にして小型化、汎用性を追求。

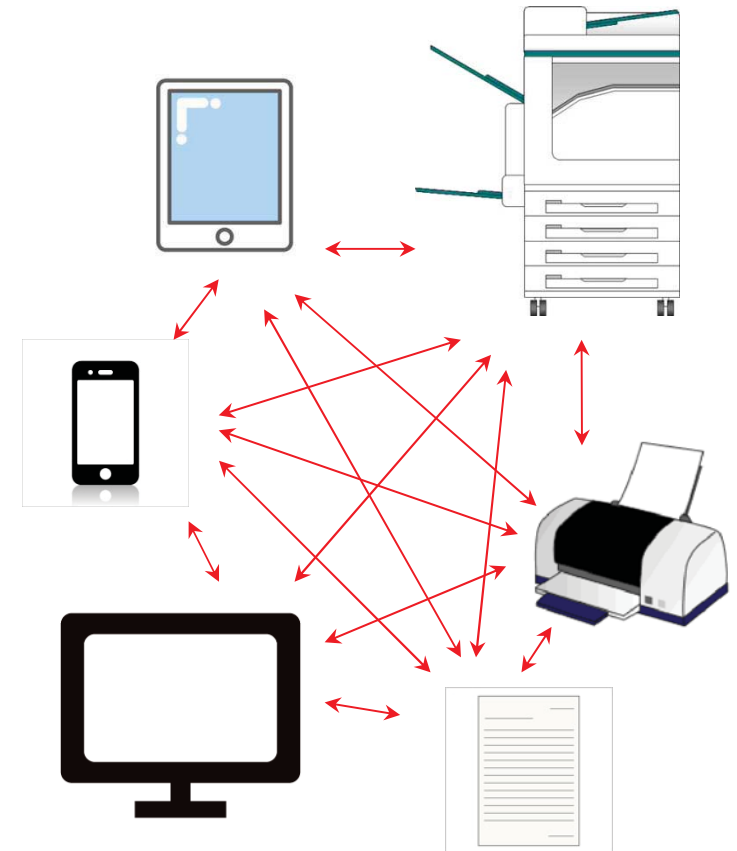
現状のITツール群

多様なサイズ、多様な形状のさまざまなデバイス。タスクや状況に応じて最適なものを選択して利用。

その道のプロが使うツール群
大工道具, キッチン, etc.

想定する未来

- 多様なツール群
 - ✓ タスクに特化したツール群
 - 小説専用端末、マンガ専用端末、論文専用端末、...
 - ✓ 利用するユーザや状況を想定した多様なバリエーション
 - ✓ 使い分けと併用を前提としたデバイスの形状デザイン
 - 並べる、重ねる、一緒に持ち運ぶ
 - ✓ 複数のデバイスに対する使いやすさの研究
- 迅速で簡単なメディア変換
 - ✓ タスクに応じて最適なメディアを選択して利用
 - ✓ メディアの変換が困難だと、タスクに適したメディアも利用されない
- 紙と電子の連携
 - e.g., Anoto, Denshi-Pen



未来に向けて取り組むべきこと

- 多様な表示メディアの開発
 - ✓ 単独で使われるツールを目指すのではなく、他との連携で威力を発揮するツールを目指すべき
 - 通信機能は必須
 - ✓ 欠点をなくすのではなく、個性を磨く
 - 変換が容易に行えることから、役割分担が重要
 - 尖った強みがあれば、弱みは無視して (他のツールが補う) 活用される可能性がある
 - ラグビーよりアメフト
- 使い分けと併用を前提とした文書ハンドリングのためのプラットフォームの開発
 - ✓ 多様なメディアに対する統合的なインタラクションデザインとプロトコル設計
- メディアの使い分けのガイドライン