

フラットパネルディスプレイの人間工学シンポジウム2007



紙と電子ディスプレイの 文章の読み易さの相違

東京電機大学 矢口博之

発表の概要

1. 読み易さの比較実験
 - 紙と液晶ディスプレイの読み易さの比較
2. 読み易さの要因特定実験
 - 紙と電子ディスプレイの読み易さの相違に関する要因分析
3. 電子教科書の実験
 - 教育利用から見た電子書籍端末の課題
4. まとめと今後の課題

TDM

1 読み易さの比較実験

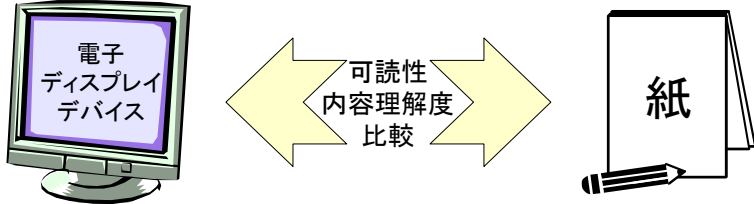
紙と液晶ディスプレイの読み易さの比較

矢口, 植村, 市野, 電子ディスプレイデバイスにおける文章の可読性評価について,
日本人間工学会第45回大会講演集, 2004

TDM

比較実験の目的

- 表示デバイスの違いに起因するテキストの読み取り特性, 内容理解度の違いを定量的に把握する
 - 電子デバイスは本当に読みにくいのか, 両者の違いを測れるか



© 2007/3/9 YAGUCHI Hiroyuki, Tokyo Denki University 4

比較実験の概要

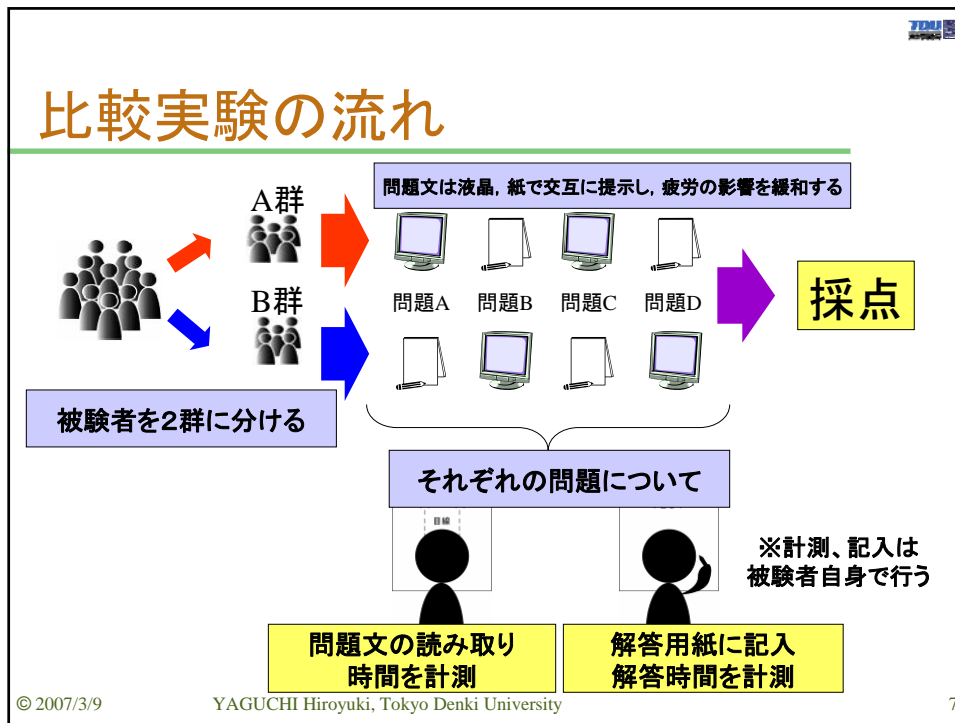
- 実施日時 2004年12月13日
- 被験者 大学生14名
- 表示デバイス
 - 電子系: 20型液晶ディスプレイ
 - 表示ソフトウェア Adobe Acrobat Reader
 - 印刷系: 冊子(A4)
 - 解答は両者とも解答用紙に記入



読み易さ, 内容理解度の評価方法

- 使用する文章
 - 中学生向け国語の読解問題を4題
- 読み易さの指標
 - 問題文の読み取り時間
 - 解答に要する時間
 - 解答に必要な箇所を探し, 読み取る時間を含む
- テキストの内容理解度の指標
 - 解答の採点結果(得点)
 - 難易度の影響を打ち消すため, 平均5.00, 分散1.00となるように偏差値に換算して集計





比較実験の結果

		液晶	紙	t 値
得点 (偏差値)	平均	6.20 (4.78)	7.13 (5.22)	1.39 (1.71)
	分散	5.93 (1.19)	6.47 (0.79)	
読取時間 (秒)	平均	190.75	185.04	0.42
	分散	3074.86	2013.37	
解答時間 (秒)	平均	370.25	365.32	0.74
	分散	17186.42	21303.04	

- 得点は、10点満点
- 液晶と紙の2群に対しt-検定を行った
 - t値の両側境界値は危険度0.05のとき2.05

© 2007/3/9 YAGUCHI Hiroyuki, Tokyo Denki University 8

比較実験結果のまとめ

- 「得点」「読取時間」「解答時間」のいずれの指標においても表示デバイスの違いに起因する統計的有意差は認められなかった
 - 読み取り時間も、解答時間(設問に解答するため必要箇所を拾い読みする)も差はなかった
 - 文字表示特性, インターフェース特性のどちらも紙のほうが勝っていると考えられるがほとんど差は見られなかった
 - 素点の平均値においては紙の方が0.93点高い
 - 統計的有意差はないが, 読取時間, 解答時間に比べれば違いが大きかった

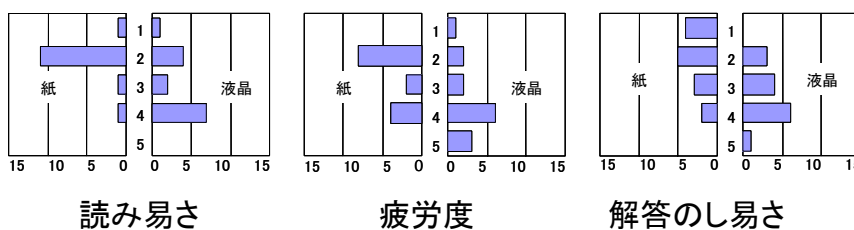
© 2007/3/9

YAGUCHI Hiroyuki, Tokyo Denki University

9

主観アンケートの結果

- 実験終了後, 読み易さ、疲労感について主観評価アンケートを実施した



- 良い: 1←評価→5:悪い の5段階で評価
- 主観評価では, 紙の方が圧倒的に読みやすいという結果が得られた
- 疲労感, 解答のし易さにおいても紙の方が評価は良い

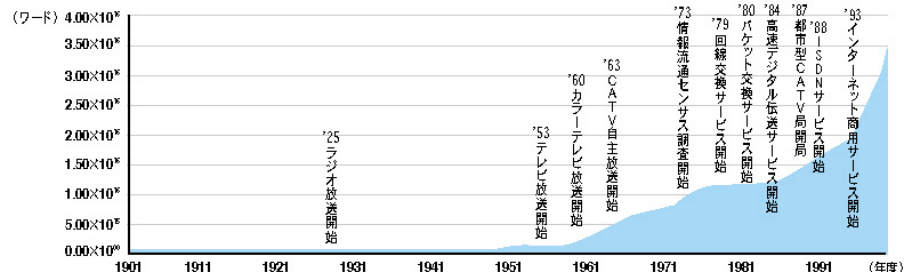
© 2007/3/9

YAGUCHI Hiroyuki, Tokyo Denki University

10

情報流通量からの考察 総務省「情報流通センサス調査」より

図表② 20世紀における消費情報量の推移



- 情報流通量はインターネットがブームとなった1995年を境に爆発的増加
- 出版物は1997年以降マイナス成長
- 情報流通における印刷文字の役割は、相対的に低下

© 2007/3/9

YAGUCHI Hiroyuki, Tokyo Denki University

11

2 読み易さの要因特定実験

紙と電子ディスプレイの読み易さの相違に関する要因分析

矢口, 植村, 読書装置の違いによる文章の読み易さに関する検討, 日本人間工学会第47回大会講演集, 2006

はじめに

- 液晶ディスプレイと紙による文章の読み取り特性比較実験結果
 - 定量的な有意差は認められなかった
 - 主観的評価は、紙のほうが読み易いという意見が多数
- 本研究では、さまざまな特性を持つ読書装置を用意し、文章の読み易さの主観的要因となっている特性を意思決定手法のひとつであるAHP (Analytic Hierarchy Process)を用いて分析した

読み易さの主観的要因分析実験

- 文字の表示原理や解像度、装置の形態が異なる様々な読書装置を用意し、文章の読み易さの主観的要因を明らかにするための実験を行った

	解像度 低	解像度 中	解像度 高
バックラ イトあり	液 晶		なし (製作)
バックラ イトなし	なし (製作)	PLD	紙

TDM

実験でを使用した読書装置の特性

読書装置	形態	解像度	バックライト
A 紙の本 (BL付き)	据え置き	600dpi	有
B 紙の本 (高解像度)	ハンドヘルド	600dpi	無
C 電子書籍端末 (SONY LIBRIe)	ハンドヘルド	170dpi	無
D ノートPC	据え置き	96dpi	有
E 紙の本 (低解像度)	ハンドヘルド	96dpi	無


© 2007/3/9
YAGUCHI Hiroyuki, Tokyo Denki University
15

TDM

読書装置A

- 紙の本 (バックライト付き)
- 紙に印刷した文章をライトボックスの上に置いて読む

	解像度 低	解像度 中	解像度 高
バックライトあり	液 晶		なし
バックライトなし	なし	PLD	紙



ライトボックス仕様
 メーカー: ハクバ写真産業 (株)
 型番: KLV-5700
 外形寸法: W245 × D154 × H18mm
 相関色温度: 5000K インバーター内蔵
 平均輝度: 1000cd/m² インバーター内蔵

© 2007/3/9
YAGUCHI Hiroyuki, Tokyo Denki University
16

読書装置B

- 紙の本(高解像度)
- 紙に600dpiで文章を印刷, 製本したもの

	解像度 低	解像度 中	解像度 高
バックライトあり	液晶		なし
バックライトなし	なし	PLD	紙

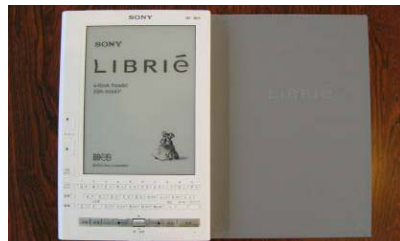


親譲りの無
腰を抜かした
階から首を出
虫やーいと
び降りて腰を

読書装置C

- 電子書籍端末 LIBRIe
- E-Ink方式の電子ペーパーを採用, SONY社製

	解像度 低	解像度 中	解像度 高
バックライトあり	液晶		なし
バックライトなし	なし	PLD	紙



表示素子 E-INK方式電子ペーパー
解像度 約170ppi (Pixel Per Inch)
画面サイズ 6型 (800×600ドット)
表示色 4階調グレースケール、白黒

読書装置D

- ノートPC
- 液晶は15インチXGA
- Acrobat Readerを使用

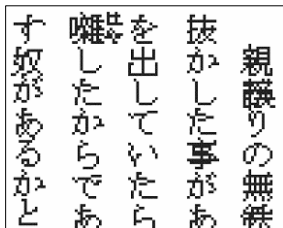


	解像度 低	解像度 中	解像度 高
バックライトあり	液晶		なし
バックライトなし	なし	PLD	紙

ノートPC(表示部)仕様
 15型XGA(1024×768ドット)
 TFTカラー液晶(クリアブラック液晶)
 (単層ARコート)
 表示モード 最大約1619万色

読書装置E

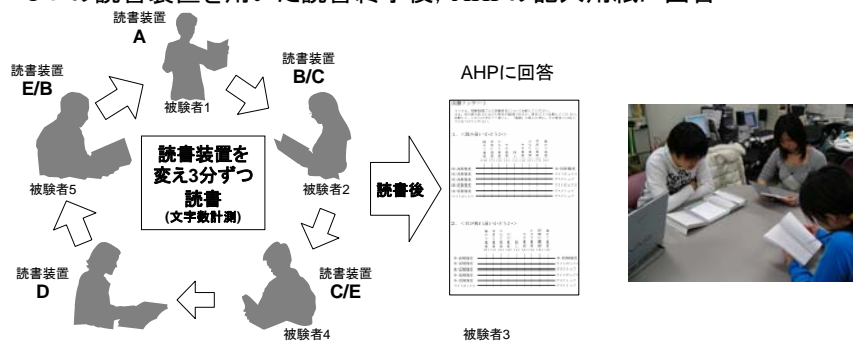
- 紙の本(低解像度)
- 紙に96dpiで文章を印刷, 製本したもの



	解像度 低	解像度 中	解像度 高
バックライトあり	液晶		なし
バックライトなし	なし	PLD	紙

要因特定実験の流れ

- 5人の被験者が、各読書装置を以下の順序に従って3分ずつ用い、同一コンテンツ(夏目漱石、『坊ちゃん』)を読み進める(被験者を変え2回実施)
 - 1回目:A→B→C→D→E
 - 2回目:A→C→E→D→B
- 読み取った文字数は読書装置ごとに記録
- 5つの読書装置を用いた読書終了後、AHPの記入用紙に回答



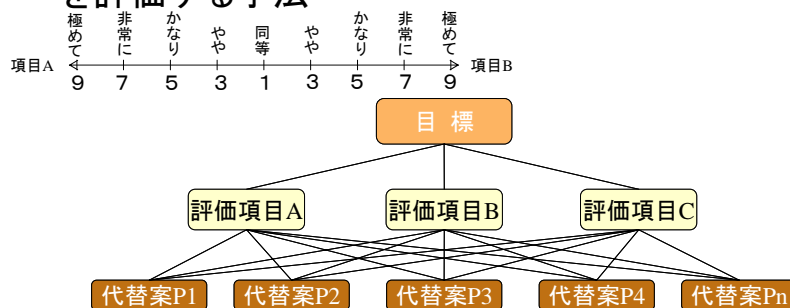
© 2007/3/9

YAGUCHI Hiroyuki, Tokyo Denki University

21

AHP (Analytic Hierarchy Process)

- 課題を目的・評価項目・代替案という3つの階層に整理し、各評価項目の重要度と各代替案の各評価項目における評価を一対比較により代替案を評価する手法



© 2007/3/9

YAGUCHI Hiroyuki, Tokyo Denki University

22

AHPによる解析結果

順位	読書装置	総合 評価値	平均読み取り 文字数
1	B: 紙の本 (600dpi)	0.39	1600.6
2	A: 紙の本 (BL付き)	0.25	1568.3
3	C: 電子書籍端末	0.21	1547.8
4	D: ノートPC	0.09	1562.7
5	E: 紙の本 (96dpi)	0.06	1361.8

順位	評価項目	ウェイト値
1	読み易さ	0.48
2	目の疲れにくさ	0.41
3	使い易さ	0.11

© 2007/3/9 YAGUCHI Hiroyuki, Tokyo Denki University 23

要因特定実験結果の考察

- 被験者は「読み易さ」と「目の疲れにくさ」を高く評価している
- 「使い易さ」はあまり重要視されていない
- 文章の読み易さには「バックライト」の有無や装置の「形態」よりも、「解像度」が強く影響していると考えられる
 - 評価値の高いものほど「解像度」が高い
 - 読み取り文字数の平均値
 - 全読書装置 $\chi^2=23.6$
 - 読書装置間の読み取り文字数に有意な違いが認められる
 - 読書装置Eを除いた場合 $\chi^2=0.95$
 - 読書装置Eを除けば、読み取り文字数の違いは認められない

© 2007/3/9 YAGUCHI Hiroyuki, Tokyo Denki University 24

要因特定実験のまとめ


- 様々な特性を持つ読書装置を用い文字の読み易さに関する主観的評価実験を行った
- 文章の読み易さには「解像度」が強く影響しているとの結論を得た
- 今回の実験では読書時間が短かったため、バックライトの影響および「目の疲れ」については十分な評価ができなかった

3 電子教科書の実験

教育利用から見た電子書籍端末の課題

電子教科書実験の目的

- ゼミ形式の授業を電子書籍端末のみを教科書として使用して実施し、電子教科書の特徴と課題を見出す



© 2007/3/9 YAGUCHI Hiroyuki, Tokyo Denki University 27

電子教科書実験の概要

- 実施期間: 2005年10月3日～2006年1月23日(全12回)
- 被験者: 本学学生, 3年生7名, 4年生2名
- 使用機材
 - 電子書籍端末(SONY LIBRIe)
 - タブレットPC(富士通 FMV STYLISTIC)
 - ゼミテキスト(『メディアの技術史』, 東京電機大学出版局)



© 2007/3/9 YAGUCHI Hiroyuki, Tokyo Denki University 28

フォーカスグループインタビューの結果

- ゼミ10週目の終了後、電子教科書についてのフォーカスグループインタビューを行った
- 電子教科書が便利だった点
 - 複数の本を持ち歩かなくていい
 - 薄い、小さい、軽い
 - PCの画面よりも見やすい
- 電子教科書が不便だった点
 - 反応速度が遅い
 - 書き込み、マーカーができない
 - ページ概念が無く、読む箇所を指示できない
 - 読みたい部分から読めない、見つけにくい
- 電子教科書に関するその他意見
 - 通信機能がほしい
 - 大学在中の全ての教科書のデータがあれば毎日持ち歩いてもいい



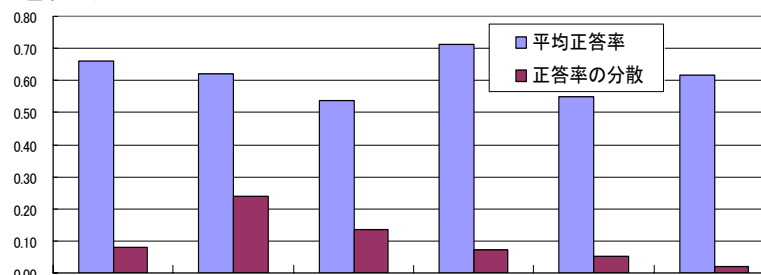
© 2007/3/9

YAGUCHI Hiroyuki, Tokyo Denki University

29

筆記試験の結果

- ゼミの最終日に電子教科書参照可で筆記試験を実施した




問題文の特性	問1	問2	問3	問4	問5	総合
本文との関連	高い	高い	ある	参考程度	殆どない	
参照箇所数	7	1	1	1	0	
手掛りの難易度	容易	難しい	やや難しい	容易	—	

© 2007/3/9

YAGUCHI Hiroyuki, Tokyo Denki University


30






電子教科書実験のまとめ

- 電子書籍端末を教科書として使用し授業(全12回)を行った
- フォーカスグループインタビュー
 - ソフトウェアに起因する不満点の指摘が多かった
 - ハードウェアに起因するものは反応時間に関するもの以外は少なかった
- 筆記試験
 - 参照箇所に関する手掛りの難易度が高い問題の正答率の分散が大きく, 電子教科書は操作性, 特に一覧性, 検索性に問題があることが分かった

© 2007/3/9
YAGUCHI Hiroyuki, Tokyo Denki University
31



読書装置のインターフェース特性

	卷子本 	印刷本 	電子書籍 
絶対アドレス参照 (ページ概念)	×: 不可能 (ページ概念なし)	○: 可能 (ページ概念あり)	×: 不可能 (ページ概念なし)
文書量の直感的把握	○: 可能	○: 可能	×: 不可能
キーワード検索	×: 不可能	△: 索引で対応	○: 可能
書き込み・マーカー	△: 物理的には可能だが...	○: 可能	×: 不可能

電子書籍のユーザインターフェースは印刷本よりも退化？

© 2007/3/9
YAGUCHI Hiroyuki, Tokyo Denki University
32

電子教科書が使いにくい要因

- ページ概念がない
 - 教師と生徒のコミュニケーションが取れない
 - 一覧性, 検索性が劣る
- 電子「ペーパー」なのに
 - アンダーラインやメモを書き込むことができない
- 操作性
 - 卷子本の読書形態をモデルとしたようなインターフェース
 - 複数のコンテンツの同時参照・相互参照ができない

4 まとめと今後の課題

まとめ

- 読み易さの比較実験
 - 国語の読解問題を用いて紙と液晶ディスプレイの読み易さの比較を行った
 - 定量的には違いを見出せなかったが、主観アンケートでは紙のほうが読み易いとの結果を得た
- 読み易さの要因特定実験
 - 紙と電子ディスプレイの読み易さの相違に関する要因をAHPにより分析した
 - 文章の読み易さには「解像度」が強く影響しているとの結論を得た
- 電子教科書の実験
 - 教科書として電子書籍端末のみを用いて授業を行った
 - インタビューや筆記試験の結果、電子教科書には多くの課題があることが分かった

今後の課題

- 長時間の読書行動における電子ディスプレイの特性分析
 - 疲労やストレス指標を分析する
- 電子教科書に求められる機能の分析とシステム提案
 - 電子教科書の画面解像度
 - 電子書籍におけるインターフェースモデルの構築と評価