電子教科書に求められる画面解像度に関する考察

○矢口博之、宮本穂乃香、植村八潮（東京電機大学）
A Study of Resolution for Electronic Textbook

Hiroyuki Yaguchi, Honoka Miyamoto, Yashio Uemura (Tokyo Denki University)

1. はじめに

本研究は、紙と電子ディスプレイの中間的な特性を持つ電子ペーパーの利用を前提とした電子教科書に求められる画面解像度を明らかにすることを目的とする。

筆者らは、紙と電子ディスプレイデバイスにおける文章の可読性比較ならびに両者の文章可読性の違いに関する主観的要因について研究を行ってきた¹⁾。紙と電子ディスプレイデバイスの文章可読性の比較を行った結果、読み取り速度や内容理解度について統計的な有意差は認められないが、読みやすさの主観的要因としては、解像度が強く影響していることが明らかになった。

また筆者らは、電子ペーパーを表示デバイスとして採用した電子読書端末（SONY, LIBRIé）を用い、ゼミ形式の授業を通じて、紙の教科書と電子教科書の特性比較実験を行った²⁾。その結果、インターフェース特性と並んで、画面の見やすさが重要であることがわかった。そこで本稿では、教育現場において用いられる読書装置を念頭に置き、電子教科書に必要とされる画面解像度を明らかにすることを目的とした実験を行ったのでこれを報告する。

2. 方法

2.1 実験の方針

本研究では、電子読書端末を教科書として利用する際に必要な画面解像度を明らかにすることを目的としている。そこで、教科書のなかで最も小さい文字で記述されている数式の添え字に着目した。

実験では、添え字を加工した数学の公式集を様々な解像度で印刷して被験者に提示し、添え字を読み取ってもらう際の回答時間、誤読の発生件数について計測することとした。

2.2 実験の概要

実験の日時、被験者の属性と被験者数を表1に示す。問題用紙は数学の公式における添え字の箇所を a～z のアルファベット（小文字）に置

き換え変えて作成した。公式の基本文字サイズは紙の教科書で用いられているサイズと同等とし（約 10 ポイント）、問題のパターンは8通り用意した。また問題用紙の解像度については表1に示す8通りとした。

表1.実験概要

被験者	T 大学学部学生 55 名			
実験実施日	平成 18 年 12 月 8 日～13 日			
問題用紙の解像度	72dpi	81dpi	90dpi	99dpi
	108dpi	144dpi	180dpi	300dpi

これは、通常のプリンタ印刷で用いられる 300dpi を実験で用いる解像度の最大値と設定し、電子教科書実験で用いた電子読書端末とほぼ同じ解像度である 180dpi を採用した。またパソコンのディスプレイ解像度に近い 99dpi と、予備実験の結果より、見た目の印象が変化する 72, 81, 90, 108, 144dpi の合計 8 通りの解像度をそれぞれ採用したものである。

各問題用紙は、数式作成ソフト（JUSTSYSTEM, カルキング J）を用いて作成した 8 通りの数学公式集について、添え字部分を任意に a～z のアルファベットに差し替え、ベクトルグラフィックス用ソフト（Adobe, Illustrator CS）にデータを移行し、それぞれ設定した解像度ごとにラスターライズして問題パターン 8 通り×解像度 8 通りの合計 64 通り作成した。実験で使用した問題冊子は、実験の注意書きが書かれた表紙 1 ページと、解像度も問題パターンも異なる 8 ページの問題文をランダムに綴じて構成されている。問題用紙に掲載した公式の一例を図1に示す。

72dpi

99dpi

300dpi

$$R(p,q)=\frac{\Gamma(p)\Gamma(q)}{\Gamma(p+q)}=\frac{2}{\pi}\int_0^q\sin w\theta\cos i\theta d\theta$$
$$\int\frac{dx}{(1+ax^4)(1-x^4)}=\int\frac{d\phi}{(1+c\sin^j\phi)(1-k^2\sin^k\phi)}$$

図1. 問題用紙に掲載した公式の一例

3. 結果

実験の結果得られた、回答時間と解像度の関係を図2 に示す。実際の回答時間は問題用紙 1 枚に付き 3 分から 5 分程度であるが、図2に示した「回答時間」は、個人差の影響を緩和するため、300dpi における所要時間を基準値として正規化した値となっている。

図 2 によれば、解像度 72dpi では、回答時間が最も長く 300dpi の約 1.7 倍も掛かっている。しかし 81dpi～144dpi 間では、かなり改善され、300dpi の場合の 2～4 割増の回答時間で収まっている。さらに解像度 180dpi では、回答時間がさらに短くなり 300dpi の場合と比べ 1.08 倍程度しか掛らなかった。

図2.解像度と回答時間の関係

誤読の発生件数と解像度の関係を図3 に示す。ここで「誤読」とは、誤記、訂正、未記入の件数を合算したものである。

図 3 によれば、72dpi と 81dpi に誤読が集中しており、全 58 件中 41 件(約 70%)がこの部分で発生している。しかし 90dpi～144dpi の間では、かなり改善が見られ 16 件まで減少し、さらに 180dpi を超えると誤読はほとんど見られなかった。

図3.解像度と誤読の発生件数の関係

4. 考察

解像度と回答時間・誤読の発生件数とも全体的には同じような変化傾向が見られた。回答時間・誤読数とも72dpiでは、顕著に悪く、81～144dpi間で大幅に改善される。さらに180dpiでは、最高解像度である300dpiとほぼ同等の数値まで下がっている。また、81～180dpi間では、所要時間、誤読数とも全体的には緩やかな改善傾向が見られるものの、解像度との明確な関数関係は見出せなかった。

これらの結果より、電子書籍端末を教科書として用いるためには、読み取り速度の点からも、誤読数の傾向からも、300dpiの場合と比較して遜色なく利用できる180dpi程度の画面解像度が必要であることがわかった。また同様の理由からパソコンと同等の画面解像度である100dpi程度では、電子教科書としては表示能力が不十分であることが明らかとなった。

5. まとめ

教育利用という観点から、教科書のなかで使われる文字の中で、最も小さい文字で記述されている数式の添え字に着目し、電子読書端末を教科書として利用するために必要な画面解像度を明らかにする目的で実験を行った。様々な解像度で印刷した数学の公式を読み取るのに必要な時間、ならびに誤読数を計測した結果、300dpiの場合と比較して遜色なく利用できる180dpi程度の画面解像度が必要であり、100dpi程度では不十分であることがわかった。

今回は、画面解像度に着目して実験を行ったが、今後は文字組みの方向や字詰め、表示フォントのデザインや表示方式の違いなど、様々な要因と文書可読性の関係についても検討していきたいと考えている。

参考文献

- 1) 矢口博之、植村八潮：「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
- 2) 植村八潮：「教育利用からみた電子テキストメディアの研究」, 日本出版学会 2006 年度春季研究発表会 , 2006