

原著論文

# タブレット端末における白濁度別の視認性評価

○石井佑樹<sup>1)</sup>, 小飯塚達也<sup>2)</sup>, 崔 人月<sup>1)</sup>, 小嶋健仁<sup>3)</sup>, 宮尾 克<sup>1)</sup>

1)名古屋大学, 2)名古屋大学大学院, 3)中部学院大学

## Evaluation of Readability for Tablet Devices by the Severity of Cataract Cloudiness

○Yuki Ishii, Tatsuya koizuka, Renyue Cui, Takehito Kojima, Masaru Miyao  
Nagoya University

**Abstract:** We carried out experiments to evaluate the readability of tablet devices and e-paper under staged illuminance conditions. In the experiments, we measured reading time and conducted subjective evaluations. In this study, we carried out experiments with a reading test to evaluate the visibility of tablet devices and e-paper under various illuminance conditions by those age groups with cataracts. As a result, evaluation of the readability was different by cataract cloudiness.

**Keywords:** Visibility, Electronic paper, Tablet device, Illuminance, cloudy cataract

**キーワード:** 視認性、電子書籍、タブレット端末、照度、白濁度

### 1. はじめに

近年のディスプレイ技術の進歩により、従来の紙の本に代わるデバイスが普及している。Apple社のnew iPad<sup>TM</sup>に代表されるタブレット型端末や電子書籍リーダーなどが使われるようになってきている。タブレット型端末に使用されるディスプレイは自発光型であり、電子書籍リーダーの多くは表示部に反射型のディスプレイである電子ペーパーを使用している。

また、最近ではモバイル端末が急速に普及してきており、若年者にとどまらず、高齢者も手にすることが多くなった。高齢者は、若年者に比べて、水晶体の白濁が進み、厚生労働省によれば60歳代の66~83%に水晶体の白濁が見られると報告されている<sup>[1]</sup>。

そこで、本実験では若年者と高齢者のモバイル端末の視認性について、水晶体白濁度がモバイル端末の視認性にどのような影響を与えるか考察し、また年齢別に分けた場合との比較を行った。

### 2. 実験方法

本実験は、19~79歳の男女99名の被験者を対象に行なった。全被験者は近見距離に支障のない視力、又は眼鏡・コンタクトレンズによる矯正を行なった。また本実験では、事前に名古屋大学情報科学研究科倫理委員会の承認を得ている。

本実験では、電子書籍リーダーのKindle Paperwhite (Amazon.com, 2012年11月発売、以下Paperwhite)、及びnew iPad (Apple, 2012年3月発売)を使用した。表示形式は9ptのTimes New Romanで1ページあたり5単語×10行の英単語を表示した。表示例を図1に示す。本実験で英単語を用いた理由としては、電子ペーパーの国際標準化がなされておらず、あるタスクの中で統一して実験を行ない、国際標準化のための年齢別や白濁度別の比較を行ないやすくするためである。Paperwhiteは、フロントライトを搭載した電子ペーパー端末で、本実験ではフロントライトは最も明るい設定で使用した。new iPadの輝度設定は最大で使用した。蛍光灯とLEDを併用した照明装置を用いて10段階(10、100、200、300、500、750、1500、2000、5000、10000 lx)の照度を用いて測定した(図2)。また被験者には読みやすい姿勢、視距離で実験を行なった。各デバイスに対してベゼルの色の影響をなくすためにディスプレイ部以外は白色ケント紙で覆い、底部に台を設けて高さを合わせた(図3)。端末に表示された英単語を15秒間音

2014年1月15日受理(2014年3月13-14日シンポジウム「モバイル14」にて発表)

読してもらった。読み上げ後にそれぞれの照度における読みやすさの評価を行なった。評価は、Visual Analog Scaleを用いた。Visual Analog Scaleを100等分し、主観評価を100点満点で換算した。本実験を行う前、前眼部撮影解析装置(NIDEK EAS-1000)により、水晶体白濁度の測定(左右眼別)を行なった。水晶体白濁度については、スリット撮影画像解析において、前眼部の断面撮影により行なった。角膜前面と水晶体前面の局率中心を通る測定軸上における濃度が256段階であらわされる。透明から白色までを256階調に分けて評価した。なお、本実験では年齢別のグループを若年層(19-44歳)、中年層(45-64歳)、老年層(65-79歳)と分類している。これは、若年層は十分な調節力を持っている、またはやや調節力が衰えているが近見作業に支障がない層、中年層を近見作業に支障があり、老眼鏡が必要になる層、老年層を老視であり近見作業に老眼鏡を用いる層である。また、低白濁度(0-99)、中白濁度(100-149)、高白濁度(150-255)としているが、低白濁度は水晶体の白濁度がほとんどない層、中白濁度は水晶体の白濁がややあるが、視力に大きな影響はない層である。高白濁度は白内障と診断でき、視力低下が明確に存在するレベルまでの層である。

BOY	CAT	CAP	DOG	BOOK
BOX	GREEN	OPEN	JAPAN	MILK
APPLE	CITY	SEVEN	CAR	FISH
MAP	PEN	MAN	BAG	DESK
STOP	HOTEL	PIANO	RED	HAND
JAPAN	MILK	APPLE	CAP	DESK
OPEN	RED	DOG	SEVEN	BOY
GREEN	MAP	CAT	HOTEL	MAN
STOP	CAR	BOOK	PIANO	CITY
PEN	HAND	FISH	BOX	BAG

図1 文章の表示例



図2 実験の様子



図3 new iPadとPaperwhite

表1. 被験者の年齢層

名称	年齢区分	人数	平均年齢	年齢標準偏差
若年層	19-44	37	28.4	7.5
中年層	45-64	44	50.8	4.2
老年層	65-79	18	71.8	4.1

表2. 被験者の白濁度

名称	白濁度区分	人数	平均白濁度	白濁度標準偏差
低白濁度	0-99	71	64.4	19.5
中白濁度	100-149	17	119.4	13.5
高白濁度	150-255	11	169.4	14.8

### 3. 実験結果

以下の図にグラフを示す。これらのグラフは縦軸、横軸共にリアスケールを採用している。

年齢別の水晶体白濁度をに示す。白濁度は、透明から白色までを256階調に分けたもので、前眼部撮影解析装置による任意単位である。年齢と白濁度の任意単位の数値の相関を求めたところ、相関係数  $r = .88$  であり、本実験の結果からも白濁度と年齢には強い相関があることが分かった。

まず、白濁度別主観評価のデータを示す。Paperwhiteの白濁度別主観評価を図5に示す。図5では、300 lx以下の照度では下から順に低白濁度、中白濁度、高白濁度となった。照度ごとに一元配置分散分析を行なったところ、300 lx以下の照度では低白濁度の主観評価は高白濁度に比べて有意に高い( $p < 0.05$ )が、低白濁度の高照度における評価の低下と相まって、高白濁度は低白濁度との有意差がなくなった。

new iPadにおける白濁度別の主観評価を図6に示す。図6では、照度ごとに一元配置分散分析を行なったところ、照度300 lxより明るい場合は高白濁度と低白濁度の評価に有意差はなかった。低照度では、高白濁度の評価が一番低い結果となっている。

表 3. デバイスのコントラスト比

デバイス	10 lx	100 lx	200 lx	300 lx	500 lx	750 lx	1500 lx	2000 lx	5000 lx	10000 lx
PW	12.15	9.69	9.57	8.88	8.65	7.47	5.49	5.61	6.09	5.90
iPad	353.19	246.18	191.06	162.02	125.02	95.56	50.99	45.42	24.04	13.59

また、年齢別主観評価のデータを示す。Paperwhite の年齢別主観評価を図 7 に示す。図 7 では、照度ごとに一元配置分散分析を行なったところ、それぞれの照度で有意差はなかったが、低照度では高齢者の評価が低く、若年者が最も高い。しかし照度が高くなるにつれ、高齢者が最も高い評価を行なっている。

new iPad における年齢別の主観評価を図 8 に示す。図 8 では、照度ごとに一元配置分散分析を行なったところ、有意差は出なかったが、図 5 と同様低照度では、高年層の評価は最も低く、高照度では若年層の評価が最も低い。

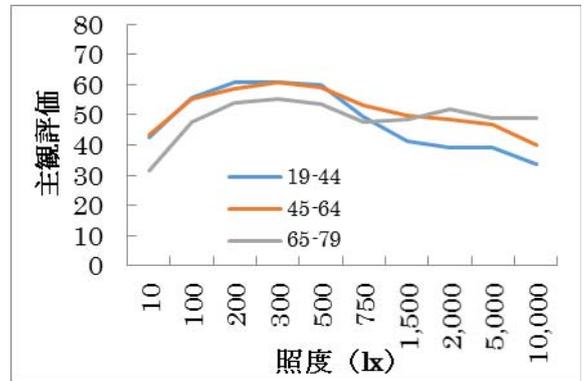


図 7 Paperwhite の年齢別主観評価

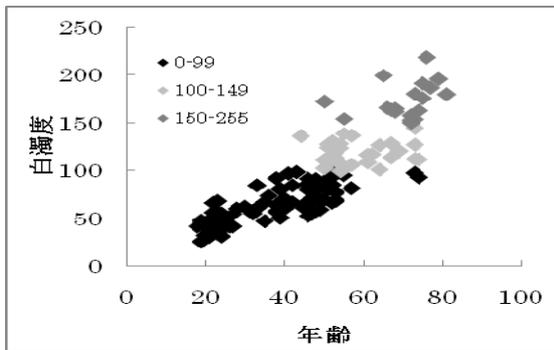


図 4 年齢と白濁度による比較

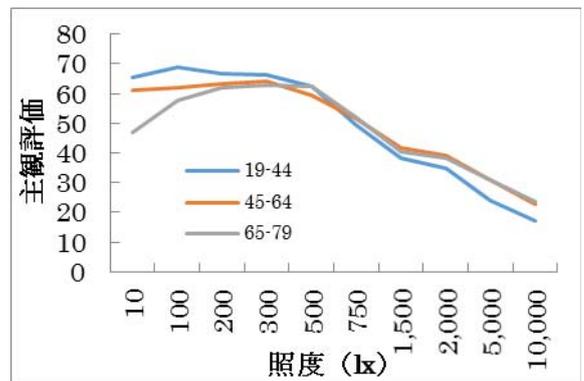


図 8 new iPad の年齢別主観評価

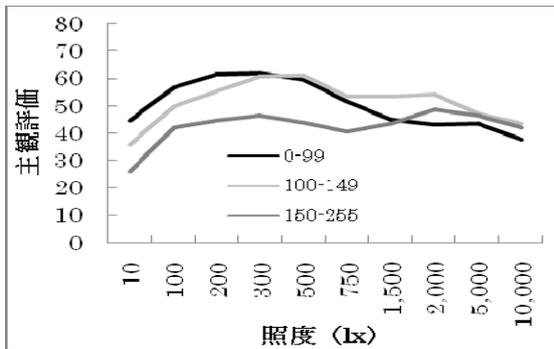


図 5 Paperwhite の白濁度別主観評価

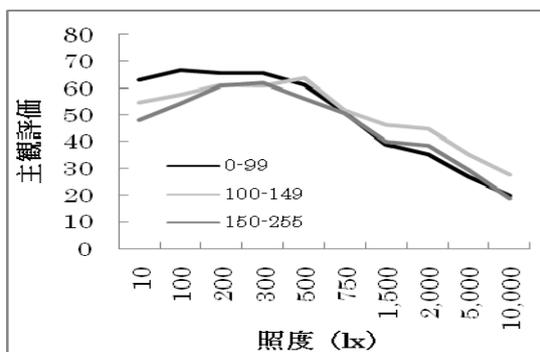


図 6 new iPad の白濁度別主観評価

#### 4. 考察

本実験では、主観評価により白濁度別のモバイル端末の視認性を評価した。白濁度が高いと、視認性の評価が低下すると考えられる。これを踏まえて、測定結果と白濁度との関係について、また、年齢別主観評価のデータを示し、白濁度での主観評価とどのような関連があるのかを考察で述べる。

結果が示すように、Paperwhite と new iPad の低照度における評価は下から順に低白濁度、中白濁度、高白濁度となっている。これから、低照度では白濁が進むに連れて視認性が下がると言うことが分かる。一方高照度では、中白濁度の評価が一番高く、低白濁度と高白濁度が同等の結果となっている。この結果は、我々の先行研究[2]で反射型ディスプレイは高照度で評価が、自発光型ディスプレイでは低照度での評価が高いということと関連があると考えられる。以上から考えられるのが照度と白濁度の関係性である。

結果より、高白濁度は水晶体がかなり白く濁っているた

め、文字が読みにくく評価が下がると考えられる。低白濁度は水晶体がそれほど白く濁っていないため低照度では評価が高いが、10,000 lx の照度では眩しすぎ逆に読みにくくなると考えられる。

また、2 つの媒体の大きな違いは白色表示時の画面輝度であり、それがコントラスト比の違いにも表れている。コントラスト比が大きいほうが良い視認性評価を得るので[3-4]、主観評価の違いに大きく表れた。

また年齢別比較では、300 lx 以下の照度では年齢層と白濁度層で似たグラフが得られた。高照度では、年齢別では高齢者が最も高い評価結果となった。これは白濁度別の高白濁度において水晶体が白くにごり、いわゆる乱反射によって視界が遮られたので評価が下がったと考えられる。

## 5. まとめ

本研究では、10 照度の段階で、new iPad と Kindle Paperwhite の2つの媒体を使用した。被験者に英単語を表示し、15 秒間音読してもらった。読み上げ後にそれぞれの照度における主観評価を行なった。

本研究では白濁度を同時に測定し、比較を行なった。それぞれの媒体を見るとききの照度による変化を捉えることができ、表示方式によっても違いが見られた。

new iPad と Paperwhite を用いて視認性の評価を行なったが、今後も様々な機器が登場することが期待される。そして、画面の表示技術はさらに向上することが考えられる。特に、電子ペーパーはカラー表示化などの技術が開発されてきている[5-6]。電子ペーパーの大きな特徴の一つとして、画面表示の切り替え時に消費する電力が少ないことである。視認性の向上やタブレット型端末のような多機能性が実現できればより一層普及することが考えられる。コントラスト比が良好な反射型液晶や、電力消費の少ない有機 EL を含め、多様なディスプレイの視認性についての検討が今後の課題である。

## 参考文献

- [1] 財団法人航空医学研究センター2009 No.1(31)乗員の健康管理サーキュラー～紫外線による眼への影響について  
<http://www.aeromedical.or.jp/circular/documents/31gou.pdf> (閲覧日時)[accessed November 15, 2013]
- [2] 小飯塚達也, 他: 電子書籍の可読性に対する環境照度の影響, 映情学技報, vol. 36, no. 46, HI2012-69, pp. 23-26, 2012 年 11 月. (2012)
- [3] 長谷川, 藤掛, 大森, 松沼, 宮尾: ケータイ画面上の文字の視認性評価方法およびその実践, シンポジウム「モバイル 2007」, pp. 59-64 (2007)
- [4] 窪田: 反射型液晶ディスプレイに求められる明度とコ

ントラストの条件, テレビジョン学会誌 Vol 50, No. 8, pp. 1091-1095 (1996)

- [5] 株式会社ブリヂストン電子ペーパー AeroBee: [http://www.bridgestone.co.jp/business/dp/ele\\_paper/aerobee/index.html](http://www.bridgestone.co.jp/business/dp/ele_paper/aerobee/index.html) (閲覧日時)[accessed November 15, 2013]
- [6] Hanvon E-book Reader: <http://www.hanvon.com/en/products/ebook/index.html> (閲覧日時)[accessed November 15, 2013]

## 著者紹介

### 石井佑樹 (学生会員)



2010 名古屋大学工学部電気電子・情報工学科入学. 2013 名古屋大学情報科学研究科宮尾研究室に配属され現在に至る. モバイル機器の視認性や可読性の研究に従事.

### 小飯塚達也 (学生会員)



2013 名古屋大学工学部電気電子情報工学科卒業, 同年 同大学大学院情報科学研究科博士前期課程入学, 現在に至る. 主にモバイル機器, 電子ペーパーに関する研究に従事.

### 崔 人月 (非会員)



2010 名古屋大学工学部電気電子・情報工学科入学. 2013 名古屋大学情報科学研究科宮尾研究室に配属され現在に至る. モバイル機器の視認性や可読性の研究に従事.

### 小嵐 健仁 (学生会員)



1989 信州大学農学部農芸化学学科卒業. 同年 愛知県公立学校教員. 2014 名古屋大学大学院情報科学研究科博士後期課程修了. 同年 中部学院大学看護リハビリテーション学部助教授, 現在に至る. 立体映像の生体測定, モバイルアプリケーションに関する研究に従事.

### 宮尾 克 (正会員)



1997 名古屋大学医学部医学科卒業. 1982 医学博士. 同大学医学部助手・講師・助教授・教授(多元数理科学・情報基盤センター)を経て, 2009 情報科学研究科教授, 現在に至る. 人間工学・公衆衛生学を通じ, 3D映像の生体影響, ケータイ・モバイル機器のユーザビリティ, 多言語情報システムを研究.