

2012年度 卒業論文

電子書籍リーダーにおける色彩による  
バックライトの眩しさを低減する手法の開発

指導教員：渡辺 大地 講師

三上 浩司 講師

メディア学部 ゲームサイエンスプロジェクト

学籍番号 M0109345

羽生田 雅

**2012年度 卒業論文概要**

**論文題目**

電子書籍リーダーにおける色彩による  
バックライトの眩しさを低減する手法の開発

**メディア学部**

**学籍番号：M0109345**

**氏名**

羽生田 雅

**指導  
教員**

渡辺 大地 講師  
三上 浩司 講師

**キーワード**

電子書籍、輝度、照度センサー、iOS、iPad

昨今の電子書籍リーダーでの読書が一般的になった。電子書籍リーダーはバックライトがあり輝度の調節を行っている。調節は環境光センサーによって取得した環境光を基にバックライトの輝度を増減している。この機能は明所から暗所、または暗所から明所に環境が変移した場合に働く。しかし、この輝度の調節は環境光に合わせて調節しており、電子書籍リーダーを目視する人間の目が有する暗順応視を考慮して調節していない問題がある。暗所から明所への環境の変移は目が明順応視によって3分程度で適応するのに対して、明所から暗所へと環境が変わったときには暗闇に目が慣れる暗順応視にかかる時間が30分程度である。電子書籍リーダーによる輝度の調節では環境が変わるとリアルタイムに輝度を変更するが、短時間で明順応視する暗所から明所への変移に比べて、長時間かかる暗順応視の場合に電子書籍リーダーのディスプレイがまぶしく感じるという不都合がある。

本研究では色相の加重平均係数による輝度への影響に着目し、電子書籍の背景を色彩フィルタによってまぶしさを低減し、より柔軟な輝度の調節を促す手法を提案する。色は色相によって輝度に差があり、輝度の差を求めるものを色相の加重平均係数という。色相の加重平均係数はR, G, Bの三原色でそれぞれ異なり、色相の加重平均係数が大きくなるほどまぶしい色となる。本手法で色彩フィルタを実装した電子書籍リーダーのアプリケーションと既存の電子書籍リーダーのアプリケーションとを比較し、輝度の軽減を可能とした。

# 目次

<b>第1章</b>	<b>はじめに</b>	<b>1</b>
1.1	研究背景と目的 . . . . .	1
1.2	本論文の構成 . . . . .	3
<b>第2章</b>	<b>色彩フィルタの提案</b>	<b>4</b>
2.1	色彩について . . . . .	4
2.2	色彩フィルタの概要 . . . . .	6
2.3	色彩フィルタの実装 . . . . .	8
<b>第3章</b>	<b>評価</b>	<b>13</b>
3.1	実験1 . . . . .	13
3.2	実験2 . . . . .	14
3.3	実験3 . . . . .	16
3.4	実験4 . . . . .	18
3.5	検証 . . . . .	20
3.6	考察 . . . . .	21
<b>第4章</b>	<b>まとめ</b>	<b>23</b>
	<b>謝辞</b>	<b>25</b>
	<b>参考文献</b>	<b>26</b>

# 目 次

1.1	明順応光の強さと暗順応の経過 (Hecht, S. et al., 1937)	2
2.1	加法混色	5
2.2	照度と輝度	6
2.3	既存手法	7
2.4	提案手法	7
2.5	輝度 0.0 照度 10lx	9
2.6	輝度 0.1 照度 11lx	9
2.7	輝度 0.2 照度 12lx	10
2.8	輝度 0.3 照度 13lx	10
2.9	輝度 0.4 照度 14lx	10
2.10	輝度 0.5 照度 15lx	10
2.11	輝度 0.6 照度 39lx	11
2.12	輝度 0.7 照度 78lx	11
2.13	輝度 0.8 照度 112lx	11
2.14	輝度 0.9 照度 153lx	11
2.15	輝度 1.0 照度 213lx	12
3.1	色反転の画面	17
3.2	黒色のフィルタの画面	19
3.3	照度の計測	21
3.4	提案手法と既存手法と標準の照度のグラフ	22

# 第 1 章

## はじめに

### 1.1 研究背景と目的

近年、電子書籍による読書が一般的になっている。電子書籍の利用者は、ライフネット生命保険株式会社 [1] の調査によれば、25 から 44 歳で有職者の男女 1000 人のうち、電子書籍の閲覧経験がある人は有料と無料を問わずに 54.4% である。次に Lifemedia [2] によれば、1392 人中で携帯電話やスマートフォン、電子ブックリーダー、タブレット PC、パソコンで電子書籍を利用したことがある人は 24.6% となっている。この結果から 342 人中、約 84 人の人が電子書籍を利用した経験があることがわかる。電子書籍と紙の本による快適さの違いだが、柴田ら [3] によると、紙の書籍と電子書籍の間に読書速度の違いは見られない。視覚疲労については、紙の本での目視よりも電子書籍を目視する方が目の疲労が大きくなると、主観的な意見で判断されがちだが、磯野ら [4] によると 30 分から 90 分程度の目視では視覚疲労度に違いは認められなかった。読書媒体の読みやすさについては、寇ら [5] の実験によれば、紙の書籍や CRT (Cathode-Ray Tube) ディスプレイ、LCD (Liquid Crystal Display) でのメディア間で読みのスピードに違いがない。

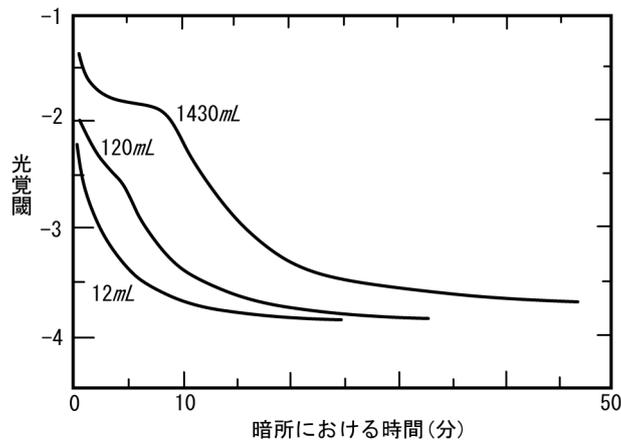


図 1.1: 明順応光の強さと暗順応の経過 (Hecht, S. et al., 1937)

昨今の電子書籍リーダーは環境光センサーを搭載しているものがある。例えば iPad 2[6] ではカメラの上部にある Ambient Light Sensor (ALS) [7] が環境光センサーに相当する。この環境光センサーを通じて電子書籍リーダーのバックライトを調節しているが、明所から暗所へ環境が変移した際に、輝度の調節が人間の目に順応していないことでまぶしさを感じる。Hecht ら [8] によれば図 1.1 によって人間の目が暗闇に慣れるまで 30 分以上かかることが分かっている。昨今では iPhone[9] 等のスマートフォンや Kindle[10] に代表される電子書籍リーダーの普及によって、近年多くの電子書籍閲覧アプリケーションが発売されている。ITmedia[11] では Android の人気電子書籍リーダーアプリケーションが紹介されている。これらのアプリケーションの中には、まぶしさの問題に対して何らかの対策をとっているアプリケーションがある。これは前述したように明所から暗所へ環境が変移した際に、バックライトの増減によって電子書籍リーダーの画面がまぶしすぎると感じるユーザーがいるため実装している。例えば GoodReader (Yuri Selukoff 2009–2012) [12][13] は多様な機能を備えた iOS 用のアプリケーションである。このアプリケーションは PDF を表示することで電子書籍リーダーとして使うこともできる。GoodReader の機能の一部で、画面全体を黒色のフィルタで覆い、フィルタの

透過度を推移させてまぶしさを低減するものを実装している。その他にも画面を色反転させて、背景色を黒、文字の色を白に変えてまぶしさを低減するという手法がある。しかし、それらのアプリケーションの機能は、背景色もしくは電子書籍リーダーの画面を全て手動で調節するものがほとんどであり、輝度や環境光を受けて、電子書籍の背景色を自動で調節する機能を持ったアプリケーションは見受けられない。輝度のまぶしさを手動で調節することは自動調節に比べて手間がかかる。暗所では明るさの変化が大きいと目への負担が大きいと感じることもあり、したがって明所から暗所へ環境が変移する際の限定的な場合において、昨今の照度センサーによる輝度の調節と、黒いフィルター等を手動で調節するものだけでは不十分であると考えた。そこでアプリケーションによって画面のまぶしさを軽減する機能から、自動でまぶしさを軽減する色彩フィルタをアプリケーションに実装するという考えに至り、より柔軟なバックライトの調節を可能とした新たな手法を提案する。本論文では電子書籍リーダーに実装されている照度センサーによって調節された電子書籍リーダーの輝度値から、色彩フィルタを自動的にかける手法を実装したアプリケーションを開発した。本研究では開発したアプリケーションを用いた実験を行い、提案手法の優位性を証明できたことを報告する。

## 1.2 本論文の構成

本論文では第2章で本研究における手法を提案し、第3章では第2章で述べた手法の検証、評価を行う。第4章で本研究のまとめを記す。

## 第 2 章

# 色彩フィルタの提案

第 2 章では色彩フィルタの具体的な実装手法を説明する。2.1 節では色彩フィルタに使用する色彩について加法混色と R, G, B の加重平均係数について説明する。および色彩フィルタを実装した電子書籍リーダーのまぶしさを定量で表すためにおよび照度と輝度について説明する。2.2 節では色彩フィルタの概要を説明する。2.3 節では色彩フィルタの実装と実装した iOS アプリケーションを実機で動作させたことを説明する。

### 2.1 色彩について

開発したアプリケーションは加法混色によって色を調節する。千々岩 [14] によれば、混色とは幾つかの色を適当な方法で混ぜ合わせるものである。グラスマン (Grassmann, H., 1853) [15] によれば、混色によって色が濁り、もとのどの色よりも暗くなる物理混色の減法混色と、混ぜ合わせる色成分が増すほど明るくなり網膜で起こる生理的混色の加法混色がある。図 2.1 で示した赤、緑、青の 3 種の色光が加重し、色刺激のエネルギー量が増すことで明るく感じる。

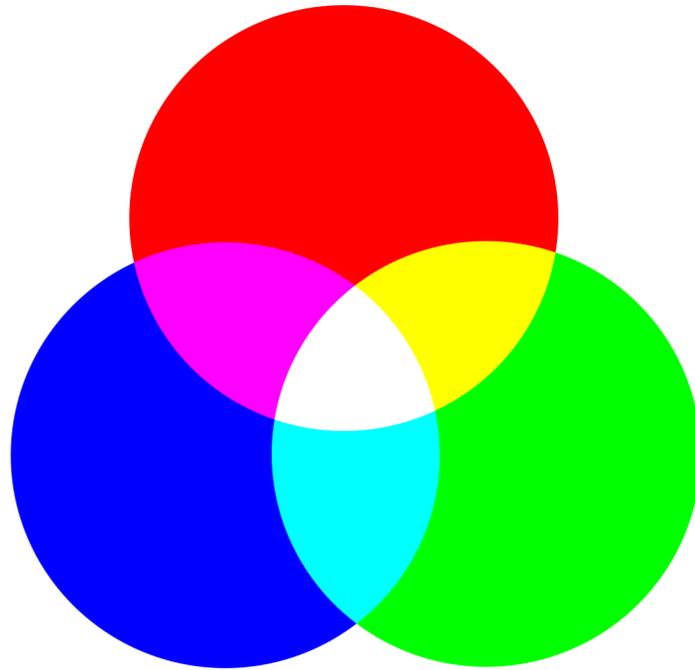


図 2.1: 加法混色

次に輝度に与える影響が大きい色について説明する。『プロフェッショナルのためのデジタルアニメマニュアル 2008～工程・知識・用語～』[16]によれば、R, G, Bの色相はそれぞれ加重平均係数が異なる。

$$Y = 0.299 \frac{R}{255} + 0.587 \frac{G}{255} + 0.114 \frac{B}{255} \quad (2.1)$$

式(2.1)によると、輝度Yを求めるための色相R, G, Bはそれぞれ加重平均係数が異なる。加重平均係数が違うことから、色相が輝度に与える影響には差があることがわかる。式(2.1)によると色相G(緑)の係数は色相R(赤)と色相B(青)よりも輝度に対する影響が大きい。つまり色相G(緑)を下げることで輝度が低減する。したがって本研究で使用するフィルタの色相はR(赤)、G(緑)、B(青)の中で、最も輝度に影響があるG(緑)を増減させることにより、色彩フィルタ

を M（紫） から W（白） の間で調節を行う。

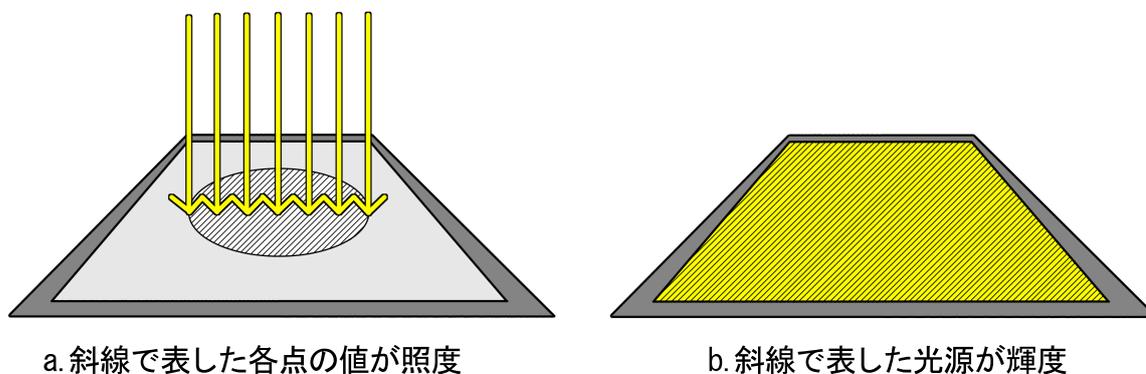


図 2.2: 照度と輝度

第 3 章で照度計を用いてデータを取得するため、照度について説明する。照度は図 2.2 の a で示しているように、光束が面積  $1\text{m}^2$  の面に均等に入射したときの面の各点の明るさである。照度の単位は、lx（ルクス）で表す。光束とは光源全体の明るさを示す指標であり、単位は lm（ルーメン）である。そして、輝度とは図 2.2 の b で示しているように、光源面からある方向への光度を、その方向への光源の見かけの面積で割った値である。単位は cd（カンデラ）である。

## 2.2 色彩フィルタの概要

既存の手法では図 2.3 で示しているような、画面全体に対して手動で黒いフィルタをかける方法 [12] が存在する。しかし、この手法は自動的な補正に比べてユーザーが操作する必要がある分だけ手間がかかる。そして、千々岩 [14] によれば黒い背景に対して黒い文字にすることは色の見えやすさが著しく低下することが、リーブマン効果 (Liebmann effect) により判明している。リーブマン効果とは、赤と緑、緑と青のように色相が相反するものでも、明度が類似すると見えにくくなる現象のことである。提案する手法は図 2.4 で示しているように、現在の輝度から電



## 2.3 色彩フィルタの実装

新たに提案する色彩フィルタは、PDFの背景色を輝度APIの値で変更する。iOSでは搭載されているセンサーに対応したAPIがある。実装するプログラムは、照度センサーに対応した輝度APIを使用する。輝度APIについてはUIScreen Class Reference[17]に記載されている。[[UIScreen mainScreen] brightness]を使用するとiOSデバイスの現在の輝度APIを取得することができる。輝度APIは0.0から1.0の11段階で取得することができる。輝度APIの値が0.0の時はiOSデバイスの輝度が最小になり、1.0の時は輝度が最大になる。また、輝度APIは指定した値に変更することが可能である。

`CGContextSetRGBFillColor(context, r, g, b, a)`はPDFの背景色を指定するものである。iOSでのPDF背景色の変更方法は公式リファレンスマニュアルのDrawing Printing iOS[18]に記載されている。左の引数からそれぞれ第2引数  $r$  は赤、第3引数  $g$  は緑、第4引数  $b$  は青、第5引数  $a$  は透過に対応し、それぞれ0.0から1.0の11段階で変更が可能である。PDFの背景色を白色と設定するなら色相R, G, B全てを最大値の1.0にする。色彩フィルタは第1章で述べた加重平均係数の高い色相G(緑)に基づいて、第3引数  $g$  を変更する。輝度APIが最大値である1.0の時に、第3引数  $g$  の値を0.0にする。プログラムに  $y = 1 - x$  の式を実装した。 $y$  は  $g$  に代入する値が入る。 $x$  は輝度APIから取得した画面の明るさの値が入る。

色彩フィルタはページめくりをした時に適用する。これは文書を読んでいる最中に画面の色が変わり続けることで目視の妨げになることを考慮している。最後に、第3章で行った実験を円滑にする目的で現在の輝度の値をiOSデバイスに表示するテキストラベルと輝度を変更するボタンを実装した。

作成したアプリケーションの挙動を簡単に説明する。PDFを開いた際と、ページめくりをした際に、PDFの背景色を変更する。背景色はページめくりをする度に変更するか判定が行われる。なお、背景色はプログラムで現在の画面の明るさに対応した背景色である。

実装した結果を図 2.5 から図 2.15 に示す。画像からは輝度の増減が確認することができないので、輝度と照度の値を記述した。輝度は iOS 上の輝度の設定値であり、照度は電灯を消した部屋で iPad2 に密接した状態で計測した。計測に使用した機材は、小型ポケットサイズデジタル照度計 Lux[19] である。

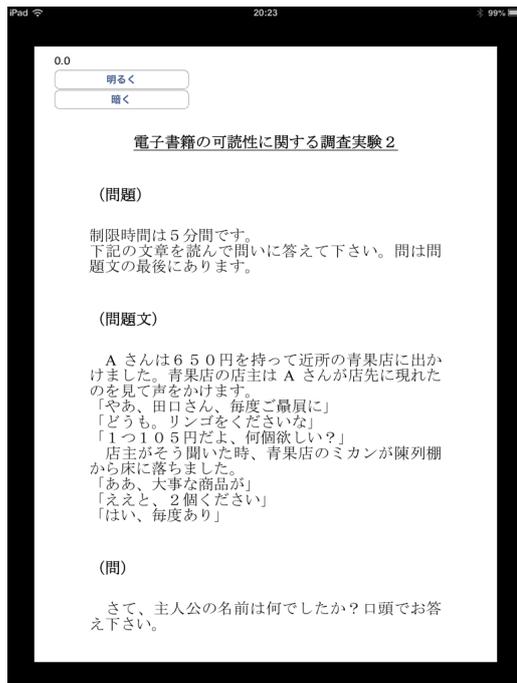


図 2.5: 輝度 0.0 照度 10lx

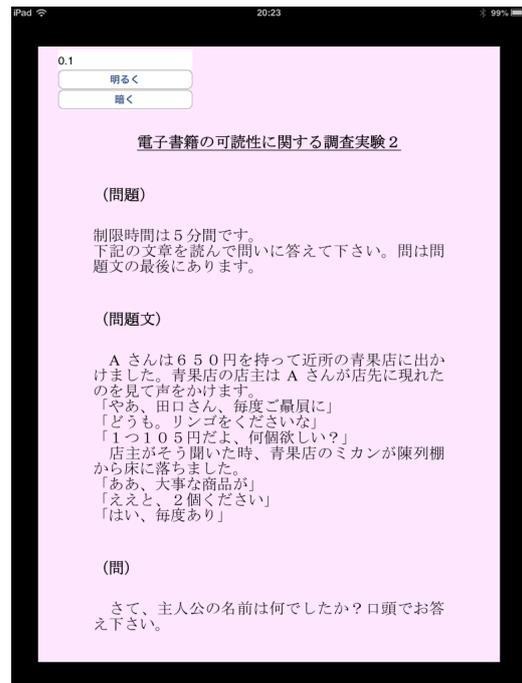


図 2.6: 輝度 0.1 照度 11lx

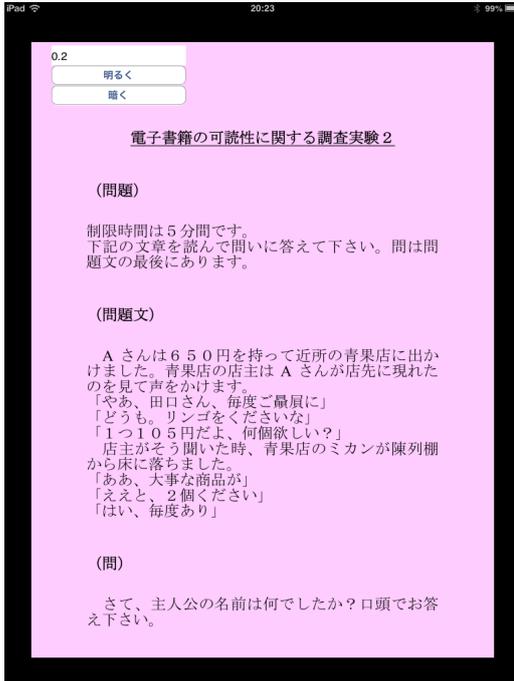


図 2.7: 輝度 0.2 照度 12lx

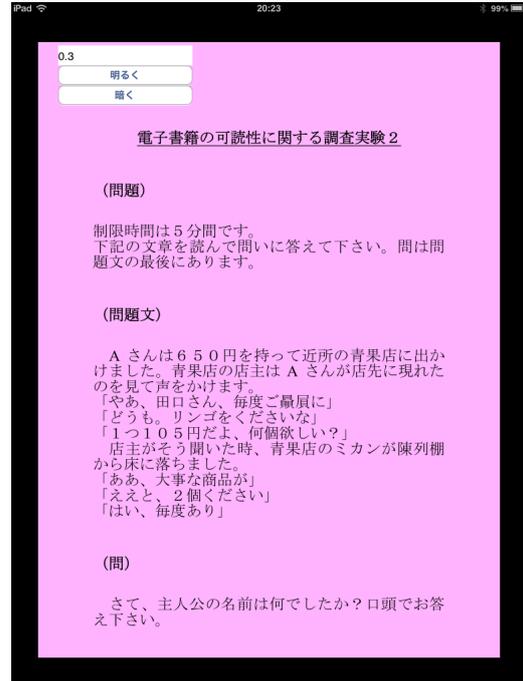


図 2.8: 輝度 0.3 照度 13lx

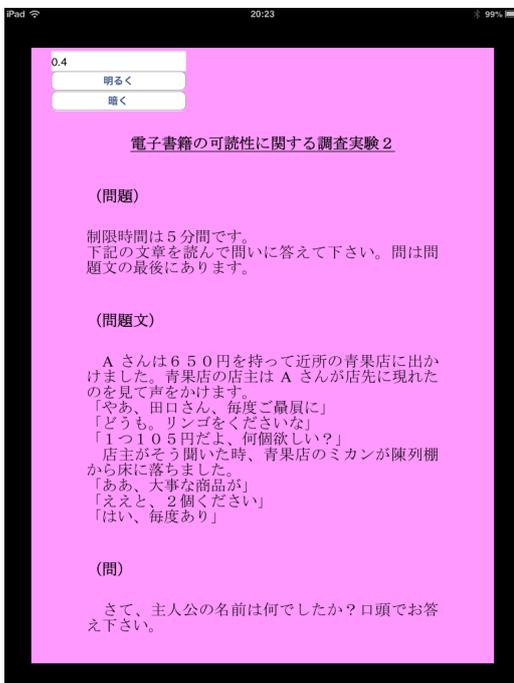


図 2.9: 輝度 0.4 照度 14lx

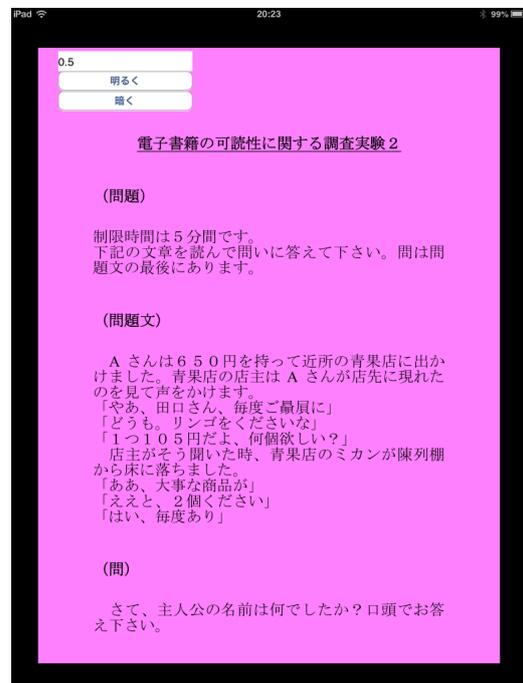


図 2.10: 輝度 0.5 照度 15lx

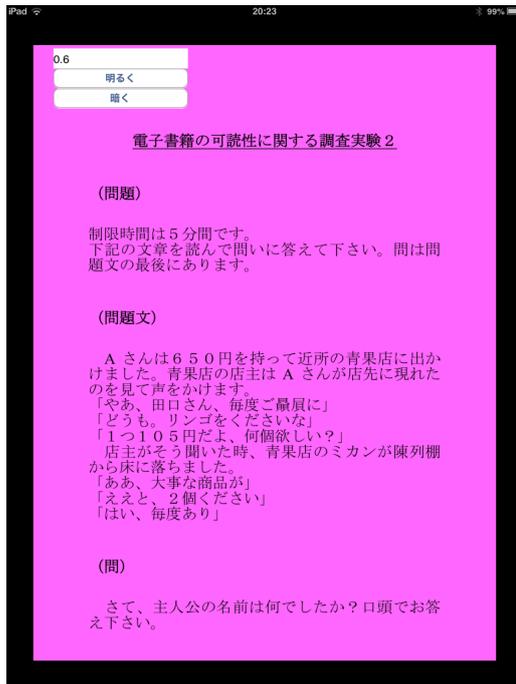


図 2.11: 輝度 0.6 照度 39lx

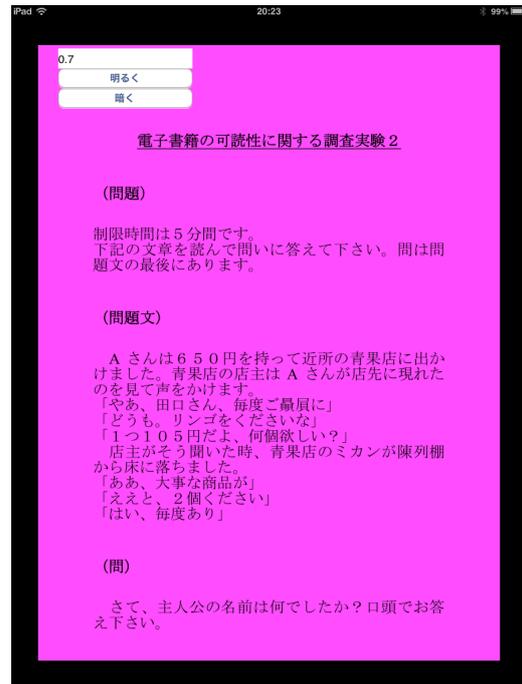


図 2.12: 輝度 0.7 照度 78lx

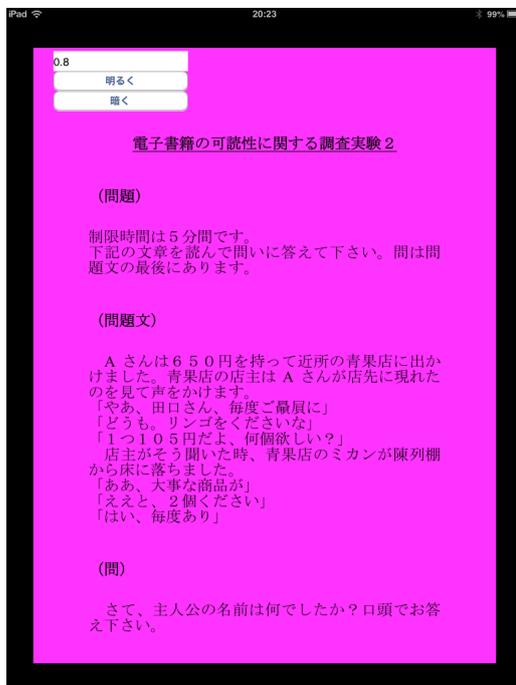


図 2.13: 輝度 0.8 照度 112lx

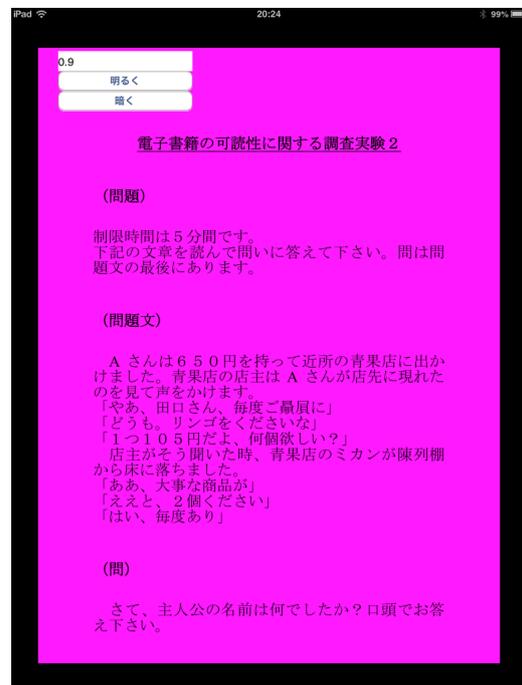


図 2.14: 輝度 0.9 照度 153lx

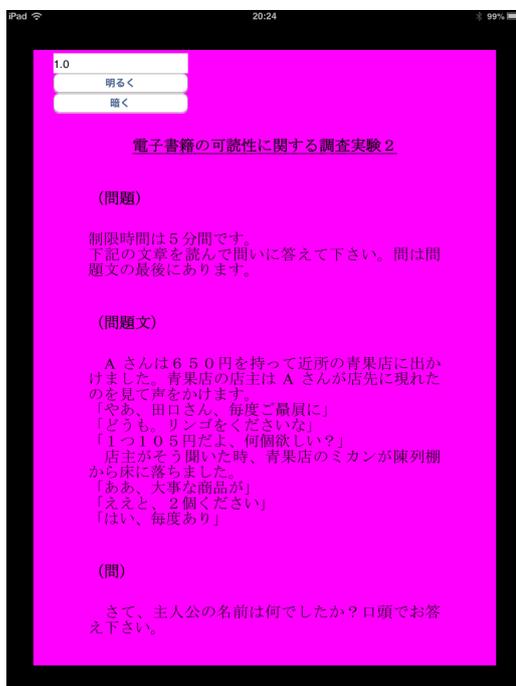


図 2.15: 輝度 1.0 照度 213lx

# 第 3 章

## 評価

提案手法が有用なものであるか実験を行い検証した。実験は第 2 章で開発したアプリケーションを使用した。実験機は iPad2 を使用した。iPad2 は iOS6 をインストールした。第 2 章で開発したアプリケーションは iOS6 のバージョンで動作を確認した。iPad2 の仕様は表 3.1 である。

表 3.1: iPad2 の仕様

OS	iOS6.0.1
ディスプレイ	9.7 インチ
画面解像度	1024 × 768 px 132ppi
パネル	IPS LCD display
入力装置	環境光センサー

### 3.1 実験 1

実験 1 は第 2 章で開発したアプリケーションと一般的な電子書籍リーダーアプリケーションを使用した。実験 1 は提案手法を用いた電子書籍リーダーアプリケーションを表示した電子書籍リーダーの画面が、一般的な電子書籍リーダーアプリケーションを表示した電子書籍リーダーの画面と比べて、まぶしさの低減を実現していることを調査することが目的である。

実験2は40代の女性が1人、50代の男性が1人、20代の男性が4人の計男女6人に実施した。実験は室内で電気を消灯した場所で、夏目漱石の『吾輩は猫である』の冒頭部分を読んでもらうことで行った。実験1の後、被験者6人に対して五段階評価によるアンケートを行った。アンケートのまぶしさの低減に関する設問において、6人中5人が提案手法のまぶしさの低減を感知した。

## 3.2 実験2

次に実験2を行った。実験2は第2章で開発したアプリケーションと一般的な電子書籍リーダーアプリケーションを使用した。実験2は提案手法を用いた電子書籍リーダーアプリケーションを表示した画面が、一般的な電子書籍リーダーアプリケーションを表示した電子書籍リーダーの画面と比べて、見やすさが劣化していないことを調査することが目的である。

実験2は室内で電気を消灯した場所で、提案手法を用いた電子書籍リーダーアプリケーションを表示した電子書籍リーダーの画面と、一般的な電子書籍リーダーアプリケーションを表示した電子書籍リーダーの画面の照度が同じになるよう調節した状態で行った。実験2は作成した調査票を用いて行った。調査票の仕様は表3.2である。実験2は調査票1から解答してもらうグループAと調査票2から解答してもらうグループBで分け、調査内容が偏らないように行った。調査票には問題文と設問を記載し、読了後に口頭で設問に解答してもらった。

実験2は実験1の被験者と同じ被験者に実施した。提案手法を使用した場合と、一般的な電子書籍リーダーアプリケーションを使用した場合では、それぞれ読了に要した時間は30秒から40秒の間で特に偏った時間の差は見られなかった。設問に対する正答率においても、6人中5人が正解で、ほぼ全員が正答したので大きな差異は見られなかった。

[調査票1]

問題 制限時間は5分間です。下記の文章を読んで問いに答えて下さい。問は問題

表 3.2: 文書の仕様

フォント	MS 明朝
フォントサイズ	16 ポイント
ページ数	1 ページ
調査票 1 の文字数	526
調査票 2 の文字数	528

文の最後にあります。

問題文 Aさんは500円を持って近所の青果店に出かけました。青果店の店主はAさんが店先に現れたのを見て声をかけます。「やあ、田中さん、毎度ご贔屓に」「どうも。リンゴをくださいな」「1つ98円だよ、何個欲しい？」店主がそう聞いた時、青果店のミカンが陳列棚から床に落ちました。「ああ、大事な商品が」「ええと、5個ください」「はい、毎度あり」

問 さて、下に落ちた物は何でしたか？口頭でお答え下さい。

[調査票 2]

問題 制限時間は5分間です。下記の文章を読んで問いに答えて下さい。問は問題文の最後にあります。

問題文 Aさんは650円を持って近所の青果店に出かけました。青果店の店主はAさんが店先に現れたのを見て声をかけます。「やあ、田口さん、毎度ご贔屓に」「どうも。リンゴをくださいな」「1つ105円だよ、何個欲しい？」店主がそう聞いた時、青果店のミカンが陳列棚から床に落ちました。「ああ、大事な商品が」「ええと、2個ください」「はい、毎度あり」

問 さて、主人公の名前は何でしたか？口頭でお答え下さい。

### 3.3 実験3

次に実験3を行った。実験3は第2章で開発したアプリケーションと既存手法である色反転の機能を適用した電子書籍リーダーアプリケーションを使用した。色反転の例を図3.1に示す。実験3は提案手法を用いた電子書籍リーダーアプリケーションを表示した電子書籍リーダーの画面が、既存手法の色反転の機能を適用した電子書籍リーダーアプリケーションを表示した電子書籍リーダーの画面と比べて、見やすさが劣化していないことを調査することが目的である。

実験3は室内で電気を消灯した場所で、提案手法を用いた電子書籍リーダーアプリケーションを表示した電子書籍リーダーの画面と既存手法の色反転の機能を適用した電子書籍リーダーアプリケーションを表示した電子書籍リーダーの画面の照度が同じになるよう調節した状態で行った。グレースケールの20%で統一した文字列を記述した電子書籍をそれぞれのアプリケーションで表示して、目視にて見やすさを比較した。

提案手法を用いた電子書籍リーダーアプリケーションを表示した電子書籍リーダーの画面は、既存手法の色反転の機能を適用した電子書籍リーダーアプリケーションを表示した電子書籍リーダーの画面よりも文字の視認が容易であることが分かった。

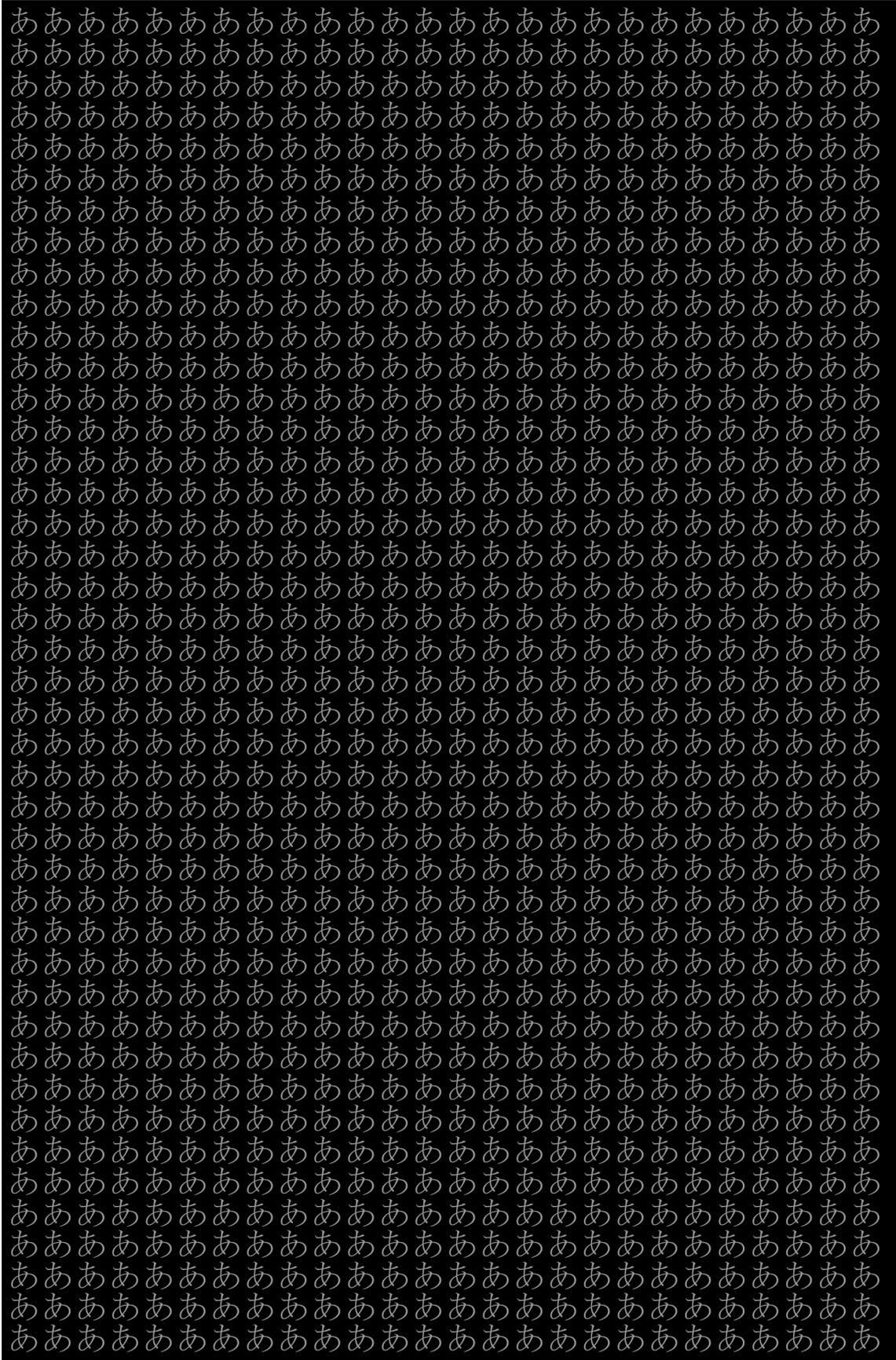


図 3.1: 色反転の画面

## 3.4 実験4

最後に実験4を行った。実験3は第2章で開発したアプリケーションと既存手法である黒色のフィルタを適用した『GoodReader』（Yuri Selukoff 2009-2012）を使用した。黒色のフィルタの例を図3.2に示す。実験3は提案手法を用いた電子書籍リーダーアプリケーションを表示した電子書籍リーダーの画面が、既存手法の色反転の機能を適用した電子書籍リーダーアプリケーションを表示した電子書籍リーダーの画面と比べて、見やすさが劣化していないことを調査することが目的である。

実験4は室内で電気を消灯した場所で、提案手法を用いた電子書籍リーダーアプリケーションを表示した電子書籍リーダーの画面と既存手法の黒色のフィルタを適用した『GoodReadr』を表示した電子書籍リーダーの画面の照度が同じになるよう調節した状態で行った。グレースケールの20%で統一した文字列を記述した電子書籍をそれぞれのアプリケーションで表示して、目視にて見やすさを比較した。

提案手法を用いた電子書籍リーダーアプリケーションを表示した画面は既存手法の黒色のフィルタを適用した『GoodReader』を表示した画面よりも文字の視認が難しいでことが分かった。

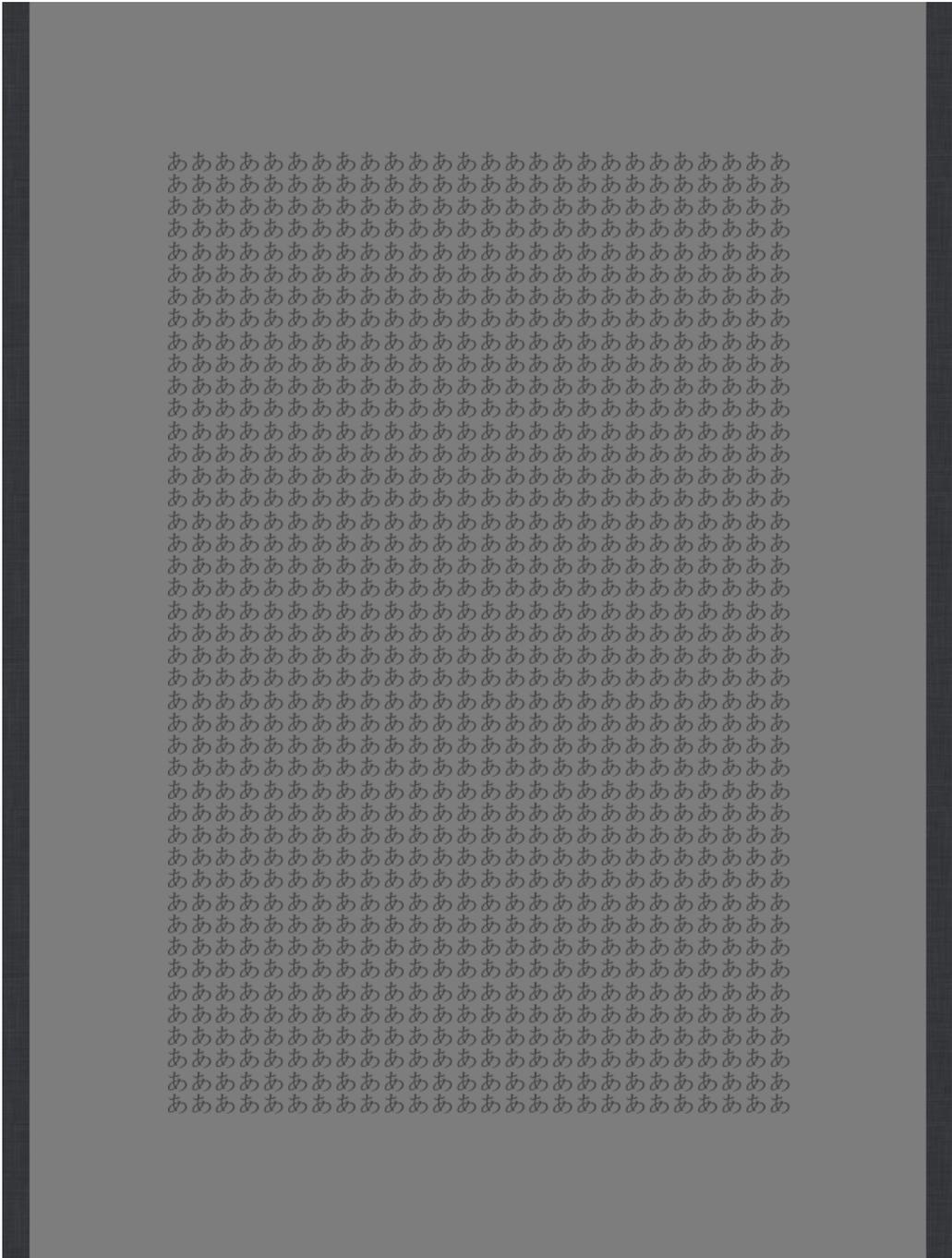


図 3.2: 黒色のフィルタの画面

### 3.5 検証

提案手法を用いた電子書籍リーダーアプリケーションを表示した電子書籍リーダーの画面と、一般的な電子書籍ビューワーアプリケーション、そして既存手法の色反転と黒色のフィルタそれぞれを表示した画面の照度を計測した。

表 3.3 は提案手法を用いた電子書籍リーダーアプリケーションを表示した電子書籍リーダーの画面と一般的な電子書籍リーダーアプリケーションを表示した電子書籍リーダーの画面の照度である。計測は図 3.3 のように電子書籍リーダーの画面を照度計で正面から垂直に計測した。

表 3.3 を見ると、一般的な電子書籍リーダーアプリケーションを表示した電子書籍リーダーの画面の照度は、画面設定の明るさが上昇するに連れて、一段下の設定よりも照度の差が大きく開いていることが分かる。画面設定の明るさが 0.5 から 0.6 を見るとこの変化が顕著である。だが、提案手法を用いた電子書籍リーダーアプリケーションを表示した電子書籍リーダーの画面は、画面設定の明るさの全てで、段階毎の照度の大きな差が一般的な電子書籍リーダーアプリケーションを表示した電子書籍リーダーの画面よりも小さいことが分かる。

表 3.3: 照度の比較

輝度 (0.0~1.0)	照度 (提案手法/標準)
0.0	10lx / 10lx
0.1	11lx / 17lx
0.2	12lx / 25lx
0.3	13lx / 36lx
0.4	14lx / 51lx
0.5	15lx / 69lx
0.6	39lx / 125lx
0.7	78lx / 181lx
0.8	112lx / 244lx
0.9	153lx / 305lx
1.0	213lx / 370lx



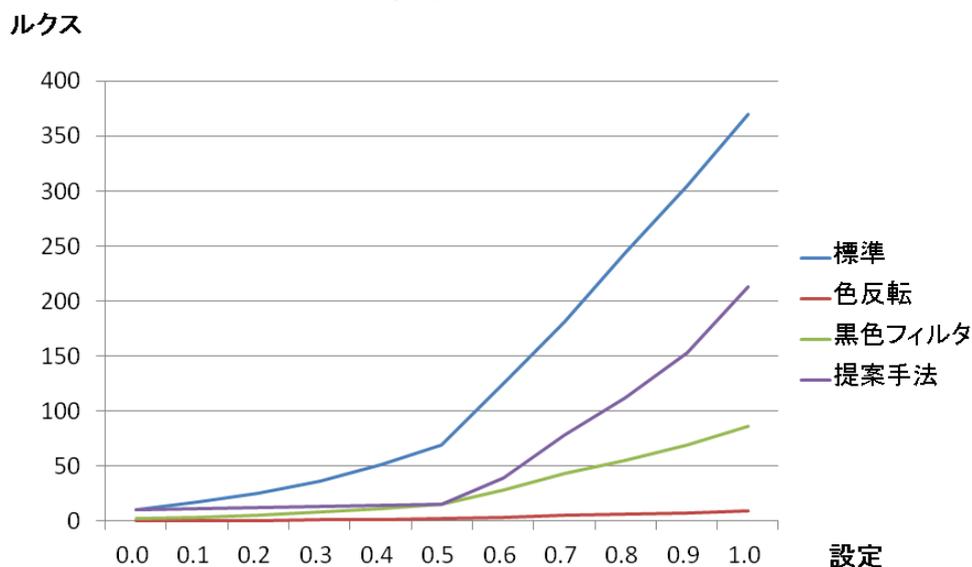
図 3.3: 照度の計測

### 3.6 考察

3.5 節から照度値の計測によれば、提案手法を用いた電子書籍リーダーアプリケーションを表示した電子書籍リーダーの画面は、一般的な電子書籍リーダーアプリケーションを表示した電子書籍リーダーの画面よりも照度の低減を確認した。実験1のアンケートでは、まぶしさの低減の感知を確認しており、照度の低減を実現した。実験2によれば、提案手法を用いた電子書籍リーダーアプリケーションを表示した電子書籍リーダーの画面は、一般的な電子書籍リーダーアプリケーションを表示した電子書籍リーダーの画面と比べて、読了にかかった時間に大きな差異が見られないことや設問への正答の多さから、目視には問題がない。

実験3と実験4では、グレースケール20%表示の文字列の見やすさを目視で検証した。実験3では提案手法を用いた電子書籍リーダーアプリケーションを表示した電子書籍リーダーの画面は、既存手法の色反転の機能を適用した電子書籍リーダーアプリケーションを表示した電子書籍リーダーの画面よりも見やすかった。実験4では提案手法を用いた電子書籍リーダーアプリケーションを表示した電子書籍リーダーの画面は、既存手法の黒色のフィルタを適用した『GoodReadr』を表示した電子書籍リーダーの画面よりも見やすくなかった。表3.4は提案手法と既存手法と標準の電子書籍リーダーアプリケーションを表示した電子書籍リーダーの画面の照度を照度計で計測し、グラフにしたものである。表3.4によると、提案手法の照度は、標準の照度よりも照度が低く、既存手法の照度よりも照度が高く位置していることが分かる。これは明るさの変化が既存手法よりも大きくないことを示している。

## 照度の計測値



2013/2/14

16

図 3.4: 提案手法と既存手法と標準の照度のグラフ

## 第 4 章

### まとめ

本論文では電子書籍リーダーにおけるバックライトの眩しさを低減するために、提案手法を用いて照度の軽減を実現した。しかし、既存手法の黒色のフィルタと比べて見やすさに問題があることも分かった。これは『ランベルト環による色別の判別距離』（塚田 1978）[20] で、赤、橙、黄、緑、青、紫、および白、灰、黒の 9 種を互いに 2 色ずつ組み合わせて色の見えやすさを調べている。この結果では紫の色地に黒色の文字では見えにくいとされており、逆に紫の色地に白色の文字では見やすいという結果が出ている。この調査によれば、提案手法を輝度が上昇し色彩フィルタの紫色が強くなるにつれて、文字の色も黒色から白色へと変更するという方法も検討している。

本研究は加法混色のマゼンタ（M）の色彩フィルタによる眩しさを軽減に効果があることが検証できた。だが、実際に電子書籍リーダーで電子書籍を目視する場合は輝度を大きくしてしまうと目視するのに現実的な明るさではない場合があることも判明した。輝度の値を大きく設定しなくとも暗所で目視しやすい色を考慮する等のアプローチにより、長時間の目視が可能になる眩しさを軽減方法がないか探したい。

今後の展望として、色彩フィルタのアルゴリズムをより暗順応視の経過時間に対応させることで、より人間の暗順応視に適した間隔で色彩フィルタの推移が可能になると考えている。暗闇に目が慣れたところでフィルタ機能がオフになれば、

本来の黒と白のコントラストに戻りより読書快適さと明るさの低減を両立させることが可能になるとも考えている。その他にも課題の一つとして明るい場所で見やすい明順応視を考慮した色彩フィルタの実装も考えられる。暗順応視と併用して実装すれば、より柔軟な明るさの調節が可能になる。

# 謝辞

指導してくださった渡辺先生、三上先生、阿部先生、藤本先生、他院生の方々、  
そして研究室の皆様方に感謝いたします。

## 参考文献

- [1] ライフネット生命保険株式会社, (2010), “電子書籍に関する調査”, <<http://www.lifenet-seimei.co.jp/newsrelease/2010/2502.html>>.
- [2] Lifemedia, (2012), “読書に関する調査”, <[http://research.lifemedia.jp/2012/10/121031\\_reading.html](http://research.lifemedia.jp/2012/10/121031_reading.html)>.
- [3] 柴田 博仁, 高野 健太郎, 大村 賢悟, “電子書籍端末は紙を代替できるか? 電子書籍端末の評価実験にもとづく考察”, 富士ゼロックス テクニカルレポート No.21, (2012) .
- [4] 磯野 春雄, 高橋 茂寿, 滝口 雄介, 山田 千彦, “電子ペーパーで読書した場合の視覚疲労の測定”, 映像情報メディア学会誌, Vol.59, No.3, (2005) , 403–406.
- [5] 寇 冰冰, 椎名 健, “読書における異なる表示媒体に関する比較研究”, 筑波大学大学院図書館情報メディア研究科, Vol.4, No.1, (2006) , 29–4412.
- [6] Apple Inc., “iPad 2”, <<http://www.apple.com/jp/ipad/ipad-2/specs.html>>.
- [7] Apple Inc., “Dimensional Drawings iPad2 Wi-Fi”, <<https://devimages.apple.com.edgekey.net/resources/cases/dimensions/iPad-2-WiFi-dimensions.pdf>>.

- [8] Hecht, S., Haig, C. and Chase, A. M., (1937) , “The influence of light-adaptation on subsequent dark-adaptation of the eye”, *J. Gen. Physiol.*, 20, 813-850.
- [9] Apple Inc., “iPhone”, <<http://www.apple.com/jp/iphone/>>.
- [10] Amazon, “Kindle”, <<https://kindle.amazon.com/>>.
- [11] ITmedia, “Android タブレット向けベスト電子書籍リーダーアプリトップ5”, <<http://ebook.itmedia.co.jp/ebook/articles/1107/30/news003.html>>.
- [12] Yuri Slukoff, “GoodReader”, <<https://itunes.apple.com/jp/app/goodreader-for-ipad/id363448914?mt=8>>.
- [13] ASCII MEDIA WORKS, (2013) , “何でも見られる神ビューアー「GoodReader」を徹底解説”, <<http://ascii.jp/elem/000/000/714/714862/>>.
- [14] 千々岩 英彰, “色彩学概説”, 東京大学出版会, (2001) .
- [15] Grassman, H. G., (1853) , “Theory of compound colors; Sources of Color Science (ed., MacAdam, D. L., 1970) ”, The MIT Press.
- [16] 東京工科大学編 デジタルアニメ制作技術研究会監修, “プロフェッショナルのためのデジタルアニメマニュアル 2008～工程・知識・用語～”, 東京工科大学片柳研究所 クリエイティブ・ラボ, (2008) .
- [17] Apple Inc., “UIScreen Class Reference”, <[http://developer.apple.com/library/ios/documentation/uikit/reference/UIScreen\\_Class/UIScreen\\_Class.pdf](http://developer.apple.com/library/ios/documentation/uikit/reference/UIScreen_Class/UIScreen_Class.pdf)>.
- [18] Apple Inc., “Drawing Printing iOS”, <<http://developer.apple.com/library/ios/#documentation/2DDrawing/Conceptual/DrawingPrintingiOS/Introduction/Introduction.html>>.

[19] Tondaj, “小型ポケットサイズデジタル照度計 Lux”, (<http://www.tondaj.cn/product.asp>).

[20] 塚田 敢, “色彩の美学”, 紀伊国屋書店, (1978) .