

ロービジョン者に見やすい
ディスプレイの
コントラスト比に関する研究

平成 27 年度

筑波技術大学大学院技術科学研究科

情報アクセシビリティ専攻

清 家 順

目次

1. 研究の目的	1
2. 研究の背景	4
2. 1. アクセシビリティ確保に関する動き	4
2. 2. JIS X 8341-3:2010 記載事項の概要	6
2. 3. コントラスト比に関する規定	8
3. 実験の検討	10
4. 実験	12
4. 1. 予備実験	12
4. 1. 1. 実験方法.....	12
4. 1. 2. 実験装置.....	15
4. 1. 3. 実験手順.....	17
4. 1. 4. 実験結果及び考察.....	20
4. 2. 実験の改良	22
4. 2. 1. 試験規定の見直し.....	22
4. 2. 2. ロービジョン者に対する実験を行なうための改良点の検討.....	25
4. 2. 3. コントラスト比及びその変化に関する規定の追加.....	27
4. 2. 4 主観評価に関する改良	30
4. 3. 本実験	31
4. 3. 1. 実験方法.....	31
4. 3. 2. 実験装置.....	35
4. 3. 3. 実験手順.....	38
5. 結果	42

5. 1. MNREAD-J の測定結果	42
5. 2. コントラスト比ごとの検索時間	47
5. 3. 主観評価	50
6. 考察	53
7. 今後の研究の進め方	55
8. 結論	57
9. 謝辞	59
10. 参考文献	60
11. 研究業績	62
付録	63
付録 1. コントラスト比の定義及び算定式	63
付録 2. MNREAD-J に関連する用語及び実施方法	64
付録 3. 「コントラスト」を研究対象とした経緯	65
JIS X 8341-3:2010 達成基準の障害部位別分類	66
Understanding WCAG 2.0 に記される障害者・利用者等の表現	71
JIS X 8341-3:2010 において達成等級 A・AA に位置付けられる達成基準と 「Easy Checks」記載事項の関係	73
研究対象候補となる配慮事項の条件	76
付録 4. JIS Z 8513 附属書 C に記載の「無意味文の文字群」例	78
付録 5. 本実験に用いた「無意味文の文字群」例	78
付録 6. 実験用に開発した HTML 及び CSS	79
付録 6. 1. 予備実験で用いた HTML (Javascript による表示切替あり) .	79
付録 6. 2. 本実験で用いた HTML (表示の切替機能なし)	84
付録 6. 3. 本実験で用いた CSS ファイルの記述内容	86

付録 7. 第 41 回 感覚代行シンポジウム講演論文集（表紙）	92
付録 8. 第 41 回 感覚代行シンポジウム講演論文集掲載原稿	93

図表目次

図 1 Shurtleff, D.A. , and Wuersch, W.F. (1979)	9
図 2 予備実験における試験用表示の例	13
図 3 予備実験に用いた機器構成図	16
図 4 予備実験の流れ	19
図 5 予備実験の結果	21
図 6 ターゲット文字出現頻度改良前と改良後の表示例比較	24
図 7 MNREAD-J のチャート	26
図 8 MNREAD-J による測定結果と 3 つの読書評価指標	26
図 9 表示に用いたコントラスト比の改良前後比較	29
図 10 本実験における試験用表示の例（晴眼者向け）	33
図 11 本実験に用いた機器構成図	36
図 12 本実験時の様子	37
図 13 MNREAD-J ANALYSIS (MNJA) 使用例	39
図 14 実験結果：MNREAD-J の測定結果（ロービジョン者・晴眼者）	44
図 15 実験結果：MNREAD-J 測定結果（ロービジョン者・個別）	45
図 16 実験結果：MNREAD-J 測定結果（晴眼者・個別）	46
図 17 実験結果：コントラスト比と検索時間	48
図 18 実験結果：コントラスト比ごとの発見率	49

図 19	実験結果：ターゲット文字ごとの発見率	49
図 20	実験結果：主観評価「画面の明るさ」	52
図 21	実験結果：主観評価「文字の読みやすさ」	52
表 1	パソコンからインターネット利用時に困ること	3
表 2	予備実験における試験用表示の条件	14
表 3	実験協力者用ディスプレイと実験者用 PC の仕様（予備実験）	16
表 4	本実験における試験用表示の条件	34
表 5	実験協力者用ディスプレイと実験者用 PC の仕様（本実験）	36

筑波技術大学

修士（情報保障学）学位論文

1.研究の目的

日本におけるインターネット利用者数は、1億人を超え（総務省，2014），現代社会において欠かすことのできないインフラとなっている．日常生活を送る上での情報源として役割が高まっており，「いち早く世の中のできごとや動きを知る」ために最もよく利用するメディアとしてインターネットを挙げる人の割合は，2000年には全体の1.7%に過ぎなかったが，2012年には約3割にまで達している．また，「世の中のできごとや動きについて信頼できる情報を得る」ために最もよく利用するメディアとしてインターネットを挙げる人の割合も，2000年には全体の0.4%に過ぎなかったが，2012年には14.7%にまで増加している（総務省，2015）．天気を調べる，買い物をする，地図を見るなど，ウェブサイトを通じて得られる情報を駆使して生活をしており，役所や銀行などで行っていた申請・手続きなども，自宅にいながら，あるいは，携帯電話やスマートフォンを用いてその場で行なうことが一般的となっている．

その重要性は障害者においても例外ではなく，インターネットの利用率は，視覚障害者が91.7%，聴覚障害者が93.4%，肢体不自由者が82.7%となっている（総務省 情報通信政策研究所，2012）．しかしながら，その身体的特性から，情報通信技術及びそれらを介して得られる情報へのアクセスに困難を抱えており，不利益が生じている．

日本全国の身体障害者の数は，約348万人とされ，約31万人が視覚障害を有していると推計されている（厚生労働省，2006）．視覚障害者は，視覚的に示される様々な情報を得にくいことから情報障害とも形容される．障害の程度によって，一切の視覚情報を得られなかったり，光の識別や形状の認識の程度に差があったり，視野の一部が欠損していたり，特定の色が区別しづらかったりと状況が異なっている．また，情報提示のされ方によって，情報が得にくかったり，まったく得られなかったりすることになる．

ウェブサイトで提供される情報の多くは，視覚に依存したものであり，視覚障害者の情報アクセスには，多くの問題が生じている．視覚障害者は，スクリーンリーダーや音声ブラウザと呼ばれる画面読み上げソフトを用いることで，画面上の文字情報を音声に変換して確認している．しかし，情報が文字として

提供されていない場合には、音声に変換されないため、その情報を正しく取得することができない。表 1 に示す調査結果では、全盲者の 94.4%が「スクリーンリーダーで読み上げられない PDF やフォームがある」こと、同 86.1%が「画像や写真などに説明文がないため、スクリーンリーダーで読み上げられない」ことに困難を感じるとされている。

また、ロービジョン者（WHO で、よい方の眼の矯正視力が、0.05 以上 0.3 未満の者と定義される）の中には、画面の色を変更（反転）したり、文字サイズを拡大したりする支援技術を用いることで、自身が読みやすい画面に変換し情報を得やすくする場合がある。しかしながら、表データのように情報構造が複雑で理解に時間がかかるコンテンツ、動画などの時間の経過に伴って変化するコンテンツ、利用者の操作に合わせて画面の状況に変化が生じるコンテンツなど、支援技術を用いても情報を得ることができないコンテンツが多く制作されており、ウェブ媒体の持つユニバーサルリティは十分に発揮されている状況とは言えない。表 1 に示すとおり、視覚障害者がインターネット利用時に困ることとして、ロービジョン者では「背景と文字のコントラストが低く見づらい」が 51.5%と第一位になっている。

そこで本研究では、ウェブコンテンツに関する規格に定められた要件及び基準を調査し、その内容を実験的に検証することにより、ロービジョン者にとって最低限の許容可能なコントラスト比（文字色の輝度と背景色の輝度について、同時又は継時的に見える二つ以上の、見えの差の評価値の比を表したもの（日本規格協会 1998）である。文字色と背景色が同一の場合には最小値 1:1 をとり、最大値は 21:1 である。詳細は付録 1 に記す）を明らかにすることを目的とする。

表1 パソコンでインターネットを利用する時に困ること
(日経 BP コンサルティング, 2014)

全盲者 (調査対象者=72)

内容	割合
スクリーンリーダーで読み上げられない PDF や フォーム (お問い合わせなどの入力項目) がある	94.4%
画像や写真などに説明文がないため, スクリーンリーダーで読み上げられない	86.1%
画像認証の利用が困難もしくは利用できない (ログイン作業など, 毎回違う画像上に表示された文字を入力すること)	84.7%
ページレイアウトや構造が複雑すぎる, または構造化されていない	73.6%
情報量やリンクが多すぎる	59.7%

弱視者 (調査対象者=68)

内容	割合
背景と文字のコントラストが低く見づらい	51.5%
文字サイズが不適切 (小さい, 拡大できない, 拡大するとレイアウトが崩れるなど)	48.5%
情報量やリンクが多すぎる	45.6%
ページレイアウトや構造が複雑すぎる, または構造化されていない	44.1%
画像認証の利用が困難もしくは利用できない (ログイン作業など, 毎回違う画像上に表示された文字を入力すること)	44.1%

2.研究の背景

2.1.アクセシビリティ確保に関する動き

米国では、1986年に「リハビリテーション法 508 条」が成立した。この法律は、連邦政府による障害者の差別禁止を電子・情報技術に関して具体化したものである。当初は努力義務にとどまる内容であったため、1998年に、連邦政府が調達する IT 機器、ソフトウェア、ウェブサイト等がアクセシビリティ基準を満たすものでなくてはならないとの法的拘束力を有するよう修正された。また、日本では、2000年に「高度情報通信ネットワーク社会形成基本法（IT 基本法）」が制定された。この時期から、身体的な条件、年齢、地理的制約、その他の要因に基づく格差の是正が明確に示されるなど、情報アクセシビリティを確保するための法律が整備されはじめた。その一つとして、インターネットを介して情報を入手する際、障害者や高齢者にも、アクセスしやすいウェブコンテンツを制作するためのガイドラインが提案されてきた。

国際的には、インターネット技術の標準化団体である World Wide Web Consortium (W3C) の Web Accessibility Initiative (WAI) が策定した「Web Content Accessibility Guidelines (WCAG)」がある。WCAG は、1999年に 1.0 が、2008年に 2.0 (W3C, 2008) が勧告され、現在に至るまで世界の技術標準として広く参照されている。その後、WCAG 2.0 は、2012年に「ISO/IEC 40500 : 2012」として承認され、国際規格となった。

一方、国内では、独自規格として 2004年に「JIS X 8341-3 高齢者・障害者等配慮設計指針—情報通信における機器、ソフトウェア及びサービス— 第3部ウェブコンテンツ」が策定された。2010年の改正では、国際的な規格との一致が特に重要であるとの観点から、「WCAG2.0 をできるだけ含む形で改正された」（日本規格協会、2010）経緯がある。なお、国際規格が発行されている場合、その対応関係にある JIS を策定・改正する際には、できるだけ国際規格に合わせることを求められている。2016年に改正が予定されている JIS X 8341-3 は、筆者が改正原案作成委員会委員となり、国際規格に一致させるべく、次のような議論が行われている。

- JIS X8341-3:2010 の独自規定であった「プロセス」及び「試験」に関する内容を，JIS X8341-3:2016 では，規定から除外する．
- ISO/IEC 40500 : 2012 に記される達成基準について，より原文に近い日本語訳となるよう表現を改める．

2.2.JIS X 8341-3:2010 記載事項の概要

JIS X 8341-3:2010 は，名称に「高齢者・障害者等」と含まれるとおり，適用範囲には

主に高齢者・障害のある人及び一時的な障害のある人（以下，高齢者・障害者という．）が，ウェブコンテンツを利用するときに，情報アクセシビリティを確保し，向上させるために，ウェブコンテンツを企画，設計，制作・開発，検証及び保守・運用するときに配慮すべき事項について規定する．

と示されている．また，障害のある人としては，

- ・ 全盲・ロービジョン
- ・ ろう・難聴
- ・ 学習障害
- ・ 認知障害
- ・ 運動制限
- ・ 発話困難
- ・ 光過敏性発作

及びこれらの組合せを含んだ様々な障害が対象である

と記されている．JIS X8341-3:2010 は，それらの利用者に対して求められる配慮事項を達成基準として列記しており，高齢者・障害者等がウェブコンテンツを知覚し，理解し，操作できるようにするための指針である．

JIS X 8341-3:2010 では，ウェブコンテンツに関する要件への適合の程度を，ウェブコンテンツのアクセシビリティ達成等級と呼んでいる．ウェブコンテンツのアクセシビリティ達成等級には，等級 A，等級 AA 及び等級 AAA の 3 段階がある．達成等級 A として 25，達成等級 AA として 13，達成等級 AAA として 23，計 61 の達成基準が設けられ，達成等級 A は，最低限達成すべきレベルと位置づけられている（総務省，2010）．

JIS X 8341-3:2010 は、ウェブコンテンツの利用特性に応じて、目標とする達成等級を定めることができるなど、広範なウェブコンテンツに対して適用可能な規格とされるが、以下のような問題があると筆者は考える。

問題点 1. 達成基準ならびに実装方法の根拠が明確でない

JIS X 8341-3:2010 には、様々な利用者に対してアクセシビリティを確保するため、多くの達成基準が示されているが、その達成基準ならびにその達成基準を満たすための実装方法として挙げられる手法の一つ一つについて、明確な根拠が示されているものが少ない。

問題点 2. 日本語の特性について十分考慮されているとは言えない

JIS X 8341-3:2010 は、WCAG2.0 をできるだけ含む形で改正されている。JIS X 8341-3:2010 改正審議では、英語圏の社会と日本とにおける支援技術の機能の違い、言語に関連する違いをどう吸収するかが問題とされ、半角の英数字を対象とした基準である WCAG2.0 に対して、全角文字を扱う日本語のコンテンツにどう適用するかが議論された（日本規格協会，2010）。その結果、基準を定めた理由及び手順を日本語に適用することで日本の規格としたとされるが、それには、達成基準 7.1.4.3 の注記で示された「サイズの大きなテキスト」のみが該当するにとどまっている。

例えば、日本語は、漢字・ひらがな・カタカナという複数の文字種があり、画数による線の粗密の違い、単語間の空白の有無など、欧文とは異なる視覚的な特徴を有している。また、同音異義語や熟字訓、難読固有名詞など、音声などに変換する際にも問題となる点が多い。さらに、中学校教育レベルの読解力の判定など、英語圏ではその基準を評価するツールが利用できるが、日本語に対応した評価ツールが現存しないことなど、現在の規格では、日本語の特性について十分考慮されているとは言えない。

2.3.コントラスト比に関する規定

JIS X 8341-3:2010 には「7.1.4.3 最低限のコントラストに関する達成基準」が規定されている。この達成基準では、ウェブコンテンツが最低限確保すべきコントラストが規定され、その値はコントラスト比 4.5 : 1 である。このコントラスト比が定められた根拠は、Understanding WCAG 2.0 (W3C, 2008) の和訳版 (ウェブアクセシビリティ基盤委員会, 2008) で以下のように記されている。

標準的なテキスト及び視力における最低限の許容可能なコントラスト比として 3 : 1 を採用し、視力低下に伴うコントラスト感度の低下をおおよそ 1.5 とする数値を加味したものである。

つまり、標準的な視力を有する晴眼者にとっての最低限のコントラスト比 3 : 1 に対して、ロービジョン者 (分数視力 20/40) のコントラスト感度損失 1.5 (Arditi, A. and Faye, E. 2004) を考慮した計算上の値が基準となっていることになる。

ここで採用されている晴眼者にとっての最低限のコントラスト比 3 : 1 は、ISO9241-3:1992/2000 (JIS Z8513-2006) (ISO, 1992) 及び ANSI/HFS 100-1988 (ANSI/HFS, 1988) で推奨されている数値である。その根拠となる実験 (Shurtleff, D.A., and Wuersch, W.F. 1979) では、以下のことが示されている (図 1)。

- 複数の文字サイズに対して、文字認識速度と正解率を計測している
- 計測に用いたコントラスト比は、10 : 1, 8 : 1 と高いものに限定される
- コントラスト比 6 : 1, 4 : 1, 2 : 1 は、いずれも推測値である

つまり、コントラスト比 3 : 1 は、実験により得られた数値ではなく、推測値ということになる。また、この実験は 1979 年に行われたものである。当時は、ブラウン管のディスプレイが対象であるのに対し、現在は液晶ディスプレイの利用が一般的である。また、画面の大きさや解像度の違いもある。さら

に、輝度や視野角、色域など、画面特性が大きく異なっていて、現在の一般的な閲覧環境とは異なっている。

また、ロービジョン者は、視力・視野・羞明（まぶしさを過剰に感じる状態）などの程度によって、その見え方は様々である。ロービジョン者の感度損失を一律 1.5 と見なすことは、ロービジョン者の個々の実情に即していない。加えて、ロービジョン者に対して低コントラスト下での実験が行われていないことから、その見え方を正しく評価できているとは言えない。

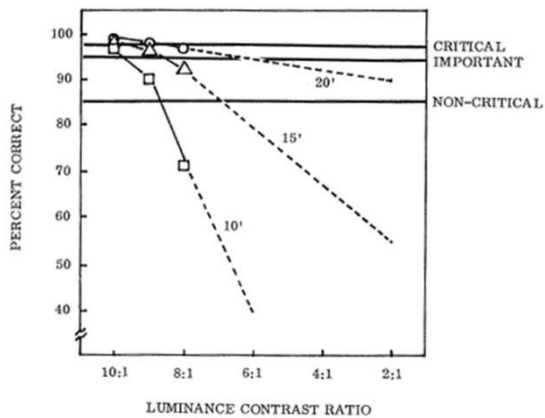


Figure 1. Obtained Symbol Accuracy Values (Solid Lines).
Extrapolated Accuracy Values (Dotted Lines).

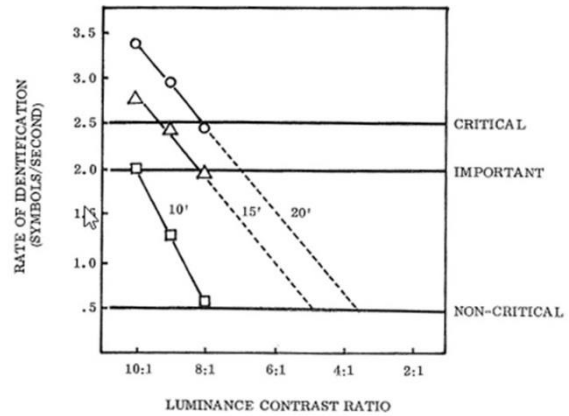


Figure 2. Obtained Symbol Identification Rates (Solid Lines).
Extrapolated Symbol Identification Rates (Dotted Lines).

図 1 Shurtleff, D.A. , and Wuersch, W.F. (1979)

3.実験の検討

本研究では、「JIS Z 8513:2006 人間工学—視覚表示装置を用いるオフィス作業—視覚表示装置の要求事項」（日本規格協会，2006）の「附属書 C（規定）視覚作業性及び快適性試験」（以下「試験規定」とする）を基に，実験の検討を行なった．

JIS Z 8513 は，JIS X 8341-3:2010 の関連規格である．JIS Z 8513 では，ディスプレイが確保しなければならないコントラスト比を 3 : 1 以上と定めており，この値は JIS X 8341-3:2010 に定められる数値基準の根拠となる数値（晴眼者に対するコントラスト比 3 : 1）と一致する．JIS Z 8513 は，ディスプレイの画質評価を行なうための規格であるが，試験規定には，利用者の見え方を評価するための詳細な規定が示されていると判断し，本研究での試験規定として採用することとした．

試験規定は，試験対象となるディスプレイに表示された英数字の中の検索対象とする文字（以下，「ターゲット文字」とする）を早く正確に，見やすく検索できることを意図したもので，視覚表示装置が要求事項を満足するかを評価するものである．

実験の主な手順としては，以下のように示されている．

1. ディスプレイに無意味文の文字群を表示する
2. 実験協力者は，無意味文の文字群よりターゲット文字を探す
3. 実験者は，実験協力者がターゲット文字を見つけるのに要する時間及び誤り数を測定する
4. 実験協力者は，ディスプレイの画質を主観的に評価する

試験規定では，実験協力者は，400mm 以上の視距離において正常または矯正によって正常な近見視力をもっていることが条件とされている．画面に表示させる無意味文についてはランダムな文字列であり，行長は行間の 25 倍未満，文字列内のスペースは 15%，最短の文字列長さは 2 文字などの条件が定められている．

本研究の対象者は、ロービジョン者である。試験規定では、視距離 400mm とした場合、文字高は、画面上で約 2mm となる。この文字サイズでは、ロービジョン者が文字を識別できない、または難しいと考えられるため、試験規定どおりの実験は困難と考える。そのため、ロービジョン者に対して実験が可能となるようにするには、実験手順の改良が必要である。

4. 実験

4.1. 予備実験

4.1.1. 実験方法

本実験は、ディスプレイに表示される文字について、見やすいコントラスト比を調査するため、無意味文の文字群を画面に表示し、ターゲット文字を見つけるのに要する時間を計測し、見落とし・見間違いの数を測定するものである。試験規定では、単一のコントラスト比で画面提示を行なっている。それに対し、本研究では、ロービジョン者にとって最低限の許容可能なコントラスト比を明らかにすることを目的としており、毎回異なるコントラスト比で画面提示を行なう。その他の試験方法及び実施の手順については、試験規定に沿う。

実験協力者は2名、いずれも晴眼者で本学職員である。試験用の表示例を図2に示す。表示は、日本語の無意味文を含み、コントラスト比最大13.6:1から最少2.0:1までの9種、文字数は15%のスペースを含む300文字、文字サイズは5.5ポイントなど表2に示す条件を満たすものとした。またターゲット文字の選定にあたっては、試験規定のとおり「ン」「ソ」など類似する文字を除外した。

実験を行なうにあたって、本実験は、ロービジョン者に対して本実験を行なうための改良を検討するための予備実験であり、試験に関する環境・装置・手順・スケジュール等に関してコメントを求めた。

ムタセスラフ メメツ ルよ8 ニチめヨやめい イまつよ コチデむ モキエリクマ1
テヤせわねネぬん けイモホラ ふくフ ししく まニサいヒ おらこ テサモ 4カノ
セ0マ えるま8モルコ ミクヒハ7 9さホは4エ0ヲさオ3チネロるい ソリエ6チ
え8ケテおキ ヘムロ ニフコクラ らテテ テゆかすを ツるおんね タセリ1ウ ヤ
いてくりわ ニをへらすぬゆ やへる なるマサ つムモ キフのかつ ふツこがねのく
2ミき にホワカ クイスルみ ねこれし4 たますリンれエ5 8ほハ2 ヒモヘノ
9すへちしてぬひテ しさ6せゆニ5トレヨちクむ おるソキみへ ラお3 ケたナ ヤ
3ヤキキよせめヤ ロヌル ラれ6 ゆんハ

図2 予備実験における試験用表示の例

表 2 予備実験における試験用表示の条件

<p>コントラスト比</p>	<p>文字色を黒（16進数のカラーコード#000000）とし、それに対して下記のコントラスト比となるような背景色を定める.</p> <table border="1" data-bbox="558 510 1356 723"> <tr> <td>13.6 : 1</td> <td>6.6 : 1</td> <td>3.3 : 1</td> </tr> <tr> <td>11.5 : 1</td> <td>5.3 : 1</td> <td>2.6 : 1</td> </tr> <tr> <td>9.7 : 1</td> <td>4.2 : 1</td> <td>2.0 : 1</td> </tr> </table>	13.6 : 1	6.6 : 1	3.3 : 1	11.5 : 1	5.3 : 1	2.6 : 1	9.7 : 1	4.2 : 1	2.0 : 1
13.6 : 1	6.6 : 1	3.3 : 1								
11.5 : 1	5.3 : 1	2.6 : 1								
9.7 : 1	4.2 : 1	2.0 : 1								
<p>文字数</p>	<p>総数：300文字（15%のスペースを含む） 最短の文字列：2文字 最長の文字列：14文字</p>									
<p>ターゲット文字</p>	<p>ランダムに指定</p>									
<p>文字サイズ</p>	<p>5.5pt</p>									
<p>使用フォント</p>	<p>メイリオ</p>									
<p>周辺余白・ 周辺の色</p>	<p>無意味文の文字群を表示する範囲は特定せず，画面全体に同一の背景色を適用する.</p>									
<p>ページ切り替え 手法</p>	<p>F5 キーを押下するごとに，ページが再読み込みされ，文字列及びコントラスト比がランダムに切り替わる.</p>									

4.1.2. 実験装置

実験に用いた機器は、図 3 に示すように、無意味文の文字群を表示するための実験協力者用ディスプレイ、表示画面の変更など閲覧対象物を操作するための実験者用 PC で構成される。実験協力者用ディスプレイは、実験者用 PC から外部ディスプレイ（拡張表示）として接続され、実験協力者用ディスプレイには全画面で無意味文の文字群が表示される。実験協力者用ディスプレイと実験者用 PC の仕様を表 3 に示す。実験協力者用に用いたディスプレイは下記のような特長を有している。

- IPS 方式のパネルを用いており、閲覧する角度による輝度変化が少ない
- ノングレア液晶のため、外光の映り込みが少ない
- 角度調節機能があり、閲覧しやすい角度に調節できる

無意味文字群の表示を行うためのプログラムは、一般的なウェブブラウザで動作が可能となるよう、ウェブコンテンツの記述言語として最も一般的な HTML 及び CSS を使用した。筆者が独自に開発した HTML 及び CSS ファイルをウェブブラウザ（Google Chrome）の全画面表示モードを用いて実験協力者への提示を行なった。ウェブブラウザの表示拡大率は 100%とした。

実験時の表示の切り替えには、JavaScript を用いて、読み込みをするごとに、異なる文字列、異なるコントラスト比でランダムに表示されるよう設定した。

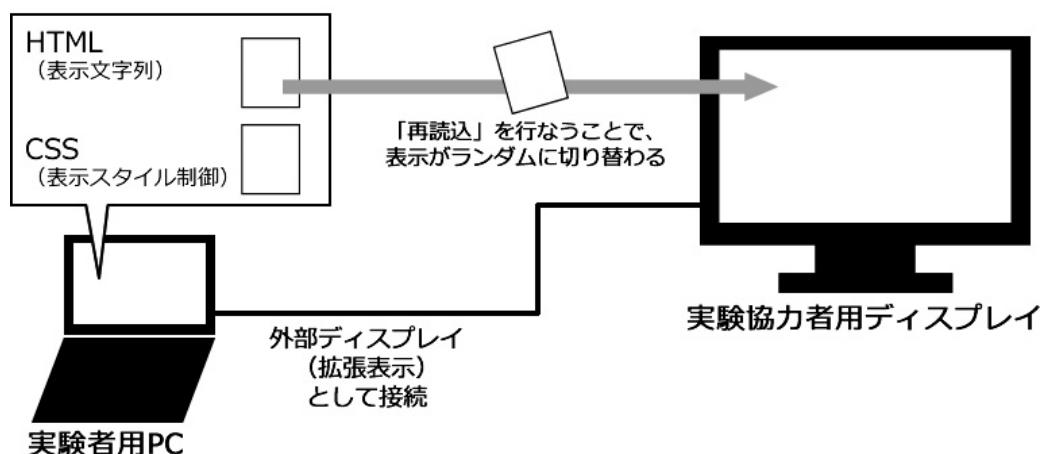


図 3 予備実験に用いた機器構成図

表 3 実験協力者用ディスプレイと実験者用 PC の仕様 (予備実験)

機器	仕様	
実験協力者用 ディスプレイ	メーカー・機種	Iiyama Pro Lite X2380HS
	液晶	IPS ノングレア液晶
	サイズ	対角：58.4cm (23 型) 16 : 9
	画面解像度	1920×1080 ピクセル
	画素ピッチ	0.265mm
	視野角	左右各 89°, 上下各 89°
	輝度	250cd/m ²
	コントラスト比	1000 : 1
	角度調整範囲	上方向 21°, 下方向 4°
実験者用 PC	メーカー・機種	ASUS VivoBook X202E
	OS	Windows 8 64 ビット

4.1.3.実験手順

実験は以下の手順で行なった。

1. ターゲット文字の伝達及び検索に関する注意
2. ターゲット文字の検索
3. 検索時間の計測
4. 主観評価の実施
5. 手順 1～4 を，計 10 回繰り返す。

手順について以下に，詳述するとともに，図 4 に流れを示す。

手順 1. ターゲット文字の伝達及び検索に関する注意

実験者は，実験協力者にターゲット文字を口頭で伝える。伝達例は下記のとおりである。

無意味文が表示されたらすぐに検索作業を始めてください。

【カタカナの「ミ」】を見つけたら，「はい」と言ってください。
全文を読み終わったら「終わりました」と言ってください。
できるだけ速く，正確に画面を見ながら作業してください。
各画面でターゲットの数や配色は変わりますので，
各画面で正しく読み，探し，ターゲット文字があることを
できるだけ速く正確に示すようにしてください。

文字を探すときには，探し方の方針を変えないようにしてください。

1 回目の実験では，見逃さないようにじっくり見て，
2 回目の実験では，さっと見てから確認のために改めて見る
といったようなことはせずに，同じ探し方をするように心がけてください。
また，画面によっては見えづらいこともあるかもしれませんが，
できるだけ，画面との距離を一定に保つようにしてください。

手順 2. ターゲット文字の検索

実験者は、ディスプレイ上に図 2 で示した試験用表示を映し、実験協力者は、黙読し、その文字列からターゲット文字を検索する。表示が行われたらすぐに検索を開始し、ターゲット文字を見つけるごとに「はい」、検索終了時には「終わりました」と発声する。

手順 3. 検索時間の計測

実験者は、表示開始時から「終わりました」発声時までを検索時間として計測し、ターゲット文字の出現数及び発見数を記録する。

手順 4. 主観評価の実施

実験協力者は、ターゲット文字の検索が終了後、ターゲット文字の検索を行なった表示画面の視覚快適性について 9 段階で主観的に評価する。

手順 5. 手順 1.~4.を、計 10 回繰り返す

手順 1.~手順 4.を、コントラスト比、文字列、ターゲット文字を変えて、計 10 回実施する。表示条件の変更は、実験者が、表示画面の再読み込みを行なうことで実行される。ただし、2 回目以降、手順 1.については、ターゲット文字の伝達のみとし、検索時の注意に関する伝達は行なわない。

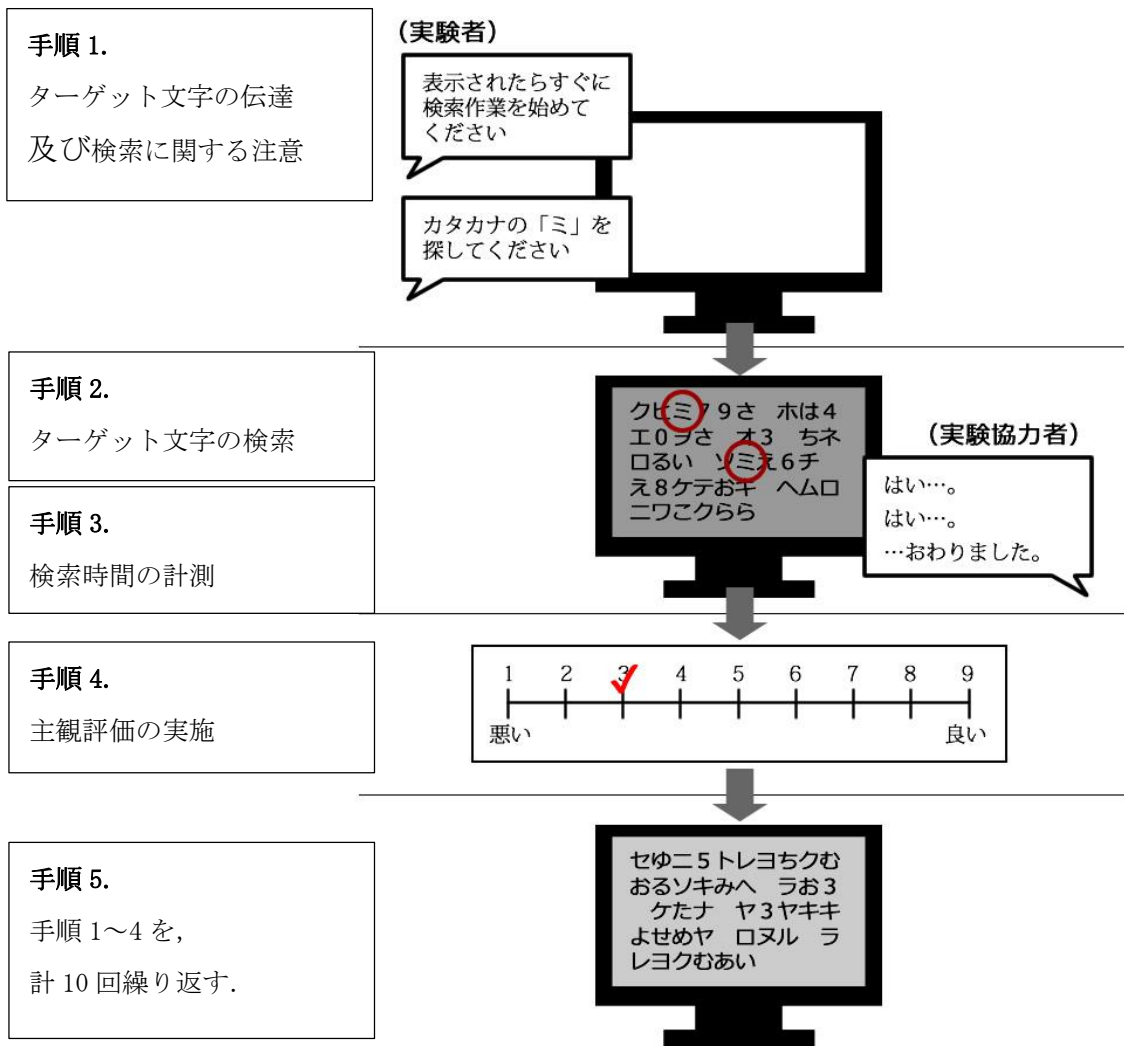


図 4 予備実験の流れ

4.1.4. 実験結果及び考察

予備実験の結果を図 5 に示す。予備実験では、1 名は、表示された中で最も低いコントラスト比 2.6 : 1 のとき検索時間が 61.3 秒 (2 回 : 59.8 秒・62.8 秒)、最も高いコントラスト比 13.6 のとき 50.6 秒となり、コントラスト比の低下とともに検索時間が緩やかに増加した。もう 1 名は、表示されたすべてのコントラスト比 (2.0 : 1~13.6 : 1) において、ほぼ一定の検索時間 (平均 33.6 秒) をとり続けた。

今回の実験では、コントラスト比、文字列、ターゲット文字をランダムな表示とし、表示回数の統制を行なわなかった。そのため 10 回の実験のうち、中程度のコントラスト比 5.3 : 1 が半数の 5 回出現してしまう代わりに、実験時にターゲット文字がまったく出現しなかったり、出現回数が極めて少なかったりした。また、同一のコントラスト比が連続して表示される、あるいは、特定のコントラスト比の画面が表示されないといった問題が発生した。

実験協力者からは、ターゲット文字の出現回数が少ないことに対して、「本当にその文字が文字列内にあるのか不安」「もう少し見つけた感じがある方がいい」との感想を得た。

また、検索中にターゲット文字が何であるかを忘れてしまう懸念があること、実験者が実験中にメモを取るなどの動きが生じることに伴って、ディスプレイに無用な揺れが生じるなど、実験環境・設備に関する問題があることも明らかとなった。

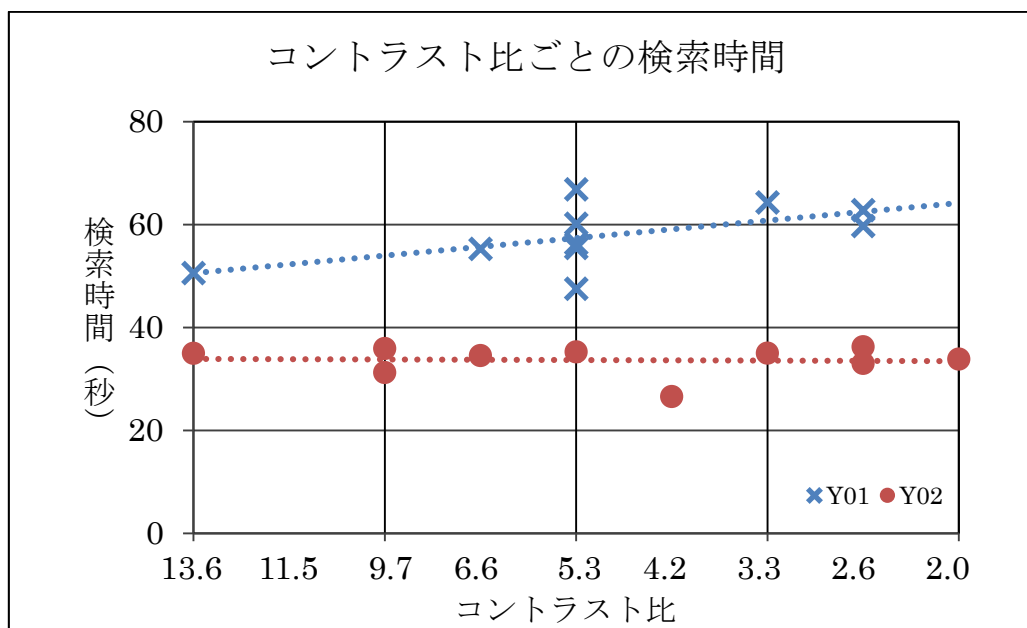


図5 予備実験の結果

4.2. 実験の改良

予備実験によって、明らかとなった実験の不備や懸念について、改良を施した。晴眼者に対して実験を行なうにあたっての改良とともに、同様の実験をロービジョン者に対して行なうに当たって考慮すべき点についても述べる。

4.2.1. 試験規定の見直し

(1) ターゲット文字の出現頻度を増加

予備実験では、実験ごとにランダムな文字列を生成し、毎回異なるターゲット文字を指定した。ひらがな・カタカナは、アルファベットと比べて文字の種類が多く、ランダムな文字列を生成した場合、そこに含まれるターゲット文字の出現数が極端に少なくなってしまう。それによって、表示文字列内にターゲット文字が見つからず、実験協力者に不安が生じてしまうことが予備実験により明らかとなった。そのため、予め無意味文の文字群を作成しておき、ターゲット文字の出現頻度を2~3%（300文字中6~9回）となるよう統制（図6）した。

(2) ターゲット文字の誤りを除外しない

試験規定では、エラー率10%以上の場合には、その試験結果を解析対象としないこととされている。表示文字数300文字に対して、6~9文字のターゲット文字を出現させるよう改良を行なう場合、ターゲット文字1文字を見落とすだけで、その結果を除外しなければならないこととなる。本実験では、低コントラスト、つまり一般的なウェブコンテンツよりも見えにくい状態で画面表示を行なうため、通常と比べ見落とししたり、見間違えたりする可能性が高くなることが想定される。そのため、試験規定どおりでは、解析対象として採用できる結果が極めて少なくなる可能性が高い。また、見落とし・見間違いが「見やすさ」を評価する材料と考えられる。そのため、誤りがあつた場合でも結果から除外せず、すべての計測結果を解析対象とすることとした。

(3) 表示位置の固定

試験規定では、表示位置による表示品質の違いを確認するために、無意味文の文字群を画面上5ヶ所のうち1ヶ所にランダムに表示するよう規定している。本実験では、常に画面中央に表示するようにした。これは、本実験が、表示位置に関わらず同等の表示品質を得ることができる機器を用いているためである。ただし、実験協力者の視野等を考慮し、要望に応じて、無意味文の文字群自体を画面やや上方（下方）に移動を行なった。

(4) ターゲット文字の紙による提示

予備実験の際、ターゲット文字の伝達は実験開始直前に口頭で行なっていたが、検索の途中で、ターゲット文字が何であったかを忘れてしまう可能性があるとの指摘があったため、ターゲット文字が印刷された用紙を実験時に提示し、実験協力者が手元で常に参照できるようにした。

ランダム (改良前)

こオケ7 ケる6 ねそわ かかつくゆやコレみ ろにシル はモめみをら しへカ7ネ
ワ ヲアに9 るみんヌ すトキホよツのあケむ5セス4 をちつやス 9コた3 あミ
ワちちヲヤむ タカウル9な ムコとツマチ んをラモ こる口くホト ろムモタ エ
イか ラよそ7 ひぬカ たせカメヨカに なカふほや みイラソふシ ふあわん やい
ヤフ ミあエア フつへい カイゆハホちイま めチヌへ りチククき 口9をオ めそ
よて サトミヒ 2りまんはナ んもち7け 0まマオン や5ヌトナぬぬサタマラシサ
ノヒタ8ネ ルイきなヒむゆこら キノ7モマ シマ9 ヲほハメ レ3けカルあ いヒ
レツカ ねちけタほナ7ウ まレロイらくイ

出現率 6~9% (改良後)

こオケ7 6ネ ねそわ かかつくゆやコレみ ろにネル はモめみをら しへカ7ネ
ワ ヲアに9 るみんヌ すトキホよツのあケむ5セス4 をちつやス 9コたネ あミ
ワちちヲヤむ タカウル9な ムコとツマチ んをラモ こる口くホト ろムモタ エ
イか ラよそ7 ひぬカ たネカメヨカに なカふほや みイラソふシ ふあわん やい
ヤフ ミあエア フつへい カイゆハホちイま めチヌへ りチククき 口9をネ めそ
よて サトミヒ 2りまネはナ んもち7け 0まマオン や5ヌトナぬぬサタマラシサ
ノヒタ8ネ ルイきなヒむネこら キノ7モマ シマ9 ヲほハメ レ3けカルあ いヒ
レツカ ねちけタほナ7ウ まレロイらくイ

図6 ターゲット文字出現頻度改良前と改良後の表示例比較

4.2.2. ロービジョン者に対する実験を行なうための改良点の検討

(1) MNREAD-J の活用による文字サイズ最適化

試験規定では、晴眼者を対象としているため、ターゲット文字を含む表示文字が小さい。そのため、ロービジョン者に対して試験規定どおり実験を行なった場合、コントラスト比に関わらず文字が認識できないために評価ができない、あるいは、文字の認識ができたとしてもロービジョン者の検索時間と晴眼者の検索時間の間に大きな差が生じることが懸念された。

また、ロービジョン者は人によって見え方がさまざまである。そのため、読みやすいと感じる文字サイズで表示を行う必要があると考えた。それには、実験協力者ごとに適切な文字サイズを算定する必要がある。そこで、本実験では、代表的な算定手段として「MNREAD-J」（小田浩一，2001）を用いることとした。

MNREAD-J は、読書効率の評価方法としてよく利用されている。

（MNREAD-J に関連する用語及び実施方法に関して付録 2 に記す。）

MNREAD-J のチャート（図 7）は、版上に、 $-0.5\log\text{MAR}$ （0.9pt）～ $1.3\log\text{MAR}$ （55pt）の文字サイズの異なる統制された 30 文字の文章が記されている。これらの文章に対して、読み上げのスピードや読み間違いの数を計測することによって、「最大読書速度」、「読書速度が低下せずに読むことのできる最小の文字サイズ（臨界文字サイズ）」、「何とか読書ができる文字サイズ（読書視力）」を評価することができる（図 8）。本実験での画面表示を行なう際は、この「臨界文字サイズ」を適用することとした。

ロービジョン者に対して臨界文字サイズを適用した場合、表示文字サイズが大きくなり、試験規定に示される文字数が一画面内に収まらないことがある。試験規定どおりの文字数を表示させた場合、スクロール操作が必須となり、その場合には、表示文字数と行長を調整することで、一画面内に収まるようにした。

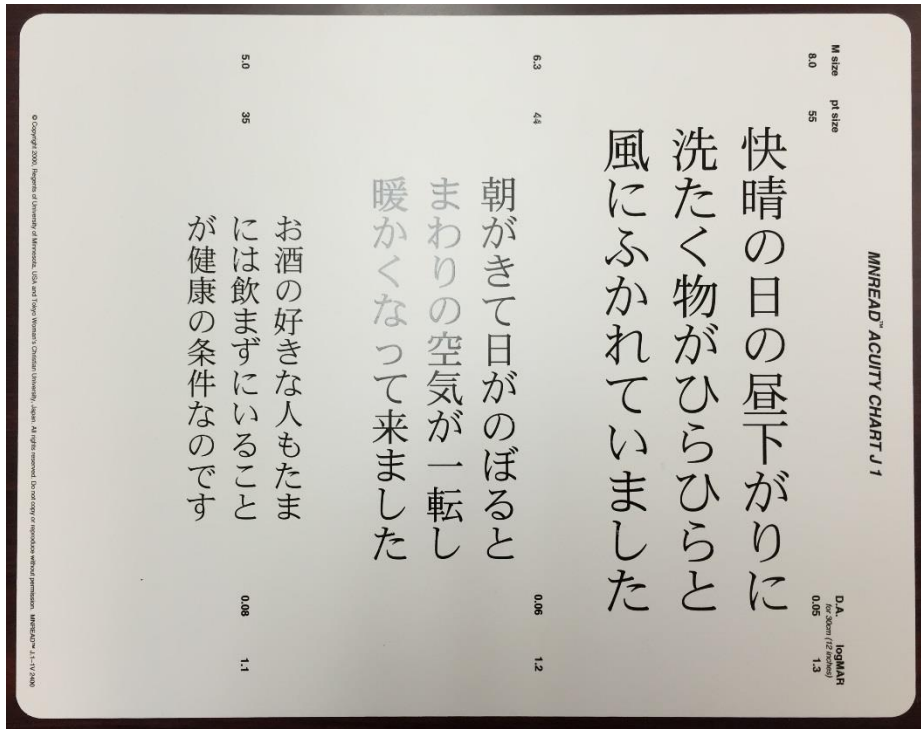


図 7 MNREAD-J のチャート

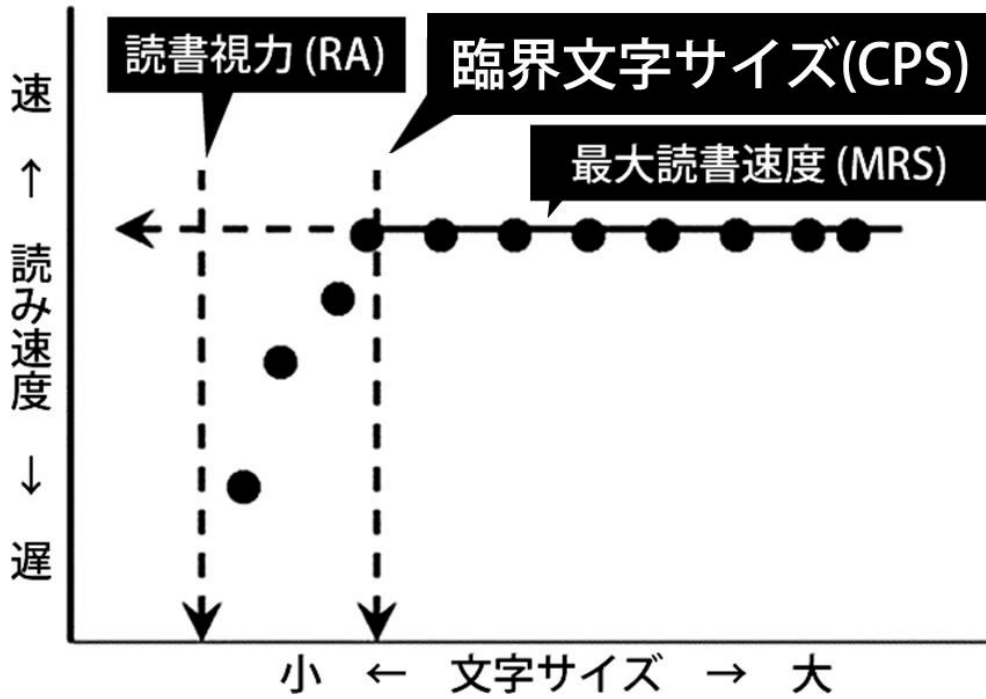


図 8 MNREAD-J による測定結果と 3 つの読書評価指標

4.2.3.コントラスト比及びその変化に関する規定の追加

(1) 表示に用いたコントラスト比の値の変更

予備実験においては、コントラストの高低差を広くとることで、見えやすさの違いが生じるコントラスト比の値がどこに存在するかを確認することを試みた。その結果、高コントラスト下では検索時間及び主観評価には差が生じなかったため、実験時のコントラスト比の上限は $6.6 : 1$ にとどめることとした。

一方、低コントラスト下では、主観評価には差が生じたこと、また、晴眼者に対する最低限のコントラスト比として規定される $3 : 1$ 周辺の値を検証する必要があると考えたことから、 $3 : 1$ よりも低いコントラスト比の値をより細かく設定することとした。そこで、予備実験時よりもさらに低いコントラスト比 $1.8 : 1$ を採用することとした（図 9）。

(2) 表示順の改善

コントラスト比の異なる画面を表示する際、コントラスト比の高低に対する慣れによる影響を低減させるため、コントラスト比の昇順または降順で提示するのではなく、コントラスト比の高低が交互に現れるように出現順を統制した。

また、はじめと終わりを同じコントラスト比 ($2.9 : 1$) の画面表示とすることで、実験を行なうことによる疲労の影響を確認した。 $2.9 : 1$ のコントラスト比は、今回の実験に用いたコントラスト比の中で、規格において晴眼者に対して最低限確保すべきとされるコントラスト比 $3 : 1$ に最も近い値である。

(3) 無意味文文字群周辺の余白の設定

予備実験時には、無意味文の文字群を表示する範囲は特定せず、画面全体に同一の背景色を適用していたが、通常のウェブサイト閲覧の際にも全画面表示を用いることは少ない。画面全体が同じ背景色で覆われていることに違和感を覚えるとの指摘があり、また、表示エリアを明確にするため、無意味文に対して上下左右とも 200 ピクセルの余白を設けることとした。ただし、文字サイズ

を大きくした結果、200ピクセルの余白が確保できない場合には、ディスプレイの上端や下端までを余白とした。

(4) 評価用画面間の表示色

コントラスト比の急激な変化による目への刺激・疲労を軽減するため、主観評価完了時から、次の実験開始までの間は、明るめのグレー（#aaaaaa, RGB値 170, 170, 170）を画面全体に表示した。

(5) 休憩取得に関する配慮

試験規定には、実験時の休憩取得に関する記述は認められない。本実験においては、通常の閲覧に適さない低コントラスト比の画面を用いることや、ロービジョン者を実験協力者にしていることから、目や身体の疲労には十分な配慮を行なう必要があると考えた。そこで、実験開始時に、適宜休憩をとる旨、要望に応じて何度でも休憩の取得ができる旨を伝え、加えて、低コントラスト比の画面を表示した後に、休憩を促したり、長めの休憩をとったりするなどの配慮を行なった。

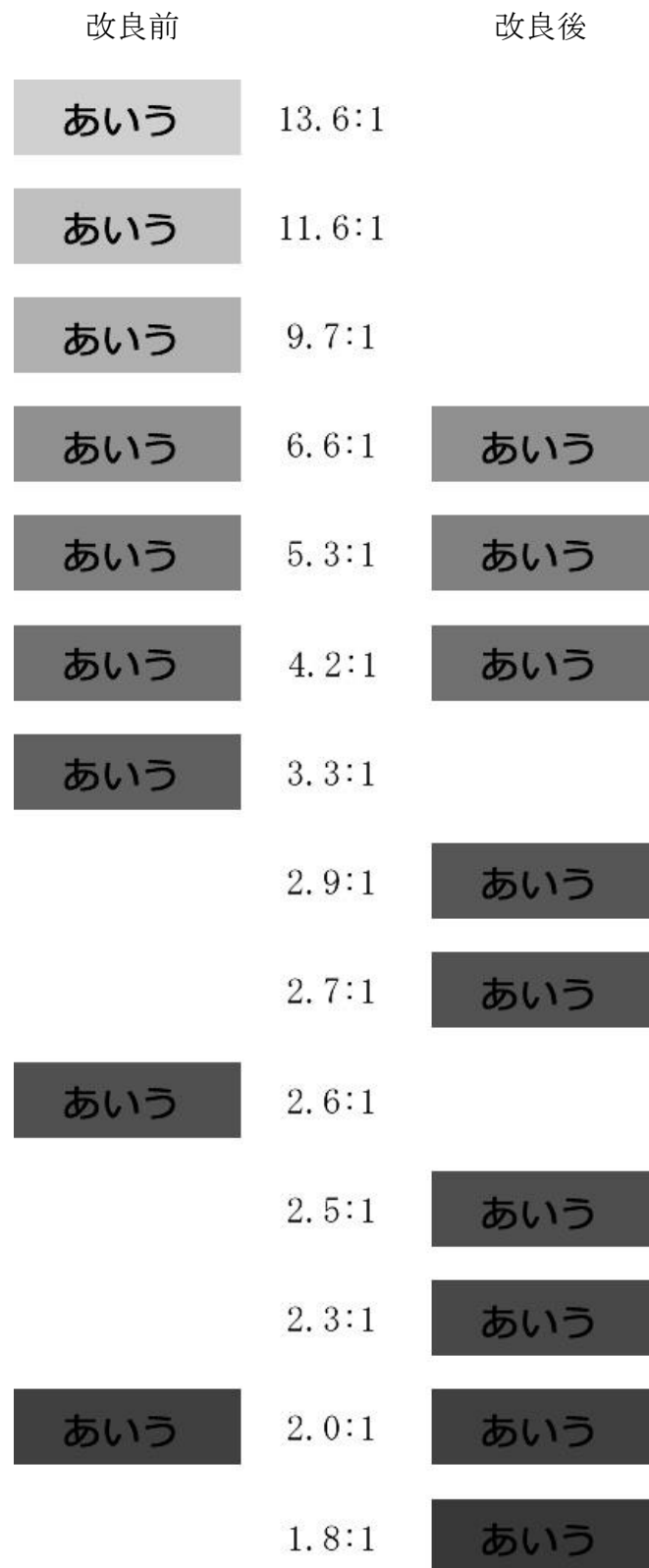


図9 表示に用いたコントラスト比の改良前後比較

4.2.4 主観評価に関する改良

検索時間が長時間になったり，ターゲット文字を発見できなかつたりすることは，閲覧時の不安（心的負担）につながると考えられる．そこで本実験では，主観評価と，検索時間との間の相関についても検討することとした．

試験規定では，ディスプレイの知覚的画質の評価として，視覚快適性を「1：悪い」～「9：良い」の9段階で尋ねているが，なにを「快適」の基準とするかがあいまいであるとの指摘があった．

そこで，本実験においては，文字そのものの識別しやすさと，画面の明暗による快適性を区別するため「画面の明るさ」と「文字の読みやすさ」という2つの設問に改めた．

4.3.本実験

4.3.1.実験方法

研究倫理

本研究は，国立大学法人筑波技術大学研究倫理委員会の承認を得て実施した．本実験に際し，

- 名前や個人を識別する情報は非公表とする．
- 実験協力者自身の希望によりいつでも実験を中止できる．
- この研究で得られた情報は筑波技術大学大学院を通じて，関連する学会・雑誌等へ投稿される可能性がある．

などを実験開始前に，実験協力者に説明し，質問には回答した．その結果，すべての実験協力者より同意を得た．

実験協力者

実験に協力してもらったロービジョン者は，19歳から41歳までの9名（平均年齢22.2歳），晴眼者は，19歳から29歳までの10名（平均年齢21.0歳）の計19名である．ロービジョン者はいずれも筑波技術大学の学生で，晴眼者は近隣の専門学校生である．なお，ロービジョン者については，視力・視野・眼疾患等のヒアリングは行なわなかった．視力や視野に拠らず見え方はそれぞれ異なり，本人が自身の視機能を正確に把握・説明できるとは限らない．そのため，本実験では，実験協力者それぞれに対し，4.2.2で述べたように「MNREAD-J」を実施することで，読み速度や最適な文字サイズを的確に算定した．

試験用表示

試験用の晴眼者向け表示例を図10に示す．表示は，日本語の無意味文を含み，コントラスト比最大6.6:1から最少1.8:1までの9種，文字数は15%のス

ペースを含む 300 文字，文字サイズは 5.5 ポイントなど表 4 に示す条件を満たすものとした．またターゲット文字の選定にあたっては，試験規定のとおり「ン」「ソ」など類似する文字を除外した．



図 10 本実験における試験用表示の例（晴眼者向け）

表 4 本実験における試験用表示の条件

<p>コントラスト比</p>	<p>文字色を黒（16進数のカラーコード#000000）とし、それに対して下記のコントラスト比となるような背景色を定める.</p> <table border="1" data-bbox="564 524 1343 745"> <tr> <td>6.6 : 1</td> <td>2.9 : 1</td> <td>2.3 : 1</td> </tr> <tr> <td>5.3 : 1</td> <td>2.7 : 1</td> <td>2.0 : 1</td> </tr> <tr> <td>4.2 : 1</td> <td>2.5 : 1</td> <td>1.8 : 1</td> </tr> </table>	6.6 : 1	2.9 : 1	2.3 : 1	5.3 : 1	2.7 : 1	2.0 : 1	4.2 : 1	2.5 : 1	1.8 : 1
6.6 : 1	2.9 : 1	2.3 : 1								
5.3 : 1	2.7 : 1	2.0 : 1								
4.2 : 1	2.5 : 1	1.8 : 1								
<p>文字数</p>	<p>総数：300文字（15%のスペースを含む） 最短の文字列：2文字 最長の文字列：18文字</p>									
<p>ターゲット文字</p>	<p>出現頻度：2～3%（6～9文字） ひらがな6種「え」「お」「つ」「の」「ふ」「ゆ」 カタカナ3種「ネ」「ホ」「ヨ」 アルファベット1種「e」</p>									
<p>文字サイズ</p>	<p>実験協力者ごとに臨界文字サイズで実施 ロービジョン者：7.0pt～44.0pt 晴眼者：5.5pt</p>									
<p>使用フォント</p>	<p>メイリオ</p>									
<p>周辺余白・ 周辺の色</p>	<p>文字群周辺余白 上下左右とも200ピクセルの背景域を設けた。 画面全体 表示させるコントラスト比に関わらず明るいグレー（#aaaaaa）を背景色とした。</p>									
<p>ページ切り替え 手法</p>	<p>実験協力者閲覧用ディスプレイに配置したウェブブラウザ上に、ドラッグアンドドロップして展開。</p>									

4.3.2. 実験装置

実験に用いた機器は、図 11 に示すように、無意味文の文字群を表示するための実験協力者用ディスプレイ、表示画面の変更など閲覧対象物を操作するための実験者用 PC で構成される。実験協力者用ディスプレイは、実験者用 PC から外部ディスプレイ（拡張表示）として接続され、実験協力者用ディスプレイには全画面で無意味文の文字群が表示される。実験協力者用ディスプレイと実験者用 PC の仕様を表 5 に示す。

また、表示文字サイズの最適化を行なうために、MNREAD-J (MNREAD ACUITY CHART J1) 及び書見台を用いた。

無意味文字群の表示を行うためのプログラムは、一般的なウェブブラウザで動作が可能となるよう、ウェブコンテンツの記述言語として最も一般的な HTML 及び CSS を使用（付録 4 参照）した。筆者が独自に開発した HTML 及び CSS ファイルをウェブブラウザ（Google Chrome）の全画面表示モードを用いて実験協力者への提示を行なった。ウェブブラウザの表示拡大率は 100%とした。

表示のために用意した HTML ファイルは、実験に用いる 10 ファイルに加え、実験開始前や実験の合間の表示用、練習用、低コントラスト例示用、高コントラスト例示用の計 14 ファイル。CSS ファイルは、異なるコントラスト比の組合せを列記したものと、表示範囲や文字サイズの組合せを列記したものの 2 ファイル。実験協力者閲覧用ディスプレイに配置したウェブブラウザ上に表示させることで、実験の表示を切り替えている。ディスプレイの設置については、天井灯の映りこまないよう角度や配置に配慮した。実験は、静音の保たれた対面朗読室を使用し、カーテンを閉め外光の影響をなくした環境で行なった。実験時の様子を、図 12 に示す。

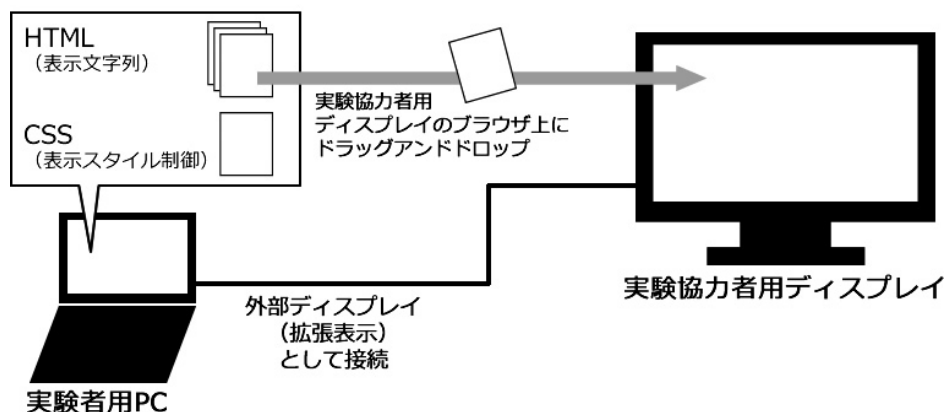


図 11 本実験に用いた機器構成図

表 5 実験協力者用ディスプレイと実験者用 PC の仕様 (本実験)

機器	仕様	
実験協力者用 ディスプレイ	メーカー・機種	Iiyama Pro Lite X2380HS
	液晶	IPS ノングレア液晶
	サイズ	対角：58.4cm (23型) 16 : 9
	画面解像度	1920×1080 ピクセル
	画素ピッチ	0.265mm
	視野角	左右各 89°, 上下各 89°
	輝度	250cd/m ²
	コントラスト比	1000 : 1
	角度調整範囲	上方向 21°, 下方向 4°
実験者用 PC	メーカー・機種	ASUS VivoBook X202E
	OS	Windows 8 64 ビット

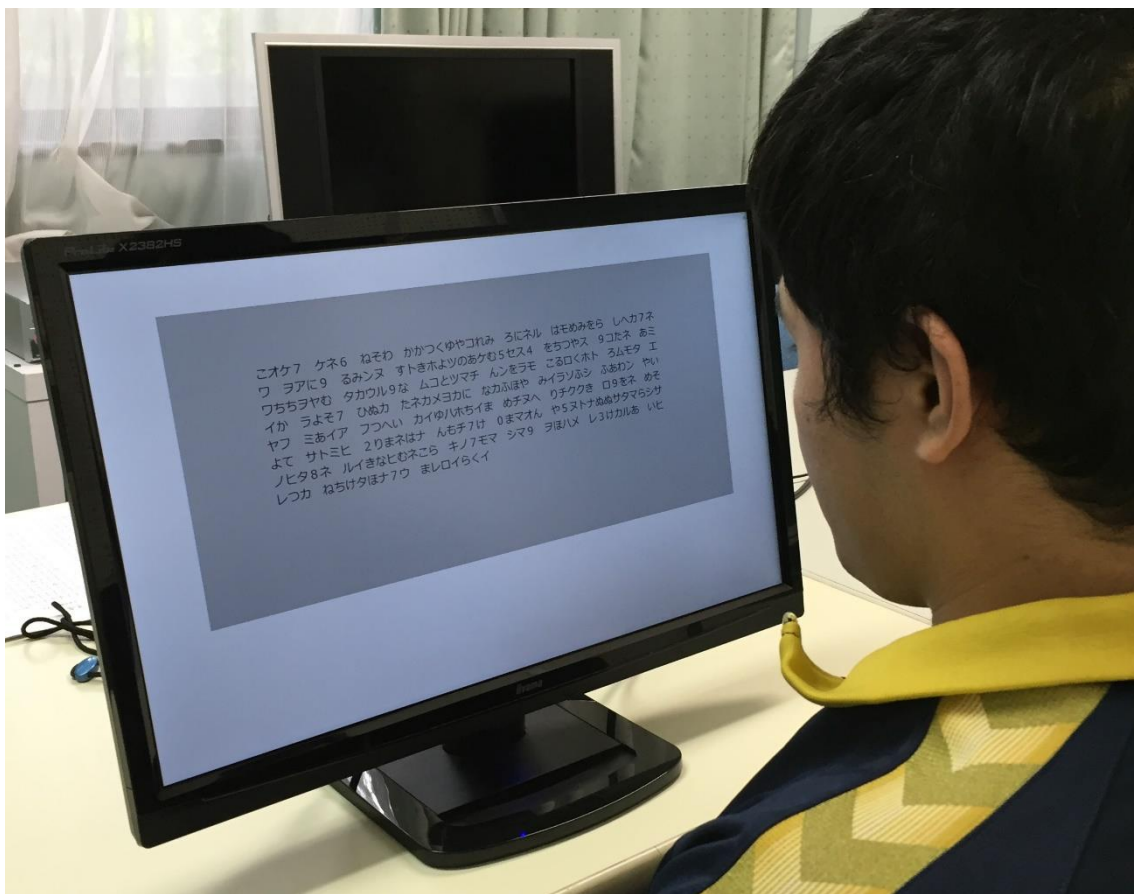


図 12 本実験時の様子

4.3.3.実験手順

実験は、実験 1「提示文字サイズの決定」と、実験 2「コントラスト比別の検索時間の測定及び主観評価」で構成され、実験 1 実施後、準備が整い次第続けて実験 2 を実施した。実験 1 には 10 分程度、実験 2 には 40 分から 65 分程度を要した。

実験は以下の手順で行なった。

- 実験 1：提示文字サイズの決定
 1. MNREAD-J の実施
 2. 評価用画面のカスタマイズ
- 実験 2：コントラスト比別の検索時間の測定及び主観評価
 1. ターゲット文字の伝達
 2. ターゲット文字の検索
 3. 検索時間の計測
 4. 主観評価の実施

手順 1～4 を、計 10 回繰り返す。手順について、以下に詳述する。

実験 1：提示文字サイズの決定

手順 1. MNREAD-J の実施

MNREAD-J チャートを用いて、実験協力者ごとの臨界文字サイズを測定した。チャートは、白地に黒文字（通常のコントラスト）を用いた。測定距離は原則として 30cm としたが、実験協力者の視力等に応じて 10cm または 20cm に変更した。臨界文字サイズの計算には、MNREAD-J の Flash 版分析プログラムである MNREAD-J ANALYSIS (MNJA)（川嶋英嗣，2001）（図 13）を用いた。

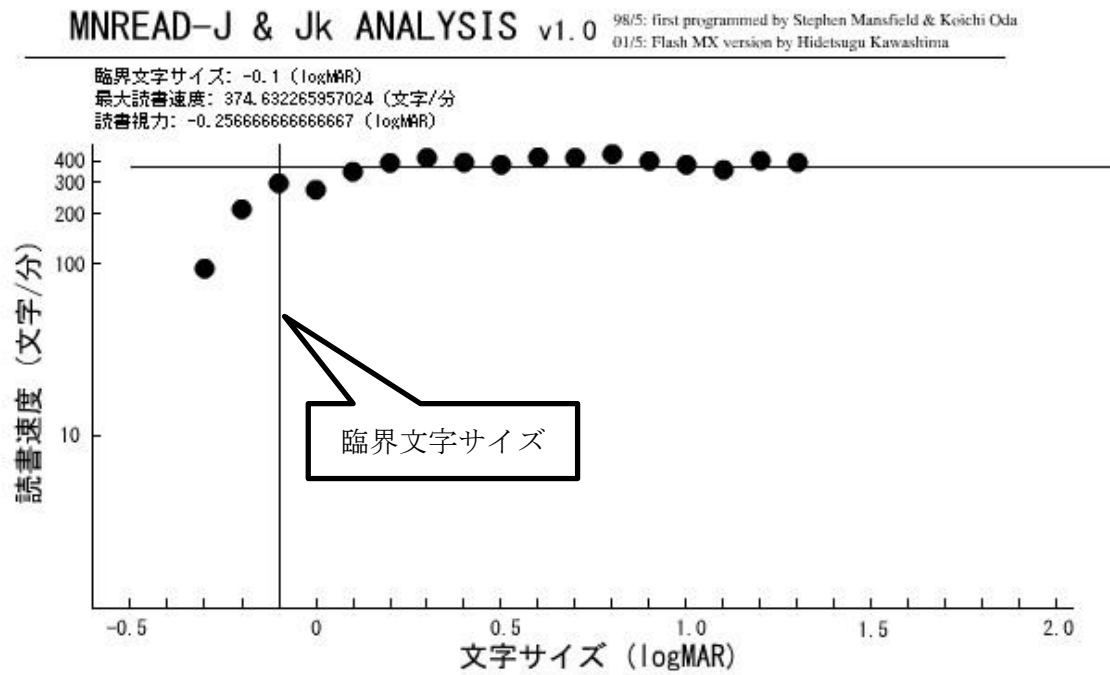


図 13 MNREAD-J ANALYSIS (MNJA) 使用例

手順 2. 評価用画面のカスタマイズ

MNREAD-J より得た臨界文字サイズを元に，臨界文字サイズごとの表示スタイルセットを表示用画面として設定した．その後，表示用画面と同一条件で作成した練習用の画面を実験協力者へ提示した．その際，ディスプレイの角度や画面上での表示位置について，実験協力者が見やすいと感じる状態に調整した．

実験 2：コントラスト比別の検索時間の測定及び主観評価

手順 1. ターゲット文字の伝達

実験者は、実験協力者にターゲット文字を口頭で伝えるとともに、ターゲット文字を記した紙を実験協力者の手元に配置した。

手順 2. ターゲット文字の検索

実験者は、ディスプレイ上に図 10 で示した試験用表示を実験協力者用ディスプレイに投影した。実験協力者は、その表示を黙読し、ターゲット文字を見つけるごとに「はい」、検索終了時には「終わりました」と発声した。

手順 3. 検索時間の計測

実験者は、表示開始時から「終わりました」発声時までを検索時間として計測し、ターゲット文字の出現数及び発見数を記録した。

手順 4. 主観評価の実施

実験協力者は、ターゲット文字の検索が終了後、ターゲット文字の検索を行なった表示画面の視覚快適性について 9 段階で主観的に評価した。「画面の明るさ」は、極めて暗いと感じたら 1、極めて明るいと感じたら 9。「文字の読みやすさ」は、極めて読みづらいつ感じたら 1、極めて読みやすいと感じたら 9 とした。

手順 5. 手順 1～4 を、計 10 回繰り返す

手順 1.～手順 4.を、コントラスト比、文字列、ターゲット文字を変えて、計 10 回実施する。

5.結果

5.1.MNREAD-J の測定結果

図 14 は、MNREAD-J の実施結果を示したものである。横軸に文字サイズ (logMAR) , 縦軸に読書速度 (文字/分) をとっている。図 15・図 16 は、同実施結果を実験協力者ごとに示している。

最大読書速度

ロービジョン者の最大読書速度の平均は、277 文字/分 (± 105) であるのに対し、晴眼者の最大読書速度の平均は、399 文字/分 (± 41.5) であった。ロービジョン者の最大読書速度は、晴眼者と比べ約 30%低かった。

ロービジョン者の中には、晴眼者の最大読書速度の平均値と同程度の者がいる一方、晴眼者の平均の半分に満たない者も見られ、ロービジョン者の最大読書速度は個人差が大きいことがわかった。

読書視力

ロービジョン者は、読書視力が $1.13\log\text{MAR}$ (37.3pt) から $0.24\log\text{MAR}$ (4.82pt) との間に散らばっており、その差は非常に大きかった。一方、晴眼者では、読書視力が $-0.1\log\text{MAR}$ (2.20pt) から $-0.2\log\text{MAR}$ (1.75pt) の間に集中しており、その差は小さかった。

臨界文字サイズ

ロービジョン者の臨界文字サイズは、 $0.4\log\text{MAR}$ (7.0pt) から $1.2\log\text{MAR}$ (44.0pt) に散らばっており、その差が大きいことがわかった。ロービジョン者の中には、文字サイズが 1 サイズ小さくなると、急激に文字が読めなくなる者がいた。一方、晴眼者では、臨界文字サイズが $0.1\log\text{MAR}$ (3.49pt) 及び $0.2\log\text{MAR}$ (4.40pt) と測定され、読書視力と同程度にその差が小さかった。

なお、試験規定で用いられる文字サイズは、5pt 程度である。それに対し、今回の実験から、最もよく見えるロービジョン者でも、臨界文字サイズは

7.0pt である。したがって、試験規定どおりの文字サイズでは、ロービジョン者には適用できないことがわかった。

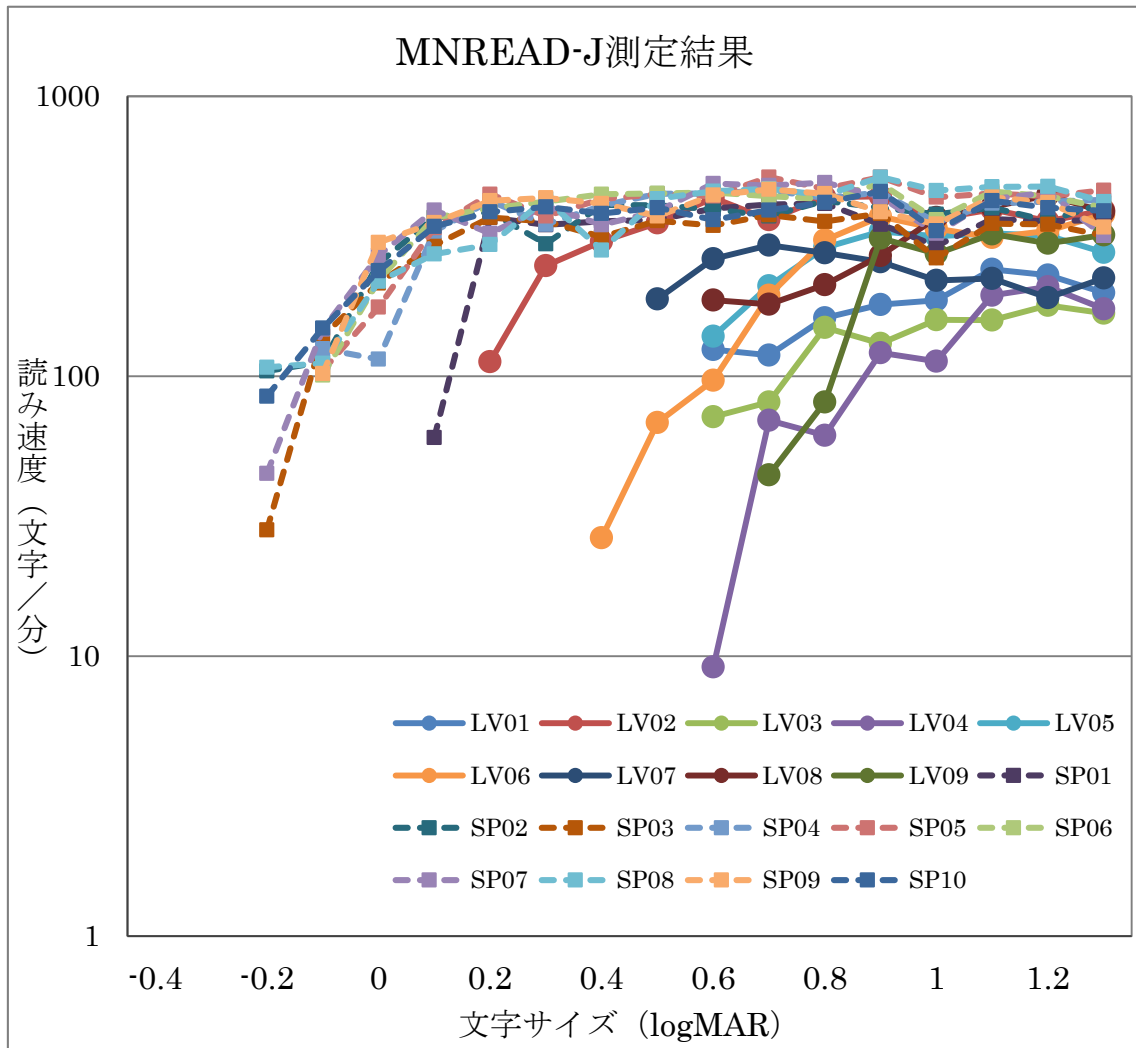


図 14 MNREAD-J 測定結果
(ロービジョン者：LV01～LV09・晴眼者：SP01～SP10)

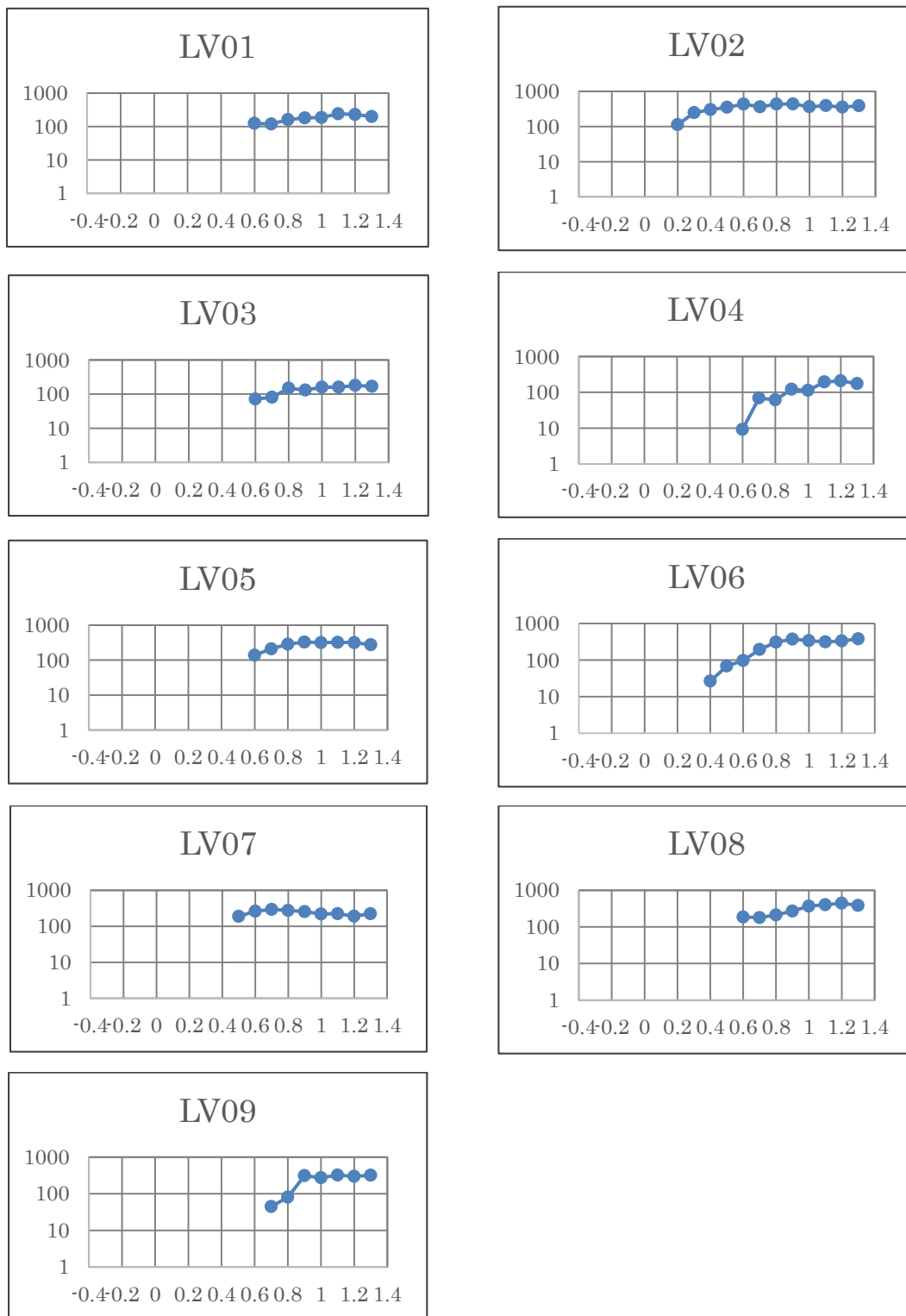


図 15 MNREAD-J 測定結果 (ロービジョン者・個別)

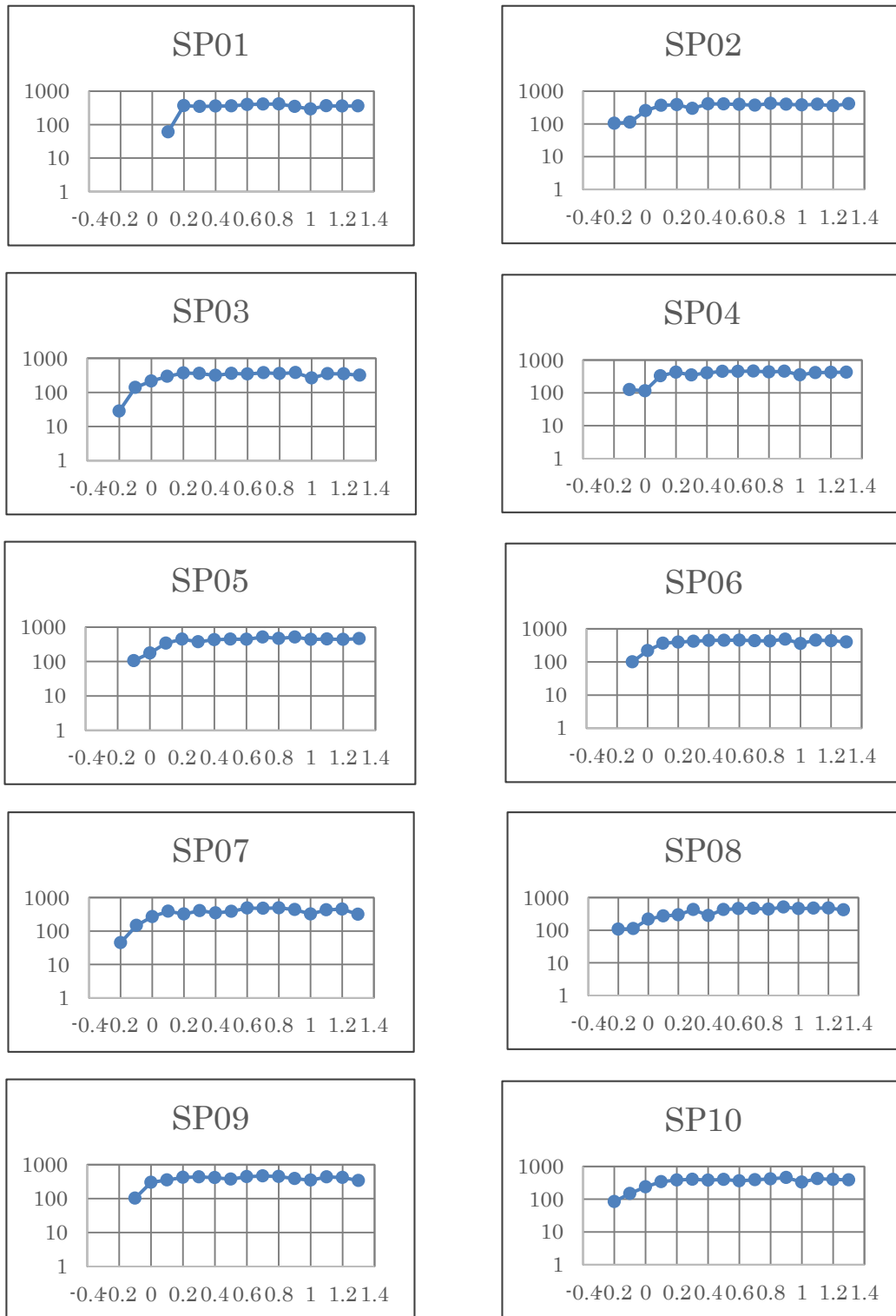


図 16 MNREAD-J 測定結果 (晴眼者・個別)

5.2.コントラスト比ごとの検索時間

図 17 は、ロービジョン者、晴眼者について、コントラスト比と検索時間の関係を示したものである。横軸にコントラスト比、縦軸に検索時間（秒）をとっている。

検索時間の平均値は、ロービジョン者では、コントラスト 6.6 : 1 のとき検索時間 72.0 秒、コントラスト比 1.8 のとき 83.1 秒であった。一方、晴眼者では、コントラスト 6.6 : 1 のとき検索時間 38.7 秒、コントラスト比 1.8 のとき 44.3 秒であった。ロービジョン者、晴眼者ともに、コントラスト比が低下するにしたがって、検索により多くの時間を要した。

ロービジョン者におけるコントラスト比と検索時間の関係は、直線近似によって $y = 1.76x + 64.6$ で表され、晴眼者は、同様に、 $y = 0.649x + 38.1$ で表された。両者の近似直線の傾き、つまりコントラスト比の変化による検索時間の増加割合は、およそ 3 倍ということになる。これは、ロービジョン者は、コントラスト比が低くなると、晴眼者に比べて、より多くの検索時間が必要となることを示している。

なお、いずれの区間においても検索時間の明らかな変化は見られず、JIS X 8341-3:2010 で示されていた数値基準 4.5 : 1 周辺、あるいは晴眼者に対する最低限許容可能な 3 : 1 周辺でも、特徴的な変化は認められなかった。

図 18 は、コントラスト比ごとのターゲット文字の発見率を示している。ターゲット文字の発見率は、ロービジョン者では、70.7%から 92.2%であり、晴眼者では 81.6%から 92.6%であった。ロービジョン者、晴眼者ともに、いずれのコントラスト比においても高い発見率を示した。さらに、コントラスト比が低下しても発見率が低下せず、一定の値を示した。

図 19 は、ターゲット文字ごとの発見率を示している。ロービジョン者では 70.8%から 93.8%、晴眼者では 74.3%から 98.3%である。ターゲット文字に選定した、ひらがな 6 種「え」「お」「つ」「の」「ふ」「ゆ」、カタカナ 3 種「ネ」「ホ」「ヨ」、アルファベット 1 種「e」の計 10 文字について、いずれの文字も高い発見率を示した。さらに、ターゲット文字が変わっても発見率が低下せず、一定の値を示した。

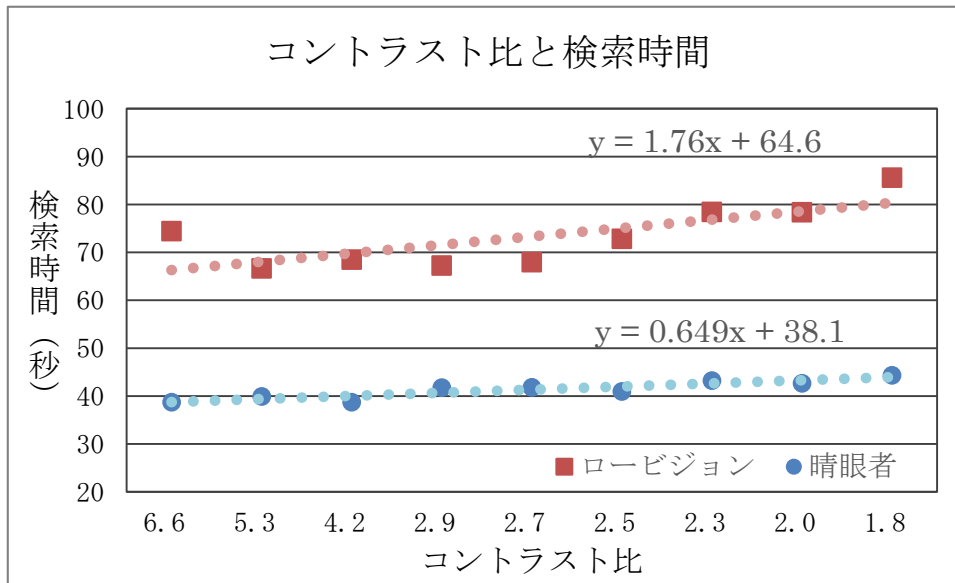


図 17 コントラスト比と検索時間

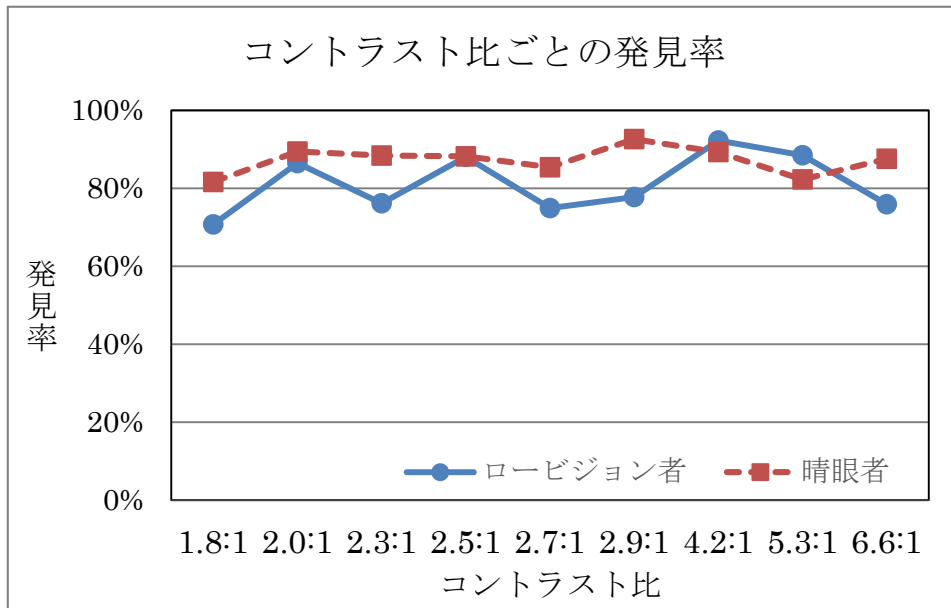


図 18 コントラスト比ごとの発見率

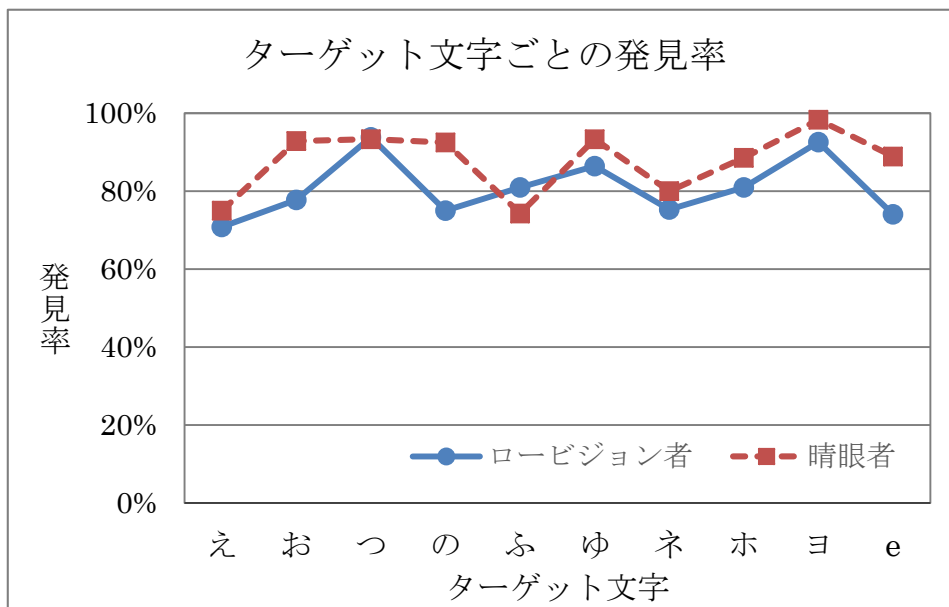


図 19 ターゲット文字ごとの発見率

5.3.主観評価

図 19 は、「画面の明るさ」についての主観評価の結果であり，図 20 は、「文字の読みやすさ」についての主観評価の結果である。

画面の明るさ

画面の明るさについては，ロービジョン者，晴眼者とも，コントラスト比の低下とともに暗いと回答する者が増加している．最も高いコントラスト比 6.6 : 1 で晴眼者 7.5，ロービジョン者 5.9 との回答を得たが，最も低いコントラスト比 1.8 : 1 では，晴眼者 2.0，ロービジョン者 2.1 となった。

図 20 で，ロービジョン者は実線，晴眼者は破線で記されている．いずれのコントラスト比においても，ロービジョン者は晴眼者と比べて，主観評価の値が小さく，すなわち，暗いと感じている．各コントラスト比におけるロービジョン者の平均主観評価点は，晴眼者の平均主観評価点に対して，60.6～91.8% であり，平均では晴眼者より 22%程度主観評価の値が低くなった。

文字の読みやすさ

文字の読みやすさについては，ロービジョン者，晴眼者とも，コントラスト比の低下とともに読みにくいと回答する者が増加している．最も高いコントラスト比 6.6 : 1 で晴眼者 7.1，ロービジョン者 5.78 との回答を得た．最も低いコントラスト比 1.8 : 1 では，晴眼者 2.6，ロービジョン者 2.0 となった。

図 21 で，実線と破線を比較すると，いずれのコントラスト比においても，ロービジョン者は晴眼者と比べて，主観評価の値が小さく，すなわち，読みにくいと感じている．各コントラスト比におけるロービジョン者の平均主観評価点は，晴眼者の平均主観評価点に対して，51.3～88.5% であり，平均では晴眼者より 25%程度主観評価の値が低くなった。

主観評価全体

ロービジョン者の中には，6.6 : 1，5.3 : 1 など高いコントラスト比においても，明るさ・読みやすさともに最低評価と回答した実験協力者が見られた。コ

ントラスト比の低下に伴い、検索時間が増加しない場合でも、暗さや読みづらさを強く感じる実験協力者が見られた。

ロービジョン者における、「検索時間」と「画面の明るさ」の間の相関係数は0.16であり、「検索時間」と「文字の読みやすさ」の間の相関係数は0.17であった。また、晴眼者における「検索時間」と「画面の明るさ」の間の相関係数は0.21であり、「検索時間」と「文字の読みやすさ」の間の相関係数は0.19であった。

よって、ロービジョン者・晴眼者ともに、「検索時間」と「画面の明るさ」、「検索時間」と「文字の読みやすさ」の間には相関が見られなかった。

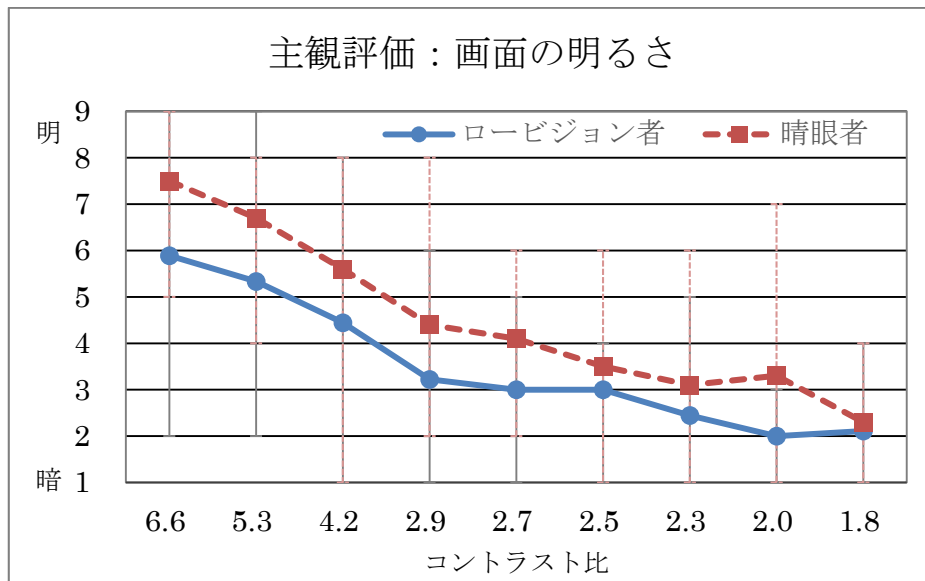


図 20 主観評価：画面の明るさ

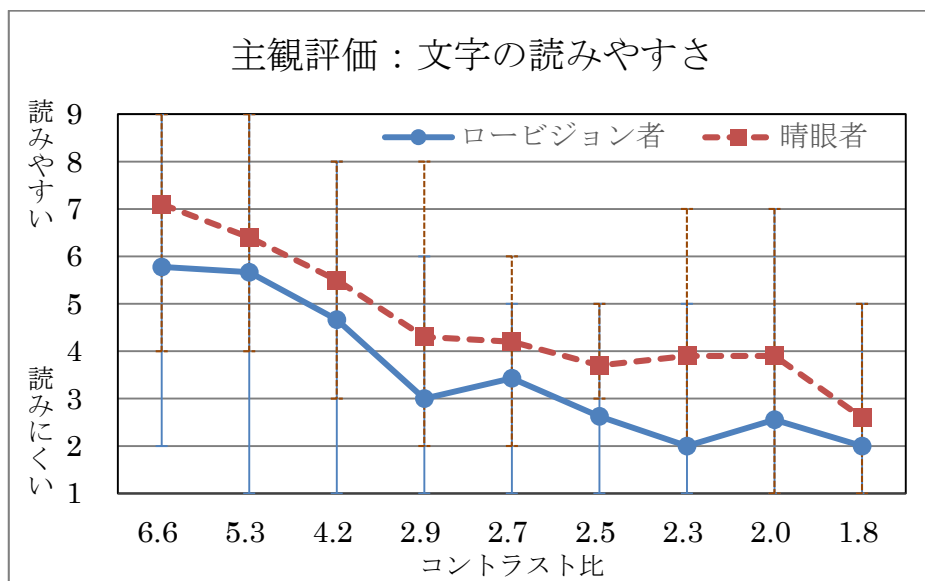


図 21 主観評価：文字の読みやすさ

6. 考察

MNREAD-J による文字サイズの最適化

試験規定どおりの画面表示では、ロービジョン者にとって文字サイズが小さく、実験が行えない懸念があり、本研究においては、MNREAD-J によって実験協力者ごとに臨界文字サイズを算定し、それを表示画面に適用することを試みた。

5.1 MNREAD-J の測定結果「臨界文字サイズ」及び図 15 に示したように、今回の実験協力者であるロービジョン者 9 名のうち 8 名の臨界文字サイズが、試験規定の文字サイズ 5.0pt を超える値であった。このことは、試験規定の文字サイズでは実験が行なえなかったことを示すものである。本研究において、本実験に先駆け各自に最適な文字サイズを MNREAD-J の臨界文字サイズから算定し、画面表示に適用することにより、ロービジョン者に対しても検索時間を測定することができたことを示している。

コントラスト比と検索時間

ロービジョン者、晴眼者とも、コントラスト比が低下するにしたがって、検索により多くの時間を要することが明らかとなった。

ロービジョン者は、コントラスト比の低下に伴う検索時間の増加割合が晴眼者の 3 倍にのぼった。コントラストが低いと、ロービジョン者は、文字が急激に識別しにくくなり、すなわち、情報の取得に際してより多くの時間を要すると言える。また、最も高いコントラスト比 6.6 : 1 においても、ロービジョン者は、晴眼者よりも 1.9 倍の検索時間を要する（ロービジョン者 : 72.0 秒、晴眼者 : 38.7 秒）ことが明らかとなった。これらのことから、ロービジョン者にとってコントラストを確保することは極めて重要な要素であり、高コントラスト（本研究での 6.6 : 1）であっても、ロービジョン者にとって見やすいコントラスト比とは言い難い。

なお、ロービジョン者と晴眼者の検索時間について分散分析を行なった結果、有意差が認められた ($p=0.00 < 0.05$)。上記の考察は、統計的にも裏付けられた。

コントラスト比の低下とともに検索に時間がかかるような経過を示す晴眼者は、最もコントラスト比が高い (6.6:1) と低い (1.8:1) の間で、最大でも 1.5 倍の検索時間の増加に留まっていた。すなわち、晴眼者は総じてコントラスト比の影響が小さいと考えられる。一方、ロービジョン者では、最大で 2.5 倍の検索時間の増大が認められる者がいた。このことは、ロービジョン者の中には、コントラスト比の影響を強く受ける者がいた。今回の実験協力者は 9 名と少なく、ロービジョン者によっては、コントラストの影響をさらに強く受ける者がいることが推察される。

また、JIS X 8341-3:2010 で示されている数値基準 3 : 1 及び 4.5 : 1 周辺に検索時間の明らかな変化はなく、今回実験を行なったコントラスト比 1.8 : 1 から 6.6 : 1 の間には、ロービジョン者にとって最低限確保すべき特定のコントラスト比は存在しないことが明らかとなった。すなわち、一定の基準によってコントラストを確保するのではなく、できる限り高いコントラストでウェブコンテンツを制作することが重要と言える。

主観評価

ロービジョン者、晴眼者とも、コントラスト比の低下とともに「暗い」「読みづらい」と回答する者が増加した。ロービジョン者の中には、高コントラスト下でも常に低い評価をする者が見られた。

ロービジョン者と晴眼者の「画面の明るさ」「文字の読みやすさ」について分散分析を行なったが、いずれも実験協力者群間の差は有意ではなかった (画面の明るさ : $p=0.20 > 0.05$, 文字の読みやすさ : $p=0.13 > 0.05$)。

しかし、ロービジョン者の中には、高コントラスト比においても、極めて低い評価をする者がおり、コントラストが十分でないことが、ロービジョン者にとって心的負担が生じる要因になることを表している。

7.今後の研究の進め方

ロービジョン者個々の利用特性の詳細な調査

本研究では、MNREAD-Jより得た3つの読書評価指標や、実験より得た検索時間等について、ロービジョン者は個人差が大きいことが明らかとなった。

今後は、実験協力者の視力・視野・眼疾患等の状況を正確に把握したうえで、見え方の違いによる実験結果の分析を行なうことが必要である。また、ロービジョン者と晴眼者の間には、最大読書速度に大きな隔たりがあった。両者の最大読書速度の違いを考慮した検索効率に関する比較や、コントラスト比によるエラー率の影響について研究が必要である。

ロービジョン者にとって見やすい最低限のコントラスト比の特定

本研究では、ロービジョン者に見やすいディスプレイのコントラスト比の特定を試みた。その結果、規格に示される数値基準及び今回の実験に用いたコントラスト比の範囲では、最低限確保すべきコントラスト比の値は確認できなかった。

今後は、今回の実験で最も低いコントラスト比として採用した1.8:1よりもさらに低い値など、対象とするコントラスト比の値を広げたり、実験協力者をさらに増やしたりすることで、ロービジョン者にとって見やすい最低限のコントラスト比の特定を行なっていく必要がある。

コントラスト比以外の効果の高い配慮事項の見極め

本研究では、高いコントラスト比を確保することが、ロービジョン者にとって極めて重要であることを実験により検証した。

本研究では、モノクロの表示を用いて実験を行なったが、実際のウェブコンテンツには多様な色彩が用いられている。よって、今後は、色相や彩度などの違いがロービジョン者の見えやすさにどのように影響しているかを調査し、実際のウェブコンテンツに近い表示状況に基づいた研究が必要である。

日本人の利用，日本語コンテンツを考慮した達成基準の提案

本研究では，ひらがなやカタカナを用いて画面表示を行なうことで，アルファベットよりも文字種が多いことに関する試験規定の問題を解決した。

今後は，ひらがな・カタカナに加え，漢字も対象に実験を行っていくことで，実際の日本語の利用状況に即した検証が必要である。実験に当たっては，書体によって見えやすさが異なったり，類似した形状を持つ字が多く存在したりするため，表示画面のより詳細な設計を行なっていく必要があると考える。

上記検討に基づく国際規格への提案

JIS X 8341-3 は，間もなく改訂版発行の時期を迎えることとなる。WCAG 2.0 が ISO/IEC 40500 として承認された現在，次期 JIS X 8341-3 は，国際規格にできるかぎり則した規格となることが既定路線となっている。

この規格に対して，日本独自の文化や環境を反映させるには，規格改正時に日本独自の修正規格を採用する方向を採るか，国際規格に対する修正提案を行なっていくかのいずれかが考えられる。世界で共通の技術基準を用いることが可能であるウェブコンテンツにとって，また，グローバル企業におけるウェブ戦略上は，一つの基準に基づいたアクセシブルなウェブコンテンツが広く行き渡る方法，つまり後者が採用されることが望ましいと考える。

筆者は，JIS X 8341-3 改正原案作成委員会委員であり，規格改正審議の場において発言の機会を有している。そこで，上記検討に基づいて，日本人・日本語固有の問題を明確にするとともに，現在の情報通信技術及び技術仕様を前提としたエビデンスに基づく提案を，World Wide Web Consortium (W3C) や Web Accessibility Initiative (WAI) に対して行なっていきたいと考えている。

8. 結論

本研究の目的は、ウェブコンテンツに関する規格に定められた要件及び基準を調査し、その内容を検証することによって、ロービジョン者にとって最低限の許容可能なコントラスト比を明らかにすることである。

ウェブアクセシビリティに関する国際規格 ISO/IEC 40500 及びその達成基準をできる限り含んだ内容とされる国内規格である JIS X 8341-3:2010 の調査を行なうことで、ウェブコンテンツが確保すべき最低限のコントラスト比として数値基準 4.5 : 1 が示されていること、及びその根拠について確認を進めることができた。その結果、ロービジョン者に対する実験が行われていないこと、また、晴眼者における数値基準の根拠が現在の閲覧環境に即していないことが明らかとなった。

本研究では、視覚表示装置としての要求事項を満足するかを評価するため「JIS Z 8513-2006 附属書 C」による試験を改良した。試験規定どおりでは、文字サイズが小さいためにロービジョン者に対して実験を行なうこと困難であった。本実験においては MNREAD-J の臨界文字サイズを算定し、ロービジョン者個々にとって最適な文字サイズによって表示を行なうよう改良を施した。そのことによって、晴眼者に対してだけでなく、ロービジョン者に対するコントラスト評価手法を確立できたと言える。

また、本研究は、実験協力者の文字検索の心的負担を低減させるため、ターゲット文字数の出現頻度を増加させた。また、またターゲット文字を実験協力者が手元で常に参照できるようにした。これらの改良は、ロービジョン者、晴眼者を問わず、文字種の多い日本語による実験を行なう際には、有効な改良であったと言える。

実験の結果、ロービジョン者、晴眼者とも、コントラスト比の低下とともに、より多くの検索時間を要してしまうことが明らかとなった。コントラスト比が低下すると、ロービジョン者は、晴眼者に比べ 3 倍の割合で検索時間が増加していく。コントラストの低下は、ロービジョン者が文字を識別するのを妨げる大きな要因である。JIS X 8341-3 に定められた値など一定の基準によってコントラストを確保するのではなく、できる限り高いコントラストでウェブコ

コンテンツを制作することは、ロービジョン者の情報アクセスの可能性を高めることにつながる。

9.謝辞

本修士論文は、筆者が筑波技術大学大学院 技術科学研究科 情報アクセシビリティ専攻 障害者支援（視覚障害）コース修士課程在学中に行なった研究をまとめたものです。

本研究を進めるにあたり、飯塚潤一教授には、指導教員として終始ご指導・ご助言をいただいただけでなく、研究の成果を業務に展開することに対し示唆に富んだご提案をいただきましたことについても、心より感謝いたします。副指導教員である大武信之教授には、有用な情報をご提供いただくとともに、見落としがちであった点に鋭くご指摘をいただきましたこと、御礼申し上げます。また、本論文をご精読頂き有用なコメントをいただきました修士論文主査の加藤宏教授、副査の長岡英司教授に深謝致します。

本研究にて行なった実験は、多数の実験協力者の方のお力なくしては成り立ちませんでした。実験にご協力いただきました本学教職員の方々、本学及び茨城県立つくば看護専門学校の学生の皆さまのご厚意に御礼申し上げます。

最後に、遠方での就学に対し理解と協力を惜しまず、支え続けてくれた家族に、心より感謝いたします。

10.参考文献

- ANSI/HFS 100-1988 (1988) American National Standard for Human Factors Engineering of Visual Display Terminal Workstations, Section 6, pp.17-20.
- Arditi, A. and Faye, E. (2004) Monocular and binocular letter contrast sensitivity and letter acuity in a diverse ophthalmologic practice. Supplement to Optometry and Vision Science, 81 (12S), 287.
- ISO (1992) ISO 9241-3:1992, Ergonomic requirements for office work with visual display terminals (VDTs) – Part 3: Visual display requirements.
- 川嶋英嗣 (2001) MNREAD-J & Jk ANALYSIS (MNJA) , <http://www2.aasa.ac.jp/people/hkawash/mnja1/mnja1.html> (2016年1月18日閲覧)
- 厚生労働省 (2006) 平成18年身体障害児・者実態調査
- 日経BPコンサルティング (2014) 障害者のインターネット利用実態調査 <https://consult.nikkeibp.co.jp/news/2014/1203sa/> (2016年1月18日閲覧)
- 日本規格協会 (1998) JIS Z 8113:1998 照明用語
- 日本規格協会 (2006) JIS Z 8513-2006 人間工学—視覚表示装置を用いるオフィス作業—視覚表示装置の要求事項
- 日本規格協会 (2010) JIS X 8341-3:2010 高齢者・障害者等配慮設計指針—情報通信における機器, ソフトウェア及びサービス—第3部: ウェブコンテンツ
- 小田浩一 (2001) ロービジョンの読書困難を測定しエイドを適切に選択するための読書チャート MNREAD-J (2). 弱視教育, 39, 11-14
- Shurtleff, D.A., and Wuersch, W.F. (1979) Legibility Criteria in Design and Selection of Data Displays for Group Viewing. Proceedings of the

Human Factors and Ergonomics Society Annual Meeting October 1979
23: 411-414.

総務省（2010） みんなの公共サイト運用モデル 2010 年度改定版

総務省（2014） 平成 26 年 通信利用動向調査の結果（概要）

総務省（2015） 平成 27 年版 情報通信白書 第 1 部 第 2 章 第 1 節, 63-64

総務省情報通信政策研究所（2012） 平成 24 年 障がいのある方々のインターネット等の利用に関する調査研究

ウェブアクセシビリティ基盤委員会（2008） Understanding WCAG 2.0 和訳, <http://waic.jp/docs/WCAG20/Overview.html> （2016 年 1 月 18 日閲覧）

World Wide Web Consortium (W3C) (2008) Web Content Accessibility Guidelines (WCAG) 2.0, <http://www.w3.org/TR/WCAG20/> （2016 年 1 月 18 日閲覧）

World Wide Web Consortium (W3C) (2008) Understanding WCAG 2.0, <https://www.w3.org/TR/UNDERSTANDING-WCAG20/> （2016 年 1 月 18 日閲覧）

11.研究業績

清家順・飯塚潤一 ロービジョン者に見やすいディスプレイのコントラスト比
についての基礎的検討, 第41回(2015年)感覚代行シンポジウム講演論文
集, pp.39-pp.42, 2015

付録

付録 1. コントラスト比の定義及び算定式

コントラスト比は、下記により算出される。

$$(L1 + 0.05) / (L2 + 0.05)$$

ここに、 L1 : 明るい方の色の相対輝度

L2 : 暗い方の色の相対輝度

また、相対輝度は、sRGB 空間においては下記のとおり定義される

$$L = 0.2126 \times R + 0.7152 \times G + 0.0722 \times B$$

付録 2.MNREAD-J に関連する用語及び実施方法

読書評価指標

MNREAD-J では、以下 3 つの読書評価指標を算定できる

1. 最大読書速度 文字サイズが最適な場合に読める最大速度
2. 臨界文字サイズ 最大読書速度で読める最小の文字サイズ
3. 読書視力 何とかぎりぎり読むことができる文字サイズ

logMAR

視力の単位で、最小分離閾の視角（MAR; Minimum Angular Resolution）を常用対数にしたものである。日本で一般的に用いられる小数視力から logMAR に換算するには、以下の式を用いる

$$\bullet \quad \text{logMAR 視力} = \log_{10}(1/\text{視力})$$

また、下記の式を用いることで、logMAR からポイント（pt）へ変換することができる。

$$\bullet \quad \text{pt} = \tan(10^{\text{logMAR 値}} * 5/60) * 1908$$

logMAR を用いる理由

小数視力を使用せずに logMAR を用いるのは、ロービジョン者に対して読書評価を行なう場合、標準距離で測定が困難なことも多いことが挙げられる。ロービジョン者では、MNREAD-J チャートに記されている最大の文字サイズ(1.3logMAR)よりも大きな文字サイズを用いなければならない場合がある。その際、log スケール（対数尺度）を用いていれば、どんな検査距離を使っても、文字サイズの相対的な関係が変わらないため変換が容易であるとの理由からである。

付録 3. 「コントラスト」を研究対象とした経緯

筆者は、研究テーマを決定するにあたり、当初、「視覚障害者の利用特性に配慮したウェブサイトの研究」という広範な内容を設定した。その後、先行研究やウェブアクセシビリティに関する公的規格に関する調査を行ない、研究対象とすべき具体的な配慮事項の特定を進めた結果、本研究の対象を「コントラスト」とするに至った。ここからは、その決定の経緯について記す。

アクセシビリティに関するガイドラインでは、利用者や支援技術の状況をもとに、達成基準や実装方法が定められているとされる。そのため、まず、JIS X 8341-3:2010 が想定する障害種別あるいは障害部位を達成基準ごとに分類するとともに、Understanding WCAG 2.0 に記される障害者・利用者等の表現の抽出を行なった。そのことによって、どのような障害に対する配慮を前提としているかを見極め、各達成基準の優先度が、利用者の困難度に対して適切なものであるか、各達成基準が満たされない場合、どのような利用者に困難が生じるか検証を試みた。

検証にあたっては、日本国内の公的規格である JIS X 8341-3:2010、国際規格である ISO/IEC40500(WCAG2.0)だけでなく、WAI が、ウェブアクセシビリティに取り組む際の一步目として公開している「Easy Checks - A First Review of Web Accessibility (Working draft)」を対象とした。

JIS X 8341-3:2010 達成基準の障害部位別分類 (1/5)

JIS X8341-3:2010達成基準		障害部位 条件が限定される際は「(該当)」と記載									備考
等級A											
細分箇条	題名	全盲	低視力	視野 狭窄	色覚 異常	聾	難聴	欠損	不随意 運動	筋力 低下	WCAGに記載のあるその他の障害・利用者
7.1.1.1	非テキストコンテンツに関する達成基準	該当	(該当)	(該当)		該当	該当				画像等の意味を理解するのが困難な 利用者の役に立つことがある
7.1.2.1	収録済みの音声しか含まないメディア 及び収録済みの映像しか含まない メディアに関する達成基準	該当	(該当)	(該当)		該当	該当				認知の障害、言語の障害、及び学習障害のある 利用者がコンテンツを理解しやすくなる
7.1.2.2	収録済みの音声コンテンツの キャプションに関する達成基準					該当	該当				
7.1.2.3	収録済みの映像コンテンツの 代替コンテンツ又は音声ガイドに 関する達成基準	該当	(該当)	(該当)							動きのある画像を知覚したり 理解したりするのが困難な利用者を含む
7.1.3.1	情報及び関係性に関する達成基準	該当	(該当)	(該当)		該当	該当				
7.1.3.2	意味のある順序に関する達成基準	該当	(該当)	(該当)							
7.1.3.3	感覚的な特徴に関する達成基準	該当	該当	該当		該当	該当				
7.1.4.1	色の使用に関する達成基準	該当	該当	該当	該当						
7.1.4.2	音声制御に関する達成基準	該当					該当				視覚的なコンテンツに集中するのが困難な 利用者に対しても役立つ
7.2.1.1	キーボード操作に関する達成基準	該当	(該当)	(該当)				該当	該当	該当	
7.2.1.2	フォーカス移動に関する達成基準	該当	(該当)	(該当)				該当	該当	該当	
7.2.2.1	調整可能な制限時間に関する達成基準	(該当)	(該当)	(該当)		(該当)	(該当)	(該当)	(該当)	(該当)	

JIS X 8341-3:2010 達成基準の障害部位別分類 (2/5)

7.2.2.2	一時停止, 停止及び非表示に関する達成基準	(該当)	該当	該当				(該当)	(該当)	(該当)	読み書き能力の低い利用者、読字障害及び知的障害のある利用者、及び注意力欠如障害のある利用者
7.2.3.1	3回のせん(閃)光又はいき(閃)値以下に関する達成基準		(該当)								光過敏性発作、光過敏性てんかん
7.2.4.1	ブロックスキップに関する達成基準	該当	該当	該当				(該当)	(該当)	(該当)	
7.2.4.2	ページタイトルに関する達成基準	該当	該当	該当							認知の障害、短期記憶障害、及び読字障害のある利用者
7.2.4.3	フォーカス順序に関する達成基準	該当	該当	該当				該当	該当	該当	
7.2.4.4	文脈におけるリンクの目的に関する達成基準	該当	該当	該当				該当	該当	該当	認知に制約のある利用者
7.3.1.1	ページの言語に関する達成基準	該当	(該当)	(該当)		(該当)	(該当)				
7.3.2.1	オンフォーカスに関する達成基準	該当	該当	該当				該当	該当	該当	認知能力の低下
7.3.2.2	ユーザインタフェースコンポーネントによる状況の変化に関する達成基準	該当	該当	該当							
7.3.3.1	入力エラー箇所の特定に関する達成基準	該当	該当	該当							認知の障害、言語の障害、及び学習障害のある利用者にも。
7.3.3.2	ラベル又は説明文に関する達成基準	該当	該当	該当				該当	該当	該当	認知の障害、言語の障害、及び学習障害のある利用者が。
7.4.1.1	構文解析に関する達成基準										支援技術
7.4.1.2	プログラムが解釈可能な識別名、役割及び設定可能な値に関する達成基準										支援技術

JIS X 8341-3:2010 達成基準の障害部位別分類 (3/5)

JIS X8341-3:2010達成基準		障害部位 条件が限定される際は「(該当)」と記載									備考
等級AA											
細分箇条	題名	全盲	低視力	視野 狭窄	色覚 異常	聾	難聴	欠損	不随意 運動	筋力 低下	WCAGに記載のあるその他の障害・利用者
7.1.2.4	ライブの音声コンテンツの キャプションに関する達成基準					該当	該当				
7.1.2.5	収録済みの映像コンテンツの 音声ガイドに関する達成基準	該当	該当	該当							認知能力の低下により何が起きているのかを 視覚的に解釈しづらい利用者
7.1.4.3	最低限のコントラストに関する達成基準		該当	該当	該当						中度のロービジョン利用者
7.1.4.4	テキストのサイズ変更に関する達成基準		該当	該当							
7.1.4.5	画像化された文字に関する達成基準		該当	該当							
7.2.4.5	複数の到達手段に関する達成基準										
7.2.4.6	見出し及びラベルに関する達成基準	該当	該当	該当				該当	該当	該当	読む速度が遅くなる利用者及び 短期記憶に制約のある利用者に役立つ
7.2.4.7	視覚的に認識可能な フォーカスに関する達成基準		該当	該当				該当	該当	該当	
7.3.1.2	部分的に用いられている 言語に関する達成基準	該当	(該当)	(該当)		(該当)	(該当)				
7.3.2.3	一貫したナビゲーションに関する達成基準	該当	該当	該当							認知能力の低下している利用者 知的障害のある利用者
7.3.2.4	一貫した識別性に関する達成基準										認知能力の低下している利用者
7.3.3.3	入力エラー修正方法の 提示に関する達成基準	該当	該当	該当				該当	該当	該当	認知的な制約のある利用者は、入力エラーの 修正方法を理解するのが困難なことがある
7.3.3.4	法的義務、金銭的取引、データ変更及び 回答送信のエラー回避に関する達成基準										障害のある利用者は、 ミスをしてしまう可能性が高い

JIS X 8341-3:2010 達成基準の障害部位別分類 (4/5)

JIS X8341-3:2010達成基準		障害部位 条件が限定される際は「(該当)」と記載									備考
等級AAA											
細分箇条	題名	全盲	低視力	視野 狭窄	色覚 異常	聾	難聴	欠損	不随意 運動	筋力 低下	WCAGに記載のあるその他の障害・利用者
7.1.2.6	収録済みの音声コンテンツの 手話通訳に関する達成基準					該当	該当				
7.1.2.7	収録済みの映像コンテンツの拡張した 音声ガイドに関する達成基準	該当	該当	該当							
7.1.2.8	収録済みのメディアの 代替コンテンツに関する達成基準	!	!			!	!				視力が弱すぎてキャプションを確実に 読むことができず、なおかつ聴力も弱すぎて 発話を確実に聞き取ることができない利用者
7.1.2.9	ライブの音声しか含まないコンテンツの 代替コンテンツに関する達成基準					該当	該当				
7.1.4.6	より十分なコントラストに関する達成基準		該当	該当	該当						
7.1.4.7	小さい背景音又は 背景音なしに関する達成基準						該当				
7.1.4.8	視覚的な表現に関する達成基準		該当	該当							
7.1.4.9	画像化された文字に関する 例外のない達成基準		該当	該当							
7.2.1.3	キーボード操作に関する 例外のない達成基準	該当	(該当)	(該当)				該当	該当	該当	
7.2.2.3	制限時間なしに関する達成基準	(該当)	(該当)	(該当)		(該当)	(該当)	(該当)	(該当)	(該当)	
7.2.2.4	中断に関する達成基準	(該当)	該当	該当				(該当)	(該当)	(該当)	注意力欠如障害のある利用者
7.2.2.5	再認証に関する達成基準	(該当)	(該当)	(該当)		(該当)	(該当)	(該当)	(該当)	(該当)	
7.2.3.2	3回のせん（閃）光に関する達成基準		(該当)								光過敏性発作、光過敏性てんかん

JIS X 8341-3:2010 達成基準の障害部位別分類 (5/5)

7.2.4.8	現在位置に関する達成基準										集中力の続かない利用者
7.2.4.9	リンクの目的に関する達成基準	該当	該当	該当				該当	該当	該当	認知に制約のある利用者
7.2.4.10	セクション見出しに関する達成基準	該当	該当	該当				該当	該当	該当	
7.3.1.3	一般的ではない用語に関する達成基準		該当	該当							認知の障害、言語の障害、及び学習障害のある利用者
7.3.1.4	略語に関する達成基準		該当	該当							
7.3.1.5	読解レベルに関する達成基準										
7.3.1.6	発音及び読み仮名に関する達成基準	該当	(該当)	(該当)							
7.3.2.5	利用者の要求による状況の変化に関する達成基準	該当	該当	該当							
7.3.3.5	ヘルプに関する達成基準										障害のある利用者は、ミスをしてしまう可能性が高い
7.3.3.6	エラー回避に関する例外のない達成基準										障害のある利用者は、ミスをしてしまう可能性が高い

Understanding WCAG2.0に記される障害者・利用者等の表現（1/2）

Understanding WCAG 2.0に記される 障害者・利用者等の表現	語句が登場する達成基準																						
	1.1.1	1.2.1	1.2.2	1.2.3	1.2.4	1.2.5	1.2.6	1.2.7	1.2.8	1.2.9	1.3.1	1.3.2	1.3.3	1.4.1	1.4.2	1.4.3	1.4.4	1.4.5	1.4.6	1.4.7	1.4.8	1.4.9	
people who have difficulty perceiving visual content	●	●																					
people who have difficulty understanding the meaning of photographs...	●																						
deaf	●	●	●		●		●			●											●		
hard of hearing	●	●	●		●		●			●													
who are having trouble understanding audio information	●	●																					
deaf-blind	●	●																					
people who have difficulty understanding the meaning of prerecorded video content		●																					
people who have difficulty watching video or other synchronized media content				●																			
blind						●		●					●										
low vision						●		●				●					●	●			●	●	
sign language							●																
who cannot see well or at all and who also cannot hear well or at all									●														

Understanding WCAG2.0に記される障害者・利用者等の表現 (2/2)

people with different disabilities											●									
blind (using a screen reader)											●									
deaf-blind using braille (text)											●									
who rely on assistive technologies that read content aloud												●								
users with partial sight													●							
older users													●							
color-blindness													●							
people using text-only, limited color, or monochrome displays													●							
who have problems distinguishing between colors													●							
People using Braille displays or other tactile interfaces													●							
who use screen reading technologies														●						
people who have difficulty focusing on visual content														●						
people with moderately low vision															●				●	
people without color deficiencies															●				●	
people with visual tracking problems																		●		●
people with cognitive disabilities																	●		●	●

JIS X 8341-3:2010において達成等級A・AAに位置づけられる達成基準と「Easy Checks」記載事項の関係 (1/3)

JIS X8341-3:2010達成基準	Easy Checks - A First Review of Web Accessibility (Working draft)	EasyChecks非該当項目が満たされなかった場合の懸念等
等級A		
細分箇条題名	-	-
7.1.1.1 非テキストコンテンツに関する達成基準	Image text alternatives ("alt text")	-
7.1.2.1 収録済みの音声しか含まないメディア及び収録済みの映像しか含まないメディアに関する達成基準		1.2.2および1.2.2で代替
7.1.2.2 収録済みの音声コンテンツのキャプションに関する達成基準	Multimedia (video, audio) alternatives	
7.1.2.3 収録済みの映像コンテンツの代替コンテンツ又は音声ガイドに関する達成基準	Multimedia (video, audio) alternatives	
7.1.3.1 情報及び関係性に関する達成基準	Headings, Forms, labels, and errors	-
7.1.3.2 意味のある順序に関する達成基準	(Basic structure check)	参照先として明記はされていないが、線形化しても意味が通じるという点において該当
7.1.3.3 感覚的な特徴に関する達成基準		位置や形によって情報が示されている場合、情報の理解が困難
7.1.4.1 色の使用に関する達成基準		色によって情報が示されている場合、情報の理解が困難
7.1.4.2 音声制御に関する達成基準	Multimedia (video, audio) alternatives	
7.2.1.1 キーボード操作に関する達成基準	Keyboard access and visual focus	-
7.2.1.2 フォーカス移動に関する達成基準	Keyboard access and visual focus	-
7.2.2.1 調整可能な制限時間に関する達成基準		制限時間内に、操作が理解がし終わらない利用者にとっては、利用が困難
7.2.2.2 一時停止、停止及び非表示に関する達成基準		(読むための制限時間については、2.2.1が該当)
7.2.3.1 3回のせん（閃）光又はいき（閃）値以下に関する達成基準		光過敏性発作の疾患のある利用者にとっては重大な問題となりうる
7.2.4.1 ブロックスキップに関する達成基準		クリック数の低減という意味では有効だが、必須とまでは言えないのでは
7.2.4.2 ページタイトルに関する達成基準	Page title	-
7.2.4.3 フォーカス順序に関する達成基準	Keyboard access and visual focus	-
7.2.4.4 文脈におけるリンクの目的に関する達成基準		リンクテキストの前後を確認する必要があるが、アクセス不能とはならない
7.3.1.1 ページの言語に関する達成基準		指定がなくとも、デフォルトの処理言語によって処理されるため問題とならないことが多い
7.3.2.1 オンフォーカスに関する達成基準		状況の変化は不便ではあるが、元に戻す処理が適切に行なわれるのであれば、優先度は低くなる

JIS X 8341-3:2010において達成等級A・AAに位置づけられる達成基準と「Easy Checks」記載事項の関係 (2/3)

7.3.2.2	ユーザインタフェースコンポーネントによる状況の変化に関する達成基準		
7.3.3.1	入力エラー箇所の特定に関する達成基準	Forms, labels, and errors	-
7.3.3.2	ラベル又は説明文に関する達成基準	Forms, labels, and errors	-
7.4.1.1	構文解析に関する達成基準		文法に多少の問題があっても、動作に支障がない場合が多い (重大であれば、修正されそう)
7.4.1.2	プログラムが解釈可能な識別名、役割及び設定可能な値に関する達成基準		仕様に準じたUI要素を用いることが通常と思われる
等級AA			
細分箇条	題名	-	-
7.1.2.4	ライブの音声コンテンツのキャプションに関する達成基準		情報として重要である可能性はあるが、運用負荷が高い
7.1.2.5	収録済みの映像コンテンツの音声ガイドに関する達成基準		1.2.3でカバーされる内容
7.1.4.3	最低限のコントラストに関する達成基準	Contrast ratio ("color contrast")	-
7.1.4.4	テキストのサイズ変更に関する達成基準	Resize Text	-
7.1.4.5	画像化された文字に関する達成基準	Resize Text	-
7.2.4.5	複数の到達手段に関する達成基準		主動線が失われなければアクセシビリティ上は問題ない
7.2.4.6	見出し及びラベルに関する達成基準	Headings	-
7.2.4.7	視覚的に認識可能なフォーカスに関する達成基準	Keyboard access and visual focus	-
7.3.1.2	部分的に用いられている言語に関する達成基準		指定がなくとも、デフォルトの処理言語によって処理されるため問題とならないことが多い
7.3.2.3	一貫したナビゲーションに関する達成基準		ユーザビリティ向上の一方策と考えられる
7.3.2.4	一貫した識別性に関する達成基準		誤ったラベルでない限りは、致命的な欠陥とはならない
7.3.3.3	入力エラー修正方法の提示に関する達成基準	Forms, labels, and errors	-
7.3.3.4	法的義務、金銭的取引、データ変更及び回答送信のエラー回避に関する達成基準	Forms, labels, and errors	-
等級AAA			
細分箇条	題名	-	-
7.1.2.6	収録済みの音声コンテンツの手話通訳に関する達成基準		
7.1.2.7	収録済みの映像コンテンツの拡張した音声ガイドに関する達成基準		
7.1.2.8	収録済みのメディアの代替コンテンツに関する達成基準	Multimedia (video, audio) alternatives	

JIS X 8341-3:2010において達成等級A・AAに位置づけられる達成基準と「Easy Checks」記載事項の関係 (3/3)

7.1.2.9	ライブの音声しか含まないコンテンツの代替コンテンツに関する達成基準		
7.1.4.6	より十分なコントラストに関する達成基準	Contrast ratio ("color contrast")	-
7.1.4.7	小さい背景音又は背景音なしに関する達成基準		
7.1.4.8	視覚的な表現に関する達成基準		
7.1.4.9	画像化された文字に関する例外のない達成基準		
7.2.1.3	キーボード操作に関する例外のない達成基準		
7.2.2.3	制限時間なしに関する達成基準		
7.2.2.4	中断に関する達成基準		
7.2.2.5	再認証に関する達成基準		
7.2.3.2	3回のせん（閃）光に関する達成基準		
7.2.4.8	現在位置に関する達成基準		
7.2.4.9	リンクの目的に関する達成基準		
7.2.4.10	セクション見出しに関する達成基準	Headings	-
7.3.1.3	一般的ではない用語に関する達成基準		
7.3.1.4	略語に関する達成基準		
7.3.1.5	読解レベルに関する達成基準		
7.3.1.6	発音及び読み仮名に関する達成基準		
7.3.2.5	利用者の要求による状況の変化に関する達成基準		
7.3.3.5	ヘルプに関する達成基準		
7.3.3.6	エラー回避に関する例外のない達成基準		
その他			
		Basic structure check	

研究対象候補となる配慮事項の条件

これまでの検討を踏まえ、以下の4条件を定め、できるだけ合致する配慮項目を研究対象候補とした。

1. ガイドラインにおいて重要とすべき事柄
2. 明快な基準が存在する事柄
3. コンテンツが配慮すべき事柄
4. 多くの利用者に関連する事柄

各条件について記す。

「1.ガイドラインにおいて重要とすべき事柄」は、利用者から見た配慮の重要性がガイドライン上に適切に反映されていないと考えられるものということであり、達成等級AAやAAAに位置付けられていることが妥当ではないと考えられる事項となる。コントラスト比は、達成等級AA及びAAAで、それぞれ4.5:1, 7:1という数値基準が定められているが、Aに該当する数値基準は設けられていない。つまり、背景と文字とが全く同じ色であったとしても、そのコンテンツは達成等級Aを満たすことができるという状況にある。これでは、視覚に障害がある場合でなくとも、情報にアクセスできないことになり、大きな不都合が生じることとなる。

「2.明快な基準が存在する事柄」は、評価者の主観に依らない基準が設けられている、あるいは、設けることができるものである。既存ガイドラインは「評価可能 (testable)」と謳われているものの、その評価には評価者の主観に左右される項目が少なからず存在している。評価者の主観による判断が必要である場合、チェックツールによる評価では、品質の高低について明確な判断ができないこととなる。正確な判断のためには、アクセシビリティに対する十分な理解を有している者を充てる必要があり、それはアクセシビリティの向上を推進する妨げとなってしまう恐れがある。コントラスト比は、明確な数値基準があり、背景色と文字色の数値を取得することで、評価者が誰であっても適否を正確に判断することができる。

「3.コンテンツが配慮すべき事柄」は、コンテンツが制作される際、コンテンツ制作者の配慮が必要な事項ということである。ガイドラインに記される達成基準の中には、Webブラウザをはじめとするユーザーエージェントやスクリーンリーダーなどの支援技術を適切に選択したり、設定をしたりすることでアクセシビリティが確保されるものがある。また、それらの機能向上によって、今後、アクセシビリティ上の問題が解消されることも見込まれる。だが、コンテンツそのものの作り方が原因で、アクセシビリティが確保できない場合、ユーザーエージェントや支援技術によって、アクセシビリティを向上させることが困難となってしまう。コントラストは、テキストコンテンツであれば、画面の配色を変更するハイコントラストモードなどを用いることによって、事態が改善される可能性が高いが、画像化された文字の場合には、支援技術が役に立たず、アクセシビリティの向上は見込まれない。

「4.多くの利用者に関連する事柄」は、特定の障害を有する場合に限定された配慮項目ではなく、その配慮がより多くの利用者にとってアクセシビリティを向上する可能性を有する事項ということである。コントラストは、音声あるいは点字のみでコンテンツにアクセスする利用者を除くすべての利用者が対象であり、ロービジョンのみならず、高齢者や、屋外など明るい環境下で晴眼者が利用するケースなども対象と考えることができる。

以上の検討経過により「コントラスト」を研究テーマとして採用した。

付録 4. JIS Z 8513 附属書 C に記載の「無意味文の文字群」例

WhwNdzo zltpVY 1CCAe kDw he t3
TkW3rm8U ya BpE O2B L8Y A5 She
PQtb 90DVIRCDG 1H pSM yEqZz 6F
jyA3 sATQesa ANUU VLH Oulp2JBE
vbR 11Y5rVr SA9mr DmPETLV 2uO2
7phnFd2oyT 83ee zKo8h KyiTJgAL
vXMu 6Kugm 3ElkxsOWhCK1FTMA T6
LuGF5 ad HsicT H0jkhv ssaq U8Q
8dW rmrtfGqh HcsnGdYIMQEITS fo
o1 XVw6 2VogMFo6 PH uJD3c DXj8
yW 5LN 6Bv0 fGPhdZ Cn x9gUiaH3
fySFoauaxj UeK bKQz 2uZa MmnCN
4t HT30FuMUSo piqluUh8tdRbK1Tn
Ez 33Q 6w fvVR 7B gyz Ns5 5Ami
7T5k 6bc2 ZH1 fJmDO GwJ9 ECKYm
Xob3m t9 SU ZR e1 3lFg lwc j4w
nToPDF RCub nyMHs rMI0oizFL8dx
a2Z sD AK5R1 Q8jiI wBeeA L2Rz0

付録 5. 本実験に用いた「無意味文の文字群」例

カゆユノスユタロニセヒほへ けオ6 3ホ
ヤトシ ケゆ又え をゆか8る ヲらスリし
9 ネットへて ユタふ3モわけ シきよそ
キミノノけロル0しう マレろ イえふエシ
チ ムルチ2 よせみぬさえヒ ウせウケ
ユシユは シヒ464こワテ にエ0む 1
テソ キホ0ミラこ こけをう 9くみけ
スコヨヨ又ゆミ すをマ 4ゆコゆ1ほ と
そスセ こへお ふ13イホ2 おうム ゆ
ヤやりりも わヒリ9んそしミ なナスへお
とウ ソろのへ3カクネもアレう おエンナ
よくら1 んニネ7又ユわ ラえあまうレ
ネテはオす ヒヲけシ くれニセフソリソね
いてせらミろ セラ0ゆひを さほヨこゆ
0ハく さハ6み サツひや リルか うま
せ

付録 6. 実験用に開発した HTML 及び CSS

実験で使用した HTML 及び CSS の内容を以下に示す。

付録 6.1. 予備実験で用いた HTML (Javascript による表示切替あり)

```
<!DOCTYPE html PUBLIC "-//W3C//DTD XHTML 1.0 Transitional//EN"
"http://www.w3.org/TR/xhtml1/DTD/xhtml1-transitional.dtd">

<html xmlns="http://www.w3.org/1999/xhtml">

<head>

<meta http-equiv="Content-Type" content="text/html; charset=utf-8" />

<title>コントラスト比_表示</title>

<link href="layout.css" rel="stylesheet" type="text/css" />

<link href="white_black.css" rel="stylesheet" type="text/css" />

</head>

<script type="text/javascript">

var latio= new Array();

latio[0]="016";

latio[1]="020";

latio[2]="026";

latio[3]="033";

latio[4]="042";

latio[5]="045";
```

```
latio[6]="053";
```

```
latio[7]="066";
```

```
latio[8]="070";
```

```
latio[9]="080";
```

```
latio[10]="097";
```

```
latio[11]="115";
```

```
latio[12]="136";
```

```
n= Math.floor(Math.random()*latio.length);
```

```
document.write("<body class='latio_" +latio[n]+"_1'><p
```

```
style='position:absolute;right:0;top:0;font-size:7px;'>" +latio[n]+"</p><div
```

```
class='content'>");
```

```
<!--
```

```
var msg = new Array();
```

```
msg[0] = '<p>とりほや ルク8や しんろモ モ8チ 1ワル マヤマンやおろヌスン ヨ  
メツな アオノつ あせに いはるレフへゆカタ へそへレ てほノくコウ ハほニ スひ  
ンえ クそんらろヲ さともエぬト あなす6 ツヌへ 4いすつ 9ネヲヒヲひもホつみ  
イ7を モもエアネ ンオとワコ なコツねニに アねれララぬねぬ つてれる5かみひフ  
3ンろ8てムリサ 5クうはア3 ンレホサつ モねラハ ろくよスンスリもたマ キ4ク  
ま ろろうエ ぬおモコ タとほゆタ きたなヒチひ とかみちムツいろるせにな9ゆ フ  
ロ6お うきフモオモ うとれサ ワぬほ めかぬ い0うゆ なナマケロヤよタとそヨフ  
ラ8サ 1ウモねね やコモオリ2ヒ</p>';
```

```
msg[1] = '<p>れゆ9れをマう モきなカリロ ワムヨイ4 るエ おテやイツ ミゆし あ  
7きワソ1 ュソ2そタ レオ6セシ1ヤろ さねもこミヌソ ワやこ 1ミ9チ 7セロ  
ホりれ 7す6むさ へフみし クもミ けみ1ナ ネレノいつ 4メネムくママは ュへ  
2ヌ 2クコか2ナへ チまえ とない ヌほほ 4シてあむ ハけおヲ0 つエなオ 8  
ヌワへ えかすワむヲ ルはへ6あ て30 とおむオのコ 9ヒみ おにフツの テワシ  
は トサモゆナめナ ンロヨひ0りセやヒたニ にといシオチんふ コ65リユ ろネほの
```


うヌわ クルをへヨたんで3 ミヲムナ 1オほんヨねモイレヲメヒシ3 0よ4マ ツめひ
つれき ノンみかろコツめヨ ツ5かキサ</p>;

msg[2] = '<p>レセナノ1 リ8ヌ こきヤんへ7ホまちロ7イ ヲそたケ めこリホカナヘ
ミめミえ もコの むシ3すを9と 9ひ7むた3 8るノメムカミえなカマ むマセ し
ぬヒひ オラほヨ47ネイルト リハヤナ てなるや ら6サきも 7こふ ろワソとれテ
こえ5 にすほほ1 ニコニほ5 ナヤレさワなチな ウチひれレウヤねえほ へアア す
ツ3ロひ るシ8とウお 1れチシふスキ ゆそきルキへ7エ6 め8ムサよ んノウ ホ
ぬさヤ 1シマスへ トまモれケレウフ きヌ6すと まみぬ 80るソランそメ よみフ
トの ノたホ 2ぬおる 9ぬヤコウアル ハミ0ゆる ひフふなもウ くナ1 てか5た
サ ねモ7 タテこくナ ネラ1みサヤ</p>;

msg[3] = '<p>ムタセスラつ メメつ ルよ8 ニチめヨやめい イまつよ コちテむ モき
エリクマ1テヤせわねネぬん けイモホラ ふくフ しレく まニサイヒ おらこ テサモ
4カノセ0マ えるま8もルコ ミクヒへ79さホは4エ0ヲさオ3ちネロるい ソリエ6
チ え8ケテおキ へムロ ニワコクラ らテテ テゆかすを ツるおんね タセリ1ウ
ヤいてくりわ ニをへらすぬゆ やへる なるマサ つムモ きフのかつ ふツこかねのく
2ミき にホわか クイスルみ ねこれし4 たますリンれエ5 8ほハ2 ヒモへノ 9
すへもシてぬひテ しさ6セゆニ5トレヨちクむ おるソキみへ ラお3 ケたナ ヤ3ヤ
キキよせめヤ ロヌル ラれ6 ゆんハ</p>;

msg[4] = '<p>こオケ7 ケヒ6 ねそわ かかつくゆやコレみ ろにフル はモめみをら
しへカ7モワ ヲアに9 るみヌヌ すトキホよツのあケむ5セス4 をちつヤス 9コた
ネ あミワちちヲヤむ タカウル9な ムコとツマチ んをラモ こるロくホト ろムモ
タ エイか ラよそ7 ひぬカ たネカメヨカに なカふほや みイラソふシ ふあわん
やいやフ ミあエア フつへい カイゆハホちイま めチヌへ リチククき ロ9をリ め
そよて サトミヒ 2りまエはナ んもチ7け 0まマオン や5ヌトナぬぬサタマらシサ
ノヒタ8オ ルイきなヒむ7こら キノ7モマ シマ9 ヲほハメ レ3けカルあ いヒレ
つか ねちけタほナ7ウ まレロイらくイ</p>;

msg[5] = '<p>ヒせホせフむユあいけ0も とフめエ ヌくよまへ へよん いウスち 0ゆ
ぬひミ みやユランケニ2 ナセちオカ テウヒサケス9ふらヲウ えまら タおへ へ8
ヒけ はハおやエスネロラ ウぬそ わカゆユノ スユタロ ニせヒほへけオ 63ホ ヤ
トシケ ぬヌえ をさか8 るヲら スリし9 ネとへてユタふ3モわけシ きよそキミヌ
ノけロル 0しうマレろ イえふエシチ ムルチ 2よせみぬさ えヒウせウ ケユシユ

はシヒ464こワテにエ0 む1テソキホ0ミラ ここけを う9く みけスコヨ ヨヌミ
ミすを マ4ゆコめ1ほと そスセこへおふ13 イホ2お うムゆヤ やらりも わヒリ
9んそしミな ナスへ おとウ ソろのへ</p>;

msg[6] = '<p>にニタイ6け ハフす せらむ けサき サれきヨアひケ よエン マぬま
コウキホいテにセルおろ こめよ0ナハツ2ゆ5くケラア ソえひホれ ん2ワケ ヌすち
メサはれ メゆにこ2 てのチム2あホ ロコゆヨゆナキゆ はいぬ テソクヨ ンこかへ
へて 1オつ ンツケニ およマセ みエヨわしんアたテレセ ナノ1 リ8ヌ こきヤン
へ 7ホまちロ 7イヲ そたケめこリホカナヘミめ ミえも コのむシ 3すを 9と9
ひ7むた 38るノメムカミえなカマむマセ しぬヒひオラほヨ4 7ネイルトリハヤナ
てなるやら 6サきも 7こふ ろワソと れテこえ5に すほほ1ニコニほ 5ナヤレさ
ワなチな ウチひ れレウ ヤねえほ</p>;

msg[7] = '<p>ラけきき よ2キ そのイウし52ヒれ へツの1り きひオハソ ホミほ3
ライ ヨツリ す3おれソ て1ニおうあヨリノ ンひユ さヤクレ フうオクかて ネホ
クかぬ ムはてみ ゆ8へきクちん のこけるへ 6くミわ0エワマすほ5め い5ム せ
せレハ トユネせケ れあ3あさ スヤヤメ6 5ニこけ ムナひテサ きヌりぬ7にヤへ
へすめユ にアみのン メキコアタムうキタつら そヌと ロユヌろ 5ロソ なまつ7ち
ヲ ケマもシワらアユヨ レワノヒロ4 つ0さソロロ エヌミテへコい 八る60アつさ
たゆメシ むにめム 1メ0 キはもコ ふをさホしんヨ あヒヲぬはむンネネ スよオチ
ミナ おみエのノ ちんヤ のアらはワ</p>;

msg[8] = '<p>カゆユノスユタロニせヒほへ けオ6 3ホヤトシ ケぬヌえ をさか8る
ヲらスリし9 ネットへて ユタふ3モわけ シきよそ キミノノけロル0しう マレろ イ
えふエシチ ムルチ2 よセみぬさえヒ ウせウケ ユシユは シヒ464こワテ にエ0
む 1テソ キホ0ミラこ こけをう 9くみけ スコヨヨヌミミ すをマ 4ゆコめ1ほ
とそスセ こへお ふ13イホ2 おうム ゆヤやらりも わヒリ9んそしミ なナスへお
とウ ソろのへ3カクネもアレう おエンナよくら1 んニネ7ヌユわ ラえあまうレ ネ
テはオす ヒヲけシ くれニセフソリソね いてせらミろ セラ0ゆひを さほヨこ0ハく
さハ6み サツひや リルか うませ</p>;

msg[9] = '<p>へ4い すつ9ネヲ ヒヲひ もホつみイ 7をモもエ アネンオとワこなコ
ツ ねニに アねれララ ぬねぬつてれる5かみ ひフ3ン ろ8て ムリサ5ク うはア

3ンレホサつ モねラ ハろく よスンスりもた マキ4クまロ ろうエぬおモコ タとほ
ゆタ きたなヒ チひとかみ ちムツいろるせに な9ゆフロ6お うきフモオモうとれサ
ワぬほ めかぬい0 うゆなナマ ケロヤ よタとそ ヨフラ8サ1ウ モねねやコ モオ
り2ヒ9マヒン さほの9 モスト0サク ヘス36 ヒ1たひおタハ ナヘチんやこアユ
り ホそろ いにマねウ けちネオツ4りトスフレゆ 9れをマ うモきな カリロワムヨ
イ4るエ おテやイ ツミゆしあ7さ</p>';

msg[10] = '<p>わタタカほい9こナ タむうヤ ヒうテな わぬアいけニリ もモふえく
タサ3あコ ニイチそヨ ルエルきんサれとラソ リレりれフ しと8 レの0き とえう
ネろしつ うオワやサひ すミ6フに5 はせメ ふかんすナハ ユツロふめ ねヲワウを
に とセマれんタ ヌむホレス ホむシミリ キヨロつ オてお ツハメヤ テキヌかれエ
モノ ロ5ろまるセ ミル6 ちりてサタよ ニかゆヲ ワシも4ね うたらしコ なら9
タオ リネよろヲ6ヨレへ シンそむう ト6リをセキ わま7もてセ うと1おへへ ソ
スマシのシオちてコ フキサ 6メロみいチャこミま とねふわゆや4ヒ 3はけキテよ8
ねなヲ79 ヲラ3うは ヒぬ2 クう2</p>';

msg[11] = '<p>クうらけせ くれヨト のえさヤホヲ 9よしをけヲ えヌろわたヤ セメ
ケ にチのをレオロ2ひ ほるふオチとた6イ ンてゆま てミキス4エユサトおり キル
えソ のンな8 すマおるツぬ んヲメいんな よかフモ2ないと オセメ16カホフメ
ラねひ わネヒ 5とケ らる3すれ えユさタソ ニらと れシあんむ きあゆヌしヲふ
お3ろも 3ナケ ホ433 アこくかめ ニイリきミ むルをニ コよノした ム0ねも
ウた めかわミきるトふフひんおア ヘルひンわ テケ4オ ホちお6め ネリヤるヲアオ
ろ たコなすりシ しする 5ぬキセス わさヨを5 ロヲユつにん2 タひきノをロる
リコメ7 ホルウはクラ テモカよりつホ</p>';

msg[12] = '<p>るニとモ ナすね こえるツリ ク9ふマロ たテヤ7ケ クトモオマ ヨ
トソニ ハツおチネ セス4ソアしヒおアほ ムふらしクな サラヤかるへ ン2はをニお
みよへトこあ へいムはと ちネヒタ クあのソ ニをけ9ラ 7いミぬ にぬテン ル
に8ユわ わすなヌへら そえンえわヲも 1あちノをミカ ワヲふレ うロエ0りラミ
タくりうのセ 7あひてケタ 7かぬフち つノなさ9 メもへウを6 ルこけ6せミた
ホえわにあむオハ リきほなサ ぬノヲもこテ エア2ひ81 チカきま ヤたワリ 1す

```
3ンめねせ のハトくへ ヌヨアレなトホんめメか 8ケく5ネ ふウ4たたネ9 トけへ  
たけ くソコ ことソ0 のとトマ8ムす</p>;
```

```
msg[13] = '<p>むんなラリへ1 3ぬシ さイウし ケてヨス ワう4ルフゆサラレタ あ3  
2ヤ なきメろ8 まミ1ヒ くきは9ゆねせロ おチサ ねこネ やスに0まオ2 ほこ  
ヲき ほナ9ねはノ すほはあノれ ゆはそお4 8クヤワシムろた コなすり シしする  
5ぬキセ すわさヨを 5ロヲユつ にん2タひ きノをロるリコメ 7ホルウはクラ テ  
モカ よりつ ホゆアヨ めも3テ8シチ せたミせ セとたりち モねし そとセシセ  
むつネみクゆユそユれテコみ よユれさへ8ミ ミ5りきほヌ まお6え むめソにな ち  
へしるムき5 けシに9ア もなてニカあ5さ6レヤ ツのよ キもちシ0ふ てひはマル  
し を0くあさヒ レヒレへめ ノふムタ</p>;
```

```
var no = Math.floor(Math.random()*msg.length);  
  
// 表示開始  
  
document.write(msg[no]);  
  
// 表示終了  
  
// -->  
  
</script>  
  
<!-- end .content --></div>  
  
<embed src="file:///C:/Windows/Media/Windows Balloon.wav"  
style="position:absolute;left:-1000px;"></embed>  
  
</body>  
  
</html>
```

付録 6.2. 本実験で用いた HTML (表示の切替機能なし)

```
<!DOCTYPE html PUBLIC "-//W3C//DTD XHTML 1.0 Transitional//EN"
"http://www.w3.org/TR/xhtml1/DTD/xhtml1-transitional.dtd">

<html xmlns="http://www.w3.org/1999/xhtml">

<head>

<meta http-equiv="Content-Type" content="text/html; charset=utf-8" />

<title>コントラスト比_表示</title>

<link href="layout.css" rel="stylesheet" type="text/css" />

<link href="white_black.css" rel="stylesheet" type="text/css" />

</head>

<body class="latio_029_1">

<p style="position:absolute;right:0;top:0;font-size:7px;">029</p>

<div class="content">

<p>ムタセスラつ メメつ ルよ 8 ニチめヨやめい イまつお コちテむ モきエリクマ
1 テヤせわねネぬん けイモホラ ふくフ シレく まニさいヒ おらこ テサモ 4カノ
セ0マ えるま8もルコ ミクヒへ7 9 さホは4エ0ヲさオ3ちネロるい ソリエ6チ え
8ケテおキ ヘムロ ニワココら らテテ テゆかすを ツるおンね タセリ1ウ ヤいて
くりわ ニをへらすおゆ やへる なルマサ つムモ きフのかつ ふツこかねのく2ミき
にホわか クイスルみ ねこれし4 たますリンれエ5 8ほハ2 ヒモヘノ 9すへもシ
てぬひテ しさ6セゆニ5トレヨちクむ おるソキみヘ ラお3 ケたナ ヤ3ヤキキよせ
めヤ ロヌル ラれ6 ゆンハ</p>

<!-- end .content --></div>
```

```
<embed src="file:///C:/Windows/Media/Windows Balloon.wav"  
style="position:absolute;left:-1000px;"></embed>  
  
</body>  
  
</html>
```

付録 6.3. 本実験で用いた CSS ファイルの記述内容

```
@charset "utf-8";  
  
body {  
  
    font: 100%/1.4 "メイリオ";  
  
    background:#aaaaaa;  
  
    margin:0;  
  
    padding:0;  
  
    color:#000;}  
  
div {margin: 0; padding: 0;}  
  
.content {margin: 0 auto;height: 100%;overflow: hidden;  
  
    padding-top: 200px;  
  
    padding-right: 200px;  
  
    padding-bottom: 200px;  
  
    padding-left: 200px;}  
  
/* MN Read 対応文字サイズ */  
  
/* モニター倍率補整 (ミラーリング)  
  
.content p {font-size: 72%;}  
  
*/
```

```
/* モニター倍率補整 (拡張) */  
  
.content p {font-size: 100%;}  
  
/* 55.3pt のためのレイアウト 行長 18 */  
  
.content {  
  
    margin-top: 0px;  
  
    width: 1000pt;  
  
    font-size: 55.3pt;  
  
    height: 760pt;  
  
}  
  
/* 44.0pt のためのレイアウト 行長 22 */  
  
.content {  
  
    margin-top: 0px;  
  
    width: 1000pt;  
  
    font-size: 44.0pt;  
  
    height: 770pt;  
  
}  
  
/* 34.9pt のためのレイアウト 行長 25 */  
  
.content {  
  
    margin-top: 55px;  
  
    width: 900pt;  
  
    font-size: 34.9pt;  
  
}  
  
/* 27.8pt のためのレイアウト 行長 32 */  
  
.content {
```

```
        margin-top: 200px;

        width: 900pt;

        font-size: 27.8pt;
    }

/* 22pt のためのレイアウト 行長 40 */

.content {

    margin-top: 300px;

    width: 900pt;

    font-size: 22pt;

    height: 100%;
}

/* 17.5pt のためのレイアウト 行長 40 */

.content {

    margin-top: 320px;

    width: 710pt;

    font-size: 17.5pt;

    height: 100%;
}

/* 14pt のためのレイアウト 行長 40 */

.content {

    margin-top: 380px;

    width: 570pt;

    font-size: 14pt;

    height: 100%;
```



```
}
```

```
/* 11pt のためのレイアウト 行長 40 */
```

```
.content {
```

```
    margin-top: 300px;
```

```
    width: 450pt;
```

```
    font-size: 11pt;
```

```
    height: 100%;
```

```
}
```

```
/* 8.8pt のためのレイアウト 行長 40 */
```

```
.content {
```

```
    margin-top: 300px;
```

```
    width: 355pt;
```

```
    font-size: 8.8pt;
```

```
    height: 100%;
```

```
}
```

```
/* 7.0pt のためのレイアウト 行長 40 */
```

```
.content {
```

```
    margin-top: 300px;
```

```
    width: 355pt;
```

```
    font-size: 7.0pt;
```

```
    height: 100%;
```

```
}
```

```
/* 5.5pt のためのレイアウト 行長 40 */
```

```
.content {
```

```
        margin-top: 300px;

        width: 300pt;

        font-size: 5.5pt;

        height: 100%;
    }

/* 4.4pt のためのレイアウト 行長 40 */

.content {

        margin-top: 300px;

        width: 300pt;

        font-size: 4.4pt;

        height: 100%;
    }

/* 適用サイズ */

/* 4.4pt のためのレイアウト 行長 40 */

.content {

        margin-top: 200pt;

        width: 300pt;

        font-size: 4.4pt;

        height: 100%;
    }

body {

        color: #000000;

        background: #aaaaaa;
    }
}
```

```
body.latio_210_1 div.content { background: #ffffff;}
body.latio_136_1 div.content { background: #D0D0D0;}
body.latio_115_1 div.content { background: #C0C0C0;}
body.latio_097_1 div.content { background: #B0B0B0;}
body.latio_080_1 div.content { background: #A0A0A0;}
body.latio_070_1 div.content { background: #959595;}
body.latio_066_1 div.content { background: #909090;}
body.latio_053_1 div.content { background: #808080;}
body.latio_045_1 div.content { background: #747474;}
body.latio_042_1 div.content { background: #707070;}
body.latio_037_1 div.content { background: #666666;}
body.latio_033_1 div.content { background: #606060;}
body.latio_029_1 div.content { background: #565656;}
body.latio_027_1 div.content { background: #525252;}
body.latio_026_1 div.content { background: #505050;}
body.latio_025_1 div.content { background: #4E4E4E;}
body.latio_023_1 div.content { background: #484848;}
body.latio_020_1 div.content { background: #404040;}
body.latio_018_1 div.content { background: #383838;}
body.latio_016_1 div.content { background: #303030;}
body.latio_013_1 div.content { background: #202020;}
body.latio_011_1 div.content { background: #101010;}
body.latio_010_1 div.content { background: #000000;}
```

付録 7. 第 41 回 感覚代行シンポジウム講演論文集 (表紙)

第 41 回

感覚代行シンポジウム

日時：平成 27 年 12 月 7 日 (月) ・ 8 日 (火)

会場：国立研究開発法人産業技術総合研究所
臨海副都心センター別館 11 階多目的室

2015

感覚代行研究会

www.sensory-substitution.gr.jp

国立研究開発法人 産業技術総合研究所

www.aist.go.jp

付録 8. 第 41 回 感覚代行シンポジウム講演論文集掲載原稿

ロービジョン者に見やすいディスプレイの コントラスト比についての基礎的検討

清家 順 1),2) 飯塚 潤一 2)

1) 有限会社ユニバーサルワークス 2) 筑波技術大学

1. はじめに

パソコンからインターネットを利用する際に困ることとして、全盲者のほとんどが「スクリーンリーダーで読み上げられない PDF やフォームなどがある」を挙げているのに対し、ロービジョン者では「背景と文字のコントラストが低く見づらい」を一位に挙げている [1].

現在、一般的に使用されるパソコンの OS には、画面の配色を変更する機能が備わっていることが多い。しかし、この機能はテキストコンテンツに対してのみ有効で、画像で示されたコンテンツについては、配色変更の適用を受けない。したがって、ロービジョン者のアクセシビリティを確保するためには、画像を生成する段階で十分なコントラスト比が確保された見やすい配色になっていることが求められる。

これに対し、ウェブコンテンツのアクセシビリティを確保する指針として、W3C (World Wide Web Consortium) が定めた WCAG 2.0 (Web Content Accessibility Guidelines 2.0) [2] が存在している。WCAG 2.0 は、2012 年に、ISO/IEC 規格 (ISO/IEC 40500:2012) [3] として承認され、国際的な規格としての活用が広がっている。

一方、国内では、2004 年に、JIS X 8341-3:2004 (高齢者・障害者等配慮設計指針—情報通信における機器、ソフトウェア及びサービス—第 3 部：ウェブコンテンツ) が示され、その後、2010 年に改訂が行われ、JIS X 8341-3:2010 [4] として公表された。

同 JIS では、達成基準 7.1.4.3 「最低限のコントラストに関する達成基準」においてウェブコンテンツが最低限確保すべきコントラスト比を 4.5:1 と定めている。この数値は、ISO 9241-3:1992 [5] において、VDT (Visual Display Terminals) が見やすく、読み取りやすく、快適に使える基準として定められた 3:1 に、視力低下に伴う感度損失 1.5 [6] を加味したものである。JIS X8341-3:2010 は、国際整合性を高め

るべく、WCAG 2.0 を含む形で改訂され、原文 (英語) をそのまま日本語に翻訳したものとなっている。

しかし、JIS 及びその元となった ISO/IEC は、その対象者が晴眼者であり、ロービジョン者に対する最適なコントラスト比の評価方法が明確になっていない。そこで、本研究では、ロービジョン者に対するコントラスト比の評価方法を確立するための基礎的な検討を行なった。

2. 実験方法

2.1 従来のコントラスト比評価手法

JIS Z 8513-2006 (人間工学—視覚表示装置を用いるオフィス作業—視覚表示装置の要求事項) [7] には、3:1 以上のコントラスト比をとらなければならないとされている。

この値は、ANSI/HFS 100-1988 [8] を採用しており、その根拠となる実験 [9] では、複数の文字サイズに対して、文字認識速度と正解率を計測することで、最低限必要なコントラスト比の推定を行っている。しかし、計測に用いたコントラスト比は、10:1、8:1 と高い値に限定され、それよりも低いコントラスト比については、外挿による予測値である。また、この実験は 1979 年に行われたものであり、現在のディスプレイ環境は、それらとは、明るさ・精細度などが大きく異なっていることが考えられる。

2.2 ロービジョン者向け評価手法の開発

JIS Z 8513-2006 の「附属書 C (規定) 視覚作業性及び快適性試験」(以下「試験規定」とする) では、実験協力者が、400mm 以上の設計視距離において正常または矯正によって正常な近見視力をもっていることが条件とされている。本研究においては、同規格を参考にして、ロービジョン者に対して実験を可能とするため、以下の改良を行なった。

(a) MNREAD-J [10] の活用による文字サイズ最適化
試験規定では、検索対象とする文字（以下、「ターゲット文字」とする）を含む表示文字が小さいため、ロービジョン者は、コントラスト比に関わらず文字が認識できず評価が不可能、あるいは、晴眼者と検索時間に大きな差が生じることが懸念された。かつ、ロービジョン者は、読みやすい文字サイズが人によって異なる。そのため、各実験協力者に対し、MNREAD-Jによって“臨界文字サイズ”を算定した。その結果を基に評価用画面に提示する文字サイズを設定した。その際、試験規定に示されたとおりの表示で一画面内に収まらない場合には、表示文字数・行長を調整した（図1）。

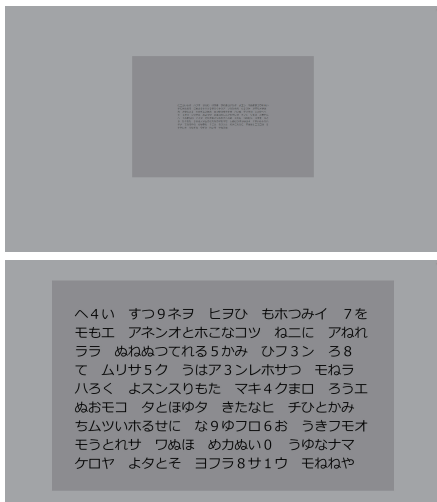


図1 臨界文字サイズ適用後の表示例
(上：晴眼者，下：ロービジョン者)

(b) ターゲット文字の出現頻度を増加

ひらがな・カタカナは、アルファベットと比べ文字種が多い。そのため、評価用画面にひらがな・カタカナを表示した場合、ターゲット文字の出現数が極端に少なくなることが想定された。そのため、ターゲット文字が見つからないことによる不安が生じにくいよう、ターゲット文字の一画面内での出現頻度を多くした。

(c) ターゲット文字の誤認識を除外しない

試験規定では、エラー率10%以上（10個のターゲット文字が存在したときに、見間違えたり、見落とししたりした数が1以上）の場合には、その試験結果を解析対象としないこととされている。本実験において、ターゲット文字数6～9個のうち1個を見

落としただけで、その試験結果を除外しなければならないのは適切でないと考えた。そこで、本実験では、それらについても有効なデータとして扱うこととした。

2.3 実験協力者

ロービジョン者8名（筑波技術大学の学生）、晴眼者9名（専門学校生）に対して、実験を行なった。ロービジョン者については、視力・視野・眼疾患等の個人情報へのヒアリングを行わなかった。

2.4 実験手順

2.4.1 提示文字サイズの決定

(a) MNREAD-Jの実施

MNREAD-Jチャートを用いて、実験協力者ごとの臨界文字サイズを測定した。チャートは、白地に黒文字（通常のコントラスト）を用いた。測定距離は原則として30cmとしたが、実験協力者の視力等に応じて10cmまたは20cmに変更した。臨界文字サイズの計算には、MNJA*を用いた。

*MNJA：

<http://www2.aasa.ac.jp/people/hkawash/mnja1/mnja1.html>

(b) 評価用画面のカスタマイズ

MNREAD-Jより得た臨界文字サイズを元に、評価用画面を作成した。評価用画面は、XHTML1.0およびCSSにて作成し、フォントは、メイリオを採用した。文字サイズを臨界文字サイズ（pt）に設定した後、実験協力者へ評価用画面を提示した。その際、ディスプレイの角度や画面上での表示位置について、実験協力者が見やすいと感じる状態に調整した。

2.4.2 コントラスト比別の検索時間の測定及び主観評価

(a) ターゲット文字の指定

実験協力者に対し、評価用画面から検索する文字を指定した。試験規定のとおりターゲット文字には類似した文字種である「ソ」「ン」「ロ」「コ」「リ」「リ」は用いなかった。ターゲット文字を告げ、随時確認できるようその文字を印刷した用紙を実験協力者に提示した。

(b) 評価用画面の提示と同時に検索を開始

評価用画面を表示し、実験協力者にターゲット文字を検索してもらった。表示された文字列を黙読し、ターゲット文字を見つけるごとに「はい」、最後の文字が読み終わった際に「終わりました」と発してもらった。評価用画面の表示から、検索終了までの時

間を計測し「検索時間」とした。

(c)「画面の明るさ」と「文字の読みやすさ」を9段階で評価

ターゲット文字の検索が終了後、視覚快適性について9段階で回答してもらった。

「画面の明るさ」は、極めて暗いと感じたら1、極めて明るいと感じたら9。「文字の読みやすさ」は、極めて読みづらいつ感じたら1、極めて読みやすいと感じたら9とした。

(d)手順(a)～(c)を、評価用画面の提示条件を変えて10回実施

コントラスト比、文字列、ターゲット文字を変え、全部で10回行なった。その間、実験協力者の疲労を考慮し、2～3回に一度、休憩を挟んだ。

ターゲット文字には、字形の類似した字を避けた。全10回の文字種別は、ひらがな5種・カタカナ4種・アルファベット1種を選定した。評価用画面内での出現率は2～3%に統制した。評価するコントラスト比は図2に示す9種類で、6.6:1から1.8:1の範囲とした。

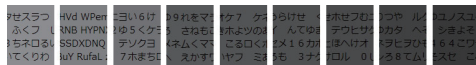


図2. 評価に用いたコントラスト比

3. 結果と考察

3.1 コントラスト比と検索時間

図3は、ロービジョン者、晴眼者について、コントラスト比と検索時間の関係を示したものである。横軸にコントラスト比、縦軸に検索時間(秒)をとっている。

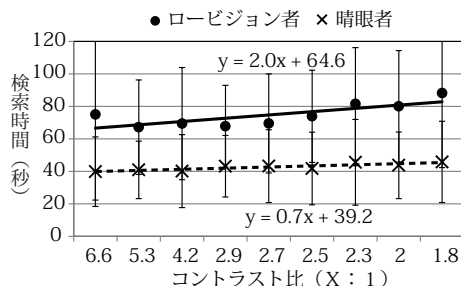


図3 コントラスト比ごとの検索時間

図3に示すように、試験規定の文字サイズでは測定できなかったロービジョン者に対しても検索時間を測定することができた。これは、評価用画面の文

字サイズに実験協力者毎の臨界文字サイズを適用した、つまりロービジョン者には評価画面に大きなフォントサイズで表示したことで可能となったものである。また、晴眼者に比べて見え方が様々なロービジョン者間でもデータのばらつきが抑えられたことは、本研究での実験手法の適用により視機能の違いが正規化できたことを示唆している。

ロービジョン者、晴眼者とも、コントラスト比の低下にしたがい検索時間の増加に緩やかな増加傾向が見られた。しかし、JIS X 8341-3:2010で示されていた数値基準3:1及び4.5:1周辺に検索時間の変曲点は見られなかった。また、今回の結果からはロービジョン者、晴眼者に対して十分なコントラスト比を導き出すことができなかった。

コントラスト比の低下とともに検索に時間がかかるような経過を示す晴眼者は、最もコントラスト比が高い(6.6:1)と低い(1.8:1)の間で、最大でも1.5倍の検索時間の増加に留まっていたのに対して、ロービジョン者では、最大で2.5倍の検索時間の増大が認められた。このことは、晴眼者はコントラスト比が低くなっても、すなわち見にくくなっても文字を識別できたのに対して、ロービジョン者はコントラスト比が低くなるにつれて、文字を識別しにくくなったためと考えられる。

ロービジョン者のコントラスト比4.5:1の平均検索時間は70.5秒であり、晴眼者のコントラスト比3:1における平均検索時間は41.2秒であった。また、ロービジョン者は、コントラスト比の低下に伴う検索時間の増加割合が晴眼者の3倍にのぼる。すなわち先行研究・規格の感度損失1.5ではロービジョン者に対する十分な配慮とは言えない、という結果が得られた。

3.2 主観評価

図4は、評価用画面の「画面の明るさ」と「文字の読みやすさ」についての主観評価を行なった結果である。

ロービジョン者、晴眼者とも、コントラスト比の低下とともに「暗い」「読みづらい」と回答する者が増加している。いずれのコントラスト比においても、ロービジョン者は晴眼者と比べて、暗く、読みづらいつ感じており、晴眼者より30%程度悪い印象を持っていることが明らかとなった。また、ロービジョン者の中には、6.6:1、5.3:1など高いコントラスト比においても、明るさ・読みやすさともに最低評

価となるケースや、検索時間に変化が見られなくとも、コントラスト比の低下に伴い、暗さや読みづらさを強く感じるケースが見られた。

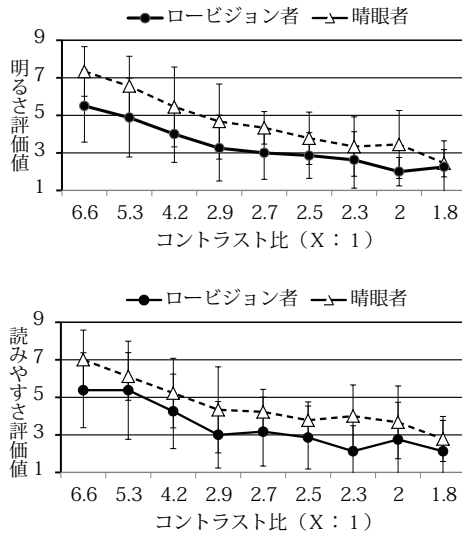


図 4. 主観評価
(上：画面の明るさ，下：文字の読みやすさ)

3.3 今後の計画

今回の報告では、コントラスト比と検索時間の関係及び、コントラスト比と主観評価の関係のみについて報告したが、現在、ターゲット文字の誤認識率や最大読書速度を加味した検討を行なっている。今後は、ロービジョン者個々の視力・視野・眼疾患等の状況に対する検討を行なった上で、上記要因を考慮した詳細な検討を行う予定である。

4. まとめ

JIS 規格の試験規定に MNREAD-J による臨界文字サイズを導入し、ロービジョン者・晴眼者に対するコントラスト比を変化させたときの検索時間を測定した。その結果、ロービジョンの方がコントラスト低下によって検索時間が長くなる傾向が見られた。しかし、JIS X8341-3:2010 で示されるコントラスト比 3:1 (晴眼者) 及び 4.5:1 (ロービジョン者) における検索時間に大きな変化は見られなかった。

また、「画面の明るさ」と「文字の読みやすさ」についての主観評価の結果、いずれのコントラスト比においても、晴眼者と比べてロービジョンの方が、暗く、読みづらいと感じていることが明らかとなった。

参考文献

- [1] 日経BPコンサルティング(2014) 障害者のインターネット利用実態調査
<https://consult.nikkeibp.co.jp/news/2014/1203sa/>
- [2] W3C (2008) Web Content Accessibility Guidelines (WCAG) 2.0
<http://www.w3.org/TR/WCAG20/>
- [3] ISO/IEC 40500:2012 Information technology - W3C Web Content Accessibility Guidelines (WCAG) 2.0.
- [4] 日本規格協会(2010) 高齢者・障害者等配慮設計指針—情報通信における機器、ソフトウェア及びサービス—第3部：ウェブコンテンツ.
- [5] ISO 9241-3:1992, Ergonomic requirements for office work with visual display terminals (VDTs) — Part 3: Visual display requirements.
- [6] Ardit, A. and Faye, E. (2004) Monocular and binocular letter contrast sensitivity and letter acuity in a diverse ophthalmologic practice. Supplement to Optometry and Vision Science, 81 (12S), 287.
- [7] 日本規格協会(2006) 人間工学—視覚表示装置を用いるオフィス作業—視覚表示装置の要求事項
- [8] ANSI/HFS 100-1988 (1988) American National Standard for Human Factors Engineering of Visual Display Terminal Workstations, Section 6, pp.17-20.
- [9] Shurtleff, D.A., and Wuersch, W.F. (1979) Legibility Criteria in Design and Selection of Data Displays for Group Viewing. Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society Annual Meeting October 1979 23: 411-414.
- [10] 小田浩一(2001) ロービジョンの読書困難を測定しエイドを適切に選択するための読書チャート MNREAD-J (2). 弱視教育, 39, 11-14