

日常動作から生じる HMD の揺れを再現した シミュレータによるフォントの可読性評価

松浦裕久¹ 寺田 努^{1,2} 青木友裕³ 園田 晋³ 磯山直也¹ 塚本昌彦¹

概要：近年、産業界などで普及が進みつつある頭部装着型ディスプレイ (HMD: Head Mounted Display) を用いることで、ユーザは様々な場面で情報を取得できる。しかし、ユーザの状況や環境によっては HMD を用いた情報取得が困難な場合がある。例えば、歩行中には HMD が振動し、HMD 上の文字が読みにくくなる。そこで本研究では、歩行時や走行時などにおける、HMD の揺れに耐性をもつフォントの開発を目的とした調査を行う。本稿では、日常動作の 1 つである「歩行」に焦点を当て、歩行中における HMD 上の文字の揺れに耐性をもつフォントについて検討する。数多くのフォントから揺れに対する特徴を調査する際、歩行中に HMD を装着しながら実験を行うと時間がかかり、被験者への負担が大きくなるため、PC 画面上で歩行中の環境を再現し、フォントの絞り込みを試みた。本稿では、歩行により生じる HMD の揺れを PC 画面上で再現したシミュレータを作成し、フォントの可読性 (文章としての読みやすさ)、可視性 (文字 1 つ 1 つの判別のしやすさ) の評価を行った。実験の結果から、文字が上下に振動することで可読性のみ低くなるということを確認した。可読性に関して、MS 明朝は線が細いため、文字が最適なサイズの場合は読みやすいが、文字が小さくなると読みにくくなるということが明らかになった。可視性に関して、ゴシック体のような線が均一で、太いフォントが好まれるということが明らかになった。

1. はじめに

ウェアラブルコンピューティング環境下における装着型デバイスの 1 つに頭部装着型ディスプレイ (HMD: Head Mounted Display) が存在する。HMD は目の前に映像が常に提示されており、歩行時にメールの確認、電車乗車時にニュースの閲覧など、様々な環境下で情報を取得することが可能になり、今後、日常生活における様々な場面で活用されることが期待されている。

しかし、ユーザの状況によっては HMD 上の情報が取得しにくい場合が多々存在する。例えば、人ごみの中では周囲に注意しながら HMD 上の情報を閲覧する必要があり、情報を見逃してしまう可能性がある。歩行時には HMD のディスプレイ部が上下に振動するため、表示された文字が揺れて情報を取得しにくくなる。

このような HMD 特有の問題点を解決するため、様々な研究が行われている。例えば、歩行時、階段昇降時などユーザの周辺環境に応じて情報提示方法を変えたり [1]、広

角カメラを用いて取得した HMD の背景から、情報の提示に適した領域を決定する試みが行われている [2]。しかし、これらは表示する文字のフォントについては考慮されていない。

アイコン等による簡易な通知だけではユーザが理解できない情報も存在するため、文字による情報提示が必要となるが、歩行時や電車乗車時には振動により HMD 本体が揺れ、HMD 上の文字が読みにくくなる。ここで、書体データであるフォントは形状の僅かな違いによって、印象や読みやすさが異なるため、様々な状況を考慮したフォントの開発や研究が行われている。例えば、視覚障害者のための UD (ユニバーサルデザイン) フォントの開発・評価を行った研究 [3] や、携帯電話などの低解像度デバイス向けのフォントの開発を行った研究 [4] が存在する。しかしながら、HMD の特徴を考慮したフォントの開発および研究事例は筆者らの知る限り存在しない。

そこで本研究では歩行時や電車乗車時などにおける、HMD の揺れに耐性をもつフォントの開発を目的とした調査を行う。本稿では日常動作の 1 つである「歩行」に着目し、HMD 上の文字の揺れに耐性をもつと考えられるフォントの比較を行った結果から、文字の揺れに対するフォントの特徴を検討する。フォントの比較を行う際、実際に HMD を装着して歩行する実験を行うと時間がかかり、被

¹ 神戸大学大学院工学研究科
Graduate School of Engineering, Kobe University

² 科学技術振興機構さきがけ
Japan Science and Technology Agency, PRESTO

³ 株式会社モリサワ
Morisawa CO., LTD



図 1 UD 書体の比較

験者への負担が大きくなるため、PC 画面上で歩行中の揺れを再現するシミュレータを作成し、フォントの絞り込みを試みる。本稿ではこのシミュレータによって、フォントの可読性(文章としての読みやすさ)、可視性(文字 1 つ 1 つの判別のしやすさ)の評価を行う。

本稿は以下のように構成されている。2 章では本研究に関連する研究について述べ、3 章ではシミュレータの実装について述べる。4 章では実験方法を述べた後に、実験結果・考察を述べる。5 章では本稿のまとめを述べる。

2. 関連研究

2.1 HMD 上での視認性を考慮した情報提示手法

HMD はデスクトップ環境のディスプレイと利用環境が異なるため、情報提示手法についての様々な研究が行われている。例えば、光学式シースルー型 HMD を用いるとユーザの視界に重ねて情報を提示できるが、HMD の背景が明るすぎたり明暗が大きく変化する場合に提示された情報が読み取りにくい問題がある。そこで田中らは広角カメラを用いて取得した HMD の背景を評価し、情報の提示に適した領域を決定する試みを行った [5]。この研究では、HMD の背景にあわせて情報の提示に適した領域を決定することで、ユーザが情報を見逃しにくくなることが分かった。富士原らは表示情報の色を HMD の背景色の反対色にする試みを行い、視認性を向上させている [2]。

HMD を用いて情報を確認する際に、ディスプレイを注視できる度合いは周囲の環境によって異なる場合がある。例えば、静止時は HMD を注視できる一方で、歩行時や階段昇降時は周囲に注意をしながら HMD を閲覧しなければならないため、注視時間は短くなり、十分な情報を得られにくい。そこで中尾らはユーザの周囲の環境に応じて情報提示の方法を変えることで、ユーザが HMD 上に表示される情報を見逃しにくくなることを確認した [1]。

これらのように、HMD を用いた情報提示方法に関しては様々な研究が存在する。しかし、HMD を用いる際は、メールやカレンダーなどの文字による情報を取得したい場面が多く考えられるものの、HMD 上に表示する文字の形などのデザインに関する研究は、筆者らの知る限り存在しない。

2.2 フォントに関する研究

文字を扱う上で、フォントは無視できない存在である。フォントごとにイメージの伝達や視認性の向上など、さまざまな役割が存在し、最適な利用シーンが存在する。石原

らはフォントの違いが文章のイメージに与える影響を調査した [6]。5 つのフォントを用意し、被験者に 5 つの文章を提示した後に、「禁止」というテキストに対してどのフォントが駐車禁止を促すのに効果的か、などテキストのイメージに対する 9 つの質問を行う。集計の結果から、同じテキストでもフォントが変わると伝わるイメージが全く異なることが明らかになった。Mansfield らはフォントが文章の読みやすさに与える影響を調査した [7]。読書評価表である MNREAD 視力チャートを用いて 2 種類のフォントを用いて実験を行った結果、フォントの選択が読書効率に大きな影響を与えることが分かった。フォントは文章のイメージや読みやすさに大きな影響を与えており、広告や店の看板、商品のロゴマークを作る際に、フォントは無視できない要素であり、ディスプレイを用いた情報提示においても同様のことがいえる。そのようなフォントの影響はユーザの状況や環境によって異なる。

通常のフォントは晴眼者(視覚に障害のない者)を対象にデザインされることが多いが、病気や事故などで視覚に機能障害をうけたロービジョン者や加齢によって近い距離でのピント調整が困難な人を考慮する必要がある。中田は株式会社モリサワが作成した視覚障害者用の UD(ユニバーサルデザイン)書体の評価を行った [3]。UD 書体は使用サイズが最適な場合、UD 書体でないものと比べると判別しやすく、また情報を効率的に読むことができる書体であることが分かった。携帯電話などのモバイル端末では、小さな筐体に組み込んだ画面上にあらゆる情報を表示するため、表示する文字の可読性が重要になってくる。株式会社シャープは液晶向けフォント LCFONT を設計している [4]。LCFONT は中心重心の安定化・ふところ(文字の画によってできる空間)、黒味、線幅の均一化に配慮して生成されたため、文字全体が明るくなり、従来の文字と比較して大きく見えるようになった。このため、可読性を保ったまま一回り小さな文字が使える。しかし、液晶ディスプレイ上に表示された文字に「ぼやけ」が見られた。そこで小谷らは、カラー液晶対応の LCFONT として LCFONT.C の設計・評価を行った [8]。LCFONT.C はカラー液晶画面が持つ RGB を扱い、文字の斜め線やカーブでのギザギザ感を緩和し、文字が潰れることなく、太い線幅での表示を実現した。アンケートを行った結果、従来の LCFONT と比べて LCFONT.C の方が見やすいことが分かった。この技術により、液晶ディスプレイ上での文字のかすれの改善をユーザに提供できる。モバイル端末などの小さな画面上では文字が小さくなってしまい、読みにくくなる問題点がある。Danielle らは回転、点滅などのアニメーションと色を組み合わせたフォント livefonts を作成し、可視性、習熟度を調べた [9]。実験の結果、一般的に使用されている文字と比較すると、livefonts の方が可視性が上がり、練習によって、習熟度が向上することも分かった。

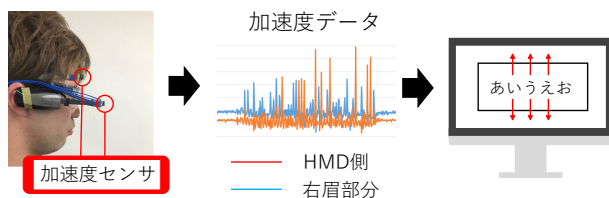


図 2 加速度センサを用いた HMD の揺れの測定方法の流れ

これらの研究から、情報を提示する端末や環境によって、表示するフォントを適宜変化させる必要があることが分かる。しかし、近年普及しつつある HMD 向けのフォントの開発や評価を行った研究は筆者らの知る限り存在しない。本研究では、歩行時や電車乗車時など、ユーザがおかれている状況により生じる文字の揺れに耐性をもつフォントの開発を目的とした調査を行う。

3. HMD の振動シミュレータ

数多くのフォントから揺れに対する特徴を調査する際、歩行中に HMD を装着しながら実験を行うと時間がかかり、被験者への負担が大きくなる。そこで PC 画面上で歩行中の環境を再現し、フォントの絞り込みを試みる。本稿では、PC 画面上で歩行時における HMD の揺れを再現するシミュレータを作成し、それを用いて実験を行う。PC 画面上で再現するための HMD の揺れのデータを測定する方法として、加速度センサと画像解析による 2 手法を試みた。

3.1 加速度センサを用いた HMD の揺れの測定手法

加速度センサによる HMD の揺れの測定方法の流れを図 2 に示す。加速度センサを 1 つ取り付けたバンドを右肩付近にセンサがくるように頭部に装着し、HMD のディスプレイ部にも加速度センサを 1 つ取り付ける。その状態で歩行し、各センサ値の垂直成分を PC 上に記録する。そして 2 つのセンサ値の差分から、ユーザから見た HMD の揺れの振幅を二重積分によって計算し、計算結果から得られたデータから PC 画面上で HMD の揺れを再現する。加速度センサは Kionix 社の 3 軸加速度センサモジュール KXR94-2050, HMD は VUZIX 社の M100 スマートグラス (解像度: 428 × 240pixel) を用いた。

この手法では、歩行時に各センサの位置や角度がずれたり、また顔を水平に保ちながら歩行することが困難だったため、センサ値の適切な処理が難しく、PC 画面上で正確な HMD の揺れを再現できなかった。

3.2 画像解析を用いた HMD の揺れの測定手法

画像解析による HMD の揺れの測定方法の流れを図 3 に示す。図 4 の薄型カメラのレンズが右目の眼球付近にくるように取り付けた眼帯を着用して歩行し、歩行時の HMD

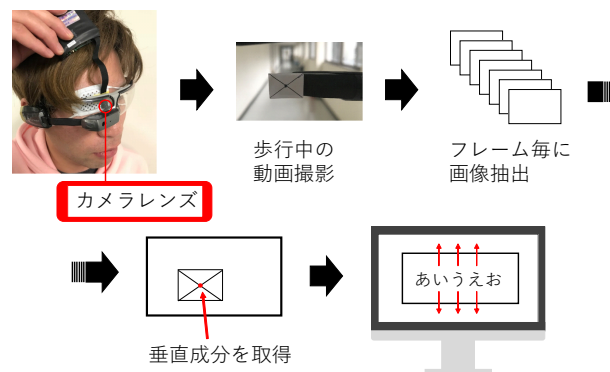


図 3 画像解析を用いた HMD の揺れの測定方法の流れ



図 4 薄型カメラ

のディスプレイ部を撮影することでユーザから見た揺れを映像として記録する。ディスプレイ部にはマーカ (バツ印) をつけており、撮影した動画からフレーム毎にマーカの垂直成分のピクセル座標を取得し、PC 画面上で HMD の揺れを再現する。薄型カメラには Toughst 社の MT-T183, HMD は M100 スマートグラスを用いた。

画像解析による HMD の測定方法の方が加速度センサによる測定方法より再現度が高かったため、本稿では、シミュレータを作成するにあたり、画像解析による手法を用いる。

4. 実験

比較対象フォントの選定

比較に使用するフォントに関して、文字が上下に揺れることで横線が消えて見えにくくなるという仮説のもと、横線の太さや形状の異なる図 5 に示す 7 種類のフォントを選定した。フォントは大きく明朝体とゴシック体の 2 つに分けられる。明朝体には、横線の太さが段階的に異なるモリサワ社の 黎ミン B, 黎ミン Y20 B, 黎ミン Y40 B, Windows に標準搭載されているリコー社の MS 明朝を選定した。MS 明朝を選定した理由はモリサワ社のフォントのみの比較では一般性に欠けるためである。ゴシック体には、デザインの異なるモリサワ社の UD 新ゴ R, UD 新丸ゴ R を選定し、明朝体と同様の理由により、MS ゴシックも選定した。明朝体は線の太さに強弱があり、また止めや曲がりにはウロコと呼ばれる飾りがあるため、可読性に優れた書体である。ゴシック体は線の太さが均一であるため、



図 5 比較対象フォント



図 6 実験風景

視認性に優れた書体である。このように、明朝体とゴシック体では用途が異なり、また読み手に伝えるイメージも異なるため、場面ごとに使い分ける必要がある。そこで明朝体とゴシック体は別々に考察を行う。

評価方法

フォントに関する評価方法は多数存在する。例えば、一対比較法や主観評価アンケートなどの主観から評価する方法がある。しかし、これらの方法では個人の嗜好や慣れなどの個人差により、結果が不安定であったり、フィードバックに手間や時間がかかるなどの問題があり、信憑性が低い。その他に IPO テスト (Island, Pond, Ocean) が存在する。これは特許があるため、特許出願が必要であり、コストがかかる。一方、モリサワの研究発表報告では、可読性と可視性の 2 つの観点でフォントの評価を行っている [3]。客観的指標を用いて評価しており、信頼性が高く、コストもかからない。よって本稿ではモリサワ研究発表報告での実験方法を参考にする。

実験条件

シミュレータによる実験環境としては、揺れの測定時に使用した M100 スマートグラスが仮想画面サイズが 4 インチ相当 (仮想視聴距離 35cm 時) であるので、実験環境を統制するために、PC 画面上に 4 インチ相当の仮想ディスプレイを表示させ、被験者と PC 画面の距離を 35cm に保ち、実環境に近づけた。実験風景を図 6 に示す。

4.1 可読性の評価

文章としての読みやすさを示す可読性の評価では、ミソ

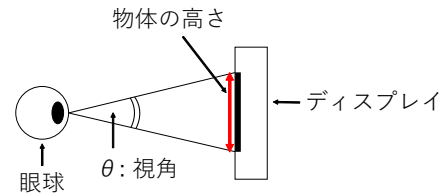


図 7 logMAR を算出する際の視角

ネタ大学ロービジョン研究室が開発している MNREAD 視力チャートの日本語版 MNREAD-J チャート [10] を参考にし、30 文字の文章を被験者にできるだけ速いスピードで間違えないように音読させる。この実験では MNREAD-J チャートに沿って、文字サイズの単位に logMAR を用いる。logMAR は図 7 に示すように、視角 (目で見える物体の上端と下端それぞれから眼球の中心に引いた 2 本の直線が作る角) の常用対数のことである。文字サイズの単位 pt (ポイント) を用いた logMAR の計算式を式 (1) に示す。

$$\log\text{MAR} = \log \left\{ 12 \times \frac{180}{\pi} \times \tan^{-1} \left(\frac{\text{pt}}{1908} \right) \right\} \quad (1)$$

ここでの底数は 10 である。logMAR は測定距離が変化しても相対的な文字の大きさは変化しないため、この視力の単位を MNREAD-J チャートでは文字サイズの単位として扱っている。

被験者は椅子に座った状態で手元にあるキーボードの Enter キーを押下し、実験を開始する。開始の Enter キーの押下時に、文字サイズが 0.9 logMAR (22 pt) の文章がディスプレイ上に表示される。被験者は、その文章を音読し、音読終了時に再び Enter キーを押下する。押下すると、文字サイズが 0.1 logMAR 減少した、先ほどと異なる文章が表示され、それを被験者は音読する。これを被験者が 1 文字も読めなくなる文字サイズになるまで繰り返す。Enter キーの押下時に時間を記録し、その差分から音読にかかった時間を計測する。また被験者の音読を録音し、実験後に読み損じた文字数を記録する。文字サイズごとの音読時間、読み損じた文字数から

読書視力 文章として知覚できる限界の文字サイズ

臨界文字サイズ 最大速度で読める最小の文字サイズ

最大読書速度 文字が最適なサイズの場合の読書速度

を、本稿ではインターネット上の解析プログラム^{*1}により算出し、評価を行う。ここで、表示する文章を意味の通じる文章にすると、人間の補完能力によって揺れた文章でも推測で読めてしまい、適切な結果が得られない可能性がある。そこで、文章はひらがな、カタカナ、漢字の中から PC 上でランダムに作成し、ひらがな、カタカナ、漢字それぞれ 10 文字ずつの意味を成さない 30 文字の文章とする。文

^{*1} <http://www2.aasa.ac.jp/people/hkawash/mnja1/mnja1.html>

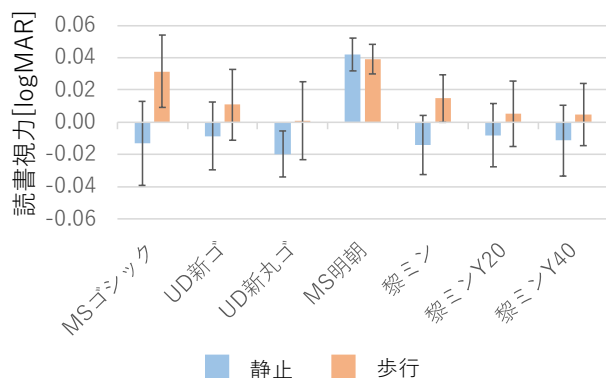


図 8 読書視力

章に慣れが生じないために、被験者には1度読んだ文章は2度と読ませないようにし、一般性を失わないように、被験者ごとに実験するフォントの順番は異なるようにする。実験は20代の男女7名で行ったが、1名のデータが保存されていなかったため、以下では残りの6名の結果を示す。

読書視力

図8に読書視力の結果を示す。ここで棒グラフは被験者6名の平均値であり、エラーバーは標準誤差を表す。数値が小さいほど、文字が小さくなくても文章として読める、ということを示している。

状態(静止, 歩行)とフォントを要因にした被験者内二要因分散分析を行った結果、状態の主効果は有意($F_{(1,30)}=10.99$, $p<.05$)、フォントの主効果も有意($F_{(6,30)}=14.36$, $p<.05$)であった。状態について多重比較を行ったところ、歩行時の方が静止時より有意に大きかった。フォントについて多重比較を行ったところ、MS明朝は他のフォントに比べて読書視力が有意に大きかった。原因として、MS明朝は線が細いため、文字が小さくなると消えて見えなくなるからだと考えられる。

明朝体に関して、歩行時において、縦横の線がともに細いMS明朝が最も読書視力が大きい結果となり、横線の太さが中程度である黎ミンY20 Bが最も小さい結果となった。原因として、MS明朝は線が細いため、文字のサイズが小さくなると、解像度の関係で線が消えてしまい、読み損じの文字数が増えるからだと考えられる。黎ミン3種類を比較すると、横線が太い明朝体のほうが上下振動に耐性をもつ、という仮説通りの結果にはならなかったが、被験者ごとにみると、被験者7名のうち3名が仮説通りの結果になった。

ゴシック体に関して、歩行時において、MSゴシックが最も読書視力が大きく、角が丸いUD新丸ゴRが最も小さい結果となった。MSゴシックよりUD新ゴRやUD新丸ゴRなどのUD書体の方が良い結果となっており、読書視力の実験データにおいて、文字が上下に振動していても、UD書体は文字の形が判別しやすく、読みやすい書体

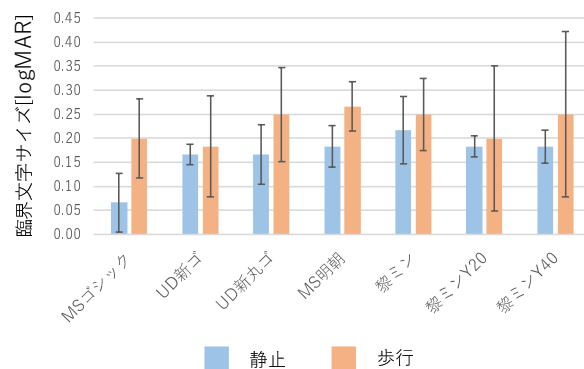


図 9 臨界文字サイズ

であることが確認できた。

臨界文字サイズ

図9に臨界文字サイズの結果を示す。ここで棒グラフは被験者6名の平均値であり、エラーバーは標準誤差を表す。数値が小さいほど、文字が小さくなくても文章を読む速度は影響を受けない、ということを示している。

状態(静止, 歩行)とフォントを要因にした被験者内二要因分散分析を行った結果、状態の主効果は有意であり($F_{(1,30)}=13.00$, $p<.05$)、フォントの主効果は有意傾向であった($F_{(6,30)}=2.240$, $p<.10$)。状態について多重比較を行ったところ、歩行時のほうが静止時より有意に大きかった。

明朝体に関して、歩行時において、縦横の線が細いMS明朝が最も臨界文字サイズが大きい結果となり、横線の太さが中程度である黎ミンY20 Bが最も小さい結果となった。原因として、黎ミンY40 Bは線が太く、またセリフと呼ばれる飾りのようなものがあるため、文字が小さくなるにつれて、解像度の関係で文字がつぶれて見にくくなってしまったと考えられる。黎ミン3種類を比較すると、横線が太い明朝体のほうが上下振動に耐性をもつ、という仮説通りの結果にはならなかった。

ゴシック体に関して、歩行時において、角が丸いUD新丸ゴRが最も臨界文字サイズが大きい結果となり、角が四角いUD新ゴRが最も小さい結果となった。

最大読書速度

図10に最大読書速度の結果を示す。ここで棒グラフは被験者6名の平均値であり、エラーバーは標準誤差を表す。数値が大きいほど、最適な文字サイズの場合に文章を滑らかに読むことができる、ということを示している。

状態(静止, 歩行)とフォントを要因にした被験者内二要因分散分析を行った結果、状態の主効果は有意であった($F_{(1,30)}=13.87$, $p<.05$)。フォントの主効果は有意でなかった($p>.05$)。状態について多重比較を行ったところ、静止

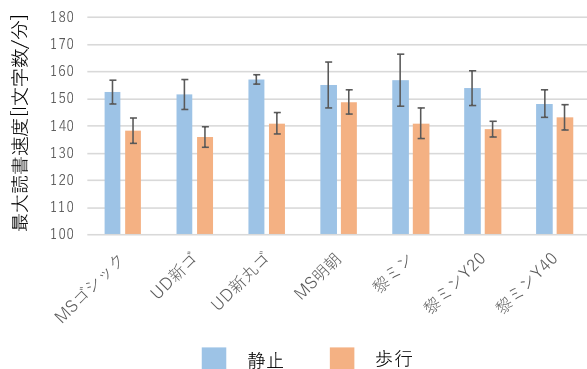


図 10 最大読書速度

時のほうが歩行時より有意に大きかった。

明朝体に関して、歩行時において、縦横の線が細い MS 明朝が最も最大読書速度が大きい結果となり、横線が中程度である黎ミン Y20 B が最も小さい結果となった。黎ミン 3 種類を比較すると、横線が太い明朝体のほうが上下振動に耐性をもつ、という仮説通りの結果にはならなかった。

ゴシック体に関して、歩行時において、角が丸い UD 新丸ゴ R が最も最大読書速度が大きい結果となった。また UD フォントであり、角が四角い UD 新ゴ R が最も小さい結果となった。

4.2 可視性

文字 1 つ 1 つの判別のしやすさを示す可視性の評価では、1 文字ずつ文字を提示し、文字の認識時間を計測する。この実験では文字サイズの単位に logMAR ではなく、pt を用いる。被験者は椅子に座った状態で手元にあるキーボードの Enter キーを押下し、実験を開始する。最初の Enter キーの押下時に 18 pt の文字サイズの文字が 1 文字だけディスプレイに表示される。被験者はその文字を認識した瞬間に Enter キーを押下する。押下すると、文字サイズが 1pt 減少した、先ほどと異なる文字が表示される。被験者が文字を認識できなくなるまで、これを繰り返す。Enter キー押下時に時間を記録し、その差分からその文字の認識時間を計測する。可視性については、

文字の認知閾 文字として認識できる最小の文字サイズ
認知時間 認知閾の文字を認識するのにかかった時間

から評価を行う。検証文字種として、ひらがな、カタカナ、漢字の 3 種類とする。文字種はカタカナ、ひらがな、漢字の順に測定を行い、フォントは可読性の実験と同じように、明朝体は黎ミン B、黎ミン Y20 B、黎ミン Y40 B、MS 明朝、ゴシック体には UD 新ゴ R、UD 新丸ゴ R、MS ゴシックを用いる。ここで文字によって煩雑さが異なり、表示される文字によって得られるデータが不安定になる可能性が

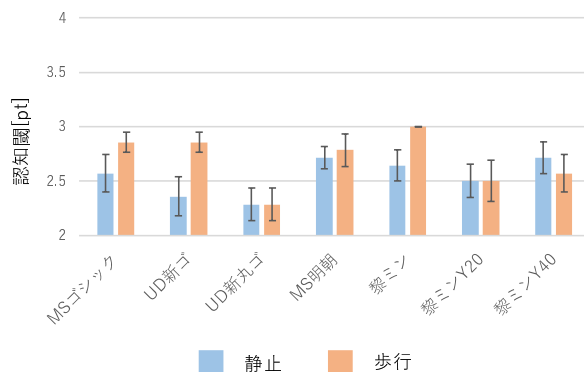


図 11 認知閾 (ひらがな)

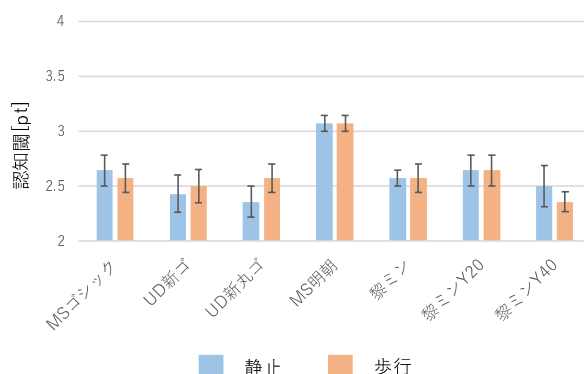


図 12 認知閾 (カタカナ)

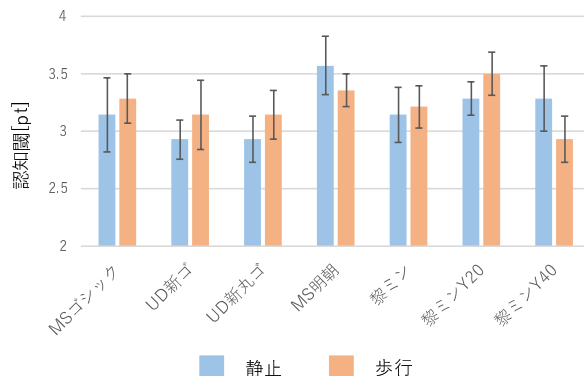


図 13 認知閾 (漢字)

あるため、同じ実験を 2 度繰り返した。以下では 20 代の男女 7 名の結果を示す。

認知閾

図 11, 12, 13 にひらがな、カタカナ、漢字それぞれの認知閾の実験結果を示す。ここで棒グラフは被験者 7 名の平均値であり、エラーバーは標準誤差を表す。数値が小さいほど、小さい文字でも認識できる、ということを示している。

文字種 (ひらがな、カタカナ、漢字) と状態 (静止、歩行)、フォントを要因にした被験者内三要因分散分析を行ったところ、文字種の主効果は有意であり ($F_{(2,72)}=22.56$,

$p<.05$), フォントの主効果も有意であった ($F_{(6,72)}=6.69$, $p<.05$). 状態の主効果は有意でなかった ($p>.05$). 文字種について多重比較を行った結果, 漢字の認知閾が他の認知閾と比べて大きかった. 原因として, ひらがな, カタカナよりも, 漢字が煩雑な形をしているためだと考えられる. フォントについて多重比較を行った結果, MS 明朝より UD 新ゴ R, UD 新丸ゴ R のほうが認知閾が小さかった. 原因として, UD 新ゴ R や UD 新丸ゴ R のような線が均一で太いフォントと比べて, MS 明朝は線が細いため, 文字が小さくなると消えて見えなくなってしまうからだと考えられる.

歩行時における明朝体の認知閾について考察を行う. ひらがなに関して, 横線が細い黎ミン B が最も認知閾が大きく, 横線が中程度の黎ミン Y20 B が最も小さい結果となった. カタカナに関して, 縦横の線が細い MS 明朝が最も認知閾が大きく, 横線が太い黎ミン Y40 B が最も小さい結果となった. 漢字に関して, 黎ミン Y20 B が最も認知閾が大きく, 黎ミン Y40 B が最も小さい結果となった. 文字を判断する際には, 黎ミン B や MS 明朝のような細いフォントは文字が小さくなると, 解像度の関係で文字が薄くなって見えなくなってしまうためと考えられる. 黎ミン Y40 B は線が太いため, ゴシック体のように視認性がよいフォントである可能性が高い.

歩行時におけるゴシック体の認知閾について考察を行う. ひらがなに関して, 角が四角い UD 新ゴ R が最も認知閾が大きい結果となり, 角が丸い UD 新丸ゴ R が最も小さい結果となった. カタカナ, 漢字に関して, 認知閾はほぼ一緒であった. ひらがなのような丸みを帯びた書体は丸ゴシック体を用いる方がよい可能性がある. 漢字に関して, 文字の形が煩雑であり, 文字が小さくなるとどのフォントもつぶれて見えなくなってしまうため, フォント間で認知閾の差が出ないと考えられる.

認知時間

図 14, 15, 16 にひらがな, カタカナ, 漢字それぞれの認知時間の実験結果を示す. ここで棒グラフは被験者 7 名の平均値であり, エラーバーは標準誤差を表す. 数値が小さいほど, 認知閾の文字でも認識しやすい, ということを示している.

文字種 (ひらがな, カタカナ, 漢字) と状態 (静止, 歩行), フォントを要因にした被験者内三要因分散分析を行ったところ, どの主効果も有意でなかった ($p>.05$). 原因として, 文字を認識するのにそれほど時間はかからないためだと考えられる.

歩行時における明朝体について考察を行う. ひらがなに関して, 縦横の線が細い MS 明朝が最も認知時間が大きく, 横線が細い黎ミン B が最も小さい結果となった. カタカナに関して, 横線が太い黎ミン Y40 B が最も認知時間が

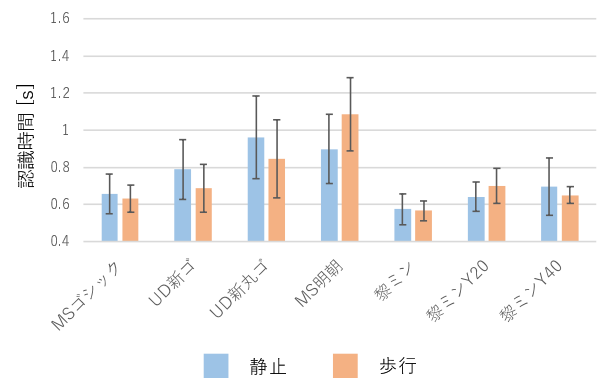


図 14 認知時間 (ひらがな)

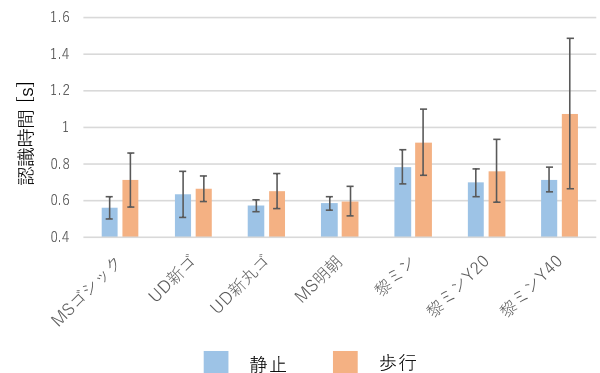


図 15 認知時間 (カタカナ)

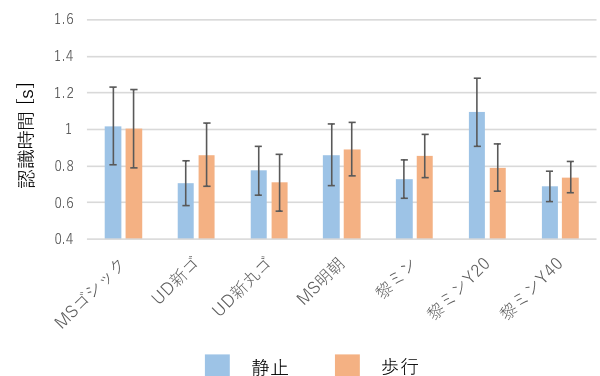


図 16 認知時間 (漢字)

大きく, MS 明朝が最も小さい結果となった. 漢字に関して, MS 明朝が最も認知時間が大きく, 黎ミン Y40 B が最も小さい結果となった. 認知時間の実験データにおいて, Enter キーを押すタイミングが遅れたり, 目を凝らす被験者もあり, 実験誤差が生じやすく, ひらがなの MS 明朝や, カタカナの黎ミン B, 黎ミン Y40 B が他のフォントに比べて大きい数値を取っているが, 1 人の被験者によるものであった.

歩行時におけるゴシック体について考察を行う. ひらがなに関して, 角が丸い UD 新丸ゴ R が最も認知時間が大きく, 角が四角い MS ゴシックが最も小さい結

果となった。カタカナに関して、MS ゴシックが最も認識時間が大きい結果となったが、他のフォントとそれほど差はなかった。漢字に関して、MS ゴシックが最も認識時間が大きく、UD 新丸ゴが最も小さい結果となった。

4.3 評価のまとめ

まず、可読性の実験結果をまとめる。読書視力、臨界文字サイズ、最大読書速度それぞれ、文字が上下に振動することによって影響を受けることを確認した。横線が太くなるにつれて可読性が向上する、という仮説は立証できなかった。読書速度、臨界文字サイズ、最大読書速度の3つの実験データから、MS 明朝は、線が細いため、どの被験者も臨界文字サイズが大きくなってしまいが、最大読書速度がどの被験者も大きかったため、表示される情報の文字サイズが最適な場合、細い明朝体が可読性に優れている可能性がある。黎ミン3種類は、明朝体の横線が太くなるにつれて読みやすさが向上する、という仮説は正しくない可能性がある。本稿では、HMD 上に長文を表示させる際の上下振動に耐性をもつフォントの特徴は明確に抽出できなかった。今回の実験は被験者が少なかったため、今後も実験を行っていく必要がある。

次に可視性の実験結果をまとめる。認知閾、認識時間ともに、文字が上下に振動することによって影響は受けなかった。横線が太くなるにつれて可視性が向上する、という仮説は立証できなかった。認知閾に関して、ひらがなでは、UD 新丸ゴ R のような丸みを帯びたフォントが良い結果となった。黎ミン Y40 B のように、線の太い明朝体は視認性が良い結果となった。しかし、認知閾に関しては、差が出づらく、認識時間に関しては、Enter キーを押すタイミングが遅れるなどの外乱による実験誤差が生じやすかったため、フォントの特徴を抽出できなかった。よって、1人当たりの実験回数を増やすなどの実験デザインを再検討し、可読性の実験と同様に、さらに実験を行っていく必要がある。

5. まとめ

本稿では、歩行時における HMD 上での最適なフォントの評価を行った。実際に HMD を用いたフォントの評価を行う前に、PC 上で歩行時における HMD の揺れを再現したシミュレータを用いて、フォントの評価を行った。比較用のフォントとして、文字が上下に揺れることで横線が消えて見えにくくなるという仮説のもと、横線の太さや形状の異なる黎ミン B、黎ミン Y20 B、黎ミン Y40 B、MS ゴシック、MS 明朝、UD 新ゴ R、UD 新丸ゴ R の7種類を用いた。

可読性の実験では、歩行中における、上下振動に耐性をもつと考えられるフォントについて検討したが、その特徴は明確には抽出できなかった。フォントの評価においては

被験者数が十分ではないため、今後も実験を行っていく必要がある。

可視性の実験についても、可読性の実験と同様に、その特徴を明確には抽出できなかった。認知閾に関して、大きな差が出づらい。認識時間に関して、Enter キーを押すタイミングが遅れるなど外乱による実験誤差が生じやすい。よって、実験誤差を小さくするために、1人あたりの実験回数を増やすなどの実験デザインを再検討し、より多くの被験者を集める必要がある。

今後は、被験者を増やし、比較対象フォントを絞り込んだ後、実際に HMD を装着して歩行した際のフォントの評価を行う。

6. 謝辞

本研究の一部は、JST さきがけ (JPMJPR15D4) の支援によるものである。ここに記して謝意を表す。

参考文献

- [1] M. Nakao, T. Terada, and M. Tsukamoto: An Information Presentation Method for Head Mounted Display Considering Surrounding Environments, *Proc. of Augmented Human Conference 2014 (AH 2014)*, No. 47, pp. 1–8 (Mar. 2014).
- [2] 富士原匡隆, 新井イスマイル: 光学透過型 HMD を用いた AR ナビにおける背景色に基づくビュマネジメント, 情報処理学会研究報告, Vol. 2014-MBL-70, No. 11, pp. 1–5 (Mar. 2014).
- [3] 中田泰志: モリサワフォント (UD 書体) の可視性・可読性に関する比較研究報告 (July 2013).
- [4] 朝井宣美, 渡邊朋子, 信貴 豊, 薮内優香, 高野作治, 角田清, 宮本有希生: LC(液晶) フォント, シャープ技報, Vol. 69, pp. 92–95 (Dec. 1997).
- [5] 田中宏平, 岸野泰恵, 宮前雅一, 寺田 努, 西尾章治郎: 光学式シースルー型 HMD のための読みとりやすさを考慮した情報提示手法, 情報処理学会論文誌, Vol. 48, No. 4, pp. 1848–1858 (Apr. 2007).
- [6] 石原次郎, 熊坂 亮: フォントの違いによるイメージの伝達効果, 北海道大学学術成果コレクション, Vol. 29, pp. 29–40 (Dec. 2002).
- [7] J. S. Mansfield, G. E. Legge, and M. C. Banet: Psychophysics of Reading. XV: Font Effects in Normal and Low Vision, *Investigative Ophthalmology & Visual Science (IOVS)*, Vol. 37, No. 8, pp. 1492–1501 (July 1996).
- [8] 岡田 哲, 朝井宣美, 小山至幸, 掛 晃幸, 八江友和, 小谷章夫: カラー液晶 LC フォント LCFONT.C, シャープ技報, vol. 81, pp. 25–28 (Dec. 2001).
- [9] D. Bragg, S. Azenkot, K. Larson, A. Bessemans, and A. T. Kalai: Designing and Evaluating Livefonts, *Proc. of the 30th Annual ACM Symposium on User Interface Software and Technology (UIST 2017)*, pp. 481–492 (Oct. 2017).
- [10] 小田浩一: MNREAD-J, Jk チャートマニュアル (Mar. 2002).