

モバイル情報端末の特性に関する
人間工学的な評価と応用システムの開発

長谷川 旭

目次

第1章 序論	.....	3
1. はじめに		
2. 研究の背景		
3. 人間工学的アプローチの必要性		
4. 研究の目的		
5. 論文の構成		
参考文献		
第2章 HMD上の立体映像の見え方	.....	9
第1節 水晶体調節について	.....	9
1. 研究の背景		
2. 実験の方法		
3. 結果		
5. 考察とまとめ		
第2節 ランドルト環を利用した視認性評価	.....	16
1. はじめに		
2. 実験の方法		
3. 結果		
4. 考察		
5. まとめ		
参考文献		
第3章 タブレット端末の視認性評価	.....	22
第1節 電子ペーパーと液晶の視認性特性比較	.....	22
1. 研究の背景		
2. 実験の方法		
3. 結果		
4. 考察とまとめ		
第2節 端末視認時の環境照度と瞳孔径の関係	.....	27
1. はじめに		
2. 実験の手順		
3. 結果と考察		
4. まとめ		
参考文献		

第4章	タブレット端末での文字入力特性	.....	34
	1. はじめに		
	2. 実験の方法		
	3. 結果		
	4. 考察		
	5. まとめと今後の課題		
	参考文献		
第5章	モバイル情報端末で利用する多言語医療支援システムの開発	.....	49
	1. はじめに		
	2. モバイルの必要性		
	3. 多言語医療支援システムの試作		
	4. 特性を考慮したインターフェースの検討		
	5. ユーザビリティ評価実験		
	6. 特性を考慮した iPad 向けシステムについて		
	7. まとめ		
	参考文献		
第6章	結語	.....	62
	1. 研究のまとめ		
	2. 今後の課題		
	謝辞	.....	65
	本論文を構成する発表文献	.....	66

第1章 序論

1. はじめに

情報機器の進歩と普及はめざましく、特にモバイル情報端末は日常生活のあらゆる場面に浸透している。一方でパソコン等の情報機器がオフィスや自宅で利用されるようになり、VDT (Visual Display Terminals) 作業者の疲労問題や、便利であるはずのパソコンが使いにくいといった「ユーザビリティ」の問題が顕著になってきた。これらの問題を解決する為に、生理反応計測を行って原因を追究したり、ユーザビリティ評価を行って問題点を把握するといった、人間工学的なアプローチでの研究[1-6]がおこなわれてきた。また、その成果に基づいて JIS[7-8]や ISO[9-10]で統一した基準として規格化がなされた。しかし、モバイル情報端末は、いつでもどこでも利用することができ、屋外での利用も想定されるなど、従来の様なパソコン等を前提とした VDT 作業環境とは異なる点も多い。

本研究では、モバイル情報端末について、人間工学的な被験者実験を行い、モバイル情報端末の多様な可能性を追求する上で必要な、端末特性の評価を行った。また応用事例として、モバイル情報端末で利用する多言語医療支援システムを開発し、ヒューマンインタフェースについて考察した。

なお、本論に入る前に、本章「序論」において、「研究の背景」「人間工学的なアプローチの必要性」「研究の目的」について述べ、最後に「本論文の構成」について記す。

2. 研究の背景

近年、手軽に個人で立体映像の視聴が可能なヘッドマウントディスプレイ (HMD) や、iPad をはじめとするタブレット端末など、モバイル情報端末が注目されている。しかし、モバイル情報端末の表示画面の性能や入力方法については、未だ十分な研究がおこなわれておらず、表示特性に関する明確な基準はない。また、入力方法についても、従来のパソコンで一般に利用されている物理的な Q W E R T Y 配列のキーボードを、タッチパネル上で模したソフトウェアキーボードによって実現されており、タッチパネルの特性に特化した入力方法ではない。このため、各メーカーの開発者の感性や経験または開発技術やコス

ト上の制約にしたがってそれぞれの機器が製造されているのが現状である。

モバイル端末は、パソコンとは異なり、持ち運んで様々な環境で利用することができるなど、従来のパソコンなどを想定した VDT 作業環境とは異なる点も多い。例えば、HMD による立体視では、パソコン上などで実現される立体映像技術で利用されている偏向メガネ方式などとは違い、左右の目に直接異なった映像を見せる方式である。また、注目を集めるタブレット端末においては、電子ペーパー (E-Ink) 等のようなディスプレイも登場しており、従来の液晶ディスプレイとは異なる特性について明らかにする必要がある。また、タブレット端末は従来のパソコンとは異なり、モバイル端末として持ち歩いて利用することが想定され、暗い室内から直射日光下での利用までの多彩な環境での利用が考えられる。さらに、タブレット端末ではタッチパネルディスプレイが搭載され、従来のパソコンで利用されてきたキーボードやマウスとは異なる入力方式が採用されており、従来の VDT 作業環境とは異なる視点が必要である。

モバイル情報端末はますます発展し、普及していくと考えられ、モバイル情報端末の人間工学的な評価をし、特性を明らかにすることは重要である。

3. 人間工学的アプローチの必要性

人間工学は、「人間の形態的、心理的、生理的特性を考慮して、人間-機械系として捉えられたトータルなシステムにおいて、人間と機械の適合を図りながら、人間にとって最適な作業形態・職務・機械・道具等を設計してく学問」[11]とされており、様々な学問分野や領域との関連性の強い学際的なものであり、広範囲の学問体系を包括している(図1-1, 出典[6])。情報技術の進歩と普及はめざましく、ともすると技術的發展に重きを置きすぎるあまりに、人間との関係を見失った機械などの設計が行われることで、人間が機械の方に適合できず、かえって効率、使いやすさ、安全性の低下がもたらされることが考えられる。これに対して、人間工学的なアプローチでは、人間要素を中心に人間と機械の特性を明らかにして、最適なヒューマンインタフェースを作り出すことに主眼がおかれている。

人間工学 (Ergonomics) という言葉は、ギリシャ語の *ergon* (仕事や労働) と *nomos* (自然の法則) に由来しており、1857年にポーランドの学者 Wojciech Jastrzębowski 氏により造語されたとされている。ヨーロッパを中心に、特に労働衛生的な観点で研究がなされた。一方、第二次世界大戦以降の米国を中心として、人間工学 (Human factors) という名称にて、主にヒューマンエラー研究を中心に、人間の認知特性を考慮したヒューマンインタフェースの実現を目指した研究がなされた。日本の人間工学は、ヨーロッパを中心とした人間工学 (Ergonomics) とアメリカを中心とした人間工学 (Human factors) のそれぞれの影響を受けている。人間工学 (Ergonomics) と人間工学 (Human factors) の間には厳密な

区分はない[12].

VDT 作業については、人間工学の1分野としての労働衛生管理面での研究がなされ、1978年にスウェーデンにおいて、VDT作業の指導要領が発表されて以来、各国において基準、勧告がだされた[12]. 日本では、1985年に厚生労働省より「VDT作業のための労働安全衛生上の指針」が策定された. また、2002年には「VDT作業における労働衛生のためのガイドライン」[13]が出されるなど、人間工学的な研究によって得られた知見を基に VDT 作業環境の指針やガイドラインが作られた.

前節でも指摘したように、従来のパソコンを念頭においた VDT 作業環境と、モバイル情報端末は異なると考えられる. このため、モバイル情報端末の特性についても、人間工学的に明らかにし、統一的な基準作成は今後ますます重要となると考えられる.

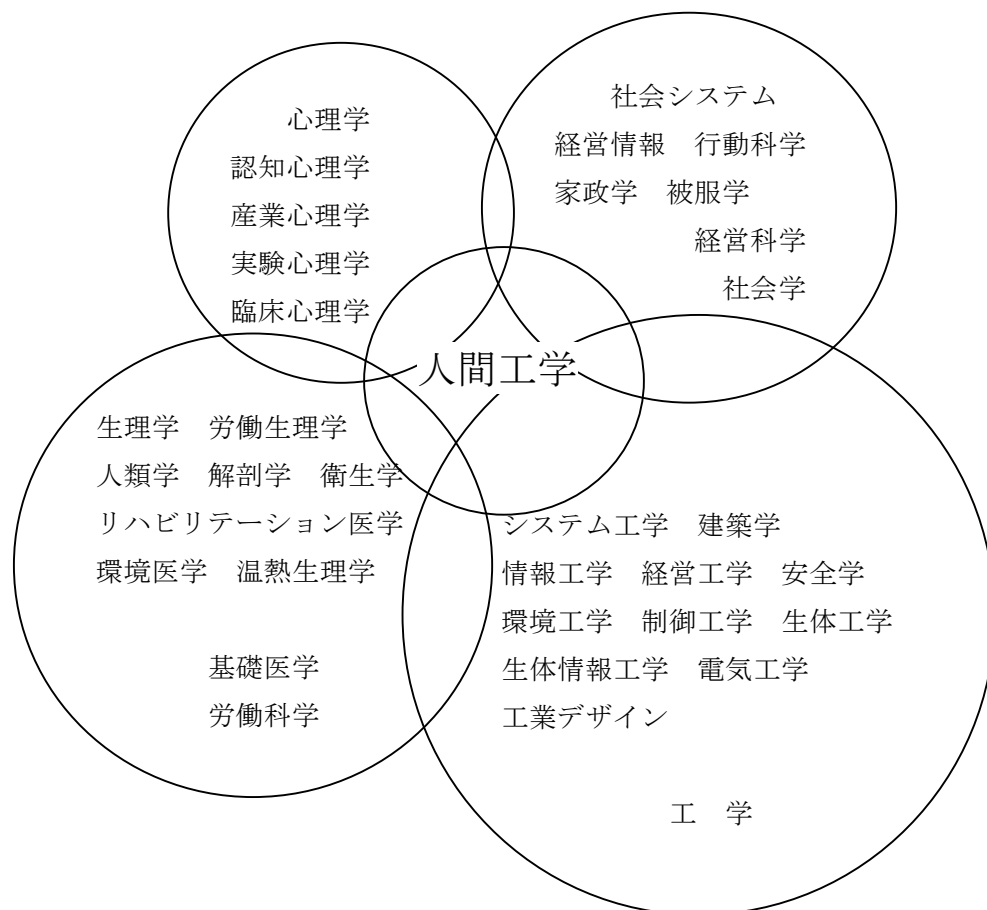


図 1-1 人間工学の関連分野 (出典[6])

4. 本研究の目的

VDT 作業環境において、VDT 機器は労働者への健康影響を考慮し、作業者が行う作業に最も適した機器を選択し導入する必要があるが、最適な選択の為には、端末の持つ特性を正しく把握する必要がある。従来から VDT 機器の特性は、視認性特性[7,9]、および入力特性[8,10]を中心に議論がなされている。本研究の目的は、モバイル情報端末における視認性特性、および入力特性を、明らかにすることであり、今後の統一的な基準作成のための基本的な資料となることである。本研究では、(1) HMD 上の立体映像注視時の視認性特性、(2) タブレット端末の視認性評価、(3) タブレット端末の文字入力特性、という3点に着目し、被験者実験によって人間工学的な評価を行った。

また、本研究では、モバイル情報端末上で動作する多言語医療支援システムを開発した。開発にあたっては、モバイル情報端末で動作する事を考慮していない試作版と、モバイル情報端末の大きさや指で操作するといった特性に合わせてスクロール等を用いるようにデザインした2通りのデザインについて、被験者実験によってユーザビリティを比較、評価し、モバイル情報端末の入力特性に合わせたヒューマンインタフェースの実現をめざした。

5. 論文の構成

本論文では、まず、次章(第2章 HMD 上の立体映像の見え方)で、HMD を利用した際の立体映像の視認性について報告する。次いで、第3章(タブレット端末の視認性)において、液晶ディスプレイと電子ペーパーを搭載したタブレット端末の視認性について述べ、第4章(タブレット端末での文字入力特性)において、タブレット端末でのソフトウェアキーボードを利用した文字入力特性について述べる。次ぐ第5章(モバイル情報端末で利用する多言語医療支援システムの開発)では、モバイル情報端末で実現する多言語医療支援システムを開発し、そのヒューマンインタフェースの考察について述べる。最終章(第6章 結語)では、本論文全体のまとめと今後の課題について述べる。

本論を記した第2章・第3章・第4章・第5章の各章は、以下のような表題および内容を有する節で構成される。

第2章(HMD 上の立体映像の見え方)は、2つの節で構成される。第1節(水晶体調節について)で HMD 上での立体注視時の水晶体調節について述べる。水晶体調節が行われているとした場合に、調節と輻輳が一致して立体像の融像位置に合わせられるとすると、実際のディスプレイ位置には焦点が合わず、ぼけた画像を見ることになると思われる。そこで、第2節(ランドルト環を利用した視認性評価)では、立体的なランドル

ト環表示を利用し、HMD 上での立体映像視聴時の識別能について述べる。

第3章（タブレット端末の視認性）は、2つの節で構成される。第1節（電子ペーパーと液晶の視認性特性）で液晶ディスプレイと電子ペーパーの視認性特性について述べる。次に、モバイル情報端末は、暗い環境下から直射日光下までの多彩な環境下での利用が想定されるが、第2節（端末視認時の環境照度と瞳孔径の関係）にて、タブレット端末利用時の暗所（10 lx）から明所（100,000 lx）までの各照度環境において、どのように瞳孔径が変化するかについて被験者実験によって調査し、タブレット端末の表示特性について述べる。

第4章（タブレット端末の入力特性）では、タブレット端末上でのQWERTY配列のソフトウェアキーボードの入力特性について調査し、加齢効果と利き手、非利き手による違いに着目した解析結果を述べる。

第5章（モバイル情報端末で利用する多言語医療支援システムの開発）では、モバイル情報端末上で動作する多言語医療支援システムを開発した。開発の過程で、実物を模したデザインの試作品とデバイス特性を生かしたデザインの改良版について、被験者実験によってユーザビリティを評価し、そのヒューマンインタフェースについて考察した。

最後に、第6章（結語）で、まとめについて述べる。

参考文献

- [1] Miyao, M., Hacisalihzade, S.S., Allen, J.S., Stark, L.W., "Effect of VDT resolution on visual fatigue and readability: an eye movement approach", *Ergonomics*, Vol. 32, No. 6, pp. 603-614, 1989.
- [2] エティヌ グランジャン著, 西山勝夫, 中迫勝 訳, 「コンピュータ化オフィスの人間工学」, 啓学出版, 1989.
- [3] Kroemer KHE, Grandjean E, "Fitting the Task to the Human, A Textbook of Occupational Ergonomics", London: Taylor & Francis, 5th ed. 1997.
- [4] 大石巖, 畑田豊彦, 田村徹, 「ディスプレイの基礎」, 共立出版, 2001.
- [5] 窪田悟, 「液晶ディスプレイの生態学」, 労働科学研究所出版部, 1998.
- [6] 村田厚生, 「人間工学概論」, 泉文堂, 1992.
- [7] 日本工業規格 (JIS), JIS Z8513 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, 1994.
- [8] 日本工業規格 (JIS), JIS Z8514 人間工学—視覚表示装置を用いるオフィス作業—キーボードの要求事項, 1994.
- [9] ISO, ISO 9241-3, Ergonomic requirements for office work with visual display terminals - Visual display requirements-, 1993.
- [10] ISO, ISO 9241-4, Ergonomic requirements for office work with visual display terminals - Keyboard requirements-, 1998.
- [11] 田村博, 「ヒューマンインタフェース」, オーム社, 1998.
- [12] 正田亘, 「人間工学」, 恒星社厚生閣, 1997.
- [13] 宮尾克, 「現代のコンピュータ労働と健康」, かもがわ出版, 2008.

第2章

HMD上の立体映像の見え方

第1節

立体映像視認時の水晶体調節について

1. 研究の背景

立体映像には様々な方式[1,2]があるが二眼式立体映像は、左右の眼に視差のある別々の映像を見せることで映像を立体的に見せるものである(図2-1)。立体映像は、専用上映館や専用のディスプレイで視聴するだけでなく、個人でもヘッドマウントディスプレイ(Head Mounted Display: HMD)を使えば、モバイル情報端末などで手軽に楽しむことができる。しかし、立体映像視聴時の視聴者の視機能への影響は、まだ十分に解明されているとは言えないのが現状である[3-4]。不自然な立体像を長時間見ると眼精疲労・頭痛などの症状が起こるとされ、目への負担が懸念されている。立体映像の不自然さの原因について、多くの文献で、輻輳(両眼の視線の交叉)は立体像に合せられるが、調節(水晶体の焦点調節)はディスプレイの画面位置に固定されるためとされ、「輻輳と調節の不整合」「視覚系の不整合」などと呼ばれている。しかし、宮尾らによってCRTディスプレイや液晶ディスプレイ(Liquid Crystal Display: LCD)上では立体映像を注視している間に、立体像に追従して水晶体調節が行われることが判明している[5-8]。

本研究では、左右の目に直接異なった映像を見せる方式であるHMDにおいても、立体像に追従して水晶体調節が行われるか、被験者実験を行い測定した。

2. 実験の方法

自覚的に立体視が可能で、裸眼またはコンタクトレンズを装着して屈折が ± 0.15 Diopter以下の正視状態となった21歳から42歳までの平均27.4(± 7.1)歳までの男女15名(裸眼5名、コンタクトレンズによる矯正10名)に、HMD(Vuzix Corp; iWear AV920, 640 x 480 ドット; 図2-2)で映像を提示し、遠近運動する球体(図2-3)を被験者が注

視している 40 秒間の水晶体調節をアコモドーレフラクトメータ（ニデック AR-1100）で計測した．表示映像は，(a) 2D 表示（両眼視差なし），(b) 擬似 3D 表示（視差はあるが一定．立体視はできるが像はディスプレイより少し遠方に固定されている），(c) 3D 表示（遠近に応じた視差あり）の 3 種類を表示した（図 2-4）．

ただし，実験では，測定のため，HMD は分解してディスプレイパーツだけを取り出し，表示画面が下向きになるようにダイクロイックミラーの上方に設置した（図 2-5）．被験者はミラーに映る映像を両眼で注視し，その間にミラー越しに右目の水晶体調節を測定した（図 2-6）．

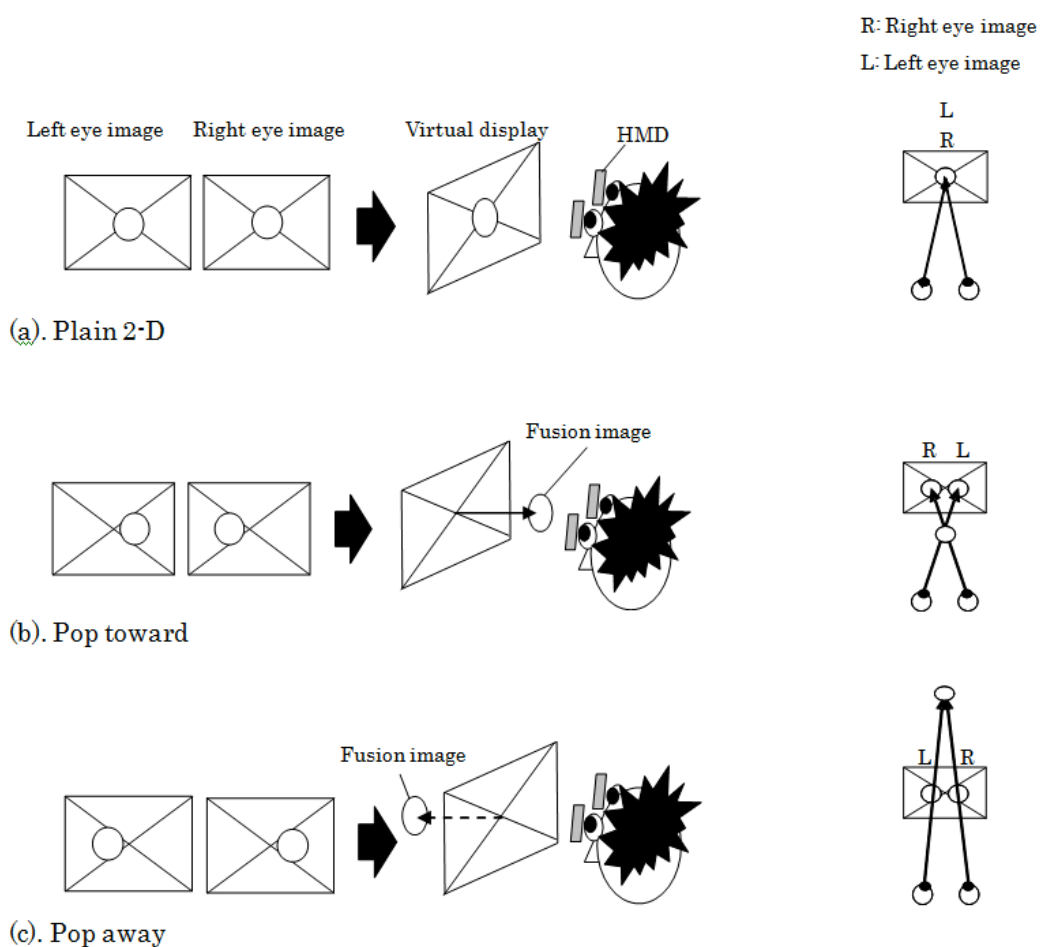


図 2-1 両眼視差像による立体視の原理



(a) HMD



(b) 装着例

図 2 - 2 HMD と装着例

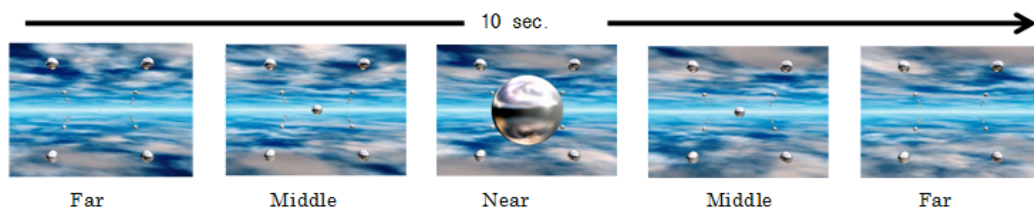


図 2 - 3 提示した映像（10秒毎に中央の球体が飛びだしたり引っ込んだりを繰り返す）

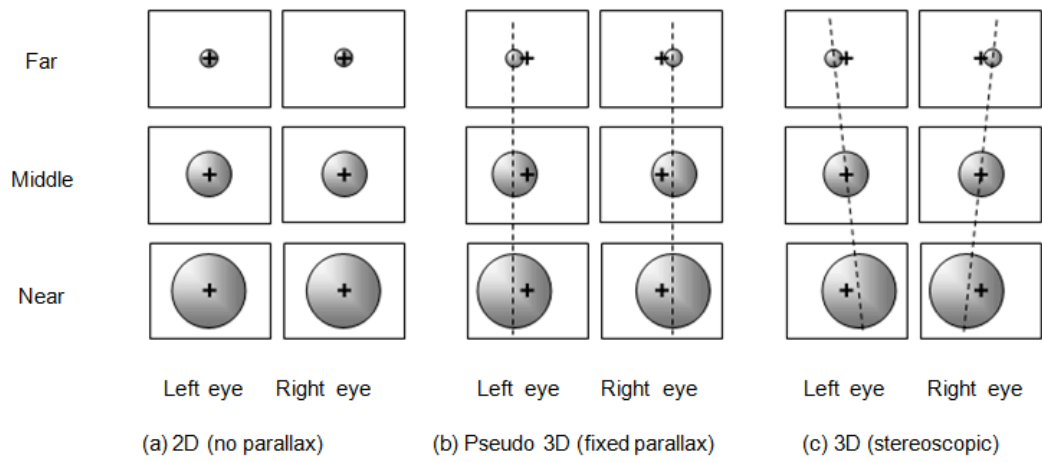


図 2 - 4 3 種類の提示映像の模式図

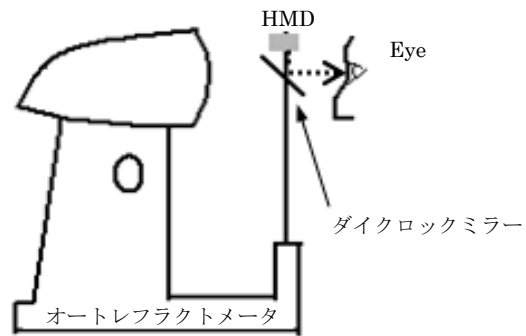


図 2 - 5 測定装置の模式図



(a)被験者

(b)測定中

図 2 - 5 測定の様子

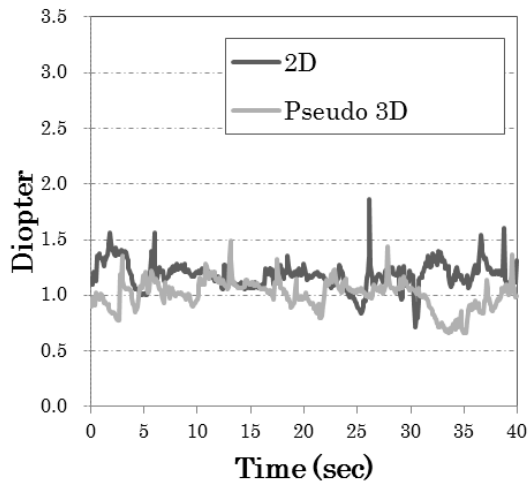
3. 結果

被験者 15 名の実験結果のうち、代表的な 2 名の結果を、図 2-7 (被験者 A) および図 2-8 (被験者 B) に示す。被験者 A は、裸眼で正視の 21 歳女性、被験者 B はソフトコンタクトレンズで適正な視力矯正をした 33 歳男性 (被験者 B) である。図 2-7、図 2-8 とも、(a) に 2 D 表示や擬似 3 D 表示の結果、(b) に 3 D (立体) 表示の結果を示した。いずれのグラフも、横軸は測定した 40 秒間の時間経過 (秒)、縦軸は水晶体の調節距離 (単位は Diopter = m^{-1}) である。

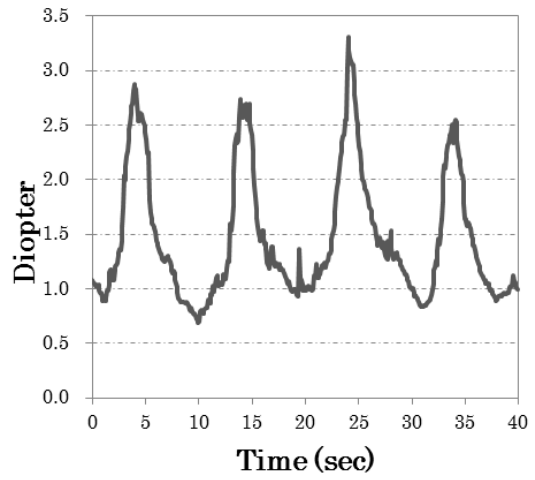
被験者 A、B ともに、3 D 表示の時のみ、測定開始 (映像開始) から 5 秒・15 秒・25 秒・35 秒目の 4 回の球体接近時をピークに、立体映像の球体の遠近運動に追従して、安定した調節を示した (図 2-7、図 2-8 の (b))。

しかし、2 D 表示や擬似 3 D 表示について、被験者 A では、2 D 表示の 40 秒間の平均値は 1.18 ± 0.12 Diopter、擬似 3 D では 1.00 ± 0.13 Diopter だった (図 2-7 (a))。これは、擬似 3 D 表示では立体視によって通常の表示位置より遠方に融像することが影響していると解釈できる。また、被験者 B においては、2 D で 0.80 ± 0.26 Diopter、擬似 3 D で 1.07 ± 0.17 Diopter と、比較的値が安定しなかった (図 2-7 (b))。しかも、2 D より擬似 3 D の方が近方に調節される傾向が見られた。これは、2 D 表示の注視時に遠方視した時間があったか、もしくは擬似 3 D 表示を立体視した際に遠近運動しているはずだという心理的影響が現れたのかもしれない。

いずれにしても、3 D (立体) 表示の注視時には、2 D および擬似 3 D 表示では見られない大きな調節変動が球体の運動に同調して観察され、立体映像によって実際に水晶体調節が起きていることが示された。

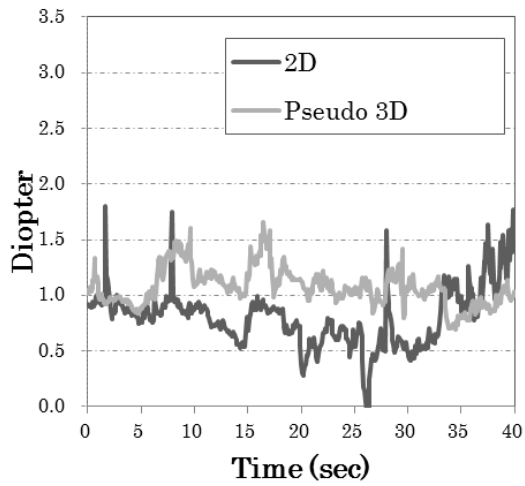


(a) 2D 表示と疑似 3D 表示

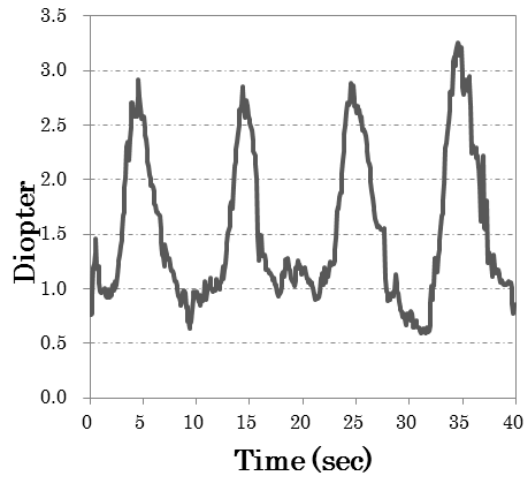


(b) 3D 表示

図 2-7 水晶体調節の測定結果：被験者 A (21歳, 女性, 裸眼)



(a) 2D 表示と疑似 3D 表示



(b) 3D 表示

図 2-8 水晶体調節の測定結果：被験者 B (33歳, 男性, ソフトコンタクトレンズ着用)

4. 考察とまとめ

実験結果からHMDにおいても、3D表示時には、デスクトップ型のCRTやLCDで実験された先行研究[5-8]と同様に、注視している立体像に追従して水晶体調節が行われることが示された。また、3D表示による水晶体調節が、擬似3D表示では起きていないことから、この水晶体調節は、心理的または意識的に誘発されたものではなく、立体像の注視によって起きたものであると言える。

このことは、少なくとも『水晶体調節がディスプレイの画面の位置に固定されるため』に「輻輳と調節の不整合」「視覚系の不整合」が起きている訳ではないことを示している。

また、水晶体調節のタイミングが立体像の遠近と一致していることは、輻輳と水晶体調節の同調を意味している。ただし、両者の調節距離の関係や、被験者の視機能などによる個人差については、今後さらなる研究を進める必要がある。

第2節

ランドルト環を利用した視認性評価

1. はじめに

前節でデスクトップ型の CRT や LCD だけでなく HMD においても、立体像に追従して水晶体調節が行われることを示した。しかし、調節が輻輳と一致して立体像の融像位置に合わせられるとすると、実際に画面に表示されているディスプレイ位置には焦点が合わず、ぼけた画像を見ることとなり、眼精疲労の主要因とする主張が見られる。

本研究では被験者に、ランドルト環という単純な図形を、大きさを変えずに単に左右に移動しただけの最も基本的な両眼視差像を使って、HMD で立体視させ、ランドルト環がぼけずに識別できるかを検証した。

2. 実験の方法

サイドバイサイド形式で作成した静止両眼視差画像を、HMD (Vuzix Corporation 製 iWear AV230XL+, 320×240 ピクセル, 約 2.7m 先に 44 インチの仮想ディスプレイが見える仕様) で立体視して実験に用いた。

融像距離 300cm (平面) の画像 (図 2-9 a) では、中央に縦一列にランドルト環を 12 種類 (通常 300cm の視距離で片眼視力を測る際の 0.2, 0.3, 0.4, 0.5, 0.6, 0.7, 0.9, 1.0, 1.2, 1.5, 2.0 に相当する大きさ) を配し、四方に 4 つの円を表示した。次に、大きさは変えず、ランドルト環だけを左右に平行移動して視差を設け、目から融像までの距離 (瞳孔間距離を 60mm とした理論値) が 100cm から 500cm まで 50cm 間隔で合計 9 通りの視差像を用意した。

被験者はまず HMD を装着し、平面 (300cm) の画像を見ながら HMD の左右のピントを合わせた。ピント合わせ以降はピント位置を変えずに 9 通りの立体像をそれぞれ立体視した。被験者が立体視したランドルト環の切れ目の方向をどの大きさまで識別できたかを記録した。延べ 18 人の男女 (平均 24.6±7.9 歳) (コンタクト・メガネ着用のまま HMD 使用もあり) について計測した。

ランドルト環による視力測定値は、識別できる切れ目の視角が θ (分) のとき、視力 = θ^{-1} と定められている (図 2-10)。本研究では、3m 視力表に相当するランドルト環を HMD で、視距離およそ 3m の仮想ディスプレイ (仕様では 270cm, 瞳孔間距離などの個人差とサイドバイサイド画像の HMD による再現能により今回は視差なし画像が約 300cm

に表示)に表示した. さらに, 両眼視差によって, 融像距離を 100cm から 500cm まで 50cm 刻みとなるよう設定した.

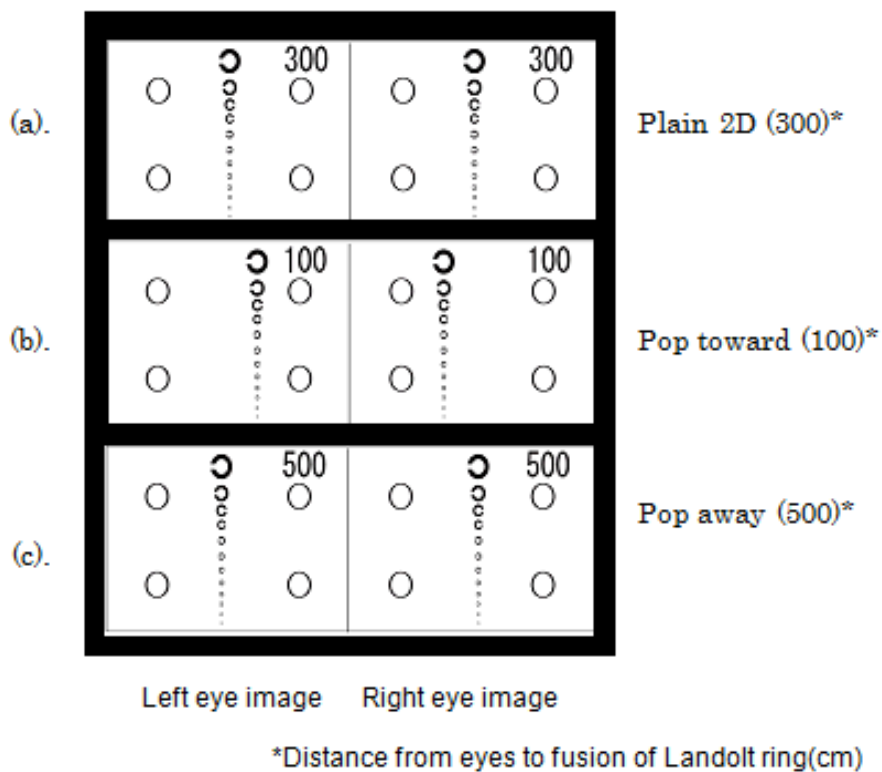


図 2-9 実験で利用した立体像

Landolt ring Diameter: Stroke width: Gap width=5: 1: 1 \uparrow

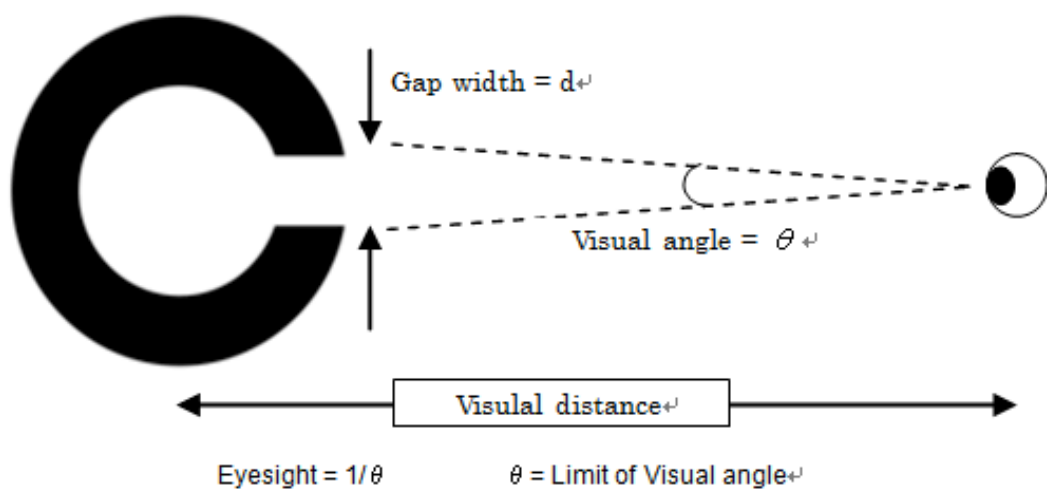


図 2-10 ランドルト環と視力測定

3. 結果

図2-11のグラフは、どの融像距離でも立体視できなかった3人を除く15人分の、識別可能な最小ランドルト環の値（3m視力表の視力値）の平均を表している。ただし、グラフ中の●は立体視できなかった融像距離の視力値を0.0として算出した平均、△は立体視できた人のみ平均である。また、図中のエラーバーは標準偏差を示している。

図2-11のグラフから融像限界を越えない範囲では、融像距離にかかわらず視力表の1.4付近の値を示しており、識別能の低下はほとんど見られなかった。このことは、立体視で水晶体調節が融像距離に合わせていても、融像限界内ならば像がぼけることなく見えることを示している。なお、被験者18人について各融像距離で立体視できた人数とできなかった人数（人、%）は、図2-12に示すとおり、融像距離が最短の100cmでは18人の被験者のうち15人が立体視できなかったが、それ以外の距離においては立体出来なかった人数は6人から3人であった。

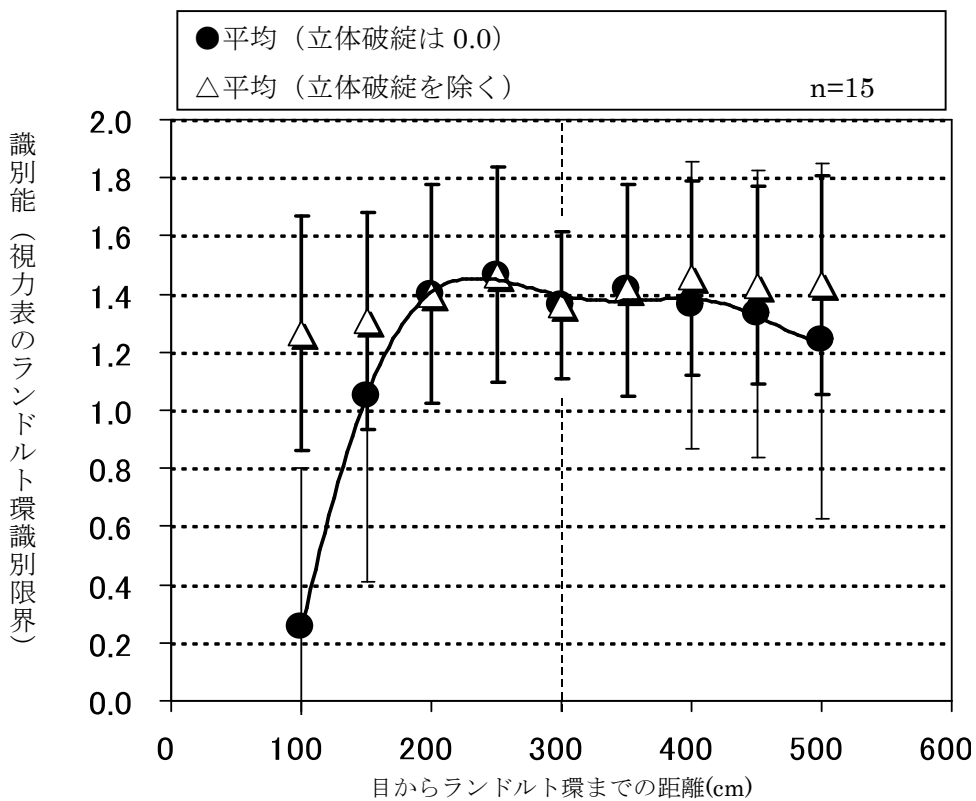


図2-11 実験結果（ランドルト環の視認性）

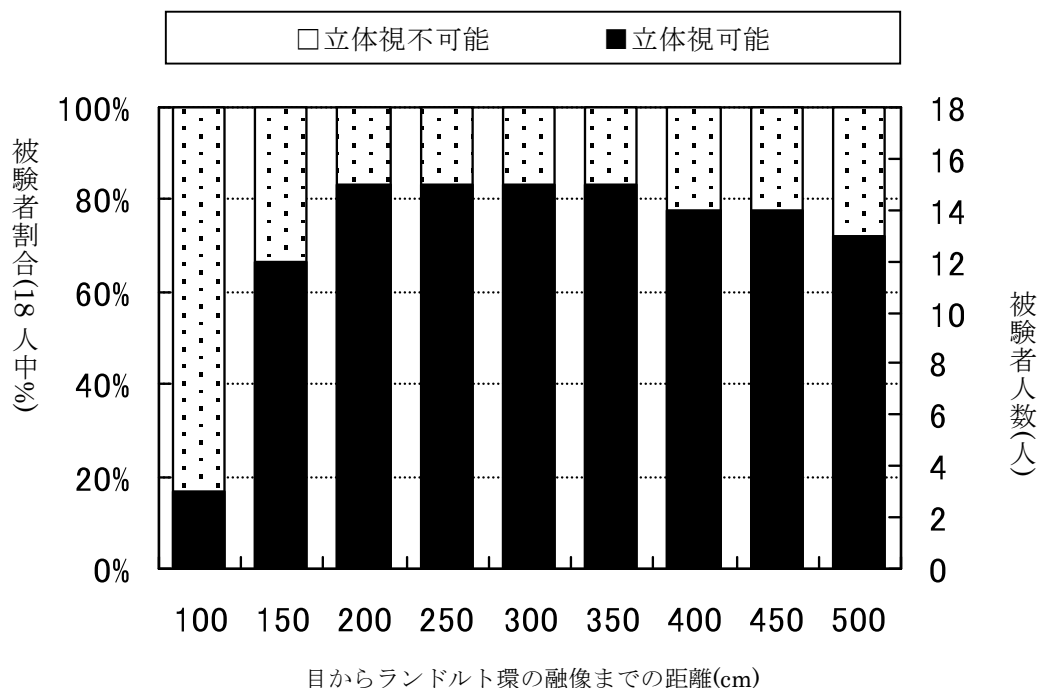


図 2-12 立体視可能だった被験者数

4. 考察

立体映像のぼけについて調査した先行研究には、Magic-Eye™技能と立体映像の関係について調査したWilmerらの研究[9]や、立体視聴時の画像そのものをぼかした視聴環境について調査したBattagliaらの研究[10]、立体視力および観察距離の関係について調査したWannらの研究等[11]が挙げられる。しかし、ランドルト環を立体視させ、その視力を計測した研究は他に例がない。

ランドルト環による視力測定について、実像の場合は視距離を小さくする（視力表を目に近づける）と視角が大きくなるため小さなランドルト環でも識別できるようになる。しかし、本件のような視差のみの立体像では、融像距離が近づいても視角は同じであり、逆に像が小さく感じられる[12]。そのため、実験結果（図 2-11）に融像距離による補正は加えていない。

実験結果から、図 2-12 のように融像距離 150-100cm で融像限界を超えた被験者が多い（個人差やHMDの特性要因による）が、融像限界を超えない範囲では、融像距離にかかわらず識別能の低下はほとんど見られなかった（図 2-11）。このことは、立体視によって水晶体調節が像に合わせていても融像限界内ならば、像がぼけることなく見えることを示している。

5. まとめ

本研究では、HMD上で立体的なランドルト環を表示して、視力測定を行った。実験結果から、立体視によって水晶体調節が融像距離に合わせていても、おそらく融像限界内ならば像がぼけることなく見えることを示した。

今後の研究では、焦点調節と識別能の同時計測や焦点深度にかかわる瞳孔径の変化の測定を行い、立体視の視機能への影響および眼精疲労などの要因を解明していきたい。

参考文献

- [1] 長谷川聡, 大森正子, 渡辺智之, 高田宗樹, 藤掛和広, 市川哲哉, 田原博史, 小室貴弘, 小阪将也, 宮尾克: ヘッドマウントディスプレイ上への水晶体調節, シンポジウムモバイル 08, pp.192-196 (2008).
- [2] 河合隆史, 田中見和: 次世代メディアクリエイター入門 1 立体表現, カットシステム (2003).
- [3] 原島博, 元木紀雄, 矢野澄男: 3次元画像と人間の科学 (2000).
- [4] 矢野澄男, 出井真司, ハル・スワイテス: 立体映像の見やすさと調節応答からみた視覚疲労, 映像情報メディア, Vol.55, No.5, pp.711-717 (2001).
- [5] Miyao M., Ishihara S., Saito S., Kondo T., Sakakibara H. and Toyoshima H.: Visual accommodation and subject performance during a stereographic object task using liquid crystal shutters, *Ergonomics*, Vol.39, Iss.11, 1294-1309 (1996).
- [6] Miyao M., Otake Y. and Ishihara S.: A newly developed device to measure objective amplitude of accommodation and papillary response in both binocular and natural viewing conditions, *Jpn. J. Ind. Health*, Vol.34,148-149 (1992).
- [7] Omori, M., Hasegawa, S., Ishigaki, H., Watanabe, T., Miyao, M., and Tahara, H.: Accommodative load for stereoscopic displays, *Proc. SPIE*, Vol.5664, 64 (2005).
- [8] Omori, M., Hasegawa, S., Watanabe, T., Fujikake, K., and Miyao, M.: Comparison of measurement of accommodation between LCD and CRT at the stereoscopic vision gaze, *LNCS*, Vol.5622, 90-96 (2009).
- [9] Wilmer, J., and Backus, B.: Self-reported Magic Eye stereogram skill predicts stereoacuity, *Perception*, Vol.37, pp.1297-1300 (2008).
- [10] Battaglia, P.W., Jacobs, R.A., and Aslin, R.N.: Depth-dependent blur adaptation, *Vision Research*, Vol.44, Iss.2, pp.113-117 (2004).
- [11] Wann, J.P., Rushton, S., and Williams, M.M.: Natural Problems for Stereoscopic Depth Perception in Virtual Environments, *Vision Res*, Vol.35, No.19, pp.2731-2736 (1995).
- [12] 斉藤英喜, 岸本大海, 長谷川聡, 宮尾克: ヘッドマウントディスプレイ上の立体映像の見え方に関する視力測定法による研究, シンポジウム「モバイル'10」, pp.125-128 (2010).

第3章

タブレット端末の視認性評価

第1節

電子ペーパーと液晶の視認性特性

1. 研究の背景

近年、電子書籍による読書が注目されている。電子書籍端末は、様々な種類が発売されているが、それぞれの端末の特徴は異なる。また、パソコンなどのディスプレイ装置が、VDT作業の観点から、ISOやJISで文字の大きさやコントラストなど規格化がされた[1,2]のに対して、電子書籍端末での文字表示について、統一した基準はないのが現状であり、紙媒体との比較を含めた視認性評価が急務である[3,4]。そこで、本研究では、電子書籍端末として利用される代表的な端末として、iPadとKindleと紙の書籍とで表示文字の視認性[5-12]について、高齢者を含む被験者実験によって調べた。

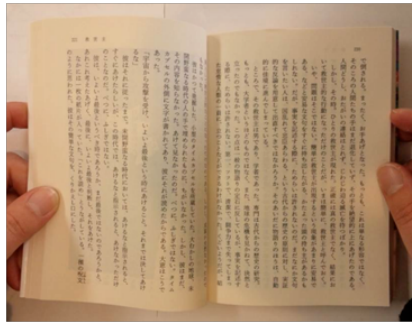
今回の実験で使用した電子書籍端末はアマゾン社のKindleとアップル社のiPadである。この2つの端末には大きな違い[13]がある。Kindleは電子ペーパーのE-Inkを採用しているのに対し、iPadはLCDを採用している。E-Inkは紙と同様に反射型の表示で、視野角が広く、目への負担も少ないとされている。E-Inkは基材面にコーティングされた透明なマイクロカプセルの中に、帯電した白と黒の粒子があり、電圧をかけて顔料粒子を移動させることで表示している。画面を書き換える際は、いちど白黒反転させてから書き換えるため、液晶ディスプレイなどと比べて時間がかかる一方、一度表示された画面の保持には電力が不要である。一方、iPadの液晶ディスプレイはバックライトによって光を発するので暗い場所でも見えるが明るい場所では見にくく、長時間間利用による目への負担を懸念する声もある。

このように特徴の異なる2つの端末と文庫本、それぞれを比較し視認性評価を行った。

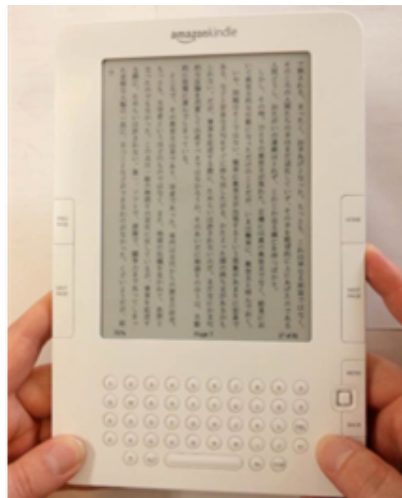
2. 実験の方法

被験者は、20歳から78歳までの96人である。iPad (図3-1c) と Kindle (図3-1b) で表示する文字サイズは、紙の書籍 (図3-1a) と同じとなるように、1文字の高さを3mmとした。提示する文章は日本語とした。被験者は、屋内で椅子に座った状態とした。被験者には、初めの2行(76文字)を音読させた。試行ごとに、読み上げ時間を計測した。また、読み終わった後に、見やすさを「5:たいへん見やすい」、「4:見やすい」、「3:どちらかといえば見やすい」、「2:どちらかといえば見にくい」、「1:見にくい」、「0:たいへん見にくい」の6段階で被験者に主観評価してもらった。その後、ページめくり操作を実施してもらい、ページめくりの使いやすさについて、「5:とても使いやすい」、「4:使いやすい」、「3:どちらかといえば使いやすい」、「2:どちらかといえば使いにくい」、「1:使いにくい」、「0:たいへん使いにくい」の6段階で主観評価を聞いた。

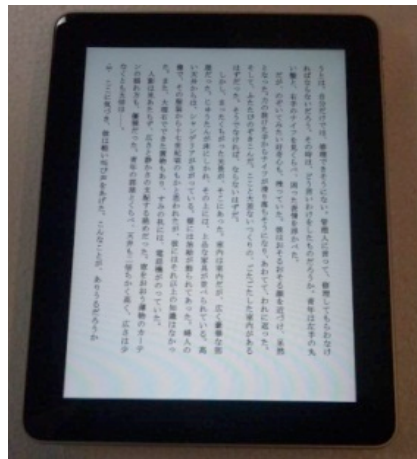
実験は、被験者ごとに、実験の順番を変え、同じ文章を読むことがないようにページの内容と提示順序を変えた。実験時の端末提示位置での水平照度は $549.3 \pm 20.1(\text{lx})$ 、垂直照度は $354.3 \pm 33.3(\text{lx})$ であった。輝度は、文庫本では、白色部が $162.8 \pm 3.0(\text{cd/m}^2)$ 、黒色部が $25.2 \pm 2.0(\text{cd/m}^2)$ 、コントラスト比は6.5であり、Kindleでは、白色部が $78.7 \pm 0.8(\text{cd/m}^2)$ 、黒色部が $10.0 \pm 0.7(\text{cd/m}^2)$ 、コントラスト比は7.9、iPadの白色部が $90.1 \pm 4.1(\text{cd/m}^2)$ 、黒色部が $1.9 \pm 0.6(\text{cd/m}^2)$ 、コントラスト比は47.0であった。



(a) Paper



(b) Kindle (E-Ink)



(c) iPad (LCD)

図 3 - 1 実験に利用した端末

3. 結果

被験者の年代を 20～30 代，40～50 代，60～70 代の年代に分け，年齢層と閲覧端末を要因とする 2 元配置分散分析を行った．年齢層間において有意差が見られた箇所は，凡例部分の該当箇所に，閲覧端末間で有意差が見られた箇所は，閲覧端末種ごとにまとめた形式として，グラフ上部に p 値を記した．また，図中のエラーバーには，標準偏差を示している．

読み上げ時間の年齢層による比較では，20～30 代と 40～50 代で有意な差はないが，60～70 代で有意に長かった ($p<0.001$) (図 3-2)．これは，加齢効果によって読み上げ速度が低下したものであると考えられる．なお，閲覧端末間では読み上げ時間に有意な差は見られなかった．

見易さの主観評価では，見易さの主観評価では年齢層 ($p=0.002$)，閲覧端末 ($p<0.001$) ともに有意差が見られた (図 3-3)．実験 1 において，Kindle は紙の書籍と同じ文字サイズで同等のコントラスト比，反射型のデバイスである．しかし，Kindle は，紙の書籍より評価が低く，むしろ，iPad のほうが紙の書籍に近い評価を得た．

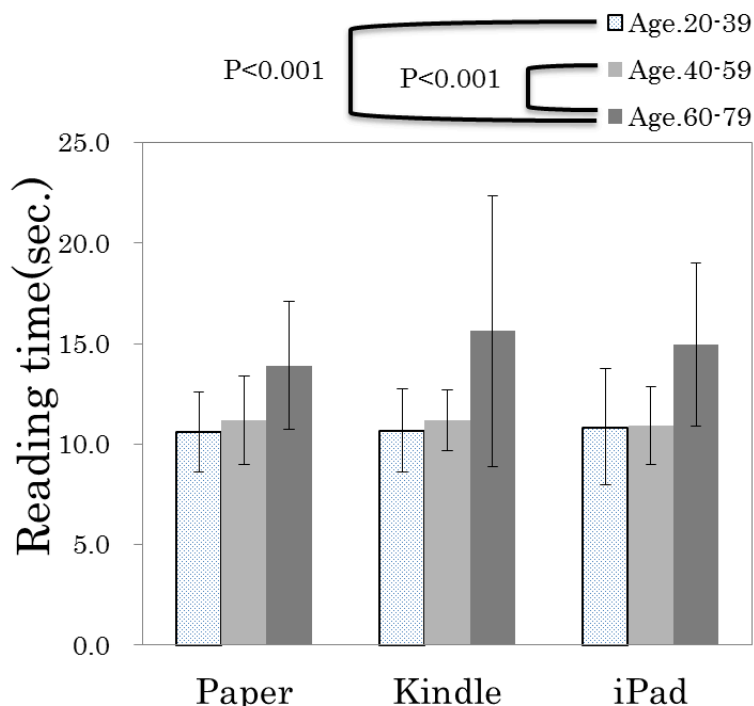


図 3-2 平均読み上げ時間

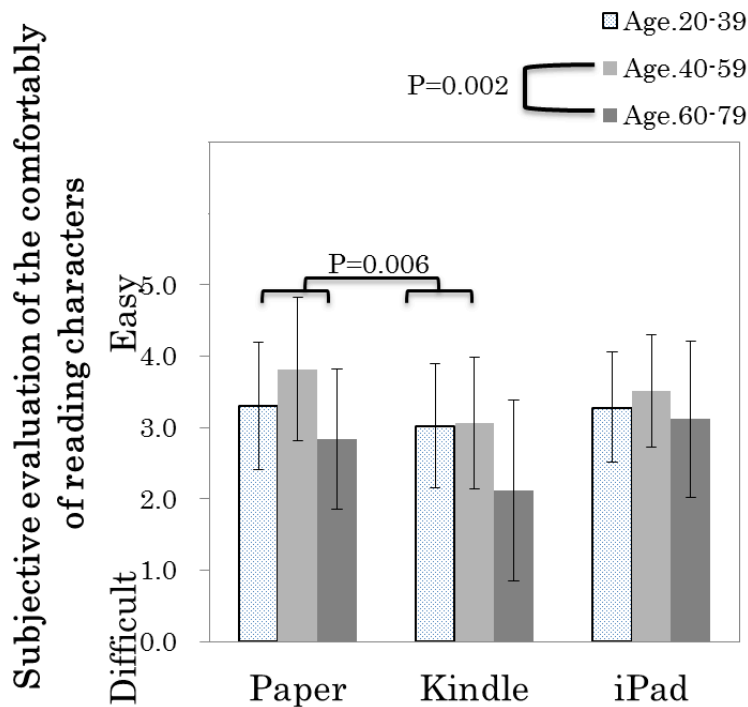


図3-3 文字の見易さの主観評価

4. 考察とまとめ

iPad は、輝度やコントラスト比が高く、高い評価を得た。また、紙の書籍と同じ文字サイズ、同等のコントラスト比で反射型の Kindle は、紙の書籍より評価が低く、むしろ iPad の方が文庫本に近い高評価を得た。

これは、今回の実験条件が屋内の天井からの照明のみで、Kindle の表示輝度が紙の書籍よりやや低い状態であったことが影響している可能性がある。今回の実験は、長時間の読書を想定したものではなく、長時間の読書による目への負担については、別の評価実験 [4,14-17]が必要であると考えられるが、少なくとも今回の実験のような、数秒から数十秒の短い時間で読み上げを行う場合は、E-Ink（電子ペーパー）を搭載した Kindle よりも LCD（液晶ディスプレイ）を搭載した iPad の方が、読みやすいと評価されることが分かった。

第2節

端末視認時の環境照度と瞳孔径の関係

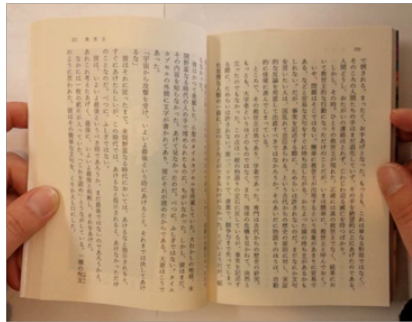
1. はじめに

前節では、視認性評価について、実験環境を室内に限定して行った。モバイル端末はその性格上、非常に暗い室内から、直射日光下までの多様な環境下で利用することが想定される。しかし、先行研究のほとんどは室内での利用を想定したものである[3-5]。本研究では、暗い環境下から、直射日光下までを想定した環境下において、瞳孔径がどのような変化を見せるか被験者実験を行った。一般に瞳孔径は、明所では小さく、暗所では大きくなる。本研究においては、10 lx から 100,000 lx までの各照度下において、iPad(LCD)とKindle(E-Ink)を注視した時の瞳孔径について、紙の書籍(paper)と比較した。

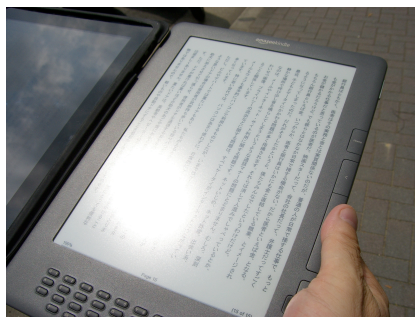
2. 実験の手順

被験者は、19歳から33歳までの18人である。実験には、iPad(図3-4c)とKindle DX(図3-4b)を利用した。表示する文字サイズは、紙の書籍(図3-4a)と同じとなるように1文字の高さを3mmとした。被験者は、屋内で椅子に座った状態とした。実験は暗室で行った。ハロゲンランプを用いて、照度が10, 100, 1,000, 10,000, 100,000(lx)となるように調整した。これは、暗い部屋から直射日光下における電子書籍の利用を想定している。

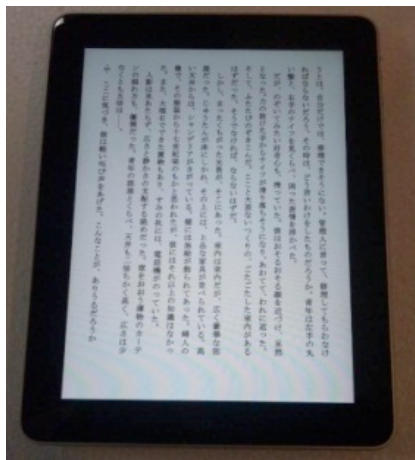
被験者に、ランダムに配置された文章(図3-5)を提示し、“A”と“a”をそれぞれ探させ、その間に瞳孔径を計測した(図3-6)。



(a) Paper



(b) Kindle DX (E-Ink)



(c) iPad (LCD)

図 3-4 実験に利用した端末

LWB4a 1JL Jd2RwVL oE NAF0oW
zm iQY Vqhw2 f3FaK RJn QfMP
fqHKPEMH USQr pjuDZ Uylx4jU
w70 PpS IDF L1ea hVb EMBCRI
aa08ew 04It9i Q0g XHy6 mazz
j1VP fD258 8A10bVw k6Sq AAw
am4jDs K7ATJO tXeT hAVi f7f
CO 50D 6AAt yNoY RGcRGO AMO
iIIPz G8agG oTS gS 8MH imZT

図 3-5 ランダム文字列の例

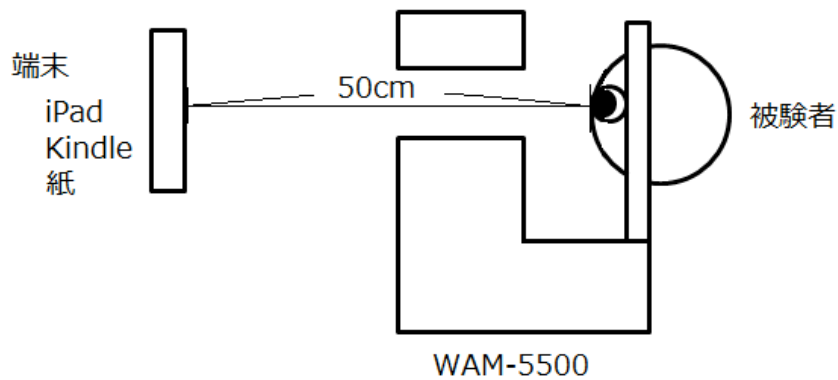


図 3-6 実験模式図

3. 結果

各照度における瞳孔径の大きさを図3-7に示した。一般に、瞳孔径は、暗所では散瞳（瞳孔径が大きくなる）し、明所では縮瞳（瞳孔径が小さくなる）という特性がある。実験結果から、瞳孔径について Kindle と紙は照度が低い 10 lx の時は 6 mm 前後であり、照度が高くなるにつれて、100 lx の時は 5 mm 前後、1,000 lx の時は 3.5 から 4 mm 前後、と瞳孔径は小さくなり、直射日光下が想定される 10,000 lx や、100,000 lx の時は 2.5 mm 前後となった（図3-7）。また、iPad は照度が低い 10 lx のときでも、瞳孔径は 3.55 mm であり、照度が高くなって 3.55 - 3.00 mm 前後であり、紙や Kindle に見られたような大きな変化は起きなかった（図3-7）。

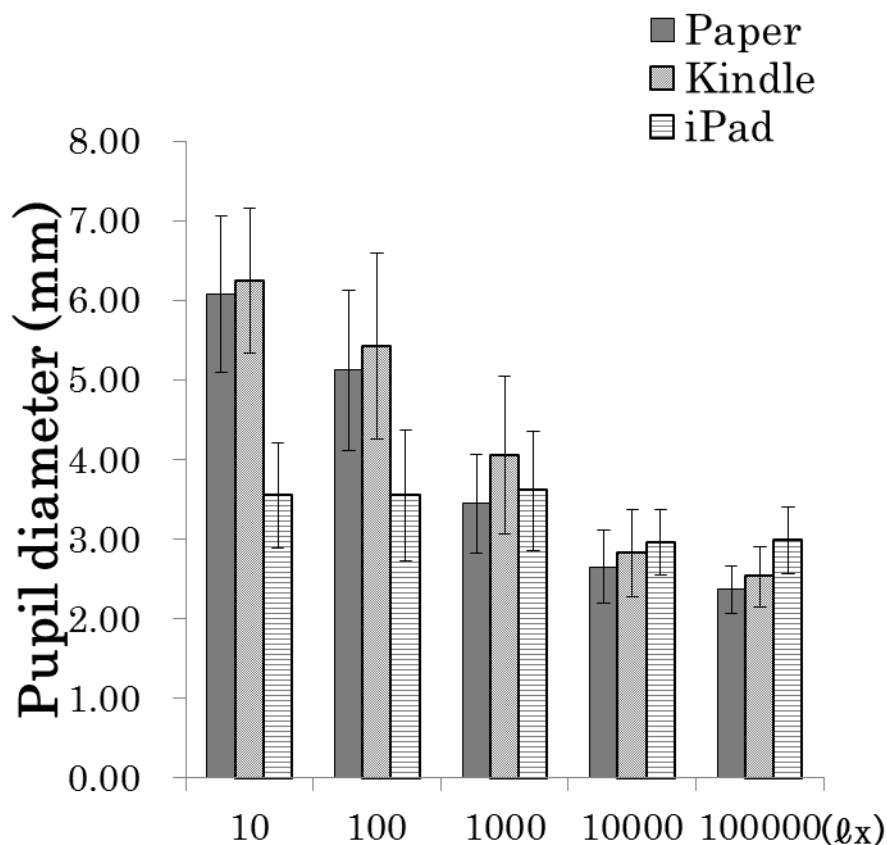


図3-7 各照度における瞳孔径の変化

4. 考察とまとめ

瞳孔径は、暗所では大きくなり、明所では小さくなる特性がある。また、瞳孔径は見えにくさや眼精疲労の指標となることが指摘されている[20]。今回の実験から、紙と Kindle の瞳孔径は、暗所では瞳孔径が 6mm 程度の大きさとなり、明所になるほど、段階的に 3mm 程度まで小さくなった。iPad の視認時の瞳孔径は、暗所でも 3mm 前後であり、照度に変化しても、紙や Kindle に見られたような大きな変化は起きなかった。

このような結果となった要因について、紙や Kindle は反射型であるため、環境光が反射光として目に入るため、環境の照度が瞳孔径の大きさに直接的に影響するが、iPad は自発光型であるため、環境光に影響されず、紙や Kindle のような大きな変化がなかったと考えることができる。

以上のように、瞳孔径の計測結果から、タブレット端末の表示特性を客観的に示すことができた。今後の実験において、端末の輝度やコントラストなどの影響について定量的な解析を行うことで、端末の見えやすさや眼精疲労の定量的な指標として、さらに有効なものとなると考えられる。

参考文献

- [1] ISO 13406-2: Ergonomic requirements for work with visual displays based on flat panels .Part 2: Ergonomic requirements for flat panel displays (2000).
- [2] JIS Z 8513: 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 (1994).
- [3] 長谷川旭, 神田哲也, 長谷川聡, 宮尾克, 高柳泰世: 弱視児童のためのデジタル教科書利用, モバイル学会研究報告書 Vol.6-2, pp.6-9 (2010).
- [4] Nielsen, J.: Jakob Nielsen's Website, iPad and Kindle Reading Speeds, (2010). <http://www.useit.com/alertbox/ipad-kindle-reading.html>
- [5] 面谷信(監修): 電子ペーパー, 東京電機大学出版局 (2008).
- [6] 面谷信(監修): 電子ペーパー開発の技術動向, シーエムシー出版 (2004).
- [7] Hasegawa, S., Fujikake, K., Omori, M., Miyao, M.: Readability of Characters on Mobile Phone Liquid Crystal Displays , Int. J. of Occup. Safety and Ergo. (JOSE), Vol.14, No.3, pp.293-304 (2008).
- [8] Hasegawa, S., Matsunuma, S., Omori, M., Miyao, M.: Aging effects on the visibility of graphic text on mobile phones, Gerontechnology, Vol.4, No.4, pp.200-208 (2006).
- [9] 長谷川聡, 宮尾克: 画像文字による携帯電話 LCD 上の文字フォントの視認性評価, MATERIAL STAGE, Vol.6, No.8, pp.41-45 (2006).
- [10] 松沼正平, 長谷川聡, 大森正子, 宮尾克: 携帯電話における文字画像メールの利用とその視認性, 人間工学, 42 巻, 5 号, pp.313-319 (2006).
- [11] 長谷川聡, 藤掛和広, 大森正子, 松沼正平, 宮尾克: ケータイ画面上の文字の視認性評価方法およびその実践, モバイル 2007, pp.59-64 (2007).
- [12] Hasegawa, S., Miyao, M., Matsunuma, S., Fujikake, K., Omori, M.: Effects of Aging and Display Contrast on the Legibility of Characters on Mobile Phone Screens, Int. J. of Interactive Mobile Technol. (iJIM), Vol.2, No.4, pp.7-12 (2008).
- [13] 西田宗千佳: iPad VS. キンドル日本を巻き込む電子書籍戦争の舞台裏, ビジネスファミ通 (2010).
- [14] 安藤明伸, 川野常夫, 田村博, 長谷川聡, 宮尾克: モバイルヒューマンインタフェースの動向, ヒューマンインタフェース学会誌, Vol.8, No.1, pp.23-32 (2006)
- [15] 田村博: 再考「表示品質試験」, 第 5 回モバイル研究会, 研究報告集 Vol.4, pp.5-9 (2008).
- [16] 田村博, 大森正子, 長谷川聡, 藤掛和広, 丁井雅美: 文字探索時の脳内活性—NIRS 高速成分による解析, モバイル 08, pp.187-192 (2008).
- [17] Darroch, I., Goodman, J., Brewster, S. and Gray, P.: The effect of age and font size

on reading text on handheld computers, INTERACT 2005, LNCS 3585, pp.253-266 (2005).

- [18] Hasegawa, S., Fujikake, K., Omori, M. and Miyao, M.: "Readability of Characters on Mobile Phone Liquid Crystal Display", International Journal of Occupational Safety and Ergonomics, pp.293-304, Vol.14, No.3 (2008).
- [19] Hasegawa, S., Omori, M., Watanabe, T., Matsunuma, S., and Miyao, M.: Legible Character Size on Mobile Terminal Screens: Estimation Using Pinch-In/Out on the iPod Touch Panel, HCII2009, pp.395-402, LNCS 5618 (2009).
- [20] 小嶋良宏, 青木繁, 石川哲 : VDT 従事者における近見反応, 北里医学, Vol22, No.6, pp.620-626 (1992).

第4章

タブレット端末での文字入力特性

1. はじめに

Apple社のiPadに代表されるタブレット端末は、直接画面に触れて直感的に操作できるタッチパネル端末である[1,2]。物理的なボタンと違って、タッチパネルには、操作に必要な入力ボタンのみを適宜表示させることができるなどメリットが多い。しかし、タッチパネルでは物理的なボタンのような押下感がなくフィードバックが得られにくいなど、タッチパネルは物理的なボタンとは特性が異なる[2-5]。

タッチパネルによる入力の特性としては、Murataら[4]がタッチパネルにおけるポインティング操作は、マウスによるポインティング操作と比較して、高齢者でも入力操作しやすいと指摘している。また高橋ら[6]はタッチパネル操作について、非利き手と利き手での入力を、若年層と高齢層にわけて比較し、若年層では、利き手での利用が非利き手での利用と比較して有意にエラー率は低いが、高齢層では有意な差ではなかったことから、若年層に比べて疾病や怪我などで非利き手を利用する機会が増えると想定される高齢層においては、タッチパネルは扱いやすいインターフェースであると指摘している。これらの先行研究は、ATMや券売機のような据え置き型のタッチパネル端末を人差し指でポインティング操作する事を想定したものである。

iPadのようなタブレット端末では、単純なポインティング操作だけでなく、実物のキーボード（以下、ハードウェアキーボード）付きのPCのように、画面に表示されたQWERTY配列のキーボード（以下、ソフトウェアキーボード）を使った文字入力ができるのが一般的である。ポインティング操作とソフトウェアキーボードでの文字入力操作では、入力特性が異なると考えられるが、ソフトウェアキーボードによる文字入力特性についての研究はまだ十分でない。

本研究では、タブレット端末での文字入力の特性を明らかにすることを目的として、文字入力の被験者実験を行った。実験は、若年層から高齢層までを被験者とし、比較のためソフトウェアキーボードとハードウェアキーボードの2通りの端末で行った。また、入力に利用する手について、両手、利き手、非利き手の3通りの場合について調べた。

2. 実験の方法

2.1 被験者

被験者は、106名の男女である。被験者の年齢は、19歳から79歳まで（平均 44.4 ± 20.3 歳）であった。後述の実験結果の年齢別比較では、被験者を、若年層（ $n=39$ 、19歳から29歳、平均 22.1 ± 1.8 歳）、壮年層（ $n=28$ 、30歳から49歳、平均 43.4 ± 4.8 歳）、高齢層（ $n=39$ 、50歳から79歳、平均 67.5 ± 7.8 歳）の3つの年齢層に分類した。実験では、普段近見時にメガネもしくはコンタクトレンズを使う被験者は普段通り装着して行った。

2.2 実験端末

実験に利用した端末は、iPad（第1世代）である。ソフトウェアキーボードとして、iPadの画面内に表示される標準の QWERTY 配列のキーボードを、横幅の長いランドスケープモード（図4-1a）にて利用した。iPadにランドスケープモードでソフトウェアキーボードを表示させると、キーピッチは17mmである。ハードウェアキーボードとして、Apple Wireless Keyboard（図4-1b）をiPadで利用した。Apple Wireless Keyboardのキーピッチは、 19 ± 1 mm となっており、JISによってフルサイズキーボード[7]と定義され通常のパソコンで利用されているキーボードと同じ大きさである。

2.3 実験手順

被験者は椅子に座った状態で文字入力を行った。入力する文字は、ランダムに配置した小文字のアルファベット10文字（図4-2）とした。ソフトウェアキーボード、ハードウェアキーボードのそれぞれについて、両手、利き手、非利き手での入力を試行するため各被験者は6通りの入力を行った。

入力する文字列は6種類用意し、ひとりの被験者が6回の試行で同じ文字列を利用することなく、利用する文字列と入力方法の組み合わせは被験者ごとにランダムになるよう提示した。被験者には、紙に印刷された文字列（図4-2）を提示し、入力方法を指定したうえで、いずれも、なるべく早く正確に文字入力するように指示した（図4-3）。

実験では、文字入力にかかった時間を計測し、誤入力数をカウントした。また、「使いにくい」を0、「どちらとも言えない」を3、「使いやすい」を6とする0-6の7段階の数値によって使いやすさの主観評価を調べた。



(a) ソフトウェアキーボード



(b) ハードウェアキーボード

図4-1 実験に利用した端末

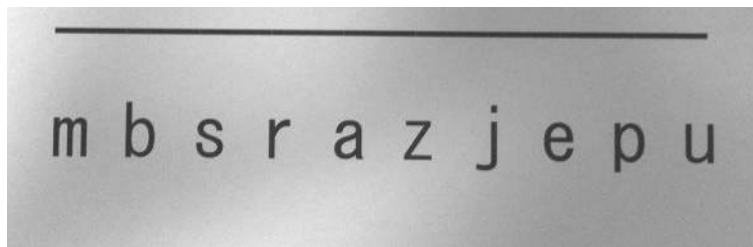


図4-2 提示した文章（6通りのうちの1例）



図 4-3 実験の様子

3. 結果

図 4-4, 4-5, 4-6 には, 両手, 利き手, 非利き手ごとに, 年齢層を要因とした一元配置分散分析の結果を示した. また, 図 4-7, 4-8, 4-9 では, 年齢層ごとに, 両手, 利き手, 非利き手を要因とした一元配置分散分析の結果を示した. また, 各グラフ中のエラーバーは, 標準偏差を示している.

3. 1. 入力速度

入力速度 (CPM: Characters Per Minute) は, 計測した入力時間をもとに次式のように求めた.

$$\text{式) 入力速度 (CPM)} = [10 (\text{文字}) / \text{入力時間 (秒)}] \times 60$$

なお, 本研究におけるハードウェアキーボードを両手で入力した入力速度の全年齢層の平均値は 65.9 CPM であり, ハードウェアキーボードでの文字入力速度として一般的であるとされる, 50 CPM から 100 CPM の間の値であった.

入力速度を年齢層によって比較した結果 (図 4-4) では, ソフトウェアキーボード利用時もハードウェアキーボード利用時と同様に, 若年層, 壮年層, 高齢層の順に遅くなっている (図 4-4).

入力速度を両手, 利き手, 非利き手で比較した結果 (図 4-7) では, ソフトウェアキーボード利用時もハードウェアキーボード利用時と同様に, 両手, 利き手, 非利き手の順

に入力速度は遅くなる傾向があった。入力速度の差は、ハードウェアキーボードでは、若年層で顕著であり高齢層では小さかった。しかし、ソフトウェアキーボードでは、全年齢層においても、両手と利き手の差が小さく、有意差は確認されなかった（図4-7）。

3. 2. エラー率

エラー率を、計測した誤入力数から次式のように求めた。

式) エラー率[%] = [誤入力数/10 (文字)] ×100

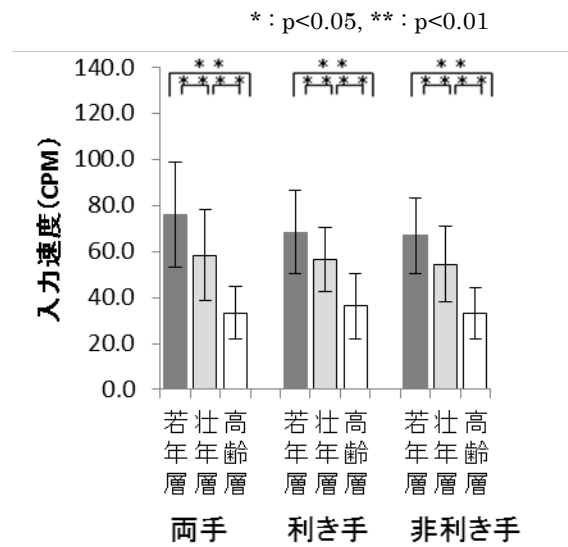
エラー率を年齢層によって比較した結果（図4-5）では、ソフトウェアキーボードでも、ハードウェアキーボードと同様に高齢層でエラー率が高くなる傾向があった。特にソフトウェアキーボードでの高齢者のエラー率は、両手、利き手、非利き手に限らず大きく、若年層との間に有意差が確認された。

エラー率を、両手、利き手、非利き手で比較した結果（図4-8）では、ハードウェアキーボードでは有意な差がなかった。一方、ソフトウェアキーボードでは、両手での利用時にエラー率が高い傾向がみられ、特に高齢者では両手で有意に高かった（図4-8）。

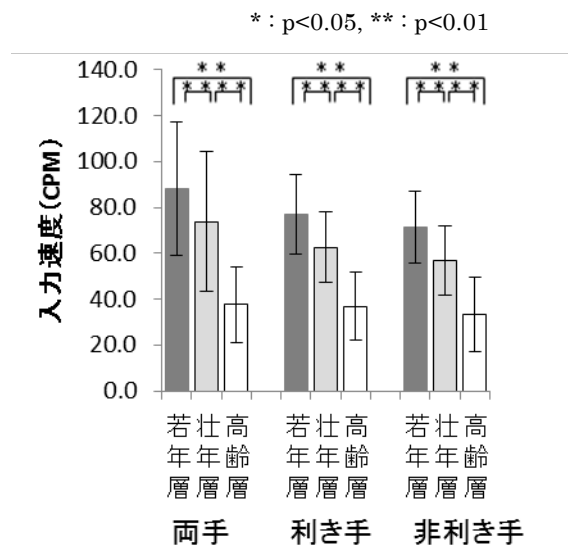
3. 3. 主観評価

使いやすさの主観評価を年齢層によって比較した結果（図4-6）では、ソフトウェアキーボード利用時もハードウェアキーボード利用時と同様、高齢になるほど入力しにくいと評価された。

使いやすさの主観評価を、両手、利き手、非利き手で比較した結果（図4-9）は、ハードウェアキーボードでは、両手、利き手、非利き手の順に入力しやすいと評価された。ソフトウェアキーボードでは、両手と利き手の評価にほとんど差がなく、非利き手の評価のみが他の2つに比べて低かった。



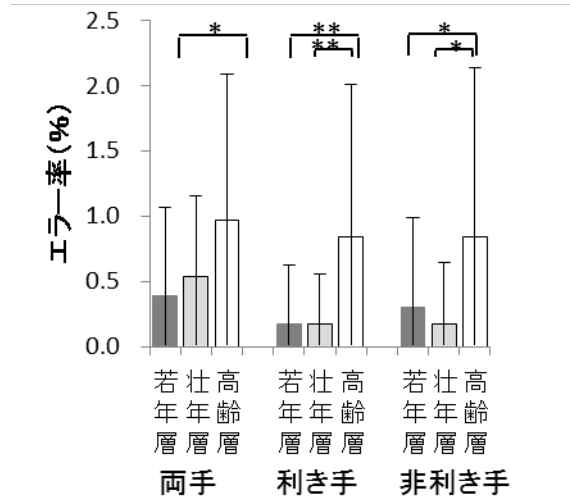
(a) ソフトウェアキーボード



(b) ハードウェアキーボード

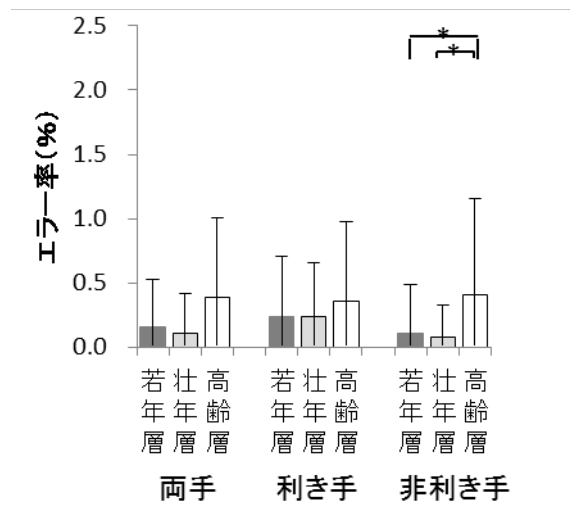
図4-4 入力速度の年齢層による比較

* : p<0.05, ** : p<0.01



(a) ソフトウェアキーボード

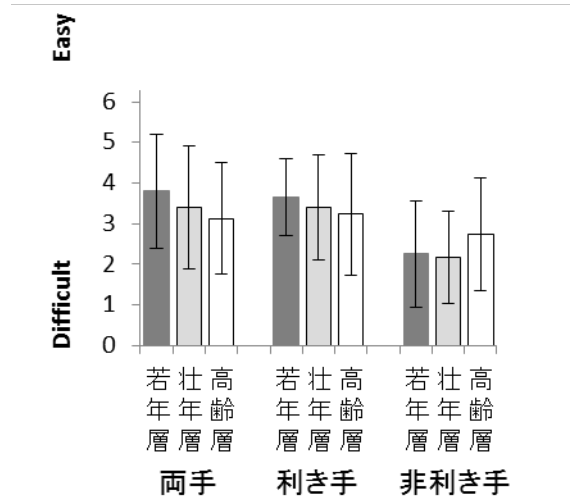
* : p<0.05, ** : p<0.01



(b) ハードウェアキーボード

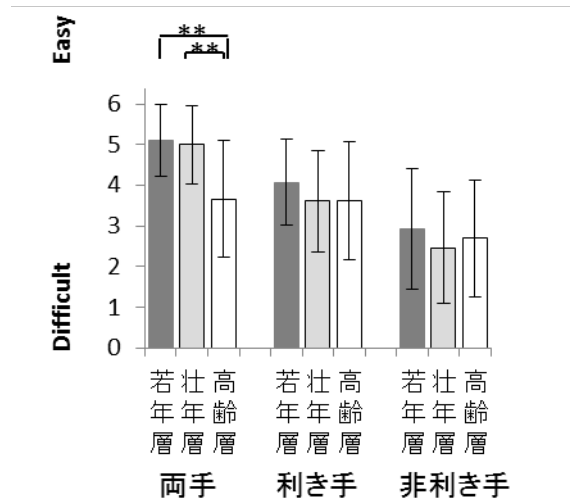
図4-5 エラー率の年齢層による比較

* : p<0.05, ** : p<0.01



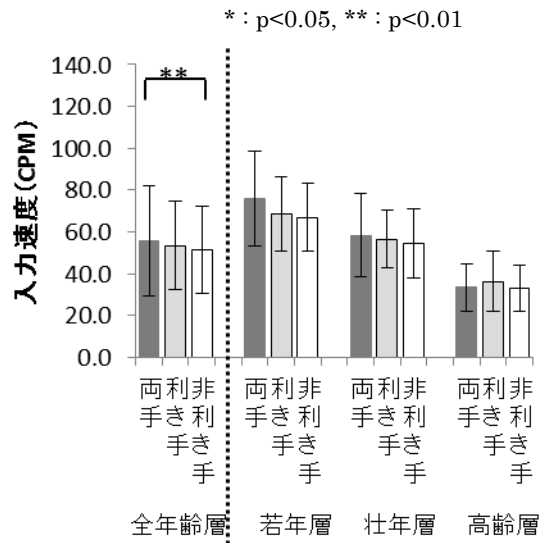
(a) ソフトウェアキーボード

* : p<0.05, ** : p<0.01

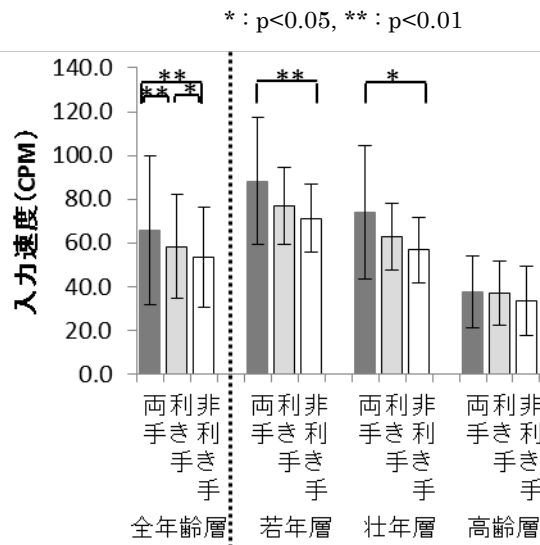


(b) ハードウェアキーボード

図4-6 主観評価の年齢層による比較

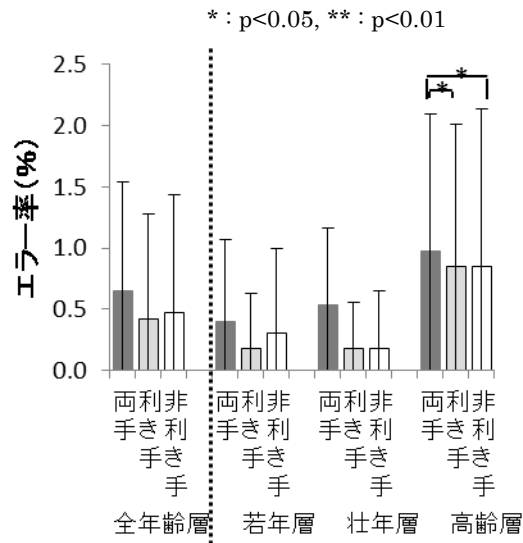


(a) ソフトウェアキーボード

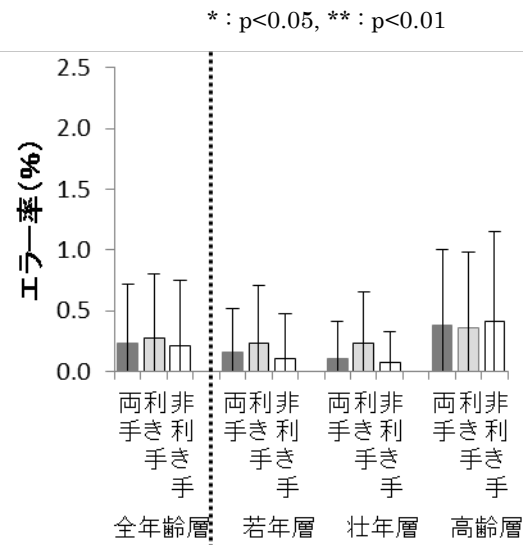


(b) ハードウェアキーボード

図 4-7 入力速度を両手、利き手、非利き手で比較

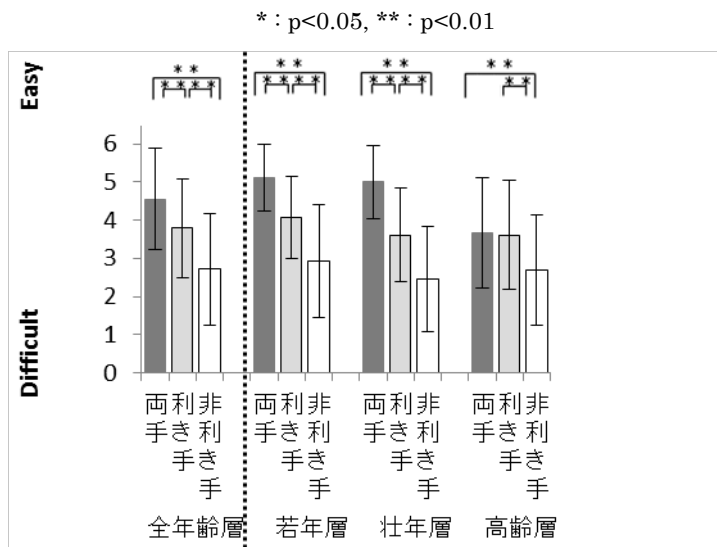


(a) ソフトウェアキーボード

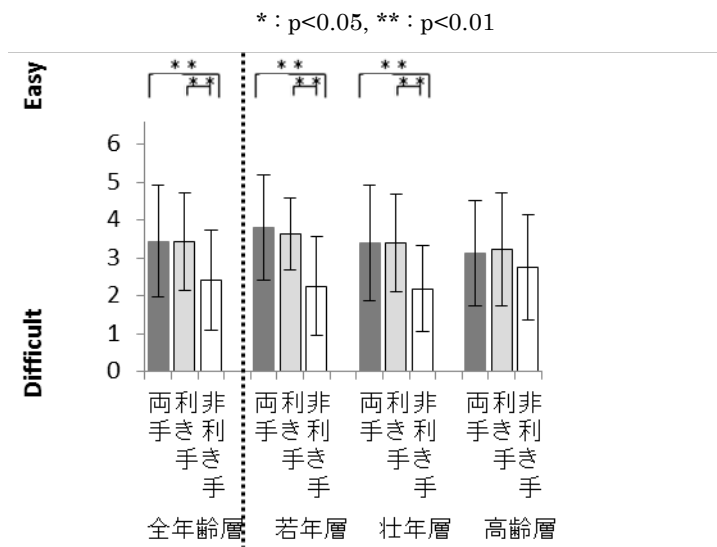


(b) ハードウェアキーボード

図 4-8 エラー率を両手、利き手、非利き手で比較



(a) ソフトウェアキーボード



(b) ハードウェアキーボード

図 4-9 主観評価を両手、利き手、非利き手で比較

4. 考察

実験の結果をポインティング操作についての先行研究と比較して考察する。ポインティング操作に限定する場合においても、触覚的なフィードバックの有無[8] や、ボタンの大きさや形や配置[9]、さらにボタンの色など様々な要因[10]によって操作性に差がみられることが知られている。本研究の結果から、QWERTY配列による文字入力の場合には、ポインティング操作の場合とは異なる特性が加齢効果、および利き手、非利き手の比較において見いだされた。

4. 1. 加齢効果

Murataら[4]は、マウスによるポインティング操作と比較して、タッチパネルでは高齢者と若者の間で入力に要する時間の著しい違いはないとした。しかし、QWERTY配列での文字入力について調査した本研究の結果では、ソフトウェアキーボード利用時もハードウェアキーボード利用時と同様に、若年層、壮年層、高齢層の順に入力速度が有意に遅くなった(図4-4)。エラー率についても、高齢層になると高くなる傾向(図4-5)があり、ハードウェアキーボードよりもソフトウェアキーボードで顕著にエラー率が高かった。使いやすさの主観評価においても、ハードウェアキーボードと同様に、高齢層になるほど入力しにくいと評価(図4-6)された。高齢層は、他の年齢層と比較してハードウェアキーボード、ソフトウェアキーボード共にあまり慣れていない、まったく慣れていないと回答した割合が多く、慣れが操作成績に影響した可能性も考えられる。しかし、非利き手での入力にはどの年齢層も慣れているとは考えにくく、少なくとも非利き手の実験結果には、慣れは影響していないと考えられる。

少なくとも本研究で用いたタッチパネル端末のソフトウェアキーボードでの文字入力は、高齢者にとって使いにくい環境である事を示している。このような結果となった原因に、ソフトウェアキーボードでの文字入力は、入力後に指を画面から離す必要があり、ハードウェアキーボードのようにボタンの上に指を乗せておくことができないことが関係している可能性がある。

4. 2. 利き手、非利き手による差異

高橋ら[6]は、タッチパネル端末でのポインティング操作に関して、若年者では利き手での利用が非利き手での利用と比較して有意にエラー率が低いが、高齢者では有意な差ではないことから、タッチパネルは高齢者において扱いやすいインターフェースであるとした。しかし、QWERTY配列での文字入力について調査した本研究の結果では、ハードウェア

アキーボードでは、両手、利き手、非利き手の順で入力速度が速いが、ソフトウェアキーボードでは、両手、利き手、非利き手による差が小さく、特に両手と利き手との間にはほとんど差がない。エラー率においては、ハードウェアキーボードでは、両手、利き手、非利き手の差があまりなく、ソフトウェアキーボードでは、両手の時に最もエラー率が高い。これは特に高齢者で顕著である。使いやすさの主観評価においても、両手、利き手、非利き手の順に入力しやすいと評価されたが、ソフトウェアキーボードにおいては、両手と利き手との差が見られなかった。

少なくとも本研究で用いたタッチパネル端末のソフトウェアキーボードでの文字入力、両手での入力が特に高齢者にとって使いにくい環境である事を示している。本研究では検証されていないが、このような結果となった原因として、片手で文字入力する場合は、画面から手を離れた状態で行うのが自然だが、ソフトウェアキーボードを両手で文字入力する場合は、ハードウェアキーボードの時のようにホームポジションに指をおいておくことができないためと考えることもできる。このため、入力エラーが多くなり、使いやすさの評価も利き手だけの時に比べて高い評価とならなかった可能性がある。

5. まとめと今後の課題

実験結果から次のような、タブレット端末のソフトウェアキーボードによる文字入力の特徴が確認された。

- i. 高齢になるほど入力速度は低下し、エラー率も高くなる傾向がある。この傾向は、ハードウェアキーボードよりもソフトウェアキーボードで顕著である。
- ii. ソフトウェアキーボードを両手で入力した場合、利き手や非利き手で入力するよりも、入力速度が低下しエラー率が増加する傾向がある。

本研究の実験結果からは、タッチパネル端末におけるポインティング操作を対象とした先行研究[4,6]とは異なり、ソフトウェアキーボードでは、加齢とともに文字入力しにくくなり、非利き手での利用が有利ではないことが示された。これは、ソフトウェアキーボードでは、ボタンの上に指を乗せておくことができないことが要因の1つであると考えることができる。

タッチパネル端末は押し下げるという操作だけでなく、長押し操作の検知や、タップしたまま上下左右に指をはじく操作（フリック）、2本以上の指を一度に利用したピンチイン、ピンチアウトなどのジェスチャー入力も可能である。近年、タッチパネル端末の特性に適した新たなヒューマン・コンピュータ・インタラクション・スキームの必要性が指摘[11]されており、長押しやフリック、ジェスチャー入力といった操作を利用したタブレット端末特有の文字入力方法の確立に向けた操作性評価は急務である。

本研究で得られたQWERTY配列のソフトウェアキーボードでの文字入力の特徴は、

タッチパネルの多様な可能性を追求する上でも有用な結果である。今後は、本研究で得られた知見を基に、タブレット端末の特性を生かした新たな文字入力方式を提案したい。

参考文献

- [1] 田村博 編: ヒューマンインタフェース, pp.170-184, オーム社 (1998).
- [2] 西村崇宏, 瀬尾明彦, 土井幸輝: スイッチのサイズ及び形状が抵抗膜方式タッチパネル携帯端末の操作性に及ぼす影響について, 日本機械学会論文集 (C 編), Vol.77, No.780, pp. 3036-3046, (2011).
- [3] 赤羽歩, 村山淳, 寺西望, 小池康晴, 佐藤誠: 触感提示機能を持つタッチスクリーンのための押下感生成信号の検討, ヒューマンインタフェース学会論文誌, Vol.8, No.4, pp.591-598. (2006)
- [4] Murata, A. and Iwase, H.: Usability of Touch-Panel Interfaces for older Adults, *Human Factors*, Vol.47, No.4, pp.767-776 (2005).
- [5] Charness, N., Holley, P., Feddon, J. and Jastrzembski, T.: Light Pen Use and Practice Minimize Age and Hand Performance Differences in Pointing Tasks, *Human Factors*, Vol.46, No.3, pp.373-384 (2004).
- [6] 高橋里奈, 村田厚生: タッチパネル操作における利き手と非利き手のエラー特性の違いについて-若者者と高齢者の比較-, *人間工学*, Vol.45, No.3, pp.173-177 (2009).
- [7] 日本規格協会: JIS Z 8514-視覚表示装置を用いるオフィス作業-キーボードの要求事項, *JIS ハンドブック 37-3 人間工学 2009*, pp.390-411, 日本規格協会 (2009).
- [8] Pitts, M., Burnett, G., Skrypchuk, L., Wellings, T., Attridge, A., Williams, M.: Visual-haptic feedback interaction in automotive touchscreens, *Displays* 33(1), pp.7-16 (2012).
- [9] Chen, C., Chiang, S.: The effects of panel arrangement on search performance, *Displays* 32, pp.254-260 (2011).
- [10] Huang, H., Lai, H.: Factors influencing the usability of icons in the LCD touchscreen, *Displays* 29, pp.339-344 (2008).
- [11] Bhowmik, A.: Developments in Human-Computer Interface and Interactive Display Technologies, *IMID 2011*, pp.176-177 (2011).

第5章

モバイル情報端末で利用する多言語医療支援システムの開発

1. はじめに

現在の日本には、多様な母国語を持つ外国人が生活し、その数は増加傾向にある。日常の様々な状況で多言語によるコミュニケーションや情報提供が必要となっているが、特に、医療現場や災害時など生命の危機に関係する場面でのコミュニケーションは重要である。多言語コミュニケーションを実現するシステムの先行事例として、「災害用の多言語情報配信システム」[1-3]などの開発がなされており、医療分野においても「多言語医療受付支援システムM3（エムキューブ）」（京都市立病院で試用）[4]など例がある。M3は、有用かつ実用的なコミュニケーション支援システムであるが、病院の受付に設置することを想定した、備え付け型のシステムであり、モバイル環境には対応していない。

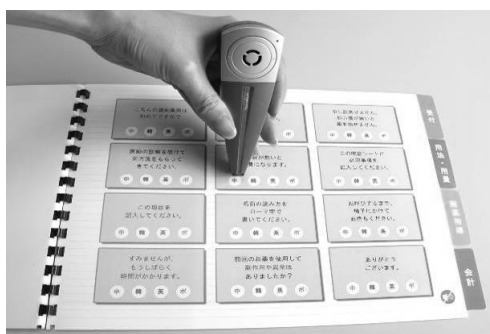
2. モバイルの必要性

2011年3月11日に発生した東日本大震災の際にTwitterを利用したコミュニケーションが有効であった[5]などの報告もあり、災害発生時のモバイル情報端末の有用性が指摘されている[6]。

モバイル端末を利用した多言語医療支援システムの実例として、「しゃべりコ」（株式会社エスケイワード）（図5-1）がある。しゃべりコは、目では確認できないコードが紙に印刷してあり、音声ペンの本体をコード部分に押し当てると該当する文章が中国語・英語・韓国語・ポルトガル語など指定の言語の音声で再生される仕組みを利用した多言語コミュニケーションツールである。しゃべりコの仕組みでは、会話を想定する場面ごとに印刷したシートが必要であり、多くのシチュエーションに対応するためには、しゃべりコと一緒に印刷物を大量に持ち歩く必要がある。そのため、病院受付に設置するなど、ある程度かさばっても問題のない場所での利用を想定した使い方（図5-1a）、もしくは、あらかじめ利用場面を限定して看護師等が数枚の印刷物を首にかけて持ち歩くといった使い方（図5-1b）が考えられる。

本研究では、想定し得る多様な場面での多言語コミュニケーションをいつでもどこでも利用可能とするため、iPhoneのような携帯電話端末やiPadのようなタブレット端末とい

った汎用のモバイル情報端末で利用できるシステムを開発した。これらのモバイル端末上のシステムでは、タッチパネルに表示されるシートを必要に応じて切り替え、該当する文章に指で触れると指定した言語の音声で指示や質問が発声される。本研究では、モバイル情報端末で動作する事を考慮していない試作版と、モバイル情報端末の大きさや指で操作するといった特性に合わせてスクロール等を用いるようにデザインした2通りのデザインについて、被験者実験によってユーザビリティを比較、評価し、モバイル情報端末の入力特性に合わせたヒューマンインタフェースについて考察した。



(a) 受付などで利用する場合



(b) 看護師等が首にかけ持ち歩く場合

図5-1 多言語コミュニケーションツール「しゃべりコ」(エスケイワード)

3. 多言語医療支援システムの試作

まず、紙と音声ペンによる実物のしゃべりコ(図5-1 a,b)のデザインをほぼそのまま利用したiPad用アプリケーション(図5-2 a)とiPhone用アプリケーション(図5-2 b)を試作した。

この試作版は、しゃべりコの印刷物のデザインをそのまま踏襲したものであるが、デザインレビューによって「ボタンの大きさが指でタッチされることを想定しておらず小さすぎる」などの問題点や「画面遷移が紙のサイズに依存したページ単位で管理されており、

iPhone/iPad の可能性を活かしていない」「表示切り替えが簡単なソフトウェア表示では中・英・韓・ポルトガル，などを常に表示するのでなくあらかじめ選んでおく方が良いのではないか」などの改善要望が明らかになった。これらのことから，デバイスの特性にあわせたインタフェースが必要であると考えた。

一般的なタブレット端末向けアプリケーション等でも，例えばページめくりを再現する電子書籍アプリなどのように，実物を模倣してリアリティあるインタフェースとしたものをよく見かけるが，再現するインタフェースは，今まで実物を利用していたユーザに新たな操作方法の学習を強要することなく移行させるには有効であると考えられる。しかし，本来 iPhone/iPad 等のデバイスと紙などの実物では，利用性に係る入力特性が大きく異なると考えられる。



(a) iPad 向け



(b) iPhone 向け

図 5-2 実物と同じデザインでの試作

4. 特性を考慮したインタフェースの検討

iPhone 向けを対象として、デバイス特性を考慮したインタフェースとして、スクロール操作を可能とした2つのユーザインタフェース（デザイン A（図 5-3）、デザイン B（図 5-4））を用意し、試作版（デザイン C とする）（図 5-5）と比較した。以下にデザイン A, B, C の特徴を記す。

（1）デザイン A の仕様

アプリケーションを起動すると再生する音声の言語選択画面（図 5-3 a）となる。再生する音声の言語を選択すると文章選択画面（図 5-3 b）になり、右上に選んだ言語が表示される。文章選択画面では、6つのボタンが表示され、それぞれボタン上に表示された文章が言語選択画面で選択した言語の音声で流れる。文章を切り替えるには、画面を左右にフリックすることでページの切り替えを行なう。また、文章選択画面から言語選択画面に戻るときは、右上の家のマークをタップする。

（2）デザイン B の仕様

デザイン A と同様に、アプリケーションを起動すると再生する音声の言語選択画面（図 5-4 a）となる。再生する音声の言語を選択すると文章選択画面（図 5-4 b）になり、右上に選んだ言語が表示される。デザイン B では、文章のボタンは、上から下へ順に書かれており、文章が長いと自動的に2行で表示されるなど、言葉の長さに合わせて行数が変化する。文章をタップすると言語選択画面で選択した言語の音声で流れる。文章選択画面では上下にフリックすることで画面をスクロールさせて、必要な文章を探す。また、文章選択画面から言語選択画面に戻るときは、右上の家のマークを押す。

（3）デザイン C の仕様

デザイン C（図 5-5）は、実物システム（図 5-1 b）をそのまま iPhone アプリにした試作版（図 5-2 b）である。文章が横書きされており、同時に縦に4色に分けられた音声再生言語が示されている。1回の選択で再生言語と文章とを一度に指定できる。



(a) 再生音声の言語選択画面 (b) 文章選択画面

図 5-3 デザイン A



(a) 再生音声の言語選択画面 (b) 文章選択画面

図 5-4 デザイン B

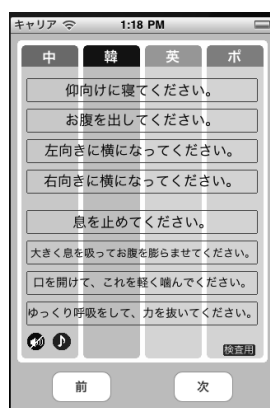


図 5-5 デザイン C

5. ユーザビリティ評価実験

iPhone 向け多言語医療支援システムについて、デザインA, Bのユーザインタフェースを比較評価する為に被験者実験を行った。

5.1 対象と実験条件

22歳から55歳(平均年齢28.3±6.9歳)の男女34名を被験者とした。被験者は日本語、中国語、韓国語、英語、ポルトガル語のいずれかを母国語とする人であり、内訳は表5-1の通りである。被験者には実験を始める前にインフォームドコンセントを行ない、名古屋大学情報科学研究科の倫理審査委員会の承認を得た。

アプリケーション内のメニュー等文字表示は日本語、中国語、韓国語、英語、ポルトガル語で表示し、被験者の母国語で操作できるよう、あらかじめ実験者が設定し、被験者自身が切り替え作業をしないものとした。

iPhone アプリを使用するためのデバイスとして、iPod touch(2nd generation) を使用した。また、音声の音量はデバイスの最大出力とし、実験中変えることはなかった。

5.2 方法

3つのデザインA, B, C(図5-3~図5-5)について評価した。最初に各デザインでの利用方法について説明し、被験者に利用させ、慣れるための時間を十分に設けた。その後、以下の手順のように実験を行った。

1. 被験者に、印刷物にて文章(図5-6)を提示した。印刷物は5ヶ国語で表記され、被験者は母国語で書かれた文字を読む。
2. 被験者は、アプリケーションを操作し、提示された例文と同じ文章を探し、ボタンをタップして音声再生をさせる。
3. 実験者は、提示から音声再生が始まるまでの時間を計測し記録する。

再生する音声の言語は、4回毎に変更し、被験者の母国語以外の3ヶ国語を用いた。これにより手順1-3.を合計12回試行した。再生する音声の言語の変更時は、被験者に、手順1.の印刷物提示時に再生する音声の言語を指示し、手順2.の操作を実施する中で再生される音声の切り替え操作も同時に実施させた。実験順の概要を表5-2に示す。「再生する音声の言語」については、被験者毎にランダムとなるようにし、表5-2では(い)・(ろ)・(は)と表記した。

4回目、8回目、12回目の試行が終了後に、次の6項目について、被験者にアンケート調査を行い、主観評価を行なった。各項目について、5(最も良い)から1(最も悪い)までの5段階にて評価させた。

- ・言葉の探しやすさ

- ・ボタンの大きさ
- ・文字の読みやすさ
- ・操作感
- ・ページの切り替え
- ・直観的であるか

また、実験終了後には、被験者にABCのうちどのデザインが1番よいか確認した。

5.3 結果

図5-7に、操作にかかった時間の平均を示す。言語の切り替えを行なったとき(1, 5, 9回目の試行)を「切り替えあり」として、言語の切り替え操作をしないとき(2-4, 6-8, 10-12回目の試行)を「切り替えなし」とした。

切り替えありのときは、デザインCはデザインAとデザインBに比べて有意($p<0.01$)に検索時間が短かった。この傾向は、被験者の母国語が異なっても同様であった(表5-3)。また、切り替えなしの時は、デザインBで検索時間がもっとも短く、デザインCと比べて有意に検索時間が短かった。

デザインの6つの項目に対するユーザビリティの主観評価の結果を図5-8に示す。「ボタンの大きさ」では、デザインCでは2.8ポイントであったが、デザインAでは4.6ポイント、デザインBでは3.5ポイントと評価された。また、「言葉の探しやすさ」では、デザインCでは3.5ポイントであったが、デザインAでは3.8ポイント、デザインBでは4.1ポイントと評価された。「6つの項目の平均」では、デザインCは3.5ポイントであったが、デザインAとデザインBは共に、3.9ポイントと評価された。

図5-9に、どのデザインが1番良いかという問いへの回答結果を示す。「最も良い」と答えた人数が多いのはデザインBであった。

5.4 考察

ボタンの大きさについて、デザインAやデザインBは、実物を模した試作版デザイン(デザインC)よりも、良いと評価された。一方で、言語の切り替えを頻繁に変更しながら操作するような場合は、再生する音声の選択画面に戻る必要のない試作版デザイン(デザインC)が操作時間の面で有利であると言えるが、本システムの性格上、言語の切り替えを頻繁に変更しながら利用する事は想定し難い。また、デザインCは、言葉の探しやすさの評価が悪かった。この理由としてはページの切り替えが瞬時に行なわれることが考えられる。デザインBでは文章が縦に並んでおり、その方向とスクロールの方向が一致していることがデザインAよりも評価が高い理由であると考えられる。ボタンの大きさにおいては、デザインA、デザインB、デザインCの順に高く評価された。1画面で表示できるボタンの数が、デザインAでは6個、デザインBでは約8個、デザインCでは8×4個となっており、そのことが評価に影響していると考えられる。

3つのデザインの中で最も良いものはデザインBであると考えられる。その理由は、言語の切り替えを行なったときの文章検索に要した時間が最も短く、被験者の主観評価も良いからである。ただし、ボタンの大きさについてはデザインAが最も良い評価を得ており、デザインBでの改善すべき点と考えられる。しかし、ボタンの大きさは1画面に表示する文章の数とのトレードオフとなるため、最適なボタンの大きさの検討が必要となる。

表5-1 被験者の母国語内訳

母国語	被験者数(人)
中国語	19
ポルトガル語	5
日本語	5
英語	4
韓国語	1

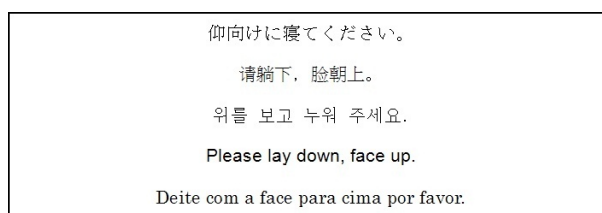


図5-6 被験者への提示例

表5-2 実験順の概要

試行回数	再生する音声の言語	言語の切り替え作業の有無
1	(い)	有
2	(い)	無
3	(い)	無
4	(い)	無
5	(ろ)	有
6	(ろ)	無
7	(ろ)	無
8	(ろ)	無
9	(は)	有
10	(は)	無
11	(は)	無
12	(は)	無

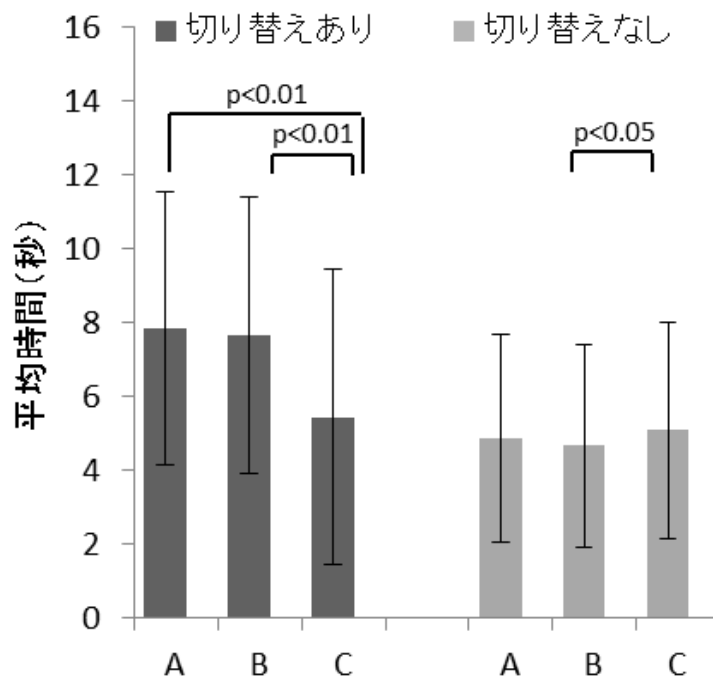
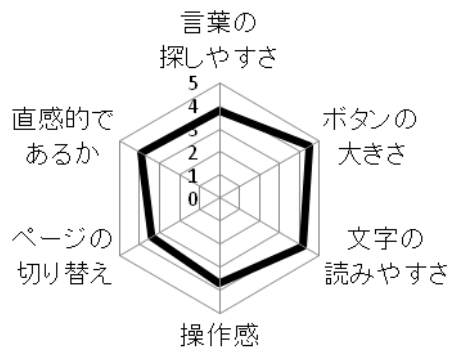


図5-8 文章検索にかかった平均時間

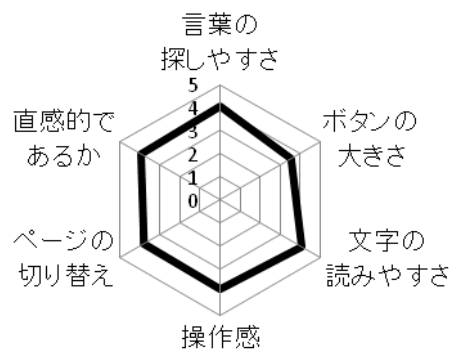
表5-3 母国語別の文章検索にかかった平均時間

デザイン	A		B		C	
	有	無	有	無	有	無
中国語	8.9	5.2	8.8	5.2	6.0	5.7
ポルトガル語	5.7	3.7	6.2	3.2	3.4	3.0
日本語	7.4	5.0	6.5	4.5	6.4	4.9
英語	6.8	3.9	5.7	3.9	4.2	4.0
韓国語	6.5	5.7	7.6	4.4	5.3	5.0
全言語の合計	7.8	4.9	7.7	4.7	5.4	5.1

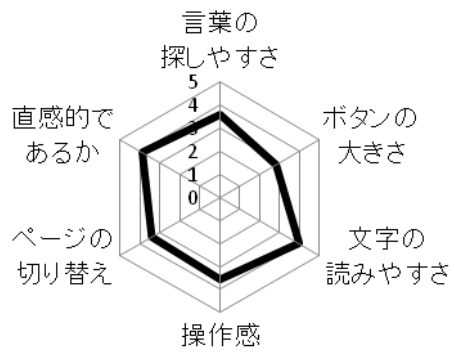
(単位：秒)



(a) デザイン A の主観評価



(b) デザイン B の主観評価



(c) 試作品の主観評価

図 5-8 主観評価の結果

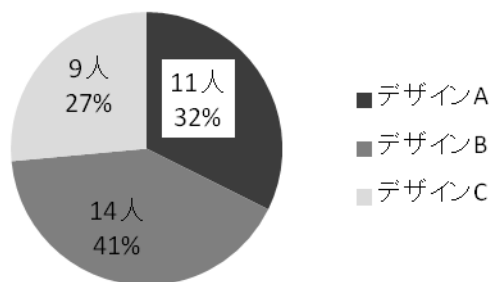


図 5-9 最も良いデザインについての回答結果

6. 特性を考慮した iPad 向けシステムについて

iPhone のような携帯電話端末は、基本的に 1 人で利用するが、iPad のようなタブレット端末は、複数人で同時に利用（横並びでの利用（図 5-10a）や、端末を挟んで対面で利用（図 5-10b））することが想定され、携帯電話端末とも異なるコミュニケーション方法への応用が期待される。

このため、利用者が、読み上げをしたい文章をタップすると、音声だけでなく、対面にいる外国人向けに、上下逆向きの表示（相手側からみると正しい方向）で翻訳される文章が表示されるものを開発中である（図 5-11）。今後の研究において、このインターフェースが有効であるかどうか、被験者実験によって検証したい。

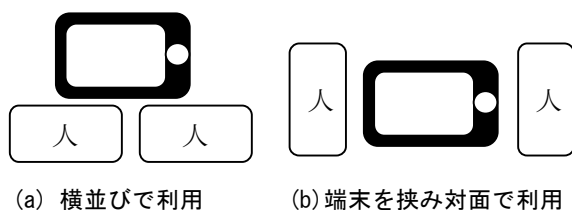


図 5-10 最も良いデザインについての回答結果



図 5-11 対面で利用すること想定した iPad 向けデザイン

7. まとめ

本研究ではモバイル情報端末で利用する多言語医療支援システムを開発し、ヒューマンインタフェースについて考察した。

iPhone 向けのシステムについて、実物と同じデザインの試作版と、デバイス特性に合わせてスクロール等を用いるようにデザインした2通りのデザインについて、被験者実験によってユーザビリティを比較、評価した。その結果、スクロール機能の実装やボタンサイズを大きくするなど、デバイス特性に合わせることで、利用しやすくなることが明らかになった。iPad 向けのシステムについては、複数人で同時利用される場面を想定し、対面で利用できるデザインを提案した。今後の研究において、iPad 版のユーザビリティ評価を行い、使用性が向上しているか確認したい。

また、マルチメディアが扱えるというモバイル情報端末の特性を利用して、高齢者など情報弱者でも利用しやすいヒューマンインタフェースを実現したい。

参考文献

- [1] 佐藤久美, 岡本耕平, 高橋公明他: 地震災害における外国人の被害と災害情報提供, 社会医学, Vol.22, pp.21-28 (2004).
- [2] 長谷川聡, 宮尾克: 携帯電話における多言語表示—携帯電話の災害時利用—, システム制御情報学会誌, Vol.50, No.6, pp.232-237 (2006).
- [3] Hasegawa, S., Sato, K., Matsunuma, S., Miyao, M. and Okamoto, K.: Multilingual disaster information system -information delivery using graphic text for mobile phones-, AI & Society, Vol.19, No.3, pp.265-278 (2005).
- [4] 宮部真衣, 吉野孝, 重野亜久里: 外国人患者のための用例対訳を用いた多言語医療受付支援システムの構築, 電子情報通信学会論文誌 D, 92-D, No.6, pp.708-718 (2009).
- [5] 宮部真衣, 荒牧英治, 三浦麻子: 東日本大震災における Twitter の利用傾向の分析, 情報処理学会研究報告.マルチメディア通信と分散処理研究会報告, DPS-148, No.17, pp.1-7 (2011).
- [6] 浦本祐次, 北村新三: 災害緊急時におけるモバイルコンピューティングの活用, 情報処理学会論文誌, Vol.40, No.3, pp.998-1005 (1999).

第6章

結語

1. 研究のまとめ

本研究では、モバイル情報端末の人間工学的特性を評価し、それぞれ、立体映像、電子書籍端末の視認性、文字入力の多様な可能性を追求する上で有益な知見を見出した。

まず、HMD 利用時に、注視している立体像に追従して水晶体調節が行われることを実験結果から示した。このことは、少なくとも『水晶体調節がディスプレイの画面の位置に固定されるため』に「輻輳と調節の不整合」「視覚系の不整合」が起きている訳ではないことを示している。また、ランドルト環を立体視させて視力を計測する実験の結果から、立体像に追従して水晶体調節が行われていても、おそらく被写界深度内であれば像がぼけることなくみえることを示した。これらの実験結果より得られた知見は、立体映像視聴時の疲労を正しく解明する上で有用な結果である。

次に、タブレット端末の視認特性について、紙の書籍と同様な反射でコントラスト比も同程度の電子ペーパー（Kindle）が紙の書籍と比較して評価が低かった。これは、実験条件が屋内の天井からの照明のみで、Kindle の表示輝度が紙の書籍よりやや低い状態であったことが影響している可能性が考えられた。また、端末の輝度と瞳孔径の関係についても、10 lx から 100,000 lx までの各照度環境で被験者実験を行った。瞳孔には、環境の照度や対象物の輝度に関連して縮瞳（瞳孔径が小さくなる）や散瞳（瞳孔径が大きくなる）するといった特性があり、眼精疲労の指標となることが指摘されている[19]が、実験結果より、瞳孔径は反射型の Kindle と紙においては、照度が高くなるにつれて小さくなり、自発光型の液晶（iPad）においては、照度が低いときでも、Kindle や紙で見られたような大きな変化は起きなかった。これは、紙や Kindle は反射型であるため、環境光が反射光として目に入り、直接的に影響するが、iPad は自発光型であるため、環境光に影響されず、紙や Kindle のような大きな変化がなかったと考えることができ、タブレット端末の表示特性が定量的に示すことが出来た。

次に、タブレット端末における文字入力特性について、タッチパネルディスプレイ上のソフトウェアキーボードとハードウェアキーボードの文字入力特性の違いを調べた。実験結果からは、タッチパネル端末におけるポインティング操作を対象とした先行研究とは異なり、ソフトウェアキーボードでは、加齢とともに文字入力しにくくなり、非利き手での利用が有利ではないことが示された。これは、ボタンの上に指を乗せておくことができない

いソフトウェアキーボードでの文字入力の特徴を反映した結果であると考えられる。

また、モバイル情報端末で利用する多言語医療支援システムを開発し、そのヒューマンインタフェースについて考察した。iPhone 向けのシステムについて、実物と同じデザインの試作版と、モバイル情報端末の大きさや指で操作するといった特性に合わせてスクロール等を用いるようにデザインした2通りのデザインについて、被験者実験によってユーザビリティを比較、評価した。その結果、スクロール機能の実装やボタンサイズを大きくするなど、デバイス特性に合わせることで、利用しやすくなることが明らかになった。また、iPad 向けのシステムについては、複数人で同時利用される場面を想定し、対面で利用できるデザインを提案した。

2. 今後の課題

本研究で得られたモバイル情報端末の人間工学的特性は、それぞれ、立体映像、電子書籍端末の視認性、文字入力の多様な可能性を追求する上でも有用な結果である。今後は、本研究で得られた知見を基に、それぞれ次のような課題について研究し、モバイル情報端末における人間工学的な指標の作成に貢献したいと考えている。

- I. 立体映像においては、焦点調節と識別能の同時計測や焦点深度にかかわる瞳孔径の変化の測定を行い、立体視の視機能への影響および眼精疲労などの要因を解明したい。
- II. タブレット端末の視認性について、瞳孔径の変化を端末の輝度やコントラストなどの影響について定量的な解析を行い、さらに有効な眼精疲労の定量的な指標として有効なものとしたい。
- III. タッチパネル端末での文字入力について、タッチパネル端末では押し下げるといふ操作だけでなく、長押し操作の検知や、タップしたまま上下左右に指をはじく操作（フリック）、2本以上の指を一度に利用したピンチイン、ピンチアウトなどのジェスチャー入力も可能である。このようなタッチパネル端末特有の操作を利用して、デバイス特性に適合した文字入力方法を提案するため、長押しやフリック、ジェスチャー入力といった操作の操作性評価を行い、タブレット端末の文字入力特性を明らかにしたい。

また、筆者は、モバイル情報端末向けの「多言語医療支援システム」について、発展を目指して研究を進める予定である。特に、本論中で提案した iPad のようなタブレット端末での、複数人で同時に利用するインタフェースについて、ユーザビリティ評価を行い、使用性が向上しているか確認したい。他にも、マルチメディアが扱えるというモバイル情報端末の特性を利用して、高齢者など情報弱者でも利用しやすいヒューマンインタフェースを実現したいと考えている。

今後も、モバイル情報端末の特性に関する研究を継続し、人間工学的な指標の提案やモバイル情報システムのあるべき姿を提案し、人間が利用しやすいモバイル情報社会の実現に貢献したい。

謝辞

本研究にあたってご指導をいただいた，指導教授宮尾克先生に感謝の意を表します．また，副指導教員としてご指導いただいた石井克哉先生，ならびに，ご指導いただいた外山勝彦先生に深く感謝いたします．

本論文を構成する発表文献

1. 学術論文

関連する章

- 1) Akira Hasegawa, Satoshi Hasegawa, Masaru Miyao 第 2 章
Effects on visibility and lens accommodation of stereoscopic vision induced by HMD parallax images.
Forma, (採録決定) .

- 2) 長谷川旭, 長谷川聡, 宮尾克 第 4 章
タブレット端末のソフトウェアキーボードによる文字入力の特徴
～加齢効果および利き手, 非利き手による違い～,
モバイル学会論文誌, Vol.2, No.1, pp.23-28, 2012 (印刷中) .

- 3) 長谷川旭, 佐野俊太, 神田哲也, 長谷川聡 第 5 章
モバイル情報端末で利用する多言語医療支援システムの開発,
社会医学研究, Vol.29, No.1, pp.39-45, 2011.

2. 国際会議 (査読付き)

- 1) Akira Hasegawa, Satoshi Hasegawa, Tetsuya Kanda, 第 3 章
Masako Omori, Masaru Miyao
Characteristics of Displays of e-Book Terminals on Text Readability,
IDW'11, pp.1131-1134, Nagoya Japan,
2011/12/8.

- 2) Akira Hasegawa, Satoshi Hasegawa, Tomiya Yamazumi, 第 4 章
Masaru Miyao.
Evaluating the input of characters using software keyboards
in a mobile learning environment,
The 7th IEEE International Conference on Wireless, Mobile, and
Ubiquitous Technologies in Education 2012, Takamatsu Kagawa,
2012/3/28.発表予定.