

報告番号	※甲	第	号
------	----	---	---

主 論 文 の 要 旨

論文題目

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

氏 名

長谷川 旭

論 文 内 容 の 要 旨

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。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、携帯電話だけでなく 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特に注目されているが、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、モバイル端末での文字の入力方法については、例えば iPad では、従来のパソコンで利用されている物理的な QWERTY 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いるが、タッチパネルの特性が必ずしも考慮されておらず人間工学的に最適な入力方法であるか検証が必要である。このように、モバイル情報端末は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。

現在までに、パソコン等の情報機器のオフィスや自宅での利用の一般化に伴って、VDT (Visual Display Terminals) 作業者の疲労や、情報機器の使いにくさによる作業員への負荷の問題が顕著になり、これらの問題を解決するために、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がおこなわれてきた。また、その成果に基づいて JIS や ISO によってパソコンなどの情報機器の規格化がなされた。

しかし、モバイル情報端末は、屋外での利用も想定され、また今後 HMD などウェアラブルなインターフェースの普及なども予想され、利用環境が多様で、パソコン等を前提とした従来のような VDT 作業環境とは異なる点が多い。

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い、いくつかの有用な結果を得た。本論文では、(1) HMD 上の立体映像の見え方、(2) タブレット端末の視認性、(3) タブレット端末での文字入力特性、について被験者実験を行った。また、(4) 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

ユーザインタフェースについて考察した。それぞれの研究について、以下に記す。

(1) HMD上の立体映像の見え方

まず、HMD利用時の立体映像視認時の生体反応について、被験者実験(実験1)を行った。実験では、被験者に2眼式の視差画像による立体映像によって遠近運動する球体のCGを提示し、被験者が遠近像を注視している間の水晶体調節を計測した。実験結果から、立体表示の注視時は、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。2D表示や視差はあるが一定の値に固定した疑似3D表示では、立体映像に追従した水晶体調節は見られないことから、この水晶体調節は、心理的要因などで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。このことから、水晶体調節がディスプレイの画面の位置に固定されて「輻輳と調節の不整合」が起きていることが眼精疲労の主要因であるとする通説は間違いであることが示された。

次に、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、実際に表示されているディスプレイ位置には焦点が合っておらず、ぼけた画像を見ていることになるのではないかという疑問が残る。そこで、実験2として、ランドルト環を立体視させて視認度を計測する被験者実験を行った。実験の結果から、融像限界を超えない範囲においては、視認度の低下はほとんど見られなかった。このことは、過度な視差のない立体像では、融像位置に水晶体調節が行われていても像がぼけることなく見えていることを示している。

これらの知見は、立体映像視認時の眼精疲労の原因を正しく解明する上で極めて重要な結果である。

(2) タブレット端末の画面表示文字の視認性評価

まず、タブレット端末の視認特性について、屋内の天井からの照明環境下で、液晶ディスプレイを搭載するiPadと電子ペーパーを搭載するKindle、紙の書籍を利用端末として、高齢者を含む被験者実験によって調べた。実験では、各端末において日本語文章を被験者に音読させ、読み上げ時間を計測し、読み終わった後に、見やすさについて主観評価させた。実験の結果から、紙の書籍と同様な反射型でコントラスト比も同程度の電子ペーパー(Kindle)は、紙の書籍と比較して評価が低く、むしろ自発光型の液晶ディスプレイ(iPad)の方が紙の書籍に近い評価を得た。これは、この実験環境では、Kindleの表示輝度が紙の書籍より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る。

次に、端末視認時の環境照度と瞳孔径の関係について、被験者実験を行った。実験は、10 lxから100,000 lxまでの各照度環境にて、液晶ディスプレイを搭載するiPadと電子ペーパーを搭載するKindle、紙の書籍の3つを利用端末として、被験者に文字探索をさせ、その間の被験者の瞳孔径を計測した。瞳孔には、環境照度に応じて縮瞳と散瞳が起こる特性があり、眼精疲労の指標となることが指摘されているが、実験の結果、瞳孔径は反射型のKindleと紙においては、環境照度が高くなるにつれて小さくなり、自発光型の液晶ディスプレイ(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る。この結果は、タブレット端末の表示特性を定量的に示していると言える。

(3) タブレット端末での入力特性

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における、QWERTY配列での文字入力について、特性の違いを調べた。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。

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、高齢者において、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、QWERTY配列での文字入力では、ボタンの上に指を乗せておいてキーを押し上げるのが一般的だが、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ず、手腕を固定できないことが要因の1つであると考えられる。

(4) 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

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。本論文では、iPhone向けに開発した多言語医療支援システムについて、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。また、iPad向けのシステムについて、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。

以上の研究により、モバイル情報端末の人間工学的な特性評価について、それぞれ、(1) HMD上での立体映像の視認性、(2) タブレット端末の視認性、(3) タブレット端末での文字入力の操作性、(4) モバイル情報端末で利用する多言語支援システムのヒューマンインタフェースにおいて、モバイル情報端末の多様な可能性を追求する上で有用な結果を得た。

本研究の成果を踏まえ、さらに今後も、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。