

報告番号	※甲	第	号
------	----	---	---

## 主論文の要旨

論文題目 液晶ディスプレイのヒューマンインタフェース評価に関する研究  
氏名 藤掛 和広

## 論文内容の要旨

### 第1章 序論

近年、液晶ディスプレイ (Liquid Crystal Display : LCD) は、パーソナルコンピュータ、携帯情報端末、カーナビゲーションシステム (カーナビ)、携帯電話などをはじめとする情報機器の画面としての普及がめざましい。LCD に表示されるのは文字情報が中心であったが、映像を表示する機会も増大している。LCD は映像の表示が不得意とされていることから、LCD の映像を表示する性能の改善が進められている。しかし、現在、LCD の映像を表示する性能を適切に評価する方法は確立していない。

LCD を利用する際には、ユーザビリティの観点から使用者に対して見やすく、負荷の少ないことが望まれる。そこで、本研究の2章と3章ではLCDの画面に表示される文字の見やすさについて検討し、4章では映像を注視する際に負荷の少ないLCDについて検討する。また、4章では、使用者が映像を注視する際の負荷の評価方法について検討する。

LCD に表示される文字が、視力の低下した高齢者に対しても見やすいものが必要であることから、異なる種類の液晶画面の可読性の検討 (2章2節)、LCD に表示される文字サイズと可読性の関連性の検討 (2章3節)、カーナビ表示における文字の可読性の検討 (3章2節)、カーナビ設置位置別の文字の可読性の検討 (3章3節)、によって表示される文字が読みやすいものであるかを人間工学的な評価から明らかにする。さらに、LCD 注視時の映像酔いについて、重心動揺の定量化指標を用いての検討 (4章1節)、映像酔いの評価方法に関連して、表示する刺激が定方向へ移動する映像注視時の立位制御機能の検討 (4章2節) によって、LCD 映像の性能に関する定量的な評価と評価方法の確立を目指す。

### 第2章 高齢者にとって見やすい液晶画面の文字サイズ条件

カーナビやテレビなどに利用されるLCDの種類や表示される文字サイズが、高齢者の見やすさに与える影響を実験的に検討し、高齢者にとって見やすい表示装置・文字サイズの条件を明らかにすることを目的とする。実験では、バックライト式透過型カラー液晶と反射型モノクロ液晶の画面に、それぞれ同じサイズの大中小の数字を表示して、読み上げ時間の測定と誤読数の計測をする。読み上げ時間と誤読数の比較から、2つの表示装置の可読性を客観的に評価する。被験者は高齢者を含む幅広い年齢層を対象とした。

実験の結果、LCD に表示される文字の高さが3 mm から5 mm 程度であれば、バックラ

イト式透過型カラー液晶と反射型モノクロ液晶に表示される文字の可読性に差はみられなかった。また、5 mm 程度の高さの大きな文字で読み上げ時間の短縮と誤読の減少がみられたことから、文字サイズについて一層の検討が必要であることが示された。

そこで、LCD に特大から極小までの5つの文字サイズを表示して、読み上げ時間の測定と誤読数の計測をする実験を行った。被験者は高齢者を含む幅広い年齢層を対象とした。

実験の結果、全ての年齢層で、文字高さ 2 mm 以下の文字で読み上げ時間の伸長と誤読の増加がみられ、高さ 5 mm の大きな文字で読み上げ時間の短縮と誤読の減少がみられた。このことから、高齢者の可読性は、適正な文字サイズであれば低下しないことが示された。

### 第3章 カーナビ表示文字の可読性について

カーナビの情報表示画面に表示される文字サイズから、高齢者にとって見やすいカーナビの文字条件を検討し、カーナビの情報表示画面に表示する文字の適正な文字の大きさを明らかにすることを目的とする。実験は実車内にて行い、LCD には5種類の大きさの文字(文字高さ 6 mm, 7 mm, 8 mm, 9 mm, 10 mm)を表示した。被験者は表示される文字の読みやすさの評価を行う。被験者は高齢者を含む幅広い年齢層を対象とした。

実験の結果、姿勢が制限された状態で、LCD 画面に表示される文字を注視して読みやすさの評価をさせると、全ての年齢層で文字高さ 8 mm の評価が高かった。さらに、全ての年齢層で、文字高さ 6 mm と文字高さ 10 mm では読みやすさの評価が低下した。また文字高さ 6 mm は、ISO などの基準が推奨する大きさ以上で、一定水準以上の可読性であった可能性があることから、さらに小さな文字サイズを含めた検討が必要であるといえる。

そこで、LCD に5種類の大きさの文字(文字高さ 2 mm, 4 mm, 6 mm, 8 mm, 10 mm)を表示して、文字の読みやすさについての検討を行った。また、LCD を2種類の位置に設置して検討を行った(正面と斜め左方向)。被験者は高齢者を含む幅広い年齢層を対象とした。

実験の結果、全ての年齢層で斜め方向に設置された LCD よりも正面に設置された LCD の読みやすさの評価が高かった。さらに、全ての年齢層で、文字高さ 8 mm と 10 mm の読みやすさの評価が高く、次いで文字高さ 6 mm の読みやすさの評価が高かった。このことから、姿勢が制限されるカーナビは可読性が低下するため、表示する文字の高さは 8 mm 以上が望ましく、6 mm よりも小さな文字の使用は可読性に難があることが示唆された。

2章と3章では、LCD 画面に表示する文字の可読性を静止した状態で検討した。しかし、近年、LCD は静止した画像や文字だけでなく、映像や画面内を移動する文字の表示がなされている。このことから、今後は、LCD 画面に表示される映像や移動をする文字の見やすさについての検討が必要であるといえる。

### 第4章 重心動揺計を用いた液晶ディスプレイの評価

「ぼやけ」を解消した表示方法の OCB ディスプレイと従来の LCD について、重心動揺の比較を行い、動画像注視時の酔いへの影響を検討する。ディスプレイ画面には、架空の都市の地図が右から左(または左から右)にスクロールするものを表示した。被験者はディスプレイ画面を注視して、ディスプレイに表示される地図の地名や建物の名称を読み上げた。実験では、被験者がディスプレイ注視時の重心動揺の測定を行った。重心動揺の測定結果は、新たな定量化指標によって評価した。

実験の結果、OCB ディスプレイ注視時は従来型ディスプレイ注視時と比べて、立位姿勢

のふらつきが減少した。このことから、OCBディスプレイは注視に伴う負荷が少なく、表示する動画像の見やすいディスプレイであるといえる。また、重心動揺の定量化指標である疎密度  $S_3$  で、従来型ディスプレイ注視時より OCB ディスプレイ注視時の方が不安定さは少ない傾向であったことから、ディスプレイの評価指標として有効であるといえる。

この実験課題は、一定方向に流れる動画をディスプレイに提示して、その画面を注視する被験者の重心動揺の測定を行った。しかし、測定した重心動揺の結果について、一定方向に移動する映像が被験者の立位姿勢の制御系に影響を与える可能性が指摘され、評価指標としての信頼性の検討が必要であることが示唆された。

そこで、一定方向に移動する映像を提示する液晶ディスプレイ注視時における重心動揺の結果について、Double-Wayland 法を用いて検討を行う。Double-Wayland 法は、時系列を生成すると想定されるアトラクターのかたちの複雑性を並進誤差と呼ばれる統計量で評価する。その数理モデルについての決定論性の程度が計量できることが特徴である。

実験では、上記と同様に、ディスプレイ画面の架空の地図が左右にスクロールするものを表示した。被験者はディスプレイ画面を注視して、表示された地図の地名や建物の名称を読み上げた。被験者がディスプレイ注視時の重心動揺の測定を行った。

実験で測定した重心動揺の結果は、Double-Wayland 法によって決定論性の程度を検討した。その結果、ディスプレイ注視時の重心動揺が確率過程であることが示された。このことから、一定方向に移動する地図課題に伴う重心動揺は決定論的な変化ではないことが示され、一定方向に移動する地図を注視させる課題はディスプレイを評価する刺激として適切であるといえる。

今後は、重心動揺の新たな定量化指標と Double-Wayland 法による決定論性の判定によって、この他の液晶ディスプレイの動画表示についての検討や表示内容の検討を行う。

## 第5章 結語

現在、社会の高齢化に伴い、高齢者が情報機器を使用する機会が増加し、使用せざるをえない場合も増加している。また、カーナビの普及とともに、高齢ドライバが増加していることから、高齢者がカーナビを使用する機会が増していると考えられる。カーナビの画面には文字情報だけではなく画像が表示され、カーナビの画面に表示される文字や画像は画面の中を移動する。自動車内の液晶ディスプレイは、文字や画像のみならず映像を含む多様な表示が今後なされると思われることから、多様な表示の検討が必要である。

液晶ディスプレイに表示される動画像の性能評価する方法については、まだ確立したものはない。本研究では、重心動揺の定量化指標と、横方向に移動する刺激の有効性が示された。今後、液晶ディスプレイには動画像を表示する機会は増大すると予想されることから、これらの評価法の有用性が期待される。そのため、横方向に移動する刺激だけではなく、縦方向や奥行きを伴う動きを表示した際の液晶ディスプレイの評価基準についても検討することが必要であるといえる。

また、本研究で検討した液晶ディスプレイに表示する文字の見やすさは、カーナビ画面に表示する文字サイズの規準化の参考となる。しかし、画面内を移動する文字の見やすさについての検討は少なく、移動の文字の速度と見やすさや、移動する文字の大きさと見やすさ、移動する文字が示す情報の内容と見やすさなどを明らかにしなくてはならない。