

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 28 年 11 月 4 日現在

機関番号：32425

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2013～2015

課題番号：25350292

研究課題名(和文)ヘッドマウントディスプレイを用いた弱視支援の補視器の開発

研究課題名(英文)Development of eyesight aid of low vision support using a head-mounted display

研究代表者

村井 保之(Murai, Yasuyuki)

日本薬科大学・薬学部・准教授

研究者番号：30373054

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,800,000円

研究成果の概要(和文)：研究目標は、弱視者の「見え」を支援する補視器の開発とした。それは、ヘッドマウントディスプレイ(HMD)を用いて装着者の見え方に3つの基本援助：1.視力、2.視野、3.視認(見易さ)を行うものであるとし、HMDの中から、レーザ網膜走査方式が、1.鮮明な画像、2.任意の網膜領域に直接作像出来る、3.眼球の屈折異常に関係しない(フォーカスフリー)の特徴により、弱視者の残存視野を活用する補視器として最適であると結論した。この補視器を利用するためには、弱視状態に合わせて網膜における作像位置や色などの最適調整(フィッティング)が重要となるので、その手法を考察した。

研究成果の概要(英文)：We have aimed at developing an eyesight-aid for low vision people. Our target is to develop an HMD (head-mounted display) equipped with the following three helping facilities for the user: 1. Visual recognition, 2. Proper viewing and 3. Easy seeing. Among HMDs we have concluded that one which uses Laser Retina Imaging technology is a best-fit, as it enables 1. creation of a clear picture, 2. in any retina area, and 3. it is focus-free, i.e. irrelevant of refractive disorder. As a result, low vision user can see the picture by his (her) own remaining sight. In order to use this eyesight-aid, user is essential to obey a fitting procedure to settle most suitable area of retina for picturing and colors of laser light. We are developing this fitting method.

研究分野：福祉情報工学

キーワード：弱視 視認支援 ヘッドマウントディスプレイ 情報保障

1. 研究開始当初の背景

人が処理する情報の大部分は視覚で得られるので、弱視者も最後まで残存する視機能に頼る。弱視者の支援器具として、単眼鏡や弱視眼鏡があるが、像が遠方にあるので視点先の移動が速く、一種の船酔い症状になって疲れやすい。対象を追尾する労力ばかりが大きく、支援器具としての利便性は余り高くない。近年、弱視者が視認したい対象を見つけたとき、彼らは携帯電話や iPad 等のカメラで撮り込み、その画像に目を近づけて視認することがある。彼らにとって対象画像を撮ることは難しいが、撮り込むことができれば、拡大読書器で見るのと同様となり、見ることへの負担はかなり軽減される。

しかし、iPad 等は便利ではあるが、専用機器ではないため、やはり利用しにくい。そこで、眼鏡の様に利用できる透過型のヘッドマウントディスプレイを用いることで、自然な形で弱視者個々の残存する視機能に合わせた補償支援が可能ではないかと考えた。

2. 研究の目的

本研究は、弱視者の視認を支援する補助器具（聴力を補う補聴器に対して視力を補う補視器と呼ぶ）の開発を行うことを目的とする。

開発する補視器は、装着者が視認したい、または装着者に視認させたい対象を視界映像から検出し拡大提示する（視力の補償）、視野に狭窄や欠損がある場合、装着者の視点を誘導し、彼の視界内に対象を提示する（視野の補償）、弱視の状態に合わせ、見えやすいように画像の白黒反転やコントラストの調整を行う（視認の補償）機器である。

補視器にはヘッドマウントディスプレイ（HMD）を用いることとし、複数の HMD を比較検討した結果、レーザ網膜走査型 HMD が本研究における補視器の要件を全て満たすことがわかった。このタイプの HMD は、液晶パネル（LCD）を利用する既存の HMD と比べ、高輝度・高色再現性・広視野角で像の大きさと位置を自在に設定することができる。また、網膜に直接画像投影するので、近眼や老眼などの視力に関係しないフォーカスフリーという特徴をもつ。

この HMD を弱視者が利用するためには、補聴器と同様に、弱視の程度にあった調整（フィッティング）が必要となる。補視器におけるフィッティングは HMD の表示部を見えやすい位置に調整すること、表示される画像のサイズや位置および背景と前景の表示色の調整である。そこで、フィッティング手法の開発も行う。

3. 研究の方法

(1) ヘッドマウントディスプレイ（HMD）は、頭部に装着するディスプレイ装置であり、非透過型と透過型（シースルー）の2種類に大別される。非透過型 HMD は臨場感の高いバーチャルリアリティ利用に適しており、透

過型 HMD は作業性の高い情報提示が可能なウェアラブル利用に適している。開発する補視器は、支援器具の利用であることから、透過型が必要で、かつ、弱視者は左右の視機能が異なることが多いので単眼型を、補視器の候補とした。そこで、市販のヘッドマウントディスプレイを3種類入手し弱視者に利用可能か検証した。

検証した HMD は、図 1 (a) に示すブラザー社の Air Scouter、同図 (b) に示すフランス Laster Technologies 社の PMD G2、同図 (c) に示す島津製作所の Data Glass 3/A である。

図 1 (a) の Air Scouter は、網膜に光を当てて映す網膜走査ディスプレイの一種である（光源部の画像をハーフミラーで反射させて網膜に投射しているので、厳密には網膜走査方式ではないが、高速走査による残像効果が出る）。長所は像が鮮明で明るいこと、短所は晴眼者には見やすいが、弱視者の網膜機能ではかなり不十分な像になることが多い。

図 1 (b) の PMD G2 は、半反射レンズをディスプレイとして用いた投影式（プロジェクタと同じ原理）なので、長所は像を広域かつ広角に表示できること、短所は像が薄くて変形することであり、弱視者の視力では見え辛い。

図 1 (c) の Data Glass 3/A は、高精度非球面光学素子で高解像度マイクロディスプレイであるので、長所は像が明るいこと、短所は慣れないと像を見つるのが難しく、ある程度の視力がないと視認し難い。

以上のことから、入手した HMD を弱視者に使用させるのは難しいことがわかった。特に問題となるのが、弱視者の残存視力に応じたディスプレイ位置の調整である。そこで、本研究では HMD の位置調整（フィッティング）が弱視者にとって利用可能となるような仕様を次のように定めた。

- (1) 垂直方向および水平方向へ移動
- (2) 水平方向の回転（スイング回転）
- (3) 垂直方向の回転（チルト回転）

検証した HMD はこの3つの機構を全て備えておらず、弱視者にはほとんど利用できない。また、一般に HMD に表示される虚像までの仮想視距離は、最少で 25cm ~ 30cm、最大で数十 m の範囲に設定されている。一方、弱視者がタブレット端末等の液晶ディスプレイに目を近づける距離は数 cm（約 1cm ~ 5cm）ほどなので、現状の光学系 HMD は弱視者にとって殆ど使いものにならなかった。その後、QD レーザ株式会社よりレーザ網膜走査型 HMD の提案があり検討を行った。

レーザ網膜走査型 HMD は、表示部を垂直方向に移動する機構を備え、水平方向の移動に関しては、画像表示位置をソフト的に調整することで可能であり、回転および画像までの表示距離に関しては、網膜に直接投影するフォーカスフリーにより考慮する必要がなくなった。このようにレーザ網膜走査型 HMD は補視器の要件をすべて満たすことが



図 2 レーザ網膜走査型 HMD

わかった。

図 2 は、QD レーザ株式会社が試作した「レーザーアイウェア」と呼ばれる網膜走査型 HMD の利用者が装着する眼鏡型の「投影部」である。図 3 はシステムの構成で、「投影部」、レーザー光などを制御する「LD/MEMS 制御部」、映像入力・処理のための PC またはタブレット端末から構成される。

図 4 は表示原理で、この HMD は、赤緑青の三原色半導体レーザー (LD) の光 (クラス 1 の安全性に属し、その最大許容露光量に対して、1/40(青)、1/400(赤、緑) 以下である) を MEMS ミラーで反射・走査して、瞳孔を通して網膜に映像を描画する。照射光は眼前の非軸対称光学系ハーフミラーにより、高視野角 (約 50 度) にも拘わらずに機器が小型 (構造も単純) で、光は瞳孔近傍で収束するのでフォーカスフリーで網膜に投影される。さらに、光が網膜に届く経路で拡散せず (結果、省電力である)、網膜に直接 RGB の光が入るので色再現性も高い。照射光は眼球の状態に関係なく網膜に入り描画するので、視力に依存しない像が得られ、また、網膜が機能している位置にピンポイントに投影できる

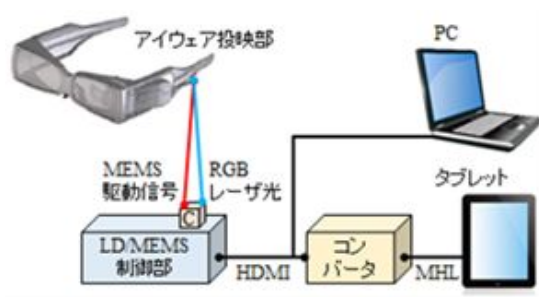


図 3 レーザアイウェアシステム構成

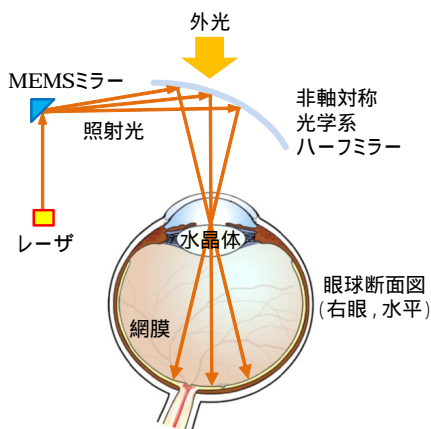


図 4 レーザアイウェア表示原理

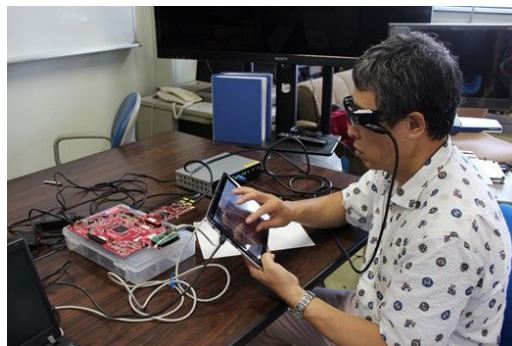


図 5 レーザアイウェア視認実験

ので、視野にも依存しない。

レーザーアイウェアは一般向けの HMD として開発されている。我々は、これを QD レーザ社と共同で弱視者向けの補視器として改良を加え Laser Eyewear for Low Vision と称している。また、補視器以外に、眼科医療機器 (例えば視野計測機器) などへの展開も期待できる。但し、光が途中でかすむ病気 (例えば、水晶体が濁る白内障など) や、光の軌跡がずれる病気などは、光が網膜に入り辛いので見え難い。図 5 に、レーザーアイウェアの視認実験の様子を示す。弱視者にレーザーアイウェアを装着して視認調査をしたところ、圧倒的に視認が向上することが確認できた。

(2) フィッティング手法の開発

補視器を利用する場合、利用者の聴力に応じた調整や聞こえ方の確認が必要で、これを「フィッティング」という。補視器においても弱視者の視力や視野などに合わせて表示する画像を調整し、見え方を確認するフィッティングが必要となる。

利用するレーザー網膜走査型 HMD は直接網膜に画像を描画するためフォーカスフリーであるが、読みやすい文字の大きさは人それぞれであり、他の障がいの影響も考慮すると表示サイズの調整は必須となる。また、視野に問題がある場合は、例えば、自分の正面にある物を見るために、首を傾けたりして視野に入るように調整するため生活上さまざまな不便を生じており、視野の調整も必要となる。提案するフィッティング手法は、補視器の表示エリアに左上から順に、弱視者の見えやすいサイズや色で、視力検査で利用されるマーク (ランドルト環) や文字 (図 6) を順次表示し「見えた」「見えない」位置を記録し視野の測定を行い、その結果をもとに表示する画像のサイズや色、表示位置の調整を行う。具体的な手順は以下の通りとする。



図 6 フィッティングで使用する画面

- 1) 表示する記号や文字のサイズを決める。その際、見やすいサイズ、ギリギリ見えるサイズの2サイズを決定する。
- 2) 弱視者の申告により見やすい背景色と前景色を設定する。
- 3) 表示画面全体に決定したサイズと色で表示し見やすさの確認と調整を行う。
- 4) 決定したサイズと色で、表示画面左上から記号や文字を順次表示し「見える」「見えない」を判定、視野の確認を行う。
 なお、視野の確認は、決定した2サイズと、それらを基準にサイズをプラス・マイナス変えて何度か実施する。
- 5) 決定した、サイズ、色、視野に基づき、画像の表示サイズや色、表示領域(視野に自分の正面のもの、見せたいものが映るように)調整を行う。

これらの作業は、利用者は補視器(レーザアイウェア)を装着し、フィッティング担当者は補視器に接続されたフィッティング用PCを操作して行う。また、1)2)は、利用者はフィッティング担当者の指示に従い画像を確認し、見やすさを答え、それに応じてフィッティング担当者がサイズや色を順次変更しサイズや色を決定する。3)は、フィッティング担当者の操作で開始し、利用者は順次表示される記号や文字について、フィッティング用PCに接続されたキーボード(USB接続のテンキー等)で「見えた」「見えない」を指定されたキーを押して答える。キーボードを押したタイミングで次の記号や文字を表示する。これを左上から右下まで順次行い、表示が全て行われたら自動的に終了、回答を記録し視野マップを作成する。

4. 研究成果

レーザ網膜走査型HMD(レーザアイウェア)は網膜に直接投影するフォーカスフリーの特徴より補視器の要件をすべて満たしている。レーザアイウェアは晴眼者向けに開発された機器のため、本研究で調達した試作機は弱視者向けに、表示位置を調整できる機構、メガネ部分を180度回転させ表示位置を左右どちらにも設定できる機構などいくつかの改良がおこなわれている。現在もQDレーザ社によりさらなる改良が進められている。

補視器用のHMDが決定したので、このHMDを対象としたフィッティング手法の開発が可能となった。

今後の課題として、開発したフィッティング手法の弱視者による検証実験を行う必要がある。実現に向け研究倫理の観点も含め準備を進めている。また、情報保障に関しては、出口などのピクトグラムを検出プログラムの試作を行ったが、視認対象の拡大提示(視力の補償)、視点を誘導し視野内で提示(視野の補償)、見えやすいように画像の調整(視認の補償)、さらに様々な情報獲得を行う機能の開発は完了しておらず、補視器実用化に

向けてさらに開発を進める必要がある。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

〔学会発表〕(計7件)

1) 村井保之, 巽久行, Robinson THAMBURAJ, 徳増眞司, 宮川正弘: 弱視支援を組み入れたヘッドマウントディスプレイの設計. 第12回情報科学技術フォーラム(FIT2013), 9月, 鳥取(2013).

2) 村井保之, 巽久行, Robinson THAMBURAJ, 宮川正弘: 弱視者の認を支援するヘッドマウントディスプレイ要件. 第29回ファジィシステムシンポジウム(FSS2013), 9月, 大阪(2013).

3) 村井保之, 巽久行, 徳増眞司, 宮川正弘: 弱視支援を組み入れたヘッドマウントディスプレイの開発. 第13回情報科学技術フォーラム(FIT2014), 9月, 筑波(2014).

4) 村井保之, 巽久行, 徳増眞司, 宮川正弘: 弱視者の視認を支援するヘッドマウントディスプレイの開発. 第30回ファジィシステムシンポジウム(FSS2014), 9月, 高知(2014).

5) 村井保之, 鈴木誠, 菅原充, 巽久行, 宮川正弘: レーザ網膜走査型HMDによる弱視の視認支援への検討. 第28回多値論理とその応用研究会, 1月, 沖縄(2015).

6) 村井保之, 鈴木誠, 菅原充, 巽久行, 宮川正弘: レーザ網膜作像による弱視支援 ~ 補視器の開発を目指して ~. 第78回福祉情報工学研究会(WIT), 1月, 筑波(2015).

7) 村井保之, 巽久行, 徳増眞司, 宮川正弘: 弱視者の視認を支援するHMD(補視器)のフィッティング手法の開発. 第14回情報科学技術フォーラム(FIT2015), 9月, 愛媛(2015).

6. 研究組織

(1) 研究代表者

村井 保之 (Murai Yasuyuki)
 日本薬科大学・薬学部・准教授
 研究者番号: 30373054