

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 26 年 6 月 15 日現在

機関番号：84510

研究種目：基盤研究(C)

研究期間：2011～2013

課題番号：23500163

研究課題名(和文) ロービジョン者のためのホログラフィック光学素子を用いた拡張現実めがねの開発

研究課題名(英文) Augmented reality glasses with integrated volume holographic imaging element for low vision people

研究代表者

瀧澤 由佳子 (Takizawa, YUkako)

兵庫県立工業技術センター・その他部局等・研究員

研究者番号：20470255

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,900,000円、(間接経費) 1,170,000円

研究成果の概要(和文)：近年、拡張現実感(AR)は現実世界の情報に仮想の情報を重ねさせ、ユーザーに現実世界以上の情報を提供する技術として注目されている。中でも、ヘッドマウントディスプレイは拡張現実感を体感できる装置として開発されている。しかし、提供される映像の品質については課題が残っており、現実世界と同等の映像を提供するには至っていない。その原因として、カメラの位置と目の位置が一致しないため、同じ視界が得られないことが挙げられる。本研究では、ロービジョン者の生活支援を目指してホログラフィック光学素子を用いることにより、小型で人の目の位置が一致する視界の像を得られる拡張現実めがねについて検討を行った。

研究成果の概要(英文)：An integrated volume holographic imaging element (VHIE) in a wearable display for low vision people is expected to capture the scene that is to be processed for easy recognition to the people. We investigated the imaging characteristics of the transmitted-type VHIE. Experimental results show that the horizontal positions of the scenes in the images obtained by the imaging system with the transmitted-type VHIE are close to the position on the visual axis of the user.

研究分野：総合領域

科研費の分科・細目：情報学 メディア情報学・データベース

キーワード：ホログラフィック光学素子 ロービジョン

1. 研究開始当初の背景

現在、日本国内におよそ 100 万人のロービジョン者といわれる、全盲ではないが日常生活に支障のある視力障害者が生活している。このロービジョンの原因には加齢性疾患が含まれており、今後のさらなる高齢化が予想される社会状況において、ますますロービジョン者の人数は増加すると考えられている。ロービジョン者の中には、画像のコントラストや明るさの改善により視界が見えやすくなる人があることが知られている。このような視覚障害をもつ人が視覚支援補助具等によって提供された画像を頼りに段差や障害物の位置を正確に認識し、歩行などの日常動作ができるためには、補助具なしの場合と同等の映像がリアルタイムに表示される必要がある。しかし、従来のヘッドマウントディスプレイ (以下、HMD) において現実世界の像を取得するカメラの配置は目の位置とは一致しないため、カメラと人の視界は異なる。この場合、カメラの視界を人の視界と一致させるためには幾何学的な位置を考慮した計算を行う必要があるが、この計算処理がリアルタイム映像提示の負荷となる。一方、人の視界とカメラの視界の中心位置の光学的整合性をとる方法としてハーフミラーを用いた光学系が考えられる。目の前方にハーフミラーを配置し、ハーフミラーで分割される光の一方をカメラで撮像すれば、人の目の視界の像を得ることができる。しかし、カメラの配置はハーフミラーの配置に制約されるため、装置全体の設計の自由度が低くなると考えられる。

一方、ホログラフィック光学素子 (Holographic Optical Element 以下、HOE) は、レーザー光など可干渉性が高い光の干渉、回折を利用して作製される素子で、HOE により所望の回折波面を得ることができ、感光材料に種々の機能を設計できる。また、HOE を光学システムに利用すれば、従来の光学素子を使った場合よりもシステム全体を軽量、小型化できることが期待されている。

本研究ではロービジョン者用ディスプレイへの応用を想定し、HOE のうち体積型ホログラフィック光学素子 (Volume Holographic Optical Element 以下、VHOE) を使い、人の目の前方にカメラを置いた場合と同様に視界の中心位置が一致した画像の撮像を可能とする撮像光学系を提案する。人の目には透明である VHOE を利用すれば、目の前方に取り付けて人の視界からの光を所望の位置に結像させることができる。しかもハーフミラーを用いた場合よりもカメラの配置の自由度が高いため、軽量で小型なディスプレイの実現が期待できる。

2. 研究の目的

本研究では、結像機能をもつ透過型 VHOE と撮像時の背景光ノイズを低減する反射型

VHOE を集積した VHOE を想定し、この集積型 VHOE を用いた撮像光学系を搭載したロービジョン者用ディスプレイについて提案するものである。

本研究が提案する集積型 VHOE を用いたロービジョン者用ディスプレイを図 1 に示す。HMD に対して人と反対側に近接して取り付けられた集積型 VHOE のうち、透過型 VHOE により、人の視界の中心位置と同じ位置からの視界をバンドパスフィルタカメラの撮像面に入射させる。そして、この画像をロービジョン者が見やすいとされる、明るく、コントラストの高い画像へ変換し、これを HMD へ表示する。一方、背景光ノイズ低減 VHOE は、白色光環境において所望の光である透過型 VHOE から回折する光以外のノイズ光のうち、回折光とほぼ同じ波長成分の背景光を低減する。また、カメラの取り付けたバンドパスフィルタは回折光の波長以外の波長の光をカットする。我々は先行研究において、背景光ノイズ低減 VHOE を、結像機能をもつ VHOE に集積すればより鮮明な画像が得られることを確認しているため、本システムにおいても背景光ノイズ低減 VHOE を用いている。このような配置で光学系を構築すると、人の目の前方 (以下、視点軸とする。) にカメラを配置することなく、透過型 VHOE を用いた撮像光学系により視点軸にカメラを配置した場合と同じ視界の中心をもつ画像を撮像できる。

しかし、人の視線の対象が遠方にある場合、VHOE を用いなくても目の近傍、例えば耳の付近に設置した通常のカメラでも目の前方

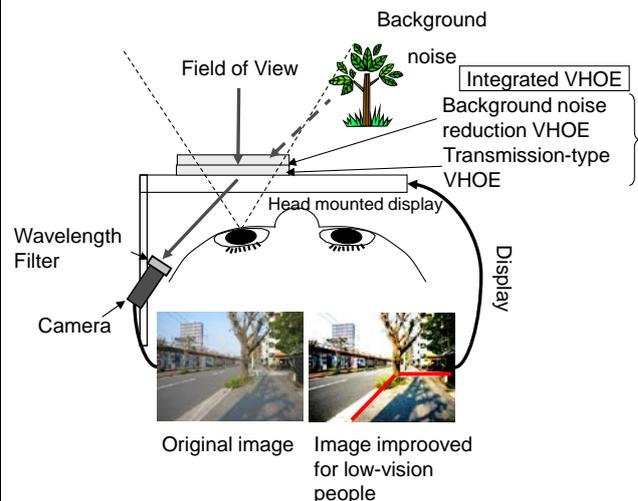


図 1 ロービジョン者用ディスプレイのための集積型

VHOE を用いた撮像光学系

Fig. 1 Schematic of imaging system with Integrated VHOE for wearable display for

に配置した場合の画像に近似した画像が得られると考えられる。一方、人の視線の対象が近距離の場合、カメラの位置が目の位置と異なると、得られる画像中の視界の中心と人の視界の中心との位置の差は大きくなると考えられる。そこで、本研究では VHOE を用いた撮像光学系の有用性を検討するため、人の視界の対象すなわち、撮像対象と撮像光学系との距離と、撮像対象の画像中での位置の関係について実験によって明らかにする。

3. 研究の方法

本研究ではまず透過型ホログラフィック光学素子を作製し、それを用いた撮像光学系を構築して撮像対象の画像中の位置の評価を行った。以下にそれらの詳細を述べる。

〈3・1〉透過型ホログラフィック光学素子の作製

人の視界とカメラの視界との中心が一致した画像を撮像する光学系に用いる透過型 VHOE の作製するための光学系を図 2 に示す。VHOE の作製において、波長 532nm のレーザー光を分けて、ホログラムの記録のための参照光と物体光を生成する。具体的には、サンプルホルダー（図中、SH）に設置される VHOE 材料に対して角度 15degree の方向に伝搬する平行光を参照光とする。一方、z 軸に沿って伝搬し、サンプルホルダーに対し

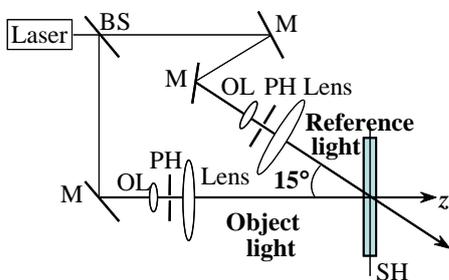


図 2 透過型 VHOE の作製光学系 (M:ミラー, OL: 対物レンズ, PH: ピンホール, SH: サンプルホルダー)

Fig. 2. Optical set up for fabrication transmission-type VHOE. M:mirror, OL: object lens, PH: pin hole, SH: sample holder.

て垂直に入射する平行光を物体光とする。すなわち、参照光と物体光は VHOE 材料に対して同じ側から入射することになる。このような参照光と物体光による干渉縞を露光して VHOE 材料に記録し、透過型 VHOE を作製する。実験では、VHOE 材料としてサイズ約 40 mm × 40 mm のフォトポリマー (BAYFOL® HX, Bayer Material Science 社製) をスライドガラスに貼り付けて用いた。ちなみに、記録されたホログラムつまり透過型 VHOE に、物体光を遮断して参照光と同じ光を照射して読み出すと、透過型 VHOE によって物体光と同じ方向に回折され、再生される。つまり、記録時と同じ波長であって図中の z 軸に沿って伝搬した光は VHOE に対して角度 15degree の方向に伝搬する平行光を生成する。したがって、この方向にカメラを設置すると z 軸つまり視点軸上にカメラを設置したときと同じ視界の中心位置となる画像を得ることができる。

〈3・2〉撮像位置の評価実験

我々は透過型 VHOE を用いた撮像光学系により、人の視点軸にカメラを置かなくても、視点軸に置いたときと同様の視界の中心が一致した画像が得られると考えた。そこで、本研究では視点軸上の撮像対象を、透過型 VHOE を用いた撮像光学系により撮像し、その画像中の撮像対象の位置を調べた。透過型 VHOE を用いた撮像光学系による撮像実験の配置図を図 3 に示す。撮像対象を作製時の光軸すなわち図 (a)中の z 軸上の、VHOE との距離 l の位置に配置した。この VHOE は z 軸に沿って伝搬する平行光が入射したときに VHOE 面に対して 15degree の方向に回折するように作製されるため、カメラを VHOE 面に対して 15degree の方向に配置した。この撮像実験では焦点距離可変レンズが付属したカメラ (WAT-902H, ワテック(株)製) を用いて画像を撮像し、その信号を画像キャ

プチャーボード（PCI-1405， National Instruments 製）で階調値 256 階調，640×480 画素の画像としてパソコンに集録した。また，カメラの前面にはバンドパスフィルタを取り付け，回折光の中心波長付近以外の波長の

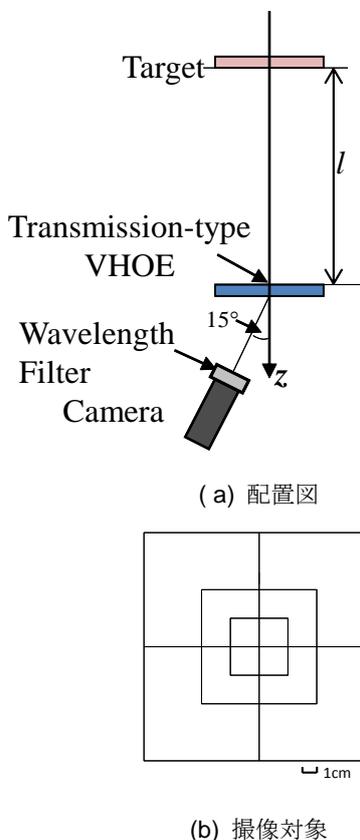


図 3 透過型 VHOE を用いた撮像実験の配置図

Fig. 3 Experimental setup for images obtained by the imaging system with transmission-type VHOE.

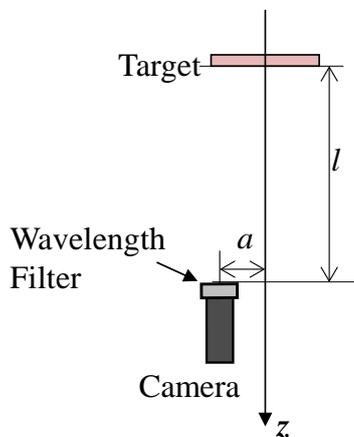


図 4 カメラによる撮像実験の配置図

Fig. 4 Experimental setup for images obtained by the

光をカットするようにしている。撮像対象として図(b)に示すような 1 辺 4cm, 8cm, 16cm の正方形をそれぞれの中心が一致するように組み合わせ，中心位置を十字で示した図形を用いた。なお，これらの正方形と十字の線幅は 2 ポイント(約 0.7mm)である。このような撮像光学系で得られる画像から撮像対象の正方形（以下，撮像対象とする。）の中心位置を調べた。ここでは，図(a)中のようにカメラは光軸から水平方向に角度をつけて配置するため，画像中の撮像対象の中心位置は水平方向についてのみ調べた。

本研究では，透過型 VHOE を取り除いて目の近傍に設置したカメラの場合についても撮像実験を行い，透過型 VHOE を用いた撮像光学系の場合とを比較して評価した。カメラを用いた撮像実験の配置図を図 4 に示す。図 3(b)と同じ撮像対象を，透過型 VHOE を用いた撮像光学系の場合と同様に z 軸上のカメラ端からの距離 l の位置に配置して撮像対象を撮像した。この撮像には図 3 の場合と同じカメラを用いた。なお，この実験ではバンドパスフィルタを外すとカメラの感度補正により透過型 VHOE を用いた撮像系によって得られる画像とは画像の明るさが大きく異なったため，バンドパスフィルタを取り付けたまま撮像した。

このようにカメラによる撮像において，視点軸上にカメラがある場合と人の目の近傍にカメラがある場合を想定し，図 4 中に示す z 軸に垂直な方向のカメラの z 軸からの距離である a を変えて撮像を行った。そして，それぞれの場合の画像中の撮像対象の水平方向の中心位置を調べた。

4. 研究成果

前章で述べた方法により，透過型ホログラフィック光学素子を用いた撮像光学系による撮像実験を室内の白色光環境において行

った。このとき、透過型 VHOE 面における照度は約 500lx であった。また、撮像対象物と照明との位置関係によって撮像対象の平面上の照度が変わるため、ハロゲンランプで撮像対象の面上の照度が約 200lx となるように照明の光量を調節した。この実験では図 3 に示した撮像対象と透過型 VHOE との距離 l を 20cm から 100cm まで、10cm おきに撮像した。

次に、透過型 VHOE を用いた撮像光学系による撮像を比較して評価するために行ったカメラのみの撮像実験の結果について述べる。この実験は、視点軸上にカメラがある場合と人の目の近傍にカメラがある場合を想定し、図 4 中の z 軸からのカメラまでの距離 $a=0\text{cm}$, 5cm のときの撮像を行った。撮像実験において距離 l を変えると、レンズを調整して焦点を合わせる必要があったため、倍率が異なり画像中の撮像対象の位置座標では距離の異なる場合の比較はできない。そこで、測定対象の既知の画像中の長さをもとに撮像対象の水平方向の位置を視点軸つまり z 軸からの角度として求めた。つまり、この角度は視点軸を基準としたときの撮像対象の画像中での方向を表している。そして、透過型 VHOE を用いた撮像光学系による結像特性を評価するためにカメラによる撮像結果と比較を行った。透過型 VHOE を用いた撮像光学系による撮像結果においては、 $l=20\text{cm}$ のときの結果を視点軸の方向とし、視点軸からの撮像対象の中心位置の角度を求めた。また、目の近傍付近に配置したカメラを想定した、 $a=5\text{cm}$ の位置でのカメラの撮像結果については、同距離の $a=0\text{cm}$ の位置でのカメラによる撮像結果を視点軸の方向とし、視点軸からの撮像対象の中心位置の角度を求めた。

視点軸からの撮像対象の水平方向の中心位置の角度を図 5 に示す。この図よりカメラ

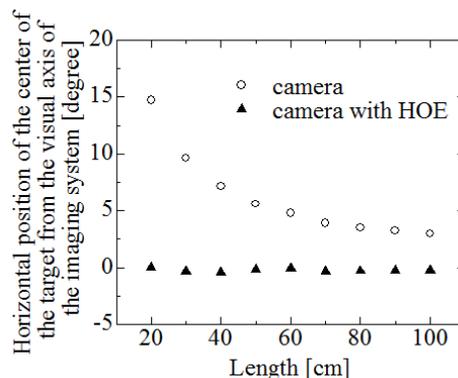


図 5 視点軸からの撮像対象の中心位置の角度（水平方向）

Fig. 5 Horizontal position of the center of the target from the visual axis of the imaging system.

さいとき、撮像対象の水平方向の中心位置が目の前方に置いたカメラで撮像した場合との差が大きいことがわかる。一方、透過型 VHOE を撮像光学系に用いた撮像結果はカメラの場合と比べて撮像対象までの距離が変わっても画像中の撮像対象の水平方向の中心位置が変化しないことがわかる。

従って、透過型 VHOE を撮像光学系に用いれば、画像中の撮像対象の中心位置が、視点軸上にカメラを配置した場合と比較的よく似た画像を得られる可能性が高いことがわかった。

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)

[雑誌論文] (計 0 件)

該当なし

[学会発表] (計 1 件)

瀧澤由佳子、北川洋一、的場修：ロービジョン者用ディスプレイのためのホログラフィック光学素子を用いた撮像光学系，電気学会計測研究会 IM - 13 - 065, 2014

[図書] (計 0 件)

該当なし

[産業財産権]

○出願状況 (計 0 件)

該当なし

○取得状況 (計 0 件)

該当なし

[その他]

ホームページ等

該当なし

6. 研究組織

(1)研究代表者
瀧澤由佳子（兵庫県立工業技術センター）

研究者番号：20470255

(2)研究分担者
該当なし

(3)連携研究者
該当なし