

**科学研究費助成事業 研究成果報告書**

平成 29 年 5 月 31 日現在

機関番号：13903

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2014～2016

課題番号：26730087

研究課題名(和文) ライトフィールドディスプレイを用いた視力矯正映像提示

研究課題名(英文) Virtual Correction of Eyesight using Lightfield Displays

研究代表者

坂上 文彦 (SAKAUE, Fumihiko)

名古屋工業大学・工学(系)研究科(研究院)・助教

研究者番号：00432287

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,900,000円

研究成果の概要(和文)：本研究では、ライトフィールドディスプレイの作成方法について検討し、その作成方法および校正方法について確立した。この方法では、観測者を模したカメラによりライトフィールドディスプレイを撮影することで、幾何的な情報を取得することなくどのようなライトフィールドが提示されるかをモデル化することに成功した。また、このようなモデルを用いることで、低視力者が裸眼でディスプレイを観測した場合に、任意の鮮明な画像を観測させることに成功した。さらに、画像を観測させるだけで視力を計測可能となる方法を提案した。また、通常のディスプレイを用いて視力仮想矯正を実現する方法についても提案した。

研究成果の概要(英文)：In this research, we propose a virtual correction method of eyesight by using a light field display. In order to achieve the method, we construct prototype of a light field display. In addition, we propose calibration method of this display. By using the calibrated display, we propose a light field construction method for virtual correction of eyesight. In addition, we propose a eyesight measuring method since our proposed method requires accurate information of observer's eyesight. In this measuring method, observer observes unique image depending on their eyesight, and then, we can measure the eyesight by confirming which image is observed. Furthermore, we propose virtual eyesight correction using normal displays. In this method, eyesight information is simplified to PSF. By using the PSF, representing images are processed before representation, and then, the observer can observe clear image without glasses. These proposed method can be applied to various kind of representation.

研究分野：コンピュータビジョン, コンピュータショナルフォトグラフィ, パターン認識

キーワード：ライトフィールドディスプレイ 視力仮想矯正 ライトフィールド

## 1. 研究開始当初の背景

ライトフィールドとは、空間中に存在する光線を直接的に記録したものであり、通常の画像処理で取り扱われる2次元画像と比較して、非常に多くの情報が含まれている。このようなライトフィールドは、近年の画像処理技術において広く関心を集めており、画像処理を拡張した、ライトフィールド処理と呼ぶべき方法が数多く提案されていた。また、ライトフィールドを用いた技術は、情報提示にも利用されており、これを利用することで方向ごとに異なる画像を提示可能な立体映像ディスプレイといった新しい技術が実現可能であることが示されていた。しかし、このようなライトフィールドを用いた提示技術では、提示情報に比して大規模な装置が必要である、また、このような大規模装置を用いる場合でも、立体映像提示以外の明確な応用例が具体化されていないなど、ライトフィールド自体が持つ応用範囲の広さに対して、十分にその表現能力を生かした方法が開発されていなかった。

## 2. 研究の目的

そこで本研究では、以下の2点を目標として研究を行った。

- A. ライトフィールド提示装置(以下、LFディスプレイ)の構成方法の確立。
- B. LFディスプレイを利用した新しい情報提示技術の確立

まず前者A.については、プロジェクタ等を利用した大規模な装置を作成するのではなく、コンピュータのディスプレイやタブレット端末など、小型の装置を用いてLFディスプレイを構成することを目的とする。

後者B.については、低視力者が裸眼でも鮮明な画像を観測可能な「視力仮想矯正ディスプレイ」の開発を目的とする。この技術を前者の小型LFディスプレイと組み合わせることで、低視力者がメガネを使用することなくタブレット等を使用することが可能となる。その応用上、特に老視などの近距離の対象が見えにくくなる症状については劇的な効果を見込むことができる。

## 3. 研究の方法

(1)まず、マイクロレンズアレイとタブレット端末を用いることで、LFディスプレイを構成した。マイクロレンズアレイとは非常に細かなレンズをアレイ状に並べたものであり、LFを記録するためのLFカメラなどでも利用されている。このようなマイクロレンズアレイを図1に示すようにディスプレイ前面に配置することで、ディスプレイから発せられた光線をそれぞれ異なる方向に照射することが可能になる。特に、近年発売されているタブレット端末は、非常に高い解像

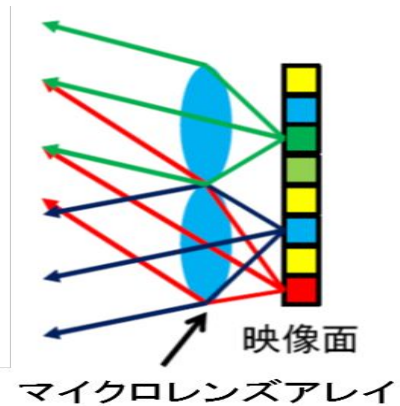


図1: LFディスプレイ

度を有しているため、これと併用することで非常に高解像なLFを提示することが可能となる。

(2)次に、LFディスプレイを用いた視力仮想矯正提示を行う。この方法では、図2に示すように、LFディスプレイ上から網膜上で集光されるようなLFを提示することで、観測者の視力に関わらず適正な画像を提示する。

### ディスプレイの虚像

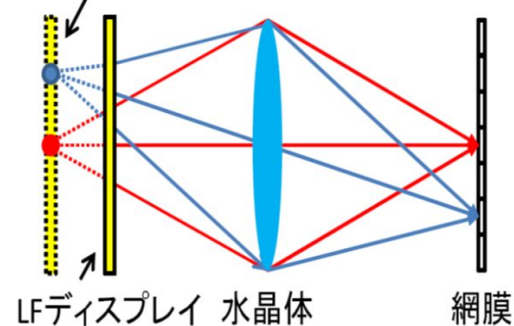


図2: 仮想視力矯正画像提示

ただし、このような方法を用いる場合、観測者がLFディスプレイより発せられた光線をどのように観測するかをモデル化する必要がある。そのため、本研究では、LFディスプレイから発せられた光線が観測者の視力を模したカメラによりどのように観測されるかをあらかじめ記録する。このとき、LFディスプレイより提示可能な全ての光線について、どのような観測が行われるかを点広がり関数を用いて記録しておく。このようにして記録された光線の集合を用いて任意の画像を構成することで、観測者の視力に合わせた適切な仮想視力矯正画像提示を実現することができる。

(3)さらに、LFディスプレイを用いない、通常のディスプレイを利用した視力仮想矯正についても検討する。通常、視力の低下による観測画像のボケは、ボケ関数(PSF)と入力画像の畳み込みとして表現すること

ができる．そのため，観測時に発生するボケを打ち消すような画像処理をあらかじめ提示画像に対して適用することで，ボケによる画像の劣化を抑制することが可能となる．具体的には提示画像に対してボケ関数の逆畳み込みを行うことで，視力仮想矯正を実現する．

#### 4．研究成果

(1) 先に述べた方法を用いて，LFディスプレイを試作した．このLFディスプレイは，一般的な立体視ディスプレイとは異なり，左右方向だけでなく，上下方向など様々な方向に対して異なる画像を提示可能であることを確認した．また，このLFディスプレイの校正を行うために，図3に示すようにディスプレイ前方にカメラを設置し，このカメラによりディスプレイ上のそれぞれの画素から発せられた光がどのように観測されるかを確認した．また，このようにして撮影された画像群を用いることで，幾何的な校正を行うことなく，任意の画像を合成可能であることを確認した．これにより，小型のLFディスプレイの作成方法およびその校正方法を確立することができた．



図3：LFディスプレイの校正

(2) 先に試作したLFディスプレイを用いて，低視力者に対して鮮明な画像を提示する方法を提案した．この方法では，カメラ校正に利用する画像群を用いて観測者がLFディスプレイを観測した際にどのような画像を観測するかを予測し，予測画像が提示したい目標画像に近づくようなLFを提示することで実現した．

ただし，この方法ではあらかじめ観測者の視力情報を取得し，それをカメラ等の機器を用いて再現する必要がある．そのため，簡易に観測者の視力を計測するための新たな方法についても開発を行った．この方法では，低視力者に鮮明な画像を提示可能な方法を拡張し，視力が異なる観測者には異なる画像を提示する方法を実現した．これは，今回しようしているLFディスプレイが4次元情

報を提示しているのに対し，観測者は2次元の情報しか取得していないため，その余剰次元に様々な情報を埋め込むことが可能であることを利用した方法であるといえる．この方法を用いることで，観測者にどのような画像が観測できたかを申告させるだけで高精度に視力情報を取得することが可能となった．図4に異なるレンズ特性を持つカメラでLFディスプレイを観測した結果の例を示す．この結果からも，レンズ特性(視力)ごとに異なる画像を観測できていることが確認できる．

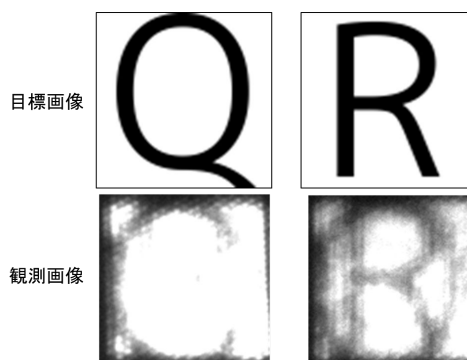


図4：レンズ特性に応じた画像の観測

(3) LFディスプレイを用いずに，通常のディスプレイを用いて視力仮想矯正を実現する方法を提案した．この方法では，あらかじめ観測者の視力特性をボケ関数として計測しておき，このようなボケ関数を打ち消すような画像処理を提示画像に施すことで，鮮明な画像の観測を実現した．この方法は，LFディスプレイを用いる方法と比較するとボケの矯正能力自体は低下するものの，通常のディスプレイのみで実現可能であるという大きな利点を持つ．図5に提示画像の例とその観測結果を示す．提案法により観測のぼけが改善していることが確認できる．



図5：視力矯正画像提示の例

#### 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4件)

1. 堀 恵実, 坂上文彦, 佐藤淳, “ライトフィールドディスプレイを用いた視力特性計

- 測”,第 19 回 画像の認識・理解シンポジウム (MIRU2016), PS1-62
2. 堀 恵実, 坂上文彦, 佐藤淳, “ライトフィールドディスプレイを用いた眼球特性計測”, 第 22 回 画像センシングシンポジウム (SSII2016), IS3-23
3. 青木 翠梨, 堀 恵実, 坂上文彦, 佐藤淳, “人間の視覚特性を考慮した通常ディスプレイによる仮想視力矯正”, 第 22 回 画像センシングシンポジウム (SSII2016), DS1-4
4. M. Aoki, F. Sakaue, J. Sato, "Virtual Correction of Eyesight using Visual Illusions", Proc. International Conference on Computer Vision Theory and Applications (VISAPP2016), vol.3, pp.125-130, 2016

## 6. 研究組織

### (1)研究代表者

坂上 文彦 (SAKAUE, Fumihiko)

名古屋工業大学・大学院工学研究科・助教

研究者番号：00432287