

## 論文内容の要旨

博士論文題目

Artifact reduction for lenslet array near-eye displays using a rendering method combined with eye tracking

氏名

Bi Ye

(論文内容の要旨)

Lenslet array near-eye displays are a revolutionary technology that generates a virtual image in the observer's field of view. Artifacts occur when the user's pupil moves out of the eye box (i.e., cross-talk) making the image look doubled. It negatively impacts the user experience. However, pupil size and human visual perception did not consider in this process. The practical pupil movable region (PPMR) was defined, which differs from eye box size because it considers pupil size and human visual perception. Undesirable artifacts still occur when the user's pupil moves outside of the PPMR. Even with dynamic image updating based on eye-tracking techniques, artifacts still be perceived when human eyes turn rapidly. To enlarge PPMR, a new rendering method is proposed. The rendering method for microdisplay images takes pupil size into account and includes the idea of pupil margin in the ray tracing process. Ray lights emitted by one microdisplay pixel (MP) enter the pupil and pupil margin area after passing through a number of lenses. Each lens at the MP corresponds to one virtual pixel (VP) on the virtual image plane. The weight of each VP is the intersection area between the ray light column and the pupil and pupil margin divided by the sum of intersecting spaces between all the ray light columns generated by the MP and the pupil and pupil margin. The value of each MP is determined by the number of VPs and the related weight. The system parameters of the incident pupil and pupil margin light columns are analyzed and evaluated to determine which optimized system can adapt to the maximum velocity of saccadic pupil movement. We optimize the rendering method to reduce memory consumption in generating microdisplay images. In addition, user studies were conducted to evaluate the effect of the technique using the optimized rendering method combined with eye tracking to reduce artifacts for fast-rotated eyes on different content of images and videos. According to the results, our method can effectively reduce artifacts via the optimized rendering method with eye tracking, which can adapt to faster human eye movements.

氏名	Bi Ye
----	-------

(論文審査結果の要旨)

令和5年2月6日に本博士論文の最終審査を行った。その結果、本博士論文は、提出者が独立した研究者として研究活動を続けていくための十分な素養を備えていることを示すものと認める。

Bi Ye 君は、本博士論文において、レンズアレイ方式の Head Mounted Display (以下、HMD) の性能向上に向けての技術開発に取り組んだ。レンズアレイ方式の HMD には、デバイスを薄型化や広視野角化が容易であるという特徴を有するが、画質や解像度など、その他の点で問題があり、実用化に至っていない。

本研究においては、これら問題の解決に向けて、以下2点の独自性のある成果をあげており、評価できる。

1) HMD が提示する画像を適切に視認できる視点位置の領域を表す新たな指標である PPMR の提案

Eyebox というこれまで広く使われてきた指標においては、瞳孔の大きさが考慮されていなかった。レンズアレイ方式においては Eyebox の領域外では画像が見えなくなるのではなく、不適切な画像が見えてしまう。つまり、瞳孔領域の一部が Eyebox 内、一部が Eyebox 外にある場合、ユーザが観察する画像にはアーチファクトが発生する。そこで、瞳孔の大きさを考慮しつつ、このアーチファクトが発生しない、または、許容可能な視点位置の領域を示す PPMR という新たな指標を提案した。その上で、被験者実験を通じて、この指標とユーザのアーチファクトに対する主観的評価の間で、一致度が高いことを確認し、その妥当性を示した。この指標は、今後の HMD 設計において重要な指標として広く活用されることが期待できる。

2) PPMR の領域拡大を実現するレンズアレイ方式 HMD のための新たなレンダリング方式の提案

レンズアレイ方式の HMD においては、ディスプレイパネル上に、入力画像を直接表示するのではなく、適切な変換を加えた画像を表示しなければならない。この変換の方式において、PPMR を拡大するアイデアを考案した。同時に、ユーザが画像を観察する際の眼球の運動を追跡し、瞳孔位置に応じて表示画像を動的に生成するシステムを実装し、視野角の広いレンズアレイ方式の HMD において眼球運動に伴い発生するアーチファクトを抑制できることを実験を通じて示した。

これらの成果は、今後のレンズアレイ方式の HMD 開発にとって、重要な基盤技術になると考えられる。よって、本論文は、博士(工学)の学位論文として、メディア情報学分野における十分な学術的価値を有することが認められると判断した。