

令和 2 年 7 月 2 日現在

機関番号：13102

研究種目：基盤研究(B) (一般)

研究期間：2017～2019

課題番号：17H01776

研究課題名(和文)HMDの弱点を原理的に解消するデスクトップ広視野3D映像表示の研究

研究課題名(英文)Desktop 3D display with wide field of view for solving problems in HMD

研究代表者

圓道 知博(Yendo, Tomohiro)

長岡技術科学大学・工学研究科・准教授

研究者番号：70397470

交付決定額(研究期間全体):(直接経費) 13,400,000円

研究成果の概要(和文):HMD(Head Mounted Display)は広い視野角が得られることから高い没入感が達成できるが、装着型であるが故の問題点も多い。一方、据え置き型ディスプレイで広視野を実現するにはある程度離れた距離に大画面を設置する必要があり、その結果、設備が巨大になるという問題がある。本研究では、超多眼表示によって至近距離からの観察を実現する新しい据え置き型の3D映像提示法を提案する。時分割方式の超多眼表示装置を試作し、実験によって提案法の原理を確認した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

VR(Virtual Reality)が社会的に広く認知されるまでに普及したのはHMD(Head Mounted Display)の進歩による。ところが大きいのが、HMDは装着する形態であるため、利用シーンが大きく制約される。もっと手軽に利用するにはPCのモニタのように卓上に置いて見るような形態が望ましいと考えられる。卓上サイズのモニタで広い視野をカバーするためにはモニタに接近して見る必要があるが、その状態では立体表示によってあたかも遠くにあるように見せることは、眼のピント調節の問題から困難である。本研究ではこのピント調節の問題を解決し至近距離から観察できる方式を提案し、原理を確認した。

研究成果の概要(英文):HMD can achieve high degree of immersion because of wide field of view. However it has problems caused by wearing. In contrast, a large screen set in some distance from the viewer is necessary to achieve wide field of view by using stationary display. The purpose of this research is to develop desktop 3D display technique with wide field of view for solving the problems in HMD. We proposed a new 3D display technique to enable close observing by super multiview displaying. An experimental system exploiting time multiplex was designed and assembled. Using the system, we confirmed the principle of the proposed display.

研究分野：三次元映像表示

キーワード：バーチャルリアリティ

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

2016年はマスコミによるとVR(Virtual Reality)元年とも報じられ、ゲーム用途向けに安価で高性能なHMD(Head Mounted Display)が発売されVRが社会的に広く認知された年であった。HMDは言うまでもなくVR技術のキーデバイスであり、近年の携帯端末向け表示素子の進歩により高解像度で軽量かつ低価格化が進み、さらに3DCG技術の向上などにより一気に実用化が進んだと考えられる。HMDは広い視野角が比較的容易に得られることから高い没入感を得られる一方、

- 装着が煩わしく、不快感や疲労を生じやすい
 - 小型化・軽量化の要求が強く表示装置として制約が大きい
- といった、その形態による問題にとどまらず、
- 視点追従の遅れ・誤差により画像がブレる
- といった本質的な困難さを抱えている。

本研究ではこれらの問題を原理的に解消する据え置き型の3D映像提示環境の実現を目指す。ここでまず、HMDの視点追従における問題について述べる。HMDにおいて視点追従の遅延が最も顕著に表れるケースの一つは、物体をある一点を注視しつつ頭を回転する場合である。この場合、人間の眼球は頭部回転を打ち消す方向に同時に回転するので、実際の物体を観察する自然視においては網膜像はほとんど変化しない。ところがHMDでは画面が頭の固定されているため、頭部回転によって画面の方向も回転してしまう。これを打ち消すために頭部運動を計測し画像を書換えるのであるが、ここに遅延・誤差が生じるため、結果としてバーチャル物体の位置がブレるように観察される。一方で据え置き型のディスプレイの場合は、透視投影の性質から視点の向きが変化しても画像を書換える必要がないため、原理的にブレが生じない。

このように、HMDに比較して据え置き型のディスプレイは頭部回転運動に対して本質的にロバストであったため、1990年代にはまだ完成度の低かったHMDに代わって据え置き型の大画面で使用者を取り囲む没入型の映像環境を作る試みが注目を集めた。Illinois大のCAVE[1]などである。類似のシステムが世界各地の数十箇所を導入され、研究だけでなく産業やエンターテインメント応用などでも活躍した。しかしながらこれらの方式は設備が大型であり、簡単に導入できるものではない。大画面が必須となる原因は、眼のピント調節の問題から据え置き型画面を間近から観察できないためである。また視点の並進移動への追従はHMDと同様に頭部位置検出と画像書換えに依っており、遅延・誤差の問題がある。

[1] C. Cruz-Neira et al., The cave: audio visual experience automatic virtual environment. Commun. ACM 1992, pp.64-72.

2. 研究の目的

本研究では、視域追従型の超多眼表示を提案し、これによって画面の至近距離からの観察を可能にし、デスクトップサイズの小型の据え置き型画面で広視野3D映像環境を実現することを目的とする。超多眼表示[2]とは、裸眼3D表示方式である多眼式において、単眼の瞳孔内に複数の視差画像が同時に入射するよう高密度の視点間隔で表示を行う方式であり、これによって眼のピント調節を画面ではなく立体像に合わせることが可能になると報告されている。本研究ではこれによって据え置き画面の至近距離からの観察を実現する。具体的には時分割手法によって瞳孔付近の小領域に超多眼表示を行い、観察者の視点移動に合わせてその領域を追従することで少ない表示量で遅れのない視点追従を実現する。

[2] Y. Kajiki et al., Autostereoscopic 3-D video display using multiple light beams with scanning, IEEE T CIRC SYST VID, 10, 254-260.

3. 研究の方法

本研究の中心課題は、超多眼表示によって画面を至近距離から観察できるようにすることである。以下にその原理を示す。

カメラは絞りを絞るほど同時にピントの合う奥行き範囲、被写界深度が深くなる。人間の眼も同様であり、例えばピンホールコンタクトレンズを装着すると被写界深度が深くなりパンフォーカス状態となることが知られている(マックスウェル視)。ディスプレイ側の工夫でこれを実現するには画面に強い指向性をもたせ、画面上の各点から射出される光線を瞳孔の1点にのみ集中させればよい。この場合、眼が移動して集光点が瞳孔から外れると画像が見えなくなるため、集光点の追従が必要となる。しかし視線が跳躍的に移動するサッカーの際に眼球が高速に回転し、これによって瞳孔が移動するため遅れなく追従することは極めて困難である。

そこで、瞳孔付近の小領域にあらかじめ複数の集光点を分布させておく。この時、複数の集光点が瞳孔内に収まる密度に分布させることと、各集光点へ表示する画像はその位置に応じた視差を反映した画像であることがポイントである。このような表示を超多眼表示という。超多眼表示によって眼のピントはパンフォーカスではなく立体像の奥行きに合わせたとき鮮明な像が観察されることが報告されており、より自然視に近くなる。頭部運動によって瞳孔位置が大きく動く場合に対応するため領域全体を追従させる。小領域の広さがバッファとなって追従遅れを吸収することが可能となり、視点位置の移動に対しても観察者は遅れのない画像を観察することが可能となる。

4 . 研究成果

DMD(Digital Micromirror Device)による高フレームレートプロジェクタとNipkow 円板による超多眼表示装置を製作した。これはプロジェクタからの光をNipkow 円板を穴を通すことによって絞り、この絞りの像を瞳孔付近に光学的に結像させること。Nipkow 円板は回転することによって穴の位置がラスタースキャン様に走査されることから、これに同期して光フレームレートプロジェクタの表示画像を更新することによって、時分割で超多眼状態を実現する。本装置を用いた実験によって、プロジェクタ像の光学的奥行きから離れた位置の立体像に対してフォーカスを合わせることが可能であることが確認された。さらにNipkow 円板に代えて、DMD の照明をLED アレイとし、点灯させるLED を切り替えることによって超多眼表示を実現する装置を製作した。これを用いて、点灯させるLED の領域を観察者の視点位置に応じて設定することで視点追従型の超多眼表示を実現できることを確認した。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計8件（うち査読付論文 8件/うち国際共著 0件/うちオープンアクセス 2件）

1. 著者名 A. Temochi, T. Yendo	4. 巻 2020
2. 論文標題 Transparent type virtual image display using small mirror array	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 The Engineering Reality of Virtual Reality, Electronic Imaging Proceeding	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -
1. 著者名 H. Hayakawa, T. Yendo	4. 巻 2020
2. 論文標題 Projection type 3D display using spinning screen	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Stereoscopic Display and Applications XXXI, Electronic Imaging Proceeding	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -
1. 著者名 M. Yamauchi, T. Yendo	4. 巻 2020
2. 論文標題 Light field display using wavelength division multiplexing	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Stereoscopic Display and Applications XXXI, Electronic Imaging Proceeding	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -
1. 著者名 H. Yano, T. Yendo	4. 巻 -
2. 論文標題 Spherical full-parallax light-field display using ball of fly-eye mirror	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Proc.SIGGRAPH '18 ACM SIGGRAPH 2018 Emerging Technologies	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1145/3214907.3214917	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 M. Kajimoto, T. Yendo	4. 巻 -
2. 論文標題 Projection Type Light Field Display Using Undulating Screen	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Proceedings of IS&T Electronic Imaging 2018	6. 最初と最後の頁 印刷中
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Y. Takahashi, T. Yendo	4. 巻 -
2. 論文標題 Study of Eye Tracking Type Super Multi-view Display Using Time Division Multiplexing	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Proceedings of IS&T Electronic Imaging 2018	6. 最初と最後の頁 印刷中
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 矢野寛明、圓道知博	4. 巻 -
2. 論文標題 ミラーアレイを用いた球状広視域フルパララックス3Dディスプレイの提案	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 3次元画像コンファレンス2017講演論文集	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 矢野寛明、圓道知博	4. 巻 -
2. 論文標題 ミラーアレイを用いた裸眼で観察可能な球状フルパララックス3Dディスプレイ	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 第22回日本バーチャルリアリティ学会大会論文集	6. 最初と最後の頁 1B4-05
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

〔学会発表〕 計2件（うち招待講演 2件 / うち国際学会 0件）

1. 発表者名 H. Yano, T. Yendo
2. 発表標題 Spherical full-parallax light-field display using ball of fly-eye mirror
3. 学会等名 SIGGRAPH '18 Bof "DCAJ Presentation "Advanced Content Technology in Japan" (招待講演)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 H. Yano, T. Yendo
2. 発表標題 Spherical full-parallax light-field display using ball of fly-eye mirror
3. 学会等名 WISS2018 (招待講演)
4. 発表年 2018年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究分担者	坪根 正 (Tsubone Tadashi) (50334694)	長岡技術科学大学・工学研究科・准教授 (13102)	