

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 30 年 6 月 26 日現在

機関番号：13102

研究種目：挑戦的萌芽研究

研究期間：2016～2017

課題番号：16K12475

研究課題名(和文)大画面の光学重畳表示を実現する能動走査スクリーンによる3D投影技術の研究

研究課題名(英文)Overlay 3D projection display by using active scanning screen

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) 2,700,000円

研究成果の概要(和文)：本研究では、多人数が同時に裸眼で観察可能かつ、現実空間に3D映像を重畳表示可能なディスプレイを実現するため、光線の反射方向を能動的に走査するスクリーンと高速度プロジェクタを用いた投影式の表示技術の確立を目的とする。金属ワイヤーアレイからなるスクリーンによって必要とする反射特性を実現し、これを機械的に走査することで目的の3D表示を実現した。

研究成果の概要(英文)：The purpose of this research is to realize 3D display whose image is overlaid on real scene and can be seen by multi people without stereo glasses simultaneously. We propose the display system which is consist of active screen which scan its direction of reflection and a high speed projector. We adopted metal wire arrays as the screen to give the required reflection property. By experiment, the feasibility of our proposed system is demonstrated.

研究分野：画像工学

キーワード：バーチャルリアリティ

1. 研究開始当初の背景

現実空間と計算機上に構築されたバーチャル空間とをシームレスに接続する拡張現実感/複合現実感(AR/MR)において、実視界にバーチャルなオブジェクトの像を重畳して表示することは最も重要な要素技術の一つであるが、多くの研究では表示技術として個人用のHMDや携帯端末、または少人数向けのデスクトップ環境を想定しているのが現状である。一方、サイネージや展示、テーマパーク等での利用を考えると、多人数が同時に見られる大画面表示の実現は極めて重要な課題であるが、このような用途において有用な表示技術の開発はあまり進んでいない。その理由は、実視界への重畳表示においては奥行き感を提示できる3D表示が前提となるが、裸眼で大画面化が可能な3D表示技術が極めて限られていることに加え、重畳表示を可能とする透明な表示面の実現が困難なためである。

2. 研究の目的

本研究では、能動型投影スクリーンと高速プロジェクタを用いた新しい投影技術を提案する。これは、投影スクリーンに能動性をもたせ、反射光の方向を動的に制御することによって光線方向の走査を実現し、高速プロジェクタによって方向に応じた画像を時分割で投影することによって、大画面の3D映像表示を実現するものである。さらに実視界への重畳表示を実現するためにはスクリーンには透明性が必要である。そこで、本研究課題では①能動スクリーンによる投影型3D表示の実証、②能動スクリーンの透明化による重畳表示の実証、を研究期間内に達成することを目標とする。

提案する投影技術は、投影スクリーン自体に光学的能動性を持たせて光線の走査を行う点、さらにスクリーンに透明性を確保し3D映像の実空間への重畳表示を実現する点、で特色がある。本研究によってこれまで不可能であった大画面3D映像の重畳表示が可能となり、新たな映像表示技術としてデジタルサイネージやエンターテイメントをはじめとする幅広い応用が期待される。

3. 研究の方法

本研究で目指す大画面3D重畳表示の実現には、次の課題を解決する必要がある。

ア. 大画面の裸眼3D表示

イ. 重畳表示の実現

ウ. 重畳表示の対象となる空間の確保

これら全てを解決する既存技術は存在しない。そこで本研究では次の方法を提案する(図1)。ハーフミラーのように光線を一定割合で透過および反射する表面を考え、現実空間からの光を透過光、プロジェクタからの光を反射光として重畳表示を実現する。反射光の方向は入射方向と反射面の向きによって決まるため、面方向を変化させることで一

つのプロジェクタからの反射光線を様々な方向に走査する。これに同期して高速プロジェクタで投影することにより、時分割で光線方向によって異なる色の光を射出し、3D表示を実現する。ここでは一般的な3D表示と同様に水平方向視差のみの再現を考える。具体的にはスクリーンを垂直方向に長い帯状の複数領域に分割し、それぞれの面方向を振動させることで実現する。

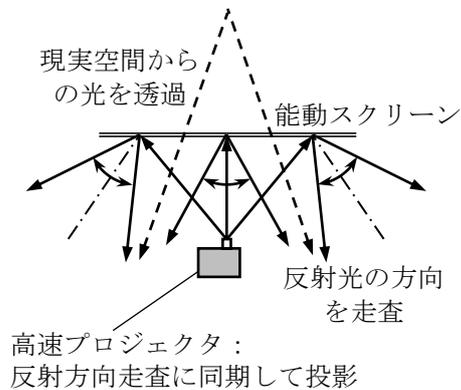


図1 能動スクリーンによる光線反射方向の走査

4. 研究成果

(1) 提案システム

提案手法の概要図を図2に示す。提案手法は高速プロジェクタ1台と個々に回転揺動運動する縦に細長いミラーアレイで構成される。スクリーンはプロジェクタからの光線を反射する。反射光線の方向はスクリーンの法線方向によって決まる。スクリーンは回転揺動運動していることから、スクリーンの法線方向は時間とともに変化する。つまり、反射光線の方向は時間とともに変化する。このときプロジェクタで投影する画像を反射光線の方向に応じて切り替える。この処理を高速に行うことで異なる方向に異なる映像を表示することができる。次節から提案手法の各要素について順に説明する。

(2) スクリーンの形状と機構

提案ディスプレイのスクリーンはプロジェクタからの光線を走査する目的で使用される。そのため、スクリーン全面の法線方向が時間と共に変化する必要がある。そこで、本研究ではスクリーンに回転揺動運動を採用する。回転揺動運動により、所望の角度までスクリーンを傾け、光線を一定の範囲へ走査することが可能となる。このとき揺動運動を行う方向によって光線を走査できる方向が決定する。提案ディスプレイでは、水平方向へ視差を実現するためにスクリーンを鉛直軸方向に回転揺動運動させる。

次に、回転揺動運動の際の慣性モーメントについて考える。慣性モーメントは回転半径

の2乗に比例して大きくなる。慣性モーメントが大きいと揺動運動を実現する際の駆動に大きなトルクが必要となる。本研究では大画面の3Dディスプレイを達成することが目的の1つであるため、慣性モーメントは小さく抑えたままスクリーンサイズを大きくしたい。そこで、スクリーンを垂直方向に分割し、それぞれのスクリーンを同期して駆動する方法を採用する。

以上からスクリーンの形状と機構をまとめると、提案ディスプレイのスクリーンは垂直方向に細長い短冊状のスクリーンが水平方向に複数並んでおり、鉛直軸周りにお互いに同期して回転揺動運動する機構となっている。また提案手法ではてこクラック機構を用いて回転揺動運動を実現する。

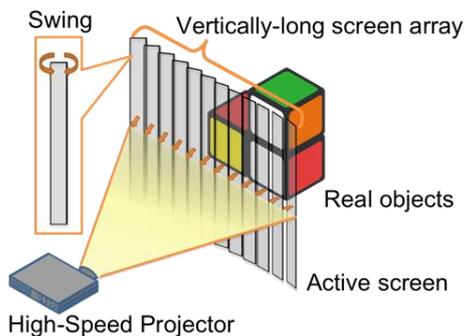


図2 提案システム

(3)スクリーンの反射特性

スクリーンは垂直方向に拡散反射、水平方向へ鏡面反射する性質とする。この特性を持たせる理由について述べる。

まず、拡散反射は、入射光線がスクリーン表面で様々な方向へ散乱する反射のことで、映画館のスクリーンなどは拡散反射するスクリーンである。拡散反射するスクリーンであれば、スクリーンをどの位置から見ても同じ映像が確認できる。次に、鏡面反射について説明する。鏡面反射は文字通り、鏡の面でおきる反射の様子で、入射光線がスクリーン面の角度に応じてある一方向へのみ反射する。鏡面反射は映像が確認できる位置が入射光線とスクリーン面の角度に対応したある一部分になる。また観察位置によって観察できる映像の位置が異なる。このとき見える映像の範囲はプロジェクタの口径と対応した範囲となる。

提案ディスプレイでは、水平方向へ光線を走査し、視差を実現する。そのため、水平方向へは鏡面反射の性質を利用する。垂直方向は観察位置に依存せず同じ映像を表示できるように拡散反射の性質を持たせる。この上にスクリーン背面からの光線を透過させる性質を加えるために、ステンレスワイヤーを隙間を空けて配置する方法を採用する。隙間を空けて配置することにより、網戸のようにスクリーン背面の光を透過させる効果を得られ、ワイヤー線が鏡面であることで水平方向に鏡面反射する性質を満

たす。またワイヤー線が円筒形状をしていることと、垂直方向に細かく並べることにより垂直方向への拡散反射を実現している。

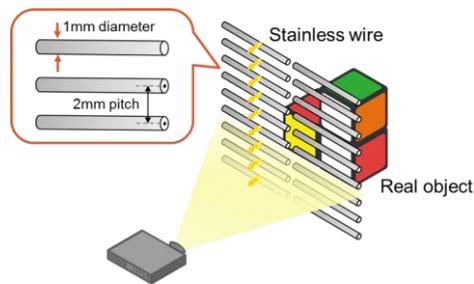


図3 スクリーンの構造

(4)実験結果

上述の提案手法に基づいて試作機を製作し、実験によって実物体に重畳表示可能な投影式3D表示が実現されることを実証した。



図4 試作機による表示結果

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3件)

- ① Masahiro Kajimoto, Hiroki Kamoshita, Tomohiro Yendo, “See-through projection 3D display using time-division multiplexing”, IS&T Electronic Imaging, Stereoscopic Displays and Applications XXVIII, pp. 96-100(5), 2017
- ② Daiki Teraya, Tomohiro Yendo, “A viewing direction control camera without mechanical motion based on computational imaging”, IS&T Electronic Imaging, Computational Imaging XV, pp. 196-199, 2017
- ③ Masahiro Kajimoto, Tomohiro Yendo, “Projection type light field display using undulating screen”, Electronic Imaging, Stereoscopic Displays and Applications XXIX, 2018

[学会発表] (計5件)

- ① 梶本雅弘, 鴨志田博貴, 圓道知博, “能動走査スクリーンによる投影式3Dディスプレイ”, 3次元画像コンファレンス2016講演論文集, 2016
- ② 山口洋平, 加藤寛規, 圓道知博, “360度から観察可能な重畳型3Dディスプレイ”, 3次元画像コンファレンス2016講演論文集, 2016

- 集, pp. 43-46, 2016.
- ③ 平野健志, 圓道知博, “3D 重畳表示を可能にする透明スクリーンの検討”, 電子情報通信学会信越支部大会平成 28 年講演論文集, p. 63, 2016.
 - ④ 矢野寛明, 圓道知博, “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”, 3 次元画像コンファレンス 2017 講演論文集, 3-3, 2017.
 - ⑤ 矢野寛明, 圓道知博, “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”, 第 22 回日本バーチャリアリティ学会大会抄録・予稿集, 1B4-05, 2017

6. 研究組織

(1) 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