

令和元年6月24日現在

機関番号：32714
研究種目：基盤研究(C) (一般)
研究期間：2016～2018
課題番号：16K00284
研究課題名(和文) ミクストリアリティのための裸眼3Dディスプレイ

研究課題名(英文) Autostereoscopic Display for Mixed Reality

研究代表者

谷中 一寿 (Kazuhisa, Yanaka)

神奈川工科大学・情報学部・教授

研究者番号：30298278

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)：従来のMR(複合現実)では、現実空間と仮想空間とを重ねるためにHMD(ヘッドマウントディスプレイ)が用いられているが、IP(インテグラルフォトグラフィ)方式の裸眼立体表示を用いることで、HMDなしのMRを実現した。また水平に置かれたLCDの2D画像を、その上に置かれた四角錐の表面で反射させることにより、あたかも物体がピラミッド内に浮かんで見えるホログラフィックピラミッドが知られていたが、浮遊像自体は2Dであった。そこでLCDをIPディスプレイで置き換えるとことにより、浮遊像自体を3Dにした。さらにピラミッドの下に近景用、上に遠景用のIPディスプレイを設け、広範囲の奥行き表現を可能にした。

研究成果の学術的意義や社会的意義

HMDを装着することなく、MRを体験できるようになった。通行人にも気軽に見ていただけるのでデジタルサイネージにも適するし、非接触のため衛生的なので医療用にも適する。研究代表者が2008年頃に提案したEFV(拡張フラクショナルビュー)方式のIPを用いたので、全方向に視差がある自然な立体像が得られ、かつ安価に製造できる。その上にピラミッドを設置すれば、周囲のどの方向から観察しても、ピラミッドの内部に3D物体が浮いて見える。ピラミッド内に実物体を入れれば、仮想物体と同じ空間に共存させられる。コンテンツはUnityというゲームエンジンのシェーダーで実時間合成しているので、インタラクションもできる。

研究成果の概要(英文)：In conventional mixed reality (MR), a head mounted display (HMD) is used to overlap the real and virtual spaces. However, MR without the HMD was achieved in this study by using integral photography (IP), which is an autostereoscopic display. In the conventional method, virtual objects appeared to float in the quadrangular pyramid as the 2D image of the LCD below the pyramid was reflected at the surface of the pyramid. However, the floating image was actually 2D. Therefore, the floating object was made 3D by replacing the LCD with an IP display. Furthermore, the range of depth representation could be expanded by placing an IP display for near view below the pyramid and another IP display for distant view above the same pyramid.

研究分野：立体画像表示

キーワード：ミクストリアリティ インテグラルフォトグラフィ 裸眼立体表示

1 . 研究開始当初の背景

ミクストリアリティ (MR, 複合現実) とは、現実世界と仮想世界とを融合させた新たな空間表現を実現する技術の総称である。現実世界と仮想世界が別々に存在するのではなく、互いに重なり合い、かつ実時間でインタラクションができるようになれば、人とコンピュータとの間の壁が取り除かれ、自然でシームレスな空間が出現するであろう。従来、ミクストリアリティを実現するための機材として、シースルー型のヘッドマウントディスプレイ (HMD) が用いられていた。現実世界と仮想世界とをハーフミラーなどで光学的に合成する光学シースルーディスプレイと、カメラで撮影した現実世界とコンピュータグラフィックス (CG) で生成した仮想世界をデジタル的に合成するビデオシースルー方式があるが、いずれの場合でも利用者は HMD を装着する必要がある。しかし HMD は重くて圧迫感があり、着脱に手間と時間がかかるので、負担が大きかった。

2 . 研究の目的

そこで本研究課題では、HMD を用いずに MR を実現する方式について検討した。MR 用の HMD は、VR 用の HMD と同様、通常は両眼視差による立体視が可能になっているので、HMD を使わない MR でも立体視ができる必要があると考えられる。そのための立体表示方式としては、横だけでなく縦方向にも視差を生ずるインテグラルフォトグラフィ (IP) 方式が望ましい。しかしながら、IP は HMD などの特殊なメガネを用いる方式と比べ、視野角が小さく、飛び出し・沈み込みの量も小さい問題があるので、MR に適用できるレベルに達しているとは必ずしも言えない。たとえば人の左右方向の視野角は 180 ~ 200 度と言われ、HMD ではそれをほとんどカバーできる製品が登場しており、高い没入感が得られている。これに対し IP の左右方向の視野角は設置条件にもよるが高々数十度程度である。ただし IP を大画面化すれば、それに応じて視野角も増やすことができる。また HMD は、飛び出し・沈み込み量を非常に大きくすることができるのに対し、IP では、立体像がフライアイレンズの近にできる場合は鮮明であるが、離れるにしたがって画質が低下してしまうので限界がある。この問題は、LCD の画素を小さくし、フライアイレンズの品質を向上させれば、改善される。したがって IP を MR に導入するためには、IP そのものに改良を加えることはもちろん必要である。それに加え、IP 以外の技術を組み合わせること、物理的な面だけでなく心理的な面も考慮することも考慮する必要がある。MR では仮想空間と現実空間の重なる領域が大きいことが、臨場感や作業性を高めるために望ましいので、可能な手法をすべて駆使して、その要求を満たすような裸眼立体表示方式を提供することが本研究の目的である。

3 . 研究の方法

IP 方式にもいろいろあるが、その中で、2007~2008 年頃に研究代表者が提案した拡張フラクショナルビュー (Extended Fractional View, 以下 EFV と略す) 方式を用いた。なぜなら、フライアイレンズのレンズピッチと、LCD の画素ピッチの比が任意の実数比で良いため、既製のフライアイレンズと既製の LCD を組み合わせられるので、安価に高品質な IP が実現できるからである。

次に、既に述べたように、現実空間と仮想空間との重畳部分の体積を大きくすることが没入感や作業性の向上につながるが、そのためには大画面化が有効と思われるので、その検討を行った。

一方、IP 以外の技術との組み合わせとしては、ハーフミラーの利用が考えられる。劇場などで使用される視覚トリックであるペッパーズ・ゴーストという方法が従来から知られている。近年登場したホログラフィックピラミッドは、ハーフミラーを四角推にし、かつハーフミラーで反射する画像を LCD の表示画像にしたものと位置付けることもできる。本研究では、以下に述べるように、LCD に表示した普通の 3D 画像のかわりに IP 方式のディスプレイを用いた。

4 . 研究成果

(1) 傾斜直交レンチキュラー方式による IP の大画面化 (学会発表 , 図 1)

IP にハードウェアは、液晶ディスプレイ (LCD) のような高精細フラットパネルディスプレイ上にフライアイレンズを置くことによって容易に構成できる。しかし、数十インチといった大画面の場合、大型のフライアイレンズの既製品が存在しない問題がある。しかし代替方式として、直交レンチキュラー方式が知られている。これは 2 枚のレンチキュラーレンズを互いに直交するように重ねると、まるで 1 つのフライアイレンズのように機能するというものである。レンチキュラーレンズは、大型 3D 看板などに応用されているため、既製品が市販されている。しかしながら、直交レンチキュラー方式においても、LCD の画素とレンチキュラーレンズとの間の干渉によって目障りなモアレパターンが生ずる問題がある。そこで本研究では、直交レンチキュラーレンズを LCD に対してわずかに傾斜させることによって、この問題を解決した。

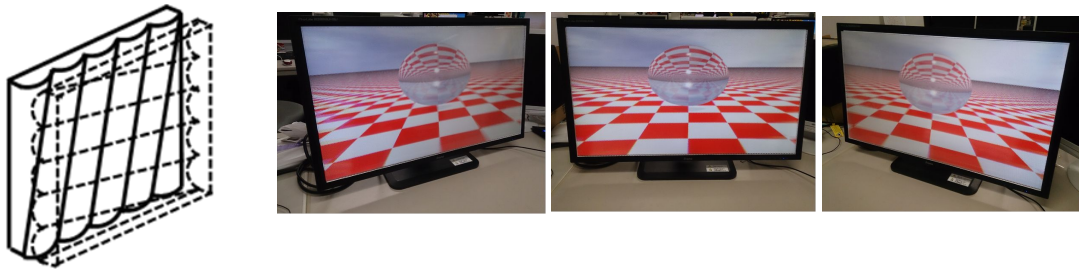


図1 傾斜直交レンチキュラーレンズ(左)と異なる角度から見た IP ディスプレイ(右)

(2) ホログラフィックピラミッドによる裸眼ミクスリアリティ(学会発表, 図2)

ホログラフィックピラミッドと呼ばれる単純な空中表示システムが、最近の注目を集めている。しかしながら、従来のシステムでは、ピラミッドに浮かんでいるように見える画像は、フラットパネルディスプレイに表示され、ピラミッドの透明な板の表面で反射された2D画像の単なる虚像であるため、奥行き情報を持たない。そこで本研究では、2DのフラットパネルディスプレイをIP方式の3Dに置き換えることにより、ピラミッド内に奥行きのある物体の3DCGアニメーションを表示できるようなシステムを開発した。ピラミッド内全体に雪がふっているように見え、その中で3DCGで制作された雪だるまがジャンプしているかのように見える。



図2 IPを用いたホログラフィックピラミッド

(3) 1枚のFPDを用いた4プレーンDFD(学会発表)

本研究成果は、本研究課題から派生したものであり、IPは使っていない。DFD(Depth-fused 3D)ディスプレイは、1つのオブジェクトが実際は奥行き位置が異なる2層の透明な平面のそれぞれに描かれているにもかかわらず、両者の輝度の比率を変えると、あたかも2つの平面の途中のどこかに位置するように見える錯視現象を利用したユニークな裸眼立体画像表示方式である。ハーフミラーを3枚組み合わせせた光学部品を用いることで、1枚のFPDしか用いずに、奥行きが少しずつ異なる位置に4枚の画像を表示させ、DFDの原理により静止画の立体画像表示を行った。

(4) スマートフォンを用いた両眼視差のあるビデオシースルー方式MR(学会発表, 図3)

本研究成果は、本研究課題から派生したものであり、裸眼立体表示は使っていない。スマートフォンのカメラに3Dプリズムを取り付け、左目・右目用映像を同時に入力した。それらの画像をゲームエンジンUnity内で平面上に表示し、その手前にコンピュータグラフィックスで制作された左目用・右目用キャラクタを配置し、両方を同期してアニメーションさせた。そのシーンをUnity内の仮想的なカメラで撮影し、スマートフォンの画面に表示した。VRゴーグルにセットして観察したところ、両眼視差のある実写映像の手前に両眼視差のあるキャラクタが存在するかなのようなMR現実が観察された。

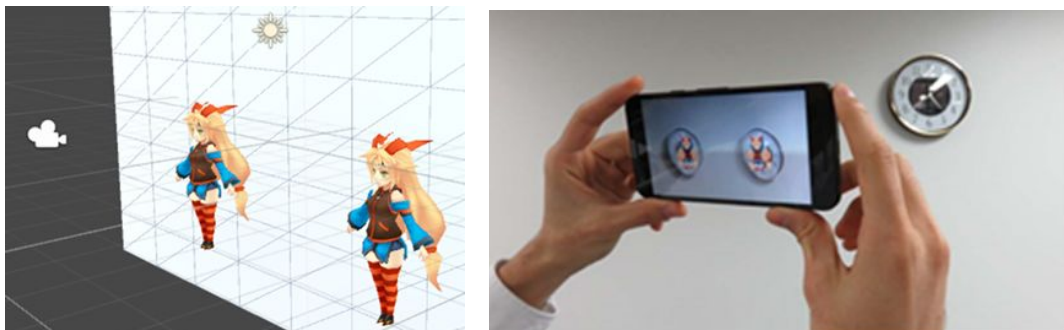


図3 スマートフォンを用いた両眼視差のあるビデオシースルー方式MR ©UTJ/UCL

(5) DFD を用いたアニメーション (学会発表 , 図 4)

本研究成果は、本研究課題から派生したものであり、IP は使っていない。2016 年に、ただ 1 枚のフラットパネルディスプレイ上にミラーやハーフミラーを配置することにより、4 層にする方式を提案したが、表示される 3D 画像は静止画像に限られていた。そこでこれを拡張し、金魚が周回するアニメーションを行った。

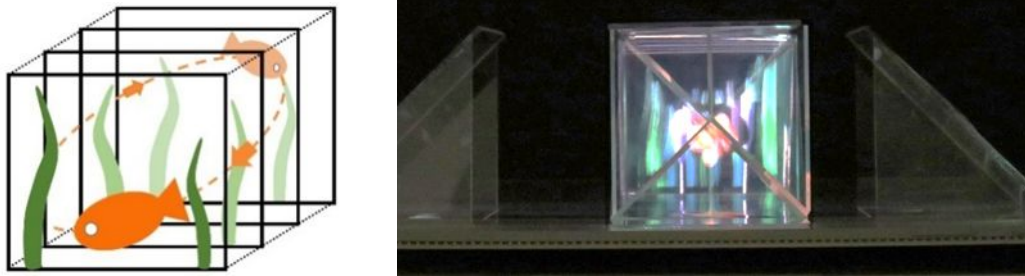


図 4 アニメーションの際の金魚の軌跡 (左) とシステムの外観 (右)

(6) ゲームエンジンを用いた実時間 IP (学会発表)

アニメーションには、映画のように事前にレンダリングして編集しておいたものを再生する方式と、ゲームのように、ユーザーとのインタラクションによって、シーンが無限に変化してゆく方式とがある。後者の場合、実時間処理が必要になる。すなわち 1 フレーム時間の間に次のフレームの画像を生成する必要があるため、非常に高速な処理が求められる。IP 画像の合成にゲームエンジンを使用すれば、その高度なコンテンツ作成機能が利用できるだけでなく、シェーダーで処理を高速化できる。今年度は、ゲームエンジンのシェーダーと C# スクリプトを用いて多視点レンダリングと IP 画像合成機能を実装し、IP 画像を実時間表示するコンテンツを開発した。

(7) ゲームエンジンを用いた IP ホログラフィックピラミッド (学会発表)

ゲームエンジンを使用し、そのシェーダーを書くことによって、浮遊しているように見える IP のアニメーションを表示することができる新しいホログラフィックピラミッドシステムを開発した。ピラミッドの 4 つの面には、オブジェクトを前後左右から見たアニメーションが表示される。すべてのアニメーションは裸眼立体視でき、水平視差だけでなく垂直視差もある。ユーザーは、キーボードを操作することによってオブジェクトを左右に回転させることができる。このシステムは、実物と仮想のオブジェクトが 1 つのピラミッドに共存できるため、裸眼立体視可能な MR システムである。

(8) 2 層 IP を用いたホログラフィックピラミッド (学会発表 , 図 5)

IP で表現可能な奥行きには限界があり、大きく飛び出したり沈み込んだりする部分は画質が劣化する。そこで本研究では、図 2 に示すように 2 つのインテグラルフォトグラフィ (IP) ディスプレイを使用して、広範囲の奥行きを表現できる新しい 3D ホログラフィックピラミッドシステムを提案した。IP ディスプレイは、ピラミッドの上部と下部にそれぞれ配置されており、上部が遠景用、下部が近景用である。

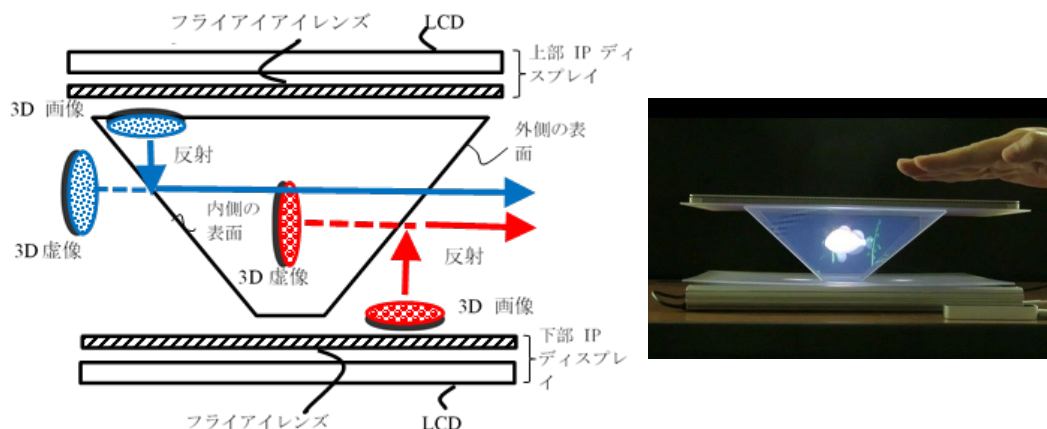


図 5 2 層 IP を用いたホログラフィックピラミッド

(9) 背の高い物体をより大きく表示できるホログラフィックピラミッド (学会発表 , 図 6)

従来のホログラフィックピラミッドでは、四角錐の四辺は、LCD の四辺と平行になるように配置されている。この方法では表示されたオブジェクトの高さは LCD の短辺の半分以上を越えるこ

とはできないため、アニメなどに登場するような人や動物のキャラクタなどの背の高いオブジェクトを表示するには適していない。そこで四角錐をLCDに対して45°回転させて配置した。これにより、同じ大きさの液晶ディスプレイを使用した場合でもキャラクタを約1.4倍大きく表示することができる。従って店頭などに設置した場合、より目立つ表示が可能になる。

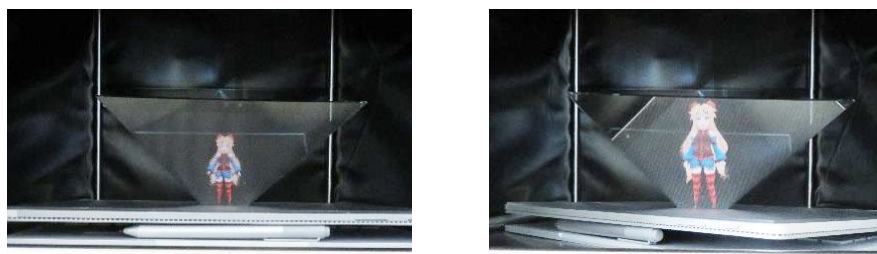


図6 従来方式(左)と提案方式(右) ©UTJ/UCL

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕(計0件)

〔学会発表〕(計9件)

Shohei Anraku, Toshiaki Yamanouchi, Nahomi Maki, Kazuhisa Yanaka, Holographic Pyramid Using Integral Photography Suitable for Displaying Tall Objects, MHCI '18, August 21 - 23, 2018.

Toshiaki Yamanouchi, Shohei Anraku, Nahomi Maki, Kazuhisa Yanaka, Interactive Holographic Pyramid Using Two-Layer Integral Photography, MCHI '18, August 21 - 23, 2018.

Shohei Anraku, Toshiaki Yamanouchi, Kazuhisa Yanaka, Real-time Integral Photography Holographic Pyramid using a Game Engine, VISAPP 2018, January 27 - 29, 2018.

Nahomi Maki, Toshiaki Yamanouchi, Teluhiko Hilano, Kazuhisa Yanaka, Creation of 3DCG animation using a four-plane depth-fused display, SIGGRAPH 2017 (Posters), 30 July - 3 August, 2017.

Shohei Anraku, Fumihiko Ishiwata, Nahomi Maki, Toshiaki Yamanouchi, Kazuhisa Yanaka Real-time integral photography using a game engine, SIGGRAPH 2017 (Posters), 30 July - 3 August, 2017.

藤丸省吾, 秋山一輝, 山内俊明, 谷中一寿, スマートフォンを用いた両眼視差のあるビデオシースルー方式MR, 画像電子学会第280回研究会 in 長崎, 2017年3月9日(木)~3月10日(金)

Suguru Gocho, Toshiaki Yamanouchi, Teluhiko Hilano, Kazuhisa Yanaka, Four-Plane Depth-Fused 3D Display Using Single Flat Panel Display, SIGGRAPH ASIA 2016, Posters. 5 - 8 December 2016.

Toshiaki Yamanouchi, Nahomi Maki, Kazuhisa Yanaka, Holographic Pyramid Using Integral Photography, MCHI 2016, August 16 - 17, 2016.

Kazuhisa Yanaka, Takuya Nomura, Toshiaki Yamanouchi, Extended Fractional View Integral Photography Using Slanted Orthogonal Lenticular Lenses, MCHI '16, August 16 - 17, 2016.

〔図書〕(計0件)

〔産業財産権〕

出願状況(計0件)

名称：
発明者：
権利者：
種類：
番号：
出願年：
国内外の別：

取得状況(計0件)

名称：
発明者：
権利者：
種類：

番号：
取得年：
国内外の別：

〔その他〕
なし

6. 研究組織

(1) 研究分担者

研究分担者氏名：なし
ローマ字氏名：
所属研究機関名：
部局名：
職名：
研究者番号（8桁）：

(2) 研究協力者

研究協力者氏名：なし
ローマ字氏名：

科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等については、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属されます。