

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 28 年 6 月 15 日現在

機関番号：32714

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2013～2015

課題番号：25330244

研究課題名(和文)ミクストリアリティのための裸眼立体表示方式

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

研究代表者

谷中 一寿(Yanaka, Kazuhisa)

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) 2,400,000円

研究成果の概要(和文)：ヘッドマウントディスプレイが不要なミクストリアリティにおいて、現実空間と仮想空間とを重畳するための3D画像表示方式としては、全方向に視差を生ずるインテグラルフォトグラフィ(IP)が望ましい。ユーザビリティ向上のため重畳部分の体積を大きくするには、IPの飛び出し量の増大が有効である。しかし焦点距離が長いフライアイレンズは製造困難で極めて高価であるので、フライアイレンズを水に浸して焦点距離を長くする方式を提案した。また大画面化に適した方式として、1台のプロジェクタででき拡散板が不要な投影型のIPを提案した。またインタラクションを低遅延で行うため、IP画像の合成をGPUで高速化する方式を提案した。

研究成果の概要(英文)：Integral photography (IP) which produces a parallax in all directions is suitable for a 3D image display subsystem of a mixed reality system in which a real space and a virtual space are overlapped without using head mounted displays. A big pop-out amount of IP is effective in order to increase the overlap region, which brings about the improvement of usability. However, the production of such a fly's eye lens that has long focal lenses costs too much because it is technically difficult. Therefore a new method of putting a lens in water in order to lengthen the focal length was suggested. Moreover a new projection-type IP system was proposed, in which all views are generated by a single projector, no diffuser is used and upsizing of the screen is feasible. In addition, high-speed synthesis method of IP images by GPU was proposed in order to allow interaction with low latency.

研究分野：3Dディスプレイ

キーワード：裸眼立体表示 ミクストリアリティ インテグラルフォトグラフィ

1. 研究開始当初の背景

左目像と右目像との違い、すなわち両眼視差は立体視の主要な要因の1つである。高い臨場感を得るためには両眼視差を生じせしめるような立体画像表示を用いることが有効であることは従来から知られており、3D映画、3Dテレビさらには3Dゲーム機などに既に応用されていたが、それらは左目と右目に各1枚の画像を用いる2眼式であり、かつ裸眼式のニンテンドー3DSなどの僅かの例外を除き、殆どが特殊なステレオメガネの装着を要するメガネ式で、かつ、観客は受動的に鑑賞するのみでインタラクションはなかった。一方、われわれが物理的に所属する現実空間とコンピュータで生成された仮想空間とを重ねあわせるミクスリアリティの研究も進んでいたが、ヘッドマウントディスプレイ(HMD)を装着する必要があるので、利用者の負担が大きかった。

2. 研究の目的

本研究の主たる目的は、ミクスリアリティに裸眼立体表示を用いることができるようにし、利用者のHMD装着の負担を減らすことである。本研究で想定した裸眼ミクスリアリティのイメージを図1に示す。仮想空間にCGで作られたピンポンの球があるとして、それを現実空間の人が現実のラケットで打ち返すことができるというものである。

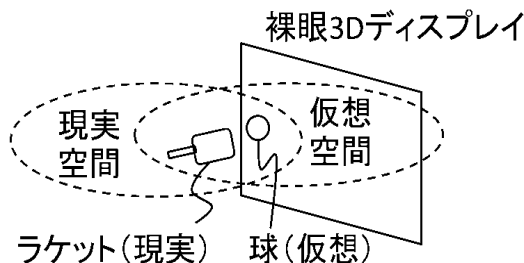


図1 裸眼ミクスリアリティのイメージ

今日まで種々の裸眼立体表示方式が提案されているが、その中でインテグラルフォトグラフィ(IP)が本研究の目的に適していると考えられる。その理由は、レンチキュラー方式やパララックスバリア方式では水平方向にしか視差が生じないので、寝転んで見たり、ディスプレイを平置きしたりすると立体に見えない場合があるのに対し、IPなら水平だけでなく垂直にも視差が生ずるので、ディスプレイをどのように設置しても、またどこから見ても、立体に見えるからである。

またこれは本研究の途中で気づいたことであるが、IPならは利用者の視点が移動しても、立体像を常に3D空間の同じ位置にあるかのように表示させることができる。すなわち「定位」ができる。レンチキュラー方式やパララックスバリア方式のように縦方向視差がない方式では、利用者の視点が縦方向に移動するとそれに伴って立体像も縦方向に

動いてしまうので、定位ではできない。よって定位ができることはIPの利点である。

3. 研究の方法

しかしながら、裸眼立体表示方式をミクスリアリティに適用できるようにするためには、以下の点が解決されなければならない。

3.1 飛び出し量の増大

裸眼ミクスリアリティ方式では、スクリーンから立体像が飛び出て見える範囲が、仮想空間と実空間が重畳している領域であると言える。実空間にある指で、立体表示された仮想空間の物体を操作するなどの作業は、この重畳領域で行われるので、その体積は大きい方が使い勝手が良くなる。そのためには、飛び出し量が大きい方が良い。

立体視用のメガネを装着する従来方式では、飛び出し量を非常に大きくし、顔のすぐ近くに3D物体があるかのように表示しても、右目像と左目像が融合するので問題なく見ることがきる。これはメガネを装着すると、周囲の余計な視界が遮られるので目が立体視に専念できることも多少関係していると考えられるが、それ以上に、立体像がどこにあってもその像がぼけず、鮮明であるため融合しやすいためと考えられる。これに対し、IPに限らず、他の裸眼立体表示方式(但しホログラフィは除く)にも共通して言えることであるが、立体像がスクリーンから手前または奥に離れるにつれ、ぼけてしまう問題がある。これは、スクリーンから遠ざかるにつれて、光線の密度が低下してしまうことによる考えられる。光線の密度をなるべく高く保つには、より高精細なフラットパネルディスプレイを用いること、フライアイレンズを構成する個々の凸レンズの焦点距離を延ばすことが有効であると考えられる。

3.2 大画面化

仮想空間と実空間が重畳する領域を広くするもう1つの方法は、裸眼立体表示装置自体を大画面化することである。そのためには液晶ディスプレイやフライアイレンズを大型化する、あるいは液晶ディスプレイが不要な投影型を用いるなどの方策が考えられる。

3.3 IP画像生成の高速化

IPをCGで制作する場合、3Dシーンを多視点からレンダリングして得られた多数の画像を元にIP画像と呼ばれる特殊な画像を合成して表示する必要がある。ステレオ画像では左右各1視点の画像で良いのに対し、IPでは最低でも数十視点、通常は数百視点からレンダリングしなければならないので、計算量が莫大になる。インタラクションを伴う応用では、これを毎秒のフレーム数分行う必要があるため、非常に高い処理能力が必要になる。

3.4 応用システムの構築

以上述べたのは、どちらかと言えば要素技術である。それに加え、実際に動作する応用システムを構築し、検証してゆくこととした。

4. 研究成果

以下、主要な研究成果について記載する。

4.1 平成 25(2013)年度(1年目)

・ミクスリアリティへの応用を想定した場合、ユーザの操作に応じて実時間で立体表示された物体を動かす必要がある。しかし PC の CPU だけでは処理能力不足であり、GPU を用いる必要がある。使う GPU の種類と、表示するオブジェクトの数を変えて、得られる毎秒フレーム数を測定した結果を、SIGGRAPH 2013 で発表した(図 2)。

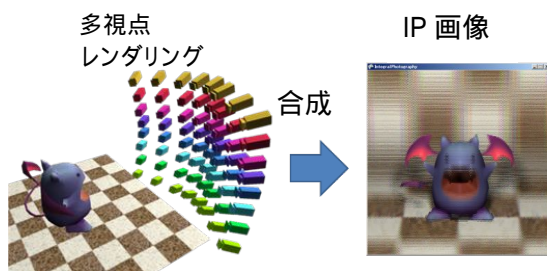


図 2 GPU による多視点レンダリングと IP 画像合成の高速化

・ネットショッピングはこの種のシステムの将来有望な応用分野の 1 つである。現実の書店の書棚をエミュレートした、オンライン書店の陳列法を WebGL で構築した。現段階では普通の 3DCG なので両眼視差は得られないが、将来機能を拡張する計画である。

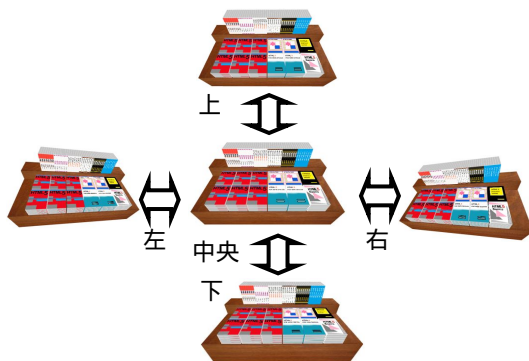


図 3 WebGL を用いたオンライン書店の陳列法

・ディスプレイから遠くても光線の密度を高く保つため、非常に高精細な液晶ディスプレイ(対角 9.7 インチ、2,048 x 1,536 画素、264 ppi)を搭載したタブレット PC (iPad Retina ディスプレイモデル)を用いた IP 技術とそのメディアアートへの応用を 2014 年 4 月の Laval Virtual で発表した。

4.2 平成 26(2014)年度(2年目)

・IP を用いると、例えばオパールや、金属な鏡面反射による輝きなど、見る方向によって色や明るさが変化することによる質感が表現できる。多視点レンダリングされた画像を並び変えて人工的に着色することで、輝きを強調する方法を、HCI12014 で発表した。

・プロジェクション型の IP は大画面化に適した方式だが、従来は 1 視点ごとに 1 台のプロジェクタが必要とされたので大規模で高価であった。そこで、1 枚のフライアイレンズと 1 台のプロジェクタでできるシンプルで安価な、拡散板を用いない投影型 IP 方式(図 4)を提案し、平成 26 年 8 月の SIGGRAPH 2014 で発表した。

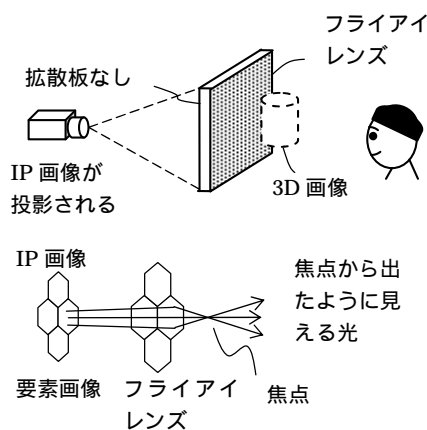


図 4 拡散板を用いない投影型 IP 方式

・Android タブレット PC の画面にフライアイレンズを重ねることで、盤やボールが裸眼立体表示されるピンボールのようなシステムを、MHCI'14 で発表した。

・IP の飛び出し量を増やすにはフライアイレンズを構成する微小な凸レンズの焦点距離を長くすることによってレンズから離れた位置でも光線の密度を高く保つことが有効であるが、そのようなフライアイレンズを安価に試作することが困難であることは、前年度までの研究でわかっていた。平成 25 年度に、フライアイレンズを、屈折率が空気とレンズ素材との中間であるような液体(たとえば水)に浸すことで、等価的な焦点距離を伸ばすことができる方法をすでに開発していたが、平成 26 年度は、そのような新しい IP 技術とそのアート作品への応用(図 5)を、平成 27 年 3 月の IEEE Virtual Reality 2015 において研究デモとして展示した。

4.3 平成 27(2015)年度(3年目)

・裸眼ミクスリアリティシステムの 1 つとして、ボードゲーム(チェス)のためのナチュラルユーザーインターフェース(NUI)を構築した(図 6)。CG を用いて制作されたレンジャー方式の 3D ディスプレイに表示されたボードと駒の像は、ディスプレイの手前に飛び出して見える。



図5 フライアイレンズを水に浸して
飛び出し量を増やしたアート作品

駒を手指で掴んで動かすジェスチャーをすると、Leap Motion という手指に特化したキャプチャデバイスが手指の位置や形状を捉え、プログラムが指の動きにあわせて駒を移動させるので、利用者は力覚フィードバックがなくても、あたかも自分の指で駒を動かしているかのような錯覚が得られる。この成果を HCI11 2015 で発表した。ただし垂直方向にも視差があるインテグラルフォトグラフィ(IP)方式ではなく、水平方向にのみ視差があるレンチキュラー方式を用いているため、立体像の定位に問題がある。この点は今後 IP を導入して改善する予定である。

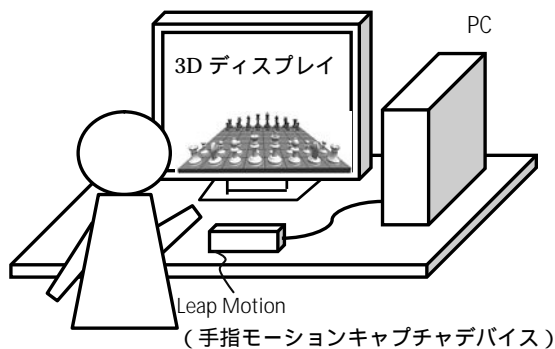


図6 ボードゲーム(チェス)のための
ナチュラルユーザーインターフェース

・フライアイレンズを、屈折率が空気とレンズ素材との中間であるような液体(たとえば水)に浸すことで、等価的な焦点距離を延ばす方法は前年度までに確立されていたが、平成 27 年度は IP で表示された魚をアニメーションさせることで、あたかも水槽の中に魚が泳いでいるかのように見える仮想水槽を制作し、HCI11 2015 で発表した。

・本研究課題の成果は、神奈川工科大学情報学部情報メディア学科の学生の教育、特に学部 2,3 年生の立体画像表示に関する演習テーマに活かされている。それに関して IEEE Computer Graphics and Applications という雑誌に発表した。

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 2 件)

(1) Kazuhisa Yanaka, Terumichi Iizuka, Display Method for Online Bookstore Emulating Real Bookstore by WebGL, Journal of Electronic Science and Technology, 査読有, Vol. 12, No. 1, March 2014, pp.59-63, 2014.

(2) Kazuhisa Yanaka, Toshiaki Yamanouchi, 3D Image Display Courses for Information Media Students, IEEE Computer Graphics and Applications, 査読有, Volume 36, Issue 2, pp.68 - 73, 2016.

DOI: 10.1109/MCG.2016.36

〔学会発表〕(計 8 件)

(1) Kazuhisa Yanaka, Sho Kimura, GPU accelerated interactive integral photography system using extended fractional view method, ACM SIGGRAPH 2013 Posters, 査読有, Article No. 42, one page. DOI:10.1145/2503385.2503432

(2) Nahomi Maki, Akihiko Shirai, Kazuhisa Yanaka, 3DCG Art Expression on a Tablet Device Using Integral Photography, VRIC '14 Proceedings of the 2014 Virtual Reality International Conference, 査読有, Article No. 20, 2014.

DOI:10.1145/2617841.2620708

(3) Kazuhisa Yanaka, Simple projection-type integral photography system using single projector and fly's eye lens. SIGGRAPH Posters 2014, 査読有, Article No. 85, one page, 2014.

(4) Nahomi Maki, Kazuhisa Yanaka, 3D CG Integral Photography Artwork Using Glittering Effects in the Post-processing of Multi-viewpoint Rendered Images, HIMI 2014, Part , LNCS 8522, 査読有, pp.546-554, 2014.

DOI:10.1007/978-3-319-07863-2_52

(5) Kazuhisa Yanaka, Yusuke Kawano, Teluhiko Hilano, Kazutake Uehira, Autostereoscopic Dynamic Simulation System, Proceedings of the 2nd International Conference on Human -Computer Interaction, 査読有, Paper No. 129, pp.1-4, 2014.

(6) Nahomi Maki, Kazuhisa Yanaka, Underwater integral photography, 2015 IEEE Virtual Reality (VR), 査読有, pp. 343-344, 2015.

DOI:10.1109/VR.2015.7223436

(7) Kazuhisa Yanaka and Daichi Ishiguro, Natural User Interface for Board Games Using Lenticular Display and Leap Motion, HCI11 2015 Posters, CCIS 528, 査読有, pp.522-527, 2015.

DOI:10.1007/978-3-319-21380-4_94

(8) Nahomi Maki and Kazuhisa Yanaka,

Virtual Aquarium: Mixed Reality
Consisting of 3DCG Animation and
Underwater Integral Photography, S.
Tamamoto(Ed.) HIMI 2015, Part , LNCS
9173, 査読有, pp.447-456, 2015.
DOI:10.1007/978-3-319-20618-9_45

6 . 研究組織

(1)研究代表者

谷中 一寿 (YANAKA KAZUHISA)
神奈川工科大学・情報学部・教授
研究者番号 : 30298278