



BrickDisplay: 視差映像ディスプレイの分散配置による 欠損を許した巨大空中像提示

三河 祐梨¹⁾, 篠田 裕之²⁾

1) NTT コミュニケーション科学基礎研究所 (〒 243-0198 神奈川県厚木市森の里若宮 3-1, yuri.mikawa@gmail.com)

2) 東京大学 (〒 113-0033 東京都文京区本郷 7-3-1, hiroyuki.shinoda@k.u-tokyo.ac.jp)

概要: 巨大立体空中像が提示できることは、バーチャルリアリティの分野で求められている。そして、それがより多くの場面で使用してもらうために、機材には接触時の危険性の無さや屋外で使用できること、また価格や設置・保管コストが低いことが求められる。本研究では、複数個の汎用モニタを、異なる種類を混ぜても良いという条件で寄せ集め、分散配置することで、手軽に巨大な立体空中像提示を可能とする手法を提案する。ディスプレイの枠、あるいはディスプレイ間の隙間により映像に欠けが生じるが、従来の学術研究によりその影響が少ないと仮定した上で、本ディスプレイを製作した。

キーワード: 分散ディスプレイ, 両眼立体視, 欠損視差映像

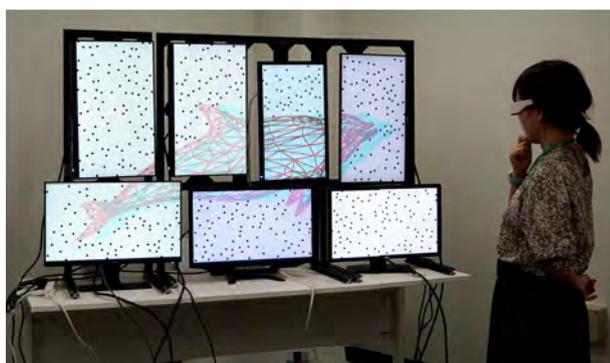


図 1: BrickDisplay の様子。アナグリフ方式を用いて、複数枚の汎用モニタを渡って巨大な視差映像が提示することができる。この例では動く巨大なイルカを提示している。

1. 序論

巨大な空中像をほとんど装着なしに体験できることは、Virtual Reality 分野に求められることの一つである。このような巨大立体空中像は、デジタルサイネージや映像没入空間に用いることができ、広範囲の人々への情報伝達や仮想世界の没入体験に有効である。

巨大な立体空中ディスプレイは、過去にさまざまな方法で実現されてきた。3D シネマは一つの最たる例で、現在は実際に IMAX[1] などで偏光眼鏡方式で利用されているほか、研究ではレンチキュラーレンズやパララックスバリアにより裸眼式で提案されてきた [2, 3]。近年は単一/複数ドローンを利用した空中像提示も注目され、2020 年の東京オリンピックでも用いられた [4, 5, 6]。しかし、これらは使用上の柔軟性に欠ける。3D シネマではスクリーンとプロジェクタを用いるため、屋外で鑑賞できない。ドローン方式は接触時の危険性から、人から離れた位置での提示に限られる。これらの不足を満たすのは巨大液晶ディスプレイと考えられ

るが、生産数が少なく高価になることや、保管が難しいことが問題である。より多くのユーザに使用してもらうには、設置の容易さや低価格性も重要であると考えられる。

そこで本研究は、図 1 に示すような、複数台の汎用モニタを並べることによる巨大空中像提示法: "BrickDisplay" を提案する。異なる種類のモニタを混ぜて設置してもよく、一般レベルでも容易に準備・構成が可能なディスプレイと考えられる。

本手法の主要な問題は、各モニタが枠を有することで映像に欠けが生じることである。さらに本稿では、ディスプレイ間に隙間を持たせることで欠ける領域がより大きくなるという、より極端な状況を仮定している。映像の欠けが大きいほど視認性の低下、ひいては映像品質の低下が懸念されるが、かえって隙間に音響機器や触覚機器を設置できるメリットを有する。したがって、先述のような容易な準備・設置に加え、多感覚提示によるクロスモーダルな鑑賞の実現も将来的には見込まれる。

本稿では、映像の欠けに関して、滑らかな線分なら一部が欠けても視認性に大きな影響がないこと [7] や、欠損箇所を渡ってみえる錯視効果 [8, 9] がモニタの黒い枠を利用して起こり、映像認識を補間することを想定した上で、本ディスプレイの製作が行われた。読者は、技術展示にて実際の BrickDisplay を体験することができる。

2. 実装方法

本節では、本手法を実際に実装した際の手順を説明する。

モニタは 7 台用意し、内 3 台は BenQ GW2480 (23.8"), それ以外は Acer KA220HQbid (21.5"), Acer XV252Q Fbmiiprx (24.5"), DELL U2312HM (23.0"), および Mitsubishi Electric Diamondcrysta RDT233WX (23.0") が各 1 台ずつあった。いずれも 1920×1080 px の解像度、および 60 fps のフレームレートを有していた。Acer KA220HQbid



図 2: 左・中央: 水泳時の動くフォームが立体的かつ等身大に提示される様子. ディスプレイを比較的低コストで用意でき、屋外などにも設置できるため、水泳に限らないスポーツの練習時などに利用することができる。右: マップが提示される様子。駅やショッピングモールなどの公共空間に使用できる。

のみ視野角の狭い TN パネルの液晶で、他は視野角の広い IPS パネルであった。個別のディスプレイの色味の調整は、著者が鑑賞位置に立ってガンマ補正を行うことで行われた。

システム全体のキャリブレーション用の俯瞰ステレオカメラには、The Imaging Source Europe 社の DFK38UX253 (4096×3000 px, 30 fps) および DFK38UX541 (4504×4504, 18 fps) を用いた。各ディスプレイに 15×8 のグリッドの ChArUco パターン [10] を提示し、俯瞰カメラを基準とした各ディスプレイの姿勢を求めた。アナグリフを用いた立体映像のレンダリングは、OpenGL を用いて、鑑賞時の両眼位置を原点とした各ディスプレイへの透視投影行列を求めることで行われた。計算機は GALLERIA ZA9C-R38 (Windows 10 Pro, CPU: Intel Core-i9 12900K) を、1 枚につき 4 台のモニタが接続できる GPU (NVIDIA T1000, 8GB GDDR6 SDRAM) 2 個と共に用いた。

図 2 に、BrickDisplay を用いたデモンストレーションを示す。水泳時のフォームを立体的かつ等身大で提示する例は、スポーツ練習に活用できる。3D の巨大なマップの提示は、駅やショッピングモールなどの公共空間に設置して、子供や高齢者向けに直感的な理解を促すことができる。

3. 結論

本研究では、複数の視差映像ディスプレイを分散配置することによる、巨大立体像提示法: BrickDisplay を提案した。今後は本ディスプレイの抱える問題を解決することを目指す。

システム制御面では、ディスプレイそれぞれにつき立体をレンダリングすることは計算負荷が高く、立体オブジェクトのポリゴン数を減らしても、レンダリング速度が 30fps などの一般的なフレームレートに達さないことが問題である。映像の欠けによる影響については、そもそもの映像の視認性低下だけでなく、視差映像に両眼対応しない箇所が生じ、正常な立体視が成り立たないことによる奥行き知覚の低下も懸念される。これらが正常な立体視と比べてどの程度の影響があるかを調査する必要がある。

謝辞 本研究は JST ACT-X (課題番号: JPMJAX21KH) の支援を受けたものである。また、NTT コミュニケーション科学基礎研究所 吹上大樹氏に対し、活発な議論にご協力いただいたことに深く感謝する。

参考文献

- [1] IMAX® TOHO シネマズ. <https://www.tohotheater.jp/service/imax/>, July, 20 2023.
- [2] Netalee Efrat, Piotr Didyk, Mike Foshey, Wojciech Matusik, and Anat Levin. Cinema 3d: large scale automultiscopic display. *ACM Transactions on Graphics (TOG)*, 35(4):1–12, 2016.
- [3] H Nishimura, T Abe, H Yamamoto, Y Hayasaki, and N Nishida. Development of 140-inch autostereoscopic display by use of full-color led panel. In *Light-Emitting Diodes: Research, Manufacturing, and Applications XI*, volume 6486, pages 313–320. SPIE, 2007.
- [4] The Intel® Drone Light Shows. <https://www.intel.com/content/www/us/en/technology-innovation/intel-drone-light-shows.html>, June, 20 2023.
- [5] Wataru Yamada, Kazuhiro Yamada, Hiroyuki Manabe, and Daizo Ikeda. isphere: self-luminous spherical drone display. In *Proceedings of the 30th annual ACM symposium on user interface software and technology*, pages 635–643, 2017.
- [6] Masatoshi Iuchi, Yuito Hirohashi, and Hiromasa Oku. Proposal for an aerial display using dynamic projection mapping on a distant flying screen. volume 9495, pages 6–16. SPIE, 2023.
- [7] Irving Biederman. Recognition-by-components: a theory of human image understanding. *Psychological review*, 94(2):115, 1987.
- [8] Akiyoshi Kitaoka, Jiro Gyoba, and Kenzo Sakurai. The visual phantom illusion: A perceptual product of surface completion depending on brightness and contrast. *Progress in Brain Research*, 154:247–262, 2006.
- [9] Jiro Gyoba. Stationary phantoms: A completion effect without motion and flicker. *Vision Research*, 23(2):205–211, 1983.
- [10] Sergio Garrido-Jurado, Rafael Muñoz-Salinas, Francisco José Madrid-Cuevas, and Manuel Jesús Marín-Jiménez. Automatic generation and detection of

highly reliable fiducial markers under occlusion. *Pattern Recognition*, 47(6):2280-2292, 2014.