

令和3年11月24日

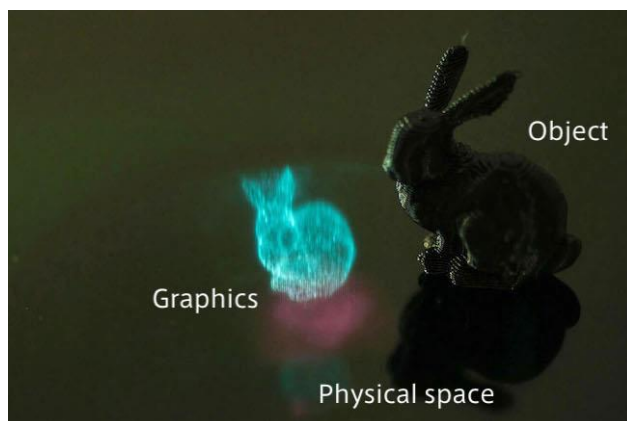
## 描画空間分離に基づくカラーボリュームトリックディスプレイ —体積3D映像の実空間への表示とカラー化に成功—

### 【発表のポイント】

- 色表現可能な体積3D映像を実空間に表示できる描画空間分離のコンセプトと、それに基づくボリュームトリックディスプレイシステムを提案。
- 映像描画を行う光学系と、カラー3D点群データから映像描画信号に変換しデバイスに適用する方法を開発することでディスプレイシステムを構築。
- 体積3D映像の描画やカラー化、物体と映像を実空間で重畳する拡張現実表現への適用可能性を確かめることで、提案システムの有効性を実証。

### ■ 研究概要

宇都宮大学オプティクス教育研究センターの熊谷幸汰助教、三浦駿氏、早崎芳夫教授の研究グループは、カラー体積3D映像を実空間に表示できるボリュームトリックディスプレイシステムの開発に成功しました。このディスプレイは、物体と映像のシームレスな関係を築きながら体積的な表示が可能であり、さらに任意の色を表現できます。本研究成果は、11月23日に学術誌「Scientific Reports」(オンライン)に掲載されました。また、本研究の動画がYouTubeで公開されています。



## ■ 研究背景

ポリュメトリックディスプレイは、物体が有する3D情報を、画素として実空間に体積的に生成することで、360°方向から裸眼で視認可能な映像を表示する技術であり、映像と物体とのギャップを埋めうる存在として期待されています。しかし、体積的な3D情報や色、映像と人とのシームレスな関係のような、実物体が当たり前に有する性質は、このディスプレイの実現を困難にしており、いまだ研究段階にあります。これまでに我々の研究グループでは、フェムト秒レーザー励起空中画素と空間光位相変調デバイス（LCOS-SLM）を利用したポリュメトリックディスプレイを開発してきましたが、色表現と映像サイズに課題がありました。

そこで本研究では、フェムト秒レーザー励起空中画素が有する可視領域を網羅する発光色から任意色のみを選択的に抽出する、描画空間分離に基づくポリュメトリックディスプレイの実現を試みました。本提案の着眼点は、空気中に描画された映像に対して、空中再投影を用いることで、映像が描かれる空間（描画空間）とユーザがそれを視認する空間（視認空間）を分離するところにあります。この分離は、色抽出機構と画素生成に必要なレーザーエネルギーを削減できる材料の配置を可能にするため、映像のカラー化とサイズ拡大を実現できます。我々は、画素評価や体積映像描画、LCOS-SLMによる多点同時集光を用いた画素形成実験を通して、提案システムの有効性を実証しました。

## ■ 研究成果

図1は、画素ごとにカラー化された3Dモデルと実際に表示された体積3D映像です。これらの映像は、3Dモデルを構成する頂点の位置と色情報に基づいて、ディスプレイシステムにおける画素の位置と抽出する色を同期させて切り替えることで表示されました。結果より、我々は画素ごとに任意の色を表現できるポリュメトリックディスプレイとしての、提案システムの有効性を実証しました。図2は、3Dプリントされた騎士に、ディスプレイシステムにより表示された映像のサーベルを重畳する拡張現実表現です。このように、本論文では、表示される映像が人や物体との間に物理的な境界をもたないことを利用し、物体に直接映像を重畳するような実空間拡張現実への応用可能性も示されました。

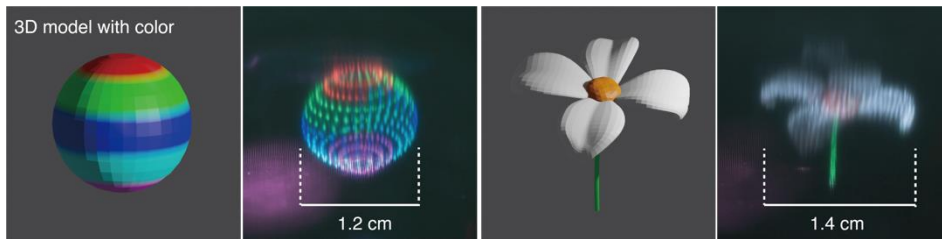


図1 3Dモデルと体積3D映像。映像は露光時間25秒で撮影された。

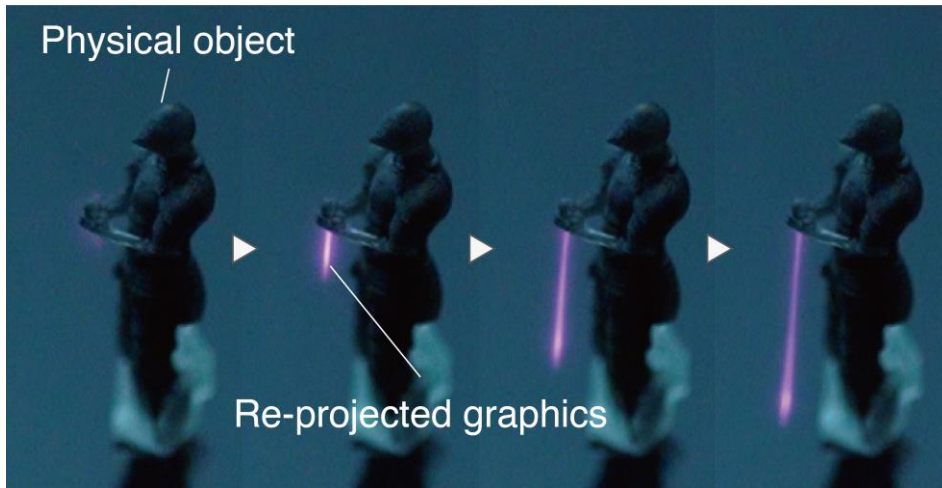


図2 実空間における拡張現実。3Dプリントされた騎士に、映像を重畳させることでライトサーベルが表現された。

## ■ 今後の展望

我々は、実空間において人や物が存在しているように、体積映像が自然に存在し溶け込んでいる未来を想像しています。たとえば十分に洗練された体積映像は、空間を超越したコミュニケーションを可能にする映像インターフェースとして利用できます。面と向かい話すことを制限される時代に直面した我々は、映像を介した対話が当たり前になる一方で、映像と実物との存在感の違いや対面できることの喜びを再認識しました。ボリュームトリックディスプレイは、このようなギャップを埋め、相手の存在をより自然に感じさせる次世代のコミュニケーションツールとして活躍できると考えられます。

本研究は、体積映像の色表現に関するアプローチであり、システム構成のひとつの形を実証しました。一方で、人間の眼にとってのリアルタイムで、複雑な体積映像を表示する

ためには新たな工夫が必要です。今後は、体積映像のリアルタイム表示を可能にする技術開発をテーマに、研究を展開していきます。

## ■ 論文情報

論文名

Colour volumetric display based on holographic-laser-excited graphics using drawing space separation

雑誌名

Scientific Reports

著者名

Kota Kumagai, Shun Miura and Yoshio Hayasaki

論文 URL

<https://www.nature.com/articles/s41598-021-02107-3>

動画 URL

<https://www.youtube.com/watch?v=W-CbMq23NKk>

## ■ 著者

熊谷 幸汰 | Kota Kumagai

宇都宮大学オプティクス教育研究センター，助教

<https://kotakumagai.uu-core.com/>

三浦 駿 | Shun Miura

宇都宮大学大学院地域創生科学研究科 2 年（当時）

早崎 芳夫 | Yoshio Hayasaki

宇都宮大学オプティクス教育研究センター，教授

<https://i-photonics.sakura.ne.jp/j/Home.html>

## ■ 謝辞

本研究は、科学研究費助成事業（JP20K23338, JP21K17777）と内閣府総合科学技術・イノベーション会議の戦略的イノベーション創造プログラム（SIP）「光・量子を活用した Society 5.0 実現化技術」（管理法人：QST）によって実施されました。

## ■ 英文概要

A volumetric display generates a graphics that can be viewed from 360° by representing the 3D information of an object as voxels in physical space. However, the natural properties of physical objects, such as 3D information and colors, and the seamless relationships between graphics and humans make it difficult to implement such displays. Here, we introduce a novel system that combines the spatial generation of femtosecond-laser-excited emission points using computer-generated holograms and beam scanning with the drawing space separation method. We demonstrate the drawing of volumetric graphics that can be color-expressed in voxel units in the air. This system enables the drawing of volumetric graphics in the air, accurate color representations, and robust graphics that are not destroyed by contact with users or objects. It also lays the foundation for the implementation of future volumetric displays.

## ■ 本件に関する問い合わせ

研究内容について

国立大学法人 宇都宮大学 オプティクス教育研究センター 助教 熊谷幸汰

TEL : 028-689-7121 E-mail : [kumagai@cc.utsunomiya-u.ac.jp](mailto:kumagai@cc.utsunomiya-u.ac.jp)

報道対応について

国立大学法人 宇都宮大学 広報室（広報係）

TEL : 028-649-5201 FAX : 028-649-5026 E-mail : [kkouhou@miya.jm.utsunomiya-u.ac.jp](mailto:kkouhou@miya.jm.utsunomiya-u.ac.jp)