

報道関係者 各位

2024年1月29日
国立大学法人 東京農工大学
学校法人 早稲田大学

ホログラフィによるフルカラー動画投影を実現 —次世代ディスプレイの開発に向けて—

国立大学法人東京農工大学大学院の山口眞和氏（博士後期課程1年）と齋藤洋輝氏（2023年3月博士前期課程修了）、早稲田大学理工学術院の池沢聡研究院講師、東京農工大学大学院の岩見健太郎准教授は、メタサーフェス（注1）を利用して広視域角・高解像度・高効率のフルカラーホログラフィ（注2）動画を実現しました。この成果は、立体映像技術の発展および次世代ディスプレイの開発に貢献することが期待されます。

本研究成果（論文およびホログラフィ動画）は、De Gruyter 発行の *Nanophotonics* (IF= 7.923) の掲載に先立ち、1月22日にオンラインで公開されました。

論文タイトル：Highly-efficient full-color holographic movie based on silicon nitride metasurface
DOI： <https://doi.org/10.1515/nanoph-2023-0756>

現状：光の波面を記録・再生する技術であるホログラフィは、裸眼で3次元映像を観察できるため、究極の立体ディスプレイとも呼ばれ注目されています。このホログラフィは各画素を通過した光の干渉（注3）を利用して像を投影するため、広い角度から観察可能な高精細画像を投影するためには、画素の間隔が1 μ m以下の、超高密度の表示用デバイスが必要となります。そこで、光の波長以下の単位構造であるメタアトム（注4）を非常に高密度（数百ナノメートル程度）に配列したメタサーフェスを用いて、高画質な動画の投影を目指す研究が多く行われています。本研究グループにおいても過去にモノクロ動画の投影に成功しています[1]。しかし、これらの先行研究にはカラー化ができていないという問題点や、効率が低い（損失が大きい）という問題点がありました。

研究体制：本研究は、国立大学法人東京農工大学大学院生物システム応用科学府生物機能システム科学専攻の山口眞和氏（博士後期課程1年）と同大学院工学府機械システム工学専攻の齋藤洋輝氏（2023年3月博士前期課程修了）、早稲田大学理工学術院の池沢聡研究院講師、東京農工大学大学院工学研究院先端機械システム部門の岩見健太郎准教授により行われました。また、本研究の一部は日本学術振興会 科学研究費補助金 基盤研究(B) (一般) (21H01781)、基盤研究(C) (22K04894)の支援により行われました。また、本研究の試料作成には、文部科学省「マテリアル先端リサーチインフラ」事業(課題番号JPMXP1223UT1007)の支援を受け、東京大学微細加工拠点の共用設備を利用させていただきました。解析の一部は、東京工業大学のスーパーコンピュータ TSUBAME 3.0 を利用して行われました。

研究成果：今回、30フレームからなるフルカラー動画の投影を目指し、窒化シリコンのナノ柱をメタアトム（注4）として、ガラス基板上に数億本配置し、90フレーム(30フレーム×3色)からなるホログラム列を1枚の基板上に形成しました（図1）。各フレームは2322×2322画素と先行研究や一般的なディスプレイ(フルHD)よりも高解像度であり、340nmの画素間隔によりホログラム前面からの観察領域全体をカバーする180°の視域角を有しています。また、ナノ柱の製作を最適な加工条件の下で行うこと

で、光の利用効率を向上させています。投影したのは地球が回転する動画（2D）で、3色の投影像を重ね合わせることで投影動画のカラー化を実現しました。また、自動ステージを用いて基板を機械的に動かすことで、人間の目で十分に滑らかに見える再生速度である 55.9 fps (frame per second) での投影に成功しました（図2）。

今後の展開：今回のホログラフィは1色の投影像につき1つのホログラムを用いて投影を行うため、フルカラー動画のフレーム数の3倍のホログラムを製作する必要がありました。本研究ではさらなる省スペース化や多機能化を目指して、今後は1つのホログラムでのフルカラー投影に挑戦します。さらに、空間光変調器のような変調機能を持つデバイスと組み合わせることができれば、高精細なフルカラー3次元像をフレーム数の制限を受けずに投影することが可能となり、ホログラフィを用いた立体映像技術の実用化に貢献できると期待しています。

注1 メタサーフェス

光（電磁波）の波長に比べて小さいサイズの誘電体導波路構造を配列することで、自然界には存在しない屈折率や光機能を実現できる機能性表面。「メタ」は「高次な」「超-」を意味する接頭語。

注2 ホログラフィ

光の波面を記録したり再生したりすることのできる技術。眼鏡などを必要とせず立体像を観測でき、究極の立体ディスプレイともいわれる。光波面が記録された媒体をホログラムと呼ぶ。

注3 干渉

複数の光の波が互いに影響しあい、新しい光が生成される現象。ホログラフィはこの干渉を意図的に引き起こすことで、立体像を観察できる光を生成する。

注4 メタアトム

メタサーフェスを構成する、光（電磁波）の波長に対して微小なサイズの構造体のこと。今回は窒化シリコン製の八角柱をメタアトムとして用いた。

[1] 高画質なホログラフィの動画化を実現：将来の全周立体映像技術に向けて（2020年7月28日東京農工大学プレスリリース）https://www.tuat.ac.jp/outline/disclosure/pressrelease/2020/20200728_01.html

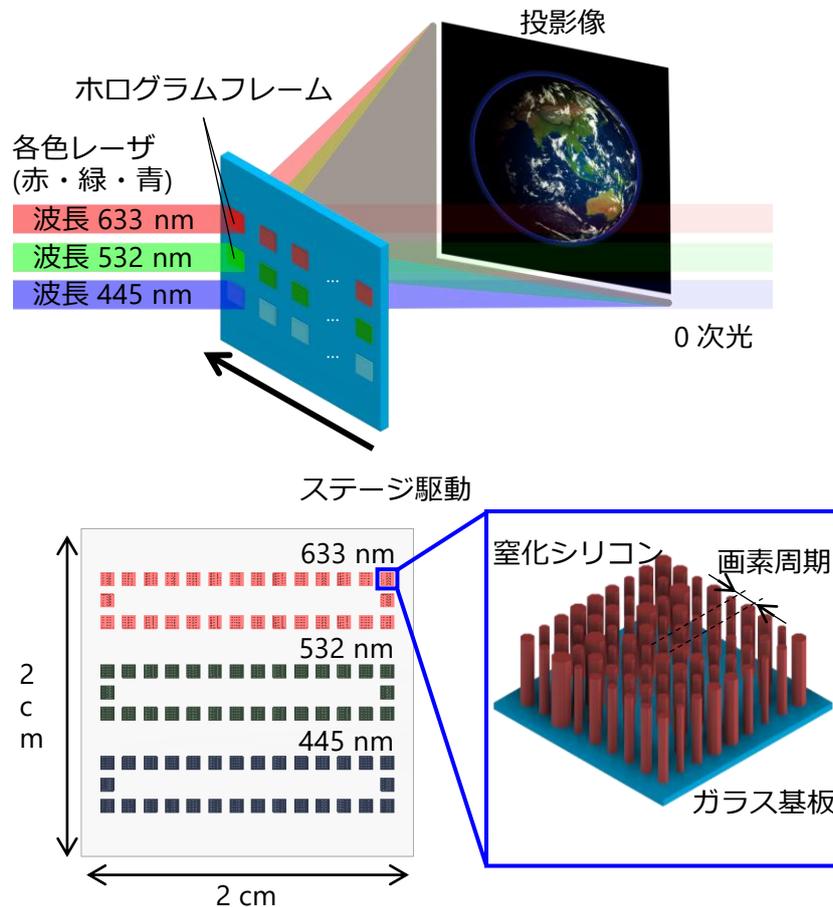


図1 メタサーフェスを用いたホログラフィ動画再生の原理と製作したメタサーフェスの概要

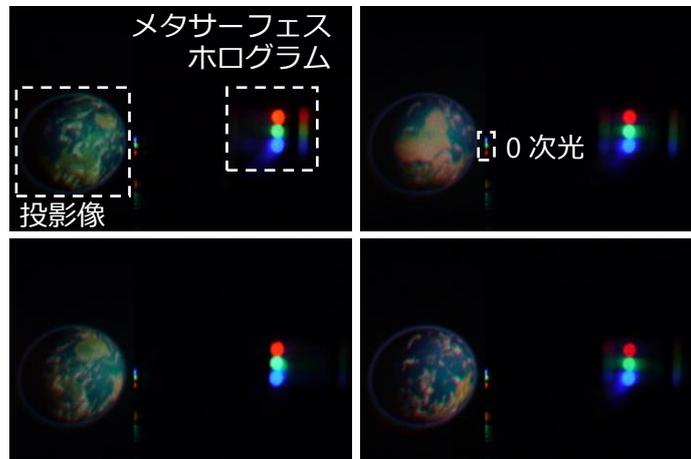


図2 本研究で得られた明るく高精細な投影像の抜粋 ※

※論文のオンラインページで動画が公開されています。(Supplementary Material Video1, Video2)
<https://doi.org/10.1515/nanoph-2023-0756>

◆研究に関する問い合わせ◆

東京農工大学大学院工学研究院
 先端機械システム部門 准教授
 岩見 健太郎 (いわみ けんたろう)
 TEL/FAX : 042-388-7658
 E-mail : k_iwami@cc.tuat.ac.jp