NEWS RELEASE

【配 布 先】文部科学記者会、科学記者会、府中市政記者クラブ
【報道解禁】2026 年 11 月 12 日(木) 午後 4 時 00 分（日本時間）

国立大学法人 東京農工大学
Tokyo University of Agriculture and Technology

Samsung R&D Institute Japan

報道関係者　各位

2026 年 11 月 11 日
国立大学法人東京農工大学
株式会社サムスン日本研究所

「到着時刻」ではなく「到着場所」をそろえる 新しい設計法で大口径超薄型フルカラーメタレンズを実現

本研究のポイント

- 光の到着時刻ではなく到着場所をそろえる新しいメタレンズ設計法「TSF 設計」を開発
- 大口径化しても集光性能が維持される理論的メカニズム（スケーラビリティ）を解明
- 材料や波長帯を選ばない汎用的な原理であり、単層・偏光非依存・ミリメートル級口径の RGB 色消しメタレンズを実現
- スマートフォンカメラや軽量 AR グラス向け超薄型光学系への応用に期待

概要

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の大学院生 長谷川篤史氏（2026 年 3 月博士前期課程修了）、大学院先進学際科学府の西浦光亮氏（博士前期課程 2 年）、および株式会社サムスン日本研究所（Samsung R&D Institute Japan）の小澤圭介氏、阿部有貴博士、川口佑磨博士、田岡峰樹氏、山岸建氏、東京農工大学大学院工学研究院機械システム工学部門の岩見健太郎教授らの共同研究グループは、ナノテクノロジーを利用して、光の 3 原色（赤色光・緑色光・青色光＝RGB）を同じ位置に集光することで色にじみのない像を得ることができる、ミリメートルスケールの大口径「色消しメタレンズ[注 1)]」の開発に成功しました。光の偏光[注 2)]状態を選ばない単層構造としては世界初の成果であり、スマートフォンカメラのさらなる薄型化や、次世代の軽量 AR（拡張現実）グラス実現に大きく貢献することが期待されます。

本研究成果は、「Laser & Photonics Reviews」（2026 年 11 月 12 日付）に掲載されます。

研究の背景

スマートフォンのカメラや VR・AR ゴーグルなどの進化に伴い、光学機器にはさらなる「薄型化」と「軽量化」が求められています。近年、従来の分厚いガラスレンズの代わりに、基板上にメタアトム[注 3)]と呼ばれる光の波長[注 4)]より小さいサイズの構造体を配列して光を制御するメタレンズが次世代の超薄型レンズとして注目されています。しかし、従来のメタレンズには、実用化に向けて「色収差（いろしゅうさ）」と呼ばれる課題がありました。光は波長によってレンズを通過する際の曲がり方が異なります。そのため、全ての波長を同じ一点に集めることができず、結果として画像に色のにじみやぼやけが生じてしまうという課題です。そのた

め従来の色消しメタレンズのサイズは直径 0.1 ミリ未満にとどまっており、実用的な大きさ（ミリメートルサイズ）に大口径化しつつ、光の 3 原色（RGB）を 1 枚のメタレンズで、さらに光の偏光状態に依存せず 1 点に綺麗に集めることは、従来の「光の到着時刻をそろえる」という設計手法では、理論的限界（Presutti-Monticone 限界[注 5)]）により極めて困難とされてきました。そのため、多層化や偏光の利用など、複雑な手法が用いられてきました。これに対し私たちは、光の到着時刻ではなく到達場所をそろえるという全く新しい設計手法（Time-Simultaneity-Free 設計）によってこれらの課題の解決に取り組み、単層構造で偏光に依存しない新たな色消しメタレンズの開発に成功しました。

研究成果

今回、光の 3 原色（赤色光・緑色光・青色光）すべてにおいて色収差を補正した、直径 1 ミリメートルサイズの大口径メタレンズを開発しました。これは、図 1 のように 1 枚のメタレンズで波長の異なる光を全く同じ位置に綺麗に集光させることができます。従来のメタレンズ設計では、赤・緑・青の光が同じタイミングで同じ位置に集まるように設計していましたが、本研究では発想を転換し、「同じタイミングで集まらなくても、最終的に同じ場所に集まればよい」という設計法を考案し、「Time-Simultaneity-Free（TSF）設計」と名付けました。この設計手法の最大の特徴は RGB の 3 つの波長の光がレンズを通過する際に、物理的な時間遅れを許容しつつも、最終的に同じ場所に集光する点です。これを実現するために各色の位相分布[注 6)]に一定量だけずらす調整を加えることで、位相分布を最適化しました。さらに理論解析により、本手法ではレンズ口径をミリメートル以上に大型化しても多波長での位相精度が極端に低下せず一定の性能を維持する（スケーラビリティを持つ）という重要な物理的特性も明らかにしました。

そして、メタアトムの断面構造を十字型にし、その十字の腕の長さや幅を場所ごとに変えて光の曲がり方を精密に制御することで、所望の集光機能を実現しました。設計したメタレンズは、東京大学微細加工拠点の電子線描画装置、反応性イオンエッチング装置を用いて製作し（図 2）、RGB で集光性能（図 3）、および結像性能（図 4）を確認しました。その結果、従来はすべてを満たすことが難しかった「単層」「偏光非依存」「ミリメートル級口径」「RGB フルカラー」を同時に実現することに成功しました。

また、本研究で確立した TSF 設計法は普遍的なフレームワークであり、光の波長帯（赤外線・テラヘルツ波・紫外線など）やメタレンズを構成する材料（金属、誘電体など）・動作原理（導波路型、共鳴型など）を問わず広く適用可能であることを理論的に示しました。

今後の展開

今回の成果により、これまで複数の分厚いガラスレンズを組み合わせることでしか解決できなかった色収差の補正を、より軽い超薄型レンズであるメタレンズで置き換える道が拓かれました。

今後は構造の自由度を高めた高度な形状や、AI を用いた逆設計（インバースデザイン）、強い光共鳴（quasi-BIC 等）を生み出す新構造と組み合わせることで、集光効率の天井（プラトー）を大幅に引き上げられることが期待されます。

これにより、スマートフォンのカメラモジュールを小型化することや、重たい VR・AR ゴーグルを普通の「スマートグラス（メガネ）」のように軽量化する次世代イメージング・ディ

スプレイ技術の社会実装が大きく加速することが期待されます。

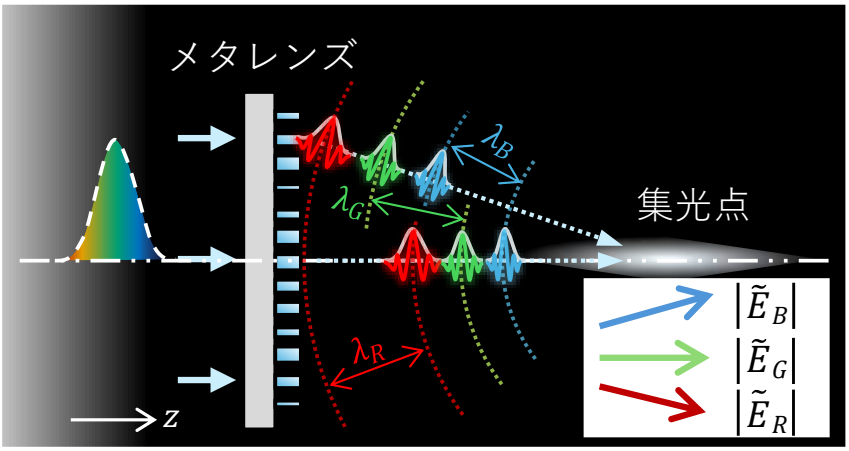


図 1　本研究が提案する TSF 設計による RGB フルカラーメタレンズの概念図（Hasegawa et al., Laser & Photonics Reviews 2026 より翻訳改変）

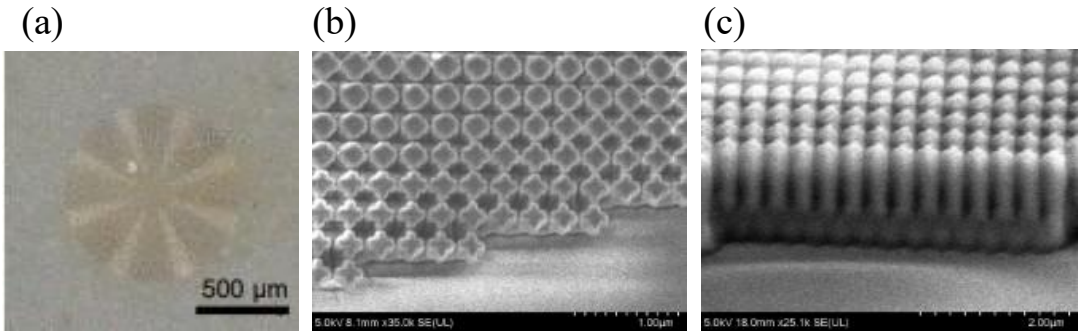


図 2　製作結果(a) メタレンズ写真（b）上から撮影した電子顕微鏡写真（c）斜め方向から撮影した電子顕微鏡写真（Hasegawa et al., Laser & Photonics Reviews 2026）

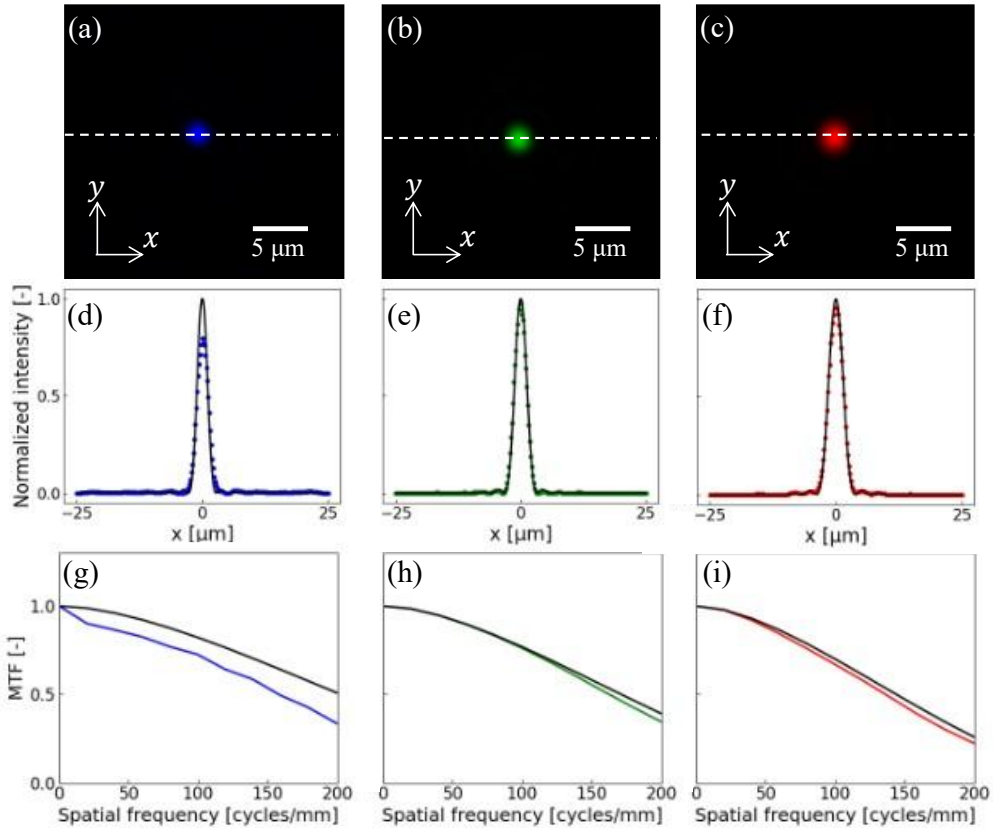


図３　製作した RGB 色消しメタレンズの集光性能。(a-c) 測定された集光スポットの画像、(d-f) (a-c)の破線に沿った強度プロファイル、および(g-i) (d-f)から算出された MTF（左：λB、中央：λG、右：λR)。(d-i)の黒い曲線は、理論上の回折限界プロファイルを示す。なお、(a)-(c)は元のモノクロ画像に人工的に着色したものである。（Hasegawa et al., Laser & Photonics Reviews 2026）

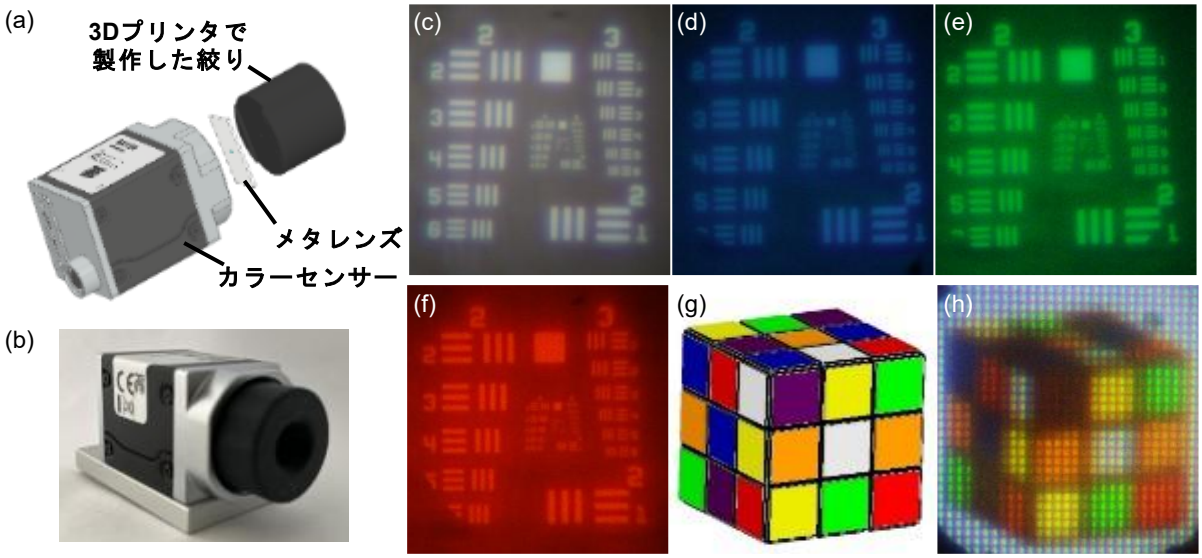


図 4　製作した RGB 色消しメタレンズの結像性能。(a) 製作した RGB 色消しメタレンズカメラの模式図および(b) 写真。(c-f) メタレンズから 20 mm 離れた位置に配置した USAF 1951 解像度チャートを、(c) LCD バックライト、(d) 青色光、(e) 緑色光、および(f) 赤色光の照明下で撮影した画像。(g) カラー図および(h) RGB 色消しメタレンズカメラで撮影し、LCD 画面に表示した画像。(Hasegawa et al., Laser & Photonics Reviews 2026 より翻訳)

謝辞

本研究の一部は、科学技術振興機構（JST）ムーンショット型研究開発事業（JPMJMS25AA-4）および日本学術振興会（JSPS）科学研究費補助金（JP26K01361）の支援を得て行われました。本研究の微細加工には、文部科学省マテリアル先端リサーチインフラ（ARIM）東京大学微細加工拠点（JPMXP1226UT1231）の設備を利用しました。

用語解説

注 1）メタレンズ

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した超薄型レンズ。非常に薄型なことに加えて、偏光分離機能など従来のレンズでは実現できなかった機能を持つことができる。

注 2）偏光

光を波として捉えたときの、波が振動する方向のこと。太陽光や一般的な照明の光は、さまざまな方向に振動する光がランダムに混ざり合っている。

注 3）メタアトム

メタレンズを構成する、光（電磁波）の波長に対して微小なサイズの構造体のこと。本研究では、窒化シリコンで製作した十字形状のメタアトムを 340 nm 周期で配列した。

注 4）波長

光が波として進む際の、波の 1 周期の長さ（山から次の山までの距離）のこと。本研究では、赤色光・緑色光・青色光としてそれぞれ代表的な波長 633 nm、532 nm、450 nm の光を用いた。

注５）Presutti-Monticone 限界

2020 年に Presutti と Monticone らによって提唱された、「光の到達時刻を揃える」という設計思想に基づく色消しメタレンズが従う一般的な性能限界。レンズの性能（例えば開口数：NA）と、色消しできる帯域幅、表面反射による損失など複数の重要な性能指標がトレードオフの関係にあり、ある項目を優先すると他方が悪化してしまうことを示した。

注 6）位相分布

位相とは、波の山や谷の位置関係を角度であらわしたもの。同じ位相（山と山、谷と谷）をつないだ面を波面といい、波の進み方を決める。位相分布とは、メタレンズによって作り出される、場所ごとの位相の違いのことで、波面の形を決める作用がある。位相分布を適切に設計することで、メタレンズに所望の機能を与えることができる。例えば、平面の波面をもつ波（平面波）を、球面の波面を持つ波に変換できれば、凸レンズのような集光作用が得られる。

論文情報

タイトル：Millimeter-Scale Single-Layer RGB Achromatic Metalens via Time-Simultaneity-Free Design
著者：Atsushi Hasegawa, Kosuke Nishiura, Keisuke Ozawa, Yuki Abe, Yuma Kawaguchi, Mineki Taoka, Takeshi Yamagishi, and Kentaro Iwami*
掲載誌：Laser & Photonics Reviews
掲載日：2026 年 11 月 12 日
DOI：10.1002/lpor.72174

本研究に関する問い合わせ先

【研究に関すること】
東京農工大学大学院工学研究院機械システム工学部門
教授　岩見 健太郎（いわみ けんたろう）
TEL：042-388-7658
E-mail：k_iwami@cc.tuat.ac.jp

【報道に関すること】
東京農工大学 総務課広報室
E-mail：koho2@cc.tuat.ac.jp