

NEDO 海外レポート

2025.3.31.

1143

1	【電子・情報通信分野】	2024/10/23 公表	
	光コンピューティングにおけるマルチレベルのブレイクスルー（米国）		1
2	【環境・省資源分野】	2024/11/6 公表	
	UMass Amherst が PFAS の新検出方法を開発（米国）		4
3	【バイオテクノロジー分野】	2024/12/1 公表	
	優れた光ファイバーケーブルの作製方法を二枚貝に問う（米国）		7
4	【ナノテクノロジー分野】	2024/12/23 公表	
	ローレンスリバモア国立研究所(LLNL)が次世代極紫外線リソグラフィー研究を主導（米国）		11
5	【環境・省資源分野】	2025/1/8 公表	
	触媒の進展を促進する先駆的な新ツール（米国）		16

※ 各記事への移動は Adobe Acrobat の「しおり」機能をご利用ください

URL : https://www.nedo.go.jp/library/kankobutsu_report_index.html

《本誌の一層の充実のため、ご意見、ご要望など下記宛お寄せください。》

海外レポート問い合わせ E-mail : g-nkr@ml.nedo.go.jp

NEDO は、国立研究開発法人 新エネルギー・産業技術総合開発機構の略称です。

(1143-1)

【電子・情報通信分野】

仮訳

光コンピューティングにおけるマルチレベルのブレイクスルー（米国）

ピッツバーグ大学、カリフォルニア大学サンタバーバラ校、イタリア・カリアリ大学および
東京科学大学のエンジニアらが、より高速・効率的でロバストなメモリセルを実証

2024 年 10 月 23 日



（上：本研究で開発されたフォトニック・イン・メモリコンピューティングの概念イメージ
提供: Brian Long, Senior Artist, UCSB）

これまでの AI プロセッシング用のフォトニック・メモリの開発には制限があり、速度等の重要な特性を得ることで、エネルギー消費が犠牲になっていた。本研究では、単一のプラットフォームへの不揮発性、マルチビットストレージ、高速・低エネルギースイッチングや高耐久性の導入に向けた、現行の光メモリの限界に対処するユニークなソリューションを実証している。

国際的な電気エンジニアらのグループが、近い将来に光コンピューティングを実現する可能性のある、フォトニック・インメモリコンピューティングの新しい技術を初めて開発した。

この国際チームには、[ピッツバーグ大学 スワンソン・スクール・オブ・エンジニアリング](#)、[カリフォルニア大学サンタバーバラ校 \(UCSB\)](#)、[イタリア・カリアリ大学](#)、[東京科学大学](#)のエンジニアらが、より高速・効率的でロバストなメモリセルを実証

京工業大学(現・東京科学大学)の研究者らが参加している。本研究の成果は、[Nature Photonics](#) 誌 (“Integrated non-reciprocal magneto-optics with ultra-high endurance for photonic in-memory computing” [doi:10.1038/s41566-024-01549-1](#))に掲載されている。

本研究は、ピッツバーグ大学の電気・コンピューター工学の助教授の [Nathan Youngblood](#) 氏、UCSB 出身で現在はイタリア・カリアリ大学の助教授の [Paulo Pintus](#) 氏、そして東京科学大学の [庄司雄哉](#) 准教授が共同で実施した。

これまでの AI プロセッシング用のフォトニック・メモリの開発には制限があり、速度等の重要な特性を得ることで、エネルギー消費が犠牲になっていた。本研究では、単一のプラットフォームへの不揮発性、マルチビットストレージ、高速・低エネルギースイッチングや高耐久性の導入に向けた、現行の光メモリの限界に対処するユニークなソリューションを実証している。

「これらのセルの開発に使用する材料は、何十年も前から入手可能です。しかし、それらは高性能フォトニック・メモリのためのプラットフォームではなく、主にオンチップ・アイソレータのような静的な光アプリケーションに使用されてきました」と [Youngblood](#) 助教授は説明する。「今回の発見は、CMOS (相補型金属酸化物半導体) 回路で直接プログラム可能な、より高速、より効率的でよりスケーラブルな光コンピューティングアーキテクチャを実現するための重要な技術です。これはつまり、今日のコンピューティング技術に統合できるということです」。

「さらに、私たちの技術は、24 億回のスイッチングサイクルとナノ秒の速度という、他の不揮発性のアプローチよりも三桁優れた耐久性も示しています」。

本研究の論文著者らは、フォトニック・インメモリコンピューティングの実現に向けて、磁気光学材料における非相反移相効果を利用した共鳴ベースの光アーキテクチャを提案している。

光処理の一般的なアプローチは、急速に変化する光入力ベクトルに固定された光の重みの行列を乗算することだが、従来の方法と材料を使用してこれらの重みをチップ上にエンコードすることが困難であることがわかっている。シリコンマイクロリング共振器上に集積されたセリウム置換イットリウム鉄ガーネット(Ce:YIG) から成る光磁気メモリセルを使用することで、短距離走者が競技場のトラックでその逆の方向へと走るように、セルは二方向へ光を伝播させる。

光の速度の制御によるコンピューティング

UCSB でこの実験を率いた Pintus 助教授は、「一方の走者に対して風が吹き、その逆方向に行く走者の加速を助けているようなものです」と説明する。「メモリセルに磁場を印加することにより、光がリング共振器の周りを時計回り、または反時計回りのどちらに流れるかによって、光の速度を制御することができます。このことが、従来の非磁性材料では不可能であった付加的な制御レベルを提供します」。

研究チームは現在、単一のメモリセルから、コンピューティングアプリケーションでさらに大量のデータを扱える大規模なメモリアレイへのスケールアップに取り組んでいる。同研究チームは論文記事の中で、この非相対的磁気光学メモリセルが、ナノ秒以下のプログラミング速度での無制限の読み取り/書き込みの耐久性の実現が可能な、効率的な不揮発性ストレージソリューションを提供すると言及している。

「この技術の進展により、様々な効果を利用してスイッチング効率を向上できるようになり、また、Ce:YIG 以外の材料を用いた新製造技術や、より精確な蒸着技術が、非相反光コンピューティングの可能性をさらに進展させると考えています」と、東京科学大学の庄司助教授は付け加える。

同プロジェクトの他の研究者らは次のとおり：

カリフォルニア大学サンタバーバラ校特別研究員 John E.Bowers 氏
カリフォルニア大学サンタバーバラ校大学院生研究員 Mario Dumont 氏
カリフォルニア大学サンタバーバラ校元研究員 Duanni Huang 氏
カリフォルニア大学サンタバーバラ校教授 Galan Moody 氏
産業技術総合研究所(AIST)研究員 村井俊哉氏
ピッツバーグ大学大学院生研究員 Vivswan Shah 氏

訳：NEDO（担当 イノベーション戦略センター）

出典：本資料は、米ピッツバーグ大学の記事 “A Multi-Level Breakthrough in Optical Computing ” （ <https://news.engineering.pitt.edu/a-multi-level-breakthrough-in-optical-computing/>） を翻訳したものである。

(Reprinted with permission of University of Pittsburgh)

【環境・省資源分野】

仮訳

UMass Amherst が PFAS の新検出方法を開発（米国）
より安くポータブルで入手し易い水質検査方法の実現に向けた期待の一步

2024 年 11 月 6 日

連絡先： Julia Westbrook

マサチューセッツ大学アマースト校(UMass Amherst)の研究者らが、水に含まれるパーフルオロアルキルおよびポリフルオロアルキル化合物 (PFAS) を検出する新しい方法を発見した。既存の方法よりも簡便で費用対効果が高く、迅速で入手し易い検査装置を開発する上での重要な一步となる。

いわゆる「永遠に残る化学物質」の PFAS は、憂慮すべき汚染物質となっている。

PFAS は分解されにくいため環境中に残留し、健康に深刻な脅威をもたらす。これらの化学物質への暴露は、様々ながん(腎臓、精巣、乳房、卵巣、前立腺、甲状腺、小児白血病等)や、肝臓や心臓への悪影響、乳幼児や子供の発達障害に関連している。

本年初め、米国環境保護庁(EPA) は、飲料水中の PFAS 濃度を 4 ppt とする初めての国家安全基準を発表した。「ppt とは 1 兆分の 1 を意味します。つまり、これは水の中の 1 兆個の分子のうちたった 4 個が PFAS であるということです。そして、私たちはそのわずかな数でも検出できるようにする必要があります。」と UMass Amherst の生体医工学准教授であり、[Science Advances 誌に発表された論文](#)の責任著者である [Chang Liuha](#) 氏は説明する。



"We're bringing the cost of the instrument from the scale of a million dollars to a few thousand. We need better technology for detecting PFAS — more accessible, more affordable and easier to use. And more testing that's on site. That's the motivation."

—
Chang Liu, associate professor of biomedical engineering

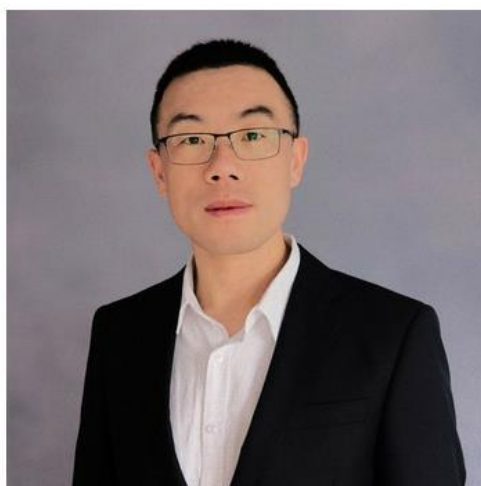
「私たちは、PFAS 検出デバイスのコストを 100 万ドル規模から数千ドルに下げようとしています。PFAS の検出には、入手し易く、より安価で使い勝手の良い、より優れた技術が必要です。さらに、現場での試験を重視します。これらが私たちの研究の目標です」

Chang Liu バイオ医療工学准教授

現在最高水準の PFAS 検査方法は、液体クロマトグラフィーと質量分析を組み合わせたものであるが、これには数百万ドルの装置と複雑な抽出工程が必要である。また、持ち運びもできない。「さらに、しつこく残留する PFAS がこれらの機器の感度を経時的に低下させる可能性があります」と、本研究の論文の筆頭著者であり、UMass Amherst の研究助教授である Xiaojun Wei 氏は言う。

彼らの研究では、小型で安価なデバイスで多岐にわたる PFAS の種類を同定し、400 ppt という低レベルで検出することが可能なことを実証している。この概念実証段階の発明は、質量分析法で検出可能な PFAS の種類の幅や感度のレベルには達していないが、研究者たちはこの研究成果の影響力は高いと考えている。

「私たちは、PFAS 検出デバイスのコストを 100 万ドル規模から数千ドルに下げようとしています」と Liu 氏は言う。「PFAS の検出には、入手し易く、より安価で使い勝手の良い、より優れた技術が必要です。さらに、現場での試験を重視します。これらが私たちの研究の目標です」。



Xiaojun Wei

研究者らはまた、健康への深刻なリスクとなる水質を特定する最初のスクリーニングツールとして、この方法を利用することも考えている。

彼らの検査方法は、シクロデキストリンと呼ばれる分子を、通常ではDNAの配列決定に使用されるナノポアと呼ばれる小さなデバイスに加えることで機能する。シクロデキストリンと PFAS 間の「ホスト-ゲスト」の相互作用は十分に実証されているが、Liu 氏によると、シクロデキストリンとナノポアを組み合わせた検出方法の開発は初めてのことだという。「現在、HP- γ -シクロデキストリンと呼ばれる分子の 1 つを α -ヘモリシンのナノポアのアダプターとして使用し、PFAS 検出装置を効果的に作製しています」と Liu 氏は言う。

Liu 氏は、彼らの研究が PFAS の危険性に対する認識を高めるのに役立ち、最終的には現場での水質モニタリング用のポータブル PFAS 検出器の商品化につながることを期待している。

訳：NEDO（担当 イノベーション戦略センター）

出典：本資料は、米マサチューセッツ大学アマースト校(UMASS Amherst)の記事
“New PFAS Testing Method Created at UMass Amherst”

(<https://www.umass.edu/news/article/new-pfas-testing-method-created-umass-amherst>) を翻訳したものである。

(Reprinted with permission of University of Massachusetts Amherst (UMass Amherst))

【バイオテクノロジー分野】

仮訳

優れた光ファイバーケーブルの作製方法を二枚貝に問う（米国）

2024 年 12 月 1 日

著者： RA Smith

ノースカロライナ州ダーラム – 1970 年代に初めて登場した[光ファイバーケーブル](#)は、医療機器から高速インターネットやケーブルテレビに至るまで、あらゆるものに欠かせないものとなっている。しかし、ある海洋軟体動物の 1 種類が、はるかにその先を行っていることが判明した。

[最新の研究](#)の結果、ハートコックルと呼ばれる二枚貝であるリュウキュウアオイの殻には、特定の波長の光を二枚貝の組織に伝える光ファイバーケーブルのような働きをする独特な構造のあることが明らかになった。

デューク大学とスタンフォード大学の研究者らは、電子顕微鏡、レーザー顕微鏡とコンピュータシミュレーションを用い、ハートコックルの殻が束状に配列された毛髪のように細い繊維から成る半透明の領域で構成され、その深部まで光が届いていることを発見した。



ハートコックルは、その内部に共生する藻類に光を届ける自然の天窓を有している。

写真提供：Dakota McCoy

この研究の結果は、Nature Communications に 11 月 19 日に[掲載されている](#)。

インド太平洋の温暖な赤道付近の海洋に生息するハートコックルは、その組織内に生息する微細藻類との相互に有益な関係を築いている。だが、藻類は成長するために光を必要としている。

藻類が成長するための安全な住居を確保する一方で、ハートコックルは藻類が光合成を通じて生成する糖類をエサとすることで利益を得ている。

この密接な相互関係を維持するために、ハートコックルは屋内園芸技術の習得者として、その暗い室内に光を取り込んでいる。

ハートコックルは、その殻を開いて潜在的な捕食者のくちばしや爪の脅威にさらされることなく、相棒である藻類の成長を促すための自然の天窓を進化させた。

「つまり、ハートコックルはその殻の中に半透明の窓を作り出したのです」と、デューク大学の [Sonke Johnsen 氏](#) の助言を受け、NSF PRFB フェローとしてこの研究を開始した本研究論文の筆頭著者の [Dakota McCoy 氏](#) は言う。現在、McCoy 氏はシカゴ大学の助教授である。

これらの研究者らは、レーザー走査型顕微鏡でハートコックルの殻の 3D 形状を調査した。すると、各天窓の下に配置された砂粒より小さな半透明の微小な隆起がレンズとして機能し、太陽光線を集束して藻類の生息する殻の内部へと取り込むことを発見した。

「ステンドグラスの窓のある有機的な大聖堂のようなもので、その内部に居る教区民に光が降り注ぐ様子が思い浮かびます」と、上席著者でデューク大学の生物学教授である Johnsen 氏は言う。

走査型電子顕微鏡で殻を観察した際には、もう一つの驚きがあった。

ハートコックルをはじめとする多くの海洋動物は、アラゴナイトと呼ばれる特殊な炭酸カルシウムを使って殻を形成している。顕微鏡下では、ハートコックルの殻のほとんどが、薄い板状のアラゴナイトが様々な方向に積み重ねられた層構造で、「小洒落たレンガ造りのようだ」と McCoy 氏は言う。

ただし、各窓の内部では、板状と言うよりも、毛髪のような繊維がしっかりと詰まった状態で、それらすべてが光の入射する方向に並んでいる。

「想像していたものとはまったく違うもののように見えます」と McCoy 氏は言う。

コンピューターシミュレーションの結果、これらの繊維のサイズ、形状と方向は、考えられる別の構造よりも多くの光をハートコックルの内部に透過させることがわかった。

特に、ハートコックルは光合成に最適な波長である青色と赤色の範囲の光を取り込むが、DNA に損傷を与える可能性のある紫外線が殻の中へ入り込むのをブロックしているようである。

「悪影響を及ぼす波長を排除し、良い波長を取り入れ、二枚貝の内部まで十分に届くように焦点を合わせるシステムを繊維と微小レンズが協働して構築することで、共生する藻類が可能な限り最高の光環境を得ることができます」と Johnsen 氏は言う。

研究者らはまた、ハートコックルの殻の中にある束状の繊維は極めて微細で密集しているため、そこに光を当てると、その下に置かれたものが何であれ、テレビ画面のようにその高解像度画像が反対側に表示されることも発見した。



ハートコックルシェル内の天然繊維は、光ファイバーのように機能し、その長さに沿って光を伝えるため、その下に配置されるものの画像がその反対側にテレビ画面のように投影される。写真提供: Dakota McCoy

研究者らによると、ハートコックルがこの画像投影のスーパーパワーで行っていることを理解するにはさらなる研究が必要だという。

いつの日か、ハートコックルは光の漏出や信号の損失なく、曲がった経路でも長距離を移動できる光ファイバーケーブルを設計する新たな方法のヒントを与えてくれるかもしれない、と Johnsen 氏は言う。

「ハートコックルは、偉業を成し遂げているのです」と McCoy 氏は言う。

本研究は、米国立科学財団(NSF)(2109465、1933624 および ECCS-2026822)の助成金によって支援された。

本研究の論文タイトル: "Heart Cockle Shells Transmit Sunlight to Photosymbiotic Algae Using Bundled Fiber Optic Cables and Condensing Lenses," Dakota E. McCoy, Dale H. Burns, Elissa Klopfer, Liam K. Herndon, Babatunde Ogunlade, Jennifer A. Dionne & Sonke Johnsen. Nature Communications, Nov. 19, 2024. DOI: 10.1038/s41467-024-53110-x

訳 : NEDO (担当 イノベーション戦略センター)

出典 : 本資料は、米デューク大学の記事 "To Build Better Fiber Optic Cables, Ask a Clam" (<https://today.duke.edu/2024/12/build-better-fiber-optic-cables-ask-clam>) を翻訳したものである。

(Reprinted with permission of Duke University)

【ナノテクノロジー分野】

仮訳

ローレンスリバモア国立研究所(LLNL)が 次世代極紫外線リソグラフィー研究を主導(米国)

2024 年 12 月 23 日

著者： Benny Evangelista



(左から)Drew Willard 氏、Brendan Reagan 氏と Issa Tamer 氏が Big Aperture Thulium (BAT) レーザーシステムでの作業に取り組む (写真提供: Jason Laurea/LLNL)

[ローレンスリバモア国立研究所 \(LLNL\)](#) による数十年にわたる最先端のレーザー、光学およびプラズマ物理学の研究活動は、半導体産業が高度なマイクロプロセッサの製造で使用する基礎科学において重要な役割を担ってきた。これらのコンピュータチップは、今日の人工知能(AI)、高性能スーパーコンピューターやスマートフォンの驚異的なイノベーションの原動力となっている。

LLNL が主導する新しい研究パートナーシップでは、同研究所が開発した [Big Aperture Thulium \(BAT\) レーザー](#) と呼ばれるドライバーシステムを中心とした、極端紫外線 (EUV) リソグラフィーの今後の進展を支える基礎の構築を目指している。

LLNL の研究チームは、米国エネルギー省 (DOE) 科学局(OS) [マイクロエレクトロニクス科学研究センター \(MSRC\)](#) プロジェクトに選ばれたセンターの 1 つである、Extreme lithography & Materials Innovation Center (ELMIC) に参加する。[DOE では、2022 年に成立した超党派「CHIPS および科学法」の一環として承認された 3 つの MSRC に 1 億 7,900 万ドルの資金提供を発表](#)している。

ELMIC は、将来のマイクロエレクトロニクスシステムへの新しい材料・プロセスの統合に向けた基礎科学の発展を目指している。ここで LLNL が主導するプロジェクトでは、4 年間で 1,200 万ドルの、EUV 生成とプラズマベースの粒子源に関する基礎科学の拡大を特に目的とした調査を実施する。別の ELMIC プロジェクトでは、プラズマベースのナノファブリケーション、2D 材料システムや極限スケールのメモリ等の重要な研究分野に焦点が当てられる。

LLNL の主導するこのプロジェクトでは、BAT レーザー による EUV 光源効率を、現在の業界標準である二酸化炭素 (CO₂) レーザーの約 10 倍に向上させる試験を実施する。これにより、さらに小型で強力、迅速かつ低電力で製造可能なチップの実現に向けた、「EUV を超える」次世代のリソグラフィーシステムにつながる可能性が期待できる。

「私たちはこの 5 年間で、このプロジェクトの基礎となる理論的なプラズマシミュレーションと概念実証レーザーの実証を実施してきました」と、LLNL のレーザー物理学者 Brendan Reagan 氏は言う。「私たちの研究は、EUV リソグラフィーのコミュニティにすでに大きな影響を与えているため、次のステップに進むことを非常に楽しみにしています」。

Reagan 氏と LLNL のプラズマ物理学者の Jackson Williams 氏は、このプロジェクトの共同主任研究員である。このプロジェクトには、[SLAC 国立加速器研究所](#)、[ASML サンディエゴ](#)、オランダに拠点を置く官民共同研究センターである Advanced Research Center for Nanolithography ([ARCNL](#)) の科学者が参加している。

EUV リソグラフィーでは、高出力レーザーを 1 秒あたり数万個のスズの液滴に照射する。約 3000 万分の 1 メートルサイズの各液滴を約 50 万度に加熱することでプラズマ

を生成し、このプラズマが波長 13.5 nm の極端紫外線(EUV)を発生させる。

特殊な多層膜ミラーがマスクと呼ばれるプレートを通じて EUV 光を誘導するが、このマスクには半導体ウェハーに形成する複雑な回路パターンが描かれている。EUV 光がフォトリソ層に回路パターンを投影し、同層のエッチング後、チップ上には集積回路が残る。

LLNL の主導するこのプロジェクトでは、レーザービームの強度と光量を高める利得媒質としてツリウムを添加したイットリウムフッ化リチウムを使用したペタワットクラスの新しい BAT レーザー用に開発された技術により、半導体製造用の既存の EUV リソグラフィ 光源のエネルギー効率を改善するという主要な仮説について調査する。

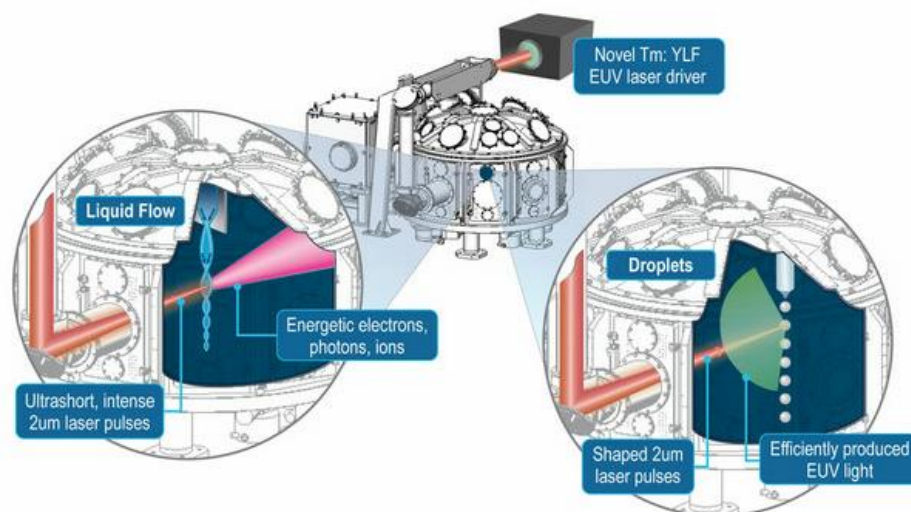
ツリウム添加イットリウムフッ化リチウムのユニークな中心波長は、約 1 ミクロンまたはそれ以下や 10 ミクロンで動作する他のすべての強力なレーザーとは異なり、約 2 ミクロンでレーザー光を発する。このプロジェクトでは、2 ミクロンでのジュールレベルのレーザーターゲットのカップリングについて初めて調査する。

これは、LLNL による [Laboratory Directed Research and Development Program](#) の事業や、DOE SC の High Energy Physics [Accelerator Stewardship Program](#) および国防高等研究計画局(DARPA)が資金を提供する外部からのサポートをベースとしている。

LLNL の研究チームは、成形されたナノ秒パルス、高エネルギー X 線と超短サブピコ秒パルスを使用した粒子を使用して、コンパクトな高繰り返し率 BAT レーザーと EUV を生成する技術との組み合わせを実証する予定である。

「このプロジェクトにより、LLNL で初めて高出力、高繰り返し率、約 2 ミクロンでのレーザーが実証されるでしょう」と Williams 氏は言う。「BAT レーザーで可能になる機能はまた、高エネルギー密度物理学や慣性核融合エネルギーの分野にも大きな影響を与えるでしょう」。

実験の多くは、LLNL の [Jupiter Laser Facility \(JLF\)](#) で実施される。JLF は [4 年間の改修工事](#)を終えたばかりの中規模のユーザー施設で、DOE OS の北米における高出力レーザー施設の核融合エネルギー科学ネットワークである、[LaserNetUS](#)の一員である。



上図は LLNL の Jupiter Laser Facility Titan ターゲットエリア (中央) への高繰り返し率レーザー バーストの照射を示す。ここでは、高エネルギー粒子用の短パルス照射液体フローシート(左)と EUV 生成・他の実験用の長パルス照射液滴 (右) の 2 つのターゲットに BAT レーザービームを照射している。

(イラスト: Janelle Cataldo/LLNL)

半導体業界は、その創設以来、できるだけ多くの集積回路やその他の機能を 1 個のチップに詰め込むことで、各世代のマイクロプロセッサをより小型かつ高性能にするという絶え間ない競争に取り組んできた。数ナノメートルの微細回路を高度なチップやプロセッサに EUV 光を使用してエッチングする EUV リソグラフィーは、この数年間において最も重要な位置を占めている。

Reagan 氏は、プラズマベースの EUV 光源の基礎を成した初期の分光学的研究を含め、EUV リソグラフィーの開発を LLNL が長年先導してきたことに触れる。

LLNL、サンディア国立研究所(SNL)、ローレンスバークレー国立研究所(LBNL)が共同で [1997 年に行った研究プロジェクト](#) では、EUV 露光ツールの最初のプロトタイプである [Engineer Test Stand](#) が開発された。

さらに、LLNL は、リソグラフィー用の EUV 光の輸送と供給に役立つ効率的な多層光学部品も開発している。以前には、LLNL は [ASML と提携](#)し、同研究所の広範なプラズマシミュレーション機能を活用して光源の効率性を最適化した。

長年にわたり、LLNL の広範な学際的研究活動は、多層コーティング科学技術、光学計測、光源、レーザー、高性能コンピューティング、そして特に 2022 年 12 月には [NIF](#) での[核融合点火](#)という歴史的な功績の達成に貢献してきた。

チップの主要生産者向けの EUV リソグラフィー装置を製造する ASML は、EUV 光源の駆動に CO2 パルス レーザーを使用している。しかし、過去 10 年間の LLNL の研究により、新しいダイオード駆動の固体レーザー技術は、EUV リソグラフィーシステムに向けたより高い出力と全体的な効率性の向上を実現する有望な道筋を提供することが示されている。

Reagan 氏と Williams 氏に加え、LLNL の学際的チームの主要メンバーには、Félicie Albert 氏, Leily Kiani 氏, Emily Link 氏, Thomas Spinka 氏, Issa Tamer 氏 と Scott Wilks 氏が含まれる。

このプロジェクトには、SLAC の高エネルギー密度部門ディレクターであり、元 LLNL プラズマ物理グループリーダーである Siegfried Glenzer 氏、ASML の主任 EUV 光源研究技術者である Michael Purvis 氏、また、ARCNL の光源部門責任者である Oscar Versolato 氏も参加している。

訳：NEDO（担当 イノベーション戦略センター）

出典：本資料は、ローレンスリバモア国立研究所(LLNL)の記事 “LLNL selected to lead next-gen extreme ultraviolet lithography research”

(<https://www.llnl.gov/article/52226/llnl-selected-lead-next-gen-extreme-ultraviolet-lithography-research>) を翻訳したものである。

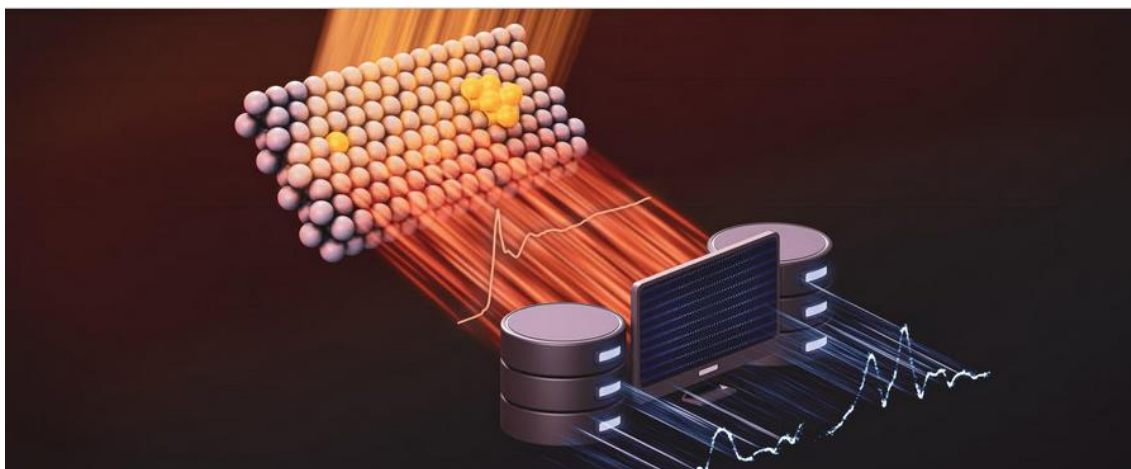
【環境・省資源分野】

仮訳

触媒の進展を促進する先駆的な新ツール（米国）

2025 年 1 月 8 日

著者： [Carol Tseng](#)



SLAC とカリフォルニア大学デービス校の研究者らが、単一原子触媒の活性部位に関するより定量的な情報を特定するソフトウェア、MS-QuantEXAFSを開発した。同ソフトウェアは、単一原子触媒上の白金原子と白金ナノ粒子の割合を計算し、構造と触媒活性の関連付けを試みる研究者らを支援する。

(Greg Stewart/SLAC National Accelerator Laboratory)

パン作りからより効率的に原料を燃料に変換する作業まで、[触媒](#)は日常生活を支援する驚くべき役割を担っている。今回、SLAC の研究者らは、単一原子触媒と呼ばれる有望で有益な新材料の発見プロセスをスピードアップする方法を開発した。

何十年もの間、触媒は縁の下の力持ちとして日常生活を支えてきた。この働き者は、パン作りにおける酵母や、より効率的かつ持続的に原料から燃料を作る人工的な触媒のように、出発物質をより少ないエネルギーで製品や燃料に変換する。単一原子触媒と呼ばれる有望で有益な新材料が登場しているが、研究者らはそれらをより深く理解するための新たな方法を必要としている。より具体的には、活性部位と呼ばれる化学反応の起こる部位の構造が、活性と呼ばれる化学反応を加速する触媒の能力にどのように影響するかを解明したいと考えている。

そのための重要な一歩として、米国エネルギー省(DOE)の [SLAC 国立加速器研究所](#)の [スタンフォード シンクロトロン放射光源 \(SSRL\)](#) の研究者らは、カリフォルニア大学デービス校 (UC Davis) の研究チームと協力し、現行の方法に比べてはるかに短時間で、単一原子触媒の活性部位の構造に関するより定量的な詳細を提供する新しいソフトウェアツールを開発した。この研究の成果は [Chemistry-Methods](#) に掲載されている。

通常、触媒では、不活性な担体上にナノメートルサイズの金属原子のクラスター、つまり金属ナノ粒子を固定している。触媒反応中は表面の原子のみが活性部位として機能し、ナノ粒子内部の原子は使用されていない。各金属原子の利用率を最大化するため、研究者らは有望なアイデアを思いついた。それは、個々の金属原子が担体上に分散されている単一原子触媒である。

この触媒の設計と開発には、活性部位の構造を理解し、それを活性と関連付ける必要がある。その構造についてさらに詳しく知るために、同様な単一原子触媒のケーススタディとして、研究者らは酸化マグネシウムの担体上に固定した単一の白金原子を使用した。同研究の主執筆者で、先般 UC Davis にて博士号を取得した Rachita Rana 氏は、隣接する原子の数や距離等、活性部位の原子の周囲の平均環境を明らかにする、拡張 X 線吸収微細構造 (EXAFS) 分光法と呼ばれる手法を採用した。従来、EXAFS データでは、候補となる数十～数百の構造を評価して最適なものを選択するが、Rana 氏は、密度汎関数理論(DFT)と呼ばれる理論計算手法と EXAFS を組み合わせることで、分析プロセスの自動化を提案した。このソフトウェアの最初のバージョンである [QuantEXAFS](#) では、1 種類の原子、この場合では白金原子の構造を特定した。

実際の触媒には、単一原子とナノ粒子の両方が含まれている。Rana 氏は [QuantEXAFS](#) をベースにコードの機能を拡張することで、それらの割合を特定し、その構造に関するより具体的な情報を提供した。「MS-QuantEXAFS は活性部位の特定に役立つだけでなく、特定の部位でのそれらの割合を定量化し、データ分析プロセス全体を自動化します」と同氏は説明する。

「これを手動で行った場合、通常は数日から数か月がかかります。MS-QuantEXAFS の使用により、ローカルコンピュータでこの分析を一晩で完了できるでしょう」。

研究チームは次に、MS QuantEXAFS の準備を整え、科学コミュニティに向けて公開したいと考えている。「このツールは、触媒研究者にとって大変役立つものです」と Rana 氏は言う。本研究論文の共著者で SSRL の著名な科学者でもある Simon R. Bare 氏もこれに同意し、特に次世代の学生向けのトレーニングクラスにもこれを含める予

定であることを付け加えた。

本研究は DOE 科学局が支援した。SSRL は DOE 科学局のユーザー施設である。

Citation: Rachita Rana et al., Chemistry-Methods, 21 November 2024
([10.1002/cmtd.202400020](https://doi.org/10.1002/cmtd.202400020))

訳：NEDO（担当 イノベーション戦略センター）

出典：本資料は、SLAC 国立加速器研究所の記事“Pioneering new tool will spur advances in catalysis”（<https://www6.slac.stanford.edu/news/2025-01-08-pioneering-new-tool-will-spur-advances-catalysis>）を翻訳したものである。