

# NEDO 海外レポート

2024.4.30.

1140

1	【ロボット・AI技術分野】	2023/11/21公表	
	フロリダ大学と NVIDIA による医療用 AI ツールの優良な初期研究結果を報告 (米国)		1
2	【電子・情報通信分野】	2023/12/1 公表	
	「レゴブロックのようにフィットする」フォトニック半導体が地域のチップ産業の可能性を開く (オーストラリア)		5
3	【ナノテクノロジー・材料分野】	2024/1/3 公表	
	過酷な環境を耐える数百種類のセラミクスを発見する計算的手法 (米国)		9
4	【バイオテクノロジー分野】	2024/1/17 公表	
	植物と微生物の関係を巡視する真菌の「バウンサー」 (米国)		14
5	【バイオテクノロジー分野】	2024/2/8 公表	
	プラスチックを分解する人工の「ワームガット」 (シンガポール)		19
6	【電子・情報通信分野】	2024/3/6 公表	
	縮小化技術で展望を拡大: 通信やナビゲーション等の精確なタイミングを推進するコンパクトチップ (米国)		22

※ 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](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 : [q-nkr@ml.nedo.go.jp](mailto:q-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。

【ロボット・AI 技術分野】

仮訳

## フロリダ大学と NVIDIA による医療用 AI ツールの 優良な初期研究結果を報告

(米国)

2023 年 11 月 21 日

By Jim W. Harper



HiPerGator の傍らに立つ Yonghui Wu 博士。フロリダ大学のこのスーパーコンピューターは、NVIDIA の提供する数百台の同期コンピューターユニットの処理能力で Wu 博士の AI 研究を支えてきた。

写真提供: J.Harper/University of Florida

フロリダ大学(UF)と NVIDIA の研究者らが開発した新しい人工知能 (AI) コンピュータープログラムの初期研究結果で、同プログラムが 2 人の医師でも判別できないほど巧みに診療録を生成できることがわかった。

この概念実証研究において、実際の医師が書いた診療録と新しい AI プログラムが作成した診療録のうち、医師が正しく判別できた確率は僅か 49%であった。

[NVIDIA](#) と [フロリダ大学](#) の研究者 19 人から成る研究チームは、[Nature npj Digital Medicine](#) に 11 月 16 日に掲載された研究結果が、AI による画期的な効率性での医療従事者支援の道を開くものとしている。

研究者らは、ChatGPT と同様に機能する [新しいモデル GatorTronGPT](#) をベースに、[医療記録を生成するようスーパーコンピューターを訓練した](#)。GatorTron™ モデルの無料版は、オープンソースの AI ウェブサイトの Hugging Face から 43 万件以上ダウンロードされている。Nature 掲載論文の主執筆者である [UF College of Medicine](#) の [健康アウトカムおよび生物医学情報学部](#) の [Yonghui Wu 博士](#) によると、GatorTron™ モデルは同 AI ウェブサイトで臨床研究に利用できる唯一のモデルだという。

「医療分野ではこのモデルが話題になっています。GatorTron™ と GatorTronGPT は、医学研究とヘルスケアのさまざまな側面を強化できるユニークな AI モデルです。ただ、それらを構築するには膨大なデータと広範な演算能力が必要です。ヘルスケア分野での AI の可能性の探求において、NVIDIA のスーパーコンピューターである HiPerGator が利用できることに感謝しています」と Wu 博士は述べた。

UF の卒業生で NVIDIA の共同創設者である Chris Malachowsky 氏は、UF の新しい [Malachowsky Hall for Data Science&Information Technology](#) の名称の由来となっている。UF と NVIDIA の官民パートナーシップが、この 1 億 5000 万ドルの組織への資金提供を支援した。2021 年、UF は NVIDIA 提供の数百万ドル規模のインフラパッケージで [HiPerGator](#) を上位のステータスにアップグレードした。これは大学では初めてのことである。

Wu 博士らは、本研究でコンピューターによる人間の自然言語の模倣を可能にする大規模な言語モデルを開発した。これらの言語モデルは、標準的な文章や会話ではうまく機能するが、診療録となると患者のプライバシーの保護や高度な技術の必要性等のさらなる課題の解決が必要となる。デジタル診療録は、Google で検索したり、Wikipedia で共有したりすることはできない。

この課題に対処するため、UF Health の診療録から 200 万人の患者の識別情報を除外し、820 億の有用な医療用語を残した。このデータセットを 1,950 億語からなる別のデータセットと組み合わせて、GatorTronGPT モデルをトレーニングし、GPT-3 アーキテクチャ(ニューラルネットワークアーキテクチャの一形態である Generative Pre-trained Transformer)を使用してこの医療データを分析した。すると GatorTronGPT は、医師の書く診療録と同様の臨床テキストを記述できるようになった。

「この GatorTronGPT モデルは、大学に AI を導入する UF のイニシアチブの最初の主要な製品の 1 つです。NVIDIA とのパートナーシップがすでに実を結び、将来の医療体制の土台を築いていることをとても嬉しく思います」と、論文共著者で UF の健康アウトカムおよび生物医学情報学部長である [Elizabeth Shenkman 博士](#) は言う。

医療用 GPT にはさまざまな用途が考えられるが、そのうちの 1 つは、手間のかかる文書作成を AI による記録とテキスト化のメモに置き換えることである。Wu 博士によると、UF にはイノベーションセンターがあり、このソフトウェアの商用版を進めているという。

AI ツールが人間の書く文章と同等のレベルに達するには、プログラマーは何週間もかけて膨大な数の単語をベースに臨床用語と言語使用法でスーパーコンピューターをプログラミングする。必要な臨床データを提供するリソースの 1 つは、UF が取りまとめ、多くの医療システムを代表する [OneFlorida+Clinical Research Network](#) である。

「UF Health の膨大な臨床データを利用できるだけでなく、AI に対応できるようにしておくことが重要です。2,770 億語という膨大なデータセットを扱えるのはスーパーコンピューターだけです。UF Health の実際のヘルスケアに GatorTron™ と GatorTronGPT モデルを実装できることをとても嬉しく思います」と、共著者で UF Health のチーフデータサイエンティスト兼チーフリサーチインフォメーションオフィサーである [Jiang Bian 博士](#) は言う。

この研究には、[Research Computing](#)、[Clinical and Translational Science Institute](#) の [Integrated Data Repository Research Services](#) および [College of Medicine](#) の脳神経外科、内分泌学、糖尿病と代謝、心血管医学、[健康アウトカムおよび生物医学情報学部](#) 等の各学部の研究者らを含む、UF および UF Health の 14 の組織が協力した。

本研究の資金は、患者中心アウトカム研究所(PCORI)、米国立がん研究所(NCI)および米国立老化研究所(NIA)のグラントにより提供された。

次ページの 2 つの文章のうち 1 つは人間によって書かれた患者の症例、もう 1 つは GatorTronGPT によって作成された患者の症例であるが、著者が機械か人間か、あなたは区別できるだろうか?

**Paragraph 1**

HISTORY OF PRESENT ILLNESS: Ms. [\*\*NAME\*\*] is a [\*\*AGE\*\*]-year-old female with prior history of left breast cancer who is referred to our department for evaluation for radiation as part of breast-conserving therapy of a newly diagnosed cancer in her right breast. Information pertinent to this dictation as follows. In [\*\*DATE\*\*], Ms. [\*\*NAME\*\*] was diagnosed and treated for cancer of her left breast at [\*\*LOCATION\*\*]. We do not have full outside records related to her diagnosis and treatment for left breast cancer. However, she reportedly underwent lumpectomy followed by a sentinel node biopsy in [\*\*LOCATION\*\*]. She claims the sentinel node biopsy did not show evidence of cancer and she then underwent adjuvant radiation and chemotherapy at [\*\*LOCATION\*\*]. Her radiation treatment consisted of approximately six weeks of daily radiation therapy targeting her left breast. She is unsure of the exact details of her chemotherapy, its agents, or the number of courses. Following her completion of chemotherapy, she was then treated with Arimidex which she took for a total of five years. She followed locally in the [\*\*LOCATION\*\*] area at the [\*\*LOCATION\*\*] Clinic for approximately eight years after treatment, without any evidence of recurrent breast cancer. In late [\*\*DATE\*\*], she decided to relocate along with her husband to [\*\*LOCATION\*\*]. She is currently in the process of transferring her care to this region but her outside physicians were still in the [\*\*LOCATION\*\*] area so she decided to return for her follow-up mammogram to [\*\*LOCATION\*\*]. On [\*\*DATE\*\*], she went back to [\*\*LOCATION\*\*] in [\*\*LOCATION\*\*] for routine bilateral diagnostic mammogram. Prior to this, her earlier mammograms in [\*\*DATE\*\*] and [\*\*DATE\*\*] had both times been read as benign BI-RADS 2. On this date, her mammogram demonstrated benign-appearing left breast with no evidence of malignancy. However, the mammogram of her right breast demonstrated on spot compression images, the persistence of a focal density in the upper outer region. She also underwent directed ultrasound evaluation, which demonstrated a lobulated hypoechoic nodule in the 9 o'clock position measuring 1.53 x 0.93 x 1.12 cm, for which biopsy was recommended. No additional masses were seen in the axilla.

**Paragraph 2**

HISTORY OF PRESENT ILLNESS: Ms. [\*\*NAME\*\*] is a [\*\*AGE\*\*]-year-old female with prior history of left breast cancer who is referred to [\*\*LOCATION\*\*] to discuss surgical management of her left lung nodule which was picked up on CT scanning for surveillance. The patient's chest CT obtained at an outside institution showed an incidental finding of a left lower lobe pleural nodule, which she brought with her to clinic today for further review. Ms. [\*\*NAME\*\*] reports to be doing well, with no change in her baseline level of shortness of breath, but denies any difficulty breathing, cough or hemoptysis. She feels essentially back to baseline and plays golf one day a week. Otherwise, Ms. [\*\*NAME\*\*] has no other pulmonary complaints and has never smoked tobacco or inhaled second hand smoke. She does report several years of intermittent reflux, which worsened after eating rough foods. She underwent an upper GI study for this, which showed a small hiatal hernia as well as a moderate-sized sliding hiatal hernia. She subsequently underwent an abdominal CT for evaluation for mesenteric ischemia and was felt to have a dilated pancreatic duct. Due to suspected head pathology on imaging (although the final report is pending), she underwent an MRI, which confirmed no pancreatic pathology. Given this, Ms. [\*\*NAME\*\*] has been trying to avoid fatty and fried foods, which has improved her reflux. Ms. [\*\*NAME\*\*] does report recent onset of sleep apnea, for which she is using CPAP every night for the last month. She tolerates this well without complaints of dry mouth, gasping for air, or undue sleepiness. Ms. [\*\*NAME\*\*] was seen in our [\*\*LOCATION\*\*] clinic on [\*\*DATE\*\*] at which time it was determined that in order to obtain a tissue diagnosis of this left lower lobe lesion a VATS approach would be utilized. She presents today for further pre-operative planning. Currently, Ms. [\*\*DATE\*\*] denies any pulmonary symptoms, fevers, chills, cough or weight loss.

PAST MEDICAL HISTORY: 1. CARDIAC RISK FACTORS: Hypertension, Hyperlipidemia 2. CARDIAC HISTORY: None 3. OTHER PAST MEDICAL HISTORY: Left lower lobe pulmonary nodule

答え：Paragraph 1（上）がUFの医師が書いたもの  
Paragraph 2（下）はAIによるもの

訳：NEDO（担当 技術戦略研究センター）

出典：本資料は、米フロリダ大学(UF)の記事 “Medical AI tool from UF, NVIDIA gets human thumbs-up in first study” (<https://ufhealth.org/news/2023/medical-ai-tool-from-uf-nvidia-gets-human-thumbs-up-in-first-study#for-the-media>) を翻訳したものである。

(Reprinted with permission of University of Florida (UF))

【電子・情報通信分野】

仮訳

## 「レゴブロックのようにフィットする」フォトニックチップが 地域産業の可能性を開く(オーストラリア)

2023年12月1日

光子(フォトン)を電子チップに組み込んで帯域幅とフィルター制御機能を拡張

新しい半導体アーキテクチャは、従来の電子機器に光のコンポーネントのフォトニクスを統合する。物理学部の Alvaro Casas Bedoya 博士が設計した新しいフォトニックチップは、高度なレーダー、人工衛星、無線ネットワークや 6G 通信に利用できる可能性がある。



チップ研究開発者が「レゴ戦略」を後押し

[University of Sydney Nano Institute](#) の研究者らが、電子と光のコンポーネントを統合した、コンパクトなシリコン半導体チップを開発した。この新技術は、無線周波数(RF)帯域幅を大幅に拡張し、ユニット内を流れる情報を正確に制御する能力を向上させる。

帯域幅の拡張によりさらに多くの情報がチップ内を流れ、フォトニクス統合によって高度なフィルター制御が可能となり、汎用性の高い新しい半導体デバイスが実現する。

研究者らは、この新しいチップが高度なレーダー、人工衛星システム、ワイヤレスネットワーク、6G や 7G 通信の展開に利用されると共に、先進的な地域製造の可能性を開くこと期待している。また、西シドニーのエアトロポリス空港都市のような場所での高付加価値のハイテク工場の設立にも役立つ可能性がある。



Sydney Nanoscience Hub で新開発のチップを掲げる Alvaro Casas Bedoya 博士と Ben Eggleton 教授  
写真提供: Stefanie Zingsheim

新開発のチップは、幅 5mm を下回るサイズの半導体の上に様々なシステムの統合を可能にする、シリコンフォトニクスの新興技術を使用して製造されている。研究チームを率いる [Ben Eggleton 教授](#)(副学長(研究))は、電子の「チップレット」使ったコンポーネントの高度なパッケージングで新しい材料を集積するこの技術を、レゴブロックの組み立てになぞらえる。

この新チップの研究成果は、[Nature Communications](#) に掲載されている。

新チップの設計を主導した[物理学部](#)のフォトニック集積化担当アソシエイトディレクターである [Alvaro Casas Bedoya 博士](#)によると、異種材料のユニークな集積方法の開発には 10 年が費やされていると説明する。

「海外の半導体ファウンドリと現地の研究インフラと製造を組み合わせるベーシックなチップウェハーを製造することは、この新しいフォトニック集積回路の開発には不可欠なものでした」。

「このチップのアーキテクチャは、オーストラリアが付加価値的なプロセスについて国際的なファウンドリだけに依存しない、自分たちの地域でのチップ製造開発の可能性を示しています」。

Eggleton 教授は、連邦政府の[国益に基づく重要技術リスト](#)に掲載されている項目のほとんどが半導体に依存している事実を強調する。

同教授によると、Sydney Nano によるこの研究成果は、ニューサウスウェールズ州政府の後援する、地域の半導体エコシステムの発展を目指す[Semiconductor Sector Service Bureau \(S3B\)](#)のようなイニシアチブに適合したものだという。

S3B ディレクターである Nadia Court 博士は「この研究は半導体技術の進歩を推進するという私たちの使命に合致しており、オーストラリアの半導体イノベーションの将来に極めて有望です。この成果は、この分野への世界的な注目と投資が高まっている極めて重要な時期に、現地の研究開発の強みを押し上げるものです」。

オーストラリア国立大学の科学者らと共同で開発されたこの集積回路は、先進的なリソグラフィと成膜設備を備えた、1 億 5,000 万ドルを投じて建設された University of Sydney Nanoscience Hub の Core Research Facility のクリーンルームで製造された。

このチップのフォトニック集積回路は、15GHz の波長可変周波数帯域幅に加え、全帯域幅の 1% の 4 分の 1 を下回る 37MHz のスペクトル分解能を備える。

Eggleton 教授は次のように説明する。「優秀な博士課程の学生である Matthew Garrett 氏が導いたこの発明は、マイクロ波フォトニクスと集積フォトニクス研究における大きな進展です。マイクロ波フォトニックフィルターは、現代の通信およびレー



チップ製造に使用されるシリコンウェハーを掲げる Alvaro Casas Bedoya 博士



ダーアプリケーションにおいて重要な役割を果たしており、様々な周波数を正確にフィルタリングする柔軟性を提供し、電磁干渉を低減して信号品質を向上させます。高度な機能を半導体チップに統合する私たちの革新的なアプローチ、特にカルコゲナイドガラスとシリコンによるヘテロジニアス集積は、地域の半導体産業を再構築する可能性を秘めているのです」。

論文共著者で上級研究員である [Moritz Merklein 博士](#)は、「本研究は、特に空中・宇宙用 RF 通信ペイロードに有益となる、広帯域周波数調整可能な新世代のコンパクトで高分解能 RF フォトニックフィルターへの道を開き、通信とセンシング機能を強化する可能性を開くものです」とコメントしている。

訳：NEDO（担当 技術戦略研究センター）

出典：本資料は、シドニー大学の記事“Photonic chip that 'fits together like Lego' opens door to local industry” (<https://www.sydney.edu.au/news-opinion/news/2023/12/01/photonic-semiconductor-fits-together-like-lego-opens-door-to-local-industry.html>) を翻訳したものである。

(Reprinted with permission of the University of Sydney)

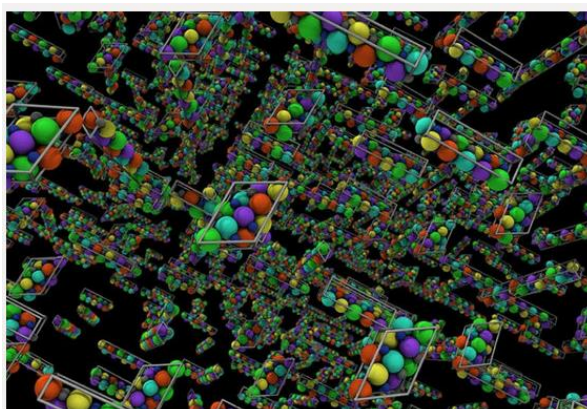
【ナノテクノロジー・材料分野】

仮訳

## 過酷な環境を耐える数百種類のセラミクスを発見する計算的手法 (米国)

2024年1月3日

By Ken Kingery



新しい計算的手法が、溶岩床でも作動する電子機器のような、産業界を揺るがす可能性のある幅広い特性を持つ、何百種類もの新しいセラミック材料を提示する

溶岩の中にスマートフォンを落としてしまうのではないかと、根強い不安を抱えている人への朗報である。

デューク大学の材料科学者が率いる研究チームが、華氏数千度を超える溶岩の温度下でもデバイスの作動を可能にさせる、熱・電気耐性の極めて高い新しい種類の材料を迅速に発見する方法を開発した。

鋼鉄よりも硬く、化学的な腐食環境下でも安定するこれらの材料は、新しい耐摩耗性・耐腐食性のコーティング剤、熱電素子、電池、触媒、耐放射線性のデバイスの基礎を形成する可能性も考えられる。

このような材料、すなわち遷移金属炭窒化物・ホウ化物で構成するセラミクスの製造方法は、無秩序エンタルピー・エントロピー記述子 (DEED: Disordered Enthalpy Entropy Descriptor) と呼ばれる新しい計算的手法を通じて発見された。この手法は、最初の実証実験において 900 種類の高性能材料の合成可能性を予測した。そのうちの 17 種類について研究室で試験を実施し、製造に成功した。



熱に強いエレクトロニクスの使用先の一つは航空産業

ペンシルベニア州立大学、ミズーリ科学技術大学、ノースカロライナ州立大学、ニューヨーク州立大学バッファロー校の共同研究者らによるこの研究の成果は、[Nature 誌 1 月 3 日号オンライン版](#)に掲載されている。

デューク大学の Edmund T.Pratt Jr.School の Mechanical Engineering and Materials Science の特別教授である [Stefano Curtarolo 氏](#)は次のように説明する。「合成可能な組成を迅速に発見できるようになれば、研究者らは産業界に革新をもたらすような特性の最適化に集中できるようになります」。

Curtarolo 氏のグループは [Duke Automatic-FLOW for Materials Database \(AFLOW\)](#) を維持・管理している。AFLOW は材料特性データの巨大な貯蔵庫であり、材料最適化のための多くのオンラインツールにリンクしている。この豊富な情報により、複雑な原子動力学をシミュレートしたり、研究室でそれらを作ったりしなくても、未知の混合物の特性がアルゴリズムを通じて正確に予測できるようになる。



“私たちが作りたいセラミクスではなく、私たちが作れる可能性のある、様々な原料の何十万もの組み合わせに含まれるエネルギーを計算する必要がありました。これは途方もなく大変な仕事でした”

**Stefano Curtarolo**

Edmund T. Pratt Jr. School Distinguished Professor of  
Mechanical Engineering and Materials Science

「すべての高エントロピーカーバイドが比較的均一なエンタルピーを備えており、この点の懸念はありませんでした」と Curtarolo 氏は言う。「しかし、他の遷移金属を用いた新しいセラミクス組成の予測には、このエンタルピーを考慮する必要がありました」。

このエントロピーとエンタルピーの概念をよりよく理解するにあたり、10歳の少年が膨大な数のレゴブロックで犬小屋を作ろうとしているところを想像してほしい。レゴブロックの種類が限られているとしても、デザインの可能性は数多く存在する。

“合成の最終段階はスパークプラズマ焼結と呼ばれ、研究室では一般的な、材料科学の新興技術です”

**William Fahrenheit**

Curators' Distinguished Professor of Ceramic Engineering at Missouri S&T

簡単に言えば、エンタルピーとはそれぞれのデザインの頑丈さの尺度で、エントロピーとは同じような強度を持ったデザインの種類の尺度である。前者は説明書に載っているような規則的な構成を促進し、後者はさらにややこしくなる犬小屋構築の作業に10歳の少年がさらに多くの時間とエネルギーを費やすことで現れてくる不可避の無秩序性を捉えている。どちらも最終製品に吸収されることになるエネルギー量と熱量の尺度である。

「エンタルピーとエントロピーの両方を高速で定量化するためには、私たちが作りたいセラミクスではなく、私たちが作れる可能性のある、様々な原料の何十万もの組み合わせに含まれるエネルギーを計算する必要がありました」と Curtarolo 氏は言う。「これは途方もなく大変な仕事でした」。

DEED は、安定した不規則なセラミクスの新しいレシピを予測するだけでなく、それらの固有の特性を発見するためのさらなる分析を導くにも役立つ。多岐にわたる用途に最適なセラミクスを見つけるためには、研究者らはそれらの特性発見の計算を洗練させ、研究所で物理的な試験を実施する必要がある。

“スパークプラズマ焼結、つまり場支援焼結技術 (FAST) は、産業界ではまだ一般的な技術ではありません。しかし、現在のセラミックメーカーは、現行のプロセスや設備に若干の調節を加えることで、これらのような材料の製造に軸足を移すことができます”

**Doug Wolfe**

Professor of Materials Science and Engineering and Associate Vice President for Research at Penn State

DEED は、熱間圧接と呼ばれる製造方法に合わせたものである。この方法では、粉末状の構成要素の化合物を真空中で数時間にわたって加圧しながら 4000Tまで加熱する。すべての準備、反応、冷却のプロセス全体には 8 時間以上がかかる。

「合成の最終段階はスパークプラズマ焼結と呼ばれ、研究室では一般的な材料科学の新興技術です」とミズーリ S&T セラミクスエンジニアリングの特別教授である William Fahrenholtz 氏は説明する。

完成したセラミクスは金属的な外観をもち、濃灰色または黒色である。ステンレス鋼のような金属合金のような材質で、それと同等の密度をもつが外観はかなりの暗色である。金属質には見えるものの、従来のセラミクスのように硬くて脆い。

研究グループは、今後他の研究者らが DEED を活用して多様な用途の新しいセラミクス材料の合成・試験を実施することを期待している。信じられないほど多くの潜在的な特性と用途を考えると、それらのいくつかが商業生産へと進展するのは時間の問題だと彼らは考えている。

「スパークプラズマ焼結、つまり場支援焼結技術 (FAST) は、産業界ではまだ一般的な技術ではありません」とペンシルベニア州立大学の材料科学・エンジニアリングの教授であり、アソシエイト・バイスプレジデントの [Doug Wolfe 氏](#) は付け加える。「しかし、現在のセラミックメーカーは、現行のプロセスや設備に若干の調節を加えることで、これらのような材料の製造に軸足を移すことができます」。

本研究は主に、Curtarolo (N00014-21-1-2515、N00014-23-1-2615)と国防総省ハイパフォーマンスコンピューティング近代化プログラム (HPC-Frontier) が主導する米国国防総省の Multidisciplinary University Research Initiative (MURI) コンペティションを通じて、5 年間で 750 万ドルの助成金を受けている。

「高エントロピーセラミックス発見のための無秩序エントロピー--エントロピー記述子」 Simon Divilov, Hagen Eckert, David Hicks, Corey Oses, Cormac Toher, Rico Friedrich, Marco Esters, Michael J.Mehl, Adam C.Zettel, Yoav Lederer, Eva Zurek, Jon-Paul Maria, Donald W.Brenner, Xiomara Campilongo, Suzana Filipovic, William G.Fahrenheitz, Gaillin J.Ryan, Christopher M.DeSalle, Ryan J.Creales, Douglas E.Wolfe, Arrigo Calzolari and Stefano Curtarolo. Nature, 2023.DOI:[10.1038/s41586-023-06786-y](https://doi.org/10.1038/s41586-023-06786-y)

訳：NEDO（担当 技術戦略研究センター）

出典：本資料は、米デューク大学 Pratt School of Engineering の記事 “Computational Method Discovers Hundreds of New Ceramics for Extreme Environments” (<https://pratt.duke.edu/news/deed-ceramics/>) を翻訳したものである。

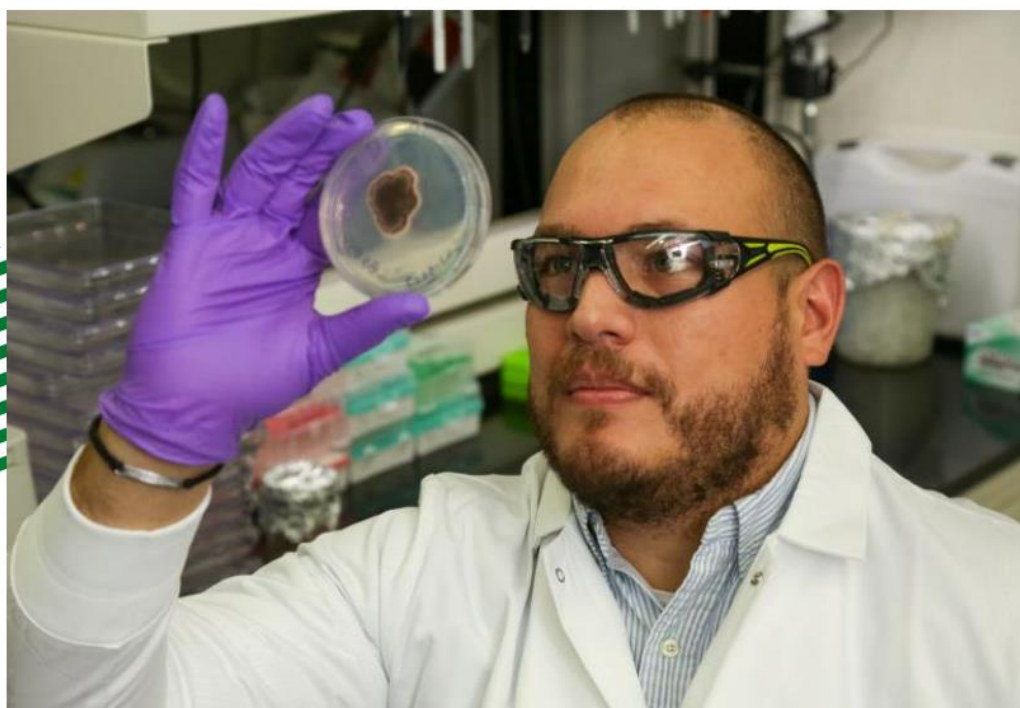
(Reprinted with permission of Duke University)

【バイオテクノロジー分野】

仮訳

## 植物と微生物の関係を巡視する真菌の「バウンサー」(米国)

2024年1月17日



エコシステムの健全性を助けたり妨げたりする植物と微生物の関係に関する研究で培養物を調査する ORNL の Tomàs Rush 氏。写真提供: J Genevieve Martin/ORNL, U.S. Dept. of Energy

オークリッジ国立研究所(ORNL)の研究者らが開発した新しい計算的フレームワークは、土壌微生物叢の中に入れるもの、入れないもの、そこには居ないものに関する理解を加速させている。土壌微生物叢では、菌類が植物のボディガードとして働き、敵を寄せ付けずに味方を身近に置いている。

この研究では、植物や他の生物を助けたり傷つけたりする菌類が産生する微小な分子である、特殊な菌類の代謝産物に注目している。これらの代謝産物は、例えば、ポプラの木のようなバイオエネルギー植物が厳しい生育条件で成長し、より多くの炭素を地下に貯蔵するのに役立っている。また、菌類の代謝産物は、クエン酸などの食品添

加物から細菌感染症やがんと闘う薬、さらに農薬や除草剤まで、あらゆるものを作るために人間にも使用されている。

このような特殊な代謝産物を産生する菌類の遺伝子群は、通常、外部の化合物や環境条件によるシグナルを受けるまで、標準的な実験室の培養では沈黙を守っている。ORNL の科学者らは、脂質やキチン等の化合物と菌類による代謝産物生産との相互作用を分析し、これらの代謝産物の蓄積を改善したいと考えていた。



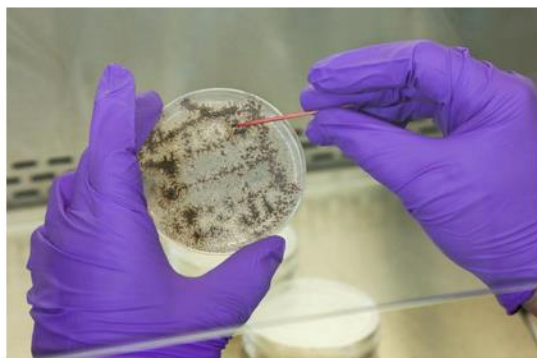
菌類による代謝物質生産に影響を及ぼす化合物や環境的ストレスをより良く分析する計算的フレームワークを開発した Muralikrishnan Gopalakrishnan Meena 氏。  
写真提供: J Genevieve Martin/ORNL, U.S. Dept. of Energy

ORNL の科学者らは、[PNAS Nexus に掲載されたデータ駆動型アプローチ](#)を使用して、どの物質が菌類の代謝産物を最も刺激するかを予測し、カビの一種である *Aspergillus fumigatus* (アスペルギルス・フミガタス) の培養、質量分析法、そして公開されているデータセットとの比較を通じて研究室にて結果を検証した。このアプローチは、特殊な代謝産物を特定、抽出、特性化するために通常行われる、骨の折れるプロセスを大幅に高速化する。

このモデリングフレームワークでは、微生物同士や植物との相互作用等のプロセスにおける複雑な関係を分析する機械学習アプローチのグラフ理論を活用している。「グラフ理論を使うことで、菌類の特定の代謝産物を誘発する化学シグナルをよりよく同定することができ、また、どの菌類が分析に重要であるかを絞り込むこともできます」と、ORNL の National Center for Computational Sciences の計算科学者である Muralikrishnan (Murali) Gopalakrishnan Meena 氏は説明する。

この研究は、米国エネルギー省(DOE) 科学局(SC)の生物・環境研究 (BER)プログラムが後援するプロジェクトである、ORNL の [Plant-Microbe Interfaces Scientific Focus Area](#) (PMI SFA) の一部である。このプロジェクトでは、根圏として知られる植物の根環境における、植物と微生物の相互に有益な関係をより深く理解することを目的としている。この情報は、バイオエネルギー、環境修復、土壌炭素貯蔵に関連する課題への対処に利用することができる。





ORNL の Plant-Microbe Interfaces Scientific Focus Area の研究で菌類の培養物を分析する Tomàs Rush 氏。写真提供: J Genevieve Martin/ORNL, U.S. Dept. of Energy

SFA では、バイオエネルギー生産に向けて ORNL が研究している重要なバイオマス作物であるポプラに主に焦点を当てている。「私たちは、代謝産物、生物や化合物がポプラの根、茎、葉やマイクロバイオーム全体に与える影響を理解したいと考えています」と、プロジェクトの共同リーダーである ORNL バイオサイエンス部門の菌類学者 Tomàs Rush 氏は言う。

ポプラの根圏で発見された、炭素循環に重要な微生物である *A.fumigatus* のような一部の菌類は、植物宿主に影響を与える土壌微生物叢を脅かすものと支援するものの両方を特定するのに優れていると Rush 氏は説明する。

#### 菌類は植物に好意的な微生物には「ロープを外す」

「アスペルギルスは、一部の微生物を根圏に近づけ、他の微生物を締め出しているようです」と Rush 氏は言う。「土壌中にはたくさんの微生物がいますが、ポプラの根圏で見つかるのは極僅かであるのはなぜか？ それについて私はナイトクラブの入り口でバウンサーがある人を締め出したり、入り口のロープを外して別の人を招き入れたりしているようなものだと思います。アスペルギルスは、ある種の微生物を植物に接近させ、他の微生物を遮断するボディガードの役割を果たしているのです」。

このような門番的な関係は、植物と菌類の有益な共生における微生物由来のシグナル伝達分子の役割を探求した [mSystems 誌の論文](#) でより詳細に説明されている。

昨年、Rush 氏とその同僚は実験的・計算的アプローチを用いて、ポプラの共生環境から分離した 1,500 種類を超える菌類を収集・特定し、従前のデータベースを倍増させている。

「植物—微生物 SFA の一環として、すでに多くの計算とバイオインフォマティクスの研究が行われています」と Gopalakrishnan Meena 氏は言う。「このプロジェクトでは、ネットワーク科学ツールを導入して生物学者以外の新鮮な視点で植物—微生物間の相互作用を分類しますが、問題の理解には生物学者の同僚に助けてもらいます。これと同様のデータ駆動型の AI ツールを、たくさんの複雑な科学の課題にも応用することができます」。



ポプラ等のバイオエネルギー作物への影響について ORNL の研究する微生物の一つである *Aspergillus fumigatus* の培養物。

写真提供: Tomàs Rush/ORNL, U.S. Dept. of Energy

このプロジェクトでは、ORNL の DOE SC のユーザー施設、Oak Ridge Leadership Computing Facility のリソースを使用した。例えば、JupyterHub プラットフォームでは、一つのハブでのデータとコードへのシームレスなアクセスを通じてマルチユーザーのデータ駆動型分析を支援する。

Meena 氏と Rush 氏の 2 人が共同研究を始めたきっかけは、ORNL の博士研究員だった Rush 氏が菌類と植物に関する研究を発表していたポスターセッションに、同じく ORNL の博士研究員だった Meena 氏が参加したことだった。Meena 氏は自身の機械学習の専門知識を活用する新たな使用先を探していたが、当時は主に大気と海洋の乱流のモデル化に応用していた。

「ORNL や PMI プロジェクトは特に、新しい学際的なアプローチで協力してアイデアを探求する Murali 氏や私のような若手の科学者ら育成に有効なものです」と Rush 氏は言う。

「若手研究者たちが ORNL のユニークな機能を活用して、困難な問題に対処する新しい方法を発見する様をみることに胸が躍ります。植物と微生物のインターフェイスでは何千もの代謝産物が働いています。それらがいつ使われ、何をしているのかを知る必要があります」と、ORNL コーポレートフェローで研究所のバイオイメージングおよび分析セクションの責任者であり、PMI SFA を率いる Mitchel Doktycz 氏は言う。

このプロジェクトに参加した他の ORNL の科学者は、(テネシー大学ブレデセン学際研究・大学院教育センターの学生でもある) Matthew Lane 氏と Armin Geiger 氏、そして Joanna Tannous 氏、Alyssa Carrell 氏、Paul Abraham 氏、Richard Giannone

氏、Daniel Jacobson 氏である。このプロジェクトに参加した 2 人の元 ORNL 科学者は、現在 TekHolding に在籍する JesseLabbe 氏と、現在 Australian Research Council Centre of Excellence for Plant Success in Nature and Agriculture に在籍する David Kainer 氏である。ウィスコンシン大学マディソン校の Jean-Michel Ané 氏と Nancy Keller 氏も貢献した。

訳：NEDO（担当 技術戦略研究センター）

出典：本資料は、オークリッジ国立研究所(ORNL)の記事 “Fungal ‘bouncers’ patrol plant-microbe relationship” (<https://www.ornl.gov/news/fungal-bouncers-patrol-plant-microbe-relationship>) を翻訳したものである。

【バイオテクノロジー分野】

仮訳

## プラスチックを分解する人工の「ワームガット」(シンガポール)

2024年2月8日



シンガポール・南洋理工大学 (NTU) の研究グループが、プラスチックを分解する人工の「ワームガット」(スーパーワームの腸内菌叢) を開発した。地球規模のプラスチック汚染問題に対処するための、自然に着想した技術を提供する。

プラスチックをワームに給餌し、その腸の中に居る微生物を培養することで、NTU の土木環境工学部 (CEE) とシンガポール環境生命科学工学センター (SCELSE) の研究者らはプラスチックの生分解を加速させる新しい方法を実証した。

その栄養価からペットフードとして一般的に販売されている、「スーパーワーム」として知られる *Zophobas atratus* (ゴミムシダマシ幼虫) の腸内は、一般的なプラスチックを分解する微生物を含むため、プラスチックを餌として食べることが以前の研究からわかっている。しかし、プラスチック処理方法としての使用には、ワームのプラス

チックの摂取速度の緩慢さと維持管理の観点から現実的ではない。

今回、NTU の研究者らは、ワームの腸内の微生物を分離し、ワームを大規模に繁殖させることなくプラスチックを分解させることで、これらの課題を克服する方法を実証した。

**NTU CEE 学部の准教授で SCELSE の主任研究者の Cao Bin 氏は**、「1 匹のワームがその一生のうちに消費できるプラスチックの量は僅か数ミリグラムです。ですから、ワームに頼ったプラスチック廃棄物の処理には何匹のワームが必要になるか想像してみてください。私たちが開発した方法には、膨大な量のワームは不要です。私たちは、ワームの有用な腸内微生物と、プラスチックを効率的に分解できる人工の「ワームガット」の構築に重点を置いているのです」。

本年 1 月に論文が *Environment International* に掲載された本研究は、NTU2025 5 年戦略計画下にて、イノベーションを促進して研究成果を社会に利益をもたらす実用的な解決策に転換する NTU のコミットメントに連携するものである。

### スーパーワームの人工腸の開発

人工の「ワームガット」の構築に向け、三グループに分けたスーパーワームにそれぞれ高密度ポリエチレン (HDPE)、ポリプロピレン (PP) およびポリスチレン (PS) のプラスチックの飼料を、また、コントロールグループにはオートミールの飼料を 30 日間にわたって給餌した。

飼料には、食品用の箱や洗剤のボトル等の日用品に使われている世界で最も一般的なプラスチックを選択した。HDPE は耐衝撃性が高く、分解しにくいことで知られるプラスチックの一種である。

ワームへのプラスチックの給餌後、それらの腸からマイクロバイオーム(微生物叢)を抽出し、合成栄養素とプラスチックを入れたフラスコで培養し、人工的な「ワームガット」を作製した。このマイクロバイオームを室温下のフラスコ中で 6 週間超にわたり成長させた。

### プラスチック分解菌が増加

プラスチックを与えられたワームガットのマイクロバイオームを含んだフラスコでは、

コントロールグループに比較してプラスチック分解微生物の大幅な増加が確認できた。

さらに、フラスコ内でプラスチックにコロニーを形成する微生物群集は、ワームに直接給餌されたプラスチックに見られる微生物群よりも、よりシンプルで特定の種類のプラスチックを対象とするものになっていた。このような微生物群集を実際のアプリケーションで使用すれば、より効率的なプラスチック分解の可能性が期待できる。

**CEE および SCELSE の研究員で本研究の筆頭著者である Liu Yanan 博士は、次のように説明する。「私たちの研究は、プラスチックを与えたワームの腸内のマイクロバイオームからプラスチック分解微生物群集を開発することに成功したことを初めて報告しています。腸内マイクロバイオームを特定の条件にさらすことで、人工的な「ワームガット」のプラスチック分解微生物群集の量を増やすことができました。このことは、私たちの方法が安定していて、大規模な再製が可能であることを示唆しています」。**

今回の概念実証は、ワームの腸内のマイクロバイオームを使用してプラスチック廃棄物を処理するバイオテクノロジー的なアプローチの開発の基礎となると研究者らは言う。

研究者らは、次のステップとして、スーパーワームの腸内のマイクロバイオームによるプラスチックの分解の仕組みを分子レベルで理解したいと考えている。このことは、より効率的にプラスチックを処理するプラスチック分解微生物群集の開発に役立つものである。

Environment International, Volume 183 (2024 年 1 月) 掲載の研究論文:

[“Establishment of plastic-associated microbial community from superworm”](#)

DOI: 10.1016/j.envint.2023.108349

訳：NEDO（担当 技術戦略研究センター）

出典：本資料は、シンガポール・南洋理工大学(NTU)の記事“Artificial ‘worm gut’ breaks down plastics” (<https://www.ntu.edu.sg/news/detail/artificial-worm-gut-breaks-down-plastics>) を翻訳したものである。

(Reprinted with permission of Nanyang Technological University (NTU))

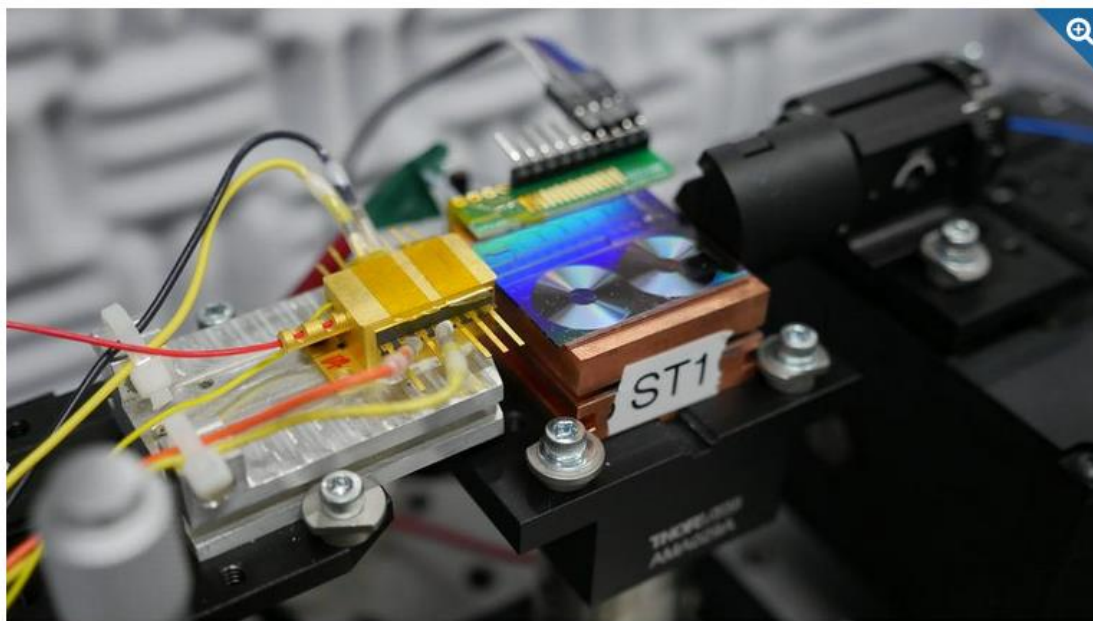
【電子・情報通信分野】

仮訳

## 縮小化技術で展望を拡大: 通信やナビゲーション等の 精確なタイミングを推進するコンパクトチップ(米国)

2024年3月6日

- ・ ナビゲーション、通信、レーダーシステムでは精確なタイミングと同期が不可欠である。
- ・ NIST とその共同研究者らは、光をマイクロ波に変換できるコンパクトなチップを開発した。これにより、これらのシステムを改善できる可能性がある。
- ・ この技術は、卓上サイズのシステムをチップサイズに縮小することで、消費電力を低減し、日常的なデバイスでの使用にさらに適したものにす。



NIST の研究者らによる、光をマイクロ波信号に変換するチップの試験。写真のうち、小さな 2 枚のレコード盤のように見える蛍光パネルがチップ。チップの左側にある金色の箱は、チップに光を放射する半導体レーザー。

Credit: K. Palubicki/NIST

米国立標準技術研究所 (NIST) とその共同研究者らが、光をシームレスにマイクロ波に変換する小型チップを開発し、タイミング技術における小さくて大きな進展をもたらした。このチップは、GPS、電話やインターネット接続の品質、レーダーやセンシ

グシステムの精度、そして高精度のタイミングと通信に依存するその他の技術を向上させる可能性がある。

この技術は、タイミングジッタ(時間変動)と呼ばれる、マイクロ波信号のタイミングのランダムで微小な変化を低減させるものである。ミュージシャンが音楽のビートを一定に保とうとするときと同様に、マイクロ波信号のタイミングは時として少々揺らぐことがある。研究者らは、これらのタイミングの揺らぎをほんの一瞬(正確には [15 フェムト秒](#))にまで低減した。これは従来のマイクロ波源からの大きな改善であり、信号を飛躍的に安定させ、精確にすることで、レーダーの感度、アナログ-デジタル変換器の精度や複数の望遠鏡が捉えた天体画像の鮮明さを向上させることができる。

本研究の成果は [Nature](#) 誌に掲載されている。

### マイクロ波に光を当てる

この技術の実証の特徴は、信号を生成するコンポーネントのコンパクトな設計にある。研究者らは、かつては卓上サイズだったシステムの大部分を、デジタルカメラのメモリカードとほぼ同じサイズのコンパクトなチップにまで初めて縮小した。タイミングジッタを低減することで、消費電力が削減され、日常的なデバイスでの使い易さが向上する。

現在、この技術のコンポーネントのいくつかは、その有効性の試験のためにチップの外に置かれている。このプロジェクトの最終目標は、レーザー、変調器、検出器、光増幅器など、様々な部品をすべて1つのチップに統合することである。

すべてのコンポーネントを1つのチップに統合することで、システムのサイズと消費電力の両方を削減できるようになる。これは、大量のエネルギーや特別なトレーニングを必要とせず、小さなデバイスに簡単に組み込むことができるようになることを意味する。

「現行の技術では、マイクロ波信号を発生させるためには、複数の研究室と博士号保持者が数人必要です」と NIST の物理科学者である Frank Quinlan 氏は言う。「この研究の趣旨は、コンポーネントのサイズを小さくし、すべてのものをより利用しやすくすることで、光信号の利点をどのように活用するかということなのです」。



これを実現するために、極めて安定した懐中電灯のような半導体レーザーを使用し、リファレンスキャビティと呼ばれる小さなミラーボックス(光の反射する小部屋のようなもの)にレーザー光を照射する。このキャビティの内部では、光の周波数の一部がキャビティのサイズに整合し、光波の山と谷がキャビティの壁の間に完全に沿うようになる。このようにして光はその周波数にエネルギーを蓄積し、そのエネルギーでレーザーの周波数を安定させる。安定した光は、高周波数の光を低ピッチのマイクロ波信号に変換する、[周波数コム](#)と呼ばれるデバイスを使用してマイクロ波に変換される。これらの正確なマイクロ波は、ナビゲーションシステム、通信ネットワーク、レーダーなどの技術に不可欠な、精確なタイミングと同期を提供する。

「これらすべての部品を、1つのプラットフォーム上で効果的に連携させることが目標です。これにより、信号の損失が大幅に低減し、余分な技術の必要性が消失します」と **Quinlan** 氏は言う。「このプロジェクトの第一段階は、これらの個々の要素が連携して機能することを実証することでした。第二段階は、チップ上でそれらを組み合わせることです」。

GPS などのナビゲーションシステムでは、信号の精確なタイミングが位置の特定には不可欠である。携帯電話やインターネットシステムなどの通信ネットワークでは、複数の信号の精確なタイミングと同期がデータの正しい送受信を確実なものにしている。

例えば、混雑した携帯電話のネットワークでの複数の通話の処理には、信号の同期が重要である。このような信号のタイミングの精確な整合が、携帯電話等の複数のデバイスからのデータの送受信の整理と管理を可能にしている。これにより、大幅な遅延や切断を発生させることなく、複数の通話を同時にネットワーク上で転送できるようになっている。

航空機等の物体や気象パターンを検出するレーダーでは、信号が跳ね返って来るまでの時間を正確に測定するために、精確なタイミングが重要である。

「この技術には、多様な応用先があります。例えば、ブラックホールのような遠方の天体を撮影する天文学者には、非常に低ノイズの信号とクロック同期が必要です」と **Quinlan** 氏は説明する。「このプロジェクトは、そのような低ノイズの信号を、研究室からレーダー技術者、天文学者や環境科学者等の様々な分野の人々の手に届け、新しいものを測定する際の感度と能力の向上に役立てられるのです」。

## 共通の目標に向けた協働

この種の技術的進展は、単独では不可能なものである。コロラド大学ボルダー校、NASA ジェット推進研究所(JPL)、カリフォルニア工科大学(Caltech)、カリフォルニア大学サンタバーバラ校(UCSB)、バージニア大学、イェール大学の研究者らが、光とマイクロ波を利用する方法に革新をもたらすという共通の目標を達成するために共に研究を進めた。

「私たちの研究は、建設プロジェクトに例えることができます。可動部品がたくさんあって、配管工と電気技師がプロジェクトの適切なタイミングで来てくれるように、全員の調整を確実にする必要があります」と Quinlan は説明する。「私たちは皆、研究を進めるために非常にうまく協力しています」。

この共同の取り組みは、技術革新を推進する上での学際的な研究の重要性を強調していると Quinlan は言う。

*Nature* 誌掲載論文: Igor Kudelin et al. Photonic chip-based low noise microwave oscillator. *Nature*. Published online March 6, 2024.

DOI: [10.1038/s41586-024-07058-z](https://doi.org/10.1038/s41586-024-07058-z)

訳：NEDO（担当 技術戦略研究センター）

出典：本資料は、米国立標準技術研究所(NIST)の記事“Shrinking Technology, Expanding Horizons: Compact Chips Advance Precision Timing for Communications, Navigation and Other Applications” (<https://www.nist.gov/news-events/news/2024/03/shrinking-technology-expanding-horizons-compact-chips-advance-precision>) を翻訳したものである。