



海外技術情報(2025 年 4 月 25 日号)

イノベーション戦略センター

Technology and Innovation Strategy Center (TSC)

《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。》

E-mail : 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。

情報 管理 番号	国・機関	分野・タイトル・概要	公開日
【ナノテクノロジー・材料分野】			
167-1	アメリカ合衆国・ペンシルベニア州立大学 (PennState)	創傷のモニタリングの煩わしさを克服する新しいスマートセンサー (New smart sensor takes the pain out of wound monitoring) ・ PennState と中国・河北工業大学が、温度と物理的なひずみを同時・個別に正確に測定する、レーザー誘導グラフェン(LIG)を使用したフレキシブルセンサーを開発。 ・ 治癒過程の創傷に生じる温度変化と物理的な変形・ひずみの 2 種類の信号を分離して正確に測定し、治癒の追跡手法等のヘルスケアモニタリングに革新をもたらす可能性がある。医師が治癒プロセスをより明確に把握し、炎症等の問題を早期に特定できるようになる。 ・ 通常のグラフェンと同様に 1~2 個の炭素原子から構成され、特殊な特性を有する LIG は、プラスチックや木材等の炭素を豊富に含む材料をレーザーで加熱し、その表面にグラフェン構造を形成したもの。 ・ 同大学では、これまでガスセンサーやスーパーキャパシタ等の様々なアプリケーションで LIG を使用している。本研究では多目的・高精度のセンサーに最適となる LIG の熱電特性を初めて確認した。 ・ 温度差を電圧に変換したり、電圧を温度差に変換したりする能力の熱電特性を有する材料は、エネルギーハーベスティングや温度感知等のアプリケーションに使用できる。 ・ 新センサーは、0.5 °C の僅かな温度変化も検出する高感度を有し、多孔質のグラフェンと熱電素子の組み合わせにより、熱を電気に変換する能力が約 4 倍向上している。最大 45%まで伸縮し、機能を損失することなく様々な形状や表面に順応するため、人間の軟組織とのインターフェイスに適する。 ・ また、温度差による電力の生成で自己発電する。これは特に臨床現場での継続的なモニタリングや、遠隔地での火災検知等のアプリケーションに役立つ可能性がある。 ・ 今後はセンサーの改良に加え、センサーからのデータを遠隔でモニタリングできるワイヤレスシステムを開発する。これにより、スマートフォン等のデバイスでの温度や歪み等の情報をリアルタイムで追跡できるようになる。 ・ 本研究は、米国立衛生研究所(NIH)と米国立科学財団(NSF)が支援した。 URL: https://www.psu.edu/news/materials-research-institute/story/new-smart-sensor-takes-pain-out-wound-monitoring	2025/2/6
	関連情報	Nature Communications 掲載論文(フルテキスト) Thermoelectric porous laser-induced graphene-based strain-temperature decoupling and self-powered sensing URL: https://www.nature.com/articles/s41467-024-55284-w?utm_source=rct_congratemail&utm_medium=email&utm_campaign=oa_20250109&utm_content=1.01038/s41467-024-55284-w	

167-2	アメリカ合衆国・シカゴ大学	2025/2/14 ミリメートルサイズの結晶にテラバイト規模のデータを格納 (Terabytes of data in a millimeter crystal) ・シカゴ大学が、結晶中の欠陥を利用した光学的記憶デバイスを開発。 ・結晶中の原子 1 個が不在する欠陥がメモリセルとして機能し、僅か 1 ミリメートルサイズの微小な立方体の材料中にテラバイト単位のビットを詰め込む可能性が期待できる。 ・天然・人工結晶に関わらず、結晶には必ず欠陥がある。このような欠陥は量子研究で頻繁に使用されており、同大学では引き延ばしたダイヤモンド薄膜やスピネル等での「量子ビット」の作製を過去に実証済み。 ・本研究では、結晶中の欠陥の荷電を「1」、非荷電を「0」とする、希土類元素のプラセオジウム(Pr)のイオンと酸化イットリウム(Y2O3)による光学的記憶デバイスを実証。希土類の強力な柔軟な光学特性を利用する同プロセスは、様々な材料で使用できる。 ・希土類元素は特定の電子遷移を示し、紫外線から近赤外線領域までの、光制御用のレーザー励起波長の選択を可能にすることが知られている。新デバイスではシンプルな紫外線レーザーによる Pr の活性化で電子が放出され、酸化物結晶の欠陥の一部、例えば酸素原子が欠如している結晶構造内の個々の隙間に閉じ込められる。 ・本研究の成果は、量子技術の利用により従来の非量子コンピューターを革新し、放射線量計(病院内で職員らがX線装置から吸収する放射線量を記録する装置)の研究を画期的なマイクロエレクトロニクス・メモリストレージに変換する同大学の学際的研究によるもの。 ・放射線量測定に適用される固体物理学を、量子研究に積極的に取り組む研究グループと統合。量子システム研究には高い需要があると同時に、従来の不揮発性メモリのストレージ容量向上も求められている。量子と光データストレージのこのインターフェイスを研究基盤とした。 ・本研究は、米国エネルギー省(DOE) 科学局(SC)が支援した。 URL: https://pme.uchicago.edu/news/terabytes-data-millimeter-crystal
	関連情報	Nanophotonics 掲載論文(フルテキスト) All-optical control of charge-trapping defects in rare-earth doped oxides URL: https://www.degruyter.com/document/doi/10.1515/nanoph-2024-0635/html

【電子・情報通信分野】		
167-3	アメリカ合衆国・カリフォルニア大学サンタバーバラ校 (UCSB)	2025/2/20 コンピューティングのブレイクスルーを示すトポロジカル量子プロセッサ (Topological quantum processor marks breakthrough in computing) ・ UCSB が率いる Microsoft の研究チームが、新しい種類の 8 量子ビットのトポロジカル量子プロセッサを開発。 ・ 概念実証として作製され、サンタバーバラで開催された Station Q の年次会議で発表された同チップは、待望のトポロジカル量子コンピューターの開発への扉を開くもの。 ・ 量子コンピューティングに役立つマヨラナゼロモード(MZM)と呼ばれる特殊な境界をホストする、トポロジカル超伝導体と呼ばれる新たな物質状態を創出。ヘテロ構造デバイスの厳密なシミュレーションと試験の結果、高速かつ正確に実行できることが示された。 ・ イタリアの物理学者エッソーレ・マヨラナにちなんで名付けられた MZM は、トポロジカル量子コンピューティングに最適なツールとなる。マヨラナ粒子はそれ自体が反粒子であり、経時的に相対的な位置の「記憶」を保持できる。物理的に互いの粒子の周りを移動させることで、より堅牢な量子ロジックの構築が可能となる。 ・ トポロジカルシステムは、エニオンと呼ばれる異なる種類の粒子をベースとしている。エニオンは、物質の表面(この場合は超伝導ナノワイヤ)で相互作用する多数の粒子の相関状態の結果として出現する「準粒子」の一種。 ・ 本研究では、インジウムヒ素半導体ナノワイヤをアルミニウム超伝導体のすぐ近くに配置することで MZM を実現。適切な条件下では、半導体ワイヤは超伝導となり、トポロジカル相へと変わる。 ・ ナノワイヤの端に MZM が出現し、残りの部分にはエネルギーギャップがあり、このトポロジカルギャップが大きいほどトポロジカル相はより堅牢となる。 ・ トポロジカル量子コンピューティングが注目されている理由は、他の量子コンピューティングシステムよりも高い安定性とエラーに対する堅牢性。ただし、量子ビットはエラーを起こしやすいため、エラー訂正が大きな課題となっている。 ・ 量子情報は個々の粒子や原子ではなく、物理システム全体に分散・保存されるため、トポロジカル量子ビットで処理される情報は一貫性を失う可能性が低く、耐障害性のより高いシステムとなる。 URL: https://news.ucsb.edu/2025/021760/topological-quantum-processor-marks-breakthrough-computing
		関連情報 Nature 掲載論文(フルテキスト) Interferometric single-shot parity measurement in InAs-Al hybrid devices URL: https://www.nature.com/articles/s41586-024-08445-2

【ロボット・AI 技術分野】		
167-4	アメリカ合衆国・ニューヨーク大学 (NYU)	2025/2/26 デジタルな口伝で自動運転車が道路状況の共有を学習 (Self-driving cars learn to share road knowledge through digital word-of-mouth) ・ NYU が、自動運転車が道路状況に関する知識を間接的に共有するシステムである、Cached Decentralized Federated Learning (Cached-DFL)を開発。 ・ 自動車同士が道路上で直接行き会うことがなくても、ソーシャルネットワークのメッセージのように AI モデルを伝達し、各車両が他の車両の経験から道路状況、信号や障害物について学習できるようにする。 ・ データを非公開にしたまま車両が相互に学習できるようにするという、AI の課題の解決への取り組み。通常、自動運転車は短時間の直接的な遭遇時にのみ学習内容を共有するため、新しい状況への適応速度が制限される。 ・ 中央サーバーに依存して更新を調整する従来の連合学習とは異なり、Cached-DFL では、車両が独自の AI モデルをローカルで訓練し、そのモデルを他の車両と直接共有できるようにする。 ・ 車両同士が 100m 以内に近づくと、端末間的高速通信を通じて生データではなく訓練済みモデルを交換。過去の遭遇で受け取ったモデルを渡すこともできるため、直接的なやり取り以上の情報を拡散できる。 ・ 各車両は最大 10 個の外部モデルのキャッシュを維持し、120 秒毎に AI を更新。低下したパフォーマンスからの古い情報を回避するため、陳腐化のしきい値をベースに古いモデルを自動削除し、最新の有意意味な知識を優先させる。 ・ マンハッタンの道路レイアウトをテンプレートとして使用し、コンピューターシミュレーションで Cached-DFL の試験を実施。仮想車両は都市のグリッドに沿って毎秒約 14m で移動し、交差点では直進または利用可能な道路へとそれぞれ 50%の確率で進行方向を変更した。 ・ 車両同士が頻繁に出会わない場合に問題が発生する従来の分散学習方法とは異なり、Cached-DFL では遅延耐性ネットワークでメッセージが広がるように、ネットワークを介してモデルを間接的に移動させる。車両はリレーとして機能することで、個別に特定の状況を経験することなく知識を伝達できる。 ・ AI が集中サーバーからエッジデバイスへと移行する中、Cached-DFL は自動運転車による安全で効率的な集合的学習方法を提供し、よりスマートで適応性の高い車両を実現する。ドローン、ロボットや衛星等のスマートモバイルエージェントのネットワークシステムにも適用でき、群知能の実現に向けた堅牢で効率的な分散学習を提供する。 ・ 本研究は、米国立科学財団(NSF)と米国防総省(DOD)と米国立標準技術研究所(NIST)の資金提供を含む Resilient & Intelligent NextG Systems (RINGS) program が支援した。 URL: https://engineering.nyu.edu/news/self-driving-cars-learn-share-road-knowledge-through-digital-word-mouth
		関連情報 arXiv.org (コーネル大学図書館) 公開論文(フルテキスト) Decentralized Federated Learning with Model Caching on Mobile Agents URL: https://arxiv.org/abs/2408.14001

【バイオテクノロジー分野】		
167-5	アメリカ合衆国・ワシントン大学 (UW)	2025/2/18 コーヒーかすと霊芝の胞子で堆肥化可能なプラスチックを 3D プリント作製 (Coffee grounds and Reishi mushroom spores can be 3D printed into a compostable alternative to plastics) ・ UW が、コーヒーかすとキノコの菌糸体を利用した 3D プリントシステムを開発。 ・ コーヒーかすに玄米粉、霊芝の胞子(薬用キノコ的一种)、キサンタンガム(アイスクリーム等に使用される食品添加物)と水を加え、「Mycofluid」と呼ばれる 3D プリント用のバイオペーストを作製した。 ・ また、同バイオペーストを最大 1 リットルまで保持することができる 3D プリンタヘッド(同大学が設計した Jubilee 3D プリンタ用)も作製した。 ・ 栄養価が高く、抽出中に殺菌されるコーヒーは、菌類の生育に最適な材料。米国では毎年約 11 億ポンド(約 50 万トン)のコーヒーかすが廃棄されている。 ・ バイオペーストに含まれる霊芝の胞子がオブジェクト上で成長し、菌糸の皮を形成する。この皮がコーヒーかすを弾力性のある完全に堆肥化可能なプラスチックの代替品に変換する。複雑なデザインの場合は、個別に作製されたパーツを菌糸体が融合して 1 個のオブジェクトを形成する。 ・ 小さなガラスのパッケージ、合体させて花瓶を構成する 3 個のパーツやモアイ像の半分、2 個のパーツから成る蝶の棺等のオブジェクトを 3D プリントで作製。作製後にこれらのオブジェクトをプラスチック容器の中に 10 日間放置すると、オブジェクトの周囲に白色の菌糸の皮を形成する。 ・ プラスチック容器に長期間放置するとオブジェクトにキノコが成長するが、菌糸の皮の形成後に除去し、その後オブジェクトを 24 時間乾燥させることで、キノコの成長を停止させる。 ・ 完成したオブジェクトは発泡スチロールよりも重く、段ボールや木炭の密度に近い。1 時間の吸水後の重量増加は僅か 7% で、乾燥すると元の重量に戻り、形状を維持。発泡スチロールの製造に使用されるポリスチレンや発泡スチロールフォームに匹敵する強度と耐久性を確認した。 ・ これらのオブジェクトは完全な堆肥化と(美味ではないが)食用が可能。バイオペーストには比較的均質のコーヒーかすを要するため、大規模での展開は困難だが、他のリサイクル材料や食品廃棄物によるバイオペースト作製にも関心を寄せている。特に小規模な製造業者に向けた耐久性のある包装材料としての利用が期待できる。 ・ 本研究には、米国立科学財団(NSF)が資金を提供した。 URL: https://www.washington.edu/news/2025/02/18/plastic-alternative-mushrooms-coffee-3d-printing/
	関連情報	3D Printing and Additive Manufacturing 掲載論文(フルテキスト) 3D-Printed Mycelium Biocomposites: Method for 3D Printing and Growing Fungi-Based Composites URL: https://www.liebertpub.com/doi/10.1089/3dp.2023.0342

167-6	アメリカ合衆国・ライス大学	バイオエレクトロニックセンサーを飛躍的に向上させる新技術 (New method developed to dramatically enhance bioelectronic sensors) ・ ライス大学の学際的研究チームが、有機電気化学トランジスタ(OECT)を使用して酵素・微生物燃料電池の感度を飛躍的に高める技術を開発。 ・ OECT と燃料電池の分離により両コンポーネントに最適な条件を確保しながら、電気信号を 3 桁増幅して信号対雑音比を改善。ヘルスケアや環境モニタリング、さらにはウェアラブル技術に向けた次世代高感度低電力バイオセンサーの実現の可能性が期待できる。 ・ 従来のバイオセンサーは、標的の生体分子とセンサーデバイスとの直接的な相互作用に依存するため、電解質環境が適合しない場合には制限が生じる可能性がある。本研究では、センサーに生体分子を直接統合する代わりに、燃料電池と OECT を電子的に結合することでその問題に対処した。 ・ OECT は、水性の環境で動作する高感度・低電圧動作の薄膜トランジスタ。酵素燃料電池はグルコース脱水素酵素を利用してグルコースの酸化の触媒反応で電気を生成し、微生物燃料電池は電気活性細菌を利用して有機基質を代謝し、電流を生成する。 ・ OECT とこれら 2 種類の燃料電池をカソードゲートとアノードゲートの 2 種類の構造で結合。燃料電池の種類と結合構造に応じ、各燃料電池からの信号を 1,000～7,000 倍に増幅できることを発見。これは、信号を 10～100 倍増幅する従来の電気化学増幅技術よりも大幅に高い。 ・ 特に特定のポリマーをチャンネル材料として使用した場合に、カソードゲート構造の信号増幅が大きくなることを確認。アノードゲート構造も強力な増幅を示したが、燃料電池の電流が高くなると不可逆的な劣化を引き起こすこともあった。 ・ また、OECT がバックグラウンドノイズを低減し、測定精度が向上することも確認。従来のセンサーでは干渉や微弱な信号が問題となるが、OECT はより鮮明で信頼性の高いデータを生成した。 ・ 一枚のガラススライド上での OECT 燃料電池システムの小型版の実証に成功。さらに、水の安全性を確認するためのヒ素の検出や、汗に含まれる乳酸の検出等も実証した。 ・ 高感度だが短絡状態に近い動作となる電力不一致と、より安定して正確なリーディングが可能となる電力一致の 2 種類の動作モードを特定。これらの相互作用を微調整することで、様々なアプリケーションに合わせた、効果的でスケーラブルなセンサー設計が可能となる。 ・ 本研究は、米国陸軍研究局(ARO)、Cancer Prevention and Research Institute of Texas および米国国立科学財団(NSF)が支援した。 URL: https://news.rice.edu/news/2025/new-method-developed-dramatically-enhance-bioelectronic-sensors
	関連情報	Device 掲載論文(フルテキスト) Amplification of enzymatic and microbial fuel cells using organic electrochemical transistors https://www.cell.com/device/fulltext/S2666-9986(25)00027- URL: 4?returnURL=https%3A%2F%2Flinkinghub.elsevier.com%2Fretrieve%2Fpii%2FS2666998625000274%3Fshowall%3Dtrue

おことわり

本「海外技術情報」は、NEDO としての公式見解を示すものではありません。

記載されている内容については情報の正確さについては万全を期しておりますが、内容に誤りのある可能性もあります。NEDO は利用者が本情報を用いて行う一切の行為について、何ら責任を負うものではありません。

本技術情報資料の内容の全部又は一部については、私的使用又は引用等著作権法上認められた行為として、適宜の方法により出所を明示することにより、引用・転載複製を行うことが出来ます。ただし、NEDO 以外の出典元が明記されている場合は、それぞれの著作権者が定める条件に従ってご利用下さい。