ISSN 1348-5350

国立研究開発法人
新エネルギー・産業技術総合開発機構
〒212-8554
神奈川県川崎市幸区大宮町1310
ミューザ川崎セントラルタワー
（総合案内 16F）
https://www.nedo.go.jp

New Energy and Industrial Technology Development Organization

NEDO 海外レポート

2025.7.22. **1144**

1 【ナノテクノロジー・材料分野】 2025/2/6 公表
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（米国） 1

2 【ロボット・AI 技術分野】 2025/2/26 公表
デジタルな口伝えで自動運転車が道路状況の共有を学習 （米国） 5

3 【ロボット・AI 技術分野】 2025/3/4 公表
自動運転車の安全性の欠陥に光を当てる（米国） 8

4 【ロボット・AI 技術分野】 2025/3/28 公表
自己組織化する人工ニューロン（ﾄﾞｲﾂ） 11

5 【電子・情報通信分野】 2025/4/10 公表
スーパーレーザーの可能性を開く帯域幅 10 倍の光増幅器（ｽｳｪｰﾃﾞﾝ） 13

6 【バイオテクノロジー分野】 2025/5/7 公表
「便ジニアリング」で牛糞を世界で最も多く利用されている材料に変換（英国） 17

※ 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 : 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。

(1144-1)

【ナノテクノロジー・材料分野】

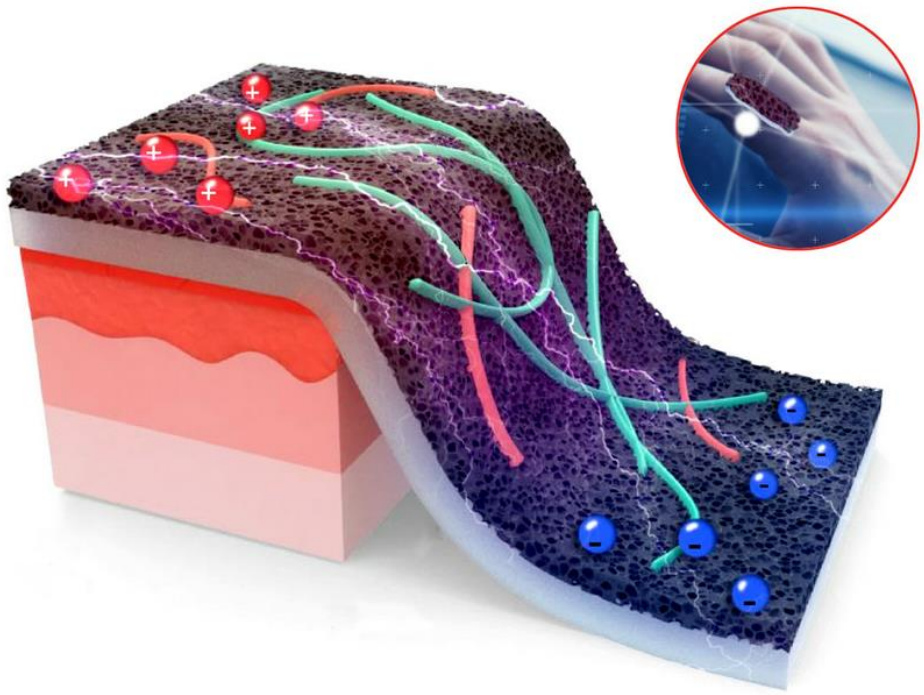
仮訳

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（米国）

レーザーで作製した超薄膜材料が自己発電して治療中の創傷を正確に追跡

2025 年 2 月 5 日

著者： Jamie Oberdick



人体への使用に最適なこの柔軟なセンサーは、レーザー誘起グラフェンを利用して温度とひずみを同時に個別に測定し、炎症と回復に関するより明確な情報を提供することで、創傷治癒のモニタリングを向上させる可能性がある。イラスト: Jennifer M. McCann. All Rights Reserved.

ペンシルバニア州ユニバーシティパーク ― ヘルスケアモニタリング用の自己発電型ウェアラブルセンサーの主要な課題は、同時に発生する異なる信号を区別することである。今回、ペンシルバニア州立大学(PennState)と中国の河北工科大学の研究者らが、センサー材料の新しい特性を発見することでこの問題に対処し、温度と物理的ひずみを同時に、かつ個別に正確に測定して様々な信号をより厳密に特定できる、新しいタイプのフレキシブルセンサーを開発した。

「私たちが開発したこの特殊なセンサー材料は、ヘルスケアモニタリングでの重要なアプリケーションの可能性があります」と、PennState の Engineering Science and Mechanics（ESM）の James L. Henderson, Jr. Memorial 准教授で、Nature Communications に掲載された本研究の共同責任著者である Huanyu “Larry” Cheng 氏は言う。「治癒中の傷によって生じる温度変化と物理的変形やひずみの両方を正確に測定し、それら 2 種類の信号を分離して測定することで、創傷治癒の追跡に革命をもたらす可能性があります。医師は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ります」。

研究者らは、2 次元(2D)材料であるレーザー誘起グラフェン(laser-induced graphene：LIG)を使用することで、温度とひずみの信号の混線のない正確な測定を目指した。一般的なグラフェンを含むあらゆる 2D 材料と同様、LIG は 1～数個の原子の薄さでユニークな特性を有するが、特殊な点がある。LIG は、プラスチックや木材等の炭素を豊富に含む特定の材料をレーザーで加熱し、それらの材料の表面をグラフェン構造に変換して形成される。つまり、グラフェンをレーザーで材料に直接「書き込む」ことで、電子機器、センサーやエネルギーデバイス用のグラフェンパターンの作製を簡単でスケーラブルなものにしている。

LIG は、様々な用途に使用されている。Cheng 氏とその研究チームは、LIG をガスセンサー、汗分析用の電気化学検出器やスーパーキャパシタ等で使用してきた。しかし、今回は多目的かつ高精度のセンサーに最適な LIG の新しい特性を初めて発見したと言う。

「今回の研究では、この材料には熱電特性もあるという事実を偶然発見しました」と Cheng 氏は言う。「LIG に熱電特性があると報告されたのはこれが初めてだと思います。そしてこのことは、私たちが試みようとしている、温度変化と物理的なひずみ・変形の両方の個別の測定において非常に重要なことです」。

材料の熱電特性とは、温度差を電圧に変換したり、逆に電圧を温度差に変換したりする能力のことであり、このような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利用できる。Cheng 氏によると、新たに特定された LIG のこの熱電特性は、2 種類のセンサー測定の分離を容易にし、包帯に埋め込まれたセンサー等の医療アプリケーションに最適となる。

「温度とひずみの両方に高感度な材料では、材料の変化をどの信号が引き起こしているかを判断することが難しい場合があります」と Cheng 氏は言う。「しかし、LIG の

この熱電効果を利用することで、これら 2 種類の測定を切り離すことができます。電気抵抗を調べてひずみに関する情報を取得し、熱電圧を測定して温度を特定することもできます。医師はこれを利用して創傷部位の温度変動と物理的変化の両方を追跡し、治癒の進捗状況をより明確に把握できるようになります」。

また、Cheng 氏は、このセンサーの感度が非常に高く、0.5 ℃ の微小な温度変化も検出可能であることを指摘する。同材料の設計では、多孔質グラフェンと熱電素子の連携を活用し、熱を電気に変換する能力を約 4 倍向上している。さらに、このセンサーは最大 45%まで伸ばすことができ、機能を失わずに様々な形状や表面に順応する。

「この材料の多孔質構造により、極めて高感度に周囲と相互作用できる微小な空間やチャネルが多数生成されます」と Cheng 氏は言う。「このため、セラミックベース等の硬い熱電材料とは対照的に、人間の軟組織とのインターフェイスに適しています」。

また、LIG の熱電特性により、温度差で電力を生成することから、LIG センサーは自己発電することができる。Cheng 氏によると、このこと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。

研究チームは、この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している。これにより、スマートフォン等のデバイスを使用して、温度やひずみ等の重要な情報をリアルタイムで追跡できるようになる。

「例えば、医師が患者の状態を離れた場所からモニタリングしたり、緊急対応要員が危険な温度変化に関する警報を受け取ったりすることができるようになります」と Cheng 氏は言う。「これらの進展が目指すのは、この技術をより利用しやすく効果的なものにし、日常的な健康モニタリングと安全性の向上に役立てることです」。

本研究論文の著者は、Cheng 氏の他、ペンシルバニア州立大学の工学科学および機械工学の大学院生である Ankan Dutta 氏、河北工科大学の Li Yang 氏、Xue Chen 氏、Hui Zhang 氏、Zihan Wang 氏、Mingyang Zin 氏、Shuaijie Du 氏および Guizhi Xu 氏。

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。

訳：NEDO（担当　イノベーション戦略センター）

出典：本資料は、米ペンシルベニア州立大学(PennState)の記事“New smart sensor takes the pain out of wound monitoring”（https://www.psu.edu/news/materials-research-institute/story/new-smart-sensor-takes-pain-out-wound-monitoring）を翻訳したものである。

(Reprinted with permission of the Pennsylvania State University)

(1144-2)

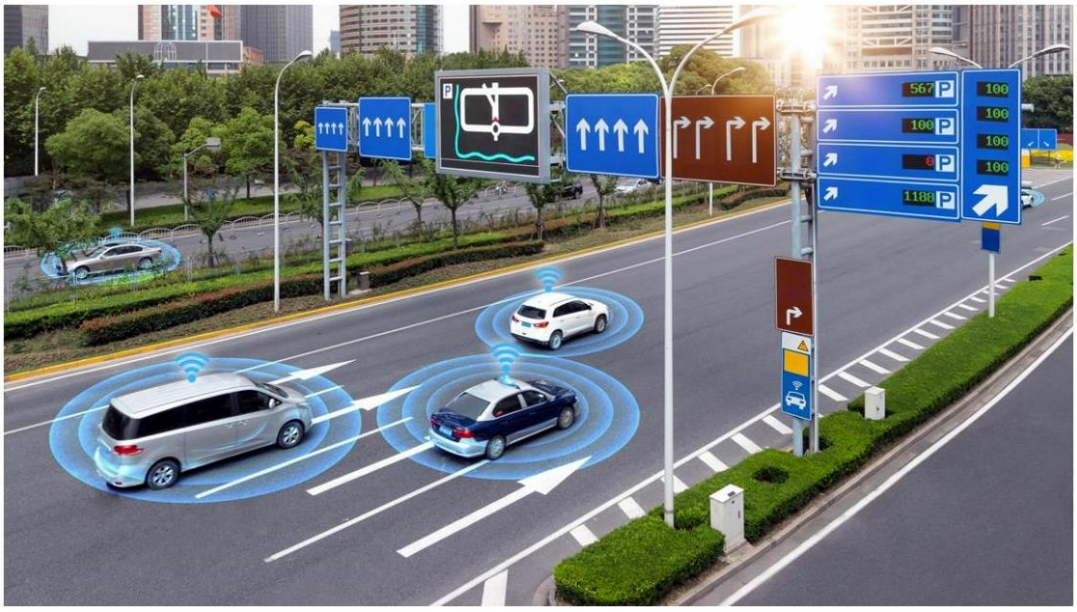
【ロボット・AI 技術分野】

仮訳

デジタルな口伝えで自動運転車が道路状況の共有を学習（米国）

NYU Tandon 率いる研究チームが、車両同士が直接出会わ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 モデルを伝達できるシステムを開発

2025 年 2 月 26 日



ニューヨーク大学工学部(NYU Tandon)が率いる研究チームが、道路状況に関する知識を自動運転車が間接的に共有する方法を開発した。道路上で車両同士がほとんど行き合うことがない場合でも、各車両は他の車両の経験から学習できるようになる。

2025 年 2 月 27 日に開催されたアメリカ人工知能学会(AAAI)会議で論文が発表されたこの研究は、人工知能(AI)における根強い問題に取り組んでいる。これは、データを非公開にしたまま各車両が相互に学習できるようにすることである。通常では、短い時間内での直接的な遭遇時にのみ各車両が学習内容を共有しているため、新たな状況への適応の迅速性が制限されてしまう。

「自動運転車のための共有経験のネットワークを作るようなものと考えてください」と、博士課程の学生の Xiaoyu Wang 氏が率いる研究を監督する Yong Liu 氏は言う。Liu 氏は、NYU Tandon の電気・コンピューター工学部の教授であり、同大学の

Center for Advanced Technology in Telecommunications と NYU WIRESS のメンバーである。

「マンハッタンしか走ったことのない車でも、ブルックリンの道路状況を他の車から学習できるようになります。これにより、すべての車がより賢くなり、個人的に遭遇したことのない状況に備えることができます」と Liu 教授は説明する。

「Cached Decentralized Federated Learning（Cached-DFL）」と研究者らが呼ぶこの新しいアプローチは、中央サーバーで更新を調整する従来の連合学習(federated learning)とは異なり、各車両が独自の 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ものである。

車両同士が 100 メートル以内に近づくと、高速デバイス間通信を通じ、生データではなく訓練済みモデルを交換する。特に重要な点は、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、直接的な交流をはるかに超えて情報が広がることである。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 秒ごとに AI を更新する。

このシステムは、陳腐化のしきい値に基づいて古いモデルを自動的に削除し、古い情報によるパフォーマンスの低下を防止し、各車両が最新で関連のある情報を優先するようにする。

研究者らは、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このシステムの試験を実施した。この試験では、仮想車両が都市のグリッドに沿って毎秒約 14 メートルで移動し、交差点では直進または他の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 ではネットワークを介してモデルを間接的に転送する。これは、接続可能になるまでデータを保存・転送することで、断続的な接続処理をするように設計された遅延耐性ネットワークでメッセージが広がることに類似する。各車両がリレーとして機能することで、ある特定の状況を個人的に経験しなくても知識を伝達できる。

「ソーシャルネットワークで情報が広がるのに少し似ています」と Liu 氏は説明する。「デバイス同士が直接遭遇したことがなくても、他のデバイスからの知識を伝達できるようになりました」。

このような多重的な転送メカニズムにより、即時の 1 対 1 のやりとりに依存する従来のモデル共有アプローチによる制限が軽減される。Cached-DFL では、各車両が中継地点として機能できるようにすることで、各車両が直接的なやり取りに限定されている場合に比べ、より効率的な車両群全体への学習の伝播を可能にしている。

この技術では、コネクテッドビークルがデータを非公開にしたまま、道路状況、信号、障害物について学習できるようにする。これは、車両が多様な状況に直面するものの、従来の学習方法のために長時間出会うことのない都市において特に役立つものである。

本研究では、車両速度、キャッシュサイズ、モデルの有効期限が学習効率に影響することを明らかにした。より速いスピードと頻繁な通信では良好な結果が得られるが、古いモデルは精度が低下する。グループベースのキャッシング方法では、最新のモデルだけでなく様々なエリアの多様なモデルを優先させることで、学習がさらに強化される。

AI が集中サーバーからエッジ デバイスに移行する中で、Cached-DFL は自動運転車が集合的に学習するための安全で効率的な方法を提供し、よりスマートで適応性の高い車両を実現する。また、群知能を達成するための堅牢で効率的な分散学習の実現に向け、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る。

Cached-DFL のコードは公開されている。本研究の詳細は論文を参照のこと。研究チームには、Liu 氏と Wang 氏に加え、ストーニーブルック大学の Guojun Xiong 氏と Jian Li 氏、ニューヨーク工科大学の Houwei Cao 氏が含まれる。

本研究は、米国立科学財団(NSF)の複数のグラント、米国国防総省(DoD)と国立標準技術研究所(NIST)からの資金提供を含む Resilient & Intelligent NextG Systems (RINGS) プログラムおよび NYU のコンピューティング リソースが支援した。

訳：NEDO（担当　イノベーション戦略センター）

出典：本資料は、米ニューヨーク大学工学部(NYU Tandon)の記事“Self-driving cars learn to share road knowledge through digital word-of-mouth”（https://engineering.nyu.edu/news/self-driving-cars-learn-share-road-knowledge-through-digital-word-mouth）を翻訳したものである。
(Reprinted with permission of NYU Tandon School of Engineering)

(1144-3)

【ロボット・AI 技術分野】

仮訳

自動運転車の安全性の欠陥に光を当てる（米国）

「ステッカー攻撃」実行のコストと難易度の低さを実証

2025 年 3 月 4 日

著者： Brian Bell

カリフォルニア大学アーバイン校(UC Irvine) Donald Bren School of Information & Computer Sciences の研究者らが、自動運転車の交通標識認識(TSR)システムには存在しない道路標識を認識させられたり、実際の道路標識を見落とさせられたりする恐れがあり、異常で危険性の高い運転につながる可能性があることを実証した。

2025 年 3 月 4 日 カリフォルニア州アーバイン ― カリフォルニア大学アーバイン校（UC Irvine）の研究者らが、停止や速度制限の道路標識に貼られた多色ステッカーが自動運転車を混乱させ、予測不可能で危険な運転を引き起こせることを実証した。

先般サンディエゴで開催された Network and Distributed System Security (NDSS) Symposium でのプレゼンテーションにて、UC Irine の Donald Bren School of Information & Computer Sciences の研究者らは、これまでは仮説とされていた、安価で容易に利用可能な悪意ある攻撃が、自動運転車の AI アルゴリズムによる道路標識

の検出を不可能にしたり、あるはずのない標識を表示させたりする可能性について説明している。どちらの攻撃であっても、自動運転車による道路標識の無視、意図しない緊急停止やスピード違反等を引き起こす可能性がある。

最も代表的な 3 パターンの AI 攻撃設計を含んだ今回の研究は、トップセラーブランドの自動運転車での交通標識認識(TSR)システムに関する初めての大規模な調査であると研究者らは言う。

「Waymo は毎週 150,000 件以上の自動運転サービスを提供し、道路にはオートパイロットを装備した何百万台ものテスラ車が走っています。自動運転技術は、米国や世界の日常生活の不可欠な部分になりつつあるのです」と、UC Irvine のコンピューターサイエンス准教授で本研究論文の共著者の Alfred Chen 氏は言う。「これらのシステムの脆弱性が悪用されると、生死に関わる安全上の危険につながる可能性があるため、セキュリティの重要性が注視されています」。

UC Irvine コンピューターサイエンスの博士課程の学生として本研究を実施した、本研究論文の第一著者で Meta のリサーチサイエンティストである Ningfei Wang 氏は、研究チームが選択した攻撃ベクトルは、自動運転車による道路標識の認識に使用される AI アルゴリズムを混乱させる、多色の渦巻いたデザインのステッカーであると説明する。

「これらのステッカーは、Python や画像処理ライブラリ等のオープンソースプログラミング言語にアクセスできれば誰でも安く簡単に作ることができます」と Wang 氏は言う。「これらのツールにグラフィックカード付きのコンピューターとカラープリンターを組み合わせるだけで、自動運転車の TSR システムによる認識を失敗させることができてしまうのです」。

Wang 氏はまた、本研究プロジェクトでの興味深い発見は、現行の商用 TSR システムの多くに共通する空間的記憶設計の関与であると付け加える。この設計は、隠蔽攻撃(車両の視界から標識が取り除かれるように見せる)には効果がある一方で、偽造された停止標識による攻撃を「予想以上に容易にしている」と説明する。

Chen 准教授は、今回の研究は、現実世界のシナリオにおける商用車両へのセキュリティの脅威について初めて調査したものであると指摘する。

「学会は自動運転車のセキュリティについて長らく研究しており、最先端の自動運転技術のセキュリティにおいて実際の様々な脆弱性を発見してきました」と Chen 准教授は言う。「しかし、これらの研究は主に理論的な設定に限定されており、商用自動運転車システムでのこのような脆弱性への理解を非常に制限しています。私たちの研究は、このような非常に重要なギャップを埋めるものです」。

この分野におけるこれまでの研究のうちの小さな領域に焦点を当てることにより、同准教授の研究グループは、無効となった仮説、不正確さや虚偽の主張を明らかにすることができたと Chen 准教授は説明する。例えば、これまでの学術研究では、商用 TSR システムにおける空間的記憶設計の共通的な存在を認識したことがなかった。Chen 准教授の研究チームのメンバーは、以前に開発した学術研究設定でこの設計をモデル化した際に、最先端の研究コミュニティーによる初期の報告と主張に直接的な疑問を投げかける結果を明らかにした。

「今回の研究は始まりに過ぎないと考えています。そして、学界と産業界のより多くの研究者が、現実世界の自動運転車に対するこのような種類のセキュリティの脅威による実際の影響と重要性を体系的に再考察することを願っています」と Chen 准教授は言う。「このことは、私たちの街路や高速道路での安全性の確保に向けた行動の必要性を、社会的なレベルで実際に理解するために不可欠な最初の一歩となります」。

Chen 准教授と Wang 氏に加え、本研究プロジェクトには、元 UC Irvine の大学院生 Takami Sato 氏と Yunpeng Luo 氏、UC Irvine 大学院生 Shaoyuan Xie 氏、ドレクセル大学のコンピューターサイエンスの Kaidi Xu 准教授が含まれる。本研究は、米国立科学財団(NSF)と UC Irvine が会員として所属する、米国運輸の CARMEN＋University Transportation Center が支援した。

訳：NEDO（担当　イノベーション戦略センター）

出典：本資料は、米カリフォルニア大学アーバイン校(UCI)の記事“UC Irvine study shines headlights on consumer driverless vehicle safety deficiencies”（https://news.uci.edu/2025/03/04/uc-irvine-study-shines-headlights-on-consumer-driverless-vehicle-safety-deficiencies/）を翻訳したものである。
(Reprinted with permission of the University of California, Irvine)

(1144-4)

【ロボット・AI 技術分野】

仮訳

自己組織化する人工ニューロン（ドイツ）

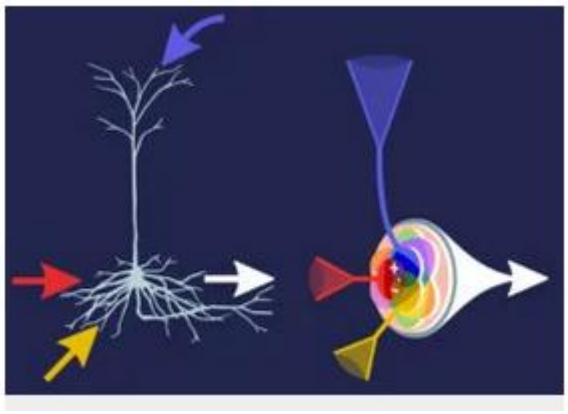
2025 年 3 月 28 日

この新しい人工ニューロンは独立して学習し、より厳格に生物学的なニューロンを模倣する。ゲッティンゲン大学ゲッティンゲンキャンパス生物学的ネットワーク動態研究所（CIDBN）とマックスプランク動力学・自己組織化研究所（Max Planck Institute for Dynamics and Self-Organization: MPI-DS）の研究チームは、この新しい*インフォモルフィック・ニューロン*をプログラムし、それらによる人工ニューラルネットワーク(NN)を構築した。その特徴は、個々の人工ニューロンが自己組織的に学習し、ネットワーク内の周囲の環境から必要な情報を引き出すことである。この研究成果は、米国科学アカデミー紀要(PNAS)に掲載されている。

人間の脳と現代の人工 NN は、どちらも非常に強力である。ニューロンは、最も低いレベルでは比較的単純な計算ユニットとして連携して機能する。人工 NN は通常、個々のニューロンから成る複数の層で構成されている。入力信号がこれらの層を通過し、人工ニューロンによって処理されて情報が抽出される。しかし、従来の人工ニューロンは、学習方法において生物学的なモデルとは著しく異なっている。ほとんどの人工 NN がネットワーク外部の包括的な協同作用を通じて学習する一方、人間のニューロンはネットワーク内のすぐ近くにある他のニューロンからの信号のみを受信して処理している。このような生物学的な NN は、柔軟性とエネルギー効率の両面において、依然として人工ニューロンをはるかに上回っている。

*インフォモルフィック・ニューロン*と呼ばれる新しい人工ニューロンは、その近辺にあるニューロンの間で独立して学習し、自己組織化することができる。これは、そのネットワーク内の最も小さなユニットが外部から制御される必要がなく、どの入力信号が重要であるかを判断するということである。研究チームは、*インフォモルフィック・ニューロン*の開発にあたり、脳の働き、特に大脳皮質の錐体細胞に着想を得た。錐体細胞もまた、周囲の様々なソースからの刺激を処理し、それらを用いて適応・学習する。新しい人工ニューロンは、非常に一般的で理解しやすい学習目標を追求する。「私たちは現在、ネットワーク内で何が起こっているのか、そして個々の人工ニューロンがどのように独立して学習するのかを直接的に理解しています」と、CIDBN の Marcel Graetz 氏は説明する。

研究者らは、学習目標を明確にすることで、ニューロンが自ら特定の学習ルールを発見できるようにした。個々のニューロンの学習プロセスに焦点を当て、新たな情報理論的尺度を適用し、ニューロンが隣接するニューロンとの冗長性を高めるべきか、相乗的に連携すべきか、それともネットワークの情報における自身の部分に特化すべきかを正確に調整できるようにした。「入力信号の特定の側面に特化し、隣接するニューロンと協調することで、私たちが開発した*インフォモルフィック・ニューロン*はネットワーク全体のタスクにどのように貢献するかを学習するのです」と、MPI-DS の Valentin Neuhaus 氏は説明する。研究チームは、この*インフォモルフィック・ニューロン*を用いて、機械学習のための新たな手法を開発するだけでなく、脳における学習のより深い理解にも貢献している。



生きているニューロンは、様々ソースから信号を受信して処理し、出力した信号を別のニューロンに渡している（左）。人工ニューロンモデルでは、この情報処理は学習目標によって説明・改善される（右）。生物学的なモデルと同様に、新しい人工ニューロンは、この独立した学習により、自己組織的にタスクを解決できるようになる。
イラスト：© Andreas Schneider, MPI-DS

本研究の論文：
Makkeh, A., Graetz, M., Schneider, A. C., Ehrlich, D. A., Priesemann, V., & Wibral, M. A
General Framework for Interpretable Neural Learning based on Local Information-Theoretic Goal Functions.
Proceedings of the National Academy of Sciences (PNAS) 2025.

Schneider, A. C., Neuhaus, V., Ehrlich, D. A., Makkeh, A., Ecker, A. S., Priesemann, V., & Wibral, M.
What should a neuron aim for? Designing local objective functions based on information theory.
The Thirteenth International Conference on Learning Representations (ICLR) (2025).

訳：NEDO（担当　イノベーション戦略センター）

出典：本資料は、マックスプランク動力学・自己組織化研究所(MPI-DS)の記事
“Artificial neurons organize themselves”
（https://www.ds.mpg.de/4079302/250328_artificial_neurons） を翻訳したものである。(Reprinted with permission of MPI-DS)

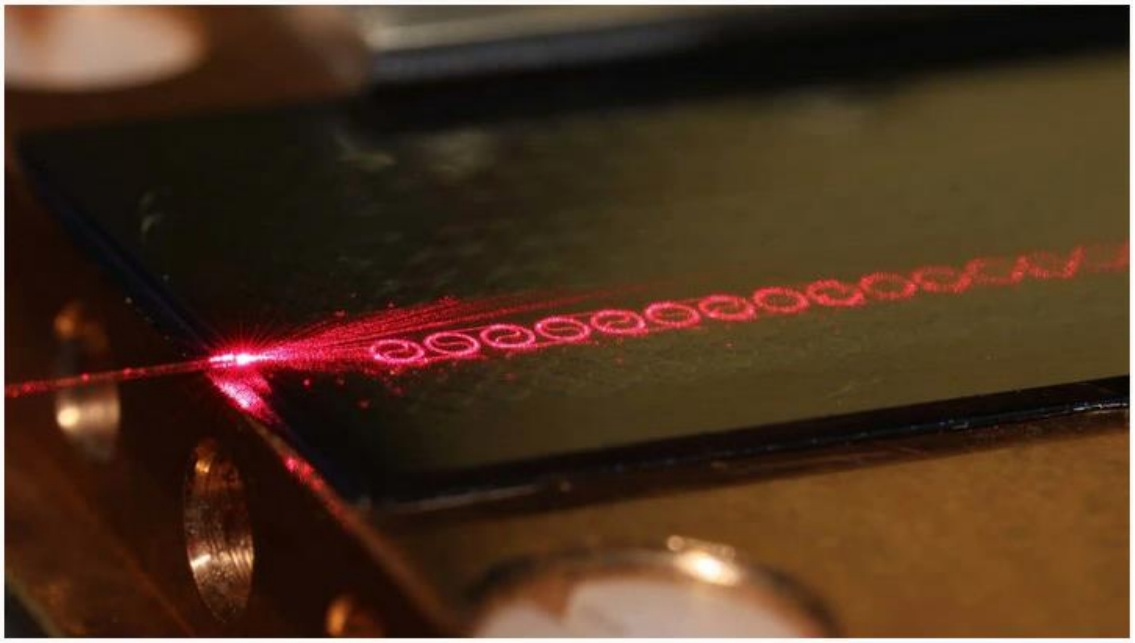
(1144-5)

【電子・情報通信分野】

仮訳

スーパーレーザーの可能性を開く帯域幅 10 倍の光増幅器（ｽｳｪｰﾃﾞﾝ）

2025 年 4 月 10 日



チャルマー工科ス大学の研究者らが開発した光増幅器は、僅か数センチメートルの超小型でありながら、現在の光通信システムと比較して 1 秒毎にその 10 倍ものデータ量を処理することができる。この技術革新は、設計と材料選択における独自の組み合わせを活用したもので、ノイズの最小化やコンパクトなフォームファクタといった技術的利点を実現している。この増幅器は相互に繋がる螺旋状の導波路パターンを備え、これが高精度かつ最小限の損失で効率的にレーザービームを誘導する。
写真提供：Chalmers University of Technology | Vijay Shekhawat

急増するデータ通信量は、通信システム容量の需要をますます増大させている。スウェーデン・チャルマース工科大学の研究チームは、権威ある科学誌 Nature に掲載された論文において、既存の光ファイバーシステムの、1 秒あたり 10 倍のデータ伝送を可能にする新たな光増幅器を発表した。小型チップに搭載可能なこの光増幅器は、医療診断や治療用等を含む、様々な重要なレーザーシステム実現の大きな可能性を秘めている。

AI 技術の進展、ストリーミングサービスの人気の向上、そして新しいスマートデバイスの普及は、データ通信量が 2030 年までに倍増すると予測されることの要因である。このため、膨大な量の情報を処理できる通信システムへの需要が高まっている。

現在、光通信システムは、インターネット、情報通信やその他のデータ集約型サービスに利用されている。これらのシステムは、光を使用して長距離にわたって情報を伝送している。データは、微細なガラス繊維から成る光ファイバー内を高速で移動するレーザーパルスで伝送されている。

伝送される情報の品質を高く維持し、ノイズによって損なわれないようにするには光増幅器が不可欠である。光通信システムのデータ伝送容量は、光増幅器の帯域幅、つまり光増幅器が処理できる光の波長範囲によって大きく左右される。

「現在、光通信システムに使用されている光増幅器の帯域幅は約 30 ナノメートルです。一方、私たちの光増幅器は 300 ナノメートルの帯域幅を提供し、既存システムと比較して 1 秒あたり 10 倍のデータ伝送を可能にします」と、チャルマース工科大学のフォトニクス教授であり、Nature 誌に掲載された研究論文の筆頭著者である Peter Andrekson 氏は言う。

小型、高感度、そして強力

窒化シリコン製のこの新しい光増幅器は、複数の小さな螺旋状の相互に繋がった導波路を備え、最小限の損失で効率的に光を誘導する。窒化シリコン材料と最適な形状の設計を組み合わせることで、複数の技術的利点を実現した。

「この光増幅器の最大の革新性は、他のどのタイプのものよりも効果的にノイズを低減しながら、帯域幅を 10 倍に拡大できることです。この能力により、宇宙通信で使用されるような非常に微弱な信号を増幅できるようになります」と Andrekson 教授は説明する。

Peter Andrekson 教授

さらに、このシステムを僅か数センチメートルサイズのチップに搭載できるほど微細化することにも成功した。

「小さなチップ上への光増幅器の集積は新しいものではありませんが、これほど広い帯域幅を実現したのは初めての事例です」と Andrekson 教授は付け加える。

疾病の早期発見に貢献

複数の光増幅器をチップ上に集積することで、必要に応じて容易にスケールアップができるようになる。光増幅器はあらゆるレーザーにとって重要な部品であるため、この新しい光増幅器の設計は、波長を広範囲にわたり高速に変化させることのできるレーザーシステムの開発に活用できる。この技術革新は、社会において多様なアプリケーションの可能性を開くものである。

「設計にわずかな調整を加えるだけで、可視光と赤外光の増幅も可能になります。つまり、この光増幅器は医療診断、分析、治療用のレーザーシステムに利用できるということです。広い帯域幅により、細胞や臓器のより精確な分析と画像化が可能となり、疾病の早期発見を容易にします」と Andrekson 教授は説明する。

多様なアプリケーションの可能性に加え、新光増幅器はレーザーシステムのさらなる小型化と低価格化にも貢献する。

「この光増幅器は、レーザーにスケーラブルなソリューションを提供し、様々な波長での動作を可能にしながら、コスト効率、コンパクトさ、そしてエネルギー効率にも優れています。そのため、この光増幅器をベースとした単一のレーザーシステムは複数の分野で活用することができます。医療研究、診断や治療だけでなく、イメージング、ホログラフィー、分光法、顕微鏡検査や、様々な波長での材料・部品の特性評価にも利用できるのです」と Andrekson 教授は説明する。

光増幅器の可能性に関するさらなる考察
光は、その波長により様々なアプリケーションに利用できる。本研究では、新しい光増幅器が 1400～1700 ナノメートルの光通信スペクトル内で効果的に機能することを実証した。300 ナノメートルという広い帯域幅を持つ新光増幅器は、他の波長での使用に適応させることも可能。導波路の設計を変更することで、可視光(400～700 ナノメートル)や赤外光(2000～4000 ナノメートル)等の他の波長領域の信号を増幅することもできる。これにより、長期的には疾患の診断、治療、臓器や細胞の可視化や外科手術等、可視光や赤外光が不可欠な分野で活用できる可能性がある。

本研究に関する詳細情報
Nature 誌掲載の科学論文: "Ultra-broadband optical amplification using nonlinear integrated waveguides"
著者:スウェーデン・チャルマース工科大学マイクロテクノロジー・ナノサイエンス学部フォトニクス部門に所属する Ping Zhao 氏、Vijay Shekhawat 氏、Marcello Girardi 氏、Zonglong He 氏、Victor Torres-Company 氏、Peter A. Andrekson 氏
Ping Zhao 氏は現在、中国・成都の四川大学電子情報工学部で研究活動に従事している。

この光増幅器は、チャルマース大学のクリーンルーム、ナノファブリケーション研究所(Myfab Chalmers)で製造された。
本研究は、スウェーデン研究会議(VR)とクヌート・アンド・アリス・ワレンバーグ財団の資金提供を受けて実施された。

訳：NEDO（担当　イノベーション戦略センター）

出典：本資料は、スウェーデン・チャルマース工科大学の記事“Amplifier with tenfold bandwidth opens up for super lasers”（https://www.chalmers.se/en/current/news/mc2-amplifier-with-tenfold-bandwidth-opens-up-for-super-lasers/）を翻訳したものである。
(Reprinted with permission of Chalmers University of Technology)

(1144-6)

【バイオテクノロジー分野】

仮訳

「便ジニアリング」で牛糞を世界で最も多く利用されている材料に変換（英国）

2025 年 5 月 7 日

ロンドン大学ロンドン校（UCL）とエディンバラ・ネピア大学の研究者らが、牛糞から微細なセルロース繊維を抽出し、サージカルマスクから食品包装まであらゆる製品の製造に現在使用されている製造グレードのセルロースに変換する新技術を開発した。

The Journal of Cleaner Production に掲載されたこの研究は、新しい「加圧紡糸」技術と、酪農業界の廃棄物である牛糞を原料として、既存の製造方法よりも安価かつクリーンなセルロース材料製造の可能性を提示する。

この技術革新は、動物の排泄物から製造グレードのセルロースを製造した初めての事例であり、可能な限り資源を再利用・転用することで廃棄物と汚染を最小限に抑えることを目指した循環型経済の好例となる。

この技術の実用化により、製造業者、酪農家、そして環境の全てに有利な関係を構築できるようになると研究者らは言う。

セルロースは、世界で最も広く使用されている製造材料の一つである。植物細胞壁に存在するセルロースは、19 世紀半ばに写真フィルムの原料であるセルロイドを含む合成材料の製造に初めて利用された。

今日では、ラップフィルムからサージカルマスク、紙製品、テキスタイル、食品や医薬品に至るまで、あらゆるものに使用されている。有機的に抽出することも可能だが、

有毒な化学物質を用いて合成されることも少なくない。

加圧紡糸(または加圧旋回)技術は、圧力と回転力を同時に利用し、高分子の液体を噴射して繊維、ビーズ、リボン、メッシュやフィルムを紡糸する製造技術である。数々の賞を受賞したこの技術は、2013 年に UCL の機械工学部の Mohan Edirisinghe 教授率いるチームによって発明された。

本研究論文の上席著者である Edirisinghe 教授は次のように説明する。「当初の疑問は、牛糞に含まれるセルロースの微細な断片、つまり牛が食べた植物の残骸を抽出し、製造グレードのセルロース材料に加工できるかどうかでした」。

「穏やかな化学反応と均質化を用いて比較的簡単に牛糞から断片を抽出でき、それを溶液に変えることができました。しかし、加圧紡糸技術を用いて断片を繊維に加工しようとしたところ、うまくいきませんでした」。

「試行錯誤の末、表面ノズルの付いた、垂直でなく水平回転の容器を使用し、静水または流水に液体を噴射することでセルロース繊維を形成できることを突き止めました。その後、液体の粘度を変えることで、メッシュ、フィルムやリボン等、様々な製造アプリケーションに向けた形状のものを作製することができました」。

「このプロセスが機能する理由はまだ完全には解明されていませんが、重要な点は実際に機能するということです。また、UCL 機械工学ワークショップが容器を設計・製作した既存の加圧紡糸技術を用いることで、スケールアップも比較的容易になると思います」。

水平ノズル加圧紡糸と呼ばれるこの新技術は、エネルギー効率に優れ、電界紡糸等の繊維生産技術に不可欠な高電圧が不要である。

既存の加圧紡糸機をこの新プロセスに適応させることは比較的容易である。さらに大きな課題は原料である牛糞の調達と輸送のロジスティクスだが、その導入による環境面および商業面のメリットは計り知れない。

UCL 機械工学部の本研究論文の筆頭著者である Yanqi Dai 氏は、「牛糞等の酪農場からの廃棄物は、特に水路汚染、分解時の温室効果ガスの大気中への放出や病原体の拡散等、環境と人類にとって脅威となっています。また、適切に処分することも農家にとって負担となることが多いです」と説明する。

「水平ノズル加圧紡糸技術は、問題を抱える廃棄物を有効に活用し、新たな収入源を生み出すことで、世界の酪農産業を大きく後押しする可能性があります」。

研究チームは現在、酪農家と協力し、この技術を活用することで規模拡大を図る機会を模索している。

動物の排泄物は世界的に深刻な問題となっている。2019 年の調査では、動物の排泄物の量は 2003 年から 2030 年の間に 40%増加し、少なくとも 50 億トンに達すると推定されており、多くの農場では肥料として合法的に使用できる量以上の堆肥を生産している。この廃棄物はしばしば水に流れ込み、生態系に壊滅的な影響を与え、人にも病気を引き起こす可能性がある。

UCL における加圧紡糸技術の中核的な研究は、**英国研究技術革新機構**(UKRI)のグラントによって実施された。

訳：NEDO（担当　イノベーション戦略センター）

出典：本資料は、英国・ユニバーシティ・カレッジ・ロンドン (UCL)の記事“Feat of ‘dung-gineering’ turns cow manure into one of world’s most used materials”（https://www.ucl.ac.uk/news/2025/may/feat-dung-gineering-turns-cow-manure-one-worlds-most-used-materials）を翻訳したものである。
(Reprinted with permission of University College London)