海外技術情報(2026 年 6 月 12 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】		
178-1	ｱﾒﾘｶ合衆国・ｱﾙｺﾞﾝﾇ国立研究所(ANL)	2026/3/16 **ナノダイヤモンドとその他の材料:エクサスケール AI による炭素材料の設計** (Nanodiamonds and beyond: designing carbon materials with artificial intelligence at exascale) ・ ANL とそのパートナー大学等が、スーパーコンピューターと AI を用いて、極度の高温高圧下での炭素の変化を予測する革新的な材料設計手法を開発。コンピューターによる材料開発は長らく存在しているが、AI の統合でコンピューターによる能動的な学習、適応と新発見を促進する。 ・ 鋼鉄よりも強く、プラスチックよりも軽い炭素は、鉛筆の芯となるグラファイト、宝飾品のダイヤモンドや、あらゆる生物を構成する分子等、無数のアプリケーションに対応できる材料を形成可能な自然界で最も汎用性の高い元素の一つ。ただし、激しい爆発の熱や圧力といった極限条件下では、炭素はナノメートルサイズの特殊な構造のナノカーボンへと変化する。 ・ 本研究では、直径僅か数百万分の 1 ミリメートルの極小ダイヤモンド結晶であるナノダイヤモンドに注目。同材料は、太陽の表面よりも高温で、地球の大気圧の数百万倍もの圧力のかかる爆発的な環境で形成され、その後の冷却と圧力低下の度合がダイヤモンドとしての状態の維持、または層状構造や中空構造等の別の炭素形態への変化を決定する。 ・ 高コストで危険を伴う実験を行う代わりに、スーパーコンピューター(ANL の Aurora とオークリッジ国立研究所の Frontier)とイリノイ大学アーバナ・シャンペーン校の Delta と DeltaAI システム用いて、炭素形態の原子レベルでの変化のシミュレーションを実施。その結果、急速な冷却ではダイヤモンド構造を維持する傾向があり、一方、緩慢な冷却では層状構造や湾曲構造へと炭素原子を再配列させることがわかった。 ・ これらの膨大なシミュレーションデータから、AI モデルに温度、圧力と炭素材料の最終形状の間のパターンの認識を学習させ、特定の条件下で形成されるナノカーボンを予測し、時間と研究資金の両方を節約する実用的な設計ツールを作製した。 ・ ナノダイヤモンドは量子センサーや医療画像診断に、また、層状のシェルから成るタマネギ状の炭素粒子は電気エネルギー貯蔵に、そして光の照射で発光する微細な炭素形態は感光性デバイスや生物学的画像診断に役立てられる可能性がある。炭素は特に高エネルギー環境に関わる多くの防衛技術や産業技術で重要な役割を担うため、本研究は国家安全保障にも重要な意味を持つ。 ・ 本研究は、Laboratory Directed Research and Development (LDRD) が支援した。 URL: https://www.anl.gov/article/nanodiamonds-and-beyond-designing-carbon-materials-with-artificial-intelligence-at-exascale
	関連情報	Carbon 掲載論文(フルテキスト) From atomistic models to machine learning: Predictive design of nanocarbons under extreme conditions URL: https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0008622326001405

178-2	ｱﾒﾘｶ合衆国・ｱﾙｺﾞﾝﾇ国立研究所(ANL)	2026/3/16 **逆設計：機能性ポリマーをカスタム作製する新手法** (Inverse design: A new pathway to custom functional polymers) ・ ANL、シカゴ大学とパデュー大学が、実験回数を大幅に低減しながら、目標とする特性からポリマーの配合を導き出す、自律的な逆設計ワークフローを実証。 ・ 同ワークフローでは、AI 駆動のシステムでロボットと計測機器を連繋し、人間の介入を最小限に抑えて継続的な実験を実施する自律走行型実験プラットフォームの Polybot を活用。既知の手順の自動化に加え、望ましい結果に近づくような実験を選択する逆設計ループを実行する。 ・ 電気伝導性の向上や特定の色彩の発現等、材料に求める特性を明確に特定し、これらを化学式と信頼性の高い製造方法に落とし込むには、数ヶ月～数年にわたる試行錯誤が必要となる。現代の材料科学での「目標から逆算する」考え方の重要性は高くなっている。 ・ 包装材から医療機器、電子機器に至るまであらゆるものに用いられる長鎖分子であるポリマーは、より小さな分子の構成要素から成り、これらの要素の微小な変化や組み合わせ方が、その性能に多大な、時には予測不可能な変化をもたらす可能性がある。 ・ 同フレームワークは、従来の研究で個別に実施される 3 要素を組み合わせたもの。まず、チャットボットで使用されているような大規模言語モデル(LLM)を含む AI の「読解」ツールを用いて論文をスキャンし、通常は手作業で収集される詳細情報を自動的に抽出する。 ・ 次に、機械学習（ML)を用いて望ましい結果を生み出す可能性の最も高い構成要素の組み合わせを予測する。最後にこの予測結果は自動実験室ワークフローに直接送信され、ポリマーの合成、精製、サンプルの準備、物性測定を実施し、その結果をフィードバックして次の予測精度を向上させる。 ・ 微弱な電圧の印加で色や透明度が変化するエレクトロクロミックポリマーについて、Polybot は 72 時間以内にポリマーレシピの提案、材料の製造、結果と目標値との比較を実施。1,000 種類超の組成候補から、僅か数十回の実験で目標値に近い組成を絞り込み、新たな結果は全てデータベースに追加され、モデルの次の予測精度向上に役立てられた。 ・ 本研究は、米国エネルギー省(DOE) 基礎エネルギー科学部(BES)、ANL の Laboratory Directed Research and Development program、シカゴ大学の Big Ideas Generator seed funding program および米国空軍科学研究局(AFOSR)が支援した。 URL: https://www.anl.gov/article/inverse-design-a-new-pathway-to-custom-functional-polymers
	関連情報	Polybot Driving Scientific Discovery URL: https://cnm.anl.gov/pages/polybot

【電子・情報通信分野】		
178-3	アメリカ合衆国・国立標準技術研究所（NIST）	2026/3/30 **厳しい環境を耐え抜くフォトニックチップのパッケージを開発** (NIST Researchers Develop Photonic Chip Packaging That Can Withstand Extreme Environments) ・ NIST が、極限環境下でもフォトニック集積回路(PIC)を動作可能な状態にする、新たなパッケージングの手法を実証。 ・ 超高温の産業環境から極低温の真空チャンバーや深宇宙等に至るまで、従来の電流駆動型半導体チップや、従来方法でパッケージ化されたフォトニックチップでは動作できなかった環境下での、フォトニクスの高速性と効率性をもたらすための大きな一歩となる。 ・ パッケージングは、チップを保護し、光ファイバーや電気接点等の外部との接続を実現するもの。優れたパッケージングにより、損傷や位置ずれを発生させることなく、小型で信頼性の高いデバイスへのチップの組み込みが可能となる。 ・ PIC は、従来のチップよりもはるかに少ない電力消費による高速データ伝送ができるという大きな利点を持つが、パッケージングでの光接続の完全なアライメントが不可欠。従来のパッケージングでは、強烈な放射線、超高真空、灼熱や極低温といった極限環境下において、フォトニックチップと光ファイバー間の信頼性の高い接続が維持できない。 ・ 本研究では、極低温や高温等でひび割れや劣化を起こしやすい有機ポリマー接着剤に代わり、宇宙・地上の天文システム用の大型で超安定な光学システムの組み立てで NASA が使用する、水酸化物触媒反応接合（HCB）を採用。PIC に必要な高精度の光ファイバーアライメントと効率的な光結合を実現し、過酷な環境を耐える堅牢なパッケージの形成を初めて実証した。 ・ HCB は、微量の水酸化ナトリウム溶液を用いて分子レベルで表面を融合させ、強固で安定した接続を実現するもの。光ファイバーとフォトニックチップの間に無機質のガラス状化学結合を形成し、それらを確実に接着させる。 ・ 極低温冷却、急激な温度変化や強力な電離放射線の照射による耐久試験の結果、HCB で接合されたファイバー接続部は損傷を受けず、チップ自体が正常に機能することを確認。接合プロセスには数日がかかるが、今後の開発による大幅な短縮により、同技術の大規模生産への適用が期待できる。 URL: https://www.nist.gov/news-events/news/2026/03/nist-researchers-develop-photonic-chip-packaging-can-withstand-extreme
	関連情報	Optica 掲載論文(フルテキスト) Photonic chip packaging for extreme environments URL: https://opg.optica.org/prj/fulltext.cfm?uri=prj-14-4-1505

178-4	スイス連邦工科大学ローザンヌ校（EPFL）（ローザンヌ工科大学）	2026/4/2 **現在の量子回路の働きを制限するノイズ** (Noise limits today's quantum circuits) ・ EPFL、ベルリン自由大学とコペンハーゲン大学が、量子回路へのノイズの影響について包括的な理論分析を実施し、ノイズが量子回路の深さ(量子回路で連続して適用できるステップ（操作）数)に極めて厳しい実用上の制限を課す一方で、部分的には古典コンピューターでのシミュレーションをし易くしていることを発見。 ・ 量子回路では、小さなステップの連鎖的な協働で情報を強力に処理する。あらゆるシステムは何らかの「ノイズ」にさらされており、あまり問題にはならないが、量子回路でのノイズの蓄積は深刻な問題を引き起こす可能性がある。 ・ 本研究では、2 量子ビット操作から成る大規模な量子回路群で、各ステップ後にノイズが個々の量子ビットに与える影響について分析を実施。その結果、ノイズのあるほとんどの量子回路では、最後の数ステップのみが重要であることを確認。回路が非常に深く構築されていても、ノイズが先行ステップの影響を徐々に打ち消してしまう。 ・ これは、量子ビットのエネルギーのような物理量を量子コンピューターを使って推定する際に、その結果は主に回路の最後の部分で起こる事で決定されることを提示している。また、このことにより、ノイズのある回路での単純なタスクの学習が可能であることも確認した。 ・ 本研究の成果は、近い将来の量子マシンが提供できることを明らかにするもの。ノイズの多い回路への積層のみでは、局所的な測定をベースとする一般的なタスクに向けた新たな能力を引き出すことは困難であり、今後の進展にはノイズ制御の改善や、特定のノイズ特性を活用する綿密な設計が必要となる。 ・ また、ノイズの多い回路が学習可能であるのは、ノイズが既にその力の大部分を弱めているからに過ぎず、実際のハードウェアノイズを単なるブラーとして扱うことが誤った期待へとつながる可能性について注意を呼びかける。 ・ 本研究には、欧州連合(EU)、ドイツ連邦研究・技術・宇宙省（BMFTR）、ミュンヘン量子バレー（MQV)や米国エネルギー省(DOE)科学局(SC)国立量子情報科学研究センター等が資金を提供した。 URL: https://actu.epfl.ch/news/noise-limits-today-s-quantum-circuits/
	関連情報	Nature Physics 掲載論文(フルテキスト) Noise-induced shallow circuits and the absence of barren plateaus URL: https://www.nature.com/articles/s41567-026-03245-z

178-5	スイス連邦工科大学ローザンヌ校（EPFL）（ローザンヌ工科大学）	2026/4/6 **量子技術を進展させるマイクロ波フォトンの微小な検出器** (A tiny detector for microwave photons could advance quantum tech) ・ EPFL が、個々のマイクロ波光子を最大 70%の効率で連続的に検出する半導体ベースのデバイスを開発。 ・ マイクロ波光子は、Wi-Fi やレーダーといった最新技術で用いられる微小な電磁波。可視光に比べて大幅にエネルギーが低く、強度は光子の約 10 万分の 1。 ・ 既存の多くの量子技術において、個々の光子の高精度検出は不可欠。可視光の場合は、入射光を直接電気信号に変換するデバイスを用いた検出方法が確立されている。 ・ マイクロ波周波数帯（0.3～30GHz）は、個々の光子が物質中での電荷の放出に十分なエネルギーを持たないため、全く異なる検出方法が必要となる。 ・ 本研究で開発したデバイスは、「二重量子ドット」の半導体構造と超伝導マイクロ波共振器（マイクロ波光子を捕捉・蓄積し、デバイスとの強力な相互作用を可能にする微小な共振回路）を組み合わせたもの。これらの構成要素の連携により、入射したマイクロ波光子を微弱ながらも測定可能な電流に変換する。 ・ 新デバイスは、半導体ベースのマイクロ波光検出器の新たなベンチマークの確立に加え、量子マイクロ波オプティクス、量子センシングやスケーラブルな量子情報プラットフォームに新たな可能性を開くもの。 ・ 本研究には、スイス連邦教育研究イノベーション庁（SERI）、スイス国立科学財団（SNSF）（NCCR SPIN）、EPFL QSE Postdoctoral Fellowship Grant および Nanolund が資金を提供した。 URL: https://actu.epfl.ch/news/a-tiny-detector-for-microwave-photons-could-advanc/
	関連情報	Science Advances 掲載論文（フルテキスト） Tunable high-efficiency microwave photon detector based on a double quantum dot coupled to a superconducting high-impedance cavity URL: https://www.science.org/doi/10.1126/sciadv.aeb9784

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。