

NEDO 海外レポート

2023.3.17.

1136

1	【バイオテクノロジー分野】 リグニンの触媒プロセスで 100%持続可能なジェット燃料を作る(米国)	2022/ 9/22 公表	1
2	【バイオテクノロジー分野】 カスタムメイドの微生物をプラスチックのリサイクルビジネスに活用 (米国)	2022/ 10/13 公表	3
3	【ナノテクノロジー分野】 赤外線検出器の超小型化 (スイス)	2022/ 10/25 公表	6
4	【ロボット・AI技術分野】 あらゆる障害を乗り越える低コストロボット (米国)	2022/ 11/16 公表	8
5	【ナノテクノロジー分野】 低光量でも極鮮明な携帯電話カメラ撮像を可能にする 2D 材料 (米国)	2022/ 12/9 公表	12
6	【ナノテクノロジー分野】 「スマートな」材料の自立薄膜を作る新製造プロセスを発見 (米国)	2023/ 1/3 公表	16
7	【新エネルギー(太陽光発電)分野】 Caltech が 1 月に宇宙軌道へ Space Solar Power Technology Demo を打ち上げ (米国)	2023/ 1/2 公表	19

※ 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。

【バイオテクノロジー分野】

仮訳

リグニンの触媒プロセスで 100%持続可能なジェット燃料を作る (米国)

NREL、MIT、ワシントン州立大学の共同研究が
持続可能なジェット燃料製造への道を拓く

2022年9月22日



(左から順に)ポプラのバイオマス、抽出したリグニン油、持続可能なジェット燃料

二酸化炭素の排出量の低減に取り組む航空業界が必要としているのは、未利用の天然資源なのかもしれない。

米エネルギー省 (DOE) の国立再生可能エネルギー研究所 (NREL)、マサチューセッツ工科大学 (MIT)、ワシントン州立大学 (WSU) の研究者らが、100%持続可能なドロップインジェット燃料の実現に向けてリグニンを利用するプロセス開発の成功を発表した。リグニンは、植物の細胞壁の強く硬い部分を構成している。植物の他の部分はバイオ燃料に利用されているが、化学的に分解して有用な製品への転換が難しいリグニンは、ほとんど利用されていない。

今回報告の研究では、リグニンから酸素を除去する新しいプロセスで得られる炭化水素がジェット燃料の混合基材として使用できることを実証した。同研究の論文の [Continuous Hydrodeoxygenation of Lignin to Jet-Range Aromatic Hydrocarbons](#) は、*Joule* 誌に掲載されている。NREL の研究者は、Gregg Beckham、Ana Morais および Earl Christensen である。

同論文では、航空業界による二酸化炭素排出量の大幅削減の取り組みを受け、ジェット燃料に持続可能な資源を使用する必要性を指摘している。航空業界では 2019 年に世界で 1060 億ガロン（約 4000 億リットル）のジェット燃料を消費しており、その量は 2050 年までに 2 倍以上になると予想されている。それまでにカーボンニュートラルを達成するという同業界の目標達成には、従来の燃料との混合比率を引き上げた持続可能な航空燃料（SAF: sustainable aviation fuel）の大規模な導入が必要となる。

ジェット燃料は、芳香族やシクロアルカンなどの様々な炭化水素分子の混合で構成される。現行の商用技術では、100%SAF としてみなされる成分を製造しておらず、SAF の混合基材を従来の炭化水素燃料と組み合わせて使用している。再生可能な芳香族の自然界における最大の供給源であるリグニンが、完全なバイオベースのジェット燃料達成の鍵となるかもしれない。本研究では、既存・開発中の反応経路を補完する、リグニン経路の能力を実証している。このリグニン経路は、より高い混合比率で燃料系統に適合可能な SAF を実現するものである。

難分解性のリグニンは、通常では熱利用や発電のための燃焼処理や低価値の用途にのみ使用されている。これまでの研究によるリグニンオイルの酸素含有量は 27% から 34% と高く、ジェット燃料としての使用にはこれを 0.5% 以下にする必要がある。

リグニンの酸素含有量の低減に向けて他のプロセスも試みられているが、触媒に高価な貴金属を使用し、収量も低い。本研究では、地球上に豊富に存在する炭化モリブデンを触媒に使用した連続的なプロセスにより、リグニンの酸素含有量を約 1% まで効率的に低減する技術を実証した。

本研究には、DOE のバイオエネルギー技術局（BETO）と Center for Bioenergy Innovation（CBI）が資金を提供した。

訳：NEDO（担当 技術戦略研究センター）

出典：本資料は、米国立再生可能エネルギー研究所（NREL）の以下の記事を翻訳したものである。

“Catalytic Process With Lignin Could Enable 100% Sustainable Aviation Fuel”

（ <https://www.nrel.gov/news/press/2022/catalytic-process-with-lignin-could-enable-100-sustainable-aviation-fuel.html> ）

【バイオテクノロジー分野】

仮訳

カスタムメイドの微生物をプラスチックのリサイクルビジネスに活用(米国)

2022年10月13日



ORNL の Adam Guss とその同僚らは、合成生物学技術を利用して分解したプラスチックの混物を価値ある新材料に変換する微生物を作製した。Credit: Carlos Jones/米国エネルギー省(DOE) ORNL

プラスチック廃棄物の課題の解決に取り組む科学者たちが、数種類のプラスチックの混合物を分解して高価値なバイオ製品にアップサイクルする、化学的・生物学的な二段階プロセスを開発した。

複数の研究機関が参加するこのプロジェクトでは、米国エネルギー省(DOE)のオークリッジ国立研究所(ORNL)が有する合成生物学の専門知識により作製した微生物が、分解されたプラスチック廃棄物を次世代材料の構成要素に変換する。

Science に掲載されたこの新しいプロセスは、米国のプラスチック廃棄物のリサイクル率を僅か5%ほどに制限している、コストと手間のかかる材料選別が必要な現行のシステムを代替する可能性がある。

このプロジェクトは、BOTTLE (Bio-Optimized Technologies to keep Thermoplastics out of Landfills and the Environment) コンソーシアムの下、米国立再生可能エネルギー

ー研究所(NREL)が主導し、マサチューセッツ工科大学(MIT)、ウィスコンシン大学マディソン校(UW-Madison)および ORNL の科学者らが参加している。

プラスチックの種類によって含まれるポリマーも異なり、それぞれが特有の化学的構成要素を有している。BOTTLE コンソーシアムの研究者たちは、リサイクル業者による材料分別を省略できるような解決策を目指し、数種類のプラスチックの混ざる廃棄物を単一の化学製品に変換するプロセスを開発した。

この新しいプロセスの第一段階では、大きなポリマー分子を酸素と触媒を用いて小さな化学的構成要素に分解する。使い捨てコーヒーカップに使用されるポリスチレン(PS)、シングルユースの飲料ボトル、ポリエステル製の衣類やカーペットに使用されるポリエチレンテレフタレート (PET)、そして一般的な消費者向けプラスチック製品や牛乳の容器に使用される高密度ポリエチレン(HDPE)の、3 種類の一般的なプラスチックの混合物を使用した。

NREL のシニアリサーチフェローで、BOTTLE のリーダーの Gregg Beckham 氏は、「これは、現在ではまったくリサイクルできていないプラスチック廃棄物の処理への出発点となる可能性があります」と言う。

第一段階の酸化プロセスでは、これら 3 種類のプラスチックの混合物を安息香酸、テレフタル酸、ジカルボン酸を含む複合的な化合物に分解するが、純粋な化学物質を得るには通常では高度でコストのかかる分別が必要となる。ここで、生物学的なプロセスが力を発揮する。

BOTTLE の科学者らは、土壌微生物の *Pseudomonas putida*(シュードモナス・プチダ)を遺伝子操作し、小分子の中間体の混合物を新興の生分解性バイオプラスチックの一種であるポリヒドロキシアルカノエート(PHA)、または、優れた性能の新しいナイロン素材の製造に利用できる β -ケトアジピン酸のいずれかの生成物へと生物学的に「集約 (ファネルリング)させた。

この試みは、ORNL の Adam Guss 氏と NREL の科学者らが開発した、他の有機物の好ましい形質を付与したバクテリアを作製するプロセスをベースとしている。*Metabolic Engineering* 誌に[概要が掲載](#)されているこのプロセスは、分解された PET を、自動車部品等のアプリケーションに最適となる、優れた耐水性と耐熱性をもつナイロン製品の構成要素に変換する。

「つまりは、*Pseudomonas putida* に PET をしっかりと利用させられるような最適な遺伝子の組合せを様々な有機物から見つけ出す、代謝経路構築のコンビナトリアルな

アプローチをとりました」と Guss 氏は説明する。「ORNL は、合成生物学はもとより、トランスクリプトミクスやプロテオミクス分野の深い専門知識を活用して新しい代謝経路を発見する、非モデル微生物の改変を通じたバイオテクノロジーに有益な形質の導入を専門としています」。

Science 誌の論文の共著者である NREL の Allison Werner 氏は、「生物学的なファネリングとは、微生物の代謝ネットワークを改変し、多数の基質の炭素を単一の生成物へと展開することです」と述べる。「そのためには、自然界から——通常は他の微生物からですが——DNA を取り出して *Pseudomonas putida* のゲノムに貼り付けます。この DNA は RNA に転写され、それが今度は色々な生化学的変換を行うタンパク質に翻訳され、新しい代謝ネットワークが構築されます。そして最終的に炭素をより多く捕獲し、その送り先を調整できるようになるのです」。

Guss 氏らは、DOE の [Center for Bioenergy Innovation](#) および [Agile BioFoundry](#) の一環として、*P.putida* を利用してエネルギー作物由来の植物のバイオポリマーであるリグニンを高度なバイオ製品へと変換させる研究を長い間実施してきた。Guss 氏の研究チームは、リグノセルロース系バイオマスに最も豊富に含まれる 5 種類の化合物を同時に消化させることに成功したことを 2020 年に[発表](#)している。

BOTTLE の次の段階では、「より多くの種類のプラスチック、また、より多くの添加物を含むプラスチックの分解を目指し、*P.putida* が食べることのできる分子の範囲を広げていきます」と Guss 氏は述べる。

「プラスチックは主要な環境汚染源であり、主に化石由来の炭素を使用して作られています」と Guss 氏は続ける。「本研究は、現在のプラスチック廃棄物の分解と、リサイクルできる仕様で生分解性である次世代プラスチックの構成要素への変換とが交差する場所に位置しているのです」。

本研究の資金は、DOE の先進製造業室(AMO)とバイオエネルギー技術局(BETO)が提供した。このプロジェクトは、BOTTLE Consortium の一貫として実施された。

訳：NEDO（担当 技術戦略研究センター）

出典：本資料は、米国・オークリッジ国立研究所(ORNL)の以下の記事を翻訳したものである。

“Bringing custom microbes to the business of recycling plastic”

(<https://www.ornl.gov/news/bringing-custom-microbes-business-recycling-plastic>)

【電子・情報通信分野】

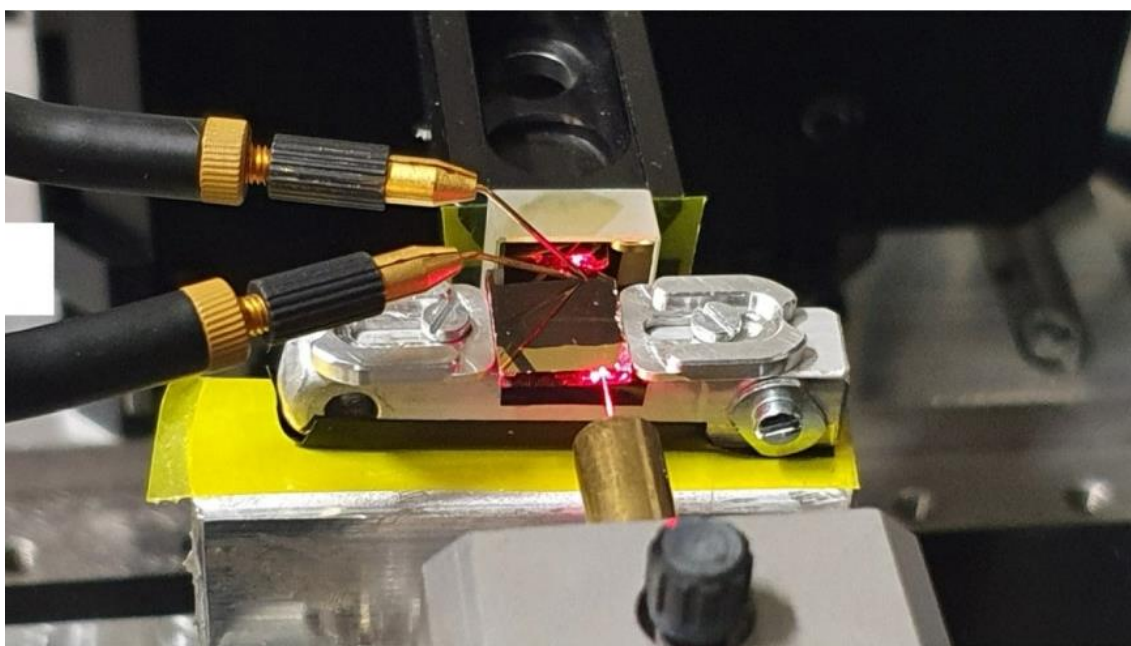
仮訳

チップに集積できる 赤外線検出器の超小型化(スイス)

2022年10月25日

RAINER KLOSE

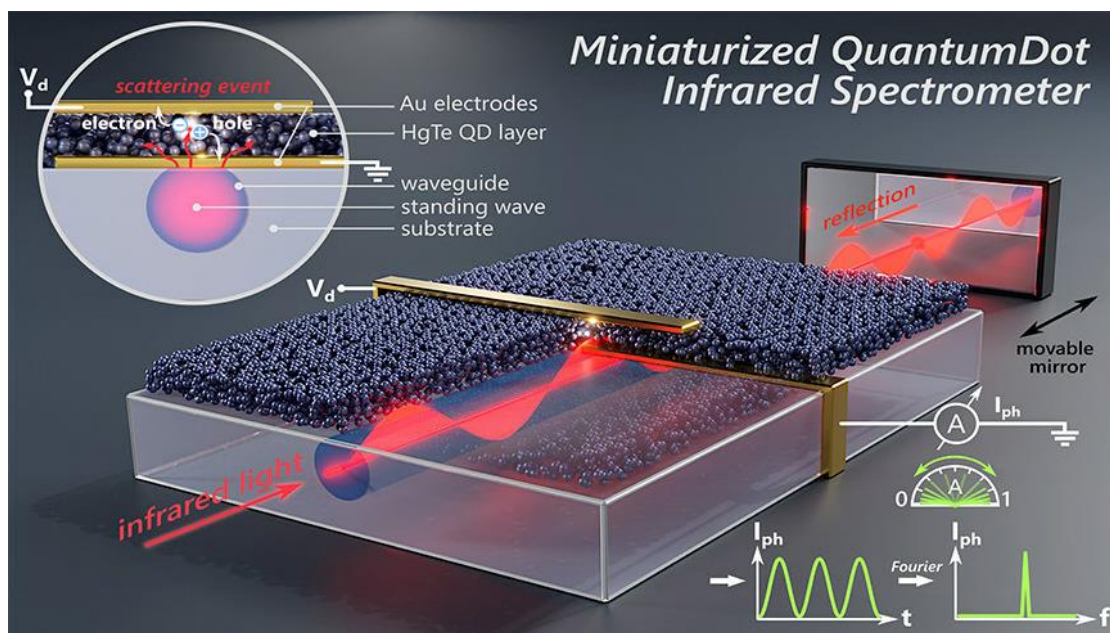
赤外線 (IR) 検出器の大幅な小型化は、次世代の家電製品、ウェアラブル、超小型衛星への IR 検出器の導入に不可欠であるが、これまでは大型(そして高価)な材料と技術を利用している。スイス連邦材料試験研究所(Empa)の研究者である Ivan Shorubalko が率いる研究チームは、量子ドット(QDs)光検出器をベースとした、単一チップに集積可能な IR 分光計を作製する費用対効果の高い小型化プロセスの開発に成功した。



実験装置: 赤色アライメントレーザーの使用により、ファイバーから光導波路へのビームの経路と金のミラーへのその反射を可視化。サブ波長サイズの光導電体への接続には2基のマイクロプローブを使用。画像: Empa

IR 分光器を小型化することで、スマートフォン等の家電製品でのその利用範囲の拡大につながり、食品管理、有害化学物質の検出、大気汚染モニタリングやウェアラブルエレクトロニクスが可能となる。研究室の機器を使用することなく、特定の化学物質を迅速かつ容易な検出できるようになることに加え、偽造医薬品やメタン、CO₂などの温室効果ガスの検出にも役立てられる。

Empa、ETH チューリッヒ(チューリッヒ工科大学)、ローザンヌ工科大学(EPFL)、スペインのサラマンカ大学、欧州宇宙機関 (ESA) および英国・バーゼル大学から成る研究チームが、フーリエ変換導波路を使用した超小型分光計の概念実証に成功した。この超小型分光計には、サブ波長で相補型金属酸化物半導体 (CMOS) 技術にも適合する、コロイド状のテルル化水銀(HgTe) 量子ドット(QDs)による光検出器を光センサーとして使用している。この研究結果は、[Nature Photonics](#) の最新号で報告されている。



超小型 IR 分光計の仕組: 平面光導波路上に作製した光検出器は、散乱中心として機能する底部の金電極、光活性層 (コロイド状の HgTe QDs から成る) および上部の金電極より構成。ミラーが動くことで、検出された光電流が定常波の光の強度、すなわち赤外光をマッピングする。検出信号のフーリエ変換で光スペクトルが得られる。画像: LarsLuder

様々な種類の分光器と様々な分野にもたらされる多大な影響

超小型 IR 分光器は、アクティブな分光器体積が $100\ \mu\text{m} \times 100\ \mu\text{m} \times 100\ \mu\text{m}$ を下回るサイズで、広いスペクトル帯域幅と $50\ \text{cm}^{-1}$ の中スペクトル分解能を提示する。このような超小型の分光器設計により、家電製品や宇宙関連デバイスへの光学・分析測定機器の統合が可能となる。「サブ波長 IR 光検出器のモノリシックな集積化は、フーリエ変換導波路分光器のスケーリングに大きく影響します。また、小型化したラマン分光器、バイオセンサー、ラボオンチップデバイスや、高解像度のスナップショットハイパースペクトルカメラの開発にとっても極めて興味深いものになると思います」と Shorubalko 氏は説明する。

訳: NEDO (担当 技術戦略研究センター)

出典: 本資料は、スイス連邦材料試験研究所(EMPA)の以下の記事を翻訳したものである。
 “Integration on a chip Miniaturized infrared detectors”
<https://www.empa.ch/web/s604/miniaturized-infrared-detectors>

【ロボット・AI 技術分野】

仮訳

あらゆる障害を乗り越える低コストロボット(米国)

カーネギーメロン大学(CMU)とカリフォルニア大学バークレー校(UCB)の研究者らが

ロバストな四足歩行ロボットシステムを開発

Aaron Aupperlee

2022年11月16日

この小型ロボットは、あらゆる場所を歩くことができる。

カーネギーメロン大学(CMU)コンピューターサイエンス(SCS)学部とカリフォルニア大学バークレー校(UCB)の研究者らが新たに設計したロボティックシステムは、低コストで比較的小さな脚のロボットに、ロボット本体とほぼ同じ高さの階段を昇り降りさせたり、岩が多く、滑りやすく、平坦でない、急峻で変化に富んだ地形や物と物の隙間を移動させたり、岩や縁石をよじ登らせたり、暗闇でも作動させたりすることができる。



CMUとUCBが設計したロボティックシステムは、障害物の多い環境に対応する小型で低コストの四足歩行ロボットを実現する

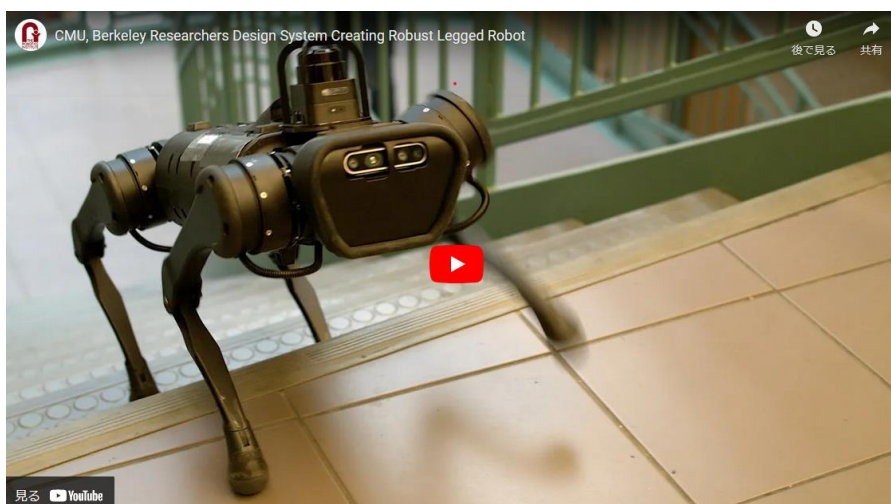
[Robotics Institute](#)の [Deepak Pathak](#) 助教は、「小型ロボットに階段の昇降や様々な環境への対処能力を付与することは、家庭や捜索救助活動に役立つロボットを開発する上で極めて重要です」と話す。「このロボティックシステムは、日常的な様々な作業を実行できる、ロバストで高い適応能力のロボットを実現するものです」。

飛び石や滑りやすい路面での移動や、低身長ロボットにとっては人間にハードルを飛び越えさせるようなタスクである階段の昇り降りの試験を公園の階段や丘の斜面で実施すると、この小型ロボットはそれらの環境に素早く適応し、そのビジョンと搭載した小型コンピューターを駆使して困難な地形での歩行を習得した。

この小型ロボットの約 4,000 台のクローンをシミュレーターで訓練し、複雑な地形での歩行や登はんを演習した。このシミュレーターの速度は、ロボットに僅か 1 日で 6 年間の経験を積ませる。また、ニューラルネットワークによる訓練中にロボットが学習してシミュレーターに蓄積した運動スキルを実際のロボットにコピーするアプローチのため、従来の方法の手作業によるロボットの挙動の操作が不要となる。

ロボティックシステムの多くでは、カメラを使用して周囲の環境のマップを作成(マッピング)し、そのマップを使用して動作を計画(プランニング)してから実行する。このプロセスは遅く、マッピング段階でのもとの曖昧さ、不正確さ、または誤った認識によって頻繁に失速し、その後の計画と動作に影響することがある。マッピングとプランニングは高度な制御を対象としたシステムでは有用だが、複雑な地形を歩いたり走ったりするような低レベルスキルの動作要件には必ずしも適していない。

小型四足歩行ロボットの Youtube ビデオ(画像を Ctrl+クリックで動画を見る)



この新しいロボティックシステムは、マッピングとプランニングのステップを省略し、ビジョン入力をロボットの制御に直接利用する。そのため、ロボット(のカメラ)が見るものが、ロボットの動き方を決定する。研究者による動き方の指定もない。この技術によりロボットは目の前の地形に素早く対応し、効果的に移動できるようになる。

マッピングやプランニングが不要で機械学習(ML)を通じて動作を訓練するため、ロボット本体のコストが低く抑えられる。研究チームが使用したロボットは、現在入手可能な別製品の価格の少なくとも 1/25 であった。この技術のアルゴリズムにより、低コストのロボットをより広く利用できるようになる可能性が期待できる。

CMU の School of Computer System (SCS) の [機械学習科](#) の博士課程に在籍する Ananye Agarwal 氏は、「このロボティックシステムは、ロボット本体から得た視覚情報とフィードバックをインプットとして直接利用し、ロボットのモーターに命令をアウトプットします」と説明する。「この技術は、現実世界で非常にロバストなシステムを実現します。ロボットは階段で滑っても復帰し、未知の環境に遭遇しても適応できるようになるのです」。

この直接的なビジョン制御の側面は、生物に着想したものである。人間や動物は、動く時にその視覚情報を利用する。目を閉じたまま走ったり、バランスをとってみたりすれば明らかだろう。同チームの過去の研究では、カメラを持たず視覚情報が得られないロボットでも複雑な地形を移動できることを実証しているが、本研究では視覚情報を追加し、その情報を活用することでシステムを飛躍的に改善した。

このロボティックシステムの別の要素もまた、自然からヒントを得ている。身長が 1 フィート(約 30cm)にも満たない小型ロボットは、それに近い高さの階段や障害物をよじ登るのに、背の高い障害物を踏み越える時の人間の動きを学習する。人間が障害物等をよじ登るために脚を高く上げる場合、腰を使って脚を外側に開き(外転/内転運動と呼ばれる)、より広い間隔を確保する。Pathak 氏のチームが設計したロボティックシステムも同様に、現在市場にある最先端の歩行ロボットシステムがつかずく障害物について、腰の外転運動を利用して対処している。

四脚動物による後ろ脚の動きからもヒントを得ている。猫が障害物の中を移動するとき、目で確認しなくともその後ろ脚は前脚と同じものを避けている。「四脚動物には、後ろ脚による前脚の追跡を可能にするメモリが備わっています。私たちのロボティックシステムも同じように機能しています」と Pathak 氏は説明する。このシステムに搭載されたオンボードメモリにより、ロボットの後脚が前方のカメラが見たものを記憶し、障害物を回避している。

「マッピングもプランニングもないため、私たちのシステムは地形とロボットの前脚の動き記憶し、これをその後ろ脚に転送して素早く完璧に実行します」と UCB の博士課程の学生である Ashish Kumar 氏は説明する。

この研究成果は、歩行ロボットの直面する既存の課題を解決し、家庭に導入するための大きな一歩になるかもしれない。Pathak 氏、パークレー大学の Jitendra Malik 教授、Agarwal 氏、Kumar 氏による論文“Legged Locomotion in Challenging Terrains Using Egocentric Vision” は、ニュージーランドのオークランドで開催される

[Conference on Robot Learning](#) にて発表予定である。

本研究の詳細はこちらまで：

Aaron Aupperlee | 412-268-9068 | aaupperlee@cmu.edu

訳：NEDO（担当 技術戦略研究センター）

出典：本資料は、米国・カーネギーメロン大学(CMU)の以下の記事を翻訳したものである。“A Low-Cost Robot Ready for Any Obstacle”

(<https://www.scs.cmu.edu/news/2022/visual-locomotion>)

(Reprinted with permission of CMU)

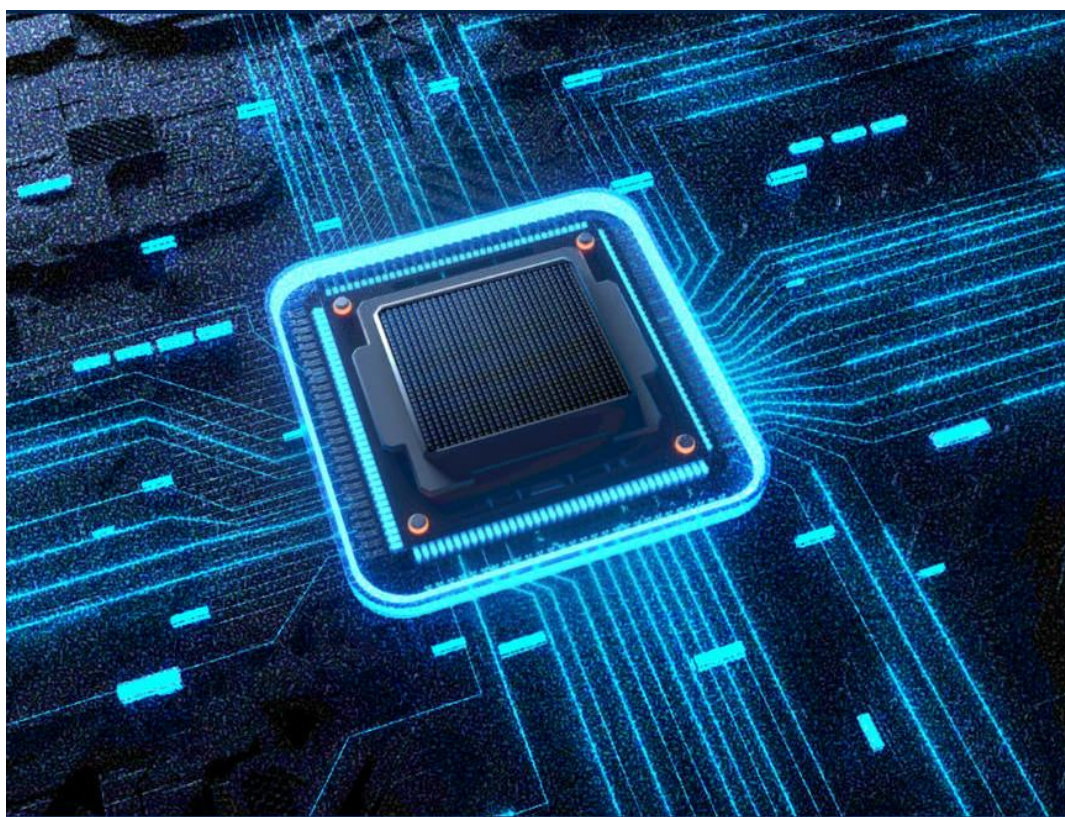
【ナノテクノロジー・材料分野】

仮訳

低光量でも極鮮明な携帯電話カメラ撮像を可能にする 2D 材料(米国) 光センサーと画像処理を統合した新デバイスで省エネを実現

2022 年 12 月 9 日

Jamie Oberdick



単層二硫化モリブデン(MoS₂)ベースの新しいピクセルセンサーは、より優れた撮像機能を提供する。
Credit: Elizabeth Flores-Gomez Murray. All Rights Reserved.

ペンシルベニア州 ユニバーシティーパーク—— 二次元素材を使用した新しいタイプのアクティブピクセルセンサー(APS)が、携帯電話での極鮮明な写真撮影を可能にすると同時に、エネルギー効率の極めて高い新しいクラスのモノのインターネット (IoT) センサーを生み出す可能性があるとして、ペンシルベニア州立大学の研究チームが発表した。

「新しい携帯電話を購入する際に求められるスペックは、多くの場合、鮮明で高解像度の写真の撮れる優れたカメラです」と Nature Materials 誌 11 月 17 日号に掲載された本研究の主著者である engineering science and mechanics の Saptarshi Das 准教授は言う。

そのカメラを使って友人・家族との会合やスポーツイベント等の写真を撮影するが、その際に携帯電話の「裏側」で起こっていることを決して考えることはない。Das 准教授によると、写真撮影の直後にその写真を見られるようにするためにかなり多くのことが起こっており、これには画像処理が関わっている。

「写真を撮る際、ほとんどのカメラでは携帯電話の内部で何らかの処理がなされていて、実際には肉眼で見るよりも写真の方がより鮮明な画像に見ることがあります」と Das 准教授は説明する。「これは、次世代携帯電話カメラに搭載されている画像キャプチャと画像処理によるもので、旧世代のカメラでは不可能でした」。

しかし、この最新カメラによる美しい写真の欠点は、この画像処理にかなりのエネルギーが必要なことである。

「写真を撮る大量に撮影するにはエネルギーコストがかかります」と、本研究の実施当時ペンシルベニア州立大学の大学院生の研究助手で、現在は Western Digital 社の研究スタッフであり、本研究の共同第一著者である Akhil Dodda 氏は説明する。「1 万枚の画像を撮ると、その分のエネルギーコストがかかります。このエネルギー量を 1/100 にすることができれば、消費するエネルギー量はそのまま画像を 100 倍多く撮ることができるようになります。旅行先でセルフイー等の写真をより多く撮影できるようになって、写真撮影をより持続可能にします。これには、材料のイノベーションが重要な役割を担います」。

本研究での材料イノベーションは、APS にセンサー内処理を追加することによるエネルギー使用量の低減である。ここでは、薄さが僅か原子 1~数個分の二硫化モリブデン(MoS₂)という新しい二次元材料に着目した。この材料は半導体でもあり、光への感度が高いため、低エネルギーのセンサー内画像処理に向けた材料として理想的である。

「MoS₂ が非常に優れた感光反応を示すことを発見しました」と engineering science and mechanics の大学院生の研究助手であり、本研究の共同第一著者である Darsith Jayachandran 氏は言う。「その後、必要となる別の特性を探しました」。

これらの特性には、センサーのダイナミックレンジに重要となる低光量に対する感度が含まれる。ダイナミックレンジとは、月の光のような低光量と太陽光のような明るい光の両方で物体を「見る」ことのできる能力を指す。人間の目は、優れたダイナミックレンジを持つため、ほとんどのカメラよりも夜空の星をよく見ることができる。

MoS₂ はまた、強力な信号変換、電荷-電圧変換とデータ伝送能力も示した。このことにより、MoS₂ は光センシングとセンサー内画像処理の両方の役割を担う APS を可能にする理想的な材料となる。

「それからセンサーアレイを作りました」と Jayachandran 氏は言う。「私たちが開発した 9 平方ミリメートルのアレイには 900 個のピクセルが含まれ、それぞれのピクセルサイズは約 100 マイクロメートルです。現在の CMOS センサーに比べて光への感度が高いため、追加的な回路やエネルギーが不要です。それぞれのピクセルの動作に必要なエネルギー量が大幅に低減するため、電池使用量が大幅に低減した優れた携帯電話カメラが実現できます」。

このダイナミックレンジと画像処理により、写真撮影には不利な条件下でも鮮明な写真の撮影ができるようになると Das 准教授は説明する。

「たとえば、夜間の屋外や雨・霧の日にお友達の鮮明な写真を撮ることができるようになります。カメラはノイズを除去して霧を消し去り、ダイナミックレンジによって夜空の星を背景にお友達の写真が撮れるようになるでしょう」。

Das 准教授は、Material Research Institute の 3 つの主要な設備が材料の作製と試験の実施に重要な役割を担ったことを指摘する。

「実験に使用した二次元材料は、アメリカ国立科学財団(NSF)の Materials Innovation Platform (MIP) 施設であるペンシルベニア州立大学の Two-Dimensional Crystal Consortium で作製し、材料の特性評価は Materials Characterization Laboratory で行い、Nanofabrication Laboratory のクリーンルームを使用しました」と Das 准教授は説明する。「キャンパス内のこれらの施設に簡単にアクセスできることは、この研究を成功させる上で大きな役割を果たしました」。

将来的には、最高水準の携帯電話カメラを実現するだけでなく、このセンサー技術が他のアプリケーションにも応用できると考えている。これには、IoT やインダストリー 4.0 アプリケーションに向けたより優れた光センサーが含まれる。インダストリー

4.0 は、従来の産業活動と IoT、クラウドデータストレージ、人工知能(AI)/機械学習(ML)等の最先端のデジタル技術を組み合わせた、成長中のムーブメントを指す用語である。インダストリー4.0の目標は、インテリジェントな自動化によってより効率的なプロセスとプラクティスの開発を通じた製造業の改善であり、これにはセンサーが鍵となる。

「稼働中の設備を監視して不具合を特定できるセンサーは、IoTにおいて非常に重要です」と Dodda 氏は言う。「従来のセンサーではエネルギーの大量消費が問題となっていました。より高機能の ML 等の作動を可能にしてエネルギーコストを大幅に低減する、エネルギー効率の非常に高いセンサーを本研究で開発しました」。

本研究の著者には : Das 准教授、Dodda 氏、Jayachandran 氏の他に、ペンシルベニア州立大学の Andrew Pannone 氏、Nicholas Trainor 氏、Sergei Stepanoff 氏、Megan Steves 氏、Shiva Subbulakshmi Radhakrishnan 氏、Saiphaneendra Bachu 氏、Claudio Ordone 氏、Jeffrey Shallenberger 氏、Joan Redwing 氏、Kenneth Knappenberger 氏および Douglas Wolfe 氏らが含まれる

本研究は、米国国防総省(DoD)と米国立科学財団(NSF)が支援した。

訳 : NEDO (担当 技術戦略研究センター)

出典 : 本資料は、ペンシルベニア州立大学(PennState)の記事 “2D material may enable ultra-sharp cellphone photos in low light”

(<https://www.psu.edu/news/materials-research-institute/story/2d-material-may-enable-ultra-sharp-cellphone-photos-low-light/>) を翻訳したものである。

(Reprinted with permission of the Pennsylvania State University)

【ナノテクノロジー・材料分野】

仮訳

「スマートな」材料の自立薄膜を作る新製造プロセスを発見(米国)
より高速で効率的な電子機器や部品の製造での利用が期待できる

2023年1月3日

ミネアポリス/セントポール—ミネソタ大学ツインシティー校を中心とする科学者および技術者チームが、光、磁場、電場などの刺激に応じて変化するユニークな特性を持つ、「スマートな」材料であるペロブスカイト酸化物半導体の薄膜を作る新しい方法を開発した。



「スマートな」材料のナノ薄膜作製の新しい方法を開発したチームを率いるリーダーの一人であるミネソタ大学ツインシティー校の Bharat Jalan 教授。センサーや柔軟な電子機器等のデバイスに新薄膜のユニークな特性を利用できるようになる。写真撮影:Olivia Hultgren 氏

これらの特性を利用し、さらには他の新しいナノスケールの材料と組み合わせることで、センサー、スマートテキスタイル、フレキシブルエレクトロニクスなどのより優れたデバイスを作ることができるようになる。

本研究の論文は、米国科学振興協会 (AAAS) が発行する査読付き科学雑誌 *Science Advances* に掲載されている。

薄膜状の材料を製造することで、電子デバイスのより小さなコンポーネントへの統合が容易になる。薄膜の多くはエピタキシーと呼ばれる技術を使用して作られている。エピタキシーとは、材料の原子を基板またはある種のテンプレート上に配置して、1原子層毎に薄い材料シートを作成する技術である。しかし、エピタキシーによって作製されるほとんどの薄膜はその宿主基板上に「固着」されるため、用途が制限される。基板から切り離されて自立した薄膜となれば、はるかに機能的になる。

ミネソタ大学のチームは、特定の金属酸化物——チタン酸ストロンチウム(SrTiO_3)——の膜を作製する新しい方法を発見した。この方法は、これまでの自立金属酸化物薄膜の合成におけるいくつかの問題を回避する。

「あらゆる酸化物材料で自立薄膜を作製・剥離し、任意の対象に転写するプロセスを開発しました」と、本研究論文の主著者でミネソタ大学化学工学・材料科学部の **Bharat Jalan** 教授および **Shell Chairs** 氏は説明する。「これらの材料を他のナノスケールの材料と組み合わせることで、これらの材料の機能性の恩恵を受けることができ、高機能で高効率なデバイスを幅広く実現できるようになります」。

グラフェンのような 2 次元物質とは異なり、酸化物材料は 3 次元に原子が結合しているため、「スマートな」自立薄膜の作製が困難である。酸化物材料の薄膜作製の一手法は、基板と薄膜材料の間の中間体としてグラフェン層を使用する、リモートエピタキシーと呼ばれる技術である。

このアプローチでは、薄膜酸化物材料で薄膜を形成し、一片のテープのように基板から剥がして自立薄膜を得ることができる。しかし、金属酸化物にこの方法を使用する際の最大の障壁は、材料内の酸素との接触でグラフェンが酸化し、薄膜が損なわれることである。

ミネソタ大学の **Jalan** 教授の研究室が開発したハイブリッド分子線エピタキシー技術では、予め酸素と結合しているチタンを使用することによりこの問題を回避する。さらに、ストイキオメトリ制御が可能となり、組成を自動的に制御できるようになる。

「いくつかの実験を行うことで、グラフェンの酸化を確実に回避して複合酸化物を作ることのできる新手法を今回初めて確定的に実証しました。これは合成科学における主要なマイルストーンです」と **Jalan** 教授は説明する。「私たちは、複合酸化物の薄膜をストイキオメトリ制御で作る技術を獲得したのです。これに成功した例は他にはありません」。

Jalan 教授のチームの材料科学者らは、ミネソタ大学電気・コンピュータ工学科の **Steven Koester** 教授の研究室の工学研究者たちと密接に協力し、2 D 材料の製造に注力した。

「複合酸化物は、非常に重要な機能を多く内包する多種類の材料です」と、本研究の上級著者であり、ミネソタ大学ツインシティー校のミネソタナノセンターの所長であ

る Koester 教授は説明する。「今後は、これらを使用した電子デバイスの超小型トランジスタの作製をはじめ、フレキシブルセンサー、スマートテキスタイル、不揮発性メモリなど、さまざまなアプリケーションへの適用が考えられます」。

本研究には、米国エネルギー省(DOE)、空軍科学研究所(AFOSR)および米国科学財団(NSF)が資金を提供した。

Jalan 教授と Koester 教授に加え、本研究チームに含まれる研究者らは：ミネソタ大学化学工学・材料科学部の Hyojin Yoon 氏、Tristan Truttmann 氏、Fengdeng Liu 氏、SooHo Choo 氏、ミネソタ大学電気・コンピュータ工学部の Qun Su 氏、パシフィックノースウェスト研究所(PNNL) の Bethany Matthews 氏、Mark Bowden 氏、Steven Spurgeon 氏、Scott Chambers 氏;およびウィスコンシン大学マディソン校の Vivek Saraswat 氏、Sebastian Manzo 氏、Michael Arnold 氏、Jason Kawasaki 氏。

[Science Advances website 掲載のフルテキスト論文](#)：“Free-Standing Epitaxial SrTiO₃ Nanomembranes via Remote Epitaxy using Hybrid Molecular Beam Epitaxy”

訳：NEDO（担当 技術戦略研究センター）

出典：本資料は、ミネソタ大学ツインシティー校理工学部の記事 “Researchers discover new process to create freestanding membranes of 'smart' materials” (<https://cse.umn.edu/college/news/researchers-discover-new-process-create-freestanding-membranes-smart-materials>) を翻訳したものである。

(Reprinted with permission of the University of Minnesota)

【新エネルギー分野(太陽光発電)】

仮訳

Caltech が 1 月に宇宙軌道へ Space Solar Power Technology Demo を打ち上げ(米国)

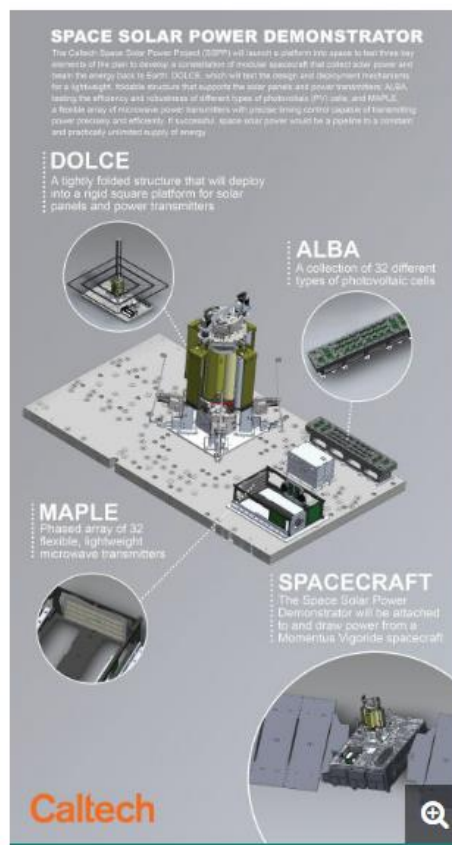
2023 年 1 月 2 日

アップデート: 2023 年 1 月 3 日 6:55 a.m. PT、Transporter-6 ミッションの打ち上げに成功

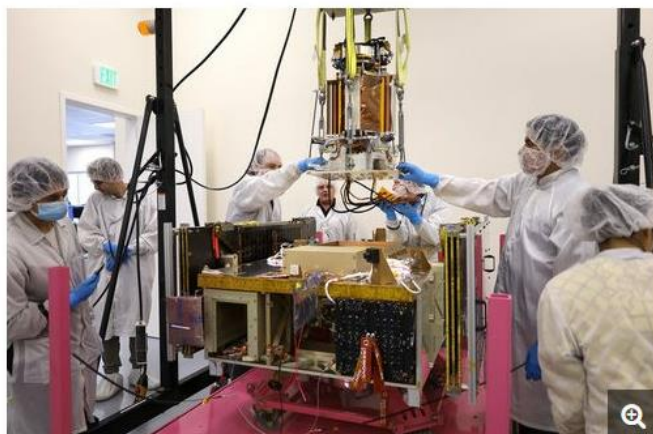
カリフォルニア工科大学(Caltech)の Space Solar Power Project (SSPP) は、2023 年 1 月に Space Solar Power Demonstrator (SSPD) と名付けられた [プロトタイプを宇宙軌道に打ち上げる準備を整えている](#)。このプロトタイプは、宇宙で太陽エネルギーを収穫して地球に送り返すという、野心的なプロジェクトの主要なコンポーネント数点の試験を予定している。

宇宙太陽光発電は、宇宙空間にある実質的に無限の太陽エネルギーを利用する方法を提供する。宇宙では、地球のような昼夜のサイクル、季節や雲量の影響が無い。

1 月初旬に予定されている打ち上げは、このプロジェクトにおける主要なマイルストーンであり、SF の世界の実現を期待させるものである。完全に実現すれば、太陽の光を集めて電気に変換し、その電気を長距離にわたって必要な場所であればどこへでも(現在安定した電力利用が不可能な場所も含み)ワイヤレス送信する、モジュール式のスペースクラフトを SSPP が展開する。



Transporter-6 ミッションで SpaceX のロケットに搭載されたスペースクラフトの [Momentus Vigoride](#) は、重量 50 kg の SSPD を宇宙へと運ぶ。SSPD は 3 つの主要な試験で構成されており、それぞれが以下のようなプロジェクトのキーテクノロジー数種類の試験の任務を負っている：



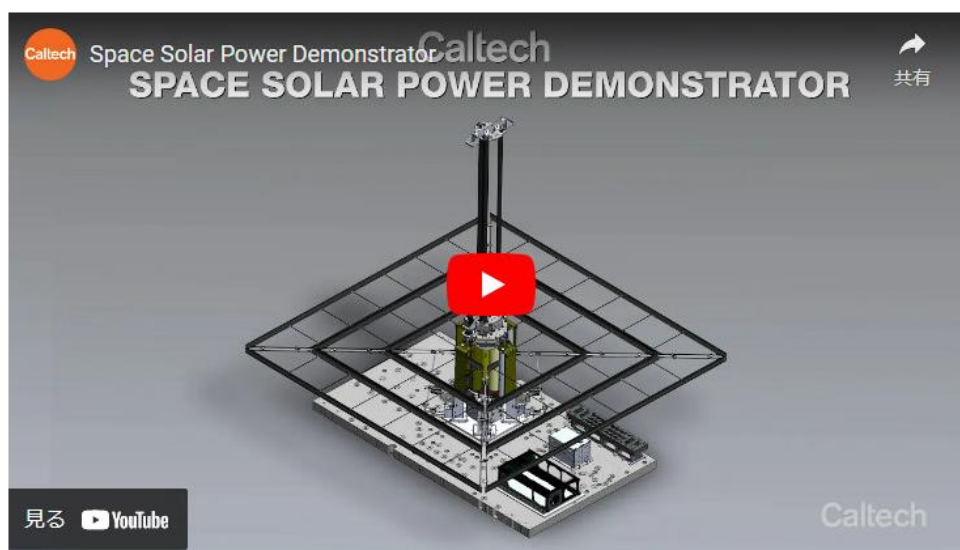
Space Solar Power Demonstrator(SSPD)の DOLCE を Momentus 社が製造した Vigoride 宇宙船に慎重に降下させる。
写真提供: Caltech/Space Solar Power Project

DOLCE (Deployable on-Orbit ultraLight Composite Experiment) :最終的に発電所を形成するキロメートル規模のコンステレーションを構成する、モジュール式スペースクラフトのアーキテクチャ、パッケージ化スキーム、および展開メカニズムを実証する 6 フィート×6 フィートの大きさの構造物;

ALBA :宇宙の過酷な環境で最も効果的な太陽電池を評価するための、32 種類の PV セルのコレクション;

MAPLE (Microwave Array for Power-transfer Low-orbit Experiment) :柔軟で軽量のマイクロ波パワートランスミッタアレイで、正確なタイミング制御により 2 台のレシーバに選択的に電力を集中させ、宇宙空間の長距離ワイヤレス送電を実証する。

SSPD の 4 番目のコンポーネントは、Vigoride コンピューターに接続して上述の 3 件の実験を制御する電子機器が格納されたボックス。

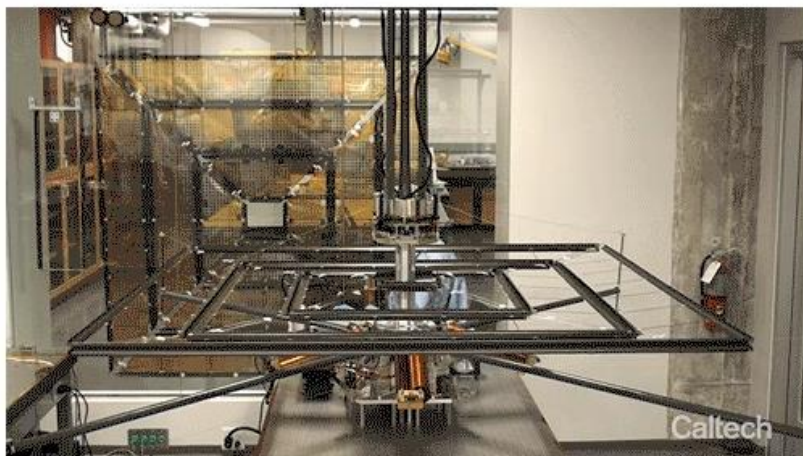


SSPP の始まりは、アーバイン社の会長であり、Caltech の理事会の終身メンバーでもあった慈善家の **Donald Bren 氏** が、**2011 年**に *Popular Science* 誌の記事で宇宙空間での太陽エネルギー製造の可能性を知ったのがきっかけである。宇宙太陽光発電の可能性に興味を持った Bren 氏は、当時の Caltech の **Jean-Lou Chameau** 学長に、宇宙空間太陽光発電研究プロジェクトの創設について話を持ちかけた。2013 年、Bren 氏は彼の妻で Caltech 評議員である **Brigitte Bren 氏** と共に、このプロジェクトの資金として寄付を行うことに同意した。Caltech への最初の寄付（プロジェクトと教授職への支援として最終的に 1 億ドルを超える）は、その年に **Donald Bren 財団** を通じて行われ、研究が開始された。

「私は長年、宇宙を利用した太陽光発電が人類の最も緊急の課題の解決に貢献することを夢見てきました」と Bren 氏は言う。「今日、その夢の実現に向かって邁進する Caltech の優秀な科学者たちを支援できることに胸が躍ります」。

ロケットは約 10 分で目的の高度に到達する。その後、**Momentum** スペースクラフトがロケットから軌道に展開される。地球の Caltech チームは、打ち上げから数週間以内に **SSPD** の試験を開始する予定である。

実証試験の一部は迅速に実施される。「私たちは、**Momentum** から **SSPD** にアクセスできるようになってから、数日以内に **DOLCE** の展開を命令する予定です。**DOLCE** が作動するかどうかはすぐにわかるはずですよ。」と Caltech の **Joyce and**



DOLCE の展開 (Ctrl+クリックで動画を観る)

Kent Kresa 航空宇宙学教授および土木工学教授で **SSPP** の共同ディレクターである **Sergio Pellegrino** 氏は説明する。Pellegrino 氏は、NASA の下 Caltech が管理するジェット推進研究所(JPL)の上級研究科学者でもある。



より長い時間を要するものもある。宇宙空間での太陽光発電アプリケーションに最適な光起電技術の種類に関する新たな知見を得るには、最大 6 ヶ月の実験を必要とする。MAPLE には、初期の機能検証から様々な環境下でのシステムの性能評価までの一連の実験が含まれる。一方、DOLCE に搭載された展開式ブームの 2 台のカメラと、電子機器ボックスに搭載されたカメラが試験の進捗状況を監視し、フィードバックを地球に送信する。SSPP のチームは、打ち上げから数ヶ月以内に SSPD の性能の完全な評価ができることを期待している。

多くの課題が残る：打ち上げからスペースクラフトの展開、そして SSPD の作動まで、宇宙空間での実験には何の保証もない。しかし、何が起ころうとも、宇宙に適切なプロトタイプを作製する真の実力は SSPP チームの偉大な功績である。



(左から) 宇宙太陽光発電プロジェクトの主任研究員の Sergio Pellegrino 氏、Harry A. Atwater 氏、Ali Hajimiri 氏。
クレジット: Steve Babuljak 氏から Caltech へ

Caltech の電気工学・医療工学のブレン教授で SSPP の共同ディレクターを務める Ali Hajimiri 氏は、「何が起ころうとも、このプロトタイプは大きな進展です」と言う。「地球上で機能し、宇宙へと打ち上げられる全てのものに求められる厳格なステップをクリアしています。多くのリスクがあるものの、必要なすべてのプロセスを経たことで、私たちは貴重な教

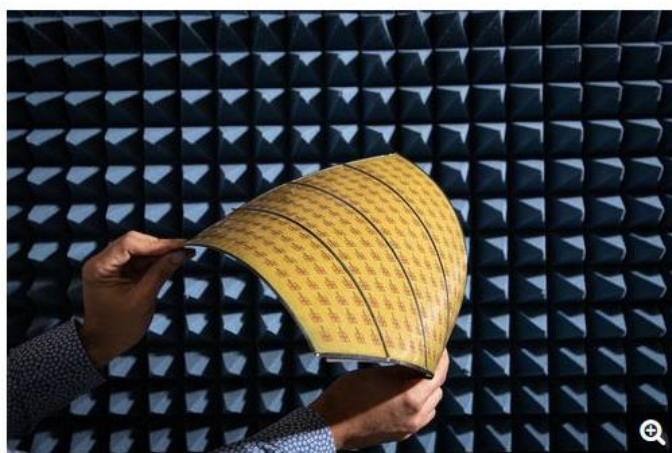
訓を得ています。この宇宙実験が、プロジェクトを進める上で指針となる追加的で有用な情報を多く提供すると考えています」と同氏は続ける。

太陽電池は 1800 年代後半に登場し、現在では(国際宇宙ステーション(ISS)への電力供給に加えて)世界の電力の約 4%の発電を担っているが、宇宙での大規模利用に際して太陽光発電と送電に関するあらゆる側面を再考する必要がある。太陽電池パネルは大型で重いため打ち上げにはコストがかかり、送電には長大な配線が必要である。SSPP のチームは、これらの課題を克服するために、宇宙での大量展開の費用対効果が得られる軽量性と、過酷な宇宙環境に耐えられるだけの強度を備えながら、宇宙太陽光発電の実現を可能にするシステムの新技术、アーキテクチャ、材料と構造を考案し、作製する必要がある。

「DOLCE は、太陽電池で動くスペースクラフトとフェーズドアンテナアレイの新しいアーキテクチャを実証するものです。前例のないパッケージング効率と柔軟性の達成に向けて最新世代の極薄複合材料を活用しています。私たちが既に取り掛かっている研究の進展で、将来の様々な宇宙ミッションへの応用が期待されています」と Pellegrino 氏は説明する。

「柔軟性のある MAPLE アレイ、またそのコアのワイヤレス送電電子チップと送信素子はゼロから設計されています。存在すらしていないため、市販のアイテムで作られたものではないのです。このような根本的なシステムの再考は、SSPP のスケールアップなソリューションの実現において不可欠なものです」と Hajimiri 氏は言う。

SSPD に含まれる 3 つのプロトタイプは、約 35 人から成るチームによって、考案、設計、製作、試験されている。「これを学術的、産業的な環境下で利用できるものよりも、より小規模なチームと大幅に少ないリソースで達成しました。私たちのチームの非常に才能のある個人によるチームが、これを可能にしたのです。」と Hajimiri 氏は語る。



ユニットの柔軟性を実証するパワートランスミッタアレイのプロトタイプアンテナシート。黄色のタイル上のオレンジ色の各正方形が 1 個のトランスミッタが駆動するアンテナ。写真提供:Lance Hayashida 氏/Caltech

このチームは大学院生、ポスドク、そしてリサーチ・サイエンティストから構成され、急成長する宇宙太陽光発電分野における指導的な存在となっている。「私たちは、次世代の宇宙技術者を生み出しています」と SSPP の研究者の Harry A. Atwater 氏は説明する。同氏は、Caltech の Division of Engineering and Applied Science の Otis Booth Leadership Chair、Applied Physics and Materials Science の Howard Hughes Professor、また、Liquid Sunlight Alliance のディレクターでもある。Liquid Sunlight Alliance は、工業用化学薬品、燃料、建築資材や他の製品に利用できる液体製品の太陽光による製造を専門とする研究機関である。

3つのテストベッドの成否は様々な方法で測定される。DOLCE で最も重要なのは、折り畳まれた構造からオープン構造への完全な展開である。ALBA のテストが成功すれば、最大の効率と耐久力で作動する太陽電池が特定できる。MAPLE の目標は、複数の特定のターゲットへの選択的なオンデマンドの空間電力伝送の実証である。

「JPL や南カリフォルニアの宇宙産業の同僚たちに、ミッションを成功させるための設計やテスト手順について頻繁に助言を求めました。全く新しい技術の開発は本質的にリスクの高いプロセスではありますが、失敗のリスクの低減に努めました」と Pellegrino 氏は言う。

SSPP の最終的な目標は、手頃な価格の再生可能なクリーンエネルギーを世界に供給することである。SSPP の詳細については、[プログラムのウェブサイト](#)で確認できる。

著者：Robert Perkins

連絡先：Robert Perkins(626) 395-1862

rperkins@caltech.edu

訳：NEDO（担当 技術戦略研究センター）

出典：本資料は、カリフォルニア工科大学(Caltech)の記事 “Caltech to Launch Space Solar Power Technology Demo into Orbit in January”

(<https://www.caltech.edu/about/news/caltech-to-launch-space-solar-power-technology-demo-into-orbit-in-january>)を翻訳したものである。

(Reprinted with permission of the California Institute of Technology (Caltech))