

【ナノテクノロジー・材料分野】

仮訳

ナノスケールの金属構造を3Dプリントする新プロセス（米国）

2018年2月9日

金属イオンを含む有機足場を合成することで、従来よりも桁違いに小さい金属構造の3Dプリントが可能になる。

カルフォルニア工科大学(Caltech)が開発した新技術により、初めて3Dプリンティングを利用して複雑なナノスケール金属構造を作製することが可能となる。



Caltechの大学院生 Andrey Vyatskikh 氏は 3D 金属構造体がプリントされた正方形のシリコン回路基板を見せている。構造体自体は埃よりも小さい。

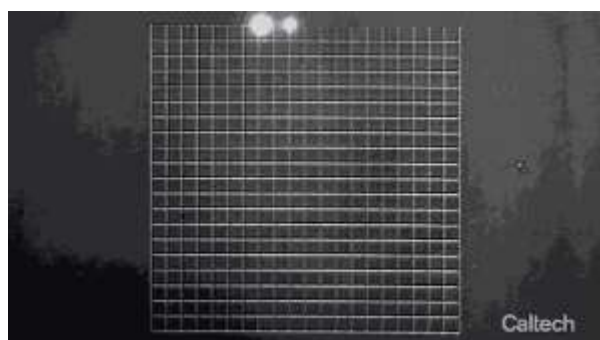
(Credit: Caltech)

本技術がスケールアップした後は、医療用の微細なインプラントの制作、コンピュータチップ上に3Dロジック回路の作製や超軽量航空機部品の設計等様々なアプリケーションへの利用が期待される。また、内部構造に基づいた並外れた特性を有する、新材料開発の可能性をも切り拓く。本技術の研究論文は2月9日付 *Nature Communications* に掲載されている。

積層造形としても知られている3Dプリンティングでは物体を一層ずつ作製し、エッチングやフライス加工等の従来のサブトラティブ法では不可能な構造物が作製可能である。Caltechの材料科学者である [Julia Greer](#) 教授は、積層造形による超小型3D構造物を作製するパイオニアである。教授らの研究チームは、例えば肉眼で見るとはあまりにも微小な、桁がわずかに数ナノメートル幅の3D格子構造を作製した。このような材料は並外れた、時には驚くべき特性を示す。また、研究チームはスポンジのように圧縮後に反発して、元の形状に戻る超軽量のセラミックスを作製した。

研究チームはセラミックスから有機化合物まで、多様な材料による3Dプリント構造を作製している。だが金属プリントでは、特に約50ミクロン（人間の毛髪の約半分の幅）を下

回るサイズの構造作製を試みたが、困難であった。



液体材料から構造物を 3D プリントするために 2 光子リソグラフィを利用、固体材料へ硬化する化学結合を作製する。

(Credit: Caltech)

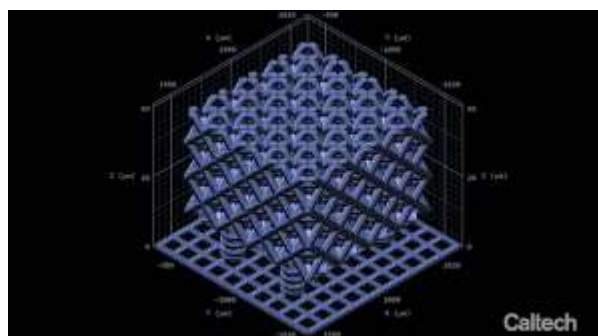
[\(画像のダウンロード\)](#) 左カッコ内で Ctrl キーを押しながらクリックして、リンク先を表示

ナノスケールの 3D プリンティングでは、わずか 2 光子もしくは光粒子の高精度レーザーが、特定の位置にある液体に照射する。これは、液体ポリマーの固体への硬化には十分なエネルギーだが、金属の溶融には不十分であった。

「金属は、我々がナノスケール構造物の作製に利用しているポリマー樹脂と同様には、光に反応しません」と Caltech Division of Engineering and Applied Science の材料科学、力学、医用工学の

Greer 教授は述べている。「硬化を可能にし、特定の型を形成するポリマーは光との相互作用により、化学反応が生じます。金属では、この過程は根本的に不可能です。」

Greer 教授の研究チームの大学院生、Andrey Vyatskikh 氏が解決策を見出した。金属と結合する分子をもつ有機リガンド(配位子)を利用し、主要成分がポリマーだが、足場材のようにプリント可能な金属を有する樹脂を作製した。



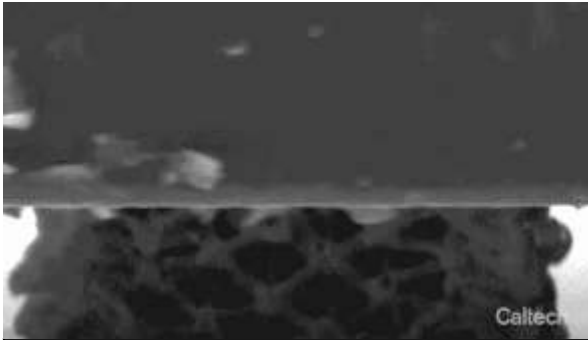
コンピューターモデリングは微小格子がどのように 150 ナノメートル層に 3D プリントされるかを示す。構造体が加熱されると、80%縮小可能。

(Credit: Caltech)

[\(画像のダウンロード\)](#) 左カッコ内で Ctrl キーを押しながらクリックして、リンク先を表示。

Nature Communications の論文に記載された実験では、Vyatskikh 氏はニッケルと有機分子を結合し、咳止めシロップに類似の液体を作成した。コンピューター・ソフトウェアを利用して構造体を設計し、2 光子レーザーを液体に照射することで構造体を作製した。レーザーによって有機分子間のより強力な化学結合が作られ、構造体の構成要素へと硬化した。この有機分子はニッケル原子にも結合するため、ニッケルも構造体に統合される。このように研究チームは、最初に金属イオンと非金属の有機分子が混合されていた、3D 構造をプリントできた。

次に Vyatskikh 氏は構造体をオープンに入れ、真空チャンバー内で 1,000°C (約 1,800°F) まで徐々に加熱した。ニッケルの溶融点である 1,455°C(2,650°F) 下回る温度によって構造



作製した構造体の強度試験のため、Greer 教授は構造体を押つぶし、反応を記録。

(Credit: Caltech)

([画像のダウンロード](#))左カッコ内で Ctrl キーを押しながらかlickして、リンク先を表示

中の有機材料が蒸発し、金属のみが残留する。熱分解として知られているこの過熱プロセスは、金属粒子も同時に熔融する。

また、同加熱プロセスは構造材料のかなりの量を蒸発させるため、形状と比率を維持したまま、構造体のサイズは 80%縮小する。

「我々が構造体を微小に作製できたのは、最後の縮小部分が大きく関係しています」と *Nature Communications* 論文の主著者である Vyatskikh 氏は述べている。「論文

で報告した構造体では、プリントしたパーツの金属桁の直径は、縫い針の先端の約 1/1000 のサイズです。」

Greer 教授と Vyatskikh 氏は、同技術の改良を引き続き行っている。現在論文で報告された構造体には、蒸発した有機材料が残す中空とわずかに残る不純物がある。また Greer 教授によると、同技術が産業利用されるのであれば、多量の材料が生産できるようスケールアップが必要となる。研究チームはニッケルから研究を開始したが、タングステンやチタン等、一般産業利用されているが微細な 3D プリント構造作製が困難もしくは不可能な、その他金属への応用にも関心を示している。またセラミックスや半導体、圧電材料等（機械的応力から生じる電気効果を有する材料）の一般的かつ新しい金属以外の材料に、本プロセスを利用して 3D プリントすることも視野に入れている。

本研究のタイトルは「[Additive Manufacturing of 3D Nano-Architected Metals](#)」である。共同執筆者は Caltech Resnick Sustainability Institute の応用物理学、材料科学の博士研究員である Akira Kudo 氏および機械工学大学院生の Carlos Portela 氏、フランス Centre Technique de Vélizy の共同研究者 Stéphane Delalande 氏、中国 Tsinghua University の Xuan Zhang 氏である。本研究は米国国防総省より資金提供されている。

著者：Robert Perkins 氏

翻訳：NEDO 技術戦略研究センター企画課

出典：本資料はカルフォルニア工科大学 (Caltech)の以下の記事を翻訳したものである。
“New Process Allows 3-D Printing of Nanoscale Metal Structures”
(<http://www.caltech.edu/news/new-process-allows-3-d-printing-nanoscale-metal-structures-81373>)

(Reprinted with permission of California Institute of Technology)