東北大学研究プロジェクト「新領域創成のための挑戦研究デュオ」 - Frontier Research in Duo(FRiD) -

新領域創成のための
挑戦研究デュオ
Frontier Research in Duo (FRiD)

研究課題名：３Ｄプリンティングと深層学習を用いた構造×蓄電機能複合の実践的研究～カーボンマイクロラティスの構造設計とデバイス応用～

研究代表者
材料科学高等研究所
助教　工藤　朗

共同研究者
多元物質科学研究所
助教　小林弘明

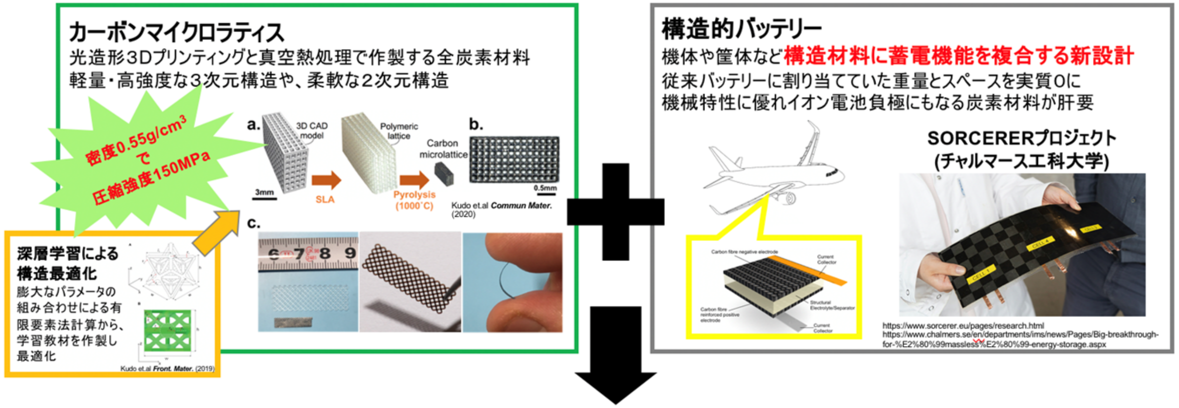
共同研究者
金属材料研究所
助教　木須一彰

海外研究機関パートナー
英国　ユニバーシティカレッジロンドン（UCL）
Associate Professor　Federico Bosi
オランダ　デルフト工科大学（TU Delft）
Assistant Professor　Miguel Bessa

研究の概要（Project Summary）

光造形３Ｄプリンティング（ＳＬＡ）と真空熱分解で作製されるマイクロ構造炭素材料「カーボンマイクロラティス（ＣＭＬ）」を用いて、構造材料とエネルギー貯蔵材料を複合した構造的バッテリーを実現する。有限要素法の結果を学習教材とした深層学習アルゴリズムを用いて、荷重を支えながら高速な充放電が可能なラティス構造の最適化を行う。また球面収差補正透過・走査透過電子顕微鏡と*in-situ*測定により、ＣＭＬを構成するアモルファスカーボンの原子構造と、充放電メカニズムを解析する。最後に、３Ｄプリンティングの造形自由度を生かしたプロトタイプ構造的バッテリーを作製する。ＳＬＡ・深層学習・エネルギーデバイスの３つの分野を横断し、ＣＭＬによる構造材料と機能材料の複合化という分野を創生する。

The carbon microlattice (CML) is a full-carbon 3D microarchitecture fabricated by stereolithography 3D printing (SLA) and subsequent pyrolysis. Employing CMLs as the central component, we demonstrate the structural battery, a rising concept which integrates structural components and energy devices. We will develop deep learning-assisted algorithm for optimizing mechanical and electrochemical performances. We also investigate the structures of amorphous carbon that composes CMLs and the electrochemical processes at an atomic scale by *in-situ* measurement with an aberration-corrected transmission/scanning transmission electron microscope. Finally, we prototype the CML-based structural battery. Combining SLA, deep-learning and energy devices, the team will aim at founding a new research field “carbon microlattices for integration of structural and functional properties”.



- ３Dプリンティングの造形自由度により、幅広い用途・形状に対応：**ドローンからロケットまで、構造材料をバッテリーに！**
- 全炭素材料により、イオン電池のためのバインダーフリー電極を実現

https://www4.djicdn.com/cms/uploads/3ab3b5f2cdab780df17624dc2394dc5c.png
https://www.apple.com/jp_edu_1460/shop/buy-mac/macbook-pro/16インチ-スペースグレイ-2.3ghz-8コアプロセッサ-1tb#
https://www.bostondynamics.com/sites/default/files/2019-12/atlas.png
https://embed.widencdn.net/img/dorelrl/ao24rtquwx/600px@1x/C21_C14351M_CAAD_Optimo_3_BLK_3Q.png

https://www.theverge.com/transportation/2017/11/6/16613998/lamborghini-terzo-millennio-electric-concept-car-photos
https://www3.nhk.or.jp/news/special/sci_cul/2020/11/special/uchu-shinjidai/falcon9/
https://www.nasa.gov/sites/default/files/thumbnails/image/final_configuration_of_iss.jpg

研究課題名：３Dプリンティングと深層学習を用いた構造×蓄電機能複合の実践的研究～カーボンマイクロラティスの構造設計とデバイス応用～

新領域創成のための挑戦研究デュオ
Frontier Research in Duo (FRiD)

2021年度のトピック（Topic for FY2021）

マイクロラティス構造の利点の一つとして、物質輸送の改善があげられる。これは物質や電荷の拡散律速の影響を受けやすいエネルギーデバイスの向上性能において、とりわけ重要な役割を果たすと考えられている。マイクロラティス化の利点を実証するため、カーボンマイクロラティスを用いたスーパーキャパシタを作製した。カーボンマイクロラティスは二酸化炭素で活性化処理することで、３Dプリント由来の規則的なマクロ細孔（孔径~150μm）を維持しつつ梁の内部にナノ細孔（孔径2~3nm）を有する多重細孔炭素電極となる。これにより従来比１０倍以上の厚みでも性能を損なうことなく、デバイスの小型化・低コスト化、およびエネルギー密度と出力密度の両方の向上に成功した。

One of the advantages brought by microlattice architectures is that they can enhance transportation of materials and charges. Since sluggish transportation often limits the performance of energy devices, microlattices are believed to play a key role in overcoming the issue. In order to realize this advantage, we fabricated and demonstrated supercapacitors using carbon microlattices as electrodes. After CO_2 activation, carbon microlattices were impregnated with nanoporosity in their each beam while maintaining 3D-printed architecture. Such multi-modal porous carbon electrodes were 10 times thicker than conventional ones so simultaneously realized high energy density and power density. Our results exemplify the effectiveness of 3D printed microlattices in downsizing and cost reduction of energy devices.