

( 様式D-2 )

( 別 紙 )

## 令和 4 年度 海外派遣研究員研究報告書

令和 5 年 3 月 28 日

日本大学理事長 殿

日本大学学長 殿

所 属 理工学部

資格・氏名 准教授 上田政人

令和 4 年度海外派遣研究員 ( 短期 B ) の研究実績を、下記のとおり報告いたします。

### 記

1 区 分 短期 B

2 研究課題

メタコンポジット・メタストラクチャーに関する研究

3 派遣期間 西暦 2023 年 2 月 27 日 ~ 2023 年 3 月 23 日

4 派遣先 国名 イギリス ・都市名 ケンブリッジ

5 研究目的

3D プリント技術により、これまでは製造不可能であった複雑な外部形状や内部構造を有する機械部品が製造できるようになった。これによってこれまでには無い特性を発揮する材料、すなわちメタマテリアル・メタコンポジットの研究開発が進められている。これまでにはない特性を発揮させた例として、超低密度、ゼロ・マイナスポアソン比、高回復性、柔軟性、スナップ構造などの様々な新規特性が報告されている。

近年の技術開発によって、炭素繊維強化プラスチックの 3D プリントが可能になっている。炭素繊維強化プラスチックは軽量かつ高強度材料であるために航空機構造などに用いられているが、脆性材料であるために突発的な破壊が生じることが構造部材として使用する場合に課題となっている。また、炭素繊維強化プラスチックの 3D プリントにおいては、これまでの製造技術と異なり、3D プリントの高い成形自由度に由来する欠陥が生じることが課題である。

そこで本研究では、3D プリントを応用して、高強度脆性材料である炭素繊維強化プラスチックを用いた機械構造部材にこれまでにはない延性特性を付与する技術開発を行う。すなわち、高強度脆性材料を用いて延性特性を有する構造を設計する手法であり、これまでには無い全く新しい概念となるメタストラクチャーを提案する。また、炭素繊維強化プラスチックを 3D プリントする際に生じる欠陥についても、特に自由度の高い製造を行うことを想定して、曲率を有するプリントパスによって生じる欠陥と、マイク

## ( 様式D-2 )

ロストラクチャーの変化とを調査する。炭素繊維強化プラスチックの 3D プリントにおいて生じる欠陥が成形品の力学特性に与える影響を評価して、その課題解決のための検討を行う。

### 6 研究概要

これまでに炭素繊維強化プラスチックの異方性材料方向と内部幾何形状との同時最適化を行い、要求する力学特性を満たしながら最軽量となる内部微細構造を得て、その結果を基に実際に 3D プリントする手法を開発した。この 3D プリントにより得られる形状は、剛性や強度が必要な部分では材料が密に充填されるが、不必要な部分では材料を削減するために疎な多孔質微細構造となる。

一方で、イギリスのケンブリッジ大学に所属する Vikram Deshpande 教授らが、3D プリントによるナノスケールラティス構造によって、脆性的なポリマー材料を用いた場合でも靱性が增大することを発表した。このようなナノスケールラティス構造を Architected solid と呼んでいる。

上述の多孔質微細構造と Architected solid とは、その微視構造スケールが異なるが、同じラティス構造を有している。ケンブリッジ大学が提案する Architected Solids の研究をベースに、その技術を炭素繊維強化プラスチックへと拡張することで、高強度脆性材料である炭素繊維強化プラスチックを用いた機械構造部材において、延性的な特性が付与可能であるかを検討していく。

3D プリントによって炭素繊維強化プラスチック試験片を製作して、微視構造評価及び力学特性評価を行う。これにより炭素繊維強化プラスチックの 3D プリントにおいて生じる欠陥が成形品の力学特性に与える影響を評価して、その課題解決のための検討を行う。また、この結果を通して、延性特性を向上させる方法について検討を行う。具体的には炭素繊維強化プラスチックによる微視ラティス構造からなる構造体を 3D プリントし、その微視ラティス構造と延性特性との関係を明らかにしていく。

### 7 研究結果・成果

Vikram Deshpande 教授と連携して、炭素繊維強化プラスチックの 3D プリント構造における微視欠陥の定量評価と、延性特性の付与に関する研究を実施することとした。派遣期間中に Vikram Deshpande 教授と複数回の議論を行い、今後の研究の進め方を決定した。具体的には、日本大学で炭素繊維強化プラスチックの 3D プリントを担当し、製作した試験片はケンブリッジ大学にて微視構造評価及び力学特性評価を行う。これにより炭素繊維強化プラスチックの 3D プリントにおいて生じる欠陥が成形品の力学特性に与える影響を評価して、その課題解決のための検討を行う。また、この結果を通して、延性特性を向上させる方法について検討を行う。ケンブリッジ大学で提案する Architected Solids の研究をベースに、炭素繊維強化プラスチックへ拡張することで延性付与が可能であるかを検討していく。

また、ブリストル大学の Fabrizio Scarpa 教授とは、炭素繊維強化プラスチックを用いたカイヤルハニカム構造の 3D プリントに関する共同研究について議論し、今後検討

( 様式D-2 )

していくこととなった。更に、インペリアルカレッジロンドン大学の Silvestre Pinho 教授とも、炭素繊維強化プラスチックに関する共同研究を今後実施していくための議論を続けることとした。

以 上