

## 水上 孝一 (みずかみ こういち)

所属：理工学研究科 生産環境工学専攻 機械工学コース

専門分野：材料力学，複合材料工学，非破壊検査工学，  
計算力学，3D プリンティング

学位：博士（工学）

所属学会：日本複合材料学会，日本非破壊検査協会

e-mail：mizukami.koichi.tp@ehime-u.ac.jp

研究室 Web：https://www.me.ehime-u.ac.jp/labo/kikaisei/zairiki/Top\_page.html

(QR コード👉)



研究者詳細情報 (Research map)：https://researchmap.jp/kmizukami-26

(QR コード👉)



### 【研究・技術紹介】

炭素繊維複合材料(CFRP)の成形欠陥や損傷を検出するための非破壊検査技術，および機能的構造を有する 3D プリント CFRP 構造の設計などの研究を行っています。非破壊検査の研究では，渦電流，超音波などによる測定技術と数値シミュレーションを融合して欠陥・損傷に関する詳細な情報を抽出する検査技術の確立を目指しています。3D プリンティングの研究では，構造解析と最適化法を利用して機械的特性に優れた構造や振動透過を抑制可能なメタマテリアル構造の設計に取り組んでいます。

### テーマ 1：渦電流試験による CFRP の非破壊検査



CFRP は軽量であり高い剛性と強度を有する材料であるため，航空，自動車などの分野を筆頭に構造材料としての適用が拡大しています。CFRP には，繊維うねりや層間はく離などの特有の欠陥・損傷が発生しますが，それらを効率的に可視化するための非破壊検査法はまだ十分に確立されていないのが現状です。そこで，材料を非接触で検査可能な渦電流試験法に着目し，CFRP の欠陥・損傷を検出する技術を研究しています。有限要素法による電磁場解析を利用して，これまで，多方向強化 CFRP 内部の繊維うねり可視化のための磁気イメージング法，層間はく離の検出感度に優れる渦電流センサ，CFRP の異方性導電率の推定技術などの開発に成功してきました。

**キーワード**：複合材料，非破壊検査，渦電流，磁気イメージング

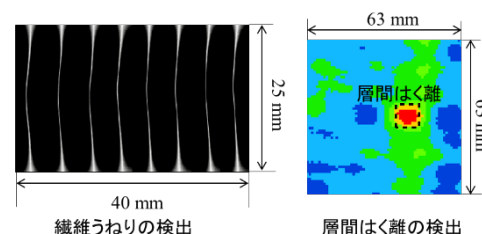
**特許・論文**：特願 20218-158527：層間はく離検出装置と方法

日本複合材料学会誌，43 巻 3 号，(2017)，p. 90-96

Composite Structures, Vol. 226, (2019), p. 111227

**社会実装について (どのような実用化につながる研究・技術であるか)：**

金属・複合材料製品の品質評価，構造の健全性評価



図：渦電流試験による欠陥・損傷可視化の例

## テーマ 2 : 超音波を利用した CFRP の硬化モニタリング



CFRP は温度と圧力を加えながら樹脂を硬化させることで成形されますが、その過程で生じる残留応力により反りなどの形状不整や損傷が発生することがあり、問題となっています。そのため、残留応力や反りを低減できるような成形条件をシミュレーションにより探索することが求められています。そのシミュレーションを行うためには、CFRP 中の樹脂の弾性率が硬化に伴ってどのように変化しているかを測定する必要があります。そこで、成形中の CFRP に超音波ガイド波を伝播させ、その速度と減衰率の変化から硬化中の樹脂のみの弾性率変化を測定する解析方法を開発しました。これにより、成形過程での樹脂の硬化状態のモニタリングが可能となるほか、成形シミュレーションに有用な物性値の取得が可能になります。また、用いる超音波センサは材料内部に埋め込む必要がなく、繰り返し使用することができます。

**キーワード** : 複合材料, 超音波, 硬化モニタリング

**特許・論文** : Ultrasonics, Vol. 59, (2019), p. 105952

**社会実装について (どのような実用化につながる研究・技術であるか) :**

樹脂・複合材料製品の成形モニタリング, 弾性率測定による品質評価

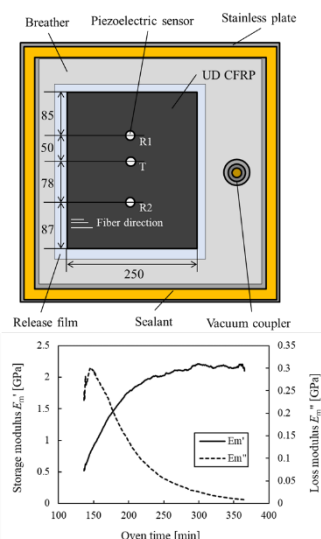


図 : 超音波ガイド波による成形中の樹脂弾性率変化の測定例

## テーマ 3 : 振動透過抑制機能を有する 3D プリント CFRP



近年、炭素繊維と熱可塑性樹脂をノズルから吐出することで FDM 方式により CFRP を 3D プリントする技術が登場しています。これにより、曲線状の炭素繊維を有する構造や剛性・密度の分布を有する CFRP 構造を作製することが可能になっています。この 3D プリンティング技術を用いて、外周部に炭素繊維を含有させることで剛性を高め、内部に柔軟部に囲まれた局所共振構造を有する CFRP を造形しました。この構造は高い剛性を持ちながら低周波数の機械振動を低減可能という機能を有しています。有限要素法解析と、最適化法を組み合わせることで、必要な強度・剛性を有しながら所望の振動減衰特性を有する構造を自動生成する新たな設計法の開発を行っています。

**キーワード** : 複合材料, 3D プリンティング, 最適設計

**特許・論文** : 強化プラスチック, 64 巻 9 号, (2018), pp.389-394

**社会実装について (どのような実用化につながる研究・技術であるか) :**

工業製品の振動伝播低減, 遮音構造

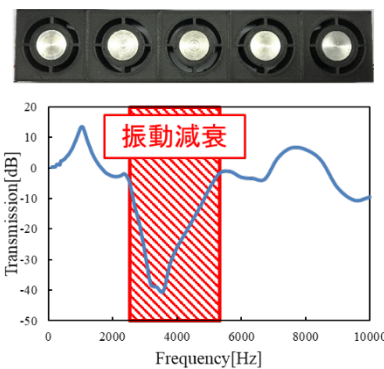


図 : 局所共振 3D プリント CFRP 構造とその振動透過特性

### 【研究者から一言】

非破壊検査, 3D プリンティングとともに、ターゲットとなる製品, 環境, 課題などの条件に合わせたオーダーメイドの技術の開発が重要となっています。そのため、数値シミュレーションや最適化法を活用した効率的な解の探索による研究開発を心がけています。