

プログラム名：イノベーティブな可視化技術による新成長産業の創出

PM名：八木 隆行

プロジェクト名：可視化計測技術の開発

委 託 研 究 開 発

実 施 状 況 報 告 書 (成 果)

平 成 2 9 年 度

研究開発課題名：

光超音波法による FRP きずの計測技術の開発

研究開発機関名：

愛媛大学

研究開発責任者

中畑和之

## I 当該年度における計画と成果

### 1. 当該年度の担当研究開発課題の目標と計画

光超音波技術を利用した FRP きずの 3 次元映像化技術を開発する。FRP きずの空間サイズはそれぞれオーダーが異なるため、異なるサイズのきずを効果的に映像化するスケーラブルな検査法メーキング技術の確立を目指す。平成 29 年度の実施計画と目標は以下の 2 項目である。

#### 開発項目③ きずイメージング装置の検証用プロトタイプ製作

レーザーを FRP に照射しながらスキャンし、光音響信号を受信しながら内部を映像化する検証用のプロトタイプを製作する。光音響波が効率的に受信できるようにプローブの種類を検討するとともに、FRP の音響異方性を考慮した 3 次元映像化手法を構築する。ここでは、異なる炭素繊維配向の Carbon FRP(CFRP)のきずに対して映像化を行い、本プロトタイプの性能を検証する。

#### 開発項目④ メンテナンスを考慮したスマート FRP 材料の開発

光音響効果のある材料を選択的に用いることで、メンテナンス性を向上させたスマート材料としての FRP を開発する。H29 年度は FRP 表面のプライマー層に塗布するコーティング剤をターゲットとする。この光音響特性を調査するとともに、コーティング材と FRP との剥離や、塗装不良等の検出の向上に寄与する FRP 材料の開発を行う。

### 2. 当該年度の担当研究開発課題の進捗状況と成果

#### 2-1 進捗状況

##### 開発項目③ きずイメージング装置の検証用プロトタイプ製作

光音響信号を受信するプローブとして、(a)音響レンズによって超音波を集束させる水浸プローブ、(b)空気を介して非接触で超音波を受信するエアプローブを作成し、プロトタイプに装着して信号が得られることを確認した。また、光の焦点と超音波の焦点を合わせるために、レンズ内部で超音波プローブの上下位置を調整する治具を作成した。昨年度は一方向強化材中の人工剥離の映像化が実現できたので、本年度は積層方向が直交するクロスプライ材の供試体と、複合材料用の 3D プリントを用いて作成した繊維うねりを有する供試体に対して映像化の検証を行った。きずの走査断面が映像化できる達成目標を満たす検証用プロトタイプを完成した。

FRP のきずの映像化に、1064nm と 532nm のどちらの波長が適しているか、検証には至っていない。プロトタイプのレーザー発振ユニットを交換し、2 波長レーザーが出射する装置改良に留まっている。

##### 開発項目④ メンテナンスを考慮したスマート FRP 材料の開発

開発項目③の研究を優先したため、本項目の実質的な研究遂行には至っていない。本年度は、CFRP 材料に塗布できるコーティング材の種類について資料を収集し、またそれを使用した供試体作成を依頼できる専門加工業者について調査するに留まった。

#### 2-2 成果

##### 開発項目③ きずイメージング装置の検証用プロトタイプ製作

(a) 音響レンズによって超音波を集束させる水浸プローブを用いた映像化

532nm の波長を持つレーザーを 100Hz で照射しながら、発生した光音響波を光学レンズの内側に設置した集束型水浸超音波プローブ(50MHz, 6.5mm 水中焦点距離)で受信する. 図 1(a)に示すように, 8 枚のプリプレグを互いに直交するように積層し, CFRP 供試体を作成した. 図 1(b)のように, 3 層目と 4 層目, 4 層目と 5 層目の間に人工剥離(5mm × 20mm)を設けており, これを本プロトタイプで映像化した. 図 1(c)は映像化結果を表しており, 剥離の大きさと深さが高精度に推定できている. また, 各剥離面において繊維の配向方向も現れている. 図 1(d)は閾値を変えて映像化したものであるが, プリプレグの層が識別できている. また, 繊維うねりを模擬した供試体について映像化した結果, うねりの形状が鮮明に再構成できた. 現行の超音波探傷法では, プリプレグの層間や繊維うねりの検出は困難であり, 本プロトタイプの優位性を表す結果が得られた.

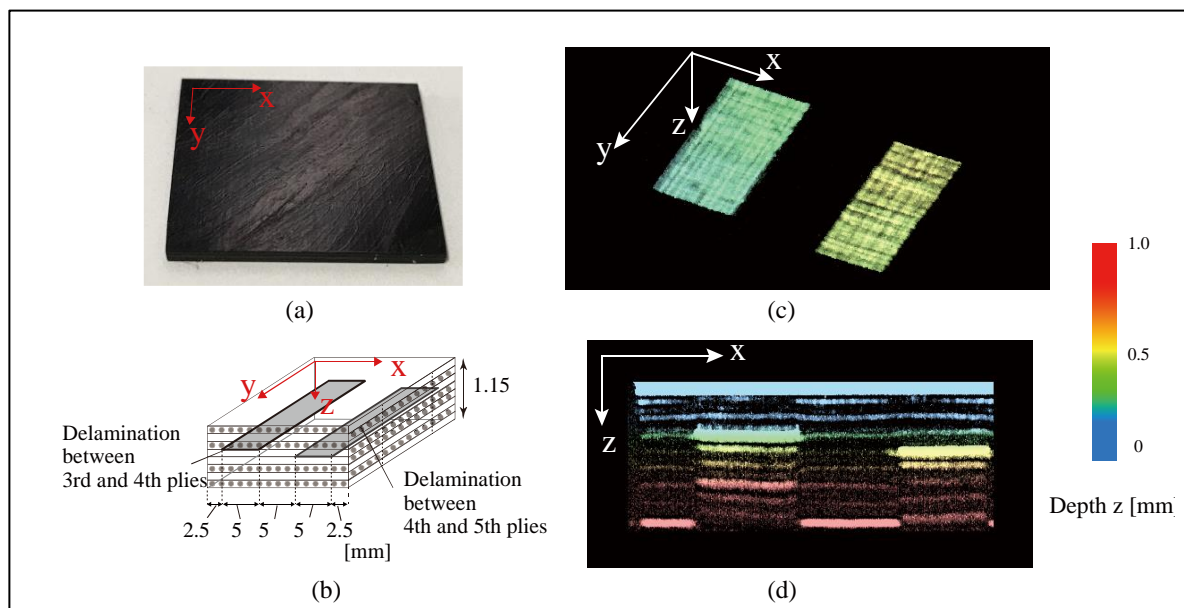


図 1: クロスプライ CFRP 供試体中の人工剥離の光音響イメージング

#### (b) 非接触で超音波を受信するエアプローブを用いた映像化

CFRP の検査は, 被検体を水没させずに行うことができれば非常に有用である. ここでは, 空気を介して超音波を受信するエアプローブ(ジャパンプローブ製)をプロトタイプに装着した. このプローブは, 中心周波数が 2MHz, 気中焦点距離が 10mm である. 図 2 に CFRP 供試体の表面を映像化した結果を示す. 表面の一部はインキで模様が描かれている. インキと CFRP で光音響効果が異なるため, 超音波の発生強度の違いによって, この模様が映像化されている. 表面検査における光超音波法の新たな可能性を表す結果が得られた.

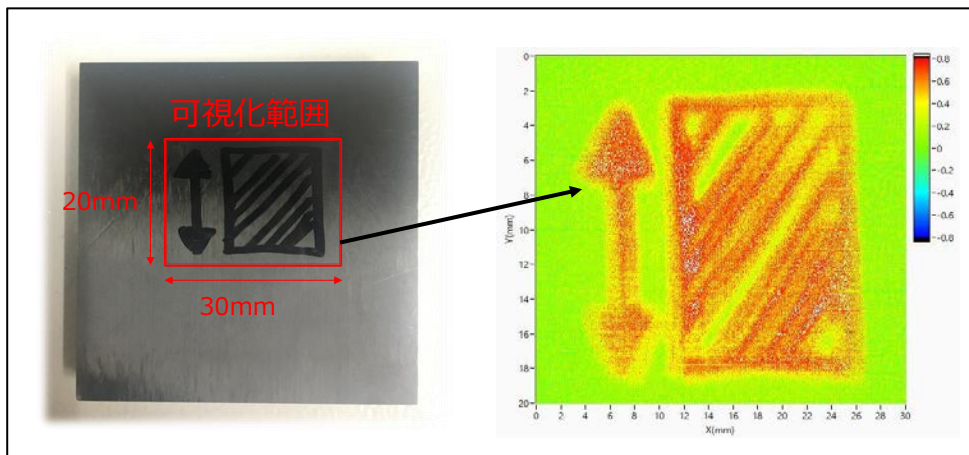


図 2: エアプローブによる CFRP 供試体表面の光音響イメージング

### 2-3 新たな課題など

水浸プローブを用いて CFRP の層間剥離や繊維うねりが映像化できた。これまでの映像化は、超音波の焦点を一定としていたが、深さ方向に焦点を可変とするために H30 年度はプローブをマトリクスアレイ化することを予定している。このとき、中継コネクタを含めてプローブを光学プリズムレンズ内部に収めるように小型化の検討が必要になる。また、エアプローブを用いて CFRP 内部のきずを映像化するためには、時間域の映像化方法では分解能が期待できないため、周波数領域での映像化方法（共振法）を検討する必要がある。さらに、本プロトタイプは 1064nm のレーザー光が出射できるようになっているため、532nm の波長の時の映像化結果との差異についても検討していきたい。

### 3. アウトリーチ活動報告

なし。