

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28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 28 年度の実施計画と目標は以下の 2 項目である。

開発項目① FRP の光音響特性の解明

FRP は特定方向に補強された材料であるため、光音響効果によって発生した超音波は音響異方性によって屈曲する。この超音波の伝搬挙動を数値・計測実験によって明らかにする。合わせて、FRP 材料の光超音波計測の研究開発環境の整備を行う。

開発項目② 受信波の開口合成によるきずイメージング技術の開発

照射レーザー光の入射点と超音波の受信点を変えながら複数の送信/受信パターンの波形を記録し、ポスト処理によってきず部のイメージングを行う Full waveforms sampling and processing (FSAP) 方式を実装する。FSAP 方式によって得た波形を開口合成し、きずの 3 次元映像化を行う。

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① FRP の光音響特性の解明

H28 年度は、レーザー超音波可視化法を用いて、光音響効果によって発生した超音波の CFRP 中の伝搬挙動を計測評価する。計測実験の結果、音響異方性を可視化すると共に、異方性を算出する事が可能となった。並行して、光超音波計測を行う光超音波顕微鏡装置を設計・製作した。本装置は、CFRP の広い領域を計測出来る様に 200mm 以上のスキャンが可能となっている。H28 年度末に装置を完成し、従来手法では困難な CFRP 表面の可視化が可能である事を確認した。

H28 年度計画で予定したレーザー光の最適化は、光超音波顕微鏡装置の製作を優先した為、実施していない。H29 年度計画として、波長 532nm、1064nm を比較し、FRP 画像結果より選択する。

開発項目② 受信波の開口合成によるきずイメージング技術の開発

H27 年度に開発した開口合成法に、伝搬時間（路程）の補正項の導入した。界面での屈折・モード変換を考慮し、2 媒質を伝搬する超音波の路程を高速に計算するアルゴリズムを開発し、きずの映像化を行う開口合成法のモジュール化を完了した。計画通り進んでいる。

2-2 成果

開発項目① FRP の光音響特性の解明

1 方向に繊維補強された CFRP 供試体（厚さ約 20mm）を作成し、その供試体中を伝搬する超音波の挙動を調べるとともに、その数理モデルの構築を行った。つくばテクノロジー製のレーザー超音波可視化装置 (LUVI) を用いて、異なる 3 表面の波動伝搬を計測した結果を図-1 に示す。図-1 の x3 方向が繊維方向であり、この方向の超音波速度が x1 方向よりも 3 倍程度大きいため、波面が楕円に近くなることがわかる。平面スキャンを行って開口合成処理する場合、音速の方向依存性に注意しなければならない。

H28年2月末に光音響顕微鏡を設計し、作製を完了した。レーザー光源はLitron社製NanoL90-100、顕微鏡部分はオプトライン社製、スキャナおよびレシーバ部分はジャパンプローブ社製である。図-2に本装置を用いてCFRP供試体表面に黒マジックインキで記入した文字を映像化した。インキとCFRP部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、このような文字が映像化されている。インキの塗膜厚は計測していないが、現行の一般的な超音波法では検出が困難な厚さであることは言うまでも無く、光超音波法の優位性を表す結果が得られた。

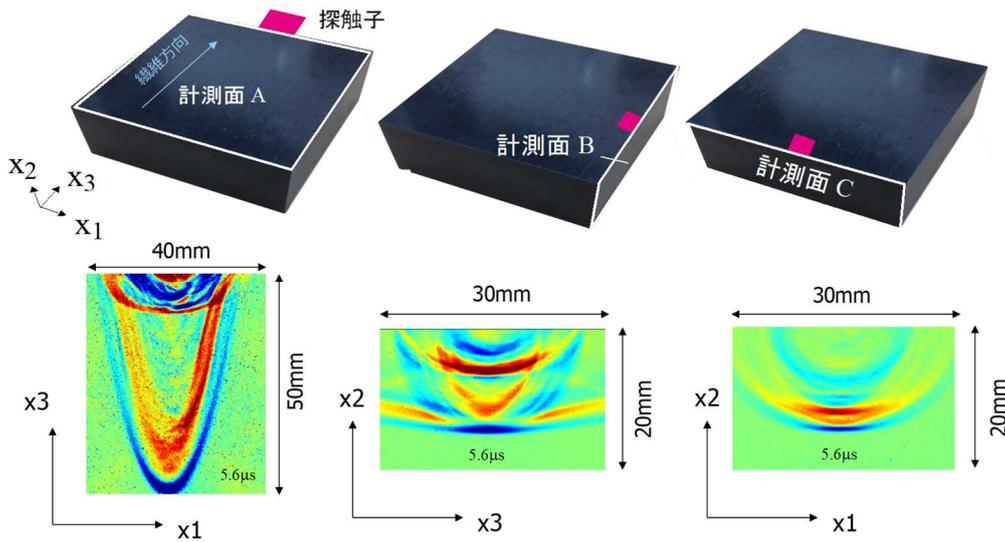


図-1: CFRP 中を伝搬する超音波の可視化

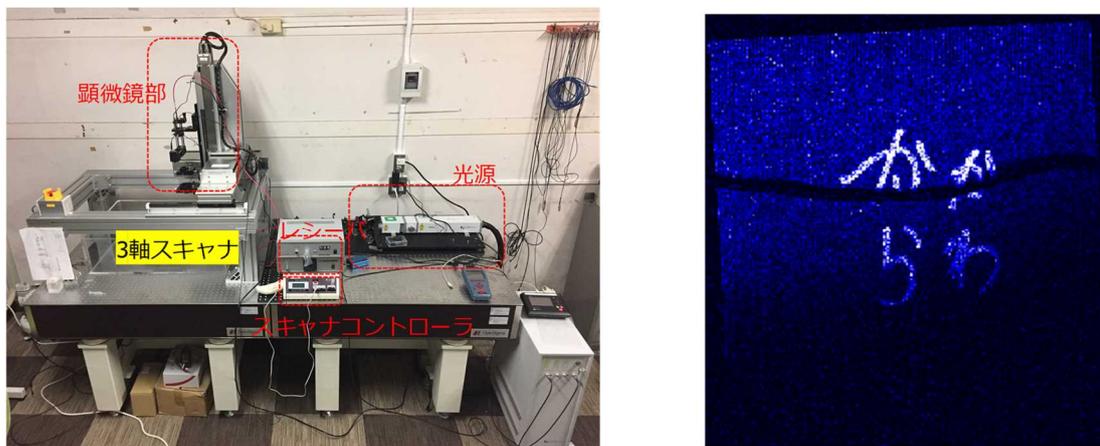


図-2: 光音響顕微鏡装置 (左) と CFRP 表面のマジックインキ模様の映像化 (右)

開発項目② 受信波の開口合成によるきずイメージング技術の開発

固体-液体の2媒質を伝搬する超音波の路程を高速に推定し、固体中のきずの映像化を行う開口合成法のモジュール化を行った。このモジュールはDLL化しているため、LabVIEW等の開発環境から呼び出すことができる。また、GPU計算を実装しているため、高速な映像化が可能である。現在のところ、32chの送受信であれば、1秒以内の映像化が可能となる見込みである。

2-3 新たな課題など

愛媛大に光音響顕微鏡が納入され、光超音波の検出が確認できた。CFRP 表面のマジックインキ部が識別でき、現行の超音波法と比べて優位性が示すことができた。当初は、CFRP の内部きずの非破壊検査が目標であったが、H28 年度の成果に鑑み、CFRP の塗装やコーティング剤の剥離評価へ展開していきたい。ただ、現行では、レーザーの強度がスキャン速度（加速度）に依存して異なっているようであるため、光音響顕微鏡のシステム構成を改造する必要がある。

3. アウトリーチ活動報告

なし。