

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：マイクロ可視化システムの開発

委 託 研 究 開 発

実 施 状 況 報 告 書 (成 果)

平成 27 年度

研究開発課題名：

マイクロ可視化システムの開発

研究開発機関名：

国立大学法人 東北大学

研究開発責任者

西條 芳文

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

超高解像度イメージング技術として、レーザを三次元スキャンして対象に照射し、照射部位から発生した超音波を単一センサで受信する光学分解能光音響顕微鏡の原理の確認を行う。また、高速三次元イメージング技術として、拡散光レーザで発生した光音響信号をアレイ型センサにより受信し、超音波の発生部位を可視化する音響分解能光音響顕微鏡の原理を確認する。

(1) 超高解像度イメージング技術の開発

・光音響センサの開発

平成 26 年度の検討から最適な周波数を決定し、その周波数領域で最も感度の高い素材を用いて単一素子の平面振動子あるいは凹面振動子を設計、製作する。

・三次元レーザスキャンの開発

高速波長変換型レーザ発生装置にガルバノスキャンによる xy スキャンおよび可動レンズによる z 軸スキャンを行い、三次元レーザスキャンを行う光学系を開発し、光音響センサと組み合わせることで超高解像度イメージングのプロトタイプを作製する。

(2) 高速三次元イメージング技術の開発

・凹面型マトリックスセンサの試作

平成 26 年度のシミュレーション結果と、平成 27 年度前半の光音響アレイセンサ基礎的性能検討から最適な凹面型マトリックスセンサのスペックを決定し、プロトタイプの試作を行う。

・高周波数多チャンネル光音響信号受信装置の開発

サンプリング周波数 60 MHz、256 チャンネルの高周波数対応多チャンネル超音波信号送受信装置を導入し、性能を検討する。

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

(1) 超高解像度イメージング技術の開発

・光音響センサの開発：100%

中心周波数 10 MHz の PZT 製凹面振動子を設計・製作した。中心にレーザ光を通すための穴をあけレーザ照射と光音響信号受信を同軸で行うことが可能な設計にした。また、PVDF 素材の平面振動子の試作も行った。

・三次元レーザスキャンの開発：100%

理化学研究所の協力により、高速波長変換型レーザ発生装置にガルバノスキャンによる xy スキャンおよび可動レンズによる z 軸スキャンを行い、三次元レーザスキャンを行う光学系を開発し、光音響センサと組み合わせることで超高解像度イメージングのプロトタイプを作製した。

(2) 高速三次元イメージング技術の開発

・光音響アレイセンサの基礎的性能検討：90%

光音響アレイセンサの設計については、すでに経験のある集束超音波治療（HIFU）用のトランスデューサの設計思想を応用し、シミュレーションにて、アレイセンサ設計が可能な事を確認した。

- ・凹面型マトリックスセンサの試作：100%

平成 27 年度前半の光音響アレイセンサの設計に基づく凹面型マトリックスセンサのプロトタイプ
の試作を行った。

- ・高周波数多チャンネル光音響信号受信装置の開発：80%

サンプリング周波数 60 MHz、256 チャンネルの多チャンネル超音波信号送受信装置を導入し、超
音波信号の送受信および光音響信号の受信を行った。アレイ型振動子の実用的周波数帯域からサン
プリング周波数 200 MHz の送受信装置はオーバースペックと判断し試作は行わなかった。

2-2 成果

(1) 超高解像度イメージング技術の開発

- ・光音響センサの開発

直径 4 cm、中心周波数 10 MHz の PZT 製凹面振動子を設計・製作した。中心にレーザ光を通すた
めの 5 mm の穴をあけレーザ照射と光音響信号受信を同軸で行うことが可能な設計にした。また、新
規に開発し従来品よりも優れた圧電特性を有する PVDF 素材の平面振動子の試作も行った。さらに、
ZnO の平面振動子を作製し、170 MHz 帯域の光音響信号が受信可能であることを確認した。

- ・三次元レーザスキャンの開発

700~1000 nm の波長を高速に切り替えることが可能なレーザ発生装置にガルバノスキャンによる
xy スキャンおよび可動レンズによる z 軸スキャンを行い、2 mm 四方を 1 秒で高速スキャンするこ
とができる光学系を開発した。さらに、前述の光音響センサと組み合わせることで、髪の毛ファン
トムとした超高解像度イメージングを行い、超高解像度光音響イメージング装置のプロトタイプを作製
した。

(2) 高速三次元イメージング技術の開発

- ・光音響アレイセンサの基礎的性能検討

光音響アレイセンサの設計後、圧電解析ソフトウェア PZFlex を用いたシミュレーションを行うこ
とで、半値幅：深さ方向 3.9 mm、半径方向 2.5 mm の凹面型マトリックスアレイセンサの設計が可
能であった。

- ・凹面型マトリックスセンサの試作

直径 42.4 mm、中心角度 45°、中心周波数 10 MHz、256 チャンネルの PZT 製凹面振動子を設
計・製作した。中心にレーザ光を通すための 10.4 mm の穴をあけレーザ照射と光音響信号受信を同
軸で行うことが可能な設計にした。

- ・高周波数多チャンネル光音響信号受信装置の開発

サンプリング周波数 60 MHz、256 チャンネルの多チャンネル超音波信号送受信装置を導入し、超
音波信号の送受信および光音響信号の受信を行った。さらに、凹面型マトリックスアレイセンサの形
状を考慮したビームフォーミングおよび画像化アルゴリズムを開発し、髪の毛ファントムおよび魚卵
の毛細血管について超音波および光音響イメージングによる可視化に成功した。超音波イメージン
グの解像度は 130 μm、光音響イメージングの解像度は 70 μm であった。

2-3 新たな課題など

凹面型マトリックスアレイセンサの導光用の穴について、中央が最も光音響信号が強くノイズ原因と考えられるので、頂点ではなく複数配置することを考慮する必要がある。まずは、シミュレーションにて適当な位置を決定する。

3. アウトリーチ活動報告

第3回光超音波画像研究会（平成27年10月1日）プログラム

13:40~14:40 一般演題1（講演時間25分，質疑応答5分）

13:40~14:10 Acoustic Resolution Photoacoustic Microscopy (AR-PAM)を目的とした2次元アレイ・コンポジット・トランスデューサ

○吉澤 晋，高木 亮，長岡 亮，西條 芳文，梅村 晋一郎（東北大学）

14:10~14:40 高分解能光音響3D顕微鏡の紹介

○根本 隆治，平岩 哲也，田畑 潔（コーンズテクノロジー理化学機器営業部）

14:40~14:50 休憩

14:50~16:20 一般演題2（講演時間25分，質疑応答5分）

14:50~15:20 医用超音波顕微鏡用集束超音波デバイスの作製

○荒川 元孝 1)，石川 一夫 2)，長岡 亮 1)，小林 和人 3)，西條 芳文 1)，（1 東北大学大学院医学工学研究科，2 東北大学大学院工学研究科，3 本多電子研究部）

15:20~15:50 超音波顕微鏡を用いたヒツジの動脈壁・静脈壁の音響特性計測

○山川 誠，浪田 健，近藤 健悟，椎名 毅（京都大学大学院医学研究科）

15:50~16:20 拍動によって生じる微小変位の伝播速度を用いた頸動脈の粘弾性計測

○長岡 亮 1)，小林 和人 2)，吉澤 晋 1)，梅村 晋一郎 1)，西條 芳文 1)（1 東北大学，2 本多電子）