

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：

生体計測技術の開発

研究開発機関名：

国立大学法人 京都大学

研究開発責任者：

椎 名 毅

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

本研究開発課題は、可視化計測技術プロジェクトの一つである生体計測技術の開発を行うものであり、生体組織の光超音波発生メカニズムを解析し、人体の各種組織の光音響信号の分光情報の計測と、光超音波による高解像度の組織の形態および機能の3Dイメージングを実現する。平成28年度は以下の研究開発課題に取り組む。

- (1) 生体組織の光超音波スペクトルの解析
 - ・広波長域 PAMS (広波長域光超音波顕微鏡) によるヒト組織サンプルでの光音響スペクトル解析
- (2) 光超音波像の定量化手法の開発
 - ・動・静脈の定量的可視化
 - ・血管像強調フィルタによる視認性向上の検討
- (3) 高解像 3D 光超音波像計測システム開発
 - ・光超音波トモグラフィ (PAT) と超音波 (US) との融合計測法 (PAT・US 融合計測法) の開発
 - ・光超音波トモグラフィ (PAT) の高画質化法の開発
- (4) 生体組織に最適化した可視化技術開発
 - ・動脈硬化症プラーク、関節新生血管の可視化

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

画像再構成法を中心としたプロジェクト横断的に共通のテーマについて情報交換の場として、平成27年度に結成した光超音波画像解析検討会を17回開催した。

- (1) 生体組織の光超音波スペクトルの解析
 - ＜広波長域 PAMS によるヒト組織サンプルでの光音響スペクトル解析＞

ヒト組織を含む各種生体組織の光超音波スペクトル取得の為、皮脂の計測などに適した1200nm等の広い波長域に対応する音響解像度型 (Acoustic Resolution, AR) の広波長域 PAMS を構築した。広波長域 PAMS では、試料位置を自動調整する機構を追加しており、波長掃引による焦点位置の変化に対応する事が可能となっている。制御用ソフトウェアを作成し、ヒト組織サンプルの画像を取得した。
- (2) 光超音波像の定量化手法の開発
 - ＜動・静脈の定量的可視化: 慶応大と連携による御献体での血管計測＞

御献体(手、足、乳房)で造影剤を用いたCTと光超音波の双方で血管計測を行い、実際にCTで存在が確認できる血管の光超音波での描出の有無について検証した。撮影では、X線の造影剤と光音響造影剤を混入し血管注入し、光超音波の描出能に関する知見を得た。
- (3) 高解像 3D 光超音波像計測システム開発
 - ＜US・PAT 融合計測法の開発＞

マルチモダリティイメージングとして、小型の半球型センサを用いてイメージング装置を構築し、超音波と光超音波像の同時計測法の開発を進めた。ファントムにより、超音波と光超音波像の融合画像を取得する事に成功し、原理検証を完了した。
 - ＜PAT の高画質化法の開発＞

センサの素子数が十分でない場合(スパースと称する)、サイドローブによるアーチファクトが顕著になる。その

対策として、センサを移動させ仮想的に多数点計測を実施するが、時間分解能の低下を招く。スパースの場合でもサイドローブを抑圧可能な compressed sensing 手法を提案し、撮像時間の短縮に効果的であることを実証した。

(4) 生体組織に最適化した可視化技術開発

<動脈硬化症プラーク、関節新生血管の可視化>

動脈硬化症プラークの可視化では、ハンドヘルド型での光超音波システムの実用化検討として、昨年度に引き続き、動脈硬化症における脂質性プラークの可視化手法を検討しているが、臨床研究開始には至っていない。関節新生血管の可視化では、リウマチの診断用に指の滑膜炎を計測するリングアレイセンサを設計し、センサ試作を完了した。次年度、システム構築に取り組む。

(5) その他

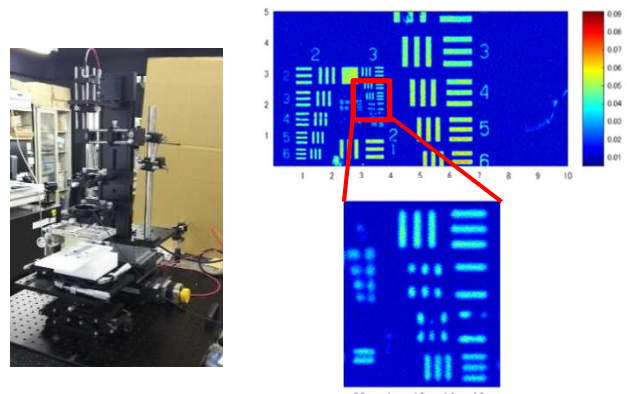
物質計測法技術の開発の担当の2機関(佐賀大学、愛媛大学)と連携し、対象として絞り込んだ FRP とファイナセラミックスについて、計測システム構築への協力および試験サンプルの評価による研究推進を支援した。

2-2 成果

(1) 生体組織の光超音波スペクトルの解析

<広波長域 PAMS によるヒト組織サンプルでの光音響スペクトル解析>

構築した広波長域 PAMS の分解能評価を行った。波長 532nm を使用し、USAF-1951 チャート(分解能評価用チャート)を計測した結果、目標とする $30\mu\text{m}$ 以下の分解能を達成できている。



(a)光学の焦点位置の維持機 (b)チャートによる分解能

図1 広波長域 PAMS

(2) 光超音波像の定量化手法の開発

<動・静脈の定量的可視化:慶応大と連携による御献体での血管計測>

動・静脈の定量的可視化については、シミュレーション解析に比べ、生体では深部の特に動脈が十分に画像化されない場合がある。今回、御献体で造影剤を用いた CT と光超音波像(PA 像)の双方で血管計測を行い、CT 像で存在が確認できる血管の PA 像での描出の有無について検証した。その結果、以下の点が明らかになった。

- ・御献体の手においても光超音波では深部の血管(深掌動脈弓)の描出が困難であり、体動や拍動に伴う動きの影響ではなく、再構成で用いる音速分布の影響が大きいことが推測される。
- ・PA 像では CT 像に比べて血管径が異なる、血管の中抜けの状態となっている。センサの低域の検出感度が低いと原因と考えられ、低帯域に感度のある広帯域センサが求められる。
- ・手・足の動脈では、手掌動脈の第 2, 3 分岐する様子まで撮影できている。

<血管像強調フィルタによる視認性向上の検討>

手の血管像などで、細い血管の輝度が低く不明瞭な場合に、それを強調し視認性を高める強調処理の開発を行った。Frangi's vessel filter を低輝度部分が強調できる様に改良し、細い血管が強調できることを確認した。

(3) 高解像 3D 光超音波像計測システム開発

<US・PAT 融合計測法の開発>

半径 50mm の 256 素子の小型の半球型センサを用いたイメージング装置を構築した。超音波と光超音波像の同時計測可能性について検討した。イメージング装置の半球型センサ及びセンサ駆動装置を図 5 に、イメージング装置で撮影した USAF-1951 チャート(分解能評価用チャート)及び手の表在血管の光超音波像をそれぞれ図 6、図 7 に示す。図 8 は、同一の半球型センサで撮影した超音波像と撮影に用いたワイヤファントムを示す。

<PAT の高画質化法の開発>

手掌の中心部の 1 ショットについて再構成法を適用し、UBP 1 ショット、UBP 1024 ショット加算と比較した結果、通常の 1 ショットでは顕著なグレーディングローブを、提案手法では抑圧でき、撮像時間の短縮に効果的であることを実証した。この成果は特許申請し、また国際学会 IEEE UFFC の論文誌に投稿した。

3. アウトリーチ活動報告

米国光学学会が主催のレーザー・光計測分野で最大規模の国際学会である CLEO 2016、ホノルルで開催の日米合同の音響学会、国内では日本生体医工学会関西支部講演会の各学会に招待され、ImPACT プログラムでの取り組みと、基礎技術面での実際内容の概要について紹介した。