

# 公益社団法人日本超音波医学会平成30年度基礎技術研究会抄録

代表：長谷川英之（富山大学 大学院理工学研究部）

## 第1回

日時：平成30年6月21日（木）

会場：神奈川大学 横浜キャンパス

BT2018-1 柔軟性超音波探触子による曲面からの画像化

田中雄介, 吉田光良, 星野秀和, 伊津美隆, 小倉幸夫（ジャパンプローブ株式会社）

軟性超音波探触子を開発し、曲面から試験体を計測した。ソフトプローブ、フレキシブルリニアアレイプローブ、フレキシブルマトリクスアレイプローブの3種で溶接部やパイプエルボの欠陥と減肉の計測、ファントムの画像化を行った。ソフトプローブでは溶接部やエルボの厚さ計測で波形取得、リニアアレイプローブでは溶接部やファントムのBモード画像取得、マトリクスアレイプローブではパイプエルボ減肉のBモード画像やCモード画像の複数断面の画像を取得した。また、医用超音波への応用として歯肉の厚さ計測、手首ファントムの画像化を行った。

BT2018-2 超高周波帯での生体音速解析における試料表面形状の影響の検証

松崎俊季<sup>1</sup>, 山田敦子<sup>1</sup>, 田村和輝<sup>2</sup>, 伊藤一陽<sup>2</sup>, 吉田憲司<sup>3</sup>, 山口匡<sup>3</sup>（千葉大学院融合理工学府,<sup>2</sup> 千葉大学院工学研究科, <sup>3</sup> 千葉大学フロンティア医工学センター）

各種生体組織の病理学的な構造と音響学的な構造の関係を細胞以下の微小なスケールで理解する為に、中心周波数が数百MHzの超高周波超音波を使用して微小組織の音響特性の高精度な解析を行っている。その際、高周波化が進み空間分解能が向上する一方で、試料表面の形状が音速解析に与える影響が無視できなくなる可能性が考えられる。そこで本検討では、FDTD法を用いた波動伝搬シミュレーションを行い、ARモデルによる波形分離を介した音速解析における試料表面形状の影響について検討した。結果から、焦点付近の試料の平均的な厚さが十分に確保されていない場合には音速の算出が確認された。また、試料の厚さが充分確保されている場合においても、試料表面の凹凸の状況によって音速評価の精度が0.3%程度低下することが確認された。

BT2018-3 生体エコーの振幅包絡特性解析におけるアニュラアレイプローブの適用

溝口 岳<sup>1</sup>, 田村和輝<sup>2</sup>, 吉田憲司<sup>3</sup>, 山口匡<sup>3</sup>（<sup>1</sup> 千葉大学大学院融合理工学府, <sup>2</sup> 千葉大学大学院工学研究科, <sup>3</sup> 千葉大学フロンティア医工学センター）

超音波を用いた組織性状を定量的に評価する手法の1つとして、振幅包絡特性に着目した解析手法が挙げられる。高周波の単一凹面振動子で計測した場

合、音軸方向に解析可能な範囲が制限されるなどの問題があった。アニュラアレイ型のプローブを計測系に適用することにより、解析範囲の拡張が期待されるが、ビームフォーミングが解析に及ぼす影響については検討が不十分である。本報告では、5つの素子で構成されている中心周波数が20 MHzのアニュラアレイ型のプローブを用いて、平均半径が60 μmのガラスビーズを含む寒天ゲルファントムと正常および脂肪肝モデルの摘出ラット肝を対象に計測を行った。取得した各データから、散乱体の数密度を評価可能な仲上分布モデルを用いて散乱体構造を評価した。寒天ゲルファントムの結果から、信号強度が十分に担保されている範囲では、ビームフォーミングを行なった合成信号が振幅包絡特性解析に有効であることが示唆された。また、生体組織においても広範囲にわたり高精度な解析が可能であることが示唆された。

BT2018-4 超音波遺伝子導入の光学的実時間観察のための超音波照射条件の実験計画法を用いた検討

栗原祥太<sup>1</sup>, 坂本真一<sup>1</sup>, 犬井賢志郎<sup>1</sup>, 渡邊友美子<sup>2</sup>, 越山雅文<sup>2</sup>（<sup>1</sup> 滋賀県立大学工学研究科, <sup>2</sup> 滋賀県立大学人間看護学部）

現在、提案されているヒト浮腫定量診断手法は計測に時間を要するなどの課題がある。そこで瞬時に計測ができ、軟部組織の検出能が優れている超音波を用いた定量診断手法に着目した。浮腫を再現するために、水分量の異なる寒天模擬ファントムを作製した。寒天模擬ファントムに超音波パルスを照射し、反射波を観測した。得られた波形から音速を求め、測定結果の比較検討を行った。また超音波画像診断装置を用い、寒天模擬ファントムと水の境界面及び断層面の確認を行った。

BT2018-5 高時間分解能超音波計測法におけるスペckルトラッキングの推定精度検証

長岡 亮, 長谷川英之（富山大学大学院理工学研究部）

平行波や拡散波を用いた高時間分解能超音波計測法の研究の発展に伴って、スペckルトラッキングの粒子速度（粒子変位）推定の精度検証が再度必要である。本研究では、相関係数を用いたスペckルトラッキングの推定精度検証を行った。超音波ファントムを一定速度で平行移動させ、これを高時間分解能超音波計測法で計測を行った。この際に、RF信号、検波信号、包絡線の相関係数あるいはその複素相関係数を用いて、それぞれにおける粒子速度の推定精度を比較した。

BT2018-6 3次元音響インピーダンスマッピングによる皮膚内部構造観察

近藤寿成<sup>1</sup>, 藤井亮輔<sup>1</sup>, 川島朋裕<sup>1</sup>, 村上義信<sup>1</sup>,

吉田祥子<sup>1</sup>, 小林和人<sup>2</sup>, 小倉有紀<sup>3</sup>, 穂積直裕<sup>1</sup>  
(<sup>1</sup> 豊橋技術科学大学, <sup>2</sup> 本多電子株式会社, <sup>3</sup> 資生堂リサーチセンター)

Bモードエコー像は病気の診断に広く用いられている。しかしながら、Bモードエコー像は散乱体および異種間組織界面からの反射強度を画像化したものであるため、得られる情報は基本的には形状のみであり、病変の判断には医師の経験が必要となる。本研究では、Time Domain Reflectometry (TDR)法をもとにヒトの頬皮膚のBモード超音波エコー像から奥行方向の音響インピーダンス像を作成した。さらに、加齢による真皮乳頭層の老化を評価したところ、年齢によって認識度合が異なる結果が得られた。この方法がin vivoでの皮膚評価に応用できることが示唆された。

BT2018-7 効率的な超音波骨折治療を目指した骨中の音波集束手法の検討

佐伯誠哉<sup>1</sup>, Leslie Bustamante<sup>1</sup>, 長谷芳樹<sup>2</sup>, 松川真美<sup>1</sup> (<sup>1</sup> 同志社大学 理工学部, <sup>2</sup> 神戸市立工業高等専門学校)

近年、超音波を用いた骨折治療法として Low Intensity Pulsed Ultrasound (LIPUS) が注目されている。LIPUS を用いて骨折部位に超音波を照射すると、骨折の癒合期間が短縮することが報告されている。しかし骨を含む生体中の音波伝搬が複雑であるにも関わらず、現状の LIPUS では体内の音場が考慮されておらず骨折部位近辺に超音波を照射しているだけである。そのため超音波が効率的に照射されているとは言えない。そこで本研究では、時間反転波に着目して骨中における効率的な音波集束手法について検討した。初めに High Resolution-peripheral Quantitative CT (HR-pQCT) データを用いて 3次元橈骨モデルを作成した。そして Finite Difference Time Domain (FDTD) 法を用いて、シミュレーションによる音波伝搬の検討を行った。まず作成した橈骨モデル中の仮想的な骨折部位から音波を送波し骨表面で受波した。次にその観測波形を参考に作成した時間反転波を骨外から送波し、仮想的な骨折部位での音波集束について検討した。その結果、骨折部位で音波の集束が確認され、時間反転波を用いた手法が有用であることがわかった。

BT2018-8 医療応用を目的としたコイル状ステータ超音波モータの音響導波路上における振動伝搬の解析

大関誠也<sup>1</sup>, 中根記章<sup>2</sup>, 佐藤敏夫<sup>2</sup>, 竹内真一<sup>2</sup>  
(<sup>1</sup> つくば国際大学, <sup>2</sup> 桐蔭横浜大学)

当研究室では、医療応用を目的とした小型モータである、コイル状ステータ超音波モータ (CS-USM: Coiled Stator Ultra-Sound Motor) の開発を行い、これまでに様々なタイプの CS-USM の報告を行ってきた。しかしながら、コイル状ステータに用いる音響導波路上の振動伝搬については十分な検討がされていない。本稿では基礎検討として、2つの圧

電振動子と音響導波路の 3次元モデルリングを行い、有限要素法を用いて直線状の音響導波路に伝搬する弾性波の解析を行った。

BT2018-9 カロリメトリ法における水の溶存酸素濃度の影響

内田武吉 (国立研究開発法人産業技術総合研究所 計量標準総合センター)

HIFU などの高出力超音波を使用した超音波治療機器の安全性が議論されている。高出力超音波の生体への安全性評価のためには高出力領域の超音波パワー標準を確立する必要がある。我々は、高出力領域の超音波パワー標準としてカロリメトリ法を検討している。本稿では、水の溶存酸素濃度の違いがカロリメトリ法を用いた超音波パワーの測定値へ与える影響について述べる。

BT2018-10 音響マーカを用いた水中音響ビデオカメラ画像強調

佐藤智夫<sup>1</sup>, 虻川和紀<sup>1,2</sup>, 松本さゆり<sup>1</sup>, 片倉景義<sup>1</sup> (<sup>1</sup> 港湾空港技術研究所, <sup>2</sup> 木更津工業高等専門学校)

開発中の水中音響ビデオカメラと音響マーカを用いた水中構造物の強調画像について、以下の項目を報告する。(1) 開発中の水中音響ビデオカメラの映像諸元と撮像動作、(2) 音響マーカ使用の構想、(3) 音響マーカとして用いたコーナーキューブリフレクタの再帰性反射確認実験、(4) コンクリートブロックの遠位側端点の強調を目的とした野外実。

## 第2回

日時: 平成30年8月4日 (土)

会場: 北海道大学 大学院情報科学研究科棟

BT2018-11 細胞のバイオメカニクス計測を目的とした高周波超音波顕微鏡システムの開発

平野亮<sup>1</sup>, 荒川元孝<sup>1</sup>, 小林和人<sup>2</sup>, 長岡亮<sup>3</sup>, 西條芳文<sup>1</sup> (<sup>1</sup> 東北大学 大学院医工学研究科, <sup>2</sup> 本多電子株式会社 研究開発本部, <sup>3</sup> 富山大学 大学院理工学研究部)

本研究では、光学顕微鏡のステージ上に超音波顕微鏡の超音波送受信システムとスキヤンシステムを構成することで、生きた細胞の形態観察と音響・力学的解析を可能とした。また、平面直線近似と平面曲線近似を併用した基板面補正を実装することで、基板面の傾きと走査装置の上下動の影響を低減した。さらに、厚さ・音速解析では、時間分解法の結果をパルススペクトル法にて補正することで、パラメータ算出精度向上を図った。精度測定の結果、厚さ・音速が低く推定される傾向があることが示された。しかしながら、基板面補正は傾きと上下の変位を解析可能な水準まで補正できており、上下動の影響を受けたデータでも解析が可能であることが示された。

BT2018-12 光干渉断層法を用いた超音波画像の改善

藤井佳祐<sup>1</sup>, 柏倉直史<sup>1</sup>, 長岡亮<sup>2</sup>, 西條芳文<sup>1</sup> (1 東北大学 大学院医工学研究科, 2 富山大学 大学院理工学研究部)

本研究は光と超音波を用いて、皮膚を対象とした新たなイメージング手法を提案するものである。光干渉断層法と高周波超音波で同軸計測を行い光干渉断層法で分解能の補間を行い、高深達度、高分解能、非侵襲的に測定を行なう。分解能の補間方法として、光干渉断層法の測定データを用いて相対的な屈折率を算出する手法の提案した。この手法を用いて人工皮膚とヒト皮膚のデータに対しデータの適応を行なった。結果として、人工皮膚と水の境界、人工皮膚の内部の可視化が可能になった。また、ヒト皮膚に対し、角質と表皮、真皮における屈折率の違いを確認することができた。屈折率データを超音波画像に適用することにより皮膚画像の改善ができ、本手法の有効性を示した。

BT2018-13 コンベンショナルな超音波診断装置による頭蓋内病変検出の試み

佐々木東<sup>1</sup>, 笹岡一慶<sup>1</sup>, 大田寛<sup>1</sup>, 大菅辰幸<sup>2</sup>, 森下啓太郎<sup>2</sup>, 滝口満喜<sup>1</sup> (1 北海道大学 獣医内科, 2 北海道大学 先端獣医療)

小型実験動物では脳実質の血流変化を超音波で画像化するfunctional Ultrasound imagingが可能となっている。また、新生児への応用も試されている。獣医領域でも頭蓋内疾患は多く、超音波による病変の検出、および頭蓋内での血流情報は診断に非常に有益である。今回は超音波診断装置で頭蓋内病変の検出を試みた。頭蓋骨の薄い犬種を対象に検討を行い、一部の疾患ではMRIと同様に病変を検出できた。しかし、画像の質はあまり高くなく、血流情報の取得も困難だった。

BT2018-14 特許出願技術動向調査ー超音波診断装置ー

富永昌彦, 門田宏, 関根裕 (特許庁 審査第一部 分析診断)

超音波診断装置は、画像診断技術として近年ますます重要視されている。有望な技術としては、光音響イメージング等のイメージング技術、ポータブル化技術、cMUTのプローブ技術、AIやビックデータを活用した先進技術などが挙げられる。日本は、多くの企業が技術シーズの創出や特許出願に積極的であるという強みを維持しつつ、上記したような技術に注力することが望まれる。また、グローバル展開を進めていくために、自社製品保護と特許クリアランスの両方の観点から、事業化を意識した特許出願戦略を練ることも望まれる。

BT2018-15 軟骨組織における音速と他の物理量との相関性についてーマルチモーダル測定に基づく検討

新田尚隆<sup>1</sup>, 賀谷彰夫<sup>1</sup>, 三澤雅樹<sup>1</sup>, 兵藤行志<sup>2</sup>, 沼野智一<sup>3</sup> (1 産業技術総合研究所 健康工学研究部門, 2 産業技術総合研究所 人間情報研究部門,

3 首都大学東京 人間健康科学研究科)

縦波の音速は、疾病の検出等に有用な指標として期待されているが、圧縮率や複数の因子の影響を受けるため、その解釈は複雑である。本研究では、解釈のための一検討として、軟骨組織を用いたマルチモーダル測定を行い、音速との相関性を調べた。BT2018-16 空中超音波振動子とパラボラ反射鏡を用いた非接触粘弾性計測～柔らかい固体、ゲル、ゾルの表面波速度の測定～

田原麻梨江<sup>1</sup>, 青柳貴洋<sup>2</sup> (1 東京工業大学 科学技術創成研究院, 2 東京工業大学 工学院)

近年、医療・農業・産業分野において非接触測定への期待が高まっている。しかし、柔らかい物質の粘弾性特性を非接触で測定する研究はほとんどない。本報告では、空中超音波を用いて、非接触で柔らかい物質の粘弾性特性の評価技術確立するための基礎研究として、柔らかい固体、ゾル、ゲルの表面波速度の推定可能性について検討を行った。牛もも肉、生体組織疑似ファントム、ゼリー、かまぼこ、歯磨き粉に集束超音波を照射することによって、表面波を発生させ、発生した表面波の速度をレーザドプラ振動計で測定した。推定した速度が概ね文献値と一致していることを確認し、粘弾性測定の可能性を見出した。

BT2018-17 数値計算による2次元速度ベクトルの精度向上

菅野尚哉, Sri Oktamuliani, 西條芳文 (東北大学 大学院医工学研究科)

超音波診断は、非侵襲かつ低コストで有用な診断方法であるが、超音波による血流解析はビーム方向の速度成分しか推定できないために、ビームに直交な成分を求めるEchodynamography (EDG)法が提案された。しかし、直線流が多い場合ビームに直交する速度成分が十分に推定不能である。本研究の目的は、ナビエ・ストークス方程式(NS方程式)を用いた数値計算を用いて2次元速度ベクトルの推定の向上を目指すことである。EDG法を用いて推定した速度ベクトルに離散化されたNS方程式の解を求め数値計算を行うことを行い、直線流が多い場合でも直交成分の推定が行うことが可能であった。したがって、NS方程式を用いた数値計算は推定精度を向上することが示唆された。

BT2018-18 回転ファントムを用いた2次元血流速度推定法に関する基礎検討

長岡 亮, 長谷川英之 (富山大学 大学院 理工学研究部)

心臓内の血流ダイナミクスは心疾患の早期発見のための指標としてだけでなく、心臓の物理的な動態を解明するためにも必須である。一般的に用いられるカラードプラ法は非侵襲かつ低コストで血流の評価が可能である。しかしながら、超音波の送信方向の速度成分しか検出することができないため、心臓内の血流動態の可視化が困難である。本研究では、Field IIを用いて心臓内に発生する渦流

れを模擬したファントムから得られるRF信号を作成した。このRF信号に対して、拡散波を用いたベクトルドブラ法 およびブロックマッチング法を適用して得られる推定値と真値との比較を行った。

BT2018-19 超音波によるDNA 損傷と細胞応答

古澤之裕<sup>1</sup>, 近藤 隆<sup>2</sup>, 趙 慶利<sup>2</sup>, 小川良平<sup>2</sup>, 齊藤淳一<sup>2</sup>, 野口 京<sup>2</sup> (1 富山県立大学 生物学教室, 2 富山大学 大学院医学薬学研究部)

超音波の生物作用は熱作用, キャピテーション作用, 非キャピテーション作用に分類される。超音波によるDNA損傷については, 胎児診断の安全性への検討の観点から多くの報告 がされてきた。水溶液中DNAへの影響および細胞内DNA損傷への影響と検出技術の進歩とも相まってその作用機序が提示されてきた。一方でDNA損傷はその生成のみならず, 修復 と残存する損傷が重要であることが判明してきた。今回は, 超音波の水溶液系DNA損傷の 生成機序, 細胞内DNA損傷の生成機序, および細胞応答について概説する。

BT2018-20 CFRP の内部検査に用いる光音響波の周波数帯域の検討

唐川和輝<sup>1</sup>, 中畑和之<sup>1</sup>, 黄木景二<sup>1</sup>, 水上孝一<sup>1</sup>, 浪田健<sup>2</sup>, 椎名毅<sup>3</sup> (1 愛媛大学 大学院理工学研究科, 2 京都大学 大学院医学研究科, 3 京都大学 人間健康科学系 (大学院医学研究科))

炭素繊維強化樹脂(CFRP)内部のきずを非破壊的に映像化するための光音響顕 微鏡(PAM)が開発段階にある。このPAMは, プリズムによってCFRP供試体の表面にレーザー光を集光させ, プリズム内に設置した水浸集束超音波プローブで光音響波を受信する。ここでは, レーザー光の波長が532nmと1064nmの場合の光音響イメージング結果の 比較を行った。さらに, 超音波プローブの中心周波数を5, 10, 15MHzと変化させた場合 についても検討を行った。発生した光音響波は広帯域な周波数特性を有するため, 材料 表面からのテール信号と欠陥エコーとの干渉を抑えることができる。この特性を利用すれば, 低周波帯域のプローブでも有効なイメージングが可能であることを示した。

BT2018-21 光音響像のアーチファクト特定・除去のための基礎的検討

仲尾勇輝<sup>1</sup>, 内本陽<sup>1</sup>, 浪田健<sup>1</sup>, 近藤健悟<sup>1</sup>, 山川誠<sup>1</sup>, 椎名毅<sup>2</sup> (1 京都大学 大学院医学研究科, 2 京都大学 人間健康科学系 (大学院医学研究科))

光音響イメージングは, 腫瘍や炎症性疾患などで増殖した血管の分布や酸素飽和度を可 視化することで, 癌やリウマチなどの診断への応用が期待されている。そこで光音響像 と超音波像を非侵襲かつ簡便に撮像可能なハンドヘルド型超音波プローブを用いた装置 を開発した。この装置には計測が簡便であるという利点がある反面, 組織境界面での反射によるクラツタノイズなどにより画質が低下するといった問題がある。そこで本研究 では, 光音響像を多波長で計測することにより高輝度部の光

音響スペクトルからクラツ タノイズを特定・除去する方法を考案した。血管を模擬したファントムの多波長計測によりクラツタノイズを特定・除去できる可能性を実証した。

BT2018-22 高音圧短パルスと低音圧長パルスの超音波照射下におけるソノポレーション機序に関する検討

工藤信樹, 今井 慎司, 磯野朱音 (北海道大学 大学院情報科学研究科)

我々は, in vivoにおける高効率なソノポレーションの実現を目指し, ソノポレーション現象の 高速度顕微観察を行ってきた。しかし従来の高速度カメラでは, 撮影コマ数が24コマと少なく, 短ミレス照射下での現象しか捉えることができなかった。本研究では, 撮影速度は同程度で, 256コマ撮影可能な高 速度カメラを用いて, 高音圧短ミレスと低音圧長ミレスの2種類の超音波照射条件下におけるソノポレーション現象を観察し, 超音波照射条件と細胞膜損傷の発生機序との関連を調べた。観察の結果, 高音 圧短ミレス条件では気泡が細胞から離れていく動きが97%に認められたが, 低音圧長ミレス条件ではその割合は35%に低下し, 気泡の多くが細胞表面に留まった。また, 気泡と細胞の相互作用を比較すると, 高音圧 短ミレス条件では, 気泡が離れていく際に気泡もしくは気泡が作る水の流れが細胞膜を局所的に引き伸ばす ことが膜損傷の原因と考えられた。これに対し, 低音圧長ミレス条件では, 気泡が細胞表面で持続的に膨張 収縮をすることにより細胞膜損傷が生じていることを示唆する現象が捉えられた。一方, 蛍光顕微観察で求めた細胞膜損傷率は, 高音圧短ミレス条件では42%(8/19), 低音圧長ミレス条件では43%(10/23)とほぼ同じであった。これらの結果より, ソノポレーションには, 超音波の照射条件に依存する2種類の異なる機械的 作用機序が存在し, それぞれが同程度の膜損傷率を生じ得ることが示された。

### 第3回

日時: 平成30年10月28日 (日)

会場: 都市センターホテル

第29回関東甲信越地方会学術集会と共催の為, 「学術集会抄録集」をご参照下さい。

### 第4回

日時: 平成30年12月13日 (木)

会場: 千葉大学西千葉キャンパス松韻会館

BT2018-30 脳腫瘍を対象とした病理画像の組織特徴と超音波像の音速の関係解析

樫尾周<sup>1</sup>, 大西峻<sup>2</sup>, 小川拓朗<sup>1</sup>, 伊藤一陽<sup>3</sup>, 廣野誠一郎<sup>4</sup>, 山口匡<sup>2</sup>, 岩立康男<sup>4</sup>, 羽石秀昭<sup>2</sup> (1 千葉大学 大学院融合理工学府基幹工学専攻, 2 千葉大学 フロンティア医工学センター, 3 千葉大学 大学院工学研究科人工システム科学専攻, 4 千葉大学大学院医学研究院脳神経外科)

腫瘍の音響特性に病理学的診断情報を紐付けることで、超音波計測による腫瘍部特定支援が期待される。病理学的根拠に基づいた腫瘍判別が可能となれば、摘出判断の確実性と迅速性の向上に繋がる。本研究では代表的な脳腫瘍である神経膠腫を対象として、病理学的組織特徴と音響特性との関係解析を目指す。基礎検討として、細胞核、赤血球、細胞質の組織密度を病理画像から求め、超音波顕微鏡を用いて取得した平均音速値との関係解析を試みた。重回帰分析を行った結果、細胞核の組織密度と平均音速値との間に高い相関性が確認された。本検討では組織密度の算出方法と平均音速値との解析結果を示す。

BT2018-31 微小組織の音響特性と構造を考慮した後方散乱係数解析法の検討

山田敦子<sup>1</sup>, 田村和輝<sup>2</sup>, Emilie Franceschini<sup>3</sup>, 吉田憲司<sup>4</sup>, 山口匡<sup>4</sup> (1千葉大学 大学院融合理工学府, 2 千葉大学 大学院工学研究科, 3 CNRS/Aix-Marseille Univ., 4 千葉大学 フロンティア医工学センター)

超音波による定量的診断技術の確立を目的として、エコー信号の後方散乱係数 (BSC) 解析に関する研究が多数行われてきたが、BSCと組織学的性質との関係は未だ詳細に解明されていない。そこで本研究では、肝臓の微小組織によって生じる超音波散乱現象の理解を目的とし、二次元音響インピーダンスマップ (2DZM) のフーリエ変換を利用したBSC解析を実施した。はじめに、正常肝の2DZMを構築し、主な散乱源となる微小構造の同定を行った。次に、脂肪量の異なる肝臓の2DZMを複数用意し、脂質滴が増加することによる散乱現象への影響を解析した。結果として、肝臓内に脂肪が存在する場合、脂肪における散乱が後方散乱係数に極めて大きな影響を与えることが確認された。また、脂肪量の増加とBSCの振幅の関係性も示された。

BT2018-32 超音波およびMR エラストグラフィ両用ファントムの開発における音響特性の検討

碓村将志<sup>1,2</sup>, 菅幹生<sup>1,2,3</sup>, 岸本理和<sup>2</sup>, 石井孝樹<sup>1</sup>, 溝口岳<sup>1</sup>, 田村和輝<sup>4</sup>, 山口匡<sup>1,3</sup>, 發田英華<sup>2</sup>, 小島隆行<sup>2</sup> (千葉大学 大学院融合理工学府医工学コース, 2 量子科学技術研究開発機構 放射線医学総合研究所, 3 千葉大学 フロンティア医工学センター, 4 千葉大学大学院工学研究科)

我々はmagnetic resonance elastography (MRE) と shear wave elastography (SWE) の両システムで測定可能な両用ファントムを開発してきたが、北米放射線学会がSWE用ファントムに求める音響特性である減衰係数と縦波音速の基準を満たしていない。本研究の目的は薬品の種類や配合の調節により、この基準を満たすファントム作製が可能かどうか検討することである。SWE・MRE両用ファントムの散乱体としてアルミナを用いることで減衰係数の調節が可能であった。またグリセリンの配合量を減らすことで縦波音速を下げる事ができた。薬

品配合の調節により学会の定める基準に近づけることができた。

BT2018-33 Sidestream Dark-Field 撮影法を用いた微小循環酸素飽和度推定

橋本涼平<sup>1</sup>, 倉田智宏<sup>2</sup>, 関根雅<sup>3</sup>, 中野和也<sup>3</sup>, 大西峻<sup>3</sup>, 羽石秀昭<sup>3</sup> (千葉大学 融合理工学府基幹工学専攻医工学コース, 2 タカノ株式会社, 3 千葉大学 フロンティア医工学センター)

微小循環における酸素飽和度 (S<sub>O2</sub>) のモニタリングは疾患の状態の把握や機序の理解をする上で重要である。そこで、我々はこれまでに微小循環イメージングを目的としてSidestream Dark-Filed (SDF) カメラを試作し、さらにin vitroのSDF画像からS<sub>O2</sub>の推定を行うSDFオキシメトリを開発してきた。しかし、推定値の妥当性検証は行われていない。そこで本研究では、SDFオキシメトリの妥当性検証を目的に、吸入酸素濃度 (FiO<sub>2</sub>) の制御により小動物の酸素状態を変化させながら計測を行った。実験の結果、S<sub>O2</sub>推定値はFiO<sub>2</sub>の増減に対応した変化を示し、微小循環の酸素状態の変化を観察可能であることを確認した。また、FiO<sub>2</sub>の減少に伴う低酸素状態特有の微小循環構造の変化も観察された。

BT2018-34 せん断波伝播の2mode 群速度計測に基づく組織粘弾性推定法における肝線維構造の影響

三宅架偉<sup>1</sup>, 山川誠<sup>1</sup>, 近藤健悟<sup>1</sup>, 浪田健<sup>1</sup>, 椎名毅<sup>2</sup> (1京都大学 大学院医学研究科, 2 京都大学 人間健康科学系)

肝線維化の進行は弾性だけではなく粘性も変化も伴うため、粘弾性評価を行うことで肝線維化診断精度の向上が期待されている。しかし、粘弾性の推定法として用いられている、せん断波位相速度の速度分散から推定する方法 (位相速度分散法) はノイズに弱い。そこで、近年、せん断波伝播の際の変位と粒子速度の群速度から粘弾性を推定する手法

(2mode群速度法) が提案された。この手法は、通常のTime of flight法によるせん断波速度計測を用いるためロバストな粘弾性推定が可能である。そこで、今回我々は2mode群速度法と従来法である位相速度分散法を定量的に比較評価した。また、2mode群速度法における肝線維化構造の影響について評価した。

BT2018-35 特異値分解を用いた血管内腔抽出に関する基礎検討—血流速度推定領域決定のために—

長岡亮, 長谷川英之 (1富山大学 大学院理工学研究部)

超音波計測によって得られる血流速度情報は、心血管系疾患の重要な診断指標の1つである。近年、平面波や拡散波を用いた高時間分解能超音波計測法を血流速度推定法に応用することで、生体内のより詳細な血流ダイナミクスを測定することが可能となりつつある。この血流速度推定において、より正確に血管内腔・心臓内腔領域を決定することで

推定精度向上も期待できる。そこで、本報告では、特異値分解を用いた血管内腔領域を抽出する手法を提案する。また、提案手法と従来手法であるワードブラ法を用いた手法とで領域抽出の性能を比較する。

BT2018-36 超音波振動を用いた細胞培養位置の制御

藤原滉二, 谷健太朗, 小山大介 (同志社大学 大学院理工学研究科電気電子工学専攻)

生体への薬効などを評価する際には単一の細胞のみでなく、細胞間の相互作用も検討することが重要である。その定量的評価のためには、細胞を任意の場所に選択的に配置するパターンニング技術が必要とされる。筆者らのグループでは、超音波を用いた細胞培養制御を検討している。本報告では特に、培養ディッシュ底面に励振した超音波たわみ振動を用いて、接着細胞の培養位置制御について検討した。実験結果として、超音波振動によって、細胞を特定の位置に捕捉することができ、その位置は培地中の音場の影響を強く受けることがわかった。また本手法は多種の細胞にも応用できることが示された。

BT2018-37 超音波カラードブラを用いた気泡キャピテーション信号観測

江田廉, 堀内弘喜, 山越芳樹 (群馬大学 大学院理工学府)

本論文では、カラードブラ超音波を用いて、外部から入力される基準信号との位相差から気泡キャピテーション信号 (BCS) の周波数情報を得る方法を提案する。カラードブラ超音波パルスと同期して、気泡キャピテーションを引き起こす強力超音波 (ポンプ波) を気泡に照射し、さらにカラードブラ超音波に近い周波数を有する基準信号を映像用プローブに入力する。BCSと基準信号との間の位相差は、カラードブラ画像処理によって映像化されるためリアルタイムな観測が可能となる。正弦波信号をシミュレートすることで提案法の精度について評価したところ、平均推定誤差は10%であった。ポンプ波の音圧1.0MPaの条件下においてソナゾイドに対し本手法を適用した結果、約10パルスのポンプ波照射を境に前後で異なるキャピテーション現象が支配的であると推定された。

BT2018-38 超音波の生物作用と治療応用- ファインバブルの利用

近藤隆 (富山大学 大学院医学薬学研究部)

ファインバブル、特に数ミクロンサイズのバブルは超音波造影剤として注目されて研究が進み、実用化された。超音波の生物作用を考える上で、ファインバブルの関与は極めて重要である。ファインバブルはキャピテーションの核として働きその発生しきい値を下げる。即ち、ファインバブルは多くの超音波の生物作用を増強するので、治療効果の増強に利用できる。本発表では、著者が行ってきた超音波による生物・化学作用に関する研究について、ファインバブルの添加効果について、時系列を追っ

て紹介する。さらに、最近のファインバブルを用いた治療応用の可能性についても言及する。

BT2018-39 表皮ブドウ球菌が産生するバイオフィルムに対する超音波照射の影響

鯉淵晴美1, 藤井康友2, 佐藤祐介3, 望月 剛4, 山田俊幸1, 紺野啓1, 崔龍洙3, 谷口信行1 (自治医科大学 臨床検査医学, 2 京都大学 大学院医学研究科 人間健康科学系専攻臨床医科学講座, 3 自治医科大学 感染・免疫学講座細菌学部門, 4MU 研究所)

本研究では、表皮ブドウ球菌の菌液に超音波を照射することによる細菌のバイオフィルム生成阻害を目的とした。表皮ブドウ球菌の菌液にSound Cell Incubator (M) 研究所製) を使って超音波を照射した。(超音波照射条件: 1MHz, 5Vpp, Duty比 20, PRT 10ms, 20分間) 菌液準備後1時間後の1回照射とその後3時間後の2回照射を行った。超音波照射によるバイオフィルムの減少率は、2回照射で33.1%, 1回照射で17.9%であった。短い時間の照射でもバイオフィルム生成の初期段階に照射すれば、バイオフィルム生成阻害効果が期待できた。これにより、超音波照射はその振動によって細菌のwell底面への接着を妨げていることが示唆される。また、超音波照射前後で菌液内の細菌数に変化はなかった。

BT2018-40 シャーレ内の培養細胞への超音波照射において注意すべきこと

相川武司, 工藤信樹 (北海道大学 大学院情報科学研究科生命人間情報学専攻)

シャーレ内に培養した細胞へ超音波を照射する場合、シャーレ内に生じる定在波音場は様々な条件の影響を受ける。今回、超音波の水面での反射、容器の傾き、吸収体の存在が容器内音場に与える影響をフォーカストシャドウ法により可視化した。水面の波立ちを模擬した容器では水面近傍に超音波の集束点が見られ、音圧が高くなる点が観測された。容器の傾きによる音場の非対称性の増強、吸収体による水面反射波強度の低下による定在波音場の消失を確認することができた。これらの結果より、シャーレ容器内には水面での正反射に基づく単純な定在波音場とは異なる複雑な音場が生じていることが確認された。

BT2018-41 低出力パルス超音波の細胞応答

田淵圭章1, 2, 轟勇人3, 鈴木信雄4, 平野哲史1, 竹内真一5, 椎葉倫久6, 長谷川英之3 (富山大学 研究推進機構, 2 富山大学 大学院生命融合科学教育部, 3 富山大学大学院理工学教育部, 4 金沢大学 環日本海域環境研究センター, 5 桐蔭横浜大学大学院工学研究科, 6 日本医療科学大学 保健医療学部)

今回、我々はマウス前骨芽MC3T3 E1細胞の細胞増殖や細胞分化に対する低出力パルス超音波 (LIPUS) の効果を検討した。LIPUS (1.5 MHz, 30 mW/cm<sup>2</sup>) の20分間、1回照射は、細胞増殖とアルカリフォスファターゼ活性に影響を与えなかった。一方、その

LIPUSは、ERKのリン酸化とオステオカルシンのmRNAレベルを有意に増加させた。この条件下、ハイドロフォンを用いて超音波強度を測定した時、平均強度は表示のレベルとほぼ等しかったが、測定位置により値のバラツキがあることが示された。これらの成績は、細胞におけるLIPUS応答の分子メカニズムの解明に寄与すると考えられる。

#### 第5回

日時：平成31年1月30日（水）

会場：東北大学カタールサイエンスキャンパスホール

圧電材料・デバイスシンポジウム2019と共催のため抄録はなく、2～4ページの予稿集のみ作成しま

した。

BT2018-42 超音波による生体情報の定量計測  
蜂屋弘之（東京工業大）

BT2018-43 超音波プローブを用いた血圧と血管径の同時計測法に関する検討

斎藤拓海<sup>1</sup>、森 翔平<sup>1</sup>、荒川元孝<sup>1</sup>、大庭茂男<sup>1</sup>、  
小林和人<sup>2</sup>、金井 浩<sup>1</sup>（<sup>1</sup>東北大、<sup>2</sup>本多電子）

BT2018-44 超音波併用薬液送達デバイスの開発

井上憲司<sup>1,2</sup>、佐藤綾耶<sup>2</sup>、齋藤竜太<sup>2</sup>、Jia  
Wenting<sup>2</sup>、奥野さおり<sup>2</sup>、大橋雄二<sup>2,1</sup>、鎌田 圭  
<sup>2,1</sup>、吉川 彰<sup>2,1</sup>、富永悌二<sup>2</sup>（<sup>1</sup>Piezo Studio、<sup>2</sup>  
東北大）