

一般社団法人日本超音波医学会平成 25 年度基礎技術研究会抄録

代表：蜂屋弘之（東京工業大学理工学研究科機械制御システム専攻）

第 1 回

日時：平成 25 年 6 月 24 日（月）

会場：東京大学生産技術研究所（東京都目黒区）

共催：電子情報通信学会超音波研究会，日本音響学会アコースティックイメージング研究会

BT2013-01 広帯域エコー信号における独立性に着目したスペックル抑制法

夏目龍之介，山口 匡（千葉大学大学院工学研究科メディカルシステムコース）

近年，超音波診断装置において，エコー画像に含まれるスペックルノイズを除去し，病変組織の量や分布の様子を詳細に捉えるための様々な手法が研究されている．本研究では，肝エコー信号に含まれるスペックルノイズと生体組織構造を反映したエコー信号との独立性を指標とし，独立成分分析（Independent Component Analysis; ICA）によるスペックル抑制法を提案する．組織構造とは独立した信号成分であるスペックルノイズを除去するため，広帯域プローブを用いて同一の肝臓を異なる周波数で観察することで観測信号を仮想的に増やし，ICA を適用した．肝硬変の臨床データによる ICA 分離結果では，“正数値のみのデータ”と“正負両方の値をもつデータ”の二つの出力が得られ，前者および後者の正部にスペックルノイズが，後者の負部には線維構造が抽出されることを確認した．この結果より，独立性を指標とした新たなスペックル抑制法の可能性が示された．

BT2013-02 フーリエ変換を用いた補間近似を要さない高速エコーデータ生成法 —フーリエ変換を用いたエコーデータ生成法（その 3）—

炭 親良，山崎直人（上智大学大学院理工学研究科情報領域）

高速フーリエ変換を用いた補間近似を要さない高速エコーデータの生成方法に関する当研究において，これまで，補間近似を要せずに高精度に任意直交座標系においてエコーデータを高速に生成できる方法を実現し，他のフーリエ変換を用いた Busse の方法や Jian-yu の方法との比較を行いながら，その様な勝る特徴の有効性を報告してきた．今回は，それらの特徴を備えつつ，Busse の高速逆フーリエ変換法を参考にして，さらに計算速度を向上させた方法を報告する．実行可能性と精度をステリングした平面波に関するシミュレーションを通じて確認した．以前の方法及同様に，本法を用いたステアリング角度の異なる平面波の重ね合わせや，適切なアポダイゼーション等により，少ない送信回数により，他のビームでセクタやラディアル，ファン状等の様々な走査を行った場合のエコーデータフレームを高速に生成できる．

BT2013-03 水晶振動子のマイクロバブル標的指向性評価システムへの応用 —最適評価指標の検討—

下谷遼資¹，村本貴茂²，吉田憲司²，渡辺好章²（¹同志社大学理工学研究科，²同志社大学生命医科学研究科）

標的指向性マイクロバブルは，標的部位に特異的に付着するため，分子イメージングにおける造影剤や超音波ドラッグデリバリーシステムにおける薬物運搬体への応用が期待されている．標的指向性マイクロバブルの実用化のため，水晶振動子微量天秤（Quartz Crystal Microbalance: QCM）を用いたマイクロバブルの

特異的付着能力の評価方法を提案する．QCM の金電極上に Biotin 化自己組織化単分子膜を用いて Streptavidin 膜を形成することで標的部位を模擬し，作製した Biotin 修飾マイクロバブルを特異的に付着させた．QCM のコンダクタンスが半値となるときの周波数 f_1 ， f_2 ($f_1 < f_2$) と定義し，バブルの特異的付着に伴う f_1 ， f_2 の変化を測定した．Biotin 非修飾マイクロバブルおよびバブルを含まない溶液を用いた結果との比較から， f_1 の変化にマイクロバブルの影響が， f_2 の変化にバブルの膜物質（リン脂質）の特異的な付着の影響がそれぞれ現れる可能性を示した．

BT2013-04 コラーゲン架橋が骨の音波物性に与える影響

坪田 遼¹，松川真美¹，斎藤 充²，丸毛啓史²（¹同志社大学超音波エレクトロニクス研究室，²東京慈恵会医科大学整形外科）

糖尿病や無形成骨症では，骨密度や骨構造に変化がみられないにも関わらず，骨が脆弱化し，骨折頻度が高くなることが報告されている．この原因の一つとして骨の体積比の約 50% を占めるコラーゲンの分子間架橋の異常が指摘されている．そこで本研究では，ウシ大腿骨皮質骨を用いて分子間架橋の異常の形成を人工的に促進させ，骨中の縦波音速に及ぼす影響について調べた．顕微 Brillouin を用いて骨マトリクスを測定したところ，培養後の縦波音速 ($4.57\text{--}4.69 \times 10^3$ m/s) が培養前 ($4.83\text{--}4.97 \times 10^3$ m/s) に比べて有意に低くなった．

BT2013-05 尿動態計測用空中超音波ドブラシステムの校正のためのウォータージェットファントム

松本成史，竹内康人，柿崎秀宏（旭川医科大学医学部腎泌尿器外科学講座）

著者らはかねてより排尿時の尿動態計測用の空中超音波ドブラシステムを開発しているが，どの医療機器もそうであるように，実患者による臨床テストに先立ちシステムの開発および校正，また計測の正当性の評価に「ファントム」を必要とするのは本件開発も例外ではない．本研究においてはそのような主旨でヒトの放尿を模擬するためのウォータージェットファントムを開発し，試作試用したのでその要点を報告する．ヒトの放尿はただ管路の断端をノズルとしてしかるべき流速流量の水を層流として放出しただけでは正しく模擬出来ず，特に男子の場合，外部尿道口の直前にある舟状窩の前後における流路の形状変化に由来する層流から乱流への「ひねり」の場を正しく再現して初めて正しく模擬できる．装置は中型の小便小僧立像にまとめられ，開発中の尿動態計測用ウェアラブル空中超音波ドブラシステムとともに 2012 年度大学見本市（Innovation Japan 2012）にて公開実演，好評を博した．

BT2013-06 超音波伝搬の可視化による計測条件の最適化

田中雄介，大平克己（ジャパンプローブ株式会社研究開発センター）

本研究ではシミュレータにより超音波伝搬を可視化し，超音波の伝搬経路確認と計測法の最適化について検討した．空中超音波として鋼材の V 透過法とガイド波による鋼板の探傷，医用超音波として回折による水中の針先端検出についてシミュレーションを行い，それぞれの超音波伝搬を可視化した．鋼材の V 透過法は探触子間の距離と受信信号の振幅をシミュレーションで確か

め、最適な探触子間距離を求めた。ガイド波による鋼板の探傷はガイド波が発生する板厚と周波数、超音波の入射角度をシミュレーションで確かめ理論と比較した。水中の針先端からの受信波形についてシミュレーションと実験と比較した。針先端検出の医療応用例として、穿刺用探触子について述べた。

BT2013-07 誘電力を利用した液体表面物性の非接触測定

下河有司，酒井啓司（東京大学生産技術研究所）

現在、液体の表面張力を測定するために広く利用されている手法の多くは接触測定である。しかし、接触測定には固体に付着した僅かな汚れによる液体表面の汚染など様々な問題が存在する。我々は、電場を利用して液体表面を変形させることで表面張力を測定する新しい非接触測定法を開発した。

第2回

日時：平成25年8月2日（金）

会場：北海道大学大学院情報科学研究科（札幌市）

共催：日本超音波医学会超音波分子診断治療研究会，日本音響学会アコースティックイメージング研究会

BT2013-08 適応ダイナミックフィルタによるドプラ信号の改質とその空中超音波ウロダイナミクス計測への応用

松本成史，竹内康人，柿崎秀宏（旭川医科大学医学部腎泌尿器外科学講座）

著者らは排尿時の尿動態計測用に空中超音波ドプラシステムを開発している。これにおいて放尿の結果空中を飛行する尿の液滴群から得られたドプラ反射波信号から代用尿流曲線を得る方法として手法上は最も簡素であり得るゼロクロスレート法が利用できないか実験的に検討した。この手法においては信号のS/N悪かったりスペクトラムの広がり大きかったりすると計測が不安定となる。特に信号に不要な抵域成分が含まれると計測値は大きく過小評価に傾く。本研究においては空中超音波ドプラ尿流信号の周波数スペクトラムが思いのほか広帯域である事のゼロクロスレート法流速計測への実害を避けるため、この抵域成分を適応的に除去する事を試み、一定の成果を得た。この適応的抵域除去作業にはカットオフ特性を電氣的に変とした抵域カットフィルタを用い、その出口において予定された信号レベルを越える場合にはそのカットオフ周波数を高めて不要成分を抵域側から順に除去するという操作を行う。結果としてその出力のゼロクロス法流速曲線はその蓋然性が改良される事が伺われた。以下本研究においてはこの適応的抵域除去のためのフィードバック機構を具備した可変フィルタを適応ダイナミックフィルタと呼ぶ事にする。

BT2013-09 ログステップマルチキャリア波を用いた超音波ドップラー速度推定法におけるノイズ耐性の改善

前田泰成¹，杉本雅則²，橋爪宏達³（¹総合研究大学院大学複合科学研究科情報学専攻，²北海道大学大学院情報科学研究科，³国立情報学研究所アーキテクチャ科学研究系）

著者らは以前、ログステップマルチキャリア波を用いた超音波ドップラーイメージング法と速度検出方法について報告した。この方法の中で、低SNR条件下における速度推定精度の悪化が解決すべき課題として残されていた。今回、同波の持つ特徴であるドップラーシフト時の到来時刻の系統偏移を利用して、低SNR条件下においても高い速度推定精度を保つアルゴリズムが得られたので報告する。シミュレーションにより、SNRが-10dB以下の悪条件下においても、アルゴリズムの有効性が確認された。

BT2013-10 ビームフォーミング後のビーム加工に基づくエコーイメージングおよび組織変位/弾性計測イメージング

炭 親良，山崎直人，平林勇人（上智大学大学院理工学研究科情報領域）

我々は、最近、ビーム生成後のビーム形状の加工や適切な力源の生成のために、周波数領域におけるスペクトルの加工（スペクトル除去、重み付け、重ね合せ、引き算、超解像 etc）を通じ、一つのエコーデータを同時に多目的に応用することを報告している。本稿では、まず、スペクトルの零詰めによる広帯域化処理を通じた複数ビームのコヒーレント加算を行い、瞬時周波数および帯域幅を調整して、変位ベクトルの計測を行うことを報告する。寒天ファントムの実験結果として、変位計測には、複数ビームを独立に使用する Over-determined システム（最小自乗法または計測結果の平均を計算）の方が精度が良かったが、エコー画像を高分解能化するには有効であった。エコー信号の処理・加工方法を目的に応じて適切に選択すると良い結果であった。また、凹型開口のシミュレーショントランスデューサを用いて、加熱治療や放射圧生成のための強力超音波の送波時のエコー信号を用いた同時のエコーイメージングと変位計測のために、効果的な処理が可能であることを確認した。スペクトルの Filtering による点拡がり関数の整形により、画質と横方向変位の計測精度が向上した。現在、強力超音波の生成に必ずしも凹型開口のトランスデューサが使用されるとは限らないが、他型のトランスデューサが使用される場合においても有効であろう。顕微鏡においても凹型の開口が使用されることがあり、同様な加工が有効であると考えられる。

BT2013-11 スペックルによる位相変動を考慮した生体擬似ファントムの横波変位量計測

佐々木日史，平田慎之介，蜂屋弘之（東京工業大学大学院理工学研究科機械制御システム専攻）

びまん性肝病変では横波速度に関連する病変部の剛性率が正常部より大きくなる事が知られている。そこで肝臓に横波を加えることにより剛性率の違いを計測し、病変を評価する手法が検討されている。しかし横波を発生させるのに音響放射圧を用いる手法では人体に与える影響が懸念されており、測定精度向上が望まれている。本報告では、生体擬似ファントムに音響放射圧により横波を発生させたときの変位量を超音波パルスの位相差により計測した実験結果と、横波による変位を与えた散乱点からのエコー信号のシミュレーションデータを用いた変位量評価結果を比較検討し、横波変位量計測における誤差検討を行った。その結果、エコー信号の瞬時周波数が深度方向に対して大きく変動するというスペックルパターン特有の性質が計測誤差要因の一つであることを明らかにした。また、瞬時周波数の変動量に応じた補正を行うことで計測誤差を軽減する手法を提案し、高精度計測の可能性を示した。

BT2013-12 超音波照射による骨の誘発電位

常田裕子¹，沖野正裕¹，水野勝紀²，柳谷隆彦³，高柳真司¹，松川真美¹（¹同志社大学波動エレクトロニクス研究センター，²東京大学生産技術研究所，³名古屋工業大学大学院工学研究科）

超音波骨折治療のメカニズム解明のための第一歩として、超音波照射時の骨の誘発電位について検討した。圧電材料として骨を用いた超音波トランスデューサを作製し、超音波照射によるトランスデューサの応答について実験的に検討した。このトランス

デューサに MHz 域の超音波を照射すると起電力が発生し、その感度は従来の PVDF トランスデューサの約 1000 分の 1 であった。また、この起電力は骨中のハイドロキシアパタイト (HAp) の配向量に依存せず観測された。骨トランスデューサを水に浸漬すると時間経過とともに観測波形が変化し、起電力も変化した。これは吸水による変化と考えられる。従って、超音波照射による骨の誘発電位は HAp ではなくコラーゲンによる可能性が高いと考えられる。

BT2013-13 脈波の反射波成分を用いた動脈硬化診断法の研究—心拍数が波形形状に与える影響—

駒形有香¹、齋藤雅史²、松川真美¹、浅田隆昭²、渡辺好章¹ (同志社大学波動エレクトロニクス研究センター、²株式会社村田製作所)

脈波とは皮膚表面の変位である入射波と反射波から構成され、血管内の圧力を反映する。このうち、反射波は入射波より長い距離を伝播するため、血管の硬さに応じて減衰する。そこで我々は、頸動脈で実測した脈波と血流速度波形を用いて、脈波から反射波を分離する手法を提案してきた。これまでの結果では、反射波振幅値は年齢と中程度の相関を示し、本手法の有用性が確認されている ($R^2 = 0.65$)。そこで本報告では、心拍数が脈波の波形形状と反射波に及ぼす影響を検証した。その結果、心拍数の影響は小さいことがわかった。

BT2013-14 超音波診断装置における周波数領域干渉計法の応用研究と解剖学的手法による評価手段の開発

瀧 公介¹、瀧 宏文²、山川 誠³、椎名 毅⁴、佐藤 亨²、工藤 基¹ (滋賀医科大学解剖学神経形態学部門、²京都大学大学院情報学研究所、³京都大学先端医工学ユニット、⁴京都大学大学院医学研究科)

医用超音波装置の空間分解能向上は早期の血管病変発見など様々な疾患の早期診断に有効であると考えられる。大気レーダーや光学カテーテルの分野では周波数領域干渉計法と適用型信号処理を組み合わせて用いた高分解能イメージング法が実用化されているが、私たちは同様の方法を医用超音波診断装置に応用してきた。その研究過程において適当な評価手段を必要としたので、豚大腿動脈を材料とする一連の評価手段を考案した。すなわち、未固定血管標本を用いた動作確認、固定血管標本のゼラチン包埋ファントムを用いた計測精度評価などである。またより高精度の評価のために包埋後の外膜再剥離法を考案し、その効果を組織学的に確認した。このような生体材料の扱いは解剖学がミクロとマクロの双方で有するノウハウを応用した物であり医工学研究における貢献可能性を示している。

BT2013-15 細胞の膜張力がソノポレーションにおける膜修復に与える影響

田中裕人、工藤信樹 (北海道大学大学院情報科学研究科)

これまで我々は、細胞に気泡が付着した条件では、生体作用をほとんど生じないパルス超音波でも一時的な膜損傷を生じ、ソノポレーション効果が得られることを報告してきた。検討の過程において、カバーガラス上に培養した接着細胞を対象としたソノポレーションでは、浮遊細胞もしくは生体内細胞の場合よりも細胞死の頻度が高い傾向が見られた。我々は、硬い足場層に培養した細胞には比較的大きな膜張力が働いており、これがソノポレーションで生じた膜損傷を修復する能力を低下させる原因になっていると推測した。そこで本研究では、浸透圧と細胞形状の 2 つの条件

を変化させて膜張力の制御を試み、ソノポレーションにおける膜修復の張力依存性について検討した。実験の結果、等張液および高張液中での膜修復率は、それぞれ $55 \pm 8\%$ 、 $75 \pm 14\%$ (平均 \pm 標準偏差) であり、高張液中では収縮した細胞の修復率が向上した。比較的膜張力が低いと考えられる球形細胞の修復可能な損傷レベルは膜張力の高い紡錘形細胞に比べて 5 倍高いことが示された。

BT2013-16 脳に対する超音波遺伝子デリバリーに関する基礎的検討

鈴木 亮¹、小俣大樹¹、小田雄介¹、宇留賀仁史¹、澤口能一¹、關むつみ¹、直井智幸¹、根岸洋一²、丸山一雄¹ (帝京大学薬学部薬物送達学研究室、²東京薬科大学薬学部薬物送達学教室)

これまでに、超音波造影ガス封入りポソーム (バブルリポソーム) と超音波の併用により、種々の細胞や組織に遺伝子導入ができることを明らかとしてきた。そこで本研究では、バブルリポソームと超音波による脳への遺伝子導入の可能性について検討した。バブルリポソームとルシフェラーゼ発現プラスミド DNA をマウス尾静脈より投与し、経頭蓋的に超音波を照射した。その結果、プラスミド DNA 単独投与群と比較し、バブルリポソームと超音波を照射した群において、脳での高いルシフェラーゼ活性が認められた。このことから、バブルリポソームと超音波照射の併用は脳への遺伝子導入のための有用なシステムとなることが示唆された。

BT2013-17 強力集束超音波治療における部分画像相関を用いた加熱凝固モニタリング手法と Thermal Dose の関係に関する解析

高木 亮¹、佐々木翔也¹、松浦景子¹、吉澤 晋²、梅村晋一郎¹ (東北大学大学院医工学研究科、²東北大学大学院工学研究科)

低侵襲ながん治療法の一つである強力集束超音波 (HIFU : High-Intensity Focused Ultrasound) 治療において、治療後の加熱凝固領域のリアルタイムモニタリング手法の確立は、重要な課題の一つである。先行研究において、部分相関画像を利用した加熱凝固領域モニタリング手法を検討した。本研究では、HIFU 照射中の焦点周辺の温度を測定し、温熱治療の評価指標の一つである 43°C 等価加温時間 (thermal dose) を使い、本手法が HIFU 照射中の不可逆変化のみを抽出できるかを検討した。その結果、複素相関関数を用いた本手法は熱膨張などの可逆変化の影響を受けた状態でも加熱凝固生成などの不可逆的な変化を検出するのに有効であることが示唆された。

BT2013-18 超音波造影剤投与下のウサギ心臓における音響放射力インパルス (ARFI : Acoustic Radiation Force Impulse) の心電図波形に与える影響についての検討

石黒保直¹、新田尚隆³、笹沼英紀¹、安田是和¹、秋山いわき⁴、谷口信行² (自治医科大学消化器・一般外科、²自治医科大学臨床検査医学、³産業技術総合研究所ヒューマンライフテクノロジー研究部門、⁴同志社大学生命医科学部)

音響放射力インパルス (ARFI : Acoustic Radiation Force Impulse) により種々の臓器の組織硬度を測定することができる。しかし超音波造影剤との併用も含め心臓への影響は明らかではない。今回、我々は全身麻酔下のウサギ心臓に ARFI を照射し心電図波形における変化を検討した。超音波造影剤 (ソナゾイドTM : perfluorobutane) 投与下に ARFI 照射を行うと、照射に伴い期外収縮波形が観察された。致死性不整脈の発生は認められなかった

が、波形発生頻度は造影剤の投与方法・量に依存する傾向もあり、ARFIと超音波造影剤の併用を心臓領域へ応用するには十分に安全性を確認する必要がある。

BT2013-19 放射線誘発細胞死における低強度超音波照射の影響

近藤 隆¹, Mikhail A Buldakov², Loreto B Feril Jr³, 立花克郎³
(¹富山大学大学院医学薬学研究部, ²トムスクがん研究所, ³福岡大学医学部)

超音波は診断のみでなく、機械的作用や熱的作用を利用してがん治療にも用いられている。超音波単独による治療法としては、温熱(ハイパーサーミア)治療および集束超音波によるHIFU治療で超音波を集中させることによる高温を利用し前立腺がんや乳がんの治療に用いられている。超音波と薬剤併用療法は多くの研究成果が発表されており、遺伝子製剤や微小気泡製剤等の利用を含めて、今後の発展と臨床利用が期待されている。放射線は単独で、癌治療における重要な位置をしめているが、温熱との併用等は研究されてきたものの、超音波との併用例は少ない。そこで、本研究では放射線照射後に、低強度の超音波を照射し、放射線による細胞死に与える影響について検討した。その結果、U937およびMolt-4細胞を使用したところ、細胞死に関して、両細胞とも併用による細胞死の相乗的増強効果が認められたがアポトーシスについては、増強効果はなかった。放射線細胞死の超音波照射による増強効果は細胞膜の損傷が関係するネクローシスの増加によることを示唆する。

第3回

日時：平成25年10月19日(土)

会場：ビッグサイトTFTホール(東京都江東区)

平成25年度第25回関東甲信越地方学会学術集会と共催の為、「超音波医学」41巻1号に掲載されていますので、ご参照下さい。

第4回

日時：平成25年12月6日(金)

会場：京都府立医科大学(京都府)

共催：日本超音波医学会光超音波画像研究会、日本音響学会アコースティックイメージング研究会、日本生体医工学学会専門別研究会

BT2013-23 生体組織の熱的特性に着目した超音波組織性状診断—ファントムの温度変化測定—

森田晟央, 伊藤瑛恵, 秋山いわき, 渡辺好章(同志社大学超音波エレクトロニクス・生体計測研究室)

生体組織の熱的特性のひとつである単位体積当たりの熱容量(比熱×密度) C_v に着目して、生体内部における C_v の分布をイメージングする新しい超音波画像診断手法の確立を目指している。この方法は低周波の超音波によって生体内部を加温し、そのときの温度上昇分布を高周波の超音波によって測定するものである。本研究では生体組織模擬ファントムより得られた超音波エコー信号に相関法、クロススペクトル法、自己相関法を用いて音速変化によるエコーの時間シフト量を算出した。その結果より求めた温度変化の測定精度について検討したので報告する。

BT2013-24 医療穿刺用超音波アレイ探触子の特性評価

田中雄介¹, 大平克己¹, 小倉幸夫¹, 田中克彦², 塩見尚礼³, 来見良誠³, 谷 徹³(¹ジャパンプローブ株式会社研究開発センター, ²立命館大学総合科学技術研究機構, ³滋賀医科大学外科学講座)

穿刺用リニアアレイ探触子を試作し、針先端と前方物体を画像化して同時に観測しながら穿刺した。前方検出用のリニアアレイと針検出用のリング型探触子を有する13分割型リニアアレイ探触子を用いて針先端を検出した。まず水中で針先端検出を行い、針の挿入距離と受信信号強度の関係をシミュレーションと実験で確認した。擬似血管ファントムとブタで穿刺実験を行い、穿刺の様子を画像化した。128分割型穿刺用リニアアレイ探触子によりイヌの穿刺実験を行い、大腿動脈、大腿静脈を画像化した。大腿筋肉に穿刺し、針先端を画像化できた。ヒト肘正中皮静脈を観測し、画像化することができた。

BT2013-25 RF信号の乗算や冪乗の効果または演算による高周波化および広帯域化

炭 親良(上智大学理工学部情報理工学科)

超音波エコー法に基づいて、ヒト組織の高分解能エコーイメージングや高精度な組織変位計測イメージング、高分解能HIFU治療等の技法の開発を行っている。本稿では、エコー信号に対して乗算や冪乗等の非線形演算を施すことにより、高周波化と高帯域化、高コントラスト化を行うことが提案されている。高調波信号が、通常の検波処理に比べて少ない計算量にて、ベースバンド帯域やその高調波信号の任意方向の検波信号と同時に得られることが確認されている。寒天ファントム実験とシミュレーション(凹型HIFUアプリケーション)を通じて、本法の有効性が確認されている。

BT2013-26 微小気泡位置制御システムの開発と高速度撮影によるソノポレーション機序の検討

内田和輝, 工藤信樹(北海道大学大学院情報科学研究科)

我々は細胞に微小気泡を付着させた条件下でパルス超音波を照射し、一時的に膜損傷が生じた部位から薬剤導入を行うソノポレーションについて検討している。導入効率の向上にはその機序の解明が必要だが、超音波照射下における気泡の高速なふるまいと細胞に生じる膜損傷を対応づけて調べた検討は少なく、膜損傷の発生機序には不明な点が多い。そこで本研究では、光ピンセット技術を微小気泡位置制御に応用し、さらに高速度カメラと組み合わせることで高速な気泡のふるまいと細胞の相互作用を顕微鏡観察できるシステムを開発した。光ピンセットについては気泡捕捉用のドーナツビームをLGビームからベッセルビームに変更することで捕捉力を従来の2.4倍に向上し、細胞核上からの薬剤導入を実現した。また気泡を細胞近傍の適切な位置に配置することにより、細胞膜の形状変化や断裂の発生を高い確率で高速度観察することに成功した。我々が開発した観察システムはソノポレーション機序と最適条件の解明に有用と考えられ、ソノポレーション研究を加速するものと考えられる。

BT2013-27 コード間干渉の影響を受けない同時送波手法を用いた高速音響イメージング

林 壮宏, 平田慎之介, 蜂屋弘之(東京工業大学理工学研究科)

空中における音響センシングは周辺物体の位置、形状、材質、運動などのさまざまな情報を取得できる方法であると考えられて

いる。しかし、現在その利用法は対象物体までの距離計測程度に限られており、高度な計測システムの開発が望まれている。われわれはSN比の高い音響画像を得るために疑似ランダム系列の一つであるM系列を用いた映像手法の検討を進めている。この中で、複数のコード化信号を同時に送波する方法は、高速で空間分解能の高い画像取得が可能であるが、コード間干渉による画像劣化が問題となる。われわれは、コード間干渉雑音の影響を受けない高速音響映像の実現するために、異なるM系列間の相互相関値について検討を行い、相互相関値のピーク値が従来のコードのペアよりも大きい、絶対値最小の部分が長く連続するコードのペアを用いた手法を提案し、検討している。本稿ではこのコードを用いて音響映像化実験を行い、従来のコードの組み合わせに比べ、コード間干渉ノイズによる影響を受けない音響映像を得ることができ、一回の送波のみで、高速に高分解能で高品位な画像を生成することができることを示した。また低相関値の部分さらに伸ばす手法について、実験によりその有効性を検討した。

BT2013-28 周波数領域干渉計法を用いた肝臓の高分解能超音波イメージングに関する基礎検討—豚肝臓への適用—

瀧 宏文¹、阪本卓也¹、瀧 公介²、山川 誠¹、椎名 毅¹、工藤 基²、佐藤 亨¹ (1)京都大学、(2)滋賀医科大学)

我々は周波数領域干渉計法に基づく高分解能超音波イメージング法の術中エコー法への適用可能性を検討するため、医用超音波診断装置で取得した豚肝臓のRFデータに提案法を適用した。提案法により肝静脈壁を明瞭に描出することができたことから、提案法により術中エコー法に用いる超音波画像の高分解能化が実現可能であることが示唆された。

BT2013-29 光超音波技術を用いた生体イメージング

浅尾恭史^{1,2}、戸井雅和²、椎名 毅² (1)キヤノン株式会社総合R&D本部、(2)京都大学大学院医学研究科)

京都大学とキヤノン株式会社が協働で推進している研究プロジェクト(略称:CKプロジェクト)において、プロジェクトのテーマの一つとして取り組んでいる光超音波イメージングに関する研究活動を紹介する。高解像イメージングを狙いとした光超音波技術に関し、超高分解能を実現可能な光音響顕微鏡技術、高速・高分解能を実現する可能性のある新規なファブリーペロー撮像システムを概説する。さらに、乳癌診断への適用を狙いとした光超音波マンモグラフィ試作機による臨床研究を行った結果、臨床的に有用である可能性が示唆された結果を報告する。

BT2013-30 フェムト秒光パルスを用いた2光子励起光音響顕微鏡

山岡 久久^{1,2}、原田義規²、西 塾 繁³、前原正司³、浜野修次郎³、高松哲郎² (1)京都府立医科大学医学研究法システム学、(2)京都府立医科大学細胞分子機能病理学、(3)寺崎電気産業株式会社システム事業産業部)

生体深部における分子吸収に基づいた高コントラスト像を撮像する方法として光音響イメージングに近年注目が集まっている。我々は光音響イメージングの深さ分解能向上を目指し、2光子励起を組み合わせた光音響顕微鏡を開発してきた。本発表では、2光子励起光音響波発生の高効率化のためにフェムト秒光パルスを用いた光音響顕微鏡を紹介する。フェムト秒光パルスはピークパワーが非常に高いため、対物レンズで集光すると簡単に光子密度の高い状態を作ることができる。そのため、2光子吸収の発生確率が向上し、2光子励起光音響顕微鏡の性能を向上できる。