

# 社団法人日本超音波医学会平成 24 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 24 年 6 月 21 日（木）

場所：東京大学生産技術研究所（東京都目黒区）

共催：日本音響学会アコースティック・イメージング研究会

### BT2012-01 可撓性アレイプローブを用いた不規則面からの内部さびの超音波映像化

中畑和之，徳増純男（愛媛大学大学院理工学研究科）

超音波探傷の対象は剛な材料が多く，その表面が凹凸を有する場合には，それに合わせてプローブの接触面の形状を調整する必要がある．本研究は，可撓性を有する超音波アレイプローブを用いて，不規則な表面形状を有する金属中の欠陥の映像化を行うことを目的とする．映像化手法として，ここでは全波形サンプリング処理（FSAP）方式を用いた．FSAP 方式では，アレイプローブを構成する 1 つの素子から超音波を送信し，別の素子で欠陥エコーを受信する．この送受信をすべての素子の組み合わせで実行し，全波形パターンを PC メモリの記憶しておき，必要な波形を用いて欠陥像を再構成する方法である．金属の表面形状を考慮しつつ，映像化領域の画素毎に集束ビームを送信できるため，高精度な欠陥像が得られる．ここでは，凹凸を有する被検体中の横穴およびスリットの映像化実験を行い，人工欠陥の位置および形状が良好に推定できることを示す．

### BT2012-02 顕微 Brillouin 散乱法を用いたウシ海綿骨骨梁中の評価 - 骨梁長さや音速の関係 -

坪田 遼，福井健二，菅 大輔，松川真美（同志社大学超音波エレクトロニクス研究室）

ウシ海綿骨骨梁を対象に，骨マトリクス中の縦波音速や骨梁構造を顕微 Brillouin 散乱法及び X-ray micro CT を用いて測定し，特に縦波音速と骨梁の配向方向，骨梁形状との関係を調べた．CT による 3 次元再構成画像から，今回測定した試料では，ほぼ板状の骨梁が前後方向と骨軸方向がなす面に沿って並んでおり，それを内外方向に配向する棒状骨梁が支える構造と考えられた．板状骨梁中の縦波音速は約  $4.79 \times 10^3$  m/s と低くなった．一方，棒状骨梁を連結する内外方向では，短い棒状骨梁が観測され，これらの骨梁中では縦波音速が約  $4.90 \times 10^3$  m/s と高くなった．このことから，骨梁形状や骨梁配向方向の違いが骨マトリクスの縦波音速に影響をあたえる可能性が示唆された．

### BT2012-03 ナノ秒高強度パルスレーザー光を使う創発的応力波の研究 II

吉田翔一<sup>1</sup>，牧野友哉<sup>2</sup>，得永嘉昭<sup>1,3</sup>，會澤康治<sup>1</sup>（<sup>1</sup>金沢工業大学大学院工学研究科電気電子工学専攻，<sup>2</sup>金沢工業大学工学部情報通信工学科，<sup>3</sup>金沢工業大学光電相互交換デバイスシステム研究開発センター）

レーザー誘起応力波（LISW）を用いた細胞内への薬剤導入や遺伝子導入が行われているが，LISW 発生は非線形効果を含む複雑な現象であるために理論的かつ実験的な検討が十分とは言えない．我々は，この現象の理解を通して創発的応力波素子の開発を目指している．現在の LISW 素子はポリエチレンテレフタレートと黒色ゴム（NR）の接着構造を使っているが，LISW 素子を構成する材料の一つである黒色 NR ターゲットにナノ秒高強度パルス

レーザーを照射した際に発生する LISW の評価は LISW の発生メカニズムの解明につながると考えている．本報告では黒色 NR で発生する LISW の評価とレーザー照射部で起こっている現象について報告する．

### BT2012-04 Modeling of Ultrasonic Echo from Posterior Arterial Wall for Accurate *in-vivo* Detection of Intima-Media Complex Boundaries

Nabilah Ibrahim<sup>1</sup>，Hideyuki Hasegawa<sup>1,2</sup>，Hiroshi Kanai<sup>1,2</sup>  
（<sup>1</sup> Graduate School of Engineering, Tohoku University,  
<sup>2</sup> Graduate School of Biomedical Engineering, Tohoku University）

In line with the fact that the intima-media thickness (IMT) of the carotid arterial wall is the most frequently used indicator to diagnose atherosclerosis by ultrasound, it is essential to accurately estimate the thickness of the intima-media complex (IMC) boundaries, i.e., the lumen-intima boundary (LIB) and media-adventitia boundary (MAB). In this study, an improved adaptive model of an ultrasonic echo was developed to realize better fitting of the model to the reference RF echo, which was calculated from a transmitted ultrasonic wave measured with a hydrophone. Using the normalized mean squared error (MSE) method, the improved adaptive model (multiply the sinusoidal wave with the envelope of the reference RF echo) was fitted with the RF signal measured *in vivo*, and the positions of the model which give the minimum difference between the measured and model signals, are determined as the boundaries of the carotid arterial wall.

### BT2012-05 高精度化された FDTD 法による音空間レンダリング

土屋隆生<sup>1</sup>，石井琢人<sup>1</sup>，大久保寛<sup>2</sup>（<sup>1</sup>同志社大学理工学部，<sup>2</sup>首都大学東京システムデザイン学科）

本報告では，波動方程式を直接差分化した WE-FDTD 法の高精度化について検討を行っている．セル内の参照点を増やすことで，陽的でコンパクトに高精度化が行える．理論的な検討を行った結果，参照点の重みの違いにより CFL 数の上限値とカットオフ周波数が変化することが分かった．これらをもとに一定の音質を確保する場合の離散化条件を求めたところ，CFL 数を上限値に設定した場合がグリッド間隔を一番大きく取れることが示された．また，これまでに提案された各種手法で一定の音質を確保したレンダリングについて必要計算機資源を算出したところ，IWB 法がメモリ量および計算時間も最も少なくなり，メモリ量は標準の WE-FDTD 法の約 30%，計算時間は約 40% で済むことが示された．

## 第 2 回

日時：平成 24 年 8 月 3 日（金）

場所：北海道大学（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

### BT2012-06 ラム波動場の線形従属性の破綻を用いた鋼板検査

寺本顕武，宮成天馬（佐賀大学大学院工学系研究科）

近年，自動車用鋼板が要求する品質は，「より薄く」「より美し

く「より強く」「より安価に」ばかりでなく、その使用用途に応じて多種多様かつ厳しいものとなっている。そこで、鑄造、鍛造、圧延過程において、オンライン検査が行われている。表面の欠陥については、画像検査、鋼中の欠陥については超音波による非破壊検査が主流である。ところが、表面直下、すなわち表層中の欠陥については、超音波による非破壊検査でも dead zone のために検出が困難である。そこで、本研究では、A0 モードラム波を用いて表層中の欠陥の検出法を提案している。ラム波は、薄板内を導波路として進行するため、小さなエネルギー減衰で伝搬する特長がある。ところが、ラム波は音速が周波数と板の厚さによって変化する分散性の波であり、波面の進行とともに、入力パルスの形状が崩れ、亀裂や剥離、腐食箇所からの散乱波を検出することが困難になるという問題点がある。そこで、本研究では、直交する動的せん断歪みの間の線形性の破綻に着目し、「動的せん断ひずみの共分散行列」の行列式による欠陥の撮像法を実現している。本手法を用いることにより、欠陥近傍の音響近接場を撮像することができ、欠陥領域のシルエットを映像化することが可能となる。本報告では、提案手法の撮像原理を明らかにするとともに、数値実験および音響実験を通して、手法の有効性を評価している。

#### BT2012-07 超音波による血液性状計測の精度評価

新田尚隆 (独)産業総合研究所ヒューマンライフテクノロジー研究部門)

血液粘度は、血栓や赤血球凝集など血液の異常を検出するための指標として有用と見込まれるが、全血は非ニュートン流体であり、粘度は速度の大きさにも依存するため、粘度のみで血液性状の変化を把握することは困難である。血液性状の変化を一次的に評価するため、本研究では、血液における速度・粘度関係 (SV 曲線) の推定に基づき、血液性状の特微化パラメータを導入した。新鮮なウシ血液を用いた実験を行い、粘度計及び提案手法を用いて得られた各特微化パラメータを比較して、精度評価を行った。

#### BT2012-08 Range Point Migration 法を用いた高精度超音波胎児体表イメージング送信時のビーム指向性を用いた虚像抑圧

谷村真弥、瀧 宏文、阪本卓也、佐藤 亨 (京都大学大学院情報学研究所通信情報システム専攻)

Range Point Migration (RPM) 法は比較的均一な媒質中に存在する明瞭な境界を高精度に画像化することができるが、複数目標存在時に虚像が出現する。我々は RPM 法の虚像を抑圧するため、送信時にビームを形成し信号到来方向の誤推定を抑圧する手法を提案する。本研究では超音波凹面素子アレイを用いた実験によりマイグレーション法、従来の RPM 法、送信ビーム指向性を用いた RPM 法の特性を比較した。提案する送信ビーム指向性を用いた RPM 法の形成推定誤差はマイグレーション法の約 1/4 であり、従来の RPM 法で出現する虚像の抑圧に成功した。この結果は提案法により胎児体表の高精度イメージングが実現可能であることを示唆している。

#### BT2012-09 Acoustic Imaging in Air over Wide Frequency Range

Xinhua Guo, Yosuke Mizuno, Kentaro Nakamura (Precision and Intelligence Laboratory, Tokyo Institute of Technology)

In this paper, acoustic imaging on object surfaces is carried out

over wide frequency range with a fine frequency step. Visualization of three different objects surfaces are demonstrated with the frequency-swept illumination from 1 kHz to 20 kHz with a 30-Hz step. Images are produced at each frequency for one object using acoustic holography. In contrast to optical multi-spectrum imaging, frequency dependence gives rich information about surface shape and material of the object in multi-spectrum acoustical imaging. Characteristics of the surfaces such as the depth of holes and difference in materials are successfully visualized.

#### BT2012-10 Bモード画像の同時生起行列に基づく肝病変定量診断手法の精度検討

田中由紀<sup>1</sup>、平田慎之介<sup>1</sup>、山口 匡<sup>2</sup>、蜂屋弘之<sup>1</sup> (<sup>1</sup>東京工業大学理工学研究科、<sup>2</sup>千葉大学フロンティアメディカル研究開発センター)

超音波画像を用いた臨床診断は医師の読影技術に依存する部分が多く、定量診断手法の開発が強く望まれている。われわれは、肝炎線維化の定量評価を目的としたエコー信号の解析手法の検討を行っている。本報告では、肝病変散乱体モデルによる超音波シミュレーション画像を用い、同時生起行列とテクスチャ特徴量を算出することで、病変の進行度と画像の特徴についての定量的な関係を検討した。画素間の関係を示す同時生起行列は、画素間距離により特徴的な変化をし、画素間距離が病変構造の大きさより大きくなると一定のパターンに収束することがわかった。また、テクスチャ特徴量であるコントラストは、この変化を定量化するよい指標で、肝炎の初期発見に有効であり、構造の違いも見分ける可能性があることが示された。

#### BT2012-11 ログステップマルチキャリア波による超音波イメージング技法の速度検出性能

前田泰成<sup>1</sup>、杉本雅則<sup>2</sup>、橋爪宏達<sup>3</sup> (<sup>1</sup>総合研究大学院大学、<sup>2</sup>東京大学、<sup>3</sup>国立情報学研究所)

空間超音波を使用し速度を含めた空間画像を構成する新アルゴリズムについて報告する。本手法は、送信波にログステップマルチキャリア波と呼ばれる波形を使用し、精密なドップラー効果検出を行うところに特色がある。シミュレーションによって、提案手法は従来の医療超音波診断に用いられてきたカラードップラー法と比較して約 20 倍の速度検出精度を持ち、またより広い範囲の速度を検出できることが確認された。実験により実機においても速度画像化性能を検証した。

#### BT2012-12 超音波照射と電気刺激による期外収縮発生に関する培養心筋細胞を用いた検討

水内美里、工藤信樹 (北海道大学院情報学研究所)

我々は超音波照射による期外収縮発生の機序解明を目的として培養心筋細胞を用いた検討を行っている。本研究では、培養心筋の拍動を一定に制御しながら期外収縮の発生の時間閾値を求めめるために新たな実験システムを開発し、拍動を統一することにより時間閾値のばらつきが有意に低減することを確認した。また、開発した実験システムを用いて、超音波照射のみ、気泡存在下で超音波照射、電気刺激の 3 種類の刺激により期外収縮が発生する時間閾値を計算した。実験の結果、それぞれの刺激条件における時間閾値は、 $292 \pm 23$  ms、 $207 \pm 12$  ms、 $233 \pm 28$  ms (平均  $\pm$  標準偏差) となった。刺激の種類によって時間閾値が異なり、かつ超音波照射ではその強度にも依存したことから、超音波照射と電気刺激では期外収縮を発生する機序に違いがあることが示唆された。

### BT2012-13 パルス超音波を用いたソノポレーションにおける薬物付着型微小気泡の有用性に関する基礎的検討

吉松幸里<sup>1</sup>, 工藤信樹<sup>1</sup>, 鈴木 亮<sup>2</sup>, 丸山一雄<sup>2</sup> (北海道大学大学院情報科学研究科, <sup>2</sup>帝京大学薬学部)

我々は、一般的にはソノポレーション効果が得られないと考えられているパルス超音波でも、微小気泡が細胞に接触した状態で照射すれば一時的な膜損傷を生じ、ソノポレーション効果が生じることを報告してきた。本手法では気泡が付着した部位に細胞膜の損傷が生じるという特徴があるため、気泡自体に薬剤を付着させることができれば、導入効果の向上が期待できる。そこで本研究では、薬物付着型微小気泡として、薬物を模擬した蛍光物質で標識された脂質をシェルとする気泡を用いて、ソノポレーションにおける薬物付着型微小気泡の有用性について検討を行った。培養細胞を用いた *in vitro* 実験の結果、超音波照射によって気泡が崩壊した後も蛍光は細胞の近傍に留まっている様子が観察できた。さらに共焦点顕微鏡を用いて3次元観察を行った結果、蛍光標識された気泡のシェルは細胞表面に付着していることが確認できた。しかし細胞内部への蛍光物質の取り込みは見られず、気泡への薬剤の付加の方法を変更することによる導入効率向上の可能性が考えられた。

### BT2012-14 画像差分型シュリーレン法を用いた超音波音場の可視化

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科学専攻)

透明物体中の屈折率の分布を可視化する方法として、シュリーレン法とシャドウグラフ法が古くから研究され、現在も広い分野で応用がなされている。これらの方法は、超音波音場の可視化にも応用されているが、シュリーレン法には、感度が高いが高品質な光学系が必要になること、シャドウグラフ法には、光学系は簡便であるが感度が低く得られる像の歪みが大きいというそれぞれの特徴がある。そこで我々は、医療に用いられる超音波の音場可視化に適した、シャドウグラフ法を基本とする新しい音場可視化手法を提案し、その有用性について検討している。本稿では、提案する手法の特徴を、シュリーレン法やシャドウグラフ法と比較しながら解説するとともに、実際に超音波診断装置の超音波パルス音場を可視化した結果を示し、本手法の有用性を示す。

### BT2012-15 超音波の安全性について -DNA 損傷と修復に関する比較研究-

近藤 隆 (富山大学大学院医学薬学研究部)

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。超音波による温熱療法装置は病巣を加温することで温熱 (ハイパーサーミア) 治療に用いられており、また集束超音波は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。温熱によるがん細胞死誘導のメカニズムの一つとしてリン酸化ヒストン H2AX ( $\gamma$ H2AX) フォーカス形成に示される DNA 損傷が注目されている。温度上昇が十分な超音波照射条件下では熱作用により DNA 損傷を引き起こすことが考えられるが、超音波が直接細胞内の DNA に与える影響は明らかではない。本研究では  $\gamma$ H2AX 形成を中心に、超音波の DNA 損傷誘発機構に関して調べ、放射線および温熱の生物作用と比較検討し、超音波の安全性について考察した。

### BT2012-16 超音波によるがん分子イメージング

立花克郎 (福岡大学医学部解剖学教室)  
(講演のみ)

#### 第3回

日時:平成 24 年 10 月 20 日 (土)

場所:大宮ソニックシティ (さいたま市)

共催:日本超音波医学会第 24 回関東甲信越地方会学術集会

### BT2012-17 ずり弾性を用いた組織定量計測の概要

蜂屋弘之 (東京工業大学大学院理工学研究科)

生体の弾性的な性質を表す一つの指標は体積弾性率であり、体積変化に対する弾性的性質を示しており、音波の縦波の伝搬速度を決定する。一方、生体のずり弾性に対応する硬さ (剛性率) は、横波の伝搬速度を決定し、有用な診断情報を提供することが指摘されている。ずり弾性に対応する硬さを診断情報として利用するには、その性質について十分に理解することが重要である。この硬さに関する情報を得る一つの方法は力に対する変形を計測することであり、もう一つの方法は力により発生する横波の伝搬速度を計測することである。力の与え方も、探触子を生体にあて軽く上下させるなどの方法に加え、振動による加振、音響放射力 (acoustic radiation force) を用いて力を加える方法などがあり、製品化も行われている。本講演では、生体のもつ弾性的な性質の基礎について述べるとともに、得られる診断情報の特徴、音響放射力と安全性などの基礎知識について述べる。

### BT2012-18 静的加圧に基づく組織弾性計測とその展開

新田尚隆 ((独)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)

静的加圧に基づく組織弾性計測技術は、超音波プローブで用手的に生体組織を加圧し、その際に生じた組織内部の局所的な変形 (ひずみ分布) を超音波計測して可視化する。ひずみは、内部応力が一定のとき弾性率と反比例関係にあり、相対的な弾性評価指標となる。しかし実際には、内部応力は一様でなく、また相対評価に留まるので、得られたひずみ情報から弾性率を推定する定量化が検討されている。一方、実際の加圧は、ある程度の速度をもって準静的に行われている。またプローブによる加圧を緩めた減圧時においてもひずみは観測される。このような準静的な加圧及び減圧時に見られるひずみの時間的变化に着目すると、生体組織の粘弾性的挙動や力学的非線形性を評価でき、診断精度の改善に資する生体力学特性を把握できる可能性がある。本稿では、静的加圧に基づく組織弾性計測の原理を踏まえた上で、粘弾性や力学的非線形性の計測方法及び計測例について述べる。

### BT2012-19 ずり波伝搬による組織弾性計測—計測原理と最新の成果の紹介—

山越芳樹 (群馬大学大学院工学研究科)

ずり弾性波は、伝搬速度が組織の硬さであるずり弾性率と密接な関係があり、現在、ずり弾性波励振の違いや測定法の違いから、いくつかの方法が実用化されている。しかし、ずり弾性波の伝搬速度が組織によって大きく異なることは、逆に、反射や屈折が超音波に比べて大きいことを意味しており、さらに組織境界面で定在波が発生しやすいなど、ずり弾性波を正確に測定したり測定値や画像の意味を考える上で、超音波 B モード画像とは異なる特有の問題を生じやすい。本稿では、ずり弾性波の基本的な性質と、その計測原理をまとめたのち、組織特性の計測や映像化に

おける課題について触れる。さらに連続波による弾性波の励振を用いた我々の研究室で行った研究について研究成果を示す。

#### BT2012-20 磁気共鳴エラストグラフィの原理とファントムによる超音波エラストグラフィとの比較

菅 幹生<sup>1,2</sup>, 岸本理和<sup>2</sup>, 小山敦久<sup>1</sup>, 池田 啓<sup>1</sup>, 若山哲也<sup>3</sup>, 辻比呂志<sup>2</sup> (<sup>1</sup>千葉大学, <sup>2</sup>放射線医学総合研究所, <sup>3</sup>GEヘルスケアジャパン)

組織弾性イメージングの手法として超音波エラストグラフィ (ultrasound elastography : USE) と磁気共鳴エラストグラフィ (magnetic resonance elastography : MRE) がある。エラストグラフィは外力による分類により静的手法と動的手法に大別できる。本発表では、超音波医学会の会員の皆様には馴染みが薄いと思われる MRE の原理を USE による計測法と比較しながら紹介するとともに、自作ファントムを対象として定量測定に有利とされる動的な USE と MRE による測定値から、各手法の定量性や信頼性を検討した結果を紹介する。

#### 第4回

日時：平成24年12月13日(木)

場所：東北大学(仙台市)

共催：日本音響学会アコースティック・イメージング研究会

#### BT2012-21 波長走査光断層測定による低弾性定数材料の表面波測定

加藤友佳子, 和田有司, 水野洋輔, 中村健太郎(東京工業大学)

内視鏡エラストグラフィの実現のためには高い空間分解能で微小領域の測定をすることが必要とされている。Optical coherence tomography (OCT) は高空間分解能のイメージング技術の1つとして挙げられ、本研究では SS (swept-source)-OCT を用いて低弾性率試料の弾性表面波 (SAW) の伝搬速度を求める方法を検討した。1 m/s 以下の低速な横方向スキャンにより、1 ~ 20 m/s 程度の伝搬速度の SAW を観測する場合について定式化し、複数の周波数で観測される見かけのピッチ計測から真の伝搬速度を求める方法を試した。スピーカにより小さい木棒を介して加振した寒天サンプル表面の測定を 500 ~ 000 Hz で行ったところ、SAW 伝搬速度の寒天濃度に対する傾向は過去の研究結果と一致した。

#### BT2012-22 高周波数超音波による人工皮膚の粘弾性計測に関する研究

長岡 亮<sup>1</sup>, 和泉拓哉<sup>1</sup>, 小松洋介<sup>1</sup>, 小林和人<sup>2</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)

皮膚の定量的計測法は確立されておらず、幅広い分野から強く望まれている。高周波数超音波計測を用いて皮膚の微細な構造の可視化を行い、かつ皮膚の内部の機械的特性を定量的に評価する手法の開発を目指す。本発表では、音響放射圧を用いて3層構造の人工皮膚に生じた微小変位を計測し、計測変位およびフォークトモデルから粘弾性を推定することを目的とする。高周波数超音波を用いて各層における微小変位を計測し、各層の粘弾性推定を行った。得られ推定値は各層の機械的な特性を良く表わしていると考えられる。提案手法を用いることにより人工皮膚の粘弾性特性を計測できた。以上より本手法により皮膚の重要な情報を定量的計測が可能である。

#### BT2012-23 半導体レーザーを用いた光音響顕微鏡によるラット膝関節の評価

和泉拓哉<sup>1</sup>, 長岡 亮<sup>1</sup>, 佐藤みか<sup>1</sup>, 荻原嘉廣<sup>2</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>東北大学大学院医学系研究科)

変形性膝関節症 (OA) は関節の主要な病気であり、その検査手法として CT, MRI や超音波 (US) が度々用いられる。また光音響 (PA) 顕微鏡は生体組織を高コントラストにイメージングする手法である。本研究の目的は、OA と健常のラット膝関節の US と PA 画像を比較することで、関節の光音響特性を明らかにすることと OA による変化を捉えることである。US と PA で得られた画像を比較すると、US では軟骨や軟骨下骨表面で反射信号が強かったが、PA ではその深部の海綿骨で強い信号が発生した。また OA と健常の軟骨を比較すると、PA において海綿骨で発生する信号強度に有意な差があった。本研究により、軟骨の光音響特性と PA による OA の早期発見の可能性を示した。

#### BT2012-24 四腔断面領域での MRI 血流速度データに基づく Echo-Dynamography 法の妥当性評価

小島貴則<sup>1</sup>, 中島博行<sup>1,2</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>東北厚生年金病院中央検査部)

通常、ドプラ法では超音波照射方向に対して直交する速度成分を見積もることはできない。近年、カラードプラデータに流体力学的法則を適用し、超音波照射方向に垂直な速度成分の推定が可能な Echo-Dynamography (EDG) 法 [1] による二次元速度ベクトル分布が実用化され、臨床的有用性が認められている。本手法の妥当性については、CFD モデル [7] 及び計測断面に垂直な速度成分が小さいモデル流 [9] で確認されている。しかし、複雑な血流方向を示す生体内における妥当性に関しては未報告である。そこで、本研究では3次元方向の血流速度を測定できる PC-MRA による速度場を真値とし、心尖部四腔断面領域での EDG 法妥当性について検証を行った。血流が速い時相においては、超音波ビームに垂直な速度成分について、両者の血流速度分布に大きな矛盾は見受けられなかった。

#### BT2012-25 2倍高周波重畳法を用いた超音波治療を増強するキャビテーション気泡発生効率の向上に関する研究

安田 惇<sup>1</sup>, 浅井 歩<sup>1</sup>, 吉澤 晋<sup>1</sup>, 梅村晋一郎<sup>2</sup> (<sup>1</sup>東北大学工学研究科, <sup>2</sup>東北大学医工学研究科)

Cavitation bubble は強力集束超音波 (HIFU) の焦点領域に発生させられた非常に強い負圧によって生成される微小気泡で、医用超音波の分野で、HIFU 治療や、Histotripsy などに応用される。しかし、キャビテーション気泡は、非線形伝播の影響により集束音場では発生させることが難しい上、空間的、時間的な制御をしないと、正常な組織を傷つけてしまう原因ともなりうる。

本研究では、基本波に2倍高調波を足し合わせることにより正圧及び負圧を強調させた波形を用い生体模擬ゲル中でのキャビテーション気泡の挙動を高速度カメラで撮影し、キャビテーション気泡の生成の様子を調べた。結果、負圧を強調した波形の直後に正圧を強調した波形を照射したものが最もキャビテーション気泡が多く生成された。

**BT2012-26 生体模擬ゲル中への治療用超音波照射時における  
キャビテーション気泡の加熱増強効果の解析**

浅井 歩<sup>1</sup>, 岡野裕樹<sup>1</sup>, 吉澤 晋<sup>1</sup>, 梅村晋一郎<sup>2</sup> (<sup>1</sup>東北大学大学院工学研究科通信工学専攻, <sup>2</sup>東北大学大学院医工学研究科医工学専攻)

低侵襲な癌治療法として強力集束超音波 (HIFU) は近年注目されているが, 問題点として治療時間の長さがあり治療の効率化が求められている。キャビテーション気泡の加熱増強効果の治療への利用は効率化への手段の一つとなる。また, その効果を利用した安全で効率的な新たな治療法を計画するためにはキャビテーション気泡を考慮に入れた3次元熱伝導シミュレーションは必要不可欠である。本研究では気泡の加熱増強効果を超音波吸収係数とするモデルを構築し, 実験値と比較した結果から気泡を考慮に入れた HIFU 治療の3次元熱伝導シミュレーションを構築することが出来た。しかし精度をより向上させるにはよりよい気泡領域の推定方法が必要である。

**BT2012-27 M 系列変調信号を用いた移動物体の超音波距離速度計測の実験的検証**

平田慎之介<sup>1</sup>, 柴又賢史<sup>1</sup>, 蜂屋弘之<sup>1</sup> (<sup>1</sup>東京工業大学機械制御システム専攻, <sup>2</sup>東京工業大学制御システム工学科)

超音波距離計測手法の一種であるパルスエコー法に, M 系列を用いたパルス圧縮を適用することで, 受信信号に含まれる白色性雑音の低減と距離分解能の向上が可能となる。しかし計測対象が移動する場合, 反射したエコーにはドップラー効果による時間領域での伸縮が生じる。そのため M 系列符号で変調した正弦波を送受信する手法では圧縮利得が大幅に低下し, エコーの検出, 距離計測が困難となってしまう。そこで周期的な M 系列変調信号の周波数スペクトルの特徴から対象のドップラー速度を計測

し, その速度に応じて変調した参照信号を用いて相互相関処理を行う手法を提案している。本稿では, 提案するドップラー速度計測について述べ, その制度・分解能について実験的な検証を行う。

**BT2012-28 相互相関による組織速度推定法における符号化送信を用いた開口合成の影響**

瀧 宏文, 佐藤 亨 (京都大学大学院情報学研究科)

符号化送信による医用超音波開口合成イメージングの特徴として, 送信電力を増加させることによる信号対雑音比の向上, 送信時の焦点形成による空間分解能低下を伴わない高時間分解能化が挙げられる。しかし, 本手法はパルス圧縮が完全に成功し, また送信パルスが測定領域を通過する間の組織の移動が無視できることを想定している。本研究では, パルス圧縮が理想的に成功する条件下における, 組織速度の組織スペクトルへの影響を評価した。組織速度が 5 m/s 以上では組織速度の組織スペクトルへの影響が無視できず, スペクトルトラッキングを用いた速度推定精度が大きく劣化することがわかった。

**BT2012-29 血液力学特性と血管拡張の同時計測における相関性評価**

新田尚隆 ((独)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)

近年, 動脈硬化の早期発見等を目的として, 血管内皮機能検査が注目されている。代表的な内皮機能検査方法である FMD 検査では, 駆血前後における血管径の拡張度が計測される。血管拡張の間接的的刺激因子としては壁張り応力が指摘されているが, これには血液性状が関与している。本研究では, 血液性状が関与する力学的特性 (血液粘度, 壁張り応力) を血液力学特性と総称し, FMD 計測中において血液力学特性と血管径との同時計測を行って, 両者の相関性を評価した。