

公益社団法人日本超音波医学会令和5年度基礎技術研究会抄録

代表：梶田晃司（東京農工大学）

第1回

日時：令和5年6月16日（金）

会場：同志社大学 室町キャンパス

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

BT2023-01 粘弾性ゲル膜と音響放射力を用いた超音波液体レンズ

三木 陽斗, 原田 裕生, 中村 光佑, 松川 真美, 小山 大介（同志社大）

従来のカメラモジュールは機械的可動部を有し、光軸方向にレンズを移動させることで焦点距離を制御しているため、この移動機構がカメラデバイスの体積増加の一因となっている。本報告では、粘弾性ゲル膜と音響放射力を用いた小型の可変焦点液体レンズを提案し、その応答速度の向上とロバスト性の向上を図った。液体レンズに連続正弦波信号を入力すると、レンズ内に音響定在波が発生し、レンズ表面に作用する音響放射力によりレンズ表面（ゲル膜表面）は周囲媒質（空気）方向に凸状に変形した。超音波駆動下のレンズの振動分布をレーザドップラ振動計で、レンズ表面の変形形状をレーザ変位計で測定した結果、入力電圧振幅値が大きいかほどレンズの変位が大きくなった。入力電圧によってレンズの曲率が変わるため、入力電圧によって焦点距離が制御できることがわかった。入力電圧変化時のレンズの応答時間はゲル膜厚に依存し、膜厚が薄くなるに従って応答時間は短くなった。

BT2023-02 ハイパワー駆動時のランジュバン振動子における圧電材料特性と予圧が与える影響

横山 広大（東大/日本特殊陶業）・笠島 崇（日本特殊陶業）・森田 剛（東大）

ボルト締めランジュバン型振動子は圧電体の非線形効果により高い応力条件下での振動速度の飽和や共振周波数の低下が生じることが知られている。一般的な有限要素法では圧電体の線形特性のみが考慮されておりこれらの非線形性を考慮できないことに加え、ランジュバン振動子の圧電特性は振動子を製作する際に与えられる予圧により変化するため、振動子の駆動特性を正しく評価することが困難である。そこで本研究では、伝達マトリクス法を用いた振動子の計算モデルを利用し、振動子内部の圧電材料の特性を評価し予圧による影響を検討した。

BT2023-03 AM変調波を用いた空中超音波の過渡応答の検証 ～数値シミュレーションによる検討～

清水 鏡介・大隅 歩・伊藤洋一（日大）

材料評価を非接触で行う新たな方法として、空中

超音波励起による弾性波源を二次元走査して高速で計測する弾性波源走査法に、空中超音波フェーズドアレイ (Airborne Ultrasound Phased Array : AUPA) を利用した研究を行っている。AUPA を構成する超音波エミッタは、共振駆動系であるため、放射音波の過渡応答には音波の立ち上がりおよび立ち下がりに時間を要する問題が生じる。そのため、超音波エミッタからの空中超音波を用いて材料内のガイド波伝搬イメージングを行うと、アーチファクトの発生や欠陥のイメージング精度の低下を生じさせる。これを解決する一方法として、筆者らはAM変調された空中超音波に信号処理を行うことで放射音波の過渡応答を制御する方法を提案する。この方法を用いれば、狭帯域な特性を持つ超音波エミッタにおいても、急峻な音波波形の立ち上がりを実現することができる。本報告では、AM変調空中超音波と信号処理を用いた過渡応答の制御を目的に、数値シミュレーションを用いて、提案手法について検証を行っている。

BT2023-04 音響放射力による過渡振動応答の金属箔イメージングへの応用

北村 香子・野村 英之（電通大）

Vibro-acoustography 法は音響放射力で物体を共振し、その応答である振動や音響放射をもとに物体の特徴を可視化する。本手法は一般に振幅変調超音波による動的放射力を用いるが、物体の固有振動数に近い変調周波数の選択が必要である。我々はこの問題を解決するために、ステップ関数型の音響放射力に対する、物体の過渡応答振動を Vibro-acoustography 法(以降、過渡応答法と呼ぶ) に用いることを提案している。本稿は過渡応答法を欠損を有する金属箔の画像化に適用することの可能性を検討した。対象物は異なる長さのスリットを持つアルミニウム箔である。超音波の照射位置を走査しながら、レーザドップラー振動計で過渡応答信号を取得した。得られた振動の振幅や、共振周波数が画像が画像を構成した。その結果、振幅、共振周波数のいずれを用いた画像もスリットの存在を明確にした。

BT2023-05 サーモホンをを用いた超音波微小変位計測システムと非接触心拍モニタリングへの応用

浅田 隆昭・佐々木 晋一・渡部 佑真（村田製作所）

医療分野や自動車分野においては、呼吸や心拍等のバイタルサインを非接触でモニタリング可能なデバイスが求められている。超音波による変位計測は非侵襲・低コストおよび信号処理が比較的容易である等の特徴を持つが、体表面の微小な変位から心拍を検知するためには、数マイクロメートル程度の

変位分解能が必要となる。本報告では小型・薄型で非共振の広帯域音源であるサーモホンを送波器とし、MEMS マイクロホンを受波器とした超音波微小変位計測システムにおいて、パルス圧縮法と位相差トラッキング法を用いた信号処理システムを実装することにより、マイクロメートルレベルの測定精度を実現した。また、このシステムを用いた実験を行い、着衣時でも心拍モニタリングが可能なことを確認した。

BT2023-06 超音波ガイド下垂直穿刺時の針先端検出原理 ～ ガイド波を用いたシミュレーションと実験による考察

田中雄介(ジャパンプローブ)・田中克彦(元)立命館大)

現在行われている超音波ガイド下穿刺は超音波の送信方向に対して斜めに穿刺しており、任意の位置に穿刺するには高い技術が要求される。超音波の送信方向と同じ方向に穿刺する垂直穿刺はこれまでに検討されてきたが、針先端検出原理が解明されていないため最適な穿刺条件が不明である。針先端の超音波検出としてガイド波を考え、シミュレーションと実験において針先端の検出原理をガイド波により説明した。針先端における超音波の位相変化、針先端角度と受信強度の変化について針先端内部で発生するガイド波により考察した。

BT2023-07 超音波ベクトルドブラを用いたヒトの軟組織と血流の in vivo 力学特性再構成 ～ 手首動脈動態における例 ～

炭 親良(上智大)

我々は、医用超音波や非破壊検査の分野で観測対象の変位や変形をベクトル観測するべく、過去に多次元自己相関法や多次元クロススペクトル位相勾配法を開発した。それらと開発した横方向変調法とを用いて変位を高精度に観測したところ、軟組織のVoigt(フォークト)粘弾性モデルと弾性モデルと、血液のニュートン流体モデルとにおいて、力学物性と力学量の再構成を正規化処理を行うことなく安定的に再構成できた。

BT2023-08 超音波法によるウマの脚部骨増生部の簡易スクリーニング

津幡大聖・北嶋昇太(同志社大)・田村周久・三田宇宙(JRA 総研)・千葉 恒(長崎大)・松川真美(同志社大)

若年の競走馬のソエ(管骨骨膜炎による骨増生)の評価は非常に重要であるが、初期診断は触診で正確さに欠ける。X線法を用いた診断は被曝の危険性や装置が大型であることなどから容易ではない。そこで、持ち運び可能で安全で簡便な超音波法の開発が期待されている。本研究ではソエに伴う骨表面の凹凸を簡易に検知できるシステムを主にシミュレーションを用いて検討した。まず疾病骨のCTデータをもとに、実験で測定した縦波音速値を用いて骨

の不均質・異方性デジタルモデルを作成した。そして、弾性有限差分時間領域(FDTD)法を用いて、骨モデルに入射する超音波挙動をシミュレーションした。また、CTデータの元となる骨を用いて実験で骨表面からの反射波を測定した。これらの骨表面の反射特性と骨表面形状を比較検討し、ソエによる骨のわずかな変形を検出できる可能性を示した。

第2回

日時: 令和5年8月4日(金)

会場: 北海道大学大学院 情報科学研究科棟

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・日本超音波医学会 超音波分子診断治療研究会・レーザー学会 光音響イメージング技術専門委員会

BT2023-09 神経突起に対する低強度パルス超音波の影響

佐々木 東・工藤 信樹・瀧口 満喜(北大)

低強度パルス超音波(Low intensity pulsed ultrasound; LIPUS)には種々の細胞刺激効果が知られている。我々はこれまでに軸索伸展阻害因子の1つであるNogo-Aを作用させた神経細胞へLIPUSを照射し、神経突起の伸展促進効果の可能性を検討した。LIPUSと神経細胞・神経突起に及ぼす影響を正確に把握するために、超音波照射条件の検討ならびに細胞骨格への影響を解明しようとしている。

BT2023-10 豚の肺表面における気道内圧とShear wave speedの関係

川上 侑記・中村 健介・佐々木 東・横山 望・瀧口 満喜(北大)

肺表面Shear Wave Elastography(SWE)による肺疾患の鑑別を目標に豚の肺を用いて基礎的検討を行った。豚の摘出肺に酸素を注入することで肺を膨張させ気道内圧と肺表面Shear Wave Speed(SWS)の関係を評価したところ気道内圧とSWSの間に良好な相関を認め豚の肺表面の変化をSWEにより捕捉可能であることが示唆された。これにより疾患による肺表面Elasticity評価にSWEが利用可能であり肺疾患の鑑別にSWEを利用できる可能性が考えられた。

BT2023-11 マイクロバブルと超音波を利用したリポソーム型抗がん剤デリバリーによるがん治療効果の増強

鈴木 亮・影山 彩織・小俣 大樹・宗像 理紗・丸山 一雄(帝京大)

固形がん組織内の血管透過性亢進が不十分であることが原因で、リポソーム製剤などのナノメディシンで期待された抗腫瘍効果が得られていない。そこで本研究では、マイクロバブルと超音波による血管透過性促進効果を利用したナノメディシンの固形がんへのデリバリーに関する可能性評価を行った。

BT2023-12 土壌の超音波顕微鏡画像に関する基礎検討

田原 麻梨江・Chaity Saha (東工大)・川口 祐季 (本多電子株式会社)・江波戸 宗大 (農研機構)

近年、スマート農業のための土壌センシング技術の需要が高まっている。超音波は非破壊検査技術や超音波診断技術など様々な分野で応用されている。しかし、超音波を用いた土壌の物性評価に関する報告は少ない。本報告では、土ブロックの超音波顕微鏡画像の取得について検討した。共振周波数 80 MHz の P(VDF-TrFE) 圧電薄膜超音波プローブを用いて 2 次元スキャンしながら超音波エコーを取得した。測定の結果、停滞水グライ土 (北海道富良野町) およびアロフェン質黒ボク土 (茨城県銚田市) の音響インピーダンスの画像化に成功し、光学写真と関連のある画像が得られた。

BT2023-13 サイズや形状の異なる金ナノ粒子による光音響信号の増強

桑原 絢・橋本 和磨 (芝浦工大)・河野貴裕 (都立大)・浪田 健・Uma Maheswari Rajagopalan (芝浦工大)

我々の研究室では、LED を用いた光音響イメージングシステムの開発を行っている。LED の出力には限界があるため、このようなシステムの SNR を向上させる必要がある。そのため光音響信号を向上させるために、M 系列を用いる方法と金ナノ粒子の効果をj用いる方法の 2 つのアプローチを用いている。M 系列を用いた実験では、M 系列に使用するビット数が増加するにつれて、光音響信号の SNR が大幅に改善された。馬の血液とシリコンチューブを用いたファントム実験では、サイズ 70nm の金ナノ粒子をナノスターとナノスフィアの 2 種類用いた。ナノスフィアはナノスターに比べ大きな増強効果を示した。ナノスターの場合、凝集が増強効果の低下の原因と考えられる。エンハンスメントと造影剤、さらに信号解析技術を組み合わせることで、LED を用いた光音響イメージングの可能性が広がり、より身近なものになることが期待される。

BT2023-14 3パルス法での気泡イメージングにおける非線形伝播の影響

久慈 祥太・梅村 晋一郎・吉澤 晋 (東北大)

キャビテーション気泡を用いた HIFU 治療では、治療の安全性・有効性を高めるため気泡をモニタリングすることが求められる。気泡の超音波イメージング手法の一つとして、位相を 120 度ずつずらした 3 つの超音波パルスを使うことで気泡からの非線形信号を抽出する 3 パルス法が研究されている。しかし、パルス波の非線形伝播に起因すると思われる低周波数成分が 3 パルス法の結果に影響を与えることがわかってきた。実験的に検討を行った結果、パルス波の非線形伝播によって 3 パルス法の性能を

著しく落とす包絡線由来の低周波成分が発生することが確認できた。そのため、この成分を周波数フィルタで取り除くことで、3 パルス法による気泡抽出性能を向上させることができた。

BT2023-15 超音波による軟骨組織のポアソン比推定に向けた基礎的検討

新田 尚隆・鷲尾 利克・疋島 啓吾 (産総研)

変形性膝関節症は、高齢化社会における深刻な疾患であり、根本的な治療法がない現状では、初期診断が非常に重要である。関節軟骨は、変形する固体マトリックスの内部が流体または水で飽和された多孔質弾性体でしばしばモデル化され、多孔質弾性体内の含水量の経時的な変化により、その保水性が評価される。そこで本研究では、含水量の評価指標としてポアソン比に着目し、当該指標を用いた軟骨評価の予備的研究として、軟骨ファントムのポアソン比推定を試みた。

BT2023-16 頸動脈壁長軸方向変位の超音波による可視化と計測に関する検討

森 翔平・荒川 元孝・金井 浩 (東北大)

拍動に伴う頸動脈壁の変位計測は、動脈硬化症の診断に有用である。拍動に伴い、頸動脈壁は径方向だけでなく長軸方向にも動くことから、長軸方向変位の計測法について研究が進められている。本研究では、長軸方向変位を可視化する lateral M-mode 法を検討している。本手法では、M-mode 像を形成するための target line を頸動脈壁上に設定し、拍動に伴う壁の径方向変位に合わせて target line を動かすことで、長軸方向変位を可視化する。本報告では、ファントム実験により lateral M-mode 法の評価を行った。その結果、ファントムの方位方向の動きが、lateral M-mode 像上で輝度の軌跡となって可視化されることが確認でき、lateral M-mode 法の有効性が示された。

BT2023-17 タブレットエコーベースの C-SWE を使用した肺組織弾性計測

江田 廉 (群馬大)・谷口 隼人 (横浜市立大附属市民総合医療センター)・山越芳樹 (群馬大)

本論文では、タブレットエコーベースの連続せん断波エラストグラフィを使用して、胸壁および肺組織を伝播するせん断波の変位振幅を評価する方法を提案し、ヤギ肺繊維化モデルで測定を行った。動物実験において、正常肺モデルでは胸膜以遠でのせん断波変位振幅の減衰が観察され、炎症肺モデルでは胸壁および胸膜以遠にわたって均一なせん断波振幅分布が観察された。肺を模擬した含気パルプ紙と胸水を模擬した水袋を使用して実施した 2 種類のファントム実験において、動物実験で得られた SWAI (せん断波振幅を評価する指標) マップと類似した結果が得られ、下部構造の粘弾性変化が上部組織のせん断波振幅画像に現れることが示唆された。

BT2023-18 気泡援用超音波加熱中の生体組織における高速度撮影および超音波による気泡イメージングの比較

神野藤 颯汰・吉澤 晋（東北大）

強力集束超音波（HIFU）治療は強力な超音波エネルギーで腫瘍を加熱凝固させる低侵襲な治療法だが、一方で焦点領域が小さく治療時間が長いという課題がある。そこで我々はキャビテーション気泡の加熱効果に着目している。気泡を安全に利用するには治療領域に確実に生成し維持する必要があることから、本研究では、trigger pulse 焦点の超音波伝播方向へのシフトが気泡発生領域に与える影響について、高速度撮影と 3P イメージングにより検討した。その結果、焦点シフトにより気泡を heating burst 焦点付近に再現度高く生成でき、また 3P イメージングでも高速度撮影と同様の気泡シフトが観察できた。本研究結果を活用し、バルク組織での気泡領域の観察を今後検討している。

BT2023-19 光音響/超音波イメージングを用いた組織中血管密度の推定アルゴリズムの開発

鈴木 陸・板谷 信行・萩原 嘉廣・石井 琢郎・西條 芳文（東北大）

我々の研究グループでは、4 チャンネルのアニュラアレイセンサを搭載した光音響イメージングシステムを用い、表在微小血管網の高精細な可視化を実証してきた。しかし、血管増生の定量評価手法は確立されていない。そこで本研究では、光音響/超音波イメージングの同時取得による、組織中血管密度の推定アルゴリズムを開発した。片側膝関節に炎症を誘発させた Wistar ラットを測定対象とし、正常関節と炎症関節における血管増生を定量評価した。その結果、炎症関節では、血管密度が 26%から 47%に増加したことが認められた。また、提案手法ではノイズや軸外信号の影響が抑制され、開発したアルゴリズムが血管増生の定量評価手法として有効であることが示唆された。

第 3 回

日時：令和 5 年 10 月 14 日（土）

会場：シェーンバッハ・サボー

第 35 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」をご参照ください。

第 4 回

日時：令和 5 年 12 月 6 日（水）

会場：千葉大学 西千葉キャンパス

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・日本超音波医学会 超音波分子診断治療研究会・マルチスケール QUS 研究会

BT2023-27 凍結標本を対象とした生体音速評価の現状と課題

本郷 玄太（千葉大）・田村 和輝（浜松医科大）・吉田 憲司・平田 慎之介・山口 匡（千葉大）

超音波顕微鏡を用いることで、細胞レベルでのミクロな音響特性を評価することが可能である。試料作製において従来用いられてきたパラフィン包埋法で作成した試料は、加熱による組織の変性、脂肪の融解により、生体組織本来の評価ができない課題があった。凍結法を用いて作成した凍結試料は、生体組織と同様の特性を維持した試料作製ができる利点がある一方、計測のロバスト性に課題がある。本報告では、ラット正常肝と脂肪肝の凍結試料を対象として、超音波観察時の試料温度が音速評価に与える影響などについて検討した。

BT2023-28 皮下組織の散乱特性評価へのアニュラアレイの適用

崔 廷宅・沓沢 駿人（千葉大）・伊藤 一陽（東京農工大）・吉田 憲司・平田 慎之介・山口 匡（千葉大）

定量超音波診断（QUS）技術の臨床応用に向けて、平面波を用いた後方散乱係数（BSC）評価の有効性などが検討されている。皮膚下組織などの浅部の診断においては、より簡易的なシステムによる QUS 実現の要望が多く、それらを満たすアニュラアレイプローブを用いた検討が進められている。本報告では、強散乱媒質をアニュラアレイで評価した際の BSC 評価精度の検証を目的とし、リニアアレイプローブを用いた平面波送受信とアニュラアレイプローブを用いた収束波送受信による BSC 評価精度の比較検討を行った。簡易なアニュラアレイプローブでも、浅部領域で参照媒質と評価対象の減衰特性が近い場合においては、高精度で BSC を評価可能であることが確認された。

BT2023-29 動的造影超音波法への特異値分解フィルタの適用

吉田 憲司（千葉大）・大村 眞朗（富山大）・平田 慎之介・山口 匡（千葉大）

リンパ管を高感度に描出する手法として、超音波の音響放射力により生じる造影剤の移動を検出する動的造影超音波法を提案している。本報告では、特異値分解フィルタを動的造影超音波法に適用する場合の特異値の次数選択法について検討した。時間情報を含む特異ベクトルの周波数解析から期待値と帯域幅を指標化し、それらを基準とした次数選択法を提案した。特異値の大きさを基準とした次数選択法に比べて、コントラスト比およびロバスト性の面で提案法が優れていることが示唆された。

BT2023-30 Examination of Envelope Statistics Analysis for M-mode Signals in Lung Ultrasound

森 翔平（東北大）・Khoa Tran（Carleton University）・荒川 元孝・金井 浩（東北大）・小野 雄（Carleton University）

ウェアラブル超音波センサで計測した M モード信

号の解析による気胸検出モニタリング法を検討している、本報告では、包絡振幅統計解析により肺のMモード信号を定量化する手法を検討した。その結果、Mモード信号の包絡振幅確率分布のレイリー分布からの逸脱度を評価することで気胸の有無を判別できる可能性が示唆された。

BT2023-31 多重解像度演算を用いた超音波2次元-3次元画像間レジストレーションの高速化の検討

中澤 卓海・田中 公基（東京農工大）・小野木真哉（東京医科歯科大）・榊田晃司（東京農工大）
臓器をリアルタイムに描出する超音波エコーとMRIやCTなどの高精度画像とのレジストレーション法は、手術中の位置決めツールとして有効であるが、モダリティ間の撮像性能の違いやサイズ調整の必要性により煩雑である。本研究の目的は、先行研究で開発された超音波3D画像と2D画像のレジストレーションを行い、2つの画像の位置関係を求め、治療標的を追跡することである。その際レジストレーションに扱う画像の解像度を段階的に上げていく多重解像度を取り入れた。その結果、非線形最適化の欠点である局所解導出が抑制され、処理時間を約5.8倍高速化することに成功した。

BT2023-32 Mask R-CNNの適用による超音波画像中の肝臓血管認識の試み

田中 公基・栗原 健・中澤卓海・榊田晃司（東京農工大）
本研究では手術中に撮像した超音波2次元画像から深層学習を用いて血管網の位置と形状を抽出することを目的とする。術中の血管網抽出は、高い精度とリアルタイム性が要求される。そこで我々は、隣接する物体同士の境界面の抽出能やリアルタイム性において優れた深層学習モデルであるMask R-CNNを用いて血管網抽出を試みた。取得した肝臓の2次元超音波画像を学習データと評価データに分けて学習データによるモデル作成を行った。そして作成した学習モデルにより評価データの予測を行った結果、最も優れたパラメータにおいてDice係数の平均が0.71の精度を得た。この結果により、深層学習ネットワークを用いた高精度な血管網の検出が期待できることを示した。

第5回

日時：令和6年2月27日（火）

会場：東京都立産業技術研究センター 東京イノベーションハブ

共催：電子情報通信学会 超音波研究会・日本非破壊検査協会 超音波部門・日本音響学会 アコースティックイメージング研究会

BT2023-33 発振型振動センサの定量的評価および電子聴診器への応用

木村友則（三菱電機）

試作した発振型振動センサの性能を実験的に評価した結果を示す。まず、振動源の周波数を変えてセンサ出力を測定し、低周波領域で所望の動作を示すことを示す。このセンサの性能を定量的に評価するため、レーザー変位計を用いて被測定物の変位を測定し、変位とセンサ出力との関係を示す。また、マイクロメータを用いて振動検知部を変形させ、変形量と発振周波数との関係を示す。さらに、このセンサが電子聴診器として使用可能であることも示す。

BT2023-34 耐火材模擬構造供試体に対する非接触音響探査法の適用性研究

杉本恒美・中川 裕・杉本和子・高木 均（桐蔭横浜大）・石岡昌人（三菱重工）
ごみ焼却設備のボイラーに付随する火炉耐火壁の剥離欠陥を模擬した計測供試体に対して、非接触音響探査法の適用性検討を行った。実験結果から、200mm～400mm角（深さ約12mm）の剥離は10mの離隔から、400mm角（深さ36～70mm）は5mの離隔から、検出できることが明らかになった。

BT2023-35 膜で覆われた気泡を多数含む液体中の超音波の非線形伝播 ～ 膜の構成則に関する数理的考察 ～

荻 真優子・金川哲也・川島稜輝（筑波大）
超音波診断において、脂質やタンパク質、ポリマーから構成される膜で覆われた気泡を造影剤として用いると、診断画像の解像度が向上する。その数理解モデルとして、単一ではなく多数の気泡を含む場合を考えることに加えて、気泡の膜には複数の種類が存在することから、応力ひずみ関係の関数形を表す構成則として複数を検討することが重要である。本研究では、気泡を覆う膜を粘弾性体と仮定し、その構成則として3種を用いて、気泡を多数含む液体中の超音波伝播に構成則の差異が及ぼす影響を理論的に調べた。3種の構成則ごとに非線形波動方程式を導出し、構成則の差異をその係数のみに集約した。その結果、構成則の差異は、超音波の非線形係数に影響を及ぼすことが判明し、とくに、ひずみ軟化の性質を有する構成則において、最も非線形性が大きくなった。

BT2023-36 レーザスペックルパルス法によるSCカット水晶振動子の水中振動観測と感度評価

原 健悟・渡部泰明・青木佑太（都立大）
圧電デバイスの一種である水晶振動子は高安定周波数発生素子として、古くから研究されてきており、純水に浸すと共振周波数が増加することは既知である。この変化に伴って、水中での水晶振動子の振動状態にも変化が生じていると考えられるがその実態はわかっていない。そこで高周波振動の観測手法の一つであるレーザスペックルパルス法を用いて観測を行った。本研究では光ファイバーを用い

たレーザを使用し、アクリル板を水面に設置することで、初めて水中での相対振動変位を求めることに成功した。

BT2023-37 超音波振動を用いた液晶の屈折率変化による光路制御に関する基礎検討

黒田悠真・小山大介（同志社大）

従来の光拡散板はその拡散方向を使用時に変更できない。本報告では、超音波と液晶材料を用いることにより、透過光分布を入力電圧によって調整可能な可変光拡散板の基礎検討を行った。試作した超音波液晶デバイスは電極を周方向に4分割した環状超音波振動子と2枚のガラス基板で挟まれた液晶層で構成される。2つの電極を選択的に逆相駆動し、液晶層に方向性のある非軸対称振動モードを励振した結果、音響放射力によって液晶の分子配向が変化し、透過光が一方向に強く拡散され、可変光拡散機能を実現することができた。各電極への入力電圧を制御することによって透過光の拡散角と拡散方向を変化させることができた。

BT2023-38 ゲート制御レーザ発振による光音響チャープ波の生成とその検証

中畑和之・山内謙汰（愛媛大）・林 高弘（阪大）

通常、レーザを固体に照射したときに光音響効果で固体内に発生する超音波（光音響波）は超広帯域の信号であり、特定の周波数を発生させることは容易ではない。ここでは、高繰り返しレーザ光源の照射ゲートのオン/オフを制御することで、任意の周波数を固体内に発生させることを試みた。数十～数百kHzレンジの光音響波を固体内に発生させるために、チャープ信号を用いたゲート制御を行った。この結果、設計したチャープ信号の周波数帯域で光音響波が発生していることを確認した。また、この方法を金属材料の板厚推定に応用した。10.0mm から15.0mmの鋼材に対して、それぞれ誤差0.2mm以内で

厚み測定が可能であることを示した。

BT2023-39 変調信号による時間反転音響波の集束性向上の検討

高橋歩武・野村英之（電通大）

非破壊検査において利用される時間反転音響集束は複数素子を利用するケースが多い。一方、閉じられた環境においては、単一素子で時間反転集束を実現することも可能であるが、集束の効率は低くなる。本報告では単一素子による時間反転音響集束において、変調信号を利用することで集束度の改善を試みる。厚さ5mm、大きさ150mm x 150mmのアルミニウム平板を、掃引周波数4-77kHzのチャープ信号で加振し、集束性を実験的に評価した。実験結果は時間集束に限定されるものの、正弦波駆動の時間反転集束に比べ、約5倍の振幅が得られた。このことは、時間反転集束において変調信号の利用が有効であることを示唆する。

BT2023-40 高インピーダンス音響整合層による液体ナトリウム用高温プローブ

小島 正（超音波技研）

高速増殖炉の冷却材である液体ナトリウムは高温で不透明なため液中での計測や非破壊検査等には超音波が重要な手段となるが、高温という特殊環境であるため液中で使用する超音波プローブの圧電振動子と液体ナトリウム間の音響整合が非常に難しい。今回、圧電振動子としてニオブ酸リチウム(LiNbO₃)、音響整合層としてSUS304を使用し、音響整合層の厚みを制御することにより300℃液体ナトリウム中の使用に耐えうる送受波電圧伝達利得(VTG)が-3dB周波数帯域(BW)で78.8%、-6dB BWで87.4%と極めて広帯域な高温プローブが可能であることを理論的に解析し、そのシミュレーション結果を示した。