

## 先端研究助成基金助成金(最先端・次世代研究開発支援プログラム) 実績報告書

本様式の内容は一般に公表されません

|                |   |
|----------------|---|
| 研究課題名          | 生体内での4次元超音波音場形成による治療用マイクロバブルの局所的動態制御システムの開発 |
| 研究機関・<br>部局・職名 | 東京農工大学 大学院工学研究院・准教授                         |
| 氏名             | 榎田 晃司                                       |

1. 研究実施期間 平成23年2月10日～平成26年3月31日

## 2. 収支の状況

(単位:円)

|      | 交付決定額       | 交付を受けた額     | 利息等収入額 | 収入額合計       | 執行額         | 未執行額 | 既返還額 |
|------|-------------|-------------|--------|-------------|-------------|------|------|
| 直接経費 | 122,000,000 | 122,000,000 | 0      | 122,000,000 | 122,000,000 | 0    | 0    |
| 間接経費 | 36,600,000  | 36,600,000  | 0      | 36,600,000  | 36,600,000  | 0    | 0    |
| 合計   | 158,600,000 | 158,600,000 | 0      | 158,600,000 | 158,600,000 | 0    | 0    |

## 3. 執行額内訳

(単位:円)

| 費目      | 平成22年度    | 平成23年度     | 平成24年度     | 平成25年度     | 合計          |
|---------|-----------|------------|------------|------------|-------------|
| 物品費     | 0         | 38,803,842 | 10,033,824 | 20,824,224 | 69,661,890  |
| 旅費      | 380,210   | 2,541,230  | 5,162,385  | 3,241,399  | 11,325,224  |
| 謝金・人件費等 | 0         | 11,871,508 | 13,129,183 | 10,269,016 | 35,269,707  |
| その他     | 186,152   | 1,230,744  | 2,187,272  | 2,139,011  | 5,743,179   |
| 直接経費計   | 566,362   | 54,447,324 | 30,512,664 | 36,473,650 | 122,000,000 |
| 間接経費計   | 1,641,000 | 12,975,000 | 11,040,000 | 10,944,000 | 36,600,000  |
| 合計      | 2,207,362 | 67,422,324 | 41,552,664 | 47,417,650 | 158,600,000 |

## 4. 主な購入物品(1品又は1組若しくは1式の価格が50万円以上のもの)

| 物品名               | 仕様・型・性能等     | 数量 | 単価<br>(単位:円) | 金額<br>(単位:円) | 納入<br>年月日  | 設置研究機関名 |
|-------------------|--------------|----|--------------|--------------|------------|---------|
| 振動子駆動システム         | ES1144-1     | 1  | 15,750,000   | 15,750,000   | 2013/7/18  | 東京農工大学  |
| 水浸二次元アレイ探触子駆動装置一式 | ジャパンプローブ株式会社 | 1  | 10,920,000   | 10,920,000   | 2012/3/9   | 東京農工大学  |
| 超音波診断装置           | フィリップスiu-22  | 1  | 9,345,000    | 9,345,000    | 2011/11/11 | 東京農工大学  |

## 5. 研究成果の概要

平成24年度まで行ってきた研究の結果、2次元超音波アレイによる4次元超音波音場の形成、ロボットによる治療用超音波器具の体表面接触制御、血管走行状態の3次元解析、の3つのサブテーマについて順調に進展してきた。最終年度となる平成25年度では、a) 生体内血管の走行状態の3次元解析、b) 治療目標の位置関係を把握した、超音波音源の位置制御、さらにc) 全てのシステムを統合させ、人工血管、および動物の血管を対象とした生体実験、の各目標を掲げた。その結果、3次元空間内における点レジストレーションと呼ばれる手法を応用して、2方向以上で撮像したドブラボリュームの合成法を開発し、成功した。一辺150mm程度の立方体に含まれる3次元血管構造の再構成を、平均誤差0.53mmで実現した。また、我々がこれまで開発してきたパラレルリンク型ロボットを用いて、超音波二次元アレイを2mm程度の位置誤差で位置決めをするシステムを構築し、人工血管中を流れる微小気泡を誘導できることを確認した。さらに実際の治療では二次元アレイを体表面に密着させる必要があるため、本システムを用いて治療器具を体表面に密着させつつ、超音波断層像上の目標位置に超音波を照射する制御手法について開発した。動作検証の結果、複数のボランティア被験者に対して、最大3mm程度の誤差で深さ100mmの標的位置へ照準可能なことを確認した。最後に、小動物の血管を対象とし、上記システムを統合させて微小気泡の血管内濃度を局所的に操作する実験を行った。超音波断層像によって直径1mm程度の血管の分岐後の微小気泡の濃度を確認したところ、照射する超音波の音圧に比例して、濃度に有意な差が見られることを確認した。これにより、さらに複雑な血管の複数の分岐を経由した誘導および微小気泡の操作が生体内で行える可能性が高いことが明らかとなった。

|      |       |
|------|-------|
| 課題番号 | LR014 |
|------|-------|

## 先端研究助成基金助成金(最先端・次世代研究開発支援プログラム) 研究成果報告書

|                  |
|------------------|
| 本様式の内容は一般に公表されます |
|------------------|

|                            |  |
|----------------------------|--|
| 研究課題名<br>(下段英語表記)          | 生体内での4次元超音波音場形成による治療用マイクロバブルの局所的動態制御システムの開発  |
|                            | Development of control system of local dynamics in microbubbles for treatment by producing four-dimensional acoustic field in human body |
| 研究機関・部局・<br>職名<br>(下段英語表記) | 国立大学法人 東京農工大学・大学院工学研究院・准教授   |
|                            | Associate Professor, Graduate School of Engineering, Tokyo University of Agriculture and Technology                                      |
| 氏名<br>(下段英語表記)             | 榊田 晃司  |
|                            | Kohji Masuda   |

### 研究成果の概要

(和文): 抗ガン剤等を用いた薬物治療法では、薬剤が全身に拡散するため投薬効率が悪く、また正常部位への副作用が問題となる。本研究では、薬物キャリアとしてのマイクロバブルが超音波から発生する放射力の影響を強く受けることを利用し、3次元超音波音場を時間的に変化させた4次元音場を体内に形成し、血流中のバブルを標的部位まで誘導して集積させることを目標とする。超音波2次元アレイトランスデューサにより任意形状の音場形状を設計し、流路中の気泡の動態制御を試みた結果、多段階分岐経路の選択、凝集体形成および流線形成による濃度調整に成功した。また同時に臓器内血管を含んだ3次元の超音波データから、血管構造を解析するナビゲーションソフトと、超音波音場の位置決めのためのロボット制御法を確立した。

(英文): Because of the diffusion of microbubbles in the human body, it is difficult to enhance the density of microbubbles near the desired target area. To control the local concentration of microbubbles containing drug, the research aims to control microbubbles using acoustic forces by producing 4-dimensional acoustic field, which means 3-dimensional acoustic field with time variation. Active path selection of microbubbles in multi-bifurcation, microbubbles aggregation production, and microbubbles stream production were realized using the ultrasound 2-dimensional array transducer. Meanwhile, the navigation software and robotic control method were also

様式21

developed to support the above control techniques of microbubbles.

## 様式21

1. 執行金額 158,600,000 円  
(うち、直接経費 122,000,000 円、間接経費 36,600,000 円)

2. 研究実施期間 平成23年2月10日～平成26年3月31日

### 3. 研究目的

現在開発されている超音波を用いた低侵襲治療システムには、マイクロバブルの温熱効果と非温熱効果を利用したものに大別され、前者は造影剤としてのマイクロバブルを振動させてガンや腫瘍を加熱する温熱療法、後者は薬剤を包含したマイクロバブルを患部に於て破壊する薬物療法である。特に後者はバブル破壊時に発生する機械的衝撃によって薬物導入効果が高まるため、肝細胞を対象とした遺伝子治療への応用が期待されている。しかしバブルは一旦生体内に注入されると血流と共に拡散するため、通常はカテーテルを用いて患部に近い位置でバブルを放出する必要があるが、カテーテルの接近が困難な部位では血流に任せる以外に送達手段が無く、投薬効率に限界がある。しかもバブルの持続限界は数分～数十分と短く、正常部位で拡散したバブルが消滅した際の薬剤の副作用は計り知れない。また温熱療法においても同様に、正常組織に浸潤したバブルが加熱される問題があると共に注入効率が悪い。そのため生体内でバブルの動態を制御できれば、副作用だけでなくバブル及び薬剤の使用量、更には医療費も格段に抑制した治療システムが実現すると考えられる。

ところで音波はその進行方向に音響放射力と呼ばれる微小な力を発生するが、比重の小さい物体に対しては作用力となることから、これまでにマイクロバブルを進行波によって静水中で凝集させる研究や、定在波によってピンポン球を空気中に浮遊させる研究が報告されている。これらを踏まえて申請者は、超音波による音響放射力が及ぼす空間(超音波音場)を局所的に形成することによって、生体内のマイクロバブルを標的部位まで能動的に誘導制御する新しい治療技術の開発を目指してきた。これまでの実験の結果、複雑な形状の血管であっても、体外から複数の超音波音源を制御して任意の位置に局所的音場を形成することにより、バブルを標的部位へ誘導したり、標的部位で捕捉できる可能性が示唆された。

本研究では、臓器内を走行する血管網の3次元構造を可視化する画像処理システムを構築し、それを基に複数の血管分岐部に『4次元超音波音場』を形成し、生体内のマイクロバブルの動態を制御可能なロボットシステムを開発することを目的とする。4次元超音波音場とは、血流中のマイクロバブルの移動に合わせて3次元空間内の超音波音場を、時間的に変化させることを意味しており、超音波音場の焦点位置が空間的に移動することによってバブルが標的部位まで誘導された上で、温熱・非温熱効果を利用した多様な治療を行う。そのためには、

- (1) 2次元超音波アレイによる4次元超音波音場の形成
- (2) 臓器内血管網の3次元構造解析
- (3) ロボット制御による治療用超音波器具の体表面接触制御

の3つのサブテーマを個別かつ相互に発展させる必要がある。(1)では音響放射力が影響を及ぼ

す空間の理論的検証を行いつつ、(2)の複雑な 3 次元形状の血管網の認識結果を踏まえた実験を行い、最適な超音波音場の設計を行う。またそれらの結果から、(3)の生体外からの音源の電子的・機械的制御に必要な条件が導出され、ロボット制御へ反映させる。このように個別のテーマを相互に発展させ、最終的に本題のシステムへ統合する。

以下に従来手法と提案手法を比較する。従来手法では血流に任せるのみであったバブルの送達手段が、提案手法では局所的音場を時間的・空間的に変化させることで血流中に 4 次元超音波音場を生成し、バブルを標的部位まで誘導している。実用化の段階では、バブルが標的部位に到達したことを確認し、破壊または強振を起こす集束超音波を照射してそれぞれ薬剤放出または温熱効果が生じさせることになる。音波の周波数や音圧等の照射条件はバブルの直径や濃度に依存するため、バブルの動態モニタリングと、体外の音源からバブルの特性に応じた超音波照射により低侵襲治療が実現する。

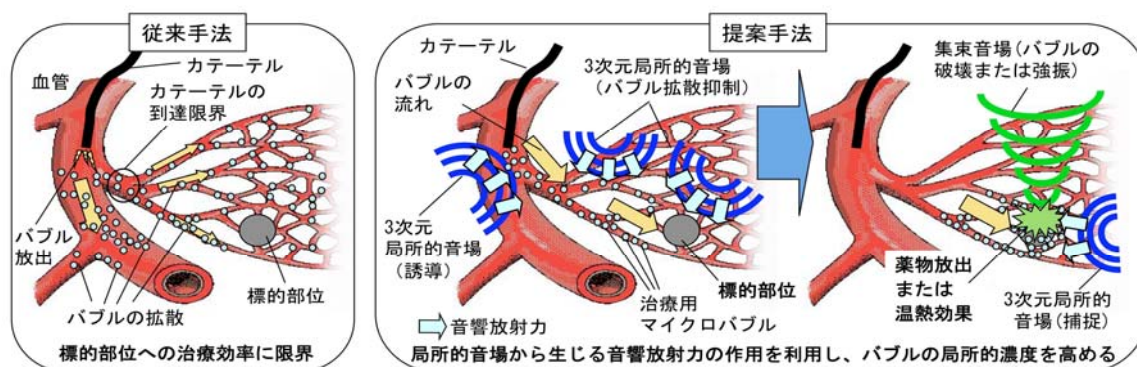


Fig.1 マイクロバブルを用いた治療における従来手法と、本研究による提案手法の比較

#### 4. 研究計画・方法

##### (1) 2次元超音波アレイによる4次元超音波音場の形成

上記システムを実現するため、2次元超音波アレイトランスデューサと多チャンネル増幅装置を新たに開発して実際に3次元の局所的音場を形成する実験を行う。初期段階では単純な分岐パターンを持つ人工血管モデルに対し、目的とする流路側にマイクロバブルを誘導するように局所的音場の焦点を時間的・空間的に変化させ、実際のバブルの挙動を観察する。2次元アレイを構成する各振動子への励起信号や強度を様々に変化させ、バブルの誘導に必要な4次元超音波音場の条件を導出する。また、汎用シミュレーションソフトウェアを用いて、超音波音源の条件に対するマイクロバブルの挙動を予測し、実験結果と比較する。2次元超音波アレイを構成する振動子の配置と周波数等の条件を設定し、血流中のマイクロバブルが受ける音響放射力の影響をシミュレーションによって求め、それによるバブルの動態を推定する。

##### (2) 臓器内血管網の3次元構造解析

ハーモニックイメージングを搭載した3次元超音波診断装置を用い、直径1.0mm程度の細血管まで描出可能な断層像を取得する。臓器内の血流分布を含む3次元情報から、血管の3次元構

造を解析して分岐部の座標を取得する。最終的には生体内血管を用いて血管走行状態の3次元解析を行い、血管ボリュームと音源の位置関係をリアルタイムに呈示するナビゲーションシステムへ発展させる。そのためには、画像に基づいた超音波キャリブレーションと、3Dプローブのリアルタイムトラッキングが必要となるため、これらを実験系に合わせて開発・調整する。

### (3) ロボット制御による治療用超音波器具の体表面接触制御

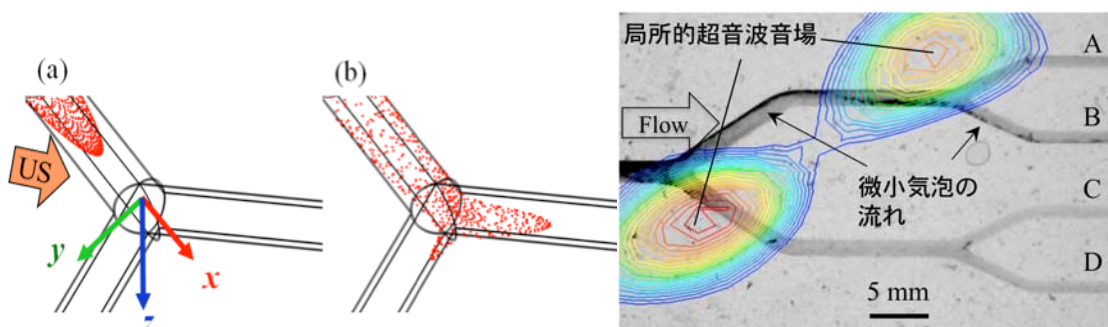
申請者が平成22年度までに開発した超音波プローブ駆動ロボットを、(1)で述べた2次元アレイ駆動用に改造する。プローブには位置センサが取り付けられ、(2)で確立した臓器内血管の3次元構造から治療目標とする臓器等の位置関係を把握し、精確に超音波2次元アレイの位置制御を行う。体表面への接触情報も同時に勘案し、2次元アレイの位置制御と標的部への最適なアプローチ方法を検討する。最終的に上記全てのサブテーマを統合させ、局所的音場の形成位置、流速、バブルの濃度や境界条件等様々なパラメータを検証する。動物の血管を対象とした生体実験を行い、本プログラムの成果を総括する。

## 5. 研究成果・波及効果

### (1) 2次元超音波アレイによる4次元超音波音場の形成

まず本助成金により、256チャンネルの独立した音波照射が可能な世界唯一の駆動装置を開発することができ、こちらも別途独自に開発した2次元超音波アレイを接続して3次元的な音場形成が可能となった。これらを用いて実験を行う準備として、有限要素法シミュレーションソフトウェアであるCOMSOLを用いて、音場形状に対する微小気泡の挙動を再現した。Y字分岐の流路に対して局所的な音場を印加し、微小気泡の経路選択を行った結果をFig.2に示す。(a)は分岐部への気泡の流入前、(b)は流入後である。この結果は、先行研究の結果と符合した。

次に上記ソフトウェアで求められたパラメータを基に、気泡の経路選択実験を行った。生体内の末梢部位に体外から音波を照射する場合、気泡の流れに対向する音波照射による制御が必要となるため、2次元アレイにより音場形状を様々に変化させ、気泡の挙動を観測した。2段階の分岐を経由する気泡の流れに対して、2焦点を同時に形成する音場を照射したところ、Fig.3に示すように微小気泡の経路を自在に制御することに成功した。本実験のために、超音波透過性に優れたポリビニルアルコールのハイドロゲルを用いた模擬毛細血管を開発した。

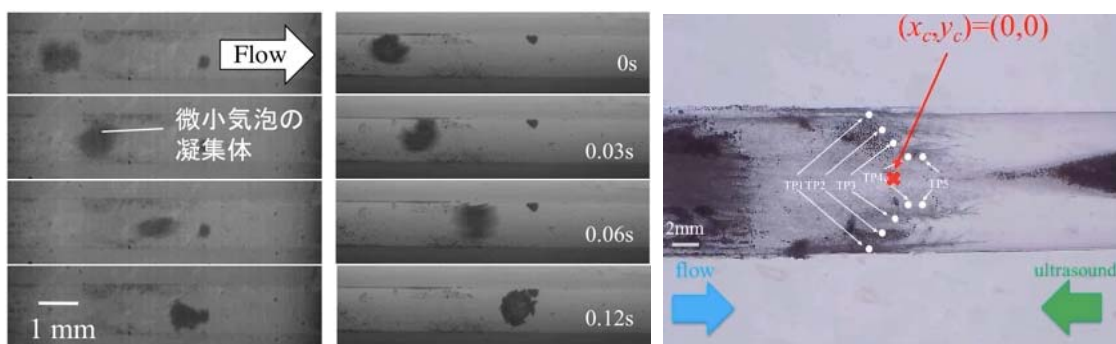


(左) Fig.2 Y字分岐流路における微小気泡の誘導シミュレーション

(右) Fig.3 3次元音場による微小気泡の多分岐経路選択制御

また気泡の効率的な制御のため、マイクロバブルの2次放射力による凝集体形成を積極的に利用した。音響放射力は音波が通過する断面積に比例することから、マイクロバブルを凝集させた方が制御効率は高まることを、様々な音波の照射条件を変更して確認した。Fig.4 に示すように、直線流路中にマイクロバブルの凝集体を形成し、その形状を保ったまま流路狭小部に流れていくことを確認すると共に、そのサイズを計測した。さらに流速、音波の中心周波数と最大音圧等のパラメータを変化させ、形成される凝集体の大きさに応じた音波の条件を求めた。

また厚さ2mmの平板流路中を流れる微小気泡に対して、流れの方向に対称な2点の位相を反転させた音場を形成し、それらの位置を流路中央に近づけていくように経時的に移動させることで、微小気泡の凝集体を形成しつつ、流線として集める制御に成功した。この時の顕微鏡画像をFig.5に示す。このことから、微小気泡を従来手法よりも高濃度で送達できることが確認できた。



(左) Fig.4 直線流路中を流れる微小気泡凝集体の高速2方向観察

(右) Fig.5 平板流路中を流れる微小気泡の凝集体・流線同時形成

## (2) 臓器内血管網の3次元構造解析

3次元臓器内血管の情報を含んだ超音波断層像のDICOMデータから、血管構造を解析できる手法を開発した。ドプラデータに対して3次元モルフォロジー演算処理を施し、血管領域に存在する空洞や微細なノイズを除去した。さらに光学式位置センサを用いて、非接触に3Dプローブのリアルタイムトラッキングを行い、3次元細線化処理を施すことにより血管芯線を抽出して血管走行状態の3次元解析を行った。その結果、ドプラ信号に由来する画像は血流の方向により信号強度が異なり、取得位置に応じて血管構造に欠損が発生する問題が明らかとなった。そこで欠損を抑え、かつ広範囲の血管網情報を再構築するために、3次元空間内における点レジストレーションと呼ばれる手法を応用し、2方向以上で撮像したドプラボリュームの合成法を開発し、成功した。まず基準となるボリューム中に含まれる血管分岐点のうち3点を選択し、点レジストレーションを行った後、4点目以降を探索し、平均二乗誤差を計算する手法を採用した。その結果、一辺150mm程度の立方体に含まれる3次元血管構造の再構成を、平均誤差0.53mmで実現した。Fig.3に示した人工血管を用いてその有効性を確認した後、生体の血管へ応用した。Fig.6の左は点レジストレ

ーションにより合成したヒトの肝動脈の合成結果で、各色は元データの各ボリュームを表す。中央はそれを単一のボリュームに合成、右はその血管芯線を抽出した結果である。上流部から下流部へ多段階に分岐する樹状構造が再現できていることを、複数の被験者のデータから確認した。

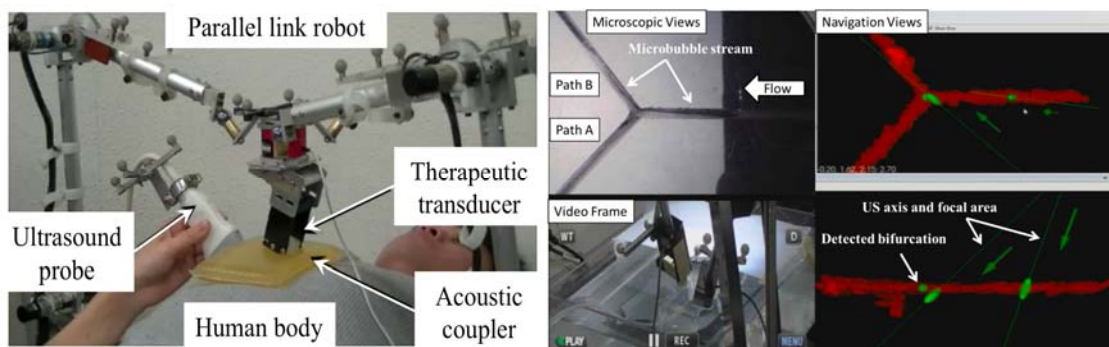


Fig.6 3次元超音波断層像のDICOMデータから抽出・合成したヒトの肝動脈構造

### (3) ロボット制御による治療用超音波器具の体表面接触制御

マイクロバブル制御用超音波音場の精確な位置制御のため、従来から開発してきたパラレルリンク型ロボットに2次元アレイを把持させるよう改良し、操作者が手に持った画像取得用の超音波プローブの位置及び姿勢と、光学式位置計測装置を介して全ての座標系を連動できるソフトウェアを開発した。操作者は超音波断層像上で、事前に治療対象部位を確認した後、治療デバイスがアプローチする角度や深さを含む治療計画を立てる。そして操作者が動かしたプローブと体表面との相対関係を考慮し、体表面に密着させつつ、超音波断層像上の目標位置に超音波を照射する制御手法について開発した。この時の実験の様子を Fig.7 に示す。接触力に関しては、これまでの研究成果より6 N(600g 重)を限界押し込み力と設定し、1~6Nの範囲で体表面への接触を維持したまま超音波するシステムへと発展させた。動作検証の結果、複数のボランティア被験者に対して、最大 3mm 程度の誤差で深さ 100mm の標的位置へ照準可能なことを確認した。

また同ロボットを用いて、(1)で述べた超音波 2 次元アレイを、2mm 程度の位置誤差で位置決めをするシステムを構築した。(2)で述べた Y 字形状の人工血管の形状を抽出した結果を用いて、流路中を流れるマイクロバブルを誘導できることを確認した。この時の実験の様子を Fig.8 に示す。



(左) Fig.7 直線流路中を流れる微小気泡凝集体の高速2方向観察

(右) Fig.8 平板流路中を流れる微小気泡の凝集体・流線同時形成



#### (4) 生体実験の結果と本研究の波及効果

最後に、小動物の血管を対象とし、上記システムを統合させてマイクロバブルの血管内濃度を局所的に操作する実験を行った。未発表のため詳細は伏せるが、超音波断層像によって直径1mm程度の血管の分岐後のマイクロバブルの濃度を確認したところ、照射する超音波の音圧に比例して、濃度に有意な差が見られることを確認した。これにより、さらに複雑な血管の複数の分岐を経由したマイクロバブルの誘導および操作が生体内で行える可能性が高いことが明らかとなった。

本研究は、超音波とマイクロバブルという最大限に低侵襲な手段を用いて、温熱治療や遺伝子治療といった幅広い用途に応用可能な治療システムを確立することで、これまでの膨大な医療費を大幅に低減しうるものであり、ライフ・イノベーションの推進に大いに寄与する可能性があると考えられる。ガン等の悪性腫瘍疾患に対する治療前後の近未来包括的ケアを目指すため、今後はマイクロバブルの可能性が注目され、国内では事実上一種類のみに限定されているマイクロバブルの選択肢が拡がり、更に用途開拓や新種開発に発展する可能性がある。将来的には本研究はその限界を超えて日本独自の治療システムとなって発展し、医学の進歩への貢献が期待できる。さらにこの研究開発の進展は、現在の治療手技が抱える種々の医学的、経済的、社会的問題(ドナーのリスクやその慢性的不足等)の改善に寄与し、国民の医療水準に多大な貢献をなすこととなると考えられる。

本研究を従来の化学修飾基を用いた薬物伝送療法と組み合わせることにより、さらに高度な機能を持つ治療法に発展できることが予想される。薬物量を最低限に止めることができれば、副作用が劇的に少ない治療法に対して社会的な認知度・要求が高まることが予想される。薬物投与法がより侵襲性の低い方向に作用することで、この分野の研究機運がいつそう高まり、経済効果も高まると予想される。本手法の発展によってカテーテルが到達できない細い血管でも薬物選択性を持たせることができ、今後発展していく治療技術の中でも最も侵襲性が小さく安全であることは間違いなく、本研究の発展により、全く新しい超音波治療の分野が開かれると考えられる。

6. 研究発表等

|                    |   |
|--------------------|---|
| 雑誌論文<br><br>計 28 件 | (掲載済み一査読有り) 計 22 件<br>1. Ren Koda, Jun Koido, Naoto Hosaka, Shinya Onogi, Takashi Mochizuki, Kohji Masuda, Ryo Suzuki, and Kazuo Maruyama: "Evaluation of active control of bubble liposomes in a bifurcated flow under various ultrasound conditions," <i>Advanced Biomedical Engineering</i> , Vol.3, pp.21-28, 2014<br>2. Shinya Onogi, Tuan Hung Phan, Antoine Bossard, Naoto Hosaka, Ren Koda, Takashi Mochizuki, Kohji Masuda: "3D Ultrasound Navigation System with Reconstruction of Blood Vessel Network for Microbubble Delivery Therapy," <i>Advanced Biomedical Engineering</i> , Vol.3, pp.29-36, 2014<br>3. 保坂直斗、江田廉、宮澤慎也、小野木真哉、望月剛、榎田晃司:「流体中の微小気泡の制御効率向上のための超音波 2 次元アレイによる音場設計」、 <i>生体医工学</i> 、Vol.52, No.1, pp.25-32, 2014<br>4. 吉田寿夫、小野木真哉、齊藤俊、菅野悠樹、望月剛、榎田晃司:「空気圧アクチュエータを用いた超音波プローブ走査機構の開発と撮像断面の位置制御」、 <i>日本ロボット学会誌</i> 、Vol.32, No.3, pp.265-274, 2014<br>5. Shinya Onogi, Sachie Irisawa, Kaoru Natsume, Ren Koda, Kohji Masuda, "Position Control of Ultrasound Transducer by Parallel Link Robot for Ultrasonic Therapy in Blood Vessel," <i>Advanced Biomedical Engineering</i> , Vol.2, pp.117-123, 2013<br>6. 出町文、重原伸彦、江田廉、澤口冬威、望月剛、榎田晃司、宮本義孝、千葉敏雄:「超音波照射による流体中の微小気泡の凝集体形成法とその計測」、 <i>生体医工学</i> 、Vol.51, No.6, pp.374-383, 2013<br>7. Ren Koda, Jun Koido, Takumi Ito, Takashi Mochizuki, Kohji Masuda, Seiichi Ikeda, Fumihito Arai, Yoshitaka Miyamoto, Toshio Chiba: "Experimental study to produce multiple focal points of acoustic field for active path selection of microbubbles through multi-bifurcation," <i>Japanese Journal of Applied Physics</i> , Vol.52, 07HF13, 2013<br>8. Nobuhiko Shigehara, Fumi Demachi, Ren Koda, Takashi Mochizuki, Kohji Masuda, Seiichi Ikeda, Fumihito Arai, Yoshitaka Miyamoto, and Toshio Chiba: "Experimental study for active path block in a multi-bifurcated flow by using microbubbles aggregation," <i>Japanese Journal of Applied Physics</i> , Vol.52, 07HF15, 2013<br>9. Naoto Hosaka, Ren Koda, Shinya Onogi, Takashi Mochizuki, and Kohji Masuda: "Production and validation of acoustic field to enhance trapping efficiency of microbubbles by using a matrix array transducer," <i>Japanese Journal of Applied Physics</i> , Vol.52, 07HF14, 2013<br>10. 入澤佐智恵、小野木真哉、菅野悠樹、Antoine Bossard、榎田晃司:「低侵襲治療のための超音波ガイド下による治療用デバイスの位置制御システムの開発」、 <i>日本コンピュータ外科学会誌</i> 、Vol. 15, No.1, pp.23-33, 2013<br>11. 菅野悠樹、小野木真哉、吉田寿夫、Antoine Bossard、望月剛、榎田晃司:「金属球マーカーを用いた自動かつ高精度なフリーハンド超音波キャリブレーション」、 <i>日本コンピュータ外科学会誌</i> 、Vol. 15, No.1, pp.11-21, 2013<br>12. Shinya Onogi, Yasuhiro Urayama, Sachie Irisawa and Kohji Masuda: "Robotic Ultrasound Probe Handling Auxiliary by Active Compliance Control," <i>Advanced Robotics</i> , Vol.27, Issue 7, pp.503-512, 2013<br>13. 田口侑人、小野木真哉、加藤俊和、渡會展之、吉永崇、榎田晃司:「光学式 3 次元計測を用いた微小気泡の生体内能動制御のための超音波音場可視化 AR インターフェースとその評価」、 <i>日本バーチャルリアリティ学会論文誌</i> 、Vol.17, No.4, pp.487-496, 2012<br>14. Shinya Onogi, Yuto Taguchi, Yuki Sugano, Nobuhiko Shigehara, Ren Koda, Antoine Bossard and Kohji Masuda: "Navigation system with augmented reality for ultrasonic microbubble delivery therapy," <i>Advanced Biomedical Engineering</i> , Vol.1, pp.16-22, 2012<br>15. 竹島昇吾、榎田晃司、Antoine Bossard、渡辺弘之:「画面操作を必要としない Ejection Fraction の自動計測法の開発と疾患心での評価」、 <i>超音波医学</i> 、Vol.39, No.6, pp.615-626, 2012 |
|--------------------|---|

|                      |  |
|----------------------|--|
|                      | <p>16. 田口侑人、吉永崇、加藤俊和、江田廉、重原伸彦、榊田晃司、柿本隆志、元文姫、山下紘正、千葉敏雄:「微小気泡の生体内制御支援のための超音波音場分布可視化システムの開発」、電子情報通信学会論文誌, Vol.J95-A, No.6, pp.467-480, 2012</p> <p>17. 江田廉、渡會展之、重原伸彦、伊藤拓未、南出歩、榊田晃司、柿本隆志、絵野沢伸、宮本義孝、千葉敏雄:「超音波照射による微小気泡の凝集現象解析と赤血球の影響」、生体医工学, Vol.50, No.1, pp.138-148, 2012</p> <p>18. 加藤俊和、田口侑人、菅野悠樹、齊藤俊、吉永崇、榊田晃司、宮本義孝、千葉敏雄:「微小気泡の生体内制御支援のための血管分岐部の3次元分布計測システムの開発」、生体医工学, Vol.49, No.6, pp.884-895, 2011</p> <p>19. Ryusuke Nakamoto, Kohji Masuda, Nobuyuki Watarai, Yuto Taguchi, Toshikazu Kato, Takashi Yoshinaga, Yoshitaka Miyamoto and Toshio Chiba: "Evaluation of local density enhancement of microcapsules in artificial blood vessel under emission of focused ultrasound," American Institute of Physics (AIP) Conference Proceedings, Vol.1359 (10th International Symposium on Therapeutic Ultrasound), pp.97-102, 2011</p> <p>20. 高地悠貴、榊田晃司、吉永崇、青木悠祐:「ロボットの協調動作による超音波検査者の疲労軽減のためのプローブ操作支援システムの開発」、日本ロボット学会誌, Vol.29, No.7, pp.634-642, 2011</p> <p>21. Kohji Masuda, Ryusuke Nakamoto, Nobuyuki Watarai, Ren Koda, Yuto Taguchi, Teruyuki Kozuka, Yoshitaka Miyamoto, Takashi Kakimoto, Shin Enosawa and Toshio Chiba: "Effect of existence of red blood cell in trapping performance of microbubbles by acoustic radiation force," Japanese Journal of Applied Physics, Vol.50, 07HF11, 2011</p> <p>22. 渡會展之、榊田晃司、中元隆介、江田廉:「微小気泡の凝集体形成を利用した血管分岐部における能動的流路選択法」、超音波医学, Vol.38, No.4, pp.433-445, 2011</p> <p>(掲載済み一査読無し) 計4件</p> <p>1. 榊田晃司、江田廉、保坂直斗、望月剛:「バブルを作る、バブルで診る、バブルで治す—超音波造影剤の生成から医療応用まで—(3) 治療への応用: 超音波による微小気泡の血管内能動制御」、Medical Imaging Technology, Vol.32 No.2, pp.143-146, 2014</p> <p>2. 望月剛、小野木真哉、榊田晃司:「超音波放射力を用いた微小気泡制御装置開発—装置提案と要素技術解説—」、超音波テクノ, Vol.25, No.5, pp.57-61, 2013</p> <p>3. 江田廉、重原伸彦、榊田晃司:「微小気泡の凝集体形成における超音波照射条件と気泡特性の影響」、超音波テクノ, Vol.25, No.4, pp.88-92, 2013</p> <p>4. 小野木真哉、榊田晃司:「研究室紹介 東京農工大学大学院 生物システム応用科学府 榊田研究室」、日本コンピュータ外科学会誌, Vol.14, No.2, pp.81-85, 2012</p> <p>(未掲載) 計2件</p> <p>1. 入澤佐智恵、小野木真哉、夏目薫、榊田晃司:「パラレルリンク型ロボットによる超音波ガイド下治療システムの開発と体表面上での接触力制御」、日本ロボット学会誌, Vol.32, 2014 (印刷中)</p> <p>2. Takashi Mochizuki, Nobuhiro Tsurui, Naoto Hosaka, Ren Koda, Kohji Masuda: "Quantitative measurement of acoustic radiation force on a thin catheter to apply to endovascular therapy," Japanese Journal of Applied Physics, Vol.53, 2014 (in press)</p> |
| <p>会議発表<br/>計99件</p> | <p>専門家向け 計98件</p> <p>1. 夏目薫、入澤佐智恵、小野木真哉、榊田晃司:「超音波治療のためのパラレルリンク型ロボットによる治療器具の体表面接触力制御」、第53回日本生体医工学会大会プログラム・論文集、2014年、仙台、CD-ROM</p> <p>2. 宮澤慎也、保坂直斗、江田廉、小野木真哉、望月剛、榊田晃司:「逆位相2焦点音場の経時変化による微小気泡の流線形成制御の実験的検討」、第53回日本生体医工学会大会プログラム・論文集、2014年、仙台、CD-ROM</p> <p>3. 澤口冬威、江田廉、保坂直斗、小野木真哉、望月剛、榊田晃司:「超音波音場焦点の時分割複数形成による微小気泡の捕捉効率向上」、第53回日本生体医工学会大会プログラム・論文集、2014年、仙台、CD-ROM</p>   |

|     |   |
|-----|---|
| 4.  | 小井土惇、江田廉、出町文、望月剛、榊田晃司:「超音波による微小気泡制御能の血液中での検証と評価」、第 53 回日本生体医工学会大会プログラム・論文集、2014 年、仙台、CD-ROM   |
| 5.  | ファントムアンブン、小野木真哉、榊田晃司:「三次元超音波画像における共通分岐点の自動レジストレーションによる血管網情報の合成」、第 53 回日本生体医工学会大会プログラム・論文集、2014 年、仙台、CD-ROM  |
| 6.  | Naoto Hosaka, Toi Sawaguchi, Shinya Miyazawa, Ren Koda, Shinya Onogi, Takashi Mochizuki and Kohji Masuda: "Design of acoustic field using 2D-array transducer for expanding microbubbles control region in flow," 第 53 回日本生体医工学会大会プログラム・論文集、2014 年、仙台、CD-ROM  |
| 7.  | 出町文、江田廉、小井土惇、望月剛、榊田晃司:「超音波による細胞送達のための微小気泡凝集体形成条件の実験的検討」、第 53 回日本生体医工学会大会プログラム・論文集、2014 年、仙台、CD-ROM  |
| 8.  | 呉佳蔚、吉田寿夫、小野木真哉、榊田晃司:「超音波ガイド下治療における空気圧駆動ロボットによる三次元プローブの xPlane 画像を用いたビジュアルサーボ」、第 53 回日本生体医工学会大会プログラム・論文集、2014 年、仙台、CD-ROM  |
| 9.  | 鶴井信宏、望月剛、江田廉、保坂直斗、榊田晃司:「超音波の音響放射力を利用した極細カテーテルの多段階誘導」、第 53 回日本生体医工学会大会プログラム・論文集、2014 年、仙台、CD-ROM   |
| 10. | 呉佳蔚、吉田寿夫、小野木真哉、榊田晃司:「超音波ガイド下治療のための超音波プローブの空気圧駆動3次元ビジュアルサーボ」、日本機械学会ロボティクス・メカトロニクス講演会論文集、2014 年、富山、3A1-E01  |
| 11. | 夏目薫、入澤佐智恵、小野木真哉、榊田晃司:「パラレルリンク型ロボットによる超音波ガイド下穿刺支援システムの開発 一体表面衝突回避のための経路計画と穿刺精度評価」、日本機械学会ロボティクス・メカトロニクス講演会論文集、2014 年、富山、3A1-A01   |
| 12. | 出町文、小井土惇、江田廉、望月剛、榊田晃司:「超音波照射下での微小気泡の凝集体形成時における微小固形物包含の実験的検討」、日本超音波医学会 第 87 回学術集会論文集、Vol.41, Suppl., 2014 年、横浜、p.S494  |
| 13. | 江田廉、澤口冬威、宮澤慎也、保坂直斗、小野木真哉、望月剛、榊田晃司:「模擬毛細血管中での超音波焦点切り替えによる微小気泡の広範囲捕捉」、日本超音波医学会 第 87 回学術集会論文集、Vol.41, Suppl., 2014 年、横浜、p.S493   |
| 14. | 保坂直斗、澤口冬威、宮澤慎也、江田廉、小野木真哉、望月剛、榊田晃司:「時間変化を伴う超音波音場形成による微小気泡の高濃度送達法の実験的検討」、日本超音波医学会 第 87 回学術集会論文集、Vol.41, Suppl., 2014 年、横浜、p.S493  |
| 15. | 望月剛、鶴井信宏、保坂直斗、江田廉、榊田晃司:「音響放射力による極細カテーテルの誘導理論と基礎実験」、日本超音波医学会 第 87 回学術集会論文集、Vol.41, Suppl., 2014 年、横浜、p.S492  |
| 16. | 保坂直斗、宮澤慎也、江田廉、望月剛、小野木真哉、榊田晃司:「超音波 2 次元アレイを用いた微小気泡の局所的動態制御のための時間変化を伴う音場の設計と形成」、日本機械学会第 26 回バイオエンジニアリング講演会論文集、2014 年、仙台、CD-ROM  |
| 17. | Ren Koda, Jun Koido, Naoto Hosaka, Shinya Onogi, Takashi Mochizuki, Kohji Masuda, Ryo Suzuki, Kazuo Maruyama: "Evaluation of path selection ability of microbubbles in a bifurcated flow based on acoustic field design" (音場設計に基づく分岐流路中での微小気泡の経路選択性評価), 第 34 回超音波エレクトロニクスの基礎と応用に関するシンポジウム講演論文集、2013 年、京都、pp.341-342 |
| 18. | Naoto Hosaka, Shinya Miyazawa, Ren Koda, Takashi Mochizuki, Shinya Onogi, Kohji Masuda: "Study for trapping of microbubbles in flow by forming 2 focal points with opposite phase" (逆位相 2 焦点同時形成による微小気泡の流路内捕捉法の検討), 第 34 回超音波エレクトロニクスの基礎と応用に関するシンポジウム講演論文集、2013 年、京都、pp.401-402                                     |
| 19. | Takashi Mochizuki, Nobuhiro Tsurui, Naoto Hosaka, Ren Koda, Kohji Masuda: "Comparison between theory and experimental data in development of thin catheter navigation using acoustic radiation force," 第 34 回超音波エレクトロニクスの基礎と応用に関するシンポジウ   |

|  |   |
|--|---|
|  | <p>ム講演論文集、2013年、京都、pp.125-126</p> <p>20. Kohji Masuda, Takumi Ito, Ren Koda, Naoto Hosaka and Takashi Mochizuki: "Three-dimensional behavior reproduction of microbubbles in flow under local ultrasound exposure," Proc. of the 6th Biomedical Engineering International Conference, Oct. 2013, Krabi, pp.149-150</p> <p>21. Naoto Hosaka, Kohji Masuda, Ren Koda, Takashi Mochizuki, Shinya Onogi: "Three-dimensional design of acoustic field to trap higher amount of microbubbles in flow using a matrix array transducer," Proc. of the IEEE Ultrasonic Symposium, Jul. 2013, Praha, pp.2110-2113</p> <p>22. Ren Koda, Naoto Hosaka, Shinya Onogi, Takashi Mochizuki, Kohji Masuda, Ryo Suzuki, Kazuo Maruyama: "Active Control of Bubble Liposome through Artificial Capillary by Using Matrix Array Transducer," Proc. of the IEEE Ultrasonic Symposium, Jul. 2013, Praha, pp.2099-2102</p> <p>23. Takashi Mochizuki, Naoto Hosaka, Ren Koda, Nobuhiko Shigehara, Kohji Masuda: "Feasibility of thin catheter manipulation in the capillary blood vessel using acoustic radiation force," Proc. of the IEEE Ultrasonic Symposium, Jul. 2013, Praha, pp.942-945</p> <p>24. 榊田晃司、江田廉、保坂直斗、出町文、小野木真哉、望月剛:「2D アレイを用いた超音波音場の設計による微小気泡の流体内制御」、日本超音波医学会第25回関東甲信越地方会学術集会抄録集、2013年、東京、p.52</p> <p>25. Shinya Onogi, Tuan-Hung Phan, Antoine Bossard, Naoto Hosaka, Ren Koda, Takashi Mochizuki and Kohji Masuda: "3D Ultrasound Navigation System with a Reconstruction of a Blood Vessel Network for Microbubble Delivery Therapy," 生体医工学シンポジウム2013講演予稿集、2013年、福岡、CD-ROM</p> <p>26. Shinya Onogi, Sachie Irisawa, Kaoru Natsume, Ren Koda and Kohji Masuda: "Position Control of Ultrasound Transducer by Parallel Link Robot for Ultrasonic Therapy in Blood Vessel," 生体医工学シンポジウム2013講演予稿集、2013年、福岡、CD-ROM</p> <p>27. Ren Koda, Jun Koido, Naoto Hosaka, Shinya Onogi, Takashi Mochizuki, Kohji Masuda, Ryo Suzuki, Kazuo Maruyama: "Design of three-dimensional acoustic field for active control of bubble liposomes in a bifurcated flow," 生体医工学シンポジウム2013講演予稿集、2013年、福岡、CD-ROM</p> <p>28. 保坂直斗、江田廉、宮澤慎也、小野木真哉、望月剛、榊田晃司:「流体中の微小気泡の制御効率向上のための超音波2次元アレイによる音場設計」、生体医工学シンポジウム2013講演予稿集、2013年、福岡、CD-ROM</p> <p>29. 出町文、重原伸彦、江田廉、澤口冬威、望月剛、榊田晃司、宮本義孝、千葉敏雄:「超音波照射による流体中の微小気泡の凝集体形成法とその計測」、生体医工学シンポジウム2013講演予稿集、2013年、福岡、CD-ROM</p> <p>30. 小野木真哉、呉佳蔚、吉田寿夫、望月剛、榊田晃司:「空気圧アクチュエータを用いた超音波プローブ走査ロボットによる体表面プローブ走査」、第22回日本コンピュータ外科学会大会論文集、Vol.15, No.3, 東京、2013年、CD-ROM</p> <p>31. 小野木真哉、定木健人、望月剛、榊田晃司:「光学マーカーを超音波撮像することによる三次元超音波プローブのキャリブレーション」、第22回日本コンピュータ外科学会大会論文集、Vol.15, No.3, 東京、2013年、CD-ROM</p> <p>32. 入澤佐智恵、小野木真哉、ファントウアンフン、夏目薫、江田廉、榊田晃司:「超音波画像上での計画に基づくパラレルリンク型ロボットによる微小気泡の動態制御」、第31回日本ロボット学会学術講演会論文集、2013年、八王子、CD-ROM</p> <p>33. 吉田寿夫、小野木真哉、呉佳蔚、菅野悠樹、榊田晃司:「空気圧駆動型超音波プローブ走査機構による手術支援ナビゲーションシステム」、第31回日本ロボット学会学術講演会論文集、2013年、八王子、CD-ROM</p> <p>34. Toshio Yoshida, Shinya Onogi, Yuki Sugano, Shun Saito, Takashi Mochizuki, Kohji Masuda: "Image Plane Positioning by Pneumatic Actuators for Ultrasound Guidance," Proc. of 35th Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society(EMBS), Jul. 2013, Osaka, pp.4945-4948</p> <p>35. Ren Koda, Jun Koido, Naoto Hosaka, Takumi Ito, Shinya Onogi, Takashi Mochizuki, Kohji</p> |
|--|---|

|     |   |
|-----|---|
|     | Masuda, Seiichi Ikeda, Fumihito Arai: "Active Control of Microbubbles Stream in Multi-bifurcated Flow by Using 2D Phased Array Ultrasound Transducer," Proc. of 35th Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society(EMBS), Jul. 2013, Osaka, pp.6277-6280  |
| 36. | Kohji Masuda, Naoto Hosaka, Ren Koda, Shinya Onogi, Takashi Mochizuki: "Production of acoustic field with multiple focal points to control high amount of microbubbles in flow using a 2D array transducer," Proc. of 35th Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society(EMBS), Jul. 2013, Osaka, pp.6285-6288            |
| 37. | Kohji Masuda, Shogo Takeshima, Antoine Bossard, Shinya Onogi: "Full automatic calculation of ejection fraction of left ventricle from either of short-axis view or four-chamber view by processing successive ultrasound images," Proc. of 27th International Congress and Exhibition on Computer Assisted Radiology and Surgery, Jun. 2013, Heidelberg, pp.S31-S32 |
| 38. | Shinya Onogi, Yuki Sugano, Tuan Hung Phan, Nobuhiko Shigehara, Ren Koda, Takashi Mochizuki, Kohji Masuda: "Ultrasound navigation system using an electronic scanning type 3D probe for ultrasonic microbubble delivery therapy," Proc. of 27th International Congress and Exhibition on Computer Assisted Radiology and Surgery, Jun. 2013, Heidelberg, pp.S57-S58  |
| 39. | Kohji Masuda, Antoine Bossard, Yuki Sugano, Toshikazu Kato and Shinya Onogi: "Reconstruction and error detection of blood vessel network from ultrasound volume data," Proc. of the IEEE International Symposium on Computer-Based Medical Systems, Jun. 2013, Porto  |
| 40. | 望月剛、保坂直斗、江田廉、小野木真哉、榎田晃司:「集束超音波の音響エネルギーベクトル場の数値シミュレーションとその動力応用への考察」、日本超音波医学会 第86回学術集会論文集、Vol.40, Suppl., 2013年、大阪、CD-ROM   |
| 41. | 小野木真哉、菅野悠樹、ファントウアンフン、望月剛、榎田晃司:「超音波ガイド下治療のための血管網解析とナビゲーションシステムの開発」、日本超音波医学会 第86回学術集会論文集、Vol.40, Suppl., 2013年、大阪、CD-ROM  |
| 42. | 榎田晃司、重原伸彦、出町文、江田廉、保坂直斗、望月剛:「人工血管流路を用いた微小気泡の高濃度送達のための凝集体形成法の実験的検討」、日本超音波医学会 第86回学術集会論文集、Vol.40, Suppl., 2013年、大阪、CD-ROM  |
| 43. | 江田廉、小井土惇、伊藤拓未、望月剛、榎田晃司:「超音波2次元アレイを用いた生体条件を模擬した流路中での微小気泡の動体制御」、日本超音波医学会 第86回学術集会論文集、Vol.40, Suppl., 2013年、大阪、CD-ROM  |
| 44. | Kohji Masuda, Naoto Hosaka, Nobuhiko Shigehara, Ren Koda, Shinya Onogi, Takashi Mochizuki: "Design and production of three-dimensional acoustic field to control distribution of microbubbles by using a multiple sound sources," Abstracts of 14th World Congress of the World Federation for Ultrasound in Medicine and Biology, May. 2013, Sao Paulo             |
| 45. | Kohji Masuda, Shogo Takeshima, Shinya Onogi: "Full automatic boundary detection of left ventricle cavity in both views of short-axis and four-chamber by processing successive echograms," Abstracts of 14th World Congress of the World Federation for Ultrasound in Medicine and Biology, May. 2013, Sao Paulo  |
| 46. | 榎田晃司、江田廉、重原伸彦、小野木真哉、望月剛:「超音波による治療効率向上のための微小気泡の能動制御」、日本機械学会第25回バイオエンジニアリング講演会論文集、2013年、つくば、pp.255-256  |
| 47. | Yuki Sugano, Shinya Onogi, Antoine Bossard, Takashi Mochizuki and Kohji Masuda: "Development of a 3D Reconstruction of Blood Vessel by Positional Calibration of Ultrasound Probe," Proc. of the 5th Biomedical Engineering International Conference, Dec. 2012, Ubon Ratchatani, BME-2012-88   |
| 48. | Sachie Irisawa, Shinya Onogi and Kohji Masuda: "Robotic 3D position control of therapeutic ultrasonic field by ultrasound image information," Proc. of the 5th Biomedical Engineering International Conference, Dec. 2012, Ubon Ratchatani, BME-2012-63   |
| 49. | 江田廉、保坂直斗、小井土惇、望月剛、榎田晃司:「複数の流路分岐部に対する3次元音場   |

|  |  |
|--|--|
|  | <p>形成による流体中の微小気泡の能動制御」、電気学会研究会資料&lt;医用・生体工学研究会&gt;、2012年、小金井、MBE-109, pp.9-12</p> <p>50. 重原伸彦、出町文、江田廉、望月剛、榊田晃司:「人工血管中における微小気泡の凝集体形成と下流流路に与える影響の観測」、電気学会研究会資料&lt;医用・生体工学研究会&gt;、2012年、小金井、MBE-110, pp.13-16</p> <p>51. 小野木真哉、入澤佐智恵、吉田寿夫、呉佳蔚、榊田晃司:「超音波による低侵襲治療のための補助ロボットの開発とその制御」、電気学会研究会資料&lt;医用・生体工学研究会&gt;、2012年、小金井、MBE-117, pp.45-48</p> <p>52. Antoine Bossard, Yuki Sugano, Tuan-Hung Phan, Shinya Onogi, Takashi Mochizuki and Kohji Masuda: "Error correction for 3D reconstruction of artificial blood vessel from ultrasound volume data," Proc. of the 33rd Symposium on Ultrasonic Electronics, Nov. 2012, Chiba, pp.241-242</p> <p>53. Takumi Ito, Ren Koda, Takashi Mochizuki and Kohji Masuda: "Three-dimensional behavior reproduction of microbubbles in flow under local ultrasound exposure," Proc. of the 33rd Symposium on Ultrasonic Electronics, Nov. 2012, Chiba, pp.243-244</p> <p>54. Nobuhiko Shigehara, Fumi Demachi, Ren Koda, Takashi Mochizuki, Kohji Masuda, Seiichi Ikeda, Fumihito Arai, Yoshitaka Miyamoto and Toshio Chiba: "Experimental study for active path block in a capillary flow by using microbubbles aggregation," Proc. of the 33rd Symposium on Ultrasonic Electronics, Nov. 2012, Chiba, pp.245-246</p> <p>55. Naoto Hosaka, Ren Koda, Shinya Onogi, Takashi Mochizuki and Kohji Masuda: "Production and validation of acoustic field to enhance trapping efficiency of microbubbles by using a matrix array transducer," Proc. of the 33rd Symposium on Ultrasonic Electronics, Nov. 2012, Chiba, pp.247-248</p> <p>56. Ren Koda, Jun Koido, Takumi Ito, Takashi Mochizuki, Kohji Masuda, Seiichi Ikeda, Fumihito Arai, Yoshitaka Miyamoto and Toshio Chiba: "Experimental study to produce multiple focal points of acoustic field for active path selection of microbubbles through multi-bifurcation," Proc. of the 33rd Symposium on Ultrasonic Electronics, Nov. 2012, Chiba, pp.517-518</p> <p>57. Kohji Masuda, Nobuhiko Shigehara, Ren Koda, Nobuyuki Watarai, Seiichi Ikeda, Fumihito Arai, Yoshitaka Miyamoto, and Toshio Chiba: "Production and active control of microbubbles aggregations in artificial capillary with multiple sound sources," Proc. of the IEEE Ultrasonic Symposium, Oct. 2012, Dresden, in press</p> <p>58. Shinya Onogi, Yuki Sugano, Toshio Yoshida and Kohji Masuda: "An Accurate Calibration Method of Ultrasound Images by Center Positions of a Metal Ball," Proc. of 34th Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society(EMBS), Aug. 2012, San Diego, pp.468-471</p> <p>59. Antoine Bossard, Toshikazu Kato and Kohji Masuda: "Supporting Reconstruction of the Blood Vessel Network Using Graph Theory: An Abstraction Method," Proc. of 34th Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society(EMBS), Aug. 2012, San Diego, pp.5470-5473</p> <p>60. Kohji Masuda, Nobuhiko Shigehara, Ren Koda, Nobuyuki Watarai, Seiichi Ikeda, Fumihito Arai, Yoshitaka Miyamoto and Toshio Chiba: "Observation of Flow Variation in Capillaries of Artificial Blood Vessel by Producing Microbubble Aggregations," Proc. of 34th Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society(EMBS), Aug. 2012, San Diego, pp.2064-2067</p> <p>61. Shinya Onogi, Yasuhiro Urayama, Sachie Irisawa and Kohji Masuda: "Robotic Probe Handling Assistance by Coordinated Motion Control for Echography," Proc. of 26th International Congress and Exhibition on Computer Assisted Radiology and Surgery, Jun. 2012, Pisa, pp.S172-S173</p> <p>62. Toshio Yoshida, Shinya Onogi, Shun Saito and Kohji Masuda: "Position control of Echogram Plane by Probe Scan Mechanism using Pneumatic Actuators," Proc. of 26th International Congress and Exhibition on Computer Assisted Radiology and Surgery, Jun. 2012, Pisa, pp.S357-S358</p> |
|--|--|

|  |
|--|
| <p>63. 吉田寿夫、小野木真哉、齊藤俊、榊田晃司:「McKibben 型空気圧アクチュエータを用いた超音波プローブ走査機構の撮像断面の位置制御への応用」、日本機械学会ロボティクス・メカトロニクス講演会論文集、2012 年、浜松、CD-ROM</p> <p>64. 菅野悠樹、小野木真哉、吉田寿夫、Antoine Bossard、榊田晃司:「ロボットによる超音波撮像断面位置制御のための超音波プローブのキャリブレーション」、日本機械学会ロボティクス・メカトロニクス講演会論文集、2012 年、浜松、CD-ROM</p> <p>65. 入澤佐智恵、小野木真哉、浦山泰寛、榊田晃司:「パラレルリンク型ロボットによる超音波撮像断面に対する治療用超音波音場の追従制御」、日本機械学会ロボティクス・メカトロニクス講演会論文集、2012 年、浜松、CD-ROM</p> <p>66. Shogo Takeshima, Antoine Bossard and Kohji Masuda: "Development of automatic measurement method of ejection fraction of left ventricle without initial procedure to evaluate diseased heart," IFMBE Proceedings (World Congresson Medical Physics and Biomedical Engineering), Vol.39, May. 2012, Beijing, pp.1089-1091</p> <p>67. Ren Koda, Nobuyuki Watarai, Nobuhiko Shigehara, Takumi Ito, Ayumu Minamide, Kohji Masuda, Seiichi Ikeda, Fumihito Arai, Yoshitaka Miyamoto and Toshio Chiba: "Active Control of Microbubbles in a Capillary Flow by Producing Multiple Acoustic Radiation Forces," IFMBE Proceedings (World Congresson Medical Physics and Biomedical Engineering), Vol.39, May. 2012, Beijing, pp.1617-1619</p> <p>68. Kohji Masuda, Nobuhiko Shigehara, Ren Koda, Nobuyuki Watarai, Seiichi Ikeda, Fumihito Arai, Yoshitaka Miyamoto and Toshio Chiba: "Study of microbubble aggregations to influence capillary flow of artificial blood vessel by local acoustic radiation forces," Proceedings of World Congresson Medical Physics and Biomedical Engineering, May. 2012, Beijing, CD-ROM</p> <p>69. Antoine Bossard, Toshikazu Kato, Shinya Onogi and Kohji Masuda: "Towards real-time 3D reconstruction of the blood vessel network with automatic detection of vessel bifurcations and flow directions by ultrasound data analysis," Proceedings of World Congresson Medical Physics and Biomedical Engineering, May. 2012, Beijing, CD-ROM</p> <p>70. Shinya Onogi, Yuto Taguchi, and Kohji Masuda: "Development of visualization system of acoustic field using augmented reality technology for less-invasive ultrasonic therapy," Proceedings of World Congresson Medical Physics and Biomedical Engineering, May. 2012, Beijing, CD-ROM</p> <p>71. 竹島昇吾、Antoine Bossard、榊田晃司、渡辺弘之:「画面操作を必要としない Ejection Fraction の自動計測法の開発と疾患心での評価」、日本超音波医学会 第 85 回学術集会論文集、Vol.39, Suppl., 2012 年、東京、p.S514</p> <p>72. 重原伸彦、江田廉、渡會展之、榊田晃司、池田誠一、新井史人、宮本義孝、千葉敏雄:「多分岐流路における微小気泡の凝集体の形成と流れに対する影響の観測」、日本超音波医学会 第 85 回学術集会論文集、Vol.39, Suppl., 2012 年、東京、p.S343</p> <p>73. 江田廉、渡會展之、重原伸彦、伊藤拓未、南出歩、榊田晃司、池田誠一、新井史人、宮本義孝、千葉敏雄:「多分岐流路における微小気泡の経路選択制御のための音場形成法の検討」、日本超音波医学会 第 85 回学術集会論文集、Vol.39, Suppl., 2012 年、東京、p.S343</p> <p>74. 加藤俊和、Antoine Bossard、菅野悠樹、榊田晃司、宮本義孝、千葉敏雄:「超音波ボリュームデータからの臓器内血管の 3 次元構造解析システムの開発」、日本超音波医学会 第 85 回学術集会論文集、Vol.39, Suppl., 2012 年、東京、p.S337</p> <p>75. 榊田晃司、加藤俊和、Antoine Bossard、小野木真哉、菅野悠樹、江田廉、重原伸彦、宮本義孝、千葉敏雄:「微小気泡の生体内制御のための 3 次元血管構造解析法と超音波 3D データへの応用」、日本超音波医学会 第 85 回学術集会論文集、Vol.39, Suppl., 2012 年、東京、p.S174</p> <p>76. Antoine Bossard、加藤俊和、小野木真哉、榊田晃司:「3 次元細線化処理による 3 次元血管網データからの分岐部と血流方向の認識」、第 51 回日本生体医工学会大会プログラム・論文集、2012 年、福岡、CD-ROM</p> <p>77. Antoine Bossard、加藤俊和、榊田晃司:「グラフ理論を用いた血管網の 3 次元再構成支援ソフトウェアの開発」、第 51 回日本生体医工学会大会プログラム・論文集、2012 年、福岡、CD-ROM</p> |
|--|



|     |   |
|-----|---|
| 78. | 竹島昇吾、榊田晃司、Antoine Bossard、渡辺弘之:「初期設定の不要な左室駆出率の自動計測ソフトウェアの開発と疾患心の評価」、第51回日本生体医工学会大会プログラム・論文集、2012年、福岡、CD-ROM   |
| 79. | 菅野悠樹、小野木真哉、吉田寿夫、加藤俊和、A.Bossard、榊田晃司:「複数回計測した金属球の中心位置による断面の厚みを考慮した超音波画像断面位置のキャリブレーション」、第51回日本生体医工学会大会プログラム・論文集、2012年、福岡、CD-ROM   |
| 80. | 江田廉、渡會展之、重原伸彦、伊藤拓未、南出歩、榊田晃司、池田誠一、新井史人、宮本義孝、千葉敏雄:「複数音源を用いた超音波照射による多分岐血管を流れる気泡の連続経路選択の検討」、第51回日本生体医工学会大会プログラム・論文集、2012年、福岡、CD-ROM   |
| 81. | 重原伸彦、江田廉、渡會展之、榊田晃司、池田誠一、新井史人、宮本義孝、千葉敏雄:「複数音源を用いた微小気泡の凝集制御と多分岐流路における挙動観測」、第51回日本生体医工学会大会プログラム・論文集、2012年、福岡、CD-ROM  |
| 82. | 伊藤拓未、渡會展之、江田廉、南出歩、榊田晃司、宮本義孝、千葉敏雄:「照射超音波および流体のパラメータ変化に対する微小気泡の凝集過程の観測とその解析」、第51回日本生体医工学会大会プログラム・論文集、2012年、福岡、CD-ROM  |
| 83. | 小野木真哉、田口侑人、菅野悠樹、加藤俊和、榊田晃司:「超音波低侵襲治療のためのAR技術を用いた超音波音場3次元可視化システムの開発」、第51回日本生体医工学会大会プログラム・論文集、2012年、福岡、CD-ROM  |
| 84. | 小野木真哉、浦山泰寛、入澤佐智恵、榊田晃司:「操作者とロボットの協調動作による超音波検査におけるプローブの走査支援システムの開発」、第51回日本生体医工学会大会プログラム・論文集、2012年、福岡、CD-ROM   |
| 85. | 小野木真哉、齊藤俊、吉田寿夫、榊田晃司:「空気圧アクチュエータを用いた超音波プローブ走査機構による生体内情報のリアルタイム計測システムの開発」、第51回日本生体医工学会大会プログラム・論文集、2012年、福岡、CD-ROM   |
| 86. | 入澤佐智恵、小野木真哉、浦山泰寛、榊田晃司:「超音波画像情報のロボットへのフィードバックによる治療用超音波音場の3次元位置制御」、第51回日本生体医工学会大会プログラム・論文集、2012年、福岡、CD-ROM  |
| 87. | 吉田寿夫、小野木真哉、齊藤俊、榊田晃司:「空気圧駆動アクチュエータを用いたプローブ走査機構による超音波断層像の位置制御」、第51回日本生体医工学会大会プログラム・論文集、2012年、福岡、CD-ROM  |
| 88. | 榊田晃司:「超音波医療における微小気泡の応用と今後の展開」、平成23年度電子情報通信学会九州支部専門講習会「医療工学技術の現状とこれからの展開」予稿集、2011年、鹿児島、pp.51-57  |
| 89. | Takumi Ito, Ayumu Minamide, Ren Koda, Nobuyuki Watarai, Nobuhiko Shigehara and Kohji Masuda: "Simulation of distribution of acoustic radiation force to microbubbles in traveling sound field(進行波音場内の微小気泡に作用する音響放射力分布のシミュレーション)"、第32回超音波エレクトロニクスの基礎と応用に関するシンポジウム講演論文集、2011年、京都、pp.559-560   |
| 90. | Nobuhiko Shigehara, Nobuyuki Watarai, Ren Koda, Kohji Masuda, Yoshitaka Miyamoto and Toshio Chiba: "Observation of flow variation in capillaries of artificial blood vessel by producing microbubble aggregations(微小気泡の凝集体形成による人工血管狭小部における流れの変化とその観測)"、第32回超音波エレクトロニクスの基礎と応用に関するシンポジウム講演論文集、2011年、京都、pp.555-556   |
| 91. | Ren Koda, Nobuyuki Watarai, Nobuhiko Shigehara, Takumi Ito, Ayumu Minamide, Kohji Masuda, Yoshitaka Miyamoto and Toshio Chiba: "Active path selection of microbubbles in an against flow using acoustic radiation force produced by multiple sound sources(音響放射力に対向する流体中の微小気泡に対する複数音源を用いた能動的経路選択)"、第32回超音波エレクトロニクスの基礎と応用に関するシンポジウム講演論文集、2011年、京都、pp.551-552 |
| 92. | Nobuyuki Watarai, Ren Koda, Nobuhiko Shigehara, Kohji Masuda, Yoshitaka Miyamoto and Toshio Chiba: "Observation of continuous variation in size of microbubble aggregations using   |

|  |  |
|--|--|
|  | <p>a broadband sound source(広帯域音源を用いた微小気泡の凝集体サイズの連続変化とその観測)”,第32回超音波エレクトロニクスの基礎と応用に関するシンポジウム講演論文集、2011年、京都、pp.553-554</p> <p>93. Ayumu Minamide, Takumi Ito, Ren Koda, Nobuyuki Watarai, Nobuhiko Shigehara and Kohji Masuda: “Effect of Acoustic Radiation Force to Microbubbles in Flow and Its Simulation in Bifurcation(流体中の微小気泡に対する音響放射力の影響と流路分岐部でのシミュレーション)”,第32回超音波エレクトロニクスの基礎と応用に関するシンポジウム講演論文集、2011年、京都、pp.557-558</p> <p>94. 加藤俊和、田口侑人、菅野悠樹、齊藤俊、吉永崇、榎田晃司:「超音波プローブの位置計測による臓器内血管形状の3次元再構成システムの開発」、第16回日本バーチャルリアリティ学会予稿集、2011年、函館、CD-ROM</p> <p>95. 田口侑人、加藤俊和、菅野悠樹、吉永崇、榎田晃司:「超音波による非侵襲治療のためのAR技術を用いた音場分布可視化システムの開発」、第16回日本バーチャルリアリティ学会予稿集、2011年、函館、CD-ROM</p> <p>96. 吉永崇、宮崎航、有田大作、榎田晃司:「超音波診断支援のための遠隔撮像教示AR/VRインターフェースの開発」、第16回日本バーチャルリアリティ学会予稿集、2011年、函館、CD-ROM</p> <p>97. 江田廉、渡會展之、重原伸彦、伊藤拓未、南出歩、榎田晃司、柿本隆志、絵野沢伸、宮本義孝、千葉敏雄:「超音波照射による微小気泡の凝集現象解析と赤血球の影響」、生体医工学シンポジウム2011講演予稿集、2011年、長野、CD-ROM</p> <p>98. 加藤俊和、田口侑人、菅野悠樹、齊藤俊、吉永崇、榎田晃司:「微小気泡の生体内制御支援のための血管分岐部の3次元分布計測システムの開発」、生体医工学シンポジウム2011講演予稿集、2011年、長野、CD-ROM</p> <p>一般向け 計1件<br/>         メディカルカフェ「ここまで来た！超音波・ロボットによる手術～最先端・次世代技術があなたのそばにやってくる！～」 <a href="http://medical-cafe.biz/index.php?itemid=36&amp;catid=6">http://medical-cafe.biz/index.php?itemid=36&amp;catid=6</a></p> |
| <p>図書</p> <p>計0件</p>                     |  |
| <p>産業財産権<br/>出願・取得<br/>状況</p> <p>計3件</p> | <p>(取得済み) 計3件</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 「左心室壁情報抽出装置、方法及びプログラム」、榎田晃司、竹島昇吾、特許公開2013-230247、2013年11月14日公開</li> <li>・ 「疾患判定装置および疾患判定方法」、榎田晃司、竹島昇吾、松田英之、特許公開2013-517、2013年1月7日公開</li> <li>・ 「画像処理装置、画像処理方法及び画像処理プログラム」、榎田晃司、吉永崇、宮崎航、特許公開2012-147858、2012年8月9日公開</li> </ul>   |
| <p>Webページ<br/>(URL)</p>                  | <p><a href="http://www.tuat.ac.jp/~masuda">http://www.tuat.ac.jp/~masuda</a></p>   |
| <p>国民との科学・技術対話の実施状況</p>                  | <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 東京農工大学科学技術展において、「次世代3次元超音波診断・治療統合システム」と題した研究内容紹介ブースを出展した。2011.11.11(金)～13(日) 東京農工大学小金井キャンパス[東京都小金井市]</li> <li>・ イノベーション・ジャパン2012-大学見本市において、「次世代3次元超音波診断・治療統合システム」と題し、展示を行った。2012.9.27(木)～28(金) 東京国際フォーラム[東京都千代田区]</li> <li>・ メディカルカフェ「ここまで来た！超音波・ロボットによる手術～最先端・次世代技術があなたのそばにやってくる！～」という演題で講演を行った。2013年4月19日(金) 庭のホテル東京[東京都千代田区]</li> </ul>  |

様式21

|               |  |
|---------------|--|
|               | <ul style="list-style-type: none"> <li>FIRSTシンポジウム「科学技術が拓く2030年へのシナリオ」において、「生体内での4次元超音波音場形成による治療用微小気泡の局所的動態制御システムの開発」と題し、展示発表を行った。2014年2月28日(金)-3月1日(土) ベルサール新宿グラント[東京都新宿区]</li> </ul> |
| 新聞・一般雑誌等掲載計1件 | <ul style="list-style-type: none"> <li>日経産業新聞朝刊「超音波+バブル薬患部に 脳梗塞・再生医療に応用探る」と題した記事で、本研究室の研究内容が紹介された。2013年6月27日</li> </ul>  |
| その他           |  |

7. その他特記事項