

機関番号：32665
 研究種目：基盤研究（B）
 研究期間：2008～2010
 課題番号：20360188
 研究課題名（和文） 体内腫瘍の硬さを画像化する Haptic 型超音波プローブ及び計測装置の
 研究課題名（英文） Development of ultrasonic haptic probe and device for visualizing
 elastic properties of tumor in body
 研究代表者
 尾股 定夫（OMATA SADA0）
 日本大学・工学部・教授
 研究者番号：90060186

研究成果の概要（和文）：従来の触覚センサは圧力センサ素子やひずみゲージなどを利用したセンサデバイスが一般的である。しかも、ヒトの手のような触覚や圧覚、すべり覚をはじめ対象物体の硬さや軟らかさなどを検出することができない。しかしながら、私たちは位相シフト法を利用した新しい Haptic 型超音波プローブの開発に成功した。この Haptic デバイスを利用するとによってヒトの手のように硬さや軟らかさなどをセンシングしてヤング率として画像化することに、世界で初めて成功した。この度の研究成果は触診の画像化によって癌などの腫瘍の硬さを定量的に診断できるので、医療機器への展開も容易となる。しかも、この Haptic センサ素子は外科手術ロボットハンドへの応用のみならず、遠隔医療など多岐にわたる。

研究成果の概要（英文）：Tactile sensors used now in various fields are consist of a pressure sensor device made of strain gauge. The conventional sensor device is not able to sense hardness and/or softness of an object in like the human hand. However, using the new phase shift technology designed by us, the new ultrasonic haptic probe, which has characteristics to sense an elastic properties of an object, was developed. It can be applied to a robot hand or a medical instrument.

交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2008年度	7,600,000	2,280,000	9,880,000
2009年度	4,900,000	1,470,000	6,370,000
2010年度	2,000,000	600,000	2,600,000
総計	14,500,000	4,350,000	18,850,000

研究分野：

科研費の分科・細目：

キーワード：

1. 研究開始当初の背景

触覚や触診に係わる Haptic の技術開発研究は、ここ数年急速に進歩しているが、未だ

ヒトの手や指のような触覚特性を超えるセンサデバイスや触覚システムは実現されていない。

これは視覚や聴覚に比べて、触覚特性が余りにも複雑で単一のセンサ素子やデバイスで代替できないことや、人間の持っている触覚や触診に関する基本的特性が十分に解明されていないことも原因の一つである。

しかしながら、今日、人間の手のような触覚や触診の機能を持ったセンサ素子やデバイスの研究開発が世界各国で行われ、ロボットハンドのみならず、遠隔医療やゲーム、バーチャル・リアリティー、宇宙における遠隔操作など、その研究開発分野は多岐に亘る。

現状においては、人間の手のような触覚特性を超える研究成果は得られていないが、日本を含め世界各国で、アカデミックな研究分野から軍事分野を含め、各方面への応用を目指した研究成果を求めて激しい競争が行われている。特に、新しい触覚センサ技術、即ち Haptic 技術や触覚センサデバイスを世界に先駆けて実現することは、日本のセンサ素子やロボット技術への発展に極めて大きな貢献が期待でき、その応用の範囲も多岐に亘るので日本の産業のコメとしての役割も十分期待できる。しかも、遠隔医療などの Tele-Medicine やロボット、ゲーム、バーチャル・リアリティー、宇宙技術、軍事技術への応用など、その可能性は極めて大きいので世界各国での競争も激しさを増しているので、積極的な研究開発が望まれる。

本研究室では、触覚センサに係わる Haptic 技術開発に関する研究を 1980 年代から着手し、1992 年に世界に先駆けて位相シフトの原理を考案して、ヒトの手のように接触覚と硬さ・軟らかさを同時にセンシングできる新しいセンサデバイスの開発に成功した²⁾。

現在、この技術を利用して人間の皮膚弾力の評価システムをはじめとして、細胞の弾力を計測する Haptic 型顕微鏡、卵の硬さを計測して不妊治療に役立てる卵評価システム、眼

圧診断装置などを実用化して各方面で活躍しているが、更に高機能型の新しい触覚センサを開発して遠隔医療や Haptic 技術への応用と実現を目指している。

2. 研究の目的

現在、ヒトの手のような触覚や触診などに係わる Haptic 技術に関する研究は、視覚・聴覚に加えた触覚技術が次世代のバーチャル技術や遠隔医療に欠かせない技術として世界各国で行われているが、ヒトの手のような触覚・触診特性に対応した触覚センサデバイスやセンサシステムは未だ実現されていない。

本研究では Haptic 技術に対応した超音波プローブを開発し、腫瘍の硬さや軟らかさをヒトの手のようにセンシングして触覚情報を画像化する新しい装置を開発することを目的とした。

3. 研究の方法

外科手術のような臨床現場における触診手技のみならず、乳癌触診に対応した医療機器として実現するには、信頼性や再現性、信号処理スピードの改善の他に、触診のように高機能化を図るための分解能の向上と駆動周波数の高帯域化などの開発研究も必要となる。そこで、本研究では (1) センサ素子の小型化と集積化に伴う圧電セラミック素子の振動特性及び製作条件の構築するために直径 3.5mm、長さ 15mm の円筒型圧電セラミック素子を使用した場合の振動特性と保持条件を有限要素法によってシミュレーションを行い、最適な製造条件を見出した。特に、ここでは圧電セラミック素子の共振特性及び位相特性について、保持条件や接触面の広さによる影響を考慮しながら解析検討を行った。また、(2) 触診プローブのアーレー化技術を確立するために、先ずハジメに 8

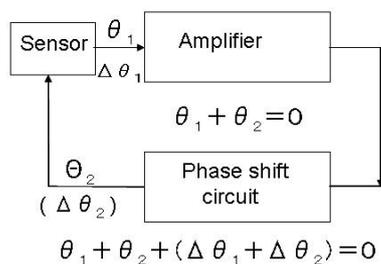
x 8 列の 6 4 チャンネルデバイスによって基本的な特性について検討を行った。特に、

64 個の圧電セラミック素子の特性を定量的に解析した後、64 個の素子を 1 ブロックとして、4 ブロックをまとめて 256 個の触診プローブとして構築することが可能となるので、極めて重要な課題となる。この場合、各素子が 1.5-1.8mm の範囲で凹むので、結線の配置や出力端子に十分配慮した回路構成が求められることから、本課題では基本的な製造技術を確立する。

また、更なる課題として (3) 圧電セラミック素子で構成される 64 チャンネルのセンサデバイスを位相シフト回路で駆動する為には、共振特性を自動チューニングする基本技術を確立することも望まれる。

4. 研究成果

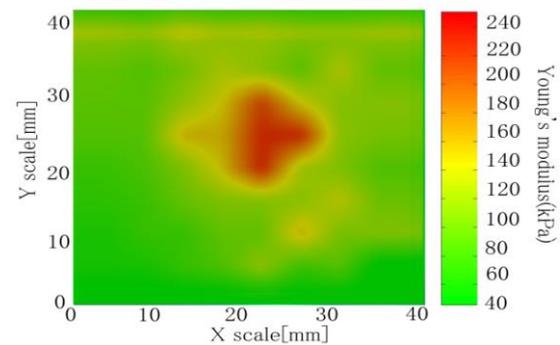
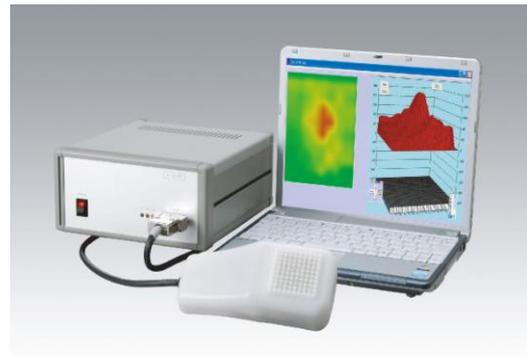
3 年間で実施されてきた研究目的の中では、ヒトの手のような触覚特性を持つ新しい触覚センサ素子及び計測システムを実現することが最大の課題である。これまでに各方面で研究開発が行われてきたが、実現が困難視されてきた。しかしながら、本研究室では下図に示すような位相シフト法による Haptic



位相シフト法による触覚センサの原理
(基本特許:世界7カ国(1999~2003)
応用特許:54件(日本,UA,EU,中国)

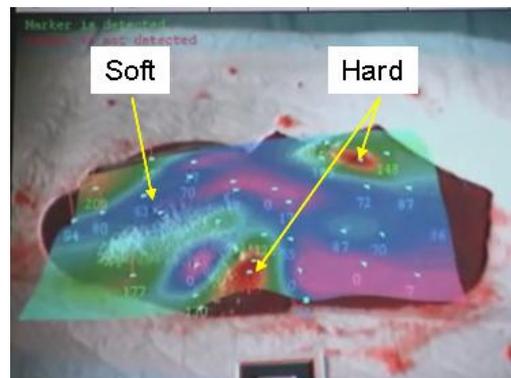
システムを世界で初めて開発した。これは圧電セラミック素子からなるセンサの出力信号を増幅し、位相シフト回路を介してセンサ素子の入力端子に強制帰還する発信回路

系である。



この基本構成を利用して施策開発したものが、図に示すような 6 4 個の円筒型圧電セラミック素子を利用して、8 x 8 のアレー型 Haptic プローブの開発に成功した。

上図は 64 チャンネル型超音波 Haptic プローブで、腫瘍などの異物の硬さを画像化した結果である。これらの測定結果は、硬さのレベルをヤング率として色の変化として表示されている。



上図の結果は、1ch の Haptic プローブを豚肝臓に異物を入れて表面上を任意にスキャンした場合の結果である。図に示されるように

異物の部位は明らかに硬い色の変化として表示されている。

以上のように、圧電セラミック素子を利用して超音波 Haptic プローブとして肝臓などの組織表面上を触診と同じようにスキャンすると、硬さや軟らかさなどの触覚情報を画像化することが可能となる。

これらの研究課題の最終目標は 256 チャンネル型 Haptic プローブの開発研究であるが、定量的な研究成果として 64 チャンネルのアレー型デバイスとして試作開発することができたので、これらのデバイスを 4 ブロックとして連結することによって 256 チャンネルシステムとして実現される。

特に、これらの実験での最大の課題は圧電セラミック素子の電氣的な絶縁処理法の構築にあることが判明した。したがって、この Haptic プローブを生体の触診や外科手術における触診手技として実行する場合には、センサ全体の絶縁処理が重要となる。

そこで、これらのトラブルを解決する為に平成 22 年度末にパリレン装置を導入し、本研究のゴールに向けた取り組みを今後も積極的に展開を図る。

結局、平成 20 年度～平成 22 年度までの 3 年間に亘って、Haptic センサ技術の開発及び医療機器への応用などについて研究開発を行ってきた。256 チャンネル型の Haptic プローブの実現には至らなかったが、センサ素子の電氣的な絶縁処理技術の解決によって新しい展開が可能となり、更なる発展が期待できる。しかもこれらの研究成果の中で、要素技術は各方面に展開され数多くの成果を得ている。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計 14 件)

1)Hasegawa S.,Yoshida Y., Wei D, Omata S, Constantinou CE,”Simulation of Vervinal Wall Biomechanical Properties from Pelvic Floor Closure Force Map”, Stud Health Technol Inform 2011, 163, 218-23

2)H.Wakamastu,T.Watanabe,Y.Sato,S.Takase,S.Omata,H.Yokoyama, “ Selective Beta-1 Receptor Blockade Further Reduces the Mechanically Stabilized Target Coronary Artery Motion During Beating Heart Surgery ” ,Innovations, September/October 2010, 5(5),349-354

[学会発表] (計 22 件)

1) 入谷直樹、春田峰雪、村山嘉延、尾股定夫 “カテーテル型超音波センサを用いた拡張機能不全評価システム開発に関する基礎的研究 “、第 49 回生体医工学会、2010、6 月 25 日～27 日

2) 高橋晴隆、尾股定夫、横尾 隆(東京慈恵会医科大) “胎仔への局所的幹細胞注入技術に関する研究”、第 49 回生体医工学会、2010、6 月 25 日～27 日

[産業財産権]

○出願状況 (計 25 件)

名称：物質の硬さ分布表示システム及び硬さ分布表示法

発明者：尾股定夫

権利者：日本大学

種類：PCT

番号：JP2009 1069318

出願年月日：2009/11/13

国内外の別：海外

6. 研究組織

(1) 研究代表者

尾股 定夫 (OMATA SADA0)

日本大学・工学部・教授

研究者番号：90060186

(2) 研究分担者

村山 嘉延 (MURAYAMA YOSHINOBU)

日本大学・工学部・准教授

研究者番号：80339267