

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 26 年 6 月 13 日現在

機関番号：12605

研究種目：挑戦的萌芽研究

研究期間：2012～2013

課題番号：24656081

研究課題名(和文) ヒト軟組織の力学的構造分布の3D触診システム開発

研究課題名(英文) Development of 3D palpation systems for mechanical distribution of structure of human soft tissue

研究代表者

佐久間 淳 (Sakuma, Atsushi)

東京農工大学・工学(系)研究科(研究院)・准教授

研究者番号：60274180

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,200,000円、(間接経費) 960,000円

研究成果の概要(和文)：ヒト軟組織の力学的な構造分布を同定する理論およびシステムについて、医師の触診メカニクスを模擬した球圧子押込試験技術によって研究されました。このシステムは、将来さまざまなに発展する可能性を持っている産業用ロボットを開発ベースとしています。ここでは、ベースの研究グループの柔さ計測技術によって3次元分布を評価すると、大きな誤差が生じることが明らかとなりました。これは、試料の連続性を考慮する方法を適用して大幅に低減できました。更に、軟材料の粘弾性の評価技術も開発したロボットにより実用化しました。この成果の更なる活用によっては、軟組織・軟組織に関わる様々な評価テクノロジーが近い将来に開発されるでしょう。

研究成果の概要(英文)：The theory and the system which can measure the inside information, especially mechanical distribution of human soft tissue were studied and developed on the basis of the technology of measuring the deformation characteristic of soft materials by the method of ball indentation technique. The developed system is based on 3-dimensional robot for industrial factories, and has much availability for future development. As a result of research activities, it is known that the fundamental technology of this research group causes much error for 3-dimensional evaluation of mechanical distribution of soft specimen. Then the modification technique of the evaluation is also developed to reduce the error by the continuity consideration of specimen. Furthermore, the evaluation technique of viscoelasticity of soft materials is also developed by using the developed robot-system. By using the research results of this study, various evaluations on soft materials will be developed in near future.

研究分野：機械工学・機械材料・材料力学

科研費の分科・細目：機械工学・機械材料・材料力学

キーワード：医用工学 診療 診断 生体組織 変形解析 画像処理 非弾性問題 非破壊検査

1. 研究開始当初の背景

本研究代表者は、熟練した医師の触診技術のメカニクス解明と工学的・産業的応用を目指して、軟材料の変形特性を球圧子押し込み試験により測る技術を研究・開発してきた。この成果については、共同研究を通じて複数の企業と実用化に向けた取り組みが実施されていたが、さらに研究を発展させることによりヒト軟組織の内部情報、特に力学的な構造分布を計測できる理論およびシステムを構築・実現できる可能が見出されていた。特に、従来は1方向の押し込みだけで評価していた従来の試験方法に関して、力覚センサーおよび試験装置について3方向の評価が可能なものに改めて3次元の押し込み試験ができる理論およびシステムを研究・開発することで、より熟練した医師の触診に近いシステムの開発ができようとするのが期待されていた。

2. 研究の目的

触診は、初期診断の基本技術の1つであるが、医師の経験・主観に大きく依存するため、その高度システム化が難しい技術でもある。これは、乳がんの診断でも多用されているが、その信頼性の低さが診断過誤を招く一方で、高度診断は痛みを伴うため敬遠されて死亡率が上昇する要因となっている。

そこで本課題では、この乳がんの初期診断に適用できる技術確立を目的として、本研究代表者が研究・開発してきた理論およびシステムを用いて簡便かつ高精度に初期診断ができる触診システムを開発できようすることを目指すものとする。

3. 研究の方法

本課題では、これまでの研究開発環境を活かすことによって、次に挙げる課題を解決して、最終的な目標であるヒト軟組織内の力学的構造分布を同定できる触診システムの実現を図る。まず最初の課題としては、力学的構造分布の同定アルゴリズムの確認し、特に球圧子押し込み試験における厚さ同定原理を拡張し、力学的構造を同定できる原理を確立する。さらに押し込み試験装置の3D圧子走査システムの構築し、圧子を3D走査できる装置および3D力覚センサーにより、3D形状の試料の評価を可能とする。また3D形状の試料内部の力学的構造分布の同定性能の評価し、この解決と融合により、3D形状を有する試料内の力学的構造分布の評価を実現することを目指す。これにより、さらに乳がん検診への応用研究を開始する。

4. 研究成果

(1) 3D押し込み試験システム開発

これまで取り組んできた「柔さ計測」技術をベースとして、さらに幾何学的に3次元の形状を有する試料の変形特性を計測評価するための技術開発に取り組んだ。まず取り組み初年の平成24年度は、研究ベースとなる汎用デスクトップ型ロボットを導入した上で、これにより計測用プローブ(圧子)を自在に移動させられる制御システム(プログラム)を

開発し始めた。導入したロボットは、国内外の幾つもの候補の中から、プログラムによる制御性とハードウェアについての拡張性とを兼ね備えたタイプを選定した。また、研究開発が円滑に進むように、技術情報について円滑に情報交換できる機種であることも選定要件とした。

この取り組みの結果、平成24年度末までに、導入したデスクトップ型ロボットを自在に操れる制御システムの開発を達成した。特に、制御用PC上で動作させるソフトウェアについて、操作者の意のままにロボットを動かすことができるGUIを有する機能を備えたシステムを実現した。また、計測システムの開発・検証過程で用いる目的で、3次元形状を有するファントム(模擬生体試料)も作成し始めた。



図1 開発導入した3D押し込み試験システム

(2) 3D押し込み試験の実施と評価

導入・開発した装置および試料を用いて、内部に力学的構造分布を有する試料(図2)を用いて、センサーを走査させながら深さ方向の情報を取得する実験を試みた。この結果、これまで本研究代表者が研究・開発して押し込み試験の技術のみでは、試料内部の構造分布、特に底面の形状によって同定した深さ分布に誤差が生じることが明らかとなった(図3)。この対策として、構造に連続性を考慮して補間することによって、誤差を大幅に軽減できることを明らかとした(図4)。

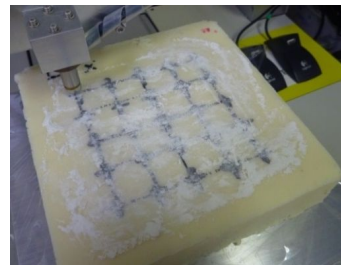


図2 ファントム(模擬生体試料)

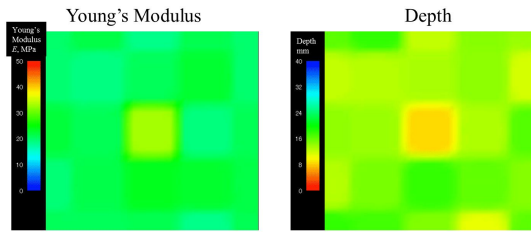


図3 従来の理論による同定結果

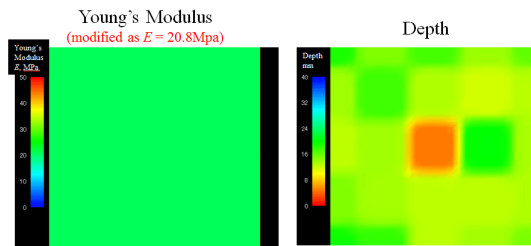


図4 改善法による同定結果

また併せて、ここで開発したシステムを用いながら、まず基本的な変形特性を調べる目的で、人工的な粘弾性試料(図5)を対象として押し込み試験と評価を実施した。この結果、押し込み速度の違いによって明確となる変形挙動の差異を分析することで、その試料の粘弾性特性を同定する分析技術も確立した(図6)。

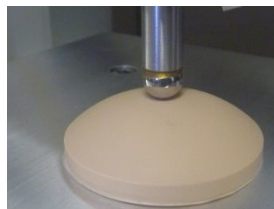


図5 ファントム(模擬生体試料)

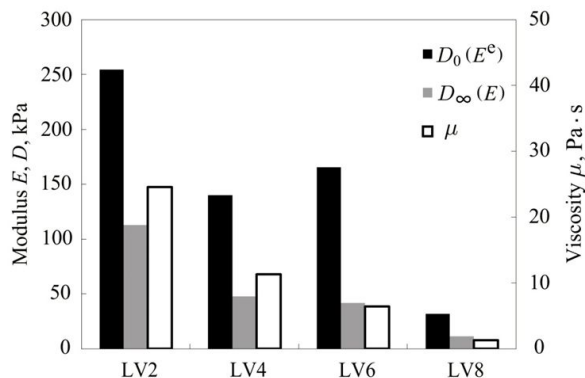


図6 粘弾性の同定した物性値

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 0 件)

[学会発表](計 7 件)

Atsushi Sakuma, Yuma Sango, Viscoelasticity Measurement of Soft Tissue by Indentation Devices for Evaluation of Human Skin, ASME 2014 International mechanical Engineering Congress & Exposition (IMECE2014), 2014年11月14日~11月20日, Montreal, Canada

Zhimen Li, Atsushi Sakuma, Error reduction and Performance Improvement of palpation for Human Soft Tissue based on 3D Indentation System, ASME 2014 International mechanical Engineering Congress & Exposition (IMECE2014), 2014年11月14日~11月20日, Montreal, Canada
 李治蒙, 佐久間淳, ヒト軟組織の3D押し込みシステムによる触診法の精度向上, 日本機械学会関東支部第20期総会講演会, 2014年3月14日~3月15日, 東京農工大学

佐久間淳, 軟組織・軟材料の柔さ数値化テクノロジーによる計測システム, 東京バイオマーカー・イノベーション技術研究組合第3回研究交流フォーラム, 2014年2月3日, 東京都千代田区ソラシティカンファレンスセンター

山後佑馬, 佐久間淳, 粘弾性の変形特性に関する物性値同定への押し込み試験法の適用, 日本機械学会第24回バイオフロンティア講演会, 2013年11月1日~11月2日, 同志社大学

李治蒙, 佐久間淳, ヒト軟組織の3D触診のための押し込み試験システム開発, 日本機械学会2013年次大会, 2013年9月9日~9月11日, 岡山大学

Zhimen Li, Atsushi Sakuma, Robot System Development for Three-Dimensional Palpation of Human Soft Tissue, 7th Asian Pacific Conference on Biomechanics (APCB2013), 2013年8月29日~8月31日, KIST International Cooperation Building, Seoul, Korea

[産業財産権]

出願状況(計 1 件)

名称: 押し込み試験方法および押し込み試験装置

発明者: 佐久間淳, 山後佑馬

権利者: 国立大学法人 東京農工大学

種類: 特許

番号: 2013-219419

出願年月日: 2013年10月22日

国内外の別: 国内

[その他]

ホームページ等

「柔さ」を触診テクニックに基づき数値化する理論からハンディタイプ計測デバイスが製品化

http://www.tuat.ac.jp/disclosure/pressrelease/2012_20130409122803/20131212150101/

ユビ触感に基づく柔さ計測デバイスの実用化と展開.

http://www.tuat.ac.jp/~kagiten/program/koganei/pdf/13k_c1.pdf

6. 研究組織

(1) 研究代表者

佐久間 淳 (SAKUMA ATSUSHI)

東京農工大学・大学院工学研究院・准教授

研究者番号：60274180