

■ 研究テーマ

- 超音波による生体組織弾性の映像系
- 加圧光センサを用いた末梢循環障害の診断法

■ キーワード

医用工学、超音波医用応用、光医用応用、組織弾性

■ 産業界の相談に対応できる技術分野

医用応用のための超音波映像法、光等波動を用いた計測制御工学

■ 主な設備

超音波エコー装置、超音波送受信システム、高速度光学顕微鏡観察システム

連絡先

大学院理工学府電子情報数理解プログラム 山越芳樹 TEL&FAX:0277-30-1771 e-mail:yamakoshi@gunma-u.ac.jp



山越芳樹 教授

研究概要

生体内部組織の硬さの映像化技術の開発

本研究室では、医用応用のための計測制御システムの開発として、光センサを一定圧で加圧しながら血管中のヘモグロビン量を計測することにより従来得ることの困難な微小循環系の循環障害の評価システムの開発、生体組織中を伝わるせん断波（横波）を使って、生体内部組織の硬さを画像化するシステムの研究開発を行っています。

本稿では生体の硬さ分布の映像化に焦点を絞って紹介いたします。乳がんの検診などでは古くから触診が用いられてきたように、がん等の悪性腫瘍は正常組織に比べ硬くなることが知られています。また、触診では診断困難な生体内部の臓器の変性（肝臓の線維化による効果として肝硬変）なども知られています。また整形外科では、骨格筋の硬さの評価は筋委縮症や糖尿病等における筋肉障害の評価など疾病の診断だけでなく健康寿命を延ばすための骨格筋の管理用途など多くの応用が考えられ、生体内組織の硬さを外部から非侵襲な方法で測定することへのニーズは高まっています。

超音波診断装置は生体内の断面をリアルタイムで見ることのできる非常に優れたツールですが、得られるエコー画像はあくまで、超音波に対して散乱する物体をイメージしたもので、超音波エコー画像から硬さ情報を直接得ることは困難です。

近年、生体内組織の硬さを評価するために二つの方法が開発されました。一つは超音波プローブを生体に押し付けることにより、生体内部にひずみを生じさせ、その局所的なひずみ分布を超音波により計測する手法であり、定量性が低く絶対的な硬さの評価が課題となっています。もう一つの方法は超音波プロー

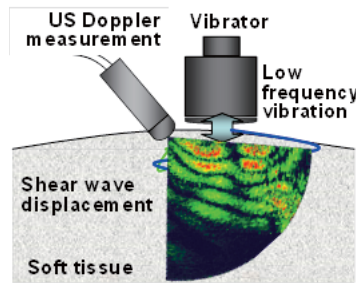


図1 せん断波を用いた生体内部組織の硬さの映像化の概念図

ブからの超音波を収束させ生体内に地震波の横波と同じインパルス状のせん断波を発生させ、その伝搬速度を超音波プローブにより計測し硬さを評価するSWE (Shear Wave Elastography) と呼ばれる手法です。この手法は硬さの定量性は高いですが、生体への安全性や、反射、屈折の影響による映像化の精度に課題があると考えられます。また組織の硬さ測定に求められる精度ですが、SWEの測定精度は6-15%との報告があります。しかし多くの疾病で組織硬さの変化は、せん断波の伝播速度変化に換算して15%程度と小さい場合もあり、5%以下の誤差で測定できる方法が求められています。

我々の研究室では安全性の高い連続的なせん断波を用い、生体組織中を伝わるせん断波を簡便かつ実時間で映像化するCD SWI (Color Doppler Shear Wave Imaging) 法と名付けた方法の研究に取り組んでいます。この方法は、もともと血流計測のために開発された超音波カラーフロー画像作成用の信号処理が、特定条件下で、せん断波の波面を直接再生できることに基づく方法で、通常のエコー装置を用いてせん断波の波面観測が出来るので映像システムが非常に低廉に実現できること、機械的な加振により生体内に励起されるせん断波を使うので、従来のSWE法のような強力な超音波照射が不要で生体組織に対して高い安全性を有していること、など優れた特徴が期待できます。

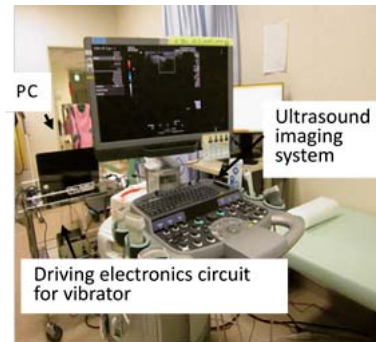


図2 乳腺の映像化実験の様子

図2は群馬大学倫理委員会の承認を得て行った乳腺の映像化実験の写真です。せん断波は小型のリニア振動アクチュエータを用いて励振しており、周波数は276.5Hzです。振動振幅は最大1mm程度ですので、痛みや苦痛はありません。

図3は、この方法を用いて映像化した乳腺の画像例です。左図が乳癌の画像例、右図が正常乳腺の画像例で、乳腺中を伝わっていくせん断波の様子を波面として表示しています。癌組織の付近で、せん断波は速度を増し（組織が硬いことに相当）かつ、せん断波が硬い癌部分で屈折し複雑に伝播している様子がわかります。

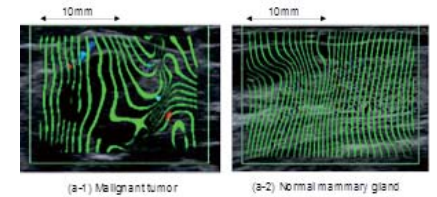


図3 乳腺の画像例。左図が乳癌での画像、右図が正常乳腺での画像。乳腺内を伝わるせん断波の波面を映像化した

特徴と強み

本研究室では、映像化の理論、実験装置、信号処理法のすべてを自作していることを特徴としています。このため、既存装置の制約にとらわれない計測や映像化技術の開発が可能です。

今後の展開

医療や福祉介護のニーズを捉えて、新しい医用診断技術や、福祉介護で活用出来るシステムの研究開発を今後も積極的に進めていきます。またせん断波を使った物体内部の硬さ計測は、医療分野にとどまらず、食品やゲルレオロジーなどでの新規応用も期待できます。これらについても精力的に取り組んでいく予定です。