

氏名(本籍)	やま かわ まこと 山 川 誠(福井県)
学位の種類	博士(工学)
学位記番号	博甲第2910号
学位授与年月日	平成14年3月25日
学位授与の要件	学位規則第4条第1項該当
審査研究科	工学研究科
学位論文題目	超音波による組織弾性映像システムの開発と評価
主査	筑波大学教授 工学博士 椎名 毅
副査	筑波大学教授 工学博士 板橋 秀一
副査	筑波大学教授 工学博士 斎藤 恒雄
副査	筑波大学教授 工学博士 永井 啓之亮
副査	筑波大学助教授 工学博士 山海 嘉之

論文の内容の要旨

組織の弾性特性はその病理状態と深く関連しているため、組織弾性特性を映像化することにより新しい組織性状情報に基づいた診断が可能になると期待されている。そして、その適用範囲は乳がんや甲状腺がんなどの硬化性がんや肝硬変、さらには動脈硬化症など幅広い。そのため、組織の弾性特性を画像化する研究は現在盛んに研究されている。

本研究では、臨床応用の際に要求されるリアルタイム性および軽便性の観点から、超音波を用いた組織弾性映像システムの開発を試みた。

まず、静的な組織圧縮により、組織圧縮前と後に計測された超音波エコー信号から組織内部の局所的な収縮率、即ち歪み分布を推定する。組織歪み分布を推定する主な手法としては空間相関を基にしたものとドプラの原理を基にしたものがあるが、それぞれに一長一短があり現状では臨床応用に耐えられるものではない。また、これらの手法の長所を組み合わせた“複合自己相関法”が提案されているが、超音波プローブの横ずれの影響を受け易い問題が残されていた。このため、本研究ではこの点を克服した“拡張複合自己相関法”を開発した。

また、歪みは組織弾性特性を示す1つのパラメータではあるが、圧縮の程度や境界条件によって変化する相対的なものである。そこで、さらに定量的な評価のためには、組織に固有な弾性係数分布の推定が必要である。弾性係数は内部に生じた応力と歪みから求められるが、組織内部の応力分布を直接計測することは難しいため、推定した歪み分布と境界条件等から組織の弾性係数分布を逆問題的に再構成することになる。従来法の多くは平面歪み状態や平面応力状態を仮定した2次元のものであるため、本来3次元構造をなす生体組織では弾性係数分布を過小評価する恐れがある。そこで、本研究では3次元のつりあい方程式に基づいた弾性係数分布再構成法を提案した。

さらに、提案した拡張複合自己相関法と弾性係数分布再構成法の有効性をシミュレーションにより評価し、次に生体組織を模擬したファントムや乳癌の摘出組織、*in vivo*での乳癌患者の計測をとおして本提案手法の有効性および実用性を検証した。さらに、提案手法を組み込んだ組織弾性映像システムを開発し、その有効性の評価をファントム実験、*in vitro*実験、*in vivo*実験を通して行った。その結果、本提案手法および提案システムは、空間分解能、測定精度、処理速度などの点で、臨床応用に耐えられるだけの性能を持っていることが確認された。

今後の課題としては、現在オフラインで行っている処理のリアルタイム化に向けたシステムの開発と臨床計測による診断基準の確立などが挙げられる。

審査の結果の要旨

がんの早期診断などへの利用が期待される新しい診断情報として、組織弾性イメージングを行う手法を提案し、数値解析、実験、さらに試験装置を構成し組織計測を行うことにより実用性を検証している。処理速度、測定精度、安定性などに関し、従来法の問題点を克服し、実用性の高い手法を開発した点に新規性と有用性が認められる。パラメータの最適化など、今後検討すべき点を残しているが、本研究は臨床適用可能な装置開発の基礎固めを行ったものとして高く評価できる。

よって、著者は博士（工学）の学位を受けるに十分な資格を有するものと認める。