

研究概要報告書

資料 - 13

( 1/1 )

研究題名	高速度超音波差分断層法 (High-speed DSE) の開発	報告書作成者	石原 謙
研究従事者	石原 謙		
研究目的	<p>超音波断層法の空間分解能は、臨床用の2-7MHzの探触子では約1-3 mmが限度で、生体組織の微小な変位の計測が出来ないことが大きな欠点であった。この動的空間分解能（変位検出能）を 50 μm以下にまで改善することを本研究の目的とした。その成果として、微小変位を検出することにより、1)動脈硬化における局所血管弾性の2次元診断や、2)心室性期外収縮の発生源の可視化、あるいは3)肝臓などの組織性状診断など、従来いかなる方法でも不可能であった医学情報を得ること。</p>		
研究内容	<p>本研究の特徴は二点ある。理論的にはこれまで統計的・確率的ノイズとされてきた超音波断層像上の斑点状反射 つまりspeckleがノイズではなく超音波送受系を電氣的にも機械的にも高精度に安定させると微小変位の情報をも含んだ極めて重要な画像情報であることを発見したことと、工学的にはこのspeckleからの情報を 高速度撮影した超音波Bモード断層像の差分抽出と画像処理により画像化する高速度超音波差分断層法 (High-speed Digital Subtraction Echography: High-speed DSE) の概念を確立したことである。その概要については日本超音波医学会や日本ME学会において報告してきたが、本研究の結果、従来物理学的に不可能とされてきた超音波波長以下の僅かな変位も超音波反射強度の差として検出可能となった。本研究においては、これまでの基礎研究の継続と、これまで抽出してきた医用画像は専門医のみが判読可能であったものを、一般の医師にも診断可能とするための各種画像処理を行なうことを主たる研究内容とし、重要でありながら不可視であった医学情報を一般臨床医に広く利用可能とすることを試みた。</p>		

様式-9

【High-speed DSE法の原理】

High-Speed DSEの本研究の基礎となる原理は、時間的に連続する高速度超音波Bモード断層像の各frameを参照画像および被参照画像として各画素毎にdigital subtractionしその差を抽出するものである。一枚の断層像では走査超音波ビームの感度の重なりにより微小な対象物体でもその超音波画像は近接する画素に広がり、Bモード断層法の画像上でみると空間分解能が不十分である。しかし超音波断層像の各画素の輝度は、対象物体の音響インピーダンスと位置の変化に応じて無限の階調性を持つ。そこで連続する断層撮影像の時間的な隣接画像どうしをsubtractionし、対応する画像間で各画素毎の超音波の輝度信号の差を抽出し、これを強調する高精度なコントラスト分解を行なうと超音波断層法の変位検出能を著しく改善しすることが可能となる。これにより超音波波長以下の変位も描出し得、基礎実験において50 $\mu$ mの変位を可視化し超音波画像診断の従来の常識を覆した。

単純抽出したHigh-speed DSE画像では、高密度階調（実際の装置では高輝度即ち白）はその画素の超音波後方散乱強度が増加した変位部分を示し、低密度階調（実際の装置では低輝度即ち黒）は超音波後方散乱が減少した部分を表す。同一輝度のまま経時的に変化しない構造物はバックグラウンドのグレイのまま描出されない。

【High-speed DSE法の変位分解能の現状と展望】

従来の辺縁抽出による変位検出では、超音波画像の辺縁が画面の数画素にわたり緩やかな輝度変化を示すため、使用超音波の波長の数倍程度に相当する画素間隔以上の変位しか検出できなかったのに対して、High-speed DSEでは従来の超音波法の変位検出の約100倍程度の精度までを実現し得る。ただこれまでの基礎研究では、差分成分のみが白黒画像で抽出されていたため解析には詳しい撮像条件と専門的な解剖学的知識が必要であった。これまで日本超音波医学会などにおいて基礎的成果を報告した際の講演でも、生の差分成分の白黒表示では、重要な医学情報にもかかわらず、すぐには正確な部位や心時相を理解し難いことが実状であった。

【High-speed DSE法の変位分解能利用のための表示改善】

そこで本研究においては、分かりやすい表示法を各種検討した。現有のHigh-Speed DSEのシステムと、表示法検討のための画像処理系（S-VHS VTR、画像モニタ、コンピュータ）で、超音波画像とHigh-Speed DSE画像のカラー化重畳表示、優先表示、補間、平滑化、時系列によるカラー化などを試み、臨床医に分かりやすく扱い易い表示法を検討した。

表示法の改善にて、一目で生体の微小変位を理解出来るようにしたところ、High-Speed DSEの能力はペースメーカー機能や不整脈発生源など本邦で近年増加の一途をたどっている心疾患の診断にきわめて有用と思われた。また、動脈硬化の局所診断あるいは微小変位からする組織性状診断等にも威力を発揮することが期待された。

さらに血中の超音波散乱体に適用すると血流の流線までも二次元上で可視化し得、新しい血流計測法となり得ることも明かとなった。

(注： フローチャート図，ブロック図，構成図，写真，データ表，グラフ等 研究内容の補足説明に御使用下さい)

様式-10