

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第6533984号
(P6533984)

(45) 発行日 令和1年6月26日 (2019.6.26)

(24) 登録日 令和1年6月7日 (2019.6.7)

(51) Int.Cl.

A 6 1 B 8/08 (2006.01)

F 1

A 6 1 B 8/08

請求項の数 6 (全 19 頁)

(21) 出願番号 特願2015-132035 (P2015-132035)
 (22) 出願日 平成27年6月30日 (2015.6.30)
 (65) 公開番号 特開2017-12427 (P2017-12427A)
 (43) 公開日 平成29年1月19日 (2017.1.19)
 審査請求日 平成30年5月15日 (2018.5.15)

(73) 特許権者 000243364
 本多電子株式会社
 愛知県豊橋市大岩町字小山塚20番地
 (73) 特許権者 304021831
 国立大学法人千葉大学
 千葉県千葉市稲毛区弥生町1番33号
 (74) 代理人 100114605
 弁理士 渥美 久彦
 (72) 発明者 小林 和人
 愛知県豊橋市大岩町小山塚20番地 本多
 電子株式会社内
 (72) 発明者 山口 匡
 千葉県千葉市稲毛区弥生町1番33号 国
 立大学法人千葉大学工学部内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 超音波診断装置、超音波画像解析方法、超音波感染解析方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

生体組織に対して照射された超音波の反射波から取得した反射波信号に基づいて、前記生体組織の断層画像を得る超音波診断装置において、

前記断層画像内の少なくとも一部に解析領域を設定する解析領域設定手段と、

前記解析領域における前記生体組織からの複数の反射波信号を取得し、それら反射波信号の強度データを演算により求める信号強度演算手段と、

前記強度データから振幅確率密度分布を演算により求める振幅確率密度分布演算手段と

、
 前記振幅確率密度分布に基づいて、前記生体組織において反射源となる散乱体の密度を推定する密度推定手段と、

前記振幅確率密度分布に基づいて、前記反射源となる散乱体の大きさを推定するサイズ推定手段と、

前記密度推定手段及び前記サイズ推定手段の少なくとも一方の推定結果に基づいて、前記生体組織の性状を解析する組織性状解析手段と
 を備え、

前記振幅確率密度分布演算手段は、形状パラメータを含んで表現された理論式にさらに尺度パラメータを追加してなる一般化仲上分布であって、前記振幅確率密度分布に従うものを演算により求め、その求められた一般化仲上分布についての前記形状パラメータ及び前記尺度パラメータを算出し、

10

20

前記密度推定手段は、前記形状パラメータ及び前記尺度パラメータのうちの少なくとも一方に基づいて、前記散乱体の密度を推定することを特徴とする超音波診断装置。

【請求項 2】

前記解析領域が複数のブロックに分割されており、前記密度推定手段は、前記複数のブロック毎に、前記一般化仲上分布についての前記形状パラメータ及び前記尺度パラメータを算出し、

前記断層画像上において、前記複数のブロック毎に前記形状パラメータ及び前記尺度パラメータのいずれか一方のパラメータをその値に応じたカラーで表示して画像化するパラメトリックイメージング手段を備えた

請求項 1 に記載の超音波診断装置。

10

【請求項 3】

前記振幅確率密度分布演算手段は、分散の異なる複数のレイリー分布を足し合わせてなるマルチレイリー分布であって、前記振幅確率密度分布に従うものを演算により求め、その求められたマルチレイリー分布についての前記複数のレイリー分布の混在率を示す混在率パラメータを算出し、

前記サイズ推定手段は、前記混在率パラメータに基づいて、前記散乱体の大きさを推定する

請求項 1 に記載の超音波診断装置。

【請求項 4】

20

体表組織における創傷を含む組織に対して照射された超音波の反射波から取得した反射波信号に基づいて、前記創傷を含む組織の断層画像を得る超音波診断装置において、

前記断層画像内の少なくとも一部に解析領域を設定する解析領域設定手段と、

前記解析領域における前記創傷を含む組織からの複数の反射波信号を取得し、それら反射波信号の強度データを演算により求める信号強度演算手段と、

前記強度データから振幅確率密度分布を演算により求める振幅確率密度分布演算手段と

、
前記振幅確率密度分布に基づいて、前記創傷を含む組織において反射源となる散乱体の密度を推定する密度推定手段と、

前記振幅確率密度分布に基づいて、前記反射源となる散乱体の大きさを推定するサイズ推定手段と、

30

前記密度推定手段及び前記サイズ推定手段の少なくとも一方の推定結果に基づいて、前記創傷を含む組織における感染の有無または感染レベルを解析する組織性状解析手段とを備える超音波診断装置。

【請求項 5】

生体組織に対して照射された超音波の反射波から取得した反射波信号に基づいて、前記生体組織の断層画像を得るとともに、その断層画像を解析する方法において、

前記断層画像内の少なくとも一部に解析領域を設定する解析領域設定ステップと、

前記解析領域における前記生体組織からの複数の反射波信号を取得し、それら反射波信号の強度データを演算により求める信号強度演算ステップと、

40

前記強度データから振幅確率密度分布を演算により求める振幅確率密度分布演算ステップと、

前記振幅確率密度分布に基づいて、前記生体組織において反射源となる散乱体の密度を推定する密度推定ステップと、

前記振幅確率密度分布に基づいて、前記反射源となる散乱体の大きさを推定するサイズ推定ステップと、

前記密度推定ステップ及び前記サイズ推定ステップの少なくとも一方にて得た推定結果に基づいて、前記生体組織の断層画像を解析する画像解析ステップとを含み、

前記振幅確率密度分布演算ステップでは、形状パラメータを含んで表現された理論式に

50

さらに尺度パラメータを追加してなる一般化仲上分布であって、前記振幅確率密度分布に従うものを演算により求め、その求められた一般化仲上分布についての前記形状パラメータ及び前記尺度パラメータを算出し、

前記密度推定ステップでは、前記形状パラメータ及び前記尺度パラメータのうちの少なくとも一方に基づいて、前記散乱体の密度を推定することを特徴とする超音波画像解析方法。

【請求項 6】

体表組織における創傷を含む組織に対して照射された超音波の反射波から取得した反射波信号に基づいて、前記創傷を含む組織の断層画像を得るとともに、その断層画像の解析を通じて前記創傷を含む組織における感染の有無または感染レベルを解析する方法において、

前記断層画像内の少なくとも一部に解析領域を設定する解析領域設定ステップと、

前記解析領域における前記創傷を含む組織からの複数の反射波信号を取得し、それら反射波信号の強度データを演算により求める信号強度演算ステップと、

前記強度データから振幅確率密度分布を演算により求める振幅確率密度分布演算ステップと、

前記振幅確率密度分布に基づいて、前記創傷を含む組織において反射源となる散乱体の密度を推定する密度推定ステップと、

前記振幅確率密度分布に基づいて、前記反射源となる散乱体の大きさを推定するサイズ推定ステップと、

前記密度推定ステップ及び前記サイズ推定ステップの少なくとも一方にて得た推定結果に基づいて、前記創傷を含む組織の断層画像を解析し、前記創傷を含む組織における感染の有無または感染レベルを解析する画像解析ステップとを含む超音波感染解析方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、超音波を用いて生体組織の断層画像を得る超音波診断装置、及び断層画像の画像解析を行う超音波画像解析方法、超音波感染解析方法に関するものである。

【背景技術】

【0002】

従来、医療画像をディスプレイに表示して医療画像診断を行う装置として、例えば超音波診断装置が実用化されている。超音波診断装置は、生体組織に対して超音波を送受信して超音波画像（例えば、Bモードによる断層画像）を表示させるものであり、患部の状態をリアルタイムで見ることができる。この超音波診断装置は、X線診断装置、X線CTスキャナ、MRI装置などの他の診断装置と比較して、比較的安価で小型の装置として実現可能であり、X線などの被爆がないといったメリットも有している。

【0003】

また、超音波診断装置を用い、生体組織の組織性状を定量解析するための一手法として、超音波のエコー信号（反射波信号）の振幅分布特性に着目した手法が提案されている（例えば、特許文献1参照）。特許文献1では、肝臓の断層画像を取得する際に得られるエコー信号の強度データに基づいて、確率密度分布を演算して、肝臓の組織性状の定量解析が行われている。具体的には、肝臓の正常組織は、均質な構造をしているため、強度データである振幅値の確率密度分布 $P(x)$ は、次式(1)に示すレイリー分布によって近似することができる。

【数1】

$$P(x) = \frac{x}{\sigma^2} e^{\left(\frac{-x^2}{2\sigma^2}\right)} \quad \dots (1)$$

10

20

30

40

50

【 0 0 0 4 】

なお、式 (1) において、 σ^2 は分散を表す。

【 0 0 0 5 】

一方、肝臓の病変部である線維組織は、不均質な構造をとるため、その組織から得られる強度データの確率密度分布は、レイリー分布から外れる。従って、被検体の生体組織から得られた強度データの確率密度分布を正常の生体組織から得られた基準となる確率密度分布 (レイリー分布) と比較し、その誤差を組織性状の定量情報とする。そして、超音波診断装置のディスプレイに、組織性状の定量情報や確率密度分布の曲線を断層画像とともに表示することにより、組織性状が定量解析される。

【 0 0 0 6 】

このような肝臓組織の他にも、心臓、腎臓、脾臓などの生体組織に関して、散乱体分布の均質・不均質性の指標化を行う統計モデルは様々検討されている。

【 先行技術文献 】

【 特許文献 】

【 0 0 0 7 】

【 特許文献 1 】 特開 2 0 0 1 - 2 3 8 8 8 4 号公報

【 発明の概要 】

【 発明が解決しようとする課題 】

【 0 0 0 8 】

ところで、体表組織における創傷は、目視で直接確認することができるため、超音波診断装置を用いて組織性状を定量解析するための統計モデルは検討されていない。しかし、体表組織における創傷は、ウイルスや細菌などの微生物が付着して感染症を引き起こす場合がある。この感染症を引き起こした感染創傷、非感染の創傷 (感染症のない単なる傷) 及び定着細菌が認められ、適切な処置を欠くと感染創傷に移行が懸念される状態の創傷 (クリティカルコロナイゼーション創) を、創傷感染の初期段階において目視で的確に判別することは困難である。創傷感染の発見が遅れて感染が進行すると、細菌などが繁殖して組織が破壊され、その治癒が困難となってしまう。このため、創傷の感染レベルを正確に評価し、感染レベルに応じた適切な治療やケアを行う必要がある。しかしながら、従来では、創傷の感染の有無を判別するためには、培養検査などの微生物学的検査や血液検査などを行う必要があり、検査時間がかかってしまうといった問題や、診察対象の創傷以外の体の健康状態にも影響を受け得るため、検査結果が当該創傷の状態を示すものであるかの判断に必ずしも結びつかないという臨床上的の問題もあった。

【 0 0 0 9 】

このため、本発明者らは、特許文献 1 等の開示されている従来の解析手法を創傷の感染診断に応用し、創傷を含む組織の定量解析を試みたが、その手法では創傷の感染の有無や感染レベルを十分に解析することはできなかった。

【 0 0 1 0 】

なお、上記では創傷感染に関する説明を行ったが、創傷を含む生体組織以外についても、病気等の早期の発見や治療を行うために、超音波診断装置を用いて組織性状を解析することが可能な新たな解析手法が望まれている。

【 0 0 1 1 】

本発明は上記の課題に鑑みてなされたものであり、その目的の 1 つは、超音波を用いて生体組織の性状を解析することができ、病変部の進行レベルを把握することができる超音波診断装置を提供することにある。また、その他の目的は、超音波照射により得た生体組織の断層画像に基づいて、生体組織を構成する散乱体の密度や大きさを推定することにより、断層画像を精度よく定量的に解析することができる超音波画像解析方法を提供することにある。

【 課題を解決するための手段 】

【 0 0 1 2 】

上記課題を解決するための手段 (手段 1) としては、生体組織に対して照射された超音

10

20

30

40

50

波の反射波から取得した反射波信号に基づいて、前記生体組織の断層画像を得る超音波診断装置において、前記断層画像内の少なくとも一部に解析領域を設定する解析領域設定手段と、前記解析領域における前記生体組織からの複数の反射波信号を取得し、それら反射波信号の強度データを演算により求める信号強度演算手段と、前記強度データから振幅確率密度分布を演算により求める振幅確率密度分布演算手段と、前記振幅確率密度分布に基づいて、前記生体組織において反射源となる散乱体の密度を推定する密度推定手段と、前記振幅確率密度分布に基づいて、前記反射源となる散乱体の大きさを推定するサイズ推定手段と、前記密度推定手段及び前記サイズ推定手段の少なくとも一方の推定結果に基づいて、前記生体組織の性状を解析する組織性状解析手段とを備え、前記振幅確率密度分布演算手段は、形状パラメータを含んで表現された理論式にさらに尺度パラメータを追加してなる一般化仲上分布であって、前記振幅確率密度分布に従うものを演算により求め、その求められた一般化仲上分布についての前記形状パラメータ及び前記尺度パラメータを算出し、前記密度推定手段は、前記形状パラメータ及び前記尺度パラメータのうちの少なくとも一方に基づいて、前記散乱体の密度を推定することを特徴とする超音波診断装置がある。

10

【0013】

従って、手段1に記載の超音波診断装置によると、解析領域設定手段により、断層画像内の少なくとも一部に解析領域が設定される。その後、信号強度演算手段により、解析領域における生体組織からの複数の反射波信号が取得され、それら反射波信号の強度データが演算により求められる。そして、振幅確率密度分布演算手段により、複数の強度データから振幅確率密度分布が演算により求められる。生体組織が正常組織から病変組織に変化したり病変組織の感染が進行したりする場合、生体組織の性状（具体的には、生体組織を構成する散乱体の密度や大きさ）が変化する。従って、本発明では、密度推定手段により、振幅確率密度分布に基づいて、生体組織において反射源となる散乱体の密度が推定される。また、サイズ推定手段により、振幅確率密度分布に基づいて、散乱体の大きさが推定される。そして、組織性状解析手段では、それら密度や大きさの少なくとも一方の推定結果に基づいて、生体組織の性状が解析される。このように、本発明によると、超音波を利用して生体組織の性状を解析することにより、病変部における感染の有無やその進行レベルなどを把握することができる。

20

【0015】

また、手段1の超音波診断装置によると、振幅確率密度分布演算手段により、複数の強度データの振幅確率密度分布が一般化仲上分布にフィッティングされ、形状パラメータ及び尺度パラメータが算出される。そして、密度推定手段により、それら形状パラメータ及び尺度パラメータのうちの少なくとも一方に基づいて、散乱体の密度が推定される。具体的には、一般化仲上分布に従う確率密度分布 $P(x)$ は次式(2)にて定義される。

30

【0016】

なお、式(2)において、 x は振幅包絡、 Γ はガンマ関数、 m は形状パラメータ、 s は尺度パラメータ、 Ω は振幅包絡の偏差の2乗である。

【0017】

また、仲上分布に従う確率密度分布 $P(x)$ は、次式(3)にて定義される。

40

【数3】

$$p(x) = \frac{2m^m}{\Gamma(m)\Omega^m} x^{(2m-1)} e^{-\left(\frac{m}{\Omega}\right)x^2} \quad \dots (3)$$

【0018】

つまり、式(2)にて表される一般化仲上分布は、形状パラメータ m を含んで表現された仲上分布の論理式(3)に対して尺度パラメータ s を追加してなる。

【0019】

振幅確率密度分布が式(2)の一般化仲上分布に従う場合、散乱体の密度が大きくなる

50

に従い、形状パラメータ m は小さくなり、尺度パラメータ s は大きくなる。また、各パラメータ m , s の値に応じて、均質または不均質、高散乱体密度または低散乱体密度を反映した分散特性を持つ。このため、各パラメータ m , s の値に応じて、散乱体の密度を推定することができ、その密度に応じて生体組織における性状変化を解析することができる。

【 0 0 2 0 】

前記振幅確率密度分布演算手段は、分散の異なる複数のレイリー分布を足し合わせてなるマルチレイリー分布であって、前記振幅確率密度分布に従うものを演算により求め、その求められたマルチレイリー分布についての前記複数のレイリー分布の混在率を示す混在率パラメータを算出し、前記サイズ推定手段は、前記混在率パラメータに基づいて、前記散乱体の大きさを推定してもよい。

10

【 0 0 2 1 】

従って、上記超音波診断装置によると、振幅確率密度分布演算手段により、複数の強度データの振幅確率密度分布がマルチレイリー分布にフィッティングされ、混在率パラメータが算出される。そして、サイズ推定手段により、その混在率パラメータに基づいて、散乱体の大きさが推定される。具体的には、例えば2成分モデルのマルチレイリー分布 P_{2mix} は、次式(4)にて定義されるとともに、3成分モデルのマルチレイリー分布 P_{3mix} は、次式(5)にて定義される。

【数4】

$$p_{2mix} = (1 - \alpha) P_{nor}(x) + \alpha P_{dis}(x) \quad \dots (4)$$

20

【 0 0 2 2 】

なお、式(5)において、 P_{nor} は正常組織のレイリー分布であり、 P_{dis} は病変組織のレイリー分布である。また、 α は混在率パラメータである。

【数5】

$$p_{3mix} = \alpha_L P_L(x) + \alpha_M P_M(x) + \alpha_H P_H(x) \quad \dots (5)$$

【 0 0 2 3 】

なお、式(5)において、 P_L は低分散のレイリー分布であり、 P_M は中分散のレイリー分布であり、 P_H は高分散のレイリー分布である。また、 α_L , α_M , α_H は、混在率パラメータである。

30

【 0 0 2 4 】

ここで、正常組織や病変組織の複数のサンプルを用いた評価を行い、生体組織において正常組織や病変組織における散乱体の大きさに対応したレイリー分布を予め取得しておく。この場合、推定された散乱体の大きさに基づいて、その大きさに対応する生体組織が病変組織か否かを判別することが可能となる。また、混在率パラメータに基づいて、解析領域における正常組織及び病変組織の存在率を確認することができるため、病気の進行レベル等を把握することができる。

【 0 0 2 5 】

前記解析領域が複数のブロックに分割されており、前記密度推定手段は、前記複数のブロック毎に、前記一般化仲上分布についての前記形状パラメータ及び前記尺度パラメータを算出し、前記断層画像上において、前記複数のブロック毎に前記形状パラメータ及び前記尺度パラメータのいずれか一方のパラメータをその値に応じたカラーで表示して画像化するパラメトリックイメージング手段を備えていてもよい。

40

【 0 0 2 6 】

従って、上記超音波診断装置によると、解析領域の各ブロックにおいて、パラメトリックイメージング手段により、形状パラメータ及び尺度パラメータのいずれか一方のパラメータがその値に応じてカラーで表示される。一般化仲上分布の形状パラメータ及び尺度パラメータは密度に関連して変化するパラメータであるため、解析領域の各ブロックの表示色を見ることにより、解析領域における密度分布を容易に確認することができる。このた

50

め、密度に応じた生体組織における性状変化を視覚的に把握することができる。

【0027】

前記生体組織は、体表組織における創傷を含む組織であり、前記組織性状解析手段は、前記密度推定手段及び前記サイズ推定手段の少なくとも一方の推定結果に基づいて、前記創傷を含む組織における感染の有無または感染レベルを解析してもよい。

【0028】

従って、上記超音波診断装置によると、散乱体の密度及び大きさのいずれか一方の推定結果に基づいて、創傷を含む組織における感染の有無または感染レベルを解析することが可能となる。

【0029】

前記生体組織は、体表組織における創傷を含む組織であり、前記組織性状解析手段は、前記密度推定手段及び前記サイズ推定手段の両方の推定結果に基づいて、前記創傷を含む組織における感染の有無または感染レベルを解析してもよい。

【0030】

従って、上記超音波診断装置によると、散乱体の密度及び大きさの両方の推定結果に基づいて、創傷を含む組織における感染の有無または感染レベルをより確実に解析することが可能となる。

【0031】

また、上記課題を解決するための別の手段（手段2）としては、生体組織に対して照射された超音波の反射波から取得した反射波信号に基づいて、前記生体組織の断層画像を得るとともに、その断層画像を解析する方法において、前記断層画像内の少なくとも一部に解析領域を設定する解析領域設定ステップと、前記解析領域における前記生体組織からの複数の反射波信号を取得し、それら反射波信号の強度データを演算により求める信号強度演算ステップと、前記強度データから振幅確率密度分布を演算により求める振幅確率密度分布演算ステップと、前記振幅確率密度分布に基づいて、前記生体組織において反射源となる散乱体の密度を推定する密度推定ステップと、前記振幅確率密度分布に基づいて、前記反射源となる散乱体の大きさを推定するサイズ推定ステップと、前記密度推定ステップ及び前記サイズ推定ステップの少なくとも一方にて得た推定結果に基づいて、前記生体組織の断層画像を解析する画像解析ステップとを含み、前記振幅確率密度分布演算ステップでは、形状パラメータを含んで表現された理論式にさらに尺度パラメータを追加してなる一般化仲上分布であって、前記振幅確率密度分布に従うものを演算により求め、その求められた一般化仲上分布についての前記形状パラメータ及び前記尺度パラメータを算出し、前記密度推定ステップでは、前記形状パラメータ及び前記尺度パラメータのうちの少なくとも一方に基づいて、前記散乱体の密度を推定することを特徴とする超音波画像解析方法がある。

【0032】

従って、手段2に記載の超音波画像解析方法によると、解析領域設定ステップにおいて、断層画像内の少なくとも一部に解析領域が設定される。その後、信号強度演算ステップにおいて、解析領域における生体組織からの複数の反射波信号が取得され、それら反射波信号の強度データが演算により求められる。そして、振幅確率密度分布演算ステップにおいて、複数の強度データから振幅確率密度分布が演算により求められる。その後、密度推定ステップにおいて、振幅確率密度分布に基づいて、生体組織において反射源となる散乱体の密度が推定される。また、サイズ推定ステップにおいて、振幅確率密度分布に基づいて、散乱体の大きさが推定される。そして、組織性状解析手段では、それら密度や大きさの少なくとも一方の推定結果に基づいて、生体組織の断層画像が解析される。このように、本発明によると、散乱体の密度や大きさの推定により生体組織の断層画像を精度よく定量的に解析することができ、ひいては生体組織の性状を視覚的に解析することができる。

また、上記課題を解決するための別の手段（手段3）としては、体表組織における創傷を含む組織に対して照射された超音波の反射波から取得した反射波信号に基づいて、前記創傷を含む組織の断層画像を得る超音波診断装置において、前記断層画像内の少なくとも

10

20

30

40

50

一部に解析領域を設定する解析領域設定手段と、前記解析領域における前記創傷を含む組織からの複数の反射波信号を取得し、それら反射波信号の強度データを演算により求める信号強度演算手段と、前記強度データから振幅確率密度分布を演算により求める振幅確率密度分布演算手段と、前記振幅確率密度分布に基づいて、前記創傷を含む組織において反射源となる散乱体の密度を推定する密度推定手段と、前記振幅確率密度分布に基づいて、前記反射源となる散乱体の大きさを推定するサイズ推定手段と、前記密度推定手段及び前記サイズ推定手段の少なくとも一方の推定結果に基づいて、前記創傷を含む組織における感染の有無または感染レベルを解析する組織性状解析手段とを備える超音波診断装置がある。

また、上記課題を解決するための別の手段（手段４）としては、体表組織における創傷を含む組織に対して照射された超音波の反射波から取得した反射波信号に基づいて、前記創傷を含む組織の断層画像を得るとともに、その断層画像の解析を通じて前記創傷を含む組織における感染の有無または感染レベルを解析する方法において、前記断層画像内の少なくとも一部に解析領域を設定する解析領域設定ステップと、前記解析領域における前記創傷を含む組織からの複数の反射波信号を取得し、それら反射波信号の強度データを演算により求める信号強度演算ステップと、前記強度データから振幅確率密度分布を演算により求める振幅確率密度分布演算ステップと、前記振幅確率密度分布に基づいて、前記創傷を含む組織において反射源となる散乱体の密度を推定する密度推定ステップと、前記振幅確率密度分布に基づいて、前記反射源となる散乱体の大きさを推定するサイズ推定ステップと、前記密度推定ステップ及び前記サイズ推定ステップの少なくとも一方にて得た推定結果に基づいて、前記創傷を含む組織の断層画像を解析し、前記創傷を含む組織における感染の有無または感染レベルを解析する画像解析ステップとを含む超音波感染解析方法がある。

【発明の効果】

【００３３】

以上詳述したように、手段１、３に記載の発明によると、超音波を用いて生体組織の性状を解析することができ、病変部の進行レベルを把握することができる。また、手段２に記載の発明によると、超音波照射により得た生体組織の断層画像に基づいて、生体組織を構成する散乱体の密度や大きさを推定することにより、断層画像を精度よく定量的に解析することができる。また、手段４に記載の発明によると、散乱体の密度及び大きさのいずれか一方の推定結果に基づいて、創傷を含む組織における感染の有無または感染レベルを精度よく解析することが可能となる。

【図面の簡単な説明】

【００３４】

【図１】一実施の形態の超音波診断装置の概略構成を示す正面図。

【図２】一実施の形態の超音波診断装置の電氣的構成を示すブロック図。

【図３】生体組織の断層画像を示す説明図。

【図４】正常モデルにおける振幅確率密度分布と各統計モデルとの一致度を示すグラフ。

【図５】クリティカルコロナイゼーションモデルにおける振幅確率密度分布と各統計モデルとの一致度を示すグラフ。

【図６】感染モデルにおける振幅確率密度分布と各統計モデルとの一致度を示すグラフ。

【図７】散乱体密度と形状パラメータ m 及び尺度パラメータ s との関係を示すグラフ。

【図８】解析領域における解析窓の走査を説明するための説明図。

【図９】パラメトリックイメージングの表示例を示す説明図。

【図１０】コントローラが実行する解析処理を示すフローチャート。

【図１１】複数のレイリー分布を足し合わせてなるマルチレイリー分布を説明するためのグラフ。

【発明を実施するための形態】

【００３５】

以下、本発明を超音波診断装置に具体化した一実施の形態を図面に基づき詳細に説明す

10

20

30

40

50

る。図 1 は、本実施の形態の超音波診断装置 1 を示す正面図であり、図 2 は、その超音波診断装置 1 の電氣的構成を示すブロック図である。

【 0 0 3 6 】

図 1 及び図 2 に示されるように、超音波診断装置 1 は、診断装置本体 2 と、信号ケーブル 3 を介して診断装置本体 2 に接続される超音波プローブ 4 とを備えている。超音波プローブ 4 は、リニア式電子走査を行うためのリニアプローブであり、例えば、11MHz の超音波を直線状に走査する。超音波プローブ 4 のプローブヘッド 5 は、その先端部に一次元的に並べて配列した複数の超音波振動子 6 を有し、ゲルパッド 9 を介して生体組織 8 に先端部を接触させた状態で超音波を送受信する。

【 0 0 3 7 】

診断装置本体 2 は、コントローラ 10、パルス発生回路 11、送信回路 12、受信回路 13、信号処理回路 14、画像処理回路 15、解析回路 16、メモリ 17、記憶装置 18、入力装置 19、表示装置 20 等を備える。コントローラ 10 は、周知の中央処理装置 (CPU) を含んで構成されており、メモリ 17 を利用して制御プログラムを実行し、装置全体を統括的に制御する。

【 0 0 3 8 】

パルス発生回路 11 は、コントローラ 10 からの制御信号に応答して動作し、所定周期のパルス信号を生成して出力する。送信回路 12 は、超音波プローブ 4 における超音波振動子 6 の素子数に対応した複数の遅延回路 (図示略) を含み、パルス発生回路 11 から出力されるパルス信号に基づいて、各超音波振動子 6 に応じて遅延させた駆動パルスを出力する。各駆動パルスの遅延時間は、超音波プローブ 4 から出力される超音波が所定の照射点で焦点を結ぶように設定されている。なお、本実施の形態における超音波プローブ 4 の焦点の深度は、例えば 18mm 程度である。

【 0 0 3 9 】

受信回路 13 は、図示しない信号増幅回路、遅延回路、整相加算回路を含む。この受信回路 13 では、超音波プローブ 4 における各超音波振動子 6 で受信された各反射波信号 (エコー信号) が増幅されるとともに、受信指向性を考慮した遅延時間が各反射波信号に付加された後、整相加算される。この加算によって、各超音波振動子 6 の受信信号の位相差が調整される。

【 0 0 4 0 】

信号処理回路 14 は、図示しない対数変換回路、包絡線検波回路、A/D 変換回路などから構成されている。信号処理回路 14 における対数変換回路は反射波信号を対数変換し、包絡線検波回路は対数変換回路の出力信号の包絡線を検波する。また、A/D 変換回路は、包絡線検波回路から出力されるアナログ信号をデジタル信号に変換する。

【 0 0 4 1 】

画像処理回路 15 は、信号処理回路 14 から出力される反射波信号に基づいて、画像処理を行い B モードの超音波画像 (断層画像) 等の画像データを生成する。具体的には、画像処理回路 15 は、反射波信号の振幅 (信号強度) に応じた輝度のデータ (強度データ) を画像データとして演算により求める。画像処理回路 15 で求められた画像データは逐次メモリ 17 に記憶される。なお、本実施の形態では、信号処理回路 14 及び画像処理回路 15 によって、信号強度演算手段が構成されている。

【 0 0 4 2 】

そして、メモリ 17 に記憶された 1 フレーム分の画像データに基づいて、生体組織 8 の断層画像 30 (図 3 参照) が白黒の濃淡で表示装置 20 に表示される。なお、図 3 に示される生体組織 8 の断層画像 30 は、体表組織における創傷 31 を含む組織の超音波画像である。また、断層画像 30 では、創傷 31 を含むように解析領域 R1 が設定されている。

【 0 0 4 3 】

解析回路 16 は、メモリ 17 に記憶されている解析領域 R1 (図 3 参照) 内の強度データ (輝度の画像データ) を読み込み、所定の解析アルゴリズムに従って解析領域 R1 内の組織性状に対する解析を行う。具体的には、解析回路 16 は、複数の強度データから振幅

10

20

30

40

50

確率密度分布を演算により求める演算部（振幅確率密度演算手段）であって、生体組織 8 における反射源（散乱体）の密度を推定するための処理を行う第 1 解析部 2 1 と、反射源（散乱体）の大きさを推定するための処理を行う第 2 解析部 2 2 とを備える。より詳しくは、解析回路 1 6 の第 1 解析部 2 1 は、上式（2）にて示される一般化仲上分布に従う振幅確率密度分布を演算により求め、形状パラメータ m 及び尺度パラメータ s を算出する。また、解析回路 1 6 の第 2 解析部 2 2 は、上式（5）で示されるマルチレイリー分布に従う振幅確率密度分布を演算により求め、混在率パラメータ α_L 、 α_M 、 α_H を算出する。そして、解析回路 1 6 にて算出された各パラメータ m 、 s 、 α_L 、 α_M 、 α_H は、メモリ 1 7 に逐次記憶される。

【0044】

10

入力装置 1 9 は、キーボード 2 3 やトラックボール 2 4 など構成されており、ユーザからの要求や指示、具体的には、例えば解析領域 R 1（図 3 参照）を設定する際の入力指示等を使用される。つまり、本実施の形態の入力装置 1 9 は、解析領域設定手段として機能する。表示装置 2 0 は、例えば、LCD や CRT などのディスプレイであり、生体組織 8 の断層画像 3 0 や、各種設定の入力画面を表示するために用いられる。

【0045】

記憶装置 1 8 は、磁気ディスク装置や光ディスク装置などであり、その記憶装置には制御プログラム及び各種のデータが記憶されている。コントローラ 1 0 は、入力装置 1 9 による指示に従い、プログラムやデータを記憶装置 1 8 からメモリ 1 7 へ転送し、それを逐次実行する。なお、コントローラ 1 0 が実行するプログラムとしては、メモリカード、フレキシブルディスク、光ディスクなどの記憶媒体に記憶されたプログラムや、通信媒体を介してダウンロードしたプログラムでもよく、その実行時には記憶装置 1 8 にインストールして利用する。

20

【0046】

従来、創傷 3 1 の組織構造や、感染による性状変化を反映するような統計モデルは検討されていない。このため、本発明者らは、創傷 3 1 の組織構造や、感染による性状変化の評価を行うことが可能な統計モデルの検討を試みた。具体的には、本実施の形態の超音波診断装置 1 を用い、創傷 3 1 を含む生体組織 8（例えばラットの体表組織）の断層画像 3 0 を取得する。そして、断層画像 3 0 において創傷 3 1 を含むように解析領域 R 1 を設定し、その解析領域 R 1 での反射波信号の振幅確率密度分布を演算して、複数種類の統計モデルにフィッティングさせた。そして、各統計モデルとの一致度を平均二乗誤差（RMSE）により求め、その結果を図 4～図 6 に示している。

30

【0047】

ここでは、感染度合いの異なる創傷の症例について各統計モデルとの一致度を評価している。図 4 は感染していない創傷 3 1（正常モデル）の一致度を示し、図 5 は創感染に移行しそうな定着細菌をもつ創傷 3 1（クリティカルコロナイゼーションモデル）の一致度を示し、図 6 は創感染に移行した創傷 3 1（感染モデル）の一致度を示している。また、複数種類の統計モデルとしては、R：レイリー分布（上式（1）参照）、2R：レイリー分布の 2 成分モデル（上式（4）参照）、3R：レイリー分布の 3 成分モデル（上式（5）参照）、N：仲上分布（上式（3）参照）、GN：Generalized - 仲上分布（上式（2）参照）、W：ワイブル分布、HK：Homodyned - K 分布である。

40

【0048】

図 4～図 6 に示されるように、2 成分モデル、3 成分モデル、Generalized - 仲上分布（一般化仲上分布）の平均二乗誤差（RMSE）が低くなっており、創傷 3 1 の不均質な構造を統計モデルが捉えていると考えられる。特に、全ての症例において、一般化仲上分布（GN）の平均二乗誤差が低い値となり、値も大きな差がなかった。この理由は、創傷 3 1 の非感染から感染のそれぞれの組織性状を一般化仲上分布の統計モデルが捉えていると考えられる。

【0049】

また、上式（2）に示される一般化仲上分布において、 $m = 1$ 、 $s = 1$ のときにはレイ

50

リー分布となり、 $m = 1$ 、 $s \neq 1$ のときにはワイブル分布となり、 $s = 1$ のときに上式 (3) の仲上分布となる。つまり、一般化仲上分布の統計モデルでは、密度が異なる散乱体が混在した組織性状を反映することができる。

【0050】

従って、本実施の形態の超音波診断装置 1 では、解析領域 R 1 の強度データの振幅確率密度分布について、一般化仲上分布に従うものを最尤法の演算により求め、得られた形状パラメータ m 及び尺度パラメータ s に基づいて、創傷 3 1 の組織性状を解析するように構成している。

【0051】

図 7 には、散乱体密度と形状パラメータ m 及び尺度パラメータ s との関係を示している。図 7 に示されるように、散乱体密度が大きくなるにつれて、形状パラメータ m は小さくなり、尺度パラメータ s は逆に大きくなっている。つまり、一般化仲上分布に従う確率密度分布では、各パラメータ m 、 s の値に応じて、均質または不均質、高散乱体密度または低散乱体密度を反映した分布特性を持つ。このため、一般化仲上分布における各パラメータ m 、 s の値に基づいて、密度の異なる散乱体が混在した組織性状を解析することが可能となる。

【0052】

具体的には、創傷 3 1 の感染レベル（感染度合い）に応じた複数のサンプルを用い、各パラメータ m 、 s と散乱体の密度及び創傷 3 1 の感染レベルとの関連性を示すテーブルデータを予め取得して記憶装置 1 8 に記憶している。そして、解析用のプログラムの実行時に、記憶装置 1 8 からメモリ 1 7 にテーブルデータを読み出してそれらデータを参照することにより、各パラメータ m 、 s の値に応じた散乱体の密度を推定して創傷 3 1 の感染レベルを解析するように超音波診断装置 1 を構成している。

【0053】

また、創傷 3 1 を含む生体組織 8 などのように不均質媒体からの反射波信号は、散乱体のサイズが異なる複数の均質媒質からの反射波信号を統合した情報と考えることができる。具体的には、創傷 3 1 を含む生体組織 8 から得られる反射波信号の振幅の分布特性は、分散の異なる 3 つのレイリー分布を足し合わせてなるマルチレイリー分布（上式 (5) 参照）で表現することが可能である。

【0054】

従って、本実施の形態の超音波診断装置 1 では、解析領域 R 1 の強度データの振幅確率密度分布について、マルチレイリー分布に従うものを演算により求め、得られた混在率パラメータ α_L 、 α_M 、 α_H に基づいて、創傷 3 1 の組織性状を解析するように構成している。なおここでは、正常組織や病変組織の複数のサンプルを用いた評価を行い、正常組織や病変組織における散乱体の大きさに対応したレイリー分布を予め取得しておく。具体的には、例えば高分散のレイリー分布に従うものが病変組織（創傷 3 1 の感染した組織）に対応するサイズの大きな散乱体であり、低分散や中分散のレイリー分布に従うものが正常組織に対応するサイズの散乱体である。そして、混在率パラメータ α_L 、 α_M 、 α_H に基づいて、散乱体の大きさを推定し、解析領域 R 1 において対応する生体組織 8 が病変組織か否かを判別するように超音波診断装置 1 を構成している。また、混在率パラメータ α_L 、 α_M 、 α_H に基づいて、解析領域 R 1 における正常組織及び病変組織の存在率が確認され、創傷 3 1 の感染レベル等が把握される。

【0055】

さらに、本実施の形態の超音波診断装置 1 では、断層画像 3 0 上において、形状パラメータ m 及び尺度パラメータ s をその値に応じたカラーで表示して画像化する機能（パラメトリックイメージングの機能）を有している。この機能を用いることにより、生体組織 8 における形状パラメータ m 及び尺度パラメータ s の空間分布と組織性状との相関が視覚的に評価できるようになっている。

【0056】

具体的には、断層画像 3 0 上の解析領域 R 1 において、所定サイズ（本実施の形態では

10

20

30

40

50

、 $0.9 \times 2.6 \text{ mm} : 16 \times 16 \text{ pixel}$) の解析窓 W 1 を方位方向及び深度方向に 8 pixel ずつずらしながら二次元的に走査しつつ解析を行う (図 8 参照) 。この際、解析窓 W 1 内の複数の強度データ (16×16 個の輝度データ) の振幅確率密度分布に最尤法を用いて形状パラメータ m 及び尺度パラメータ s を算出する。このようにすると、断層画像 30 上の解析領域 R 1 が解析窓 W 1 のサイズに応じて複数のブロックに分割され、複数のブロック毎に一般化仲上分布についての形状パラメータ m 及び尺度パラメータ s が算出される。そして、断層画像 30 上において、解析窓 W 1 の各ブロック毎に、形状パラメータ m 及び尺度パラメータ s をその値に応じたカラーで表示して画像化する。

【 0057 】

具体的なカラーの表示例としては、パラメータ値が大きい場合を赤色で表示し、小さくなるに従い、赤色→橙色→黄色→緑色→水色→青色の順にカラーで表示する。また、本発明者らは、感染度合いの異なる創傷 31 の症例について、パラメトリックイメージングでの評価を試みた。具体的には、感染していない創傷 (正常モデル) 、定着細菌をもつ創傷 (クリティカルコロナイゼーションモデル) 、創感染に移行した創傷 (感染モデル) について、形状パラメータ m 及び尺度パラメータ s を断層画像 30 上にカラーで表示した。そして、それら症例のパラメトリックイメージングのカラー表示を比較した結果、正常モデルやクリティカルコロナイゼーションモデルの表示に比べ、感染モデルの表示では、局所的に形状パラメータ m が小さく (青く) なり、尺度パラメータ s が大きく (赤く) なることを視覚的に確認することができた。

【 0058 】

なお、図 9 には、感染モデルの創傷 31 について尺度パラメータ s の値に応じてパラメトリックイメージングしたものを一例として示している。図 9 では、各ブロック毎にパラメータ値に応じた白黒の濃淡で示されているが、実際には、白黒の断層画像 30 上において各ブロック毎にカラー表示され、尺度パラメータ s の空間分布が容易に確認できるようになっている。

【 0059 】

次に、本実施の形態の超音波診断装置 1 における処理例を図 10 のフローチャートを用いて説明する。なお、図 10 の処理は、図 3 に示される断層画像 30 上の解析領域 R 1 における組織性状を解析するための処理である。この処理は、例えば医者などの診断作業者が患者の創傷 31 のある部位にゲルパッド 9 を介して超音波プローブ 4 を接触させ、入力装置 19 に設けられている処理開始ボタン (図示略) を操作したときに開始される。

【 0060 】

まず、コントローラ 10 は、パルス発生回路 11 を動作させ、超音波プローブ 4 による超音波の送受信を開始させる。具体的には、コントローラ 10 から出力される制御信号に応答してパルス発生回路 11 が動作し、所定周期のパルス信号が送信回路 12 に供給される。そして、送信回路 12 では、パルス信号に基づいて、各超音波振動子 6 に対応した遅延時間を有する駆動パルスが生成され、超音波プローブ 4 に供給される。これにより、超音波プローブ 4 の各超音波振動子 6 が振動して超音波が生体組織 8 に向けて照射される。生体組織 8 内を伝搬する超音波の一部は、組織境界面 (組織を構成する散乱体表面) などで反射して超音波プローブ 4 で受信される。このとき、超音波プローブ 4 の各超音波振動子 6 によって反射波が電気信号 (反射波信号) に変換される。そして、その反射波信号は、受信回路 13 で増幅等された後、信号処理回路 14 に入力される。

【 0061 】

信号処理回路 14 では、対数変換、包絡線検波、A / D 変換といった信号処理が行われ、デジタル信号に変換された反射波信号が画像処理回路 15 に供給される。画像処理回路 15 では、その反射波信号に基づいて、断層画像 30 の画像データを生成するための画像処理が行われる。この画像処理では、反射波信号の振幅 (信号強度) に応じた輝度の画像データ (強度データ) が生成される。そして、コントローラ 10 は、画像処理回路 15 で生成された各画像データをメモリ 17 に一旦記憶する。

【 0062 】

10

20

30

40

50

コントローラ 10 は、メモリ 17 に記憶された 1 フレーム分の各画像データを読み出し、表示装置 20 に出力する。この結果、創傷 31 を含む生体組織 8 の断層画像 30 を表示装置 20 に表示させる（ステップ 100）。その後、コントローラ 10 は、解析領域 R1 を設定するための入力画面を表示装置 20 に表示させる（解析領域設定ステップとしてのステップ 110）。この入力画面には、断層画像 30 上における解析領域 R1 の設定を促すメッセージやカーソルなどが表示される。そして、作業者は、入力画面を確認しつつ入力装置 19 のキーボード 23 やトラックボール 24 等进行操作して、断層画像 30 上における創傷 31 の病変部に解析領域 R1 を設定した後（図 3 参照）、画面に表示される解析開始ボタン（図示略）を選択する。

【0063】

10

このとき、コントローラ 10 は、入力装置 19 の入力操作によって指定された断層画像 30 上の領域を解析領域 R1 として設定する。その後、コントローラ 10 は、解析領域 R1 における組織性状の解析処理を開始する。具体的には、先ず、コントローラ 10 は、解析領域 R1 内の反射波信号から演算して求めた輝度の画像データを強度データとしてメモリ 17 から読み出し、解析回路 16 に入力する（信号強度演算ステップとしてのステップ 120）。

【0064】

解析回路 16 では、解析領域 R1 内の複数の強度データについて、 16×16 個のデータを含む解析窓 W1 の単位で複数のブロックに分割された状態で入力される。そして、各ブロック単位で方位方向及び深度方向にずらしながら、複数の強度データから振幅確率密度分布を演算により求める（振幅確率密度分布演算処理としてのステップ 130）。このとき、解析回路 16 の第 1 解析部 21 では、解析領域 R1 内の複数のブロック毎に一般化仲上分布についての形状パラメータ m 及び尺度パラメータ s が算出される。また、解析回路 16 の第 2 解析部 21 では、解析領域 R1 内の複数のブロック毎にマルチレイリー分布についての混在率パラメータ α_L 、 α_M 、 α_H が算出される。そして、これら各パラメータ m 、 s 、 α_L 、 α_M 、 α_H は、メモリ 17 に一旦記憶される。

20

【0065】

コントローラ 10 は、解析回路 16 で求められた形状パラメータ m 、尺度パラメータ s 、混在率パラメータ α_L 、 α_M 、 α_H を解析窓 W1 のブロック毎にメモリ 17 から取り込む。そして、密度推定手段としてのコントローラ 10 は、メモリ 17 に記憶されているテーブルデータを用い、形状パラメータ m 及び尺度パラメータ s に対応する散乱体の密度を解析領域 R1 内における解析窓 W1 のブロック毎に推定する（密度推定ステップとしてのステップ 140）。また、サイズ推定手段としてのコントローラ 10 は、混在率パラメータ α_L 、 α_M 、 α_H に基づいて散乱体の大きさを解析窓 W1 のブロック毎に推定する（サイズ推定ステップとしてのステップ 150）。

30

【0066】

そして、組織性状解析手段としてのコントローラ 10 は、推定した散乱体の密度及び散乱体の大きさに基づいて、生体組織 8 の断層画像 30 における創傷 31 の感染の有無や感染レベルを各ブロック毎に解析し、その解析結果を表示装置に表示する（画像解析ステップとしてのステップ 160）。解析結果の表示例としては、解析領域 R1 において感染が有り解析したブロックについて警告色のカラー（例えば青色）で断層画像 30 上に表示する。また、感染の初期段階で感染の疑いがあると解析されたブロックについては、例えば点滅表示させるなどして警告を促すようにしてもよい。

40

【0067】

次に、コントローラ 10 は、解析領域 R1 のいずれかのブロックで創傷感染があるか否かを判定する（ステップ 170）。そして、感染があると解析した場合、パラメトリックイメージングの表示を行うか否かを選択するための表示ボタンを表示装置 20 の画面に表示させる（ステップ 180）。このとき、表示ボタンが選択された場合、パラメトリックイメージング手段としてのコントローラ 10 は、各パラメータ m 、 s のパラメトリックイメージングを行うための処理を行う（ステップ 190）。ここでは、先ず、コントローラ

50

10は、形状パラメータ m 及び尺度パラメータ s の選択ボタンを表示装置20に表示させて、表示に使用するパラメータを作業者に選択させる。

【0068】

その後、コントローラ10は、作業者による入力装置19のボタン操作に応じて、選択されたパラメータのデータをメモリ17から読み出す。そして、コントローラ10は、各ブロック毎にパラメータ値に応じたカラーの表示データを表示装置20に出力し、断層画像30の上に重ね合わせてカラーで表示する(図9等参照)。その後、コントローラ10は、別のパラメータでパラメトリックイメージングを行うか否かを促す選択ボタンを表示装置20に表示させる。ここで、選択ボタンの操作により別のパラメータでのパラメトリックイメージングを行う場合には、コントローラ10は、そのパラメータのデータをメモリ17から読み出し、断層画像30上において各ブロック毎にパラメータ値に応じたカラーで表示する。その後、表示装置20の画面に表示された処理終了ボタン(図示略)が選択された場合に、コントローラ10は図10の処理を終了する。

10

【0069】

また、ステップ170において、解析領域R1において創傷感染がないと判定された場合、コントローラ10は、ステップ180及びステップ190の処理を行うことなく、図10の処理を終了する。さらに、ステップ180において、パラメトリックイメージングの表示ボタンではなく、処理終了ボタンが選択された場合、コントローラ10は、ステップ190の処理を行うことなく、図10の処理を終了する。

【0070】

20

従って、本実施の形態によれば以下の効果を得ることができる。

【0071】

(1)本実施の形態の超音波診断装置1では、創傷31を含む生体組織8の断層画像30上に解析領域R1が設定される。その解析領域R1における複数の反射波信号の強度データから一般化仲上分布に従う振幅確率密度分布が演算により求められ、得られた形状パラメータ m 及び尺度パラメータ s に基づいて、散乱体の密度が推定される。また、複数の強度データから3成分のマルチレイリー分布に従う振幅確率密度分布が演算により求められ、得られた混在率パラメータ α_L , α_M , α_H に基づいて、散乱体の大きさが推定される。それら推定された密度や大きさによって創傷31の組織性状が解析される結果、創傷31における感染の有無やその進行レベルなどを精度よく把握することができる。

30

【0072】

(2)本実施の形態の超音波診断装置1は、パラメトリックイメージングの機能を有し、解析領域R1内にて複数の分割されたブロック毎に、形状パラメータ m 及び尺度パラメータ s のいずれか一方のパラメータがその値に応じてカラーで表示される。一般化仲上分布の形状パラメータ m 及び尺度パラメータ s は密度に関連して変化するパラメータであるため、解析領域R1の各ブロックの表示色を見ることにより、解析領域R1における密度分布を容易に確認することができる。このため、密度に応じた創傷31の組織性状の変化を視覚的に把握することができる。

【0073】

(3)本実施の形態の超音波診断装置1では、3成分のマルチレイリー分布のうちの高分散のレイリー分布 P_H は、創傷31における感染した組織に対応したレイリー分布であり、高分散のレイリー分布 P_H の混在率パラメータ α_H に基づいて、創傷感染の進行レベルを判定することができる。

40

【0074】

(4)本実施の形態の超音波診断装置1を用いれば、従来技術のように微生物学的検査や血液検査などを行うことなく、創傷31の感染の有無やその進行レベルを早期に把握できる。創傷感染の進行レベルを非侵襲かつ的確に判定することができれば、重度の治療を要する創傷か否かの判断を医療従事者が適切に行うことができる。これにより、軽症患者の診察に関しては医療費の抑制に繋がり、感染創又はクリティカルコロナイゼーション創を有する患者に関しては重点的な治療を施し、創傷の治癒を促すことが可能となる。また、

50

本実施の形態の超音波診断装置 1 は非侵襲的に創傷 3 1 の診断が可能であるため、血液検査等に比べ患者の診察負担を大幅に軽減することが期待できる。このように、本実施の形態の超音波診断装置 1 によれば、創傷 3 1 の感染レベルに応じた適切な治療やケアを行うことができ、創傷 3 1 の治癒期間を短くすること等が期待できる。

【 0 0 7 5 】

なお、本発明の実施の形態は以下のように変更してもよい。

【 0 0 7 6 】

・上記実施の形態では、解析領域 R 1 において解析窓 W 1 のブロック毎に創傷 3 1 の感染の有無を解析するものであったが、これに限定されるものではなく、例えば、ブロックにおける任意の解析点（画像の 1 ピクセル）毎に感染の有無を解析してもよい。具体的には、例えば、作業者は、入力装置 1 9 のキーボード 2 3 やトラックボール 2 4 を操作して、断層画像 3 0 において、感染が有りと判定されたブロックにおける任意の解析点を指定する。コントローラ 1 0 は、解析点のあるブロックの強度データ（ 16×16 個の輝度値の画像データ）を読み出し、それら強度データを用い、3 成分のマルチレイリー分布に従う振幅確率密度分布 $P_{3\text{mix}}$ を演算により求める。ここで、ブロックにおける反射波信号の振幅確率密度分布 P_X は、混在率パラメータ α_L 、 α_M 、 α_H に基づいて、低分散、中分散、高分散のレイリー分布 P_L 、 P_M 、 P_H の足し合わせたマルチレイリー分布 $P_{3\text{mix}}$ として表現することができる（図 1 1 参照）。また、解析点の強度データ（輝度値）に基づいて、低分散、中分散、高分散のいずれかの散乱体であるかを判定する。具体的には、例えば、創傷 3 1 が感染した病変組織における散乱体が高分散となり、解析点の強度データの輝度値が大きくなる場合を想定する。この場合、図 1 1 におけるマルチレイリー分布 $P_{3\text{mix}}$ において、解析点の輝度値 x 1 を参照すると、高分散のレイリー分布 P_H の確率が高いことを推定することができる。従って、コントローラ 1 0 は、混在率パラメータ α_L 、 α_M 、 α_H と解析点の強度データとに基づいて、創傷感染に対応した散乱体のサイズを推定することができる。そして、コントローラ 1 0 は、その推定結果に基づいて、解析点での組織性状として感染している旨を表示装置 2 0 に表示する。このように超音波診断装置 1 を構成しても、超音波を利用して創傷 3 1 の組織性状を解析することができる。

【 0 0 7 7 】

・上記実施の形態の超音波診断装置 1 では、解析領域 R 1 内の反射波信号の振幅確率密度分布に基づいて組織性状を解析するものであったが、解析領域 R 1 内に血管や骨などからの反射波信号が含まれる場合がある。血管や骨は創傷 3 1 の生体組織 8 とは構造が異なり、血管や骨などの構造物からの反射波信号は、創傷 3 1 の生体組織 8 からの反射波信号と比較してその分散特性が異なる。また、血管や骨などは B モードの断層画像 3 0 においてその構造を確認することができる。このため、解析領域 R 1 の設定時において、血管や骨などの構造物が含まれる場合にはその構造物を排除領域として排除したうえで解析領域 R 1 を設定して、組織性状の解析を行うように超音波診断装置 1 を構成してもよい。

【 0 0 7 8 】

・上記実施の形態の超音波診断装置 1 では、3 成分モデルのマルチレイリー分布 $P_{3\text{mix}}$ に従って、組織性状の解析を行っていたが、2 成分モデルや 4 成分以上の複数のマルチレイリー分布を用いて、組織性状の解析を行うように構成してもよい。

【 0 0 7 9 】

・上記実施の形態の超音波診断装置 1 では、創傷 3 1 を含む生体組織 8 の性状を解析して創傷 3 1 の感染の有無や感染レベルを把握するものであったが、これに限定するものではない。超音波診断装置 1 を用いて、創傷 3 1 以外の他の生体組織 8 の性状を解析し、病変部の進行レベルなどの組織性状の変化を把握してもよい。

【 0 0 8 0 】

次に、特許請求の範囲に記載された技術的思想のほかに、前述した実施の形態によって把握される技術的思想を以下に列挙する。

【 0 0 8 1 】

(1) 上記手段 1 において、前記振幅確率密度演算手段は、分散の異なる 3 つのレイリー分布を足し合わせてなるマルチレイリー分布であって、前記確率密度分布に従うものを演算により求め、前記 3 つのレイリー分布の混在率を示す混在率パラメータを算出する超音波診断装置。

【 0 0 8 2 】

(2) 上記手段 1 において、前記複数のレイリー分布のうちの 1 つは、感染した創傷の病変組織に対応したレイリー分布であり、前記組織性状判定手段は、前記病変組織の前記混在率パラメータに基づいて、前記生体組織における病気の進行レベルを判定する超音波診断装置。

【 0 0 8 3 】

10

(3) 上記手段 1 において、前記解析領域設定手段は、前記解析領域内に B モードの断層画像で確認できる構造物があるときに、その構造物がある領域を排除したうえで解析領域の設定を行う機能を有する超音波診断装置。

【 0 0 8 4 】

(4) コンピュータを、生体組織に対して照射された超音波の反射波から取得した反射波信号に基づく断層画像内の少なくとも一部に解析領域を設定する解析領域設定手段と、前記解析領域における前記生体組織からの複数の反射波信号を取得し、それら反射波信号の強度データを演算により求める信号強度演算手段と、前記強度データから振幅確率密度分布を演算により求める振幅確率密度分布演算手段と、前記振幅確率密度分布に基づいて、前記生体組織において反射源となる散乱体の密度を推定する密度推定手段と、前記振幅確率密度分布に基づいて、前記反射源となる散乱体の大きさを推定するサイズ推定手段と、前記密度推定手段及び前記サイズ推定手段の少なくとも一方の推定結果に基づいて、前記生体組織の性状を解析する組織性状解析手段として動作させるためのプログラム、及びそれを格納した記憶媒体。

20

【 符号の説明 】

【 0 0 8 5 】

1 ... 超音波診断装置

8 ... 生体組織

1 0 ... 密度推定手段、サイズ推定手段、組織性状解析手段、及びパラメトリックイメージング手段としてのコントローラ

30

1 4 ... 信号強度演算手段を構成する信号処理回路

1 5 ... 信号強度演算手段を構成する画像処理回路

1 6 ... 振幅確率密度演算手段としての解析回路

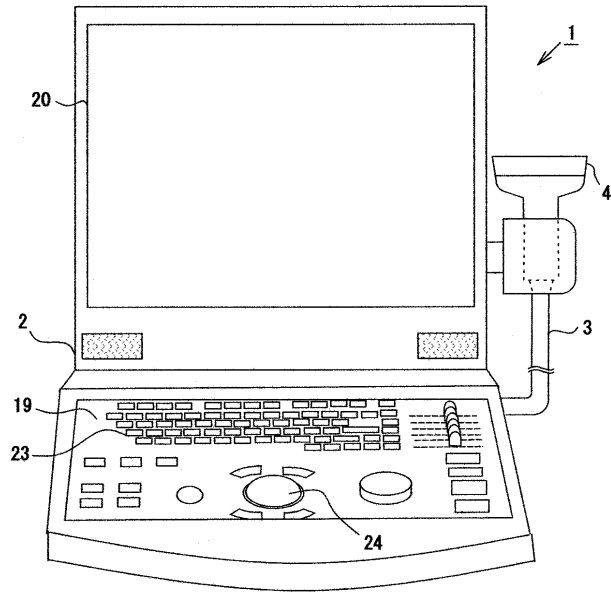
1 9 ... 解析領域設定手段としての入力装置

3 0 ... 断層画像

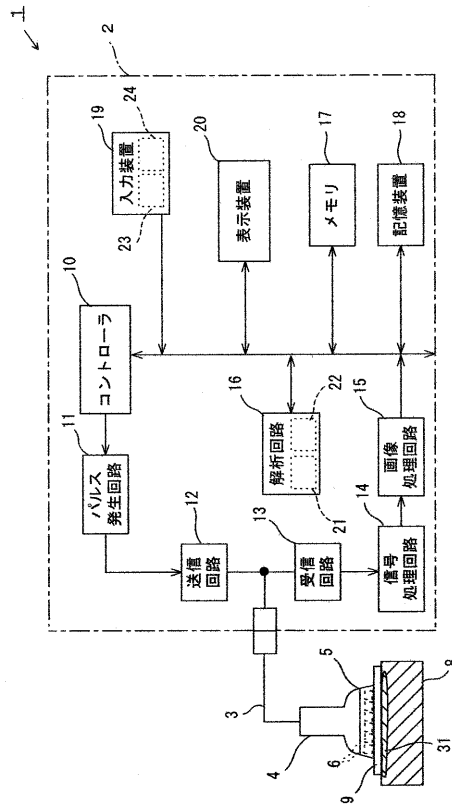
3 1 ... 創傷

R 1 ... 解析領域

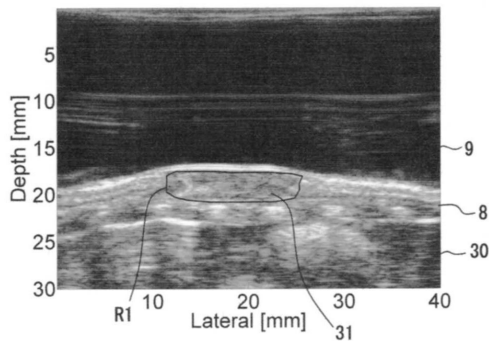
【図 1】



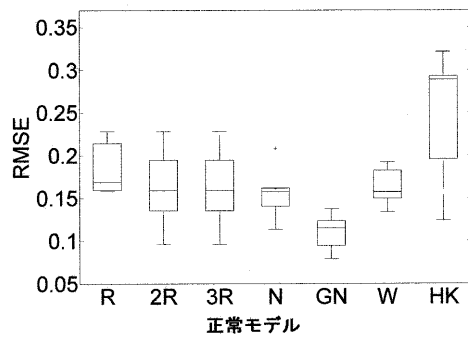
【図 2】



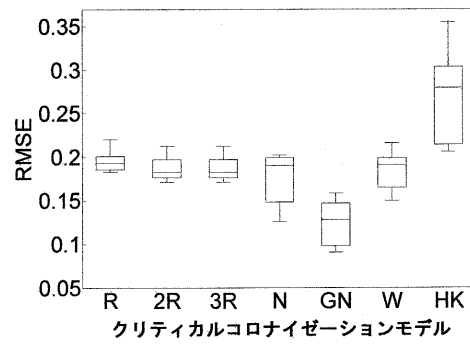
【図 3】



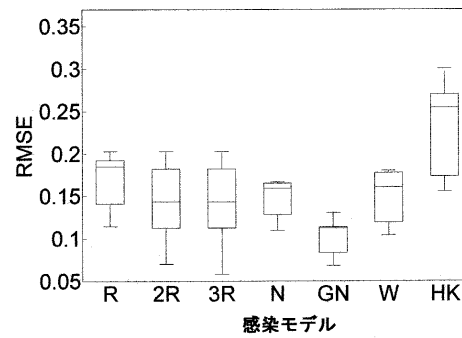
【図 4】



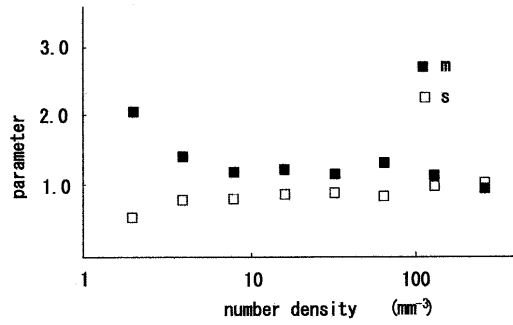
【図 5】



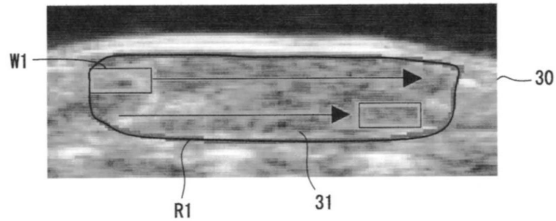
【図 6】



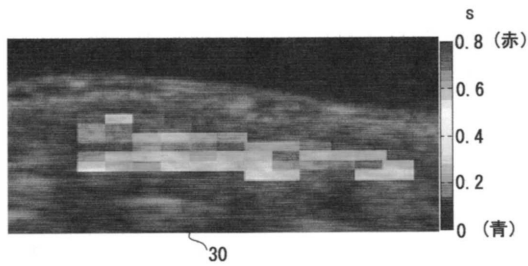
【図 7】



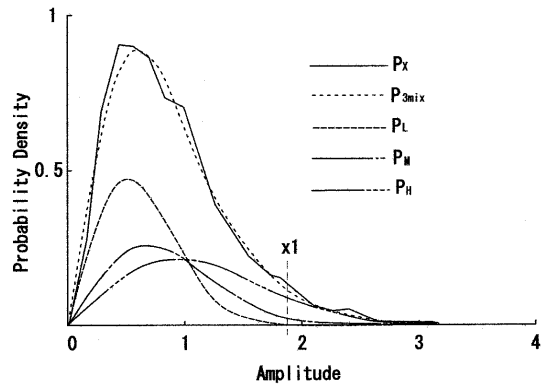
【図 8】



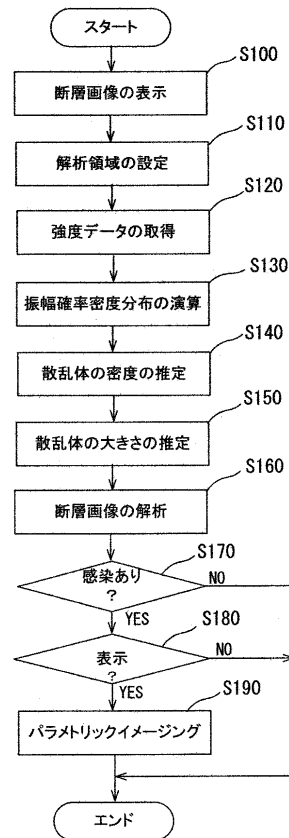
【図 9】



【図 11】



【図 10】



フロントページの続き

(72)発明者 光田 益士
東京都墨田区京島1丁目21番10号 アルケア株式会社内

審査官 奥田 雄介

(56)参考文献 特開2000-126178(JP,A)
特開2003-061964(JP,A)
藤田紘資, 散乱体密度およびサイズ推定による超音波組織性状診断法の開発, 日本医用画像工学会大会予稿集, 2013年 8月23日

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
A61B 8/08
JSTPlus/JMEDPlus/JST7580(JDreamIII)

专利名称(译)	超声诊断仪，超声图像分析法，超声波感染分析法		
公开(公告)号	JP6533984B2	公开(公告)日	2019-06-26
申请号	JP2015132035	申请日	2015-06-30
[标]申请(专利权)人(译)	本多电子株式会社 爱乐康株式会社		
申请(专利权)人(译)	本多电子株式会社 国立大学法人千叶 アルケア株式会社		
当前申请(专利权)人(译)	本多电子株式会社 国立大学法人千叶大学		
[标]发明人	小林和人 山口 匡 光田益士		
发明人	小林 和人 山口 匡 光田 益士		
IPC分类号	A61B8/08		
FI分类号	A61B8/08		
F-TERM分类号	4C601/DD18 4C601/EE10 4C601/EE20 4C601/JB36 4C601/JC08 4C601/JC13 4C601/JC37 4C601/JC40 4C601/KK02 4C601/KK17		
其他公开文献	JP2017012427A		
外部链接	Espacenet		

摘要(译)

本发明提供一种超声波诊断装置，其能够使用超声波分析生物体组织的特性并掌握病变的进展程度。在超声波诊断装置中，通过输入装置的操作将分析区域设置在活组织的断层图像中。信号处理电路14和图像处理电路15从分析区域中的活组织8获取多个反射波信号，并获得反射波信号的强度数据。在分析电路16中，从强度数据获得幅度概率密度分布。控制器10基于振幅概率密度分布估计活组织8中的散射体的密度，并估计散射体的尺寸，并基于估计结果分析活体组织8的特征。这一点。[选择图]图2

(19) 日本国特許庁 (JP)	(12) 特 許 公 報 (B2)	(11) 特許番号 特許第6533984号 (P6533984)
(45) 発行日 令和1年6月26日 (2019. 6. 26)	(24) 登録日 令和1年6月7日 (2019. 6. 7)	
(51) Int. Cl. A 6 1 B 8 / 08 (2006. 01)	F I A 6 1 B 8 / 08	
請求項の数 6 (全 19 頁)		
(21) 出願番号 (22) 出願日 (65) 公開番号 (43) 公開日 審査請求日	特願2015-132035 (P2015-132035) 平成27年6月30日 (2015. 6. 30) 特開2017-12427 (P2017-12427A) 平成29年1月19日 (2017. 1. 19) 平成30年5月15日 (2018. 5. 15)	(73) 特許権者 000243364 本多電子株式会社 愛知県豊橋市大岩町小山塚2 O 番地 (73) 特許権者 304021831 国立大学法人千葉大学 千葉県千葉市稲毛区弥生町 1 番 3 3 号 (74) 代理人 100114605 弁理士 瀧美 久彦 (72) 発明者 小林 和人 愛知県豊橋市大岩町小山塚2 O 番地 本多電子株式会社内 (72) 発明者 山口 匡 千葉県千葉市稲毛区弥生町 1 番 3 3 号 国立大学法人千葉大学工学部内
最終頁に続く		
(54) 【発明の名称】 超音波診断装置、超音波画像解析方法、超音波感染解析方法		