

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号
特許第5377166号
(P5377166)

(45) 発行日 平成25年12月25日 (2013.12.25)

(24) 登録日 平成25年10月4日 (2013.10.4)

(51) Int.Cl.

A 6 1 B 8/08 (2006.01)

F I

A 6 1 B 8/08

請求項の数 9 (全 22 頁)

(21) 出願番号	特願2009-201986 (P2009-201986)	(73) 特許権者	000166247
(22) 出願日	平成21年9月1日 (2009.9.1)		古野電気株式会社
(65) 公開番号	特開2011-50555 (P2011-50555A)		兵庫県西宮市芦原町9番52号
(43) 公開日	平成23年3月17日 (2011.3.17)	(74) 代理人	110000970
審査請求日	平成24年5月24日 (2012.5.24)		特許業務法人 楓国際特許事務所
		(72) 発明者	喜屋武 弥
			兵庫県西宮市芦原町9番52号 古野電気株式会社内
		審査官	後藤 順也
			最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 超音波骨解析装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

生体の表皮から該生体の内部に超音波信号を送信する送信部と、
送信した前記超音波信号の前記生体の内部からの反射波であるエコー信号を受信する受信部と、
受信した前記エコー信号のうち、軟骨表面と軟骨下骨の間から得られる軟骨内部のエコー信号の振幅値と、前記軟骨表面のエコー信号の振幅値または前記軟骨下骨のエコー信号の振幅値との比に基づいて、軟骨の状態を示す解析データを生成する解析部と、
を備えたことを特徴とする超音波骨解析装置。

【請求項 2】

請求項 1 に記載の超音波骨解析装置であって、
前記比は、
前記軟骨内部の複数のエコー信号の振幅値の最大値と、前記軟骨表面の複数のエコー信号の振幅値の最大値または前記軟骨下骨の複数のエコー信号の振幅値の最大値との比である、超音波骨解析装置。

【請求項 3】

請求項 1 に記載の超音波骨解析装置であって、
前記比は、
前記軟骨内部の複数のエコー信号の振幅値の積分値と、前記軟骨表面の複数のエコー信号の振幅値の積分値または前記軟骨下骨の複数のエコー信号の振幅値の積分値との比であ

る、超音波骨解析装置。

【請求項 4】

請求項 1 乃至請求項 3 のいずれかに記載の超音波骨解析装置において、
前記送信部は、複数の周波数を有する超音波信号を送信し、
前記解析部は、各周波数における前記軟骨内部のエコー信号の振幅値に基づいて、前記解析データを生成する、ことを特徴とする超音波骨解析装置。

【請求項 5】

請求項 1 乃至請求項 3 のいずれかに記載の超音波骨解析装置において、
前記送信部は、所定周波数の超音波信号を送信し、
前記受信部は、前記所定周波数を含む複数の周波数成分を有するエコー信号を受信し、
前記解析部は、受信した各周波数における前記軟骨内部のエコー信号の振幅値に基づいて、前記解析データを生成することを特徴とする超音波骨解析装置。 10

【請求項 6】

請求項 4 または請求項 5 に記載の超音波骨解析装置において、
前記解析部は、受信した前記エコー信号に含まれる軟骨表面からのエコー信号を、各周波数におけるエコー信号の振幅値に基づいて検出することを特徴とする超音波骨解析装置。

【請求項 7】

請求項 4 または請求項 5 に記載の超音波骨解析装置において、
前記解析部は、受信した前記エコー信号に含まれる軟骨下骨からのエコー信号を、各周波数におけるエコー信号の振幅値に基づいて検出することを特徴とする超音波骨解析装置。 20

【請求項 8】

請求項 4 に記載の超音波骨解析装置において、
前記送信部は、チャープ状の超音波信号を送信することを特徴とする超音波骨解析装置。

【請求項 9】

請求項 4 に記載の超音波骨解析装置において、
前記送信部は、異なる周波数の超音波信号を異なるタイミングで送信することを特徴とする超音波骨解析装置。 30

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

この発明は、軟骨の状態を解析するための定量的な情報を提供する超音波骨解析装置に関するものである。

【背景技術】

【0002】

従来、関節腔内の軟骨の状態を直感的且つ定量的に評価するために、軟骨に超音波を当て、その反射エコーに基づいて解析データを生成するシステムが各種考案されている。

【0003】

例えば、特許文献 1 に示す超音波解析システムでは、先端に超音波送受波体を備えた内視鏡を関節内部に挿入し、超音波送受波体から送信したパルス信号のエコーを取得する。そして、エコー信号をウェーブレット変換し、軟骨表面エコーレベル、軟骨表面エコーパルス幅、仮定音速によって算出される軟骨厚み結果を表示している。 40

【先行技術文献】

【特許文献】

【0004】

【特許文献 1】特開 2002 - 345821 号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【 0 0 0 5 】

しかしながら、上述の特許文献 1 に示すような従来の方法では、内視鏡すなわち超音波送受波体を体内に挿入しなければならず、必ず外科的処理を必要としてしまう。このため、軟骨変性の初期状態、例えば「膝の調子がおかしいかな」と患者が感じた時点等において、気軽に軟骨の状態を観察してもらうことは難しかった。

【 0 0 0 6 】

したがって、本発明の目的は、外科的手術を必要とすることなく、正確な軟骨の状態を、定量的に評価するための解析データを提供する超音波骨解析装置を実現することにある。

【課題を解決するための手段】

10

【 0 0 0 7 】

この発明の超音波骨解析装置は、送信部、受信部、および解析部を備える。送信部は、生体の表皮から該生体の内部に超音波信号を送信する。受信部は、送信した超音波信号の生体の内部からの反射波であるエコー信号を受信する。解析部は、受信したエコー信号のうち、軟骨表面と軟骨下骨の間から得られる軟骨内部のエコー信号の振幅値と、軟骨表面のエコー信号の振幅値または軟骨下骨のエコー信号の振幅値との比に基づいて、軟骨の状態を示す解析データを生成する。

【 0 0 0 9 】

ここで、図 1 (A) は軟骨変性が無いと考えられる場合のエコーパターンを示し、図 1 (B) は軟骨変性があると考えられる場合のエコーパターンを示す。図 1 (A) , (B) に示すように、軟骨変性がない場合とある場合とでエコーパターンが異なる。

20

【 0 0 1 0 】

そして、この構成では、このようなエコーパターンから得られる解析データとして、軟骨表面からの深度に沿って、軟骨表面領域、軟骨下骨領域、およびこれらに挟まれる軟骨内部領域からなる複数の領域に軟骨を区分し、領域別エコー信号を取得する。そして、当該領域別エコー信号の相対的なレベル（振幅値）関係を算出した結果を解析データに含む。図 1 (A) に示すように、軟骨変性が無い場合には、表面領域のエコーレベルは高く、内部領域のエコーレベルは低い。一方、図 1 (B) に示すように、軟骨変性がある場合には、軟骨変性がない場合と比較して、表面領域のエコーレベルが低く、内部領域のエコーレベルは高い。このような結果から、表面領域のエコーレベルと内部領域のエコーレベルとの相対比を算出すれば、軟骨変性の有無によって、相対比に差が生じる。

30

【 0 0 1 1 】

ここで、軟骨表面のさらに上側の皮膚等の軟組織の状態によって、エコーの絶対レベルは変化してしまう。しかし、軟骨表面からのエコーと軟骨内部からのエコーは、同一の軟組織領域を通過する。従って、表面領域のエコーレベルと内部領域のエコーレベルとの相対比をとることで、軟組織による減衰の影響を軽減することができる。したがって、このような相対比等の領域別エコーレベルの相対的關係を解析データに含むことで、軟骨状態が正確に反映された軟骨変性の有無を示す評価材料を提供することができる。

【 0 0 1 2 】

また、この発明の超音波骨解析装置の送信部は、複数の周波数を有する超音波信号を送信する。解析部は、各周波数における軟骨内部のエコー信号の振幅値に基づいて、解析データを生成する。

40

【 0 0 1 3 】

この構成では、複数の周波数で超音波信号を送信できるので、複数の周波数で解析データを生成することができる。これにより、各周波数の解析データを比較できるとともに、適する解析データを取得しやすい。

【 0 0 1 4 】

例えば、図 2 は、同じ軟骨に対して超音波信号の周波数を異ならせたエコーパターンを示し、図 2 (A) は 1 0 M H z、図 2 (B) は 2 0 M H z の場合を示す。なお、本観測結果は豚の摘出軟骨によるものである。図 2 に示すように、周波数が異なるとエコーパター

50

ンが異なる。例えば、図2(A)に示すように、10MHzでは軟骨内部のエコーレベルが極低いが、図2(B)に示すように、20MHzでは軟骨内部のエコーレベルが、10MHzの場合よりも高くなる。このように、周波数に応じてエコーレベルが異なるので、解析データを形成するためのエコーレベルとして適する周波数と、適さない周波数とが存在する。したがって、送信可能な複数の周波数から適する周波数を設定することで、より明確な解析データを生成することが可能になる。

【0015】

また、この発明の超音波骨解析装置の送信部は、所定周波数の超音波信号を送信する。受信部は、所定周波数を含む複数の周波数成分を有するエコー信号を受信する。解析部は、受信した各周波数における軟骨内部のエコー信号の振幅値に基づいて、解析データを生成する。

10

【0016】

この構成では、単周波数の超音波信号を送信した場合に、受信したエコー信号に、当該超音波信号の周波数の成分(基本周波数成分)とともに、高調波成分が存在することを利用している。そして、この高調波成分のエコーデータは、基本周波数成分のエコーデータを同じエコーパターンではなく、高調波周波数に準じたエコーパターンとして現れる。例えば、図3は、基本周波数(10MHz)の超音波信号によるエコー信号を帯域分割して、基本周波数成分のエコーパターンと、2次高調波成分のエコーパターンとを示した図である。このように、基本周波数成分のエコーパターンと、2次高調波成分のエコーパターンとは異なる。したがって、単周波数の超音波信号で、異なる周波数からなる複数のエコーパターンを得ることができる。

20

【0017】

また、この発明の超音波骨解析装置の解析部は、受信したエコー信号に含まれる軟骨表面からのエコー信号を、各周波数におけるエコー信号の振幅値に基づいて検出する。

【0018】

また、この発明の超音波骨解析装置の解析部は、受信したエコー信号に含まれる軟骨下骨からのエコー信号を、各周波数におけるエコー信号の振幅値に基づいて検出する。

【0019】

これら構成は、領域の具体的決定方法を示すものである。図4は、軟骨各部からのエコーデータの周波数特性を示すものであり、図4(A)は軟骨表面領域からのエコーデータの周波数特性、図4(B)は軟骨内部領域からのエコーデータの周波数特性、図4(C)は軟骨下骨領域からのエコーデータの周波数特性を示す。なお、図4において、各特性図に示された複数の特性曲線は、それぞれに軟骨変性がない場合および実験的に軟骨変性を進行させた各場合の特性を示す。図3に示すように、軟骨各部(軟骨表面、軟骨下骨、およびこれらの中間の軟骨内部)で周波数特性が異なるので、当該周波数特性から領域を区分することができる。

30

【0020】

また、この発明の超音波骨解析装置の送信部は、チャープ状の超音波信号を送信する。

【0021】

この構成では、複数周波数のエコー信号を得るための送信制御を示すものであり、チャープ状の超音波信号を用いることで、複数周波数を一つの超音波信号内で実現することができる。

40

【0022】

また、この発明の超音波骨解析装置の送信部は、異なる周波数の超音波信号を異なるタイミングで送信する。

【0023】

この構成も、複数周波数のエコー信号を得るための送信制御を示すものであり、順次周波数の異なる超音波信号を送信することで、それぞれに異なる周波数のエコー信号を、送信した超音波信号毎に、順次取得することができる。

【発明の効果】

50

【 0 0 2 4 】

この発明によれば、外科的処理を行うことなく、皮膚等の軟組織等の状態に影響されない定量的且つ直感的な軟骨変性の解析データを、提供することができる。

【図面の簡単な説明】

【 0 0 2 5 】

【図 1】軟骨変性が無いと考えられる場合のエコーパターンと、軟骨変性があると考えられる場合のエコーパターンを示す図である。

【図 2】同一試料に対して周波数を異ならせたパルスバースト信号を送波した場合のエコーパターンを示す図である。

【図 3】基本周波数（ 1 0 M H z ）のパルスバースト信号によるエコー信号を帯域分割して、基本周波数成分のエコーパターンと、 2 次高調波成分のエコーパターンとを示した図である。

10

【図 4】軟骨表面からのエコーデータの周波数特性、軟骨内部からのエコーデータの周波数特性、および、軟骨下骨からのエコーデータの周波数特性を示す図である。

【図 5】第 1 の実施形態の超音波骨解析装置の主要構成を示すブロック図である。

【図 6】第 1 の実施形態の表示の一態様を示す図である。

【図 7】第 2 の実施形態の超音波骨解析装置のエコー信号受信部 3 ' およびエコーデータ解析部 4 ' の構成を示す図である。

【図 8】第 2 の実施形態の表示の一態様を示す図である。

【図 9】軟骨内部のエコーレベルの周波数特性を示す図である。

20

【図 1 0】第 3 の実施形態の表示の一態様を示す図である。

【発明を実施するための形態】

【 0 0 2 6 】

本発明の第 1 の実施形態に係る超音波骨解析装置について、図を参照して説明する。図 5 は、本実施形態の超音波骨解析装置の主要構成を示すブロック図である。なお、以下では、検知体として人の膝の軟骨を例に説明するが、同様に超音波信号を用いて、検知体外部から検知体内部の構造を解析する他の装置に対しても、本実施形態の構成を適用することができる。

【 0 0 2 7 】

図 5 に示すように、本実施形態の超音波骨解析装置は、送信制御部 1、振動子 2、エコー信号受信部 3、エコー信号解析部 4、表示部 5、操作部 1 0 を備える。

30

【 0 0 2 8 】

操作部 1 0 は、ユーザからの送信に関する操作入力に応じて送信周波数やパルス幅、入力電圧等の送信パラメータを設定し、送信制御部 1 へ与える。また、操作部 1 0 は、ユーザからの表示に関する操作入力に応じて、表示態様を設定もしくは切り替える指示を、表示器 5 に与える。なお、この操作部 1 0 は、表示器 5 に組み込まれたものであってもよい。

【 0 0 2 9 】

送信制御部 1 は、操作部 1 0 からの操作入力もしくは予め設定された周波数および送信タイミング間隔に準じて、振動子 2 に対してパルスバースト信号を送信するための駆動信号を生成する。なお、以下の説明では、超音波信号として、パルス長が比較的長いパルス「バースト」信号を用いる例を示すが、仕様や状況に応じて、パルス長が比較的短いパルス信号を用いても良い。

40

【 0 0 3 0 】

送信制御部 1 および振動子 2 は、パルスバースト信号を複数種類の送信周波数で送信可能な構成からなり、例えば、約 1 0 M H z ~ 2 4 M H z のように所定の周波数帯域内における特定の周波数のパルスバースト信号を送信可能な構成からなる。ここで、パルスバースト信号とは、上述の周波数に設定された搬送波を所定の波数分だけ連続で送信することで、パルス波形を形成する信号であり、当該パルス波形部が送信区間となり、パルス波形部以外の区間が受信区間となる。そして、受信区間は、パルスバースト信号を人の膝に送信

50

したタイミングから、予め設定した深度（距離）まで到達したパルスバースト信号の反射信号を振動子 2 が受信するタイミングまでの期間よりも長く設定されている。

【 0 0 3 1 】

そして、パルスバースト信号の周波数は、実験的に得た結果等を用いて、人の軟骨評価に適するエコーデータや軟骨用解析データを取得するのに適した周波数に、予め設定されるか、後述するような複数の周波数のパルスバースト信号によるエコーパターン等の解析データを取得した上で、ユーザによって操作部 10 で調整された周波数に設定されている。

【 0 0 3 2 】

振動子 2 は、膝の外皮に当接させて使用されるのに適した態様の筐体（例えばハンディースキャナのような筐体）によって内包されている。振動子 2 は、送信制御部 1 から与えられた駆動信号により、所定の指向性でパルスバースト信号を送信する。そして、振動子 2 は、膝における軟骨表面、軟骨内部、軟骨下骨を含む各部から反射したエコーが含まれた反射信号を受信して、電気信号に変換し、エコー信号受信部 3 へ出力する。

【 0 0 3 3 】

エコー信号受信部 3 は、エコー信号を、パルスバースト信号の周波数帯域を通過帯域とするバンドパスフィルタ B P F でフィルタ処理する。例えば、パルスバースト信号の送信周波数が、10 MHz であれば、中心周波数 10 MHz として例えば比帯域幅 40 % の B P F でフィルタ処理する。エコー信号受信部 3 は、フィルタ処理されたエコー信号を、所定サンプリングタイミングでデータ化し、膝の表面からの深度方向に沿ってサンプリングされた個別エコーデータが列ぶエコーデータを形成する。すなわち、1 P I N G のエコーデータは、深度方向に沿って所定間隔で列ぶ個別エコーデータ群からなる。エコー信号受信部 3 は、1 回のパルスバースト信号に応じたエコーデータを、1 P I N G のエコーデータとして、エコーデータ解析部 4 へ出力する。

【 0 0 3 4 】

エコーデータ解析部 4 は、入力されたエコーデータを用いて、軟骨用の解析データを生成し、当該軟骨用の解析データとともに所定 P I N G 数分のエコーデータを表示器 5 へ出力する。

【 0 0 3 5 】

以下、具体的に、エコーデータ解析部 4 の解析データ生成方法について説明する。

エコーデータ解析部 4 は、図 5 (B) に示すように、記憶部 40、エコー領域判定部 41、解析データ生成部 42 を備える。

【 0 0 3 6 】

記憶部 40 は、所定 P I N G 数分のエコーデータを記憶する容量を備え、エコー信号受信部 3 から入力される 1 P I N G 毎のエコーデータを順次記憶する。この際、記憶容量一杯にエコーデータが記憶された状態で、新たなエコーデータが入力されると、最も古い P I N G のエコーデータに対して、新たなエコーデータを書き換える処理を行う。これにより、記憶部 40 には、最新の所定 P I N G 数分のエコーデータが記憶されている。

【 0 0 3 7 】

エコー領域判定部 41 は、記憶部 40 からエコーデータを取得して、エコー領域を判定する。エコー領域の判定には、深度方向（時系列）に列ぶ各個別エコーデータに対して、送信タイミングを基準とした経過時間から、表皮領域を含む皮膚等の軟組織領域、軟骨表面領域、軟骨内部領域、および軟骨下骨領域を設定してもよい。なお、この経過時間と各領域との関係は、予め実験的に取得しておけばよい。しかしながら、各領域の厚み（深さ）は人によって異なるため、以下の示すいずれかの方法もしくは両方の方法を用いると、より良い。また、本装置の特徴として、軟骨表面領域、軟骨内部領域、および軟骨下骨領域が判別できればよく、さらには、少なくとも軟骨表面領域と軟骨内部領域とが判別できればよい。

【 0 0 3 8 】

(i) エコーデータの時系列（深度方向）のレベル遷移による判定

10

20

30

40

50

上述の図 1 に示すように、観測に適する周波数に設定されたパルスバースト信号を用いた場合、エコーデータは軟骨変性の有無に関わらず、特定のエコーパターンとなる。具体的には、絶対レベルとして、深度方向へ順に、表皮領域を含む皮膚等の軟組織領域、軟骨表面領域、軟骨内部領域、軟骨下骨領域を設定すると、通常、軟骨内部領域は、隣り合う軟骨表面領域や軟骨下骨領域よりも絶対的レベルは低くなる。

【 0 0 3 9 】

この深度方向に沿ったエコーレベルの特性を利用し、例えば、深度方向においてエコーレベルが第 1 レベル差閾値以上で急激に高くなった点で、深度が略「0」（時間軸で略「0」）の位置でない位置を軟骨表面領域の皮膚表面側の端部（皮膚等の軟組織領域との境界）とする。そして、より深度を深くしていき、エコーレベルが第 2 レベル差閾値以上に急激に低下した点を、軟骨表面領域と軟骨内部領域との境界とする。さらに、より深度を深くしていき、エコーレベルが第 3 レベル差閾値以上に急激に高くなった点を軟骨内部領域と軟骨下骨領域との境界とする。なお、この軟骨内部領域と軟骨下骨領域との境界を決定するための第 3 レベル差閾値は、軟骨表面領域を決定する第 1 レベル差閾値よりも低く設定している。

10

【 0 0 4 0 】

このようなエコーレベルの深度方向の遷移を用いることで、軟骨表面領域、軟骨内部領域、軟骨下骨領域を区分することができる。

【 0 0 4 1 】

（ i i ）エコーデータの周波数特性による判定

20

上述の（ i ）の方法では、軟骨変性が無かったり、変性の初期の状態であれば、有効であるが、軟骨変性が進行すると、軟骨表面領域のエコーレベルが低下し、軟骨内部領域のエコーレベルが上昇するため、境界を明確に判別できない可能性がある。このため、図 4 に示すような領域毎の周波数特性を利用して、領域区分を行う。

【 0 0 4 2 】

上述の図 4 に示すように、軟骨の各部、すなわち軟骨表面領域、軟骨内部領域、軟骨下骨領域のそれぞれでは、エコーレベルがそれぞれに異なる周波数特性を有する。例えば、図 4（ A ）に示すように、軟骨表面領域では、所定の周波数範囲（ 1 0 M H z ～ 2 4 M H z ）において送信周波数の上昇とともに、エコーレベルが低下する。また、図 4（ B ）に示すように、軟骨内部領域では、所定の周波数範囲（ 1 0 M H z ～ 2 4 M H z ）において送信周波数の上昇とともに、エコーレベルが上昇していき、極大値（ 2 1 M H z 近傍）をもった後に、低下する。また、図 4（ C ）に示すように、軟骨下骨領域では、所定の周波数範囲（ 1 0 M H z ～ 2 4 M H z ）において送信周波数の上昇とともに、エコーレベルは低下する。ここで、軟骨表面領域と軟骨下骨領域とは、同様に送信周波数の上昇に応じてエコーレベルが低下する特性であるが、軟骨表面領域と軟骨下骨領域との間には、軟骨内部領域が存在するので、深度方向に列ぶ個別エコーデータ同士が重なり合うことがない。

30

【 0 0 4 3 】

このような周波数特性を利用し、まず、 P I N G 毎に異なる複数の送信周波数でパルスバースト信号を送信して、各エコーデータを取得する。そして、各深度位置に対する複数 P I N G（複数周波数）の個別エコーデータを読み出し、周波数特性を取得する。なお、本実施形態では、送信周波数の異なるパルスバースト信号を順次送信する例を示したが、パルスバースト信号を搬送波の周波数が 1 パルス内で変化するチャープ状のパルスバースト信号にすることもできる。このようなチャープ状のパルスバースト信号を用いれば、例えば 1 回の送信だけで複数周波数のエコーデータを取得することもできる。

40

【 0 0 4 4 】

そして、このような深度位置毎の個別エコーデータの周波数特性から、各深度位置の個別エコーデータのそれぞれが、どの領域に属するか、すなわち軟骨表面領域、軟骨内部領域、および軟骨下骨領域のいずれに属するかを判断する。そして、深度位置と各領域とを関連付けし、さらに、それぞれの送信周波数における、送信タイミングを基準とした経過時間と各領域とを関連付けする。

50

【 0 0 4 5 】

このような周波数特性による領域区分が終了すると、予め設定した特定の単周波数のパルスバースト信号を順次送信して、順次エコーデータを取得する。ここで、送信周波数毎に各領域の判別基準が経過時間で記憶されているので、この経過時間を基準に、エコーデータを構成する各個別エコーデータがどの領域に属するかを判断することができる。

【 0 0 4 6 】

以上のようにエコーデータを領域判別すると、エコー領域判定部 4 1 は、判定後のエコーデータを解析データ生成部 4 2 へ出力する。

【 0 0 4 7 】

解析データ生成部 4 2 は、エコー領域判定部 4 1 からエコーデータを取得すると、少なくとも軟骨表面領域と軟骨内部領域の領域別エコーデータを抽出し、軟骨用の解析データとして、相対比データを算出する。

10

【 0 0 4 8 】

より具体的には、例えば、1 P I N G 毎に相対比データを算出する場合、1 P I N G 内の軟骨表面領域の領域別エコーデータに含まれる複数深度位置の個別エコーデータからエコーレベルの最大値を算出するとともに、1 P I N G 内の軟骨内部領域の領域別エコーデータに含まれる複数深度位置の個別エコーデータからエコーレベルの最大値を算出する。そして、これら軟骨表面領域のエコーレベルの最大値と、軟骨内部領域のエコーレベルの最大値との比を算出することで、1 P I N G 毎の相対比データを算出する。

【 0 0 4 9 】

20

また、複数 P I N G のエコーデータを用いる場合、所定数の P I N G に亘る軟骨表面領域の領域別エコーデータを構成する個別エコーデータ群からエコーレベルの最大値を算出するとともに、所定数の P I N G に亘る軟骨内部領域の領域別エコーデータを構成する個別エコーデータ群からエコーレベルの最大値を算出する。そして、これら軟骨表面領域のエコーデータの最大値と、軟骨内部領域のエコーレベルの最大値との比を算出することで、複数 P I N G に亘るエコーデータを利用した相対比データを算出する。また、別の方法としては、複数 P I N G のエコーデータを適当な基準時間で同期し、加算した後に各領域別の最大値を算出する。そして、これら各領域別の最大値の比を算出することで、相対比データを算出するようにしてもよい。

【 0 0 5 0 】

30

なお、上述の説明では、エコーレベルの最大値を用いた場合を示したが、領域毎に個別エコーデータのエコーレベルの積分値を算出して、当該積分値から相対比データを算出してもよい。また、積分値に限らず、各領域別のエコーレベルを反映する値（複数のエコーレベルのレベル中央値や平均値等）を用いて相対比を算出してもよい。

【 0 0 5 1 】

このような軟骨表面領域のエコーレベルと軟骨内部領域のエコーレベルとの相対比を用いることで、皮膚等の軟組織の状態に影響されることなく、軟骨変性の有無や状態にのみ準じた、定量的なデータを算出することができる。これは、次の理由による。

【 0 0 5 2 】

(1) 軟骨表面領域からのエコーも軟骨内部領域からのエコーとともに、皮膚等の軟組織領域を通過することを利用し、互いのエコーレベルを除算することで、互いにエコーに対する皮膚等の軟組織領域の影響を軽減できる。

40

【 0 0 5 3 】

(2) 上述の図 1 に示すように、軟骨変性が無い場合は、軟骨表面領域のエコーレベルを基準にして軟骨内部領域のエコーレベルが極低く、軟骨変性が無い場合は、軟骨表面のエコーレベルを基準にして軟骨内部領域のエコーレベルが、軟骨変性がある場合よりも高くなる。したがって、相対比の分母を軟骨表面領域のエコーレベルに設定し、分子を軟骨内部領域のエコーレベルに設定すれば、軟骨変性が無い場合と比較して、軟骨変性がある場合には、相対比が大幅に高くなる。

【 0 0 5 4 】

50

エコーデータ解析部 4 は、このように算出された相対比データと、記憶部 40 に記憶されているエコーデータとを、解析データとして表示器 5 へ出力する。

【0055】

表示器 5 は、エコーデータに基づくエコーパターン画像と相対比のテキスト画像とを表示画面に表示する。図 6 は、本実施形態の表示の一態様を示す図である。図 6 に示すように、表示画面 500 上には、エコーパターン表示ウィンドウ 501 と相対比表示ウィンドウ 502 とが表示される。エコーパターン表示ウィンドウ 501 には、横軸を深度（時間）とし縦軸を PING 番号として、エコーデータを複数 PING 分に亘り平面的に表示したエコーパターン画像と、横軸を深度（時間）とし縦軸をエコーレベルとしたエコーレベル画像とが含まれている。ここで、エコーパターン画像は、各個別エコーデータのレベルに応じて色分けして表示されている。これにより、ユーザは、直視的に軟骨の各部からのエコーレベルを視認することができる。

10

【0056】

また、エコーレベル画像は、各深度位置（時間軸上の位置）における複数 PING の個別エコーデータの平均値や最大値を算出して、深度方向に沿って平均値や最大値を順次包絡するようにしたエンベロープ曲線が、表示されている。これにより、ユーザは、直視的かつ定量的に軟骨の各部からのエコーレベルを視認することができる。

【0057】

また、相対比表示ウィンドウ 502 には、算出された相対比が数値表示される。これにより、ユーザは、軟骨表面領域のエコーレベルと軟骨内部領域のエコーレベルとの相対比を、直視的、定量的且つ明瞭に視認することができる。

20

【0058】

以上のように、本実施形態の構成を用いることで、軟骨変性の有無を評価するための情報を、直視的、定量的且つ明瞭に、ユーザへ提供することができる。

【0059】

なお、本実施形態の表示画面 500 において、相対比表示ウィンドウ 502 の表示色を、相対比データの値に応じて変化させてもよい。これにより、さらに軟骨状態に応じた視認性に優れた表示を行うことができる。

【0060】

次に、第 2 の実施形態に係る超音波骨解析装置について、図を参照して説明する。

30

上述の第 1 の実施形態の超音波骨解析装置では、単周波数のパルスバースト信号を用いて、エコー信号におけるパルスバースト信号の周波数帯域成分のみを用いたが、本実施形態の超音波骨解析装置では、エコー信号におけるパルスバースト信号の周波数帯域成分（基本周波数帯域成分）と、高調波成分（2 倍高調波成分）とを用いる。

【0061】

図 7 は、本実施形態の超音波骨解析装置のエコー信号受信部 3' およびエコーデータ解析部 4' の構成を示す図である。

【0062】

図 7 に示すように、本実施形態のエコー信号受信部 3' は、エコー信号が基本波 BPF 30A と 2 倍波 BPF 30B とに入力される。基本波 BPF 30A は、エコー信号における基本波成分（パルスバースト信号の送信周波数成分）を中心周波数として、所定周波数帯域幅を通過帯域とするバンドパスフィルタからなる。これにより、基本波 BPF 30A は、エコー信号の基本周波数成分をエコーデータ生成部 31A へ出力する。エコーデータ生成部 31A は、基本周波数に準じたサンプリング間隔で、エコー信号の基本周波数成分をサンプリングして、時系列すなわち深度方向へ各個別エコーデータが列ぶエコーデータを生成する。生成された基本周波数成分のエコーデータは、エコーデータ解析部 4' の基本周波数成分解析部 4A へ出力される。

40

【0063】

2 倍波 BPF 30B は、エコー信号における 2 倍波成分（パルスバースト信号の送信周波数に対する 2 倍高調波周波数）を中心周波数として、所定周波数帯域幅を通過帯域とす

50

るバンドパスフィルタからなる。これにより、2倍波BPF30Bは、エコー信号の2倍波周波数成分をエコーデータ生成部31Bへ出力する。エコーデータ生成部31Bは、2倍波周波数に準じたサンプリング間隔で、エコー信号の2倍波周波数成分をサンプリングして、時系列すなわち深度方向へ各個別エコーデータが列ぶエコーデータを生成する。生成された2倍波周波数成分のエコーデータは、エコーデータ解析部4'の2倍波周波数成分解析部4Bへ出力される。

【0064】

基本周波数成分解析部4Aは、記憶部40A、エコー領域判定部41A、解析データ生成部42Aを備え、上述の第1の実施形態のエコーデータ解析部4と同様の構成からなり、解析データ生成部42Aで基本波による相対比データを算出して、記憶部40Aに記憶された基本波のエコーデータとともに、基本波解析データとして出力する。

10

【0065】

2倍波周波数成分解析部4Bは、記憶部40A、エコー領域判定部41B、解析データ生成部42Aを備え、上述の第1の実施形態のエコーデータ解析部4や基本周波数成分解析部4Aと同様の構成からなり、解析データ生成部42Bで2倍波による相対比データを算出して、記憶部40Bに記憶された2倍波のエコーデータとともに、2倍波解析データとして出力する。

【0066】

表示部5は、基本波解析データと2倍波解析データとを用いて、基本波エコーデータと2倍波エコーデータに基づくエコーパターン画像を表示画面に表示するとともに、それぞれの周波数による相対比を表示する。図8は、本実施形態の表示の一態様を示す図である。図8に示すように、表示画面500'は、エコーパターン表示ウィンドウ501'と相対比表示ウィンドウ502'とが横並びに表示されており、各ウィンドウの上段に基本波のエコーパターンおよび相対比データが表示され、下段に2倍波のエコーパターンおよび相対比データが表示される。

20

【0067】

このような表示を用いることで、複数の周波数による解析データを直視的、定量的且つ明瞭に表示することができる。これにより、軟骨変性の有無に対する判断情報をより多く表示できる。また、このような複数周波数のエコーパターンが表示されることで、設定周波数が適切であるかを判断する情報も提供できる。例えば、図8の場合、基本周波数では、軟骨内部領域のエコーが低すぎて、相対比の信頼性が低くなる可能性があるが、2倍波周波数では、軟骨内部領域のエコーレベルを所定レベルで得られ、相対比の信頼性が基本周波数の相対比よりも高いことを確認できる。これを用いて、ユーザはより確からしい方のエコーパターンの相対比を参照したり、送信周波数の調整に利用することもできる。

30

【0068】

さらに、本実施形態では、このような2周波による解析データの生成を、単周波数のパルスバースト信号から得ることができ、複数周波数でパルスバースト信号を送信せずとも、より多くの情報を含む解析データを生成し、表示することができる。

【0069】

なお、本実施形態の表示画面500'に、第1の実施形態に示したようなエコーレベルパターンの画像を、周波数毎に表示させても良い。これにより、さらに多くの有意な情報を表示することができる。

40

【0070】

また、本実施形態では、単一周波数（基本周波数）のパルスバースト信号から基本周波数のエコーデータと2倍波周波数のエコーデータとを取得して、それぞれの周波数において時間軸（距離（深度）方向）上に列ぶエコーレベルのパターンから解析データを生成する例を示したが、同じ距離位置に対応するそれぞれの周波数のエコーデータ同士のレベル比を算出して解析データに用いてもよい。

【0071】

また、本実施形態の上述の記載では、詳細に記載していないが、エコーデータを軟骨表

50

面領域、軟骨内部領域、および軟骨下骨領域に区分する方法は、第1の実施形態と同様の方法を用いることができ、本実施形態では、さらに、基本波エコーデータと2倍波エコーデータの少なくともいずれか一方を用いて上記区分を行うことができる。

【0072】

次に、第3の実施形態に係る超音波骨解析装置について図を参照して説明する。

上述の第1、第2の実施形態では、単周波数のパルスバースト信号を用いて、解析データを生成する例を示したが、本実施形態の超音波骨解析装置では、複数周波数のパルスバースト信号を用いて、さらに解析データに含む情報を追加する。本実施形態の超音波骨解析装置は、基本的なブロック構成としては、上述の第1または第2の実施形態の超音波骨解析装置と同じであり、以下では、第1の実施形態の超音波骨解析装置で、複数周波数のパルスバースト信号を送信する例を示す。

10

【0073】

送信制御部1は、操作部10からの操作入力もしくは予め決められた周波数帯域内で所定の周波数間隔からなる複数種類の周波数のパルスバースト信号を順次送信するように振動子2を駆動する。この際、設定した周波数帯域全体の各設定周波数での送信が終了すると、再度同じように、順次周波数を変えながらパルスバースト信号の送信を繰り返す。

【0074】

振動子2は各周波数のパルスバースト信号を送信し、そのエコー信号を受信して、エコー信号受信部3へ出力する。エコー信号受信部3は、各エコー信号を、上述のようにエコー信号毎に対応するパルスバースト信号の送信周波数により通過帯域が設定されたバンドパスフィルタでフィルタ処理する。そして、エコー信号受信部3は、各周波数帯域でフィルタ処理されたエコー信号を、当該周波数に準じてサンプリングすることで、深度方向に沿って個別エコーデータが列ぶエコーデータを生成する。

20

【0075】

エコーデータ解析部4は、各周波数によるエコーデータを取得し、上述のように時間遷移（深度遷移）や周波数特性を用いて、少なくとも軟骨表面領域と軟骨内部領域とを区分するように領域区分を行う。そして、エコーデータ解析部4は、軟骨表面領域のエコーデータの最大値と、軟骨内部領域のエコーデータの最大値との相対比を演算することで、相対比データを算出する。

【0076】

30

さらに、本実施形態のエコーデータ解析部4は、軟骨内部領域に対応する各周波数のエコーデータに基づいて、上述の図9に示すような軟骨内部領域のエコーデータの周波数特性を算出する。図9は、軟骨内部のエコーレベルの周波数特性を示す図である。より具体的には、例えば、上述のように軟骨内部領域に区分された各エコーデータにおける個別エコーデータ群を、周波数毎にさらに分類する。そして、各周波数の個別エコーデータ群の最大値や平均値を算出し、周波数に関連付けすることで周波数特性を得る。

【0077】

エコーデータ解析部4は、記憶されたエコーデータと、相対比データと、周波数特性とを解析データとして、表示器5へ出力する。

【0078】

40

表示器5は、エコーデータに基づくエコーパターン画像と相対比のテキスト画像とを表示画面に表示する。図10は、本実施形態の表示の一態様を示す図である。図10に示すように、表示画面500A上には、エコーパターン表示ウィンドウ501Aと相対比表示ウィンドウ502Aと周波数特性表示ウィンドウ503Aとが表示される。エコーパターン表示ウィンドウ501Aには、第1の実施形態と同様にエコーパターンとエコーレベル画像とが表示される。また、相対比表示ウィンドウ502には、算出された相対比データが数値表示される。さらに、周波数特性表示ウィンドウ503Aには、算出された周波数特性が表示される。なお、図10では、周波数特性表示ウィンドウ503Aが、エコーパターン表示ウィンドウ501Aや相対比表示ウィンドウ502Aと重なるように表示されているが、表示領域が広ければ、これらが重ならないように表示することもできる。また

50

、このように各ウィンドウが重なるようであれば、ポインタ等による選択操作により、選択したウィンドウが最前面に表示されるようにしたり、各ウィンドウのサイズを変更することもできる。

【 0 0 7 9 】

このように、本実施形態の構成を用いることで、さらに軟骨内部領域の状態により変化する周波数特性をも含む解析データを表示することができ、軟骨の状態を評価するための情報をさらに多く表示することができる。

【 0 0 8 0 】

なお、上述の説明では、振動子の先端を皮膚に当接したまま動かすことなく測定を行った例を示したが、振動子を含む筐体の先端を当接したまま、後端を回転させることで、パルスバースト信号の送信方向を変化させ、所定面積の領域に対するエコー信号を得ることもできる。また、振動子を含む筐体自体を移動させながらエコー信号を得ることもできる。これらの場合、エコー領域判定部 4 1 は、検出した軟骨表面領域の表皮側端部を基準として、各エコーデータを構成する個別エコーデータの深度方向の位置合わせを行うとよい。これにより、パルスバースト信号の送信方向の違いによるエコーデータ毎の各個別エコーデータの深度差の影響を解消し、より正確な解析データを生成することができる。

【 0 0 8 1 】

さらに、上述の説明では振動子が一つの場合を前提に説明しているが、筐体内に振動子を複数配列して、ビームフォーミングし、電子走査等を用いることで、所定面積の領域に対する解析データを生成してもよい。

【 0 0 8 2 】

また、上述の説明では、振動子の筐体を皮膚に当接した場合を例に説明しているが、深度方向の焦点領域が狭い超音波振動子を用いた場合には、軟骨に焦点が当たるように振動子を皮膚から離間させてもよい。この場合、上述の筐体を回転させたり移動させたりした場合と同様に、軟骨表面領域の表皮側端部を基準として、各エコーデータを構成する個別エコーデータの深度方向の位置合わせを行えばよい。

【 0 0 8 3 】

また、上述の説明では、記憶部 4 0 , 4 0 A , 4 0 B をエコーデータ解析部 4 , 4 ' 内に設置する例を示したが、例えばエコー信号受信部 3 の前に設置してもよい。

【 0 0 8 4 】

また、上述の説明では、各領域別のエコーレベルの相対比を算出して解析データに利用する例を示したが、各領域別のエコーレベルの差分値を算出して解析データに利用してよく、各領域別のエコーデータの相違が反映されるその他の演算値であってもよい。

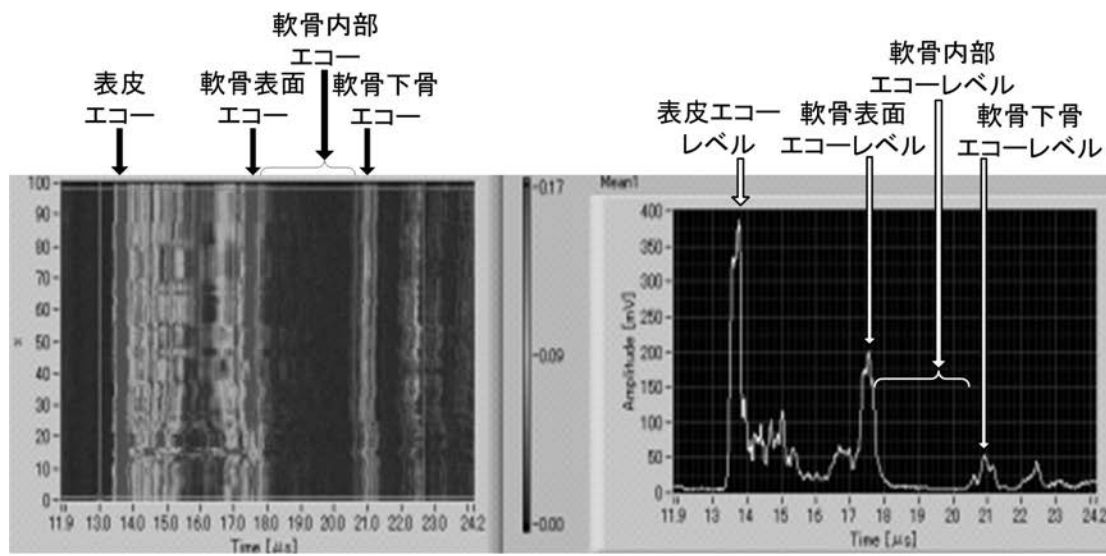
【 符号の説明 】

【 0 0 8 5 】

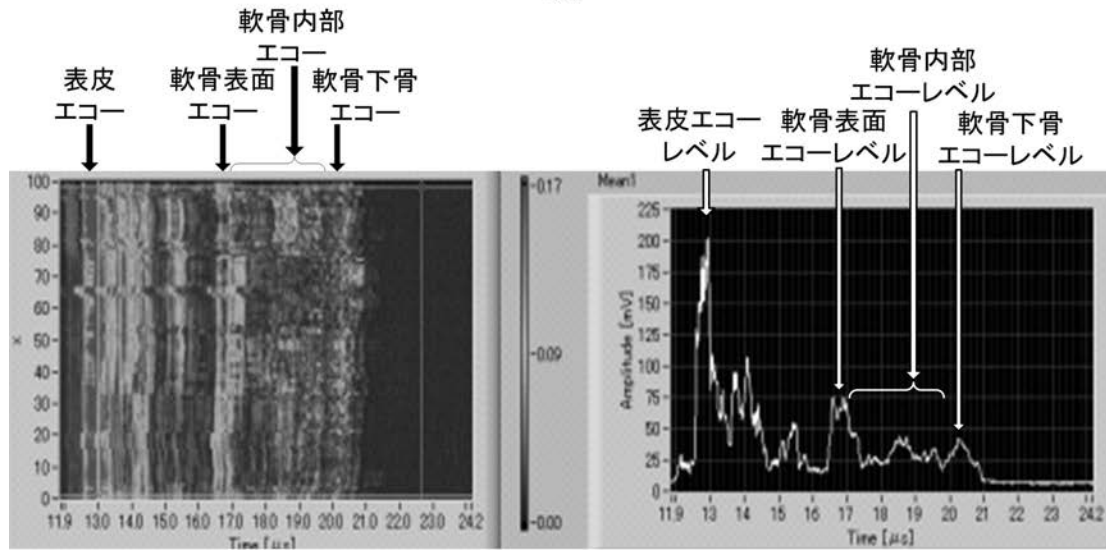
1 - 送信制御部、2 - 振動子、3 - エコー信号受信部、3 0 A - 基本波 B P F、3 0 B - 2 倍波 B P F、3 1 A , 3 1 B - エコーデータ生成部、4 - エコーデータ解析部、4 0 , 4 0 A , 4 0 B - 記憶部、4 1 , 4 1 A , 4 1 B - エコー領域判定部、4 2 , 4 2 A , 4 2 B - 解析データ生成部、5 - 表示器、5 0 0 , 5 0 0 ' , 5 0 0 A - 表示画面、5 0 1 , 5 0 1 ' , 5 0 1 A - エコーパターン表示ウィンドウ、5 0 2 , 5 0 2 ' , 5 0 2 A - 相対比表示ウィンドウ、5 0 3 A - 周波数特性表示ウィンドウ

【図 1】

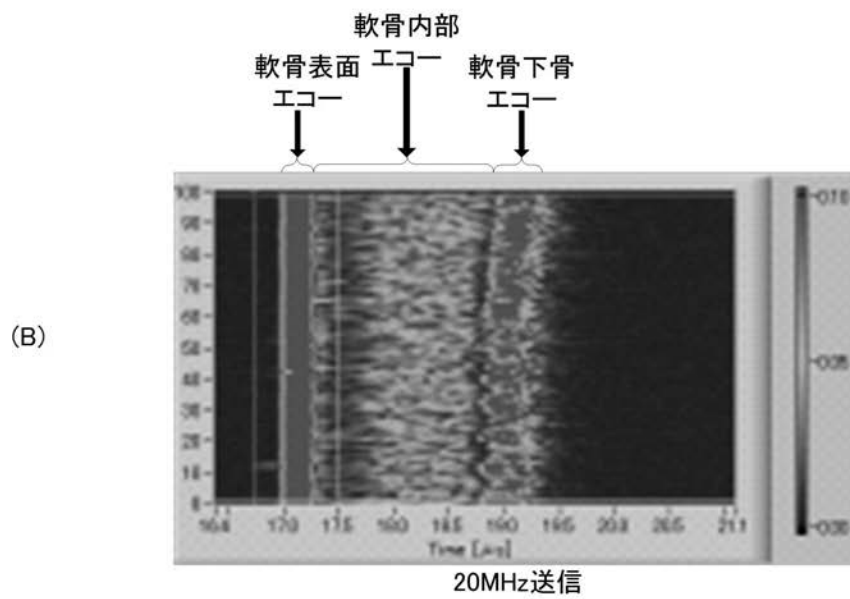
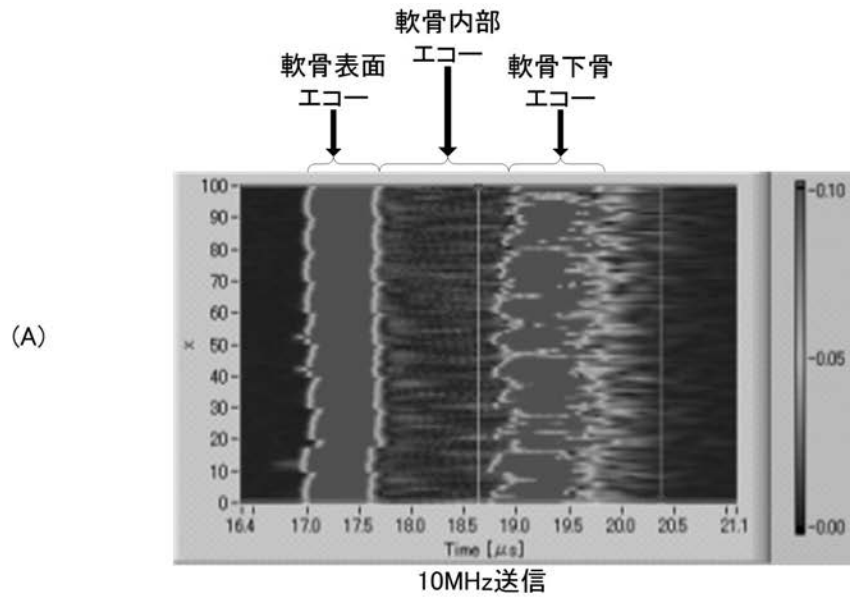
(A)



(B)

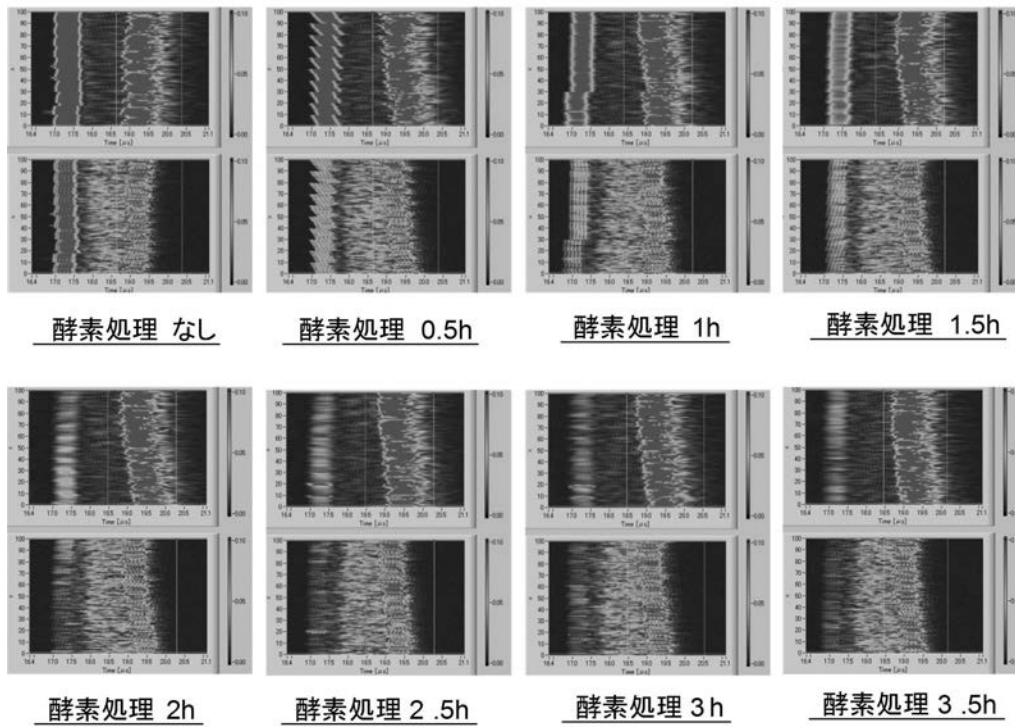


【図 2】

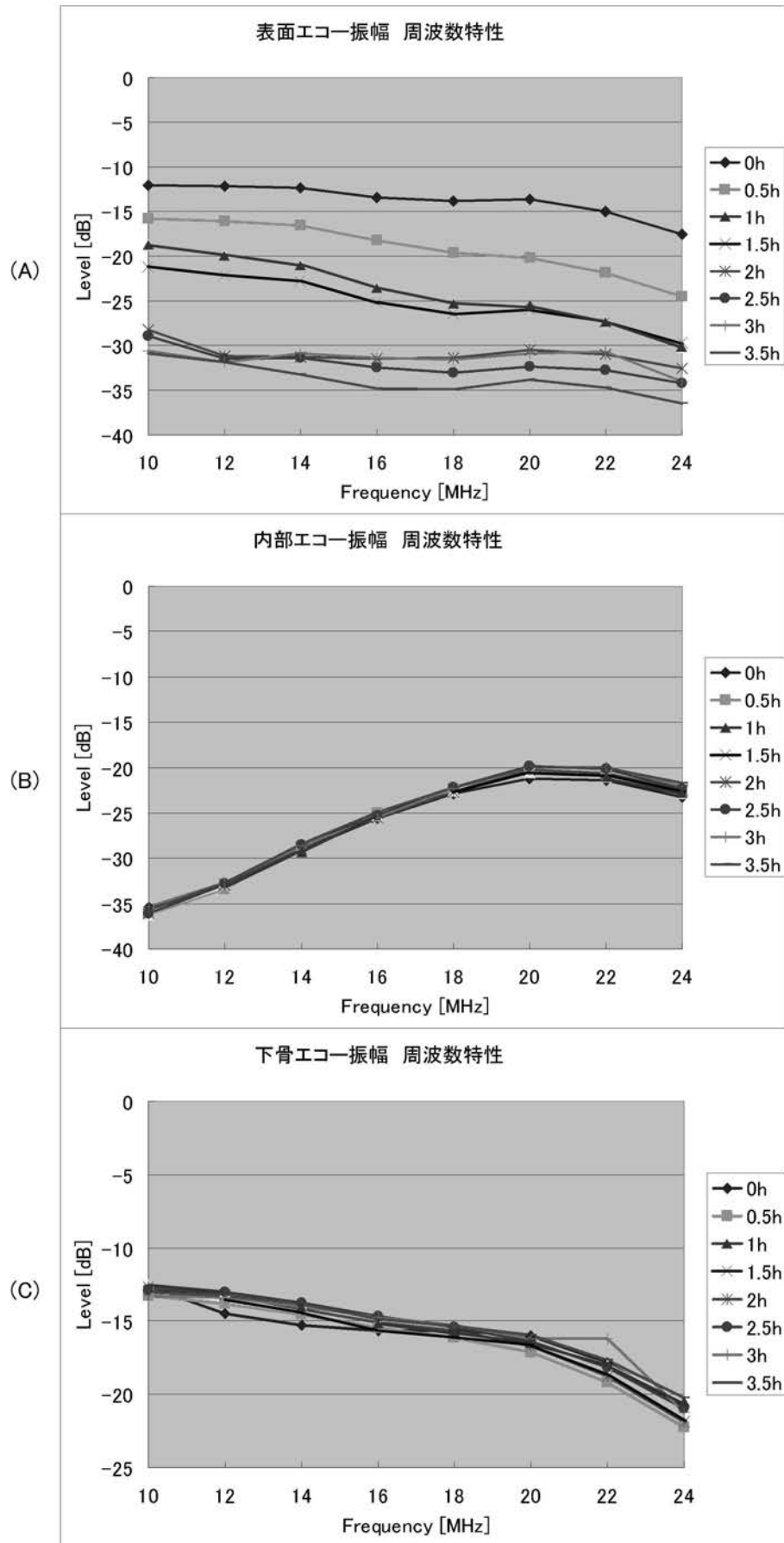


【図 3】

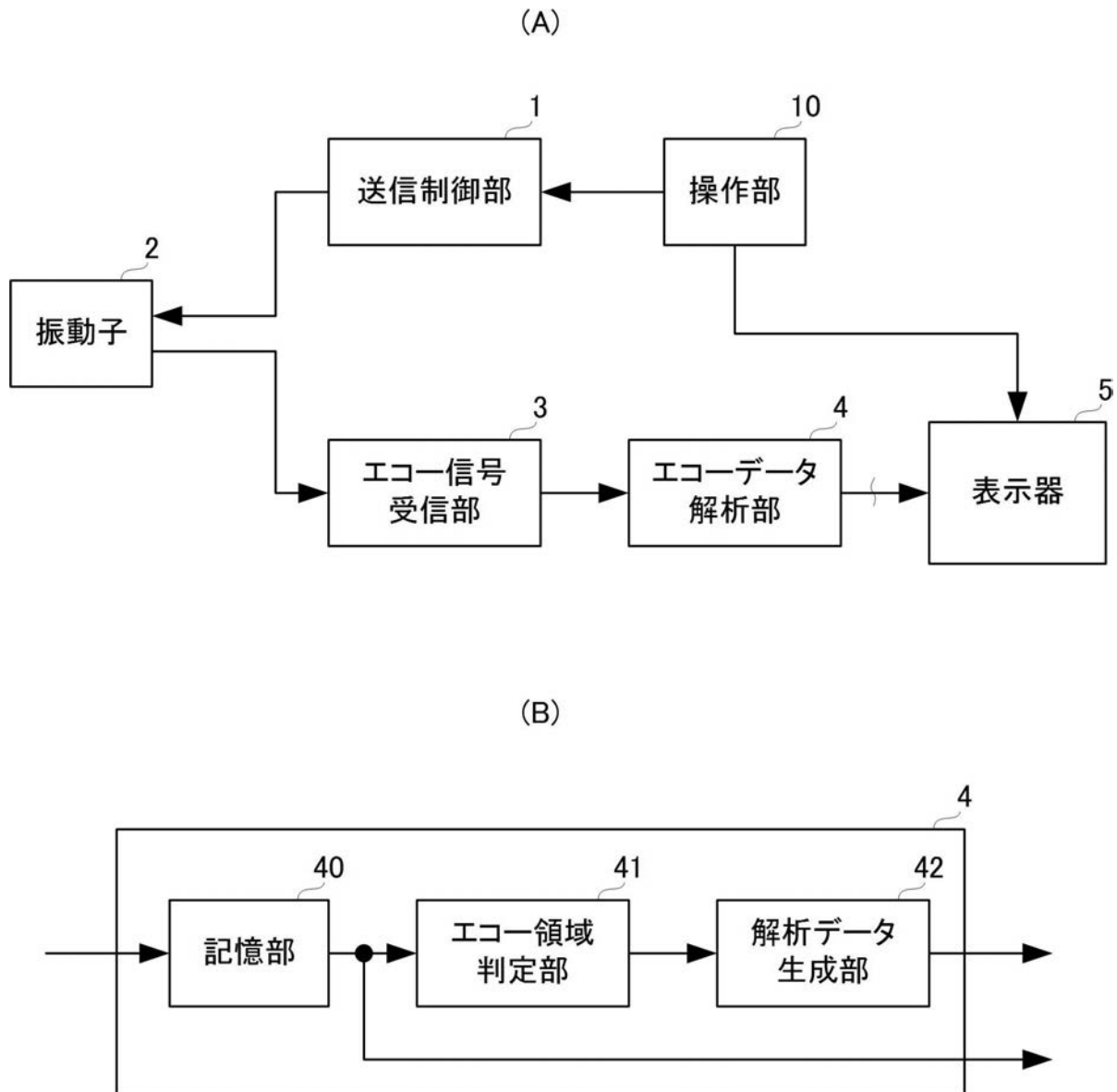
送信周波数:10MHz
上段:BPF10MHz帯域
下段:BPF20MHz帯域



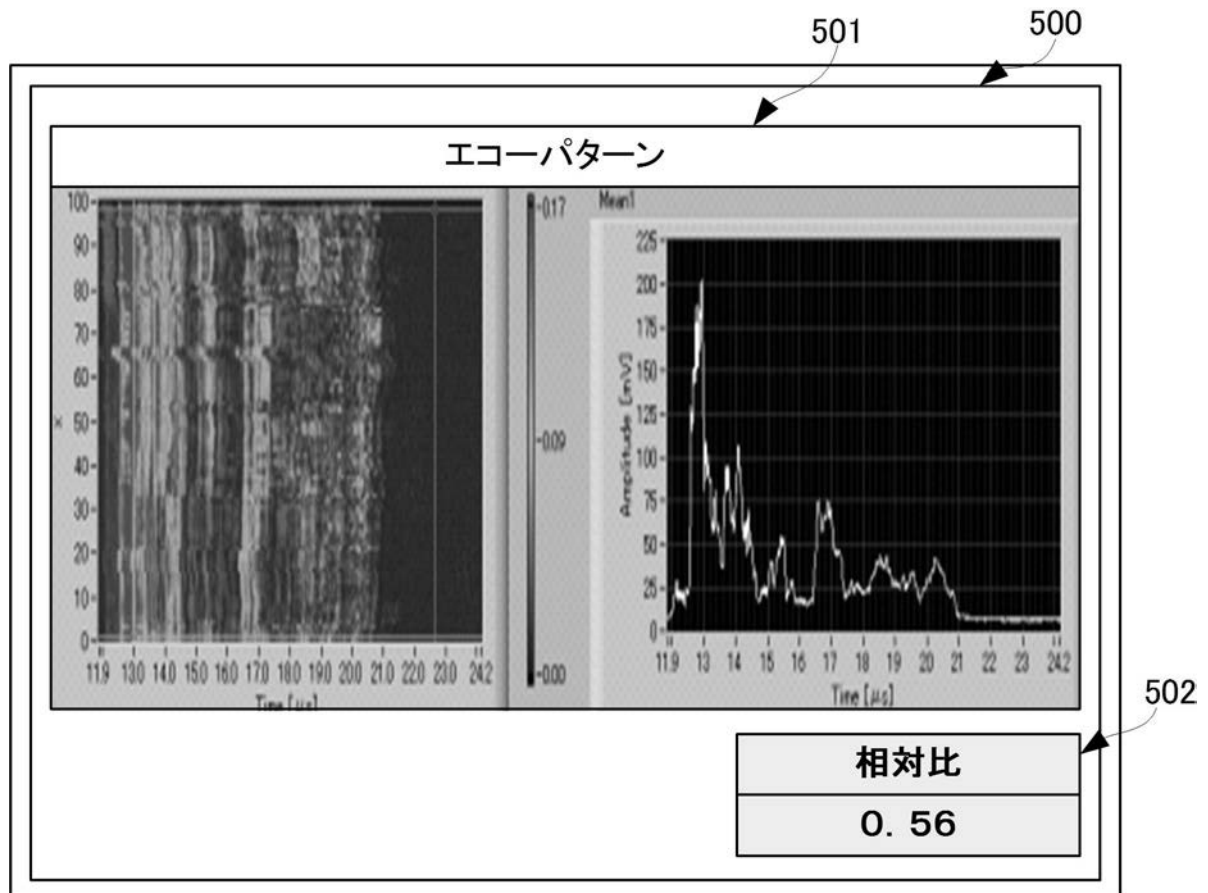
【図4】



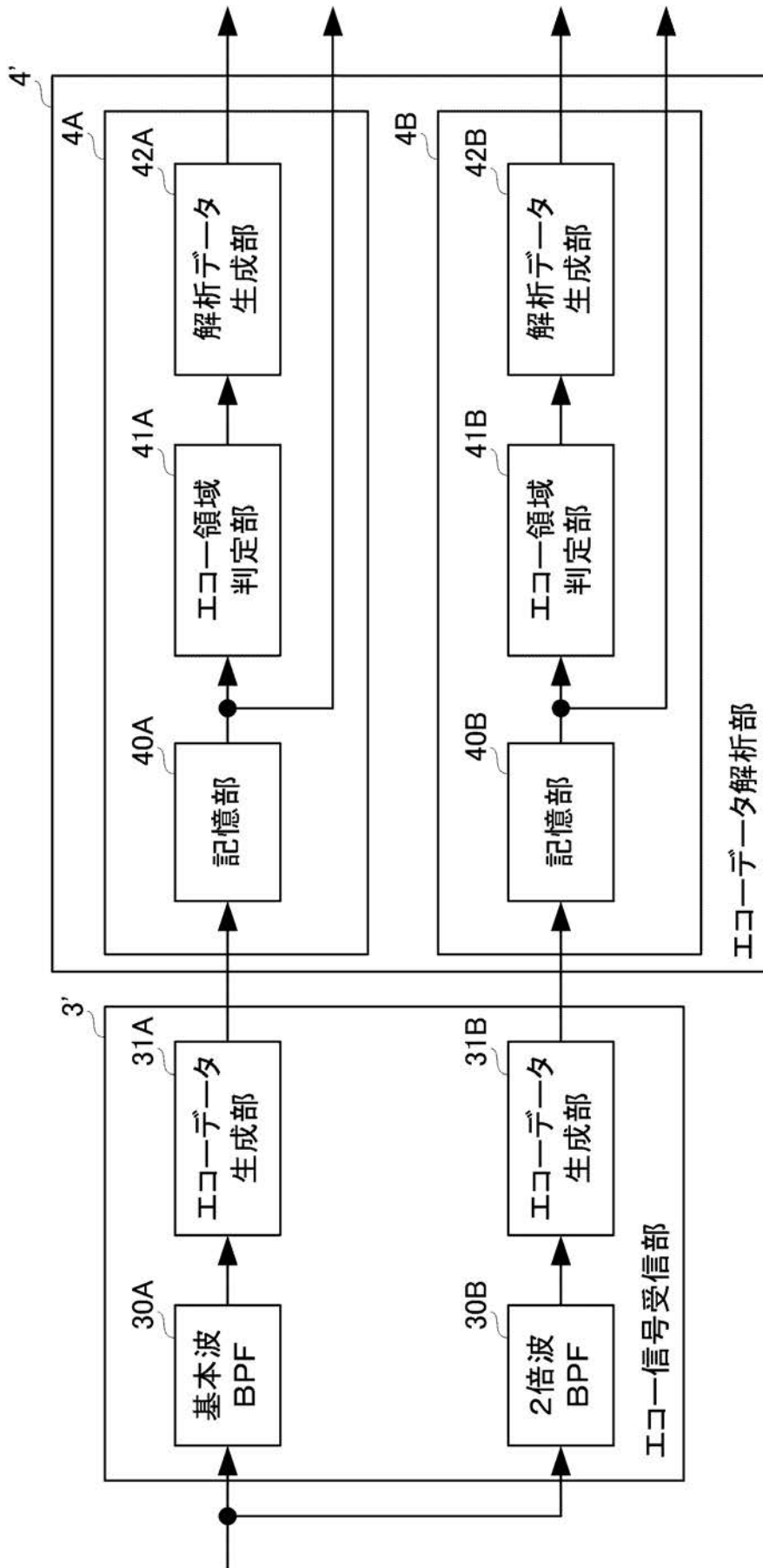
【図5】



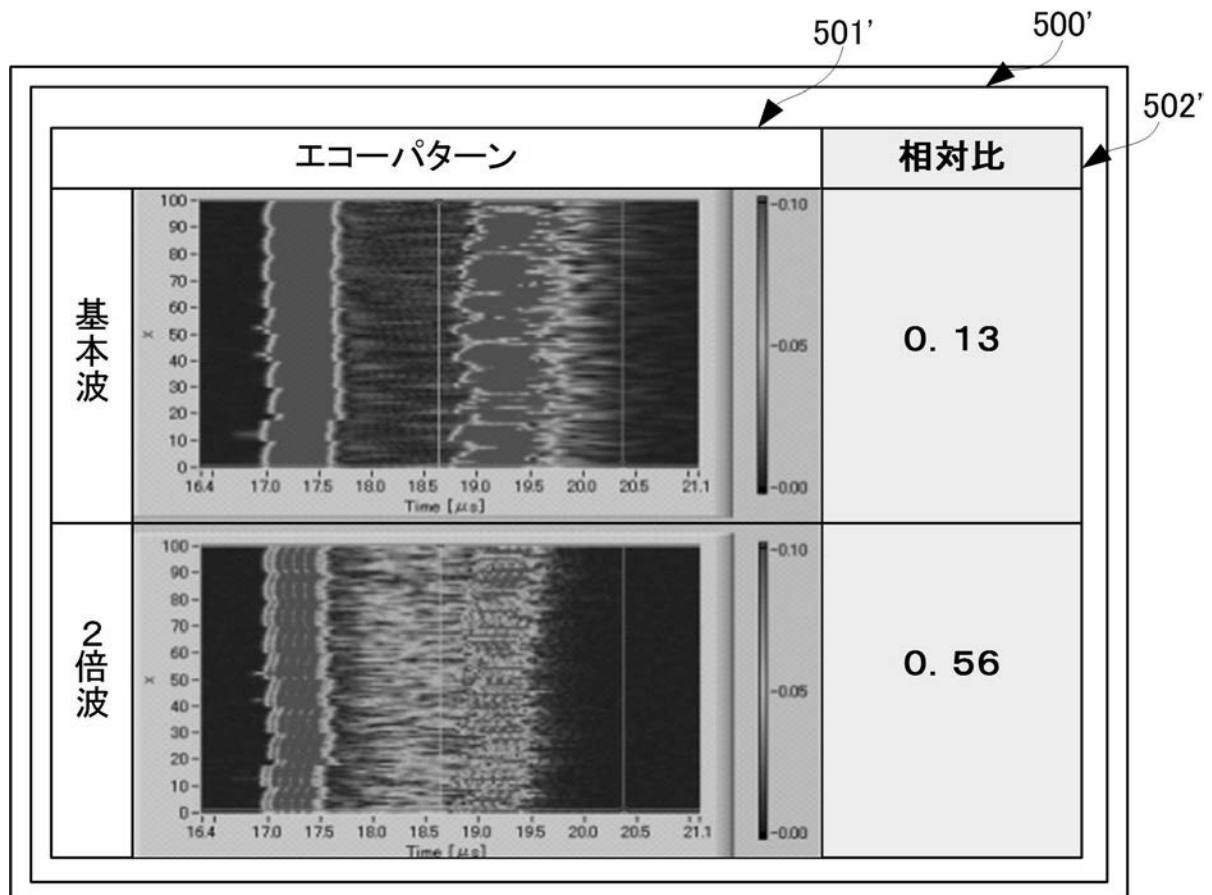
【図 6】



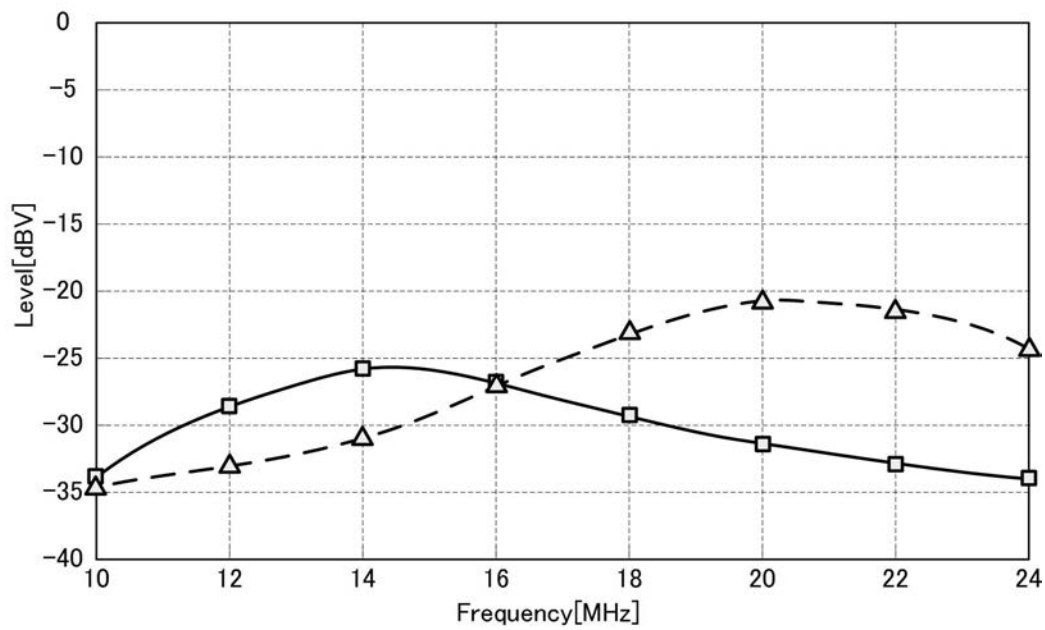
【図 7】



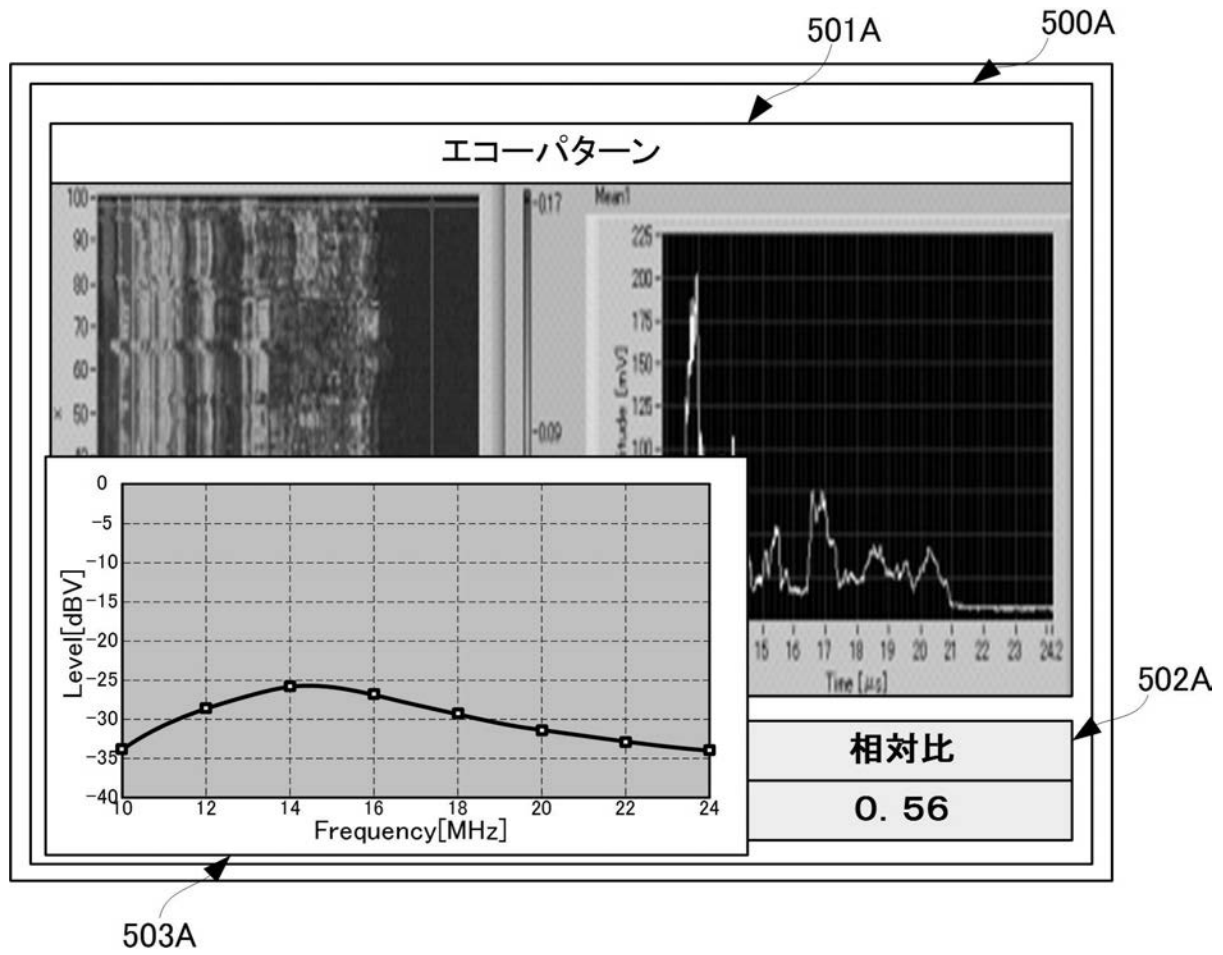
【図 8】



【図 9】



【図10】



フロントページの続き

(56)参考文献 国際公開第2008/108054(WO,A1)

特開2005-125082(JP,A)

皆川洋至他, 2次成長期における脛骨粗面部の発達と軟骨血流について, 超音波医学, (社)日本超音波医学会, 2008年 4月15日, 第35巻増刊号, 第S549頁

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

A61B 8/00 - 8/15