

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2005-95320

(P2005-95320A)

(43) 公開日 平成17年4月14日(2005.4.14)

(51) Int.Cl.⁷

A61B 8/08

F I

A61B 8/08

テーマコード(参考)

4C601

審査請求 未請求 請求項の数 9 O L (全 15 頁)

(21) 出願番号

特願2003-331897(P2003-331897)

(22) 出願日

平成15年9月24日(2003.9.24)

(71) 出願人 000005201

富士写真フイルム株式会社

神奈川県南足柄市中沼210番地

(74) 代理人 100100413

弁理士 渡部 温

(74) 代理人 100110777

弁理士 宇都宮 正明

(72) 発明者 佐藤 智夫

神奈川県足柄上郡開成町宮台798番地

富士写真フイルム株式会社内

Fターム(参考) 4C601 BB02 BB13 DD10 EE04 EE09

GB13 HH03 HH06 HH29 JB11

JB31 JB37 JB42 JB45 JB50

KK12 KK24

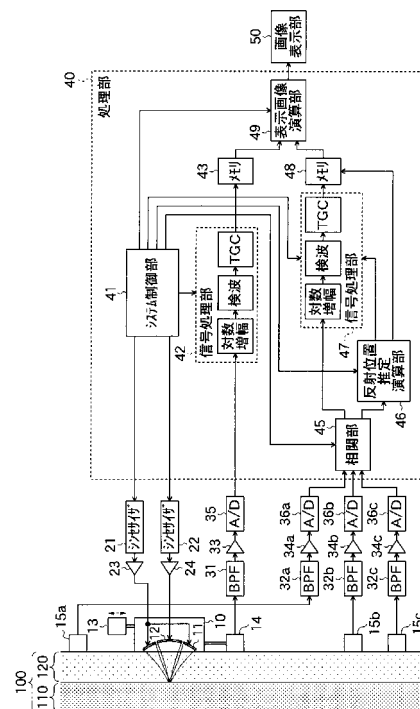
(54) 【発明の名称】 超音波送受信装置及び超音波送受信方法

(57) 【要約】

【課題】 超音波送受信装置において、被検体内において発生したパイプ音が被検体内の反射体から反射されて伝播したパイプ音の検出信号を用いて画像を生成する。

【解決手段】 印加される複数の駆動信号に従って被検体に超音波をそれぞれ送信する送信素子11及び12と、送信素子11及び12にそれぞれ印加される複数の駆動信号を生成するシンセサイザ21及び22と、被検体内の領域に向けて送信素子11から周波数 f_1 を有する超音波を送信すると共に、送信素子12から周波数 f_2 を有する超音波を送信するようにシンセサイザ21及び22を制御するシステム制御部41と、被検体内において発生したパイプ音を受信して複数の検出信号をそれぞれ出力する複数の受信部15a~15cと、受信部15a~15cからそれぞれ出力された複数の検出信号について演算処理を施すことにより、受信されたパイプ音を反射した被検体内の反射領域に関する情報を生成する相関部45及び反射位置推定演算部46とを含む。

【選択図】 図1



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

印加される複数の駆動信号に従って被検体に超音波をそれぞれ送信する第 1 の送信手段及び第 2 の送信手段と、

前記第 1 及び第 2 の送信手段にそれぞれ印加される複数の駆動信号を生成する駆動信号生成手段と、

前記第 1 の送信手段から被検体内の領域に向けて第 1 の超音波を送信すると共に、前記第 2 の送信手段から前記領域に向けて第 1 の超音波と異なる周波数を有する第 2 の超音波を送信するように、前記駆動信号生成手段を制御する制御手段と、

前記被検体内において第 1 及び第 2 の超音波に基づいて発生し、第 1 の超音波の周波数と第 2 の超音波の周波数との差の周波数を有する第 3 の超音波又は音波を受信して複数の検出信号をそれぞれ出力する複数の受信手段と、

前記複数の受信手段からそれぞれ出力された複数の検出信号について演算処理を施すことにより、受信された第 3 の超音波又は音波を反射した被検体内の反射領域に関する情報を生成する演算手段と、
を具備する超音波送受信装置。

10

【請求項 2】

前記演算手段が、前記複数の受信手段からそれぞれ出力された複数の検出信号の相関値を求め、相関値が最大となるように複数の検出信号の位相を調整して合成する、請求項 1 記載の超音波送受信装置。

20

【請求項 3】

前記演算手段が、前記相関値が最大となる時の複数の検出信号の位相調整に関する情報に基づいて、受信された第 3 の超音波又は音波を反射した被検体内の反射領域の位置に関する情報を求める、請求項 2 記載の超音波送受信装置。

【請求項 4】

前記演算手段によって求められた合成検出信号及び被検体内の反射領域の位置に関する情報に基づいて画像データを生成する画像生成手段をさらに具備する請求項 3 記載の超音波送受信装置。

【請求項 5】

印加される複数の駆動信号に従って被検体に超音波をそれぞれ送信する第 1 の送信手段及び第 2 の送信手段と、

前記第 1 及び第 2 の送信手段にそれぞれ印加される複数の駆動信号を生成する駆動信号生成手段と、

前記第 1 の送信手段から被検体内の領域に向けて第 1 の超音波を送信すると共に、前記第 2 の送信手段から前記領域に向けて第 1 の超音波と異なる周波数を有する第 2 の超音波を送信するように、前記駆動信号生成手段を制御する制御手段と、

前記被検体内において第 1 及び第 2 の超音波に基づいて発生し、第 1 の超音波の周波数と第 2 の超音波の周波数との差の周波数を有する第 3 の超音波又は音波を受信して少なくとも 1 つの第 1 の検出信号を出力する少なくとも 1 つの第 1 の受信手段と、

被検体外から伝播する超音波又は音波を受信して第 2 の検出信号を出力する第 2 の受信手段と、

前記少なくとも 1 つの第 1 の検出信号と、利得及び / 又は位相が調整された前記第 2 の検出信号との差を取ることにより、少なくとも 1 つの第 3 の検出信号を生成する処理手段と、

前記少なくとも 1 つの第 3 の検出信号について演算処理を施すことにより、受信された第 3 の超音波又は音波を反射した被検体内の反射領域に関する情報を生成する演算手段と、
を具備する超音波送受信装置。

40

【請求項 6】

第 1 の超音波と、該第 1 の超音波と異なる周波数を有する第 2 の超音波とを、被検体内

50

の領域に向けて送信するステップ (a) と、

前記被検体内において第 1 及び第 2 の超音波に基づいて発生し、第 1 の超音波の周波数と第 2 の超音波の周波数との差の周波数を有する第 3 の超音波又は音波を、複数の受信手段を用いて受信して複数の検出信号をそれぞれ出力するステップ (b) と、

前記複数の受信手段からそれぞれ出力された複数の検出信号について演算処理を施すことにより、受信された第 3 の超音波又は音波を反射した被検体内における反射領域に関する情報を生成するステップ (c) と、
を具備する超音波送受信方法。

【請求項 7】

ステップ (c) が、前記複数の受信手段からそれぞれ出力された複数の検出信号の相関値を求め、相関値が最大となるように複数の検出信号の位相を調整して合成することを含む、請求項 6 記載の超音波送受信方法。

10

【請求項 8】

ステップ (c) が、前記相関値が最大となる時の複数の検出信号の位相調整に関する情報に基づいて、受信された第 3 の超音波又は音波を反射した被検体内の反射領域の位置に関する情報を求めることを含む、請求項 7 記載の超音波送受信装置。

【請求項 9】

第 1 の超音波と、該第 1 の超音波と異なる周波数を有する第 2 の超音波とを、被検体内の領域に向けて送信するステップと、

前記被検体内において第 1 及び第 2 の超音波に基づいて発生し、第 1 の超音波の周波数と第 2 の超音波の周波数との差の周波数を有する第 3 の超音波又は音波を受信して少なくとも 1 つの第 1 の検出信号を出力するステップと、

20

被検体外から伝播する超音波又は音波を受信して第 2 の検出信号を出力するステップと

、
前記少なくとも 1 つの第 1 の検出信号と、利得及び / 又は位相が調整された前記第 2 の検出信号との差を取ることにより、少なくとも 1 つの第 3 の検出信号を生成するステップと、

前記少なくとも 1 つの第 3 の検出信号について演算処理を施すことにより、受信された第 3 の超音波又は音波を反射した被検体内の反射領域に関する情報を生成するステップと

30

を具備する超音波送受信方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、超音波を送受信することにより生体内臓器の診断等を行うために用いられる超音波送受信装置及び超音波送受信方法に関する。

【背景技術】

【0002】

医療分野においては、被検体の内部を観察して診断を行うために、様々な画像技術が開発されている。その中でも、超音波を送受信することによって被検体の内部情報を取得する超音波撮像は、X 線写真や R I (radio isotope) シンチレーションカメラ等の他の医用画像技術と異なり、放射線による被曝がない。そのため、超音波撮像は、安全性の高い画像技術として、産科領域における胎児診断、婦人科系、循環器系、消化器系等を含む幅広い領域において利用されている。

40

【0003】

超音波撮像においては、音響インピーダンスの異なる物質の境界において反射された超音波を検出することにより、画像を生成する。ここで、一般に、超音波は周波数が高いほど減衰し易い性質を有している。そのため、被検体の浅部を撮像する場合には、比較的高い周波数 (例えば、5 MHz 程度) の超音波が用いられ、被検体の深部を撮像する場合には、比較的低い周波数 (例えば、2 MHz 程度) の超音波が用いられている。特に、骨部

50

のように、音響インピーダンスの差が大きい境界が存在する場合には、比較的低い周波数（例えば、0.5 MHz）の超音波が用いられる。

【0004】

ところで、超音波ビームの方位分解能 Y は円形開口の2次元アレイの場合、方位分解能 Y は、焦点距離 F と、超音波の波長 λ と、開口の直径 D とを用いて、次のように表される。

$$Y = 1.22 \times F \times \lambda / D$$

同じ大きさの開口であれば、超音波の波長 λ が小さいほど、即ち、超音波の周波数が高いほど、 Y の値が小さくなり、方位分解能が良くなる。反対に、超音波の波長 λ が大きいほど、即ち、超音波の周波数が低いほど、 Y の値が大きくなり、方位分解能が低下する。一方、開口の大きさは、被検体の大きさとの関係により、一定の大きさに制限される。そのため、被検体の深部を撮像するために低い周波数の超音波を用いると、方位分解能が低くなってしまいうので、骨の内部のような深部の微細な構造を画像化することができない。

10

【0005】

ところで、周波数が僅かに異なる2つの超音波を物体に照射すると、超音波を照射された部分から、2つの超音波の周波数の差に相当する周波数を有する振動が発生することが知られている。この振動は、パイプロ音(vibro)音とも呼ばれている。非特許文献1によれば、パイプロ音が発生するメカニズムは、次のように考えられている。即ち、(1)被検体の検査位置におけるインピーダンスの変化や、超音波の吸収及び拡散による放射圧、又は、(2)非線形干渉によって生成された音響ビームの反射といった物理現象によるものであると説明されている。

20

【0006】

このようなパイプロ音は、数kHz程度の可聴域～数百kHz程度の超音波帯域の周波数を有しているので、例えば、音響インピーダンスの差が大きい境界を通過したり、被検体の深部から戻ってきたパイプロ音であっても、十分な強度を有する信号を取得することができる。また、パイプロ音を発生させる際には高周波の超音波が用いられるので、パイプロ音による走査領域を細く絞って高分解能を実現することができる。そこで、非特許文献1には、パイプロ音を用いて、被検体から取り出した骨の内部について画像化することが記載されている。また、非特許文献2には、被検体の深部の微細構造を画像化することが記載されている。さらに、特許文献1には、パイプロ音を可聴域で受信することが開示されている。また、特許文献2には、パイプロ音を発生させるために、多リングアニュラアレイを用いたり、複数の超音波トランスデューサを用いて電子スキャンすることが開示されている。

30

【0007】

これらの文献においては、送信素子(1次音源)から送信された2つの超音波が共に焦点を形成した位置(2次音源)からパイプロ音が発生するものとして取り扱い、そのパイプロ音を、1つの無指向性の受信素子を用いて受信することにより、音波情報を収集している。しかしながら、被検体内においては、2次音源から発生したパイプロ音が他の組織等の反射体から反射されることにより、反射体の位置を音源(3次音源)とするパイプロ音(パイプロ音の間接波)が発生しているものと考えられる。しかしながら、従来、そのようなパイプロ音の間接波を受信して画像化することは行われていなかった。

40

【0008】

また、パイプロ音の周波数は、可聴域、又は、それより少し高い周波数帯域に含まれるので、パイプロ音を受信するには、それらの帯域をカバーする受信素子が用いられる。そのような帯域の音波や超音波は、空気中においても散乱されずに伝播する。そのため、超音波診断において一般的に用いられる周波数帯域(例えば、3MHz～10MHz)を受信する場合には問題にはならないが、パイプロ音を受信する場合には、空気中を伝播する音波や超音波が検出信号に混入してしまうので、超音波診断の妨げになるおそれがある。

50

【特許文献1】米国特許US5,903,516号明細書

【特許文献2】米国特許US5,991,239号明細書

【非特許文献1】サミュエル カレ (Samuel Calle) 等、「骨弾性撮像へのパイプロ音響記録法の応用 (Application of Vibro-Acoustography to Bone Elasticity Imaging)」、2001 I E E E 超音波シンポジウム、第1601頁～第1605頁

【非特許文献2】ファテミ (Fatemi)、グリーンリーフ (Greenleaf)、「超音波刺激による振動音分波法 (Ultrasound-Stimulated Vibro-Acoustic Spectrography)」、サイエンス (SCIENCE)、第280巻、1998年4月3日、第82頁～第85頁

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

10

【0009】

そこで、本発明は、超音波送受信装置及び超音波送受信方法において、超音波を送信することによって発生したパイプロ音だけでなく、そのようなパイプロ音が被検体内の反射体に反射することによって2次的に伝播するパイプロ音の検出信号を用いて画像を生成することを第1の目的とする。また、本発明は、パイプロ音を受信して画像を生成する超音波送受信装置及び超音波送受信方法において、空気中を伝播する音波や超音波による雑音の影響を低減することを第2の目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0010】

上記の課題を解決するため、本発明の第1の観点に係る超音波送受信装置は、印加される複数の駆動信号に従って被検体に超音波をそれぞれ送信する第1の送信手段及び第2の送信手段と、該第1及び第2の送信手段にそれぞれ印加される複数の駆動信号を生成する駆動信号生成手段と、第1の送信手段から被検体内の領域に向けて第1の超音波を送信すると共に、第2の送信手段から上記領域に向けて第1の超音波と異なる周波数を有する第2の超音波を送信するように、駆動信号生成手段を制御する制御手段と、上記被検体内において第1及び第2の超音波に基づいて発生し、第1の超音波の周波数と第2の超音波の周波数との差の周波数を有する第3の超音波又は音波を受信して複数の検出信号をそれぞれ出力する複数の受信手段と、該複数の受信手段からそれぞれ出力された複数の検出信号について演算処理を施すことにより、受信された第3の超音波又は音波を反射した被検体内の反射領域に関する情報を生成する演算手段とを具備する。

20

30

【0011】

また、本発明の第2の観点に係る超音波送受信装置は、印加される複数の駆動信号に従って被検体に超音波をそれぞれ送信する第1の送信手段及び第2の送信手段と、該第1及び第2の送信手段にそれぞれ印加される複数の駆動信号を生成する駆動信号生成手段と、第1の送信手段から被検体内の領域に向けて第1の超音波を送信すると共に、第2の送信手段から上記領域に向けて第1の超音波と異なる周波数を有する第2の超音波を送信するように、駆動信号生成手段を制御する制御手段と、上記被検体内において第1及び第2の超音波に基づいて発生し、第1の超音波の周波数と第2の超音波の周波数との差の周波数を有する第3の超音波又は音波を受信して少なくとも1つの第1の検出信号を出力する少なくとも1つの第1の受信手段と、被検体外から伝播する超音波又は音波を受信して第2の検出信号を出力する第2の受信手段と、少なくとも1つの第1の検出信号と、利得及び/又は位相が調整された第2の検出信号との差を取ることにより、少なくとも1つの第3の検出信号を生成する処理手段と、少なくとも1つの第3の検出信号について演算処理を施すことにより、受信された第3の超音波又は音波を反射した被検体内の反射領域に関する情報を生成する演算手段とを具備する。

40

【0012】

本発明の第1の観点に係る超音波送受信方法は、第1の超音波と、該第1の超音波と異なる周波数を有する第2の超音波とを、被検体内の領域に向けて送信するステップ (a) と、上記被検体内において第1及び第2の超音波に基づいて発生し、第1の超音波の周波数と第2の超音波の周波数との差の周波数を有する第3の超音波又は音波を、複数の受信

50

手段を用いて受信して複数の検出信号をそれぞれ出力するステップ (b) と、複数の受信手段からそれぞれ出力された複数の検出信号について演算処理を施すことにより、受信された第 3 の超音波又は音波を反射した被検体内における反射領域に関する情報を生成するステップ (c) とを具備する。

【 0 0 1 3 】

また、本発明の第 2 の観点に係る超音波送受信方法は、第 1 の超音波と、該第 1 の超音波と異なる周波数を有する第 2 の超音波とを、被検体内の領域に向けて送信するステップと、上記被検体内において第 1 及び第 2 の超音波に基づいて発生し、第 1 の超音波の周波数と第 2 の超音波の周波数との差の周波数を有する第 3 の超音波又は音波を受信して少なくとも 1 つの第 1 の検出信号を出力するステップと、被検体外から伝播する超音波又は音波を受信して第 2 の検出信号を出力するステップと、少なくとも 1 つの第 1 の検出信号と、利得及び / 又は位相が調整された第 2 の検出信号との差を取ることで、少なくとも 1 つの第 3 の検出信号を生成するステップと、少なくとも 1 つの第 3 の検出信号について演算処理を施すことにより、受信された第 3 の超音波又は音波を反射した被検体内の反射領域に関する情報を生成するステップとを具備する。

10

【 発明の効果 】

【 0 0 1 4 】

本発明によれば、検出された第 3 の超音波又は音波、即ち、パイプロ音の検出信号について演算処理を施すことにより、発生したパイプロ音が反射体から反射されることによって 2 次的に伝播したパイプロ音の検出信号を用いて画像を生成することができる。従って、そのようなパイプロ音を反射した反射体に関する情報を得て、骨の内部組織について画像化することが可能になる。また、本発明によれば、被検体外から伝播する雑音を検出し、パイプロ音の受信手段によって出力された信号から差し引くので、S N 比の高いパイプロ音の検出信号を得ることができる。

20

【 発明を実施するための最良の形態 】

【 0 0 1 5 】

以下、本発明を実施するための最良の形態について、図面を参照しながら詳しく説明する。なお、同一の構成要素には同一の参照番号を付して、説明を省略する。

図 1 は、本発明の第 1 の実施形態に係る超音波送受信装置の構成を示すブロック図である。この超音波送受信装置は、超音波を送信し、被検体からの超音波エコーを受信して画像化すると共に、被検体においてパイプロ (vibro) 音を発生させ、被検体内を伝播するパイプロ音を受信して画像化する装置である。

30

【 0 0 1 6 】

まず、パイプロ音について説明する。図 2 に示すように、周波数が僅かに異なる 2 つの超音波ビーム U S 1 及び U S 2 を物体 1 0 1 に向けて送信すると、2 つの超音波が照射された領域 P 付近において振動が生じる (「パイプロ現象」ともいう) 。この振動がパイプロ音と呼ばれる音波 (超音波) である。図 2 には、パイプロ音の波面が示されている。パイプロ音は、2 つの超音波 U S 1 及び U S 2 の差周波に相当する周波数 (例えば、数 k H z 程度の可聴域 ~ 数 1 0 0 k H z 程度の超音波帯域) を有している。このように、パイプロ音は、一般に超音波撮像に用いられる超音波と比較して低い周波数を有しているため、被検体の深部に到達し易い (深達性が良い) 。また、そのような低い周波数を有する音波 (超音波) を、高い周波数を有する超音波を送信することによって形成するので、低い周波数を有する超音波を直接送信する場合と比較して、細いビームスポットを形成することができる。即ち、パイプロ音を用いることにより、被検体への良好な深達性と高分解能とが両立された超音波画像を生成することができる。

40

【 0 0 1 7 】

図 1 に示すように、この超音波送受信装置は、被検体 1 0 0 に当接させて用いられる超音波送信部 1 0 と、メカニカルステージ 1 3 と、超音波受信部 1 4 と、複数のパイプロ音受信部 1 5 a ~ 1 5 c とを含んでいる。

超音波送信部 1 0 は、送信素子 1 1 及び 1 2 を含んでいる。送信素子 1 1 及び 1 2 とし

50

ては、P Z T (Pb(lead) zirconate titanate: チタン酸ジルコン酸鉛)等のセラミック圧電材やP V D F (polyvinyliden difluoride: ポリフッ化ビニリデン)等の高分子圧電材等の圧電素子の両端に電極を形成した超音波トランスデューサによって構成される。このような超音波トランスデューサの電極に、連続波駆動信号を送って電圧を印加すると、圧電素子は伸縮する。この伸縮により、それぞれの超音波トランスデューサから連続的な超音波が発生する。

【0018】

送信素子11は円環形状を有しており、送信素子12は円形状を有している。或いは、送信素子12を円環形状にしても良い。これらの送信素子11及び12は、同心円状に配置されており、同軸のアニュラアレイを構成している。なお、図1に示す超音波送信部10においては、送信素子11及び12の断面が示されている。このように送信素子を配置することにより、異なる送信素子11及び12から送信された複数の超音波ビームに、同一方向の同一深度に焦点を形成させることができる。

10

メカニカルステージ13は、送信素子11及び12を含む超音波送信部10をメカニカルに駆動する。これにより、超音波送信部10から送信される超音波によって被検体100がリニアに走査される。

【0019】

超音波受信部14は、P Z T等を含む受信素子を有しており、被検体から伝播する超音波を受信して検出信号を出力するハイドロホンである。超音波受信部14は、超音波送信部10とメカニカルに接続されており、メカニカルステージ13によってメカニカルに駆動される超音波送信部10に伴って移動する。

20

【0020】

パイプ音受信部15a~15cの各々は、P Z T等を含む受信素子を有しており、被検体から伝播するパイプ音を受信して検出信号を出力するハイドロホンである。これらの受信素子は、伝播する超音波を受信することによって伸縮し、電気信号を発生する。これらの電気信号は、超音波やパイプ音の検出信号として出力される。

【0021】

図3は、本実施形態に係る超音波送受信装置において用いられる送信素子及び受信素子の周波数特性を示している。図3に示すように、超音波送信部10に含まれる送信素子11及び12は、メガヘルツ帯域(例えば、3MHz~10MHz)において、最も感度が高くなるように設定されている。また、超音波受信部14に含まれる受信素子は、数100kHz~数10MHzの周波数帯域においてほぼ一定の受信感度を有している。さらに、パイプ音受信部15a~15cに含まれる受信素子は、数100Hz~数100kHzの周波数帯域においてほぼ一定の受信感度を有している。

30

【0022】

再び、図1を参照すると、この超音波送受信装置は、送信系回路としてシンセサイザ21及び22と、パワーアンプ23及び24とを有しており、受信系回路として、バンドパスフィルタ(BPF)31及び32a~32cと、プリアンプ33及び34a~34cと、A/Dコンバータ35及び36a~36cと有している。シンセサイザ21及び22は、後述するシステム制御部41の制御の下で、送信素子11及び12にそれぞれ与えられる連続波駆動信号を生成する。パワーアンプ23及び24は、シンセサイザ21及び22によってそれぞれ生成された連続波駆動信号を電力増幅する。

40

【0023】

バンドパスフィルタ31及び32a~32cは、超音波受信部14及びパイプ音受信部15a~15cからそれぞれ出力された超音波又はパイプ音の検出信号の検出信号について、所定の周波数帯域を通過させる。このようなフィルタ処理により、検出信号における不要な帯域を除去してS/N比を高くする。プリアンプ33及び34a~34cは、フィルタ処理を施された検出信号を前置増幅する。また、A/Dコンバータ35及び36a~36cは、アナログの検出信号をデジタル信号(検出データ)に変換する。

【0024】

50

また、この超音波送受信装置は、処理部 40 と、画像表示部 50 とを有している。

処理部 40 は、例えば、パーソナルコンピュータ等のデータ処理装置であり、システム制御部 41 と、超音波検出信号を処理する信号処理部 42 と、メモリ 43 と、パイプ音検出信号を処理する相関部 45 と、反射位置推定演算部 46 と、信号処理部 47 と、メモリ 48 と、表示画像演算部 49 とを含んでいる。

【0025】

システム制御部 41 は、処理部 40 の各部 41 ~ 49 を制御すると共に、シンセサイザ 21 及び 22 に生成させる連続波駆動信号の周波数及びその発生時刻を制御する。また、システム制御部 41 は、超音波送信部 10 によって被検体 100 の所望の領域が走査されるように、メカニカルステージ 13 を制御する。

10

【0026】

信号処理部 42 は、A/Dコンバータ 35 の出力信号（検出データ）に対して、対数増幅や、検波や、TGC（time gain compensation：時間利得補償）等の信号処理を施す。また、メモリ 43 は、信号処理を施された検出データを、所定の記憶領域に記憶する。

【0027】

相関部 45 は、A/Dコンバータ 36a ~ 36c の出力信号にそれぞれ含まれるパイプ音の検出信号の中から、複数の検出信号の相関値を求め、相関値が最大となるように複数の検出信号の位相を調整し、それらを合成して合成データを生成する。反射位置推定演算部 46 は、相関部 45 において求められた複数の検出信号の位相調整に関する情報に基づいて、受信されたパイプ音の反射位置を推定する演算処理を行う。

20

【0028】

信号処理部 47 は、相関部 45 から出力された合成データに対して、反射位置推定演算部 46 によって求められた反射位置に基づいて、対数増幅や、検波や、TGC等の信号処理を施す。メモリ 48 は、信号処理を施された合成データを、反射位置推定演算部 46 によって求められた反射位置に基づいて、所定の記憶領域に記憶する。

【0029】

表示画像演算部 49 は、メモリ 43 及び 48 にそれぞれ記憶されている面データについて走査フォーマットの変換を行うことにより、Bモード画像データを生成する。

画像表示部 50 は、例えば、CRTやLCD等の表示デバイスであり、表示画像演算部 49 によって生成されたBモード画像データに基づいて超音波画像を表示する。

30

【0030】

次に、本発明の第1の実施形態に係る超音波送受信方法について、図1及び図4~図7を参照しながら説明する。図4は、本実施形態に係る超音波送受信方法を示すフローチャートである。

図4のステップS10において、図5の(a)に示すように、超音波送受信装置は、送信素子11から周波数 f_1 を有する超音波US1を、また、送信素子12から周波数 f_2 を有する超音波US2を、被検体100の骨部110表面の同一領域において焦点を形成するように送信する。

【0031】

図5の(a)に示すように、超音波US1及びUS2は、骨部110表面の所定の領域において焦点を形成する。これにより、周波数 $f = f_1 - f_2$ を有するパイプ音が発生し、領域Pを音源とするパイプ音の波面が同心円状に伝播する。図5の(b)に示すように、領域P（2次音源P）から発生したパイプ音は、骨部110の内部まで伝播し、領域Xや領域Yにおいて反射される。これにより、領域Xや領域Yを音源（3次音源）とするパイプ音の波面が同心円状にそれぞれ伝播する。

40

【0032】

ステップS11において、図5の(c)に示すように、超音波送受信装置のパイプ音受信部15a~15cは、被検体100の表面に伝播したパイプ音を受信する。パイプ音受信部15a~15cから出力された検出信号は、フィルタ処理及び前置増幅処理を施され、デジタル信号に変換されて処理部40の相関部45に入力される。

50

【0033】

図6において、出力信号A～Cは、パイプ音受信部15a～15cによって受信されたパイプ音の信号をそれぞれ表している。ここで、横軸は時間を示し、縦軸は信号の強度を示している。出力信号Aには、図5の(c)に示す2次音源Pから発生したパイプ音の検出信号 P_A と、3次音源によって反射されたパイプ音の検出信号A1及びA2が現れている。また、検出信号Bには、2次音源Pから発生したパイプ音の検出信号 P_B と、3次音源によって反射されたパイプ音の複数の検出信号B1及びB2が現れている。さらに、検出信号Cには、2次音源Pから発生したパイプ音の検出信号 P_C と、3次音源によって反射されたパイプ音の複数の検出信号C1及びC2が現れている。なお、2次音源Pから発生して直接受信されるパイプ音は、3次音源によって反射されたパイプ音と比較して強度が高く、3次音源からのパイプ音よりも先に受信される。

【0034】

次に、ステップS12において、関連部45は、A/Dコンバータ36a～36cから出力された複数の検出信号の相関値を求める。ここで、一般に、反射体から反射された音波や超音波の波形は、反射体の硬さや弾性のような反射体の性質に影響を受ける。そのため、相関値の高い複数の検出信号は、同じ反射領域において反射されたパイプ音を表すものと考えられる。そこで、本実施形態においては、相関値の高い複数の検出信号を用いて、反射領域の位置や反射されたパイプ音の強度を推定する演算処理を行っている。

図6に示すように、出力信号A～Cにおいては、検出信号A2と検出信号B1と検出信号C1との波形が相関し、検出信号A1と検出信号B2と検出信号C2との波形が相関するものと考えられる。

【0035】

次に、ステップS13において、関連部45は、相関値が最大となるように複数の検出信号の位相を調整し、それらを合成する。これにより、複数の検出信号A2、B1、C1の合成データや、複数の検出信号A1、B2、C2の合成データが生成される。

【0036】

ステップS14において、反射位置推定演算部46は、関連部45の検出結果に基づいて、相関する複数の検出信号が表すパイプ音の反射位置を推定するための演算を行う。以下において、この演算方法について詳しく説明する。

まず、反射位置推定演算部46は、図6に示すパイプ音の検出信号 P_A 、 P_B 、 P_C の検出時刻 $t = t_{P_A}$ 、 t_{P_B} 、 t_{P_C} に基づいて、パイプ音の発生位置(2次音源)Pの位置を求める。2次音源Pの位置は、検出信号 P_A の検出時刻 t_{P_A} と検出信号 P_B の検出時刻 t_{P_B} との時間差 $t_{AB} = t_{P_A} - t_{P_B}$ と、検出信号 P_B の検出時刻 t_{P_B} と検出信号 P_C の検出時刻 t_{P_C} との時間差 $t_{BC} = t_{P_B} - t_{P_C}$ とを用い、被検体内におけるパイプ音の伝播速度を一定として、演算により求めることができる。さらに、反射位置推定演算部46は、求められた2次音源Pの位置に基づいて、パイプ音の発生時刻 $t = t_0$ を求める。

【0037】

次に、反射位置推定演算部46は、相関する3つの検出信号A2、B1、C1の到達時間を、パイプ音の発生時刻 $t = t_0$ を基準として求める。図6に示す場合には、検出信号A2の到達時間は $t_A = t_{A2} - t_0$ 、検出信号B1の到達時間は $t_B = t_{B1} - t_0$ 、検出信号C1の到達時間は $t_C = t_{C1} - t_0$ となる。さらに、反射位置推定演算部46は、被検体内におけるパイプ音の伝播速度を一定とし、求められた検出信号の到達時間 t_A 、 t_B 、 t_C を、長さ L_A 、 L_B 、 L_C にそれぞれ換算する。

【0038】

図7は、パイプ音の反射位置(3次音源)を求める方法を説明するための図である。先に求められた長さ L_A は、2次音源Pから3次音源Xを経て受信位置Aに至る長さを表している。言い換えると、3次音源Xは、2次音源P及び受信位置Aを2定点とし、2定点からの距離の和が L_A である楕円EAの軌道上にある。また、長さ L_B は、2次音源Pから3次音源Xを経て受信位置Bに至る長さを表しており、3次音源Xは、2定点である

2次音源P及び受信位置Bからの距離の和が L_B である楕円EBの軌道上にある。同様に、長さ L_C は、2次音源Pから3次音源Xを経て受信位置Cに至る長さを表しており、3次音源Xは、2定点である2次音源P及び受信位置Cからの距離の和が L_C である楕円ECの軌道上にある。従って、楕円EAと楕円EBと楕円ECとの交点を求めることにより、3次音源Xの位置を特定することができる。

【0039】

反射位置推定演算部46は、このような方法を用いて、先に求められた2次音源Pとパイプ音受信部15a~15cとの位置関係と、長さ L_A 、 L_B 、 L_C とに基づいて、3次音源Xの位置を求める。

同様にして、反射位置推定演算部46は、相関する検出信号A1、B2、C2を用いて、3次音源Y(図5)の位置を求める。 10

【0040】

図4のステップS15において、図1の信号処理部47は、相関部45において生成された合成データに対して、対数増幅や、検波や、TGC等の信号処理を施す。その際に、信号処理部47は、反射位置推定演算部46によって求められた3次音源の位置(深さ)に基づいてゲインの調整等を行う。さらに、信号処理を施された合成データは、反射位置推定演算部46によって求められた3次音源の位置に基づいて、メモリ48の所定の記憶領域に記憶される。

このようなステップS12~S15の処理を、出力信号A~Cに含まれる相関する複数の検出信号について行うことにより、メモリ48には、被検体のある断面における面データを構成する合成データが蓄積される。 20

【0041】

一方、被検体100の骨部110の外側においては、超音波US1や超音波US2が被検体100内の軟部組織120に反射することによって超音波エコーが生じている。図4のステップS21において、超音波受信部14は、超音波エコーを受信して検出信号を出力する。この検出信号は、フィルタ処理及び前置増幅処理を施され、デジタル変換されて信号処理部42に入力される。

【0042】

次に、ステップS22において、信号処理部42は、入力された検出データについて、検波等の所定の信号処理を施す。信号処理を施された検出データは、メモリ43の所定の記憶領域に記憶される。これにより、メモリ43には、被検体のある断面における面データを構成する音線データが蓄積される。 30

【0043】

ステップS31において、表示画像演算部49は、メモリ43及び48にそれぞれ記憶されている面データに基づいて、Bモード画像データを生成する。これにより、図8の(a)に示すように、メモリ43に記憶されている超音波に基づいて得られたデータからは、骨部110の外側の軟部組織120が表された超音波画像が生成される。また、図8の(b)に示すように、メモリ48に記憶されているパイプ音に基づいて得られたデータからは、骨部110の内部組織が表された超音波画像が生成される。

【0044】

ステップS32において、表示画像演算部49は、生成されたBモード画像を表示部50に表示させる。その際に、表示画像演算部49は、図8の(a)や(b)に示す超音波画像を順次表示させても良い。或いは、図8の(c)に示すように、それらの超音波画像を合成することにより、骨部の外側の軟部組織と骨部の内部組織との両方が表された超音波画像を表示させても良い。 40

【0045】

以上説明したように、本実施形態によれば、複数の受信素子を用いて受信されたパイプ音の検出信号に基づいて、そのパイプ音を反射した反射体に関する情報を演算によって求めるので、送信された超音波では直接到達し難い骨の内部について、詳細な画像を得ることが可能になる。また、1回の超音波の送信により、被検体内の複数の反射体に関す 50

る情報を得ることができるので、効率的に超音波撮像を行うことが可能になる。

【0046】

本実施形態においては、3つの受信部を用いて被検体を伝播するパイプロ音を検出したが、4つ以上の受信部を用いても良い。これにより、3次音源の位置の推定精度を高くすることができる。

【0047】

また、本実施形態においては、1つの超音波受信部14を用いて被検体からの超音波エコーを検出したが、異なる位置に配置された複数の超音波受信部を用いて超音波エコーを検出して良い。その場合には、複数の超音波受信部にそれぞれ対応する複数の受信系回路(バンドパスフィルタ、プリアンプ、A/Dコンバータ)を設けると共に、信号処理部42の前段に、それらの受信系回路から出力された検出データについて、所定の遅延を与えて加算することにより受信フォーカス処理を施す処理部を設けることが望ましい。

10

【0048】

次に、本発明の第2の実施形態に係る超音波送受信装置について説明する。

図9は、本実施形態に係る超音波送受信装置の構成を示すブロック図である。図9に示す超音波送受信装置において、複数のパイプロ音受信部15a~15cは、超音波送信部10とメカニカルに連結されている。その他の構成については、図1に示す超音波送受信装置と同様である。

【0049】

本実施形態においては、メカニカルステージ13の駆動により超音波送信部10が移動する際に、パイプロ音受信部15a~15cも一緒に移動する。これにより、図5に示すように、超音波送信部10から送信された2つの超音波に基づいて発生したパイプロ音の2次音源Pの位置と、パイプロ音受信部15a~15cとの位置関係は常にそれぞれ一定となる。従って、2次音源Pの位置を求める必要がなくなり、演算処理を簡単にすることができる。

20

【0050】

次に、本発明の第3の実施形態に係る超音波送受信装置について説明する。

図10は、本実施形態に係る超音波送受信装置の構成を示すブロック図である。この超音波送受信装置は、A/Dコンバータ36a~36cの前段に、プリアンプ37a~37cと、位相調整部38a~38cと、減算処理部39a~39cとをそれぞれ備えている。また、この超音波送受信装置は、被検体の外部の音波や超音波を収集するように向きを調節されている受信部16と、受信部16の出力信号を増幅するプリアンプ17と、位相調整部18とを備えている。受信部16は、パイプロ音受信部15a~15cと同様に、例えば、数100Hz~数100kHzの周波数帯域においてほぼ一定の受信感度を有するような受信素子を有しており、空気中を伝播する音波や超音波を受信する。その他の構成については、図1に示す超音波送受信装置と同様である。

30

【0051】

ここで、本実施形態において受信されるパイプロ音は、可聴域~数100kHz程度の周波数を有している。音波は当然のことであるが、40kHz~120kHz程度の比較的周波数が低い超音波は、通常の超音波撮像に用いられるメガヘルツ帯域の超音波と異なり、空気中を伝播することが可能である。そのため、パイプロ音を受信する受信素子が、被検体を伝播するパイプロ音だけでなく、空気中を伝播する音波や超音波も受信してしまうので、検出信号のSN比が著しく低下するおそれがある。

40

そこで、本実施形態においては、空気中を伝播する雑音を受信部16によって検出し、その検出信号の利得及び位相を調整することによって雑音の成分を取得する。そして、前置増幅及び位相調整されたパイプロ音の検出信号から、雑音の成分を差し引くことにより、パイプロ音検出信号のSN比を向上させている。

【0052】

本実施形態においては、複数のパイプロ音の検出信号に基づいて合成データを生成する前に、それぞれのパイプロ音の検出信号から雑音の成分を差し引く処理を行っているが、

50

生成された合成データから雑音の成分を差し引く処理を行っても良い。また、雑音の成分を差し引く処理は、図10に示すようにアナログ的に行っても良いし、デジタル的に行っても良い。

【0053】

以上説明した本発明の第1～第3の実施形態においては、周波数の異なる2つの超音波を送信することによってパイプ音を発生させた。しかしながら、パイプ音の発生方法については、この方法に限られない。例えば、米国特許US5,921,928号明細書に開示されているように、単一周波数の超音波の振幅を変調する方法や、振幅変調された単一周波数の超音波を間歇送信する方法や、米国特許US6,408,679号明細書に開示されているように、低周波の超音波をポンピングして高周波の超音波によって刺激を

10

与えることにより、非線形現象を起こす方法等が挙げられる。

また、パイプ音を受信する際に、米国特許US5,903,516号明細書の図5に開示されているように、ドプラスキャンを行っても良い。

【図面の簡単な説明】

【0054】

【図1】本発明の第1の実施形態に係る超音波送受信装置の構成を示すブロック図である。

【図2】パイプ音を発生させる様子を示す図である。

【図3】送信素子及び受信素子の周波数特性を示す図である。

【図4】本発明の第1の実施形態に係る超音波送受信方法を示すフローチャートである。

20

【図5】本発明の第1の実施形態に係る超音波送受信方法を説明するための図である。

【図6】図1に示すパイプ音受信部の出力信号を表す図である。

【図7】3次音源の位置を求める方法を説明するための図である。

【図8】本発明の第1の実施形態に係る超音波送受信装置によって撮像される超音波画像を示す図である。

【図9】本発明の第2の実施形態に係る超音波送受信装置の構成を示すブロック図である。

【図10】本発明の第3の実施形態に係る超音波送受信装置の構成を示すブロック図である。

【符号の説明】

30

【0055】

10 超音波送信部

11、12 送信素子

13 メカニカルステージ

14 超音波受信部

15 a ~ 15 c パイプ音受信部

16 受信部

17、33、34 a ~ 34 c、37 a ~ 37 c プリアンプ

18 位相調整部

21、22 シンセサイザ

40

23、24 パワーアンプ

31、32 a ~ 32 c バンドパスフィルタ

35、36 a ~ 36 c A/Dコンバータ

38 a ~ 38 c 位相調整部

39 a ~ 39 c 減算処理部

40 処理部

41 システム制御部

42、47 信号処理部

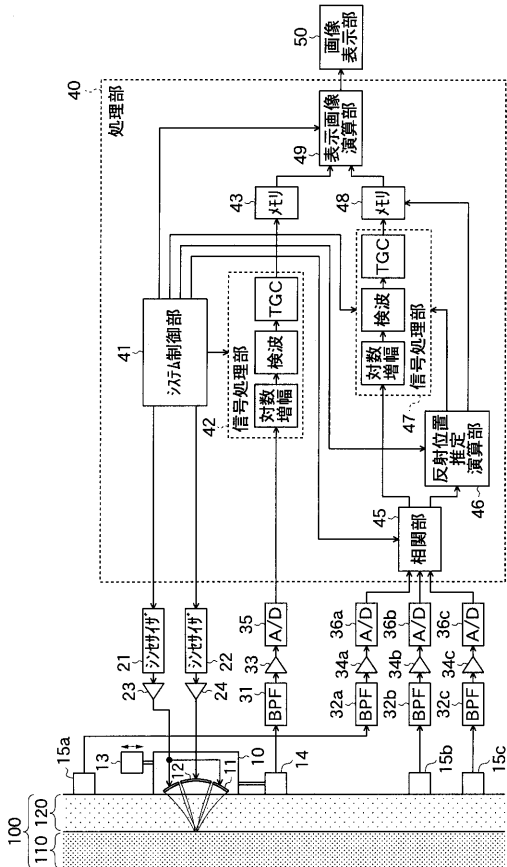
43、48 メモリ

45 関連部

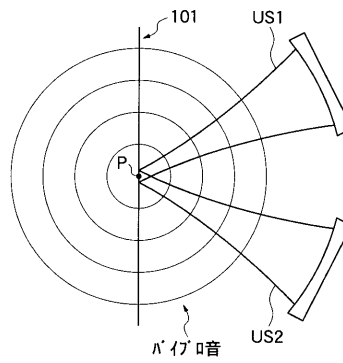
50

- 4 6 反射位置推定演算部
- 4 9 表示画像演算部
- 5 0 画像表示部
- 1 0 0 被検体
- 1 0 1 物体
- 1 1 0 骨部
- 1 2 0 軟部組織

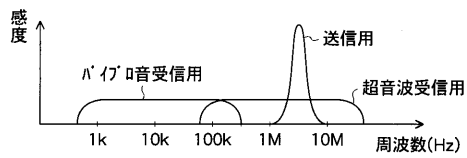
【 図 1 】



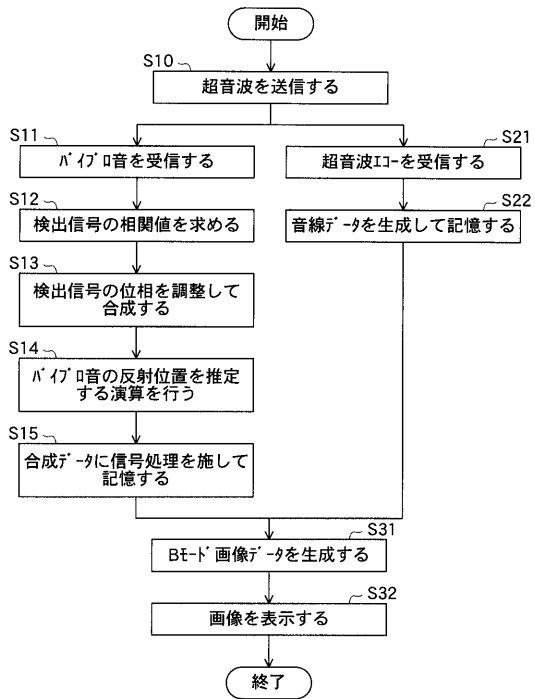
【 図 2 】



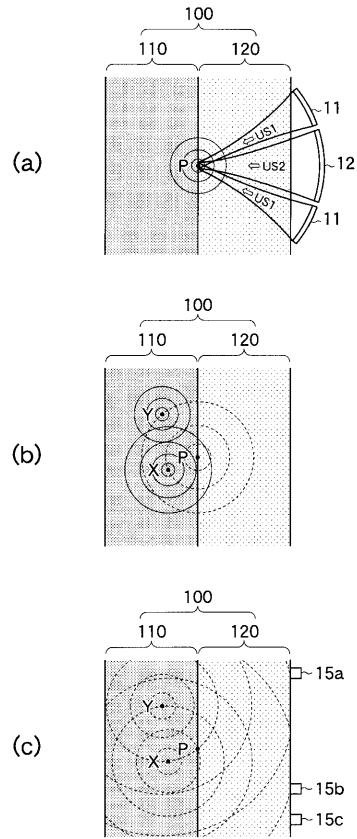
【 図 3 】



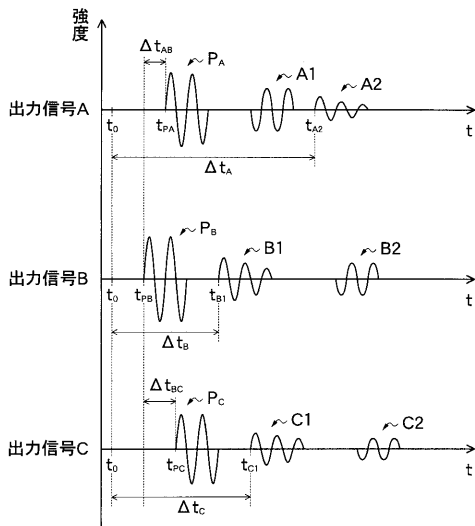
【 図 4 】



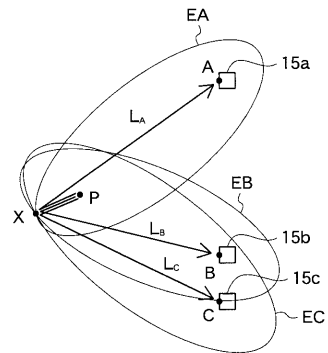
【 図 5 】



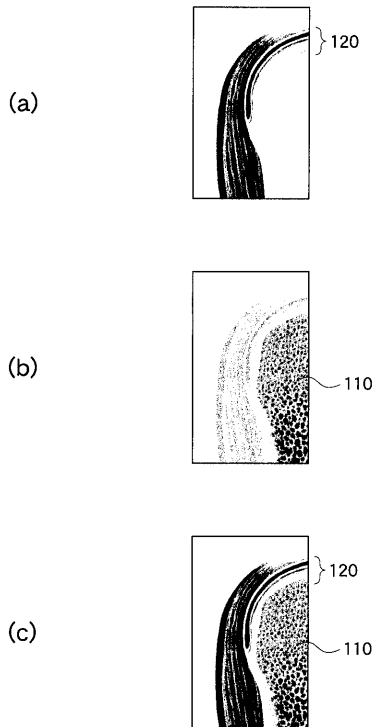
【 図 6 】



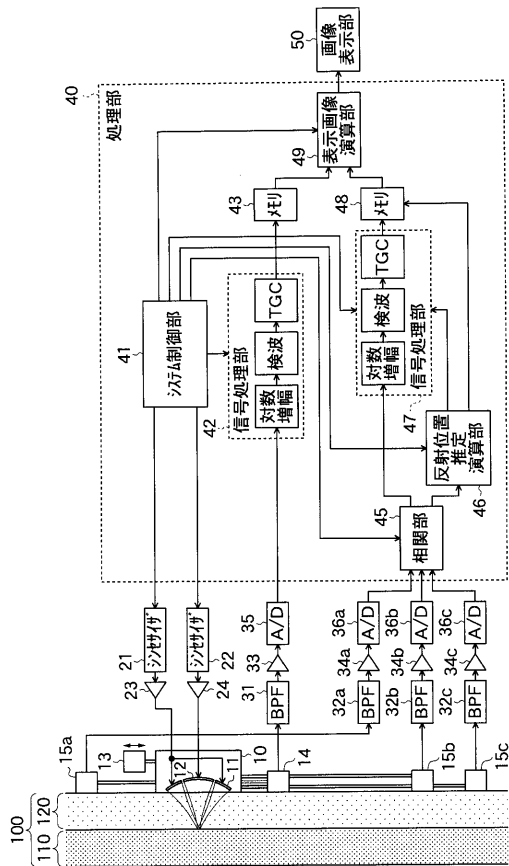
【 図 7 】



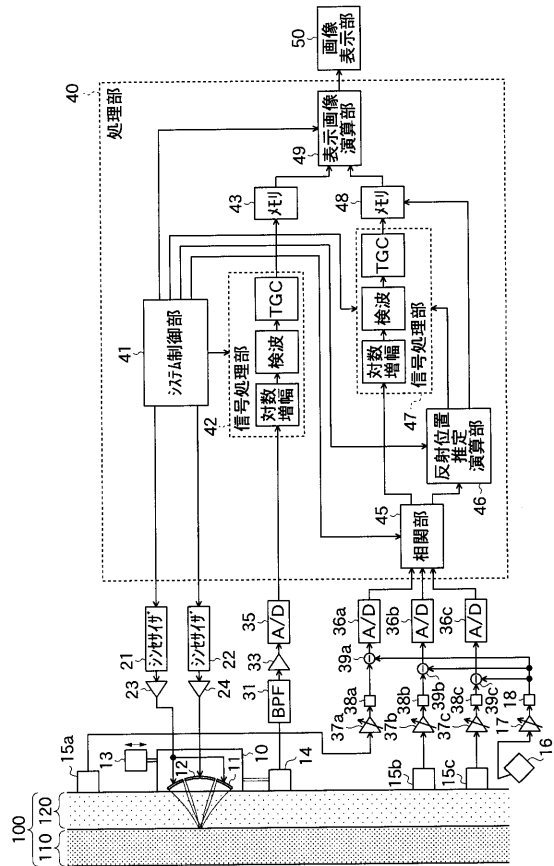
【 図 8 】



【 図 9 】



【 図 10 】



专利名称(译)	超声波送受信装置及び超声波送受信方法		
公开(公告)号	JP2005095320A	公开(公告)日	2005-04-14
申请号	JP2003331897	申请日	2003-09-24
[标]申请(专利权)人(译)	富士胶片株式会社		
申请(专利权)人(译)	富士胶片有限公司		
[标]发明人	佐藤智夫		
发明人	佐藤 智夫		
IPC分类号	A61B8/08		
FI分类号	A61B8/08 A61B8/14		
F-TERM分类号	4C601/BB02 4C601/BB13 4C601/DD10 4C601/EE04 4C601/EE09 4C601/GB13 4C601/HH03 4C601/HH06 4C601/HH29 4C601/JB11 4C601/JB31 4C601/JB37 4C601/JB42 4C601/JB45 4C601/JB50 4C601/KK12 4C601/KK24		
代理人(译)	宇都宫正明		
外部链接	Espacenet		

摘要(译)

超声波发送接收装置使用在被检体内产生的，被反射器反射并传播的振动声的检测信号来生成图像。 解决方案：根据多个施加的驱动信号将超声波发射到对象的发射元件11和12，以及分别生成施加到发射元件11和12的多个驱动信号的合成器21和22。 合成器21和22，以便将频率为f1的超声波从发射元件11朝被检体区域发射，并将频率为f2的超声波从发射元件12发射出去。 系统控制单元41，用于控制多个接收单元15a至15c，用于接收在对象中产生的振动声并分别输出多个检测信号，以及分别从接收单元15a至15c输出的多个检测。 它包括相关单元45和反射位置估计计算单元46，其对信号执行计算处理以生成关于对象中反射接收到的振动声的反射区域的信息。 [选型图]图1

