

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第6305699号
(P6305699)

(45) 発行日 平成30年4月4日(2018.4.4)

(24) 登録日 平成30年3月16日(2018.3.16)

(51) Int.Cl. F 1
A 6 1 B 8/08 (2006.01) A 6 1 B 8/08

請求項の数 17 (全 31 頁)

(21) 出願番号	特願2013-138111 (P2013-138111)	(73) 特許権者	594164542 キヤノンメディカルシステムズ株式会社 栃木県大田原市下石上1385番地
(22) 出願日	平成25年7月1日(2013.7.1)	(74) 代理人	110001771 特許業務法人虎ノ門知的財産事務所
(65) 公開番号	特開2015-9040 (P2015-9040A)	(72) 発明者	金山 侑子 栃木県大田原市下石上1385番地 東芝 メディカルシステムズ株式会社内
(43) 公開日	平成27年1月19日(2015.1.19)	(72) 発明者	掛江 明弘 栃木県大田原市下石上1385番地 東芝 メディカルシステムズ株式会社内
審査請求日	平成28年6月27日(2016.6.27)	(72) 発明者	川岸 哲也 栃木県大田原市下石上1385番地 東芝 メディカルシステムズ株式会社内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 超音波診断装置及び超音波イメージングプログラム

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

フォーカス深さを含む変位発生用超音波の送信条件ごとに、関心領域の上限深さ及び下限深さを示す深さ情報を記憶する記憶部と、

入力部を介した操作者からの指示に従って観察用の領域を走査領域として設定し、前記観察用の領域の上限深さ及び下限深さと、前記深さ情報とに基づいて、第1の関心領域及び前記第1の関心領域と深さ方向で隣接する、又は、深さ方向で一部が重複する第2の関心領域を含む複数の関心領域を、前記観察用の領域を網羅するように設定する設定部と、

音響放射力に基づいて生体組織に変位を発生させる変位発生用超音波を、前記第1の関心領域に対応する第1の送信条件及び前記第2の関心領域に対応する第2の送信条件を少なくとも含む複数の送信条件により超音波プローブから送信させ、前記変位発生用超音波の送信ごとに発生する前記走査領域内の生体組織の変位を観測する観測用超音波を前記超音波プローブから複数回送信させる送信部と、

前記超音波プローブから送信された複数の観測用超音波それぞれに対応する複数の反射波データを解析して前記走査領域に対応する複数の変位情報を取得し、取得した前記複数の変位情報に基づく分布情報を、前記複数の送信条件それぞれで算出する信号処理部と、

前記複数の送信条件それぞれに対応する複数の前記分布情報に基づいて、前記複数の送信条件それぞれに対応する複数の画像データを生成し、当該複数の画像データを前記複数の関心領域に基づいて合成した合成画像データを生成する画像生成部と、

を備える、超音波診断装置。

【請求項 2】

入力部を介した操作者からの指示に従って観察用の領域を走査領域として設定し、第 1 の関心領域及び前記第 1 の関心領域と深さ方向で隣接する、又は、深さ方向で一部が重複する第 2 の関心領域を含む複数の関心領域を、前記観察用の領域を網羅するように設定する設定部と、

音響放射力に基づいて生体組織に変位を発生させる変位発生用超音波を、前記第 1 の関心領域に対応する第 1 の送信条件及び前記第 2 の関心領域に対応する第 2 の送信条件を少なくとも含む複数の送信条件により超音波プローブから送信させ、前記変位発生用超音波の送信ごとに発生する前記走査領域内の生体組織の変位を観測する観測用超音波を前記超音波プローブから複数回送信させる送信部と、

10

前記超音波プローブから送信された複数の観測用超音波それぞれに対応する複数の反射波データを解析して前記走査領域に対応する複数の変位情報を取得し、取得した前記複数の変位情報に基づく分布情報を、前記複数の送信条件それぞれで算出する信号処理部と、

前記複数の送信条件それぞれに対応する複数の前記分布情報に基づいて、前記複数の送信条件それぞれに対応する複数の画像データを生成し、当該複数の画像データを前記複数の関心領域に基づいて合成した合成画像データを生成する画像生成部と、

を備え、

前記設定部は、所定の送信条件で送信された変位発生用超音波に対応する前記観察用の領域の前記分布情報に基づく画像データにおいて信頼度が低い領域を求め、求めた領域の一部の領域で生体組織においてせん断波伝播速度が観測される送信条件を新たな所定の送信条件として設定する処理を繰り返すことで、前記複数の送信条件を設定する、

20

超音波診断装置。

【請求項 3】

前記設定部は、前記所定の送信条件の前記分布情報に基づく画像データにおいて信頼度が低い深さ方向の領域を求め、求めた深さ方向の領域の一部の深さ方向の領域で生体組織においてせん断波伝播速度が観測される送信条件を新たな所定の送信条件として設定する、請求項 2 に記載の超音波診断装置。

【請求項 4】

前記設定部は、前記所定の送信条件の前記分布情報に基づく画像データにおいて信頼度が低い方位方向の領域を求め、求めた方位方向の領域の一部の方位方向の領域で生体組織においてせん断波伝播速度が観測される送信条件を新たな所定の送信条件として設定する、請求項 2 に記載の超音波診断装置。

30

【請求項 5】

前記設定部は、前記超音波プローブから送信される各変位発生用超音波が該当する関心領域に到達した際の到達パワー又は到達エネルギーが、略同一となるように前記複数の送信条件を設定する、請求項 1 ~ 4 のいずれか一つに記載の超音波診断装置。

【請求項 6】

前記設定部は、変位発生用超音波の送信回数、又は、変位発生用超音波の送信条件数の上限値の範囲で、前記観察用の領域を調整する、請求項 1 ~ 5 のいずれか一つに記載の超音波診断装置。

40

【請求項 7】

所定の走査領域内に、第 1 の関心領域及び前記第 1 の関心領域と深さ方向で隣接する、又は、深さ方向で一部が重複する第 2 の関心領域を含む複数の関心領域を設定し、超音波プローブから送信される各変位発生用超音波が該当する関心領域に到達した際の到達パワー又は到達エネルギーが、略同一となるように複数の送信条件を設定する設定部と、

音響放射力に基づいて生体組織に変位を発生させる変位発生用超音波を、前記第 1 の関心領域に対応する第 1 の送信条件及び前記第 2 の関心領域に対応する第 2 の送信条件を少なくとも含む前記複数の送信条件により前記超音波プローブから送信させ、前記変位発生用超音波の送信ごとに発生する前記走査領域内の生体組織の変位を観測する観測用超音波を前記超音波プローブから複数回送信させる送信部と、

50

前記超音波プローブから送信された複数の観測用超音波それぞれに対応する複数の反射波データを解析して前記走査領域に対応する複数の変位情報を取得し、取得した前記複数の変位情報に基づく分布情報を、前記複数の送信条件それぞれで算出する信号処理部と、

前記複数の送信条件それぞれに対応する複数の前記分布情報に基づいて、前記複数の送信条件それぞれに対応する複数の画像データを生成し、当該複数の画像データを合成した合成画像データを生成する画像生成部と、

を備える、超音波診断装置。

【請求項 8】

前記設定部は、複数の変位発生用超音波それぞれで生体組織において発生するせん断波の伝播速度であるせん断波伝播速度が観測される領域を組み合わせた領域が前記走査領域を網羅するように、前記複数の送信条件を設定する、請求項 7 に記載の超音波診断装置。

10

【請求項 9】

前記設定部は、前記走査領域として操作者が設定した観察用の領域に、前記複数の関心領域を設定し、各関心領域の生体組織の略全てにおいてせん断波伝播速度が観測される変位発生用超音波の送信条件を設定し、

前記画像生成部は、前記複数の画像データを、前記複数の関心領域に基づいて合成して、前記合成画像データを生成する、請求項 8 に記載の超音波診断装置。

【請求項 10】

複数の送信条件ごとに、当該送信条件で送信される変位発生用超音波によりせん断波伝播速度が観測される変位が発生する深さ方向の上限深さ及び下限深さを対応付けた深さ情報を記憶する記憶部、

20

を更に備え、

前記設定部は、前記観察用の領域の上限深さ及び下限深さと、前記深さ情報とに基づいて、前記複数の送信条件を設定する、請求項 9 に記載の超音波診断装置。

【請求項 11】

前記設定部は、所定の送信条件で送信された変位発生用超音波に対応する前記観察用の領域の前記分布情報に基づく画像データにおいて信頼度が低い領域を求め、求めた領域の一部の領域で生体組織においてせん断波伝播速度が観測される送信条件を新たな所定の送信条件として設定する処理を繰り返すことで、前記複数の送信条件を設定する、請求項 9 に記載の超音波診断装置。

30

【請求項 12】

前記信号処理部は、前記第 1 の送信条件により送信された前記変位発生用超音波に基づいて少なくとも前記第 1 の関心領域に対応する複数の変位情報に基づく第 1 の分布情報と、前記第 2 の送信条件により送信された前記変位発生用超音波に基づいて少なくとも前記第 2 の関心領域に対応する複数の変位情報に基づく第 2 の分布情報とを、少なくとも算出し、

前記画像生成部は、前記第 1 の分布情報に基づいて第 1 の画像データを生成し、前記第 2 の分布情報に基づいて第 2 の画像データを生成し、少なくとも前記第 1 の画像データ及び前記第 2 の画像データの合成結果に基づいて前記合成画像データを生成する、請求項 1 ~ 11 のいずれか一つに記載の超音波診断装置。

40

【請求項 13】

前記複数の関心領域を、表示部に表示させる制御部、

を更に備える、請求項 1 ~ 12 のいずれか一つに記載の超音波診断装置。

【請求項 14】

前記複数の送信条件それぞれは、変位発生用超音波のフォーカス深さ、送信開口、送信周波数及びバースト長の少なくとも 1 つが異なる、請求項 1 ~ 13 のいずれか一つに記載の超音波診断装置。

【請求項 15】

入力部を介した操作者からの指示に従って観察用の領域を走査領域として設定し、フォーカス深さを含む変位発生用超音波の送信条件ごとの関心領域の上限深さ及び下限深さを

50

示す深さ情報と、前記観察用の領域の上限深さ及び下限深さとに基づいて、第1の関心領域及び前記第1の関心領域と深さ方向で隣接する、又は、深さ方向で一部が重複する第2の関心領域を含む複数の関心領域を、前記観察用の領域を網羅するように設定し、

音響放射力に基づいて生体組織に変位を発生させる変位発生用超音波を、前記第1の関心領域に対応する第1の送信条件及び前記第2の関心領域に対応する第2の送信条件を少なくとも含む複数の送信条件により超音波プローブから送信させ、前記変位発生用超音波の送信ごとに発生する前記走査領域内の生体組織の変位を観測する観測用超音波を前記超音波プローブから複数回送信させ、

前記超音波プローブから送信された複数の観測用超音波それぞれに対応する複数の反射波データを解析して前記走査領域に対応する複数の変位情報を取得し、取得した前記複数の変位情報に基づく分布情報を、前記複数の送信条件それぞれで算出し、

前記複数の送信条件それぞれに対応する複数の前記分布情報に基づいて、前記複数の送信条件それぞれに対応する複数の画像データを生成し、当該複数の画像データを前記複数の関心領域に基づいて合成した合成画像データを生成する、

各処理をコンピュータに実行させる、超音波イメージングプログラム。

【請求項16】

入力部を介した操作者からの指示に従って観察用の領域を走査領域として設定し、第1の関心領域及び前記第1の関心領域と深さ方向で隣接する、又は、深さ方向で一部が重複する第2の関心領域を含む複数の関心領域を、前記観察用の領域を網羅するように設定し、

音響放射力に基づいて生体組織に変位を発生させる変位発生用超音波を、前記第1の関心領域に対応する第1の送信条件及び前記第2の関心領域に対応する第2の送信条件を少なくとも含む複数の送信条件により超音波プローブから送信させ、前記変位発生用超音波の送信ごとに発生する前記走査領域内の生体組織の変位を観測する観測用超音波を前記超音波プローブから複数回送信させ、

前記超音波プローブから送信された複数の観測用超音波それぞれに対応する複数の反射波データを解析して前記走査領域に対応する複数の変位情報を取得し、取得した前記複数の変位情報に基づく分布情報を、前記複数の送信条件それぞれで算出し、

前記複数の送信条件それぞれに対応する複数の前記分布情報に基づいて、前記複数の送信条件それぞれに対応する複数の画像データを生成し、当該複数の画像データを前記複数の関心領域に基づいて合成した合成画像データを生成する、

各処理をコンピュータに実行させ、

前記設定する処理は、所定の送信条件で送信された変位発生用超音波に対応する前記観察用の領域の前記分布情報に基づく画像データにおいて信頼度が低い領域を求め、求めた領域の一部の領域で生体組織においてせん断波伝播速度が観測される送信条件を新たな所定の送信条件として設定する処理を繰り返すことで、前記複数の送信条件を設定する、

超音波イメージングプログラム。

【請求項17】

所定の走査領域内に、第1の関心領域及び前記第1の関心領域と深さ方向で隣接する、又は、深さ方向で一部が重複する第2の関心領域を含む複数の関心領域を設定し、超音波プローブから送信される各変位発生用超音波が該当する関心領域に到達した際の到達パワー又は到達エネルギーが、略同一となるように複数の送信条件を設定し、

音響放射力に基づいて生体組織に変位を発生させる変位発生用超音波を、前記第1の関心領域に対応する第1の送信条件及び前記第2の関心領域に対応する第2の送信条件を少なくとも含む前記複数の送信条件により前記超音波プローブから送信させ、前記変位発生用超音波の送信ごとに発生する前記走査領域内の生体組織の変位を観測する観測用超音波を前記超音波プローブから複数回送信させ、

前記超音波プローブから送信された複数の観測用超音波それぞれに対応する複数の反射波データを解析して前記走査領域に対応する複数の変位情報を取得し、取得した前記複数の変位情報に基づく分布情報を、前記複数の送信条件それぞれで算出し、

10

20

30

40

50

前記複数の送信条件それぞれに対応する複数の前記分布情報に基づいて、前記複数の送信条件それぞれに対応する複数の画像データを生成し、当該複数の画像データを合成した合成画像データを生成する、

各処理をコンピュータに実行させる、超音波イメージングプログラム。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明の実施形態は、超音波診断装置及び超音波イメージングプログラムに関する。

【背景技術】

10

【0002】

従来、生体組織の硬さを測定し、測定した硬さの分布を映像化するエラストグラフィ（Elastography）が知られている。エラストグラフィは、例えば、肝硬変等、病変の進行度に応じて生体組織の硬さが変化する疾患の診断に利用されている。エラストグラフィにおいて、生体組織を変位させて硬さを評価する方法は、以下の2つに大別される。

【0003】

1つ目の方法は、超音波プローブで体表から生体組織を圧迫・開放した際に観測される走査断面内の各点の歪みの大きさから、相対的な硬さを可視化する方法である。また、2つ目の方法は、体表から生体組織に音響放射力や機械的振動を与えてせん断波（shear wave）による変位を発生させ、走査断面内の各点における変位を経時的に観測することで、せん断波の伝播速度を求めて、弾性率を求める方法である。前者の方法では、歪みの局所的な大きさは、超音波プローブを手動的に動かす大きさに依存し、周囲と比較した時に着目領域が相対的に硬いか軟らかいかという評価が行われる。これに対して、後者の方

20

【0004】

法では、着目領域の絶対的な弾性率を求めることができる。しかし、後者の方法で、音響放射力を与えて生体組織に変位を発生させる場合、変位発生用パルス波（プッシュパルス）のビーム形状により、特に、浅部において、せん断波の観測に適した変位分布を与えることができない。具体的には、プッシュパルスにより幅広い範囲の生体組織が変位して、方位（lateral）方向の変位伝播を高精度に捉えることができない。その結果、生体組織の硬さを示す硬さ画像にアーチファクトが発生する。

30

【先行技術文献】

【特許文献】

【0005】

【特許文献1】特開2012-100997号公報

【非特許文献】

【0006】

【非特許文献1】Song et al., Comb-Push Ultrasound Shear Elastography (CUSE): A Novel Method for Two-Dimensional Shear Elasticity Imaging of Soft Tissues, IEEE Medical imaging, 31(9), pp.1821, 2012

【非特許文献2】Tanter et al., Quantitative assessment of breast lesion viscoelasticity: initial clinical results using supersonic shear imaging, Ultrasound in Medicine and Biology, 34(4), pp.1373, 2008

40

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0007】

本発明が解決しようとする課題は、生体組織の硬さを示す高画質な画像を得ることができる超音波診断装置及び超音波イメージングプログラムを提供することである。

【課題を解決するための手段】

【0008】

実施形態の超音波診断装置は、記憶部と、設定部と、送信部と、信号処理部と、画像生

50

成部とを備える。記憶部は、フォーカス深さを含む変位発生用超音波の送信条件ごとに、関心領域の上限深さ及び下限深さを示す深さ情報を記憶する。設定部は、入力部を介した
操作者からの指示に従って観察用の領域を走査領域として設定し、前記観察用の領域の上
限深さ及び下限深さと、前記深さ情報とに基づいて、第1の関心領域及び前記第1の関心
領域と深さ方向で隣接する、又は、深さ方向で一部が重複する第2の関心領域を含む複数
の関心領域を、前記観察用の領域を網羅するように設定する。送信部は、音響放射力に基づいて生体組織に変位を発生させる変位発生用超音波を、前記第1の関心領域に対応する
 第1の送信条件及び前記第2の関心領域に対応する第2の送信条件を少なくとも含む複数の
 送信条件により超音波プローブから送信させ、前記変位発生用超音波の送信ごとに発生
 する前記走査領域内の生体組織の変位を観測する観測用超音波を前記超音波プローブから
 複数回送信させる。信号処理部は、前記超音波プローブから送信された複数の観測用超音
 波それぞれに対応する複数の反射波データを解析して前記走査領域に対応する複数の変位
 情報を取得し、取得した前記複数の変位情報に基づく分布情報を、前記複数の送信条件
 それぞれで算出する。画像生成部は、前記複数の送信条件それぞれに対応する複数の前記分
 布情報に基づいて、前記複数の送信条件それぞれに対応する複数の画像データを生成し、
 当該複数の画像データを前記複数の関心領域に基づいて合成した合成画像データを生成す
 る。

10

【図面の簡単な説明】

【0009】

【図1】図1は、第1の実施形態に係る超音波診断装置の構成例を示すブロック図である

20

【図2】図2は、従来技術を説明するための図(1)である。

【図3】図3は、従来技術を説明するための図(2)である。

【図4】図4は、従来技術を説明するための図(3)である。

【図5】図5は、従来技術を説明するための図(4)である。

【図6】図6は、第1の実施形態の概念を説明するための図(1)である。

【図7】図7は、第1の実施形態の概念を説明するための図(2)である。

【図8】図8は、ROI設定の一例を説明するための図である。

【図9】図9は、深さ情報のテーブルの一例を説明するための図(1)である。

【図10】図10は、深さ情報のテーブルの一例を説明するための図(2)である。

30

【図11】図11は、第1の実施形態に係る設定部の処理の一例を示す図である。

【図12】図12は、第1の実施形態に係る制御部による表示制御を説明するための図である。

【図13】図13は、第1の実施形態に係る送信部を説明するための図である。

【図14】図14は、第1の実施形態に係る画像生成部を説明するための図(1)である

【図15】図15は、第1の実施形態に係る画像生成部を説明するための図(2)である

【図16】図16は、第1の実施形態に係る画像生成部を説明するための図(3)である

40

【図17】図17は、第1の実施形態に係る超音波診断装置の処理例を説明するためのフローチャートである。

【図18】図18は、第2の実施形態を説明するための図である。

【図19】図19は、第2の実施形態に係る超音波診断装置の処理例を説明するためのフローチャートである。

【図20】図20は、第2の実施形態の第1変形例を説明するための図である。

【図21】図21は、第2の実施形態の第2変形例を説明するための図である。

【図22】図22は、第3の実施形態を説明するための図(1)である。

【図23】図23は、第3の実施形態を説明するための図(2)である。

【発明を実施するための形態】

50

【 0 0 1 0 】

以下、添付図面を参照して、超音波診断装置の実施形態を詳細に説明する。

【 0 0 1 1 】

(第1の実施形態)

まず、第1の実施形態に係る超音波診断装置の構成について説明する。図1は、第1の実施形態に係る超音波診断装置の構成例を示すブロック図である。図1に示すように、第1の実施形態に係る超音波診断装置は、超音波プローブ1と、モニタ2と、入力装置3と、装置本体10とを有する。

【 0 0 1 2 】

超音波プローブ1は、複数の振動子(例えば、圧電振動子)を有し、これら複数の振動子は、後述する装置本体10が有する送信部11から供給される駆動信号に基づき超音波を発生する。また、超音波プローブ1が有する複数の振動子は、被検体Pからの反射波を受信して電気信号に変換する。また、超音波プローブ1は、振動子に設けられる整合層と、振動子から後方への超音波の伝播を防止するバックング材等を有する。

10

【 0 0 1 3 】

超音波プローブ1から被検体Pに超音波が送信されると、送信された超音波は、被検体Pの体内組織における音響インピーダンスの不連続面で次々と反射され、反射波信号として超音波プローブ1が有する複数の振動子にて受信される。受信される反射波信号の振幅は、超音波が反射される不連続面における音響インピーダンスの差に依存する。なお、送信された超音波パルスが、移動している血流や心臓壁等の表面で反射された場合の反射波信号は、ドプラ効果により、移動体の超音波送信方向に対する速度成分に依存して、周波数偏移を受ける。

20

【 0 0 1 4 】

なお、第1の実施形態は、図1に示す超音波プローブ1が、複数の圧電振動子が一列で配置された1次元超音波プローブである場合や、一列に配置された複数の圧電振動子が機械的に揺動される1次元超音波プローブである場合、複数の圧電振動子が格子状に2次元で配置された2次元超音波プローブである場合のいずれであっても適用可能である。

【 0 0 1 5 】

入力装置3は、マウス、キーボード、ボタン、パネルスイッチ、タッチコマンドスクリーン、フットスイッチ、トラックボール、ジョイスティック等を有し、超音波診断装置の操作者からの各種設定要求を受け付け、装置本体10に対して受け付けた各種設定要求を転送する。

30

【 0 0 1 6 】

モニタ2は、超音波診断装置の操作者が入力装置3を用いて各種設定要求を入力するためのGUI(Graphical User Interface)を表示したり、装置本体10において生成された超音波画像データ等を表示したりする。

【 0 0 1 7 】

装置本体10は、超音波プローブ1が受信した反射波信号に基づいて超音波画像データを生成する装置であり、図1に示すように、送信部11と、受信部12と、信号処理部13と、画像生成部14と、画像メモリ15と、内部記憶部16と、設定部17と、制御部18とを有する。

40

【 0 0 1 8 】

送信部11は、超音波送信における送信指向性を制御する。具体的には、送信部11は、レートパルス発生器、送信遅延部、送信パルス等を有し、超音波プローブ1に駆動信号を供給する。レートパルス発生器は、所定のレート周波数(PRF:Pulse Repetition Frequency)で、送信超音波を形成するためのレートパルスを繰り返し発生する。レートパルスは、送信遅延部を通過することで異なる送信遅延時間を有した状態で送信パルスへ電圧を印加する。すなわち、送信遅延部は、超音波プローブ1から発生される超音波をビーム状に集束して送信指向性を決定するために必要な振動子ごとの送信遅延時間を、レートパルス発生器が発生する各レートパルスに対し与える。送信パルスは、かかるレートパル

50

スに基づくタイミングで、超音波プローブ 1 に駆動信号（駆動パルス）を印加する。送信方向或いは送信遅延時間は、後述する内部記憶部 16 に記憶されており、送信部 11 は、内部記憶部 16 を参照して、送信指向性を制御する。

【0019】

駆動パルスは、送信パルサからケーブルを介して超音波プローブ 1 内の振動子まで伝達した後、振動子において電気信号から機械的振動に変換される。この機械的振動は、生体内部で超音波として送信される。振動子ごとに異なる送信遅延時間を持った超音波は、収束されて、所定方向に伝搬していく。送信遅延部は、各レートパルスに対し与える送信遅延時間を変化させることで、振動子面からの送信方向を任意に調整する。送信部 11 は、超音波ビームの送信に用いる振動子の数及び位置（送信開口）と、送信開口を構成する各振動子の位置に応じた送信遅延間とを制御することで、送信指向性を与える。例えば、送信部 11 の送信遅延回路は、送信遅延時間をパルサ回路が発生する各レートパルスに対し与えることで、超音波送信の深さ方向における集束点（送信フォーカス）の位置を制御する。

10

【0020】

なお、送信部 11 は、後述する制御部 18 の指示に基づいて、所定のスキャンシーケンスを実行するために、送信周波数、送信駆動電圧等を瞬時に変更可能な機能を有している。特に、送信駆動電圧の変更は、瞬間にその値を切り替え可能なリニアアンプ型の発信回路、または、複数の電源ユニットを電氣的に切り替える機構によって実現される。

【0021】

超音波プローブ 1 が送信した超音波の反射波は、超音波プローブ 1 内部の振動子まで到達した後、振動子において、機械的振動から電氣的信号（反射波信号）に変換され、受信部 12 に入力される。

20

【0022】

受信部 12 は、超音波受信における受信指向性を制御する。具体的には、受信部 12 は、プリアンプ、A/D変換部、受信遅延部及び加算部等を有し、超音波プローブ 1 が受信した反射波信号に対して各種処理を行なって反射波データを生成する。プリアンプは、反射波信号をチャンネルごとに増幅してゲイン補正処理を行なう。A/D変換部は、ゲイン補正された反射波信号をA/D変換し、受信遅延部は、受信指向性を決定するのに必要な受信遅延時間をチャンネルごとに与える。加算部は、受信遅延時間が与えられた反射波信号（デジタル信号）を加算して、反射波データを生成する。加算器の加算処理により、反射波信号の受信指向性に応じた方向からの反射成分が強調される。受信方向或いは受信遅延時間は、後述する内部記憶部 16 に記憶されており、受信部 12 は、内部記憶部 16 を参照して、受信指向性を制御する。なお、第 1 の実施形態に係る受信部 12 は、並列同時受信を行なうことも可能である。

30

【0023】

信号処理部 13 は、受信部 12 が反射波信号から生成した反射波データに対して各種の信号処理を行う。信号処理部 13 は、受信部 12 から受信した反射波データに対して、対数増幅、包絡線検波処理等を行って、サンプル点ごとの信号強度が輝度の明るさで表現されるデータ（Bモードデータ）を生成する。

40

【0024】

また、信号処理部 13 は、受信部 12 から受信した反射波データより、移動体のドブラ効果に基づく運動情報を、走査領域内の各サンプル点で抽出したデータ（ドブラデータ）を生成する。具体的には、信号処理部 13 は、移動体の運動情報として、平均速度、分散値、パワー値等を各サンプル点で抽出したドブラデータを生成する。ここで、移動体とは、例えば、血流や、心壁等の組織、造影剤である。

【0025】

ここで、第 1 の実施形態に係る超音波診断装置は、生体組織の硬さを測定し、測定した硬さの分布を映像化するエラストグラフィを実行可能な装置である。具体的には、第 1 の実施形態に係る超音波診断装置は、音響放射力を与えて生体組織に変位を発生させるこ

50

とで、エラストグラフィを実行可能な装置である。

【0026】

すなわち、第1の実施形態に係る送信部11は、音響放射力で生じるせん断波により変位を発生させる変位発生用超音波（プッシュパルス）を超音波プローブ1から送信させる。そして、第1の実施形態に係る送信部11は、変位発生用超音波（プッシュパルス）により発生する変位を観測する観測用超音波（観測用パルス）を、走査領域内の複数の走査線それぞれで超音波プローブ1から複数回送信させる。観測用パルスは、プッシュパルスにより発生したせん断波の伝播速度を、走査領域内の各サンプル点で観測するために送信される。通常、観測用パルスは、走査領域内の各走査線に対して、複数回（例えば、100回）、送信される。受信部12は、走査領域内の各走査線で送信された観測用パルスの反射波信号から、反射波データを生成する。

10

【0027】

そして、信号処理部13は、走査領域内の各走査線で複数回送信された観測用パルスの反射波データを解析して走査領域の硬さの分布を示す硬さ分布情報を算出する。具体的には、信号処理部13は、プッシュパルスによって発生したせん断波の伝播速度を各サンプル点で測定することで、走査領域の硬さ分布情報を生成する。

【0028】

例えば、信号処理部13は、観測用パルスの反射波データを周波数解析する。これにより、信号処理部13は、各走査線の複数のサンプル点それぞれで、運動情報（組織ドブラデータ）を複数時相に渡って生成する。そして、信号処理部13は、各走査線の複数のサンプル点それぞれで得られた複数時相の組織ドブラデータの速度成分を時間積分する。これにより、信号処理部13は、各走査線の複数のサンプル点それぞれの変位を複数時相に渡って算出する。続いて、信号処理部13は、各サンプル点で変位が最大となる時間を求める。そして、信号処理部13は、各サンプル点で最大変位が得られた時間を、各サンプル点におけるせん断波の到達時間として取得する。続いて、信号処理部13は、各サンプル点におけるせん断波の到達時間の空間的微分を行うことで、各サンプル点でのせん断波の伝播速度を算出する。以下、「せん断波の伝播速度」を、「せん断速度」と記載する。

20

【0029】

そして、信号処理部13は、せん断速度をカラーコード化し、対応するサンプル点にマッピングすることで、硬さ分布情報を生成する。硬い組織ではせん断速度が大きく、柔らかい組織ではせん断速度が小さくなる。すなわち、せん断速度の値は、組織の硬さ（弾性率）を示す値となる。上記の場合、観測用パルスは、組織ドブラ用の送信パルスである。なお、上記のせん断速度は、信号処理部13が、各サンプル点で変位が最大となる時間に基づくのではなく、隣接する走査線における組織の変位の相互相関により検出することで算出する場合であっても良い。

30

【0030】

なお、信号処理部13は、せん断速度から、ヤング率又はせん断弾性率を算出し、算出したヤング率又はせん断弾性率により硬さ分布情報を生成しても良い。せん断速度、ヤング率及びせん断弾性率は、いずれも生体組織の硬さを表す物理量として用いることができる。以下では、信号処理部13が、生体組織の硬さを表す物理量としてせん断速度を用いる場合について説明する。

40

【0031】

ここで、1回のプッシュパルス送信で発生するせん断波は、伝播とともに、減衰する。広い領域に渡ってせん断速度を観測しようとした場合、ある特定の一つの走査線において送信されたプッシュパルスにより発生したせん断波は、伝播に伴い減衰し、プッシュパルス位置から十分離れると、やがて観測不可能となる。

【0032】

かかる場合、プッシュパルスを方位方向における複数の位置において送信する必要がある。具体的には、走査領域（或いは、関心領域）は、方位方向に沿って複数の領域に分割される。送信部11は、各分割領域において観測用パルスを送受信する前に、それぞれ異

50

なった走査線位置においてプッシュパルスを送信し、せん断波を発生させる。この際、典型的には、プッシュパルスの送信位置は、各領域の近傍に設定される。かかる送信位置の移動は、例えば、変更される領域の左端からの距離が予め設定されたテーブルを送信部 11 が参照することで行なわれる。また、同時並列受信数が少数に限定されている場合、送信部 11 は、プッシュパルスを 1 回送信した後に、ある領域の各走査線で観測用パルスを複数回送信する処理を、方位方向に沿って分割された複数の領域それぞれで繰り返す。

【0033】

画像生成部 14 は、信号処理部 13 が生成したデータから超音波画像データを生成する。画像生成部 14 は、信号処理部 13 が生成した B モードデータから反射波の強度を輝度で表した B モード画像データを生成する。また、画像生成部 14 は、信号処理部 13 が生成したドプラデータから移動体情報を表すドプラ画像データを生成する。ドプラ画像データは、速度画像データ、分散画像データ、パワー画像データ、又は、これらを組み合わせた画像データである。

10

【0034】

また、画像生成部 14 は、信号処理部 13 によって生成された硬さ分布情報から、生体組織の硬さがカラー表示された硬さ画像データを生成する。例えば、画像生成部 14 は、硬さ画像データとしてせん断速度画像データを生成する。

【0035】

ここで、画像生成部 14 は、一般的には、超音波走査の走査線信号列を、テレビ等に代表されるビデオフォーマットの走査線信号列に変換（スキャンコンバート）し、表示用の超音波画像データを生成する。具体的には、画像生成部 14 は、超音波プローブ 1 による超音波の走査形態に応じて座標変換を行うことで、表示用の超音波画像データを生成する。また、画像生成部 14 は、スキャンコンバート以外に種々の画像処理として、例えば、スキャンコンバート後の複数の画像フレームを用いて、輝度の平均値画像を再生成する画像処理（平滑化処理）や、画像内で微分フィルタを用いる画像処理（エッジ強調処理）等を行う。また、画像生成部 14 は、超音波画像データに、付帯情報（種々のパラメータの文字情報、目盛り、ボディーマーク等）を合成する。

20

【0036】

すなわち、B モードデータ、ドプラデータ及び硬さ分布情報は、スキャンコンバート処理前の超音波画像データであり、画像生成部 14 が生成するデータは、スキャンコンバート処理後の表示用の超音波画像データである。なお、画像生成部 14 は、信号処理部 13 が 3 次元のデータ（3 次元 B モードデータ、3 次元ドプラデータ及び 3 次元硬さ分布情報）を生成した場合、超音波プローブ 1 による超音波の走査形態に応じて座標変換を行うことで、ボリュームデータを生成する。そして、画像生成部 14 は、ボリュームデータに対して、各種レンダリング処理を行なって、表示用の 2 次元画像データを生成する。

30

【0037】

画像メモリ 15 は、画像生成部 14 が生成した表示用の画像データを記憶するメモリである。また、画像メモリ 15 は、信号処理部 13 が生成したデータを記憶することも可能である。画像メモリ 15 が記憶する B モードデータやドプラデータ、硬さ分布情報は、例えば、診断の後に操作者が呼び出すことが可能となっており、画像生成部 14 を経由して表示用の超音波画像データとなる。

40

【0038】

内部記憶部 16 は、超音波送受信、画像処理及び表示処理を行うための制御プログラムや、診断情報（例えば、患者 ID、医師の所見等）や、診断プロトコルや各種ボディーマーク等の各種データを記憶する。また、内部記憶部 16 は、必要に応じて、画像メモリ 15 が記憶する画像データの保管等にも使用される。また、内部記憶部 16 が記憶するデータは、図示しないインタフェース部を介して、外部装置へ転送することができる。

【0039】

設定部 17 は、送信部 11 に対して超音波送信の条件を設定する。具体的には、設定部 17 は、送信部 11 が超音波プローブ 1 から送信させるプッシュパルスの送信条件を設定

50

する。なお、第1の実施形態に係る設定部17が行なう処理については、後に詳述する。

【0040】

制御部18は、超音波診断装置の処理全体を制御する。具体的には、制御部18は、入力装置3を介して操作者から入力された各種設定要求や、内部記憶部16から読込んだ各種制御プログラム及び各種データに基づき、送信部11、受信部12、信号処理部13、画像生成部14及び設定部17の処理を制御する。また、制御部18は、画像メモリ15が記憶する表示用の超音波画像データをモニタ2にて表示するように制御する。

【0041】

なお、装置本体10に内蔵される送信部11及び受信部12等は、集積回路等のハードウェアにより構成されることもあるが、ソフトウェア的にモジュール化されたプログラムにより構成される場合もある。

【0042】

以上、第1の実施形態に係る超音波診断装置の全体構成について説明した。かかる構成のもと、第1の実施形態に係る超音波診断装置は、プッシュパルス送信を行なって、生体組織の硬さを映像化する。

【0043】

ここで、従来では、1種類の送信条件でプッシュパルスを送信するために、広範囲で高精度な硬さ画像データを得ることが困難であった。これについて、図2～図5を用いて説明する。図2～図5は、従来技術を説明するための図である。

【0044】

生体組織の変位発生用にプッシュパルス送信を行なう場合、ある程度の深い部分に十分な大きさの変位を発生させるためには、ある程度の大きな送信開口で深部にフォーカスした送信条件でプッシュパルスを送信する必要がある。図2に示す左図は、超音波プローブ1の走査領域内で、硬さ画像データを表示するために設定された関心領域(ROI: Region Of Interest)を示している。また、図2に示す中央図は、ROIの深部にフォーカスされたプッシュパルスが、超音波プローブ1で設定された広い送信開口から送信されている様子を示している。

【0045】

かかる送信条件により、深部では、せん断波が伝播する様子が捉えやすくなるが、浅い部分では、期待されるせん断波伝播の様子が見られず、せん断速度が正確に求められない。図2に示す右図は、ROIの深部にフォーカスされたプッシュパルスにより硬さ画像データとして生成されたせん断速度画像データを例示している。図2の右図に示すように、ROIの深部にフォーカスされたプッシュパルスにより生成されたせん断速度画像データでは、近距離領域(浅部)において、せん断速度が可視化できない領域(可視化不能領域)が生じる。この可視化不能領域により、図2の右図に示すせん断速度画像データは、アーチファクトのように見えてしまう。

【0046】

近距離領域(浅部)の可視化不能領域は、プッシュパルス発生位置において、せん断波の伝播が観測できないことが要因であることが知られている。近距離領域の可視化不能領域を生じさせない方法としては、図3に示すように、プッシュパルスの発生位置を、ROIから遠ざける方法が考えられる。図4に示す画像データ100Aは、ROIの左端に対してプッシュパルスを送信させて生成されたせん断速度画像データである。また、図4に示す画像データ100Bは、ROIの左端から左側に離れた位置でプッシュパルスを送信させて生成されたせん断速度画像データである。また、図4に示す画像データ100Cは、ROIの左端から更に左側に離れた位置でプッシュパルスを送信させて生成されたせん断速度画像データである。しかし、画像データ100A、画像データ100B及び画像データ100Cのいずれにも、浅部において、せん断速度(単位: m/s)が高いアーチファクトが発生している。

【0047】

すなわち、浅部のせん断速度が精度良く求められない原因は、深部の観測感度を保証す

10

20

30

40

50

るために初期変位を発生させる幅（開口幅）が広くなり、理想的なせん断波の伝播が生じないためであると考えられる。更に、プッシュパルスを送信する位置を、ROIから遠ざけると、発生したせん断波がROIに到達するまでに減衰し、特に、深部では発生する変位が小さくなる。図5に示す画像データ200Aは、画像データ100Aの生成時に算出された各サンプル点の最大変位（単位： μm ）を画像化した最大変位画像データである。また、図5に示す画像データ200Bは、画像データ100Bの生成時に算出された各サンプル点の最大変位を画像化した最大変位画像データである。また、図5に示す画像データ200Cは、画像データ100Cの生成時に算出された各サンプル点の最大変位を画像化した最大変位画像データである。画像データ200A、画像データ200B及び画像データ200Cを比較すると、プッシュパルス送信位置がROIから遠ざかることで、ROI内で（特に、ROIの深部で）、最大変位が小さくなっている様子が観察される。

10

【0048】

従って、プッシュパルス送信位置を、ROIから遠ざけると、図3に示すように、特に、深部では発生する変位が小さい領域が生じることになる。その結果、深部での変位を感度良く捉える事ができず、ペネトレーションが悪化する。例えば、図4に示すように、画像データ100B及び画像データ100Cでは、深部において、画像データ100Aでは見られなかったせん断速度の高い領域が、アーチファクトのように更に発生している。一方で、拍動等、せん断波以外の要因により動きが発生する生体組織では、少しでも大きな変位を生じさせることが、高精度な硬さ画像データを取得するうえで、必要となる。

【0049】

20

しかし、従来では、1種類の送信条件でプッシュパルスを送信することから、広範囲で高精度な硬さ画像データを得ることが困難である。このため、実際の臨床現場では、プッシュパルスの性質によりアーチファクトが発生した場合であっても、観察者は、硬さ画像データで可視化された情報が、生体組織の硬さを正しく反映した情報であるのか、無視すべきノイズの情報であるのかが判断できない場合があった。そこで、本実施形態では、広範囲で高精度な硬さ画像データを得るために、複数種類の送信条件でプッシュパルスを送信する。

【0050】

図6及び図7は、第1の実施形態の概念を説明するための図である。図6に示す画像データ300Aは、例えば、プッシュパルスのフォーカスを4cmの近距離に設定した場合に生成されたせん断速度画像データである。また、図7に示す画像データ300Bは、例えば、プッシュパルスのフォーカスを8cmの遠距離に設定した場合に生成されたせん断速度画像データである。近距離にフォーカスした画像データ300Aでは、浅部で変位が発生して高精度にせん断速度が求められているため、浅部が高画質である。しかし、画像データ300Aでは、深部で変位が発生していないため、深部での画質が低下している（図6の楕円内を参照）。これに対して、遠距離にフォーカスした画像データ300Bでは、深部で変位が発生して高精度にせん断速度が求められているため、深部が高画質である。しかし、画像データ300Bでは、浅部で変位が発生していないため、浅部での画質が低下している（図7の楕円内を参照）。

30

【0051】

40

しかし、フォーカスを4cmの近距離に設定した送信条件のプッシュパルスで変位が発生する領域と、フォーカスを8cmの遠距離に設定した送信条件のプッシュパルスで変位が発生する領域とを組み合わせると、ROI全体を網羅することができる。すなわち、画像データ300A及び画像データ300Bを組み合わせれば、ROI全体で高画質なせん断速度画像データを生成することができる。

【0052】

そこで、第1の実施形態に係る送信部11は、生体組織の硬さを示す高画質な画像を得るために、音響放射力で生じるせん断波により変位を発生させる変位発生用超音波（プッシュパルス）を、複数の送信条件により超音波プローブ1から独立に送信させる。そして、送信部11は、各変位発生用超音波により発生する変位を観測する観測用超音波（観測

50

用パルス)を、走査領域内の複数の走査線それぞれで超音波プローブ1から複数回送信させる。

【0053】

そして、信号処理部13は、上記の硬さ分布情報を、複数の送信条件それぞれで算出する。そして、画像生成部14は、複数の送信条件それぞれの硬さ分布情報を用いて、複数の送信条件それぞれに対する複数の硬さ画像データを生成する。そして、画像生成部14は、これら複数の硬さ画像データを合成した合成画像データを、走査領域の硬さ画像データとして生成する。

【0054】

上記の複数の送信条件それぞれは、プッシュパルスのフォーカス深さ、送信開口、送信周波数及びバースト長(波数)の少なくとも1つが異なる。そして、上記の複数の送信条件は、設定部17により設定される。すなわち、設定部17は、複数のプッシュパルスそれぞれで生体組織においてせん断速度が観測される領域を組み合わせられた領域が、せん断速度を観測する走査領域を網羅するように、複数の送信条件を設定する。換言すると、設定部17は、ある送信条件のプッシュパルスで生成されたせん断速度画像データの可視化不能領域が、別の送信条件のプッシュパルスで生成されたせん断速度画像データでは可視化可能領域となるように、複数の送信条件を設定する。

【0055】

具体的には、設定部17は、走査領域として操作者が設定した関心領域(ROI)を、複数の分割領域に分割し、各分割領域の生体組織の略全てにおいてせん断速度が観測されるプッシュパルスの送信条件を設定する。すなわち、設定部17は、関心領域を分割した各分割領域の生体組織の略全てにおいてせん断速度が観測されるプッシュパルス送信条件を設定して、複数の送信条件を設定する。

【0056】

例えば、設定部17は、関心領域を深さ方向で複数の分割領域に分割する。そして、画像生成部14は、複数の送信条件それぞれに対応する複数の硬さ画像データを、複数の分割領域に基づいて合成して、合成データを生成する。

【0057】

ここで、第1の実施形態に係る内部記憶部16は、複数の送信条件ごとに、当該送信条件で送信されるプッシュパルスによりせん断速度が観測される深さ方向の上限深さ及び下限深さを対応付けた深さ情報を記憶する。そして、第1の実施形態に係る設定部17は、操作者が設定した関心領域の上限深さ及び下限深さと、上記の深さ情報とに基づいて、複数の送信条件を設定する。

【0058】

以下、図面を参照して、第1の実施形態に係る設定部17等が行なう処理について詳細に説明する。なお、以下では、分割領域を「分割ROI」と記載する。図8は、ROI設定の一例を説明するための図である。

【0059】

まず、操作者は、図8の左図に示すように、超音波プローブ1を操作して、生体組織の硬さを観察したい領域を含む領域のBモード走査を行なう。これにより、Bモード画像データ20が表示され、操作者は、例えば、入力装置3のボタンを押下して、設定部17の処理を開始させる開始指示を入力する。開始指示を受け付けた制御部18は、図8の左図に示すように、せん断波伝播を観察する領域を示す初期ROI30を、Bモード画像データ20上に重畳表示させる。操作者は、必要に応じて、入力装置3のマウス等を操作して、初期ROI30の位置や大きさを変更する。これにより、操作者は、図8の右図に示すように、観察用のROI40を決定する。

【0060】

そして、設定部17は、ROI40を複数の分割ROIに分割する。第1の実施形態では、設定部17は、内部記憶部16に予め格納された深さ情報のテーブルを参照して、ROI40を深さ方向に沿って複数の分割ROIに分割する。図9及び図10は、深さ情報

10

20

30

40

50

のテーブルの一例を説明するための図である。

【 0 0 6 1 】

第 1 の実施形態に係る内部記憶部 1 6 は、図 9 に例示するように、「送信条件番号」ごとに、深さ情報としての「可視化上限深さ」及び「可視化下限深さ」と、送信条件としての『「開口幅」、「フォーカス深さ」、「駆動電圧」、「周波数」及び「バースト長」』とを対応付けた深さ情報を記憶する。これらの情報は、例えば、ファントム等を用いた予備試験により、予め取得され、内部記憶部 1 6 に格納される。

【 0 0 6 2 】

図 9 に例示する「送信条件番号： 1」では、「開口幅： a_1 、フォーカス深さ： d_1 」等の送信条件で送信されるプッシュパルスを用いた場合、せん断速度が高精度に観測される上限の深さ（可視化上限深さ）が「 x_1 」であり、せん断速度が高精度に観測される下限の深さ（可視化下限深さ）が「 y_1 」であることを示している。また、図 9 に例示する「送信条件番号： 2」では、「開口幅： a_2 、フォーカス深さ： d_2 」等の送信条件で送信されるプッシュパルスを用いた場合、可視化上限深さが「 x_2 」であり、可視化下限深さが「 y_2 」であることを示している。例えば、「フォーカス深さ： d_1 」は、「 $(x_1 + y_1) / 2$ 」であり、「フォーカス深さ： d_2 」は、「 $(x_2 + y_2) / 2$ 」である。

【 0 0 6 3 】

ここで、各送信条件番号で可視化上限深さと可視化下限深さとで定まる深さ方向の範囲は、互いに重複されるように設定される。例えば、図 1 0 に示すように、深さ方向において、「 $x_1 \sim y_1$ 」と「 $x_2 \sim y_2$ 」とは、「 $x_2 \sim y_1$ 」の範囲を共有している。

【 0 0 6 4 】

なお、内部記憶部 1 6 は、深さ情報ごとに、プッシュパルスの送信位置を送信条件として記憶していても良い。例えば、「 x_1 、 y_1 」の深さ情報に対しては、関心領域の一方の端から距離「 J_1 」分離れた位置をプッシュパルス送信位置とし、「 x_2 、 y_2 」の深さ情報に対しては、関心領域の一方の端から距離「 J_2 （ $J_2 < J_1$ ）」分離れた位置をプッシュパルス送信位置とする送信条件を記憶していても良い。

【 0 0 6 5 】

図 1 1 は、第 1 の実施形態に係る設定部の処理の一例を示す図である。まず、設定部 1 7 は、図 1 1 の (A) の左図に示すように、ROI 4 0 の下限深さ「 Y 」と、ROI 4 0 の上限深さ「 X 」とを取得する。そして、設定部 1 7 は、ROI 4 0 の下限深さ「 Y 」で、せん断波を観測することが可能なプッシュパルスの送信条件を、図 9 に例示する「可視化下限深さ」を参照して、決定する。すなわち、設定部 1 7 は、「 Y 」より深く、かつ、「 Y 」との差が最小となる「可視化下限深さ」を探索する。図 1 1 の (A) の左図では、設定部 1 7 は、「下限深さ： y_2 」を探索する。これにより、設定部 1 7 は、図 1 1 の (A) の左図に示すように、「送信条件番号： 2」の送信条件を、「1 番目のプッシュパルス送信条件」として決定する。

【 0 0 6 6 】

そして、設定部 1 7 は、「1 番目のプッシュパルス送信条件」、すなわち、「送信条件番号： 2」の可視化上限深さ「 x_2 」が、ROI 4 0 の上限深さ「 X 」より浅いかを判定する。図 1 1 の (A) の中央図では、「 $X < x_2$ 」であることから、設定部 1 7 は、「1 番目のプッシュパルス送信条件」では ROI 4 0 内に可視化不能領域が発生すると判断して、「2 番目のプッシュパルス送信条件」の決定処理に進む。なお、設定部 1 7 は、図 1 1 の (A) の右図に示すように、「 $X < x_2$ 」であることから、ROI 4 0 内に、「 $x_2 \sim Y$ 」の分割 ROI 4 0 A を設定する。

【 0 0 6 7 】

そして、設定部 1 7 は、図 1 1 の (B) の左図に示すように、分割 ROI 4 0 A の上限深さ「 x_2 」で、せん断波を観測することが可能なプッシュパルスの送信条件を、図 9 に例示する「可視化下限深さ」を参照して、決定する。すなわち、設定部 1 7 は、「 x_2 」より深く、かつ、「 x_2 」との差が最小となる「可視化下限深さ」を探索する。図 1 1 の (B) の左図では、設定部 1 7 は、「下限深さ： y_1 」を探索する。これにより、設定部

10

20

30

40

50

17は、図11の(B)の左図に示すように、「送信条件番号：1」の送信条件を、「2番目のプッシュパルス送信条件」として決定する。

【0068】

そして、設定部17は、「2番目のプッシュパルス送信条件」、すなわち、「送信条件番号：1」の可視化上限深さ「 x_1 」が、ROI40の上限深さ「 X 」より浅いかを判定する。図11の(B)の中央図では、「 $X > x_1$ 」であることから、設定部17は、「2番目のプッシュパルス送信条件」により、「1番目のプッシュパルス送信条件」で発生する可視化不能領域を可視化可能であると判断する。そして、設定部17は、図11の(B)の右図に示すように、「 $X > x_1$ 」であることから、ROI40内に、「 $X \sim y_1$ 」の分割ROI40Bを設定する。そして、設定部17は、ROI40を網羅する複数の分割ROIを設定したことから、送信条件の設定処理を終了する。このように、設定部17は、「 n 番目のプッシュパルス送信条件」の可視化上限深さが、ROI40の上限深さ「 X 」より浅くなるまで、送信条件の決定処理を繰り返す。

10

【0069】

ここで、制御部18は、設定部17が分割した複数の分割ROIをモニタ2に表示させる。図12は、第1の実施形態に係る制御部による表示制御を説明するための図である。

【0070】

例えば、制御部18の制御により、モニタ2は、図12の(A)に示すように、Bモード画像データ20の上に、分割ROI40A及び分割ROI40Bを重畳表示する。或いは、モニタ2は、図12の(B)に示すように、Bモード画像データ20の上に、ROI40とともに、分割ROI40Aと分割ROI40Bとの境界線40Cを重畳表示させる。境界線40Cは、例えば、「 $(x_2 + y_1) / 2$ 」の位置に設定される。

20

【0071】

図12の(A)、或いは、図12の(B)に示す画面を参照することで、操作者は、自身が設定したROI40の全体で、高精度なせん断速度画像データを得るために、何種類の独立したプッシュパルス送信が必要となるのかを、予め確認することができる。上記の一例では、操作者は、ROI40が2つに分割されていることから、2種類の独立したプッシュパルス送信が必要であることを確認する。なお、図12の(C)については、後に説明する。

【0072】

そして、操作者が、上記の画面を確認して、設定部17の設定を了承し、せん断速度画像データの撮影開始要求を入力すると、制御部18の制御により、以下の処理が開始される。図13は、第1の実施形態に係る送信部を説明するための図である。

30

【0073】

上記の一例では、送信部11は、まず、図13の左図に示すように、「1番目のプッシュパルス送信条件」によりプッシュパルス50Aを送信する。プッシュパルス50Aは、図13の左図に示すように、小さい送信開口幅により、分割ROI40Aの深さ方向の範囲内にフォーカスされたプッシュパルスである。そして、送信部11及び受信部12の制御により、超音波プローブ1は、ROI40内で、観測用パルスの送受信を実行する。

【0074】

そして、送信部11は、図13の右図に示すように、「2番目のプッシュパルス送信条件」によりプッシュパルス50Bを送信する。プッシュパルス50Bは、図13の右図に示すように、大きい送信開口幅により、分割ROI40Bの深さ方向の範囲内にフォーカスされたプッシュパルスである。そして、送信部11及び受信部12の制御により、超音波プローブ1は、ROI40内で、観測用パルスの送受信を実行する。

40

【0075】

ここで、図13の左図と右図とを比較すると、プッシュパルス50Bの送信位置は、プッシュパルス50Aの送信位置より離れた位置となっている。図13に示す一例は、送信部11が、「送信条件番号：2」に対応する距離「 J_2 」を用いて、プッシュパルス50Aの送信位置を調整し、「送信条件番号：1」に対応する距離「 J_1 」を用いて、プッシュ

50

ッシュパルス50Bの送信位置を調整していることを示している。図13の左図では、「J2が「0」である場合を例示している。

【0076】

なお、送信部11は、典型的な生体組織内でのせん断波伝播距離と、ROI40の方位方向における幅とを用いて、ッシュパルス50A及びッシュパルス50Bの送信位置の数を設定する。また、送信部11は、ッシュパルス50A及びッシュパルス50Bの送信位置の数が複数である場合、1か所におけるッシュパルス送信により観測用パルスを送信する方位方向の範囲を設定する。更に、送信部11は、ッシュパルス50A及びッシュパルス50Bの送信位置の数が複数である場合、1か所におけるッシュパルス送信により観測用パルスを送信する方位方向の範囲を変更しても良い。これらの設定情報

10

【0077】

そして、信号処理部13は、「1番目のッシュパルス送信条件」に対するROI40の硬さ分布情報を生成し、「2番目のッシュパルス送信条件」に対するROI40の硬さ分布情報を生成する。図14～図16は、第1の実施形態に係る画像生成部を説明するための図である。

【0078】

例えば、画像生成部14は、図14の左図に示すように、「1番目のッシュパルス送信条件」のせん断速度画像データ211と、「2番目のッシュパルス送信条件」のせん断速度画像データ212とを生成する。そして、例えば、画像生成部14は、図14の左図に示すように、せん断速度画像データ211から「 $x_2 \sim Y$ 」の範囲を切り出し、せん断速度画像データ212から「 $X \sim x_2$ 」の範囲を切り出す。そして、画像生成部14は、切り出した2つの画像データを結合する。これにより、画像生成部14は、図14の右図に示すように、せん断速度画像データ21を生成する。せん断速度画像データ21は、ROI40の全体で、高精度なせん断速度がマッピングされた硬さ画像データとなる。

20

【0079】

図14の右図では、Bモード画像データ20に、せん断速度画像データ21が重畳され、更に、分割ROI40A及び分割ROI40Bの範囲を示す点線の枠線が重畳されている。

【0080】

なお、画像生成部14が行なう画像合成処理は、図14に例示する処理に限定されるものではない。例えば、画像生成部14は、図15の(A)に示すように、せん断速度画像データ211から「 $y_1 \sim Y$ 」の範囲を切り出し、せん断速度画像データ212から「 $X \sim y_1$ 」の範囲を切り出し、切り出した2つの画像データを結合して、せん断速度画像データ21を生成しても良い。或いは、例えば、画像生成部14は、図15の(B)に示すように、せん断速度画像データ211から「 $(x_2 + y_1) / 2 \sim Y$ 」の範囲を切り出し、せん断速度画像データ212から「 $X \sim (x_2 + y_1) / 2$ 」の範囲を切り出し、切り出した2つの画像データを結合して、せん断速度画像データ21を生成しても良い。

30

【0081】

或いは、例えば、画像生成部14は、図15の(C)に示すように、せん断速度画像データ211から「 $y_1 \sim Y$ 」の範囲を切り出し、せん断速度画像データ212から「 $X \sim x_2$ 」の範囲を切り出す。そして、例えば、画像生成部14は、図15の(C)に示すように、せん断速度画像データ211の「 $x_2 \sim y_1$ 」の範囲と、せん断速度画像データ212の「 $x_2 \sim y_1$ 」の範囲とを、深さ方向に線形に設定された係数を用いた重み付け加算や、加算平均により、混合する。そして、画像生成部14は、これら3つの画像データを結合することで、せん断速度画像データ21を生成しても良い。図15の(C)に例示する画像合成処理により、分割ROI間の境界がアーチファクトのように見えてしまうことを回避することができる。

40

【0082】

図16に示す画像データ300は、設定部17が設定した2つの分割ROIに基づいて

50

、画像生成部14が、図6に示す画像データ300Aの上部と、図7に示す画像データ300Bの下部とを結合したせん断速度画像データを示している。画像データ300では、画像データ300Aのアーチファクトと画像データ300Bのアーチファクトとが除去され、高精度なせん断速度がマッピングされた硬さ画像データとなっている。

【0083】

なお、本実施形態は、例えば、せん断速度画像データ211とせん断速度画像データ212とを加算平均して合成した画像データを、せん断速度画像データ21として生成しても良い。これによっても、せん断速度画像データ211のアーチファクトと、せん断速度画像データ212のアーチファクトとが平均化処理により軽減されたせん断速度画像データ21を生成することが可能である。

10

【0084】

また、本実施形態は、各分割ROIに限定して硬さ分布情報及び硬さ画像データを生成し、複数の分割ROIの硬さ画像データを、ROIの分割様式に応じて、合成しても良い。

【0085】

このように、第1の実施形態では、操作者は、自身が設定したROI40の大きさを気にすることなく、ROI40が広範囲であってもその全領域において高画質のせん断速度画像データを得ることができる。上記の一例では、ROI40を深さ方向の幅に応じて、2段に分割し、浅い領域には、浅い焦点距離と狭い開口幅を持つプッシュパルスを照射して、せん断速度画像データ212を生成する。そして、深い領域には、深い焦点距離と広い開口幅を持つプッシュパルスを照射して、せん断速度画像データ211を生成する。そして、最後に、2つのせん断速度画像データを結合して、表示する。

20

【0086】

更に、操作者は、図12の(A)に例示する画面や図12の(B)に例示する画面を参照することで、何種類の異なるプッシュパルス送信が必要かを確認することができる。ただし、上述したせん断速度画像データの生成処理からも明らかであるが、例えば、2種類の送信条件でプッシュパルスを送信する場合、1フレームのせん断速度画像データを生成するために要する時間は、従来と比較して、2倍となる。操作者は、検査状況に応じて、フレームレートを高く保っておきたい場合は、分割ROIの境界を参照して、分割が行なわれないように、ROI40を再調整することができる。例えば、操作者は、図12の(C)に示すように、1種類のプッシュパルスで高画質なせん断速度画像データが生成されるように、ROI40を、分割ROI40B内に収まる大きさのROI41に再調整する。かかる場合、「1番目のプッシュパルス送信条件」により、ROI41のせん断速度画像データが生成表示される。

30

【0087】

次に、図17を用いて、第1の実施形態に係る超音波診断装置の処理の一例について説明する。図17は、第1の実施形態に係る超音波診断装置の処理例を説明するためのフローチャートである。

【0088】

図17に示すように、第1の実施形態に係る超音波診断装置の制御部18は、操作者から設定部17の処理を開始させる開始指示を受け付けたか否かを判定する(ステップS101)。ここで、開始指示を受け付けない場合(ステップS101否定)、制御部18は、開始指示を受け付けるまで待機する。

40

【0089】

一方、開始指示を受け付けた場合(ステップS101肯定)、制御部18の制御により、モニタ2は、ROI設定用GUIを表示する(ステップS102、図8を参照)。そして、制御部18は、ROIが決定されたか否かを判定する(ステップS103)。ここで、ROIが決定されない場合(ステップS103否定)、制御部18は、ROIが設定されるまで待機する。一方、ROIが設定された場合(ステップS103肯定)、設定部17は、「n=1」に設定し(ステップS104)、ROIの下限深さと深さ情報のテーブ

50

ルとを参照して、 n 番目のプッシュパルス送信条件を決定する（ステップ S 1 0 5）。そして、設定部 1 7 は、 n 番目のプッシュパルス送信条件の可視化上限深さを取得する（ステップ S 1 0 6）。

【 0 0 9 0 】

そして、設定部 1 7 は、 n 番目のプッシュパルス送信条件の可視化上限深さが、ROI の上限深さより浅いか否かを判定する（ステップ S 1 0 7）。ここで、 n 番目のプッシュパルス送信条件の可視化上限深さが、ROI の上限深さより深い場合（ステップ S 1 0 7 否定）、設定部 1 7 は、「 $n = n + 1$ 」と「 n 」をインクリメントして（ステップ S 1 0 8）、ステップ S 1 0 5 に戻って、 n 番目のプッシュパルス送信条件を決定する。

【 0 0 9 1 】

一方、 n 番目のプッシュパルス送信条件の可視化上限深さが、ROI の上限深さより浅い場合（ステップ S 1 0 7 肯定）、設定部 1 7 は、「 $n = N$ 」に設定し（ステップ S 1 0 9）、 N 個の送信条件を設定し、 N 個の分割 ROI を設定した旨を制御部 1 8 に通知する。設定部 1 7 が設定した送信条件及び分割 ROI の位置情報は、制御部 1 8 の制御により、例えば、内部記憶部 1 6 に格納される。

【 0 0 9 2 】

そして、制御部 1 8 の制御により、モニタ 2 は、 N 個の分割 ROI の境界を表示する（ステップ S 1 1 0）。なお、ステップ S 1 1 0 の後、操作者は、図 1 2 の (C) に例示するように、ROI の再調整を行なっても良い。以下では、 N 個の分割 ROI が操作者により了承されたものとして、説明する。

【 0 0 9 3 】

そして、制御部 1 8 は、操作者からせん断速度画像データの撮影開始要求を受け付けたか否かを判定する（ステップ S 1 1 1）。ここで、撮影開始要求を受け付けない場合（ステップ S 1 1 1 否定）、制御部 1 8 は、撮影開始要求を受け付けるまで待機する。

【 0 0 9 4 】

一方、撮影開始要求を受け付けた場合（ステップ S 1 1 1 肯定）、制御部 1 8 は、「 $n = 1$ 」に設定する（ステップ S 1 1 2）。そして、制御部 1 8 の制御により、送信部 1 1 は、内部記憶部 1 6 から n 番目のプッシュパルス送信条件を取得し、 n 番目のプッシュパルス送信条件により、超音波プローブ 1 から、プッシュパルスを送信させる（ステップ S 1 1 3）。

【 0 0 9 5 】

そして、送信部 1 1 及び受信部 1 2 の制御により、超音波プローブ 1 は、ROI 内で、観測用パルスの送受信を実行し（ステップ S 1 1 4）、信号処理部 1 3 は、ROI 内の各点（各サンプル点）で、変位を算出して、硬さ分布情報を生成する（ステップ S 1 1 5）。そして、画像生成部 1 4 は、 n 番目のプッシュパルス送信条件でのせん断速度画像データを生成する（ステップ S 1 1 6）。そして、制御部 1 8 は、「 $n = N$ 」であるか否かを判定する（ステップ S 1 1 7）。ここで、「 $n = N$ 」でない場合（ステップ S 1 1 7 否定）、制御部 1 8 は、「 $n = n + 1$ 」と「 n 」をインクリメントし（ステップ S 1 1 8）、送信部 1 1 は、ステップ S 1 1 3 に戻って、 n 番目のプッシュパルス送信条件により、超音波プローブ 1 から、プッシュパルスを送信させる。

【 0 0 9 6 】

一方、「 $n = N$ 」である場合（ステップ S 1 1 7 肯定）、制御部 1 8 の指示により、画像生成部 1 4 は、 N 個のせん断速度画像データを合成して、合成画像データを生成する（ステップ S 1 1 9）。そして、制御部 1 8 の制御により、モニタ 2 は、ROI 全体のせん断速度画像データである合成画像データを表示する（ステップ S 1 2 0）。これにより、せん断速度画像データの撮影処理が終了する。

【 0 0 9 7 】

なお、操作者が入力した要求が、せん断速度画像データの動画の撮影要求であった場合、制御部 1 8 の制御により、ステップ S 1 1 2 ~ ステップ S 1 2 0 の処理が、撮影終了要求を受け付けるまで繰り返される。

10

20

30

40

50

【 0 0 9 8 】

上述したように、第 1 の実施形態では、内部記憶部 1 6 は、複数のプッシュパルス送信条件ごとに、可視化上限深さ及び可視化下限深さが対応付けられた深さ情報のテーブルを記憶する。そして、設定部 1 7 は、操作者が設定した R O I の深さ方向の幅と、深さ情報とから、R O I を分割した各領域で可視化不能領域が発生しない送信条件を設定することで、複数種類のプッシュパルス送信条件を設定する。すなわち、第 1 の実施形態では、設定部 1 7 は、R O I 内の各場所に応じて、理想的なせん断波が発生するプッシュパルスを与えるために、深さ情報のテーブルを用いる。これにより、画像生成部 1 4 は、各プッシュパルス送信条件に対応する硬さ画像データ（上記では、せん断速度画像データ）を複数生成し、生成した複数の硬さ画像データを、R O I の分割パターンに応じて合成する。かかる合成画像データは、アーチファクトが略除去された硬さ画像データとなる。従って、第 1 の実施形態では、生体組織の硬さを示す高画質な画像を得ることができる。また、第 1 の実施形態では、例えば、得られたせん断速度画像データが、信頼できる画像であるのか否か、操作者が判断に迷う機会を減らすことができる。

10

【 0 0 9 9 】

（第 2 の実施形態）

第 1 の実施形態では、R O I に対する複数種類のプッシュパルス送信条件を、深さ情報のテーブルから探索して設定する場合について説明した。第 2 の実施形態では、R O I に対する複数種類のプッシュパルス送信条件を、撮影対象となる被検体 P に応じて適応的に設定する場合について、図 1 8 等を用いて説明する。図 1 8 は、第 2 の実施形態を説明するための図である。

20

【 0 1 0 0 】

第 2 の実施形態に係る超音波診断装置は、図 1 に示す第 1 の実施形態に係る超音波診断装置と同様に構成される。ただし、第 2 の実施形態に係る設定部 1 7 は、以下の処理を行なう。

【 0 1 0 1 】

まず、第 2 の実施形態に係る設定部 1 7 は、所定の送信条件で送信されたプッシュパルスに対応する R O I の硬さ画像データにおいて信頼度が低い領域を求める。そして、設定部 1 7 は、この信頼度が低い領域の一部の領域で生体組織においてせん断速度が観測される送信条件を新たな所定の送信条件に設定する。具体的には、設定部 1 7 は、所定の送信条件の硬さ画像データにおいて信頼度が低い深さ方向の領域を求める。そして、設定部 1 7 は、この信頼度が低い深さ方向の領域の一部の深さ方向の領域で生体組織においてせん断速度が観測される送信条件を新たな所定の送信条件に設定する。

30

【 0 1 0 2 】

そして、設定部 1 7 は、この処理を繰り返すことで、R O I に対する複数種類のプッシュパルス送信条件を設定する。例えば、第 2 の実施形態に係る設定部 1 7 は、図 1 8 の（A）に示すように、第 1 の実施形態と同様、操作者が設定した R O I 4 0 の上限深さ「X」及び下限深さ「Y」を取得する。そして、設定部 1 7 は、深さ情報のテーブルを参照して、下限深さ「Y」から、図 1 8 の（A）に示すように、「送信条件番号：2」の送信条件を、「1 番目のプッシュパルス送信条件」として決定する。

40

【 0 1 0 3 】

そして、第 2 の実施形態では、送信部 1 1、受信部 1 2、信号処理部 1 3 及び画像生成部 1 4 の処理により、設定部 1 7 が設定した「1 番目のプッシュパルス送信条件」に対応するせん断速度画像データ 2 1 1 a が生成される（図 1 8 の（A）を参照）。そして、設定部 1 7 は、せん断速度画像データ 2 1 1 a において、局所的な小領域でのせん断速度の値の分散や標準偏差に基づいて、信頼度の低い領域を決定する。或いは、設定部 1 7 は、せん断速度画像データ 2 1 1 a に対応する最大変位画像データの各点における変位の大きさに基づいて、信頼度の低い領域を決定する。

【 0 1 0 4 】

例えば、設定部 1 7 は、図 1 8 の（A）に示すように、フォーカス深さ「x a」より浅

50

い領域で信頼度が低いと判定し、「 $x a \sim Y$ 」で信頼度が高いと判定する。そして、設定部 17 は、例えば、図 18 の (A) に示すように、フォーカス深さ「 $x a$ 」のプッシュパルス送信条件 b を設定する。設定部 17 は、フォーカス深さ「 $x a$ 」のプッシュパルスを送信するための送信開口や、駆動電圧、送信周波数、バースト長を設定することで、プッシュパルス送信条件 b を設定する。なお、設定部 17 は、図 18 の (A) に示すように、「 $X < x a$ 」であることから、ROI 40 内に、「 $x a \sim Y$ 」の分割 ROI を設定する。上記の一例では、設定部 17 は、ROI 40 の最深部を含む領域に適した送信条件を深さ情報のテーブルから探索し、残余の領域に適した送信条件を画像解析により求める。

【0105】

そして、図 18 の (B) に示すように、設定部 17 が設定した「プッシュパルス送信条件 b 」に対応するせん断速度画像データ 211 b が生成される。そして、設定部 17 は、せん断速度画像データ 211 b を解析して、図 18 の (B) に示すように、深さ「 $x b$ 」より浅い領域で信頼度が低く、深さ「 $y b$ 」より深い領域で信頼度が低いと判定する。また、設定部 17 は、せん断速度画像データ 211 b の「 $x b \sim y b$ 」で信頼度が高いと判定する。そして、設定部 17 は、例えば、図 18 の (B) に示すように、フォーカス深さ「 $x b$ 」のプッシュパルス送信条件 c を設定する。なお、設定部 17 は、図 18 の (B) に示すように、「 $X < x b$ 」であることから、ROI 40 内に、「 $x b \sim y b$ 」の分割 ROI を設定する。

【0106】

そして、図 18 の (C) に示すように、設定部 17 が設定した「プッシュパルス送信条件 c 」に対応するせん断速度画像データ 211 c が生成される。そして、設定部 17 は、せん断速度画像データ 211 c を解析して、図 18 の (B) に示すように、深さ「 $x c$ 」より深い領域で信頼度が低いと判定する。ここで、設定部 17 は、図 18 の (C) に示すように、せん断速度画像データ 211 c で「 $X \sim x c$ 」で信頼度が高いことから、送信条件の新規設定を行わず、ROI 40 内に、「 $X \sim x c$ 」の分割 ROI を設定する。すなわち、設定部 17 は、ROI 40 を網羅する複数の分割 ROI を設定したことから、送信条件の設定処理を終了する。

【0107】

そして、画像生成部 14 は、せん断速度画像データ 211 a 、せん断速度画像データ 211 b 及びせん断速度画像データ 211 c を、「 $x a \sim Y$ 」、「 $x b \sim y b$ 」及び「 $X \sim x c$ 」の分割パターンに基づいて合成し、合成画像データを ROI 40 のせん断速度画像データとして出力する。なお、画像合成処理は、第 1 の実施形態で説明した処理が適用される。また、第 1 の実施形態で説明した内容は、複数の送信条件が画像解析により適応的に設定される以外、第 2 の実施形態でも適用可能である。

【0108】

次に、図 19 を用いて、第 2 の実施形態に係る超音波診断装置の処理の一例について説明する。図 19 は、第 2 の実施形態に係る超音波診断装置の処理例を説明するためのフローチャートである。

【0109】

図 19 に示すように、第 2 の実施形態に係る超音波診断装置の制御部 18 は、操作者から設定部 17 の処理を開始させる開始指示を受け付けたか否かを判定する (ステップ S 201)。ここで、開始指示を受け付けない場合 (ステップ S 201 否定)、制御部 18 は、開始指示を受け付けるまで待機する。

【0110】

一方、開始指示を受け付けた場合 (ステップ S 201 肯定)、制御部 18 の制御により、モニタ 2 は、ROI 設定用 GUI を表示する (ステップ S 202)。そして、制御部 18 は、ROI が決定されたか否かを判定する (ステップ S 203)。ここで、ROI が決定されない場合 (ステップ S 203 否定)、制御部 18 は、ROI が設定されるまで待機する。一方、ROI が設定された場合 (ステップ S 203 肯定)、設定部 17 は、「 $n = 1$ 」に設定し (ステップ S 204)、 n 番目のプッシュパルス送信条件を決定する (ステ

10

20

30

40

50

ップS205)。第2の実施形態では、1番目のプッシュパルス送信条件は、第1の実施形態と同様に設定される。

【0111】

そして、設定部17の通知を受けた制御部18の制御により、送信部11は、n番目のプッシュパルス送信条件により、超音波プローブ1から、プッシュパルスを送信させる(ステップS206)。そして、送信部11及び受信部12の制御により、超音波プローブ1は、ROI内で、観測用パルスの送受信を実行し(ステップS207)、信号処理部13は、ROI内の各点(各サンプル点)で、変位を算出して、硬さ分布情報を生成する(ステップS208)。そして、画像生成部14は、n番目のプッシュパルス送信条件でのせん断速度画像データを生成する(ステップS209)。

10

【0112】

そして、設定部17は、画像解析によりn番目のプッシュパルス送信条件における可視化上限深さ及び可視化下限深さを決定する(ステップS210)。そして、設定部17は、n番目のプッシュパルス送信条件の可視化上限深さが、ROIの上限深さより浅いか否かを判定する(ステップS211)。ここで、n番目のプッシュパルス送信条件の可視化上限深さが、ROIの上限深さより深い場合(ステップS211否定)、設定部17は、「 $n = n + 1$ 」と「n」をインクリメントして(ステップS212)、ステップS205に戻って、n番目のプッシュパルス送信条件を決定する。2番目以降は、設定部17は、適応的のプッシュパルス送信条件を決定する。

【0113】

一方、n番目のプッシュパルス送信条件の可視化上限深さが、ROIの上限深さより浅い場合(ステップS211肯定)、設定部17は、「 $n = N$ 」に設定し(ステップS213)、N個の分割ROIを設定した旨を制御部18に通知する。

20

【0114】

そして、制御部18の制御により、モニタ2は、N個の分割ROIの境界を表示する(ステップS214)。この処理は、第1の実施形態の図12(A)や図12(B)で説明した処理と同様である。

【0115】

そして、制御部18の指示により、画像生成部14は、N個のせん断速度画像データを合成して、合成画像データを生成する(ステップS215)。そして、制御部18の制御により、モニタ2は、ROI全体のせん断速度画像データである合成画像データを表示する(ステップS216)。これにより、せん断速度画像データの撮影処理が終了する。

30

【0116】

なお、操作者が入力した要求が、せん断速度画像データの動画の撮影要求であった場合、制御部18の制御により、ステップS204～ステップS216の処理が、撮影終了要求を受け付けるまで繰り返される。或いは、最初の処理で設定部17が設定した複数種類の送信条件とROIの分割パターンとを継続して利用して、せん断速度画像データが時系列に沿って生成表示されても良い。

【0117】

上述したように、第2の実施形態では、ROI内の各場所に応じて、理想的なせん断波が発生するプッシュパルスを与えるための複数のプッシュパルス送信条件を、撮影対象に応じて適応的に設定する。従って、第2の実施形態では、生体組織の硬さを示す高画質な画像を確実に得ることができる。

40

【0118】

ところで、第1の実施形態で説明したように、プッシュパルスの送信位置は、せん断速度の観測感度を向上させるために、ROIの方位方向の幅に応じて、予め設定された値により変更される。しかし、せん断速度の観測感度を確実に向上させるためには、プッシュパルスの送信位置は、撮影部位に応じて適応的に変更されることが望ましい。すなわち、ROIは、方位方向に沿って適応的に分割されることが望ましい。図20は、第2の実施形態の第1変形例を説明するための図である。

50

【 0 1 1 9 】

第2の実施形態の第1変形例に係る設定部17は、所定の送信条件の硬さ画像データにおいて信頼度が低い方位方向の領域を求め、求めた方位方向の領域の一部の方位方向の領域で生体組織においてせん断速度が観測される送信条件を新たに設定する。

【 0 1 2 0 】

例えば、設定部17は、図20の(A)に示すように、操作者が設定したROI40の上限深さ「X」及び下限深さ「Y」と、方位方向の左端「L1」及び右端「L2」とを、取得する。そして、設定部17は、深さ情報のテーブルを参照して、下限深さ「Y」から、図20の(A)に示すように、「送信条件番号：2」の送信条件を、「1番目のプッシュパルス送信条件」として決定する。

10

【 0 1 2 1 】

そして、設定部17は、図20の(A)に示すように、「1番目のプッシュパルス送信条件」に対応するせん断速度画像データ211aにおいて、方位方向「La~L2」で信頼度が低いと判定し、「L1~La」で信頼度が高いと判定する。そして、設定部17は、例えば、図20の(A)に示すように、送信位置「La-m」のプッシュパルス送信条件dを設定する。例えば、「m」は、予め設定された値が用いられる。なお、設定部17は、図20の(A)に示すように、「L2>La」であることから、ROI40内に、「L1~La」の分割ROIを設定する。

【 0 1 2 2 】

そして、図20の(B)に示すように、設定部17が設定した「プッシュパルス送信条件d」に対応するせん断速度画像データ211dが生成される。そして、設定部17は、せん断速度画像データ211dを解析して、図20の(B)に示すように、方位方向「L1~Ld」で信頼度が低いと判定する。ここで、設定部17は、図20の(B)に示すように、せん断速度画像データ211cで「Ld~L」で信頼度が高いことから、送信条件の新規設定を行わず、ROI40内に、「Ld~L」の分割ROIを設定する。すなわち、設定部17は、ROI40を網羅する複数の分割ROIを設定したことから、送信条件の設定処理を終了する。

20

【 0 1 2 3 】

そして、画像生成部14は、せん断速度画像データ211a及びせん断速度画像データ211dを、「L1~La」及び「Ld~L」の分割パターンに基づいて合成し、合成画像データをROI40のせん断速度画像データとして出力する。

30

【 0 1 2 4 】

なお、更に、せん断速度の観測感度を確実に向上させるためには、ROIは、深さ方向及び方位方向の双方に沿って適応的に分割されることが望ましい。図21は、第2の実施形態の第2変形例を説明するための図である。

【 0 1 2 5 】

なお、設定部17が図21の(A)で行なう処理は、図20の(A)で説明した処理と同様である。すなわち、設定部17は、ROI40の下限深さ「Y」から、図21の(A)に示すように、「送信条件番号：2」の送信条件を、「1番目のプッシュパルス送信条件」として決定する。そして、設定部17は、図21の(A)に示すように、せん断速度画像データ211aにおいて、「L1~La」で信頼度が高いと判定する。そして、設定部17は、図21の(A)に示すように、送信位置「La-m」のプッシュパルス送信条件dを設定する。また、設定部17は、図21の(A)に示すように、「L2>La」であることから、ROI40内に、「L1~La」の分割ROIを設定する。

40

【 0 1 2 6 】

そして、図21の(B)に示すように、設定部17が設定した「プッシュパルス送信条件d」に対応するせん断速度画像データ211d#が生成される。そして、設定部17は、せん断速度画像データ211d#を解析して、図21の(B)に示すように、「方位方向：Ld#~L2、深さ方向：xd~Y」の領域で信頼度が高いと判定する。そして、設定部17は、図21の(B)に示すように、フォーカス深さ「xd」及び送信位置「Ld

50

「# - m」のプッシュパルス送信条件 e を設定する。また、設定部 17 は、図 21 の (A) に示すように、「 $x_d > X$ 」であることから、ROI 40 内に、「方位方向：Ld# ~ L2、深さ方向： $x_d \sim Y$ 」の分割 ROI を設定する。

【0127】

そして、図 21 の (C) に示すように、設定部 17 が設定した「プッシュパルス送信条件 e」に対応するせん断速度画像データ 211e が生成される。そして、設定部 17 は、せん断速度画像データ 211e を解析して、図 21 の (C) に示すように、「方位方向：Ld# ~ L2、深さ方向： $x_e \sim X$ 」の領域で信頼度が高いと判定し、この領域を分割 ROI として設定する。設定部 17 は、ROI 40 を網羅する複数の分割 ROI を設定したことから、送信条件の設定処理を終了する。

10

【0128】

そして、画像生成部 14 は、せん断速度画像データ 211a、せん断速度画像データ 211d# 及びせん断速度画像データ 211e を、「L1 ~ La」、「方位方向：Ld# ~ L2、深さ方向： $x_d \sim Y$ 」及び「方位方向：Ld# ~ L2、深さ方向： $x_e \sim X$ 」の分割パターンに基づいて合成し、合成画像データを ROI 40 のせん断速度画像データとして出力する。

【0129】

第 1 変形例及び第 2 変形例を行なうことでも、生体組織の硬さを示す高画質な画像を確実に得ることができる。

【0130】

20

(第 3 の実施形態)

第 3 の実施形態では、第 1 の実施形態及び第 2 の実施形態で説明した処理を行なう場合に、適用可能な変形例について、図 22 及び図 23 を用いて説明する。図 22 及び図 23 は、第 3 の実施形態を説明するための図である。

【0131】

第 3 の実施形態に係る設定部 17 は、超音波プローブ 1 から送信される各プッシュパルスが該当する分割 ROI に到達した際の到達パワー又は到達エネルギーが、略同一となるように複数の送信条件を設定する。例えば、設定部 17 は、図 22 の上図に示すように、「1 番目のプッシュパルス送信条件」で送信されたプッシュパルス 50A が、分割 ROI 40A に到達した際の最大エネルギーの推定値「EAm_{max}」を算出する。また、例えば、設定部 17 は、図 22 の上図に示すように、「2 番目のプッシュパルス送信条件」で送信されたプッシュパルス 50B が、分割 ROI 40B に到達した際の最大エネルギーの推定値「EB_{max}」を算出する。

30

【0132】

そして、設定部 17 は、図 22 の下図に示すように、「EAm_{max}」が「Em_{max}」となるプッシュパルス 50A' が送信されるように、「1 番目のプッシュパルス送信条件」のバースト長や音圧を調整する。また、設定部 17 は、図 22 の下図に示すように、「EB_{max}」が「Em_{max}」となるプッシュパルス 50B' が送信されるように、「2 番目のプッシュパルス送信条件」のバースト長や音圧を調整する。

【0133】

40

上記の処理を行なうことで、特に浅い領域に対するプッシュパルスバースト長や音圧等を小さくすることができ、必要とされるせん断速度の観測精度を保ったままで、超音波プローブ 1 に必要以上の発熱が起こることを回避することができる。

【0134】

また、第 3 の実施形態では、設定部 17 の処理を簡易にするために、ROI の深さ方向の幅に応じて予め決められた分割数、或いは、ROI の深さ方向の幅に応じて予め決められた分割幅により、操作者が設定した ROI を分割しても良い。例えば、図 23 の (A) では、ROI の深さ方向の幅 (WD) が「WD WD1」である場合は、「分割数：1」が設定され、「WD1 < WD WD2」である場合は、「分割数：2」が設定され、「WD2 < WD WD3」である場合は、「分割数：3」が設定され、「WD3 < WD WD

50

4」である場合は、「分割数：4」が設定される。

【0135】

設定部17は、例えば、ROI40の深さ方向の幅「 $WD = Y - X$ 」が「 $WD2 < WD3$ 」である場合、ROI40を3段に等分し、3種類のプッシュパルス送信条件を設定する。例えば、第1の実施形態に係る設定部17は、各段の中心深さ位置に最も近いフォーカス深さの送信条件をテーブルから取得する。また、例えば、第2の実施形態に係る設定部17は、各段の中心深さ位置にフォーカスされた送信条件を算出する。

【0136】

或いは、設定部17は、ROI40の深さ方向の幅「 $WD = Y - X$ 」を予め設定された分割幅「 wD 」で除算した値を四捨五入した値を、分割数としても良い。或いは、分割幅は、 WD の値に応じて、異なる値が設定されている場合であっても良い。

10

【0137】

また、第3の実施形態に係る設定部17は、プッシュパルスの送信回数、又は、プッシュパルスの送信条件数の上限値の範囲で、操作者が設定したROIを調整しても良い。すなわち、プッシュパルスの送信回数は、送信条件数、方位方向の幅、並びに、並列同時受信数により定まる。プッシュパルスの送信回数が多くなるほど、フレームレートは遅くなり、また、超音波プローブ1が発熱する。

【0138】

そこで、この変形例では、予めプッシュパルスの送信回数、又は、プッシュパルスの送信条件数の上限値を設定しておく。そして、設定部17は、上限値を超える数のプッシュパルス送信数が必要になるようなROIが設定できないように制限を加える。

20

【0139】

例えば、図23の(B)に示すように、「プッシュパルス条件数：1」が予め設定されているとする。設定部17は、ROI40を分割ROI40A及び分割ROI40Bに分割すると、プッシュパルス条件数が「2」となり、上限値「1」を超えると判定する。かかる場合、設定部17は、例えば、図23の(B)に示すように、ROI40を分割ROI40Aに変更して、分割ROI40Aに対応するプッシュパルス送信条件のみを用いて、エラストグラフィを実行させる。

【0140】

或いは、プッシュパルスの送信回数が「4」に設定されているとする。また、ROI40内で、「1番目のプッシュパルス送信条件」のプッシュパルス送信が3回必要であり、「2番目のプッシュパルス送信条件」のプッシュパルス送信が3回必要であるとする。係る場合、設定部17は、プッシュパルスの送信回数が「4」となるように、ROI40を方位方向に「2/3」縮小する。かかる場合、分割ROI40A及び分割ROI40Bは、それぞれ方位方向に「2/3」縮小される。

30

【0141】

かかる上限値を用いた制限を加えることで、アーチファクトの出現を抑制することができる。

【0142】

なお、上記の第1～第3の実施形態の説明で図示した各装置の各構成要素は機能概念的なものであり、必ずしも物理的に図示の如く構成されていることを要しない。すなわち、各装置の分散・統合の具体的形態は図示のものに限られず、その全部又は一部を、各種の負荷や使用状況等に応じて、任意の単位で機能的又は物理的に分散・統合して構成することができる。更に、各装置にて行なわれる各処理機能は、その全部又は任意の一部が、CPUおよび当該CPUにて解析実行されるプログラムにて実現され、あるいは、ワイヤードロジックによるハードウェアとして実現され得る。

40

【0143】

また、第1～第3の実施形態で説明した超音波イメージング方法は、予め用意された超音波イメージングプログラムをパーソナルコンピュータやワークステーション等のコンピュータで実行することによって実現することができる。この超音波イメージングプログラ

50

ムは、インターネット等のネットワークを介して配布することができる。また、この超音波イメージングプログラムは、ハードディスク、フレキシブルディスク（FD）、CD-ROM、MO、DVD等のコンピュータで読み取り可能な非一時的な記録媒体に記録され、コンピュータによって非一時的な記録媒体から読み出されることによって実行することもできる。

【0144】

以上、説明したとおり、第1～第3の実施形態によれば、生体組織の硬さを示す高画質な画像を得ることができる。

【0145】

本発明のいくつかの実施形態を説明したが、これらの実施形態は、例として提示したものであり、発明の範囲を限定することは意図していない。これら実施形態は、その他の様々な形態で実施されることが可能であり、発明の要旨を逸脱しない範囲で、種々の省略、置き換え、変更を行うことができる。これら実施形態やその変形は、発明の範囲や要旨に含まれると同様に、特許請求の範囲に記載された発明とその均等の範囲に含まれるものである。

10

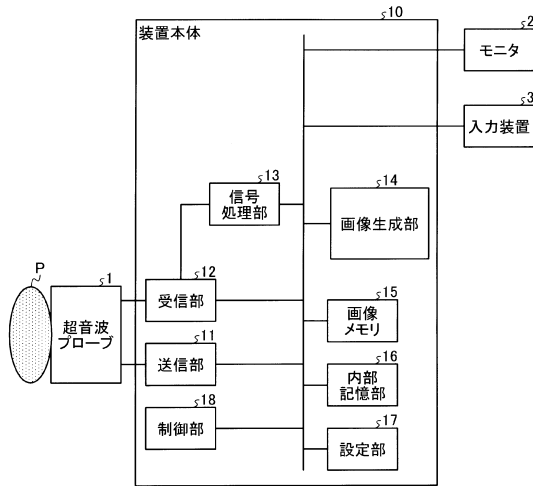
【符号の説明】

【0146】

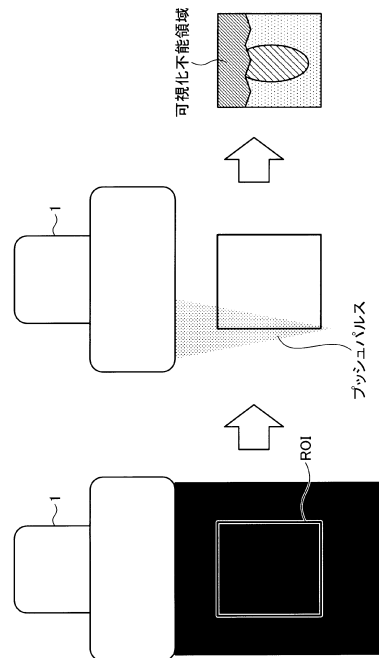
- 11 送信部
- 13 信号処理部
- 14 画像生成部
- 16 設定部

20

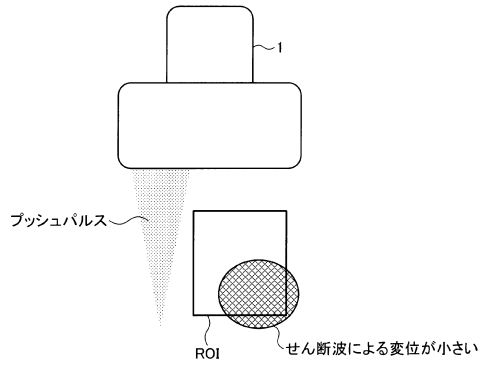
【図1】



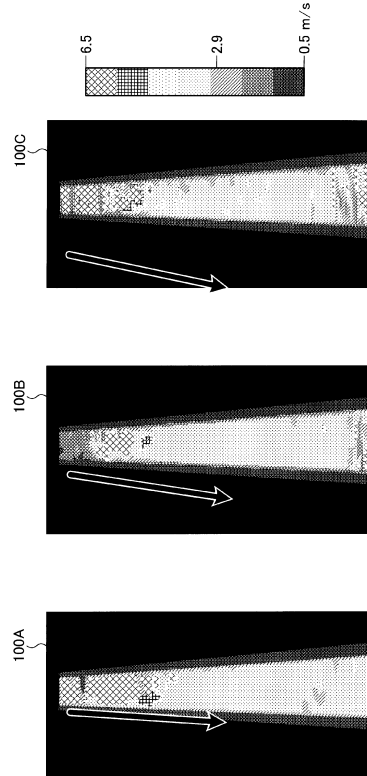
【図2】



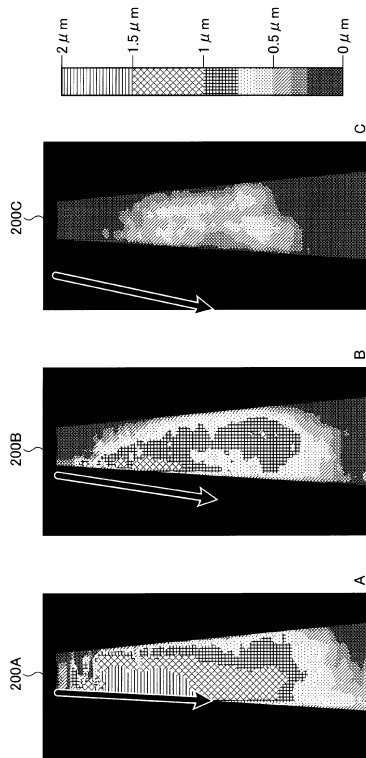
【図3】



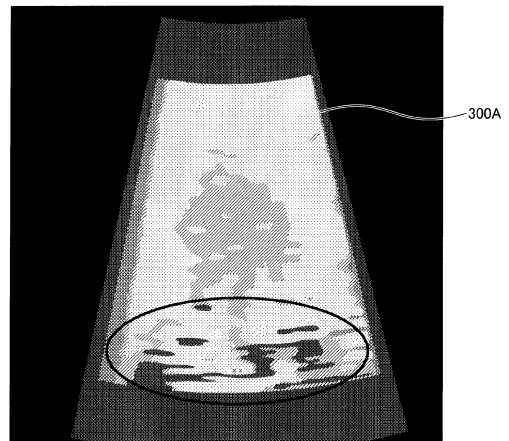
【図4】



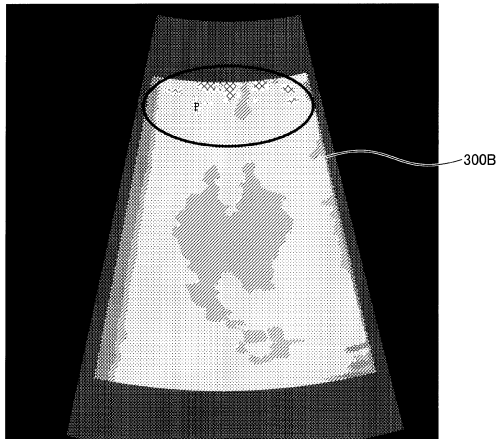
【図5】



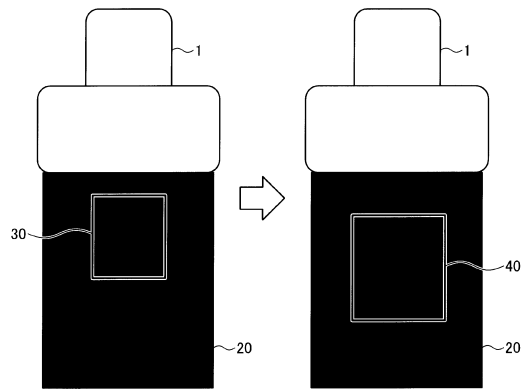
【図6】



【図7】



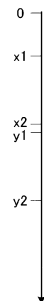
【図8】



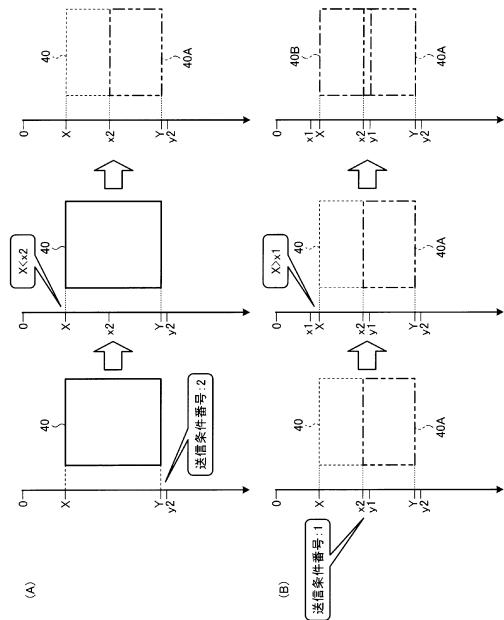
【図9】

送信条件番号	可視化上限深さ	可視化下限深さ	開口幅	フォーカス深さ	駆動電圧	周波数	パースト長
1	x1	y1	a1	d1	.	.	.
2	x2	y2	a2	d2	.	.	.
.
.

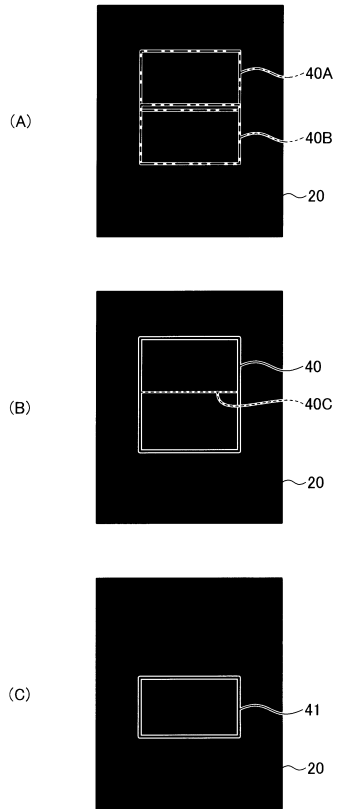
【図10】



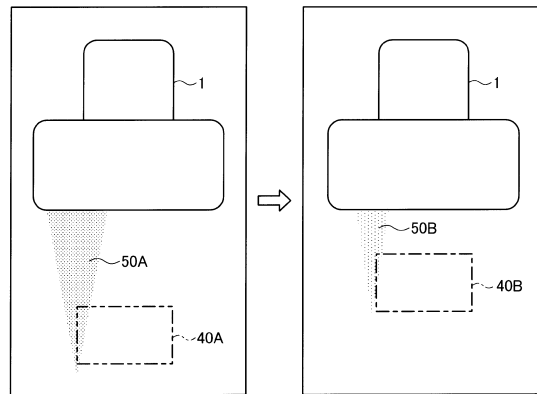
【図11】



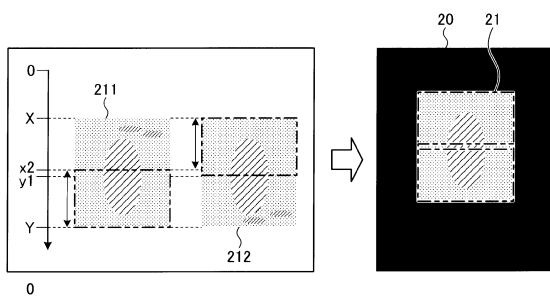
【 図 1 2 】



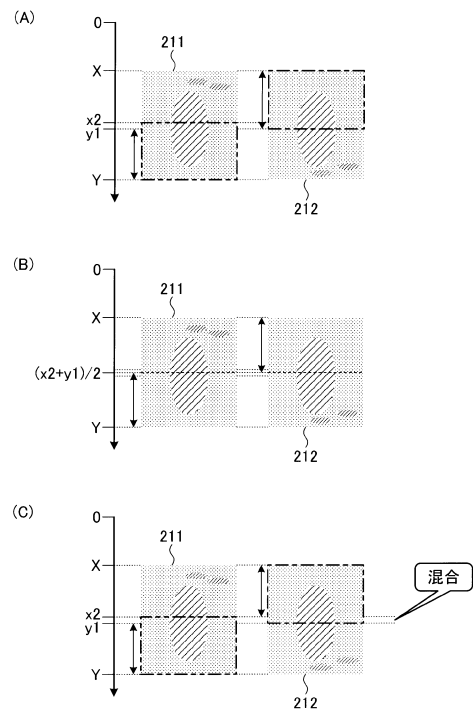
【 図 1 3 】



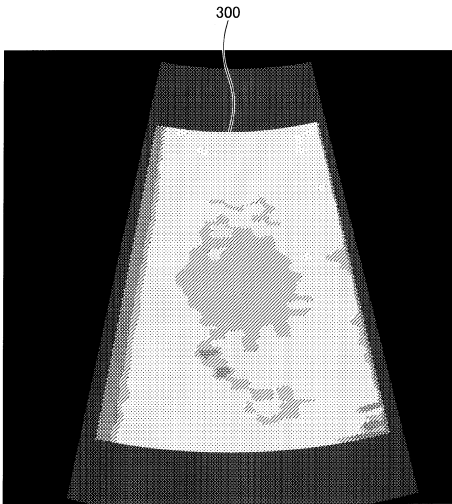
【 図 1 4 】



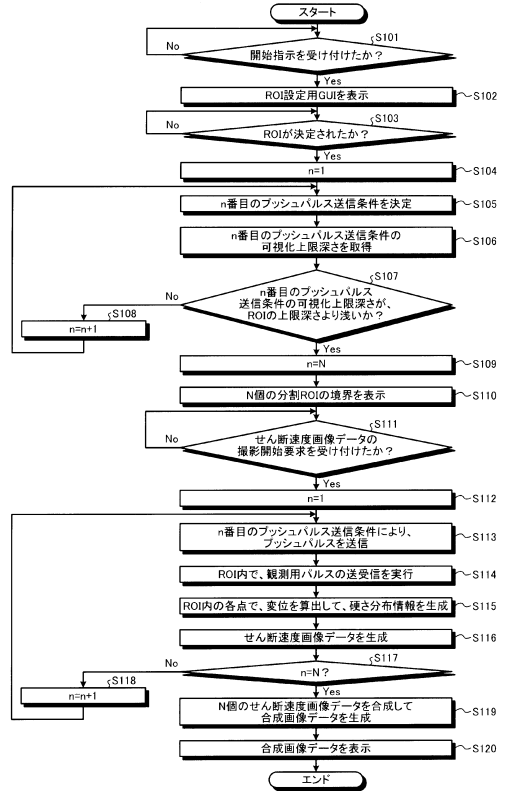
【 図 1 5 】



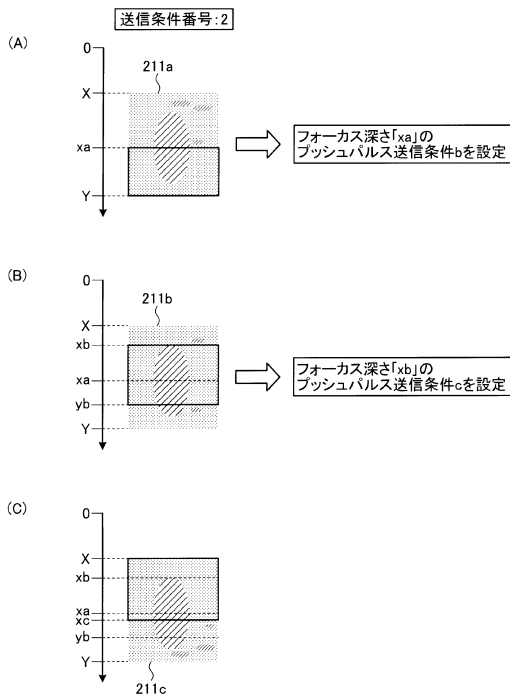
【図16】



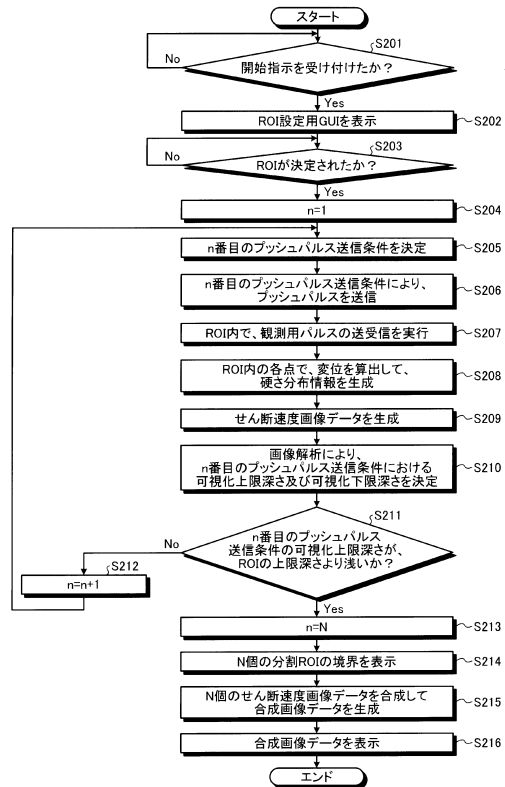
【図17】



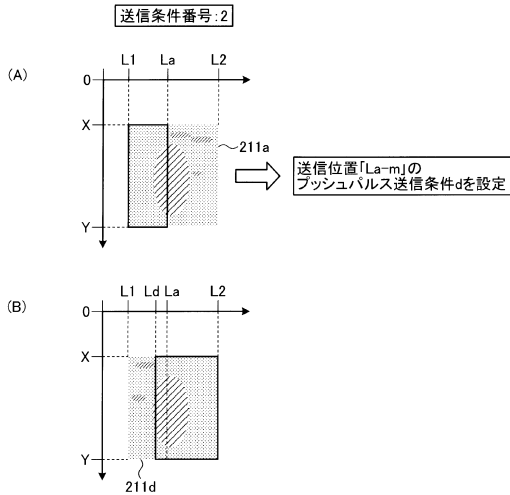
【図18】



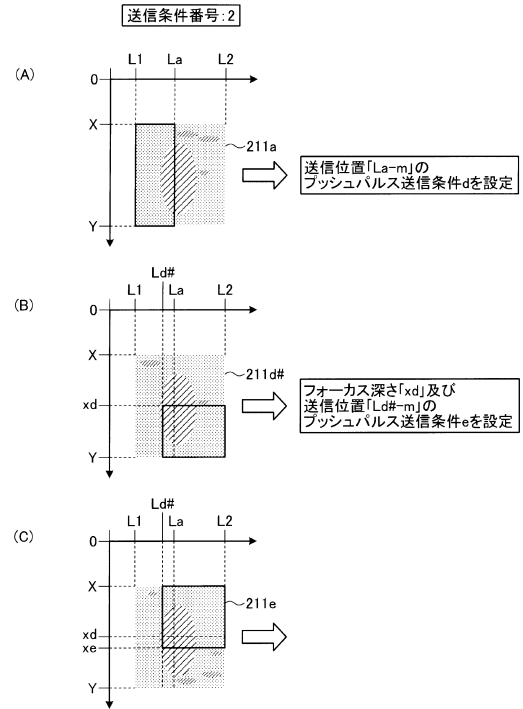
【図19】



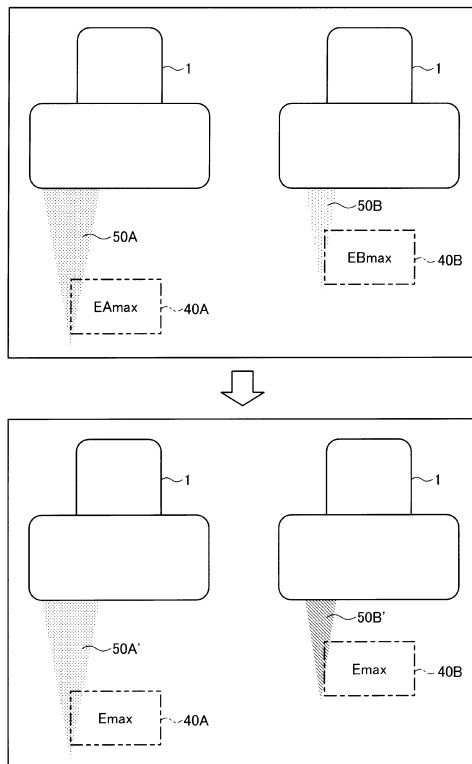
【図20】



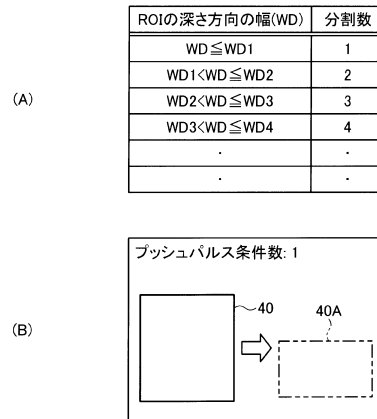
【図21】



【図22】



【図23】



フロントページの続き

審査官 富永 昌彦

- (56)参考文献 特表2009-531101(JP,A)
特表2013-512026(JP,A)
特開2013-081764(JP,A)
特開2012-115666(JP,A)
国際公開第2012/105152(WO,A1)
特開2010-172699(JP,A)

- (58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
A61B 8/00 - 8/15

专利名称(译)	超声诊断设备和超声成像程序		
公开(公告)号	JP6305699B2	公开(公告)日	2018-04-04
申请号	JP2013138111	申请日	2013-07-01
[标]申请(专利权)人(译)	株式会社东芝 东芝医疗系统株式会社		
申请(专利权)人(译)	东芝公司 东芝医疗系统有限公司		
[标]发明人	金山侑子 掛江明弘 川岸哲也		
发明人	金山 侑子 掛江 明弘 川岸 哲也		
IPC分类号	A61B8/08		
CPC分类号	A61B8/485 A61B8/463 A61B8/488 A61B8/5207 A61B8/5223 G01S7/52022 G01S7/52042 G01S15/8915 G01S15/8979		
FI分类号	A61B8/08		
F-TERM分类号	4C601/DD19 4C601/EE05 4C601/EE09 4C601/JC21 4C601/JC37		
其他公开文献	JP2015009040A JP2015009040A5		
外部链接	Espacenet		

摘要(译)

根据实施例的超声诊断设备包括设定单元，发送器，信号处理单元和图像生成单元。设定单元在扫描区域内设定多个ROI。发送器从与超声波探头对应的多个ROI发送位移发生用的超声波，从超声波发送用于观察由发生位移的超声波的各发送产生的位移的观察用超声波进行多次探测。信号处理单元分析多条反射波数据，获取多条位移信息，并且计算关于各条传输条件的分布信息。图像生成单元通过合成各条图像数据来基于分发信息和合成图像数据生成多条图像数据。

(19) 日本国特許庁(JP) (12) 特許公報(B2) (11) 特許番号
特許第6305699号
(P6305699)

(45) 発行日 平成30年4月4日(2018.4.4) (24) 登録日 平成30年3月16日(2018.3.16)

(51) Int. Cl. F 1
A 6 1 B 8/08 (2006.01) A 6 1 B 8/08

請求項の数 17 (全 31 頁)

(21) 出願番号	特願2013-138111(P2013-138111)	(73) 特許権者	594164542 キヤノンメディカルシステムズ株式会社
(22) 出願日	平成25年7月1日(2013.7.1)		栃木県大田原市下石上1385番地
(65) 公開番号	特開2015-9040(P2015-9040A)	(74) 代理人	110001771 特許業務法人虎ノ門知的財産事務所
(43) 公開日	平成27年1月19日(2015.1.19)		金山 侑子
審査請求日	平成28年6月27日(2016.6.27)	(72) 発明者	掛江 明弘 樹木県大田原市下石上1385番地 東芝 メディカルシステムズ株式会社内
		(72) 発明者	掛江 明弘 樹木県大田原市下石上1385番地 東芝 メディカルシステムズ株式会社内
		(72) 発明者	川岸 哲也 樹木県大田原市下石上1385番地 東芝 メディカルシステムズ株式会社内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 超音波診断装置及び超音波イメージングプログラム