

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号
特許第5948411号
(P5948411)

(45) 発行日 平成28年7月6日(2016.7.6)

(24) 登録日 平成28年6月10日(2016.6.10)

(51) Int.Cl.
A 6 1 B 8/14 (2006.01)

F I
A 6 1 B 8/14 Z DM

請求項の数 22 (全 21 頁)

(21) 出願番号	特願2014-516777 (P2014-516777)	(73) 特許権者	306037311
(86) (22) 出願日	平成25年5月17日 (2013.5.17)		富士フイルム株式会社
(86) 国際出願番号	PCT/JP2013/063760		東京都港区西麻布2丁目26番30号
(87) 国際公開番号	W02013/176045	(74) 代理人	100083116
(87) 国際公開日	平成25年11月28日 (2013.11.28)		弁理士 松浦 憲三
審査請求日	平成27年5月12日 (2015.5.12)	(72) 発明者	宮地 幸哉
(31) 優先権主張番号	特願2012-119912 (P2012-119912)		神奈川県足柄上郡開成町宮台798番地
(32) 優先日	平成24年5月25日 (2012.5.25)		富士フイルム株式会社内
(33) 優先権主張国	日本国 (JP)		
		審査官	宮澤 浩
			最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 超音波信号処理装置および超音波信号処理方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

超音波を被検体に送信するとともに、該被検体によって反射される超音波を受信して超音波検出信号を出力する複数の素子を含む超音波探触子と、

前記超音波探触子を制御して、複数の送信フォーカスラインに沿って被検体内に超音波を順次送信し、前記被検体によって反射された前記超音波を受信することにより、送受信データを取得する送受信データ取得手段と、

前記複数の送信フォーカスラインそれぞれに対して少なくとも1回ずつ超音波の送信を順次実行して1フレームの超音波画像を作成する場合に、前記複数の送信フォーカスラインに沿う超音波の送信N回（Nは2以上の整数）のうちの異なる送信フォーカスラインに沿う超音波の送信M回（Mは1以上N未満の整数）において取得した送受信データに基づいて前記被検体内の音速を測定する音速測定手段と、

を備える超音波信号処理装置。

【請求項 2】

前記送受信データ取得手段により取得した送受信データに基づいて、前記被検体内の超音波画像を作成する超音波画像作成手段と、

前記超音波画像を表示する表示手段と、

を更に備える請求項1記載の超音波信号処理装置。

【請求項 3】

前記音速測定手段が、前記超音波画像作成手段により連続するNフレームの超音波画像

を作成するときに、前記被検体内の音速の測定のための送信フォーカスラインの位置をフレームごとに異ならせる、請求項 2 記載の超音波信号処理装置。

【請求項 4】

前記超音波画像作成手段により連続する N フレームの超音波画像を作成するときに測定された N フレーム分の音速を、少なくとも前記 N フレームの超音波画像を作成して表示する間保持する音速保持手段と、

前記音速保持手段に保持された N フレーム分の音速を補完することにより、被検体内の音速分布を示す音速画像を作成する音速画像作成手段と、

を更に備える、請求項 3 記載の超音波信号処理装置。

【請求項 5】

10

前記音速画像作成手段が、前記音速保持手段に保持された N フレーム分の音速を補完することにより、前記被検体内の最適音速値を示す最適音速値画像および前記被検体内の領域ごとの局所音速値を示す局所音速値画像を作成する、請求項 4 記載の超音波信号処理装置。

【請求項 6】

前記表示手段が、オペレータからの操作入力に基づいて、前記音速画像を前記超音波画像とともに表示する、請求項 4 または 5 記載の超音波信号処理装置。

【請求項 7】

前記表示手段が、オペレータからの操作入力に基づいて、最適音速値を 2 次元画像化した最適音速値画像、前記被検体内の領域ごとの局所音速値を 2 次元画像化した局所音速値画像および前記超音波画像のうちの少なくとも 1 つを選択して表示する、請求項 5 または 6 記載の超音波信号処理装置。

20

【請求項 8】

前記音速測定手段が、前記 M 回の超音波の送信により取得した送受信データに基づいて前記被検体内の最適音速値を求め、

前記送受信データ取得手段が、前記 N 回の超音波の送受信の間にビームフォーミングを行う、請求項 1 から 7 のいずれか 1 項記載の超音波信号処理装置。

【請求項 9】

前記送受信データ取得手段が、前記 M 回の超音波の送信により取得した送受信データに基づいて得た画素値を用いて、前記 M 回の送信ラインの間のラインを補間演算により求める、請求項 1 から 8 のいずれか 1 項記載の超音波信号処理装置。

30

【請求項 10】

前記音速が、最適音速値または局所音速値である、請求項 1 記載の超音波信号処理装置。

【請求項 11】

前記音速測定手段が、前記被検体内の最適音速値に基づいて、前記被検体内の領域ごとの局所音速値を測定する、請求項 1 から 10 のいずれか 1 項記載の超音波信号処理装置。

【請求項 12】

超音波を被検体に送信するとともに、該被検体によって反射される超音波を受信して超音波検出信号を出力する複数の素子を含む超音波探触子を制御して、複数の送信フォーカスラインに沿って被検体内に超音波を順次送信し、前記被検体によって反射された前記超音波を受信することにより、送受信データを取得する送受信データ取得工程と、

40

前記複数の送信フォーカスラインそれぞれに対して少なくとも 1 回ずつ超音波の送信を順次実行して 1 フレームの超音波画像を作成する場合に、前記複数の送信フォーカスラインに沿う超音波の送信 N 回 (N は 2 以上の整数) のうちの異なる送信フォーカスラインに沿う超音波の送信 M 回 (M は 1 以上 N 未満の整数) において取得した送受信データに基づいて前記被検体内の音速を測定する音速測定工程と、

を備える超音波信号処理方法。

【請求項 13】

前記送受信データ取得工程において取得した送受信データに基づいて、前記被検体内の

50

超音波画像を作成する超音波画像作成工程と、

前記超音波画像を表示手段に表示する表示工程と、

を更に備える請求項 1 2 記載の超音波信号処理方法。

【請求項 1 4】

前記音速測定工程において、前記超音波画像作成工程において連続する N フレームの超音波画像を作成するときに、前記被検体内の音速の測定のための送信フォーカスラインの位置をフレームごとに異ならせる、請求項 1 3 記載の超音波信号処理方法。

【請求項 1 5】

前記超音波画像作成工程において連続する N フレームの超音波画像を作成するときに測定された N フレーム分の音速を、少なくとも前記 N フレームの超音波画像を作成して表示する間保持する音速保持工程と、

前記音速保持工程において保持された N フレーム分の音速を補完することにより、被検体内の音速分布を示す音速画像を作成する音速画像作成工程と、

を更に備える、請求項 1 4 記載の超音波信号処理方法。

【請求項 1 6】

前記音速画像作成工程において、前記音速保持工程において保持された N フレーム分の音速を補完することにより、前記被検体内の最適音速値を示す最適音速値画像および前記被検体内の領域ごとの局所音速値を示す局所音速値画像を作成する、請求項 1 5 記載の超音波信号処理方法。

【請求項 1 7】

前記表示手段により、オペレータからの操作入力に基づいて、前記音速画像を前記超音波画像とともに表示する工程を更に備える、請求項 1 5 または 1 6 記載の超音波信号処理方法。

【請求項 1 8】

前記表示手段により、オペレータからの操作入力に基づいて、最適音速値を 2 次元画像化した最適音速値画像、前記被検体内の領域ごとの局所音速値を 2 次元画像化した局所音速値画像および前記超音波画像のうちの少なくとも 1 つを選択して表示する、請求項 1 6 または 1 7 記載の超音波信号処理方法。

【請求項 1 9】

前記音速測定工程において、前記 M 回の超音波の送信により取得した送受信データに基づいて前記被検体内の最適音速値を求め、

前記送受信データ取得工程において、前記 N 回の超音波の送受信の間にビームフォーミングを行う、請求項 1 2 から 1 8 のいずれか 1 項記載の超音波信号処理方法。

【請求項 2 0】

前記送受信データ取得工程において、前記 M 回の超音波の送信により取得した送受信データに基づいて得た画素値を用いて、前記 M 回の送信ラインの間のラインを補間演算により求める、請求項 1 2 から 1 9 のいずれか 1 項記載の超音波信号処理方法。

【請求項 2 1】

前記音速が、最適音速値または局所音速値である、請求項 1 2 記載の超音波信号処理方法。

【請求項 2 2】

前記音速測定工程において、前記被検体内の最適音速値に基づいて、前記被検体内の領域ごとの局所音速値を測定する、請求項 1 2 から 2 1 のいずれか 1 項記載の超音波信号処理方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は超音波信号処理装置および超音波信号処理方法に係り、特に被検体内に超音波を走査して、被検体内の音速を判定して超音波画像を作成する超音波信号処理装置および超音波信号処理方法に関する。

10

20

30

40

50

【背景技術】

【0002】

特許文献1には、ドプラ繰返し周期 T_d の間において、ドプラ送受信の後に、断層像（Bモード）用の送受信を1回行うことにより、フレームレートを向上させることが開示されている（段落[0019]から[0020]）。

【0003】

特許文献2には、弾性画像用超音波送受信 $E_1, E_2, E_3, E_4, \dots$ を、時間 t の間隔をおいて行い、Bモード画像を作成するエコー信号を得るためのBモード画像用超音波送受信 $B_1, B_2, B_3, \dots$ を、前記弾性画像用超音波送受信の間に行うことが開示されている（段落[0033]および[0036]）。

10

【0004】

特許文献3には、関心領域内において、複数本の走査線ごとに2次元血流画像データと断層画像データとが交互に得られるように走査手順を制御して、2つの像の間で時間ずれを少なくすることが開示されている（段落[0030]）。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0005】

【特許文献1】特開平07-100135号公報

【特許文献2】特開2010-124926号公報

【特許文献3】特開平07-111993号公報

20

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0006】

一般に、被検体内のBモード画像を作成する場合には、超音波の送受信の位置および方向を変化させて、送受信の位置および方向ごとに超音波エコーの強さを求める。そして、超音波エコーの反射源までの距離に対応する位置に、超音波エコーの強さに対応する輝度の輝点を表示させることにより、Bモード画像が作成される。

【0007】

一方、被検体内の音速の分布を測定するときにも、同様の超音波スキャンが行われるが、超音波の送受信の位置および方向ごとに、受信フォーカスの音速値を変化させながらビームフォーミングを行う。このため、音速の分布の測定は、Bモード画像の作成のためのスキャンと比較して時間がかかるという問題がある。例えば、 $1440\text{ m/s} \sim 1640\text{ m/s}$ の範囲において 20 m/s 刻みで音速値を変化させながらスキャンを実施した場合、音速値の測定処理には、Bモード画像作成のおよそ11倍の処理時間がかかる。このため、Bモード画像の作成および表示を行いながら音速値をリアルタイムで測定して表示する場合、Bモード画像のフレームレートが低下するという問題があった。

30

【0008】

特許文献1から3は、Bモード画像の作成と音速分布の測定を並行して行うときに生じるフレームレートの低下を解決するためのものではなかった。

【0009】

40

本発明はこのような事情に鑑みてなされたもので、超音波画像のフレームレートを低下させることなく、超音波画像の作成のためのスキャンと音速分布の測定のためのスキャンを並行して実施することが可能な超音波信号処理装置および超音波信号処理方法を提供することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0010】

上記課題を解決するために、本発明の第1の態様に係る超音波信号処理装置は、超音波を被検体に送信するとともに、該被検体によって反射される超音波を受信して超音波検出信号を出力する複数の素子を含む超音波探触子と、超音波探触子を制御して、複数の送信フォーカスラインに沿って被検体内に超音波を順次送信し、被検体によって反射された超

50

音波を受信することにより、送受信データを取得する送受信データ取得手段と、複数の送信フォーカスラインそれぞれに対して少なくとも1回ずつ超音波の送信を順次実行して1フレームの超音波画像を作成する場合に、複数の送信フォーカスラインに沿う超音波の送信N回（Nは2以上の整数）のうちの異なる送信フォーカスラインに沿う超音波の送信M回（Mは1以上N未満の整数）において取得した送受信データに基づいて被検体内の音速を測定する音速測定手段とを備える。

【0011】

第1の態様によれば、超音波画像（Bモード画像）の作成用の走査ラインの一部のみに音速測定用の走査ラインを割り当てることにより、超音波画像を表示しながらリアルタイムで被検体内の音速値の算出および表示を行うことができる。

10

【0012】

本発明の第2の態様に係る超音波信号処理装置は、第1の態様に加えて、送受信データ取得手段により取得した送受信データに基づいて、被検体内の超音波画像を作成する超音波画像作成手段と、超音波画像を表示する表示手段とを更に備える。

【0013】

本発明の第3の態様に係る超音波信号処理装置は、第2の態様において、音速測定手段が、超音波画像作成手段により連続するNフレームの超音波画像を作成するときに、被検体内の音速の測定のための送信フォーカスラインの位置をフレームごとに異ならせるように構成したものである。

【0014】

20

本発明の第4の態様に係る超音波信号処理装置は、第3の態様において、超音波画像作成手段により連続するNフレームの超音波画像を作成するときに測定されたNフレーム分の音速を、少なくともNフレームの超音波画像を作成して表示する間保持する音速保持手段と、音速保持手段に保持されたNフレーム分の音速を補完（加算）することにより、被検体内の音速分布を示す音速画像を作成する音速画像作成手段とを更に備える。

【0015】

本発明の第5の態様に係る超音波信号処理装置は、第4の態様において、音速画像作成手段が、音速保持手段に保持されたNフレーム分の音速を補完することにより、被検体内の最適音速値を示す最適音速値画像および被検体内の領域ごとの局所音速値を示す局所音速値画像を作成するように構成したものである。

30

【0016】

本発明の第6の態様に係る超音波信号処理装置は、第4または第5の態様において、表示手段が、オペレータからの操作入力に基づいて、音速画像を超音波画像とともに表示するように構成したものである。

【0017】

第4から第6の態様では、連続するNフレームにおいて音速の測定のための送信フォーカスラインの位置をフレームごとに異ならせておき、この送信フォーカスラインにおいて求められた音速を加算する。これにより、超音波の走査方向の分解能が高く、かつ、超音波画像との間でタイムラグが小さい音速画像を作成して表示することができる。

【0018】

40

本発明の第7の態様に係る超音波信号処理装置は、第5または第6の態様において、表示手段が、オペレータからの操作入力に基づいて、最適音速値を2次元画像化した最適音速値画像、被検体内の領域ごとの局所音速値を2次元画像化した局所音速値画像および超音波画像のうちの少なくとも1つを選択して表示するように構成したものである。

【0019】

本発明の第8の態様に係る超音波信号処理装置は、第1から第7の態様において、音速測定手段が、M回の超音波の送信により取得した送受信データに基づいて被検体内の最適音速値を求め、送受信データ取得手段が、N回の超音波の送受信の間にビームフォーミングを行うように構成したものである。

【0020】

50

本発明の第 9 の態様に係る超音波信号処理装置は、第 1 から第 8 の態様において、送受信データ取得手段が、M 回の超音波の送信により取得した送受信データに基づいて得た画素値を用いて、M 回の送信ラインの間のラインを補間演算により求めるように構成したものである。

【0021】

本発明の第 10 の態様に係る超音波信号処理装置は、第 1 の態様において、音速を、最適音速値または局所音速値としたものである。

【0022】

本発明の第 11 の態様に係る超音波信号処理装置は、第 1 から第 10 の態様において、音速測定手段が、被検体内の最適音速値に基づいて、被検体内の領域ごとの局所音速値を測定するように構成したものである。

10

【0023】

本発明の第 12 の態様に係る超音波信号処理方法は、超音波を被検体に送信するとともに、該被検体によって反射される超音波を受信して超音波検出信号を出力する複数の素子を含む超音波探触子を制御して、複数の送信フォーカスラインに沿って被検体内に超音波を順次送信し、被検体によって反射された超音波を受信することにより、送受信データを取得する送受信データ取得工程と、複数の送信フォーカスラインそれぞれに対して少なくとも 1 回ずつ超音波の送信を順次実行して 1 フレームの超音波画像を作成する場合に、複数の送信フォーカスラインに沿う超音波の送信 N 回（N は 2 以上の整数）のうちの異なる送信フォーカスラインに沿う超音波の送信 M 回（M は 1 以上 N 未満の整数）において取得した送受信データに基づいて被検体内の音速を測定する音速測定工程とを備える。

20

【0024】

本発明の第 13 の態様に係る超音波信号処理方法は、第 12 の態様に加えて、送受信データ取得工程において取得した送受信データに基づいて、被検体内の超音波画像を作成する超音波画像作成工程と、超音波画像を表示手段に表示する表示工程とを更に備える。

【0025】

本発明の第 14 の態様に係る超音波信号処理方法は、第 13 の態様の音速測定工程において、超音波画像作成工程において連続する N フレームの超音波画像を作成するときに、被検体内の音速の測定のための送信フォーカスラインの位置をフレームごとに異ならせるように構成したものである。

30

【0026】

本発明の第 15 の態様に係る超音波信号処理方法は、第 14 の態様において、超音波画像作成工程において連続する N フレームの超音波画像を作成するときに測定された N フレーム分の音速を、少なくとも N フレームの超音波画像を作成して表示する間保持する音速保持工程と、音速保持工程において保持された N フレーム分の音速を補完（加算）することにより、被検体内の音速分布を示す音速画像を作成する音速画像作成工程とを更に備える。

【0027】

本発明の第 16 の態様に係る超音波信号処理方法は、第 15 の態様の音速画像作成工程において、音速保持工程において保持された N フレーム分の音速を補完することにより、被検体内の最適音速値を示す最適音速値画像および被検体内の領域ごとの局所音速値を示す局所音速値画像を作成するように構成したものである。

40

【0028】

本発明の第 17 の態様に係る超音波信号処理方法は、第 15 または第 16 の態様において、表示手段により、オペレータからの操作入力に基づいて、音速画像を超音波画像とともに表示する工程を更に備える。

【0029】

本発明の第 18 の態様に係る超音波信号処理方法は、第 16 または第 17 の態様において、表示手段により、オペレータからの操作入力に基づいて、最適音速値を 2 次元画像化した最適音速値画像、被検体内の領域ごとの局所音速値を 2 次元画像化した局所音速値画

50

像および超音波画像のうちの少なくとも１つを選択して表示するように構成したものである。

【００３０】

本発明の第１９の態様に係る超音波信号処理方法は、第１２から第１８の態様の音速測定工程において、Ｍ回の超音波の送信により取得した送受信データに基づいて被検体内の最適音速値を求め、送受信データ取得工程において、Ｎ回の超音波の送受信の間にビームフォーミングを行うように構成したものである。

【００３１】

本発明の第２０の態様に係る超音波信号処理方法は、第１２から第１９の態様の送受信データ取得工程において、Ｍ回の超音波の送信により取得した送受信データに基づいて得た画素値を用いて、Ｍ回の送信ラインの間のラインを補間演算により求めるように構成したものである。

10

【００３２】

本発明の第２１の態様に係る超音波信号処理方法は、第１２の態様において、音速を、最適音速値または局所音速値としたものである。

【００３３】

本発明の第２２の態様に係る超音波信号処理方法は、第１２から第２１の態様の音速測定工程において、被検体内の最適音速値に基づいて、被検体内の領域ごとの局所音速値を測定するように構成したものである。

【発明の効果】

20

【００３４】

本発明によれば、超音波画像（Ｂモード画像）の作成用の走査ラインの一部のみに音速測定用の走査ラインを割り当てることにより、超音波画像を表示しながらリアルタイムで被検体内の音速値の算出および表示を行うことができる。

【図面の簡単な説明】

【００３５】

【図１】本発明の一実施形態に係る超音波信号処理装置を示すブロック図

【図２Ａ】リニア型超音波探触子を示す図

【図２Ｂ】リニア型超音波探触子により得られた超音波画像と超音波送信ラインとの関係を示す図

30

【図３Ａ】コンベックス型超音波探触子を示す図

【図３Ｂ】コンベックス型超音波探触子により得られた超音波画像と超音波送信ラインとの関係を示す図

【図４Ａ】着目点を反射点としたときに受信される受信波を模式的に示す図

【図４Ｂ】着目点から伝播して着目点と超音波探触子との間の点を通して受信される受信波を合成して得られる合成受信波を模式的に示す図

【図５】本発明の第１の実施形態に係る超音波スキャン処理を模式的に示す図

【図６】超音波の送受信および超音波信号処理の実行タイミングを示すタイミングチャート

【図７】超音波の送受信および超音波信号処理の実行タイミングの別の例を示すタイミングチャート

40

【図８】本発明の第２の実施形態に係る超音波スキャン処理を模式的に示す図

【図９】音速マップの加算処理を説明するための図

【図１０】本発明の第３の実施形態に係る超音波スキャン処理を模式的に示す図

【図１１】Ｎ本（Ｎは２以上の整数）の送信フォーカスラインのうちのＭ本（Ｍは１以上Ｎ未満の整数）を音速測定ラインとする場合の超音波スキャン処理を模式的に示す図

【発明を実施するための形態】

【００３６】

以下、添付図面に従って本発明に係る超音波信号処理装置および超音波信号処理方法の実施の形態について説明する。

50

【 0 0 3 7 】

〔 超音波信号処理装置の構成 〕

図 1 は、本発明の一実施形態に係る超音波信号処理装置を示すブロック図である。

【 0 0 3 8 】

図 1 に示す超音波信号処理装置 1 0 は、超音波探触子 3 0 0 から被検体 O B J に超音波ビームを送信して、被検体 O B J によって反射された超音波ビーム（超音波エコー）を受信し、超音波エコーの検出信号（超音波検出信号）から超音波画像を作成・表示する装置である。

【 0 0 3 9 】

C P U（Central Processing Unit）1 0 0 は、操作入力部 2 0 0 からの操作入力に応じて超音波信号処理装置 1 0 の各ブロックの制御を行う。

10

【 0 0 4 0 】

操作入力部 2 0 0 は、オペレータからの操作入力を受け付ける入力デバイスであり、操作卓 2 0 2 とポインティングデバイス 2 0 4 とを含んでいる。操作卓 2 0 2 は、文字情報（例えば、患者情報）の入力を受け付けるキーボードと、振幅画像（B モード画像）を単独で表示するモードと局所音速値の判定結果を表示するモードとの間で表示モードを切り替える表示モード切り替えボタンと、ライブモードとフリーズモードとの切り替えを指示するためのフリーズボタンと、動画再生を指示するための動画再生ボタンと、超音波画像の解析・計測を指示するための解析・計測ボタンとを含んでいる。ポインティングデバイス 2 0 4 は、表示部 1 0 4 の画面上における領域の指定の入力を受け付けるデバイスであり、例えば、トラックボールまたはマウスである。なお、ポインティングデバイス 2 0 4 としては、タッチパネルを用いることも可能である。

20

【 0 0 4 1 】

格納部 1 0 2 は、C P U 1 0 0 に超音波信号処理装置 1 0 の各ブロックの制御を制御するための制御プログラムが格納する記憶装置であり、例えば、ハードディスクまたは半導体メモリである。

【 0 0 4 2 】

表示部 1 0 4 は、例えば、C R T（Cathode Ray Tube）ディスプレイまたは液晶ディスプレイである。表示部 1 0 4 は、超音波画像（動画および静止画）の表示、および各種の設定画面を表示を行う。

30

【 0 0 4 3 】

超音波探触子 3 0 0 は、被検体 O B J に当接させて用いるプローブであり、1 次元または 2 次元のトランスデューサアレイを構成する複数の超音波トランスデューサ（素子）3 0 2 を備えている。超音波トランスデューサ 3 0 2 は、送信回路 4 0 2 から印加される駆動信号に基づいて超音波ビームを被検体 O B J に送信するとともに、被検体 O B J から反射される超音波エコーを受信して検出信号を出力する。

【 0 0 4 4 】

超音波トランスデューサ 3 0 2 は、圧電性を有する材料（圧電体）の両端に電極が形成されて構成された振動子を含んでいる。上記振動子を構成する圧電体としては、例えば、P Z T（チタン酸ジルコン酸鉛：Pb（lead）zirconate titanate）のような圧電セラミックス、P V D F（ポリフッ化ビニリデン：polyvinylidene difluoride）のような高分子圧電素子を用いることができる。上記振動子の電極に電気信号を送って電圧を印加すると圧電体が伸縮し、この圧電体の伸縮により各振動子において超音波が発生する。例えば、振動子の電極にパルス状の電気信号を送るとパルス状の超音波が発生し、振動子の電極に連続波の電気信号を送ると連続波の超音波が発生する。そして、各振動子において発生した超音波が合成されて超音波ビームが形成される。また、各振動子により超音波が受信されると、各振動子の圧電体が伸縮して電気信号を発生する。各振動子において発生した電気信号は、超音波の検出信号として受信回路 4 0 4 に出力される。

40

【 0 0 4 5 】

なお、超音波トランスデューサ 3 0 2 としては、超音波変換方式の異なる複数種類の素

50

子を用いることも可能である。例えば、超音波を送信する素子として上記圧電体により構成される振動子を用いて、超音波を受信する素子として、超音波信号を光信号に変換して検出する光検出方式の超音波トランスデューサ（例えば、ファブリーペロー共振器、ファイバブラッググレーティング）を用いるようにしてもよい。

【0046】

ライブモード時における超音波診断処理について説明する。ライブモードは、被検体OBJに超音波探触子300を当接させて超音波の送受信を行うことによって得られた超音波画像（動画）の表示、解析・計測を行うモードである。

【0047】

超音波探触子300が被検体OBJに当接されて、操作入力部200からの指示入力により超音波診断が開始されると、CPU100は、送受信部400に制御信号を出力して、超音波ビームの被検体OBJへの送信、および被検体OBJからの超音波エコーの受信を開始させる。CPU100は、超音波トランスデューサ302ごとに超音波ビームの送信方向と超音波エコーの受信方向とを設定する。

【0048】

さらに、CPU100は、超音波ビームの送信方向に応じて送信遅延パターンを選択するとともに、超音波エコーの受信方向に応じて受信遅延パターンを選択する。ここで、送信遅延パターンとは、複数の超音波トランスデューサ302から送信される超音波によって所望の方向に超音波ビームを形成するために駆動信号に与えられる遅延時間のパターンデータである。受信遅延パターンとは、複数の超音波トランスデューサ302によって受信される超音波によって所望の方向からの超音波エコーを抽出するために検出信号に与えられる遅延時間のパターンデータである。上記送信遅延パターンおよび受信遅延パターンはあらかじめ格納部102に格納されている。CPU100は、格納部102に格納されているものの中から送信遅延パターンおよび受信遅延パターンを選択し、選択した送信遅延パターンおよび受信遅延パターンに従って、送受信部400に制御信号を出力して超音波の送受信制御を行う。

【0049】

送信回路402は、CPU100からの制御信号に応じて駆動信号を生成して、該駆動信号を超音波トランスデューサ302に印加する。このとき、送信回路402は、CPU100によって選択された送信遅延パターンに基づいて、各超音波トランスデューサ302に印加する駆動信号を遅延させる（送信フォーカス処理）。ここで、送信回路402は、複数の超音波トランスデューサ302から送信される超音波が超音波ビームを形成するように、各超音波トランスデューサ302に駆動信号を印加するタイミングを調整する（遅延させる）。なお、複数の超音波トランスデューサ302から一度に送信される超音波が被検体OBJの撮像領域全体に届くように、駆動信号を印加するタイミングを調節するようにしてもよい。

【0050】

受信回路404は、各超音波トランスデューサ302から出力される超音波検出信号を受信して増幅する。上記のように、各超音波トランスデューサ302と被検体OBJ内の超音波反射源との間の距離がそれぞれ異なるため、各超音波トランスデューサ302に反射波が到達する時間が異なる。受信回路404は遅延回路を備えており、CPU100によって選択された受信遅延パターンに基づいて設定される音速（仮定音速）または該音速の分布に従って、反射波の到達時刻の差（遅延時間）に相当する分、各検出信号を遅延させる。そして、受信回路404は、遅延時間を与えた検出信号を整合加算することにより受信フォーカス処理（ビームフォーミング）を行う。超音波反射源 X_{ROI} と異なる位置に別の超音波反射源がある場合には、別の超音波反射源からの超音波検出信号は到達時刻が異なるので、受信回路404の加算回路で加算することにより、別の超音波反射源からの超音波検出信号の位相が打ち消し合う。これにより、超音波反射源 X_{ROI} からの受信信号が最も大きくなり、フォーカスが合う。上記受信フォーカス処理によって、超音波エコーの焦点が絞り込まれた音線信号（以下、RF信号という。）が形成される。

【 0 0 5 1 】

A / D 変換部 4 0 6 は、受信回路 4 0 4 から出力されるアナログの R F 信号をデジタル R F 信号（以下、R F データという。）に変換する。ここで、R F データは、受信波（搬送波）の位相情報を含んでいる。A / D 変換部 4 0 6 から出力される R F データは、信号処理部 5 0 2 と R a w データメモリ 6 0 2 にそれぞれ入力される。

【 0 0 5 2 】

R a w データメモリ 6 0 2 は、A / D 変換部 4 0 6 から入力される R F データを順次格納する。また、R a w データメモリ 6 0 2 は、C P U 1 0 0 から入力されるフレームレートに関する情報（例えば、超音波の反射位置の深度、走査線の密度、視野幅を示すパラメータ）を上記 R F データに関連付けて格納する。

10

【 0 0 5 3 】

信号処理部 5 0 2 は、上記 R F データに対して、S T C（Sensitivity Time gain Control）によって、超音波の反射位置の深度に応じて距離による減衰の補正をした後、包絡線検波処理を施し、B モード画像データ（超音波エコーの振幅を点の明るさ（輝度）により表した画像データ）を生成する。

【 0 0 5 4 】

信号処理部 5 0 2 によって生成された B モード画像データは、通常のテレビジョン信号の走査方式と異なる走査方式によって得られたものである。このため、D S C（Digital Scan Converter）5 0 4 は、上記 B モード画像データを通常の画像データ（例えば、テレビジョン信号の走査方式（N T S C（National Television System Committee）方式）の画像データ）に変換（ラスタ変換）する。画像処理部 5 0 6 は、D S C 5 0 4 から入力される画像データに、各種の必要な画像処理（例えば、階調処理）を施す。

20

【 0 0 5 5 】

画像メモリ 5 0 8 は、画像処理部 5 0 6 から入力される画像データを格納する。D / A 変換部 1 1 2 は、画像メモリ 5 0 8 から読み出された画像データをアナログの画像信号に変換して表示部 1 0 4 に出力する。これにより、超音波探触子 3 0 0 によって撮影された超音波画像（動画）が表示部 1 0 4 に表示される。

【 0 0 5 6 】

なお、超音波トランスデューサ 3 0 2 のフォーカスラインピッチ（トランスデューサ 3 0 2 の素子間の間隔）と表示部 1 0 4 のラインピッチ（縦ラインピッチ）は、一般に一致していない。例えば、フォーカスラインピッチが表示部 1 0 4 のラインピッチより大きい場合、D S C 5 0 4 を用いて表示部 1 0 4 に表示する画像を補間する必要がある。

30

【 0 0 5 7 】

図 2 A は、リニア型超音波探触子を示す図であり、図 2 B は、リニア型超音波探触子により得られた超音波画像と超音波送信ラインとの関係を示す図である。

【 0 0 5 8 】

図 2 A に示すように、リニア型超音波探触子 3 0 0 A には、超音波トランスデューサ 3 0 2 が 1 次元状（リニア）に配置されている。リニア型超音波探触子 3 0 0 A から出力される複数の超音波送信ライン A 1 は、超音波探触子 3 0 0 A の素子面から互いに平行になるように出力される。図 2 B に示すように、リニア型超音波探触子 3 0 0 A から送信されるライン A 1 のピッチは、表示部 1 0 4 に表示される超音波画像 I M G 1 の縦ラインピッチよりも大きい。このため、図 2 B において、ライン A 1 の間の画像が D S C 5 0 4 により補間されて表示部 1 0 4 に出力される。

40

【 0 0 5 9 】

図 3 A は、コンベックス型超音波探触子を示す図であり、図 3 B は、コンベックス型超音波探触子により得られた超音波画像と超音波送信ラインとの関係を示す図である。

【 0 0 6 0 】

図 3 A に示すように、コンベックス型超音波探触子 3 0 0 B には、超音波トランスデューサ 3 0 2 が被検体 O B J に対して凸な曲線状に配置されている。コンベックス型超音波探触子 3 0 0 B から出力される複数の超音波送信ライン A 2 は、超音波探触子 3 0 0 B の

50

素子面から放射状に出力される。図 3 B に示すように、コンベックス型超音波探触子 3 0 0 B から送信されるライン A 2 のピッチは、表示部 1 0 4 に表示される超音波画像 I M G 2 のラインピッチよりも大きい。このため、図 3 B において、ライン A 2 の間の画像が D S C 5 0 4 により補間されて表示部 1 0 4 に出力される。

【 0 0 6 1 】

なお、表示部 1 0 4 は、超音波信号処理装置 1 0 から着脱可能なものであってもよい。この場合、D S C 5 0 4 等は、超音波信号処理装置 1 0 ではなく、表示部 1 0 4 側に設けるように構成することができる。また、超音波信号処理装置 1 0 とは別の外部表示装置に画像を出力する場合には、D S C 5 0 4 では補間処理を行わず、超音波信号処理装置 1 0 と外部表示装置との間にスキャンコンバータを設けて、該スキャンコンバータを用いて該外部表示装置のモニタの解像度に応じた補間処理を行うようにすることも可能である。

10

【 0 0 6 2 】

なお、本実施形態では、受信回路 4 0 4 において受信フォーカス処理が施された検出信号を R F 信号としたが、受信フォーカス処理が施されていない検出信号を R F 信号としてもよい。この場合、複数の超音波トランスデューサ 3 0 2 から出力される複数の超音波検出信号が、受信回路 4 0 4 において増幅され、増幅された検出信号、即ち、R F 信号が、A / D 変換部 4 0 6 において A / D 変換されることによって R F データが生成される。そして、上記 R F データは、信号処理部 5 0 2 に供給されるとともに、R a w データメモリ 6 0 2 に格納される。受信フォーカス処理は、信号処理部 5 0 2 においてデジタル的に行われる。

20

【 0 0 6 3 】

次に、動画再生モードについて、図 1 を参照して説明する。動画再生モードは、R a w データメモリ 6 0 2 に格納されている R F データに基づいて超音波診断画像の表示、解析・計測を行うモードである。

【 0 0 6 4 】

操作卓 2 0 2 の動画再生ボタンが押下されると、C P U 1 0 0 は、超音波信号処理装置 1 0 の動作モードを動画再生モードに切り替える。動画再生モード時には、C P U 1 0 0 は、オペレータからの操作入力により指定された R F データの再生を動画再生部 6 0 4 に指令する。動画再生部 6 0 4 は、C P U 1 0 0 からの指令に従って、R a w データメモリ 6 0 2 から R F データを読み出して、画像信号生成部 5 0 0 の信号処理部 5 0 2 に送信する。R a w データメモリ 6 0 2 から送信された R F データは、信号処理部 5 0 2、D S C 5 0 4 および画像処理部 5 0 6 において所定の処理（ライブモード時と同様の処理）が施されて画像データに変換された後、画像メモリ 5 0 8 および D / A 変換部 1 1 2 を経て表示部 1 0 4 に出力される。これにより、R a w データメモリ 6 0 2 に格納された R F データに基づく超音波画像（動画または静止画）が表示部 1 0 4 に表示される。

30

【 0 0 6 5 】

ライブモードまたは動画再生モード時において、超音波画像（動画）が表示されているときに操作卓 2 0 2 のフリーズボタンが押下されると、フリーズボタン押下時に表示されている超音波画像が表示部 1 0 4 に静止画表示される。これにより、オペレータは、着目領域（R O I : Region of Interest）の静止画を表示させて観察することができる。

40

【 0 0 6 6 】

操作卓 2 0 2 の計測ボタンが押下されると、オペレータからの操作入力により指定された解析・計測が行われる。データ解析部 1 0 6 は、各動作モード時に計測ボタンが押下された場合に、A / D 変換部 4 0 6 または R a w データメモリ 6 0 2 から、画像処理が施される前の R F データを取得し、当該 R F データを用いてオペレータ指定の解析・計測（例えば、組織部の歪み解析（硬さ診断）、血流の計測、組織部の動き計測、または I M T（内膜中膜複合体厚：Intima-Media Thickness）値計測）を行う。データ解析部 1 0 6 による解析・計測結果は、画像信号生成部 5 0 0 の D S C 5 0 4 に出力される。D S C 5 0 4 は、データ解析部 1 0 6 による解析・計測結果を超音波画像の画像データに挿入して表示部 1 0 4 に出力する。これにより、超音波画像と解析・計測結果とが表示部 1 0 4 に表示

50

される。

【 0 0 6 7 】

データ解析部 1 0 6 は、送受信部 4 0 0 から出力される R F データに基づいて、被検体 O B J 内の領域ごとの最適音速値および局所音速値を算出する。

【 0 0 6 8 】

ここで、最適音速値は、例えば、Bモード画像において、被検体 O B J 内の着目領域 (R O I) における画像のコントラストおよびシャープネスのうちの少なくとも一方が最も高くなる音速値として求められる。すなわち、最適音速値は、超音波探触子 3 0 0 から上記着目領域まで間の領域の平均音速値に対応しており、受信フォーカスを行うことにより求められる仮想的な音速値である。

10

【 0 0 6 9 】

また、局所音速値は、上記最適音速値を用いて算出される上記着目領域における音速値である。

【 0 0 7 0 】

図 4 A および図 4 B は、本実施形態に係る局所音速値の算出処理を模式的に示す図である。図 4 A および図 4 B において、X 軸はスキャン方向 (素子 3 0 2 の配列方向) を示しており、Z 軸は被検体 O B J 内における深度方向を示している。図 4 B における着目点 X_{ROI} と点 $A_1, A_2, \dots, A_n$ の間の領域 A における音速 V_a と、点 $A_1, A_2, \dots, A_n$ と超音波探触子 3 0 0 の間の領域 B における音速 V_b はいずれも一定と仮定する。なお、図 4 B において、領域 A と領域 B の境界 S 1 は直線状であるが、曲線状または不規則な形状であってもよい。

20

【 0 0 7 1 】

図 4 A に示す受信波 W_x は、着目点 X_{ROI} (局所音速値の算出対象) における最適音速値に基づいて、着目点 X_{ROI} を反射点としたときに受信される受信波である。

【 0 0 7 2 】

図 4 B に示す合成受信波 W_{SUM} は、着目点 X_{ROI} から伝播した超音波が点 $A_1, A_2, \dots, A_n$ を通って受信される受信波 (それぞれ $W_{A_1}, W_{A_2}, \dots, W_{A_n}$) を合成して得られる合成受信波である。着目点 X_{ROI} から点 $A_1, A_2, \dots, A_n$ までの距離をそれぞれ $X_{ROI}A_1, X_{ROI}A_2, \dots, X_{ROI}A_n$ とすると、着目点 X_{ROI} からの超音波が点 $A_1, A_2, \dots, A_n$ に到達するまでの時間は、それぞれ $X_{ROI}A_1 / V_a, X_{ROI}A_2 / V_a, \dots, X_{ROI}A_n / V_a$ となる。また、点 $A_1, A_2, \dots, A_n$ から発した超音波が超音波探触子 3 0 0 の素子面 S 2 に到達するときの受信波形は、各点における最適音速値に基づいて算出される。合成受信波 W_{SUM} は、点 $A_1, A_2, \dots, A_n$ からそれぞれ遅延 $X_{ROI}A_1 / V_a, X_{ROI}A_2 / V_a, \dots, X_{ROI}A_n / V_a$ で発した反射波 (超音波エコー) を合成することにより求めることができる。

30

【 0 0 7 3 】

ホイヘンスの原理によれば、受信波 W_x と合成受信波 W_{SUM} は一致する。このため、受信波 W_x と合成受信波 W_{SUM} の差が最小になる音速値 V_a を着目点 X_{ROI} (領域 A) における局所音速値とする。受信波 W_x と合成受信波 W_{SUM} の差は、例えば、受信波 W_x と合成受信波 W_{SUM} の各素子 3 0 2 における受信波形ないし受信時刻の相互相関をとる方法等により求められる。

40

【 0 0 7 4 】

なお、図 4 A および図 4 B に示す例では、超音波探触子 3 0 0 から着目点 X_{ROI} までの領域を Z 方向の 2 層の領域に分けて局所音速値を求めているが、本発明はこれに限定されるものではない。例えば、Z 方向に 3 層以上の領域に分けて、超音波探触子 3 0 0 側の層から順番に局所音速値を求めるようにしてもよい。また、最適音速値が相互に異なる複数の領域を X 方向に想定して局所音速値を求めるようにしてもよい。

【 0 0 7 5 】

音速マップ作成部 1 0 8 は、データ解析部 1 0 6 によって算出されたに基づいて、被検体内における音速分布を表示する音速画像 (音速マップ) を表す画像信号を生成する。表

50

示制御部 110 は、操作卓 202 を用いたオペレータの操作に従って、画像信号生成部 500 によって生成される B モード画像信号と、音速マップ作成部 108 によって生成される音速マップを表す画像信号とのうちの少なくとも 1 つを選択して、表示用の画像信号を生成する。この表示用の画像信号は、D/A 変換部 112 によってアナログの画像信号に出力された後、表示部 104 に出力される。

【0076】

表示モード切り替えボタンが押下されると、B モード画像を単独で表示するモード、B モード画像に局所音速値の判定結果を重畳して表示するモード（例えば、局所音速値に応じて色分けまたは輝度を変化させる表示、または局所音速値が等しい点を線で結ぶ表示）、B モード画像と局所音速値の判定結果の画像を同時に（Dual）表示するモードの間で表示モードが切り替わる。これにより、オペレータは、局所音速値の判定結果を観察することで、例えば、病変を発見することができる。

10

【0077】

なお、局所音速値の判定結果に基づいて、送信フォーカス処理および受信フォーカス処理の少なくとも一方を施すことにより得られた B モード画像を表示部 104 に表示してもよい。また、最適音速値を 2 次元画像化した最適音速値画像または局所音速値を 2 次元画像化した局所音速値画像を表示部 104 に表示してもよい。また、B モード画像（超音波画像）と、最適音速値画像または局所音速値画像とを並べてまたは重畳表示してもよい。また、並べてまたは重畳表示する画像を操作入力部 200 によりオペレータが選択できるようにしてもよい。

20

【0078】

〔超音波スキンの第 1 の実施形態〕

図 5 は、本発明の第 1 の実施形態に係る超音波スキン処理を模式的に示す図である。図 5 において、X 軸は、走査方向を示している。図 5 に示す例では、超音波画像（B モード画像）1 フレームを生成するための送信フォーカスラインの数（走査ライン数）を 240 ラインとする。

【0079】

図 5 に示すように、本実施形態では、240 の B モード画像作成用の走査ライン（B 測定ライン） $L(1)$, ..., $L(240)$ のうち、ライン $L(5n+1)$ ($n=0, 1, \dots, 47$) のみにおいて、最適音速値の測定用のスキニングが行われる。すなわち、最適音速測定ライン $L(5n+1)$ ($n=0, 1, \dots, 47$) の走査時には、音速値を変化させながら走査が行われて、B モード画像の作成と同時に、走査範囲における最適音速値が算出される。そして、最適音速測定ラインの間の 4 本の B 測定ライン $L(5n+2)$, $L(5n+3)$, $L(5n+4)$, $L(5n+5)$ の走査時には、その直前に走査された最適音速測定ライン $L(5n+1)$ の走査により算出された最適音速値を用いてビームフォーミングが行われて、画像信号生成部 500 により B モード画像が作成される。

30

【0080】

図 6 は、超音波の送受信および超音波信号処理の実行タイミングを示すタイミングチャートである。図 6 において、 $T11$, $T12$, ..., $T15$ は、それぞれライン $L(5n+1)$, $L(5n+2)$, $L(5n+3)$, $L(5n+4)$, $L(5n+5)$ の送受信に要する時間である。

40

【0081】

図 6 に示すように、最適音速測定ライン $L(5n+1)$ の送受信が終了すると、引き続いて、B 測定ライン $L(5n+2)$, $L(5n+3)$, $L(5n+4)$, $L(5n+5)$ 、最適音速測定ライン $L(5(n+1)+1)$ 、B 測定ライン $L(5(n+1)+2)$, $L(5(n+1)+3)$, ... の送受信が順次実行される。

【0082】

最適音速測定ライン $L(5n+1)$ の送受信が終了すると、CPU 100 は、最適音速測定ライン $L(5n+1)$ に基づくビームフォーミングを行って、データ解析部 106 により最適音速測定ライン $L(5n+1)$ の走査範囲における深度ごとの最適音速値を算出

50

する。そして、B測定ライン $L(5n+2)$ 、 $L(5n+3)$ 、 $L(5n+4)$ 、 $L(5n+5)$ の走査により受信された超音波検出信号のビームフォーミングを行う場合には、最適音速測定ライン $L(5n+1)$ に基づいて算出された深度ごとの最適音速値が用いて音速補正が行われる。

【0083】

そして、以降の最適音速測定ライン $L(5(n+1)+1)$ 、B測定ライン $L(5(n+1)+2)$ 、 $L(5(n+1)+3)$ 、...の送受信時にも同様の処理が繰り返されることにより、画像信号生成部500により1フレーム分のBモード画像が作成されるとともに、音速マップ作成部108により最適音速値の分布を示す音速マップが作成される。また、上記最適音速値を用いて被検体OBJ内の局所音速値を算出することにより、局所音速値の分布を示す音速マップが作成される。このBモード画像および音速マップは、操作入力部200によって設定された表示モードに応じて表示部104に表示される。

10

【0084】

本実施形態によれば、B測定ラインの一部のみに最適音速測定ラインを割り当てることにより、音速補正用の送信ラインを1フレーム分スキャンした後にB測定ラインのスキャンを行う場合と比べて、Bモード画像の作成と最適音速値の算出の間のタイムラグを小さくすることができる。これにより、Bモード画像を表示しながらリアルタイムで最適音速値および局所音速値の算出および表示を行うことができる。また、図6に示すように、計算用のプロセッサ(CPU100、データ解析部106、音速マップ作成部108および画像信号生成部500)を効率的に動作させることができるため、ビームフォーミングおよび最適音速値等の計算に必要な処理時間を短縮することが可能になる。

20

【0085】

なお、音速値計算を行わないB測定ラインの本数(本実施形態では、 $L(5n+2)$ から $L(5n+5)$ の4本)は、1回目のビームフォーミング時間および最適音速値計算の計算時間と、2回目以降のビームフォーミング時間に基づいて決めることが好ましい。例えば、最後のB測定ライン(最適音速測定ラインの直前のライン)の送受信時間の終了タイミングと、最後のB測定ラインに基づくビームフォーミングの開始タイミングが略一致するように、B測定ラインの本数を決定する。本実施形態では、図7に示すように、B測定ライン $L(5n+5)$ の送受信時間T15の終了タイミングと5回目のビームフォーミング時間の開始タイミングが一致するようにする。上記のようにB測定ラインの本数を決定することにより、ビームフォーミングおよび最適音速値等の計算に必要な処理時間をより短縮することが可能になる。

30

【0086】

なお、音速マップ作成部108が、B測定ライン $L(5n+2)$ 、 $L(5n+3)$ 、 $L(5n+4)$ 、 $L(5n+5)$ の位置における最適音速値を求める場合には、最適音速測定ライン $L(5n+1)$ 、最適音速測定ライン $L(5n+1)$ と $L(5(n+1)+1)$ により求められた最適音速値を用いて補間により求めるようにしてもよい。

【0087】

[第2の実施形態]

次に、本発明の第2の実施形態について説明する。なお、以下の説明において、上記第1の実施形態と同様の構成については説明を省略する。

40

【0088】

図8は、本発明の第2の実施形態に係る超音波スキャン処理を模式的に示す図である。図8において、X軸は、走査方向を示している。図8に示す例では、超音波画像(Bモード画像)1フレームを生成するための走査ライン数を240ラインとする。

【0089】

本実施形態では、フレームごとに最適音速測定ラインの割り当てが変更される。図8に示すように、1枚目のフレームF1のスキャン時には、最適音速測定ラインがライン $L(5n+1)$ ($n=0, 1, \dots, 47$)(フレームF1に対する送信ラインセット)に、2枚目のフレームF2のスキャン時には、最適音速測定ラインがライン $L(5n+2)$ (n

50

$= 0, 1, \dots, 47$) (フレーム F 2 に対する送信ラインセット) に、3 枚目のフレーム F 3 のスキャン時には、最適音速測定ラインがライン L ($5n + 3$) ($n = 0, 1, \dots, 47$) (フレーム F 3 に対する送信ラインセット) に、4 枚目のフレーム F 4 のスキャン時には、最適音速測定ラインがライン L ($5n + 4$) ($n = 0, 1, \dots, 47$) (フレーム F 4 に対する送信ラインセット) に、5 枚目のフレーム F 5 のスキャン時には、最適音速測定ラインがライン L ($5n + 5$) ($n = 0, 1, \dots, 47$) (フレーム F 5 に対する送信ラインセット) にそれぞれ割り当てられる。

【0090】

そして、6 枚目のフレーム F 6 のスキャン時には、最適音速測定ラインがライン L ($5n + 1$) ($n = 0, 1, \dots, 47$) に割り当てられ、6 枚目のフレーム F 6 以降は、上記の順番で最適音速測定ライン (送信ラインセット) の割り当てが繰り返される。

10

【0091】

本実施形態においても、上記第 1 の実施形態と同様に、B モード画像を表示しながらリアルタイムで最適音速値および局所音速値の算出および表示を行うことができる。

【0092】

なお、本実施形態では、各フレームの B モード撮影時に算出した最適音速値を格納部 102 の RAM 等に保持しておき、後のフレームの表示時に利用するようにしてもよい。具体的には、1 枚目のフレーム F 1 のスキャン時に算出した最適音速値を 1 から 5 枚目のフレーム F 1 から F 5 のスキャン時まで保持し、2 枚目のフレーム F 2 のスキャン時に算出した最適音速値を 2 から 6 枚目のフレーム F 2 から F 6 のスキャン時まで保持する (すなわち、最適音速測定ラインの割り当て間隔を k とした場合、最適音速の測定結果を k フレームのスキャンを実行する間保持する。)。このように、フレームの撮影順に最適音速値が書き換えられる。そして、音速マップ作成部 108 により保持した最適音速値から作成された音速マップを加算する。これにより、スキャン範囲全体に渡って分解能が高い音速画像を作成することが可能になる。

20

【0093】

図 9 に示すように、フレーム F 1 のスキャン時に得られた最適音速値の音速マップ FS1 には、最適音速測定ライン L ($5n + 1$) ($n = 0, 1, \dots, 47$) の位置にのみ音速が (例えば、色調により) 図示されている。同様に、フレーム F 2 から F 5 のスキャン時に得られた最適音速値の音速マップ FS2 から FS5 には、それぞれ最適音速測定ライン L ($5n + 2$) から L ($5n + 5$) の位置にのみ音速が図示されている。図 9 に示す音速マップ FS1 から FS5 を足し合わせることで、スキャン範囲全体の音速マップ FS_c が作成される。これにより、フレーム F 5 以降の B モード画像の表示時において、スキャン範囲全体の音速マップ FS_c を表示させることが可能になる。

30

【0094】

そして、6 枚目のフレーム F 6 に対応する音速マップ FS6 が作成されると、フレーム F 1 が F 6 に置き換えられて、音速マップ FS6 および F 2 から F 5 の加算処理により音速画像が作成される。このような音速マップ FS_c は、音速表示の分解能が高く、かつ、B モード画像との間のタイムラグが小さいという利点がある。

【0095】

40

[第 3 の実施形態]

次に、本発明の第 3 の実施形態について説明する。なお、以下の説明において、上記第 1 の実施形態と同様の構成については説明を省略する。

【0096】

図 10 は、本発明の第 3 の実施形態に係る超音波スキャン処理を模式的に示す図である。図 10 において、X 軸は、走査方向を示している。図 10 に示す例では、超音波画像 (B モード画像) 1 フレームを生成するための走査ライン数を 240 ラインとする。

【0097】

本実施形態では、最適音速測定ラインがライン L ($5n + 3$) ($n = 0, 1, \dots, 47$) に割り当てられている。

50

【 0 0 9 8 】

本実施形態では、まず、最適音速測定ライン $L(5n+3)$ ($n=0, 1, \dots, 47$) において送受信が実行されて、データ解析部 106 により最適音速値が算出される。

【 0 0 9 9 】

次に、最適音速値の算出と平行して、B 測定ライン $L(5n+1)$, $L(5n+2)$, $L(5n+4)$, $L(5n+5)$ における超音波の送受信が順次実行される。そして、最適音速測定ライン $L(5n+3)$ により算出された最適音速値を用いて、B 測定ライン $L(5n+1)$, $L(5n+2)$, $L(5n+4)$, $L(5n+5)$ におけるビームフォーミングが行われる。

【 0 1 0 0 】

上記の処理を $n=0, 1, \dots, 47$ について順次繰り返すことにより、1 フレーム分の B モード画像が得られる。

【 0 1 0 1 】

本実施形態においても、上記第 1 および第 2 の実施形態と同様に、B モード画像を表示しながらリアルタイムで最適音速値および局所音速値の算出および表示を行うことができる。

【 0 1 0 2 】

なお、上記の各実施形態では、送信フォーカスライン 5 本ごとに音速測定ラインが 1 本であったが、本発明はこれに限定されるものではない。N 本 (N は 2 以上の整数) の送信フォーカスラインのうちの M 本 (M は 1 以上 N 未満の整数) を音速測定ラインとしてもよい。この場合、音速測定ラインは、N 本の送信フォーカスラインの中に均等に配置することが可能である。例えば、図 11 に示すように、音速測定ラインは、 N/M の整数部分 (以下、 $\text{INT}(N/M)$) と記載する。) ごとに配置することが可能である。また、音速測定ラインの配置密度は、操作入力部 200 またはポインティングデバイス 204 等により、ユーザが手動で設定可能としてもよい。

【 0 1 0 3 】

図 11 の例においても、第 2 の実施形態に記載のように、フレームごとに最適音速測定ラインの割り当てを変更することができる。音速測定ラインを $\text{INT}(N/M)$ ごとに配置した場合、1 枚目のフレーム F1 のスキャン時には、最適音速測定ラインを、ライン $L(Nn+1)$, $L(Nn+1+\text{INT}(N/M))$, $L(Nn+1+2 \times \text{INT}(N/M))$, ... ($n=0, 1, \dots, 47; \text{INT}(N/M) < N$) (フレーム F1 に対する送信ラインセット) とし、2 枚目のフレーム F2 のスキャン時には、最適音速測定ラインを、ライン $L(Nn+2)$, $L(Nn+2+\text{INT}(N/M))$, $L(Nn+2+2 \times \text{INT}(N/M))$, ... ($n=0, 1, \dots, 47; \text{INT}(N/M) < N$) (フレーム F2 に対する送信ラインセット) とし、i 枚目のフレーム Fi のスキャン時には、最適音速測定ラインを、ライン $L(Nn+i)$, $L(Nn+i+\text{INT}(N/M))$, $L(Nn+i+2 \times \text{INT}(N/M))$, ... ($n=0, 1, \dots, 47; \text{INT}(N/M) < N; i < N$) (フレーム Fi に対する送信ラインセット) とすればよい。

【 0 1 0 4 】

また、図 11 の例においても、第 3 の実施形態に記載のように、最適音速測定ラインの配置と、ラインの送受信の順番を設定することが可能である。

【 0 1 0 5 】

上記の各実施形態では、送信フォーカスライン (最適音速測定ラインおよび B 測定ライン) ごとに超音波の送信を 1 回ずつ行っているが、本発明はこれに限定されるものではない。例えば、送信フォーカスラインごとに複数回超音波を送信する送信マルチフォーカスを行う場合にも、上記の各実施形態に係る超音波信号処理方法は適用可能である。また、送信マルチフォーカスを行う場合には、例えば、最適音速測定ラインについてのみ送信マルチフォーカスを実施するようにしてもよい。

【 0 1 0 6 】

なお、最適音速測定ラインの割り当て間隔は 5 ラインに限定されるものではない。最適

10

20

30

40

50

音速測定ラインの割り当て間隔は、CPU 100の処理能力やCPU 100の動作状況に応じて決定されるようにしてもよい。例えば、CPU 100の処理能力が高いほど、または、CPU 100の使用率が低いほど、最適音速測定ラインの割り当て間隔を狭くするようにしてもよい。

【0107】

また、最適音速測定ラインの割り当て間隔は一定でなくてもよい。例えば、オペレータが操作入力部200から操作入力を行うことにより、Bモード画像および音速マップを見ながら、最適音速測定ラインの間隔を設定できるようにしてもよい。

【0108】

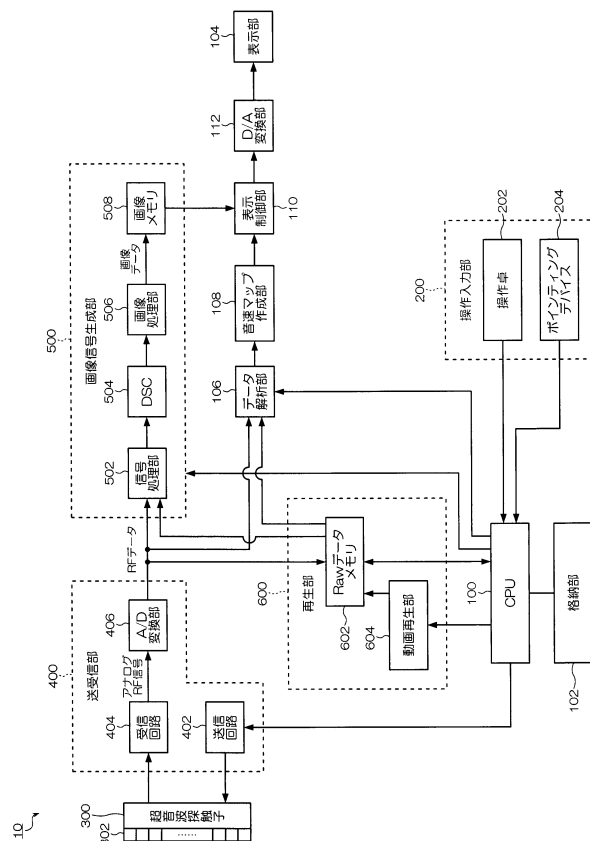
なお、上記の各実施形態は、リニア型のスキャンの例を示しているが、本発明はこれに限定されるものではない。すなわち、コンベックス型、セクタ型のスキャンを実施する場合においても、B測定ラインの中に最適音速測定ラインを一定の間隔で割り当てることにより、本実施形態の超音波スキャン処理を適用することが可能である。

【符号の説明】

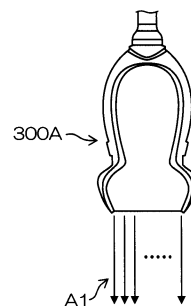
【0109】

10...超音波信号処理装置、100...CPU、102...格納部、104...表示部、106...データ解析部、108...音速マップ作成部、110...表示制御部、112...D/A変換部、200...操作入力部、202...操作卓、204...ポインティングデバイス、300...超音波探触子、302...超音波トランスデューサ(素子)、400...送受信部、402...送信回路、404...受信回路、406...A/D変換部、500...画像信号生成部、502...信号処理部、504...DSC、506...画像処理部、508...画像メモリ、600...再生部、602...Rawデータメモリ、604...動画再生部

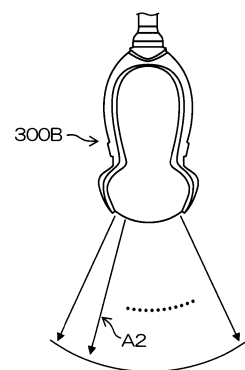
【図1】



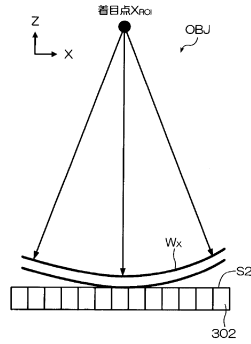
【図2A】



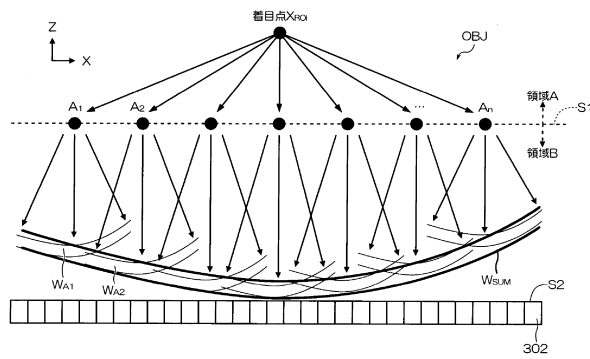
【図3A】



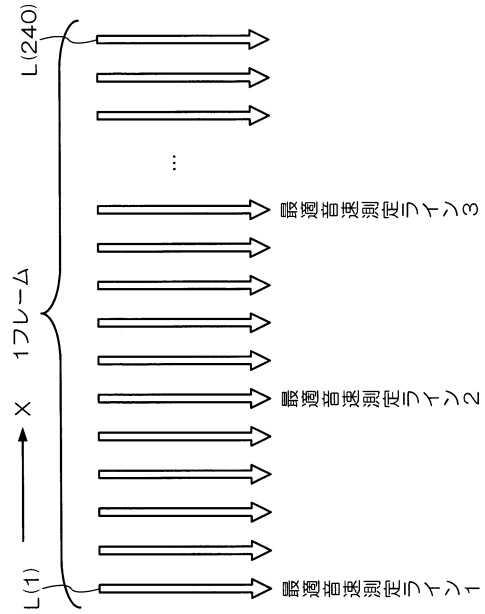
【図 4 A】



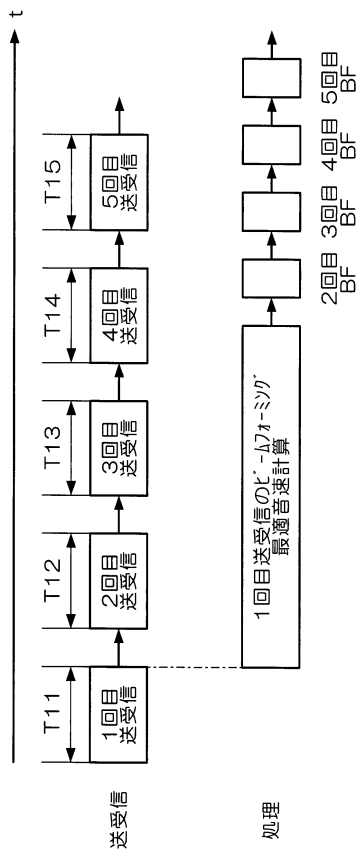
【図 4 B】



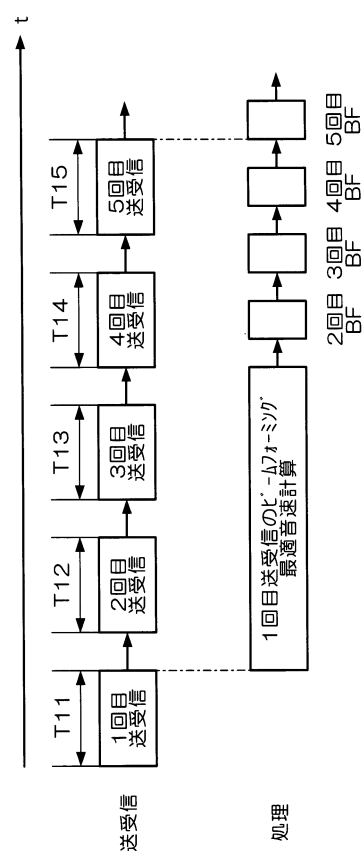
【図 5】



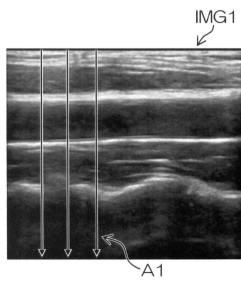
【図 6】



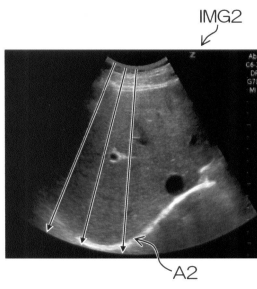
【図 7】



【図 2 B】



【図 3 B】



フロントページの続き

(56)参考文献 特開 2 0 1 0 - 2 0 7 4 9 0 (J P , A)
特開 2 0 0 9 - 0 6 1 0 8 6 (J P , A)
特開平 0 8 - 1 5 4 9 3 0 (J P , A)

(58)調査した分野(Int.Cl. , D B 名)
A 6 1 B 8 / 1 4

专利名称(译)	超声波信号处理装置和超声波信号处理方法		
公开(公告)号	JP5948411B2	公开(公告)日	2016-07-06
申请号	JP2014516777	申请日	2013-05-17
[标]申请(专利权)人(译)	富士胶片株式会社		
申请(专利权)人(译)	富士胶片株式会社		
当前申请(专利权)人(译)	富士胶片株式会社		
[标]发明人	宮地幸哉		
发明人	宮地 幸哉		
IPC分类号	A61B8/14		
CPC分类号	G01S7/52017 A61B8/06 A61B8/0891 A61B8/4461 A61B8/4483 A61B8/5207 G01N29/0654 G01N29/0672 G01N29/07 G01S7/52049 G01S7/52053 G01S7/52074 G01S7/52085 G01S15/02		
FI分类号	A61B8/14.ZDM		
审查员(译)	宮澤浩		
优先权	2012119912 2012-05-25 JP		
其他公开文献	JPWO2013176045A1		
外部链接	Espacenet		

摘要(译)

在根据本发明的一个方面的超声信号处理方法中，当通过对多个传输聚焦线中的每一个顺序地执行至少一次超声波的传输来产生一帧的超声图像时，传输焦点谎言沿下超声波发送N次（N为2以上的整数）沿不同的传输聚焦基于获得的接收和发送数据的线那些超声波发送M次（第1或大于N且小于所述M的整数）测量主体内的声音速度。

(21) 出願番号	特願2014-516777 (P2014-516777)	(73) 特許権者	306037311
(86) (22) 出願日	平成25年5月17日 (2013. 5. 17)		富士フイルム株式会社
(86) 国際出願番号	PCT/JP2013/063760		東京都港区西麻布2丁目2番30号
(87) 国際公開番号	WO2013/176045	(74) 代理人	100083116
(87) 国際公開日	平成25年11月28日 (2013. 11. 28)		弁理士 松浦 憲三
審査請求日	平成27年5月12日 (2015. 5. 12)	(72) 発明者	宮地 幸哉
(31) 優先権主張番号	特願2012-119912 (P2012-119912)		神奈川県足柄上郡開成町宮台798番地
(32) 優先日	平成24年5月25日 (2012. 5. 25)		富士フイルム株式会社内
(33) 優先権主張国	日本国 (JP)		
		審査官	宮澤 浩