

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第5905808号
(P5905808)

(45) 発行日 平成28年4月20日(2016.4.20)

(24) 登録日 平成28年3月25日(2016.3.25)

(51) Int.Cl.

F I

A 6 1 B 8/00 (2006.01)

A 6 1 B 8/00 Z DM

請求項の数 17 (全 28 頁)

(21) 出願番号 特願2012-214409 (P2012-214409)
(22) 出願日 平成24年9月27日(2012.9.27)
(65) 公開番号 特開2014-68656 (P2014-68656A)
(43) 公開日 平成26年4月21日(2014.4.21)
審査請求日 平成26年10月16日(2014.10.16)

(73) 特許権者 306037311
富士フイルム株式会社
東京都港区西麻布2丁目26番30号
(74) 代理人 100080159
弁理士 渡辺 望穂
(74) 代理人 100090217
弁理士 三和 晴子
(74) 代理人 100152984
弁理士 伊東 秀明
(74) 代理人 100148080
弁理士 三橋 史生
(72) 発明者 山本 拓明
神奈川県足柄上郡開成町宮台798番地
富士フイルム株式会社内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 超音波検査装置、超音波画像データ生成方法およびプログラム

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

超音波ビームを用いて検査対象物を検査する超音波検査装置であって、
前記検査対象物内に複数の送信焦点を設定する焦点設定部と、
前記超音波ビームの各成分を発生し、かつ、前記検査対象物によって反射された超音波エコーを受信して、受信したアナログ素子信号を出力する、複数の素子を備える探触子と、
前記探触子に、複数の前記素子を用いて、前記焦点設定部で設定された送信焦点それぞれに対して、超音波ビームを発生させる送信部と、
前記送信焦点それぞれに対する個々の前記超音波ビームの送信に対応して、複数の前記素子が受信したアナログ素子信号を受け、所定の処理を施す受信部と、
前記受信部が処理したアナログ素子信号をA/D変換して、デジタル素子信号である第1の素子データとするA/D変換部と、
前記検査対象物内に少なくとも1つのデータ算出点を設定する算出点設定部と、
前記算出点設定部が設定した前記データ算出点それぞれについて、前記送信焦点までの距離が所定の閾値以下か否かを判断する算出点位置判断部と、
複数の前記超音波ビームの送信で得られた前記第1の素子データを重ね合わせて、前記データ算出点に対応する第2の素子データを生成する素子データ処理部とを備え、
前記素子データ処理部は、前記超音波ビームを収束波と想定して、複数の前記第1の素子データの重ね合わせを行う第1のモード、および、前記超音波ビームを平面波と想定し

10

20

て、複数の前記第 1 の素子データの重ね合わせを行う第 2 のモードを有し、前記データ算出点から前記送信焦点までの距離が所定の閾値より大きい場合には、前記第 1 のモードにより、複数の前記第 1 の素子データの重ね合わせを行い、前記データ算出点から前記送信焦点までの距離が所定の閾値以下の場合には、前記第 2 のモードにより、複数の前記第 1 の素子データの重ね合わせを行うことを特徴とする超音波検査装置。

【請求項 2】

前記算出点設定部は、前記データ算出点を前記超音波ビームの送信ライン上に設定し、前記算出点位置判断部は、前記データ算出点に対応する前記送信ライン上の前記送信焦点までの距離に基づいて判断する請求項 1 に記載の超音波検査装置。

【請求項 3】

前記送信部は、前記送信焦点それぞれに対して、前記探触子に、複数の前記素子を用い、前記超音波ビームを送信させることを、中心となる素子を変更して行わせる請求項 1 または 2 に記載の超音波検査装置。

【請求項 4】

前記受信部は、前記送信部による前記超音波ビームの送信に対応して、前記超音波エコーを受信する複数の前記素子の中心となる素子を変更する請求項 1 ～ 3 のいずれかに記載の超音波診断装置。

【請求項 5】

前記受信部は、前記送信部による前記超音波ビームの送信に用いられる複数の前記素子と同じ素子で前記超音波エコーを受信させる請求項 1 ～ 4 のいずれかに記載の超音波診断装置。

【請求項 6】

前記素子データ処理部は、前記素子が超音波エコーを受信した受信時間および前記素子の位置に応じて複数の前記第 1 の素子データを重ね合わせて、前記データ算出点に対応する第 2 の素子データを生成する請求項 1 ～ 5 のいずれかに記載の超音波診断装置。

【請求項 7】

前記素子データ処理部は、2 以上の前記第 1 の素子データの遅延時間を算出する遅延時間算出部と、2 以上の前記第 1 の素子データを算出された遅延時間及び受信された前記探触子の前記素子の位置に基づいて重ね合わせ、前記第 2 の素子データを生成する重ね合わせ処理部とを有し、

前記遅延時間算出部は、前記第 1 のモードの場合には、前記超音波ビームを収束波と想定して前記遅延時間を算出し、前記第 2 のモードの場合には、前記超音波ビームを平面波と想定して前記遅延時間を算出する請求項 1 ～ 6 のいずれかに記載の超音波検査装置。

【請求項 8】

前記遅延時間算出部は、前記データ算出点から前記送信焦点までの距離が所定の第 1 の閾値以上の場合には、前記第 1 のモードにより前記遅延時間を算出し、前記データ算出点から前記送信焦点までの距離が前記第 1 の閾値よりも小さい第 2 の閾値以下の場合には、前記第 2 のモードにより前記遅延時間を算出し、前記データ算出手段と前記送信焦点までの距離が前記第 1 の閾値と前記第 2 の閾値との間の場合には、前記超音波ビームを収束波と想定して算出した遅延時間と、前記超音波ビームを平面波と想定して算出した遅延時間とを、前記送信焦点までの距離に応じた重み付け平均して前記遅延時間を算出する請求項 7 に記載の超音波検査装置。

【請求項 9】

前記遅延時間算出部は、事前に取得された前記探触子、前記検査対象物の音速、前記超音波ビームの送信焦点の位置、前記送信部による前記探触子の送信開口、及び前記受信部による前記探触子の受信開口に関する少なくとも 1 つの情報に基づいて、2 以上の前記第 1 の素子データの遅延時間を算出し、

前記重ね合わせ処理部は、予め設定された、2 以上の前記第 1 の素子データのうち重ね合わせる第 1 の素子データの数、及び重ね合わせ処理方法に基づいて 2 以上の前記第 1 の素子データを重ね合わせ、前記第 2 の素子データを生成する請求項 7 または 8 に記載の超

10

20

30

40

50

音波検査装置。

【請求項 10】

前記素子データ処理部は、中心となる素子が異なる、複数の前記超音波ビームの送信で得られた前記第 1 の素子データを用いる請求項 1 ~ 9 のいずれかに記載の超音波検査装置。

【請求項 11】

前記素子データ処理部は、超音波ビームの送信領域が重なり合う、複数の前記超音波ビームの送信で得られた前記第 1 の素子データを用いて前記第 2 の素子データを生成する請求項 1 ~ 10 のいずれかに記載の超音波診断装置。

【請求項 12】

前記素子データ処理部は、前記素子の配列方向に連続する素子をそれぞれ中心となる素子として超音波ビームを送信して得られた複数の前記第 1 の素子データを重ね合わせて、前記第 2 の素子データを生成する請求項 1 ~ 11 のいずれかに記載の超音波検査装置。

【請求項 13】

前記素子データ処理部は、前記データ算出点に対応する超音波ビームを送信する際の中心となる素子の両隣の同数の素子をそれぞれ中心となる素子として超音波ビームを送信して得られた複数の前記第 1 の素子データを重ね合わせて、該データ算出点に対応する前記第 2 の素子データを生成する請求項 1 ~ 12 のいずれかに記載の超音波検査装置。

【請求項 14】

前記素子データ処理部は、2 以上の前記第 1 の素子データを、その各々の第 1 の素子データに対して重み付け係数を掛けた後に、重ね合わせる請求項 1 ~ 13 のいずれかに記載の超音波検査装置。

【請求項 15】

前記受信部が出力した前記第 1 の素子データのすべてを保持する素子データ保持部を有する請求項 1 ~ 14 のいずれかに記載の超音波検査装置。

【請求項 16】

超音波ビームの各成分を発生し、かつ、検査対象物内で反射された超音波エコーを受信して、受信したアナログ信号を出力する、複数の素子を備える探触子によって、前記超音波ビームを発生して、前記検査対象物を検査し、超音波画像データを生成する超音波画像データ生成方法であって、

前記検査対象物内に複数の送信焦点を設定する焦点設定ステップと、

前記探触子に、複数の前記素子を用いて、前記焦点設定ステップで設定された前記送信焦点それぞれに対して、超音波ビームを発生させる送信ステップと、

前記送信焦点それぞれに対する個々の前記超音波ビームの送信に対応して、複数の前記素子が受信したアナログ素子信号を受け、所定の処理を施す受信ステップと、

前記受信ステップで処理したアナログ素子信号を A / D 変換して、デジタル素子信号である第 1 の素子データとする A D 変換ステップと、

前記検査対象物内に少なくとも 1 つのデータ算出点を設定する算出点設定ステップと、

前記算出点設定ステップで設定した前記データ算出点それぞれについて、前記送信焦点までの距離が所定の範囲か否かを判断する算出点位置判断ステップと、

複数の前記超音波ビームの送信で得られた前記第 1 の素子データを重ね合わせて、前記データ算出点に対応する第 2 の素子データを生成する素子データ処理ステップとを有し、

前記素子データ処理ステップは、前記超音波ビームを収束波と想定して、複数の前記第 1 の素子データの重ね合わせを行う第 1 のモード、および、前記超音波ビームを平面波と想定して、複数の前記第 1 の素子データの重ね合わせを行う第 2 のモードを有し、前記データ算出点から前記送信焦点までの距離が所定の閾値より大きい場合には、前記第 1 のモードにより、複数の前記第 1 の素子データの重ね合わせを行い、前記データ算出点から前記送信焦点までの距離が所定の閾値以下の場合には、前記第 2 のモードにより、複数の前記第 1 の素子データの重ね合わせを行うことを特徴とする超音波画像データ生成方法。

【請求項 17】

超音波ビームの各成分を発生し、かつ、検査対象物内で反射された超音波エコーを受信して、受信したアナログ信号を出力する、複数の素子を備える探触子によって、前記超音波ビームを発生して、前記検査対象物を検査し、超音波画像データを生成することをコンピュータに実行させる超音波画像データ生成プログラムであって、

前記検査対象物内に複数の送信焦点を設定する焦点設定ステップと、

前記探触子に、複数の前記素子を用いて、前記焦点設定ステップで設定された前記送信焦点それぞれに対して、超音波ビームを発生させる送信ステップと、

前記送信焦点それぞれに対する個々の前記超音波ビームの送信に対応して、複数の前記素子が受信したアナログ素子信号を受け、所定の処理を施す受信ステップと、

前記受信ステップで処理したアナログ素子信号をA/D変換して、デジタル素子信号である第1の素子データとするAD変換ステップと、

前記検査対象物内に少なくとも1つのデータ算出点を設定する算出点設定ステップと、

前記算出点設定ステップで設定した前記データ算出点それぞれについて、前記送信焦点までの距離が所定の範囲か否かを判断する算出点位置判断ステップと、

複数の前記超音波ビームの送信で得られた前記第1の素子データを重ね合わせて、前記データ算出点に対応する第2の素子データを生成する素子データ処理ステップとを有し、

前記素子データ処理ステップは、前記超音波ビームを収束波と想定して、複数の前記第1の素子データの重ね合わせを行う第1のモード、および、前記超音波ビームを平面波と想定して、複数の前記第1の素子データの重ね合わせを行う第2のモードを有し、前記データ算出点から前記送信焦点までの距離が所定の閾値より大きい場合には、前記第1のモードにより、複数の前記第1の素子データの重ね合わせを行い、前記データ算出点から前記送信焦点までの距離が所定の閾値以下の場合には、前記第2のモードにより、複数の前記第1の素子データの重ね合わせを行うことをコンピュータに実行させることを特徴とする超音波画像データ生成プログラム。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、超音波ビームを送受信することにより生体内の臓器等の検査対象物の撮像を行って、検査対象物の検査や診断のために用いられる超音波画像を生成する超音波検査装置、超音波画像データ生成方法およびプログラムに関する。

【背景技術】

【0002】

従来から、医療分野において、超音波画像を利用した超音波画像診断装置等の超音波検査装置が実用化されている。一般に、この種の超音波検査装置は、複数の素子（超音波トランスデューサ）を内蔵した超音波探触子（超音波プローブ）と、この超音波探触子に接続された装置本体とを有しており、超音波探触子の複数の素子から検査対象物（被検体）に向けて超音波ビームを送信し、被検体からの超音波エコーを超音波探触子で受信して、その受信した超音波エコー信号を装置本体で電氣的に処理することにより超音波画像が生成される。

【0003】

超音波検査装置においては、超音波画像を生成するとき、被検体の検査対象領域、例えば、生体内の臓器やその臓器内の病巣等に探触子の複数の素子から焦点を合わせて超音波ビームを送信し、検査対象領域の反射体、例えば臓器や病巣等の表面や界面からの超音波エコーを複数の素子を介して受信しているが、同一の反射体で反射された超音波エコーを複数の素子で受信するので、送信素子から送信された超音波ビームの焦点位置に位置する反射体で反射され、送信素子で受信された超音波エコー信号に対して、同一の反射体で反射され、送信素子と異なるその他の素子で受信された超音波エコー信号は遅延することになるので、複数の素子で受信した超音波エコー信号をA/D（アナログ/デジタル）変換して素子データとした後、素子データを受信フォーカス処理して、即ち遅延補正して位相を合わせ整相加算して音線信号を生成し、こうして得られた音線信号に基づいて超音波画

10

20

30

40

50

像を生成している。

【0004】

このような超音波検査技術において、超音波画像の画質を向上させるために、複数の異なる焦点で送信した信号を足し合わせることで、従来よりも信号の質を改善することが行われている。

例えば、特許文献1には、送信用振動素子群を構成する複数の振動素子から放射される送信超音波を送信集束点に集束させることにより仮想的な点音源を形成し、そして、この点音源から放射される送信超音波によって連続した複数の観測点から反射する受信超音波を、受信用振動素子群を構成する複数の振動素子によって受信し、得られたチャンネル分の受信信号に対し観測点が受信集束点となるような受信整相加算を行う。更に、前記受信用振動素子群と振動素子の配列方向に順次シフトさせた送信用振動素子群の各々を用いて得られた受信信号に対しても同様の受信整相加算を行い、これら受信整相加算後の受信信号に対し各々の送信集束点から観測点までの伝搬距離の差異に起因した送信遅延を補正する送信整相加算を行う超音波診断装置が開示されている。

10

特許文献1では、複数の振動素子から得られた受信信号に対して受信整相加算と送信整相加算を行なうことにより被検体の深さ方向に対してほぼ様な細いビーム幅を有した送信ビーム及び受信ビームを高精度かつ高感度で形成することができる。このため、特許文献1は、空間分解能、コントラスト分解能及びS/Nに優れた画像データの生成と表示が可能となることを開示している。

20

【先行技術文献】

【特許文献】

【0005】

【特許文献1】特開2009-240700号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0006】

しかしながら、特許文献1に開示の技術では、従来技術よりも高画質な画像が得られるが、1ラインのデータを作るのに複数の送信ビームを、送信位置を変えて発生させる必要があり、従来技術よりも送信回数が増えるためフレームレートが低下し、リアルタイム性が悪くなるという問題があった。また、特許文献1では、焦点を仮想的な点音源とみなして、複数の受信信号を合成しているが、実際は、点音源とみなせるほど焦点は収束しておらず、有限の広がりを持っているため、焦点に近い領域の画像ほど、受信信号を合成した際に、データの精度が低下して、S/N比や解像度が低下するという問題があった。

30

【0007】

本発明の目的は、上記従来技術の問題点を解消し、焦点に近い領域も含めて、画像全体で、S/N比を上げ、解像度を上げることができ、かつ、従来と変わらないフレームレートのまま、高い解像度で、最適な空間分解能を持つシャープな超音波画像を得ることができる超音波検査装置、超音波画像データ生成方法およびプログラムを提供することにある。

【課題を解決するための手段】

【0008】

40

上記目的を達成するために、本発明は、超音波ビームを用いて検査対象物を検査する超音波検査装置であって、検査対象物内に複数の送信焦点を設定する焦点設定部と、超音波ビームの各成分を発生し、かつ、検査対象物によって反射された超音波エコーを受信して、受信したアナログ素子信号を出力する、複数の素子を備える探触子と、探触子に、複数の素子を用いて、焦点設定部で設定された送信焦点それぞれに対して、超音波ビームを発生させる送信部と、前記送信焦点それぞれに対する個々の超音波ビームの送信に対応して、複数の素子が受信したアナログ素子信号を受け、所定の処理を施す受信部と、受信部が処理したアナログ素子信号をA/D変換して、デジタル素子信号である第1の素子データとするA/D変換部と、検査対象物内に少なくとも1つのデータ算出点を設定する算出点設定部と、算出点設定部が設定したデータ算出点それぞれについて、送信焦点までの距離が

50

所定の閾値以下か否かを判断する算出点位置判断部と、複数の超音波ビームの送信で得られた第1の素子データを重ね合わせて、データ算出点に対応する第2の素子データを生成する素子データ処理部とを備え、素子データ処理部は、超音波ビームを収束波と想定して、複数の第1の素子データの重ね合わせを行う第1のモード、および、超音波ビームを平面波と想定して、複数の第1の素子データの重ね合わせを行う第2のモードを有し、データ算出点から送信焦点までの距離が所定の閾値より大きい場合には、第1のモードにより、複数の第1の素子データの重ね合わせを行い、データ算出点から送信焦点までの距離が所定の閾値以下の場合には、第2のモードにより、複数の第1の素子データの重ね合わせを行うことを特徴とする超音波検査装置を提供する。

【0009】

10

ここで、算出点設定部は、データ算出点を超音波ビームの送信ライン上に設定し、算出点位置判断部は、データ算出点に対応する送信ライン上の送信焦点までの距離に基づいて判断することが好ましい。

また、送信部は、送信焦点それぞれに対して、探触子に、複数の素子を用い、超音波ビームを送信させることを、中心となる素子を変更して行わせることが好ましい。

また、受信部は、送信部による超音波ビームの送信に対応して、超音波エコーを受信する複数の素子の中心となる素子を変更することが好ましい。

また、受信部は、送信部による超音波ビームの送信に用いられる複数の素子と同じ素子で超音波エコーを受信させることが好ましい。

【0010】

20

また、素子データ処理部は、素子が超音波エコーを受信した受信時間および素子の位置に応じて複数の第1の素子データを重ね合わせて、データ算出点に対応する第2の素子データを生成することが好ましい。

また、素子データ処理部は、2以上の第1の素子データの遅延時間を算出する遅延時間算出部と、2以上の第1の素子データを算出された遅延時間及び受信された探触子の素子の位置に基づいて重ね合わせ、第2の素子データを生成する重ね合わせ処理部とを有し、遅延時間算出部は、第1のモードの場合には、超音波ビームを収束波と想定して遅延時間を算出し、第2のモードの場合には、超音波ビームを平面波と想定して遅延時間を算出することが好ましい。

また、遅延時間算出部は、データ算出点から送信焦点までの距離が所定の第1の閾値以上の場合には、第1のモードにより遅延時間を算出し、データ算出点から送信焦点までの距離が第1の閾値よりも小さい第2の閾値以下の場合には、第2のモードにより遅延時間を算出し、データ算出手段と送信焦点までの距離が第1の閾値と第2の閾値との間の場合には、超音波ビームを収束波と想定して算出した遅延時間と、超音波ビームを平面波と想定して算出した遅延時間とを、送信焦点までの距離に応じた重み付け平均して遅延時間を算出することが好ましい。

30

また、遅延時間算出部は、事前に取得された探触子、検査対象物の音速、超音波ビームの送信焦点の位置、送信部による探触子の送信開口、及び受信部による探触子の受信開口に関する少なくとも1つの情報に基づいて、2以上の第1の素子データの遅延時間を算出し、重ね合わせ処理部は、予め設定された、2以上の第1の素子データのうち重ね合わせる第1の素子データの数、及び重ね合わせ処理方法に基づいて2以上の第1の素子データを重ね合わせ、第2の素子データを生成することが好ましい。

40

【0011】

また、素子データ処理部は、中心となる素子が異なる、複数の超音波ビームの送信で得られた第1の素子データを用いることが好ましい。

また、素子データ処理部は、超音波ビームの送信領域が重なり合う、複数の超音波ビームの送信で得られた第1の素子データを用いて第2の素子データを生成することが好ましい。

また、素子データ処理部は、素子の配列方向に連続する素子をそれぞれ中心となる素子として超音波ビームを送信して得られた複数の第1の素子データを重ね合わせて、第2の

50

素子データを生成することが好ましい。

また、素子データ処理部は、データ算出点に対応する超音波ビームを送信する際を中心となる素子の両隣の同数の素子をそれぞれ中心となる素子として超音波ビームを送信して得られた複数の第1の素子データを重ね合わせて、該データ算出点に対応する第2の素子データを生成することが好ましい。

【0012】

また、素子データ処理部は、2以上の第1の素子データを、その各々の第1の素子データに対して重み付け係数を掛けた後に、重ね合わせることが好ましい。

また、受信部が出力した第1の素子データのすべてを保持する素子データ保持部を有することが好ましい。

【0013】

また、上記目的を達成するため、本発明は、超音波ビームの各成分を発生し、かつ、検査対象物内で反射された超音波エコーを受信して、受信したアナログ信号を出力する、複数の素子を備える探触子によって、超音波ビームを発生して、検査対象物を検査し、超音波画像データを生成する超音波画像データ生成方法であって、検査対象物内に複数の送信焦点を設定する焦点設定ステップと、探触子に、複数の素子を用いて、焦点設定ステップで設定された送信焦点それぞれに対して、超音波ビームを発生させる送信ステップと、前記送信焦点それぞれに対する個々の超音波ビームの送信に対応して、複数の素子が受信したアナログ素子信号を受け、所定の処理を施す受信ステップと、受信ステップで処理したアナログ素子信号をA/D変換して、デジタル素子信号である第1の素子データとするA/D変換ステップと、検査対象物内に少なくとも1つのデータ算出点を設定する算出点設定ステップと、算出点設定ステップで設定したデータ算出点それぞれについて、送信焦点までの距離が所定の範囲か否かを判断する算出点位置判断ステップと、複数の超音波ビームの送信で得られた第1の素子データを重ね合わせて、データ算出点に対応する第2の素子データを生成する素子データ処理ステップとを有し、素子データ処理ステップは、超音波ビームを収束波と想定して、複数の第1の素子データの重ね合わせを行う第1のモード、および、超音波ビームを平面波と想定して、複数の第1の素子データの重ね合わせを行う第2のモードを有し、データ算出点から送信焦点までの距離が所定の閾値より大きい場合には、第1のモードにより、複数の第1の素子データの重ね合わせを行い、データ算出点から送信焦点までの距離が所定の閾値以下の場合には、第2のモードにより、複数の第1の素子データの重ね合わせを行うことを特徴とする超音波画像データ生成方法を提供する。

【0014】

また、上記目的を達成するため、本発明は、超音波ビームの各成分を発生し、かつ、検査対象物内で反射された超音波エコーを受信して、受信したアナログ信号を出力する、複数の素子を備える探触子によって、超音波ビームを発生して、検査対象物を検査し、超音波画像データを生成することをコンピュータに実行させる超音波画像データ生成プログラムであって、検査対象物内に複数の送信焦点を設定する焦点設定ステップと、探触子に、複数の素子を用いて、焦点設定ステップで設定された送信焦点それぞれに対して、超音波ビームを発生させる送信ステップと、前記送信焦点それぞれに対する個々の超音波ビームの送信に対応して、複数の素子が受信したアナログ素子信号を受け、所定の処理を施す受信ステップと、受信ステップで処理したアナログ素子信号をA/D変換して、デジタル素子信号である第1の素子データとするA/D変換ステップと、検査対象物内に少なくとも1つのデータ算出点を設定する算出点設定ステップと、算出点設定ステップで設定したデータ算出点それぞれについて、送信焦点までの距離が所定の範囲か否かを判断する算出点位置判断ステップと、複数の超音波ビームの送信で得られた第1の素子データを重ね合わせて、データ算出点に対応する第2の素子データを生成する素子データ処理ステップとを有し、素子データ処理ステップは、超音波ビームを収束波と想定して、複数の第1の素子データの重ね合わせを行う第1のモード、および、超音波ビームを平面波と想定して、複数の第1の素子データの重ね合わせを行う第2のモードを有し、データ算出点から送信焦点

10

20

30

40

50

までの距離が所定の閾値より大きい場合には、第１のモードにより、複数の第１の素子データの重ね合わせを行い、データ算出点から送信焦点までの距離が所定の閾値以下の場合には、第２のモードにより、複数の第１の素子データの重ね合わせを行うことをコンピュータに実行させることを特徴とする超音波画像データ生成プログラムを提供する。

【発明の効果】

【００１５】

本発明によれば、素子データの重ね合わせの際のモードとして、超音波ビームを収束波と想定するモードと、平面波と想定するモードとを有し、焦点の位置に応じて、モードを切り替えるので、焦点の近傍などの、収束波として素子データの重ね合わせを行うとデータの精度が低下してしまう領域の素子データの精度を低下させることなく、画像全体で、

10

【図面の簡単な説明】

【００１６】

【図１】本発明に係る超音波検査装置の構成の一例を概念的に示すブロック図である。

【図２】焦点位置およびデータ算出点を説明するための概念図である。

【図３】図１に示す超音波検査装置の素子データ処理部の構成の一例を概念的に示すブロック図である。

【図４】（ａ）及び（ｃ）は、それぞれ理想的な超音波ビームを被検体の反射点の真上の素子及び真上でない素子から送信する場合の説明図であり、（ｂ）及び（ｄ）は、それぞれ得られる素子データを示す説明図である。

20

【図５】（ａ）及び（ｃ）は、それぞれ実際の超音波ビームを被検体の反射点の真上の素子及び真上でない素子から送信する場合の説明図であり、（ｂ）及び（ｄ）は、それぞれ得られる素子データを示す説明図である。

【図６】（ａ）及び（ｂ）は、それぞれ真の反射超音波エコーとゴーストの反射信号の場合の超音波ビームの送信経路及び受信経路の距離を説明する説明図であり、（ｃ）及び（ｄ）は、それぞれ複数の素子で得られる素子データ及びそれらの遅延時間を示す説明図である。

【図７】平面波モードを説明する説明図である。

【図８】（ａ）、（ｂ）及び（ｃ）並びに（ｄ）、（ｅ）及び（ｆ）は、それぞれ真の信号の場合並びにゴーストの場合の複数の素子で得られる素子データ、それらの遅延時間及び素子データの重ね合わせ状態を示す説明図であり、（ｇ）及び（ｈ）は、それぞれ複数の素子に対応する素子データの重ね合わせ状態及びその結果を示す説明図である。

30

【図９】図１に示す超音波検査装置の動作を説明するためのフローチャートである。

【発明を実施するための形態】

【００１７】

本発明に係る超音波検査装置、超音波画像データ生成方法およびプログラムを添付の図面に示す好適実施形態に基づいて以下に詳細に説明する。

【００１８】

図１は、本発明の超音波検査装置の構成の一実施例を概念的に示すブロック図である。

40

図１に示すように、超音波検査装置１０は、超音波プローブ１２と、超音波プローブ１２に接続される送信部１４及び受信部１６と、Ａ／Ｄ変換部１８と、素子データ記憶部２０と、素子データ処理部２２と、画像生成部２４と、表示制御部２６と、表示部２８と、制御部３０と、操作部３２と、格納部３４と、算出点設定部９２と、算出点位置判断部９４と、焦点設定部９６とを有する。

【００１９】

超音波プローブ（超音波探触子）１２は、通常の超音波検査装置に用いられる振動子アレイ３６を有する。

振動子アレイ３６は、１次元又は２次元アレイ状に配列された複数の素子、即ち超音波トランスデューサを有している。これらの超音波トランスデューサは、検査対象物（以下

50

、被検体という)の超音波画像の撮像の際に、それぞれ送信部 14 から供給される駆動信号に従って超音波ビームを被検体に送信すると共に、被検体からの超音波エコーを受信して受信信号(アナログ素子信号)を出力する。本実施形態では、振動子アレイ 36 の複数の超音波トランスデューサの内の一組を成す所定数の超音波トランスデューサの各々は、1つの超音波ビームの各成分を発生し、一組の所定数の超音波トランスデューサは、被検体に送信する1つの超音波ビームを発生する。

【0020】

各超音波トランスデューサは、例えば、PZT(チタン酸ジルコン酸鉛)に代表される圧電セラミックや、PVDf(ポリフッ化ビニリデン)に代表される高分子圧電素子、PMN-PT(マグネシウムニオブ酸・チタン酸鉛固溶体)に代表される圧電単結晶等からなる圧電体の両端に電極を形成した素子、即ち振動子によって構成される。

10

【0021】

このような振動子の電極に、パルス状又は連続波状の電圧を印加すると、圧電体が伸縮し、それぞれの振動子からパルス状又は連続波状の超音波が発生して、それらの超音波の合成により超音波ビームが形成される。また、それぞれの振動子は、伝搬する超音波を受信することにより伸縮して電気信号を発生し、それらの電気信号は、超音波の受信信号(アナログ素子信号)として出力される。

【0022】

焦点設定部 96 は、操作部 32 から入力された送信焦点の情報(焦点の位置情報)に応じて、振動子アレイ 36 が超音波ビームを送信する際の、複数の送信ライン、および、各送信ライン上の焦点位置を設定する。

20

具体的には、従来の超音波検査装置と同様に、焦点設定部 96 は、操作部 32 から入力された表示領域(検査範囲)、深度(depth)等の設定、ならびに、振動子アレイ 36 の振動子の配置間隔等の情報に応じて、超音波ビームを送信するための複数の送信ラインを設定し、各送信ライン上に超音波ビームの焦点となる位置を自動的に設定する。

なお、焦点設定部 96 は、操作者が操作部 32 から直接、入力した焦点の位置情報から、焦点位置を設定するようにしてもよい。

【0023】

図 2 に、設定された焦点位置の一例を示す。

図 2 に示す例では、振動子アレイ 36 の各素子(超音波トランスデューサ)に対応して、各素子と同一ライン上に、それぞれ1つの送信ラインが設定されている。また、各送信ライン上には、同一の深さに、それぞれ1つの焦点位置が設定されている。

30

設定された焦点位置の情報は、送信部 14、算出点位置判断部 94、および制御部 30 に供給される。

【0024】

送信部 14 は、例えば、複数のパルスを含んでおり、制御部 30 からの制御信号および焦点設定部 96 からの焦点位置の情報に応じて選択された送信遅延パターンに基づいて、振動子アレイ 36 の一組の所定数の超音波トランスデューサ(以下、超音波素子という)から送信される超音波ビーム成分が1つの超音波ビームを形成し、設定された焦点位置に焦点を形成するようにそれぞれの駆動信号の遅延量を調節して組を成す複数の超音波素子に供給する。

40

具体的には、送信部 14 は、設定された送信ラインと同一ライン上にある超音波素子を中心素子として、この中心素子と両隣の複数の超音波素子とを一組の送信素子(送信開口)として、設定された焦点位置に焦点を形成する超音波ビームを送信するように、駆動信号を供給する。

【0025】

受信部 16 は、制御部 30 からの制御信号に応じて、振動子アレイ 36 から送信された超音波ビームと被検体との間の相互作用によって発生された超音波エコーを、振動子アレイ 36 が受信して出力した、受信信号、即ち超音波素子毎のアナログ素子信号を増幅して出力する。

50

具体的には、受信部 16 は、対応する超音波ビームを送信した際の中心素子と、この中心素子の両隣の複数の超音波素子とを一組の受信素子（受信開口）として、被検体内で反射された超音波エコーを受信する。

【0026】

ここで、受信部 16 は、1 回の超音波ビームの送信に対応して、複数の超音波素子が受信した複数のアナログ素子信号を、受信した超音波素子の情報および受信時間の情報を含む、1 つのアナログの素子データ（第 1 の素子データ）として出力する。すなわち、素子データ（第 1 の素子データ）は、素子の位置と受信時間とに対する受信信号の強度を表すデータである（図 4 等参照）。

また、受信部 16 は、送信部 14 による 1 回の超音波ビームの送信ごとに、超音波エコーを受信してアナログの素子データを出力する。したがって、送信部 14 が、設定された送信ラインおよび焦点位置に応じて、複数回の超音波ビームの送信を行うことにより、各送信に対応した複数のアナログの素子データを出力する。

受信部 16 は、アナログの素子データを A/D 変換部 18 に供給する。

【0027】

A/D 変換部 18 は、受信部 16 に接続され、受信部 16 から供給されたアナログの素子データを、デジタルの素子データ（第 1 の素子データ）に変換する。A/D 変換部 18 は、A/D 変換されたデジタルの素子データを素子データ記憶部 20 に供給する。

【0028】

素子データ記憶部 20 は、A/D 変換部 18 から出力されるデジタルの素子データを順次格納する。また、素子データ記憶部 20 は、制御部 30 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）を上記のデジタルの素子データ（以下、単に素子データという）に関連付けて格納する。

ここで、素子データ記憶部 20 は、制御部 30 による制御に基づいて、互いに異なる送信ラインに超音波を送受信して得られた 2 以上の素子データを記憶保持する。

【0029】

算出点設定部 92 は、操作部 32 から入力された撮像条件に基づいて、後述する素子データ処理部 22 で素子データの処理を行う、複数のデータ算出点の位置を設定する。

具体的には、算出点設定部 92 は、操作部 32 から入力された表示領域（検査範囲）、深度（depth）、画質等の設定、および、焦点設定部 96 で設定された送信ライン、焦点位置の情報、ならびに、振動子アレイ 36 の振動子の配置間隔等の情報に基づいて、各送信ライン上に、素子データの処理を行う、複数のデータ算出点（サンプリング点）を設定する。

【0030】

図 2 に、設定されたサンプリング点の一例を示す。

図 2 に示す例では、振動子アレイ 36 の素子ごとに送信ラインが設定されており、各送信ライン上に、複数のサンプリング点が等間隔で配置されている。なお、焦点位置にもサンプリング点が設定されている。

なお、図示例においては、サンプリング点は、等間隔に配置されたが、これに限定はされず、サンプリング点の配置間隔は深さに応じて異なってもよい。例えば、着目する深さ領域では、サンプリング点の配置間隔を密にしてもよい。

設定されたサンプリング点の位置情報は、算出点位置判断部 94 に供給される。

【0031】

算出点位置判断部 94 は、算出点設定部 92 で設定された各サンプリング点（データ算出点）について、焦点との距離が所定の範囲以内か否かを判断する部位である。

具体的には、算出点位置判断部 94 は、算出点設定部 92 で設定されたサンプリング点それぞれについて、同じ送信ライン上の焦点との距離を算出して、算出した距離が所定の閾値以内か否か、すなわち、焦点の近傍か否かを判断する。

【0032】

なお、焦点との距離を判定するための閾値の値については、特に限定はないが、焦点の収束性が変化する、開口数、F 値などの送信条件等に応じて設定すればよく、例えば、5 ~ 30 mm とするとするのが好ましい。さらに、F 値が小さく、焦点の収束性が高い場合には、5 mm 程度に範囲を狭めて設定し、逆に、F 値が大きく焦点の収束性が低い場合には、30 mm 程度に範囲を広げて設定してもよい。また、操作部 32 から閾値を変更可能にしてもよい。

【0033】

また、図示例においては、1つの送信ラインに1つの焦点が設定される構成としたが、これに限定はされず、1つの送信ライン上に複数の焦点が設定されてもよく、1つの送信ライン上に複数の焦点が設定されている場合には、最も近い焦点との距離が所定の閾値以内か否かを判断すればよい。

10

また、図示例においては、全ての送信ラインで、設定される焦点の深さは同じとしたが、これに限定はされず、送信ラインごとに異なる深さに焦点が設定されてもよい。また、その場合には、同一の送信ライン上の焦点との距離が閾値以内か否かを判断する構成には限定されず、異なる送信ラインも含む最も近い焦点との距離が閾値以内か否かを判断するようにしてもよい。

算出点位置判断部 94 は、判断結果を素子データ処理部 22 に供給する。

【0034】

素子データ処理部 22 は、制御部 30 による制御に基づいて、サンプリング点が存在する送信ラインに超音波ビームを送信して得られた素子データ（以下、未処理素子データともいう）と、この素子データとは異なる送信ラインに対応する素子データ（未処理素子データ）を素子データ記憶部 20 から読み出して、受信時間の情報および超音波素子の幾何学的な配置の情報に基づいて、時間および位置を補正して重ね合わせて、重ね合わせ処理後素子データ（第2の素子データ、以下、処理済素子データという）を生成し、このサンプリング点に対応する素子データとする。すなわち、素子データ処理部 22 は、未処理素子データの重ね合わせ処理を行って、このサンプリング点に対応する素子データを再構築する。

20

ここで、素子データ処理部 22 は、超音波ビームを収束波と想定して、重ね合わせる未処理素子データ同士の受信時間のズレ（遅延時間）を算出する第1のモードと、超音波ビームを平面波と想定して、重ね合わせる未処理素子データ同士の遅延時間を算出する第2のモードとを有し、算出点位置判断部 94 の判断結果に応じて、サンプリング点が焦点から遠い場合には、第1のモードで遅延時間を算出し、サンプリング点が焦点近傍の場合には、第2のモードで遅延時間を算出して、未処理素子データの重ね合わせを行い、処理済素子データを生成する。

30

素子データ処理部 22 は、各サンプリング点の処理済素子データを画像生成部 24（整相加算部 38）に供給する。

【0035】

前述のとおり、高画質な画像を得るために、1ラインのデータを作るのに複数の送信ビームを、送信位置を変えて発生させる場合、送信回数が増えるためフレームレートが低下し、リアルタイム性が悪くなるという問題があった。また、焦点を仮想的な点音源とみなして複数の受信信号を合成すると、実際には、点音源とみなせるほど焦点は収束しておらず、有限の広がりを持っているため、焦点に近い領域では、受信信号を合成した際にデータの精度が低下して S/N 比や解像度が低下するという問題があった。

40

【0036】

これに対して、本発明は、データ算出点と焦点と間の距離が所定の範囲内か否かに応じて、超音波ビームを収束波と想定して素子データの重ね合わせを行う第1のモードと、平面波と想定して素子データの重ね合わせを行う第2のモードとを切り替えて、第1の素子データを重ね合わせて第2の素子データを生成する。

これにより、焦点から遠い位置でも近い位置でも、精度良く素子データの重ね合わせを行うことができ、画像全体で、S/N 比を上げ、解像度を上げることができ、かつ、従来と

50

変わらないフレームレートのまま、高い解像度で、最適な空間分解能を持つシャープな超音波画像を得ることができる。

素子データ処理部 22 の詳細については、後述する。

【0037】

画像生成部 24 は、制御部 30 による制御下で、素子データ処理部 22 から供給された素子データから音線信号（受信データ）を生成し、この音線信号から超音波画像を生成するものである。

画像生成部 24 は、整相加算部 38、検波処理部 40、DSC 42、画像作成部 44、および、画像メモリ 46 を有する。

【0038】

整相加算部 38 は、制御部 30 において設定された受信方向に応じて、予め記憶されている複数の受信遅延パターンの中から 1 つの受信遅延パターンを選択し、選択された受信遅延パターンに基づいて、素子データの素子ごとの信号にそれぞれ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行う。この受信フォーカス処理により、超音波エコーの焦点が絞り込まれた受信データ（音線信号）が生成される。

整相加算部 38 は、受信データを検波処理部 40 に供給する。

【0039】

検波処理部 40 は、整相加算部 38 で生成された受信データに対し、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施した後、包絡線検波処理を施すことにより、被検体内の組織に関する断層画像情報である B モード画像データを生成する。

DSC (digital scan converter) 48 は、検波処理部 40 で生成された B モード画像データを通常のテレビジョン信号の走査方式に従う画像データに変換（ラスタ変換）する。

【0040】

画像作成部 44 は、DSC 42 から入力される B モード画像データに階調処理等の各種の必要な画像処理を施して検査や表示に供するための B モード画像データを作成した後、作成された検査用又は表示用 B モード画像データを表示のために表示制御部 26 に出力する、或いは画像メモリ 46 に格納する。

画像メモリ 46 は、画像作成部 44 で作成された検査用 B モード画像データを一旦格納する。画像メモリ 46 に格納された検査用 B モード画像データは、必要に応じて、表示部 28 で表示するために表示制御部 26 に読み出される。

【0041】

表示制御部 26 は、画像作成部 44 によって画像処理が施された検査用 B モード画像信号に基づいて、表示部 28 に超音波画像を表示させる。

表示部 28 は、例えば、LCD 等のディスプレイ装置を含んでおり、表示制御部 26 の制御の下で、超音波画像を表示する。

【0042】

制御部 30 は、操作者により操作部 32 から入力された指令に基づいて超音波検査装置 10 の各部の制御を行う。

ここで、制御部 30 は、操作者によって操作部 32 を介して種々の情報、特に、焦点設定部 96 で送信焦点を設定するために必要な情報、および、素子データ処理部 22 で素子データを処理するために必要な情報の入力が行われた際に、操作部 32 から入力された上述の種々の情報を、必要に応じて、送信部 14、受信部 16、素子データ記憶部 20、素子データ処理部 22、画像生成部 24、表示制御部 26 および焦点設定部 96 等の各部に供給する。

【0043】

操作部 32 は、操作者が入力操作を行うためのものであり、キーボード、マウス、トラックボール、タッチパネル等から形成することができる。

また、操作部 32 は、操作者が必要に応じて各種の情報、特に上述の送信焦点の設定に用いられる表示領域（検査範囲）、深度（depth）、振動子アレイ 36、送信焦点の位置

10

20

30

40

50

等に関する情報、ならびに、素子データ処理に用いられる被検体の検査対象領域の音速、振動子アレイ 3 6 の送信開口及び受信開口等に関する情報、並びに重ね合わせ素子データ数及び重ね合わせ処理方法等の素子データ処理に関する情報等を入力操作するための入力装置を備えている。

【 0 0 4 4 】

格納部 3 4 は、操作部 3 2 から入力された各種の情報、特に、上述の表示領域、深度、プローブ 1 2 (振動子アレイ 3 6)、音速、送信焦点の位置、送信開口及び受信開口等に関する情報、重ね合わせ素子データ数及び重ね合わせ処理方法等の素子データ処理に関する情報等や、送信部 1 4、受信部 1 6、素子データ記憶部 2 0、素子データ処理部 2 2、画像生成部 2 4 及び表示制御部 2 6 等の制御部 3 0 で制御される各部の処理や動作に必要な情報、並びに、各部の処理や動作を実行させるための動作プログラムや処理プログラム等を格納するもので、ハードディスク、フレキシブルディスク、MO、MT、RAM、CD-ROM、DVD-ROM等の記録媒体を用いることができる。

10

なお、素子データ処理部 2 2、整相加算部 3 8、検波処理部 4 0、DSC 4 2、画像作成部 4 4、焦点設定部 9 6、焦点再設定部 9 8 及び表示制御部 2 6 は、CPUと、CPUに各種の処理を行わせるための動作プログラムから構成されるが、それらをデジタル回路で構成してもよい。

【 0 0 4 5 】

ここで、素子データ処理部 2 2 を、図 3 に基づいて詳細に説明する。

同図に示すように、素子データ処理部 2 2 は、遅延時間算出部 4 8 と、モード切替部 4 9 と、重ね合わせ処理部 5 0 とを有する。

20

モード切替部 4 9 は、算出点位置判断部 9 4 の判断結果に応じて、遅延時間算出部 4 8 が遅延時間を算出する際のモードを切り替える。

具体的には、モード切替部 4 9 は、算出点位置判断部 9 4 の判断結果に応じて、焦点との距離が所定の閾値より大きいサンプリング点に対しては、後述する第 1 のモードで遅延時間を算出し、焦点との距離が所定の閾値以内のサンプリング点に対しては、後述する第 2 のモードで遅延時間を算出するように遅延時間算出部 4 8 のモードを切り替える。

【 0 0 4 6 】

遅延時間算出部 4 8 は、操作部 3 2 から入力された、もしくは、操作部 3 2 から入力されて格納部 3 4 に格納されているプローブ 1 2 の振動子アレイ 3 6 の複数の超音波素子、被検体の検査対象領域の音速、振動子アレイ 3 6 の送信開口及び受信開口等に関する情報、ならびに、焦点設定部 9 6 が設定した送信焦点に関する情報を事前に取得しておき、超音波ビームを形成し送信する、送信開口の超音波素子(送信素子)と、被検体からの、超音波ビームによる超音波エコーを受信する、受信開口の超音波素子(受信素子)との幾何学的配置に基づいて、受信開口の各超音波素子で受信される素子データの遅延時間を算出する。

30

【 0 0 4 7 】

ここで、遅延時間算出部 4 8 は、超音波ビームを収束波とみなしてモデル化した場合の超音波ビームの送信経路から遅延時間を求める第 1 のモード(収束波モード)と、超音波ビームを平面波とみなしてモデル化した場合の超音波ビームの送信経路から遅延時間を求める第 2 のモード(平面波モード)とを備え、モード切替部 4 9 によって、サンプリング点ごとにモードを切り替えて遅延時間を算出する。

40

収束波モードおよび平面波モードの詳細については後述する。

【 0 0 4 8 】

重ね合わせ処理部 5 0 は、各サンプリング点について、操作部 3 2 から入力された、もしくは、操作部 3 2 から入力されて格納部 3 4 に格納されている、重ね合わせる素子データの数及び重ね合わせ処理方法等の素子データ処理に関する情報に基づいて、素子データ記憶部 2 0 によって記憶保持された、互いに異なる送信ラインに超音波ビームを送信して得られた 2 以上の素子データを読み出して、重ね合わせ処理を行うべき注目ラインの所定の点(サンプリング点)に注目して、遅延時間算出部 4 8 でそれぞれ算出された遅延時間

50

に基づいて、2以上の未処理素子データを受信時間上で、即ち時間を合わせて、かつ、受信された探触子の素子の絶対的な位置を合わせて重ね合わせて処理済データを生成する。

【0049】

次に、素子データ処理部22で行う素子データ処理について詳細に説明する。

まず、超音波プローブ12の振動子アレイ36の送信開口をなす超音波素子（以下、単に送信素子という）から超音波ビーム（以下、送信ビームという）を被検体に送信し、被検体との間の相互作用によって発生された超音波エコーを振動子アレイ36の受信開口をなす超音波素子（以下、単に受信素子という）で受信して素子データ（未処理素子データ）を得る場合において、送信素子からの送信ビームと受信素子で得られる素子データとの関係について説明する。

10

【0050】

図4(a)及び(c)は、一例として、超音波素子の配列方向と直交する方向に、各超音波素子に対応して、送信ラインが設定され、各送信ラインに1つの焦点位置が設定された場合の、各超音波素子、超音波ビーム、焦点位置および超音波エコーを模式的に示す図である。

図4(a)及び(c)に示すように、それぞれ3つの超音波素子52c～52e及び52d～52fを送信素子として、それぞれ7つの超音波素子（以下、単に、素子ともいう）52a～52g及び52b～52hを受信素子として超音波エコーを受信して素子データを取得する時、反射点54を含む検査対象領域に送信する送信ビーム56が理想的に素子間隔以下に絞れている理想的な場合には、図4(a)のように、検査対象領域内の反射点54の真上にある、素子52a～52gの中心の素子52dを中心素子とする素子52c～52eを送信素子として、素子52dに対応する送信ラインに送信ビーム56を送信し、受信素子52a～52gで超音波エコーを受信して素子データを取得する場合、送信ビーム56の焦点58は、素子54dと反射点54とを結ぶ一直線上にあり、送信ビーム56は、反射点54まで送信されるので、反射点54から反射される超音波エコーが生成される。反射点54からの超音波エコーは、所定角度に拡がる受信経路60を通して受信素子52a～52gに受信され、受信素子52a～52gによって、図4(b)に示すような素子データ62が得られることになる。

20

【0051】

これに対し、図4(c)に示すように、送信素子の中心が、反射点54に対して1素子分、素子の方向（図中右方向）にずれている場合、すなわち、反射点54の真上にある素子52dに隣接する素子52eを中心素子とする素子52d～52fを送信素子として、素子52eに対応する送信ラインに送信ビーム56を送信し、受信素子52b～52hで超音波エコーを受信する場合には、送信ビーム56の送信方向、即ち、送信素子52eと焦点58とを結ぶ直線上（送信ライン上）に反射点54が存在しないため、送信ビーム56は、反射点54に送信されない。このため、反射点54から反射される超音波エコーは生成されず、受信素子52b～52hでは、超音波エコーを受信しないので、図4(d)に示すように、素子データは信号強度が0のデータになる。

30

【0052】

しかしながら、図5(a)及び(c)に示すように、実際の送信ビーム64は、素子間隔より幅が広い。

40

ここで、図5(a)のように、反射点54の真上にある素子52dを中心素子とする素子52c～52eを送信素子として、素子52dに対応する送信ラインに送信ビーム64を送信した場合には、図4(a)の場合と同様に、送信ビーム56が幅広であっても、その焦点58は、素子54dと反射点54とを結ぶ一直線上にあり、送信ビーム64は、反射点54で反射され、超音波エコーが生成される。その結果、図4(a)の場合と同様に、反射点54からの超音波エコーは、所定角度に拡がる受信経路60を通して受信素子52a～52gに受信され、受信素子52a～52gによって、図5(b)に示すような真の素子データ66が得られることになる。

【0053】

50

一方、図5(c)に示すように、図4(c)の場合と同様に、送信素子の中心が、反射点54に対して1素子分、素子の方向(図中右方向)にずれている場合、すなわち、反射点54の真上にある素子52dに隣接する素子52eを中心素子とする素子52d~52fを送信素子として、素子52eに対応する送信ラインに送信ビーム64を送信し、受信素子52b~52hで超音波エコーを受信する場合、送信ビーム64は幅広であるため、その送信方向、即ち、送信素子52eと焦点58とを結ぶ直線上に反射点54が存在していなくても、送信ビーム64は、反射点54に送信されることになる。このため、反射点54から反射された超音波エコーは、所定角度に広がる受信経路60を通して受信素子52b~52hに受信され、受信素子52b~52hによって、図5(d)に示すような反射点の影響を受けた素子データ68が得られることになる。

10

このような送信ライン上以外の反射点の影響を受けた素子データ68(以下、ゴーストの素子データ、ともいう)から音線信号を生成して、超音波画像を生成すると、素子52eに対応するラインの画像に、実際には存在しない反射点の映像が再生され、所謂ゴーストが発生し、超音波画像の精度を低下させる原因となる。

【0054】

ここで、図5(c)に示す送信ビーム64が送信素子52eから焦点58を経由して反射点54に至る送信経路と反射点54からの超音波エコーが各受信素子52b~52hに至る受信経路との和(伝播距離)は、それぞれ図5(a)に示す送信ビーム64が送信素子52dから焦点58を経由して反射点54に至る送信経路と反射した超音波エコーが反射点54から各受信素子52a~52gに至る受信経路との和(伝播距離)より長くなる。そのため、図5(d)に示すようなゴーストの素子データ68は、図5(b)に示すような真の素子データ66に対して遅延することになる。

20

【0055】

本発明の素子データ処理部22の遅延時間算出部48においては、注目する送信ライン上のサンプリング点と、各送信ラインに対応する中心素子との幾何学的な配置から、注目する送信ラインに超音波を送受信して得られた素子データ(以下、注目素子データ、ともいう)と、注目する送信ラインとは異なる送信ラインに超音波を送受信して得られた素子データ(以下、非注目素子データ、ともいう)との時間差、即ち遅延時間を算出する。したがって、遅延時間の計算には、超音波プローブ12(振動子アレイ36)の形状(素子間隔、リニア、コンベックスなど)、被検体の検査対象領域の音速、焦点位置、送信開口、受信開口などの情報が必要であり、遅延時間算出部48では、焦点設定部96で設定された焦点位置の情報、算出点設定部92で設定されたサンプリング点の情報、操作部32によって入力された、若しくは格納部34に格納されたこれらの情報を取得して遅延時間の計算を行う。遅延時間は、例えば、送信素子、超音波ビームの焦点、サンプリング点、及び受信素子の幾何学的配置から算出される、送信素子から焦点を経てサンプリング点に至る送信ビームの送信経路及びサンプリング点から受信素子に至る反射信号の受信経路の合計長さ(伝播距離)とその音速によって算出される伝搬時間の差から算出することができる。

30

【0056】

ここで、前述のとおり、本発明では、遅延時間算出部48は、超音波ビームを収束波とみなして、すなわち、焦点を点(点音源)として、送信素子から焦点を経てサンプリング点に至る送信ビームの送信経路及びサンプリング点から受信素子に至る反射信号の受信経路の合計長さ(伝搬距離)を求めて遅延時間を算出する収束波モードと、超音波ビームを平面波とみなして、送信経路及び受信経路の合計長さを求めて遅延時間を算出する平面波モードとを有する。

40

【0057】

まず、図6(a)及び(b)を用いて、収束波モードについて説明する。

収束波モードでは、送信ビームは一旦、焦点に到達(収束)した後にサンプリング点に進行して、サンプリング点で反射されるものとしてモデル化して送信経路を算出する。

具体的には、図6(a)及び図6(b)に示すようにして、注目素子データと、非注目

50

素子データそれぞれの送信ビームの送信経路及び超音波エコーの受信経路の長さを求めることができる。図6(a)及び図6(b)においては、説明のため、注目送信ライン上のサンプリング点に反射点54があるとしている。

【0058】

図6(a)に示すように、注目素子データの場合、すなわち、注目する送信ライン(サンプリング点の送信ライン)と、超音波ビームを送信した送信ラインが一致する場合は、送信素子52c~52eの中心素子と、受信素子52a~52gの中心素子とが、一致し、その真下に、焦点58及び反射点54が配置されている。反射点54の真上の素子52dの位置をxy2次元座標上の座標(x0, 0)とし、素子間隔をLe、焦点58の位置を座標(x0, df)、反射点54の位置を座標(x0, z)とする時、送信素子52dの位置も反射点54の真上の素子52dと同じく座標(x0, 0)となり、送信素子52dから焦点58を経て反射点54に至る送信ビームの送信経路61の長さ(送信経路距離)Ltaは、及び、反射点54から受信素子52dに至る超音波エコーの受信経路60の長さ(受信経路距離)Lraは、 $Lta = Lra = z$ によって算出することができる。

したがって、収束波モードにおける、注目素子データの場合の超音波の伝播距離Luaは、 $Lua = Lta + Lra = 2z$ となる。

【0059】

一方、図(b)に示すように、非注目素子データの場合、すなわち、注目する送信ラインに隣接する送信ライン(サンプリング点とは異なる送信ライン)に超音波ビームを送信する場合は、送信素子52d~52fの中心素子の位置が反射点54(サンプリング点)に対して1素子分横(x方向: 図中右方向)にずれて、焦点58は中心素子である素子52eの真下に配置されるが、反射点54は受信素子52dの真下に配置されている。反射点54の真上の受信素子52dの位置を、図6(a)の場合と同じくxy2次元座標上の座標(x0, 0)とし、素子間隔をLe、反射点54の位置を座標(x0, z)とすると、送信素子52eの位置は座標(x0 + Le, 0)、焦点58の位置は座標(x0 + Le, df)となるので、送信素子52eから焦点58を経て反射点54に至る送信ビームの送信経路61の長さ(送信経路距離)Ltbは、 $Ltb = df + \sqrt{(z - df)^2 + Le^2}$ によって算出することができ、反射点54から受信素子52dに至る超音波エコーの受信経路60の長さ(受信経路距離)Lrbは、 $Lrb = z$ によって算出することができる。

したがって、収束波モードにおける、非注目素子データの場合の超音波の伝播距離Lubは、 $Lub = Ltb + Lrb = df + \sqrt{(z - df)^2 + Le^2} + z$ となる。

【0060】

こうして、図6(a)に示す幾何学配置で求めた送信経路61の距離Ltaと受信経路60の距離Lraを合計した超音波の伝播距離Luaを音速で割った値が、注目する素子データを取得するために超音波を送受信した時の、超音波素子とサンプリング点との間の伝播時間となる。また、図6(b)に示す幾何学配置で求めた送信経路61の距離Ltbと受信経路60の距離Lrbを合計した超音波の伝播距離Lubを音速で割った値が、注目する素子データの送信ラインの隣の送信ラインで超音波を送受信した時の、超音波素子とサンプリング点との間の伝搬時間となる。

遅延時間の算出は、注目素子データを取得する際の超音波素子とサンプリング点との間の超音波の伝搬時間と、非注目素子データを取得する際の超音波素子とサンプリング点との間の超音波の伝搬時間の差から遅延時間を求める。

なお、図6(a)及び図6(b)の幾何学モデルでは、送信経路61が焦点58を経由したモデルになっているが、本発明はこれに限定されず、例えば、焦点58を経由せずに直接反射点54に至る経路であっても良い。

【0061】

次に、図7を用いて、平面波モードについて説明する。

平面波モードでは、送信ビームは、焦点には収束せず、平面波としてサンプリング点まで進行して、サンプリング点で反射されるものとしてモデル化して送信経路を算出する。

平面波モードでは、図7に示すようにして、非注目素子データの送信ビームの送信経路

及び超音波エコーの受信経路の長さを求めることができる。なお、注目素子データの場合の送信経路及び受信経路の求め方は、収束波モードと同様であるので説明は省略する。また、図7においては、説明のため、サンプリング点に反射点54があるとしている。

【0062】

図7に示すように、非注目素子の場合、図6と同様に、送信素子52d～52fの中心素子の位置が反射点54（サンプリング点）に対して1素子分横（x方向：図中右方向）にずれて、焦点58は中心素子である素子52eの真下に配置され、反射点54は受信素子52dの真下に配置されている。反射点54の真上の受信素子52dの位置を、図6の場合と同じくxy2次元座標上の座標（x0、0）とし、素子間隔をLe、反射点54の位置を座標（x0、z）とすると、送信素子52eの位置は座標（x0 + Le、0）、焦点58の位置は座標（x0 + Le、df）となる。

10

ここで、平面波モードの場合には、複数の送信素子52d～52fから送信された送信ビームが、平面波として反射点54に到達すると考える。すなわち、焦点58から反射点54に至る経路を、z軸上に投影した経路と考える。したがって、図7に示すようなリニアプローブの場合は、送信経路の長さLtbは、反射点54の深さzと等しくなる。

また、反射点54から受信素子52dに至る超音波エコーの受信経路60の長さ（受信経路距離）Lrbは、 $Lrb = z$ によって算出することができる。

したがって、平面波モードにおける、非注目素子データの場合の超音波の伝搬距離Lubは、 $Lub = Ltb + Lrb = 2z$ となる。

【0063】

20

これに対して、焦点近傍のサンプリング点に対して、収束波モードで、送信素子52eから焦点58を経て反射点54に至る送信ビームの送信経路61の長さ（送信経路距離）Ltbを求めると、 $Ltb = df + \sqrt{\{(z - df)^2 + Le^2\}}$ となるが、サンプリング点が焦点近傍の場合は、 $z \approx df$ であるので、 $Ltb = df + \sqrt{Le^2} = df + Le$ となる。すなわち、平面波モードで求めた送信経路61の長さよりも長くなる。

【0064】

前述のとおり、収束波モードでは、超音波ビームを収束波とみなして焦点を点として送信経路の長さを算出しているが、実際の超音波ビームの焦点は、点とみなせるほど収束しておらず、有限の幅を持っている。そのため、焦点近傍のサンプリング点に対して、収束波モードで送信経路の長さを求めると、実際の送信経路の長さよりも長くなってしまい、算出した送信経路の長さから遅延時間を算出すると実際の遅延時間との差異が大きくなり、素子データの重ね合わせの精度も低下してしまう。

30

従って、焦点近傍のサンプリング点に対しては、平面波モードで送信経路の長さを求めて遅延時間を算出することにより、未処理素子データの重ね合わせの精度を低下させることを防止することができる。

【0065】

なお、収束波モードにおいて、遅延時間の計算方法は、或る素子を中心素子とする超音波の送受信において、サンプリング点の直下に位置する素子52における遅延時間を代表値として、この代表値を、この送受信における全素子の遅延時間として用いている。

しかしながら、本発明は、これに限定はされず、例えば、素子52cや素子52bなど、x方向の位置がサンプリング点、すなわち、直下の素子52dとは異なる素子の受信経路距離Lrbは、直下の素子52dからの素子数nに応じて、 $Lrb = \sqrt{\{(n \times Le)^2 + z^2\}}$ で算出してもよい。

40

【0066】

また、図6(a)、図6(b)及び図7の幾何学モデルはリニアプローブの場合であるが、これに限らず他のプローブにおいても、プローブの形状から収束波モード及び平面波モードでそれぞれ、同様の幾何学計算を行うことができる。例えば、コンベックスプローブの場合、プローブの半径と素子間隔の角度から幾何学モデルを設定して同じように計算することができる。

また、ステア送信の場合には、送信角度などの情報を考慮した幾何学モデル（図示せず

50

）を用い、送信素子とサンプリング点との位置関係から注目素子データ及びその周辺の非注目素子データの遅延時間を算出することができる。

【 0 0 6 7 】

次に、収束波モードにおいて、算出した遅延時間について、図 6 (c) および図 6 (d) を用いて説明する。

図 6 (c) に、中央に、送信ライン上に反射点がある場合の素子データである真の素子データ 6 6、両側に、この反射点の影響でゴーストが発生しているゴーストの素子データ 6 8 を示し、図 6 (d) に、この幾何学的な計算から得られた、中央の真の素子データ 6 6 を注目素子データとしたときの、非注目素子データであるゴーストの素子データ 6 8 の遅延時間の一例を示す。真の素子データ 6 6 を注目素子データとした場合に、ゴーストの素子データ 6 8 は、対称的に時間が遅れることが示されている。

10

なお、こうして、素子データ処理部 2 2 の遅延時間算出部 4 8 において算出された遅延時間を整相加算部 3 8 における遅延補正に用いることもできる。

【 0 0 6 8 】

また、図 7 に示すリニアプローブの平面波モードにおいては、非注目素子データの場合の超音波の伝搬距離は、注目素子データの場合の超音波の伝搬距離と同じであるので、遅延時間は 0 となる。

【 0 0 6 9 】

次に、本発明の素子データ処理部 2 2 の重ね合わせ処理部 5 0 においては、算出点位置判断部 9 4 において送信焦点との距離が所定の範囲以外と判断されたサンプリング点について、こうして遅延時間算出部 4 8 において算出された遅延時間を用いて、注目する送信ラインの注目素子データ及びその周辺の送信ラインの素子データである非注目素子データの重ね合わせ処理を行う。

20

なお、収束波モードと平面波モードとでは、遅延時間の算出方法が異なるのみで、重ね合わせ処理は同じであるので、以下の説明では、収束波モードで算出した遅延時間を用いた重ね合わせ処理について説明する。

重ね合わせ処理部 5 0 における重ね合わせ処理では、重ね合わせる時の重ね合わせ素子データ数と重ね合わせ処理方法の情報が必要になるが、これらは、予め、操作部 3 2 によって入力しておいても良いし、格納部 3 4 に格納しておいても良い。

【 0 0 7 0 】

30

図 8 (a) ~ (h) に、重ね合わせ処理部 5 0 で行われる、素子データ数が 5 つ、重ね合わせ素子データ数が 3 つの場合の重ね合わせ処理の一具体例を示す。

図 8 (a) は、隣接する 5 つの素子をそれぞれ中心素子とする送信ラインで、超音波の送受信を行って得られた 5 つの素子データを横に並べて表示しており、素子データ毎に、超音波ビームを送信し、反射信号を受信した様子を表している。各素子データの横軸は、受信素子を表しており、それぞれの素子データにおいて超音波ビームの送信時における中心の素子を中心にして表示している。縦軸は、受信時間を表す。

5 つの素子データのうち、真中の素子データでは、素子データの中心の素子（受信素子の中心の素子）、即ち、送信時における中心素子（送信素子）の真下に反射点が存在しており、反射点からの反射信号（超音波エコー）が受信されている。つまり、この反射信号は真の信号であり、真中の素子データは、真の素子データを表す。

40

【 0 0 7 1 】

真中の素子データ以外の両側 2 つの素子データについては、送信時における中心の素子の真下には反射点は存在していないが、送信した超音波ビームの広がりによって、真中の素子データの送信素子の真下に存在する反射点に超音波ビームが当たることで生じた反射信号、即ちゴーストが写り込んでいる。ゴーストは、真の信号から離れるほど反射点までの超音波の伝播時間が長くなるため、真の素子データよりも受信時間が遅くなる。また、反射点からの反射信号が初めに受信される受信素子の位置は、反射点の真上の素子であるが、素子データの横軸は超音波ビームの送信時における中心素子を中心としているため、素子データ毎にこの中心素子を 1 素子ずつずらして、すなわち、送信ラインを 1 ラインず

50

つずらして送信していることから、各素子データにおいて素子の絶対位置は1素子ずつずれている。つまり、真中の素子データでは、反射点からの反射信号がはじめに受信される受信素子は真中の素子であるが、両隣の素子データにおいては、真中の素子データよりも1素子ずれており、右側の素子データでは左に1素子ずれ、左側の素子データでは右に1素子ずれている。更に、両端の素子データでは、真中の素子データよりも2素子ずれており、右端の素子データでは左に2素子ずれ、左端の素子データでは右に2素子ずれている。このように、ゴーストの信号は、真の信号に対して、受信時間が遅れるだけでなく、受信素子の方向に対してもずれを生じている。

【0072】

図8(b)に、図8(a)に示す5素子分の素子データの真中の素子データを注目素子データとした場合、すなわち、真中の素子に対応する送信ライン上の所定のサンプリング点に対する受信時間の遅延時間の一例を示す。

10

重ね合わせ処理部50では、図8(b)に示す遅延時間を用いて、真中の素子データを注目素子データとした場合に、注目素子データを中心に、重ね合わせ素子データ数分、図示例では3つの素子データに対して遅延時間補正を行うと共に、注目素子データの送信ラインに対応する中心素子(注目素子)と、各中心素子とのずれ量分、図示例では両側に1素子分だけ横方向にシフトさせて、即ち位相を合わせて3つの送信ライン分の未処理素子データを重ね合わせ、注目送信ラインの所定のサンプリング点に対応する1つの重ね合わせ処理済素子データとして求める。このような重ね合わせ処理を所定のサンプリング点で行うことにより、サンプリング点で焦点が絞りこまれたような素子データを得ることができる。

20

【0073】

こうして得られた、同一ライン上に反射点があるサンプリング点での重ね合わせ処理済素子データを図8(c)に示す。

図8(a)に示す注目素子の素子データは、真の信号の素子データであることから、注目素子の両側の隣接素子の未処理素子データに遅延時間補正及び横方向のシフトを行って位相合わせを行うと、図8(c)に示すように、隣接素子の未処理素子データと、注目素子の未処理素子データとは、位相が合うので高輝度位置で重なり合う。したがって、これらの素子データを、例えば加算すると素子データ値は大きな値(高輝度値)を示し、例えば、平均して平均値を求めても強調された値(高輝度値)を示す。

30

【0074】

これに対し、図8(d)は、図8(a)と同じ素子データ群であるが、真中の素子データの左隣の素子データ、つまりゴーストの素子データを注目素子データとした場合、すなわち、真中の左隣の送信ライン上のサンプリング点について処理を行う場合の一例を示す。

図8(e)は、真中の左隣を注目素子とした場合の受信時間の遅延時間の一例を示すものである。図8(a)と図8(d)は、同じ素子データ群であるので、図8(e)に示す遅延時間は、注目素子が異なるのみで、図8(b)と同様である。

重ね合わせ処理部50では、図8(e)に示す遅延時間を用いて、注目素子を中心に、重ね合わせ素子データ分、図示例では3つの素子データに対して遅延時間補正を行うと共に、注目素子と各中心素子とのずれ量分、図示例では両側に1素子分だけ横方向にシフトさせて、3つの送信ライン分の未処理素子データを重ね合わせ、注目送信ラインの所定のサンプリング点に対応する1つの重ね合わせ処理済素子データとして求める。このような重ね合わせ処理を所定のサンプリング点で行うことにより、このサンプリング点で焦点が絞りこまれたような素子データを得ることができる。

40

【0075】

こうして得られた、隣接するライン上に反射点があるサンプリング点の重ね合わせ処理済素子データを図8(f)に示す。

図8(d)に示す注目素子の素子データは、ゴーストの素子データであることから、注目素子の両側の隣接素子の未処理素子データに遅延時間補正及び横方向のシフトを行って

50

位相合わせを行っても、図 8 (f) に示すように、隣接素子の各未処理素子データと注目素子の未処理素子データとは、それぞれ位相が合わないで重なり合わない。このため、これらの 3 つの素子データを、例えば加算しても、位相が合っていないために、位相が反転している信号などは信号が打ち消しあうため、加算値は大きくなり、例えば、平均して平均値を求めると小さな値を示すことになる。

【 0 0 7 6 】

他の素子データに関しても、注目素子データとして同様の遅延時間補正及び横方向のシフトを行った結果、図 8 (g) の 5 つの素子データについての隣接する 3 つの送信ラインの素子データの重なり状態を 図 8 (g) に示し、これらに対して、重ね合わせ処理として、例えば、加算処理、若しくは平均処理した結果を 図 8 (h) に示す。

10

図 8 (h) に示すように、図 8 (a) に示す送信素子の中心素子と反射点との座標が一致している時（送信ライン上に反射点がある時）の注目送信ラインでは、真の信号の素子データが高輝度値を持つ重ね合わせ処理済素子データとして求められ、その両側の各 2 素子の全 4 素子では、ゴーストの素子データは互いに位相が合わない素子データを加算し、又は平均するので、互いに打ち消し合うことになるため、ゴーストの重ね合わせ処理済素子データは、その値が真の信号の素子データである高輝度値を持つ重ね合わせ処理済素子データに対して小さくなり、真の信号の素子データに対してゴーストの素子データの影響を低減させることができ、又は、その影響を無視できる程、小さくすることができる。

【 0 0 7 7 】

なお、重ね合わせ処理部 50 における重ね合わせ処理方法としては、単に、加算するだけでなく、平均値や中央値をとってもよいし、係数を掛け合わせた上で加算してもよい。なお、平均値や中央値を取ることは、素子データレベルでの平均化フィルタやメディアンフィルタを掛けることに相当すると考えられるが、平均化フィルタやメディアンフィルタの代わりに、通常の画像処理で行われる逆フィルタなども適用してもよい。或いは、重ね合わせる各素子データ同士を比較し、類似している場合には最大値、類似していない場合には平均値、分布の偏りがある場合には中間値をとるなど、これに限らず、重ね合わせる各素子データの特徴量に基づいて重ね合わせ処理を変えてもよい。

20

【 0 0 7 8 】

また、重ね合わせる素子データ数は、超音波ビームのビーム幅の広がり程度に合わせた方が望ましい。従って、深さによってビーム幅が変わる場合には、重ね合わせ素子データ数も深さによって変更してもよい。また、ビーム幅は送信開口数に依存することから、送信開口数に応じて重ね合わせ素子データ数を変更してもよい。或いは、画像の輝度値などの特徴量に基づいて重ね合わせ素子データ数を変更してもよいし、重ね合わせ素子データ数を複数パターン変えて作成した画像から最適な重ね合わせ素子データ数を選択してもよい。

30

重ね合わせた結果、上述したように、真の信号の素子データでは信号の位相が合うが、ゴーストでは信号の位相が合わないため、加算などの重ね合わせ処理の結果、様々な位相の信号がお互いに打ち消し合い、信号が弱くなる。結果的に、真の信号は、有効な値を持つ、例えば高輝度の素子データとして残り、ゴーストの信号は、減弱した値を持つ、例えば低輝度の素子データとして得ることができる。

40

【 0 0 7 9 】

前述のとおり、高画質な画像を得るために、1 ラインのデータを作るのに複数の送信ビームを、送信位置を変えて発生させる場合、送信回数が増えるためフレームレートが低下し、リアルタイム性が悪くなるという問題があった。

また、複数の受信信号を遅延時間の補正をして合成する場合において、遅延時間の算出を行う際に、焦点を点（点音源）とみなして送信経路を算出すると、実際には、送信される超音波ビームの焦点は、点とみなせるほど収束しておらず、有限の幅の広がりを持っているため、焦点近傍では、実際の超音波ビームの送信経路との誤差が大きくなり、実際の遅延時間と、算出される遅延時間との誤差も大きくなってしまふ。このような遅延時間を用いて受信信号の合成を行うと、データの精度が低下して、画像の S N 比や解像度が低下

50

するという問題があった。

【 0 0 8 0 】

これに対して、本発明は、サンプリング点と焦点と間の距離が所定の範囲内か否かに応じて、超音波ビームを収束波と想定して素子データの重ね合わせを行う第1のモードと、平面波と想定して素子データの重ね合わせを行う第2のモードとを切り替えて、第1の素子データを重ね合わせて第2の素子データを生成する。具体的には、サンプリング点が、焦点からの距離が所定の範囲以外と判断された場合、すなわち、焦点から遠い場合には、超音波ビームを収束波とみなして算出した超音波の伝搬距離から、重ね合わせを行う未処理素子データ（第1の素子データ）同士の受信時間のズレ、すなわち、遅延時間を算出して、この遅延時間及び素子の幾何学的な配置の情報に基づいて、複数の未処理素子データを合成して、このサンプリング点に対応する、新たな処理済素子データ（第2の素子データ）を生成する。一方、サンプリング点の焦点からの距離が所定の範囲以内と判断された場合、すなわち、焦点近傍の場合には、超音波ビームを平面波とみなして算出した超音波の伝搬距離から、遅延時間を算出して、この遅延時間及び素子の幾何学的な配置の情報に基づいて、複数の未処理素子データを合成して、このサンプリング点に対応する、新たな処理済素子データを生成する。

10

【 0 0 8 1 】

これにより、焦点から遠いサンプリング点では、複数の第1の素子データを重ね合わせることにより、焦点から離れた位置であっても、超音波ビームの広がりによって発生するゴーストの影響を低減することができ、各サンプリング点において焦点を形成したのと同様の素子データ（第2の素子データ）を得ることができる。したがって、1送信ラインにつき、1回の送受信を行えばよく、送信回数を増加させることなく、高精度な素子データを得ることができ、フレームレートを低下させることなく、リアルタイム性を維持したまま、画像のS/N比や解像度を向上させることができる。

20

【 0 0 8 2 】

さらに、焦点近傍のサンプリング点では、焦点近傍での超音波ビームを適切にモデル化して重ね合わせのための遅延時間を算出するので、焦点近傍でも重ね合わせの精度を低下させることなく、第2の素子データを生成することができる。

以上により、本発明の超音波検査装置は、画像全体で、S/N比や解像度を向上させることができ、かつ、従来と変わらないフレームレートのまま、高い解像度で、最適な空間分解能を持つシャープな超音波画像を得ることができる。

30

また、質の高い素子データを得ることができるので、この素子データを用いて検査対象領域内の領域ごとの最適な音速を求める場合にも、高精度に最適な音速を求めることができる。

【 0 0 8 3 】

本発明の超音波検査装置の動作、作用及び超音波画像の作成方法について説明する。

図9は、図1に示す超音波検査装置の動作を説明するためのフローチャートである。

まず、操作部32から入力された情報に応じて、焦点設定部96が焦点の位置を設定し、設定した焦点位置の情報を送信部14および算出点位置判断部94に供給する。

また、算出点設定部92は、操作部32から入力された情報に応じて、データ算出点（サンプリング点）を設定し、算出点位置判断部94に供給する。

40

算出点位置判断部94は、供給されたサンプリング点の情報および焦点位置の情報に基づいて、サンプリング点それぞれについて、焦点からの距離が所定の範囲内か否かを判断し、判断結果を素子データ処理部22に供給する。

【 0 0 8 4 】

操作者が、超音波プローブ12を被検体の表面に当接し、測定を開始すると、送信部14から供給される駆動信号に従って振動子アレイ36から超音波ビームが送信され、被検体からの超音波エコーを、振動子アレイ36が受信し、受信信号としてアナログ素子信号を出力する。このとき、送信部14は、焦点設定部96から供給された焦点位置に焦点を形成する超音波ビームを送信するように、振動子アレイ36を駆動する。

50

受信部 16 は、各素子が出力するアナログ素子信号を 1 つのアナログの素子データとして出力し、A/D 変換部 18 に供給する。A/D 変換部 18 は、アナログの素子データをデジタルの素子データに変換して素子データ記憶部 20 に供給して、記憶保持させる。

【0085】

素子データ処理部 22 は、遅延時間算出部 48 (図 3) において、注目する送信ラインの未処理素子データと、周辺の送信ラインの未処理素子データとの遅延時間 (例えば、図 7 (b)、図 7 (e)、どちらも同じものである。) を、各サンプリング点ごとに、送信素子、焦点、反射点、及び受信素子の幾何学的配置、及び予め入力されて設定されている被検体の検査対象領域の音速等から算出する (例えば、図 6 の幾何学モデルを用いて算出する)。

10

【0086】

次に、素子データ処理部 22 は、各サンプリング点に対して順次 (計算座標 $P_{st} \sim P_{end}$)、算出点位置判断部 94 の判断結果に応じた処理を行う。サンプリング点と焦点との距離が所定の範囲以外の場合には、収束波モードで遅延時間を算出して、サンプリング点に対応する送信ラインの未処理素子データを含む、複数の未処理素子データを素子データ記憶部 20 から読み出し、処理を行う素子データを注目素子データとし、重ね合わせ処理部 50 (図 3) において、遅延時間算出部 48 で算出された遅延時間を用いて、注目素子データとその周辺の送信ラインの未処理素子データ (非注目素子データ) とを位相合わせて重ね合わせて処理済素子データを求める。また、サンプリング点と焦点との距離が所定の範囲以内の場合には、平面波モードで遅延時間を算出して、サンプリング点に対応する送信ラインの未処理素子データを含む、複数の未処理素子データを素子データ記憶部 20 から読み出し、処理を行う素子データを注目素子データとし、重ね合わせ処理部 50 (図 3) において、遅延時間算出部 48 で算出された遅延時間を用いて、注目素子データとその周辺の送信ラインの未処理素子データ (非注目素子データ) とを位相合わせて重ね合わせて処理済素子データを求める。

20

これにより、真の信号は強調され、ゴーストの信号は減弱した処理済素子データが求まる。

こうして求めた素子データを画像生成部 24 の整相加算部 38 に供給する。

【0087】

画像生成部 24 の整相加算部 38 は、処理済素子データに受信フォーカス処理を施して受信データ (音線信号) を生成し、検波処理部 40 に供給する。検波処理部 40 は、音線信号を処理して B モード画像信号を生成する。B モード画像信号を、DSC 42 がラスタ変換し、画像作成部 44 が画像処理を施し、超音波画像が生成される。生成された超音波画像は、画像メモリ 46 に格納されると共に、表示制御部 26 により超音波画像が表示部 28 に表示される。

30

【0088】

このように本発明の超音波検査装置 10 は、サンプリング点と焦点と間の距離が所定の範囲内か否かに応じて、超音波ビームを収束波と想定して素子データの重ね合わせを行う第 1 のモードと、平面波と想定して素子データの重ね合わせを行う第 2 のモードとを切り替えて、第 1 の素子データを重ね合わせて第 2 の素子データを生成する。

40

これにより、焦点から遠いサンプリング点では、複数の第 1 の素子データを重ね合わせることにより、焦点から離れた位置であっても、超音波ビームの広がりによって発生するゴーストの影響を低減することができ、各サンプリング点において焦点を形成したのと同様の素子データ (第 2 の素子データ) を得ることができる。したがって、1 送信ラインにつき、1 回の送受信を行えばよく、送信回数を増加させることなく、高精度な素子データを得ることができ、フレームレートを低下させることなく、リアルタイム性を維持したまま、画像の SN 比や解像度を向上させることができる。

【0089】

さらに、焦点近傍のサンプリング点では、焦点近傍での超音波ビームを適切にモデル化して重ね合わせのための遅延時間を算出するので、焦点近傍でも重ね合わせの精度を低下

50

させることなく、第2の素子データを生成することができる。

以上により、本発明の超音波検査装置は、画像全体で、S/N比や解像度を向上させることができ、かつ、従来と変わらないフレームレートのまま、高い解像度で、最適な空間分解能を持つシャープな超音波画像を得ることができる。

また、質の高い素子データを取得することができるので、この素子データを用いて検査対象領域内の領域ごとの最適な音速を求める場合にも、高精度に最適な音速を求めることができる。

【0090】

なお、上記実施例においては、注目素子データと重ね合わせる素子データは、注目素子データの送信ラインと隣接する送信ラインの素子データとしたが、本発明はこれに限定はされず、注目素子データの送信ラインとは異なる送信ラインであればよい。なお、素子データを重ね合わせる際には、各素子データを取得する時に送信した送信ビームの領域が、注目素子データを取得する時に送信した送信ビームの領域と重複していることが好ましい。したがって、注目素子データと重ね合わせる素子データは、隣接する送信ライン、あるいは、近傍の送信ラインの素子データであることが好ましい。

また、注目素子データと重ね合わせる素子データは、注目素子データの送信ラインを中心に対称な送信ライン、すなわち、注目素子を中心に対称な素子をそれぞれ中心素子として超音波の送受信を行って取得した素子データであることが好ましい。

【0091】

また、上記実施例においては、サンプリング点が、焦点から遠い場合には収束波モードで遅延時間を算出し、焦点に近い場合には平面波モードで遅延時間を算出する構成としたが、本発明はこれに限定はされず、サンプリング点が、焦点から遠い場合には収束波モードで遅延時間を算出し、焦点に近い場合には平面波モードで遅延時間を算出し、中間の場合には、収束波モードと平面波モードとを合成して遅延時間を算出するようにしてもよい。すなわち、サンプリング点と焦点との距離が、所定の第1の閾値以上の場合には、収束波モードで遅延時間を算出し、第1の閾値よりも小さい第2の閾値以下の場合には、平面波モードで遅延時間を算出し、第1の閾値と第2の閾値との間の場合には、収束波モードで算出した遅延時間と、平面波モードで算出した遅延時間とを、焦点との距離に応じた重み付けをして平均して遅延時間を算出してもよい。

【0092】

具体的には、例えば、遅延時間算出部48において、遅延時間を算出する際の、送信経路の長さ L_{tb} を求める式を、 $L_{tb} = d_f + \sqrt{\{ (z - d_f)^2 + \alpha (L_e)^2 \}}$ とし、焦点からの距離に応じて α を変化させて、焦点位置では $\alpha = 0$ 、一定距離以上離れた位置では $\alpha = 1$ とすればよい。これにより、焦点の位置では平面波モードで送信経路の長さ（遅延時間）が算出され、焦点から一定距離以上離れた位置では収束波モードで送信経路の長さが算出され、中間の位置では、平面波モードと収束波モードとが加重平均された送信経路の長さが算出される。

これにより、収束波モードと平面波モードとの切替位置で、不連続点が生じることを防止でき、より滑らかな画像を得ることができる。

【0093】

また、上記実施例においては、サンプリング点と焦点との距離に応じて、素子データ処理部22（遅延時間算出部48）での処理を、収束波モードと平面波モードとで切り替える構成としたが、本発明はこれに限定はされず、全てのサンプリング点において、収束波モードで処理した処理済素子データを用いて第1の画像を生成し、また、全てのサンプリング点において、平面波モードで処理した処理済素子データを用いて第2の画像を生成し、焦点との距離に応じて、焦点から遠い位置では第1の画像、焦点近傍では第2の画像として合成して、新たな画像を生成するようにしてもよい。

【0094】

また、上記実施例においては、超音波素子の配列方向とは直交する方向に、超音波ビームを送信する構成としたが、これに限定はされず、超音波素子の配列方向に対して、傾斜

10

20

30

40

50

している方向（ステア）に超音波ビームを送信する構成としてもよい。また、上記実施例においては、一組の送信素子（送信開口）と1回の超音波ビームの送信とが1対1で対応する構成としたが、これに限定はされず、同じ一組の送信素子を用いて、異なる方向に複数の超音波ビームを送信する構成としてもよい。

また、上記実施例においては、送信素子の中心と受信素子の中心とは同じ素子としたが異なってもよい。また、図示例においては、送信開口数と受信開口数とは異なる構成としたが、同じ開口数であってもよく、送信素子と同じ素子を受信素子としてもよい。

【0095】

また、本実施形態の超音波検査装置は、図示を省略した制御部に付属したメモリに格納された超音波画像データ生成プログラムによって制御される。すなわち、制御部によってメモリから超音波画像データ生成プログラムが読み出され、該超音波画像データ生成プログラムに従って、焦点およびサンプリング点を設定して、設定された焦点に応じて、被検者に向けて超音波ビームを送信するとともに、被検者から反射された超音波エコーを受信し、各サンプリング点において、焦点との距離に応じたモードを選択して、受信して得られた第1の素子データを合成して、第2の素子データを生成する機能が実行される。

【0096】

なお、超音波画像データ生成プログラムは、このように制御部に付属のメモリに格納されるものに限定されず、該超音波画像データ生成プログラムを、例えば、CD-ROMなど、本超音波画像処理装置に着脱可能に構成されるメモリ媒体（リムーバブル媒体）に記録しておき、リムーバブル媒体に対応するインターフェイスを介して本装置に読み込むように構成してもよい。

【0097】

以上、本発明の超音波検査装置、超音波画像データ生成方法およびプログラムについて詳細に説明したが、本発明は、以上の例には限定されず、本発明の要旨を逸脱しない範囲において、各種の改良や変形を行ってもよいのはもちろんである。

【符号の説明】

【0098】

- 10 超音波検査装置
- 12 超音波プローブ
- 14 送信部
- 16 受信部
- 18 A/D変換部
- 20 素子データ記憶部
- 22 素子データ処理部
- 24 画像生成部
- 26 表示制御部
- 28 表示部
- 30 制御部
- 32 操作部
- 34 格納部
- 36 振動子アレイ
- 38 整相加算部
- 40 検波処理部
- 42 DSC
- 44 画像作成部
- 46 画像メモリ
- 48 遅延時間算出部
- 49 モード切替部
- 50 重ね合わせ処理部
- 52 素子

10

20

30

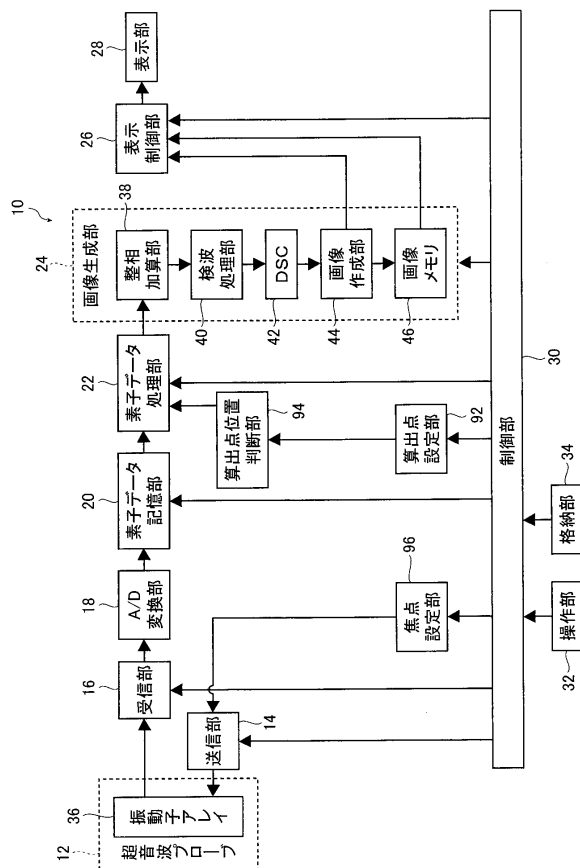
40

50

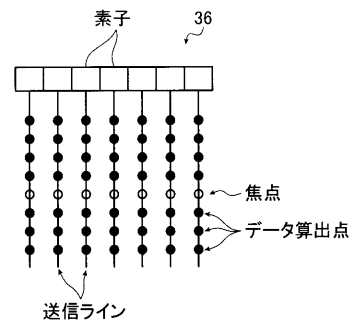
- 5 4 反射点
- 5 6 送信ビーム
- 5 8 焦点
- 6 0 受信経路
- 6 2 素子データ
- 6 4 送信ビーム
- 6 6 真の素子データ
- 6 8 ゴーストの素子データ
- 9 2 算出点設定部
- 9 4 算出点位置判断部
- 9 6 焦点設定部

10

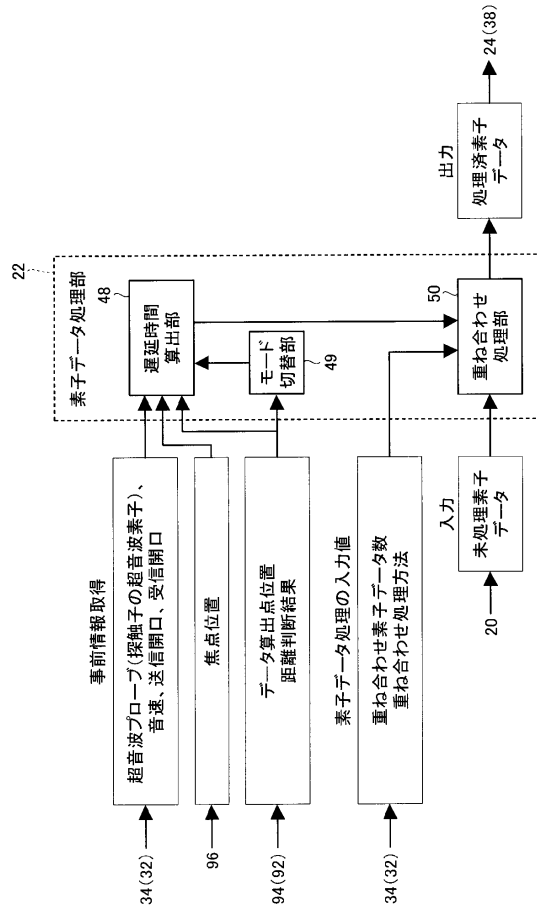
【図 1】



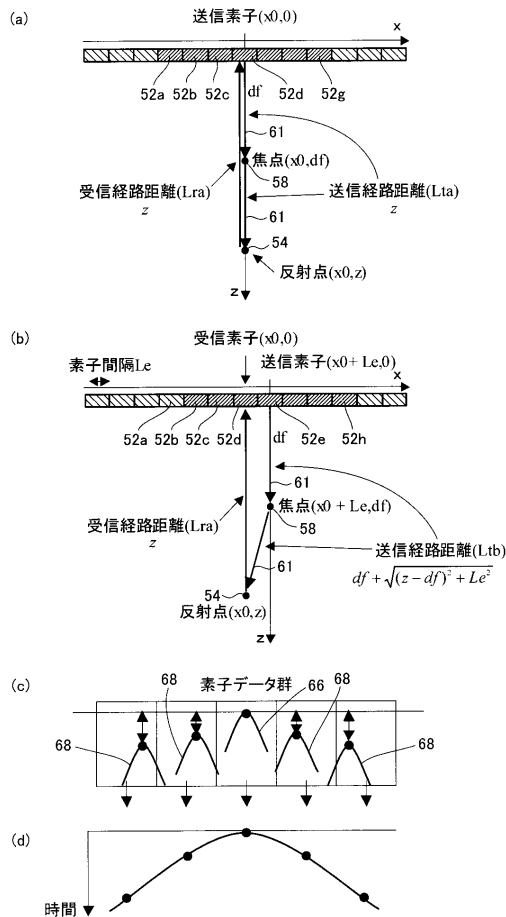
【図 2】



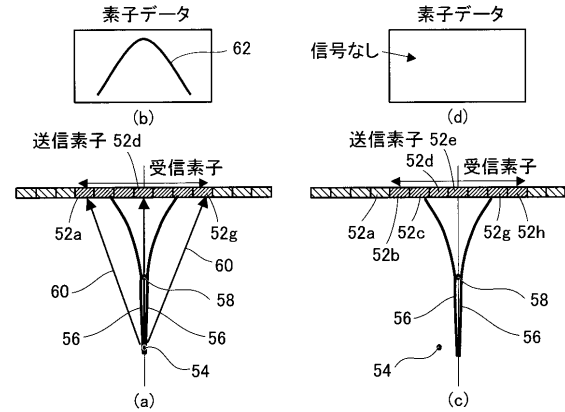
【 図 3 】



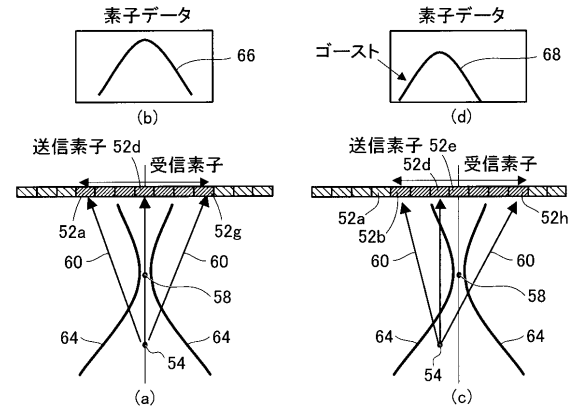
【 図 6 】



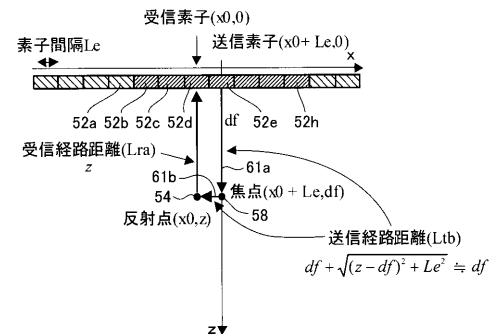
【 図 4 】



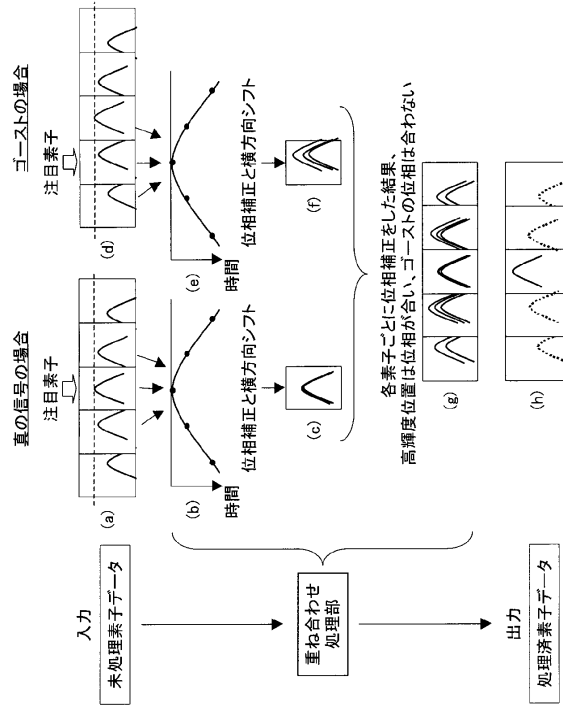
【 図 5 】



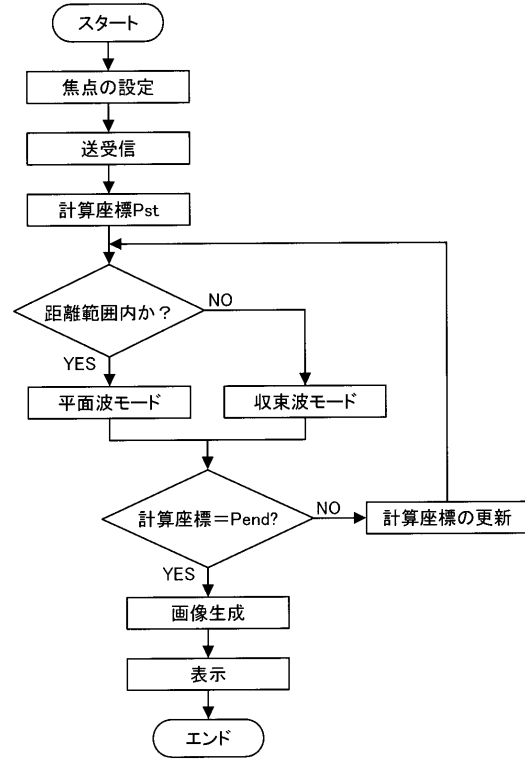
【圖 7】



【図 8】



【図 9】



フロントページの続き

審査官 宮川 哲伸

(56)参考文献 特開平 09 - 206301 (JP, A)
特開 2002 - 238896 (JP, A)
特開平 11 - 113898 (JP, A)
特開 2009 - 240700 (JP, A)
米国特許出願公開第 2005 / 0148872 (US, A1)

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

专利名称(译)	超声波检查装置，超声波图像数据生成方法以及程序		
公开(公告)号	JP5905808B2	公开(公告)日	2016-04-20
申请号	JP2012214409	申请日	2012-09-27
[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	山本拓明		
发明人	山本 拓明		
IPC分类号	A61B8/00		
CPC分类号	A61B8/4444 A61B8/5207 G01S7/52047 G01S15/8915 G10K11/346 A61B8/4488 A61B8/14		
FI分类号	A61B8/00.ZDM A61B8/00		
F-TERM分类号	4C601/EE01 4C601/HH04 4C601/HH38 4C601/JB05 4C601/JB45		
代理人(译)	伊藤英明		
其他公开文献	JP2014068656A		
外部链接	Espacenet		

摘要(译)

要解决的问题：提供一种图像信号处理装置，其能够增加SN比并提高整个图像的分辨率，包括靠近焦点的区域，并且能够在保持帧速率不变的情况下提高分辨率，同时具有高分辨率和清晰度。提供一种能够获得超声波图像的超声波检查设备。 解决方案：判断数据计算点与传输焦点之间的距离是否在预定范围内。当判断到传输焦点的距离在预定范围之外时，假设超声波束是会聚波然后，当叠加多个第一元素数据并且确定到发送焦点的距离在预定范围内时，假设超声波束是平面波和多个第一元素。通过叠加数据并产生对应于数据计算点的第二元素数据，解决了上述问题。 点域1

(21) 出願番号	特願2012-214409 (P2012-214409)	(73) 特許権者	306037311
(22) 出願日	平成24年9月27日 (2012. 9. 27)		富士フイルム株式会社
(65) 公開番号	特開2014-68656 (P2014-68656A)		東京都港区西麻布2丁目2番30号
(43) 公開日	平成26年4月21日 (2014. 4. 21)	(74) 代理人	100080159
審査請求日	平成26年10月16日 (2014. 10. 16)		弁理士 渡辺 望悠
		(74) 代理人	100090217
			弁理士 三和 晴子
		(74) 代理人	100152984
			弁理士 伊東 秀明
		(74) 代理人	100148080
			弁理士 三橋 史生
		(72) 発明者	山本 拓明
			神奈川県足柄上郡開成町官台798番地
			富士フイルム株式会社内

最終頁に続く