

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2014-68807
(P2014-68807A)

(43) 公開日 平成26年4月21日(2014.4.21)

(51) Int.Cl.
A61B 8/00 (2006.01)

F1
A61B 8/00

テーマコード(参考)
4C601

審査請求 未請求 請求項の数 18 O L (全 30 頁)

(21) 出願番号 特願2012-217091 (P2012-217091)
(22) 出願日 平成24年9月28日 (2012.9.28)

(71) 出願人 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
Fターム(参考) 4C601 BB02 BB06 EE01 EE08 HH24
JB10 JB38 JB51

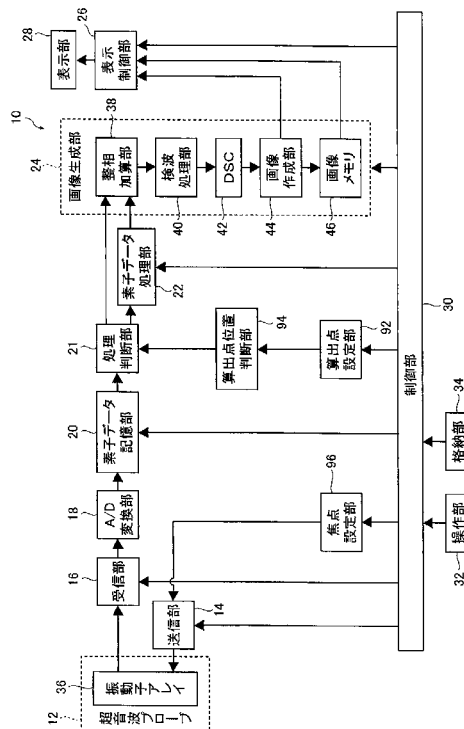
(54) 【発明の名称】 超音波検査装置、超音波画像データ生成方法およびプログラム

(57) 【要約】

【課題】焦点に近い領域も含めて、画像全体で、SN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を提供する。

【解決手段】データ算出点と送信焦点との距離が所定の範囲か否かを判断し、送信焦点までの距離が所定の範囲以外と判断された場合には、複数の第1の素子データから、データ算出点に対応する第2の素子データを生成し、送信焦点までの距離が所定の範囲以内と判断された場合には、複数の第1の素子データのいずれか1つをデータ算出点に対応する素子データとすることにより、上記課題を解決する。

【選択図】 図1



【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、

複数の前記超音波ビームの送信で得られた前記第 1 の素子データから、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、

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範囲か否かを判断する算出点位置判断部と、

前記算出点位置判断部の判断結果に応じて、前記素子データ処理部による処理を行うか否かを判断する処理判断部と、を備え、

前記処理判断部は、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範囲以外と判断された場合には、前記素子データ処理部に処理を行わせ、前記送信焦点までの距離が所定の範囲以内と判断された場合には、複数の前記第 1 の素子データのいずれか 1 つを前記データ算出点に対応する素子データとすることを特徴とする超音波検査装置。

【請求項 2】

前記算出点位置判断部は、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閾値以下か否かを判断する請求項 1 に記載の超音波検査装置。

【請求項 3】

前記算出点設定部は、前記超音波ビームの送信ライン上に設定され、

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 または 2 に記載の超音波検査装置。

【請求項 4】

前記焦点設定部により設定された各送信焦点の深さが、所定の範囲にあるか否かを判断し、所定の範囲にある送信焦点の深さを異なる深さに再設定する焦点再設定部を有する請求項 1 ~ 3 のいずれかに記載の超音波検査装置。

【請求項 5】

前記焦点再設定部は、前記焦点設定部により設定された送信焦点の深さが所定の深さよりも浅い場合に、該送信焦点の位置を前記焦点設定部により設定された位置よりも深い位置に再設定する請求項 4 に記載の超音波検査装置。

【請求項 6】

前記焦点再設定部は、前記焦点設定部により設定された送信焦点の深さが所定の深さよりも深い場合に、該送信焦点の位置を前記焦点設定部により設定された位置よりも浅い位置に再設定する請求項 4 または 5 に記載の超音波検査装置。

【請求項 7】

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 ~ 6 のいずれかに記載の超音波検査装置。

【請求項 8】

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 ~ 7 のいずれかに記載の超音波検査装置

10

20

30

40

50

。

【請求項 9】

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 ~ 8 のいずれかに記載の超音波診断装置。

【請求項 10】

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 ~ 9 のいずれかに記載の超音波診断装置。

【請求項 11】

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 の素子データを合成して、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検査装置。

【請求項 12】

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 の素子データを合成して、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、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 13 に記載の超音波検査装置。

【請求項 15】

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 ~ 14 のいずれかに記載の超音波検査装置。

【請求項 16】

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 ~ 15 のいずれかに記載の超音波検査装置。

【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

10

20

30

40

50

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、
複数の前記超音波ビームの送信で得られた前記第 1 の素子データから、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、

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、

前記算出点位置判断ステップの判断結果に応じて、前記素子データ処理ステップによる処理を行うか否かを判断する処理判断ステップと、を備え、

前記処理判断ステップは、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範囲以外と判断された場合には、前記素子データ処理ステップによる処理を行わせ、前記送信焦点までの距離が所定の範囲以内と判断された場合には、複数の前記第 1 の素子データのいずれか 1 つを前記データ算出点に対応する素子データとすることを特徴とする超音波画像データ生成方法。

【請求項 18】

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 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、

複数の前記超音波ビームの送信で得られた前記第 1 の素子データから、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、

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、

前記算出点位置判断ステップの判断結果に応じて、前記素子データ処理ステップによる処理を行うか否かを判断する処理判断ステップと、を備え、

前記処理判断ステップは、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範囲以外と判断された場合には、前記素子データ処理ステップによる処理を行わせ、前記送信焦点までの距離が所定の範囲以内と判断された場合には、複数の前記第 1 の素子データのいずれか 1 つを前記データ算出点に対応する素子データとする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、

10

20

30

40

50

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像を生成している。

10

【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。

20

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。

30

【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、SN比や解像度が低下するという問題があった。

40

【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、SN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

50

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】

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、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、複数の超音波ビームの送信で得られた第1の素子データから、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、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所定の範囲か否かを判断する算出点位置判断部と、算出点位置判断部の判断結果に応じて、素子データ処理部による処理を行うか否かを判断する処理判断部と、を備え、処理判断部は、データ算出点から送信焦点までの距離が所定の範囲以外と判断された場合には、素子データ処理部に処理を行わせ、送信焦点までの距離が所定の範囲以内と判断された場合には、複数の第1の素子データのいずれか1つをデータ算出点に対応する素子データとすることを特徴とする超音波検査装置を提供する。

10

20

【0009】

ここで、算出点位置判断部は、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か否かを判断することが好ましい。

また、算出点設定部は、超音波ビームの送信ライン上に設定され、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。

【0010】

また、焦点設定部により設定された各送信焦点の深さが、所定の範囲にあるか否かを判断し、所定の範囲にある送信焦点の深さを異なる深さに再設定する焦点再設定部を有することが好ましい。

30

【0011】

ここで、焦点再設定部は、焦点設定部により設定された送信焦点の深さが所定の深さよりも浅い場合に、該送信焦点の位置を焦点設定部により設定された位置よりも深い位置に再設定することが好ましい。

また、焦点再設定部は、焦点設定部により設定された送信焦点の深さが所定の深さよりも深い場合に、該送信焦点の位置を焦点設定部により設定された位置よりも浅い位置に再設定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。

40

【0012】

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、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

50

として超音波ビームを送信して得られた複数の第1の素子データを合成して、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、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数個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の素子データを合成して、第2の素子データを生成することが好ましい。

【0013】

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することが好ましい。

10

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。

さらに、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。

20

【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、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、複数の超音波ビームの送信で得られた第1の素子データから、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、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、算出点位置判断ステップの判断結果に応じて、素子データ処理ステップによる処理を行うか否かを判断する処理判断ステップと、を備え、処理判断ステップは、データ算出点から送信焦点までの距離が所定の範囲以外と判断された場合には、素子データ処理ステップによる処理を行わせ、送信焦点までの距離が所定の範囲以内と判断された場合には、複数の第1の素子データのいずれか1つをデータ算出点に対応する素子データとする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。

30

40

【0015】

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、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

50

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、複数の超音波ビームの送信で得られた第 1 の素子データから、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、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、算出点位置判断ステップの判断結果に応じて、素子データ処理ステップによる処理を行うか否かを判断する処理判断ステップと、を備え、処理判断ステップは、データ算出点から送信焦点までの距離が所定の範囲以外と判断された場合には、素子データ処理ステップによる処理を行わせ、送信焦点までの距離が所定の範囲以内と判断された場合には、複数の第 1 の素子データのいずれか 1 つをデータ算出点に対応する素子データとする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。

10

【発明の効果】

【0016】

本発明によれば、焦点の位置に応じて、複数の素子データを合成して第 2 の素子データを生成する処理を行うので、焦点の近傍などの、素子データを合成する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、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。

20

【図面の簡単な説明】

【0017】

【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。

【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。

30

【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】(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。

【図 8】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。

40

【図 9】本発明に係る超音波検査装置の他の構成の一例を概念的に示すブロック図である。

【図 10】(A) ~ (C) は、焦点位置の再設定を説明するための概念図である。

【図 11】図 9 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】

【0018】

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。

【0019】

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。

50

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、処理判断部 21 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。

【0020】

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、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。

【0021】

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。

【0022】

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。

【0023】

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。

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。

【0024】

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。

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。

【0025】

送信部 14 は、例えば、複数のパルサを含んでおり、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

10

20

30

40

50

に供給する。

具体的には、送信部 1 4 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。

【0026】

受信部 1 6 は、制御部 3 0 からの制御信号に応じて、振動子アレイ 3 6 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 3 6 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。

10

具体的には、受信部 1 6 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。

【0027】

ここで、受信部 1 6 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 1 6 は、送信部 1 4 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 1 4 が、設定された送信ラインに応じて、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。

20

受信部 1 6 は、アナログの素子データを A / D 変換部 1 8 に供給する。

【0028】

A / D 変換部 1 8 は、受信部 1 6 に接続され、受信部 1 6 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 1 8 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 2 0 に供給する。

【0029】

素子データ記憶部 2 0 は、A / D 変換部 1 8 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 2 0 は、制御部 3 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。

30

ここで、素子データ記憶部 2 0 は、制御部 3 0 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。

【0030】

算出点設定部 9 2 は、操作部 3 2 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 2 2 で素子データの処理を行う際の、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 9 2 は、操作部 3 2 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 9 6 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 3 6 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。

40

【0031】

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 3 6 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

50

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 9 4 に供給される。

【0032】

算出点位置判断部 9 4 は、算出点設定部 9 2 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 9 4 は、算出点設定部 9 2 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。

【0033】

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 3 2 から閾値を変更可能にしてもよい。

【0034】

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。

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。

また、サンプリング点および焦点は、一旦、設定されると、操作部 3 2 からの変更指示等がない限り変更されないので、算出点位置判断部 9 4 は、サンプリング点ごとの判断結果を保持しておき、撮像条件の変更等により、サンプリング点または焦点の設定が変更された場合に、再度、各サンプリング点の焦点との距離が所定の範囲以内か否かを判断すればよい。

算出点位置判断部 9 4 は、判断結果を処理判断部 2 1 に供給する。

【0035】

処理判断部 2 1 は、算出点位置判断部 9 4 の判断結果に応じて、素子データ処理部 2 2 による処理を行うか否かを判断する部位である。

処理判断部 2 1 は、算出点位置判断部 9 4 において、焦点との距離が所定の閾値より大きいと判断されたサンプリング点に対しては、素子データ処理部 2 2 による処理を行わせ、焦点との距離が所定の閾値以内と判断されたサンプリング点に対しては、素子データ処理部 2 2 による処理を行わず、サンプリング点が存在する送信ラインに対応する素子データを、このサンプリング点に対応する素子データとして、画像生成部 2 4（整相加算部 3 8）に供給する。

【0036】

素子データ処理部 2 2 は、制御部 3 0 による制御に基づいて、処理判断部 2 1 で処理を行うと判断されたサンプリング点、すなわち、算出点位置判断部 9 4 において、焦点との距離が所定の閾値より大きいと判断されたサンプリング点それぞれについて、この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 2 0 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

10

20

30

40

50

22は、焦点との距離が所定の閾値よりも大きいサンプリング点に対して、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。

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

【0037】

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SN比や解像度が低下するという問題があった。

【0038】

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、第1の素子データから第2の素子データを生成するか否かを判断し、所定の範囲以外の場合には、複数の第1の素子データから第2の素子データを生成する。具体的には、焦点からの距離が所定の範囲以外と判断された場合には、複数の未処理素子データを、素子の幾何学的な配置および受信時間の情報に基づいて合成して、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、焦点からの距離が所定の範囲以内と判断された場合には、処理を行わない。

これにより、焦点から遠い位置では、素子データを合成して、データの精度を向上させると共に、焦点の近傍などの、素子データを合成する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、SN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。

素子データ処理部22の詳細については、後述する。

【0039】

画像生成部24は、制御部30による制御下で、処理判断部21または素子データ処理部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、DSC42、画像作成部44、および、画像メモリ46を有する。

【0040】

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。

【0041】

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。

【0042】

画像作成部44は、DSC42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

10

20

30

40

50

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。

【0043】

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。

【0044】

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。

【0045】

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36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。

【0046】

格納部34は、操作部32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12(振動子アレイ36)、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及び表示制御部26等の制御部30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。

なお、素子データ処理部22、整相加算部38、検波処理部40、DSC42、画像作成部44、焦点設定部96、焦点再設定部98及び表示制御部26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。

【0047】

ここで、素子データ処理部22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22は、遅延時間算出部48と、重ね合わせ処理部50とを有する。

遅延時間算出部48は、操作部32から入力された、もしくは、操作部32から入力されて格納部34に格納されているプローブ12の振動子アレイ36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36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96が設定した送信焦点に関する情報、算出点設定部92が設定したデータ算出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

10

20

30

40

50

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。

【0048】

重ね合わせ処理部50は、算出点位置判断部94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、操作部32から入力された、もしくは、操作部32から入力されて格納部34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20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48でそれぞれ算出された遅延時間に基づいて、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。

10

なお、処理判断部21において、処理しないと判断されたサンプリング点、すなわち、送信焦点近傍のサンプリング点については、素子データ処理部22による重ね合わせ処理を行わず、この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未処理素子データを、このサンプリング点に対応する素子データとして、画像生成部24に供給する。

【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。

20

【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。

30

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。

40

【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5

50

6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。

【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。

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、所定角度に広がる受信経路60を通過して受信素子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】

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を通過して受信素子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。

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。

【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

10

20

30

40

50

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。

【0056】

本発明では、例えば、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。

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、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。

【0057】

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と隣接す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、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。

【0058】

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。

【0059】

10

20

30

40

50

なお、この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 5 2 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 5 2 c や素子 5 2 b 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 5 2 d とは異なる素子の受信経路距離 L_{rb} は、直下の素子 5 2 d からの素子数 n に応じて、 $L_{rb} = \{(n \times L_e)^2 + z^2\}$ で算出してもよい。

【0060】

また、図 6 (a) 及び図 6 (b) 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) 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。

さらに、幾何学モデルによって遅延時間を算出する方法に限らず、あらかじめ装置の計測条件に合わせて高輝度反射点を計測した計測結果から、計測条件毎に遅延時間を求めておき、その遅延時間を装置内に記憶しておくことで、同じ計測条件の遅延時間を読み出すようにしておいてもよい。

【0061】

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、上述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。

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。

【0062】

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。

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。

【0063】

図 7 (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 7 (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。

【0064】

10

20

30

40

50

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。

10

【0065】

図7(b)に、図7(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。

20

重ね合わせ処理部50では、図7(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。

【0066】

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7(c)に示す。

30

図7(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7(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。

【0067】

これに対し、図7(d)は、図7(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。

40

図7(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7(a)と図7(d)は、同じ素子データ群であるので、図7(e)に示す遅延時間は、注目素子が異なるのみで、図7(b)と同様である。

重ね合わせ処理部50では、図7(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

50

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。

【0068】

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7(f)に示す。

図7(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位相合わせを行っても、図7(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。

【0069】

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7(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7(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7(h)に示す。

図7(h)に示すように、図7(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。

【0070】

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。

【0071】

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。

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。

【0072】

また、素子データ処理部22は、算出点位置判断部94において、送信焦点までの距離

10

20

30

40

50

が所定の範囲以内と判断されたサンプリング点については、上記の重ね合わせ処理を行わない。

【0073】

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SN比や解像度が低下するという問題があった。

10

【0074】

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、第1の素子データから第2の素子データを生成するか否かを判断し、所定の範囲以外の場合には、複数の第1の素子データから第2の素子データを生成し、所定の範囲内の場合には、処理を行わない。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、複数の未処理素子データを、素子の幾何学的な配置および受信時間の情報に基づいて合成して、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、処理を行わず、対応する送信ラインの未処理素子データを、このサンプリング点の素子データとする。

20

【0075】

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。

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。

【0076】

さらに、焦点近傍のサンプリング点では、素子データの重ね合わせ処理を行わず、対応する送信ラインの未処理素子データを、このサンプリング点の素子データとする。焦点付近では、超音波ビームはある程度、絞り込まれているため、そもそも送信ライン上以外の反射点の影響を受けにくく、データの重ね合わせ処理を行わなくても、十分に精度の高いデータが得られる。

40

以上により、本発明の超音波検査装置は、画像全体で、SN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。

【0077】

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8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（

50

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。

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以内か否かを判断し、判断結果を処理判断部21に供給する。

【0078】

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。

10

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。

【0079】

処理判断部21は、算出点位置判断部94の判断結果に基づいて、各サンプリング点について、素子データ処理部22での処理を行うか否かを判断する。

素子データ処理部22は、処理判断部21で処理を行うと判断されたサンプリング点について、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)。

20

【0080】

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Pst~Pend)、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、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。これにより、真の信号を含む未処理素子データであれば、強調された処理済素子データが求まると共に、ゴーストの未処理素子データであれば減弱した処理済素子データが求まる。

30

また、サンプリング点と焦点との距離が所定の範囲内の場合には、処理判断部21は、この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、このサンプリング点に対応する素子データとする。

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。

【0081】

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、DSC42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。

40

【0082】

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、第1の素子データから第2の素子データを生成するか否かを判断し、所定の範囲以外の場合には、複数の第1の素子データから第2の素子データを生成し、所定の範囲内の場合には、処理を行わない。

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

50

することにより、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、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。

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。

【0083】

さらに、焦点近傍のサンプリング点では、素子データの重ね合わせ処理を行わず、対応する送信ラインの未処理素子データを、サンプリング点の素子データとする。焦点付近では、超音波ビームはある程度、絞り込まれているため、そもそも送信ライン上以外の反射点の影響を受けにくく、データの重ね合わせ処理を行わなくても、十分に精度の高いデータが得られる。

以上により、本発明の超音波検査装置は、画像全体で、SN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。

【0084】

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。

【0085】

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。

【0086】

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、焦点との距離が所定範囲以内のサンプリング点において、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。

【0087】

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。

【0088】

次に、図 9 に基づいて、本発明の超音波検査装置の他の実施例について説明する。

図 9 は、本発明に係る超音波検査装置の他の一例を概念的に示すブロック図である。

なお、図 9 に示す超音波検査装置 100 は、処理判断部 21 に代えて処理判断部 21a を有し、素子データ処理部 22 に代えて素子データ処理部 22a を有し、焦点再設定部 98 を備える以外は、図 1 に示す超音波検査装置 10 と、同じ構成を有するので、同一の構成要素には、同一の参照符号を付し、その詳細な説明は省略する。

【0089】

超音波検査装置 100 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、処理判断部 21a と、素子データ処理部 22a 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、算出点位置判断部と、焦点設定部 96 と、焦点再設定部 98 とを有する。

10

【0090】

焦点再設定部 98 は、焦点設定部 96 で設定された各焦点位置が、所定の深さ範囲にあるか否かを判断し、所定の範囲にある場合には、焦点位置を異なる深さに再設定する。

具体的には、焦点再設定部 98 は、焦点設定部 96 で設定された焦点の位置が、所定の深さ Z_a よりも浅い場合には、焦点設定部 96 で設定された位置よりも深い位置に焦点位置を再設定し、焦点設定部 96 で設定された焦点の位置が、所定の深さ Z_b よりも深い場合には、焦点設定部 96 で設定された位置よりも浅い位置に焦点位置を再設定する。また、焦点再設定部 98 は、焦点設定部 96 で設定された焦点の位置が、所定の範囲にない場合、すなわち、 Z_a と Z_b との間の深さにある場合には、焦点位置を再設定せず、焦点設定部 96 で設定された位置を焦点位置とする。

20

【0091】

図 10 (A) ~ (C) を用いて、焦点位置の再設定をより詳細に説明する。

図 10 (A) に示すように、焦点設定部 96 で設定された焦点位置が、所定の深さ Z_a よりも浅い位置にある場合には、各焦点位置を、それぞれ同一の送信ライン上でより深い位置に、図示例においては、 Z_b よりも深い位置に再設定する。

また、図 10 (B) に示すように、焦点設定部 96 で設定された焦点位置が、所定の深さ Z_b よりも深い位置にある場合には、各焦点位置を、それぞれ同一の送信ライン上でより浅い位置に、図示例においては、 Z_a よりも浅い位置に再設定する。

30

また、図 10 (C) に示すように、焦点設定部 96 で設定された焦点位置が、所定の深さ Z_a よりも深く、 Z_b よりも浅い場合 (Z_a と Z_b との間の深さにある場合) には、焦点位置を再設定せず、焦点設定部 96 で設定された位置を焦点位置とする。

【0092】

ここで、焦点再設定部 98 が、焦点位置を再設定するか否かを判断する所定の深さ Z_a および Z_b には、特に限定はないが、所定の深さ Z_a は、超音波ビームを十分に収束させることができる深さよりも浅い深さ、例えば、1 cm 程度とすることが好ましく、また、所定の深さ Z_b は、送信開口数が最大時に、超音波ビームを十分に収束させることができる深さよりも深い深さとすることが好ましい。すなわち、焦点位置が、超音波ビームを十分に収束させることができる位置 (Z_a と Z_b との間) にある場合には、焦点位置の再設定は行わず、超音波ビームを十分に収束させることができない位置にある場合には、焦点位置の再設定を行うことが好ましい。

40

超音波ビームの収束度合が十分か否かの判断は、超音波プローブの性能や、要求される SN 比、解像度等に応じて決定すればよい。

【0093】

また、焦点再設定部 98 が、焦点位置を再設定する際の焦点の深さには、特に限定はないが、焦点設定部 96 で設定された焦点位置が、所定の深さ Z_a よりも浅い場合には、所定の深さ Z_a よりも深い位置に再設定するのが好ましく、焦点が結べる範囲でできるだけ深い位置に再設定するのがさらに好ましい。同様に、焦点設定部 96 で設定された焦点位置が、所定の深さ Z_b よりも深い場合には、所定の深さ Z_b よりも浅い位置に再設定する

50

のが好ましく、焦点が結べる範囲でできるだけ浅い位置に再設定するのがさらに好ましい。

焦点再設定部 98 は、再設定した焦点の情報を送信部 14 および制御部 30 に供給する。

【0094】

送信部 14 および受信部 16 は、焦点設定部 96 で設定された焦点、または、焦点再設定部 98 で再設定された焦点の情報に基づいて、振動子アレイ 36 を駆動して、超音波の送受信を行う。

【0095】

処理判断部 21a は、まず、焦点再設定部 98 で焦点が再設定されたか否かの情報に基づいて、焦点が再設定されている場合には、素子データ処理部 22a の処理を行わせる。また、焦点が再設定されていない場合には、算出点位置判断部 94 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と判断されたサンプリング点に対しては、素子データ処理部 22 による処理を行わせ、焦点との距離が所定の閾値以内と判断されたサンプリング点に対しては、素子データ処理部 22 による処理を行わず、サンプリング点が存在する送信ラインに対応する素子データを、このサンプリング点に対応する素子データとして、画像生成部 24 (整相加算部 38) に供給する。

【0096】

素子データ処理部 22a は、処理判断部 21a の判断結果に基づいて、焦点が再設定されている場合には、すなわち、焦点再設定部 98 で再設定された焦点に超音波を送受信して得られた未処理素子データに対しては、各サンプリング点において、超音波素子の幾何学的配置から算出される遅延時間に基づいて、かつ、素子の絶対的な位置に基づいて、未処理素子データの重ね合わせ処理を行い、処理済素子データを生成する。なお、遅延時間の算出方法および素子データの重ね合わせ方法は、素子データ処理部 22 で行う方法と同じである。

次に、焦点が再設定されていない場合には、素子データ処理部 22 と同様の処理、すなわち、算出点位置判断部 94 において送信焦点まで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、遅延時間算出部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って処理済素子データを生成する。

【0097】

従来、超音波画像を取得する際には、着目する領域の近傍に超音波ビームの焦点を設定して超音波の送受信を行うことで、着目する領域の画質が良好な超音波画像を生成していた。しかしながら、超音波プローブに近い位置(表層)や、超音波プローブから遠い位置(深層)では、原理的に超音波ビームを設定した焦点位置に収束させることが難しく、そのため、表層や深層に着目する場合に、表層や深層の画質を向上させることは困難であった。

【0098】

これに対して、超音波検査装置 100 においては、超音波ビームの焦点位置が、所定の範囲内にある場合に、焦点の位置を再設定して、複数の超音波ビームの送信で得られた第 1 の素子データから、第 2 の素子データを生成する。具体的には、超音波ビームの焦点位置が、所定の深さ Z_a より浅い(表層にある)場合には、より深い位置に焦点位置を再設定し、また、所定の深さ Z_b より深い(深層にある)場合には、より浅い位置に焦点位置を再設定して、再設定した焦点位置に超音波の送受信を行い、得られた複数の未処理素子データ(第 1 の素子データ)を、素子の幾何学的な配置および受信時間の情報に基づいて合成して、新たな処理済素子データ(第 2 の素子データ)を生成する。

これにより、焦点位置を再設定することにより、設定した焦点位置に超音波ビームを十分に収束させて、素子データ(第 1 の素子データ)を得ることができるので、素子データの質を改善することができる。さらに、焦点位置を再設定して得られた複数の第 1 の素子データを合成することにより、焦点から離れた位置であっても、超音波ビームの広がり

10

20

30

40

50

よって発生するゴーストの影響を低減することができ、送信ライン上の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、焦点を収束させることが困難な表層や深層であっても、SN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。

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。

【0099】

また、焦点の位置が表層や深層ではない場合には、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、未処理素子データから処理済素子データを生成するか否かを判断し、所定の範囲以外の場合には、複数の第1の素子データから第2の素子データを生成し、所定の範囲内の場合には、処理を行わない。そのため、焦点から遠いサンプリング点では、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。また、焦点近傍のサンプリング点では、素子データの重ね合わせ処理を行わず、処理によってデータの質が低下することを防止することができる。

以上により、画像全体で、SN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。

【0100】

なお、図9に示す超音波検査装置100においては、焦点の位置を再設定した場合には、すべてのサンプリング点において、未処理素子データの重ね合わせ処理を行う構成としたが、これに限定はされず、焦点の位置を再設定した場合にも、焦点までの距離が所定の範囲以内か否かに応じて、未処理素子データの重ね合わせ処理を行う構成としてもよい。

【0101】

また、上記実施例においては、焦点位置が、所定の深さZaより浅い場合、あるいは、所定の深さZbより深い場合に、焦点の位置を変更する構成としたが、本発明はこれに限定はされず、所定の深さZaよりも浅い場合に、Zaよりも深い位置に焦点位置を再設定する構成としてもよい。あるいは、所定の深さZbよりも深い場合に、Zbよりも浅い位置に焦点位置を再設定する構成としてもよい。

【0102】

次に、超音波検査装置100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11は、図9に示す超音波検査装置100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焦点再設定部98に供給する。

焦点再設定部98は、設定された焦点位置が所定の深さ範囲にあるか否かを判断し、所定の深さZaよりも浅い場合には、より深い位置に焦点位置を再設定し、所定の深さZbよりも深い場合には、より浅い位置に焦点位置を再設定し、ZaとZbとの間の深さにある場合には、焦点位置を変更せずに、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、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。

算出点位置判断部94は、供給された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以内か否かを判断し、判断結果を処理判断部21aに供給する。

【0103】

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

10

20

30

40

50

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、焦点再設定部 98 で焦点が再設定された場合には、再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、また、再設定されなかった場合には、焦点設定部 96 で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、振動子アレイ 36 を駆動する。

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。

【0104】

処理判断部 21 a は、焦点再設定の情報および算出点位置判断部 94 の判断結果に基づいて、素子データ処理部 22 a の処理を行わせる。また、処理を行わないと判断されたサンプリング点に対して、対応する素子データをこのサンプリング点の素子データとして画像生成部 24 に供給する。

素子データ処理部 22 a 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、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)。

【0105】

次に、素子データ処理部 22 a は、焦点位置が再設定されて得られた素子データに対しては、各サンプリング点において、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、再設定されていない焦点位置に対応する素子データであって、処理判断部 21 a で処理を行うと判断された素子データに対しては、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。

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。

【0106】

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。

【0107】

このように本発明の超音波検査装置 100 は、超音波ビームの焦点位置が、所定の範囲内にある場合に、焦点の位置を再設定して、複数の超音波ビームの送信で得られた第 1 の素子データから、第 2 の素子データを生成する。設定した焦点位置が、超音波ビームを収束させることが難しい表層や深層の場合に、焦点の位置を再設定することにより、設定した焦点位置に超音波ビームを十分に収束させて、素子データ(第 1 の素子データ)を得ることができ、さらに、焦点位置を再設定して得られた複数の第 1 の素子データを合成することにより、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

10

20

30

40

50

ーストの影響を低減することができ、送信ライン上の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。

【0108】

また、焦点の位置が表層や深層ではない場合には、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、未処理素子データから処理済素子データを生成するか否かを判断し、所定の範囲以外の場合には、複数の第1の素子データから第2の素子データを生成し、所定の範囲内の場合には、処理を行わない。そのため、焦点から遠いサンプリング点では、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。また、焦点近傍のサンプリング点では、素子データの重ね合わせ処理を行わず、処理によってデータの質が低下することを防止することができる。

10

以上により、画像全体で、SN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。

【0109】

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】

【0110】

20

10、100 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

21 処理判断部

22 素子データ処理部

24 画像生成部

26 表示制御部

30

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

40

48 遅延時間算出部

50 重ね合わせ処理部

52 素子

54 反射点

56 送信ビーム

58 焦点

60 受信経路

62 素子データ

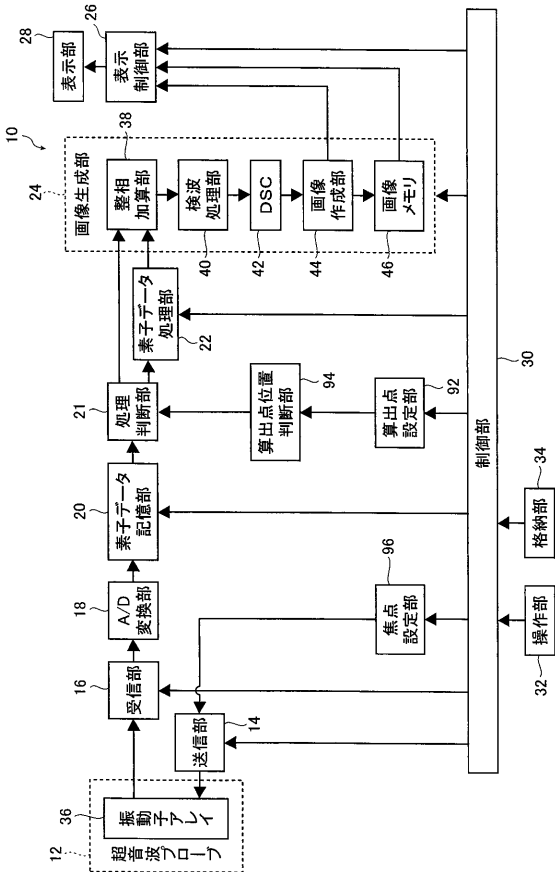
64 送信ビーム

66 真の素子データ

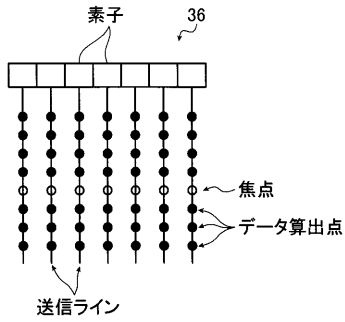
50

- 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
- 9 8 焦点再設定部

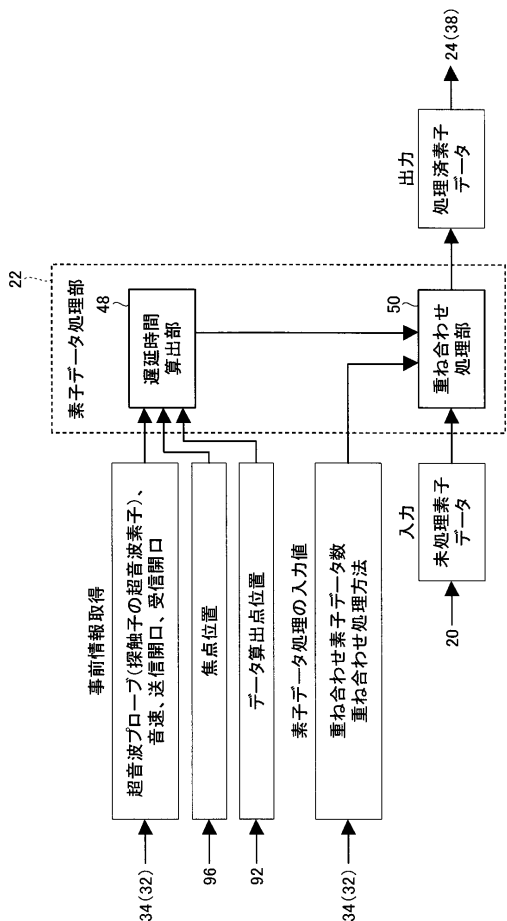
【図 1】



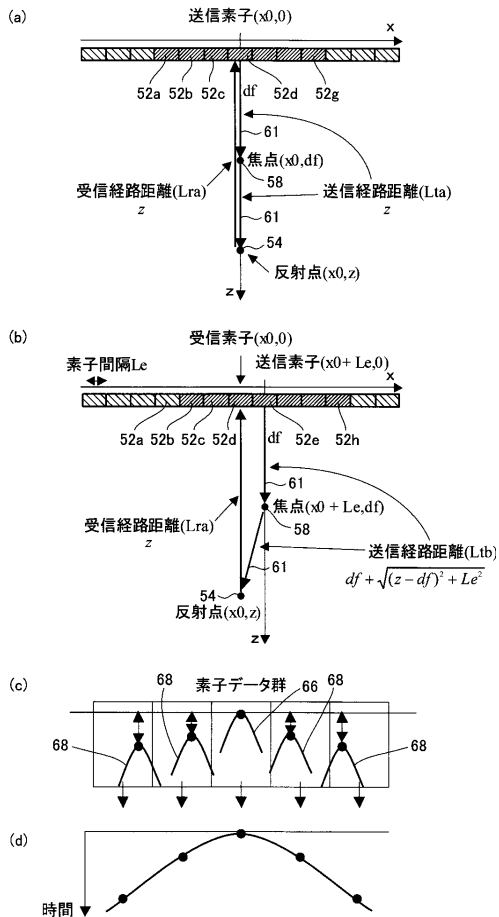
【図 2】



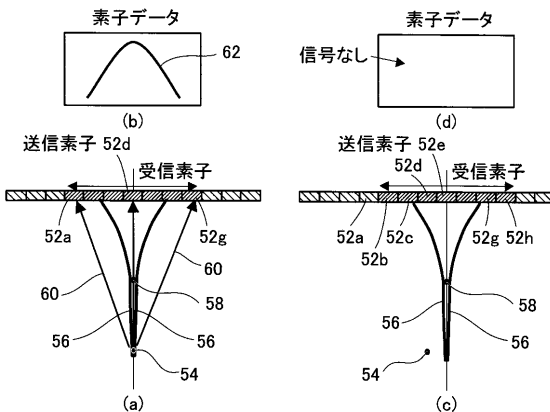
【図3】



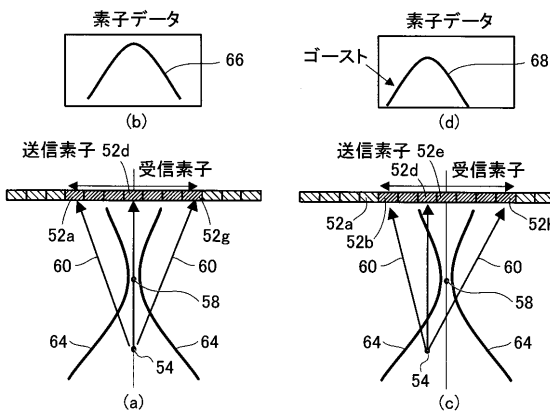
【図6】



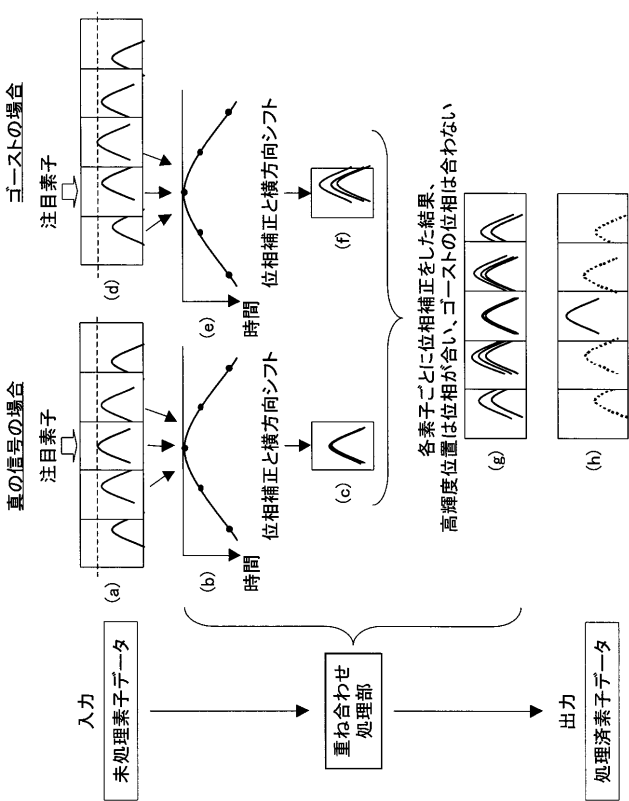
【図4】



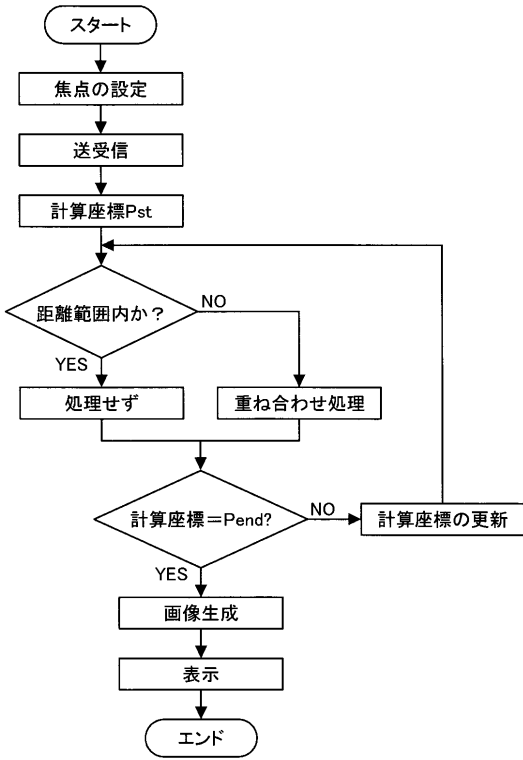
【図5】



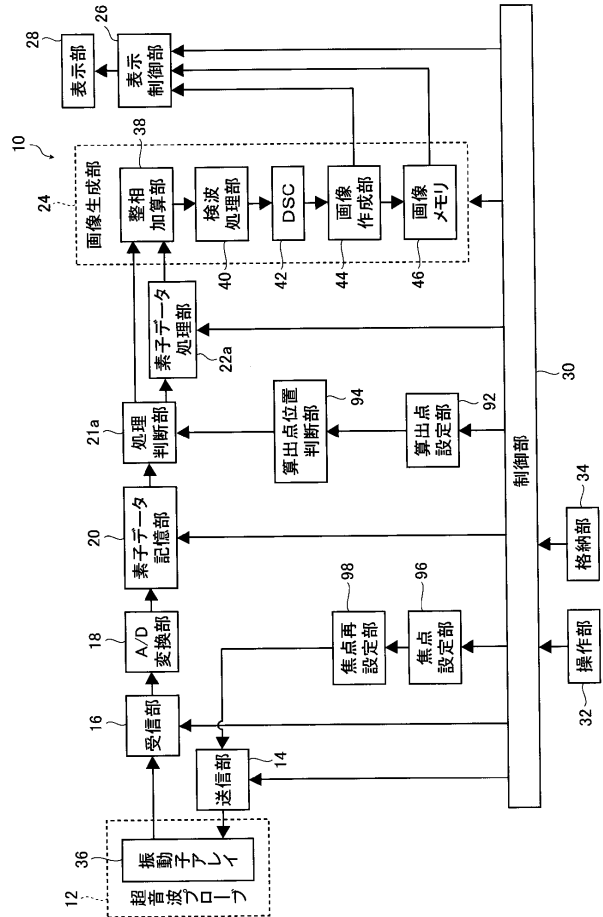
【図7】



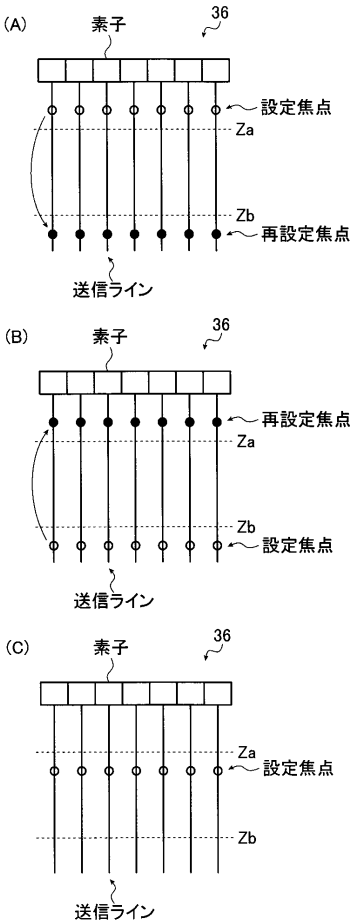
【図 8】



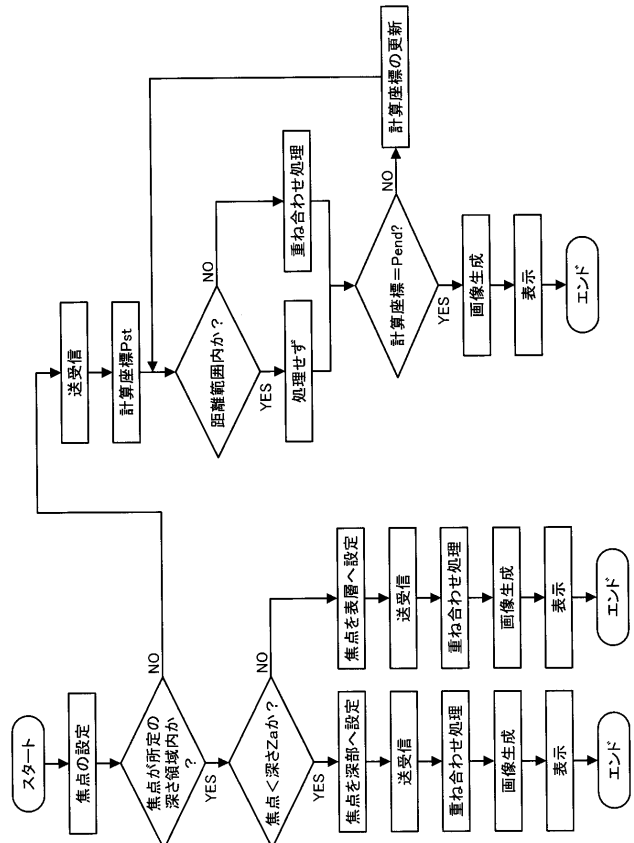
【図 9】



【図 10】



【図 11】



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	JP2014068807A	公开(公告)日	2014-04-21
申请号	JP2012217091	申请日	2012-09-28
[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		
[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	G01S7/52047 A61B8/00 G01S15/8915 G10K11/346		
FI分类号	A61B8/00 A61B8/14		
F-TERM分类号	4C601/BB02 4C601/BB06 4C601/EE01 4C601/EE08 4C601/HH24 4C601/JB10 4C601/JB38 4C601/JB51		
代理人(译)	伊藤英明		
外部链接	Espacenet		

摘要(译)

本发明提供一种超声波检查装置，其能够在包括接近焦点的区域的整个图像中具有提高的分辨率和增加的信噪比，并且能够以高分辨率获得具有最佳空间分辨率的清晰超声波图像。帧速率与传统帧速率没有区别。确定数据计算点和发送焦点之间的距离是否在预定范围内，当确定到发送焦点的距离在预定范围之外时，产生对应于该预定范围的第二元素数据。数据计算点来自多个第一元素数据，并且当确定到发送焦点的距离在预定范围内时，多个第一元素数据中的一个单元被认为是对应于数据计算的元素数据点。

～比較可能な空間で特定の範囲が成した場データ上記

