(12) 特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局

(43) 国際公開日
2014 年 4 月 3 日(03.04.2014)

WIPO | PCT

(10) 国際公開番号
WO 2014/050756 A1

(51) 国際特許分類:
A61B 8/00 (2006.01)

(21) 国際出願番号: PCT/JP2013/075535

(22) 国際出願日: 2013 年 9 月 20 日(20.09.2013)

(25) 国際出願の言語: 日本語

(26) 国際公開の言語: 日本語

(30) 優先権データ:
特願 2012-216215 2012 年 9 月 28 日(28.09.2012) JP

(71) 出願人: 富士フイルム株式会社(FUJIFILM CORPORATION) [JP/JP]; 〒1068620 東京都港区西麻布２丁目２６番３０号 Tokyo (JP).

(72) 発明者: 山本　拓明(YAMAMOTO Hiroaki); 〒2588538 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 Kanagawa (JP).

(74) 代理人: 渡辺　望稔, 外(WATANABE Mochitoshi et al.); 〒1010032 東京都千代田区岩本町２丁目３番３号　友泉岩本町ビル６階 Tokyo (JP).

(81) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, KE, KG, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

(84) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

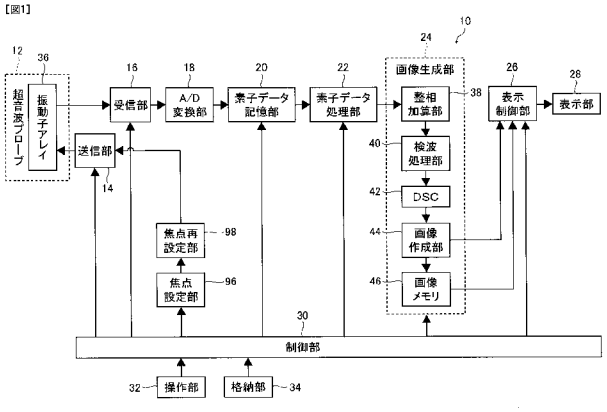
添付公開書類:
— 国際調査報告（条約第 21 条(3)）

WO 2014/050756 A1

(54) **Title**: ULTRASONIC INSPECTION DEVICE, METHOD FOR GENERATING ULTRASONIC IMAGE DATA, AND PROGRAM

(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

[図1]



12... ULTRASONIC WAVE PROBE
14... TRANSMISSION UNIT
16... RECEPTION UNIT
18... A/D CONVERSION UNIT
20... ELEMENT DATA RECORDING UNIT
22... ELEMENT DATA PROCESSING UNIT
24... IMAGE GENERATION UNIT
26... DISPLAY CONTROL UNIT
28... DISPLAY UNIT
30... CONTROL UNIT
32... OPERATION UNIT
34... STORAGE UNIT
36... TRANSDUCER ARRAY
38... PHASING ADDITION UNIT
40... WAVE DETECTION PROCESSING UNIT
42... DSC
44... IMAGE PROCESSING UNIT
46... IMAGE MEMORY
96... FOCAL POINT SETTING UNIT
98... FOCAL POINT RE-SETTING UNIT

(57) **Abstract**: Provided is an ultrasonic inspection device that can obtain a high-resolution ultrasonic image at a frame rate that is no different from conventional frame rates, and is able to increase resolution and increase the signal-to-noise ratio in even a region at which it is difficult to cause a focal point to converge. The ultrasonic inspection device is provided with: a focal point re-setting unit that determines whether or not the transmission focal point set by a focal point setting unit is in a predetermined range, and resets transmission focal points in the predetermined range to different positions; and an element data processing unit that generates second element data corresponding to a unit of first element data that is from first element data obtained from the transmission of a plurality of ultrasonic beams and was obtained by transmitting an ultrasonic beams to the transmission focal point reset by the focal point re-setting unit.

(57) 要約: 焦点を収束させることが困難な領域であっても、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で、高い解像度の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。焦点設定部により設定された送信焦点が、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を異なる位置に再設定する焦点再設定部と、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、焦点再設定部で再設定された送信焦点に超音波ビームを送信して得られた第１の素子データに対応する第２の素子データを生成する素子データ処理部と

を備えることにより、上記課題を解決する。

明　細　書

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

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気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にとした後、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。

[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個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個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。

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一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３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。

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、焦点に近い領域の画像ほどＳＮ比や解像度が低下するという問題があった。

また、通常、超音波画像を取得する際には、着目する領域の近傍に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することができる。しかしながら、表層や深層では原理的に超音波ビームを焦点に収束させることが難しいため、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。

[0007] 本発明の目的は、上記従来技術の問題点を解消し、焦点を収束させることが困難な領域であっても、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診断装置であって、超音波ビームを送信し、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、受信した超音波エコーに応じたアナログ素子信号を出力する、複数の素子が配列された探触子と、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、焦点設定部により設定された送信焦点の位置が、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位置を異なる位置に再設定する焦点再設定部と、焦点再設定部で所定の範囲外と判断された送信焦点、および、再設定された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、複数の素子が出力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ＡＤ変換部と、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、焦点再設定部で再設定された送信焦点に超音波ビームを送信して得られた第１の素子データに対応する第２の素子データを生成する素子データ処理部と、を備えることを特徴とする超音波検査装置を提供する。

[0009] ここで、焦点再設定部は、焦点設定部が設定した送信焦点とは異なる深さに送信焦点を再設定することが好ましい。

また、焦点再設定部は、焦点設定部が設定した送信焦点に対して超音波ビームを送信するラインと同一ライン上において異なる位置に送信焦点を再設定することが好ましい。

[0010] 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。

[0011] 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、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ることが好ましい。

[0012] 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、第１の素子データに対応する第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、送信焦点が再設定された超音波ビームに対応する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。

さらに、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。

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、送信部は、探触子に対して、焦点再設定部で所定の範囲内と判断された再設定前の送信焦点にも超音波ビームを送信さ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。

[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、所定の送信焦点を設定する焦点設定ステップと、焦点設定ステップにより設定された送信焦点の位置が、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位置を異なる位置に再設定する焦点再設定ステップと、焦点再設定部で所定の範囲外と判断された送信焦点、および、再設定された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、複数の素子が出力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ＡＤ変換ステップと、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、焦点再設定ステップで再設定された送信焦点に超音波ビームを送信して得られた第１の素子データに対応する第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。

[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、所定の送信焦点を設定する焦点設定ステップと、焦点設定ステップにより設定された送信焦点の位置が、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位置を異なる位置に再設定する焦点再設定ステップと、焦点再設定部で所定の範囲外と判断された送信焦点、および、再設定された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、複数の素子が出力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ＡＤ変換ステップと、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、焦点再設定ステップで再設定された送信焦点に超音波ビームを送信して得られた第１の素子データに対応する第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

[0016] 本発明によれば、設定された焦点位置が所定の範囲にある場合に、焦点の位置を再設定し、異なる２以上の第１の素子データを合成して第２の素子データ生成することで、表層や深層などの、超音波ビームの焦点収束させることが困難な領域であっても、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。

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]（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。

[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。

[図9]（Ａ）および（Ｂ）は、本発明の係る超音波検査装置の他の一例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。

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、焦点設定部９６と、焦点再設定部９８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に応じて、超音波ビームを送信する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（Ａ）～（Ｃ）に、設定された焦点位置の一例を示す。

図２（Ａ）～（Ｃ）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、焦点再設定部９８に供給される。

[0025] 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Ｚａ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Ｚｂ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、ＺａとＺｂ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。

[0026] 図２（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２（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Ｚａ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、Ｚｂよりも深い位置に再設定する。

また、図２（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Ｚｂ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、Ｚａよりも浅い位置に再設定する。

また、図２（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Ｚａよりも深く、Ｚｂよりも浅い場合（ＺａとＺｂ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。

[0027] 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ＺａおよびＺｂには、特に限定はないが、所定の深さＺａ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、１ｃｍ程度とすることが好ましく、また、所定の深さＺｂ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（ＺａとＺｂ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。

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。

[0028] 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Ｚａよりも浅い場合には、所定の深さＺａ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Ｚｂよりも深い場合には、所定の深さＺｂよりも浅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、再設定した焦点位置の情報を送信部１４および制御部３０に供給する。

[0029] 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再設定部９８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／再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。

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／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、駆動信号を供給する。

[0030] ここで、送信部１４は、少なくとも、焦点再設定部９８で所定の範囲以外と判断された送信焦点、および、焦点再設定部９８で所定の範囲内と判断され再設定された送信焦点に対して、超音波ビームを送信するように、振動子アレイ３６に駆動信号を供給することが好ましい。

なお、送信部１４は、焦点再設定部９８で所定の範囲以外と判断された、再設定前の送信焦点にも、超音波ビームを送信するようにしてもよい。

[0031] 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。

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。

[0032] 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。

[0033] 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。

[0034] 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。

素子データ記憶部２０は、制御部３０による制御に基づいて、焦点再設定部９８により焦点位置が再設定された際に、焦点位置が再設定された送信ラインで超音波ビームを送受信して得られた素子データ、および、この素子データを含み、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記憶保持する。

[0035] 素子データ処理部２２は、制御部３０による制御に基づいて、焦点再設定部９８において焦点位置が再設定された際に、焦点位置が再設定された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に対して、この素子データと、この素子データとは異なる送信ラインに対応する２以上の素子データ（以下、未処理素子データともいう）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）を生成する。

素子データ処理部２２は、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。

[0036] 前述のとおり、通常、超音波画像を取得する際には、着目する領域の近傍に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することできるが、浅い位置（表層）や深い位置（深層

）では、原理的に超音波ビームを焦点に収束させることが難しい。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。

[0037] これに対して、本発明は、超音波ビームの焦点の位置が、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、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、超音波の送受信を行い、得られた複数の素子データを、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、新たな素子データを生成することにより、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。

素子データ処理部２２の詳細については、後述する。

[0038] なお、素子データ処理部２２は、焦点位置が再設定されなかった場合にも、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してもよいし、未処理素子データの重ね合わせ処理を行わずに、未処理素子データを処理済素子データとして画像生成部２４に供給してもよい。

[0039] 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から供給された処理済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（ラスター変換）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および焦点再設定部９８で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、焦点設定部９６およ

び焦点再設定部９８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、特に上述の焦点位置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、焦点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、焦点位置、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３

２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、焦点再設定部９８が再設定した焦点位置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。

[0048] 重ね合わせ処理部５０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、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素子データを生成する。

所定のサンプリング点に注目して、複数の未処理素子データを重ね合わせることで、このサンプリング点に焦点を合わせたような素子データが得られる。

[0049] なお、注目ラインの少なくとも１つの点をサンプリング点として未処理素子データの重ね合わせを行って生成した処理済素子データを、この注目ラインの素子データとすればよく、注目ラインを複数の領域に分けて、各領域にサンプリング点を設定して、未処理素子データの重ね合わせを行って処理済素子データを生成し、注目ラインの各領域の素子データとしてもよい。あるいは、超音波画像を生成する際の画素位置に対応して、すべての画素位置をサンプリング点として処理済素子データの生成を行ってもよい。

特に、焦点設定部９６が焦点位置を設定した位置、すなわち、再設定される前の焦点位置にサンプリング点を設定することが好ましい。焦点設定部９６が焦点位置を設定した位置（深さ）は、操作者が着目している領域、見たい領域である可能性が高い。したがって、焦点設定部９６が設定した焦点位置にサンプリング点を設定して、未処理素子データを重ね合わせることで、操作者が着目している見たい領域に焦点を合わせたような素子データを得ることができる。

[0050] 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。

[0051] 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（再設定）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を通って受信素子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。

[0052] 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。

[0053] 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、所定角度に拡がる受信経路６０を通って受信素子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。

[0054] 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を通って受信素子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。

[0055] 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。

[0056] 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、焦点再設定部９８で再設定された焦点位置の情報、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。

[0057] 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。

[0058] 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、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。

[0059] 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。

[0060] 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。

[0061] 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。

[0062] 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６６、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６８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６６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６８の遅延時間の一例を示す。真の素子データ６６を注目素子データとした場合に、ゴーストの素子データ６８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２２の遅延時間算出部４８において算出された遅延時間を整相加算部３８における遅延補正に用いることもできる。

[0063] 次に、本発明の素子データ処理部２２の重ね合わせ処理部５０においては、こうして遅延時間算出部４８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５０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３２によって入力しておいても良いし、格納部３４に格納しておいても良い。

[0064] 図７（ａ）～（ｈ）に、重ね合わせ処理部５０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。

[0065] 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にしているため、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。

[0066] 図７（ｂ）に、図７（ａ）に示す５つの素子データのうちの真中の素子データを注目素子データとした場合に対する受信時間の遅延時間の一例を示す。

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注目送信ライン上の各サンプリング点で行うことにより、送信ライン上の各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。

[0067] こうして得られた注目する送信ラインの重ね合わせ処理済素子データを図７（ｃ）に示す。

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。

[0068] 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の一例を示す。

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７ｄ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注目送信ライン上の各サンプリング点で行うことにより、送信ライン上の各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。

[0069] こうして得られた注目送信ライン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ので重なり合わない。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、加算値は大きくならず、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。

[0070] 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、図示例の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。

[0071] 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。

[0072] 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。

[0073] 本発明は、超音波ビームの焦点の位置が、所定の範囲にある場合に、焦点

の位置を再設定して、超音波の送受信を行い、得られた素子データに対して、上述した素子データの重ね合わせ処理を行い、新たな素子データを生成し、焦点位置を再設定した送信ラインに対応する素子データとする。

前述のとおり、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。

[0074] これに対して、本発明は、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Ｚａ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Ｚｂ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、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。

[0075] 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からの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に供給する。

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、焦点再設定部９８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。

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。

[0076] 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、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）。

[0077] 次に、素子データ処理部２２は、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。

素子データ処理部２２は、焦点再設定部９８が焦点位置を再設定した場合、および、焦点位置を再設定しなかった場合に、各送信ラインについて、送信ライン上の各サンプリング点で、重ね合わせ処理を行い、処理済素子データを求める。こうして求めた処理済素子データを画像生成部２４の整相加算部３８に供給する。

[0078] 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がラスター変換し、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。

[0079] このように本発明の超音波検査装置１０は、超音波ビームの焦点の位置が、所定の範囲にある場合に、焦点の位置を再設定して、超音波の送受信を行い、得られた素子データに対して、上述した素子データの重ね合わせ処理を行い、新たな素子データを生成し、焦点位置を再設定した送信ラインに対応

する素子データとする。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、送信ライン上の各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。

[0080] なお、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、図９（Ａ）のフローチャートに示すように、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、図９（Ｂ）のフローチャートに示すように、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。

[0081] また、図示例においては、焦点設定部９６が設定する焦点位置は、すべての送信ラインで同じ深さとしたが、本発明はこれに限定はされず、焦点設定部９６は、送信ラインごとに異なる深さに焦点位置を設定してもよい。この場合には、焦点再設定部９８は、送信ラインごとに焦点の深さを判断し、焦点位置が所定の深さ範囲にある送信ラインについて、焦点位置を再設定すればよい。また、このとき、素子データ処理部が、焦点位置を再設定した送信ラインの素子データを注目素子データとして、重ね合わせ処理を行う際には、重ね合わせる非注目素子データは、焦点位置を再設定した送信ラインの素子データであっても、焦点位置を再設定していない送信ラインの素子データであってもよい。

[0082] また、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で取得した素子データであることが好ましい。

[0083] 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。

[0084] 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、焦点の位置を設定／再設定して、設定／再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、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。

[0085] 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。

[0086] 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

[0087]

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

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

６８　ゴーストの素子データ

９６　焦点設定部

９８　焦点再設定部

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診断装置であって、

前記超音波ビームを送信し、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、受信した超音波エコーに応じたアナログ素子信号を出力する、複数の素子が配列された探触子と、

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、

前記焦点設定部により設定された送信焦点の位置が、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位置を異なる位置に再設定する焦点再設定部と、

前記焦点再設定部で所定の範囲外と判断された前記送信焦点、および、再設定された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、複数の前記素子が出力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ＡＤ変換部と、

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、前記焦点再設定部で再設定された前記送信焦点に前記超音波ビームを送信して得られた前記第１の素子データに対応する第２の素子データを生成する素子データ処理部と、を備えることを特徴とする超音波検査装置。

［請求項2］ 前記焦点再設定部は、前記焦点設定部が設定した送信焦点とは異なる深さに送信焦点を再設定する、請求項１に記載の超音波検査装置。

［請求項3］ 前記焦点再設定部は、前記焦点設定部が設定した前記送信焦点に対して前記超音波ビームを送信するラインと同一ライン上において異なる位置に送信焦点を再設定する、請求項１または２に記載の超音波検

査装置。

[請求項4] 前記焦点再設定部は、前記焦点設定部により設定された前記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前記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１～４のいずれかに記載の超音波検査装置。

[請求項6] 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１～５のいずれかに記載の超音波検査装置。

[請求項7] 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１～６いずれかに記載の超音波診断装置。

[請求項8] 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る請求項１～７のいずれかに記載の超音波診断装置。

[請求項9] 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、前記第１の素子データに対応する第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１～９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、前記送信焦点が再設定された超音波ビー

ムに対応する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１～１０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、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１～１１のいずれかに記載の超音波検査装置。

[請求項13] 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１２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] 前記送信部は、前記探触子に対して、前記焦点再設定部で所定の範囲内と判断された再設定前の前記送信焦点にも前記超音波ビームを送信させる請求項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、所定の送信焦点を設定する焦点設定ステップと、

前記焦点設定ステップにより設定された前記送信焦点の位置が、所定の範囲にあるか否かを判断し、所定の範囲にある前記送信焦点の位置を異なる位置に再設定する焦点再設定ステップと、

前記焦点再設定部で所定の範囲外と判断された前記送信焦点、および、再設定された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、複数の前記素子が出力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ＡＤ変換ステップと、

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、前記焦点再設定ステップで再設定された前記送信焦点に前記超音波ビームを送信して得られた前記第１の素子データに対応する第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、所定の送信焦点を設定する焦点設定ステップと、

前記焦点設定ステップにより設定された前記送信焦点の位置が、所定の範囲にあるか否かを判断し、所定の範囲にある前記送信焦点の位置を異なる位置に再設定する焦点再設定ステップと、

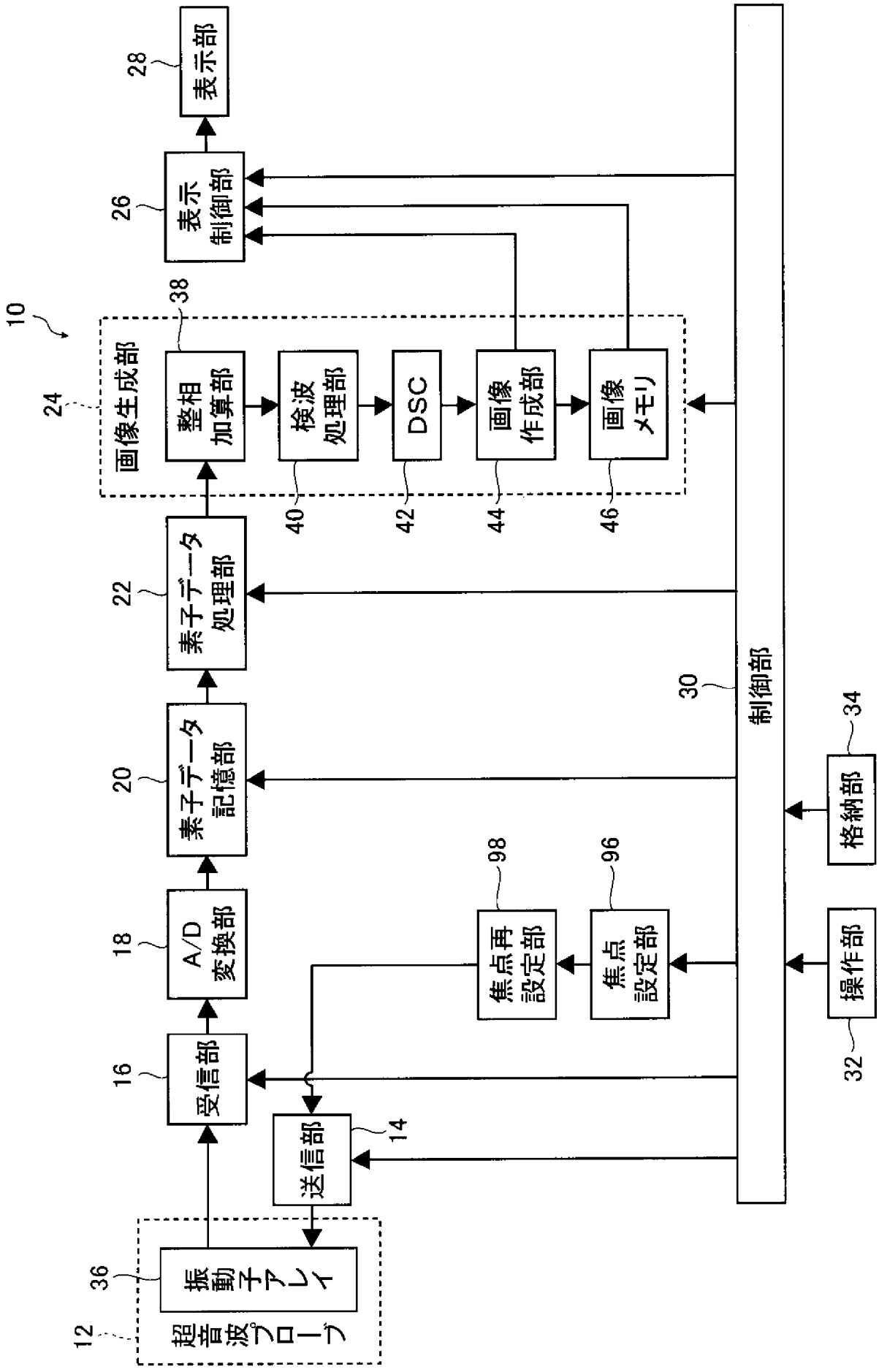
前記焦点再設定部で所定の範囲外と判断された前記送信焦点、および、再設定された前記送信焦点それぞれに対して、前記探触子に、複数の前記素子を用い、前記超音波ビームを送信させる送信ステップと、

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、複数の前記素子が出力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、

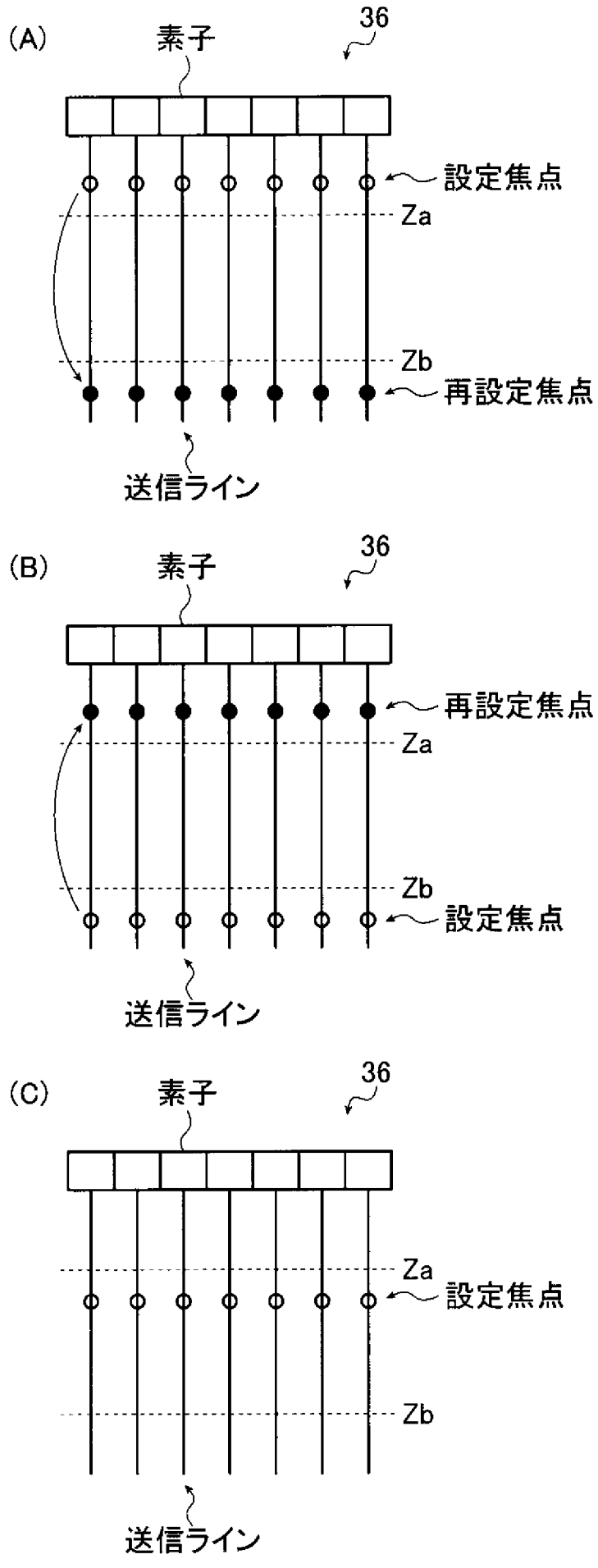
前記受信ステップが処理したアナログ素子信号をＡ／Ｄ変換して、デジタル素子信号である第１の素子データとするＡＤ変換ステップと、

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、前記焦点再設定ステップで再設定された前記送信焦点に前記超音波ビームを送信して得られた前記第１の素子データに対応する第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。

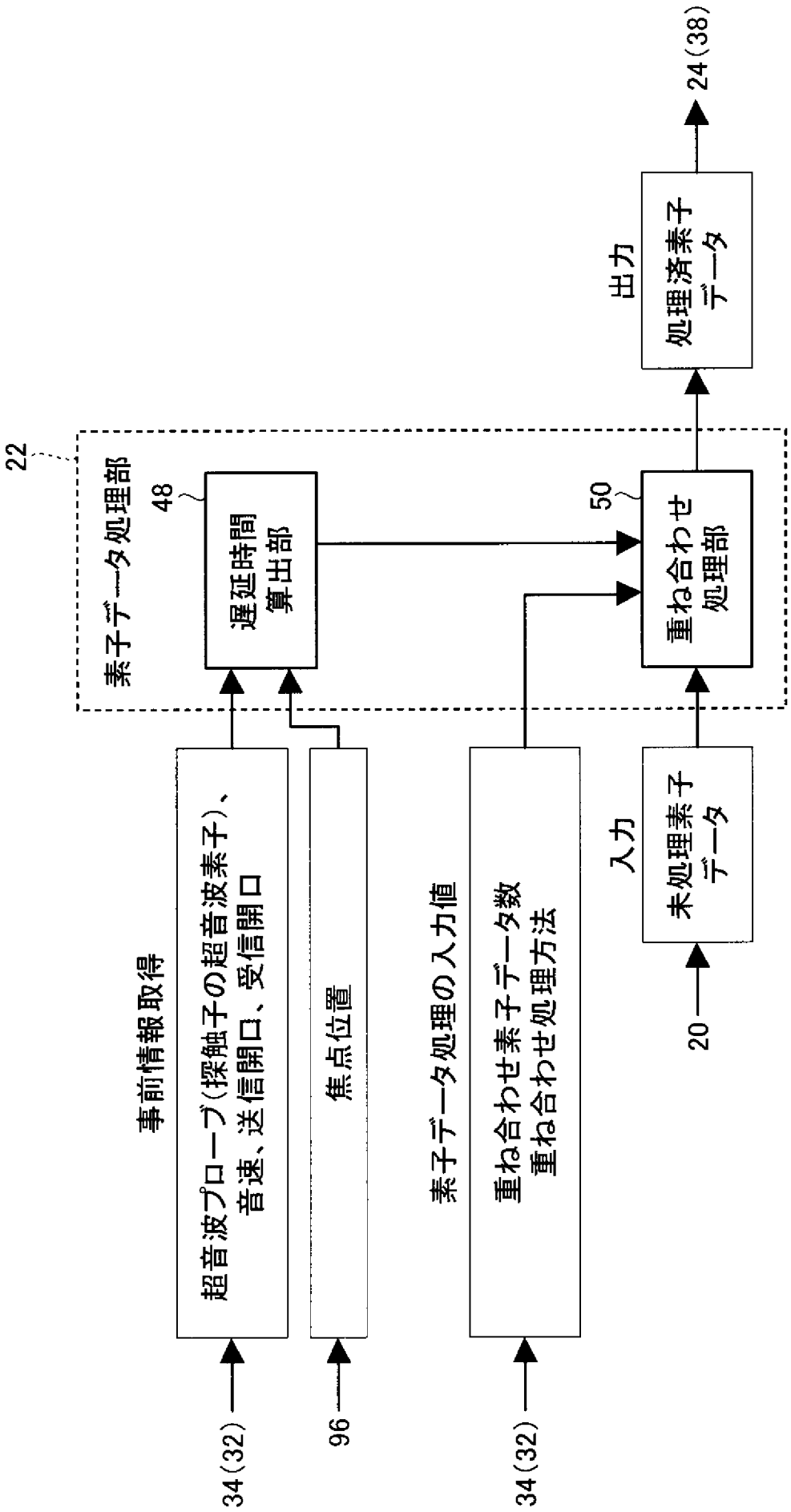
[図1]


超音波プローブ
12
振動子アレイ
36
送信部
14
受信部
16
A/D変換部
18
素子データ記憶部
20
素子データ処理部
22
画像生成部
24
整相加算部
38
検波処理部
40
DSC
42
画像作成部
44
画像メモリ
46
表示制御部
26
表示部
28
10
制御部
30
操作部
32
格納部
34
焦点設定部
96
焦点再設定部
98

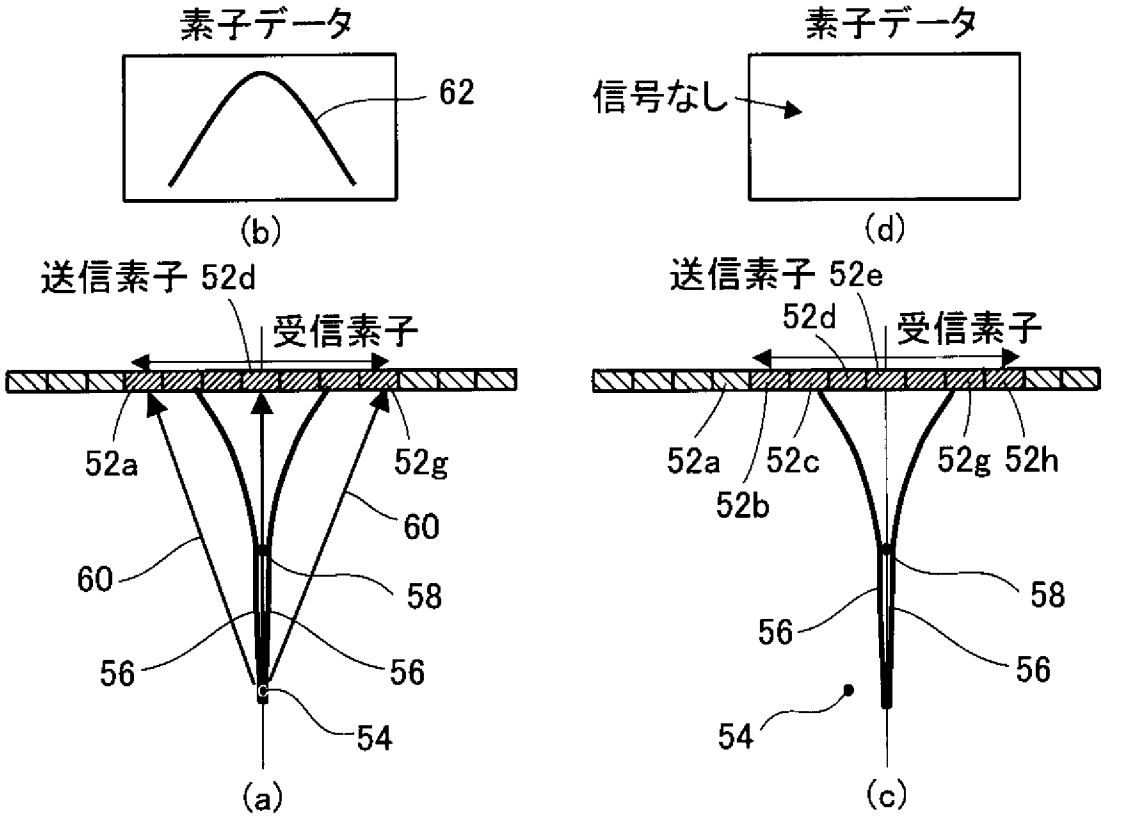
[図2]


(A)
素子
36
設定焦点
Za
Zb
再設定焦点
送信ライン
(B)
素子
36
再設定焦点
Za
Zb
設定焦点
送信ライン
(C)
素子
36
Za
設定焦点
Zb
送信ライン

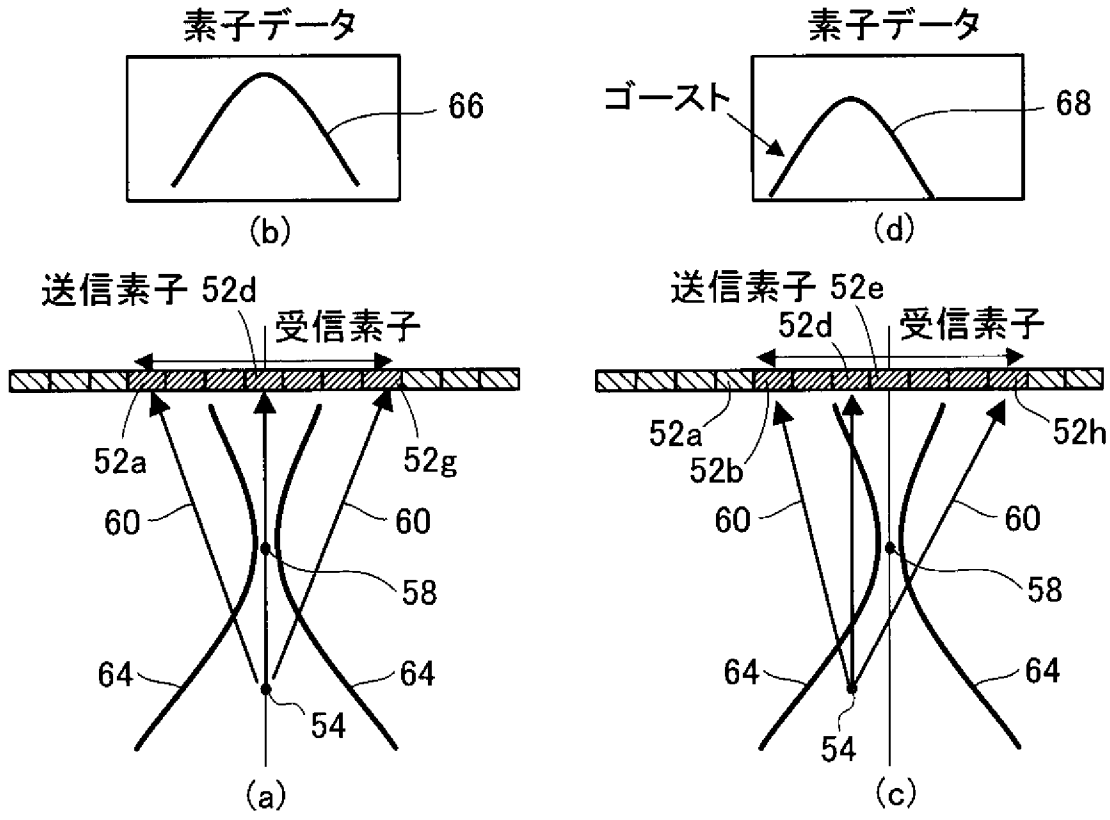
[図3]


22
素子データ処理部
48
遅延時間
算出部
50
重ね合わせ
処理部
出力
処理済素子
データ
24(38)
入力
未処理素子
データ
20
事前情報取得
超音波プローブ(探触子の超音波素子)、
音速、送信開口、受信開口
焦点位置
素子データ処理の入力値
重ね合わせ素子データ数
重ね合わせ処理方法
34(32)
96
34(32)

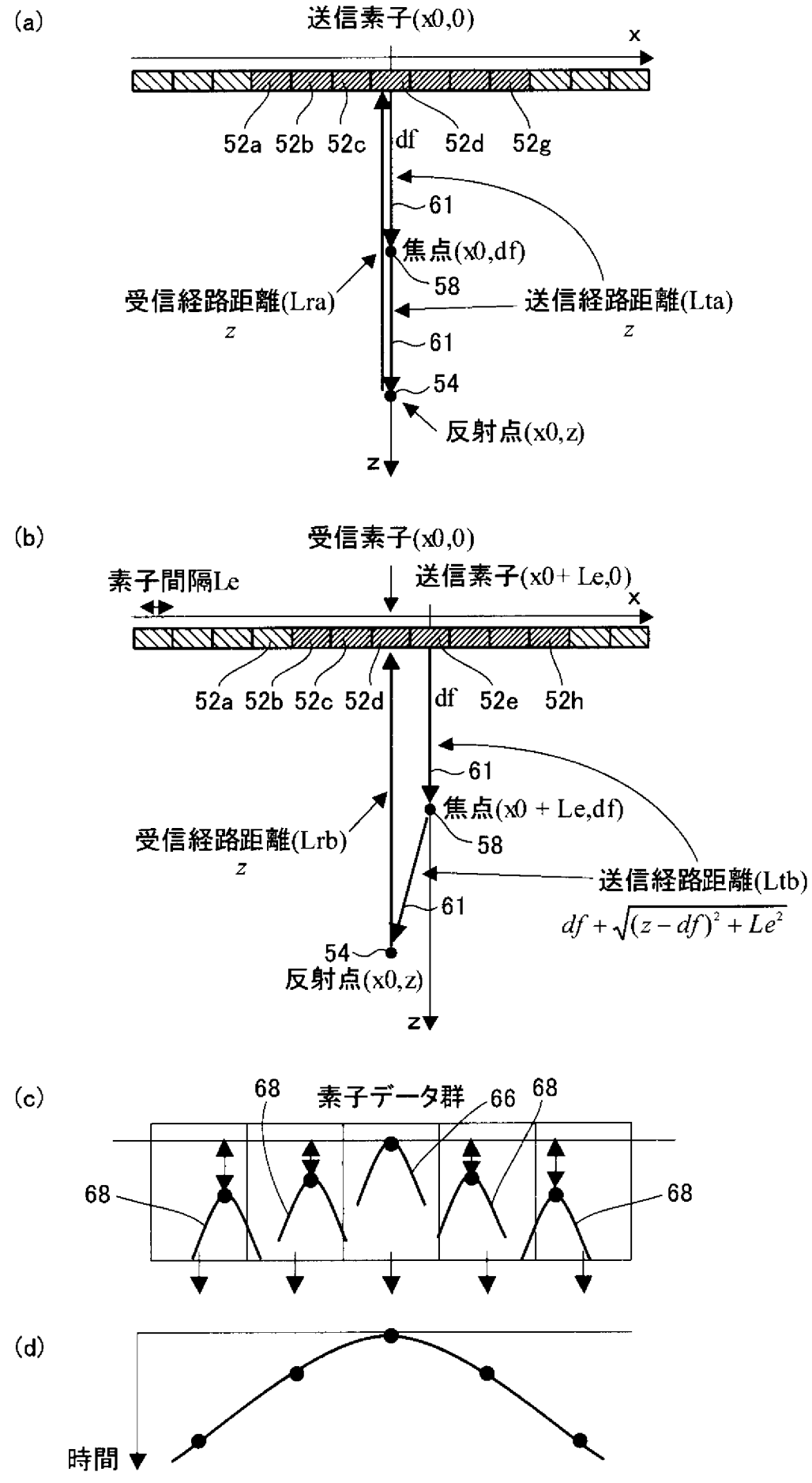
[図4]


素子データ
62
(b)
素子データ
信号なし
(d)
送信素子 52d
受信素子
52a
52g
60
60
58
56
56
54
(a)
送信素子 52e
52d
受信素子
52a
52b
52c
52g
52h
58
56
56
54
(c)

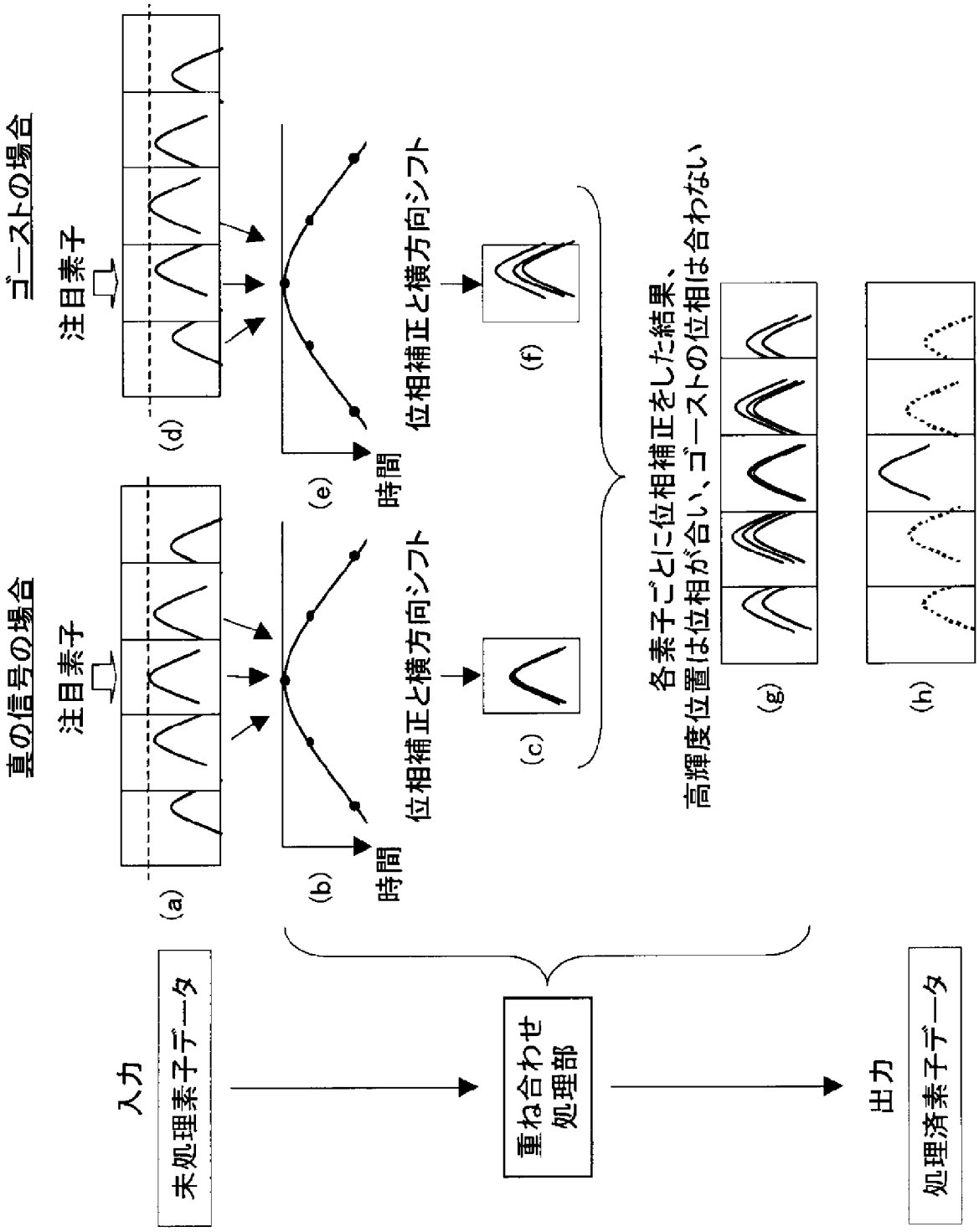
[図5]


素子データ
66
(b)
素子データ
ゴースト
68
(d)
送信素子 52d
受信素子
52a
52g
60
60
58
64
64
54
(a)
送信素子 52e
52d
受信素子
52a
52b
52h
60
60
58
64
64
54
(c)

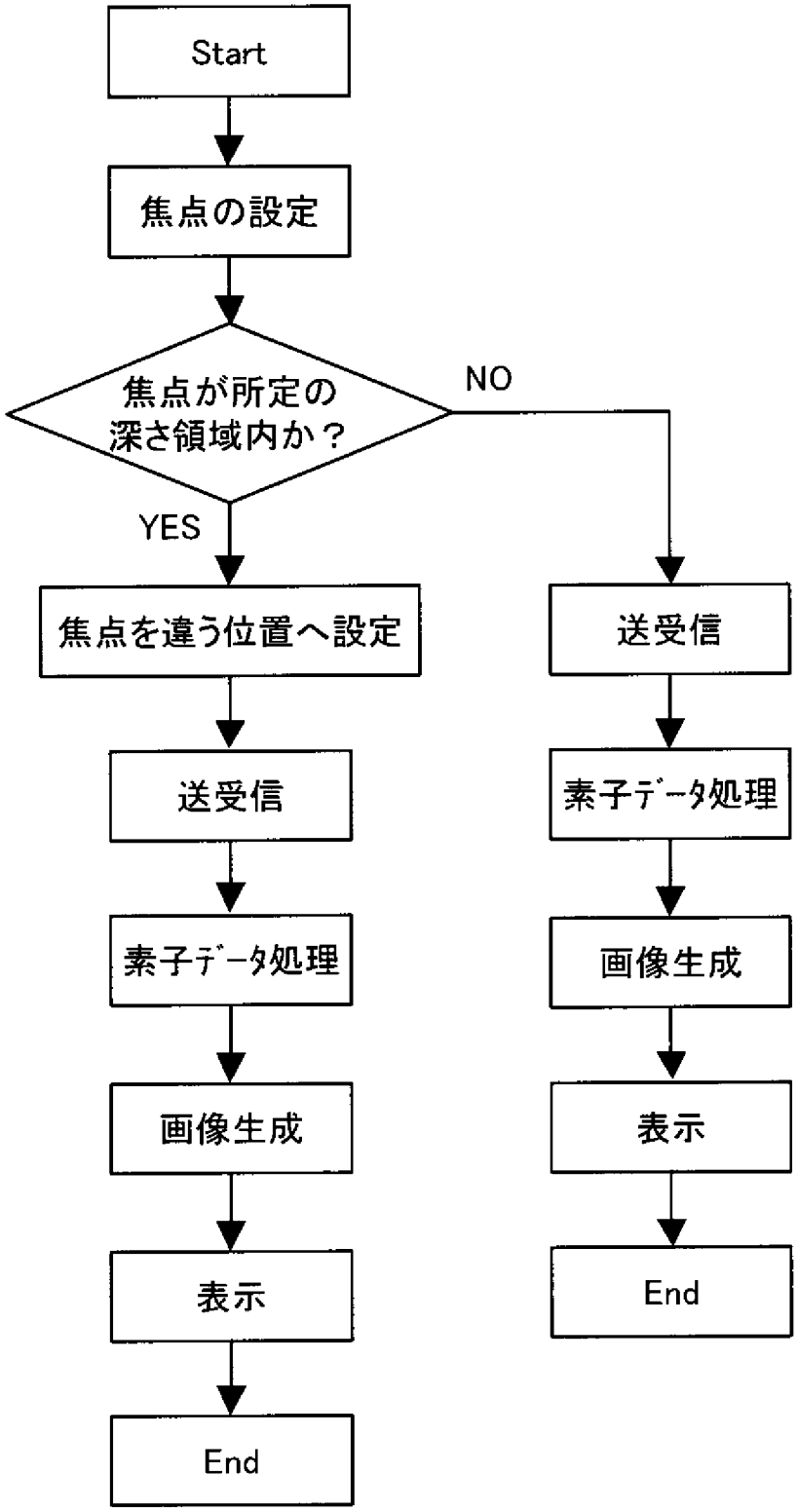
[図6]


(a)
送信素子(x0,0)
x
52a 52b 52c
df
52d 52g
61
焦点(x0,df)
58
受信経路距離(Lra)
z
送信経路距離(Lta)
z
61
54
反射点(x0,z)
z
(b)
受信素子(x0,0)
素子間隔Le
送信素子(x0+ Le,0)
x
52a 52b 52c 52d
df
52e 52h
61
焦点(x0 + Le,df)
受信経路距離(Lrb)
z
58
送信経路距離(Ltb)
$df + \sqrt{(z-df)^2 + Le^2}$
61
54
反射点(x0,z)
z
(c)
68
素子データ群
66
68
68
68
(d)
時間

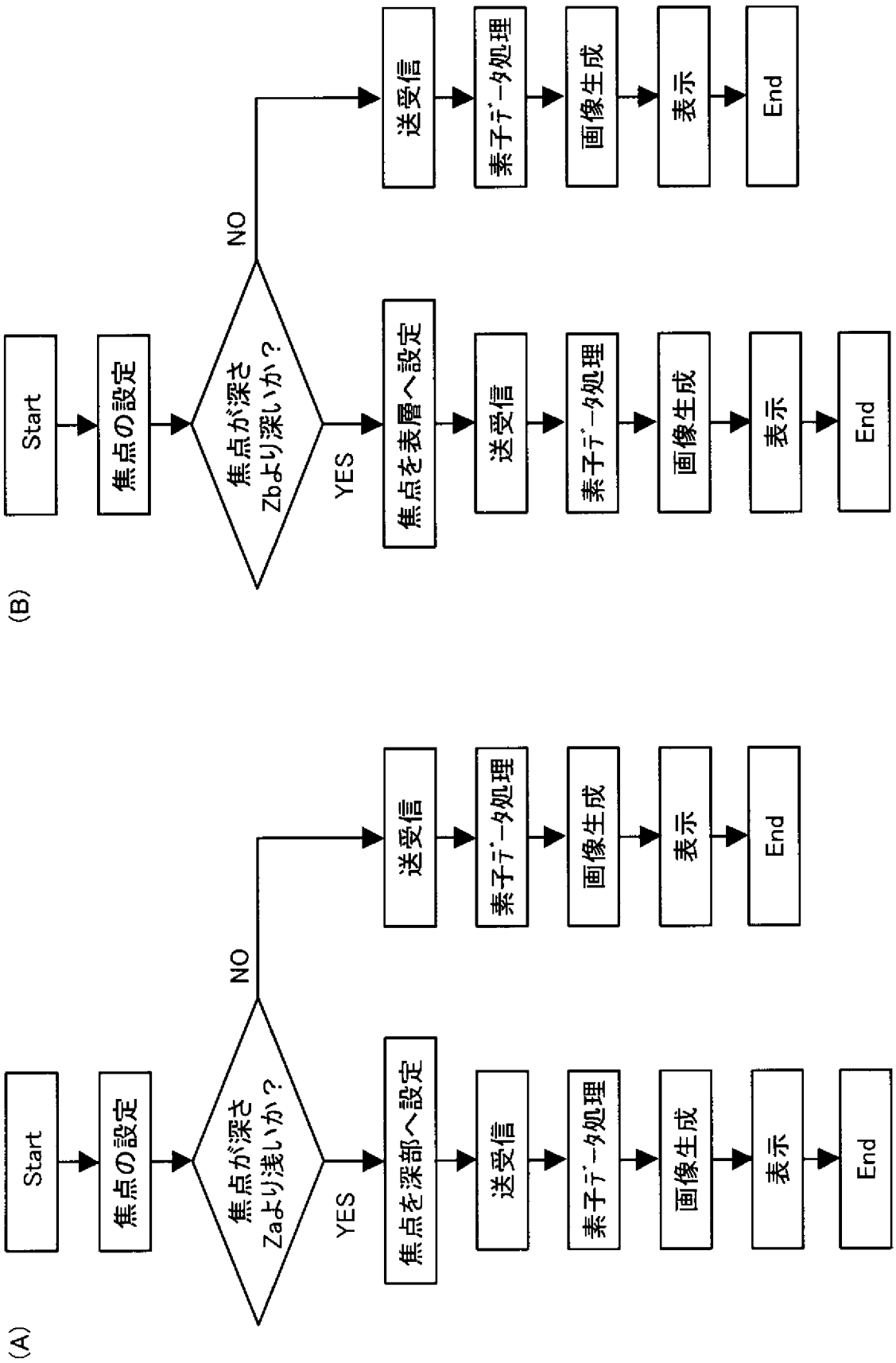
[図7]


真の信号の場合
注目素子
ゴーストの場合
注目素子
(a)
(b)
(c)
(d)
(e)
(f)
時間
時間
位相補正と横方向シフト
位相補正と横方向シフト
各素子ごとに位相補正をした結果、
高輝度位置は位相が合い、ゴーストの位相は合わない
(g)
(h)
入力
未処理素子データ
重ね合わせ処理部
出力
処理済素子データ

[図8]


Start
焦点の設定
焦点が所定の深さ領域内か？
NO
YES
焦点を違う位置へ設定
送受信
素子ﾃﾞｰﾀ処理
画像生成
表示
End
送受信
素子ﾃﾞｰﾀ処理
画像生成
表示
End

[図9]


(A)
Start
焦点の設定
焦点が深さ
Zaより浅いか？
YES
NO
焦点を深部へ設定
送受信
素子ﾃﾞｰﾀ処理
画像生成
表示
End
(B)
Start
焦点の設定
焦点が深さ
Zbより深いか？
YES
NO
焦点を表層へ設定
送受信
素子ﾃﾞｰﾀ処理
画像生成
表示
End

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP2013/075535

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
A61B8/00(2006.01)i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)
A61B8/00

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho	1922-1996	Jitsuyo Shinan Toroku Koho	1996-2013
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2013	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2013

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 2011-172611 A (Canon Inc.), 08 September 2011 (08.09.2011), entire text; all drawings & US 2012/0281902 A1 & EP 2538846 A1 & WO 2011/105593 A1 & CN 102770079 A	1-17
A	JP 2009-240700 A (Toshiba Corp.), 22 October 2009 (22.10.2009), entire text; all drawings & US 2009/0326377 A1 & EP 2107388 A1 & CN 101548896 A	1-17
A	JP 2003-135460 A (Fuji Photo Film Co., Ltd.), 13 May 2003 (13.05.2003), entire text; all drawings (Family: none)	1-17

☒ Further documents are listed in the continuation of Box C. ☐ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:
"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date
"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed
"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search	Date of mailing of the international search report
07 October, 2013 (07.10.13)	15 October, 2013 (15.10.13)
Name and mailing address of the ISA/ Japanese Patent Office Facsimile No.	Authorized officer Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP2013/075535

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 2002-238896 A (Hitachi Medical Corp.), 27 August 2002 (27.08.2002), entire text; all drawings (Family: none)	1-17
A	JP 7-163569 A (Fujitsu Ltd.), 27 June 1995 (27.06.1995), entire text; all drawings (Family: none)	1-17
A	JP 5-277116 A (Matsushita Electric Industrial Co., Ltd.), 26 October 1993 (26.10.1993), entire text; all drawings (Family: none)	1-17

国際調査報告

国際出願番号　ＰＣＴ／ＪＰ２０１３／０７５５３５

Ａ．　発明の属する分野の分類（国際特許分類（ＩＰＣ））

Int.Cl.　A61B8/00(2006.01)i

Ｂ．　調査を行った分野

調査を行った最小限資料（国際特許分類（ＩＰＣ））

Int.Cl.　A61B8/00

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報	１９２２－１９９６年
日本国公開実用新案公報	１９７１－２０１３年
日本国実用新案登録公報	１９９６－２０１３年
日本国登録実用新案公報	１９９４－２０１３年

国際調査で使用した電子データベース（データベースの名称、調査に使用した用語）

Ｃ．　関連すると認められる文献

引用文献のカテゴリー＊	引用文献名　及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する請求項の番号
A	JP 2011-172611 A (キヤノン株式会社) 2011.09.08, 全文, 全図 & US 2012/0281902 A1 & EP 2538846 A1 & WO 2011/105593 A1 & CN 102770079 A	1-17
A	JP 2009-240700 A (株式会社東芝) 2009.10.22, 全文, 全図 & US 2009/0326377 A1 & EP 2107388 A1 & CN 101548896 A	1-17
A	JP 2003-135460 A (富士写真フイルム株式会社) 2003.05.13, 全文, 全図 (ファミリーなし)	1-17
A	JP 2002-238896 A (株式会社日立メディコ) 2002.08.27, 全文, 全図 (ファミリーなし)	1-17

☑　Ｃ欄の続きにも文献が列挙されている。

☐　パテントファミリーに関する別紙を参照。

＊　引用文献のカテゴリー

「Ａ」特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの

「Ｅ」国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの

「Ｌ」優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献（理由を付す）

「Ｏ」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献

「Ｐ」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願の日の後に公表された文献

「Ｔ」国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの

「Ｘ」特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの

「Ｙ」特に関連のある文献であって、当該文献と他の１以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの

「＆」同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日	国際調査報告の発送日
０７．１０．２０１３	１５．１０．２０１３

国際調査機関の名称及びあて先
日本国特許庁（ＩＳＡ／ＪＰ）
郵便番号１００－８９１５
東京都千代田区霞が関三丁目４番３号

特許庁審査官（権限のある職員）　２Ｑ　９２０８
宮川　哲伸
電話番号　０３－３５８１－１１０１　内線　３２９２

C（続き）．　関連すると認められる文献

引用文献のカテゴリー＊	引用文献名　及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する請求項の番号
A	JP 7-163569 A（富士通株式会社）1995.06.27，全文，全図（ファミリーなし）	1-17
A	JP 5-277116 A（松下電器産業株式会社）1993.10.26，全文，全図（ファミリーなし）	1-17