

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第6014643号
(P6014643)

(45) 発行日 平成28年10月25日(2016.10.25)

(24) 登録日 平成28年9月30日(2016.9.30)

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

請求項の数 10 (全 18 頁)

(21) 出願番号	特願2014-210483 (P2014-210483)	(73) 特許権者	000005108
(22) 出願日	平成26年10月15日(2014.10.15)		株式会社日立製作所
(65) 公開番号	特開2016-77442 (P2016-77442A)		東京都千代田区丸の内一丁目6番6号
(43) 公開日	平成28年5月16日(2016.5.16)	(74) 代理人	110001210
審査請求日	平成27年10月6日(2015.10.6)		特許業務法人 Y K I 国際特許事務所
		(72) 発明者	久津 将則
			東京都三鷹市牟礼6丁目22番1号 日立
			アロカメディカル株式会社内
		(72) 発明者	栗原 浩
			東京都三鷹市牟礼6丁目22番1号 日立
			アロカメディカル株式会社内
		審査官	樋熊 政一
最終頁に続く			

(54) 【発明の名称】 超音波診断装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

走査面上に複数の送信焦点として複数の仮想音源を形成する送信部と、

前記各仮想音源の形成ごとに得られる受信信号列に対して仮想音源法及びパラレル受信法に従う遅延加算処理を適用することによりサブイメージを形成するサブイメージ形成部と、

前記複数の仮想音源に対応した複数のサブイメージを合成することにより超音波イメージを生成する合成部と、

を含み、

前記複数の仮想音源が前記走査面上に二次元的に広がる二次元仮想音源アレイを構成しており、

前記サブイメージ形成部は、

前記各仮想音源の形成ごとに得られる受信信号列に対して前記遅延加算処理を適用することにより受信ビームデータ列としてのサブイメージを形成する遅延加算処理部と、

前記仮想音源ごとに形成された各サブイメージに対して、送信ビームエリアから外れる部分に対して無効化用の重みを与える作用をもった重み分布を適用する重み付け部と、

を含み、

前記各サブイメージは前記各送信ビームエリアをカバーする形態を有し、

前記重み分布が適用された後の各サブイメージは前記各仮想音源から手前側に存在する逆三角形部分と前記各仮想音源から奥側に存在する三角形部分とを含む形態を有し、

10

20

前記合成部は、前記重み分布が適用された後の複数のサブイメージを合成する、
ことを特徴とする超音波診断装置。

【請求項 2】

請求項 1 記載の装置において、

前記仮想音源アレイは、第 1 の深さに設定された複数の第 1 仮想音源と、前記第 1 の深さとは異なる第 2 の深さに設定された複数の第 2 仮想音源と、を含む、
ことを特徴とする超音波診断装置。

【請求項 3】

請求項 2 記載の装置において、

前記複数の第 1 仮想音源と前記複数の第 2 仮想音源が走査方向に交互に形成される、
ことを特徴とする超音波診断装置。

10

【請求項 4】

請求項 3 記載の装置において、

前記送信部は、

第 1 開口サイズを有する第 1 送信開口から超音波を送波することにより前記第 1 の深さに設定された第 1 送信焦点を有する第 1 送信ビームを形成する機能と、

前記第 1 開口サイズとは異なる第 2 開口サイズを有する第 2 送信開口から超音波を送波することにより前記第 2 の深さに設定された第 2 送信焦点を有する第 2 送信ビームを形成する機能と、

を有し、

20

前記遅延加算処理部は、

前記第 1 送信ビームの形成後に反射波を受信して得られる第 1 受信信号列に基づいて第 1 受信ビームデータ列としての第 1 サブイメージを形成する機能と、

前記第 2 送信ビームの形成後に反射波を受信して得られる第 2 受信信号列に基づいて第 2 受信ビームデータ列としての第 2 サブイメージを形成する機能と、

を有する、

ことを特徴とする超音波診断装置。

【請求項 5】

請求項 4 記載の装置において、

前記第 1 送信ビームは、前記第 1 送信焦点から手前側に広がる小さな逆三角形エリアと、前記第 1 送信焦点から奥側に広がる大きな三角形エリアと、からなる第 1 ビーム形状を有し、

30

前記第 2 送信ビームは、前記第 2 送信焦点から手前側に広がる大きな逆三角形エリアと、前記第 2 送信焦点から奥側に広がる小さな三角形エリアと、からなる第 2 ビーム形状を有する、

ことを特徴とする超音波診断装置。

【請求項 6】

請求項 1 記載の装置において、

前記重み付け部は、前記仮想音源ごとに形成された各サブイメージに対して前記仮想音源ごとに異なる重み分布を適用する、

40

ことを特徴とする超音波診断装置。

【請求項 7】

請求項 1 記載の装置において、

前記重み分布は、前記送信ビームエリアから外れる部分に対して無効化用の重みを与える作用と、前記送信ビームエリア内に対して重みを与える作用と、を有するものである、

ことを特徴とする超音波診断装置。

【請求項 8】

請求項 1 記載の装置において、

前記送信部は、

第 1 開口サイズを有する第 1 送信開口から超音波を送波することにより第 1 の深さに設

50

定された第 1 送信焦点を有する第 1 送信ビームを形成する機能と、

前記第 1 開口サイズとは異なる第 2 開口サイズを有する第 2 送信開口から超音波を送波することにより前記第 1 の深さとは異なる第 2 の深さに設定された第 2 送信焦点を有する第 2 送信ビームを形成する機能と、

を含み、

前記遅延加算処理部は、

前記第 1 送信ビームの形成後に反射波を受信して得られる第 1 受信信号列に基づいて第 1 受信ビームデータ列としての第 1 サブイメージを形成する機能と、

前記第 2 送信ビームの形成後に反射波を受信して得られる第 2 受信信号列に基づいて第 2 受信ビームデータ列としての第 2 サブイメージを形成する機能と、

10

を含み、

前記重み付け部は、

前記第 1 サブイメージに対して、第 1 送信ビームエリアから外れる部分に対して無効化用の重みを与える作用を有する第 1 重み分布を適用することにより第 1 サブイメージを形成する機能と、

前記第 2 サブイメージに対して、第 2 送信ビームエリアから外れる部分に対して無効化用の重みを与える作用を有する第 2 重み分布を適用することにより第 2 サブイメージを形成する機能と、

を含む、

ことを特徴とする超音波診断装置。

20

【請求項 9】

請求項 1 記載の装置において、

前記複数の送信焦点は電子リニア走査により形成される、

ことを特徴とする超音波診断装置。

【請求項 10】

請求項 1 記載の装置において、

前記複数の送信焦点は電子セクタ走査により形成される、

ことを特徴とする超音波診断装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

30

【0001】

本発明は超音波診断装置に関し、特に、仮想音源を利用した開口合成法（仮想音源法）に基づいて超音波イメージを形成する超音波診断装置に関する。

【背景技術】

【0002】

まず超音波診断装置における典型的な送受信方式について説明しておく。送受信位置（又は送受信方位）を変化させながら、送信ビームの形成及び受信ビームの形成が繰り返される。詳しくは、送信時に、通常 1 つの送信焦点が形成され、砂時計のような形状をもった送信ビームが形成される。送信焦点付近において良好な走査方向分解能を得られるものの、送信焦点から浅い方又は深い方に離れるに従って走査方向分解能が低下する。受信時には、通常、受信ダイナミックフォーカス技術が適用される。すなわち、深さ方向に並んだ複数の受信点に対して順番に受信焦点が合うように受信焦点の深さが動的に変更される。1 つの送信ビームに対して複数の受信ビームを同時に形成するパラレル受信技術も知られている。いずれにしても、従来の典型的な送受信方式では、走査面上の各受信点が基本的に 1 つの送信ビームにのみ対応付けられている。

40

【0003】

仮想音源を利用した開口合成法（仮想音源法）は、複数の送信焦点を複数の音源（仮想音源）とみなすことを前提とし、送信開口合成技術を用いて超音波イメージを形成する方法である（非特許文献 1、特許文献 1、特許文献 2）。仮想音源法では、受信信号群の遅延処理に際して、従来から用いられている受信フォーカス用の遅延条件の他に、各仮想音

50

源から出る球面波を観測するための遅延条件が加味される。仮想音源法の下で、平行受信を行えば（あるいは受信開口合成を行えば）、1つのサブイメージとしての1つの低解像度イメージ（Low Resolution Image(LRI)）が得られる。複数の送信ビームの形成により得られた複数の低解像度イメージを合成することにより、高解像度イメージとしての超音波イメージが形成される。仮想音源法では、低解像度イメージの合成時に、画素（各受信点）ごとに、複数の仮想音源に由来する複数の球面波成分がそれらの位相を合わせた上で加算される。低解像度イメージはスキャンコンバート処理の前後にかかわらず観念し得るものである。

【0004】

なお、複数の仮想音源の形成により得られたデータセットに基づいて、複数のサブイメージを形成することなく、直接的に、超音波イメージを形成する手法も知られている。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0005】

【特許文献1】特開昭62-47348号公報

【特許文献2】特開平10-277042号公報

【非特許文献】

【0006】

【非特許文献1】S. I. Nikolov, et al. "Practical applications of synthetic aperture imaging", IEEE IUS, 2010. (BK Medical)

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0007】

仮想音源法において、走査方向に並ぶ複数の送信焦点（仮想音源）を同じ深さに形成した場合、後に詳しく説明するように、隣接する低解像度イメージ間ごとに（あるいは走査面上における隣接仮想音源間ごとに）低音圧領域が生じてしまう。そのような低音圧領域は超音波イメージの画質を低下させるものである。なお、特許文献2には、振動子の各端部から出る球面波（エッジ波）を観測することにより、上記低音圧領域の問題を克服することが開示されている。しかし、その方法によって上記低音圧領域を十分に解消することは難しいと言わざるを得ない。

【0008】

本発明の目的は、仮想音源法に基づいて形成される超音波イメージの画質を高めることにある。あるいは、本発明の目的は、隣接サブイメージ（低解像度イメージ）間に低音圧エリア又は低画質エリアが生じないように、あるいは、それがあまり生じないようにすることにある。あるいは、本発明の目的は、走査面上において隣接仮想音源間に低音圧エリア又は低画質エリアがあまり生じないようにすることにある。

【課題を解決するための手段】

【0009】

(1) 本発明に係る超音波診断装置は、走査面上に複数の送信焦点として複数の仮想音源を形成する送信部と、前記各仮想音源の形成ごとに得られる受信信号列に対して仮想音源法に従う遅延加算処理を適用することによりサブイメージを形成するサブイメージ形成部と、前記複数の仮想音源に対応した複数のサブイメージを合成することにより超音波イメージを生成する合成部と、を含み、前記複数の仮想音源が前記走査面上に二次元的に広がる二次元仮想音源アレイを構成している、ことを特徴とするものである。

【0010】

上記構成によれば、超音波ビーム走査エリアである走査面上に、一次元仮想音源アレイではなく、二次元仮想音源アレイが形成される。それは走査面上において二次元パターンをもって広がる複数の仮想音源（つまり複数の送信焦点）からなるものである。走査方向に並ぶ複数の仮想音源の深さを揃えた場合、個々の隣接サブイメージ間に低音圧エリアが不可避免的に生じてしまう。これに対して、走査方向に並ぶ複数の仮想音源が少なくとも2

10

20

30

40

50

種類以上の深さを有していれば、走査面全体として、低音圧エリアの発生個数を少なくでき（あるいはそれをゼロにでき）、又は、低音圧エリアの総面積を小さくできる（あるいはそれをゼロにできる）。望ましくは、少なくとも観察対象となる走査面内の主要部（中央部分）において、低音圧エリアが生じないように、複数の仮想音源についての二次元パターンが定められる。

【0011】

上記構成において、送信ビームは、送信開口内の複数の振動素子を励振することにより形成される。望ましくは、上記の受信信号列は、受信開口内の複数の振動素子から出力される複数の素子受信信号からなるものである。仮想音源法に従う遅延加算処理は、少なくとも仮想音源から各受信点までの距離に対応する遅延時間が考慮された処理である。走査面上の少なくとも一部において、それに属する各受信点が複数の仮想音源に対応付けられ、つまり複数のサブイメージに覆われる。これによりその受信点について送信開口合成処理を適用できる。但し、走査面上の一部の受信点が1つの仮想焦点だけに対応付けられもよい。特に望ましくは、走査面上の実質的な全体において、各受信点が複数の仮想音源に対応付けられる。画質向上の観点からは、できるだけ多くの受信点ができるだけ多くの仮想音源に対応付けられるのが望ましい。望ましくは、受信時においてはパラレル受信技術が適用され、すなわち、1つの送信ビームの形成後に複数の受信ビームが並列的に形成される。上記のサブイメージは、個々の仮想音源ごとに生成される受信データ配列を表す概念である。望ましくは、サブイメージを構成する個々のデータは、検波処理される前のRFデータである。三次元データ取込空間中の少なくとも1つの平面（走査面）において、上記の二次元仮想音源アレイが形成されてもよい。

【0012】

望ましくは、前記仮想音源アレイは、第1の深さに設定された複数の第1仮想音源と、前記第1の深さとは異なる第2の深さに設定された複数の第2仮想音源と、を含む。望ましくは、前記複数の第1仮想音源と前記複数の第2仮想音源が走査方向に交互に形成される。このような構成によれば、形状の異なる2種類のサブイメージが交互に得られることになるので、個々の隣接サブイメージ間から低音圧エリアを除外することが容易となる。

【0013】

望ましくは、前記送信部は、第1開口サイズを有する第1送信開口から超音波を送波することにより前記第1の深さに設定された第1送信焦点を有する第1送信ビームを形成する機能と、前記第1開口サイズとは異なる第2開口サイズを有する第2送信開口から超音波を送波することにより前記第2の深さに設定された第2送信焦点を有する第2送信ビームを形成する機能と、を有し、前記サブイメージ形成部は、前記第1送信ビームの形成後に反射波を受信して得られる第1受信信号列に基づいて第1受信ビームデータ列を形成する機能と、前記第2送信ビームの形成後に反射波を受信して得られる第2受信信号列に基づいて第2受信ビームデータ列を形成する機能と、を有し、前記第1受信ビームデータに基づいて第1サブイメージが形成され、前記第2受信ビームデータに基づいて第2サブイメージが形成される。

【0014】

望ましくは、前記第1送信ビームは、前記第1送信焦点から手前側に広がる小さな逆三角形エリアと、前記第1送信焦点から奥側に広がる大きな三角形エリアと、からなる第1ビーム形状を有し、前記第2送信ビームは、前記第2送信焦点から手前側に広がる大きな逆三角形エリアと、前記第2送信焦点から奥側に広がる小さな三角形エリアと、からなる第2ビームパターンを有する。ここで、手前側は、送信焦点から浅い側であり、奥側は送信焦点から深い側である。

【0015】

望ましくは、前記サブイメージ形成部は、前記各仮想音源の形成ごとに得られる受信信号列に対して仮想音源法に従う遅延加算処理を適用することにより受信ビームデータ列を形成する遅延加算処理部と、前記受信ビームデータ列に対して重み分布を適用する重み付け部と、を含む。重み付け処理として、例えば、サブイメージ外に属する個々のデータを

抑圧するための処理、サブイメージ内における音圧不均衡に対処するための重み付け処理、等があげられる。最終的な超音波イメージにおいて品質のむらができるだけ生じないように重み付け処理を行うのが望ましい。望ましくは、前記重み付け部は、前記受信ビームデータ列の内では送信ビームエリアから外れる部分に対して無効化用の重みを与える。この構成によれば、無効化対象となるデータ群を含んだサブイメージをいったん形成した上で、一般的な重み付けと同時に不要なデータ群を事後的に削除又は抑圧できる。

【0016】

望ましくは、前記送信部は、第1開口サイズを有する第1送信開口から超音波を送波することにより前記第1の深さに設定された第1送信焦点を有する第1送信ビームを形成する機能と、前記第1開口サイズとは異なる第2開口サイズを有する第2送信開口から超音波を送波することにより前記第1の深さとは異なる第2の深さに設定された第2送信焦点を有する第2送信ビームを形成する機能と、を含み、前記遅延加算処理部は、前記第1送信ビームの形成後に反射波を受信して得られる第1受信信号列に基づいて第1受信ビームデータ列を形成する機能と、前記第2送信ビームの形成後に反射波を受信して得られる第2受信信号列に基づいて第2受信ビームデータ列を形成する機能と、を含み、前記重み付け部は、前記第1受信ビームデータ列に対して第1重み分布を適用することにより第1サブイメージを形成する機能と、前記第2受信ビームデータ列に対して第2重み分布を適用することにより第2サブイメージを形成する機能と、を含む。第1サブイメージの形成条件と第2サブイメージの形成条件とが相違するので、それぞれに応じた重み分布を用意しておき、適切な重み分布を適用するのが望ましい。更に、送信ビームごとに、つまり、走査方向の位置が異なるサブイメージごとに個別的に重み分布を用意しておいてもよい。

【0017】

(2) 後述する超音波診断装置は、走査面上に複数の送信焦点として複数の仮想音源を形成する送信部と、前記複数の仮想音源の形成により得られる複数の受信信号列をデータセットとして記憶する記憶部と、前記データセットに対して仮想音源法に従う遅延加算処理を適用することにより超音波イメージを生成する合成部と、を含み、前記複数の仮想音源が前記走査面上に二次元的に広がる二次元仮想音源アレイを構成している、ことを特徴とするものである。

【0018】

上記構成においては、複数の送信焦点としての複数の仮想音源の形成によりデータセットが取得され、それに対して仮想音源法に基づく遅延加算処理を適用することにより超音波イメージが形成される。この処理では、複数のサブイメージを生成することなく、データセットから直接的に超音波イメージが生成される。そのような場合でも、複数の仮想音源が同じ深さに形成されると、走査面上における仮想音源間に低音圧領域が不可避免的に生じてしまう。上記構成によれば、複数の仮想音源が二次元的に広がっているため、低音圧領域が生じることを回避又は低減できる。

【0019】

望ましくは、前記仮想音源アレイは、第1の深さに設定された複数の第1仮想音源と、前記第1の深さとは異なる第2の深さに設定された複数の第2仮想音源と、を含む。望ましくは、前記複数の第1仮想音源と前記複数の第2仮想音源が走査方向に交互に形成される。

【発明の効果】

【0020】

本発明によれば、仮想音源法に基づいて形成される超音波イメージの画質を高められる。あるいは、本発明によれば、隣接サブイメージ（低解像度イメージ）間に低音圧エリア又は低画質エリアがあまり生じないようにできる。あるいは、本発明によれば、走査面上において隣接仮想音源間に低音圧エリア又は低画質エリアがあまり生じないようにできる。

【図面の簡単な説明】

【0021】

10

20

30

40

50

【図 1】超音波診断装置における一般的な送受信方式を示す図である。

【図 2】仮想音源に基づく送信開口合成法（仮想音源法）を示す図である。

【図 3】複数のサブイメージ（低解像度画像）の生成を示す図である。

【図 4】本発明に係る超音波診断装置の実施形態を示すブロック図である。

【図 5】第 1 送受信ビームセットの第 1 例を示す図である。

【図 6】第 2 送受信ビームセットの第 1 例を示す図である。

【図 7】二次元仮想音源配列の第 1 例を示す図である。

【図 8】二次元仮想音源配列の第 2 例を示す図である。

【図 9】受信部での処理の第 1 例を説明するための概念図である。

【図 10】受信部での処理の第 2 例を説明するための概念図である。

10

【図 11】仮想音源法が適用された電子セクタ走査方式を示す図である。

【図 12】第 1 送受信ビームセットの第 2 例を示す図である。

【図 13】第 2 送受信ビームセットの第 2 例を示す図である。

【図 14】受信部の他の構成例を示す図である。

【発明を実施するための形態】

【0022】

以下、本発明の好適な実施形態を図面に基づいて説明する。

【0023】

（１）一般的な送受信方式

まず、図 1 を用いて、一般的な送受信方式について説明する。アレイ振動子 10 は、図 1 において、x 方向に沿って直線的に配列された複数の振動素子 11 により構成される。図 1 において、x 方向が走査方向（方位方向）であり、z 方向が深さ方向（ビーム方向）である。アレイ振動子 10 上に送信開口 12 が設定され、それに属する複数の振動素子を一定の遅延関係をもって励振することにより送信ビーム 14 が形成される。送信ビーム 14 は、設定された深さに形成された送信焦点 16 を有する。送信ビーム 14 において、送信焦点よりも浅い側（上側）及び深い側（下側）は徐々に広がっている。なお、各図において、送信ビームは模式的に描かれている。

20

【0024】

送信ビームの形成後、反射波を受波することにより素子受信信号列が得られる。その際に受信ダイナミックフォーカス技術が適用され、これにより電子的に受信ビームが形成される。符号 18 は、受信ビームに相当する受信ビームデータを表している。受信開口内の複数の振動素子から出力された複数の素子受信信号に対して動的に遅延条件を変化させながら加算処理を適用することにより受信ビームデータ 18 が得られる。受信ビームデータ 18 は、深さ方向に並ぶ複数の受信点（サンプル点）に対応する複数の受信データ（エコーデータ）20 からなるものである。なお、送信開口と受信開口とを一致させる場合と両者を異ならせる場合とがある。

30

【0025】

符号 22 は、送信ビーム 14 と、受信ビーム（図 1 では受信ビームに対応する受信ビームデータ 18 が示されている）と、からなる送受信ビームセットを示している。方位方向（走査方向）の各位置において送受信ビームセット 22 を形成することにより、1 走査面分つまり 1 受信フレーム分に相当する複数の受信ビームデータ 18 が得られる。なお、1 つの送信ビーム 14 当たり、走査方向に並んだ複数の受信ビームを形成するパラレル受信技術が適用される場合もある。

40

【0026】

（２）仮想音源を利用した開口合成法（仮想音源法）

図 2 には仮想音源法の一例が示されている。図示の例では、アレイ振動子 10 に対して送信用信号線列 24 が接続されており、信号線列 24 の途中から受信用信号線列 26 が引き出されている。アレイ振動子 10 に対しては送信開口 X0 が設定されており、それに属する複数の振動素子に対し、遅延カーブ 28 で示される遅延関係を有する複数の送信信号が供給される。すると、送信ビーム 30a が形成される。送信ビーム 30a は送信焦点 3

50

2 aを有する。同様に、走査方向において送信位置を変えながら、送信ビーム 3 0 b、送信ビーム 3 0 c、・・・が形成される。それらは送信焦点 3 2 b、送信焦点 3 2 c、・・・を有する。図 2 において、それらの深さは同一であり、つまり Z 0 である。なお、図 2 には示されていないが、この例では、送信ビームごとに、パラレル受信技術の適用により、送信ビームエリアの全体又は主要部をカバーするように、1 回の送受信で、複数の受信ビームが形成される。

【 0 0 2 7 】

いま、受信点 p に着目する。受信点 p は図示の例において 3 つの送信ビーム 3 0 a , 3 0 b , 3 0 c に覆われている。換言すれば、3 つの送信ビーム 3 0 a , 3 0 b , 3 0 c に対応付けられている。各送信焦点 3 2 a , 3 2 b , 3 2 c はそれぞれ仮想音源とみなせる（以下、場合により「送信焦点」を「仮想音源」と称する。）。つまり、その手前側及び奥側において、仮想音源を原点とした球面波を観念することができる。図 2 には、仮想音源 3 2 a から出た球面波が図示されている。受信点 p には、3 つの仮想音源 3 2 a , 3 2 b , 3 2 c に由来する 3 つの球面波成分 3 6 a、3 6 b、3 6 c が到達する。それらの位相を合わせて合成することにより、受信点 p において大きな振幅を観測することが可能である。つまり、例えば、送信ビーム 3 0 a 形成後の受信処理においては、受信点 p において通常の受信ダイナミックフォーカスを実現するための遅延条件に加えて、仮想音源 3 2 a と受信点 p との間の距離に応じた遅延条件を考慮して、遅延処理が実行される。図 2 においては、受信点 p から受信開口内の特定の振動素子 1 1 a までの距離が符号 3 8 a で示されており、その際の伝搬時間は t 2 である。受信ダイナミックフォーカスでは、振動素子 1 1 a からの素子受信信号に対して、伝搬時間 t 2 に対応した遅延時間が与えられる。送信開口合成では、その信号に対して、球面波の伝搬時間 t 1 に対応した遅延時間が与えられる。同様の受信処理が送信ビーム 3 0 b , 3 0 c の形成後の受信処理においても実行される。受信点 p をカバーする送信ビーム数が多くなればなるほど（送信開口合成数が多くなればなるほど）、受信点においてより大きな振幅を得られ、つまり超音波イメージの画質を高められる。逆に言えば、仮想音源法では、超音波イメージの画質を高められるので、その分だけ送信ビーム本数を低減して、フレームレートを向上させることが可能である。

【 0 0 2 8 】

なお、仮想音源法では、受信点 p において、送信開口合成で用いられる仮想音源範囲（つまり仮想音源開口）は、受信点 p が存在する深さでの送信ビームの走査方向幅に相当する。具体的には、受信点 p が仮想音源 3 2 b から離れれば離れるほど、深さ方向の距離 Z 1 に比例して、仮想音源開口 X 1 が大きくなる。つまり、仮想音源法では、受信点の深さによらずに、常に同じ $f^{\#}$ （ $= Z 1 / X 1$ ）となる。この $f^{\#}$ は、実際の送信開口 X 0 と送信焦点距離 Z 0 とによって決まり、 $f^{\#} = Z 0 / X 0$ である。

【 0 0 2 9 】

図 3 には、複数のサブイメージ 4 0 が示されている。1 つのサブイメージ 4 0 は、1 つの送受信ビームセットに対応する。図示の例では、1 つの送信ビーム 4 4 ごとに、それをカバーするように、受信ビーム列 4 6 が形成されている。受信ビーム列 4 6 は、走査方向に並んだ複数の受信ビーム 4 6 a ~ 4 6 e により構成されている。但し、受信ビーム列 4 6 において、送信ビーム 4 4 のエリアからはみ出す部分は、画像化に適する感度を得られないので、無効とされている。例えば、受信ビーム 4 6 d における送信焦点 4 5 の近傍の区間 4 8 は無効部分である。受信ビーム 4 6 d におけるそれ以外が有効部分である。無効部分のデータの無効化処理は、例えば、受信ビームデータ形成時に行うことができ、あるいは、後に説明するように事後的な重み付け処理時に行うことができる。

【 0 0 3 0 】

受信ビーム列 4 6 は、二次元の受信データアレイを構成しており、それはサブイメージ 5 2 として観念される。サブイメージ 5 2 は送信開口合成処理前のイメージであるため低解像度イメージである。ちなみに、サブイメージ 5 2 は、送信焦点 4 5 よりも手前側に存在する逆三角形部分 5 2 A と、送信焦点 4 5 よりも奥側に存在する三角形部分 5 2 B と、

10

20

30

40

50

からなる。図 3 に示す例では、超音波イメージを構成する複数のサブイメージがそれぞれ同じ形状を有している。

【 0 0 3 1 】

図 3 に示されるように、個々の隣接サブイメージ間に、隙間としての低音圧領域 5 8 が生じている。図 3 では、個々の低音圧領域 5 8 が菱形の図形で表されている。各低音圧領域 5 8 は送信ビーム 4 4 のエリアから外れる領域であり、画像化に適さない領域である。それ故に、受信ビームデータの処理においては上記のような無効化処理が適用されている。複数のサブイメージ 5 2 を合成して超音波イメージを構成した場合、複数の低音圧領域 5 8 に対応して複数の低画質領域が生じてしまう。このように、複数の仮想音源を一律に同じ深さに設定すると、超音波イメージの画質を高めることが困難である。

10

【 0 0 3 2 】

(3) 超音波診断装置の構成

図 4 には本発明に係る超音波診断装置の好適な実施形態が示されている。この超音波診断装置は、医療機関に設置され、人体に対して超音波診断を実行するものである。この超音波診断装置は、仮想音源法に従って超音波イメージを形成する機能を備えている。超音波イメージは、例えば、B モード断層画像である。本実施形態では、後に詳述するように、上記で説明した低音圧領域が生じないように、複数の仮想音源が二次元に配列されている。

【 0 0 3 3 】

図 4 において、プローブ 6 0 は、生体に当接した状態で超音波の送受波を行う送受波器である。プローブ 6 0 はアレイ振動子を有している。アレイ振動子によって超音波ビームが形成され、その超音波ビームが電子的に走査される。電子走査方式として、本実施形態では電子リニア走査方式が利用されている。

20

【 0 0 3 4 】

送信部 6 2 は、電子回路として構成された送信ビームフォーマーである。送信部 6 2 からアレイ振動子に対して、所定の遅延関係をもった複数の送信信号が供給される。これにより送信ビームが形成される。走査方向に位置を異ならせながら、送信ビームが繰り返し形成される。本実施形態では、第 1 の深さの第 1 送信焦点を有する第 1 送信ビームと、第 2 の深さの第 2 送信焦点を有する第 2 送信ビームと、が交互に形成される。第 1 の深さは例えば浅い位置に設定され、第 2 の深さは、例えば、第 1 の深さよりも深い位置に設定される。第 1 送信ビームの形成に際しては、例えば、小さな第 1 送信開口が設定され、第 2 送信ビームの形成に際しては、例えば、第 1 送信開口よりも大きな第 2 送信開口が設定される。第 1 送信ビームの形状と第 2 送信ビームの形状は相互に相違する。以上のとおり、ビーム走査面上に、複数の送信焦点（つまり複数の仮想音源）の二次元パターンが構成される。これに関しては後に図 5 乃至図 8 を用いて詳述する。

30

【 0 0 3 5 】

受信部 6 4 は、電子回路として構成された受信ビームフォーマーである。具体的には、受信部 6 4 は、1 つの送信ビーム当たり、複数の受信ビーム（複数の受信ビームデータ）を形成するパラレル受信機能を備えている。個々の受信ビームの形成に際しては受信ダイナミックフォーカス技術が適用される。具体的には、受信部は、遅延処理及び加算処理を実行する遅延回路及び加算回路を有している。その他に A / D 変換器等を有する。遅延回路においては、受信開口から取り出された複数の素子受信信号に対して遅延処理が施される。その場合における遅延時間には、受信ダイナミックフォーカス用の遅延時間と、仮想音源（送信焦点）からの球面波成分用の遅延時間と、が含まれる。すなわち、仮想音源法に従った遅延処理が実行される。遅延処理後の複数の素子受信信号は加算回路において加算され、これにより受信ビームデータが得られる。実際には、時分割処理により、1 つの送信ビーム当たり、複数の受信ビームデータが得られることになる。それらはサブイメージを構成する。個々の受信ビームデータは複数の受信点に対応する複数の受信データとなり、個々の受信データは R F 信号に相当する。

40

【 0 0 3 6 】

50

本実施形態においては、受信部 6 4 は、複数のサブイメージを空間的に合成して超音波イメージを形成する合成回路を備えている。超音波イメージはスキャンコンバート前のデータアレイである。第 1 送信ビーム後の受信処理により、第 1 送信ビーム形状に従った形状を有する第 1 サブイメージが生成される。第 2 送信ビーム後の受信処理により、第 2 送信ビーム形状に従った形状を有する第 2 サブイメージが生成される。超音波ビームの走査に伴い、第 1 サブイメージと第 2 サブイメージとが交互に得られることになる。合成回路はそれらのサブイメージを順次加算し、最終的に超音波イメージを形成する。サブイメージの順次合成に際して、後述する重み付け処理が施される。受信部 6 4 が有する機能については後に図 9 及び図 10 を用いて説明する。

【 0 0 3 7 】

10

制御部 6 6 は、CPU 及び動作プログラムにより構成され、それが有する送受信制御機能が図 4 においてブロック（送受信制御部）6 8 として示されている。送受信制御部 6 8 は、仮想音源法を実現するために送信部 6 2 及び受信部 6 4 を制御している。二次元仮想音源配列を決定するパラメータ群は送受信制御部 6 8 によって設定されている。

【 0 0 3 8 】

ビームデータ処理部 7 0 は、検波回路、対数圧縮回路、等の回路を備えている。それらによって個々の受信ビームデータが段階的に処理される。それらの処理を経た受信ビームデータが画像形成部 7 2 へ送られる。画像形成部 7 2 は、電子回路としてのデジタルスキャンコンバータにより構成されている。それは、送受信座標系に従うデータアレイを表示座標系に従うデータアレイに変換する機能、データを補間する機能、フレームレートを調整する機能、等を有している。画像形成部 7 2 において、表示フレームデータが生成され、それが表示処理部 7 4 を経由して表示器 7 6 に送られる。表示器には表示フレームデータが表示される。例えば B モード断層画像が画面上に表示される。本実施形態では、送信開口合成時に生じる低音圧領域の発生が防止されているため、B モード断層画像の画質を高められる。操作パネル 7 8 は入力デバイスであり、それはトラックボール、キーボード等を有する。制御部 6 6 は、図 4 に示されている各構成の動作制御を行うものである。

20

【 0 0 3 9 】

（ 4 ）二次元配列型の仮想音源法

図 5 及び図 6 には、本実施形態に係る超音波診断装置において、交互に形成される第 1 送受信ビームセット及び第 2 送受信ビームセットが模式的に示されている。

30

【 0 0 4 0 】

図 5 に示される第 1 送受信ビームセットは、第 1 の深さに存在する第 1 送信焦点 8 3 を有する送信ビーム 8 2 と、それを覆うように設けられた受信ビーム列 8 4 と、からなる。符号 8 0 は第 1 送信開口を示している。受信ビーム列 8 4 は、走査方向に並ぶ複数の受信ビームにより構成され、センターの受信ビームを除いて、各受信ビームには送信ビームエリアを外れる部分としての無効部分が生じている。受信ビーム列は受信ビームデータ列に相当し、それはサブイメージ 8 6 に相当する。

【 0 0 4 1 】

図 6 に示される第 2 送受信ビームセットは、第 1 の深さよりも深い第 2 の深さに存在する第 2 送信焦点 9 1 を有する送信ビーム 9 0 と、それを覆うように設けられた受信ビーム列 9 2 と、からなる。符号 8 8 は第 2 送信開口を示している。その第 2 送信開口 8 8 は第 1 送信開口 8 0 よりも大きい。受信ビーム列 9 2 は、走査方向に並ぶ複数の受信ビームにより構成され、センターの受信ビームを除いて、各受信ビームには送信ビームエリアを外れる部分としての無効部分が生じている。受信ビーム列は受信ビームデータ列に相当し、それはサブイメージ 9 4 に相当する。

40

【 0 0 4 2 】

図 7 には、走査方向に送受信位置を変えながら、第 1 送受信ビームセットと第 2 送受信ビームセットとを交互に繰り返し形成する場合の様子が示されている。まず、位置 C 1 を中心として、送信開口（第 1 送信開口）A 1 が設定され、送信焦点（第 1 送信焦点）F 1 を有する送信ビーム（第 1 送信ビーム）が形成される。その後、仮想音源法及びパラレル

50

受信技術に従った遅延加算処理により複数の受信ビームデータが得られる。それがサブイメージ（第1サブイメージ）L R I 1である。サブイメージL R I 1は、送信焦点F 1よりも手前側に存在する小さな逆三角形エリアと、送信焦点F 1よりも奥側に存在する大きな三角形エリアと、からなる。

【0043】

次に、位置C 2を中心として、送信開口（第2送信開口）A 2が設定され、送信焦点（第2送信焦点）F 2を有する送信ビーム（第2送信ビーム）が形成される。その後、仮想音源法及びパラレル受信技術に従った遅延加算処理により複数の受信ビームデータが得られる。それがサブイメージL R I 2である。サブイメージL R I 2は、送信焦点F 2よりも手前側に存在する大きな逆三角形エリアと、送信焦点F 2よりも奥側に存在する小さな三角形エリアと、からなる。

10

【0044】

それ以降、上記同様に、第1サブイメージの形成と第2サブイメージの形成とが交互に繰り返される。図7には、7つのサブイメージL R I 1～L R I 7が示されている。走査面上の主要な部分（中間部分）に属する個々の受信点には2つ又はそれ以上の送信ビームが対応付けられており、つまり、当該受信点は2つ又はそれ以上のサブイメージによって覆われている。走査面内には1つの送信ビームのみに対応付けられている幾つかの受信点もある。実際には多数の受信点のそれぞれが多数のサブイメージによって覆われる。なお、C 1～C 7は個々のサブイメージの中心位置を示している。F 1～F 7は個々のサブイメージ中の仮想音源（送信焦点）を示している。A 1～A 7は個々の送信開口を示している。

20

【0045】

以上のように第1サブイメージの形成と第2サブイメージの形成とを交互に繰り返すと、結果として、二次元ジグザグパターンをもった二次元仮想音源アレイが構成される。そのアレイにおいて、ある仮想音源の深さは、両隣の仮想音源の深さとは異なっている。図7に示されるように、複数のサブイメージの部分的なオーバーラップの繰り返しにより、複数の低音圧領域の発生が防止されている。すなわち、第1サブイメージの仮想音源の両隣エリアが、少なくとも、当該第1サブイメージの両隣に存在する2つの第2サブイメージによって覆われている。走査方向における仮想音源ピッチを小さくすることにより、個々の受信点を覆うサブイメージ数を増大できる。そこで、要求フレームレートを満たす限りにおいて、仮想音源ピッチを小さくするのが望ましい。超音波イメージにおいて黒抜け（イメージ欠落）を防止するには観察対象となる主要エリアにおいて個々の受信点が少なくとも1つのサブエリアにカバーされるように二次元仮想音源配列、送信ビーム形状等を定めるのが望ましい。

30

【0046】

第1サブイメージと第2サブイメージとの間で走査方向分解能を均一にするためには、2つのサブイメージを形成するための2つの送信ビームの形成において、 $F^{\#}$ （つまり送信焦点距離/送信開口幅）を一定とするのが望ましい。

【0047】

図8には、二次元仮想音源配列の第2例が示されている。この第2例では、走査方向において、仮想音源ピッチが最大限広げられている。この第2例でも、走査方向に送受信位置を変えながら、第1送受信ビームセットと第2送受信ビームセットとが交互に繰り返し形成される。

40

【0048】

まず、位置C 1 aを中心として、送信開口（第1送信開口）A 1 aが設定され、送信焦点（第1送信焦点）F 1 aを有する送信ビーム（第1送信ビーム）が形成される。その後、仮想音源法及びパラレル受信技術に従った遅延加算処理により複数の受信ビームデータが得られる。それがサブイメージ（第1サブイメージ）L R I 1 aである。次に、位置C 2 aを中心として、送信開口（第2送信開口）A 2 aが設定され、送信焦点（第2送信焦点）F 2 aを有する送信ビーム（第2送信ビーム）が形成される。その後、仮想音源法及

50

びパラレル受信技術に従った遅延加算処理により複数の受信ビームデータが得られる。それがサブイメージ（第1サブイメージ）LRI2aである。この第2例では、送信焦点F1aを有する送信ビームの前縁（走査方向前側の縁）に対して、送信焦点F2aを有する送信ビームの後縁（走査方向後側の縁）に隙間無く僅かに重複するように、送信開口A2a、送信焦点F2a等が設定されている。

【0049】

以下同様に、3番目以降の各サブイメージLRI3a～LRI7aが順次形成される。その場合においても、前に形成されたサブイメージに対して部分的に僅かに重複するように次に形成されるサブイメージの位置及び形状が定められている。なお、C1a～C7aは個々のサブイメージの中心位置を示している。F1a～F7aは個々のサブイメージ中の仮想音源（送信焦点）を示している。A1a～A7aは個々の送信開口を示している。

10

【0050】

この第2例によると、多くの受信点において送信開口合成数が少なくなるが（1つになってしまうが）、超音波イメージにおいて画像欠落を防止することは可能であり、しかもフレームレートを大幅に引き上げられる。診断の目的その他に応じて仮想音源ピッチを含むその二次元配列を切り換えられるように構成するのが望ましい。

【0051】

（5）受信部の構成

図9には、受信部における処理内容の第1例が示されている。個々のブロックはハードウェア回路によって構成され得る。遅延加算処理100では、仮想音源法に従った遅延処理が適用される。本実施形態ではパラレル受信技術も適用される。具体的には、遅延加算処理100では、素子受信信号列に対する遅延処理、及び、遅延処理後の素子受信信号列に対する加算処理、が実行される。素子受信信号列に対する遅延加算処理100により受信ビームデータ列102が構成される。具体的には、第1送信ビームに対応する第1受信ビームデータ列と、第2送信ビームに対応する第2受信ビームデータ列と、が交互に生成される。それらは第1サブイメージ及び第2サブイメージを構成するものである。

20

【0052】

重み分布記憶部106はメモリにより構成される。重み分布記憶部106は、少なくとも、第1受信ビームデータ列に対して適用する第1重み分布108Aと、第2受信ビームデータ列に対して適用する第2重み分布108Bと、を備えている。実際には、送受信位置によって送受信条件が異なるために、本実施形態では、送信ビームごとに、つまり受信ビームデータ列ごとに、重み分布が用意されている。重み処理104では、個々の受信ビームデータ列に対してそれに対応する重み分布が適用され、これにより、重み付け処理後の第1受信ビームデータ列102Aと重み付け処理後の第2受信ビームデータ列102Bとが交互に生成される。加算処理108では、重み付け処理後の複数の受信ビームデータ列が合成され、超音波イメージ110が生成される。この処理は送信開口合成に相当するものである。実際には、超音波イメージ110は走査方向に並ぶ複数の受信ビームデータからなるものである。送信開口合成に際してライン間補間処理、フレーム間補間処理、等が適用されてもよい。超音波イメージ110は後段のビームデータ処理回路へ送られる。

30

【0053】

図9に示した第1例では、重み処理104において、送信ビームエリアから外れるデータを無効化する除外処理が実行される。つまり、送信ビームエリアから外れる地点に対しては重み0が乗算される。このように送信ビームエリア内における重み付けと一緒に送信ビームエリア外に対する無効化処理を実行すれば演算量を削減でき、ハードウェア構成を簡略化できる。

40

【0054】

これに対して、図10に示される第2例では、遅延加算処理112の段階で、送信ビームエリアから外れるデータに対して無効化処理が施されている。すなわち、遅延加算処理では、仮想音源法及びパラレル受信技術に従った遅延処理が実行された上で加算処理が実行される。その際のいずれかの段階において、送信エリアから外れるデータが除外される

50

。例えば、送信エリア内のデータだけを抽出するゲート処理を施してもよい。これにより、無効化処理後の第1及び第2受信ビームデータ114A, 114Bが生成される。重み処理116においては、第1及び第2受信ビームデータ114A, 114Bに対して、第1及び第2重み分布120A, 120Bが乗算される。その際においてはこの第2例では送信ビームエリア内の重み付け処理だけが実行される。実際には個々の受信ビームデータごとに専用の重み分布を用意しておくのが望ましい。重み処理後の第1及び第2受信ビームデータ114A', 114B'が加算処理108に送られ、最終的に超音波イメージ110が生成される。

【0055】

(6) 他の実施形態

図11には仮想音源法に基づく電子セクタ走査方式が示されている。通常、アレイ振動子117の全体が送信開口及び受信開口を構成する。電子セクタ走査においても、方位方向に第1送信ビームと第2送信ビームとが交互に形成される。図示の例では、第1送信焦点120を有する第1送信ビーム126、第2送信焦点122を有する第2送信ビーム128、第1送信焦点124を有する第1送信ビーム130が順次形成されている。走査面118において、複数の送信焦点つまり複数の仮想音源が二次元ジグザグパターンを構成しており、その点において図7及び図8に示した実際形態と同じである。複数のサブイメージを形成した場合に、この態様においても、隣接サブイメージ間に低音圧領域が生じることが確実に防止されている。

【0056】

電子セクタ走査方式においては、例えば図12及び図13に示すような受信ビーム列を構成してもよい。図12には上記第1送信ビーム140に対応して形成される第1受信ビーム列146が示されている。それは送信焦点142で互いにクロスする複数の受信ビーム148からなる。図13には上記第2送信ビーム132に対応して形成される第2受信ビーム列136が示されている。それは送信焦点134で互いにクロスする複数の受信ビーム138からなる。このような構成によれば、受信ビームデータが送信ビームエリアからはみ出ないので、それに対する無効化処理が不要である。

【0057】

以上のように、仮想音源法において、均一の深さに複数の仮想音源を設定した場合、個々の仮想音源の左右に低音圧領域が生じるが、以上のような二次元仮想音源配列によれば、そのような低音圧領域の生成を防止することができる。パラレル受信技術においては、送信ビームの中心点に対する個々の受信ビームデータの位置に応じて感度や分解能が相違するので、また、開口合成法においては各受信点において複数の受信データを合成する際に個々の受信データ間で感度や分解能が相違するので、それらを踏まえて重み付け処理を適用するのが望ましい。その際に有効エリアから外れたデータの無効化処理を一緒に行えばデータ処理効率を高められる。

【0058】

上記処理において、送信ビームエリアの縁は、例えば、走査方向において音圧ピークから音圧が所定dB(例えば-3dB)降下した地点として定めることができる。また上記処理において、受信ビームを形成することなく、仮想音源法を用いて超音波イメージを形成することも可能である。その場合、所定の順序で、受信点ごとに受信開口処理が実行され、これにより画素データ配列が生成される。その場合においても、受信点で球面波の位相が合うように遅延条件が設定される。

【0059】

図14には、第2の実施形態における受信部の構成例が示されている。送信部の構成は、既に説明したものと同一である。すなわち、走査面上に二次元仮想音源アレイが形成される。各仮想音源の形成ごとに、受信信号列(受信開口からの複数の素子受信信号)が得られ、それは記憶部150に順次格納される。複数の仮想音源の形成により得られる複数の受信信号列が記憶部150に格納される。複数の受信信号列はデータセットを構成するものである。合成部152は、データセットを用いて、仮想音源法に基づく整相加算処理

を実行することにより、超音波イメージを形成する。この第２の実施形態では、複数のサブイメージを形成することなく、データセットから直接的に超音波イメージが形成されている。この第２の実施形態においても、複数の仮想音源が二次元的に広がったアレイを構成しているので、走査面上において隣接仮想音源間に生じる低音圧領域又は低画質領域を除外又は軽減することが可能である。

【 0 0 6 0 】

なお、三次元空間内に形成される個々の走査面上に上記二次元仮想音源アレイが形成されてもよい。更に、上記手法を発展させて仮想音源法に基づく三次元整相加算処理を実現するようにしてもよい。

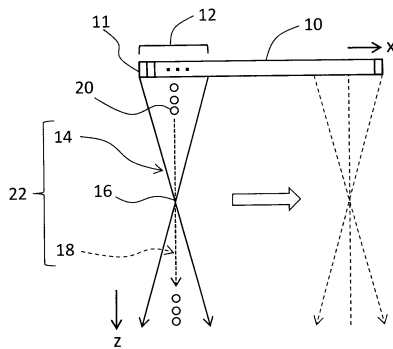
【符号の説明】

10

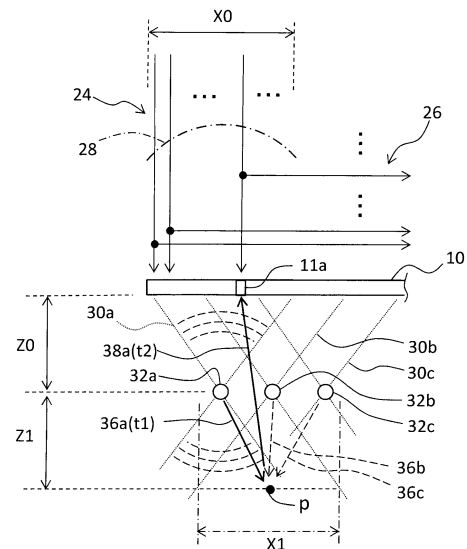
【 0 0 6 1 】

1 0 アレイ振動子、A 1 ~ A 7 送信開口、F 1 ~ F 7 送信焦点（仮想音源）、C 1 ~ C 7 送信ビーム中心位置、L R I 1 ~ L R I 7 サブイメージ（低解像度イメージ）、1 0 0 遅延加算処理、1 0 4 重み処理、1 0 6 重み分布記憶部、1 0 8 加算処理。

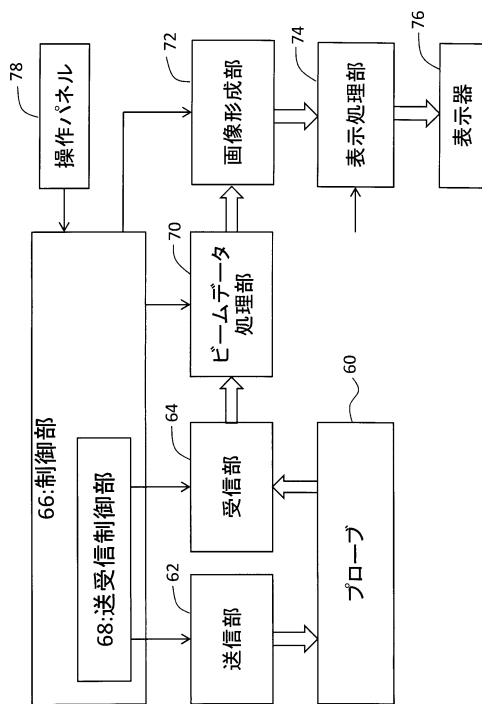
【 図 1 】



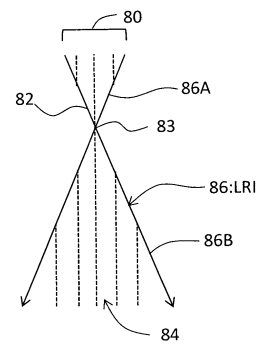
【 図 2 】



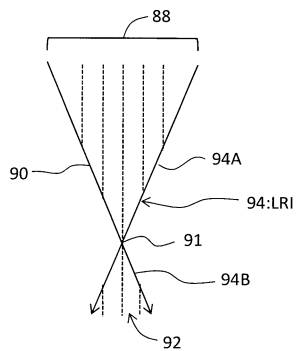
【 図 4 】



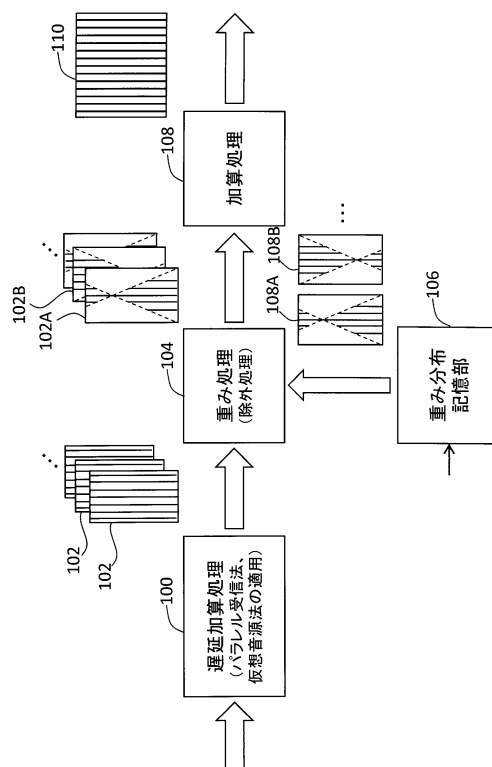
【 図 5 】



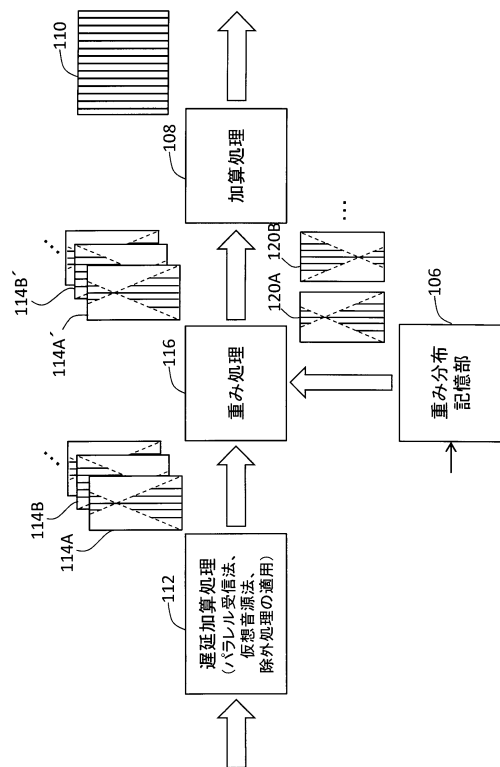
【 図 6 】



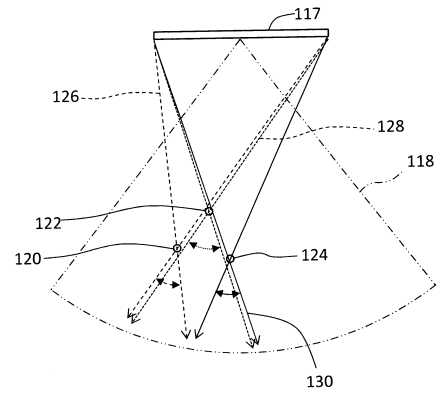
【 図 9 】



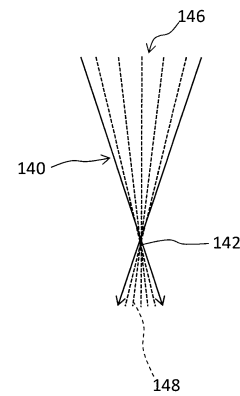
【図 10】



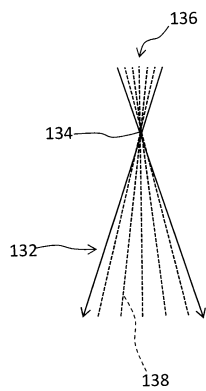
【図 11】



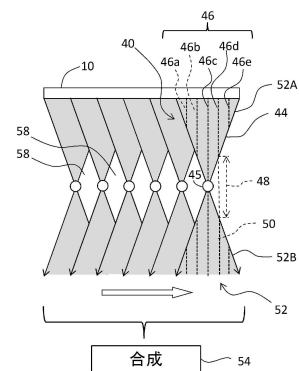
【図 12】



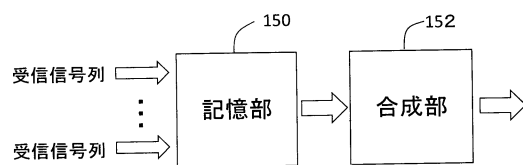
【図 13】



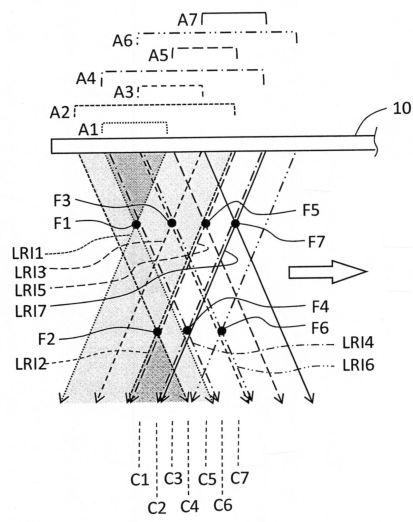
【図 3】



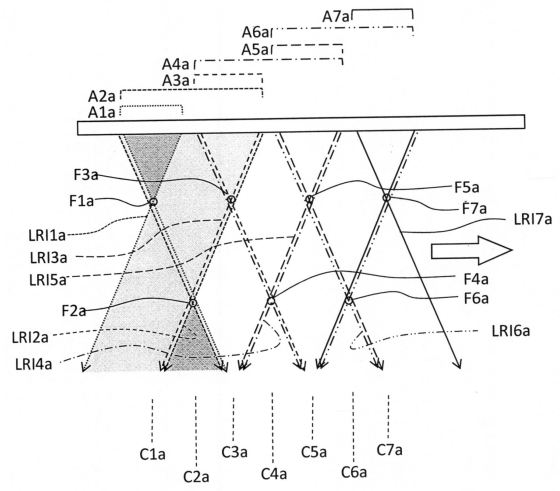
【図 14】



【図 7】



【図 8】



フロントページの続き

(56)参考文献 国際公開第2014/021105(WO,A1)
特開2014-064852(JP,A)
米国特許出願公開第2012/0291553(US,A1)

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

专利名称(译)	超声诊断设备		
公开(公告)号	JP6014643B2	公开(公告)日	2016-10-25
申请号	JP2014210483	申请日	2014-10-15
[标]申请(专利权)人(译)	日立阿洛卡医疗株式会社		
申请(专利权)人(译)	日立アロカメディカル株式会社		
当前申请(专利权)人(译)	株式会社日立制作所		
[标]发明人	久津将则 栗原浩		
发明人	久津 将则 栗原 浩		
IPC分类号	A61B8/14		
CPC分类号	A61B8/5253 A61B8/14 A61B8/145 A61B8/4494 A61B8/461 A61B8/5207 A61B8/54 G01S15/8997		
FI分类号	A61B8/14 A61B8/00		
F-TERM分类号	4C601/BB06 4C601/BB21 4C601/BB23 4C601/EE04 4C601/GB04 4C601/HH24 4C601/HH28 4C601/HH29 4C601/HH30 4C601/HH38 4C601/JB45		
审查员(译)	棕熊正和		
其他公开文献	JP2016077442A		
外部链接	Espacenet		

摘要(译)

要解决的问题：当基于虚拟声源方法生成超声波图像时，防止在扫描表面上出现低声压区域。多个发送焦点（多个虚拟声源）F1至F7在扫描表面上以二维图案形成。更具体地，在扫描方向上，具有第一发射光束的第一发射焦点，具有第二发射焦点的第二发射波束，而是将被交替地形成。通过形成多个第一发送波束LRI1的多个第一子图像的，LRI3，LRI7形成，多个第二传输通过形成光束多个第二子图像LRI2的，LRI4和LRI6。在接收时，应用并行接收技术。

【图2】

