

(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2017-86156

(P2017-86156A)

(43) 公開日 平成29年5月25日(2017.5.25)

(51) Int.Cl.

A61B 8/14 (2006.01)

F1

A61B 8/14

テーマコード(参考)

4C601

審査請求 未請求 請求項の数 11 O L (全 17 頁)

(21) 出願番号 特願2015-215649 (P2015-215649)
 (22) 出願日 平成27年11月2日(2015.11.2)

(71) 出願人 000002369
 セイコーエプソン株式会社
 東京都新宿区新宿四丁目1番6号
 (74) 代理人 100090479
 弁理士 井上 一
 (74) 代理人 100104710
 弁理士 竹腰 昇
 (74) 代理人 100124682
 弁理士 黒田 泰
 (72) 発明者 増田 博之
 長野県諏訪市大和3丁目3番5号 セイコーエプソン株式会社内
 Fターム(参考) 4C601 EE22 GB03 HH25 HH29 HH38
 JB03 LL26

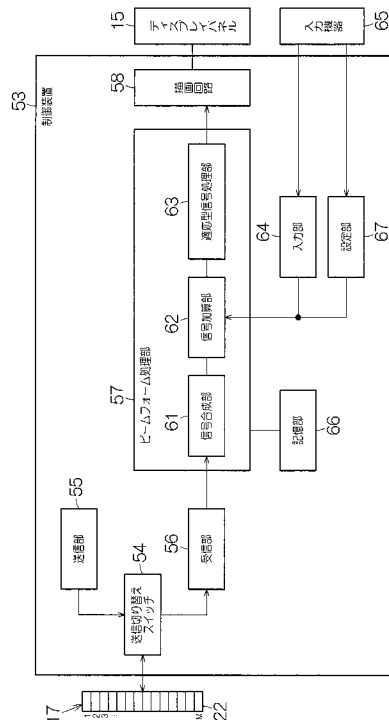
(54) 【発明の名称】 超音波画像装置および超音波画像装置向け制御装置並びに超音波画像の形成方法

(57) 【要約】

【課題】 適応的な重みに基づく合成処理を高速化しながら、良好な画質を維持することができる超音波画像装置向け制御装置を提供する。

【解決手段】 信号合成部61は、超音波の送信ごとに、超音波を電気信号に変換するアレイ配置の変換素子群からの出力信号を開口合成し、順番に第1画像信号を出力する。信号加算部62は、信号合成部61から出力される第1画像信号をグループごとに加算し、第2画像信号を出力する。適応型信号処理部63は、第2画像信号に基づき適応的な重みを算出し、第2画像信号を合成する。

【選択図】 図5



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

超音波の送信ごとに、超音波を電気信号に変換するアレイ配置の変換素子群からの出力信号を開口合成し、順番に第 1 画像信号を出力する信号合成部と、

前記信号合成部から出力される前記第 1 画像信号をグループごとに加算し、第 2 画像信号を出力する信号加算部と、

前記第 2 画像信号に基づき適応的な重みを算出し、前記第 2 画像信号を合成する適応型信号処理部と、

を備えることを特徴とする超音波画像装置向け制御装置。

【請求項 2】

10

請求項 1 に記載の超音波画像装置向け制御装置において、前記送信ごとに前記変換素子群から選択される変換素子に向けて送信信号を出力する送信部をさらに備えることを特徴とする超音波画像装置向け制御装置。

【請求項 3】

請求項 2 に記載の超音波画像装置向け制御装置において、列を形成する M 個の前記変換素子中で重複せずに順番に S 1 個の前記変換素子が駆動される際に、送信回数 K およびグループ数 N に応じて前記グループごとに前記第 1 画像信号の信号数 L は、

【数 1】

$$K = \frac{M}{S1}$$

20

【数 2】

$$L = \left\lceil \frac{K}{N} \right\rceil \text{ or } \left\lfloor \frac{K}{N} \right\rfloor$$

ただし、

【数 3】

$$K = \left\lceil \frac{K}{N} \right\rceil \times K \bmod N + \left\lfloor \frac{K}{N} \right\rfloor \times (N - K \bmod N)$$

30

で特定されることを特徴とする超音波画像装置向け制御装置。

【請求項 4】

請求項 2 に記載の超音波画像装置向け制御装置において、列を形成する M 個の前記変換素子中で S 2 個分ですれながら順番に S 1 個の前記変換素子が駆動される際に、送信回数 K およびグループ数 N に応じて前記グループごとに前記第 1 画像信号の信号数 L は、

【数 4】

$$K = \frac{M - S2}{S1 - S2}$$

【数 2】

40

$$L = \left\lceil \frac{K}{N} \right\rceil \text{ or } \left\lfloor \frac{K}{N} \right\rfloor$$

ただし、

【数 3】

$$K = \left\lceil \frac{K}{N} \right\rceil \times K \bmod N + \left\lfloor \frac{K}{N} \right\rfloor \times (N - K \bmod N)$$

で特定されることを特徴とする超音波画像装置向け制御装置。

【請求項 5】

50

請求項 2 に記載の超音波画像装置向け制御装置において、前記送信信号が前記変換素子群で平面波、拡散波または収束波を形成する K 個の出力パターンを規定する際に、送信回数 K およびグループ数 N に応じて前記グループごとに前記第 1 画像信号の信号数 L は、

【数 2】

$$L = \left\lceil \frac{K}{N} \right\rceil \text{ or } \left\lfloor \frac{K}{N} \right\rfloor$$

ただし、

【数 3】

$$K = \left\lceil \frac{K}{N} \right\rceil \times K \bmod N + \left\lfloor \frac{K}{N} \right\rfloor \times (N - K \bmod N)$$

10

で特定されることを特徴とする超音波画像装置向け制御装置。

【請求項 6】

請求項 3 ~ 5 のいずれか 1 項に記載の超音波画像装置向け制御装置において、前記グループ数 N は 2 以上であることを特徴とする超音波画像装置向け制御装置。

【請求項 7】

請求項 3 ~ 6 のいずれか 1 項に記載の超音波画像装置向け制御装置において、入力機器に接続されて、グループ数 N を入力する入力部をさらに備えることを特徴とする超音波画像装置向け制御装置。

20

【請求項 8】

請求項 3 ~ 7 のいずれか 1 項に記載の超音波画像装置向け制御装置において、前記第 2 画像信号の解像度を特定する入力値に応じてグループ数 N を設定する設定部をさらに備えることを特徴とする超音波画像装置向け制御装置。

【請求項 9】

請求項 1 ~ 8 のいずれか 1 項に記載の超音波画像装置向け制御装置において、前記信号加算部は座標点ごとに前記第 1 画像信号の信号値を足し合わせることを特徴とする超音波画像装置向け制御装置。

【請求項 10】

請求項 1 ~ 9 のいずれか 1 項に記載の超音波画像装置向け制御装置を含む装置本体と、前記装置本体に接続されて、前記変換素子群を支持するプローブとを備えることを特徴とする超音波画像装置。

30

【請求項 11】

超音波の送信ごとに、超音波を電気信号に変換するアレイ配置の変換素子群からの出力信号を開口合成し、順番に第 1 画像信号を出力する手順と、

前記第 1 画像信号をグループごとに加算し、第 2 画像信号を出力する手順と、

前記第 2 画像信号に基づき適応的な重みを算出し、前記第 2 画像信号を合成する手順と

、

を備えることを特徴とする超音波画像の形成方法。

【発明の詳細な説明】

40

【技術分野】

【0001】

本発明は、超音波画像装置および超音波画像装置向け制御装置並びに超音波画像の形成方法等に関する。

【背景技術】

【0002】

特許文献 1 は適応ビームフォーミング処理を開示する。超音波の送信ごとに低解像度画像が形成される。複数の低解像度画像に基づき高解像度画像は合成される。低解像度画像の形成にあたって適応ビームフォーミング処理が用いられる。適応ビームフォーミング処理にあたって複数の低解像度画像に共通に適応ビームフォーミング係数が算出される。し

50

たがって、低解像度画像ごとに個別に適応ビームフォーミング係数が算出される場合に比べて、演算処理の規模は著しく縮小する。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0003】

【特許文献1】特開2012-223584号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

ところで、適応ビームフォーミングでは計測の対象物は1つに絞られる。送信の素子（位置）や送信角度のずれなどの送信条件が異なることで、適応ビームフォーミング係数も変化する。したがって、超音波の伝播経路の異なる複数の低解像度信号に共通に適応ビームフォーミング係数が用いられると、画質は落ちてしまう。

10

【0005】

本発明の少なくとも1つの態様によれば、適応的な重みに基づく合成処理を高速化しながら、良好な画質を維持することができる超音波画像装置向け制御装置を提供することができる。

【課題を解決するための手段】

【0006】

(1) 本発明の一態様は、超音波の送信ごとに、超音波を電気信号に変換するアレイ配置の変換素子群からの出力信号を開口合成し、順番に第1画像信号を出力する信号合成部と、前記信号合成部から出力される前記第1画像信号をグループごとに加算し、第2画像信号を出力する信号加算部と、前記第2画像信号に基づき適応的な重みを算出し、前記第2画像信号を合成する適応型信号処理部とを備える超音波画像装置向け制御装置に関する。

20

【0007】

第2画像信号の合成にあたって第2画像信号ごとに適応的な重みが算出される。重み付けにあたって行列演算が実施される。第2画像信号の形成にあたってグループごとに第1画像信号が加算されることから、個々の第1画像信号から個別に適応的な重みが算出される場合に比べて、行列演算の演算規模は信号数の減少の3乗倍で縮小する。こうして演算規模は著しく縮小される。適応的な重みに基づく合成処理は高速化される。同時に、良好な画質を維持することができる。

30

【0008】

(2) 超音波画像装置向け制御装置は、前記送信ごとに前記変換素子群から選択される変換素子に向けて送信信号を出力する送信部をさらに備えることができる。送信ごとに変換素子群から出力される超音波は切り替えられ、送信位置や送信角度を変更することができる。こうして画像の合成に適した超音波は超音波素子群から送信することができる。

【0009】

(3) 列を形成するM個の前記変換素子中で重複せずに順番にS1個の前記変換素子が駆動される際に、送信回数Kおよびグループ数Nに応じて前記グループごとに前記第1画像信号の信号数Lは、

40

【数1】

$$K = \frac{M}{S1}$$

【数2】

$$L = \left[\frac{K}{N} \right] \text{ or } \left[\frac{K}{N} \right]$$

ただし、

50

【数 3】

$$K = \left\lceil \frac{K}{N} \right\rceil \times K \bmod N + \left\lfloor \frac{K}{N} \right\rfloor \times (N - K \bmod N)$$

で特定されればよい。こうして個々のグループに属する第 1 画像信号の信号数 L は制限される。グループ化に基づく分解能の低下もしくは適応型信号処理の効果の低下は回避される。M 個の変換素子は複数行に配列されてもよい。このとき、一度の送信にあたって各列で n 番目の S 1 個の変換素子を使用することができる。

【0 0 1 0】

(4) また、列を形成する M 個の前記変換素子中で S 2 個分ずつれながら順番に S 1 個の前記変換素子が駆動される際に、送信回数 K およびグループ数 N に応じて前記グループごとに前記第 1 画像信号の信号数 L は、

10

【数 4】

$$K = \frac{M - S2}{S1 - S2}$$

【数 2】

$$L = \left\lceil \frac{K}{N} \right\rceil \text{ or } \left\lfloor \frac{K}{N} \right\rfloor$$

20

ただし、

【数 3】

$$K = \left\lceil \frac{K}{N} \right\rceil \times K \bmod N + \left\lfloor \frac{K}{N} \right\rfloor \times (N - K \bmod N)$$

で特定されればよい。こうして個々のグループに属する第 1 画像信号の信号数 L は制限される。グループ化に基づく分解能の低下もしくは適応型信号処理の効果の低下は回避される。M 個の変換素子は複数行に配列されてもよい。このとき、一度の送信にあたって各列で n 番目の S 1 個の変換素子を使用することができる。

【0 0 1 1】

30

(5) さらに、前記送信信号が前記変換素子群で平面波、拡散波または収束波を形成する K 個の出力パターンを規定する際に、送信回数 K およびグループ数 N に応じて前記グループごとに前記第 1 画像信号の信号数 L は、

【数 2】

$$L = \left\lceil \frac{K}{N} \right\rceil \text{ or } \left\lfloor \frac{K}{N} \right\rfloor$$

ただし、

【数 3】

$$K = \left\lceil \frac{K}{N} \right\rceil \times K \bmod N + \left\lfloor \frac{K}{N} \right\rfloor \times (N - K \bmod N)$$

40

で特定されればよい。こうして個々のグループに属する第 1 画像信号の信号数 L は制限される。グループ化に基づく分解能の低下もしくは適応型信号処理の効果の低下は回避される。

【0 0 1 2】

(6) 前記グループ数 N は 2 以上であればよい。適応的な重みを的確に算出することができる。

【0 0 1 3】

(7) 超音波画像装置向け制御装置は、入力機器に接続されて、グループ数 N を入力す

50

る入力部をさらに備えることができる。入力機器の操作に応じてグループ数を変更することができる。グループ数の変更に応じて第2画像信号の画質を変更することができる。

【0014】

(8) 超音波画像装置向け制御装置は、前記第2画像信号の解像度を特定する入力値に応じてグループ数Nを設定する設定部をさらに備えることができる。第2画像信号の解像度とグループ数Nの間には相関関係が確立される。固定数の変換素子では、グループ数Nが減少するほど、第2画像信号の解像度は低下する。入力値ごとに解像度モードを設定することができる。

【0015】

(9) 前記信号加算部は座標点ごとに前記第1画像信号の信号値を足し合わせればよい。こうして個々の群に属する第1画像信号の信号数に関係なく、座標点ごとに信号値は足し合わせられる。グループごとに信号数がばらついても、後段の適応的な重みを信号数に応じて設定することができる。たとえグループごとに信号数がばらついても、良好な画質を維持することができる。

【0016】

(10) 超音波画像装置向け制御装置は例えば超音波画像装置に組み込まれて利用することができる。このとき、超音波画像装置は、超音波画像装置向け制御装置を含む装置本体と、前記装置本体に接続されて、前記変換素子群を支持するプローブとを備えればよい。

【0017】

(11) 本発明の他の態様は、超音波の送信ごとに、超音波を電気信号に変換するアレイ配置の変換素子群からの出力信号を開口合成し、順番に第1画像信号を出力する手順と、前記第1画像信号をグループごとに加算し、第2画像信号を出力する手順と、前記第2画像信号に基づき適応的な重みを算出し、前記第2画像信号を合成する手順とを備える超音波画像の形成方法に関する。

【図面の簡単な説明】

【0018】

【図1】超音波診断装置の構成を概略的に示す概略図である。

【図2】超音波デバイスの構成を概念的に示す平面図である。

【図3】超音波デバイスの構造を詳細に示す部分平面図である。

【図4】図3のA-A線に沿った部分断面図である。

【図5】超音波診断装置の回路構成を概略的に示すブロック図である。

【図6】第1送信モードの概略を示す平面図である。

【図7】第2送信モードの概略を示す平面図である。

【図8】超音波診断装置の動作を概略的に示すフローチャートである。

【図9】シミュレーションモデルを概略的に示す概念図である。

【図10】シミュレーションに従って超音波画像を示す写真である。

【図11】シミュレーションの結果として信号強度分布を示すグラフである。

【図12】シミュレーションに従って超音波画像を示す写真である。

【図13】シミュレーションの結果として信号強度分布を示すグラフである。

【発明を実施するための形態】

【0019】

以下、添付図面を参照しつつ本発明の一実施形態を説明する。なお、以下に説明する本実施形態は、特許請求の範囲に記載された本発明の内容を不当に限定するものではなく、本実施形態で説明される構成の全てが本発明の解決手段として必須であるとは限らない。

【0020】

(1) 超音波診断装置の全体構成

図1は本発明の一実施形態に係る電子機器の一具体例すなわち超音波診断装置(超音波画像装置)11の構成を概略的に示す。超音波診断装置11は装置端末(装置本体)12と超音波プローブ(プローブ)13とを備える。装置端末12と超音波プローブ13とは

10

20

30

40

50

ケーブル 14 で相互に接続される。装置端末 12 と超音波プローブ 13 とはケーブル 14 を通じて電気信号をやりとりする。装置端末 12 にはディスプレイパネル（表示装置）15 が組み込まれる。ディスプレイパネル 15 の画面は装置端末 12 の表面で露出する。装置端末 12 では、超音波プローブ 13 で検出された超音波に基づき画像が生成される。画像化された検出結果がディスプレイパネル 15 の画面に表示される。

【0021】

超音波プローブ 13 は筐体 16 を有する。筐体 16 内には超音波デバイスユニット DV が収容される。超音波デバイスユニット DV は超音波デバイス 17 を備える。超音波デバイス 17 は音響レンズ 18 を備える。音響レンズ 18 の外表面は部分円筒面 18a で形成される。音響レンズ 18 は例えばシリコン樹脂から形成される。音響レンズ 18 は生体の音響インピーダンスに近い音響インピーダンスを有する。筐体 16 には窓孔 16a が区画される。窓孔 16a 内には音響レンズ 18 が配置される。音響レンズ 18 の外表面は筐体 16 の表面で露出する。超音波デバイス 17 は表面から超音波を出力するとともに超音波の反射波を受信する。超音波診断装置 11 や超音波プローブ 13 は他の構造を有してもよい。

10

【0022】

(2) 超音波デバイスの構成

図 2 は超音波デバイス 17 の構成を概念的に示す。超音波デバイス 17 は素子アレイ（変換素子群）21 を備える。素子アレイ 21 はアレイ配置の超音波トランスデューサー素子（以下「変換素子」という）22 を含む。個々の変換素子 22 は超音波を受信して電気信号に変換する。個々の変換素子 22 は電気信号の供給に応じて超音波を発信することができる。素子アレイ 21 では変換素子 22 は M 行 J 列に配列される。行ごとに M 個の変換素子 22 が直線上に配置される。ここでは、素子アレイ 21 は 64 行 8 列の変換素子 22 で構成される。ただし、行数は例えば 128 行や 256 行に設定されてもよく、列数は例えば 10 ~ 15 列程度に設定されればよい。

20

【0023】

例えば 1 行の変換素子 22 ごとに信号電極線 23 が形成される。信号電極線 23 は 1 行ごとに変換素子 22 同士を接続する。複数行で変換素子 22 に共通に 1 本の信号電極線 23 が接続されてもよい。1 列の変換素子 22 ごとに共通電極線 24 が形成される。共通電極線 24 は例えば両端で引き出し線 25 に接続される。こうして全ての変換素子 22 は引き出し線 25 に繋がる。1 本の信号電極線 23 ごとに電気信号はやりとりされる。

30

【0024】

図 3 は超音波デバイス 17 の構造をさらに詳細に示す。超音波デバイス 17 は基体 27 を備える。基体 27 に変換素子 22 が形成される。個々の変換素子 22 は振動膜 28 を備える。振動膜 28 の詳細は後述される。図 3 では振動膜 28 の膜面に直交する方向の平面視（基板の厚み方向の平面視）で振動膜 28 の輪郭が点線で描かれる。振動膜 28 上には圧電素子 29 が形成される。圧電素子 29 では、後述されるように、上電極 31 および下電極 32 の間に圧電体膜（図示されず）が挟まれる。これらは順番に重ねられる。超音波デバイス 17 は 1 枚の超音波トランスデューサー素子チップとして構成される。

40

【0025】

基体 27 の表面に信号電極線 23、共通電極線 24 および引き出し線 25 が形成される。信号電極線 23 は個々の変換素子 22 ごとに下電極 32 を形成する。共通電極線 24 は個々の変換素子 22 ごとに上電極 31 を形成する。信号電極線 23 には例えばチタン（Ti）、イリジウム（Ir）、白金（Pt）およびチタン（Ti）の積層膜が用いられることができる。共通電極線 24 および引き出し線 25 は例えばイリジウム（Ir）で形成することができる。ただし、信号電極線 23、共通電極線 24 および引き出し線 25 にはその他の導電材が利用されてもよい。

【0026】

基体 27 の輪郭は、相互に平行な 1 対の直線で仕切られて対向する第 1 辺 27a および第 2 辺（図示されず）を有する。第 1 辺 27a と素子アレイ 21 の輪郭との間に 1 ライン

50

の第1端子アレイ33aが配置される。第2辺と素子アレイ21の輪郭との間に1ラインの第2端子アレイ(図示されず)が配置される。第1端子アレイ33aは1対の上電極端子34および複数の下電極端子35で構成される。上電極端子34は引き出し線25に接続される。下電極端子35は信号電極線23に接続される。同様に、第2辺と素子アレイ21の輪郭との間に1ラインの第2端子アレイ(図示されず)は配置されてもよい。

【0027】

基体27にはフレキシブルプリント配線板(以下「配線板」という)36が連結される。配線板36は第1端子アレイ33aに覆い被さる。配線板36の一端には上電極端子34および下電極端子35に個別に対応して導線すなわち信号線37が形成される。信号線37は上電極端子34および下電極端子35に個別に向き合わせられ個別に接合される。

10

【0028】

振動膜28上では共通電極線24に並列に電極分離膜38が配置される。電極分離膜38は共通電極線24の長手方向に帯状に延びる。電極分離膜38は絶縁性および防湿性を有する。電極分離膜38は例えばアルミナ(Al_2O_3)や酸化シリコン(SiO_2)といった防湿性絶縁材から形成される。電極分離膜38は個々の共通電極線24を挟んで共通電極線24の両側に分離して形成される。共通電極線24は振動膜28上で信号電極線23に交差することから、電極分離膜38は振動膜28上で信号電極線23上を横切る。

【0029】

基体27上で振動膜28の領域外には絶縁膜39が形成される。絶縁膜39は信号電極線23の長手方向に帯状に延びる。絶縁膜39は振動膜28の領域外のみで信号電極線23に並列に配置される。絶縁膜39は例えばアルミナや酸化シリコンといった防湿性の絶縁材から形成される。絶縁膜39は共通電極線24上を横切る。絶縁膜39は電極分離膜38に連続する。

20

【0030】

図4に示されるように、基体27は基板41および可撓膜42を備える。基板41の表面に可撓膜42が一面に形成される。基板41には個々の変換素子22ごとに開口43が形成される。開口43は基板41に対してアレイ状に配置される。隣接する2つの開口43の間には仕切り壁44が区画される。隣接する開口43は仕切り壁44で仕切られる。

【0031】

可撓膜42は、基板41の表面に積層される酸化シリコン(SiO_2)層45と、酸化シリコン層45の表面に積層される酸化ジルコニウム(ZrO_2)層46とで構成される。可撓膜42は開口43に接する。こうして開口43の輪郭に対応して可撓膜42の一部が振動膜28を形成する。酸化シリコン層45の膜厚を共振周波数に基づき決定することができる。

30

【0032】

振動膜28の表面に信号電極線23、圧電体膜48および共通電極線24が順番に積層される。圧電体膜48は例えばジルコニウム酸チタン酸鉛(PZT)で形成することができる。圧電体膜48にはその他の圧電材料が用いられてもよい。ここでは、共通電極線24の下で圧電体膜48は完全に信号電極線23の表面を覆う。圧電体膜48の働きで信号電極線23と共通電極線24との間で短絡を回避することができる。圧電体膜48の表面は電極分離膜38で覆われる。

40

【0033】

基体27の表面には音響整合層49が積層される。音響整合層49は素子アレイ21を覆う。音響整合層49の膜厚は振動膜28の共振周波数に応じて決定される。音響整合層49には例えばシリコン樹脂膜が用いられることができる。音響整合層49上に音響レンズ18が配置される。音響レンズ18は部分円筒面28aの裏側の平面で音響整合層49の表面に密着する。音響レンズ18は音響整合層49の働きで基体27に接着される。部分円筒面18aの母線は信号電極線23に平行に位置づけられる。部分円筒面18aの曲率は、1筋の信号電極線23に接続される1行の変換素子22から発信される超音波の

50

焦点位置に応じて決定される。

【 0 0 3 4 】

基体 2 7 の裏面にはパッキング材としての補強板 5 1 が結合される。補強板 5 1 は平板形状に形成される。補強板 5 1 の表面に基体 2 7 の裏面が重ねられる。補強板 5 1 の表面は基体 2 7 の裏面に接合される。こうした接合にあたって補強板 5 1 は基体 2 7 に接着剤で接着されてもよい。補強板 5 1 は基体 2 7 の剛性を補強する。補強板 5 1 は例えばリジッドな基材を備えることができる。そうした基材は例えば 4 2 アロイ（鉄ニッケル合金）といった金属材料から形成されればよい。

【 0 0 3 5 】

(3) 超音波診断装置の回路構成

図 5 に示されるように、超音波デバイス 1 7 には制御装置 5 3 が接続される。制御装置 5 3 は例えば装置端末 1 2 に組み込まれる。制御装置 5 3 にはディスプレイパネル 1 5 が接続される。ディスプレイパネル 1 5 には制御装置 5 3 から映像信号が供給される。供給される映像信号に基づきディスプレイパネル 1 5 の画面には超音波画像やその他の情報が表示される。

10

【 0 0 3 6 】

制御装置 5 3 は送受切り替えスイッチ 5 4 を備える。送受切り替えスイッチ 5 4 は超音波デバイス 1 7 の信号電極線 2 3 に接続される。送受切り替えスイッチ 5 4 には送信部 5 5 および受信部 5 6 が接続される。超音波の送信時には送受切り替えスイッチ 5 4 は信号電極線 2 3 に送信部 5 5 を接続する。このとき、受信部 5 6 は送信部 5 5 および信号電極線 2 3 から切断される。超音波の受信時には送受切り替えスイッチ 5 4 は信号電極線 2 3 に受信部 5 6 を接続する。このとき、送信部 5 5 は受信部 5 6 および信号電極線 2 3 から切断される。

20

【 0 0 3 7 】

送信部 5 5 は送受切り替えスイッチ 5 4 経由で送信ごとに素子アレイ 2 1 から選択される変換素子 2 2 に向けて送信信号を出力する。送信部 5 5 は例えばパルス発生器と遅延回路とを備えることができる。パルス発生器はパルス電圧を出力する。パルス電圧は変換素子 2 2 の圧電体膜 4 8 に印加される。パルス電圧の供給に応じて振動膜 2 8 は超音波振動する。こうして変換素子 2 2 から超音波は発信される。遅延回路は信号電極線 2 3 ごとに電圧の印加に時間差を与えることができる。印加の時間差は変換素子 2 2 から出力される超音波の伝搬方向を決定する。遅延時間を変化させることで平面波の送信方向を制御することができる。

30

【 0 0 3 8 】

受信部 5 6 は変換素子 2 2 の受信信号を受信する。計測対象から反射した超音波は変換素子 2 2 の振動膜 2 8 を超音波振動させる。超音波振動に応じて圧電体膜 4 8 から受信信号が出力される。受信信号は受信部 5 6 に記憶される。受信部 5 6 は例えばメモリーや HDD（ハードディスク駆動装置）といった記憶部を有すればよい。

【 0 0 3 9 】

制御装置 5 3 はビームフォーム処理部 5 7 を備える。ビームフォーム処理部 5 7 は受信部 5 6 に接続される。ビームフォーム処理部 5 7 は受信部 5 6 から供給される受信信号に基づき超音波画像の描画データを生成する。

40

【 0 0 4 0 】

制御装置 5 3 は描画回路 5 8 を備える。描画回路 5 8 はビームフォーム処理部 5 7 に接続される。描画回路 5 8 にはディスプレイパネル 1 5 が接続される。描画回路 5 8 はビームフォーム処理部 5 7 で生成された描画データに応じて駆動信号を生成する。駆動信号はディスプレイパネル 1 5 に送り込まれる。その結果、ディスプレイパネル 1 5 に画像が映し出される。

【 0 0 4 1 】

ビームフォーム処理部 5 7 は信号合成部 6 1 を備える。信号合成部 6 1 は受信部 5 6 に接続される。信号合成部 6 1 は受信部 5 6 から一度の送信で得られた M 個の受信信号を取

50

得する。信号合成部 6 1 は超音波の送信ごとに M 個の受信信号を開口合成する。信号合成部 6 1 は、開口合成で得られた第 1 画像信号（低解像度信号）を出力する。開口合成にあたって信号合成部 6 1 では整相加算が実施されればよい。

【 0 0 4 2 】

ビームフォーム処理部 5 7 は信号加算部 6 2 を備える。信号加算部 6 2 は信号合成部 6 1 に接続される。信号加算部 6 2 は信号合成部 6 1 から出力される第 1 画像信号をグループごとに加算する。加算の結果、信号加算部 6 2 はグループごとに第 2 画像信号を出力する。第 1 画像信号の加算にあたって信号加算部 6 2 は送信回数 K およびグループ数 N を特定する。送信回数 K は送信モードに応じて決定される。例えば、第 1 送信モードでは、列を形成する M 個の変換素子 2 2 中で重複せずに S 1 個の変換素子 2 2 が駆動される。図 6 10
では、2 (= S 1) 行ごとに変換素子 2 2 から超音波が発信され、2 行ずれて次の 2 (= S 1) 行の変換素子 2 2 から超音波が発信される。この場合に意は、送信回数 K およびグループ数 N に応じてグループごとに第 1 画像信号の信号数 L の上限は次式で与えられる。

【数 1】

$$K = \frac{M}{S1}$$

【数 2】

$$L = \left\lceil \frac{K}{N} \right\rceil \text{ or } \left\lfloor \frac{K}{N} \right\rfloor$$

ただし、

【数 3】

$$K = \left\lceil \frac{K}{N} \right\rceil \times K \bmod N + \left\lfloor \frac{K}{N} \right\rfloor \times (N - K \bmod N)$$

例えば、第 2 送信モードでは、列を形成する M 個の変換素子 2 2 中で S 2 個分ですれながら順番に S 1 個の変換素子 2 2 が同時に駆動される。図 7 では、4 (= S 1) 行ごとに変換素子 2 2 から超音波が発信され、2 (= S 2) 行ずれて次の 4 (= S 1) 行の変換素子 2 2 から超音波が発信される。図 6 の場合に比べて解像度は維持されつつ超音波の強度は高められることができる。この場合には、送信回数 K およびグループ数 N に応じてグループごとに第 1 画像信号の信号数 L の上限は次式で与えられる。 30

【数 4】

$$K = \frac{M - S2}{S1 - S2}$$

【数 2】

$$L = \left\lceil \frac{K}{N} \right\rceil \text{ or } \left\lfloor \frac{K}{N} \right\rfloor$$

ただし、

【数 3】

$$K = \left\lceil \frac{K}{N} \right\rceil \times K \bmod N + \left\lfloor \frac{K}{N} \right\rfloor \times (N - K \bmod N)$$

その他、例えば第 3 送信モードでは、素子アレイ 2 1 で平面波を形成する K 個の出力パターンが規定されてもよい。前述の遅延回路の働きで出力パターンごとに送信方向は変化すればよい。この場合には、送信回数 K およびグループ数 N に応じてグループごとに第 1 画像信号の信号数 L は次式で与えられる。 40

【数 2】

$$L = \left\lceil \frac{K}{N} \right\rceil \text{ or } \left\lfloor \frac{K}{N} \right\rfloor$$

ただし、

【数 3】

$$K = \left\lceil \frac{K}{N} \right\rceil \times K \bmod N + \left\lfloor \frac{K}{N} \right\rfloor \times (N - K \bmod N)$$

平面波に代えて拡散波や収束波が用いられてもよい。

10

【0043】

ビームフォーム処理部 57 は適応型信号処理部 63 を備える。適応型信号処理部 63 は信号加算部 62 に接続される。適応型信号処理部 63 は第 2 画像信号に基づき適応的な重みを算出する。適応的な重みの算出にあたって行列演算が実施される。第 2 画像信号ごとの重み付けに従って適応型信号処理部 63 は第 2 画像信号を合成する。合成の結果、適応型信号処理部 63 から描画データ（高解像度画像）が出力される。重み係数の算出にあたって例えば MV 法や DCMP 法、MUSIC といった共分散行列を用いた処理が用いられることができる。

【0044】

制御装置 53 は入力部 64 を備える。入力部 64 は信号加算部 62 に接続される。入力部 64 には入力機器 65 が接続される。入力部 64 には、入力機器 65 の操作に応じてグループ数 N を入力することができる。入力部 64 は信号加算部 62 にグループ数 N を供給する。その他、グループ数 N は記憶部 66 に保持されてもよい。入力機器 65 にはキーボードやマウス、タッチスクリーンパネル、その他の機器が用いられればよい。記憶部 66 には、適応的な重みの算出に先立って信号加算部 62 から第 2 画像信号が保存されてもよい。グループ数 N は 2 以上であれば、適応的な重みを的確に算出することができる。

20

【0045】

制御装置 53 は設定部 67 を備える。設定部 67 は信号加算部 62 に接続される。設定部 67 には入力機器 65 が接続される。入力機器 65 では第 2 画像信号の解像度を特定する入力値を入力することができる。こうした入力値の入力は例えば送信モードの選択であってもよい。入力された入力値は設定部 67 に供給される。設定部 67 は入力値に応じてグループ数 N を設定することができる。設定されたグループ数 N を信号加算部 62 に供給することができる。設定部 67 は例えば送信モードごとに記憶部 66 からグループ数 N を取得すればよい。

30

【0046】

(4) 超音波診断装置の動作

次に超音波診断装置 11 の動作を説明する。制御装置 53 はステップ S1 で送信モードを設定する。第 1 送信モード、第 2 送信モードまたは第 3 送信モードが特定される。送信モードの設定は例えば入力機器 65 の操作に応じて入力されればよい。あるいは、送信モードは例えば超音波画像の用途に応じて個々の超音波診断装置 11 ごとに予め設定されてもよい。個々の超音波診断装置 11 で予め送信モードはいずれかに固定されていてもよい。送信モードが設定されると、列中の素子数 M に応じて送信回数 K は決定される。

40

【0047】

ステップ S2 で制御装置 53 はグループ数 N を設定する。グループ数 N は例えば入力機器 65 の操作に応じて入力されればよい。入力部 64 はグループ数 N の通知信号を信号加算部 62 に供給する。こうして入力機器 65 の操作に応じてグループ数 N を変更することができる。グループ数 N の変更に応じて超音波画像の画質を変更することができる。その他、グループ数 N は予め個々の超音波診断装置 11 ごとに信号加算部 62 で保持されてもよい。入力機器 65 から送信モードが設定される場合には、送信モードの設定に応じて設定部 67 はグループ数 N を設定する。個々の送信モードは超音波画像の解像度を特定する

50

入力値を示す。グループ数 N と解像度との間には相関関係が確立される。固定数 M の変換素子 22 ではグループ数 N が減少するほど、超音波画像の解像度は低下する。送信モードごとに解像度を設定することができる。

【0048】

ステップ $S3$ で信号加算部 62 はグループ数 N に応じて個々のグループごとに第 1 画像信号の信号数 L を決定する。送信回数 K およびグループ数 N から個々のグループに属する第 1 画像信号の信号数 L は制限される。

【0049】

ステップ $S4$ で送信部 55 は送信ごとに素子アレイ 21 から選択される変換素子 22 に向けて送信信号を出力する。変換素子 22 は送信モードに応じて選択される。変換素子 22 は送信信号の供給に応じて超音波振動する。送信モードに従って対象物に向かって超音波は発信される。第 1 送信モードや第 2 送信モードであれば、1 行の変換素子 22 ごとに超音波は発信される。第 3 送信モードであれば、素子アレイ 21 から特定の角度に超音波は発信される。素子アレイ 21 は対象物から反射する超音波を受信する。

10

【0050】

ステップ $S5$ で受信部 56 は信号電極線 23 ごとに受信信号を受信する。受信信号は一時的に記憶される。ステップ $S6$ で信号合成部 61 は素子アレイ 21 からの出力信号を開口合成する。開口合成に応じて信号合成部 61 から第 1 画像信号（低解像度信号）は出力される。ステップ $S7$ で第 1 画像信号の信号数 L が判定される。送信回数が信号数 L に達するまでステップ $S4 \sim S7$ の処理動作は繰り返される。このとき、送信ごとに素子アレイ 21 から出力される超音波は切り替えられる。第 1 送信モードや第 2 送信モードでは超音波の送信位置は変更される。第 3 送信モードであれば平面波の送信角度は変更される。こうして画像の合成に適した超音波を素子アレイ 21 から送信することができる。

20

【0051】

ステップ $S7$ で送信回数が信号数 L に達すると、ステップ $S8$ で信号加算部 62 はグループごとに第 1 画像信号を加算する。信号加算部 62 は座標点ごとに第 1 画像信号の信号値を足し合わせる。足し合わせの結果、第 2 画像信号は信号加算部 62 から出力される。ステップ $S9$ でグループ数 N に応じた第 2 画像信号の信号数が計数される。

【0052】

ステップ $S9$ で第 2 画像信号が出揃うと、ステップ $S10$ で適応型信号処理部 63 は第 2 画像信号の適応ビームフォーミングを実行する。適応ビームフォーミングの実行にあたって適応的な重みすなわち適応ビームフォーミング係数を算出する。算出された適応ビームフォーミング係数を用いて第 2 画像信号は合成される。こうして高解像度信号は生成される。高解像度信号は高解像度画像の描画データを特定する。適応型信号処理部 63 から描画データは出力される。描画データはステップ $S9$ で描画回路 58 に供給される。描画回路 58 は描画データに応じて駆動信号を生成する。駆動信号はディスプレイパネル 15 に送り込まれる。その結果、ディスプレイパネル 15 に 1 フレームの画像が映し出される。処理動作はステップ $S4$ に戻る。ステップ $S4 \sim S11$ の動作が繰り返される結果、映像は形成される。

30

【0053】

適応型信号処理部 63 では第 2 画像信号の合成にあたって第 2 画像信号ごとに適応的な重みが算出される。重み付けにあたって行列演算が実施される。第 2 画像信号の形成にあたってグループごとに第 1 画像信号が加算されることから、個々の第 1 画像信号から個別に適応的な重みが算出される場合に比べて、行列演算の演算規模は信号数の減少の 3 乗倍で縮小する。こうして演算規模は著しく縮小される。適応的な重みに基づく合成処理は高速化される。同時に、良好な画質を維持することができる。また、伝播経路の差が大きい場合でも、伝播経路の差が小さい低解像度信号を選択した後にグループ化が実施されれば、演算量の低減を達成することができる。その一方で、複数の低解像度信号で重み付け係数を共通化する場合には、伝播経路の差が大きいと重み付け係数を共有することができない。

40

50

【0054】

前述のように、個々のグループに属する第1画像信号の信号数Lは制限される。グループ化に基づく分解能の低下もしくは適応型信号処理の効果の低下は回避される。素子アレイ21では変換素子22はM行に配列される。一度の送信にあたってn番目の行数S1の変換素子22は使用される。

【0055】

信号加算部62は座標点ごとに第1画像信号の信号値を足し合わせる。こうして個々のグループに属する第1画像信号の信号数に関係なく、座標点ごとに信号値は足し合わせられる。グループごとに信号数がばらついても、後段の適応的な重みを信号数に応じて設定することができる。たとえ群ごとに信号数がばらついても、良好な画質を維持することができる。ただし、グループごとに第1画像信号の信号数が相違する場合には、出力信号は加算平均値としたほうが望ましい。そうすれば、グループ間の信号強度差をできるだけ縮小することができる。

【0056】

(5) 本実施形態の検証

発明者は本実施形態の実効性を検証した。検証にあたってコンピューターシミュレーションが実施された。実施にあたってシミュレーションモデルSMが構築された。シミュレーションモデルSMでは64個(=M個)の変換素子22が列を形成した。送信周波数は3.5MHzに設定された。駆動開口は19.2mmに設定された。第1送信モードで送受信回数は64回(S1=1)に設定された。図9に示されるように、変換素子22は対象物71の表面に押し当てられた。対象物71の表面から深さ30mmに2本のワイヤーファントム72が配置された。ワイヤーファントム72は対象物71の表面に平行に並べられた。ワイヤーファントム72同士の間には1mmの間隔が設定された。条件1では第1画像信号それぞれに適応ビームフォーミングが実施された。適応ビームフォーミングにはMV(Minimum Variance)法が用いられた。言い換えると、グループ数N=64で信号数L=1が設定された。条件2ではグループ数N=32で信号数L=2が設定された。条件3ではグループ数N=16で信号数L=4が設定された。条件4ではグループ数N=8で信号数L=8が設定された。条件5ではグループ数N=4で信号数L=16が設定された。比較例では適応ビームフォーミングの合成が省略された。各種条件およびシミュレーションモデルSMに基づき画像化が実施された。

【0057】

図10および図11に示されるように、比較例に比べて条件1~5では適応ビームフォーミングの効果が確認された。加えて、条件1~4では2つのワイヤーファントム72の分離が確認された。条件2では条件1の演算規模に対して8分の1に縮小される。条件3では条件1の演算規模に対して16分の1に縮小される。同様に、条件4では512分の1に縮小され、条件5では4096分の1に縮小される。

【0058】

続いて発明者は第3送信モードを検証した。128個の変換素子22が列を形成した。送信周波数は3.5MHzに設定された。駆動開口は38.4mmに設定された。送受信回数は64回(K=64)に設定された。走査角度は±22.5度に設定された。図9と同様に、変換素子22は対象物71の表面に押し当てられた。条件1~5でシミュレーションモデルSMに基づき画像化が実施された。

【0059】

図12および図13に示されるように、平面波の場合でも、比較例に比べて条件1~5では適応ビームフォーミングの効果が確認された。加えて、条件1~4では2つのワイヤーファントム72の分離が確認された。条件2では条件1の演算規模に対して8分の1に縮小される。条件3では条件1の演算規模に対して16分の1に縮小される。同様に、条件4では512分の1に縮小され、条件5では4096分の1に縮小される。

【0060】

なお、上記のように本実施形態について詳細に説明したが、本発明の新規事項および効

10

20

30

40

50

果から実体的に逸脱しない多くの変形が可能であることは当業者には容易に理解できるであろう。したがって、このような変形例はすべて本発明の範囲に含まれる。例えば、明細書または図面において、少なくとも一度、より広義または同義な異なる用語とともに記載された用語は、明細書または図面のいかなる箇所においても、その異なる用語に置き換えられることができる。また、超音波デバイスユニットDVや超音波デバイス17、変換素子22等の構成および動作も本実施形態で説明したものに限定されず、種々の変形が可能である。その他、少なくともビームフォーム処理部57は例えばCPU（中央演算処理装置）で構成されてもよい。このとき、CPUでは個々の機能ブロックはソフトウェアの演算処理で実現されればよい。適応ビームフォーミングにはMV法に代えてMUSIC（Multiple Signal Classification）法やAPES（Amplitude and Phase Estimation）法、ESPRIT（Estimation of Signal Parameters via Rotational Invariance Techniques）法、MEM法（Maximum Entropy Method）が用いられてもよい。

10

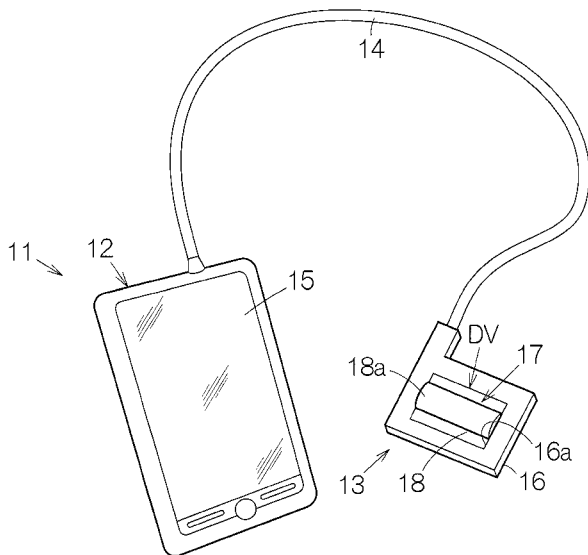
【符号の説明】

【0061】

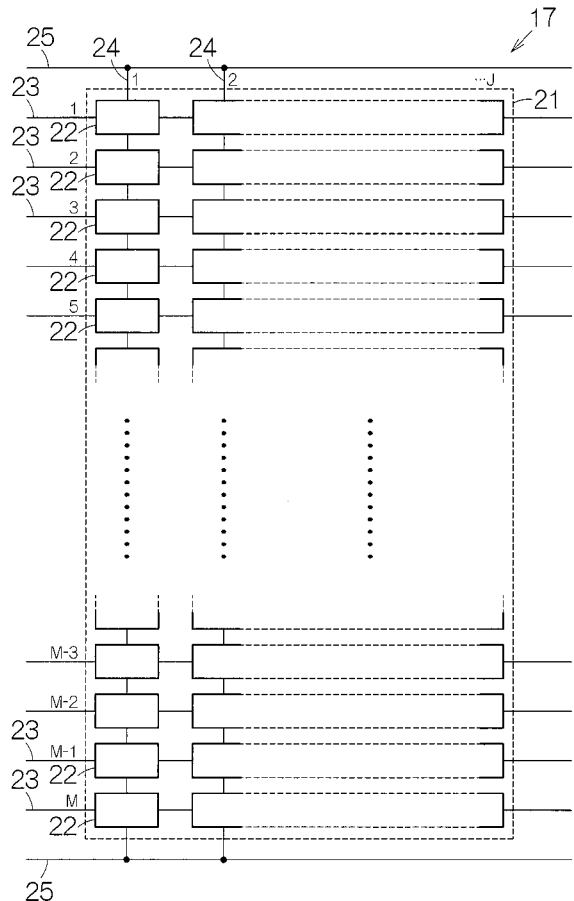
11...超音波画像装置（超音波診断装置）、12...装置本体（装置端末）、13...プローブ（超音波プローブ）、21...変換素子群（素子アレイ）、22...変換素子（超音波トランスデューサー素子）、53...超音波画像装置向け制御装置、55...送信部、61...信号合成部、62...信号加算部、63...適応型信号処理部、64...入力部、67...設定部

20

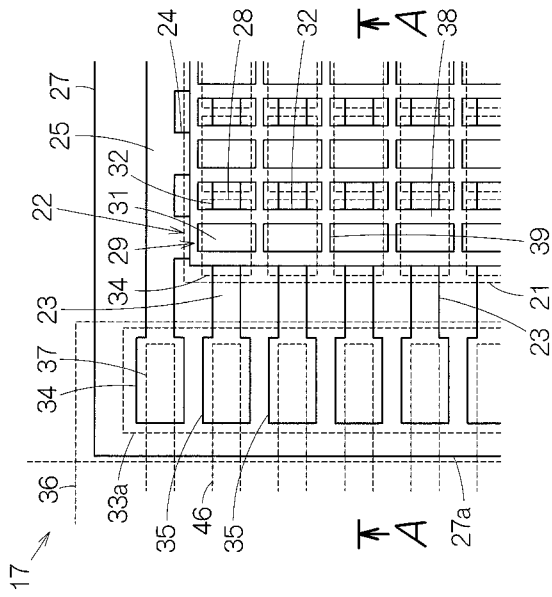
【図1】



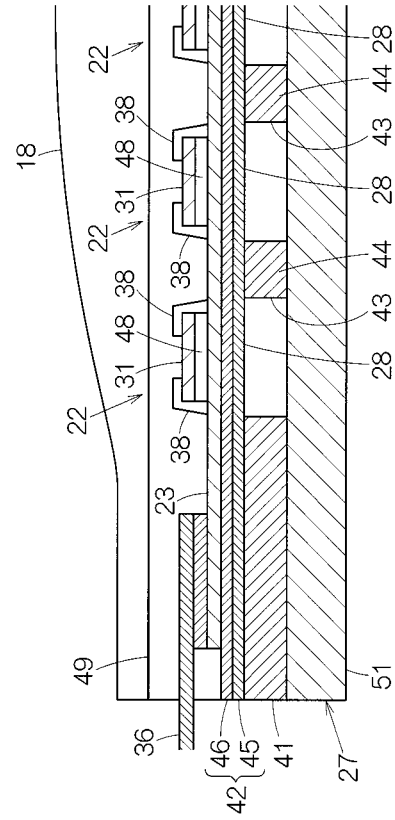
【図2】



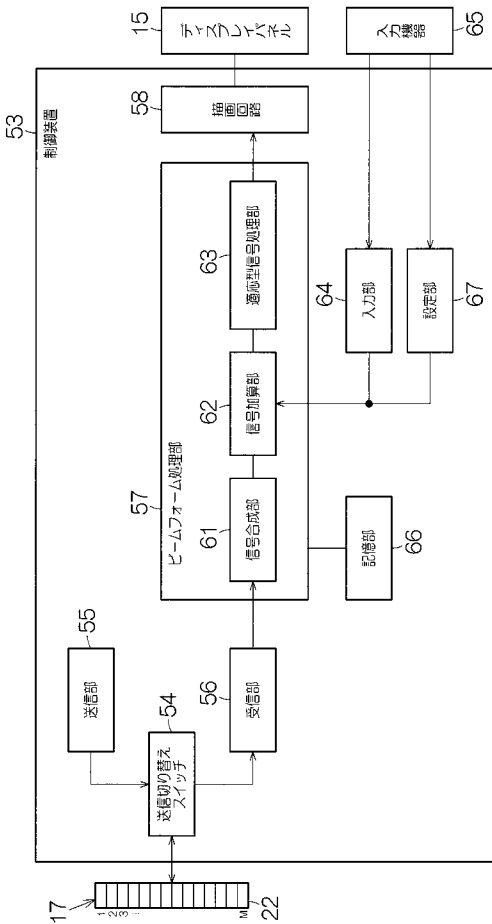
【 図 3 】



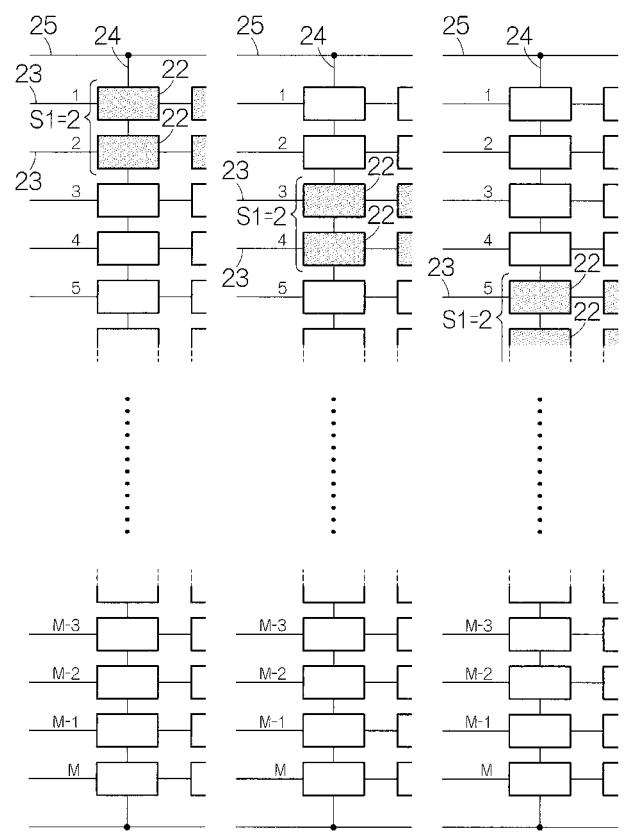
【 図 4 】



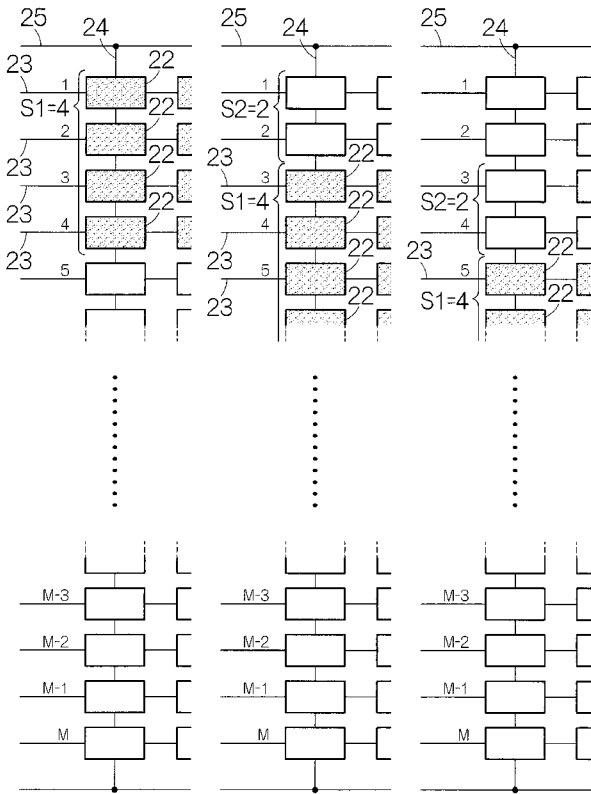
【 図 5 】



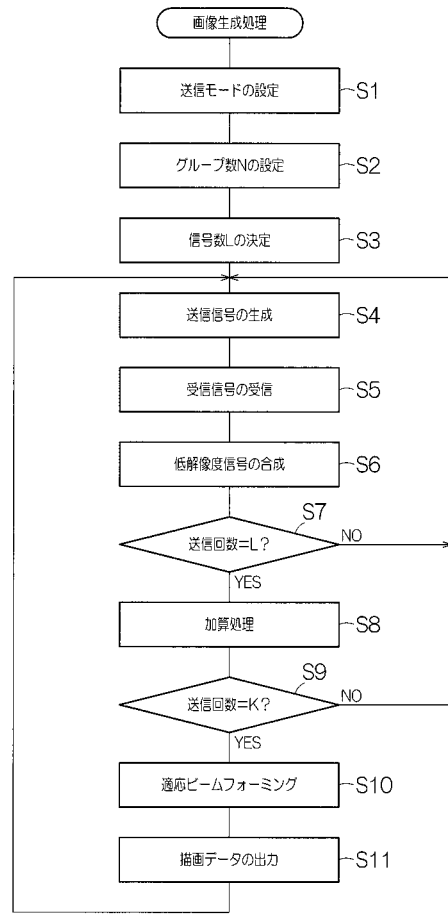
【 図 6 】



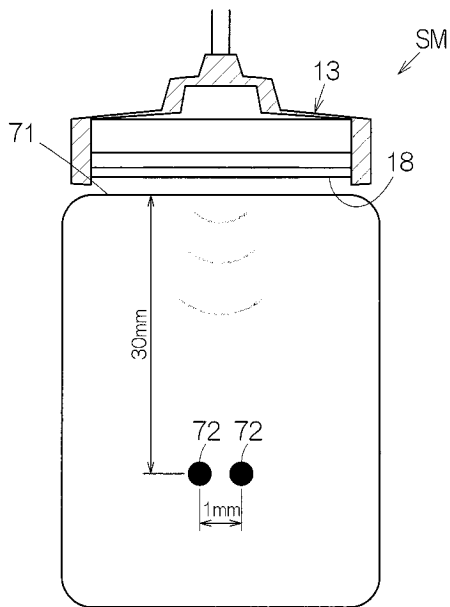
【図7】



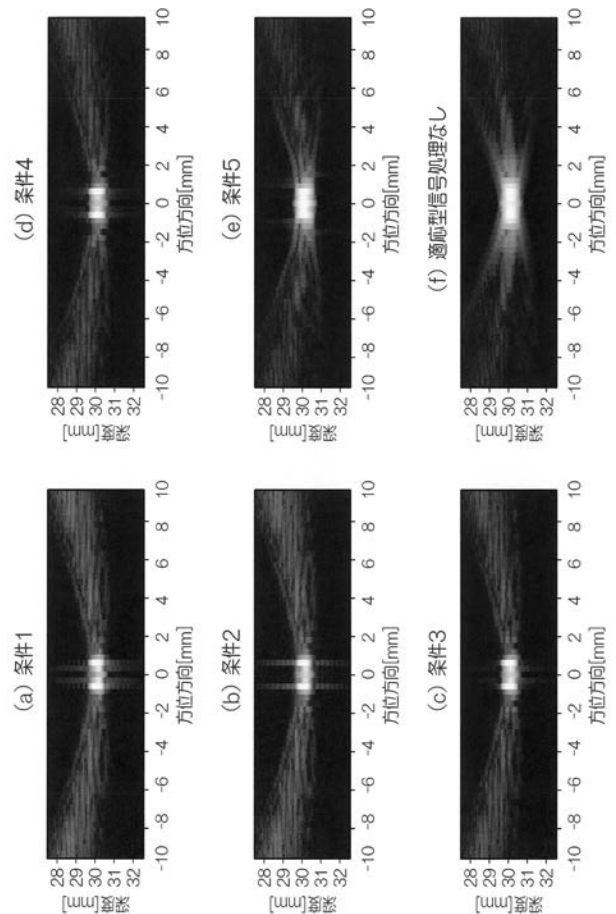
【図8】



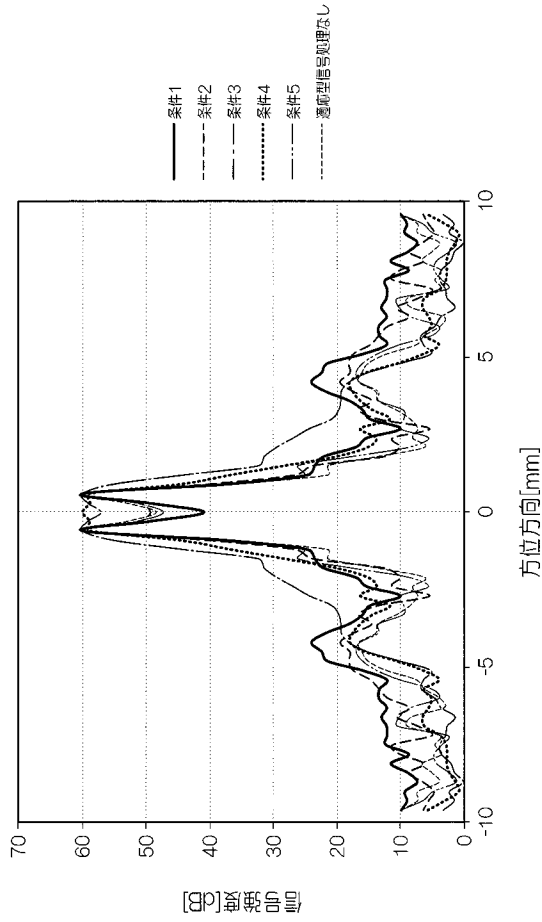
【図9】



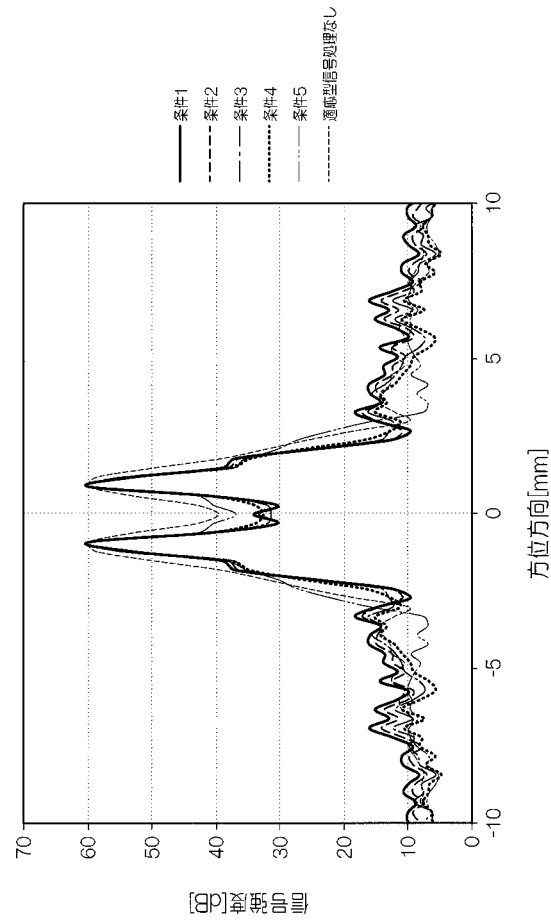
【図10】



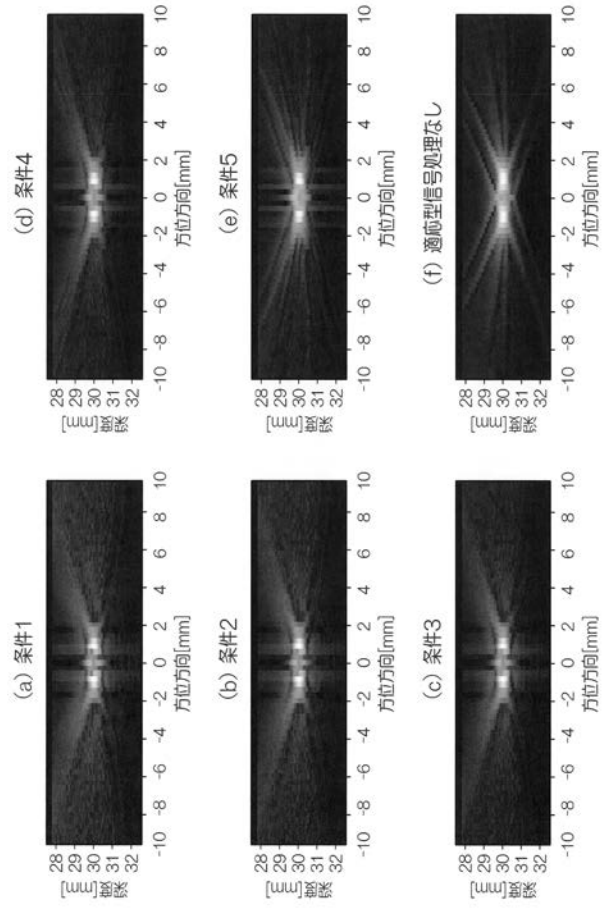
【 図 1 1 】



【 図 1 3 】



【 図 1 2 】



专利名称(译)	超声波成像装置，超声波成像装置的控制装置和超声波图像形成方法		
公开(公告)号	JP2017086156A	公开(公告)日	2017-05-25
申请号	JP2015215649	申请日	2015-11-02
[标]申请(专利权)人(译)	精工爱普生株式会社		
申请(专利权)人(译)	精工爱普生公司		
[标]发明人	增田博之		
发明人	增田 博之		
IPC分类号	A61B8/14		
CPC分类号	G06T7/0012 A61B8/00 A61B8/44 A61B8/4427 A61B8/4483 A61B8/5207 G01S7/52046 G01S7/52079 G01S15/8925 G01S15/8997 G06T2207/10132		
FI分类号	A61B8/14		
F-TERM分类号	4C601/EE22 4C601/GB03 4C601/HH25 4C601/HH29 4C601/HH38 4C601/JB03 4C601/LL26		
代理人(译)	井上 一 黑田 靖		
外部链接	Espacenet		

摘要(译)

要解决的问题：提供一种用于超声成像设备的控制设备，其能够在加速基于自适应权重的合成处理的同时保持良好的图像质量。信号组合单元对来自阵列布置的转换元件组的输出信号执行孔径合成，用于在每次发送超声波时将超声波转换为电信号，并且顺序地输出第一图像信号。信号添加单元62针对每个组添加从信号组合单元61输出的第一图像信号，并输出第二图像信号。自适应信号处理单元63基于第二图像信号计算自适应权重并合成第二图像信号。

