

(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B2)

(11)特許番号
特許第7656567号
(P7656567)

(45)発行日 令和7年4月3日(2025.4.3)

(24)登録日 令和7年3月26日(2025.3.26)

(51)国際特許分類 F I
A 6 1 B 8/14 (2006.01) A 6 1 B 8/14

請求項の数 9 (全13頁)

(21)出願番号	特願2022-53837(P2022-53837)	(73)特許権者	306037311 富士フイルム株式会社 東京都港区西麻布2丁目26番30号
(22)出願日	令和4年3月29日(2022.3.29)	(74)代理人	110001210 弁理士法人Y K I 国際特許事務所
(65)公開番号	特開2023-146587(P2023-146587 A)	(72)発明者	栗原 浩 千葉県柏市新十余二番地1 富士フイルムヘルスケア株式会社内
(43)公開日	令和5年10月12日(2023.10.12)	審査官	井海田 隆
審査請求日	令和6年5月21日(2024.5.21)		

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】

深さに応じて変化するゲイン関数に従って、複数の振動素子から並列的に出力された複数の受信信号を増幅し、これにより増幅後遅延前の複数の受信信号を出力する複数の増幅器と、

前記増幅後遅延前の複数の受信信号に対して遅延を適用した上で、遅延後加算前の複数の受信信号を加算し、これによりビームデータを生成するビームフォーマーと、

前記増幅後遅延前の複数の受信信号又は前記遅延後加算前の複数の受信信号を深さごとに互いに比較して深さごとに代表振幅としての代表値を特定し、これにより深さ方向に並ぶ複数の代表値からなる代表値列を検出する検出器と、

前記代表値列に基づいて原ゲイン関数を修正し、これにより修正ゲイン関数を生成する修正器と、

を含み、

前記複数の増幅器に対して前記ゲイン関数として前記修正ゲイン関数が与えられる、ことを特徴とする超音波診断装置。

【請求項2】

請求項1記載の超音波診断装置において、

前記各代表値は深さごとに検出された最大振幅であり、

前記代表値列は最大振幅列である、

ことを特徴とする超音波診断装置。

【請求項 3】

請求項 2 記載の超音波診断装置において、
前記修正器は、
前記最大振幅列に基づいて少なくともゲイン過大を判定し、
前記ゲイン過大が判定された場合に前記原ゲイン関数に下げ修正を適用する、
ことを特徴とする超音波診断装置。

【請求項 4】

請求項 3 記載の超音波診断装置において、
前記修正器は、
前記最大振幅列に基づいて更にゲイン過小を判定し、
前記ゲイン過小が判定された場合に前記原ゲイン関数に上げ修正を適用する、
ことを特徴とする超音波診断装置。

10

【請求項 5】

請求項 4 記載の超音波診断装置において、
前記修正器は、
前記最大振幅列を構成する各最大振幅を第 1 閾値と比較することにより前記ゲイン過大を判定し、
前記最大振幅列を構成する各最大振幅を前記第 1 閾値よりも小さい第 2 閾値と比較することにより前記ゲイン過小を判定する、
ことを特徴とする超音波診断装置。

20

【請求項 6】

請求項 1 記載の超音波診断装置において、
過去の送受信で得られた複数の受信信号に基づいて生成された修正ゲイン関数が、現在の送受信で得られた複数の受信信号に対して適用される、
ことを特徴とする超音波診断装置。

【請求項 7】

請求項 6 記載の超音波診断装置において、
前記過去の送受信と前記現在の送受信は時間的に連続する関係にある、
ことを特徴とする超音波診断装置。

【請求項 8】

請求項 1 記載の超音波診断装置において、
前記複数の振動素子から並列的に出力された前記複数の受信信号は、受信開口に相当する複数の受信信号及び前記受信開口に相当しない複数の受信信号を含み、
前記受信開口に相当しない複数の受信信号も前記修正ゲイン関数の生成で参照される、
ことを特徴とする超音波診断装置。

30

【請求項 9】

深さに応じて変化するゲイン関数に従って複数の受信信号を増幅し、これにより増幅後の複数の受信信号を出力する複数の増幅器と、
前記増幅後の複数の受信信号に対して遅延を適用した上で、遅延後の複数の受信信号を加算し、これによりビームデータを生成するビームフォーマーと、
前記増幅後の複数の受信信号又は前記遅延後の複数の受信信号に基づいて、深さ方向に並ぶ複数の代表値からなる代表値列を検出する検出器と、
前記代表値列に基づいて原ゲイン関数を修正し、これにより修正ゲイン関数を生成する修正器と、
を含み、
前記複数の増幅器に対して前記ゲイン関数として前記修正ゲイン関数が与えられ、
更に、
前記代表値列に基づいて補償関数を生成する生成器と、
前記補償関数に従って前記ビームデータに対してゲイン補償を適用する補償器と、
を含み、

40

50

前記生成器は、前記原ゲイン関数に対して下げ修正が適用された場合に前記ビームデータの振幅が増大するように、且つ、前記原ゲイン関数に対して上げ修正が適用された場合に前記ビームデータの振幅が減少するように、前記補償関数を生成する、

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】

【0001】

本開示は、超音波診断装置に関し、特に、複数の受信信号の処理に関する。

【背景技術】

【0002】

超音波診断装置を用いて被検者の超音波検査を行う場合、それに先立って、超音波プローブや送信周波数等に応じて、ゲイン関数が選択される。ゲイン関数は、深さに応じてゲイン（利得、増幅率）を動的に変化させるための関数である。選択されたゲイン関数が複数のアナログ増幅器に対して与えられる。複数のアナログ増幅器は、与えられたゲイン関数に従って複数の受信信号を増幅する。超音波検査中においては、選択されたゲイン関数が継続的に使用される。

【0003】

特許文献1には、オートゲインコントローラを有する超音波診断装置が記載されている。オートゲインコントローラは、超音波画像に基づいてアナログゲインを調整している。特許文献1には、整相加算前の複数の受信信号に基づくアナログゲインの調整は記載されていない。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0004】

【文献】特開平7-236637号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

ゲイン関数に従って受信信号の増幅を行うことにより、受信信号強度の深さ依存性を解消又は緩和できる。しかし、生体内に強反射体が存在している場合、増幅後の受信信号の振幅が過大となり、受信信号の飽和という問題が生じる。一方、生体内での超音波減衰が想定したものよりも大きい場合、増幅後の受信信号の振幅が過小となり、感度低下という問題が生じる。

【0006】

本開示の目的は、過大振幅又は過小振幅が生じないように受信信号を増幅することにある。あるいは、本開示の目的は、超音波診断装置の動作中においてゲイン関数を状況に適合させることにある。

【課題を解決するための手段】

【0007】

本開示に係る超音波診断装置は、深さに応じて変化するゲイン関数に従って複数の受信信号を増幅し、これにより増幅後の複数の受信信号を出力する複数の増幅器と、前記増幅後の複数の受信信号に対して遅延を適用した上で、遅延後の複数の受信信号を加算し、これによりビームデータを生成するビームフォーマーと、前記増幅後の複数の受信信号又は前記遅延後の複数の受信信号に基づいて、深さ方向に並ぶ複数の代表値からなる代表値列を検出する検出器と、前記代表値列に基づいて原ゲイン関数を修正し、これにより修正ゲイン関数を生成する修正器と、を含み、前記複数の増幅器に対して前記ゲイン関数として前記修正ゲイン関数が与えられる、ことを特徴とする。

【発明の効果】

【0008】

本開示によれば、過大振幅又は過小振幅が生じないように受信信号を増幅できる。ある

10

20

30

40

50

いは、本開示によれば、超音波診断装置の動作中においてゲイン関数を状況に適合させることができる。

【図面の簡単な説明】

【0009】

【図1】実施形態に係る超音波診断装置の構成例を示すブロック図である。

【図2】複数の振動素子から出力される複数の受信信号を示す図である。

【図3】ゲイン関数に基づく受信信号の増幅を示す図である。

【図4】最大振幅列の検出を示す図である。

【図5】修正ゲイン関数及び補償関数の生成を示す図である。

【図6】時間的に隣接する2つの送受信を示す図である。

10

【図7】空間的な対応関係にある2つの送受信を示す図である。

【図8】第1変形例を示すブロック図である。

【図9】第2変形例を示すブロック図である。

【図10】第3変形例を示すブロック図である。

【発明を実施するための形態】

【0010】

以下、実施形態を図面に基づいて説明する。

【0011】

(1)実施形態の概要

実施形態に係る超音波診断装置は、複数の増幅器、ビームフォーマー、取得器、及び、修正器を有する。複数の増幅器は、深さに応じて変化するゲイン関数に従って複数の受信信号を増幅し、これにより増幅後の複数の受信信号を出力する。ビームフォーマーは、増幅後の複数の受信信号に対して遅延を適用した上で、遅延後の複数の受信信号を加算し、これによりビームデータを生成する。検出器は、増幅後の複数の受信信号又は遅延後の複数の受信信号に基づいて、深さ方向に並ぶ複数の代表値からなる代表値列を検出する。修正器は、代表値列に基づいて原ゲイン関数を修正し、これにより修正ゲイン関数を生成する。複数の増幅器に対して、ゲイン関数として、修正ゲイン関数が与えられる。

20

【0012】

上記構成によれば、複数の増幅器により増幅された複数の受信信号が参照され、その参照結果に基づいてゲイン関数が適応的に修正される。これにより、生体内の状況にゲイン関数を適合させることが可能となる。よって、例えば、受信信号の飽和を防止又は軽減でき、あるいは、感度低下を防止又は軽減できる。上記構成は、ゲイン関数を新たに生成するものではなく、既存のゲイン関数を部分的に修正するものである。よって、既存の構成を活かすことができ、また、行き過ぎた修正が生じる可能性を低減できる。

30

【0013】

実施形態においては、各代表値は検出タイミングごとに検出された最大振幅である。代表値列は最大振幅列である。最大振幅以外の代表値として、平均値(平均振幅)、最小値(最小振幅)等が挙げられる。代表値として最大値(最大振幅)を取得すれば、各受信信号の飽和を効果的に抑制できる。

【0014】

検出器は、検出タイミングごとに、つまり深さごとに、複数の受信信号から複数の振幅をサンプリングし、それらを互いに比較することにより、最大振幅を特定する。遅延前の複数の受信信号がサンプリングされてもよいし、遅延後の受信信号がサンプリングされてもよい。ゲイン関数の修正に際して振動状態が生じないように、修正量を抑制してもよいし、フィードバック速度(応答性)を制御してもよい。

40

【0015】

実施形態において、修正器は、最大振幅列に基づいて少なくともゲイン過大を判定し、ゲイン過大が判定された場合に原ゲイン関数に下げ修正を適用する。この構成によれば、いずれかの受信チャンネルにおいて受信信号の飽和が生じる可能性を低減できる。また、修正器は、最大振幅列に基づいて更にゲイン過小を判定し、ゲイン過小が判定された場合

50

に原ゲイン関数に上げ修正を適用する。この構成によれば、ビームデータの品質低下を防止できる。

【0016】

実施形態において、修正器は、最大振幅列を構成する各最大振幅を第1閾値と比較することによりゲイン過大を判定し、最大振幅列を構成する各最大振幅を第1閾値よりも小さい第2閾値と比較することによりゲイン過小を判定する。諸条件に応じて第1閾値及び第2閾値が自動的に又はマニュアルで可変されてもよい。第1閾値及び第2閾値が深さに応じて変更されてもよい。

【0017】

実施形態においては、過去の送受信で得られた複数の受信信号に基づいて生成された修正ゲイン関数が、現在の送受信で得られた複数の受信信号に対して適用される。この構成によれば、通常送受信を行いながら、それと並行して、ゲイン関数を適応的に修正できる。

10

【0018】

実施形態においては、過去の送受信と現在の送受信は時間的に連続する関係にある。通常、時間的に隣り合う2つの送受信は、空間的にも隣り合っている。よって、過去の送受信により得られた受信信号列と現在の送受信により得られた受信信号列は互いに同視し得る関係にある。上記構成は、そのような関係を前提として、修正ゲイン関数の生成及び適用を行うものである。

【0019】

実施形態に係る超音波診断装置は、更に、生成器及び補償器を有する。生成器は、代表値列に基づいて補償関数を生成する。補償器は、補償関数に従ってビームデータに対してゲイン補償を適用する。この構成によれば、ゲイン関数の修正に由来するビームデータの振幅変化を補償できる。

20

【0020】

実施形態において、生成器は、原ゲイン関数に対して下げ修正が適用された場合にビームデータの振幅が増大するように、且つ、原ゲイン関数に対して上げ修正が適用された場合にビームデータの振幅が減少するように、補償関数を生成する。原ゲイン関数と修正ゲイン関数との差分を修正関数と表現した場合、その修正関数と補償関数とが相補的關係に立つ。

30

【0021】

(2) 実施形態の詳細

図1には、実施形態に係る超音波診断装置の構成例が示されている。この超音波診断装置は、病院等において被検者の超音波検査で用いられる医用装置である。

【0022】

超音波診断装置は、振動素子アレイ10を有する。振動素子アレイ10は、超音波プローブ内に設けられており、一次元配列された複数の振動素子10aにより構成される。振動素子アレイ10により、超音波ビームが形成され、また、超音波ビームが電子走査される。電子走査方式として、電子リニア走査方式、電子セクタ走査方式、等が知られている。超音波プローブ内に二次元振動素子アレイを設け、二次元振動素子アレイによって生体内からボリュームデータが取得されてもよい。

40

【0023】

振動素子アレイ10に対して、図示されていない送信部が接続されており、また、図示された受信部12が接続されている。受信部12は、複数の振動素子から出力された複数の受信信号を処理することによりビームデータを生成する電子回路である。電子走査方向に並ぶ複数のビームデータにより受信フレームデータが構成される。各ビームデータは深さ方向に並ぶ複数のエコーデータにより構成される。

【0024】

ビームデータ処理部18は、各ビームデータを処理するものであり、それは、検波回路、対数変換器、等を有する。画像形成部20は、受信フレームデータに基づいて表示フレ

50

ームデータを生成するものであり、それはデジタルスキャンコンバータ(DSC)を有している。表示フレームデータは断層画像データである。表示器22に断層画像が表示される。表示器22に他の超音波画像が表示されてもよい。

【0025】

受信部12は、実施形態において、増幅器列26、ADC列30、遅延器列32、加算器34、及び、補償器44を有する。また、受信部12は、電圧信号生成器14を有する。

【0026】

増幅器列26は、複数の増幅器26aにより構成され、各増幅器26aは可変型アナログアンプである。電圧信号生成器14から複数の増幅器26aに対して電圧信号28が並列的に出力されている。電圧信号生成器14は、後述する主制御部24によって指定又は選択されたゲイン関数を保有している。ゲイン関数は、エコー発生深度の増大に応じてゲイン(利得、増幅率)を増大させるための関数である。電圧信号28は、ゲイン関数に相当する。各増幅器26aは、ゲイン関数に従って各受信信号を増幅する。

10

【0027】

ADC列30は、複数のADC(アナログデジタル変換器)30aにより構成される。遅延器列32は、複数の遅延器32aにより構成される。各遅延器32aは、受信信号に対して遅延(遅延処理)を適用するものである。個々の遅延器32aに対して遅延時間データが与えられている。加算器34は、遅延後の複数の受信信号を加算し、これによりビームデータを生成する。遅延器列32及び加算器34により、ビームフォーマー31が構成される。

20

【0028】

個々の受信信号を高速でサンプリングし、それにより生成されたデジタルデータをメモリに記憶し、そのメモリからデジタルデータを読み出すようにしてもよい。その場合、読み出すタイミングの調整により、各デジタルデータに与える遅延時間が調整される。遅延の前又は後に、複数のデジタルデータに対して重み付けが適用されてもよい。

【0029】

補償器44は、ビームデータに対してゲイン補償を適用する回路であり、具体的には、後述する補償関数に従ってビームデータを増幅する回路である。補償器44の機能及び動作については、後に詳述する。

【0030】

最大振幅検出器36は、図1に示す構成例において、検出タイミングごとに遅延後の複数の受信信号をサンプリングし、これにより得られた複数の振幅の中から最大振幅を検出するものである。検出タイミングごとの最大振幅の検出を繰り返し実行することにより、深さ方向に並ぶ複数の最大振幅が得られる。それらにより最大振幅列が構成される。

30

【0031】

なお、検出タイミングごとに他の代表値が検出されてもよい。他の代表値として、平均値、中央値、最小値、等が挙げられる。

【0032】

最大振幅の検出に当たって、受信開口に相当する複数の受信信号のみが参照されてもよいが、実施形態においては、複数の振動素子10aから出力されたすべての受信信号が参照されている。実施形態によれば、生体内における広い範囲から情報を取得できる。

40

【0033】

ゲインコントローラ38は、最大振幅列に基づいて、ゲイン関数を修正し、また、補償関数を生成するものである。具体的には、ゲインコントローラ38は、ゲイン関数修正器40及び補償関数生成器42を有する。ゲイン関数修正器40は、最大振幅列に基づいて電圧信号生成器14に設定されているゲイン関数を修正するものである。具体的には、深さごとに、最大振幅に基づいてゲインの過大又は過小が判定されており、ゲインの過大又は過小が判定された場合にゲインが修正されている。ゲイン関数修正器40から電圧信号生成器14に対してゲイン関数の修正を指示する信号が出力されている。

【0034】

50

補償関数生成器 4 2 は、ゲイン関数における修正部分と相補関係にある補償関数を生成し、それを補償器 4 4 へ出力している。例えば、ゲイン関数の修正により、増幅器列 2 6 におけるゲインが引き下げられた場合、補償器 4 4 におけるゲインが引き上げられ、逆に、ゲイン関数の修正により、増幅器列 2 6 におけるゲインが引き上げられた場合、補償器 4 4 におけるゲインが引き下げられる。これによりビームデータに対するゲイン補償によりビームデータの品質を高められる。

【 0 0 3 5 】

主制御部 2 4 は、超音波診断装置内の各構成の動作を制御するものである。実施形態においては、主制御部 2 4 は、超音波検査の開始前に、超音波プローブ及び送信周波数等の諸条件に従って、複数のゲイン関数の中から、使用するゲイン関数（原ゲイン関数）を選択し、そのゲイン関数を電圧信号生成器 1 4 に対して設定する。

10

【 0 0 3 6 】

主制御部 2 4 は、例えば、プログラムを実行する CPU により構成される。ビームフォーマー 3 1、補償器 4 4、ゲインコントローラ 3 8、最大振幅検出器 3 6 等がそれぞれプロセッサにより構成されてもよい。プロセッサとして F P G A 等のデバイスが用いられてもよい。

【 0 0 3 7 】

図 2 には、振動素子アレイ 1 0 が示されている。振動素子アレイ 1 0 は、直線状に並ぶ複数の振動素子 $1 0 - 1 \sim 1 0 - i$ により構成される。振動素子アレイ 1 0 が円弧状に並ぶ複数の振動素子により構成されてもよい。符号 4 4 は、送信開口且つ受信開口を示している。

20

【 0 0 3 8 】

送信時においては、送信開口を用いて送信ビーム 4 6 が形成される。つまり、送信開口内の複数の振動素子から生体内へ超音波が放射される。受信時においては、各振動素子 $1 0 - 1 \sim 1 0 - i$ において生体内からの反射波が受信される。より詳しくは、各振動素子 $1 0 - 1 \sim 1 0 - i$ には、生体内の様々な地点で生じた反射波が到達する。これにより、複数の振動素子 $1 0 - 1 \sim 1 0 - i$ から複数の受信信号が出力される。

【 0 0 3 9 】

符号 4 7 は、すべての受信信号からなる受信信号列を示している。実施形態においては、ゲイン関数の修正に際して、受信信号列 4 7 が参照される。符号 4 8 は、受信開口に相当する複数の受信信号からなる受信信号列を示している。ビームデータの生成に際しては、受信信号列 4 8 が用いられる。もちろん、受信信号列 4 7 を用いてビームデータが生成されてもよい。ゲイン修正に際して受信信号列 4 8 が参照されてもよい。受信時において、後述するパラレル受信が実行されてもよい。

30

【 0 0 4 0 】

なお、図 2 においては、各振動素子 $1 0 - 1 \sim 1 0 - i$ へ向かう反射波が模式的に示されているが、実際には、各振動素子 $1 0 - 1 \sim 1 0 - i$ に対して全方位から反射波が到達する。生体内に強反射体が存在する場合、受信信号列 4 7 の全部又は一部に強反射体の影響が現れる。

【 0 0 4 1 】

図 3 には、上述した増幅器の動作が示されている。符号 5 2 は増幅前の受信信号を示している。横軸は深さを示す深さ軸 d であり、それは時間軸とも言い得る。縦軸は振幅軸であり、それは実際には電圧軸 V である。符号 5 4 は A D C の入力ダイナミックレンジを示している。

40

【 0 0 4 2 】

増幅器において、ゲイン関数 5 6 に従って、受信信号 5 2 が増幅される。ゲイン関数 5 6 における横軸は深さ軸 d であり、その縦軸はゲイン軸 G である。符号 5 8 は増幅後の受信信号を示している。図 3 に示す例では、受信信号 5 8 には、入力ダイナミックレンジ 5 4 を超える部分 6 0 A、6 0 B が含まれ、また、かなり小さな振幅を有する部分 6 2 が含まれる。部分 6 0 A、6 0 B が生じると、受信信号の飽和という問題が生じる。部分 6 2

50

が生じると、感度低下という問題が生じる。

【 0 0 4 3 】

図 4 には、最大値列の検出方法が示されている。符号 6 4 - 1 ~ 符号 6 4 - i は、増幅後且つ遅延後の複数の受信信号を示している。最大振幅検出器は、検出タイミングごとに、複数の受信信号をサンプリングして複数の振幅（正確には複数の振幅絶対値）を取得する。その上で、最大振幅検出器は、複数の振幅の中から最大振幅（正確には最大の振幅絶対値）を特定する。複数の検出タイミングで特定された複数の最大振幅により最大振幅列（最大振幅プロファイル）6 6 が生成される。最大振幅列 6 6 に基づいてゲイン関数が修正される。

【 0 0 4 4 】

図 5 には、修正ゲイン関数及び補償関数の生成方法が示されている。図 5 において、上段から下段にかけて、原ゲイン関数 6 8、最大振幅列 7 0、修正ゲイン関数 8 2、及び、補償関数 8 4 が示されている。原ゲイン関数 6 8 は、修正前のゲイン関数である。

【 0 0 4 5 】

最大振幅列 7 0 に対して第 1 閾値 7 2 及び第 2 閾値 7 4 が設定されている（第 1 閾値 > 第 2 閾値である。）。最大振幅列 7 0 を構成する各最大振幅が第 1 閾値 7 2 及び第 2 閾値 7 4 と比較される。符号 7 6 及び符号 7 8 は、最大振幅列 7 0 において第 1 閾値 7 2 を超える過大部分を示している。符号 8 0 は、最大振幅列 7 0 において第 2 閾値 7 4 を下回る過小部分を示している。

【 0 0 4 6 】

過大部分 7 6、7 8 が生じた場合、原ゲイン関数 6 8 に対して部分的な下げ修正が適用され、過小部分 8 0 が生じた場合、原ゲイン関数 6 8 に対して部分的な上げ修正が適用される。これにより修正ゲイン関数 8 2 が生成される。修正ゲイン関数 8 2 は、過大部分 7 6、7 8 に対応する窪み部分 8 2 a、8 2 b を有し、また、過小部分 8 0 に対応する嵩上げ部分 8 2 c を有する。このように、生体内の状況に適合した修正ゲイン関数 8 2 が生成される。

【 0 0 4 7 】

補償関数 8 4 は、原ゲイン関数 6 8 に対して適用された修正に起因するゲイン変動を補償するための関数である。具体的には、補償関数 8 4 は、窪み部分 8 2 a、8 2 b に対応する突出部分 8 4 a、8 4 b、及び、嵩上げ部分 8 2 c に対応する抑圧部分 8 4 c を有する。

【 0 0 4 8 】

実施形態においては、前回の送受信で生成された修正ゲイン関数及び補償関数が、今回の送受信で生成された複数の受信信号及びビームデータに対して適用される。具体的には、前回の送受信で生成された修正ゲイン関数が電圧信号生成器から各増幅器に与えられる。各増幅器は、修正ゲイン関数に従って、今回の送受信で生成された各受信信号を増幅する。また、前回の送受信で生成された補償関数が、今回の送受信で生成されたビームデータに対して適用される。このようなプロセスが繰り返される。

【 0 0 4 9 】

図 6 には、実施形態に係る参照関係が模式的に示されている。x 方向は電子走査方向を示しており、d 方向は深さ方向である。F は超音波ビームの 1 回の電子走査により形成されるフレーム（走査面）を示している。符号 8 6 は前回の送受信を示しており、符号 8 8 は今回の送受信を示している。前回の送受信 8 6 と今回の送受信 8 8 は時間的に隣り合う関係にあり、同時に利用関係にある。今回の送受信 8 8 から見て前回の送受信 8 6 は参照先に相当する。

【 0 0 5 0 】

図 6 に示す方式を採用する場合において、フレーム F の最初の送受信を実行する際、1 つ前のフレームにおける最後の送受信を参照先としてもよいし、1 つ前のフレームにおける同じ位置にある送受信を参照先としてもよいし、最初の送受信を行う前にダミー送受信を行ってそのダミー送受信を参照先としてもよい。

10

20

30

40

50

【 0 0 5 1 】

図 7 には、別の方式が示されている。フレーム $F_j - 1$ に続いてフレーム F_j が形成されている。符号 9 0 は、フレーム $F_j - 1$ におけるある位置での送受信を示している。符号 9 2 は、フレーム F_j における同じ位置での送受信を示している。送受信 9 2 の実行に際して、空間的に等しい送受信 9 0 が参照先とされる。

【 0 0 5 2 】

図 7 に示す方式を採用する場合、1 フレームに相当する複数の修正ゲイン関数（及び複数の補償関数）を記憶しておく大きな記憶領域を確保する必要がある。一方、図 6 に示した方式を採用する場合、1 つの修正ゲイン関数（及び 1 つの補償関数）を記憶する記憶領域を確保するだけでよいという利点を得られる。

10

【 0 0 5 3 】

図 8 には、第 1 変形例が示されている。図 8 において、図 1 に示した構成要素と同様の構成要素には同一の符号を付しその説明を省略する。

【 0 0 5 4 】

第 1 変形例においては、ADC 列 3 0 から出力された、増幅後（遅延前）の複数の受信信号が最大振幅検出器 3 6 A へ送られている。最大振幅検出器 3 6 A は、検出タイミングごとに、つまり深さごとに、複数の受信信号から複数の振幅を取得し、その中から最大振幅を特定する。複数の検出タイミングで得られた複数の最大振幅により最大振幅列が構成される。第 1 変形例によれば、最大振幅の検出に当たって受信フォーカスの影響を受けないという利点を得られる。

20

【 0 0 5 5 】

図 9 には、第 2 変形例が示されている。図 9 において、図 1 に示した構成要素と同様の構成要素には同一の符号を付しその説明を省略する。

【 0 0 5 6 】

プロセッサ 9 4 は、複数のモジュール $M_1 \sim M_n$ を有する。各モジュール $M_1 \sim M_n$ は、それぞれビームフォーマーとしての機能を発揮する。 n はモジュール数を表しており、 n は例えば 1 2 8 である。図 9 に示す構成によれば、パラレル受信時に最大で 1 2 8 個の受信ビームを同時に形成できる。実際には、通常、複数のモジュール $M_1 \sim M_n$ の一部のみが動作し、残りのモジュールは待機状態におかれる。

【 0 0 5 7 】

第 2 変形例では、その内のいずれかのモジュールを用いて最大振幅検出が実施される。図 9 に示す構成例では、モジュール M_n が最大振幅検出器として機能している。モジュール M_n において、送受信ごとに最大振幅列が生成され、それがゲインコントローラ 3 8 A に送られる。

30

【 0 0 5 8 】

図 1 0 には、第 3 変形例が示されている。第 3 変形例では、最大振幅検出器により生成された最大振幅列 9 6 に対して深さ方向平滑化 9 8 及び電子走査方向平滑化 1 0 0 が適用されている。これにより生成された平滑化最大振幅列 1 0 2 に基づいて修正ゲイン関数 1 0 4 が生成されている。第 3 変形例によれば、瞬時的な振幅増大又は振幅減少に起因する過剰修正を抑制することが可能となる。

40

【 0 0 5 9 】

上記実施形態によれば、ゲイン関数が適応的に修正される。これにより、生体内の状況にゲイン関数を適合させることが可能となる。よって、受信信号の飽和を防止又は軽減でき、あるいは、感度低下を防止又は軽減できる。上記実施形態は、ゲイン関数を新たに生成するものではなく、既存のゲイン関数を部分的に修正するものであるため、既存の構成を活用でき、また、行き過ぎた修正が生じる可能性を低減できる。

【 符号の説明 】

【 0 0 6 0 】

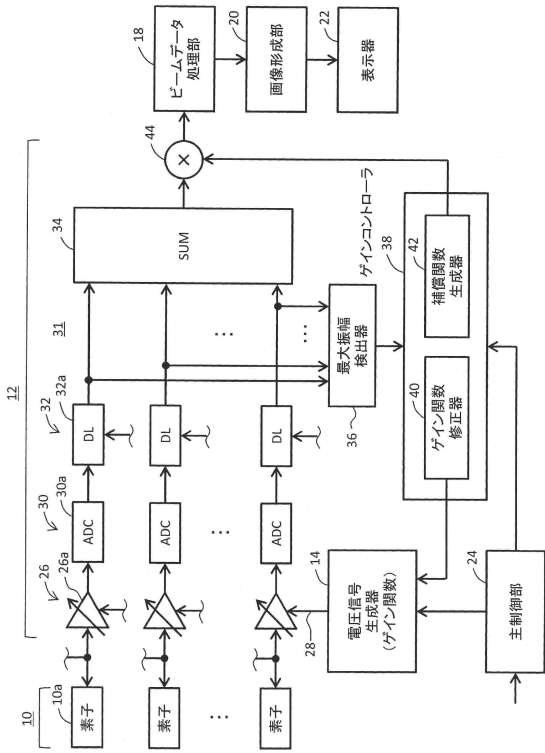
1 0 振動素子アレイ、1 2 受信部、1 4 制御電圧生成器、2 6 増幅器列、3 1 ビームフォーマー、3 2 遅延器列、3 4 加算器、3 6 最大振幅検出器、3 8 ゲイン

50

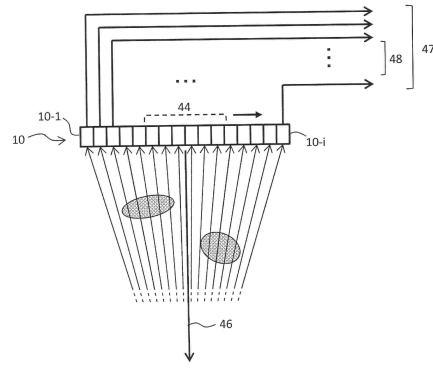
コントローラ、40 ゲイン関数修正器、42 補償関数生成器。

【図面】

【図1】



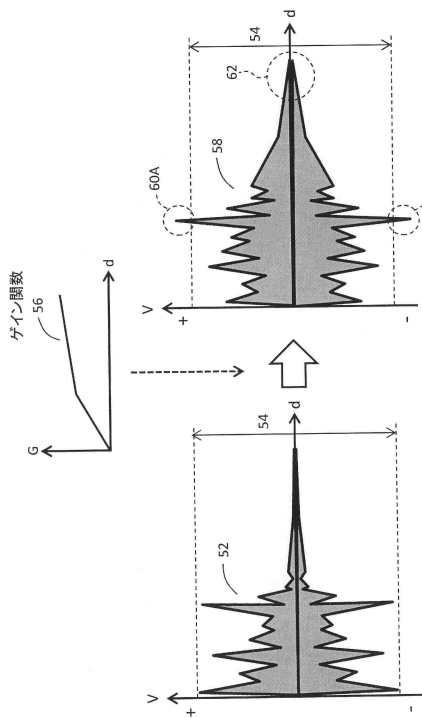
【図2】



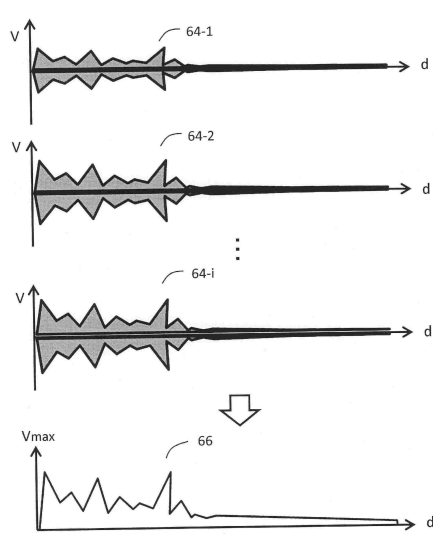
10

20

【図3】



【図4】

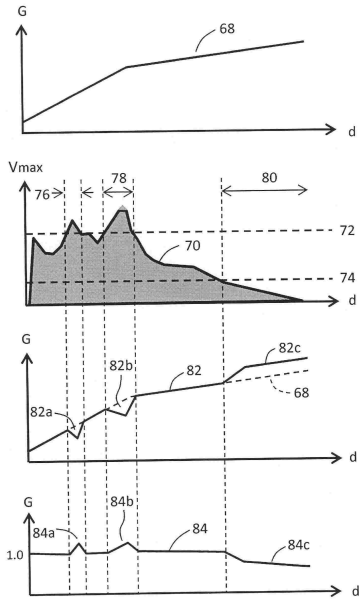


30

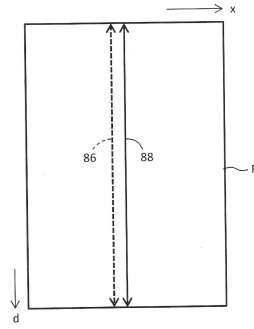
40

50

【図5】

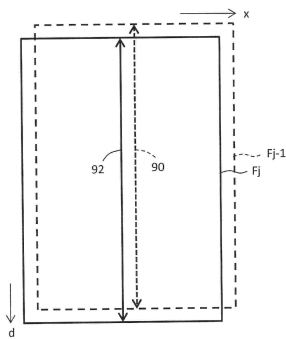


【図6】



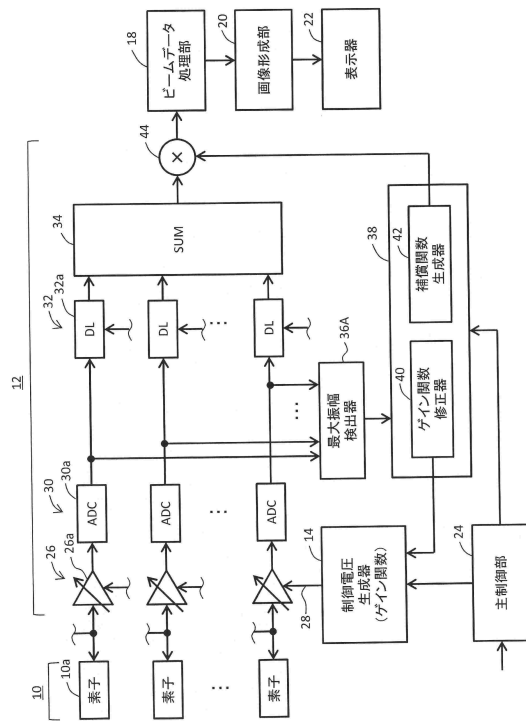
10

【図7】



20

【図8】

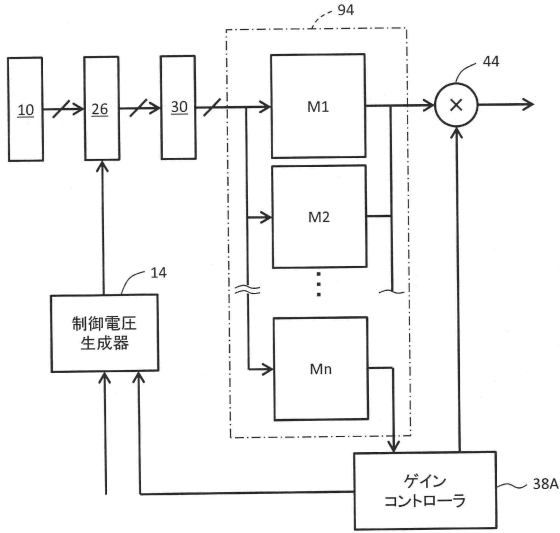


30

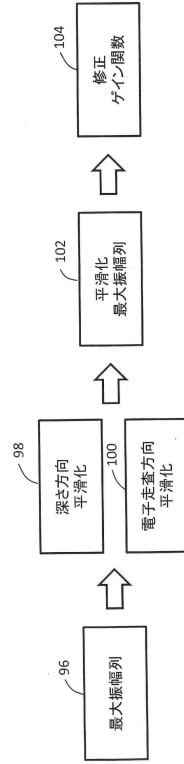
40

50

【図 9】



【図 10】



10

20

30

40

50

フロントページの続き

- (56)参考文献 特開2013-000351(JP,A)
特表2005-521500(JP,A)
特開平07-236637(JP,A)
特開昭63-302837(JP,A)
特開昭63-240842(JP,A)
特開平02-246954(JP,A)
- (58)調査した分野 (Int.Cl., DB名)
A61B 8/00 - 8/15