

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第6492230号
(P6492230)

(45) 発行日 平成31年3月27日(2019.3.27)

(24) 登録日 平成31年3月8日(2019.3.8)

(51) Int.Cl.

A 6 1 B 8/14 (2006.01)

F 1

A 6 1 B 8/14

請求項の数 12 (全 16 頁)

(21) 出願番号	特願2018-525863 (P2018-525863)	(73) 特許権者	000005108
(86) (22) 出願日	平成28年7月5日(2016.7.5)		株式会社日立製作所
(86) 国際出願番号	PCT/JP2016/069905		東京都千代田区丸の内一丁目6番6号
(87) 国際公開番号	W02018/008089	(74) 代理人	110000888
(87) 国際公開日	平成30年1月11日(2018.1.11)		特許業務法人 山王坂特許事務所
審査請求日	平成30年3月7日(2018.3.7)	(72) 発明者	広島 美咲
			東京都千代田区丸の内一丁目6番6号 株
			式会社日立製作所内
		(72) 発明者	田中 智彦
			東京都千代田区丸の内一丁目6番6号 株
			式会社日立製作所内
		(72) 発明者	田中 千鶴枝
			東京都千代田区丸の内一丁目6番6号 株
			式会社日立製作所内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 スペクトル解析装置、スペクトル解析方法及び超音波撮像装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

配列された複数の振動子から被検体に対して送信され、前記被検体で反射または透過された超音波を前記複数の振動子で受信することにより時系列に夫々得られた受信信号の整相加算後の受信信号に対して、前記受信信号の周波数スペクトル解析の対象となる演算領域及び該演算領域を含む窓領域を設定する領域設定部と、

前記窓領域の複数の前記受信信号に重み付けを行い、重み付け後の前記窓領域の前記受信信号の周波数スペクトル解析を行うスペクトル抽出部と、を備え、

前記スペクトル抽出部は、前記複数の振動子から送信された超音波が、前記被検体内を波動伝搬し、前記演算領域に対応する前記被検体内の対象領域に到達して反射または透過され、さらに前記被検体内を波動伝搬して前記複数の振動子に到達したと仮定した場合に、前記窓領域の前記受信信号に生じる強度分布に対応した重み分布を用いて、前記重み付けを行う、スペクトル解析装置。

【請求項2】

前記重み分布を演算により求める重み演算部をさらに有し、

前記重み演算部は、

前記複数の振動子から送信された超音波が前記被検体内を伝搬して前記対象領域に到達したと仮定した場合の前記対象領域における前記超音波の強度分布を算出する送信ビーム演算部と、所定の強度分布の超音波の照射を受けた前記対象領域から発せられた超音波が前記被検体内を伝搬して前記振動子に到達して受信されたと仮定した場合に前記複数の振

10

20

動子の出力する受信信号の前記窓領域における強度分布を算出する受信ビーム演算部と、前記送信ビーム演算部の算出した強度分布と前記受信ビーム演算部の算出した強度分布とを合成することにより前記窓領域の前記受信信号に生じる強度分布を求める合成部と、前記窓領域の前記受信信号に生じる強度分布に基づいて前記重み分布を求める重み算出部とを有する、請求項 1 記載のスペクトル解析装置。

【請求項 3】

複数の前記振動子の時系列な前記受信信号を、所定の受信走査線上の複数の受信焦点の位置に応じた遅延時間で夫々遅延させた後に加算することにより時系列な整相加算後受信信号を生成する遅延加算部と、前記整相加算後受信信号の包絡線を検波する検波部と、を含む受信ビームフォーマをさらに有し

10

前記領域設定部は、前記検波部による検波前の前記整相加算後受信信号に対して前記窓領域を設定し、

前記スペクトル抽出部は、前記整相加算後受信信号に対して重み付けを行う、請求項 1 記載のスペクトル解析装置。

【請求項 4】

前記受信ビーム演算部は、前記対象領域を複数のサブ領域に分割し、前記サブ領域ごとに前記窓領域の前記受信信号の強度分布を算出し、前記合成部は、前記サブ領域ごとの前記受信信号の強度分布を加算し、加算後の前記受信信号の強度分布を、前記送信ビーム演算部の算出した強度分布と合成することにより、前記窓領域の前記受信信号に生じる強度分布を求める、請求項 2 記載のスペクトル解析装置。

20

【請求項 5】

前記重み演算部は、前記スペクトル抽出部が行う前記周波数スペクトル解析の結果に望まれる周波数分解能および前記演算領域の大きさに応じて、前記窓領域の大きさを設定する窓サイズ設定部をさらに有する、請求項 2 記載のスペクトル解析装置。

【請求項 6】

前記スペクトル抽出部が、前記重み付された前記窓領域の前記受信信号をフーリエ変換することによりスペクトル解析を行う、請求項 1 記載のスペクトル解析装置。

【請求項 7】

前記振動子から前記被検体に対して送信される超音波が、所定の中心周波数および所定の帯域を有する、請求項 1 記載のスペクトル解析装置。

30

【請求項 8】

前記演算領域および前記窓領域は、前記受信信号の時間軸方向と、前記複数の振動子の配列方向とを軸とする空間に配置された複数の前記受信信号に設定され、

前記スペクトル抽出部が、前記窓領域の前記受信信号を 2 次元又は 3 次元フーリエ変換する、請求項 1 記載のスペクトル解析装置。

【請求項 9】

前記振動子の超音波の送信および受信の条件であって、予め定めた設定可能な条件ごとにそれぞれ予め求めておいた前記重み分布を記憶する重み記憶部を備え、

前記スペクトル抽出部は、前記被検体に送信され、前記振動子が受信した超音波の送信および受信の条件に対応する前記重み分布を前記重み記憶部から読み出して、前記窓領域の前記受信信号に対して重み付けを行う、請求項 1 記載のスペクトル解析装置。

40

【請求項 10】

前記対象領域の設定をユーザから受け付ける受付部をさらに有し、

前記領域設定部は、前記受付部が受け付けた前記対象領域に対応する、前記受信信号上の前記演算領域を演算により求める、演算領域算出部を有することを特徴とする、請求項 1 記載のスペクトル解析装置。

【請求項 11】

配列された複数の振動子から被検体に対して送信され、前記被検体で反射された超音波を前記複数の振動子で受信することにより時系列に夫々得られる受信信号に対して、前記受信信号の周波数スペクトル解析の対象となる演算領域及び該演算領域を含む窓領域を設

50

定する領域設定ステップと、

前記窓領域の複数の前記受信信号に重み付けを行い、重み付け後の前記窓領域の前記受信信号の周波数スペクトル解析を行うスペクトル抽出ステップとを含み、

前記スペクトル抽出ステップは、前記複数の振動子から送信された超音波が、前記被検体内を波動伝搬し、前記演算領域に対応する前記被検体内の対象領域に到達して反射され、さらに前記被検体内を波動伝搬して前記複数の振動子に到達したと仮定した場合に、前記窓領域の前記受信信号に生じる強度分布に対応した重み分布を用いて、前記重み付けを行う、スペクトル解析方法。

【請求項 12】

配列された複数の振動子と、前記振動子から被検体に対して超音波を送信させる送信ビームフォーマット、前記被検体で反射された超音波を前記複数の振動子で受信することにより得られる受信信号をスペクトル解析するスペクトル解析装置と、該スペクトル解析装置による解析結果に基づいて、前記被検体の生体情報を算出する生体情報抽出部とを有し、

前記スペクトル解析装置は、請求項 1 乃至請求項 10 の何れか 1 項記載のスペクトル解析装置である、超音波撮像装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、超音波の被検体に対する送受波に基づいて得られる受信信号の周波数スペクトルを解析するスペクトル解析装置及び、該スペクトル解析装置によるスペクトル解析の結果に基づいて被検体の組織性状を示す情報を取得する超音波撮像装置に関する。

【背景技術】

【0002】

従来、生体組織に超音波ビームを送信し、その反射波（エコー信号）を受信して解析し、診断像等を生成する超音波診断装置が知られている。近年、超音波診断装置では、診断像の生成だけでなく、血管や各種臓器等の生体の組織性状を診断することが求められているため、生体についての物理量（以下、生体物理量）を測定する超音波診断装置が提案されている。生体物理量としては、例えば、生体組織の音響減衰率、音速、血流や生体組織の移動速度量、散乱特性量等が挙げられる。そして、生体物理量を測定するために、生体物理量に起因する縦波伝搬波（超音波キャリア）のスペクトル変化を用いる技術がある。

【0003】

このような超音波診断装置の例として、特許文献 1 には、エコー信号の複数の位置にそれぞれゲート（窓領域）を設定し、ゲート内のエコー信号に対して高速フーリエ変換処理を行って周波数特性を得ることにより、生体組織性状を診断する生体組織性状診断装置が開示されている。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0004】

【特許文献 1】特開 2001-170046 号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

しかしながら、ゲート（窓領域）内のエコー信号には、ゲート位置に対応する生体内の対象領域から発せられた超音波のスペクトル情報だけでなく、対象領域の周囲の領域から発せられた超音波のスペクトル情報も含んでしまうという問題がある。このため、窓領域のエコー信号に対してスペクトル解析を施して得た解析結果は、生体内の対象領域についての情報以外に、周囲領域の情報も含むため、対象領域の組織性状を示す情報の分解能が低下する。

【0006】

本発明は上記実情に鑑みてなされたものであり、スペクトル解析の精度を向上させ、延

10

20

30

40

50

いては生体の組織性状を示す情報の信頼性を向上させることを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0007】

上記課題を解決するために、本発明は以下の手段を提供する。

【0008】

本発明の一態様のスペクトル解析装置は、配列された複数の振動子から被検体に対して送信され、被検体で反射または透過された超音波を前記複数の振動子で受信することにより時系列に夫々得られた受信信号の整相加算後の受信信号に対して、受信信号の周波数スペクトル解析の対象となる演算領域及び該演算領域を含む窓領域を設定する領域設定部と、窓領域の複数の受信信号に重み付けを行い、重み付け後の窓領域の受信信号の周波数スペクトル解析を行うスペクトル抽出部と、を備える。スペクトル抽出部は、複数の振動子から送信された超音波が、被検体内を波動伝搬し、演算領域に対応する被検体内の対象領域に到達して反射または透過され、さらに被検体内を波動伝搬して複数の振動子に到達したと仮定した場合に、窓領域の受信信号に生じる強度分布に対応した重み分布を用いて、重み付けを行う。

10

【発明の効果】

【0009】

本発明によれば、スペクトル解析の精度を向上させ、延いては生体の組織性状を示す情報の信頼性を向上させることができる。

【図面の簡単な説明】

20

【0010】

【図1】本発明の一実施形態に係る超音波撮像装置の概略構成を示す斜視図である。

【図2】本発明の一実施形態に係る超音波撮像装置の概略構成を示すブロック図である。

【図3】(a)～(e)超音波の送受信に基づく受信信号の処理の過程と、受信信号に設定される演算領域および窓領域を示す説明図である。

【図4】一実施形態の重み演算部の構成を示すブロック図。

【図5】一実施形態のスペクトル解析部の構成を示すブロック図。

【図6】一実施形態の波動重みの例を示す図である。

【図7】一実施形態に演算領域とサブ領域を説明する図である。

【図8】従来の窓領域に対する重みの例を示す説明図である。

30

【図9】一実施形態のスペクトルの総エネルギーにおける対象領域30の各位置からの超音波のスペクトルエネルギー率を示し、窓領域に対して従来の重み付けを行った場合と、本発明の一実施形態に係る超音波撮像装置における重み付けを行った場合とを比較したグラフである。

【図10】一実施形態のBモード像上に設定された生体物理量の演算ピクセルの例を示す図である。

【図11】一実施形態の生体物理量のマップを示す図である。

【図12】一実施形態に係る超音波撮像装置におけるスペクトル解析に用いる重み分布の決定処理を示すフローチャートである。

【図13】一実施形態に係る超音波撮像装置におけるスペクトル解析処理を示すフローチャートである。

40

【発明を実施するための形態】

【0011】

以下、本発明の一実施形態に係る超音波撮像装置について、図面を参照して説明する。

【0012】

図1は、本実施形態に係る超音波撮像装置（超音波送受信装置）の概略構成を示す斜視図である。超音波撮像装置2は、被検体1に対する超音波の送受波に基づいて時系列に夫々得られる受信信号の周波数スペクトル解析を行うスペクトル解析部（スペクトル解析装置）17を備えており、所謂Bモード画像を取得して表示させる他、超音波パルスを送信して被検体1から得られる受信信号を解析することにより組織性状を示す生体物理量を取

50

得する。

【0013】

このため、超音波撮像装置は、図2に示すように、超音波探触子10、操作者からの入力を受け付けるコンソール11、制御部12、送信ビームフォーマ13、送受分離回路（T/R: Transmit/Receive）14、受信ビームフォーマ15、スペクトル解析部17、生体物理量マッピング部18、画像処理部19及び画像表示部20を備えている。

【0014】

コンソール11は、スイッチ群やキーボード等からなり、操作者からの入力を受け付ける。制御部12は、超音波送信開始指令等を送信ビームフォーマ13に通知する他、各部の制御を行う。また、制御部12は、送信パルス設定値（送信信号波形の中心周波数、帯域、振幅、ならびに、送信パルスの時間幅（送信パルスに含まれるキャリア波形の周期数））、送信に用いる開口の座標、送信ビームの設定値（送信焦点位置）等を送信ビームフォーマ13に設定する。送信ビームフォーマ13は、制御部12から受け取った送信パルス設定値および送信ビームの設定値に基づいて送信信号を生成し、送信焦点位置に応じて送信に寄与する振動子の領域である開口内の振動子ごとに送信信号を遅延させ、送受分離回路14を介して、超音波探触子10の送信開口内の振動子（トランスデューサ）にそれぞれ出力する。

【0015】

超音波探触子10は、振動子を複数配列してなる電気音響変換器アレイを備えている。振動子は、電気信号（電圧波形）を機械応力信号（音圧波形）に変換する圧電体などで構成されている。送信開口は、所定の方向へ超音波を照射する振動子の領域であり、1以上の振動子によって構成されている。振動子は、送受分離回路14から供給された送信信号に基づいてそれぞれ駆動されることにより超音波を被検体1に向かって送信する。送信開口内の1以上の振動子が超音波を送信することにより、送信焦点に集束する超音波パルスである送信ビームが被検体1内部に照射される。なお、送信焦点は、被検体1内に位置する場合の他に、仮想的に、被検体1の外側（超音波の送信方向に対して超音波探触子の手前側）に位置してもよい。

【0016】

被検体1内部に照射された送信ビームは、被検体1内で反射され、または、被検体1内を透過して、超音波探触子10の振動子によって受信される。被検体1を透過した超音波を受信する場合には、円環形状の超音波探触子10や、被検体1を挟んで向い合せに配置された一対の超音波探触子10を用いる。以下の説明では、被検体1内で反射された超音波を超音波探触子10で受信する場合を例に説明する。

【0017】

被検体1内部に照射された送信ビームは、図3（a）に示すように、被検体1内の反射体により反射および後方散乱等されることにより、エコー100を発生し、超音波探触子10に到達する。超音波探触子10の複数の振動子は、エコーの音圧波形を電圧波形に変換して複数の受信信号103をそれぞれ生成し、生成された受信信号103は、受信ビームフォーマ15に出力される。

【0018】

図2に示すように、受信ビームフォーマ15は、遅延加算部151、検波部152及びメモリ153を備え、複数の受信信号に対して図示しないA/D変換回路でA/D変換をした後、遅延加算部151において、図3（a）、（b）、（c）に示すように、所定の受信走査線102上に設定された受信焦点101の位置に応じた遅延時間で受信信号103夫々遅延させた後に加算することにより整相加算後受信信号104を生成する。検波部152は、図3（d）のように、整相加算後受信信号104の包絡線を検波する。包絡線検波後の受信信号105の振幅は、受信焦点101において生じたエコーの強度に対応している。

【0019】

なお、受信走査線102は、撮像範囲内に所定の間隔で複数設定され、受信走査線10

10

20

30

40

50

2上には、所定の間隔で複数の受信焦点101が設定されるため、遅延加算部151がそれぞれの受信走査線102上の複数の受信焦点101について順次受信信号103を遅延加算していくことにより、図3(e)のように、整相加算後受信信号104が受信走査線102ごとに生成される。検波部152は、時系列な整相加算後受信信号104を順次包絡線検波し、受信走査線102上の複数の受信焦点101におけるエコー強度を検出する。さらに受信ビームフォーマ15は、生成した整相加算後受信信号104および検波後の受信信号105をメモリ153に記憶する。

【0020】

画像処理部19は、受信ビームフォーマ15のメモリ153から受信走査線102ごとに包絡線検波後の各受信焦点101のエコー強度を受け取り、超音波画像（例えば、Bモード像）を生成する。生成した超音波画像は、画像表示部20に表示される。画像処理部19が超音波画像を生成するための処理には、例えば対数圧縮処理等が含まれる。

10

【0021】

ここで、受信ビームフォーマ15が受信する受信信号103及び受信ビームフォーマにおいて生成される整相加算後受信信号104の波形には、Bモード画像を生成するための振幅情報（強度情報）の他、超音波の送信信号波形が伝搬過程の周波数減衰や位相回転を経た、それらの重畳としての波形であるキャリア波形の情報が含まれている。このキャリア波形の情報には、超音波の伝搬過程で生じた周波数変化や位相回転等の波形の変化の情報と、超音波が被検体を伝搬する際の時間情報が含まれている。キャリア波形の情報は、伝搬媒体（被検体1）の情報を示している。そこで、本実施形態では、スペクトル解析部17が、受信ビームフォーマ15から得られた受信信号のスペクトル解析を行い、被検体1の情報をさらに抽出する。

20

【0022】

このとき、被検体1内の任意の反射点から見ると、超音波の送信及び受信はそれぞれ指向性(送信指向性と受信指向性)を有するため、超音波の送受信及び散乱体の反射の畳み込み演算により、超音波探触子10に到達する際の超音波は、点広がり関数で表される所定の広がりを生じる。そのため、超音波探触子10で検出される受信信号は、被検体1の複数の反射点で反射され、点広がり関数でそれぞれ広がった超音波が重畳した信号になっている。言い換えると、振動子が出力する受信信号には、所望の反射点のスペクトル情報の他に、周囲の様々な点から発せられたスペクトル情報が重畳して含まれている。

30

【0023】

本実施形態では、図3(e)に示すように、被検体1の所望の対象領域30に対応する受信信号の演算領域31を取り囲むように、窓領域32を設定し、窓領域32内の受信信号に対して重み付けを行うことにより、受信信号に含まれる対象領域30の周囲からの信号を除去（低減）する。これにより、対象領域30におけるスペクトル情報を高精度に抽出することができる。以下、これをさらに詳しく説明する。

【0024】

スペクトル解析部17は、領域設定部171と、重み演算部172と、スペクトル抽出部173とを備えている。

【0025】

40

領域設定部171は、振動子から時系列に夫々得られる受信信号に対して、周波数スペクトル解析の対象となる演算領域31と、演算領域を含む窓領域32を設定する。ここで、演算領域31および窓領域32を設定する対象となる受信信号は、図3(e)のように、受信ビームフォーマ15の遅延加算部151において生成された整相加算後受信信号104である。

【0026】

領域設定部171は、図3(e)に示すように、複数の整相加算後受信信号104に対して、スペクトル解析を行う演算領域31と、演算領域31を囲繞するように設定された窓領域32とを設定する。すなわち、領域設定部171は、深さ方向（プローブ表面からの距離）と複数の振動子の配列方向とを軸とする2次元空間に配置された複数の整相加算

50

後受信信号 104 に対して、演算領域 31 及び窓領域 32 を設定する。演算領域 31 の位置及び大きさは、被検体 1 内の生体の組織性状を示す情報を取得したい対象領域 30 において送信ビームが反射されて生じたエコー 100 が振動子に到達して生じる受信信号の範囲と対応するように、超音波の伝搬速度および対象領域 30 の位置及び大きさに基づいて、領域設定部 171 が予め定めた演算方法により演算を行って定める。対象領域 30 の位置および大きさは、コンソール 11 および制御部 12 を介してユーザから受け付ける。

【0027】

また、ユーザが設定可能な複数種類の位置及び大きさの対象領域 30 について、それぞれ対応する演算領域 31 の位置及び大きさを予め演算により求め、演算結果を領域設定部 171 内のメモリ 41 に格納しておいてもよい。この場合、領域設定部 171 は、コンソール 11 および制御部 12 を介してユーザから受け付けた対象領域 30 に対応する演算領域 31 の位置及び大きさをメモリ 41 から読み出して整相加算後受信信号 104 に対して設定する。

【0028】

領域設定部 171 は、その構成を図 4 に示すように、窓サイズ設定部 42 を有する。窓サイズ設定部 42 は、演算領域 31 より外側に位置する窓領域 32 の深さ方向の大きさ ΔZ および振動子の配列方向の大きさ ΔW (図 3 (e) 参照) を、受信ビーム演算部 52 へ与える。窓サイズ設定部 42 は、演算領域 31 において所望の周波数分解能が得られるように、所望の周波数分解能と、被検体 1 内における超音波の音速 c に基づいて演算により、窓領域 32 の深さ方向の大きさ ΔZ を求める。例えば、窓サイズ設定部 42 は、フーリエ変換における時間窓の長さとして所望の周波数分解能との関係から導かれる空間窓の長さ ΔZ と周波数分解能との関係を示す式 (1) に従って算出する。

【0029】

【数 1】

$$\Delta Z = \frac{1}{2} \cdot \frac{c}{\Delta F} \quad \dots(1)$$

但し、 c は音速値、 ΔF は所望の周波数分解能である。

【0030】

一方、窓サイズ設定部 42 は、振動子の配列方向について演算領域 31 よりも外側に位置する窓領域 32 の大きさを ΔW として、 ΔZ と同様に所望の周波数分解能が得られるように求める。 ΔW と ΔZ はどちらも空間方向であり、 ΔW についても式 (1) と同様の関係が成立するため、例えば ΔW と周波数分解能との関係を示す式 (2) に従って算出する。

【0031】

【数 2】

$$\Delta W = \frac{1}{2} \cdot \frac{c}{\Delta F} \quad \dots(2)$$

【0032】

スペクトル抽出部 173 は、図 5 に示すように、重み乗算部 55 と、フーリエ変換部 56 と、スペクトル変換部 57 とを有する。重み乗算部 55 は、窓領域 32 を含む複数の整相加算後受信信号 104 に重み付けを行う。フーリエ変換部 56 およびスペクトル変換部 57 は、重み付け後の窓領域 31 の整相加算後受信信号 104 の周波数スペクトル解析を行い、その結果である波数スペクトルと周波数スペクトルをそれぞれ生体物理量マッピング部 18 に送信する。このとき、重み乗算部 55 は、複数の振動子から送信された超音波

(送信ビーム)が、被検体1内を波動伝搬し、演算領域31に対応する被検体1内の対象領域30に到達して反射され、さらに被検体1内を波動伝搬して複数の振動子に到達したと仮定した場合に、窓領域32の整相加算後受信信号104に生じる強度分布に対応した重み分布(例えば図6参照)を用いて、重み付けを行う。本実施形態では、このような波動伝搬を考慮して定めた重み分布を「波動重み」と呼ぶ。

【0033】

このように窓領域32内の整相加算後受信信号104に対して波動重みを用いて重み付けを行うことにより、整相加算後受信信号104に含まれる対象領域30の周辺領域で生じたエコーの受信信号を除去(低減)することができる。よって、重み付け後のスペクトル解析において、振動子から対象領域30に伝搬する経路において超音波(送信ビーム)に生じたスペクトル変化、および、対象領域30における反射や散乱に生じたスペクトル変化、ならびに、対象領域30から振動子まで伝搬する経路において超音波(エコー)に生じたスペクトル変化を高精度に求めることができる。

10

【0034】

重み演算部172は、スペクトル抽出部173の重み乗算部55が重み付けに用いる波動重みを演算により求める。重み演算部172は、図4に示すように、送信ビーム演算部51と、受信ビーム演算部52と、合成部53と、重み算出部54とを有する。

送信ビーム演算部51は、複数の振動子から送信された超音波が被検体1内を伝搬して対象領域30に到達したと仮定した場合の、対象領域30における超音波の強度分布を算出する。

20

【0035】

受信ビーム演算部52は、予め定めた所定の強度分布の超音波の照射を受けた対象領域30から発せられた超音波が被検体内を伝搬して振動子に到達して受信されたと仮定した場合に、整相加算後受信信号104の窓領域32における強度分布を算出する。

合成部53は、送信ビーム演算部51の算出した強度分布と受信ビーム演算部52の算出した強度分布とを合成することにより、窓領域32の整相加算後受信信号104に生じる強度分布を求める。重み算出部54は、合成部53が求めた窓領域32の整相加算後受信信号104に生じる強度分布に基づいて重み分布を定める。これを以下、数式を用いて具体的に説明する。

【0036】

30

送信ビーム演算部51は、振動子から送信された超音波が対象領域30を含む撮像領域に到達したと仮定した場合、撮像領域における超音波の強度、すなわち、対象領域30内の位置(x、z)における送信ビーム音場 $A_{tx}(x, z)$ を、例えば式(3)により演算する。

【0037】

【数3】

$$A_{tx}(x, y) = \left| \sum_M w_{tx}(m) / r \int P(f) \exp\{j2\pi f(t - r/c - \tau(m))\} df \right| \quad \dots(3)$$

40

【0038】

但し、mは、送信開口の番号、Mは、送信開口の振動子の数、 W_{tx} は送信開口に付される開口重み、 $P(f)$ は、送信波形の周波数fのスペクトルを表す関数、cは音速値、rは、以下の式(4)で与えられる送信に用いられる送信開口の振動子と対象領域30内の点(x、z)との距離、 τ は、送信開口の送信時遅延時間、tは時間である。

【0039】

【数 4】

$$r = \sqrt{(x - x_e(m))^2 + (z - z_e(m))^2} \quad \dots(4)$$

ただし、 $x_e(m)$ および $z_e(m)$ は、 m 番目の送信素子の x 座標および z 座標である。

【0040】

受信ビーム演算部 52 は、予め定めた所定の強度分布の超音波の照射を受けた対象領域 30 から発せられた超音波が被検体 1 内を伝搬して振動子に到達して受信されたと仮定した場合に、複数の振動子の出力する整相加算後受信信号 104 の窓領域 32 における強度分布、すなわち窓領域 32 内の位置 (x, z) における受信ビーム音場 $A_{rx}(x, z)$ を、以下の式 (5) により演算する。

10

【0041】

【数 5】

$$A_{rx}(x, z) = \left| \sum_M w_{rx}(m) / r \int P'(f) \exp\{j2\pi f(t - r/c)\} df \right| \quad \dots(5)$$

【0042】

20

ただし、 m は、受信開口の番号、 M は、受信開口の振動子数、 $P'(f)$ は、受信波形の周波数 f のスペクトルを表す関数であり、これは例えば送信波形のスペクトル $P(f)$ と受信のインパルス応答とから算出され設定される。 w_{rx} は受信開口に付される開口重み、 r は前記式 (3) と同様に計算される受信振動子と対象領域 30 内の点 (x, z) との距離、 c は音速値、 t は時間である。

【0043】

なお、受信ビーム演算部 52 は、受信ビーム音場 $A_{rx}(x, z)$ を算出するに際し、図 7 に示すように、演算領域 31 を複数 (I 個) のサブ領域 31-i ($i = 1, 2, \dots, I$) に分割し、サブ領域 31-i 毎に、受信ビーム音場 $A_{rx}(x(i), y(i))$ を式 (5) を用いて演算する。サブ領域 31-i のサイズは、例えばサブ波長程度の大きさに設定する。サブ波長とは、送信パルスの波長と同等かそれ以下の長さである。

30

【0044】

そして、合成部 53 は、送信ビーム演算部 51 の算出した送信ビーム音場 $A_{tx}(x, z)$ と、受信ビーム演算部 52 の算出したサブ領域 31-i ごとの受信ビーム音場 $A_{rx}(x(i), z(i))$ との積を求めることにより合成し、窓領域 32 の受信信号 104 に生じる信号強度分布 A_w を求める。具体的には以下の式 (6) に従って算出する。

【0045】

【数 6】

$$A_w = A_{tx} \times \sum_I A_{rx}(x(i), z(i)) \quad \dots(6)$$

40

但し、 i は、サブ領域の番号である。

【0046】

重み算出部 54 は、窓領域 32 における信号の強度分布 A_w に基づいて、窓領域 32 に対する重みを決定する。前記重みは例えば以下の式 (7) に従って決定する。すなわち、信号強度分布 A_w のデシベル値 A_{wdB} に対して、予め定めた定数であるデシベル下限値 G を加えた $(A_{wdB} + G)$ の値が 0 以上である位置には、 $(A_{wdB} + G)$ に予め定めた係数 α を掛けた値 $\alpha(A_{wdB} + G)$ を重み W_w として設定し、 $(A_{wdB} + G)$ の値が 0 未満である位置には、重み $W_w = 0$ を設定する。

50

【0047】

次に重み算出部54は、領域設定部171で定められた窓領域32の領域外に対しては重み $W=0$ を設定し、窓領域32の領域内については $W=W_w$ を設定して、重み W をスペクトル抽出部173に与える。この設定に従い、後述のように重み乗算部55（図5）が、整相加算後の受信信号104と W とを乗算することで、窓領域32の領域内にある整相加算後の受信信号104のみを抽出し、窓領域32の領域内の受信信号104に波動重み W_w を付与する。

【0048】

【数7】

$$W_w = \alpha(A_{wdB} + G) (A_{wdB} + G \geq 0) \quad \dots(7)$$

$$W_w = 0 (A_{wdB} + G < 0)$$

10

【0049】

但し、 A_{wdB} は、強度分布 A_w のデシベル値であり、 G は、予め定めたデシベル下限値、 α は、予め定めた比例定数の係数である。

【0050】

式(7)のように窓領域32に重み W_w を設定することにより、超音波探触子10（振動子）から対象領域30までの波動伝搬と、対象領域30における反射等および対象領域30から超音波探触子10までの波動伝搬を考慮して求めた窓領域32の信号強度に基づいて、信号強度が所定の下限值 G 以上に大きい点には、信号強度に応じた重みが付与され、信号強度が下限値 G 未満の点には重みゼロが付与される。すなわち、式(7)により求めた図6のような波動重みにより窓領域32内の受信信号104を重みづけすることにより、窓領域32内の受信信号104に含まれる、対象領域30の周辺領域から伝搬した受信信号を除去または低減することができる。

20

【0051】

したがって、一般に、窓領域32に対するスペクトル解析において用いられる、図8のような、中心部の重みが最も大きく、周辺部に近づくほど重みが小さくなる重み（例えばHann重み等）を用いた場合と比較して、本実施形態の波動重みを用いることにより、図9のように被検体1内の対象領域30から伝搬した受信信号を抽出できる。よって、この後のスペクトル抽出により、対象領域30から伝搬した受信信号のスペクトルを精度よく抽出することができる。

30

【0052】

図9は、一実施形態のスペクトルの総エネルギーにおける窓領域32の中の各位置からの超音波のスペクトルエネルギー率を示し、窓領域32に対して従来の重み付けを行った場合と、波動伝搬に基づく重み付けを行った場合とを比較したグラフである。図9において、対象領域30において散乱し受信された信号の成分をシグナル、対象領域30以外で散乱し受信された信号をノイズと定義すると、波動伝搬に基づく重み付けを行った場合、前記波動重みを用いることで、従来の重み付けを行った場合と比べて、対象領域30からの受信信号強度、即ち前記シグナルの強度が大きい領域を残し、前記シグナル強度が弱く、即ち前記ノイズ成分が大きい領域は除くように重み付けがなされるため、S/N比（Signal to noise ratio）が向上し、即ちスペクトル抽出の精度が向上する効果が得られる。

40

【0053】

なお、重み演算部172は、超音波の送信および受信の条件が設定されるたびに、演算により重み分布を算出してもよい。また、重み演算部172は、超音波の送信および受信の条件であって、予め定めた設定可能な条件ごとに、予め演算により求めておいた重み分布を記憶する重み記憶部を備える構成であってもよい。重み演算部172が重み記憶部を備える場合、スペクトル抽出部173は、超音波の送信および受信の条件に対応する重み分布を重み記憶部から読み出して、窓領域32の前記受信信号に対して重み付けを行う。

50

【0054】

スペクトル抽出部173のフーリエ変換部56は、重み乗算部55が波動重みを用いて重み付けした窓領域31の整相加算後受信信号104の周波数スペクトル解析を行う。すなわち、フーリエ変換部56は、窓領域32の整相加算後受信信号104に対して2次元ないし3次元のFFT(Fast Fourier Transform)等のフーリエ変換を行うことにより波数スペクトルを得る。

【0055】

スペクトル変換部57では、波数スペクトルデータに対して、例えば周波数と波数の関係式である分散関係の式を用いた内挿処理を行うことにより、周波数スペクトルに変換する。スペクトル抽出部173のフーリエ変換部56およびスペクトル変換部57は、波数スペクトルおよび周波数スペクトルをスペクトル情報として生体物理量マッピング部18

10

【0056】

図10に生体物理量の演算ピクセルの例を、図11に生体物理量マップの例を示す。生体物理量マッピング部18は、図2に示したように、生体物理量抽出部181及びマッピング部182を備えている。生体物理量抽出部181は、スペクトル抽出部173から取得した波数スペクトルおよび周波数スペクトルを、予め定めた生体物理量の演算ピクセル毎に、かつ、送信ビームの送信ごとに記憶する。演算ピクセルは、診断に用いる超音波画像(Bモード像)上の一部または全部に、図10のように所望の分解能で設定される。

【0057】

20

生体物理量抽出部181は、演算ピクセルごとの波数スペクトルおよび周波数スペクトル等のスペクトル情報から、音響減衰率、音速、血流等の生体の移動速度量や散乱特性量等の生体物理量のうち所望の生体物理量を、公知の演算手法により算出する。例えば減衰率は、演算ピクセル毎に記憶された周波数スペクトルを用いて、深さ方向の周波数成分の振幅または強度の差分を求めることにより算出することができる。差分を複数の送信ごとに求め、送信間の差分の平均値を算出して、差分の平均値に基づいて減衰率を算出してもよい。また、例えば、血流の移動速度は、周波数スペクトルの位相成分の変化に基づいて演算される。

【0058】

マッピング部182は、生体物理量抽出部181において、算出した生体物理量の大きさに濃淡または色相を割り当てて演算ピクセルごとに配置することにより、生体物理量マップを図11のように生成する。血流ベクトルである場合には、ベクトルを示す矢印としてマッピングしてもよい。生体物理量マップは、単独で画像表示部20に表示させてもよいし、画像処理部19が生成した超音波画像(Bモード像)と重畳させて画像表示部20に表示させてもよい。

30

【0059】

スペクトル解析部17や生体物理量マッピング部18に含まれる各部の機能は、制御部12が有する図示しないCPU(Central Processing Unit)が、予めROM(Read Only Memory)等のメモリに格納されたプログラムを読み込んで実行することによりソフトウェアとして実現する。また、スペクトル解析部17および生体物理量マッピング部18の各部の機能の一部又は全部を、ASIC(application specific integrated circuit)のようなカスタムICやFPGA(field-programmable gate array)のようなプログラマブルIC等のハードウェアにより実現してもよい。

40

【0060】

以下、本実施形態に係る超音波撮像装置において、スペクトル解析部17が行う受信信号に対するスペクトル解析処理を図12および図13のフローチャートに従って説明する。

【0061】

まず、図12に従ってスペクトル解析に用いる重みの決定処理について説明する。

50

【0062】

ステップS11では、領域設定部171が、スペクトル解析を行う対象領域である演算領域と、演算領域を圍繞するように設定された窓領域とを設定する。具体的には、領域設定部171は、制御部12から被検体1においてユーザが設定した対象領域30の位置及び大きさに関する情報を受け取り、これに音速を考慮して、整相加算後受信信号104上の演算領域31の位置及び大きさを予め定めた演算方法により算出する。もしくは、予め求めておいた演算領域31の位置及び大きさを、対象領域30の位置及び大きさに関する情報に基づいて、領域設定部171が内蔵するメモリ41から読み出す。さらに、領域設定部171の窓サイズ設定部42は、スペクトル解析を行うに際しての所望の周波数分解能を制御部12から受け取り、式(1)に基づいて窓領域32の大きさおよび位置を算出する。

10

【0063】

ステップS12において、重み演算部172の送信ビーム演算部51は、送信強度分布である送信ビーム音場 A_{tx} (送信側音場)を演算して算出する。具体的には、重み演算部172は、制御部12から送信パルス設定値(中心周波数や帯域等)、送信開口座標、送信ビーム設定値(フォーカス焦点)等の情報を受け取り、これらを用いて、上述した式(2)に従って送信ビーム音場 A_{tx} を算出する。

【0064】

次のステップS13では、重み演算部172の受信ビーム演算部52が、受信強度分布である受信ビーム音場 A_{rx} (受信側音場)を演算して算出する。具体的には、重み演算部172は制御部12から受信パルス設定値、受信開口座標、受信ビーム設定値(受信フォーカス焦点等)を受け取り、これらを用いて、上述した式(5)に従って演算領域31における受信ビーム音場 A_{rx} を演算して算出する。重み演算部172の合成部53は、次のステップS14において、すでに算出した送信ビーム音場 A_{tx} と受信ビーム音場 A_{rx} とを用い、式(6)に従って演算領域31における整相加算後受信信号104の強度分布 A_w を演算して取得する。

20

【0065】

重み演算部172の重み算出部54は、ステップS15において、強度分布 A_w に基づいて、窓領域に対する重み W_w を演算して決定する。具体的には、重み算出部54は、演算領域32における受信信号の強度分布 A_w を用いて、上述の式(7)に従って窓領域32の受信信号に対する重み分布(波動重み)を決定する。重み算出部54は、窓領域32に対する重み W_w を用いて、全領域に対する重み W を決定する。具体的には、重み算出部54は、窓領域32外は $W=0$ 、窓領域32内は $W=W_w$ により決定する。

30

【0066】

続いて、図13に従って、図12のフローチャートに従って算出された波動重みを用いたスペクトル解析処理について説明する。

【0067】

スペクトル抽出部173の重み乗算部55は、ステップS22において、整相加算後受信信号104の全体に対して、重み演算部172により算出された波動重みを乗算することにより重み付けを行う。

40

【0068】

ステップS23では、スペクトル抽出部172のフーリエ変換部56は、重み付された整相加算後受信信号104に対してフーリエ変換を行うことにより波数スペクトルを算出する。ステップS24では、スペクトル変換部57は、波数スペクトルを周波数スペクトルに変換して抽出する。

【0069】

本実施形態に係る超音波撮像装置によれば、超音波探触子10から対象領域30へ到達する超音波信号の伝搬、対象領域30から超音波探触子10に到達する超音波信号の伝搬により生じる超音波信号の広がりおよび強度分布を考慮して、受信信号に重み付けを行うため、対象領域30のスペクトルを精度よく抽出することができる。そして、このようスペ

50

クトル解析により得られた波数または周波数スペクトルを用いることで、生体の組織性状を示す情報の信頼性を向上させることができる。

【符号の説明】

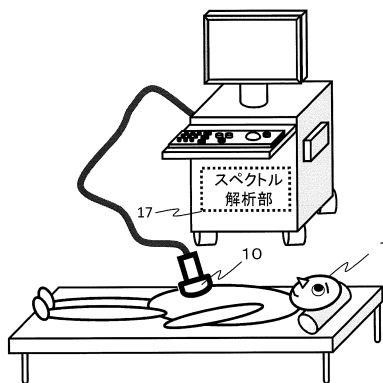
【0070】

10・・・超音波探触子、11・・・コンソール、12・・・制御部、13・・・送信ビームフォーマ、14・・・送受分離回路、15・・・受信ビームフォーマ、17・・・スペクトル解析部、18・・・生体物理量マッピング部、19・・・画像処理部、20・・・画像表示部、151・・・遅延加算部、152・・・検波部、153・・・メモリ、171・・・領域設定部、172・・・重み決定部、173・・・スペクトル抽出部、181・・・生体物理量抽出部、182・・・マッピング部

10

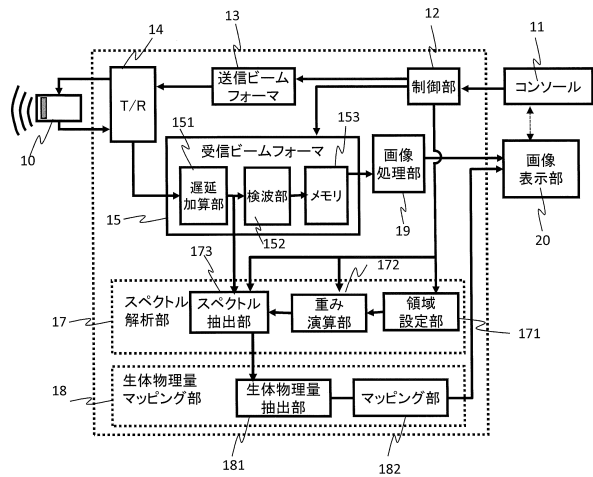
【図1】

図1

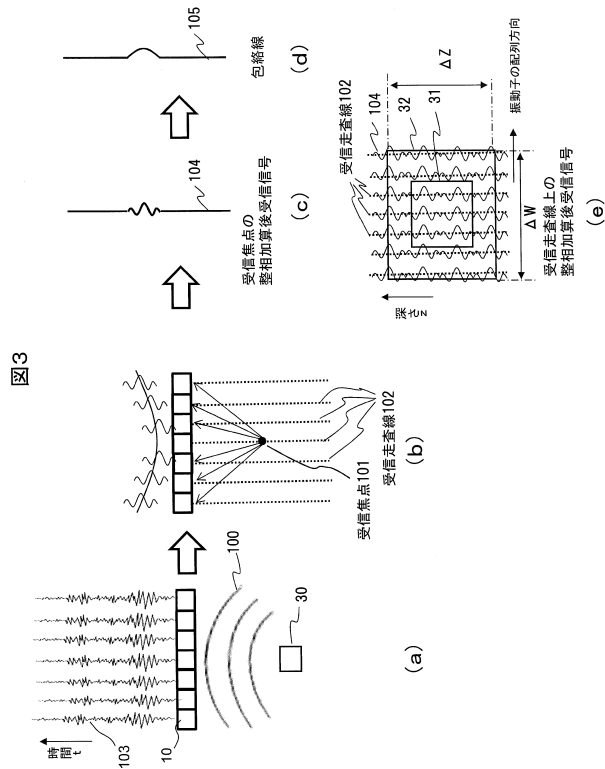


【図2】

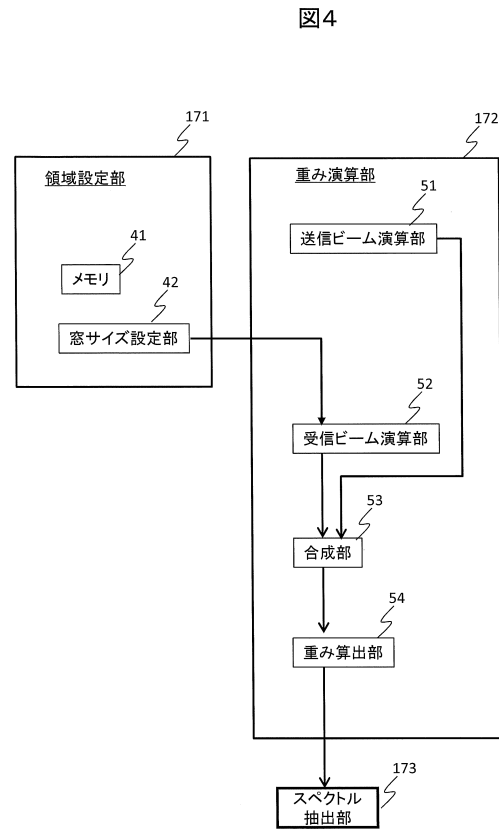
図2



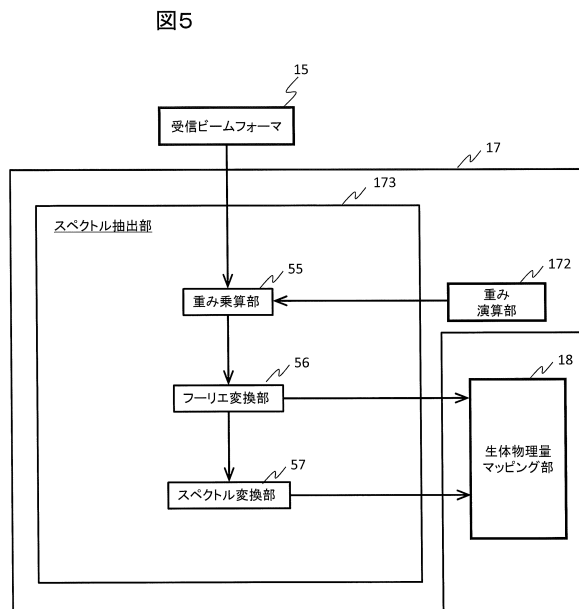
【図 3】



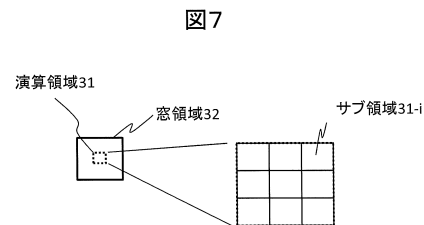
【図 4】



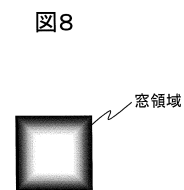
【図 5】



【図 7】

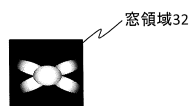


【図 8】



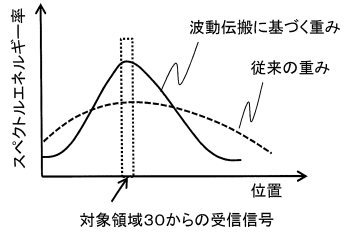
【図 6】

図6



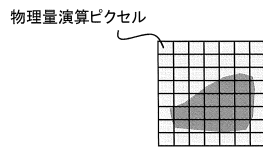
【図 9】

図9



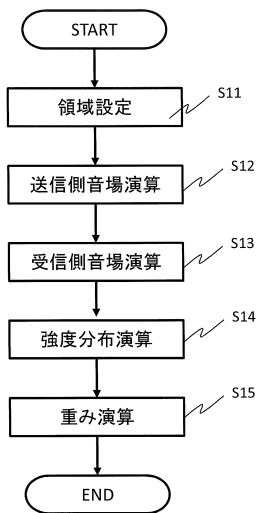
【図 10】

図10



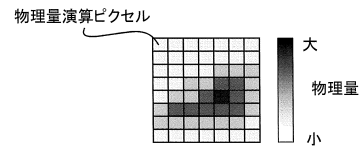
【図 12】

図12



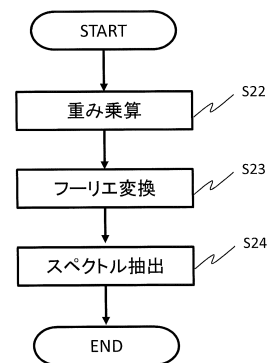
【図 11】

図11



【図 13】

図13



フロントページの続き

(72)発明者 池田 貞一郎
東京都千代田区丸の内一丁目6番6号 株式会社日立製作所内

審査官 森口 正治

(56)参考文献 特許第3202969 (J P, B 2)
特開2014-61265 (J P, A)
特開2015-213575 (J P, A)

(58)調査した分野(Int.Cl., D B名)
A 6 1 B 8 / 0 0 - 8 / 1 5

专利名称(译)	频谱分析装置，频谱分析方法和超声成像装置		
公开(公告)号	JP6492230B2	公开(公告)日	2019-03-27
申请号	JP2018525863	申请日	2016-07-05
[标]申请(专利权)人(译)	株式会社日立制作所		
申请(专利权)人(译)	株式会社日立制作所		
当前申请(专利权)人(译)	株式会社日立制作所		
[标]发明人	広島美咲 田中智彦 田中千鶴枝 池田貞一郎		
发明人	広島 美咲 田中 智彦 田中 千鶴枝 池田 貞一郎		
IPC分类号	A61B8/14		
CPC分类号	A61B5/7257 A61B8/14 A61B8/4488 A61B8/469 A61B8/5207 A61B8/5223 G01S7/52026 G01S7/52036 G01S7/52046 G01S7/52066 A61B8/145 G06T7/0012 G06T2207/10132		
FI分类号	A61B8/14		
其他公开文献	JPWO2018008089A1		
外部链接	Espacenet		

摘要(译)

提高频谱分析的准确性，从而提高指示生物体组织特征的信息的可靠性。 设置要对接收信号进行频谱分析的操作区域和窗口区域。对窗口区域中的多个接收信号进行加权，并且在加权之后执行窗口区域中的接收信号的频谱分析。在加权中，从多个换能器发送的超声波在对象中传播，行进到对应于计算区域的对象中的目标区域，被反射，然后在对象中波动。当假设信号已经传播并到达多个换能器时，使用与在窗口区域中的接收信号中产生的强度分布相对应的权重分布来执行。

(19) 日本国特許庁 (JP)		(12) 特 許 公 報 (B2)		(11) 特許番号 特許第6492230号 (P6492230)	
(45) 発行日 平成31年3月27日 (2019. 3. 27)		(24) 登録日 平成31年3月8日 (2019. 3. 8)			
(51) Int. Cl. A 6 1 B 8 / 14 (2006. 01)		F 1 A 6 1 B 8 / 14			
請求項の数 12 (全 16 頁)					
(21) 出願番号 特願2018-525863 (P2018-525863)		(73) 特許権者 000005108 株式会社日立製作所 東京都千代田区丸の内一丁目6番6号 110000888			
(86) (22) 出願日 平成28年7月5日 (2016. 7. 5)		(74) 代理人 特許業務法人 山王坂特許事務所 広島 美咲			
(86) 国際出願番号 PCT / JP2016 / 069905		(72) 発明者 東京都千代田区丸の内一丁目6番6号 株 式会社日立製作所内 田中 智彦			
(87) 国際公開番号 W02018 / 008089		(72) 発明者 東京都千代田区丸の内一丁目6番6号 株 式会社日立製作所内 田中 千鶴枝			
(87) 国際公開日 平成30年1月11日 (2018. 1. 11)		(72) 発明者 東京都千代田区丸の内一丁目6番6号 株 式会社日立製作所内			
審査請求日 平成30年3月7日 (2018. 3. 7)					
最終頁に続く					
(54) 【発明の名称】 スペクトル解析装置、スペクトル解析方法及び超音波撮像装置					