

【特許請求の範囲】**【請求項 1】**

被検体内部に弾性波のビームを走査して複数の走査線の受信波形データを取得し、該複数の走査線の受信波形データから前記被検体の断層像を形成するために信号処理を行う信号処理装置であって、

第 1 の走査線と、該第 1 の走査線と所定の相関を有する第 2 の走査線との間の受信波形データの相関値を、該走査線上の複数の位置について、算出する走査線間相関算出部と、

前記走査線上の複数の位置の中から、前記相関値が所定の値と異なる値となる位置を、特異領域が存在し得る位置として抽出する相関変化位置抽出部と、
を備えることを特徴とする信号処理装置。

10

【請求項 2】

前記相関変化位置抽出部は、前記特異領域が存在し得る位置として前記相関値が第 1 の値から第 2 の値に変化した位置を抽出することを特徴とする請求項 1 に記載の信号処理装置。

【請求項 3】

前記第 1 の走査線と前記第 2 の走査線との所定の相関は、該第 1 の走査線と該第 2 の走査線との相関値が 0.5 以上であることを特徴とする請求項 1 または 2 に記載の信号処理装置。

【請求項 4】

前記第 1 の走査線と前記第 2 の走査線とは隣接する走査線であることを特徴とする請求項 1 ~ 3 のうちいずれか 1 項に記載の信号処理装置。

20

【請求項 5】

前記相関変化位置抽出部から出力された前記特異領域が存在し得る位置を前記被検体の断層像に重畳して表示する画像処理部をさらに備えることを特徴とする請求項 1 ~ 4 のうちいずれか 1 項に記載の信号処理装置。

【請求項 6】

前記走査線間相関算出部は、

前記走査線上に注目位置を設定し、前記第 1 の走査線と前記第 2 の走査線それぞれの受信波形データから前記注目位置を基準とする所定幅の領域の波形データを抽出し、前記抽出した波形データ間の相関値を算出することにより、前記注目位置の相関値を得るものであり、

30

前記注目位置を移動させることによって、前記走査線上の複数の位置それぞれの相関値を算出するものであることを特徴とする請求項 1 ~ 5 のうちいずれか 1 項に記載の信号処理装置。

【請求項 7】

前記相関変化位置抽出部は、相関値が所定の設定値よりも小さい位置を、相関値が前記所定の値と異なる値となる位置とみなして、前記特異領域が存在し得る位置として抽出することを特徴とする請求項 1 ~ 6 のうちいずれか 1 項に記載の信号処理装置。

【請求項 8】

前記相関変化位置抽出部は、前記相関値に基づいて前記特異領域が存在し得る位置の第 1 の候補を抽出した後、前記第 1 の候補の周辺領域のエコー強度を取得し、前記周辺領域の中でエコー強度が所定の値よりも高くなる位置を、前記第 1 の候補の代わりに、前記特異領域が存在し得る位置として出力することを特徴とする請求項 1 ~ 7 のうちいずれか 1 項に記載の信号処理装置。

40

【請求項 9】

前記第 1 の走査線上の第 1 の位置が前記特異領域が存在し得る位置として抽出された場合に、前記第 1 の位置よりも浅い部分における前記第 1 の走査線と前記第 2 の走査線とのエコー強度の比と、前記第 1 の位置よりも深い部分における前記第 1 の走査線と前記第 2 の走査線とのエコー強度の比と、を用いて、前記第 1 の位置における物性パラメータを算出する物性算出部をさらに備えることを特徴とする請求項 1 ~ 8 のうちいずれか 1 項に記

50

載の信号処理装置。

【請求項 10】

前記特異領域が存在し得る位置および / または前記物性パラメータの値を前記断層像とともに表示し、

前記物性パラメータの値に応じて、前記特異領域が存在し得る位置および / または前記物性パラメータの値の表示形態を異ならせることを特徴とする請求項 9 に記載の信号処理装置。

【請求項 11】

前記相関変化位置抽出部から出力された特異領域が存在し得る位置に送信フォーカスが合うように送信ビームが形成され、該送信ビームに基づく受信波形データが前記走査線間相関算出部による相関値の算出に用いられることを特徴とする請求項 1 ~ 10 のうちいずれか 1 項に記載の信号処理装置。

10

【請求項 12】

被検体内からの弾性波の反射信号を受信して得られた信号を画像を形成するために信号処理する信号処理装置であって、

前記反射信号の少なくとも 2 本の近接する走査線の受信波形データから該近接する走査線間の相関値を算出し、出力する走査線間相関算出部と、

前記相関値の変化から前記被検体内の深さ方向の位置情報を抽出するとともに、前記変化の後の相関値に基づいて前記被検体内の特異領域の種類を鑑別する鑑別部と、
を備えることを特徴とする信号処理装置。

20

【請求項 13】

被検体内部に弾性波である超音波のビームを走査して複数の走査線の受信波形データを取得し、該複数の走査線の受信波形データから前記被検体の断層像を形成するために信号処理を行う超音波装置であって、

第 1 の走査線と、該第 1 の走査線と所定の相関を有する第 2 の走査線との間の受信波形データの相関値を、該走査線上の複数の位置について、算出する走査線間相関算出部と、

前記走査線上の複数の位置の中から、前記相関値が所定の値と異なる値となる位置を、高反射体が存在し得る位置として抽出する相関変化位置抽出部と、
を備えることを特徴とする超音波装置。

30

【請求項 14】

被検体内部で反射される複数の走査線の受信波形データを取得し、該複数の走査線の受信波形データから前記被検体の断層像を形成するために信号処理を行う信号処理装置の制御方法であって、

第 1 の走査線と、該第 1 の走査線と所定の相関を有する第 2 の走査線との間の受信波形データの相関値を、該走査線上の複数の位置について、算出する走査線間相関算出工程と、

前記走査線上の複数の位置の中から、前記相関値が所定の値と異なる値となる位置を、特異領域が存在し得る位置として抽出する相関変化位置抽出工程と、
を含むことを特徴とする信号処理装置の制御方法。

40

【請求項 15】

被検体内部で反射される複数の走査線の受信波形データを取得し、該複数の走査線の受信波形データから前記被検体の断層像を形成する超音波装置の制御方法であって、

第 1 の走査線と、該第 1 の走査線と所定の相関を有する第 2 の走査線との間の受信波形データの相関値を、該走査線上の複数の位置について、算出する走査線間相関算出工程と、

前記走査線上の複数の位置の中から、前記相関値が所定の値と異なる値となる位置を、高反射体の存在位置の候補として抽出する相関変化位置抽出工程と、
を含むことを特徴とする超音波装置の制御方法。

50

【請求項 16】

被検体内部に弾性波のビームを走査して複数の走査線の受信波形データを取得し、該複

数の走査線の受信波形データから前記被検体の断層像を形成するために信号処理を行う信号処理装置であって、

第１の走査線と、該第１の走査線と所定の相関を有する第２の走査線との間の受信波形データの相関値を、該走査線上の複数の位置について算出する走査線間相関算出部と、

所定の深さについて算出された相互相関値の走査方向の分布に対して、所定サイズの特異領域の両端に落ち込みを持つ第１の分布形状を前記特異領域の中心位置に落ち込みを持つ第２の分布形状へと変換する変換処理を、適用し、その変換処理の結果を用いて特異領域が存在し得る位置を推定する処理部と、
を備えることを特徴とする信号処理装置。

【請求項１７】

10

前記処理部は、前記特異領域のサイズが異なる複数の変換処理を、前記相互相関値の走査方向の分布に対して適用し、各変換処理の結果を用いて特異領域が存在し得る位置を推定することを特徴とする請求項１６に記載の信号処理装置。

【請求項１８】

被検体内部に弾性波のビームを走査して複数の走査線の受信波形データを取得し、該複数の走査線の受信波形データから前記被検体の断層像を形成するために信号処理を行う信号処理装置であって、

第１の走査線と、該第１の走査線と所定の相関を有する第２の走査線との間の受信波形データの相関値を、該走査線上の複数の位置について、算出する走査線間相関算出部と、

前記走査線上の複数の位置の中から、前記相関値が所定の値と異なる値となる位置を、
特異領域が存在し得る位置候補として抽出する相関変化位置抽出部と、

20

前記位置候補を基準として設定される注目領域について算出された相互相関値の走査方向の分布に対して、所定サイズの特異領域の両端に落ち込みを持つ第１の分布形状を前記特異領域の中心位置に落ち込みを持つ第２の分布形状へと変換する変換処理を、適用し、その変換処理の結果を用いて特異領域が存在し得る位置を推定する処理部と、
を備えることを特徴とする信号処理装置。

【請求項１９】

被検体内部に弾性波のビームを走査して複数の走査線の受信波形データを取得し、該複数の走査線の受信波形データから前記被検体の断層像を形成するために信号処理を行う信号処理装置の制御方法であって、

30

第１の走査線と、該第１の走査線と所定の相関を有する第２の走査線との間の受信波形データの相関値を、該走査線上の複数の位置について算出する走査線間相関算出工程と、

所定の深さについて算出された相互相関値の走査方向の分布に対して、所定サイズの特異領域の両端に落ち込みを持つ第１の分布形状を前記特異領域の中心位置に落ち込みを持つ第２の分布形状へと変換する変換処理工程と、前記変換処理工程による処理の結果を用いて特異領域が存在し得る位置を推定する推定工程と、
を含むことを特徴とする信号処理装置の制御方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【０００１】

40

本発明は、弾性波である超音波を用いて試料の断層像もしくは三次元像を取得する信号処理装置、超音波装置にかかり、特に高反射体などの特異領域の検出を行なう信号処理装置、超音波装置に関する。

【０００２】

また本発明は、弾性波である超音波を用いて試料の断層像もしくは三次元像を取得する信号処理装置の制御方法及び超音波装置の制御方法にかかり、特に高反射体などの特異領域の検出を行なう信号処理装置の制御方法及び超音波装置の制御方法に関する。

【背景技術】

【０００３】

従来一般的な弾性波である超音波を用いて断層像を得る装置は、弾性波である超音波

50

を試料に送信するための送信部と、反射波を受信するための受信部と、送受信波を走査するための走査手段とを有する。さらに、受信した反射信号を輝度信号に変換、可視化するための手段が設けられる。そして、以上の手段によって得られた時系列断層画像を用いて試料の内部を観察することが行われている。また、上記装置の一つの形態においては、上記走査手段によって超音波を上下左右に走査し三次元像を得ることも行われている。

【0004】

ところで、超音波による観察の検査対象物の1つとして生体が挙げられる。超音波が有するリアルタイム性、簡便さ、非侵襲性などが有利な点となり、生体の内部を観察するのに超音波がよく用いられている。

【0005】

生体内を観察するのに用いられる超音波は、複数の電気機械変換素子（主には圧電素子）によって送受信される。

【0006】

送信時は、フォーカス位置において超音波の位相が一致するように時間をずらして複数の素子に電気信号を与えることで、フォーカス位置において収束する超音波を発生させる。このような駆動により発生した超音波が通過する領域は、駆動した複数素子の中央の位置とフォーカス位置とを結んだ直線を中心とする領域となり、これを送信ビームと称することがある。受信時は、受信した超音波により複数の素子で発生した電気信号に対して、フォーカス位置に対応する時間遅れを補正し加算することで、フォーカス位置における超音波の反射信号の取得を行なう。複数の素子からの電気信号を加算したものは超音波の波形を保持した受信波形データとなる。次にこの受信波形データの包絡線を取得すること（包絡線検波ともいう）で受信波形データを強度データに変換する。最終的にこの強度データを表示する画像のピクセルに合わせてデータの間引きや丸め、さらに必要に応じて補間を行なうことで画像を形成する。なお、受信時のフォーカス位置はリアルタイムに変化させることが可能である。また、先ほどの送信ビームに対して、受信処理によって生じるフォーカス位置の領域を受信ビームと称することがある。

【0007】

このような送受信の制御を行なうことで、超音波診断装置は観察したい部分に対して超音波を送信し、その反射波を受信することで生体内部を画像化することが可能となる。なお、これらの送信ビームならびに、受信ビームによって取得される直線状の領域を走査線と呼び、この走査線のデータを複数本並べることで画像を形成する。

【0008】

上記のような原理によって超音波は生体内を非侵襲的に画像化することができるため、体内の様々な状態を検出する目的で超音波は広く使われている。その中の一つに結石のような高反射体の検出がある。医療現場でよく行なわれている結石の検出方法の一つは、結石の後方側、つまり探触子から遠い側、より深い部位の画像に音響陰影が生じているかどうかによって、結石を検出する手法である。なお音響陰影とは高反射体の後方には超音波パルスが届かず、また受信ビームが高反射体で遮られるため、高反射体の後方の画像が形成されず生じる影の部分である。

【0009】

特許文献1では、走査線の密度を設定するために、隣接する走査線の相関を取得し、その結果によって送信ビームフォーマもしくは受信ビームフォーマを制御する超音波装置が開示されている。また、特許文献2では、画像データに基づいて組織の輪郭を抽出する超音波装置が開示されている。

【0010】

また特許文献3では、反射波の位相情報を用いることにより断層像における線状境界あるいは3次元情報における境界面を検出する超音波映像化装置が開示されている。具体的な手段としては、指定された位置から走査線同士の相互相関関数が最大となる時間を求め、その時間から求められる位置をつなぐことで被検体内の輪郭情報及び物体の連続する境界を表示するものが開示されている。

10

20

30

40

50

【先行技術文献】

【特許文献】

【0011】

【特許文献1】特開2003-339696号公報

【特許文献2】特開2005-169155号公報

【特許文献3】特開平4-317641号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0012】

しかしながら、高反射体の位置、大きさ、形状によっては上記の音響陰影が生じにくい場合があり、その際には高反射体の抽出は困難となる。一つには先ほども述べた受信時のフォーカス位置をリアルタイムに移動する技術を採用する場合である。この技術は観察対象の全ての深さにおいて受信ビームを細くすることが可能であり、そのため画像全体の解像度が向上する効果を有する。図1を参照して説明する。図1において100は高反射体、101は受信フォーカス、102は受信ビームである。例えば高反射体100よりも深い位置に受信フォーカス101を設定した場合、高反射体が存在する深さでは受信ビーム102の幅が広がり、その結果高反射体の横をすり抜けた超音波を受信してしまう。それゆえ、高反射体100による音響陰影が生じにくくなり、音響陰影の探索は難しくなる。また高反射体の大きさや形状によっては高反射体にフォーカスしたビームの反射波（反射エコー又は反射信号ともいう）の強度が小さくなる場合がある。例えば高反射体の大きさが小さい場合（例えば高反射体の形状を球で近似した場合に直径が1mm以下である場合）には検出器で検出される反射波の強度が小さくなる。また形状が不均一（一部に平面や凹凸を含む場合、非対称な形状の場合等）であって最も反射率の高い反射面が検出器側に存在しない場合には検出器で検出される反射波の強度が小さくなる。即ち高反射体であっても検出信号は小さい場合がある。このような場合は高反射体が存在する位置とその周囲とで得られる反射波の信号強度の差が小さくなる。

【0013】

さらに、先述の通り、最終的な画像データは、素子毎に受信した超音波信号を次のように加工することで得られる。即ち、（1）時間遅れ補正ならびに加算処理によって受信波形データと、（2）包絡線の取得により強度データとを得て、（3）強度データに対する間引き・丸め・補間を行い、画像データを得る。しかし、このような処理過程で、超音波信号から多くの情報が失われてしまう場合がある。例えば、高反射体からの反射エコー強度と面状の組織界面からの反射エコー強度とが同程度である場合、画像上では組織界面からの反射エコーの中に高反射体からの反射エコーが埋もれてしまう場合がある。図2Aから図3Bはその様子を模式的に示した図である。図2Aは模擬的な組織103の中に高反射体104を設置したものである。模擬的な組織103の上面に超音波探触子001を設置し、超音波の送受信を行なう。図2A中のA-A'、B-B'、C-C'の深さからの反射エコー強度を模式的にプロットしたグラフが図2Bである。図2Bのグラフ中、横軸の中央付近に高反射体が設置されている。グラフを見て分かるように高反射体からのエコーは周辺組織の反射エコーから突出している。次に、図3Aは、高反射体を設置せずに層状の組織105を設置した模擬的な組織103である。層状の組織105は高反射体よりも反射率が低く設定されている。図3A中のA-A'、B-B'、C-C'の深さからの反射エコー強度を模式的にプロットしたグラフが図3Bである。図3Bのグラフ中、凡例「高反射体A-A'」で示される実線は、図2Bの高反射体からの反射エコー強度を重ねてプロットしたものである。このグラフを見て分かるように、反射率の低い層状の組織からの反射エコー強度であっても、反射率の高い高反射体からの反射エコー強度と同程度の強度を有している。このように、反射エコーの強度のみでは高反射体が存在するのかそうでないのかを判別することは難しい。即ち高反射体が存在しない場合でもある程度の強度を有する信号が検出される場合がある。

【0014】

10

20

30

40

50

さらに、微小散乱体からの反射エコーの干渉によってスペックルパターンが生じ、その中に高反射体の反射エコーが混在する場合には、微小散乱体のみ起因する信号を選択的に抽出して他の信号と鑑別することは困難である。特に高反射体が小さく点状のエコーとして画像上に現れる場合は高反射体の鑑別がより困難となる。

【 0 0 1 5 】

なお、特許文献 3 に記載されている超音波映像化装置は、指定された位置から走査線間の相互相関関数が最大となる時間ずれを有する位置を求め、この位置をつないで境界を表示しようとする装置である。従って、高反射体が点状のエコーとして存在する場合（隣接する走査線上にエコーが検出されない場合）には、当該点状のエコーにはつなぐべき他の位置が周囲に存在しない（高反射体位置の一点が存在するのみ）こととなる。このため、

10

【 0 0 1 6 】

上記のような場合に、高反射体の有無ならびに位置情報を抽出するには、画像データを使用するよりもさらに高反射体特有の特徴を考慮した感度の高い技術が必要となる。

【 0 0 1 7 】

本発明は上記課題に鑑みてなされたものであり、弾性波の受信波形データから高反射体などの特異領域の存在し得る位置を検出可能な技術を提供することを目的とする。また本発明は、超音波診断による特異領域の検出を支援するための技術を提供することを目的とする。さらに本発明は、特異領域の物性値を推定可能な技術を提供することを目的とする。

20

【課題を解決するための手段】

【 0 0 1 8 】

本発明に係る信号処理装置は、被検体内部に弾性波のビームを走査して複数の走査線の受信波形データを取得し、該複数の走査線の受信波形データから前記被検体の断層像を形成するために信号処理を行う信号処理装置であって、第 1 の走査線と、該第 1 の走査線と所定の相関を有する第 2 の走査線との間の受信波形データの相関値を、該走査線上の複数の位置について、算出する走査線間相関算出部と、前記走査線上の複数の位置の中から、前記相関値が所定の値と異なる値となる位置を、特異領域が存在し得る位置として抽出する相関変化位置抽出部と、を備えることを特徴とするものである。

【 0 0 1 9 】

30

本発明に係る信号処理装置は、被検体内からの弾性波の反射信号を受信して得られた信号を画像を形成するために信号処理する信号処理装置であって、前記反射信号の少なくとも 2 本の近接する走査線の受信波形データから該近接する走査線間の相関値を算出し、出力する走査線間相関算出部と、前記相関値の変化から前記被検体内の深さ方向の位置情報を抽出するとともに、前記変化の後の相関値に基づいて前記被検体内の特異領域の種類を鑑別する鑑別部と、を備えることを特徴とするものである。

【 0 0 2 0 】

本発明に係る超音波装置は、被検体内部に弾性波である超音波のビームを走査して複数の走査線の受信波形データを取得し、該複数の走査線の受信波形データから前記被検体の断層像を形成するために信号処理を行う超音波装置において、第 1 の走査線と、該第 1 の走査線と所定の相関を有する第 2 の走査線との間の受信波形データの相関値を、該走査線上の複数の位置について、算出する走査線間相関算出部と、前記走査線上の複数の位置の中から、前記相関値が所定の値と異なる値となる位置を、高反射体が存在し得る位置として抽出する相関変化位置抽出部と、を備えることを特徴とするものである。

40

【 0 0 2 1 】

本発明に係る信号処理装置の制御方法は、被検体内部で反射される複数の走査線の受信波形データを取得し、該複数の走査線の受信波形データから前記被検体の断層像を形成するために信号処理を行う信号処理装置の制御方法であって、第 1 の走査線と、該第 1 の走査線と所定の相関を有する第 2 の走査線との間の受信波形データの相関値を、該走査線上の複数の位置について、算出する走査線間相関算出工程と、前記走査線上の複数の位置の

50

中から、前記相関値が所定の値と異なる値となる位置を、特異領域が存在し得る位置として抽出する相関変化位置抽出工程と、を含むことを特徴とするものである。

【 0 0 2 2 】

本発明に係る超音波装置の制御方法は、被検体内部で反射される複数の走査線の受信波形データを取得し、該複数の走査線の受信波形データから前記被検体の断層像を形成する超音波装置の制御方法であって、第 1 の走査線と、該第 1 の走査線と所定の相関を有する第 2 の走査線との間の受信波形データの相関値を、該走査線上の複数の位置について、算出する走査線間相関算出工程と、前記走査線上の複数の位置の中から、前記相関値が所定の値と異なる値となる位置を、高反射体の存在位置の候補として抽出する相関変化位置抽出工程と、を含むことを特徴とするものである。

10

【 0 0 2 3 】

本発明に係る信号処理装置は、被検体内部に弾性波のビームを走査して複数の走査線の受信波形データを取得し、該複数の走査線の受信波形データから前記被検体の断層像を形成するために信号処理を行う信号処理装置であって、第 1 の走査線と、該第 1 の走査線と所定の相関を有する第 2 の走査線との間の受信波形データの相関値を、該走査線上の複数の位置について算出する走査線間相関算出部と、所定の深さについて算出された相互相関値の走査方向の分布に対して、所定サイズの特異領域の両端に落ち込みを持つ第 1 の分布形状を前記特異領域の中心位置に落ち込みを持つ第 2 の分布形状へと変換する変換処理を、適用し、その変換処理の結果を用いて特異領域が存在し得る位置を推定する処理部と、を備えることを特徴とするものである。

20

【 0 0 2 4 】

本発明に係る信号処理装置は、被検体内部に弾性波のビームを走査して複数の走査線の受信波形データを取得し、該複数の走査線の受信波形データから前記被検体の断層像を形成するために信号処理を行う信号処理装置であって、第 1 の走査線と、該第 1 の走査線と所定の相関を有する第 2 の走査線との間の受信波形データの相関値を、該走査線上の複数の位置について、算出する走査線間相関算出部と、前記走査線上の複数の位置の中から、前記相関値が所定の値と異なる値となる位置を、特異領域が存在し得る位置候補として抽出する相関変化位置抽出部と、前記位置候補を基準として設定される注目領域について算出された相互相関値の走査方向の分布に対して、所定サイズの特異領域の両端に落ち込みを持つ第 1 の分布形状を前記特異領域の中心位置に落ち込みを持つ第 2 の分布形状へと変換する変換処理を、適用し、その変換処理の結果を用いて特異領域が存在し得る位置を推定する処理部と、を備えることを特徴とするものである。

30

【 0 0 2 5 】

本発明に係る超音波装置の制御方法は、被検体内部に弾性波のビームを走査して複数の走査線の受信波形データを取得し、該複数の走査線の受信波形データから前記被検体の断層像を形成するために信号処理を行う信号処理装置の制御方法であって、第 1 の走査線と、該第 1 の走査線と所定の相関を有する第 2 の走査線との間の受信波形データの相関値を、該走査線上の複数の位置について算出する走査線間相関算出工程と、所定の深さについて算出された相互相関値の走査方向の分布に対して、所定サイズの特異領域の両端に落ち込みを持つ第 1 の分布形状を前記特異領域の中心位置に落ち込みを持つ第 2 の分布形状へと変換する変換処理工程と、前記変換処理工程による処理の結果を用いて特異領域が存在し得る位置を推定する推定工程と、を含むことを特徴とするものである。

40

【 発明の効果 】

【 0 0 2 6 】

本発明によれば、典型的には弾性波である超音波の受信波形データから高反射体などの特異領域の存在位置の候補を検出することができ、超音波診断による特異領域の検出を支援することができる。さらに本発明に係る超音波装置によれば、特異領域の物性値を推定することが可能となる。特に微小な高反射体を精度良く検出することができる。

【 図面の簡単な説明 】

【 0 0 2 7 】

50

- 【図 1】受信ビームの幅の広がりの説明するための図。
【図 2】高反射体が存在する擬似組織モデルとその反射エコー強度を示す図。
【図 3】層状の組織が存在する擬似組織モデルとその反射エコー強度を示す図。
【図 4】本発明の実施例 1 の超音波装置のブロック図。
【図 5】相互相関を算出する手法を説明する図。
【図 6】隣接する走査線について説明するための図。
【図 7】断層像および高反射体の位置情報の表示例。
【図 8】相互相関をプロットしたグラフ。
【図 9】本発明の実施例 2 の超音波装置のブロック図。
【図 10】本発明の実施例 3 の超音波装置のブロック図。
【図 11】本発明の実施例 4 の超音波装置のブロック図。
【図 12】実施例 4 における送信フォーカスの変更動作を説明するための図。
【図 13】本発明の相関値を求める際の一手順を説明するフローチャート。
【図 14】本発明の実施例 5 の超音波装置のブロック図。
【図 15】本発明の実施例 5 の高反射体位置と相互相関との関連をモデル化した図。
【図 16】本発明の実施例 5 における処理結果を示した図。
【図 17】本発明の実施例 6 における超音波装置のブロック図。
【図 18】本発明の実施例 6 における処理の位置手順を説明するフローチャート。
【発明を実施するための形態】

10

20

30

40

50

【0028】

本発明において弾性波とは超音波を含む振動波を意味する。

【0029】

本発明において特異領域とは、被検体内において周囲とは異なる状態の領域をいう。例えば周囲と組成、構造、物性等が異なる領域であって、層状組織を有する領域や典型的には石灰化等により超音波に対して高反射体となっている領域をいう。

【0030】

本発明において検出する 1 つの目標である微小な高反射体の大きさは、当該高反射体を球の形状で近似した場合に当該球の直径が 2 mm 以下のものをいう。さらに 1 mm 以下、特に 100 μ m 以下のものをいう。微小な高反射体を球の形状で近似した場合に当該球の直径が 2 mm 以下になると、従来の方法では、反射波自体が小さくなり検出が困難になる、或いは反射波の信号が周囲の信号に紛れて鑑別が困難になる。

【0031】

また本発明においては、走査線間の相関値（相互相関値ともいう）の低下する位置を抽出することにより高反射体の有無の検出を行う。そのため、高反射体がない状態においてある一定以上の相関値を有している走査線同士のパラメータを使用すれば、微小な高反射体の検出が可能である。発明者らの知見によれば、例えば、0.5 程度の相互相関を有する走査線同士であっても高反射体の検出が可能である。

【0032】

高反射体の検出の精度を向上させるためにはさらに相互相関の高い走査線を用いるのが好ましい。例えば近接する 2 本の走査線又は隣接する 2 本の走査線が相互相関の高い走査線となり得る。

【0033】

本発明において上記相互相関を算出する対象となる第 1 の走査線と第 2 の走査線との関係は以下の条件を満たす関係にあるものを意味する。即ち上記第 1 の走査線と第 2 の走査線との相関値は、被検体内の高反射体が存在しない領域において第 1 の走査線と第 2 の走査線との相関値が 0.5 以上である関係にあるものである。そして当該相関値は好ましくは 0.7 以上、最適には 0.9 以上であることが本発明においては適している。

【0034】

ここで上記第 1 の走査線と第 2 の走査線との相関値についてさらに説明する。第 1 の走査線と第 2 の走査線との相関値が 1.0 である場合、第 1 の走査線と第 2 の走査線とは同

一の波（信号）であることを意味する。また第１の走査線と第２の走査線との相関値が０である場合は第１の走査線と第２の走査線とは大きく（典型的には全く）異なる波（信号）であることを意味する。そして走査線間の相関値が高いほど、反射波（反射エコー、反射信号）の発生した領域の音響インピーダンスの分布の状態が類似していることを意味する。超音波による画像化を行う場合、隣接する走査線はビーム幅の範囲内で重複する領域があると相関値が一定の値を有するため、ビーム幅の範囲で重複する領域が得られるビーム間隔でビームを送信することが好ましい。

【００３５】

本発明は前記相関値が０．５以上である場合に、高反射体により、一方の走査線が反射された場合に、前記相関値（高反射体により反射される前の相関値）と高反射体の位置よりも深い位置での第１の走査線と第２の走査線との相関値との有意差を得ることができる。

10

【００３６】

また本発明は、被検体内で一定の反射率を有する反射体として高反射体（特に微小な石灰化部分等）と層状組織との鑑別が可能である。（大きな高反射体は従来の手法であっても反射が大きい領域が大きい為鑑別可能）

【００３７】

本発明によれば近接または隣接する走査線間の相関値の変化から高反射体又は層状組織が存在し得る位置を特定し、その位置よりも浅い位置及び深い位置での相関値の変化に基づいて高反射体と層状組織とを鑑別できる。即ち、（微小な）高反射体の場合には近接または隣接する２本の走査線のうち一方のみが当該（微小な）高反射体によって反射され、他方は反射されない。これに対して層状組織の場合には（微小な）高反射体よりも充分大きい為、近接または隣接する２本の走査線の両方が反射されることとなる。そうすると、（微小な）高反射体の場合には、近接または隣接する２本の走査線の相関値は、高反射体の存在する位置までは大きな値を示し、（微小な）高反射体の存在する位置よりも深い位置では、前記相関値が小さくなる。一方、層状組織の場合には、近接または隣接する２本の走査線の相関値は、層状組織の存在する位置までは大きな値を示し、さらに層状組織の存在する位置よりも深い位置でも、相関値は殆ど変化しない（変化量が少ない）。

20

【００３８】

このように本発明によれば高反射体又は層状組織の存在する位置を基準として、近接または隣接する２本の走査線の相関値が前記位置よりも深い位置で小さくなった場合には高反射体、変化がない、又は少ない場合には層状組織であると鑑別し得る。そして本発明の信号処理装置又は超音波装置には必要に応じて上記鑑別方法に基づいて高反射体と層状組織とを鑑別する鑑別部を設けることができる。

30

【００３９】

本発明者らの知見によれば、上記第１の走査線と第２の走査線とは互いに相関が強い（大きい）関係にあることが好ましく、典型的には隣接している２本の走査線が好ましい。しかし、前記相関値の関係を満たす場合には、第１の走査線と第２の走査線とは必ずしも隣接している必要は無く、これらの走査線に別の走査線が存在していても良い。従って上記関係を満たす範囲で近接する２本の走査線も利用することができる。

40

【００４０】

図１３に本発明の相関値を求める際の一手順を説明するフローチャートを示す。まず、走査線を形成（Ｓ４００）する前提として、高反射体のない領域での第１の走査線と第２の走査線との間の相関値は０．５以上であることが必要である。次いで上記条件を満たす送信ビームを形成し、被検体に送信する（Ｓ４０１）。被検体内の特定の位置からの反射波を受信（Ｓ４０２）して、被検体内の深さ方向の相関値を算出し、予め設定した設定値と比較する（Ｓ４０４）。比較結果が所定の条件を満たす場合には位置情報を取得する（Ｓ４０５）。比較結果が所定の条件を満たさない場合には、（Ｓ４００）に戻って再度深さ方向の先に反射波を受信した位置とは異なる位置の反射波を受信する。この一連の工程は、被検体の深さ方向の位置を全て検査するか、または比較結果が所定の条件を満たすま

50

で繰り返される。S 4 0 5 の工程で位置情報を取得した後に当該情報を画像に重畳する (S 4 0 6)。上記手順は一例であって本発明は上記手順に限られるものではない。

【0041】

次に、本発明における相関フィルタリング処理について図 1 5 を用いて説明する。所定の深さ (情報を取得しようとしているある注目深さ) について算出された相互相関値の走査方向 (走査線と略垂直に交わる方向) の分布をみると、高反射体が存在する深さ、もしくはそれより深い位置においては、高反射体が 1 つであっても、複数個所で相関値の低下が生じることがある。図 1 5 は高反射体の両端で相関値が低下するモデルを表している。図 1 5 の符号 4 0 1 は、高反射体の存在位置に落ち込みを持つ関数 f を示している。この関数 f は、高反射体のサイズが十分に小さいと仮定した場合の理想的な相互相関値分布を示すものということができる。相互相関値分布が関数 f のようなプロファイルを示す場合には、特異領域である高反射体の位置を精度良く特定できる。しかし現実には、高反射体は有限の大きさをもち複数の走査線を反射するために、関数 f のようなプロファイルは得られず、符号 4 0 2 で示す相互相関値分布 g のように高反射体の両端 2 箇所相関値の低下が現れる。

10

【0042】

ここで、理想的な関数 f が相互相関値分布 g に変換されて観察されていると考え、このような変換行列を H とすると、下記の式で関係を表せる。

$$g = H f$$

なお、変換行列 H はビーム幅と高反射体のサイズに応じて変化する行列である。想定される高反射体のサイズに対応するフィルタリングパラメータを与えることで、変換行列 H を算出することが可能である。また異なるサイズに対応したフィルタリングパラメータを用いて、各サイズに対応した変換行列 H を算出することができる。なお、想定する高反射体のサイズは 2 mm 以下が好ましいが、2 mm 以上のサイズに対応するパラメータを設定することも可能である。

20

【0043】

上記関係により、ある注目深さについて算出した相互相関値分布 g と与えられた変換行列 H とから、理想的な関数 f を推定できることがわかる。この推定処理が、本発明の相関フィルタリング処理に相当する。すなわち、相関フィルタリング処理は、ある注目深さについて算出された相互相関値分布 g から、高反射体の位置に落ち込みを持つ関数 f を推定する処理である。言い換えると、相関フィルタリング処理は、所定サイズの高反射体の両端に落ち込みを持つ第 1 の関数 (第 1 の分布形状) を高反射体の中心位置に落ち込みを持つ第 2 の関数 (第 2 の分布形状) へと変換する変換処理を、ある注目深さについて算出された相互相関値の走査方向の分布 g に対し適用する処理である。また、相関フィルタリング処理は、高反射体の中心位置に落ち込みを持つ第 2 の関数 (第 2 の分布形状) を高反射体の両端に落ち込みを持つ第 1 の関数 (第 1 の分布形状) へと変換する処理の逆変換を、上記相互相関値分布 g に対して適用する処理ということもできる。このように、複数の走査線から算出された相互相関値分布 g に対して相関フィルタリング処理を適用することにより、高反射体の存在位置を明確化することができる。

30

【0044】

上記のように高反射体のサイズに応じて変換行列 H が異なるため、相関フィルタリング処理は高反射体のサイズに依存する処理である。高反射体のサイズが既知の場合は、そのサイズに対応する相関フィルタリング処理を行えばよい。高反射体のサイズが未知の場合は、想定する高反射体のサイズを変化させて (フィルタリングパラメータを変化させて) 相関フィルタリング処理を複数回行うことが好ましい。この場合、複数のフィルタリング処理の結果すべてを表示してもよいし、それらの結果を比較して最適な結果のみを採用・表示してもよい。なおこれらの比較結果から、高反射体のサイズを推定することも可能である。

40

【0045】

上記相関フィルタリング処理においては、ウィナーフィルタ (Wiener filter) を始め

50

とする各種逆フィルタの設計手法によるフィルタ処理が適用可能である。また単純なパターンマッチングの手法を用いることも可能である。

【 0 0 4 6 】

以下に図面を参照して、この発明の好適な実施の形態を例示的に詳しく説明する。また弾性波として超音波を用いた装置、方法について説明する。

【 0 0 4 7 】

[実施例 1]

以下、実施例 1 では隣接する走査線の相互相関を算出し、相関が設定値以下になる位置情報を示す超音波装置について説明する。

【 0 0 4 8 】

図 4 は本発明の実施例 1 に係る超音波装置のシステム概略図である。この超音波装置は、通常の超音波断層像を生成・表示するための機能と、生体内の高反射体を検出し、その存在位置の候補を表示するための機能（走査線間相関算出部 0 0 9、相関変化位置抽出部 0 1 0）とを有する。後者の機能は、例えば結石や微小石灰化領域の検出などに利用される。

【 0 0 4 9 】

（断層像の生成・表示）

まず、図 4 を用いて断層像を表示するまでの流れを説明する。本実施例の超音波装置は複数の振動子 0 0 2 を有する超音波探触子 0 0 1 が接続されたシステムである。超音波を送信する位置（送信フォーカス）が設定されると、システム制御部 0 0 4 から送信回路系 0 0 3 にその設定情報が送られる。送信回路系 0 0 3 はその情報に基づいて、時間遅延ならびに強度を決定した後、超音波探触子 0 0 1 内の複数の振動子 0 0 2 を駆動するための電気信号を送信する。この電気信号は振動子 0 0 2 において変位に変換され、被検体内部を超音波として伝播する。このようにして送信された超音波は被検体内で直線的な音圧分布を形成する。これを送信ビームと呼ぶ。被検体内を伝播した超音波は被検体内の音響的性質により散乱・反射されたエコーとして振動子 0 0 2 に戻ってくる。このエコーが振動子 0 0 2 により電気信号に変換され、受信回路系 0 0 5 に入力される。受信回路系 0 0 5 では、システム制御部 0 0 4 から与えられた受信フォーカス位置に関する情報を元に時間遅延量を算出し、入力された時系列の電気信号に対して時間遅延処理を行なった後、それらを加算する。この処理によって被検体内の受信フォーカス位置における反射波（反射エコーともいう）を選択的に抽出することが出来る。このような処理によって形成される受信感度を有する領域を送信ビームに対して受信ビームと称する。

【 0 0 5 0 】

このようにして得られた時系列の受信波形データは受信回路系 0 0 5 から断層信号処理系 0 0 6 に送られる。断層信号処理系 0 0 6 では、入力された時系列の受信波形データに対して必要であればバンドパスフィルタなどのフィルタ処理を行なった後、データの包絡線を検出し強度データとして出力する。この強度データは画像処理系（画像処理部）0 0 7 に送信される。画像処理系 0 0 7 は、システム制御部 0 0 4 から送られた送信ビームならびに受信ビームの位置情報と強度データとを使用して、表示画像のピクセルに合わせてデータを間引き、丸め、若しくは補間し、観察領域内の各位置での輝度信号を生成する。このような一連の動作によって 1 本の走査線に対する画像が形成される。送信ビームと受信ビームの方向や位置を変化させ、再度同様な処理を行なうことによって被検体内の違う領域に走査線を形成する。このようにして観察領域内に複数本の走査線を形成することで観察領域の断層像を形成することが可能となる。画像処理系 0 0 7 は、このようにして得られた断層像を画像表示装置 0 0 8 に送信し表示する。

【 0 0 5 1 】

なお、ここでは 1 本の送信ビームと 1 本の受信ビームによって形成される走査線を一例として説明した。しかし、本発明はこれに限らず、1 回の送信に対して複数の受信ビームを形成して複数の走査線を同時に形成する手法にも本発明が適用可能である。また、本発明は 2 次元の断層像に限るものではなく 3 次元的な領域を観察する場合にも適用可能であ

10

20

30

40

50

る。

【 0 0 5 2 】

(高反射体の検出・表示)

次に、図 4 から図 6 を用いて、高反射体を検出し、その存在位置の候補を表示するための処理について説明する。

【 0 0 5 3 】

図 4 に示すように、超音波装置は、走査線間相関算出部 0 0 9 と相関変化位置抽出部 0 1 0 とを備える。受信回路系 0 0 5 によって生成された時系列の受信波形データが走査線間相関算出部 0 0 9 に送られる。走査線間相関算出部 0 0 9 は、受信波形データとシステム制御部 0 0 4 から送られる走査線位置の情報から、隣接する走査線間の時間軸に沿った相互相関を算出する。図 5 にその概念図を示す。第 1 の走査線の受信波形データ 1 0 6 を $S_1(r)$ 、隣接する第 2 の走査線の受信波形データ 1 0 7 を $S_2(r)$ とする。走査線間相関算出部 0 0 9 は、走査線上に注目位置 (注目深さ) を設定し、それぞれの受信波形データから注目位置を基準とする所定幅の領域の波形データを抽出し、その抽出した波形データ間の相互相関算出 1 0 8 を行なう。この演算により注目位置の相関値 (相互相関値ともいう) が得られる。そして、注目位置を深さ方向に (受信波形データとしては時間軸方向に) 移動させながら上記演算を繰り返すことで、走査線上の複数の位置 (深さ) についての相関値を求めることができる。このように求めた相関値の深さ方向の変化を表すのが図 4 のグラフ 1 0 9 である。例えば、相関値は、式 1 の $Y(\tau)$ の τ に関する最大値として求める。

【 数 1 】

$$Y(\tau) = \frac{\left| \int_{R-\Delta r}^{R+\Delta r} S_1(r) \cdot S_2(r+\tau) dr \right|}{\sqrt{\int_{R-\Delta r}^{R+\Delta r} S_1^2(r) dr \cdot \int_{R-\Delta r}^{R+\Delta r} S_2^2(r+\tau) dr}} \quad (\text{式1})$$

なお、 R は注目深さ (注目位置)、 Δr は相互相関を取得する幅を示す。注目深さ R を変化させることで深さ方向の相互相関を算出する。 Δr は送信する超音波の波長程度から波長の数十倍の範囲で設定される。

【 0 0 5 4 】

また、相互相関は、受信波形データに対してヒルベルト変換を実施した解析信号を $T_1(r)$ 、 $T_2(r)$ とすると、式 2 により求めることも可能である。

【 数 2 】

$$\frac{\int_{R-\Delta r}^{R+\Delta r} |T_1(r) \cdot T_2(r)| dr}{\int_{R-\Delta r}^{R+\Delta r} |T_1(r)| dr \cdot \int_{R-\Delta r}^{R+\Delta r} |T_2(r)| dr} \quad (\text{式2})$$

【 0 0 5 5 】

図 5 は、第 1 の走査線上に高反射体 1 0 0 が存在している例を示している。高反射体 1

00よりも深い位置での相互相関109が低下することがわかる。

【0056】

図6を用いて隣接する走査線について説明する。図6は超音波探触子001と被検体内で形成された5本の走査線201、202、203、204、205、さらに高反射体200を模式的に表した図である。例えば走査線201のデータを取得した後、走査線202のデータを取得した場合、走査線201、202は互いに隣接しているため、走査線間相関算出部009は走査線201、202間の相互相関を算出する。例えば走査線の取得順が走査線201、走査線203、走査線205、走査線202、走査線204という順であった場合は、走査線202を初めて取得した場合に隣接する走査線のデータを取得したことになる。従って、その時点で走査線間相関算出部009が走査線201、202間の相互相関値を算出する。

10

【0057】

走査線間相関算出部009は2本の走査線の受信波形データの相互相関を時間軸に沿って(被検体の深さに沿って)算出する。隣接する走査線は観察領域の一部が互いに重なるように設定されているため、高い相関を示すのが一般的である。例えば走査線204と走査線205との相互相関は被検体の深い位置まである一定以上の値を有する。しかし、走査線202と走査線203に注目すると、走査線203の途中に高反射体200が存在する。このため、走査線202と走査線203の相互相関は、高反射体200よりも浅い部分では、走査線204、205の相互相関と同様にある一定以上の値を有するが、高反射体200よりも深い部分では相互相関が低下する。このような性質を有する深さに沿った相関値を走査線間相関算出部009から相関変化位置抽出部010に送信する。

20

【0058】

上記のように、被検体内に高反射体が存在すると、その高反射体の位置(深さ)において相関値の低下がみられる。典型的には、高反射体の位置(深さ)において相関値が第1の値から第2の値に変化する。そこで本実施例の相関変化位置抽出部010は、相関値が所定の条件よりも一定の値以上(大きく)低下する位置を抽出する。そして、その抽出した位置を高反射体の存在位置の候補として出力する。

【0059】

また、高反射体が1つの走査線の深さ方向に各々離間して複数存在する場合であっても、各々の高反射体の位置(深さ)で相関値は、高反射体が存在しない場合と比較すれば相関値の変化量は大きいと考えられるので、高反射体の存在位置の候補となり得る。

30

【0060】

相関値が所定の値(所定の条件も含む)と異なっている(典型的には大きく低下している)か否かは、例えば、深さ方向に沿った相関値の変化率(低下率)が所定値より大きいか否かで判定することができる。あるいは、相関値と所定の設定値(スレッシュホールド)とを比較し、相関値が設定値よりも小さくなった位置を、相関値が所定の条件よりも大きく低下した位置とみなしてもよい。本実施例では後者の判定手法を採用する。以下詳しく述べる。

【0061】

相関変化位置抽出部010は、システム制御部004から送信された走査線の位置情報と設定値(閾値)、走査線間相関算出部009から送信された走査線の深さに沿った相互相関を算出し入力値とする(走査線間相関算出工程)。そして、相関値が設定値以下になる位置を抽出し(相関変化位置抽出工程)、画像処理系007に送信する。画像処理系007に送信される位置情報には、少なくとも横方向位置(走査方向位置)と深さとが含まれている。

40

【0062】

画像処理系007は入力された位置情報を断層画像上に重畳し、画像表示装置008に送信する。図7A、図7Bは、相関変化位置抽出部から得られた位置情報の表示例であり、相互相関の低下が検出された位置を矢印201や線分202などのマーカーで表示した例を示している。なお、この他にも断層像の色相を変化させる、丸で囲むなど、検出され

50

た位置が操作者に伝わる表現であればどのようなものでもよい。

【0063】

以下では、図2A、図8A、図8Bを用いて本実施例の効果について説明する。図2Aは先ほども述べた通り、模擬的な組織103の中に高反射体104を設置したものである。図8Aは、図2A中のB-B'、C-C'断面付近における隣接走査線間の相互相関の値をプロットしたグラフである。横軸が横方向（走査方向）位置を示し、縦軸が相互相関の値を示している。横軸の中央付近に高反射体104が設置されている。B-B'、C-C'断面はいずれも高反射体104よりも深い位置にあるため、高反射体が存在する位置、すなわち横軸の中央付近で隣接走査線間の相互相関が低下していることが分かる。

【0064】

このように高反射体104が存在する場合、高反射体よりも深い部分では隣接走査線間の相互相関が有意に低下する。そのため隣接走査線間の相互相関が低下する位置を抽出することで高反射体104の存在する位置候補を示すことが可能となる。即ち仮に高反射体に起因する反射エコー自体の強度は小さいものであったとしても隣接する走査線間の相互相関の関係に基づいて上記のように制御／処理を行うことにより高反射体104の存在する位置候補を示すことが可能となる。

【0065】

なお、相互相関が低下する位置を抽出するための設定値（閾値）は、同じ深さにおける相互相関の値、例えばB-B'断面における相互相関の平均値から標準偏差のX倍を減じた値を初期値とする。そして、この値を下回った相互相関を有する位置を高反射体の存在する位置候補とする。図8Aの設定値110はC-C'断面のデータに対する $X=2$ の場合の値であり、設定値111はB-B'断面のデータに対する $X=2$ の場合の値である。また、設定値112はC-C'断面のデータに対する $X=3$ の場合の値であり、設定値113はB-B'断面のデータに対する $X=3$ の場合の値を示している。図8Aの例では、Xの値を2から3程度に設定しておくことが望ましい。もちろん、このXの値は別途制御画面から入力される値に変更することも可能である。Xの値を小さくすれば、より高い感度で高反射体を検出可能である。Xの値を大きくすれば、より高い特異度で高反射体を検出可能となる。

【0066】

図8Bは、図3Aで示した層状の組織に対して同様の処理を行なった場合の相互相関の値を、図8Aで示した高反射体の相互相関の値と重ねてプロットしたグラフである。このグラフを見て分かるように、高反射体が存在する場合は相互相関が低下しているが、層状組織の場合は相互相関が低下していないことが分かる。反射エコーの強度がほぼ等しいレベルであっても（図3B参照）、このように相互相関では明確な違いが生じることが理解できる。これは、反射エコーの強度を輝度値として表示した画像上では高反射体の鑑別が困難な場合であっても、本実施例の相互相関を算出する手法では高反射体が存在する位置候補を抽出できることを意味している。

【0067】

以上、説明したように本実施例においては、隣接する走査線の受信波形データの相互相関を深さ方向に算出し、その値の変化する位置を表示することにより、高反射体の存在位置候補を抽出することができる。

【0068】

[実施例2]

以下、実施例2では、高反射体の位置検出に隣接走査線間の相互相関だけでなく、強度も使用する場合の例について説明を行なう。

【0069】

図9は本実施例の超音波装置のシステム概略図である。断層像を表示する信号の流れは実施例1と同じであるため省略する。

【0070】

受信回路系005は受信波形データを出力する。走査線間相関算出部009は入力され

10

20

30

40

50

る受信波形データから隣接走査線間の相互相関を算出する。走査線間相関算出部 009 は相互相関を出力し、相関変化位置抽出部 010 は相関値が変化する位置を高反射体の存在位置の第 1 の候補として抽出する。次に相関変化位置抽出部 010 は、第 1 の候補の周辺領域のエコー強度を取得するために、相関値が変化する位置周辺の強度データと相関値が変化する位置に最近接するかもしくは通過する走査線の強度データとを断層信号処理系 006 から受け取る。相関変化位置抽出部 010 は、強度データから相関値が変化する位置周辺の強度の平均値を算出し、相関値が変化する位置の周辺で強度が前記平均値よりも高くなる部分の深さを求める。そして、相関変化位置抽出部 010 は、強度から求めた深さ情報を、相関値から求めた深さ情報の代わりに、高反射体候補の位置情報として出力する。画像処理系 007 はこの位置情報を受け取り、実施例 1 と同様に、入力された位置情報を断層画像上に重畳し、画像表示装置 008 に送信する。

10

【0071】

深さ方向に関しては、相互相関よりも強度の方が変化度合いが高い。そこで本実施例では、相互相関によって高反射体の存在する候補位置を抽出した後、その候補位置の周辺の強度データを使用して深さ方向の位置を絞り込む。このようにすることで、実施例 1 よりもさらに精度良く高反射体の存在位置候補を抽出可能である。

【0072】

[実施例 3]

以下、実施例 3 では隣接する走査線の受信波形データから相互相関値を算出し、高反射体の存在位置候補を抽出し、さらに隣接する走査線の強度比から高反射体の物性値を推定する超音波装置について説明する。

20

【0073】

図 10A は本実施例の超音波装置のシステム概略図である。図 10B は図 10A のハッチング領域の構成を詳しく示す図である。断層像を表示する処理は前述の実施例と同様である。走査線間相関算出部 021 は隣接する走査線の受信波形データの相互相関を出力する。相関変化位置抽出部 023 は相関値が設定値以下となる位置を検出し、その位置情報を画像処理系 007 と物性算出部 022 に送信する。

【0074】

物性算出部 022 は相関変化位置抽出部 023 から出力された位置（以下、「第 1 の位置」という）の周辺の強度データを断層信号処理系 006 から受け取る。次に、物性算出部 022 は強度データのうち第 1 の位置よりも浅い部分の走査線の強度と、その走査線と同じ位置の隣接する走査線との強度比である第 1 の強度比 α を求める。ついで、第 1 の位置よりも深い部分の走査線の強度とその走査線と同じ位置の隣接する走査線の強度比である第 2 の強度比 β を求める。近傍との強度比を使う理由を以下に述べる。超音波は伝播に伴って減衰するため、深さ方向の強度をそのまま比較してしまうとこの減衰による影響で算出した物性値がばらつく可能性がある。注目する位置の近傍、特に同様の深さにある強度との比を取ることで、減衰による影響を抑制することが可能となる。

30

【0075】

これらの強度比 α 、 β の値を使用して、擬似電力透過係数 T_p 、擬似電力反射係数 R_p 、擬似音響インピーダンス Z 、を以下の式 3 で算出する。

40

【数 3】

$$T_p = \left(\frac{\beta}{\alpha} \right)^{1/2}$$

$$R_p = 1 - \left(\frac{\beta}{\alpha} \right)^{1/2}$$

10

(式3)

$$Z = \frac{Z_0 \left(\frac{\beta}{\alpha} \right)^{1/4}}{2 - \left(\frac{\beta}{\alpha} \right)^{1/4}}$$

20

なお、 Z_0 は生体の一般的な音響インピーダンスを代入すればよく、 1.35×10^6 から 1.7×10^6 [kg/m²・s] 程度の値が用いられる。

【0076】

これらの物性値を物性算出部022は画像処理系007へと出力する。画像処理系007は、擬似電力透過係数 T_p 、擬似電力反射係数 R_p 、擬似音響インピーダンス Z のうち指定されたパラメータを利用する。そして画像処理系007は、これらの物性パラメータを、相関変化位置抽出部023にて抽出された位置もしくは断層像の表示エリアの外側に表示するように画像信号を生成し、画像表示装置008でその画像信号を表示する。

30

【0077】

さらに、擬似電力透過係数 T_p 、擬似電力反射係数 R_p 、擬似音響インピーダンス Z の3つのパラメータには別途設定される基準値を設け、その範囲によって表示形態を異ならせる。具体的には、パラメータの値の高低によって、高反射体の位置を示すマーカーの色を変化させる、太さを変化させる、表示されているパラメータの表示色の変化や字体の変化などである。このように表示を変化させることで、高反射体の物性値を表現することができる。操作者は、このような表示を見ることで、高反射体の位置候補を知るだけでなくその物性も直感的に理解できるため、被検体の観察や高反射体の検出やその他の操作を効率的に行なうことができる。

【0078】

40

ここでは例として生体内の結石の種類による物性値の変化について説明する。結石の組成がカルシウムアパタイト95%、シュウ酸カルシウム2水和物5%の場合、音響インピーダンスが $4.2 \text{ kg/m}^2 \cdot \text{s}$ である。シュウ酸カルシウム1水和物の場合は音響インピーダンスが $9.2 \text{ kg/m}^2 \cdot \text{s}$ となる。異なる音響インピーダンス Z_1 、 Z_2 を有する物質が接する界面におけるエネルギーの反射率 R は、

$$R = \left| (Z_2 - Z_1) / (Z_2 + Z_1) \right|^2$$

である。それぞれの組成を有する結石のエネルギー透過率 $T (= 1 - R)$ は、生体の平均的音響インピーダンスを約 $1.5 \text{ kg/m}^2 \cdot \text{s}$ とすると、それぞれ77.6%、48.2%となる。結石よりも深い位置から戻ってくる反射エコーは、結石の界面を4回透過することとなり、 T^4 で求めることができ、それぞれ36.3%、54%のエネルギーとな

50

る。このように、結石であっても組成が違えば、反射エコーの強度が変化することが分かる。

【0079】

[実施例 4]

以下、実施例 4 では高反射体の位置候補によって送信フォーカスを変化させる超音波装置について述べる。図 11A は本実施例の超音波装置のシステム概念図であり、図 11B は図 11A のハッチング領域の構成を詳しく示す図である。断層像を表示するところは、前述の実施例と同様であるため省略する。本実施例では相関変化位置抽出部 023 によって算出された位置情報をシステム制御部 004 に出力する（図中では矢印 031 で表示）。この位置情報を入力されたシステム制御部 004 はその位置に送信フォーカスを設定した走査線を形成するように送信回路系 003 に信号を送信する。このように設定された走査線の受信波形データは再度走査線間相関算出部 021 に入力され、物性算出部 022 によって物性が算出される。

10

【0080】

この効果について図 12 を用いて説明する。図 12 は被検体内に高反射体 200 が存在する様子を模式的に表した図である。通常、断層像を表示するために形成される送信ビーム 302 は送信フォーカス深さ 301 に設定されている。この場合、高反射体 200 の横を抜けて送受信される信号があるため、高反射体 200 の物性を反映した反射波と横を抜けて送受信される反射波とが混在した信号を受信することとなる。しかし、本実施例のように高反射体 200 の位置を抽出し、その位置に送信フォーカスを合わせるように設定した送信ビーム 303 を形成すると、送信ビーム 302 と比較して、送信ビームの幅に占める高反射体 200 の割合が増加する。つまり、受信する反射波のなかで高反射体 200 の物性を反映した反射波の割合が増大する。これにより、高反射体 200 の存在位置ならびにその物性をより正確に算出することが可能となる。

20

【0081】

なお、位置情報に送信フォーカスを合わせるように設定された送信ビーム 303 は、通常の断層像を表示するための送受信ビームとは別に形成すれば断層像の画質を落とさずに物性値が算出可能となる。また、断層像を表示するための送受信ビームの送信フォーカス位置を修正することで形成すればフレームレートを落とさずに物性の算出精度を向上させることが可能である。

30

【0082】

[実施例 5]

実施例 5 では、特異領域である高反射体の位置をさらに精度良く抽出できる超音波装置について述べる。

【0083】

まず図 8A に注目する。高反射体は 1 つであるが、相互相関値の低下は高反射体を挟むように 2 ヶ所で生じている。高反射体の端部に超音波ビームが位置する場合に相互相関値が低下するため、相互相関値の低下した 2 ヶ所の位置が高反射体の両端部に対応した位置を表すと考えられる。つまり相互相関値の低下した位置と高反射体の位置との関係は、高反射体のサイズと超音波ビームの幅とに関連していることとなる。本実施例の超音波装置は、このような現象を利用して、高反射体の位置をさらに精度良く抽出する。

40

【0084】

図 14 は本実施例における超音波装置のシステム概略図を示した図である。前述の実施例のシステムと違う部分に絞って説明する。超音波装置は、相関フィルタリング処理部 050 を備える。走査線間相関算出ブロック 009 から相関フィルタリング処理部 050 へ深さごとの相関値が出力される。相関フィルタリング処理部 050 は、システム制御部 004 から入力されたパラメータを用いて、相関値を相関フィルタリング処理する。相関フィルタリング処理した結果（の極小値）が閾値以下であれば、相関フィルタリング処理部 050 は、その位置情報を画像処理系 007 に送信する。画像処理系 007 は、その位置情報を断層像に重畳して画像表示装置 008 に表示する。なお、相関フィルタリング処理

50

部 0 5 0 は、相関フィルタリング処理した結果の平均値からその標準偏差の X 倍を減じた値を上記閾値として用いることができる。この X の値は不図示の制御画面においてユーザーが変更することも可能である。X の値を小さくすれば、より高い感度で高反射体を抽出可能であり、X の値を大きくすれば、より高い特異度で高反射体を検出可能となる。

【 0 0 8 5 】

次に相関フィルタリング処理について図 1 5 を用いて説明する。図 1 5 は高反射体の両端で相互相関値が低下するモデルを表したものである。本実施例において、高反射体の位置に落ち込みを持つ関数 f (符号 4 0 1) が相互相関値分布 g (符号 4 0 2) に変換されて観察されたと考え、このような変換行列を H とすると、下記の式で関係が表される。なお式中の n は雑音ベクトルである。

$$g = H f + n$$

【 0 0 8 6 】

ウィナーフィルタ (Wiener filter) を用いて、相互相関値分布 g から関数 f の推定値 f_s を算出する。

$$f_s = W g$$

$$W = F H^T (H F H^T + N)^{-1}$$

$$F = E [f f^T]$$

$$N = E [n n^T]$$

$$0 = E [f n^T]$$

ただし、 $E [\cdot]$ は期待値であり、 f と n は無相関であるとする。

【 数 4 】

$$\bar{f}_{ij} = \begin{cases} P_s / m & (i = j) \\ 0 & (i \neq j) \end{cases}$$

$$\bar{n}_{ij} = \begin{cases} P_n / m & (i = j) \\ 0 & (i \neq j) \end{cases}$$

$$h_{ij} = \begin{cases} 1 & (|i - j| = p) \\ 0 & (else) \end{cases}$$

ただし、 P_n は相互相関値が低下していない部分で算出し、 $P_s + P_n = g^T g$ とする。

【 0 0 8 7 】

図 1 6 はこのようにして求めた結果である。図中の点線で表されたグラフは隣接走査線の相互相関値である。実線で表されたグラフは上記のウィナーフィルタを用いて算出した高反射体の位置に落ち込みを持つ関数の推定値である。このように、本実施例の超音波装置によれば、相互相関値分布では複数の位置で低下が見られるものであっても、高反射体の位置をより精度良く推定することが可能であることが分かる。

【 0 0 8 8 】

また、式中の p は高反射体のサイズに対応した値である。システム制御部 0 0 4 が異なる p の値を相関フィルタリング処理部に与えることで、それぞれの p の値に対応したサイズを有する高反射体の位置候補が抽出される。つまり、本実施例の超音波装置は、高反射体の位置をより精度良く推定するだけでなく、抽出された高反射体のサイズを推定するこ

10

20

30

40

50

とが可能である。このようにして推定された高反射体のサイズを画像上に候補位置とともに表示することで、より信頼性の高い超音波装置を提供することができる。

【 0 0 8 9 】

複数の高反射体が近接して存在する場合は、高反射体間の距離と超音波ビーム幅との関係によって処理結果が変化する。つまり、複数の高反射体が個別に抽出されるか、複数の高反射体が一つの高反射体として認識される（複数の高反射体の最外縁で代表されるサイズの高反射体として抽出される）。いずれにせよ、複数の高反射体が近接して存在する場合でも高反射体の抽出を行なうことは可能であり、本発明の効果を得ることができる。

【 0 0 9 0 】

[実施例 6]

実施例 6 では、相関フィルタリング処理を行う領域を絞った超音波装置について説明する。

【 0 0 9 1 】

図 1 7 は本実施例の超音波装置のシステム概略図である。前述の実施例のシステムと違う点に絞って説明する。走査線間相関算出ブロック 0 0 9 によって算出された相互相関値が相関変化位置抽出ブロック 0 1 0 と相関フィルタリング処理部 0 5 0 とに送られる。相関変化位置抽出ブロック 0 1 0 は、相互相関値が所定値以下になる部分を抽出し、それを位置候補として相関フィルタリング処理部 0 5 0 に送る。相関フィルタリング処理部 0 5 0 は、相関変化位置抽出ブロック 0 1 0 から送られた位置候補の周辺の相互相関値（走査線間相関算出ブロック 0 0 9 から送信された）を用いて、相関フィルタリング処理を行い特異領域が存在し得る位置を出力する。

【 0 0 9 2 】

これらのステップをさらに図 1 8 を用いて説明する。走査線間相関算出ブロック 0 0 9 が、ある注目深さについて相互相関値を算出する（S 2 1 0）。相関変化位置抽出ブロック 0 1 0 が、相互相関値が所定値以下かどうかを判断する（S 2 1 1）。もし相互相関値が所定値よりも高い場合、つまり高反射体が無い場合は、次の深さ位置もしくは次の走査線に処理を移行する（S 2 1 2）。相互相関値が所定値以下の場合、相関変化位置抽出ブロック 0 1 0 は、現在の位置（走査線）及び注目深さを位置候補として相関フィルタリング処理部 0 5 0 に送信する。相関フィルタリング処理部 0 5 0 は、この位置候補を基準とする所定範囲（例えば位置候補を中心とする幅数十 mm の領域）を注目領域に設定し、この注目領域で得られた相互相関値をデータ化する（S 2 1 3）。次に相関フィルタリング処理部 0 5 0 は、システム制御部 0 0 4 から送信されたフィルタリングパラメータを用いて相関フィルタリング処理を行う（S 2 1 4）。相関フィルタリング処理の結果が所定の条件を満たす（例えば、極小値が閾値以下である）場合（S 2 1 5 の YES）、相関フィルタリング処理部 0 5 0 は、高反射体が存在すると判断し、特異領域の候補としてその位置情報を画像処理系 0 0 7 に出力する（S 2 1 6）。またシステム制御部 0 0 4 から画像処理系 0 0 7 にはフィルタリングパラメータもしくはサイズ情報が入力される。画像処理系 0 0 7 は高反射体の位置情報とサイズ情報を断層像に重畳して表示する（S 2 1 7）。このとき高反射体の位置情報とサイズ情報は、数値で表示してもよいし、断層像と色や彩度を異ならせることで表示してもよい。なおステップ S 2 1 4 では、相関フィルタリング処理部 0 5 0 は、異なる高反射体サイズに対応した複数のフィルタリングパラメータを用いて相関フィルタリング処理を行う。システム制御部で定められた範囲内でフィルタリングパラメータを変化させても高反射体が認められない場合は（S 2 1 5 の NO）、処理を終了し、次の深さ位置、もしくは次の走査線に処理を移行する（S 2 1 2）。

【 0 0 9 3 】

このような処理を行うことで、高反射体の位置候補周辺の限られたデータに対してのみ相関フィルタリング処理を行なうことになり、全ての領域に対して相関フィルタリング処理を行う場合と比較して処理規模を低減させることが可能となる。その一方で位置候補に対しては相関フィルタリング処理を行うため、相関フィルタリング処理を行わない場合と比べてより精度の高い位置抽出が可能となる。

10

20

30

40

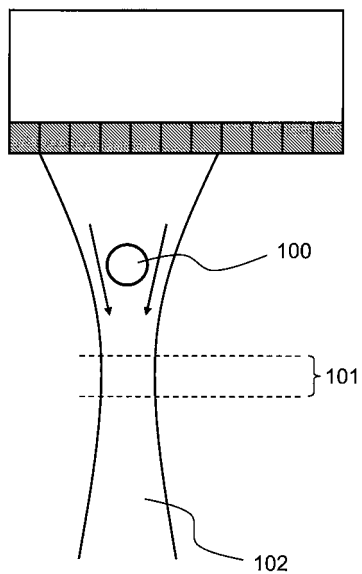
50

【符号の説明】

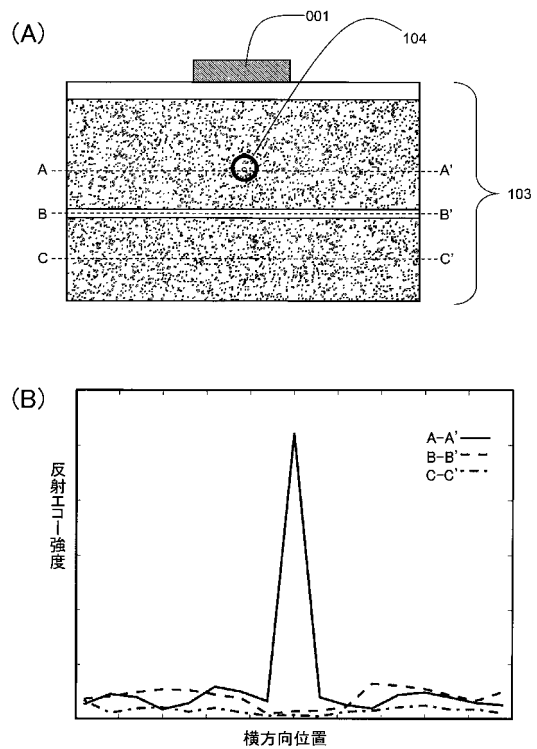
【 0 0 9 4 】

0 0 9、0 2 1 ... 走査線間相関算出部；0 1 0、0 2 3 ... 相関変化位置抽出部；1 0 6 ... 第 1 の走査線の受信波形データ；1 0 7 ... 第 2 の走査線の受信波形データ；1 0 9 ... 相互相関；2 0 0 ... 高反射体

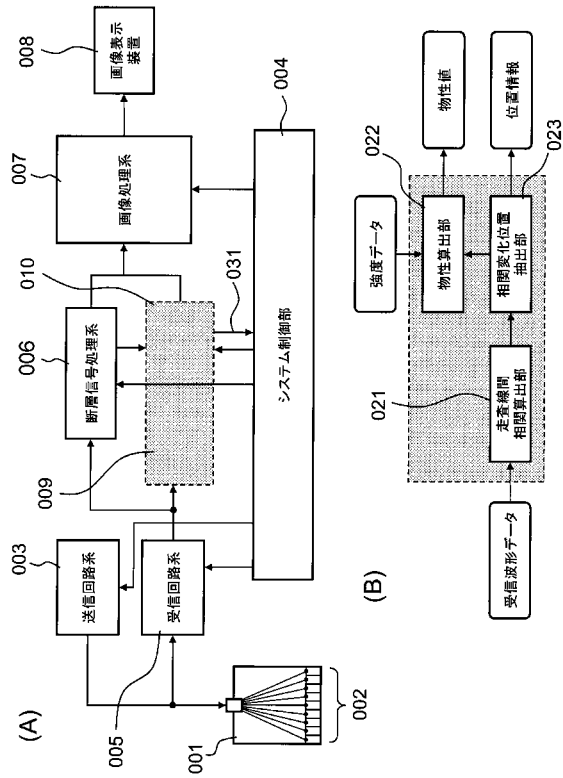
【 図 1 】



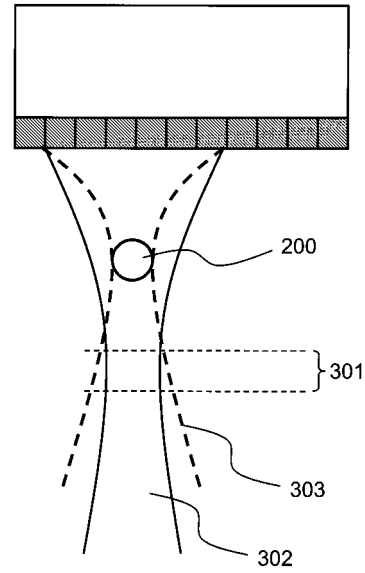
【 図 2 】



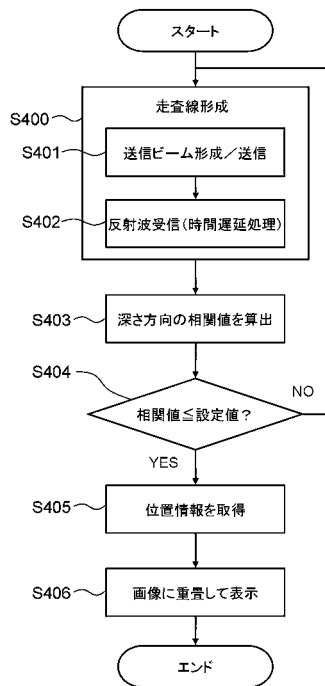
【図 1 1】



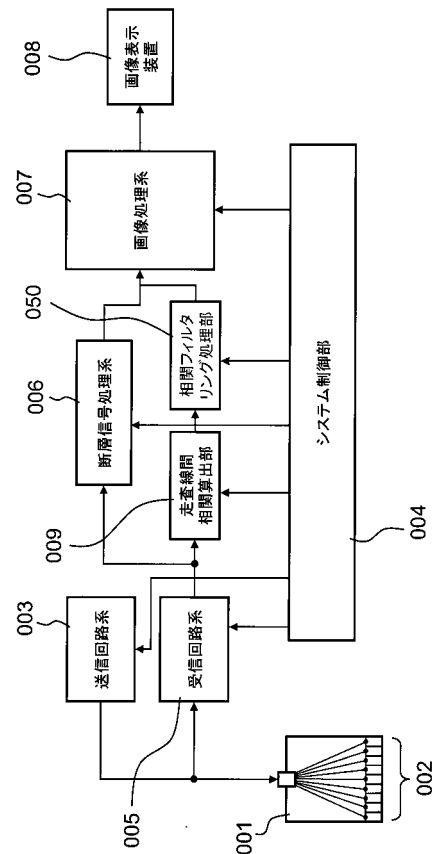
【図 1 2】



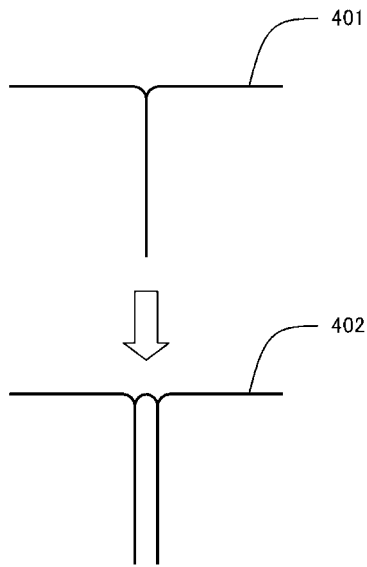
【図 1 3】



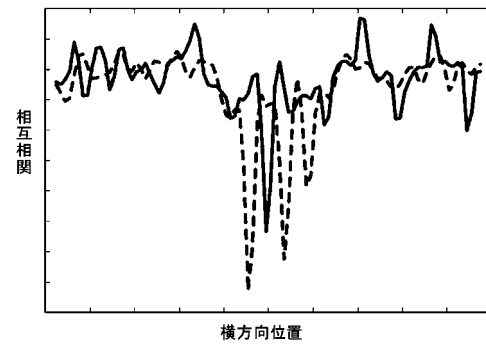
【図 1 4】



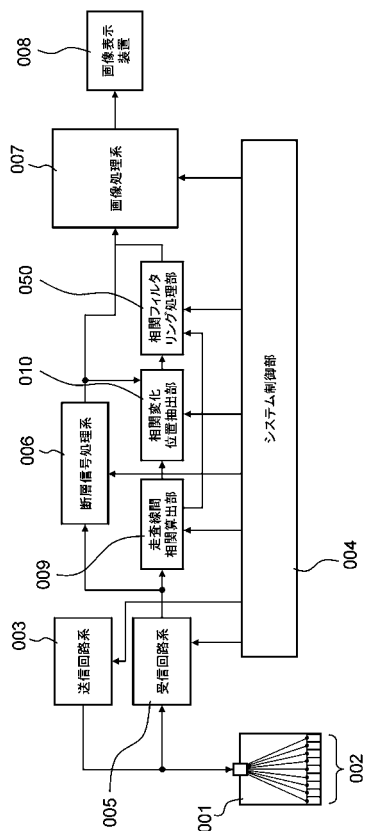
【図 15】



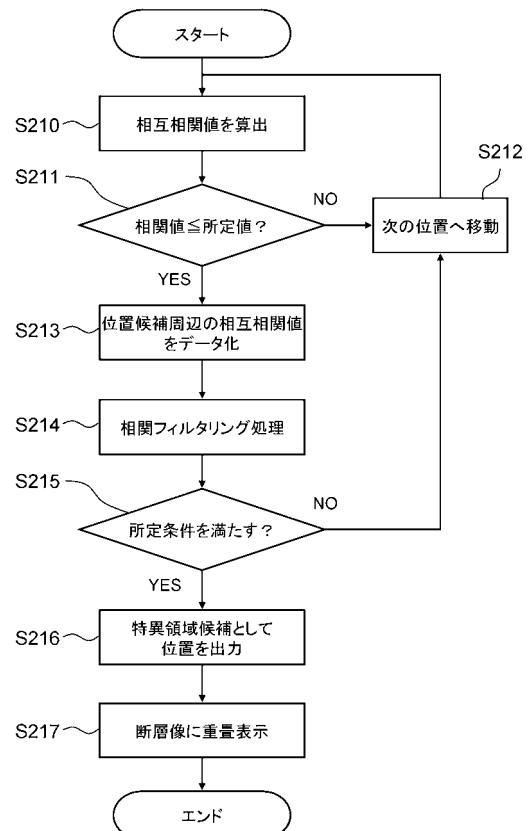
【図 16】



【図 17】



【図 18】



フロントページの続き

(74)代理人 100125357

弁理士 中村 剛

(74)代理人 100131392

弁理士 丹羽 武司

(72)発明者 瀧 宏文

京都府京都市左京区吉田本町 国立大学法人京都大学大学院情報学研究科内

(72)発明者 佐藤 亨

京都府京都市左京区吉田本町 国立大学法人京都大学大学院情報学研究科内

(72)発明者 長永 兼一

東京都大田区下丸子3丁目30番2号 キヤノン株式会社内

Fターム(参考) 4C601 DD18 EE09 JB42 JC05 JC37