

(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2018-175480

(P2018-175480A)

(43) 公開日 平成30年11月15日(2018.11.15)

(51) Int.Cl.
A61B 8/14 (2006.01)F I
A61B 8/14テーマコード (参考)
4C601

審査請求 未請求 請求項の数 5 O L (全 17 頁)

(21) 出願番号 特願2017-80474 (P2017-80474)
(22) 出願日 平成29年4月14日 (2017.4.14)(71) 出願人 000112602
フクダ電子株式会社
東京都文京区本郷3-39-4
(74) 代理人 100076428
弁理士 大塚 康德
(74) 代理人 100115071
弁理士 大塚 康弘
(74) 代理人 100112508
弁理士 高柳 司郎
(74) 代理人 100116894
弁理士 木村 秀二
(72) 発明者 呉 弘敏
東京都文京区本郷3丁目39番4号 フク
ダ電子株式会社内

最終頁に続く

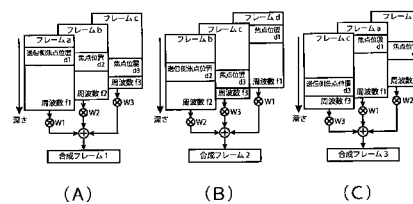
(54) 【発明の名称】 超音波診断装置

(57) 【要約】

【課題】従来の周波数コンパウンド法と比べハードウェア上の制約が少なく、ノイズが低減された断層像を生成して表示する。

【解決手段】被検体内に送信する超音波ビームの、順序づけられた予め定められた複数の周波数からなる周波数セットにしたがって周波数をフレームごとに変更し、かつ周波数の変更を上記の予め定められた複数ごとに循環させながら、超音波ビームによる被検体内の走査を繰り返し、受信信号に基づいて生成された時系列的なフレーム画像について、時系列的に並ぶ複数のフレーム画像のフレーム合成により、更に送信焦点位置や走査偏向角度も送受信周波数の変更と連動させ、複数フレーム間の重み付け平均化処理を繰り返すことで、送受信ビームのコンパウンド及び受信信号の複数帯域のフレーム間周波数コンパウンドができ、スペックルノイズやアーチファクト等のノイズが低減され、かつ複数の送信焦点の合成で分解能も高くなる断層像を表示する。

【選択図】 図7



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

被検体内を超音波ビームで走査しながら反射超音波を受信して受信信号を得、該受信信号に基づいて時系列的なフレーム画像を生成し、該フレーム画像由来の、被検体内の断層像を表示する超音波診断装置であって、

被検体内に送信する超音波ビームの、順序づけられた予め定められた複数の周波数からなる周波数セットにしたがって周波数をフレームごとに変更させ、かつ該周波数の変更を該複数ごとに循環させながら、超音波ビームによる被検体内の走査を繰り返させる走査制御部と、

前記受信信号に基づいて生成された時系列的なフレーム画像について、時系列的に並ぶ複数のフレーム画像の合成処理を順次に繰り返すフレーム合成部と、

前記フレーム合成部におけるフレーム合成処理後のフレーム画像からなる断層像を表示する表示部とを備えたことを特徴とする超音波診断装置。

【請求項 2】

前記周波数セットを構成する複数の周波数を調整自在に設定する設定部をさらに備えたことを特徴とする請求項 1 に記載の超音波診断装置。

【請求項 3】

前記走査制御部が、前記周波数セットに基づいて超音波の送受信周波数をフレームごとに変更させかつ該送受信周波数の変更を該複数ごとに循環させるとともに、フレームごとに、送受信周波数が高いほど、被検体内に送信する超音波ビームの送信側焦点位置を浅い送信側焦点位置に設定した超音波ビームで被検体内の走査を繰り返すことを特徴とする請求項 1 または 2 に記載の超音波診断装置。

【請求項 4】

前記フレーム合成部が、被検体内の深さ方向の減衰を補償する、被検体内の深さ方向の減衰超音波の送受信周波数に応じた重み付け関数による重み付けを行なうことを特徴とする請求項 1 から 3 のうちのいずれか 1 項に記載の超音波診断装置。

【請求項 5】

前記走査制御部が、走査偏向最大角度をフレームごとに変更させる制御を行なうものであって、前記周波数セットにしたがって超音波の送受信周波数が高いフレームほど小さな走査偏向最大角度に設定することを特徴とする請求項 1 から 4 のうちのいずれか 1 項に記載の超音波診断装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、被検体内を超音波ビームで走査しながら反射超音波を受信して受信信号を得、該受信信号に基づいて時系列的な複数のフレーム画像を生成し、該フレーム画像由来の、被検体内の断層像（いわゆる B モード像）を表示する超音波診断装置に関する。

【背景技術】

【0002】

上記の超音波診断装置が知られており（一例として特許文献 1 参照）、病院等で広く使用されている。

【0003】

この超音波診断装置における 1 つの重要なテーマは、如何にしてスペckルノイズやアーチファクト等のノイズの少ない断層像を生成して表示するか、という点である。

【0004】

スペckルノイズの低減に関しては、それを実現するための 1 つの技術として、いわゆる周波数コンパウンド法が知られている。この周波数コンパウンド法は、被検体内に送信される超音波ビームがパルス波であって、例えば中心周波数 f_0 が $f_0 = 3.5 \text{ MHz}$ の場合、その超音波ビームの周波数 f が $f = 2.0 \text{ MHz} \sim 5.0 \text{ MHz}$ 程度の範囲に広がっていることを利用し、受信側で、例えば $f = 2.0 \text{ MHz} \sim 3.5 \text{ MHz}$ の周波数帯域

10

20

30

40

50

と $f = 3.5 \text{ MHz} \sim 5.0 \text{ MHz}$ の周波数帯域とに分けて 2 帯域同時に受信し、各帯域ごとに生成された信号を互いに加算することでスペックルノイズを互いに打ち消させる技術である。

【0005】

しかしながら、この従来の周波数コンパウンド法は、この周波数コンパウンド法を採用しない場合と比べ、2 倍規模の回路を必要とし、ハードウェアの規模が大きくコスト高となる。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0006】

10

【特許文献 1】特開 2014-144113 号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0007】

本発明は、上記事情に鑑み、周波数コンパウンド法と比べハードウェア上の制約が少なく、スペックルノイズやアーチファクト等のノイズが低減された断層像を生成して表示することのできる超音波診断装置を提供することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0008】

20

上記目的を達成する本発明の超音波診断装置は、

被検体内を超音波ビームで走査しながら反射超音波を受信して受信信号を得、該受信信号に基づいて時系列的なフレーム画像を生成し、該フレーム画像由来の、被検体内の断層像を表示する超音波診断装置であって、

被検体内に送信する超音波ビームの、順序づけられた予め定められた複数の周波数からなる周波数セットにしたがって周波数をフレームごとに変更させ、かつ該周波数の変更を該複数ごとに循環させながら、超音波ビームによる被検体内の走査を繰り返させる走査制御部と、

前記受信信号に基づいて生成された時系列的なフレーム画像について、時系列的に並ぶ複数のフレーム画像の合成処理を順次に繰り返すフレーム合成部と、

前記フレーム合成部におけるフレーム合成処理後のフレーム画像からなる断層像を表示する表示部とを備えたことを特徴とする。

30

【0009】

本発明の超音波診断装置によれば、周波数の異なる複数通りの超音波の送受信により生成される複数の断層像をフレーム合成するため、スペックルノイズが低減された断層像を生成して表示することができる。

【0010】

また、本発明の超音波診断装置によれば、周波数の異なる複数通りの超音波の送受信により生成される複数の断層像をフレーム合成することにより、各超音波ビームの軸上では、複数の断層像におけるメインローブが重なって増強され、各超音波ビームの軸の両サイドのグレーチングローブは、異なる周波数で得られた断層像ごとに分布位置が異なるため平準化される。その結果、本発明の超音波診断装置によれば、コントラストの良い、かつアーチファクトも低減された断層像が生成されるという、従来の周波数コンパウンド法では得られない効果も得ることができる。

40

【0011】

ここで、本発明の超音波診断装置において、前記周波数セットを構成する複数の周波数を調整自在に設定する設定部をさらに備えることが好ましい。

【0012】

送受信される超音波の周波数を調整自在に設定することにより、今回の診察の目的に合うように周波数を調整するなど、その時々診察対象等に応じた設定が可能となる。

【0013】

50

また、本発明の超音波診断装置において、前記走査制御部が、前記周波数セットに基づいて超音波の送受信周波数をフレームごとに変更かつ該送受信周波数の変更を該複数ごとに循環させるとともに、フレームごとに、送受信周波数が高いほど、被検体内に送信する超音波ビームの送信側焦点位置を浅い送信側焦点位置に設定した超音波ビームで被検体内の走査を繰り返すことも好ましい態様である。

【0014】

超音波の周波数が高いほど、断層像の分解能を高めることができる。ただし、周波数が高い超音波は減衰が激しく、深い領域の診察には不向きである。そこで、超音波の送信周波数と送信側焦点位置とを連動させて、超音波の送信周波数が低いほど送信側焦点位置を深い側に設定し、超音波の送信周波数が高いほど送信側焦点位置を浅い側に設定することにより、深い領域のペンネトレーションが増強されて深い領域まで観察可能な断層像が得られ、また、浅い領域のアーチファクトが低減されて分解能も高められる。

10

【0015】

さらに、本発明の超音波診断装置において、前記フレーム合成部が、被検体内の深さ方向の減衰を補償する、被検体内の深さ方向の減衰超音波の送受信周波数に応じた重み付け関数による重み付けを行なうことも好ましい態様である。

【0016】

周波数の高い超音波は、周波数の低い超音波と比べ減衰が激しい。そこで、この減衰を補償する重み付けを行なうことにより、深い領域についても周波数コンパウンドの効果が高められる。

20

【0017】

さらに、本発明の超音波診断装置において、前記走査制御部が、走査偏向最大角度をフレームごとに変更させる制御を行なうものであって、前記周波数セットにしたがって超音波の送信周波数が高いフレームほど小さな走査偏向最大角度に設定することも好ましい態様の1つである。

【0018】

周波数が高い超音波の場合、周波数が低い超音波と比べ、走査偏向角度が大きいときのアーチファクトが大きい。そこで、超音波の送信周波数が高いフレームほど小さな走査偏向最大角度に設定することで、生成される断層像のアーチファクトが低減される。

【発明の効果】

30

【0019】

以上の本発明によれば、従来の周波数コンパウンド法と比べハードウェア上の制約が少なく、スペックルノイズやアーチファクト等のノイズが低減された断層像を生成して表示することのできる超音波診断装置が実現する。

【図面の簡単な説明】

【0020】

【図1】本発明の一実施形態としての超音波診断装置の構成を示すブロック図である。

【図2】周波数セットの第1例を示した図である。

【図3】断層像を表わす時系列的な複数のフレームのイメージ図である。

【図4】フレーム合成部におけるフレーム合成処理の説明図である。

40

【図5】周波数セットの第2例を示した図である。

【図6】断層像を表わす時系列的な複数のフレームのイメージ図である。

【図7】第2例におけるフレーム合成処理の説明図である。

【図8】送信側焦点位置についての重み付け関数を示した図である。

【図9】周波数セットの第3例を示した図である。

【図10】断層像を表わす時系列的な複数のフレームのイメージ図である。

【図11】第3例におけるフレーム合成処理の説明図である。

【図12】1回のフレーム合成処理に用いる7つのフレームを重ねて示した図である。

【発明を実施するための形態】

【0021】

50

以下、本発明の実施の形態について説明する。

【0022】

図1は、本発明の一実施形態としての超音波診断装置の構成を示すブロック図である。

【0023】

この図1に示す超音波診断装置100には、超音波探触子1が備えられている。この超音波探触子1は、着脱自在に交換され、生体30の診断部位や診断内容等に応じて、それに適した超音波探触子が用いられる。この超音波探触子1には、生体30の体表に当てられる側の先端に、圧電セラミックス等の振動子（図示せず）が配列されている。また、この超音波探触子1には、送信部2と受信部3が接続されている。

【0024】

送信部2には、送信の繰り返し周期（例えば4KHz）を与えるレートパルスが発生するパルス発生器が含まれている。この送信部2は、例えば64チャンネルの、パルスドライバ及び遅延回路を有する。パルスドライバは、レートパルスのタイミングで、設定された送信周波数（例えば2.5MHz）により定まる周期の振動パルスが発生し、超音波探触子1の振動子に印加する。遅延回路は超音波ビームを収束し、かつ指向性を与えるために各チャンネル毎のパルス発生タイミングに所定の遅延を与える。その結果、指向性を有する超音波ビームが生体30内にパルス状に送信される。このようにして、超音波探触子1から、レートパルス周期で、生体30内に延びる、例えば256本の走査線それぞれに沿う超音波ビームが順次送信されて、1フレーム分の走査が完了する。

【0025】

一方、生体30内の音響インピーダンスの不連続面で反射した超音波は超音波探触子1を介して受信部3でチャンネル毎に受信されて受信信号に変換される。受信部3は、プリアンプ、A/D変換回路、遅延回路、加算回路、直交検波回路、および振幅計算回路から構成されている。受信信号は、プリアンプで増幅され、A/D変換回路によりデジタルの受信信号に変換され、遅延回路により各チャンネル毎に所定の遅延が与えられて、加算回路により加算される。直交検波回路では、加算回路からの出力信号をベースバンド帯域の同相信号（I信号、I：In-phase）と直交信号（Q信号、Q：Quadrature-phase）に変換し、さらに振幅計算回路で振幅計算を行なう。これにより、各走査線1aについて順次に、超音波ビームが送信された方向からの反射超音波が受信される。受信部3から出力された受信信号は、フレームごとに順次に、フレームメモリ4に一旦格納される。そして、このフレームメモリ4に格納された所定フレーム数分の受信信号が読み出されて、フレーム合成部5においてフレーム合成処理が行われる。このフレーム合成部5におけるフレーム合成処理については、後述する。フレーム合成処理後の受信信号は対数圧縮部6で対数圧縮され、Bモード信号処理部7でBモード信号処理がなされる。

【0026】

Bモード信号処理部7から出力された受信信号はフレーム相関部8に入力される。このフレーム相関部8では、入力された現在のフレーム信号とその1つ前に入力されたフレーム信号との間で1次のIIRフィルタ処理が行われる。ただし、場合により、このフレーム相関部8での処理を省くことも可能である。フレーム相関部8からの出力信号はシネメモリ9に格納される。

【0027】

シネメモリ9に格納された受信信号は、更にデジタルスキャンコンバータ（DSC）10に入力される。このDSC10では、座標変換処理と直線補間処理により、各走査線1aごとの受信信号の、1フレーム分の集合が、表示部11の表示画面に表示するのに適した信号に変換される。このDSC10で信号変換により生成された、表示部11の表示画面に表示するのに適した信号は表示部11に入力され、その表示部11の表示画面上に、DSC10から送られてきた信号に基づく断層像が表示される。

【0028】

次に、フレーム合成部5、フレーム合成設定部51、および周波数設定部21について

10

20

30

40

50

説明する。

【0029】

フレーム合成設定部51では、1回のフレーム合成処理を行なうフレームの数が設定される。周波数設定部21では、フレーム合成設定部51において設定された1回のフレーム合成処理のフレームの数と同数の周波数からなる周波数セットが設定される。

【0030】

図2は、周波数セットの第1例を示した図である。

【0031】

ここでは、フレーム合成設定部51で1回のフレーム合成処理を行なうフレームの数が「3」と設定されたものとする。その場合、周波数セット22は、図2に示すように、3つの周波数から構成される。ここで、周波数 f_1 、 f_2 、 f_3 は、 $f_1 > f_2 > f_3$ であって、周波数 f_1 は、これら3つのうちの最も高い周波数であり、周波数 f_2 は、中程度の周波数であり、周波数 f_3 は、これら3つのうちの最も低い周波数である。これら3つの周波数 f_1 、 f_2 、 f_3 は、断層像内の浅い領域から深い領域に亘る全域を診察対象とするのに適切な値にプリセットされている。

【0032】

図3は、断層像を表わす時系列的な複数のフレームのイメージ図である。

【0033】

ここでは、超音波探触子1として、リニアスキャン用の超音波探触子が装着され、また走査制御部31によりリニアスキャンの制御が行われているものとする。ここで、リニアスキャンは、各走査線1a（各超音波ビームの進行方向）が互いに平行に延び、横方向にシフトしていく走査方式をいう。

【0034】

図3(a)～(f)は、時系列的に生成された各1フレーム分の受信信号を示している。ここでは、図3(a)～(f)に示す各1フレーム分の受信信号を、それぞれフレームa～フレームfと称する。

【0035】

フレームaの生成の際は、送信部2のパルス発生器では、図2に示す周波数セット22の1番目の周波数 f_1 の超音波が送信されるように、その周波数 f_1 に対応する周期の振動パルスを発生させる。また、ここでは、送信部2の遅延回路は、送信側焦点が図3に符号「d2」で示す、深さ方向ほぼ中央に位置するように、各チャンネルごとのパルス発生タイミングを調整する。フレームb以下の各フレームの生成の際も、送信側焦点位置はd2に固定されている。

【0036】

同様にして、フレームbの生成の際は、送信部2のパルス発生器では、図2に示す周波数セット22の2番目の周波数 f_2 に対応する周期の振動パルスを発生させ、フレームcの生成の際は、送信部2のパルス発生器では、図2に示す周波数セット22の3番目の周波数 f_3 に対応する周期の振動パルスを発生させる。さらに次のフレームdの生成の際は、送信部2のパルス発生器では、周波数セット22の先頭に戻り、周波数 f_1 に対応する周期の振動パルスを発生させる。すなわち、ここでは、周波数が循環的に f_1 、 f_2 、 f_3 となるように1フレームごとに振動パルスの周期を変更する。このようにして、この図3に示すフレームa～フレームfの6フレームだけでなく多数のフレームの生成を繰り返す。このようにして生成されたフレームa、b、c、・・・はフレームメモリ4に順次に格納される。このフレームメモリ4は、次に説明するフレーム合成処理の実行に支障がない程度のメモリ容量を有するが、フレームメモリ4が満杯になると、先に格納したフレームから順に上書きされる。

【0037】

図4は、フレーム合成部におけるフレーム合成処理の説明図である。

【0038】

ここに示す例では、フレーム合成設定部51において、1回の合成処理のフレーム数が

10

20

30

40

50

「3」に設定されている。そこで、フレーム合成設定部51では、まずは、図3に示す3つのフレームa～cについて各送受信周波数に対する重み関数FWの設定を行なう。すなわち、ここでは、3つのフレームa～cの互いに対応する点の信号値どうしが重み付け平均化され、その平均化された信号値がその点に対応づけられる。なお、各送信周波数ごとの重み関数FWは、深さ位置(i)の関数FW(i)であってもよい。詳細は後述する。

【0039】

3つのフレームa～cのフレーム合成処理が終了すると、次に、1つずれた3つのフレームb～dについてのフレーム合成処理が実行される。さらにその次は、さらに1つずれた3つのフレームc～eについてのフレーム合成処理が実行される。

【0040】

フレーム合成部5では、このようにして、3つずつのフレームについてのフレーム合成処理が順次に行なわれる。このフレーム合成処理により生成されるフレームは、f1, f2, f3の3つの周波数の受信信号の合成により得られた、スペckルノイズやアーチファクト等のノイズが効率よく低減された断層像である。

【0041】

フレーム合成部5を通過した後の処理については、前述した通りである。

【0042】

図5は、周波数セットの第2例を示した図である。

【0043】

前述の第1例と同様、この第2例においても、フレーム合成設定部51で1回のフレーム合成処理を行なうフレームの数が「3」と設定されたものとする。その場合、周波数セット22は、図2に示すように、3つの周波数から構成される。ここで、周波数f1, f2, f3は、 $f1 > f2 > f3$ であって、周波数f1は、これら3つのうちの最も高い周波数であり、周波数f2は、中程度の周波数であり、周波数f3は、これら3つのうちの最も低い周波数である。これら3つの周波数f1, f2, f3は、断層像内の浅い領域から深い領域までの全域を診察対象とするのに適切な値にプリセットされているが、例えば、No. 3の周波数f3に代えてf1を採用するなど、ユーザにより周波数を変更することもできる。

【0044】

また、この図5に示す周波数セット23には送信側の焦点位置d1, d2, d3のセットも記録されている。送信側の焦点位置d1, d2, d3は、 $d1 < d2 < d3$ である。すなわち、この周波数セット23に設定されている3つの周波数f1, f2, f3のうちの最も高い周波数f1には、3つの送信側焦点位置d1, d2, d3のうち生体30内の最も浅い位置にある送信側焦点位置d1が対応付けられている。また、中程度の周波数f2には、中程度の深さ位置にある送信側焦点位置d2が対応付けられ、最も低い周波数f3には、最も深い位置にある送信側焦点位置d3が対応付けられている。これは、周波数が高い方が高い分解能が得られるが、一方、周波数が高いと減衰が激しく、深い領域の画像を得るのが困難である、という理由による。これら3つの周波数f1, f2, f3および3つの送信側焦点位置d1, d2, d3は、断層像内の浅い領域から深い領域までの全域を診察対象とするのに適切な値にプリセットされているが、ユーザにより送信側焦点位置を変更することも可能である。

【0045】

図6は、断層像を表わす時系列的な複数のフレームのイメージ図である。

【0046】

ここでも、前述の第1例と同様、超音波探触子1として、リニアスキャン用の超音波探触子が装着され、また走査制御部31によりリニアスキャンの制御が行われているものとする。

【0047】

図6(a)～(f)は、時系列的に生成された各1フレーム分の受信信号を示している。ここでは、図6(a)～(f)に示す各1フレーム分の受信信号を、それぞれフレーム

10

20

30

40

50

a～フレーム f と称する。

【0048】

フレーム a の生成の際は、送信部 2 のパルス発生器は、図 5 に示す周波数セット 2 3 の 1 番目の周波数 f 1 に対応する周期の振動パルスを発生させる。また、これとともに、送信部 2 の遅延回路では、図 5 に示す周波数セット 2 3 の 1 番目の送信側焦点位置 d 1 となるように、各チャンネルごとのパルス発生タイミングを調整する。同様にして、フレーム b の生成の際は、送信部 2 のパルス発生器で、周波数セット 2 3 の 2 番目の周波数 f 2 に対応する周期の振動パルスを発生させるとともに、送信部 2 の遅延回路では、周波数セット 2 3 の 2 番目の送信側焦点位置 d 2 となるように調整し、フレーム c の生成の際は、周波数セット 2 3 の 3 番目の周波数 f 3 に対応する周期の振動パルスを発生させるとともに、送信部 2 の遅延回路では、周波数セット 2 3 の 3 番目の送信側焦点位置 d 3 となるように調整する。さらに次のフレーム d の生成の際は、周波数セット 2 3 の先頭に戻り、送信部 2 のパルス発生器で、周波数セット 2 3 の 1 番目の周波数 f 1 に対応する周期の振動パルスを発生させるとともに、送信部 2 の遅延回路では、送信側焦点位置 d 1 となるように調整する。すなわち、ここでは、超音波の周波数が循環的に f 1, f 2, f 3 となるように周期が異なる振動パルスを発生させ、かつ、送信側焦点位置が循環的に d 1, d 2, d 3 となるように 1 フレームごとに送信遅延パターンを変更する。このようにして、この図 6 に示すフレーム a～フレーム f の 6 フレームだけでなく多数のフレームの生成を繰り返す。このようにして生成されたフレーム a, b, c, … はフレームメモリ 4 に順次格納される。このフレームメモリ 4 は、次に説明するフレーム合成処理の実行に支障がない程度のメモリ容量を有するが、フレームメモリ 4 が満杯になると、先に格納したフレームから順に上書きされる。

【0049】

図 7 は、第 2 例におけるフレーム合成処理の説明図である。

【0050】

ここに示す第 2 例においても、フレーム合成設定部 5 1 において、1 回の合成処理のフレーム数が「3」に設定されている。そこで、フレーム合成部 5 では、先ずは、図 6 に示す 3 つのフレーム a～c についてフレーム合成処理を行なう。すなわち、ここでは、3 つのフレーム a～c の互いに対応する点の信号値どうしが重み付け平均化され、その平均化された信号値がその点に対応づけられる。

【0051】

ただし、ここでのフレーム合成処理にあたっては、送信周波数に対する重み付け FW と送信側焦点位置に対する重み付け DW との 2 種類の重み付けが採用される。FW と DW とともに深さ (i) の関数とする。

【0052】

図 8 は、送信側焦点位置についての重み付け関数を示した図である。

【0053】

送信側焦点位置についての重み付け関数 DW に関し、フレーム a については、送信側焦点位置 d 1 の近傍領域 D 1 について、送信側焦点位置 d 1 から離れた他の領域 D 2, D 3 と比べ重みを増した重み付けをする。ここでは一例として、領域 D 1 内の各点 (i) の信号値を 3 倍にする。これに対し、他の領域 D 2, D 3 内の各点 (i) については、その点の信号値の 3 倍から線形的に低減されて、深さ方向の重み関数 DW 1 (i) とする。これと同様に、フレーム b については、送信側焦点位置 d 2 の近傍領域 D 2 について、送信側焦点位置 d 2 から離れた他の領域 D 1, D 3 と比べ重みを増した重み付けをする。ここでは一例として、領域 D 2 内の各点 (i) の信号値を 3 倍にする。これに対し、他の領域 D 1, D 3 内の各点 (i) については、その重みが 3 から線形的に低減され、深さ方向の関数 DW 2 (i) とする。さらに、フレーム c については、送信側焦点位置 d 3 の近傍領域 D 3 について、送信側焦点位置 d 3 から離れた他の領域 D 1, D 2 と比べ重みを増した重み付けをする。ここでは一例として、領域 D 3 内の各点 (i) の信号値を 3 倍にする。これに対し、他の領域 D 1, D 2 内の各点 (i) については、その重みが 3 から線形的に低

減され、深さ方向の関数 $DW3(i)$ とする。

【0054】

また、周波数についての重み付け関数は、各周波数 $f1$ 、 $f2$ 、 $f3$ ご深さ (i) に対する減衰が補償されるように、各周波数 $f1$ 、 $f2$ 、 $f3$ ごとの関数形が決定される。ここでは、各周波数 $f1$ 、 $f2$ 、 $f3$ ごとの関数形を、それぞれ $FW1(i)$ 、 $FW2(i)$ 、 $FW3(i)$ とする。

【0055】

具体的には、3つのフレーム $a \sim c$ の互いに対応する点の信号値を $Sa(i)$ 、 $Sb(i)$ 、 $Sc(i)$ としたとき、

平均値 $S(i) = (Sa(i) \times DW1(i) \times FW1(i) + Sb(i) \times DW2(i) \times FW2(i) + Sc(i) \times DW3(i) \times FW3(i)) / (DW1(i) \times FW1(i) + DW2(i) \times FW2(i) + DW3(i) \times FW3(i))$ 10

により、平均値 $S(i)$ が算出されて、その点 (i) に対応づけられる。

【0056】

3つのフレーム $a \sim c$ のフレーム合成処理が終了すると、次に、1つずれた3つのフレーム $b \sim d$ のフレーム合成処理が実行される。フレーム b 、 c についての重み付けは上記の通りであり、フレーム d についての重み付けは、フレーム a についての重み付けと同じである。さらにその次は、さらに1つずれた3つのフレーム $c \sim e$ のフレーム合成処理が実行される。フレーム c 、 d についての重み付けは上記の通りであり、フレーム e についての重み付けは、フレーム b についての重み付けと同じである。また、フレーム f についての重み付けは、フレーム c についての重み付けと同じである。 20

【0057】

このようにして、3つずつのフレームのフレーム合成処理を順次に行う。このフレーム合成処理により生成されるフレームは、3通りの周波数 $f1$ 、 $f2$ 、 $f3$ の3フレームを合成したフレームであり、スペckルノイズやアーチファクトが低減され、かつ、 $d1$ 、 $d2$ 、 $d3$ の3つの送信側焦点位置に焦点を結び、断層像内の浅い領域について分解能が高く、深い領域についてペンネトレーションが増強された断層像となる。

【0058】

フレーム合成処理部5を通過した後の処理については、前述した通りである。

【0059】

図9は、周波数セットの第3例を示した図である。 30

【0060】

ここでは、フレーム合成設定部51で1回の合成処理を行なうフレームの数が「7」に設定されたものとする。その場合、図9に示すように、周波数セット24は、重複を許容する7つの周波数から構成される。図2、図5の場合と同様、ここでも、周波数 $f1$ 、 $f2$ 、 $f3$ は、 $f1 > f2 > f3$ であって、周波数 $f1$ は、これら3つのうちの最も高い周波数であり、周波数 $f2$ は、中程度の周波数であり、周波数 $f3$ は、これら3つのうちの最も低い周波数である。これら3つの周波数 $f1$ 、 $f2$ 、 $f3$ は、断層像全域を診察対象とするのに適切な値にプリセットされている。

【0061】

ここで、この図9に示す周波数セット24には、 $f1$ が2回、 $f2$ が3回、 $f3$ が2回、出現している。すなわち、ここに示した例は、中程度の周波数の断層像にやや重きを置いた設定になっている。 40

【0062】

また、この図9に示す周波数セット24には送信側の焦点位置 $d1$ 、 $d2$ 、 $d3$ のセットも記録されている。送信側の焦点位置 $d1$ 、 $d2$ 、 $d3$ は、 $d1 < d2 < d3$ である。すなわち、この周波数セット24に設定されている3つの周波数 $f1$ 、 $f2$ 、 $f3$ のうちの最も高い周波数 $f1$ には、3つの送信側焦点位置 $d1$ 、 $d2$ 、 $d3$ のうち生体30内の最も浅い位置にある送信側焦点位置 $d1$ が対応付けられている。また、中程度の周波数 $f2$ には、中程度の深さ位置にある送信側焦点位置 $d2$ が対応付けられ、最も低い周波数 f 50

3には、最も深い位置にある送信側焦点位置 d_3 が対応付けられている。これは、周波数が高い方が高い分解能が得られるが、一方、周波数が高いと減衰が激しく、深い領域の画像を得るのが困難である、という理由による。これら3つの周波数 f_1 、 f_2 、 f_3 および3つの送信側焦点位置 d_1 、 d_2 、 d_3 は、断層像全域を診察対象とするのに適切な値にプリセットされている。

【0063】

図10は、断層像を表わす時系列的な複数のフレームのイメージ図である。

【0064】

ここでは、走査制御部31により、各フレームの走査偏向角度が異なる空間コンパウンド法というフレーム合成法を実現する制御が行なわれているものとする。

10

【0065】

ここで、空間コンパウンド法とは、超音波ビームの走査偏向角度をフレーム間で循環的に切り替えながら時系列的に並んだフレームを順次合成する技術をいう。この空間コンパウンド法は、骨などの硬い組織の裏に隠れて真上からでは断層像上に現れない組織の診察などに利用される。ここでは、この空間コンパウンド法に、超音波の周波数を循環的に変更し、かつ送信側焦点位置を順次複数個所に設定するという本実施形態の特徴を組み合わせた例について説明する。

【0066】

図10(a)～(n)は、時系列的に生成された各1フレーム分の受信信号を示している。ここでは、図10(a)～(n)に示す各1フレーム分の受信信号を、それぞれフレームa～フレームnと称する。ここで、図面のスペースの関係上、図10(h)～(n)が小さく示されているが、図10(h)～(n)は、図10(a)～(g)とそれぞれ同じ内容を表現した図である。

20

【0067】

フレームaの生成の際は、左端の走査線1aが 15° 傾くように超音波ビームが生成される。右端の走査線1aは垂直(0°)である。左右の中間の走査線1aは、ここに示す例の場合、左端から右端に向かって $15^\circ \sim 0^\circ$ に徐々に変化するように各走査線1aの傾きが調整される。また、このフレームaの生成の際は、図9に示す周波数セット24の1番目の周波数 f_3 の超音波パルスが送信され、また、その周波数セット24の1番目の送信側焦点位置 d_3 となるように、各チャンネルごとのパルス発生タイミングが調整される。

30

【0068】

また、次のフレームbの生成の際は、左端の走査線1aが 10° 傾くように超音波ビームが生成される。右端の走査線1aは垂直(0°)である。ここに示す例の場合、左右の中間の走査線1aは、左端から右端に向かって $10^\circ \sim 0^\circ$ に徐々に変化するように各走査線1aの傾きが調整される。また、このフレームbの生成の際は、図9に示す周波数セット24の2番目の周波数 f_2 の超音波パルスが送信され、また、その周波数セット24の2番目の送信側焦点位置 d_2 となるように、各チャンネルごとのパルス発生タイミングが調整される。

【0069】

さらに、次のフレームcの生成の際は、左端の走査線1aが 5° 傾くように超音波ビームが生成される。右端の走査線1aは垂直(0°)である。ここに示す例の場合、左右の中間の走査線1aは、左端から右端に向かって $5^\circ \sim 0^\circ$ に徐々に変化するように各走査線1aの傾きが調整される。また、このフレームcの生成の際は、図9に示す周波数セット24の3番目の周波数 f_1 の超音波パルスが送信され、また、その周波数セット24の3番目の送信側焦点位置 d_1 となるように、各チャンネルごとのパルス発生タイミングが調整される。

40

【0070】

さらに次のフレームdの生成の際は、全ての走査線1aが垂直(0°)となるように超音波ビームが生成される。また、このフレームdの生成の際は、図9に示す周波数セット

50

24の4番目の周波数 f_2 の超音波パルスが送信され、また、その周波数セット24の4番目の送信側焦点位置 d_2 となるように、各チャンネルごとのパルス発生タイミングが調整される。

【0071】

さらに次のフレームeの生成の際は、左端の走査線1aは垂直(0°)であり、右端の走査線1aが 5° 傾くように超音波ビームが生成される。ここに示す例の場合、左右の中間の走査線1aは、左端から右端に向かって $0^\circ \sim 5^\circ$ に徐々に変化するように各走査線1aの傾きが調整される。また、このフレームeの生成の際は、図9に示す周波数セット24の5番目の周波数 f_1 の超音波パルスが送信され、また、その周波数セット24の5番目の送信側焦点位置 d_1 となるように、各チャンネルごとのパルス発生タイミングが調整される。

10

【0072】

さらに次のフレームfの生成の際は、左端の走査線1aは垂直(0°)であり、右端の走査線1aが 10° 傾くように超音波ビームが生成される。ここに示す例の場合、左右の中間の走査線1aは、左端から右端に向かって $0^\circ \sim 10^\circ$ に徐々に変化するように各走査線1aの傾きが調整される。また、このフレームfの生成の際は、図9に示す周波数セット24の6番目の周波数 f_2 の超音波パルスが送信され、また、その周波数セット24の6番目の送信側焦点位置 d_2 となるように、各チャンネルごとのパルス発生タイミングが調整される。

【0073】

20

さらに次のフレームgの生成の際は、左端の走査線1aは垂直(0°)であり、右端の走査線1aが 15° 傾くように超音波ビームが生成される。ここに示す例の場合、左右の中間の走査線1aは、左端から右端に向かって $0^\circ \sim 15^\circ$ に徐々に変化するように各走査線1aの傾きが調整される。また、このフレームgの生成の際は、図9に示す周波数セット24の7番目の周波数 f_3 の超音波パルスが送信され、また、その周波数セット24の7番目の送信側焦点位置 d_3 となるように、各チャンネルごとのパルス発生タイミングが調整される。

【0074】

さらに次のフレームhの生成の際は、送信部2の遅延回路では、周波数セット24の先頭に戻り、周波数 f_3 かつ送信側焦点位置 d_3 となるように調整する。すなわち、ここでは、周波数および送信側焦点位置が、 $(f_3, d_3) \rightarrow (f_2, d_2) \rightarrow (f_1, d_1) \rightarrow (f_2, d_2) \rightarrow (f_1, d_1) \rightarrow (f_2, d_2) \rightarrow (f_3, d_3)$ のパターンを循環的に繰り返すように、1フレームごとに周波数および送信遅延パターンが変更される。このようにして、この図10に示すフレームa～フレームnの14フレームだけでなく多数のフレームの生成を繰り返す。このようにして生成されたフレームa, b, c, ...はフレームメモリ4に順次に格納される。このフレームメモリ4は、次に説明する移動平均処理の実行に支障ががなない程度のメモリ容量を有するが、フレームメモリ5が満杯になると、先に格納したフレームから順に上書きされる。

30

【0075】

図11は、第3例におけるフレーム合成処理の説明図である。

40

【0076】

ここに示す第3例では、フレーム合成設定部51において、1回の平均処理のフレーム数が「7」に設定されている。そこで、フレーム合成部6では、まずは、7つのフレームa～gについて合成処理が行なわれる。すなわち、ここでは、7つのフレームa～gの互に対応する点の信号値どうしが合成され、その合成された信号値がその点に対応づけられる。ただし、ここに示した第3例の場合、走査線1aの傾きが各フレームごとに異なっているため、走査偏向最大角度に対する重み付け関数AWが定義され、前記した各周波数に対する重み付け関数FWおよび各送信側焦点位置に対する重み付け関数DWと掛け合わされてフレーム合成処理が行われる。

【0077】

50

フレーム a については、送信側焦点位置 d 3 の近傍領域 D 3 について、送信側焦点位置 d 3 から離れた他の領域 D 1, D 2 と比べ重みを増した重み付け DW 3 とする。また、このフレーム a は、走査偏向角度 15° であるため、走査偏向角度 10°、5° 及び 0° と比べ重みが一番小さい AW 15 とする。さらに、フレーム a の周波数は f 3 であるため、その周波数 f 3 に対応する重み付け関数 FW 3 を採用する。これと同様に、フレーム b については、送信側焦点位置 d 2 の近傍領域 D 2 について、送信側焦点位置 d 2 から離れた他の領域 D 1, D 3 と比べ重みを増した重み付け DW 2 とする。また、このフレーム b は、走査偏向角度 10° であるため、走査偏向角度 15° と比べ重みを増した AW 10 とする。さらに、フレーム b の周波数は f 2 であるため、その周波数 f 2 に対応する重み付け関数 FW 2 を採用する。同様にして、フレーム c については、送信側焦点位置 d 1 の近傍領域 D 1 について、送信側焦点位置 d 1 から離れた他の領域 D 2, D 3 と比べ重みを増した重み付け DW 1 とする。また、このフレーム c は、走査偏向角度 5° であるため、走査偏向角度 10° と比べ重みを増した AW 5 とする。さらに、フレーム c の周波数は f 1 であるため、その周波数 f 1 に対応する重み付け関数 FW 1 を採用する。同様にして、フレーム d については、送信側焦点位置 d 2 の近傍領域 D 2 について、送信側焦点位置 d 2 から離れた他の領域 D 1, D 3 と比べ重みを増した重み付け DW 2 とする。また、走査偏向角度 0° であるから、走査偏向角度 5° と比べ重みを増した AW 0 とする。さらに、周波数 f 2 に対応する FW 2 とする。フレーム e ~ n についても同様である。

【0078】

具体的には、7つのフレーム a ~ g の互いに対応する点 (i) の信号値を $S_a(i)$, $S_b(i)$, ..., $S_g(i)$ としたとき、

$$\begin{aligned} \text{平均値 } S(i) = & (S_a(i) \times DW_3(i) \times AW_{15} \times FW_3(i) + S_b(i) \times DW_2(i) \times AW_{10} \times FW_2(i) + S_c(i) \times DW_1(i) \times AW_5 \times FW_1(i) \\ & + S_d(i) \times DW_2(i) \times AW_0 \times FW_2(i) + S_e(i) \times DW_1(i) \times AW_5 \times FW_1(i) + S_f(i) \times DW_2(i) \times AW_{10} \times FW_2(i) + S_g(i) \times DW_3(i) \times AW_{15} \times FW_3(i) \\ & \div (2 \times DW_3(i) \times AW_{15} \times FW_3(i) + 2 \times DW_2(i) \times AW_{10} \times FW_2(i) + 2 \times DW_1(i) \times AW_5 \times FW_1(i) + DW_2(i) \times AW_0 \times FW_2(i))) \end{aligned}$$

により、平均値 $S(i)$ が算出されて、その点 (i) に対応づけられる。

【0079】

なお、ここでは、重み付け関数 AW はフレームごとに固定値としたが、重み付け関数 AW についても走査偏向最大角度の関数であるとともに深さ位置 (i) の関数としてもよい。

【0080】

図 12 は、1 回のフレーム合成処理に用いる 7 つのフレームを重ねて示した図である。

【0081】

ここでは、図 10 に示したように、各フレームごとに走査の領域が異なっている。そこで、フレーム合成処理にあたっては、フレーム a ~ g の共通の領域が抽出される。すなわち、この図 12 に一点鎖線で示した領域が切り捨てられて実線で示した矩形の領域が抽出される。

【0082】

図 11 に戻って説明を続ける。

【0083】

最初の 7 つのフレーム a ~ g のフレーム合成処理が終了すると、次に、1 つずれた 7 つのフレーム b ~ h のフレーム合成処理が実行される。フレーム b ~ g についての重み付けは上記の通りであり、フレーム h についての重み付けは、フレーム a についての重み付けと同じである。さらにその次は、さらに 1 つずれた 7 つのフレーム c ~ i のフレーム合成処理が実行される。フレーム c ~ h についての重み付けは上記の通りであり、フレーム i についての重み付けは、フレーム b についての重み付けと同じである。また、フレーム j ~ n についての重み付けは、フレーム c ~ g についての重み付けとそれぞれ同じである。

【0084】

このようにして、1回につき7つのフレームのフレーム合成処理を順次に行う。

【0085】

このフレーム合成処理により生成されるフレームは、3通りの周波数 f_1 、 f_2 、 f_3 からなる7つのフレームを合成したフレームであり、断層像上のスペckルノイズやアーチファクトが相殺されてノイズが低減し、かつ、 d_1 、 d_2 、 d_3 の3つの送信側焦点位置に焦点を結んだ、断層像全域に亘って高分解能な断層像となる。

【0086】

フレーム合成部5を通過した後の処理については、前述した通りである。

【0087】

なお、ここでは、1回のフレーム合成処理を行なうフレーム数が3フレームの例と7フレームの例を示したが、1回のフレーム合成処理を行なうフレーム数は、これらのフレーム数に限られるものではなく、必要に照らした任意の複数であってもよい。また、ここでは3通りの周波数、3つの送信側焦点位置 d_1 、 d_2 、 d_3 、および走査偏向角度 15° 、 10° 、 5° 、 0° 、 -5° 、 -10° 、 -15° の例について説明したが、これらも必要に照らした任意の複数であってもよい。ただし、送信周波数、送信側焦点位置、および走査偏向角度の数は、1回のフレーム合成処理を行なうフレーム数と同数かそれ以下の数に限られることになる。

【0088】

また、ここでは、図1に示すように、フレーム合成部5を、対数圧縮部6の前に置いた例について説明したが、フレーム合成部5は、必ずしもここに置く必要はなく、対数圧縮部6よりも後段の位置に置いてもよい。

【符号の説明】

【0089】

- 1 超音波探触子
- 1 a 走査線
- 2 送信部
- 2 1 周波数設定部
- 3 受信部
- 3 1 走査制御部
- 4 フレームメモリ
- 5 フレーム合成部
- 5 1 フレーム合成設定部
- 6 対数圧縮部
- 7 Bモード信号処理部
- 8 フレーム相関部
- 9 シネメモリ
- 10 デジタルスキャンコンバータ(DSC)
- 11 表示部
- 30 生体
- 100 超音波診断装置

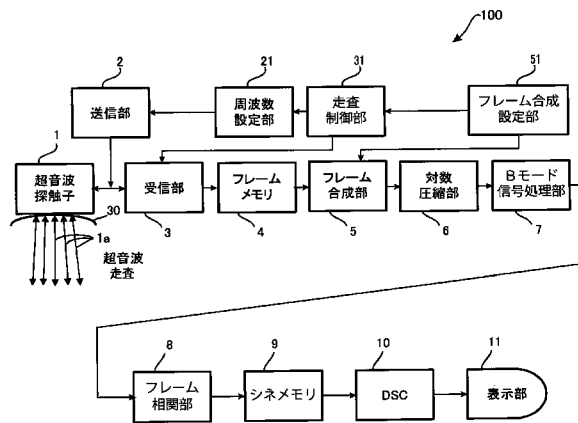
10

20

30

40

【図 1】

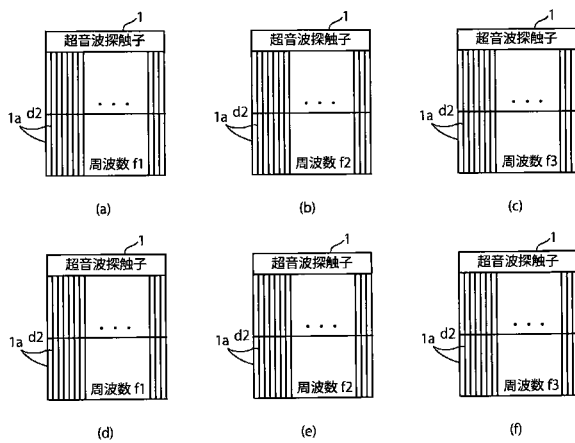


【図 2】

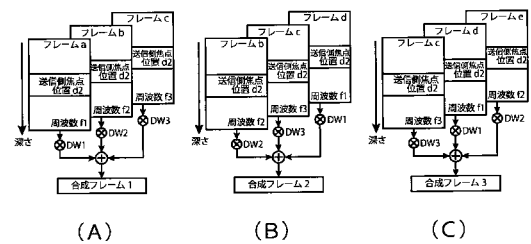
22

No.	周波数
1	f 1
2	f 2
3	f 3

【図 3】



【図 4】

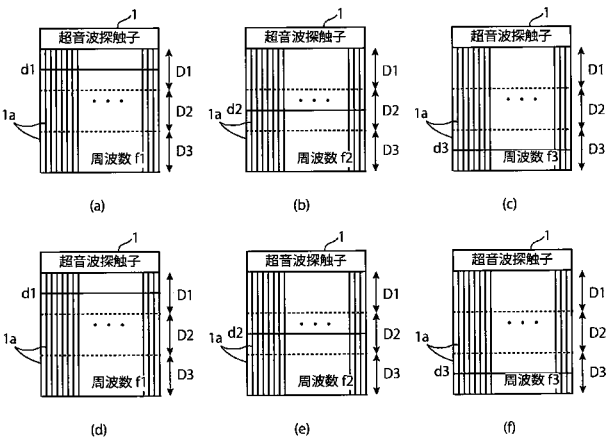


【図 5】

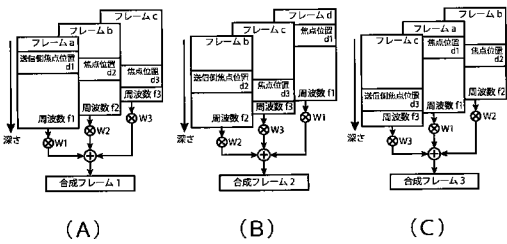
23

No.	周波数	送信側焦点位置
1	f 1	d 1
2	f 2	d 2
3	f 3	d 3

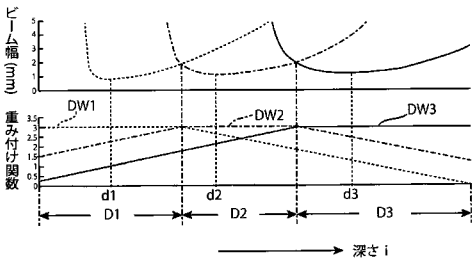
【図 6】



【図 7】



【図 8】

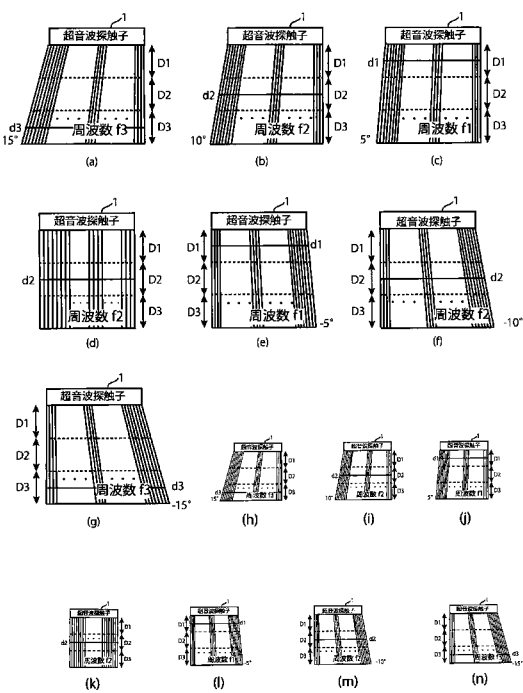


【図 9】

24

No.	送信側焦点位置	超音波周波数	走査偏向角度
1	d 3	f 3	15°
2	d 2	f 2	10°
3	d 1	f 1	5°
4	d 2	f 2	0°
5	d 1	f 1	-5°
6	d 2	f 2	-10°
7	d 3	f 3	-15°

【図 1 0】

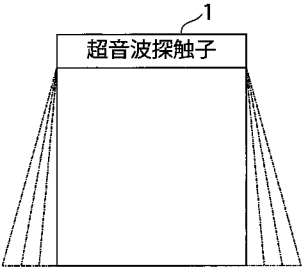


【図 1 1】



フレーム	焦点位置	周波数	走査偏向角度	重み関数
a	d 3	f 3	15°	DW3, FW3, AW15
b	d 2	f 2	10°	DW2, FW2, AW10
c	d 1	f 1	5°	DW1, FW1, AW5
d	d 2	f 2	0°	DW2, FW2, AW0
e	d 1	f 1	-5°	DW1, FW1, AW5
f	d 2	f 2	-10°	DW2, FW2, AW10
g	d 3	f 3	-15°	DW3, FW3, AW15
h	d 3	f 3	15°	DW3, FW3, AW15
i	d 2	f 2	10°	DW2, FW2, AW10
j	d 1	f 1	5°	DW1, FW1, AW5
k	d 2	f 2	0°	DW2, FW2, AW0
l	d 1	f 1	-5°	DW1, FW1, AW5
m	d 2	f 2	-10°	DW2, FW2, AW10
n	d 3	f 3	-15°	DW3, FW3, AW15
⋮				
⋮				
⋮				

【図 1 2】



フロントページの続き

(72)発明者 廣岡 衛

東京都文京区本郷3丁目3番4号 フクダ電子株式会社内

(72)発明者 倉島 寛行

東京都文京区本郷3丁目3番4号 フクダ電子株式会社内

Fターム(参考) 4C601 EE04 GB03 HH14 HH23 HH24 JC04 JC17 JC22

专利名称(译)	超声诊断设备		
公开(公告)号	JP2018175480A	公开(公告)日	2018-11-15
申请号	JP2017080474	申请日	2017-04-14
[标]申请(专利权)人(译)	福田电子株式会社		
申请(专利权)人(译)	福田电子株式会社		
[标]发明人	呉弘敏 廣岡衛 倉島寛行		
发明人	呉 弘敏 廣岡 衛 倉島 寛行		
IPC分类号	A61B8/14		
FI分类号	A61B8/14		
F-TERM分类号	4C601/EE04 4C601/GB03 4C601/HH14 4C601/HH23 4C601/HH24 4C601/JC04 4C601/JC17 4C601/JC22		
代理人(译)	大冢康弘		
外部链接	Espacenet		

摘要(译)

要解决的问题：与传统的频率复合方法相比，生成和显示具有较少硬件约束和降低噪声的断层图像。解决方案：超声诊断设备根据由要发送到对象中的超声波束的多个有序预定频率组成的频率组来改变每帧的频率，并将频率改变为预定的频率。在每多次重复的同时，重复通过超声波束在对象内扫描，并且基于接收的信号对于生成的时间序列帧图像，通过组合多个按时间顺序排列的帧图像的帧，发送焦点位置和扫描偏转角度与发送/接收频率的变化和加权平均相关联。通过重复该过程，发送/接收波束的复合和接收信号的多个波段的帧形成频率断层图像，减少诸如斑点噪声和伪像的噪声，并且通过组合多个发送焦点来获得具有高分辨率的断层图像。

