

(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2004-154567  
(P2004-154567A)

(43) 公開日 平成16年6月3日(2004.6.3)

(51) Int. Cl. <sup>7</sup>	F I	テーマコード (参考)
A 6 1 B 8/00	A 6 1 B 8/00	4 C 6 0 1
G 0 6 T 1/00	G 0 6 T 1/00 2 9 0 D	5 B 0 5 7
G 0 6 T 3/00	G 0 6 T 3/00 3 0 0	

審査請求 未請求 請求項の数 20 O L (全 22 頁)

(21) 出願番号	特願2003-353360 (P2003-353360)	(71) 出願人	000005821 松下電器産業株式会社 大阪府門真市大字門真1006番地
(22) 出願日	平成15年10月14日 (2003.10.14)	(74) 代理人	100109210 弁理士 新居 広守
(31) 優先権主張番号	特願2002-300397 (P2002-300397)	(72) 発明者	大宮 淳 大阪府門真市大字門真1006番地 松下電器産業株式会社内
(32) 優先日	平成14年10月15日 (2002.10.15)	Fターム(参考)	4C601 BB02 BB07 BB27 DE09 EE04 GB04 HH16 HH31 HH35 JB31 JB39 JB40 JB45 JB48 JB50 JB55 JC04 JC21 KK44 LL04 5B057 AA07 BA05 CA08 CA11 CA16 CB08 CB11 CB16 CE08
(33) 優先権主張国	日本国 (JP)		

(54) 【発明の名称】 画像処理装置、方法およびプログラム

(57) 【要約】

【課題】 スペックルノイズを除去する画像処理装置を提供する。

【解決手段】 超音波プローブから複数のステア角度(例えば 1、 2、 3とする)で超音波を送信し、対象物からの反射信号に基づいて画像を生成する画像処理装置であって、ステア角度 1、 2、 3毎に、反射信号のうち指定された周波数帯域の信号に基づいて画像を生成する画像生成部 104 と、生成されたステア角度毎の画像を合成して合成画像を得る画像合成部 106 と、ステア角度のうち少なくとも2つのステア角度について異なる周波数帯域を指定する周波数帯域選択部 105 とを備える。

【選択図】 図 5

no.	$\theta 1$	$\theta 2$	$\theta 3$
1	-5°	0°	5°
2	-10°	0°	10°
3	-15°	0°	15°
⋮	⋮	⋮	⋮

T1  
ポインタP

## 【特許請求の範囲】

## 【請求項 1】

超音波プローブから超音波を送信し、対象物からの反射波から生成される反射信号に基づいて画像を生成する画像処理装置であって、

反射信号における少なくとも 2 つの周波数帯域を指定する指定手段と、

反射信号のうち指定された周波数帯域の信号に基づいて周波数帯域毎に画像を生成する生成手段と、

生成された周波数帯域毎の画像を合成する合成手段と

を備えることを特徴とする画像処理装置。

## 【請求項 2】

前記合成手段は、生成手段によって周波数帯域毎に生成された画像の個数を  $M$ 、各画像の画素数を  $N$ 、生成された画像のうち  $m$  番目の画像の  $i$  番目の画素値を  $f_{m(i)}$ 、 $f_{m(i)}$  が取りうる値を超えない値を  $S$  として、合成画像の  $i$  番目の画素値  $f_{g(i)}$  を (式 1) に示す画素値演算に従って合成することを特徴とする請求項 1 記載の画像処理装置。

(式 1)  $f_{g(i)} = S - M / ( ( 1 / ( S - f_{0(i)} ) ) + ( 1 / ( S - f_{1(i)} ) ) + \dots + ( 1 / ( S - f_{(M-1)(i)} ) ) )$

## 【請求項 3】

前記画像処理装置はさらに

生成手段によって生成された複数の画像に基づいて輪郭を含む第 1 の領域と、それ以外の領域とを判別する領域判別手段を備え、

前記合成手段は、生成手段により生成された複数の画像に対して第 1 の領域内の画素については第 1 の合成演算を、第 1 の領域以外の領域内の画素については第 1 の合成演算とは異なる演算を行うことを特徴とする請求項 1 記載の画像処理装置。

## 【請求項 4】

前記領域判別手段は、

生成手段によって生成された各画像について画素単位に閾値判定を行う閾値判定手段と

前記画像毎の閾値判定の結果の論理和をとることにより第 1 の領域とそれ以外の領域の分布を示す領域データを生成する領域データ生成手段と

を備えることを特徴とする請求項 3 記載の画像処理装置。

## 【請求項 5】

前記閾値判定手段は、輪郭近辺の画素の取りうる値の限界を閾値として閾値判定を行うことを特徴とする請求項 4 記載の画像処理装置。

## 【請求項 6】

前記合成手段は、

第 1 ~ 第 4 の演算部のうち少なくとも 2 つの演算部と、

第 1 の領域内の画素については前記第 1 の合成演算として一の演算部を、第 1 の領域以外の領域内の画素については第 1 の合成演算とは異なる演算として他の演算部を、領域データに従って画素毎に選択して演算させる選択部とを備え、

前記第 1 の演算部は生成手段により生成された複数の画像について最大値をもって画素を合成し、

前記第 2 の演算部は加算平均により画素を合成し、

前記第 3 の演算部は調和平均により画素を合成し、

前記第 4 の演算部は、生成手段によって複数の画像の個数を  $M$ 、各画像の画素数を  $N$ 、生成された画像のうち  $m$  番目の画像の  $i$  番目の画素値を  $f_{m(i)}$ 、 $f_{m(i)}$  が取りうる値を超えない値を  $S$  として、合成画像の  $i$  番目の画素値  $f_{g(i)}$  を (式 2) に示す画素値演算に従って合成することを特徴とする請求項 3 記載の画像処理装置。

(式 2)  $f_{g(i)} = S - M / ( ( 1 / ( S - f_{0(i)} ) ) + ( 1 / ( S - f_{1(i)} ) ) + \dots + ( 1 / ( S - f_{(M-1)(i)} ) ) )$

10

20

30

40

50

## 【請求項 7】

前記超音波プローブは、複数のステア角度で超音波を送信し、  
 前記指定手段は、前記複数のステア角度のうち少なくとも2つのステア角度について、異なる周波数帯域を指定し、  
 前記生成手段は、前記ステア角度毎に、反射信号のうち指定された周波数帯域の信号に基づいて周波数帯域毎に画像を生成し、  
 前記合成手段は、生成されたステア角度毎の画像を合成することを特徴とする請求項1記載の画像処理装置。

## 【請求項 8】

前記指定手段は、複数のステア角度のうち特定のステア角度に対しては、他と異なる周波数帯域を指定することを特徴とする請求項7記載の画像処理装置。 10

## 【請求項 9】

前記指定手段は、複数のステア角度を示す角度群とステア角度に対応する周波数帯域を示す帯域群とからなる組であって、少なくとも第1、第2の組を含む複数の組を記憶する対応テーブルを有し、  
 前記画像処理装置は、対応テーブルに記憶された一つの組内の角度群に基づいて超音波プローブのステア角度を制御し、  
 前記指定手段は、当該組内の角度群に対応する帯域群に基づいて各ステア角度に対する周波数帯域を指定し、 20  
 前記対応テーブルは、前記第1の組における角度群のステア角度差が第2の組における角度群のステア角度差よりも小さい場合、第1の帯域群の帯域差が第2の帯域群の帯域差よりも大きくなるよう設定されている  
 ことを特徴とする請求項7記載の画像処理装置。

## 【請求項 10】

前記合成手段は、生成手段によってステア角度毎に生成された画像の個数をM、各画像の画素数をN、生成された画像のうちm番目の画像のi番目の画素値を $f_{m(i)}$ 、 $f_{m(i)}$ が取りうる値を超えない値をSとして、合成画像のi番目の画素値 $f_g(i)$ を(式3)に示す画素値演算に従って合成することを特徴とする請求項7記載の画像処理装置。 30

(式3)  $f_g(i) = S - M / ( ( 1 / ( S - f_{0(i)} ) ) + ( 1 / ( S - f_{1(i)} ) ) + \dots + ( 1 / ( S - f_{(M-1)(i)} ) ) )$

## 【請求項 11】

前記画像処理装置はさらに  
 生成手段によって生成されたステア角度毎の画像に基づいて輪郭を含む第1の領域と、それ以外の領域とを判別する領域判別手段を備え、  
 前記合成手段は、生成手段により生成されたステア角度毎の画像に対して第1の領域内の画素については第1の合成演算を、第1の領域以外の領域内の画素については第1の合成演算とは異なる演算を行う  
 ことを特徴とする請求項7記載の画像処理装置。 40

## 【請求項 12】

前記領域判別手段は、  
 生成手段によって生成された各画像について画素単位に閾値判定を行う閾値判定手段と、  
 前記画像毎の閾値判定の結果の論理和をとることにより第1の領域とそれ以外の領域の分布を示す領域データを生成する領域データ生成手段と  
 を備えることを特徴とする請求項11記載の画像処理装置。

## 【請求項 13】

前記閾値判定手段は、輪郭近辺の画素の取りうる値の限界を閾値として閾値判定を行うことを特徴とする請求項12記載の画像処理装置。 50

## 【請求項 14】

前記合成手段は、

第 1 ~ 第 4 の演算部のうち少なくとも 2 つの演算部と、

第 1 の領域内の画素については前記第 1 の合成演算として一の演算部を、第 1 の領域以外の領域内の画素については第 1 の合成演算とは異なる演算として他の演算部を、領域データに従って画素毎に選択して演算させる選択部とを備え、

前記第 1 の演算部は生成手段の生成された複数の画像について最大値をもって画素を合成し、

前記第 2 の演算部は加算平均により画素を合成し、

前記第 3 の演算部は調和平均により画素を合成し、

前記第 4 の演算部は、生成手段によってステア角度毎に生成された画像の個数を M、各画像の画素数を N、生成された画像のうち m 番目の画像の i 番目の画素値を  $f_{m(i)}$ 、 $f_{m(i)}$  が取りうる値を超えない値を S として、合成画像の i 番目の画素値  $f_g(i)$  を (式 4) に示す画素値演算に従って合成する

ことを特徴とする請求項 11 記載の画像処理装置。

$$(式 4) f_g(i) = S - M / ( (1 / (S - f_{0(i)})) + (1 / (S - f_{1(i)})) + \dots + (1 / (S - f_{(M-1)(i)})) ) )$$

## 【請求項 15】

前記画像処理装置は、さらに前記超音波プローブで受信された前記反射信号を格納する格納手段を備え、

前記生成手段および合成手段は、超音波プローブで受信された前記反射信号に基づいてリアルタイムに画像を生成および合成するか、格納手段に格納された反射信号に基づいてオフラインで画像を生成および合成するかを選択可能と構成したこと

を特徴とする請求項 14 記載の画像処理装置。

## 【請求項 16】

前記指定手段は、前記オフラインの場合に、ステア角度毎に複数の周波数帯域を指定し、

前記生成手段は、前記オフラインの場合に、ステア角度毎に複数の周波数帯域毎の画像を生成し、

前記合成手段は、第 1 の合成画像及び第 2 の合成画像を生成し、

前記第 1 の合成画像は、同一ステア角度の周波数帯域が異なる画像を合成した後、ステア角度毎の当該合成結果をさらに合成して得られ、

前記第 2 の合成画像は、同一周波数帯域のステア角度が異なる画像を合成した後、周波数帯域毎の当該合成結果をさらに合成して得られる

ことを特徴とする請求項 15 記載の画像処理装置。

## 【請求項 17】

超音波プローブから超音波を送信し、対象物からの反射信号に基づいて画像を生成する画像処理方法であって、

反射信号における少なくとも 2 つの周波数帯域を指定する指定ステップと、

反射信号のうち指定された周波数帯域の信号に基づいて周波数帯域毎に画像を生成する生成ステップと、

生成された周波数帯域毎の画像を合成する合成ステップと

を有することを特徴とする画像処理方法。

## 【請求項 18】

前記超音波プローブは、複数のステア角度で超音波を送信する

前記指定ステップにおいて、前記複数のステア角度のうち少なくとも 2 つのステア角度について、異なる周波数帯域を指定し、

前記生成ステップにおいて、前記ステア角度毎に、反射信号のうち指定された周波数帯域の信号に基づいて周波数帯域毎に画像を生成し、

前記合成ステップにおいて、生成されたステア角度毎の画像を合成する

10

20

30

40

50

を有することを特徴とする請求項 17 記載の画像処理方法。

【請求項 19】

超音波プローブから超音波を送信し、対象物からの反射信号に基づいて画像を生成する画像処理装置内のコンピュータにより実行可能なプログラムであって、

前記プログラムは

反射信号における少なくとも 2 つの周波数帯域を指定する指定ステップと、

反射信号のうち指定された周波数帯域の信号に基づいて周波数帯域毎に画像を生成する生成ステップと、

生成された周波数帯域毎の画像を合成する合成ステップと

をコンピュータに実行させることを特徴とするプログラム。

10

【請求項 20】

前記超音波プローブは、複数のステア角度で超音波を送信する

前記指定ステップにおいて、前記複数のステア角度のうち少なくとも 2 つのステア角度について、異なる周波数帯域を指定し、

前記生成ステップにおいて、前記ステア角度毎に、反射信号のうち指定された周波数帯域の信号に基づいて周波数帯域毎に画像を生成し、

前記合成ステップにおいて、生成されたステア角度毎の画像を合成する

を有することを特徴とする請求項 19 記載のプログラム。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

20

【0001】

本発明は、超音波診断装置等の検査対象物の内部を非破壊的に表示する画像処理装置に関する。

【背景技術】

【0002】

音信号を被写体に対して照射し、被写体からの反射信号を受信して、この受信信号を基に被写体の内部を画像化する画像処理装置は、産業分野や臨床分野において幅広く用いられている。このような装置の代表例として超音波診断装置がある。

これらの画像処理装置は、近年の計算機の性能向上により、処理速度が向上し、実時間で被写体を計測、画像化を行なうことが可能となっており、臨床の分野では、循環器をはじめとする高い時間分解能を要する分野においても、リアルタイムに検査対象物の断層像を提供することができ、画像による生体機能診断を可能とした。

30

【0003】

超音波診断装置は音信号を被写体に送信し、その反射波を受信して、これをもとに画像を生成する。被写体内に音信号を通しにくい部位が存在する場合や、音信号をほぼすべて反射してしまう部位（境界）が存在する場合には、その部位の後方（超音波を送受信する方向から見て遠くに位置する領域）の情報は得ることができず、シャドウ（影）と呼ばれる低輝度領域が生じることがある。

【0004】

また、音信号は波動であるため干渉が生じる。被写体分布が音信号の発生源から音信号の 1 波長以下の距離差で分布している場合、この被写体分布によりランダム性が強く現れる場合がある。このような原因で生じる偽情報をスペckルノイズと呼ぶ（ごま塩状ノイズ、斑点状ノイズとも呼ばれる）。

40

シャドウ、あるいはスペckルノイズの影響を除去するために、複数の角度（ステア角度）方向から取得した画像データから 1 枚の合成画像を作成することがある。この手法はコンパウンドスキャンと呼ばれる。一般的にコンパウンドスキャンは複数の方向から取得した画像データの加算平均を取ることによって行なわれる。

【0005】

図 1 (a) ~ (c) は、一般的なコンパウンドスキャンの手法を示す図である。図 1 (a) は、超音波アレイプローブから複数の方向へ超音波ビームを照射する様子を示してい

50

る。

図1(b)に示すような検査対象物b1がある場合、図1(c)に示すように超音波アレイプローブ13を用いて、電氣的ステアにより複数方向c1、c2、c3からスキャンすると、図1(c)のような画像データc4、c5、c6を取得することができる。それぞれの画像データには、(i)検査対象物の輪郭が高輝度で描出されている部分c7、(ii)反射信号が微弱なため低輝度で描出されている部分c8、および(iii)音信号が届かないあるいは反射信号が検出できないシャドウ部c9が存在する。それぞれの画像c4～c6は異なる角度方から取得されているため、前述の(i)高輝度部、(ii)低輝度部、(iii)シャドウ部の現れ方は異なっている。

#### 【0006】

これらの複数の方向から得られる画像を合成することにより、欠落情報の少ない画像を生成することが可能となる。図1(c)に示す合成結果c11の一例のように、前記(ii)、(iii)の改善には従来の手法のみでも十分な効果が得られることがわかる。一般的にコンパウンドスキャンは複数の方向から取得した画像データの加算平均を取ることで行なわれる。この手法により、シャドウの領域は狭くすることができ、またホワイトノイズの除去も行なえる。

#### 【0007】

これらの従来技術に関して以下の文献がある。

【特許文献1】特開平09-094248

【非特許文献1】(社)日本電子機械工業会「改訂医用超音波機器ハンドブック」(株)コロナ社発行、1997年1月20日

#### 【発明の開示】

#### 【発明が解決しようとする課題】

#### 【0008】

しかしながら、コンパウンドスキャンによってスペックルノイズを十分に除去できないという問題がある。

前述のようにスペックルノイズは、検査対象物に波長以下の散乱体の分布が存在している場合に、反射波同士の干渉によって生じるものである。すなわち超音波アレイプローブと検査対象物との位置関係、および用いられる音信号の波長に依存して出現パターンが決定される。異なった方向から画像データを取得することにより、反射波の干渉の仕方が変わるため、スペックルノイズの出現パターンは変化するが、一般に超音波アレイプローブでステア可能な角度範囲は最大でも30°程度であり、図1(c)で示した3方向からのデータを取得した場合には、各画像データ間の角度差は15°でしかないため、スペックルノイズの出現パターンには大きな変化は見られない。この場合、スペックルノイズの除去は不十分である。

#### 【0009】

図2(a)は深度が浅い検査対象物をスキャンする様子を、図2(b)は深度が深い検査対象物をスキャンする様子を示す。図2(a)、(b)に示すように検査対象物の深さ(超音波アレイプローブからの距離)が大きくなると、3つのステア角度におけるスキャン領域が重なる領域に検査対象物を配置しなければならないため、この角度差はさらに小さくなり、スペックルノイズの出現パターンの変化も小さくなる。こうなると、スペックルノイズの除去はできない。

#### 【0010】

本発明は、スペックルノイズを除去する画像処理装置、方法及びプログラムを提供することを目的とする。また、本発明は、画像の輪郭部分をはっきりと表示するなど画質を向上させることができる画像処理装置、方法及びプログラム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】

#### 【0011】

本発明の画像処理装置は、超音波プローブから超音波を送信し、対象物からの反射波から生成される反射信号に基づいて画像を生成する画像処理装置であって、反射信号にお

10

20

30

40

50

る少なくとも2つの周波数帯域を指定する指定手段と、反射信号のうち指定された周波数帯域の信号に基づいて周波数帯域毎に画像を生成する生成手段と、生成された周波数帯域毎の画像を合成する合成手段とを備える。この構成によれば、反射信号に含まれる周波数帯域の異なる信号から複数の画像を生成することによって、周波数帯域毎の生成画像のスペックルノイズ出現パターンの違いを大きくし、さらに、それらの生成画像を合成するので、スペックルノイズの影響を小さくして、スペックルノイズを除去又は低減することができる。

#### 【0012】

ここで、前記超音波プローブは、複数のステア角度で超音波を送信し、前記指定手段は、前記複数のステア角度のうち少なくとも2つのステア角度について、異なる周波数帯域を指定し、前記生成手段は、前記ステア角度毎に、反射信号のうち指定された周波数帯域の信号に基づいて周波数帯域毎に画像を生成し、前記合成手段は、生成されたステア角度毎の画像を合成する構成であってもよい。この構成によれば、少なくとも2つのステア角度の反射信号に対して、生成元とする反射信号の周波数帯域を異ならせることによって、ステア角度毎の生成画像のスペックルノイズ出現パターンの違いを大きくし、もって合成後の影響を小さくして、スペックルノイズを除去又は低減することができる。

10

#### 【0013】

ここで、前記指定手段は、複数のステア角度のうち特定のステア角度に対しては、他と異なる周波数帯域を指定するように構成してもよい。この構成によれば、特定のステア角度に対しては、他と異なる周波数帯域を指定するという簡単な構成により実現できる。

20

#### 【0014】

また、前記指定手段は、複数のステア角度を示す角度群とステア角度に対応する周波数帯域を示す帯域群とからなる組であって、少なくとも第1、第2の組を含む複数の組を記憶する対応テーブルを有し、前記画像処理装置は、対応テーブルに記憶された一つの組内の角度群に基づいて超音波プローブのステア角度を制御し、前記指定手段は、当該組内の角度群に対応する帯域群に基づいて各ステア角度に対する周波数帯域を指定し、前記対応テーブルは、前記第1の組における角度群のステア角度差が第2の組における角度群のステア角度差よりも小さい場合、第1の帯域群の帯域差が第2の帯域群の帯域差よりも大きくなるよう設定されているよう構成してもよい。この構成によれば、ステア角度差が比較的小さくても、周波数帯域の差を大きくすることでスペックルノイズの出現パターンの差が大きくなるようにし、スペックルノイズを除去又は低減することができる。

30

#### 【0015】

ここで、前記合成手段は、生成手段によってステア角度毎に生成された画像の個数をM、各画像の画素数をN、生成された画像のうちm番目の画像のi番目の画素値を $f_{m}(i)$ 、 $f_{m}(i)$ が取りうる値を超えない値をSとして、合成画像のi番目の画素値 $f_{g}(i)$ を次に示す画素値演算に従って合成する構成としてもよい。

$$f_{g}(i) = S - M / \left( \left( 1 / \left( S - f_{0}(i) \right) \right) + \left( 1 / \left( S - f_{1}(i) \right) \right) + \dots + \left( 1 / \left( S - f_{(M-1)}(i) \right) \right) \right)$$

この構成によれば、スペックルノイズの除去又は低減に加えて、Sの値を基準として、合成対象の複数の画素のうち大きくかけ離れた値の影響を取り除くとともに、合成結果の画像において基準値付近の画素値をもつ部分を強調表示することができるという効果がある。

40

#### 【0016】

また、前記画像処理装置はさらに、生成手段によって生成されたステア角度毎の画像に基づいて輪郭を含む第1の領域と、それ以外の領域とを判別する領域判別手段を備え、前記合成手段は、生成手段により生成されたステア角度毎の画像に対して第1の領域内の画素については第1の合成演算を、第1の領域以外の領域内の画素については第1の合成演算とは異なる演算を行う構成としてもよい。この構成によれば、第1の領域とそれ以外の領域とで、領域毎に最適な画素演算方法を選択して、輪郭を含む領域や低輝度の領域やその他の領域など領域毎に最適な画素演算により合成することができ、きれいな表示を得る

50

ことができる。

また、本発明の画像処理方法及びプログラムについても、上記と同様の構成を有する。

【発明の効果】

【0017】

以上説明したように、本発明の画像処理装置によれば、スペックルノイズを除去又は低減することができるという効果がある。

また、スペックルノイズの除去又は低減に加えて、合成対象の複数の画素のうち大きくかけ離れた値の影響を取り除くとともに、合成結果の画像において基準値付近の画素値をもつ部分を強調表示することができるという効果がある。

【0018】

さらに、領域毎に最適な画素演算方法を選択して、輪郭を含む領域や低輝度の領域やその他の領域など領域毎に最適な画素演算により合成することができ、きれいな表示を得ることができる。

また、輪郭及びその近辺の画像をきれいに表示することができる。

画像の領域毎に、領域の特性に応じた合成をすることができる。

【0019】

また、本発明の画像処理方法及びプログラムについても、上記と同様の効果がある。

【発明を実施するための最良の形態】

【0020】

(実施の形態1)

図3は、本発明の第1の実施の形態における超音波診断装置10の外観図である。この超音波診断装置10は、コンパウンドスキャンによる断層画像を表示する際に、異なる周波数帯域の反射信号に基づいて画像を生成して更にそれらを合成することによってスペックルノイズを除去する超音波診断装置であり、ハードウェア構成として、表示装置11、本体装置12及びプローブ13から構成される。

【0021】

表示装置11は、CRT等であり、得られた断層画像、輪郭及び計測結果等をグレースケールやカラー等で表示する。表示画像に対する操作者のタッチペン等による指示を取得するため、CRT前面に透明のタッチパネルを備えてもよい。

プローブ13は、超音波を送受信するための超音波振動子や音響レンズ等からなる探触子である。

【0022】

本体装置12は、超音波による電子走査のための送受信回路、DSPやCPU等からなる信号・画像処理回路等からなるコンピュータであり、操作者と対話するためのスイッチ群、トラックボール、液晶表示部等を有する操作パネル、マウス等を備える。

図4は、図3に示された超音波診断装置10の主要な機能構成を示すブロック図である。この超音波診断装置10は、超音波アレイプローブ101、送受信制御部102、ステア角度指示部103、画像生成部104、周波数帯域選択部105、画像合成部106、画像格納部107、フレームメモリ108、画像表示部109を備える。

【0023】

超音波アレイプローブ101は、図3に示したプローブ13の機能を有し、送受信制御部102からの制御情報を受けて実際に音波の送受信を行なう。その際、超音波アレイプローブ101は、送受信制御部102からの指示により、送受信する際の遅延量を調節することにより、図1(a)に示したように電氣的にステアすることが可能である。ここではリニアアレイプローブを示しているが、コンベックス(凸型)アレイプローブを用いてもかまわない。実際のステア角度の設定はステア角度指示部103からの入力によって行なわれる。このステア機能により同一の被写体を異なった角度方向から観測したデータが取得できる。

【0024】

送受信制御部102は、ステア角度指示部103の指示に従って、超音波アレイプロー

10

20

30

40

50

ブ 1 0 1 における音の送受信およびそのステア角度の制御を行なう。

ステア角度指示部 1 0 3 は、コンパウンドスキャンにおける複数のステア角度を送受信制御部 1 0 2 に指示する。

例えば、ステア角度指示部 1 0 3 は、図 5 に示すステア角度テーブル T 1 とポインタ P とを内部に記憶し、ポインタ P が指すエントリーに従って複数のステア角度を順次指定する。このステア角度テーブル T 1 は、エントリー番号 ( 図中の no. ) とステア角度群 ( 複数のステア角度 1、 2、 3 ) を対応させて格納する。同図のステア角度テーブル T 1 では、エントリー番号 1、 2、 3 の順にステア角度差が大きくなるようにステア角度群が設定されている。ポインタ P が保持するエントリー番号は、デフォルト値あるいは操作者により選択的に設定される。

#### 【 0 0 2 5 】

画像生成部 1 0 4 は、送受信制御部 1 0 2 の制御により受信したステア角度毎の音信号に含まれる信号のうち、周波数帯域選択部 1 0 5 により選択された周波数帯域の信号に対して増幅演算や補間演算等を行なって画像を生成する。

周波数帯域選択部 1 0 5 は、ステア角度指示部 1 0 3 が指示したステア角度毎に、周波数帯域を選択して画像生成部 1 0 4 に指定する。その際、周波数帯域選択部 1 0 5 は、少なくとも 2 つが異なるよう周波数帯域を選択する。これは、画像生成部 1 0 4 に、反射信号のうち異なる周波数帯域の信号に基づいて画像を生成させるためであり、周波数帯域が異なればスペックルのノイズの出現パターンが異なるからである。

#### 【 0 0 2 6 】

具体的な構成例として、周波数帯域選択部 1 0 5 は、図 6 ( a ) に示すような周波数帯域テーブル T 2 とポインタ Q と、図 6 ( b ) に示すようなポインタ対応テーブル T 3 とを内部に記憶し、ポインタ Q が指すエントリーに従って周波数帯域を順次指定する。この周波数帯域テーブル T 2 は、エントリー番号 ( 図中の no. ) と周波数帯域群 ( 複数の周波数帯域 1、 2、 3 ) とを対応させて格納する。ここで、 1 は超音波アレイプロープ 1 0 1 から送信した音信号と同じ周波数の基本波帯域、 2 は基本波の 2 倍の周波数の二次高調波帯域、 3 は基本波の 3 倍の周波数の三次高調波帯域である。

#### 【 0 0 2 7 】

ポインタ対応テーブル T 3 はポインタ P とポインタ Q とを対応させたテーブルである。この例では、ステア角度差が小さいステア角度群 ( 図 5 の no. 1 のエントリー ) には、帯域差が大きい周波数帯域群 ( 図 6 の no. 1 のエントリー ) を対応させるようにポインタ同士を対応させている。つまり、図 5 の 1 エントリーと図 6 の 1 エントリーとを、ポインタ対応テーブル T 3 により結びついた一組とすると、第 1 の組 ( 図 5 の no. 1 と図 6 の no. 1 ) の角度群のステア角度差 (  $5^{\circ}$  ) が第 2 の組 ( 図 5 の no. 3 と図 6 の no. 4 ) における角度群のステア角度差 (  $15^{\circ}$  ) よりも小さい場合、第 1 の帯域群 ( 図 6 の no. 1 エントリー ) の帯域差が第 2 の帯域群 ( 図 6 の no. 4 ) の帯域差よりも大きくなるよう設定されている。これは、ステア角度差が小さいほど、スペックルノイズの出現パターンの差が小さいと考えられるので、周波数帯域の差を大きくすることでスペックルノイズの出現パターンの差が大きくなるようにするためである。

#### 【 0 0 2 8 】

画像合成部 1 0 6 は、画像生成部 1 0 4 によってステア角度毎に生成された画像について、同じ位置の画素同士を例えば重み付けして加算平均することにより合成し、合成画像を画像格納部 1 0 7 及びフレームメモリ 1 0 8 に格納する。

画像格納部 1 0 7 は、オフライン時に合成画像を読み出してフレームメモリ 1 0 8 を介して画像表示部 1 0 9 に表示するために備えられている。

#### 【 0 0 2 9 】

フレームメモリ 1 0 8 は、リアルタイム処理時の画像合成部 1 0 6 からの合成画像またはオフライン時の画像格納部 1 0 7 からの合成画像を記憶するフレームメモリである。

画像表示部 1 0 9 は、図 3 に示した表示装置 1 1 に相当する。

#### 【 0 0 3 0 】

10

20

30

40

50

図7は、ステア角度指示部103により指示されたステア角度と、周波数帯域選択部105により選択された周波数帯域と、画像生成部104により生成される画像との関係を説明する図である。

【0031】

同図の最上段(第一段目)は、超音波アレイプローブ101(プローブ13)から送信されるステア角度を示し、実際には超音波アレイプローブ101は一箇所に固定されて3方向に音波を送信するが便宜上方向に合わせて3つ記してある。

第二段目は、超音波アレイプローブ101からの送信波s1の周波数帯域1(基本波)を示している。

【0032】

第三段目は、画像生成部104が、ステア角度1の反射信号では周波数帯域1の信号r11を用いて、ステア角度2の反射信号では周波数帯域2の信号r22を用いて、ステア角度3の反射信号では周波数帯域3の信号r33を用いて、それぞれ画像d11、d22、d33を生成することを示している。これは、図6(a)に示した周波数帯域テーブルT2のエントリー番号no.1の周波数帯域が指定された場合に相当する。

【0033】

第四段目は生成された3つ画像r11、r22、r33を示す。この3つの画像は、互いにステア角度も周波数帯も異なるので、スペックルノイズの発生パターンの差も大きくなる。

第五段目はそれらの画像の合成結果d1を示す。これによりスペックルノイズを十分に除去することができる。すなわち、3個の生成画像のスペックルノイズの発生パターンの差が大きいため、合成された画像に対するスペックルノイズを除去又は低減することができる。また、この合成は、例えば、3つの画像中の同じ位置の対応する画素それぞれについて、重み係数を1、2、3を用いて加重平均を取ることにによる。

【0034】

ここで、1:2:3は、例えば1:10:100でよい。反射信号に含まれる基本波、二次高調波、三次高調波の振幅の比は、おおよそ100:10:1程度だからである。

また、1:2:3を1:1:1とすれば、スペックルノイズの除去は不十分ではあるが、基本波の画像の上に高調波成分による輪郭強調成分が付加されることになる。

【0035】

図8は、ステア角度と周波数帯と生成画像との関係を説明する他の一例である。同図は、図7と比べて、ステア角度3に対する周波数帯が3ではなく1である点が異なる。

同図第四段において、画像生成部104により生成された3つの画像r11、r22、r31のうち、ステア角度1と3の反射波から生成された2つの画像r11、r31は、ともに周波数帯域1が同じであるが、ステア角度の差(1と3の角度差)が大きいため、スペックルノイズの発生パターンの差も大きくなる。ステア角度1と2の反射波から生成された2つの画像r11、r22は、ステア角度の差(1と2の角度差)は大きくないが、周波数帯域が1と2と異なるので、スペックルノイズの発生パターンの差が大きくなる。ステア角度2と3に対する2つの画像r22、r31についても同様である。

【0036】

図9は、1つのステア角度と周波数帯と生成画像との関係を説明するさらに他の一例である。同図は、図7および図8と比べて、送信波のステア角度が3つではなく、1つである点が異なっている。すなわち、送信波s1は、1つのステア角度2で送出されている。

同図第四段において、画像生成部104により生成された3つの画像r21、r22、r23のうち、ステア角度2の反射波から生成された3つの画像d21、d22、d23は、ともにステア角度は同じであるが、周波数帯域が1、2、3と異なっているため、スペックルノイズの発生パターンも異なる。この点、図7、8のように複数の画像のステア角度も周波数帯域も異なっている方が、スペックルノイズを十分に除去しやすいが、図9のように周波数帯が異なるだけでも、スペックルノイズを低減することができる。

10

20

30

40

50

## 【 0 0 3 7 】

図 1 0 ( a )、図 1 0 ( b ) は、周波数帯域が異なる場合にスペックルノイズの出現パターンが異なることを説明する説明図である。図 1 0 ( a ) は基本波帯域の反射波 ( エコー ) の様子を模式的に示す。図中の被写体 A、B、C は、基本波の波長と同程度の間隔で位置している。各波形の縦軸 ( 下向き ) は超音波アレイプロープ 1 0 1 からの距離 ( 被写体深さ d ) を、横軸は輝度を表す。被写体 A、B、C からの各エコー A、B、C は、当該被写体による反射波のみを超音波アレイプロープ 1 0 1 にて受信できたと仮定した場合の各波形を示す。合成されたエコーは、受信波として画像生成に使用される波形を示す。

## 【 0 0 3 8 】

同様に、図 1 0 ( b ) は二次高調波 ( エコー ) の様子を模式的に示す。

図 1 0 ( a ) 及び ( b ) において合成されたエコーは、それぞれ干渉により確率的に発生する高輝度部  $n_1$ 、 $n_2$  を有し、この高輝度成分がスペックル ( 斑点 ) としてスペックルノイズの原因となる。

ところが、図 1 0 ( a ) における基本波帯域の合成されたエコーの被写体深さ  $d_1$  と図 1 0 ( b ) における二次高調波帯域の合成されたエコーの被写体深さ  $d_2$  とは、場所的になぜか生じる。その結果、基本波帯域のエコー生成された画像におけるスペックルの分布パターン ( あるいは変動成分の現れ方 ) と、二次高調波帯域のそれとは大きく異なったものとなる。したがって、生成された画像を合成すれば、変動成分の影響を小さくすることができる ( ホワイトノイズとして捉える ) 。

## 【 0 0 3 9 】

以上のように構成された本発明の実施の形態 1 における超音波診断装置 1 0 について、その動作を説明する。

図 1 1 は、超音波診断装置 1 0 における合成画像の生成までの処理を示すフローチャートであり、図 7、6 に示した処理の手順を示す。

同図において、ループ 1 ( ステップ 8 0 ~ 8 5 ) は、スキャンするステア角度の数と同数回のループであるので、1 回分の処理について説明する。ステア角度指示部 1 0 3 がステア角度テーブル T 1 ( 図 5 ) からステア角度  $i$  を読み出して送受信制御部 1 0 2 に当該ステア角度を指示すると ( ステップ 8 1 )、送受信制御部 1 0 2 は、超音波アレイプロープ 1 0 1 を制御して当該ステア角度で超音波を送信し、反射波を受信し ( ステップ 8 2 )、受信信号を画像生成部 1 0 4 に出力する。その際、周波数帯域選択部 1 0 5 は周波数帯域テーブル T 2 ( 図 6 ( a ) ) から  $i$  に対応する周波数帯域  $f_i$  を読み出すことにより選択し画像生成部 1 0 4 に指示する ( ステップ 8 3 )。画像生成部 1 0 4 は、送受信制御部 1 0 2 からの受信信号のうち周波数帯域選択部 1 0 5 に指示された周波数帯域の信号に基づいて画像を生成する ( ステップ 8 4 )。このループ 1 の処理により、ステア角度指示部 1 0 3 により指定されたステア角度毎に、反射信号のうち周波数帯域選択部 1 0 5 に選択された周波数帯域の信号に基づいて画像が生成される。

## 【 0 0 4 0 】

以上説明してきたように本実施の形態における超音波診断装置によれば、本発明はスペックルノイズの発生原理を踏まえ、ステア角度毎に、周波数帯域に違いを持たせることによって、ステア角度毎の生成画像のスペックルノイズ出現パターンの違いを大きくし、合成後の影響を小さくし、スペックルノイズを除去又は低減することができる。

なお、ステア角度指示部 1 0 3 は、複数のステア角度のうち特定のステア角度に対しては、他と異なる周波数帯域を指定するように構成してもよいし、操作者入力を受ける構成としてもよい。こうすれば、特定のステア角度に対しては、他と異なる周波数帯域を指定するという簡単な構成により実現できる。周波数帯域選択部 1 0 5 についても同様である。

## 【 0 0 4 1 】

また、スキャン時のステア角度の数を 3 つとしているが、これに限らない。スキャン時のステア角度の数は、ステア角度テーブル T 1 のステア角度 1、2、3、・・・の数により決まる。このステア角度テーブル T 1 に所望の個数のステア角度を記しておけばよ

10

20

30

40

50

い。これとともに周波数帯域テーブル T 2 に同数の周波数帯域を記しておけばよい。

また、図 9 に示したように 1 つのステア角度における反射波に含まれる異なる周波数帯域の受信波からそれぞれ画像を生成し、生成した画像を合成するようにしてもよい。

#### 【0042】

さらに、上記実施の形態では、画像合成部 106 は、画像生成部 104 により生成された画像について、重み係数 1、2、・・・を用いて画像を合成する構成を説明したが、画像生成部 104 において、各周波数帯域の信号に対して重み付けを行ってから画像を生成する構成としてもよい。その際、重み係数は、上記 1、2、・・・と同様に、周波数帯域毎の信号強度に反比例するような値とすればよい。

#### (実施の形態 2)

図 12 は、本発明の実施の形態 2 における超音波診断装置の構成を示すブロック図である。同装置は、図 4 に示した構成と比較して、新たに閾値設定部 201、閾値マスク生成部 202 を追加した点と、画像合成部 106 の代わりに画像合成部 200 を備える点とが異なる。

#### 【0043】

実施の形態 1 の画像合成部 106 が加重平均により画像を合成していたのに対して、本実施の形態では、輪郭となる画素値の近辺の画素値を強調するよう合成する演算方法を導入するとともに、複数の合成演算方法のうちから、輪郭を含む領域であるかそれ以外の領域であるかに応じて何れかの演算方法を選択可能にすることによって、画像中の輪郭を含む領域をよりきれいに表示するよう構成している。図 12 において、図 4 と同じ符号を付した構成要素は同じ機能を有するので、主に異なる点を説明する。

#### 【0044】

画像合成部 200 は、実施の形態 1 の画像合成部 106 が加重平均により画像を合成していたのに対して、複数の合成演算方法のうちから、輪郭を含む領域であるかそれ以外の領域であるかに応じて何れかの演算方法を選択可能な構成とするため、最大値検出部 203、加算平均演算部 204、調和平均演算部 205、画素値演算部 206、合成方法選択部 207 を備える。

#### 【0045】

最大値検出部 203 は、画像生成部 104 に生成された複数の画像データの、対応する画素について最大値を検出する。つまり、最大値検出部 203 は、複数の画像データの同じ位置にある画素値に注目し、もっとも大きい画素値を持つものを選択して、合成画像の対応する位置の画素値とするものである。この手法は、その位置には被写体描出する信号が存在することが明らかな場合、より高い輝度で被写体の描出が可能となるという点で有効である。

#### 【0046】

加算平均演算部 204 は、画像生成部 104 に生成された複数の画像データの、対応する画素について加算平均を求め、合成結果の画像における当該画素の画素値とする。加算平均は、コンパウンドスキャンで合成画像を生成する際には最も一般的に用いられる手法である。加算平均による合成画像の画素値  $f\_g(i)$  は次式で表現される。

$$f\_g(i) = (f\_0(i) + f\_1(i) + \dots + f\_{(M-1)}(i)) / M$$

ただし、合成の対象となる画像データ(その画素数を N とする)の個数を M、m (m は 0 ~ (M - 1)) 番目の画像データの i (i は 1 ~ N) 番目の画素を  $f\_m(i)$ 、合成画像の i 番目の画素値を  $f\_g(i)$  とする。

#### 【0047】

加算平均による合成画像は、複数の画像間の画素値が均等に合成画像の画素値に反映され、一見自然な合成結果が得られる。また、重ね合わせ効果により、LPF (Low Pass Filter) 効果も得られるため、この処理を行なうことでガウス分布に従う一般のホワイトノイズの影響は弱められる。スペckルノイズも複数の画像データ間で出現パターンが異なる場合は同様の効果が期待できるが、一方で明確に描出したい被写体輪郭にもボケが生じてしまうため、この手法単独での使用は望ましくない。

10

20

30

40

50

## 【0048】

調和平均演算部205は、画像生成部104に生成された複数の画像データの、対応する画素について調和平均を求め、合成結果の画像における当該画素の画素値とする。調和平均による合成画像の画素値  $f\_g(i)$  は次式で表現される。

$$f\_g(i) = M / ( (1 / f\_0(i)) + (1 / f\_1(i)) + \dots + (1 / f_{(M-1)}(i)) )$$

調和平均の算出では画素値として0もしくは負の値が存在する場合は計算できないが、画素値が0の場合は非0の正の値(例えば1)に置き換えるなどの処理を行なう。画素値は負の値は一般には含まれないが、もし存在した場合は非0の正の値に置き換えるなどの処理を行う。調和平均によれば、極端に値の離れた値(大きな値)が存在する場合、この値の  $f\_g(i)$  への影響を小さくすることができる。

10

## 【0049】

画素値演算部206は、画像生成部104に生成された複数の画像データの、対応する画素について、合成画像の画素値を次に示す式  $f\_g(i)$  に従って画素値を求め、合成結果の画像における当該画素の画素値とする。

$$f\_g(i) = S - M / ( (1 / (S - f\_0(i))) + (1 / (S - f\_1(i))) + \dots + (1 / (S - f_{(N-1)}(i))) )$$

ここで、 $S$  は、 $f\_m(i)$  が取りうる値を超えない値を持ち、基準となる値である。つまり、この  $S$  に近い画素値は  $f\_g(i)$  において強調されるように反映される。この画素演算を行なう場合には  $f\_m(i)$  は  $S$  以外かつ正の値をとる必要があるので、もし  $f\_m(i)$  が  $S$  に等しい場合はその値を  $S$  以外の  $S$  に近い正の値(例えば  $S + 1$  など)に置き換える。

20

## 【0050】

合成方法選択部207は、画像生成部104により生成されたステア角度毎の画像に対して、輪郭を含む領域内の画素については、上記4つの演算部203~206の何れか一つ演算部を、それ以外の領域内の画素については異なる演算部を選択して、実行させる。輪郭を含む領域であるか否かは、閾値設定部201、閾値マスク生成部202により生成されるマスクデータによる。つまり、合成方法選択部207は、前記閾値マスク生成部202が生成したマスクデータに基づき、画素毎に画像合成の方法を上記4つの演算部201~204から選択する。

30

## 【0051】

閾値設定部201は、画像生成部104によって生成された各画像について閾値を設定する。閾値の設定方法としては、(ア)ユーザーが超音波診断装置に付属する入力装置(キーボード、トラックボール、各種スイッチなど)を使用して任意の値に設定する場合と、(イ)音信号の周波数、画像生成時の増幅率、使用した帯域、合成方法などのパラメータによってあらかじめ決められた値とする場合、(ウ)合成対象となる画像データの任意領域を指定し、その領域における画素値の平均値や中間値、最大値や最小値などの値を閾値として設定する場合等がある。

## 【0052】

閾値マスク生成部202は、前記閾値設定部201に設定された閾値に従って、画像データの画素値の大小を判定し、その結果を収めたマスクデータを作成する。ここでのマスクデータは、画素が閾値を超えた否かを示すものであり、閾値は画像における輪郭及びその近辺の画素値の限界を示す値として設定される。

40

図13は、マスクデータの生成方法の一例について説明した図である。

## 【0053】

ここでは閾値はある値  $T_h$  の1つのみが与えられており、閾値マスク生成部202は、 $N$ 個の画素値を持つ3個の画像データ( $f\_1$ 、 $f\_2$ 、 $f\_3$ )より合成画像を生成するものとする。

画像データ  $f\_1$  のある画素  $f\_1(i)$  ( $i$  は  $1 \sim N$ ) が  $T_h$  より大きい場合、この画像データに対するマスクデータ  $T\_f1(i) = 1$  とする。これは輪郭及びその近辺の

50

領域の画素であること意味する。 $T_h$ 以下の場合には $T_{f1}(i) = 0$ とする。これは、それ以外の領域であることを意味する。閾値マスク生成部202は、この処理をすべての画素値に対して行い、また3個の画像データに対しても同様に処理を行なって、同図上段に示したそれぞれのマスクデータ $T_{f1}$ 、 $T_{f2}$ 、 $T_{f3}$ を生成する。

【0054】

さらに、同図下段に示すように、閾値マスク生成部202は、3個のマスクデータ $T_{f1}$ 、 $T_{f2}$ 、 $T_{f3}$ から合成に使用するマスクデータ $T_g(i)$ を生成する。同図の3個のマスクデータは、マスク値は1(白の部分)か0(黒の部分)の値をとる。ここでは3個のマスクデータの論理和を取ったものを合成用のマスクデータとしている。

これは一例であり、すべての画像データで閾値以上となっている画像を得たい場合には論理積によって合成用閾値マスクデータとすればよいし、またマスクデータ1画素あたりのビット数を増やしてマスクデータ0と1以外の値を持たせて多値にしてもよい。その場合は、画像における輪郭及びその近辺の領域や、低輝度の領域など、3以上の領域を判別することができる。

【0055】

以上のように構成された本実施の形態における超音波診断装置について、その動作を説明する。

図14は、画像合成部200の合成動作を示すフローチャートである。同図において、ループ1(ステップ101~107)は、画像生成部104に生成された画像の画素数 $N$ と同数回行われるので、以下その1回分について説明する。

【0056】

合成方法選択部207は、合成対象の画素に対応するマスクデータ $T_g(i) = 1$ であるか(輪郭を含む領域1)であるか、 $T_g(i) = 0$ (それ以外の領域0)であるかを判定し(ステップ102)、判定結果に応じて(ステップ103)領域1用の演算を選択(ステップ105)又は領域0用の演算を選択(ステップ104)し、演算部203~206のうち選択された演算に対応する演算部により画素の合成演算をさせる(ステップ106)。

【0057】

このように、合成方法選択部207は、閾値マスク生成部202により生成された閾値マスクデータ $T_g(i)$ の値によって合成方法の選択を行なう。すなわち $T_g(i)$ が0と1の2値で構成されている場合、例えば $T_g(i) = 0$ の領域は $f_1(i)$ 、 $f_2(i)$ 、 $f_3(i)$ の加算平均、 $T_g(i) = 1$ の領域は最大値検出を行なうなどである。

【0058】

また、 $T_g(i) = 1$ である場合、 $i$ という場所には検査対象物の存在を示す高い輝度値があるということであるので、3個の画像データ $f_1(i)$ 、 $f_2(i)$ 、 $f_3(i)$ のうち最も高い輝度を選択することで、より明瞭に被写体を描出することが可能となる。 $T_g(i) = 0$ の場合、 $i$ という場所が被写体内の輪郭部分に該当せず、したがってその場所の輝度値はノイズを表す可能性が高い。このような信号に対し加算平均処理を行なうと、LPF効果が得られ、合成画像ではノイズ成分は抑えられることとなる。

【0059】

また、閾値マスクデータ $T_g(i)$ が0、1以外の値を持つ場合(三値以上の場合)にはその値毎に合成方法を選択すればよい。

ここで、各演算部の選択について補足説明する。

調和平均処理の場合、一連のデータ群の中で極端に値の異なる(大きい)データがあったときに、この影響を軽減することができる。

【0060】

第1例として{80, 90, 100, 1000}というデータ組があった場合、加算平均演算部204を選択した場合は317.5、調和平均演算部205を選択した場合は115.6、画素値演算部206を使用した場合は $S = 75$ のとき88.0となる。

10

20

30

40

50

第2例として{80, 90, 100, 1}というデータ組があった場合は、加算平均演算部204は67.8、調和平均演算部205は3.869、画素値演算部206はS = 75のとき88.6となる。

【0061】

上記2つ例のデータの組は90近辺に3個の値があり、大きくかけ離れた値として1000あるいは1という値を設定してある。すなわち、90近辺の値が正解に近い値であるという仮定で、上記の算出結果を見ると加算平均演算部204(加算平均演算部)を使用した場合は1000あるいは1という値の影響を受けて90付近から逸脱した値となっている。

【0062】

調和平均演算部205によれば第1例{80, 90, 100, 1000}のデータ組に対しては良好な結果を得るが、調和平均は1近辺の値の影響を強く受けるという特性があるため、第2例{80, 90, 100, 1}のデータ組では大きくかけ離れた値となっている。

ただし、実施の形態2に示したように、ある閾値を設定し、処理を行なう画素値の値をある程度選択できるようになっているため、1に近い値の画素値を処理することは避けることが可能である。

【0063】

画素値演算部206を用いた場合はどちらのデータ組に対しても安定した結果を出力している。これは基準値Sとして75という90に近い値を選択したためである。この数式は、画素値の大小関係を逆転させたものの調和平均をとり、その結果の大小を再び反転させるという処理を行なっている。したがって、調和平均の特性(1(基準値)に近い値が強調される)を基準値Sに近い値を強調するように変形したものが画素値演算部206の式である。

【0064】

これらの合成方法の選択はユーザーが任意に選択できる。また、画素値演算部206を用いるときの基準値Sの決定方法は任意であるが、検査対象物を描出している輝度値が定量的に得ることができれば、それを基準値Sとすることにより大きくかけ離れた値の影響を取り除くことができ、画面のざらつきを抑えることができる。

【0065】

以上説明してきたように本実施の形態における超音波診断装置によれば、画素値演算部206において基準値Sとして強調すべき画素値と同じ値を設定しておくことにより、合成結果の画像において基準値付近の画素値をもつ部分を強調表示することができる。

【0066】

本実施の形態では、実施の形態1におけるスペckルノイズの除去又は低減に加えて、画素値演算部206による強調により画像をきれいにする効果を相乗的に奏しているが、画素値演算部206による強調の効果は実施の形態1の効果とは独立して得られることができる。すなわち、基準値Sとして輪郭を表す画素値の値を設定しておけば、合成結果の画像における輪郭を含む領域を強調してきれいに表示することができる。また、基準値Sとして輪郭以外でも特定の強調すべき領域の画素の値を設定しておけば当該領域を強調して画質を向上させて、きれいに表示することができる。

【0067】

また、閾値設定部201において閾値の値として、複数の領域の境界となる値を1つ又は2つ以上設定し、閾値マスク生成部202によって輪郭を含む領域や低輝度の領域などを示すマスクデータを生成すなわち領域を判別することができ、さらに、合成方法選択部207においてマスクデータに示される領域毎に演算部203~206の何れかを選択することにより、領域毎に最適な画素演算方法を選択して、輪郭を含む領域や低輝度の領域やその他の領域など領域毎に最適な画素演算により合成することができ、きれいな表示を得ることができる。本実施の形態では、実施の形態1におけるスペckルノイズの除去又は低減に加えて、閾値設定部201及び閾値マスク生成部202による領域毎に画素演算

10

20

30

40

50

を選択することによりきれいな画像を得ることを相乗的に奏しているが、領域毎の画素演算の選択による効果も実施の形態 1 の効果とは独立して得られることができる。

【 0 0 6 8 】

なお、最大値検出部 2 0 3 は、画像生成部 1 0 4 に生成された複数の画像データについて、平均的な画素レベルを平準化させるなどの画像調整を行うことが望ましい。これは、反射信号に含まれる周波数帯域(基本波、第 2 次高調波、第 3 次高調波)毎に受信信号の強度(振幅)が異なるからである。つまり、基本波、第二次高調波、第三次高調波の各受信信号の振幅比は 1 0 0 : 1 0 : 1 程度であるので、この振幅比を吸収すべく画像データを平準化すればよい。例えば、最大値検出部 2 0 3 は、各画像データに受信信号の強度に反比例するような重み付けを行って平準化し、平準化後の画像データにおいて最大値検出を行えばよい。

10

【 0 0 6 9 】

このような画像データの平準化は加算平均演算部 2 0 4、調和平均演算部 2 0 5、画素値演算部 2 0 6 においても同様に行ってもよい。すなわち、加算平均演算部 2 0 4 は、実施の形態 1 における画像合成部 1 0 6 と同様に、重み付けを伴う加算平均により合成画像の画素値  $f\_g(i)$  を求める構成としてもよい。その場合、加算平均演算部 2 0 4 は合成画像の画素値  $f\_g(i)$  を求めればよい。ただし、 $m$  ( $m$  は  $0 \sim (M-1)$ ) 番目の画像データに対する重み係数を  $w_m$  とする。

$$f\_g(i) = (w_0 \cdot f_0(i) + w_1 \cdot f_1(i) + \dots + w_{(M-1)} \cdot f_{(M-1)}(i)) / M$$

また、調和平均演算部 2 0 5 は、次式に示す重み付けを伴う調和平均により合成画像の画素値  $f\_g(i)$  を求める構成としてもよい。

20

$$f\_g(i) = M / ((1/(w_0 \cdot f_0(i)) + 1/(w_1 \cdot f_1(i)) + \dots + 1/(w_{(M-1)} \cdot f_{(M-1)}(i))))$$

さらに、画素値演算部 2 0 6 は、次式に示す重み付けを伴う画素演算により合成画像の画素値  $f\_g(i)$  を求める構成としてもよい。

$$f\_g(i) = S - M / (p_0(i) + p_1(i) + \dots + p_{(M-1)}(i))$$

$$p_0(i) = 1 / (S - w_0 \cdot f_0(i))$$

$$p_1(i) = 1 / (S - w_1 \cdot f_1(i))$$

$$p_{(M-1)}(i) = 1 / (S - w_{(M-1)} \cdot f_{(M-1)}(i))$$

なお、画像生成部 1 0 4 において上記重み係数  $w_m$  を用いて重み付けして画像データを生成する場合は、画像合成部 2 0 0 における重み付けは不要である。

30

【 0 0 7 0 】

(実施の形態 3)

本実施の形態では、画像データを生成する基となる RF (Radio Frequency) 信号を保存しておき、オフラインの状態により高画質な合成画像を生成する手法について説明する。

【 0 0 7 1 】

図 1 5 は、本発明を適用した一例として実施の形態 3 における超音波診断装置の概略構成を示している。同装置は、図 1 2 の構成と比較して、新たに RF 信号格納部 3 0 1 を追加した点と、オフライン時において画像生成部 1 0 4 がステア角度毎の画像について、複数の周波数帯域(例えば前記の 1、2、3)のそれぞれについて画像を生成する点異なる。以下異なる点を中心に説明する。

40

【 0 0 7 2 】

RF 信号格納部 3 0 1 は、送受信制御部 1 0 2 で受信した RF 信号を格納するためのものであり、オフライン時に少なくとも合成画像 1 枚を合成するのに必要な量の RF 信号を格納するだけの容量を持つ。

図 1 6 はオフライン時の処理の流れの一例を示した図である。オフライン時において超音波アレイプローブ 1 0 1 からの RF 信号(つまり受信された反射波)は RF 信号格納部 3 0 1 に格納される。オフライン時には、画像合成に必要な情報はすべて RF 信号格納部 3 0 1 に格納されることになる。

【 0 0 7 3 】

50

画像生成部 104 は、RF 信号格納部 301 から RF 信号を読み出し、様々なパラメータ（周波数帯域など）を変えて画像データを生成し、画像データメモリ（図外）に格納する。画像データの生成に際して、画像生成部 104 は、画像データの平均的な画素レベルを平準化するために、周波数帯域に応じた重み付けを行う。

図 16 では、ステア角度が 3 方向（1、2、3）の RF 信号それぞれに対して、基本波 1、二次高調波 2、三次高調波 3 によって画像データを生成した様子を示しており、合計 9 個の画像データが格納されることになる。

【0074】

このようにして生成された 9 つの画像データは、画像合成部 106 により合成される。図 16 では 2 つの合成方法を示している。

10

合成例 1 では、まず最初に周波数コンパウンド（同じステア角度における異なる周波数帯域の画像の合成）を行い、その後、それらの合成結果をさらに合成させて、最終的な合成画像を得る。

【0075】

合成例 2 は、この順番を入れ替え、最初に異なったステア角度の同じ周波数帯域の画像の合成を行なって、それらの合成結果をさらに合成すること（周波数コンパウンド）により、最終的な合成画像を得る。

どちらの合成例も数学的には等価の処理であり、最終結果は処理順序には依存しないはずであるが、実際の処理においては桁落ちや丸め誤差などの変動成分の混入があり、この影響の後段への伝わり方が異なるため、最終画像への影響が現れてしまう。どのような順番で合成処理を行なうかについては、合成方法としてどの方法を選択するかによっても異なってくるため、処理方法と処理順序の関係をあらかじめ登録したメモリなどを備えておく、あるいはその都度ユーザーが合成方法と順序を指定するという構成としてもよい。

20

【0076】

このオフライン時の画像合成の場合、前述のように処理量は多くなるが、合成画像の生成に使用するデータ数が多くなるため、ノイズ除去効果はさらに大きくすることができるという効果がある。

ただし、合成に用いる画像データの数が多くなると、それに伴って合成後の画像がぼやけてくる場合があるが、その場合には、HPF（High Pass Filter）やエッジ強調フィルタ、あるいはこれと等価な効果をもつような合成方法を利用することで、合成後の画像のボケは回復させるようにしてもよい。

30

【0077】

なお、各実施の形態の図 4、9、13 に示した機能ブロック図及び図 11 のフローチャートは、図 3 に示した本体装置 12 における DSP や CPU においてプログラムとして実現できることは言うまでもない。このプログラムは、CD などの記録媒体や電気通信回線を通して配信可能であり、パッケージソフトウェアやダウンロード用ソフトウェアとして独立して取引の対象となる。

【産業上の利用可能性】

【0078】

本発明は、超音波プローブから超音波を送信し、対象物からの反射波から生成される反射信号に基づいて画像を生成する画像処理装置、例えば、医療用等の超音波診断装置等に適している。

40

【図面の簡単な説明】

【0079】

【図 1】（a）超音波アレイプローブから複数の方向へ超音波ビームを照射する様子を示す図である。（b）検査対象物を示す図である。（c）3 方向から取得された画像データを示す図である。

【図 2】（a）深度が浅い検査対象物をスキャンする様子を示す図である。（b）深度が深い検査対象物をスキャンする様子を示す図である。

【図 3】本発明の実施の形態 1 における超音波診断装置の外観図である。

50

【図 4】超音波診断装置の主要な機能構成を示すブロック図である。

【図 5】ステア角度テーブルとポインタ P とを示す図である。

【図 6】( a ) 周波数帯域テーブルとポインタ Q とを示す図である。( b ) ポインタ対応テーブルを示す図である。

【図 7】ステア角度と周波数帯域と生成される画像との関係を説明する図である。

【図 8】ステア角度と周波数帯と生成画像との関係を説明する図の他の一例である。

【図 9】1 つのステア角度と周波数帯と生成画像との関係を説明する図のさらに他の一例である。

【図 10】( a ) 基本波帯域の反射波 ( エコー ) の様子を模式的に示す。( b ) 2 次高調波帯域の反射波 ( エコー ) の様子を模式的に示す。

【図 11】超音波診断装置における合成画像の生成までの処理を示すフローチャート図である。

【図 12】本発明の実施の形態 2 における超音波診断装置の構成を示すブロック図である。

【図 13】マスクデータの生成方法の一例について説明する図である。

【図 14】画像合成部の合成動作を示すフローチャートである。

【図 15】実施の形態 3 における超音波診断装置の概略構成を示す図である。

【図 16】オフライン時の処理の流れの一例を示した図である。

【符号の説明】

【 0 0 8 0 】

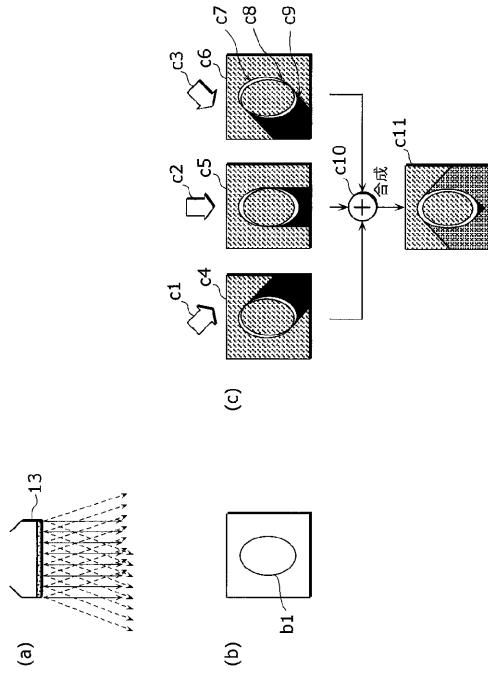
T 1	ステア角度テーブル
T 2	周波数帯域テーブル
T 3	ポインタ対応テーブル
1 0	超音波診断装置
1 1	表示装置
1 2	本体装置
1 3	超音波アレイプローブ
1 0 1	超音波アレイプローブ
1 0 2	送受信制御部
1 0 3	ステア角度指示部
1 0 4	画像生成部
1 0 5	周波数帯域選択部
1 0 6	画像合成部
1 0 7	画像格納部
1 0 8	フレームメモリ
1 0 9	画像表示部

10

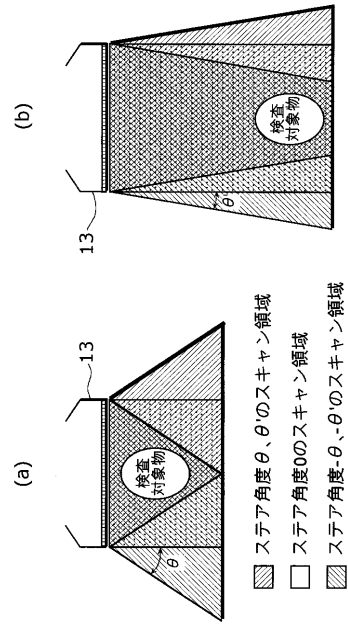
20

30

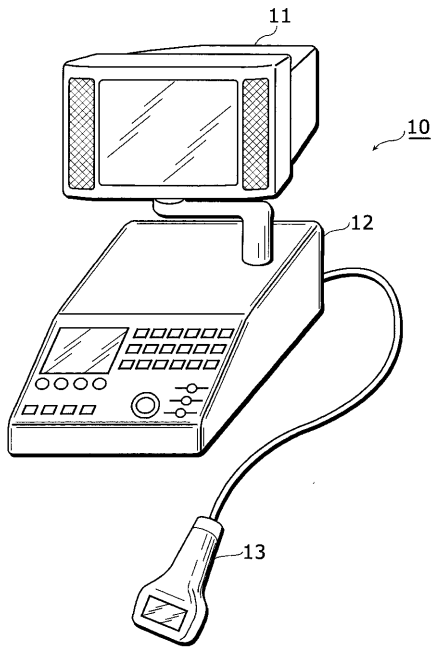
【 図 1 】



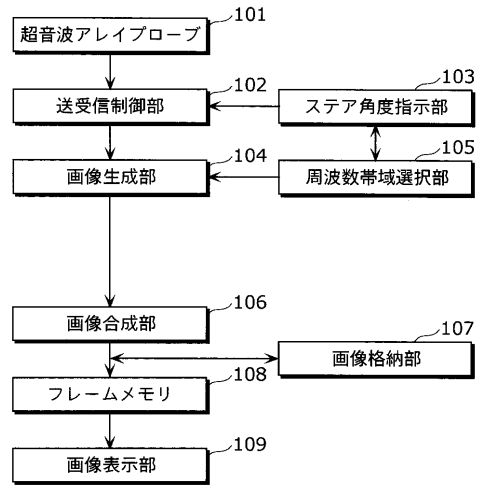
【 図 2 】



【 図 3 】



【 図 4 】



【 図 5 】

Figure 5 shows a table T1 with a pointer pointing to it from a 'ポインタP' box.

no.	$\theta 1$	$\theta 2$	$\theta 3$
1	-5°	0°	5°
2	-10°	0°	10°
3	-15°	0°	15°
⋮	⋮	⋮	⋮

【 図 6 】

(a)

no.	$\theta 1$	$\theta 2$	$\theta 3$
1	$\omega 1$	$\omega 2$	$\omega 3$
2	$\omega 3$	$\omega 2$	$\omega 1$
3	$\omega 2$	$\omega 1$	$\omega 3$
4	$\omega 1$	$\omega 2$	$\omega 1$
5	$\omega 2$	$\omega 1$	$\omega 2$
⋮	⋮	⋮	⋮

T2

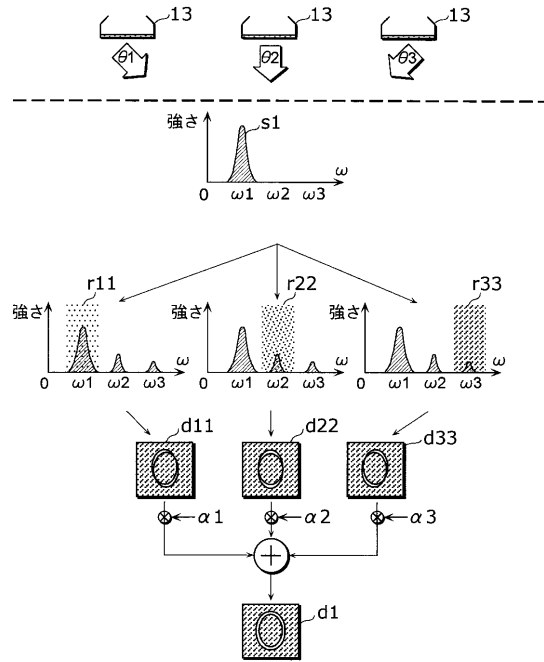
ポインタQ

(b)

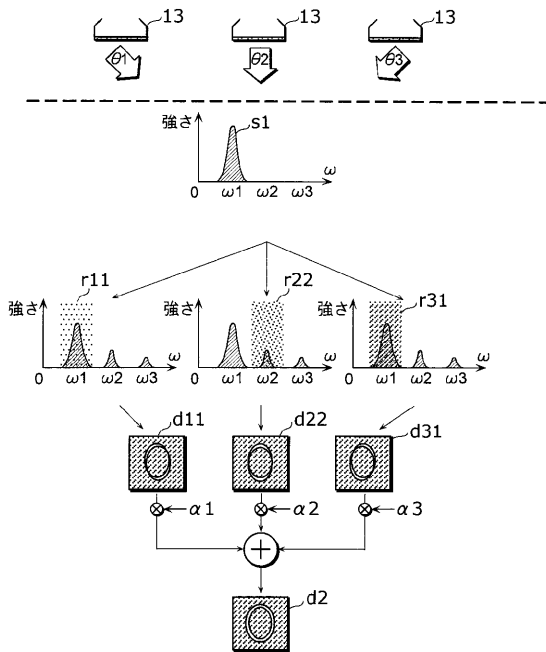
P	Q
1	1
2	2
3	4

T3

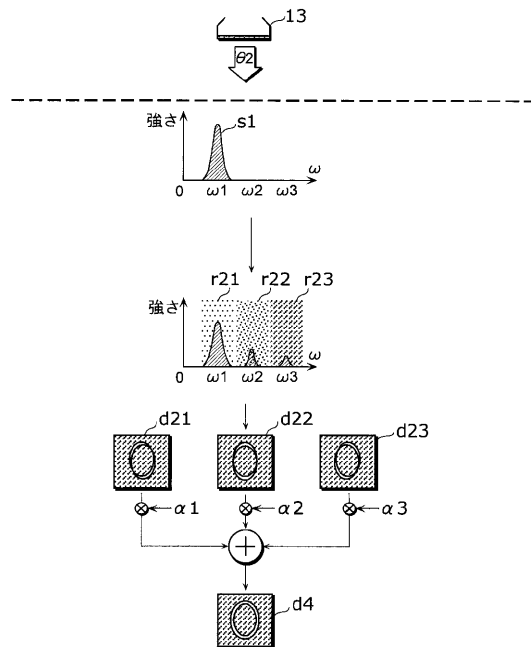
【 図 7 】



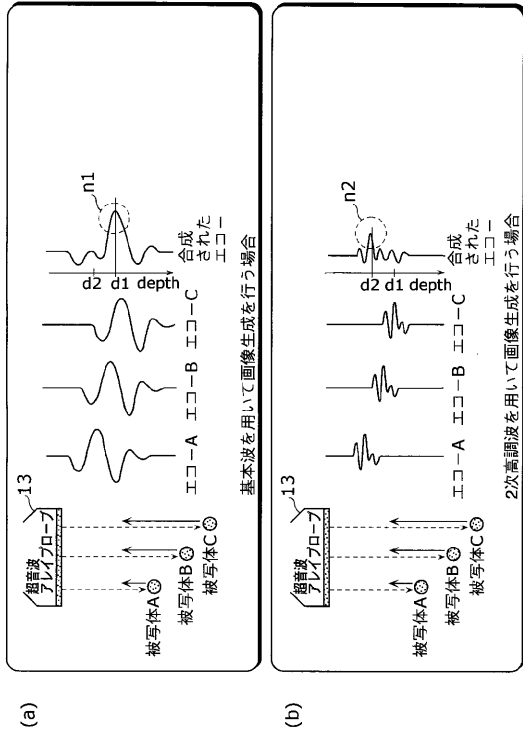
【 図 8 】



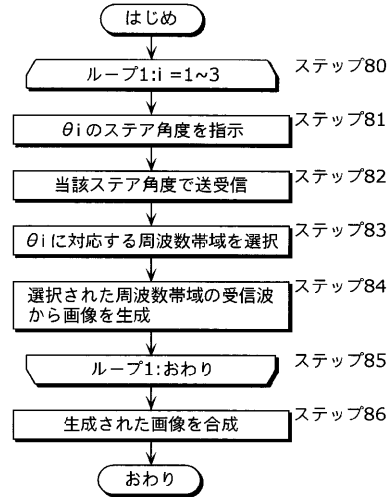
【 図 9 】



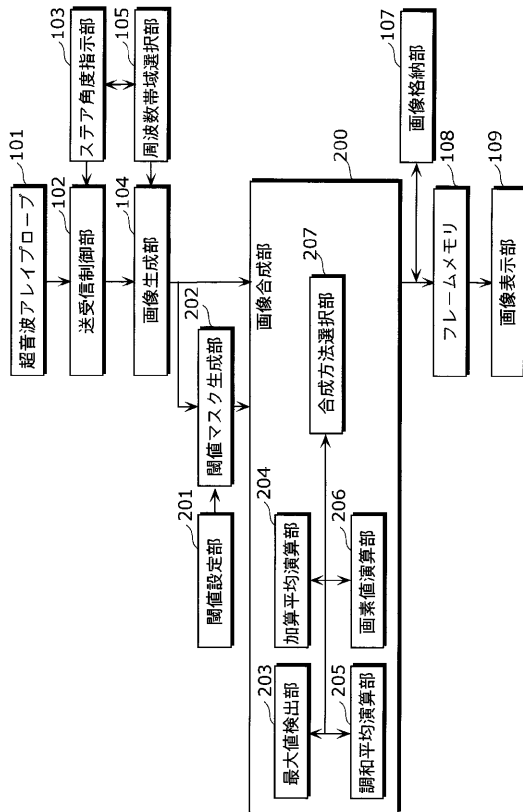
【図10】



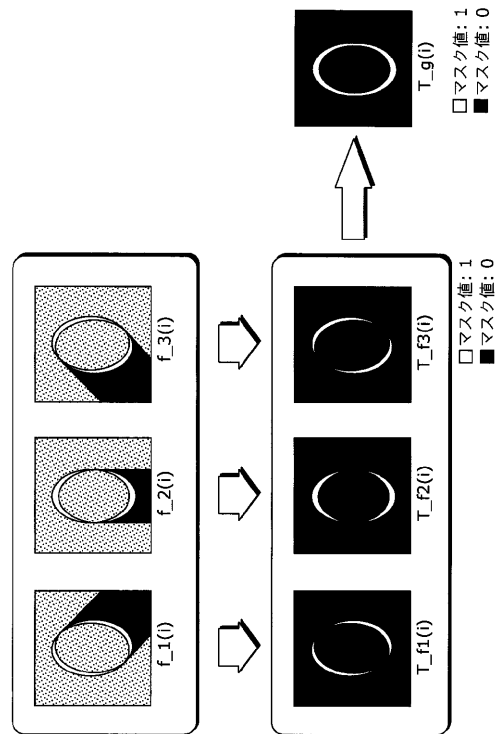
【図11】



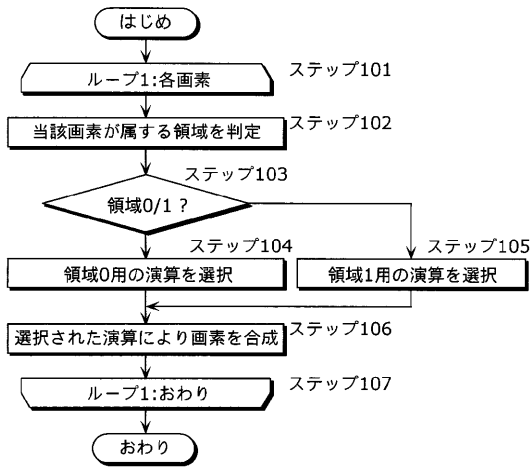
【図12】



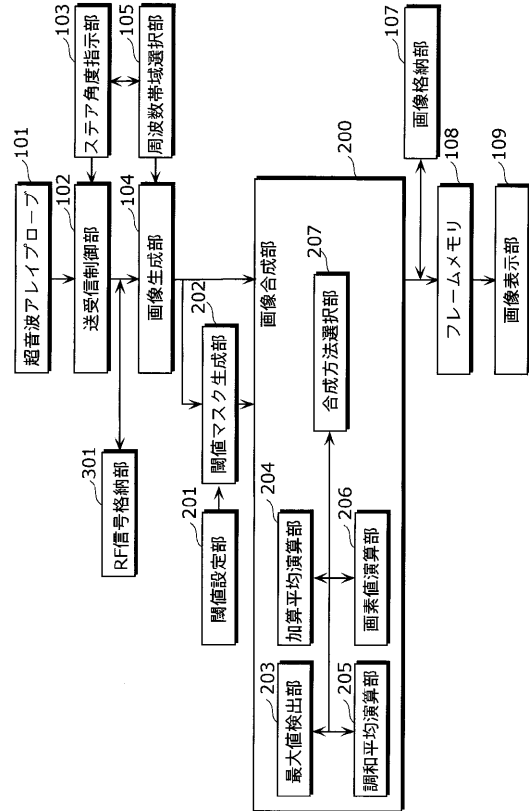
【図13】



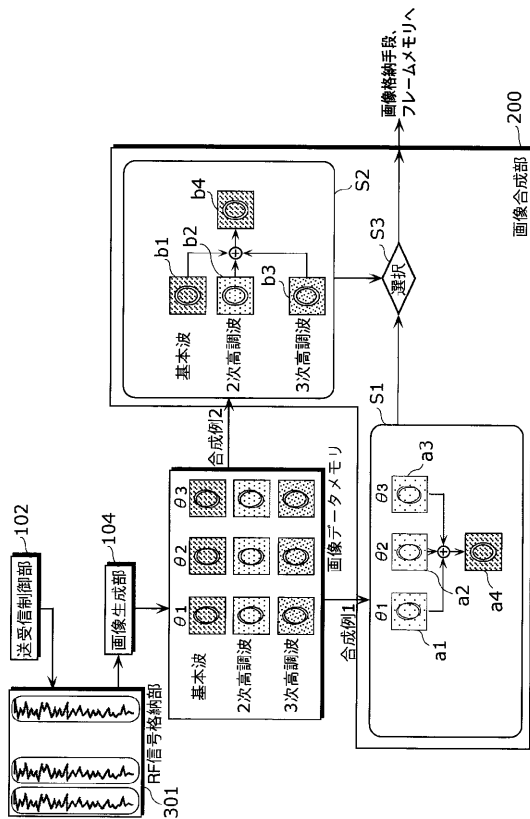
【 図 1 4 】



【 図 1 5 】



【 図 1 6 】



专利名称(译)	图像处理设备，方法和程序		
公开(公告)号	<a href="#">JP2004154567A</a>	公开(公告)日	2004-06-03
申请号	JP2003353360	申请日	2003-10-14
申请(专利权)人(译)	松下电器产业有限公司		
[标]发明人	大宫 淳		
发明人	大宫 淳		
IPC分类号	A61B8/00 G06T1/00 G06T3/00		
FI分类号	A61B8/00 G06T1/00.290.D G06T3/00.300 A61B8/14 G06T5/50 G06T7/00.612		
F-TERM分类号	4C601/BB02 4C601/BB07 4C601/BB27 4C601/DE09 4C601/EE04 4C601/GB04 4C601/HH16 4C601/HH31 4C601/HH35 4C601/JB31 4C601/JB39 4C601/JB40 4C601/JB45 4C601/JB48 4C601/JB50 4C601/JB55 4C601/JC04 4C601/JC21 4C601/KK44 4C601/LL04 5B057/AA07 5B057/BA05 5B057/CA08 5B057/CA11 5B057/CA16 5B057/CB08 5B057/CB11 5B057/CB16 5B057/CE08 4C601/LL28 4C601/LL38		
代理人(译)	新居 広守		
优先权	2002300397 2002-10-15 JP		
外部链接	<a href="#">Espacenet</a>		

摘要(译)

提供了一种用于去除斑点噪声的图像处理装置。一种图像处理装置，该图像处理装置从超声波探头以多个转向角（例如， $\theta_1$ ， $\theta_2$ 和 $\theta_3$ ）发送超声波，并基于来自被摄体的反射信号生成图像。用于基于反射信号的指定频带的信号针对每个角度 $\theta_1$ ， $\theta_2$ ， $\theta_3$ 生成图像的图像，以及针对每个所产生的转向角的图像以获得合成图像 提供组合单元106和频带选择单元105，该频带选择单元105为至少两个转向角指定不同的频带。 [选择图]图5

