

(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2006-105647

(P2006-105647A)

(43) 公開日 平成18年4月20日(2006.4.20)

(51) Int. Cl.

G01S 15/89 (2006.01)

F I

G01S 15/89

B

テーマコード (参考)

5J083

審査請求 未請求 請求項の数 8 O L (全 14 頁)

(21) 出願番号 特願2004-289681 (P2004-289681)

(22) 出願日 平成16年10月1日(2004.10.1)

(71) 出願人 000005832

松下電工株式会社

大阪府門真市大字門真1048番地

(74) 代理人 100084375

弁理士 板谷 康夫

(72) 発明者 北田 耕作

大阪府門真市大字門真1048番地 松下
電工株式会社内

(72) 発明者 山中 浩

大阪府門真市大字門真1048番地 松下
電工株式会社内

Fターム(参考) 5J083 AA02 AB15 AC29 AC32 AD04

AD17 AD20 BC02 BE12 BE38

BE57 CA02 CA13 DC05 EA14

EB02 EB11

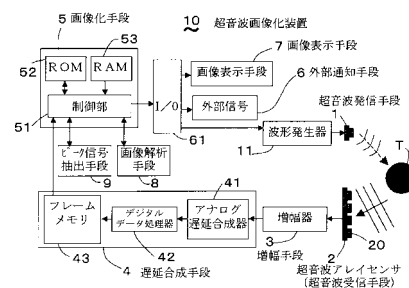
(54) 【発明の名称】 超音波画像化方法及び超音波画像化装置

(57) 【要約】

【課題】 超音波画像化方法及び超音波画像化装置において、対象物体の超音波反射率に依存することのない、また、簡便に物体の挙動解析や追跡が行える、物体の距離画像の生成を可能とする。

【解決手段】 超音波画像化装置10は、超音波発信手段1と、複数の超音波受信素子20を2次元配列した超音波アレイセンサ2とを備え、超音波発信手段1からの超音波が物体Tによって反射する反射超音波を超音波アレイセンサ2で受信してその物体の方位と距離を求めて物体Tの距離画像を生成する装置であり、信号増幅手段3と、信号を遅延合成して方位毎の距離を演算する遅延合成手段4と、求めた信号の信号強度と方位から形成される信号強度分布におけるピーク信号に対応する距離と方位を抽出するピーク信号抽出手段9と、2次元マップの各画素に方位を対応させ、ピーク信号に対応する距離と方位を用いて距離画像を生成する画像化手段5と、を備えている。

【選択図】 図1



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

複数の超音波受信素子を所定間隔で X 方向と Y 方向に 2 次元配列して形成した超音波アレイセンサを用いて、前方の各方位における超音波反射物体の距離を求めて該物体の距離画像を生成する超音波画像化方法であって、

前方からの反射超音波を受信して各方位毎に前記各超音波受信素子の信号を遅延加算することにより超音波反射物体の距離を求める遅延加算ステップと、

前記超音波アレイセンサの中心から X 方向と Y 方向の視野角度を設定する視野角度設定ステップと、

前記超音波アレイセンサの指向性から X 方向と Y 方向の角度分解能を設定する角度分解能設定ステップと、 10

前記設定した X 方向と Y 方向の視野角度を前記 X 方向と Y 方向の角度分解能でそれぞれ割算して得た数をそれぞれ X 方向画素数、Y 方向画素数とする画素数設定ステップと、

前記 X 方向画素数と Y 方向画素数からなる 2 次元マップの各画素に方位を対応させて距離画像を生成する画像生成ステップと、を備え、

前記遅延加算ステップにおいて遅延加算して求めた信号の信号強度と方位から形成される信号強度分布におけるピーク信号に対応する距離と方位を用いて前記画像生成ステップにおける距離画像を生成することを特徴とする超音波画像化方法。

【請求項 2】

前方 3 次元空間の中の特定の 2 次元平面について距離と方向を検出して前記距離画像を生成することを特徴とする請求項 1 に記載の超音波画像化方法。 20

【請求項 3】

前記遅延加算ステップを時分割して複数の前記距離画像を生成することを特徴とする請求項 2 に記載の超音波画像化方法。

【請求項 4】

複数のピーク信号をグループ化した中で最大ピーク信号に対応する距離と方向を距離画像として生成することを特徴とする請求項 1 乃至請求項 3 のいずれかに記載の超音波画像化方法。

【請求項 5】

超音波反射物体の距離と方向を時系列に検出し、前記距離画像に連続表示して、超音波反射物体の移動方向を推定可能とすることを特徴とする請求項 1 乃至請求項 4 のいずれかに記載の超音波画像化方法。 30

【請求項 6】

超音波反射物体を認識したときと認識していないときとで超音波反射物体の距離を求める間隔を変えることを特徴とする請求項 5 に記載の超音波画像化方法。

【請求項 7】

超音波発信手段と、複数の超音波受信素子を所定間隔で X 方向と Y 方向に 2 次元配列して形成した超音波アレイセンサとを備え、前記超音波発信手段から発信した超音波が前方の物体によって反射する反射超音波を前記超音波アレイセンサで受信してその物体の方位と距離を求めて該物体の距離画像を生成する超音波画像化装置であって、 40

前記超音波受信素子の信号を増幅する信号増幅手段と、

前記信号増幅手段で増幅された各信号を遅延合成及び A/D 変換して方位毎の距離を演算してメモリに記憶する遅延合成手段と、

前記遅延合成手段で求めた信号の信号強度と方位から形成される信号強度分布におけるピーク信号に対応する距離と方位を抽出するピーク信号抽出手段と、

前記超音波アレイセンサの指向性と視野角度に基づいて設定した X 方向画素数と Y 方向画素数の 2 次元マップの各画素に方位を対応させ、前記ピーク信号に対応する距離と方位を用いて距離画像を生成する画像化手段と、を備えたことを特徴とする超音波画像化装置。

【請求項 8】

画像化された物体の移動方向や挙動を前記距離画像の時間変化に基づいて解析する画像解析手段と、

前記画像解析手段で得られた結果を外部に通知する外部通知手段と、をさらに備えたことを特徴とする請求項 7 に記載の超音波画像化装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、発信された超音波の検出対象物からの反射波を受信することによって、検出対象物までの距離とその方位を計測して物体の距離画像を生成する超音波画像化装置及び画像化方法に関する。

10

【背景技術】

【0002】

従来から、超音波発信器から発信された音波が対象物により反射されて、超音波受信器によって受信されるまでの時間（伝搬時間）を計測し、この伝搬時間と音速とに基づいて各方位における対象物までの距離の分布を計測する技術が一般に知られている。例えば、水中探査や非破壊検査、医療用診断に用いられている一般的な超音波映像分野では、圧電素子を一次的に並べて超音波の発信と受信に共用した探触子が用いられる。このような探触子を機械的に回動させて角度走査を行い、音響インピーダンスの異なっている部分（例えば、生態の組織境界面）からのエコーにより扇型ビームの通る断面の映像を得るものがある。

20

【0003】

また、空気中において、複数の超音波受信素子をアレイ状に配列した超音波アレイセンサで反射超音波を受信し、各超音波受信素子の受信信号に対して、超音波の入射角と素子の位置関係に対応した時間だけ遅延させて演算処理することによって、任意の方位からの反射波だけを選択的に取り出す技術が知られている（特許文献 1 参照）。これによると、機械的な走査を行うことなく、電気的な信号処理のみによって方位を走査する、いわゆる電子的走査によって、超音波を反射した対象物の距離と方位、すなわち対象物の 3 次元的な位置に関する情報を取得でき、物体の距離画像を得ることができる。

【0004】

また、超音波は、レーザ光などの光と比べて周波数が低く、伝搬速度も遅いため、回路的に安価に構成できるという利点がある。このため、超音波による障害物等の物体認識センサが、レーザ光などの光を用いるセンサと同様に用いられつつある。

30

【特許文献 1】特開 2002-156451 号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

しかしながら、特許文献 1 や他の開示された文献において、超音波反射率の違う複数の物体を認識して物体の挙動解析や追跡を行うことができる距離画像を生成する方法や装置が見られない。

【0006】

40

本発明は、上記課題を解消するものであって、対象物体の超音波反射率に依存することなく、また、簡便に物体の挙動解析や追跡が行える、物体の距離画像を生成できる超音波画像化方法及び超音波画像化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】

【0007】

上記課題を達成するために、請求項 1 の発明は、複数の超音波受信素子を所定間隔で X 方向と Y 方向に 2 次元配列して形成した超音波アレイセンサを用いて、前方の各方位における超音波反射物体の距離を求めて該物体の距離画像を生成する超音波画像化方法であって、前方からの反射超音波を受信して各方位毎に前記各超音波受信素子の信号を遅延加算することにより超音波反射物体の距離を求める遅延加算ステップと、前記超音波アレイセ

50

ンサの中心からX方向とY方向の視野角度を設定する視野角度設定ステップと、前記超音波アレイセンサの指向性からX方向とY方向の角度分解能を設定する角度分解能設定ステップと、前記設定したX方向とY方向の視野角度を前記X方向とY方向の角度分解能でそれぞれ割算して得た数をそれぞれX方向画素数、Y方向画素数とする画素数設定ステップと、前記X方向画素数とY方向画素数からなる2次元マップの各画素に方位を対応させて距離画像を生成する画像生成ステップと、を備え、前記遅延加算ステップにおいて遅延加算して求めた信号の信号強度と方位から形成される信号強度分布におけるピーク信号に対応する距離と方位を用いて画像生成ステップにおける距離画像を生成するものである。

【0008】

請求項2の発明は、請求項1に記載の画像化方法において、前方3次元空間の中の特定の2次元平面について距離と方向を検出して前記距離画像を生成するものである。 10

【0009】

請求項3の発明は、請求項2に記載の画像化方法において、前記遅延加算ステップを時分割して複数の前記距離画像を生成するものである。

【0010】

請求項4の発明は、請求項1乃至請求項3のいずれかに記載の画像化方法において、複数のピーク信号をグループ化した中で最大ピーク信号に対応する距離と方向を距離画像として生成するものである。

【0011】

請求項5の発明は、請求項1乃至請求項4のいずれかに記載の画像化方法において、超音波反射物体の距離と方向を時系列に検出し、前記距離画像に連続表示して、超音波反射物体の移動方向を推定可能とするものである。 20

【0012】

請求項6の発明は、請求項5に記載の画像化方法において、超音波反射物体を認識したときと認識していないときとで超音波反射物体の距離を求める間隔を変えるものである。

【0013】

請求項7の発明は、超音波発信手段と、複数の超音波受信素子を所定間隔でX方向とY方向に2次元配列して形成した超音波アレイセンサとを備え、前記超音波発信手段から発信した超音波が前方の物体によって反射する反射超音波を前記超音波アレイセンサで受信してその物体の方位と距離を求めて該物体の距離画像を生成する超音波画像化装置であって、前記超音波受信素子の信号を増幅する信号増幅手段と、前記信号増幅手段で増幅された各信号を遅延合成及びAD変換して方位毎の距離を演算してメモリに記憶する遅延合成手段と、前記遅延合成手段で求めた信号の信号強度と方位から形成される信号強度分布におけるピーク信号に対応する距離と方位を抽出するピーク信号抽出手段と、前記超音波アレイセンサの指向性と視野角度に基づいて設定したX方向画素数とY方向画素数の2次元マップの各画素に方位を対応させ、前記ピーク信号に対応する距離と方位を用いて距離画像を生成する画像化手段と、を備えたものである。 30

【0014】

請求項8の発明は、請求項7に記載の画像化方法において、画像化された物体の移動方向や挙動を前記距離画像の時間変化に基づいて解析する画像解析手段と、前記画像解析手段で得られた結果を外部に通知する外部通知手段と、をさらに備えたものである。 40

【発明の効果】

【0015】

請求項1の発明によれば、超音波信号強度分布におけるピーク信号に基づいて距離画像を生成するので、超音波反射物体の反射率が低い場合においても物体を認識可能であり、反射率のばらつきの影響を受けない距離画像を生成できる。

【0016】

請求項2の発明によれば、3次元画像を得る場合より少ないデータ処理量で距離画像を生成でき、物体の挙動解析や追跡に利用できる簡便な距離画像が得られる。

【0017】

請求項 3 の発明によれば、複数の距離情報が効率よく得られる。

【0018】

請求項 4 の発明によれば、グループ活動する複数物体の挙動や、複数の超音波反射強度ピークを有する物体などを、代表点の挙動によって物体の挙動解析及び追跡が明瞭に行える。

【0019】

請求項 5 の発明によれば、物体の時系列的な挙動が分かり易く、物体の移動予測が容易となる。

【0020】

請求項 6 の発明によれば、超音波反射物体の距離を求める間隔を空間的又は時間的に変化させることにより、物体の移動速度が速くても遅くても、物体の移動に追従して距離画像を生成できる。このため、例えば、画像を記録する場合の記録媒体の節減ができる。

【0021】

請求項 7 の発明によれば、超音波信号強度分布におけるピーク信号に基づいて距離画像を生成するので、超音波反射物体の反射率が低い場合においても物体を認識可能であり、反射率のばらつきの影響を受けない距離画像を生成できる。

【0022】

請求項 8 の発明によれば、物体の挙動を推定し、接近する物体に対して警報を鳴らして撃退することなどが可能になる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0023】

以下、本発明の一実施形態による超音波画像化装置について、図面を参照して説明する。図 1 は、超音波画像化装置 10 のブロック構成を示す。超音波画像化装置 10 は、所定周波数（例えば、40～100kHz 程度）の音波を発する音源である超音波発信手段 1 と、複数の超音波受信素子 20 を一定間隔で X 方向と Y 方向に 2 次元配列して形成した超音波アレイセンサ 2 とを備えており、超音波発信手段 1 から発信した超音波が前方の物体 T によって反射する反射超音波を超音波アレイセンサ 2 で受信してその物体の方位と距離を求めて距離画像を生成する画像化装置である。

【0024】

超音波画像化装置 10 は、さらに、超音波アレイセンサ 2 からの信号を増幅する増幅手段 3 と、その信号を遅延合成及び A/D 変換して方位毎の距離を演算してメモリに記憶する遅延合成手段 4 と、記憶されたデータをもとに距離画像を生成する画像化手段 5 と、画像化された物体の移動方向や挙動を距離画像の時間変化に基づいて解析する画像解析手段 8 と、遅延合成手段で求めた信号の信号強度と方位から形成される信号強度分布におけるピーク信号に対応する距離と方位を抽出するピーク信号抽出手段 9 と、画像化手段 5 が入出力部 61 を介して外部に物体の検出結果を通知する外部通知手段 6 と、画像表示するための画像表示手段 7 と、超音波発信手段 1 に超音波発信をさせるための波形発生器 11 と、を備えている。

【0025】

超音波受信素子 20 の各信号は、信号増幅手段 3 によって増幅され、遅延合成手段 4 におけるアナログ遅延合成器 41 によって、方位毎に各信号に対する所定の遅延処理とその遅延処理された信号の合成が行われ、このような 1 つの方位に対して 1 つの遅延合成信号を得る処理が各方位に対して行われる。デジタルデータ処理器 42 は、このような各方位毎に得られた遅延合成信号を A/D 変換するとともにそのデジタルデータを演算して各方位毎に（超音波反射物体の）距離を求める。その各方位毎に求めた距離及びこれを求めるもととなった遅延合成信号の信号強度がフレームメモリ 43 に記憶される。

【0026】

画像化手段 5 は、超音波アレイセンサ 2 の指向性と視野角度に基づいて設定した X 方向画素数と Y 方向画素数の 2 次元マップの各画素に方位を対応させ、フレームメモリ 43 に記憶した距離を各画素に濃淡表示する距離画像を生成する。また、画像化手段 5 は、方位

毎に得られた距離をそのまま距離画像とする他に、ピーク信号抽出手段 9 が求めたピーク信号に対応する距離と方位を 2 次元マップに濃淡表示する距離画像を生成する。このピーク信号に対応する距離と方位は、フレームメモリ 43 に記憶された方位毎の距離とこれを求めるもととなった遅延合成信号の信号強度に基づいて、ピーク信号抽出手段 9 により求められる。距離画像の生成は、ROM 52 又は RAM 53 に記憶されたプログラムに基づいて画像化手段 5 の制御部 51 において行われる。

【0027】

また、画像化手段 5 には、検知されて画像化された物体の挙動を距離画像の時間変化に基づいて解析する画像解析手段 8 を備えている。画像解析手段 8 で得られた結果は、外部通知手段 6 によって外部にメッセージ通知される。

10

【0028】

図 2 は、超音波受信素子 20 の断面を示す。超音波受信素子 20 は、SOI (Silicon on Insulator) 基板などのダイアフラム構成のシリコン基板上に、Pt による上下電極を有する強誘電体 PZT 膜をメンブレン部 21 に形成したものである。シリコン基板は、異方性エッチングにより凹部 22 が形成されてダイアフラム形状とされている。メンブレン部 21 に、超音波発信手段 1 が発した圧力波 (超音波) が物体 T にあたって反射した波の圧力を受けると、PZT (強誘電体膜) の圧電効果により微小な電圧が発生する。この電圧が PZT の上部と下部に設けた Pt (白金) 電極を通して外部に電圧信号波形として取り出される。このような構成の超音波受信素子 20 は、小型化及び集積化が可能であり、超音波アレイセンサ 2 に好適に用いられる。

20

【0029】

図 3 (a) (b) (c) は、上述の超音波受信素子 20 を組み込んだ超音波アレイセンサ 2 を示す。この超音波アレイセンサ 2 は、超音波受信素子 20 をパッケージ 25 等を用いて実装して十字形状にアレイ化したものである。この超音波アレイセンサ 2 は、1 つの素子を中心にして、X 方向に 5 素子、Y 方向に 5 素子配列して構成されている。図 3 (c) に示すように、メンブレン部 21 が望む有効開口の形状寸法により、個々の素子の視野角度 α が決定される。

【0030】

また、図 4 に示すように、超音波受信素子 20 を 2 次元に等間隔に配置した超音波アレイセンサ 2 を距離画像生成のため用いることができる。この場合、必要な角度分解能に応じて、素子数を選択することができる。この他に、超音波受信素子 20 を斜めマトリックス配置、同心円状配置、不等間隔配置したものを用いることもできる。

30

【0031】

ここで、図 5 を参照して、超音波アレイセンサ 2 を用いた電子的走査 (電子スキャン) の概念を説明する。電子スキャンは、超音波アレイセンサ 2 を空間的に固定して、超音波アレイセンサ 2 に様々な方向から入射する超音波を 3 次元空間における各方向 (方位と呼ぶ) 毎に識別して各方位毎の受信超音波の強度を取得する方法である。超音波アレイセンサ 2 に到達する超音波の波面は少なくとも超音波アレイセンサ 2 の受信面内で平面であるとして扱われる。そこで、図 5 (a) に示すように、超音波アレイセンサ 2 の前方面 N1 方向からやってくる超音波の波面 2a は、超音波アレイセンサ 2 の受信面と平行であり、超音波アレイセンサ 2 の受信面に配列された全ての超音波受信素子 20 (不図示) は同時に超音波を受信する。

40

【0032】

そして、図 5 (b) に示すように、正面 N1 から右 (X 方向) に角度 ϕ だけ振った方向 N2 からやってくる超音波の波面 2a は、超音波アレイセンサ 2 の右半分では超音波アレイセンサの中心よりも早めに到達し、左半分では遅れて到達する。そこで、各超音波受信素子 20 により時間とともに超音波を受信して出力される信号に、このような波面の進み時間や遅れ時間を補正する演算を行うことにより、全ての超音波受信素子 20 が同位置の波面に基づく超音波を同一時刻に受信したように時間補正できる。そこで、各超音波受信素子 20 の時間補正した信号を足し算すると、いわゆる遅延加算した信号が得られる。こ

50

の遅延加算した時間的に変動する信号に現れる信号強度のピークの時間軸上の位置 ($t = t_1$ とする) から、方向 N_2 に存在する超音波反射物体の反射面の距離が求められる。なお、信号の時間軸の原点 ($t = 0$) を、超音波発信手段 1 から超音波を発信した時刻とし、音速を V とすると、超音波が往復することを考慮して距離 Z が $Z = V \cdot t_1 / 2$ とともとまる。

【0033】

また、図 5 (c) (d) に示すように、前方上方 (Y 方向) に角度 θ 振った方向 N_3 や、一般に、右に ϕ 、上に θ 振った方向 N_4 からやってくる反射超音波に対しても、各超音波受信素子 20 が超音波アレイセンサ 2 の受信面上に配置された位置、及び角度 ϕ 、 θ に基づいて、各受信信号に信号遅延時間 (正負あり) 補正を行い、補正された各受信信号を加算することによって、任意方位における超音波反射物体の距離を求めることができる。

10

【0034】

次に、図 6 を参照して、超音波アレイセンサ 2 の指向性を説明する。超音波アレイセンサ 2 の正面所定距離に孤立した超音波反射物体 T を配置し、前方に超音波を発信するとともに超音波アレイセンサ 2 によって、例えば X 方向の電子スキャンを行うことにより、図 6 に示すような X 方向の指向性データが得られる。超音波アレイセンサ 2 は、X 方向と Y 方向について対称であるため、両方向について同じ指向性が得られる。この指向性のグラフから、超音波アレイセンサ 2 の角度分解能 δ が決められる。この指向性の特性図は、横軸が走査角度 ϕ であり、縦軸がセンサの相対感度である。走査角度 ϕ は、超音波アレイセンサ 2 の正面方向を角度ゼロとして、例えば X 方向に電子的に受信信号を走査する場合の走査角である (電子的走査については、上述、及び例えば特許文献 1 参照)。

20

【0035】

角度分解能 δ は、例えば、相対感度が 0.3 dB 低下する角度として定義することができる。図 6 における曲線 a は、上述の超音波アレイセンサ 2 の指向性を示し、 $\delta = 5^\circ$ と読みとることができる。なお、4 素子のときは、曲線 b から、角度分解能が 7° 程度である。アレイを構成する超音波受信素子の数を増やすことによって、角度分解能を高くすることができる。従って、予め X、Y 方向の素子数を各 9 素子として、使用状況に応じて適宜 7 素子、5 素子、3 素子と減らすことも可能である。素子数を減らす場合、遅延合成や画像化のための演算量を減らすことができ、リアルタイム性が向上する。

【0036】

次に、図 7 のフローチャートを参照して、距離画像を生成する画像化方法を説明する。ここでは、X、Y 方向の超音波受信素子数が 5 素子の超音波アレイセンサ 2 (図 3) を用いた場合を説明する。また、前出の図を適宜参照する。このセンサは X 方向と Y 方向で対称であるので、以下に現れるパラメータは特に断らない限り、X 方向と Y 方向において同じである。まず、遅延加算ステップ (S1) で、反射超音波を受信して各方位毎に各超音波受信素子 20 の信号を遅延加算することにより各方位における超音波反射物体の距離を求めるとともに、遅延加算して求めた信号の信号強度と方位から形成される信号強度分布におけるピーク信号に対応する距離と方位が求められる。

30

【0037】

続いて、視野角度設定ステップ (S2) で、X 方向と Y 方向の視野角度 α が設定される。視野角度 α として、センサの幾何学形状で定まる最大値よりも小さな値を任意に選択することができる。例えば、特定角度範囲においてズームするときなどに、より小さな視野角度が選択される。今の場合、センサの正面から左右に $\pm 45^\circ$ 、つまり $\alpha = 90^\circ$ とされる。

40

【0038】

続いて、角度分解能設定ステップ (S3) で、超音波アレイセンサの指向性をもとに、X 方向と、Y 方向の角度分解能が決定される。今の場合、上述の図 4 の結果により、 $\delta = 5^\circ$ とされる。

【0039】

続いて、画素数設定ステップ (S4) で、上述の視野角度 α と角度分解能 δ を用いて、

50

X方向とY方向の画素数 p が求められる。すなわち、 $p = (\alpha / \delta + 1) = (90^\circ / 5^\circ + 1)$ 、から画素数 $p = 19$ が求まる。全画素数は、 $19 \times 19 = 361$ 画素となる。

【0040】

続いて、距離画像生成ステップ (S5) で、上記の画素数の画素をX方向、Y方向に2次元的に有する2次元マップの各画素に方位を対応させて距離を表示した距離画像が得られる。距離画像の表示方法として、物体を検知した距離に応じて各画素を濃淡階層スケールによって濃淡表示 (グレイティング) を用いることができる。例えば、近い物体は明るく、遠い物体は暗くする。カラー表示によって、例えば、近くを暖色にし、遠くを寒色にしてもよい。

【0041】

上述の5つのステップのうち視野角度設定ステップ (S2)、角度分解能設定ステップ (S3)、及び画素数設定ステップ (S4) は、超音波画像生成のサイクルの中で少なくとも1回行えばよい。また、超音波画像を定期的に又は連続して生成する中で、解像度を変更してズームアップする場合などには、これらの3つのステップの処理を適宜に行う動的な対応が可能である。

【0042】

次に、図8、図9を参照して、具体的な超音波距離画像を説明する。図8は、前方 (Z方向) 視野における2つの物体 T_1 、 T_2 の存在状況を示し、図8、図9において、X方向は左右方向 (水平方向)、Y方向は上下方向 (鉛直方向)、Z方向は奥行き方向 (前方距離) である。図9 (a) は、2つの物体 T_1 、 T_2 の3次元距離画像の例を示す。左前方 15° と右前方 20° の近傍に存在する物体 T_1 、 T_2 が超音波アレイセンサ2によって検出され、距離情報を有する3次元画像 (距離画像) として図9 (a) に濃淡表示されている。物体 T_2 が物体 T_1 より遠くに検出され、遠い方の物体 T_2 がより黒っぽく表示されている。距離画像において、各角度分解能や画素数は上述の通りである。

【0043】

図9 (b) は、図9 (a) に示す3次元距離画像のもとになった反射超音波の信号強度分布の例を2つの角度 $\theta = \theta_1$ 、 θ_2 について示している。これらの信号強度分布は、(X, Y) 又は (ϕ, θ) 平面における信号強度分布の2つの断面である。各角度 $\theta = \theta_1$ 、 θ_2 における分布には、物体 T_1 、 T_2 に対応して信号強度の大きなところが集中した区間 G_1 、 G_2 が認められる。これらの区間 G_1 、 G_2 は、 (ϕ, θ) 平面においては、物体 T_1 、 T_2 に対応した2つの山 (グループ) として認められるものである。これらの山から、最大ピークを抽出したとき、これが、例えば、図9 (b) に示すグラフにおいてピーク信号 P_1 、 P_2 であるとする。図9 (c) に示す3次元距離画像は、このようにして抽出した、信号強度分布におけるピーク信号 P_1 、 P_2 に対応する距離と方位を用いて生成した距離画像であり、さらに述べると、複数のピーク信号をグループ化した中で最大ピーク信号に対応する距離と方向を距離画像として生成したものである。

【0044】

次に、図10乃至図13を参照して、超音波信号強度分布におけるピーク信号に基づいて距離画像を生成する利点について説明する。図10 (a) は超音波発信手段1、受信手段である超音波アレイセンサ2、及び孤立した超音波反射物体 T を示している。このような単純な状況のもとで、ある1つの走査角度 ϕ において、反射超音波を受信してその信号を遅延加算すると、超音波反射物体 T の超音波反射率が高い場合、図10 (b) に示すような信号強度の波形が得られ、また、超音波反射物体 T の超音波反射率が低い、図10 (c) に示すような信号強度の波形が得られる (時間軸上の信号波形の位置から超音波反射物体 T の距離が分かる)。

【0045】

上述のような遅延加算した信号を、超音波アレイセンサ2の視野角度の範囲内で ϕ 方向に電子スキャンして求め、各角度 ϕ に対応する信号強度波形におけるピーク値をグラフにすると、図11 (a) (b) に示すようになる (図6に示した指向性グラフと同様のグラフ)。個々の信号に対して、その信号を有意の信号として採用するかどうかを、信号強度

10

20

30

40

50

による閾値 $TH1$ を用いる場合、図 11 (b) に示す信号強度の信号については、いずれの角度 ϕ における反射超音波の信号も捨てられてしまう。従って、超音波反射物体 T の超音波反射率が高い場合には、図 11 (c) に示すように、所定の角度と距離の位置に超音波反射物体 T が表示されるが、超音波反射率が低い場合には、図 11 (d) に示すように超音波反射物体 T は表示されないという問題が起こる。なお、図 10 (c) (d) に示す図は、前方 3 次元空間の中の特定の 2 次元平面、例えば水平面について距離と方向を検出して表示した距離画像である。

【0046】

上述では、閾値 $TH1$ に信号強度が至らなかったデータが廃棄されている。そこで、閾値 $TH1$ に変えて、図 12 (a) (b) に示すように、小さい強度の信号にも対応できる閾値 $TH2$ ($TH2 < TH1$) を設定すると、図 12 (c) (d) に示すように、信号強度が低い (超音波反射率が低い) 場合にも、超音波反射物体 T の表示が可能となる (なお、図 12 では、2 つの超音波反射物体 T が接近して存在していると想定している)。しかしながら、閾値を下げた場合 (閾値 $TH1 \rightarrow$ 閾値 $TH2$) は、一般に角度分解能が低下したりノイズの混入やゴーストの発生などの問題があり、例えば、反射率の高い物体では、物体が実際の物体幅より広い範囲に存在するように認識され、隣接した 2 物体を区別できなくなるという問題が発生する。

【0047】

そこで、上記の問題を解決するため、信号強度による閾値を用いてノイズやゴーストの発生を抑える代わりに、超音波信号強度分布におけるピーク信号に基づいて距離画像を生成する。すると、図 13 (a) (b) に示すように、超音波信号強度分布におけるピーク信号 $P3$, $P4$, $P5$, $P6$ は、超音波信号の強度の大小 (超音波反射率の大小) にかかわらず検出できるので、図 13 (c) (d) に示すように、超音波反射率が高い場合においても、また低い場合においても反射率のばらつきの影響を受けずに、ノイズやゴーストの発生なく距離画像を生成できる。

【0048】

次に、図 14、図 15、図 16 を参照して、本発明の超音波画像化方法及び超音波画像化装置 10 による 2 次元の距離画像を用いた物体 (人物) T の移動方向や挙動解析の応用を説明する。図 14 (a) は、超音波アレイセンサの組み込まれた超音波画像化装置 10 を用いて、歩行する人物 (超音波反射物体) T を後方上方から電子スキャンして距離画像を生成する状況を示す。この電子スキャンの実行に当たり、特定の平面内で電子スキャンを行えば、2 次元の距離画像を生成することができ、電子スキャンのための時間を分割して、いわゆる時分割 (タイムシェアリング) して、複数の平面における 2 次元の距離画像を生成することができ、また、全方位について電子スキャンを行うと、3 次元の距離画像を生成することができる。いずれの距離画像の生成を行うかは、超音波画像化装置 10 のデータ処理能力と、画像生成の周期や状況などによって、動的に (リアルタイムに) 選択することができる。

【0049】

図 14 (b) は、生成された 2 次元の距離画像の例を示す。この距離画像は、上述のように、超音波信号強度分布におけるピーク信号に基づいて生成した距離画像である。このような距離画像によると、衣類などによって覆われていない頭部などの超音波反射率の高い部位からの反射超音波をとらえて、その部位を、人物 T の代表点として捉えることができる。そして、前述の画像解析手段 8 によって距離画像中に現れる代表点の時間変化を解析して人物 T の挙動を把握し、得られた結果に基づいて前述の外部通知手段 6 を用いて外部に警報通知などの対応を行うことができる。

【0050】

上述の画像解析の例として、例えば、図 15 (a) に示すように、人物 T が進路 $R1$ に沿って移動している場合について述べる。図 15 (b) に示すように、上述のピーク信号に基づく 2 次元の距離画像を生成するものとし、画像生成の周期を、例えば 0.3 ms 間隔で行う。この画像生成は、超音波発信手段 1 が間欠的に発信する超音波によって同期を

10

20

30

40

50

とる。また、この超音波発信の周期は、人物 T を検知中のときは、周期を短くし、人物 T を検知していないときは、周期を長くする。

【0051】

このようにして得られた物体の位置と方向のデータを連続したフレームとしてフレームメモリ 43 に蓄積して、図 15 (b) に示すように重畳した画像として画像表示手段 7 に表示する。すると、時間経過上方を有するこのような距離画像により、人物の移動方向を推定することができる。その人物 T が、どのような動きをしているのか、例えば、図 15 (a) (b) に示すように進路 R1 に沿って通過するだけなのか、又は、図 16 (a) (b) に示すように、進路 R2 に沿って接近や侵入を図ろうとしているのかなどを推定し、侵入を試みる不審者と判定したときは、超音波画像化装置 10 に組み込まれた外部通知手段 6 (不図示) を用いて警報を発することができる。このような進路 R1, R2 の推定は、超音波画像化装置 10 の画像解析手段 8 (不図示) によって自動的に行うことができ、また、距離画像を観察するユーザの判断によって行うこともできる。なお、本発明は、上記構成に限られることなく種々の変形が可能である。

【図面の簡単な説明】

【0052】

【図 1】 本発明の一実施形態に係る超音波画像化装置のブロック構成図。

【図 2】 同上画像化装置で用いられる超音波受信素子の断面図。

【図 3】 (a) は同上画像化装置で用いられる超音アレイセンサの平面図、(b) は (a) における A-A 断面図、(c) は (b) における B 部詳細断面図。

【図 4】 同上画像化装置で用いられる超音波アレイセンサの他の例を示す平面図。

【図 5】 (a) ~ (d) は同上超音波画像化装置における超音アレイセンサによる電子的走査を説明する超音波アレイセンサの概念図。

【図 6】 同上画像化装置で用いられる超音波アレイセンサの指向性グラフ。

【図 7】 本発明の一実施形態に係る距離画像を生成する超音波画像化方法における処理を示すフローチャート。

【図 8】 同上画像化方法における視野角度の説明図。

【図 9】 (a) は同上画像化装置及び画像化方法で得られた 3 次元距離画像、(b) は同距離画像のもとになった超音波反射信号強度分布の例を示すグラフ、(c) は信号強度分布におけるピーク信号に対応する距離と方位を距離画像として生成した図。

【図 10】 (a) は超音波発信手段、受信手段、超音波反射物体の関係図、(b) (c) はそれぞれ超音波反射率の高い物体からと低い物体からとの反射超音波信号強度の時間変化グラフ。

【図 11】 (a) (b) はそれぞれ反射超音波の信号強度がしきい値より大きい場合と小さい場合の信号強度分布図、(c) (d) はそれぞれ (a) (b) に対応する 2 次元距離画像。

【図 12】 (a) (b) はそれぞれ近接した 2 物体からの反射超音波の信号強度がしきい値より大きいと小さい場合の信号強度分布図、(c) (d) はそれぞれ (a) (b) に対応する 2 次元距離画像。

【図 13】 (a) (b) はそれぞれ近接した 2 物体からの反射超音波の信号強度が大きい場合と小さい場合の信号ピークを説明する信号強度分布図、(c) (d) はそれぞれ (a) (b) のピーク信号に対応する距離と方向を画像化した本発明に係る画像化装置及び画像化方法による 2 次元距離画像。

【図 14】 (a) は本発明の一実施形態に係る 2 次元の距離画像を生成するための距離測定の状況説明斜視図、(b) は (a) において生成された 2 次元の距離画像。

【図 15】 (a) (b) は本発明の一実施形態に係る画像化方法における挙動解析を説明する図。

【図 16】 (a) (b) は本発明の一実施形態に係る画像化方法における挙動解析の他の例を説明する図。

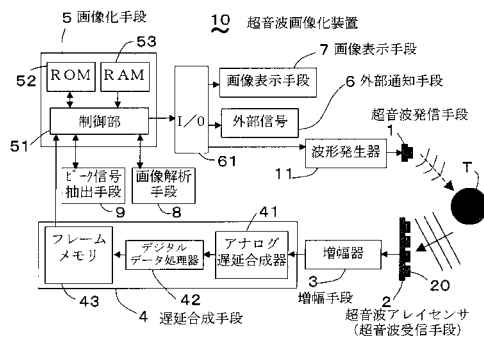
【符号の説明】

【0053】

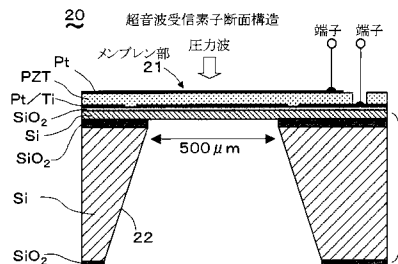
- 1 超音波発信手段
- 2 超音波アレイセンサ
- 3 増幅手段
- 4 遅延合成手段
- 5 画像化手段
- 6 外部通知手段
- 7 画像表示手段
- 8 画像解析手段
- 9 ピーク信号抽出手段
- 10 超音波画像化装置
- 20 超音波受信素子
- α , $\alpha 2$ 視野角度
- δ , $\delta 2$ 角度分解能
- P , P_x , P_y 画素数
- T , T_1 , T_2 物体
- $P_1 \sim P_6$ ピーク信号

10

【図1】

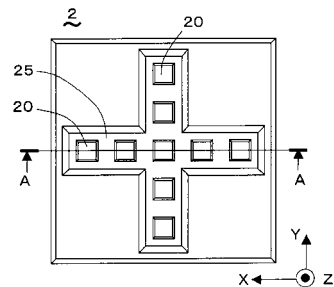


【図2】

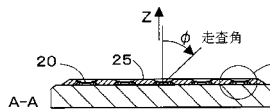


【図3】

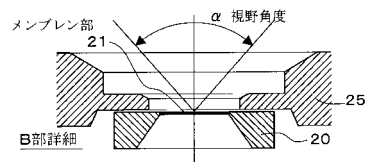
(a)



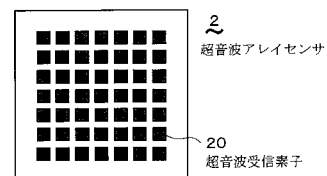
(b)



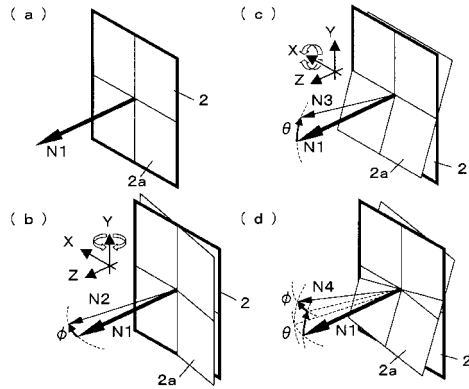
(c)



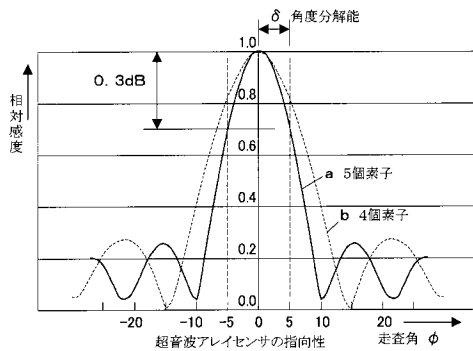
【図4】



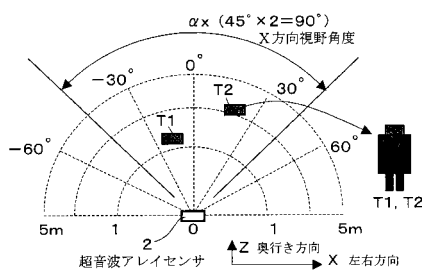
【図 5】



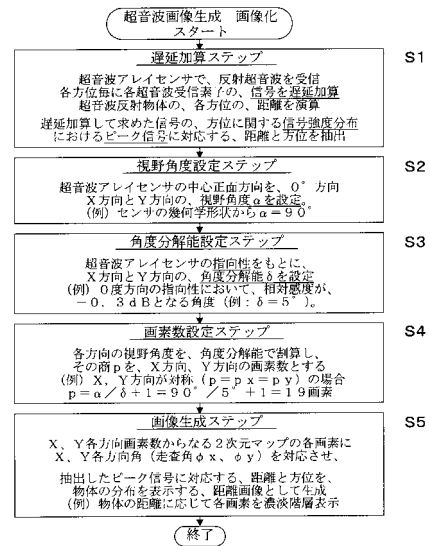
【図 6】



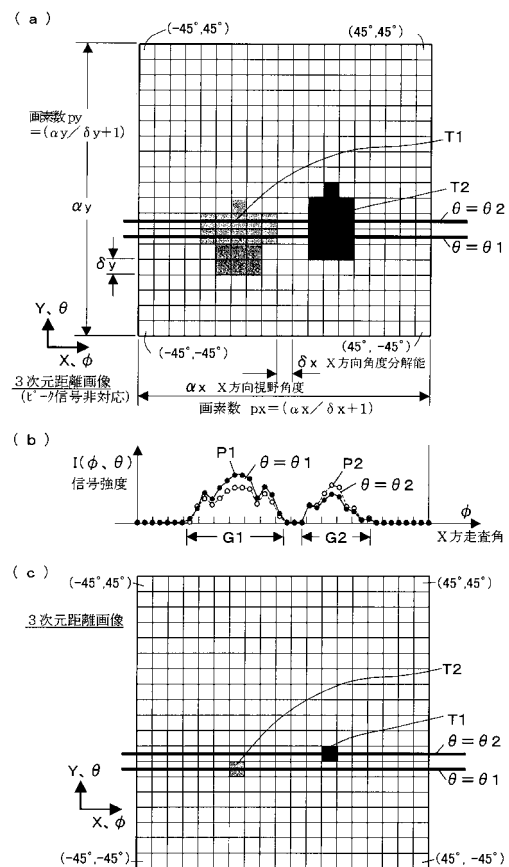
【図 8】



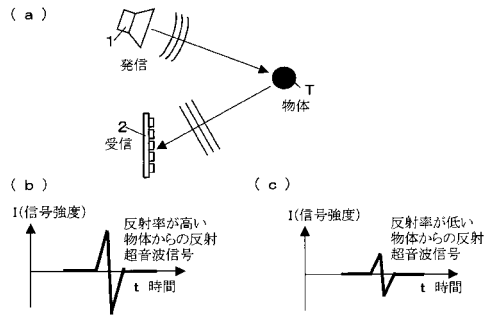
【図 7】



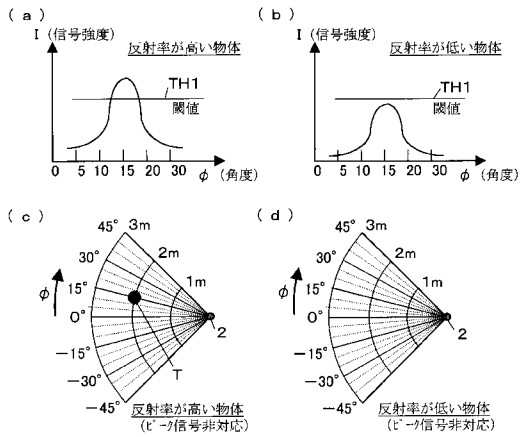
【図 9】



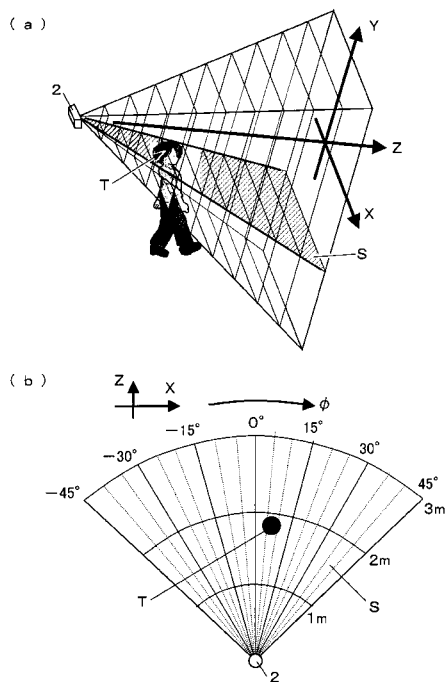
【図 10】



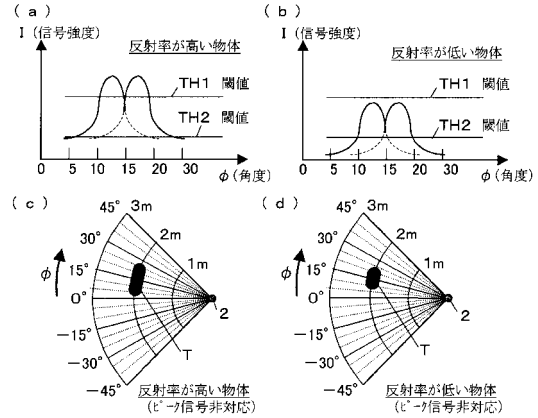
【図 11】



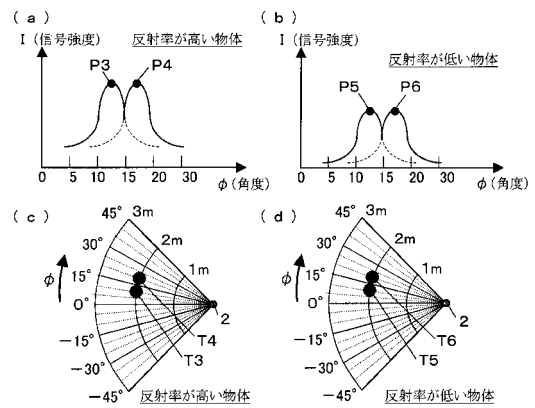
【図 14】



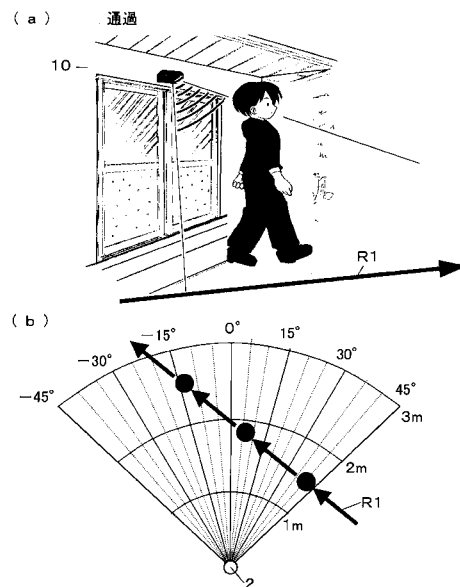
【図 12】



【図 13】



【図 15】



【図 16】

