

(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B2)

(11)特許番号
特許第7243171号
(P7243171)

(45)発行日 令和5年3月22日(2023.3.22)

(24)登録日 令和5年3月13日(2023.3.13)

(51)国際特許分類 F I
G 0 1 S 15/10 (2006.01) G 0 1 S 15/10
G 0 1 S 15/931 (2020.01) G 0 1 S 15/931

請求項の数 11 (全29頁)

(21)出願番号	特願2018-236663(P2018-236663)	(73)特許権者	000004695 株式会社 S O K E N 愛知県日進市米野木町南山 5 0 0 番地 2
(22)出願日	平成30年12月18日(2018.12.18)		
(65)公開番号	特開2020-98157(P2020-98157A)	(73)特許権者	000004260 株式会社デンソー 愛知県刈谷市昭和町 1 丁目 1 番地
(43)公開日	令和2年6月25日(2020.6.25)	(74)代理人	110001128 弁理士法人ゆうあい特許事務所
審査請求日	令和3年5月25日(2021.5.25)	(72)発明者	小山 優 愛知県日進市米野木町南山 5 0 0 番地 2 0 株式会社 S O K E N 内
前置審査		(72)発明者	松浦 充保 愛知県日進市米野木町南山 5 0 0 番地 2 0 株式会社 S O K E N 内

最終頁に続く

(54)【発明の名称】 物体検知装置

(57)【特許請求の範囲】

【請求項 1】

駆動信号を生成する信号生成部(20)と、
入力された前記駆動信号に応じて超音波を探查波として送信する送信部(10)と、
超音波を受信して受信信号を生成する受信部(50)と、
前記受信信号に基づいて物体の検知判定を行う判定部(70)と、を備える物体検知装置(1)であって、

前記駆動信号は、少なくとも2つの周波数を有し、
前記判定部は、前記受信信号から前記少なくとも2つの周波数に対応する少なくとも2つの振幅を抽出し、該少なくとも2つの振幅の間の関係に基づいて判定を行い、
前記判定部は、前記少なくとも2つの振幅の比に基づいて、物体が壁であるか、路面段差であるかを判定し、

前記2つの周波数をそれぞれ f_L 、 f_H とし、
前記周波数 f_L 、 f_H に対応する前記2つの振幅をそれぞれ A_L 、 A_H として、
前記判定部は、

前記送信部および前記受信部の前記周波数 f_L についての指向性が、前記周波数 f_H についての指向性よりも広い場合には、 A_H / A_L が基準値よりも小さいとき、または、 A_L / A_H が基準値よりも大きいときに、物体が所定の検知範囲の外にあると判定し、

前記送信部および前記受信部の前記周波数 f_L についての指向性が、前記周波数 f_H についての指向性よりも狭い場合には、 A_H / A_L が基準値よりも大きいとき、または、 A_L

/ A_H が基準値よりも小さいときに、物体が前記検知範囲の外にあると判定する物体検知装置。

【請求項 2】

前記信号生成部は、前記駆動信号を間欠的に生成する請求項 1 に記載の物体検知装置。

【請求項 3】

前記信号生成部は、前記少なくとも 2 つの周波数の信号が連続的に含まれるように前記駆動信号を生成する請求項 1 または 2 に記載の物体検知装置。

【請求項 4】

前記少なくとも 2 つの振幅の関係とは、該少なくとも 2 つの振幅より求められる振幅比に基づいて求められる関係である、請求項 1 ないし 3 のいずれか 1 つに記載の物体検知装置。

10

【請求項 5】

前記判定部は、前記受信信号のうち所定の時間範囲に含まれる部分から、前記 2 つの周波数に対応する成分の振幅を抽出し、

該時間範囲は、前記駆動信号に含まれるパターンが前記受信信号から検出された時刻を基準として設定される請求項 1 ないし 4 のいずれか 1 つに記載の物体検知装置。

【請求項 6】

前記判定部は、超音波の伝播時間から算出された物体との距離に応じて振幅の比較に用いる基準値を補正するか、または、前記 2 つの振幅を該距離に応じて補正した後に比較する請求項 1 ないし 5 のいずれか 1 つに記載の物体検知装置。

20

【請求項 7】

前記判定部は、前記 2 つの振幅の比較に用いる基準値を環境温度に応じて補正するか、または、前記 2 つの振幅を環境温度に応じて補正した後に比較する請求項 1 ないし 6 のいずれか 1 つに記載の物体検知装置。

【請求項 8】

前記判定部は、前記送信部の速度、または、前記探査波に対する受信波のドップラースhift量に基づいて、前記駆動信号の周波数、判定に用いる周波数成分、または、振幅の比較に用いる基準値を設定する請求項 1 ないし 7 のいずれか 1 つに記載の物体検知装置。

【請求項 9】

前記送信部および前記受信部の共振周波数を f_0 として、

前記 2 つの周波数のうち一方は前記共振周波数 f_0 よりも高くされており、他方は前記共振周波数 f_0 よりも低くされている請求項 1 ないし 8 のいずれか 1 つに記載の物体検知装置。

30

【請求項 10】

前記判定部は、前記受信信号のうち所定の時間範囲に含まれる部分から、前記 2 つの周波数に対応する成分の振幅を抽出し、

該時間範囲は、前記受信信号の振幅が所定の振幅閾値を超えた時刻、前記受信信号の振幅がピークをとる時刻、または前記受信信号の立ち上がり開始時刻を基準として設定される請求項 1 ないし 9 のいずれか 1 つに記載の物体検知装置。

【請求項 11】

前記信号生成部は、前記送信部の正面において、前記 2 つの周波数に対応する前記探査波の振幅レベルが等しくなるように、または、前記送信部の正面に位置する物体からの反射波の振幅レベルが等しくなるように前記駆動信号を生成する請求項 1 ないし 10 のいずれか 1 つに記載の物体検知装置。

40

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、超音波の送受信により物体を検知する物体検知装置に関する。

【背景技術】

【0002】

50

この種の装置として、輪止め等の低い障害物と壁等の高い障害物とを判別することができるようにしたものが知られている（例えば特許文献1等参照）。特許文献1に記載の装置は、送受信機と、ピーク値検出部と、差分算出部と、対象物判定部とを備えている。

【0003】

送受信機は、車両の所定高さの位置にて、外部に向けて配設されている。送受信機は、所定期間毎に探査波を繰り返し送信する送信手段と、検出エリア方向から入射する探査波の検出対象物による反射波を受信する受信手段とを備えている。ピーク値検出部は、送受信機の受信手段が受信した反射波のピーク値を検出するとともに、検出されたピーク値を記憶する。差分算出部は、車両の検出対象物へ接近する移動に伴い、ピーク値検出手段により検出されるピーク値の差分を算出する。

10

【0004】

対象物判定部は、差分算出部により算出されるピーク値の差分の値が「負」の値である場合、検出対象物の種類が「路面付近障害物」と判定する。「路面付近障害物」とは、路面付近に存在する障害物である。また、対象物判定部は、かかる差分の値が「正」の値である場合、検出対象物の種類が「その他の障害物」と判定する。「その他の障害物」とは、路面付近よりも高い位置に存在する障害物である。

【0005】

かかる構成を有する特許文献1に記載の装置においては、送受信機の送信手段は、所定期間毎に探査波を送信する。受信手段は、検出エリア方向から入射する反射波を受信する。ピーク値検出部は、受信手段が受信した反射波のピーク値を検出して、これを記憶する。差分算出部は、車両が検出対象物に接近する移動に伴い変化するピーク値の差分を算出する。そして、対象物判定部は、算出された差分の値が「負」の値である場合には、検出対象物の種類が路面付近障害物であると判定する。一方、対象物判定部は、算出された差分の値が「正」の値である場合には、検出対象物の種類がその他の障害物であると判定する。

20

【先行技術文献】

【特許文献】

【0006】

【文献】特開2010-197351号公報

【発明の概要】

30

【発明が解決しようとする課題】

【0007】

この種の装置において、物体の判定精度を、よりいっそう向上することが求められている。具体的には、例えば、車載の物体検知装置の場合を想定する。この場合、路面からの突出高さが比較的大きい、壁等の物体は、車体に接触する可能性が高い。このため、かかる物体は、障害物として適切に認識する必要がある。これに対し、路面からの突出高さが充分小さい、輪止め等の物体は、車体に接触する可能性がきわめて低い。このため、かかる物体は、実質的に障害物とは評価されない。天井から僅かに下方に突出する梁等も同様である。したがって、車載の物体検知装置の場合、車体に接触する可能性が高く障害物となる物体と他の物体とを、精度よく判別することが求められる。

40

【0008】

本発明は、上記点に鑑みてなされたものである。すなわち、本発明は、物体の判定精度を向上させることができる物体検知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】

【0009】

物体検知装置(1)は、駆動信号を生成する信号生成部(20)と、入力された駆動信号に応じて探査波としての超音波を送信する送信部(10)と、超音波を受信して受信信号を生成する受信部(50)と、受信信号に基づいて物体の検知判定を行う判定部(70)と、を備える。請求項1に記載の物体検知装置において、駆動信号は、少なくとも2つの周波数を有する。判定部は、受信信号から少なくとも2つの周波数に対応する少なくと

50

も2つの振幅を抽出し、該少なくとも2つの振幅の関係に基づいて、物体が壁であるか、路面段差であるかを判定する。判定部は、少なくとも2つの振幅の比に基づいて判定を行い、2つの周波数をそれぞれ f_L 、 f_H とし、周波数 f_L 、 f_H に対応する2つの振幅をそれぞれ A_L 、 A_H として、判定部は、送信部および受信部の周波数 f_L についての指向性が、周波数 f_H についての指向性よりも広い場合には、 A_H / A_L が基準値よりも小さいとき、または、 A_L / A_H が基準値よりも大きいときに、物体が所定の検知範囲の外にあると判定し、送信部および受信部の周波数 f_L についての指向性が、周波数 f_H についての指向性よりも狭い場合には、 A_H / A_L が基準値よりも大きいとき、または、 A_L / A_H が基準値よりも小さいときに、物体が所定の検知範囲の外にあると判定する。

【0010】

10

超音波は周波数によって指向性が変化する。このため、指向性の異なる少なくとも2種類の超音波のそれぞれにおける、物体による反射波の受信信号の振幅は、指向性に対応する指向範囲と物体との位置関係によって変化する。具体的には、例えば、指向性の広い超音波の指向範囲内ではあるが、指向性の狭い超音波の指向範囲の外に物体が存在する場合がある。この場合、指向性の広い超音波の反射波と、指向性の狭い超音波の反射波とで、受信信号における振幅に大きな違いが生じる。これに対し、指向性の広い超音波の指向範囲と、指向性の狭い超音波の指向範囲とが重複する領域に物体が存在する場合がある。この場合、指向性の広い超音波の反射波と、指向性の狭い超音波の反射波とで、受信信号における振幅に大きな違いは生じない。

【0011】

20

したがって、上記構成を有する物体検知装置は、少なくとも2つの周波数を有する超音波を探查波として送信し、受信信号から周波数ごとに振幅を抽出し、該少なくとも2つの振幅間の関係に基づいて物体の検知判定を行う。具体的には、例えば、判定部は、抽出された少なくとも2つの振幅を比較する。これにより、物体の検知判定を精度よく行うことが可能になる。具体的には、障害物となる物体と他の物体との識別を良好な精度で行うことが可能となる。例えば、車体に接触する可能性のある物体と他の物体とを判別することができる。また、複数の周波数に対応する受信信号における振幅に基づいて物体の検知判定を行うことで、空気揺らぎ等による振幅レベルの変化の影響を緩和することができる。したがって、上記構成によれば、物体の判定精度を、従来よりもよりいっそう向上させることができる。

30

【0012】

なお、各構成要素等に付された括弧付きの参照符号は、その構成要素等と後述する実施形態に記載の具体的な構成要素等との対応関係の、単なる一例を示すものである。よって、本発明は、上記の参照符号の記載によって、何ら限定されるものではない。

【図面の簡単な説明】

【0013】

【図1】第1実施形態にかかる物体検知装置の構成を示す図である。

【図2】送受信子の指向性を示す図である。

【図3】送受信子の指向性を示す図である。

【図4】物体の位置と垂直方位との関係を説明するための図である。

40

【図5】駆動信号の振幅および周波数を示す図である。

【図6】探查波が届く範囲を示す図である。

【図7】指向性の広い探查波を送信したときの反射波の振幅を示す図である。

【図8】指向性の狭い探查波を送信したときの反射波の振幅を示す図である。

【図9】送受信子からの水平距離と垂直方位との関係を示す図である。

【図10】送受信子からの水平距離と振幅比との関係を示す図である。

【図11】判定の基準値と検知範囲とを示す図である。

【図12】受信処理のフローチャートである。

【図13】解析範囲および振幅の抽出方法について説明するための図である。

【図14】送受信子からの直線距離と振幅レベルの減衰量との関係を示す図である。

50

- 【図 1 5】周波数差が小さいときの振幅レベルの差を示す図である。
- 【図 1 6】周波数差が大きいときの振幅レベルの差を示す図である。
- 【図 1 7】送受信子の周波数特性を示す図である。
- 【図 1 8】送受信子の周波数特性を示す図である。
- 【図 1 9】物体の送受信子からの直線距離と振幅比との関係を示す図である。
- 【図 2 0】第 2 実施形態における検知範囲を示す図である。
- 【図 2 1】第 3 実施形態にかかる物体検知装置の構成を示す図である。
- 【図 2 2】送受信子の温度特性を示す図である。
- 【図 2 3】温度と振幅比との関係を示す図である。
- 【図 2 4】温度による距離減衰の変化を示す図である。 10
- 【図 2 5】第 4 実施形態における周波数分離部と信号判定部の構成を示す図である。
- 【図 2 6】第 5 実施形態にかかる物体検知装置の構成を示す図である。
- 【図 2 7】FFT 解析の結果を示す図である。
- 【図 2 8】ドップラーシフトがあるときの FFT 解析の結果を示す図である。
- 【図 2 9】第 6 実施形態にかかる物体検知装置の構成を示す図である。
- 【図 3 0】第 6 実施形態における解析範囲の設定方法について説明するための図である。
- 【図 3 1】他の実施形態にかかる物体検知装置の構成を示す図である。
- 【図 3 2】他の実施形態における駆動信号を示す図である。
- 【図 3 3】他の実施形態における駆動信号を示す図である。
- 【図 3 4】他の実施形態における駆動信号を示す図である。 20
- 【図 3 5】他の実施形態における駆動信号を示す図である。
- 【図 3 6】図 3 5 の駆動信号を用いた場合の FFT 解析の結果を示す図である。
- 【図 3 7】他の実施形態における駆動信号を示す図である。
- 【図 3 8】他の実施形態における駆動信号を示す図である。
- 【図 3 9】他の実施形態における駆動信号を示す図である。
- 【図 4 0】図 3 9 の駆動信号を用いた場合の FFT 解析の結果を示す図である。
- 【図 4 1】他の実施形態における駆動信号を示す図である。
- 【図 4 2】図 4 1 の駆動信号を用いた場合の FFT 解析の結果を示す図である。
- 【図 4 3】探査波が壁で反射した場合の伝播経路を示す図である。
- 【図 4 4】2 つの反射波が重なって受信された場合の受信波の振幅を示す図である。 30
- 【図 4 5】2 つの反射波が間隔を空けて受信された場合の受信波の振幅を示す図である。
- 【図 4 6】経路による伝播距離差を示す図である。
- 【発明を実施するための形態】

【0014】

以下、本発明の実施形態について図に基づいて説明する。なお、以下の各実施形態相互において、互いに同一もしくは均等である部分には、同一符号を付して説明を行う。

【0015】

(第 1 実施形態)

第 1 実施形態について説明する。図 1 に示すように、本実施形態の物体検知装置 1 は、送信部 10 と、信号生成部 20 と、送受信子 30 と、制御部 40 と、受信部 50 と、周波数分離部 60 と、信号判定部 70 とを備えている。物体検知装置 1 は、超音波ソナー装置であって、車両に搭載されて、車両の外部の物体を検知するものである。 40

【0016】

送信部 10 は、超音波を探査波として送信するものである。送信部 10 には信号生成部 20 の出力信号が入力されるようになっており、送信部 10 は信号生成部 20 から入力された駆動信号に応じて探査波を送信する。駆動信号は、送受信子 30 を駆動するための電気信号であって、探査波の周波数に対応する周波数を有している。

【0017】

具体的には、信号生成部 20 は、駆動信号として、超音波帯域の周波数を有するパルス信号を生成する。図 1 に示すように、送信部 10 は、送受信子 30 と送信回路 11 とで構 50

成されている。信号生成部 20 が生成した駆動信号は送信回路 11 に入力される。送信回路 11 は、入力された駆動信号に昇圧等の処理を施し、これにより生成された信号を出力する。送信回路 11 の出力信号は、送受信子 30 に入力される。すると、送受信子 30 は、入力された信号に応じて、車両の外側に向けて探査波を送信する。送受信子 30 は、例えば、駆動信号により駆動されることで励振される電気機械変換素子（例えば圧電素子等）を備えるマイクロホンで構成される。

【0018】

信号生成部 20 には、制御部 40 から、送信指示、駆動信号の設定情報、等が送信される。制御部 40、信号判定部 70 等は、例えば、CPU、ROM、RAM、I/O等を備えた周知のマイクロコンピュータによって構成され、ROM等に記憶されたプログラムに従って各種演算等の処理を実行する。ROM等にはEEPROM等の書き換え可能な不揮発性メモリも含まれる。ROMおよびRAMは、非遷移的実体的記憶媒体である。

10

【0019】

受信部 50 は、超音波を受信し、受信波の音圧に応じて受信信号を生成するものである。受信部 50 が生成した受信信号は、周波数分離部 60 で処理された後に信号判定部 70 に入力されて、信号判定部 70 における物体の検出処理に用いられる。

【0020】

具体的には、受信部 50 は、送受信子 30 と、受信回路 51 とで構成されている。送受信子 30 は、受信波の音圧に応じた電圧を出力するようになっており、受信回路 51 は送受信子 30 の出力電圧に増幅等の処理を施すことで受信信号を生成し、出力する。受信回路 51 が生成した受信信号は、周波数分離部 60 に入力される。周波数分離部 60 は、受信信号にフィルタリング等の処理を施し、これにより生成された信号を出力する。信号判定部 70 は、受信信号に基づいて物体の検知判定を行うものである。信号判定部 70 の判定結果は、制御部 40 に送信される。

20

【0021】

このような構成の物体検知装置 1 では、例えば次のように物体検知処理が行われる。すなわち、制御部 40 から信号生成部 20 に送信指示が出されると、信号生成部 20 によって駆動信号が生成され、送信部 10 は駆動信号に応じて探査波を送信する。探査波が車両の外部の物体で反射すると、受信部 50 が反射波を受信して受信信号を生成する。信号判定部 70 は、受信信号に基づいて物体を検出し、探査波が送信されてから反射波を受信するまでの時間すなわち TOF に基づいて、物体との距離を測定し、検出結果等を制御部 40 に送信する。TOF は Time of Flight の略である。

30

【0022】

このように TOF に基づいて物体を検出する方法では、探査波を反射した物体と車両との直線距離が測定されるのみであるため、物体の正確な位置を調べることが困難である。例えば、検出された物体が、車体に衝突する可能性のある壁等の障害物であるか、車体に衝突する可能性の少ない、低い段差等であるかの判定が困難である。これについて、筆頭発明者を含む本発明の複数人の発明者は、超音波である探査波の周波数と指向性との関係に着目し、障害物となる物体と他の物体との識別を可能にする構成を考案した。

【0023】

まず、探査波の周波数と指向性との関係について説明する。マイクロホン等で構成される送受信子 30 は、例えば図 2 あるいは図 3 に示すように、垂直方位および水平方位が大きくなるにつれて探査波の振幅レベルが小さくなる指向性特性を持っている。なお、図 2 および図 3 では、方位が 0° のときの振幅レベルを破線で示している。また、図 4 において、「路面段差」は、輪止め等の、通路の路面からの突出高さが充分小さい段差を指す。また、「天井段差」は、通路の天井から僅かに下方に突出する梁等の、天井からの突出高さが充分小さい段差を指す。これらは、車体に衝突する可能性のある「障害物」として認識あるいは検出する必要性の低い物体である。

40

【0024】

垂直方位は、図 4 に示すように、送受信子 30 を通る水平面と、送受信子 30 と物体と

50

を結ぶ直線との角度で定められている。送受信子 30 の正面から反射波を返す物体、例えば、送受信子 30 の正面にある壁等の物体の垂直方位は 0° とされている。送受信子 30 とは異なる高さにある路面の段差、および、通路の天井にある梁等の段差については、これらの垂直方位は、 0° よりも大きくなる。

【0025】

送受信子 30 から水平面に平行な方向に進む探査波に比べて、送受信子 30 とは異なる高さに向かって進む探査波の振幅レベルは小さい。したがって、送受信子 30 の正面に位置する物体からの反射波の振幅レベルに比べて、送受信子 30 とは異なる高さにある物体からの反射波の振幅レベルは小さくなる。

【0026】

指向性特性は、送受信子 30 の送信面の大きさ、送信波の波長、送信面の振動モード、等により変わることが知られている。すなわち、送信面の大きさを一定とすると、送信信号の周波数を変えることにより、指向性を変えることができる。振動モードが同じである場合、一般的には、周波数が高いほど、指向性は狭くなる。周波数差が小さいと、振動モードは同じである場合が多い。これに対し、周波数差が大きいと、振動モードが変わる場合がある。この場合、周波数の高低と指向性の狭広との関係は逆転することがある。

【0027】

具体的には、送受信子 30 の構成によっては、例えば図 2 に示すように、周波数 f_H の指向性に比べて、 f_H よりも低い周波数 f_L の指向性が広くなる。また、送受信子 30 の構成によっては、例えば図 3 に示すように、周波数 f_H の指向性に比べて、周波数 f_L の指向性が狭くなる。

【0028】

そして、垂直方位が大きいほど、周波数の違いによる指向性の差が大きくなり、垂直方位が小さいほど、周波数の違いによる指向性の差が小さくなる。すなわち、物体の垂直方位が大きいほど、周波数の違いによる反射波の振幅レベルの差が大きくなり、物体の垂直方位が小さいほど、周波数の違いによる反射波の振幅レベルの差が小さくなる。

【0029】

車両に取り付けられたソナーによる、車載型の物体検知装置 1 の場合、垂直側の指向性が狭くなる一方で水平側の指向性は広くなるように設定されている。この場合、図 2 および図 3 に示されているように、周波数の違いによる指向性の違いは、垂直方向に表れ、水平方向では違いは小さい。

【0030】

つぎに、障害物となる物体と他の物体との識別を可能にする構成について説明する。本実施形態の信号生成部 20 は、少なくとも 2 つの周波数を有する駆動信号を生成する。具体的には、信号生成部 20 は、例えば、図 5 に示すように、周波数 f_H の信号と周波数 f_L の信号とを間欠的に生成する。

【0031】

また、図 1 に示すように、本実施形態の周波数分離部 60 は、BPF 61 a、61 b と、振幅生成部 62 a、62 b とを備えている。BPF はバンドパスフィルタを指す。BPF 61 a、61 b は、所定の周波数帯域の信号を通過させ、他の周波数帯域の信号を遮断するものである。BPF 61 a、61 b の帯域は、制御部 40 からの入力信号によって設定され、BPF 61 a、61 b の通過周波数帯域の中心周波数は、それぞれ、 f_L 、 f_H とされている。受信回路 51 が生成した受信信号のうち、BPF 61 a、61 b を通過した信号が、振幅生成部 62 a、62 b に入力される。

【0032】

振幅生成部 62 a、62 b は、入力された信号の振幅値を算出する。振幅値は、例えば、以下に列挙した値のうちのいずれかが用いられ得る。入力信号のゼロ to ピークの測定値、入力信号のピーク to ピークの測定値、入力信号の実効値、入力信号をエンベロープ処理した値、入力信号を平均パワーへ変換した値。

【0033】

10

20

30

40

50

このようにして、2つの周波数 f_L 、 f_H に対応する2つの振幅が受信信号から抽出される。周波数 f_L 、 f_H に対応する振幅をそれぞれ A_L 、 A_H とする。

【0034】

また、本実施形態の信号判定部70は、周波数分離部60が抽出した振幅 A_L と振幅 A_H との関係に基づいて、物体の検知判定を行う。具体的には、例えば、信号判定部70は、振幅 A_L と振幅 A_H との比較に基づいて、検出された物体が所定の検知範囲にあるか否かを判定する。「所定の検知範囲」とは、送受信子30の指向軸を中心として、所定の高さおよび幅を有する領域である。「指向軸」は、送受信子30からの直線距離を変化させたときの、探査波強度が最高となる点の軌跡と略一致する直線である。「指向軸」は、典型的には、送受信子30の中心軸と略一致する。また、「所定の高さおよび幅」は、送受信子30からの直線距離に応じて変化し得る。「所定の検知範囲」の、指向軸と直交する仮想平面による断面形状は、典型的には円形である。

10

【0035】

前述したことから明らかなように、本実施形態の構成において、探査波の周波数の違いに伴う、反射波の受信信号の振幅レベルの違いの発生態様は、物体の垂直方位によって変化する。例えば、送受信子30が図2に示す特性を有する場合には、周波数の違いに伴う指向性の違いによって、図6に示すように探査波がよく届く範囲が変化する。なお、図6において、領域R1は、指向性が広い低周波数 f_L の探査波がよく届く範囲を示している。また、領域R2は、指向性が狭い高周波数 f_H の探査波がよく届く範囲を示している。すなわち、指向性の広い探査波は、送受信子30の正面の壁等その他、路面および通路の天井によく届く。これに対し、指向性の狭い探査波は、送受信子30の正面の壁等には届くが、路面や通路の天井には届きにくい。

20

【0036】

そのため、指向性の広い探査波を送信した場合には、図7に示すように、送受信子30の正面の壁からの反射波と、路面の段差等からの反射波との間で、振幅に大きな違いは生じない。一方、指向性の狭い探査波を送信した場合には、図8に示すように、送受信子30の正面の壁からの反射波と、路面の段差等からの反射波との間で、振幅に大きな違いが生じる。具体的には、送受信子30の正面の壁からの反射波に比べて、路面の段差等からの反射波の振幅が、格段に小さくなる。

【0037】

本実施形態の信号判定部70は、このことを利用して、検出された物体が検知範囲にあるか否かを判定する。具体的には、図1に示すように、信号判定部70は振幅比判定部71を備えており、信号判定部70は、振幅 A_L と振幅 A_H との比に基づいて判定を行う。

30

【0038】

振幅比判定部71は、例えば、振幅比として $A_r = A_H / A_L$ を算出し、次のように判定を行う。すなわち、例えば、図2に示すように、周波数 f_L についての指向性が周波数 f_H についての指向性よりも広い特性を、送受信子30が有する場合を想定する。この場合には、振幅比判定部71は、振幅比 A_r が所定の基準値以上であるときに、物体が検知範囲の中にあると判定する。そして、振幅比判定部71は、振幅比 A_r が基準値よりも小さいときに、物体が検知範囲の外にあると判定する。

40

【0039】

また、図3に示すように、周波数 f_L についての指向性が周波数 f_H についての指向性よりも狭い特性を、送受信子30が有する場合を想定する。この場合には、振幅比判定部71は、振幅比 A_r が基準値以下であるときに、物体が検知範囲の中にあると判定する。そして、振幅比判定部71は、振幅比 A_r が基準値よりも大きいときに、物体が検知範囲の外にあると判定する。

【0040】

振幅比判定部71は、振幅比として $A_r = A_L / A_H$ を算出し、次のように判定を行ってもよい。すなわち、送受信子30が図2に示す特性を有する場合には、振幅比判定部71は、振幅比 A_r が基準値以下であるときに、物体が検知範囲の中にあると判定する。ま

50

た、振幅比判定部 71 は、振幅比 A_r が基準値よりも大きいときに、物体が検知範囲の外にあると判定する。一方、送受信子 30 が図 3 に示す特性を有する場合には、振幅比判定部 71 は、振幅比 A_r が基準値以上であるときに、物体が検知範囲の中にあると判定する。また、振幅比判定部 71 は、振幅比 A_r が基準値よりも小さいときに、物体が検知範囲の外にあると判定する。

【0041】

なお、振幅比として $AR = K \times \log(A_H / A_L) = K \times \log(A_H) - K \times \log(A_L)$ を用いてもよい。振幅比 AR は、対数振幅比 AR とも称され得る。定数 K は、典型的には 20 である。定数 K が 20 である場合、対数振幅比 AR は、デシベル差とも称され得る。すなわち、「振幅比」は、2つの振幅同士の算術的な除算値には限定されず、デシベル差をも含む概念である。

10

【0042】

図 10 は、送受信子 30 からの水平距離と振幅比との関係を、壁と路面段差との双方について示す。図中、破線は壁の場合の理論値すなわち計算値を示し、一点鎖線は路面段差の場合の理論値を示す。

【0043】

図 9 に示すように、路面段差および天井段差の垂直方位は、送受信子 30 からの水平距離が短いほど大きい。そのため、図 10 に示すように、送受信子 30 の正面の壁からの反射波についての振幅比は、送受信子 30 からの水平距離によらずほぼ一定である。これに対し、路面等からの反射波についての振幅比は、送受信子 30 からの水平距離が短いほど小さくなる。

20

【0044】

このことを考慮して、振幅比 A_r と比較する基準値は、例えば図 11 に示すように、送受信子 30 からの直線距離が短いほど小さくなるように設定される。なお、物体の送受信子 30 からの直線距離 L は、音速を c として、 $L = c \times TOF / 2$ で求められる。そして、送受信子 30 が図 2 に示す特性を有する場合には、振幅比 A_r すなわち A_H / A_L が所定の基準値以上であるときに、物体が検知範囲の中にあると判定される。一方、振幅比 A_r が基準値よりも小さいときに、物体が検知範囲の外にあると判定される。

【0045】

なお、図 11 において、破線は、 $A_H = A_L$ のときの振幅比を示している。また、図 11 に示す残響範囲は、探査波の送信による送受信子 30 の残響が検出される範囲である。TOF から測定した直線距離が所定値よりも短い場合には、信号判定部 70 は、受信信号が残響によるものと判定し、物体の検知判定を行わない。

30

【0046】

本実施形態では、このような構成で図 12 に示す受信処理を行うことにより、障害物となる物体と他の物体とを識別する。これにより、不要な衝突回避動作等が行われることを抑制することが可能となる。

【0047】

すなわち、受信部 50 が生成する受信信号の振幅が所定の振幅閾値よりも大きくなると、ステップ S1 にて、周波数分離部 60 によって受信信号が 2つの周波数 f_L 、 f_H に対応する周波数成分に分離される。また、分離された 2つの周波数 f_L 、 f_H に対応する周波数成分のそれぞれにおける振幅 A_L 、 A_H が抽出される。

40

【0048】

所定の時間範囲を解析範囲として、周波数分離部 60 および信号判定部 70 は、受信信号のうち解析範囲に含まれる部分から振幅 A_L 、 A_H の抽出および判定を行う。解析範囲は、例えば図 13 に示すように、受信信号の振幅が振幅閾値を超えた時刻を基準として設定される。また、解析範囲を、受信信号の振幅がピークをとる時刻、あるいは、受信信号の立ち上がり開始時刻を基準として設定してもよい。また、解析範囲を、基準とされた時刻から一定時間としてもよいし、基準とされた時刻の前後の一定時間としてもよい。解析範囲の基準時刻を、受信信号の振幅ではなく、受信信号の立ち上がり開始時刻等の所定時

50

刻とすることで、判定精度がよりいっそう向上し得る。

【 0 0 4 9 】

図 1 3 に示すように、周波数分離部 6 0 では、B P F 6 1 a を通過した受信信号の振幅波形のうち解析範囲に含まれる部分から、振幅生成部 6 2 a によって、周波数 f_L に対応する振幅 A_L が抽出される。また、B P F 6 1 b を通過した受信信号の振幅波形のうち解析範囲に含まれる部分から、振幅生成部 6 2 b によって、周波数 f_H に対応する振幅 A_H が抽出される。

【 0 0 5 0 】

ステップ S 1 の後、ステップ S 2 では、振幅比判定部 7 1 によって振幅比 A_r が算出される。そして、ステップ S 3 では、前述したように振幅比 A_r と基準値との比較が行われ、振幅比 A_r と基準値との比較の結果、物体が検知範囲内にあると判定されると、ステップ S 4 にて、信号判定部 7 0 は、ステップ S 1 で抽出された振幅 A_L 、 A_H と振幅閾値とを比較する。信号判定部 7 0 は、振幅 A_L 、 A_H が振幅閾値以上であると判定すると、ステップ S 5 にて制御部 4 0 に反射波情報を送信して、受信処理を終了する。反射波情報として、例えば、反射波に含まれる周波数のパターン、T O F、波高値等が送信される。制御部 4 0 は、送信された反射波情報に応じて、衝突回避動作等を行う。

10

【 0 0 5 1 】

ステップ S 3 にて物体が検知範囲の外にあると判定されたとき、または、ステップ S 4 にて振幅 A_L 、 A_H が振幅閾値未満であると判定されたときには、ステップ S 5 が実行されずに受信処理が終了する。すなわち、振幅比 A_r と基準値との比較結果、または、受信信号の振幅と振幅閾値との比較結果によって、物体が検知範囲の外にあると判定された場合には、衝突回避動作等が行われずに、受信処理が終了する。

20

【 0 0 5 2 】

以上説明したように、本実施形態の物体検知装置 1 は、は、2 つの周波数を有する探査波を送信し、受信信号から周波数ごとに振幅を抽出し、抽出した 2 つの振幅間の関係に基づいて物体の検知判定を行う。具体的には、例えば、信号判定部 7 0 は、抽出された少なくとも 2 つの振幅を比較する。これにより、車体に接触する可能性のある物体と他の物体とを判別することができる。

【 0 0 5 3 】

超音波は、空气中を伝播中に、風および温度ムラ等による空気の揺らぎの影響を受けることで、振幅が変動する。この振幅の変動量は、同じ伝播経路を同じ時刻に伝播した超音波に対しては同じように作用する。一方、互いに周波数の異なる 2 つの超音波の発信開始からこれらの同じ物体による反射波の受信終了までの時間は、空気の揺らぎの変化速度に対して極めて短い。このため、互いに周波数の異なる 2 つの超音波の発信は、空気の揺らぎの変化速度に対しては、ほぼ同じタイミングであるものと取り扱うことが可能である。反射波の受信についても同様である。よって、ほぼ同じタイミングで送信され同じ物体から反射してきた 2 つ周波数の超音波における、反射波が受けた振幅変動量は、ほぼ同じとなる。したがって、2 つの周波数の反射波について、振幅の比を取ることににより、空気の揺らぎの影響をキャンセルすることができる。

30

【 0 0 5 4 】

以上の定性的な説明に対して、以下、理論式を用いた検証を試みる。距離 r [m] での音圧 p [P a] は、下記の式 (1) で示される。下記式 (1) 中、 E_0 は減衰がない場合のエネルギー密度 [J / m³] である。 c は超音波が伝播する媒質中の音速 [m / s] である。 ρ は媒質の密度 [k g / m³] である。 $D(\theta)$ は指向性利得である。 θ は方位角である。方位角 θ は、物体と送受信子 3 0 とを結ぶ仮想直線と指向軸とのなす角である。 α は減衰定数である。

40

【 数 1 】

$$p^2 = E_0 \rho c^2 \frac{D(\theta)}{4\pi r^2} e^{(-2\beta r)} \quad \dots (1)$$

50

【 0 0 5 5 】

$E_0 = p_0^2 / (c^2)$ であり、 p_0 は距離 $r = 0$ のときの音圧である。減衰定数は周波数によって変化する。

【 0 0 5 6 】

距離 r で反射率 R の物体から反射してきた超音波である反射波の音圧は、下記の式 (2) で示される。下記式 (2) の前提として、説明の簡略化のため、送信と受信とで指向性利得が同一であるものとしている。

【数 2】

$$p^2 = E_0 \rho c^2 \frac{D(\theta)}{4\pi r^2} e^{(-2\beta r)} \cdot R \cdot \frac{D(\theta)}{4\pi r^2} e^{(-2\beta r)} = E_0 \rho c^2 \cdot R \cdot \left(\frac{D(\theta)}{4\pi r^2} \right)^2 e^{(-4\beta r)} \quad \dots (2) \quad 10$$

【 0 0 5 7 】

周波数 f_L の場合、上記式 (2) は下記式 (3) の通りとなり、周波数 f_H の場合、上記式 (2) は下記式 (4) の通りとなる。

【数 3】

$$p_L^2 = E_{0L} \rho c^2 \cdot R \cdot \left(\frac{D_L(\theta)}{4\pi r^2} \right)^2 e^{(-4\beta_L r)} \quad \dots (3) \quad 20$$

【数 4】

$$p_H^2 = E_{0H} \rho c^2 \cdot R \cdot \left(\frac{D_H(\theta)}{4\pi r^2} \right)^2 e^{(-4\beta_H r)} \quad \dots (4)$$

【 0 0 5 8 】

実際の装置使用環境においては、温度および空気密度が変動するため、および c の値は時間経過とともに変動する。しかしながら、上述したように、同一の物体検知装置 1 における、2つの周波数 f_L 、 f_H の送受信は、ほぼ同じタイミングであると評価できる。このため、上記式 (3) と上記式 (4) とで、 r 、 c 、および R は同じであるとみなすことができる。

30

【 0 0 5 9 】

よって、上記式 (3) の右辺を上記式 (4) の右辺で除算すると、 r 、 c 、および R が消える。すなわち、上記式 (3) および上記式 (4) から下記式 (5) が得られる。また、下記式 (5) から下記式 (6) が得られる。

【数 5】

$$\frac{p_L^2}{p_H^2} = \frac{E_{0L}}{E_{0H}} \left(\frac{D_L(\theta)}{D_H(\theta)} \right)^2 e^{4r(-\beta_L + \beta_H)} \quad \dots (5) \quad 40$$

【数 6】

$$\frac{p_L}{p_H} = \sqrt{\frac{E_{0L}}{E_{0H}}} \frac{D_L(\theta)}{D_H(\theta)} e^{2r(-\beta_L + \beta_H)} \quad \dots (6)$$

【 0 0 6 0 】

マイク感度すなわち送受信子 30 の感度を M_r [V / P a] とすると、振幅すなわち受信電圧 V_r は、マイク感度 M_r と音圧 p との積で示される。すなわち、 $V_r = M_r p$ である。以上のことから、下記式 (7) が得られる。

【数 7】

50

$$\begin{aligned} \frac{V_{rL}}{V_{rH}} &= \frac{M_{rL} p_L}{M_{rH} p_H} = \frac{M_{rL}}{M_{rH}} \sqrt{\frac{E_{0L}}{E_{0H}}} \frac{D_L(\theta)}{D_H(\theta)} e^{2r(-\beta_L + \beta_H)} \\ &= \frac{M_{rL}}{M_{rH}} \frac{p_{0L}}{p_{0H}} \frac{D_L(\theta)}{D_H(\theta)} e^{2r(-\beta_L + \beta_H)} \quad \dots (7) \end{aligned}$$

【 0 0 6 1 】

10

上記式(7)において、 p_{0L} は周波数 f_L の超音波の送信音圧であり、 p_{0H} は周波数 f_H の超音波の送信音圧である。上記の通り、受信電圧の比を示す上記式(7)には、 p_{0L}/p_{0H} と M_{rL}/M_{rH} と $D_L(\theta)/D_H(\theta)$ と $\exp\{2r(-\beta_L + \beta_H)\}$ とが残る。 p_{0L}/p_{0H} は送信音圧比と称される。 M_{rL}/M_{rH} はマイク感度比と称される。 $D_L(\theta)/D_H(\theta)$ は指向性利得比と称される。 $\exp\{2r(-\beta_L + \beta_H)\}$ は周波数減衰量比と称される。

【 0 0 6 2 】

送信音圧比およびマイク感度比は、物体検知装置1の構造と周波数とが決めれば固定となる。このため、標準条件での測定により送信音圧比およびマイク感度比を算出することで、上記式(7)における送信音圧およびマイク感度の影響を打ち消すことができる。

20

【 0 0 6 3 】

周波数減衰量比は、周波数の違いによる減衰量の違いである。周波数減衰量比は、周波数差が小さければ無視できる。すなわち、周波数減衰量比は1となる。一方、周波数減衰量比が無視できない程度に周波数差がある場合は、実測あるいは理論的に補正値を算出することが可能である。かかる補正値を k とすると、上記式(7)から下記式(8)が得られる。

【 数 8 】

$$\frac{D_L(\theta)}{D_H(\theta)} = k \frac{V_L}{V_H} \quad \dots (8)$$

30

【 0 0 6 4 】

このように、2つの周波数に対応する2つの振幅を比較する方法では、空気揺らぎ等による振幅レベルの変化の影響を緩和し、物体の判定精度を向上させることができる。

【 0 0 6 5 】

図14は、送受信子30からの直線距離と振幅レベルの減衰量との関係を示す。図中、「 f_L 」は周波数 f_L における振幅すなわち受信電圧 V_{rL} を示す。また、「 f_H 」は周波数 f_H における振幅すなわち受信電圧 V_{rH} を示す。図14に示すように、反射波の振幅は物体との距離が大きいくほど減衰が大きく、また減衰量は周波数が高いほど大きくなる。これに対して、本実施形態のように振幅比を用いる方法では、距離によって発生する減衰量の影響を低減し、物体の判定精度を向上させることができる。

40

【 0 0 6 6 】

周波数の違いにより発生する距離に応じて発生する減衰量の差は、周波数から理論的に導くこともできる。信号判定部70において、TOFから算出された物体との直線距離に応じて、振幅の比較に用いる基準値を理論的に求めた減衰量差で補正することで、周波数の差が大きく減衰量の差が大きいたときにも、判定精度を向上させることができる。また、信号判定部70において、2つの振幅を該直線距離に応じて補正した後に比較することでも、同様に判定精度を向上させることができる。図14に示すような距離減衰特性は、実測または理論式によって求めることができ、基準値や振幅の補正量は、この距離減衰特性に基づいて設定することができる。

50

【 0 0 6 7 】

なお、図 1 5、図 1 6 に示すように、周波数 f_L と f_H との差が大きいほど、指向性の差が大きくなるため、反射波の振幅レベルの差が大きくなり、物体が検知範囲にあるか否かの判定精度が向上する。しかしながら、周波数 f_L 、 f_H が送受信子 3 0 の共振帯域から外れると、探査波の振幅および受信感度が低下して、長距離検知性能が低下する。したがって、検知性能を維持しつつ判定精度を向上させるためには、これら 2 つの周波数のうちの一方を共振周波数よりも高く設定し、他方を共振周波数よりも低く設定することが望ましい。さらには、送受信子 3 0 の共振帯域の上限値と下限値とをそれぞれ f_H 、 f_L として選定することがより望ましい。

【 0 0 6 8 】

例えば、送受信子 3 0 の共振周波数を f_0 とし、 f_0 を中心周波数として、中心周波数 $\pm 3\%$ の範囲を共振帯域とする場合には、中心周波数 $+3\%$ を f_H とし、中心周波数 -3% を f_L とすることが望ましい。

【 0 0 6 9 】

また、本実施形態のように周波数 f_H の探査波と周波数 f_L の探査波とを間欠的に送信する場合には、2 つの探査波の間隔が長いと、空気揺らぎ等による振幅 A_H 、 A_L の変動量に差が生じやすい。そのため、2 つの探査波の間隔を短くすることが望ましい。

【 0 0 7 0 】

また、長距離検知性能は、2 つの周波数の探査波のうち振幅が小さい方がボトルネックとなって決まる。そのため、送受信子 3 0 の正面にある物体からの反射波の振幅が、図 1 7 に示すように周波数 f_L と f_H とで等しくなるように、2 つの周波数を設定することが望ましい。

【 0 0 7 1 】

例えば、送受信子 3 0 の正面において、周波数 f_L 、 f_H に対応する探査波の振幅レベルが等しくなるように、または、送受信子 3 0 の正面に位置する物体からの反射波の振幅レベルが等しくなるように駆動信号を生成することが望ましい。なお、ここでの振幅レベルが等しいことには、振幅レベルが完全に等しいことだけでなく、振幅レベルが略等しいことも含まれる。

【 0 0 7 2 】

送受信子 3 0 の正面に位置する物体からの反射波の振幅レベルが異なる場合、例えば振幅比を $AR = 20 \log(A_H / A_L)$ とし、 $AR = 0$ となる場合には、この振幅比 AR に基づいて計測結果の振幅比を補正すればよい。あるいは、振幅比の判定に用いる基準値を振幅比 AR だけオフセットすればよい。

【 0 0 7 3 】

また、高い周波数 f_H の超音波は、低い周波数 f_L の超音波よりも距離減衰が大きいので、長距離検知の場合には、図 1 8 に示すように、周波数 f_H の探査波の振幅が周波数 f_L の探査波の振幅より大きくなるように、周波数 f_L 、 f_H を選定してもよい。

【 0 0 7 4 】

また、物体の高さを判定する性能を重視する場合には、指向性の差が最大となるように周波数 f_L 、 f_H を選定することが望ましい。ただし、周波数 f_L 、 f_H が送受信子 3 0 の帯域から外れると長距離検知性能が低下するため、この場合にも送受信子 3 0 の帯域に含まれるように周波数 f_L 、 f_H を選定することが望ましい。

【 0 0 7 5 】

このように、本実施形態の物体検知装置 1 は、互いに周波数が異なることで互いに指向性が異なる、少なくとも 2 つの周波数を有する駆動信号を用いる。そして、かかる物体検知装置 1 は、少なくとも 2 つの周波数に対応する少なくとも 2 つの振幅を抽出し、これら少なくとも 2 つの振幅間の関係に基づいて物体の検知判定を行う。これにより、障害物となる物体と他の物体との識別を良好な精度で行うことが可能となる。また、複数の周波数に対応する受信信号における振幅に基づいて物体の検知判定を行うことで、空気揺らぎ等による振幅レベルの変化の影響を緩和することができる。したがって、かかる構成によれ

10

20

30

40

50

ば、物体の検知判定を、従来よりも精度よく行うことが可能になる。

【0076】

(第2実施形態)

第2実施形態について説明する。本実施形態は、第1実施形態に対して物体の判定方法を変更したものであり、その他については第1実施形態と同様であるため、第1実施形態と異なる部分についてのみ説明する。

【0077】

本実施形態の信号判定部70は、送受信子30の搭載高さを基準に検知範囲を設定し、次のようにして物体の判定を行う。すなわち、信号判定部70には、図19に示すような、振幅比と、物体の送受信子30からの直線距離との関係を示すマップが記憶されている。なお、図19では、送受信子30の搭載高さが0.5mの場合について示しており、高さ0.5mの物体からの反射波については、 $r = 1$ 、すなわち、 $R = 0$ となる。

10

【0078】

振幅比と直線距離との関係は、実測等によって調べられる。そして、信号判定部70は、振幅比判定部71が算出した振幅比と、TOFから算出された直線距離Lとに基づいて、図19に示すマップから物体の高さ h_0 を求める。

【0079】

図20に示すように、検知範囲は、送受信子30の搭載高さを h_s として、高さ h_s を基準に設定されている。そして、信号判定部70は、検知範囲の下限の高さを h_d として、高さ h_0 と高さ h_d とを比較し、 $h_0 > h_d$ のときには、物体が検知範囲の中にあると判定し、 $h_0 < h_d$ のときには、物体が検知範囲の外にあると判定する。

20

【0080】

このようにして物体の判定を行う本実施形態においても、第1実施形態と同様の効果が得られる。

【0081】

(第3実施形態)

第3実施形態について説明する。本実施形態は、第1実施形態に対して温度計測部を追加したものであり、その他については第1実施形態と同様であるため、第1実施形態と異なる部分についてのみ説明する。

【0082】

図21に示すように、本実施形態の物体検知装置1は、温度計測部80を備えている。温度計測部80は、環境温度を計測するように配置されており、温度計測部80が計測した環境温度は、制御部40を介して信号判定部70に送信される。そして、信号判定部70は、振幅 A_L 、 A_H の比較に用いる基準値を環境温度に応じて補正する。あるいは、信号判定部70は、振幅 A_L 、 A_H を環境温度に応じて補正した後に比較する。

30

【0083】

送受信子30の共振周波数および共振帯域は温度によって変化し、例えば図22に示すように、温度が低いほど共振周波数が高くなり、温度が高いほど共振周波数が低くなる。このような特性の変化により、図23に示すように振幅比が変化するため、物体の判定精度が低下するおそれがある。

40

【0084】

これに対して、環境温度に応じて基準値等を補正することにより、温度変化の影響を低減し、物体の判定精度を向上させることができる。

【0085】

なお、第1実施形態で説明したように反射波の振幅は距離によって減衰するが、この距離減衰は、探査波の周波数の他、図24に示すように温度によっても変化する。そして、温度変化による距離減衰の変動量は、周波数によって差がある。本実施形態のように温度計測部80を備えた構成では、環境温度に基づいて反射波の距離減衰の周波数による差を補正することにより、判定精度を向上させることができる。

【0086】

50

(第4実施形態)

第4実施形態について説明する。本実施形態は、第1実施形態に対して周波数分離部60の構成を変更したものであり、その他については第1実施形態と同様であるため、第1実施形態と異なる部分についてのみ説明する。

【0087】

図25に示すように、本実施形態の周波数分離部60は、BPF61a、61bの他に、4つのBPFを備えている。4つのBPFをそれぞれBPF61c、61d、61e、61fとする。

【0088】

本実施形態では、信号判定部70がドップラーシフト検出部72を備えており、ドップラーシフト検出部72は、検出された物体の位置の履歴、受信信号の周波数解析結果、車速等に基づいて、探査波に対する反射波のドップラーシフト量の範囲を推定する。そして、BPF61c～61fの帯域は、推定されたドップラーシフト量の範囲を考慮して設定される。

10

【0089】

具体的には、ドップラーシフト量の範囲を $\pm f_{SHIFT}$ として、BPF61cは、帯域の中心周波数がBPF61aよりも f_{SHIFT} だけ低くされており、BPF61dは、帯域の中心周波数がBPF61aよりも f_{SHIFT} だけ高くされている。また、BPF61eは、帯域の中心周波数がBPF61bよりも f_{SHIFT} だけ低くされており、BPF61fは、帯域の中心周波数がBPF61bよりも f_{SHIFT} だけ高くされている。

20

【0090】

そして、振幅生成部62a、62bと同様に、BPF61c～61fに対応して振幅生成部62c、62d、62e、62fが配置されており、振幅生成部62c～62fによって、BPF61c～61fを通過した受信信号から振幅が抽出される。振幅比判定部71は、現在のドップラーシフト量の推定値に基づいて、振幅生成部62a～62fが抽出した振幅から2つを選択し、振幅比を算出する。

【0091】

このような構成により、探査波に対する反射波のドップラーシフトの影響による判定精度の低下を抑制することができる。

【0092】

なお、本実施形態では周波数分離部60にBPFを追加しているが、他の方法でドップラーシフトに対応してもよい。

30

【0093】

例えば、受信信号を周波数分離部60に入力するとともに図示しないバッファに格納しておき、周波数分離部60の出力信号からドップラーシフトが検出された場合に、BPF61a、61bの帯域の中心周波数をドップラーシフト量 f_{SHIFT} の分だけ変化させた後に、バッファ内の受信信号を周波数分離部60で処理してもよい。

【0094】

また、探査波の送信前に、車速等からドップラーシフト量 f_{SHIFT} を推定し、BPF61a、61bの帯域の中心周波数を、推定されたドップラーシフト量 f_{SHIFT} の分だけ変化させておいてもよい。

40

【0095】

(第5実施形態)

第5実施形態について説明する。本実施形態は、第1実施形態に対して周波数分離部60の構成を変更したものであり、その他については第1実施形態と同様であるため、第1実施形態と異なる部分についてのみ説明する。

【0096】

図26に示すように、本実施形態の周波数分離部60は、FFT回路63を備えている。FFTは高速フーリエ変換の略である。FFT回路63は、受信回路51が生成した受信信号に対してFFT解析を行い、受信信号から周波数 f_L 、 f_H に対応する成分の振幅A

50

A_L 、 A_H を抽出するものである。FFT解析の時間窓としては、第1実施形態と同様に設定された解析範囲が用いられる。FFT回路63は、FFT解析によって抽出した振幅 A_L 、 A_H を信号判定部70に出力する。

【0097】

FFT解析によって振幅 A_L 、 A_H を抽出する本実施形態においても、第1実施形態と同様の効果が得られる。

【0098】

なお、本実施形態では、ドップラーシフトがない場合、FFT解析により図27に示すように周波数ごとの振幅が抽出される。これに対して、例えば車両が物体に近づいて反射波の周波数が増加した場合には、図28に示すように、周波数 f_L に対応する反射波は、周波数が送受信子30の帯域の中心に近づくため、振幅が増加する。一方、周波数 f_H に対応する反射波は、送受信子30の帯域の中心から遠ざかるため、振幅が減少する。なお、図28において、 f_L' 、 f_H' は、周波数 f_L 、 f_H にドップラーシフト量が加わったものである。

10

【0099】

このような振幅の変化と、送受信子30の周波数特性から、ドップラーシフト量を検出し、ドップラーシフト量に基づいて振幅比または振幅と比較する基準値を補正することにより、ドップラーシフトの影響による判定精度の低下を抑制することができる。

【0100】

また、車速や、所定回数前からの計測結果の履歴においてドップラーシフトが検出されている回数等から、ドップラーシフトが発生することが計測開始前に予想される場合がある。このような場合には、ドップラーシフト量に応じて駆動信号の周波数を補正することにより、反射波の振幅の減衰を抑制してもよい。これにより、判定精度の低下を抑制するとともに、長距離性能の低下を抑制することができる。

20

【0101】

なお、FFT解析の時間窓を T_W とすると、周波数ステップサイズ f_{step} は、 $f_{step} = 1 / T_W$ となる。ドップラーシフトに対応して周波数を補正する場合には、補正する周波数精度に対して、 f_{step} が十分に小さくなるように T_W を設定することが望ましい。

【0102】

(第6実施形態)

第6実施形態について説明する。本実施形態は、第1実施形態に対して反射波を識別するための構成を追加したものであり、その他については第1実施形態と同様であるため、第1実施形態と異なる部分についてのみ説明する。

30

【0103】

図29に示すように、本実施形態の物体検知装置1は、BPF90を備えており、受信回路51が生成した受信信号は、周波数分離部60およびBPF90に入力される。

【0104】

信号判定部70は、振幅比判定部71に加えて振幅判定部73、周波数判定部74を備えており、BPF90を通過した受信信号は、振幅判定部73、周波数判定部74に入力される。振幅判定部73、周波数判定部74は、駆動信号と受信信号との比較によって、送受信子30が送信した探査波の反射波と、他の車両等から送信された超音波とを識別するものである。

40

【0105】

振幅判定部73は、受信信号の振幅が所定の閾値以上であるか否かを判定する。振幅判定部73によって受信信号の振幅が閾値以上であると判定されると、周波数判定部74は、受信信号の周波数に基づいて、受信波を識別する。

【0106】

具体的には、周波数判定部74は、駆動信号と受信信号とのミキシングを行って、受信信号から位相差情報を抽出し、駆動信号の周波数と抽出した位相差情報とに基づいて、受

50

信波の周波数を算出し、周波数波形を生成する。そして、周波数判定部 7 4 は、生成した周波数波形と駆動信号の周波数波形との残差平方和を算出し、残差平方和が所定の閾値未満である場合に、受信波が送受信子 3 0 から送信された探査波の反射波であると判定する。一方、残差平方和が閾値以上である場合には、周波数判定部 7 4 は、受信波が送受信子 3 0 から送信された探査波の反射波でないと判定する。

【 0 1 0 7 】

信号判定部 7 0 は、周波数判定部 7 4 によって、受信波が探査波の反射波であると判定された場合に、物体の検知判定を行う。このように、受信波を識別して検知判定を行うことにより、物体の判定精度をさらに向上させることができる。

【 0 1 0 8 】

駆動信号と受信信号の周波数を比較する場合には、図 3 0 に示すように、受信信号の周波数から駆動信号と同じパターンが検出された時刻を基準として、解析範囲を設定してもよい。なお、図 3 0 では、破線で囲まれた部分において駆動信号と同じパターンが検出されており、このパターンが検出された時刻の前後の一定時間が解析範囲とされている。このように解析範囲を設定することで、物体の判定精度が向上する。

【 0 1 0 9 】

(他の実施形態)

なお、本発明は上記した実施形態に限定されるものではなく、特許請求の範囲に記載した範囲内において適宜変更が可能である。また、上記各実施形態は、互いに無関係なものではなく、組み合わせが明らかに不可な場合を除き、適宜組み合わせが可能である。また、上記各実施形態において、実施形態を構成する要素は、特に必須であると明示した場合および原理的に明らかに必須であると考えられる場合等を除き、必ずしも必須のものではないことは言うまでもない。また、上記各実施形態において、実施形態の構成要素の個数、数値、量、範囲等の数値が言及されている場合、特に必須であると明示した場合および原理的に明らかに特定の数に限定される場合等を除き、その特定の数に限定されるものではない。また、上記各実施形態において、構成要素等の形状、位置関係等に言及するときは、特に明示した場合および原理的に特定の形状、位置関係等に限定される場合等を除き、その形状、位置関係等に限定されるものではない。

【 0 1 1 0 】

例えば、図 3 1 に示すように、物体検知装置 1 が送信子 3 1、受信子 3 2 を備え、送信子 3 1 と送信回路 1 1 とで送信部 1 0 が構成され、受信子 3 2 と受信回路 5 1 とで受信部 5 0 が構成されていてもよい。

【 0 1 1 1 】

また、上記第 1 実施形態とは異なる駆動信号を用いてもよい。例えば、図 3 4 に示すように、周波数 f_H の信号と周波数 f_L の信号が連続的に含まれるように駆動信号を生成してもよい。この場合に、周波数 f_H の駆動信号を先に生成してもよいし、周波数 f_L の駆動信号を先に生成してもよい。また、周波数 f_H 、 f_L の駆動信号を交互に生成してもよいし、一方の周波数の駆動信号を 2 回以上連続して生成してもよい。また、周波数によって信号長が異なってもよい。

【 0 1 1 2 】

また、図 3 2 のように駆動信号を生成する場合、2 つの周波数を有する駆動信号を、図 3 3 に示すように連続的に生成してもよいし、図 3 4 に示すように間欠的に生成してもよい。

【 0 1 1 3 】

また、図 3 5 に示すように周波数が掃引されるチャープ信号を含むように駆動信号を生成してもよい。この場合、FFT 解析の結果は例えば図 3 6 に示すようになる。図 3 5 では時間の経過とともに周波数が減少する下りチャープ信号を示しているが、時間の経過とともに周波数が増加する上りチャープ信号を用いてもよい。チャープ信号を用いる場合には、送受信子 3 0 の帯域の上限と下限のうち一方から他方まで周波数を掃引し、一方の周波数と他方の周波数を判定に用いる周波数として選択することで、指向性の差が大きくな

10

20

30

40

50

り、物体の判定精度が向上する。なお、探査波の振幅の低下を許容できる場合には、送受信子30の帯域の外の周波数を用いてもよい。また、図35では周波数が線形に変化しているが、周波数が非線形に変化してもよい。

【0114】

また、図37に示すように、上りチャープ信号と下りチャープ信号が交互に連なるように駆動信号を生成してもよい。また、図38に示すように、一方のチャープ信号を生成した後に、間を空けて他方のチャープ信号を生成してもよい。また、上りチャープ信号と下りチャープ信号を交互に生成してもよいし、これらのうち一方のみを2回以上連続して生成してもよい。

【0115】

送受信子30の入力信号に対する追従性が高く、かつ、帯域が広い場合には、駆動信号として、ブロードバンドに周波数成分を含む信号、例えば、図39～図44に示すようなホワイトノイズ信号やインパルス信号を用いることができる。また、図5、図32～図38に示す駆動信号に、ホワイトノイズ信号やインパルス信号をミックスしてもよい。また、駆動信号として、2つの周波数を互いに干渉するようにミックスした信号を用いてもよい。

【0116】

また、上記第1～第7実施形態、および、図32～図34に示す例において、3つ以上の周波数を組み合わせて駆動信号を生成し、受信信号から3つ以上の周波数に対応する振幅を抽出して比較してもよい。3つ以上の周波数を用いる場合にも、駆動信号を連続的に生成してもよいし、間欠的に生成してもよい。また、図35～図42に示す例において、受信信号から3つ以上の周波数に対応する振幅を抽出して比較してもよい。

【0117】

なお、空気ゆらぎ等の環境要因による振幅の変動の影響を低減するためには、駆動信号を連続的に生成することが望ましい。一方、図43に示すように壁のような物体に向かって探査波を送信すると、送受信子30の正面部分からの反射波と、壁の根元部分からの反射波が生じ、駆動信号の信号長が長いと、図44に示すように2つの反射波が重なって、判定精度が低下するおそれがある。これに対して、駆動信号を間欠的に生成し、信号長を短くすることによって、図45に示すように2つの反射波が別々に受信されるようになり、反射波の重なりによる判定精度の低下を抑制することができる。なお、図46に示すように、送受信子30からの水平距離が近いほど、2つの反射波の伝播距離の差が大きくなる。そして、送受信子30の搭載高さが高いほど、この伝播距離の差が大きくなるため、送受信子30の搭載高さを高くすることによっても、反射波の重なりを抑制することができる。

【0118】

また、上記第4、第5実施形態では、ドップラーシフト量に基づいて、駆動信号の周波数、物体検知の判定に用いる周波数成分、振幅の比較に用いる基準値を設定したが、送信部10の速度に基づいてこれらを設定してもよい。

【0119】

制御部40は、CPU、ROM、RAM、I/O等を備えた周知のマイクロコンピュータに限定されない。すなわち、制御部40は、上記のような動作を可能に構成されたデジタル回路、例えばゲートアレイ等のASICであってもよい。ASICはAPPLICATION SPECIFIC INTEGRATED CIRCUITの略である。信号判定部70等についても同様である。

【0120】

信号判定部70は、検出された物体が所定の検知範囲にあるか否かを判定するものに限定されない。すなわち、例えば、信号判定部70は、検出された物体の垂直方位を特定するようになっていてもよい。あるいは、信号判定部70は、検出された物体の垂直方位を特定するとともに、当該物体が所定の検知範囲にあるか否かを判定するようになっていてもよい。

10

20

30

40

50

【 0 1 2 1 】

上記の各機能構成および方法は、コンピュータプログラムにより具体化された一つあるいは複数の機能を実行するようにプログラムされたプロセッサおよびメモリを構成することによって提供された専用コンピュータにより、実現されてもよい。あるいは、上記の各機能構成および方法は、一つ以上の専用ハードウェア論理回路によってプロセッサを構成することによって提供された専用コンピュータにより、実現されてもよい。あるいは、上記の各機能構成および方法は、一つあるいは複数の機能を実行するようにプログラムされたプロセッサおよびメモリと一つ以上のハードウェア論理回路によって構成されたプロセッサとの組み合わせにより構成された一つ以上の専用コンピュータにより、実現されてもよい。また、コンピュータプログラムは、コンピュータにより実行されるインストラクションとして、コンピュータ読み取り可能な非遷移有形記録媒体に記憶されていてもよい。

10

【符号の説明】

【 0 1 2 2 】

- 1 物体検知装置
- 1 0 送信部
- 2 0 信号生成部
- 5 0 受信部
- 7 0 判定部

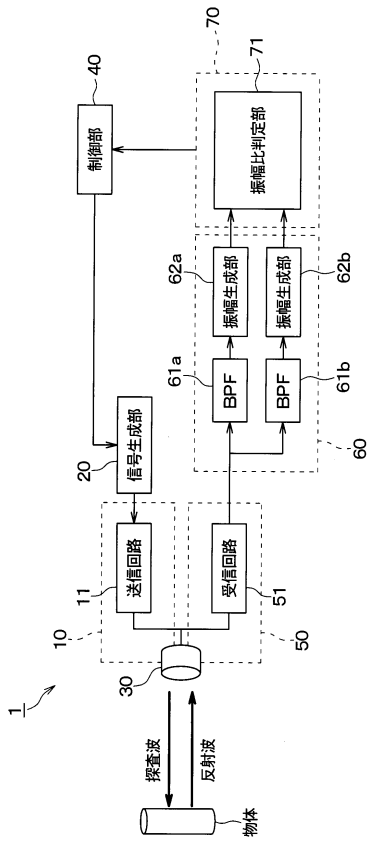
20

30

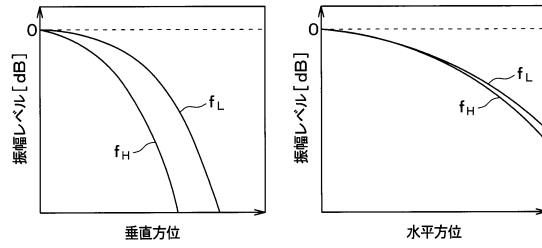
40

50

【図面】
【図 1】



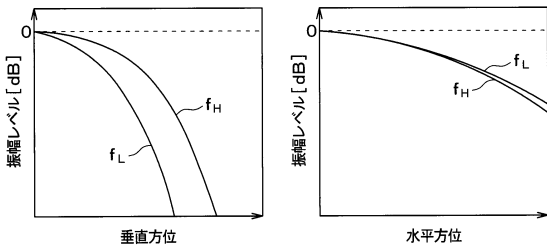
【図 2】



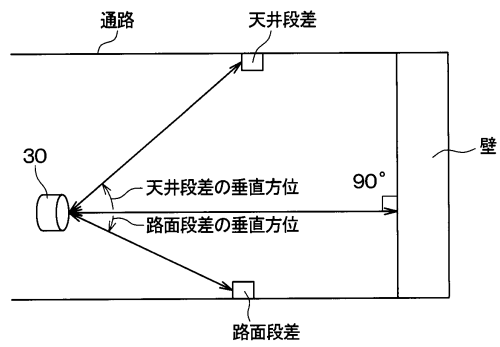
10

20

【図 3】



【図 4】

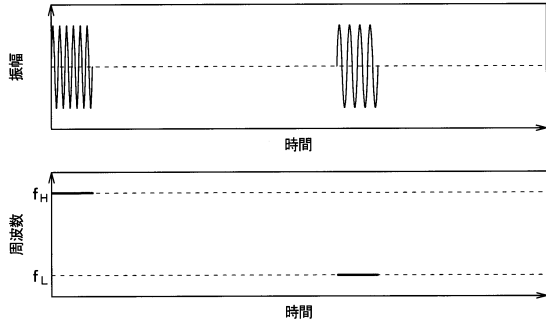


30

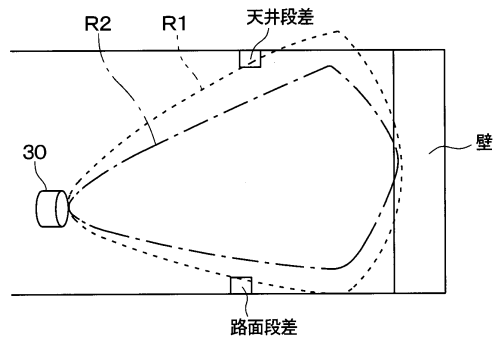
40

50

【図 5】

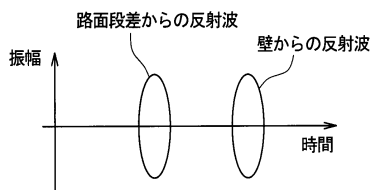


【図 6】

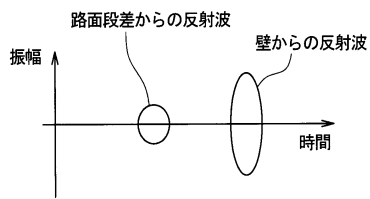


10

【図 7】

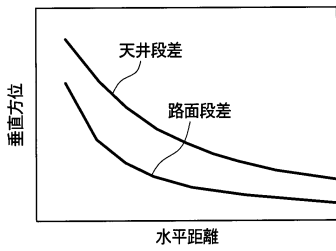


【図 8】

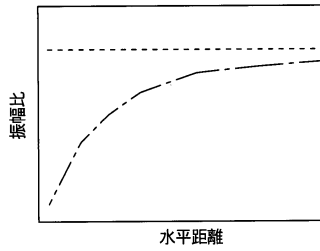


20

【図 9】



【図 10】

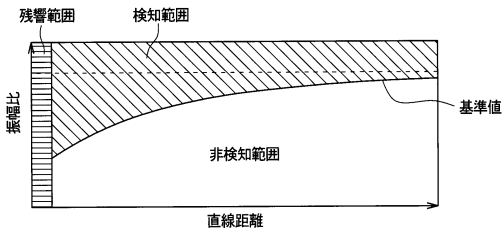


30

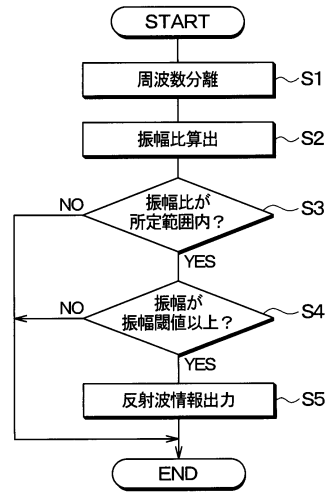
40

50

【図 1 1】

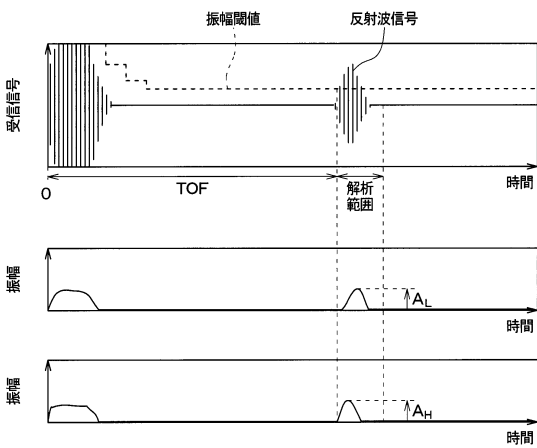


【図 1 2】

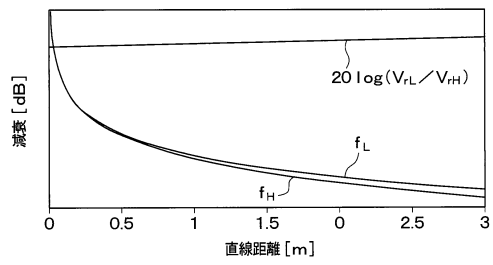


10

【図 1 3】



【図 1 4】



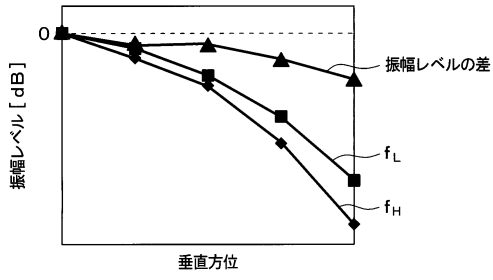
20

30

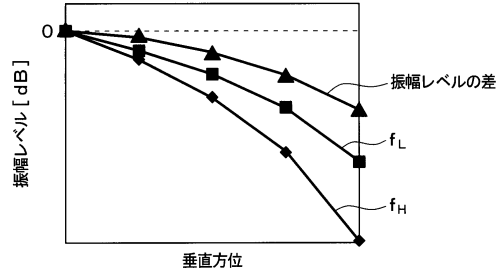
40

50

【図 15】

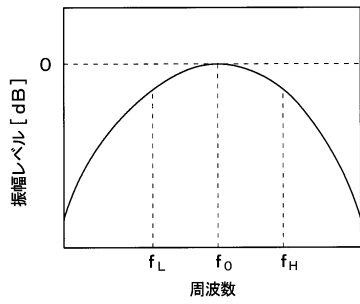


【図 16】

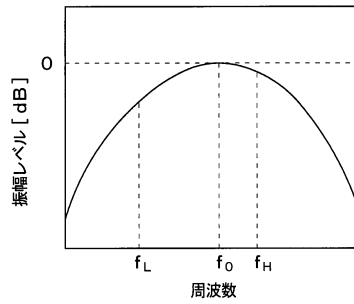


10

【図 17】

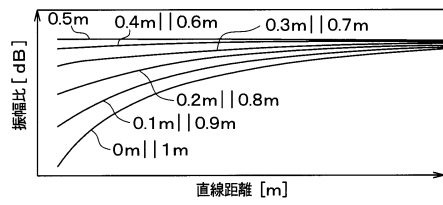


【図 18】

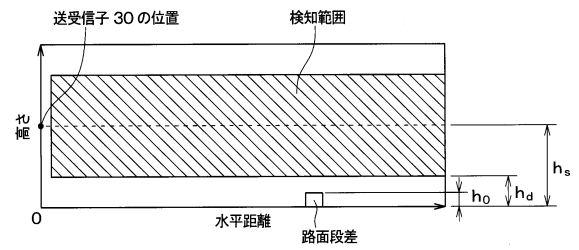


20

【図 19】



【図 20】

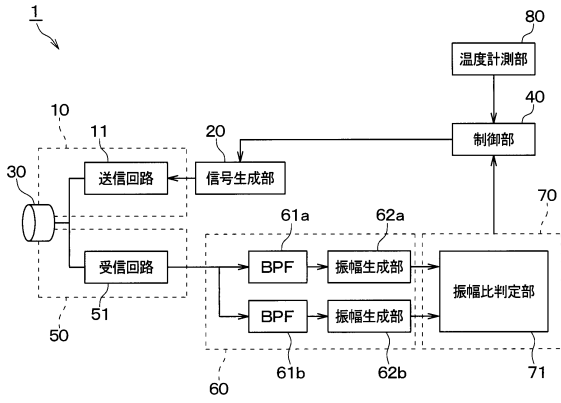


30

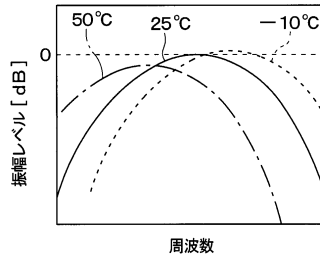
40

50

【図 2 1】

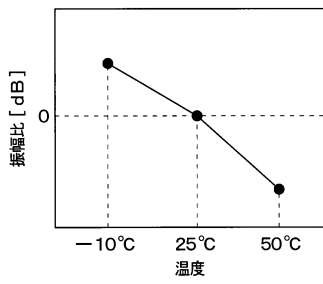


【図 2 2】

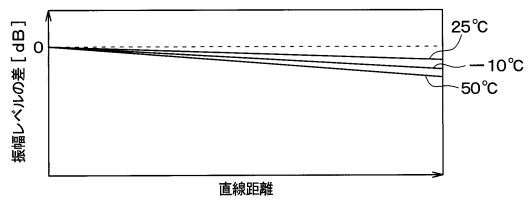


10

【図 2 3】



【図 2 4】



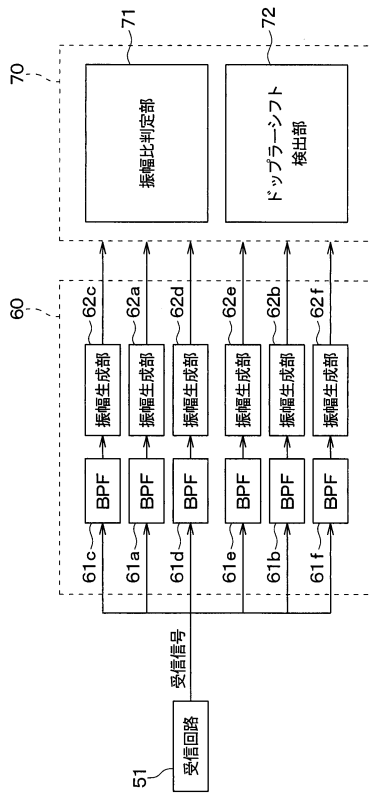
20

30

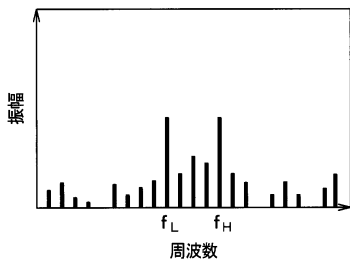
40

50

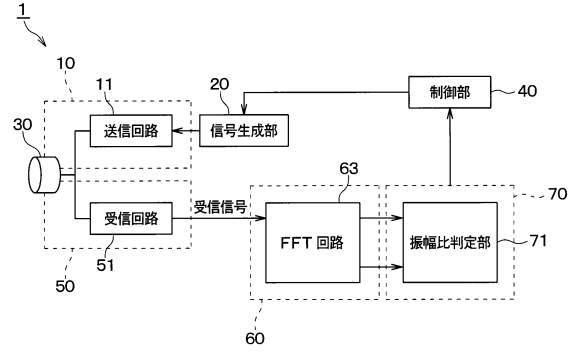
【図 25】



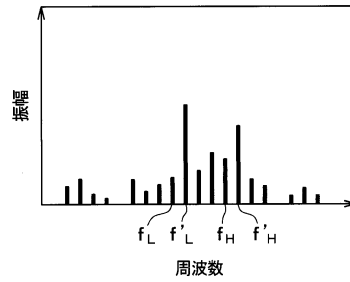
【図 27】



【図 26】



【図 28】



10

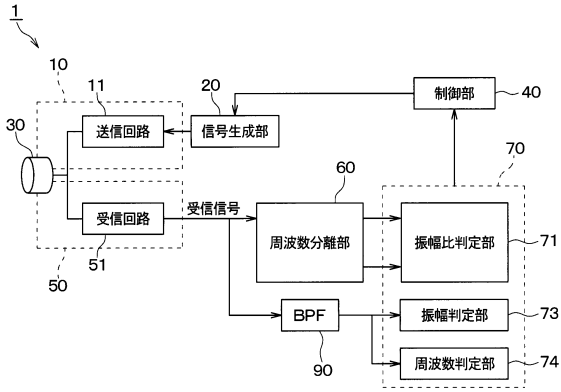
20

30

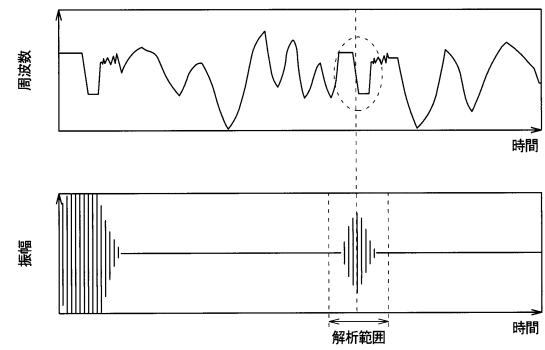
40

50

【図 29】

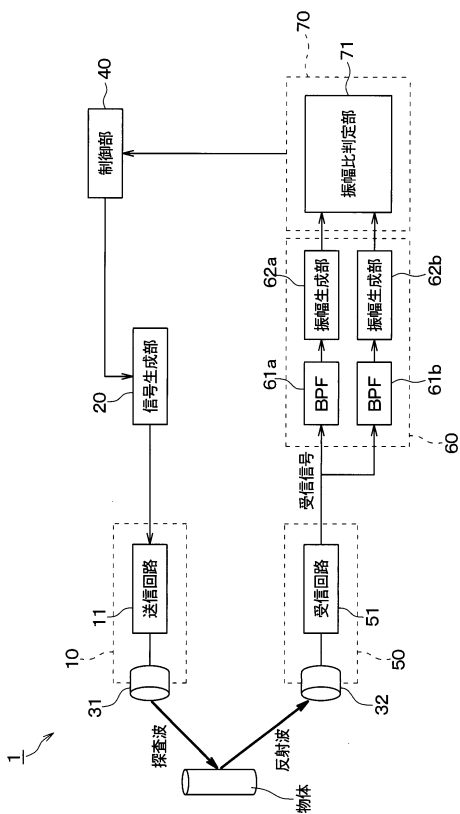


【図 30】

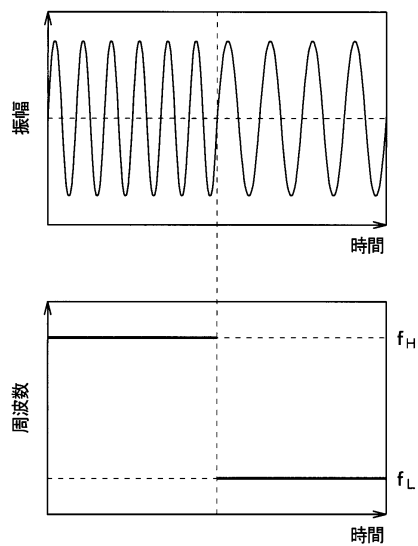


10

【図 31】



【図 32】



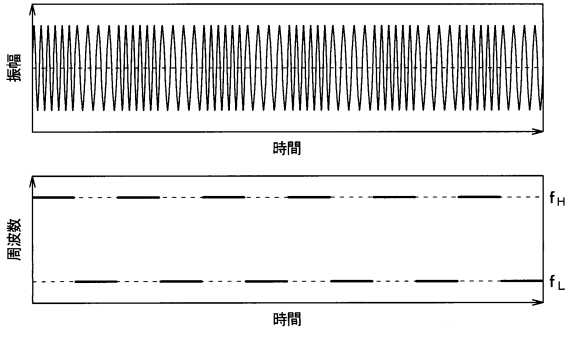
20

30

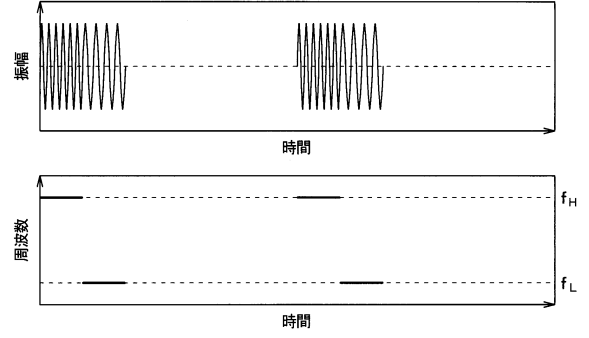
40

50

【図 3 3】

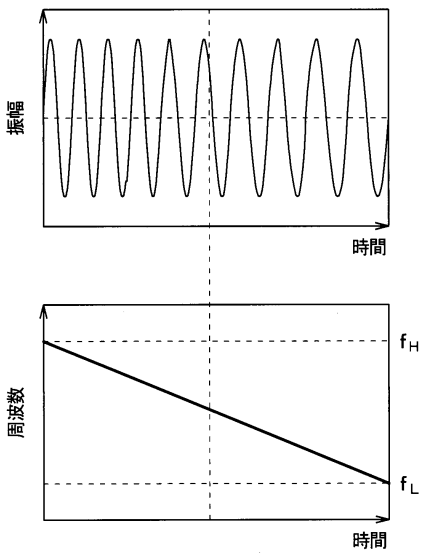


【図 3 4】

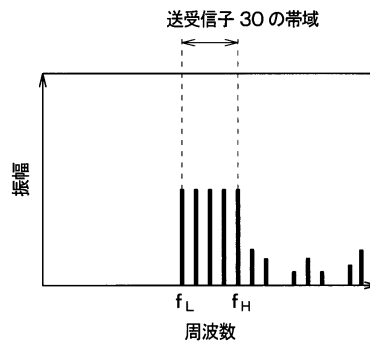


10

【図 3 5】

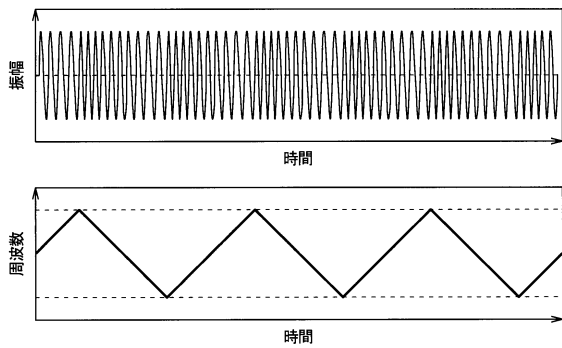


【図 3 6】

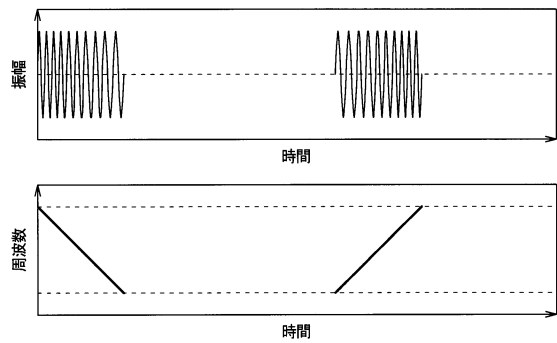


20

【図 3 7】



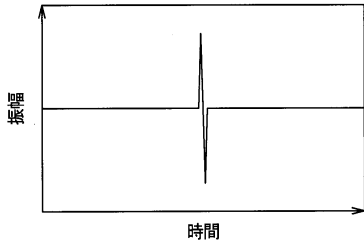
【図 3 8】



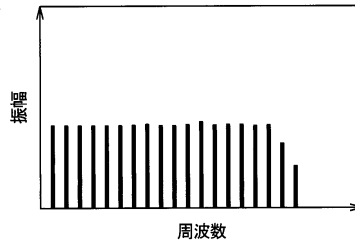
40

50

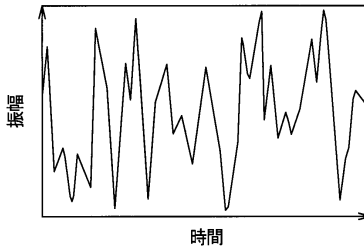
【 図 3 9 】



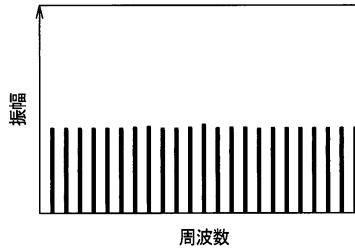
【 図 4 0 】



【 図 4 1 】

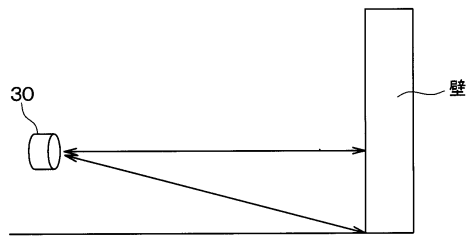


【 図 4 2 】

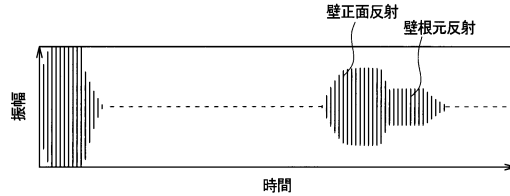


10

【 図 4 3 】

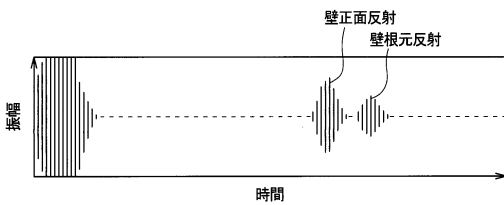


【 図 4 4 】

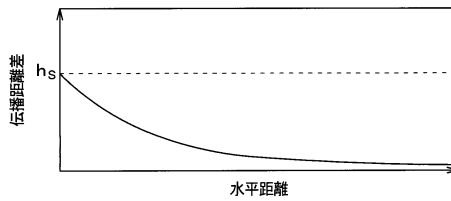


20

【 図 4 5 】



【 図 4 6 】



30

40

50

フロントページの続き

(72)発明者 大塚 秀樹

愛知県刈谷市昭和町1丁目1番地 株式会社デンソー内

審査官 高 場 正光

(56)参考文献 特表2014-531589(JP,A)

特開2014-132220(JP,A)

特開2007-003369(JP,A)

特開2009-265009(JP,A)

国際公開第2017/090546(WO,A1)

特公昭56-041069(JP,B2)

米国特許出願公開第2015/0078130(US,A1)

(58)調査した分野 (Int.Cl., DB名)

G01S 7/52 - G01S 7/64

G01S 15/00 - G01S 15/96