

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第6561016号
(P6561016)

(45) 発行日 令和1年8月14日(2019.8.14)

(24) 登録日 令和1年7月26日(2019.7.26)

(51) Int.Cl.

F I

G O 1 S 7/526 (2006.01)

G O 1 S 7/526 J

G O 1 S 15/93 (2006.01)

G O 1 S 15/93

請求項の数 13 (全 17 頁)

(21) 出願番号 特願2016-113866 (P2016-113866)
 (22) 出願日 平成28年6月7日(2016.6.7)
 (65) 公開番号 特開2017-219421 (P2017-219421A)
 (43) 公開日 平成29年12月14日(2017.12.14)
 審査請求日 平成30年5月28日(2018.5.28)

(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500番地20
 (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
 (74) 代理人 100121821
 弁理士 山田 強
 (74) 代理人 100139480
 弁理士 日野 京子
 (74) 代理人 100125575
 弁理士 松田 洋
 (74) 代理人 100175134
 弁理士 北 裕介

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 超音波センサ

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

超音波である探査波を送信し、周囲の物体により反射された反射波を含む検知波を取得する超音波センサであって、

前記探査波の送信及び前記検知波の取得を行う送受波部(12)と、

前記検知波について、前記探査波の周波数を含む所定の周波数帯域を通過させる処理を行う検知波処理部(13)と、

前記検知波の振幅値を計測する振幅計測部(14)と、

前記探査波の送信を終了した後の残響期間における前記検知波について、時間軸と前記振幅値との関係に基づいて、前記送受波部の異物の付着を判定する判定部(17)と、を備え、

前記判定部は、前記時間軸と前記振幅値の関係として、前記振幅値の包絡線に囲まれる面積を求め、その面積に基づいて前記判定を行う、超音波センサ。

【請求項 2】

前記判定部は、前記振幅値が閾値を下回った後の前記面積を求め、その面積に基づいて前記判定を行う、請求項1に記載の超音波センサ。

【請求項 3】

前記判定部は、前記探査波の送信終了後において、所定期間ごとの前記面積を求め、前記面積の変化に基づいて前記判定を行う、請求項1に記載の超音波センサ。

【請求項 4】

10

20

超音波である探査波を送信し、周囲の物体により反射された反射波を含む検知波を取得する超音波センサであって、

前記探査波の送信及び前記検知波の取得を行う送受波部（１２）と、

前記検知波について、前記探査波の周波数を含む所定の周波数帯域を通過させる処理を行う検知波処理部（１３）と、

前記検知波の振幅値を計測する振幅計測部（１４）と、

前記探査波の送信を終了した後の残響期間における前記検知波について、時間軸と前記振幅値との関係に基づいて、前記送受波部の異物の付着を判定する判定部（１７）と、を備え、

前記判定部は、前記時間軸と前記振幅値との関係として、前記振幅値が第１閾値を下回ってから前記第１閾値よりも小さい値である第２閾値を下回るまでの時間を取得し、取得した前記時間に基づいて前記判定を行う、超音波センサ。

【請求項５】

超音波である探査波を送信し、周囲の物体により反射された反射波を含む検知波を取得する超音波センサであって、

前記探査波の送信及び前記検知波の取得を行う送受波部（１２）と、

前記検知波について、前記探査波の周波数を含む所定の周波数帯域を通過させる処理を行う検知波処理部（１３）と、

前記検知波の振幅値を計測する振幅計測部（１４）と、

前記探査波の送信を終了した後の残響期間における前記検知波について、時間軸と前記振幅値との関係に基づいて、前記送受波部の異物の付着を判定する判定部（１７）と、を備え、

前記判定部は、前記時間軸として、前記振幅値が閾値を下回った後に所定期間を設け、前記所定期間における前記振幅値が極大値となった回数を取得し、その回数に基づいて前記判定を行う、超音波センサ。

【請求項６】

超音波である探査波を送信し、周囲の物体により反射された反射波を含む検知波を取得する超音波センサであって、

前記探査波の送信及び前記検知波の取得を行う送受波部（１２）と、

前記検知波について、前記探査波の周波数を含む所定の周波数帯域を通過させる処理を行う検知波処理部（１３）と、

前記検知波の振幅値を計測する振幅計測部（１４）と、

前記探査波の送信を終了した後の残響期間における前記検知波について、時間軸と前記振幅値との関係に基づいて、前記送受波部の異物の付着を判定する判定部（１７）と、を備え、

前記判定部は、前記時間軸として、前記振幅値が閾値を下回った後に所定期間を設け、前記所定期間における前記振幅値の極大値の値に基づいて前記判定を行う、超音波センサ。

【請求項７】

超音波である探査波を送信し、周囲の物体により反射された反射波を含む検知波を取得する超音波センサであって、

前記探査波の送信及び前記検知波の取得を行う送受波部（１２）と、

前記検知波について、前記探査波の周波数を含む所定の周波数帯域を通過させる処理を行う検知波処理部（１３）と、

前記検知波の振幅値を計測する振幅計測部（１４）と、

前記探査波の送信を終了した後の残響期間における前記検知波について、時間軸と前記振幅値との関係に基づいて、前記送受波部の異物の付着を判定する判定部（１７）と、を備え、

前記判定部は、前記時間軸として、前記探査波の送信終了後に所定期間を設け、前記所定期間における前記振幅値が極大値となった回数を取得し、その回数に基づいて前記判定

10

20

30

40

50

を行う、超音波センサ。

【請求項 8】

超音波である探査波を送信し、周囲の物体により反射された反射波を含む検知波を取得する超音波センサであって、

前記探査波の送信及び前記検知波の取得を行う送受波部（１２）と、

前記検知波について、前記探査波の周波数を含む所定の周波数帯域を通過させる処理を行う検知波処理部（１３）と、

前記検知波の振幅値を計測する振幅計測部（１４）と、

前記探査波の送信を終了した後の残響期間における前記検知波について、時間軸と前記振幅値との関係に基づいて、前記送受波部の異物の付着を判定する判定部（１７）と、を備え、

前記判定部は、前記時間軸として、前記探査波の送信終了後に所定期間を設け、前記所定期間における前記振幅値の最大値に基づいて前記判定を行う、超音波センサ。

【請求項 9】

前記振幅計測部は、振幅値を取得可能な上限値が設定されており、検知波の振幅値がその上限値よりも大きい場合に、検知波の振幅値を前記上限値とする、請求項 1 ~ 8 のいずれか 1 項に記載の超音波センサ。

【請求項 10】

前記判定部は、取得した検知波に基づく前記時間軸と前記振幅値との関係と、予め定められた前記時間軸と前記振幅値との関係と比較することにより前記判定を行う、請求項 1 ~ 9 のいずれか 1 項に記載の超音波センサ。

【請求項 11】

前記検知波処理部は、通過させる周波数帯域が異なるフィルタを複数備え、

前記判定部は、前記時間軸と前記振幅値との関係について、異なる前記フィルタを通過させたものどうしを比較し、その比較結果により前記判定を行う、請求項 1 ~ 9 のいずれか 1 項に記載の超音波センサ。

【請求項 12】

超音波である探査波を送信し、周囲の物体により反射された反射波を含む検知波を取得する超音波センサであって、

前記探査波の送信及び前記検知波の取得を行う送受波部（１２）と、

前記検知波について、前記探査波の周波数を含む所定の周波数帯域を通過させる処理を行う検知波処理部（１３）と、

前記検知波の振幅値を計測する振幅計測部（１４）と、

前記探査波の送信を終了した後の残響期間における前記検知波について、時間軸と前記振幅値との関係に基づいて、前記送受波部の異物の付着を判定する判定部（１７）と、を備え、

前記検知波処理部は、通過させる周波数帯域が異なるフィルタを複数備え、

前記判定部は、異なる前記フィルタを通過させた前記振幅値の時間変化を表す波形どうしの相関値を求め、その相関値により前記判定を行う、超音波センサ。

【請求項 13】

前記探査波の周波数をさらに取得し、

前記判定部は、取得した前記周波数とその周波数の基準となる値である基準周波数とを比較し、

前記時間と前記振幅値に基づく第 1 条件と、前記周波数に基づく第 2 条件とを用いて前記判定を行う、請求項 1 ~ 12 のいずれか 1 項に記載の超音波センサ。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、超音波である探査波を送信し、周囲の物体により反射された反射波を含む検知波を取得する超音波センサに関する。

【背景技術】

【0002】

従来、超音波を探査波として送信し、物体により反射された反射波を受信してその物体との距離を検知する超音波センサが実現されている。このような超音波センサにおいて、探査波の送信及び反射波の受信を行う送受波部に水等の異物が付着した場合、物体との距離の誤って算出したり、物体が存在しているにもかかわらず物体が存在しないと判定したり、物体が存在していないにもかかわらず物体が存在すると判定したりするおそれがある。したがって、送受波部へ異物が付着しているか否かを判定する必要がある。

【0003】

送受波部への異物の付着を判定する超音波センサとして、特許文献1に記載の超音波センサがある。特許文献1に記載の超音波センサでは、振幅値が設定した閾値を下回った時刻を用いて、送受波部へ異物が付着しているか否かを判定している。

10

【先行技術文献】

【特許文献】

【0004】

【特許文献1】特開2015-40837号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

超音波センサの表面に水や泥等の異物が付着した場合、その異物の質量等の影響により周波数の変化が生ずる。一般的な超音波センサでは、受波信号をバンドパスフィルタ等のフィルタに通してノイズを除去した後に振幅値の取得を行うため、共振周波数に変化が生じた場合、振幅値は漸減せず、階段状に変化する場合もある。したがって、特許文献1に記載の超音波センサでは、設定した閾値を下回った時刻を精度よく把握することができず、ひいては異物が付着しているか否かの判定も正確に行うことが困難である。

20

【0006】

本発明は、上記課題を解決するためになされたものであり、その主たる目的は、送受波部表面への異物の付着を精度よく判定することができる超音波センサを提供することにある。

【課題を解決するための手段】

30

【0007】

本発明は、超音波である探査波を送信し、周囲の物体により反射された反射波を含む検知波を取得する超音波センサであって、探査波の送信及び検知波の取得を行う送受波部と、検知波について、探査波の周波数を含む所定の周波数帯域を通過させる処理を行う検知波処理部と、検知波の振幅値を計測する振幅計測部と、探査波の送信を終了した後の残響期間における検知波について、時間軸と振幅値との関係に基づいて、送受波部の異物の付着を判定する判定部と、を備える。

【0008】

送受波部に異物が付着していない場合、探査波の送信後に生ずる残響の周波数は、探査波の周波数に近い周波数とする。この場合、残響の振幅値を取得するうえで、検知波処理部により所定の周波数帯域を通過させる処理を行ったとしても、検知波は減衰しづらくなる。一方、送受波部に異物が付着している場合、探査波の送信後に生ずる残響の周波数は、探査波の周波数とは乖離した周波数となる。この場合、残響期間の振幅値を取得するうえで、検知波処理部により所定の周波数帯域を通過させる処理を行えば、その周波数帯域外の検知波は減衰し、それに伴い振幅値も小さくなる。したがって、送受波部に異物が付着している場合には、異物が付着していない場合よりも振幅値が小さくなり、且つ、振幅値が小さくなる状態が残響期間の間継続することとなる。上記構成では、探査波の送信を終了した後の残響期間において、時間と振幅値との関係に基づいて送受波部への異物の付着判定を行っているため、検知波に対して所定の周波数帯域を通過させる処理を行ったとしても、異物の付着を精度よく検出することができる。

40

50

【図面の簡単な説明】

【 0 0 0 9 】

【図 1】超音波センサの構成図である。

【図 2】送受波部に異物の付着が無い場合の波形を示しており、(a) が周波数の波形であり、(b) が振幅値の波形である。

【図 3】送受波部に異物が付着している場合の波形を示しており、(a) が周波数の波形であり、(b) が振幅値の波形である。

【図 4】超音波センサが実行する処理を示すフローチャートである。

【図 5】送受波部に異物の付着が無い場合の、第 2 実施形態に係る処理を説明する図である。

10

【図 6】送受波部に異物の付着がある場合の、第 2 実施形態に係る処理を説明する図である。

【図 7】送受波部に異物の付着が無い場合の、第 3 実施形態に係る処理を説明する図である。

【図 8】送受波部に異物の付着がある場合の、第 3 実施形態に係る処理を説明する図である。

【図 9】送受波部に異物の付着が無い場合の、第 4 実施形態に係る処理を説明する図である。

【図 1 0】送受波部に異物の付着がある場合の、第 4 実施形態に係る処理を説明する図である。

20

【図 1 1】送受波部に異物の付着が無い場合の、第 5 実施形態に係る処理を説明する図である。

【図 1 2】送受波部に異物の付着がある場合の、第 5 実施形態に係る処理を説明する図である。

【発明を実施するための形態】

【 0 0 1 0 】

< 第 1 実施形態 >

本実施形態に係る超音波センサは、車両等の移動体に搭載されるものである。物体検知システムは超音波センサを含み、所定の制御周期ごとに超音波を送信し、移動体の周囲に存在する物体により反射された反射波を受信し、送信から受信までの時間を測定することにより、移動体と物体との距離を求める。

30

【 0 0 1 1 】

図 1 は、本実施形態に係る超音波センサ 1 0 の構成図である。超音波センサ 1 0 は、車両が備える各機能を制御する E C U 2 0 と通信可能に接続されており、E C U 2 0 からの制御指令に基づいて制御を行い、検知結果を E C U 2 0 へと送信する。

【 0 0 1 2 】

制御部 1 1 は、E C U 2 0 と通信し、E C U 2 0 からの指令に基づいて超音波である探査波を送信する制御を行うとともに、反射波を含む検知波の検知結果を E C U 2 0 へと送信する。このとき、E C U 2 0 は、制御部 1 1 に対して、探査波の周波数を指示し、制御部 1 1 はその周波数の超音波が送信されるように、送受波部 1 2 を駆動する。

40

【 0 0 1 3 】

送受波部 1 2 は、圧電素子、及びその圧電素子へ駆動電力を供給する駆動回路を備える周知のものであり、制御部 1 1 からの制御信号により駆動回路から圧電素子へと駆動電力が供給され、超音波である探査波を送信する。

【 0 0 1 4 】

送受波部 1 2 は、加えて、探査波が周囲の物体により反射された反射波や、その他の超音波を検知波として受信する。送受波部 1 2 が受信した検知波は、電圧として検知波処理部 1 3 へ入力される。

【 0 0 1 5 】

検知波処理部 1 3 は、検知波に対してフィルタ処理を行う。具体的には、探査波の周波

50

数を含む周波数帯域を通過させるバンドパスフィルタを用いて、検知波に対してフィルタ処理を行い、バンドパスフィルタが通過させる周波数帯域以外の周波数の検知波については、振幅を減衰させるものとしている。これは、探査波が物体により反射され、その反射波を検知波として取得した場合、その反射波の周波数は探査波の周波数に近いものとなり、その周波数と異なる周波数の検知波は、ノイズである可能性が高いためである。検知波処理部 13 は、フィルタ処理後の電圧の値を振幅計測部 14 へ入力する。

【0016】

振幅計測部 14 は、取得した検知波の振幅値を計測する。具体的には、検知波に基づいて取得した電圧の値を振幅値に変換することにより、振幅値を取得する。この振幅値を検出するうえで、値を取得可能な電圧の上限値が定められており、取得した電圧が上限値よりも大きい値である場合には、振幅値を上限値 A_{max} としている。

10

【0017】

ここで、図 2 及び図 3 を参照して、振幅計測部 14 が計測した振幅値について、検知波の周波数も踏まえて説明する。図 2 (a) 及び図 3 (a) で示す周波数は、例えば、電圧が正の値から負の値へと変化する点をゼロクロス点とし、そのゼロクロス点間の時間の逆数として得られる。なお、図中の周波数カウンタの値は、検知波のゼロクロス点間における基準波の測定回数を示すものである。すなわち、周波数カウンタの値が大きくなるほど、ゼロクロス点間の時間が長くなり、周波数がより小さくなることを意味している。

【0018】

超音波の振幅は、正の値と負の値とを交互に取るものであるため、各周波数の正の極大値をその周波数の振幅値と定義している。そして、各周波数の正の極大値である振幅値をつなげたもの、すなわち、包絡線検波したものが、図 2 (b) 及び図 3 (b) で示す波形である。

20

【0019】

上述した通り、検知波処理部 13 では、バンドパスフィルタにより所定の周波数帯域以外の周波数をもつ検知波を減衰させる処理を行っている。したがって、送受波部 12 の表面への異物の付着により、図 3 (a) に示すように残響期間の周波数が変化すれば、バンドパスフィルタにより振幅が減衰され、図 3 (b) に示すように異物の付着が無い場合よりも振幅値が小さくなる。一方、単に振幅値が小さくなったか否かを判定するのみでは、異物の付着により振幅値が小さくなったのか、残響期間が終わることにより振幅値が小さくなったのかを判定することができない。そこで、振幅値が所定の範囲内である時間が所定時間以上である場合に、異物が付着していると判定する。なお、異物とは水、雪、氷、泥等を含んでおり、付着という文言には、送受波部 12 の表面を水が流れる状態をも指すものである。

30

【0020】

図 2 (b) 及び図 3 (b) に示すように、振幅値に対する閾値として、第 1 閾値 A_{th1} と、第 1 閾値 A_{th1} よりも小さい値である第 2 閾値 A_{th2} が設定されている。これら第 1 閾値 A_{th1} 及び第 2 閾値 A_{th2} の具体的な値は、実験的に得られるものであり、閾値設定部 15 により設定され、計時部 16 へと入力される。

【0021】

計時部 16 は、振幅値が第 1 閾値 A_{th1} 以上である時間を第 1 期間 $T1$ として計時し、振幅値が第 2 閾値 A_{th2} 以上である時間を第 2 期間 $T2$ として計時する。なお、振幅値の検知ミス等により、送受波部 12 に異物が付着していない場合であっても、振幅値が一時的に第 1 閾値 A_{th1} を下回ることがある。また、送受波部 12 に異物が付着している場合において、残響期間内であっても、振幅値が一時的に第 2 閾値 A_{th2} を下回ることがある。したがって、第 1 期間 $T1$ 及び第 2 期間 $T2$ について、所定のサンプリング周期の間連続して第 1 閾値 A_{th1} 、第 2 閾値 A_{th2} を下回ることを条件に、計時を終了するものとしてもよい。

40

【0022】

判定部 17 は、振幅値が第 1 閾値 A_{th1} を下回ってから、第 2 閾値 A_{th2} を下回る

50

までの時間を算出する。具体的には、計時部 16 から第 1 期間 T_1 及び第 2 期間 T_2 を取得し、第 2 期間 T_2 の値から第 1 期間 T_1 の値を除算する。そして、算出した時間が所定値よりも大きい値であるか否かを判定する。算出した値が所定値よりも大きければ、残響期間の振幅値が所定の範囲内である時間が所定時間以上であるといえる。したがって、制御部 11 へ判定結果を送信する。

【0023】

制御部 11 は、判定部 17 から異物が付着しているとの判定結果を取得すれば、その旨を車両の運転者に報知する処理を行う。具体的には、ECU 20 へ判定結果を送信し、車両の運転者に対して車両に設けられた表示装置等を用いて報知を行う。なお、判定部 17 により、送受波部 12 に異物が付着しているとの判定が行われた場合に行われる処理については、この例に限られることはなく、その他の種々の処理が可能である。

10

【0024】

この超音波センサ 10 が実行する一連の処理について、図 4 のフローチャートを用いて説明する。図 4 のフローチャートに係る処理は、所定のサンプリング周期毎に繰り返し実行される。

【0025】

まずステップ S101 にて検知波を取得し、続くステップ S102 にて振幅値を計測する。ステップ S103 にて第 1 期間 T_1 を計時中であるか否かを判定する。ステップ S103 のでは、第 1 期間 T_1 の値がゼロではない値であるか否かを判定してもよいし、第 1 期間 T_1 が計時中であることを示すフラグにより判定してもよい。なお、上述したとおし、第 1 期間 T_1 と第 2 期間 T_2 とを計時を同時に開始するものであるため、第 1 期間 T_1 を計時中であれば、第 2 期間 T_2 も計時中である。

20

【0026】

ステップ S103 にて否定判定した場合、すなわち第 1 期間 T_1 の計時中でない場合、ステップ S104 に進み、第 2 期間 T_2 を計時中であるか否かを判定する。ステップ S104 では、ステップ S103 と同様に、第 2 期間 T_2 の値がゼロではない値であるか否かを判定してもよいし、第 2 期間 T_2 が計時中であることを示すフラグにより判定してもよい。

【0027】

ステップ S104 で否定判定した場合、すなわち第 2 期間 T_2 の計時中でない場合、ステップ S105 に進み、ステップ S102 で計測した振幅値が第 1 閾値 A_{th1} 以上であるか否かを判定する。上述した通り、ステップ S103 及びステップ S104 で共に否定判定をした場合にステップ S105 へ進むものであるため、ステップ S105 で肯定判定を行うのは、探査波の送信を開始し振幅値が初めて第 1 閾値 A_{th1} 以上となった場合に限られる。また、ステップ S105 で否定判定を行うのは、探査波の送信を開始してから振幅値が第 1 閾値 A_{th1} に達するまでの期間と、振幅値が第 2 閾値 A_{th2} を下回った後の期間、すなわち残響期間が終了した後の期間である。

30

【0028】

ステップ S105 で肯定判定した場合、すなわち振幅値が第 1 閾値 A_{th1} 以上であると判定した場合、ステップ S106 へ進み、第 1 期間 T_1 及び第 2 期間 T_2 の計時を開始し、一連の処理を終了する。このステップ S106 に到達する一連の処理は、図 2 及び図 3 で示した時刻 t_1 で行われる。一方、ステップ S105 で肯定判定した場合、すなわち振幅値が第 1 閾値 A_{th1} 以上でないと判定した場合は、そのまま一連の処理を終了する。

40

【0029】

ステップ S103 で肯定判定した場合、すなわち、第 1 期間 T_1 を計時中である場合、ステップ S107 へ進み、振幅値が第 1 閾値 A_{th1} 以上であるか否かを判定する。ステップ S107 で肯定判定した場合、すなわちステップ S102 で計測した振幅値が第 1 閾値 A_{th1} 以上である場合、ステップ S108 へ進み、第 1 期間 T_1 及び第 2 期間 T_2 の加算を行う。すなわち、第 1 期間 T_1 及び第 2 期間 T_2 の計時を継続する。こ

50

のステップ S 1 0 8 に到達する一連の処理は、図 2 及び図 3 で示した時刻 t_1 よりも後であり且つ時刻 t_2 までの期間で行われる。そして、一連の処理を終了する。

【 0 0 3 0 】

ステップ S 1 0 7 で否定判定した場合、すなわちステップ S 1 0 2 で計測した振幅値が第 1 閾値 A_{th1} よりも小さい場合、ステップ S 1 0 9 へ進む。ステップ S 1 0 9 では、第 1 期間 T_1 の値を一時メモリに記憶し、続くステップ S 1 1 0 で第 2 期間 T_2 の加算を行う。すなわち、第 1 期間 T_1 の計時を終了するとともに、第 2 期間 T_2 の計時を継続する。このステップ S 1 1 0 に到達する処理は、図 2 及び図 3 で示した時刻 t_2 の次のサンプリング周期で行われる。そして、一連の処理を終了する。

【 0 0 3 1 】

ステップ S 1 0 4 で肯定判定した場合、すなわち、第 1 期間 T_1 の計時が終了しており、且つ第 2 期間 T_2 を計時中である場合、ステップ S 1 1 1 へ進み、振幅値が第 2 閾値 A_{th2} 以上であるか否かを判定する。ステップ S 1 1 1 で肯定判定した場合、すなわちステップ S 1 0 2 で計測した振幅値が第 2 閾値 A_{th2} 以上である場合、ステップ S 1 1 2 へ進み、第 2 期間 T_2 の加算を行う。すなわち、第 2 期間 T_2 の計時を継続する。このステップ S 1 1 2 に到達する一連の処理は、図 2 及び図 3 で示した時刻 t_2 の次のサンプリング周期の後から、時刻 t_3 まで行われる。そして、一連の処理を終了する。

【 0 0 3 2 】

ステップ S 1 1 1 で否定判定した場合、すなわちステップ S 1 0 2 で計測した振幅値が第 2 閾値 A_{th2} よりも小さい場合、ステップ S 1 1 3 へ進む。ステップ S 1 1 3 では、計時を終了した第 2 期間 T_2 の値から、一時メモリに記憶された第 1 期間 T_1 の値を減算し、その値が所定値以上であるか否かを判定する。すなわち、振幅値が第 1 閾値 A_{th1} よりも小さく且つ第 2 閾値 A_{th2} 以上である期間の長さが、所定値以上であるか否かを判定する。このステップ S 1 1 3 に到達する処理は、図 2 及び図 3 で示した時刻 t_3 の次のサンプリング周期で行われる。

【 0 0 3 3 】

ステップ S 1 1 3 で肯定判定した場合、すなわち、振幅値が第 1 閾値 A_{th1} よりも小さく且つ第 2 閾値 A_{th2} 以上である期間の長さが所定値以上である場合、ステップ S 1 1 4 へ進み、送受波部 1 2 の表面に異物が付着していると判定する。そして、一連の処理を終了する。一方ステップ S 1 1 3 で否定判定した場合には、そのまま一連の処理を終了する。

【 0 0 3 4 】

上記構成により、本実施形態に係る超音波センサ 1 0 は、以下の効果を奏する。

【 0 0 3 5 】

・送受波部 1 2 に異物が付着している場合、探査波の送信後に生ずる残響の周波数は、探査波の周波数とは異なる周波数となる。このとき、検知波処理部 1 3 によりフィルタ処理を行えば、そのフィルタの通過周波数帯域外の検知波については減衰することとなるため、振幅値は小さくなる。そのため、振幅値が第 1 閾値 A_{th1} よりも大きければ、残響期間における周波数は、その探査波の送信時の周波数に近い周波数であると見なすことができ、振幅値が第 2 閾値 A_{th2} よりも小さければ、残響期間が終わったと見なすことができる。一方、振幅値が第 1 閾値 A_{th1} よりも小さく、且つ第 2 閾値 A_{th2} よりも大きい時間が継続していれば、その期間は残響期間であり、且つ、周波数が探査波の周波数と乖離しているといえることができる。本実施形態では、振幅値が第 1 閾値 A_{th1} を下回ってから第 2 閾値 A_{th2} を下回るまでの時間を取得し、その時間が所定時間よりも大きいか否かを判定しているため、残響期間における周波数が探査波の周波数から乖離したものであるか否かを判定することができる。したがって、送受波部 1 2 への異物の付着を精度よく判定することができる。

【 0 0 3 6 】

< 第 2 実施形態 >

本実施形態では、判定部 1 7 が実行する処理の一部が第 1 実施形態と異なっている。具

10

20

30

40

50

体的には、判定部 17 が、振幅値が第 1 閾値 A_{th1} を下回った後の所定期間において、振幅値が極大値をとる回数を求める。この極大値の回数を求めるうえで、振幅値が増加から減少へと転じた回数を極大値とする。なお、振幅値が増加した後、一定の値を維持し、その後に振幅値が減少した場合については、1 回の極大値として計数すればよい。

【0037】

判定部 17 は、計数した極大値の数を、予め定められた値と比較する。そして、極大値の数が予め定められた値よりも多い場合に異物が付着していると判定する。

【0038】

続いて、本実施形態における振幅値に対する処理について、図 5 及び図 6 を用いて説明する。なお、図 5 及び図 6 では、振幅値が極大値となった箇所について、破線で囲っている。

10

【0039】

図 5 に示すように、送受波部 12 に異物の付着が無い場合には、振幅値が第 1 閾値 A_{th1} を下回るのは、残響期間の終了時である時刻 t_{11} である。このとき、振幅値は時刻 t_{11} で第 1 閾値 A_{th1} を下回った後も減衰を続け、振幅値の値が概ね検出されない状態に至る。そのため、時刻 t_{11} から所定期間経過時の時刻である時刻 t_{12} に至るまでの間に、振幅値の極大値が取得される回数は少なくなる。

【0040】

一方、図 6 に示すように、送受波部 12 に異物が付着している場合、振幅値が第 1 閾値 A_{th1} を下回る時刻 t_{11} は、探査波の送信の終了時である。振幅値は時刻 t_{11} で第 1 閾値 A_{th1} を下回った後に減衰するものの、残響期間が継続するため、振幅値はある値の近傍で増減を繰り返すこととなる。そのため、時刻 t_{11} から所定期間経過時の時刻である時刻 t_{12} に至るまでの間に、振幅値の極大値が取得される回数は多くなる。

20

【0041】

上記構成により、本実施形態に係る超音波センサ 10 は、第 1 実施形態に係る超音波センサ 10 が奏する効果に準ずる効果に加えて、以下の効果を奏する。

【0042】

・送受波部 12 に異物の付着が無い場合、振幅値が第 1 閾値 A_{th1} を下回れば残響期間が終了したことを意味するため、第 1 閾値 A_{th1} を下回った後も減衰を続け、振幅値の値が概ね検出されない状態に至る。そのため、振幅値の極大値が取得される回数は少なくなる。一方、送受波部 12 に異物が付着している場合、振幅値が第 1 閾値 A_{th1} を下回るのは探査波の送信の終了時であり、その後の残響期間において振幅値は増減を繰り返し、極大値をとる回数が増加する。したがって、振幅値が第 1 閾値 A_{th1} を下回った後の所定期間における振幅値の極大値の数を計数することにより、送受波部 12 へ異物が付着しているか否かを判定することができる。

30

【0043】

< 第 3 実施形態 >

本実施形態では、判定部 17 が実行する処理の一部が上記各実施形態と異なっている。具体的には、判定部 17 が、残響期間において予め定められた所定期間を設け、その期間において振幅値が極大値をとる回数を求める。この所定期間は、少なくとも一部に残響期間含まれるように設定されるものであり、本実施形態では、探査波の送信終了時を始期としている。なお、極大値の回数を求める処理については第 2 実施形態と同様であるため、具体的な説明を省略する。

40

【0044】

続いて、本実施形態における振幅値に対する処理について、図 7 及び図 8 を用いて説明する。図 7 及び図 8 において、極大値の計数を行う期間の始期を時刻 t_{21} としており、終期を時刻 t_{22} としている。なお、図 7 及び図 8 では、第 2 実施形態と同様に、振幅値が極大値となった箇所について、破線で囲っている。

【0045】

図 7 に示すように、送受波部 12 に異物の付着が無い場合、残響期間における振幅値は

50

上限値 A_{max} を概ね維持し、残響期間が終了すれば減衰する。そのため、時刻 t_{21} から時刻 t_{22} までの期間において、振幅値の極大値が取得される回数は少なくなる。

【0046】

一方、図8に示すように、送受波部12に異物が付着している場合、残響期間における振幅値はある値の近傍で増減を繰り返すこととなる。そのため、時刻 t_{21} から時刻 t_{22} までの間に、振幅値の極大値が取得される回数は多くなる。

【0047】

上記構成により、本実施形態に係る超音波センサ10は、第1実施形態に係る超音波センサ10が奏する効果に準ずる効果に加えて、以下の効果を奏する。

【0048】

・検知波の振幅値を取得する処理を行ううえで、その値を取得可能な上限値 A_{max} を設けており、実際の振幅値が上限値 A_{max} よりも大きい場合には、検知波の振幅値を上限値 A_{max} とする処理を行っている。送受波部12に異物の付着が無い場合、残響期間における検知波の振幅の減衰は小さいため、振幅値が上限値 A_{max} となる。そのため、振幅値が極大値をとる回数が少なくなる。一方、送受波部12に異物の付着がある場合、残響期間における検知波の振幅の減衰は相対的に大きいため、振幅値が上限値 A_{max} よりも小さい値となる。したがって、送受波部12に異物の付着がある場合には、異物の付着が無い場合よりも振幅値の極大値の数が多くなるため、その極大値の数により、送受波部12に異物が付着しているか否かを判定することができる。

【0049】

< 第4実施形態 >

本実施形態では、判定部17が実行する処理の一部が上記各実施形態と異なっている。この判定部17が実行する処理について、図9及び図10を参照して説明する。

【0050】

判定部17は、振幅値が第1閾値 A_{th1} を下回ってから、第2閾値 A_{th2} を下回るまでの包絡線により囲まれる面積 S を求める。具体的には、サンプリング周期毎の振幅値を積算して、その積算値を面積 S とする。

【0051】

判定部17は、算出した面積 S が所定値よりも大きい値であるか否かを判定する。面積 S が所定値よりも大きければ、送受波部12に水等の異物が付着していると判定し、その判定結果を制御部11へ送信する。

【0052】

なお、本実施形態のごとく包絡線により囲まれる面積 S を求める場合、第2実施形態のように、振幅値が第1閾値 A_{th1} を下回った後に予め定められた期間を設け、その期間の面積 S を求めるものとしてもよい。

【0053】

上記構成により、本実施形態に係る超音波センサ10は、第1実施形態に係る超音波センサ10が奏する効果に準ずる効果に加えて、以下の効果を奏する。

【0054】

・送受波部12に異物が付着している場合、残響期間の周波数が変化し、振幅値が第1閾値 A_{th1} を下回ってから第2閾値 A_{th2} を下回るまでの時間が長くなる。これにより、振幅値の包絡線により囲まれる面積 S も、大きくなる。本実施形態では、その包絡線により囲まれる面積 S が所定値よりも大きいのか否かを判定しているため、残響期間における周波数が探査波の周波数から乖離したものであるか否かを判定することができる。したがって、送受波部12への異物の付着を精度よく判定することができる。

【0055】

< 第5実施形態 >

本実施形態では、判定部17が実行する処理の一部が上記各実施形態と異なっている。この判定部17が実行する処理について、図11及び図12を参照して説明する。

【0056】

判定部 17 は、振幅値が第 1 閾値 A_{th1} を下回った後に予め定められた複数の期間を設ける。本実施形態では、複数の期間として 4 つの期間を設けており、それぞれの期間の長さは等しく設定されている。そして、各期間における面積 $S_1 \sim S_4$ を算出する。この面積 $S_1 \sim S_4$ は、第 4 実施形態における面積 S と同等の処理により算出する。

【0057】

続いて、判定部 17 は、面積 $S_1 \sim S_4$ の変化量を算出する。このとき、面積 $S_1 \sim S_4$ の間の変化量の平均を求めるものとしてもよいし、最大である面積 S_1 と最小である面積 S_4 との差を求めてもよいし、互いに前後する面積の差をそれぞれ求め、その中で最大の差を用いるものとしてもよい。また、面積 $S_1 \sim S_4$ の値に基づいて近似関数を求め、その近似関数に基づいて判定してもよい。いずれの場合でも、異物が付着している場合には、異物が付着していない場合よりも面積の変化量は大きくなる。したがって、面積の変化量を示す値と所定値とを比較し、面積の変化量を示す値が所定値よりも大きければ、異物が付着していると判定すればよい。

10

【0058】

なお、本実施形態のごとく複数の期間を設定する処理を行ううえで、第 3 実施形態のように、探査波の終了時点から所定期間を設けるものとしてもよい。この場合には、異物の付着が無ければ振幅値は残響期間の終了とともに大きく減少するため、面積の変化が小さければ異物の付着があると判定すればよい。

【0059】

上記構成により、本実施形態に係る超音波センサ 10 は、第 1 実施形態に係る超音波センサ 10 が奏する効果に準ずる効果に加えて、以下の効果を奏する。

20

【0060】

・送受波部 12 に異物が付着している場合、残響時間の振幅は漸減する。したがって、振幅の包絡線に囲まれる複数の面積 $S_1 \sim S_4$ を求め、その面積が漸減するものであるか否かを判定することにより、送受波部 12 への異物の付着を判定することができる。

【0061】

< 第 6 実施形態 >

本実施形態では、判定部 17 が実行する処理の一部が上記各実施形態と異なっている。本実施形態では判定部 17 が、取得した検知波と予め設けられた波形である基準波形とを比較する。この基準波形は、送受波部 12 に異物が付着していない状態で予め計測された波形である。そして、取得した検知波の波形と基準波形との相互相関をとり、その相関値が所定の値よりも大きければ、検知波の波形と基準波形とは近似した形状であるといえるため、送受波部 12 に異物が付着していないと判定する。一方、相関値が所定の値よりも小さければ、検知波の波形と基準波形とは異なる形状であるといえるため、送受波部 12 に異物が付着していると判定する。

30

【0062】

なお、基準波形として、送受波部 12 に異物が付着していない状態で予め計測された波形を用いたが、送受波部 12 に異物が付着している場合の波形を基準波形としてもよい。また、送受波部 12 に異物が付着している場合の波形と、付着していない場合の波形とをそれぞれあらかじめ用意しておき、検知波の波形がいずれの波形に近似する形状であるかを判定するものとしてもよい。

40

【0063】

上記構成により、本実施形態に係る超音波センサ 10 は、第 1 実施形態に係る超音波センサ 10 が奏する効果に準ずる効果を奏する。

【0064】

< 第 7 実施形態 >

本実施形態では、全体構成は第 1 実施形態と同等であり、処理の一部が異なっている。本実施形態では、検知波処理部 13 が、通過帯域の幅が異なる 2 つのバンドパスフィルタを備えている。この 2 つのバンドパスフィルタの通過帯域の中心周波数は、いずれも、探査波の周波数である。なお、以下の説明において、通過帯域が狭い方のバンドパスフィル

50

タを第1バンドパスフィルタと称し、通過帯域が広いほうのバンドパスフィルタを第2バンドパスフィルタと称する。

【0065】

検知波処理部13は、取得した検知波について、第1バンドパスフィルタを通過させる処理と、第2バンドパスフィルタを通過させる処理とを、並列させて行う。続いて、図4で示したフローチャートに係る処理を、第1、第2バンドパスフィルタを通過した検知波のそれぞれについて行い、それぞれの検知波について、振幅値が第1閾値 A_{th1} よりも小さく第2閾値 A_{th2} よりも大きい期間、すなわち、第2期間 T_2 から第1期間 T_1 を除算した値を求める。その後、算出した値どうしを比較して、送受波部12に異物が付着しているか否かを判定する。

10

【0066】

送受波部12に異物が付着していない場合、残響期間における検知波の周波数は探査波の周波数に近い周波数であるため、互いに通過帯域が異なる第1、第2バンドパスフィルタを通過させたとしても振幅は減衰しづらい。したがって、第2期間 T_2 から第1期間 T_1 を除算した値は、第1バンドパスフィルタを通過した検知波と、第2バンドパスフィルタを通過した検知波とで、概ね等しくなる。

【0067】

送受波部12に異物が付着している場合、残響期間における検知波の周波数は探査波の周波数から乖離した周波数であるため、第1バンドパスフィルタを通過した検知波は、振幅が相対的に大きく減衰し、第2バンドパスフィルタを通過した検知波は、振幅の減衰は相対的に小さい。したがって、第2期間 T_2 から第1期間 T_1 を除算した値は、第2バンドパスフィルタを通過した検知波のほうが大きくなる。

20

【0068】

なお、本実施形態のごとく2つのバンドパスフィルタを通過させる処理を、第2、第3実施形態に適用してもよい。すなわち、振幅値の極大値の数を予め設定された値と比較する代わりに、通過帯域の異なるバンドパスフィルタを通過させたもののどうしの極大値の数を比較し、その差を用いて判定するものとしてもよい。

【0069】

また、本実施形態のごとく2つのバンドパスフィルタを通過させる処理を、第4実施形態に適用してもよい。送受波部12に異物の付着が無い場合、残響期間の周波数は探査波の周波数に近いものとなるため、通過帯域の幅が異なるバンドパスフィルタを通過させたとしても、振幅の時間変化は近似したものとなるため、相関値は相対的に大きな値となる。一方、送受波部12に異物が付着している場合、振幅の時間変化は乖離したものとなるため、相関値は相対的に小さなものとなる。したがって、異物が付着しているか否かを判定することができる。

30

【0070】

上記構成により、本実施形態に係る超音波センサ10は、第1実施形態に係る超音波センサ10が奏する効果に準ずる効果に加えて、以下の効果を奏する。

【0071】

・検知波を通過帯域が広いバンドパスフィルタにより処理した場合、周波数が中心周波数から乖離しているか否かに係らず、振幅値は減衰しづらい。一方、検知波を通過帯域が狭いバンドパスフィルタにより処理した場合、周波数が中心周波数から乖離していれば、振幅値は相対的に大きく減衰することとなる。したがって、通過帯域の異なるバンドパスフィルタを通過した検知波を比較することにより、送受波部12へ異物が付着しているか否かを精度よく判定することができる。

40

【0072】

<変形例>

・各実施形態において、振幅値と時間との関係に加えて、周波数をも用いて、送受波部12に異物が付着しているか否かを判定してもよい。具体的には、上述した各実施形態における判定条件を第1条件とし、周波数が探査波の周波数から乖離しているか否かを第2

50

条件とし、第1条件と第2条件とを用いて、送受波部12に異物が付着しているか否かを判定する。なお、第2条件に、上記各実施形態に準ずる時間に関する条件も含めるものとしてもよい。

【0073】

・第1実施形態では、振幅値が第1閾値 A_{th1} 以上となることを条件として、第1期間 $T1$ 及び第2期間 $T2$ の計時を開始するものとした。この点、探査波の送信開始のタイミングで第1期間 $T1$ 及び第2期間 $T2$ の計時を開始してもよい。

【0074】

・第1実施形態では、第1期間 $T1$ 及び第2期間 $T2$ を計時し、その差を求めるものとしたが、振幅値が第1閾値 A_{th1} よりも小さく且つ第2閾値 A_{th2} 以上であることを条件として計時を開始し、振幅値が第2閾値 A_{th2} よりも小さくなることを条件に、計時を終了するものとしてもよい。この場合には、計時した値と所定値とを比較し、異物が付着しているか否かを判定すればよい。

【0075】

・各実施形態において、バンドパスフィルタを用いるものとしたが、バンドパスフィルタの代わりに、バンドストップフィルタを用いるものとしてもよい。また、送受波部12に異物が付着した場合には周波数は低くなるものであるため、異物が付着しているか否かを判定する処理については、ハイパスフィルタを通過させるものとしてもよい。これは第5実施形態についても同様であり、通過帯域の異なるハイパスフィルタやバンドストップフィルタを用いてもよい。

【0076】

・第2実施形態では、振幅値が第1閾値 A_{th1} よりも小さくなる時点を始期とする予め定められた期間において、振幅値が極大値となる数を求めるものとした。この点、振幅値が第1閾値 A_{th1} よりも小さく且つ第2閾値 A_{th2} 以上である期間において、振幅値が極大値となる数を求めてもよい。第1実施形態で示した通り、振幅値が第1閾値 A_{th1} よりも小さく且つ第2閾値 A_{th2} 以上となる期間は、異物が付着していない場合よりも、異物が付着している場合のほうが長い。また、異物が付着していない場合には、一般的に、振幅値は第1閾値 A_{th1} を下回ってから第2閾値 A_{th2} を下回るまで単調減少するため、極大値が生ずる可能性が低い。したがって、振幅値が第1閾値 A_{th1} よりも小さく且つ第2閾値 A_{th2} 以上である期間において、振幅値が極大値となる数を求めることにより、送受波部12への異物の付着をより精度よく判定することができる。

【0077】

・第2実施形態において、極大値の数の代わりに、極大値のうちの最大の値や、極大値の平均値等を用いて、送受波部12への異物の付着を判定してもよい。送受波部12に異物の付着が無い場合、振幅値が第1閾値 A_{th1} を下回れば残響期間が終了したことを意味するため、第1閾値 A_{th1} を下回った後も減衰を続け、振幅値の値が概ね検出されない状態に至る。そのため、振幅値の極大値の値は小さくなる。一方、送受波部12に異物が付着している場合、振幅値が第1閾値 A_{th1} を下回るのは探査波の送信の終了時であり、その後の残響期間において振幅値は増減を繰り返すため、振幅値の極大値の値は相対的に大きくなる。したがって、振幅値が第1閾値 A_{th1} を下回った後の所定期間における振幅値の極大値の値により、送受波部12へ異物が付着しているか否かを判定することができる。

【0078】

・第3実施形態において、極大値の数の代わりに、極大値のうちの最大の値や、極大値の平均値等を用いて、送受波部12への異物の付着を判定してもよい。送受波部12に異物の付着が無い場合、残響期間における振幅値の減衰は相対的に小さいため、振幅値の最大値は相対的に大きくなる。一方、送受波部12に異物が付着している場合、残響期間における振幅値の減衰は相対的に大きいいため、振幅値の最大値は相対的に小さくなる。したがって、探査波の送信終了後に設けられた期間における振幅値の最大値により、送受波部12への異物の付着を判定することができる。

る。

【 0 0 7 9 】

・第5実施形態では、通過帯域の異なるバンドパスフィルタを並列に用いて処理するものとした。この点、異なる送信周期、例えば前後する送信周期において、それぞれ異なるバンドパスフィルタを通過させる処理を行ってもよい。

【 0 0 8 0 】

・第5実施形態では、通過帯域の異なる2つのバンドパスフィルタを用いるものとしたが、3つ以上のバンドパスフィルタを用いてもよい。また、機能の異なるフィルタを通過させた検知波どうしを比較してもよい。例えば、バンドパスフィルタを通過させた検知波と、ハイパスフィルタを通過させた検知波とを比較したり、バンドストップフィルタを通過させた検知波と比較したりしてもよい。

【 0 0 8 1 】

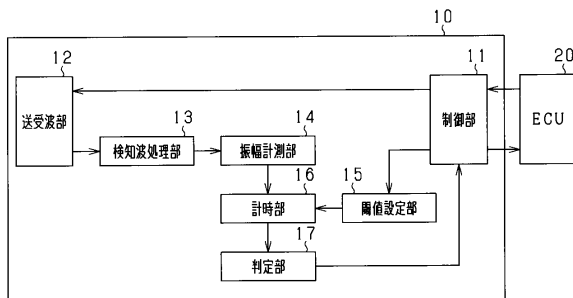
・実施形態では、超音波センサ10を車両等の移動体に設けられるものとしたが、超音波センサ10の搭載対象はこれに限られず、道路構造物などの静止物に搭載されていてもよい。

【 符号の説明 】

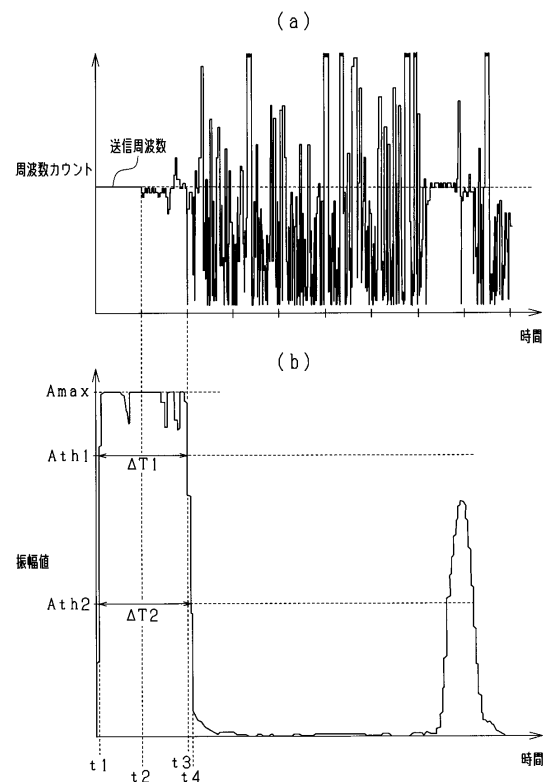
【 0 0 8 2 】

10 ... 超音波センサ、12 ... 送受波部、13 ... 検知波処理部、14 ... 振幅計測部、17 ... 判定部。

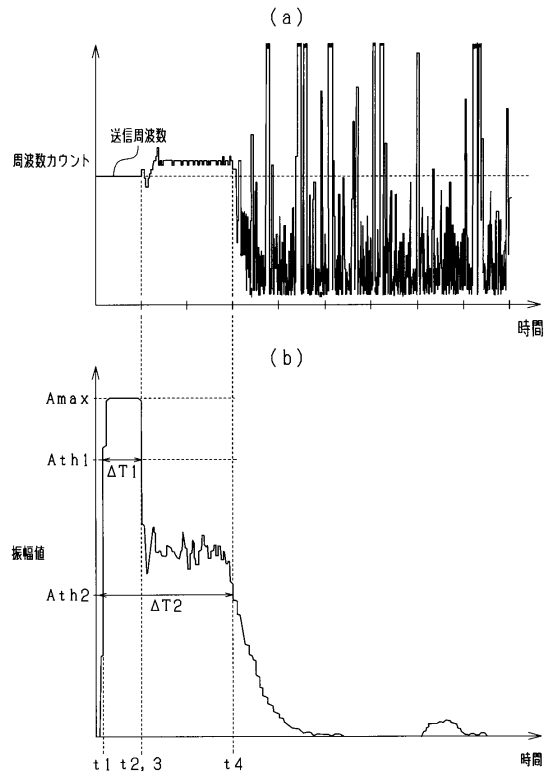
【 図 1 】



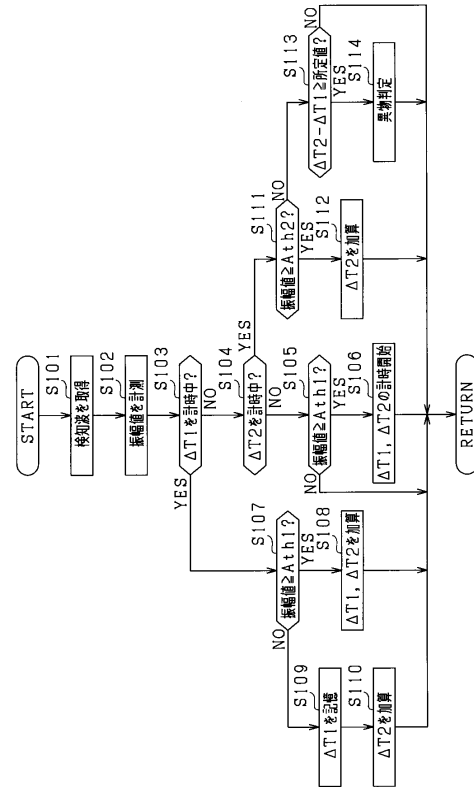
【 図 2 】



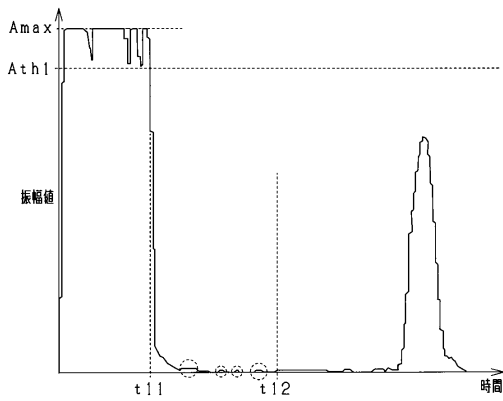
【図 3】



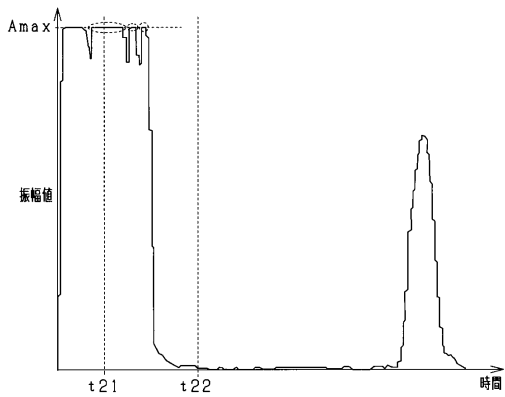
【図 4】



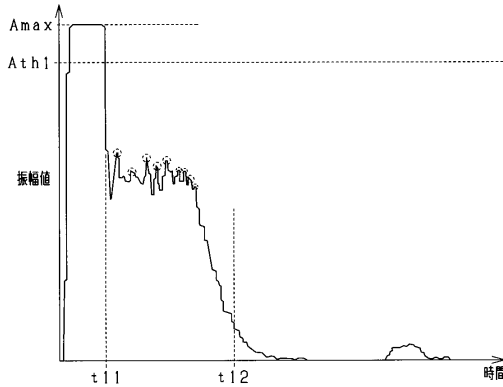
【図 5】



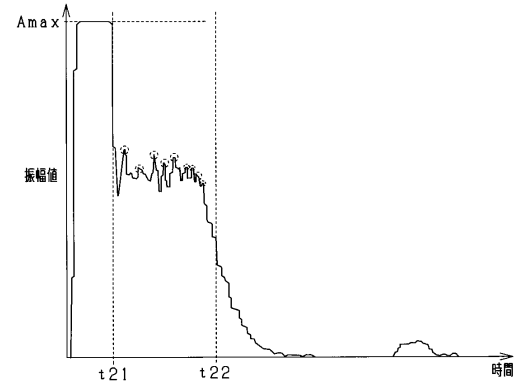
【図 7】



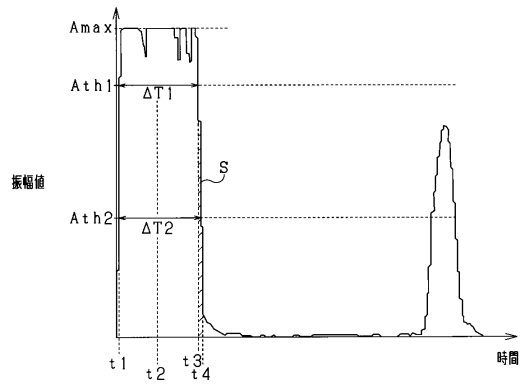
【図 6】



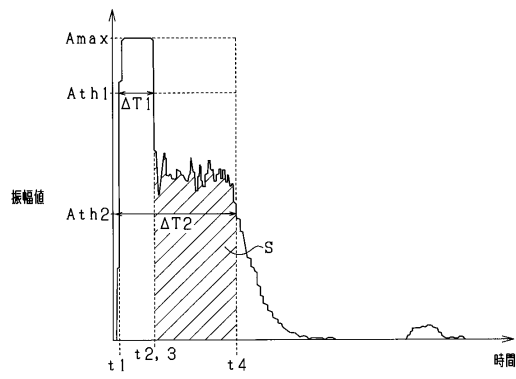
【図 8】



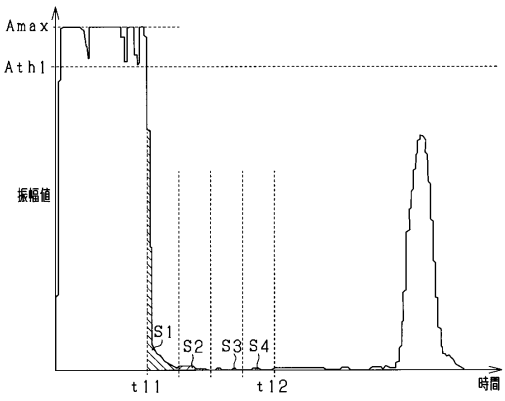
【図 9】



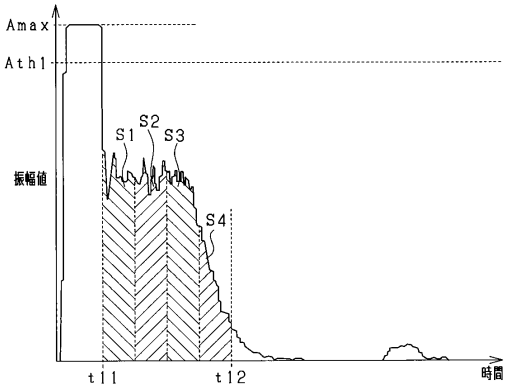
【図 10】



【図 11】



【図 12】



フロントページの続き

- (72)発明者 松浦 充保
愛知県西尾市下羽角町岩谷14番地 株式会社日本自動車部品総合研究所内
- (72)発明者 原田 岳人
愛知県西尾市下羽角町岩谷14番地 株式会社日本自動車部品総合研究所内
- (72)発明者 青山 哲也
愛知県刈谷市昭和町1丁目1番地 株式会社デンソー内
- (72)発明者 小山 優
愛知県刈谷市昭和町1丁目1番地 株式会社デンソー内
- (72)発明者 野村 卓也
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 田中 純

- (56)参考文献 特開2011-215002(JP,A)
特開2002-148347(JP,A)
特開2014-232070(JP,A)
特開2001-221849(JP,A)
特開2003-248050(JP,A)
特開2002-131428(JP,A)
特開2015-055599(JP,A)
特開2015-049665(JP,A)
特開2002-071805(JP,A)
独国特許出願公開第102009040992(DE,A1)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G01S	1/72	-	G01S	1/82
G01S	3/80	-	G01S	3/86
G01S	5/18	-	G01S	5/30
G01S	7/52	-	G01S	7/64
G01S	15/00	-	G01S	15/96