

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第6716620号
(P6716620)

(45) 発行日 令和2年7月1日(2020.7.1)

(24) 登録日 令和2年6月12日(2020.6.12)

(51) Int.Cl. F I
GO 1 S 15/10 (2006.01) GO 1 S 15/10
A 6 1 B 5/11 (2006.01) A 6 1 B 5/11 1 1 0

請求項の数 4 (全 24 頁)

(21) 出願番号 特願2018-41017 (P2018-41017)
 (22) 出願日 平成30年3月7日(2018.3.7)
 (65) 公開番号 特開2019-158364 (P2019-158364A)
 (43) 公開日 令和1年9月19日(2019.9.19)
 審査請求日 平成31年4月22日(2019.4.22)

(73) 特許権者 000108085
 セコム株式会社
 東京都渋谷区神宮前一丁目5番1号
 (74) 代理人 100067323
 弁理士 西村 敦光
 (74) 代理人 100124268
 弁理士 鈴木 典行
 (72) 発明者 福士 和義
 東京都三鷹市下連雀6-11-23 セコム株式会社内

審査官 東 治企

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 センサ装置及び変位判定システム

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

対象物体及び該対象物体から一定以上離れた既知の位置に存在する参照物体に向けて送信波を間欠的に送波する送波部と、

前記対象物体及び前記参照物体において反射した反射波を受波する反射受波部と、

前記送信波ごとの前記反射波に基づく反射波データのそれぞれに前記各送信波の送信時刻を基準とする時間において共通に定められた時間窓を適用して前記参照物体からの反射に対応する部分波形データを抽出する部分データ抽出部と、

複数の前記送信波に対する前記部分波形データのうちの1の前記送信波に対する前記部分波形データの位相特性と他の前記送信波に対する前記部分波形データの位相特性との差から当該他の前記送信波に対する反射波データの周波数特性を補正する波形補正部と、

複数の前記補正後の前記反射波データそれぞれの周波数特性から補正反射波データを求め、複数の前記補正反射波データの時間変化から前記対象物体の変位情報を算出する変位情報算出部と、

前記変位情報を外部装置に出力する出力部と

を有することを特徴とするセンサ装置。

【請求項2】

対象物体に向けて送信波を間欠的に送波する送波部と、

前記対象物体において反射した反射波を受波する反射受波部と、

前記送波部から送波された送信波を前記対象物体から一定以上離れた位置にて直接波と

10

20

して受波する参照受波部と、

前記送信波ごとの前記直接波に基づく直接波データのそれぞれに前記各送信波の送信時刻を基準とする時間において共通に定められた時間窓を適用して前記送信波に対応する部分波形データを抽出する部分データ抽出部と、

複数の前記送信波に対する前記部分波形データのうちの1の前記送信波に対する前記部分波形データの位相特性と他の前記送信波に対する前記部分波形データの位相特性との差から当該他の前記送信波に対する前記反射波データの周波数特性を補正する波形補正部と、

複数の前記補正後の前記反射波データそれぞれの周波数特性から補正反射波データを求め、複数の前記補正反射波データの時間変化から前記対象物体の変位情報を算出する変位情報算出部と、

前記変位情報を外部装置に出力する出力部と、

を有することを特徴とするセンサ装置。

【請求項3】

請求項1又は2に記載の前記センサ装置を有し、前記変位情報を入力する入力部を備える制御装置を少なくとも有する変位判定システムであって、

前記制御装置は、前記変位情報が所定時間に亘って停止判定閾値を下回ると、前記対象物体の活動停止を判定して警報出力をする変位判定システム。

【請求項4】

前記対象物体は基準面において横臥状態である人物であり、前記変位情報は当該人物の呼吸に伴う前記センサ装置から胸郭までの距離変化であることを特徴とする請求項3に記載の変位判定システム。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、センサの設置環境から伝わる微小な振動の影響を排除するセンサ装置及び該装置を利用して対象物体の微小な変位の有無を判定する変位判定システムに関する。

【背景技術】

【0002】

超音波は、その音響特性を利用して反射物体の検出や状態判定に適していることが知られている。このため、反射式の超音波センサは、医療現場での超音波エコー装置、漁業における魚群探知機、建築分野における建物などの非破壊検査装置、自動ドアの人感知センサなど幅広く利用されている。反射式の超音波センサは、超音波パルスを出力し、人や物に反射した反射波を受波する。このパルスの出力から受波までの時間差（TOF（Time of Flight））と伝搬速度から反射体までの距離とその変化を計測し、人や物の存在や動きを検出している。

【0003】

特許文献1には、超音波センサを新生児用の保育器に設置し、新生児に向けて出力した超音波の反射の様子を観察することにより、新生児の心拍や呼吸による微小な変動を検出する超音波式の生体監視装置が開示されている。この超音波センサは、超音波を出力してから反射波を受波するまでの時間から微小な変動をとらえようというものである。

【0004】

しかしながら、例えば一般家庭において新生児のみならず就寝中の大人について呼吸などによる微小な体動を検出する場合、特許文献1の方法のようにパルス状の超音波を送波してTOFを測定するのは困難である。その理由として、人体の呼吸による胸郭の動きは、吸気時と呼気時で高々1cm程度の差であり、超音波を用いたTOFの差は30[μ s]程度に相当している。一般的なパースト波では、そのパースト幅は数百[μ s]とすることが多く、そのパースト長から30[μ s]程度のTOFの差を捉えるには、測距装置に極めて高い精度が求められるからである。

【0005】

10

20

30

40

50

そのため、呼吸などによる微動を検出するには、特許文献2に記載のようなパルス変調波を用いた方式が採用される。当該方式において、例えば8[kHz]帯域幅の変調波を用いると、約2[cm]の距離分解能(送波から受波までの往復で考えると約1[cm])が得られるものの、それでも胸郭の動きを具体的な距離の変化として検出するには十分とは言えない。よって、特許文献2では反射波の波形の時間変動から胸郭の動きを具体的な距離の変化として検出することで微動の有無を判定する。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0006】

【特許文献1】特開2010-158517号公報

10

【特許文献2】特開2016-193020号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0007】

ところで、特許文献2に開示されるような微動センシング技術においては、壁や天井などから伝わる振動によりセンサユニット自体が振動し、その精度が劣化することがある。

【0008】

センサユニット自体の振動は目視確認できないほどの微細なもの(例えば振幅1[mm]未満、周期1[Hz]前後)であるが、何らかの固定手段を用いてもその振動抑制は不可避である。このような微細な振動は、反射体(対象物体)が生体・非生体に拘わらず、反射波の波形の時間変動として現れてしまい微動検出の誤差の原因となりかねない。つまり、センサユニット自体が振動の影響を受けてしまうと、対象物体の微動を捉えて正確に判断することは非常に困難であるという問題があった。

20

【0009】

本発明は、上記課題を解決しようとするものであり、人などの対象物体の微小な変位を検出する装置に壁や天井などから伝わる微細な振動の影響を排除して適正な状態検出を行うことができるセンサ装置及び該装置を利用して対象物体の微小な変位の有無を判定する変位判定システムを提供することを目的としている。

【課題を解決するための手段】

【0010】

30

上記した目的を達成するために、本発明に係るセンサ装置は、対象物体及び該対象物体から一定以上離れた既知の位置に存在する参照物体に向けて送信波を間欠的に送波する送波部と、

前記対象物体及び前記参照物体において反射した反射波を受波する反射受波部と、

前記送信波ごとの前記反射波に基づく反射波データのそれぞれに前記各送信波の送信時刻を基準とする時間において共通に定められた時間窓を適用して前記参照物体からの反射に対応する部分波形データを抽出する部分データ抽出部と、

複数の前記送信波に対する前記部分波形データのうちの1の前記送信波に対する前記部分波形データの位相特性と他の前記送信波に対する前記部分波形データの位相特性との差から当該他の前記送信波に対する前記反射波データの周波数特性を補正する波形補正部と

40

、
複数の前記補正後の前記反射波データそれぞれの周波数特性から補正反射波データを求め、複数の前記補正反射波データの時間変化から前記対象物体の変位情報を算出する変位情報算出部と、

前記変位情報を外部装置に出力する出力部と

を有することを特徴とする。

【0011】

また、本発明に係るセンサ装置は、対象物体に向けて送信波を間欠的に送波する送波部と、

前記対象物体において反射した反射波を受波する反射受波部と、

50

前記送波部から送波された送信波を前記対象物体から一定以上離れた位置にて直接波として受波する参照受波部と、

前記送信波ごとの前記直接波に基づく直接波データのそれぞれに前記各送信波の送信時刻を基準とする時間において共通に定められた時間窓を適用して前記送信波に対応する部分波形データを抽出する部分データ抽出部と、

複数の前記送信波に対する前記部分波形データのうちの1の前記送信波に対する前記部分波形データの位相特性と他の前記送信波に対する前記部分波形データの位相特性との差から当該他の前記送信波に対する前記反射波データの周波数特性を補正する波形補正部と、

複数の前記補正後の前記反射波データそれぞれの周波数特性から補正反射波データを求め、複数の前記補正反射波データの時間変化から前記対象物体の変位情報を算出する変位情報算出部と、

前記変位情報を外部装置に出力する出力部と、

を有することを特徴とする。

【0012】

さらに、本発明に係る変位判定システムは、上述したセンサ装置を有し、前記変位情報を入力する入力部を備える制御装置を少なくとも有する変位判定システムであって、

前記制御装置は、前記変位情報が所定時間に亘って停止判定閾値を下回ると、前記対象物体の活動停止を判定して警報出力をすることを特徴とする。

【0013】

また、本発明に係る変位判定システムは、前記対象物体は基準面において横臥状態である人物であり、前記変位情報は当該人物の呼吸に伴う前記センサ装置から胸郭までの距離変化としてもよい。

【発明の効果】

【0014】

本発明のセンサ装置によれば、センサ装置が設置される壁や天井などから伝わる振動によってセンサ装置自体が振動する影響を排除することができるため、必ずしも理想的な環境とはいえない場所であっても人体の呼吸に伴う胸郭の動きのような微小な変位を正確に検出することができる。

【0015】

また、本発明の変位判定システムによれば、センサ装置は、設置される壁や天井などから伝わる振動をキャンセルして検出したい対象物体の微小な変位を高精度に検出することができるため、該装置で得られた変位情報は信頼性が高い。そのため、この変位情報に基づいて対象物体の停止判定を行うことで、対象物体の活動停止の状態を高精度に判定することができる。

【図面の簡単な説明】

【0016】

【図1】(a)、(b)は本発明に係る第1実施形態に係る変位判定システムの概要を示す概念図である。

【図2】(a)は第1実施形態に係るセンサユニットの機能ブロック図であり、(b)は復調波処理部の機能ブロック図である。

【図3】送信波として送波される超音波(スイープ信号)の一例を示す波形図である。

【図4】ある送波時刻を原点とした反射波を模式的に示した波形図である。

【図5】異なる時刻で受波した反射波を復調した復調波を模式的に示した波形図である。

【図6】初期設定部で実施される処理内容を示したフローチャートである。

【図7】群遅延の概念を説明するための角周波数に対する位相特性のグラフである。

【図8】受波した反射波の復調波データと波形補正部による位相成分補正後の復調波データを重ねた模式図である。

【図9】第1実施形態のセンサユニットの一連の処理動作を説明するフローチャートである。

10

20

30

40

50

【図10】(a)、(b)は、本発明に係る第2実施形態に係る変位判定システムの概要を示す概念図である。

【図11】(a)は第2実施形態に係るセンサユニットの機能ブロック図であり、(b)は復調波処理部の機能ブロック図である。

【図12】(a)は計測用マイクで受波された反射波を復調した様子を模式的に示した波形図であり、(b)は参照マイクで受波された直接波を復調した様子を模式的に示した波形図である。

【図13】第2実施形態のセンサユニットの一連の処理動作を説明するフローチャートである。

【発明を実施するための形態】

10

【0017】

以下、本発明を実施するための形態について、添付した図面を参照しながら詳細に説明する。

【0018】

なお、本明細書に添付する図面は、図示と理解のしやすさの便宜上、適宜縮尺、縦横の寸法比、形状などについて、実物から変更し模式的に表現される場合があるが、あくまで一例であって、本発明の解釈を限定するものではない。従って、添付した図面を用いて説明する実施の形態により、本発明が限定されず、この形態に基づいて当業者などにより考え得る実施可能な他の形態、実施例及び運用技術などは全て本発明の範疇に含まれるものとする。

20

【0019】

また、本明細書において、添付する各図を参照した以下の説明において、方向乃至位置を示すために上、下、左、右の語を使用した場合、これはユーザが各図を図示の通りに見た場合の上、下、左、右に一致する。

【0020】

以下、本発明の好適な実施形態として、本発明に係るセンサ装置を人物の状態を検知する生体検知技術に応用した2つの実施形態(第1実施形態、第2実施形態)について説明する。

【0021】

[第1実施形態]

30

本発明に係る第1実施形態の変位判定システム1について、図1～9を適宜参照しながら説明する。

図1(a)、(b)は、第1実施形態における変位判定システム1を模式的に示した図である。各図に示すように、変位測定システム1は、対象物体と、この対象物体の近傍に配置される参照物体とが存在する観察空間(部屋)内における上方(天井や壁面)に取り付けられるセンサユニット(請求項におけるセンサ装置に相当)10と、センサユニット10からの信号を無線又は有線で受信し、例えば胸郭付近の動きが無くなった場合には呼吸停止の可能性があるとして図示しない所定の通知先である警備会社などに通報する制御装置20とで構成される。

【0022】

40

本実施形態において、センサユニット10により変位を検出する対象物体は、ベッド11に仰向きに横臥した就寝中の人体12であり、検出対象となる微小な変位は呼吸に伴う胸郭の動きである。

また、参照物体とは、ベッド11の近傍に配置される家具や床であり、常時静止していることを条件としている。本実施形態では、その存在と位置(センサユニット10からの距離)が既知とする。

【0023】

なお、センサユニット10から机13及び床14までの距離は、キーボードやマウスを含んで構成される不図示の設定入力手段から入力されて、不図示の設定条件記憶部に記憶されている。又は、後述する初期設定部110cにより自動的に計測されて設定条件記憶部

50

に記憶されてもよい。

【0024】

また、センサユニット10は、対象物体及び参照物体に送信波を送波して確実に受信波が受けられる位置に設置される。第1実施形態では、センサユニット10が横たわる人のほぼ真上の天井に下向きに向けられている。センサユニット10は、天井や壁などの設置箇所から微小な振動を受けることが不可避であるが、本発明によりその振動の影響を排除できるものである。

【0025】

次に、図2を参照しながらセンサユニット10の構成について説明する。

センサユニット10の筐体外部には、送信波を送波する送波部として機能するスピーカ101と、スピーカ101から送波された送信波が対象物体及び参照物体にて反射した反射波を受信波として受波する受波部として機能するマイク102が設けられている。図2(a)に示すように、スピーカ101の送波部分とマイク102の受波部分は、それぞれ対象物体や参照物体に向けた状態でセンサユニット10の下方(設置面と対向する面)に配置されている。

10

【0026】

センサユニット10の内部構成としては、変調波記憶部103と、D/A変換部104と、スピーカアンプ105と、マイクアンプ106と、A/D変換部107と、送受波制御部108と、受信波復調部109と、復調波処理部110と、復調波記憶部111と、出力部112とを備えている。

20

【0027】

変調波記憶部103は、超音波帯域におけるパルス性変調波やバースト波などのデジタル信号を記憶しており、例えば半導体メモリやハードディスクドライブなどから構成される。ここで、パルス性変調波とは、周波数を直線的に変化させた周波数変調波や、M系列などを使った位相変調波を指し、復調して物体の位置をパルスの捉えることで高精度に距離を測ることができる。また、バースト波とは、単一の周波数(例えば40[kHz])の信号を非常に短い時間(1[ms]未満)で出力するもので、復調処理ではその包絡線検波を行い、そのピーク位置で距離を測ることができる。

【0028】

本実施形態の変調波記憶部103は、パルス性変調波であるスイープ信号のデジタルデータを予め記憶している。図3のグラフ30は、スイープ信号の波形を例示したものであり、グラフ31は、当該スイープ信号の時間の時間-周波数特性を例示したものである。スイープ信号は、振幅は一定ながらも周波数が時間的に変化する性質を有する信号であり、図3の例では周波数が時間経過と共に徐々に下降してゆく。このような信号を用いることで、単純なパルス信号を出力するよりも受信パワーが確保され、測距結果の分解能が向上することが知られている。例えば、周波数を32[kHz]から24[kHz]の幅で周波数を変化させることで、センサユニット10からの距離について約2cmの分解能とすることができる。

30

【0029】

以下、本実施形態では、可聴域外のスイープ信号を送信波として採用するのでスピーカ101から送波される送信波を「超音波」として表記する。

40

【0030】

D/A変換部104は、送受波制御部108の出力指示に従ったタイミングで変調波記憶部103からスイープ信号のデジタルデータを読み出して、読み出したデジタルデータをD/A変換する。

【0031】

スピーカアンプ105は、D/A変換部104から出力したアナログデータを増幅してスピーカ101を駆動する。これにより、スピーカ101から対象物体及び参照物体に向けて超音波が送波される。送波された超音波は、対象物体及び参照物体にて反射し、この反射した反射波をマイク102で受波する。マイク102で受波した反射波は、電

50

気信号（アナログ信号）に変換される。

【0032】

マイクアンプ106は、マイク102で変換されたアナログ信号を増幅する。

【0033】

A/D変換部107は、マイクアンプ106で増幅されたアナログ信号をデジタル信号に変換して送受信制御部108の出力指示に従って受信波復調部109に出力する。

【0034】

送受信制御部108は、超音波を送波するタイミングを制御する機能と、超音波と反射波との対応付けを行う機能を有する。

本実施形態において、超音波の送波タイミングは200[m s]毎である。また、本実施形態において、人体12の呼吸などに伴う胸郭の動きの有無を判定するために必要な計測回数Lは15である。

なお、送波回数は、検出対象となる変位の種類に応じて適宜設定可能である。

【0035】

本実施形態では、図3に示すスイープ信号（符号30）の時間長を128[m s]とし、図1に示すセンサユニット10が人体12の直上2[m]程の位置に取り付けられているとする。

【0036】

受信波復調部109は、A/D変換部107が出力したデジタル信号を復調して復調後のデジタルデータを反射波データとして出力する。スイープ信号が復調された反射波データにはパルス性の波形が現れる。

【0037】

図4には、反射波データ40が、模式的に示されている。反射波データ40中のピーク41は机13からの反射、ピーク42は人体12からの反射、ピーク43は床14からの反射に対応する成分である。

図4において、横軸は時間を表している。反射波データ40の原点は、後述する部分データ抽出部110aが、復調された反射波データに含まれており図示しない回り込み波のピークに一致させたものである。スピーカ101からマイク102へ回り込んで直接受波される回り込み波は、センサユニット10の振動による影響を受けないため、反射波データの原点は常に送信波の送信時刻から一定時間後となる。また、ピーク時間はほぼ超音波の往復時間を表し、往復時間が長いとセンサユニット10から超音波を反射させた物体までの距離が遠く、短いと距離が近いことを表している。なお、本実施形態において、反射波データの長さは128[m s]である。

【0038】

復調波処理部110は、受信波復調部109で復調された反射波データを補正処理してセンサユニット10自体の振動の影響を排除し、対象物体の微細な変位に関する変位情報を求めて出力部112に出力する。

復調波処理部110は、部分データ抽出部110aと、周波数解析部110bと、初期設定部110cと、波形補正部110dと、変位情報算出部110eとを備えている。

【0039】

ここで、センサユニット10が振動を受けたときの影響と、本発明による対策方法の概要について説明する。

図5は、センサユニット10が振動している間に受波した3回分の反射波の反射波データを模式的に示したものである。なお図5では、理解容易のために、実際の変動の様子を大幅に誇張して描画している。

【0040】

図5(b)は、センサユニット10が振動して人体12、机13及び床14に近づいた場合であり、そのピーク時刻は図中の一点鎖線で示す図5(a)の反射波データのピーク時刻よりも図中の矢印で示すように左側にずれて早く検出されていることがわかる。また、図5(c)は、センサユニット10が振動して人体12、机13及び床14から遠ざか

10

20

30

40

50

った場合であり、そのピーク時刻は図中の一点鎖線で示す図5(a)の反射波データのピーク時刻よりも図中の矢印で示すように右側にずれて遅く検出されていることがわかる。

【0041】

センサユニット10が振動すると人体12の微動によるピーク時刻変化にセンサユニット10の振動によるピーク時刻変動が重畳されるため、ピーク時刻変化から単純に人体12の微動を判定できない。一方で、何れの時刻においても、机13若しくは床14は不動であるから、両者の反射に関するピーク時刻の変動は、センサユニット10の振動によるものと考えることができる。

【0042】

そこで本発明では、静止物体である机13又は床14を参照物体とし、この参照物体に関するピーク時刻を基準に対象物体である人体12に関するピーク時刻を補正して、擬似的にセンサユニット10が振動していない場合のピークの時刻変化が得られるようにしている。つまり、図5(a)~(c)の反射波データを時間方向にずらして参照物体に関するピーク時刻を基準に揃えることを意味する。これにより、対象物体の僅かな変位であっても、正確に判定することができるようになる。

10

【0043】

部分データ抽出部110aは、受信波復調部109が出力した反射波データからピーク時刻を中心とする所定の時間幅のデータを抽出する(切り出す)手段である。そのため、部分データ抽出部110aは、電源投入後動作が安定する所定期間に切り出しのための時間窓を物体ごとに初期設定する。

20

すなわち、部分データ抽出部110aは、反射波データの中に超音波の送波時刻と各物体までの距離を基準にした探索区間を定め、その探索区間において振幅の値の絶対値を求め、当該値が所定の閾値以上の時間区間においてピーク時刻を探索してそのピーク時刻を中心とする所定の時間幅の時間窓を決定する。つまり、各物体に対して反射波データの原点から時間窓の始端までの時間と原点から時間窓の終端までの時間が決定される。時間窓の幅は、例えば10[m s]とすることができる。また上記閾値は、雑音成分を排除可能なように設定される。

そして、決定された時間窓は、以降に出力される反射波データに対する共通設定となる。以上のように部分データ抽出部110aは、出力される反射波データのそれぞれに、対応する各送信波の送信時点を基準とする時間において物体ごとに共通に定められた時間窓を適用して各物体からの反射に対応する波形データを抽出する。

30

【0044】

例えば図4に示す反射波データが出力された場合、部分データ抽出部110aは、机13、人体12、床14のそれぞれに対する時間窓を適用して、反射波データから各物体に係る部分波形データを切り出す。そして、切り出した時間以外は振幅0とする。

【0045】

周波数解析部110bは、受信波復調部109から入力された反射波データと、部分データ抽出部110aで切り出された各物体の部分波形データをフーリエ変換処理し、得られた周波数特性(位相特性や振幅特性)をそれぞれ復調波記憶部111に記憶させる。

【0046】

計測処理開始後、i回目の計測で得られた反射波データを $h_i(n)$ ($n=0, \dots, N-1$)とし、 $h_i(n)$ から切り出された部分波形データ $g_i(n)$ のフーリエ変換処理の式は、下記数1のようになる。

40

【0047】

【数 1】

$$H_i(\omega) = \sum_{n=0}^{N-1} h_i(n)e^{-j\omega n}$$

$$G_i(\omega) = \sum_{n=0}^{N-1} g_i(n)e^{-j\omega n}$$

【0048】

ここで、Nは、1回の計測で得られる反射波データの時間長（例えば128 [ms]）をサンプリング間隔（例えば8 [kHz]）で乗じた1回の計測に対するサンプリング点数であり、例えば1024（=128 [ms] × 8 [kHz]）となる。

10

【0049】

また、部分データ抽出部110aで切り出された一つの参照物体に対する部分波形データの周波数特性は、上記数1を書き換えた下記数2の $G_i(\omega)$ （ ）で表される。

【0050】

【数 2】

$$G_i(\omega) = |G_i(\omega)|\exp\{j\phi_i(\omega)\}$$

【0051】

式中の添え字 i は計測インデックス、つまりは動作開始後の適当な時刻、例えば時間窓を決定した時刻を基準に送受波制御部108で超音波を送波後、反射波を受波したときのそれぞれの反射波について与えられる識別番号であり、以下、適宜最新時刻（現時刻）を表わす。また、位相項 $\phi_i(\omega)$ （ ）は、2 のジャンプが無いアンラップ処理が施されたものとするが、この位相項 $\phi_i(\omega)$ （ ）には、センサユニット10と参照物体として設定された床14との距離の情報が保持されている。

20

【0052】

また、周波数解析部110bは、反射波データに上記数1のフーリエ変換を施して得られた周波数特性 $H_i(\omega)$ （ ）（位相特性、振幅特性）と、選定された参照物体に対応する部分波形データにフーリエ変換を施して得られた周波数特性 $G_i(\omega)$ （ ）（位相特性）を復調波記憶部111に記憶させる。

30

【0053】

初期設定部110cは、部分データ抽出部110aで切り出された各部分波形データのピークを比較して、何れのピークが参照物体である机13（又は床14）なのか、何れのピークが対象物体である人体12なのかを決定する。

【0054】

ここで、図6のフローチャートを参照しながら初期設定部110cで実施される処理内容について説明する。

まず、各時刻（前述した計測インデックスにも対応する時刻）で超音波を送受波し（ST1）、マイク102で受波した反射波を復調して復調後のデジタルデータを反射波データとして出力する（ST2）。

40

【0055】

次に、部分データ抽出部110aは、電源投入後、動作が安定した時刻において決定した所定の時間窓を用いて反射波データから各物体に対応する部分波形データを切り出し（ST3）、下記数3を用いて切り出した各物体の部分波形データにそれぞれフーリエ変換を施し、得られた結果を復調波記憶部111に記憶させる（ST4）。なお、フーリエ変換された各部分波形データは、時間窓で切り出した部分以外の振幅値を0とし、時間長は128 [ms]となる。

【0056】

【数3】

$$G_{i,k}(\omega) = |G_{i,k}(\omega)|\exp\{j\varphi_{i,k}(\omega)\}$$

【0057】

式中の添え字 i は上記数 2 と同じである。また、添え字 k は、添え字 i で表される計測インデックスを有する復調波の中で、切り出されたピークの番号である。つまり、図 4 というと、ピーク 4 1 が 0、ピーク 4 2 が 1、ピーク 4 3 が 2 となる。

【0058】

次に、上記数 3 で得られた結果が、復調波記憶部 1 1 1 に所定時間数分だけ記憶されているか否かの判断を行う (ST5)。つまり、本実施形態では、15 回の計測を行って判定しているため、ST5 では 15 回の計測が行われているか否かの判断となる。

10

【0059】

このとき、所定時間数分だけ記憶されていない場合 (ST5 - No) は、再度 S 1 に戻って S 1 ~ S 4 の処理を行う。

また、所定時間数分だけ記憶されている場合 (ST5 - Yes) は、次に、同じ計測インデックス i について、順次 2 つのピークを選んで所定時間数分記憶した位相 $\varphi_{i,k}$ () 同士の差を総当たりで求め、復調記憶部 1 1 1 に記憶させる (ST6)。

【0060】

但し、ST6 の処理における「位相の差」は、単に $\varphi_{i,k}$ () の減算ではなく、以下のように位相特性から距離情報が抽出可能な群遅延の考え方を導入する。

20

図 7 には、角周波数 ω に対する位相特性 $\varphi_{i,k}$ のグラフが示されている。反射波を復調して理想的なインパルスが得られる場合、位相特性のグラフ 5 1 は直線形状となるが、実際にはインパルスにはならず、図 7 のように位相特性のグラフは曲線形状となる。また、この位相特性 5 1 の傾きの逆符号 (- /) は、パルスの時間原点からの距離 (時間原点からの時間幅) に対応することが知られている。そこで初期設定部 1 1 0 c は、(0 ~) の 0 付近、付近の一定幅 を除いた の区間について最小 2 乗法により図中の点線で示す近似直線 5 2 を求め、傾きの逆符号である群遅延の値を求めている。なお、は適宜設計パラメータとして / 10 などとする。

【0061】

また、以下の説明では、計測タイミング i について、k 番目のパルスに対する群遅延を $\tau_{i,k}$ と表す。本実施形態では、切り出される部分波形データが 3 つあるので、差の組み合わせは $\tau_{i,0} = \tau_{i,0} - \tau_{i,1}$ 、 $\tau_{i,1} = \tau_{i,1} - \tau_{i,2}$ 、 $\tau_{i,2} = \tau_{i,2} - \tau_{i,0}$ の 3 つとなる。よって、ST6 による処理において、所定時間数分の $\tau_{i,p}$ を参照し、p を固定して i を変化させたときの時間変化を求めた場合、

30

p = 0 : $\tau_{i,0} - \tau_{i,1}$ 、 $\tau_{i,1} - \tau_{i,2}$ 、 $\tau_{i,2} - \tau_{i,0}$
 p = 1 : $\tau_{i,1} - \tau_{i,0}$ 、 $\tau_{i,0} - \tau_{i,1}$ 、 $\tau_{i,1} - \tau_{i,2}$
 p = 2 : $\tau_{i,2} - \tau_{i,0}$ 、 $\tau_{i,0} - \tau_{i,1}$ 、 $\tau_{i,1} - \tau_{i,2}$

となる。

【0062】

また、初期設定部 1 1 0 c は、群遅延同士の差 ($\tau_{i,p}$) を復調波記憶部 1 1 1 に所定時間数分 (15 時点分) だけ記憶させるが、新たな計測インデックスについて群遅延の差を求めたら、最古の群遅延の差を削除するようにしている。そのため、復調波記憶部 1 1 1 には、常に最新のデータを含めて 15 時点分の群遅延同士の差が、p = 0、p = 1 及び p = 2 のそれぞれについて記憶される。

40

【0063】

図 6 のフローチャートに戻り、ST6 において同じ計測インデックス i について、総当たりで群遅延 $\tau_{i,k}$ 同士の差 $\tau_{i,p}$ を求めると、次に、求めた $\tau_{i,p}$ (p = 0, 1, 2) の時間変化がそれぞれ所定の閾値未満か否かを判断する (ST7)。

【0064】

ST7 の処理で使用される閾値は、検出対象である微小な変位に基づいて適宜設定される

50

値である。そのため、例えば対象物体である人体 1 2 の呼吸に伴う胸郭の動きを検出対象とした場合、横たわる人体 1 2 の胸郭は鉛直方向（上下方向）に約 1 [c m] 程度変位する。つまり、検出したい変位の標準的な量を基準として経験的に得られる値（例えば 1 [c m] の $1 / 10$ にあたる 1 [m m] に相当する値）を設定すればよい。このように閾値を設定すれば、少なくとも人体 1 2 を含む組み合わせは、静止している机 1 3 と床 1 4 との組み合わせよりも時間変化が大きく閾値を確実に越える値となるため、人体 1 2 が含まれる組み合わせを容易に判別することができる。

【 0 0 6 5 】

S T 7 の処理において、時間変化が閾値未満であると判定された場合（ S T 7 - Y e s ）、これら部分波形データに該当する物体は共に時間変化が小さく動きが無いと判定し（ S T 8 ）、この結果を動き情報（組み合わせの中に動く物体が含まれているか否かの情報）として復調波記憶部 1 1 1 に記憶させる（ S T 1 0 ）。つまり、閾値との比較対象が $p = 2$ のときは、過去の 1 4 個の $\dots - 1 4, 2$ 、 $\dots - 1 3, 2 \dots$ 、 $\dots - 1, 2$ と最新の $\dots 0, 2$ との差が閾値未満となるため、何れの物体も静止しているもの、すなわち机 1 3 と床 1 4 の組み合わせであると判定される。

一方、時間変化が閾値以上であると判定された場合（ S T 7 - N o ）、これら部分波形データに該当する物体のうちの何れか一方に動き（変位）のある物体が含まれると判定し（ S T 9 ）、この結果を動き情報として復調波記憶部 1 1 1 に記憶させる（ S T 1 0 ）。つまり、閾値との比較対象が $p = 0$ のときは、過去の 1 4 個の $\dots - 1 4, 0$ 、 $\dots - 1 3, 0 \dots$ 、 $\dots 1, 0$ と最新の $\dots 0, 0$ との差のうち半数以上が閾値以上となるため、この組み合わせの中に人体 1 2 が含まれていると判定される。また、 $p = 1$ でも同様である。

【 0 0 6 6 】

上記 S T 1 0 の処理が終わると、次に部分波形データの全ての組み合わせについて比較したか否かを判断する（ S T 1 1 ）。

このとき、全ての組み合わせについて比較していない場合は（ S T 1 1 - N o ）、再度 S T 6 に戻って S T 6 ~ S T 1 0 までの処理を適宜行う。

一方、全ての組み合わせについて比較した場合は（ S T 1 1 - Y e s ）、最終処理として、復調波記憶部 1 1 1 に記憶した動き情報に基づき、 $p = 0, 1, 2$ の結果から静止物体を特定し、静止物体のうち、何れかの静止物体を波形補正部 1 1 0 d における補正処理の基準とする参照物体として選定する（ S T 1 2 ）。本実施形態において、ピーク 4 1 とピーク 4 3 に対応する物体は静止物体である机 1 3、床 1 4 であり、ピーク 4 2 に対応する物体は移動物体である人体 1 2 と判定され、本実施形態では床 1 4 を参照物体として選定している。勿論、参照物体として机 1 3 を選定してもよい。

【 0 0 6 7 】

なお、ステップ S T 1 2 において、何れの k に対応する i, p の組が静止物体に対応するものかを判定する際に、上記のように時間変化が大きい i, p の組と時間変化が小さな i, p の組に分かれることを条件とする。これは超音波を反射した物体が全て静止物体の場合や、全て動物体であり動く方向が異なる場合には、判定が困難となり利用者に参照物体の手動設定を依頼すべく、その旨の表示が求められるからである。よって、観察空間内に存在する物体は、対象物体が 1 つ、参照物体となり得る静止物体が 2 つ以上の合計 3 つ以上存在するものとする。

【 0 0 6 8 】

波形補正部 1 1 0 d は、周波数解析部 1 1 0 b でフーリエ変換処理された結果を用いて、反射波データを補正する。すなわち、反射波データについての周波数特性を、参照物体からの反射成分の周波数特性のうち位相特性で補正する。

【 0 0 6 9 】

波形補正部 1 1 0 d は、復調波記憶部 1 1 1 に記憶される参照物体の部分波形データをフーリエ変換して得られた位相情報を $i - L + 1 ()$ 、 \dots 、 $i ()$ 、すなわち $i - 1 4 ()$ 、 \dots 、 $i ()$ と、反射波データをフーリエ変換して得られた結果を H

10

20

30

40

50

$H_{i-L+1}(\omega), \dots, H_i(\omega)$ 、すなわち $H_{i-14}(\omega), \dots, H_i(\omega)$ として、下記数 4 を用いて補正処理を行う。これにより、現在時刻を基準としてある過去の時刻についてどの程度の振動の影響があるかを判定することができる。

【0070】

【数 4】

$$X_{i,m}(\omega) = H_{i-m}(\omega) \exp\{j(\varphi_i(\omega) - \varphi_{i-m}(\omega))\}, \quad m = 0, \dots, L-1$$

【0071】

そして、波形補正部 110d は、上記数 4 で得られた $X_{i,m}(\omega)$ を現時刻における補正後の反射波データとして復調波記憶部 111 に記憶させる。

10

【0072】

図 8 は、波形補正部 110d による補正前の反射波データと、補正後の反射波データを重ねた模式図である。図中において実線は補正後の反射波データ、点線は補正前の反射波データであり、各物体から反射した反射波の各受信時刻における波形の違いが把握できる状態となっている。波形補正部 110d による補正を行うことで、センサユニット 10 が受けた振動がキャンセルされ、ピーク 61 に示すように人体 12 の胸郭の動きを示す本来の波形を得ることができる。

【0073】

なお、参照物体は、初期設定部 110c で選定されるが、これと同時に反射波データから対象物体を特定することも可能である。よって、波形補正部 110d は、選定された参照物体の位相特性に基づき反射波データの位相特性を補正しているが、これに限定されることはなく、反射波データの中から少なくとも人体 12 に該当する部分波形データを時間窓で切り出し、この部分波形データの位相特性を、選定された参照物体の部分波形データの位相特性で補正するようにしてもよい。

20

【0074】

変位情報算出部 110e は、復調波記憶部 111 に記憶されている補正後の反射波データを計測回数 L (15 時点分) だけ読み出し、変位情報を算出して出力部 112 に出力する。

【0075】

変位情報算出部 110e は、読み出した $X_{i,m}(\omega)$ を下記数 5 を用いて逆フーリエ変換処理し、その結果である補正反射波データを $x_{i,m}(n)$, $m=0, \dots, 14 (= L-1)$ とする。ここで、 n は反射波についての (離散的な) 時間インデックスを表し、 n が大きいほどセンサユニット 10 から遠い位置を表している。この結果は、参照物体に関する反射のピーク時刻を基準に時間方向にずらして揃えた結果になっている。

30

【0076】

【数 5】

$$x_{i,m}(n) = \frac{1}{2\pi} \int_{-\pi}^{\pi} X_{i,m}(\omega) e^{j\omega n} d\omega$$

【0077】

また、変位情報算出部 110e は、上記数 5 により求めた補正反射波データを用いて現時刻から過去所定数分の補正反射波データの時間変化から対象物体の変位情報 (すなわち、人体 12 の胸郭の変位) を算出する。仮に人体 12 が完全静止しているとする、 L 個の系列 $x_{i,m}(n)$, $m=0, \dots, 14 (= L-1)$ の中の人体 12 に対応した n の範囲 $N_0 \leq n \leq N_1$ は同じ値を持つことになる。

40

そこで、現フレームを含む直近 L 個の系列の変動度合いを評価することで人体 12 の呼吸による胸郭の動き判定を行うことができる。

【0078】

すなわち、下記数 6 を用いて $x_{i,m}(n)$ の直近の 15 ($= L$) 個の平均応答系列を算出する。

50

【 0 0 7 9 】

【 数 6 】

$$y_i(n) = \frac{1}{L} \sum_{m=0}^{L-1} x_{i,m}(n)$$

【 0 0 8 0 】

そして、平均応答系列 $y_i(n)$ と時間領域の信号 $x_{i,m}(n)$ から下記数 7 若しくは数 8 を用いて変位情報 $E_{1,i}$ (又は $E_{2,i}$) を算出して出力部 112 に出力する。

【 0 0 8 1 】

【 数 7 】

$$E_{1,i} = \sum_{m=0}^{L-1} \sum_{n=N_0}^{N_1} |x_{i,m}(n) - y_i(n)|$$

10

【 0 0 8 2 】

【 数 8 】

$$E_{2,i} = \sum_{m=0}^{L-1} \sum_{n=N_0}^{N_1} (x_{i,m}(n) - y_i(n))^2$$

20

【 0 0 8 3 】

復調波記憶部 111 は、復調波処理部 110 の処理に関わる情報を記憶する。例えば、周波数解析部 110b で得られた反射波データや部分波形データの周波数特性、初期設定部 110c の初期設定に関わる情報として群遅延同士の差や物体の動き情報、波形補正部 110d で補正された反射波データを記憶する。

【 0 0 8 4 】

出力部 112 は、変位情報算出部 115e で算出された変位情報 $E_{1,i}$ (又は $E_{2,i}$) を制御装置 20 に出力する。

【 0 0 8 5 】

制御装置 20 は、センサユニット 10 との間で有線又は無線通信可能に接続されている。制御装置 20 は、センサユニット 10 との間及び所定の通知先との間で各種情報を通信(有線、無線は問わず)する通信部 21 と、各時刻において得られた変位情報をセンサユニット 10 から受信しそれが予め設定された閾値(停止判定閾値)以下となることが所定時間継続しているか否かの判定を行う判定部 22 と、通信部 21 と判定部 22 を制御する制御部 23 とを備えている。

30

【 0 0 8 6 】

本実施形態の変位判定システム 1 は、検出対象である人体 12 の胸郭の変位(動き)を観察しており、予め設定された閾値として人体 12 の呼吸が止まっていることが判定可能な停止判定閾値が設定されている。そのため、制御装置 20 は、判定部 22 により変位情報 $E_{1,i}$ (又は $E_{2,i}$) が停止判定閾値を下回った状態が所定時間継続していると判定した場合は、人体 12 の呼吸が止まった可能性があるとして判定し、通信部 21 を介して所定の通知先に通報する処理を行う。

40

【 0 0 8 7 】

次に、図 9 を参照しながら上述した第 1 実施形態のセンサユニット 10 の処理動作について説明する。

ここでは、図 1 に示す観察空間内において、対象物体となる人体 12 がベッド 11 に横たわり、参照物体となり得る静止物体として机 13 及び床 14 が存在するものとし、本実施形態では参照物体として床 14 が選定されるとして説明する。

【 0 0 8 8 】

まず、センサユニット 10 を用いて人体 12 の呼吸に伴う胸郭の動きを検出するにあた

50

り、2つの初期設定を行う。1つ目の初期設定（ST21）は、初期設定部110cの構成で説明した処理（図6に示すフローチャート）に沿った処理を行うため、ここでは説明を省略する。

【0089】

次に、2つ目の初期設定（ST22）として、変調波記憶部108に記憶されている超音波をスピーカ101から送波し、マイク102で受波した反射波を復調して時間窓を決定する。この処理では、前述したST21の初期設定（図6に示すフローチャート）の過程で決定した時間窓をそのまま使用すればよい。また、部分データ抽出部110aの説明で述べた手順に則り、再度参照物体についての時間窓を決定してもよい。

【0090】

次に、観察空間内に存在する対象物体及び参照物体に向けて超音波を送波し、各物体から反射した反射波を受波する（ST23）。すなわち、送受波制御部108において、変調波記憶部103から送波する超音波のデジタルデータを読み出し、D/A変換器104でアナログデータに変換した後、スピーカアンプ105を通じてスピーカ101から対象物体と参照物体に向けて送波する。また、各物体からの反射波をマイク102で受波し、マイクアンプ106でアナログ信号を増幅後、A/D変換器107でアナログ信号をデジタル信号に変換する。

【0091】

次に、デジタル信号に変換された反射波の復調処理を行う（ST24）。つまり、受信波復調部109において、A/D変換器107で変換されたデジタル信号を復調して反射波データを出力する。

【0092】

次に、周波数解析部110bは、上記数1を用いて受信波復調部109で復調された反射波データにフーリエ変換を施して周波数特性 $H_i(\)$ を得る（ST25）。得られた $H_i(\)$ は、最新回の送波によるものとなるため、復調波記憶部111に記憶させると同時に、既に記憶されている $H_{i-L}(\)$ （つまりL回前の送波によるもの）を削除して更新する（ST26）。

【0093】

また、ST25、26の処理と平行して、部分データ抽出部110aは、受信波復調部109で復調された反射波データから、ST22で設定された時間窓を用いて選定した参照物体に対応する部分波形データを切り出す。そして、周波数解析部110bにおいて、切り出した参照物体の反射波データについて上記数2に従いフーリエ変換を施して位相特性 $\phi_i(\)$ を得る（ST27）。得られた $\phi_i(\)$ は、最新回の送波によるものとなるため、復調波記憶部111に記憶させると同時に、既に記憶されている $\phi_{i-L}(\)$ （つまりL回前の送波によるもの）を削除して更新する（ST28）。

【0094】

下記ST29～31の処理は、15（=L）回の送波による15フレーム分について繰り返すものであるが、処理量の削減を図るため、再利用可能な処理結果は都度復調波記憶部111に更新記憶させて後の時点に読み出すような構成となっている。以下では、必要に応じて再利用する処理として説明する。

【0095】

波形補正部110dは、復調波記憶部111に記憶されている反射波データの周波数特性 $H_i(\)$ と、参照物体の部分波形データの位相情報 $\phi_i(\)$ を読み出す（ST29）。これらは最新フレームのものとなる。

【0096】

次に、波形補正部110dは、上記数4に従い、反射波データを位相成分について補正して $X_{i,m}(\)$ を求め、復調波記憶部111に記憶させる（ST30）。最新フレームの場合には $m=0$ となるので、指数成分のカッコ内はゼロとなり、 $X_{i,0}(\)=H_i(\)$ となる。

【0097】

10

20

30

40

50

次に、変位情報算出部 110e は、波形補正部 110d で補正処理された $X_{i,m}(n)$ () について上記数 5 を用いて逆フーリエ変換を施して時間領域の信号 $x_{i,m}(n)$ に戻す (ST31)。過去フレームについては、既に記憶済みであるので、上述したように実際には ST29 ~ ST31 を L 回繰り返す必要は無い。

【0098】

次に、変位情報算出部 110e は、ST29 ~ ST31 の処理を経て得た $x_{i,m}(n)$ から現在時刻を含む直近 L 回分の平均応答系列 $y_i(n)$ を上記数 6 により算出し、得られた平均応答系列 $y_i(n)$ と時間領域の信号 $x_{i,m}(n)$ から上記数 7 又は数 8 を用いて変位情報 $E_{1,i}$ (又は $E_{2,i}$) を求める (ST32)。

【0099】

そして、求めた変位情報 $E_{1,i}$ (又は $E_{2,i}$) を出力部 112 に出力する (ST33)。本実施形態では図 1 に示す制御装置 20 に出力する。ST33 の処理が終了すると、図中 A に沿って再度 ST23 に戻って、次フレームの処理を行う。

【0100】

また、制御装置 20 は、センサユニット 10 から入力した変位情報に基づき、人体 12 の呼吸に伴う胸郭の動きが正常であるか否かの判定を行い、異常があった場合、つまり呼吸が停止していると判定した場合は、所定の通知先への警報出力を行う。

【0101】

[第2実施形態]

次に、本発明に係る第2実施形態の変位判定システムについて、図10~13を適宜参照しながら説明する。

【0102】

第2実施形態の変位判定システム1は、静止している既知の参照物体の代わりに受波部としてベッド11近傍に設置したマイクを使用する構成が第1実施形態と相違する。よって、第2実施形態の説明では、上述した第1実施形態と同一の構成要素には同一の符号を付してその機能説明などを省略し、第1実施形態との相違点についてのみ説明する。

【0103】

図10(a)又は(b)に示すように、第2実施形態の変位判定システム1は、センサユニット(請求項におけるセンサ装置に相当)10に備わるマイク102の他に、静止した状態でその位置が既知の参照マイク15を備えている。

以下、センサユニット10に備わるマイク102を、参照マイク15と区別するために「計測用マイク102」と呼称することにする。

【0104】

第2実施形態では、参照マイク15で受波された超音波を基に補正するため、参照マイク15の配置位置は、スピーカー101、対象物体と直線上に並ぶような音波が遮られる位置関係でないことを条件とする。以下の説明では、スピーカー101から送波された超音波を参照マイク15が直接受波するため、参照マイク15が受波する超音波を「直接波」として表記する。

【0105】

図12(a)に計測用マイク102で受波した反射波を復調した反射波データを模式的に示している。計測範囲に人体12以外が存在しないことを仮定すると、ピーク71は、人体12に対応する。

また、図12(b)に参照マイク15で受波した直接波を復調した直接波データを模式的に示している。スピーカー101と参照マイク15との間に物体が存在しないことを仮定すると、ピーク73は、受波した直接波を表している。

【0106】

なお、図12(a)に示した反射波データ70は、図4を用いて説明したのと同様にスピーカー101から計測用マイク102への回り込み波についての図示しないピークの時刻を原点にしている。またA/D変換部107は、反射波と直接波を同期してデジタル化しているため、図12(b)の直接波データ72も同じ時刻を原点にしている。

10

20

30

40

50

また、図 12 (a) のピーク 7 1 は、センサユニット 1 0 のスピーカ 1 0 1 から送波された超音波が人体 1 2 から反射し、計測用マイク 1 0 2 で受波された結果である。そのため、反射波データ 7 0 において、超音波がスピーカ 1 0 1 から計測用マイク 1 0 2 まで往復して到達するのに要する時刻に現れる。

一方、図 12 (b) のピーク 7 3 は、スピーカ 1 0 1 からの超音波を参照マイク 1 5 が直接受波した結果である。そのため、参照マイク 1 5 が受波するのに要する時間は反射波に比べると半分程度となる。よって、直接波データ 7 2 におけるピーク 7 3 は、図 1 2 において反射波データ 7 0 のピーク 7 1 よりも左側に現れる。

【 0 1 0 7 】

図 1 1 は、第 2 実施形態におけるセンサユニット 1 0 の機能ブロック図である。図 1 1 に示すように、参照マイク 1 5 は、マイクアンプ 1 5 a を備えている。このマイクアンプ 1 5 a は、参照マイク 1 5 が受波した超音波をアナログ信号に変換して増幅し、A / D 変換部 1 0 7 に出力する。

【 0 1 0 8 】

受信波復調部 1 0 9 は、計測用マイク 1 0 2 が受波した反射波のデジタル信号を復調して復調後のデジタルデータを反射波データとして出力する。また、受信波復調部 1 0 9 は、参照マイク 1 5 が受波した直接波のデジタル信号を復調して復調後のデジタルデータを直接波データとして出力する。

【 0 1 0 9 】

部分データ抽出部 1 1 0 a は、電源投入後動作が安定した時刻において、超音波の送波時刻と参照マイク 1 5 までの距離を基準にした直接波データ中の探索区間において、振幅の値の絶対値を求め、当該値が所定の閾値以上の時間区間においてピーク時刻を探索してそのピーク時刻を中心に所定の時間幅を時間窓として決定する。この閾値は、雑音成分を排除可能なように設定される。そして、部分データ抽出部 1 1 0 a は、決定した時間窓を用いて直接波の部分波形データを切り出す。決定された時間窓は、以下に述べる反射波データの補正処理のために、直接波データ中の時間と時間幅を同じくして直接波データそれぞれに共通して用いられる。

【 0 1 1 0 】

周波数解析部 1 1 0 b は、受信波復調部 1 0 9 から入力された反射波データと、部分データ抽出部 1 1 0 a で切り出された直接波における部分波形データに、上記数 1 又は数 2 を用いてフーリエ変換を施し、得られた周波数特性（位相特性や振幅特性）をそれぞれ復調波記憶部 1 1 1 に記憶させる。

【 0 1 1 1 】

波形補正部 1 1 0 d は、周波数解析部 1 1 0 b でフーリエ変換処理された結果を用いて反射波データを補正する。

【 0 1 1 2 】

波形補正部 1 1 0 d は、復調波記憶部 1 1 1 に記憶される直接波データから時間窓を用いて切り出された部分波形データをフーリエ変換して得られた位相情報を $\varphi_{i-L+1}(\omega)$, ... , $\varphi_i(\omega)$ 、すなわち $\varphi_{i-14}(\omega)$, ... , $\varphi_i(\omega)$ と、反射波データをフーリエ変換して得られた結果を $H_{i-L+1}(\omega)$, ... , $H_i(\omega)$ 、すなわち $H_{i-14}(\omega)$, ... , $H_i(\omega)$ として、下記数 9 を用いて補正処理を行う。なお、第 1 実施形態と同じく $L = 15$ としている。

【 0 1 1 3 】

【 数 9 】

$$X_{i,m}(\omega) = H_{i-m}(\omega) \exp\{j2(\varphi_i(\omega) - \varphi_{i-m}(\omega))\}, \quad m = 0, \dots, L-1$$

【 0 1 1 4 】

上記数 9 を、第 1 実施形態の波形補正部 1 1 0 d で用いた上記数 4 と比較すると、指数項の中が 2 倍されている。これはセンサユニット 1 0 の振動による影響は、超音波が往復

10

20

30

40

50

する分、参照マイク 15 で計測される振動の 2 倍だけ計測用マイク 102 に重畳されるからである。

【0115】

次に、図 13 を参照しながら上述した第 1 実施形態の変位判定システム 1 の処理動作について説明する。

なお、第 1 実施形態における処理（図 9 に示したフローチャート）と同様の処理に関しては、対応するステップ番号を表記してその説明を省略又は簡略化する。

【0116】

まず、変調波記憶部 108 に記憶されている超音波をスピーカ 101 から送波し、参照マイク 15 で受波した直接波を復調して時間窓を決定する（ST41）。 10

【0117】

ST42 の処理は、第 1 実施形態における ST23 の処理と同様であるが、変位計測用の送信波を参照マイク 15 に送波している点異なる。つまり、ST42 では、ST23 による処理に加えて、スピーカ 101 から送波された超音波を参照マイク 15 で受波し、マイクアンプ 15a で増幅後、A/D 変換器 107 でデジタル信号に変換する処理を行う。

【0118】

次の ST43 ~ ST45 は、第 1 実施形態における ST24 ~ ST26 の処理と同様である。つまり、ST43 ~ ST45 の処理は、計測用マイク 102 で受けた反射波のデジタル信号を復調した後、上記数 1 でフーリエ変換処理を行って反射波データの周波数特性 $H_i(\)$ を得て復調波記憶部 111 に更新記憶させている。 20

また、ST43 ~ ST45 の処理と平行して、受信波復調部 109 で直接波のデジタル信号を復調し（ST46）、部分データ抽出部 110a において、受信波復調部 109 から出力された直接波データから、ST41 で設定された時間窓を用いて部分波形データを切り出し、周波数解析部 110b でその切り出された部分波形データを上記数 2 に従ってフーリエ変換処理して位相特性 $\phi_i(\)$ を得る（ST47）。得られた $\phi_i(\)$ は、最新回の送波によるものとなるため、復調波記憶部 111 に記憶させると同時に、既に記憶されている $\phi_{i-L}(\)$ （つまり 15 (= L) 回前の送波によるもの）を削除して更新する（ST48）。 30

【0119】

下記 ST49、50 の処理は、第 1 実施形態における ST29、30 の処理と同様、最新の 15 回の送波による 15 フレーム分について繰り返す。また、ST51 の処理は、第 1 実施形態における ST30 の処理と同様である。 30

【0120】

ST49 では、波形補正部 110d が復調波記憶部 111 に記憶されている反射波データの周波数特性 $H_i(\)$ と、部分波形データの位相情報 $\phi_i(\)$ を読み出す。これらは最新フレームのものとなる。

【0121】

次に、波形補正部 110d は、上記数 9 に従い、反射波データの位相成分について補正して $X_{i,m}(\)$ を求め、復調波記憶部 111 に記憶させる（ST50）。最新フレームの場合には $i = 0$ となるので、指数成分のカッコ内はゼロとなり、 $X_{i,0}(\) = H_i(\)$ となる。 40

【0122】

また、ST51 で逆フーリエ変換して得られた補正反射波データである $X_{i,m}(\)$ に基づく変位情報の算出処理（ST52、53）については、第 1 実施形態における ST32、ST33 の処理と同様である。

【0123】

また、制御装置 20 は、第 1 実施形態と同様、センサユニット 10 から入力した変位情報に基づき、人体 12 の呼吸に伴う胸郭の動きが正常であるか否かの判定を行い、異常があった場合、つまり呼吸が停止していると判定した場合は、所定の通知先への警報出力を 50

行う。

【 0 1 2 4 】

[本発明の作用・効果]

以上説明したように、第 1 実施形態に係る変位判定システム 1 は、検出対象となる対象物体をベッド 1 1 に横たわった人体 1 2 とし、対象物体の近傍に静止した状態で配置される参照物体となる机 1 3 や床 1 4 が観察空間内に 2 つ以上存在することを条件とし、センサユニット 1 0 のスピーカー 1 0 1 から対象物体及び参照物体に送信波である超音波を送波し、その反射波をマイク 1 0 2 で受波する。受波した反射波を基づく反射波データのそれぞれに各送信波の送信時刻を基準とする時間において共通に定められた時間窓を適用して参照物体からの反射に対応する部分波形データを抽出して位相特性を得る。そして、複数の送信波に対する部分波形データのうちの一部分波形データの位相特性と他の送信波に対する部分波形データの位相特性との差から当該他の送信波に対する反射波データの周波数特性を補正し、複数の補正後の反射波データそれぞれの周波数特性から補正反射波データを求め、複数の補正反射波データの時間変化から対象物体の変位情報を算出している。

10

【 0 1 2 5 】

また、第 2 実施形態では、観察空間内の対象物体の近傍に参照物体の代わりとして参照マイク 1 5 を配置し、センサユニット 1 0 のスピーカー 1 0 1 から対象物体及び参照マイク 1 5 に超音波を送波し、参照マイク 1 5 で超音波を直接受波するとともに対象物体からの反射波をマイク 1 0 2 で受波する。次に、参照マイク 1 5 で受けた直接波に基づく直接波データのそれぞれに各送信波の送信時刻を基準とする時間において共通に定められた時間窓を適用して送信波に対応する部分波形データを抽出して位相特性を取得する。そして、複数の送信波に対する部分波形データのうちの一部分波形データの位相特性と他の送信波に対する部分波形データの位相特性との差から当該他の送信波に対する反射波データの周波数特性を補正し、複数の補正後の反射波データそれぞれの周波数特性から補正反射波データを求め、複数の補正反射波データの時間変化から対象物体の変位情報を算出している。

20

【 0 1 2 6 】

これにより、センサユニット 1 0 が設置される壁や天井などから伝わる振動によってセンサユニット 1 0 自体が振動する影響を排除することができるため、人体 1 2 の呼吸に伴う胸郭の動きのような微小な変位を正確に検出することができる。

30

【 0 1 2 7 】

[その他の実施形態について]

ところで、本発明は上述した実施形態に限定されるものではなく、例えば以下に示すように使用環境などに応じて適宜変更して実施することもできる。

【 0 1 2 8 】

上述した第 1 の実施形態では、参照物体として机 1 3 と床 1 4 の少なくとも 2 以上が存在することを仮定した説明であるが、本発明に係るセンサユニット 1 0 の設置条件として、センサユニット 1 0 から人体 1 2 までの距離と参照物体（例えば床 1 4）までの距離が大凡既知であり、さらにセンサユニット 1 0 に利用者が手動で設定入力できるのであれば参照物体は 1 つでも同様な効果を奏する。

40

すなわち、反射波データを参照して利用者が何れのピークが対象物体又は参照物体に対応するのかを手動入力することで、図 6 を用いて説明した自動判別処理を省略することが可能であり、大幅に処理量の削減を図ることが可能となる。この場合、図 9 において S T 2 1 は省略される。

【 0 1 2 9 】

また、上述した各実施形態では、部分データ抽出部 1 1 0 a が時間窓を決定するのは、電源投入後動作が安定した時刻に行うものとして説明したが、これに限られない。

例えば、第 1 実施形態において参照物体として床 1 4 ではなく机 1 3 を選択した場合には、机 1 3 を移動させると人 1 2 の呼吸に伴う胸郭の動きを検出することが難しくなるため、反射波データにおける参照物体についてのピーク強度を継続的に参照して、一定以下

50

に低下した場合には再度時間窓の決定処理を行うのが好適である。

また、第2実施形態においては、参照マイク15を移動すると、同様に人12の呼吸に伴う胸郭の動きを検出することが難しくなるため、直接波データにおけるピーク73の強度を継続的に参照して、一定以下に低下した場合には再度時間窓の決定処理を行うのが好適である。

【0130】

さらに、上述した各実施形態においては、波形補正部110dが計測回数Lと同数の反射波データを単位として補正する例を示したが、補正する単位は2以上でLとは異なる個数Mとすることもできる。

但し、 $M < L$ とした場合、変位情報算出部110eはM個の反射波データを単位として変位情報を算出して反射波データL個分の変位情報を統合する。

また $M > L$ とした場合、変位情報算出部110eは共通の基準で補正されたM個の反射波データ中のL個を用いて変位情報を算出する。

【0131】

また、上述した各実施形態では、公共施設（病院や介護施設など）や一般家庭に設置して呼吸停止を異常状態として検知する構成で説明したが、これに限定されない。他の応用例としては、例えばセンサユニット10を、無人の銀行ATMブース、駅構内や商業施設内に設置されるトイレなどに設置し、泥酔者などの不審者を検知する生体検知システムとして利用することもできる。

【0132】

例えば無人銀行ATMに採用した場合は、不審者が銀行ATMブースに入室してきて、そのまま床面（参照物体）に横たわって寝入ることを検出できる。このとき、不審者の呼吸が止まったこと他に、体を横たえて安静状態となったと判定されるとその旨外部に通報することもできる。また、入室後、活動状態を維持して、そのまま退出すると特に通報処理はしないようにすれば不要な警報出力を抑制することができる。

【0133】

さらに、上述した各実施形態では、超音波センサを高所に取り付けて略直下に向けるものとしていたが、これに限られない。例えば壁にもたれて酔いつぶれる不審者を検出する場合には、超音波センサを斜め下向き、あるいは横向きにしても全く同様の判定手法でそのような不審者の検出ができる。

このように、本発明の範囲を超えない形態で実現が可能となる。

【符号の説明】

【0134】

- 1 ... 変位判定システム
- 10 ... センサユニット
- 11 ... ベッド
- 12 ... 人体
- 13 ... 机
- 14 ... 床
- 15 ... 参照マイク（15a ... マイクアンプ）
- 20 ... 制御装置（21 ... 通信部、22 ... 判定部、23 ... 制御部）
- 101 ... スピーカー
- 102 ... マイク
- 103 ... 変調波記憶部
- 104 ... D/A変換部
- 105 ... スピーカーアンプ
- 106 ... マイクアンプ
- 107 ... A/D変換部
- 108 ... 送受波制御部
- 109 ... 受信波復調部

10

20

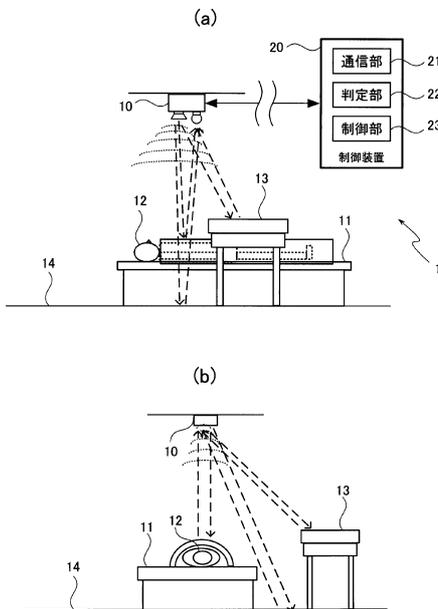
30

40

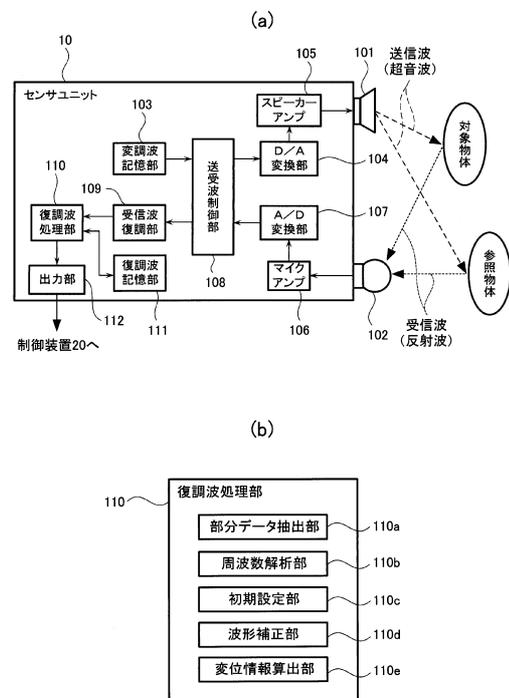
50

- 1 1 0 ...復調波処理部 (1 1 0 a ... 部分データ抽出部、 1 1 0 b ... 周波数解析部、 1 1 0 c ... 初期設定部、 1 1 0 d ... 波形補正部、 1 1 0 e ... 変位情報算出部)
- 1 1 1 ... 復調波記憶部
- 1 1 2 ... 出力部

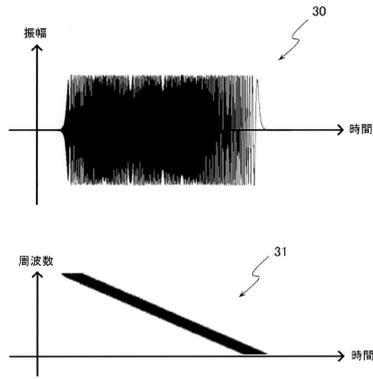
【 図 1 】



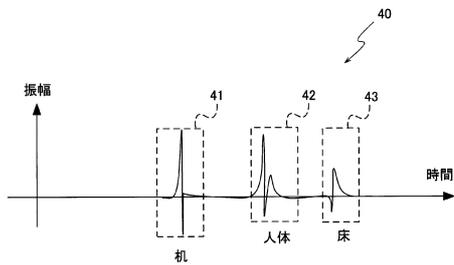
【 図 2 】



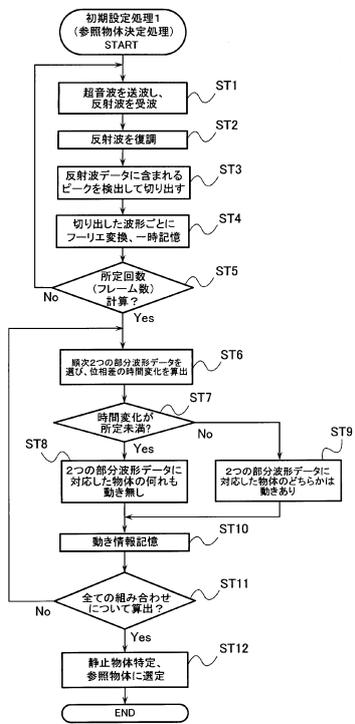
【図3】



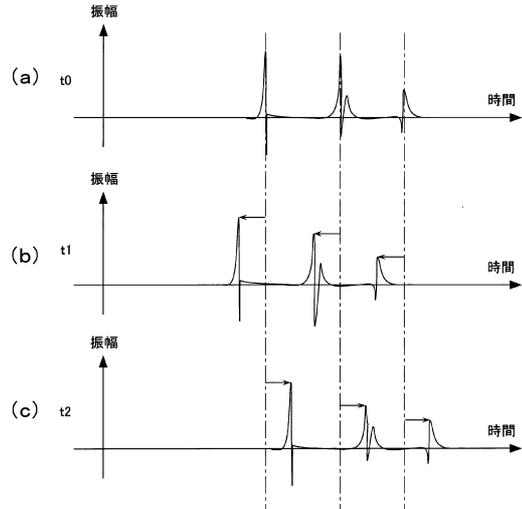
【図4】



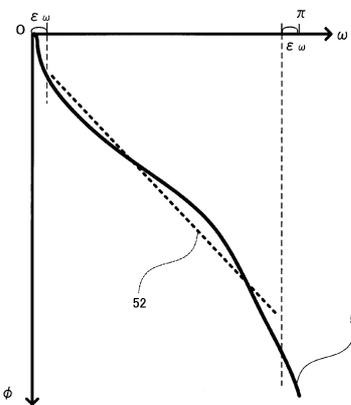
【図6】



【図5】



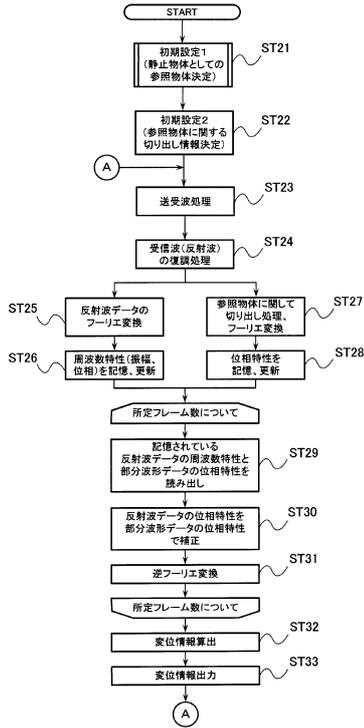
【図7】



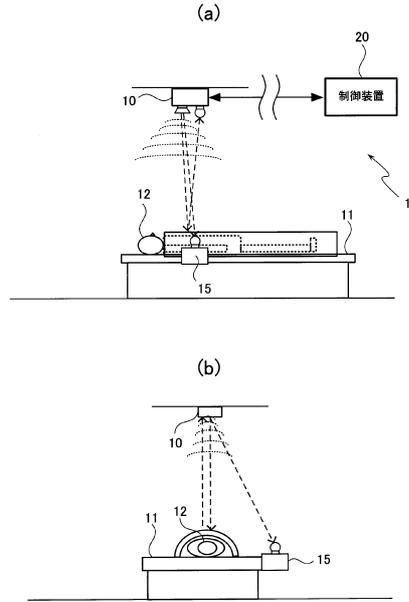
【図8】



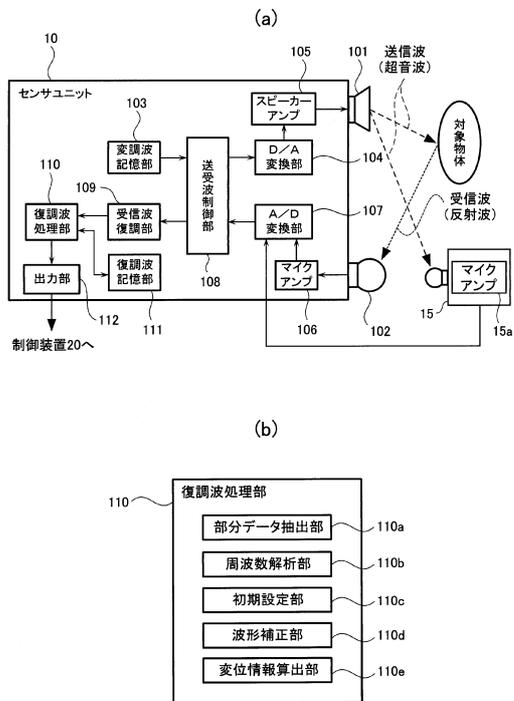
【図9】



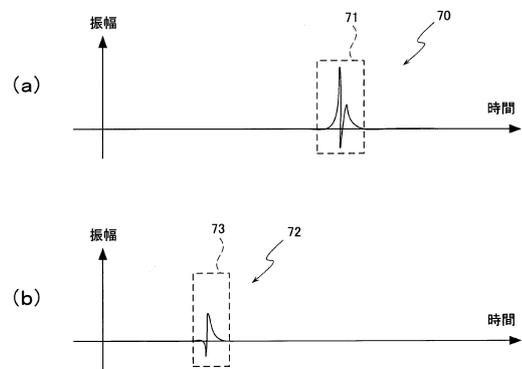
【図10】



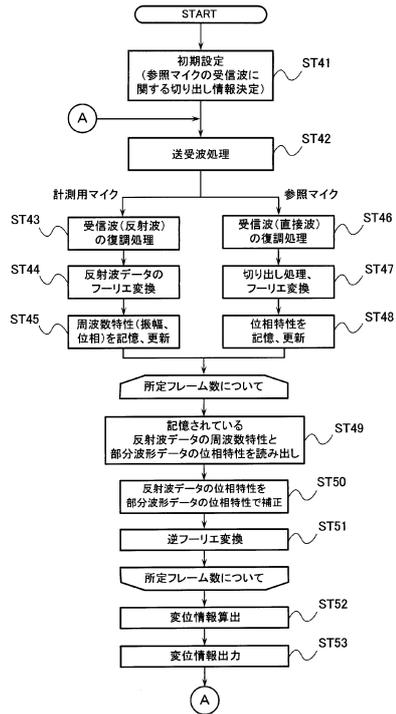
【図11】



【図12】



【図13】



フロントページの続き

- (56)参考文献 特開2011-007518(JP,A)
国際公開第2015/033436(WO,A1)
特開平01-237483(JP,A)
特開平08-194058(JP,A)
特開2012-117964(JP,A)
特開2004-239729(JP,A)
特開2016-193020(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G01S 7/00 - 7/64
G01S 13/00 - 17/95
A61B 5/00 - 5/22
A61B 8/00 - 8/15

专利名称(译)	传感器装置和位移确定系统		
公开(公告)号	JP6716620B2	公开(公告)日	2020-07-01
申请号	JP2018041017	申请日	2018-03-07
[标]申请(专利权)人(译)	西科姆株式会社		
申请(专利权)人(译)	SECOM有限公司		
当前申请(专利权)人(译)	SECOM有限公司		
[标]发明人	福士和義		
发明人	福士 和義		
IPC分类号	G01S15/10 A61B5/11		
FI分类号	G01S15/10 A61B5/11.110		
F-TERM分类号	4C038/SS09 4C038/SV01 4C038/VA04 4C038/VB33 5J083/AA02 5J083/AB20 5J083/AC19 5J083/AD04 5J083/AE08 5J083/AF01 5J083/BA03 5J083/BA08 5J083/BE22 5J083/BE30 5J083/BE41 5J083/CA02 5J083/CA10		
其他公开文献	JP2019158364A		
外部链接	Espacenet		

摘要(译)

为了在消除从安装点传播的振动的的影响之后高精度地检测要检测的目标物体的微小位移。解决方案:作为传播波的超声波从扬声器发送到目标物体和参考物体 传感器单元10的101,并且其反射波由麦克风102接收。解调波处理单元110在公共时间窗上通过对传感器单元10进行解调而得到的反射波数据中切出与基准对象相对应的部分波形数据。接收反射波并通过频率分析切出数据获得相位特性。然后,解调波处理单元110从参考时间处的部分波形数据与其他接收时间处的部分波形数据之间的相位特性差校正其他接收时间处的反射波数据的频率特性,找到校正后的反射波数据。根据校正后的反射波数据的频率特性,并根据从当前时间开始经过规定的过去部分的校正后的反射波数据的时间变化,计算目标物体的位移信息。图2

(19) 日本国特許庁(JP)	(12) 特許公報(B2)	(11) 特許番号 特許第6716620号 (P6716620)
(45) 発行日 令和2年7月1日(2020.7.1)		(24) 登録日 令和2年6月12日(2020.6.12)
(51) Int. Cl. G01S 15/10 (2006.01) A61B 5/11 (2006.01)	F I G01S 15/10 A61B 5/11 110	
請求項の数 4 (全 24 頁)		
(21) 出願番号 特願2018-41017(P2018-41017)	(73) 特許権者 000108085 セコム株式会社 東京都渋谷区神宮前一丁目5番1号	
(22) 出願日 平成30年3月7日(2018.3.7)		
(65) 公開番号 特開2019-158364(P2019-158364A)	(74) 代理人 100067323 弁理士 西村 敦光	
(43) 公開日 令和1年9月19日(2019.9.19)	(74) 代理人 100124268 弁理士 鈴木 典行	
審査請求日 平成31年4月22日(2019.4.22)	(72) 発明者 福士 和義 東京都三鷹市下連雀6-11-23 セコム株式会社内	
	審査官 栗 治企	
最終頁に続く		

(54) 【発明の名称】 センサ装置及び変位判定システム