

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2019-144192
(P2019-144192A)

(43) 公開日 令和1年8月29日(2019.8.29)

(51) Int.Cl. F 1 テーマコード (参考)
G 0 1 V 9/00 (2006.01) G 0 1 V 9/00 E 2 G 1 0 5

審査請求 未請求 請求項の数 12 O L (全 28 頁)

(21) 出願番号 特願2018-30678 (P2018-30678)
(22) 出願日 平成30年2月23日 (2018.2.23)

(71) 出願人 504176911
国立大学法人大阪大学
大阪府吹田市山田丘1番1号
(74) 代理人 100168583
弁理士 前井 宏之
(72) 発明者 伊藤 雄一
大阪府吹田市山田丘1番1号 国立大学法
人大阪大学内
Fターム(参考) 2G105 AA01 BB01 DD02 EE02 HH04
KK06

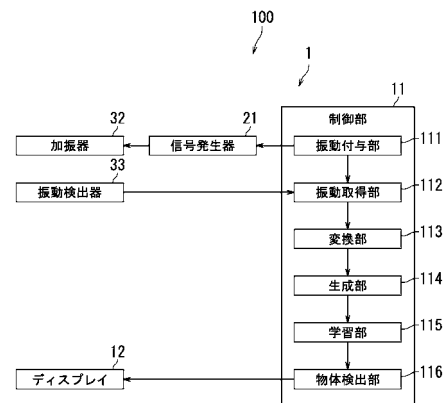
(54) 【発明の名称】 物体検出装置

(57) 【要約】

【課題】簡素な構成で物体の状態を検出する。

【解決手段】物体検出装置100は、加振器32と、振動検出器33と、物体検出部116とを備える。加振器32は、載置板31の第1位置に配置され、載置板31に振動を付与する。振動検出器33は、載置板31の第1位置と相違する第2位置に配置され、載置板31の振動を検出する。物体検出部116は、振動検出器33の検出結果に基づいて、載置板31の載置面S F上に載置される物体B Jの状態を検出する。

【選択図】図3



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

載置板の第 1 位置に配置され、前記載置板に振動を付与する加振器と、
前記載置板の前記第 1 位置と相違する第 2 位置に配置され、前記載置板の振動を検出する振動検出器と、

前記振動検出器の検出結果に基づいて、前記載置板の載置面上に載置される物体の状態を検出する物体検出部と

を備える、物体検出装置。

【請求項 2】

前記状態は、位置、種類、姿勢、及び内容量の少なくとも 1 つを含む、請求項 1 に記載の物体検出装置。 10

【請求項 3】

前記加振器は、時間の経過に応じて周波数が変化する振動を前記載置板に付与する、請求項 1 又は請求項 2 に記載の物体検出装置。

【請求項 4】

前記加振器は、前記振動を出力する第 1 振動体を有し、

前記第 1 振動体は、前記振動を前記載置板に付与し、

前記振動検出器は、前記振動を検出する第 2 振動体を有し、

前記第 2 振動体は、前記載置板の前記振動を検出する、請求項 1 から請求項 3 のいずれか 1 項に記載の物体検出装置。 20

【請求項 5】

前記加振器は、音響振動を出力する第 1 圧電素子を有し、

前記第 1 圧電素子は、前記音響振動を前記載置板に付与し、

前記振動検出器は、前記音響振動を検出する第 2 圧電素子を有し、

前記第 2 圧電素子は、前記載置板の前記音響振動を検出する、請求項 1 から請求項 3 のいずれか 1 項に記載の物体検出装置。

【請求項 6】

前記振動検出器は、

前記載置板の前記第 2 位置に配置される第 1 振動検出器と、

前記載置板の前記第 1 位置及び前記第 2 位置と相違する第 3 位置に配置される第 2 振動検出器と 30

を有する、請求項 1 から請求項 5 のいずれか 1 項に記載の物体検出装置。

【請求項 7】

前記振動検出器の検出信号に対してフーリエ変換を実行し、振幅スペクトルを生成する変換部を更に備え、

前記物体検出部は、前記振幅スペクトルに基づいて、前記物体の前記状態を検出する、請求項 1 から請求項 6 のいずれか 1 項に記載の物体検出装置。

【請求項 8】

前記振幅スペクトルを学習する学習部を更に備え、

前記物体検出部は、前記学習部の学習結果に基づいて、前記物体の前記状態を検出する、請求項 7 に記載の物体検出装置。 40

【請求項 9】

前記変換部は、前記載置面上に前記物体が載置されていない場合の前記振幅スペクトルを示す第 1 振幅スペクトルと、前記載置面上に複数の前記物体の各々が載置されている場合の前記振幅スペクトルを示す第 2 振幅スペクトルとを生成し、

前記学習部は、前記第 1 振幅スペクトルと前記第 2 振幅スペクトルとに基づいて学習し、

前記物体検出部は、前記学習部の学習結果に基づいて、前記複数の物体の各々の前記状態を検出する、請求項 8 に記載の物体検出装置。

【請求項 10】

前記第 1 振幅スペクトルと、前記第 2 振幅スペクトルとに基づき、前記載置面上に前記複数の物体が載置されている場合の前記振幅スペクトルを示す第 3 振幅スペクトルを生成する生成部を更に備え、

前記学習部は、前記第 3 振幅スペクトルを学習し、

前記物体検出部は、前記学習部の学習結果に基づいて、前記複数の物体の各々の前記状態を検出する、請求項 9 に記載の物体検出装置。

【請求項 11】

前記変換部は、前記載置面上に第 1 物体が載置されている場合の前記第 2 振幅スペクトルを示す第 4 振幅スペクトルと、前記載置面上に前記第 1 物体と相違する第 2 物体が載置されている場合の前記第 2 振幅スペクトルを示す第 5 振幅スペクトルとを生成し、

10

前記生成部は、前記第 4 振幅スペクトルと前記第 5 振幅スペクトルとの周波数毎の振幅の和を示す和スペクトルを生成し、

前記生成部は、前記和スペクトルと前記第 1 振幅スペクトルとの周波数毎の振幅の差を前記第 3 振幅スペクトルとして生成し、

前記学習部は、前記第 3 振幅スペクトルを学習し、

前記物体検出部は、前記学習部の学習結果に基づいて、前記第 1 物体の前記状態と前記第 2 物体の前記状態とを検出する、請求項 10 に記載の物体検出装置。

【請求項 12】

前記変換部は、前記載置面上に第 1 物体が載置されている場合の前記第 2 振幅スペクトルを示す第 4 振幅スペクトルと、前記載置面上に前記第 1 物体と相違する第 2 物体が載置されている場合の前記第 2 振幅スペクトルを示す第 5 振幅スペクトルと、前記載置面上に前記第 1 物体及び前記第 2 物体と相違する第 3 物体が載置されている場合の前記第 2 振幅スペクトルを示す第 6 振幅スペクトルとを生成し、

20

前記生成部は、前記第 4 振幅スペクトルと前記第 5 振幅スペクトルと前記第 6 振幅スペクトルとの周波数毎の振幅の和を示す和スペクトルを生成し、

前記生成部は、前記和スペクトルと前記第 1 振幅スペクトルとの周波数毎の振幅の差を示す差スペクトルを生成し、

前記生成部は、前記差スペクトルと前記第 1 振幅スペクトルとの周波数毎の振幅の差を前記第 3 振幅スペクトルとして生成し、

前記学習部は、前記第 3 振幅スペクトルを学習し、

30

前記物体検出部は、前記学習部の学習結果に基づいて、前記第 1 物体の前記状態と前記第 2 物体の前記状態と前記第 3 物体の前記状態とを検出する、請求項 10 に記載の物体検出装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、載置面上に載置される物体の状態を検出する物体検出装置に関する。

【背景技術】

【0002】

特許文献 1 に記載の物体位置認識装置は、検出パネルと、複数の第 1 送受信コイルと、複数の第 2 送受信コイルと、制御手段と、複数の横方向の送受信手段と、複数の縦方向の送受信手段と、横方向切換手段と、縦方向切換手段と、送受信手段とを備える。複数の第 1 送受信コイルは、検出パネルの横方向に配列され、複数の第 2 送受信コイルは、検出パネルの縦方向に配列される。横方向切換手段は、複数の横方向の送受信手段を切り換える。縦方向切換手段は、複数の縦方向の送受信手段を切り換える。物体には、識別データを記憶するメモリ装置が取り付けられている。送受信手段は、データ読出コマンドを送信し、メモリ装置から識別データを受信する。

40

【0003】

物体が検出パネル上に存在する場合に、横方向切換手段は、横方向の送受信手段を順次駆動し、送受信手段は、データ読出コマンドを送信する。そして、メモリ装置内に設けた

50

共振回路がキャリア周波数で共振し、その残留振動を断続して識別データを送信する。また、縦方向切換手段は、縦方向の送受信手段を順次駆動し、送受信手段は、データ読出コマンドを送信する。そして、メモリ装置内に設けた共振回路がキャリア周波数で共振し、その残留振動を断続して識別データを送信する。制御手段は、送受信手段が識別データを受信したときに、横方向切換手段に与えた切換制御信号の列の番号と、縦方向切換手段に与えた切換制御信号の行の番号とに基づき、物体の位置を検出する。また、制御手段は、識別データに基づき、物体の種類を検出する。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0004】

10

【特許文献1】特開平8-220248号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

しかしながら、特許文献1に記載の物体位置認識装置は、複数の第1送受信コイルと、複数の第2送受信コイルと、複数の横方向の送受信手段と、複数の縦方向の送受信手段と、横方向切換手段と、縦方向切換手段と、送受信手段とを備える必要がある。したがって、物体位置認識装置の製造コストが増加する。

【0006】

本発明は、上記課題に鑑みてなされたものであり、簡素な構成で物体の状態を検出可能な物体検出装置を提供することを目的としている。

20

【課題を解決するための手段】

【0007】

本発明に係る物体検出装置は、加振器と、振動検出器と、物体検出部とを備える。前記加振器は、載置板の第1位置に配置され、前記載置板に振動を付与する。前記振動検出器は、前記載置板の前記第1位置と相違する第2位置に配置され、前記載置板の振動を検出する。前記物体検出部は、前記振動検出器の検出結果に基づいて、前記載置板の載置面上に載置される物体の状態を検出する。

【0008】

本発明に係る物体検出装置において、前記状態は、位置、種類、姿勢、及び内容量の少なくとも1つを含むことが好ましい。

30

【0009】

本発明に係る物体検出装置において、前記加振器は、時間の経過に応じて周波数が変化する振動を前記載置板に付与することが好ましい。

【0010】

本発明に係る物体検出装置において、前記加振器は、振動を出力する第1振動体を有し、前記第1振動体は、前記振動を前記載置板に付与することが好ましい。前記振動検出器は、前記振動を検出する第2振動体を有し、前記第2振動体は、前記載置板の前記振動を検出することが好ましい。

【0011】

40

本発明に係る物体検出装置において、前記加振器は、音響振動を出力する第1圧電素子を有し、前記第1圧電素子は、前記音響振動を前記載置板に付与することが好ましい。前記振動検出器は、前記音響振動を検出する第2圧電素子を有し、前記第2圧電素子は、前記載置板の前記音響振動を検出することが好ましい。

【0012】

本発明に係る物体検出装置において、前記振動検出器は、前記載置板の前記第2位置に配置される第1振動検出器と、前記載置板の前記第1位置及び前記第2位置と相違する第3位置に配置される第2振動検出器とを有することが好ましい。

【0013】

本発明に係る物体検出装置において、前記振動検出器の検出信号に対してフーリエ変換

50

を実行し、振幅スペクトルを生成する変換部を更に備え、前記物体検出部は、前記振幅スペクトルに基づいて、前記物体の前記状態を検出することが好ましい。

【0014】

本発明に係る物体検出装置において、前記振幅スペクトルを学習する学習部を更に備え、前記物体検出部は、前記学習部の学習結果に基づいて、前記物体の前記状態を検出することが好ましい。

【0015】

本発明に係る物体検出装置において、前記変換部は、第1振幅スペクトルと、第2振幅スペクトルとを生成することが好ましい。前記第1振幅スペクトルは、前記載置面上に物体が載置されていない場合の前記振幅スペクトルを示す。第2振幅スペクトルは、前記載置面上に複数の物体の各々が載置されている場合の前記振幅スペクトルを示す。前記学習部は、前記第1振幅スペクトルと前記第2振幅スペクトルとに基づいて学習することが好ましい。前記物体検出部は、前記学習部の学習結果に基づいて、前記複数の物体の各々の前記状態を検出することが好ましい。

10

【0016】

本発明に係る物体検出装置において、前記第1振幅スペクトルと、前記第2振幅スペクトルとに基づき、第3振幅スペクトルを生成する生成部を更に備えることが好ましい。前記第3振幅スペクトルは、前記載置面上に前記複数の物体が載置されている場合の振幅スペクトルを示す。前記学習部は、前記第3振幅スペクトルを学習し、前記物体検出部は、前記学習部の学習結果に基づいて、前記複数の物体の各々の前記状態を検出することが好ましい。

20

【0017】

本発明に係る物体検出装置において、前記変換部は、第4振幅スペクトルと、第5振幅スペクトルとを生成することが好ましい。前記第4振幅スペクトルは、前記載置面上に第1物体が載置されている場合の前記第2振幅スペクトルを示す。前記第5振幅スペクトルは、前記載置面上に前記第1物体と相違する第2物体が載置されている場合の前記第2振幅スペクトルを示す。前記生成部は、和スペクトルを生成することが好ましい。前記和スペクトルは、前記第4振幅スペクトルと前記第5振幅スペクトルとの周波数毎の振幅の和を示す。前記生成部は、前記和スペクトルと前記第1振幅スペクトルとの周波数毎の振幅の差を前記第3振幅スペクトルとして生成することが好ましい。前記学習部は、前記第3振幅スペクトルを学習することが好ましい。前記物体検出部は、前記学習部の学習結果に基づいて、前記第1物体の前記状態と前記第2物体の前記状態とを検出することが好ましい。

30

【0018】

本発明に係る物体検出装置において、前記変換部は、第4振幅スペクトルと、第5振幅スペクトルと、第6振幅スペクトルとを生成することが好ましい。前記第4振幅スペクトルは、前記載置面上に第1物体が載置されている場合の前記第2振幅スペクトルを示す。前記第5振幅スペクトルは、前記載置面上に前記第1物体と相違する第2物体が載置されている場合の前記第2振幅スペクトルを示す。前記第6振幅スペクトルは、前記載置面上に前記第1物体及び前記第2物体と相違する第3物体が載置されている場合の前記第2振幅スペクトルを示す。前記生成部は、和スペクトルと差スペクトルとを生成することが好ましい。前記和スペクトルは、前記第4振幅スペクトルと前記第5振幅スペクトルと前記第6振幅スペクトルとの周波数毎の振幅の和を示す。前記差スペクトルは、前記和スペクトルと前記第1振幅スペクトルとの周波数毎の振幅の差を示す。前記生成部は、前記差スペクトルと前記第1振幅スペクトルとの周波数毎の振幅の差を前記第3振幅スペクトルとして生成することが好ましい。前記学習部は、前記第3振幅スペクトルを学習することが好ましい。前記物体検出部は、前記学習部の学習結果に基づいて、前記第1物体の前記状態と前記第2物体の前記状態と前記第3物体の前記状態とを検出することが好ましい。

40

【発明の効果】

【0019】

50

本発明に係る物体検出装置によれば、簡素な構成で物体の状態を検出できる。

【図面の簡単な説明】

【0020】

【図1】本発明の実施形態に係る物体検出装置の構成の一例を示す図である。

【図2】(a)は、加振器と振動検出器と支持部材との載置板における配置の一例を示す平面図である。(b)は、加振器と振動検出器と支持部材との載置板における配置の一例を示す側面図である。

【図3】本発明の実施形態に係る制御部の構成の一例を示す図である。

【図4】加振器に印加される音響振動の周波数の変化の一例を示す図である。

【図5】物体の位置を検出する実験方法の一例を示す図である。

10

【図6】物体の位置と振幅スペクトルとの関係の一例を示す図である。

【図7】物体の位置の識別率の一例を示す図である。

【図8】物体の種類を検出する実験方法の一例を示す図である。(a)は、物体の種類がマグカップである場合の実験方法の一例を示す図である。(b)は、物体の種類がみかんである場合の実験方法の一例を示す図である。

【図9】物体の種類の一列を示す図である。

【図10】物体の種類と振幅スペクトルとの関係の一例を示す図である。

【図11】物体の種類と振幅スペクトルとの関係の一例を示す図である。

【図12】物体の姿勢を検出する実験方法の一例を示す図である。(a)は、積み木が縦長に配置されている場合の実験方法の一例を示す図である。(b)は、積み木が横長に配置されている場合の実験方法の一例を示す図である。

20

【図13】物体の姿勢と振幅スペクトルとの関係の一例を示す図である。

【図14】物体の容量を検出する実験方法の一例を示す図である。(a)は、コップに水が入っていない場合の実験方法の一例を示す図である。(b)は、コップに水が入っている場合の実験方法の一例を示す図である。

【図15】物体の容量と振幅スペクトルとの関係の一例を示す図である。

【図16】2つの物体の位置と種類とを検出する方法の一例を示す図である。(a)は、第1振幅スペクトルと、第2振幅スペクトルとの生成方法の一例を示す図である。(b)は、第3振幅スペクトルの推定方法の一例を示す図である。(c)は、第3振幅スペクトルの生成方法の一例を示す図である。

30

【図17】2つの物体の位置と種類とを検出する場合の制御部の処理の一例を示すフローチャートである。

【図18】制御部の学習処理の一例を示すフローチャートである。

【図19】制御部の検出評価処理の一例を示すフローチャートである。

【図20】2つの物体の位置と種類との識別率の一例を示す図である。

【図21】3つの物体の位置と種類とを検出する方法の一例を示す図である。(a)は、第1振幅スペクトルと、第2振幅スペクトルとの検出方法の一例を示す図である。(b)は、第3振幅スペクトルの推定方法の一例を示す図である。(c)は、第3振幅スペクトルの生成方法の一例を示す図である。

【図22】3つの物体の位置と種類との識別率の一例を示す図である。

40

【発明を実施するための形態】

【0021】

以下、本発明の実施形態について、図面(図1~図22)を参照しながら説明する。なお、図中、同一又は相当部分については同一の参照符号を付して説明を繰り返さない。

【0022】

<物体検出装置100の構成>

まず、図1を参照して、本実施形態に係る物体検出装置100の構成について説明する。図1は、物体検出装置100の構成の一例を示す図である。図1に示すように、物体検出装置100は、パーソナルコンピュータ1と、オーディオインターフェース2と、検出装置本体3とを備える。

50

【0023】

パーソナルコンピュータ1は、制御部11とディスプレイ12とを備える。制御部11は、オーディオインターフェース2と、検出装置本体3とを制御する。制御部11は、プロセッサ11A及び記憶部11Bを備える。プロセッサ11Aは、例えばCPU(Central Processing Unit)を備える。記憶部11Bは、半導体メモリのようなメモリを備え、HDD(Hard Disk Drive)を備えてもよい。記憶部11Bは、制御プログラムを記憶している。ディスプレイ12は、例えば、LCD(Liquid Crystal Display)を備え、種々の画像を表示する。制御部11については、後述にて図3を参照して詳細に説明する。

【0024】

オーディオインターフェース2は、制御部11の指示に応じて、検出装置本体3との間で信号を送受信する。オーディオインターフェース2は、信号発生器21を備える。信号発生器21は、時間Tの経過に応じて周波数Fが変化する信号(スイープ信号)を発生する。スイープ信号については、後述にて図4を参照して詳細に説明する。

【0025】

検出装置本体3は、載置板31、加振器32、振動検出器33及び支持体34を備える。また、図1には、X軸、Y軸及びZ軸を記載している。Z軸は、鉛直方向に平行である。X軸及びY軸は、水平方向に平行である。X軸、Y軸及びZ軸は互いに直交する。具体的には、X軸は、載置板31の長手方向を示す。Y軸は、載置板31の幅方向を示す。

【0026】

載置板31は、例えば、矩形の亚克力板である。具体的には、載置板31は、厚みが5mmであり、幅が180mmであり、長さが320mmである。載置板31は、載置面SFを有する。載置面SFは、載置板31の上面に相当し、物体BJが載置される。また、載置板31には、加振器32と振動検出器33とが配置される。

【0027】

加振器32は、載置板31の第1位置P1に配置され、載置板31に振動を付与する。例えば、第1位置P1は、載置板31の幅方向(Y軸方向)の中央で、且つ載置板31の長手方向の一方端(X軸方向の負方向端)の位置を示す。また、第1位置P1は、例えば、載置板31の下面に位置する。具体的には、加振器32は、信号発生器21によって発生されたスイープ信号に対応する音響振動を載置板31に付与する。加振器32は、音響振動を出力する第1圧電素子を有する。第1圧電素子は、例えば、ピエゾ素子である。換言すれば、加振器32は、スピーカである。加振器32は、薄板円形状に形成され、直径が20mmである。

【0028】

振動検出器33は、載置板31に配置され、載置板31の振動を検出する。第2位置P2は、第1位置P1と相違する。また、第2位置P2は、例えば、載置板31の下面に位置する。振動検出器33が検出した検出信号SGはオーディオインターフェース2に入力される。検出信号SGは音響振動を示す。オーディオインターフェース2は、振動検出器33が検出した検出信号SGを、例えば、96kHzのサンプリング周波数で取得する。

【0029】

振動検出器33は、第1振動検出器331と、第2振動検出器332とを有する。第1振動検出器331は、載置板31の第2位置P2に配置される。第2振動検出器332は、載置板31の第3位置P3に配置される。第3位置P3は、第1位置P1及び第2位置P2と相違する。また、第3位置P3は、例えば、載置板31の下面に位置する。例えば、第2位置P2は、載置板31の幅方向(Y軸方向)の中央で、且つ載置板31の長手方向の他方端(X軸方向の正方向端)の位置を示す。第3位置P3は、載置板31の長手方向(X軸方向)の中央で、且つ載置板31の幅方向の一方端(Y軸方向の正方向端)の位置を示す。

【0030】

具体的には、第1振動検出器331及び第2振動検出器332の各々は、音響振動を検

10

20

30

40

50

出する第2圧電素子を有する。第2圧電素子は、例えば、 piezo素子である。換言すれば、第1振動検出器331及び第2振動検出器332の各々は、マイクロフォンである。第1振動検出器331及び第2振動検出器332の各々は、薄板円形状に形成され、直径が20mmである。

【0031】

支持体34は、載置板31を支持する。支持体34は、第1支持体341、第2支持体342、第3支持体343及び第4支持体344を有する。第1支持体341～第4支持体344の各々は、フェルトで円柱状に形成される。第1支持体341～第4支持体344の各々は、直径が32mmであり、厚みが5mmである。

【0032】

第1支持体341は、載置板31の第1端部を支持する。第1端部は、載置板31のX軸の負方向端であり、且つY軸の負方向端である端部を示す。第2支持体342は、載置板31の第2端部を支持する。第2端部は、載置板31のX軸の負方向端であり、且つY軸の正方向端である端部を示す。第3支持体343は、載置板31の第3端部を支持する。第3端部は、載置板31のX軸の正方向端であり、且つY軸の正方向端である端部を示す。第4支持体344は、載置板31の第4端部を支持する。第4端部は、載置板31のX軸の正方向端であり、且つY軸の負方向端である端部を示す。

【0033】

次に、図1及び図2を参照して、加振器32、振動検出器33及び支持体34の載置板31における配置について具体的に説明する。図2(a)は、加振器32と振動検出器33と支持体34との載置板31における配置の一例を示す平面図である。図2(b)は、加振器32と振動検出器33と支持体34との載置板31における配置の一例を示す側面図である。

【0034】

図2(a)及び図2(b)に示すように、載置板31は矩形平板状に形成される。第1支持体341～第4支持体344の各々は、支持体34の周面が載置板31の長辺と短辺とに接するように配置される。すなわち、第1支持体341～第4支持体344の各々は、載置板31の四隅に配置される。

【0035】

加振器32は、第1支持体341の中心と第2支持体342との中心とを結ぶ直線上に加振器32の中心が位置するように配置される。第1振動検出器331は、第3支持体343の中心と第4支持体344との中心とを結ぶ直線上に第1振動検出器331の中心が位置するように配置される。第2振動検出器332は、第2支持体342の中心と第3支持体343との中心とを結ぶ直線上に第2振動検出器332の中心が位置するように配置される。

【0036】

次に、図1～図3を参照して、本発明の実施形態に係る制御部11の構成について説明する。図3は、制御部11の構成の一例を示す図である。図3に示すように、制御部11は、振動付与部111、振動取得部112、変換部113、生成部114、学習部115及び物体検出部116を備える。具体的には、制御部11のプロセッサ11Aが制御プログラムを実行することによって、制御部11は、振動付与部111、振動取得部112、変換部113、生成部114、学習部115及び物体検出部116として機能する。

【0037】

振動付与部111は、信号発生器21に対して加振器32が載置板31に音響振動を付与するように指示する。

【0038】

振動取得部112は、振動検出器33からオーディオインターフェース2を介して検出信号SGを取得する。

【0039】

変換部113は、検出信号SGに対してフーリエ変換を実行し、振幅スペクトルSPを

10

20

30

40

50

生成する。具体的には、変換部 113 は、検出信号 SG に対して FFT (Fast Fourier Transform) を実行し、振幅スペクトル SP を生成する。変換部 113 は、第 1 振幅スペクトル SP1 と第 2 振幅スペクトル SP2 とを生成する。第 1 振幅スペクトル SP1 は、載置面 SF 上に物体 BJ が載置されていない場合の振幅スペクトル SP を示す。第 2 振幅スペクトル SP2 は、載置面 SF 上に複数の物体 BJ の各々が載置されている場合の振幅スペクトル SP を示す。

【0040】

生成部 114 は、第 1 振幅スペクトル SP1 と、第 2 振幅スペクトル SP2 とに基づき、第 3 振幅スペクトル SP3 を生成する。具体的には、生成部 114 は、第 1 振幅スペクトル SP1 と、第 2 振幅スペクトル SP2 とに基づき、第 3 振幅スペクトル SP3 の推定スペクトル SP3G を生成する。第 3 振幅スペクトル SP3 は、載置面 SF 上に複数の物体 BJ が載置されている場合の振幅スペクトル SP を示す。

10

【0041】

学習部 115 は、第 3 振幅スペクトル SP3 を学習する。具体的には、学習部 115 は、第 3 振幅スペクトル SP3 の推定スペクトル SP3G を学習する。

【0042】

物体検出部 116 は、振動検出器 33 の検出結果に基づいて、載置面 SF 上に載置される物体 BJ の状態 ST を検出する。具体的には、物体検出部 116 は、振動取得部 112 が取得した検出信号 SG に基づいて、載置面 SF 上に載置される物体 BJ の状態 ST を検出する。また、物体検出部 116 は、検出結果をディスプレイ 12 に表示する。状態 ST は、位置 PS、種類 TP、姿勢 PT 及び内容量 CP を含む。また、物体検出部 116 は、例えば、第 3 振幅スペクトル SP3 に基づいて、複数の物体 BJ の各々の状態 ST を検出する。また、物体検出部 116 は、例えば、学習部 115 の学習結果に基づいて、複数の物体 BJ の各々の状態 ST を検出する。生成部 114、学習部 115 及び物体検出部 116 については、後述にて、図 16 ~ 図 22 を参照して詳細に説明する。

20

【0043】

物体検出部 116 が、載置面 SF 上に載置される 1 つの物体 BJ の位置 PS を検出する場合については、後述にて図 5 ~ 図 7 を参照して詳細に説明する。

物体検出部 116 が、載置面 SF 上に載置される 1 つの物体 BJ の種類 TP を検出する場合については、後述にて図 8 ~ 図 11 を参照して詳細に説明する。

30

物体検出部 116 が、載置面 SF 上に載置される 1 つの物体 BJ の姿勢 PT を検出する場合については、後述にて図 12 ~ 図 13 を参照して詳細に説明する。

物体検出部 116 が、載置面 SF 上に載置される 1 つの物体 BJ の内容量 CP を検出する場合については、後述にて図 14 ~ 図 15 を参照して詳細に説明する。

物体検出部 116 が、複数の物体 BJ の各々の位置 PS 及び種類 TP を検出する場合については、後述にて図 16 ~ 図 22 を参照して詳細に説明する。

【0044】

以上、図 1 ~ 図 3 を参照して説明したように、本発明の実施形態では、加振器 32 が載置板 31 に振動を付与し、振動検出器 33 が載置板 31 の振動を検出し、振動検出器 33 の検出結果に基づいて、載置面 SF 上に載置される物体 BJ の状態 ST を検出する。よって、簡素な構成で物体 BJ の状態 ST を検出できる。したがって、物体検出装置 100 の製造コストを低減できる。

40

【0045】

また、振動検出器 33 の検出信号 SG に対してフーリエ変換を実行し、振幅スペクトル SP を生成し、振幅スペクトル SP に基づいて、物体 BJ の状態 ST を検出する。したがって、簡素な構成で載置面 SF 上に載置される物体 BJ の状態 ST を更に正確に検出できる。

【0046】

また、振動検出器 33 が、互いに相違する位置に配置される第 1 振動検出器 331 と第 2 振動検出器 332 とを有する。よって、第 1 振動検出器 331 の検出信号 SG と第 2 振

50

動検出器 332 の検出信号 S G とに基づいて、載置面 S F 上に載置される物体 B J の状態 S T が検出される。したがって、載置面 S F 上に載置される物体 B J の状態 S T を正確に検出できる。

【0047】

なお、本発明の実施形態では、振動検出器 33 が、2つの振動検出器（第1振動検出器 331 及び第2振動検出器 332）を有するが、本発明はこれに限定されない。振動検出器 33 が、1つ以上の振動検出器を有すればよい。振動検出器の個数が多い程、載置面 S F 上に載置される物体 B J の状態 S T を正確に検出できる可能性がある。

【0048】

また、本発明の実施形態では、第1振動検出器 331 が第2位置 P 2 に配置され、第2振動検出器 332 が第3位置 P 3 に配置されるが、本発明はこれに限定されない。第1振動検出器 331 と第2振動検出器 332 とが互いに相違する位置に配置されていればよい。

10

【0049】

次に、図1～図4を参照して、加振器 32 に印加される音響振動について説明する。図4は、加振器 32 に印加される音響振動の周波数 F の変化の一例を示す図である。図4に示すグラフの横軸は時間 T を示し、グラフの縦軸は周波数 F を示す。図4にグラフ G 1 で示すように、加振器 32 に印加される音響振動の周波数 F は、1秒の期間内で 20 kHz から 40 kHz まで直線的に変化する。換言すれば、加振器 32 は、1秒の期間内において音響振動を載置板 31 に付与する。また、音響振動の周波数 F は、音響振動の載置板 31 への付与を開始した時点で 20 kHz であり、音響振動の載置板 31 への付与を終了する時点で 40 kHz になるように直線的に増加する。

20

【0050】

以上、図1～図4を参照して説明したように、本発明の実施形態では、加振器 32 は、時間 T の経過に応じて周波数 F が変化する振動を載置板 31 に付与する。よって、複数の周波数 F の振動を効率的に載置板 31 に付与できる。したがって、物体検出装置 100 による物体 B J の状態 S T の検出に要する時間を削減できる。

【0051】

また、第1圧電素子が音響振動を載置板 31 に付与し、第2圧電素子が載置板 31 の音響振動を検出する。よって、更に簡素な構成で物体 B J の状態 S T を検出できる。したがって、物体検出装置 100 の製造コストを更に低減できる。

30

【0052】

更に、状態 S T は、位置 P S、種類 T P、姿勢 P T 及び内容量 C P を含むため、物体 B J の位置 P S、種類 T P、姿勢 P T 及び内容量 C P を検出できる。なお、物体 B J の位置 P S を検出する場合については、後述にて図5～図7を参照して詳細に説明する。物体 B J の種類 T P を検出する場合については、後述にて図8～図11を参照して詳細に説明する。物体 B J の姿勢 P T を検出する場合については、後述にて図12～図13を参照して詳細に説明する。物体 B J の内容量 C P を検出する場合については、後述にて図14～図15を参照して詳細に説明する。

【0053】

なお、本発明の実施形態では、加振器 32 は、音響振動を出力する第1圧電素子を有し、第1圧電素子が音響振動を載置板 31 に付与するが、本発明はこれに限定されない。加振器 32 が振動を載置板 31 に付与すればよい。換言すれば、加振器 32 が載置板 31 に付与する振動は、音響振動に限定されない。加振器 32 が、振動を出力する第1振動体を有し、第1振動体が、振動を載置板 31 に付与してもよい。例えば、振動子が水晶振動子である場合には、載置板 31 に付与される振動の周波数 F は、1～20 MHz である。

40

【0054】

また、加振器 32 の第1振動体が、振動を載置板 31 に付与する場合には、振動検出器 33 は、振動を検出する第2振動体を有し、第2振動体が、載置板 31 の振動を検出することが好ましい。この場合には、第1振動体が振動を載置板 31 に付与し、第2振動体が

50

載置板 3 1 の振動を検出する。よって、簡素な構成で物体 B J の状態 S T を検出できる。したがって、物体検出装置 1 0 0 の製造コストを低減できる。

【 0 0 5 5 】

また、本発明の実施形態では、加振器 3 2 は、時間 T に対して周波数 F が直線的に変化する振動を載置板 3 1 に付与するが、本発明はこれに限定されない。加振器 3 2 は、時間 T の経過に応じて周波数 F が変化する振動を載置板 3 1 に付与すればよい。例えば、周波数 F が低い程、所定時間（例えば、0 , 1 秒）における周波数 F の変化が小さいように周波数 F が変化する振動を載置板 3 1 に付与してもよい。この場合には、低い周波数 F に対する F F T を正確に実行できる。

【 0 0 5 6 】

また、本発明の実施形態では、状態 S T が、位置 P S、種類 T P、姿勢 P T 及び内容量 C P を含むが、本発明はこれに限定されない。状態 S T が、位置 P S、種類 T P、姿勢 P T 及び内容量 C P の少なくとも 1 つを含めばよい。

【 0 0 5 7 】

< 1 つの物体 B J の位置 P S を検出する実験 >

次に、図 1 ~ 図 7 を参照して、載置面 S F に載置された 1 つの物体 B J の位置 P S を物体検出装置 1 0 0 が検出する実験について説明する。図 5 は、物体 B J の位置 P S を検出する実験方法の一例を示す図である。図 5 に示すように、載置板 3 1 の載置面 S F において、載置面 S F の幅方向（Y 軸方向）の中心位置に物体 B J を載置して、長手方向（X 軸方向）に沿って移動した。物体 B J としては、一辺が 4 4 m m の立方体の積み木を用いた。

【 0 0 5 8 】

具体的には、載置面 S F に物体 B J を載置しない場合の振幅スペクトル S P を生成した。また、中心線 C L 上を、載置面 S F の X 軸の負方向側の端部から 3 0 m m の位置から 2 9 0 m m の位置までの間を 5 m m 間隔で物体 B J を移動し、振幅スペクトル S P を生成した。すなわち、中心線 C L 上の長手方向（X 軸方向）に沿った 5 3 個（ $= (290 - 30) \div 5 + 1$ ）の位置で、以下のようにして、振幅スペクトル S P を生成した。すなわち、振動付与部 1 1 1 が加振器 3 2 に対して載置板 3 1 に音響振動を付与させた。そして、振動取得部 1 1 2 が振動検出器 3 3 から検出信号 S G を取得した。更に、変換部 1 1 3 が検出信号 S G から振幅スペクトル S P を生成した。

【 0 0 5 9 】

また、物体 B J を載置しない場合と、5 3 個の位置の各々に載置した場合とについて、それぞれ、1 2 回の実験を行い、6 4 8 個（ $= (53 + 1) \times 12$ ）の振幅スペクトル S P を生成した。6 4 8 個の振幅スペクトル S P を 6 つのグループに分割して、交差検証によって識別率を求めた。

【 0 0 6 0 】

図 6 は、物体 B J の位置 P S と振幅スペクトル S P との関係の一例を示す図である。図 6 に示すグラフの横軸は周波数 F を示し、縦軸は振幅 B を示す。図 6 に示すグラフ G 1 1 は、載置面 S F の X 軸の負方向側の端部から 9 5 m m の位置に物体 B J を載置した場合の振幅スペクトル S P を示す。図 6 に示すグラフ G 1 2 は、載置面 S F の X 軸の負方向側の端部から 1 6 0 m m の位置に物体 B J を載置した場合の振幅スペクトル S P を示す。図 6 に示すグラフ G 1 3 は、載置面 S F の X 軸の負方向側の端部から 2 2 5 m m の位置に物体 B J を載置した場合の振幅スペクトル S P を示す。

【 0 0 6 1 】

図 6 に示すように、載置面 S F の X 軸の負方向側の端部からの距離が増加する程、周波数 F が 3 7 . 5 k H z での振幅 B は減少した。また、載置面 S F の X 軸の負方向側の端部からの距離が増加する程、周波数 F が 4 0 k H z 近傍での振幅 B は増加した。このように、載置面 S F の X 軸の負方向側の端部からの距離に応じて、振幅スペクトル S P が変化した。そこで、以下に図 7 を参照して詳細に説明するように、物体検出装置 1 0 0 が、振幅スペクトル S P に基づいて、載置面 S F に載置された 1 つの物体 B J の位置 P S を検出で

10

20

30

40

50

きることが判明した。

【0062】

次に、図7を参照して、載置面SFに載置された1つの物体BJの位置PSを物体検出装置100が検出する実験の実験結果について説明する。図7は、物体BJの位置PSの識別率の一例を示す図である。図7に示すように、第1振動検出器331の検出信号SGを用いて振幅スペクトルSPを生成した場合には、識別率は85.5%であり、平均絶対誤差が2.35mmであり、標準偏差が4.73mmであった。なお、「平均絶対誤差」は、物体BJの位置PSの検出結果における誤差の絶対値の平均値を示す。第2振動検出器332の検出信号SGを用いて振幅スペクトルSPを生成した場合には、識別率は85.5%であり、平均絶対誤差が0.621mmであり、標準偏差が0.516mmであった。第1振動検出器331の検出信号SGと第2振動検出器332の検出信号SGとを用いて振幅スペクトルSPを生成した場合には、識別率は89.2%であり、平均絶対誤差が0.377mmであり、標準偏差が0.411mmであった。

10

【0063】

以上、図1～図7を参照して説明したように、本発明の実施形態では、載置面SFに載置された1つの物体BJの位置PSを正確に検出できることが判明した。

【0064】

また、第1振動検出器331の検出信号SGを用いて振幅スペクトルSPを生成した場合と比較して、第2振動検出器332の検出信号SGを用いて振幅スペクトルSPを生成した場合の方が、平均絶対誤差及び標準偏差が小さく、物体BJの位置PSを更に正確に検出できることが判明した。この原因は、載置板31の長手方向の中心位置を通り幅方向に延びる中心線に対して、第1振動検出器331が加振器32と対称な位置に配置されているためであると推定される。

20

【0065】

また、第1振動検出器331の検出信号SGと第2振動検出器332の検出信号SGとを用いて振幅スペクトルSPを生成した場合には、第1振動検出器331の検出信号SGを用いて振幅スペクトルSPを生成した場合、及び、第2振動検出器332の検出信号SGとを用いて振幅スペクトルSPを生成した場合と比較して、識別率が高く、物体BJの位置PSを更に正確に検出できることが判明した。

【0066】

< 1つの物体BJの位置PSを検出する実験 >

次に、図1～図4及び図8～図11を参照して、載置面SFに載置された1つの物体BJの種類TPを物体検出装置100が検出する実験について説明する。図8は、物体BJの種類TPを検出する実験方法の一例を示す図である。図8(a)は、物体BJの種類TPが「マグカップ」である場合の実験方法の一例を示す図である。図8(a)では、「マグカップ」を物体BJAと記載している。図8(b)は、物体BJの種類TPが「みかん」である場合の実験方法の一例を示す図である。図8(b)では、「みかん」を物体BJBと記載している。図8(a)及び図8(b)に示すように、載置面SFの幅方向(Y軸方向)の中心位置で、且つ載置面SFの長手方向(X軸方向)の中心位置に物体BJを載置して、物体BJの種類TPを変更した。

30

40

【0067】

具体的には、載置面SFに物体BJを載置しない場合の振幅スペクトルSPを生成した。また、図9に示す26種類の物体BJの各々を載置面SFの幅方向(Y軸方向)の中心位置で、且つ載置面SFの長手方向(X軸方向)の中心位置に物体BJを載置して、振幅スペクトルSPを生成した。更に具体的には、26種類の物体BJの各々を載置面SFの中心位置に載置して、以下のようにして、振幅スペクトルSPを生成した。すなわち、振動付与部111が加振器32に対して載置板31に音響振動を付与させた。そして、振動取得部112が振動検出器33から検出信号SGを取得した。更に、変換部113が検出信号SGから振幅スペクトルSPを生成した。

【0068】

50

また、載置面 S F に物体 B J を載置しない場合と、26種類の物体 B J の各々を載置した場合とについて、それぞれ、12回の実験を行い、324個(= (26 + 1) × 12)の振幅スペクトル S P を生成した。324個の振幅スペクトル S P を生成する実験(これを、「1セッションの実験」という)を3日間において1日当たり2回行い、1944個(= 324 × 6)の振幅スペクトル S P を生成した。以下の説明において、324個の振幅スペクトル S P を生成する実験を、「1セッションの実験」という。1944個の振幅スペクトル S P を、6つのグループに分割して、交差検証によって識別率を求めた。

【0069】

6つのグループに分割する方法として、「ランダムに分割する方法」と、「セッション毎に方法」とについて交差検証によって識別率を求めた。「ランダムに分割する方法」とは、1944個の振幅スペクトル S P をランダムに6つのグループに分割する方法を示す。「セッション毎に分割する方法」とは、3日間において1日当たり2回行った6つのセッションの各々に分割することによって、6つのグループに分割する方法を示す。

10

【0070】

図9は、物体検出装置100が物体 B J の種類 T P を検出する実験に用いた物体 B J の種類 T P を示す。本発明の実施形態では、物体 B J の種類 T P として、主に、机上に載置される物体 B J と、冷蔵庫に収納される物体 B J とを選定した。例えば、「はさみ」、「ペン」、「腕時計」及び「ノート」は、机上に載置される物体 B J であり、「ポテト」、「みかん」、「りんご」及び「たまねぎ」は、冷蔵庫に収納される物体 B J である。

【0071】

図10は、物体 B J の種類 T P と振幅スペクトル S P との関係の一例を示す図である。図10に示すグラフの横軸は周波数 F を示し、縦軸は振幅 B を示す。図10に示すグラフ G 2 1 は、物体 B J として「マグカップ」を載置面 S F に載置した場合の振幅スペクトル S P を示す。図10に示すグラフ G 2 2 は、物体 B J として「ノート」を載置面 S F に載置した場合の振幅スペクトル S P を示す。

20

【0072】

図10に示すように、周波数 F が 2.1 kHz と周波数 F が 2.4 kHz とにおいては、「マグカップ」を載置面 S F に載置した場合の振幅スペクトル S P の振幅 B が、「ノート」を載置面 S F に載置した場合の振幅スペクトル S P の振幅 B よりも大きい。また、周波数 F が 2.25 kHz においては、「マグカップ」を載置面 S F に載置した場合の振幅スペクトル S P の振幅 B が、「ノート」を載置面 S F に載置した場合の振幅スペクトル S P の振幅 B よりも小さい。そこで、以下に図11を参照して詳細に説明するように、物体検出装置100が、振幅スペクトル S P に基づいて、載置面 S F に載置された1つの物体 B J の種類 T P を検出できることが判明した。

30

【0073】

次に、図11を参照して、物体検出装置100が物体 B J の種類 T P を検出する実験の実験結果について説明する。図11は、物体 B J の種類 T P の識別率の一例を示す図である。図11に示すように、第1振動検出器331の検出信号 S G を用いて振幅スペクトル S P を生成した場合において、「ランダムに分割」した場合の識別率は98.2%であり、「セッション毎に分割」した場合の識別率は87.9%であった。第2振動検出器332の検出信号 S G を用いて振幅スペクトル S P を生成した場合において、「ランダムに分割」した場合の識別率は95.5%であり、「セッション毎に分割」した場合の識別率は74.7%であった。第1振動検出器331の検出信号 S G と第2振動検出器332の検出信号 S G とを用いて振幅スペクトル S P を生成した場合において、「ランダムに分割」した場合の識別率は98.9%であり、「セッション毎に分割」した場合の識別率は87.2%であった。

40

【0074】

以上、図1～図4及び図8～図11を参照して説明したように、本発明の実施形態では、載置面 S F に載置された1つの物体 B J の種類 T P を正確に検出できることが判明した。

50

【 0 0 7 5 】

また、第 2 振動検出器 3 3 2 の検出信号 S G を用いて振幅スペクトル S P を生成した場合の識別率は、第 1 振動検出器 3 3 1 の検出信号 S G を用いて振幅スペクトル S P を生成した場合の識別率より高かった。すなわち、第 1 振動検出器 3 3 1 の検出信号 S G を用いて振幅スペクトル S P を生成する場合よりも、第 2 振動検出器 3 3 2 の検出信号 S G を用いて振幅スペクトル S P を生成する場合の方が、物体 B J の位置 P S を更に正確に検出できることが判明した。

【 0 0 7 6 】

また、第 1 振動検出器 3 3 1 の検出信号 S G と第 2 振動検出器 3 3 2 の検出信号 S G とを用いて振幅スペクトル S P を生成した場合の識別率は、第 1 振動検出器 3 3 1 の検出信号 S G を用いて振幅スペクトル S P を生成した場合の識別率、及び、第 2 振動検出器 3 3 2 の検出信号 S G とを用いて振幅スペクトル S P を生成した場合の識別率より高かった。すなわち、第 1 振動検出器 3 3 1 及び第 2 振動検出器 3 3 2 の各々の検出信号 S G を用いて振幅スペクトル S P を生成した場合よりも、第 1 振動検出器 3 3 1 の検出信号 S G と第 2 振動検出器 3 3 2 の検出信号 S G とを用いて振幅スペクトル S P を生成した場合の方が、物体 B J の位置 P S を更に正確に検出できることが判明した。

【 0 0 7 7 】

また、「セッション毎に分割」する場合と比較して、「ランダムに分割」した場合の方が、識別率が高いことが判った。これは、振幅スペクトル S P は、実験が実施された環境温度の影響を受けるためであると推定される。すなわち、「セッション毎に分割」として識別率が下がる理由は、交差検証における訓練事例集合と同一環境で測定した振幅スペクトル S P が交差検証におけるテスト事例集合に含まれないためである。訓練事例集合とは、交差検証において識別を行う際に事前に学習されるデータを示し、テスト事例集合とは、その際に実際に識別されるデータを示す。

【 0 0 7 8 】

< 1 つの物体 B J の姿勢 P T を検出する実験 >

次に、図 1 ~ 図 4 及び図 1 2 ~ 図 1 3 を参照して、載置面 S F に載置された 1 つの物体 B J の姿勢 P T を物体検出装置 1 0 0 が検出する実験について説明する。図 1 2 は、物体 B J の姿勢 P T を検出する実験方法の一例を示す図である。物体 B J としては、積み木 B J C を用いた。図 1 2 (a) は、積み木 B J C が縦長に配置されている場合の実験方法の一例を示す図である。図 1 2 (b) は、積み木 B J C が横長に配置されている場合の実験方法の一例を示す図である。図 1 2 (a) 及び図 1 2 (b) に示すように、載置面 S F の幅方向 (Y 軸方向) の中心位置で、且つ載置面 S F の長手方向 (X 軸方向) の中心位置に物体 B J を載置して、積み木 B J C の姿勢 P T を変更した。

【 0 0 7 9 】

具体的には、図 1 2 (a) に示すように、載置面 S F の中央に積み木 B J C を縦長に配置して、第 1 振動検出器 3 3 1 の検出信号 S G を用いて振幅スペクトル S P を生成した。積み木 B J C は、正四角柱状に形成され、幅が 4 4 mm で、高さが 9 0 mm で、長さが 4 4 mm であった。図 1 2 (a) では、積み木 B J C の底面の一边が 4 4 mm であり、他の一边が 4 4 mm になるように積み木 B J C を載置した。また、底面のうちの 4 4 mm の辺が Y 軸と平行になるように積み木 B J C を載置した。次に、図 1 2 (b) に示すように、載置面 S F の中央に積み木 B J C を横長に配置して、第 1 振動検出器 3 3 1 の検出信号 S G を用いて振幅スペクトル S P を生成した。図 1 2 (b) では、積み木 B J C の底面の一边が 4 4 mm であり、他の一边が 9 0 mm になるように積み木 B J C を載置した。また、底面のうちの一方の辺が Y 軸と平行になるように積み木 B J C を載置した。

【 0 0 8 0 】

図 1 3 は、積み木 B J C の姿勢 P T と振幅スペクトル S P との関係の一例を示す図である。図 1 3 に示す横軸は周波数 F を示し、縦軸は振幅 B を示す。図 1 3 に示すグラフ G 3 1 は、積み木 B J C を縦長に配置した場合の振幅スペクトル S P を示し、グラフ G 3 2 は、積み木 B J C を横長に配置した場合の振幅スペクトル S P を示す。

【 0 0 8 1 】

図 1 3 に示すように、周波数 F が 3 3 k H z において、積み木 B J C を縦長に配置した場合の振幅スペクトル S P の振幅 B が、積み木 B J C を横長に配置した場合の振幅スペクトル S P の振幅 B より大きかった。そこで、物体検出装置 1 0 0 が、振幅スペクトル S P に基づいて、載置面 S F に載置された 1 つの物体 B J の姿勢 P T を検出できることが判明した。

【 0 0 8 2 】

< 1 つの物体 B J の内容量 C P を検出する実験 >

次に、図 1 ~ 図 4 及び図 1 4 ~ 図 1 5 を参照して、物体検出装置 1 0 0 が載置面 S F に載置された物体 B J の内容量 C P を検出する実験について説明する。図 1 4 は、物体 B J の内容量 C P を検出する実験方法の一例を示す図である。図 1 4 では、物体 B J は、コップ B J D である。図 1 4 (a) は、コップ B J D に水が入っていない場合の実験方法の一例を示す図である。図 1 4 (b) は、コップ B J D に水が入っている場合の実験方法の一例を示す図である。コップ B J D は、コップ B J D 1 とコップ B J D 2 とを含む。コップ B J D 1 は、空のコップを示す。コップ B J D 2 は、1 0 0 m L の水が入っているコップを示す。図 1 4 (a) 及び図 1 4 (b) に示すように、載置面 S F の幅方向 (Y 軸方向) の中心位置で、且つ載置面 S F の長手方向 (X 軸方向) の中心位置にコップ B J D 1 及びコップ B J D 2 の各々を載置した。

10

【 0 0 8 3 】

具体的には、図 1 4 (a) に示すように、載置面 S F の中央にコップ B J D 1 を載置して、第 1 振動検出器 3 3 1 の検出信号 S G を用いて振幅スペクトル S P を生成した。次に、載置面 S F の中央にコップ B J D 2 を載置して、第 1 振動検出器 3 3 1 の検出信号 S G を用いて振幅スペクトル S P を生成した。

20

【 0 0 8 4 】

図 1 5 は、コップ B J D の内容量 C P と振幅スペクトル S P との関係の一例を示す図である。図 1 5 に示すグラフの横軸は周波数 F を示し、縦軸は振幅 B を示す。図 1 5 に示すグラフ G 4 1 は、コップ B J D 1 を配置した場合の振幅スペクトル S P を示し、グラフ G 4 2 は、コップ B J D 2 を配置した場合の振幅スペクトル S P を示す。

【 0 0 8 5 】

図 1 5 に示すように、周波数 F が 2 8 k H z ~ 2 9 k H z において、コップ B J D 2 を配置した場合の振幅スペクトル S P の振幅 B が、コップ B J D 1 を配置した場合の振幅スペクトル S P の振幅 B よりも大きかった。そこで、物体検出装置 1 0 0 が、振幅スペクトル S P に基づいて、載置面 S F に載置された 1 つの物体 B J (例えば、コップ B J D) の内容量 C P を検出することができることが判明した。

30

【 0 0 8 6 】

< 2 つの物体 B J の位置 P S と種類 T P との検出 >

次に、図 1 ~ 図 4 及び図 1 6 ~ 図 2 0 を参照して、2 つの物体 B J (物体 B J 1 及び物体 B J 2) が載置面 S F に載置された場合において、物体 B J 1 及び物体 B J 2 の各々の位置 P S と種類 T P とを検出する処理について説明する。

【 0 0 8 7 】

まず、下記のように第 0 態様、第 1 態様、第 2 態様及び第 3 態様を規定する。

第 0 態様：載置面 S F に物体 B J が載置されていない態様。

第 1 態様：載置面 S F に第 1 物体 B J 1 だけが載置されている態様。

第 2 態様：載置面 S F に第 2 物体 B J 2 だけが載置されている態様。

第 3 態様：載置面 S F に第 1 物体 B J 1 と第 2 物体 B J 2 とが載置されている態様

40

【 0 0 8 8 】

外力によって物体 B J を振動させる場合に、その状態は次の式 (1) で示す運動方程式で表される。

$$M \times U'' + C \times U' + K \times U = P \quad (1)$$

50

ここで、マトリックスMは、質量マトリックスを示し、マトリックスCは、減衰マトリックスを示し、マトリックスKは、剛性マトリックスを示す。ベクトルUは、変位ベクトルを示し、ベクトルPは外力ベクトルを示す。

【0089】

第0態様～第3態様の各々において、質量マトリックスM、減衰マトリックスC及び剛性マトリックスKは一定であるため、第0態様～第3態様の各々に対応する運動方程式は、次の式(2)～式(5)で表される。

$$M \times U_0'' + C \times U_0' + K \times U_0 = I \quad (2)$$

$$M \times U_1'' + C \times U_1' + K \times U_1 = I + W_1 \quad (3)$$

$$M \times U_2'' + C \times U_2' + K \times U_2 = I + W_2 \quad (4)$$

$$M \times U_3'' + C \times U_3' + K \times U_3 = I + W_1 + W_2 \quad (5)$$

ここで、変位ベクトルU₀は、第0態様における変位ベクトルを示し、変位ベクトルU₁は、第1態様における変位ベクトルを示し、変位ベクトルU₂は、第2態様における変位ベクトルを示し、変位ベクトルU₃は、第3態様における変位ベクトルを示す。外力Iは、加振器32が載置面SFに付与する外力を示す。外力W₁は、第1物体B_{J1}が載置面SFに付与する外力を示す。外力W₂は、第2物体B_{J2}が載置面SFに付与する外力を示す。「 $''$ 」は2階微分を示し、「 $'$ 」は1階微分を示す。

【0090】

微分の線形性を考慮すると、式(2)～式(4)から次の式(6)(=式(4)+式(3)-式(2))が導出される。

$$M \times (U_2 + U_1 - U_0)'' + C \times (U_2 + U_1 - U_0)' + K \times (U_2 + U_1 - U_0) = I + W_1 + W_2 \quad (6)$$

式(5)と式(6)とを比較することによって、次の式(7)が得られる。

$$U_3 = U_2 + U_1 - U_0 \quad (7)$$

式(7)から、載置面SFに第1物体B_{J1}と第2物体B_{J2}とが載置されている場合の載置板31の変位は、以下のようにして求められる。すなわち、載置面SFに第1物体B_{J1}が載置されている場合の載置板31の変位と、載置面SFに第2物体B_{J2}が載置されている場合の載置板31の変位との和から、載置面SFに物体B_Jが載置されていない場合の載置板31の変位を減じることによって求められる。

【0091】

また、振幅スペクトルSPについても、式(7)と同様の関係が成立すると推定されるため、載置面SFに第1物体B_{J1}と第2物体B_{J2}とが載置されている場合の第3振幅スペクトルSP₃を、図16(a)及び図16(b)を参照して、以下のようにして推定する。

【0092】

図16(a)は、第1振幅スペクトルSP₁と、第4振幅スペクトルSP₄と、第5振幅スペクトルSP₅との生成方法の一例を示す図である。図16(a)に示すように、第1振幅スペクトルSP₁は、載置面SF上に物体B_Jが載置されていない場合の振幅スペクトルSPを示す。第4振幅スペクトルSP₄は、載置面SFに第1物体B_{J1}だけが載置されている場合の振幅スペクトルSPを示す。第5振幅スペクトルSP₅は、載置面SFに第2物体B_{J2}だけが載置されている場合の振幅スペクトルSPを示す。

【0093】

図16(b)は、第3振幅スペクトルSP₃の推定方法の一例を示す図である。図16(b)に示すように、図4に示す生成部114は、第1振幅スペクトルSP₁と、第2振幅スペクトルSP₂とに基づき、第3振幅スペクトルSP₃を生成する。具体的には、生成部114は、第4振幅スペクトルSP₄と第5振幅スペクトルSP₅との周波数F毎の振幅Bの和を示す和スペクトルSP_Sを生成する。そして、生成部114は、和スペクトルSP_Sと第1振幅スペクトルSP₁との周波数F毎の振幅Bの差を第3振幅スペクトルSP₃の推定スペクトルSP_{3G}として生成する。「推定スペクトルSP_{3G}」は、第1振幅スペクトルSP₁と、第2振幅スペクトルSP₂とに基づいて第3振幅スペクトルS

10

20

30

40

50

P 3 を推定したスペクトルを示す。

【 0 0 9 4 】

図 1 6 (c) は、第 3 振幅スペクトル S P 3 の生成方法の一例を示す図である。図 1 6 (c) に示すように、載置面 S F に第 1 物体 B J 1 と第 2 物体 B J 2 とが載置されている場合に、検出信号 S G を図 4 に示す振動取得部 1 1 2 が検出し、変換部 1 1 3 が、検出信号 S G に対してフーリエ変換を実行し、第 3 振幅スペクトル S P 3 の実測スペクトル S P 3 A を生成する。「実測スペクトル S P 3 A」は、検出信号 S G に対してフーリエ変換を実行して生成された第 3 振幅スペクトル S P 3 を示す。第 3 振幅スペクトル S P 3 は、「推定スペクトル S P 3 G」と「実測スペクトル S P 3 A」とを含む。

【 0 0 9 5 】

学習部 1 1 5 は、第 3 振幅スペクトル S P 3 を学習する。具体的には、学習部 1 1 5 は、推定スペクトル S P 3 G を学習する。例えば、学習部 1 1 5 は、SVM (Support Vector Machine) によって推定スペクトル S P 3 G を学習する。

【 0 0 9 6 】

物体検出部 1 1 6 は、学習部 1 1 5 の学習結果に基づいて、物体 B J 1 の位置 P S 1 及び種類 T P 1 と、物体 B J 2 の位置 P S 2 及び種類 T P 2 とを検出する。

【 0 0 9 7 】

次に、図 1 7 ~ 図 1 9 を参照して、制御部 1 1 の処理について説明する。図 1 7 は、2 つの物体 B J の位置 P S と種類 T P とを検出する場合の制御部 1 1 の処理の一例を示すフローチャートである。

図 1 7 に示すように、ステップ S 1 0 1 において、振動取得部 1 1 2 は、載置面 S F 上に物体 B J が載置されていない場合の検出信号 S G を振動検出器 3 3 から取得する。

次に、ステップ S 1 0 3 において、生成部 1 1 4 は、第 1 振幅スペクトル S P 1 を生成する。

次に、ステップ S 1 0 5 において、振動取得部 1 1 2 は、載置面 S F 上に第 1 物体 B J 1 が載置されている場合の検出信号 S G を振動検出器 3 3 から取得する。

次に、ステップ S 1 0 7 において、生成部 1 1 4 は、第 4 振幅スペクトル S P 4 を生成する。

【 0 0 9 8 】

次に、ステップ S 1 0 9 において、振動取得部 1 1 2 は、載置面 S F 上に第 2 物体 B J 2 が載置されている場合の検出信号 S G を振動検出器 3 3 から取得する。

次に、ステップ S 1 1 1 において、生成部 1 1 4 は、第 5 振幅スペクトル S P 5 を生成する。

次に、ステップ S 1 1 3 において、生成部 1 1 4 は、第 1 振幅スペクトル S P 1、第 4 振幅スペクトル S P 4 及び第 5 振幅スペクトル S P 5 に基づいて、推定スペクトル S P 3 G を生成する。

次に、ステップ S 1 1 5 において、制御部 1 1 は、「学習処理」を実行する。「学習処理」は、推定スペクトル S P 3 G を学習する処理を示す。「学習処理」については、後述にて図 1 8 を参照して詳細に説明する。

次に、ステップ S 1 1 7 において、制御部 1 1 は、「検出評価処理」を実行し、処理が終了する。「検出評価処理」は、物体 B J 1 の位置 P S 1 及び種類 T P 1 と、物体 B J 2 の位置 P S 2 及び種類 T P 2 とを検出し、検出結果を評価する処理を示す。「検出評価処理」については、後述にて図 1 9 を参照して詳細に説明する。

【 0 0 9 9 】

図 1 8 は、制御部 1 1 の「学習処理」の一例を示すフローチャートである。

図 1 8 に示すように、まず、ステップ S 2 0 1 において、振動取得部 1 1 2 は、載置面 S F 上に第 1 物体 B J 1 と第 2 物体 B J 2 とが載置されている場合の検出信号 S G を振動検出器 3 3 から取得する。

次に、ステップ S 2 0 3 において、変換部 1 1 3 は、検出信号 S G に対して F F T を実行し、実測スペクトル S P 3 A を生成する。

10

20

30

40

50

次に、ステップ S 2 0 5 において、学習部 1 1 5 は、推定スペクトル S P 3 G を学習し、処理が図 1 7 のステップ S 1 1 7 にリターンする。

【 0 1 0 0 】

図 1 9 は、制御部 1 1 の「検出評価処理」の一例を示すフローチャートである。

図 1 9 に示すように、まず、ステップ S 3 0 1 において、載置面 S F 上に第 1 物体 B J 1 と第 2 物体 B J 2 とを載置して、振動取得部 1 1 2 が検出信号 S G を振動検出器 3 3 から取得する。

次に、ステップ S 3 0 3 において、変換部 1 1 3 は、検出信号 S G に対して F F T を実行し、実測スペクトル S P 3 A を生成する。

次に、ステップ S 3 0 5 において、物体検出部 1 1 6 は、実測スペクトル S P 3 A と、推定スペクトル S P 3 G の学習結果とに基づいて、第 1 物体 B J 1 の位置 P S 1 及び種類 T P 1 と、物体 B J 2 の位置 P S 2 及び種類 T P 2 とを検出する。

次に、ステップ S 3 0 7 において、物体検出部 1 1 6 の検出結果を評価して、処理が終了する。

【 0 1 0 1 】

< 2 つの物体 B J の位置 P S と種類 T P とを検出する実験 >

まず、実験方法について説明する。物体 B J を載置する位置は、3 箇所の位置うちのいずれか 1 つの位置であった。3 箇所の位置とは、載置面 S F の中心線 C L 上の X 軸方向の端部から 3 0 m m の位置と、X 軸方向の端部から 1 6 0 m m の位置と X 軸方向の端部から 2 9 0 m m の位置とであった。物体 B J の種類 T P として、机上に載置される物体 B J と、冷蔵庫に収納される物体 B J とを選定した。具体的には、机上に載置される物体 B J として、「マグカップ」と「ノート」と「ペン」との 3 つを選定し、冷蔵庫に収納される物体 B J として、「りんご」と「たまねぎ」と「みかん」とを選定した。以下では、「マグカップ」、「ノート」及び「ペン」の 3 種類の物体 B J を用いる場合を、「机パターン」と記載し、「りんご」、「たまねぎ」及び「みかん」の 3 種類の物体 B J を用いる場合を、「冷蔵庫パターン」と記載する。

【 0 1 0 2 】

「机パターン」及び「冷蔵庫パターン」の各々について、3 種類の物体 B J のうちの 1 種類の物体 B J を 1 つの位置に配置する 9 通りの場合について、それぞれ 1 2 回の実験を行い、1 0 8 個 (= 9 × 1 2) の振幅スペクトル S P を生成した。1 つの位置は、3 箇所の位置のうちのいずれか 1 つの位置を示す。また、3 種類の物体 B J のうちの 2 種類の物体 B J の各々を、1 つの位置に配置する 1 8 通りの場合について、それぞれ 1 2 回の実験を行い、2 1 6 個 (= 1 8 × 1 2) の振幅スペクトル S P を生成した。

【 0 1 0 3 】

そして、3 種類の物体 B J のうちの 2 種類の物体 B J を 2 つの位置に配置する 1 8 通りの場合の各々について、第 3 振幅スペクトル S P 3 の推定スペクトル S P 3 G を学習した。そして、第 3 振幅スペクトル S P 3 の実測スペクトル S P 3 A と、第 3 振幅スペクトル S P 3 の推定スペクトル S P 3 G の学習結果とに基づいて、位置 P S 1、位置 P S 2、種類 T P 1 及び種類 T P 2 を検出し、検出結果を評価した。具体的には、交差検証によって位置 P S 1、位置 P S 2、種類 T P 1 及び種類 T P 2 の識別率を求めた。

【 0 1 0 4 】

次に、図 2 0 を参照して、2 つの物体 B J の位置 P S 及び種類 T P を検出する実験の結果について説明する。図 2 0 に示すように、「机パターン」での識別率は以下の通りであった。第 1 振動検出器 3 3 1 の検出信号 S G を用いて振幅スペクトル S P を生成した場合の識別率が 8 6 . 1 % であった。第 2 振動検出器 3 3 2 の検出信号 S G を用いて振幅スペクトル S P を生成した場合の識別率が 9 5 . 4 % であった。第 1 振動検出器 3 3 1 の検出信号 S G と第 2 振動検出器 3 3 2 の検出信号 S G とを用いて振幅スペクトル S P を生成した場合の識別率が 9 6 . 8 % であった。

【 0 1 0 5 】

「冷蔵庫パターン」での識別率は以下の通りであった。第 1 振動検出器 3 3 1 の検出信

10

20

30

40

50

号SGを用いて振幅スペクトルSPを生成した場合の識別率が95.8%であった。第2振動検出器332の検出信号SGを用いて振幅スペクトルSPを生成した場合の識別率が97.2%であった。第1振動検出器331の検出信号SGと第2振動検出器332の検出信号SGとを用いて振幅スペクトルSPを生成した場合の識別率が98.6%であった。

【0106】

このように、第1振動検出器331の検出信号SGのみを用いる場合、及び第2振動検出器332の検出信号SGのみを用いる場合と比較して、第1振動検出器331の検出信号SGと第2振動検出器332の検出信号SGとを用いることによって、高い識別率が得られた。

10

【0107】

以上、図1～図4及び図16～図20を参照して説明したように、本発明の実施形態では、振幅スペクトルSPの学習結果に基づいて、載置面SFに載置された複数の(ここでは、2つの)物体BJの状態ST(ここでは、位置PS及び種類TP)を検出する。したがって、載置面SF上に載置される複数の物体BJの状態STを更に正確に検出できる。

【0108】

更に、学習部115は、載置面SF上に第1物体BJ1と第2物体BJ2とが載置される場合の振幅スペクトルSPを、第1振幅スペクトルSP1と、第2振幅スペクトルSP2とに基づいて学習する。そして、物体検出部116は、学習部115の学習結果に基づいて、第1物体BJ1と第2物体BJ2との各々の状態ST(ここでは、位置PS及び種類TP)を検出する。したがって、第1物体BJ1と第2物体BJ2との各々の状態STを検出できる。

20

【0109】

また、第1振幅スペクトルSP1と、第2振幅スペクトルSP2とに基づき、第3振幅スペクトルSP3(具体的には、推定スペクトルSP3G)を生成する。第3振幅スペクトルSP3は、載置面SF上に第1物体BJ1と第2物体BJ2とが載置されている場合の振幅スペクトルSPを示す。学習部115は第3振幅スペクトルSP3を学習し、物体検出部116は、学習結果に基づいて、第1物体BJ1と第2物体BJ2との各々の状態ST(ここでは、位置PS及び種類TP)を検出する。したがって、簡素な構成で、第1物体BJ1と第2物体BJ2との各々の状態STを正確に検出できる。

30

【0110】

また、載置面SF上に第1物体BJ1が載置されている場合の振幅スペクトルSPを示す第4振幅スペクトルSP4と、載置面SF上に第2物体BJ2が載置されている場合の振幅スペクトルSPを示す第5振幅スペクトルSP5とを生成する。そして、第4振幅スペクトルSP4と第5振幅スペクトルSP5との周波数F毎の振幅Bの和を示す和スペクトルSPSを生成し、和スペクトルSPSと第1振幅スペクトルSP1との周波数F毎の振幅Bの差を第3振幅スペクトルSP3(具体的には、推定スペクトルSP3G)として生成する。更に、第3振幅スペクトルSP3を学習し、学習結果に基づいて、第1物体BJ1の位置PS1及び種類TP1と第2物体BJ2の位置PS2及び種類TP2とを検出する。したがって、簡素な構成で、第1物体BJ1の位置PS1及び種類TP1と第2物体BJ2の位置PS2及び種類TP2とを正確に検出できる。

40

【0111】

なお、本発明の実施形態では、第1物体BJ1の位置PS1及び種類TP1と第2物体BJ2の位置PS2及び種類TP2とを検出したが、本発明はこれに限定されない。第1物体BJ1の状態STと第2物体BJ2の状態STとを検出すればよい。

【0112】

<3つの物体BJの位置PSと種類TPとの検出>

次に、図1～図4及び図21～図22を参照して、3つの物体BJ(物体BJ1、物体BJ2及び物体BJ3)が載置面SFに載置された場合において、物体BJ1、物体BJ2及び物体BJ3の各々の位置PSと種類TPとを検出する処理について説明する。

50

【 0 1 1 3 】

図 1 ~ 図 4 及び図 1 6 ~ 図 2 0 を参照して、2つの物体 B J (物体 B J 1 及び物体 B J 2) が載置面 S F に載置された場合について、式 (7) を導出したが、同様にして、次の (8) が得られる。

$$U 4 = U 3 + U 2 + U 1 - 2 \times U 0 \quad (8)$$

ただし、変位ベクトル U 4 は、載置面 S F に第 1 物体 B J 1 と第 2 物体 B J 2 と第 3 物体 B J 3 が載置されている状態における変位ベクトルを示し、変位ベクトル U 3 は、載置面 S F に第 2 物体 B J 2 が載置されている状態における変位ベクトルを示す点で、式 (7) と相違している。

【 0 1 1 4 】

式 (8) から、載置面 S F に第 1 物体 B J 1 と第 2 物体 B J 2 と第 3 物体 B J 3 とが載置されている場合の変位は、以下のようにして求められる。すなわち、載置面 S F に第 1 物体 B J 1 が載置されている場合の変位と、載置面 S F に第 2 物体 B J 2 が載置されている場合の変位と、載置面 S F に第 3 物体 B J 3 が載置されている場合の変位との和を求める。そして、3つの変位の和から載置面 S F に物体 B J が載置されていない場合の変位の 2 倍を減じることによって求められる。

【 0 1 1 5 】

また、振幅スペクトル S P についても、式 (8) と同様の関係が成立すると推定されるため、載置面 S F に第 1 物体 B J 1 と第 2 物体 B J 2 と第 3 物体 B J 3 とが載置されている場合の第 3 振幅スペクトル S P 3 を、図 2 1 を参照して、以下のようにして推定する。

【 0 1 1 6 】

図 2 1 (a) は、第 1 振幅スペクトル S P 1 と、第 4 振幅スペクトル S P 4 と、第 5 振幅スペクトル S P 5 と、第 6 振幅スペクトル S P 6 との生成方法の一例を示す図である。図 2 1 (a) に示すように、第 1 振幅スペクトル S P 1 は、載置面 S F 上に物体 B J が載置されていない場合の振幅スペクトル S P を示す。第 4 振幅スペクトル S P 4 は、載置面 S F に第 1 物体 B J 1 だけが載置されている場合の振幅スペクトル S P を示す。第 5 振幅スペクトル S P 5 は、載置面 S F に第 2 物体 B J 2 だけが載置されている場合の振幅スペクトル S P を示す。第 6 振幅スペクトル S P 6 は、載置面 S F に第 3 物体 B J 3 だけが載置されている場合の振幅スペクトル S P を示す。

【 0 1 1 7 】

図 2 1 (b) は、第 3 振幅スペクトル S P 3 の推定方法の一例を示す図である。図 2 1 (b) に示すように、図 4 に示す生成部 1 1 4 は、第 1 振幅スペクトル S P 1 と、第 2 振幅スペクトル S P 2 とに基づき、第 3 振幅スペクトル S P 3 を生成する。具体的には、生成部 1 1 4 は、第 4 振幅スペクトル S P 4 と第 5 振幅スペクトル S P 5 と第 6 振幅スペクトル S P 6 との周波数 F 毎の振幅 B の和を示す和スペクトル S P S を生成する。そして、生成部 1 1 4 は、和スペクトル S P S と第 1 振幅スペクトル S P 1 の 2 倍の振幅 B の振幅スペクトル S P との周波数 F 毎の振幅 B の差を第 3 振幅スペクトル S P 3 の推定スペクトル S P 3 G として生成する。

【 0 1 1 8 】

図 2 1 (c) は、第 3 振幅スペクトル S P 3 の生成方法の一例を示す図である。図 2 1 (c) に示すように、載置面 S F に第 1 物体 B J 1 と第 2 物体 B J 2 と第 3 物体 B J 3 とが載置されている場合に、検出信号 S G を図 4 に示す振動取得部 1 1 2 が検出し、変換部 1 1 3 が、検出信号 S G に対してフーリエ変換を実行し、第 3 振幅スペクトル S P 3 の実測スペクトル S P 3 A を生成する。

【 0 1 1 9 】

学習部 1 1 5 は、第 3 振幅スペクトル S P 3 を学習する。具体的には、学習部 1 1 5 は、推定スペクトル S P 3 G を学習する。例えば、学習部 1 1 5 は、SVM によって推定スペクトル S P 3 G を学習する。

【 0 1 2 0 】

物体検出部 1 1 6 は、学習部 1 1 5 の学習結果に基づいて、物体 B J 1 の位置 P S 1 及

10

20

30

40

50

び種類 T P 1 と、物体 B J 2 の位置 P S 2 及び種類 T P 2 と、物体 B J 3 の位置 P S 3 及び種類 T P 3 とを検出する。

【 0 1 2 1 】

< 3 つの物体 B J の位置 P S と種類 T P とを検出する実験 >

まず、実験方法について説明する。物体 B J を載置する位置は、3 箇所の位置うちのいずれか 1 つの位置であった。3 箇所の位置とは、載置面 S F の中心線 C L 上の X 軸方向の端部から 3 0 m m の位置と、X 軸方向の端部から 1 6 0 m m の位置と、X 軸方向の端部から 2 9 0 m m の位置とであった。物体 B J の種類 T P として、机上に載置される物体 B J と、冷蔵庫に収納される物体 B J とを選定した。具体的には、机上に載置される物体 B J として、「マグカップ」と「ノート」と「ペン」との 3 つを選定し、冷蔵庫に収納される物体 B J として、「りんご」と「たまねぎ」と「みかん」とを選定した。以下では、「マグカップ」、「ノート」及び「ペン」の 3 種類の物体 B J を用いる場合を、「机パターン」と記載し、「りんご」、「たまねぎ」及び「みかん」の 3 種類の物体 B J を用いる場合を、「冷蔵庫パターン」と記載する。

10

【 0 1 2 2 】

「机パターン」及び「冷蔵庫パターン」の各々について、3 種類の物体 B J のうちの 1 種類の物体 B J を 1 つの位置に配置する 9 通りの場合について、それぞれ 1 2 回の実験を行い、1 0 8 個 (= 9 × 1 2) の振幅スペクトル S P を生成した。1 つの位置は、3 箇所の位置のうちのいずれか 1 つの位置を示す。また、3 種類の物体 B J の各々を、1 つの位置に配置する 6 通りの場合について、それぞれ 1 2 回の実験を行い、7 2 個 (= 6 × 1 2) の振幅スペクトル S P を生成した。

20

【 0 1 2 3 】

そして、3 種類の物体 B J の各々を 1 つの位置に配置する 6 通りの場合の各々について、第 3 振幅スペクトル S P 3 の推定スペクトル S P 3 G を学習した。そして、第 3 振幅スペクトル S P 3 の実測スペクトル S P 3 A と、第 3 振幅スペクトル S P 3 の推定スペクトル S P 3 G の学習結果とに基づいて、位置 P S 1、位置 P S 2、位置 P S 3、種類 T P 1、種類 T P 2 及び種類 T P 3 を検出し、検出結果を評価した。具体的には、交差検証によって識別率を求めた。

【 0 1 2 4 】

次に、図 2 1 を参照して、2 つの物体 B J の位置 P S 及び種類 T P を検出する実験の結果について説明する。図 2 0 に示すように、「机パターン」での識別率は以下の通りであった。第 1 振動検出器 3 3 1 の検出信号 S G を用いて振幅スペクトル S P を生成した場合の識別率が 9 7 . 2 % であった。第 2 振動検出器 3 3 2 の検出信号 S G を用いて振幅スペクトル S P を生成した場合の識別率が 9 8 . 6 % であった。第 1 振動検出器 3 3 1 の検出信号 S G と第 2 振動検出器 3 3 2 の検出信号 S G とを用いて振幅スペクトル S P を生成した場合の識別率が 1 0 0 % であった。

30

【 0 1 2 5 】

「冷蔵庫パターン」での識別率は以下の通りであった。第 1 振動検出器 3 3 1 の検出信号 S G を用いて振幅スペクトル S P を生成した場合の識別率が 9 1 . 7 % であった。第 2 振動検出器 3 3 2 の検出信号 S G を用いて振幅スペクトル S P を生成した場合の識別率が 9 8 . 6 % であった。第 1 振動検出器 3 3 1 の検出信号 S G と第 2 振動検出器 3 3 2 の検出信号 S G とを用いて振幅スペクトル S P を生成した場合の識別率が 9 8 . 6 % であった。

40

【 0 1 2 6 】

以上、図 1 ~ 図 4 及び図 2 1 ~ 図 2 2 を参照して説明したように、本発明の実施形態では、第 4 振幅スペクトル S P 4 と、第 5 振幅スペクトル S P 5 と、第 6 振幅スペクトル S P 6 とを生成する。第 4 振幅スペクトル S P 4 は、載置面 S F 上に第 1 物体 B J 1 が載置されている場合の振幅スペクトル S P を示す。第 5 振幅スペクトル S P 5 は、載置面 S F 上に第 2 物体 B J 2 が載置されている場合の振幅スペクトル S P を示す。第 6 振幅スペクトル S P 6 は、載置面 S F 上に第 3 物体 B J 3 が載置されている場合の振幅スペクトル S

50

Pを示す。そして、和スペクトルSPSを生成する。和スペクトルSPSは、第4振幅スペクトルSP4と第5振幅スペクトルSP5と第6振幅スペクトルSP6との周波数F毎の振幅Bの和を示す。次に、差スペクトルSPDを生成する。差スペクトルSPDは、和スペクトルSPSと第1振幅スペクトルSP1との周波数F毎の振幅Bの差を示す。また、差スペクトルSPDと第1振幅スペクトルSP1との周波数F毎の振幅Bの差を第3振幅スペクトルSP3（具体的には、推定スペクトルSP3G）として生成する。更に、第3振幅スペクトルSP3を学習し、学習結果に基づいて、第1物体BJ1の状態ST1（ここでは、位置PS1及び種類TP1）と、第2物体BJ2の状態ST2（ここでは、位置PS2及び種類TP2）と、第3物体BJ3の状態ST3（ここでは、位置PS3及び種類TP3）とを検出する。したがって、簡素な構成で、第1物体BJ1の状態ST1と第2物体BJ2の状態ST2と第3物体BJ3の状態ST3とを正確に検出できる。

【0127】

なお、本発明の実施形態では、第1物体BJ1の位置PS1及び種類TP1と、第2物体BJ2の位置PS2及び種類TP2と、物体BJ3の位置PS3及び種類TP3とを検出したが、本発明はこれに限定されない。第1物体BJ1の状態STと第2物体BJ2の状態STと第3物体BJ3の状態ST3とを検出すればよい。

【0128】

以上、図面を参照しながら本発明の実施形態について説明した。ただし、本発明は、上記の実施形態に限られるものではなく、その要旨を逸脱しない範囲で種々の態様において実施することが可能である（例えば、下記に示す（1）～（5））。図面は、理解しやすくするために、それぞれの構成要素を主体に模式的に示しており、図示された各構成要素の厚み、長さ、個数等は、図面作成の都合上から実際とは異なる。また、上記の実施形態で示す各構成要素の形状、寸法等は一例であって、特に限定されるものではなく、本発明の構成から実質的に逸脱しない範囲で種々の変更が可能である。

【0129】

（1）本実施形態では、図1を参照して説明したように、載置面SFが載置板31の上表面であり、且つ載置板31が矩形の亚克力板であるが、本発明はこれに限定されない。載置板31は、載置面SFを有すればよい。例えば、載置板31が円形でもよいし、載置板31が金属製でもよい。

【0130】

（2）本実施形態では、図1を参照して説明したように、加振器32が載置板31の下面に配置されるが、本発明はこれに限定されない。加振器32が載置板31に配置されればよい。例えば、加振器32が載置板31の載置面SFに配置されてもよい。

【0131】

（3）本実施形態では、図1を参照して説明したように、振動検出器33が載置板31の下面に配置されるが、本発明はこれに限定されない。振動検出器33が載置板31に配置されればよい。例えば、振動検出器33が載置板31の載置面SFに配置されてもよい。

【0132】

（4）本実施形態では、図1を参照して説明したように、制御部11がパーソナルコンピュータ1に配置されるが、物体検出装置100が制御部11を備えればよい。制御部11がタブレット端末装置に配置されてもよいし、制御部11がサーバー装置に配置されてもよい。

【0133】

（5）本実施形態では、図9を参照して説明したように、物体BJが机上に載置される物体BJ又は冷蔵庫に収納される物体BJであるが、本発明はこれに限定されない。物体BJは、載置面SFに載置されればよい。例えば、物体BJが、棚に陳列される物体BJでもよい。

【産業上の利用可能性】

【0134】

10

20

30

40

50

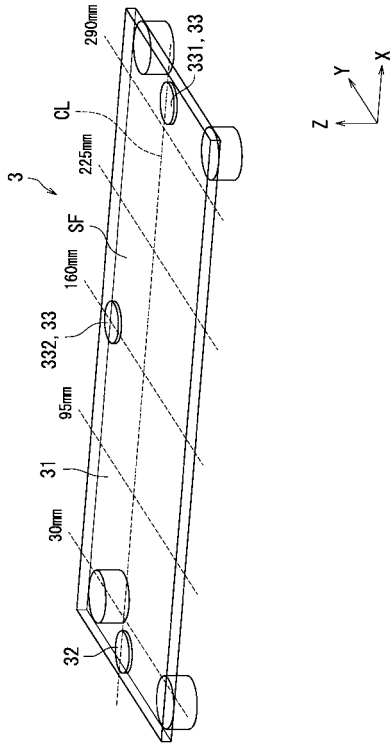
本発明は、載置面上に載置される物体の状態を検出する物体検出装置に利用可能である。

【符号の説明】

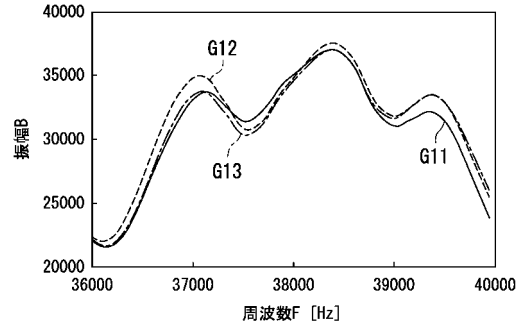
【0135】

100	物体検出装置	
1	パーソナルコンピュータ	
11	制御部	
11A	プロセッサ	
11B	記憶部	
111	振動付与部	10
112	振動検出部	
113	変換部	
114	生成部	
115	学習部	
116	物体検出部	
12	ディスプレイ	
2	オーディオインターフェース	
21	信号発生器	
3	検出装置本体	
31	載置板	20
32	加振器	
33	振動検出器	
331	第1振動検出器	
332	第2振動検出器	
34、341、342、343、344	支持体	
BJ	物体	
BJ1	第1物体	
BJ2	第2物体	
BJ3	第3物体	
SF	載置面	30
ST	状態	
PS	位置	
TP	種類	
PT	姿勢	
CT	内容量	
SP	振幅スペクトル	
SP1	第1振幅スペクトル	
SP2	第2振幅スペクトル	
SP3	第3振幅スペクトル	
SP4	第4振幅スペクトル	40
SP5	第5振幅スペクトル	
SP6	第6振幅スペクトル	
SPS	和スペクトル	
SPD	差スペクトル	
SG	音響信号	

【図5】



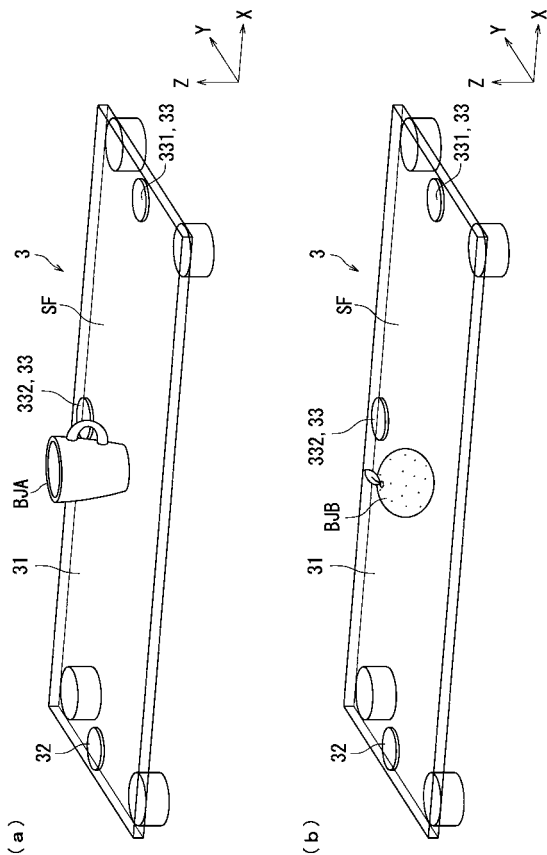
【図6】



【図7】

	第1振動検出器331	第2振動検出器332	第1振動検出器331 +第2振動検出器332
識別率[%]	85.5	85.5	89.2
平均絶対誤差 [mm]	2.35	0.621	0.377
標準偏差[mm]	4.73	0.516	0.411

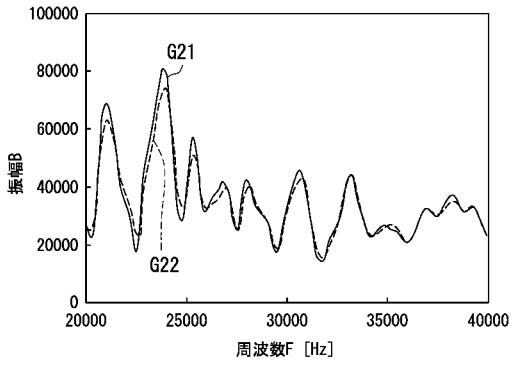
【図8】



【図9】

	物体BJ	質量M(g)
1	歯ブラシ	10
2	はさみ	22
3	ペン	33
4	腕時計	45
5	積み木	62
6	トランプ	69
7	お玉杓子	85
8	ゲームパッド	116
9	綿棒	123
10	スマートフォン	126
11	マウス	132
12	ポテト	140
13	髭剃り	165
14	歯磨き粉	178
15	缶	184
16	グラス	200
17	ノード	204
18	みかん	219
19	りんご	267
20	マグカップ	292
21	グラス(水100mL)	297
22	たまねぎ	318
23	スピーカー	476
24	キーボード	513
25	ペットボトル	542
26	ケトル	558

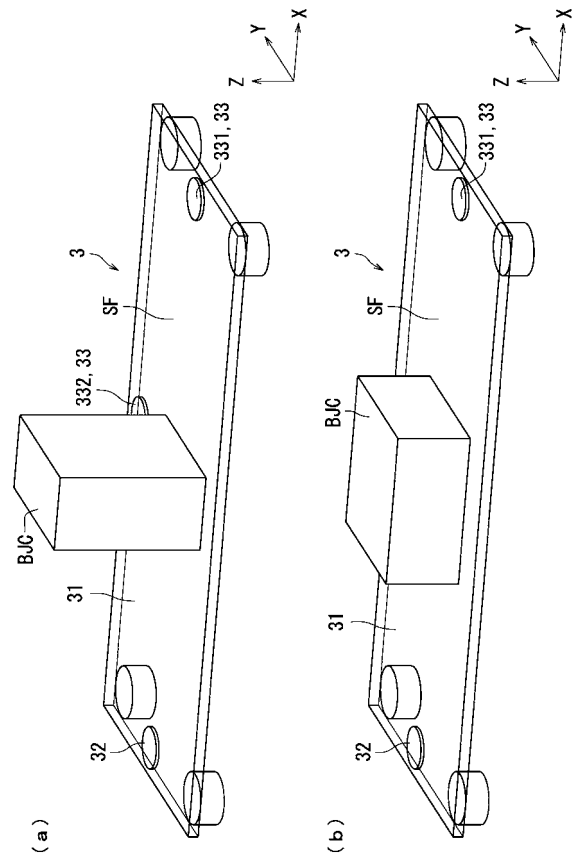
【図10】



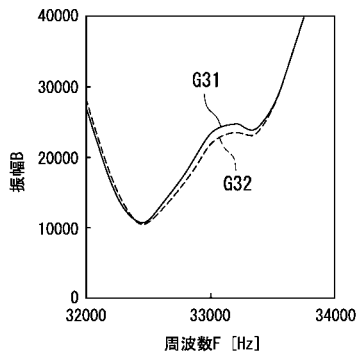
【図11】

	第1振動検出器331	第2振動検出器332	第1振動検出器331 +第2振動検出器332
ランダムに分割	98.2	95.5	98.9
セッションごとに分割	87.9	74.7	87.1

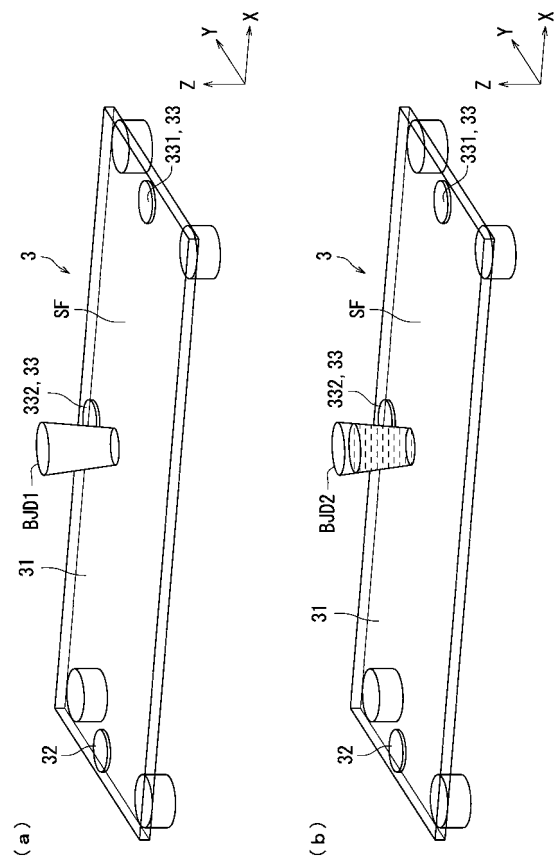
【図12】



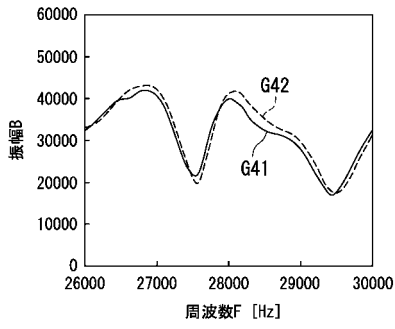
【図13】



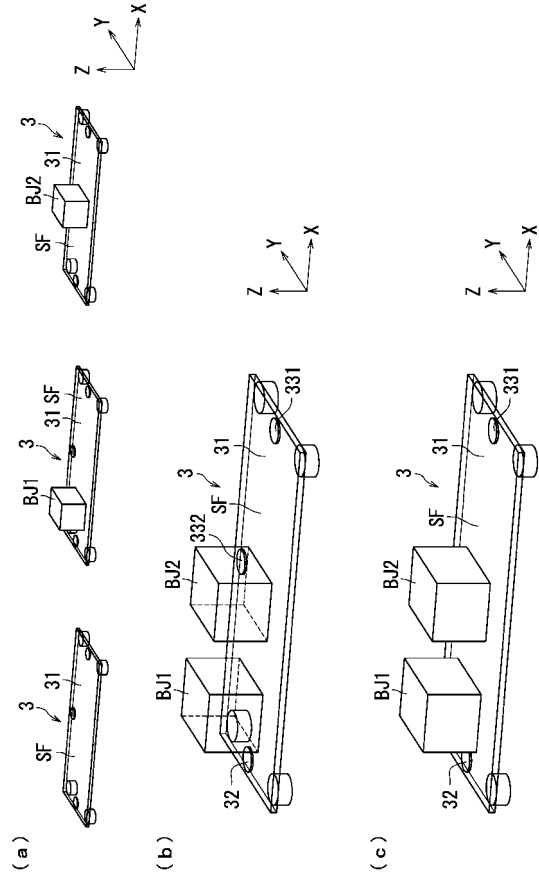
【図14】



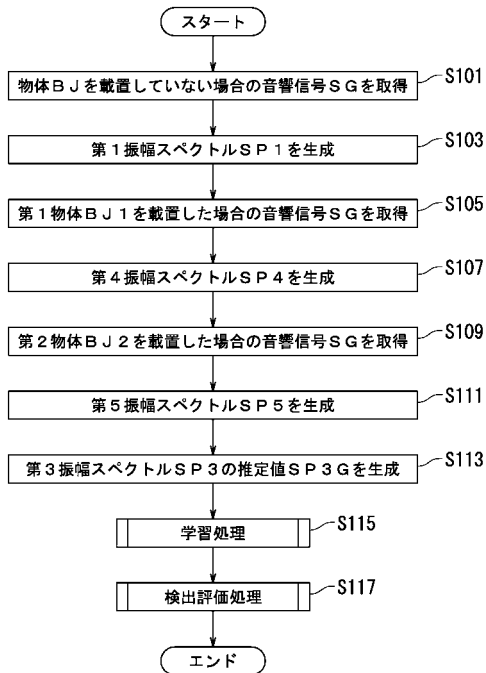
【 図 1 5 】



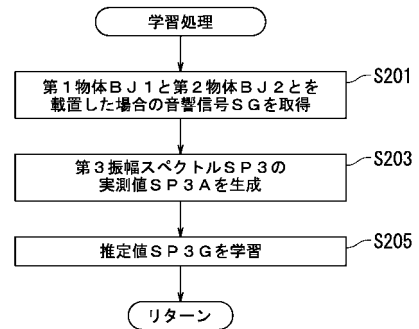
【 図 1 6 】



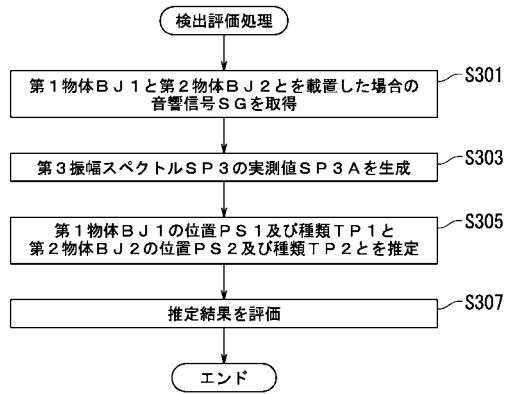
【 図 1 7 】



【 図 1 8 】



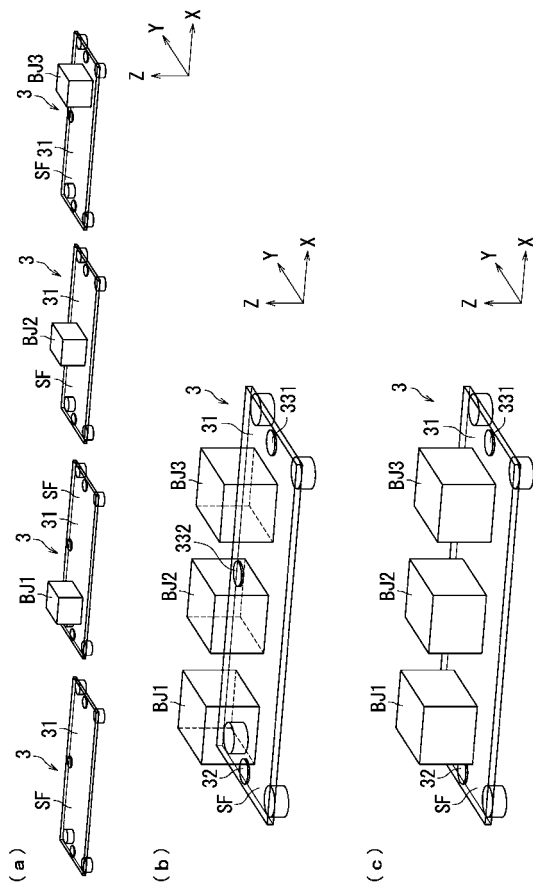
【 図 1 9 】



【 図 2 0 】

振動検出器	パターン	識別率
第1振動検出器331	机パターン	86.1%
	冷蔵庫パターン	95.8%
第2振動検出器332	机パターン	95.4%
	冷蔵庫パターン	97.2%
第1振動検出器331+第2振動検出器332	机パターン	96.8%
	冷蔵庫パターン	98.6%

【 図 2 1 】



【 図 2 2 】

振動検出器	パターン	識別率
第1振動検出器331	机パターン	97.2%
	冷蔵庫パターン	97.1%
第2振動検出器332	机パターン	98.6%
	冷蔵庫パターン	98.6%
第1振動検出器331+第2振動検出器332	机パターン	100%
	冷蔵庫パターン	98.6%