

(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B2)

(11)特許番号
特許第7603850号
(P7603850)

(45)発行日 令和6年12月20日(2024.12.20)

(24)登録日 令和6年12月12日(2024.12.12)

(51)国際特許分類

F I

G 0 1 P 13/00 (2006.01)

G 0 1 P 13/00

A

請求項の数 9 (全16頁)

(21)出願番号	特願2023-570514(P2023-570514)	(73)特許権者	000006013
(86)(22)出願日	令和3年12月27日(2021.12.27)		三菱電機株式会社
(86)国際出願番号	PCT/JP2021/048568		東京都千代田区丸の内二丁目7番3号
(87)国際公開番号	WO2023/127017	(73)特許権者	000236056
(87)国際公開日	令和5年7月6日(2023.7.6)		三菱電機ビルソリューションズ株式会社
審査請求日	令和6年2月19日(2024.2.19)		東京都千代田区有楽町一丁目7番1号
		(74)代理人	100116964
			弁理士 山形 洋一
		(74)代理人	100120477
			弁理士 佐藤 賢改
		(74)代理人	100135921
			弁理士 篠原 昌彦
		(74)代理人	100203677
			弁理士 山口 力
		(72)発明者	小林 翔一

最終頁に続く

(54)【発明の名称】 検査装置、検査方法、及び検査プログラム

(57)【特許請求の範囲】

【請求項1】

対象物の状態を検査する検査装置であって、
第1の感圧面を有し、前記対象物から前記第1の感圧面に加えられた第1の圧力に対応する第1の電気信号を出力する第1の圧力センサと、
第2の感圧面を有し、前記対象物から前記第2の感圧面に加えられた第2の圧力に対応する第2の電気信号を出力する第2の圧力センサと、
前記第1の電気信号と前記第2の電気信号とに基づいて、前記対象物の状態が、前記第1の感圧面と前記第2の感圧面との間に前記対象物が挟まれて把持されており前記第1の圧力センサと前記第2の圧力センサとが揺らされている把持加振状態であるか、又は前記第1の感圧面と前記第2の感圧面との間に前記対象物が挟まれて把持されており前記第1の圧力センサと前記第2の圧力センサとが揺らされていない把持静止状態であるか、を判定し、前記第1の電気信号と前記第2の電気信号との相互相関値が予め定められた第1の閾値以上の場合に、前記対象物は前記把持加振状態であると判定する加振状態判定部と、
を備えたことを特徴とする検査装置。

【請求項2】

前記第1の圧力センサと前記第2の圧力センサとを保持する、変形可能な保持部材を更に備え、
前記保持部材を人の身体部位に装着した状態で、前記第1の感圧面と前記第2の感圧面とが互いに向き合っている

ことを特徴とする請求項 1 に記載の検査装置。

【請求項 3】

前記保持部材は、手袋型のグローブであり、

前記第 1 の圧力センサと前記第 2 の圧力センサとは、前記グローブの親指の位置と、前記グローブの前記親指以外の指の位置とにそれぞれ配置された

ことを特徴とする請求項 2 に記載の検査装置。

【請求項 4】

前記加振状態判定部は、前記第 1 の電気信号の振幅と前記第 2 の電気信号の振幅とに基づいて、前記対象物の状態が、前記把持加振状態であるか又は前記把持静止状態であるかを判定する

ことを特徴とする請求項 1 から 3 のいずれか 1 項に記載の検査装置。

【請求項 5】

前記加振状態判定部は、前記第 1 の電気信号の位相と前記第 2 の電気信号の位相との差が予め定められた第 2 の閾値以上の場合に、前記対象物は前記把持加振状態であると判定する

ことを特徴とする請求項 1 から 4 のいずれか 1 項に記載の検査装置。

【請求項 6】

音に対応する第 4 の電気信号を出力するマイクと、

前記把持加振状態のときに、前記第 4 の電気信号に基づいて、前記対象物の締結部分に、
がたつきが有るか否かを判定する締結状態判定部と、

をさらに備えたことを特徴とする請求項 1 から 5 のいずれか 1 項に記載の検査装置。

【請求項 7】

前記加振状態判定部の判定結果を報知する報知部を更に備えたことを特徴とする請求項 1 から 6 のいずれか 1 項に記載の検査装置。

【請求項 8】

第 1 の感圧面を有し、対象物から前記第 1 の感圧面に加えられた第 1 の圧力に対応する第 1 の電気信号を出力する第 1 の圧力センサと、

第 2 の感圧面を有し、前記対象物から前記第 2 の感圧面に加えられた第 2 の圧力に対応する第 2 の電気信号を出力する第 2 の圧力センサと、

を備えた検査装置によって実施される、対象物の状態を検査する検査方法であって、

前記第 1 の電気信号と前記第 2 の電気信号とに基づいて、前記対象物の状態が、前記第 1 の感圧面と前記第 2 の感圧面との間に前記対象物が挟まれて把持されており前記第 1 の圧力センサと前記第 2 の圧力センサとが揺らされている把持加振状態であるか、又は前記第 1 の感圧面と前記第 2 の感圧面との間に前記対象物が挟まれて把持されており前記第 1 の圧力センサと前記第 2 の圧力センサとが揺らされていない把持静止状態であるか、を判定し、前記第 1 の電気信号と前記第 2 の電気信号との相互相関値が予め定められた第 1 の閾値以上の場合に、前記対象物は前記把持加振状態であると判定するステップを有する

ことを特徴とする検査方法。

【請求項 9】

第 1 の感圧面を有し、対象物から前記第 1 の感圧面に加えられた第 1 の圧力に対応する第 1 の電気信号を出力する第 1 の圧力センサと、

第 2 の感圧面を有し、前記対象物から前記第 2 の感圧面に加えられた第 2 の圧力に対応する第 2 の電気信号を出力する第 2 の圧力センサと、

を備え、前記対象物の状態を検査する検査装置の情報処理部に、

前記第 1 の電気信号と前記第 2 の電気信号とに基づいて、前記対象物の状態が、前記第 1 の感圧面と前記第 2 の感圧面との間に前記対象物が挟まれて把持されており前記第 1 の圧力センサと前記第 2 の圧力センサとが揺らされている把持加振状態であるか、又は前記第 1 の感圧面と前記第 2 の感圧面との間に前記対象物が挟まれて把持されており前記第 1 の圧力センサと前記第 2 の圧力センサとが揺らされていない把持静止状態であるか、を判定し、前記第 1 の電気信号と前記第 2 の電気信号との相互相関値が予め定められた第 1 の

10

20

30

40

50

閾値以上の場合に、前記対象物は前記把持加振状態であると判定するステップを実行させることを特徴とする検査プログラム。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本開示は、対象物の状態を検査するための検査装置、検査方法、及び検査プログラムに関する。

【背景技術】

【0002】

特許文献1は、手袋型のウェアラブルセンサに備えられた複数のセンサから出力された情報の組み合わせを照合して、身体動作を認識する動作照合部と、動作照合部で認識された身体動作に基づいて作業者の作業内容が正常に行われたかを判定する信号判定部と、信号判定部の判定結果を報知する報知部とを有する作業判定システムを開示している。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0003】

【文献】特開2020-064429号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

しかしながら、上記文献は、作業者が対象物を揺らしているかどうかを自動的に判定する方法を開示していない。このため、対象物を揺らして行う検査が実行されたかどうかを判定することができない。

【0005】

本開示の目的は、対象物が把持されて揺らされている状態であるかどうかを判定することを可能にする検査装置、検査方法、及び検査プログラムを提供することにある。

【課題を解決するための手段】

【0006】

本開示の検査装置は、対象物の状態を検査する検査装置であって、第1の感圧面を有し、前記対象物から前記第1の感圧面に加えられた第1の圧力に対応する第1の電気信号を出力する第1の圧力センサと、第2の感圧面を有し、前記対象物から前記第2の感圧面に加えられた第2の圧力に対応する第2の電気信号を出力する第2の圧力センサと、前記第1の電気信号と前記第2の電気信号とに基づいて、前記対象物の状態が、前記第1の感圧面と前記第2の感圧面との間に前記対象物が挟まれて把持されており前記第1の圧力センサと前記第2の圧力センサとが揺らされている把持加振状態であるか、又は前記第1の感圧面と前記第2の感圧面との間に前記対象物が挟まれて把持されており前記第1の圧力センサと前記第2の圧力センサとが揺らされていない把持静止状態であるか、を判定し、前記第1の電気信号と前記第2の電気信号との相互相関値が予め定められた第1の閾値以上の場合に、前記対象物は前記把持加振状態であると判定する加振状態判定部と、を備えたことを特徴とする。

【0007】

本開示の検査方法は、第1の感圧面を有し、対象物から前記第1の感圧面に加えられた第1の圧力に対応する第1の電気信号を出力する第1の圧力センサと、第2の感圧面を有し、前記対象物から前記第2の感圧面に加えられた第2の圧力に対応する第2の電気信号を出力する第2の圧力センサと、を備えた検査装置によって実施される、対象物の状態を検査する検査方法であって、前記第1の電気信号と前記第2の電気信号とに基づいて、前記対象物の状態が、前記第1の感圧面と前記第2の感圧面との間に前記対象物が挟まれて把持されており前記第1の圧力センサと前記第2の圧力センサとが揺らされている把持加振状態であるか、又は前記第1の感圧面と前記第2の感圧面との間に前記対象物が挟まれて把持されており前記第1の圧力センサと前記第2の圧力センサとが揺らされていない把

持静止状態であるか、を判定し、前記第１の電気信号と前記第２の電気信号との相互相関値が予め定められた第１の閾値以上の場合に、前記対象物は前記把持加振状態であると判定するステップを有することを特徴とする。

【発明の効果】

【０００８】

本開示の検査装置、検査方法、又は検査プログラムを用いれば、対象物が把持されて揺らされている状態であるかどうかを判定することができる。

【図面の簡単な説明】

【０００９】

【図１】実施の形態１に係る検査装置の構成を概略的に示す機能ブロック図である。

10

【図２】実施の形態１に係る検査装置の第１の圧力センサ及び第２の圧力センサを手袋型の保持部材であるグローブに備えた例を概略的に示す平面図である。

【図３】実施の形態１に係る検査装置を概略的に示す側面図である。

【図４】実施の形態１に係る検査装置のハードウェア構成の例を示す図である。

【図５】対象物が把持されていない状態である非把持状態を示す側面図である。

【図６】対象物が把持されている状態である把持静止状態を示す側面図である。

【図７】対象物が把持され且つ揺らされている状態である把持加振状態を示す側面図である。

【図８】実施の形態１に係る検査装置の第１の圧力センサ及び第２の圧力センサから出力される検出信号の例を示す波形図である。

20

【図９】実施の形態１に係る検査装置の動作を示すフローチャートである。

【図１０】実施の形態２に係る検査装置の構成を概略的に示す機能ブロック図である。

【図１１】実施の形態２に係る検査装置の第１の圧力センサ、第２の圧力センサ、及び加速度センサをグローブに備えた例を概略的に示す平面図である。

【図１２】実施の形態２に係る検査装置を概略的に示す側面図である。

【図１３】実施の形態２に係る検査装置のハードウェア構成の例を示す図である。

【図１４】実施の形態２に係る検査装置の第１の圧力センサ、第２の圧力センサ、及び加速度センサから出力される検出信号の例（「がたつき」が有る場合）を示す波形図である。

【図１５】実施の形態２に係る検査装置の第１の圧力センサ、第２の圧力センサ、及び加速度センサから出力される検出信号の例（「がたつき」が無い場合）を示す波形図である。

30

【図１６】実施の形態２に係る検査装置の動作を示すフローチャートである。

【発明を実施するための形態】

【００１０】

以下に、実施の形態に係る検査装置、検査方法、及び検査プログラムを、図面を参照しながら説明する。以下の実施の形態は、例にすぎず、実施の形態を適宜組み合わせること及び各実施の形態を適宜変更することが可能である。

【００１１】

実施の形態１．

図１は、実施の形態１に係る検査装置１の構成を概略的に示す機能ブロック図である。図１に示されるように、検査装置１は、第１の圧力センサ１０と、第２の圧力センサ２０と、加振状態判定部３１と、報知部３２とを備えている。加振状態判定部３１と報知部３２とは、情報処理装置３０の一部である。検査装置１は、実施の形態１に係る検査方法を実施することができる装置である。

40

【００１２】

検査装置１は、検査の対象物の状態を検査する装置である。対象物は、例えば、２つ以上の構造体と、これらを連結するボルト又はネジなどの連結部品と、を有する機器である。実施の形態１において、「対象物の状態の検査」とは、第１の圧力センサ１０と第２の圧力センサ２０との間に対象物が挟まれて把持された状態で第１の圧力センサ１０と第２の圧力センサ２０とが揺らされている（すなわち、加振されている）状態である「把持加振状態」Ｃ２であるか、又は、第１の圧力センサ１０と第２の圧力センサ２０との間に対

50

象物が挟まれて把持された状態で第１の圧力センサ１０と第２の圧力センサ２０とが揺らされていない（すなわち、加振されていない）状態である「把持静止状態」Ｃ１であるかの判定である。このときの、加振は、作業者が手で揺らす、又はロボットなどの機械のアームの先端（人の手に相当する部分）で揺らす、のいずれであってもよい。

【００１３】

第１の圧力センサ１０と第２の圧力センサ２０とは、例えば、作業者の手に装着される手袋型の保持部材であるグローブの指先の腹面にそれぞれ配置されている。保持部材には、第１の圧力センサ１０と第２の圧力センサ２０とが保持されている。保持部材は、変形可能な部材であり、保持部材を人の身体部位（例えば、手）に装着し、対象物を把持しようとした状態で、第１の圧力センサ１０の第１の感圧面１１と第２の圧力センサ２０の第２の感圧面２１とが互いに向き合っている。保持部材がグローブ４０である場合、第１の圧力センサ１０と第２の圧力センサ２０とは、グローブ４０の親指の位置と、グローブ４０の親指以外の指の位置とにそれぞれ配置される。一般に、第１の圧力センサ１０は、グローブ４０の親指の指先の腹面に配置され、第２の圧力センサ２０は、グローブ４０の人指し指の指先の腹面に配置される。保持部材の構造はこれに限定されない。

10

【００１４】

第１の圧力センサ１０及び第２の圧力センサ２０としては、公知のものを使用することができる。例えば、センサ面に印加された圧力（又は力）に応じて抵抗値が変化するセンサ素子と抵抗素子とを用いて、抵抗分圧により生成される電圧を計測し、計測された電圧と印加される圧力の関係に基づいて、印加された圧力を算出する構成が知られている。また、センサ素子は、例えば、静電容量式センサであってもよい。

20

【００１５】

加振状態判定部３１は、第１の圧力センサ１０から出力される第１の電気信号（すなわち、出力信号）Ｐ１及び第２の圧力センサ２０から出力される第２の電気信号（すなわち、出力信号）Ｐ２に基づいて、対象物５０の状態が、把持されていない状態である非把持状態Ｃ０、又は作業者がグローブ４０を装着した手で対象物５０を把持して静止している状態である把持静止状態Ｃ１、又は対象物５０を把持して加振している状態である把持加振状態Ｃ２のいずれであるかを判定する。報知部３２は、加振状態判定部３１の判定結果を報知する。

【００１６】

報知部３２は、加振状態判定部３１の判定結果、すなわち、対象物５０の状態の検査の結果を示す情報を、例えば、報知信号として検査結果を管理するデータ管理装置に送信する。また、報知部３２は、検査の結果を示す音（例えば、ブザーなどの電子音）又は表示を作業者に提供するためのスピーカ及び表示画面を備えてもよい。

30

【００１７】

図２は、第１の圧力センサ１０及び第２の圧力センサ２０を手袋型の保持部材であるグローブ４０に備えた例を概略的に示す平面図である。図３は、検査装置１を概略的に示す側面図である。グローブ４０は、作業者の身体の一部である手に装着される。この場合、検査装置１は、ウェアラブル検査装置である。また、グローブ４０の形状は、図示のものに限定されない。また、圧力センサの個数は、３個以上であってもよい。また、第１の圧力センサ１０及び第２の圧力センサ２０とは、同じ規格のものであることが望ましいが、異なる規格又は異なる種類のセンサであってもよい。

40

【００１８】

第１の圧力センサ１０は、第１の感圧面１１を有し、第１の感圧面１１に加えられた第１の圧力Ｆ１に対応する第１の電気信号Ｐ１を出力する。第２の圧力センサ２０は、第２の感圧面２１を有し、第２の感圧面２１に加えられた第２の圧力Ｆ２に対応する第２の電気信号Ｐ２を出力する。

【００１９】

加振状態判定部３１は、第１の電気信号Ｐ１と第２の電気信号Ｐ２とに基づいて、対象物５０の状態が、把持されていない状態である非把持状態Ｃ０であるか、又は第１の感圧

50

面 1 1 と第 2 の感圧面 2 1 との間に対象物 5 0 が挟まれて把持されており第 1 の圧力センサ 1 0 と第 2 の圧力センサ 2 0 とが揺らされている把持加振状態 C 2 であるか、又は第 1 の感圧面 1 1 と第 2 の感圧面 2 1 との間に対象物 5 0 が挟まれて把持されており第 1 の圧力センサ 1 0 と第 2 の圧力センサ 2 0 とが揺らされていない把持静止状態 C 1 であるか、を判定する。

【 0 0 2 0 】

図 4 は、実施の形態 1 に係る検査装置 1 のハードウェア構成の例を示す図である。図 4 に示されるように、検査装置 1 の情報処理装置 3 0 は、CPU (Central Processing Unit) などのプロセッサ 1 0 1 と、記憶装置であるメモリ 1 0 2 と、通信装置 1 0 3 と、インタフェース 1 0 4 とを有している。メモリ 1 0 2 は、例えば、RAM (Random Access Memory) などの半導体メモリである。

10

【 0 0 2 1 】

図 1 に示される情報処理装置 3 0 の各機能は、例えば、処理回路により実現される。処理回路は、専用のハードウェアであってもよく、又はメモリ 1 0 2 に格納されるプログラム (実施の形態に係る検査プログラムを含む。) を実行するプロセッサ 1 0 1 であってもよい。処理回路は、第 1 の圧力センサ 1 0 及び第 2 の圧力センサ 2 0 から出力される電圧を取得して変換するアナログ／デジタル (A/D) コンバータを含むマイクロコンピュータ又はシングルボードコンピュータ、などを用いて構成することができる。なお、情報処理装置 3 0 は、一部を専用のハードウェアで実現し、一部をソフトウェア又はファームウェアで実現するようにしてもよい。このように、処理回路は、ハードウェア、ソフトウェア、ファームウェア、又はこれらのうちのいずれかの組み合わせによって、上述の各機能を実現することができる。

20

【 0 0 2 2 】

図 2 及び図 3 では、加振状態判定部 3 1 及び報知部 3 2 を内包する情報処理装置 3 0 は、グローブ 4 0 上に配置されているが、情報処理装置 3 0 は、グローブ 4 0 から離れた位置に配置されてもよい。また、情報処理装置 3 0 は、互いに通信可能な複数のコンピュータに分散させるように構成されてもよい。

【 0 0 2 3 】

図 5 は、対象物 5 0 が把持されていない状態である非把持状態 C 0 を示す側面図である。図 5 は、第 1 の圧力センサ 1 0 の第 1 の感圧面 1 1 及び第 2 の圧力センサ 2 0 の第 2 の感圧面 2 1 が、対象物 5 0 に接触していない非把持状態 C 0 を示している。なお、対象物 5 0 は、部材 5 1 と 5 2 とが、連結部品 5 3、5 4 によって連結された構造を持つ。連結部品 5 3、5 4 は、例えば、ネジ又はボルトである。

30

【 0 0 2 4 】

図 6 は、対象物 5 0 が把持されている状態である把持静止状態 C 1 を示す側面図である。図 6 は、第 1 の圧力センサ 1 0 の第 1 の感圧面 1 1 及び第 2 の圧力センサ 2 0 の第 2 の感圧面 2 1 が、対象物 5 0 に接触している把持静止状態 C 1 を示している。図 6 では、グローブ 4 0 は揺らされていない静止状態なので、作業者の親指から第 1 の圧力センサ 1 0 を介して対象物 5 0 の下面に付与される第 1 の圧力 F 1 と、作業者の人差し指から第 2 の圧力センサ 2 0 を介して対象物 5 0 の上面に付与される第 2 の圧力 F 2 とは、ほぼ一定の値であり、互いにつり合っている。

40

【 0 0 2 5 】

図 7 は、対象物 5 0 が把持され且つ揺らされている状態である把持加振状態 C 2 を示す側面図である。図 7 は、第 1 の圧力センサ 1 0 の第 1 の感圧面 1 1 及び第 2 の圧力センサ 2 0 の第 2 の感圧面 2 1 が、対象物 5 0 に接触しており、第 1 の圧力センサ 1 0 及び第 2 の圧力センサ 2 0 が D 方向 (図において上方向及び下方向) に揺らされている把持加振状態 C 2 を示している。グローブ 4 0 は揺らされているので、対象物 5 0 の下面に付与される第 1 の圧力 F 1 と、対象物 5 0 の上面に付与される第 2 の圧力 F 2 とは、揺れに応じて変化しており、第 1 の圧力 F 1 と第 2 の圧力 F 2 の変化は互いに逆位相である。

【 0 0 2 6 】

50

図 8 は、実施の形態 1 に係る検査装置の第 1 の圧力センサ 10 及び第 2 の圧力センサ 20 から出力される第 1 及び第 2 の電気信号（「検出信号」ともいう。）P1、P2 の例を示す波形図である。図 8 において、時刻 0 から時刻 t_1 までの期間は、検査装置 1 は図 5 に示される状態であり、グローブ 40 が、対象物 50 に触れていない非把持状態 C0 であり、第 1 の圧力センサ 10 及び第 2 の圧力センサ 20 のいずれにも圧力が印加されていない。
【0027】

図 8 において、時刻 t_1 から時刻 t_2 までの期間は、検査装置 1 は、図 6 に示される状態であり、グローブ 40 に備えられた第 1 の圧力センサ 10 と第 2 の圧力センサ 20 で対象物 50 を挟み把持している把持静止状態 C1 である。このとき、第 1 の圧力センサ 10 と第 2 の圧力センサ 20 の双方に力が加わることで圧力は、同期して高い値を示す。

10

【0028】

図 8 において、時刻 t_2 から時刻 t_3 までの期間は、検査装置 1 は、グローブ 40 に備えられた第 1 の圧力センサ 10 と第 2 の圧力センサ 20 で対象物 50 を挟んで把持し、対象物 50 を挟む第 1 の圧力センサ 10 及び第 2 の圧力センサ 20 が D 方向に揺らされている把持加振状態 C2 である。把持した状態と同様に、圧力が付与されて高い値を示す。さらに、加振する動作においては、加わる力の強弱が交互に生じることから、加振する動作に同期して圧力の波形が振動する。第 1 の圧力センサ 10 と第 2 の圧力センサ 20 が対向している場合、第 1 の圧力センサ 10 と第 2 の圧力センサ 20 の振動は、正負が逆の変化を示す。これを便宜上、第 1 の圧力センサ 10 と第 2 の圧力センサ 20 の出力が逆位相であるという。

20

【0029】

図 9 は、検査装置 1 の動作を示すフローチャートである。図 9 は、加振状態判定部 31 の処理を示している。ステップ S11 では、加振状態判定部 31 は、第 1 の圧力センサ 10 と第 2 の圧力センサ 20 の出力信号の値のいずれもが予め定められた閾値 T_h1 以上であるかどうかを判定する。加振状態判定部 31 は、出力信号の値が閾値 T_h1 以上である場合には、処理をステップ S12 に進め、出力信号の値が閾値 T_h1 未満である場合には、検査が開始されていない非把持状態 C0 であると判定する。

【0030】

ステップ S12 では、加振状態判定部 31 は、第 1 の圧力センサ 10 と第 2 の圧力センサ 20 とが逆位相で振動しているかどうかを判定する。加振状態判定部 31 は、逆位相で振動していると判定した場合には、検査装置 1 は、把持加振状態 C2 であると判定し、逆位相で振動していると判定しない場合には、検査装置 1 は把持静止状態 C1 であると判定する。

30

【0031】

図 9 のフローチャートによる判定結果は、報知部 32 で報知される。報知部 32 では、例えば、判定結果を文字で表示してもよく、また、判定結果に応じたランプを点灯させてもよい。また、報知部 32 は、外部のコンピュータに結果を送信してもよい。

【0032】

また、ステップ S11 における閾値 T_h1 は、把持静止状態 C1 と、非把持状態 C0 とを識別可能な値にするために予め設定される。例えば、それぞれの状態における圧力センサの出力データを多量に収集し、識別可能な境界を統計的に設定することができる。統計的な手法として、例えば、機械学習の分野で知られているサポートベクターマシンを用いて算出した境界面を、閾値 T_h1 として設定することができる。また、多量のデータの例として、作業員、作業対象の部品、作業姿勢、などを変更して収集したデータを用いることができる。

40

【0033】

ステップ S12 における逆位相で振動しているかどうかの判定は、複数の方法により行うことができる。例えば、以下のように行うことができる。

【0034】

時刻 t における第 1 の圧力センサ 10 の出力を $P1(t)$ 、第 2 の圧力センサ 20 の出

50

力を $P_2(t)$ とする。図 8 の時刻 t_1 から時刻 t_2 の期間と対応する把持静止状態 C_1 におけるそれぞれの圧力値を基準にオフセット量を算出し、減算して補正する。例えば、第 1 の圧力センサ 10 の出力値 $P_1(t)$ からオフセット量を減算した圧力値 $P_{1ac}(t)$ 、及び第 2 の圧力センサ 20 の出力値 $P_2(t)$ からオフセット量を減算した圧力値 $P_{2ac}(t)$ は、式 (1) 及び式 (2) によって算出される。

【0035】

【数 1】

$$P_{1ac}(t) = P_1(t) - \frac{1}{t_2 - t_1} \left(\int_{t_1}^{t_2} P_1(t) dt \right) \quad (1)$$

10

$$P_{2ac}(t) = P_2(t) - \frac{1}{t_2 - t_1} \left(\int_{t_1}^{t_2} P_2(t) dt \right) \quad (2)$$

【0036】

把持加振状態 C_2 において、すなわち時刻 t_2 から時刻 t_3 の期間において、 $P_{1ac}(t)$ と $P_{2ac}(t)$ の差の絶対値が予め定められた閾値 Thd より大きい値となる場合に、加振状態判定部 31 は、第 1 の圧力センサ 10 と第 2 の圧力センサ 20 の出力は、逆位相であると判定する。差の絶対値が予め定められた閾値 Thd より小さい場合には、加振状態判定部 31 は、第 1 の圧力センサ 10 と第 2 の圧力センサ 20 の出力は、逆位相ではないと判定する。判定は瞬時値に基づいて行われてもよいし、標準偏差又は分散などの統計量に基づいて行われてもよい。また、 $P_{1ac}(t)$ は、 $P_1(t)$ に対してオフセット量を除去するよう予め設計されたハイパスフィルタを適用して得ることもできる。また、加振状態判定部 31 は、所定の長さの区間ごとに判定結果を取得し、その多数決を最終的な判定結果としてもよい。閾値 Thd は、把持加振状態 C_2 と把持静止状態 C_1 とを識別可能な値に予め設定する。例えば、それぞれの状態における圧力センサの出力データを多量に収集し、識別可能な境界を統計的に設定することができる。統計的な手法として、例えば、機械学習の分野で知られているサポートベクターマシンを用いて算出した境界面を閾値 Thd として設定することができる。また、多量のデータの例として、作業者、作業対象の部品、作業姿勢、などを変更して収集したデータを用いることができる。

20

30

【0037】

また、逆位相で振動しているかどうかの別の判定方法として、例えば、式 (3) のように相互相関値 C に基づいて判定するようにしてもよい。

【0038】

【数 2】

$$C = \frac{1}{t_3 - t_2} \int_{t_2}^{t_3} \{(-1) \times (P_{1ac}(t)) \times P_{2ac}(t + \tau)\} d\tau \quad (3)$$

40

【0039】

式 (3) は、オフセット補正後の第 1 の圧力センサ 10 と第 2 の圧力センサ 20 の出力値について、一方の圧力値を正負反転して相互相関値 C を算出する。すなわち、一方の圧力値を正負反転した後の第 1 の圧力センサ 10 と第 2 の圧力センサ 20 の出力が振動していて、かつ類似している場合に相互相関値は、大きい値を示す。加振状態判定部 31 は、このようにして算出する相互相関値が予め定められた閾値（第 1 の閾値） Thc 以上の場合に、逆位相であると判定することができる。

【0040】

また、逆位相で振動しているかどうかの別の判定方法として、例えば、第 1 及び第 2 の

50

圧力センサ 10、20 の出力値のそれぞれの時系列データを 1 次の正弦波とみなして位相を算出し、位相の差分に基づいて判定してもよい。加振状態判定部 31 は、位相の差分が予め定められた閾値（第 2 の閾値） T_{hp} 以上の場合に逆位相であり、閾値 T_{hp} より小さい場合には、逆位相ではないと判定する。時系列データの位相を算出する方法は、複数の方法が知られており、例えば、把持加振状態 C2 の波形に対してフーリエ変換を行い、最も振幅が大きい周波数成分における位相を参照する方法が一般的である。また、時系列データを 1 次の正弦波と仮定し、自己回帰モデルにより振幅・周波数・位相を算出する方法も一般的である。

【0041】

このように構成することで、グローブ 40 を用いて対象物を検査する際に、把持静止状態 C1 と把持加振状態 C2 とを判別することができる。特許文献 1 の作業判定システムでは、把持をした状態を検知する構成は記されているが、把持加振状態を検知する構成は記されていない。実施の形態 1 に係る検査装置 1、検査方法、及び検査プログラムによれば、把持をした状態と加振した状態を判定することができるという、従来にはない効果を奏する。

【0042】

実施の形態 2.

図 10 は、実施の形態 2 に係る検査装置 2 の構成を概略的に示す機能ブロック図である。検査装置 2 は、実施の形態 2 に係る検査方法を実施することができる装置である。図 10 において、図 1 に示される構成と同一又は対応する構成には、図 1 に示される符号と同じ符号が付されている。実施の形態 2 に係る検査装置 2 は、対象物 50 に発生する加速度に対応する第 3 の電気信号（出力信号）P3 を出力する加速度センサ 60 を備えている点及び締結されている部材間の締結状態を判定する締結状態判定部 33 を備えている点において、実施の形態 1 に係る検査装置 1 と相違する。また、検査装置 2 は、加速度センサ 60 の代わりに、又は、加速度センサ 60 に加えて、音を収音するマイク 61 を備えてもよい。

【0043】

締結状態判定部 33 は、把持加振状態 C2 のときに、加速度センサ 60 から出力された第 3 の電気信号（出力信号）P3 の振幅に基づいて、対象物 50 が締結不足部分を持つ、すなわち、「がたつき」があると判定する。具体的には、締結状態判定部 33 は、把持加振状態 C2 のときに、加速度センサ 60 から出力された第 3 の電気信号（出力信号）P3 の振幅が予め定められた閾値 T_{ha} 以上であるときに、対象物 50 が締結不足部分を持つと判定する。

【0044】

また、締結状態判定部 33 は、把持加振状態 C2 のときに、マイク 61 から出力された第 4 の電気信号（出力信号）P4 の振幅に基づいて、対象物 50 が締結不足部分を持つと判定してもよい。具体的には、締結状態判定部 33 は、把持加振状態 C2 のときに、マイク 61 から出力された第 4 の電気信号（出力信号）P4 の振幅が予め定められた閾値 T_{hm} 以上であるときに、対象物 50 が締結不足部分を持つと判定してもよい。

【0045】

また、締結状態判定部 33 は、把持加振状態 C2 のときに、加速度センサ 60 から出力された第 3 の電気信号 P3 の振幅と、マイク 61 から出力された第 4 の電気信号 P4 の振幅とに基づいて、対象物 50 が締結不足部分を持つと判定してもよい。具体的には、締結状態判定部 33 は、把持加振状態 C2 のときに、加速度センサ 60 から出力された第 3 の電気信号 P3 の振幅が予め定められた閾値 T_{ha} 以上であり、且つマイク 61 から出力された第 4 の電気信号 P4 の振幅が予め定められた閾値 T_{hm} 以上であるときに、対象物 50 が締結不足部分を持つと判定してもよい。

【0046】

図 11 は、検査装置 2 の第 1 の圧力センサ 10、第 2 の圧力センサ 20、及び加速度センサ 60 をグローブ 40 に備えた例を概略的に示す平面図である。図 12 は、対象物 50

10

20

30

40

50

が把持されているときの検査装置 2 を概略的に示す側面図である。対象物 50 は十分に締結されていないため、手を揺らして加振することで「がたつき」に伴う振動が対象物 50 に発生する。実施の形態 2 においては、親指圧力センサとしての第 1 の圧力センサ 10 と人指し指圧力センサとしての第 2 の圧力センサ 20 のほかに、対象物 50 を揺らして把持加振状態 C 2 としたときに、指先の振動を計測する加速度センサ 60 を含むように構成されている。

【0047】

図 13 は、検査装置 2 のハードウェア構成の例を示す図である。図 13 において、図 4 に示される構成と、同一又は対応する構成には、図 4 に示される符号と同じ符号が付されている。検査装置 2 のハードウェア構成は、加速度センサ 60 を備えている点において、実施の形態 1 のものと相違する。また、検査装置 2 は、加速度センサ 60 の代わりに、又は、加速度センサ 60 に加えて、音を収音するマイク 61 を備えてもよい。

【0048】

図 14 は、検査装置 2 の第 1 の圧力センサ 10、第 2 の圧力センサ、及び加速度センサ 60 から出力される第 1 から第 3 の電気信号（検出信号）P1、P2、及び P3 の例（「がたつき」が有る場合）を示す波形図である。図 15 は、実施の形態 2 の検査装置の第 1 の圧力センサ 10、第 2 の圧力センサ、及び加速度センサ 60 から出力される第 1 から第 3 の電気信号 P1、P2、及び P3 の例（「がたつき」が無い場合）を示す波形図である。

【0049】

図 14 と図 15 では、時刻 t_2 から時刻 t_3 の期間において、対象物 50 を加振しているときの加速度センサ 60 の応答である。第 1 の圧力センサ 10 及び第 2 の圧力センサ 20 の応答は、図 8 で示した実施の形態 1 の第 1 及び第 2 の圧力センサのものと同様である。図 14 は、対象物 50 が十分に締結されておらず「がたつき」が生じているときの応答の一例を示している。作業者がグローブ 40 を手に装着して、手を揺らして加振することで「がたつき」に伴う振動が発生し加速度センサ 60 に伝搬する。図 15 は、対象物 50 が十分に締結されているときの応答の一例を示している。グローブ 40 を装着して加振をした際に生じる「がたつき」はごく小さいため、振動が発生せず加速度センサ 60 では変動は観測されない。

【0050】

図 16 は、検査装置 2 の動作を示すフローチャートである。図 16 において、図 9 に示されるステップと同一のステップには、図 9 に示される符号と同じ符号が付されている。ステップ S13 は、締結状態判定部 33 の処理に対応するステップである。時刻 t_2 から時刻 t_3 の期間において対象物 50 が加振されている状態において、締結状態判定部 33 は加速度センサ 60 の応答に基づいて「がたつき」の有無、すなわち機器が十分に締結されているか否かを判定する。例えば、加速度センサ 60 から出力された第 3 の電気信号（加速度検出信号の振幅を特徴量とし閾値 T_{ha} 以上の場合に「がたつき」あり（締結不十分）と判定し、閾値 T_{ha} より小さい場合は、「がたつき」なし（締結十分）と判定する。

【0051】

閾値 T_{ha} は、締結不十分の状態と締結十分の状態とを識別可能な値に予め設定される。例えば、締結十分の状態における加速度センサ 60 のデータを多量に収集し、識別可能な境界を統計的に設定することができる。統計的な手法として、例えば、機械学習の分野で知られている 1 クラスサポートベクターマシン（OC SVM）を用いて、締結十分の状態の空間と対応する境界面を算出して閾値 T_{ha} として設定することができる。すなわち、締結不十分の状態を外れ値として検知することと同義である。

【0052】

また、多量のデータの例として、作業者、作業対象の部品、作業姿勢、などを変更して収集したデータを用いることができる。前記特徴量は、判定は、瞬時値に基づいて判定してもよし、標準偏差又は分散などの統計量に基づいて判定してもよい。また、所定の長さの区間ごとに判定結果を出力し、その多数決を最終的な判定結果とするようにしてもよい。

【0053】

このように構成することで、グローブ 40 を用いて対象物を検査する際に、把持をした状態と、把持をして加振をした状態とを判定することができるという実施の形態 1 の効果に加え、加振をしたときに機器が十分に締結されているか否かを判定することができるという従来にはない効果を奏する。

【0054】

また、締結状態判定部 33 において、計測される加速度を時間積分することで速度及び変位量を算出し、速度又は変位量が予め定められた閾値より大きい場合に、「がたつき」があると判定するようにしてもよい。加速度を時間積分して速度及び変位量を算出する手法は、広く知られているが、加速度センサ 60 の傾きを主要因とする直流成分（オフセット）が加速度の計測値に加算されているため、時間積分をして算出する速度及び変位量の精度が低下する要因となる。実施の形態 2 において、把持静止状態 C1 を検知して静止している状態の加速度センサ 60 の出力値（すなわち、第 3 の電気信号の値）は、直流成分に対応していると考えられる。すなわち、把持静止状態 C1 における加速度センサ 60 の出力値に基づいて直流成分を算出した上で、把持加振状態 C2 における加速度センサ 60 の値から直流成分を減算し、時間積分をして速度及び変位量（「がたつき」の大きさに相当する。）を精度よく算出することができる。

【0055】

また、加速度センサ 60 としては、1 軸のみ検出する 1 軸加速度センサを用いて、センサの軸方向と一致する変位量を算出するようにしてもよい。或いは、加速度センサ 60 として、2 軸加速度センサ又は 3 軸加速度センサを用いて、変位の合成ベクトルに基づく変位量を算出してもよい。

【0056】

また、機器を構成する部材同士が十分に締結されているか否かを判定した結果と対象物 50 の締結条件（ボルトの締め付け力、ボルトの材質など）との関係付けを行ってもよい。判定結果と締結条件を外部と通信されたコンピュータに送信し、コンピュータは、どのような締結条件において機器が十分に締結されているかを分析する。そして、コンピュータは、定期的に対象物の締結状態を検査し、分析を繰り返す。これらの分析結果から、必要以上の締結力で機器が締結されていることを調査できる。継続的に締結が緩くなることもあり、また、必要以上の締結力で機器が締結されている場合には、機器とボルトとの境目で機器の劣化が進行することもある。したがって、この分析結果から、締結部分の劣化の進み具合を診断することができる。

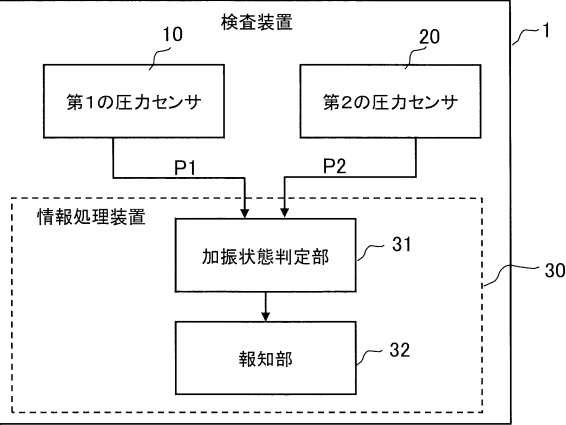
【符号の説明】

【0057】

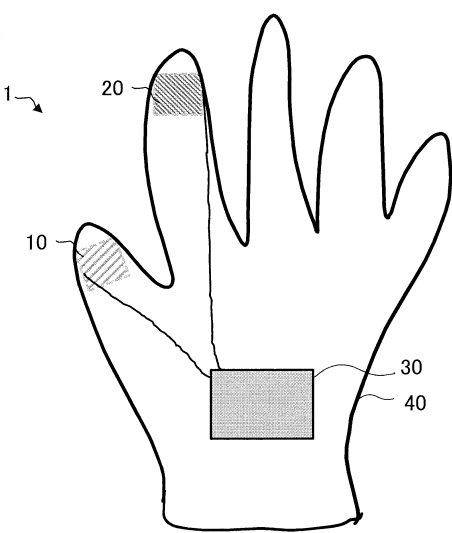
1、2 検査装置、 10 第 1 の圧力センサ、 11 第 1 の感圧面、 20 第 2 の圧力センサ、 21 第 2 の感圧面、 30 情報処理装置、 31 加振状態判定部、 32 報知部、 33 締結状態判定部、 50 対象物、 60 加速度センサ、 61 マイク、 F1 第 1 の圧力、 F2 第 2 の圧力、 P1 第 1 の電気信号、 P2 第 2 の電気信号、 P3 第 3 の電気信号、 P4 第 4 の電気信号、 C0 非把持状態、 C1 把持静止状態、 C2 把持加振状態。

【図面】

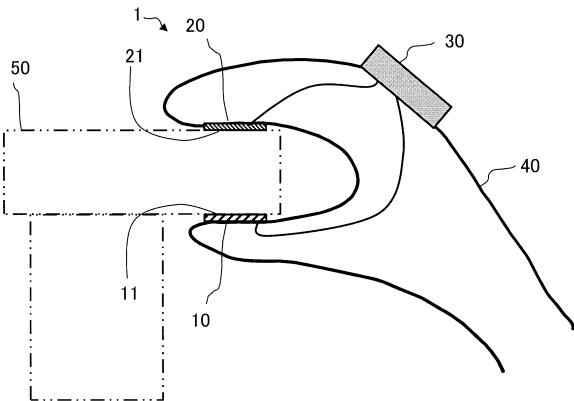
【図 1】



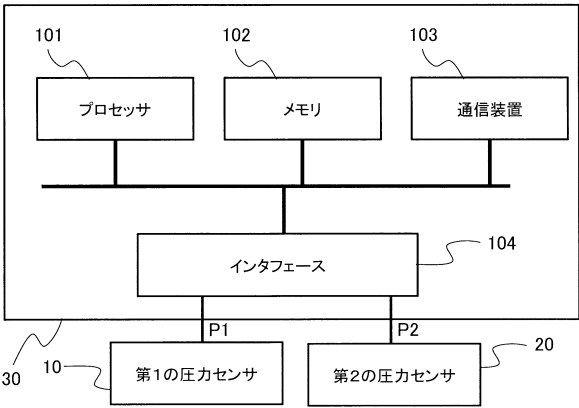
【図 2】



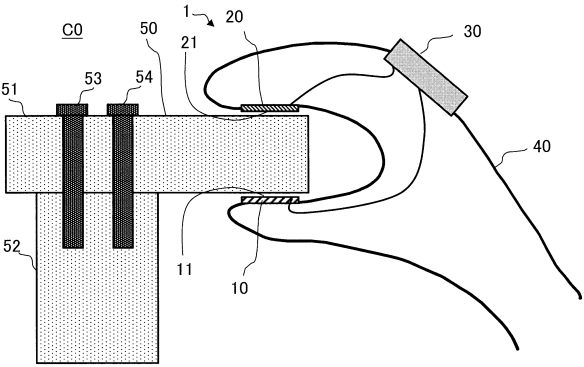
【図 3】



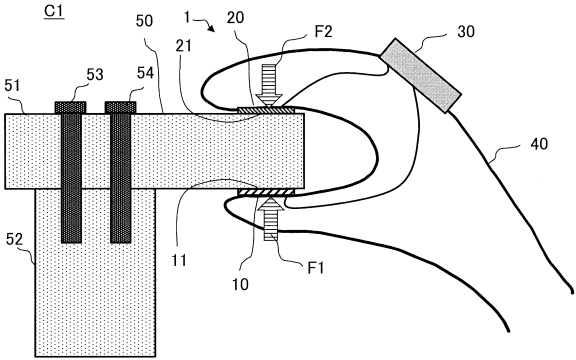
【図 4】



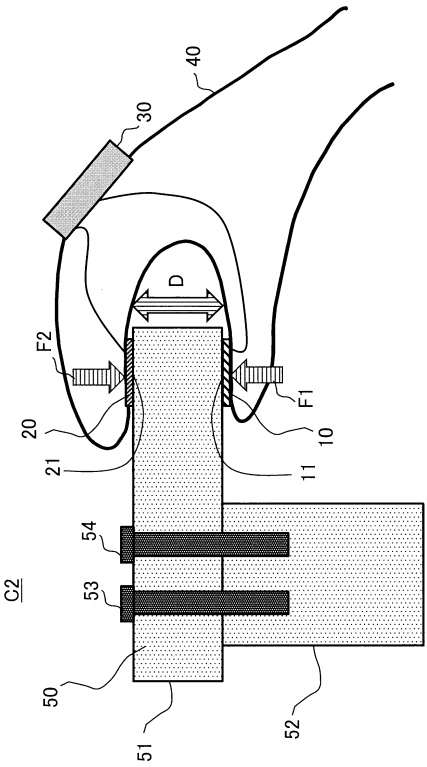
【図 5】



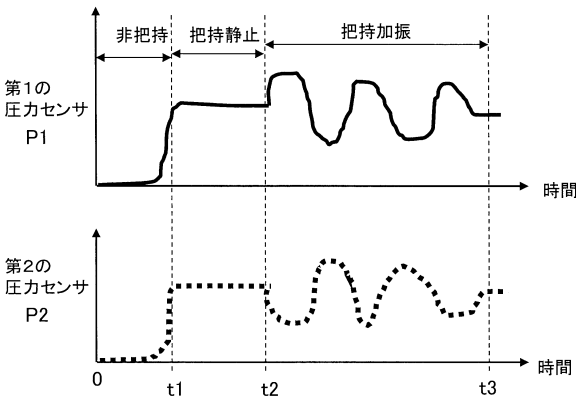
【図 6】



【図 7】



【図 8】



10

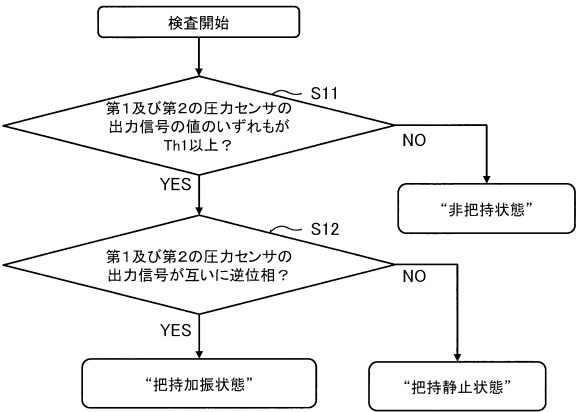
20

30

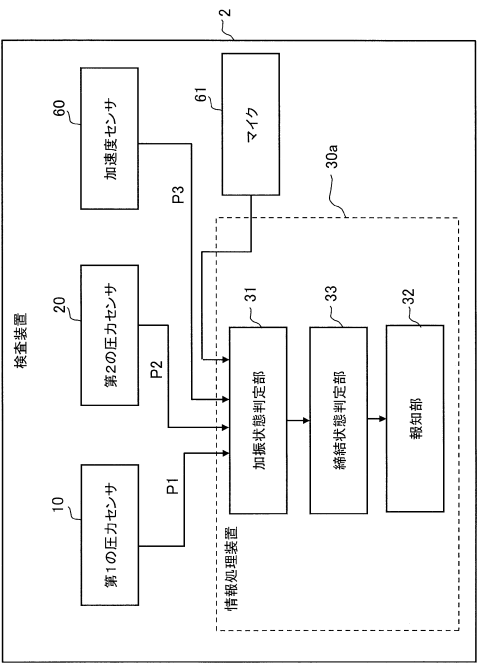
40

50

【図 9】



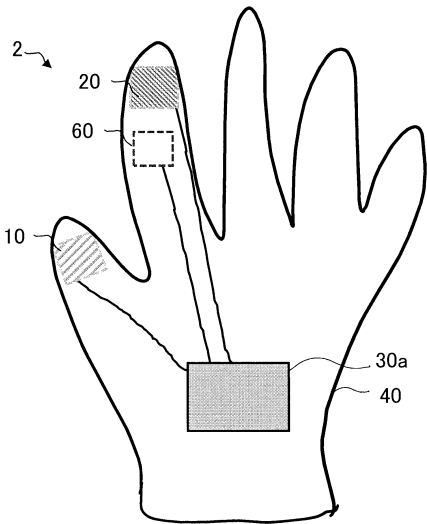
【図 10】



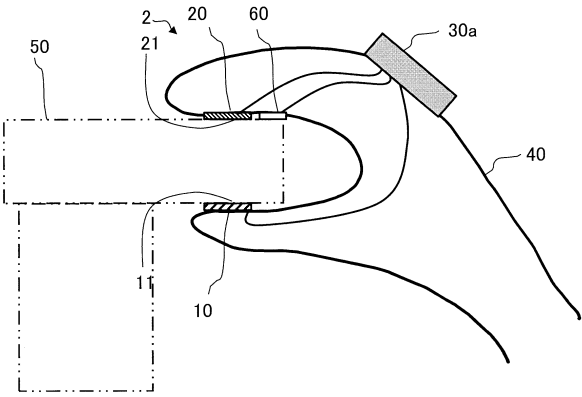
10

20

【図 11】



【図 12】

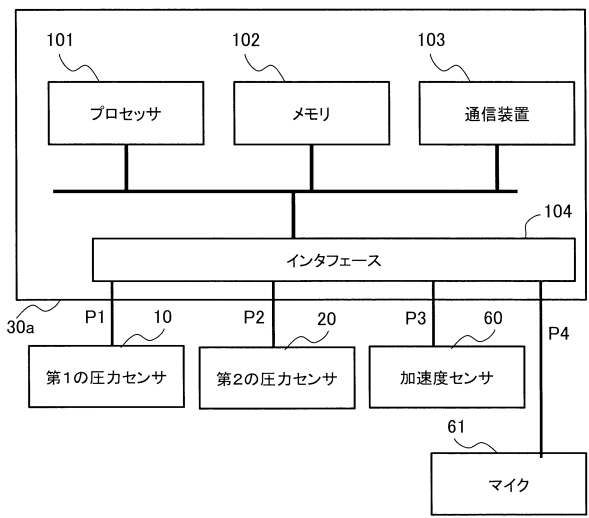


30

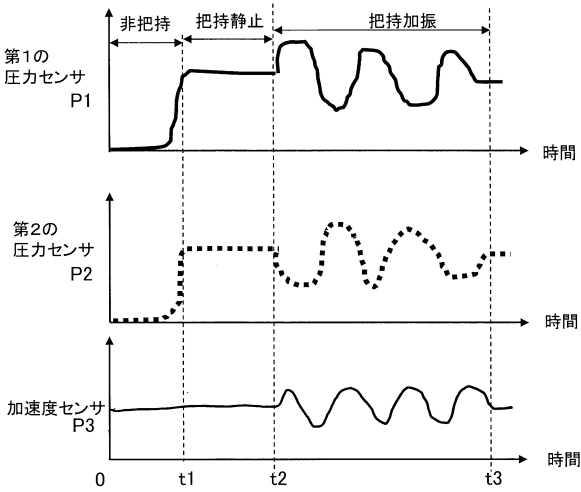
40

50

【図 1 3】

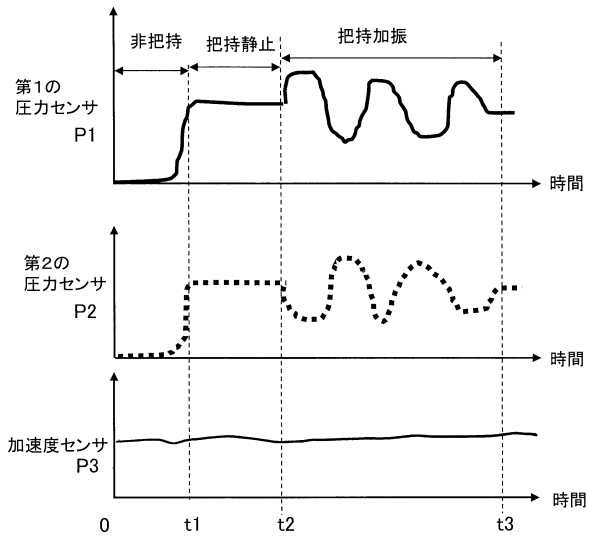


【図 1 4】

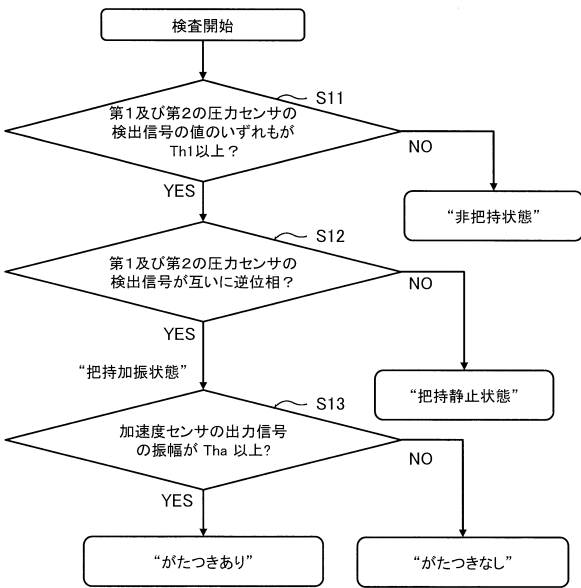


10

【図 1 5】



【図 1 6】



20

30

40

50

フロントページの続き

- 東京都千代田区丸の内二丁目7番3号 三菱電機株式会社内
(72)発明者 和田 敏裕
東京都千代田区丸の内二丁目7番3号 三菱電機株式会社内
(72)発明者 荒木 宏
東京都千代田区丸の内二丁目7番3号 三菱電機株式会社内
(72)発明者 平井 敬秀
東京都千代田区丸の内二丁目7番3号 三菱電機株式会社内
(72)発明者 柴田 篤志
東京都千代田区丸の内二丁目7番3号 三菱電機株式会社内
(72)発明者 福井 孝太郎
東京都千代田区丸の内二丁目7番3号 三菱電機株式会社内
(72)発明者 西川 敬士
東京都千代田区丸の内二丁目7番3号 三菱電機株式会社内
(72)発明者 宮野 一輝
東京都千代田区有楽町一丁目7番1号 三菱電機ビルソリューションズ株式会社内
(72)発明者 渡辺 康太郎
東京都千代田区有楽町一丁目7番1号 三菱電機ビルソリューションズ株式会社内
審査官 大森 努
(56)参考文献 特開平01-316194 (JP, A)
特開2020-064429 (JP, A)
特開2020-189389 (JP, A)
特開2021-094639 (JP, A)
米国特許出願公開第2004/0265110 (US, A1)
特表2010-539445 (JP, A)
特開2006-321015 (JP, A)
特開2019-188561 (JP, A)
特開平07-186078 (JP, A)
特開2018-202497 (JP, A)
特開2015-223418 (JP, A)
特開2002-166383 (JP, A)
特開2018-203480 (JP, A)
(58)調査した分野 (Int.Cl., DB名)
G01P 13/00-15/18
G01L 1/00-1/26, 5/00-5/28
B25J 1/00-21/02