

(12) 特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局

(43) 国際公開日
2022年2月24日(24.02.2022)



(10) 国際公開番号

WO 2022/038938 A1

(51) 国際特許分類:
B25J 19/02 (2006.01) G01L 5/165 (2020.01)
G01L 5/00 (2006.01)

(21) 国際出願番号: PCT/JP2021/026661

(22) 国際出願日: 2021年7月15日(15.07.2021)

(25) 国際出願の言語: 日本語

(26) 国際公開の言語: 日本語

(30) 優先権データ:
特願 2020-140394 2020年8月21日(21.08.2020) JP

(71) 出願人: オムロン株式会社 (OMRON CORPORATION) [JP/JP]; 〒6008530 京都府京都市下京区塩小路通堀川東入南不動堂町801番地 Kyoto (JP).

(72) 発明者: 鍋藤 実里 (NABETO, Misato); 〒6008530 京都府京都市下京区塩小路通堀川東入南不動堂町801番地 オムロン株式会社内 Kyoto (JP).
北島 博史 (KITAJIMA, Hiroshi); 〒6008530 京都府京都市下京区塩小路通堀川東入南不動堂

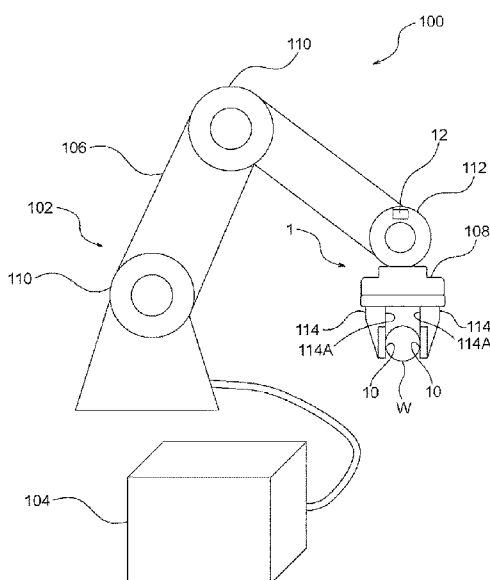
町801番地 オムロン株式会社内 Kyoto (JP).
古賀 寛規 (KOGA, Hiroki); 〒6008530 京都府京都市下京区塩小路通堀川東入南不動堂町801番地 オムロン株式会社内 Kyoto (JP).
土肥 小也香 (DOI, Sayaka); 〒6008530 京都府京都市下京区塩小路通堀川東入南不動堂町801番地 オムロン株式会社内 Kyoto (JP).

(74) 代理人: 特許業務法人太陽国際特許事務所 (TAIYO, NAKAJIMA & KATO); 〒1600022 東京都新宿区新宿4丁目3番17号 Tokyo (JP).

(81) 指定国(表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, IT, JO, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL,

(54) Title: TACTILE SENSING SYSTEM

(54) 発明の名称: 触覚センシングシステム



(57) Abstract: Provided is a tactile sensing system, wherein a sensor unit of a tactile sensor is provided in a gripping unit of a robot and outputs a plurality of signals corresponding to a plurality of respective first electrodes facing a second electrode. An output unit calculates a pressure value of each of a plurality of pressure detecting positions within a contact surface with a workpiece of the sensor unit on the basis of all or some of the plurality of signals, and outputs pressure distribution data. In addition, the output unit calculates one intensive shear force value for the entire contact surface on the basis of the all or some of the plurality of signals to output data of the intensive shear force.

(57) 要約: 触覚センシングシステムにおいて、触覚センサのセンサ部は、ロボットの把持部に設けられ、第二電極に対向する複数の第一電極のそれぞれに対応する複数の信号を出力する。出力部は、複数の信号の全部又は一部に基づいてセンサ部のワークとの接触面内における複数の圧力検出位置のそれぞれの圧力値を算出し、圧力分布のデータを出力する。また、出力部は、複数の信号の全部又は一部に基づいて接触面全体について1つの集約せん断力値を算出し、集約せん断力値のデータを出力する。

WO 2022/038938 A1

ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG,
US, UZ, VC, VN, WS, ZA, ZM, ZW.

- (84) 指定国(表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類:

- 一 国際調査報告 (条約第21条(3))

明 細 書

発明の名称 : 触覚センシングシステム

技術分野

[0001] 本願の開示する技術は、触覚センシングシステムに関する。

背景技術

[0002] 対象物と接触する触覚センサを備える触覚センシングシステムとしては、例えば、以下の技術が知られている。

[0003] すなわち、特許文献1には、対象物と接触する接触面の圧力分布及びせん断力分布に応じた信号を出力可能な触覚センサと、触覚センサから出力された信号が入力されるマイクロコントローラと備えるタッチパッド装置が開示されている。

[0004] また、特許文献2には、対象物と接触する接触面の圧力分布及びせん断力分布に応じた信号を出力可能な触覚センサと、この触覚センサと接続される外部電源とを備える触覚検出技術が開示されている。

先行技術文献

特許文献

[0005] 特許文献1：特許第6280579号公報

特許文献2：特開第6488414号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0006] 特許文献1には、触覚センサで検出された圧力分布及びせん断力分布の具体的な用途について記載されていない。

[0007] 特許文献2には、上述の触覚検出技術が人間生活をサポートすることのできる個人用便宜ロボットに適用され得ることが記載されているが、ワークを把持する一対の把持部を有するロボットに関する事項は記載されていない。

[0008] ワークを把持する一対の把持部を有するロボットを高精度に制御するためには、このロボットを制御するコントローラに対して、ロボットの制御に有

益な触覚情報を効率よく提供することが要求される。

- [0009] 本願の開示する技術は、一つの側面として、一对の把持部を有するロボットを制御するコントローラに対して、ロボットの制御に有益な触覚情報を効率よく提供できる触覚センシングシステムを得ることを目的とする。

課題を解決するための手段

- [0010] 上記目的を達成するために、本願の開示する技術の一観点によれば、ロボットに設けられた一对の把持部における互いの対向面にそれぞれ設けられ、前記一对の把持部によって把持されたワークと接触する一对の触覚センサと、前記一对の触覚センサと電氣的に接続された出力部と、を備え、各前記触覚センサは、前記ワークとの接触面を有すると共に、弾力層と、前記弾力層を挟んだ両側に位置する第一電極層及び第二電極層とが前記接触面の法線方向に積層された積層構造を有する静電容量方式のセンサ部を備え、前記第一電極層は、複数の第一電極を有し、前記第二電極層は、1又は複数の第二電極を有し、前記複数の第一電極のうち2以上は、前記法線方向に見て前記第二電極と部分的に重なる部分重畳電極であり、前記センサ部は、前記複数の第一電極のそれぞれに対応する複数の信号を出力し、前記出力部は、前記複数の信号の全部又は一部に基づいて前記接触面内における複数の圧力検出位置のそれぞれの圧力値を算出すると共に、前記複数の信号のうち前記複数の部分重畳電極のそれぞれに対応する複数の部分重複電極信号の全部又は一部に基づいて前記接触面全体について1つの集約せん断力値を算出し、前記複数の圧力検出位置のそれぞれの圧力値を表す圧力分布のデータ及び前記集約せん断力値のデータを出力する、触覚センシングシステムが提供される。

発明の効果

- [0011] 本願の開示する技術の一観点に係る触覚センシングシステムによれば、一对の把持部を有するロボットを制御するコントローラに対して、ロボットの制御に有益な触覚情報を効率よく提供できる。

図面の簡単な説明

- [0012] [図1]ロボットシステムの一例を示す斜視図である。

[図2]図1の一对の触覚センサの一例を示す斜視図である。

[図3]第一実施形態に係る触覚センサの縦断面図である。

[図4]図3の基板の平面図である。

[図5]図3の第二電極層の平面図である。

[図6]図3の複数の第二電極と弾力層と基板とを重ねた状態を示す平面図である。

[図7]図3の基板の底面図である。

[図8]図3の触覚センサの製造方法の一例を説明する図である。

[図9]図1の一对の把持部でワークを把持した状態の第一例を示す図である。

[図10]図1の一对の把持部でワークを把持した状態の第二例を示す図である。

[図11]図3の触覚センサの接触面に作用するせん断力及びモーメントの一例を説明する図である。

[図12]図3の触覚センサにおけるモーメント長の一例を説明する図である。

[図13]図3の触覚センサにおける変位 Δx と変位 Δy の一例を説明する平面図である。

[図14]図3の触覚センサにおける変位 Δx と変位 Δz の一例を説明する図である。

[図15]図3の触覚センサにおける変位 Δy と変位 Δz の一例を説明する図である。

[図16]図1の触覚センサ、出力部及びコントローラのハードウェア構成の一例を示すブロック図である。

[図17]図16の出力部における複数のモードの一例を説明する図である。

[図18]図16の出力部における圧力分布のデータ出力処理の流れの一例を示すフローチャートである。

[図19]図16の出力部における把持位置のデータ出力処理の流れの一例を示すフローチャートである。

[図20]図16の出力部における把持力 F_z 値のデータ出力処理の流れの一例

を示すフローチャートである。

[図21]図16の出力部における集約せん断力 F_x 値のデータ出力処理の流れの一例を示すフローチャートである。

[図22]図16の出力部における集約せん断力 F_y 値のデータ出力処理の流れの一例を示すフローチャートである。

[図23]図16の出力部におけるモーメント M_x 値のデータ出力処理の流れの一例を示すフローチャートである。

[図24]図16の出力部におけるモーメント M_y 値のデータ出力処理の流れの一例を示すフローチャートである。

[図25]図16の出力部におけるモーメント M_z 値のデータ出力処理の流れの一例を示すフローチャートである。

[図26]図1の一对の把持部で把持したワークに作用するX軸方向の並進力 ΔF_x の一例を説明する平面図である。

[図27]図16の出力部における並進力 ΔF_x 値のデータ出力処理の流れの一例を示すフローチャートである。

[図28]図1の一对の把持部で把持したワークに作用するY軸方向の並進力 ΔF_y の一例を説明する平面図である。

[図29]図16の出力部における並進力 ΔF_y 値のデータ出力処理の流れの一例を示すフローチャートである。

[図30]図16の出力部における回転モーメント M_{R_x} 値のデータ出力処理の流れの一例を示すフローチャートである。

[図31]図16の出力部における回転モーメント M_{R_y} 値のデータ出力処理の流れの一例を示すフローチャートである。

[図32]第二実施形態に係る触覚センサの縦断面図である。

[図33]図32の第二電極層の平面図である。

[図34]図32の第二電極と弾力層と基板とを重ねた状態を示す平面図である。

[図35]図32の触覚センサにおけるモーメント長の一例を説明する図である。

。

[図36]第三実施形態に係る触覚センサの縦断面図である。

[図37]図36の第二電極層の平面図である。

[図38]図36の第二電極と弾力層と基板とを重ねた状態を示す平面図である

。

[図39]図36の触覚センサにおけるモーメント長の一例を説明する図である

。

[図40]第四実施形態に係る触覚センサの縦断面図である。

[図41]図40の第二電極層の平面図である。

[図42]図40の第二電極と弾力層と基板とを重ねた状態を示す平面図である

。

発明を実施するための形態

[0013] 以下、添付図面を参照しながら、本願の開示する技術の一実施形態について詳細に説明する。

[0014] (ロボットシステム100の一例)

はじめに、ロボットシステム100の一例の概略を説明する。

[0015] 図1は、ロボットシステム100の一例を示す斜視図である。ロボットシステム100は、ロボット102と、コントローラ104とを備える。ロボット102は、例えば、多関節ロボットであり、ロボットアーム106と、ロボットハンド108とを備える。ロボットアーム106は、複数の関節部110を備える。ロボットハンド108は、ロボットアーム106の先端部に設けられている。ロボットハンド108は、手首関節部112を介してロボットアーム106の先端部に接続されている。

[0016] ロボットハンド108には、一对の把持部114が設けられている。一对の把持部114は、互いに対向して配置されている。この一对の把持部114は、図示しない駆動部の駆動によって、互いに対向する方向に接離する。一对の把持部114の間にワークWが配置された状態で、一对の把持部114が互いに接近する方向に移動すると、一对の把持部114でワークWが把

持される。

[0017] コントローラ104は、ロボット102を制御するものであり、ロボット102と電氣的に接続されている。図1では、一例として、コントローラ104が有線によりロボット102と接続されているが、コントローラ104が無線によりロボット102と接続されてもよい。

[0018] (触覚センシングシステム1の一例)

続いて、触覚センシングシステム1の一例の概略を説明する。

[0019] ロボットシステム100には、触覚センシングシステム1が搭載されている。触覚センシングシステム1は、一对の触覚センサ10と、出力部12とを備える。一对の触覚センサ10は、一对の把持部114における互いの対向面114Aにそれぞれ設けられている。一对の触覚センサ10は、一对の把持部114でワークWが把持された状態においてワークWと接触する位置、すなわち、一例として、一对の把持部114の先端部の互いに対向する部分に設けられている。

[0020] 出力部12は、一对の触覚センサ10と電氣的に接続されている。出力部12は、有線により一对の触覚センサ10と接続されてもよく、無線により一对の触覚センサ10と接続されてもよい。この出力部12は、後に詳述する通り、一对の触覚センサ10から出力されたデータに基づいて各種処理を行い、この処理の結果に基づくデータをコントローラ104に出力する機能を有する。出力部12は、一例として、手首関節部112に設けられている。

[0021] 図2は、図1の一对の触覚センサ10の一例を示す斜視図である。一对の触覚センサ10は、一例として、互いに対向する方向に面对称である。X軸方向は、一对の触覚センサ10が対向する方向と直交する第一方向に相当し、Y軸方向は、一对の触覚センサ10が対向する方向と直交する第二方向に相当し、Z軸方向は、一对の触覚センサ10が対向する方向に相当する。X軸方向は、Y軸方向と直交している。一例として、X軸方向は、触覚センサ10の縦方向に相当し、Y軸方向は、触覚センサ10の横方向に相当する。

[0022] 触覚センサ10は、支持プレート14と、基板16と、センサ部18とを備える。支持プレート14は、上述の把持部114（図1参照）と別体に構成されており、把持部114に固定される。支持プレート14は、把持部114と一体に構成されていてもよい。基板16は、支持プレート14に固定されており、センサ部18は、基板16上に設けられている。センサ部18の詳細については、後に詳述する。

[0023] 続いて、触覚センシングシステム1の第一乃至第四実施形態を説明する。

[0024] [第一実施形態]

はじめに、第一実施形態を説明する。

[0025] （触覚センサ10の構成）

図3は、第一実施形態に係る触覚センサ10の縦断面図である。第一実施形態に係る触覚センサ10は、センサ部18と、基板16とを備える。

[0026] センサ部18は、静電容量方式である。このセンサ部18は、より具体的には、自己容量方式であり、複数の層が積層された積層構造を有する。すなわち、センサ部18は、複数の層として、絶縁層20と、弾力層22と、第一電極層24と、第二電極層26とを有する。第一電極層24及び第二電極層26は、弾力層22を挟んだ両側に位置する。

[0027] 絶縁層20は、第二電極層26に対する弾力層22と反対側に位置する。絶縁層20は、センサ部18の表層部を形成している。この絶縁層20の表面は、ワークW（図1参照）との接触面28として形成されている。なお、絶縁層20は省略されてもよい。絶縁層20が省略された場合には、第二電極層26や第二電極層26の上に形成された表層の表面が接触面28とされる。

[0028] 弾力層22は、誘電体である。弾力層22は、柔軟性及び弾力性を有している。この弾力層22は、例えば、ゲルによって形成される。絶縁層20、弾力層22、第一電極層24及び第二電極層26は、Z軸方向に積層されている。Z軸方向は、接触面28の法線方向に相当する。絶縁層20、弾力層22、第一電極層24及び第二電極層26は、例えば、接着剤等により互い

に接着されている。絶縁層 20 は、センサ部 18 の全体の接着強度を高めるために、第二電極層 26 の全面を覆う大きさを有することが好ましい。

[0029] 第一電極層 24 は、複数の第一電極 34 を有する。複数の第一電極 34 は、基板 16 のセンサ部 18 側の第一面 16A に形成されている。基板 16 のセンサ部 18 と反対側の第二面 16B には、複数の静電容量検出 IC (Integrated Circuit) 44 が実装されている。複数の第一電極 34 と複数の静電容量検出 IC 44 とは、基板 16 の板厚方向に延びるスルーホールビア 46 によって接続されている。

[0030] 図 4 は、図 3 の基板 16 の平面図である。基板 16 の第一面 16A に形成された複数の第一電極 34 は、X-Y 平面に沿って行列状に配列されている。つまり、複数の第一電極 34 は、X 軸方向を縦方向とし、Y 軸方向を横方向として配列されている。X-Y 平面は、上述の接触面 28 (図 2 参照) と平行な面である。

[0031] 複数の第一電極 34 は、互いに独立している。この複数の第一電極 34 は、同一の形状である。複数の第一電極 34 は、一例として、平面視で正方形に形成されている。平面視とは Z 軸方向に見ることに相当する。複数の第一電極 34 は、一例として、X 軸方向に 6 個ずつ、Y 軸方向に 6 個ずつ配列されている。つまり、複数の第一電極 34 の数は 36 個である。この複数の第一電極 34 は、X 軸方向及び Y 軸方向にそれぞれ等間隔に配列されている。

[0032] 図 5 は、図 3 の第二電極層 26 の平面図である。第二電極層 26 は、単層である複数の第二電極 36 によって構成されている。複数の第二電極 36 は、例えば、導電ゴムによって形成される。この複数の第二電極 36 は、それぞれ平板状に形成されている。複数の第二電極 36 は、基板 16 のグラウンドに接続されていてもよく、グラウンドに対して浮いていてもよい。

[0033] 複数の第二電極 36 は、互いに独立した複数の島部を形成している。この複数の第二電極 36 は、X-Y 平面に沿って行列状に配列されている。つまり、複数の第二電極 36 は、X 軸方向を縦方向とし、Y 軸方向を横方向として配列されている。

[0034] 複数の第二電極 3 6 は、同一の形状である。複数の第二電極 3 6 は、一例として、それぞれ平面視で正方形に形成されている。複数の第二電極 3 6 の数は、上述の複数の第一電極 3 4（図 4 参照）の数よりも少ない。この複数の第二電極 3 6 は、一例として、X 軸方向に 3 個ずつ、Y 軸方向に 3 個ずつ配列されている。つまり、複数の第二電極 3 6 の数は 9 個である。この複数の第二電極 3 6 は、X 軸方向及び Y 軸方向にそれぞれ等間隔に配列されている。

[0035] 図 6 は、図 3 の複数の第二電極 3 6 と弾力層 2 2 と基板 1 6 とを重ねた状態を示す平面図である。複数の第二電極 3 6 は、平面視で複数の第一電極 3 4 の全てと重なるように配置されている。複数の第二電極 3 6 のそれぞれは、平面視で複数の第一電極 3 4 のうち X 軸方向及び Y 軸方向に隣接する 4 個の第一電極 3 4 のそれぞれと部分的に重なるように形成されている。各第二電極 3 6 は、平面視で 4 個の第一電極 3 4 の中心部に位置し、この 4 個の第一電極 3 4 と部分的に重なっている。

[0036] このように、第一実施形態では、複数の第一電極 3 4 の全てが複数の第二電極 3 6 と部分的に重なっている。この第一実施形態では、複数の第一電極 3 4 の全てが、「複数の第二電極と部分的に重なる複数の部分重畳電極」の一例に相当し、複数の第一電極 3 4 から出力される複数の信号は、「複数の部分重複電極信号」の一例に相当する。

[0037] 第一電極 3 4 と第二電極 3 6 との間の静電容量 C [F] は、次式によって求められる。

$$C = \varepsilon \times A / d$$

ε は弾力層 2 2 の誘電定数 [$F m^{-1}$] であり、 A は第一電極 3 4 と第二電極 3 6 の平面視で重なり合う面積 [m^2] であり、 d は Z 軸方向に沿った第一電極 3 4 と第二電極 3 6 との間の距離 [m] である。

[0038] このセンサ部 1 8 では、接触面 2 8 に圧力が加わり、各第一電極 3 4 と第二電極 3 6 との間の距離 d が変化すると、この距離 d の変化に応じて静電容量 C が変化する。また、センサ部 1 8 では、接触面 2 8 にせん断力が加わり

、各第一電極34と第二電極36の重なり合う面積Aが変化すると、この面積Aの変化に応じて静電容量Cが変化する。

[0039] なお、後に詳述するが、接触面28に加わる圧力とは、Z軸方向に沿って接触面28に加わる力に相当する。また、接触面28に加わるせん断力とは、Z軸方向と直交する方向に沿って接触面28に加わる力に相当する。Z軸方向と直交する方向には、X軸方向、Y軸方向、及び、X軸方向とY軸方向とを組み合わせた方向がある。

[0040] 複数の第一電極34は、後述する静電容量検出IC44（図3、図7参照）によって駆動され、第二電極36との間の静電容量Cに応じた信号をそれぞれ出力する。つまり、センサ部18は、複数の第一電極34のそれぞれに対応する複数の信号を出力する。この複数の信号は、アナログ信号である。

[0041] 図7は、図3の基板16の底面図である。複数の静電容量検出IC44は、X-Y平面に沿って行列状に配列されている。つまり、複数の静電容量検出IC44は、X軸方向を縦方向とし、Y軸方向を横方向として配列されている。複数の静電容量検出IC44は、同一の構成である。複数の静電容量検出IC44は、一例として、X軸方向に3個ずつ、Y軸方向に3個ずつ配列されている。つまり、複数の静電容量検出IC44の数は9個である。

[0042] 各静電容量検出IC44には、この静電容量検出ICと平面視で重なる4個の第一電極34が接続されている。各静電容量検出IC44は、4個の第一電極34を駆動し、この4個の第一電極34から出力された信号に応じたデータを出力可能な構成である。

[0043] （触覚センサ10の製造方法）

図8は、図3の触覚センサ10の製造方法の一例を説明する図である。触覚センサ10は、例えば、次の要領で製造される。すなわち、複数の第一電極34がパターンによって第一面16Aに形成された基板16の第二面16Bに複数の静電容量検出IC44が実装される。基板16には、複数のスルーホールビア46が形成されており、複数の静電容量検出IC44は、複数のスルーホールビア46を介して複数の第一電極34と接続される。

[0044] 続いて、複数の第一電極34を有する第一電極層24の上に弾力層22が積層される。また、弾力層22の上に、複数の第二電極36（図5参照）によって構成された第二電極層26が積層され、さらに、この第二電極層26の上に、絶縁層20が積層される。絶縁層20、弾力層22、第一電極層24及び第二電極層26は、例えば、接着剤等により互いに接着される。以上の要領で、触覚センサ10は製造される。

[0045] （圧力分布）

図9は、図1の一对の把持部114でワークWを把持した状態の第一例を示す図である。ワークWは、一例として、円柱又は球体である。円柱又は球体であるワークWを一对の把持部114で把持した場合、接触面28内には、ワークWと接触して圧力が高い位置と、ワークWと接触せずに圧力が加わらない位置とが生じる。すなわち、接触面28の圧力分布は不均一となる。

[0046] 図10は、図1の一对の把持部114でワークWを把持した状態の第二例を示す図である。ワークWは、一例として、四角柱又は直方体である。このワークWの表面は、接触面28よりも大きい。このような四角柱又は直方体であるワークWを一对の把持部114で把持した場合、接触面28には、均等に圧力が加わる。すなわち、接触面28の圧力分布は均一となる。

[0047] （把持力 F_z 及び垂直荷重 F_z' ）

図9、図10に示されるように、一对の把持部114でワークWを把持した場合には、一对の把持部114の把持力 F_z と反対方向に把持力 F_z の反力である垂直荷重 F_z' が接触面28に作用する。把持力 F_z 及び垂直荷重 F_z' は、Z軸方向に沿った力である。

[0048] （せん断力 F_x 、 F_y 及びモーメント M_x 、 M_y 、 M_z ）

図11は、図3の触覚センサ10の接触面28に作用するせん断力 F_x 、 F_y 及びモーメント M_x 、 M_y 、 M_z の一例を説明する図である。触覚センサ10の接触面28には、図示しないワークに力が作用することに伴って、せん断力 F_x 、 F_y 及びモーメント M_x 、 M_y 、 M_z が作用する場合がある。せん断力 F_x は、X軸方向に沿った力であり、せん断力 F_y は、Y軸方向

に沿った力である。また、モーメント M_x は、 X 軸方向周りのモーメントであり、モーメント M_y は、 Y 軸方向周りのモーメントであり、モーメント M_z は、 Z 軸方向周りのモーメントである。

[0049] 図12は、図3の触覚センサ10におけるモーメント長 d_x 、 d_y の一例を説明する図である。なお、図12では、複数の第二電極36に対して識別番号1～9が示されている。複数の第二電極36を識別する場合には、複数の第二電極36のそれぞれを、第二電極36-1～9と称する。

[0050] 図12に示されるモーメント長 d_x は、 X 軸方向周りのモーメント M_x （図11参照）を算出する際に用いられる長さである。モーメント長 d_x は、一例として、接触面28の中心から Y 軸方向に離れた位置にある第二電極36-3の中心と接触面28の中心との間の Y 軸方向に沿った距離に相当する。

[0051] 図12に示されるモーメント長 d_y は、 Y 軸方向周りのモーメント M_y （図11参照）を算出する際に用いられる長さである。モーメント長 d_y は、一例として、接触面28の中心から X 軸方向に離れた位置にある第二電極36-1の中心と接触面28の中心との間の X 軸方向に沿った距離に相当する。

[0052] （変位 Δx 、 Δy 、 Δz の説明）

図13は、図3の触覚センサ10における変位 Δx と変位 Δy の一例を説明する平面図である。なお、図13では、複数の第一電極34のそれぞれと第二電極36との間の静電容量 $C_{00} \sim C_{55}$ が複数の第一電極34のそれぞれに対応して示されている。

[0053] 図14は、図3の触覚センサ10における変位 Δx と変位 Δz の一例を説明する図である。図14には、（A）垂直荷重 F_z' なし、（B）垂直荷重 F_z' あり、（C）せん断力 F_x あり、（D）垂直荷重 F_z' あり+せん断力 F_x ありの場合がそれぞれ示されている。

[0054] 図15は、図3の触覚センサ10における変位 Δy と変位 Δz の一例を説明する図である。図15には、（A）垂直荷重 F_z' なし、（B）垂直荷重

F z' あり、(C) せん断力 F y あり、(D) 垂直荷重 F z' あり+せん断力 F y ありの場合がそれぞれ示されている。

[0055] 図13、図14に示されるように、変位 Δx は、せん断力 F x が作用することに伴って第二電極36がX軸方向に沿って移動した距離に相当する。同様に、図13、図15に示されるように、変位 Δy は、せん断力 F y が作用することに伴って第二電極36がY軸方向に沿って移動した距離に相当する。

[0056] 図14、図15に示されるように、距離 Z_0 は、垂直荷重 F z' が作用していないときの第一電極34と第二電極36との間のZ軸方向に沿った距離に相当する。変位 Δz は、垂直荷重 F z' が作用することに伴って第二電極36がZ軸方向に沿って第一電極34側に移動した距離に相当する。

[0057] 以下、1つの第二電極36と部分的に重なる隣り合わせの第一電極34を例に変位 Δx 、 Δy 、 Δz の計算例を説明する。

[0058] (垂直荷重 F z' が作用していないとき： Δx 、 Δy 、 $\Delta z = 0$)

図14(A)、図15(A)に示されるように、垂直荷重 F z' が作用していないときには、 Δx 、 Δy 、 $\Delta z = 0$ であり、第二電極36と部分的に重なる隣り合わせの第一電極34については、式1が成立する。

[0059] [式1]

$$C_{00_0} = K1 / Z_0$$

$$C_{01_0} = K2 / Z_0$$

C_{00_0} 、 C_{01_0} は垂直荷重 F z' が作用していないときの隣り合わせの第一電極34と第二電極36との間の静電容量であり、K1、K2は定数である。

他の隣り合わせの第一電極34と第二電極36との間の静電容量についても、式1と同様の式が成立する。

[0060] (垂直荷重 F z' のみが作用しているとき： Δx 、 $\Delta y = 0$ 、 $\Delta z \neq 0$)

図14(B)、図15(B)に示されるように、垂直荷重 F z' のみが作用しているときには、 Δx 、 $\Delta y = 0$ 、 $\Delta z \neq 0$ であり、第二電極36と部

分的に重なる隣り合わせの第一電極 3 4 については、式 2 が成立する。

[0061] [式 2]

$$C_{00_z} = K 1 / (Z_0 - \Delta z)$$

$$C_{01_z} = K 2 / (Z_0 - \Delta z)$$

C_{00_z} 、 C_{01_z} は垂直荷重 $F z'$ のみが作用しているときの隣り合わせの第一電極 3 4 と第二電極 3 6 との間の静電容量である。

[0062] 式 2 より、以下が求まる。

$$C_{00_z} / K 1 = 1 / (Z_0 - \Delta z)$$

$$Z_0 - \Delta z = K 1 / C_{00_z}$$

$$\Delta z = Z_0 - K 1 / C_{00_z}$$

[0063] 式 1 より、一方の第一電極 3 4 に対する第二電極 3 6 の変位 Δz について以下が求まる。

$$Z_0 = K 1 / C_{00_0}$$

$$\therefore \Delta z = K 1 (1 / C_{00_0} - 1 / C_{00_z})$$

同様に、他方の第一電極 3 4 に対する第二電極 3 6 の変位 Δz について以下が求まる。

$$\Delta z = K 2 (1 / C_{01_0} - 1 / C_{01_z})$$

他の第一電極 3 4 に対する第二電極 3 6 の変位 Δz についても、上記と同様に求まる。

[0064] (せん断力 $F x$ のみが作用しているとき: Δy 、 $\Delta z = 0$ 、 $\Delta x \neq 0$)

図 1 4 (C) に示されるように、せん断力 $F x$ のみが作用しているときには、 Δy 、 $\Delta z = 0$ 、 $\Delta x \neq 0$ であり、第二電極 3 6 と部分的に重なる隣り合わせの第一電極 3 4 については、式 3 が成立する。

[0065] [式 3]

$$C_{00_x} = K 1 / Z_0 + \Delta x \cdot K p / Z_0$$

$$C_{01_x} = K 2 / Z_0 - \Delta x \cdot K p / Z_0$$

C_{00_x} 、 C_{01_x} はせん断力 $F x$ のみが作用しているときの x 方向に隣り合わせの第一電極 3 4 と第二電極 3 6 との間の静電容量であり、 $K p$ は定数で

ある。

[0066] 式3より、以下が求まる。

$$\Delta x \cdot K_p / Z_0 = C_{00_x} - K_1 / Z_0$$

$$\Delta x \cdot K_p = Z_0 \cdot C_{00_x} - K_1$$

$$\Delta x = (Z_0 \cdot C_{00_x} - K_1) / K_p$$

式1より、 $K_1 = Z_0 \times C_{00_0}$ であるため、一方の第一電極34に対する第二電極36の変位 Δx について以下が求まる。

$$\Delta x = (Z_0 \cdot C_{00_x} - Z_0 \times C_{00_0}) / K_p$$

$$\Delta x = Z_0 / K_p \times (C_{00_x} - C_{00_0})$$

同様に、他方の第一電極34に対する第二電極36の変位 Δx について以下が求まる。

$$\Delta x = Z_0 / K_p \times (C_{01_0} - C_{01_x})$$

他の第一電極34に対する第二電極36の変位 Δx についても、上記と同様に求まる。

[0067] (せん断力 F_y のみが作用しているとき： Δx 、 $\Delta z = 0$ 、 $\Delta y \neq 0$)

図15(C)に示されるように、せん断力 F_y のみが作用しているときには、せん断力 F_x のみが作用しているときと同様の計算により、第一電極34に対する第二電極36の変位 Δy が求まる。

[0068] (垂直荷重 F_z' 及びせん断力 F_x のみが作用しているとき： $\Delta y = 0$ 、 Δx 、 $\Delta z \neq 0$)

図14(D)に示されるように、垂直荷重 F_z' 及びせん断力 F_x のみが作用しているときには、 $\Delta y = 0$ 、 Δx 、 $\Delta z \neq 0$ であり、第二電極36と部分的に重なる x 方向に隣り合わせの第一電極34については、式4が成立する。

[0069] [式4]

$$C_{00_zx} = K_1 / (Z_0 - \Delta z) + \Delta x \cdot K_p / (Z_0 - \Delta z)$$

$$C_{01_zx} = K_2 / (Z_0 - \Delta z) - \Delta x \cdot K_p / (Z_0 - \Delta z)$$

C_{00_zx} 、 C_{01_zx} は垂直荷重 F_z' 及びせん断力 F_x のみが作用している

ときの第一電極34と第二電極36との間の静電容量である。

[0070] 式4より、第一電極34に対する第二電極36の変位 Δz 、 Δx について以下が求まる。

$$\Delta z = (K_1 + K_2) \left\{ 1 / (C_{00_0} + C_{01_0}) - 1 / (C_{00_zx} + C_{01_zx}) \right\}$$

$$\Delta x = (K_1 + K_2) / 2K_p \cdot (C_{00_zx} - C_{01_zx}) / (C_{00_zx} + C_{01_zx})$$

他の第一電極34に対する第二電極36の変位 Δz 、 Δx についても、上記と同様に求まる。

[0071] (垂直荷重 F_z' 及びせん断力 F_y のみが作用しているとき： $\Delta x = 0$ 、 Δy 、 $\Delta z \neq 0$)

図15(D)に示されるように、垂直荷重 F_z' 及びせん断力 F_y のみが作用しているときには、垂直荷重 F_z' 及びせん断力 F_x のみが作用しているときと同様の計算により、隣り合わせの第一電極34に対する第二電極36の変位 Δz 、 Δy が求まる。

[0072] (垂直荷重 F_z' 及びせん断力 F_x 、 F_y が作用しているとき： Δx 、 Δy 、 $\Delta z \neq 0$)

垂直荷重 F_z' 及びせん断力 F_x 、 F_y が作用しているときには、第一電極34に対する第二電極36の変位 Δx 、 Δy 、 Δz を次のようにして求めることができる。1つの第二電極36と部分的に重なる4つの第一電極34の範囲では、各第一電極34における変位 Δz の値は互いに近似している場合が多いので、変位 Δz の値は共通であると仮定する。その場合、各第一電極34に対応する信号の大きさ(静電容量値)は、各第一電極34の第二電極36との重なり面積に比例する。よって、静電容量値 C_{00} 、 C_{01} 、 C_{10} 、 C_{11} の比は、重なり面積 S_{00} 、 S_{01} 、 S_{10} 、 S_{11} の比と等しい。すなわち、式5が成立する。

[式5]

$$C_{00} : C_{01} : C_{10} : C_{11} = S_{00} : S_{01} : S_{10} : S_{11}$$

[0073] 重なり面積 S_{00} 、 S_{01} 、 S_{10} 、 S_{11} は、無負荷状態での重なり面積の平方根を a とすると、式 6 で表される。

[式 6]

$$S_{00}=(a-\Delta x)\times(a-\Delta y)、S_{01}=(a-\Delta x)\times(a+\Delta y)、S_{10}=(a+\Delta x)\times(a-\Delta y)、S_{11}=(a+\Delta x)\times(a+\Delta y)$$

[0074] 式 6 より、4 つの重なり面積の和は、 $4a^2$ となり定数である。したがって、4 つの重なり面積の和 $4a^2$ と式 5 から重なり面積 S_{00} 、 S_{01} 、 S_{10} 、 S_{11} が既知の値となる。以上より、式 6 の連立方程式により、未知の変位 Δx 、 Δy が算出可能である。

[0075] 変位 Δx 、 Δy を算出したら、それらを既知の値として、共通の値であると仮定した変位 Δz を各第一電極 34 における個別の変位 Δz に補正してもよい。この補正は、例えば別の手段で 4 つの変位 Δz の真値が測定できる環境で事前に変位 Δx 、 Δy と 4 つの変位 Δz との間の相関関係を取得しておいてそれを利用することにより行うことができる。この相関関係の取得を機械学習により行ってもよい。

[0076] 各第一電極 34 に対応する 4 つの静電容量値がほぼ等しく、すなわち変位 Δx 及び変位 Δy がゼロに近いことが分かった場合には、上記の Δx 、 $\Delta y = 0$ 、 $\Delta z \neq 0$ の場合について説明した方法により、4 つの第一電極 34 における変位 Δz を個別に算出してもよい。 Δx 、 $\Delta y = 0$ 、 $\Delta z \neq 0$ の場合というのは、例えば台に置かれた状態のワーク W を把持していて接触面 28 にワーク W の重量がかかっていない場合である。この状態からワーク W を台から持ち上げると、変位 Δz はあまり変化しないまま、変位 Δx 、 Δy が主に変わるので、変位 Δz を既知の値と扱って変位 Δx 、 Δy をより正確に求めることができる。

[0077] 本明細書において、「複数の圧力検出位置のそれぞれの圧力値を算出する」ことは、4 つの第一電極 34 のような複数の圧力検出位置における変位 Δz が共通と仮定した場合に、算出した共通の変位 Δz に基づく圧力値をそれぞれの圧力検出位置における圧力値として扱うことを含む。また、「複数の

圧力検出位置のそれぞれの圧力値について代表値の算出を行うことで集約圧力値を算出する」ことは、4つの第一電極34のような複数の圧力検出位置における変位 Δz が共通と仮定した場合に、算出した共通の変位 Δz に基づく圧力値を代表値として集約圧力値を算出することを含む。

[0078] 以上説明したように、出力部12は、それぞれのせん断力 F_x 、 F_y 値を、第二電極36と部分的に重なる第一電極34である少なくとも1つの部分重複電極を含む複数の第一電極34のそれぞれに対応する複数の信号に基づいて、圧力が複数の信号に及ぼす影響を除去するようにして算出する。

[0079] (触覚センサ10、出力部12及びコントローラ104のハードウェア構成)

図16は、図1の触覚センサ10、出力部12及びコントローラ104のハードウェア構成の一例を示すブロック図である。出力部12は、第一のマルチプレクサ50と、第二のマルチプレクサ52と、CPU (Central Processing Unit) 54と、ROM (Read Only Memory) 56と、RAM (Random Access Memory) 58とを備える。

[0080] 第一のマルチプレクサ50及び第二のマルチプレクサ52には、複数の静電容量検出IC44が接続されている。複数の静電容量検出IC44から出力されたデータは、第一のマルチプレクサ50及び第二のマルチプレクサ52に入力される。

[0081] CPU54には、第一のマルチプレクサ50及び第二のマルチプレクサ52が接続されている。第一のマルチプレクサ50及び第二のマルチプレクサ52から出力されたデータは、CPU54に入力される。また、CPU54には、後述するコントローラ104から出力されたデータが入力される。

[0082] CPU54は、RAM58を一次記憶領域として利用し、ROM56に記憶されているプログラム60を実行する。プログラム60には、後述する如くCPU54が触覚センサ10から出力されたデータやコントローラ104から出力されたデータに基づいて演算を行い、コントローラ104にデータを出力するための種々のプロセスが記録されている。

[0083] コントローラ104には、出力部12が有線又は無線により通信可能に接続される。コントローラ104は、CPU124と、ROM126と、RAM128とを備える。CPU124には、出力部12から出力されたデータが入力される。

[0084] CPU124は、RAM128を一次記憶領域として利用し、ROM126に記憶されているプログラム130を実行する。プログラム130には、後述する如くコントローラ104がロボット102を動かしたり、出力部12にデータを要求したりするデータを出力するための種々のプロセスが記録されている。

[0085] (出力部12における複数のモード)

図17は、図16の出力部12における複数のモードの一例を説明する図である。出力部12は、衝突検知モードと、動作内容判断モードと、要求指令対応モードとを有する。

[0086] 衝突検知モードは、触覚センサ10から出力されたデータに基づいてワークの衝突を検知した場合に衝突検知データをコントローラ104に出力するモードである。ワークの衝突とは、ワークに想定外の物体が衝突することである。

[0087] 衝突検知データには、例えば、衝突を検知した旨のデータに加えて、後述する把持力(集約圧力) F_z 値のデータ、集約せん断力 F_x 値のデータ、及び、集約せん断力 F_y 値のデータの少なくともいずれかを選択的に含めてもよい。出力部12は、コントローラ104からの指示の有無にかかわらずに衝突検知データをコントローラ104に出力し、コントローラ104は、衝突検知データを割り込み処理で処理する。

[0088] ワークの衝突を検知する処理では、例えば、後述する如く接触面28内における複数の圧力検出位置のそれぞれの圧力値を算出し、この複数の圧力検出位置のそれぞれの圧力値のうち少なくとも所定数の圧力値が閾値を超えた場合、後述する集約圧力値が閾値を超えた場合、後述する集約せん断力 F_x 値が閾値を超えた場合、又は、後述する集約せん断力 F_y 値が閾値を超えた

場合に、ワークの衝突が検知される。

- [0089] 動作内容判断モードは、コントローラ104から出力されたデータに基づいてロボット102の動作内容を判断し、この動作内容に応じて後述する圧力分布のデータ、把持力 F_z 値のデータ、集約せん断力 F_x 値のデータ、集約せん断力 F_y 値のデータ、モーメント M_x 値のデータ、モーメント M_y 値のデータ、及び、モーメント M_z 値のデータの少なくともいずれかを選択的に出力するモードである。ロボット102の動作内容に応じてどのデータを出力するかは出力部12が判断して決定する。
- [0090] ロボット102の動作内容とは、例えば、図1に示されるロボットハンド108でワークWを掴む、ロボットハンド108でワークWを掴んだままワークWを移動させるようにロボットアーム106が動く、ワークWが対象物に接触しながら移動先を探るようにロボットアーム106が動く、ワークWが移動先に挿入されるようにロボットアーム106が動く、及び、ロボットハンド108がワークWを放す等の動作である。
- [0091] 図17に示される要求指令対応モードは、コントローラ104から出力されたデータに含まれる要求指令に応じて後述する圧力分布のデータ、把持力 F_z 値のデータ、把持位置のデータ、集約せん断力 F_x 値のデータ、集約せん断力 F_y 値のデータ、モーメント M_x 値のデータ、モーメント M_y 値のデータ、及び、モーメント M_z 値のデータの少なくともいずれかを選択的に出力するモードである。
- [0092] 要求指令対応モードには、一例として、把持位置検知モードと、把持力検知モードと、挿入特徴量検知モードが含まれる。
- [0093] 把持位置検知モードは、図1に示される一对の把持部114がワークWを把持したときにコントローラ104から指定されるモードである。この把持位置検知モードは、圧力分布のデータ又は把持位置のデータを出力するモードである。
- [0094] 把持力検知モードは、例えば、図1に示される一对の把持部114が開状態から閉状態に移行する過程でコントローラ104から指定されるモードで

ある。この把持力検知モードは、把持力 F_z 値のデータを出力するモードである。

[0095] 挿入特徴量検知モードは、例えば、コントローラ 104 が、図 1 に示されるロボットハンド 108 のワーク W への接触検出、ロボットハンド 108 のワーク W への接触維持検出、ワーク W の移動先への嵌合位置検出、ワーク W の移動先への嵌合位置ずれ検出、ワーク W の移動先への挿入姿勢ずれ検出、ワーク W の移動先への挿入完了検出、ワーク W の移動先からの引き抜き完了検出等を行う際に、コントローラ 104 から指定されるモードである。

[0096] この挿入特徴量検知モードは、6 軸情報として、把持力 F_z 値のデータ、集約せん断力 F_x 値のデータ、集約せん断力 F_y 値のデータ、モーメント M_x 値のデータ、モーメント M_y 値のデータ、及び、モーメント M_z 値のデータを出力するモードである。

[0097] なお、動作内容判断モード及び要求指令対応モードにおいて、出力部 12 は、必要に応じて後述する並進力 ΔF_x 値のデータ、並進力 ΔF_y 値のデータ、又は、回転モーメント M_r 値を出力する。

[0098] (圧力分布のデータ出力処理)

出力部 12 は、接触面 28 内における複数の圧力検出位置のそれぞれの圧力値を表す圧力分布のデータを出力する。第一実施形態において、圧力検出位置は各第一電極 34 の位置である。第一電極 34 の位置は、第一電極 34 の中心又はいずれかの角などの第一電極 34 の特定部位の位置によって表される。この圧力分布のデータ出力処理は、例えば、次の要領により出力部 12 の CPU 54 で実行される。

[0099] 図 18 は、図 16 の出力部 12 における圧力分布のデータ出力処理の流れの一例を示すフローチャートである。ステップ S1 では、CPU 54 が、複数の静電容量検出 IC 44 から出力されたデータを取得する。このステップ S1 で取得するデータは、後述するステップ S2 で変位 Δz を算出する対象となる第一電極 34 に対応してセンサ部 18 から出力された信号のデータである。

[0100] ステップS2では、CPU54が、ステップS1で取得したデータに基づいて、接触面28内における複数の圧力検出位置のそれぞれの変位 Δz を算出する。このとき、センサ部18から出力された複数の信号の全部のデータに基づいて複数の第一電極34の全てに対応する複数の圧力検出位置のそれぞれの変位 Δz を算出してもよく、センサ部18から出力された複数の信号の一部のデータに基づいて複数の第一電極34の一部に対応する複数の圧力検出位置のそれぞれの変位 Δz を算出してもよい。第一実施形態では、上記の Δx 、 Δy 、 $\Delta z \neq 0$ の場合の説明にしたがい、1つの第二電極36に部分的に重なる4つの第一電極34に対応する信号から、圧力検出位置である4つの第一電極34の位置における4つの Δz を算出することを、各第二電極36について行う。

[0101] このようにして算出された複数の圧力検出位置のそれぞれの変位 Δz は、複数の圧力検出位置のそれぞれの圧力値に比例する。したがって、複数の圧力検出位置のそれぞれの変位 Δz が算出されることで、複数の圧力検出位置のそれぞれの圧力値が算出される。

[0102] ステップS3では、CPU54が、ステップS2で算出した接触面28内における複数の圧力検出位置のそれぞれの圧力値に基づいて圧力分布のデータを生成する。

[0103] ステップS4では、CPU54が、ステップS3で生成した圧力分布のデータをコントローラ104に出力する。この圧力分布のデータは、例えば、コントローラ104において、形状が既知であるワークWの把持位置や把持姿勢を把握したり、形状に基づいたワークWの識別を行ったりするのに利用される。

[0104] (把持位置のデータ出力処理)

出力部12は、接触面28内における複数の圧力検出位置のそれぞれの圧力値に基づいて接触面28内におけるワークWの把持位置を特定し、把持位置のデータを出力する。この把持位置のデータ出力処理は、例えば、次の要領により出力部12のCPU54で実行される。

- [0105] 図19は、図16の出力部12における把持位置のデータ出力処理の流れの一例を示すフローチャートである。ステップS11では、CPU54が、複数の静電容量検出IC44から出力されたデータを取得する。このステップS11で取得するデータは、後述するステップS12で変位 Δz を算出する対象となる第一電極34に対応してセンサ部18から出力された信号のデータである。
- [0106] ステップS12では、CPU54が、ステップS11で取得したデータに基づいて、接触面28内における複数の圧力検出位置のそれぞれの変位 Δz を算出する。このとき、センサ部18から出力された複数の信号の全部のデータに基づいて複数の第一電極34の全てに対応する複数の圧力検出位置のそれぞれの変位 Δz を算出してもよく、センサ部18から出力された複数の信号の一部のデータに基づいて複数の第一電極34の一部に対応する複数の圧力検出位置のそれぞれの変位 Δz を算出してもよい。第一実施形態では、上記の Δx 、 Δy 、 $\Delta z \neq 0$ の場合の説明にしたがい、1つの第二電極36に部分的に重なる4つの第一電極34に対応する信号から、圧力検出位置である4つの第一電極34の位置における4つの Δz を算出することを、各第二電極36について行う。
- [0107] このようにして算出された複数の圧力検出位置のそれぞれの変位 Δz は、複数の圧力検出位置のそれぞれの圧力値に比例する。したがって、複数の圧力検出位置のそれぞれの変位 Δz が算出されることで、複数の圧力検出位置のそれぞれの圧力値が算出される。
- [0108] ステップS13では、CPU54が、ステップS12で算出した接触面28内における複数の圧力検出位置のそれぞれの圧力値が所定の相互関係となる位置を特定する。例えば、圧力が加えられている領域の重心位置を把持位置として特定してもよい。圧力が加えられている領域の形状としては、面状、帯状、点状（面積の小さな面状）、線状（幅の小さな帯状）などがありうる。圧力が加えられている領域と加えられていない領域との境界線の位置を把持位置として特定してもよい。これにより、接触面28内における複数の

圧力検出位置のそれぞれの圧力値に基づいて接触面 28 内におけるワーク W の把持位置が特定される。

[0109] ステップ S 14 では、CPU 54 が、ステップ S 13 で特定した把持位置のデータ (X-Y 座標のデータ) をコントローラ 104 に出力する。この把持位置のデータは、例えば、コントローラ 104 において、ワーク W の把持位置の特定に利用される。

[0110] (把持力 F z 値のデータ出力処理)

出力部 12 は、接触面 28 全体について 1 つの集約圧力値を算出し、集約圧力値のデータを把持力 F z 値のデータとして出力する。この把持力 F z 値のデータ出力処理は、例えば、次の要領により出力部 12 の CPU 54 で実行される。

[0111] 図 20 は、図 16 の出力部 12 における把持力 F z 値のデータ出力処理の流れの一例を示すフローチャートである。ステップ S 21 では、CPU 54 が、複数の静電容量検出 IC 44 から出力されたデータを取得する。このステップ S 21 で取得するデータは、後述するステップ S 22 で変位 Δz を算出する対象となる第一電極 34 に対応してセンサ部 18 から出力された信号のデータである。

[0112] ステップ S 22 では、CPU 54 が、ステップ S 21 で取得したデータに基づいて、接触面 28 内における複数の圧力検出位置のそれぞれの変位 Δz を算出する。このとき、センサ部 18 から出力された複数の信号の全部のデータに基づいて複数の第一電極 34 の全てに対応する複数の圧力検出位置のそれぞれの変位 Δz を算出してもよく、センサ部 18 から出力された複数の信号の一部のデータに基づいて複数の第一電極 34 の一部に対応する複数の圧力検出位置のそれぞれの変位 Δz を算出してもよい。第一実施形態では、上記の Δx 、 Δy 、 $\Delta z \neq 0$ の場合の説明にしたがい、1 つの第二電極 36 に部分的に重なる 4 つの第一電極 34 に対応する信号から、圧力検出位置である 4 つの第一電極 34 の位置における 4 つの Δz を算出することを、各第二電極 36 について行う。

- [0113] このようにして算出された複数の圧力検出位置のそれぞれの変位 Δz は、複数の圧力検出位置のそれぞれの圧力値に比例する。したがって、複数の圧力検出位置のそれぞれの変位 Δz が算出されることで、複数の圧力検出位置のそれぞれの圧力値が算出される。
- [0114] ステップS23では、CPU54が、ステップS22で算出した接触面28内における複数の圧力検出位置のそれぞれの圧力値について代表値の算出、合計値の算出及び平均値の算出の少なくともいずれかを行うことで集約圧力値を算出する。
- [0115] ステップS24では、CPU54が、ステップS23で算出した集約圧力値のデータを把持力 F_z 値のデータとしてコントローラ104に出力する。この把持力 F_z 値のデータは、例えば、コントローラ104において、ワークWが落下しないようにするための把持力 F_z の調整や、ワークWの重量や潰れやすさ等に応じた把持力 F_z の調整等に利用される。
- [0116] (集約せん断力 F_x 値のデータ出力処理)
出力部12は、接触面28全体について1つの集約せん断力 F_x 値を算出し、集約せん断力 F_x 値のデータを出力する。この集約せん断力 F_x 値のデータ出力処理は、例えば、次の要領により出力部12のCPU54で実行される。
- [0117] 図21は、図16の出力部12における集約せん断力 F_x 値のデータ出力処理の流れの一例を示すフローチャートである。ステップS31では、CPU54が、複数の静電容量検出IC44から出力されたデータを取得する。このステップS31で取得するデータは、後述するステップS32で変位 Δx を算出する対象となる第一電極34に対応してセンサ部18から出力された信号のデータである。
- [0118] ステップS32では、CPU54が、ステップS31で取得したデータに基づいて、「複数のせん断力検出位置」の一例として、複数の第二電極36の位置について変位 Δx をそれぞれ算出する。第二電極36の位置は、第二電極36の中心又はいずれかの角などの第二電極36の特定部位の位置によ

って表される。変位 Δx の算出は、上記の Δx 、 Δy 、 $\Delta z \neq 0$ の場合の説明にしたがい、1つの第二電極36に部分的に重なる4つの第一電極34に対応する信号の全部又は一部を用いて行う。一部の信号を用いる場合は、1つの第二電極36と重なる4つの第一電極34のうちx方向の位置が異なる少なくとも2つの電極に対応する信号が用いられる。このとき、変位 Δx の算出の対象となる複数の第二電極36は、第二電極36の全ての第二電極36でもよく、第二電極36の一部の第二電極36でもよい。また、ステップS32では、センサ部18から出力された複数の信号の全部が用いられてもよいし、複数の信号の一部が用いられてもよい。

[0119] このようにして算出された複数の第二電極36のそれぞれの位置について算出された変位 Δx は、複数の第二電極36のそれぞれの位置におけるせん断力 F_x 値に比例する。したがって、複数の第二電極36のそれぞれの位置について変位 Δx が算出されることで、複数の第二電極36のそれぞれの位置におけるせん断力 F_x 値が算出される。

[0120] なお、第一実施形態に係る集約せん断力 F_x 値のデータ出力処理において、複数の第二電極36のそれぞれの位置について算出されたせん断力 F_x 値は、「接触面内における複数のせん断力検出位置のそれぞれのせん断力値」の一例に相当する。

[0121] ステップS33では、CPU54が、ステップS32で算出した複数の第二電極36のそれぞれの位置におけるせん断力 F_x 値について代表値の算出、合計値の算出及び平均値の算出の少なくともいずれかを行うことで集約せん断力 F_x 値を算出する。

[0122] ステップS34では、CPU54が、ステップS33で算出した集約せん断力 F_x 値のデータをコントローラ104に出力する。この集約せん断力 F_x 値のデータは、ワークWの衝突検知、ロボットハンド108で把持したワークWの他の物体への接触維持検出、ワークWの移動先への嵌合位置検出、ワークWの移動先への挿入完了検出、ワークWの移動先からの引き抜き完了検出等に利用される。

[0123] (集約せん断力 F_y 値のデータ出力処理)

出力部 12 は、接触面 28 全体について 1 つの集約せん断力 F_y 値を算出し、集約せん断力 F_y 値のデータを出力する。この集約せん断力 F_y 値のデータ出力処理は、例えば、次の要領により出力部 12 の CPU 54 で実行される。

[0124] 図 22 は、図 16 の出力部 12 における集約せん断力 F_y 値のデータ出力処理の流れの一例を示すフローチャートである。ステップ S41 では、CPU 54 が、複数の静電容量検出 IC 44 から出力されたデータを取得する。このステップ S41 で取得するデータは、後述するステップ S42 で変位 Δy を算出する対象となる第一電極 34 に対応してセンサ部 18 から出力された信号のデータである。

[0125] ステップ S42 では、CPU 54 が、ステップ S41 で取得したデータに基づいて、「複数のせん断力検出位置」の一例として、複数の第二電極 36 の位置について変位 Δy をそれぞれ算出する。第二電極 36 の位置は、第二電極 36 の中心又はいずれかの角などの第二電極 36 の特定部位の位置によって表される。変位 Δy の算出は、上記の Δx 、 Δy 、 $\Delta z \neq 0$ の場合の説明にしたがい、1 つの第二電極 36 に部分的に重なる 4 つの第一電極 34 に対応する信号の全部又は一部を用いて行う。一部の信号を用いる場合は、1 つの第二電極 36 と重なる 4 つの第一電極 34 のうち y 方向の位置が異なる少なくとも 2 つの電極に対応する信号が用いられる。このとき、変位 Δy の算出の対象となる複数の第二電極 36 は、第二電極 36 の全ての第二電極 36 でもよく、第二電極 36 の一部の第二電極 36 でもよい。また、ステップ S42 では、センサ部 18 から出力された複数の信号の全部が用いられてもよいし、複数の信号の一部が用いられてもよい。

[0126] このようにして複数の第二電極 36 のそれぞれの位置について算出された変位 Δy は、複数の第二電極 36 のそれぞれの位置におけるせん断力 F_y 値に比例する。したがって、複数の第二電極 36 のそれぞれの位置について変位 Δy が算出されることで、複数の第二電極 36 のそれぞれの位置における

せん断力 F_y 値が算出される。

[0127] なお、第一実施形態に係る集約せん断力 F_y 値のデータ出力処理において、複数の第二電極 36 のそれぞれの位置について算出されたせん断力 F_y 値は、「接触面内における複数のせん断力検出位置のそれぞれのせん断力値」の一例に相当する。

[0128] ステップ S43 では、CPU 54 が、ステップ S42 で算出した複数の第二電極 36 のそれぞれの位置におけるせん断力 F_y 値について代表値の算出、合計値の算出及び平均値の算出の少なくともいずれかを行うことで集約せん断力 F_y 値を算出する。

[0129] ステップ S44 では、CPU 54 が、ステップ S43 で算出した集約せん断力 F_y 値のデータをコントローラ 104 に出力する。この集約せん断力 F_y 値のデータは、ワーク W の衝突検知、ロボットハンド 108 で把持したワーク W の他の物体への接触維持検出、ワーク W の移動先への嵌合位置検出、ワーク W の移動先への挿入完了検出、ワーク W の移動先からの引き抜き完了検出等に利用される。

[0130] (モーメント M_x 値のデータ出力処理)

出力部 12 は、接触面 28 における Y 軸方向に離間した 2 箇所の第二電極 36 について第一集約圧力値及び第二集約圧力値をそれぞれ算出する。このとき、触覚センサ 10 は、少なくともこの 2 箇所の第二電極 36 の位置においてワーク W から力を受けているものとする。そして、出力部 12 は、第一集約圧力値及び第二集約圧力値に基づいて触覚センサ 10 に作用する X 軸方向周りのモーメント M_x の値をモーメント M_x 値として算出し、モーメント M_x 値のデータを出力する。このモーメント M_x 値のデータ出力処理は、例えば、次の要領により出力部 12 の CPU 54 で実行される。

[0131] 図 23 は、図 16 の出力部 12 におけるモーメント M_x 値のデータ出力処理の流れの一例を示すフローチャートである。ステップ S51 では、CPU 54 が、複数の静電容量検出 IC 44 から出力されたデータを取得する。このステップ S51 で取得するデータは、後述するステップ S52 で変位 Δz

を算出する対象となる第一電極 34 に対応してセンサ部 18 から出力された信号のデータである。

[0132] ステップ S52 では、CPU54 が、ステップ S51 で取得したデータに基づいて、「第一集約圧力検出位置」の一例として、接触面 28 の中心から Y 軸方向に離れた第二電極 36-4 (図 12 参照) が選択され、第二電極 36-4 と部分的に重なる 4 つの第一電極 34 のそれぞれの位置について変位 Δz を算出する。この 4 つの第一電極 34 の位置は、「第一集約圧力検出位置近傍の複数の圧力検出位置」の一例である。さらに、「第二集約圧力検出位置」の一例として、接触面 28 の中心から第二電極 36-4 とは反対方向に離れた第二電極 36-6 (図 12 参照) が選択され、第二電極 36-6 と部分的に重なる 4 つの第一電極 34 のそれぞれの位置について変位 Δz を算出する。この 4 つの第一電極 34 の位置は、「第二集約圧力検出位置近傍の複数の圧力検出位置」の一例である。

[0133] このようにして複数の第二電極 36-4、6 と部分的に重なる第一電極 34 のそれぞれの位置について算出された変位 Δz は、第一電極 34 のそれぞれの位置における圧力値に比例する。したがって、第一電極 34 のそれぞれの位置について変位 Δz が算出されることで、第一電極 34 のそれぞれの位置における圧力値が算出される。

[0134] なお、第一実施形態に係るモーメント M_x 値のデータ出力処理において、第二電極 36-4 と部分的に重なる第一電極 34 のそれぞれの位置について算出された圧力値は、「接触面内における複数の圧力検出位置のうち第一集約圧力検出位置近傍の複数の圧力検出位置のそれぞれの圧力値」の一例に相当する。また、第二電極 36-6 と部分的に重なる第一電極 34 のそれぞれの位置について算出された圧力値は、「接触面内における複数の圧力検出位置のうち第二集約圧力検出位置近傍の複数の圧力検出位置のそれぞれの圧力値」の一例に相当する。

[0135] ステップ S53 では、CPU54 が、第二電極 36-4 と部分的に重なる第一電極 34 のそれぞれの位置の圧力値について代表値の算出、合計値の算

出及び平均値の算出の少なくともいずれかを行い、この算出した値を第一集約圧力値とする。これにより、第二電極 36-4 について第一集約圧力値が算出される。第一集約圧力値は、垂直荷重 Fz' に相当する。

[0136] 同様に、ステップ S53 では、CPU 54 が、第二電極 36-6 と部分的に重なる第一電極 34 のそれぞれの位置の圧力値について代表値の算出、合計値の算出及び平均値の算出の少なくともいずれかを行い、この算出した値を第二集約圧力値とする。これにより、第二電極 36-6 について第二集約圧力値が算出される。第二集約圧力値は、垂直荷重 Fz' に相当する。

[0137] ステップ S52 及び S53 では、第二電極 36-4 について第一集約圧力値を算出したのと同様にして第二電極 36-1、7 についても第一集約圧力値を算出し、これら 3 つの第一集約圧力値について代表値の算出、合計値の算出及び平均値の算出の少なくともいずれかを行い、この算出した値を最終的な第一集約圧力値としてもよい。この場合の第一集約圧力検出位置は、第二電極 36-1、4、7 の各位置である。また、ステップ S52 及び S53 では、第二電極 36-6 について第二集約圧力値を算出したのと同様にして第二電極 36-3、9 についても第二集約圧力値を算出し、これら 3 つの第二集約圧力値について代表値の算出、合計値の算出及び平均値の算出の少なくともいずれかを行い、この算出した値を最終的な第二集約圧力値としてもよい。この場合の第二集約圧力検出位置は、第二電極 36-3、6、9 の各位置である。このとき、触覚センサ 10 は、少なくともこれら 6 箇所の第二電極 36 の位置においてワーク W から力を受けているものとする。

[0138] ステップ S54 では、CPU 54 が、ステップ S53 で第二電極 36-4 又は 36-1、4、7 の組について算出した第一集約圧力値（垂直荷重 Fz' ）に距離 dx を乗じた値と、ステップ S53 で第二電極 36-6 又は 36-3、6、9 の組について算出した第二集約圧力値（垂直荷重 Fz' ）に距離 dx を乗じた値の差を算出し、この差をモーメント Mx 値とする。これにより、モーメント Mx 値（モーメントの大きさ及び方向）が算出される。モーメント Mx 値は、「第一モーメント値」の一例である。

[0139] ステップS55では、CPU54が、ステップS54で算出したモーメント M_x 値のデータをコントローラ104に出力する。

[0140] (モーメント M_y 値のデータ出力処理)

出力部12は、接触面28におけるX軸方向に離間した2箇所の第二電極36について第一集約圧力値及び第二集約圧力値をそれぞれ算出する。このとき、触覚センサ10は、少なくともこの2箇所の第二電極36の位置においてワークWから力を受けているものとする。そして、出力部12は、第一集約圧力値及び第二集約圧力値に基づいて触覚センサ10に作用するY軸方向周りのモーメント M_y の値をモーメント M_y 値として算出し、モーメント M_y 値のデータを出力する。このモーメント M_y 値のデータ出力処理は、例えば、次の要領により出力部12のCPU54で実行される。

[0141] 図24は、図16の出力部12におけるモーメント M_y 値のデータ出力処理の流れの一例を示すフローチャートである。ステップS61では、CPU54が、複数の静電容量検出IC44から出力されたデータを取得する。このステップS61で取得するデータは、後述するステップS62で変位 Δz を算出する対象となる第一電極34に対応してセンサ部18から出力された信号のデータである。

[0142] ステップS62では、CPU54が、ステップS61で取得したデータに基づいて、「第一集約圧力検出位置」の一例として、接触面28の中心からX軸方向に離れた第二電極36-2（図12参照）が選択され、第二電極36-2と部分的に重なる4つの第一電極34のそれぞれの位置について変位 Δz を算出する。この4つの第一電極34の位置は、「第一集約圧力検出位置近傍の複数の圧力検出位置」の一例である。さらに、「第二集約圧力検出位置」の一例として、接触面28の中心から第二電極36-2とは反対方向に離れた第二電極36-8（図12参照）が選択され、第二電極36-8と部分的に重なる4つの第一電極34のそれぞれの位置について変位 Δz を算出する。この4つの第一電極34の位置は、「第二集約圧力検出位置近傍の複数の圧力検出位置」の一例である。

- [0143] このようにして複数の第二電極 36-2、8 と部分的に重なる第一電極 34 のそれぞれの位置について算出された変位 Δz は、第一電極 34 のそれぞれの位置における圧力値に比例する。したがって、第一電極 34 のそれぞれの位置について変位 Δz が算出されることで、第一電極 34 のそれぞれの位置における圧力値が算出される。
- [0144] なお、第一実施形態に係るモーメント M_y 値のデータ出力処理において、第二電極 36-2 と部分的に重なる第一電極 34 のそれぞれの位置について算出された圧力値は、「接触面内における複数の圧力検出位置のうち第一圧力検出位置近傍の複数の圧力検出位置のそれぞれの圧力値」の一例に相当する。また、第二電極 36-8 と部分的に重なる第一電極 34 のそれぞれの位置について算出された圧力値は、「接触面内における複数の圧力検出位置のうち第二集約圧力検出位置近傍の複数の圧力検出位置のそれぞれの圧力値」の一例に相当する。
- [0145] ステップ S63 では、CPU 54 が、第二電極 36-2 と部分的に重なる第一電極 34 のそれぞれの圧力値について代表値の算出、合計値の算出及び平均値の算出の少なくともいずれかを行い、この算出した値を第一集約圧力値とする。これにより、第二電極 36-2 について第一集約圧力値が算出される。第一集約圧力値は、垂直荷重 F_z' に相当する。
- [0146] 同様に、ステップ S63 では、CPU 54 が、第二電極 36-8 と部分的に重なる第一電極 34 のそれぞれの圧力値について代表値の算出、合計値の算出及び平均値の算出の少なくともいずれかを行い、この算出した値を第二集約圧力値とする。これにより、第二電極 36-8 について第二集約圧力値が算出される。第二集約圧力値は、垂直荷重 F_z' に相当する。
- [0147] ステップ S62 及び S63 では、第二電極 36-2 について第一集約圧力値を算出したのと同様にして第二電極 36-1、3 についても第一集約圧力値を算出し、これら 3 つの第一集約圧力値について代表値の算出、合計値の算出及び平均値の算出の少なくともいずれかを行い、この算出した値を最終的な第一集約圧力値としてもよい。この場合の第一集約圧力検出位置は、第

二電極 36-1、2、3 の各位置である。また、ステップ S62 及び S63 では、第二電極 36-8 について第二集約圧力値を算出したのと同様にして第二電極 36-7、9 についても第二集約圧力値を算出し、これら 3 つの第二集約圧力値について代表値の算出、合計値の算出及び平均値の算出の少なくともいずれかを行い、この算出した値を最終的な第二集約圧力値としてもよい。この場合の第二集約圧力検出位置は、第二電極 36-7、8、9 の各位置である。このとき、触覚センサ 10 は、少なくともこれら 6 箇所の第二電極 36 の位置においてワーク W から力を受けているものとする。

[0148] ステップ S64 では、CPU54 が、ステップ S63 で第二電極 36-2 又は 36-1、2、3 の組について算出した第一集約圧力値（垂直荷重 F_z' ）に距離 d_y を乗じた値と、ステップ S63 で第二電極 36-8 又は 36-7、8、9 の組について算出した第二集約圧力値（垂直荷重 F_z' ）に距離 d_y を乗じた値の差を算出し、この差をモーメント M_y 値とする。これにより、モーメント M_y 値（モーメントの大きさ及び方向）が算出される。モーメント M_y 値は、「第一モーメント値」の一例である。

[0149] ステップ S65 では、CPU54 が、ステップ S64 で算出したモーメント M_y 値のデータをコントローラ 104 に出力する。

[0150] （モーメント M_z 値のデータ出力処理）

出力部 12 は、接触面 28 の中心から X 軸方向又は Y 軸方向に離間した 2 箇所の第二電極 36 について第一集約せん断力値及び第二集約せん断力値をそれぞれ算出する。そして、出力部 12 は、第一集約せん断力値及び第二集約せん断力値に基づいて触覚センサ 10 に作用する Z 軸方向周りのモーメント M_z の値をモーメント M_z 値として算出し、モーメント M_z 値のデータを出力する。

[0151] 図 25 は、図 16 の出力部 12 におけるモーメント M_z 値のデータ出力処理の流れの一例を示すフローチャートである。このモーメント M_z 値のデータ出力処理には、以下の第一例及び第二例がある。

[0152] 第一例に係るモーメント M_z 値のデータ出力処理は、例えば、次の要領に

より出力部12のCPU54で実行される。ステップS71では、CPU54が、複数の静電容量検出IC44から出力されたデータを取得する。このステップS71で取得するデータは、後述するステップS72で変位 Δy を算出する対象となる第一電極34に対応してセンサ部18から出力された信号のデータである。

[0153] ステップS72では、CPU54が、ステップS71で取得したデータに基づいて、「第一せん断力検出位置」及び「第二せん断力検出位置」の一例として、接触面28の中心からX軸方向に離れた第二電極36-2、8のそれぞれの位置について変位 Δy を算出する。

[0154] このようにして第二電極36-2、8のそれぞれの位置について算出された変位 Δy は、第二電極36-2、8のそれぞれの位置におけるせん断力 F_y 値に比例するので、第二電極36-2、8のそれぞれの位置について変位 Δy が算出されることで、第二電極36-2、8のそれぞれの位置におけるせん断力 F_y 値が算出される。以下、このように第二電極36-2について算出されたせん断力 F_y 値を第一せん断力 F_y 値と称し、第二電極36-8について算出されたせん断力 F_y 値を第二せん断力 F_y 値と称する。

[0155] また、第二電極36-2について算出された第一せん断力 F_y 値は、「接触面内における第一せん断力検出位置について算出された第一せん断力値」の一例に相当する。また、第二電極36-8について算出された第二せん断力 F_y 値は、「接触面内における第二せん断力検出位置について算出された第二せん断力値」の一例に相当する。

[0156] ステップS73では、CPU54が、ステップS72で第二電極36-2について算出した第一せん断力 F_y 値に距離 d_y を乗じた値と、ステップS72で第二電極36-8について算出した第二せん断力 F_y に距離 d_y を乗じた値の差を算出し、この差をモーメント M_z 値とする。これにより、モーメント M_z 値（モーメントの大きさ及び方向）が算出される。モーメント M_z 値は、「第二モーメント値」の一例である。

[0157] ステップS74では、CPU54が、ステップS73で算出したモーメン

トMz値のデータをコントローラ104に出力する。

- [0158] なお、上述のステップS72では、第二電極36-2について第一せん断力Fy値が算出されるが、第二電極36-1、2、3のうち少なくとも1つの第二電極36について第一せん断力Fy値が算出されてもよい。同様に、上述のステップS72では、第二電極36-8について第二せん断力Fy値が算出されるが、第二電極36-7、8、9のうち少なくとも1つの第二電極36について第二せん断力Fy値が算出されてもよい。
- [0159] 第二例に係るモーメントMz値のデータ出力処理は、例えば、次の要領により出力部12のCPU54で実行される。ステップS71では、CPU54が、複数の静電容量検出IC44から出力されたデータを取得する。このステップS71で取得するデータは、後述するステップS72で変位Δxを算出する対象となる第一電極34に対応してセンサ部18から出力された信号のデータである。
- [0160] ステップS72では、CPU54が、ステップS71で取得したデータに基づいて、「第一せん断力検出位置」及び「第二せん断力検出位置」の一例として、接触面28の中心からY軸方向に離れた第二電極36-4、6のそれぞれの位置について変位Δxを算出する。
- [0161] このようにして第二電極36-4、6のそれぞれの位置について算出された変位Δxは、第二電極36-4、6のそれぞれの位置におけるせん断力Fx値に比例するので、第二電極36-4、6のそれぞれの位置について変位Δxが算出されることで、第二電極36-4、6のそれぞれにおけるせん断力Fx値が算出される。
- [0162] また、第二電極36-4について算出された第一せん断力Fx値は、「接触面内における第一せん断力検出位置について算出された第一せん断力値」の一例に相当する。また、第二電極36-6について算出された第二せん断力Fx値は、「接触面内における第二せん断力検出位置について算出された第二せん断力値」の一例に相当する。
- [0163] ステップS73では、CPU54が、ステップS72で第二電極36-4

について算出した第一せん断力 F_x 値に距離 d_x を乗じた値と、ステップ S 7 2 で第二電極 3 6 - 6 について算出した第二せん断力 F_x に距離 d_x を乗じた値の差を算出し、この差をモーメント M_z 値とする。これにより、モーメント M_z 値（モーメントの大きさ及び方向）が算出される。モーメント M_z 値は、「第二モーメント値」の一例である。

[0164] ステップ S 7 4 では、CPU 5 4 が、ステップ S 7 3 で算出したモーメント M_z 値のデータをコントローラ 1 0 4 に出力する。

[0165] なお、上述のステップ S 7 2 では、第二電極 3 6 - 4 について第一せん断力 F_x 値が算出されるが、第二電極 3 6 - 1、4、7 のうち少なくとも 1 つの第二電極 3 6 について第一せん断力 F_x 値が算出されてもよい。同様に、上述のステップ S 7 2 では、第二電極 3 6 - 6 について第二せん断力 F_x 値が算出されるが、第二電極 3 6 - 3、6、9 のうち少なくとも 1 つの第二電極 3 6 について第二せん断力 F_x 値が算出されてもよい。

[0166] （並進力 ΔF_x 値のデータ出力処理）

図 2 6 は、図 1 の一対の把持部 1 1 4 で把持したワーク W に作用する X 軸方向の並進力 ΔF_x の一例を説明する平面図である。ワーク W に対して Y 軸方向周りの回転モーメント M_{Ry} が作用することにより、一対の触覚センサ 1 0 のうち第一の触覚センサ 1 0 には X 軸方向の第一せん断力 F_{x1} が作用し、一対の触覚センサ 1 0 のうち第二の触覚センサ 1 0 には第一せん断力 F_{x1} と逆向きの第二せん断力 F_{x2} が作用する場合がある。この場合、符号付きの値である第一せん断力 F_{x1} 及び第二せん断力 F_{x2} の和は、X 軸方向の並進力 ΔF_x に相当する。

[0167] 並進力 ΔF_x を算出する出力部 1 2 には、一対の触覚センサ 1 0 の両方からの信号が入力されるように構成される。出力部 1 2 は、一対の触覚センサ 1 0 のそれぞれについて算出された第一集約せん断力 F_{x1} 値及び第二集約せん断力 F_{x2} 値の和を並進力 ΔF_x 値として算出し、並進力 ΔF_x 値のデータを出力する。

[0168] 図 2 7 は、図 1 6 の出力部 1 2 における並進力 ΔF_x 値のデータ出力処理

の流れの一例を示すフローチャートである。ステップS81では、CPU54が、第一の触覚センサ10についてX軸方向の第一集約せん断力 $F \times 1$ 値を算出する。同様に、ステップS81では、CPU54が、第二の触覚センサ10についてX軸方向の第二集約せん断力 $F \times 2$ 値を算出する。

[0169] X軸方向の第一集約せん断力 $F \times 1$ 値及び第二集約せん断力 $F \times 2$ 値の算出方法は、上述の集約せん断力 $F \times$ 値の算出方法（図21参照）の通りである。これにより、一对の触覚センサ10のそれぞれについて第一集約せん断力 $F \times 1$ 値及び第二集約せん断力 $F \times 2$ 値が算出される。第一集約せん断力 $F \times 1$ 値及び第二集約せん断力 $F \times 2$ 値は、「一对の触覚センサのそれぞれについて算出された集約せん断力値」の一例に相当する。

[0170] ステップS82では、CPU54が、ステップS81で算出した第一集約せん断力 $F \times 1$ 値及び第二集約せん断力 $F \times 2$ 値の和を並進力 $\Delta F \times$ 値として算出する。

[0171] ステップS83では、CPU54が、ステップS82で算出した並進力 $\Delta F \times$ 値のデータをコントローラ104に出力する。

[0172] （並進力 $\Delta F y$ 値のデータ出力処理）

図28は、図1の一对の把持部114で把持したワークWに作用するY軸方向の並進力 $\Delta F y$ の一例を説明する平面図である。ワークWに対してX軸方向周りの回転モーメント $M R x$ が作用することにより、一对の触覚センサ10のうち第一の触覚センサ10にはY軸方向の第一せん断力 $F y 1$ が作用し、一对の触覚センサ10のうち第二の触覚センサ10には第一せん断力 $F y 1$ と逆向きの第二せん断力 $F y 2$ が作用する場合がある。この場合、符号付きの値である第一せん断力 $F y 1$ 及び第二せん断力 $F y 2$ の和は、Y軸方向の並進力 $\Delta F y$ に相当する。

[0173] 並進力 $\Delta F y$ を算出する出力部12には、一对の触覚センサ10の両方からの信号が入力されるように構成される。出力部12は、一对の触覚センサ10のそれぞれについて算出された第一集約せん断力 $F y 1$ 値及び第二集約せん断力 $F y 2$ 値の和を並進力 $\Delta F y$ 値として算出し、並進力 $\Delta F y$ 値のデ

ータを出力する。

[0174] 図29は、図16の出力部12における並進力 ΔF_y 値のデータ出力処理の流れの一例を示すフローチャートである。ステップS91では、CPU54が、第一の触覚センサ10についてY軸方向の第一集約せん断力 F_{y1} 値を算出する。同様に、ステップS91では、CPU54が、第二の触覚センサ10についてY軸方向の第二集約せん断力 F_{y2} 値を算出する。

[0175] Y軸方向の第一集約せん断力 F_{y1} 値及び第二集約せん断力 F_{y2} 値の算出方法は、上述の集約せん断力 F_y 値の算出方法（図22参照）の通りである。これにより、一对の触覚センサ10のそれぞれについて第一集約せん断力 F_{y1} 値及び第二集約せん断力 F_{y2} 値が算出される。第一集約せん断力 F_{y1} 値及び第二集約せん断力 F_{y2} 値は、「一对の触覚センサのそれぞれについて算出された集約せん断力値」の一例に相当する。

[0176] ステップS92では、CPU54が、ステップS91で算出した第一集約せん断力 F_{y1} 値と第二集約せん断力 F_{y2} 値の和を並進力 ΔF_y 値として算出する。

[0177] ステップS93では、CPU54が、ステップS92で算出した並進力 ΔF_y 値のデータをコントローラ104に出力する。

[0178] （回転モーメント M_{Rx} 値のデータ出力処理）

図28に示されるように、一对の触覚センサ10のうち第一の触覚センサ10にはY軸方向の第一せん断力 F_{y1} が作用し、一对の触覚センサ10のうち第二の触覚センサ10には第一せん断力 F_{y1} と逆向きの第二せん断力 F_{y2} が作用する場合がある。この場合、一对の触覚センサ10には、X軸方向周りの回転モーメント M_{Rx} が作用する。

[0179] 回転モーメント M_{Rx} を算出する出力部12には、一对の触覚センサ10の両方からの信号が入力されるように構成される。出力部12は、一对の触覚センサ10のそれぞれについて算出された符号付きの値である第一集約せん断力 F_{y1} 値及び第二集約せん断力 F_{y2} 値の差に基づいてX軸方向周りの回転モーメント M_{Rx} 値を算出し、回転モーメント M_{Rx} 値のデータを出

力する。

[0180] 図30は、図16の出力部12における回転モーメント MR_x 値のデータ出力処理の流れの一例を示すフローチャートである。ステップS101では、CPU54が、第一の触覚センサ10についてY軸方向の第一集約せん断力 F_{y1} 値を算出する。同様に、ステップS101では、CPU54が、第二の触覚センサ10についてY軸方向の第二集約せん断力 F_{y2} 値を算出する。

[0181] Y軸方向の第一集約せん断力 F_{y1} 値及び第二集約せん断力 F_{y2} 値の算出方法は、上述の集約せん断力 F_y 値の算出方法（図22参照）の通りである。これにより、一对の触覚センサ10のそれぞれについて第一集約せん断力 F_{y1} 値及び第二集約せん断力 F_{y2} 値が算出される。第一集約せん断力 F_{y1} 値及び第二集約せん断力 F_{y2} 値は、「一对の触覚センサのそれぞれについて算出された集約せん断力値」の一例に相当する。

[0182] ステップS102では、CPU54が、ステップS101で算出した第一集約せん断力 F_{y1} 値及び第二集約せん断力 F_{y2} 値の差に基づいてX軸方向周りの回転モーメント MR_x 値を算出する。

[0183] ステップS103では、CPU54が、ステップS102で算出した回転モーメント MR_x 値のデータをコントローラ104に出力する。

[0184] （回転モーメント MR_y 値のデータ出力処理）

図26に示されるように、一对の触覚センサ10のうち第一の触覚センサ10にはX軸方向の第一せん断力 F_{x1} が作用し、一对の触覚センサ10のうち第二の触覚センサ10には第一せん断力 F_{x1} と逆向きの第二せん断力 F_{x2} が作用する場合がある。この場合、一对の触覚センサ10には、Y軸方向周りの回転モーメント MR_y が作用する。

[0185] 回転モーメント MR_y を算出する出力部12には、一对の触覚センサ10の両方からの信号が入力されるように構成される。出力部12は、一对の触覚センサ10のそれぞれについて算出された符号付きの値である第一集約せん断力 F_{x1} 値及び第二集約せん断力 F_{x2} 値の差に基づいてY軸方向周り

の回転モーメント MR_y 値を算出し、回転モーメント MR_y 値のデータを出力する。

[0186] 図31は、図16の出力部12における回転モーメント MR_y 値のデータ出力処理の流れの一例を示すフローチャートである。ステップS111では、CPU54が、第一の触覚センサ10についてX軸方向の第一集約せん断力 $F \times 1$ 値を算出する。同様に、ステップS111では、CPU54が、第二の触覚センサ10についてX軸方向の第二集約せん断力 $F \times 2$ 値を算出する。

[0187] X軸方向の第一集約せん断力 $F \times 1$ 値及び第二集約せん断力 $F \times 2$ 値の算出方法は、上述の集約せん断力 $F \times$ 値の算出方法（図21参照）の通りである。これにより、一对の触覚センサ10のそれぞれについて第一集約せん断力 $F \times 1$ 値及び第二集約せん断力 $F \times 2$ 値が算出される。第一集約せん断力 $F \times 1$ 値及び第二集約せん断力 $F \times 2$ 値は、「一对の触覚センサのそれぞれについて算出された集約せん断力値」の一例に相当する。

[0188] ステップS112では、CPU54が、ステップS111で算出した第一集約せん断力 $F \times 1$ 値及び第二集約せん断力 $F \times 2$ 値の差に基づいてY軸方向周りの回転モーメント MR_y 値を算出する。

[0189] ステップS113では、CPU54が、ステップS112で算出した回転モーメント MR_y 値のデータをコントローラ104に出力する。

[0190] 次に、第一実施形態の作用及び効果について説明する。

[0191] (1) 出力部12における複数のモード（図17参照）について説明した通り、出力部12は、所定の条件の場合に、衝突検知データを出力する衝突検知モードを有する。出力部12は、所定の条件として、具体的には、接触面28内における複数の圧力検出位置のそれぞれの圧力値のうち少なくとも所定数の圧力値が閾値を超えた場合、複数の圧力検出位置のそれぞれの圧力値について代表値の算出、合計値の算出及び平均値の算出の少なくともいずれかを行うことで算出した集約圧力値が閾値を超えた場合、又は、接触面28全体について算出した1つの集約せん断力値が閾値を超えた場合に、衝突

検知データを出力する。したがって、コントローラ104で衝突を判断しなくて済むので、コントローラ104の負担を軽減することができる。

[0192] (2) 出力部12における複数のモード(図17参照)について説明した通り、出力部12は、ロボット102の動作内容を判断し動作内容に応じて各種データを選択的に出力する動作内容判断モードを有する。出力部12は、具体的には、圧力分布のデータ、把持力値 F_z 値のデータ、集約せん断力 F_x 値のデータ、集約せん断力 F_y 値のデータ、モーメント M_x 値のデータ、モーメント M_y 値のデータ、及び、モーメント M_z 値のデータの少なくともいずれかを選択的に出力する。したがって、ロボット102の動作内容に応じて各種データをコントローラ104に提供することができるので、コントローラ104によってロボット102を適切に制御することができる。

[0193] また、出力部12における複数のモード(図17参照)について説明した通り、出力部12は、コントローラ104からの要求指令に応じて各種データを選択的に出力する要求指令対応モードを有する。出力部12は、具体的には、圧力分布のデータ、把持力 F_z 値のデータ、集約せん断力 F_x 値のデータ、集約せん断力 F_y 値のデータ、モーメント M_x 値のデータ、モーメント M_y 値のデータ、及び、モーメント M_z 値のデータの少なくともいずれかを選択的に出力する。したがって、コントローラ104の要求指令に応じて各種データをコントローラ104に提供することができるので、コントローラ104によってロボット102を適切に制御することができる。

[0194] (3) 把持位置のデータ出力処理(図19参照)において、出力部12は、接触面28内における複数の圧力検出位置のそれぞれの圧力に基づいて接触面28内におけるワークWの把持位置を特定し、把持位置のデータを出力する。したがって、コントローラ104で把持位置を特定しなくて済むので、コントローラ104の負担を軽減することができる。

[0195] (4) 把持力 F_z 値のデータ出力処理(図20参照)において、出力部12は、接触面28内における複数の圧力検出位置のそれぞれの圧力値について代表値の算出、合計値の算出及び平均値の算出の少なくともいずれかを行

うことで集約圧力値を算出する。そして、出力部12は、集約圧力値のデータを把持力 F_z 値のデータとして出力する。したがって、コントローラ104で集約圧力値としての把持力 F_z 値を算出しないで済むので、コントローラ104の負担を軽減することができる。

[0196] (5) 集約せん断力 F_x 値のデータ出力処理(図21参照)において、出力部12は、接触面28全体について1つの集約せん断力 F_x 値を算出し、集約せん断力 F_x 値のデータを出力する。したがって、コントローラ104で集約せん断力 F_x 値を算出しないで済むので、コントローラ104の負担を軽減することができる。また、例えば、接触面28内における複数のせん断力検出位置のそれぞれのせん断力 F_x 値を表すせん断力分布のデータを出力する場合に比して、せん断力 F_x 値を集約する分、出力部12とコントローラ104との間のデータ通信量を減らすことができる。これにより、出力部12及びコントローラ104の応答速度を向上させることができるので、一对の把持部114を有するロボット102を制御するコントローラ104に対して、ロボット102の制御に有益な触覚情報を効率よく提供できる。

[0197] 同様に、集約せん断力 F_y 値のデータ出力処理(図22参照)において、出力部12は、接触面28全体について1つの集約せん断力 F_y 値を算出し、集約せん断力 F_y 値のデータを出力する。したがって、コントローラ104で集約せん断力 F_y 値を算出しないで済むので、コントローラ104の負担を軽減することができる。また、例えば、接触面28内における複数のせん断力検出位置のそれぞれのせん断力 F_x 値を表すせん断力分布のデータを出力する場合に比して、せん断力 F_x 値を集約する分、出力部12とコントローラ104との間のデータ通信量を減らすことができる。これにより、出力部12及びコントローラ104の応答速度を向上させることができるので、一对の把持部114を有するロボット102を制御するコントローラ104に対して、ロボット102の制御に有益な触覚情報を効率よく提供できる。

[0198] (6) 集約せん断力 F_x 値のデータ出力処理(図21参照)において、出

力部 1 2 は、センサ部 1 8 から出力された複数の信号の全部又は一部に基づいて接触面 2 8 内における複数の第二電極 3 6 のそれぞれの位置のせん断力 F_x 値を算出する。そして、出力部 1 2 は、複数の第二電極 3 6 のそれぞれの位置のせん断力 F_x 値について代表値の算出、合計値の算出及び平均値の算出の少なくともいずれかを行うことで集約せん断力 F_x 値を算出する。したがって、例えば、任意に選択した 1 つの第二電極 3 6 について算出したせん断力 F_x 値に比して、接触面 2 8 全体のせん断力 F_x 値をよりの確に表す集約せん断力 F_x 値を出力することができる。

[0199] 同様に、集約せん断力 F_y 値のデータ出力処理（図 2 2 参照）において、出力部 1 2 は、センサ部 1 8 から出力された複数の信号の全部又は一部に基づいて接触面 2 8 内における複数の第二電極 3 6 のそれぞれの位置のせん断力 F_y 値を算出する。そして、出力部 1 2 は、複数の第二電極 3 6 のそれぞれの位置のせん断力 F_y 値について代表値の算出、合計値の算出及び平均値の算出の少なくともいずれかを行うことで集約せん断力 F_y 値を算出する。したがって、例えば、任意に選択した 1 つの第二電極 3 6 について算出したせん断力 F_y 値に比して、接触面 2 8 全体のせん断力 F_y 値をよりの確に表す集約せん断力 F_y 値を出力することができる。

[0200] (7) モーメント M_x 値のデータ出力処理（図 2 3 参照）において、出力部 1 2 は、接触面 2 8 における Y 軸方向に離間した 2 箇所の第二電極 3 6 について第一集約圧力値及び第二集約圧力値をそれぞれ算出する。そして、出力部 1 2 は、第一集約圧力値及び第二集約圧力値に基づいて触覚センサ 1 0 に作用する X 軸方向周りのモーメント M_x の値をモーメント M_x 値として算出し、モーメント M_x 値のデータを出力する。したがって、コントローラ 1 0 4 でモーメント M_x 値を算出しないで済むので、コントローラ 1 0 4 の負担を軽減することができる。

[0201] 同様に、モーメント M_y 値のデータ出力処理（図 2 4 参照）において、出力部 1 2 は、接触面 2 8 における X 軸方向に離間した 2 箇所の第二電極 3 6 について第一集約圧力値及び第二集約圧力値をそれぞれ算出する。そして、

出力部 12 は、第一集約圧力値及び第二集約圧力値に基づいて触覚センサ 10 に作用する Y 軸方向周りのモーメント M_y の値をモーメント M_y 値として算出し、モーメント M_y 値のデータを出力する。したがって、コントローラ 104 でモーメント M_y 値を算出しないで済むので、コントローラ 104 の負担を軽減することができる。

[0202] (8) モーメント M_z 値のデータ出力処理 (図 25 参照) の第一例において、出力部 12 は、接触面 28 における X 軸方向に離間した 2 箇所の第二電極 36 について第一せん断力 F_y 値及び第二せん断力 F_y 値をそれぞれ算出する。そして、出力部 12 は、第一せん断力 F_y 値及び第二せん断力 F_y 値に基づいて触覚センサ 10 に作用する Z 軸方向周りのモーメント M_z の値をモーメント M_z 値として算出し、モーメント M_z 値のデータを出力する。したがって、コントローラ 104 でモーメント M_z 値を算出しないで済むので、コントローラ 104 の負担を軽減することができる。

[0203] 同様に、モーメント M_z 値のデータ出力処理 (図 25 参照) の第二例において、出力部 12 は、接触面 28 における Y 軸方向に離間した 2 箇所の第二電極 36 について第一せん断力 F_x 値及び第二せん断力 F_x 値をそれぞれ算出する。そして、出力部 12 は、第一せん断力 F_x 値及び第二せん断力 F_x 値に基づいて触覚センサ 10 に作用する Z 軸方向周りのモーメント M_z の値をモーメント M_z 値として算出し、モーメント M_z 値のデータを出力する。したがって、コントローラ 104 でモーメント M_z 値を算出しないで済むので、コントローラ 104 の負担を軽減することができる。

[0204] (9) 並進力 ΔF_x 値のデータ出力処理 (図 27 参照) において、出力部 12 は、一对の触覚センサ 10 のそれぞれについて算出された第一集約せん断力 F_{x1} 値及び第二集約せん断力 F_{x2} 値の和を並進力 ΔF_x 値として算出し、並進力 ΔF_x 値のデータを出力する。したがって、コントローラ 104 で並進力 ΔF_x 値を算出しないで済むので、コントローラ 104 の負担を軽減することができる。

[0205] 同様に、並進力 ΔF_y 値のデータ出力処理 (図 29 参照) において、出力

部12は、一对の触覚センサ10のそれぞれについて算出された第一集約せん断力 F_{y1} 値及び第二集約せん断力 F_{y2} 値の和を並進力 ΔF_y 値として算出し、並進力 ΔF_y 値のデータを出力する。したがって、コントローラ104で並進力 ΔF_y 値を算出しないで済むので、コントローラ104の負担を軽減することができる。

[0206] (10) 回転モーメント MR_x 値のデータ出力処理(図30参照)において、出力部12は、一对の触覚センサ10のそれぞれについて算出された第一集約せん断力 F_{y1} 値及び第二集約せん断力 F_{y2} 値の差に基づいてX軸方向周りの回転モーメント MR_x の値を回転モーメント MR_x 値として算出する。そして、出力部12は、回転モーメント MR_x 値のデータを出力する。したがって、コントローラ104で回転モーメント MR_x 値のデータを算出しないで済むので、コントローラ104の負担を軽減することができる。

[0207] 同様に、回転モーメント MR_y 値のデータ出力処理(図31参照)において、出力部12は、一对の触覚センサ10のそれぞれについて算出された第一集約せん断力 F_{x1} 値及び第二集約せん断力 F_{x2} 値の差に基づいてY軸方向周りの回転モーメント MR_y の値を回転モーメント MR_y 値として算出する。そして、出力部12は、回転モーメント MR_y 値のデータを出力する。したがって、コントローラ104で回転モーメント MR_y 値のデータを算出しないで済むので、コントローラ104の負担を軽減することができる。

[0208] (11) 触覚センサ10(図3~図7参照)において、第二電極層26は、単層である複数の第二電極36によって構成されている。したがって、触覚センサ10の構造及び製造工程を簡素化することができる。

[0209] また、第一電極34と第二電極36との間の距離に応じて変化する静電容量を検出することにより、複数の第一電極34のそれぞれの位置で圧力を検出できる。さらに、各第二電極36は、X軸方向及びY軸方向に隣接する4個の第一電極34のそれぞれと部分的に重なっているため、この4個の第一電極34と第二電極36の重なり合う面積に応じて変化する静電容量を検出することにより、各第二電極36の位置でせん断力も検出できる。

[0210] しかも、複数の第二電極 36 の数が、複数の第一電極 34 の数よりも少ないことにより、1つの第二電極 36 に対して複数の第一電極 34 がマッチングされるので、例えば、複数の第一電極 34 が複数の第二電極 36 と 1対1 にマッチングされる場合に比して、複数の第一電極 34 の互いの間隔を狭めることができる。これにより、複数の第一電極 34 の数を確保できるので、圧力分布の分解能を確保できる。

[0211] このように、第一実施形態に係る触覚センサ 10 によれば、簡素な構造及び製造工程でもせん断力を検出できると共に、圧力分布の分解能を確保できる。

[0212] 次に、第一実施形態の変形例について説明する。

[0213] (1) 出力部 12 は、触覚センサ 10 と別々に構成されているが、触覚センサ 10 及び出力部 12 は、ユニット化されていてもよい。

[0214] (2) 出力部 12 は、ロボットアーム 106 にロボットハンド 108 を接続する手首関節部 112 に設けられているが、出力部 12 の少なくとも一部は、ロボットハンド 108、ロボットアーム 106、コントローラ 104 の入力部、及び、コントローラ 104 に設けられプログラム処理を実行するプログラム部品のいずれかに設けられていてもよい。なお、出力部 12 がコントローラ 104 において実行されるプログラム部品である場合において出力部 12 と対比して言及されるコントローラ 104 は、物理的なコントローラ 104 のうち出力部 12 であるプログラム部品以外の部分を指す。

[0215] また、コントローラ 104 の入力部は、例えば、コントローラ 104 の CPU 54 に接続されるアンプユニット、又は、触覚センサ 10 から出力されたデータを入力してプログラム処理を実行するプログラム部品（ファンクションブロック）でもよい。出力部 12 の少なくとも一部がコントローラ 104 の入力部に設けられていると、コントローラ 104 のプログラミングを行うユーザの負担を軽減することができる。

[0216] (3) 出力部 12 は、好ましい例として、動作内容判断モード及び要求指令対応モードの両方を有するが、動作内容判断モード及び要求指令対応モー

ドのいずれか一方は省かれてもよい。

[0217] (4) 出力部12は、圧力分布、把持位置、把持力 F_z 値、集約せん断力 F_x 値、集約せん断力 F_y 値、モーメント M_x 値、モーメント M_y 値、モーメント M_z 値、並進力 ΔF_x 値、並進力 ΔF_y 値、回転モーメント M_R_x 値及び回転モーメント M_R_y 値の各データ出力処理を行うが、これら複数のデータ出力処理のうちのいずれか又はいくつかは省かれてもよい。

[0218] (5) 触覚センサ10は、好ましくは、上記構成とされるが、第一電極層24が複数の第一電極34を有し、第二電極層26が複数の第二電極36を有し、複数の第一電極34のうちの2以上が、平面視で第二電極36と部分的に重なる構成であれば、触覚センサ10は、上記以外の構成でもよい。

[0219] (6) 触覚センサ10は、36個の第一電極34を有するが、複数の第一電極34の数は、いくつでもよい。

[0220] (7) 複数の第二電極36の数は、複数の第一電極34の数よりも少なければ、いくつでもよい。

[0221] (8) 複数の第一電極34は、好ましくは、接触面28に沿って行列状に配列されるが、接触面28内で所望の圧力分布が得られるのであれば、行列状以外の態様で配置されていてもよい。

[0222] [第二実施形態]

次に、第二実施形態を説明する。

[0223] (触覚センサ10の構成)

図32は、第二実施形態に係る触覚センサ10の縦断面図である。第二実施形態に係る触覚センサ10は、上述の第一実施形態に係る触覚センサ10(図3～図6参照)に対し、第二電極層26の構成が次のように変更されている。

[0224] 図33は、図32の第二電極層26の平面図である。第二電極層26は、単層である1の第二電極36によって構成されている。つまり、第二電極36は、1つの島部を形成している。第二電極36は、例えば、導電ゴムによって形成される。この第二電極36は、平板状に形成されている。第二電極

36は、基板16のグラウンドに接続されていてもよく、グラウンドに対して浮いていてもよい。

[0225] 図34は、図32の第二電極36と弾力層22と基板16とを重ねた状態を示す平面図である。一例として、複数の第一電極34の数は36個であるのに対し、第二電極36は、1つの島部を形成するので、第二実施形態では、第二電極36によって形成される島部の数が複数の第一電極34の数よりも少ない。

[0226] 第二電極36は、一例として、接触面28（図32参照）よりも小さい正方形に形成されている。この第二電極36は、平面視で複数の第一電極34の全てと重なる大きさを有している。具体的には、第二電極36は、複数の第一電極34のうち第二電極36の外周部に沿って並ぶ第一電極34と第二電極36の外周部とが平面視で重なる大きさを有している。これにより、第二電極36の外周部に沿って並ぶ第一電極34は、平面視で第二電極36と部分的に重なっており、複数の第一電極34のうち第二電極36の外周部の内側に位置する第一電極34は、第二電極36と全体的に重なっている。

[0227] 第二実施形態では、複数の第一電極34のうち第二電極36と部分的に重なる第一電極34が、「第二電極と部分的に重なる複数の部分重畳電極」の一例に相当し、この第二電極36と部分的に重なる第一電極34から出力される複数の信号は、「複数の部分重複電極信号」の一例に相当する。

[0228] 図32に示される触覚センサ10のセンサ部18では、接触面28に圧力が加わり、各第一電極34と第二電極36との間の距離 d が変化すると、この距離 d の変化に応じて静電容量 C が変化する。また、センサ部18では、接触面28にせん断力が加わり、第二電極36と部分的に重なる第一電極34（図34参照）と第二電極36の重なり合う面積 A が変化すると、この面積 A の変化に応じて静電容量 C が変化する。

[0229] このような構成の触覚センサ10は、上述の第一実施形態に係る触覚センサ10（図3～図6参照）と同様に製造される。

[0230] 図35は、図32の触覚センサ10におけるモーメント長 d_x 、 d_y の一

例を説明する図である。なお、図35では、複数の第一電極34に対して識別番号1~28が示されている。複数の第一電極34を識別する場合には、複数の第一電極34のそれぞれを、第一電極34-1~28と称する。

[0231] モーメント長 d_x は、X軸方向周りのモーメント M_x （図11参照）を算出する際に用いられる長さである。モーメント長 d_x は、一例として、接触面28の中心からY軸方向に離れた位置にある第一電極34-4の中心と接触面28の中心との間のY軸方向に沿った距離に相当する。

[0232] 図35に示されるモーメント長 d_y は、Y軸方向周りのモーメント M_y （図11参照）を算出する際に用いられる長さである。モーメント長 d_y は、一例として、第二電極36の中心からX軸方向に離れた位置にある第一電極34-13の中心と第二電極36の中心との間のX軸方向に沿った距離に相当する。

[0233] 第二実施形態において、変位 Δx 、 Δy 、 Δz の計算は、第一実施形態の場合と同様の考え方に基いて行う。第二実施形態において、触覚センサ10、出力部12及びコントローラ104のハードウェア構成と、出力部12における複数のモードは、第一実施形態と同じである。また、第二実施形態において、圧力分布、把持位置、把持力 F_z 値、並進力 ΔF_x 値、並進力 ΔF_y 値、回転モーメント M_{R_x} 値及び回転モーメント M_{R_y} 値の各データ出力処理は、第一実施形態と同じである。

[0234] 一方、第二実施形態において、集約せん断力 F_x 値、集約せん断力 F_y 値、モーメント M_x 値、モーメント M_y 値及びモーメント M_z 値の各データ出力処理は、第一実施形態と異なる。

[0235] （集約せん断力 F_x 値のデータ出力処理）

第二実施形態において、出力部12は、接触面28全体について1つの集約せん断力 F_x 値を算出し、集約せん断力 F_x 値のデータを出力する。この集約せん断力 F_x 値のデータ出力処理は、例えば、次の要領により出力部12のCPU54で実行される。以下、図21を参照しながら、第二実施形態における集約せん断力 F_x 値のデータ出力処理の流れを説明する。

- [0236] ステップS31では、CPU54が、複数の静電容量検出IC44から出力されたデータを取得する。このステップS31で取得するデータは、後述するステップS32で変位 Δx を算出する対象となる第一電極34に対応してセンサ部18から出力された信号のデータである。
- [0237] ステップS32では、CPU54が、ステップS31で取得したデータに基づいて、第二電極36と部分的に重なる複数の第一電極34-1~8のそれぞれの位置について変位 Δx を算出する。このとき、変位 Δx の算出の対象となる複数の第一電極34は、複数の第一電極34-1~8の全てでもよく、複数の第一電極34-1~8の一部でもよい。
- [0238] 第二実施形態では、一例として、CPU54が、複数の第一電極34-1~8のそれぞれの位置について変位 Δx を算出する。このステップS32では、センサ部18から出力された複数の信号の一部に基づいて複数の第一電極34-1~8のそれぞれの位置について変位 Δx が算出される。なお、第二実施形態では、第一電極34-17~20、21~24について算出された変位 Δz の値で変位 Δx の補正を行うことが望ましい。
- [0239] このようにして複数の第一電極34-1~8のそれぞれの位置について算出された変位 Δx は、複数の第一電極34-1~8のそれぞれの位置におけるせん断力 F_x 値に比例する。したがって、複数の第一電極34-1~8のそれぞれの位置について変位 Δx が算出されることで、複数の第一電極34-1~8のそれぞれの位置におけるせん断力 F_x 値が算出される。
- [0240] なお、第二実施形態に係る集約せん断力 F_x 値のデータ出力処理において、複数の第一電極34-1~8のそれぞれの位置について算出されたせん断力 F_x 値は、「接触面内における複数のせん断力検出位置のそれぞれのせん断力値」の一例に相当する。
- [0241] ステップS33では、CPU54が、ステップS32で算出した複数の第一電極34-1~8のそれぞれの位置におけるせん断力 F_x 値について代表値の算出、合計値の算出及び平均値の算出の少なくともいずれかを行うことで集約せん断力 F_x 値を算出する。

[0242] ステップS34では、CPU54が、ステップS33で算出した集約せん断力 F_x 値のデータをコントローラ104に出力する。この集約せん断力 F_x 値のデータは、ワークWの衝突検知、ロボットハンド108で把持したワークWの他の物体への接触維持検出、ワークWの移動先への嵌合位置検出、ワークWの移動先への挿入完了検出、ワークWの移動先からの引き抜き完了検出等に利用される。

[0243] (集約せん断力 F_y 値のデータ出力処理)

第二実施形態において、出力部12は、接触面28全体について1つの集約せん断力 F_y 値を算出し、集約せん断力 F_y 値のデータを出力する。この集約せん断力 F_y 値のデータ出力処理は、例えば、次の要領により出力部12のCPU54で実行される。以下、図22を参照しながら、第二実施形態における集約せん断力 F_y 値のデータ出力処理の流れを説明する。

[0244] ステップS41では、CPU54が、複数の静電容量検出IC44から出力されたデータを取得する。このステップS41で取得するデータは、後述するステップS42で変位 Δy を算出する対象となる第一電極34に対応してセンサ部18から出力された信号のデータである。

[0245] ステップS42では、CPU54が、ステップS41で取得したデータに基づいて、第二電極36と部分的に重なる複数の第一電極34-9~16のそれぞれの位置について変位 Δy を算出する。このとき、変位 Δy の算出の対象となる複数の第一電極34は、複数の第一電極34-9~16の全てでもよく、複数の第一電極34-9~16の一部でもよい。

[0246] 第二実施形態では、一例として、CPU54が、複数の第一電極34-9~16のそれぞれの位置について変位 Δy を算出する。このステップS42では、センサ部18から出力された複数の信号の一部に基づいて複数の第一電極34-9~16のそれぞれの位置について変位 Δy が算出される。なお、第二実施形態では、第一電極34-17~25、26、21、20、27、28、24について算出された変位 Δz の値で変位 Δy の補正を行うことが望ましい。

[0247] このようにして複数の第一電極34-9~16のそれぞれの位置について算出された変位 Δy は、複数の第一電極34-9~16のそれぞれの位置におけるせん断力 F_y 値に比例する。したがって、複数の第一電極34-9~16のそれぞれの位置について変位 Δy が算出されることで、複数の第一電極34-9~16のそれぞれの位置におけるせん断力 F_y 値が算出される。

[0248] なお、第二実施形態に係る集約せん断力 F_y 値のデータ出力処理において、複数の第一電極34-9~16のそれぞれの位置について算出されたせん断力 F_y 値は、「接触面内における複数のせん断力検出位置のそれぞれのせん断力値」の一例に相当する。

[0249] ステップS43では、CPU54が、ステップS42で算出した複数の第一電極34-9~16のそれぞれの位置におけるせん断力 F_y 値について代表値の算出、合計値の算出及び平均値の算出の少なくともいずれかを行うことで集約せん断力 F_y 値を算出する。

[0250] ステップS44では、CPU54が、ステップS43で算出した集約せん断力 F_y 値のデータをコントローラ104に出力する。この集約せん断力 F_y 値のデータは、ワークWの衝突検知、ロボットハンド108で把持したワークWの他の物体への接触維持検出、ワークWの移動先への嵌合位置検出、ワークWの移動先への挿入完了検出、ワークWの移動先からの引き抜き完了検出等に利用される。

[0251] (モーメント M_x 値のデータ出力処理)

第二実施形態において、出力部12は、接触面28におけるY軸方向に離間した2箇所の第一電極34について第一集約圧力値及び第二集約圧力値をそれぞれ算出する。そして、出力部12は、第一集約圧力値及び第二集約圧力値に基づいて触覚センサ10に作用するX軸方向周りのモーメント M_x の値をモーメント M_x 値として算出し、モーメント M_x 値のデータを出力する。

[0252] このモーメント M_x 値のデータ出力処理は、例えば、次の要領により出力部12のCPU54で実行される。以下、図23を参照しながら、第二実施

形態におけるモーメント $M \times$ 値のデータ出力処理の流れを説明する。

- [0253] ステップS51では、CPU54が、複数の静電容量検出IC44から出力されたデータを取得する。このステップS51で取得するデータは、後述するステップS52で変位 Δz を算出する対象となる第一電極34に対応してセンサ部18から出力された信号のデータである。
- [0254] ステップS52では、CPU54が、ステップS51で取得したデータに基づいて、「複数の第一集約圧力検出位置」及び「複数の第二集約圧力検出位置」の一例として、接触面28の中心からY軸方向に離れた第一電極34-20、27、28、24及び第一電極34-17、25、26、21のそれぞれの位置について変位 Δz を算出する。
- [0255] このようにして複数の第一電極34のそれぞれの位置について算出された変位 Δz は、複数の第一電極34のそれぞれの位置における圧力値に比例する。したがって、複数の第一電極34のそれぞれの位置について変位 Δz が算出されることで、複数の第一電極34のそれぞれの位置における圧力値が算出される。
- [0256] なお、第二実施形態に係るモーメント $M \times$ 値のデータ出力処理において、第一電極34-20、27、28、24のそれぞれの位置について算出された圧力値は、「接触面内における複数の圧力検出位置のうち複数の第一集約圧力検出位置のそれぞれの圧力値」の一例に相当する。また、第一電極34-17、25、26、21のそれぞれの位置について算出された圧力値は、「接触面内における複数の圧力検出位置のうち複数の第二集約圧力検出位置のそれぞれの圧力値」の一例に相当する。
- [0257] ステップS53では、CPU54が、第一電極34-20、27、28、24のそれぞれの位置の圧力値について代表値の算出、合計値の算出及び平均値の算出の少なくともいずれかを行い、この算出した値を第一集約圧力値とする。これにより、第一電極34-20、27、28、24について第一集約圧力値が算出される。第一集約圧力値は、垂直荷重 Fz' に相当する。
- [0258] 同様に、ステップS53では、CPU54が、第一電極34-17、25

、26、21のそれぞれの位置の圧力値について代表値の算出、合計値の算出及び平均値の算出の少なくともいずれかを行い、この算出した値を第二集約圧力値とする。これにより、第一電極34-17、25、26、21について第二集約圧力値が算出される。第二集約圧力値は、垂直荷重 Fz' に相当する。

[0259] ステップS54では、CPU54が、ステップS53で第一電極34-17、25、26、21について算出した第一集約圧力値（垂直荷重 Fz' ）に距離 dx を乗じた値と、ステップS53で第一電極34-17、25、26、21について算出した第二集約圧力値（垂直荷重 Fz' ）に距離 dx を乗じた値の差を算出し、この差をモーメント Mx 値とする。これにより、モーメント Mx 値（モーメントの大きさ及び方向）が算出される。モーメント Mx 値は、「第一モーメント値」の一例である。

[0260] ステップS55では、CPU54が、ステップS54で算出したモーメント Mx 値のデータをコントローラ104に出力する。

[0261] なお、上述のステップS52では、第一電極34-20、27、28、24のそれぞれの位置における圧力値が算出されるが、第一電極34-20、27、28、24のうちいずれか2つの第一電極34のそれぞれの位置における圧力値が算出されてもよい。同様に、上述のステップS52では、第一電極34-17、25、26、21のそれぞれの位置における圧力値が算出されるが、第一電極34-17、25、26、21のうちいずれか2つの第一電極34のそれぞれの位置における圧力値が算出されてもよい。

[0262] （モーメント My 値のデータ出力処理）

第二実施形態において、出力部12は、接触面28におけるX軸方向に離間した2箇所の第一電極34について第一集約圧力値及び第二集約圧力値をそれぞれ算出する。そして、出力部12は、第一集約圧力値及び第二集約圧力値に基づいて触覚センサ10に作用するY軸方向周りのモーメント My の値をモーメント My 値として算出し、モーメント My 値のデータを出力する。

- [0263] このモーメント M_x 値のデータ出力処理は、例えば、次の要領により出力部12のCPU54で実行される。以下、図24を参照しながら、第二実施形態におけるモーメント M_y 値のデータ出力処理の流れを説明する。
- [0264] ステップS61では、CPU54が、複数の静電容量検出IC44から出力されたデータを取得する。このステップS61で取得するデータは、後述するステップS62で変位 Δz を算出する対象となる第一電極34に対応してセンサ部18から出力された信号のデータである。
- [0265] ステップS62では、CPU54が、ステップS61で取得したデータに基づいて、「複数の第一集約圧力検出位置」及び「複数の第二集約圧力検出位置」の一例として、接触面28の中心からX軸方向に離れた第一電極34-17、18、19、20及び第一電極34-21、22、23、24のそれぞれの位置について変位 Δz を算出する。
- [0266] このようにして複数の第一電極34のそれぞれの位置について算出された変位 Δz は、複数の第一電極34のそれぞれの位置における圧力値に比例する。したがって、複数の第一電極34のそれぞれの位置について変位 Δz が算出されることで、複数の第一電極34のそれぞれの位置における圧力値が算出される。
- [0267] なお、第二実施形態に係るモーメント M_x 値のデータ出力処理において、第一電極34-17、18、19、20のそれぞれの位置について算出された圧力値は、「接触面内における複数の圧力検出位置のうち複数の第一集約圧力検出位置のそれぞれの圧力値」の一例に相当する。また、第一電極34-21、22、23、24のそれぞれの位置について算出された圧力値は、「接触面内における複数の圧力検出位置のうち複数の第二集約圧力検出位置のそれぞれの圧力値」の一例に相当する。
- [0268] ステップS63では、CPU54が、第一電極34-17、18、19、20のそれぞれの位置の圧力値について代表値の算出、合計値の算出及び平均値の算出の少なくともいずれかを行い、この算出した値を第一集約圧力値とする。これにより、第一電極34-17、18、19、20について第一

集約圧力値が算出される。第一集約圧力値は、垂直荷重 F_z' に相当する。

[0269] 同様に、ステップS63では、CPU54が、第一電極34-21、22、23、24のそれぞれの位置の圧力値について代表値の算出、合計値の算出及び平均値の算出の少なくともいずれかを行い、この算出した値を第二集約圧力値とする。これにより、第一電極34-21、22、23、24について第二集約圧力値が算出される。第二集約圧力値は、垂直荷重 F_z' に相当する。

[0270] ステップS64では、CPU54が、ステップS63で第一電極34-17、18、19、20について算出した第一集約圧力値（垂直荷重 F_z' ）に距離 d_y を乗じた値と、ステップS63で第一電極34-21、22、23、24について算出した第二集約圧力値（垂直荷重 F_z' ）に距離 d_y を乗じた値の差を算出し、この差をモーメント M_y 値とする。これにより、モーメント M_y 値（モーメントの大きさ及び方向）が算出される。モーメント M_y 値は、「第一モーメント値」の一例である。

[0271] ステップS65では、CPU54が、ステップS64で算出したモーメント M_y 値のデータをコントローラ104に出力する。

[0272] なお、上述のステップS62では、第一電極34-17、18、19、20のそれぞれの位置における圧力値が算出されるが、第一電極34-17、18、19、20のうちいずれか2つの第一電極34のそれぞれの位置における圧力値が算出されてもよい。同様に、上述のステップS62では、第一電極34-21、22、23、24のそれぞれの位置における圧力値が算出されるが、第一電極34-21、22、23、24のうちいずれか2つの第一電極34のそれぞれの位置における圧力値が算出されてもよい。

[0273] （モーメント M_z 値のデータ出力処理）

第二実施形態において、出力部12は、接触面28の中心からX軸方向又はY軸方向に離間した2箇所の第一電極34について第一せん断力値及び第二せん断力値をそれぞれ算出する。そして、出力部12は、第一せん断力値及び第二せん断力値に基づいて触覚センサ10に作用するZ軸方向周りのモ

ーメント M_z の値をモーメント M_z 値として算出し、モーメント M_z 値のデータを出力する。

[0274] 以下、図25を参照しながら、第二実施形態におけるモーメント M_z 値のデータ出力処理の流れを説明する。このモーメント M_z 値のデータ出力処理には、以下の第一例及び第二例がある。

[0275] 第一例に係るモーメント M_z 値のデータ出力処理は、例えば、次の要領により出力部12のCPU54で実行される。ステップS71では、CPU54が、複数の静電容量検出IC44から出力されたデータを取得する。このステップS71で取得するデータは、後述するステップS72で変位 Δx を算出する対象となる第一電極34に対応してセンサ部18から出力された信号のデータである。

[0276] ステップS72では、CPU54が、ステップS71で取得したデータに基づいて、「第一せん断力検出位置」及び「第二せん断力検出位置」の一例として、第一電極34-1~4、5~8のうち互いにY軸方向に離れた2箇所第一電極34のそれぞれの位置について変位 Δx を算出する。

[0277] このとき、例えば、CPU54は、第一電極34-1~4のうち互いにY軸方向に離れた2箇所の第一電極34-1、4のそれぞれの位置について変位 Δx を算出してもよく、第一電極34-5~8のうち互いにY軸方向に離れた2箇所の第一電極34-5、8のそれぞれの位置について変位 Δx を算出してもよい。

[0278] また、例えば、CPU54は、第一電極34-1~4のうち互いにY軸方向に離れた2箇所の第一電極34-2、3のそれぞれの位置について変位 Δx を算出してもよく、第一電極34-5~8のうち互いにY軸方向に離れた2箇所の第一電極34-6、7のそれぞれの位置について変位 Δx を算出してもよい。

[0279] このようにして互いにY軸方向に離れた2箇所の第一電極34のそれぞれの位置について算出された変位 Δx は、その2箇所の第一電極34のそれぞれの位置におけるせん断力 F_x 値に比例する。したがって、互いにY軸方向

に離れた2箇所の第一電極34のそれぞれの位置について変位 Δx が算出されることで、その2箇所の第一電極34のそれぞれの位置におけるせん断力 F_x 値が算出される。

[0280] 以下、このように2箇所の第一電極34のうち一方の第一電極34について算出されたせん断力 F_x 値を第一せん断力 F_x 値と称し、2箇所の第一電極34のうち他方の第一電極34について算出されたせん断力 F_x 値を第二せん断力 F_x 値と称する。

[0281] ステップS73では、CPU54が、ステップS72で算出した第一せん断力 F_x 値と第二せん断力 F_x との差を算出し、この差に基づいてモーメント M_z 値（モーメントの大きさ及び方向）を算出する。モーメント M_z 値は、「第二モーメント値」の一例である。

[0282] ステップS74では、CPU54が、ステップS73で算出したモーメント M_z 値のデータをコントローラ104に出力する。

[0283] 第二例に係るモーメント M_z 値のデータ出力処理は、例えば、次の要領により出力部12のCPU54で実行される。ステップS71では、CPU54が、複数の静電容量検出IC44から出力されたデータを取得する。このステップS71で取得するデータは、後述するステップS72で変位 Δy を算出する対象となる第一電極34に対応してセンサ部18から出力された信号のデータである。

[0284] ステップS72では、CPU54が、ステップS71で取得したデータに基づいて、「第一せん断力検出位置」及び「第二せん断力検出位置」の一例として、第一電極34-9~12、13~16のうち互いにX軸方向に離れた2箇所の第一電極34のそれぞれの位置について変位 Δy を算出する。

[0285] このとき、例えば、CPU54は、第一電極34-9~12のうち互いにX軸方向に離れた2箇所の第一電極34-9、12のそれぞれの位置について変位 Δy を算出してもよく、第一電極34-13~16のうち互いにX軸方向に離れた2箇所の第一電極34-13、16のそれぞれの位置について変位 Δy を算出してもよい。

- [0286] また、例えば、CPU 54は、第一電極34-9~12のうち互いにX軸方向に離れた2箇所の第一電極34-10、11のそれぞれの位置について変位 Δy を算出してもよく、第一電極34-13~16のうち互いにX軸方向に離れた2箇所の第一電極34-14、15のそれぞれの位置について変位 Δy を算出してもよい。
- [0287] このようにして互いにX軸方向に離れた2箇所の第一電極34のそれぞれの位置について算出された変位 Δy は、その2箇所の第一電極34のそれぞれの位置におけるせん断力 F_y 値に比例する。したがって、互いにX軸方向に離れた2箇所の第一電極34のそれぞれの位置について変位 Δy が算出されることで、その2箇所の第一電極34のそれぞれの位置におけるせん断力 F_y 値が算出される。
- [0288] 以下、このように2箇所の第一電極34のうち一方の第一電極34について算出されたせん断力 F_y 値を第一せん断力 F_y 値と称し、2箇所の第一電極34のうち他方の第一電極34について算出されたせん断力 F_y 値を第二せん断力 F_y 値と称する。
- [0289] ステップS73では、CPU 54が、ステップS72で算出した第一せん断力 F_y 値と第二せん断力 F_y との差を算出し、この差に基づいてモーメント M_z 値（モーメントの大きさ及び方向）を算出する。モーメント M_z 値は、「第二モーメント値」の一例である。
- [0290] ステップS74では、CPU 54が、ステップS73で算出したモーメント M_z 値のデータをコントローラ104に出力する。
- [0291] 次に、第二実施形態の作用及び効果について説明する。
- [0292] (1) 集約せん断力 F_x 値のデータ出力処理（図21参照）において、出力部12は、接触面28全体について1つの集約せん断力 F_x 値を算出し、集約せん断力 F_x 値のデータを出力する。したがって、コントローラ104で集約せん断力 F_x 値を算出しないで済むので、コントローラ104の負担を軽減することができる。また、例えば、接触面28内における複数の圧力検出位置のそれぞれのせん断力 F_x 値を表すせん断力分布のデータを出力す

る場合に比して、せん断力 F_x 値を集約する分、出力部12とコントローラ104との間のデータ通信量を減らすことができる。これにより、出力部12及びコントローラ104の応答速度を向上させることができるので、一對の把持部114を有するロボット102を制御するコントローラ104に対して、ロボット102の制御に有益な触覚情報を効率よく提供できる。

[0293] 同様に、集約せん断力 F_y 値のデータ出力処理（図22参照）において、出力部12は、接触面28全体について1つの集約せん断力 F_y 値を算出し、集約せん断力 F_y 値のデータを出力する。したがって、コントローラ104で集約せん断力 F_y 値を算出しないで済むので、コントローラ104の負担を軽減することができる。また、例えば、接触面28内における複数の圧力検出位置のそれぞれのせん断力 F_x 値を表すせん断力分布のデータを出力する場合に比して、せん断力 F_x 値を集約する分、出力部12とコントローラ104との間のデータ通信量を減らすことができる。これにより、出力部12及びコントローラ104の応答速度を向上させることができるので、一對の把持部114を有するロボット102を制御するコントローラ104に対して、ロボット102の制御に有益な触覚情報を効率よく提供できる。

[0294] (2) 集約せん断力 F_x 値のデータ出力処理（図21参照）において、出力部12は、センサ部18から出力された複数の信号の一部に基づいて接触面28内における複数の第一電極34のそれぞれの位置のせん断力 F_x 値を算出する。そして、出力部12は、複数の第一電極34のそれぞれの位置のせん断力 F_x 値について代表値の算出、合計値の算出及び平均値の算出の少なくともいずれかを行うことで集約せん断力 F_x 値を算出する。したがって、例えば、任意に選択した1つの第一電極34について算出したせん断力 F_x 値に比して、接触面28全体のせん断力 F_x 値をよりの確に表す集約せん断力 F_x 値を出力することができる。

[0295] 同様に、集約せん断力 F_y 値のデータ出力処理（図22参照）において、出力部12は、センサ部18から出力された複数の信号の一部に基づいて接触面28内における複数の第一電極34のそれぞれの位置のせん断力 F_y 値

を算出する。そして、出力部12は、複数の第一電極34のそれぞれの位置のせん断力 F_y 値について代表値の算出、合計値の算出及び平均値の算出の少なくともいずれかを行うことで集約せん断力 F_y 値を算出する。したがって、例えば、任意に選択した1つの第一電極34について算出したせん断力 F_y 値に比して、接触面28全体のせん断力 F_y 値をよりの確に表す集約せん断力 F_y 値データを出力することができる。

[0296] (3) モーメント M_x 値のデータ出力処理(図23参照)において、出力部12は、接触面28におけるY軸方向に離間した2箇所の第一電極34について第一集約圧力値及び第二集約圧力値をそれぞれ算出する。そして、出力部12は、第一集約圧力値及び第二集約圧力値に基づいて触覚センサ10に作用するX軸方向周りのモーメント M_x の値をモーメント M_x 値として算出し、モーメント M_x 値のデータを出力する。したがって、コントローラ104でモーメント M_x 値を算出しないで済むので、コントローラ104の負担を軽減することができる。

[0297] 同様に、モーメント M_y 値のデータ出力処理(図24参照)において、出力部12は、接触面28におけるX軸方向に離間した2箇所の第一電極34について第一集約圧力値及び第二集約圧力値をそれぞれ算出する。そして、出力部12は、第一集約圧力値及び第二集約圧力値に基づいて触覚センサ10に作用するY軸方向周りのモーメント M_y の値をモーメント M_y 値として算出し、モーメント M_y 値のデータを出力する。したがって、コントローラ104でモーメント M_y 値を算出しないで済むので、コントローラ104の負担を軽減することができる。

[0298] (4) モーメント M_z 値のデータ出力処理(図25参照)の第一例において、出力部12は、接触面28におけるY軸方向に離間した2箇所の第一電極34について第一集約せん断力 F_x 値及び第二集約せん断力 F_x 値をそれぞれ算出する。そして、出力部12は、第一集約せん断力 F_x 値及び第二集約せん断力 F_x 値に基づいて触覚センサ10に作用するZ軸方向周りのモーメント M_z の値をモーメント M_z 値として算出し、モーメント M_z 値のデー

タを出力する。したがって、コントローラ104でモーメント M_z 値を算出しないで済むので、コントローラ104の負担を軽減することができる。

[0299] 同様に、モーメント M_z 値のデータ出力処理（図25参照）の第二例において、出力部12は、接触面28におけるX軸方向に離間した2箇所の第一電極34について第一集約せん断力 F_y 値及び第二集約せん断力 F_y 値をそれぞれ算出する。そして、出力部12は、第一集約せん断力 F_y 値及び第二集約せん断力 F_y 値に基づいて触覚センサ10に作用するZ軸方向周りのモーメント M_z の値をモーメント M_z 値として算出し、モーメント M_z 値のデータを出力する。したがって、コントローラ104でモーメント M_z 値を算出しないで済むので、コントローラ104の負担を軽減することができる。

[0300] (5) 触覚センサ10（図32～図34参照）において、第二電極層26は、単層である1の第二電極36によって構成されている。したがって、触覚センサ10の構造及び製造工程を簡素化することができる。

[0301] また、第一電極34と第二電極36との間の距離に応じて変化する静電容量を検出することにより、複数の第一電極34のそれぞれの位置で圧力を検出できる。さらに、複数の第一電極34の一部、すなわち、第二電極36の外周部に沿って並ぶ第一電極34は、平面視で第二電極36と部分的に重なっているため、この第一電極34と第二電極36の重なり合う面積に応じて変化する静電容量を検出することにより、第二電極36の外周部に沿って並ぶ第一電極34の位置でせん断力も検出できる。

[0302] しかも、第二電極36の数が、1であり、複数の第一電極34の数よりも少ないことにより、1つの第二電極36に対して複数の第一電極34がマッチングされるので、例えば、複数の第一電極34が複数の第二電極36と1対1にマッチングされる場合に比して、複数の第一電極34の互いの間隔を狭めることができる。これにより、複数の第一電極34の数を確保できるので、圧力分布の分解能を確保できる。

[0303] このように、第二実施形態に係る触覚センサ10によれば、簡素な構造及び製造工程でもせん断力を検出できると共に、圧力分布の分解能を確保でき

る。

[0304] (6) 第二電極 36 は、単一の構成であるので、例えば、第二電極 36 が複数の部材によって構成される場合に比して、製造効率を向上させることができると共に、部品点数を削減することができる。

[0305] (7) 第二実施形態において、第一実施形態と同様の構成については、第一実施形態と同様の作用効果を奏する。

[0306] 次に、第二実施形態の変形例について説明する。

[0307] (1) 触覚センサ 10 は、好ましくは、上記構成とされるが、第一電極層 24 が複数の第一電極 34 を有し、第二電極層 26 が 1 の第二電極 36 を有し、複数の第一電極 34 のうちの 2 以上が、平面視で第二電極 36 と部分的に重なる構成であれば、触覚センサ 10 は、上記以外の構成でもよい。

[0308] (2) 触覚センサ 10 は、36 個の第一電極 34 を有するが、複数の第一電極 34 の数は、いくつでもよい。

[0309] (3) 第二電極 36 の数は、1 であるが、複数の第一電極 34 の数よりも少なければ、第二電極 36 の数は、いくつでもよい。

[0310] (4) 複数の第一電極 34 は、好ましくは、接触面 28 に沿って行列状に配列されるが、接触面 28 内で所望の圧力分布が得られるのであれば、行列状以外の態様で配置されていてもよい。

[0311] (5) 第二実施形態において、第一実施形態と同様の構成については、第一実施形態と同様の変形例を採用してもよい。

[0312] [第三実施形態]

次に、第三実施形態を説明する。

[0313] (触覚センサ 10 の構成)

図 36 は、第三実施形態に係る触覚センサ 10 の縦断面図である。第三実施形態に係る触覚センサ 10 は、上述の第一実施形態に係る触覚センサ 10 (図 3 ~ 図 6 参照) に対し、第二電極層 26 の構成が次のように変更されている。

[0314] 図 37 は、図 36 の第二電極層 26 の平面図である。第二電極層 26 は、

単層である1の第二電極36によって構成されている。第二電極36は、例えば、導電ゴムによって形成される。この第二電極36は、平板状に形成されている。第二電極36は、一例として、平面視で正方形に形成されている。第二電極36は、基板16（図3参照）のグラウンドに接続されていてもよく、グラウンドに対して浮いていてもよい。

[0315] 第二電極36には、複数の開口38が形成されている。複数の開口38は、第二電極36の板厚方向、すなわち、Z軸方向に貫通している。この複数の開口38は、X-Y平面に沿って行列状に配列されている。つまり、複数の開口38は、X軸方向を縦方向とし、Y軸方向を横方向として配列されている。

[0316] 複数の開口38は、同一の形状である。複数の開口38は、一例として、平面視で正方形に形成されている。複数の開口38の数は、上述の複数の第一電極34（図4参照）の数よりも少ない。複数の開口38は、一例として、X軸方向に3個ずつ、Y軸方向に3個ずつ配列されている。つまり、複数の開口38の数は9個である。この複数の開口38は、X軸方向及びY軸方向にそれぞれ等間隔に配列されている。

[0317] 図38は、図36の第二電極36と弾力層22と基板16とを重ねた状態を示す平面図である。第二電極36は、平面視で複数の第一電極34の全てと重なる大きさを有している。具体的には、第二電極36は、平面視で第二電極36の外形部の内側に複数の第一電極34の全てが収まる大きさを有している。

[0318] 複数の開口38のそれぞれは、平面視で複数の第一電極34のうちX軸方向及びY軸方向に隣接する4個の第一電極34のそれぞれと部分的に重なるように形成されている。具体的には、各開口38は、平面視で4個の第一電極34の中心部に位置し、この4個の第一電極34と部分的に重なっている。

[0319] このように、第三実施形態では、複数の第一電極34の全てが平面視で第二電極36の外形部の内側に収まっており、また、複数の第一電極34の全

てが開口 38 と部分的に重なっている。複数の第一電極 34 の全てが開口 38 と部分的に重なることは、複数の第一電極 34 の全てが第二電極 36 と部分的に重なることに相当する。

[0320] 第三実施形態では、複数の第一電極 34 の全てが、「第二電極と部分的に重なる複数の部分重畳電極」の一例に相当し、複数の第一電極 34 から出力される複数の信号は、「複数の部分重複電極信号」の一例に相当する。

[0321] 図 36 に示される触覚センサ 10 のセンサ部 18 では、接触面 28 に圧力が加わり、各第一電極 34 と開口 38 との間の距離 d が変化すると、この距離 d の変化に応じて静電容量 C が変化する。また、センサ部 18 では、接触面 28 にせん断力が加わり、各第一電極 34 と開口 38 の重なり合う面積 A が変化すると、この面積 A の変化に応じて静電容量 C が変化する。

[0322] このような構成の触覚センサ 10 は、上述の第一実施形態に係る触覚センサ 10 (図 3 ~ 図 6 参照) と同様に製造される。

[0323] 図 39 は、図 36 の触覚センサ 10 におけるモーメント長 d_x 、 d_y の一例を説明する図である。なお、図 35 では、複数の開口 38 に対して識別番号 1 ~ 9 が示されている。複数の開口 38 を識別する場合には、複数の開口 38 のそれぞれを、開口 38 - 1 ~ 9 と称する。

[0324] 図 39 に示されるモーメント長 d_x は、X 軸方向周りのモーメント M_x (図 11 参照) を算出する際に用いられる長さである。モーメント長 d_x は、一例として、接触面 28 の中心から Y 軸方向に離れた位置にある開口 38 - 3 の中心と接触面 28 の中心との間の Y 軸方向に沿った距離に相当する。

[0325] 図 39 に示されるモーメント長 d_y は、Y 軸方向周りのモーメント M_y (図 11 参照) を算出する際に用いられる長さである。モーメント長 d_y は、一例として、接触面 28 の中心から X 軸方向に離れた位置にある開口 38 - 1 の中心と接触面 28 の中心との間の X 軸方向に沿った距離に相当する。

[0326] 第三実施形態において、変位 Δx 、 Δy 、 Δz の計算は、第一実施形態の場合と同様の考え方に基づいて行う。第三実施形態において、触覚センサ 10、出力部 12 及びコントローラ 104 のハードウェア構成と、出力部 12

における複数のモードは、第一実施形態と同じである。また、第三実施形態において、圧力分布、把持位置、把持力 F_z 値、並進力 ΔF_x 値、並進力 ΔF_y 値、回転モーメント M_{R_x} 値及び回転モーメント M_{R_y} 値の各データ出力処理は、第一実施形態と同じである。

[0327] 一方、第三実施形態において、集約せん断力 F_x 値、集約せん断力 F_y 値、モーメント M_x 値、モーメント M_y 値及びモーメント M_z 値の各データ出力処理は、第一実施形態と異なる。

[0328] (集約せん断力 F_x 値のデータ出力処理)

第三実施形態において、出力部 12 は、接触面 28 全体について 1 つの集約せん断力 F_x 値を算出し、集約せん断力 F_x 値のデータを出力する。この集約せん断力 F_x 値のデータ出力処理は、例えば、次の要領により出力部 12 の CPU 54 で実行される。以下、図 21 を参照しながら、第三実施形態における集約せん断力 F_x 値のデータ出力処理の流れを説明する。

[0329] ステップ S31 では、CPU 54 が、複数の静電容量検出 IC 44 から出力されたデータを取得する。このステップ S31 で取得するデータは、後述するステップ S32 で変位 Δx を算出する対象となる第一電極 34 に対応してセンサ部 18 から出力された信号のデータである。

[0330] ステップ S32 では、CPU 54 が、ステップ S31 で取得したデータに基づいて、「複数のせん断力検出位置」の一例として、複数の開口 38 のそれぞれの位置について変位 Δx を算出する。開口 38 の位置は、開口 38 の中心又はいずれかの角などの開口 38 の特定部位の位置によって表される。変位 Δx の算出は、第一実施形態における Δx 、 Δy 、 $\Delta z \neq 0$ の場合の説明と同様の考え方にに基づき、1 つの開口 38 に部分的に重なる 4 つの第一電極 34 に対応する信号の全部又は一部を用いて行う。一部の信号を用いる場合は、1 つの開口 38 と重なる 4 つの第一電極 34 のうち x 方向の位置が異なる少なくとも 2 つの電極に対応する信号が用いられる。このとき、変位 Δx の算出の対象となる複数の開口 38 は、全ての開口 38 でもよく、一部の開口 38 でもよい。また、ステップ S32 では、センサ部 18 から出力され

た複数の信号の全部が用いられてもよいし、複数の信号の一部が用いられてもよい。

[0331] このようにして複数の開口38のそれぞれの位置について算出された変位 Δx は、複数の開口38のそれぞれの位置におけるせん断力 F_x 値に比例する。したがって、複数の開口38のそれぞれの位置について変位 Δx が算出されることで、複数の開口38のそれぞれの位置におけるせん断力 F_x 値が算出される。

[0332] なお、第三実施形態に係る集約せん断力 F_x 値のデータ出力処理において、複数の開口38のそれぞれの位置について算出されたせん断力 F_x 値は、「接触面内における複数のせん断力検出位置のそれぞれのせん断力値」の一例に相当する。

[0333] ステップS33では、CPU54が、ステップS32で算出した複数の開口38のそれぞれの位置におけるせん断力 F_x 値について代表値の算出、合計値の算出及び平均値の算出の少なくともいずれかを行うことで集約せん断力 F_x 値を算出する。

[0334] ステップS34では、CPU54が、ステップS33で算出した集約せん断力 F_x 値のデータをコントローラ104に出力する。この集約せん断力 F_x 値のデータは、ワークWの衝突検知、ロボットハンド108で把持したワークWの他の物体への接触維持検出、ワークWの移動先への嵌合位置検出、ワークWの移動先への挿入完了検出、ワークWの移動先からの引き抜き完了検出等に利用される。

[0335] (集約せん断力 F_y 値のデータ出力処理)

第三実施形態において、出力部12は、接触面28全体について1つの集約せん断力 F_y 値を算出し、集約せん断力 F_y 値のデータを出力する。この集約せん断力 F_y 値のデータ出力処理は、例えば、次の要領により出力部12のCPU54で実行される。以下、図22を参照しながら、第三実施形態における集約せん断力 F_y 値のデータ出力処理の流れを説明する。

[0336] ステップS41では、CPU54が、複数の静電容量検出IC44から出

力されたデータを取得する。このステップS 4 1で取得するデータは、後述するステップS 4 2で変位 Δy を算出する対象となる第一電極3 4に対応してセンサ部1 8から出力された信号のデータである。

[0337] ステップS 4 2では、CPU 5 4が、ステップS 4 1で取得したデータに基づいて、「複数のせん断力検出位置」の一例として、複数の開口3 8のそれぞれの位置について変位 Δy を算出する。開口3 8の位置は、開口3 8の中心又はいずれかの角などの開口3 8の特定部位の位置によって表される。変位 Δy の算出は、第一実施形態における Δx 、 Δy 、 $\Delta z \neq 0$ の場合の説明と同様の考え方にに基づき、1つの開口3 8に部分的に重なる4つの第一電極3 4に対応する信号の全部又は一部を用いて行う。一部の信号を用いる場合は、1つの開口3 8と重なる4つの第一電極3 4のうちy方向の位置が異なる少なくとも2つの電極に対応する信号が用いられる。このとき、変位 Δy の算出の対象となる複数の開口3 8は、全ての開口3 8でもよく、一部の開口3 8でもよい。また、ステップS 4 2では、センサ部1 8から出力された複数の信号の全部が用いられてもよいし、複数の信号の一部が用いられてもよい。

[0338] このようにして複数の開口3 8のそれぞれの位置について算出された変位 Δy は、複数の開口3 8のそれぞれの位置におけるせん断力 F_y 値に比例する。したがって、複数の開口3 8のそれぞれの位置について変位 Δy が算出されることで、複数の開口3 8のそれぞれの位置におけるせん断力 F_y 値が算出される。

[0339] なお、第三実施形態に係る集約せん断力 F_y 値のデータ出力処理において、複数の開口3 8のそれぞれの位置について算出されたせん断力 F_y 値は、「接触面内における複数のせん断力検出位置のそれぞれのせん断力値」の一例に相当する。

[0340] ステップS 4 3では、CPU 5 4が、ステップS 4 2で算出した複数の開口3 8のそれぞれの位置におけるせん断力 F_y 値について代表値の算出、合計値の算出及び平均値の算出の少なくともいずれかを行うことで集約せん断

力 F_y 値を算出する。

[0341] ステップS44では、CPU54が、ステップS43で算出した集約せん断力 F_y 値のデータをコントローラ104に出力する。この集約せん断力 F_y 値のデータは、ワークWの衝突検知、ロボットハンド108で把持したワークWの他の物体への接触維持検出、ワークWの移動先への嵌合位置検出、ワークWの移動先への挿入完了検出、ワークWの移動先からの引き抜き完了検出等に利用される。

[0342] (モーメント M_x 値のデータ出力処理)

第三実施形態において、出力部12は、接触面28におけるY軸方向に離間した2箇所の開口38について第一集約圧力値及び第二集約圧力値をそれぞれ算出する。このとき、触覚センサ10は、少なくともこの2箇所の開口38の位置においてワークWから力を受けているものとする。そして、出力部12は、第一集約圧力値及び第二集約圧力値に基づいて触覚センサ10に作用するX軸方向周りのモーメント M_x の値をモーメント M_x 値として算出し、モーメント M_x 値のデータを出力する。

[0343] このモーメント M_x 値のデータ出力処理は、例えば、次の要領により出力部12のCPU54で実行される。以下、図23を参照しながら、第三実施形態におけるモーメント M_x 値のデータ出力処理の流れを説明する。

[0344] ステップS51では、CPU54が、複数の静電容量検出IC44から出力されたデータを取得する。このステップS51で取得するデータは、後述するステップS52で変位 Δz を算出する対象となる第一電極34に対応してセンサ部18から出力された信号のデータである。

[0345] ステップS52では、CPU54が、ステップS51で取得したデータに基づいて、「複数の第一集約圧力検出位置」の一例として、接触面28の中心からY軸方向に離れた開口38-4（図39参照）が選択され、開口38-4と部分的に重なる4つの第一電極34のそれぞれの位置について変位 Δz を算出する。この4つの第一電極34の位置は、「第一集約圧力検出位置近傍の複数の圧力検出位置」の一例である。さらに、「第二集約圧力検出位

置」の一例として、接触面 28 の中心から開口 38-4 とは反対方向に離れた開口 38-6 (図 39 参照) が選択され、開口 38-6 と部分的に重なる 4 つの第一電極 34 のそれぞれの位置について変位 Δz を算出する。この 4 つの第一電極 34 の位置は、「第二集約圧力検出位置近傍の複数の圧力検出位置」の一例である。

[0346] このようにして複数の開口 38-4、6 と部分的に重なる第一電極 34 のそれぞれの位置について算出された変位 Δz は、第一電極 34 のそれぞれの位置における圧力値に比例する。したがって、第一電極 34 のそれぞれの位置について変位 Δz が算出されることで、第一電極 34 のそれぞれの位置における圧力値が算出される。

[0347] なお、第三実施形態に係るモーメント M_x 値のデータ出力処理において、開口 38-4 と部分的に重なる第一電極 34 のそれぞれの位置について算出された圧力値は、「接触面内における複数の圧力検出位置のうち第一集約圧力検出位置近傍の複数の圧力検出位置のそれぞれの圧力値」の一例に相当する。また、開口 38-6 と部分的に重なる第一電極 34 のそれぞれの位置について算出された圧力値は、「接触面内における複数の圧力検出位置のうち第二集約圧力検出位置近傍の複数の圧力検出位置のそれぞれの圧力値」の一例に相当する。

[0348] ステップ S53 では、CPU 54 が、開口 38-4 と部分的に重なる第一電極 34 のそれぞれの位置の圧力値について代表値の算出、合計値の算出及び平均値の算出の少なくともいずれかを行い、この算出した値を第一集約圧力値とする。これにより、開口 38-4 について第一集約圧力値が算出される。第一集約圧力値は、垂直荷重 F_z' に相当する。

[0349] 同様に、ステップ S53 では、CPU 54 が、開口 38-6 と部分的に重なる第一電極 34 のそれぞれの位置の圧力値について代表値の算出、合計値の算出及び平均値の算出の少なくともいずれかを行い、この算出した値を第二集約圧力値とする。これにより、開口 38-6 について第二集約圧力値が算出される。第二集約圧力値は、垂直荷重 F_z' に相当する。

[0350] ステップS52及びS53では、開口38-4について第一集約圧力値を算出したのと同様にして開口38-1、7についても第一集約圧力値を算出し、これら3つの第一集約圧力値について代表値の算出、合計値の算出及び平均値の算出の少なくともいずれかを行い、この算出した値を最終的な第一集約圧力値としてもよい。この場合の第一集約圧力検出位置は、開口38-1、4、7の各位置である。また、ステップS52及びS53では、開口38-6について第二集約圧力値を算出したのと同様にして開口38-3、9についても第二集約圧力値を算出し、これら3つの第二集約圧力値について代表値の算出、合計値の算出及び平均値の算出の少なくともいずれかを行い、この算出した値を最終的な第二集約圧力値としてもよい。この場合の第二集約圧力検出位置は、開口38-3、6、9の各位置である。このとき、触覚センサ10は、少なくともこれら6箇所の開口38の位置においてワークWから力を受けているものとする。

[0351] ステップS54では、CPU54が、ステップS53で開口38-4又は38-1、4、7の組について算出した第一集約圧力値（垂直荷重 F_z' ）に距離 d_x を乗じた値と、ステップS53で開口38-6又は38-3、6、9の組について算出した第二集約圧力値（垂直荷重 F_z' ）に距離 d_x を乗じた値の差を算出し、この差をモーメント M_x 値とする。これにより、モーメント M_x 値（モーメントの大きさ及び方向）が算出される。モーメント M_x 値は、「第一モーメント値」の一例である。

[0352] ステップS55では、CPU54が、ステップS54で算出したモーメント M_x 値のデータをコントローラ104に出力する。

[0353] （モーメント M_y 値のデータ出力処理）

第三実施形態において、出力部12は、接触面28におけるX軸方向に離間した2箇所の開口38について第一集約圧力値及び第二集約圧力値をそれぞれ算出する。このとき、触覚センサ10は、少なくともこの2箇所の開口38の位置においてワークWから力を受けているものとする。そして、出力部12は、第一集約圧力値及び第二集約圧力値に基づいて触覚センサ10に

作用するY軸方向周りのモーメント M_y の値をモーメント M_y 値として算出し、モーメント M_y 値のデータを出力する。

[0354] このモーメント M_y 値のデータ出力処理は、例えば、次の要領により出力部12のCPU54で実行される。以下、図24を参照しながら、第三実施形態におけるモーメント M_y 値のデータ出力処理の流れを説明する。

[0355] ステップS61では、CPU54が、複数の静電容量検出IC44から出力されたデータを取得する。このステップS61で取得するデータは、後述するステップS62で変位 Δx を算出する対象となる第一電極34に対応してセンサ部18から出力された信号のデータである。

[0356] ステップS62では、CPU54が、ステップS61で取得したデータに基づいて、「複数の第一集約圧力検出位置」の一例として、接触面28の中心からX軸方向に離れた開口382が選択され、開口38-2と部分的に重なる4つの第一電極34のそれぞれの位置について変位 Δz を算出する。この4つの第一電極34の位置は、「第一集約圧力検出位置近傍の複数の圧力検出位置」の一例である。さらに、「第二集約圧力検出位置」の一例として、接触面28の中心から開口38-2とは反対方向に離れた開口38-8（図39参照）が選択され、第二電極-8と部分的に重なる4つの第一電極34のそれぞれの位置について変位 Δz を算出する。この4つの第一電極34の位置は、「第二集約圧力検出位置近傍の複数の圧力検出位置」の一例である。

[0357] このようにして複数の開口38-2、8と部分的に重なる第一電極34のそれぞれの位置について算出された変位 Δz は、第一電極34のそれぞれの位置における圧力値に比例する。したがって、第一電極34のそれぞれの位置について変位 Δz が算出されることで、第一電極34のそれぞれの位置における圧力値が算出される。

[0358] なお、第三実施形態に係るモーメント M_y 値のデータ出力処理において、開口38-2と部分的に重なる第一電極34のそれぞれの位置について算出された圧力値は、「接触面内における複数の圧力検出位置のうち第一圧力検

出位置近傍の複数の圧力検出位置のそれぞれの圧力値」の一例に相当する。また、開口38-8と部分的に重なる第一電極34のそれぞれの位置について算出された圧力値は、「接触面内における複数の圧力検出位置のうち第二集約圧力検出位置近傍の複数の圧力検出位置のそれぞれの圧力値」の一例に相当する。

[0359] ステップS63では、CPU54が、開口38-2、と部分的に重なる第一電極34のそれぞれの圧力値について代表値の算出、合計値の算出及び平均値の算出の少なくともいずれかを行い、この算出した値を第一集約圧力値とする。これにより、開口38-1、2、3について第一集約圧力値が算出される。第一集約圧力値は、垂直荷重 Fz' に相当する。

[0360] 同様に、ステップS63では、CPU54が、開口38-8と部分的に重なる第一電極34のそれぞれの圧力値について代表値の算出、合計値の算出及び平均値の算出の少なくともいずれかを行い、この算出した値を第二集約圧力値とする。これにより、開口38-8について第二集約圧力値が算出される。第二集約圧力値は、垂直荷重 Fz' に相当する。

[0361] ステップS62及びS63では、開口38-2について第一集約圧力値を算出したのと同様にして開口38-1、3についても第一集約圧力値を算出し、これら3つの第一集約圧力値について代表値の算出、合計値の算出及び平均値の算出の少なくともいずれかを行い、この算出した値を最終的な第一集約圧力値としてもよい。この場合の第一集約圧力検出位置は、開口38-1、2、3の各位置である。また、ステップS62及びS63では、開口38-8について第二集約圧力値を算出したのと同様にして開口38-7、9についても第二集約圧力値を算出し、これら3つの第二集約圧力値について代表値の算出、合計値の算出及び平均値の算出の少なくともいずれかを行い、この算出した値を最終的な第二集約圧力値としてもよい。この場合の第二集約圧力検出位置は、開口38-7、8、9の各位置である。このとき、触覚センサ10は、少なくともこれら6箇所の開口38の位置においてワークWから力を受けているものとする。

- [0362] ステップS64では、CPU54が、ステップS63で開口38-2又は38-1、2、3の組について算出した第一集約圧力値（垂直荷重 F_z' ）に距離 d_y を乗じた値と、ステップS63で開口38-8又は38-7、8、9の組について算出した第二集約圧力値（垂直荷重 F_z' ）に距離 d_y を乗じた値の差を算出し、この差をモーメント M_y 値とする。これにより、モーメント M_y 値（モーメントの大きさ及び方向）が算出される。モーメント M_y 値は、「第一モーメント値」の一例である。
- [0363] ステップS65では、CPU54が、ステップS64で算出したモーメント M_y 値のデータをコントローラ104に出力する。
- [0364] （モーメント M_z 値のデータ出力処理）
- 第三実施形態において、出力部12は、接触面28の中心からX軸方向又はY軸方向に離間した2箇所の開口38について第一集約せん断力値及び第二集約せん断力値をそれぞれ算出する。そして、出力部12は、第一集約せん断力値及び第二集約せん断力値に基づいて触覚センサ10に作用するZ軸方向周りのモーメント M_z の値をモーメント M_z 値として算出し、モーメント M_z 値のデータを出力する。
- [0365] 以下、図25を参照しながら、第三実施形態におけるモーメント M_z 値のデータ出力処理の流れを説明する。このモーメント M_z 値のデータ出力処理には、以下の第一例及び第二例がある。
- [0366] 第一例に係るモーメント M_z 値のデータ出力処理は、例えば、次の要領により出力部12のCPU54で実行される。ステップS71では、CPU54が、複数の静電容量検出IC44から出力されたデータを取得する。このステップS71で取得するデータは、後述するステップS72で変位 Δy を算出する対象となる第一電極34に対応してセンサ部18から出力された信号のデータである。
- [0367] ステップS72では、CPU54が、ステップS71で取得したデータに基づいて、「第一せん断力検出位置」及び「第二せん断力検出位置」の一例として、接触面28の中心からX軸方向に離れた開口38-2、8のそれぞれ

れの位置について変位 Δy を算出する。

[0368] このようにして開口38-2、8のそれぞれの位置について算出された変位 Δy は、開口38のそれぞれの位置におけるせん断力 F_y 値に比例するので、開口38-2、8のそれぞれの位置について変位 Δy が算出されることで、開口38-2、8のそれぞれの位置におけるせん断力 F_y 値が算出される。以下、このように開口38-2について算出されたせん断力 F_y 値を第一せん断力 F_y 値と称し、開口38-8について算出されたせん断力 F_y 値を第二せん断力 F_y 値と称する。

[0369] また、開口38-2について算出された第一せん断力 F_y 値は、「接触面内における第一せん断力検出位置について算出された第一せん断力値」の一例に相当する。また、開口38-8について算出された第二せん断力 F_y 値は、「接触面内における第二せん断力検出位置について算出された第二せん断力値」の一例に相当する。

[0370] ステップS73では、CPU54が、ステップS72で開口38-2について算出した第一せん断力 F_y 値に距離 d_y を乗じた値と、ステップS72で開口38-8について算出した第二せん断力 F_y に距離 d_y を乗じた値の差を算出し、この差をモーメント M_z 値とする。これにより、モーメント M_z 値（モーメントの大きさ及び方向）が算出される。モーメント M_z 値は、「第二モーメント値」の一例である。

[0371] ステップS74では、CPU54が、ステップS73で算出したモーメント M_z 値のデータをコントローラ104に出力する。

[0372] なお、上述のステップS72では、開口38-2について第一せん断力 F_y 値が算出されるが、開口38-1、2、3のうち少なくとも1つの開口38について第一せん断力 F_y 値が算出されてもよい。同様に、上述のステップS72では、開口38-8について第二せん断力 F_y 値が算出されるが、開口38-7、8、9のうち少なくとも1つの開口38について第二せん断力 F_y 値が算出されてもよい。

[0373] 第二例に係るモーメント M_z 値のデータ出力処理は、例えば、次の要領に

より出力部12のCPU54で実行される。ステップS71では、CPU54が、複数の静電容量検出IC44から出力されたデータを取得する。このステップS71で取得するデータは、後述するステップS72で変位 Δx を算出する対象となる第一電極34に対応してセンサ部18から出力された信号のデータである。

[0374] ステップS72では、CPU54が、ステップS71で取得したデータに基づいて、「第一せん断力検出位置」及び「第二せん断力検出位置」の一例として、接触面28の中心からY軸方向に離れた開口38-4、6のそれぞれの位置について変位 Δx を算出する。

[0375] このようにして開口38-4、6のそれぞれの位置について算出された変位 Δx は、開口38のそれぞれの位置におけるせん断力 F_x 値に比例するので、開口38-4、6のそれぞれの位置について変位 Δx が算出されることで、開口38-4、6のそれぞれの位置におけるせん断力 F_x 値が算出される。

[0376] また、開口38-4について算出された第一せん断力 F_x 値は、「接触面内における第一せん断力検出位置について算出された第一せん断力値」の一例に相当する。また、開口38-6について算出された第二せん断力 F_x 値は、「接触面内における第二せん断力検出位置について算出された第二せん断力値」の一例に相当する。

[0377] ステップS73では、CPU54が、ステップS72で開口38-4について算出した第一せん断力 F_x 値に距離 d_x を乗じた値と、ステップS72で開口38-8について算出した第二せん断力 F_x に距離 d_x を乗じた値の差を算出し、この差をモーメント M_z 値とする。これにより、モーメント M_z 値（モーメントの大きさ及び方向）が算出される。モーメント M_z 値は、「第二モーメント値」の一例である。

[0378] ステップS74では、CPU54が、ステップS73で算出したモーメント M_z 値のデータをコントローラ104に出力する。

[0379] なお、上述のステップS72では、開口38-4について第一せん断力 F_x

x値が算出されるが、開口38-1、4、7のうち少なくとも1つの開口38について第一せん断力F x値が算出されてもよい。同様に、上述のステップS72では、開口38-6について1つの第二せん断力F x値が算出されるが、開口38-3、6、9のうち少なくとも開口38について第二せん断力F x値が算出されてもよい。

[0380] 次に、第三実施形態の作用及び効果について説明する。

[0381] (1) 集約せん断力F x値のデータ出力処理(図21参照)において、出力部12は、接触面28全体について1つの集約せん断力F x値を算出し、集約せん断力F x値のデータを出力する。したがって、コントローラ104で集約せん断力F x値を算出しないで済むので、コントローラ104の負担を軽減することができる。また、例えば、接触面28内における複数のせん断力検出位置のそれぞれのせん断力F x値を表すせん断力分布のデータを出力する場合に比して、せん断力F x値を集約する分、出力部12とコントローラ104との間のデータ通信量を減らすことができる。これにより、出力部12及びコントローラ104の応答速度を向上させることができるので、一对の把持部114を有するロボット102を制御するコントローラ104に対して、ロボット102の制御に有益な触覚情報を効率よく提供できる。

[0382] 同様に、集約せん断力F y値のデータ出力処理(図22参照)において、出力部12は、接触面28全体について1つの集約せん断力F y値を算出し、集約せん断力F y値のデータを出力する。したがって、コントローラ104で集約せん断力F y値を算出しないで済むので、コントローラ104の負担を軽減することができる。また、例えば、接触面28内における複数のせん断力検出位置のそれぞれのせん断力F x値を表すせん断力分布のデータを出力する場合に比して、せん断力F x値を集約する分、出力部12とコントローラ104との間のデータ通信量を減らすことができる。これにより、出力部12及びコントローラ104の応答速度を向上させることができるので、一对の把持部114を有するロボット102を制御するコントローラ104に対して、ロボット102の制御に有益な触覚情報を効率よく提供できる

。

[0383] (2) 集約せん断力 F_x 値のデータ出力処理（図2-1参照）において、出力部1-2は、センサ部1-8から出力された複数の信号の全部又は一部に基づいて接触面2-8内における複数の開口3-8のそれぞれの位置のせん断力 F_x 値を算出する。そして、出力部1-2は、複数の開口3-8のそれぞれの位置のせん断力 F_x 値について代表値の算出、合計値の算出及び平均値の算出の少なくともいずれかを行うことで集約せん断力 F_x 値を算出する。したがって、例えば、任意に選択した1つの開口3-8について算出したせん断力 F_x 値に比して、接触面2-8全体のせん断力 F_x 値をよりの確に表す集約せん断力 F_x 値を出力することができる。

[0384] 同様に、集約せん断力 F_y 値のデータ出力処理（図2-2参照）において、出力部1-2は、センサ部1-8から出力された複数の信号の全部又は一部に基づいて接触面2-8内における複数の開口3-8のそれぞれの位置のせん断力 F_y 値を算出する。そして、出力部1-2は、複数の開口3-8のそれぞれの位置のせん断力 F_y 値について代表値の算出、合計値の算出及び平均値の算出の少なくともいずれかを行うことで集約せん断力 F_y 値を算出する。したがって、例えば、任意に選択した1つの開口3-8について算出したせん断力 F_y 値に比して、接触面2-8全体のせん断力 F_y 値をよりの確に表す集約せん断力 F_y 値を出力することができる。

[0385] (3) モーメント M_x 値のデータ出力処理（図2-3参照）において、出力部1-2は、接触面2-8におけるY軸方向に離間した2箇所の開口3-8について第一集約圧力値及び第二集約圧力値をそれぞれ算出する。そして、出力部1-2は、第一集約圧力値及び第二集約圧力値に基づいて触覚センサ1-0に作用するX軸方向周りのモーメント M_x の値をモーメント M_x 値として算出し、モーメント M_x 値のデータを出力する。したがって、コントローラ1-04でモーメント M_x 値を算出しないで済むので、コントローラ1-04の負担を軽減することができる。

[0386] 同様に、モーメント M_y 値のデータ出力処理（図2-4参照）において、出

力部12は、接触面28におけるX軸方向に離間した2箇所の開口38について第一集約圧力値及び第二集約圧力値をそれぞれ算出する。そして、出力部12は、第一集約圧力値及び第二集約圧力値に基づいて触覚センサ10に作用するY軸方向周りのモーメント M_y の値をモーメント M_y 値として算出し、モーメント M_y 値のデータを出力する。したがって、コントローラ104でモーメント M_y 値を算出しないで済むので、コントローラ104の負担を軽減することができる。

[0387] (4) モーメント M_z 値のデータ出力処理(図25参照)の第一例において、出力部12は、接触面28におけるX軸方向に離間した2箇所の開口38について第一せん断力 F_y 値及び第二せん断力 F_y 値をそれぞれ算出する。そして、出力部12は、第一せん断力 F_y 値及び第二せん断力 F_y 値に基づいて触覚センサ10に作用するZ軸方向周りのモーメント M_z の値をモーメント M_z 値として算出し、モーメント M_z 値のデータを出力する。したがって、コントローラ104でモーメント M_z 値を算出しないで済むので、コントローラ104の負担を軽減することができる。

[0388] 同様に、モーメント M_z 値のデータ出力処理(図25参照)の第二例において、出力部12は、接触面28におけるY軸方向に離間した2箇所の開口38について第一せん断力 F_x 値及び第二せん断力 F_x 値をそれぞれ算出する。そして、出力部12は、第一せん断力 F_x 値及び第二せん断力 F_x 値に基づいて触覚センサ10に作用するZ軸方向周りのモーメント M_z の値をモーメント M_z 値として算出し、モーメント M_z 値のデータを出力する。したがって、コントローラ104でモーメント M_z 値を算出しないで済むので、コントローラ104の負担を軽減することができる。

[0389] (5) 触覚センサ10(図36~図38参照)において、第二電極層26は、単層である1の第二電極36によって構成されている。したがって、触覚センサ10の構造及び製造工程を簡素化することができる。

[0390] また、第一電極34と開口38との間の距離に応じて変化する静電容量を検出することにより、複数の第一電極34のそれぞれの位置で圧力を検出で

きる。さらに、各開口38は、X軸方向及びY軸方向に隣接する4個の第一電極34のそれぞれと部分的に重なっているため、この4個の第一電極34と複数の開口38の重なり合う面積に応じて変化する静電容量を検出することにより、各開口38の位置でせん断力も検出できる。

[0391] しかも、第二電極36に形成された開口38の数が、複数の第一電極34の数よりも少ないことにより、1つの開口38に対して複数の第一電極34がマッチングされるので、例えば、複数の第一電極34が複数の開口38と1対1にマッチングされる場合に比して、複数の第一電極34の互いの間隔を狭めることができる。これにより、複数の第一電極34の数を確保できるので、圧力分布の分解能を確保できる。

[0392] このように、第三実施形態に係る触覚センサ10によれば、簡素な構造及び製造工程でもせん断力を検出できると共に、圧力分布の分解能を確保できる。

[0393] また、第二電極36は、複数の開口38を有する単一の構成であるので、例えば、第二電極36が複数の部材によって構成される場合に比して、製造効率を向上させることができると共に、部品点数を削減することができる。

[0394] 次に、第三実施形態の変形例について説明する。

[0395] (1) 触覚センサ10は、好ましくは、上記構成とされるが、第一電極層24が複数の第一電極34を有し、第二電極層26が1の第二電極36を有し、複数の第一電極34のうちの2以上が、平面視で第二電極36と部分的に重なる構成であれば、触覚センサ10は、上記以外の構成でもよい。

[0396] (2) 触覚センサ10は、36個の第一電極34を有するが、複数の第一電極34の数は、いくつでもよい。

[0397] (3) 第二電極36は、9個の開口38を有するが、開口38の数が、複数の第一電極34の数よりも少なければ、複数の開口38の数は、いくつでもよい。

[0398] (4) 複数の第一電極34は、好ましくは、接触面28に沿って行列状に配列されるが、接触面28内で所望の圧力分布が得られるのであれば、行列

状以外の態様で配置されていてもよい。

[0399] (5) 第三実施形態において、第一実施形態と同様の構成については、第一実施形態と同様の変形例を採用してもよい。

[0400] [第四実施形態]

次に、第四実施形態を説明する。

[0401] (触覚センサ 10 の構成)

図 40 は、第四実施形態に係る触覚センサ 10 の縦断面図である。第四実施形態に係る触覚センサ 10 は、上述の第一実施形態に係る触覚センサ 10 (図 3 ~ 図 6 参照) に対し、第二電極層 26 の構成が次のように変更されている。

[0402] 図 41 は、図 40 の第二電極層 26 の平面図である。第二電極層 26 は、単層である 1 の第二電極 36 によって構成されている。第二電極 36 は、平板状に形成されている。この第二電極 36 は、基板 16 のグラウンドに接続されていてもよく、グラウンドに対して浮いていてもよい。第二電極 36 は、例えば、導電ゴムによって形成される。

[0403] 第二電極 36 には、1 つの開口 38 が形成されている。開口 38 は、一例として、第二電極 36 の中央部に形成されている。第二電極 36 は、平面視で正方形に形成されており、開口 38 も、平面視で正方形に形成されている。

[0404] 図 42 は、図 40 の第二電極 36 と弾力層 22 と基板 16 とを重ねた状態を示す平面図である。一例として、複数の第一電極 34 の数は 36 個であるのに対し、第二電極 36 には、1 つの開口 38 が形成されているので、第四実施形態では、第二電極 36 に形成された開口 38 の数が複数の第一電極 34 の数よりも少ない。

[0405] 第二電極 36 は、平面視で複数の第一電極 34 の全てと重なる大きさを有している。具体的には、第二電極 36 は、平面視で第二電極 36 の外形部の内側に複数の第一電極 34 の全てが収まる大きさを有している。

[0406] 開口 38 は、一例として、平面視で X 軸方向及び Y 軸方向に隣接する中央

の4個の第一電極34の全てを収める最小の正方形よりも小さい正方形に形成されている。開口38は、平面視で中央の4個の第一電極34の中心部に位置し、この4個の第一電極34と部分的に重なっている。これにより、複数の第一電極34のうち中央の4個の第一電極34は、平面視で第二電極36と部分的に重なっており、複数の第一電極34のうち中央の4個の第一電極34以外の第一電極34は、第二電極36と全体的に重なっている。

[0407] 第二実施形態では、複数の第一電極34のうち中央の4個の第一電極34が、「第二電極と部分的に重なる複数の部分重畳電極」の一例に相当し、この中央の4個の第一電極から出力される複数の信号は、「複数の部分重複電極信号」の一例に相当する。

[0408] このような構成の触覚センサ10は、上述の第一実施形態に係る触覚センサ10（図3～図6参照）と同様に製造される。

[0409] 第四実施形態において、変位 Δx 、 Δy 、 Δz の計算は、第一実施形態の場合と同様の考え方に基づいて行う。第四実施形態において、触覚センサ10、出力部12及びコントローラ104のハードウェア構成と、出力部12における複数のモードは、第一実施形態と同じである。また、第四実施形態において、圧力分布、把持位置、把持力 F_z 値、並進力 ΔF_x 値、並進力 ΔF_y 値、回転モーメント MR_x 値及び回転モーメント MR_y 値の各データ出力処理は、第一実施形態と同じである。

[0410] 一方、第四実施形態において、集約せん断力 F_x 値、集約せん断力 F_y 値の各データ出力処理は、第一実施形態と異なる。

[0411] （集約せん断力 F_x 値のデータ出力処理）

第四実施形態において、出力部12は、接触面28全体について1つの集約せん断力 F_x 値を算出し、集約せん断力 F_x 値のデータを出力する。この集約せん断力 F_x 値のデータ出力処理は、例えば、次の要領により出力部12のCPU54で実行される。以下、図21を参照しながら、第四実施形態における集約せん断力 F_x 値のデータ出力処理の流れを説明する。

[0412] ステップS31では、CPU54が、複数の静電容量検出IC44から出

力されたデータを取得する。このステップS 3 1で取得するデータは、後述するステップS 3 2で変位 Δx を算出する対象となる第一電極3 4に対応してセンサ部1 8から出力された信号のデータである。

[0413] ステップS 3 2では、CPU 5 4が、ステップS 3 1で取得したデータに基づいて、開口3 8の位置について変位 Δx を算出する。変位 Δx の算出は、第一実施形態における Δx 、 Δy 、 $\Delta z \neq 0$ の場合の説明にしたがい、1つの開口3 8に部分的に重なる4つの第一電極3 4に対応する信号の全部又は一部を用いて行う。一部の信号を用いる場合は、1つの開口3 8と重なる4つの第一電極3 4のうちx方向の位置が異なる少なくとも2つの電極に対応する信号が用いられる。このステップS 3 2では、センサ部1 8から出力された複数の信号の一部に基づいて開口3 8の位置について変位 Δx が算出される。

[0414] このようにして開口3 8の位置について算出された変位 Δx は、開口3 8の位置におけるせん断力 F_x 値に比例する。したがって、開口3 8の位置について変位 Δx が算出されることで、開口3 8の位置におけるせん断力 F_x 値が算出される。

[0415] ステップS 3 3では、CPU 5 4が、ステップS 3 2で算出した開口3 8の位置におけるせん断力 F_x 値を、接触面2 8全体について算出された1つの集約せん断力 F_x 値とする。これにより、1つの集約せん断力 F_x 値が算出される。

[0416] ステップS 3 4では、CPU 5 4が、ステップS 3 3で算出した集約せん断力 F_x 値のデータをコントローラ1 0 4に出力する。この集約せん断力 F_x 値のデータは、ワークWの衝突検知、ロボットハンド1 0 8でワークWの他の物体への接触維持検出、ワークWの移動先への嵌合位置検出、ワークWの移動先への挿入完了検出、ワークWの移動先からの引き抜き完了検出等に利用される。

[0417] (集約せん断力 F_y 値のデータ出力処理)

第四実施形態において、出力部1 2は、接触面2 8全体について1つの集

約せん断力 F_y 値を算出し、集約せん断力 F_y 値のデータを出力する。この集約せん断力 F_y 値のデータ出力処理は、例えば、次の要領により出力部12のCPU54で実行される。以下、図22を参照しながら、第四実施形態における集約せん断力 F_y 値のデータ出力処理の流れを説明する。

[0418] ステップS41では、CPU54が、複数の静電容量検出IC44から出力されたデータを取得する。このステップS41で取得するデータは、後述するステップS42で変位 Δy を算出するのに必要なデータであり、例えば、中央の4個の第一電極34のそれぞれに対応してセンサ部18から出力された信号のデータである。

[0419] ステップS42では、CPU54が、ステップS41で取得したデータに基づいて、開口38の位置について変位 Δy を算出する。変位 Δy の算出は、第一実施形態における Δx 、 Δy 、 $\Delta z \neq 0$ の場合の説明にしたがい、1つの開口38に部分的に重なる4つの第一電極34に対応する信号の全部又は一部を用いて行う。一部の信号を用いる場合は、1つの開口38と重なる4つの第一電極34のうち y 方向の位置が異なる少なくとも2つの電極に対応する信号が用いられる。このステップS42では、センサ部18から出力された複数の信号の一部に基づいて開口38の位置について変位 Δy が算出される。

[0420] このようにして開口38の位置について算出された変位 Δy は、開口38の位置におけるせん断力 F_y 値に比例する。したがって、開口38の位置について変位 Δy が算出されることで、開口38の位置におけるせん断力 F_y 値が算出される。

[0421] ステップS43では、CPU54が、ステップS42で算出した開口38の位置におけるせん断力 F_y 値を、接触面28全体について算出された1つの集約せん断力 F_y 値とする。これにより、1つの集約せん断力 F_y 値が算出される。

[0422] ステップS44では、CPU54が、ステップS43で算出した集約せん断力 F_y 値のデータをコントローラ104に出力する。この集約せん断力 F_y

y 値のデータは、ワークWの衝突検知、ロボットハンド108で把持したワークWの他の物体への接触維持検出、ワークWの移動先への嵌合位置検出、ワークWの移動先への挿入完了検出、ワークWの移動先からの引き抜き完了検出等に利用される。

[0423] 次に、第四実施形態の作用及び効果について説明する。

[0424] (1) 集約せん断力F x 値のデータ出力処理 (図21参照) において、出力部12は、接触面28全体について1つの集約せん断力F x 値を算出し、集約せん断力F x 値のデータを出力する。したがって、コントローラ104で集約せん断力F x 値を算出しないで済むので、コントローラ104の負担を軽減することができる。また、例えば、接触面28内における複数の圧力検出位置のそれぞれのせん断力F x 値を表すせん断力分布のデータを出力する場合に比して、せん断力F x 値を集約する分、出力部12とコントローラ104との間のデータ通信量を減らすことができる。これにより、出力部12及びコントローラ104の応答速度を向上させることができるので、一对の把持部114を有するロボット102を制御するコントローラ104に対して、ロボット102の制御に有益な触覚情報を効率よく提供できる。

[0425] 同様に、集約せん断力F y 値のデータ出力処理 (図22参照) において、出力部12は、接触面28全体について1つの集約せん断力F y 値を算出し、集約せん断力F y 値のデータを出力する。したがって、コントローラ104で集約せん断力F y 値を算出しないで済むので、コントローラ104の負担を軽減することができる。また、例えば、接触面28内における複数の圧力検出位置のそれぞれのせん断力F x 値を表すせん断力分布のデータを出力する場合に比して、せん断力F x 値を集約する分、出力部12とコントローラ104との間のデータ通信量を減らすことができる。これにより、出力部12及びコントローラ104の応答速度を向上させることができるので、一对の把持部114を有するロボット102を制御するコントローラ104に対して、ロボット102の制御に有益な触覚情報を効率よく提供できる。

[0426] (2) 触覚センサ10 (図40~図42参照) において、第二電極層26

は、単層である1の第二電極36によって構成されている。したがって、触覚センサ10の構造及び製造工程を簡素化することができる。

[0427] また、第一電極34と第二電極36との間の距離に応じて変化する静電容量を検出することにより、複数の第一電極34のそれぞれの位置で圧力を検出できる。さらに、複数の第一電極34のうち中央の4個の第一電極34は、平面視で第二電極36の中央に形成された開口38と部分的に重なっているので、この4個の第一電極34と第二電極36の重なり合う面積に応じて変化する静電容量を検出することにより、開口38の位置でせん断力も検出できる。

[0428] しかも、第二電極36に形成された開口38の数が、1であり、複数の第一電極34の数よりも少ないことにより、1つの開口38に対して複数の第一電極34がマッチングされるので、例えば、複数の第一電極34が複数の開口38と1対1にマッチングされる場合に比して、複数の第一電極34の互いの間隔を狭めることができる。これにより、複数の第一電極34の数を確保できるので、圧力分布の分解能を確保できる。

[0429] このように、第四実施形態に係る触覚センサ10によれば、簡素な構造及び製造工程でもせん断力を検出できると共に、圧力分布の分解能を確保できる。

[0430] (3) 第二電極36は、単一の構成であるので、例えば、第二電極36が複数の部材によって構成される場合に比して、製造効率を向上させることができると共に、部品点数を削減することができる。

[0431] (4) 第四実施形態において、第一実施形態と同様の構成については、第一実施形態と同様の作用効果を奏する。

[0432] 次に、第四実施形態の変形例について説明する。

[0433] (1) 触覚センサ10は、好ましくは、上記構成とされるが、第一電極層24が複数の第一電極34を有し、第二電極層26が、1の第二電極36を有し、複数の第一電極34のうちの2以上が、平面視で第二電極36と部分的に重なる構成であれば、触覚センサ10は、上記以外の構成でもよい。

- [0434] (2) 触覚センサ10は、36個の第一電極34を有するが、複数の第一電極34の数は、いくつでもよい。
- [0435] (3) 第二電極36には、1つの開口38が形成されているが、開口38の数が、複数の第一電極34の数よりも少なければ、開口38の数は、いくつでもよい。
- [0436] (4) 複数の第一電極34は、好ましくは、接触面28に沿って行列状に配列されるが、接触面28内で所望の圧力分布が得られるのであれば、行列状以外の態様で配置されていてもよい。
- [0437] (5) 第四実施形態において、第一実施形態と同様の構成については、第一実施形態と同様の変形例を採用してもよい。
- [0438] 以上、本願の開示する技術の第一乃至第四実施形態について説明したが、本願の開示する技術は、上記に限定されるものでなく、上記以外にも、その主旨を逸脱しない範囲内において種々変形して実施可能であることは勿論である。
- [0439] なお、日本国特許特願2020-140394の開示はその全体が参照により本明細書に取り込まれる。
- [0440] また、本明細書に記載された全ての文献、特許出願、および技術規格は、個々の文献、特許出願、および技術規格が参照により取り込まれることが具体的かつ個々に記された場合と同程度に、本明細書中に参照により取り込まれる。
- [0441] なお、上述の本願の開示する技術の一実施形態に関し、さらに以下の付記を開示する。
- [0442] (付記1)
- ロボットに設けられた一对の把持部における互いの対向面にそれぞれ設けられ、前記一对の把持部によって把持されたワークと接触する一对の触覚センサと、
- 前記一对の触覚センサと電氣的に接続された出力部と、
- を備え、

各前記触覚センサは、

前記ワークとの接触面を有すると共に、弾力層と、前記弾力層を挟んだ両側に位置する第一電極層及び第二電極層とが前記接触面の法線方向に積層された積層構造を有する静電容量方式のセンサ部を備え、

前記第一電極層は、複数の第一電極を有し、

前記第二電極層は、1又は複数の第二電極を有し、

前記複数の第一電極のうちの2以上は、前記法線方向に見て前記第二電極と部分的に重なる複数の部分重畳電極であり、

前記センサ部は、前記複数の第一電極のそれぞれに対応する複数の信号を出力し、

前記出力部は、前記ロボットの動作内容を判断し前記動作内容に応じて前記圧力分布のデータ、集約圧力値のデータ、前記集約せん断力値のデータ、第一モーメント値のデータ及び第二モーメント値のデータの少なくともいずれかを選択的に出力する動作内容判断モード、及び、前記ロボットを制御するコントローラからの要求指令に応じて前記圧力分布のデータ、前記集約圧力値のデータ、前記集約せん断力値のデータ、第一モーメント値のデータ及び第二モーメント値のデータの少なくともいずれかを選択的に出力する要求指令対応モードの少なくともいずれか一つを有し、

前記集約圧力値のデータは、前記出力部が、前記複数の圧力検出位置のそれぞれの圧力値について代表値の算出、合計値の算出及び平均値の算出の少なくともいずれかを行うことにより算出したデータであり、

前記第一モーメント値のデータは、前記出力部が、前記複数の圧力検出位置のうち複数の第一集約圧力検出位置のそれぞれの圧力値について代表値の算出、合計値の算出及び平均値の算出の少なくともいずれかを行うことで第一集約圧力値を算出し、前記複数の圧力検出位置のうち複数の第二集約圧力検出位置のそれぞれの圧力値について代表値の算出、合計値の算出及び平均値の算出の少なくともいずれかを行うことで第二集約圧力値を算出し、前記第一集約圧力値及び前記第二集約圧力値に基づいて前記触覚センサに作用す

る前記法線方向及び前記第一集約圧力検出位置と前記第二集約圧力検出位置との並び方向と直交する方向周りのモーメントの値を第一モーメント値として算出したデータであり、

前記第二モーメント値のデータは、前記出力部が、前記複数の部分重複電極信号の全部又は一部に基づいて前記接触面内における複数の第一せん断力検出位置について1つの第一集約せん断力値を算出し、前記接触面内における複数の第二せん断力検出位置について1つの第二集約せん断力値を算出し、前記第一集約せん断力値及び前記第二集約せん断力値に基づいて前記触覚センサに作用する前記法線方向周りのモーメントの値を第二モーメント値として算出したデータである、

触覚センシングシステム。

(付記2)

前記出力部の少なくとも一部は、前記ロボットに備えられたロボットハンド、前記ロボットに備えられたロボットアーム、前記ロボットアームに前記ロボットハンドを接続する手首関節部、前記ロボットを制御するコントローラの入力部、及び、前記コントローラに設けられプログラム処理を実行するプログラム部品の少なくともいずれかに設けられている、

付記1に記載の触覚センシングシステム。

(付記3)

ロボットに設けられた一对の把持部における互いの対向面にそれぞれ設けられ、前記一对の把持部によって把持されたワークと接触する一对の触覚センサと、

前記一对の触覚センサと電氣的に接続された出力部と、

を備え、

各前記触覚センサは、

前記ワークとの接触面を有すると共に、弾力層と、前記弾力層を挟んだ両側に位置する第一電極層及び第二電極層とが前記接触面の法線方向に積層された積層構造を有する静電容量方式のセンサ部を備え、

前記第一電極層は、複数の第一電極を有し、

前記第二電極層は、1又は複数の第二電極を有し、

前記複数の第一電極の少なくとも一部は、前記法線方向に見て前記第二電極と全体的又は部分的に重なり、

前記センサ部は、前記複数の第一電極のそれぞれに対応する複数の信号を出力し、

前記出力部は、前記複数の信号の全部又は一部に基づく圧力に関するデータを出力し、

かつ、前記出力部の少なくとも一部は、前記ロボットに備えられたロボットハンド、前記ロボットに備えられたロボットアーム、前記ロボットアームに前記ロボットハンドを接続する手首関節部、前記ロボットを制御するコントローラの入力部、及び、前記コントローラに設けられプログラム処理を実行するプログラム部品の少なくともいずれかに設けられている、

触覚センシングシステム。

請求の範囲

[請求項1]

ロボットに設けられた一対の把持部における互いの対向面にそれぞれ設けられ、前記一対の把持部によって把持されたワークと接触する一対の触覚センサと、

前記一対の触覚センサと電氣的に接続された出力部と、
を備え、

各前記触覚センサは、

前記ワークとの接触面を有すると共に、弾力層と、前記弾力層を挟んだ両側に位置する第一電極層及び第二電極層とが前記接触面の法線方向に積層された積層構造を有する静電容量方式のセンサ部を備え、

前記第一電極層は、複数の第一電極を有し、

前記第二電極層は、1又は複数の第二電極を有し、

前記複数の第一電極のうちの2以上は、前記法線方向に見て前記第二電極と部分的に重なる部分重複電極であり、

前記センサ部は、前記複数の第一電極のそれぞれに対応する複数の信号を出力し、

前記出力部は、前記複数の信号の全部又は一部に基づいて前記接触面内における複数の圧力検出位置のそれぞれの圧力値を算出すると共に、前記複数の信号のうち前記複数の部分重畳電極のそれぞれに対応する複数の部分重複電極信号の全部又は一部に基づいて前記接触面全体について1つの集約せん断力値を算出し、前記複数の圧力検出位置のそれぞれの圧力値を表す圧力分布のデータ及び前記集約せん断力値のデータを出力する、

触覚センシングシステム。

[請求項2]

前記出力部は、前記複数の圧力検出位置のそれぞれの圧力値に基づいて前記接触面内における前記ワークの把持位置を特定し、前記把持位置のデータを出力する、

請求項1に記載の触覚センシングシステム。

- [請求項3] 前記出力部は、前記複数の圧力検出位置のそれぞれの圧力値について代表値の算出、合計値の算出及び平均値の算出の少なくともいずれかを行うことで集約圧力値を算出し、前記集約圧力値のデータを出力する、
請求項1又は請求項2に記載の触覚センシングシステム。
- [請求項4] 前記出力部は、前記一对の触覚センサのそれぞれについて算出された前記集約せん断力値の和を並進力値として算出し、前記並進力値のデータを出力する、
請求項1～請求項3のいずれか一項に記載の触覚センシングシステム。
- [請求項5] 前記出力部は、前記一对の触覚センサのそれぞれについて算出された前記集約せん断力値の差に基づいて前記一对の触覚センサに作用する前記法線方向及び前記集約せん断力の方向と直交する方向周りの回転モーメントの値を回転モーメント値として算出し、前記回転モーメント値のデータを出力する、
請求項1～請求項4のいずれか一項に記載の触覚センシングシステム。
- [請求項6] 前記出力部は、前記複数の圧力検出位置のそれぞれの圧力値のうち少なくとも所定数の圧力値が閾値を超えた場合、前記複数の圧力検出位置のそれぞれの圧力値について代表値の算出、合計値の算出及び平均値の算出の少なくともいずれかを行うことで算出した集約圧力値が閾値を超えた場合、又は、前記集約せん断力値が閾値を超えた場合に、衝突検知データを出力する衝突検知モードを有する、
請求項1～請求項5のいずれか一項に記載の触覚センシングシステム。
- [請求項7] 前記出力部は、前記複数の部分重複電極信号の全部又は一部に基づいて前記接触面内における複数のせん断力検出位置のそれぞれのせん断力値を算出し、前記複数のせん断力検出位置のそれぞれのせん断力

値について代表値の算出、合計値の算出及び平均値の算出の少なくともいずれかを行うことで前記集約せん断力値を算出する、

請求項1～請求項6のいずれか一項に記載の触覚センシングシステム。

[請求項8]

前記出力部は、前記それぞれのせん断力値を、少なくとも1つの前記部分重複電極を含む複数の前記第一電極のそれぞれに対応する複数の信号に基づいて、圧力が前記複数の信号に及ぼす影響を除去するようにして算出する、

請求項7に記載の触覚センシングシステム。

[請求項9]

前記出力部は、前記複数の圧力検出位置のうち第一集約圧力検出位置近傍の複数の圧力検出位置のそれぞれの圧力値について代表値の算出、合計値の算出及び平均値の算出の少なくともいずれかを行うことで第一集約圧力値を算出し、前記複数の圧力検出位置のうち第二集約圧力検出位置近傍の複数の圧力検出位置のそれぞれの圧力値について代表値の算出、合計値の算出及び平均値の算出の少なくともいずれかを行うことで第二集約圧力値を算出し、前記第一集約圧力値及び前記第二集約圧力値に基づいて前記触覚センサに作用する前記法線方向及び前記第一集約圧力検出位置と前記第二集約圧力検出位置との並び方向と直交する方向周りのモーメントの値を第一モーメント値として算出し、前記第一モーメント値のデータを出力する、

請求項1～請求項8のいずれか一項に記載の触覚センシングシステム。

[請求項10]

前記出力部は、前記複数の部分重複電極信号の全部又は一部に基づいて、前記接触面内における第一せん断力検出位置について第一せん断力値を算出し、前記接触面内における第二せん断力検出位置について第二せん断力値を算出し、前記第一せん断力値及び前記第二せん断力値に基づいて前記触覚センサに作用する前記法線方向周りのモーメントの値を第二モーメント値として算出し、前記第二モーメント値の

データを出力する、

請求項1～請求項9のいずれか一項に記載の触覚センシングシステム。

[請求項11]

前記出力部は、前記ロボットの動作内容を判断し前記動作内容に応じて前記圧力分布のデータ、集約圧力値のデータ、前記集約せん断力値のデータ、第一モーメント値のデータ及び第二モーメント値のデータの少なくともいずれかを選択的に出力する動作内容判断モード、及び、前記ロボットを制御するコントローラからの要求指令に応じて前記圧力分布のデータ、前記集約圧力値のデータ、前記集約せん断力値のデータ、第一モーメント値のデータ及び第二モーメント値のデータの少なくともいずれかを選択的に出力する要求指令対応モードの少なくともいずれか一つを有し、

前記集約圧力値のデータは、前記出力部が、前記複数の圧力検出位置のそれぞれの圧力値について代表値の算出、合計値の算出及び平均値の算出の少なくともいずれかを行うことにより算出したデータであり、

前記第一モーメント値のデータは、前記出力部が、前記複数の圧力検出位置のうち複数の第一集約圧力検出位置のそれぞれの圧力値について代表値の算出、合計値の算出及び平均値の算出の少なくともいずれかを行うことで第一集約圧力値を算出し、前記複数の圧力検出位置のうち複数の第二集約圧力検出位置のそれぞれの圧力値について代表値の算出、合計値の算出及び平均値の算出の少なくともいずれかを行うことで第二集約圧力値を算出し、前記第一集約圧力値及び前記第二集約圧力値に基づいて前記触覚センサに作用する前記法線方向及び前記第一集約圧力検出位置と前記第二集約圧力検出位置との並び方向と直交する方向周りのモーメントの値を第一モーメント値として算出したデータであり、

前記第二モーメント値のデータは、前記出力部が、前記複数の部分

重複電極信号の全部又は一部に基づいて前記接触面内における複数の第一せん断力検出位置について1つの第一集約せん断力値を算出し、前記接触面内における複数の第二せん断力検出位置について1つの第二集約せん断力値を算出し、前記第一集約せん断力値及び前記第二集約せん断力値に基づいて前記触覚センサに作用する前記法線方向周りのモーメントの値を第二モーメント値として算出したデータである、

請求項1～請求項10のいずれか一項に記載の触覚センシングシステム。

[請求項12] 前記第二電極層は、単層である1又は複数の前記第二電極によって構成され、

1の前記第二電極に形成された1又は複数の開口の数、若しくは、1又は複数の前記第二電極によって形成される1又は複数の島部の数は、前記複数の第一電極の数よりも少ない、

請求項1～請求項11のいずれか一項に記載の触覚センシングシステム。

[請求項13] 前記第二電極層は、複数の前記島部を形成する複数の前記第二電極によって構成され、

複数の前記第二電極のそれぞれは、前記法線方向に見て前記複数の第一電極のうち隣接する第一電極のそれぞれと部分的に重なるように形成されている、

請求項12に記載の触覚センシングシステム。

[請求項14] 前記第二電極層は、複数の前記開口が形成された1の前記第二電極によって構成され、

複数の前記開口のそれぞれは、前記法線方向に見て前記複数の第一電極のうち隣接する第一電極のそれぞれと部分的に重なるように形成されている、

請求項12に記載の触覚センシングシステム。

[請求項15] 前記第二電極層は、1の前記島部を形成する1の前記第二電極によ

って構成され、

前記複数の部分重畳電極のそれぞれは、前記法線方向に見て1の前記第二電極と部分的に重なるように形成されている、

請求項12に記載の触覚センシングシステム。

[請求項16]

前記第二電極層は、1の前記開口が形成された1の前記第二電極によって構成され、

前記複数の部分重畳電極のそれぞれは、前記法線方向に見て1の前記開口と部分的に重なるように形成されている、

請求項12に記載の触覚センシングシステム。

[請求項17]

前記触覚センサ及び前記出力部は、ユニット化されている、

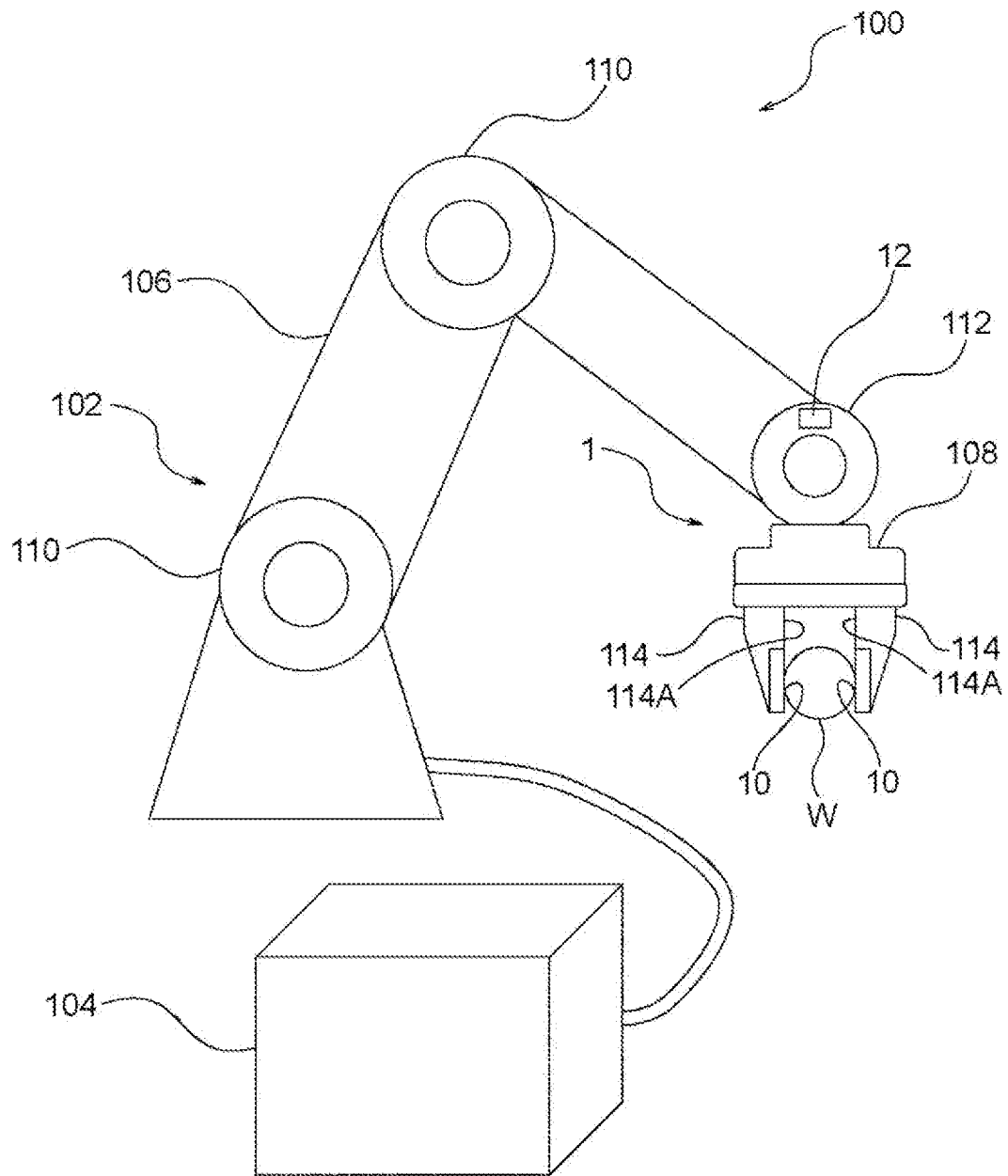
請求項1～請求項16のいずれか一項に記載の触覚センシングシステム。

[請求項18]

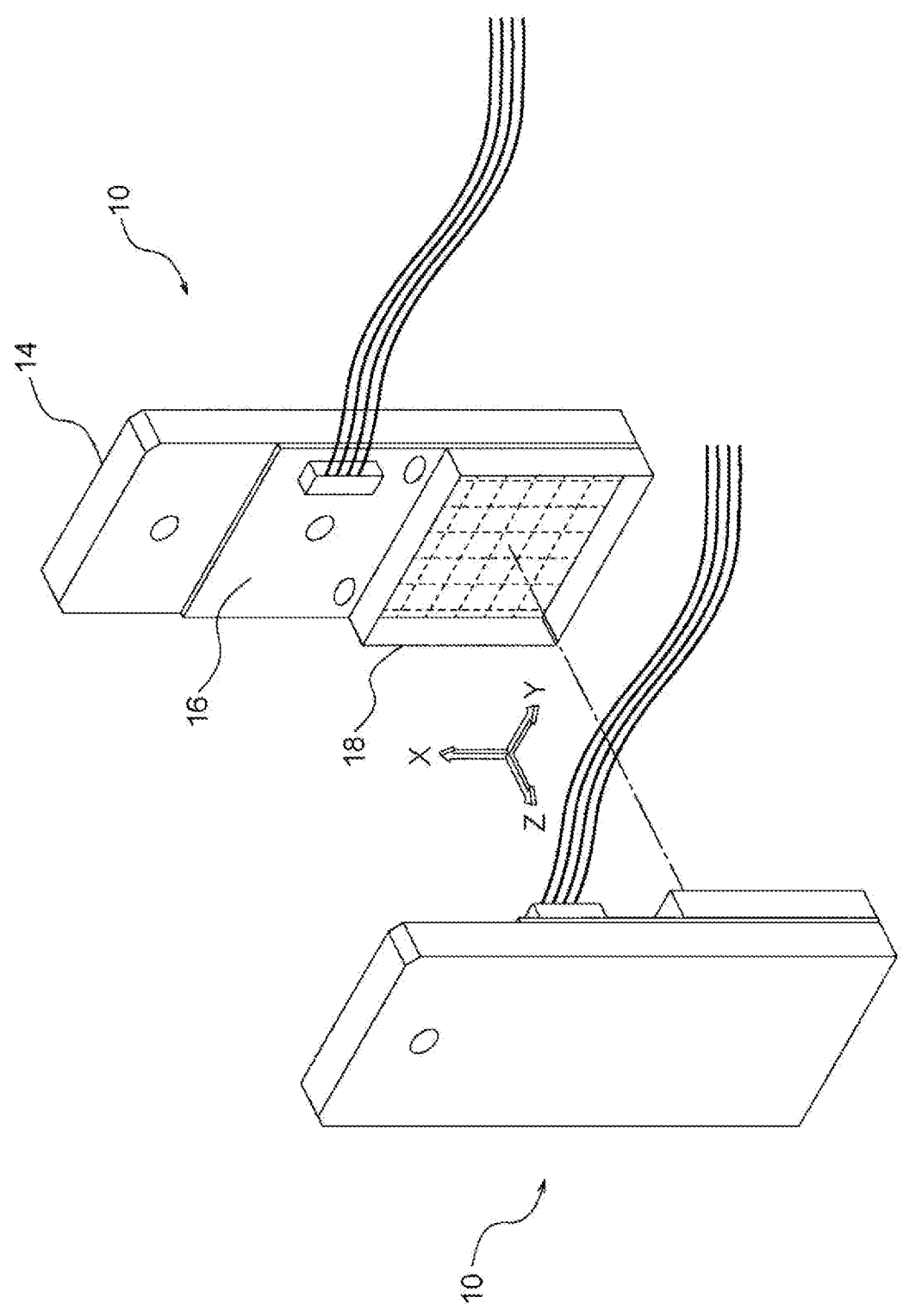
前記出力部の少なくとも一部は、前記ロボットに備えられたロボットハンド、前記ロボットに備えられたロボットアーム、前記ロボットアームに前記ロボットハンドを接続する手首関節部、前記ロボットを制御するコントローラの入力部、及び、前記コントローラに設けられプログラム処理を実行するプログラム部品の少なくともいずれかに設けられている、

請求項1～請求項17のいずれか一項に記載の触覚センシングシステム。

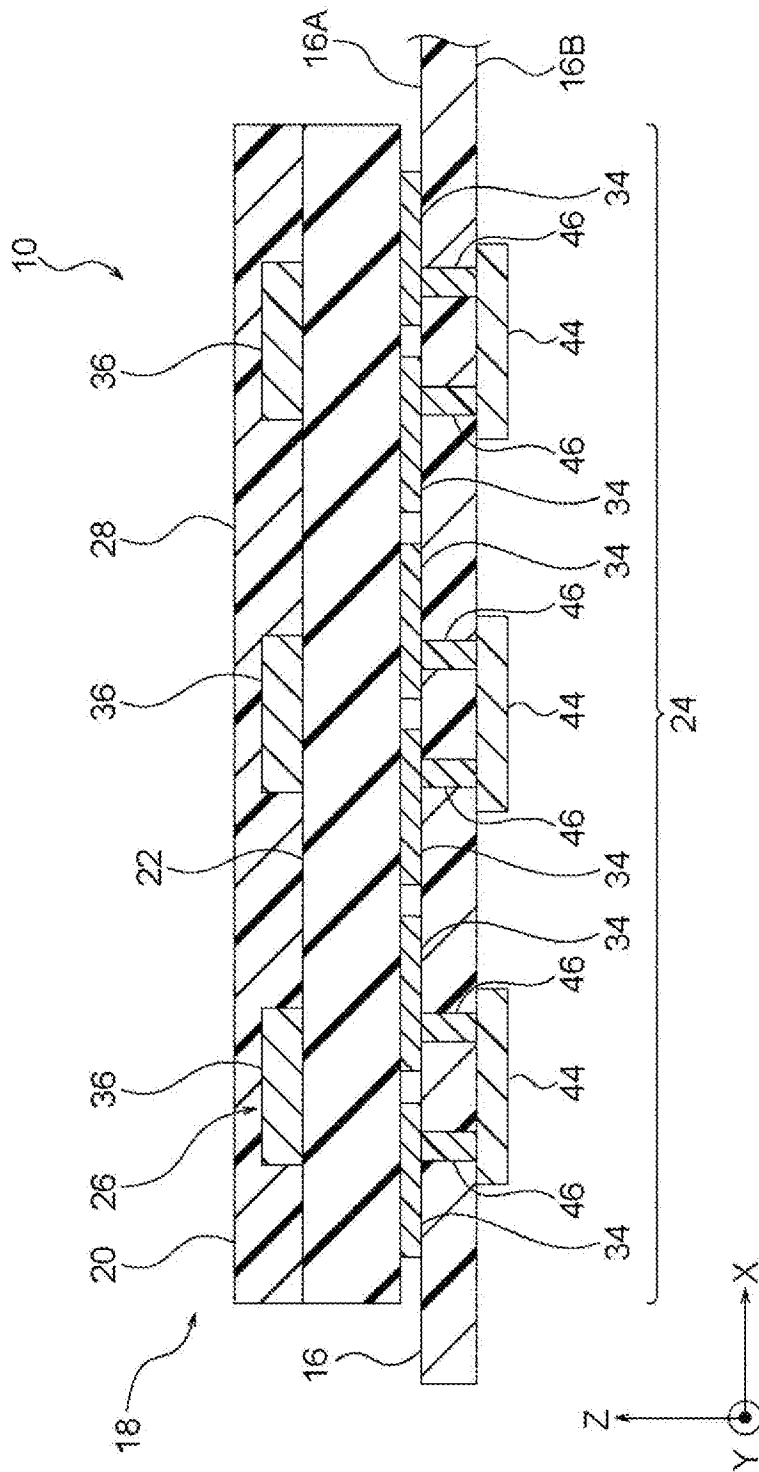
[図1]



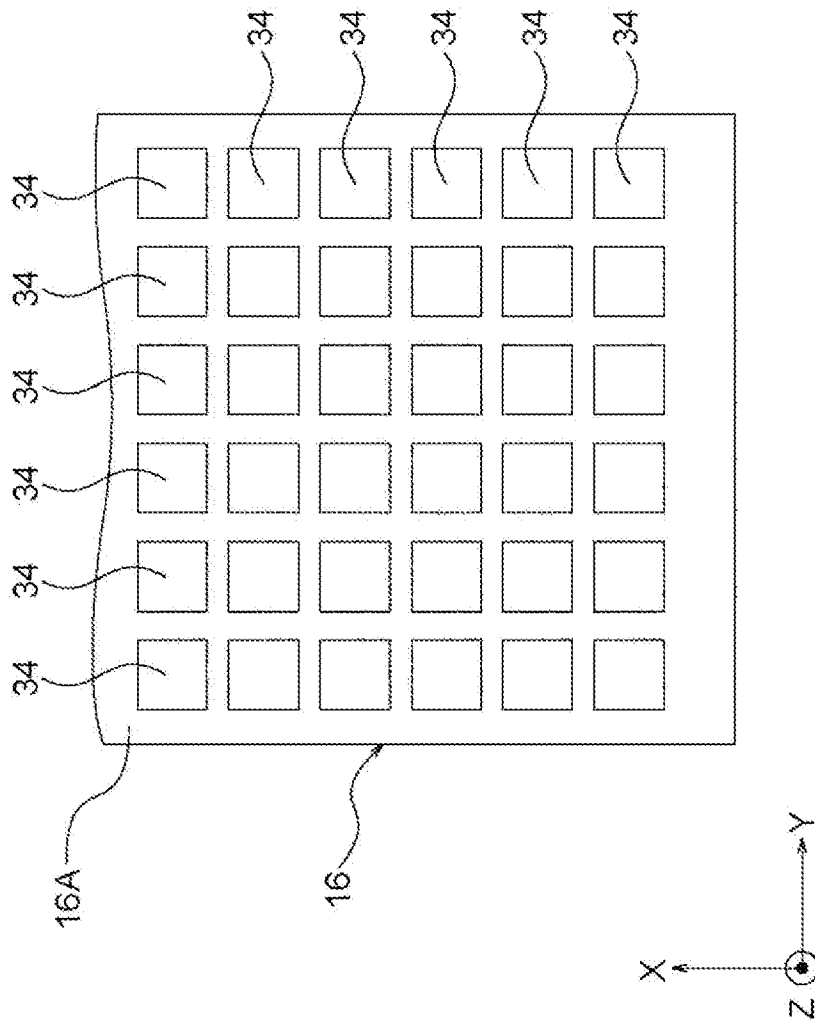
[図2]



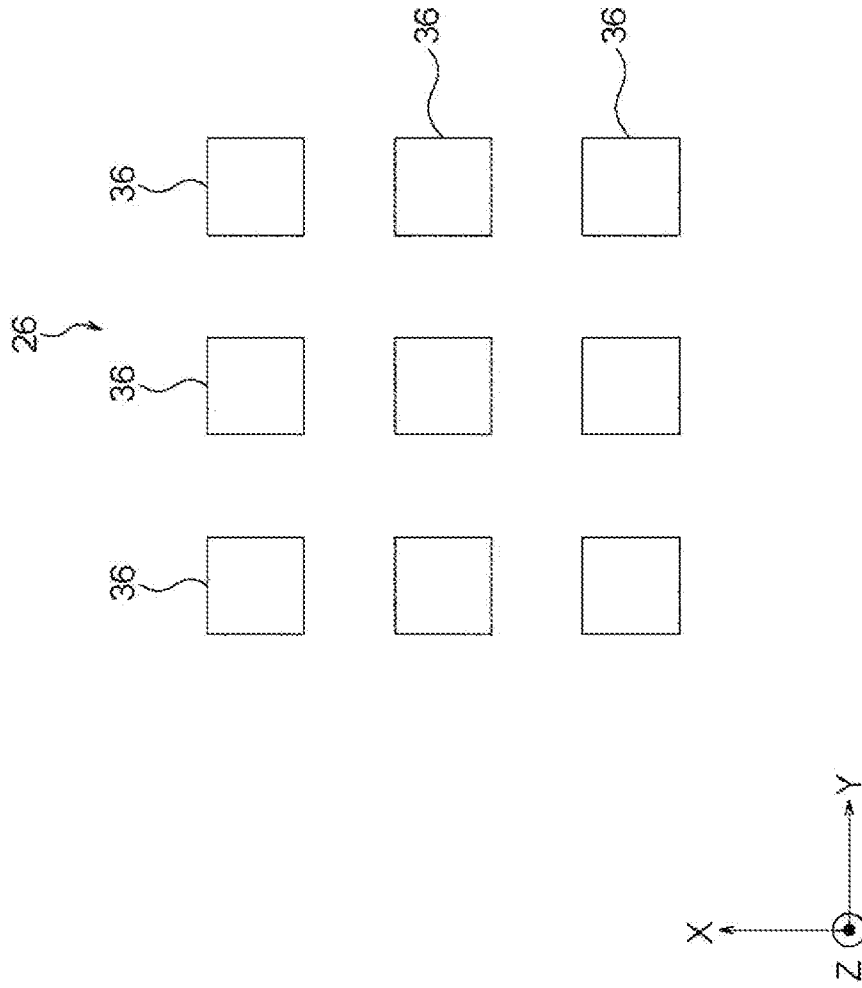
[図3]



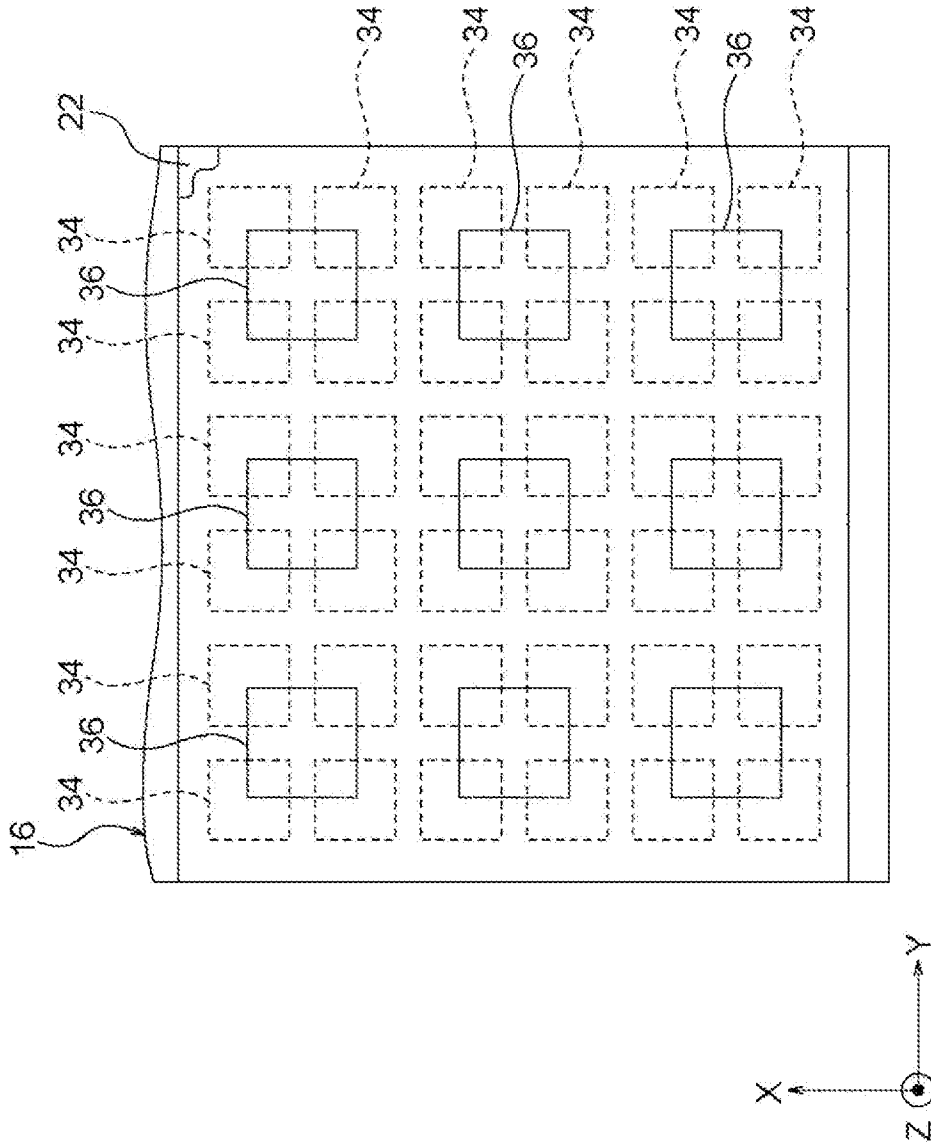
[図4]



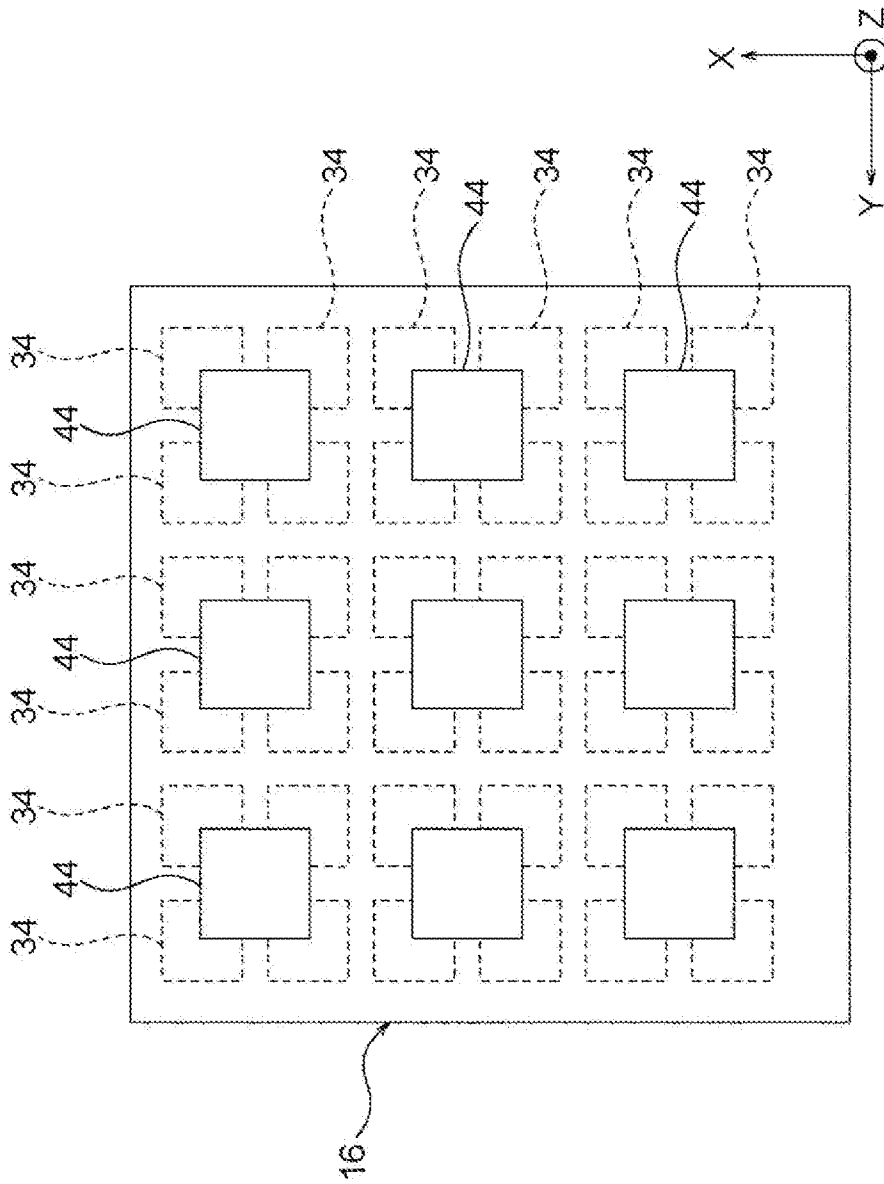
[図5]



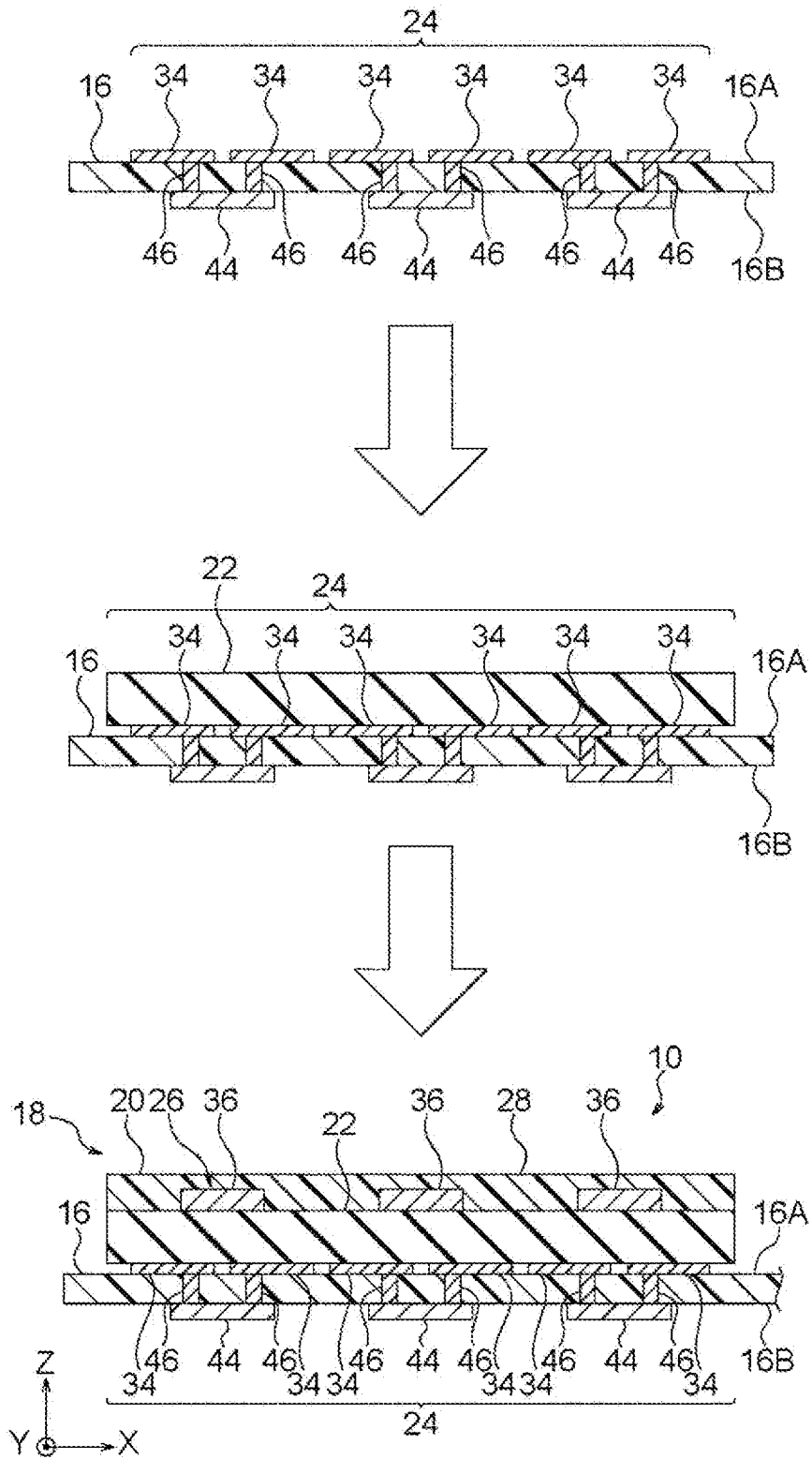
[図6]



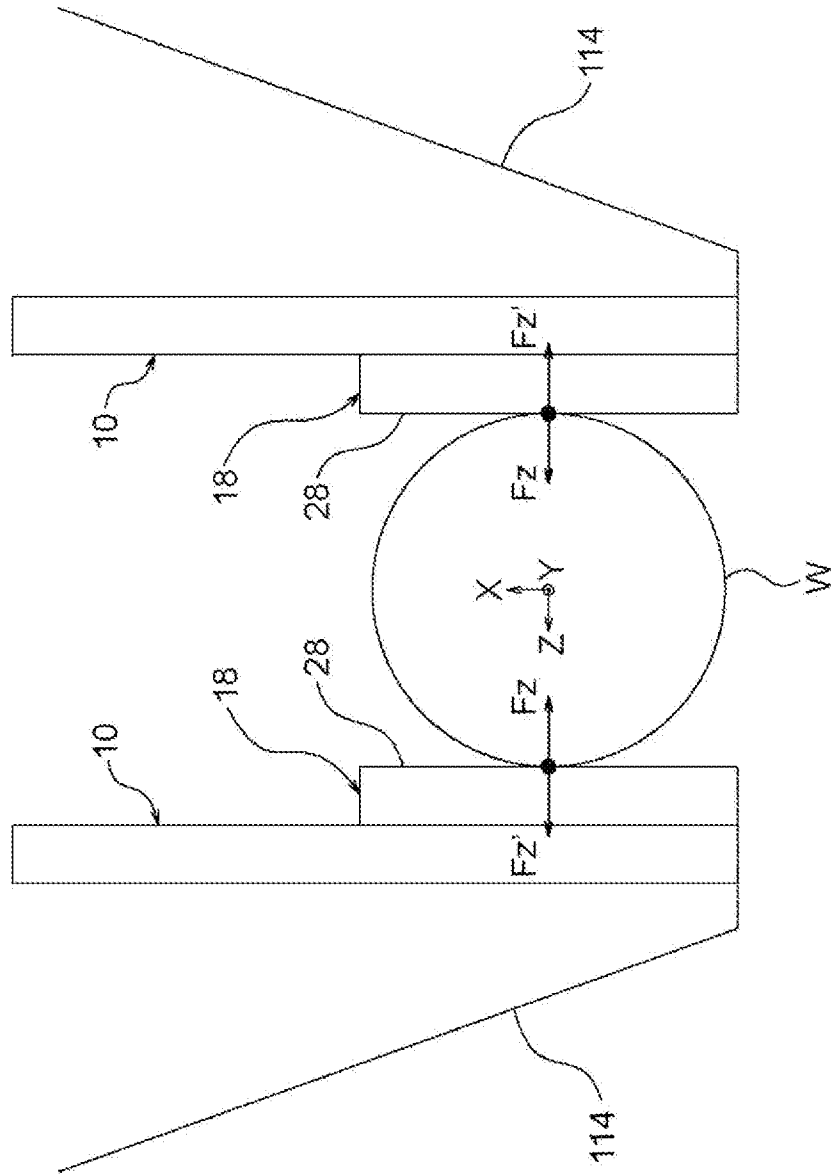
[図7]



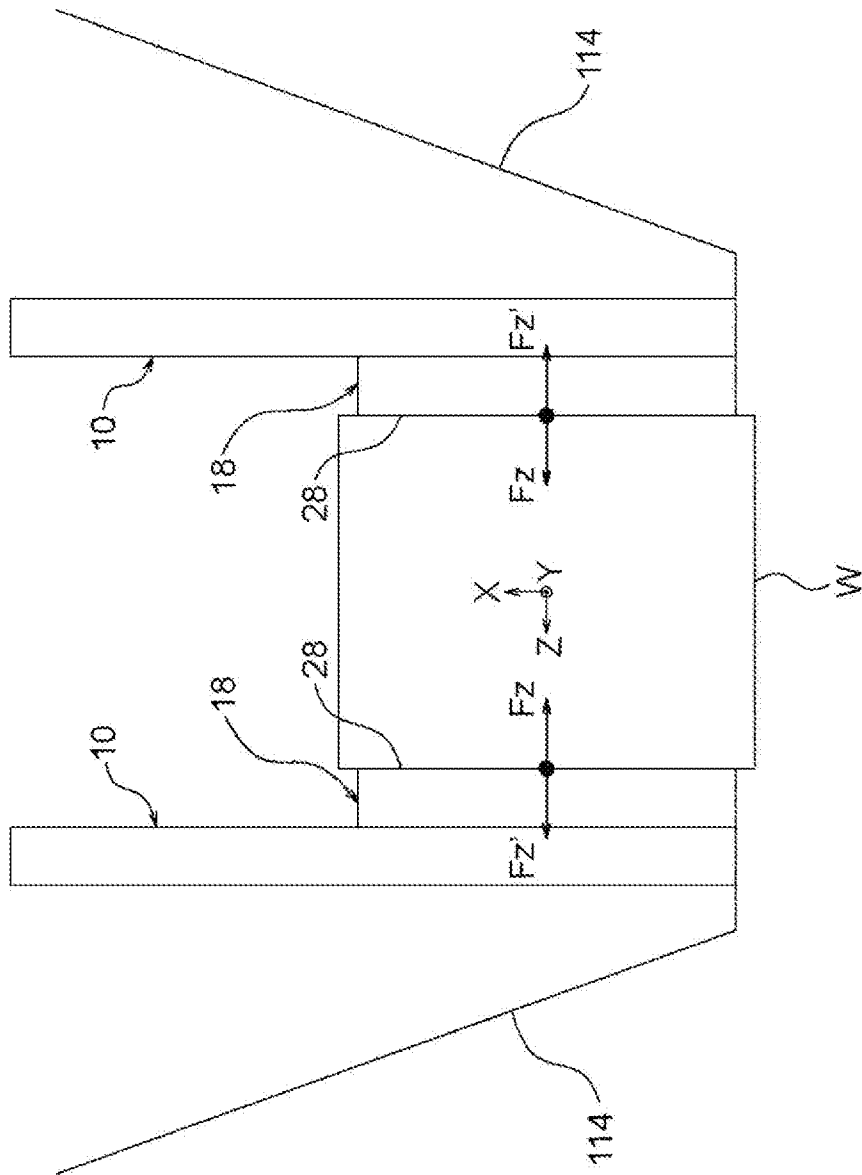
[図8]



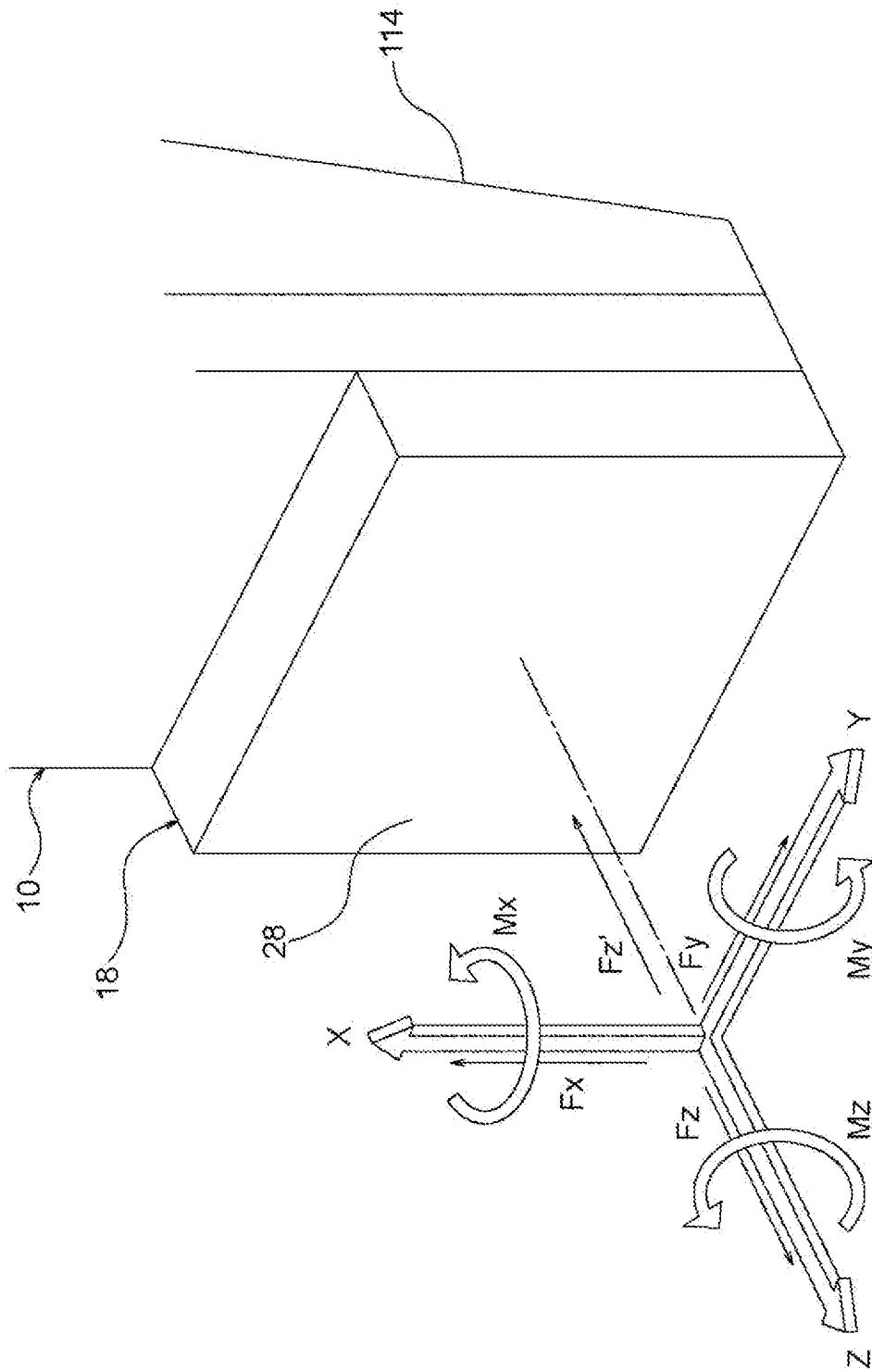
[図9]



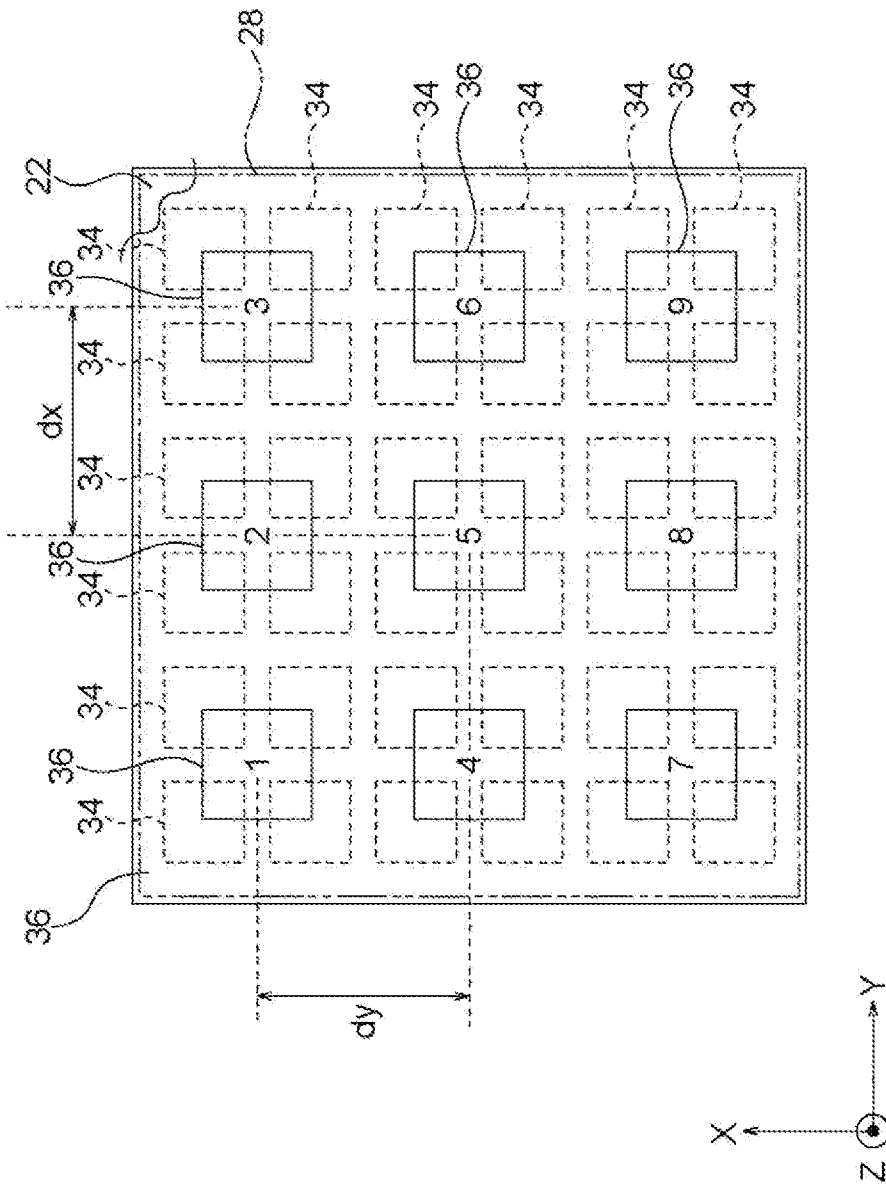
[図10]



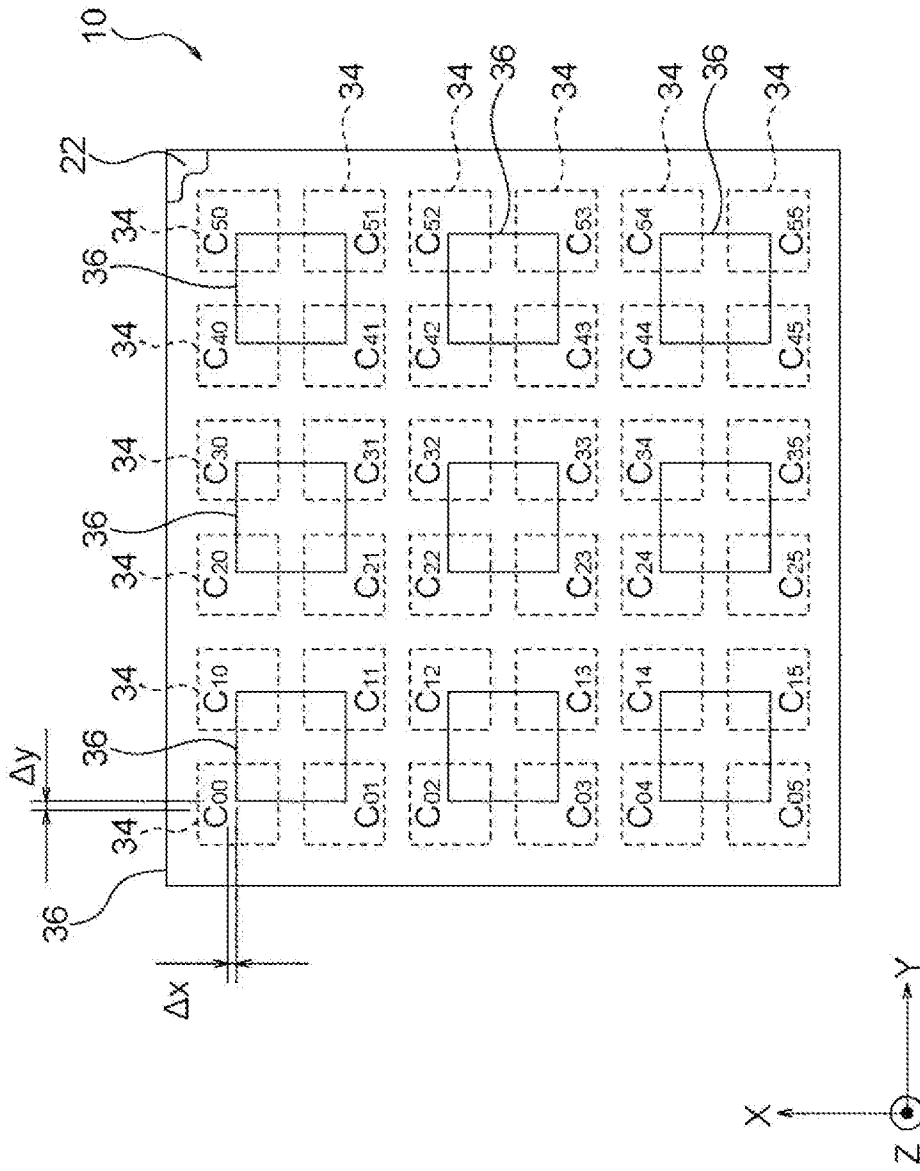
[図11]



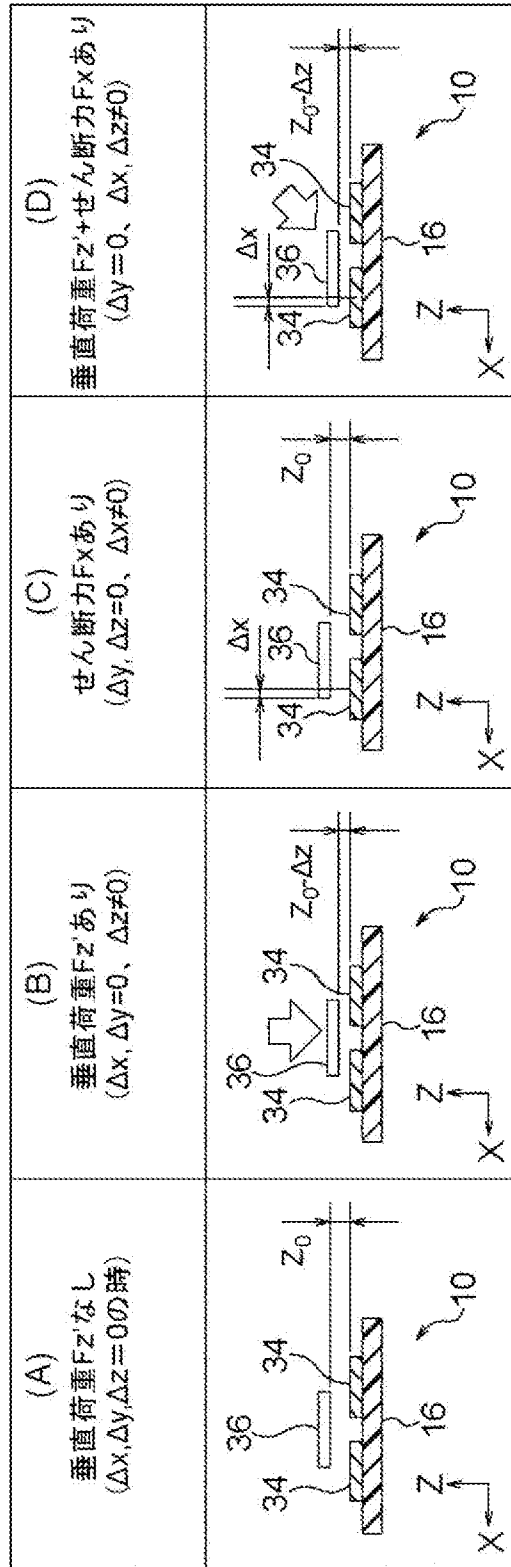
[図12]



[図13]



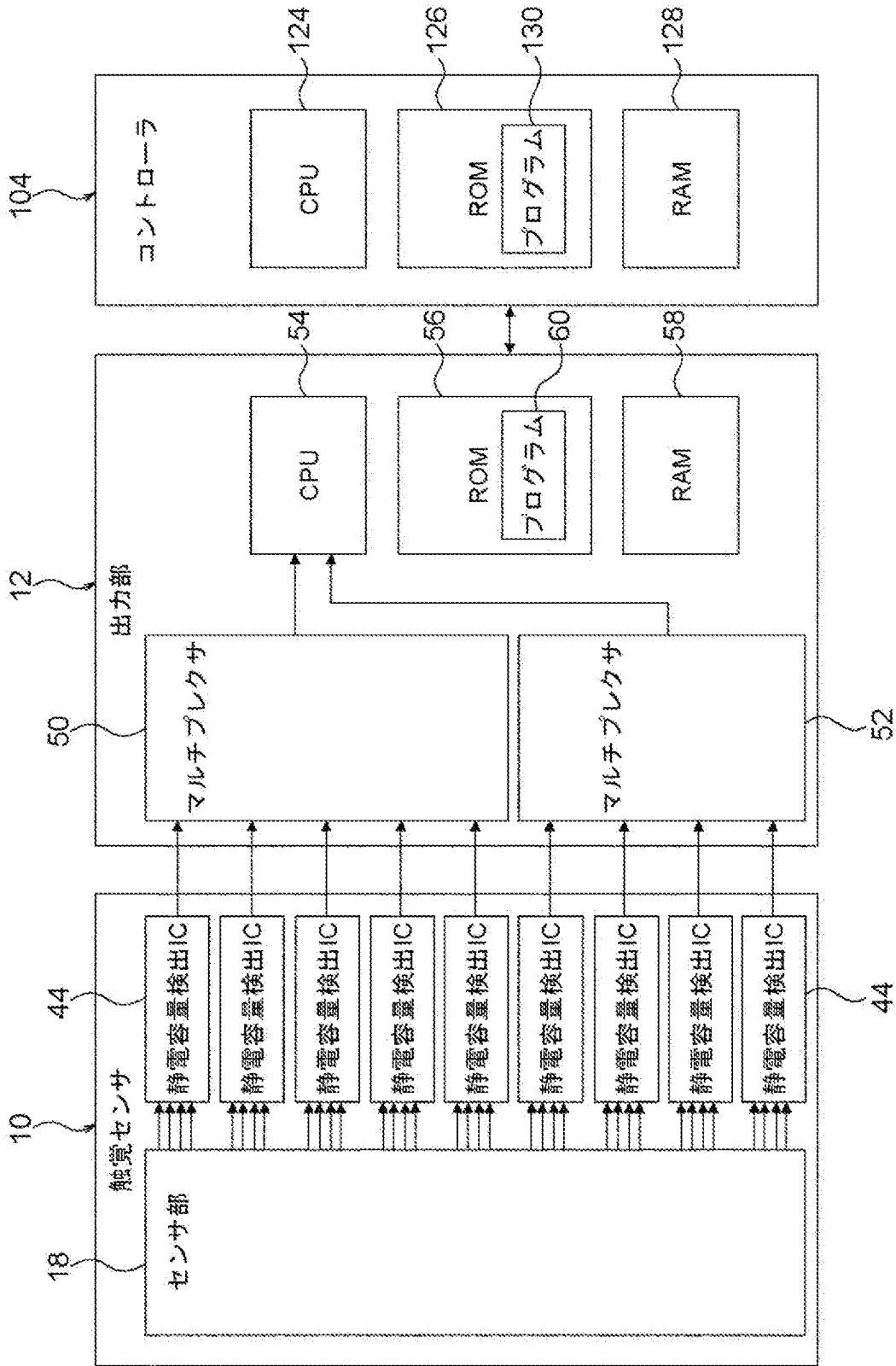
[図14]



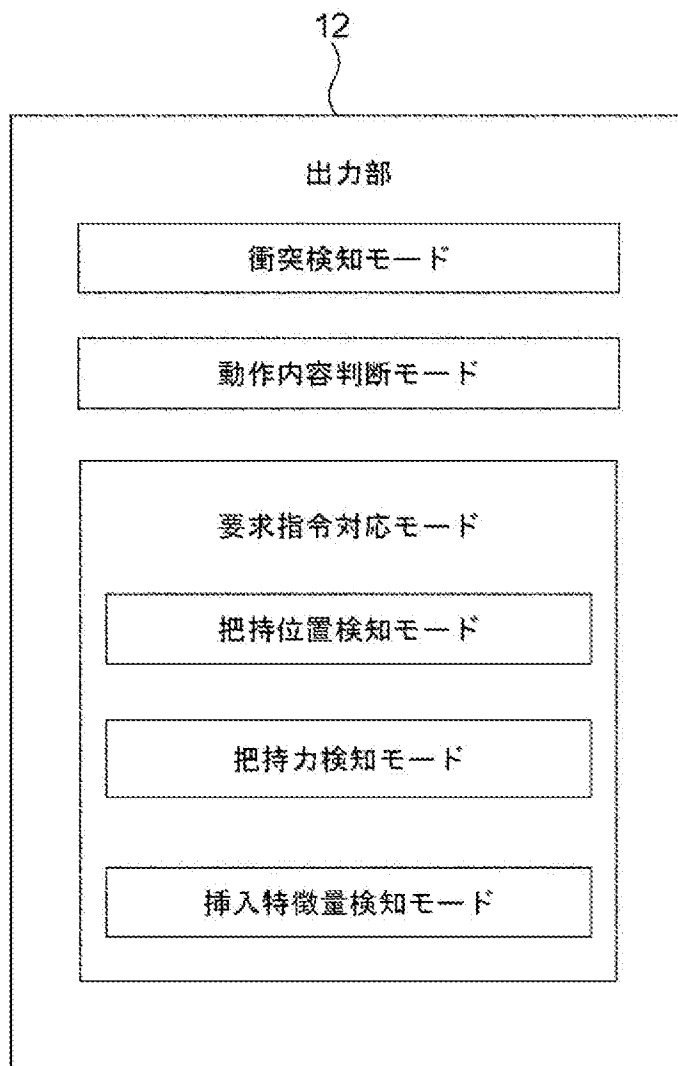
[図15]

<p>(A) 垂直荷重Fz'なし ($\Delta x, \Delta y, \Delta z = 0$の時)</p>	
<p>(B) 垂直荷重Fz'あり ($\Delta x, \Delta y = 0, \Delta z \neq 0$)</p>	
<p>(C) せん断力Fyあり ($\Delta x, \Delta z = 0, \Delta y \neq 0$)</p>	
<p>(D) 垂直荷重Fz'+せん断力Fyあり ($\Delta x = 0, \Delta y, \Delta z \neq 0$)</p>	

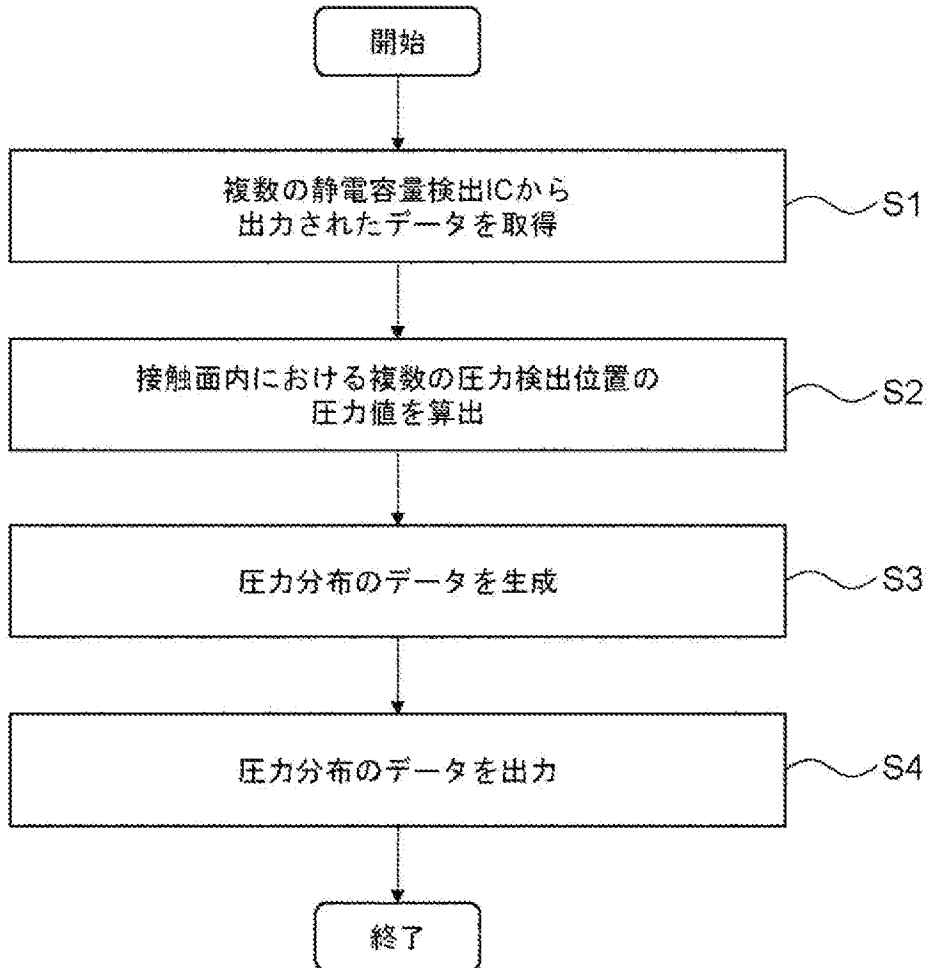
[図16]



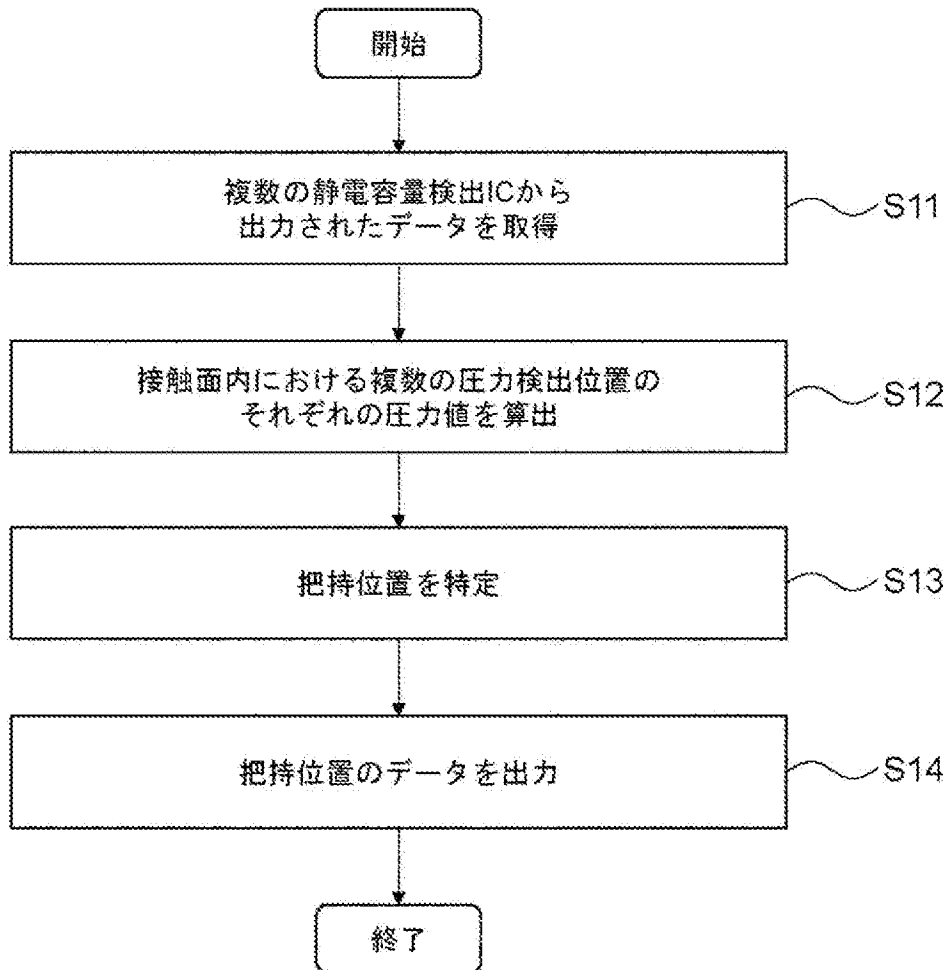
[図17]



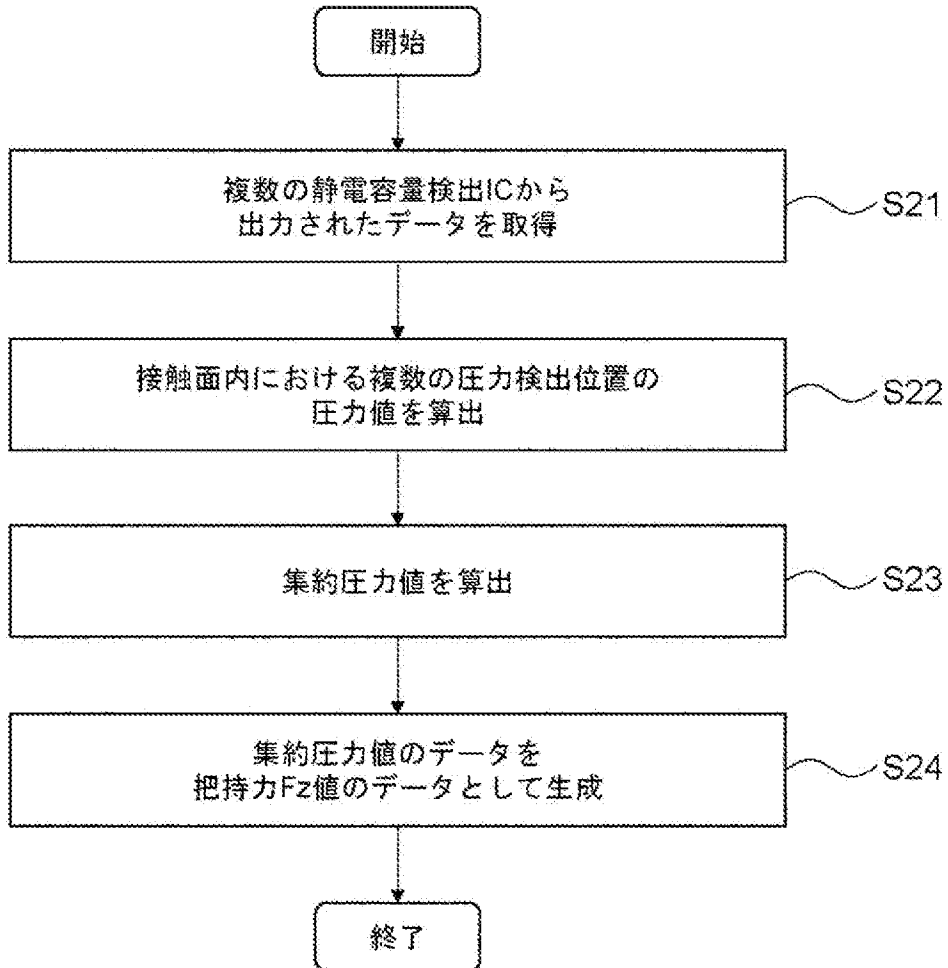
[図18]



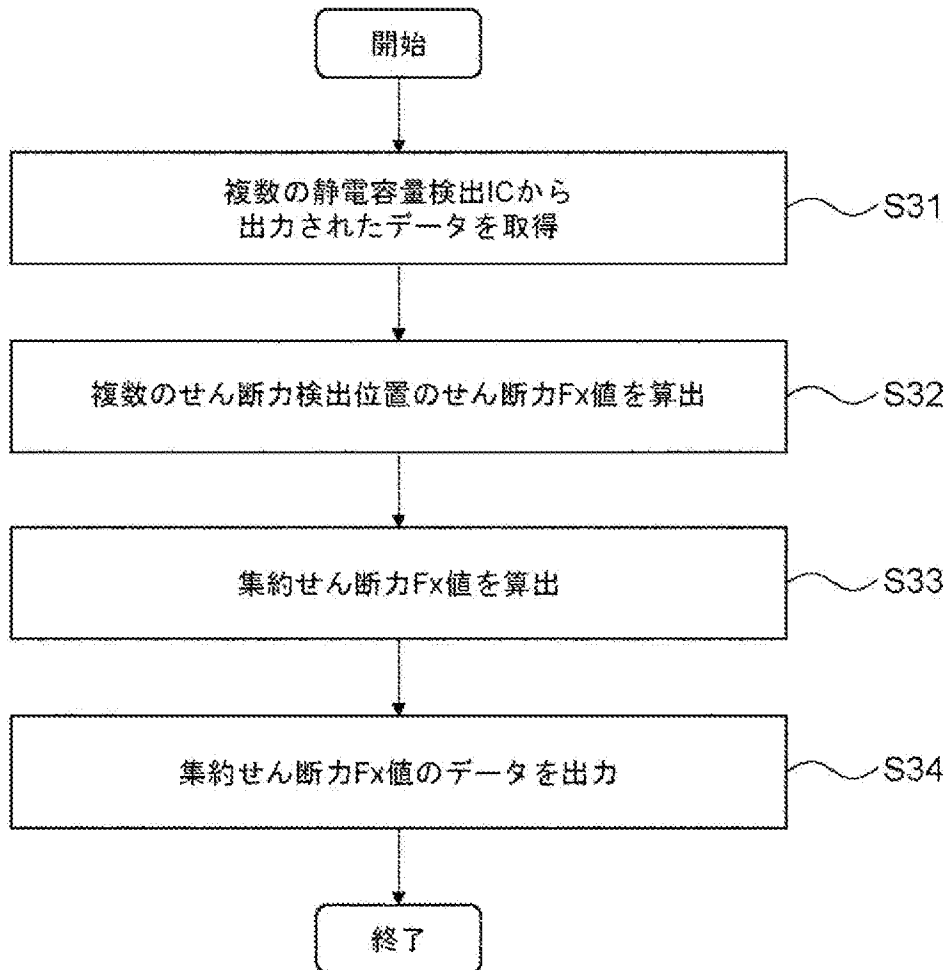
[図19]



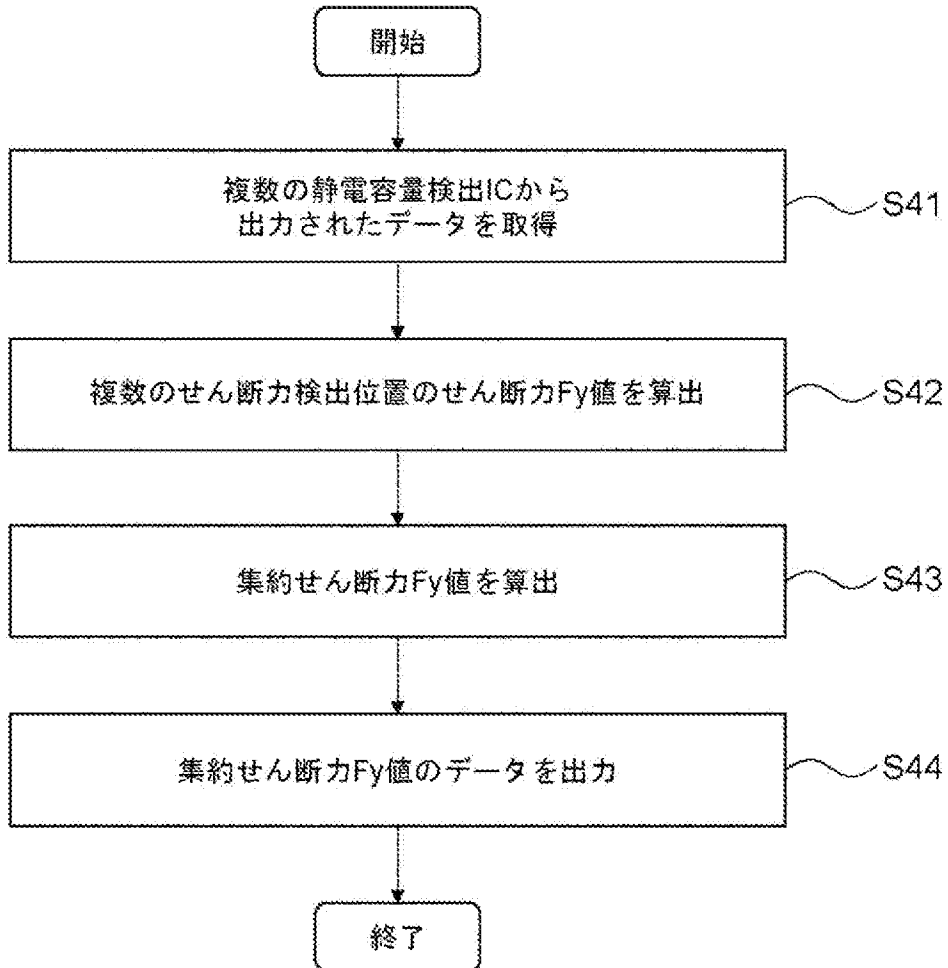
[図20]



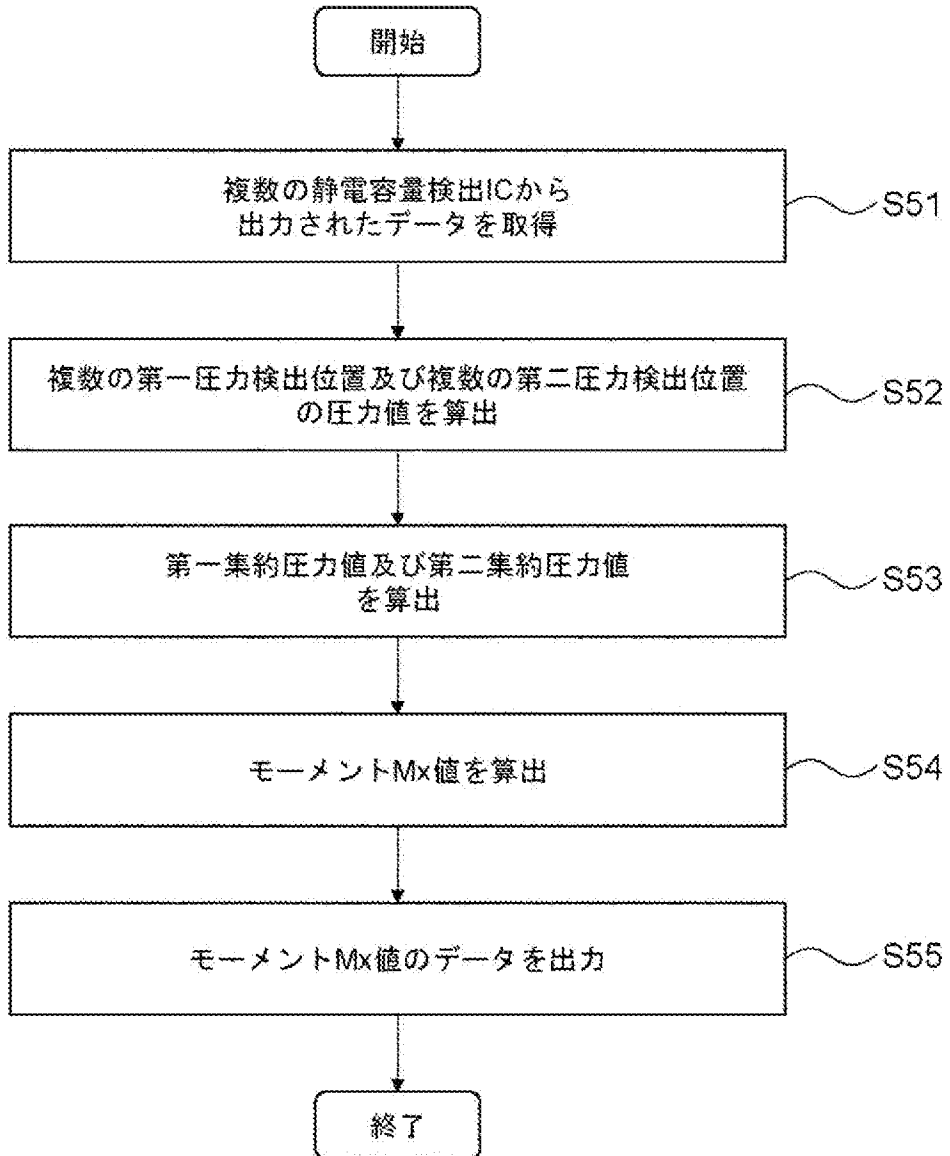
[図21]



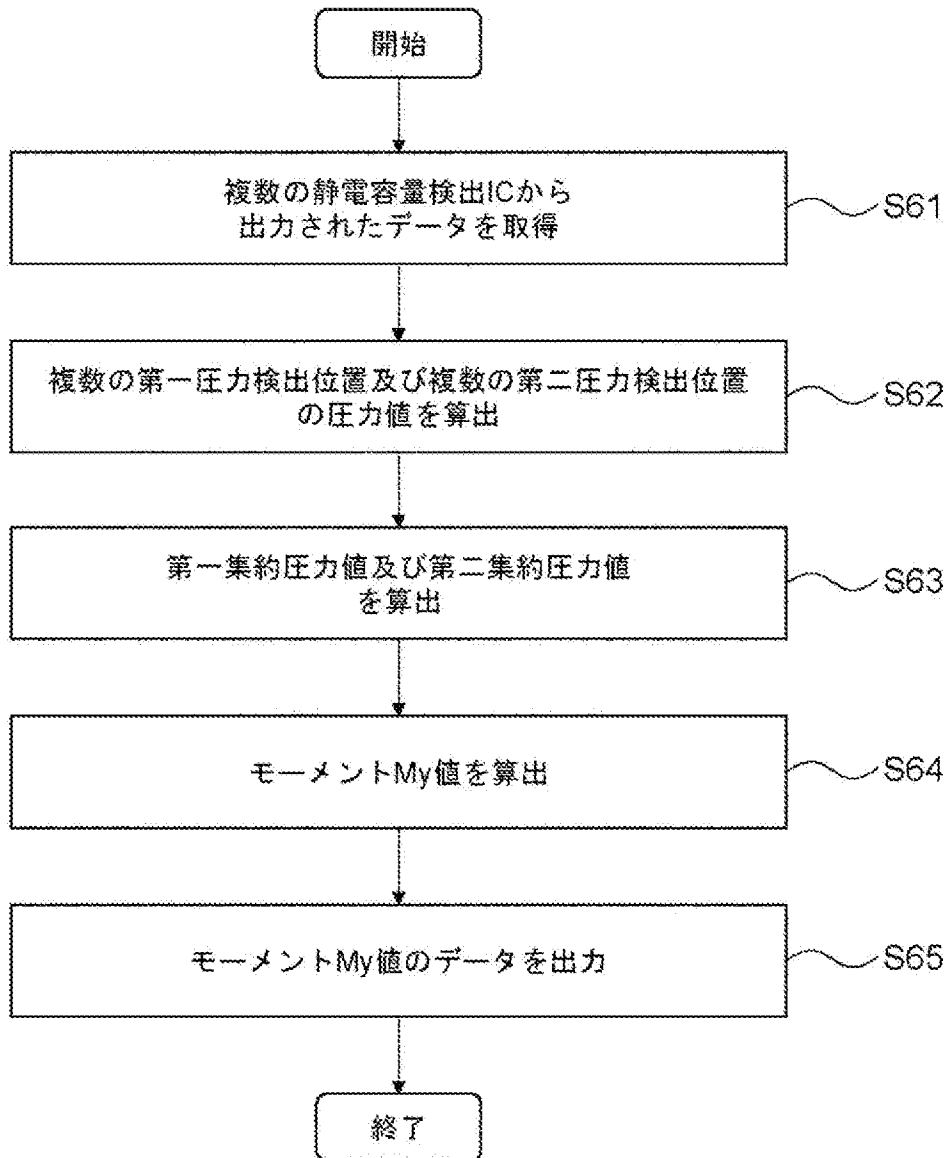
[図22]



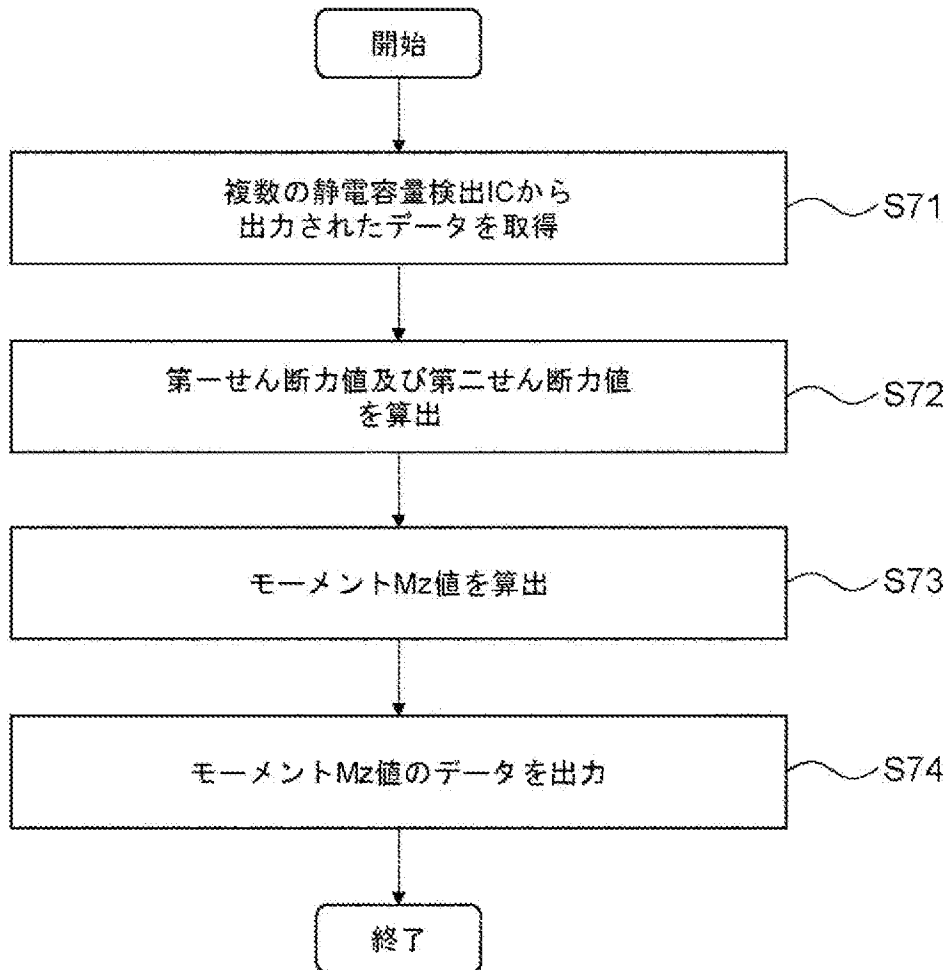
[図23]



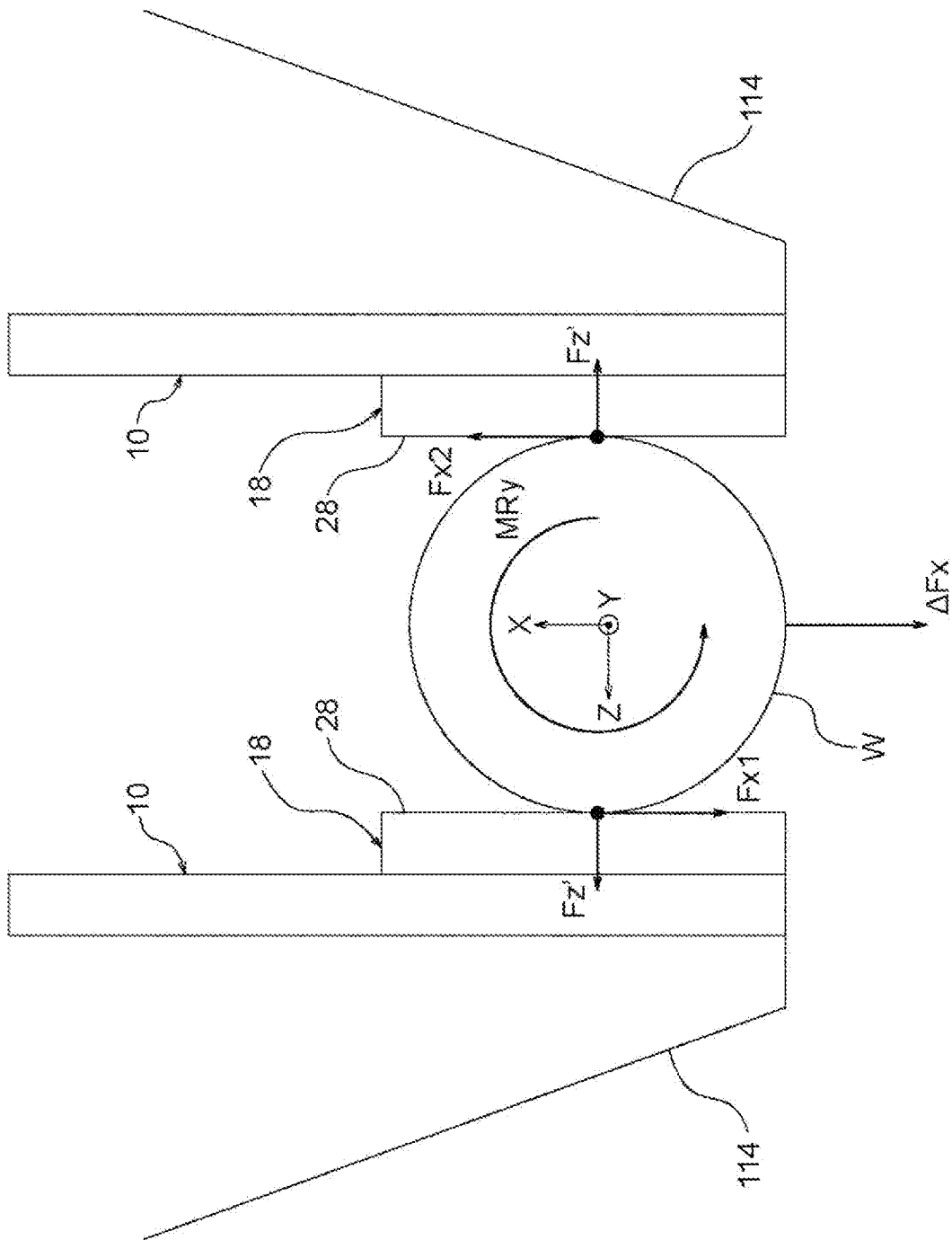
[図24]



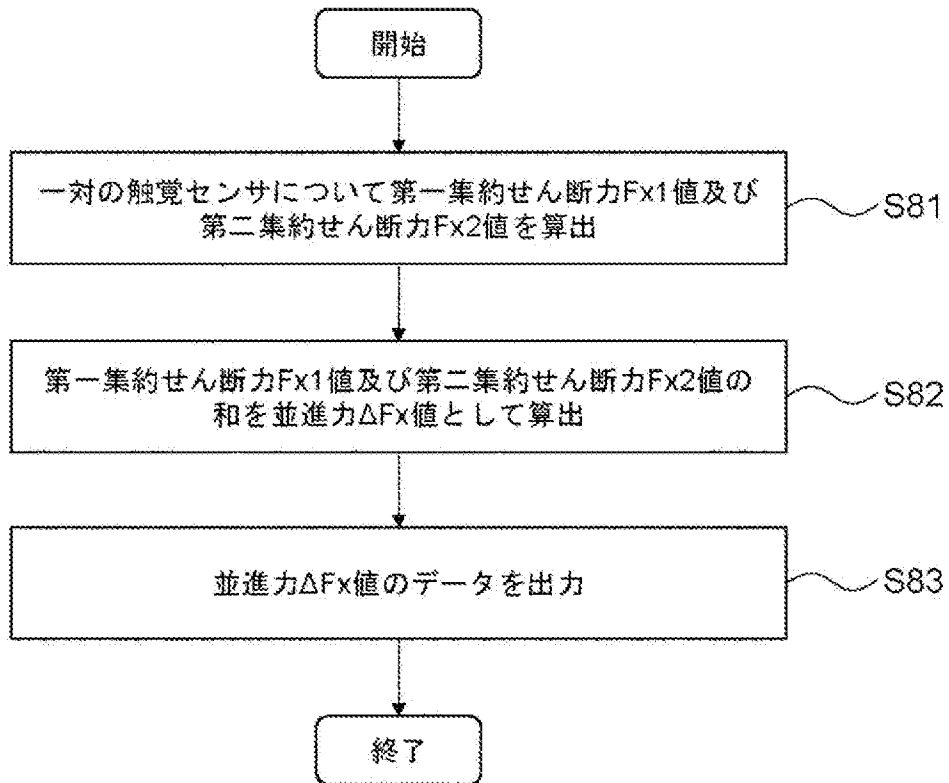
[図25]



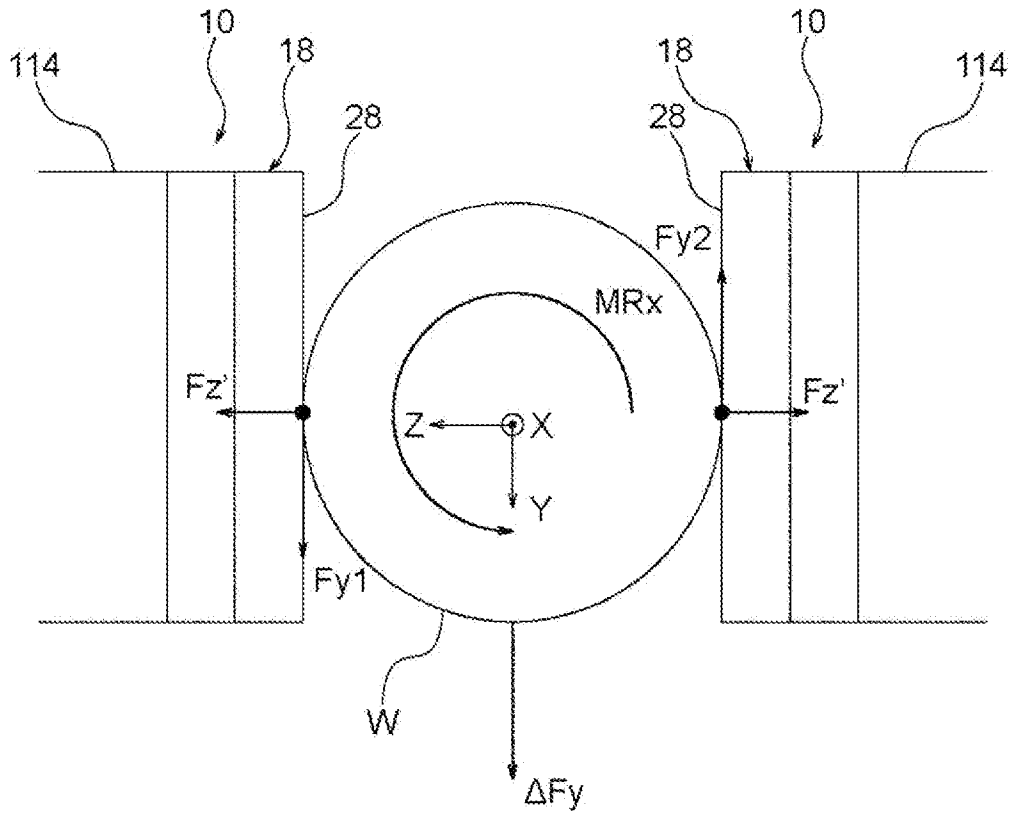
[図26]



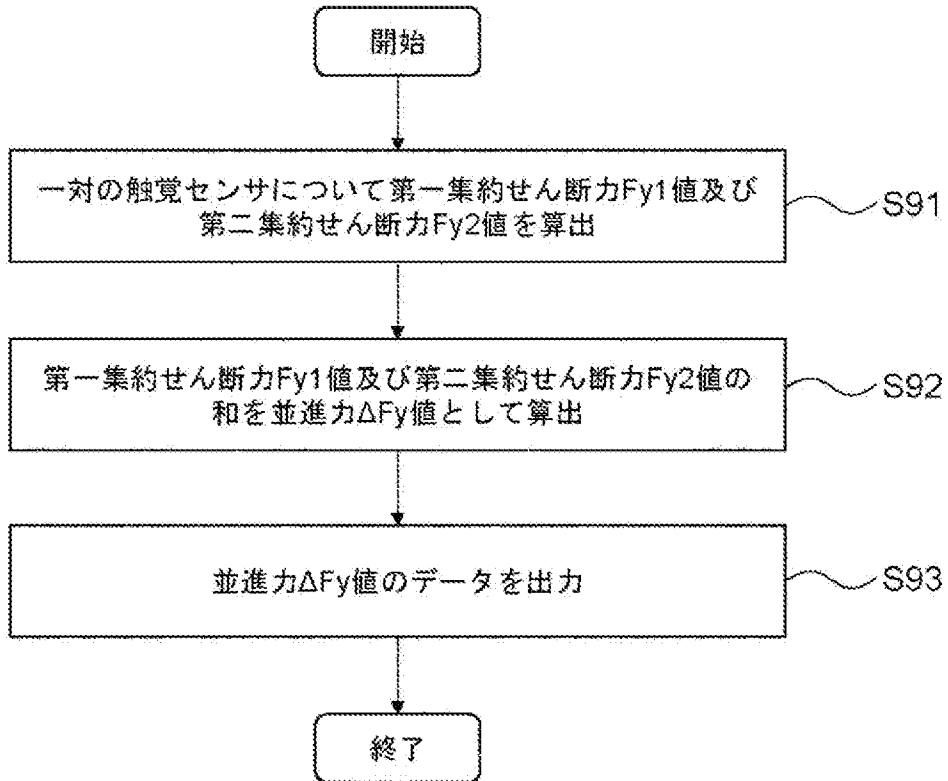
[図27]



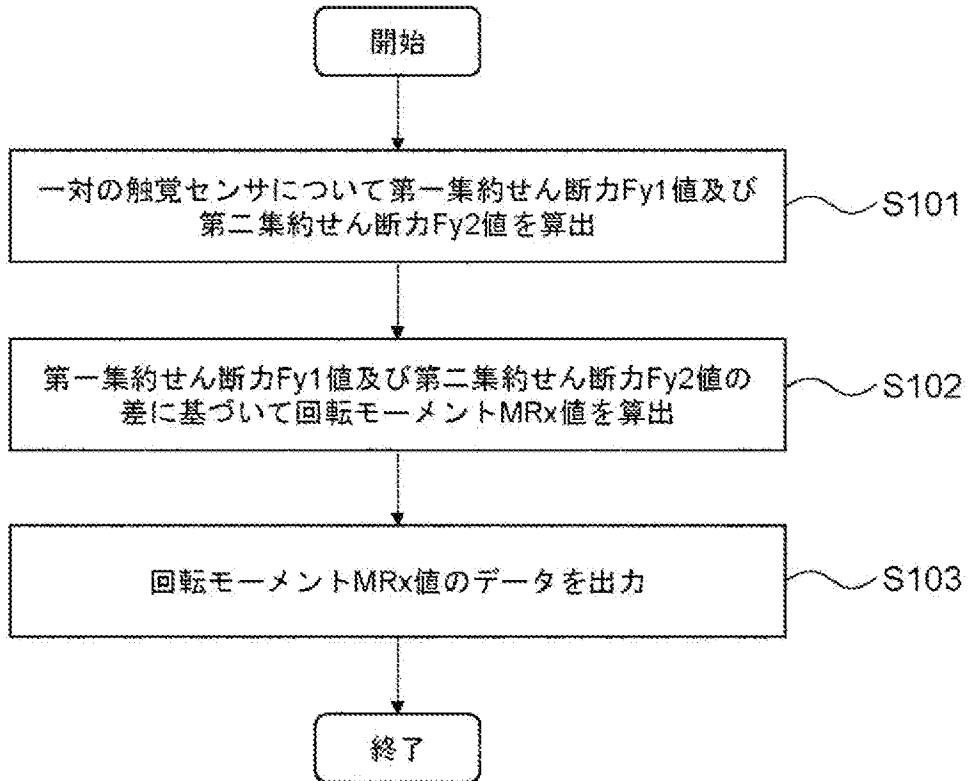
[図28]



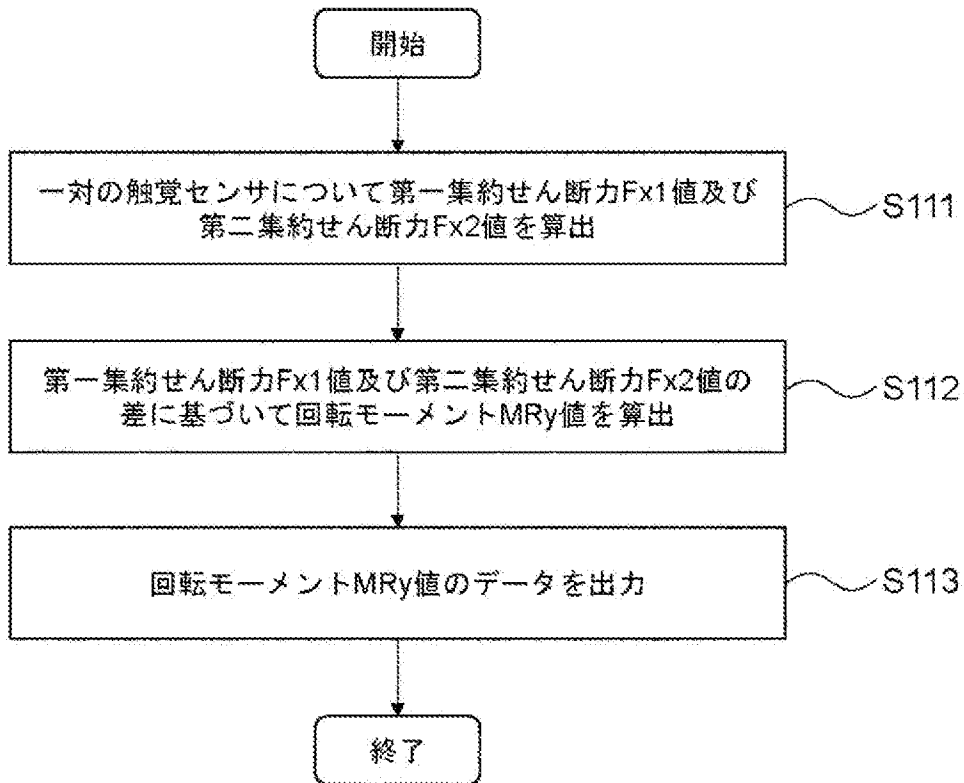
[図29]



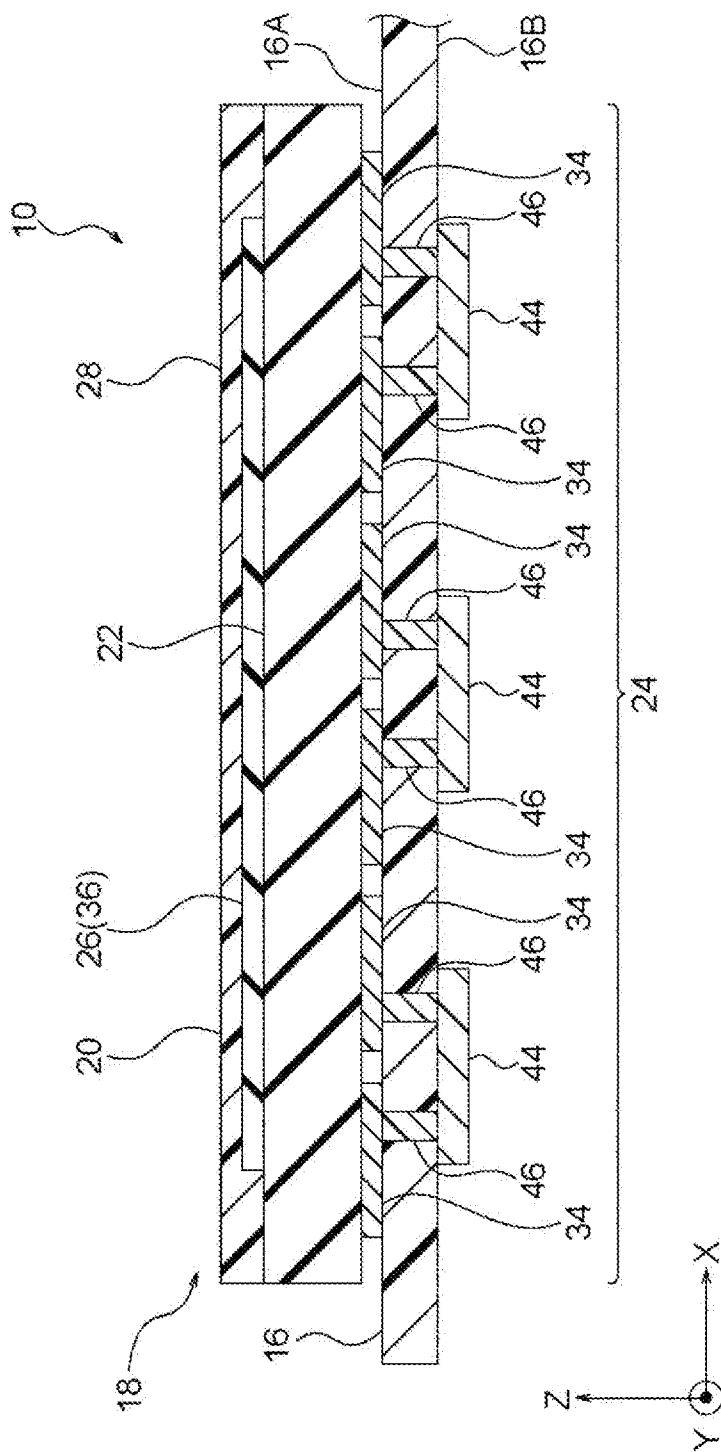
[図30]



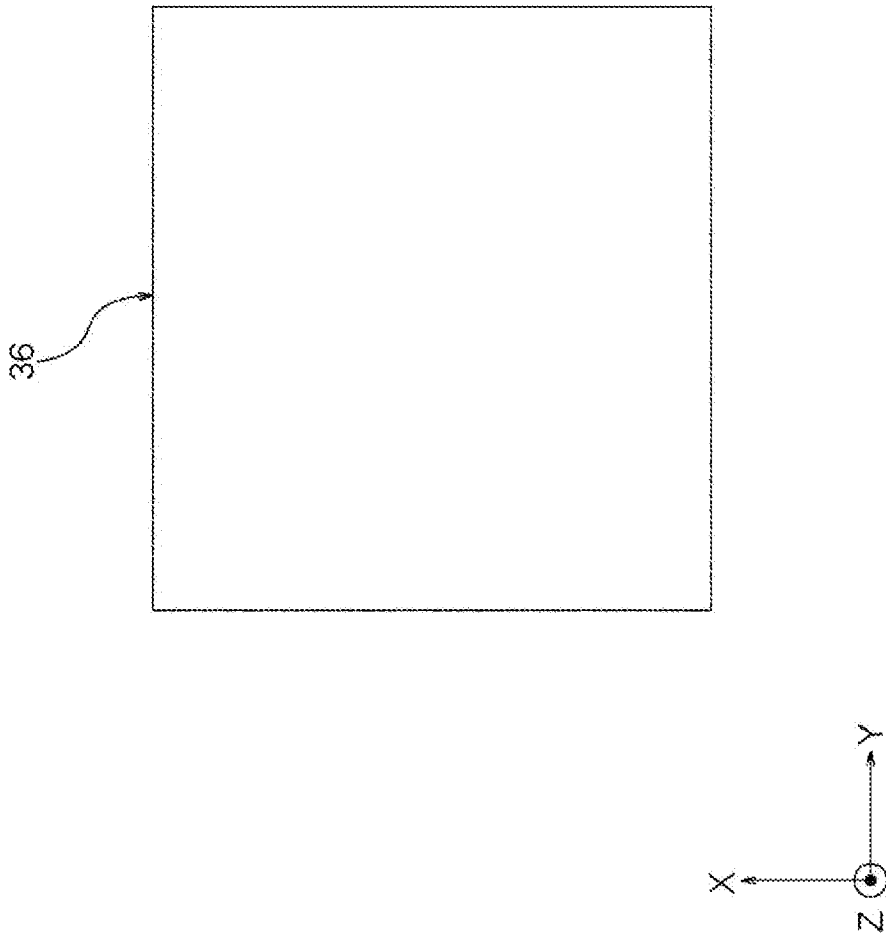
[図31]



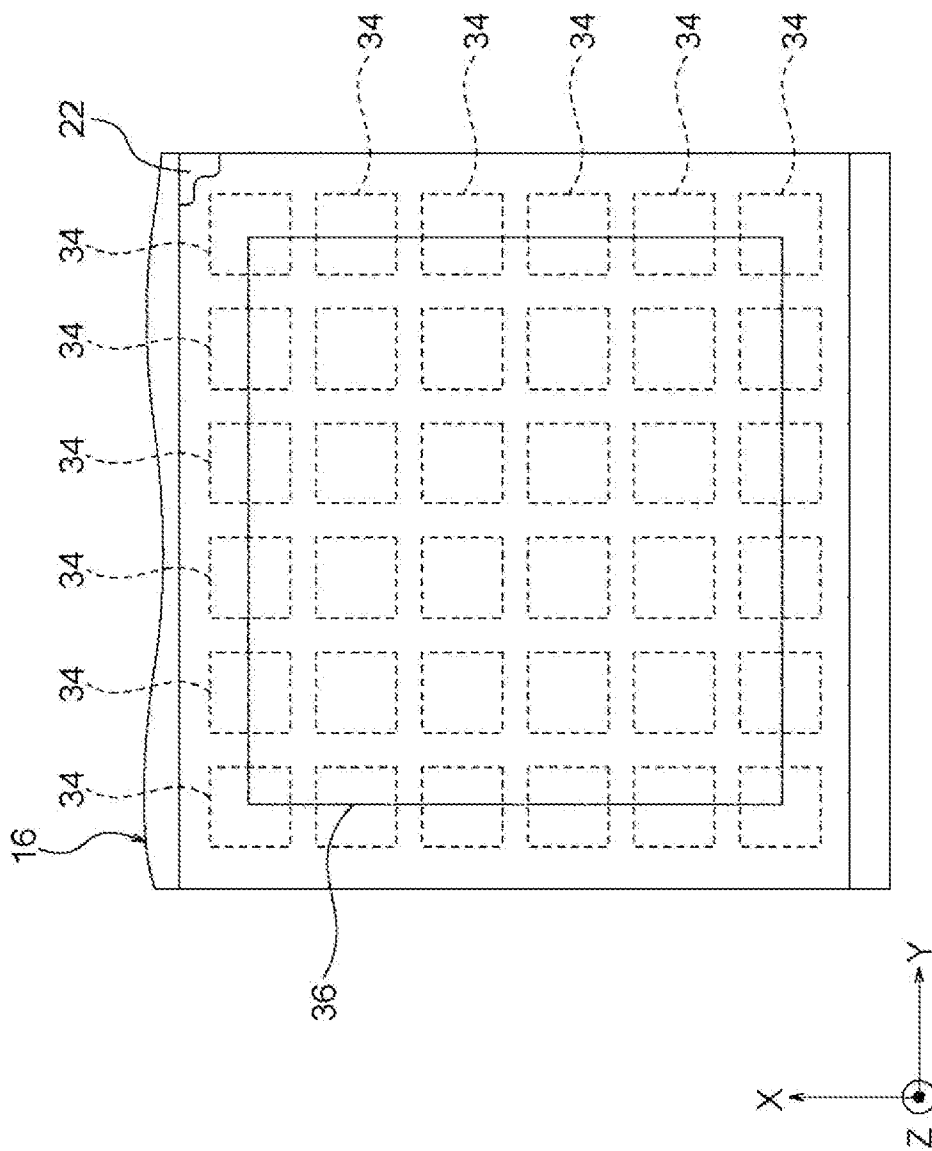
[図32]



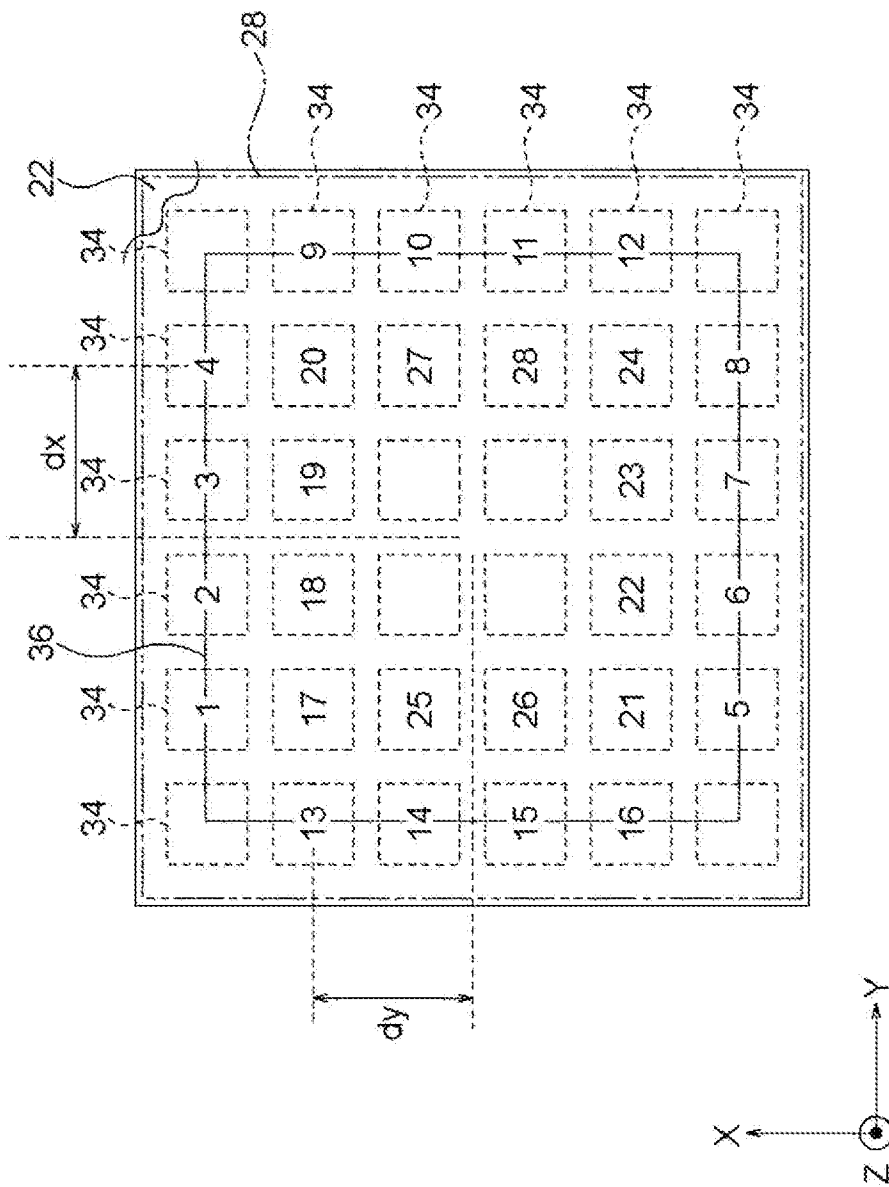
[図33]



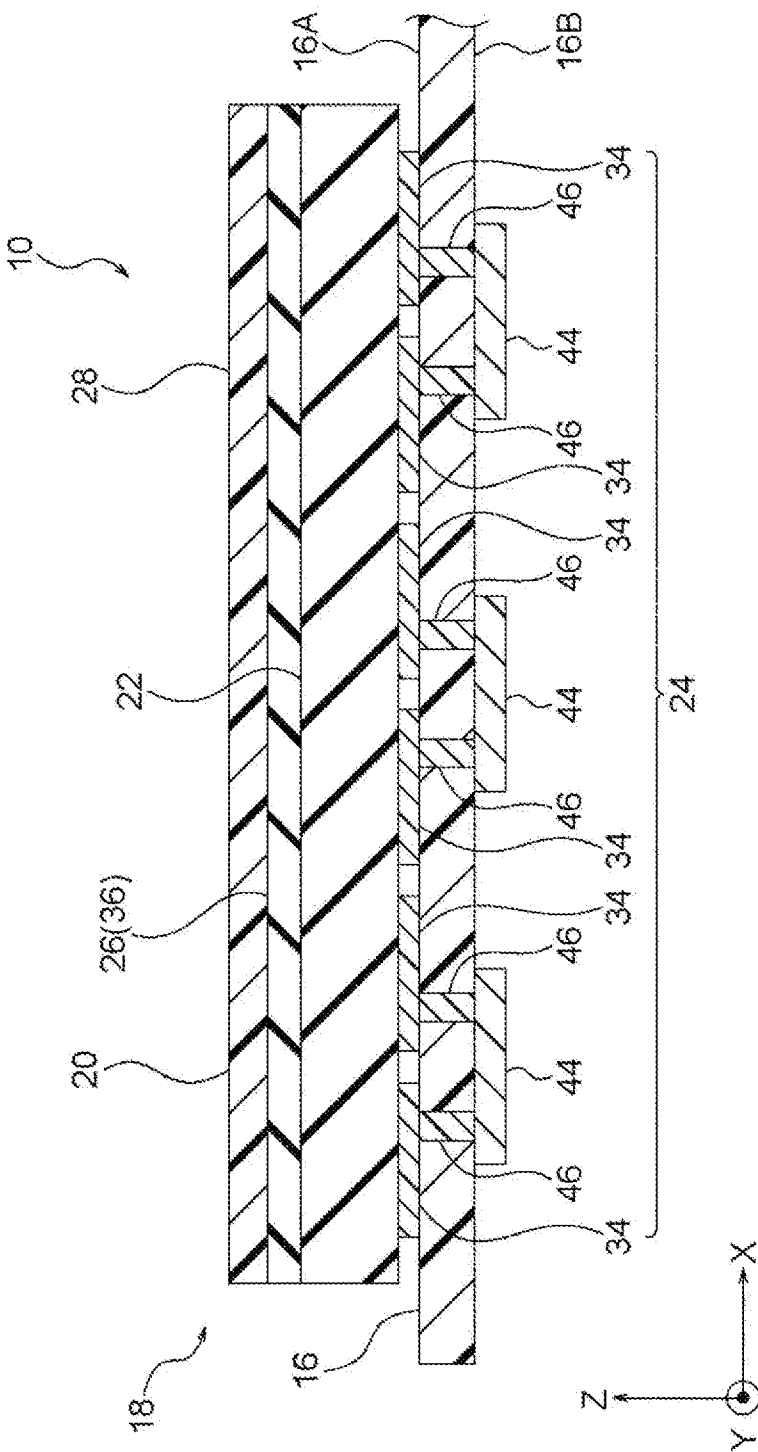
[図34]



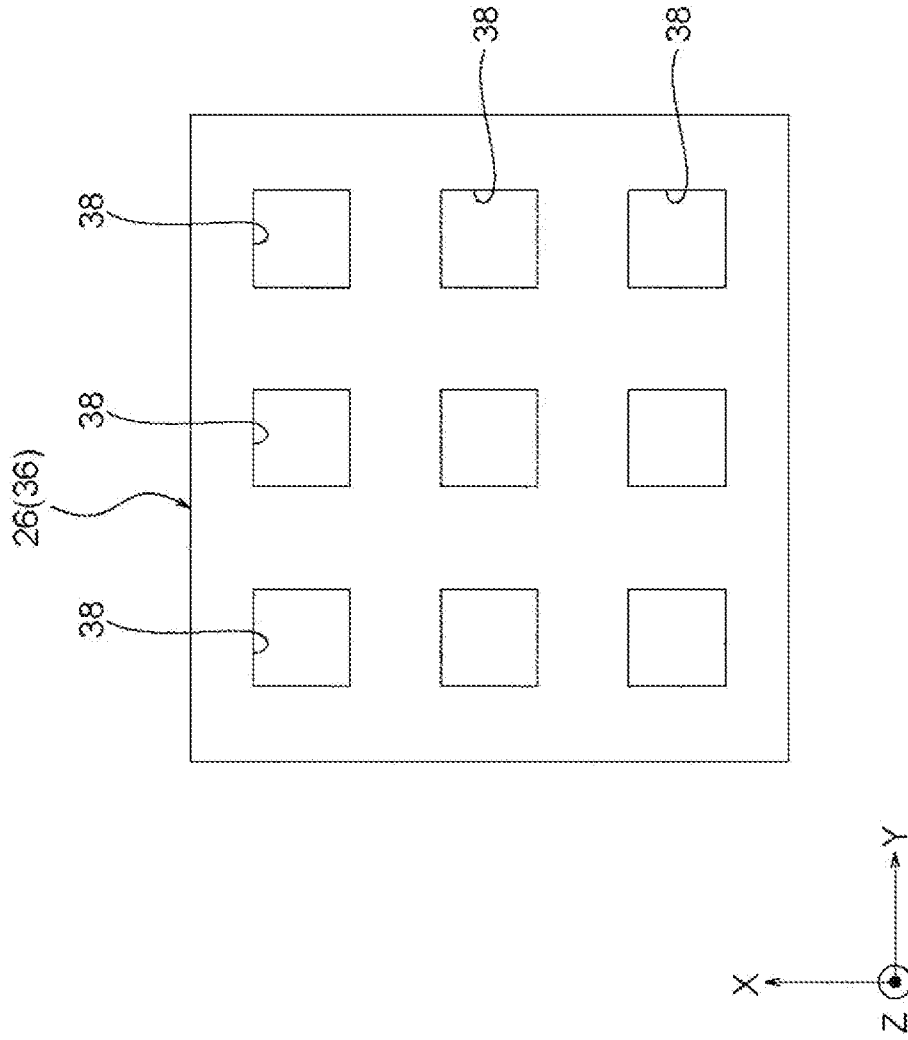
[図35]



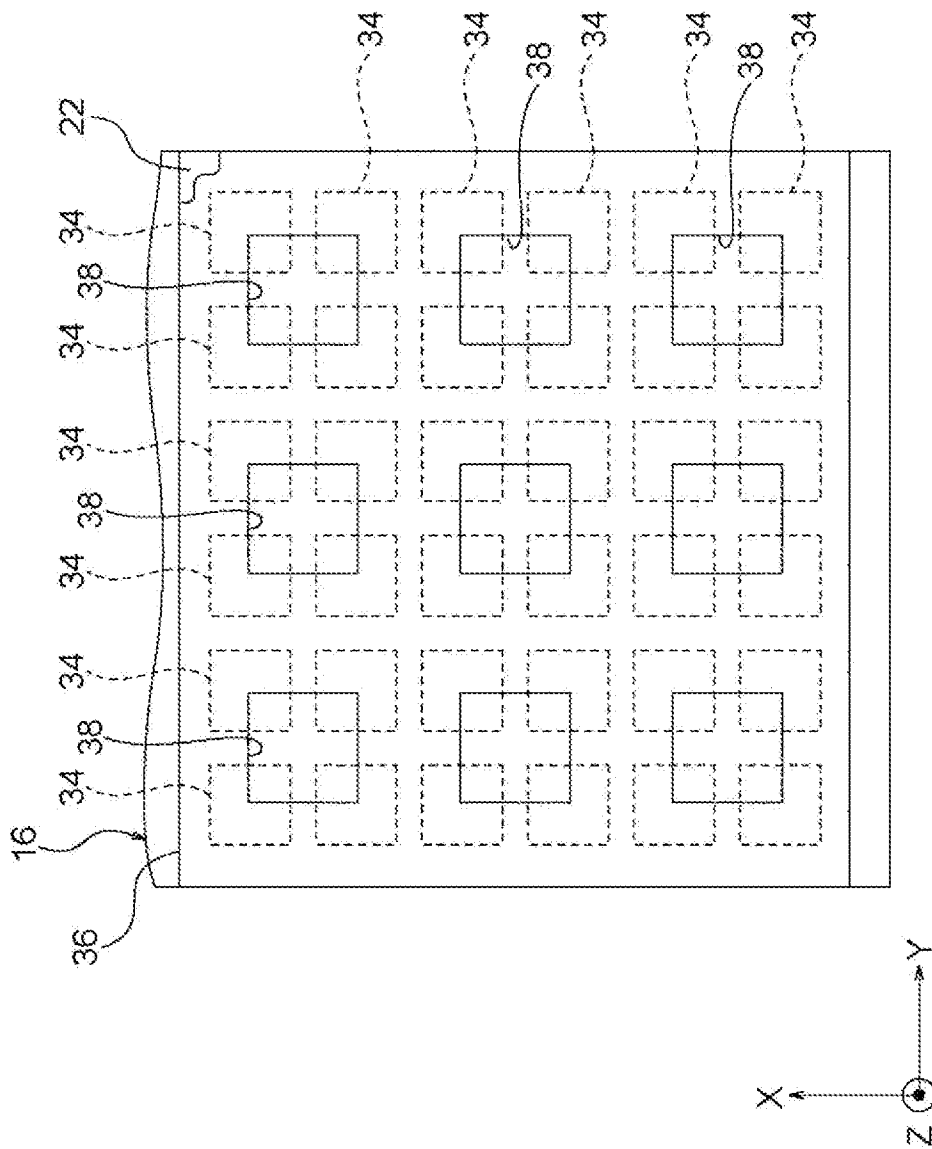
[図36]



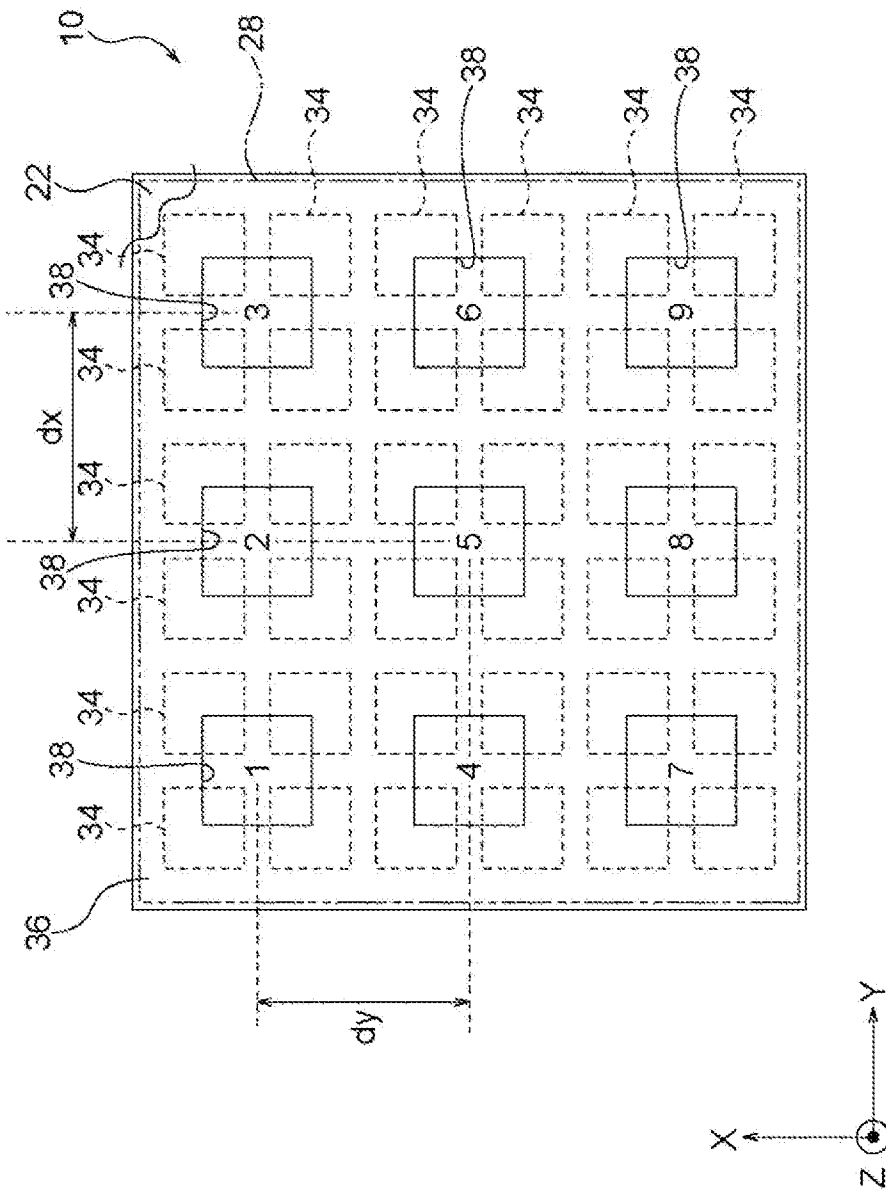
[図37]



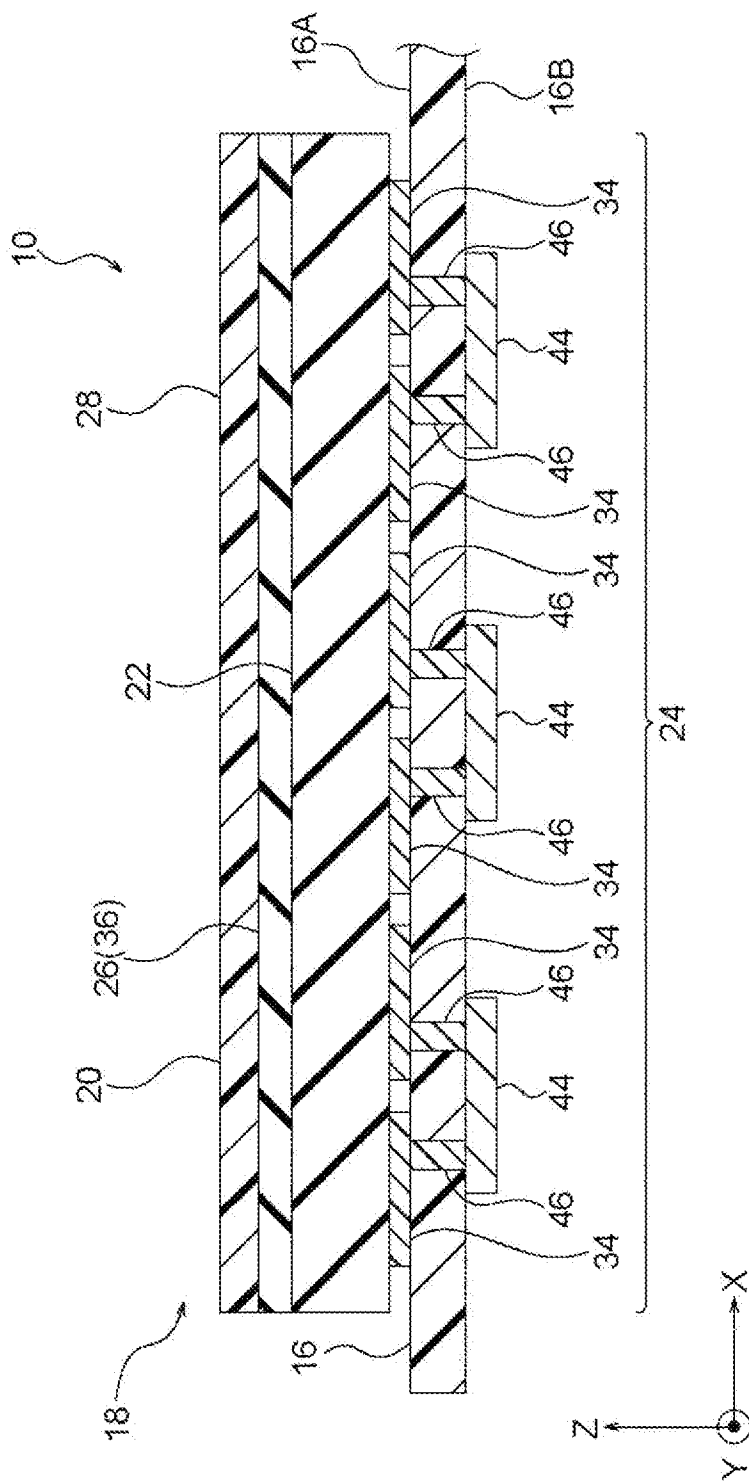
[図38]



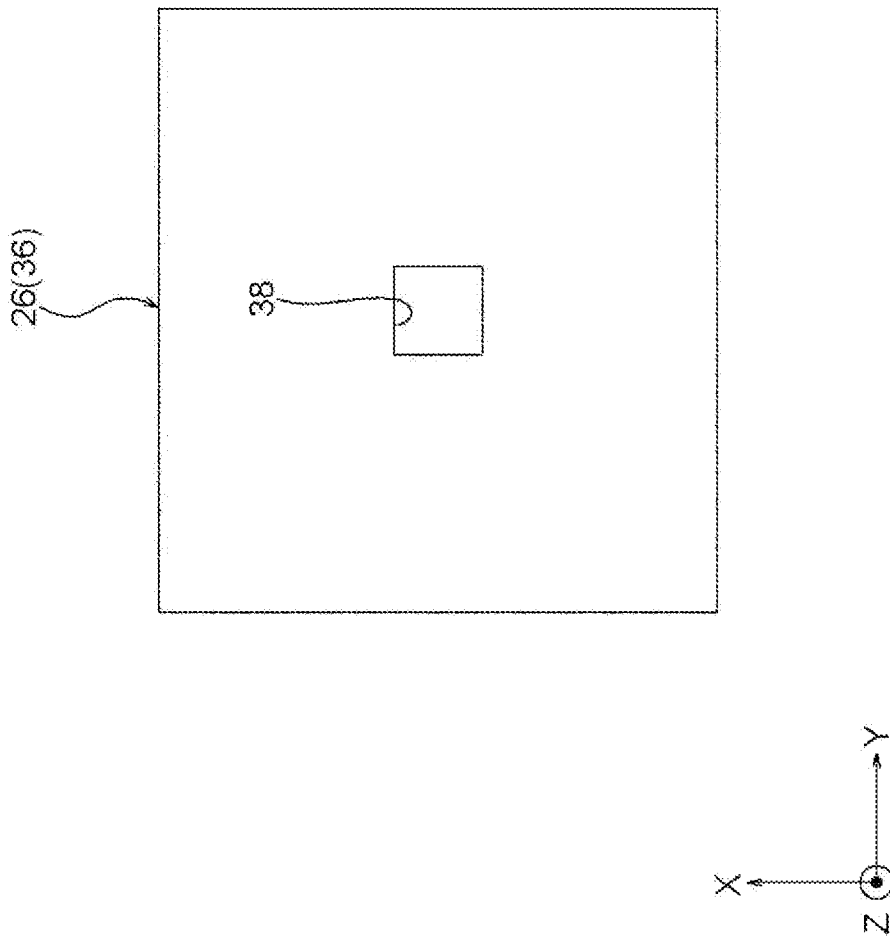
[図39]



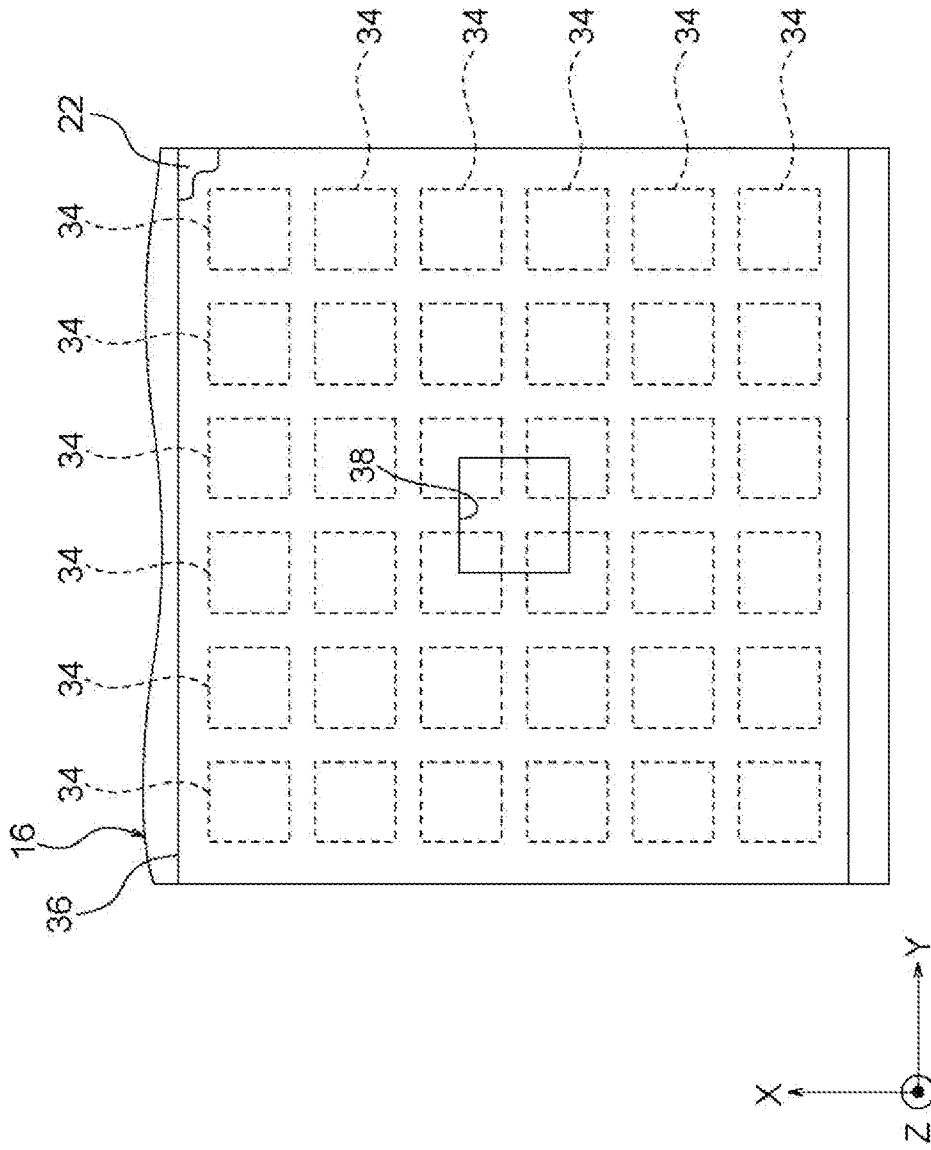
[図40]



[図41]



[図42]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2021/026661

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

Int. Cl. B25J19/02 (2006.01) i, C01L5/00 (2006.01) i, C01L5/165 (2020.01) i
 FI: G01L5/00 101Z, G01L5/165, B25J19/02

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

Int. Cl. B25J19/02, G01L5/00, G01L5/165

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Published examined utility model applications of Japan 1922-1996
 Published unexamined utility model applications of Japan 1971-2021
 Registered utility model specifications of Japan 1996-2021
 Published registered utility model applications of Japan 1994-2021

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	JP 6280579 B2 (NISSHA CO., LTD.) 14 February 2018 (2018-02-14), fig. 1	1-18

Further documents are listed in the continuation of Box C. See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

“A” document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance	“T” later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
“E” earlier application or patent but published on or after the international filing date	“X” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
“L” document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)	“Y” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
“O” document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means	“&” document member of the same patent family
“P” document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed	

Date of the actual completion of the international search 05.08.2021	Date of mailing of the international search report 24.08.2021
---	--

Name and mailing address of the ISA/ Japan Patent Office 3-4-3, Kasumigaseki, Chiyoda-ku, Tokyo 100-8915, Japan	Authorized officer Telephone No.
--	---

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.
PCT/JP2021/026661

Patent Documents referred to in the Report	Publication Date	Patent Family	Publication Date
JP 6280579 B2	14.02.2018	US 10760982 B2 fig. 1 CN 108885149 B fig. 1 KR 10-2018-0118129 A fig. 1 WO 2017/149884 A1 fig. 1	

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC）） B25J 19/02(2006.01)i; G01L 5/00(2006.01)i; G01L 5/165(2020.01)i FI: G01L5/00 101Z; G01L5/165; B25J19/02		
B. 調査を行った分野 調査を行った最小限資料（国際特許分類（IPC）） B25J19/02; G01L5/00; G01L5/165 最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの 日本国実用新案公報 1922 - 1996年 日本国公開実用新案公報 1971 - 2021年 日本国実用新案登録公報 1996 - 2021年 日本国登録実用新案公報 1994 - 2021年		
国際調査で使用した電子データベース（データベースの名称、調査に使用した用語）		
C. 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
X	JP 6280579 B2 (N I S S H A株式会社) 14.02.2018 (2018 - 02 - 14) 図1	1-18
<hr/>		
<input type="checkbox"/> C欄の続きにも文献が列挙されている。		
<input checked="" type="checkbox"/> パテントファミリーに関する別紙を参照。		
* 引用文献のカテゴリー “A” 特に関連のある文献ではなく、一般的な技術水準を示すもの “E” 国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの “L” 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献（理由を付す） “O” 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献 “P” 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願の日の後に公表された文献 “T” 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と抵触するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの “X” 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの “Y” 特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの “&” 同一パテントファミリー文献		
国際調査を完了した日 05.08.2021	国際調査報告の発送日 24.08.2021	
名称及びあて先 日本国特許庁(ISA/JP) 〒100-8915 日本国 東京都千代田区霞が関三丁目4番3号	権限のある職員（特許庁審査官） 森 雅之 2F 8505 電話番号 03-3581-1101 内線 3216	

国際調査報告
 パテントファミリーに関する情報

国際出願番号
 PCT/JP2021/026661

引用文献	公表日	パテントファミリー文献	公表日
JP 6280579 B2	14.02.2018	US 10760982 B2 FIG.1	
		CN 108885149 B 図1	
		KR 10-2018-0118129 A 図1	
		WO 2017/149884 A1 図1	
