

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2016-205942

(P2016-205942A)

(43) 公開日 平成28年12月8日(2016.12.8)

(51) Int.Cl.

G01L 5/16 (2006.01)

F I

G01L 5/16

テーマコード(参考)

2F051

審査請求 未請求 請求項の数 6 O L (全 14 頁)

(21) 出願番号 特願2015-86315(P2015-86315)
 (22) 出願日 平成27年4月20日(2015.4.20)

(71) 出願人 899000068
 学校法人早稲田大学
 東京都新宿区戸塚町1丁目104番地
 (74) 代理人 100114524
 弁理士 榎本 英俊
 (72) 発明者 シュミッツ アレクサンダー
 東京都新宿区戸塚町1丁目104番地 学
 校法人早稲田大学内
 (72) 発明者 ソフォン ソムロア
 東京都新宿区戸塚町1丁目104番地 学
 校法人早稲田大学内
 (72) 発明者 ハルタント リチャード
 東京都新宿区戸塚町1丁目104番地 学
 校法人早稲田大学内

最終頁に続く

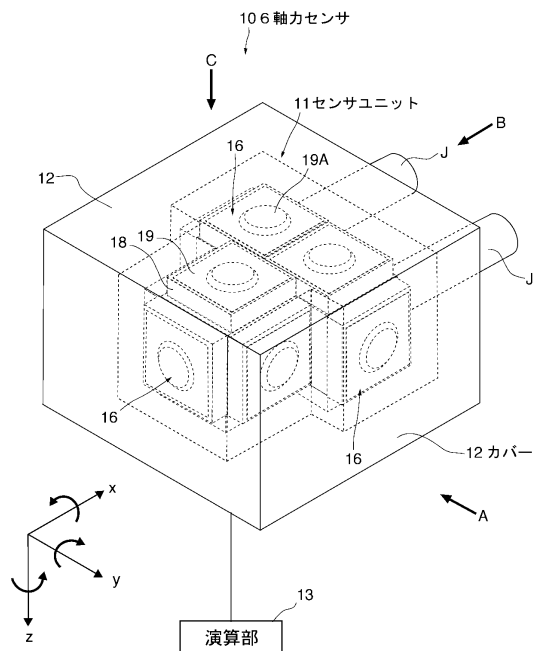
(54) 【発明の名称】 多軸力センサ

(57) 【要約】

【課題】 周囲から作用した外力に対する力成分を高精度に検出することができ、且つ、全体構成をコンパクトにすることができる多軸力センサを提供する。

【解決手段】 6軸力センサ10は、1方向の押圧力を検出可能な圧力センサ16を複数設けてなるセンサユニット11と、センサユニット11の周囲に設けられ、作用した外力をセンサユニット11に伝達可能に構成されたカバー12と、各圧力センサ16からの検出値に基づき、外力の複数軸方向の力成分を演算により求める演算部13とを備えている。センサユニット11は、相互に異なる方向からの押圧力を検出可能に各圧力センサ16が配置され、カバー12に直交3軸方向の何れかの方向から外力が作用したときでも、各圧力センサ16の少なくとも一部で押圧力を検出可能に設けられる。

【選択図】 図1



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

1 方向の押圧力を検出可能な圧力センサを複数設けてなるセンサユニットと、当該センサユニットの周囲に設けられ、作用した外力を前記センサユニットに伝達可能に構成されたカバーと、前記各圧力センサからの検出値に基づき、前記外力の複数軸方向の力成分を演算により求める演算部とを備えた多軸力センサにおいて、

前記センサユニットは、相互に異なる方向からの押圧力を検出可能に前記各圧力センサが配置され、前記カバーに直交 3 軸方向の何れかの方向から外力が作用したときでも、前記各圧力センサの少なくとも一部で前記押圧力を検出可能に設けられていることを特徴とする多軸力センサ。

10

【請求項 2】

前記圧力センサは、多面体からなる内部支持体の各外面それぞれに対し、少なくとも 1 箇所ずつ固定されて、前後、左右、及び上下の各方向からの押圧力を検出可能に配置され、

前記演算部では、直交 3 軸方向の並進力と、当該 3 軸周りのモーメントとからなる 6 軸方向の力成分を求めることを特徴とする請求項 1 記載の多軸力センサ。

【請求項 3】

前記圧力センサは、6 面体からなる前記内部支持体の各外面それぞれに対し、2 箇所ずつ固定されていることを特徴とする請求項 2 記載の多軸力センサ。

20

【請求項 4】

前記圧力センサは、前後方向、左右方向、及び上下方向に対称となるように配置されることを特徴とする請求項 2 又は 3 記載の多軸力センサ。

【請求項 5】

前記センサユニットは、前記圧力センサを起立させた状態で支持するベースを含み、

前記圧力センサは、前記ベースに対して所定の角度で傾斜した状態で起立するように配置されるとともに、前記カバーに作用した外力に応じて、前記ベースとの接合部分を固定端として当該ベースに離間接近する方向に変位可能に配置され、

前記演算部では、所定平面上の直交 2 軸のせん断力と、当該所定平面に対する押圧力とからなる 3 軸方向の力成分を求めることを特徴とする請求項 1 記載の多軸力センサ。

【請求項 6】

30

前記圧力センサは、前記直交 2 軸の各軸において、前記カバーに作用した外力により、相反する向きに変位可能となるように、前記ベースの複数領域に設けられていることを特徴とする請求項 5 記載の多軸力センサ。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、作用した外力の多軸方向の力成分を検出可能な多軸力センサに関する。

【背景技術】

【0002】

近時において、人間と共生するロボットの実用化が進められているが、当該ロボットは、人間との行動範囲が重複するため、人間との接触による安全性を確保することが重要になる。そこで、例えば、ロボットハンドには、直交 3 軸方向にそれぞれ作用する並進力や当該直交 3 軸周りのモーメントを検出する 6 軸力センサや、表面に作用する押圧力やせん断力を検出する触覚センサ等が適宜配置され、当該 6 軸力センサや触覚センサの検出値に基づいて、ロボットハンドに人間や物体が接触した際のロボットハンドの動作制御を行っている。

40

【0003】

前記 6 軸力センサとしては、特許文献 1、2 にも記載されているように、ひずみゲージ式の力センサと静電容量式の力センサとがある。これら各文献に記載されている通り、従来のひずみゲージ式の力センサでは、構造が複雑になるためコンパクトさに欠けることが

50

ら、設置の自由度が少なく、例えば、ロボットアームやロボットハンドに多数配置することは困難である。そこで、特許文献 1、2 には、ロボットに適用される 6 軸力センサとして、静電容量式の力センサが提案されている。

【0004】

また、特許文献 3 には、直交 3 軸の各軸方向に対応して反応する誘電層を 3 層積層し、作用する外力につき、2 方向のせん断力と 1 方向の圧縮力を検出する触覚センサが提案されている。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0005】

【特許文献 1】特開 2012 - 145497 号公報

【特許文献 2】特開 2007 - 108079 号公報

【特許文献 3】特開 2012 - 247297 号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0006】

しかしながら、前記特許文献 1 に係る力センサにあつては、その構造上、作用した外力に応じて静電容量を変化させる電極部分の変位幅を大きく確保する必要があり、このことが、検出値の正確な取得の阻害要因となる。また、前記特許文献 2 に係る力センサにあつては、各種センサや球体等が複雑に配置されており、コンパクトな構成とすることができない。しかも、センサへの外力の作用部が板状（同文献における上板 2）になっており、上板 2 に作用した外力に対する 6 軸方向の力成分しか検出できず、上板 2 を除く周囲から作用した外力に対する 6 軸方向の力成分を検出することができない。

【0007】

また、前記特許文献 3 の触覚センサは、各軸方向の変形に応じて異なる特性の異方性センサとなる誘電層を 3 層積層しなければならず、この積層構造により、センサの小型化を実現しにくくなるばかりか、空間分解能が低下し、素早い反応が得られにくい。

【0008】

本発明は、以上の課題を解決するために案出されたものであり、その目的は、周囲から作用した外力に対する力成分を高精度に検出することができ、且つ、全体構成をコンパクトにすることができる多軸力センサを提供することにある。

【課題を解決するための手段】

【0009】

前記目的を達成するため、本発明は、主として、1 方向の押圧力を検出可能な圧力センサを複数設けてなるセンサユニットと、当該センサユニットの周囲に設けられ、作用した外力を前記センサユニットに伝達可能に構成されたカバーと、前記各圧力センサからの検出値に基づき、前記外力の複数軸方向の力成分を演算により求める演算部とを備えた多軸力センサにおいて、前記センサユニットは、相互に異なる方向からの押圧力を検出可能に前記各圧力センサが配置され、前記カバーに直交 3 軸方向の何れかの方向から外力が作用したときでも、前記各圧力センサの少なくとも一部で前記押圧力を検出可能に設けられる、という構成を採っている。

【0010】

なお、本特許請求の範囲及び本明細書において、特に明示しない限り、位置或いは方向を表す用語として、全て同一方向に多軸力センサを表示した図 1、図 3 (A)、或いは図 5 を基準とする。すなわち、特に明示しない限り、「前」は、各図の座標軸のうち x 軸方向における図中手前側を意味し、「後」は、同 x 軸方向における同奥行側を意味し、「右」は、同 y 軸方向における同右側（同手前側）を意味し、「左」は、同 y 軸方向における同左側（同奥行側）を意味し、「上」は、同 z 軸方向における同上側を意味し、「下」は、同 z 軸方向における同下側を意味する。

【発明の効果】

10

20

30

40

50

【 0 0 1 1 】

本発明によれば、1方向の押圧力を検出可能な圧力センサを複数配置する際、相互に異なる方向からの押圧力を検出可能となるように、圧力センサにおける検出面を相互に異なる空間上の面に配置することができ、これにより各圧力センサのコンパクトな配置が可能となり、製造コストの低廉化が期待できる。また、この構成により、特許文献1の力センサのように電極部分の変位幅を大きく確保する必要がなくなり、当該力センサに比べ、感受性を向上させることができる。また、カバーに直交3軸方向の何れの方向から外力が作用したときでも、各圧力センサの少なくとも一部で押圧力を検出可能とするように、圧力センサにおける検出面を相互に異なる空間上の面に配置できるため、センサユニットの周囲の空間から作用した外力に対する力成分を高精度に検出することができる。

10

【 0 0 1 2 】

更に、圧力センサが、ベースに対して所定の角度で傾斜した状態で起立するように配置されるとともに、カバーに作用した外力に応じて、ベースとの接合部分を固定端として当該ベースに離間接近する方向に変位可能に配置される構造となっているため、所定平面上の直交2軸のせん断力と、当該所定平面に対する押圧力とからなる3軸方向の力成分を求める3軸力センサとして、コンパクトな構成にすることができ、製造コストの低廉化が期待できる。

【 図面の簡単な説明 】

【 0 0 1 3 】

【 図 1 】 第1実施形態に係る6軸力センサの概略斜視図を含む全体構成図。

20

【 図 2 】 (A)は、図1を右側方(同図中A方向)から見た概略断面図であり、(B)は、同図を後方(同図中B方向)から見た概略断面図であり、(C)は、同図を上方(同図中A方向)から見た概略断面図である。

【 図 3 】 (A)は、図1の6軸力センサを構成するセンサユニットの概略斜視図であり、(B)は、(A)の一部分解斜視図である。

【 図 4 】 前記センサユニットを構成する圧力センサの概略斜視図。

【 図 5 】 第2実施形態に係る6軸力センサの一部を分解した概略斜視図を含む全体構成図。

【 図 6 】 図5を後方から見た一部断面図。

【 図 7 】 (A)は、第3実施形態に係る3軸力センサの概略斜視図を含む全体構成図であり、(B)は、(A)の3軸力センサを構成するセンサユニットの概略斜視図である。

30

【 図 8 】 図7のセンサユニットの概略平面図。

【 発明を実施するための形態 】

【 0 0 1 4 】

以下、本発明の実施形態について図面を参照しながら説明する。

(第1実施形態)

【 0 0 1 5 】

図1には、第1実施形態に係る6軸力センサの概略斜視図を含む全体構成図が示されており、図2(A)は、図1を右側方(図1中A方向)から見た概略断面図であり、同図(B)は、同後方(同B方向)から見た概略断面図であり、同図(C)は、同上方(同A方向)から見た概略断面図である。これらの図において、前記6軸力センサ10は、作用した外力について、6軸方向の力成分、すなわち、直交3軸方向(図1中、 $x-y-z$ 軸方向)におけるそれぞれの並進力と当該各軸周りのそれぞれのモーメントとを検出可能に設けられている。なお、特に限定されるものではないが、本実施形態では、6軸力センサ10は、その後端側が、連結部材Jを介して図示しないロボットの指先やロボットアーム等のロボットのエンドエフェクターに取り付けられる。

40

【 0 0 1 6 】

この6軸力センサ10は、作用した外力について、前記3軸方向毎に押圧力を検出するセンサユニット11と、センサユニット11の外側を囲むように配置されたカバー12と、センサユニット11の検出結果に基づき、外力の6軸方向の力成分を演算により求める

50

演算部 13 とを備えている。

【0017】

前記センサユニット 11 は、図 3 にも示されるように、平面視 T 字のブロック形状をなす内部支持体 15 (同図 (B) 参照) と、内部支持体 15 の表面複数箇所に配置されるとともに、1 方向の押圧力を検出可能な圧力センサ 16 とにより構成されている。

【0018】

前記内部支持体 15 は、後側に位置する直方体状の第 1 の部分 15 A と、第 1 の部分 15 A の左右方向のほぼ中央位置で前方に連なるとともに、左右方向の幅が第 1 の部分 15 A のほぼ半分のサイズに形成された立方体状の第 2 の部分 15 B とからなる。

【0019】

前記圧力センサ 16 は、図 4 に示されるように、同図中下側の固定電極 18 と、作用した押圧力に応じて固定電極 18 に離間接近可能に変位する同図中上側の可動電極 19 とを備えた静電容量式の圧力センサが用いられている。すなわち、この圧力センサ 16 では、可動電極 19 が、固定電極 18 に対して隙間を隔てて配置されており、可動電極 19 への押圧力に基づく固定電極 18 との離間距離の差に応じた静電容量の変化により、押圧力を検出可能になっている。特に限定されるものではないが、本実施形態では、可動電極 19 としては、感受性を最適化できるベリリウム銅製のものが用いられ、可動電極 19 の表面に、円柱ボタン状の突部 19 A が形成されたものが採用されている。この突部 19 A により、固定電極 18 の対向面にほぼ平行に可動電極 19 が変位することになり、クロストークの最小化が可能になる。

【0020】

この圧力センサ 16 は、図 2 及び図 3 に示されるように、上下、左右、前後からの押圧力をそれぞれ検出可能となるように、内部支持体 15 の外面の 12 箇所に固定配置されている。

【0021】

具体的に、上方からの押圧力を検出する圧力センサ 16 としては、第 1 の部分 15 A の上面に左右方向に並んで 2 箇所配置された第 1、第 2 のセンサ S1, S2 と、第 2 の部分 15 B の上面に 1 箇所配置された第 3 のセンサ S3 とにより構成されている。一方、それと逆方向になる下方からの押圧力を検出する圧力センサ 16 としては、第 1、第 2 及び第 3 のセンサ S1, S2, S3 に相対するように、第 1 及び第 2 の部分 15 A, 15 B の下面に配置された第 4、第 5 及び第 6 のセンサ S4, S5, S6 により構成されている。ここで、図 2 (B) に主として示されるように、第 1 及び第 4 のセンサ S1, S4 が上下方向に相対配置され、第 2 及び第 5 のセンサ S2, S5 が上下方向に相対配置され、同図 (A) に主として示されるように、第 3 及び第 6 のセンサ S3, S6 が上下方向に相対配置されている。

【0022】

また、左方からの押圧力を検出する圧力センサ 16 としては、第 1 の部分 15 A の左側面 1 箇所に配置された第 7 のセンサ S7 と、第 2 の部分 15 B の左側面 1 箇所に配置されるとともに、第 7 のセンサ S7 に対して段差を介して前方に配置される第 8 のセンサ S8 とにより構成されている。一方、逆方向となる右方からの押圧力を検出する圧力センサ 16 としては、第 7 及び第 8 のセンサ S7, S8 に左右対称に相対するように、第 1 及び第 2 の部分 15 A, 15 B の右側面の各 1 箇所に段差を介して配置された第 9 及び第 10 のセンサ S9, S10 により構成されている。ここで、図 2 (C) に主として示されるように、第 7 及び第 9 のセンサ S7, S9 が左右方向に相対配置され、第 8 及び第 10 のセンサ S8, S10 が左右方向に相対配置されている。

【0023】

更に、前方からの押圧力を検出する圧力センサ 16 としては、第 2 の部分 15 B の前面 1 箇所に配置された第 11 のセンサ S11 により構成されている。一方、逆方向となる後方からの押圧力を検出する圧力センサ 16 としては、第 1 の部分 15 A の後面 1 箇所に配置され、第 11 のセンサ S11 と前後対称に相対配置された第 12 のセンサ S12 により

10

20

30

40

50

構成されている。

【0024】

前記カバー12は、特に限定されるものではないが、図1等に示されるように、ほぼ直方体状の外形をなし、また、図2に示されるように、カバー12の内部には、センサユニット11の各圧力センサ16の突部19A(図4参照)が接触した状態で収容される空間12Aが形成されている。すなわち、カバー12は、センサユニット11を相対移動不能に支持しながら、センサユニット11を被覆するようになっている。従って、カバー12の各外面に対し、前後、左右、上下の何れかの方向から外力が作用したときでも、当該外力に基づく押圧力が各圧力センサ16の何れかで検出されることになる。

【0025】

前記演算部13では、各圧力センサ16の検出結果に基づき、次式により、カバー12に作用した外力の6軸方向の力成分が演算される。

【0026】

以下の式において、 $x - y - z$ 軸の3軸方向の並進力を (F_x, F_y, F_z) とし、同3軸方向の周りのモーメント(トルク)を (M_x, M_y, M_z) とする。なお、並進力 F 及びモーメント M の次にマイナスを付した並進力及びモーメントは、当該文字が表す軸方向における反対方向の成分を表す。また、上下方向に相対する第1及び第4のセンサ S_1, S_4 の検出値を f_{1a}, f_{1b} とし、上下方向に相対する第2及び第5のセンサ S_2, S_5 の検出値を f_{2a}, f_{2b} とし、上下方向に相対する第3及び第6のセンサ S_3, S_6 の検出値を f_{3a}, f_{3b} とする。また、左右方向に相対する第7及び第9のセンサ S_7, S_9 の検出値を f_{4a}, f_{4b} とし、左右方向に相対する第8及び第10のセンサ S_8, S_{10} の検出値を f_{5a}, f_{5b} とする。更に、前後方向に相対する第11及び第12のセンサ S_{11}, S_{12} の検出値を f_{6a}, f_{6b} とする。更に、 $K_n (n = 1, 2, \dots)$ 、 $L_n (n = 1, 2, \dots)$ は、予め設定されて演算部13に記憶された定数であり、 K_n は、各圧力センサ16の性能の差異に基づく調整等を行うための定数であり、 L_n は、当該各センサ間の調整の他に、基準地点(6軸力センサ19の重心等)からの各圧力センサ16の距離等を考慮した定数である。なお、次式では、クロストルクの処理を省略している。

【0027】

10

20

【数 1】

$$F_x = K_1 \cdot f_{6a}$$

$$F_{-x} = K_2 \cdot f_{6b}$$

$$F_y = K_3 \cdot f_{4a} + K_4 \cdot f_{5a}$$

$$F_{-y} = K_5 \cdot f_{4b} + K_6 \cdot f_{5b}$$

$$F_z = K_7 \cdot f_{1a} + K_8 \cdot f_{2a} + K_9 \cdot f_{3a}$$

$$F_{-z} = K_{10} \cdot f_{1b} + K_{11} \cdot f_{2b} + K_{12} \cdot f_{3b}$$

$$M_x = L_1 \cdot f_{1a} + L_2 \cdot f_{2b} - L_3 \cdot f_{1b} - L_4 \cdot f_{2a}$$

$$M_{-x} = -M_x$$

$$M_y = L_5 \cdot f_{1a} + L_6 \cdot f_{2a} + L_7 \cdot f_{3b} - L_8 \cdot f_{1b} - L_9 \cdot f_{2b} - L_{10} \cdot f_{3a}$$

$$M_{-y} = -M_y$$

$$M_z = L_{11} \cdot f_{4a} + L_{12} \cdot f_{5b} - L_{13} \cdot f_{4b} - L_{14} \cdot f_{5a}$$

$$M_{-z} = -M_z$$

10

20

【0028】

次に、本発明の他の実施形態について説明する。なお、以下の説明において、前記第 1 実施形態と同一若しくは同等の構成部分については同一符号を用いるものとし、説明を省略若しくは簡略にする。

30

【0029】

(第 2 実施形態)

本実施形態は、図 5 及び図 6 に示されるように、第 1 実施形態に対して形状の異なる 6 軸力センサ 30 の構成とし、第 1 実施形態と同様に、6 軸方向の力成分を検出可能としたものである。

【0030】

前記 6 軸力センサ 30 は、立方体状の内部支持体 32 の各表面となる 6 面に、第 1 実施形態の圧力センサ 16 と同様の原理の静電容量式の圧力センサ 33 をそれぞれ配置してセンサユニット 11 を構成したところに特徴を有する。なお、図示省略しているが、本実施形態においても、センサユニット 11 の周囲にカバーが被覆され、当該カバーの各外面に対し、前後、左右、上下の何れかの方向から外力が作用したときに、当該外力に基づく押圧力が各圧力センサ 33 の何れかで検出されるようになっている。

40

【0031】

本実施形態で用いられる圧力センサ 33 は、前記第 1 実施形態で用いた圧力センサ 16 に対し、固定電極 18 を 2 分割したような形状を有し、当該分割した可動電極 18 は、相互に非干渉となるように構成され、一つの圧力センサ 16 でモーメントの計測も可能に設けられている。

【0032】

本実施形態において、内部支持体 32 の上面に配置された圧力センサ 33 では、上方からの押圧力を検出できるようになっている。ここでの圧力センサ 33 は、固定電極 18 が左

50

右に分割される向きで配置されており、説明の便宜上、左側の固定電極 18 で信号検出される部分を第 1 のセンサ S 1 と称し、右側の固定電極 18 で信号検出される部分を第 2 のセンサ S 2 と称する。一方、内部支持体 32 の下面に配置された圧力センサ 33 では、下方からの押圧力を検出するようになっている。ここでの圧力センサ 33 も、固定電極 18 が左右に分割される向きで配置されており、説明の便宜上、左側の固定電極 18 で信号検出される部分を第 3 のセンサ S 3 と称し、右側の固定電極 18 で信号検出される部分を第 4 のセンサ S 4 と称する。ここで、第 1 及び第 3 のセンサ S 1 , S 3 が上下方向に相對配置され、第 2 及び第 4 のセンサ S 2 , S 4 が上下方向に相對配置されることになる。

【 0 0 3 3 】

また、内部支持体 32 の左側面に配置された圧力センサ 33 では、左方からの押圧力を検出するようになっている。ここでの圧力センサ 33 は、固定電極 18 が前後に分割される向きで配置されており、説明の便宜上、前側の固定電極 18 で信号検出される部分を第 5 のセンサ S 5 と称し、後側の固定電極 18 で信号検出される部分を第 6 のセンサ S 6 と称する。一方、内部支持体 32 の右側面に配置された圧力センサ 33 では、右方からの押圧力を検出するようになっている。ここでの圧力センサ 33 も、固定電極 18 が前後に分割される向きで配置されており、説明の便宜上、前側の固定電極 18 で信号検出される部分を第 7 のセンサ S 7 と称し、後側の固定電極 18 で信号検出される部分を第 8 のセンサ S 8 と称する。ここで、第 5 及び第 7 のセンサ S 5 , S 7 が左右方向に相對配置され、第 6 及び第 8 のセンサ S 6 , S 8 が左右方向に相對配置されることになる。

10

【 0 0 3 4 】

更に、内部支持体 32 の前面に配置された圧力センサ 33 では、前方からの押圧力を検出するようになっている。ここでの圧力センサ 33 は、固定電極 18 が上下に分割される向きで配置されており、説明の便宜上、上側の固定電極 18 で信号検出される部分を第 9 のセンサ S 9 と称し、下側の固定電極 18 で信号検出される部分を第 10 のセンサ S 10 と称する。一方、内部支持体 32 の後面に配置された圧力センサ 33 では、後方からの押圧力を検出するようになっている。ここでの圧力センサ 33 は、平面視コ字状の連結部材 J を貫通してその内側に露出するように配置されるとともに、固定電極 18 が上下に分割される向きで配置されている。ここで、説明の便宜上、上側の固定電極 18 で信号検出される部分を第 11 のセンサ S 11 と称し、下側の固定電極 18 で信号検出される部分を第 12 のセンサ S 12 と称する。ここで、第 9 及び第 11 のセンサ S 9 , S 11 が前後方向に相對配置され、第 10 及び第 12 のセンサ S 10 , S 12 が前後方向に相對配置されることになる。

20

30

【 0 0 3 5 】

本実施形態における演算部 13 では、次式により、各圧力センサ 33 の検出結果を用いて、前記カパー（図示省略）に作用した外力の 6 軸方向の力成分が演算される。

【 0 0 3 6 】

以下の式においても、3 軸方向の並進力と同各軸周りのモーメントを第 1 実施形態での説明と同様の文字で表し、 $x - y - z$ 軸の 3 軸方向の並進力を (F_x, F_y, F_z) とし、同 3 軸方向の周りのモーメント（トルク）を (M_x, M_y, M_z) とする。また、上下方向に相對する第 1 及び第 3 のセンサ S 1 , S 3 の検出値を f_{1a}, f_{1b} とし、上下方向に相對する第 2 及び第 4 のセンサ S 2 , S 4 の検出値を f_{2a}, f_{2b} とする。また、左右方向に相對する第 5 及び第 7 のセンサ S 5 , S 7 の検出値を f_{3a}, f_{3b} とし、左右方向に相對する第 6 及び第 8 のセンサ S 6 , S 8 の検出値を f_{4a}, f_{4b} とする。更に、前後方向に相對する第 9 及び第 11 のセンサ S 9 , S 11 の検出値を f_{5a}, f_{5b} とし、前後方向に相對する第 10 及び第 12 のセンサ S 10 , S 12 の検出値を f_{6a}, f_{6b} とする。更に、 K_n, L_n は、第 1 実施形態で説明した定数である。

40

【 0 0 3 7 】

【数 2】

$$F_x = K_1 \cdot f_{5a} + K_2 \cdot f_{6a}$$

$$F_{-x} = K_3 \cdot f_{5b} + K_4 \cdot f_{6b}$$

$$F_y = K_5 \cdot f_{3a} + K_6 \cdot f_{4a}$$

$$F_{-y} = K_7 \cdot f_{3b} + K_8 \cdot f_{4b}$$

$$F_z = K_9 \cdot f_{1a} + K_{10} \cdot f_{2a}$$

$$F_{-z} = K_{11} \cdot f_{1b} + K_{12} \cdot f_{2b}$$

$$M_x = L_1 \cdot f_{1a} + L_2 \cdot f_{2b}$$

$$M_{-x} = L_3 \cdot f_{1b} + L_4 \cdot f_{2a}$$

$$M_y = L_5 \cdot f_{5a} + L_6 \cdot f_{6b}$$

$$M_{-y} = L_7 \cdot f_{5b} + L_8 \cdot f_{6a}$$

$$M_z = L_9 \cdot f_{3a} + L_{10} \cdot f_{4b}$$

$$M_{-z} = L_{11} \cdot f_{3b} + L_{12} \cdot f_{4a}$$

10

20

【0038】

従って、以上の第2実施形態によれば、第1実施形態の構造よりも一層コンパクトにすることができる。

30

【0039】

(第3実施形態)

本実施形態は、多軸力センサとして、図7及び図8に示されるように、第1実施形態と実質的に同一となる構造の圧力センサ16を用い、所定平面内の2軸方向(図7(A)及び図8中、x軸方向及びy軸方向)のせん断力と、同図中z軸方向の押圧力とを検出可能な3軸力センサ40を構成したところに特徴を有する。この3軸力センサ40は、例えば、ロボットアーム等の表面に配置される触覚センサ等として用いられる。

【0040】

前記3軸力センサ40は、作用した外力について所定方向毎の大きさを検出するセンサユニット41と、センサユニット41の外側を囲むように配置され、弾性変形可能なゴム製のカバー42と、センサユニット41の検出結果に基づき、前記2軸方向のせん断力とx-y軸平面に対する押圧力とを演算により求める演算部43とを備えている。

40

【0041】

本実施形態のセンサユニット41は、同7(B)に示されるように、同図中下側に配置されるベース45の複数部位において、圧力センサ16がそれぞれ所定の角度(例えば、45度)で起立支持されている。また、各圧力センサ16は、カバー42の周囲の何れかの方向から外力が作用したときに、当該外力に伴ってカバー42が弾性変形することにより、ベース45との接合部分を固定端としてベース45に離間接近する方向に弾性変位可能に配置されている。

【0042】

50

圧力センサ 16 は、平面視ほぼ方形状となるベース 45 の上面を 4 分割した第 1 ~ 第 4 の領域 A 1 ~ A 4 で、それぞれ傾斜方向が異なるように配置されている。すなわち、圧力センサ 16 は、直交 2 軸の各軸方向 (x 軸、y 軸方向) それぞれにおいて、カバー 42 に作用した外力により相反する向きに変位可能となるように設けられている。また、各領域 A 1 ~ A 4 においては、それぞれ 2 個の圧力センサ 16, 16 が相互に平行に配置されている。図 8 中左上の第 1 の領域 A 1 には、同図中左方に傾斜するように第 1 及び第 2 のセンサ S 1, S 2 が配置されている。また、同図中右上の第 2 の領域 A 2 には、同図中上方に傾斜するように第 3 及び第 4 のセンサ S 3, S 4 が配置されている。更に、同図中左下の第 3 の領域 A 3 には、同図中下方に傾斜するように第 5 及び第 6 のセンサ S 5, S 6 が配置されている。また、同図中右下の第 4 の領域 A 4 には、同図中右方に傾斜するように第 7 及び第 8 のセンサ S 7, S 8 が配置されている。すなわち、第 1 及び第 4 の領域 A 1, A 4 に配置された圧力センサ 16, 16 は、ベース 45 の中央に対して点対称に配置されており、カバー 42 を圧縮する外力が作用すると、図 8 中左右方向となる横方向 (x 軸方向) に沿って相互に反対方向に倒れるようになっている。また、第 2 及び第 3 の領域 A 2, A 3 に配置された圧力センサ 16, 16 も、ベース 45 の中央に対して点対称に配置されており、カバー 42 を圧縮する外力が作用すると、同図中上下方向となる縦方向 (y 軸方向) に沿って相互に反対方向に倒れるようになっている。なお、カバー 42 に作用する外力に応じて圧力センサ 16 がベース 45 に対して変位し、当該外力がカバー 42 に作用しなくなると、圧力センサ 16 は、外力作用前の元の姿勢に弾性復帰するようになっている。

10

20

【0043】

以上の構成により、例えば、カバー 42 の上面に対して垂直方向 (z 軸方向) の押圧力が作用すれば、第 1 ~ 第 4 の領域 A 1 ~ A 4 の圧力センサ 16 は、ベース 45 に向かって同一の変位量で倒れ、全て同一の検出値が得られる。一方、カバー 42 の上面に対して、x - y 軸方向にせん断力が作用すれば、第 1 ~ 第 4 の領域 A 1 ~ A 4 の圧力センサ 16 のうち、せん断力の作用方向に傾斜配置されている圧力センサ 16 が、最大の変位量となる。従って、第 1 ~ 第 4 の領域 A 1 ~ A 4 の圧力センサ 16 の検出値を用いることで、x - y 軸方向のせん断力と z 軸方向の押圧力 (圧縮力) とからなる 3 軸方向の力成分を検出可能となる。

【0044】

前記演算部 43 では、次式により、各圧力センサ 16 の検出結果を用いて、カバー 42 に作用した外力の前記 3 軸方向の力成分が演算される。ここで、第 1 ~ 第 4 の領域 A 1 ~ A 4 に 2 個ずつ設けられている圧力センサ 16 の検出値から、第 1 ~ 第 4 の領域 A 1 ~ A 4 毎に検出値が 1 つずつ特定される。この特定は、各 2 個の圧力センサ 16, 16 の平均値、最大値、最小値等、予め設定された処理に基づいて行われる。なお、各領域 A 1 ~ A 4 に設けられる圧力センサ 16 としては、それぞれ 1 個ずつ、或いは 3 個以上にすることもできる。このように、第 1 ~ 第 4 の領域 A 1 ~ A 4 毎に、複数の圧力センサ 16 を同じ向きに傾斜配置する構成を採ることにより、ベース 45 の限られた領域内に、より多くの圧力センサ 16 を配置することができ、コンパクトで空間分解能の高いセンサとすることができる。

30

40

【0045】

以下の式において、x 軸方向のせん断力を F_x とし、y 軸方向のせん断力を F_y とし、z 軸方向の押圧力を F_z とする。また、第 1、第 2、第 3 及び第 4 の領域 A 1, A 2, A 3, A 4 における圧力センサ 16 の検出値を f_1 、 f_2 、 f_3 、 f_4 とする。また、 K_n ($n = 1, 2, \dots$) は、予め設定されて演算部 43 に記憶され、各圧力センサ 16 の性能の差異に基づく調整等を行うための定数である。

【0046】

【数 3】

$$F_x = K_1 \cdot f_1 - K_2 \cdot f_4$$

$$F_y = K_3 \cdot f_2 - K_4 \cdot f_3$$

$$F_z = K_5 \cdot f_1 + K_6 \cdot f_2 + K_7 \cdot f_3 + K_8 \cdot f_4$$

10

【0047】

なお、本発明における圧力センサとしては、前記各実施形態のベリリウム銅製の静電容量式の圧力センサ16に限らず、同様に1方向の押圧力を検出可能な限り、種々の圧力センサを採用することができる。

【0048】

また、圧力センサ16として、固定電極18の図4中上下両面に可動電極19, 19を配置した構造のものを採用することもできる。この場合、1箇所につき2個の可動電極19, 19からの検出値を用いることができるため、感受性を2倍にすることができる。

【0049】

その他、本発明における装置各部の構成は図示構成例に限定されるものではなく、実質的に同様の作用を奏する限りにおいて、種々の変更が可能である。

20

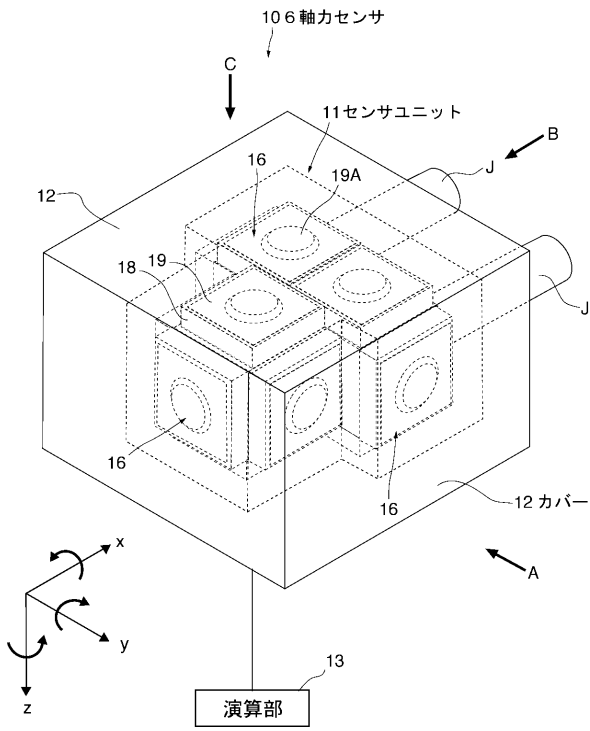
【符号の説明】

【0050】

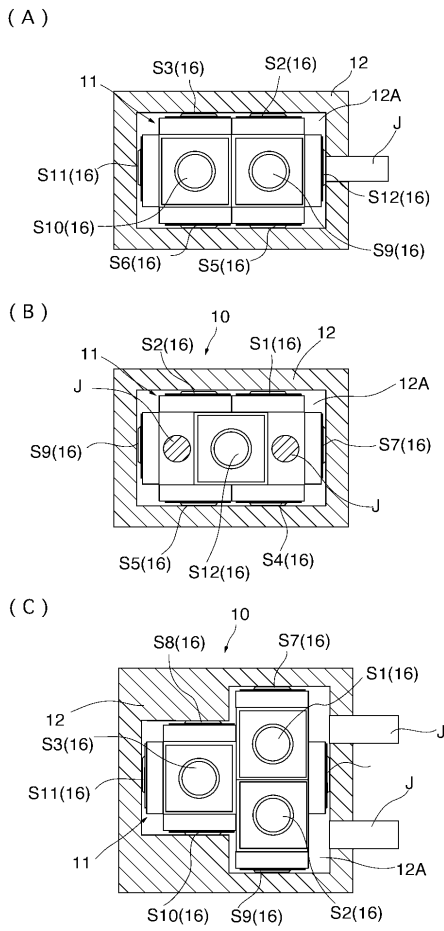
- 10 6軸力センサ(多軸力センサ)
- 11 センサユニット
- 12 カバー
- 13 演算部
- 16 圧力センサ
- 30 6軸力センサ(多軸力センサ)
- 33 圧力センサ
- 40 3軸力センサ(多軸力センサ)
- 41 センサユニット
- 42 カバー
- 43 演算部
- 45 ベース
- A1 ~ A4 第1 ~ 第4の領域

30

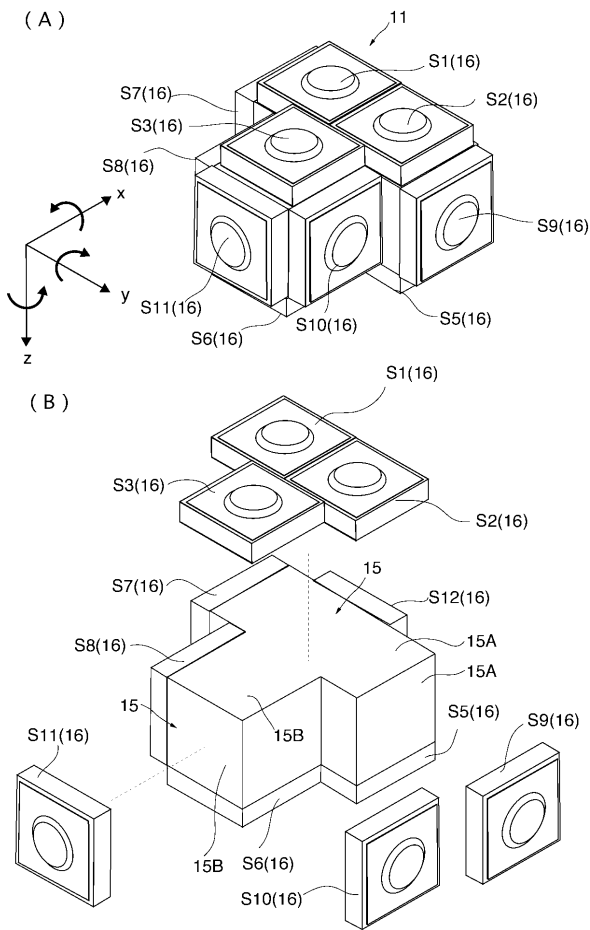
【 図 1 】



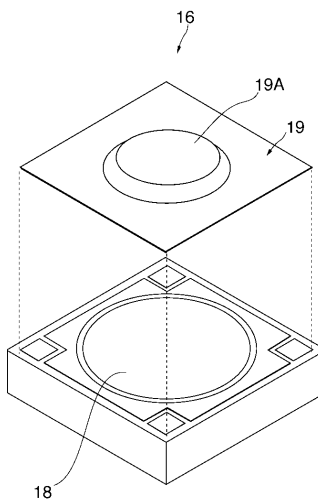
【 図 2 】



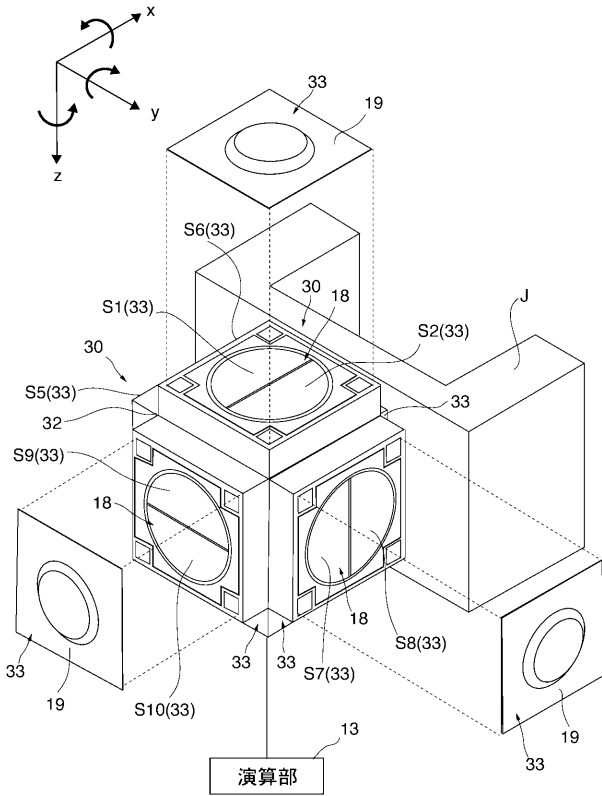
【 図 3 】



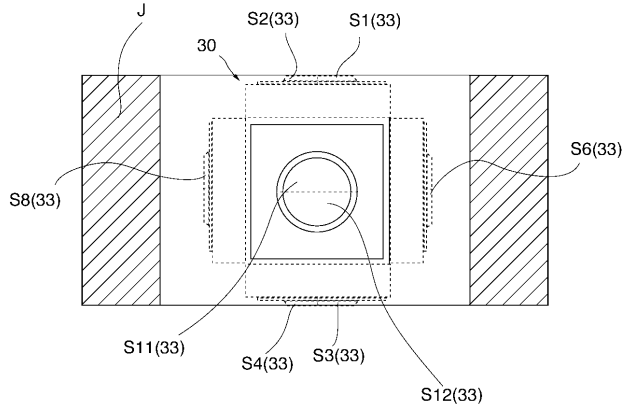
【 図 4 】



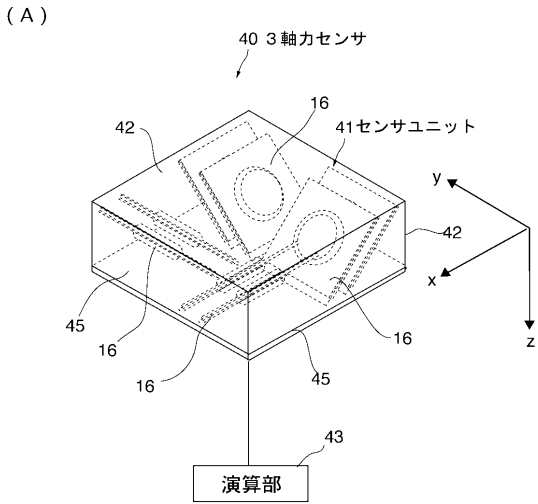
【図5】



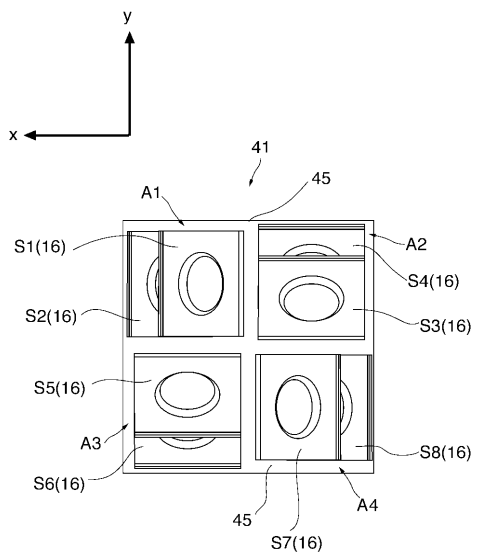
【図6】



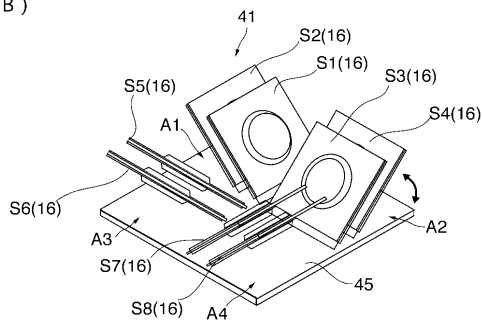
【図7】



【図8】



(B)



フロントページの続き

(72)発明者 菅野 重樹

東京都新宿区戸塚町1丁目104番地 学校法人早稲田大学内

Fターム(参考) 2F051 AA10 AB06 BA07 DA03 DB03