

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第5089774号
(P5089774)

(45) 発行日 平成24年12月5日(2012.12.5)

(24) 登録日 平成24年9月21日(2012.9.21)

| | |
|--------------------------|---------------------|
| (51) Int. Cl. | F I |
| GO 1 L 1/20 (2006.01) | GO 1 L 1/20 A |
| GO 1 L 5/00 (2006.01) | GO 1 L 5/00 Z |
| GO 1 V 8/12 (2006.01) | GO 1 L 5/00 I O 1 Z |
| GO 1 V 8/10 (2006.01) | GO 1 V 9/04 H |
| B 2 5 J 19/02 (2006.01) | GO 1 V 9/04 Z |
| 請求項の数 24 (全 16 頁) 最終頁に続く | |

(21) 出願番号 特願2010-514264 (P2010-514264)
 (86) (22) 出願日 平成20年5月29日(2008.5.29)
 (86) 国際出願番号 PCT/JP2008/001355
 (87) 国際公開番号 W02009/144767
 (87) 国際公開日 平成21年12月3日(2009.12.3)
 審査請求日 平成23年2月10日(2011.2.10)

(73) 特許権者 390040051
 株式会社ハーモニック・ドライブ・システムズ
 東京都品川区南大井6丁目25番3号
 (74) 代理人 100090170
 弁理士 横沢 志郎
 (72) 発明者 小山 順二
 長野県安曇野市穂高牧1856-1 株式会社ハーモニック・ドライブ・システムズ
 穂高工場内
 (72) 発明者 下条 誠
 東京都調布市調布ヶ丘1丁目5番地1 国立大学法人電気通信大学内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 複合型センサおよびロボットハンド

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

検出表面を備えたセンサ搭載部品と、
 前記センサ搭載部品に搭載され、当該センサ搭載部品の前記検出表面に物体が接触したことを検出するための感圧シートを備えた触覚センサと、
 前記センサ搭載部品に搭載されている補助センサとを有し、
 前記検出表面は、前記触覚センサの前記感圧シートの表面と、この感圧シートの一部を厚さ方向に貫通した状態に切り取ることにより形成したシート除去部と、このシート除去部から露出している前記補助センサのセンサ感受面とによって規定されていることを特徴とする複合型センサ。

【請求項2】

請求項1に記載の複合型センサにおいて、
 前記触覚センサの前記感圧シートは、
 可撓性の導電性素材からなる表面フィルムと、
 可撓性の導電性素材からなる裏面フィルムと、
 前記表面フィルムおよび前記裏面フィルムの間に電氣的に導通した状態で挟まれ、厚さ方向に作用する荷重の大きさに応じて導電特性が変化する可撓性の感圧導電性素材からなる中間フィルムと、
 前記表面フィルムの面方向の両端に形成した第1電極端子および第2電極端子と、
 前記裏面フィルムの面方向の両端に形成した第3電極端子および第4電極端子を備えて

おり、

前記中間フィルムを挟み前記表面フィルムおよび前記裏面フィルムの間を所定の電位差に保持した状態において前記第1ないし第4電極端子から得られる端子電圧に基づき、前記検出表面に加わる荷重の大きさ、および、当該荷重の重心位置の少なくとも一方を検出可能であることを特徴とする複合型センサ。

【請求項3】

請求項2に記載の複合型センサにおいて、

前記補助センサは、前記センサ搭載部品の前記検出表面に物体が接近したことを検出する近接覚センサであることを特徴とする複合型センサ。

【請求項4】

請求項3に記載の複合型センサにおいて、

前記シート除去部は前記感圧シートに形成した貫通穴であることを特徴とする複合型センサ。

【請求項5】

請求項3に記載の複合型センサにおいて、

前記感圧シートにおける前記シート除去部とは異なる位置に形成した第2シート除去部を備えており、

当該第2シート除去部には、前記補助センサのセンサ感受面以外の部位が露出していることを特徴とする複合型センサ。

【請求項6】

請求項3に記載の複合型センサにおいて、

前記補助センサとして、同一種類あるいは異なる種類の複数台の補助センサを有しており、

前記感圧シートには前記シート除去部が複数個所に形成されており、

各シート除去部からは、1台あるいは複数台の前記補助センサのセンサ感受面が露出していることを特徴とする複合型センサ。

【請求項7】

物体把持面を備えた指機構を有するロボットハンドにおいて、

請求項1ないし6のうちのいずれかの項に記載の複合型センサを有しており、

前記複合型センサの前記検出表面によって前記物体把持面の少なくとも一部が規定されていることを特徴とするロボットハンド。

【請求項8】

請求項7に記載のロボットハンドにおいて、

前記指機構は、指根元部と、この指根部の先端に関節部を介して連結されている指先部とを備えており、

少なくとも、前記指先部の指先表面部分が前記物体把持面であり、

当該指先表面部分は、前記複合型センサの前記検出表面によって規定されていることを特徴とするロボットハンド。

【請求項9】

物体検出面を備えたアームを有するロボットにおいて、

請求項1ないし6のうちのいずれかの項に記載の複合型センサを有しており、

前記複合型センサの前記検出表面によって前記アームの前記物体検出面の少なくとも一部が規定されていることを特徴とするロボットハンド。

【請求項10】

請求項2に記載の複合型センサにおいて、

前記補助センサは、前記検出表面に近接した物体あるいは接触した物体の光学特性、温度特性などの物性を検出するセンサであることを特徴とする複合型センサ。

【請求項11】

請求項10に記載の複合型センサにおいて、

前記シート除去部は前記感圧シートに形成した貫通穴であることを特徴とする複合型セ

10

20

30

40

50

ンサ。

【請求項 1 2】

請求項 1 0 に記載の複合型センサにおいて、

前記感圧シートにおける前記シート除去部とは異なる位置に形成した第 2 シート除去部を備えており、

当該第 2 シート除去部には、前記補助センサのセンサ感受面以外の部位が露出していることを特徴とする複合型センサ。

【請求項 1 3】

請求項 1 0 に記載の複合型センサにおいて、

前記補助センサとして、同一種類あるいは異なる種類の複数台の補助センサを有しており、

前記感圧シートには前記シート除去部が複数個所に形成されており、

各シート除去部からは、1 台あるいは複数台の前記補助センサのセンサ感受面が露出していることを特徴とする複合型センサ。

【請求項 1 4】

物体把持面を備えた指機構を有するロボットハンドにおいて、

請求項 1 0 ないし 1 3 のうちのいずれかの項に記載の複合型センサを有しており、

前記複合型センサの前記検出表面によって前記物体把持面の少なくとも一部が規定されていることを特徴とするロボットハンド。

【請求項 1 5】

請求項 1 4 に記載のロボットハンドにおいて、

前記指機構は、指根元部と、この指根部の先端に関節部を介して連結されている指先部とを備えており、

少なくとも、前記指先部の指先表面部分が前記物体把持面であり、

当該指先表面部分は、前記複合型センサの前記検出表面によって規定されていることを特徴とするロボットハンド。

【請求項 1 6】

物体検出面を備えたアームを有するロボットにおいて、

請求項 1 0 ないし 1 3 のうちのいずれかの項に記載の複合型センサを有しており、

前記複合型センサの前記検出表面によって前記アームの前記物体検出面の少なくとも一部が規定されていることを特徴とするロボット。

【請求項 1 7】

請求項 1 に記載の複合型センサにおいて、

前記補助センサは、前記センサ搭載部品の前記検出表面に物体が接近したことを検出する近接覚センサであることを特徴とする複合型センサ。

【請求項 1 8】

請求項 1 に記載の複合型センサにおいて、

前記補助センサは、前記検出表面に近接した物体あるいは接触した物体の光学特性、温度特性などの物性を検出するセンサであることを特徴とする複合型センサ。

【請求項 1 9】

請求項 1 に記載の複合型センサにおいて、

前記シート除去部は前記感圧シートに形成した貫通穴であることを特徴とする複合型センサ。

【請求項 2 0】

請求項 1 に記載の複合型センサにおいて、

前記感圧シートにおける前記シート除去部とは異なる位置に形成した第 2 シート除去部を備えており、

当該第 2 シート除去部には、前記補助センサのセンサ感受面以外の部位が露出していることを特徴とする複合型センサ。

【請求項 2 1】

10

20

30

40

50

請求項 1 に記載の複合型センサにおいて、
前記補助センサとして、同一種類あるいは異なる種類の複数台の補助センサを有しており、

前記感圧シートには前記シート除去部が複数個所に形成されており、
各シート除去部からは、1台あるいは複数台の前記補助センサのセンサ感受面が露出していることを特徴とする複合型センサ。

【請求項 2 2】

物体把持面を備えた指機構を有するロボットハンドにおいて、
請求項 1 7 ないし 2 1 のうちのいずれかの項に記載の複合型センサを有しており、
前記複合型センサの前記検出表面によって前記物体把持面の少なくとも一部が規定されていることを特徴とするロボットハンド。

10

【請求項 2 3】

請求項 2 2 に記載のロボットハンドにおいて、
前記指機構は、指根元部と、この指根部の先端に関節部を介して連結されている指先部とを備えており、
少なくとも、前記指先部の指先表面部分が前記物体把持面であり、
当該指先表面部分は、前記複合型センサの前記検出表面によって規定されていることを特徴とするロボットハンド。

【請求項 2 4】

物体検出面を備えたアームを有するロボットにおいて、
請求項 1 7 ないし 2 1 のうちのいずれかの項に記載の複合型センサを有しており、
前記複合型センサの前記検出表面によって前記アームの前記物体検出面の少なくとも一部が規定されていることを特徴とするロボット。

20

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、触覚センサを含む複数のセンサを備えた複合型センサに関し、特に、物体の把持動作などを行なうロボットハンドの指先面に取り付けるのに適した複合型センサに関する。また、本発明は複合型センサを備えたロボットハンドに関する。

【背景技術】

30

【0002】

物体を把持するロボットハンドでは、把持対象の物体位置を確認するための視覚機能と、把持対象の物体を把持したことを確認するための触覚機能が必要である。視覚と触覚は相補的な感覚であり、視覚は大域的状況を推定し、触覚は局所的状況を確認する。ロボットハンドに視覚機能および触覚機能を付与するための複合型センサは次の特許文献に開示されている。

【0003】

特許文献 1 (特開昭 60 - 62496 号公報) には、接触覚、圧覚、近接覚を複合化した触覚センサが開示されている。ここに開示の触覚センサは、光透過性の可撓性板状部と、可撓性板状部の一面に設けられ前面からの光のみ感応する受光部と、受光部の背面から可撓性板状部を照射する発光部とを有しており、発光部から射出されて測定対象物体で反射した反射光を受光部で受光し、受光部で受光した光の強さにより測定対象物体が板状部に接近したこと、測定対象物体が板状部に接触したこと、その時の圧力を検出できるようになっている。

40

【0004】

特許文献 2 (特開昭 63 - 238502 号公報) には、ロボットのマニピュレータの表面に取り付けることにより、マニピュレータが障害物など他の物体に接近、例えば、ほぼ 20 cm 以内に接近したこと、および、マニピュレータが物体に接触したことを検出可能な近接覚・触覚センサが開示されている。ここに開示の近接覚・触覚センサは、シート状の感圧導電ゴムの両面に電極を取り付け、感圧導電ゴムの対地静電容量を測定することに

50

より、物体の接近を検出し、感圧導電ゴムの電気抵抗を測定することにより物体の接触を検出するようになっている。

【0005】

一方、触覚センサとしては、本願の発明者の一人によって、検出面に作用する荷重の大きさ、および、検出面に作用する荷重の中心位置（重心位置）を検出可能なものが提案されている。すなわち、特許文献3（特公昭60-35602号公報）においては、検出面に作用する荷重の大きさ、および荷重の二次元上の重心位置を検出するための面圧力データの検出方法を提案している。特許文献4（特公平06-58239号公報）においては、シート状の触覚センサを用いてすべり覚を検出可能なすべり覚センサを提案している。また、特許文献5（WO2007/069412）においては、可撓性シートからなる二

10

【特許文献1】特開昭60-62496号公報

【特許文献2】特開昭63-238502号公報

【特許文献3】特公昭60-35602号公報

【特許文献4】特公平06-58239号公報

【特許文献5】国際公開2007/069412号のパフレット

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0006】

ロボットハンドなどに視覚機能および触覚機能を与えるための複合型センサとして特許文献1に開示のセンサを用いる場合には光透過性の可撓性部材を用いる必要があり、特許文献2に開示のセンサを用いる場合には感圧導電ゴムの静電容量を測定する必要がある。

20

【0007】

本発明の課題は、従来の複合型センサに比べて簡単な構成により、物体の接近および接触を検出可能な複合型センサを提案することにある。

【0008】

また、本発明の課題は、従来の複合型センサに比べて簡単な構成により、物体の物性および物体の接触を検出可能な複合型センサを提案することにある。

【0009】

さらに、本発明の課題は、本願の発明者の一人が提案している検出面に作用する荷重の大きさ、および検出面に作用する荷重の重心位置を検出可能なシート状の触覚センサを利用して、簡単な構成により物体の接近および接触位置を検出可能な複合型センサを提案することにある。

30

【0010】

一方、本発明の課題は、新規な複合型センサを備えたロボットハンドを提案することにある。

【課題を解決するための手段】

【0011】

上記の課題を解決するために、本発明の複合型センサは、
 検出表面を備えたセンサ搭載部品と、
 前記センサ搭載部品に搭載され、当該センサ搭載部品の前記検出表面に物体が接触したことを検出するための感圧シートを備えた触覚センサと、
 前記センサ搭載部品に搭載されている補助センサとを有し、
 前記検出表面は、前記触覚センサの前記感圧シートの表面と、この感圧シートの一部を厚さ方向に貫通した状態に切り取ることにより形成したシート除去部と、このシート除去部から露出している前記補助センサのセンサ感受面とによって規定されていることを特徴としている。

40

【0012】

本発明の複合型センサでは、検出表面が、触覚センサの感圧シートの表面と、この感圧シートに形成したシート除去部から露出している補助センサのセンサ感受面とによって規

50

定されている。補助センサによって、物体が検出表面に接近したこと、接近した物体の物性などを検出でき、触覚センサによって物体が検出表面に接触したことを検出できる。

【0013】

ここで、本発明の複合型センサに用いる前記触覚センサの前記感圧シートは、可撓性の導電性素材からなる表面フィルムと、可撓性の導電性素材からなる裏面フィルムと、前記表面フィルムおよび前記裏面フィルムの間に電氣的に導通した状態で挟まれ、厚さ方向に作用する荷重の大きさに応じて導電特性が変化する可撓性の感圧導電性素材からなる中間フィルムと、

前記表面フィルムの面方向の両端に形成した第1電極端子および第2電極端子と、前記裏面フィルムの面方向の両端に形成した第3電極端子および第4電極端子を備えており、

前記中間フィルムを挟み前記表面フィルムおよび前記裏面フィルムの間を所定の電位差に保持した状態において前記第1ないし第4電極端子から得られる端子電圧に基づき、前記検出表面に加わる荷重の大きさ、および、当該荷重の重心位置の少なくとも一方を検出可能であることを特徴としている。

【0014】

感圧シートに形成したシート除去部に起因する触覚センサの検出精度の低下は軽微であることが確認された。したがって、感圧シートに貫通穴などのシート除去部を形成するという簡単な構成によって、複合型センサを構築できると共に、触覚センサによって精度良く、検出表面に作用する物体の荷重の大きさ、および、その重心位置を精度良く検出できる。

【0015】

本発明の複合型センサにおいて、前記補助センサは、前記センサ搭載部品の前記検出表面に物体が接近したことを検出する近接覚センサであることを特徴としている。近接覚センサとしては光学式センサ、超音波センサなどを用いることができる。

【0016】

この代わりに、前記補助センサを、前記検出表面に近接した物体あるいは接触した物体の光学特性、温度特性などの物理特性を検出するセンサとすることもできる。なお、補助センサにも、触覚センサを用いることも可能である。

【0017】

本発明の複合型センサにおいて、前記シート除去部は前記感圧シートに形成した貫通穴とすることができる。貫通穴の形状は一般には円形とすればよいが、三角形、正方形などの多角形、その他の任意の形状とすることができる。

【0018】

ここで、感圧シートに、前記感圧シートにおける前記シート除去部とは異なる位置に形成した第2シート除去部を形成し、当該第2シート除去部から、前記補助センサのセンサ感受面以外の部位を露出させるようにしてもよい。例えば、感圧シートによって覆われているセンサ搭載部品の表面部分を露出させ、この表面部分にネジなどの締結部品を取り付けておくことができる。このようにすれば、例えば、感圧シートを取り外すことなく、締結部品にアクセスして締結部品の取り付け、取り外しなどを行なうことができる。

【0019】

次に、本発明の複合型センサでは、前記補助センサとして、同一種類あるいは異なる種類の複数台の補助センサを有し、前記感圧シートには前記シート除去部が複数個所に形成され、各シート除去部からは、1台あるいは複数台の前記補助センサのセンサ感受面が露出している構成とすることもできる。

【0020】

例えば、補助センサとして光学式の近接覚センサのそれぞれのセンサ感受面を各シート除去部から露出させるように配置しておけば、検出表面における各部位において物体の近接を検出することができる。また、一部のシート除去部からは光学式の近接覚センサのセ

10

20

30

40

50

ンサ感受面を露出させ、残りのシート除去部からは、例えば温度センサのセンサ感受面を露出させるようにすれば、物体の接近および接近した物体の温度を検出できる。

【0021】

次に、本発明は、物体把持面を備えた指機構を有するロボットハンドにおいて、上記構成の複合型センサを有しており、

前記複合型センサの前記検出表面によって前記物体把持面の少なくとも一部が規定されていることを特徴としている。

【0022】

本発明のロボットハンドでは、その物体把持面の検出表面によって、把持対象の物体の接近度合い、および接触が検出される。したがって、把持対象の物体を衝撃を伴うことなく把持することが可能であり、柔軟な物体、卵などのような毀損しやすい物体を、変形させることなく、また、毀損することなく把持可能なロボットハンドを実現できる。

【0023】

ここで、ロボットハンドの前記指機構は、指根元部と、この指根元部の先端に関節部を介して連結されている指先部とを備えた構成の場合には、少なくとも、前記指先部の指先表面部分を前記物体把持面とし、当該指先表面部分を上記の複合型センサの検出表面とすることが望ましい。

【0024】

次に、本発明は、物体検出面を備えたアームを有するロボットにおいて、上記構成の複合型センサを有しており、

前記複合型センサの前記検出表面によって前記アームの前記物体検出面の少なくとも一部が規定されていることを特徴としている。

【0025】

本発明のロボットでは、その物体検出面の検出表面によって、アームへの物体の接近、接触が検出される。したがって、ロボットのアームを、周囲に配置されている物体に衝突させることなく移動させる動作等を行なうことができる。

【発明の効果】

【0026】

本発明の複合型センサは、触覚センサの感圧シートの一部に貫通穴などのシート除去部を形成し、このシート除去部から、近接覚センサなどの補助センサのセンサ感受面を露出させた構成を採用している。したがって、簡単な構成により物体の接近、接近する物体の属性、物体の接触を検出可能な複合型センサを実現できる。

【0027】

特に、触覚センサとして本願の発明者の一人が提案している荷重の大きさ、その重心位置を検出可能なシート状の触覚センサを用いた場合には、物体の接近、接近する物体の属性を検出できると共に、物体の接触位置を精度良くできる。したがって、物体の把持動作を行うロボットハンドの視覚機能および触覚機能を付与するために用いるのに適している。

【図面の簡単な説明】

【0028】

【図1】本発明を適用したロボットハンドシステムの概略構成図である。

【図2】図1のロボットハンドの指先部分に取り付けた複合型センサを示す斜視図である。

【図3】図2の複合型センサの分解斜視図である。

【図4】近接覚センサを示す概略構成図である。

【図5】アーム部に取り付け可能な複合型センサを示す斜視図である。

【図6】図5の複合型センサの分解斜視図である。

【図7】触覚センサにおける貫通穴による検出精度への影響を示す測定結果を示すグラフである。

【発明を実施するための最良の形態】

10

20

30

40

50

【 0 0 2 9 】

以下に、図面を参照して、本発明を適用した複合型センサを備えたロボットハンドの実施の形態を説明する。

【 0 0 3 0 】

(実施の形態 1)

図 1 は実施の形態 1 に係るロボットハンドシステムを示す概略構成図である。ロボットハンドシステム 1 は、ロボットハンド 2 と、このロボットハンド 2 を駆動するためのドライバ 3 と、ドライバ 3 を介してロボットハンド 2 を駆動制御する制御装置 4 とを有している。ロボットハンド 2 は、アーム部 5 と、このアーム部 5 の先端部に取り付けた 3 軸のアーム関節部 6 と、このアーム関節部 6 の先端に取り付けたハンド部 7 とを備えている。ハンド部 7 は同一構造の 3 本の指機構 8 (1)、8 (2)、8 (3) を備えており、各指機構 8 (1) ~ 8 (3) は根元指部 8 a、中間指部 8 b および指先部 8 c を備えた 2 関節型の指機構である。

10

【 0 0 3 1 】

3 軸のアーム関節部 6 は、z 軸回りにハンド部 7 を回転させる z 軸アクチュエータ 1 1 と、x 軸回りにハンド部 7 を回転させる x 軸アクチュエータ 1 2 と、y 軸回りにハンド部 7 を回転させる y 軸アクチュエータ 1 3 を備えている。各指機構 8 は、中間指部 8 b を物体把持開放方向に回転させるアクチュエータ 1 4 と、指先部 8 c を物体把持開放方向に回転させるアクチュエータ 1 5 とを備えている。

【 0 0 3 2 】

3 本の指機構 8 の指先部 8 c (センサ搭載部品) にはそれぞれ複合型センサ 2 0 が搭載されている。複合型センサ 2 0 は、触覚センサ 2 1 と、反射型ホトセンサからなる近接覚センサ 2 2 とから構成されている。触覚センサ 2 1 および近接覚センサ 2 2 の検出信号はアナログ回路 2 3 および制御装置 4 の A / D 変換ポート (図示せず) を介して当該制御装置 4 に供給される。制御装置 4 は、コンピュータ 2 5 を中心に構成されており、コンピュータ 2 5 には、キーボード 2 6 などの入力装置、表示器 2 7 などの出力装置が接続されている。コンピュータ 2 5 にインストールされているロボットハンド駆動制御プログラムを実行することにより、ロボットハンド 2 を駆動制御して物体把持動作を行わせることができる。また、物体把持動作時には、複合型センサ 2 0 の検出信号に基づき、物体の近接、および物体の接触位置、接触圧が検出され、これに基づき、適切な把持速度によって各指機構 8 が駆動される。

20

30

【 0 0 3 3 】

図 2 はロボットハンド 2 の指機構 8 (1) ~ 8 (3) の指先部 8 c に搭載されている複合型センサ 2 0 の検出部分を示す部分斜視図であり、図 3 は指先部 8 c の複合型センサ 2 0 の検出部分の分解斜視図である。指先部 8 c は、人間の指先に対応し、ロボットハンド 2 が物体を把持するとき最初に物体に接触する部分である。

【 0 0 3 4 】

この指先部 8 c における把持対象の物体に接触する側の表面が把持物体 (図示せず) に接触する物体把持面であり、この面が検出表面 2 4 とされている。本例では、先端側に向けて円弧状に 9 0 度湾曲した一定幅の凸曲面とされている。この検出表面 2 4 は、触覚センサ 2 1 の可撓性の感圧シート 3 1 の表面によって規定されている。感圧シート 3 1 は長方形をしており、指先部 8 c の表面形状に沿って凸曲面状に撓めた状態で当該指先部 8 c に貼り付けられている。この感圧シート 3 1 には、その一部を厚さ方向に貫通する状態に切り取った円形の貫通穴 (シート除去部) 3 2 が形成されている。この貫通穴 3 2 からは、指先部 8 c に搭載した反射型ホトセンサからなる近接覚センサ 2 2 のセンサ感受面 2 2 a が露出している。

40

【 0 0 3 5 】

触覚センサ 2 1 は二次元荷重分布中心位置検出触覚センサであり、その感圧シート 3 1 は、図 3 に示すように、可撓性の導電性素材からなる表面フィルム 3 3 と、可撓性の導電性素材からなる裏面フィルム 3 4 と、表面フィルム 3 3 および裏面フィルム 3 4 の間に電

50

氣的に導通した状態で挟まれ、厚さ方向に作用する荷重の大きさに応じて導電特性が変化する可撓性の感圧導電性ゴムからなる中間フィルム35を備えている。表面フィルム33、裏面フィルム34および中間フィルム35は長方形のものであり、略同一の大きさのものである。これらのフィルム33～35には同一位置に貫通穴32を構成している各貫通穴33a～35aが形成されている。また、表面フィルム33における上下の短辺部分には一对の第1電極端子36および第2電極端子37が形成されている。裏面フィルム34には、左右の長辺部分に一对の第3電極端子38および第4電極端子39が形成されている。

【0036】

触覚センサ21では、第1および第2電極端子36、37の間、および第3および第4電極端子38、39の間に所定の電圧が印加されると、中間フィルム35を介してその抵抗値に応じた電流が流れる。感圧導電性ゴムからなる中間フィルム35は、感圧シート31に荷重が作用すると、その荷重が加わった部位が厚さ方向に弾性変形し、荷重の大きさに応じて抵抗値が変化する。したがって、感圧シート31に加わる荷重に対応する電流が第1および第2電極端子36、37の間、および第3および第4電極端子38、39の間に流れる。

【0037】

アナログ回路23は、第1および第2電極端子36、37と、第3および第4電極端子38、39の間に所定の電圧を印加して、中間フィルム35を挟み表面フィルム33および裏面フィルム34の間を所定の電位差に保持し、中間フィルム35の導電特性の変化に起因する表面フィルム33の面方向の両端電圧および裏面フィルム34の面方向の両端電圧を取り出す。制御装置4では、第1ないし第4電極端子36～39の端子電圧に基づき、検出表面24に作用する荷重の総量と、その荷重の中心位置(重心位置)とを算出する。中心位置は、触覚センサ21の感圧フィルム31の表面に加わる複数の荷重のそれぞれの作用位置を、各荷重で重み付けした加重平均で表される。

【0038】

制御装置4は、さらに、荷重の中心位置の変化に基づいて、検出表面24(感圧シート31の表面)に接触している物体の滑りを検出する。このような二次元荷重分布中心位置検出型の触覚センサ21の構成、その荷重総量、中心位置、および、すべりの算出方法は公知である。例えば、特開昭56-147003号公報、特公昭60-35602号公報、特公平6-5162号公報、特公平6-58239号公報、国際公開2007/069412号のパンフレットに開示されている。これらの公報に開示の二次元荷重分布中心位置検出触覚センサは、配線数が4本であり、少配線を実現しており、出力の演算も単純なアナログ回路により行うことができるので、1ms以内の高い応答性を実現できる。

【0039】

次に、図4は近接覚センサ22を示す説明図である。反射型ホトセンサからなる近接覚センサ22は、発光ダイオード51とホトダイオード52とを備えている。発光ダイオード51は、アナログ回路23から供給される駆動信号に基づいて所定の光量の検出光53を射出する。物体54が近接覚センサ22の近傍に位置している場合には、当該物体54によって検出光53が反射される。物体54からの反射光55はホトダイオード52によって検出される。ホトダイオード52は受光量(反射光の光強度)に対応する検出電流を発生する。反射光55の強度は物体54とホトダイオード52の距離が小さいほど大きくなるので、物体54との距離を表す検出信号を得ることができる。

【0040】

アナログ回路23は、発光ダイオード51の検出光の光量を一定に制御し、ホトダイオード52から得られる検出電流に対応する検出信号を生成して、制御装置4に供給する。制御装置4は受け取った検出信号に基づき物体54との距離を算出することができる。

【0041】

(実施の形態2)

図5は実施の形態2に係る複合型センサを示す斜視図であり、図6はその分解斜視図で

10

20

30

40

50

ある。

【0042】

本実施の形態2に係る複合型センサ60は、実施の形態1におけるロボットハンド2のアーム部5に搭載可能である。ロボットハンド2のアーム部5は、人間の腕に対応し、ロボットハンド2が物体を把持するときに、物体に接触しない部分である。複合型センサ60は、円柱状のアーム部5の円形外周面部分に取り付けられている。

【0043】

複合型センサ60は、上記の複合型センサ20と同様に、二次元荷重分布中心位置検出型の触覚センサ64と、反射型ホトセンサからなる網目状近接覚センサ65とを備えている。触覚センサ64は感圧シート70を備えており、この感圧シート70によって覆われているアーム部5の表面が検出表面とされている。感圧シート70には複数の円形の貫通穴66がマトリックス状に形成されている。網目状近接覚センサ65は、アーム部5における感圧シート70によって被覆される円柱状部分の外周面部分において、貫通穴66に対応する位置においてマトリックス状に配置されており、各貫通穴66からは、各網目状近接覚センサ65のセンサ感受面が外部に露出している。

【0044】

触覚センサ64の感圧シート70は、触覚センサ21と同様に形成されている。すなわち、図6に示すように、導電性フィルム67（表面フィルム）と導電性フィルム68（裏面フィルム）と感圧導電性ゴム69（中間フィルム）とから形成されている。導電性フィルム67は長方形をしており、可撓性の導電性材料から形成されている。導電性フィルム68は、導電性フィルム67と同様の材料から形成され、導電性フィルム67の形状と概ね同一である。感圧導電性ゴム69は、所定の導電率を備えた弾性素材から形成されており、導電性フィルム67とほぼ同一の長方形をしている。

【0045】

感圧導電性ゴム69は、その長方形の対応する辺が互いに重なるように、導電性フィルム67と導電性フィルム68との間に積層されている。感圧導電性ゴム69は、さらに、導電性フィルム67と導電性フィルム68に電氣的に接続されている。感圧導電性ゴム69は、触覚センサ64に荷重が加わると、荷重が作用した部分が厚さ方向に弾性変形する。感圧導電性ゴム69は、弾性変形すると、導電性フィルム67と導電性フィルム68との間に与えられる抵抗が変化する。各フィルム67、68およびゴム69には各貫通穴66を構成している貫通穴67a、68a、69aがそれぞれ対応する部位に形成されている。

【0046】

触覚センサ64の感圧シート70には、第1ないし第4電極端子71～74が備わっている。第1電極端子71は、導電性フィルム67における長方形の一方の長辺に沿った縁部分に形成されており、不図示の電線を介して図1に示すアナログ回路23に電氣的に接続される。第2電極端子72は、導電性フィルム67における長方形の他方の長辺に沿った縁部分に形成されており、同じく電線を介してアナログ回路23に接続される。第3電極端子73は、導電性フィルム68における長方形の一方の短辺に沿った縁部分に形成されており、電線を介してアナログ回路23に接続されている。第4電極端子74は、導電性フィルム68における長方形の他方の短辺に沿った縁部分に形成されており、電線を介してアナログ回路23に電氣的に接続される。

【0047】

この構成の触覚センサ64は、第1および第2電極端子71、72と、第3、第4電極端子73、74の間に所定の電圧が印加されると、触覚センサ64の感圧シート70に作用する荷重に対応する電流が第1、2電極端子71、72、および第3、4電極端子73、74に流れる。

【0048】

アナログ回路23では、第1、2電極端子71、72と、第3、4電極端子73、74に所定の電圧を印加し、第1～第4電極端子71～74に流れる電流を測定し、その測定

10

20

30

40

50

結果を制御装置 4 に出力する。制御装置 4 は、その電流に基づいて触覚センサ 6 4 に加わる荷重の荷重総量とその荷重の中心位置とを算出する。その中心位置は、触覚センサ 6 4 に複数の荷重がそれぞれ加わる複数の位置を、その荷重で重み付けした加重平均を示している。制御装置 4 は、さらに、荷重の中心位置の変化に基づいて、触覚センサ 6 4 に接触している物体 5 4 のすべりを検出する。

【 0 0 4 9 】

次に、網目状近接覚センサ 6 5 は、複数の反射型ホトセンサからなる近接覚センサから構成されている。各網目状近接覚センサ 6 5 のセンサ感受面は、感圧シート 7 0 にマトリックス状に形成した複数の貫通穴 6 6 を介して、外部に露出している。網目状近接覚センサ 6 5 は、それぞれ、近接覚センサ 2 2 と同様の構成である。

10

【 0 0 5 0 】

(ロボットハンドの動作)

このように構成したロボットハンドシステム 1 の動作には、物体 5 4 を把持するための把持姿勢をとる動作と、指先部 8 c を把持対象の物体 5 4 に十分に接近させる動作と、把持対象の物体 5 4 を把持する動作が含まれている。

【 0 0 5 1 】

把持姿勢をとる動作では、制御装置 4 は、まず、近接覚センサ 2 2、6 5 を用いて、その把持物体とロボットハンド 2 との距離を計測する。制御装置 4 は、その距離に基づいて、指先部 8 c が把持物体 5 4 から数 c m の距離まで接近するように、ロボットハンド 2 の各アクチュエータ 1 1 ~ 1 5 を駆動制御する。

20

【 0 0 5 2 】

指先部 8 c を把持物体 5 4 に十分に接近させる動作では、制御装置 4 は、近接覚センサ 2 2 を用いて、その把持物体 5 4 とロボットハンド 2 の指先部 8 c との距離を計測する。制御装置 4 は、その距離に基づいて、指先部 8 c が把持物体 5 4 に接触するように、ロボットハンド 2 の各アクチュエータ 1 1 ~ 1 5 を駆動制御する。このとき、制御装置 4 は、把持物体 5 4 と指先部 8 c とが接触する瞬間に把持物体 5 4 と指先部 8 c との相対的な速度が零に収束するように、ロボットハンド 2 の各アクチュエータ 1 1 ~ 1 5 を駆動制御する。

【 0 0 5 3 】

把持物体 5 4 を把持する動作では、制御装置 4 は、触覚センサ 2 1 を用いて、その把持物体 5 4 から指先部 8 c の検出表面 2 4 に加わる荷重の荷重総量と中心位置とを検出する。制御装置 4 は、適切な荷重が指先部 8 c に加わるように、ロボットハンド 2 の各アクチュエータ 1 1 ~ 1 5 を駆動制御する。

30

【 0 0 5 4 】

制御装置 4 は、ロボットハンド 2 が把持物体 5 4 を把持した後に、把持物体 5 4 が目標位置に移動するように、ロボットハンド 2 の各アクチュエータ 1 1 ~ 1 5 を駆動制御する。ここで、制御装置 4 は、触覚センサ 2 1 を用いて把持物体 5 4 と指先部 8 c とのすべりを検出し、そのすべりに基づいてより適切な荷重を算出する。そして、算出した適切な荷重が指先部 8 c に加わるように、ロボットハンド 2 の各アクチュエータ 1 1 ~ 1 5 を駆動制御する。

40

【 0 0 5 5 】

(実施の形態の作用効果)

以上説明したように、ロボットシステム 1 は、触覚センサ 2 1、6 4 および近接覚センサ 2 2、6 5 の組み合わせからなる複合型センサ 2 0、6 0 を備えているので、把持物体 5 4 への近接情報と接触情報の双方を取得することができる。したがって、把持物体 5 4 への接近から、把持物体 5 4 の把持を行うまでの動作をシームレスかつスムーズに実現できる。

【 0 0 5 6 】

また、ロボットシステム 1 は、把持物体 5 4 をより適切に把持することができる。すなわち、ロボットシステム 1 は、把持物体 5 4 と指先部 8 c とが接触する瞬間に把持物体 5

50

4と指先部8cとの相対速度を零に収束させることにより、把持物体54に加わる衝撃力を低減することができ、把持物体54を変位、変形あるいは毀損することなくソフトに把持することができる。たとえば、ロボットシステム1は、立っている鉛筆を倒さないように、その鉛筆を把持することができ、痛くないように人間を支持することができる。ロボットシステム1は、さらに、倒れこむような把持物体を支持する場合に、接触力を受け流すように、ロボットハンド2の各アクチュエータ11～15を駆動制御することもできる。

【0057】

さらに、ロボットシステム1は、すべりに基づいて算出された荷重で把持物体54を把持することにより、把持物体54を滑らない最小な把持力で把持し続けることが可能になる。

10

【0058】

さらには、ロボットシステム1は、把持物体54を移動させる場合に、その移動に伴う加速度、振動等により把持物体54に慣性力が加わり滑りが生ずると把持力を強めるなど、動的な環境下での滑りを起こさない最小把持力の制御が可能となる。

【0059】

ここで、このような動作は、各動作で用いられるセンサが異なっている。このため、ロボットハンドシステム1は、各動作において用いるセンサを切り替えることができる。このとき、制御装置4は取り扱う情報量を軽減することができ、処理時間を短縮することもできる。

20

【0060】

接触前に情報を取得する方法としては、上記のように視覚センサが用いられるのが一般的である。視覚には、オクルージョン(対象物による隠蔽)の問題、死角の問題があり、全身をカバーする視覚センサの配置は困難である。また、視覚は、ビデオカメラにて撮影を行なうが、その応答速度は、通常1秒間に30フレーム程度である。ロボットシステム1は、その視覚センサに比較してロボットハンド2と把持対象物との位置関係が時々刻々と測定することができるために、把持対象物をより素早く、衝撃を与えずにソフトに確実につかむことができる。すなわち、本発明による触覚センサは、ロボットの皮膚感覚として用いるのに適している。

【0061】

本発明による触覚センサは、対象物を掬い上げるアームロボットに用いることもできる。この場合、アームロボットは、指先における場合と同様にして、対象物への接触までの動作をスムーズに行うことが可能となる。このようなアームロボットは、対象物を抱きかかえる動作や支える動作に例示される動作をソフトで安全に実行することができ、福祉介護ロボットで求められるヒューマンインタラクションを実現可能である。

30

【0062】

なお、ロボットシステム1は、把持物体の映像を撮像するビジョンセンサをさらに備えることもできる。このとき、ロボットシステム1は、その映像を用いて、把持物体の探査及び把持物体への大域的なアプローチまでを行い、局所的なアプローチ及び捕獲/把持を近接覚と触覚とで行わせることにより、画像処理などのソフト面での負担を軽減することができる。

40

【0063】

(触覚センサの測定精度に対する貫通穴の影響)

図7には、本発明者等が行った触覚センサ21に与えられた荷重の中心位置の測定結果の一例を示してある。測定結果からは、貫通穴を形成しても、測定誤差がいずれも十分に小さく、ロボットハンド2が把持物体を把持するために必要である精度を触覚センサ21が有していることが分かる。また、測定結果からは、荷重が与えられた加圧点の位置と、その測定点の位置と誤差が、その加圧点が貫通穴に近いほど大きく、その加圧点が貫通穴から遠いほど小さいことが分かる。

【0064】

50

本発明者等の測定によれば、貫通穴を形成した場合においても、触覚センサ 21 が、その 2 次元分布荷重の荷重総量と中心位置とを所定の精度で検出することができることが確認された。

【0065】

他の測定結果によれば、貫通穴の大きさが小さいほど、その誤差の最大値が小さい。さらに他の測定結果によれば、複数の貫通穴が一様に分散しているほど、測定誤差の最大値が小さい。このため、触覚センサ 21、64 は、貫通穴の寸法、配置を適切に設計することにより、所望の検出精度を維持することができる。

【0066】

また、貫通穴の形状としては、円形その他、三角形、正方形などの多角形としてもよい。また、これ以外の任意の形状とすることが可能である。

10

【0067】

(その他の実施の形態)

なお、近接覚センサ 22、65 の代わりに、物体の接近を検出する他の検出形式の近接覚センサを用いることができる。近接覚センサとしては、例えば超音波センサを用いることができる。

【0068】

また、近接覚センサ 22、65 以外のセンサを配置することも可能である。例えば、物体の接近とは異なる物理量を検出するセンサを配置することができる。このようなセンサとしては、熱感知センサ、色検出センサを挙げることができる。

20

【0069】

さらに、複数の網目状近接覚センサ 65 を複数種類の物理量をそれぞれ測定する複数のセンサに置換することもできる。このようなセンサが適用された触覚センサは、その物理量と荷重との組を検出することができる。

【0070】

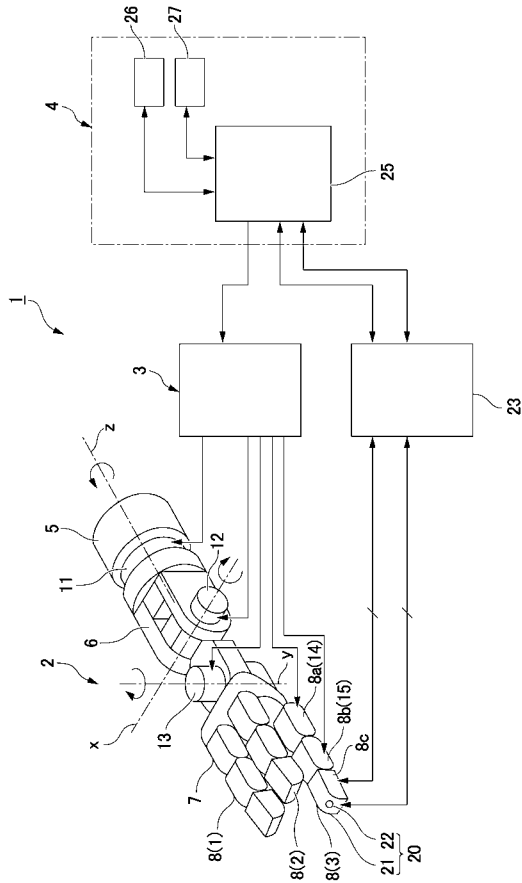
さらに、貫通穴 32、66 は、センサと異なる他の部位を露出させることに利用することもできる。例えば、ねじ、コネクタ、突起などを露出させることができる。ねじを露出させるためのねじ穴の場合には、ねじを受け入れて、触覚センサ 21、64 に被覆される指先部 8c、アーム部 5 に部品を固定するために利用される。コネクタは、触覚センサ 21、64 によって被覆されている指先部 8c、アーム部 5 を外部の装置に情報またはエネルギーを伝達するために利用される。突起は、触覚センサ 21、64 に被覆される装置の意匠性を向上させるために形成される。触覚センサ 21、64 の貫通穴から突起を外方に突出させておくことにより、感圧シートが表面から浮き上がることを防止でき、また、その破損を防止できるなどの効果が得られる。

30

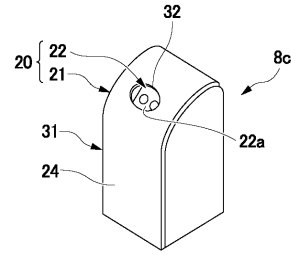
【0071】

さらには、上記の例は、本発明の複合型センサをロボットハンドの物体把持面、アームに取り付けたものであるが、本発明の複合型センサは、ロボットハンド、アーム以外の部位に用いることができる。ワークテーブルなどの各種の物体取り扱い機構に、本発明の複合型センサを用いることができる。

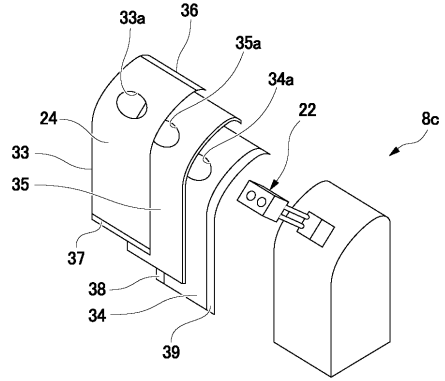
【 図 1 】



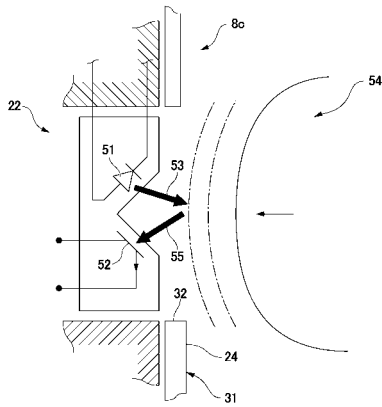
【 図 2 】



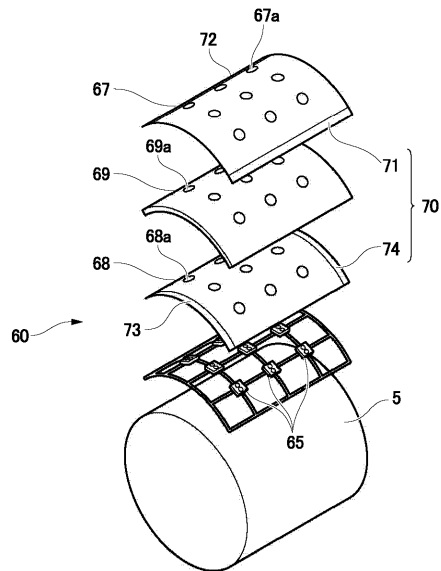
【 図 3 】



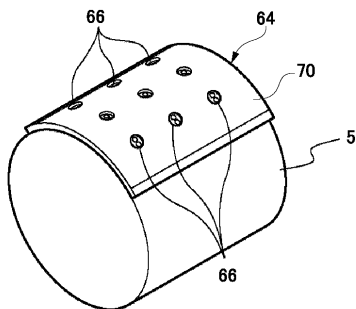
【 図 4 】



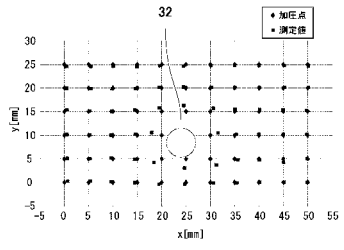
【 図 6 】



【 図 5 】



【 図 7 】



フロントページの続き

(51)Int.Cl. F I
B 2 5 J 15/08 (2006.01) B 2 5 J 19/02
B 2 5 J 15/08 U

(72)発明者 溝口 善智
東京都調布市調布ヶ丘1丁目5番地1 国立大学法人電気通信大学内

審査官 松浦 久夫

(56)参考文献 特開平5 - 60631 (JP, A)
特開2002 - 326554 (JP, A)
特公昭60 - 37401 (JP, B2)
特開2006 - 64408 (JP, A)
特開2000 - 283866 (JP, A)
特開昭62 - 42025 (JP, A)
実公平2 - 669 (JP, Y2)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G01L 1/20

G01L 5/00