

(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
2011年8月11日(11.08.2011)

PCT

(10) 国際公開番号

WO 2011/096367 A1

- (51) 国際特許分類:
G01L 5/16 (2006.01) G01L 5/00 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2011/051944
- (22) 国際出願日: 2011年1月31日(31.01.2011)
- (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 2010-021672 2010年2月2日(02.02.2010) JP
- (71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について): 公立大学法人 高知工科大学(Kochi University of Technology) [JP/JP]; 〒7828502 高知県香美市土佐山田町宮ノ口185番地 Kochi (JP). 学校法人同志社(THE DOSHISHA) [JP/JP]; 〒6028580 京都市上京区今出川通烏丸東入玄武町601番地 Kyoto (JP). 株式会社テック技販(Tec Gihan CO., LTD.) [JP/JP]; 〒6350831 奈良県北葛城郡広陵町馬見北7丁目4番8-2号 Nara (JP).

TA Kyoko) [JP/JP]; 〒7828502 高知県香美市土佐山田町宮ノ口185番地 公立大学法人高知工科大学内 Kochi (JP). 劉 涛(LIU Tao) [JP/JP]; 〒7828502 高知県香美市土佐山田町宮ノ口185番地 公立大学法人高知工科大学内 Kochi (JP). 辻内 伸好(TSUJIUCHI Nobutaka) [JP/JP]; 〒6100394 京都府京田辺市多々羅都谷1-3 同志社大学内 Kyoto (JP). 瀨瀬 和美(KOKETSU Kazumi) [JP/JP]; 〒6110033 京都府宇治市大久保町西ノ端1-22 株式会社テック技販内 Kyoto (JP). 土屋 陽太郎(TSUCHIYA Yotaro) [JP/JP]; 〒6110033 京都府宇治市大久保町西ノ端1-22 株式会社テック技販内 Kyoto (JP).

(74) 代理人: 久留 徹(KURU Toru); 〒6048064 京都市中京区富小路通六角下る骨屋之町550番地の2 Kyoto (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, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PE, PG, PH, PL, PT, RO, RS, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV,

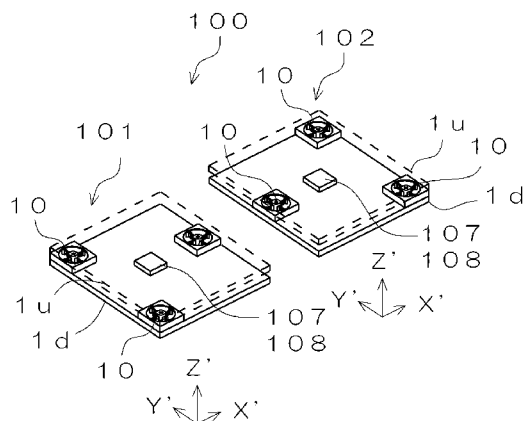
- (72) 発明者: および
- (75) 発明者/出願人 (米国についてのみ): 井上 喜雄(INOUE Yoshio) [JP/JP]; 〒7828502 高知県香美市土佐山田町宮ノ口185番地 公立大学法人高知工科大学内 Kochi (JP). 芝田 京子(SHIBA-

[続葉有]

(54) Title: MOBILE FLOOR REACTION FORCE MEASURING DEVICE

(54) 発明の名称: 移動型床反力計測装置

【図1】



(57) Abstract: In order to enable the accurate measurement of reaction force from the floor surface and moment without using a camera and enable the measurement of the orientation of a foot within a horizontal plane, reaction force sensors (10) are attached in three positions to each of a sensor unit (101) provided on the heel side of a foot of a subject and a sensor unit (102) provided on the toe side of the foot to find forces in the directions of three axes orthogonal to each other and moments around the axes. The sensor units (101, 102) are each provided with a posture detection sensor (107) for detecting the angle thereof from the horizontal plane and a geomagnetic sensor (108) for detecting the orientation in the horizontal direction of the foot of the subject, the angle formed with the floor surface is corrected using the posture detection sensor (107), and the change of the orientation within the floor surface is corrected using the geomagnetic sensor (108).

(57) 要約: 【課題】カメラを使うことなく床面からの反力やモーメントを正確に計測できるようにし、また、水平面内において足の向きも計測できるようにする。【解決手段】被験者の足のかかと側に設けられるセンサユニット101と、その足の先端側に設けられる102のそれぞれに3カ所ずつ

反力センサ10を取り付けて直交3軸方向の力とその軸周りのモーメントを求める。また、各センサユニット101、102には、それぞれの水平面からの角度を検出する姿勢検出センサ107と、被験者の足の水平方向における向きを検出する地磁気センサ108とを備えており、床面とのなす角度については姿勢検出センサ107を用いて補正するとともに、床面内における向きの変化については地磁気センサ108を用いて補正する。

WO 2011/096367 A1



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

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, ML, MR,
NE, SN, TD, TG).

(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, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア
(AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), ヨーロッパ
(AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR,

添付公開書類:

— 国際調査報告 (条約第 21 条(3))

明 細 書

発明の名称： 移動型床反力計測装置

技術分野

[0001] 本発明は、足の裏に加わるXYZ軸方向の力とそのXYZ軸まわりのモーメントを計測するとともに、その足の移動方向も検出できるようにした移動型床反力計測装置に関するものであり、より詳しくは、床からの反力に基づいて人間の下肢にかかる関節モーメントや筋力などを推定できるようにした移動型床反力計測装置に関するものである。

背景技術

[0002] 近年、リハビリテーションや福祉、スポーツなどの分野においては、人間の歩行状態や、下肢関節にかかるモーメント、下肢にかかる筋力などを推定できるようにした履物やその履物に取り付けられる反力計測装置などが提案されている（特許文献1）。

[0003] このような反力計測装置うち、特開2007-108079号公報には、図9に示すように履物5の床面側に取り付けられる反力計測装置が開示されている。

[0004] この反力計測装置は、外力が作用する上下2枚の上板6uと下板6dとの間に複数の反力センサ70を取り付けて構成されるもので、各反力センサ70からの出力値に基づいてXYZ方向の力を出力するとともに、各反力センサ70との距離や力の差分に基づいてX軸回り、Y軸回り、Z軸回りのモーメントを計測できるようにしたものである。

[0005] また、この特許文献1には、歩行時における安定性を向上させるために、足のかかと部分と先端部分の2カ所にセンサユニット71とセンサユニット72とを分離して設け、このセンサユニット71、72に設けられたマーカ-80の位置をカメラで撮像することによって、床からの反力やモーメントを計測できるようにしている。

先行技術文献

特許文献

[0006] 特許文献1：特開2007-108079号公報（図17、図22など）

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0007] しかしながら、上述のような反力計測装置を用いて床からの反力を計測する方法では、次のような問題がある。

[0008] すなわち、上述のように足のかかと部分と先端部分に分離したセンサユニットを取り付けるようにした場合、歩行時にそれぞれのセンサユニットの相対的な角度が変わってしまうため、正確に反力やモーメントを計測することができなくなるといった問題がある。これを詳述すると、人間が歩行する場合、図7（a）～（c）に示すように、まずは、かかと部分から先に床面に接地するようになるが（図7（a））、この場合、かかと部分のセンサユニット101は床面とほぼ平行な状態となる一方、先端側のセンサユニット102は床面に対して傾斜した状態となる。このような状態でそれぞれのセンサユニット101、102で床面からの反力を求めると、かかと側のセンサユニット101と先端側のセンサユニット102との角度が異なるため異なる方向での力やモーメントを計測してしまうことになる。また、次の一步を踏み出す場合についても同様に、図7（c）に示すように、先端側のセンサユニット102が床面とほぼ平行な状態となる一方、かかと部分のセンサユニット101は床面に対して傾斜した状態となるため、それぞれ違った角度での力やモーメントを計測してしまうことになる。

[0009] また、このように力やモーメントを計測する場合、センサユニットを基準に座標を決めるのではなく、絶対座標系で力やモーメントを計測するのが好ましい場合がある。例えば、歩行時にかかを接地させた後につま先側を内側に回転させるように内股状態で歩くような場合や（図8の状態）、自動車のアクセルとブレーキを踏み換えるような場合、絶対座標系でどのような方向にどのような力がかかるかを検出できるようにしておくのが好ましい。

[0010] これに対して、上記特許文献1では、センサユニット71、72にマーカ

一を付けてカメラで撮影するようにしているが、このようなカメラを用いた方法であると、計測できる場所がカメラの視野角の範囲内に限定されてしまうといった問題点がある。このため、カメラを設置させることができないような狭い場所や、非常に長い距離の歩行を要するような広い場所ではカメラを用いた検査ができなくなる。

[0011] そこで、本発明は、上記課題を解決するために、カメラを使うことなく床面からの反力やモーメントを正確に計測できるようにし、また、水平面内において足の向きも計測できるようにした移動型反力検出装置を提供することを目的とする。

課題を解決するための手段

[0012] すなわち、本発明は上記課題を解決するために、被験者の足に取り付けられ、床面からの反力に基づいて直交する3軸方向の力と当該各軸まわりのモーメントを計測する移動型床反力計測装置において、足のかかと側と足の先端側にそれぞれ分離して設けられ、前記直交する3軸方向の反力と当該各軸まわりのモーメントを計測する複数のセンサユニットと、当該各センサユニットの姿勢を検出する姿勢検出センサと、前記被験者の足の水平方向に対する向きを検出する方位センサとを備えるようにしたものである。

[0013] このようにすれば、姿勢検出センサによって足のかかと側のセンサユニットと先端側のセンサユニットの角度を検出することができるため、歩行時に足の接地状態が変化した場合であっても正確に床面から受ける反力やモーメントを計測することができる。しかも、方位センサによってそれらのセンサユニット自体がどのような方向を向いているかを検出することができるため、カメラの視野角に限定されることなく、どのような環境下でも足の方向や角度に基づく力やモーメントを計測することができるようになる。

[0014] また、このような発明において、センサユニットに反力センサを設ける場合、足の土踏まず側を頂点とする三角形をなすように反力センサを設ける。

[0015] このようにすれば、最も体重のかかるかかと部分や足の先端部分に多くの

反力センサを設けているため、各反力センサにかかる力を分散させて反力センサの耐荷重を小さくすることができる。これにより、反力センサを靴裏などに取り付けた場合であっても厚みを薄くして違和感をなくすことができるようになる。

発明の効果

[0016] 本発明によれば、被験者の足に取り付けられ、床面からの反力に基づいて直交する3軸方向の力と当該各軸まわりのモーメントを計測する移動型床反力計測装置において、足のかかと側と足の先端側にそれぞれ分離して設けられ、前記直交する3軸方向の反力と当該各軸まわりのモーメントを計測する複数のセンサユニットと、当該各センサユニットの姿勢を検出する姿勢検出センサと、前記被験者の足の水平方向に対する向きを検出する方位センサとを備えるようにしたもので、歩行時に足の接地状態が変化した場合であっても正確に床面から受ける反力やモーメントを計測することができる。しかも、方位センサによってそれらのセンサユニット自体がどのような方向を向いているかを検出することができるため、カメラの視野角に限定されることなく、どのような環境下でも足の方向や角度に基づく力やモーメントを計測することができるようになる。

図面の簡単な説明

- [0017] [図1]本発明の一実施の形態である移動型床反力計測装置の概略図
[図2]同形態における移動型床反力計測装置の断面概略図
[図3]同形態のセンサユニットに用いられる反力センサの外観斜視図
[図4]同形態における移動型床反力計測装置の機能ブロック図
[図5]同形態の反力センサの脚部に取り付けられるひずみゲージを示す図（a）とその裏面側におけるひずみゲージを示す図（b）
[図6]同形態のブリッジ回路を示す図
[図7]人間の歩行状態を示す図
[図8]水平面である床面に対して足を上げて角度を変えた状態と座標系を示す図

[図9]従来例における反力計測装置

発明を実施するための最良の形態

- [0018] 以下、本発明の一実施の形態について図面を参照して説明する。この実施の形態における移動型床反力計測装置100は、靴やサンダルなどの履物5の裏面に取り付けて使用されるもので、図1に示すように、足のかかと側と足の先端側に独立した2組のセンサユニット101、102を設け、それぞれのセンサユニット101、102から絶対座標系XYZにおける床からの反力とその3軸まわりのモーメントを出力できるようにしたものである。そして、その出力値や、これ以外の下腿や大腿に設けられた姿勢センサ（図示せず）の出力値などを用いてリハビリテーションなどを行う人間の下肢の筋肉や関節にかかる荷重などを計測できるようにしたものである。以下、本実施の形態における移動型床反力計測装置100の構成について詳細に説明する。なお、本実施の形態においては、X'Y'Z'を各センサユニット101、102を基準とした座標系とし、XYZを絶対座標系として説明する。
- [0019] この移動型床反力計測装置100を構成するセンサユニット101、102は、図1や図2に示すように、上板1uと下板1dとの間に反力センサ10を取り付け、各反力センサ10からの出力値に基づいて絶対座標系におけるXYZ方向の力やその各軸まわりのモーメントを計測できるようにしたものである。ここで、この上板1uや下板1dは、金属板や硬質プラスチック、セラミックなどのように比較的硬い素材で構成される。なお、図1では、上板1uを破線で示している。このとき、上板1uや下板1dを比較的柔らかい素材で構成すると、特定の反力センサ10にのみ大きな荷重がかかってしまい、その荷重に耐えられなくなってしまう。一方、この荷重に耐えられるように反力センサ10を大きくすると、その反力センサ10の大きさによってブーツを履いた時のように高足な状態となり、自然な歩行が困難となる。そこで、この上板1uや下板1dを固い素材で構成することで各反力センサ10にかかる荷重を分散し、反力センサ10自体を小さくできるようにするとともに、各反力センサ10間の距離と荷重によってモーメントを計測できる

ようにしている。この反力センサ 10 にかかる荷重を分散させる方法としては、まず、図 1 に示すように、かかと側のセンサユニット 101 については、足のかかと側に 2 つの反力センサ 10 を設けるとともに、土踏まず側に 1 つの反力センサ 10 を設ける。また、足の先端側のセンサユニット 102 については、足の先端側に 2 つの反力センサ 10 を設け、土踏まず側に 1 つの反力センサ 10 を正三角形形状をなすように設ける。このようにすると、最も荷重のかかりやすい場所に複数の反力センサ 10 を配置することになるので、それぞれの耐荷重を小さくすることができ、上下の厚み幅を小さくして靴底の厚みを小さくすることができるようになる。

[0020] この上板 1 u や下板 1 d は、人間の歩行時における足の動きに自由度を持たせるように、足のかかと側と先端側に分離した状態で履物 5 に取り付けられる。この上板 1 u や下板 1 d のうち、上板 1 u は、履物 5 (図 7 参照) の裏面に対して面ファスナーなどを介して着脱可能に取り付けられるか、もしくは、靴底と一体的に取り付けられ、また、下板 1 d の下面側には、床面とのクッション性をよくするために、下面側にゴム板などを取り付けている。なお、この上板 1 u は履物 5 の裏面に他の方法で取り付けようとしてもよく、また、下板 1 d の下面側については、フェルトなどの不織布などを取り付けてクッション性を持たせるようにしてもよい。

[0021] この上板 1 u や下板 1 d との間に取り付けられる反力センサ 10 は、直交する 3 軸方向の力を計測できるようにしたものをを用いる。ここで、直交する 3 軸とは、各反力センサ 10 を基準とした直交座標系の各軸 X' Y' Z' を示したもので、この各軸方向の値と後述する姿勢検出センサ 107 および地磁気センサ 108 を用いて絶対座標系に変換し XYZ 方向の反力を計測する。

[0022] 図 3 にこの実施の形態における反力センサ 10 の外観斜視図を示す。図 3 に示す反力センサ 10 は、縦横寸法が約 20mm × 約 20mm、厚み寸法が 5mm ~ 6mm 程度の大きさを有するもので、正方形の枠部 11 と、その枠部 11 の中心部から外方に向かって放射状に延びる脚部 12 ~ 15 と、その脚部 12 ~ 15 の長手方向の変位を検出するように脚部 12 ~ 15 の両側面に設け

られた8個の第一のひずみゲージ21~28と、その脚部12~15の長手方向に対して約45度の角度をなして取り付けられた第二のひずみゲージ31~38などを有してなる。なお、図3において第一のひずみゲージ22、23、25、28および第二のひずみゲージ32、33、35、38は脚部12~15の裏面側に設けられているため図示されていない。そして、このような構成において、中心部のタップ孔に貫入されたピン16に荷重を作用させることによって直交する3軸方向の力を検出できるようにしている。

[0023] これらの脚部12~15は、枠部11の底面部分から若干隙間を有するような縦長平面状に構成され、これによって厚み方向（図3におけるZ'方向）にかかる大きな荷重に耐えられるようにしている。この脚部12~15の各両側面8カ所に取り付けられる第一のひずみゲージ21~28は、縦長方向に取り付けられ、また、この第一のひずみゲージ21~28によって図6（a）（b）に示すブリッジ回路41を構成することによってX'方向やY'方向にかかる荷重を検出できるようにする。また、第二のひずみゲージ31~38は、脚部12~15の各両側面に斜め45度をなすように8カ所に取り付けられ、Z'方向もしくは斜め方向にかかる荷重を検出する。この第二のひずみゲージ31~38を各両側面に取り付ける場合、表面側の向きと裏面側の向きとが逆になるように取り付け、この第二のひずみゲージ31~38によって図6（c）に示すようなブリッジ回路42を形成して、そのブリッジ回路42の抵抗値の変化によってZ'方向の荷重を検出する。

[0024] この反力センサ10について詳述すると、対向する1対の脚部12、14に設けられた第一のひずみゲージ21、22、25、26によって図6（a）に示すブリッジ回路41を形成するとともに、これに隣接して対向する1対の脚部13、15に設けられた第一のひずみゲージ23、24、27、28によって図6（b）に示すブリッジ回路41を形成する。一方、第二のひずみゲージ31~38によるブリッジ回路42については、図6（c）に示すように、同一の脚部12~15の表裏に設けられた第二のひずみゲージ31~38を直列に配置し、これと対向する脚部12~15の第二のひずみゲ

ージ31～38を向かい合させるようにしてブリッジ回路42を形成する。

[0025] ここで、中心部のピン16に力が加わった場合について説明する。Z'軸方向に力 F_z が加えられた場合、中心部がZ'軸方向に移動し、脚部12～15が撓むことになる。この結果、第一のひずみゲージ21、22、25、26と第二のひずみゲージ31、32、35、36が伸びるように変化して抵抗値が増加する。一方、第一のひずみゲージ23、24、27、28は長さが伸びる方向、すなわち、抵抗値が増加する方向に変化し、第二のひずみゲージ33、34、37、38は、長さが縮む方向に変化し、抵抗値が減少する方向に変化する。このように、各ひずみゲージの長さが変化すると、第二のひずみゲージ31～38で形成されるブリッジ回路42によって、Z'軸方向の変化を検出することができる。一方、第一のひずみゲージ21～28によって形成されるブリッジ回路41ではZ'方向の変化は検出されない。すなわち、第一のひずみゲージ21～28の抵抗値の増加が等しい場合には、出力電圧は変化せず、また、第一のひずみゲージ21～28についても同様に出力電圧は変化しない。

[0026] 一方、Y'軸方向に力を加えた場合は、脚部12が圧縮され、脚部14は伸びるように変化するとともに、脚部13や脚部15は撓む方向に変化する。この結果、第一のひずみゲージ21、22と第二のひずみゲージ31、32は、長さが縮む方向に変化して抵抗値が減少する。一方、第一のひずみゲージ25、26や第二のひずみゲージ25、36は、長さが伸びる方向に変化するため、抵抗値が増加する。また、第一のひずみゲージ24、27および第二のひずみゲージ34、37については長さが伸びる方向に変化するため抵抗値が増加する。一方、第一のひずみゲージ23、28および第二のひずみゲージ33、38については、長さが縮む方向に変化し抵抗値が減少する。

[0027] このように脚部12～15の長さの変化がすると、第一のひずみゲージ21、22、25、26で形成されたブリッジ回路41（図6(a)）によってY'軸方向の変化が検出され、第一のひずみゲージ25、26の抵抗増加、

および、第一のひずみゲージ 21、22 の抵抗減少によって出力電圧に変化をもたらす。

[0028] 一方、第一のひずみゲージ 23、24、27、28 で形成されたブリッジ回路 41 (図 6 (b)) では、Y' 軸方向の変化は検出されない。なぜなら、第一のひずみゲージ 23、28 の抵抗減少の大きさと、第一のひずみゲージ 24、27 の抵抗増加の大きさとが等しい場合、出力電圧に変化をもたらさないからである。このように反力センサ 10 によって Y' 軸方向の力を検出することができ、X' 方向についても同様にして X' 方向の力を検出できる。

[0029] このようにして、第一のひずみゲージ 21~28、第二のひずみゲージ 31~38 で構成された反力センサ 10 によって X' Y' Z' 方向に働く反力を検出する。

[0030] この反力センサ 10 は、上板 1u や下板 1d に対して一直線上に位置しないように少なくとも正三角形をなす位置に配置され、図 2 に示すように、枠部 11 を下板 1d に固定するとともに、中心部に挿入されるピン 16 を上板 1u に固定するようにしている。そして、上板 1u と下板 1d の間に少しだけ空間を設けた状態にしておき、上板 1u と下板 1d の相対的な変位に基づく荷重によって X' Y' Z' 方向に働く反力を検出する。そして、各センサユニット 101、102 の 3 つの反力センサ 10 の X' Y' Z' 方向に働く反力を検出し、各センサユニット 101、102 の重心位置における反力やモーメントを計測する。なお、この正三角形をなすように設けられた反力センサ 10 の間には、力を計測するための演算部 103 を有する基板や、ジャイロセンサ、加速度センサなどの姿勢検出センサ 107、および、地磁気センサ 108 などが設けられる。

[0031] 演算部 103 (図 4 参照) は、各センサユニット 101、102 からの出力値に基づいて各センサユニット 101、102 の重心位置における反力やモーメントを計測するもので、ここでは、各センサユニット 101、102 における X' Y' Z' 方向の反力を $F_{1X'}$ 、 $F_{2X'}$ 、 $F_{3X'}$ とし、Y' 方向の反力を $F_{1Y'}$ 、 $F_{2Y'}$ 、 $F_{3Y'}$ とし、Z' 方向の反力を $F_{1Z'}$ 、 $F_{2Z'}$ 、 $F_{3Z'}$ とした場合、次式によって各センサユニ

ット101、102の重心位置G1、G2における反力を計測する。ここで、 F_{11M} 、 F_{12M} 、 F_{13M} ($M=X', Y', Z'$) は、センサユニット101における各反力センサ10のM軸方向 ($M=X', Y', Z'$) の反力であり、また、 F_{21M} 、 F_{22M} 、 F_{23M} ($M=X', Y', Z'$) は、センサユニット102における各反力センサ10のM軸方向 ($M=X', Y', Z'$) の反力である。

$$F_{1X'} = F_{11X'} + F_{12X'} + F_{13X'}$$

$$F_{1Y'} = F_{11Y'} + F_{12Y'} + F_{13Y'}$$

$$F_{1Z'} = F_{11Z'} + F_{12Z'} + F_{13Z'}$$

$$F_{2X'} = F_{21X'} + F_{22X'} + F_{23X'}$$

$$F_{2Y'} = F_{21Y'} + F_{22Y'} + F_{23Y'}$$

$$F_{2Z'} = F_{21Z'} + F_{22Z'} + F_{23Z'}$$

[0032] また、各センサユニット101、102の重心位置G1、G2を基準とした $X'Y'Z'$ 軸回りにおけるモーメントは、次式で表される。ここで、 L_{11M} 、 L_{12M} 、 L_{13M} ($M=X', Y', Z'$) は、センサユニット101における各反力センサ10からM軸 ($M=X', Y', Z'$) までの距離であり、また、 L_{21M} 、 L_{22M} 、 L_{23M} ($M=X', Y', Z'$) は、センサユニット102における各反力センサ10からM軸 ($M=X', Y', Z'$) までの距離である。

$$M_{1X'} = F_{11Z'} \times L_{11X'} + F_{12Z'} \times L_{12X'} + F_{13Z'} \times L_{13X'}$$

$$M_{1Y'} = F_{11Z'} \times L_{11Y'} + F_{12Z'} \times L_{12Y'} + F_{13Z'} \times L_{13Y'}$$

$$M_{1Z'} = F_{11X'} \times L_{11Z'} + F_{12X'} \times L_{12Z'} + F_{13X'} \times L_{13Z'} + F_{11Y'} \times L_{11Z'} + F_{12Y'} \times L_{12Z'} + F_{13Y'} \times L_{13Z'}$$

$$M_{2X'} = F_{21Z'} \times L_{21X'} + F_{22Z'} \times L_{22X'} + F_{23Z'} \times L_{23X'}$$

$$M_{2Y'} = F_{21Z'} \times L_{21Y'} + F_{22Z'} \times L_{22Y'} + F_{23Z'} \times L_{23Y'}$$

$$M_{2Z'} = F_{21X'} \times L_{21Z'} + F_{22X'} \times L_{22Z'} + F_{23X'} \times L_{23Z'} + F_{21Y'} \times L_{21Z'} + F_{22Y'} \times L_{22Z'} + F_{23Y'} \times L_{23Z'}$$

[0033] そして、これらの値は、演算部103におけるCPUによってサンプリング時間毎に計測されて補正部104に出力される。

[0034] 補正部104は、この出力された各センサユニット101、102における X', Y', Z' 方向の反力やモーメントを、絶対座標系における反力やモーメントとして計測する。この補正処理を行う場合、各センサユニット101、1

02の1つの共通する姿勢検出センサ107を設け、この姿勢検出センサ107からの出力値に基づいて各センサユニット101、102の絶対座標に対する座標と姿勢を出力する。ここで、姿勢検出センサ107としては、各センサユニット101、102の相対的な位置関係や姿勢などを出力できるようなものであればどのようなものであってもよく、例えば、ジャイロセンサや加速度センサなどを用いる。この姿勢検出センサ107は、上板1uや下板1dに固定して取り付けられ、その出力値が補正部104に出力される。

[0035] ここで、ジャイロセンサを用いた場合、そのジャイロセンサを取り付けたセンサユニット101、102の角速度を検出することができ、その角速度をサンプリング時間で積分することによってそのジャイロセンサを取り付けたセンサユニット101、102の姿勢を検出することができる。すなわち、床面を基準とした角度の変化を検出することができる。しかしながら、この積分処理は、時間の経過によって誤差を生じ、その誤差が累計されることによって正規の姿勢から大きくずれていく可能性がある。

[0036] そこで、加速度センサも併用することができる。この加速度センサは、重力加速度の成分と運動によって生ずる加速度の成分の和を計測するもので、静止状態であれば重力加速度のみを計測するものを用いる。このとき、加速度センサが傾けば、重力成分が変化するので、静止していることが分かっている状態であれば、傾き姿勢を計測することができる。2組のセンサユニット101、102が床面に水平に接している状態には、加速度センサは静止しているので、そのときには、ジャイロセンサによる角速度を積分して求める傾きを補正することができる。2組のセンサユニット101、102が床面に接しているか否かは、反力センサ10のZ'方向の出力によって判定することができる。このようにすれば、ジャイロセンサを積分する際に生ずる誤差を抑制することができる。

[0037] 2組のセンサユニット101、102の床面との接地状態は、反力センサ10のZ'方向の出力と姿勢検出センサ107の出力から把握することができる。

る。このように接地状態と姿勢がわかれば、床面を基準位置とした床反力やモーメントを得ることができる。

[0038] なお、このように床からの反力やモーメントを得た場合において、図8に示すように、足の向く方向が床面と水平面に沿って変化した場合、Z方向の力やモーメントについては変化しないものの、反力センサ10のX方向やY方向の力の向きが変化してしまう。このため、これらの方向の力やモーメントを絶対座標系におけるXYZ方向の力やモーメントに変換するために、地磁気センサ108を用いてセンサユニット101、102がどちらの方向を向いているのかを検出する。この実施の形態では、地磁気センサ108をかかと側のセンサユニット101と先端側のセンサユニット102の両方に設けるようにしているが、いずれか一方側のみでもよい。そして、このような地磁気センサ108を用いて絶対座標系でのセンサユニット101、102の向く方向を検出し、その値を用いて床面からの反力やモーメントを補正する。

[0039] そして、このように補正されたXYZ軸の反力やモーメントを出力部105を介して演算装置106に出力し、そこで、これらの出力値や、これ以外に別途下腿や大腿の姿勢などを検出することによって被験者の下肢にかかる負荷や関節にかかるモーメントなどを計測する。このとき、各センサユニット101、102からの反力やモーメントを出力するようによく、あるいは、足全体の重心位置にかかる反力はモーメントを演算して出力するようによい。また、この出力部105を介して演算装置106に出力する場合、通信ケーブルを介して出力するようによく、あるいは、無線によって演算装置106に出力するようによい。

[0040] 次に、このように構成された移動型床反力計測装置100の使用例について説明する。

[0041] まず、使用に先立って被験者に履物5を履いてもらい、履物5の裏面に設けられた各センサユニット101、102を水平な状態にして（図7（b））、加速度センサが重力加速度のみを計測し、ジャイロセンサによる傾きを補正するとともに地磁気センサを用いてセンサユニット101、102の方

向を検出しておく。このとき、人間の荷重が各センサユニット101、102にかかり、各センサユニット101、102の反力センサ10から絶対座標系におけるXYZ方向の反力やモーメントが出力される。

- [0042] 次に、被験者が歩行しはじめた場合、図7(c)に示すように、足のかかと側を持ち上げる。このとき、かかと側のセンサユニット101は床面に対して θ_{1X} 、 θ_{1Y} 、 θ_{1Z} だけ傾斜するとともに、かかとが若干床面に接触している場合は、その床面からの反力やモーメントを受ける。このとき、センサユニット101側の反力センサ10から出力された反力やモーメントは、床面に対して傾いた状態となるため、その反力やモーメントを補正部104を介して床面を基準とした反力やモーメントに補正する。一方、先端側のセンサユニット102については床面と水平な状態となっているため、補正部104を介して補正を行っても鉛直方向の反力の出力値は変化しない。
- [0043] 次に、被験者がかかと側から着地する場合、かかと側のセンサユニット101はほぼ床面と水平な状態となる一方、先端側のセンサユニット102は床面に対して傾斜した状態となる。このとき、センサユニット102側の反力センサ10から出力された反力やモーメントは、床面に対して傾いた状態となるため、補正部104を介して座標変換を行って反力やモーメントに補正する。一方、かかと側のセンサユニット101は、この状態では床面と水平な状態となっているため、補正部104を介して補正を行っても反力やモーメントの出力値は変化しない。
- [0044] また、このような歩行において、図8に示すように、被験者が床面に沿って足の向きを変えた場合、地磁気センサ108を用いてそのセンサユニット101、102の方向を検出し、すでに算出された反力やモーメントをXYZ方向の反力やモーメントとして補正する。
- [0045] そして、このように補正部104を介して補正された反力やモーメントを出力部105を介して演算装置106に出力し、その出力値や、これ以外に別途、下腿や大腿の姿勢などを検出することによって被験者の下肢にかかる負荷や関節にかかるモーメントなどを計測する。

- [0046] このように上記実施の形態によれば、足のかかと側と足の先端側にそれぞれ分離して設けられ、前記直交する3軸方向の反力と当該各軸まわりのモーメントを計測するセンサユニット101、102と、各センサユニット101、102の姿勢を検出するジャイロセンサや加速度センサなどの姿勢検出センサ107、および、被験者の足の水平方向における向きを検出する地磁気センサ108とを備えるようにしたもので、歩行時に足の接地状態や足の方向が変化した場合であっても正確に床面から受ける反力やモーメントを計測することができる。しかも、地磁気センサ108によってそれらのセンサユニット101、102自体がどのような方向を向いているかを検出するため、カメラの視野角に限定されることなく、どのような環境下でも足の方向や角度に基づく力やモーメントを計測することができるようになる。
- [0047] なお、本発明は上記実施の形態に限定されることなく種々の態様で実施することができる。
- [0048] 例えば、上記実施の形態によれば、上板1uと下板1dとの間に3つの反力センサ10を設けるようにしているが、反力センサ10の数については3つに限定されるものではなく、4つ以上設けるようにしてもよい。このとき、各反力センサ10については、荷重のかかりやすい場所に配置するようにしてもよい。
- [0049] また、上記実施の形態では、センサユニット101、102をかかと側と先端側に設けるようにしたが、さらに細かく分割して履物5の裏面に設けるようにしてもよい。
- [0050] さらに、上記実施の形態では、履物5の裏面と床面との間にセンサユニット101、102を取り付けるようにしているが、履物5の中敷きの下方にセンサユニット101、102を設けるようにしてもよい。
- [0051] 加えて、上記実施の形態では、姿勢検出センサ107としてジャイロセンサや加速度センサ、地磁気センサ108などを用いるようにしているが、各センサユニット101、102と床面との角度や位置、方向を計測できるようなものであればどのようなものを用いてもよい。

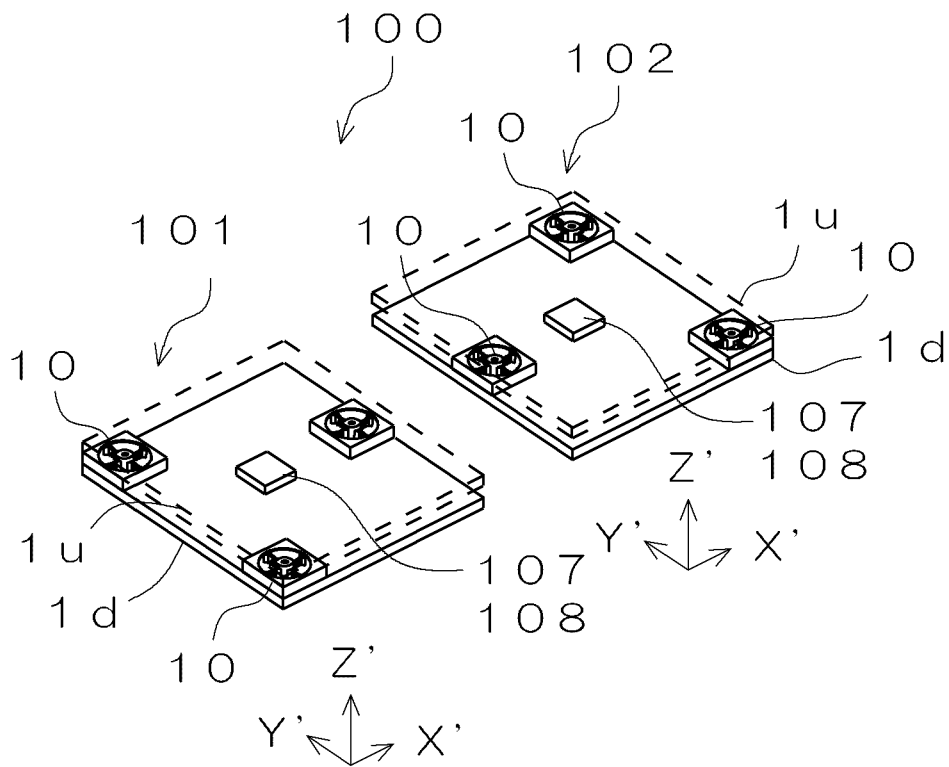
符号の説明

- [0052] 100・・・移動型床反力計測装置
101、102・・・センサユニット
1u・・・上板
1d・・・下板
10・・・反力センサ
11・・・枠部
12～15・・・脚部
16・・・ピン
21～28・・・第一のひずみゲージ
31～38・・・第二のひずみゲージ
41、42・・・ブリッジ回路
103・・・演算部
104・・・補正部
105・・・出力部
106・・・演算装置
107・・・姿勢検出センサ（107a：ジャイロセンサ、107b：加速度センサ）
108・・・地磁気センサ
5・・・履物

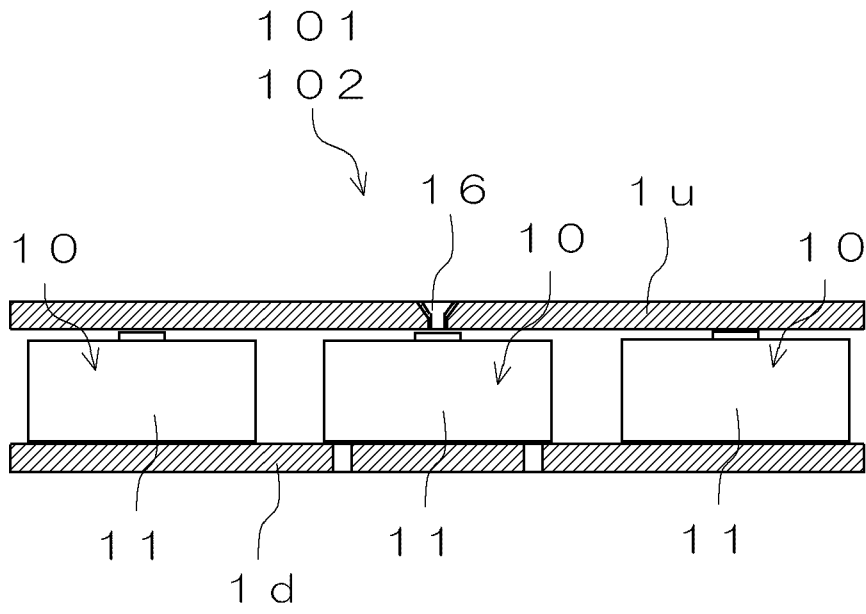
請求の範囲

- [請求項1] 被験者の足に取り付けられ、床面からの反力に基づいて直交する3軸方向の力と当該各軸まわりのモーメントを計測する移動型床反力計測装置において、
- 足のかかと側と足の先端側にそれぞれ分離して設けられ、前記直交する3軸方向の反力と当該各軸まわりのモーメントを計測する複数のセンサユニットと、
- 当該各センサユニットの姿勢を検出する姿勢検出センサと、
- 前記被験者の足の水平方向に対する向きを検出する方位センサと、
- を備えるようにしたことを特徴とする移動型床反力計測装置。
- [請求項2] 前記センサユニットが、土踏まず側を頂点とする三角形をなす位置に反力センサを備えて構成されるものである請求項1に記載の移動型床反力計測装置。

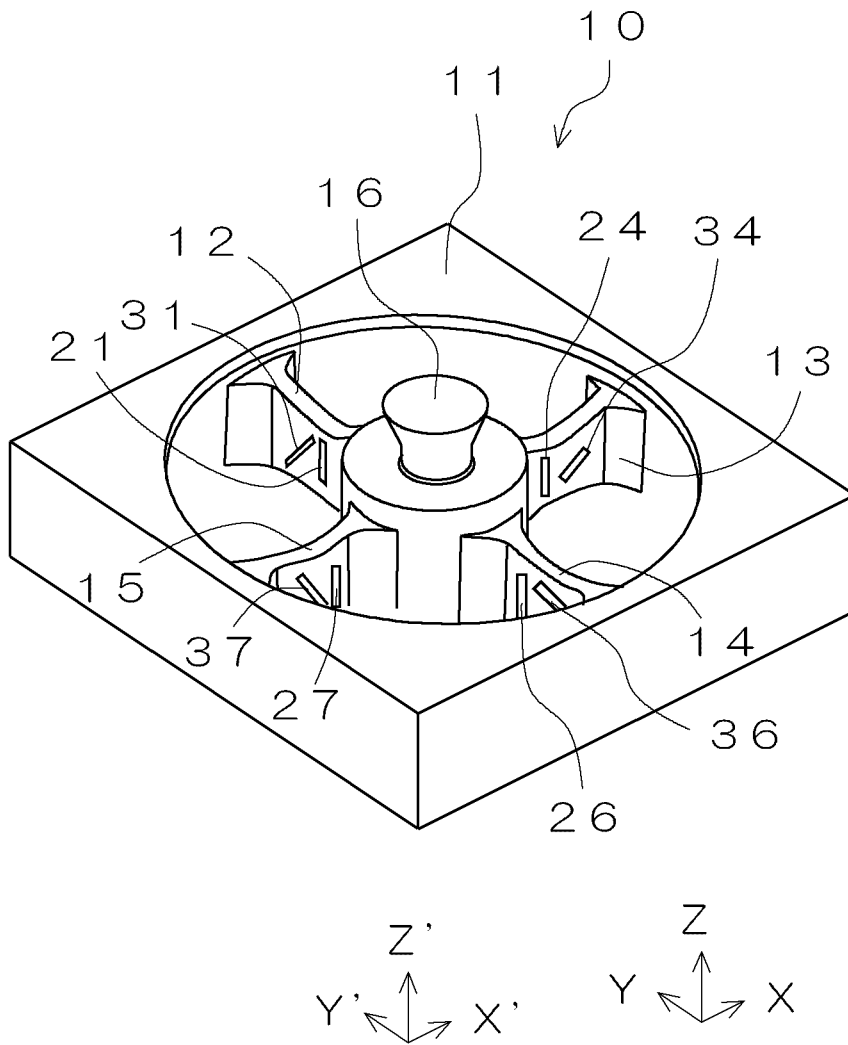
[図1]



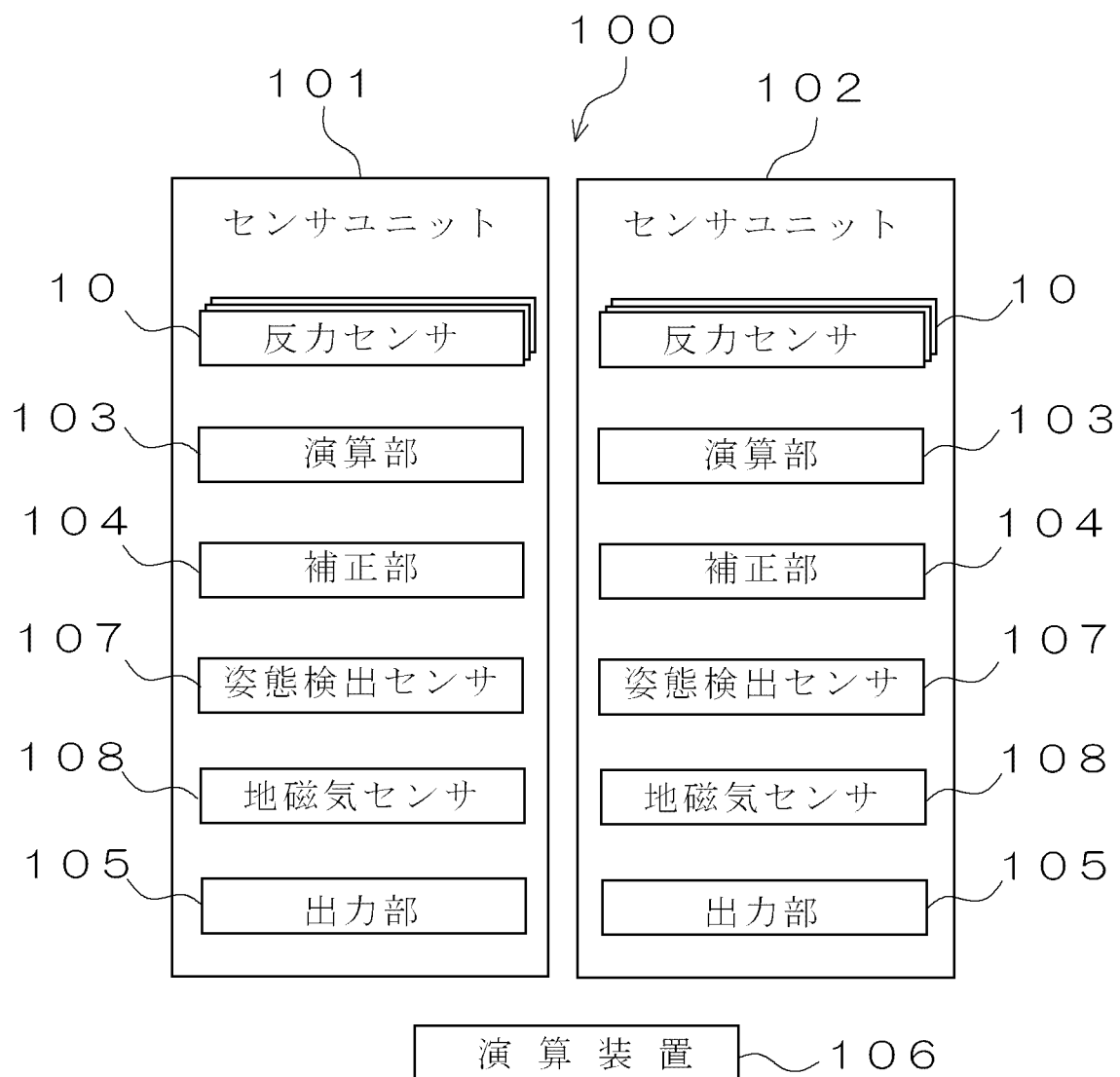
[図2]



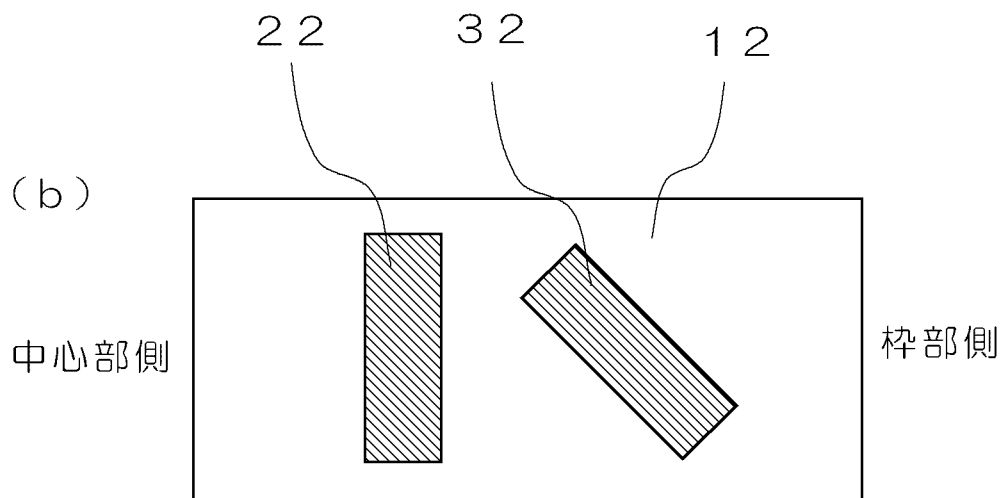
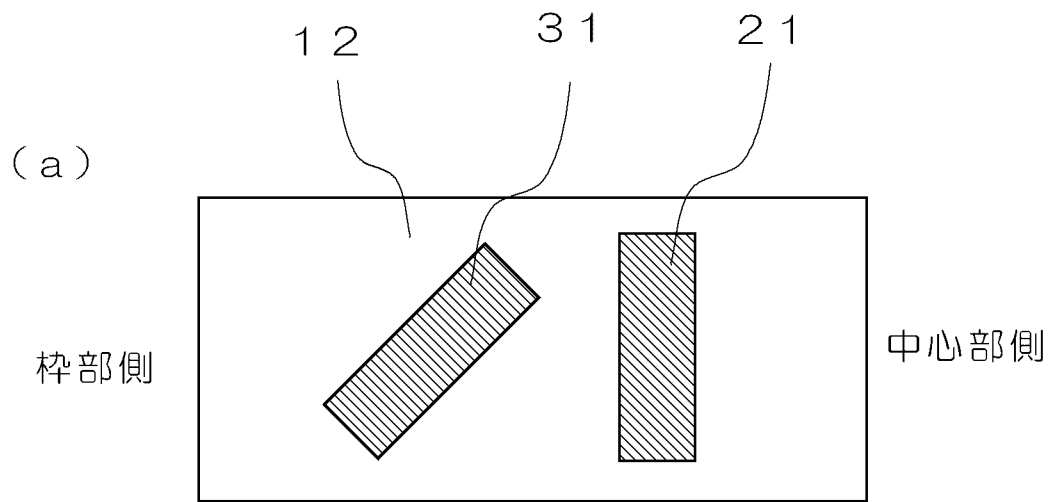
[図3]



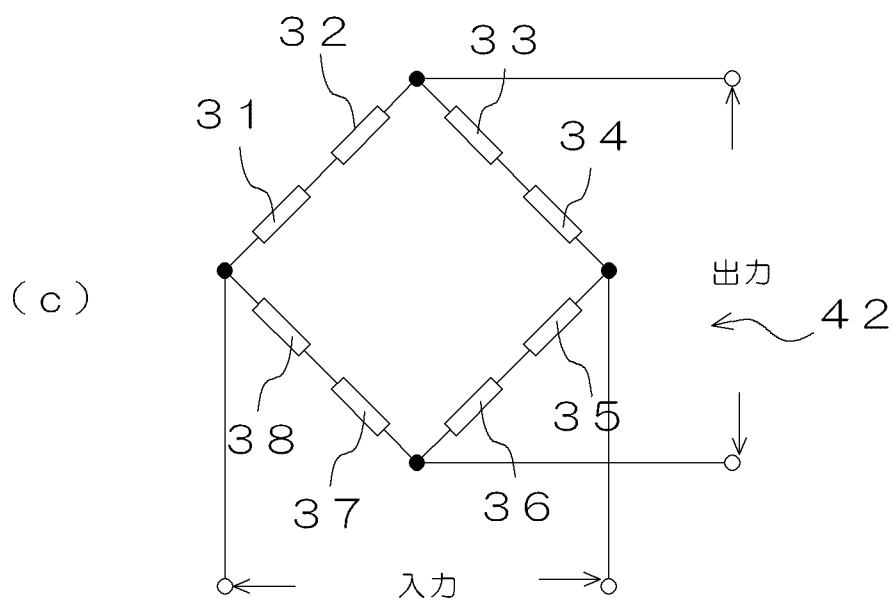
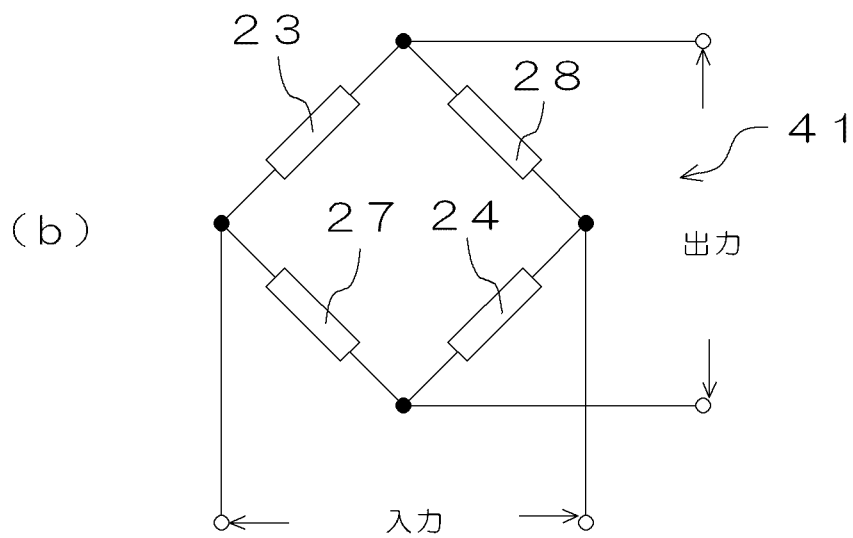
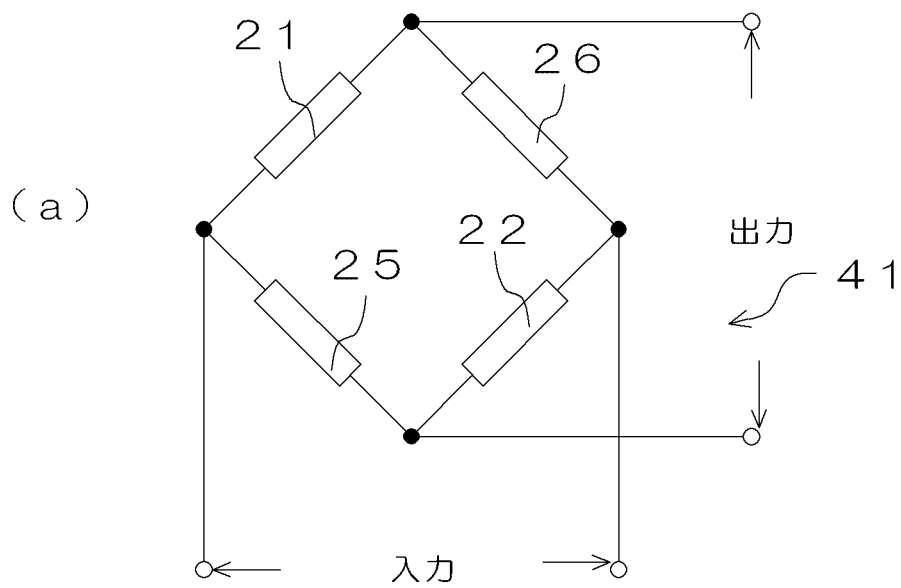
[図4]



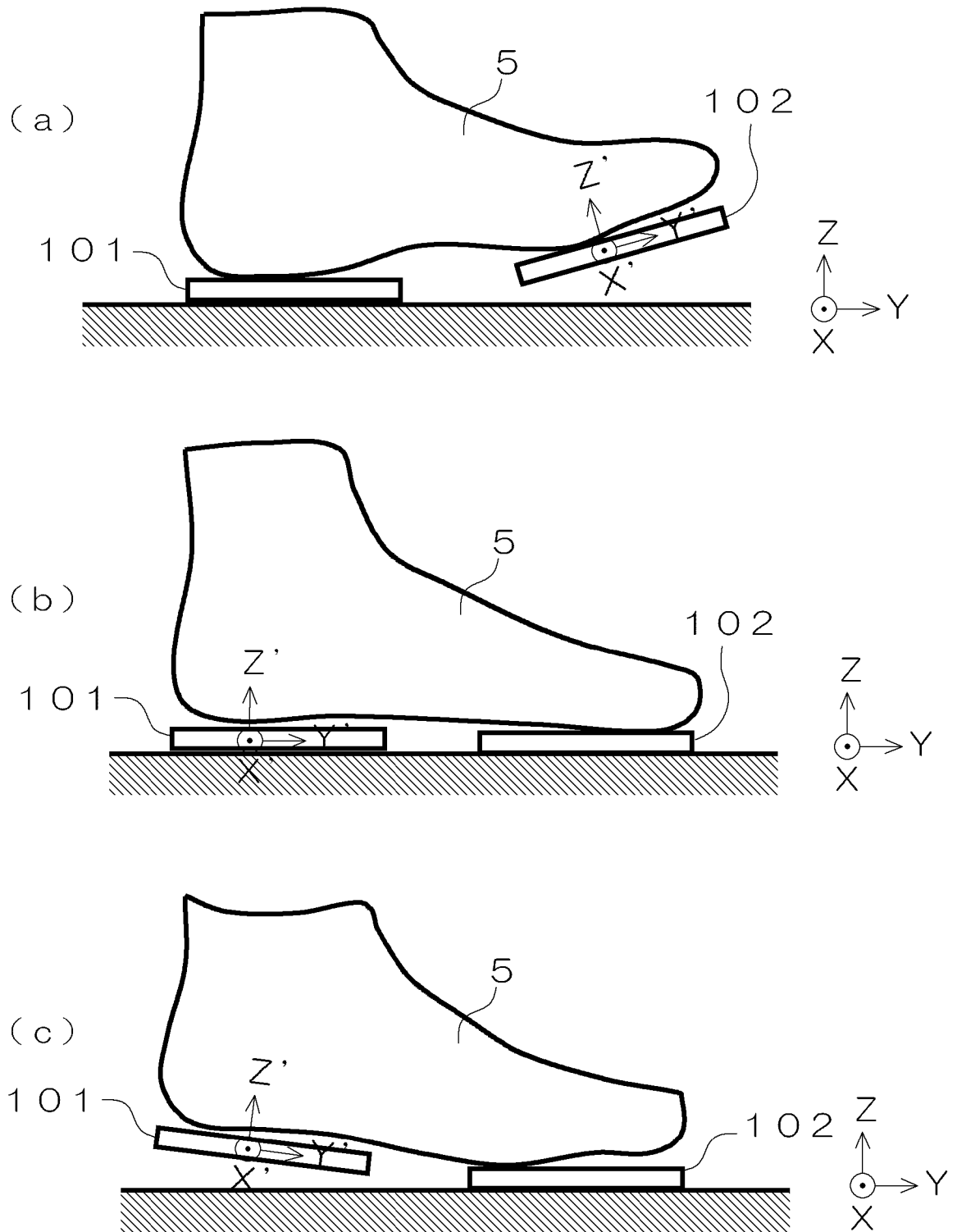
[図5]



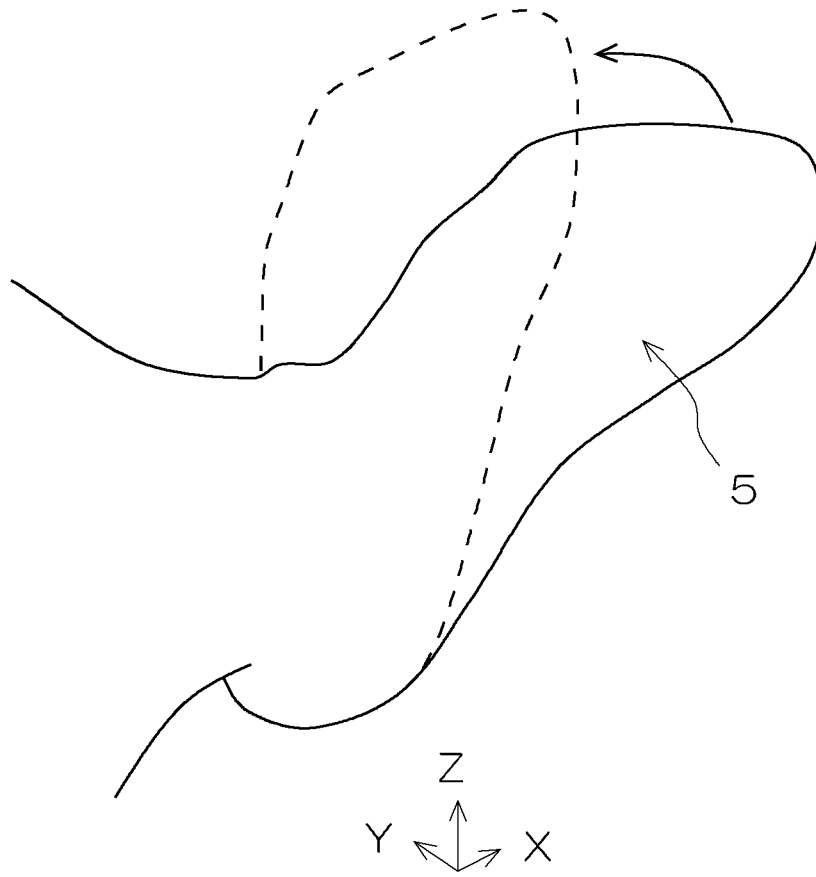
[図6]



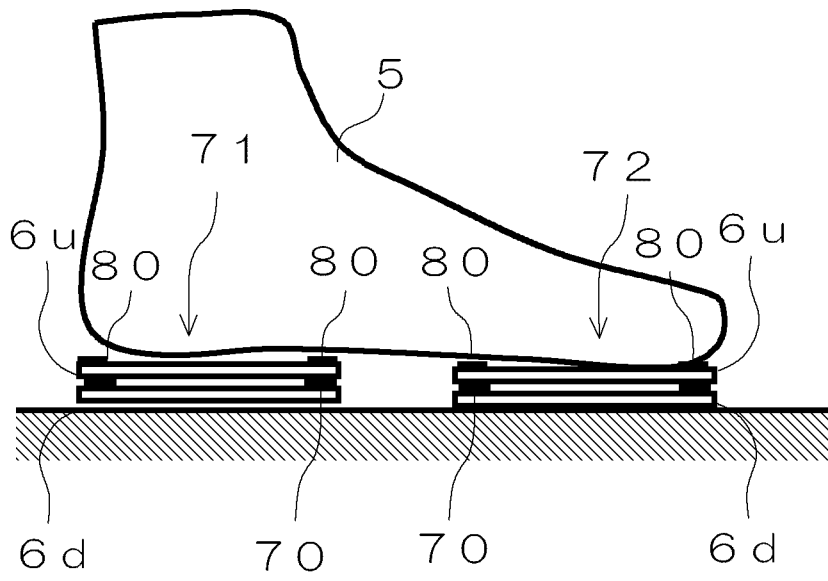
[図7]



[図8]



[図9]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2011/051944

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

G01L5/16(2006.01) i, G01L5/00(2006.01) i

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)

G01L5/16, G01L5/00

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

Jitsuyo Shinan Koho	1922-1996	Jitsuyo Shinan Toroku Koho	1996-2011
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2011	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2011

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.
Y	JP 2007-108079 A (Tokai University), 26 April 2007 (26.04.2007), entire text; all drawings (Family: none)	1, 2
Y	JP 2006-516053 A (Fraunhofer-Gesellschaft zur Foerderung der Angewandten Forschung E.V.), 15 June 2006 (15.06.2006), entire text; all drawings & US 2005/0078083 A1 & EP 1493075 A & WO 2003/085506 A2 & DE 10247287 A	1, 2



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

"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date

"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)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"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

"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

"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

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search
09 March, 2011 (09.03.11)Date of mailing of the international search report
22 March, 2011 (22.03.11)Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2011/051944

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	T. Liu, Y. Inoue, K. Shibata, A Wearable Force Plate System to Successively Measure Multi-axial Ground Reaction Force for Gait Analysis, Proceedings of the 2009 IEEE International Conference on Robotics and Biomimetics, IEEE, 2009, p. 836 - p. 841	1, 2
Y	JP 2003-071776 A (Honda Motor Co., Ltd.), 12 March 2003 (12.03.2003), entire text; fig. 2 & US 2004/0238240 A1 & EP 1433573 A1 & WO 2003/022533 A1 & DE 60232530 D	1, 2
A	JP 2008-298486 A (Kochi University of Technology), 11 December 2008 (11.12.2008), entire text; all drawings (Family: none)	1, 2
A	JP 2007-187596 A (Yugen Kaisha Keitekku System), 26 July 2007 (26.07.2007), entire text; all drawings (Family: none)	1
A	JP 2-238336 A (Ricoh Co., Ltd.), 20 September 1990 (20.09.1990), entire text; all drawings (Family: none)	1
A	US 5396265 A (Massachusetts Institute of Technology), 07 March 1995 (07.03.1995), entire text; all drawings (Family: none)	1

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))

Int.Cl. G01L5/16(2006.01)i, G01L5/00(2006.01)i

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))

Int.Cl. G01L5/16, G01L5/00

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	1971-2011年
日本国実用新案登録公報	1996-2011年
日本国登録実用新案公報	1994-2011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
Y	JP 2007-108079 A (学校法人東海大学) 2007.04.26, 全文, 全図 (ファミリーなし)	1, 2
Y	JP 2006-516053 A (フラウエンホーファーゲゼルシャフト ツァ フェルデルンク デア アンゲワンテン フォルシュンク エー. ファウ.) 2006.06.15, 全文, 全図 & US 2005/0078083 A1 & EP 1493075 A & WO 2003/085506 A2	1, 2

C欄の続きにも文献が列挙されている。

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矛盾するものではなく、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

09.03.2011

国際調査報告の発送日

22.03.2011

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁 (ISA/J P)
 郵便番号100-8915
 東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官 (権限のある職員)

田邊 英治

2F

4741

電話番号 03-3581-1101 内線 3216

C (続き) . 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
	& DE 10247287 A	
Y	T. Liu, Y. Inoue, K. Shibata, A Wearable Force Plate System to Successively Measure Multi-axial Ground Reaction Force for Gait Analysis, Proceedings of the 2009 IEEE International Conference on Robotics and Biomimetics, IEEE, 2009, p. 836 - p. 841	1, 2
Y	JP 2003-071776 A (本田技研工業株式会社) 2003.03.12, 全文, 図2 & US 2004/0238240 A1 & EP 1433573 A1 & WO 2003/022533 A1 & DE 60232530 D	1, 2
A	JP 2008-298486 A (学校法人高知工科大学) 2008.12.11, 全文, 全図 (ファミリーなし)	1, 2
A	JP 2007-187596 A (有限会社ケイテックシステム) 2007.07.26, 全文, 全図 (ファミリーなし)	1
A	JP 2-238336 A (株式会社リコー) 1990.09.20, 全文, 全図 (ファミリーなし)	1
A	US 5396265 A (Massachusetts Institute of Technology) 1995.03.07, 全文, 全図 (ファミリーなし)	1