

肆、聲明事項：

☐ 本案係符合專利法第二十條第一項 ☐ 第一款但書或 ☐ 第二款但書規定之期間，其日期為： 年 月 日。

◎本案申請前已向下列國家（地區）申請專利 ☒ 主張國際優先權：

【格式請依：受理國家（地區）；申請日；申請案號數 順序註記】

1. 日本國 2002 年 6 月 12 日 特願 2002-172109 （主張優先權）

2.

3.

4.

5.

☐ 主張國內優先權（專利法第二十五條之一）：

【格式請依：申請日；申請案號數 順序註記】

1.

2.

☐ 主張專利法第二十六條微生物：

☐ 國內微生物 【格式請依：寄存機構；日期；號碼 順序註記】

☐ 國外微生物 【格式請依：寄存國名；機構；日期；號碼 順序註記】

☐ 熟習該項技術者易於獲得，不須寄存。

玖、發明說明

【發明所屬之技術領域】

本發明係關於步行式移動裝置，乃關於可檢測出足側面接觸的步行控制。

【先前技術】

習知所謂「兩腳步行式機器人」係產生預先設定步行模式(以下稱「步態」)數據，並依照此步態數據進行步行控制，藉由使腳部依特定步行模式產生動作而實現雙腳步行。

但是，此類兩腳步行式人型機器人，將隨如路面狀況、機器人本身的物理參數誤差等，而容易使步行時的姿態變為不穩定，依情況將有跌倒的現象發生。相對於此，雖若未預先設定步態數據，而是一邊即時辨識機器人步行狀態，一邊進行步行控制的話，雖亦可能使步行時的姿態呈穩定而進行步行，但是即便此情況下，當發生非預期路面狀況等情況時步行姿態將不穩，而使機器人發生跌倒現象。

因此，便需要執行利用步行控制將機器人足底的地面反作用力與重力之合成力矩變為零之點(以下稱 ZMP: Zero Moment Point)，收斂於目標值之所謂 ZMP 補償。此類供 ZMP 補償用的控制方法，已知有如日本專利特開平 5-305583 號公報中所揭示，利用相容控制使 ZMP 收斂於目標值，而加速修正機器人上半身的方法，以及修正機器人之足的接地處所的控制方法。

但是，在此類控制方法中，企圖利用 ZMP 規範俾達機器人的穩定化，在此 ZMP 規範中，測量水平地面反作用力乃為前提條件。因此在習知兩腳步行式機器人中便在足底處設置力感測器，藉由此力感測器而測量足底的水平地面反作用力。

但是，在此種構造的兩腳步行式機器人中，如上述在足底所設置的力感測器，僅測量水平地面反作用力，譬如在兩腳步行式機器人的步行動作中，當使足部產生移動時，在足部側面碰觸到障礙物的情況時，兩腳步行式機器人便無法辨識此種足側面與障礙物的接觸，若欲持續步行的話，將可能依情況而產生跌倒的情形。

【發明內容】

本發明乃有鑒於上述諸事項，其目的在於提供一種檢測足側面與障礙物等物體的接觸，而可實現步行穩定性的步行式移動裝置、其步行控制裝置、以及步行控制方法。

緣是，為達上述目的，依照本發明第 1 構造的話，本發明之步行式移動裝置係具備有：本體；在本體下部二側裝設成可朝二軸方向搖擺之中間具有膝部的複數條腳部；在各腳部下端處裝設成可朝二軸方向搖擺的足部；使各腳部、膝部及足部進行搖擺的驅動機構；配合所要求動作，產生包括目標角度軌道、目標角速度、目標角加速度之步態數據的步態產生部；以及根據此步態數據而驅動控制上述驅動機構的步行控制裝置，上述步行控制裝置係包含有：檢測施加於各足部之足底之力的力感測器；以及根據

經上述力感測器所檢測出的力中之水平地面反作用力來修正來自步態產生部之步態數據的補償部的兩腳步行式移動裝置，其中，上述力感測器係分別設置於各足部之足底被分割為複數的區域中，且設於與各足底端緣鄰接的區域中的力感測器，係各自檢測出足側面的接觸，上述補償部係一邊參照足側面的接觸一邊修正來自步態產生部的步態數據。

最好上述力感測器係三軸力感測器，且在與上述各足底端緣鄰接的區域中，作為對應的力感測器的檢測構件之足底外緣之至少一部份，係形成以該力感測器為中心的圓弧面。

本發明的步行式移動裝置係最好上述力感測器為三軸力感測器，且上述補償部係包含有：根據來自各力感測器的檢測訊號，計算六軸方向的力之六軸力計算部；以及利用力成分的分解而檢測出足側面的接觸之接觸檢測部。上述接觸檢測部係最好判斷來自各力感測器的檢測訊號係因來自地面之力所造成者、抑或因與地面上的物體接觸而造成者，並將到底哪一力感測器檢測出足側面的接觸的旗標資訊，輸出給補償部。

再者，為達上述目的，依照本發明第2構造的話，本發明之步行式移動裝置之步行控制裝置係與具備有：本體；在本體下部二側裝設成可朝二軸方向搖擺之中間具有膝部的複數條腳部；在各腳部下端處裝設成可朝二軸方向搖擺的足部；使各腳部、膝部及足部進行搖擺的驅動機構

的步行式移動裝置相關，包含有：根據步態產生部配合所要求動作而產生之包括目標角度軌道、目標角速度、目標角加速度的步態數據，驅動控制上述驅動機構，且檢測出施加於各足部之足底之力的力感測器；以及根據經上述力感測器所檢測出的力中之水平地面反作用力來修正來自步態產生部之步態數據的補償部的步行式移動裝置之步行控制裝置，其中，上述力感測器係分別設置於各足部足底被分割為複數的區域中，且設於與各足底端緣鄰接的區域中的力感測器，係各自檢測出足側面的接觸，上述補償部則一邊參照足側面的接觸一邊修正來自步態產生部的步態數據。

最好上述力感測器係三軸力感測器，且在與上述各足底端緣鄰接的區域中，作為對應的力感測器的檢測構件之足底外緣之至少一部份，係形成以該力感測器為中心的圓弧面。

本發明的步行式移動裝置之步行控制裝置係最好上述力感測器為三軸力感測器，且上述補償部係包含有：根據來自各力感測器的檢測訊號，計算六軸方向的力之六軸力計算部；以及利用力成分的分解而檢測出足側面的接觸之接觸檢測部。上述接觸檢測部係最好判斷來自各力感測器的檢測訊號係因來自地面之力所造成者、抑或因與地面上的物體接觸而造成者，並將到底哪一力感測器檢測出足側面的接觸的旗標資訊，輸出給補償部。

再者，為達上述目的，依照本發明第3構造的話，本

發明之步行式移動裝置之步行控制方法係與具備有：本體；在本體下部二側裝設成可朝二軸方向搖擺之中間具有膝部的複數條腳部；在各腳部下端處裝設成可朝二軸方向搖擺的足部；使各腳部、膝部及足部進行搖擺的驅動機構的步行式移動裝置相關，根據步態產生部配合所要求動作而產生之包括目標角度軌道、目標角速度、目標角加速度在內的步態數據，驅動控制上述驅動機構，且利用力感測器檢測出施加於各足部之足底之力，然後根據經上述力感測器所檢測出的力中之水平地面反作用力利用補償部修正來自步態產生部之步態數據的步行式移動裝置之步行控制方法，包含有：在各足部之足底被分割為複數的區域中，分別利用力感測器檢測出力的第 1 步驟；利用來自各力感測器中設於與足底端緣鄰接的區域中之力感測器的檢測訊號，檢測出足側面的接觸的第 2 步驟；及由上述補償部一邊參照足側面的接觸一邊修正來自步態產生部之步態數據的第 3 步驟。

最好上述力感測器係三軸力感測器，且在與上述各足底端緣鄰接的區域中，作為對應的力感測器的檢測構件之足底外緣之至少一部份，係形成以該力感測器為中心的圓弧面。本發明的步行式移動裝置之步行控制方法係最好上述力感測器為三軸力感測器，且上述補償部係包含有：根據來自各力感測器的檢測訊號，計算六軸方向的力之六軸力計算部；以及利用力成分的分解而檢測出足側面的接觸的接觸檢測部。上述接觸檢測部係最好判斷來自各力感測

器的檢測訊號係因來自地面之力所造成者、抑或因與地面上的物體接觸而造成者，並將到底哪一力感測器檢測出足側面的接觸的旗標資訊，輸出給補償部。

依照上述構造的話，根據利用分別設置於將各足部之足底分割為複數的區域中的力感測器，檢測出水平地面反作用力，而利用補償部來修正來自步態產生部的步態數據，俾驅動控制驅動機構。此時，補償部係一邊參照由來自上述力感測器中設於與各足底端緣鄰接的區域中之力感測器所檢測到的足側面的接觸，一邊進行步態數據的修正。所以，機器人的各足部在步行動作中，當足側面接觸到物體之時，便利用力感測器檢測出足側面的接觸，並一邊參照此足側面的接觸，一邊根據隨足底與地面間之摩擦力而產生的水平地面反作用力而修正步態數據，俾達本體(最好為機器人的上半身)的穩定化。所以，機器人的各足部即便碰觸到如地面上所存在的障礙物或高度差等情況時，亦可檢測出足側面的接觸而修正步態數據，藉此便可確保機器人的穩定性，俾可在不會產生跌倒情況下確實地進行步行控制。

在上述各分割部中分別設置的力感測器係三軸感測器，且當在與上述各足底端緣鄰接的區域中，作為對應的力感測器的檢測構件之足底外緣之至少一部份，係形成以該力感測器為中心的圓弧面之情況時，當該等區域的外緣圓弧面部分接觸到物體之時，因為接觸點與力感測器間的距離一定相等，因此便將簡化根據力感測器之檢測訊號而

計算接觸力時的計算，可縮短檢測時間。此外，上述補償部係當具備有：根據來自各力感測器之檢測訊號，而計算出六軸方向的力之六軸力計算部；以及利用力成分的分解而檢測出足側面的接觸之接觸檢測部之情況時，因為利用六軸力計算部，利用至少二個三軸力感測器計算六軸方向之力，因此各分割部便分別藉由設置廉價的三軸力感測器，便可如同六軸力感測器般的檢測出六軸方向的力，而可降低成本。此外，利用接觸檢測部進行力成分的分解，並根據力感測器的構成而判斷哪一力感測器檢測到足側面的接觸，藉此便可檢測足側面的接觸。

上述接觸檢測部係當判斷來自各力感測器的檢測訊號到底屬於因來自地面之力所引起者、或因與地面上的物體接觸所引起者，並將到底由哪一力感測器檢測出足側面的接觸的旗標資訊輸出給補償部的情況時，補償部便可根據此旗標資訊，一邊參照哪一力感測器檢測出足側面的接觸，一邊進行來自步態產生部之步態數據的修正。

【實施方式】

以下，根據圖式所示實施形態，詳細說明本發明。

第 1 圖與第 2 圖所示係採用本發明之步行式移動裝置的兩腳步行式機器人一實施形態的構成。

在第 1 圖中，兩腳步行式機器人 10 係包含有：屬於本體的上半身 11、安裝於上半身 11 的下部二側且具有膝部 12L,12R 的二條腳部 13L,13R、以及安裝於各腳部 13L,13R 下端的足部 14L,14R。

其中，上述腳部 13L,13R 係分別具有六個關節部，即從上方起依序為：相對於上半身 11 之腰的腳部旋轉用(繞 z 軸周圍)關節部 15L,15R；腰之左右傾方向(繞 x 軸周圍)的關節部 16L,16R；腰之前後傾方向(繞 y 軸周圍)的關節部 17L,17R；膝部 12L,12R 之彎折方向的關節部 18L,18R；相對於足部 14L,14R 之腳踝部彎折方向的關節部 19L,19R；以及腳踝部左右轉方向的關節部 20L,20R。另外，各關節部 15L,15R 至 20L,20R，分別由關節驅動用馬達所構成。

依此方式，腰關節便由上述關節部 15L,15R,16L,16R,17L,17R 所構成。足部關節則由關節部 19L,19R,20L,20R 所構成。此外，腰關節與膝關節之間，則利用大腿桿 21L,21R 連結在一起。膝關節與足部關節之間，則利用小腿桿 22L,22R 連結在一起。

藉此，兩腳步行式機器人 10 左右二側的腳部 13L,13R 與足部 14L,14R，便分別被賦予六自由度，在步行中，藉由分別利用驅動馬達將該等 12 個關節部驅動控制於適當角度，便可對腳部 13L,13R、足部 14L,14R 整體賦予所需動作，俾可任意步行於三度空間中。

再者，上述足部 14L,14R 係在足底(下面)設置著力感測器部 23L,23R。此力感測器部 23L,23R 係如後述，分別檢測出各足部 14L,14R 的力(特別係指水平地面反作用力 F)。另外，上述上半身 11 在圖式情況中，雖僅圖示箱狀，但是實際上亦可具備頭部或雙手。

第 2 圖所示係第 1 圖所示兩腳步行式機器人 10 的電子

構成。在第 2 圖中，兩腳步行式機器人 10 係具備有：配合要求動作而產生步態數據的步態產生部 24；以及根據此步態數據，而驅動控制驅動機構(即上述關節部 15L,15R 至 20L,20R，亦即關節驅動用馬達)的步行控制裝置 30。另外，兩腳步行式機器人 10 的座標系，係採用將前後方向設定為 x 方向(前方+)、將橫方向設定為 y 方向(右方+)、將上下方向設定為 z 方向(上方+)的 xyz 座標系。

上述步態產生部 24 係配合從外部輸入的要求動作，而產生兩腳步行式機器人 10 步行時，各關節部 15L,15R 至 20L,20R 所必須之包含目標角度軌道、目標角速度、目標角加速度在內的步態數據。上述步行控制裝置 30 係由角度測量單元 31、補償部 32、控制部 33、及馬達控制單元 34 所構成。

上述角度測量單元 31 係利用各關節部 15L,15R 至 20L,20R 之關節驅動用馬達中所具備如旋轉編碼器(rotary encoder)等，輸入各關節驅動用馬達之角度資訊，藉此而測量各關節驅動用馬達的角度位置(即，與角度與角速度相關的狀態向量 φ)，並輸出至補償部 32 中。上述補償部 32 乃如第 3 圖所示，具備有：六軸力計算部 32a、接觸檢測部 32b、及補償部本體 32c。上述六軸力計算部 32a 係根據來自力感測器部 23L,23R 的檢測輸出，而將六軸力($F_x, F_y, F_z, T_x, T_y, T_z$)輸出給補償部本體 32c。接觸檢測部 32b 係根據來自力感測器部 23L,23R 的檢測輸出，而進行力成分的分解，並判斷各力感測器部 23L,23R 的各個檢測輸

出，到底屬於因來自地面之力所產生者、或屬於因與存在於地面上的物體接觸而產生者，俾一邊參照預先記錄於感測器構成資訊部 32d 中的感測器構成資訊，一邊判斷各力感測器部 23L,23R 中之哪一力感測器 36a,36b,36c,36d(容後述)檢測到足側面的接觸，然後將該力感測器的旗標資訊輸出給補償部本體 32c。此時，接觸檢測部 32b 雖輸出作為接觸感測器之各力感測器的輸出訊號 $\{S_{wx}(0), S_{wy}(0), S_{wz}(0); S_{wx}(1), S_{wy}(1), S_{wz}(1); \dots\}$ ，但係藉由將檢測到足側面的接觸的力感測器輸出訊號之旗標設定為譬如 0 至 1 而輸出各力感測器的旗標資訊。

藉此補償部本體 32c 便根據來自六軸力計算部 32a 的六軸力而計算出水平地面反作用力 F ，然後再參照來自接觸檢測部 32b 的旗標資訊，根據此水平地面反作用力 F 與來自角度測量單元 31 的狀態向量 φ ，而修正來自步態產生部 24 的步態數據，然後將向量 $\theta_i (i=1 \text{ 至 } n, \text{ 其中, } n \text{ 係相關機器人 10 步行的自由度})$ 輸出給控制部 33。

上述控制部 33 便從經補償部 32 修正過步態數據的向量 θ_i ，減掉機器人各關節部的角度向量 θ_0 ，並根據向量 $(\theta_i - \theta_0)$ 產生各關節驅動用馬達之控制訊號(即，轉矩向量 τ)。上述馬達控制單元 34 便依照來自控制部 33 的控制訊號(轉矩向量 τ)而驅動控制各關節驅動用馬達。

在此因為上述力感測器部 23L,23R 為左右對稱之構成，因此只針對力感測器部 23L 參照第 4 圖進行說明。力感測器部 23L 係在足部 14L 下面的足底板 35 下端在水平

方向，即在 x 方向上進行二分割，在 y 方向上亦進行二分割而為設置四個力感測器 36a,36b,36c,36d 而構成。各力感測器 36a,36b,36c,36d 係互為相同的構成，故只針對力感測器 36a 進行說明。此力感測器 36a 係安裝於上方足底 37 與下方足底 38 之間的三軸力感測器，用以檢測下方足底 38 的承受力。

其中，下方足底 38 係被支撐成能以力感測器 36a 的感測器軸為中心朝前後左右進行搖擺，並形成全方位可搖擺而接地的狀態，而且在足部 14L 外緣鄰接的部分(即，足側面)，設置著朝上立起的側壁 38a。藉此足部 14L 在側邊碰到存在於地面上的物體之時，下方足底 38 之側壁 38a 便將衝撞該物體，並將此衝擊力傳達給力感測器 36a，力感測器 36a 便可檢測出此接觸。另外，力感測器部 23L,23R 雖分別分割為四個力感測器 36a 至 36d，但並不僅限於此，只要至少在各足部 14L,14R 的足後跟部二側與足前端二側分割為四個的話便可，亦可分割為五個以上。各力感測器 36a 至 36d 雖如圖示情況，排列配置於足底，但是並不限於此，亦可任意配置。

但是，一般即便在同一平面上設置著四個以上的力感測器，在所有力感測器均呈著地的狀態下，分別檢測出力之事，對幾何學而言乃屬不可能，第 4 個以上便形成多餘。但是，此情況下，藉由各分割部相互分割，所有的力感測器 36a 至 36d 便可著地於地面，不致有多餘的力感測器，各力感測器均可分別檢測出力。

所以，因為隨足部 14L,14R 著地於地面而所承受的力，將分散施加於各力感測器 36a 至 36d，因此各力感測器 36a 至 36d 便可使用小型且輕量者，藉此便可降低各力感測器 36a 至 36d 的成本。此外，因為施加於各力感測器 36a 至 36d 上的力將變小，因此解析度將提昇。所以，在為獲得相同解析度方面，接受各力感測器 36a 至 36d 進行 AD 轉換的 AD 轉換器，因為可使用性能較低且廉價者，因此可降低 AD 轉換器的成本。

在此上述各力感測器 36a 至 36d 雖為三軸力感測器，但是只要有二個以上之三軸力感測器的話，便可計算六軸方向的力。

以下，針對一般從 n 個三軸力感測器計算六軸方向力的情況，參照第 5 圖進行說明。在第 5 圖中，在足底處，相對於力測量原點 $O(O_x, O_y)$ ，配置著 n 個三軸力感測器 $S_1, S_2, S_3, \dots, S_n$ 。另外，力測量原點 O 最好譬如與足部關節的驅動座標系一致。

在此若將各三軸力感測器 S_i 位置設定為 $S_i=(X(i), Y(i))$ 的話，六軸方向的力，便分別可由下式獲得。

即，各方向的力 F_X, F_Y, F_Z 係如下式所示：

$$F_X = \sum_{i=1}^n f_{X(i)} \quad (1)$$

$$F_Y = \sum_{i=1}^n f_{Y(i)} \quad (2)$$

$$F_Z = \sum_{i=1}^n f_{Z(i)} \quad (3)$$

而各方向的轉矩 T_X, T_Y, T_Z 係如下式所示：

$$T_X = \sum_{i=1}^n f_{Z(i)} \cdot (Y(i) - O_Y) \quad (4)$$

$$T_Y = \sum_{i=1}^n f_{Z(i)} \cdot (X(i) - O_X) \quad (5)$$

$$T_Z = \sum_{i=1}^n f_{Y(i)} \cdot \cos \alpha + f_{X(i)} \cdot \sin \alpha \sqrt{(X(i) - O_X)^2 + (Y(i) - O_Y)^2} \quad (6)$$

其中，上述式(6)中， α 係如下式所示：

$$\alpha = \tan^{-1} \left(\frac{X(i) - O_X}{Y(i) - O_Y} \right) \quad (7)$$

依此的話，根據各三軸力感測器 36a 至 36d 的檢測輸出，利用補償部 32 內所設置的六軸力計算部 32a 進行計算，即可檢測出六軸方向的力。

再者，從該等六軸方向的力，水平地面反作用力 F 乃為地面與機器人 10 足底摩擦力所產生的水平方向力，即，以上述 X 方向與 Y 方向的力 F_X, F_Y 之合力表示之，其向量 F_C 與大小 $|F_C|$ 係如下式所示：

$$F_C = \begin{bmatrix} F_X \\ F_Y \end{bmatrix}, \quad |F_C| = \sqrt{F_X^2 + F_Y^2} \quad (8)$$

另外，各三軸力感測器 36a 至 36d 乃各個檢測輸出將存在有誤差，且檢測輸出會隨週遭溫度、時間變化等因素而變動。所以，各三軸力感測器 36a 至 36d 的檢測輸出便譬如利用自動校正器在補償部 32 內自動地進行校正。

本發明實施形態的兩腳步行式機器人 10 乃如上述構成，其步行動作則依照第 6 圖所示流程圖如下述進行。

在第 6 圖中，首先，在步驟 ST1 中，步態產生部 24 根據輸入的要求動作 ($J=J$) 而產生步態數據，並輸出給步行控制裝置 30 的補償部 32。然後，在步驟 ST2 中，雙足部 14L, 14R 中所設置的力感測器部 23L, 23R 便分別檢測出力，並輸出給補償部 32 的六軸力計算部 32a 與接觸檢測部 32b。與其並行的執行步驟 ST3，乃角度測量單元 31 將測量各關節部 15L, 15R 至 20L, 20R 的狀態向量 φ ，並輸出給補償部 32。

在步驟 ST4 中，六軸力計算部 32a 便根據力感測器 23L, 23R 之各力感測器 36a 至 36d 的檢測輸出，而計算出六軸力，並輸出給補償部本體 32c。與此並行施行步驟 ST5，接觸檢測部 32b 將根據此力感測器 23L, 23R 之各力感測器 36a 至 36d 的檢測輸出，如後述，判斷到底是哪一力感測器 36a 至 36d 檢測到足側面的接觸，然後將該力感測器 36a 至 36d 的旗標資訊輸出給補償部本體 32c。藉此，在步驟 ST6 中，補償部 32 的補償部本體 32c 便將根據來自六軸力計算部 32a 的六軸力，而計算水平地面反作用力 F 。

在步驟 ST7 中，補償部 32 之補償部本體 32c 便根據來自此水平地面反作用力 F 與角度測量單元 31 之各關節部 15L, 15R 至 20L, 20R 的狀態向量 φ ，一邊參照來自接觸檢測部 32b 的旗標資訊，一邊修正步態數據，並將向量 θ_i 輸出給控制部 33。在此，補償部 32 亦可對六軸力採用週知的 ZMP 補償函數對而修正步態數據。關於此週知的 ZMP

補償函數，可參照譬如本案申請人在 2002 年 12 月 19 日國際公開的國際專利申請(國際公開號碼 WO02/100606 A1)。另外，不限於上述 ZMP 補償函數，當然亦可將六軸力用於習知的補償函數而修正步態數據。

其次，在步驟 ST8 中，控制部 33 便從向量 θ_i 中減掉機器人各關節部的角度向量 θ_0 ，然後根據向量 $(\theta_i - \theta_0)$ ，而產生各關節點驅動用馬達之控制信號(即轉矩向量 τ)，並輸出給馬達控制單元 34。然後，在步驟 ST9 中，馬達控制單元 34 便根據此轉矩向量 τ 而驅動控制各關節部之關節驅動用馬達。藉此兩腳步行式機器人 10 便對應著所要求動作而進行步行動作。

然後，在步驟 ST10 中，控制部 33 便經由動作計數累加而形成 $J=J+1$ ，在待機至既定取樣時間之後，再於步驟 ST11 中，當上述 J 小於預定的動作結束計數時，便重新返回步驟 ST2 而重複上述動作。然後於步驟 ST11 中，當上述 J 超過動作結束計數時，便結束動作。

在此上述步驟 ST5 中，接觸檢測部 32b 對足側面的接觸檢測，係如第 7 圖流程圖所示般的進行。在第 7 圖中，接觸檢測部 32b 從初期條件 $K=0$ 起，在步驟 ST21 中，設定為 $K=K+1$ ，在步驟 ST22 中，開始第 K 號(對各力感測器部 23L, 23R 之各個力感測器 36a 至 36d，預先賦予編號)之力感測器 36a 至 36d 的接觸檢測作業。在圖中，乃針對具有 N 個感測器的情況進行說明，在此就 $N=8$ (即 $K=1$ 至 8)進行說明。

在步驟 ST23 中，從預先記錄在感測器構成資訊部 32d 中的感測器構成資訊中，取得該力感測器的足中心方向，而與三軸相關而將其方向設定為正。接著，在步驟 ST24 中，若該力感測器 36a 至 36d 檢測到力的話，便在步驟 ST25 中，由接觸檢測部 32b 判斷是否檢測出與 X 方向相關為正的力 ($F_x(K) > 0?$)，當屬於正的力之情況時，便在步驟 ST26 中，設立與該力感測器相關旗標(設定為 $Sw_x(K)=1$)，而當非屬於正的力之情況時，便在步驟 ST27 中，將與該力感測器相關的旗標予以取消(設定為 $Sw_x(K)=0$)。

在步驟 ST28 中，接觸檢測部 32b 將判斷是否檢測出與 Y 方向相關為正的力 ($F_y(K) > 0?$)，當屬於正的力之情況時，便在步驟 ST29 中，設立與該力感測器相關之旗標(設定為 $Sw_y(K)=1$)，而當非屬於正的力的之情況時，便在步驟 ST30 中，將與該力感測器相關的旗標予以取消(設定為 $Sw_y(K)=0$)。

然後，在步驟 ST31 中，接觸檢測部 32b 將判斷是否檢測出與 Z 方向相關為正的力 ($F_z(K) > 0?$)，當屬於正的力之情況時，便在步驟 ST32 中，設立與該力感測器相關之旗標(設定為 $Sw_z(K)=1$)，而當非屬於正的力的之情況時，便在步驟 ST33 中，將與該力感測器相關的旗標予以取消(設定為 $Sw_z(K)=0$)。

最後，在步驟 ST34 中，接觸檢測部 32b 便將上述旗標資訊輸出給補償部本體 32c，同時執行 $K=8?$ 的判斷，當 $K \neq 8$ 的情況時，便重返步驟 ST21，並設定為 $K=K+1$ ，而

重複執行從上述步驟 ST22 起至 ST34 的動作。此外，當 $K=8$ 的情況時，便結束接觸檢測的作業。

依此的話，便如第 8 圖(A)所示，當足部 14L 受到來自左方之接觸力時，或者如第 8 圖(B)所示，當足部 14L 受到來自斜下方之接觸力時，或者如第 8 圖(C)所示，當受到來自左方與斜下方的複數方向之接觸力時，各自力感測器 36a 及 / 或 36d 便分別藉由接觸感測器的作用，而執行利用接觸檢測部 32b 的接觸感測。

此情況下，在兩腳步行式機器人 10 中，當進行各關節驅動用馬達的驅動控制之際，在補償部 32 的補償部本體 32c 中，便根據來自設於各足部 14L,14R 的足底之力感測器部 23L,23R 的水平地面反作用力 F ，而一邊參照由接觸檢測部 32b 所產生之表示足側面的接觸之旗標資訊，一邊修正步態數據，並產生向量 θ_i ，而規範著此水平地面反作用力 F ，而可獲得機器人 10 的穩定性。藉此機器人 10 的各足部 14L,14R 即便譬如碰觸到存在於地面上的障礙物或高度差等狀況時，因為足底上所設置的力感測器部 23L,23R 可檢測出足側面的接觸，因此當如習知在此狀況下仍持續進行步行動作之狀況時，仍不致發生跌倒現象，可確實的執行針對所要求動作的步行動作。

依照本實施形態之兩腳步行式機器人 10 的話，藉由根據從各足部 14L,14R 的足底上所設置力感測器 23L,23R(即，分別設置於被分割為複數個區域的足底的力感測器 36a 至 36d)之檢測信號所計算出的水平地面反作用

力 F ，而一邊參照接觸檢測部 32b 所產生的足側面的接觸檢測，一邊修正步態數據，藉此便可將足底與地面間之摩擦力所產生的水平地面反作用力 F 當作規範，而執行步行控制。即便將力感測器部 23L,23R 利用為側面的接觸感測器，因為可檢測出足側面的接觸，因此構造簡單且低成本，即便地面上存在障礙物或高度差等情況時，仍可實現機器人 10 的步行穩定化。

在上述實施形態中，力感測器部 23L,23R 係分別如第 4 圖所示，各力感測器 36a 至 36d 的下方足底 38 的側壁 38a 乃整體具有長方形的外觀，但是並不僅限於此，亦可如第 9 圖(A)所示，檢測構件的下方足底 38 的側壁 38a 的至少一部份，亦可形成為如圖示之分別以各力感測器 36a,36b,36c,36d 為中心的半徑 $R1, R2, R3, R4$ 的圓弧面之角部。藉由此種構造，相關形成圓弧面的側壁 38a 部分，當接觸到地面上所存在障礙物或高度差等物體之情況時，於所對應力感測器 36a 至 36d 在計算著接觸力之際，因為該等部分距力感測器 36a 至 36d 的距離一定相等，因此可省略計算，而縮短檢測時間。此外，當如第 9 圖(B)所示，各側壁 38a 的至少一部份，形成為分別以力感測器 36a 至 36d 為中心之相同半徑 R 的圓弧面時，各力感測器 36a 至 36d 的計算式參數將變為相同，因此計算將更加簡化，可更加縮短檢測時間。

在上述實施形態中，雖針對將本發明使用於兩腳步行式機器人的情況進行說明，但是並不僅限於此，應知即便

針對利用雙腳支撐著其他各種機器，且利用此雙腳進行步行的兩腳步行式移動裝置，或者利用複數條腳部支撐並執行步行的步行式機器人或步行式移動裝置，均可適用本發明。

(產業上可利用性)

如上述，依照本發明的話，機器人在步行動作中，各腳部即便如碰觸到地面上所存在的障礙物或高度差等狀況時，亦可藉由檢測足側面的接觸而修正步態數據，藉此便可確保機器人的穩定性，可在不會跌倒的情況下確實地執行步行控制，可實現步行穩定性之極優越的步行式移動裝置、其步行控制裝置、以及步行控制方法。

【圖式簡單說明】

本發明根據上述詳細說明及本發明的數個實施形態所附圖式，應可更加充分的理解。另外，圖式所示各種實施例並非意圖特定或限定本發明，僅為使本發明的說明及理解變為較容易者。

第 1 圖係本發明之兩腳步行式人型機器人之一實施形態的機械構成概略圖。

第 2 圖係第 1 圖之兩腳步行式機器人的電子構成方塊圖。

第 3 圖係第 1 圖之兩腳步行式機器人的步行控制裝置之補償部的構成方塊圖。

第 4 圖係顯示第 1 圖之兩腳步行式機器人之設於各足部的足底之力感測器的構成，(A)係平面圖，(B)係剖視圖。

第 5 圖 (A) 至 (C) 係分別顯示第 4 圖中各三軸力感測器與力測量的基點之配置圖。

第 6 圖係顯示第 1 圖之兩腳步行式機器人的步行控制動作之流程圖。

第 7 圖係顯示第 1 圖之兩腳步行式機器人的接觸檢測動作之流程圖。

第 8 圖 (A) 至 (C) 係分別顯示第 1 圖之兩腳步行式機器人利用力感測器進行足側面的接觸檢測狀態之概略圖。

第 9 圖 (A) 與 (B) 係顯示第 4 圖所示力感測器的變化例之平面圖。

10	兩腳步行式機器人		
11	上半身	12L, 12R	膝部
13L, 13R	腳部	14L, 14R	足部
15L, 15R、16L, 16R、17L, 17R、18L, 18R、19L, 19R、20L, 20R	關節部		
21L, 21R	大腿桿	22L, 22R	小腿桿
23L, 23R	力感測器部	24	步態產生部
30	步行控制裝置	31	角度測量單元
32	補償部	32a	六軸力計算部
32b	接觸檢測部	32c	補償部本體
32d	感測器構成資訊部		
33	控制部	34	馬達控制單元
35	足底板	36a 至 36d	力感測器

37	上方足底	38	下方足底
38a	側壁	F	水平地面反作用力

伍、中文發明摘要：

本發明係根據步態數據，而驅動控制各腳部(13L,13R)之各關節部(15L,15R 至 20L,20R)的驅動機構的步行控制裝置(30)，係包含有：檢測出施加於各足部(14L,14R)之足底之力的力感測器部(23L,23R)；以及根據經力感測器所檢測出的力中之水平地面反作用力來修正來自步態產生部(24)之步態數據的補償部(32)。各力感測器部(23L,23R)係由各足部(14L,14R)被分割為複數區域之足底各區域中，所裝設的三軸力感測器(36a 至 36d)所構成，並藉由與各足底端緣鄰接的區域中設置的力感測器，由接觸檢測部(32b)檢測足側面的接觸，並由補償部(32)一邊參照足側面的接觸一邊修正來自步態產生部(24)的步態數據，藉此而檢測出足側面與障礙物等物體的接觸，以實現步行穩定性。

陸、英文發明摘要：

A walking control device 30 for drive-controlling driving means for the joints (15L, 15R ~ 20L, 20R) of the legs (13L, 13R) of a walking-type moving apparatus in the basis of a gait data, which comprises force sensors (23L, 23R) for detecting forces on the soles of feet (14L, 14R), and a compensation section (32) for correcting the gait data from a gait producing section (24) on the basis of horizontal floor reaction components of the forces detected by the force sensors, wherein each force sensor (23L, 23R) is composed of three-axis force sensors (36a ~ 36d) disposed in the plurality of divisional areas of the sole of each foot (14L, 14R). The control device 30 also comprises a contact detecting section (32b) for detecting the contact of the side of any foot with an obstacle by using the force sensors disposed in areas adjacent to edges of the soles. The compensation section (32) corrects the gait data from the gait producing section (24) while a contact of the side of any foot with an obstacle is detected, so that a walking stability is realized.

柒、指定代表圖：

(一)本案指定代表圖為：第（ 2 ）圖。

(二)本代表圖之元件代表符號簡單說明：

14L,14R	足部		
15L,15R、16L,16R、17L,17R、18L,18R、19L,19R、20L,20R	關節部		
23L,23R	力感測器部	24	步態產生部
30	步行控制裝置	31	角度測量單元
32	補償部	33	控制部
34	馬達控制單元		

捌、本案若有化學式時，請揭示最能顯示發明特徵的化學式：

拾、申請專利範圍

1. 一種步行式移動裝置，係具備有：本體；複數條腳部，係在本體下部二側裝設成可朝二軸方向搖擺且中間具有膝部；足部，係在各腳部下端處裝設成可朝二軸方向搖擺；驅動機構，係使各腳部、膝部及足部進行搖擺；步態產生部，係配合所要求動作，產生包括目標角度軌道、目標角速度、目標角加速度的步態數據；以及步行控制裝置，係根據該步態數據而驅動控制該驅動機構，且

該步行控制裝置係包含有：檢測施加於各足部之足底之力的力感測器；以及根據經上述力感測器所檢測出的力中之水平地面反作用力來修正來自步態產生部之步態數據的補償部之兩腳步行式移動裝置，

其中，該力感測器係分別設置於各足部之足底被分割為複數的區域中，且設於與各足底端緣鄰接的區域中的力感測器，係各自檢測出足側面的接觸；

該補償部係一邊參照足側面的接觸一邊修正來自步態產生部的步態數據。

2. 如申請專利範圍第 1 項之步行式移動裝置，其中，該力感測器係三軸力感測器，且在與該各足底端緣鄰接的區域中，作為對應的力感測器的檢測構件之足底外緣的至少一部份，係形成以該力感測器為中心的圓弧面。
3. 如申請專利範圍第 1 或 2 項之步行式移動裝置，其中，

該力感測器係三軸力感測器，該補償部係包含有：六軸力計算部，係根據來自各力感測器的檢測訊號，計算六軸方向之力；以及接觸檢測部，係利用力成分的分解而檢測出足側面的接觸。

4. 如申請專利範圍第3項之步行式移動裝置，其中，該接觸檢測部係判斷來自各力感測器的檢測訊號到底是因來自地面之力所產生的、抑或因與地面上的物體接觸而產生的，並將到底是哪一個力感測器檢測出足側面的接觸的旗標資訊，輸出給補償部。
5. 一種步行式移動裝置之步行控制裝置，係與具備有：本體；複數條腳部，係在本體下部二側裝設成可朝二軸方向搖擺且中間具有膝部；足部，係在各腳部下端處裝設成可朝二軸方向搖擺；以及驅動機構，係使各腳部、膝部及足部進行搖擺之步行式移動裝置相關，包含有：力感測器，係根據步態產生部配合所要求動作而產生之包括目標角度軌道、目標角速度、目標角加速度的步態數據，驅動控制該驅動機構，且檢測出施加於各足部之足底的力；以及補償部，係根據經該力感測器所檢測出的力中之水平地面反作用力來修正來自步態產生部之步態數據之步行式移動裝置之步行控制裝置，其中，

該力感測器，係分別設置於各足部之足底被分割為複數的區域中，且設於與各足底端緣鄰接的區域中的力感測器，係各自檢測出足側面的接觸；

該補償部係一邊參照足側面的接觸一邊修正來自

步態產生部的步態數據。

6. 如申請專利範圍第 5 項之步行式移動裝置之步行控制裝置，其中，該力感測器係三軸力感測器，且在與該各足底端緣鄰接的區域中，作為對應的力感測器的檢測構件之足底外緣之至少一部份，係形成以該力感測器為中心的圓弧面。
7. 如申請專利範圍第 5 或 6 項之步行式移動裝置之步行控制裝置，其中，該力感測器係三軸力感測器，該補償部，係包含有：六軸力計算部，係根據來自各力感測器的檢測訊號，計算六軸方向力；以及接觸檢測部，係利用力成分的分解而檢測出足側面接觸。
8. 如申請專利範圍第 7 項之步行式移動裝置之步行控制裝置，其中，該接觸檢測部係判斷來自各力感測器的檢測訊號到底是因來自地面之力所產生的、抑或因與地面上的物體接觸而產生的，並將到底是哪一個力感測器檢測出足側面的接觸的旗標資訊，輸出給補償部。
9. 一種步行式移動裝置之步行控制方法，係與具備有：本體；複數條腳部，係在本體下部二側裝設成可朝二軸方向搖擺且中間具有膝部；足部，係在各腳部下端處裝設成可朝二軸方向搖擺；以及驅動機構，係使各腳部、膝部及足部進行搖擺之步行式移動裝置相關，根據步態產生部配合所要求動作而產生之包括目標角度軌道、目標角速度、目標角加速度的步態數據，驅動控制該驅動機構，且利用力感測器檢測出施加於各足部之足底之力，

然後根據經該力感測器所檢測出的力中之水平地面反作用力利用補償部修正來自步態產生部之步態數據之步行式移動裝置之步行控制方法，包含有：

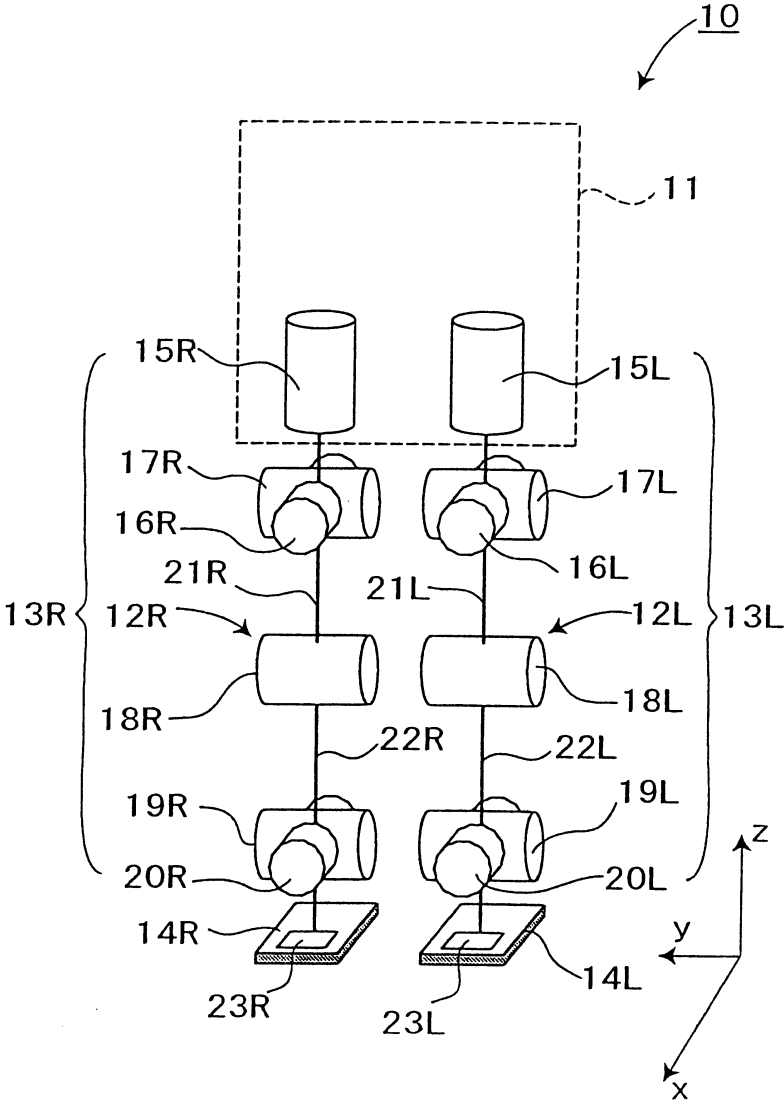
在各足部足底被分割為複數的區域中，分別利用力感測器檢測出力的第 1 步驟；

利用來自各力感測器中設於與足底端緣鄰接的區域中之力感測器的檢測訊號，檢測出足側面的接觸的第 2 步驟；及

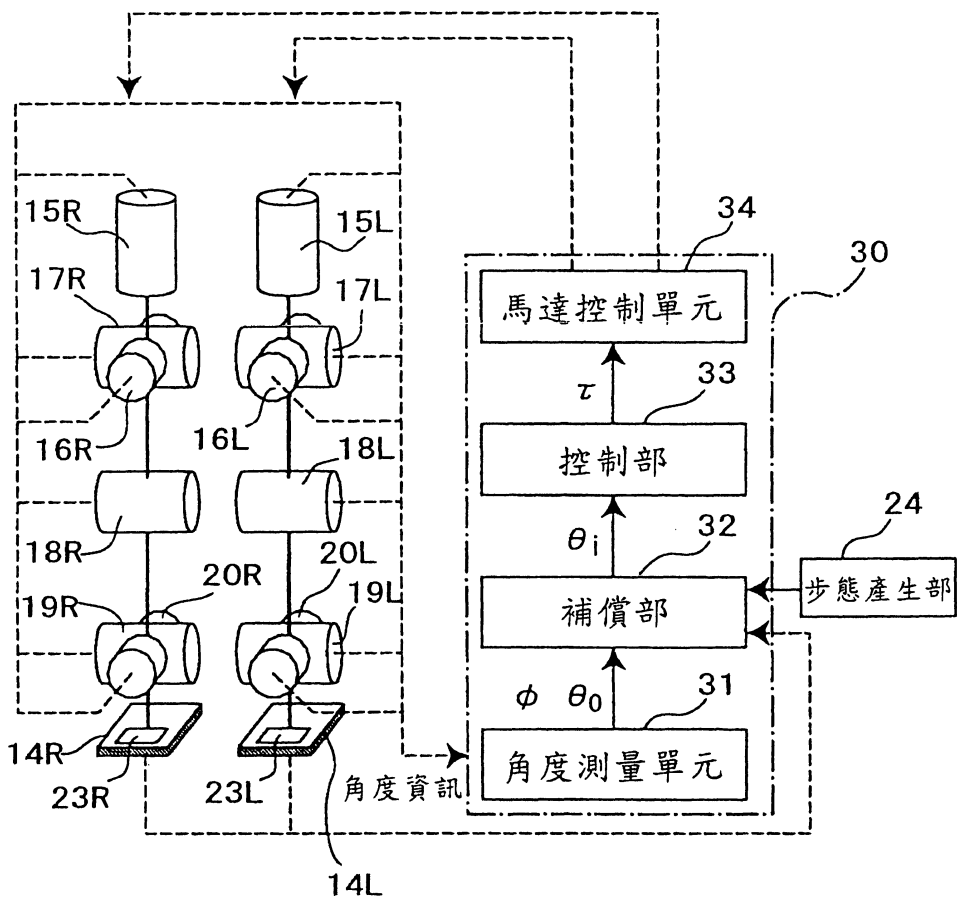
由該補償部一邊參照足側面的接觸一邊修正來自步態產生部之步態數據的第 3 步驟。

- 10.如申請專利範圍第 9 項之步行式移動裝置之步行控制方法，其中，該力感測器係三軸力感測器，且在與該各足底端緣鄰接的區域中，作為對應的力感測器的檢測構件之足底外緣之至少一部份，係形成以該力感測器為中心的圓弧面。
- 11.如申請專利範圍第 9 或 10 項之步行式移動裝置之步行控制方法，其中，該力感測器係三軸力感測器，該補償部，係包含有：六軸力計算部，係根據來自各力感測器的檢測訊號，計算六軸方向力；以及接觸檢測部，係利用力成分的分解而檢測出足側面的接觸。
- 12.如申請專利範圍第 11 項之步行式移動裝置之步行控制方法，其中，該接觸檢測部係判斷來自各力感測器的檢測訊號到底是因來自地面之力所產生的、抑或因與地面上的物體接觸而產生的，並將到底是哪一個力感測器檢

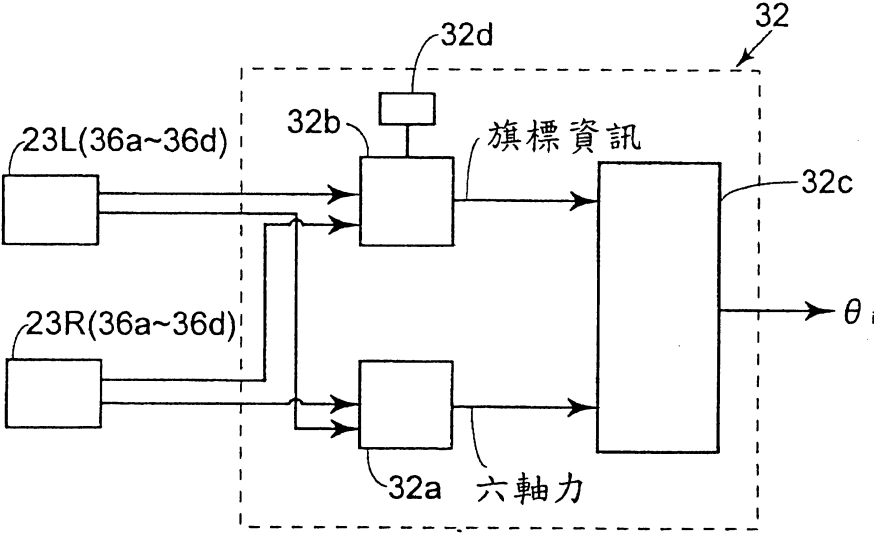
測出足側面的接觸的旗標資訊，輸出給補償部。



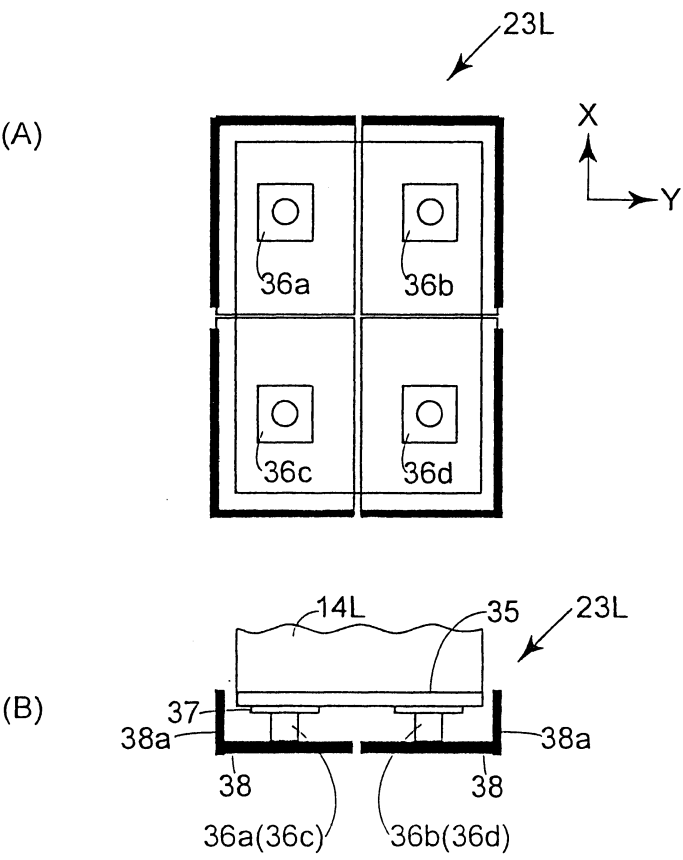
第 1 圖



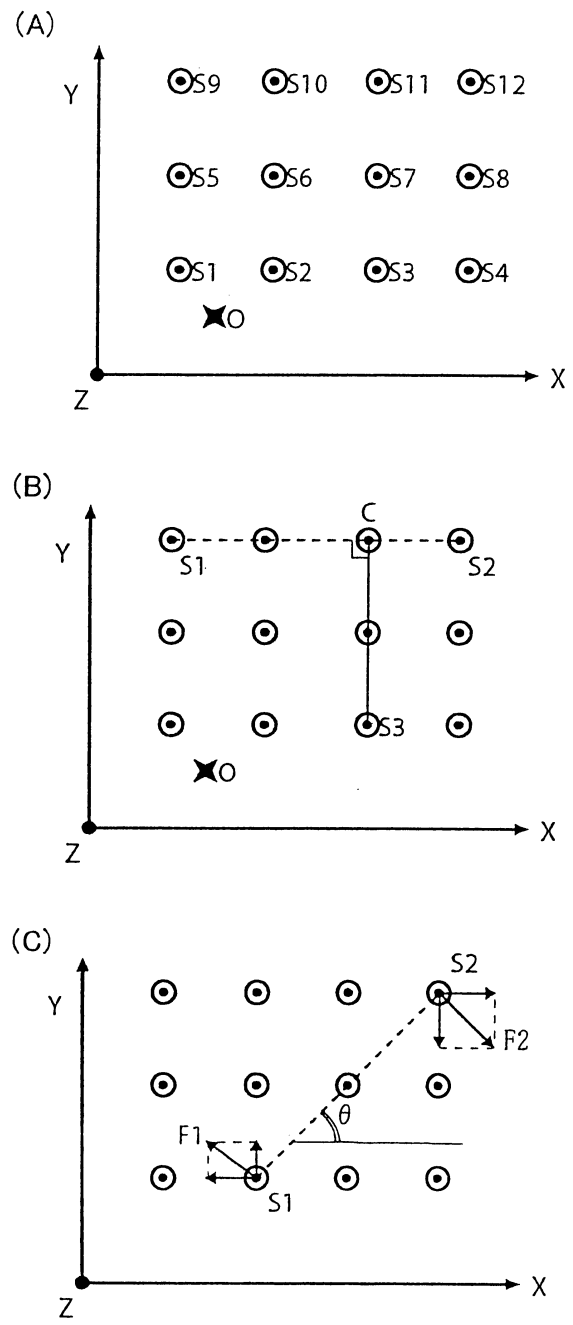
第 2 圖



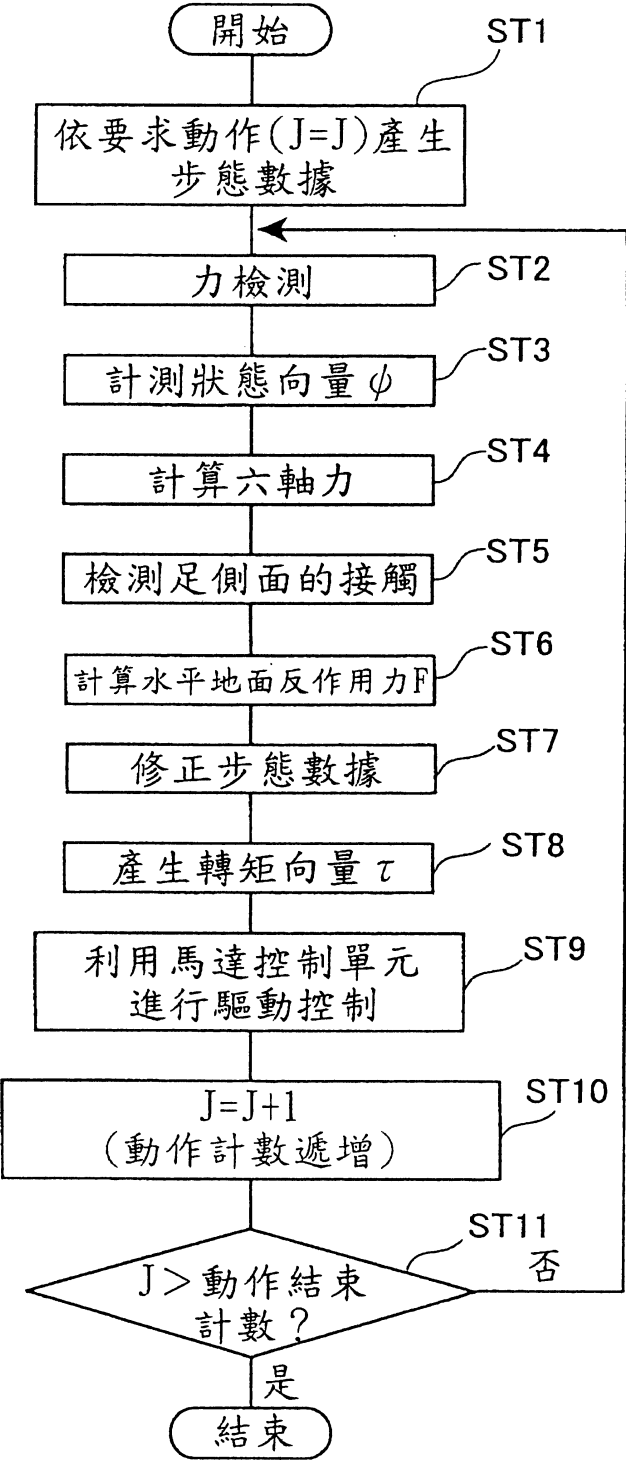
第 3 圖



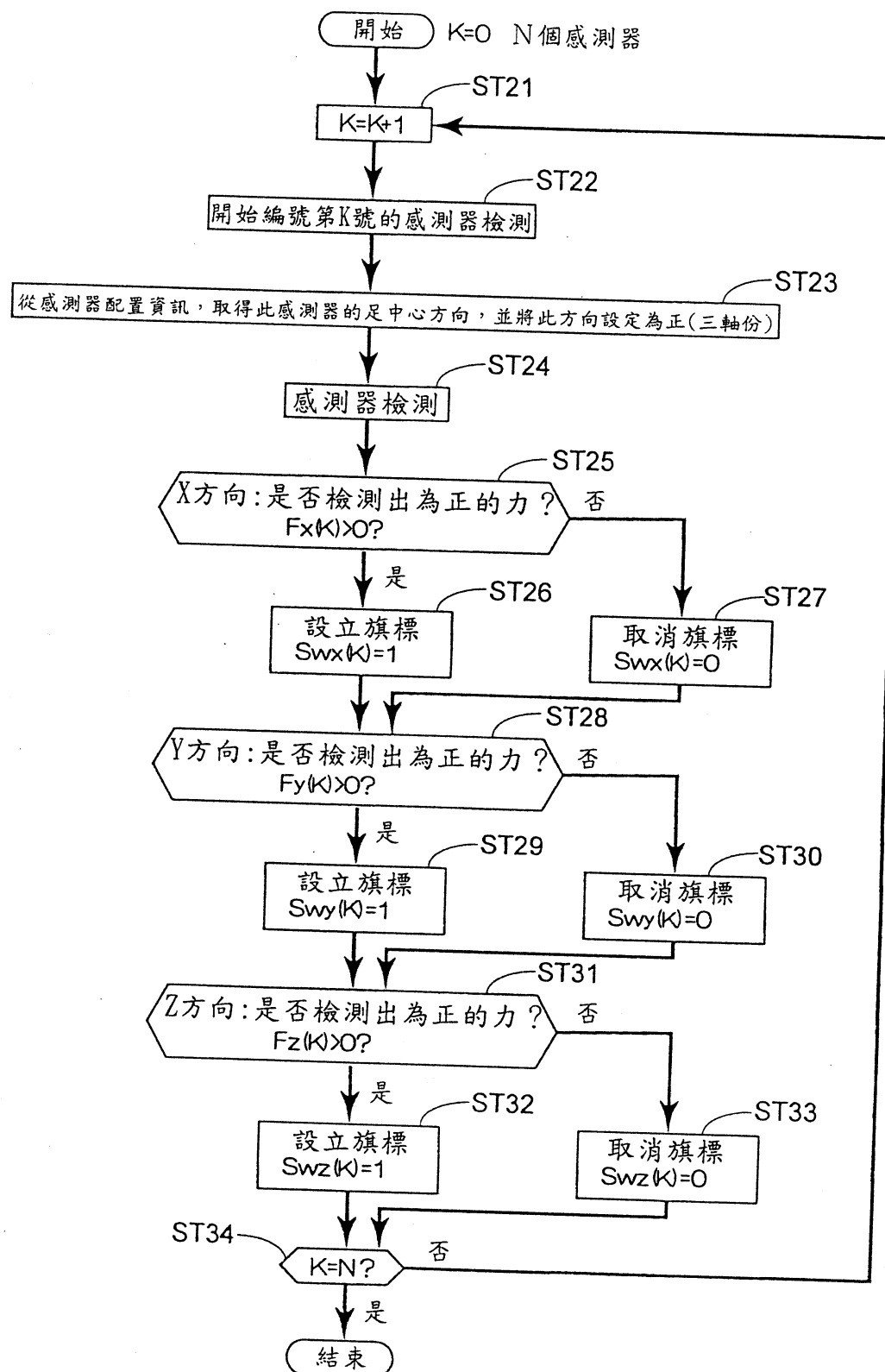
第 4 圖



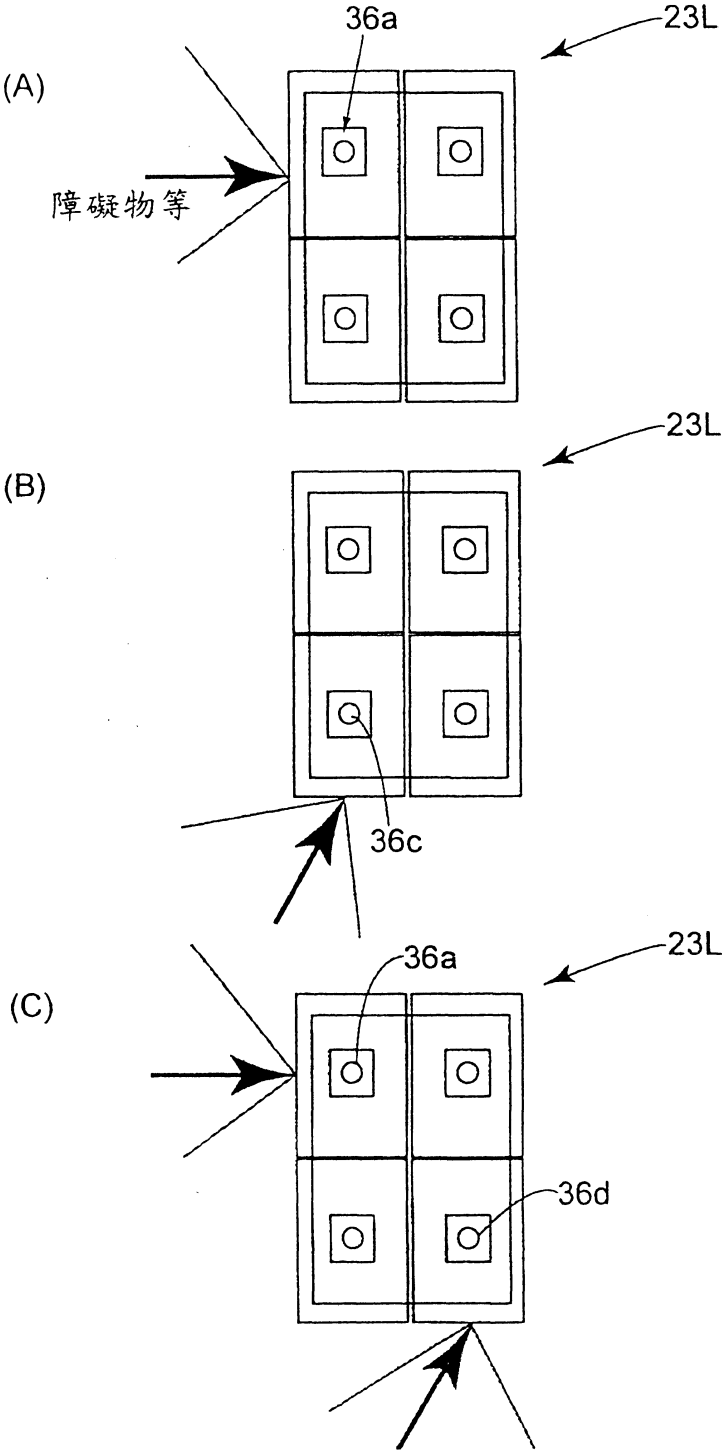
第 5 圖



第 6 圖

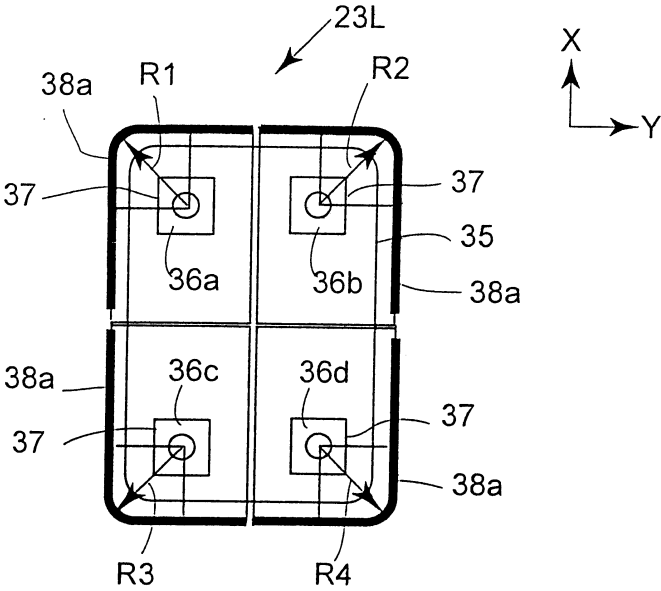


第 7 圖

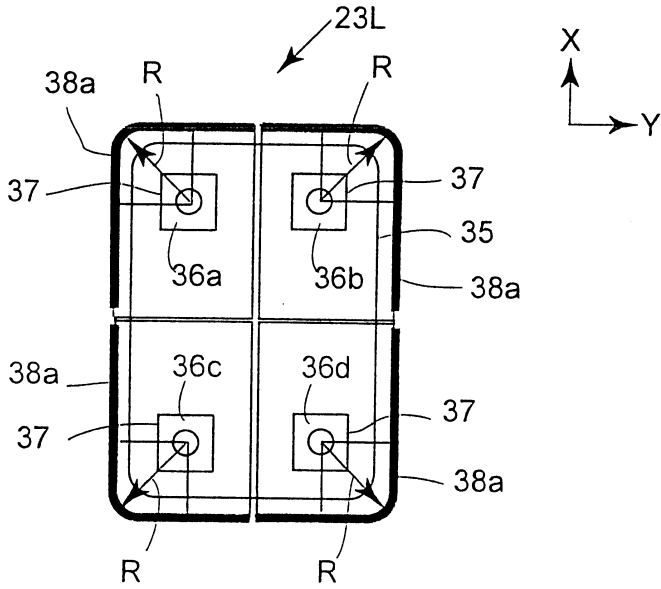


第 8 圖

(A)



(B)



第 9 圖

公告本

93年2月17日 修正補充

發明專利說明書

589245

(本說明書格式、順序及粗體字，請勿任意更動，※記號部分請勿填寫)

※申請案號：92115501

※申請日期：92.6.9

※IPC 分類：B25J 5/00

壹、發明名稱：(中文/英文)

步行式移動裝置及其步行控制裝置，以及步行控制方法

WALKING-TYPE MOVING APPARATUS AND WALKING CONTROL DEVICE AND METHOD THEREFOR

貳、申請人：(共1人)

姓名或名稱：(中文/英文)

獨立行政法人科學技術振興機構/JAPAN SCIENCE AND TECHNOLOGY AGENCY

代表人：(中文/英文) 沖村憲樹/OKIMURA, KAZUKI

住居所或營業所地址：(中文/英文)

日本國埼玉縣川口市本町4丁目1番8號

4-1-8, Hon-cho, Kawaguchi-shi, Saitama Japan

國籍：(中文/英文) 日本國/JAPAN

參、發明人：(共5人)

姓名：(中文/英文)

1. 古田貴之/FURUTA, TAKAYUKI

2. 田原哲雄/TAWARA, TETSUO

3. 奥村悠/OKIMURA, YU

4. 北野宏明/KITANO, HIROAKI

5. 清水正晴/SHIMIZU, MASA HARU

住居所地址：(中文/英文)

1. 日本國東京都世田谷區上北澤 3-32-6-303

3-32-6-303, Kamikitazawa, Setagaya-ku, Tokyo Japan

2. 日本國東京都文京區本駒込 6-23-16

6-23-16, Honkomagome, Bunkyo-ku, Tokyo Japan

3. 神奈川縣藤澤市本鵜沼 2-3-21

2-3-21, Honkugenuma, Fujisawa-shi, Kanagawa Japan

4. 日本國埼玉縣川越市西小仙波町 2-18-3

2-18-3, Nishikosenba-cho, Kawagoe-shi, Saitama Japan

5. 日本國東京都新宿區新宿 1-34-3

1-34-3, Shinjuku, Shinjuku-ku, Tokyo, Japan

國籍：(中文/英文) 日本國/JAPAN