



(19)中華民國智慧財產局

(12)發明說明書公告本 (11)證書號數：TW I492006 B

(45)公告日：中華民國 104 (2015) 年 07 月 11 日

(21)申請案號：100100939

(22)申請日：中華民國 100 (2011) 年 01 月 11 日

(51)Int. Cl. : G05B19/18 (2006.01)

(30)優先權：2010/01/12 日本 2010-004380

2010/07/26 日本 2010-167089

(71)申請人：安川電機股份有限公司 (日本) KABUSHIKI KAISHA YASKAWA DENKI (JP)
日本

(72)發明人：吉浦泰史 YOSHIURA, YASUFUMI (JP)；加來靖彥 KAKU, YASUHIKO (JP)

(74)代理人：林志剛

(56)參考文獻：

TW 200922105A

TW 200925790A

US 5546826

US 5555178

審查人員：曾錦豐

申請專利範圍項數：2 項 圖式數：25 共 65 頁

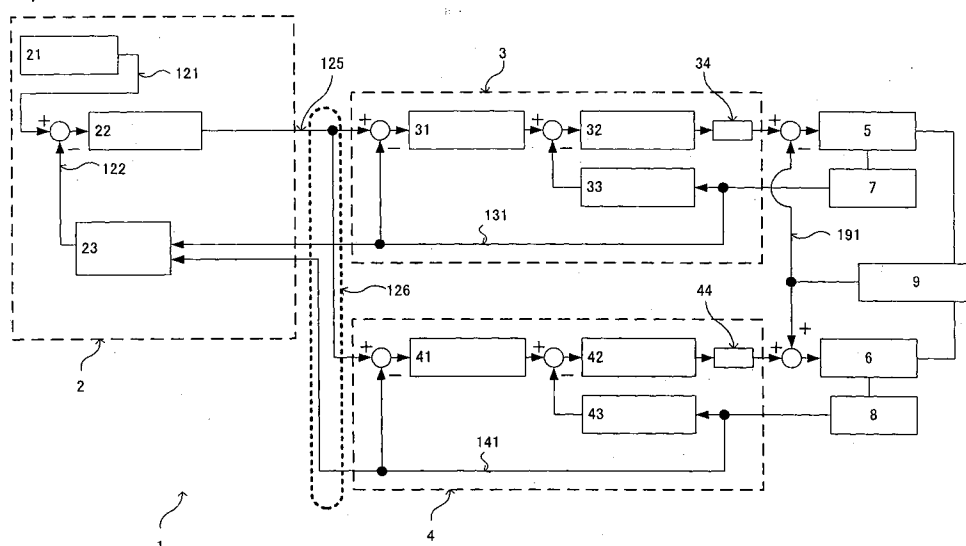
(54)名稱

同步控制裝置

(57)摘要

提供一種對以複數電動機驅動同一方向的座標軸的機械，使用通用的電機品來抑制施加於各軸間相互的無效反力，並且以高精度來進行對作業位置的同步控制的同步控制裝置。其具備有：指令裝置(2)，其係具有生成位置指令(121)的位置指令生成部(21)、及根據 2 台位置資訊(131、141)，將屬於 XY 軸座標系的作業位置(122)進行運算，根據位置指令(121)與作業位置之一方的軸座標系位置(122)的差，將新的位置指令(125)進行運算的第 1 位置控制系統；及 2 台電動機控制裝置(3、4)，其係分別具有根據新的位置指令(125)與位置資訊(131、141)的差來將驅動電動機的指令進行運算的第 2 位置控制系統。

第1圖



1 . . . 同步控制裝置

2 . . . 指令器

3、4 . . . 伺服放大器

5、6 . . . 電動機

7、8 . . . 編碼器

9 . . . 機械耦合部

21 . . . 位置指令生成部

22 . . . 位置控制部

23 . . . 位置資訊運算部

31、41 . . . 位置控制部

32、42 . . . 速度控制部

33、43 . . . 速度運算部

34、44 . . . 電流控制部

121 . . . 內部位置指令

122 . . . 作業位置資訊

125 . . . 位置指令訊號

126 . . . 位置資訊傳送路徑

131、141 . . . 檢測位置資訊

191 . . . 外亂轉矩(反力)

公告本

發明專利說明書

(本申請書格式、順序，請勿任意更動，※記號部分請勿填寫)

※申請案號：100100939

※申請日：100 年 01 月 11 日

※IPC 分類：G05B^{19/18} 2006.01.

一、發明名稱：(中文／英文)

同步控制裝置

二、中文發明摘要：

提供一種對以複數電動機驅動同一方向的座標軸的機械，使用通用的電機品來抑制施加於各軸間相互的無效反力，並且以高精度來進行對作業位置的同步控制的同步控制裝置。其具備有：指令裝置(2)，其係具有生成位置指令(121)的位置指令生成部(21)、及根據2台位置資訊(131、141)，將屬於XY軸座標系的作業位置(122)進行運算，根據位置指令(121)與作業位置之一方的軸座標系位置(122)的差，將新的位置指令(125)進行運算的第1位置控制系統；及2台電動機控制裝置(3、4)，其係分別具有根據新的位置指令(125)與位置資訊(131、141)的差來將驅動電動機的指令進行運算的第2位置控制系統。

三、英文發明摘要：

四、指定代表圖：

(一) 本案指定代表圖為：第(1)圖。

(二) 本代表圖之元件符號簡單說明：

1：同步控制裝置

2：指令器

3、4：伺服放大器

5、6：電動機

7、8：編碼器

9：機械耦合部

21：位置指令生成部

22：位置控制部

23：位置資訊運算部

31、41：位置控制部

32、42：速度控制部

33、43：速度運算部

34、44：電流控制部

121：內部位置指令

122：作業位置資訊

125：位置指令訊號

126：位置資訊傳送路徑

131、141：檢測位置資訊

191：外亂轉矩（反力）

五、本案若有化學式時，請揭示最能顯示發明特徵的化學式：無

六、發明說明：

【發明所屬之技術領域】

本發明係關於同步驅動作機械性耦合的複數電動機的同步控制裝置。

【先前技術】

第1習知技術係在例如日本公開公報特開2007-042068號公報中記載具備有：根據屬於對主軸電動機之來自上位控制裝置的指令和由設在主軸電動機的檢測器所被反饋的主軸電動機的檢測值的差的位置偏差、與屬於來自進給側電動機的上位控制裝置的指令和由設在進給側電動機的檢測器所被反饋的進給側電動機的檢測值的差的位置偏差的差分亦即同步誤差，來計算用以補正進給側電動機之位置偏差的補正資料的補正資料計算手段，且將補正資料加算在進給側電動機的位置偏差，來進行使同步誤差接近於零的控制。

第2習知技術係在例如日本公開公報特開2004-288164號公報記載藉由：根據位置指令與來自位置檢測器的位置反饋的位置偏差，按每個預定周期輸出速度指令的位置控制部；及根據速度指令與來自速度檢測器的速度反饋，按每個預定周期輸出轉矩指令的速度控制部，來對伺服電動機進行驅動控制的控制裝置，其具備有：對用以驅動相同控制對象的2個伺服電動機進行同步控制，根據作用在該2個伺服電動機間的力來使作用在2個伺服電動機間的力減

少的同步補正處理部。

第3習知技術係在例如日本公開公報特開2003-131712號公報記載分別檢測主軸及從軸的現在位置，根據所被檢測出的主軸的位置，按照每個從軸來計算與主軸位置相對應的理論上的位置，關於各從軸，計算出所被計算出的理論上的位置與所被檢測出的實際位置的同步誤差，根據所被計算出的同步誤差，使從軸的增益改變。

【發明內容】

根據本發明之一態樣，同步控制裝置係具備有：第1軸，其係驅動控制對象，該控制對象具備有：複數台電動機、分別檢測複數台電動機的位置資訊的複數台位置檢測器、及將複數台電動機的可動軸彼此相締結的機械耦合部；第2軸，其係驅動其他控制對象，該其他控制對象具備有：單數台電動機、檢測單數台電動機的位置資訊的單數台位置檢測器、及將單數台電動機的可動軸相締結的機械締結部；及指令裝置，其係具有：位置資訊運算部，其係輸入第1軸的位置檢測器分別所檢測到的檢測位置資訊而將作業位置資訊進行運算且輸出；位置觀測器，其係輸入作業位置資訊與位置偏差而將新的作業位置資訊進行運算且輸出；及減算器，其係由位置指令減算新的作業位置資訊而輸出位置偏差，根據位置偏差，使第1軸與第2軸進行XY軸座標系的圓弧內插動作，其中，第1軸構成位置積分比例／速度比例控制系統，第2軸構成位置比例／速度

積分比例控制系統，將第1軸中的位置比例增益（ K_{p1} ）以與第2軸中的速度積分時間（ T_i ）的倒數相一致的方式作設定，並且，將第1軸中的位置積分時間（ T_{ir} ）以與第2軸中的位置比例增益（ K_p ）的倒數相一致的方式作設定。

與所附圖示相關連考慮時，藉由參考如下詳細敘述可更加清楚瞭解本發明之更為完整的認識及其伴隨的許多優點。

【實施方式】

參照所附圖示敘述實施例，其中在各圖示中相對應或相同的元件標示元件符號。

首先，使用第1至3習知技術之同步控制裝置進行驅動的同步機構，說明其課題。第6圖係顯示同步控制裝置所驅動的第1同步機構（龍門（Gantry）構造）的圖。該第1同步機構（龍門構造）係例如被使用在將半導體零件安裝在基板的安裝機（mounter）、將半導體零件焊接在基板的接合機、塗佈裝置等產業機械、半導體或液晶製造裝置的構成。

第1至3習知技術之同步控制裝置係當驅動如上所示之第1同步機構（龍門構造）時，對屬於同一位置控制構成的伺服放大器15、16，由指令器14透過位置資訊傳送路徑126傳送同一位置指令而將2軸（X1軸、X2軸）進行同步控制。

但是，在以機械耦合部9將彼此的軸相締結的第1同步

機構（龍門構造）中，該機械耦合部9的剛性愈高，由一方軸朝另一方軸、從另一方軸朝一方軸彼此施加的扭轉反力（以下稱為無效反力）會變大。該無效反力係因例如線性標度尺（linear scale）12的製造不均或對機構的安裝誤差、機構本身的組合精度等而起者，作為對伺服放大器15、16的外亂而對雙方的位置控制系統造成影響者。

亦即，該無效反力係對伺服放大器15、16的推力指令值形成為相反符號的推力，在伺服放大器15、16中係為了消除該無效反力，必須另外使推力指令值增加（由於負荷率增加），因此會有能量效率明顯惡化的問題。

此外，該無效反力較大時，會有超出伺服放大器15、16可輸出的推力上限值之虞，若超過時，亦會有亦無法進行正常的位置控制動作及同步控制的問題。

此外，第1至3習知技術之同步控制裝置係如後所述，在伺服放大器軸間必須要有位置資訊傳送路徑以外的傳送路徑。亦即，第1習知技術之同步控制裝置係在伺服放大器軸間必須要有位置偏差傳送路徑，第2、3習知技術之同步控制裝置係在伺服放大器軸間必須要有轉矩指令傳送路徑。該等新的傳送路徑係一般並不存在於伺服放大器的通用製品者，因此第1至3習知技術之同步控制裝置係必須以專用品來構成，亦會有成本面或保養性、交貨期等問題。

此外，在N軸同步控制（N為軸數， $N > 1$ 的自然數）中，會有將1個檢測位置作為主位置，剩餘的（ $N-1$ ）軸的位置係作為從位置的情形。例如，在第6圖中，X1軸的檢

測位置成爲主位置、X2軸的檢測位置成爲從位置。若爲第6圖所示之同步機構（龍門構造），存在有與X1及X2軸呈正交的Y軸，大部分在該等XY軸座標系上存在有作業位置（作業中心）。Y軸座標係在X1軸與X2軸的軸間移動的座標，因此作業位置並非限定存在於主位置上（X1軸上），亦會有無法對作業位置進行同步控制的問題。

本發明係鑑於如上所示之問題點所研創者，提供一種同步控制裝置，其對以複數電動機驅動同一方向的座標軸的機械，使用通用的電機品（電動機、伺服放大器、指令器等）來抑制施加於各軸間彼此的無效反力，並且高精度進行對作業位置的同步控制。

針對本發明之第1實施形態，參照圖示加以說明。第1圖係本發明之第1實施形態之同步控制裝置的方塊圖。在圖中，同步控制裝置1係具備有：指令器2、伺服放大器3、4。

指令器2係具備有：位置指令生成部21、位置控制部22、位置資訊運算部23。

位置指令生成部21係生成用以驅動電動機5、6的內部位置指令121且輸出至位置控制部22。位置資訊運算部23係由伺服放大器3、4透過位置資訊傳送路徑126而輸入在編碼器7、8所被檢測到的檢測位置資訊131、141，藉由後述的運算來輸出作業位置資訊122。位置控制部22係輸入內部位置指令121與作業位置資訊122的偏差來進行比例積分控制運算，將新的位置指令訊號125透過位置資訊傳送

路徑 126 而輸出至伺服放大器 3、4。其中，位置資訊傳送路徑 126 若為例如高速的串列通訊路等即可，可對各伺服放大器 3、4 同步將位置資訊以雙向進行通訊。

此外，作業位置資訊 122 係例如同步控制裝置 1 所驅動的機構系統為 XY 軸座標系，若內部位置指令 121 為 XY 軸座標系下的位置指令，為存在於該 XY 軸座標系上的作業位置（作業中心）的座標。

伺服放大器 3 係具備有：位置控制部 31、速度控制部 32、速度運算部 33、電流控制部 34，伺服放大器 4 亦具備有相同的構成（位置控制部 41、速度控制部 42、速度運算部 43、電流控制部 44）。

位置控制部 31、41 係輸入新的位置指令訊號 125 與檢測位置資訊 131、141 的偏差來進行比例控制運算，且輸出速度指令。速度運算部 33、34 係輸入檢測位置資訊 131、141 來進行微分運算，且輸出速度反饋訊號。速度控制部 32、42 係輸入速度指令與速度反饋訊號的偏差來進行比例控制運算，且輸出驅動電動機的指令。

在此，驅動該電動機的指令係對電動機繞組施加電壓而流通電流，藉此驅動電動機，因此成為電壓或電流指令。電流控制部 34、44 係將相當電流指令的電流進行控制運算且供給至電動機 5、6。電動機 5、6 係發生與所被供給的電流成正比的力。例如，若為同步旋轉型電動機，即發生轉矩，若為線性電動機，則發生推力。

其中，電動機 5、6、編碼器 7、8、機械耦合部 9 的構

成係簡單表示在第6圖中所說明的第1同步機構（龍門構造）的構成者。此外，外亂轉矩（反力）191意指無效反力，該無效反力係對例如伺服放大器3成為相當於負的推力，相對伺服放大器4係成為相當於正的推力。此外，第6圖中的指令器14、伺服放大器15、16係相當於第1圖中的指令器2、伺服放大器3、4者。

如上所示，本發明之第1實施形態之同步控制裝置係有別於構成在伺服放大器3、4內的位置控制系統，在指令器2具備有其他位置控制系統者。指令器2內的位置控制部22係包含積分運算，因此對位置指令生成部21所輸出的內部位置指令121，作業位置資訊122不會位置偏離而進行追隨或定位動作。

其中，位置控制22係僅以積分控制亦可進行同樣的動作。

接著，說明位置資訊運算部23根據檢測位置資訊131、141運算作業位置資訊122的方法。

位置資訊運算部23係以式（1）來運算作業位置資訊122的X座標。其中， m 為 $0 \leq m \leq 1$ ，由預先任意指定的作業位置來決定者（ m 的計算方法如後所述）。

（作業位置資訊122的X座標）

$$= m \times (\text{檢測位置資訊 } 131) + (1-m) \times (\text{檢測位置資訊 } 141) \quad \dots (1)$$

若為第6圖（與第1圖同樣）所示之第1同步機構（龍

門構造)的構成，且在X1軸與X2軸之軸間的任意位置有作業位置時，藉由式(1)，可將X1軸的位置(檢測位置資訊131)與X2軸的位置(檢測位置資訊141)之間的任意位置的作業位置資訊122作為X座標來進行計算，可將未安裝有編碼器的位置對位置指令進行追隨或定位。

例如，若將式(1)中的 m 設為0.5，可將X1軸與X2軸的軸間的中央位置作為作業位置資訊122的X座標來加以計算。如上所示，若將X1軸與X2軸的軸間距離設為 L ，可計算 mL 的X軸方向的作業位置資訊。

此外，若為第6圖(與第1圖同樣)所示的第1同步機構(龍門構造)的構成，構成與X1軸及X2軸呈正交的Y軸，在以X1軸、X2軸、Y軸的各座標所決定的位置、亦即作業位置進行物品的加工等作業的產業機械、半導體或液晶製造裝置很多。

其中，Y軸亦與X1軸、X2軸同樣地構成為：具備有其他(Y軸用的)伺服放大器而構成位置控制系統，根據來自指令器2的其他(Y軸用的)位置指令，來驅動其他(Y軸用的)電動機。此時，如後所述對X1軸、X2軸的座標，可根據與該等呈正交的Y軸的座標來計算 m 的值。亦即，Y軸的位置成為作業位置資訊122的Y座標，以使用 m 的(1)式所計算出的位置成為作業位置資訊122的X座標。

以下說明 m 的計算式。第16圖係以模式表示第6圖中的第1同步機構(龍門構造)的圖。在圖中，X1軸與X2軸均

為線性標度尺的位置，線性標度尺讀頭係位於檢測位置 131 與 141。Y 軸為衝程 L_y 。將由 Y 軸的衝程終端至 X1 軸編碼器讀頭的偏離距離設為 $dY1$ ，由 Y 軸的原點（0 位置）至 X2 軸的偏離距離設為 $dY2$ 。將 Y 軸的原點（0 位置）取為 Y 座標（作業座標）的原點（0 位置），將 X1 軸、X2 軸的原點（0 位置）取為 X 座標（作業座標）的原點（0 位置），將作業位置設為（ P_x 、 P_y ）。

此時， m 係可以式（2）進行計算。

$$m = (P_y + dY2) / (dY1 + L_y + dY2) \quad \cdots (2)$$

其中，在第 16 圖中係誇大記載 Y 軸的斜率，在實際的機械中，對 1m 前後的 Y 軸衝程，檢測位置 131 與檢測位置 141 的差為數十 μm 程度，因此 Y 軸的斜率係極為些微的量。Y 軸方向係即使考慮為與 Y 座標（作業座標）呈大致平行，亦不會有計算上的問題，因此可將（2）式的 m 適用在上述（1）式來計算檢測位置 122 的 X 座標（ P_x ）。

如上所示，可由 Y 軸的位置來計算 X 軸方向的作業位置資訊。此外，若在第 6 圖所示之機械耦合部 9 安裝在 Y 軸移動的作業用讀頭 13 時，若在 X1 軸與 X2 軸間的機械耦合部 9 有變形，會有依 Y 軸的作業用讀頭 13 的位置，作業用讀頭 13 的 X 座標位置對位置指令會產生機械性誤差的問題，但是藉由前述位置資訊運算部 23 的運算，即使 Y 軸移動，亦可按照位置指令來將作業用讀頭 13 的 X 軸方向的位置定位。

第 2 圖係顯示第 1 實施形態中的速度及轉矩的模擬波形

圖。在圖中，形成爲第1圖中的作業位置資訊122＝檢測位置資訊131的情形，上段爲速度波形、下段爲轉矩波形、縱軸爲各振幅、橫軸爲時間軸。此時，相當於定位動作後的停止時（時間軸16以後）的無效反力的推力爲約0.05〔p-p〕左右，加減速時（時間軸0至3）的最大推力振幅（0.5左右）的約10%左右。

在此，針對第1至3習知技術之同步控制裝置中的無效反力加以說明。第10圖係第1習知技術之同步控制裝置的方塊圖，第12圖係第2習知技術之同步控制裝置的方塊圖，第14圖係第3習知技術之同步控制裝置的方塊圖。此外，第11圖係顯示第1習知技術之同步控制裝置中的速度及轉矩的模擬波形圖，第13圖係顯示第2習知技術之同步控制裝置中的速度及轉矩的模擬波形圖，第15圖係顯示第3習知技術之同步控制裝置中的速度及轉矩的模擬波形圖。在第11、13、15圖中，圖模擬條件與第2圖同樣，上段爲速度波形、下段爲轉矩波形、縱軸爲各振幅、橫軸爲時間軸。

相當於各自的定位動作後的停止時（時間軸16以後）的無效反力的推力係第1習知技術之同步控制裝置爲約0.1〔p-p〕（第11圖），第2習知技術之同步控制裝置爲約0.15〔p-p〕（第13圖），第3習知技術之同步控制裝置爲約0.3〔p-p〕（第15圖）。該等係相當於加減速時（時間軸0至3）的最大推力振幅（0.5左右）的約20%、約30%、約60%者。

如上所示，第1至3習知技術之同步控制裝置係對同一位置指令，各伺服放大器欲使檢測位置完全追隨位置指令，但是藉由編碼器本身的誤差或安裝誤差或機械誤差（軸間的偏移），尤其在定位停止後係會在各伺服放大器發生無效反力。以位置偏差或轉矩指令等來檢測在該軸間的偏移而在軸間進行補正處理，但是與本發明之實施形態相比，並未達及減低無效反力。

本發明之實施形態（第1實施形態及後述第2、3、4實施形態）之同步控制裝置係在 N 軸同步控制（ N 為軸數， $N > 1$ 的自然數）中，著眼於：軸數份的編碼器位置與實際同步機構中的機械位置係在周密上不相一致、因將軸數份的電動機的可動軸彼此相締結的耦合構件的剛性而發生無效反力、軸數份的編碼器位置在軸間的偏移與無效反力係呈相反。

亦即，本發明之實施形態（第1實施形態及後述的第2、3、4實施形態）之同步控制裝置係根據幾下幾點而構成者：在 N 軸同步控制（ N 為軸數， $N > 1$ 的自然數）中，與位置指令相一致的檢測位置限定為1個而非為複數、具備有各伺服放大器的位置控制系統，並且必須要有對位置指令使用1個檢測位置的位置控制系統。

本案之具代表性的發明係形成為以下構成者：在 N 軸同步控制（ N 為軸數， $N > 1$ 的自然數）中，由複數編碼器位置計算作業位置而使該作業位置追隨位置指令的構成；不作各伺服放大器內之積分運算的構成（積分運算係動作

愈為低頻，增益愈大，因此在定位結束的停止時點，無效反力會增大。藉由不作該積分運算來抑制無效反力的增加）；在伺服放大器的更為外側新追加1個位置控制系統而僅在該位置控制系統具備積分運算。

如上所示，本案之具代表性的發明係連控制對象的機械精度等亦作綜合性／本質性考察者。此外，對於以複數電動機驅動同一方向的座標軸的機械，可使用通用的電機品（電動機、伺服放大器、指令器等）來抑制施加於各軸間相互的無效反力，並且可高精度地進行對作業位置的同步控制。

亦即，應同步的複數電動機的推力（轉矩）可形成為大致相同程度，僅進行位置資料授受的位置資訊傳送路徑（利用通用的串列通訊等），可實現定位動作時或定位結束後的無效反力較少的同步動作。此外，可減小因機械耦合部的剛性或黏性摩擦的影響所造成的偏移，而可使指令器內的作業位置資訊在定位結束時點與位置指令周密地相一致。

其中，檢測位置資訊相當於各請求項記載的位置資訊，內部位置指令相當於位置指令，作業位置資訊相當於作業位置，指令器相當於指令裝置，伺服放大器相當於電動機控制裝置。

以下，對各種同步機構，依序說明本發明之實施形態之同步控制裝置的適用例。

接著，參照圖示，說明本發明之第2實施形態。第7圖

係顯示同步控制裝置所驅動的第2同步機構（其他龍門構造）的圖。在圖中，爲了正確計測作業位置近傍的X方向位置，安裝有使用雷射干涉計101的位置計測裝置。

雷射干涉計101係將反射鏡設置在機械耦合部9上，藉由來自雷射干涉計的雷射光線的干涉而以非接觸計測位置。因此，可在無法設置線性標度尺12的場所，朝X軸方向直接計測機械耦合部9的作業位置。

第3圖係本發明之第2實施形態之同步控制裝置的方塊圖。在圖中，同步控制裝置10係具備有：指令器2、伺服放大器3、4、17。

第2實施形態與第1實施形態不同之處在於：同步控制裝置10將雷射干涉計101的檢測位置資訊輸入至伺服放大器17，作爲檢測位置資訊171而透過位置資訊傳送路徑126輸入至指令器2內的位置資訊運算部23、及位置資訊運算部23係使用僅有雷射干涉計101的檢測位置資訊171，而未使用來自伺服放大器3、4的檢測位置資訊131與檢測位置資訊141。

因此，同步控制裝置10係在伺服放大器17並未連接電動機，作爲僅將雷射干涉計101的檢測位置資訊171傳送至位置資訊傳送路徑126的資料轉換器來使用伺服放大器17。藉由構成爲如上所示，可僅以通用製品來構成。

其中，編碼器（線性標度尺）7與編碼器8的檢測解析力（平均1脈衝的長度：例 $0.1\mu\text{m}/1$ 脈衝等）、與雷射干涉計101的檢測位置解析力不同時，係在位置資訊運算部

23內進行電子齒輪運算，而合併解析力即可。

在第2實施形態中，以雷射干涉計101檢測作業位置近傍的位置，作為指令器2內的作業位置資訊122而反饋至指令器2內的位置控制系統，因此可使X方向的作業位置比第1實施形態更為正確地追隨指令位置。

其中，雷射干涉計相當於各請求項記載的位置計測裝置。

接著，參照圖示，說明本發明之第3實施形態。第8圖係顯示同步控制裝置所驅動的第3同步機構（圓弧線性）的圖。第4圖係本發明之第3實施形態之同步控制裝置的方塊圖。在第4圖中，同步控制裝置11係具備有：指令器2、伺服放大器3、4、17。其中，伺服放大器4、17的控制構成係與伺服放大器3相同，因此省略詳細記載。

本發明之第3實施形態之同步控制裝置係對第8圖中的圓弧形狀的線性電動機5、6、18供給電力而將複數線性電動機可動子（例如線性電動機可動子53）作同步控制者。在各線性電動機可動子安裝線性標度尺的位置讀取頭，藉由使用膠帶式的線性標度尺等，可以圓弧狀黏貼標度尺，亦可將1個線性標度尺以3個讀頭進行位置檢測或對各讀頭分別安裝線性標度尺。

第3實施形態與第1實施形態不同之處在於：同步控制裝置11係同步控制以3軸所構成的同步機構（例如第8圖）。其中，標註與屬於第1實施形態之代表圖的第1圖為相同元件符號的構成要素由於其作用效果相同，故省略詳

細說明。

第4圖中的電動機5、6、18、編碼器7、8、19、機械耦合部9、105、106的構成係簡單表示在第8圖中所說明的第3同步機構（圓弧線性）的構成者。其中，第8圖中的旋轉台（9、105、106）係電動機5、6、18透過該旋轉台（9、105、106）而作機械式耦合，因此在第4圖中係以機械耦合部9、105、106表記。此外，與第1實施例同樣地，各軸係藉由機械耦合部9、105、106而作機械式耦合，因此無效反力（外亂轉矩191）會施加於各軸。

指令器2中的位置資訊運算部23係根據來自伺服放大器3、4、17的檢測位置資訊131、141、171來計算作業位置資訊122。例如，若將使用在第1實施例中所說明的式（1）的2軸的計算方法展開成3軸即可（參照式（3）、（4））。

此外，在第8圖中，會有因線性標度尺的安裝誤差而在1旋轉發生N周期的誤差（N為自然數）的情形。例如，在第8圖中，在薄厚度的圓筒形狀的構件黏貼有線性標度尺，但是若為直徑形成為2m之多的大型圓弧形狀的旋轉台，會有圓筒形狀的構件因加工誤差或安裝時的誤差而在直徑方向有變形的情形。此時，屬於機械耦合部的旋轉台1旋轉而發生N周期的誤差（N為自然數）。該誤差係若旋轉台作1旋轉時即恢復成原狀，因此成為N周期的誤差。

例如，若在1個線性標度尺安裝3個線性標度尺讀頭來檢測位置時，將經由伺服放大器3而由線性標度尺所檢測

的檢測位置資訊 X_1 的真值設為 θ [rad]、相當於誤差的微小值設為 δ ，在線性標度尺發生 1 周期的誤差時，即成為 $X_1 = \theta + \delta \sin(\theta)$ 。

此外，若在該線性標度尺圓周上按每個 120° ($2\pi/3$) 分別配置線性標度尺讀頭，伺服放大器 4 的檢測位置資訊 X_2 、伺服放大器 17 的檢測位置資訊 X_3 係形成為 $X_2 = \theta + \delta \sin(\theta - 2\pi/3)$ 、 $X_3 = \theta + \delta \sin(\theta - 4\pi/3)$ 。在此，3 個線性標度尺讀頭係每隔 120° 分別偏移配置，但是若在 3 個電動機若將原點位置形成為共通的 1 個，真值 θ 的值係可形成為相同，因此 1 周期的誤差係依存於物理上的位置，形成為由 θ 偏移 120° 、 240° 的值。

本發明之第 3 實施形態之同步控制裝置中的位置資訊運算部 23 係以式 (3) 將作業位置資訊 122 作平均化運算。

$$\begin{aligned} & (\text{作業位置資訊 } 122) \\ &= ((\text{檢測位置資訊 } 131) + (\text{檢測位置資訊 } 141) + (\text{檢測位置資訊 } 171)) / 3 \quad \cdots (3) \end{aligned}$$

此外，式 (3) 係以式 (4) 予以表示。

$$\begin{aligned} & (\text{作業位置資訊 } 122) \\ &= \theta + \delta(\sin(\theta) + \sin(\theta - 2\pi/3) + \sin(\theta - 4\pi/3)) \quad \cdots (4) \end{aligned}$$

在此，由於 $\sin(\theta) + \sin(\theta - 2\pi/3) + \sin(\theta - 4\pi/3) = 0$ ，而成為 $(\text{作業位置資訊 } 122) = \theta$ ，作業位置資訊 122 係被求出為沒有誤差的真值。圓弧狀線性電動機的個數為 m 個時，若按每個 $360/m^\circ = 2\pi/m$ 來配置線性標度尺讀頭即可，在位置資訊運算部 23 若可進行 m 個平均化運算即

可。

如上所示，本發明之第3實施形態之同步控制裝置係有別於構成在伺服放大器3、4、17內的位置控制系統，在指令器2具備有其他位置控制系統者。指令器2內的位置控制部22係包含積分運算，因此對位置指令生成部21所輸出的內部位置指令121，作業位置資訊122不會位置偏移而可進行追隨或定位動作。此外，藉由位置資訊運算部23的平均化運算，可減低因線性標度尺的安裝誤差所發生的1旋轉N周期（N為自然數）的誤差。

第5圖係顯示第3實施形態中的速度及轉矩的模擬波形圖。在圖中，上段為速度波形、下段為轉矩波形、縱軸為各振幅、橫軸為時間軸。此時，相當於定位動作後的停止時（時間軸16以後）的無效反力的推力係約 $0.1 [p-p]$ 左右，加減速時（時間軸0至3）的最大推力振幅（0.5左右）的約20%左右。可知在3軸的情形下，亦無效反力較少。

如上所示，藉由第3實施形態，可輕易增加進行同步控制的軸，各軸的無效反力亦可抑制為較少。在第1至3習知的同步控制裝置中，隨著進行同步控制的軸數的增加，軸間的控制構成變得更為複雜，控制增益等的調整亦複雜。另一方面，藉由第3實施形態，當構成對N軸（N為 $N > 1$ 的自然數）的同步控制系統時，若準備N軸份的同一控制系統的伺服放大器（例如通用的伺服放大器）即可。

將N軸作同步控制之本發明之第3實施形態之同步控制

裝置（若為2軸的情形為本發明之第1實施形態之同步控制裝置）係可適用於例如衝壓機械或射出成型機等產業機械。

若為使2台電動機與1枚驅動齒輪作接頭耦合的機構的衝壓機械或射出成型機等產業機械的情形，若該接頭為剛體，即使僅將一方軸的電動機進行位置控制而將另一方電動機作跟隨旋轉，由於雙方電動機的編碼器旋轉角度相一致，因此可適用本發明之第1或3實施形態之同步控制裝置。

另一方面，若該接頭的剛性較低時，驅動齒輪的旋轉角度與2軸的電動機旋轉角度並不一定相一致，因此在指令器內的位置資訊運算部進行式（5）的運算。

驅動齒輪的旋轉角度 = 第1軸電動機旋轉角度 + (扭矩 ÷ 扭轉剛性 × 由第1軸編碼器至驅動齒輪的距離) … (5)

如上所示若將驅動齒輪的旋轉角度形成為作業位置資訊，可使驅動齒輪的旋轉角度追隨指令位置，因此可適用本發明之第1或3實施形態之同步控制裝置。

其中，扭矩係藉由第1軸電動機的轉矩所被供予，扭轉剛性係依接頭的材質或形狀而被供予。此外，由第1軸編碼器至驅動齒輪的距離係在將電動機組合在機械的時點，以幾何式來決定。

此外，將N軸作同步控制的本發明之第3實施形態之同步控制裝置（若為2軸的情形，為本發明之第1實施形態之同步控制裝置）亦可適用在例如線鋸送出軸與線鋸捲取軸

的同步控制（藉由外部感測器來計測由線鋸基準位置的送出量，將該計測值作為對指令器的反饋位置）、薄膜送出軸與薄膜捲取軸的同步控制（藉由外部感測器來計測來自薄膜的基準位置的送出量，將該計測值作為對指令器的反饋位置）。

接著，參照圖示，說明本發明之第4實施形態。本發明之第1實施形態之同步控制裝置（第1圖）係伺服放大器3、4中的速度控制部32、42僅進行比例控制，因此伺服放大器3、4的檢測位置資訊131、132會有在定位結束時點發生與新的位置指令125的差的情形。

在本發明第1實施形態中，由於以將作業位置資訊122定位、亦即使內部位置指令121與作業位置資訊122相一致為目的，因此伺服放大器3、4的檢測位置資訊131、132與定位結束時點的新的位置指令125的差並沒有問題。但是，在機械耦合部9的剛性較低時或黏性摩擦較大時等，該差會變大。此時，將伺服放大器3、4中的速度控制部32、42的控制系統變更為不完全積分，藉此可減少該差。

第9圖係本發明之第4實施形態之同步控制裝置中的速度控制部（比例+不完全積分）的方塊圖。本發明之第4實施形態之同步控制裝置係將本發明之第1實施形態之同步控制裝置中的各伺服放大器3、4內的速度控制部32、42置換成第9圖的速度控制部。

若為不完全積分，若加大不完全積分率，則接近比例控制，若減小時，則接近積分控制。因此，若機械剛性較

低時等，由於電動機轉矩或推力下的無效反力成分較小，因此在容許範圍內將不完全積分率調整為較小即可（若減小不完全積分率，該差會變小，但是無效反力會變大。若加大不完全積分率時，則成為相反的動作）。

此外，本發明之第1至3實施形態之同步控制裝置係藉由形成為前述構成，在 N 軸同步控制（ N 為軸數， $N > 1$ 的自然數）中，可使加減速時的各軸的轉矩（推力）平衡。此若將第2、5圖（第1、3實施形態中的速度及轉矩的模擬波形）、及第10、12、14圖（第1至3習知技術之同步控制裝置中的速度及轉矩的模擬波形）相比較即可得知。此外，本發明之第1至3實施形態之同步控制裝置係藉由形成為前述構成，即可使機械的實際作業位置追隨位置指令。

其中，本發明之第1至4實施形態之同步控制裝置係列舉在指令器、伺服放大器各個具有位置控制系統的構成為例，但是若指令器及伺服放大器為形成為一體的裝置，亦達成同樣的作用效果。此外，可為輸入來自外部的位置指令的裝置，亦可為具有同樣的2個位置控制系統的裝置。

接著，參照圖示，說明本發明之第5實施形態。在具備有如第6圖所示之龍門機構的工作機械等中，不僅朝 X 、 Y 方向的單獨定位動作，亦可將 X 軸與 Y 軸進行圓弧內插動作來控制軌跡。例如，若將 X 軸設為正弦波形、 Y 軸設為餘弦波形，藉此可進行圓弧內插動作。

工作機械用途中的同步控制裝置的控制系統係大部分形成為位置比例／速度積分比例控制系統。在此，第6圖

的 Y 軸為單軸驅動，因此形成為該控制系統（位置比例／速度積分比例控制），X 軸為雙驅動，因此與本發明之第 1 實施形態同樣地若適用第 1 圖的方塊圖所示的同步控制裝置即可。但是，在取得控制系統平衡的涵義下，在雙驅動的 X 軸中，第 1 圖中的位置控制部 22 係藉由形成為輸入內部位置指令 121 與作業位置資訊 122 的偏差來進行積分控制運算，將新的位置指令訊號 125 透過位置資訊傳送路徑 126 而輸出至伺服放大器 3、4 的構成，而形成為位置積分比例／速度比例控制系統。

第 17 圖係本發明之第 5 實施形態中的一般增益設定時的圓弧內插動作波形圖，第 18 圖係本發明之第 5 實施形態之增益設定時的圓弧內插動作波形圖。在圖中，係描繪朝 X 軸方向輸入 $\sin$ 函數的位置指令，朝 Y 軸方向輸入 $\cos$ 函數的位置指令時的位置指令與檢測位置資訊者，橫軸為 X 軸、縱軸為 Y 軸、實線為檢測位置資訊、一點鏈線為位置指令。

若進行圓弧內插動作，照平常使 X 軸與 Y 軸的控制系統所對應的增益設定為相同時，會有如第 17 圖所示軌跡變形，形成為朝 X 軸方向為較長的橢圓的問題。亦即，檢測位置資訊未追隨位置指令。

為解決該問題，必須導入增益設定式。在雙驅動的 X 軸中，若彙整由位置積分比例／速度比例控制系統的位置指令至檢測位置資訊的傳達函數時，以式（6）表示。

$$\frac{K_{p1}K_v/T_{ir}}{s^3 + K_v s^2 + K_{p1}K_v s + K_{p1}K_v/T_{ir}} \dots (6)$$

另一方面，在單軸驅動的 Y 軸中，若彙整由位置比例／速度積分比例控制系統的位置指令至檢測位置資訊的傳達函數時，以式（7）表示。

$$\frac{K_p K_v / T_i}{s^3 + K_v s^2 + (K_v / T_i) s + K_p K_v / T_i} \dots (7)$$

在此，若式（6）與式（7）相一致，則對圓弧內插動作中的位置指令，檢測位置資訊係相一致。尤其，決定傳達函數的響應特性的是被稱為特性多項式的傳達函數的分母，因此若以式（6）與式（7）的分母中的各係數相一致的方式來決定增益設定值即可，若滿足式（8）及（9）即可。

$$K_{p1}K_v = K_v / T_i \dots (8)$$

$$K_{p1}K_v / T_{ir} = K_p K_v / T_i \dots (9)$$

亦即，由式（8），為

$$K_{p1} = 1 / T_i \dots (10)$$

，將式（10）代入式（9），為

$$T_{ir} = 1 / K_p \dots (11)$$

。此時，式（6）與式（7）的分子亦相一致。

如上所示使用由式（10）與式（11）所求出的增益設定值時，若觀看第18圖，可知第17圖所示軌跡的變形獲得

改善而檢測位置資訊追隨位置指令。

接著，參照圖示，說明本發明之第6實施形態。在第5實施形態中，在雙驅動的X軸中，第1圖中的位置控制部22係形成為位置積分比例／速度比例控制系統，但是即使為位置比例積分／速度比例控制系統，亦可獲得同樣的效果。此時，式（10）及式（11）係必須使用不同的增益設定式。

在雙驅動的X軸中，若彙整由位置比例積分／速度比例控制系統的位置指令至檢測位置資訊的傳達函數時，以式（12）表示。

$$\frac{K_{p1}K_v s + K_{p1}K_v / T_{ir}}{s^3 + K_v s^2 + 2K_{p1}K_v s + K_{p1}K_v / T_{ir}} \quad \dots \quad (12)$$

另一方面，在單軸驅動的Y軸中，若彙整由位置比例／速度比例積分控制系統的位置指令至檢測位置資訊的傳達函數時，以式（13）表示。

$$\frac{K_p K_v s + K_p K_v / T_i}{s^3 + K_v s^2 + (K_v / T_i + K_p K_v) s + K_p K_v / T_i} \quad \dots \quad (13)$$

在此，若式（12）與式（13）相一致，對圓弧內插動作中的位置指令，檢測位置資訊係相一致。尤其，決定傳達函數的響應特性的是被稱為特性多項式的傳達函數的分母，因此以式（12）與式（13）的分母中的各係數相一致

的方式來決定增益設定值即可，若滿足式（14）及（15）即可。

$$2K_p1K_v = K_v / T_i + K_pK_v \quad \cdots (14)$$

$$K_p1K_v / T_{ir} = K_pK_v / T_i \quad \cdots (15)$$

亦即，由式（14），為

$$K_p1 = 1 / (2T_i) + K_p / 2 \quad \cdots (16)$$

，將式（16）代入式（15），為

$$T_{ir} = 1 / (2K_p) + T_i / 2 \quad \cdots (17)。$$

但是，不同於第5實施形態，僅滿足式（16）及式（17），式（12）與式（13）的分子並不相一致，雖為些許，對X、Y軸的位置指令的檢測位置資訊亦不相一致。為了亦包含分子而使傳達函數相一致，除了式（16）及式（17）以外，必須滿足下式（18）。

$$T_i = 1 / K_p \quad \cdots (18)$$

第19圖係本發明之第6實施形態中的一般增益設定時的圓弧內插動作波形圖，第20圖係本發明之第6實施形態之增益設定時的圓弧內插動作波形圖。在圖中，係描繪朝X軸方向輸入sin函數的位置指令，朝Y軸方向輸入cos函數的位置指令時的位置指令與檢測位置資訊者，橫軸為X軸、縱軸為Y軸、實線為檢測位置資訊、一點鏈線為位置指令。

若使用如上所示由式（16）～式（18）所求出的增益設定值時，若觀看第20圖，可知第19圖所示之軌跡的變形（朝X軸方向較長的橢圓）獲得改善而檢測位置資訊追隨

位置指令。

接著，參照圖示，說明本發明之第7實施形態。對第1圖中的新的位置指令125的檢測位置資訊131、141的檢測遲延較小，為數ms程度時，如第5實施形態之第18圖所示，若使用由式(10)與式(11)所求出的增益設定值，第17圖所示之軌跡的變形即獲得改善而使檢測位置資訊追隨位置指令。

但是，對第1圖中的新的位置指令125之檢測位置資訊131、141的檢測遲延大為十數ms左右時，檢測位置資訊係大幅失真。若為第5實施形態的單軸驅動的Y軸中的位置比例／速度積分比例控制系統，該檢測位置資訊的檢測遲延僅進入至位置指令，相對於此，若為雙驅動的X軸中的位置積分比例／速度比例控制系統，則會進入至位置指令125及檢測位置資訊131、141，因此該檢測位置資訊的檢測遲延會變大，控制迴圈中的傳達函數的誤差會變得明顯之故。

第21圖係遲延較大時之本發明之第5實施形態之增益設定時的圓弧內插動作波形圖，第22圖係本發明之第7實施形態之圓弧內插動作波形圖。此外，第23圖係本發明之第7實施形態之同步控制裝置的方塊圖，第24圖係本發明之第7實施形態之位置觀測器的控制方塊圖，第25圖係本發明之第7實施形態之位置觀測器的其他控制方塊圖。

在第23圖中的同步控制裝置12的構成中，與第1圖中的同步控制裝置1不同的部分係對雙驅動的X軸的伺服放大

器 3、4 另外追加單軸驅動的 Y 軸的伺服放大器 200 及電動機 211、編碼器 212 的構成的部分、追加指令器 2 內的位置觀測器 24 的構成的部分。其中，標註與第 1 圖相同的元件符號的構成要素係其作用效果為相同，故省略詳細說明。

上述檢測位置資訊的檢測遲延變大的問題係可藉由輸入位置偏差 124 與作業位置資訊 122，作成輸出已補償遲延的新的檢測位置資訊 123 的位置觀測器 24 來回避，該位置觀測器 24 係可構成為例如第 24 圖或第 25 圖所示。此時的圓弧內插動作波形圖為第 22 圖，與第 5 實施形態同樣地，可知第 21 圖所示之軌跡的變形獲得改善，檢測位置資訊追隨位置指令。

其中，位置觀測器 24 係即使為第 6 實施形態，亦同樣地發揮作用效果。此外，在第 5 至 7 實施形態中，作為具備有將 X 軸形成為雙驅動的龍門機構的工作機械而加以說明，但是如可動平台為寬廣的超大型機械般，即使將 X 軸形成為 3 軸以上的複數軸驅動，亦同樣地發揮作用效果。

尤其，第 7 實施形態中的位置觀測器 24 係將在位置資訊運算部 23 將複數軸的檢測位置資訊進行運算所得的作業位置資訊 122 與位置偏差 124 輸入至位置觀測器 24 而將作業位置資訊 122 進行運算且輸出，因此即使由雙軸形成為複數軸，亦會有不需要作設計變更的效果。此外，使用本發明之第 2 實施形態（第 3 圖）所示之雷射干涉計來進行反饋時亦同樣地發揮作用效果。

明顯地，本發明的多數修正變更係可考慮上述教示。

其可在所附之申請專利範圍內清楚瞭解，尤其如在此之記述所示，本發明可被實現。

【圖式簡單說明】

第1圖係本發明之第1實施形態之同步控制裝置的方塊圖。

第2圖係顯示第1實施形態中的速度及轉矩的模擬波形圖。

第3圖係本發明之第2實施形態之同步控制裝置的方塊圖。

第4圖係顯示本發明之第3實施形態之同步控制裝置的方塊圖。

第5圖係顯示第2實施形態中的速度及轉矩的模擬波形圖。

第6圖係顯示同步控制裝置所驅動的第1同步機構（龍門構造）的圖。

第7圖係顯示同步控制裝置所驅動的第2同步機構（其他龍門構造）的圖。

第8圖係顯示同步控制裝置所驅動的第3同步機構（圓弧線性）的圖。

第9圖係本發明之第4實施形態之同步控制裝置中的速度控制部（比例+不完全積分）的方塊圖。

第10圖係第1習知技術之同步控制裝置的方塊圖。

第11圖係顯示第1習知技術之同步控制裝置中的速度

及轉矩的模擬波形圖。

第12圖係第2習知技術之同步控制裝置的方塊圖。

第13圖係顯示第2習知技術之同步控制裝置中的速度及轉矩的模擬波形圖。

第14圖係第3習知技術之同步控制裝置的方塊圖。

第15圖係顯示第3習知技術之同步控制裝置中的速度及轉矩的模擬波形圖。

第16圖係以模式表示第6圖中的第1同步機構（龍門構造）的圖。

第17圖係本發明之第5實施形態中的一般增益設定時的圓弧內插動作波形圖。

第18圖係本發明之第5實施形態之增益設定時的圓弧內插動作波形圖。

第19圖係本發明之第6實施形態中的一般增益設定時的圓弧內插動作波形圖。

第20圖係本發明之第6實施形態之增益設定時的圓弧內插動作波形圖。

第21圖係遲延較大時之本發明之第5實施形態之增益設定時的圓弧內插動作波形圖。

第22圖係本發明之第7實施形態之增益設定時的圓弧內插動作波形圖。

第23圖係本發明之第7實施形態之同步控制裝置的方塊圖。

第24圖係本發明之第7實施形態之位置觀測器的控制

方塊圖。

第25圖係本發明之第7實施形態之位置觀測器的其他控制方塊圖。

【主要元件符號說明】

1、10：同步控制裝置

2、14：指令器

3、4、15、16、17、200：伺服放大器

5、6、18、211：電動機

7、8、19、212：編碼器

9、105、106：機械耦合部

12：線性標度尺

13：作業用讀頭

21：位置指令生成部

22、41：位置控制部

23：位置資訊運算部

31：位置控制部

32、42：速度控制部

33、43：速度運算部

34、44：電流控制部

53：線性電動機可動子

101：雷射干涉計

121：內部位置指令

122：作業位置資訊

125：位置指令訊號

126：位置資訊傳送路徑

131、141、171：檢測位置資訊

191：外亂轉矩（反力）

七、申請專利範圍：

1. 一種同步控制裝置，係具備有：

第1軸，其係驅動控制對象，該控制對象具備有：複數台電動機、分別檢測前述複數台電動機的位置資訊的複數台位置檢測器、及將前述複數台電動機的可動軸彼此相締結的機械耦合部；

第2軸，其係驅動其他控制對象，該其他控制對象具備有：單數台電動機、檢測前述單數台電動機的位置資訊的單數台位置檢測器、及將前述單數台電動機的可動軸相締結的機械締結部；及

指令裝置，其係具有：位置資訊運算部，其係輸入前述第1軸的位置檢測器分別所檢測到的檢測位置資訊而將作業位置資訊進行運算且輸出；位置觀測器，其係輸入前述作業位置資訊與位置偏差而將新的作業位置資訊進行運算且輸出；及減算器，其係由前述位置指令減算前述新的作業位置資訊而輸出前述位置偏差，根據前述位置偏差，使前述第1軸與前述第2軸進行XY軸座標系的圓弧內插動作，該同步控制裝置之特徵為：

前述第1軸構成位置積分比例／速度比例控制系統，
前述第2軸構成位置比例／速度積分比例控制系統，

將前述第1軸中的位置比例增益（ K_{p1} ）以與前述第2軸中的速度積分時間（ T_i ）的倒數相一致的方式作設定，
並且，

將前述第1軸中的位置積分時間（ T_{ir} ）以與前述第2

軸中的位置比例增益 (K_p) 的倒數相一致的方式作設定。

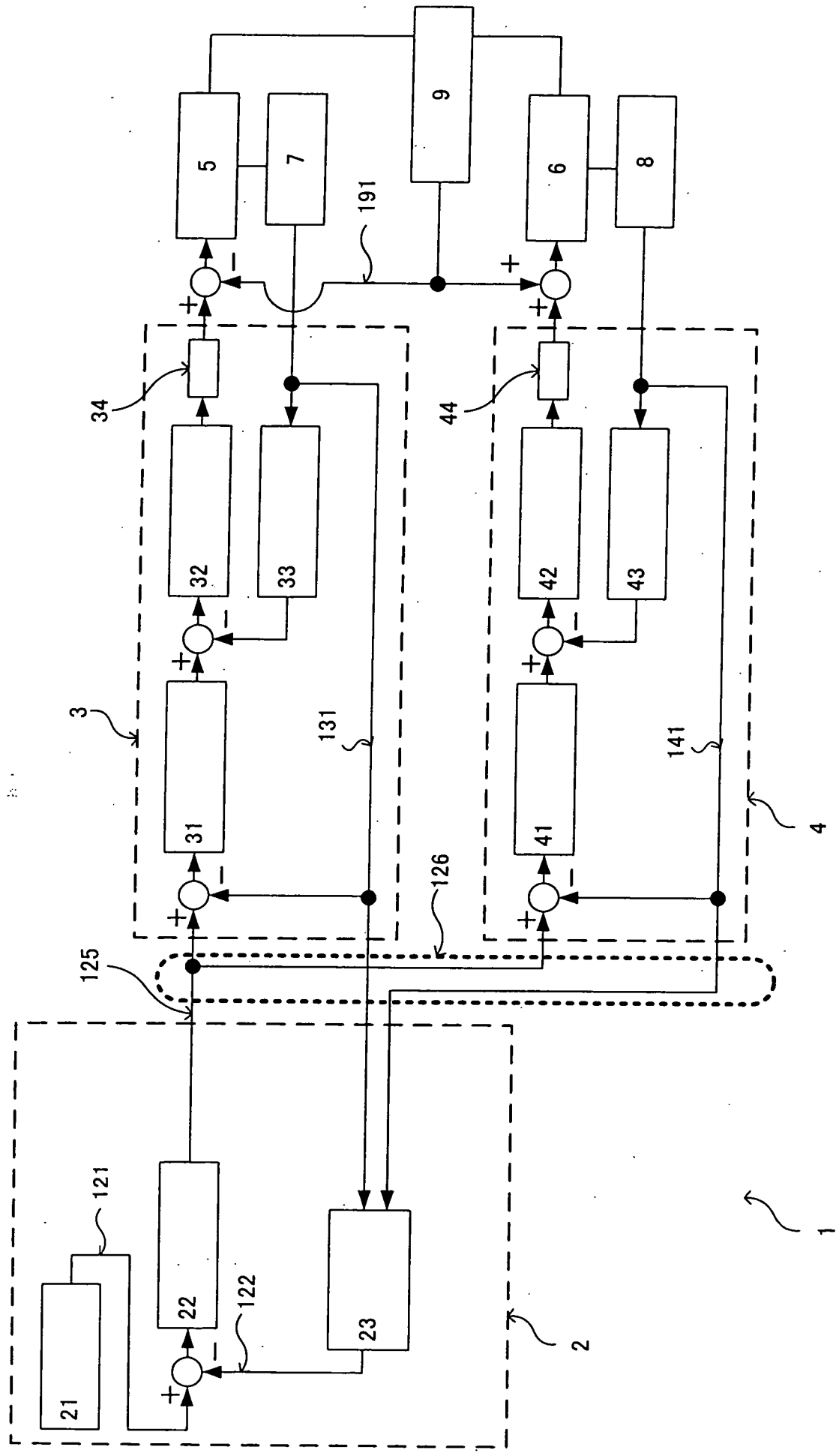
2. 如申請專利範圍第 1 項之同步控制裝置，其中，前述第 1 軸構成位置比例積分／速度比例控制系統，前述第 2 軸構成位置比例／速度比例積分控制系統，

將前述第 1 軸中的位置比例增益 (K_{p1})，以與前述第 2 軸中的速度積分時間 (T_i) 的倒數的 $1/2$ 與前述第 2 軸中的位置比例增益 (K_p) 的 $1/2$ 的和相一致的方式作設定，並且，

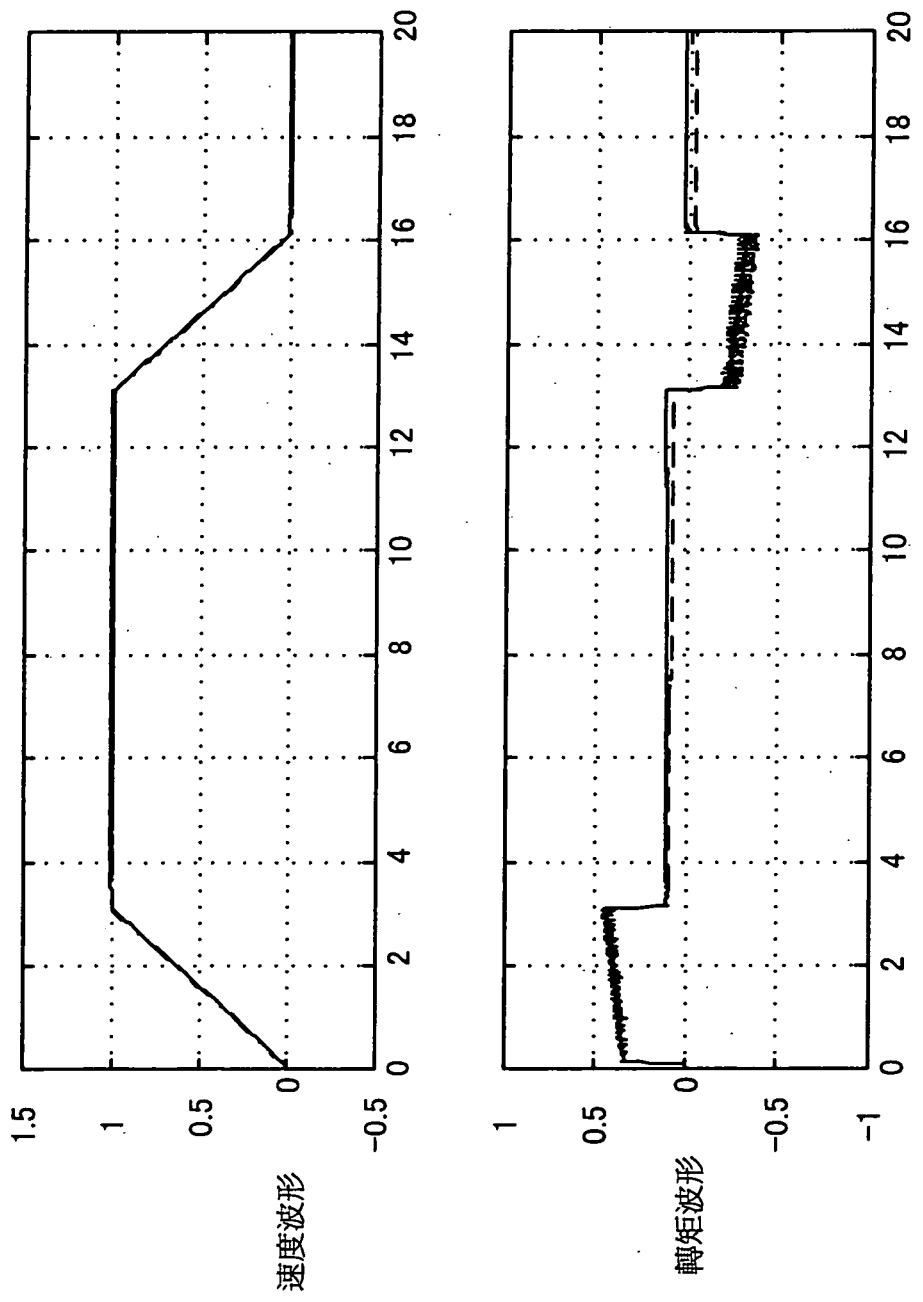
將前述第 1 軸中的位置積分時間 (T_{ir})，以與前述第 2 軸中的位置比例增益 (K_p) 的倒數的 $1/2$ 與前述第 2 軸中的速度積分時間 (T_i) 的 $1/2$ 的和相一致的方式作設定，

此外，將前述第 2 軸中的速度積分時間 (T_i)，以與前述第 2 軸中的位置比例增益 (K_p) 的倒數相一致的方式作設定。

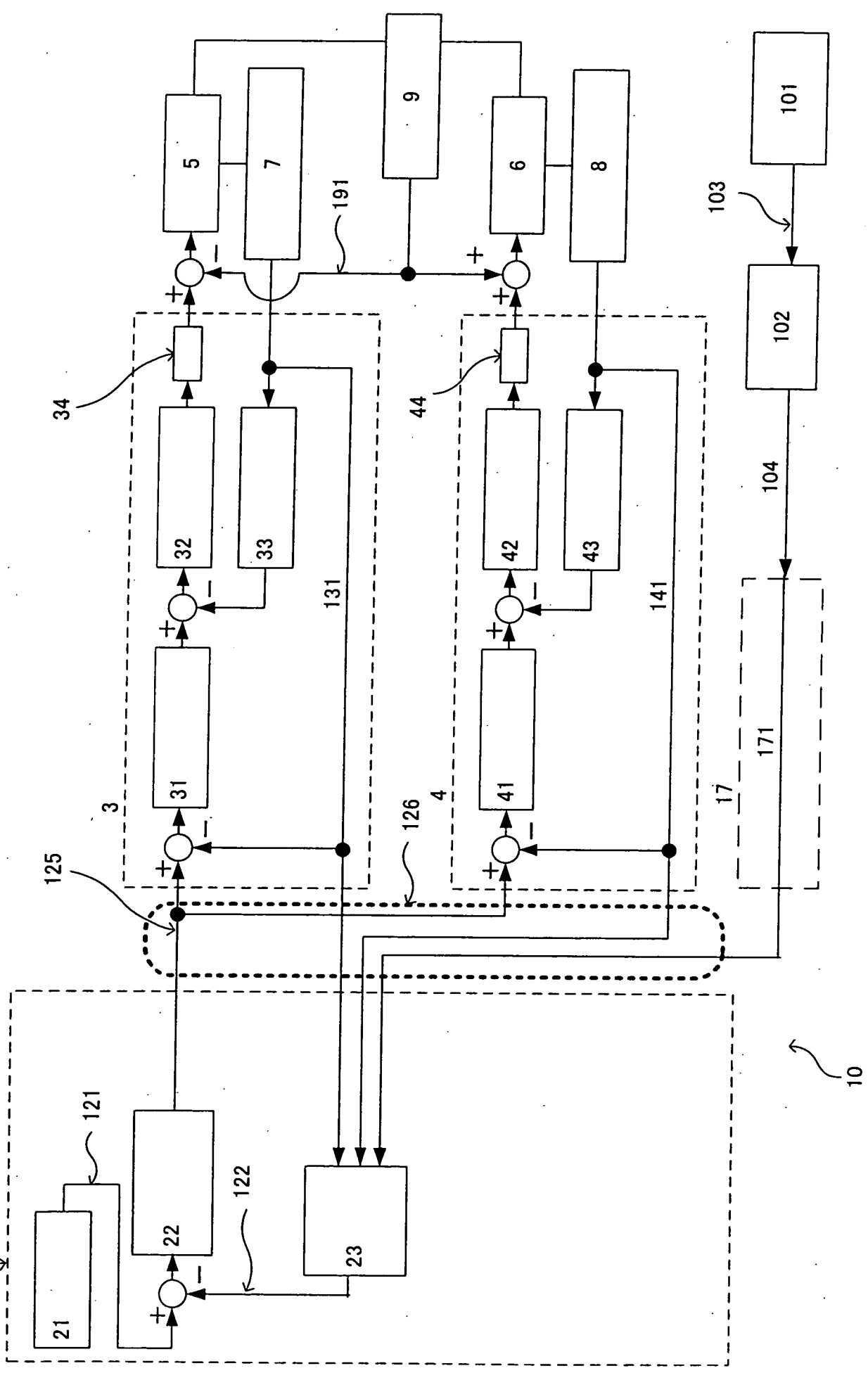
第1圖



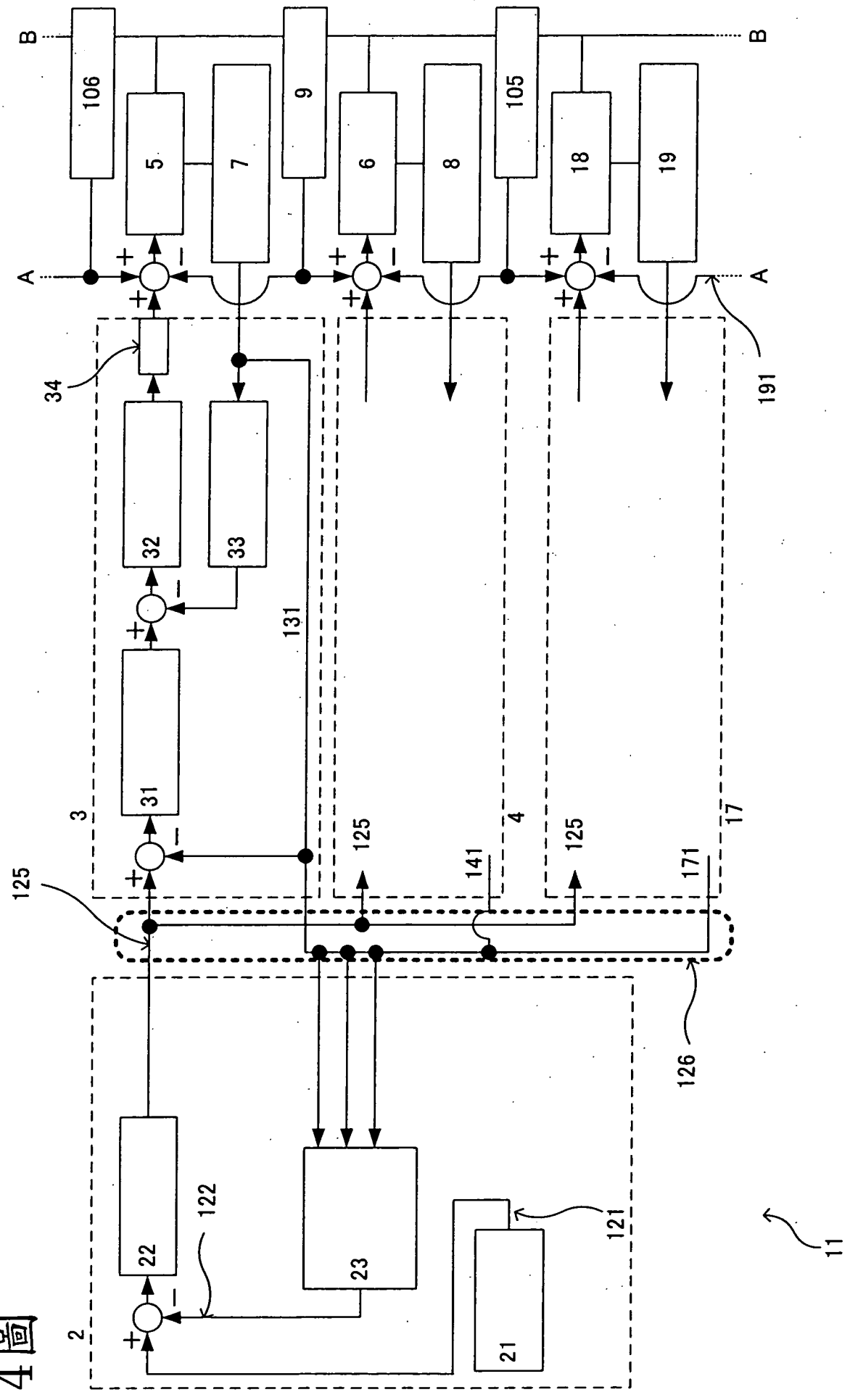
第2圖



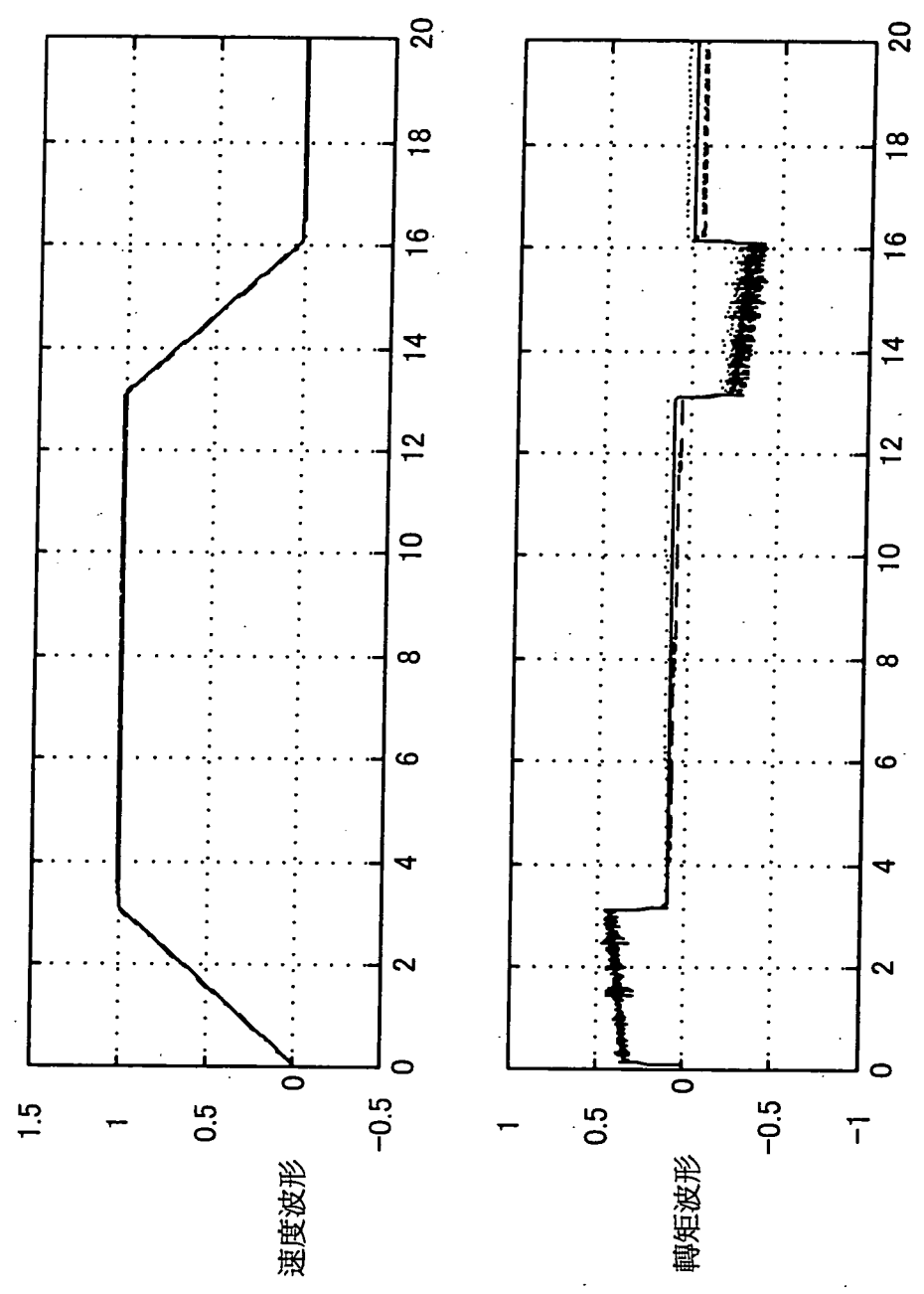
第3圖²



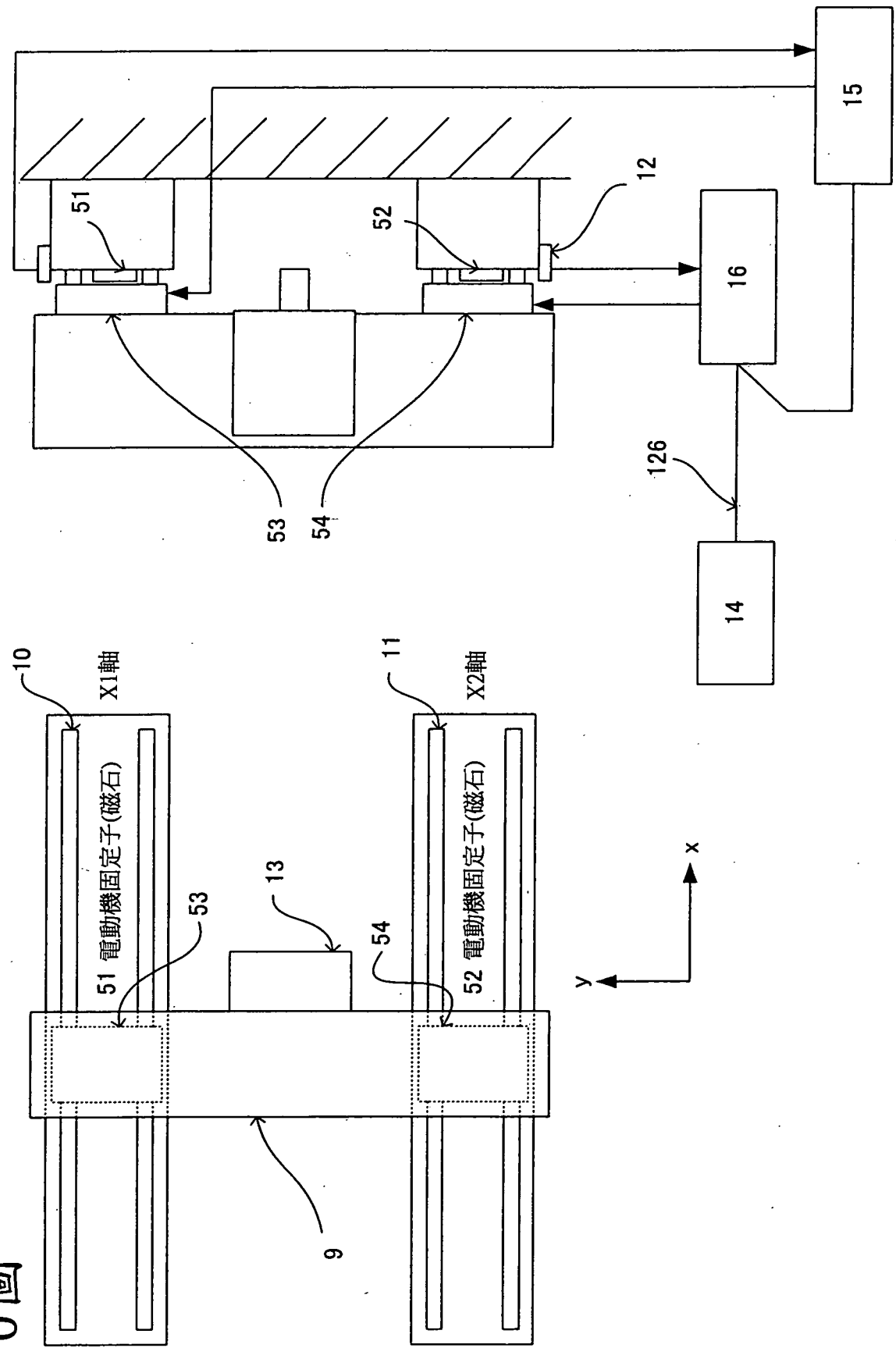
第4圖



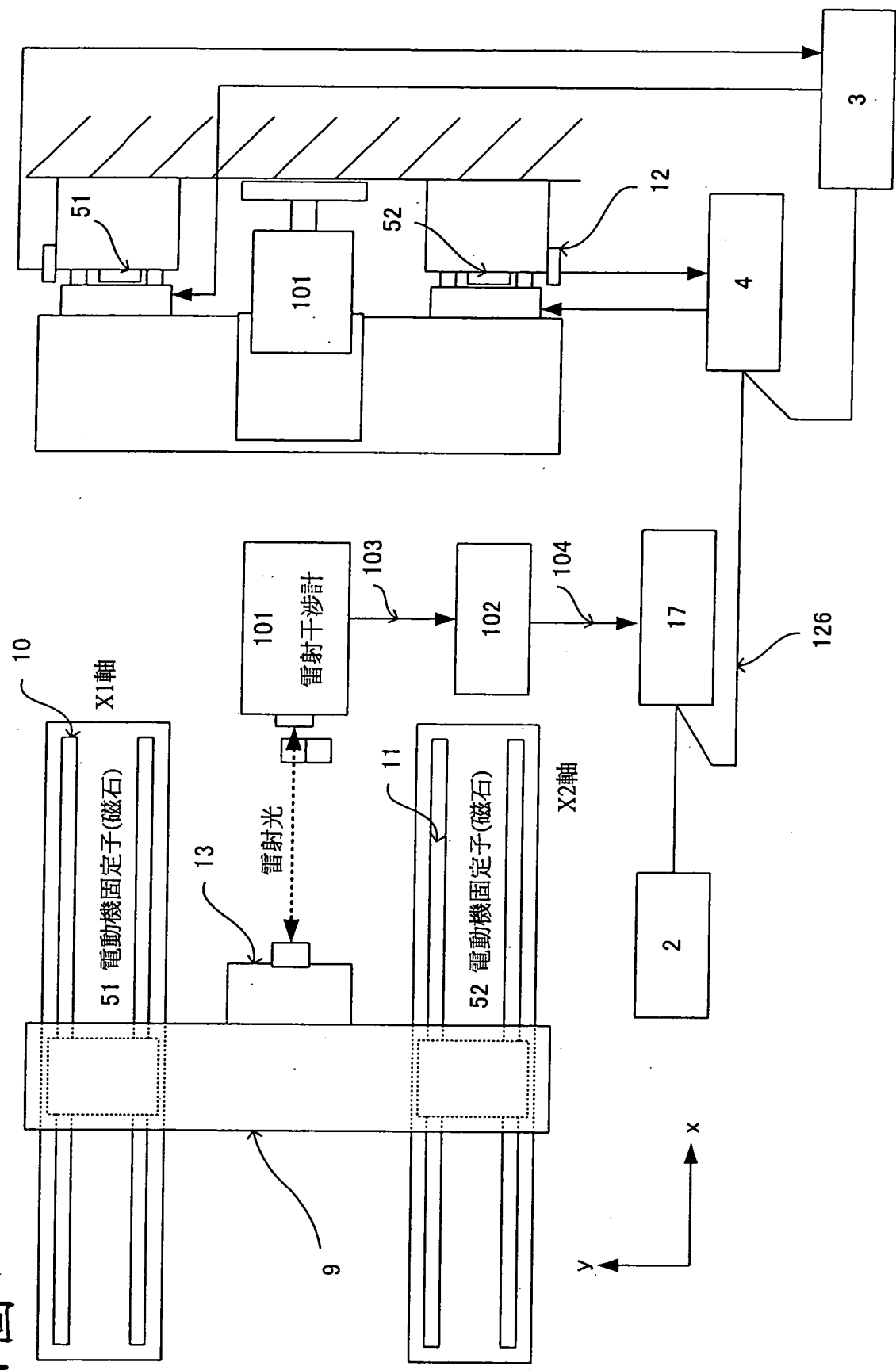
第5圖

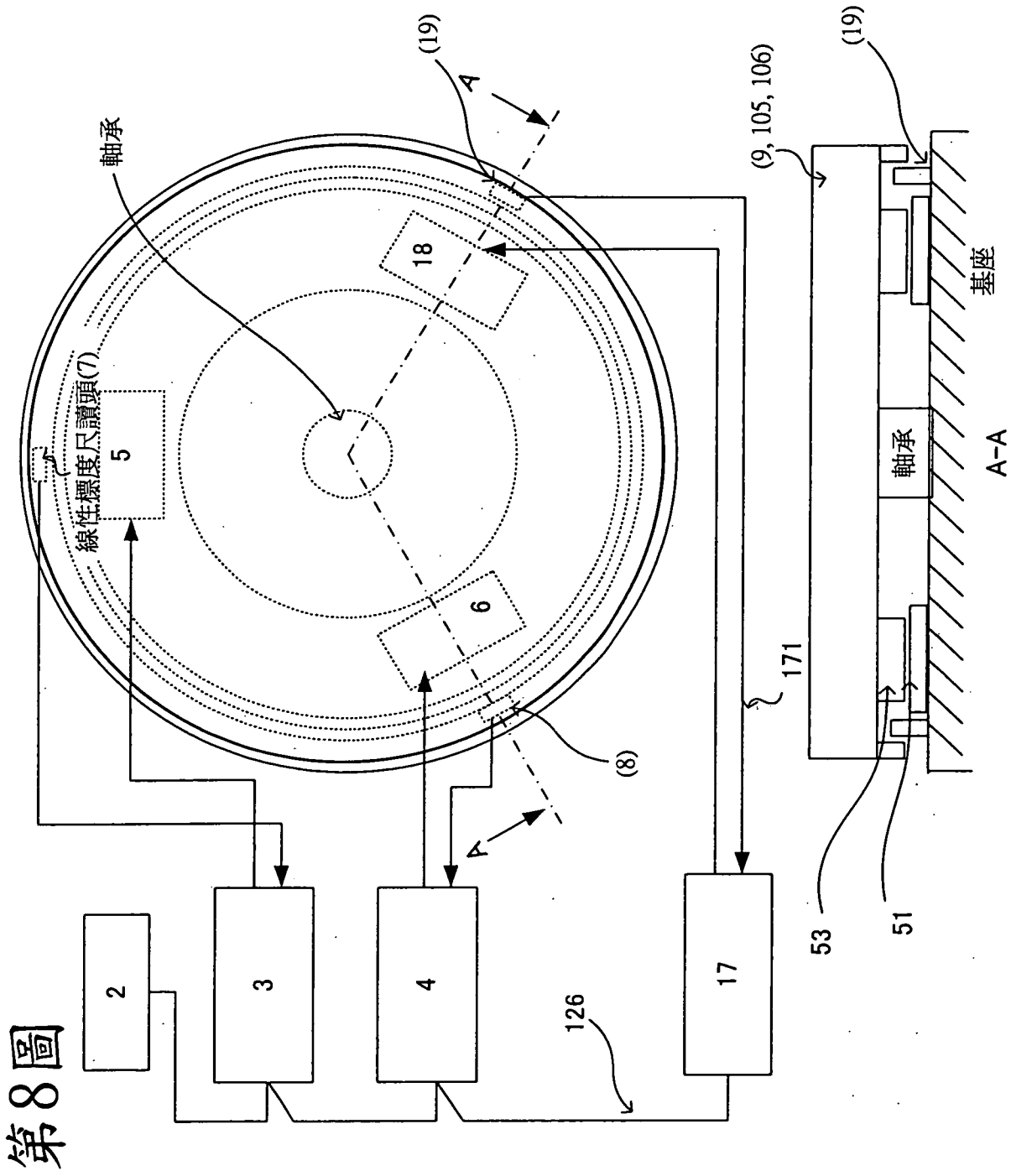


第6圖

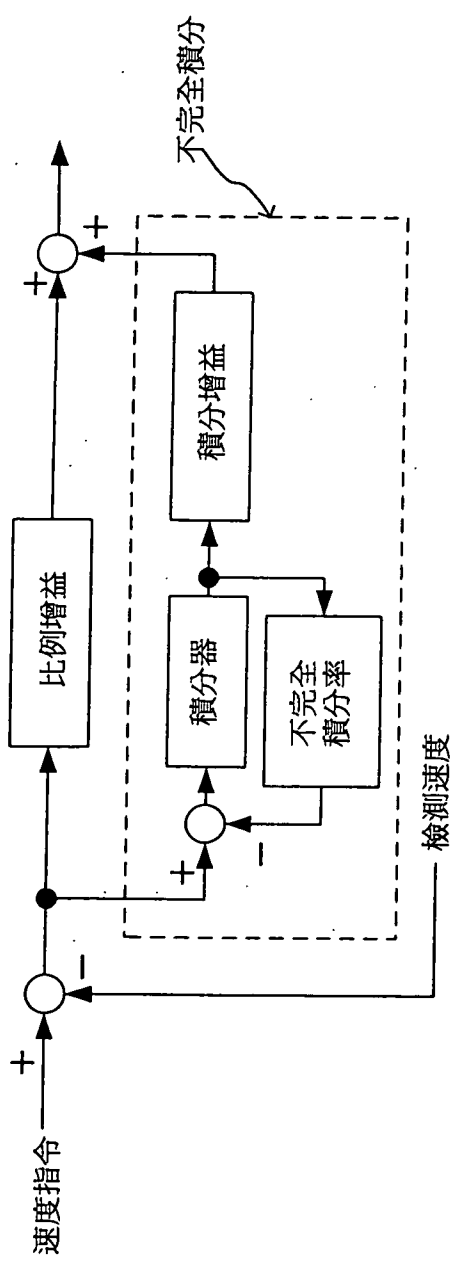


第7圖

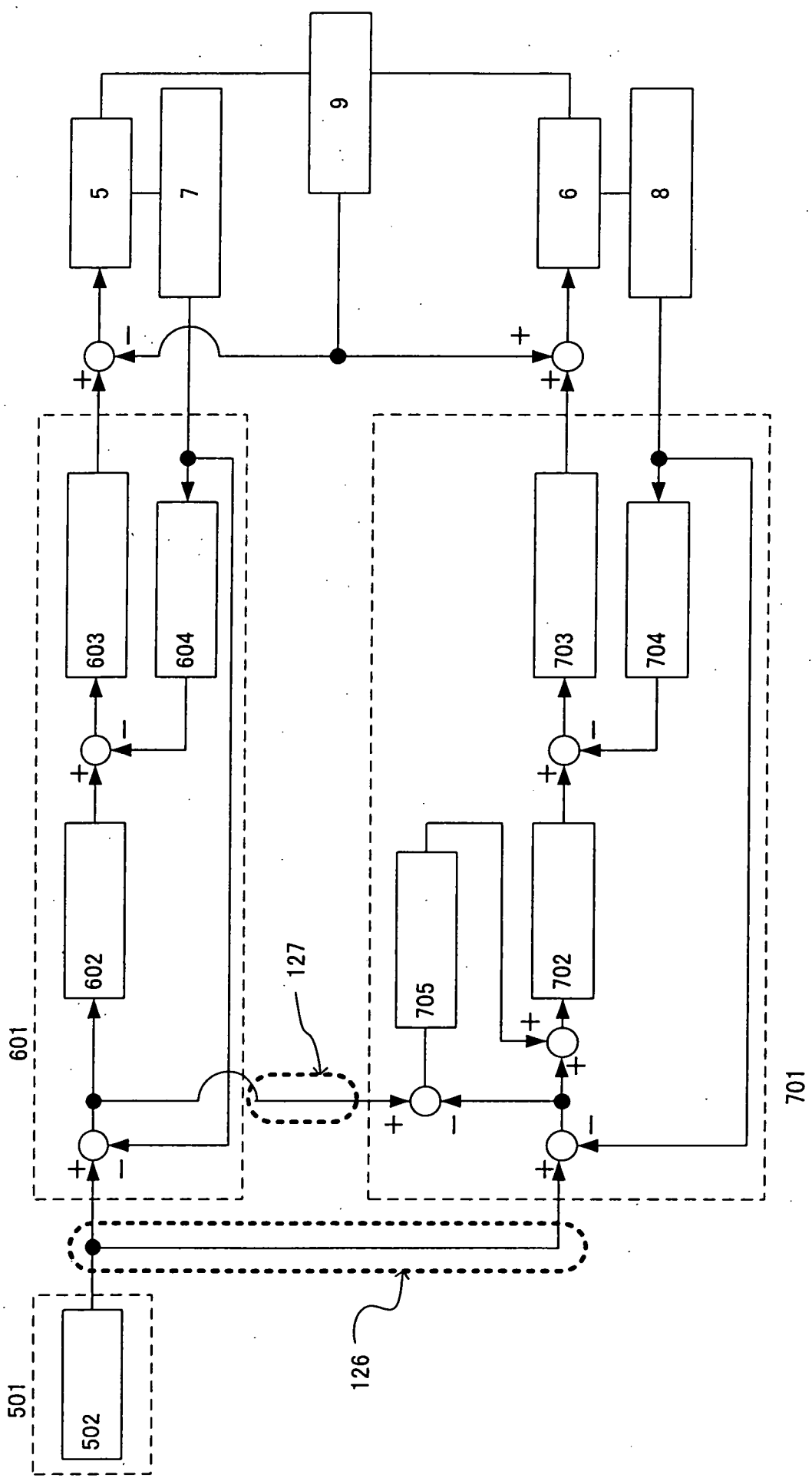




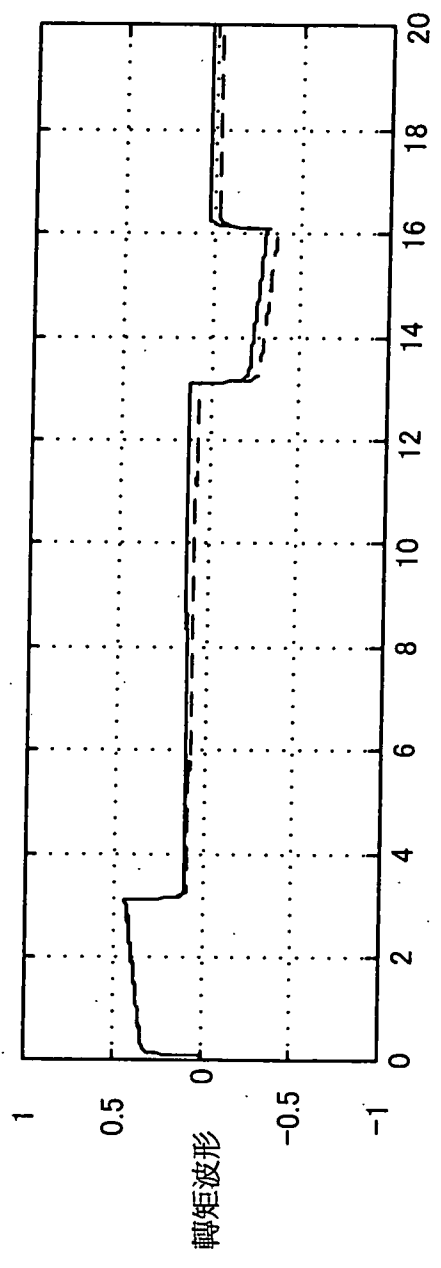
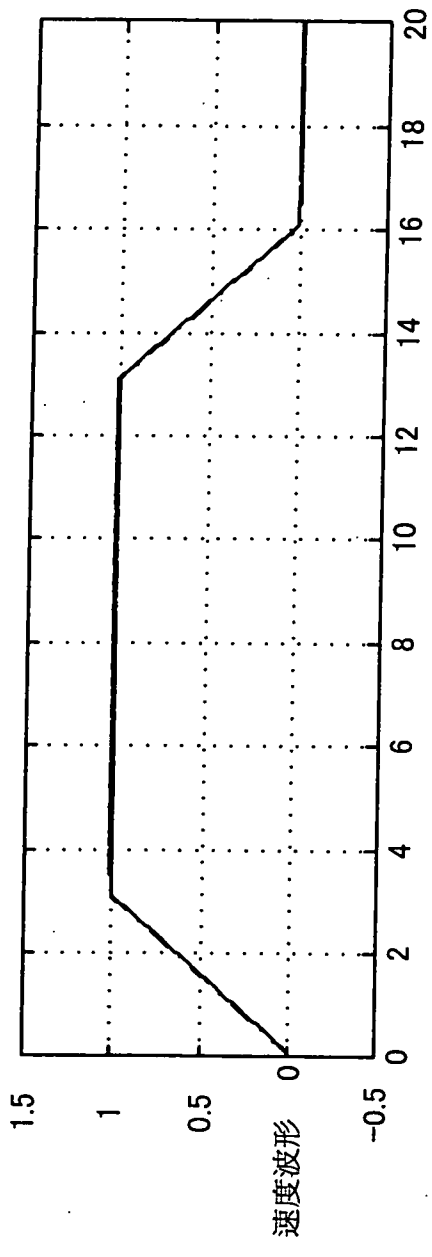
第9圖



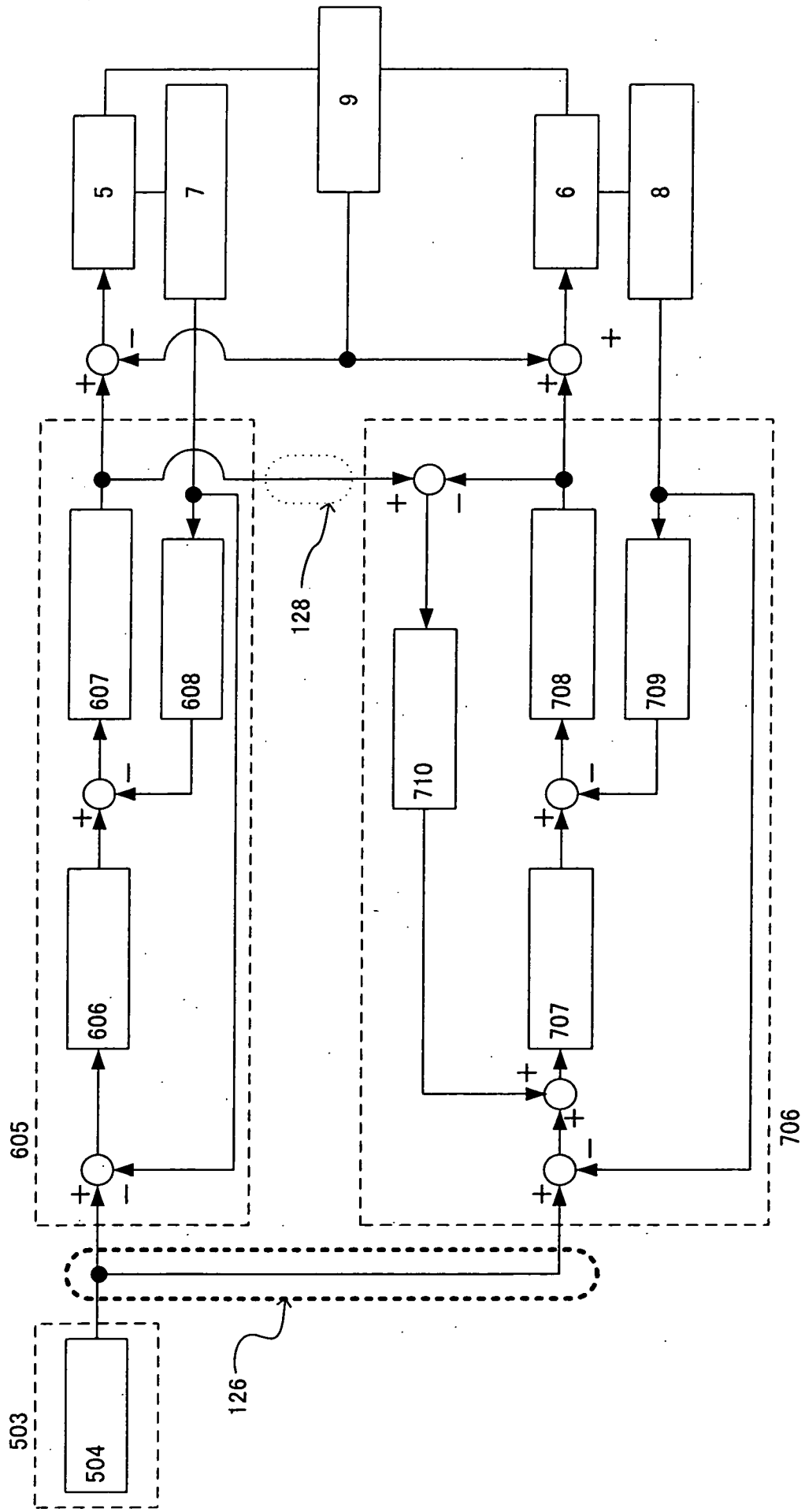
第10圖



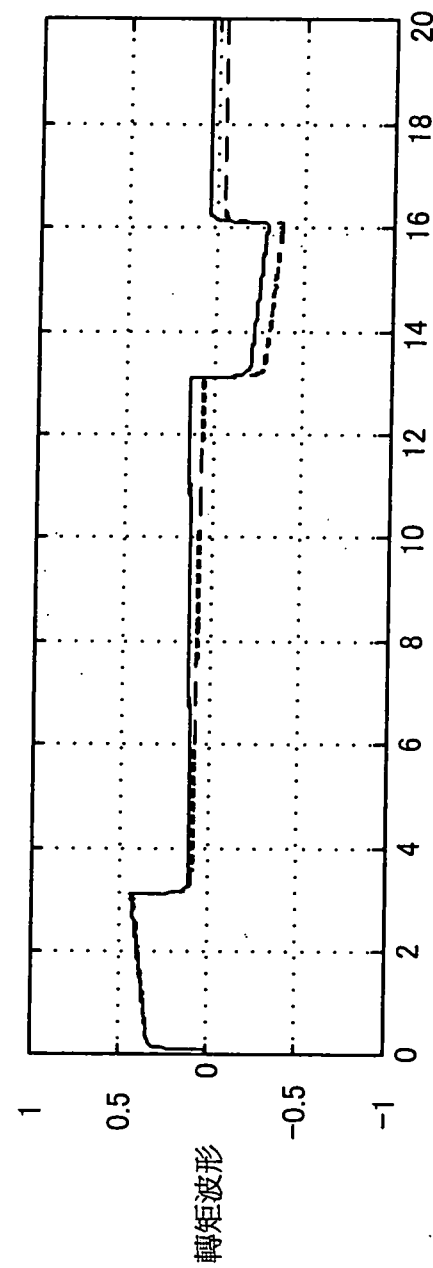
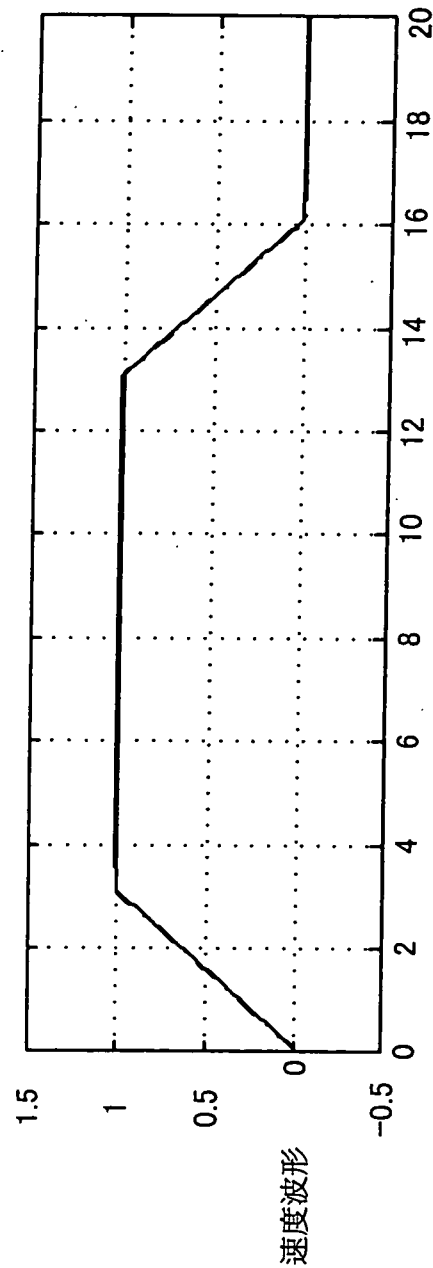
第11圖



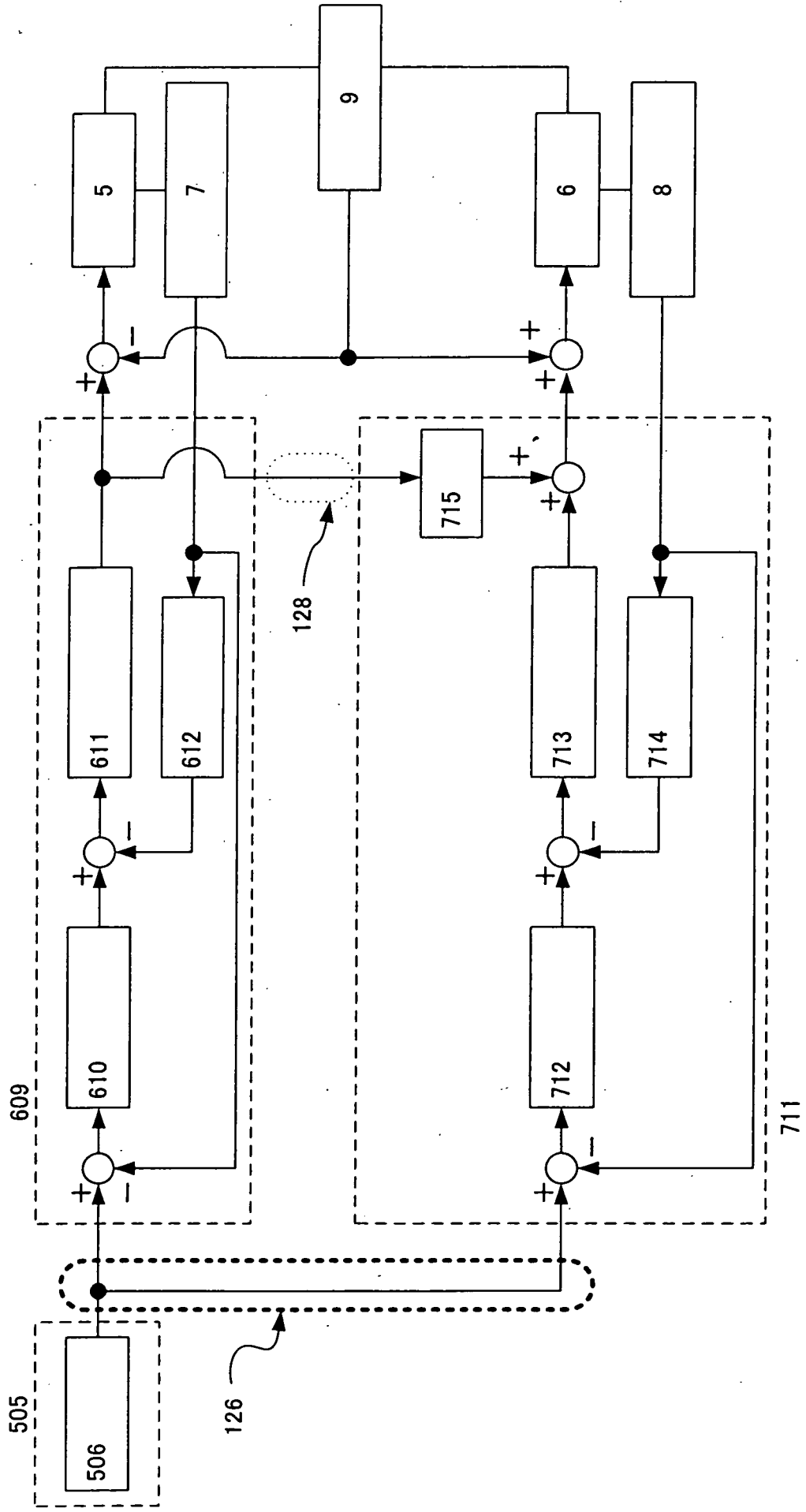
第12圖



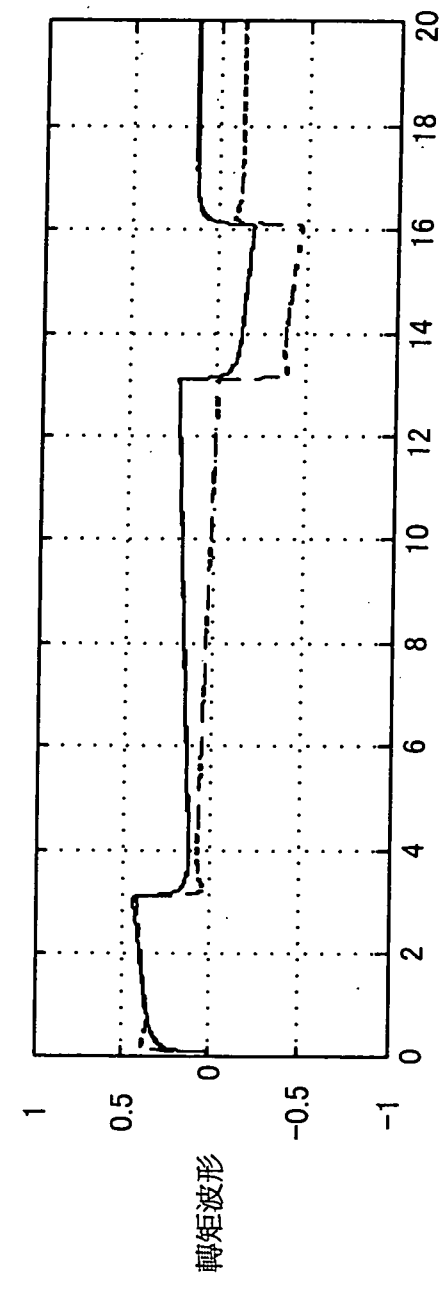
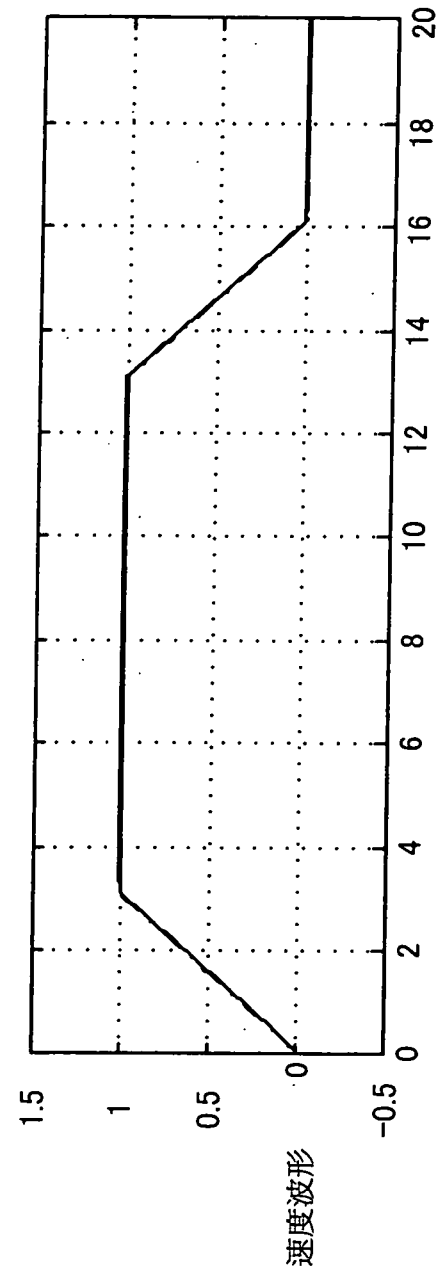
第13圖



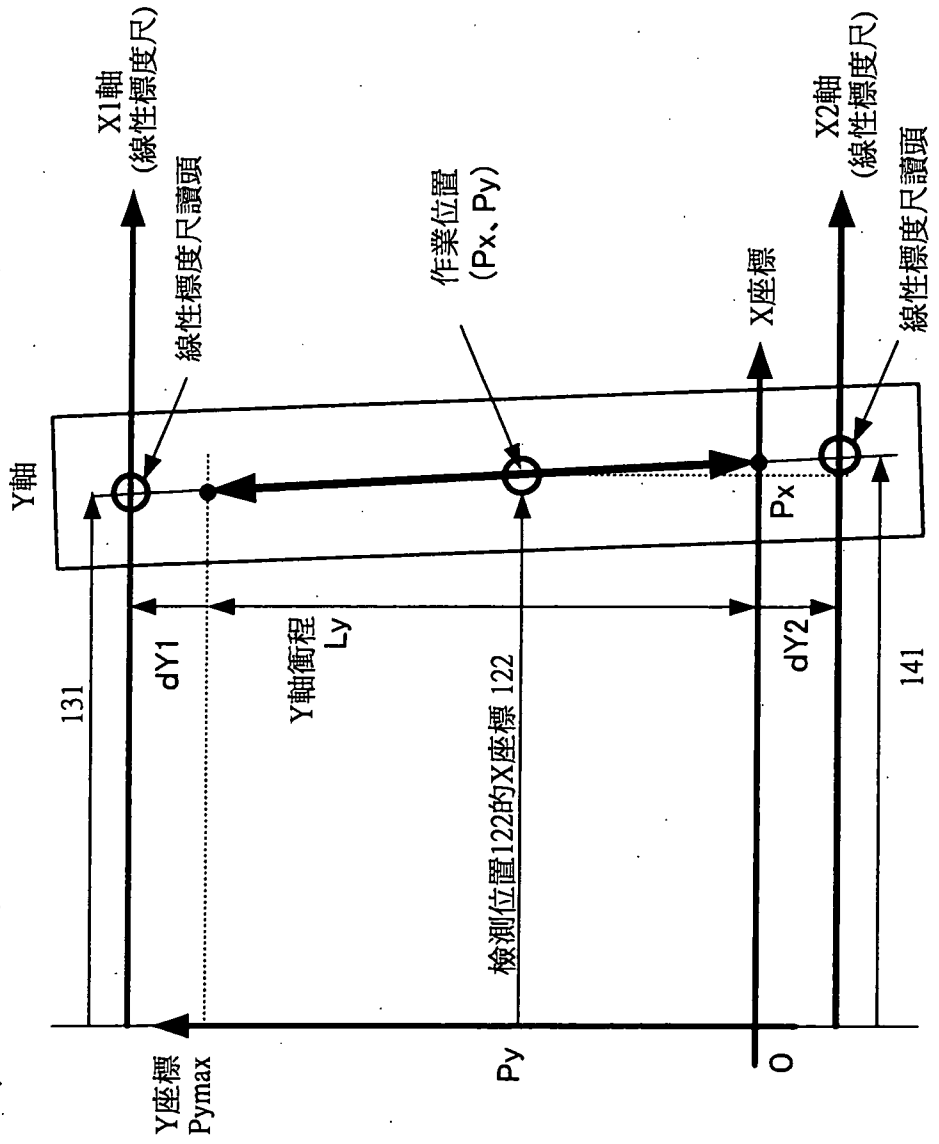
第14圖



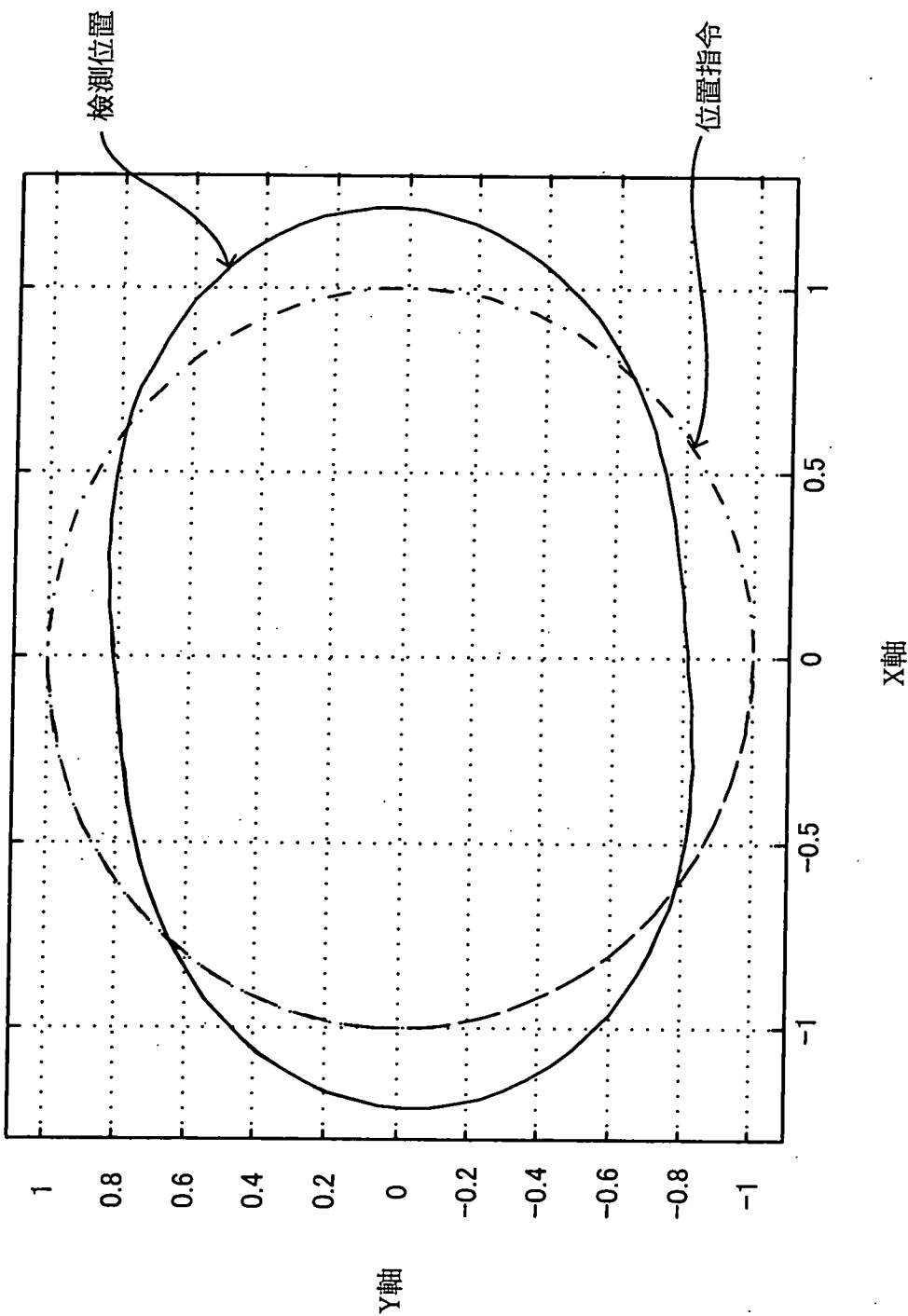
第15圖



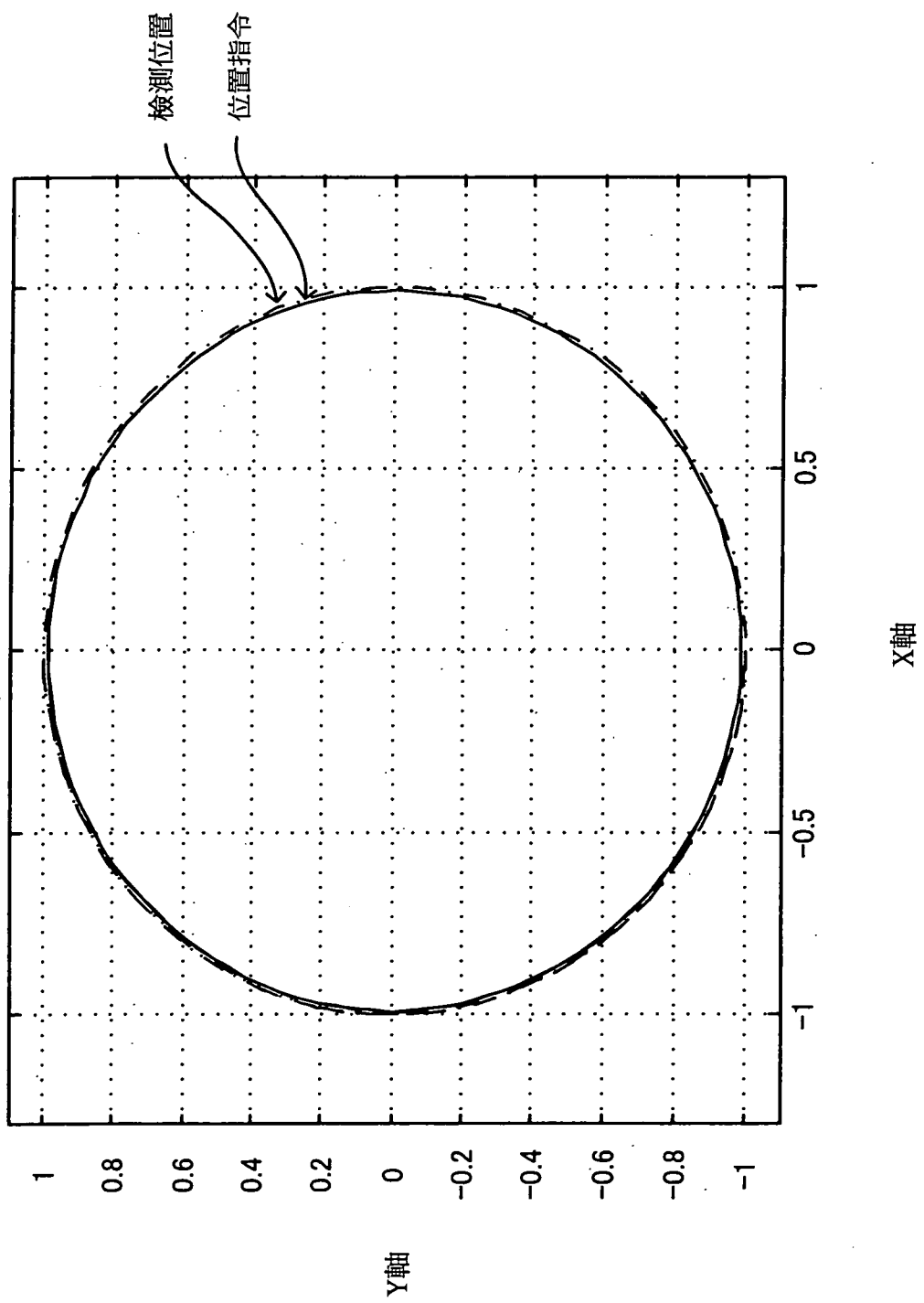
第16圖



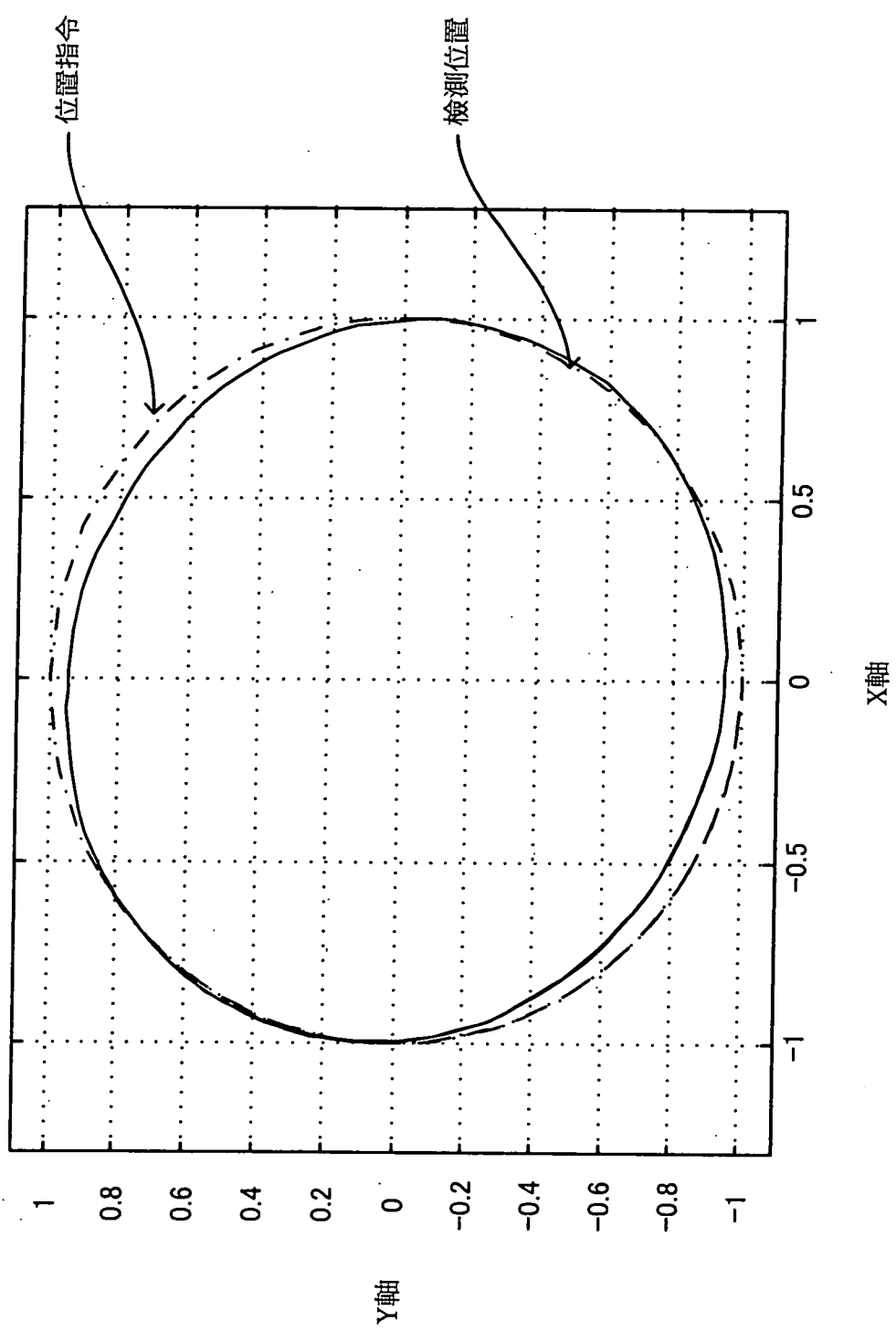
第17圖



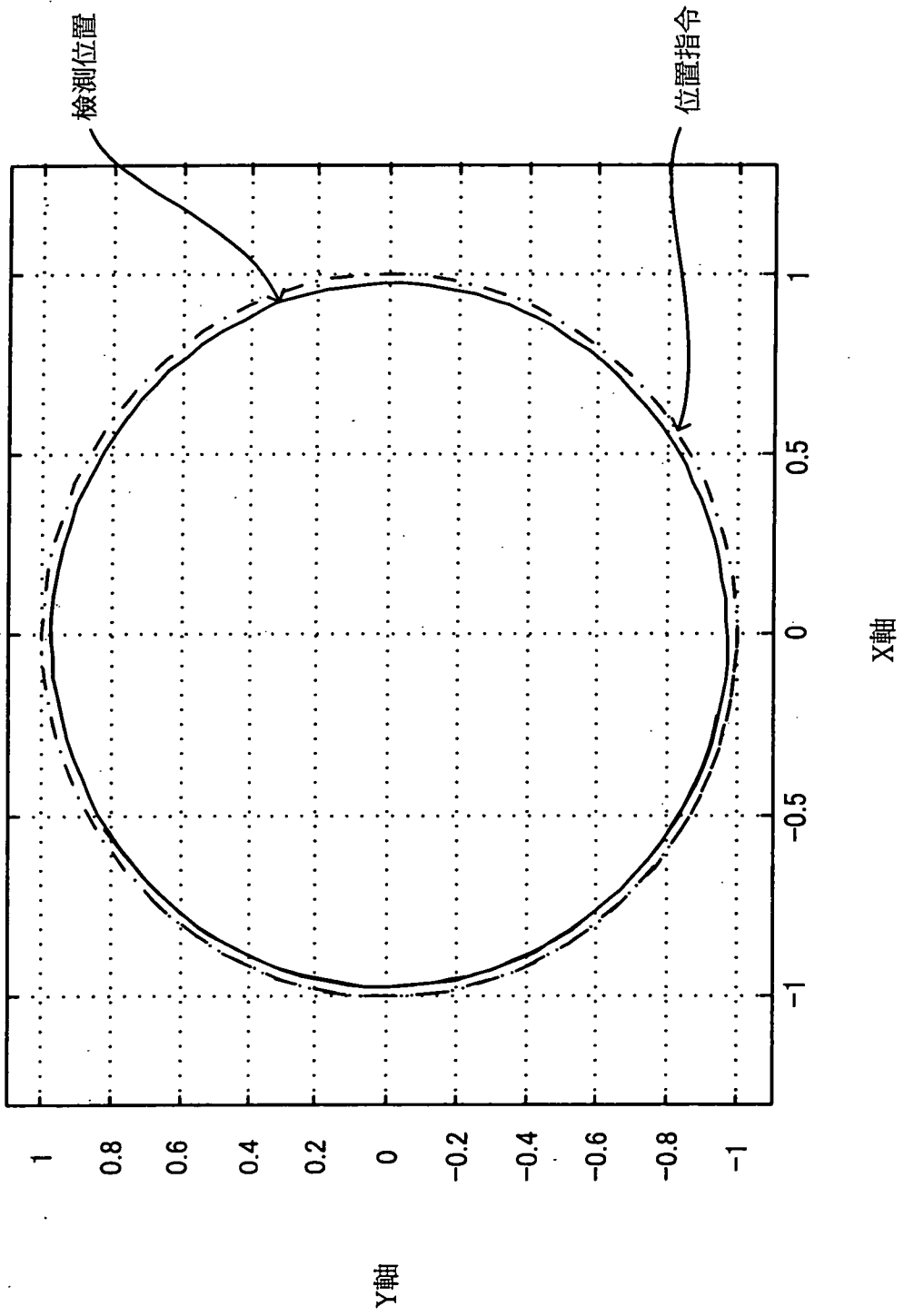
第18圖



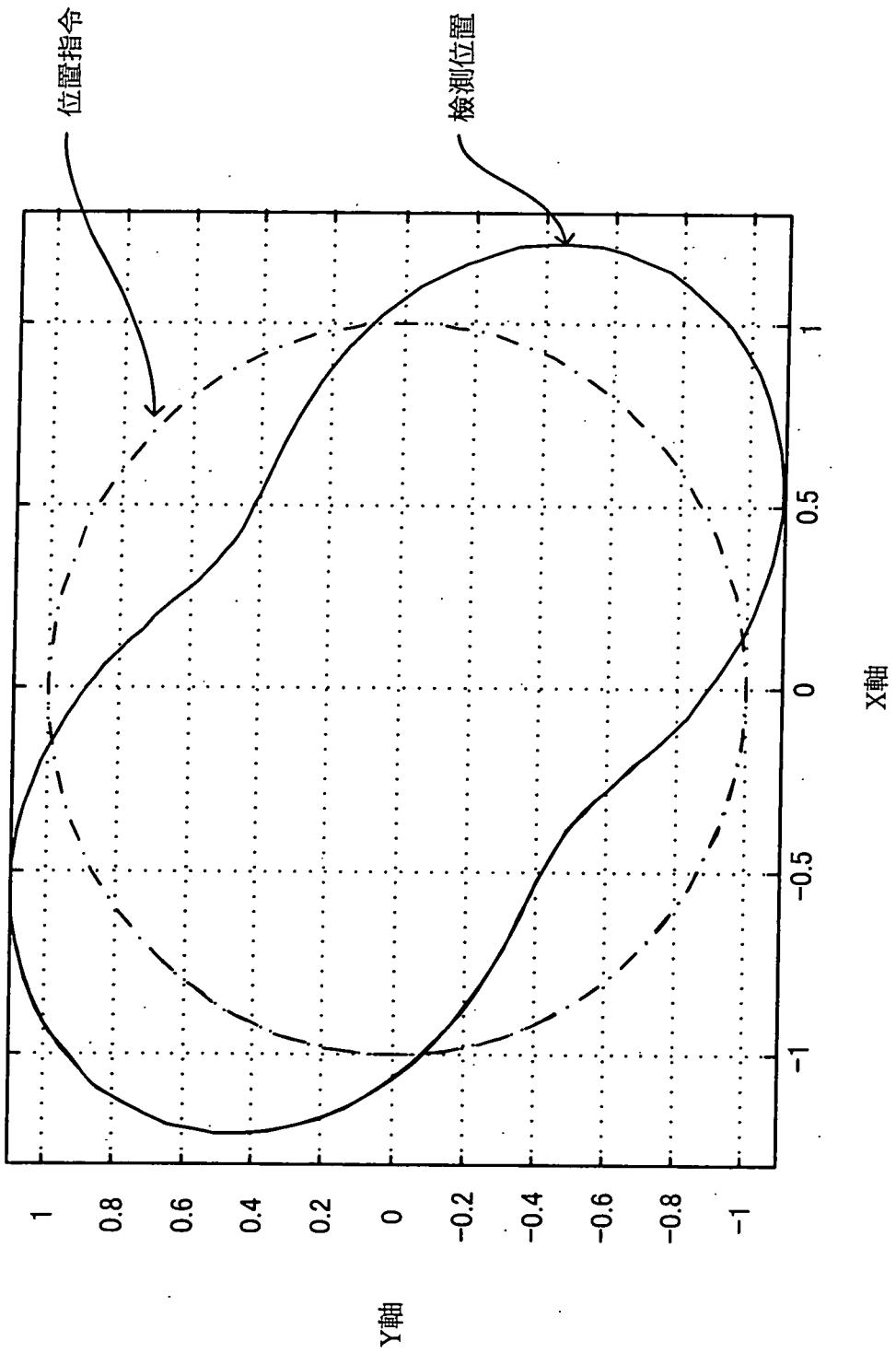
第19圖



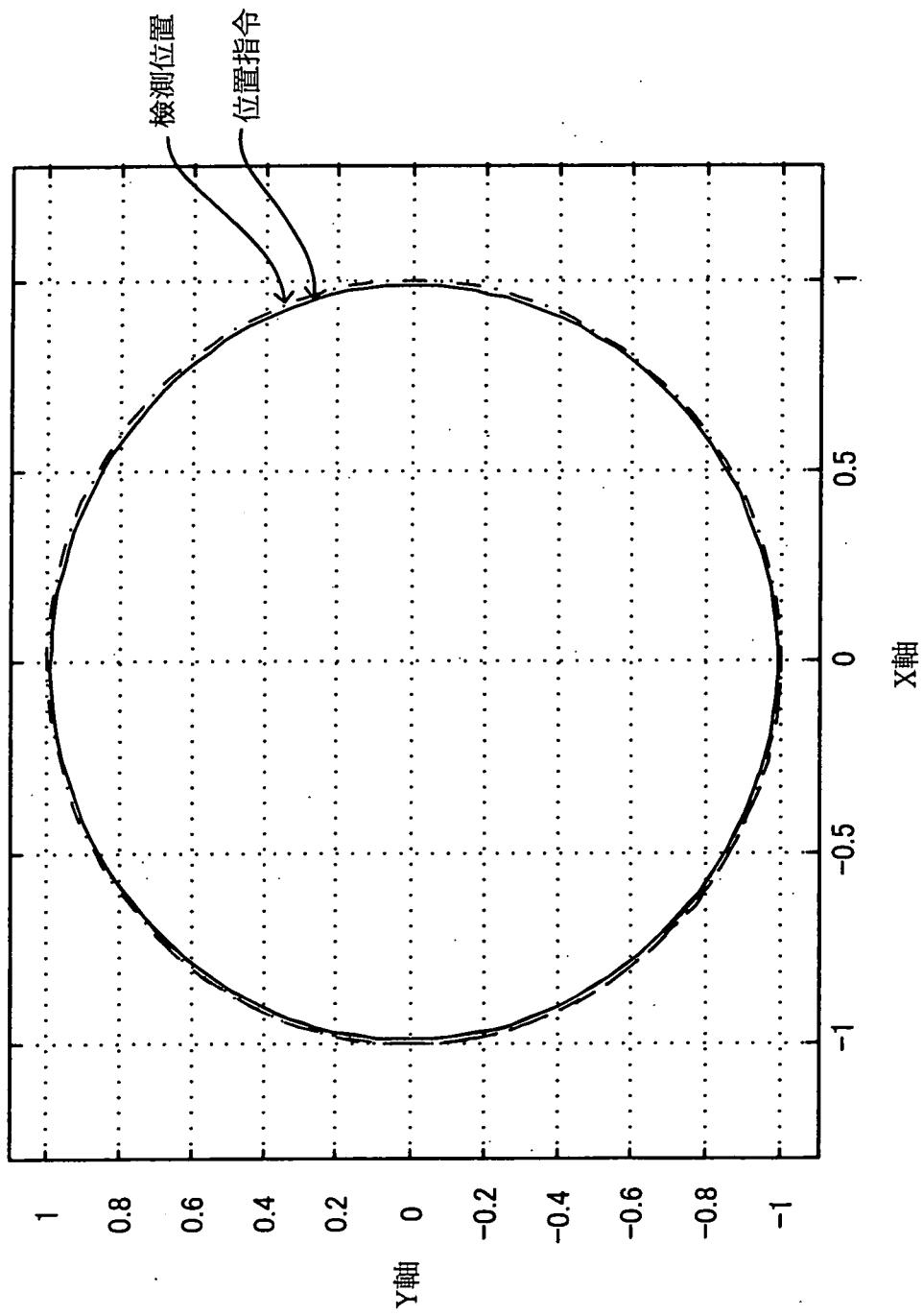
第20圖



第21圖



第22圖



第24圖

