

(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2014-14257
(P2014-14257A)

(43) 公開日 平成26年1月23日(2014.1.23)

(51) Int.Cl.		F 1			テーマコード (参考)
H02P 5/00	(2006.01)	H02P 7/67		D	5H303
G05D 3/12	(2006.01)	G05D 3/12		T	5H540
H02P 25/06	(2006.01)	H02P 7/00	101H		5H572

審査請求 未請求 請求項の数 4 O L (全 25 頁)

(21) 出願番号	特願2013-110228 (P2013-110228)	(71) 出願人	390029805 T H K 株式会社 東京都品川区西五反田3丁目11番6号
(22) 出願日	平成25年5月24日 (2013.5.24)	(74) 代理人	100064908 弁理士 志賀 正武
(31) 優先権主張番号	特願2012-128990 (P2012-128990)	(74) 代理人	100108578 弁理士 高橋 詔男
(32) 優先日	平成24年6月6日 (2012.6.6)	(74) 代理人	100094400 弁理士 鈴木 三義
(33) 優先権主張国	日本国 (JP)	(72) 発明者	井上 正史 東京都品川区西五反田3丁目11番6号 T H K 株式会社内
		(72) 発明者	大橋 智史 東京都品川区西五反田3丁目11番6号 T H K 株式会社内

最終頁に続く

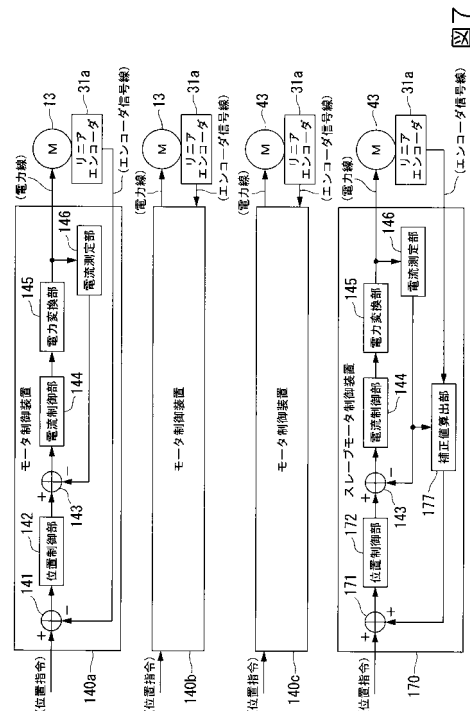
(54) 【発明の名称】 モータ制御装置、およびモータ制御方法

(57) 【要約】

【課題】 連係した駆動を行う複数のモータに対して異なる指令を用いて制御する際においても外乱の影響を抑制して制御する。

【解決手段】 連係した駆動を行う複数のモータのいずれか1つを制御するモータ制御装置は、自装置が制御対象としているモータの可動子の移動速度に基づいて、当該モータが発生させている推力の推定値である第1の推定推力値を算出するとともに、当該モータに流れる電流値に基づいて、当該モータが発生させている推力の推定値である第2の推定推力値を算出し、第1の推定推力値と第2の推定推力値とから当該モータを駆動する際の補正值を算出する補正值算出部と、上位制御装置から入力される指令値と、補正值算出部が算出した補正值とに基づいて、自装置が制御対象としているモータの駆動を制御する制御部とを備える。

【選択図】 図7



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

連係した駆動を行う複数のモータのいずれか 1 つを制御するモータ制御装置であって、
 自装置が制御対象としている前記モータの可動子の移動速度に基づいて、当該モータが発生させている推力の推定値である第 1 の推定推力値を算出するとともに、当該モータに流れる電流値に基づいて、当該モータが発生させている推力の推定値である第 2 の推定推力値を算出し、第 1 の推定推力値と第 2 の推定推力値とから当該モータを駆動する際の補正值を算出する補正值算出部と、

上位制御装置から入力される指令値と、前記補正值算出部が算出した補正值とに基づいて、自装置が制御対象としている前記モータの駆動を制御する制御部と

を備えることを特徴とするモータ制御装置。

10

【請求項 2】

請求項 1 に記載のモータ制御装置であって、

前記補正值算出部は、

前記第 1 の推定推力値から前記第 2 の推定推力値を減算して推力偏差を算出し、算出した推力偏差に予め定められた補正係数を乗算して、前記補正值を算出する

ことを特徴とするモータ制御装置。

【請求項 3】

請求項 1 または請求項 2 のいずれか一項に記載のモータ制御装置であって、

前記連係した駆動を行う複数のモータは、

20

基台に固定されるベースプレートと、前記ベースプレート上に設置され直線 X 方向への推力の発生と案内を行う 2 つの X 方向推力発生案内機構と、前記 X 方向推力発生案内機構の情報に設置され直線 X 方向での水平移動を行う一対の下部プレートと、前記一対の下部プレートのそれぞれに対応して設けられる一対の上部プレートと、前記一対の下部プレートと前記一対の上部プレートとの間に設置されることで下部プレートに対する上部プレートの回転 方向での相対的な自由運動を実現する一対の回転軸受と、前記一対の上部プレートそれぞれの情報に設置されるとともに直線 X 方向に直交する直線 Y 方向への推力の発生と案内を行う Y 方向推力発生案内機構と、前記 Y 方向推力発生案内機構の上方に設置されることで上面に積載される搭載物を直線 X 方向、直線 Y 方向、および回転 方向に移動させるテーブルプレートとを備えるアライメントステージにおける前記 X 方向推力発生案内機構および前記 Y 方向推力発生案内機構それぞれにおける推力の発生に用いられる 4 つのモータであり、

30

前記上位制御装置は、

前記 X 方向推力発生案内機構の軸間の距離を l_{ofs} とし、前記テーブルプレートの中心を直線 X 方向に x 移動させ、直線 Y 方向に y 移動させ、回転 方向に 移動させる場合に、次式 (A) により算出される変位量 l_1 、 l_2 を前記 X 方向推力発生案内機構それぞれに用いられているモータに対する指令として、変位量 u_1 、 u_2 を前記 Y 方向推力発生案内機構それぞれに用いられるモータに対する指令として算出し、算出したいずれかの変位量を前記指令値として出力する

【数 1】

$$\left\{ \begin{array}{l} l_1 = x + \frac{2y - l_{ofs}}{2} \tan \theta \\ l_2 = x + \frac{2y + l_{ofs}}{2} \tan \theta \\ u_1 = \frac{y}{\cos \theta} - \frac{l_{ofs}}{2 \cos \theta} (1 - \cos \theta) \quad \dots (A) \\ u_2 = \frac{y}{\cos \theta} + \frac{l_{ofs}}{2 \cos \theta} (1 - \cos \theta) \end{array} \right.$$

10

ことを特徴とするモータ制御装置。

【請求項 4】

連係した駆動を行う複数のモータのいずれか 1 つを制御するモータ制御装置が行うモータ制御方法であって、

自装置が制御対象としている前記モータの可動子の移動速度に基づいて、当該モータが発生させている推力の推定値である第 1 の推定推力値を算出するとともに、当該モータに流れる電流値に基づいて、当該モータが発生させている推力の推定値である第 2 の推定推力値を算出し、第 1 の推定推力値と第 2 の推定推力値とから当該モータを駆動する際の補正值を算出する補正值算出ステップと、

20

上位制御装置から入力される指令値と、前記補正值算出ステップにおいて算出した補正值とに基づいて、自装置が制御対象としている前記モータの駆動を制御する制御ステップと

有することを特徴とするモータ制御方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

30

【0001】

本発明は、モータ制御装置、およびモータ制御方法に関する。

【背景技術】

【0002】

テーブルプレート上面に載置される搭載物を、直線 X 方向、当該 X 方向に直交する直線 Y 方向、および X Y 平面上の回転 方向に移動させることができるアライメントステージが、電子部品の製造現場等において用いられている。アライメントステージは、複数のモータを具備し、運動案内機構を介して各モータによる推力をテーブルプレートに伝達することにより、テーブルプレートの移動を実現している（特許文献 1）。

【0003】

40

例えば、特許文献 1 に記載されているアライメントステージでは、移動方向ごとにモータを具備しているため、各移動方向において大きい推力が要求される場合には、各モータを大きくするなどする必要はある。しかし、モータの大型化は、アライメントステージ自体の大型化を招くため好ましくない。

そこで、移動方向ごとに複数のモータを設け、各モータの大型化を抑えつつ、推力を大きくすることが考えられる。また、複数のモータを精度良く同期駆動させるために、モータが駆動する案内機構等の機械的剛性などにより生じる外乱を抑制しつつ制御することが検討されている（特許文献 2）。

【先行技術文献】

【特許文献】

50

【 0 0 0 4 】

【特許文献1】特開平08 - 099243号公報

【特許文献2】特開2003 - 263228号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【 0 0 0 5 】

しかしながら、特許文献2に記載された技術は、同期駆動させるモータに対して同じ指令を用いて制御を行うことを前提にしており、複数のモータに対して異なる指令を用いて制御を行うものではない。そのため、複数のモータを異なる向きに駆動して、所定の方向への推力を発生させるような場合には、各モータを制御することができないという問題がある。

10

【 0 0 0 6 】

本発明は、上記問題を解決すべくなされたもので、その目的は、連係した駆動を行う複数のモータに対して異なる指令を用いて制御する際においても外乱の影響を抑制して制御することができるモータ制御装置、およびモータ制御方法を提供することにある。

【課題を解決するための手段】

【 0 0 0 7 】

上記問題を解決するために、本発明は、連係した駆動を行う複数のモータのいずれか1つを制御するモータ制御装置であって、自装置が制御対象としている前記モータの可動子の移動速度に基づいて、当該モータが発生させている推力の推定値である第1の推定推力値を算出するとともに、当該モータに流れる電流値に基づいて、当該モータが発生させている推力の推定値である第2の推定推力値を算出し、第1の推定推力値と第2の推定推力値とから当該モータを駆動する際の補正值を算出する補正值算出部と、上位制御装置から入力される指令値と、前記補正值算出部が算出した補正值とに基づいて、自装置が制御対象としている前記モータの駆動を制御する制御部とを備えることを特徴とするモータ制御装置である。

20

【 0 0 0 8 】

また、上記問題を解決するために、本発明は、連係した駆動を行う複数のモータのいずれか1つを制御するモータ制御装置が行うモータ制御方法であって、自装置が制御対象としている前記モータの可動子の移動速度に基づいて、当該モータが発生させている推力の推定値である第1の推定推力値を算出するとともに、当該モータに流れる電流値に基づいて、当該モータが発生させている推力の推定値である第2の推定推力値を算出し、第1の推定推力値と第2の推定推力値とから当該モータを駆動する際の補正值を算出する補正值算出ステップと、上位制御装置から入力される指令値と、前記補正值算出ステップにおいて算出した補正值とに基づいて、自装置が制御対象としている前記モータの駆動を制御する制御ステップとを有することを特徴とするモータ制御方法である。

30

【発明の効果】

【 0 0 0 9 】

この発明によれば、制御の対象としているモータにおいて、当該モータの可動子の移動速度から推定される第1の推定推力値と、当該モータに流れる電流から推定される第2の推定推力値との差分（推力偏差）に基づいて当該モータを制御する。これにより、当該モータ以外の他のモータの移動誤差による外乱が生じる場合においても、推力偏差から外乱の大きさを推定して当該モータを制御することができる。これにより、連係した駆動を行う複数のモータに対して異なる指令を用いて制御する際においても外乱の影響を抑制して制御することができる。

40

【図面の簡単な説明】

【 0 0 1 0 】

【図1】本発明の一実施形態におけるアライメントステージシステム100の構成を示し概略ブロック図である。

【図2】本実施形態におけるアライメントステージ10の外観斜視図である。

50

【図 3】本実施形態におけるアライメントステージ 10 の構成部品を鉛直方向に分解した場合の分解斜視図である。

【図 4】本実施形態におけるアライメントステージ 10 の中央部分を直線 X 方向に直交する縦断面で見た場合の断面図である。

【図 5】本実施形態におけるリニアガイド 14 の部分断面図である。

【図 6】本実施形態におけるアライメントステージ 10 の動作原理を示す概略図である。

【図 7】本実施形態におけるモータ制御装置 140 およびスレーブモータ制御装置 170 の構成を示す概略ブロック図である。

【図 8】本実施形態におけるスレーブモータ制御装置 170 が行う制御のステップを示すフローチャートである。

【図 9】本実施形態におけるテーブルプレート 51 の動きを示す波形図である。

【図 10】本実施形態における 4 つのリニアモータそれぞれの可動子の位置を示す波形図である。

【図 11】図 9 に示したようにテーブルプレート 51 を動かす際に、波形 X 2 のリニアモータ 13 の応答速度を遅らせた場合の波形 Y 2 のリニアモータ 43 に対して生じる位置偏差を示す波形図である。

【図 12】図 9 に示したようにテーブルプレート 51 を動かす際に、波形 Y 1 のリニアモータ 13 の応答速度を 0.001 [秒] 遅らせた場合の波形 Y 2 のリニアモータ 43 に対して生じる位置偏差を示す波形図である。

【図 13】本実施形態におけるアライメントステージ 10 のテーブルプレート 51 を上面の鉛直方向から見た図である。

【図 14】図 13 に示したようにテーブルプレート 51 を移動させる際のプレート中心の X 方向の変位量と Y 方向の変位量と 方向の変位量とを示すグラフである。

【図 15】本実施形態におけるプレート中心の移動に基づいた位置指令値（計算指令）と台形駆動による位置指令値（台形指令）とを示す第 1 のグラフである。

【図 16】本実施形態におけるプレート中心の移動に基づいた位置指令値（計算指令）と台形駆動による位置指令値（台形指令）とを示す第 2 のグラフである。

【図 17】テーブルプレート 51 を移動させる際の推力を示す第 1 のグラフである。

【図 18】テーブルプレート 51 を移動させる際の推力を示す第 2 のグラフである。

【発明を実施するための形態】

【0011】

以下、図面を参照して、本発明にかかる一実施形態におけるモータ制御装置、およびモータ制御方法を説明する。

【0012】

< 第 1 の実施形態 >

図 1 は、本発明の一実施形態におけるアライメントステージシステム 100（モータ制御システム）の構成を示した概略ブロック図である。同図に示すように、アライメントステージシステム 100 は、アライメントステージ 10 と、アライメントステージ 10 に備えられている各リニアモータを制御する 3 つのモータ制御装置 140（140a、140b、140c）およびスレーブモータ制御装置 170 と、モータ制御装置 140 およびスレーブモータ制御装置 170 に対して駆動指令を出力する上位制御装置 110 とを具備している。

【0013】

上位制御装置 110 には、ユーザの操作に応じて、アライメントステージ 10 の動作指示が入力される。上位制御装置 110 は、入力された動作指示に応じた動作をアライメントステージ 10 に備えられている各リニアモータに行わせるための位置指令を各モータ制御装置 140 およびスレーブモータ制御装置 170 に出力する。モータ制御装置 140 およびスレーブモータ制御装置 170 は、上位制御装置 110 から入力される位置指令に応じて、後述する案内機構および回転軸受を介して連係した駆動を行う複数のリニアモータを駆動させる。

10

20

30

40

50

【0014】

図2は、本実施形態におけるアライメントステージ10の外観斜視図である。また、図3は、本実施形態におけるアライメントステージ10の構成部品を鉛直方向に分解した場合の分解斜視図である。さらに、図4は、本実施形態におけるアライメントステージ10の中央部分を直線X方向に直交する縦断面で見た場合の断面図である。

【0015】

本実施形態におけるアライメントステージ10は、最下部の位置に水平板状の部材である11を有している。このベースプレート11は、基台に固定することが可能となっており、アライメントステージ10の基準となる部材である。なお、ベースプレート11は、略正方形の外郭形状を有しているが、この外郭形状については、任意の形状を採用することが可能である。

10

【0016】

ベースプレート11の上方には、直線X方向への推力の発生と案内を行う一対のX方向推力発生案内機構12、12が設置されている。これらの一対のX方向推力発生案内機構12、12は、直線X方向に対して並列配置されており、いずれのX方向推力発生案内機構12、12も直線X方向に沿った推力の発生と案内を行うことができるようになっている。

【0017】

X方向推力発生案内機構12は、推力発生源となる直線駆動源としての1つのリニアモータ13と、案内機構となる直線案内装置としての2つのリニアガイド14、14とを組み合わせることで構成されており、さらに、2つのリニアガイド14、14が1つのリニアモータ13の両側を挟むように配置されている。

20

【0018】

リニアモータ13は、直線X方向に対して推力を発生する同期型リニアモータであり、ベースプレート11の上面に対して一列に配列された複数のコイル部材13aと、これらのコイル部材13aと僅かな隙間を介して対向するように、後述する下部プレート31の下面に対して固定されるマグネット部材13bとから構成されている。

【0019】

マグネット部材13bは、直線X方向に沿ってN極およびS極を交互にコイル部材13aに向けるように配列されている。なお、マグネット部材13bは、接着剤によって下部プレート31に固定配列されているが、下部プレート31を射出形成することにより、マグネット部材13bを下部プレート31と一体化することもできる。

30

【0020】

一方、ベースプレート11上に配列されたコイル部材13aは、鉄等の強磁性体から形成されたコア部材に対してコイルを巻き回すことで形成されており、かかるコア部材の先端が下部プレート31に設置されたマグネット部材13bと僅かな隙間を介して対向している。コイル部材13aは、三相交流電流のu相、v相、w相に対応して設けられており、三つのコイル部材13aが一組となって、三相交流電流の通電時に移動磁界を発生するようになっている。

【0021】

そして、これらコイル部材13aが発生する移動磁界に応じてマグネット部材13bとコイル部材13aとの間に磁気吸引力または磁気反発力が作用し、マグネット部材13bをコイル部材13aの配列方向に沿って、すなわち、マグネット部材13bを直線X方向に向けて、推進することができるようになっている。なお、リニアモータ13には、コア付きのリニアモータが採用されているが、本発明のリニアモータには、コアレス構造のリニアモータを採用することもできる。鉄心のないコアレス構造の採用により、コギング力がなく低速走行時でもなめらかな推力を得ることが可能となる。

40

【0022】

また、図2および図3に示されるように、リニアモータ13における直線X方向での両端部には、ストッパ部材16が設置されているので、マグネット部材13bがコイル部材

50

1 3 a の配設範囲からはみ出して直線 X 方向へ往復運動することを物理的に防止している。

【 0 0 2 3 】

さらに、下部プレート 3 1 には、X 方向推力発生案内機構 1 2 の駆動量を測定するためのリニアエンコーダ 3 1 a が配設されている。このリニアエンコーダ 3 1 a の具体的機構としては、ベースプレート 1 1 の正面に形成されることで物差しとなる不図示のスケール（目盛）と、下部プレート 3 1 の側面中央部に配設され、かつ不図示のスケール（目盛）と対向する位置に配置されることで位置情報を検出するヘッド（検出器、符号 3 1 a で指示した部材）で構成することができる。このリニアエンコーダ 3 1 a によって、ベースプレート 1 1 に対する下部プレート 3 1 の相対的な移動量を検出することが可能となる。また、電気的リミットストップとしてのリニアエンコーダ 3 1 a と、物理的リミットストップとしてのストップ部材 1 6 とを組み合わせることで、アライメントステージ 1 0 の安全率をより向上させることが可能となる。なお、リニアエンコーダ 3 1 a については、検出に光の反射を用いる光学式と、磁気を用いる磁気式が存在しており、また、それぞれ絶対位置測定を行うアブソリュート式と、相対位置測定のインクリメント式が存在しているが、リニアエンコーダ 3 1 a に対しては用途や予算等に応じて任意の方式のものを採用することができる。

10

【 0 0 2 4 】

X 方向推力発生案内機構 1 2 を構成するリニアガイド 1 4 について説明する。

図 5 は、本実施形態におけるリニアガイド 1 4 の部分断面図である。リニアガイド 1 4 は、同図に示されるように、起動部材としての軌道レール 2 1 と、その軌道レール 2 1 に転動体としての複数のボール 2 2、...、2 2 を介して移動自在に取り付けられる移動部材としての移動ブロック 2 3 とを備えて構成される部材である。

20

【 0 0 2 5 】

軌道レール 2 1 は、概略矩形の断面を有する長尺の部材であり、その両側面にボール 2 2 を転送させることができるボール転走溝 2 1 a が軌道レール 2 1 の全長に亘って形成されている。図 4 において例示されているリニアガイド 1 4 の場合には、軌道レール 2 1 の両側面に対して 1 条ずつ、合計 2 条のボール転走溝 2 1 a が形成されている。軌道レール 2 1 には、その長手方向に適宜間隔を置いて複数のボルト取付孔 2 1 b が形成されており、これらボルト取付孔 2 1 b に螺着されるボルト（不図示）により、軌道レール 2 1 がベースプレート 1 1 上に固定される。

30

【 0 0 2 6 】

移動ブロック 2 3 は、ブロック本体 2 4 と、一对の側蓋 2 5、2 5 とから構成されている。一对の側蓋 2 5、2 5 は、ブロック本体 2 4 の両端にボルトにて固定され、移動ブロック 2 3 が完成している。

ブロック本体 2 4 には、軌道レール 2 1 に形成された 2 条のボール転走溝 2 1 a とそれぞれ対向する 2 条の負荷転送溝 2 4 a が設けられている。これらボール転走溝 2 1 a と負荷転送溝 2 4 a の組み合わせにより、軌道レール 2 1 と移動ブロック 2 3 との間に 2 条の負荷転送路 2 6 が形成される。なお、ブロック本体 2 4 の上面には、複数（図 5 では 4 箇所の中の 3 箇所のみが描かれている）の雌ねじ 2 4 b が形成されている。これらの雌ねじ 2 4 b を利用して、移動ブロック 2 3 が下部プレート 3 1 の下面に固定される。

40

【 0 0 2 7 】

ブロック本体 2 4 には、各負荷転送路 2 6 と平行して延びる 2 条の戻し路 2 4 c が、ブロック本体 2 4 を貫通して形成されている。また、ブロック本体 2 4 の両端面には、負荷転送溝 2 4 a と戻し路 2 4 c との間でアーチ状に突出する一对のボール案内溝（不図示）が設置されている。さらに、側蓋 2 5 には、不図示のボール案内溝に対応してアーチ状に陥没するボール案内溝（不図示）が形成されている。

【 0 0 2 8 】

側蓋 2 5 をブロック本体 2 4 に固定することにより、ボール案内溝（不図示）とボール案内溝（不図示）とが組み合わせられ、それらの間に負荷転送路 2 6 と戻し路 2 4 c とを結

50

ぶU字状の方向転換路（図5において符号Aで示すボール22の折り返しを実現する経路）が形成される。戻し路24cと方向転換路とによってボール22の無負荷転送路が構成され、その無負荷転送路と負荷転送路26との組み合わせによって無限循環路が構成される。

【0029】

本実施形態におけるリニアガイド14は、以上のような構成を有しているため、軌道レール21の長手方向に沿って移動ブロック23が往復運動自在となっている。以上説明した1つのリニアモータ13と2つのリニアガイド14、14との組み合わせにより、X方向推力発生案内機構12が構成されている。なお、X方向推力発生案内機構12では、1つのリニアモータ13の両側を2つのリニアガイド14、14で挟むように配置構成されているので、下部プレート31に対する推力と案内運動を安定して付与することができるようになっている。

10

【0030】

また、本実施形態が有する一对のX方向推力発生案内機構12、12は、直線X方向に対して並列に配置されているので、それぞれの上方に配置される一对の下部プレート31、31を、直線X方向に沿った同一の方向に移動させたり、それぞれ逆の方向に移動させたりすることが可能となっている。なお、一对のX方向推力発生案内機構12、12のそれぞれの上方に設置される一对の下部プレート31、31のプレート間には、所定間隔D1が設けられている。この間隔D1の存在によって、一对の下部プレート31、31では、直線X方向での水平移動が阻害されることはないため、2つの下部プレート31、31のスムーズな水平移動が可能となっている。

20

【0031】

上述したように、一对のX方向推力発生案内機構12、12のそれぞれの上方には、直線X方向での水平移動を行う一对の下部プレート31、31が設けられているが、これら一对の下部プレート31、31の上方のそれぞれには、一对の回転軸受32、32が設置されている。一对の回転軸受32、32のさらに上方には、一对の下部プレート31、31のそれぞれに対応した一对の上部プレート33、33が設置されている。

【0032】

このように上下部プレート対31、33の間に設置される回転軸受32は、図4に示すように、回転軸受32の外輪が下部プレート31に対して固定されており、一方、回転軸受32の内輪が上部プレート33に対して固定されている。回転軸受32は、内外輪が拘束なく自由な状態で相対回転運動できるようになっているので、回転軸受32の作用によって、下部プレート31に対する上部プレート33の回転方向での相対的な自由運動が可能となっている。

30

【0033】

なお、一对の回転軸受32のそれぞれの上方に設置される一对の上部プレート33、33のプレート間についても、所定間隔の隙間D2が設けられている。この隙間D2は、初期状態においては下部プレート31、31間にも受けられた隙間D1と略同じ間隔を有するように設定されており、さらに、2つの上部プレート33、33の動きに応じて隙間D2の間隔を開き方向で変化させるように構成されている（なお、隙間D2の状態変化については、動作説明の際に詳述する。）。したがって、一对の上部プレート33、33においても、この隙間D2の存在によって回転方向での回転移動の際の上部プレート対のXY平面条での移動が阻害されることはないため、2つの上部プレート33、33のスムーズな水平移動が可能となっている。

40

【0034】

上述した一对の上部プレート33、33のさらに上方には、1本の軌道レール21と2個の移動ブロック23とで構成される直線案内装置としてのリニアガイド44が2つ設置されている。2つのリニアガイド44、44は、軌道レール21の軸線方向が、直線Y方向を向くように、すなわち直線X方向と直交する方向を向くように設置されている。また、2つのリニアガイド44、44のそれぞれでは、2個の移動ブロック23が一对の上部

50

プレート 3 3、3 3 のそれぞれの上面に対して 1 つずつ固定設置されており、一方、1 本の軌道レール 2 1 が後述するテーブルプレート 5 1 の下面に対して固定設置されている。

【 0 0 3 5 】

さて、本実施形態では、上述した一对の上部プレート 3 3、3 3 それぞれに対して、直線 Y 方向への推力発生源となる直線駆動源としてのリニアモータ 4 3 が設置されている。一对の上部プレート 3 3、3 3 それぞれの上方に対して設置される Y 方向推力発生案内機構 4 2 は、推力発生源となるリニアモータ 4 3 と、案内機構となる 2 つのリニアガイド 4 4、4 4 とを組み合わせることで構成されている。これらのリニアモータ 4 3 とリニアガイド 4 4 の構造や機構については、上述した X 方向推力発生案内機構 1 2 が有するリニアモータ 1 3 やリニアガイド 1 4 と同じであるので説明を省略する。ただし、Y 方向推力発生案内機構 4 2 が有するリニアモータ 4 3 については、図 4 に示されるように、リニアモータ 4 3 を構成するマグネット部材 4 3 b が上部プレート 3 3 の上面に設置されており、コイル部材 4 3 a が後述するテーブルプレート 5 1 の下面に配置されている。

10

【 0 0 3 6 】

そして、Y 方向推力発生案内機構 4 2 が有する 1 つのリニアモータ 4 3 と 2 つのリニアガイド 4 4、4 4 は、直線 Y 方向への推力の発生と案内を行うことができるようになっている。

【 0 0 3 7 】

ここで、図 2 に示した直線 X 方向と直線 Y 方向については、ベースプレート 1 1 の設置面を基準面とし、この基準面を上方から見たときに、基準面に対して平行に延びる任意の一方方向を直線 X 方向と定義することができ、また、この直線 X 方向と直交するとともに基準面に対して平行に延びる一方方向を直線 Y 方向と定義することができる。つまり、上記基準面内と上記基準面の鉛直方向に無限に存在する基準面と平行な面内に、直線 X 方向と直線 Y 方向とを把握することができるのである。

20

【 0 0 3 8 】

そして、X 方向推力発生案内機構 1 2 が有するリニアモータ 1 3 およびリニアガイド 1 4 で実現される推力の発生方向と案内方向である直線 X 方向と、Y 方向推力発生案内機構 4 2 が有するリニアモータ 4 3 およびリニアガイド 4 4 で実現される推力の発生方向と案内方向である直線 Y 方向とは、ベースプレート 1 1 の設置面を上方から見たときに、初期状態において直交配置された状態で把握できるように構成されている。

30

【 0 0 3 9 】

つまり、本実施形態では、X 方向推力発生案内機構 1 2 が有するリニアガイド 1 4 と、Y 方向推力発生案内機構 4 2 が有するリニアガイド 4 4 とは、初期状態においてアライメントステージ 1 0 を上方から見たときに、リニアガイド 1 4、4 4 が有する軌道レール同士が井桁配置されるように構成されているのである。

【 0 0 4 0 】

なお、図 2 および図 3 に示されるように、リニアモータ 4 3 における直線 Y 方向での端部にも、直線 X 方向での場合と同様に、ストッパ部材 4 6 を配置することができる。このストッパ部材 4 6 によって、マグネット部材 4 3 b がコイル部材 4 3 a の配設範囲からはみ出して直線 Y 方向へ往復運動することを物理的に防止することが可能となっている。この場合についても、リニアモータ 4 3 の駆動限界については、上述したリニアエンコーダ 3 1 a 等の設置により制御的に設定することが可能であり、リニアエンコーダ 3 1 a 等とストッパ部材 4 6 との組み合わせによって、アライメントステージ 1 0 の安全率をより向上することが可能となる。

40

【 0 0 4 1 】

上述した Y 方向推力発生案内機構 4 2、およびそれに含まれるリニアガイド 4 4 の上方には、テーブルプレート 5 1 が設置されている。このテーブルプレート 5 1 は、アライメントステージ 1 0 の最上部の位置に配置される水平板状の部材であり、Y 方向推力発生案内機構 4 2 が有するリニアガイド 4 4 の軌道レール 2 1 に固定接続されている。さらに、テーブルプレート 5 1 は、アライメントステージ 1 0 の最下部の位置に配置されるベース

50

プレート 11 と同様に略正方形の外郭形状を有しており、その上面に対して搭載物を載置することが可能となっている。したがって、上述した機構を有する本実施形態のアライメントステージ 10 を駆動制御することで、テーブルプレート 51 上に載置された搭載物は、直線 X 方向、直線 Y 方向、および回転 方向へと移動され、所望の位置に位置決めすることが可能となっている。なお、このテーブルプレート 51 についても、その外郭形状を任意の形状に変形することが可能である。

【0042】

以上、本実施形態におけるアライメントステージ 10 の具体的な構成を説明した。次に、アライメントステージ 10 の動作原理について説明する。

図 6 は、本実施形態におけるアライメントステージ 10 の動作原理を示す概略図である。なお、直線 X 方向への推力の発生と案内を行う一対の X 方向推力発生案内機構 12、12 と、直線 Y 方向への推力の発生と案内を行う一対の Y 方向推力発生案内機構 42、42 とは、説明の便宜のために 1 本の太線のみにて表してある。

10

【0043】

図 6 (a) は、アライメントステージ 10 の初期状態を示している。初期状態において、アライメントステージ 10 が有するベースプレート 11 とテーブルプレート 51 とは、上面視においてずれ量が生じないように完全に重畳して配置されている。図 6 (a) で示される初期状態から、テーブルプレート 51 を直線 X 方向に移動させたいときには、図 5 (b) において示されるように、一対の X 方向推力発生案内機構 12、12 を同じ任意の量だけ同じ任意の向きに駆動させればよい。かかる駆動動作によって、テーブルプレート 51 は、直線 X 方向において任意の移動量分だけ任意の向きに平行移動することとなる。

20

【0044】

一方、テーブルプレート 51 を直線 Y 方向に移動させたいときには、図 6 (c) に示されるように、Y 方向推力発生案内機構 42、42 を任意の移動量分だけ任意の向きに駆動させればよい。かかる駆動動作によって、テーブルプレート 51 は、直線 Y 方向において任意の移動量分だけ任意の向きに平行移動することとなる。

【0045】

さらに、テーブルプレート 51 は、のプレート中心を回転中心として回転 方向の移動をさせることも可能である。このときには、図 6 (d) に示されるように、一対の X 方向推力発生案内機構 12、12 を同じ任意の移動量だけ逆の向きに駆動させるとともに、Y 方向推力発生案内機構 42、42 を一対の X 方向推力発生案内機構 12、12 の移動量に相対する移動量だけ逆向きに駆動させればよい。すなわち、一対の X 方向推力発生案内機構 12、12 が互いに逆向きに駆動されると、一対の回転軸受 32、32 間の距離は広がることとなる。回転軸受 32 は、内外輪がフリーな状態で回転運動することができるようになっているので、一対の回転軸受 32、32 それぞれに接続する上部プレート 33、33 対は、それぞれがリニアガイド 44 を介して 1 枚のテーブルプレート 51 に対して接続されている関係上、並列配置を維持するために回転 方向に回転移動することとなる。

30

【0046】

上部プレート 33、33 対の回転 方向での回転移動によって、結果的に、テーブルプレート 51 は、回転 方向での回転移動をすることとなる。なお、この回転移動の際に、Y 方向推力発生案内機構 42、42 を駆動することで、一対の X 方向推力発生案内機構 12、12 の移動量に相対する移動量だけテーブルプレート 51 を平行移動させることにより、回転 方向での回転移動の際の回転中心が、テーブルプレート 51 のプレート中心に維持されることとなる。

40

【0047】

また、テーブルプレート 51 のプレート中心を回転中心とした回転 方向の移動に際しては、一対の X 方向推力発生案内機構 12、12 の移動量は同じでよい。同様に、一対の Y 方向推力発生案内機構 42、42 の移動量も同じでよい。このとき、Y 方向推力発生案内機構 42、42 が有するリニアガイド 44 では、テーブルプレート 51 の下面に設置された軌道レール 21 上を、上部プレート 33、33 対のそれぞれの上方に配置された 2 つ

50

の移動ブロック 23、23 が直線 Y 方向で直列の位置状態を維持しながら互いの距離を変化させるように動くことになる。このことは、本実施形態にかかるアライメントステージ 10 が、駆動容易な構成を有していることを示している。

【0048】

ちなみに、図 6 (d) に示したテーブルプレート 51 のプレート中心を回転中心とした回転方向の移動については、例えば Y 方向推力発生案内機構 42、42 による直線 Y 方向での移動量を任意に変化させることによって回転中心を変化させることができるので、テーブルプレート 51 に対して X Y 平面上でのあらゆる移動動作を実現させることが可能となる。

【0049】

また、図 6 (d) に示したように、テーブルプレート 51 を回転方向で移動させた場合には、一对の X 方向推力発生案内機構 12、12 が逆方向に駆動されることになるので、一对の回転軸受 32、32 間の距離は広がることとなる。したがって、一对の回転軸受 32、32 のそれぞれに接続する一对の上部プレート 33、33 間の距離も広がることとなる。つまり、初期状態において一对の上部プレート 33、33 間に存在する隙間 D2 (図 4 参照) は、回転方向の移動量が大きくなるにしたがって広がることとなる。なお、一对の上部プレート 33、33 と一枚のテーブルプレート 51 とは、一本の軌道レール 21 と 2 個の移動ブロック 23、23 とから構成されるリニアガイド 44 を介して接続されているので、その回転方向での移動量は確実にテーブルプレート 51 に伝達されるようになっている。

【0050】

かかる構成は、背景技術において示した特許文献 1 に記載されている技術のように、X Y 方向のそれぞれに対応したモジュールを用意するとともに、これら X Y 方向用のモジュールを積み重ねる構造とは全く異なる技術思想に基づき創案されたものである。これにより、アライメントステージ 10 をコンパクトに構成することができる。また、直線 X 方向、直線 Y 方向、および回転方向のいずれの方向における駆動においても、複数のリニアモータを同期駆動することになるので、推力の確保が容易になっている。

【0051】

なお、上述したように、テーブルプレート 51 の回転方向での回転移動は、一对の X 方向推力発生案内機構 12、12 が逆向きに駆動されることにより実現されるが、テーブルプレート 51 の回転方向については、一对の X 方向推力発生案内機構 12、12 を駆動する向きを組み合わせを変更することにより、時計回りと反時計回りとを選択することができる。すなわち、図 6 (d) に示されるように、紙面上側の X 方向推力発生案内機構 12 を紙面左側に駆動させるとともに、これとは逆に紙面下側の X 方向推力発生案内機構 12 を紙面右側に駆動させると、テーブルプレート 51 は反時計回りに回転移動することとなる。また、当然ながら、紙面上方の X 方向推力発生案内機構 12 を紙面右側に駆動させるとともに、これとは逆に紙面下側の X 方向推力発生案内機構 12 を紙面左側に駆動させると、テーブルプレート 51 は時計回りに回転移動することとなる。

【0052】

図 7 は、本実施形態におけるモータ制御装置 140 およびスレーブモータ制御装置 170 の構成を示す概略ブロック図である。3 つのモータ制御装置 140 (140 a、140 b、140 c) はそれぞれが同じ構成を有し、スレーブモータ制御装置 170 はモータ制御装置 140 と異なる構成を有している。モータ制御装置 140 a およびモータ制御装置 140 b は、上述した直線 X 方向の推力を発生するリニアモータ 13 を制御する。モータ制御装置 140 c は、上述した直線 Y 方向の推力を発生する 2 つのリニアモータ 43 のうち一方を制御し、スレーブモータ制御装置 170 は 2 つのリニアモータ 43 のうち他方を制御する。なお、本実施形態では、スレーブモータ制御装置 170 が直線 Y 方向の推力を発生するリニアモータ 43 を制御する構成について説明するが、直線 X 方向の推力を発生するリニアモータ 13 を制御するようによい。

【0053】

10

20

30

40

50

モータ制御装置 140 は、減算部 141、位置制御部 142、減算部 143、電流制御部 144、電力変換部 145、および電流測定部 146 を備えている。

減算部 141 には、自装置が制御の対象としているリニアモータ 13 またはリニアモータ 43 の可動子を移動させる際の目標位置を示す位置指令値が上位制御装置 110 から入力される。また、減算部 141 には、自装置が制御の対象としているリニアモータ 13 またはリニアモータ 43 の可動子の位置を示す値がリニアエンコーダ 31a から入力される。減算部 141 は、入力される位置指令値から、入力される可動子の位置を示す値を減算し、位置指令値に対する位置偏差を算出する。位置制御部 142 は、減算部 141 が算出する位置偏差に基づいて、制御の対象としているリニアモータ 13 またはリニアモータ 43 の可動子を目標位置に移動させるための電流指令値を算出する。換言すると、位置制御部 142 は、位置偏差を 0 (ゼロ) にする電流指令値を算出する。

10

【0054】

減算部 143 は、位置制御部 142 が算出する電流指令値から、電流測定部 146 が測定する電流値を減算し、電流指令値に対する電流偏差を算出する。電流制御部 144 は、減算部 143 が算出する電流偏差に基づいて、電流偏差が 0 (ゼロ) になるように電力変換部 145 がリニアモータ 13 に電流を供給する制御信号を出力する。具体的には、電流制御部 144 は、例えば、減算部 143 が算出した電流偏差に対して 2 相 3 相変換を行い、リニアモータ 13 が備える 3 相の各コイルに印加する電圧値を算出する。そして電流制御部 144 は、算出した各相の電圧値に対応する制御信号を電力変換部 145 に出力する。

20

【0055】

電力変換部 145 は、外部から供給される電圧を、電流制御部 144 が算出する各相の電圧に変換してリニアモータ 13 に供給する。電力変換部 145 は、例えば、IGBT (Insulated Gate Bipolar Transistor: 絶縁ゲートバイポーラトランジスタ) などのスイッチング素子を用いて構成されたインバータ回路であり、電流制御部 144 が算出する電圧値に応じた PWM 制御を行うことにより、所望の電圧をリニアモータ 13 の各相のコイルに供給する。

電流測定部 146 は、電力変換部 145 からリニアモータ 13 に供給される電流を測定し、測定した電流値を減算部 143 に出力する。電流測定部 146 は、例えば、計器用変流器 (Current Transformer) を用いて構成される。

30

【0056】

上述のように、モータ制御装置 140 は、リニアモータ 13 の可動子の位置、およびリニアモータ 13 のコイルに流れる電流をフィードバックして、リニアモータ 13 の制御を行う。

なお、位置制御部 142 および電流制御部 144 は、例えば PI 制御や PID 制御などを用いて、入力される各偏差から指令値を算出する。

【0057】

スレーブモータ制御装置 170 は、加算部 171、位置制御部 172、減算部 143、電流制御部 144、電力変換部 145、電流測定部 146、および補正值算出部 177 を備えている。スレーブモータ制御装置 170 は、減算部 141 に替えて加算部 171 を備えている点と、位置制御部 142 に替えて位置制御部 172 を備えている点と、補正值算出部 177 を備えている点とがモータ制御装置 140 と異なる。なお、スレーブモータ制御装置 170 において、モータ制御装置 140 と同じ機能部に対して同じ符号を付して、その説明を省略する。

40

【0058】

加算部 171 には、自装置が制御の対象としているリニアモータ 43 の可動子を移動させる際の目標位置を示す位置指令値が上位制御装置 110 から入力される。また、加算部 171 には、補正值算出部 177 から位置指令値に対する補正值が入力される。加算部 171 は、入力される位置指令値と、入力される補正值とを加算して補正された位置指令値を算出する。

50

位置制御部 172 は、加算部 171 が算出する補正された位置指令値に基づいて、制御の対象としているリニアモータ 43 の可動子を目標位置に移動させるための電流指令値を算出する。なお、位置制御部 172 は、例えば P I 制御や P I D 制御などを用いて、入力される補正された位置指令値から電流指令値を算出する。

【 0 0 5 9 】

補正值算出部 177 には、自装置が制御の対象としているリニアモータ 43 の可動子の位置を示す値（位置情報）をリニアエンコーダ 31a から入力される。また、補正值算出部 177 は、電流測定部 146 が測定する電流値が入力される。補正值算出部 177 は、可動子の位置を示す値の単位時間あたりの変化量から、当該可動子が移動する速度（移動速度）を算出する。補正值算出部 177 は、算出した速度に基づいて、可動子の移動に作用している推力の推定値である第 1 の推定推力値を算出する。また、補正值算出部 177 は、入力される電流値からリニアモータ 43 において生じている推力の推定値である第 2 の推定推力値（理論値）を算出する。なお、可動子が移動する速度を算出する際に用いるリニアモータ 43 の可動子などの質量や、電流値から第 2 の推定推力値を算出する際に用いる推力係数は、実機における測定や、シミュレーションなどにより予め求めておく。

10

【 0 0 6 0 】

補正值算出部 177 は、第 1 の推定推力値から第 2 の推定推力値を減算して推力偏差を算出する。この推力偏差は、スレーブモータ制御装置 170 が制御対象としているリニアモータ 43 以外のリニアモータ 13 およびリニアモータ 43 における可動子の移動の誤差などに基づいて生じる外乱に対応する。

20

補正值算出部 177 は、予め定められた補正係数と算出した推力偏差とを乗算して、補正值を算出し、算出した補正值を加算部 171 に出力する。なお、補正係数は、可動子などの質量や推力係数と同様に、実機における測定や、シミュレーションなどにより予め求めておく。すなわち、補正值算出部 177 は、リニアモータ 43 が受ける外乱に応じて、位置指令値を補正する補正值を算出する。

【 0 0 6 1 】

図 8 は、本実施形態におけるスレーブモータ制御装置 170 が行う制御のステップを示すフローチャートである。

スレーブモータ制御装置 170 は、トルク補正を用いた制御を開始すると、上位制御装置 110 から入力される位置指令値に基づいて、加算部 171 から電力変換部 145 の各機能部が動作してリニアモータ 43 を駆動する（ステップ S 101）。なお、最初のタイミングにおいては速度が検出できないため、補正值を用いない制御となる。

30

【 0 0 6 2 】

ステップ S 101 における駆動によりリニアモータ 43 の可動子が移動すると、スレーブモータ制御装置 170 において補正值算出部 177 が、当該移動に応じて変化する位置情報から可動子の速度を算出し（ステップ S 102）、算出した速度から第 1 の推定推力値を算出する（ステップ S 103）。

【 0 0 6 3 】

また、補正值算出部 177 は、制御対象のリニアモータ 43 に流れる電流の電流値から第 2 の推定推力値を算出する（ステップ S 104）。補正值算出部 177 は、第 1 の推定推力値から第 2 の推定推力値を減算して推力偏差を算出し（ステップ S 105）、推力偏差から補正值を算出する（ステップ S 106）。

40

【 0 0 6 4 】

加算部 171 は、補正值算出部 177 が算出した補正值と、位置指令値とを加算して、位置指令値を補正する（ステップ S 107）。

位置制御部 142 から電力変換部 145 の各機能部は、補正された位置指令値に基づいて、リニアモータ 43 を駆動し（ステップ S 108）、処理をステップ S 102 に戻す。

【 0 0 6 5 】

以降、ステップ S 102 からステップ S 108 の各処理が繰り返して行われることにより、他のリニアモータ 13、13、43 の移動誤差等により生じるがたつきを押さえるよ

50

うにリニアモータ 4 3 を駆動することができる。

【 0 0 6 6 】

上述のように、本実施形態におけるアライメントステージシステム 1 0 0 は、2 つのリニアモータ 1 3 および 2 つのリニアモータ 4 3 のうち、1 つのリニアモータ 4 3 の制御において、他のリニアモータ 1 3 およびリニアモータ 4 3 の移動誤差により生じる外乱に基づいた制御をスレーブモータ制御装置 1 7 0 が行うようにした。これにより、案内機構を介して機械的につながれている 4 つのリニアモータ 1 3、1 3、4 3、4 3 に対して異なる位置指令値を用いて制御する場合、例えば回転 方向への推力を発生させる場合においても、外乱の影響を抑制した制御を行うことができる。

【 0 0 6 7 】

以下、計算機シミュレーションの結果を示して、4 つのリニアモータ 1 3、1 3、4 3、4 3 の動きについて図 9 ~ 図 1 2 を用いて説明する。

図 9 は、本実施形態におけるテーブルプレート 5 1 の動きを示す波形図である。同図においては、縦軸は直線 X Y 方向および回転 方向の移動量を示し、横軸は時間を示している。この計算機シミュレーションでは、図 9 に示されているように、テーブルプレート 5 1 を直線 X 方向へ往復運動させた後に、直線 Y 方向へ往復運動させ、さらに、回転 方向および直線 Y 方向へ往復運動させた。

【 0 0 6 8 】

図 1 0 は、本実施形態における 4 つのリニアモータ 1 3、1 3、4 3、4 3 それぞれの可動子の位置を示す波形図である。同図においては、縦軸は直線 X Y 方向および回転 方向の移動量を示し、横軸は時間を示している。同図における X 1、X 2 の波形は、直線 X 方向の駆動をするリニアモータ 1 3、1 3 の動きに対応し、Y 1、Y 2 の波形は、直線 Y 方向の駆動をするリニアモータ 4 3、4 3 の動きに対応する。また、スレーブモータ制御装置 1 7 0 が Y 2 の波形に対応するリニアモータ 4 3 を制御している。

同図に示すように、スレーブモータ制御装置 1 7 0 が制御するリニアモータ 4 3 は、Y 1 の波形に対応するリニアモータ 4 3 に対して、時間的に遅れた制御となっている。これは、他のリニアモータ 1 3、1 3、4 3 における移動誤差等から生じる外乱の影響を抑制するように動作しているためである。

【 0 0 6 9 】

図 1 1 は、図 9 に示したようにテーブルプレート 5 1 を動かす際に、波形 X 2 のリニアモータ 1 3 の応答速度を 0 . 0 0 1 [秒] 遅らせた場合の波形 Y 2 のリニアモータ 4 3 に対して生じる位置偏差を示す波形図である。同図においては、縦軸は直線 X Y 方向および回転 方向の移動量を示し、横軸は時間を示している。同図に示すように、波形 X 2 に対応するリニアモータ 1 3 の移動が遅れると、その遅れで生じる歪みから生じる応力（外乱）を受けて、波形 Y 2 に対応するリニアモータ 4 3 の移動が遅れることになる。

直線 X 方向または直線 Y 方向のみの移動では、波形 X 2 に対応するリニアモータ 1 3 の移動の遅れの影響を波形 Y 2 に対応するリニアモータ 4 3 は受けない。しかし、回転 方向の移動では、波形 X 2 に対応するリニアモータ 1 3 の移動の遅れの影響（外乱）を、回転軸受 3 2 を介して受けるため、当該遅れが生じない場合に対して図 1 1 に示される位置偏差が生じる。

【 0 0 7 0 】

図 1 2 は、図 9 に示したようにテーブルプレート 5 1 を動かす際に、波形 Y 1 のリニアモータ 1 3 の応答速度を 0 . 0 0 1 [秒] 遅らせた場合の波形 Y 2 のリニアモータ 4 3 に対して生じる位置偏差を示す波形図である。同図においては、縦軸は直線 X Y 方向および回転 方向の移動量を示し、横軸は時間を示している。

同図に示すように、波形 Y 2 に対応するリニアモータ 4 3 と並列に配置されている他方のリニアモータ 4 3 に遅れが生じると、直線 Y 方向の移動においても、波形 Y 2 に対応するリニアモータ 4 3 の動作も遅れることになる。また、回転 方向への移動においても、波形 Y 2 に対応するリニアモータ 4 3 の動作も遅れることになる。

【 0 0 7 1 】

10

20

30

40

50

このように、本実施形態におけるアライメントステージシステム100は、スレーブモータ制御装置170が、他の3つのリニアモータの駆動により案内装置や上部プレート33、下部プレート31に生じる外乱に応じて、リニアモータ43を制御する。これにより、案内機構を介して機械的につながれている各リニアモータ13、43の移動誤差等から生じるがたつきを抑制した制御をリニアモータ43に対して行うことができる。その結果、アライメントステージ10をなめらかに移動させる制御を行うことができる。

【0072】

また、本実施形態におけるアライメントステージシステム100は、アライメントステージ10を回転方向に移動させる際に、直線X方向に駆動するリニアモータ13、13の推力と、直線Y方向に駆動するリニアモータ43、43の推力とを合わせて用いているため、大きい推力を発生させることができる。これにより、回転方向に大きい推力が要求される場合であっても、各リニアモータ13、43の大型化を抑制することができる。

10

【0073】

なお、本実施形態では、アライメントステージ10に設けられた4つのリニアモータのうちいずれか1つのリニアモータをスレーブモータ制御装置170が制御する構成を示した。しかし、これに限ることなく、案内機構および回転軸受を介して連係した駆動を行う複数のリニアモータを制御する際に、いずれか1つのリニアモータに対してスレーブモータ制御装置170を用いるようにしてもよい。

また、上述の実施形態では、モータ制御装置140およびスレーブモータ制御装置170がリニアモータ13、43を制御する構成について説明したが、回転モータを制御するようにしてもよい。

20

【0074】

また、本実施形態では、アライメントステージ10に配置された4つのリニアモータ13、43を制御する構成を示した。しかし、モータ制御装置140およびスレーブモータ制御装置170を組み合わせて制御するリニアモータの数は、4つ以上であればよく、例えば5つ、6つであってもよい。また、4つ以上のリニアモータを連係させて駆動する場合には、3つのリニアモータそれぞれに対してモータ制御装置140を割り当て、他のリニアモータそれぞれに対してスレーブモータ制御装置170を割り当てるようにしてもよい。これにより、リニアモータの移動誤差等から生じるがたつきを抑制した制御を行うことができる。

30

【0075】

また、本実施形態では、上位制御装置110から位置指令値が入力され、補正值算出部177が位置指令値を補正するための補正值を算出する構成を示した。しかし、これに限ることなく、上位制御装置110から入力される指令値に応じた補正值を補正值算出部177が算出するようにしてもよい。例えば、上位制御装置110から速度指令値が入力される場合には、速度指令値を補正するための補正值を補正值算出部177が算出するようにしてもよい。この場合、補正係数は、実測値やシミュレーションにより得られた値に基づいて、補正対象の指令値に応じて予め定めることになる。

【0076】

< 第2の実施形態 >

40

本実施形態では、上位制御装置110が各モータ制御装置140a~140cおよびスレーブモータ制御装置170に出力する位置指令値を、外乱の発生を抑制した制御を行う。なお、本実施形態におけるアライメントステージシステム100は、第1の実施形態におけるアライメントステージシステム100と同じ構成であるので、構成の説明を省略する。以下に上位制御装置100が各モータ制御装置140a~140cおよびスレーブモータ制御装置170に出力する位置指令値、すなわち4つのリニアモータ13、13、43、43それぞれに対する位置指令値を算出する手順について説明する。

【0077】

図13は、本実施形態におけるアライメントステージ10のテーブルプレート51を上面の鉛直方向から見た図である。ここでは、同図に示すようにテーブルプレートをX方向

50

およびY方向に移動させつつ反時計方向に回転させる場合、すなわちテーブルプレート51のプレート中心をX方向にx、Y方向にy、回転方向に移動させる場合について説明する。

【0078】

図14は、図13に示したようにテーブルプレート51を移動させる際のプレート中心のX方向の変位量とY方向の変位量と方向の変位量とを示すグラフである。同図において、横軸は時間を示し、縦軸は各方向の変位量を示している。ここでは、加減速時間を50[m s]とし、等速時間を50[m s]とし、指令時間を150[m s]としている。

【0079】

ここで、図13に示したように、2つのX方向推力発生機構12の軸間の距離を l_{ofs} とし、X方向推力発生機構12の変位量を l_i ($i = 1, 2$)とし、2つのY方向推力発生機構42の変位量を u_i ($i = 1, 2$)とする。変位量 l_i と変位量 u_i とを次のように定める。

変位量 $l_i = (\text{プレート中心}) - (\text{X方向の初期位置})$

変位量 $u_i = (\text{Y方向の初期位置}) - (\text{プレート中心})$

この場合、x、y、 θ は次式(1)~(3)として得られる。

【0080】

【数1】

$$x = \frac{l_1 + l_2}{2} - \frac{u_1 + u_2}{2} \sin \theta \quad \dots (1)$$

$$y = \frac{u_1 + u_2}{2} \cos \theta \quad \dots (2)$$

$$\theta = \tan^{-1} \left(\frac{l_2 - l_1}{l_{ofs}} \right) \quad \dots (3)$$

【0081】

また、軸間の距離 l_{ofs} に関して次式(4)が得られる。

【0082】

【数2】

$$l_{ofs} - (u_1 - u_2) = \frac{l_{ofs}}{\cos \theta} \quad \dots (4)$$

【0083】

式(1)の両辺に $\cos \theta$ を乗じたものと、式(2)の両辺に $\sin \theta$ を乗じたものとを加えると次式(5)が得られる。

【0084】

【数3】

$$x \cos \theta + y \sin \theta = \frac{l_1 + l_2}{2} \cos \theta \quad \dots (5)$$

【0085】

また、式(5)を変形すると次式(6)が得られる。

10

20

30

40

50

【 0 0 8 6 】

【 数 4 】

$$l_1 + l_2 = 2x + 2y \tan \theta \quad \dots (6)$$

【 0 0 8 7 】

また、式 (3) より次式 (7) が得られる。

【 0 0 8 8 】

【 数 5 】

$$l_2 - l_1 = l_{ofs} \tan \theta \quad \dots (7)$$

【 0 0 8 9 】

式 (6) から式 (7) を引いて 2 で割ることにより次式 (8) が得られ、式 (6) と式 (7) とを足して 2 で割ることにより次式 (9) が得られる。

【 0 0 9 0 】

【 数 6 】

$$l_1 = x + \frac{2y - l_{ofs}}{2} \tan \theta \quad \dots (8)$$

$$l_2 = x + \frac{2y + l_{ofs}}{2} \tan \theta \quad \dots (9)$$

【 0 0 9 1 】

式 (4) を変形すると次式 (1 0) が得られ、式 (2) を変形すると式 (1 1) が得られる。

【 0 0 9 2 】

【 数 7 】

$$(u_1 - u_2) = \frac{l_{ofs}}{\cos \theta} (1 - \cos \theta) \quad \dots (10)$$

$$u_1 + u_2 = \frac{2y}{\cos \theta} \quad \dots (11)$$

【 0 0 9 3 】

式 (1 0) から式 (1 1) を引いて 2 で割ることにより次式 (1 2) が得られ、式 (1 0) と式 (1 1) とを足して 2 で割ることにより次式 (1 3) が得られる。

【 0 0 9 4 】

10

20

30

40

【数 8】

$$u_1 = \frac{y}{\cos\theta} - \frac{l_{ofs}}{2\cos\theta}(1 - \cos\theta) \quad \dots (12)$$

$$u_2 = \frac{y}{\cos\theta} + \frac{l_{ofs}}{2\cos\theta}(1 - \cos\theta) \quad \dots (13)$$

【0095】

以上より、次式(14)が得られる。

【0096】

【数 9】

$$\begin{cases} l_1 = x + \frac{2y - l_{ofs}}{2} \tan\theta \\ l_2 = x + \frac{2y + l_{ofs}}{2} \tan\theta \\ u_1 = \frac{y}{\cos\theta} - \frac{l_{ofs}}{2\cos\theta}(1 - \cos\theta) \quad \dots (14) \\ u_2 = \frac{y}{\cos\theta} + \frac{l_{ofs}}{2\cos\theta}(1 - \cos\theta) \end{cases}$$

【0097】

上位制御装置110は、式(14)で得られる変位置量 l_1 、 l_2 を2つのリニアモータ13、13に対する位置指令値としてモータ制御装置140a、140bに出力する。また、上位制御装置10は、式(14)で得られる変位置量 u_1 、 u_2 を2つのリニアモータ43、43に対する位置指令値としてモータ制御装置140cおよびモータ制御装置170に出力する。

【0098】

ここで、式(14)で得られるプレート中心の移動軌跡に基づいた各変位置量による位置指令値と、プレート中心の目標位置に基づいた台形駆動による位置指令値とを差異を示す。図15および図16は、本実施形態におけるプレート中心の移動に基づいた位置指令値(計算指令)と台形駆動による位置指令値(台形指令)とを示すグラフである。図15には、直線X方向の推力を発生するリニアモータ13、13に対する位置指令値(l_1 、 l_2)が示されている。図15(A)には位置指令値 l_1 が示され、図15(B)には位置指令値 l_2 が示されている。図16には、直線Y方向の推力を発生するリニアモータ43、43に対する位置指令値(u_1 、 u_2)が示されている。図16(A)には位置指令値 u_1 が示され、図16(B)には位置指令値 u_2 が示されている。これらの図において、横軸は時間を示し、縦軸は各位置指令値を示している。

【0099】

図16に示すように、リニアモータ43、43に対する位置指令値にはほとんど差異がない。しかし、リニアモータ13、13に対する位置指令値のうち位置指令値 l_1 には大きな差があることが図より分かる。本実施形態におけるアライメントステージ10では、Y方向推力発生案内機構42、42における移動方向の軸の位置が偏角と直線Y方向の位置とにより一意に定まる。これにより、プレート中心を移動させる際の目標位置に対す

10

20

30

40

50

る位置指令値を、台形駆動に基づいて与えると、その移動過程において実現不可能な位置指令値が算出されてしまう場合がある。図15に示した位置指令値11には、このような位置指令値が現れている。

【0100】

また、プレート中心の移動軌跡に基づいた位置指令値を用いた場合と、台形駆動による位置指令値を用いた場合とにおける各リニアモータ13、13、43、43の推力の差異を示す。図17および図18は、テーブルプレート51を移動させる際の推力を示すグラフである。図17には、直線X方向の推力を発生するリニアモータ13、13の推力が示されている。図17(A)にはプレート中心の移動軌跡に基づいた位置指令値 l_1 、 l_2 を用いた場合の推力が示され、図17(B)には台形駆動による位置指令値 l_1 、 l_2 を用いた場合の推力が示されている。図18には、直線Y方向の推力を発生させるリニアモータ43、43の推力が示されている。図18(A)にはプレート中心の移動軌跡に基づいた位置指令値 u_1 、 u_2 を用いた場合の推力が示され、18(B)には台形駆動による位置指令値 u_1 、 u_2 を用いた場合の推力が示されている。

10

【0101】

図17に示すように、リニアモータ13、13の推力にはほとんど差異がない。しかし、図18に示すようにリニアモータ43、43の推力には大きな差が現れている。プレート中心の移動軌跡に基づいた位置指令値を用いた場合の推力は、-6[N]から10[N]までの範囲で変化している。これに対して、台形駆動による位置指令値を用いた場合の推力は、約-80[N]から80[N]までの範囲で変化している。これは、前述の実現不可能な位置指令値が算出されてしまうことにより、各リニアモータ13、13の駆動が回転軸受32、32を介してリニアモータ、43、43の駆動に干渉しているためである。

20

【0102】

本実施形態の上位制御装置110は、プレート中心の移動を図14に示したように移動させるために、式(14)によって算出される各変位量 l_i 、 u_i ($i=1, 2$)を位置指令値として用いることにより、アライメントステージ10の構造において実現不可能な位置指令値が算出されることを防ぐことができる。これにより、直線X方向の推力を発生するリニアモータ13、13と、直線Y方向の推力を発生するリニアモータ43、43との回転軸受32、32を介した干渉により生じる外乱の発生を抑制した制御を行うことができる。

30

【0103】

本実施形態における、プレート中心の移動軌跡に基づいた位置指令値を算出する上位制御装置110と、第1の実施形態において説明したスレーブモータ制御装置170とを組み合わせて用いることにより、連係した駆動を行う複数のモータに対して異なる指令を用いて制御する際においても外乱の発生をさらに抑制した、なめらかなモータの駆動制御をすることができる。

【0104】

上述の上位制御装置110、モータ制御装置140およびスレーブモータ制御装置170は内部に、コンピュータシステムを有していてもよい。その場合、上述したモータ制御の処理過程は、プログラムの形式でコンピュータ読み取り可能な記録媒体に記憶されており、このプログラムをコンピュータが読み出して実行することによって、上記処理が行われることになる。ここでコンピュータ読み取り可能な記録媒体とは、磁気ディスク、光磁気ディスク、CD-ROM、DVD-ROM、半導体メモリ等をいう。また、このコンピュータプログラムを通信回線によってコンピュータに配信し、この配信を受けたコンピュータが当該プログラムを実行するようにしてもよい。

40

【0105】

なお、本発明に記載のモータ制御装置は、実施形態におけるスレーブモータ制御装置170に対応する。また、本発明に記載の制御部は、実施形態における位置制御部142に対応する。

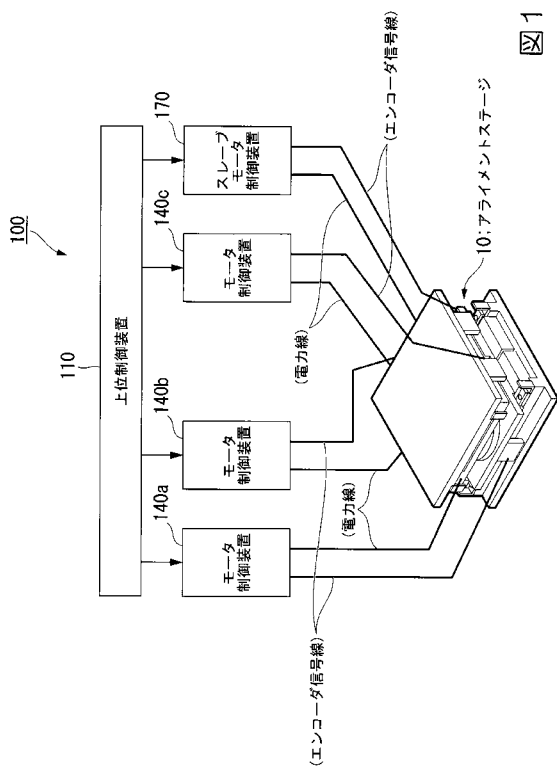
50

【符号の説明】

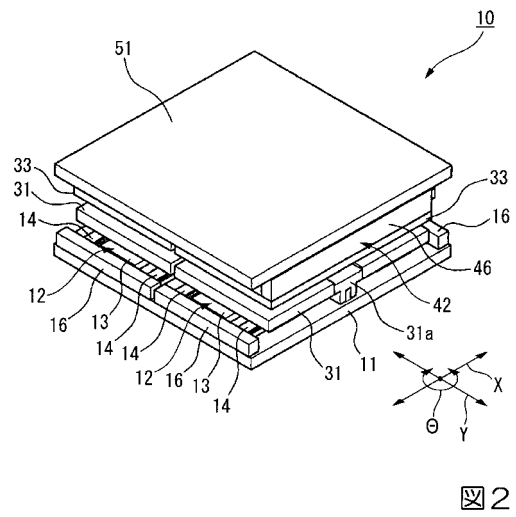
【0106】

13, 43 ... リニアモータ(モータ)、110 ... 上位制御装置(上位制御部)、142 ... 位置制御部、170 ... スレーブモータ制御装置、177 ... 補正值算出部

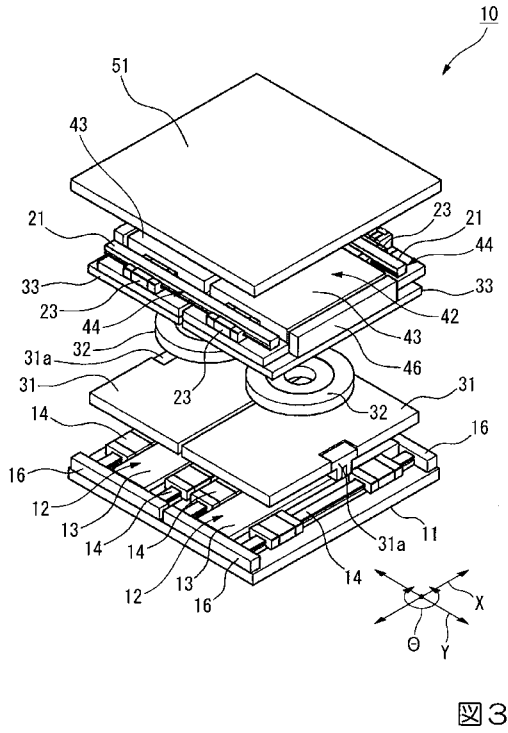
【図1】



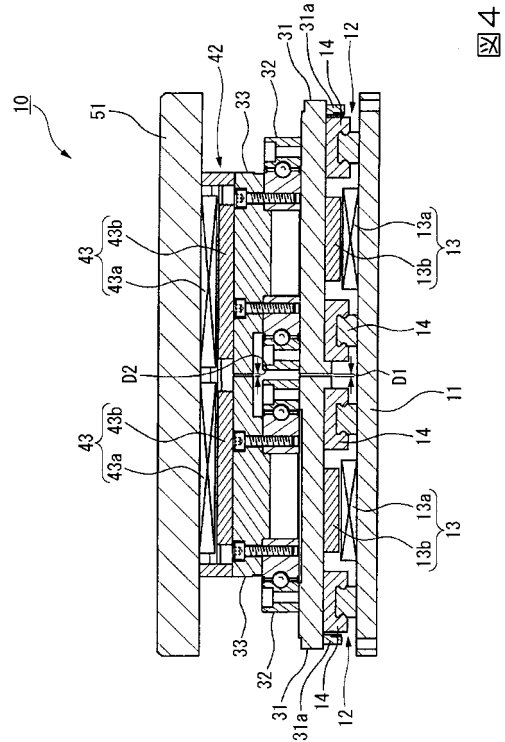
【図2】



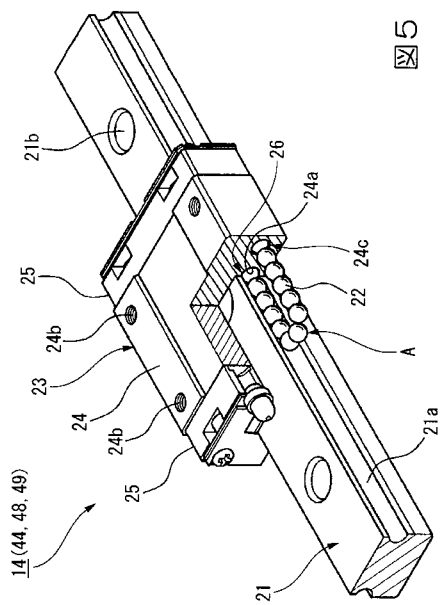
【 図 3 】



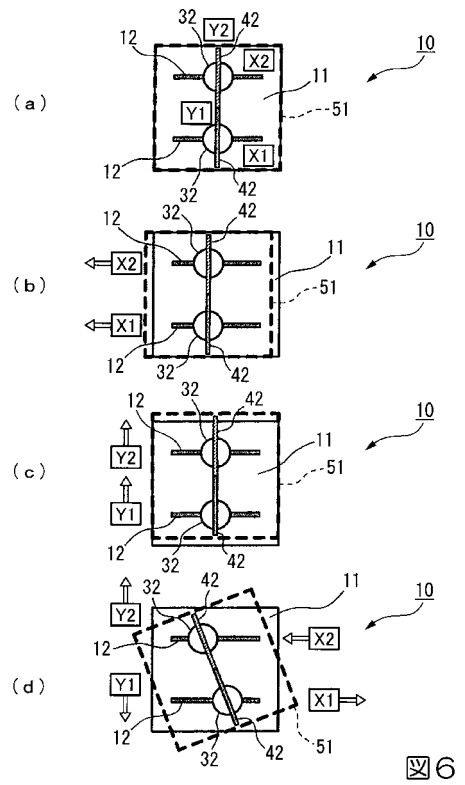
【 図 4 】



【 図 5 】



【 図 6 】



【図7】

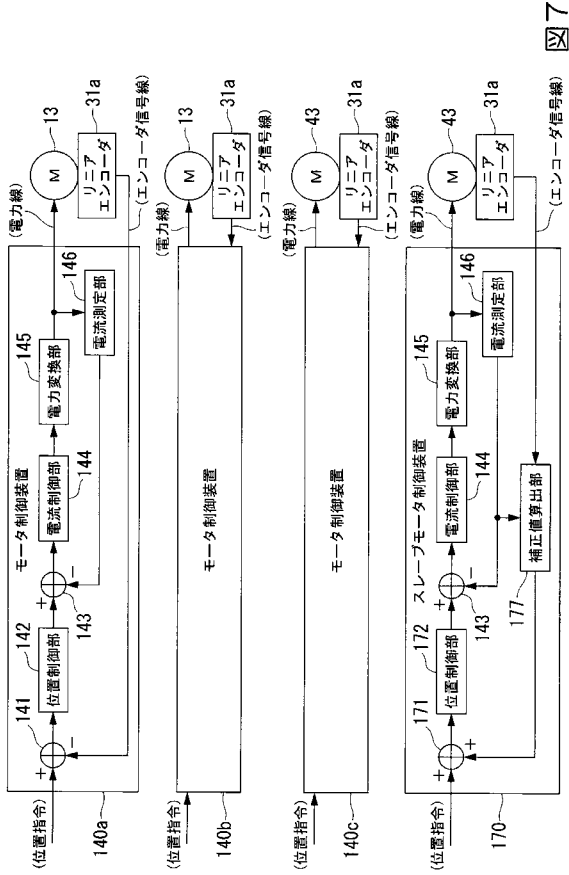


図7

【図8】

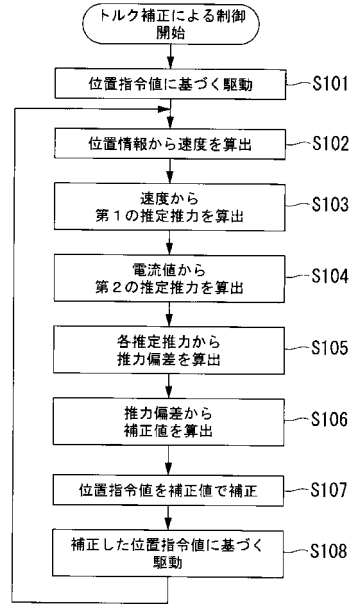


図8

【図9】

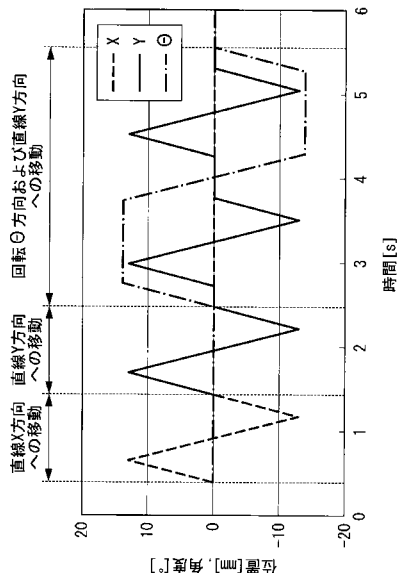


図9

【図10】

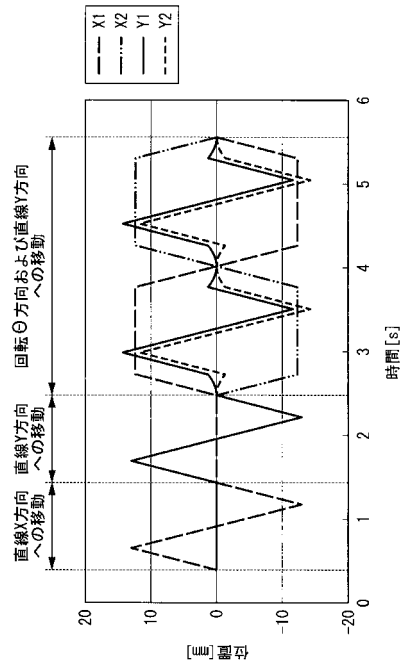


図10

【 図 1 1 】

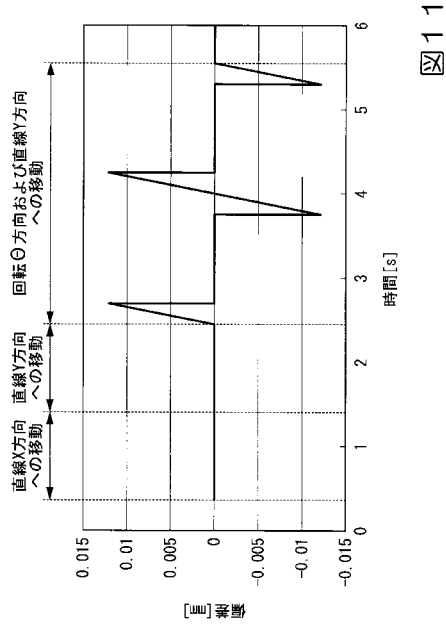


図 1 1

【 図 1 2 】

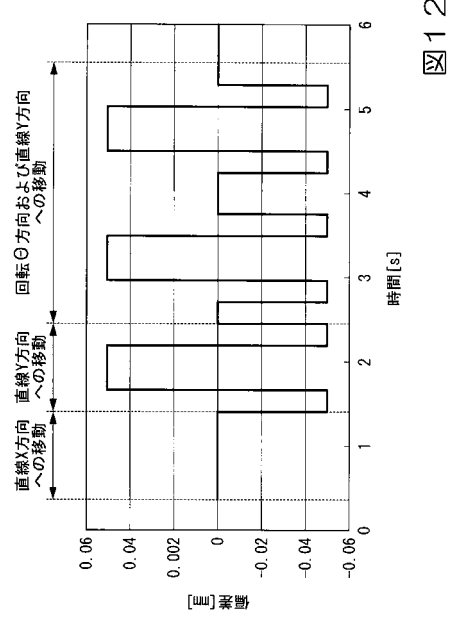


図 1 2

【 図 1 3 】

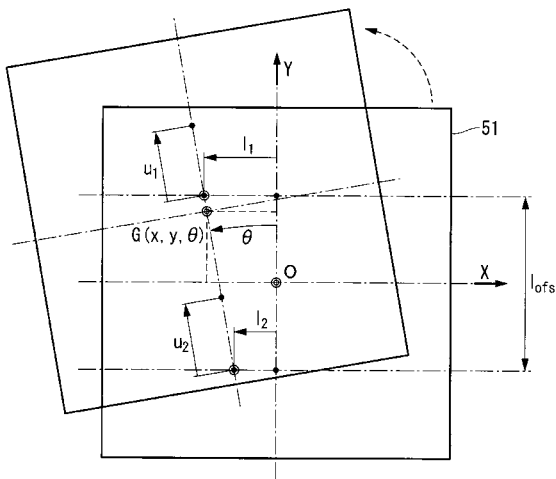


図 1 3

【 図 1 4 】

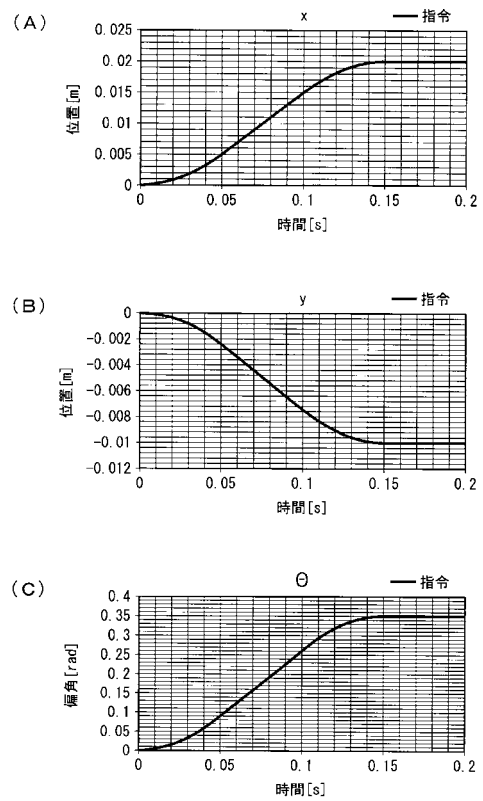


図 1 4

【 図 1 5 】

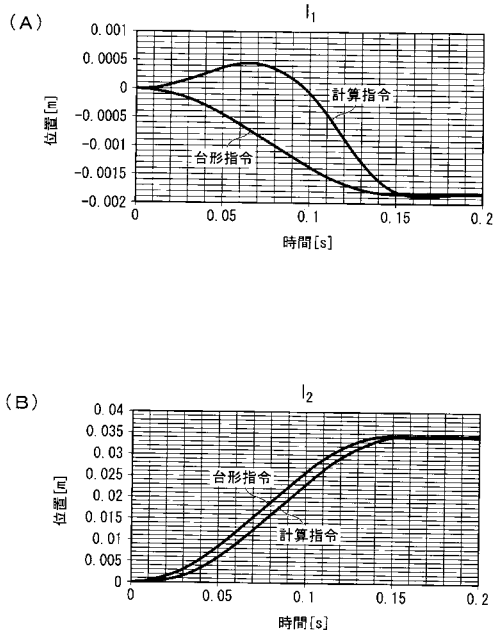


図 1 5

【 図 1 6 】

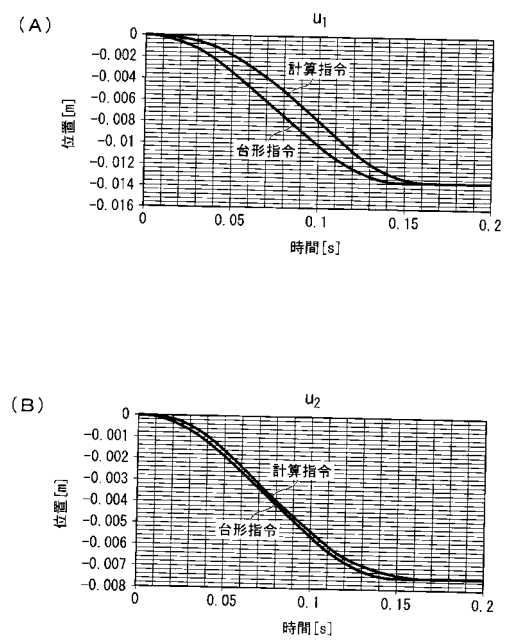


図 1 6

【 図 1 7 】

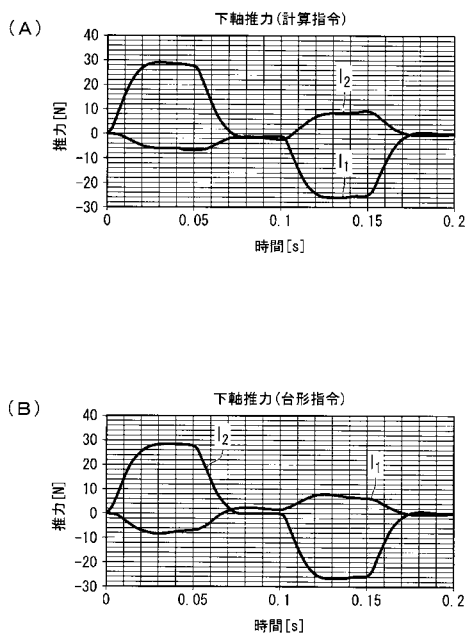


図 1 7

【 図 1 8 】

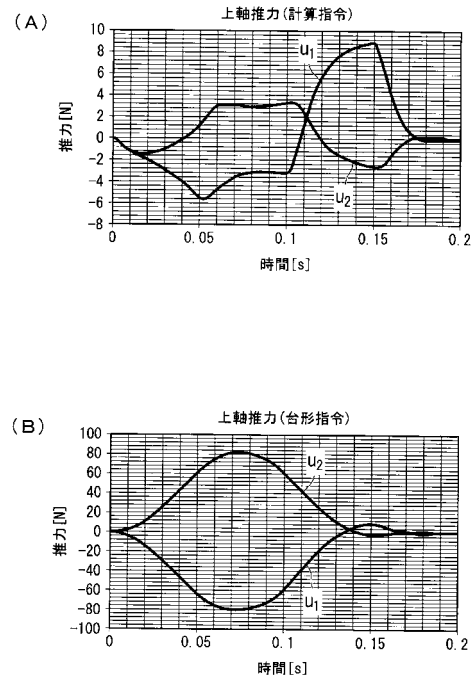


図 1 8

フロントページの続き

Fターム(参考) 5H303 AA01 BB02 BB07 BB12 CC03 DD01 EE03 FF09 GG06 HH01
KK01 LL02 MM05
5H540 AA06 BA03 BB07 EE05 EE08 EE15 FA02 FC02
5H572 AA14 BB10 DD02 DD10 EE03 GG01 GG04 HC09 JJ03 JJ24
JJ25 LL22 LL31