

(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
2016年1月28日(28.01.2016)



(10) 国際公開番号
WO 2016/013664 A1

- (51) 国際特許分類:
H02P 25/06 (2006.01) *H02P 5/46* (2006.01)
B30B 1/42 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2015/071131
- (22) 国際出願日: 2015年7月24日(24.07.2015)
- (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 2014-151819 2014年7月25日(25.07.2014) JP
特願 2015-126447 2015年6月24日(24.06.2015) JP
- (71) 出願人: T H K株式会社(THK CO., LTD.) [JP/JP];
〒1418503 東京都品川区西五反田三丁目11番6号 Tokyo (JP).
- (72) 発明者: 山中 修平(YAMANAKA Shuhei); 〒1418503 東京都品川区西五反田三丁目11番6号 T H K株式会社内 Tokyo (JP). 野村 祐樹(NOMURA Yuki); 〒1418503 東京都品川区西五反

田三丁目11番6号 T H K株式会社内 Tokyo (JP). 印田 剛(INDA Tsuyoshi); 〒1418503 東京都品川区西五反田三丁目11番6号 T H K株式会社内 Tokyo (JP).

(74) 代理人: 志賀 正武, 外(SHIGA Masatake et al.); 〒1006620 東京都千代田区丸の内一丁目9番2号 Tokyo (JP).

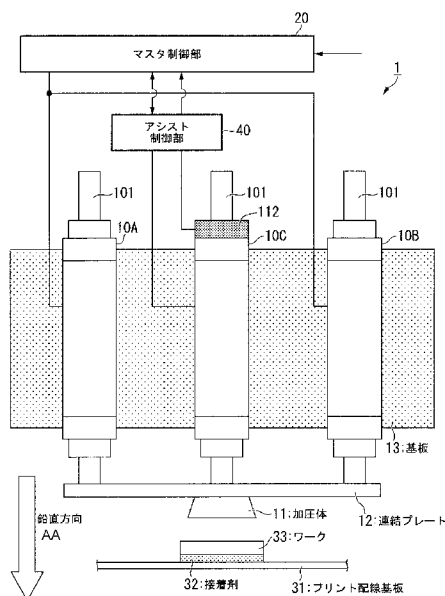
(81) 指定国(表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, KE, KG, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

(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,

[続葉有]

(54) Title: LINEAR MOTOR DEVICE AND CONTROL METHOD

(54) 発明の名称: リニアモータ装置及び制御方法



(57) Abstract: This linear motor device is equipped with: a first linear motor and a second linear motor, the movers of which move in the same direction in conjunction with each other; a first control unit for allowing said first linear motor to generate thrust and apply a load through said mover to an object to be pressured; and a second control unit for controlling the thrust that said second linear motor is allowed to generate. When said first control unit allows the load to be applied to said object to be pressured, said second control unit allows said second linear motor to generate thrust for compensating for an external force occurring to said mover.

(57) 要約: このリニアモータ装置は、可動子が連動して同一方向に動く第1のリニアモータ及び第2のリニアモータと、前記第1のリニアモータに推力を発生させて前記可動子を介して加圧対象物に荷重を加えさせる第1の制御部と、前記第2のリニアモータに発生させる推力を制御する第2の制御部と、を備え、前記第2の制御部は、前記第1の制御部が前記加圧対象物に対して荷重を加えさせている場合、前記可動子に対して生じる外力を打ち消す推力を前記第2のリニアモータに発生させる。

- 11 Pressure-applying body
12 Connection plate
13 Substrate
20 Master control unit
31 Printed wiring board
32 Adhesive agent
33 Workpiece
40 Assist control unit
AA Perpendicular direction

WO 2016/013664 A1



MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユー
ラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ヨー
ロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE,
ES, FI, FR, 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, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

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： リニアモータ装置及び制御方法

技術分野

[0001] 本発明は、リニアモータ装置及び制御方法に関する。

本願は、２０１４年７月２５日に、日本に出願された特願２０１４－１５１８１９号及び、２０１５年６月２４日に、日本に出願された特願２０１５－１２６４４７号に基づき優先権を主張し、その内容をここに援用する。

背景技術

[0002] 電子部品などのワークを基板に実装する実装装置や、被加工対象のワークを加工する工作装置などでは、ワークに接触又は近接するヘッド部分を鉛直方向に駆動する手段としてリニアモータが用いられている。このような実装装置や工作装置では、ヘッド部分をワークに押し付ける際にワークに加える荷重を、リニアモータが発生させる推力を増減させることで制御している。鉛直方向に稼働するヘッド部分には重力による鉛直方向下向きの外力が作用するため、リニアモータの推力を制御する際にはヘッド部分の重量を考慮した制御が必要となる。ヘッド部分の重量を考慮した制御を容易にするため、ヘッド部分の重量に応じた平衡用バランサが用いられることがある（特許文献１）。

先行技術文献

特許文献

[0003] 特許文献１：日本国特開平０８－３０９６２０号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0004] しかし、特許文献１に記載の技術のように平衡用バランサを用いた場合、ヘッド部分を鉛直方向に駆動するリニアモータの推力には損失が生じるため、ヘッド部分を移動させる際の速度が制限されてしまうという問題がある。

[0005] 本発明の態様は、上記問題を解決すべくなされたもので、駆動するリニア

モータの推力損失を抑えつつ推力制御を容易にできるリニアモータ装置及び制御方法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

[0006] 本発明の第一の態様に係るリニアモータ装置は、可動子が連動して同一方向に動く第1のリニアモータ及び第2のリニアモータと、前記第1のリニアモータに推力を発生させて前記可動子を介して加圧対象物に荷重を加えさせる第1の制御部と、前記第2のリニアモータに発生させる推力を制御する第2の制御部と、を備えるリニアモータ装置であって、前記第2の制御部は、前記第1の制御部が前記加圧対象物に対して荷重を加えている場合、前記可動子に対して生じる外力を打ち消す推力を前記第2のリニアモータに発生させる。

[0007] また、本発明の第二の態様に係る制御方法は、可動子が連動して同一方向に動く第1のリニアモータ及び第2のリニアモータと、前記第1のリニアモータに推力を発生させて前記可動子を介して加圧対象物に荷重を加えさせる第1の制御部と、前記第2のリニアモータに発生させる推力を制御する第2の制御部と、を備えるリニアモータ装置における制御方法であって、前記第2の制御部は、前記第1の制御部が前記加圧対象物に対して荷重を加えている場合、前記可動子に対して生じる外力を打ち消す推力を前記第2のリニアモータに発生させる第1のステップ、を有する。

発明の効果

[0008] 本発明の態様によれば、加圧対象物に荷重を加える推力を第1のリニアモータに発生させる際に、可動部分に作用する外力を打ち消す推力を第2のリニアモータに発生させることにより、第1のリニアモータに対する制御において可動部分に作用する外力の考慮が不要となり、第1のリニアモータに対する制御を容易にすることができる。また、加圧対象物に荷重を加えない場合には、第1のリニアモータが発生する推力と同じ方向の推力を第2のリニアモータに発生させることにより、加圧対象物に荷重を加えない場合における第1のリニアモータの推力損失を抑えることができる。

図面の簡単な説明

- [0009] [図1]本実施形態におけるリニアモータ装置を適用した工作装置の構成を示すブロック図である。
- [図2]本実施形態におけるリニアモータの斜視図（一部断面図）である。
- [図3]本実施形態におけるコイルホルダに保持されたコイルユニットを示す斜視図である。
- [図4]本実施形態における各リニアモータのマグネットとコイルの位置関係を示す図である。
- [図5]本実施形態におけるマスタ制御部の構成を示すブロック図である。
- [図6]本実施形態における工作装置 1 がワークを最初に押し付ける際のマスタ制御部が行う制御を示すフローチャートである。
- [図7]本実施形態におけるマスタ制御部が更新した F L モード開始位置を用いて行う制御を示すフローチャートである。
- [図8]本実施形態におけるアシスト制御部の構成を示すブロック図である。
- [図9]本実施形態における工作装置がワークを押し付ける際のアシスト制御部が行う制御を示すフローチャートである。
- [図10]図 7 に示したマスタ制御部が行うステップ S 2 0 2 からステップ S 2 0 9 までの処理における速度、電流、及び動作完了信号の変化を示す波形図である。
- [図11]図 7 に示したマスタ制御部が行うステップ S 2 1 2 からステップ S 2 1 7 までの処理における速度、電流、及び動作完了信号の変化を示す波形図である。
- [図12]マスタ制御部とアシスト制御部との電流分解能の差を利用した推力制御の一例を示す図である。
- [図13]第 2 の実施形態におけるリニアモータ装置を適用した工作装置の構成を示すブロック図である。
- [図14]2つのリニアモータそれぞれのコイルを交互に配置する一例を示す図である。

発明を実施するための形態

[0010] (第1の実施形態)

以下、図面を参照して、本発明の各実施形態におけるリニアモータ装置及び制御方法を説明する。図1は、第1の実施形態におけるリニアモータ装置を適用した工作装置1の構成を示すブロック図である。工作装置1は、第1のリニアモータとしてのリニアモータ10A及び10Bと第2のリニアモータとしてのリニアモータ10Cとを含む複数のリニアモータ10と、各リニアモータ10の可動子であるロッド101を連結する連結プレート12と、連結プレート12に取り付けられた加圧体11と、各リニアモータ10が取り付けられている基板13と、リニアモータ10A及び10Bの駆動を制御する第1の制御部としてのマスタ制御部20と、リニアモータ10Cの駆動を制御する第2の制御部としてのアシスト制御部40とを備える。各リニアモータ10のロッド101が連結プレートに固定されていることにより連動して動作し、各リニアモータ10のロッド101は同時に同じ方向に同じ距離を移動する。

[0011] 工作装置1は、各リニアモータ10を駆動して連結プレート12に取り付けられた加圧体11を鉛直方向に移動させ、加圧対象物としてのワーク33（例えば、電子部品）をプリント配線基板31に対して押し付ける。これにより、工作装置1は、ワーク33をプリント配線基板31の所定の箇所に接着剤32を介して取り付ける。

[0012] 図2は、第1の実施形態におけるリニアモータの斜視図（一部断面図）である。各リニアモータ10は、コイル収容ケース102に対してロッド101が軸線方向に移動する。

コイル収容ケース102内には、コイルホルダ105に保持された複数のコイル104が積層（配列）されている。コイル収容ケース102の両端面それぞれには、エンドケース109が取り付けられている。エンドケース109には、ロッド101の直線運動を案内する軸受けであるブッシュ108が取り付けられている。

[0013] ロッド101は、例えばステンレス等の非磁性材からなり、パイプのように中空の空間を有する。ロッド101の中空空間には、円柱状の複数のマグネット103（セグメント磁石）が互いに同極を対向させて積層されている。すなわち各マグネット103は、隣接するマグネット103の一方とN極同士を対向させ、隣接するマグネット103の他方とS極同士を対向させて積層されている。マグネット103の間には、例えば鉄等の磁性体からなるポールシュー107（磁極ブロック）が介在されている。ロッド101は、積層されたコイル104内を貫通するとともに、コイル収容ケース102に軸線方向に移動可能に支持されている。

[0014] 図3は、第1の実施形態におけるコイルホルダ105に保持されたコイルユニットを示す斜視図である。同図に示されるように、コイル104は銅線を螺旋状に巻いたもので、コイルホルダ105に保持されている。すなわち、複数のコイル104は、ロッド101のマグネット103が配列されている方向を中心として、ロッド101の外周に沿って銅線が巻かれたものであり、各コイル104がマグネット103の配列されている方向と同じ方向に配列されている。隣接するコイル104を絶縁させる必要があるので、コイル104間にはリング状の樹脂製スペーサ105aが介在される。コイルホルダ105上にはプリント基板106が設けられる。コイル104の巻線の端部104aは、プリント基板106に結線される。

[0015] 第1の実施形態では、コイル104及びコイルホルダ105を金型にセットし、溶融した樹脂又は特殊セラミックスを金型内に注入するインサート成形によって、コイル収容ケース102をコイル104と一体に成形する。図2に示されるように、コイル収容ケース102には、コイル104の放熱性を高めるためにフィン102aが複数形成される。なお、コイルホルダ105に保持されたコイル104をアルミ製のコイル収容ケース102に収納し、コイル104とコイル収容ケース102との間のすきまを接着剤で埋めて、コイル104及びコイルホルダ105をコイル収容ケース102に固定してもよい。

[0016] 図4は、第1の実施形態における各リニアモータ10のマグネット103とコイル104の位置関係を示す図である。ロッド101内の中空空間には、円柱状の複数のマグネット103（セグメント磁石）が互いに同極が対向するように配列される。コイル104は3つでU・V・W相からなる一組の三相コイルとなる。一組の三相コイルを複数組み合わせ、コイルユニットが構成される。U・V・W相の三相に分けた複数のコイル104に120°ずつ位相が異なる三相電流を流すと、コイル104の軸線方向に移動する移動磁界が発生する。ロッド101は、駆動用磁石としての各マグネット103が生じさせている磁界と、移動磁界との作用により推力を得て、移動磁界の速さに同期してコイル104に対して相対的に直線運動を行う。

[0017] 図2に示されるように、磁気センサ収容ケースであるエンドケース109の一方には、ロッド101の位置を検出するための磁気センサ112が取り付けられる。磁気センサ112は、ロッド101から所定のすきまを開けて配置され、ロッド101の直線運動によって生ずるロッド101内に積層されている各マグネット103が生じさせる磁界の方向（磁気ベクトルの方向）の変化を検出する。なお、第1の実施形態では、複数のリニアモータ10A、10B及び10Cのうち、リニアモータ10Cが磁気センサ112を有し、リニアモータ10A及び10Bが磁気センサ112を有していない場合を説明する。磁気センサ112は、検出した磁界の方向に応じて、90度位相の異なる正弦波状の2つの信号（正弦波信号及び余弦波信号）を出力する。磁気センサ112は、ロッド101の移動量に応じた2つの信号を出力するインクリメンタルエンコーダとして機能する。

[0018] 図5は、第1の実施形態におけるマスタ制御部20の構成を示すブロック図である。マスタ制御部20は、リニアモータ10A及び10Bを制御する。また、マスタ制御部20は、リニアモータ10Cの磁気センサ112が出力する信号を、アシスト制御部40を介して入力する。マスタ制御部20は、位置制御部201、スイッチ部202、速度制御部203、スイッチ部204、電流制御部205、電力変換器206、変流器（Current Transformer

;CT) 207、速度算出部208、位置算出部209、速度切替位置決定部210、位置判定部211、完了信号生成部212、電気角補正部213及び電流指示生成部214を備える。以下、ロッド101を最も上側に移動させたときの加圧体11の位置を、加圧体11の基準位置となる原点にした場合について説明する。また、リニアモータ10A、10B及び10Cそれぞれの電気角は常に一致し同期して変化する。

[0019] 位置制御部201は、外部より入力される位置指令と、リニアモータ10A及び10Bのロッド101の位置を示す情報とに基づいて、速度指令を算出する。リニアモータ10A及び10Bのロッド101の位置を示す情報は、位置算出部209が算出する。位置制御部201は、第1速度(FL1SPD)、第2速度(FL2SPD)、第3速度(FL3SPD)及び第4速度(FL4SPD)を予め記憶している。位置制御部201は、第1速度～第4速度に基づいた4つの速度指令(第1速度指令、第2速度指令、第3速度指令及び第4速度指令)を出力する。スイッチ部202は、位置判定部211の制御に基づいて、位置制御部201が出力する4つの速度指令のうちいずれか一つを選択する。スイッチ部202は、選択した速度指令を速度制御部203に出力する。

[0020] 第1速度指令は、ロッド101が予め定められた原点から、ロッド101の一端に取り付けられている加圧体11がワーク33の近傍(FL(Force Limit)モード開始位置)まで移動するときのロッド101が移動する速度を示す指令である。第1速度指令において、ロッド101を移動させる速度の上限値は、第1速度(FL1SPD)として予め定められている。例えば、リニアモータ10A及び10Bがロッド101を移動させる際の最高速度を第1速度(FL1SPD)とする。

[0021] 第2速度指令は、加圧体11がワーク33の近傍から、ワーク33に接触するまで移動するときのロッド101が移動する速度を示す指令である。第2速度指令において、ロッド101を移動させる速度は、第2速度(FL2SPD)として予め定められている。第2速度(FL2SPD)は、第1速度(FL1SPD)より遅い速度であり、加圧体11がワーク33に接触する際に、一定以下の

圧力がワーク 33 に対して加えられる速度に設定される。

[0022] 第 3 速度指令は、加圧体 11 をワーク 33 に押し当ててワーク 33 をプリント配線基板 31 に実装させた後に、ロッド 101 及び加圧体 11 をワーク 33 から遠ざける方向に移動させるときの速度を示す指令である。第 3 速度指令において、ロッド 101 を移動させる速度は、第 3 速度 (FL3SPD) として予め定められている。すなわち、第 3 速度指令はロッド 101 及び加圧体 11 を原点に向かって移動させる際に用いる指令である。

[0023] 第 4 速度指令は、加圧体 11 をワーク 33 に押し当ててワーク 33 をプリント配線基板 31 に実装させた後に、ロッド 101 を原点に向かって移動させるときの速度を示す指令である。第 4 速度指令において、ロッド 101 を移動させる速度の上限値は、第 4 速度 (FL4SPD) として予め定められている。

[0024] また、第 4 速度 (FL4SPD) は、第 3 速度 (FL3SPD) より速い速度が設定される。例えば、第 1 速度 (FL1SPD) と同様に、第 4 速度 (FL4SPD) をリニアモータ 10A 及び 10B がロッド 101 を移動させる際の最高速度とする。

[0025] 速度制御部 203 には、スイッチ部 202 が選択した速度指令と、リニアモータ 10A 及び 10B のロッド 101 が移動する速度を示す速度情報とが入力される。速度情報は、速度算出部 208 が算出する。速度制御部 203 は、速度指令が示す速度と、速度情報とが示す速度との偏差に基づいて、ロッド 101 が移動する速度を速度指令が示す速度にするための電流値を算出する。

[0026] また、速度制御部 203 は、算出した電流値を非制限電流指令として出力するとともに、予め定められた電流制限値 (FL2I) を上限値にした電流指令である制限電流指令を出力する。算出された電流値が電流制限値 (FL2I) より小さい場合、非制限電流指令と制限電流指令とは、同じ電流値を示す。一方、算出された電流値が電流制限値 (FL2I) 以上の場合、非制限電流指令は算出された電流値を示し、制限電流指令は電流制限値 (FL2I) を示す。電流制限値 (FL2I) は、各リニアモータ 10 の推力と、ワーク 33 をプリント配

線基板 31 に実装する際にワーク 33 を押し付ける力とに基づいて予め定められる。スイッチ部 204 は、位置判定部 211 の制御に基づいて、速度制御部 203 が出力する制限電流指令と非制限電流指令とのいずれか一方の電流指令を選択する。スイッチ部 204 は、選択した電流指令を電流制御部 205 及び電流指示生成部 214 に出力する。

[0027] 電流制御部 205 は、スイッチ部 204 が選択した電流指令と、変流器 207 が測定したリニアモータ 10A 及び 10B に流れている電流値とに基づいて、選択した電流指令と測定した電流値との偏差を小さくする電圧指令を算出する。電力変換器 206 は、電気角補正部 213 から入力される電気角と、電流制御部 205 が算出した電圧指令とに基づいて、リニアモータ 10A 及び 10B の U、V 及び W 相の各コイル 104 に電圧を印加する。電力変換器 206 は、入力される電気角において最大の推力が得られるように U、V 及び W 相の各コイル 104 に電圧を印加する。変流器 207 は、電力変換器 206 とリニアモータ 10A 及び 10B とを接続している電力線に取り付けられている。変流器 207 は、当該電力線に流れている電流値を測定する。変流器 207 は、測定した電流値を示す信号を、電流制御部 205 と速度切替位置決定部 210 と完了信号生成部 212 とに出力する。

[0028] 速度算出部 208 は、リニアモータ 10C に取り付けられている磁気センサ 112 から出力される正弦波信号及び余弦波信号の変化量に基づいて、リニアモータ 10A 及び 10B に備えられているロッド 101 の移動速度を算出する。位置算出部 209 は、磁気センサ 112 から出力される 2 つの信号（正弦波信号及び余弦波信号）の変化量に基づいて、ロッド 101 の原点からの移動量を算出する。位置算出部 209 は、ロッド 101 の位置を示す位置情報を位置制御部 201 と速度切替位置決定部 210 と位置判定部 211 とに出力する。

[0029] 速度切替位置決定部 210 は、FL モード開始位置を示す信号を位置判定部 211 に出力する。FL モード開始位置は、ロッド 101 及び加圧体 11 が、ワーク 33 及びプリント配線基板 31 に向かって移動しているときに、

速度指令を第1速度指令から第2速度指令に切り替える位置である。また、速度切替位置決定部210は、速度切替位置（FL3POS）を示す信号を位置判定部211に出力する。速度切替位置は、ワーク33をプリント配線基板31に押し付けた後にロッド101を原点に向かって移動させているときに、速度指令を第3速度指令から第4速度指令に切り替える位置である。

[0030] また、速度切替位置決定部210は、ワーク33を押し付ける処理を最初に行うとき、予め記憶している初期切替位置（FL2POSSUB）をFLモード開始位置として位置判定部211に出力する。速度切替位置決定部210は、ワーク33を最初に押し付けた際における、ロッド101が移動する速度及び位置と、リニアモータ10A及び10Bに流れる電流とに基づいて、ワーク33を押し付けてワーク33をプリント配線基板31に取り付ける工程に要する時間を短縮するように、FLモード開始位置を更新する。以後、速度切替位置決定部210は、更新したFLモード開始位置を位置判定部211に出力する。初期切替位置は、ワーク33の高さに応じて予め定められた位置であり、加圧体11をワーク33に接触させたときに不要な衝撃をワーク33に与えないように加圧体11（各リニアモータ10のロッド101）の減速を開始する位置である。速度切替位置（FL3POS）は、例えば、初期切替位置（FL2POSSUB）と同じ位置が予め設定されている。

[0031] 位置判定部211は、外部より入力される位置指令及び動作開始信号と、位置算出部209が出力する位置情報とに基づいて、位置制御部201が出力する4つの速度指令からいずれか一つをスイッチ部202に選択させる制御をする。また、位置判定部211は、位置指令及び動作開始信号と、位置情報とに基づいて、速度制御部203が出力する2つの電流指令のうちいずれか一方をスイッチ部204に選択させる制御をする。また、位置判定部211は、原点復帰処理においてアシスト制御部40へ原点復帰指示を出力する。

[0032] 完了信号生成部212は、加圧体11がワーク33を加圧しているときに、変流器207が測定した電流値が予め定められた電流制限値（FL2I）より

大きくなると、動作完了信号（U02）を外部に出力する。

[0033] 電気角補正部 213 は、磁気センサ 112 が出力する正弦波信号及び余弦波信号から電気角を算出する。また、電気角補正部 213 は、位置判定部 211 の制御に応じて、算出した電気角、又は算出した電気角に対して補正をした電気角のいずれか一方の電気角を電力変換器 206 に出力する。

[0034] 電流指示生成部 214 は、スイッチ部 204 が選択した電流指令をマスタ制御部 20 とアシスト制御部 40 との間で送受信可能な信号（例えば、デジタル信号）に変換した電流指示を生成する。電流指示生成部 214 は、生成した電流指示をアシスト制御部 40 に出力する。

[0035] 次に、工作装置 1 がワーク 33 をプリント配線基板 31 に押し付ける際のマスタ制御部 20 が行う制御について説明する。図 6 は、第 1 の実施形態における工作装置 1 がワーク 33 を最初に押し付ける際のマスタ制御部 20 が行う制御を示すフローチャートである。

ここで、加圧体 11 がワーク 33 及びプリント配線基板 31 に近づく方向を CW 方向とし、加圧体 11 がワーク 33 及びプリント配線基板 31 から遠ざかる方向を CCW 方向とする。

[0036] マスタ制御部 20 は、ワーク 33 の位置に基づく位置指令が外部から入力されると、リニアモータ 10A 及び 10B の駆動を開始し、加圧体 11 を原点に移動させる原点復帰処理を行う（ステップ S101）。原点復帰処理は、リニアモータ 10A 及び 10B において直流励磁によって所定の磁極位置にロッド 101 を引き込み、当該磁極位置に応じた電気角を基準にしてロッド 101 を可動範囲の上側の端（原点）に移動させる処理である。

位置判定部 211 は、ロッド 101 が可動範囲の上側の端に移動したことを検出すると、アシスト制御部 40 へ原点復帰指示を出力する。ロッド 101 が可動範囲の上側の端に移動したことの検出は、例えば、ロッド 101 が上側に移動していることを検出した後に、ロッド 101 が可動範囲の端に達して停止したことを検出することにより行う。

[0037] また、原点復帰処理において、位置判定部 211 がアシスト制御部 40 へ

原点復帰指示を出力してから、アシスト制御部 40 において保持電流の検出が完了するまでの期間において、電流制御部 205 は、リニアモータ 10A 及び 10B への通電を一時的に停止する。この通電の一時的な停止は、予め定められたタイミングにおいて行われる。

[0038] 位置判定部 211 は、原点復帰処理が完了すると、外部からの動作開始信号 (UI2) がオンになっているか否かを判定し (ステップ S102)、動作開始信号がオンになるまで待機する (ステップ S102: NO)。動作開始信号がオンになると (ステップ S102: YES)、位置判定部 211 は、スイッチ部 202 に第 1 速度指令を選択させるとともに、スイッチ部 204 に非制限電流指令を選択させ (ステップ S103)、リニアモータ 10A 及び 10B それぞれのロッド 101 をワーク 33 に向けて (CW 方向に) 移動させる (ステップ S104)。

[0039] 位置判定部 211 は、加圧体 11 の位置が初期切替位置 (FL2POSSUB) に到達しているか否かを判定し (ステップ S105)、加圧体 11 が初期切替位置 (FL2POSSUB) に到達するまで第 1 速度指令を用いてリニアモータ 10A 及び 10B を駆動させる (ステップ S105: NO)。加圧体 11 が初期切替位置 (FL2POSSUB) に到達すると (ステップ S105: YES)、位置判定部 211 は、スイッチ部 202 に第 2 速度指令を選択させるとともに、スイッチ部 204 に制限電流指令を選択させ (ステップ S106)、各ロッド 101 の移動速度を減速させる。

[0040] 速度切替位置決定部 210 は、第 2 速度指令が選択された後に、ロッド 101 の移動速度が第 2 速度 (FL2SPD) 以下であるか否かを判定し (ステップ S107)、ロッド 101 の移動速度が第 2 速度 (FL2SPD) 以下になるまで判定を繰り返し行う (ステップ S107: NO)。ロッド 101 の移動速度が第 2 速度 (FL2SPD) 以下になると (ステップ S107: YES)、速度切替位置決定部 210 は、現在の加圧体 11 の位置と初期切替位置 (FL2POSSUB) との差分 (FL2POSMAIN1) を算出し、算出した差分 (FL2POSMAIN1) を記憶する (ステップ S108)。

[0041] 電気角補正部 213 は、リニアモータ 10A 及び 10B の最大推力に対する「推力制限値」の比 X （＝「推力制限値」／「最大推力」）を算出する（ステップ S109）。ここで、推力制限値とは、ワーク 33 及びプリント配線基板 31 に加えてもよい荷重の最大値に対応する。電気角補正部 213 は、ステップ S109 において算出した推力の比 X に対応する位相角度 Y を、次式（1）を用いて算出する（ステップ S110）。

$$Y = \cos^{-1}(X) \quad \dots (1)$$

なお、式（1）における $\cos^{-1}(\cdot)$ は逆余弦関数である。

[0042] 電気角補正部 213 は、磁気センサ 112 が出力する正弦波信号及び余弦波信号から算出した電気角に代えて、電気角に対して位相角度 Y を加えて補正を行った補正電気角を電力変換器 206 に出力する（ステップ S111）。以降、電気角補正部 213 が補正電気角を出力している間、電力変換器 206 はロッド 101 の磁極位置に対して位相角度 Y 分進んだ位相の電圧を U 、 V 及び W 相のコイル 104 に印加する。なお、位相角度 Y を用いた補正は、電気角に対して位相角度 Y を引くことにより行ってもよい。この場合、電力変換器 206 は、ロッド 101 の磁極位置に対して位相角度 Y 分遅れた位相の電圧を U 、 V 及び W 相のコイル 104 に印加することになる。

[0043] 速度切替位置決定部 210 は、変流器 207 が測定した電流値が電流制限値（FL2I）より大きいかな否かを判定し（ステップ S112）、測定した電流値が電流制限値（FL2I）より大きくなるまで待機する（ステップ S112：NO）。変流器 207 が測定した電流値が電流制限値（FL2I）に到達し、測定した電流値が電流制限値（FL2I）より大きいと判定すると（ステップ S112：YES）、速度切替位置決定部 210 は、現在の加圧体 11 の位置から、ステップ S108 において算出した差分（FL2POSMAIN1）を引いた位置を、新たな FL モード開始位置（FL2POSMAIN2）として記憶する（ステップ S113）。このとき、完了信号生成部 212 は、動作完了信号（U02）をオンにして外部に出力する（ステップ S114）。

[0044] なお、ステップ S114 において、新たな FL モード開始位置（FL2POSMAI

N2) を算出する際に、所定の距離 Δd をマージンとして設けるようにしてもよい。具体的には、現在の加圧体 11 の位置から、差分 (FL2P0SM1N1) と距離 Δd とを引いた位置を、新たな FL モード開始位置 (FL2P0SM1N2) にしてもよい。

[0045] 位置判定部 211 は、外部から入力される動作開始信号がオフであるか否かを判定し (ステップ S115)、動作開始信号がオフになるまで待機する (ステップ S115: NO)。動作開始信号がオフになると (ステップ S115: YES)、位置制御部 201 は、原点を移動先とする位置指令に応じて速度指令を算出する。電気角補正部 213 は、補正電気角に代えて磁気センサ 112 が出力する 2 つの信号から算出した電気角を電力変換器 206 に出力する (ステップ S116)。すなわち、補正電気角を用いたリニアモータ 10A 及び 10B の駆動を終了する。

[0046] 位置判定部 211 は、スイッチ部 202 に第 3 速度指令を選択させるとともに、スイッチ部 204 に制限電流指令を選択させて (ステップ S117)、ロッド 101 を原点に向けて (CCW 方向に) 移動させる (ステップ S118)。

[0047] 位置判定部 211 は、加圧体 11 が速度切替位置 (FL3P0S) に到達しているか否かを判定し (ステップ S119)、加圧体 11 が速度切替位置 (FL3P0S) に到達するまで待機する (ステップ S119: NO)。加圧体 11 が速度切替位置 (FL3P0S) に達すると (ステップ S119: YES)、位置判定部 211 は、スイッチ部 202 に第 4 速度指令を選択させる (ステップ S120)。

[0048] 位置判定部 211 は、加圧体 11 が原点に到達したか否かを判定し (ステップ S121)、加圧体 11 が原点に達するまで待機する (ステップ S121: NO)。加圧体 11 が原点に到達すると (ステップ S121: YES)、位置判定部 211 は、加圧体 11 が原点に到達したことを示す信号を完了信号生成部 212 に出力する。完了信号生成部 212 は、位置判定部 211 から出力された信号に応じて、動作完了信号をオフにして (ステップ S12

2)、ワーク33をプリント配線基板31に最初に押し付ける動作を終了する。

[0049] 図7は、第1の実施形態におけるマスタ制御部20が更新したFLモード開始位置を用いて行う制御を示すフローチャートである。マスタ制御部20は、ワーク33を取り付けるプリント配線基板31の位置、あるいはワーク33の位置に基づく位置指令が外部から入力されると、リニアモータ10A及び10Bの駆動を開始し、加圧体11を原点に復帰させる原点復帰処理を行う(ステップS201)。ステップS201において行う原点復帰処理は、ステップS101における原点復帰処理と同じ処理である。

[0050] 位置判定部211は、原点復帰処理が完了すると、外部からの動作開始信号(UI2)がオンになっているか否かを判定し(ステップS202)、動作開始信号がオンになるまで待機する(ステップS202:NO)。動作開始信号がオンになると(ステップS202:YES)、位置判定部211は、スイッチ部202に第1速度指令を選択させるとともに、スイッチ部204に非制限電流指令を選択させ(ステップS203)、リニアモータ10A及び10Bそれぞれのロッド101をワーク33に向けて(CW方向に)移動させる(ステップS204)。

[0051] 位置判定部211は、加圧体11の位置がFLモード開始位置(FL2POSMAIN2)に到達しているか否かを判定し(ステップS205)、加圧体11がFLモード開始位置(FL2POSMAIN2)に到達するまで第1速度指令を用いてリニアモータ10A及び10Bを駆動させる(ステップS205:NO)。加圧体11がFLモード開始位置(FL2POSMAIN2)に到達すると(ステップS205:YES)、位置判定部211は、スイッチ部202に第2速度指令を選択させるとともに、スイッチ部204に制限電流指令を選択させ(ステップS206)、ロッド101の移動速度を減速させる。

[0052] 電気角補正部213は、ロッドの移動速度が第2速度以下になると磁気センサ112が出力する正弦波信号及び余弦波信号から算出した電気角に替えて、電気角に対して位相角度Yを加えて補正を行った補正電気角を電力変換

器 206 に出力する（ステップ S 207）。

[0053] 速度切替位置決定部 210 は、変流器 207 が測定した電流値が電流制限値（FL2I）より大きいかなかを判定し（ステップ S 208）、測定した電流値が電流制限値（FL2I）より大きくなるまで待機する（ステップ S 208：NO）。変流器 207 が測定した電流値が電流制限値（FL2I）に到達し、測定した電流値が電流制限値（FL2I）より大きいと判定すると（ステップ S 208：YES）、速度切替位置決定部 210 は、位置判定部 211 を介して、電流値が電流制限値（FL2I）より大きいことを示す信号を完了信号生成部 212 に出力する。完了信号生成部 212 は、動作完了信号（U02）をオンにして外部に出力する（ステップ S 209）。

[0054] 位置判定部 211 は、外部から入力される動作完了信号がオフであるかを判定し（ステップ S 210）、動作開始信号がオフになるまで待機する（ステップ S 210：NO）。動作開始信号がオフになると（ステップ S 210：YES）、位置制御部 201 は、原点を移動先とする位置指令に応じて速度指令を算出する。電気角補正部 213 は、補正電気角に替えて、磁気センサ 112 が出力する正弦波信号及び余弦波信号から算出した電気角を電力変換器 206 に出力する（ステップ S 211）。すなわち、補正電気角を用いたリニアモータ 10A 及び 10B の駆動を終了する。

[0055] 位置判定部 211 は、スイッチ部 202 に第 3 速度指令を選択させるとともに、スイッチ部 204 に制限電流指令を選択させて（ステップ S 212）、ロッド 101 を原点に向かって（CCW 方向に）移動させる（ステップ S 213）。

[0056] 位置判定部 211 は、加圧体 11 が速度切替位置（FL3POS）に到達しているかなかを判定し（ステップ S 214）、加圧体 11 が速度切替位置（FL3POS）に到達するまで待機する（ステップ S 214：NO）。加圧体 11 が速度切替位置（FL3POS）に到達すると（ステップ S 214：YES）、位置判定部 211 は、スイッチ部 202 に第 4 速度指令を選択させる（ステップ S 215）。

[0057] 位置判定部 2 1 1 は、加圧体 1 1 が原点に到達したか否かを判定し（ステップ S 2 1 6）、加圧体 1 1 が原点に到達するまで待機する（ステップ S 2 1 6 : N O）。加圧体 1 1 が原点に到達すると（ステップ S 2 1 6 : Y E S）、位置判定部 2 1 1 は加圧体 1 1 が原点に到達したことを示す信号を完了信号生成部 2 1 2 に出力し、完了信号生成部 2 1 2 が動作完了信号（U02）をオフにして（ステップ S 2 1 7）、ワーク 3 3 をプリント配線基板 3 1 に押し付ける動作を終了する。

[0058] 図 8 は、第 1 の実施形態におけるアシスト制御部 4 0 の構成を示すブロック図である。

アシスト制御部 4 0 は、電流指令生成部 4 0 1、電流制御部 4 0 2、電力変換器 4 0 3、変流器 4 0 4、位置算出部 4 0 5 及び電気角算出部 4 0 6 を備える。

[0059] 電流指令生成部 4 0 1 は、マスタ制御部 2 0 から入力する電流指示から、マスタ制御部 2 0 における電流指令に追従する電流指令を生成する。例えば、電流指令がデジタル信号である場合、マスタ制御部 2 0 における電流指令を量子化して得られるステップ状に変化する離散的な電流指令が生成される。電流指令生成部 4 0 1 は、生成した電流指令を電流制御部 4 0 2 に出力する。

[0060] 電流制御部 4 0 2 は、電流指令生成部 4 0 1 が生成した電流指令と、変流器 4 0 4 が測定したリニアモータ 1 0 C に流れている電流値とに基づいて、電流指令と測定した電流値との偏差を小さくする電圧指令を算出する。なお、電流制御部 4 0 2 は、ロッド 1 0 1 及び加圧体 1 1 の位置が F L モード開始位置（FL2P0SMAIN2又はFL2P0SSUB）よりワーク 3 3 に近い位置にある場合、保持電流に対応する電圧指令を出力する。電流制御部 4 0 2 は、F L モード開始位置をマスタ制御部 2 0 の位置判定部 2 1 1 から取得して記憶する。

[0061] ここで、保持電流は、リニアモータ 1 0 A 及び 1 0 B が推力を発生していないときに、各リニアモータ 1 0 のロッド 1 0 1 と連結プレート 1 2 と加圧体 1 1 との重量を支える推力を発生させる電流値のことである。すなわち、

リニアモータ１０Ａ及び１０Ｂが推力を発生していないときに、電流制御部４０２が保持電流に対応する電圧指令を電力変換器４０３に出力することにより、各リニアモータ１０のロッド１０１と連結プレート１２と加圧体１１とに作用する重力に逆らった推力をリニアモータ１０Ｃに発生させて、加圧体１１の落下を留めて静止させることができる。

[0062] 電力変換器４０３は、電気角算出部４０６から入力される電気角と、電流制御部２０５が算出した電圧指令とに基づいて、リニアモータ１０ＣのＵ、Ｖ及びＷ相の各コイル１０４に電圧を印加する。電力変換器４０３は、入力される電気角において最大の推力が得られるようにＵ、Ｖ及びＷ相の各コイル１０４に電圧を印加する。変流器４０４は、電力変換器４０３とリニアモータ１０Ｃとを接続している電力線に取り付けられている。変流器４０４は、当該電力線に流れている電流値を測定する。変流器４０４は、測定した電流値を示す信号を、電流制御部４０２に出力する。

[0063] 位置算出部４０５は、リニアモータ１０Ｃに取り付けられている磁気センサ１１２から出力される正弦波信号及び余弦波信号の変化量に基づいて、リニアモータ１０Ｃに備えられているロッド１０１の原点からの移動量を算出する。位置算出部４０５は、ロッド１０１の位置を示す位置情報を電流制御部４０２に出力する。位置算出部４０５は、マスタ制御部２０から原点復帰指示が入力されると、原点復帰指示が入力されたときのリニアモータ１０Ｃのロッド１０１及び加圧体１１の位置を原点（基準位置）として定める。

[0064] 電気角算出部４０６は、磁気センサ１１２が出力する正弦波信号及び余弦波信号から電気角を算出する。また、電気角算出部４０６は、マスタ制御部２０から原点復帰指示が入力されると、予め定められた初期電気角を現在の電気角として定める。電気角算出部４０６は、算出した電気角を電力変換器４０３に出力する。初期電気角は、ロッド１０１が可動範囲の上側の端に位置するときの電気角である。

[0065] 図９は、第１の実施形態における工作装置１がワーク３３を押し付ける際のアシスト制御部４０が行う制御を示すフローチャートである。アシスト制

御部４０において、マスタ制御部２０から原点復帰指示が入力されると（ステップＳ３０１）、電気角算出部４０６は、初期電気角を現在の電気角に設定する（ステップＳ３０２）。

[0066] 電流制御部４０２は、電気角の設定が行われると、保持電流の検出を行う（ステップＳ３０３）。保持電流の検出において、電流制御部４０２は、例えばリニアモータ１０Ｃに対して上向きの最大推力を発生させる電圧指令を電力変換器４０３に出力した後に、徐々に電圧指令を小さく変化させて、リニアモータ１０Ｃが発生する推力を徐々に小さくする。電流制御部４０２は、電圧指令を変化させるごとに、ロッド１０１の位置が変化したか否かを判定し、ロッド１０１の位置が変化した直前の電圧指令に対応する電流値を保持電流として記憶する。保持電流の検出は、電流制御部２０５は、リニアモータ１０Ａ及び１０Ｂへの通電を一時的に停止している期間に行われる。

[0067] 電流制御部４０２は、保持電流を検出すると、リニアモータ１０Ｃに保持電流を通電する電圧指令を電力変換器４０３に出力し、保持電流の通電を開始させる（ステップＳ３０４）。

[0068] 電流制御部４０２は、保持電流の通電を開始すると、外部からの動作開始信号がオンになっているか否かを判定し（ステップＳ３０５）、動作開始信号がオンになるまで待機する（ステップＳ３０５：ＮＯ）。動作開始信号がオンになると（ステップＳ３０５：ＹＥＳ）、電流制御部４０２は、電流指令生成部４０１が生成する電流指令に応じた電圧指令を電力変換器４０３に出力し、電流指示による通電を開始する（ステップＳ３０６）。

[0069] 電流制御部４０２は、加圧体１１の位置がＦＬモード開始位置（FL2POSMAIN2）に到達しているか否かを判定し（ステップＳ３０７）、加圧体１１がＦＬモード開始位置（FL2POSMAIN2）に到達するまで、電流指令による通電を行う（ステップＳ３０７：ＮＯ）。加圧体１１がＦＬモード開始位置（FL2POSMAIN2）に到達すると（ステップＳ３０７：ＹＥＳ）、電流制御部４０２は、保持電流に対応する電圧指令を電力変換器４０３に出力し、保持電流による通電を開始する（ステップＳ３０８）。

[0070] 電流制御部402は、保持電流による通電を開始すると、動作開始信号がオフであるか否かを判定し（ステップS309）、動作開始信号がオフになるまで待機する（ステップS309:NO）。動作開始信号がオフになると（ステップS309:YES）、電流制御部402は、電流制御部402は、電流指令生成部401が生成する電流指令に応じた電圧指令を電力変換器403に出力し、電流指示による通電を開始する（ステップS310）。

[0071] 電流制御部402は、電流指示による通電を開始すると、加圧体11が速度切替位置（FL3POS）に到達しているか否かを判定し（ステップS311）、加圧体11が速度切替位置（FL3POS）に到達するまで待機する（ステップS311:NO）。加圧体11が速度切替位置に到達すると（ステップS311:YES）、電流制御部402は、位置指令の入力が停止したか否かを判定し（ステップS312）、位置指令の入力が停止するまで待機する（ステップS312:NO）。

[0072] 位置指令の入力が停止すると（ステップS312:YES）、電流制御部402は、保持電流に対応する電圧指令を電力変換器403に出力し、保持電流による通電を開始し（ステップS313）、ワーク33をプリント配線基板31に押し付ける際の動作を終了する。

[0073] 図10は、図7に示したマスタ制御部20が行うステップS202からステップS209までの処理における速度、電流、及び動作完了信号の変化を示す波形図である。同図において、縦軸は加圧体11の位置を示している。

[0074] マスタ制御部20は、動作開始信号がオンになると、リニアモータ10A及び10Bを駆動して加圧体11を第1速度（FL1SPD）でワーク33に向かって移動させる。マスタ制御部20は、加圧体11がFLモード開始位置（FL2POSMAIN2）に到達すると、加圧体11を第1速度（FL1SPD）から第2速度（FL2SPD）まで減速させる。このとき、アシスト制御部40は、マスタ制御部20における電流指令に追従してリニアモータ10Cを駆動させることにより、停止状態から第1速度に達するまでに要する時間を短縮させる。

[0075] マスタ制御部20は、加圧体11を第2速度（FL2SPD）でワーク33に向

かって移動させ、ワーク 33 をプリント配線基板 31 に向かって押し付ける。このとき、マスタ制御部 20 は、加圧体 11 をワーク 33 に押し付ける力が、電流制限値 (FL2I) に対応する力より大きくなると動作完了信号をオンにする。このとき、アシスト制御部 40 は、保持電流の通電を行いリニアモータ 10C に、リニアモータ 10A、10B 及び 10C それぞれのロッド 101 と連結プレート 12 と加圧体 11 との重量を支持させる。

[0076] 図 11 は、図 7 に示したマスタ制御部 20 が行うステップ S212 からステップ S217 までの処理における速度、電流、及び動作完了信号の変化を示す波形図である。同図において、縦軸は加圧体 11 の位置を示している。

[0077] マスタ制御部 20 は、加圧体 11 をワーク 33 に押し付けた後、第 3 速度 (FL3SPD) で加圧体 11 を原点に向かって移動させ、上昇させる。マスタ制御部 20 は、加圧体 11 が速度切替位置に達すると第 3 速度 (FL3SPD) より早い第 4 速度 (FL4SPD) で加圧体 11 を原点に向かって移動させる。マスタ制御部 20 は、加圧体 11 が原点に近づくと、原点において加圧体 11 の速度が零になるように、リニアモータ 10 のロッド 101 の移動速度を減速させ、加圧体 11 が原点に到達すると動作完了信号をオフにする。このとき、アシスト制御部 40 は、マスタ制御部 20 における電流指令に追従してリニアモータ 10C を駆動させることにより、原点に向けて加圧体 11 を移動させる際に要する時間を短縮させる。

[0078] 以上のように、ワーク 33 をプリント配線基板 31 に押し付けるときのリニアモータ 10A 及び 10B に対する制御をマスタ制御部 20 が行う際に、重力と逆向きの推力をリニアモータ 10C に発生させる制御をアシスト制御部 40 が行う。これにより、各リニアモータ 10 のロッド 101 と連結プレート 12 と加圧体 11 との自重をリニアモータ 10C が支え、自重以下の荷重でのワーク 33 を押し付けるリニアモータ 10A 及び 10B の推力制御が可能になる。

[0079] また、加圧体 11 を原点から FL モード開始位置へ移動させる際と、ワーク 33 に対する押し付け完了後に加圧体 11 を原点へ移動させる際には、

アシスト制御部40は、リニアモータ10A及び10Bに対する制御に追従してリニアモータ10Cを制御する。リニアモータ10Cをリニアモータ10A及び10Bに追従して駆動させることにより、加圧体11の加減速において大きい推力を得ることができる。

[0080] マスタ制御部20とアシスト制御部40との協調制御により、重力などの加圧体11に作用する力を打ち消すための平衡用バランサを用いる必要がないのでリニアモータ10A及び10Bの推力を損失させることがない。また、マスタ制御部20は、加圧体11に対して作用する重力などの影響を考慮せずにリニアモータ10A及び10Bの推力制御を容易に行うことができる。

[0081] 図1に示したように、リニアモータ10Cのロッド101が連結プレート12に固定されている位置が、リニアモータ10A及びリニアモータ10Bそれぞれのロッド101が連結プレート12に固定されている位置に挟まれた位置になっているので、リニアモータ10Cが保持電流にて制御されて上向きの推力を発生し、リニアモータ10A及び10Bが下向きの推力を発生するときに連結プレート12に異なる向きの力が作用することによるねじれの発生を抑えることができる。また、リニアモータ10Cのロッド101が連結プレート12に固定されている面に垂直な方向から見た際に、固定されている位置と加圧体11が連結プレート12に取り付けられている位置とが重なるように加圧体11を取り付けることにより、連結プレート12を介して加圧体11にバランスよく荷重を加えることができる。

[0082] (変形例)

リニアモータ10A及び10Bに流れる電流を制御する際のマスタ制御部20の制御における電流分解能と、リニアモータ10Cに流れる電流を制御する際のアシスト制御部40の制御における電流分解能との差を利用した推力制御について説明する。ここでは、リニアモータ10A、10B及び10Cの電流1[A]当たりの推力は同じ場合について説明する。ここで、電流分解能とは、リニアモータ10への通電において電流を変化させる際の最小

単位のことである。

[0083] 図12は、マスタ制御部20とアシスト制御部40との電流分解能の差を利用した推力制御の一例を示す図である。図12に示す例では、マスタ制御部20の電流分解能 R_m が2[A]であり、アシスト制御部40の電流分解能 R_a が0.4[A]である。また、各リニアモータ10のロッド101と連結プレート12と加圧体11との自重を支える保持電流 H は、-4[A]である。なお、各電流値において、正の電流値は鉛直方向下向きの推力を発生させる電流値であり、負の電流値は鉛直方向上向きの推力を発生させる電流値である。

[0084] ここで、ワーク33を押し付ける際にリニアモータ10A及び10Bに流す電流の指令値である押し付け電流指令 U が与えられた場合、以下のようにしてマスタ制御部20における押し付け電流値（制限電流指令）とアシスト制御部40におけるアシスト電流値（保持電流）とを算出する。まず、押し付け電流指令 U からマスタ制御部20における押し付け電流値 A_m を次式（2）及び次式（3）を用いて算出する。式（2）における関数 $\text{ceil}(x)$ は実数 x に対して x 以上の最小の整数を得る天井関数である。

$$A = \text{ceil}(U/R_m) \quad \dots (2)$$

$$A_m = R_m \times A \quad \dots (3)$$

[0085] アシスト制御部40における押し付け電流値 A_a は、次式（4）～次式（6）を用いて算出する。式（5）における関数 $\text{floor}(x)$ は実数 x に対して x 以下の最大の整数を得る床関数である。

$$B = U - A_m \quad \dots (4)$$

$$B' = \text{floor}(B/R_a) \quad \dots (5)$$

$$A_a = H + R_a \times B' \quad \dots (6)$$

[0086] 図12に示すように、押し付け電流指令 U が1[A]、11[A]、13[A]、15.1[A]及び18.7[A]それぞれの場合において、リニアモータ10Cに単に保持電流による通電を行うと、リニアモータ10A及び10Bに対する押し付け電流指令 A_m は2[A]、12[A]、14[A]

〕、16 [A] 及び20 [A] となる。これらの場合、ワーク33の押し付けにおいて生じる誤差が1 [A]、1 [A]、1 [A]、0.9 [A] 及び1.3 [A] となる。

[0087] 一方、上記の式(2)～式(6)を用いた場合には、押し付け電流指令が1 [A]、11 [A]、13 [A]、15.1 [A] 及び18.7 [A] それぞれの場合において、ワーク33の押し付け荷重を発生させる電流値 A_{total} に生じる誤差が0.2 [A]、0.2 [A]、0.2 [A]、-0.1 [A] 及び-0.1 [A] となり、精度の高い押し付け荷重を得ることが可能になる。

[0088] 変形例における制限電流指令と保持電流との補正は、アシスト制御部40において保持電流の検出が行われた後に行われる。例えば、アシスト制御部40において検出された保持電流及びアシスト制御部40の電流分解能はマスタ制御部20の速度制御部203に通知され、上位の装置から入力される押し付け電流指令に基づいて、マスタ制御部20の押し付け電流値(補正後の制限電流指令)とアシスト制御部40のアシスト電流値(補正後の保持電流)とを速度制御部203が算出する。速度制御部203は、予め定められた電流制限値(FL2I)に代えて、算出した押し付け電流値を用いて動作する。アシスト制御部40の電流制御部402は、速度制御部203が算出したアシスト電流値を取得し、保持電流に代えてアシスト電流値を用いて動作する。

[0089] 以上のようにして、ワーク33を押し付ける際のマスタ制御部20における制限電流指令とアシスト制御部40における保持電流とを補正することにより、アシスト制御部40が単に自重を支える保持電流をリニアモータ10Cに通電する場合に比べて精度の高い押し付け荷重を得ることができる。

[0090] なお、第1の実施形態における工作装置1では、マスタ制御部20が2つのリニアモータ10A及び10Bを制御する構成を説明した。しかし、この構成に限ることなく、マスタ制御部20は、1つのリニアモータ10を制御してもよいし、3つ以上のリニアモータ10を制御してもよい。なお、マス

タ制御部 20 が 3 つ以上のリニアモータ 10 を制御する場合、それらのリニアモータ 10 のロッド 101 が連結プレート 12 に固定される位置の重心に、リニアモータ 10 C のロッド 101 を固定するようにしてもよい。

[0091] また、第 1 の実施形態における工作装置 1 では、アシスト制御部 40 が 1 つのリニアモータ 10 C を制御する構成を説明した。しかし、この構成に限ることなく、アシスト制御部 40 は、2 つ以上のリニアモータ 10 を制御してもよい。このとき、アシスト制御部 40 が制御するリニアモータ 10 のロッド 101 を連結プレート 12 に固定する位置は、当該位置の重心と、マスタ制御部 20 が制御するリニアモータ 10 のロッド 101 が連結プレート 12 に固定される位置の重心とが一致するようにしてもよい。

[0092] また、第 1 の実施形態における工作装置 1 では、ロッドタイプのリニアモータ 10 を用いる構成を説明した。しかし、この構成に限ることなく、スライダタイプのリニアモータを用いてもよい。

[0093] (第 2 の実施形態)

図 13 は、第 2 の実施形態におけるリニアモータ装置を適用した工作装置 2 の構成を示すブロック図である。なお、第 1 の実施形態における工作装置 1 が備える構成要素と同じ構成要素に対しては同じ符号を付して、重複する説明を省略する。工作装置 2 は、リニアモータ 51 A 及びリニアモータ 51 B を含む構成されるリニアモータ 50 と、リニアモータ 51 A とリニアモータ 51 B との可動子であるロッド 101 に取り付けられた加圧体 11 と、リニアモータ 51 A の駆動を制御する第 1 の制御部としてのマスタ制御部 20 と、リニアモータ 51 B の駆動を制御する第 2 の制御部としてのアシスト制御部 40 とを備える。リニアモータ 51 A とリニアモータ 51 B との可動子は、一つのロッド 101 として形成され、リニアモータ 51 A 及びリニアモータ 51 B それぞれが発生させる推力を合成した合力に応じてロッド 101 が移動する。

[0094] リニアモータ 50 は、リニアモータ 51 A とリニアモータ 51 B とを含むように一つのモータとして構成されている。具体的には、リニアモータ 51

Aの複数のコイルと、リニアモータ51Bの複数のコイルとが同一軸上に配置されて、各コイル内を貫通するようにロッド101が配置されている。図13に示す構成では、鉛直方向の上側にリニアモータ51Aの複数のコイルが配置され、リニアモータ51Aの複数のコイルの下側にリニアモータ51Bのコイルが配置されている。リニアモータ50において、リニアモータ51Aの上側には、磁気センサ112が配置されている。リニアモータ51A及びリニアモータ51Bは、第1の実施形態において示したリニアモータ10と同様に、複数のコイルを備える。U相、V相及びW相のいずれか一つが各コイルに対して割り当てられ、U・V・W相の3つのコイルを一組として三相コイルが形成される。リニアモータ51A及びリニアモータ51Bそれぞれは、複数の三相コイルを備える。

[0095] 第2の実施形態における工作装置2では、マスタ制御部20がリニアモータ51Aを制御し、アシスト制御部40がリニアモータ51Bを制御する。リニアモータ51Aが推力を発生させてワーク33をプリント配線基板31に押し付ける際に、重力と逆向きの推力をリニアモータ51Bに発生させる制御をアシスト制御部40が行う。これにより、ロッド101と加圧体11との自重をリニアモータ51Bが支えることができ、自重以下の荷重でのワーク33を押し付けるリニアモータ51Aの推力制御が可能になる。

[0096] また、マスタ制御部20が制御するリニアモータ51Aをリニアモータ51Bより磁気センサに近い位置とすることにより、工作装置2が用いられる環境の温度によるロッド101の膨張や収縮により生じる位置検出の誤差の影響を抑えることができる。

[0097] なお、図13では、リニアモータ51Aの複数のコイルと、リニアモータ51Bの複数のコイルとを分けて配置する構成について説明した。しかし、図13に示した構成に限ることなく、リニアモータ51Aの複数のコイルとリニアモータ51Bの複数のコイルとをリニアモータ50において交互に配置してもよい。例えば、図14に示すように配置してもよい。図14は、2つのリニアモータ51A、51Bそれぞれのコイルを交互に配置する一例を

示す図である。図14に示すように、U・V・W相の一組のコイルを、リニアモータ51Aのコイルとリニアモータ51Bのコイルとで交互に配置する。このように配置することにより、リニアモータ51Aとリニアモータ51Bとが接する箇所を増やすことができ、ロッド101においてリニアモータ51A、51Bが発生させる異なる向きの力が加わる箇所を分散させることができる。これにより、向きの異なる力がロッド101に作用することで生じるロッド101の変形や劣化を低減させることができる。

[0098] また、第2の実施形態の工作装置2においても、第1の実施形態において示したように、マスタ制御部20とアシスト制御部40とにおける電流分解能の差を利用して押し付け荷重の精度を向上させることができる。

また、図13では、リニアモータ50が2つのリニアモータ51A、51Bを含む構成について説明したが、ロッド101（可動子）を共通としコイルの中心が同一軸上に配置された3つ以上のリニアモータをリニアモータ50を含む構成としてもよい。

[0099] なお、各実施形態では、リニアモータが有する可動子の移動方向が鉛直方向であり、アシスト制御部40が外力としての重力を打ち消す推力を発生させる構成を示した。しかし、重力以外の外力が可動子などに作用する場合においても、アシスト制御部40がリニアモータを制御して外力を打ち消す推力を発生させることにより、マスタ制御部20は可動子に作用する外力の影響を考慮せずにリニアモータを制御することができ、制御を容易にすることができる。

[0100] 上述のマスタ制御部及びアシスト制御部は内部に、コンピュータシステムを有していてもよい。その場合、上述したリニアモータの制御の処理過程は、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。

産業上の利用可能性

[0101] 駆動するリニアモータの推力損失を抑えつつ推力制御を容易にすることが不可欠な用途にも適用できる。

符号の説明

- [0102] 1 工作装置（リニアモータ装置）
- 10A、10B、51A リニアモータ（第1のリニアモータ）
- 10C、51B リニアモータ（第2のリニアモータ）
- 12 連結プレート
- 20 マスタ制御部（第1の制御部）
- 33 ワーク（加圧対象物）
- 40 アシスト制御部（第2の制御部）
- 101 ロッド（可動子）

請求の範囲

- [請求項1] 可動子が連動して同一方向に動く第1のリニアモータ及び第2のリニアモータと、
- 前記第1のリニアモータに推力を発生させて前記可動子を介して加圧対象物に荷重を加えさせる第1の制御部と、
- 前記第2のリニアモータに発生させる推力を制御する第2の制御部と、
- を備えるリニアモータ装置であって、
- 前記第2の制御部は、前記第1の制御部が前記加圧対象物に対して荷重を加えさせている場合、前記可動子に対して生じる外力を打ち消す推力を前記第2のリニアモータに発生させる、
- リニアモータ装置。
- [請求項2] 請求項1に記載のリニアモータ装置において、
- 前記第2の制御部は、前記第1の制御部が前記加圧対象物に対して荷重を加えさせていない場合、前記第1のリニアモータが発生する推力と同じ方向の推力を前記第2のリニアモータに発生させる、
- リニアモータ装置。
- [請求項3] 請求項1又は請求項2に記載のリニアモータ装置において、
- 前記第1のリニアモータが有する可動子と前記第2のリニアモータが有する可動子とを接続する連結プレートを備える、
- リニアモータ装置。
- [請求項4] 請求項3に記載のリニアモータ装置において、
- 前記第1のリニアモータが複数設けられている場合、前記第1のリニアモータの可動子それぞれが前記連結プレートに固定されている位置に挟まれる位置に前記第2のリニアモータの可動子が前記連結プレートに固定されている、
- リニアモータ装置。
- [請求項5] 請求項1又は請求項2に記載のリニアモータ装置において、

前記第1のリニアモータが有する可動子と前記第2のリニアモータが有する可動子とは同一軸上に一体として形成されている、

リニアモータ装置。

[請求項6]

請求項5に記載のリニアモータ装置において、

前記第1のリニアモータに備えられる複数のコイルと、前記第2のリニアモータに備えられる複数のコイルとは、交互に配置されている、

リニアモータ装置。

[請求項7]

請求項1から請求項6のいずれか一項に記載のリニアモータ装置において、

前記第1のリニアモータが有する可動子と前記第2のリニアモータが有する可動子との移動方向は鉛直方向であり、

前記第2の制御部は、前記第1の制御部が前記加圧対象物に対して荷重を加えさせている場合、前記可動子の重量を支える鉛直方向上向きの推力を前記第2のリニアモータに発生させる、

リニアモータ装置。

[請求項8]

請求項1から請求項7のいずれか一項に記載のリニアモータ装置において、

前記第1の制御部による前記第1のリニアモータに対する通電における電流分解能と、前記第2の制御部による前記第2のリニアモータに対する通電における分解能とが異なる場合、前記第2の制御部は、前記第1のリニアモータ及び前記第2のリニアモータそれぞれの可動子に対して生じる外力より大きい推力を前記第2のリニアモータに発生させる、

リニアモータ装置。

[請求項9]

可動子が連動して同一方向に動く第1のリニアモータ及び第2のリニアモータと、

前記第1のリニアモータに推力を発生させて前記可動子を介して加

圧対象物に荷重を加えさせる第 1 の制御部と、

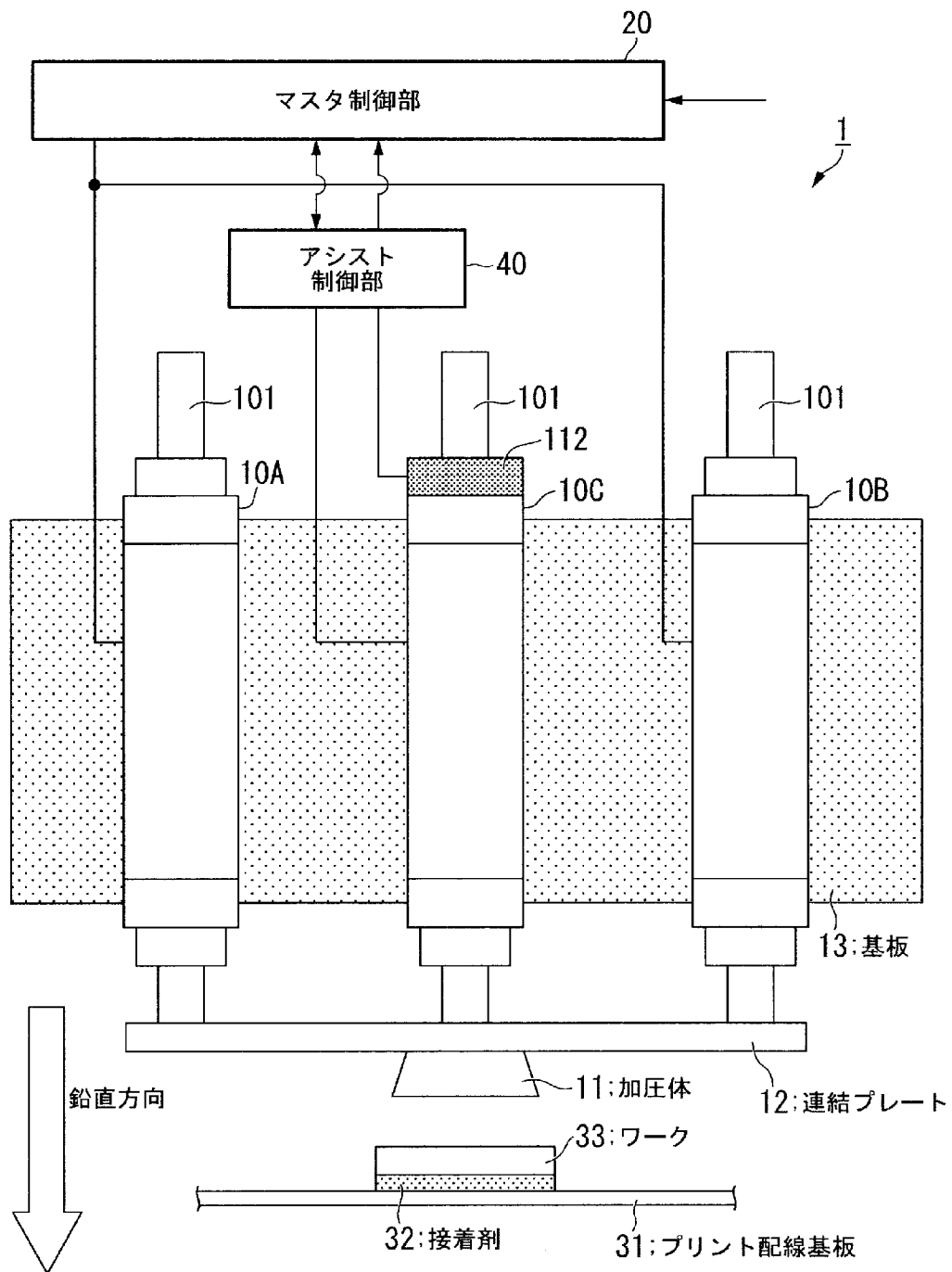
前記第 2 のリニアモータに発生させる推力を制御する第 2 の制御部と、

を備えるリニアモータ装置における制御方法であって、

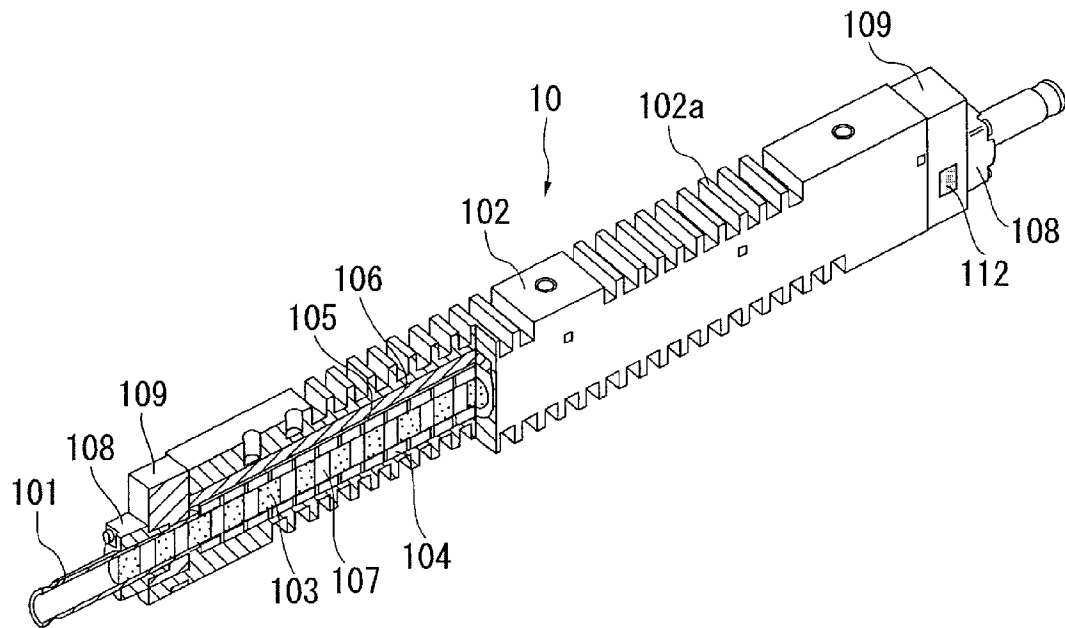
前記第 2 の制御部は、前記第 1 の制御部が前記加圧対象物に対して荷重を加えさせている場合、前記可動子に対して生じる外力を打ち消す推力を前記第 2 のリニアモータに発生させる第 1 のステップ、

を有する制御方法。

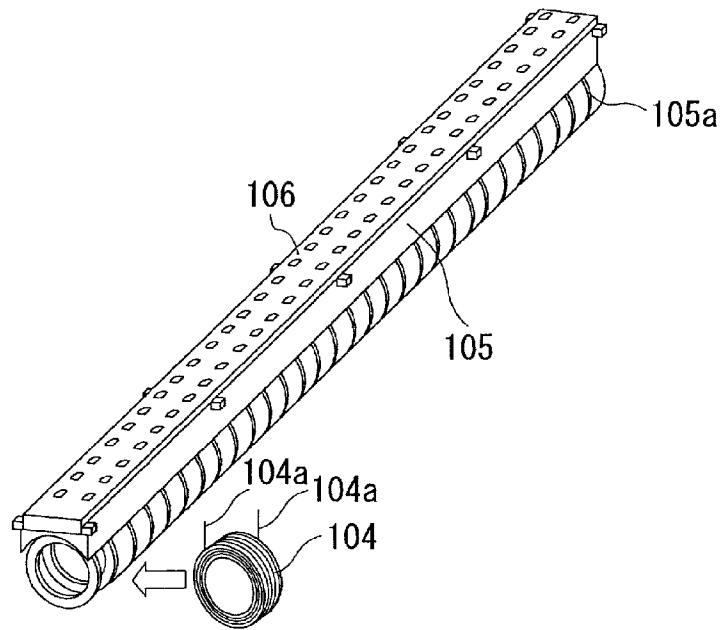
[図1]



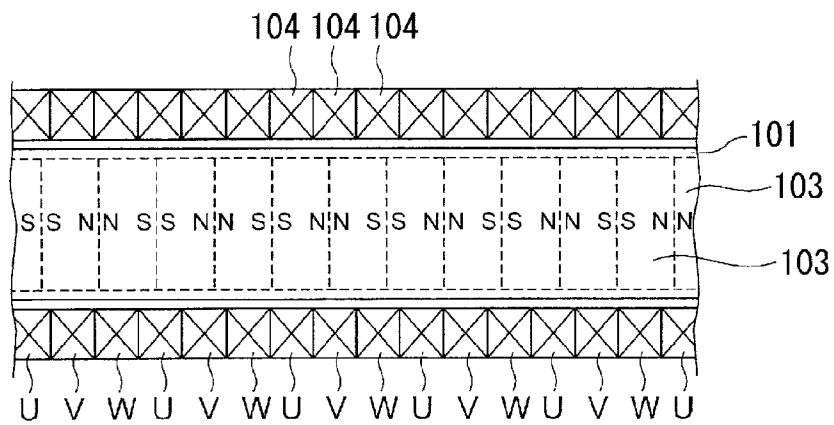
[図2]



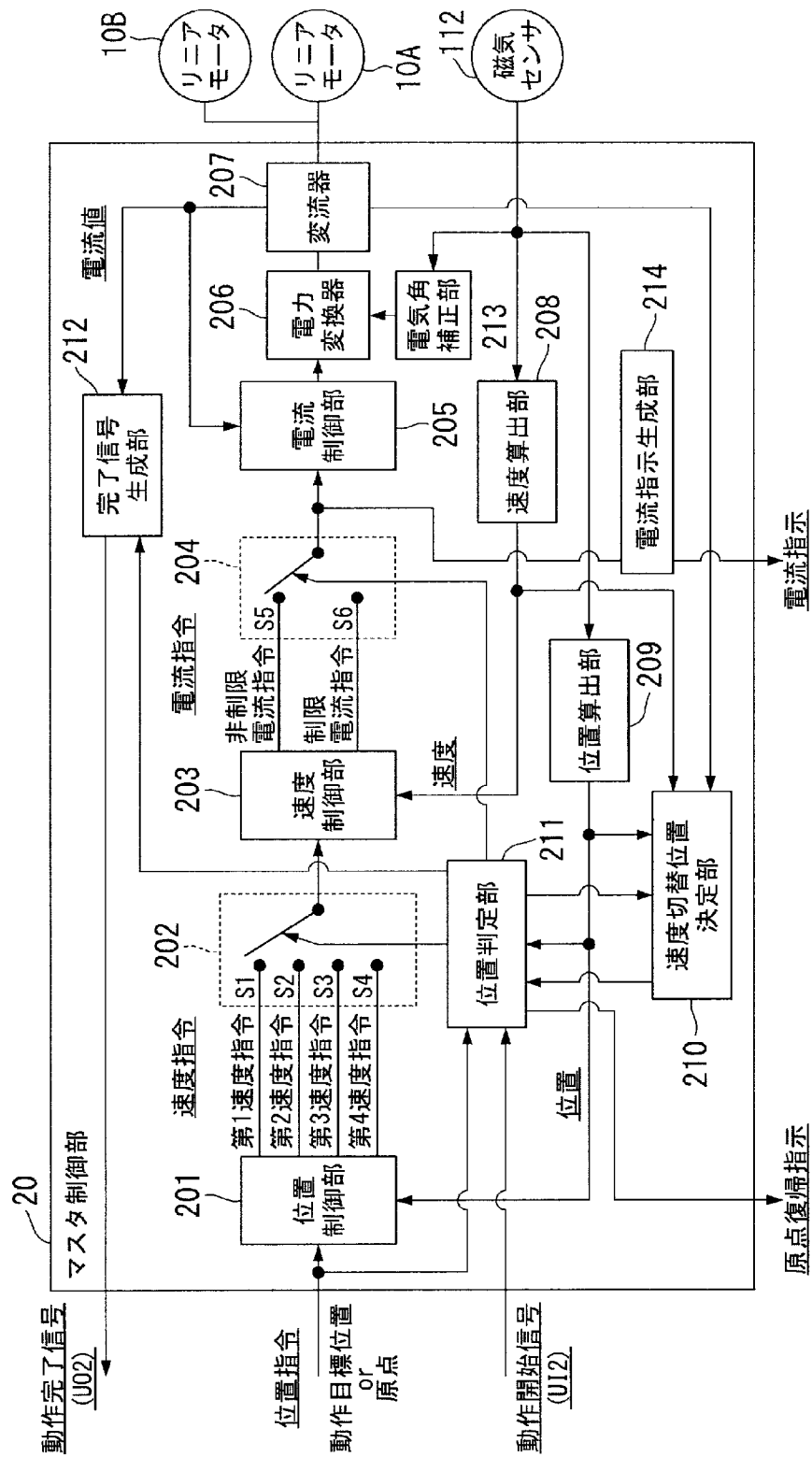
[図3]



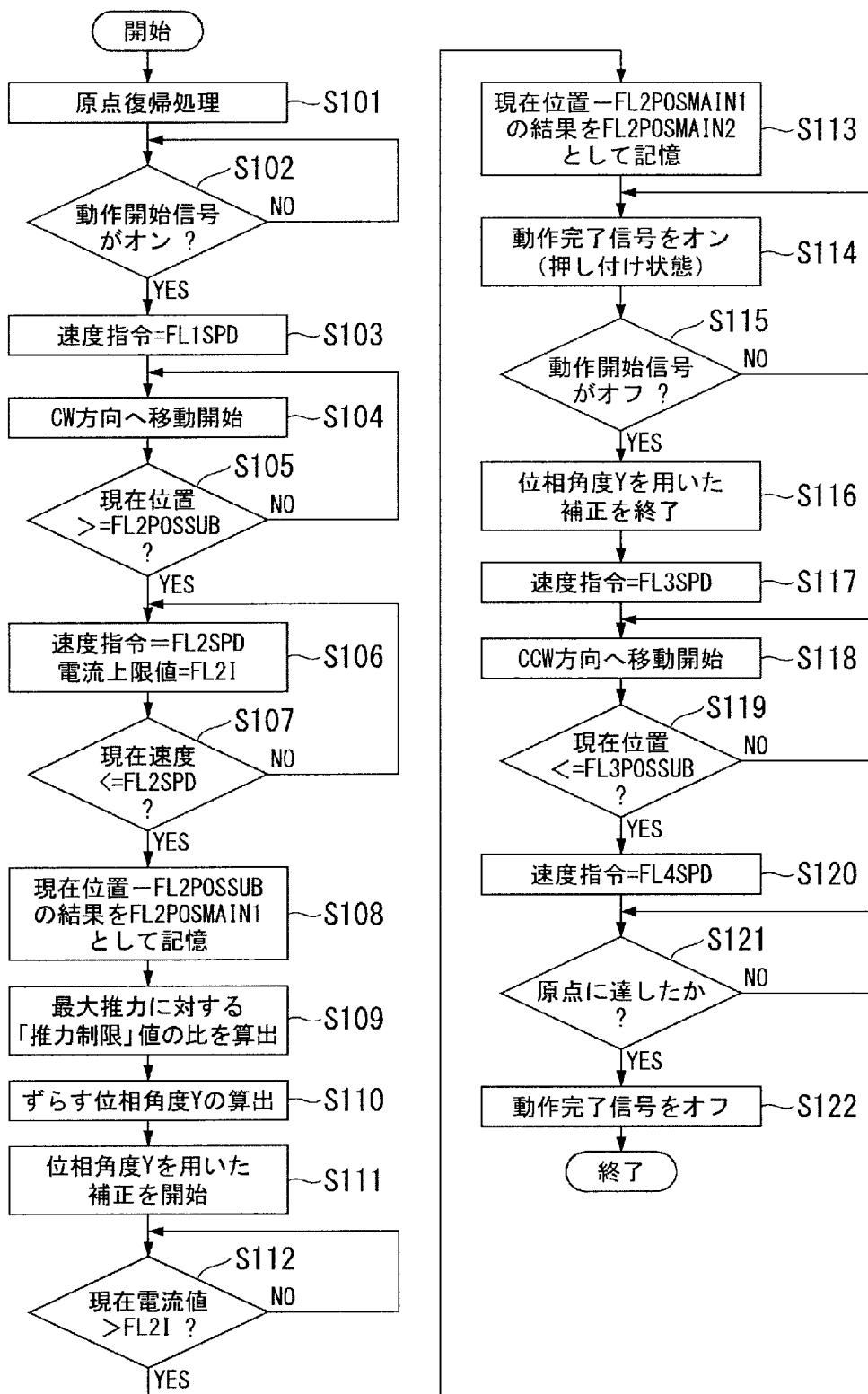
[図4]



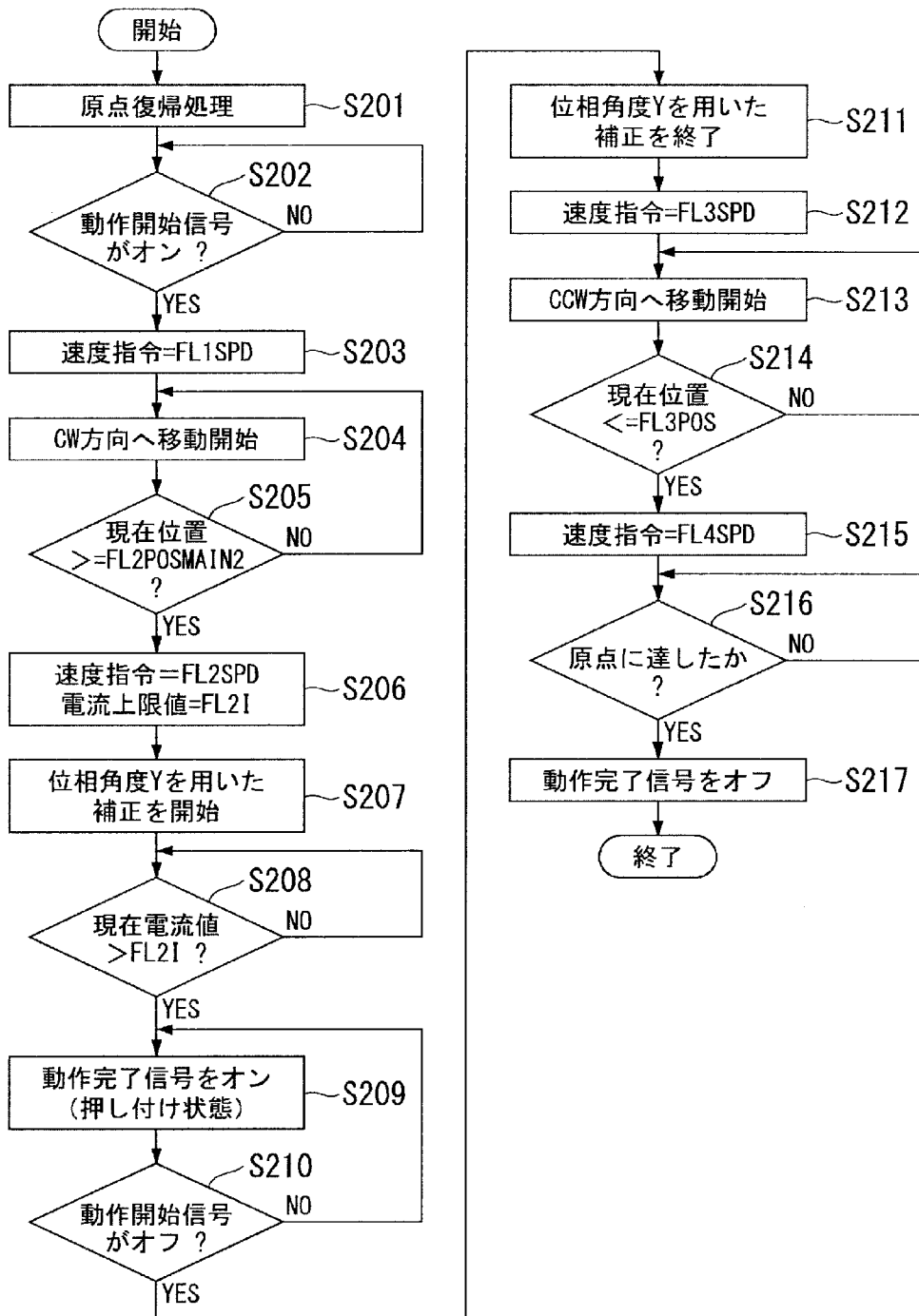
[図5]



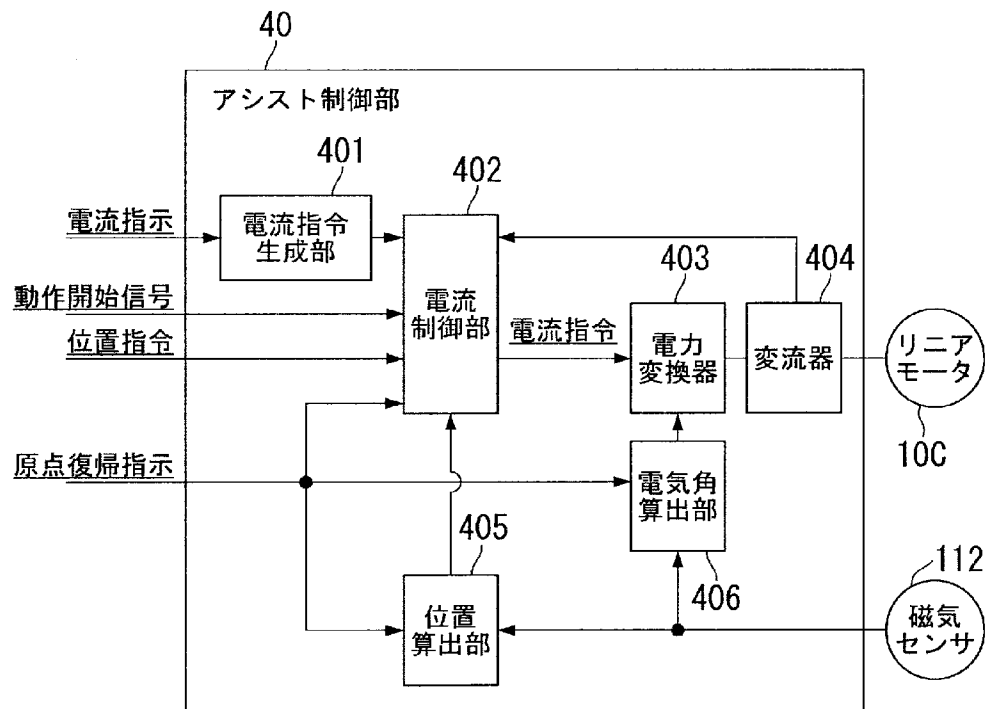
[図6]



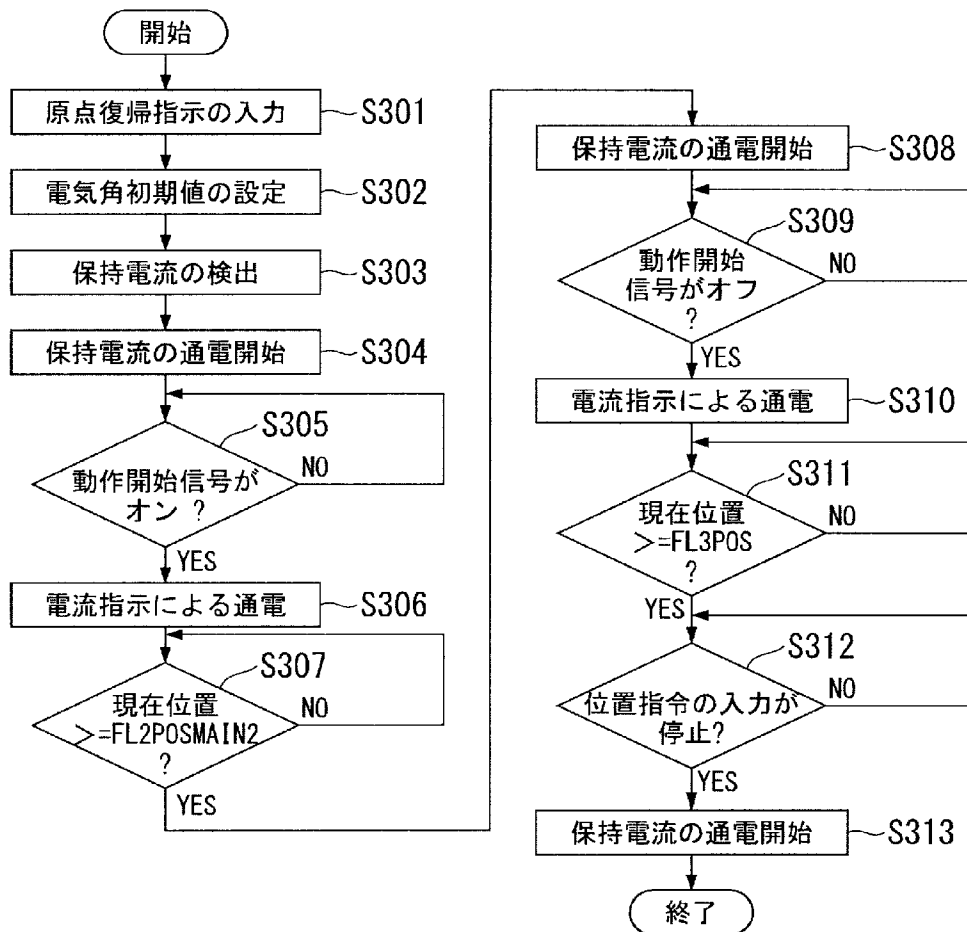
[図7]



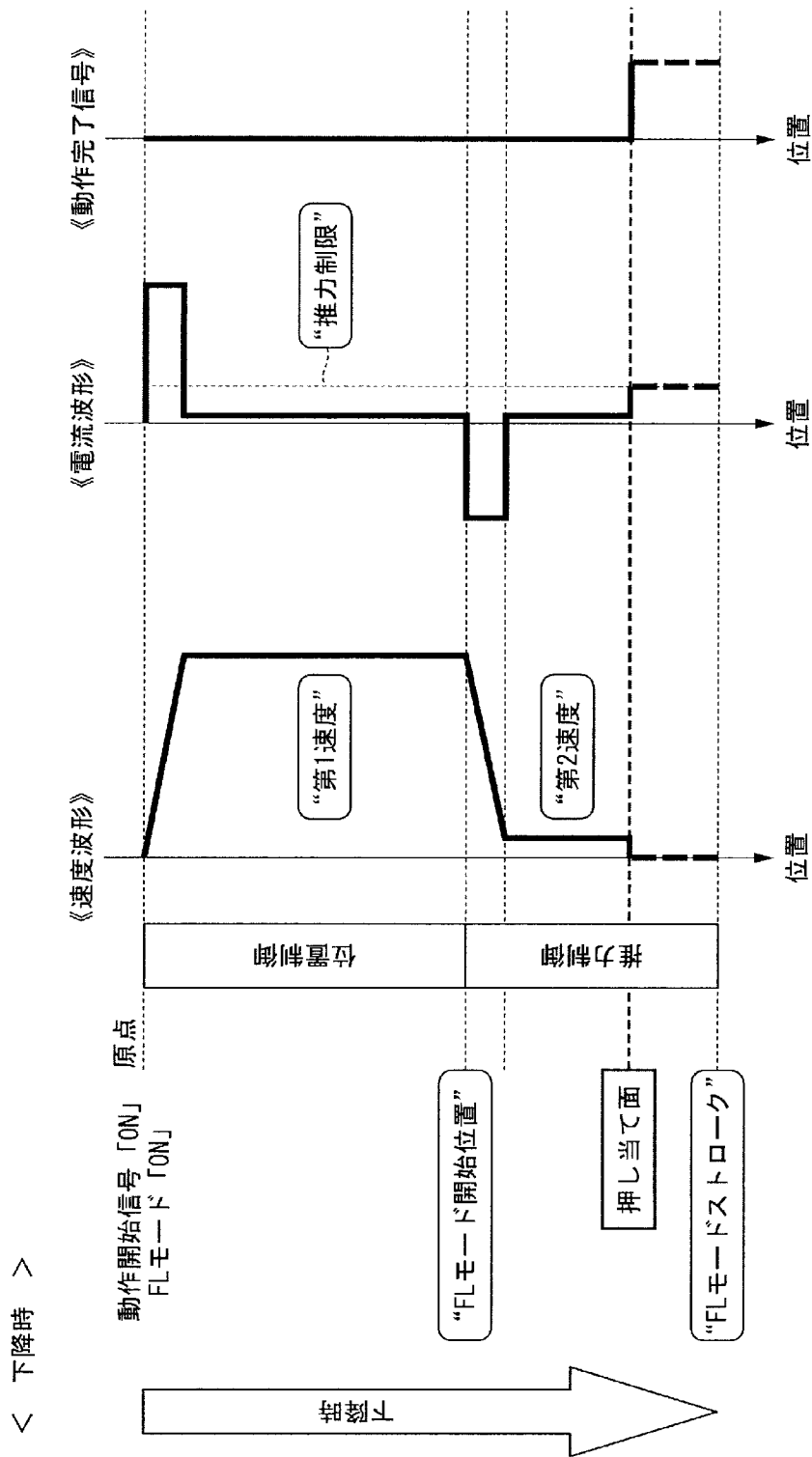
[図8]



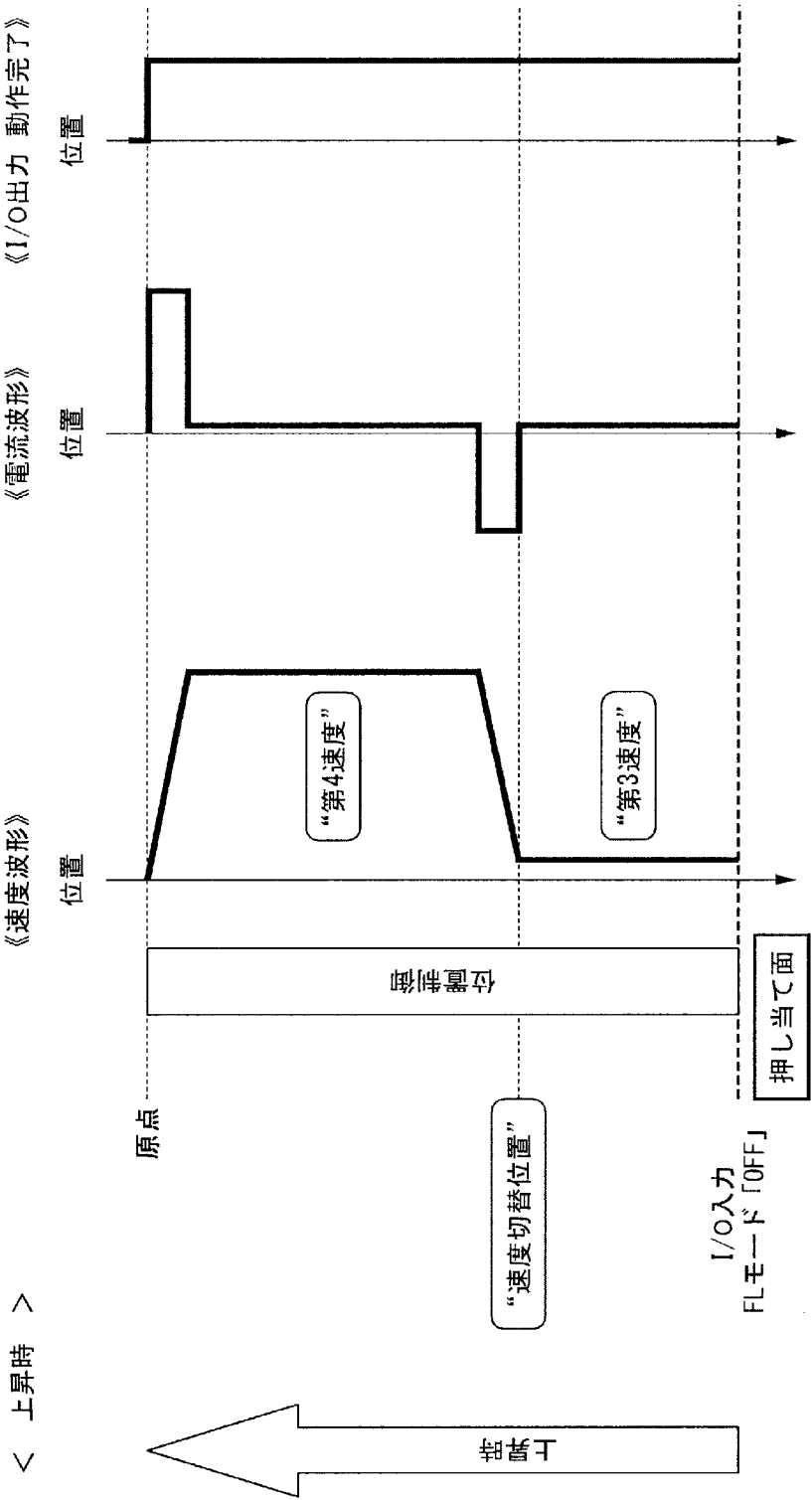
[図9]



[図10]



[図11]

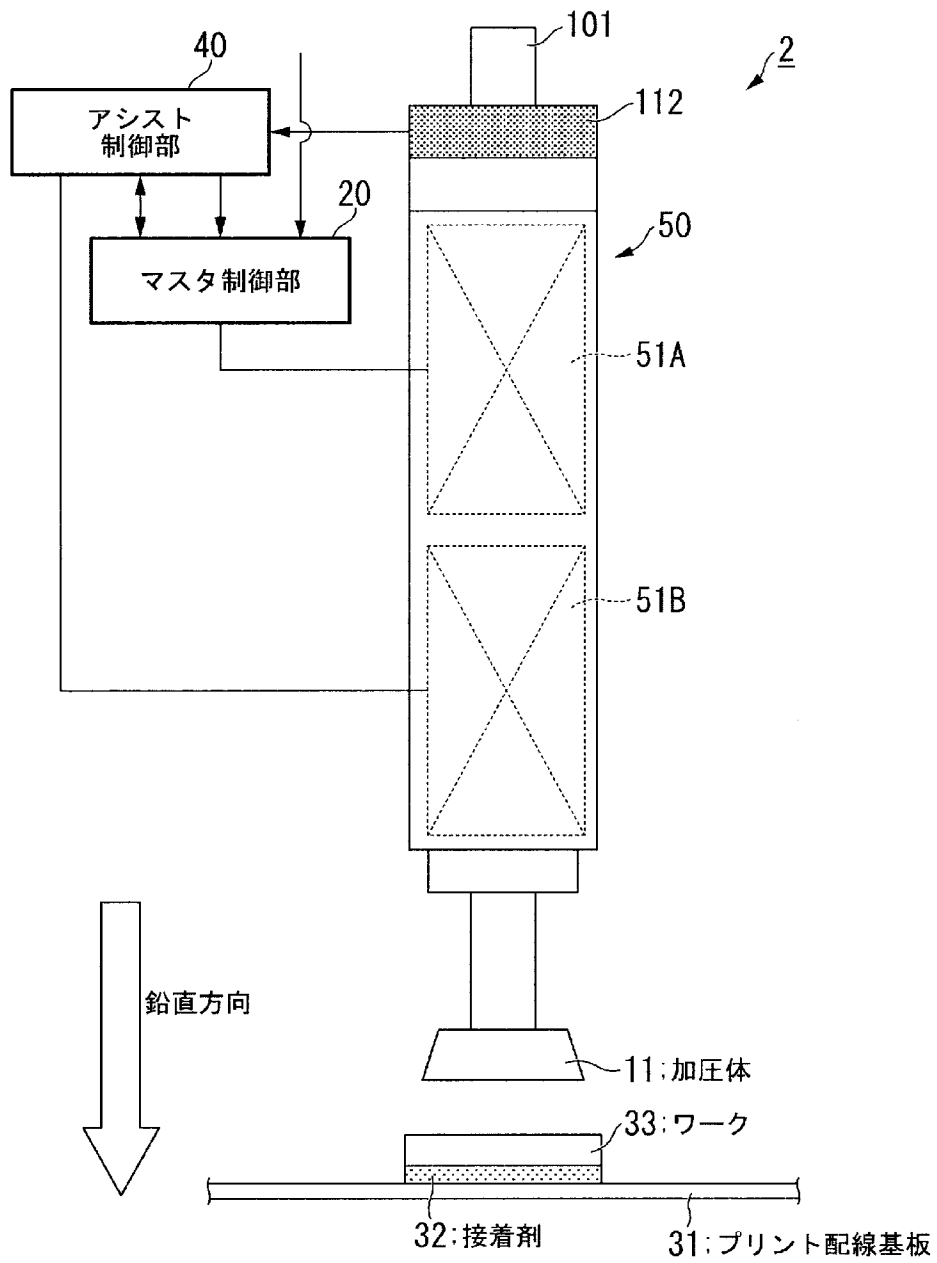


[図12]

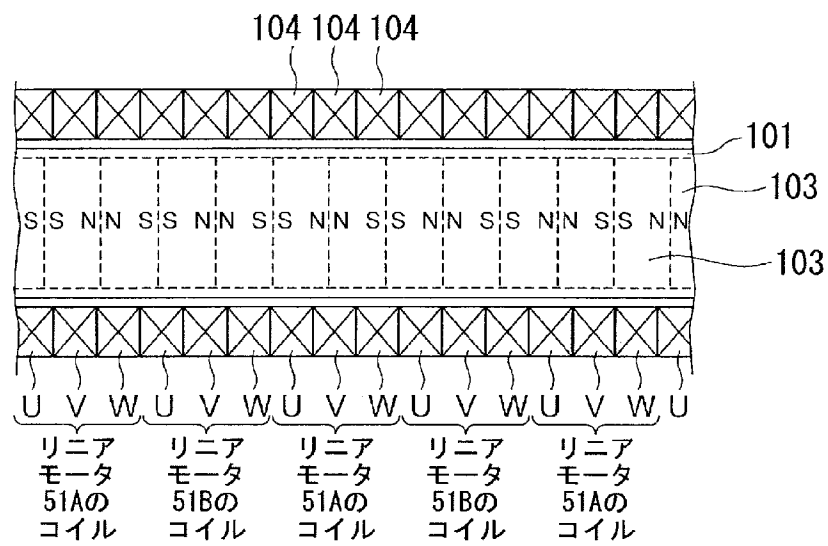
マスタ制御部 電流分解能 Rm	アシスト制御部 電流分解能 Ra	保持電流値 H	押し付け 電流指令 U	マスタ制御部 押し付け 電流値 Am	アシスト制御部 アシスト 電流値 Aa	押し付け 電流値 合計 Atotal	誤差
2	0.4	-4	1	2	-5.2	0.8	0.2
			11	12	-5.2	10.8	0.2
			13	14	-5.2	12.8	0.2
			15.1	16	-4.8	15.2	-0.1
			18.7	20	-5.2	18.8	-0.1

各値の単位は[A]

[図13]



[図14]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2015/071131

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

H02P25/06(2006.01)i, B30B1/42(2006.01)i, H02P5/46(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)

H02P25/06, B30B1/42, H02P5/46

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	1996-2015
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2015	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2015

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 2008-93665 A (Hitachi Zosen Fukui Corp.), 24 April 2008 (24.04.2008), paragraphs [0011] to [0028], [0031] to [0065]; fig. 1, 6 (Family: none)	1-9
Y	JP 2001-225194 A (Sodick Co., Ltd.), 21 August 2001 (21.08.2001), paragraphs [0012] to [0028]; fig. 1 to 2 (Family: none)	1-9
A	JP 2008-86145 A (Murata Machinery Ltd.), 10 April 2008 (10.04.2008), entire text; all drawings & US 2008/0079319 A1 paragraphs [0020] to [0026] & EP 1906514 A2 & CN 101154876 A	1-9

☒ 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

"I" 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
05 October 2015 (05.10.15)

Date of mailing of the international search report
13 October 2015 (13.10.15)

Name and mailing address of the ISA/
Japan Patent Office
3-4-3, Kasumigaseki, Chiyoda-ku,
Tokyo 100-8915, Japan

Authorized officer

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2015/071131

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 2000-312992 A (Sodick Co., Ltd.), 14 November 2000 (14.11.2000), entire text; all drawings (Family: none)	1-9
A	JP 2013-510003 A (Trumpf Werkzeugmaschinen GmbH & Co. KG), 21 March 2013 (21.03.2013), entire text; all drawings & WO 2011/057879 A1 & EP 2319636 A1 & CN 102574189 A	1-9
A	EP 2397315 A2 (ANDRITZ TECHNOLOGY AND ASSET MANAGEMENT), 21 December 2011 (21.12.2011), entire text; all drawings (Family: none)	1-9

Subject to be covered by this search:

The problem to be solved by the invention of the present application is described in paragraph [0002] of the specification of the present application as follows: "In a mounting device for mounting a workpiece, such as an electronic component, on a substrate, a machine tool for processing a workpiece to be processed, etc., a linear motor is used as a means for driving a head portion in a perpendicular direction, said head portion contacting or closely approaching the workpiece. In these mounting device and machine tool, a load applied to the workpiece when pressing the head portion to the workpiece is controlled by increasing and decreasing the thrust generated by the linear motor. Since an external force downward in a perpendicular direction, caused by gravity, acts on the head portion operating in a perpendicular direction, controlling in consideration of the weight of the head portion is required when controlling the thrust of the linear motor."

According to the above description, the problem to be solved by the invention in the present application is to consider the effect of gravity acting on the head portion that contacts the workpiece, and the "external force" to be solved by the invention described in the specification of the present application unambiguously indicates "gravity".

Meanwhile, "an external force occurring to a mover" described in claim 1 can include forces other than gravity, so that the invention of claim 1 is generalized beyond the invention described in the specification.

Consequently, the invention of claim 1 is not relevant to the invention set forth in the description of the present application.

A description in claim 1, that is, "When said first control unit allows a load to be applied to said object to be pressured, said second control unit allows said second linear motor to generate thrust for compensating for an external force occurring to said mover" does not specifically make it clear what kind of force "an external force" is and what kind of thrust "thrust for compensating for an external force occurring to said mover" is, so that the configuration of the invention of claim 1 is unclear.

The opinion pointed out above may be also applied to claim 9.

As described above, the inventions of claims 1-9 in the present application cannot be fully understood due to violation of the description requirements. The inventions of claims 1-9 are therefore accredited based on the inventions described in the specification of the present application, and this international search does not cover techniques other than the technique for allowing a linear motor to generate thrust for compensating for gravity generated downward in a perpendicular direction and occurring to a mover.

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC））

Int.Cl. H02P25/06(2006.01)i, B30B1/42(2006.01)i, H02P5/46(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. H02P25/06, B30B1/42, H02P5/46

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	1971-2015年
日本国実用新案登録公報	1996-2015年
日本国登録実用新案公報	1994-2015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 2008-93665 A（株式会社エイチアンドエフ）2008.04.24, 段落[0011]-[0028], [0031]-[0065], 図1,6（ファミリーなし）	1-9
Y	JP 2001-225194 A（株式会社ソディック）2001.08.21, 段落[0012]-[0028], 図1-2（ファミリーなし）	1-9
A	JP 2008-86145 A（村田機械株式会社）2008.04.10, 全文, 全図 & US 2008/0079319 A1, 段落[0020]-[0026] & EP 1906514 A2 & CN 101154876 A	1-9

☒ 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

05.10.2015

国際調査報告の発送日

13.10.2015

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）

池田 貴俊

3V

9256

電話番号 03-3581-1101 内線 3357

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
A	JP 2000-312992 A (株式会社ソディック) 2000. 11. 14, 全文, 全図 (ファミリーなし)	1-9
A	JP 2013-510003 A (トルンプフ ヴェルクツォイクマシーネン ゲ ゼルシャフト ミット ベシュレンクテル ハフツング ウント コンパニー コマンディートゲゼルシャフト) 2013. 03. 21, 全文, 全図 & WO 2011/057879 A1 & EP 2319636 A1 & CN 102574189 A	1-9
A	EP 2397315 A2 (ANDRITZ TECHNOLOGY AND ASSET MANAGEMENT) 2011. 12. 21, 全文, 全図 (ファミリーなし)	1-9

<調査の対象について>

本願における明細書には、「電子部品などのワークを基板に実装する実装装置や、被加工対象のワークを加工する工作装置などでは、ワークに接触又は近接するヘッド部分を鉛直方向に駆動する手段としてリニアモータが用いられている。このような実装装置や工作装置では、ヘッド部分をワークに押し付ける際にワークに加える荷重を、リニアモータが発生させる推力を増減させることで制御している。鉛直方向に稼働するヘッド部分には重力による鉛直方向下向きの外力が作用するため、リニアモータの推力を制御する際にはヘッド部分の重量を考慮した制御が必要となる。」(段落[0002])という本願の発明が解決しようとする課題が記載されている。

上記の記載から、本願における発明が解決しようとする課題は、ワークに接触するヘッド部分に掛かる重力の影響を考慮することであり、本願における明細書に記載された発明が解決しようとする「外力」とは一義的に「重力」を示している。

一方で、請求項1の記載における「可動子に対して生じる外力」は重力以外の力も含み得るものであり、請求項1に係る発明は明細書に記載された発明を超えて一般化されている。

したがって、請求項1に係る発明は本願における明細書に記載された発明ではない。

請求項1の「前記第2の制御部は、前記第1の制御部が前記加圧対象物に対して荷重を加えさせている場合、前記可動子に対して生じる外力を打ち消す推力を前記第2のリニアモータに発生させる」という記載は、「外力」とはどのような力であり、「可動子に対して生じる外力を打ち消す推力」がどのような推力なのか具体的に明らかでないために請求項1に係る発明の構成が明らかでない。

請求項9の記載についても上記指摘した点と同様である。

上記の通り、本願における請求項1-9に係る発明は、記載要件違反により発明を十分に把握することができないので、本願における明細書に記載された発明に基づいて請求項1-9に係る発明を認定し、可動子に対して生じる鉛直方向下向きに発生する重力を打ち消す推力をリニアモータに発生させる技術以外の調査を行わなかった。