(19)日本国特許庁(JP)　(12)特　許　公　報(B2)　(11)特許番号
特許第6468359号
(P6468359)
(45)発行日　平成31年2月13日(2019.2.13)　(24)登録日　平成31年1月25日(2019.1.25)

(51)Int.Cl.　　F I
B60L 13/03 (2006.01)　　B60L 13/03　J
H02P 25/064 (2016.01)　　H02P 25/064

請求項の数 10　(全 25 頁)

(21)出願番号　特願2017-536661(P2017-536661)
(86)(22)出願日　平成28年7月4日(2016.7.4)
(86)国際出願番号　PCT/JP2016/069791
(87)国際公開番号　WO2017/033578
(87)国際公開日　平成29年3月2日(2017.3.2)
審査請求日　平成29年11月29日(2017.11.29)
(31)優先権主張番号　特願2015-163940(P2015-163940)
(32)優先日　平成27年8月21日(2015.8.21)
(33)優先権主張国　日本国(JP)

(73)特許権者　000006297
村田機械株式会社
京都府京都市南区吉祥院南落合町３番地
(74)代理人　100088155
弁理士　長谷川　芳樹
(74)代理人　100113435
弁理士　黒木　義樹
(74)代理人　100140442
弁理士　柴山　健一
(74)代理人　100156395
弁理士　荒井　寿王
(72)発明者　花香　敏
愛知県犬山市大字橋爪字中島２番地　村田機械株式会社犬山事業所内

最終頁に続く

(54)【発明の名称】移動体

(57)【特許請求の範囲】
【請求項１】
Ｎ極とＳ極とからなる一対の磁極が複数配列された磁極区間と、磁極が欠損した磁極欠損区間とを有する磁極経路に沿って移動する移動体であって、
前記磁極経路の磁束との磁気相互作用により駆動する第１のリニアモータを含む複数のリニアモータと、
前記移動体の位置を検出するための位置検出センサと、
前記磁極経路の経路方向において前記位置検出センサとは異なる位置に配置され、前記第１のリニアモータの電気角を検出するための第１の電気角検出センサと、
前記位置検出センサ及び前記第１の電気角検出センサの一方のセンサが前記磁極欠損区間に位置する場合に、前記移動体の位置検出及び前記第１のリニアモータの電気角検出を行うために他方のセンサを兼用する制御部と、
を備える、移動体。
【請求項２】
前記複数のリニアモータは、前記磁極経路の経路方向において前記第１のリニアモータとは異なる位置に配置される第２のリニアモータを含み、
前記移動体は、前記経路方向において前記第１の電気角検出センサと共に前記位置検出センサを挟み込むように配置され、前記第２のリニアモータの電気角を検出するための第２の電気角検出センサを更に含み、
前記制御部は、前記位置検出センサが前記磁極欠損区間に位置する場合に、前記位置検

出センサから前記第１の電気角検出センサ及び前記第２の電気角検出センサのいずれかに切り替えることにより、切り替えたセンサを、前記移動体の位置検出及び前記第１のリニアモータの電気角検出を行うために兼用する、
請求項１に記載の移動体。
【請求項３】
前記磁極経路は、直線経路とカーブ経路とを含み、
前記磁極欠損区間が、前記直線経路と前記カーブ経路との連結部の近傍に配置されており、
前記移動体が前記直線経路から前記カーブ経路へ向けて移動するときに、前記位置検出センサが前記磁極欠損区間に位置する場合に、前記制御部は、前記第１の電気角検出センサ及び前記第２の電気角検出センサのうちで、前記移動体の移動方向の後方側に位置するセンサに切り替える、
請求項２に記載の移動体。
【請求項４】
前記位置検出センサ及び前記第１の電気角検出センサの前記一方のセンサが前記磁極欠損区間に位置している間の前記移動体の移動距離に基づいて、前記磁極欠損区間の区間長を推定する区間長推定部を更に備える、請求項１に記載の移動体。
【請求項５】
前記位置検出センサ及び前記第１の電気角検出センサの前記他方のセンサの出力から前記移動体の前記移動距離を計測する移動距離計測部を更に備え、
前記区間長推定部は、前記移動距離計測部が計測した前記移動距離に基づいて、前記磁極欠損区間の区間長を推定する、
請求項４に記載の移動体。
【請求項６】
前記第１の電気角検出センサ、前記第１のリニアモータ、及び、前記位置検出センサが、前記移動体の移動方向の前側から順に配置され、
前記第１の電気角検出センサが前記磁極欠損区間に位置するときに、前記制御部が前記第１の電気角検出センサから前記位置検出センサに切り替えた後、前記位置検出センサの出力から前記移動体の移動距離を計測する移動距離計測部と、
前記移動距離計測部が計測した移動距離が所定距離に達する場合に、前記第１のリニアモータの駆動を停止する駆動制御部と、
を更に備える、請求項１に記載の移動体。
【請求項７】
前記第１の電気角検出センサ、前記第１のリニアモータ、及び、前記位置検出センサが、前記移動体の移動方向の後側から順に配置され、
前記移動体は、前記第１の電気角検出センサが前記磁極欠損区間から抜けたときに、前記位置検出センサの出力と前記第１の電気角検出センサの出力とを合成しつつ、前記位置検出センサの出力に対する前記第１の電気角検出センサの出力の合成比率を次第に高めるスムージング部を更に備え、
前記制御部は、前記第１の電気角検出センサが前記磁極欠損区間から抜けたときに、前記スムージング部に切り替えることによって、前記位置検出センサから前記第１の電気角検出センサへ次第に切り替える、
請求項１に記載の移動体。
【請求項８】
前記複数のリニアモータは、前記磁極経路の経路方向において前記第１のリニアモータとは異なる位置に配置される第２のリニアモータを含み、
前記移動体は、前記第２のリニアモータの電気角を検出するための第２の電気角検出センサを更に含み、
前記第１の電気角検出センサ、前記第１のリニアモータ、前記位置検出センサ、前記第２のリニアモータ、及び、前記第２の電気角検出センサが、前記経路方向において順に配

置される、
請求項１に記載の移動体。
【請求項９】
前記位置検出センサは、前記磁極経路の磁束に応じた位相角を出力する磁極センサで構成され、
前記第１の電気角検出センサは、前記磁極経路の磁束に応じた位相角を出力する磁極センサで構成され、
前記第１の電気角検出センサが出力した位相角に、前記第１のリニアモータと前記第１の電気角検出センサとの距離に応じたオフセット角を加算して、前記第１のリニアモータの電気角とする変換部を更に含む、
請求項１～８のいずれか１項に記載の移動体。
【請求項１０】
前記磁極欠損区間を検出する磁極欠損区間検出部を更に含む、
請求項１～９のいずれか１項に記載の移動体。
【発明の詳細な説明】
【技術分野】
【０００１】
本発明は、リニアモータを利用して、Ｎ極とＳ極とからなる一対の磁極が複数配列された磁極経路に沿って移動する移動体に関する。
【背景技術】
【０００２】
Ｎ極とＳ極とからなる一対の磁極が複数配列された磁極経路と、リニアモータを有する移動体と、を備える移動体システムが知られている。この種の移動体システムでは、磁極経路の磁束との磁気相互作用によりリニアモータが駆動されることによって、磁極経路に沿って移動体が移動する。特許文献１には、この種の移動体システムが開示されている。
【０００３】
この種の移動体システムでは、磁極経路中に、磁極が欠損している磁極欠損区間が存在することがある。
【０００４】
この点に関し、特許文献１に記載の移動体システムでは、移動体は、２つのリニアモータと、２つのリニアモータにそれぞれ対応する２つの磁石無検出センサ（例えば、フォトセンサ）と、２つのリニアモータにそれぞれ対応する２つの位置検出センサ（例えば、ホール素子）と、を備える。この移動体は、一方の磁石無検出センサによって一方のリニアモータが磁極欠損区間に位置していることを検出した場合には、他方のリニアモータに切り替えることによって連続駆動を可能にする。また、この移動体は、一方の位置検出センサが磁極欠損区間に位置していることを検出した場合には、他方の位置検出センサに切り替えることによって移動体の位置検出を継続することを可能にする。
【先行技術文献】
【特許文献】
【０００５】
【特許文献１】特開２０１４－２１７０７７号公報
【発明の概要】
【発明が解決しようとする課題】
【０００６】
ところで、本願発明者らは、移動体の位置を検出するための位置検出センサを１つだけ備え、また、リニアモータの駆動制御のための電気角を検出するための電気角検出センサを各リニアモータに対して１つずつ備える移動体を考案している。この移動体では、位置検出センサ及び電気角検出センサのうちの何れかのセンサが磁極欠損区間に位置する場合に、移動体の位置、又は、対応のリニアモータの電気角を検出することができない。
【０００７】

そこで、本発明の種々の側面は、位置検出センサ及び電気角検出センサのうちの何れかのセンサが磁極欠損区間に位置する場合にも、移動体の位置、又は、対応のリニアモータの電気角を検出することが可能な移動体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】

【０００８】

本発明の一側面に係る移動体は、Ｎ極とＳ極とからなる一対の磁極が複数配列された磁極区間と、磁極が欠損した磁極欠損区間とを有する磁極経路に沿って移動する移動体であって、磁極経路の磁束との磁気相互作用により駆動する第１のリニアモータを含む複数のリニアモータと、移動体の位置を検出するための位置検出センサと、磁極経路の経路方向において位置検出センサとは異なる位置に配置され、第１のリニアモータの電気角を検出するための第１の電気角検出センサと、位置検出センサ及び第１の電気角検出センサの一方のセンサが磁極欠損区間に位置する場合に、移動体の位置検出及び第１のリニアモータの電気角検出を行うために他方のセンサを兼用する制御部とを備える。

【０００９】

この移動体によれば、位置検出センサと電気角検出センサとで移動体の位置検出とリニアモータの電気角検出との役割を分担させる構成において、磁極欠損区間に位置検出センサ及び電気角検出センサの一方のセンサが磁極欠損区間に位置しても、他方のセンサによって、一方のセンサによる移動体の位置検出又はリニアモータの電気角検出との役割を補間することができる。また、磁極欠損区間中の検出のために、別途で代替のセンサを用意する必要がない。

【００１０】

上記した複数のリニアモータは、磁極経路の経路方向において第１のリニアモータとは異なる位置に配置される第２のリニアモータを含み、移動体は、経路方向において第１の電気角検出センサと共に位置検出センサを挟み込むように配置され、第２のリニアモータの電気角を検出するための第２の電気角検出センサを更に含み、制御部は、位置検出センサが磁極欠損区間に位置する場合に、位置検出センサから第１の電気角検出センサ及び第２の電気角検出センサのいずれかに切り替えることにより、切り替えたセンサを、移動体の位置検出及び第１のリニアモータの電気角検出を行うために兼用する形態であってもよい。

【００１１】

これによれば、磁極経路の形状又は移動体の状態に応じて、柔軟に適切な方のセンサに切り替えることができる。

【００１２】

また、上記した磁極経路は、直線経路とカーブ経路とを含み、磁極欠損区間が、直線経路とカーブ経路との連結部の近傍に配置されており、移動体が直線経路からカーブ経路へ向けて移動するときに、位置検出センサが磁極欠損区間に位置する場合に、制御部は、第１の電気角検出センサ及び第２の電気角検出センサのうちで、移動体の移動方向の後方側に位置するセンサに切り替える形態であってもよい。

【００１３】

直線経路とカーブ経路との連結部付近で、磁極欠損区間を設けて、全体のレール長と磁極ピッチのピッチ長との調整を図ることが多い。この場合においては、カーブ経路の入口前で磁極欠損区間を移動体が乗り越える際に、直線経路にある後方側のセンサを使用することで、カーブ経路にある前方側のセンサを使用するよりも正確に検出を行える。

【００１４】

上記した移動体は、位置検出センサ及び第１の電気角検出センサの一方のセンサが磁極欠損区間に位置している間の移動体の移動距離に基づいて、磁極欠損区間の区間長を推定する区間長推定部を更に備えてもよい。

【００１５】

上記した移動体は、位置検出センサ及び第１の電気角検出センサの他方のセンサの出力から移動体の移動距離を計測する移動距離計測部を更に備え、区間長推定部は、移動距離

計測部が計測した移動距離に基づいて、磁極欠損区間の区間長を推定する形態であってもよい。

【００１６】

上記した第１の電気角検出センサ、第１のリニアモータ、及び、位置検出センサが、移動体の移動方向の前側から順に配置され、移動体は、第１の電気角検出センサが磁極欠損区間に位置するときに、制御部が第１の電気角検出センサから位置検出センサに切り替えた後、位置検出センサの出力から移動体の移動距離を計測する移動距離計測部と、移動距離計測部が計測した移動距離が所定距離に達する場合に、第１のリニアモータの駆動を停止する駆動制御部とを更に備える形態であってもよい。

【００１７】

第１の電気角検出センサが磁極欠損区間に入って、制御部が位置検出センサに切り替えたときに、リニアモータの駆動をOFFにするのではなく、そこから更に一定距離移動した後に、リニアモータの駆動をOFFにする。そのため、リニアモータの推力低下をぎりぎりまで抑制できる。

【００１８】

上記した第１の電気角検出センサ、第１のリニアモータ、及び、位置検出センサが、移動体の移動方向の後側から順に配置され、移動体は、第１の電気角検出センサが磁極欠損区間から抜けたときに、位置検出センサの出力と第１の電気角検出センサの出力とを合成しつつ、位置検出センサの出力に対する前記第１の電気角検出センサの出力の合成比率を次第に高めるスムージング部を更に備え、制御部は、第１の電気角検出センサが磁極欠損区間から抜けたときに、スムージング部に切り替えることによって、位置検出センサから第１の電気角検出センサへ次第に切り替える形態であってもよい。

【００１９】

上記した複数のリニアモータは、磁極経路の経路方向において第１のリニアモータとは異なる位置に配置される第２のリニアモータを含み、移動体は、第２のリニアモータの電気角を検出するための第２の電気角検出センサを更に含み、第１の電気角検出センサ、第１のリニアモータ、位置検出センサ、第２のリニアモータ、及び、第２の電気角検出センサが、経路方向において順に配置される形態であってもよい。

【００２０】

上記した位置検出センサは、磁極経路の磁束に応じた位相角を出力する磁極センサで構成され、第１の電気角検出センサは、磁極経路の磁束に応じた位相角を出力する磁極センサで構成され、移動体は、第１の電気角検出センサが出力した位相角に、第１のリニアモータと第１の電気角検出センサとの距離に応じたオフセット角を加算して、第１のリニアモータの電気角とする変換部を更に含む形態であってもよい。

【００２１】

上記した移動体は、磁極欠損区間を検出する磁極欠損区間検出部を更に含んでもよい。

【発明の効果】

【００２２】

本発明の一側面によれば、位置検出センサ及び電気角検出センサのうちの何れかのセンサが磁極欠損区間に位置する場合にも、移動体の位置、又は、対応のリニアモータの電気角を検出することができる。

【図面の簡単な説明】

【００２３】

【図１】一実施形態に係る移動体システムを示す図である。

【図２】図１に示す移動体システムにおける移動体を示す図である。

【図３】図２に示す磁極コンバータ（変換部、制御部、スムージング部）の動作であって、第１の電気角検出センサが磁極欠損区間に位置していないときの磁極コンバータの動作を示す図である。

【図４】図２に示す磁極コンバータ（変換部、制御部、スムージング部）の動作であって、第１の電気角検出センサが磁極欠損区間に位置しているときの磁極コンバータの動作を

示す図である。
【図５】図２に示す位置コンバータ（変換部、制御部）の動作であって、位置検出センサが磁極欠損区間に位置していないときの位置コンバータの動作を示す図である。
【図６】図２に示す位置コンバータ（変換部、制御部）の動作であって、位置検出センサが磁極欠損区間に位置しているときの位置コンバータの動作を示す図である。
【図７】第１の電気角検出センサから磁極欠損区間に侵入する場合の電気角補間処理を示す図である。
【図８】位置検出センサから磁極欠損区間に侵入する場合の電気角補間処理を示す図である。
【図９】変形例に係る移動体システムの主要部を示す図である。
【図１０】図９に示す磁極欠損区間検出部におけるフォトセンサのタイミングチャートを示す図である。
【図１１】変形例に係る移動体システムの主要部を示す図である。
【図１２】図１１に示す磁極欠損区間検出部におけるフォトセンサのタイミングチャートを示す図である。
【図１３】変形例に係る移動体システムの主要部を示す図である。
【図１４】変形例に係る移動体システムの主要部を示す図である。
【図１５】図１４に示す連結器の周辺構造を拡大して示す図である。
【発明を実施するための形態】
【００２４】
図面を参照して実施形態について詳細に説明する。なお、各図面において同一又は相当の部分に対しては同一の符号を附すこととする。
【００２５】
図１は、一実施形態に係る移動体システム及び一実施形態に係る移動体を示す図である。図１に示す移動体システム１は、移動体１００と、磁極経路２００とを備える。
【００２６】
磁極経路２００には、Ｎ極の磁石２１１とＳ極の磁石２１２とが交互に所定のピッチ（例えば、３３ｍｍ）で一列に配置されている。換言すれば、磁極経路２００には、Ｎ極とＳ極とからなる一対の磁極２１３が複数配列されている。移動体１００は、リニアモータを利用することによって、磁極経路２００に沿って移動する。
【００２７】
移動体システム１の一例としては、天井に設置された軌道（磁極経路）２００に沿って搬送台車（移動体）１００が走行する天井走行車のシステムがある。この種の移動体システム１では、軌道２００が数ｋｍであり、搬送台車１００が３００台～４００台であることがある。なお、移動体は、地上を走行する搬送台車でも良く、或いは、搬送台車でなくても良い。例えば、移動体は、搬送台車以外の他の台車や、ロボットアーム等であってもよい。
【００２８】
この種の移動体システムでは、磁極経路の長さは、例えば工場のレイアウトによって様々に変化し、上記した所定のピッチ（例えば、３３ｍｍ）の整数倍とは限らない。また、磁極経路における直線経路とカーブ経路との連結部では、上記した所定のピッチ（例えば、３３ｍｍ）で磁石を配列することが困難である。このような理由により、図３～図６に示すように、磁極経路２００は、一対の磁極２１３が所定のピッチ（例えば、６６ｍｍ）で複数配列された磁極区間２１０と、磁極が欠損した磁極欠損区間２２０と、を有する。
【００２９】
図２は、図１に示す移動体システムにおける移動体を示す図である。図１及び図２に示す移動体１００は、第１及び第２のリニアモータ１１，１２と、第１及び第２の電気角検出センサ２１，２３と、位置検出センサ２２と、センサインターフェース３０と、コントローラ４０と、第１及び第２のサーボアンプ５０，６０と、を備える。本実施形態では、移動体の移動方向Ｘの前側から順に、第１の電気角検出センサ２１、第１のリニアモータ

１１、位置検出センサ２２、第２のリニアモータ１２、及び、第２の電気角検出センサ２３が配置されている。

【００３０】

第１及び第２のリニアモータ１１，１２は、例えば３相リニアモータであり、磁極経路２００の磁束との磁気相互作用により駆動する。第１のリニアモータ１１の磁界は、第１のサーボアンプ５０からの交流の駆動電流によって制御される。第２のリニアモータ１２の磁界は、第２のサーボアンプ６０からの交流の駆動電流によって制御される。第１のリニアモータ１１と第２のリニアモータ１２とは、移動体１００の移動方向（磁極経路２００の経路方向）Ｘにおいて異なる位置に配置されている。

【００３１】

第１の電気角検出センサ２１は、磁極経路２００の磁極を検出する磁極センサ（Magnetic Pole Sensor：ＭＰＳ）であり、例えばホール素子を含む。このような構成により、第１の電気角検出センサ２１は、Ｎ極とＳ極とからなる一対の磁極２１３を１周期とする磁極経路２００の磁束に応じた位相角を出力する。なお、後述するように、この磁極センサが出力する位相角は主に第１のリニアモータ１１の電気角のために用いられるため、この磁極センサを第１の電気角検出センサと称する。

【００３２】

同様に、第２の電気角検出センサ２３は、磁極経路２００の磁極を検出する磁極センサ（Magnetic Pole Sensor：ＭＰＳ）であり、例えばホール素子を含む。このような構成により、第２の電気角検出センサ２３は、Ｎ極とＳ極とからなる一対の磁極２１３を１周期とする磁極経路２００の磁束に応じた位相角を出力する。なお、後述するように、この磁極センサが出力する位相角は主に第２のリニアモータ１２の電気角のために用いられるため、この磁極センサを第２の電気角検出センサと称する。

【００３３】

位置検出センサ２２は、磁極経路２００の磁極を検出する磁極センサ（Magnetic Pole Sensor：ＭＰＳ）であり、例えばホール素子を含む。このような構成により、位置検出センサ２２は、Ｎ極とＳ極とからなる一対の磁極２１３を１周期とする磁極経路２００の磁束に応じた位相角を出力する。なお、後述するように、この磁極センサが出力する位相角は主に移動体１００の位置検出のために用いられるため、この磁極センサを位置検出センサと称する。

【００３４】

第１及び第２の電気角検出センサ２１，２３、及び、位置検出センサ２２は、検出する磁極経路２００の磁束に基づいて、磁極欠損区間２２０に位置しているか否かの判定を行う機能を有している。第１及び第２の電気角検出センサ２１，２３、及び、位置検出センサ２２は、磁極欠損区間２２０に位置していないときには、出力が有効状態であることを示す信号（Validation）を出力し、磁極欠損区間に位置しているときには、出力が無効状態であることを示す信号（Validation）を出力する。

【００３５】

第１の電気角検出センサ２１と位置検出センサ２２と第２の電気角検出センサ２３とは、移動体１００の移動方向（磁極経路２００の経路方向）Ｘにおいて異なる位置に配置されている。第１の電気角検出センサ２１と第２の電気角検出センサ２３とは、協働して、移動体１００の移動方向（磁極経路２００の経路方向）Ｘにおいて位置検出センサ２２を挟み込むように配置される。換言すると、第２の電気角検出センサ２３は、移動体１００の移動方向Ｘにおいて、第１の電気角検出センサ２１と共に位置検出センサ２２を挟み込むように配置される。

【００３６】

このように、本実施形態では、リニアモータの電気角を検出するためのセンサが１つのリニアモータに対して１つずつ設けられており、移動体の位置を検出するためのセンサが移動体に対して１つ設けられている。

【００３７】

センサインターフェース３０は、磁極コンバータ（Magnetic Pole Converter）３１と、位置コンバータ（Position Converter）３２と、移動距離計測部３４と、区間長推定部３５と、を有する。なお、磁極コンバータ３１及び位置コンバータ３２が、特許請求の範囲に記載の変換部及び制御部として機能する。磁極コンバータ３１が、特許請求の範囲に記載のスムージング部として機能する。

【００３８】

図３は、図２に示す磁極コンバータ（変換部、制御部、スムージング部）の動作であって、第１の電気角検出センサが磁極欠損区間に位置していないときの磁極コンバータの動作を示す図である。図４は、図２に示す磁極コンバータ（変換部、制御部、スムージング部）の動作であって、第１の電気角検出センサが磁極欠損区間に位置しているときの磁極コンバータの動作を示す図である。

【００３９】

磁極コンバータ３１は、以下に示すように変換部として機能する。図３（ａ）に示すように、第１の電気角検出センサ２１が磁極欠損区間２２０に位置していない場合、磁極コンバータ３１は、第１の電気角検出センサ２１から有効状態信号（Validation）を受けて、図３（ｂ）に示すように、第１の電気角検出センサ２１が出力する位相角に基づいて、磁気相互作用により推力を得るための第１のリニアモータ１１の磁界の電気角（Magnetic Pole）、すなわち、第１のリニアモータ１１の駆動電流の電気角を導出する。具体的には、磁極コンバータ３１は、第１の電気角検出センサ２１が出力する位相角に、第１のリニアモータ１１と第１の電気角検出センサ２１との距離に応じたオフセット角を加算して、第１のリニアモータ１１の電気角とする。磁極コンバータ３１は、導出した第１のリニアモータ１１の電気角（Magnetic Pole）を第１のサーボアンプ５０へ供給する。

【００４０】

磁極コンバータ３１は、以下に示すように制御部（セレクタ）として機能する。図４（ａ）に示すように、第１の電気角検出センサ２１が磁極欠損区間２２０に位置している場合、磁極コンバータ３１は、第１の電気角検出センサ２１から無効状態信号（Validation）を受けて、図４（ｂ）に示すように、第１の電気角検出センサ２１の出力から位置検出センサ２２の出力に切り替えて、第１のリニアモータ１１の電気角の補間を行う。本実施形態では、磁極コンバータ３１は、以下に示すように２種の電気角補間処理を行う。

【００４１】

（第１の電気角補間処理）

磁極コンバータ３１は、定期的に、電気角検出センサから位相角を取り込み、リニアモータの電気角を導出する。そのため、第１の電気角補間処理では、切替前の電気角（第１の電気角検出センサ２１が検出した位相角に基づき導出される電気角）に、切替後の位置検出センサ２２が検出する位相角の変位量を加算することにより、第１のリニアモータ１１の現在の電気角とする。この第１の電気角補間処理は、リニアモータとその電気角検出センサとのうちの電気角検出センサから磁極欠損区間に侵入する場合、換言すれば、リニアモータが駆動しているときに、その電気角検出センサが磁極欠損区間に侵入する場合に用いられる。

【００４２】

（第２の電気角補間処理）

第２の電気角補間処理では、位置検出センサ２２が出力する位相角に基づいて第１のリニアモータ１１の電気角を直接導出する。具体的には、磁極コンバータ３１は、位置検出センサ２２が出力する位相角に、位置検出センサ２２と第１のリニアモータ１１との距離に応じたオフセット角を加算して、第１のリニアモータ１１の電気角を導出する。この第２の電気角補間処理は、リニアモータとその電気角検出センサとのうちのリニアモータから磁極欠損区間に侵入する場合、換言すれば、リニアモータが駆動停止した後に、その電気角検出センサが磁極欠損区間に侵入する場合に用いられる。

【００４３】

磁極コンバータ３１は、スムージング部として機能し、第１の電気角検出センサ２１が

磁極欠損区間２２０から抜けるときに、位置検出センサ２２の出力に対する第１の電気角検出センサ２１の出力の合成比率を次第に高めるように、位置検出センサ２２の出力と第１の電気角検出センサ２１の出力とを合成する。このスムージング処理は、後述するように、第１の電気角検出センサ２１が無効状態から有効状態に復帰した直後に第１の電気角検出センサ２１の出力を使用する場合に用いられ、第２の電気角補間処理と組み合わせて用いられる。

【００４４】

同様に、磁極コンバータ３１は、変換部として機能し、図３（ａ）に示すように、第２の電気角検出センサ２３が磁極欠損区間２２０に位置していない場合、第２の電気角検出センサ２３から有効状態信号（Validation）を受けて、図３（ｃ）に示すように、第２の電気角検出センサ２３が出力する位相角に基づいて、磁気相互作用により推力を得るための第２のリニアモータ１２の磁界の電気角（Magnetic Pole）、すなわち、第２のリニアモータ１２の駆動電流の電気角を導出する。具体的には、磁極コンバータ３１は、第２の電気角検出センサ２３が出力する位相角に、第２のリニアモータ１２と第２の電気角検出センサ２３との距離に応じたオフセット角を加算して、第２のリニアモータ１２の電気角とする。磁極コンバータ３１は、導出した第２のリニアモータ１２の電気角（Magnetic Pole）を第２のサーボアンプ６０へ供給する。

【００４５】

磁極コンバータ３１は、制御部（セレクタ）として機能し、第２の電気角検出センサ２３が磁極欠損区間２２０に位置している場合、第２の電気角検出センサ２３から無効状態信号（Validation）を受けて、第２の電気角検出センサ２３の出力から位置検出センサ２２の出力に切り替えて、第２のリニアモータ１２の電気角の補間を行う。本実施形態では、磁極コンバータ３１は、以下に示すように２種の電気角補間処理を行う。

【００４６】

（第１の電気角補間処理）

磁極コンバータ３１は、定期的に、電気角検出センサから位相角を取り込み、リニアモータの電気角を導出する。そのため、第１の電気角補間処理では、切替前の電気角（第２の電気角検出センサ２３が検出した位相角に基づき導出される電気角）に、切替後の位置検出センサ２２が検出する位相角の変位量を加算することにより、第２のリニアモータ１２の現在の電気角とする。この第１の電気角補間処理は、リニアモータとその電気角検出センサとのうちの電気角検出センサから磁極欠損区間に侵入する場合、換言すれば、リニアモータが駆動しているときに、その電気角検出センサが磁極欠損区間に侵入する場合に用いられる。

【００４７】

（第２の電気角補間処理）

第２の電気角補間処理では、位置検出センサ２２が出力する位相角に基づいて第２のリニアモータ１２の電気角を直接導出する。具体的には、磁極コンバータ３１は、位置検出センサ２２が出力する位相角に、位置検出センサ２２と第２のリニアモータ１２との距離に応じたオフセット角を加算して、第２のリニアモータ１２の電気角を導出する。この第２の電気角補間処理は、リニアモータとその電気角検出センサとのうちのリニアモータから磁極欠損区間に侵入する場合、換言すれば、リニアモータが駆動停止した後に、その電気角検出センサが磁極欠損区間に侵入する場合に用いられる。

【００４８】

磁極コンバータ３１は、スムージング部として機能し、第２の電気角検出センサ２３が磁極欠損区間２２０から抜けるときに、位置検出センサ２２の出力に対する第２の電気角検出センサ２３の出力の合成比率を次第に高めるように、位置検出センサ２２の出力と第２の電気角検出センサ２３の出力とを合成する。このスムージング処理は、後述するように、第２の電気角検出センサ２３が無効状態から有効状態に復帰した直後に第２の電気角検出センサ２３の出力を使用する場合に用いられ、第２の電気角補間処理と組み合わせて用いられる。

【００４９】
このように、磁極コンバータ３１は、制御部として機能し、位置検出センサ２２を、後述する移動体１００の位置検出と第１又は第２のリニアモータ１１，１２の電気角検出とを行うために兼用する。これにより、第１又は第２の電気角検出センサ２１，２３が磁極欠損区間２２０に位置して無効な状態でも、位置検出センサ２２によって電気角を補間し、対応の第１又は第２のリニアモータの駆動を継続することが可能となる。
【００５０】
図５は、図２に示す位置コンバータ（変換部、制御部）の動作であって、位置検出センサが磁極欠損区間に位置していないときの位置コンバータの動作を示す図である。図６は、図２に示す位置コンバータ（変換部、制御部）の動作であって、位置検出センサが磁極欠損区間に位置しているときの位置コンバータの動作を示す図である。
【００５１】
位置コンバータ３２は、以下に示すように変換部として機能する。図５（ａ）に示すように、位置検出センサ２２が磁極欠損区間２２０に位置していない場合、位置コンバータ３２は、位置検出センサ２２から有効状態信号（Validation）を受けて、図５（ｂ）に示すように、位置検出センサ２２が出力する位相角と、一対の磁極２１３の所定のピッチ長（例えば６６ｍｍ）とに基づいて、移動体１００の位置（Position）を導出する。位置コンバータ３２は、導出した移動体１００の位置（Position）をコントローラ４０、第１及び第２のサーボアンプ５０，６０へ供給する。位置コンバータ３２は、第１及び第２の電気角検出センサ２１，２３、及び、位置検出センサ２２からの有効状態／無効状態を示す信号（Validation）をコントローラ４０へ供給する。
【００５２】
位置コンバータ３２は、以下に示すように制御部（セレクタ）として機能する。図６（ａ）に示すように、位置検出センサ２２が磁極欠損区間２２０に位置している場合、位置コンバータ３２は、位置検出センサ２２から無効状態信号（Validation）を受けて、図６（ｂ）に示すように位置検出センサ２２の出力から第２の電気角検出センサ２３の出力に切り替えて、移動体１００の位置（Position）の補間を行う。この位置補間処理では、第２の電気角検出センサ２３が出力する位相角に基づいて移動体１００の位置を直接導出する。具体的には、位置コンバータ３２は、第２の電気角検出センサ２３が出力する位相角と、一対の磁極２１３の所定のピッチ長（例えば６６ｍｍ）とに加え、位置検出センサ２２と第２の電気角検出センサ２３との距離に応じたオフセット角に基づいて、移動体１００の位置を導出する。
【００５３】
なお、位置コンバータ３２は、切替前の位置情報（位置検出センサによって検出した位相角の変位量）に、切替後の電気角検出センサが検出する位相角の変位量を加算して、現在の位置情報としてもよい。これによれば、センサの切り替えがあっても、より連続性が高い位置を導出することができる。
【００５４】
このように、位置コンバータ３２は、制御部として機能し、第１又は第２の電気角検出センサ２１，２３を、第１又は第２のリニアモータ１１，１２の電気角検出と移動体１００の位置検出とを行うために兼用する。これより、位置検出センサ２２が磁極欠損区間２２０に位置して無効な状態でも、第１又は第２の電気角検出センサ２１，２３によって位置を補間し、位置情報を途切れなく出力することが可能となる。
【００５５】
ここで、磁極経路には直線経路とカーブ経路とが存在し、磁極欠損区間は直線経路とカーブ経路との連結部の近傍（連結部の周辺、又は、連結部に近接した位置）に配置されることがある。この形態では、移動体１００が直線経路からカーブ経路へ向けて移動するときに、位置検出センサ２２が磁極欠損区間２２０に位置する場合、移動体１００の移動方向Ｘの後方側に位置する第２の電気角検出センサ２３、すなわち直線経路上に位置する第２の電気角検出センサ２３によって位置を補間してもよい。なお、リニアモータの駆動方

法、移動体構造の特性によっては、第１の電気角検出センサ２１によって位置を補間してもよい。

【００５６】

移動距離計測部３４は、第１の電気角検出センサ２１が磁極欠損区間２２０に位置するとき、すなわち、第１の電気角検出センサ２１から無効状態信号（Validation）を受けるときに、更に言い換えれば、磁極コンバータ（制御部）３１が第１の電気角検出センサ２１から位置検出センサ２２に切り替えた後、位置検出センサ２２の出力（位相角）に基づいて、移動体１００の移動距離の計測を開始し、計測した移動体１００の移動距離を区間長推定部３５及びコントローラ４０へ供給する。

【００５７】

同様に、移動距離計測部３４は、第２の電気角検出センサ２３が磁極欠損区間２２０に位置するとき、すなわち、第２の電気角検出センサ２３から無効状態信号（Validation）を受けるときに、更に言い換えれば、磁極コンバータ（制御部）３１が第２の電気角検出センサ２３から位置検出センサ２２に切り替えた後、位置検出センサ２２の出力（位相角）に基づいて、移動体１００の移動距離の計測を開始し、計測した移動体１００の移動距離を区間長推定部３５及びコントローラ４０へ供給する。

【００５８】

位置検出センサ２２が磁極欠損区間２２０に位置するとき、すなわち、位置検出センサ２２から無効状態信号（Validation）を受けるときに、位置コンバータ（制御部）３２によって位置検出センサ２２から第２の電気角検出センサ２３に切り替えた後、移動距離計測部３４は、第１又は第２の電気角検出センサ２１，２３の出力（位相角）に基づいて、移動体１００の移動距離の計測を開始し、計測した移動体１００の移動距離を区間長推定部３５及びコントローラ４０へ供給する。

【００５９】

区間長推定部３５は、移動距離計測部３４によって計測した移動体１００の移動距離に基づいて、磁極欠損区間の区間長を推定する。具体的には、第１及び第２の電気角検出センサ２１，２３、及び、位置検出センサ２２から無効状態信号（Validation）を受けてから有効状態信号（Validation）を受けるまでの、すなわち、第１及び第２の電気角検出センサ２１，２３、及び、位置検出センサ２２が磁極欠損区間２２０に位置している間の移動体１００の移動距離に基づいて、磁極欠損区間の区間長を推定する。なお、区間長推定部３５は、移動距離計測部３４によって計測した移動体の移動距離をそのまま磁極欠損区間の区間長にしても良い。

【００６０】

コントローラ４０は、ビークルコントローラ（Vehicle Controller）４１と、モーションコントローラ（Motion Controller）４３とを有する。

【００６１】

ビークルコントローラ４１は、目標位置（Target Position）、目標速度（Target Velocity）、目標停止距離（Target Stop-distance）等の、移動体の駆動制御情報を、上位コントローラ（図示せず）から取得し、予め記憶している。ビークルコントローラ４１は、これらの情報をモーションコントローラ４３へ供給する。

【００６２】

モーションコントローラ４３は、位置コンバータ３２から第１の電気角検出センサ２１の有効状態信号（Validation）を受けると、位置コンバータ３２からの現在位置情報（Position）に基づいて、指令位置に到達するための位置指令（Command Position）を第１のサーボアンプ５０へ供給する。一方、位置コンバータ３２から第１の電気角検出センサ２１の無効状態信号（Validation）を受けると、モーションコントローラ４３は、第１のリニアモータ１１が磁極欠損区間２２０に位置するまで、具体的には、例えば移動距離計測部３４によって計測した移動距離が所定距離に達するまで（一定時間経過するまで）、位置コンバータ３２からの現在位置情報（Position）に基づいて、指令位置に到達するための位置指令（Command Position）を第１のサーボアンプ５０へ供給し続ける。そして、第

１のリニアモータ１１が磁極欠損区間２２０に位置すると、具体的には、例えば移動距離計測部３４によって計測した移動距離が所定距離に達したら（一定時間経過後）、モーションコントローラ４３は、位置指令（Command Position）を第１のサーボアンプ５０へ供給することを停止する。なお、上記所定距離（一定時間）は、第１の電気角検出センサ２１と第１のリニアモータ１１との距離に基づいて予め設定されればよい。

【００６３】

同様に、モーションコントローラ４３は、位置コンバータ３２から第２の電気角検出センサ２３の有効状態信号（Validation）を受けると、位置コンバータ３２からの現在位置情報（Position）に基づいて、指令位置に到達するための位置指令（Command Position）を第２のサーボアンプ６０へ供給する。一方、位置コンバータ３２から第２の電気角検出センサ２３の無効状態信号（Validation）を受けると、モーションコントローラ４３は、第２のリニアモータ１２が磁極欠損区間２２０に位置するまで、具体的には、例えば移動距離計測部３４によって計測した移動距離が所定距離に達するまで（一定時間経過するまで）、位置コンバータ３２からの現在位置情報（Position）に基づいて、指令位置に到達するための位置指令（Command Position）を第２のサーボアンプ６０へ供給し続ける。そして、第２のリニアモータ１２が磁極欠損区間２２０に位置すると、具体的には、例えば移動距離計測部３４によって計測した移動距離が所定距離に達したら（一定時間経過後）、モーションコントローラ４３は、位置指令（Command Position）を第２のサーボアンプ６０へ供給することを停止する。なお、上記所定距離（一定時間）は、第２の電気角検出センサ２３と第２のリニアモータ１２との距離に基づいて予め設定されればよい。

【００６４】

第１のサーボアンプ（駆動制御部）５０は、位置コントローラ（Position Controller）５１と、速度コントローラ（Velocity Controller）５２と、電流コントローラ（Current Controller）５３と、減算器５４Ａ，５４Ｂ，５４Ｃと、微分器５５と、インバータ（Inverter）５６と、電流センサ５７と、を有する。

【００６５】

位置コントローラ５１には、減算器５４Ａによって、モーションコントローラ４３からの位置指令が示す目標位置と位置コンバータ３２からの位置情報が示す現在位置との差分を求めたデータ（差分位置データ）が入力される。位置コントローラ５１は、この差分位置データに応じた速度データを出力する。

【００６６】

速度コントローラ５２には、微分器５５によって位置コンバータ３２からの位置情報を微分し、減算器５４Ｂによって、この微分データと位置コントローラ５１からの速度データとの差分を求めたデータ（差分速度データ）が入力される。速度コントローラ５２は、この差分速度データに応じた電流値データを出力する。

【００６７】

電流コントローラ５３には、電流センサ５７によって第１のリニアモータ１１の現在の電流値を検出し、減算器５４Ｃによって、速度コントローラ５２からの電流値データと電流センサ５７からの現在の電流値（実電流値）に応じたフィードバックデータとの差分を求めたデータ（差分電流値データ）が入力される。電流コントローラ５３は、この差分電流値データに応じた直流の駆動電流を出力する。

【００６８】

インバータ５６は、磁極コンバータ３１からの第１のリニアモータ１１の電気角に基づいて、電流コントローラ５３からの直流の駆動電流を交流の駆動電流に変換し、第１のリニアモータ１１を駆動するための駆動電流を生成する。インバータ５６の一例は、ＩＰＭ(Intelligent Power Module)を使用する３相インバータである。

【００６９】

同様に、第２のサーボアンプ（駆動制御部）６０は、位置コントローラ（Position Controller）６１と、速度コントローラ（Velocity Controller）６２と、電流コントローラ（Current Controller）６３と、減算器６４Ａ，６４Ｂ，６４Ｃと、微分器６５と、イン

バータ（Inverter）６６と、電流センサ６７と、を有する。

【００７０】

位置コントローラ６１には、減算器６４Ａによって、モーションコントローラ４３からの位置指令が示す目標位置と位置コンバータ３２からの位置情報が示す現在位置との差分を求めたデータ（差分位置データ）が入力される。位置コントローラ６１は、この差分位置データに応じた速度データを出力する。

【００７１】

速度コントローラ６２には、微分器６５によって位置コンバータ３２からの位置情報を微分し、減算器６４Ｂによって、この微分データと位置コントローラ６１からの速度データとの差分を求めたデータ（差分速度データ）が入力される。速度コントローラ６２は、この差分速度データに応じた電流値データを出力する。

【００７２】

電流コントローラ６３には、電流センサ６７によって第２のリニアモータ１２の現在の電流値を検出し、減算器６４Ｃによって、速度コントローラ６２からの電流値データと電流センサ６７からの現在の電流値（実電流値）に応じたフィードバックデータとの差分を求めたデータ（差分電流値データ）が入力される。電流コントローラ６３は、この差分電流値データに応じた直流の駆動電流を出力する。

【００７３】

インバータ６６は、磁極コンバータ３１からの第２のリニアモータ１２の電気角に基づいて、電流コントローラ６３からの直流の駆動電流を交流の駆動電流に変換し、第２のリニアモータ１２を駆動するための駆動電流を生成する。インバータ６６の一例は、ＩＰＭ(Intelligent Power Module)を使用する３相インバータである。

【００７４】

次に、本実施形態の移動体１００の動作について説明する。図７は、第１の電気角検出センサから磁極欠損区間に侵入する場合の電気角補間処理を示す図である。図８は、位置検出センサから磁極欠損区間に侵入する場合の電気角補間処理を示す図である。なお、移動体１００は、第１のリニアモータ１１及び第２のリニアモータ１２の２モータ駆動で移動することを前提とし、第１のリニアモータ１１及び第２のリニアモータ１２のうち一方のリニアモータが磁極欠損区間に位置する場合に、他方のリニアモータのみ駆動し、磁極経路２００に沿って移動する。

【００７５】

（１）第１の電気角検出センサ２１から磁極欠損区間２２０に侵入する場合

まず、図７（ａ）に示すように、第１の電気角検出センサ２１及び位置検出センサ２２が磁極欠損区間２２０に位置しておらず、第１の電気角検出センサ２１及び位置検出センサ２２が有効状態信号（Validation）を出力する場合、磁極コンバータ３１が、第１の電気角検出センサ２１からの位相角に基づいて第１のリニアモータ１１の電気角を導出し、位置コンバータ３２が、位置検出センサ２２からの位相角に基づいて移動体１００の位置（Position）を導出する。すると、モーションコントローラ４３及び第１のサーボアンプ５０によって、第１のリニアモータ１１が駆動される。

【００７６】

その後、図７（ｂ）に示すように、第１の電気角検出センサ２１が磁極欠損区間２２０に位置し、第１の電気角検出センサ２１が無効状態信号（Validation）を出力すると、磁極コンバータ３１による上記第１の電気角補間処理によって、前回導出した電気角に、前回から今回までの位置検出センサ２２からの位相角の変位量（移動量）を加算して、第１のリニアモータ１１の電気角を補間する。この際、モーションコントローラ４３及び第１のサーボアンプ５０によって第１のリニアモータ１１の駆動が継続される。

【００７７】

移動距離計測部３４によって、第１の電気角検出センサ２１から無効状態信号（Validation）を受けてからの移動体の移動距離を位置検出センサ２２の出力に基づいて計測する。計測した移動距離が予め記憶した所定距離（第１の電気角検出センサ２１と第１のリニ

アモータ１１との間隔に相当する移動量）になったら（一定時間経過後）、図７（ｃ）に示すように第１のリニアモータ１１が磁極欠損区間２２０に位置するため、モーションコントローラ４３及び第１のサーボアンプ５０によって第１のリニアモータ１１の駆動が停止される。このときには、第２のリニアモータ１２は、磁極欠損区間２２０に位置しておらず、モーションコントローラ４３及び第２のサーボアンプ６０によって、磁極コンバータ３１が導出した電気角に基づき駆動を継続している。上記の電気角は、第２の電気角検出センサ２３が検出する位相角に基づき磁極コンバータ３１によって導出される。なお、第１の電気角検出センサ２１は、磁極欠損区間２２０を抜けているため有効状態に復帰している。

【００７８】

第１の電気角検出センサ２１から無効状態信号（Validation）を受けてから有効状態信号（Validation）を受けるまでの移動距離計測部３４によって計測した移動距離に基づいて、区間長推定部３５によって、磁極欠損区間２２０の距離を算出する（磁極欠損区間長の算出）。

【００７９】

その後、移動距離計測部３４によって計測した移動距離が予め記憶した所定距離（第１のリニアモータ１１のモータ長に相当する移動量）に達したら（一定時間経過後）、図７（ｄ）に示すように第１のリニアモータ１１が磁極欠損区間２２０から抜けるため、磁極コンバータ３１が導出する電気角に基づいて、モーションコントローラ４３及び第１のサーボアンプ５０によって第１のリニアモータ１１の駆動が再開される。このとき、磁極コンバータ３１は、位置検出センサ２２から第１の電気角検出センサ２１に切り替え、第１の電気角検出センサ２１が検出する位相角に基づいて第１のリニアモータ１１の電気角を導出する。

【００８０】

図７（ｄ）に示すように、位置検出センサ２２が磁極欠損区間２２０に位置し、位置検出センサ２２が無効状態信号（Validation）を出力すると、位置コンバータ３２による位置補間処理によって、位置検出センサ２２の出力（位相角）から第２の電気角検出センサ２３の出力（位相角）に切り替えて、移動体１００の位置を補間する。

【００８１】

その後、図７（ｅ）に示すように、位置検出センサ２２が磁極欠損区間２２０から抜けて、位置検出センサ２２が有効状態信号（Validation）を出力すると、位置コンバータ３２が、第２の電気角検出センサ２３の出力（位相角）から位置検出センサ２２の出力（位相角）に切り替え戻して、移動体１００の位置を導出する。

【００８２】

以上、第１のリニアモータ１１による駆動にて移動体１００の移動方向Ｘに前進するときに第１の電気角検出センサ２１から磁極欠損区間２２０に侵入する場合、すなわち、第１のリニアモータ１１とその電気角検出用の第１の電気角検出センサ２１のうちの第１の電気角検出センサ２１から磁極欠損区間２２０に侵入する場合の動作を説明したが、第２のリニアモータ１２による駆動にて移動体１００の移動方向Ｘに後進するとき（移動方向Ｘの逆方向に移動するとき）に第２の電気角検出センサ２３から磁極欠損区間２２０に侵入する場合、すなわち、第２のリニアモータ１２とその電気角検出用の第２の電気角検出センサ２３のうちの第２の電気角検出センサ２３から磁極欠損区間２２０に侵入する場合の動作も同様である。

【００８３】

（２）位置検出センサ２２から磁極欠損区間２２０に侵入する場合

まず、図８（ａ）に示すように、第１のリニアモータ１１が磁極欠損区間２２０に位置し、位置検出センサ２２及び第２の電気角検出センサ２３が有効状態信号（Validation）を出力する場合、磁極コンバータ３１が、第２の電気角検出センサ２３からの位相角に基づいて第２のリニアモータ１２の電気角を導出し、位置コンバータ３２が、位置検出センサ２２からの位相角に基づいて移動体１００の位置（Position）を導出する。すると、モ

ーションコントローラ４３及び第２のサーボアンプ６０によって、第２のリニアモータ１２が駆動される。

【００８４】

その後、図８（ｂ）に示すように、位置検出センサ２２が磁極欠損区間２２０に位置し、位置検出センサ２２が無効状態信号（Validation）を出力すると、位置コンバータ３２による位置補間処理によって、位置検出センサ２２の出力（位相角）から第２の電気角検出センサ２３の出力（位相角）に切り替えて、移動体１００の位置を補間する。

【００８５】

移動距離計測部３４によって、位置検出センサ２２から無効状態信号（Validation）を受けてからの移動体の移動距離を第２の電気角検出センサ２３の出力に基づいて計測する。計測した移動距離が予め記憶した所定距離（位置検出センサ２２と第２のリニアモータ１２との間隔に相当する移動量）になったら（一定時間経過後）、図８（ｃ）に示すように第２のリニアモータ１２が磁極欠損区間２２０に位置するため、モーションコントローラ４３及び第２のサーボアンプ６０によって第２のリニアモータ１２の駆動が停止される。このときには、第１のリニアモータ１１は、磁極欠損区間２２０に位置しておらず、モーションコントローラ４３及び第１のサーボアンプ５０によって、磁極コンバータ３１が導出した電気角に基づき駆動を継続している。上記の電気角は、第１の電気角検出センサ２１が検出する位相角に基づき磁極コンバータ３１によって導出される。また、このときには、位置検出センサ２２は、磁極欠損区間２２０を抜けているため、有効状態に復帰しており、位置コンバータ３２によって、第２の電気角検出センサ２３の出力（位相角）から位置検出センサ２２の出力（位相角）に切り替え戻して、移動体１００の位置を導出する。

【００８６】

位置検出センサ２２から無効状態信号（Validation）を受けてから有効状態信号（Validation）を受けるまでの移動距離計測部３４によって計測した移動距離に基づいて、区間長推定部３５によって、磁極欠損区間２２０の距離を算出する（磁極欠損区間長の算出）。

【００８７】

その後、移動距離計測部３４によって計測した移動距離が予め記憶した所定距離（第２のリニアモータ１２のモータ長、及び、第２のリニアモータ１２と第２の電気角検出センサ２３との間隔に相当する移動量）に達したら（一定時間経過後）、図８（ｄ）に示すように第２のリニアモータ１２が磁極欠損区間２２０から抜け、第２の電気角検出センサ２３が磁極欠損区間２２０に位置する。よって、第２の電気角検出センサ２３が無効状態信号（Validation）を出力するため、磁極コンバータ３１による上記第２の電気角補間処理によって、位置検出センサ２２が出力する位相角に基づいて第２のリニアモータ１２の電気角を直接導出し、第２のリニアモータ１２の電気角を補間する。この際、モーションコントローラ４３及び第２のサーボアンプ６０によって第２のリニアモータの駆動が再開される。

【００８８】

その後、図８（ｅ）に示すように、第２の電気角検出センサ２３が磁極欠損区間２２０から抜けて、第２の電気角検出センサ２３が有効状態信号（Validation）を出力すると、磁極コンバータ３１によるスムージング機能によって、位置検出センサ２２の出力に対する第２の電気角検出センサ２３の出力の合成比率を次第に高めるように、位置検出センサ２２の出力と第２の電気角検出センサ２３の出力とを合成する。このようにして、例えば一対の磁極のピッチ長（６６ｍｍ）の範囲で移動距離に応じて、位置検出センサ２２の出力から復帰直後の第２の電気角検出センサ２３の出力に次第に切り替える。これにより、位置検出センサ２２及び第２の電気角検出センサ２３の検出点は互いに異なるため、位置検出センサ２２から第２の電気角検出センサ２３にいきなり切り替えることで電気角が不連続となってしまう問題を抑制し、切替前後であってもスムーズな電気角検出を行える。

【００８９】

以上、第２のリニアモータ１２による駆動にて移動体の移動方向Ｘに前進するときに位置検出センサ２２から磁極欠損区間２２０に侵入する場合、すなわち、第２のリニアモータ１２とその電気角検出用の第２の電気角検出センサ２３とのうちの第２のリニアモータ１２から磁極欠損区間２２０に侵入する場合の動作を説明したが、第１のリニアモータ１１による駆動にて移動体の移動方向Ｘに後進するときに位置検出センサ２２から磁極欠損区間２２０に侵入する場合、すなわち、第１のリニアモータ１１とその電気角検出用の第１の電気角検出センサ２１とのうちの第１の電気角検出センサ２１から磁極欠損区間２２０に侵入する場合の動作も同様である。なお、この形態が請求項７に記載の形態に相当する。

【００９０】

以上説明したように、本実施形態の移動体１００によれば、位置検出センサと電気角検出センサとで移動体の位置検出とリニアモータの電気角検出との役割を分担させる構成において、磁極欠損区間に位置検出センサ及び電気角検出センサの一方のセンサが磁極欠損区間に位置しても、他方のセンサによって、一方のセンサによる移動体の位置検出又はリニアモータの電気角検出との役割を補間することができる。また、磁極欠損区間中の検出のために、別途で代替のセンサを用意する必要がない。

【００９１】

本実施形態の移動体１００によれば、電気角検出センサが磁極欠損区間に入って、制御部が位置検出センサに切り替えたときに、リニアモータの駆動をOFFにするのではなく、そこから更に一定距離移動した後に、リニアモータの駆動をOFFにする。そのため、リニアモータの推力低下をぎりぎりまで抑制できる。

【００９２】

本発明は上記した本実施形態に限定されることなく種々の変形が可能である。例えば、本実施形態では、磁極センサ（第１及び第２の電気角検出センサ、及び、位置検出センサ）によって検出した位相角を位置情報（Position）としたが、磁極センサによって検出した位相角の変位量を位置情報（Position）としてもよい。例えば、任意の基準位置からの位相角の変位量、すなわち移動量を位置情報（Position）としてもよい。より具体的には、位置コンバータ３２によって、位置検出センサ（補間時は電気角検出センサ）が検出した位相角を定期的に取得して位相角の変位量を求め、これを位置情報としてコントローラ４０及びサーボアンプ５０，６０に出力してもよい。なお、基準位置は、移動体の移動開始位置であってもよく、或いは、レールに離散的に配置したバーコードを移動体に設けられたリーダで読み取ることにより取得した座標情報であってもよい。

【００９３】

この場合、コントローラ４０及びサーボアンプ５０，６０は、現在位置情報（Position）として、任意の基準位置からの位相角の変位量、すなわち移動量を利用する。具体的には、モーションコントローラ４３は、位置指令（Command Position）として移動量を示す情報をサーボアンプ５０，６０へ供給する。サーボアンプ５０，６０は、モーションコントローラ４３からの位置指令が示す目標位置、位置コンバータ３２からの位置情報としての移動量が示す現在位置、及び、電流センサによって検出したリニアモータの実電流値に応じたフィードバックデータから、リニアモータを駆動するための駆動電流を生成する。

【００９４】

本実施形態の構成に加えて、以下のような構成（図９，図１１）を更に備えてもよい。

【００９５】

図９は、本実施形態の変形例に係る移動体システムの主要部を示す図である。図９に示すように、移動体１００Ａは、移動体１００において磁極欠損区間検出部７１，７２を更に備える。磁極経路２００Ａの磁極欠損区間２２０には、反射抑制テープ２３０が貼付されていてもよい。

【００９６】

磁極欠損区間検出部７１は、第１のリニアモータ１１の横において移動方向に配列された９個の反射型フォトセンサを含む。反射型フォトセンサは、例えば、投光部と受光部と

を有し、レール、磁石プレートのバックヨーク又は磁石カバー等の金属性の反射強度が高い部分に光を投光し、その反射光を受光する反射型のフォトセンサである。これらのフォトセンサは、磁極区間２１０では、反射強度が高い金属性の磁石プレートのバックヨークからの反射光を受光してオン状態となり、磁極欠損区間２２０では、反射抑制テープ２３０からの比較的に弱い反射光を受光してオフ状態となる。

【００９７】

図１０に、これらのフォトセンサのタイミングチャートを示す。図１０では、移動方向の前側から順にフォトセンサ１～９としている。なお、磁極ユニットの継ぎ目等で反射光がない状態を検出してしまうことを回避するために、例えば、２つ以上のフォトセンサがオフ状態のときに、磁極欠損区間検出部７１が磁極欠損区間２２０上に位置することを判定するようにしてもよい。

【００９８】

図１１は、本実施形態の他の変形例に係る移動体システムの主要部を示す図である。図１１に示すように、磁極経路の磁極欠損区間に代えて、磁極経路２００Ｂの磁極欠損区間２２０の前後に、反射抑制テープ２３０が貼付されていてもよい。

【００９９】

図１２に、フォトセンサのタイミングチャートを示す。図１２でも、移動方向の前側から順にフォトセンサ１～９としている。なお、磁極経路における留め具のネジでの光の乱反射、又は、分岐もしくはカーブ軌道で磁石カバー上を通過する際の汚れもしくは凹凸に起因して誤検出されることを回避するために、以下のパターンを除外した残りのパターンを検出したときに、磁極欠損区間検出部７１が磁極欠損区間２２０上に位置することを判定するようにしてもよい。

フォトセンサ１オフ、及び、フォトセンサ２オフ
フォトセンサ１オフ、及び、フォトセンサ２オフ、及び、フォトセンサ３オフ
フォトセンサ１オフ、及び、フォトセンサ２オフ、及び、フォトセンサ３オフ、及び、フォトセンサ４オフ
フォトセンサ６オフ、及び、フォトセンサ７オフ、及び、フォトセンサ８オフ、及び、フォトセンサ９オフ
フォトセンサ７オフ、及び、フォトセンサ８オフ、及び、フォトセンサ９オフ
フォトセンサ８オフ、及び、フォトセンサ９オフ

【０１００】

ここで、例えば一対の磁極を４つ配列する磁極ユニット単位で工場等の磁極経路に施工する場合、これらの磁極ユニットの間に磁極欠損区間が存在する。図９のように磁極欠損区間に反射抑制テープを貼付する場合、施工後にテープを貼付するのに対して、図１１に示すように磁極欠損区間の前後に反射抑制テープを貼付する場合、施工前の磁極ユニット単位でテープを貼付することができ、工事の作業性が比較的によいという利点を有する。一方、図１１に示すように磁極欠損区間の前後に反射抑制テープを貼付する場合、テープ貼付箇所が２か所であるのに対して、図９に示すように磁極欠損区間に反射抑制テープを貼付する場合、テープ貼付箇所が１か所であり、テープの長さを短くすることができる。

【０１０１】

上記した変形例では、磁極経路の磁極欠損区間、又は、磁極欠損区間の前後に反射抑制テープを貼付したが、反射抑制テープに代えて反射テープが貼付されてもよい。

【０１０２】

上記した変形例では、磁極欠損区間検出部として複数の反射型フォトセンサを用いたが、複数の反射型フォトセンサに代えて複数のホール素子を用いてもよい。この場合、複数のホール素子は、リニアモータ内部に配置されてもよい。磁極センサ内部に、磁極欠損区間検出部としてホール素子を別途設けても良い。

【０１０３】

本実施形態では、第１及び第２の電気角検出センサの分解能と位置検出センサの分解能とが同じ場合を想定したが、第１及び第２の電気角検出センサの分解能と位置検出センサ

の分解能とが異なる場合、すなわち分解能が異なるセンサ間で補間を行う場合、補間する側のセンサの出力を補間される側のセンサの分解能に合わせる補正を行えばよい。

【０１０４】

また、本実施形態では、位置検出センサ２２としてホール素子を例示したが、図１３に示すように、位置検出センサとしてロータリーエンコーダ２２Ａを用いてもよい。この場合、ロータリーエンコーダの１回転を電気角検出用のホール素子の１周期と対応させればよい。

【０１０５】

本実施形態では、２つのリニアモータを有する移動体を例示したが、移動体は３つ以上のリニアモータを備えてもよい。

【０１０６】

本実施形態は、以下のような構成（図１４及び図１５参照）を更に備えてもよい。

【０１０７】

図１４は、変形例に係る移動体システムの主要部を示す図である。図１４は、天井に敷設された軌道（磁極経路）２００を下方から見た場合における移動体１００の概略図である。図１４（ａ）は、移動体１００が直線経路２０１を走行する直線経路走行時を示す。図１４（ｂ）は、移動体１００がカーブ経路２０２を走行するカーブ経路走行時を示す。図１５は、図１４に示す連結器８６の周辺構造を拡大して示す図である。

【０１０８】

図１４（ａ）及び図１４（ｂ）に示すように、移動体１００は、２台のボギー台車（第１のボギー台車及び第２のボギー台車）８１と、これらのボギー台車８１間に位置する中間体８２と、を備えている。各ボギー台車８１は、ボギー中心軸８３を介して回転可能に構成されている。各ボギー台車８１と中間体８２とは、連結器８６を介して連結されている。

【０１０９】

連結器８６は、各ボギー台車８１の車体における移動方向の一端部に接続されたリンク８４と、中間体８２の車体における移動方向の両端部に接続されたリンク８５と、各ボギー台車８１のリンク８４に設けられた軸受８７と、を含む。図１５に示すように、中間体８２のリンク８５には、その延在方向を長手方向とする長孔８８が形成されている。連結器８６では、リンク８５の長孔８８にリンク８４の軸受８７が挿入されることで、リンク８４とリンク８５とが連結される。

【０１１０】

このような連結器８６は、各ボギー台車８１と中間体８２とを連結し、各ボギー台車８１と中間体８２とを一体として構成する。連結器８６は、リンク８４とリンク８５とを回転可能かつ直動可能に連結する。換言すると、連結器８６では、長孔８８内の軸受８７を起点に、リンク８４とリンク８５とを相対的に回転可能かつ直動可能とする。

【０１１１】

２台のボギー台車８１の一方には、上記第１のリニアモータ１１及び上記第１の電気角検出センサ２１が設けられている。２台のボギー台車８１の他方には、上記第２のリニアモータ１２及び上記第２の電気角検出センサ２３が設けられている。中間体８２には、上記位置検出センサ２２が設けられている。

【０１１２】

以上、移動体１００において、位置検出センサ２２は、２台のボギー台車８１間に連結器８６を介して回転可能かつ直動可能に配置される中間体８２に設けられる。よって、直線経路２０１の走行時（図１４（ａ）参照）だけでなくカーブ経路２０２の走行時（図１４（ｂ）参照）でも、移動体１００の各車体の姿勢変化に追従してリンク８４及びリンク８５間が回転かつ直動し、磁極経路２００の中心（磁極経路２００の幅方向の中心）を保って、位置検出センサ２２が移動体１００の位置を精度良く検出できる。更に、各ボギー台車８１には、リニアモータと電気角センサが対としてそれぞれ配置される。そのため、移動体１００では、ボギー台車８１ごとに独立して駆動することができ、リニアモータの

電気角の検出にも支障がない。

【０１１３】

また、移動体１００が搬送台車である場合、搬送対象である物品を支持する支持部（不図示）を、位置検出センサ２２と同様に、中間体８２に設置してもよい。これにより、当該搬送台車において、位置検出センサ２２の位置と、上記支持部（搬送対象の物品）の位置とが対応する（例えば、同一又は近接の位置となる）。そのため、搬送対象の物品を安定して搬送制御できる。特に、半導体ウエハー等のデリケートな物品を搬送する場合には（例えば、当該搬送台車が半導体搬送台車である場合には）、中間体８２に位置検出センサ２２及び上記支持部を配置する構成が有効である。

【０１１４】

以上に説明したように、移動体は、次のように構成されていてもよい。すなわち、Ｎ極及びＳ極からなる一対の磁極が複数配列された磁極区間と磁極が欠損した磁極欠損区間とを有する磁極経路であって直線経路とカーブ経路とを有する前記磁極経路に沿って移動する移動体において、前記磁極経路の磁束との磁気相互作用により駆動する第１のリニアモータと、前記磁極経路の磁束との磁気相互作用により駆動する第２のリニアモータと、前記移動体の位置を検出するための位置検出センサと、前記第１のリニアモータの電気角を検出するための第１の電気角検出センサと、前記第２のリニアモータの電気角を検出するための第２の電気角検出センサと、前記第１のリニアモータ及び前記第１の電気角検出センサが設けられる第１のボギー台車と、前記第２のリニアモータ及び前記第２の電気角検出センサが設けられる第２のボギー台車と、前記第１のボギー台車と前記第２のボギー台車との間に連結部材を介して配置されると共に、前記位置検出センサが設けられる中間体と、を含んでいてもよい。

【０１１５】

移動体は、Ｎ極とＳ極とからなる一対の磁極が複数配列された磁極区間と、磁極が欠損した磁極欠損区間とを有する磁極経路に沿って移動する移動体であって、磁極経路の磁束との磁気相互作用により駆動する第１のリニアモータを含む複数のリニアモータと、移動体の位置を検出するための位置検出センサと、磁極経路の経路方向において位置検出センサとは異なる位置に配置され、第１のリニアモータの電気角を検出するための第１の電気角検出センサと、位置検出センサ及び第１の電気角検出センサの一方のセンサが磁極欠損区間に位置する場合に、移動体の位置検出及び第１のリニアモータの電気角検出を他方のセンサに兼用させる制御部と、を備えていてもよい。

【０１１６】

移動体は、複数のリニアモータは、磁極経路の経路方向において第１のリニアモータとは異なる位置に配置される第２のリニアモータを含み、移動体は、経路方向において第１の電気角検出センサと協働して位置検出センサを挟み込むように配置され、第２のリニアモータの電気角を検出するための第２の電気角検出センサを更に含み、制御部は、位置検出センサが磁極欠損区間に位置する場合に、位置検出センサから第１の電気角検出センサ及び第２の電気角検出センサのいずれかに切り替えることにより、切り替えたセンサに移動体の位置検出及び第１のリニアモータの電気角検出を兼用させてもよい。

【産業上の利用可能性】

【０１１７】

本発明の一側面によれば、位置検出センサ及び電気角検出センサのうちの何れかのセンサが磁極欠損区間に位置する場合にも、移動体の位置、又は、対応のリニアモータの電気角を検出することができる。

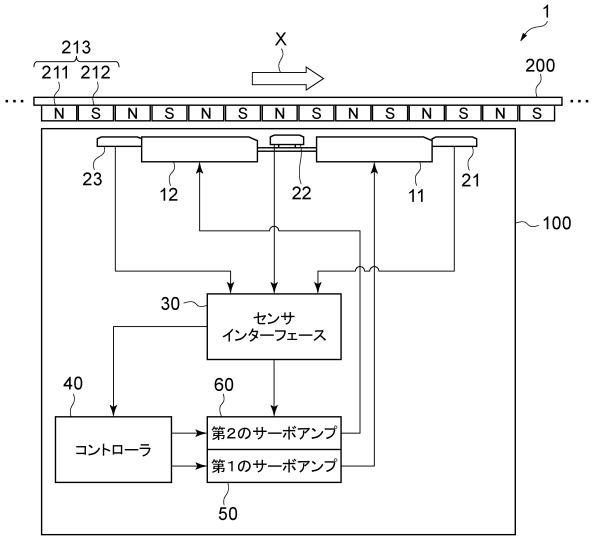
【符号の説明】

【０１１８】

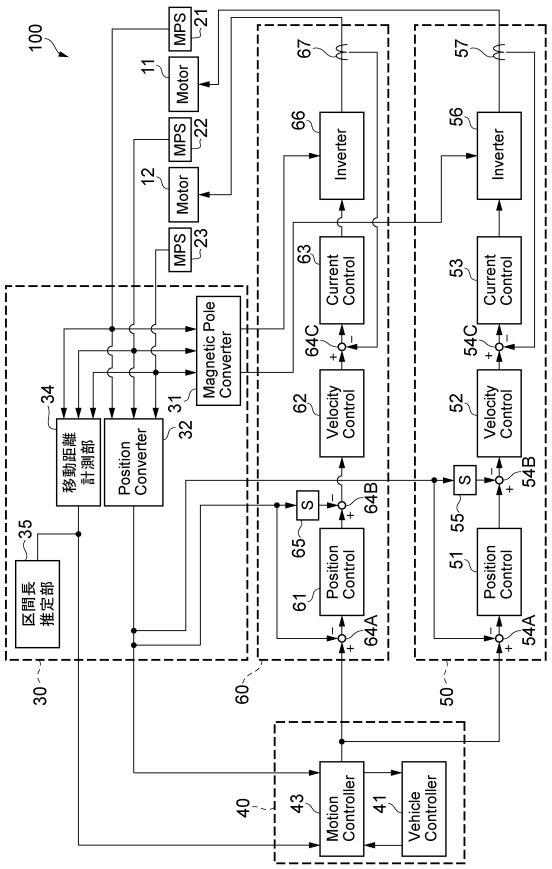
１…移動体システム、１１…第１のリニアモータ、１２…第２のリニアモータ、２１…第１の電気角検出センサ、２２…位置検出センサ、２２Ａ…ロータリーエンコーダ（位置検出センサ）、２３…第２の電気角検出センサ、３０…センサインターフェース、３１…磁極コンバータ、３２…位置コンバータ、３４…移動距離計測部、３５…区間長推定部、

４０…コントローラ、４１…ビークルコントローラ、４３…モーションコントローラ、５０…第１のサーボアンプ、５１…位置コントローラ、５２…速度コントローラ、５３…電流コントローラ、５４Ａ，５４Ｂ，５４Ｃ…減算器、５５…微分器、５６…インバータ、５７…電流センサ、６０…第２のサーボアンプ、６１…位置コントローラ、６２…速度コントローラ、６３…電流コントローラ、６４Ａ，６４Ｂ，６４Ｃ…減算器、６５…微分器、６６…インバータ、６７…電流センサ、７１，７２…磁極欠損区間検出部、８１…ボギー台車（第１のボギー台車及び第２のボギー台車）、８２…中間体、８４…リンク、８５…リンク、８６…連結器（連結部材）、１００，１００Ａ…移動体、２００，２００Ａ，２００Ｂ…磁極経路、２１０…磁極区間、２１１…Ｎ極の磁石、２１２…Ｓ極の磁石、２１３…一対の磁極、２２０…磁極欠損区間、２３０…反射抑制テープ。

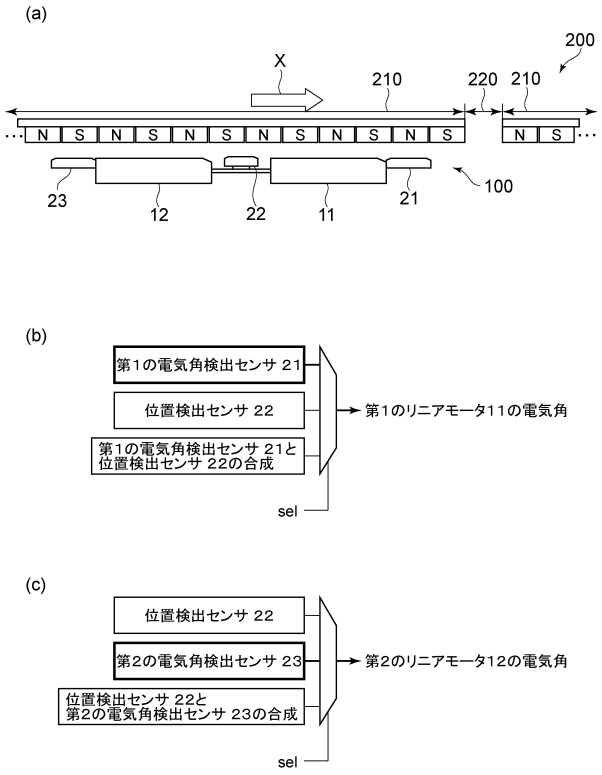
【図１】



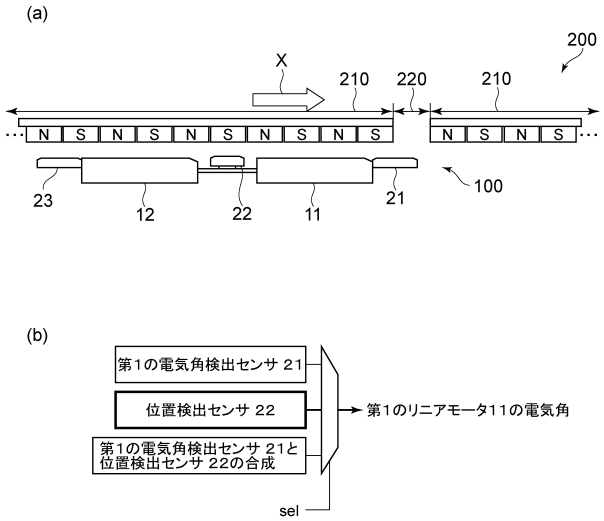
【図２】



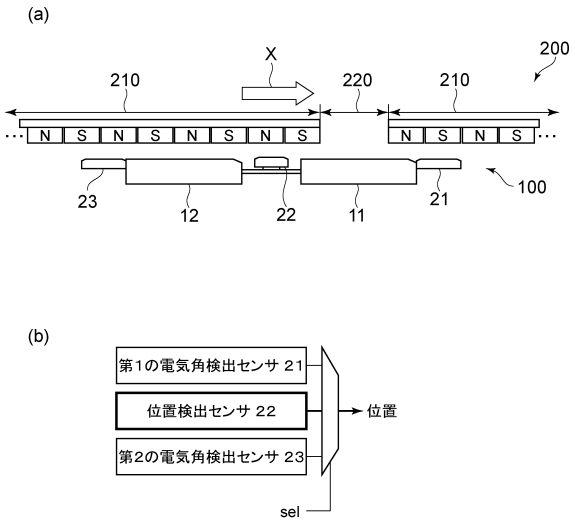
【図３】


(a)
200
X
210
220
210
N S N S N S N S N S N S
N S
100
23
12
22
11
21
(b)
第1の電気角検出センサ 21
位置検出センサ 22
第1の電気角検出センサ 21と
位置検出センサ 22の合成
第1のリニアモータ11の電気角
sel
(c)
位置検出センサ 22
第2の電気角検出センサ 23
位置検出センサ 22と
第2の電気角検出センサ 23の合成
第2のリニアモータ12の電気角
sel

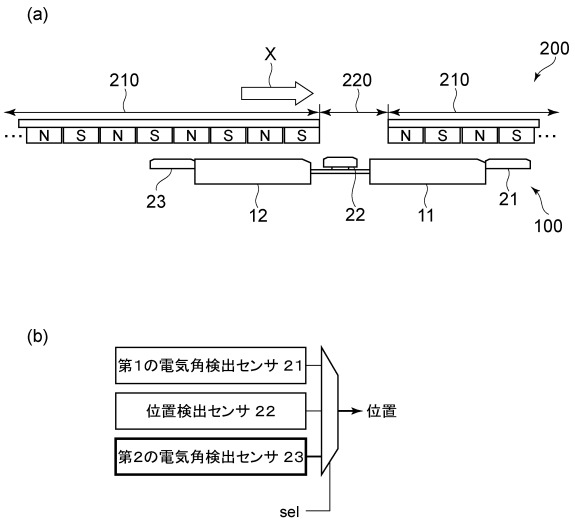
【図４】


(a)
X
210
220
210
200
N S N S N S N S N S N S
N S N S
100
23
12
22
11
21
(b)
第1の電気角検出センサ 21
位置検出センサ 22
第1の電気角検出センサ 21と
位置検出センサ 22の合成
第1のリニアモータ11の電気角
sel

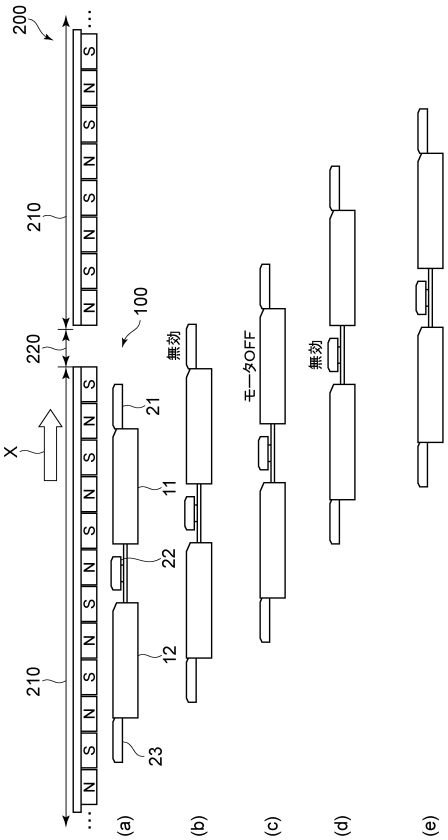
【図５】


(a)
X
210
220
210
200
N S N S N S N S N S N S
100
23
12
22
11
21
(b)
第1の電気角検出センサ 21
位置検出センサ 22
第2の電気角検出センサ 23
位置
sel

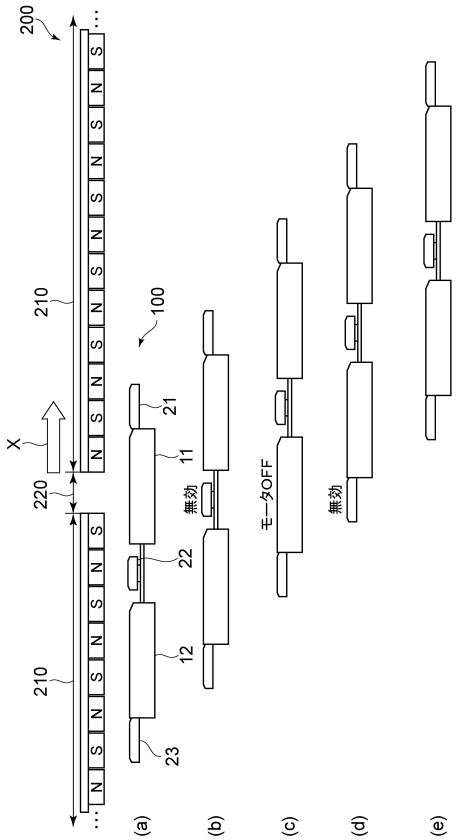
【図６】


(a)
X
210
220
210
200
N S N S N S N S N S N S
23
12
22
11
21
100
(b)
第1の電気角検出センサ 21
位置検出センサ 22
第2の電気角検出センサ 23
位置
sel

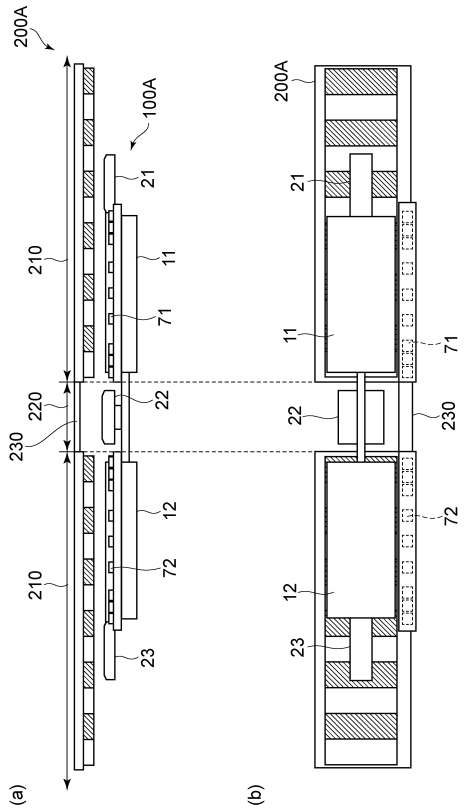
【図７】


200
210
220
100
X
N S N S N S N S N S N S
21
11
22
12
23
無効
モータOFF
無効
(a)
(b)
(c)
(d)
(e)

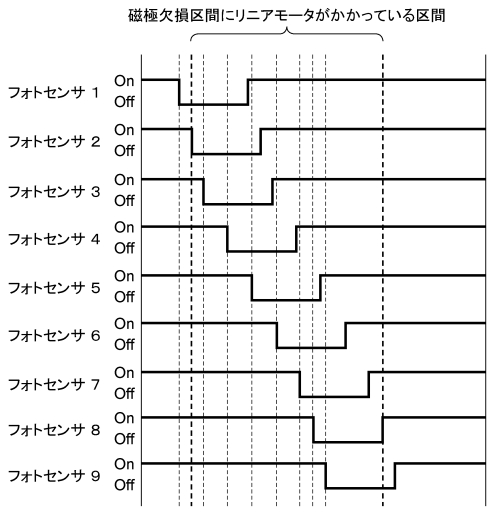
【図８】


200
210
220
100
X
N S N S N S N S N S N S
21
11
22
12
23
無効
モータOFF
無効
(a)
(b)
(c)
(d)
(e)

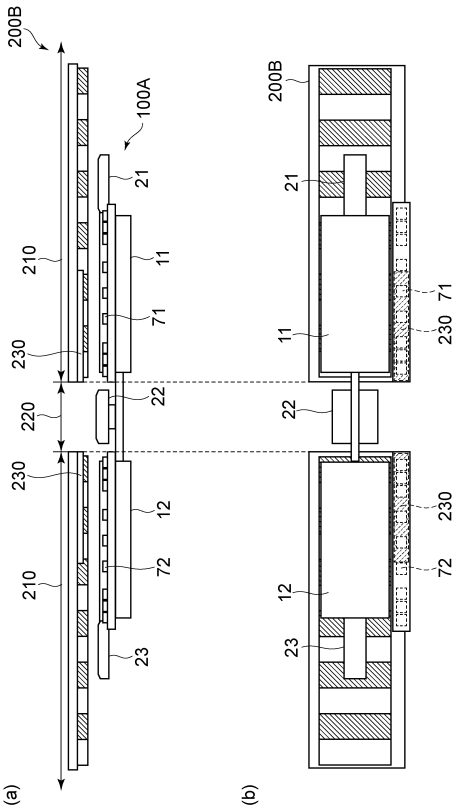
【図９】


200A
100A
210
220
230
21
11
71
22
12
72
23
(a)
(b)

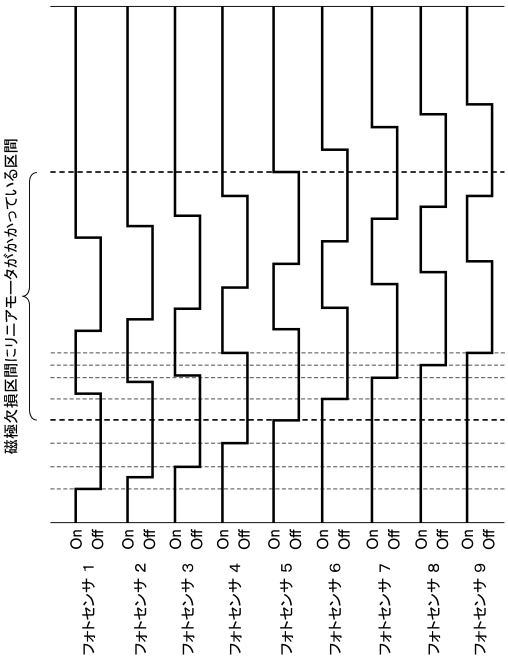
【図１０】


磁極欠損区間にリニアモータがかかっている区間
フォトセンサ 1
フォトセンサ 2
フォトセンサ 3
フォトセンサ 4
フォトセンサ 5
フォトセンサ 6
フォトセンサ 7
フォトセンサ 8
フォトセンサ 9
On
Off

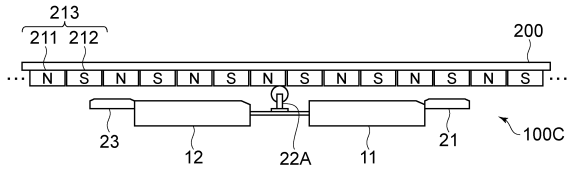
【図１１】



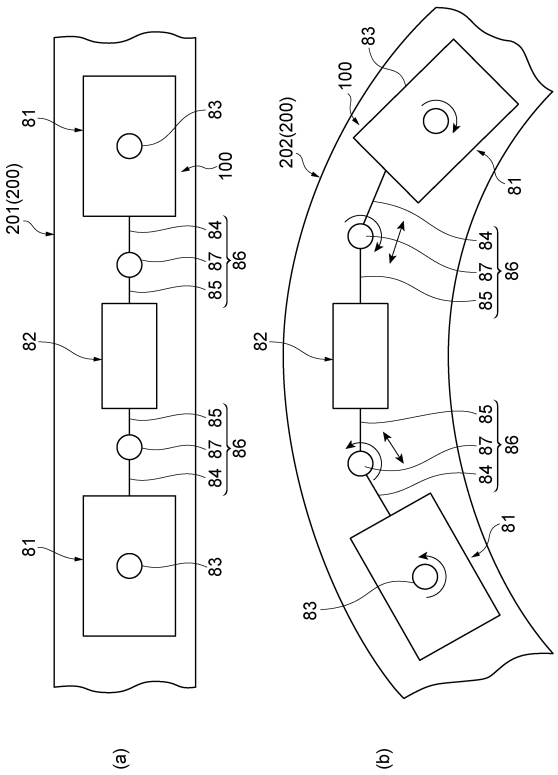
【図１２】



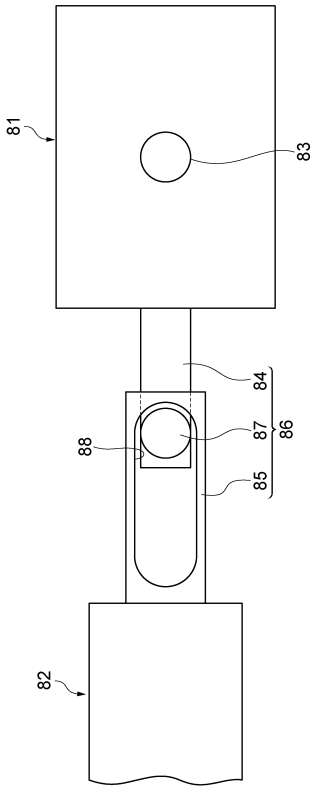
【図１３】



【図１４】



【図１５】



フロントページの続き

(72)発明者　山田　康武
愛知県犬山市大字橋爪字中島２番地　村田機械株式会社犬山事業所内

審査官　今井　貞雄

(56)参考文献　特開２０１４－２１７０７６（ＪＰ，Ａ）
米国特許出願公開第２０１０／０１２６３７３（ＵＳ，Ａ１）

(58)調査した分野(Int.Cl.，ＤＢ名)
Ｂ６０Ｌ　１３／０３
Ｈ０２Ｐ　２５／０６４