

(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
2024年5月16日(16.05.2024)

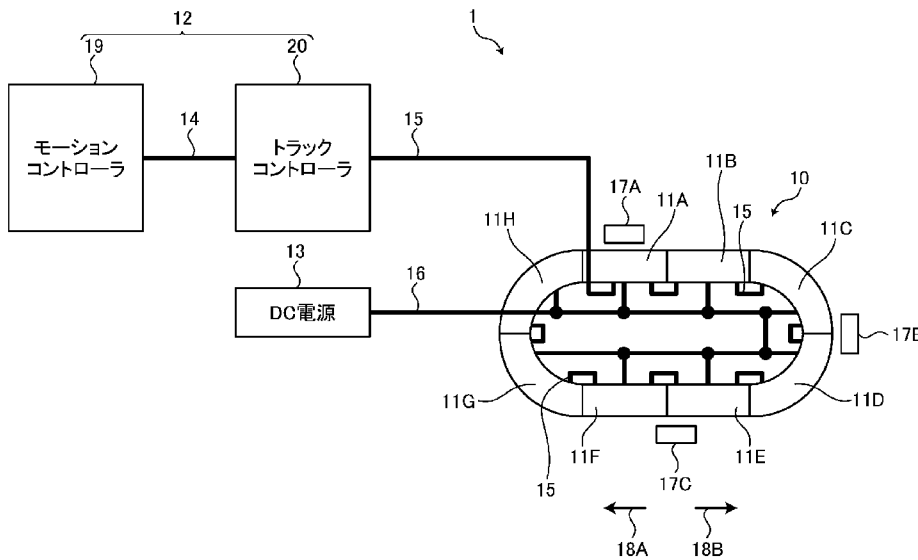


(10) 国際公開番号
WO 2024/100885 A1

- (51) 国際特許分類:
B65G 54/02 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2022/042087
- (22) 国際出願日: 2022年11月11日(11.11.2022)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (71) 出願人:三菱電機株式会社(MITSUBISHI ELECTRIC CORPORATION) [JP/JP]; 〒1008310 東京都千代田区丸の内二丁目7番3号 Tokyo (JP).
- (72) 発明者: 川瀬 達也 (KAWASE, Tatsuya); 〒1008310 東京都千代田区丸の内二丁目7番3号 三菱電機株式会社内 Tokyo (JP). 五
- (74) 代理人:高村 順(TAKAMURA, Jun); 〒1000013 東京都千代田区霞が関3丁目8番1号 虎ノ門ダイビルイースト 弁理士法人酒井国際特許事務所 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, CV, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IQ, IR, IS, IT, JM, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MY,

(54) Title: CONVEYANCE SYSTEM

(54) 発明の名称: 搬送システム



(57) Abstract: This conveyance system (1) comprises: a plurality of conveyance path units (11A-11H) that constitute a conveyance path (10) on which a conveyance vehicle moves, each of the plurality of conveyance path units (11A-11H) having a plurality of drive parts that generate thrust for causing the conveyance vehicle to move due to a current flowing; and a controller (12) provided with a current command generator that generates a current command for controlling the current flowing through the plurality of drive parts. Each of the plurality of conveyance path units (11A-11H) controls the current flowing through each of the plurality of drive parts in accordance with the current command. For each control period when generating the current command, the current command generator generates a current command by which all

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, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA,
UG, US, UZ, VC, VN, WS, 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, CV, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SC, 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, ME, 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 :

- 一 国際調査報告 (条約第21条(3))

of the plurality of drive parts of the conveyance path units (11A-11H) are employed as subjects of current control.

(57) 要約 : 搬送システム (1) は、搬送体が移動する搬送路 (10) を構成し、電流が流れることにより搬送体を移動させる推力を発生する複数の駆動部を各々が有する複数の搬送路ユニット (11A-11H) と、複数の駆動部に流れる電流を制御するための電流指令を生成する電流指令生成器を備えるコントローラ (12) と、を備える。複数の搬送路ユニット (11A-11H) の各々は、複数の駆動部の各々を流れる電流を電流指令に従って制御する。電流指令生成器は、電流指令を生成する際の制御周期の度に、各搬送路ユニット (11A-11H) の複数の駆動部の全てを電流制御の対象とする電流指令を生成する。

明 細 書

発明の名称：搬送システム

技術分野

[0001] 本開示は、物を搬送する搬送システムに関する。

背景技術

[0002] ファクトリーオートメーションが導入される生産ライン、例えば、工業製品を組み立てるための生産ライン、または、食品を包装するための生産ラインなどには、ワークを搬送する搬送システムが一般的に用いられる。近年、ワークを搬送する搬送路を複数のゾーンに分割し、ワークが載せられた台車を、各ゾーンに配置された制御装置によって走行させる搬送システムが多く用いられている。かかる搬送システムは、生産効率の面で優れた搬送システムの1つとして知られている。

[0003] 特許文献1には、リニアモータを用いた搬送システムが開示されている。特許文献1に開示される搬送システムは、磁石を有する台車と搬送路に並べられた複数のコイルユニットとを備える。各コイルユニットは、複数のコイルを備える。特許文献1に開示される搬送システムは、コイルを流れる電流と磁石が発生する磁界との相互作用によって、台車を移動させる推力を発生する。特許文献1によると、各コイルユニットにはスイッチが接続されており、スイッチの開閉により、コイルへの電流の供給とコイルへ流れる電流の遮断とが切り換えられる。特許文献1に開示される搬送システムは、搬送路における台車の位置を検出し、台車へ推力を及ぼし得る位置にあるコイルユニットを選択する。特許文献1に開示される搬送システムは、選択されたコイルユニットに対してはスイッチを閉じることにより電流を供給し、選択されたコイルユニット以外のコイルユニットに対してはスイッチを開くことにより電流を遮断する。

先行技術文献

特許文献

[0004] 特許文献1：特開2017-79569号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0005] 特許文献1に開示される搬送システムには、コイルへ流れる電流を制御する電流制御器とは別に、スイッチが設けられる。特許文献1に開示される搬送システムでは、スイッチが必要である分、回路構成が複雑となる。また、特許文献1に開示される搬送システムでは、電流制御器へ入力される電流指令とは別に、スイッチを制御するための開閉指令を生成および出力する必要がある。特許文献1の技術によると、電流指令とは別に開閉指令を生成および出力するために、搬送システムを制御するための処理が複雑となる。このように、特許文献1に開示される搬送システムは、回路構成が複雑となり、かつ、搬送システムを制御するための処理が複雑となるという問題があった。

[0006] 本開示は、上記に鑑みてなされたものであって、回路構成を簡易にでき、かつ、簡易な処理による制御を可能とする搬送システムを得ることを目的とする。

課題を解決するための手段

[0007] 上述した課題を解決し、目的を達成するために、本開示にかかる搬送システムは、搬送体が移動する搬送路を構成し、電流が流れることにより搬送体を移動させる推力を発生する複数の駆動部を各々が有する複数の搬送路ユニットと、複数の駆動部に流れる電流を制御するための電流指令を生成する電流指令生成器を備えるコントローラと、を備える。複数の搬送路ユニットの各々は、複数の駆動部の各々を流れる電流を電流指令に従って制御する。電流指令生成器は、電流指令を生成する際の制御周期の度に、各搬送路ユニットの複数の駆動部の全てを電流制御の対象とする電流指令を生成する。

発明の効果

[0008] 本開示にかかる搬送システムは、回路構成を簡易にでき、かつ、簡易な処

理による制御が可能となるという効果を奏する。

図面の簡単な説明

- [0009] [図1]実施の形態1にかかる搬送システムの構成例を示す図
- [図2]実施の形態1にかかる搬送システムに備えられる搬送路ユニットの構成例を示す図
- [図3]実施の形態1にかかる搬送システムに備えられるトラックコントローラの構成例を示す図
- [図4]実施の形態1にかかる搬送システムの電流指令生成器による処理手順を示すフローチャート
- [図5]実施の形態1における台車の位置とコイルの推力定数との関係の例を示す図
- [図6]実施の形態1にかかる搬送システムによる電流指令の計算結果の例を示す図
- [図7]実施の形態2にかかる搬送システムに備えられる搬送路ユニットの構成例を示す図
- [図8]実施の形態2にかかる搬送システムにおいて各コイルに対する電流指令の生成に使用される推力指令の例を示す図
- [図9]実施の形態3にかかる搬送システムに備えられるトラックコントローラの構成例を示す図
- [図10]実施の形態3にかかる搬送システムに備えられる学習装置の構成例を示す図
- [図11]実施の形態3にかかる搬送システムに備えられる学習装置の処理手順を示すフローチャート
- [図12]実施の形態3にかかる搬送システムに備えられる台車位置制御器の構成例を示す図
- [図13]実施の形態3にかかる搬送システムに備えられる台車位置制御器の処理手順を示すフローチャート
- [図14]実施の形態1から3にかかる制御回路の構成例を示す図

[図15]実施の形態1から3にかかる専用のハードウェア回路の構成例を示す図

発明を実施するための形態

[0010] 以下に、実施の形態にかかる搬送システムを図面に基づいて詳細に説明する。

[0011] 実施の形態1.

図1は、実施の形態1にかかる搬送システム1の構成例を示す図である。搬送システム1は、物の搬送に使用されるシステムである。実施の形態1では、搬送システム1は、物が載せられた搬送体を移動させることによって、物を搬送する。

[0012] 搬送システム1は、複数の搬送路ユニット11A-11Hと、コントローラ12と、直流(Direct Current: DC)電源13と、台車17A, 17B, 17Cとを備える。コントローラ12は、複数の搬送路ユニット11A-11Hを制御する。コントローラ12は、モーションコントローラ19とトラックコントローラ20とを備える。以下の説明では、搬送路ユニット11とは、搬送路ユニット11A-11Hの各々を区別せずに称したものとする。

[0013] 複数の搬送路ユニット11は、互いに連結されており、搬送体が移動する搬送路10を構成する。複数の搬送路ユニット11は、搬送体へ動力を与えることによって搬送体を移動させる。搬送体は、台車17A, 17B, 17Cの各々である。以下の説明では、台車17とは、台車17A, 17B, 17Cの各々を区別せずに称したものとする。

[0014] 図1に示す搬送路10は、環状である。すなわち、図1に示す搬送路10は、閉じた経路である。搬送システム1の搬送路10は、開いた経路でも良い。すなわち、搬送システム1の搬送路10は、始点および終点を有する経路でも良い。

[0015] 搬送路ユニット11A, 11B, 11E, 11Fは、直線経路を構成する直線型の搬送路ユニット11である。搬送路ユニット11C, 11D, 11

G, 11Hは、曲線経路を構成する曲線型の搬送路ユニット11であって、搬送体の進行方向を変化させる。搬送路10は、直線経路を構成する搬送路ユニット11を持たず、曲線経路を構成する搬送路ユニット11のみからなるものでも良い。搬送路10の全体の形状は、任意であるものとする。

[0016] 台車17は、搬送路10の側面に取り付けられる。台車17は、搬送路10の側面に設けられているガイドレールに沿って移動する。台車17は、搬送路10の側面において移動し、搬送路10の側面において停止する。実施の形態1にかかる搬送システム1は、ムービングマグネット型リニアモータである。台車17は、搬送路10の上面に設けられているガイドレールに沿って移動するものでも良い。台車17は、可動子を構成する永久磁石と、リニアスケール用の永久磁石と、回転によりガイドレール上を移動するガイドローラとを備える。図1では、ガイドレールと、ガイドローラと、可動子を構成する永久磁石と、リニアスケール用の永久磁石との図示を省略する。

[0017] 各台車17の進行方向は、図1における時計回りの方向、または、図1における反時計回りの方向である。進行方向のうち、図1における時計回りの方向を、順方向とする。進行方向のうち、図1における反時計回りの方向を、逆方向とする。矢印18Aは、順方向を表す。矢印18Bは、逆方向を表す。

[0018] 図1に示す例では、搬送システム1は、8個の搬送路ユニット11と3個の台車17とを備える。搬送システム1に備えられる搬送路ユニット11の数は任意であるものとする。すなわち、搬送路10を構成する搬送路ユニット11の数は任意であるものとする。搬送システム1は、複数の搬送路ユニット11を備えていれば良い。搬送路10を移動する台車17の数は任意であるものとする。搬送システム1は、1または複数の台車17を備えていれば良い。

[0019] 搬送システム1は、リニアモータを備えるシステムに限られず、回転型モータを備えるシステムでも良い。搬送システム1は、回転型モータと、回転型モータによって回転するベルトとを備えるベルトコンベアでも良い。ベル

トコンベアは、ベルトに載せられたワークを移動させる。搬送システム 1 は、複数のローラと、ローラを回転させる回転型モータとを備えるローラコンベアでも良い。ローラコンベアは、ローラに載せられたワークを移動させる。

[0020] DC電源 13 は、DC電源バス 16 を介して各搬送路ユニット 11 に接続されている。DC電源 13 は、直流電圧を出力する電源装置または電源回路である。DC電源 13 は、各搬送路ユニット 11 へ電力を供給する。各搬送路ユニット 11 は、DC電源 13 を共用する。

[0021] DC電源バス 16 には、正極側の直流母線と、負極側の直流母線とが通されている。正極側の直流母線は、P母線と称される。負極側の直流母線は、N母線と称される。P母線は、DC電源 13 の正極に接続される。N母線は、DC電源 13 の負極に接続される。以下、P母線とN母線との両方を指す場合、PN母線と称する。搬送路 10 を構成する複数の搬送路ユニット 11 の各々は、共通のPN母線に接続される。

[0022] 搬送システム 1 は、マルチドロップ接続により各搬送路ユニット 11 がDC電源 13 に接続される構成を備える。各搬送路ユニット 11 とDC電源 13 との接続形態は、マルチドロップ接続に限られず、デジチェーン接続であっても良い。図 1 に示す例では搬送システム 1 に備えられるDC電源 13 は 1 個であるが、搬送システム 1 に備えられるDC電源 13 の数は複数でも良い。すなわち、搬送システム 1 には複数の電源ドメインが構成されても良い。

[0023] トラックコントローラ 20 は、データ通信線 15 を介して各搬送路ユニット 11 に接続されている。データ通信線 15 は、トラックコントローラ 20 と、複数の搬送路ユニット 11 の 1 つである搬送路ユニット 11 A とを接続する線と、互いに隣り合う搬送路ユニット 11 同士を接続する線とにより構成される。搬送システム 1 は、デジチェーン接続により各搬送路ユニット 11 がトラックコントローラ 20 に接続される構成を備える。各搬送路ユニット 11 とトラックコントローラ 20 との接続形態は、デジチェーン

接続に限られない。各搬送路ユニット 11 とトラックコントローラ 20 との接続形態は、各搬送路ユニット 11 が通信ハブを介してトラックコントローラ 20 に接続されるスター接続でも良い。または、搬送システム 1 は、複数のデータ通信線 15 を備え、各搬送路ユニット 11 とトラックコントローラ 20 とがデータ通信線 15 により直接接続されても良い。

[0024] モーションコントローラ 19 は、データ通信線 14 を介してトラックコントローラ 20 に接続されている。モーションコントローラ 19 は、台車 17 を移動させる位置を示す位置指令を周期的に生成する。モーションコントローラ 19 は、生成された位置指令をトラックコントローラ 20 へ送信する。トラックコントローラ 20 の詳細については後述する。

[0025] 図 1 に示す搬送システム 1 は、1 つのモーションコントローラ 19 と1 つのトラックコントローラ 20 とを備える。搬送システム 1 は、2 以上のトラックコントローラ 20 を備え、各トラックコントローラ 20 がモーションコントローラ 19 に接続されても良い。各トラックコントローラ 20 には、1 または 2 以上の搬送路ユニット 11 が接続される。モーションコントローラ 19 とトラックコントローラ 20 との間における通信プロトコルと、トラックコントローラ 20 と搬送路ユニット 11 との間における通信プロトコルとは、互いに同じでも良く、互いに異なっても良い。

[0026] モーションコントローラ 19 には、プログラマブルロジックコントローラといった、コントローラ 12 よりも上位の制御装置が接続されても良い。かかる制御装置は、シーケンス制御のための指令をモーションコントローラ 19 へ出力する。モーションコントローラ 19 には、ヒューマンマシンインタフェースが接続されても良い。かかるヒューマンマシンインタフェースは、オペレータによる入力を受け付ける。また、かかるヒューマンマシンインタフェースは、搬送システム 1 の状況を示す情報を表示等により出力する。モーションコントローラ 19 は、上位の制御装置またはヒューマンマシンインタフェースから台車 17 の運行情報を取得し、運行情報に基づいて位置指令を生成しても良い。運行情報は、搬送路 10 における複数の台車 17 の各々

の移動についてのスケジュールを示す情報である。

[0027] 次に、搬送路ユニット11の構成について説明する。ここでは、直線型の搬送路ユニット11を例として、搬送路ユニット11の構成を説明する。曲線型の搬送路ユニット11では、直線型の搬送路ユニット11の場合とはコイルの配置態様が異なる。曲線型の搬送路ユニット11の構成は、コイルの配置態様が異なる点を除いて、直線型の搬送路ユニット11の構成と同様である。

[0028] 図2は、実施の形態1にかかる搬送システム1に備えられる搬送路ユニット11の構成例を示す図である。図2には、搬送路ユニット11と、台車17に備えられる永久磁石30、31とを示す。永久磁石30は、可動子を構成する永久磁石である。永久磁石31は、リニアスケール用の永久磁石である。

[0029] 搬送路ユニット11は、複数のコイル21a-21iを備える。以下の説明では、コイル21とは、コイル21a-21iの各々を区別せずに称したものとする。各コイル21は、電流が流れることにより推力を発生する駆動部として機能する。各コイル21は、電流と永久磁石30が発生する磁界との相互作用によって、推力である電磁力を発生する。

[0030] 図2に示す例では、搬送路ユニット11には9個のコイル21が備えられる。搬送路ユニット11に備えられるコイル21の数は任意であるものとする。直線型の搬送路ユニット11では、複数のコイル21は、直線の方に配列される。なお、曲線型の搬送路ユニット11では、複数のコイル21は、曲線の方に配列される。

[0031] 搬送路ユニット11の各コイル21には、インバータ回路22が接続される。インバータ回路22は、スイッチング素子を備え、スイッチング素子のスイッチングによる電力変換を経た電力をコイル21へ供給する。スイッチング素子の図示は省略する。インバータ回路22は、コイル21に流す電流を制御する。インバータ回路22は、単相フルブリッジインバータ回路、または単相ハーフブリッジインバータ回路である。インバータ回路22は、3

個のコイル 2 1 に接続される 3 相インバータ回路でも良い。搬送路ユニット 1 1 の各コイル 2 1 は、純粋なインダクタンス成分のみならず、コイル抵抗も含む。

[0032] 搬送路ユニット 1 1 の各インバータ回路 2 2 は、P 母線と N 母線との間に接続される。各インバータ回路 2 2 は、P N 母線からの直流電力を交流電力へ変換し、コイル 2 1 へ交流電力を供給する。インバータ回路 2 2 は、スイッチング素子のスイッチングにより、直流電力から交流電力への電力変換を行う。

[0033] コイル 2 1 は、インバータ回路 2 2 での変換を経た電力が供給されることによって、台車 1 7 を移動させる推力である電磁力を発生する。搬送路ユニット 1 1 の各コイル 2 1 には、電流センサ 2 3 が接続される。電流センサ 2 3 は、コイル 2 1 に流れる電流の電流値であるコイル実電流値を検出する。また、搬送路ユニット 1 1 において、P 母線と N 母線の間には、電解コンデンサであるコンデンサ 2 4 が接続される。

[0034] 搬送路ユニット 1 1 の各インバータ回路 2 2 には、インバータ回路 2 2 を制御する電流制御器 2 5 が接続される。電流制御器 2 5 は、コイル 2 1 に流す電流の電流指令値と、電流センサ 2 3 によって検出されたコイル実電流値とに基づいて、コイル 2 1 に印加する電圧の電圧値を算出する。電流制御器 2 5 は、算出された電圧値と三角波との比較によって得られるパルス幅変調 (Pulse Width Modulation : PWM) 信号をインバータ回路 2 2 へ送信する。電流制御器 2 5 は、インバータ回路 2 2 へ PWM 信号を送信することによって、インバータ回路 2 2 にスイッチングを行わせる。これにより、電流制御器 2 5 は、所望の電流値の電流をコイル 2 1 に流すための電圧をコイル 2 1 に印加する。電流制御器 2 5 は、電流指令値とコイル実電流値との偏差に基づいて、コイル 2 1 に印加する電圧の P I D (Proportional Integral Differential) 制御を行うことで、コイル 2 1 に印加する電圧の電圧値を算出しても良い。

[0035] 台車 1 7 の進行方向における複数のコイル 2 1 の配置間隔を、 L_{coil} とする

。 L_{coil} は、搬送路ユニット 11 において互いに隣り合うコイル 21 の中心位置同士の距離ともいえる。 $L_{carrier}$ は、台車 17 の進行方向における台車 17 の長さである。 L_{coil} は、 $L_{carrier}$ よりも短い。これにより、各台車 17 は、2 以上のコイル 21 で発生する磁束の相互作用により推力を得ることができる。

[0036] 台車 17 の進行方向における永久磁石 30 の長さを、 L_{magnet} とする。 L_{magnet} は、台車 17 の進行方向において永久磁石 30 の一端から永久磁石 30 の他端までの長さである。図 2 に示すように N 極と S 極とが交互に配置されている場合、 L_{magnet} は、全ての磁極を合わせた永久磁石 30 全体の、台車 17 の進行方向における長さである。磁極と磁極との間に空間がある場合は、 L_{magnet} には、この空間の長さも含まれる。

[0037] L_{magnet} は、 $L_{carrier}$ よりも短い。 L_{magnet} が $L_{carrier}$ よりも短いことにより、2 つの台車 17 が互いに接近した場合に、一方の台車 17 の永久磁石 30 と他方の台車 17 の永久磁石 30 との間に空間が確保される。一方の台車 17 の永久磁石 30 と他方の台車 17 の永久磁石 30 との間に空間が確保されることによって、一方の台車 17 の永久磁石 30 と他方の台車 17 の永久磁石 30 とが 1 つのコイル 21 の上に存在する状態となることが避けられる。1 つのコイル 21 の上に存在する永久磁石 30 が 1 つの台車 17 の永久磁石 30 であることによって、1 つのコイル 21 で磁束を発生させるための電流指令の演算を、1 つの台車 17 を対象とする演算とすることができる。これに対し、1 つのコイル 21 で磁束を発生させるための電流指令の演算を、2 つの台車 17 を対象とする演算とする必要がある場合には、電流指令の演算が複雑なものとなる。

[0038] 本実施の形態 1 によると、搬送システム 1 は、 L_{magnet} が $L_{carrier}$ よりも短いことにより、1 つのコイル 21 で磁束を発生させるための電流指令の演算を、1 つの台車 17 を対象とする演算とすることができる。したがって、搬送システム 1 は、電流指令の演算が複雑になることを防ぐことができる。

[0039] 搬送路ユニット 11 は、リニアスケール 26 と、プロセッサ 28 と、通信

従局 29 とを備える。リニアスケール 26 は、搬送路ユニット 11 上における台車 17 の位置を検知する検知部である。リニアスケール 26 は、複数の搬送路ユニット 11 が互いに連結されて搬送路 10 を構成することで、搬送路 10 に設けられることとなる。プロセッサ 28 は、CPU (Central Processing Unit) である。プロセッサ 28 は、演算装置、処理装置、マイクロプロセッサ、マイクロコンピュータ、または DSP (Digital Signal Processor) でも良い。

[0040] リニアスケール 26 は、複数の位置センサ 27 を備える。各位置センサ 27 は、ホールセンサまたは磁気抵抗センサといった、磁界を検出するセンサである。各位置センサ 27 は、永久磁石 30 の磁界、または永久磁石 31 の磁界を検出する。ここでは、位置センサ 27 は、2 個のホール素子が搭載されたホールセンサとする。2 個のホール素子の間隔は、永久磁石 31 の磁極ピッチの半分に相当する間隔である。各ホール素子は、磁界を電気信号に変換し、電気信号を出力する。各ホール素子が出力する電気信号は、台車 17 の移動に伴って変化する。一方のホール素子が出力する電気信号の波形は、 \sin 波となる。他方のホール素子が出力する電気信号の波形は、 \cos 波となる。

[0041] リニアスケール 26 の各位置センサ 27 からの電気信号は、プロセッサ 28 へ入力される。プロセッサ 28 に備えられる AD (Analog to Digital) コンバータは、 \sin 波と \cos 波とを検出する。プロセッサ 28 は、 \sin 波の情報と \cos 波の情報とに基づいて \arctan を計算することによって、位置センサ 27 に対する台車 17 の位置を検知する。これにより、プロセッサ 28 は、位置センサ 27 に対する台車 17 の相対的な位置を表す位置センサ情報を取得する。なお、図 2 では、各位置センサ 27 とプロセッサ 28 との間における電気信号の通信線の図示を省略する。

[0042] 通信従局 29 は、搬送路ユニット 11 の側の通信従局である。データ通信線 15 は、通信従局 29 に接続される。各搬送路ユニット 11 とトラックコントローラ 20 とがデジチェーン接続により接続される場合、通信従局

29は、データ通信線15を構成する2本の線を接続可能に構成される。通信従局29は、搬送路ユニット11に備えられる複数のコイル21の各々について、コイル21に流す電流の指令値を示す電流指令をトラックコントローラ20から受信する。通信従局29は、搬送路ユニット11の複数の電流制御器25の各々へ電流指令を送信する。これにより、搬送路ユニット11は、複数のコイル21の各々を流れる電流を電流指令に従って制御する。

[0043] 通信従局29は、プロセッサ28から位置センサ情報を取得する。通信従局29は、取得された位置センサ情報をトラックコントローラ20へ送信する。

[0044] 通信従局29は、例えば、一定の周期において電流指令を受信するとともに位置センサ情報を送信する定周期通信を行う。通信従局29は、かかる定周期通信の代わりに、電流指令の受信と位置センサ情報の送信とを非周期的に行うこととしても良い。

[0045] このように、搬送路ユニット11は、主に、コイル21の通電制御を行う機能と、位置センサ情報を取得する機能とを備える。搬送路10を構成する複数の搬送路ユニット11の各々は、コイル21の通電制御を同様に行い、かつ、位置センサ情報を同様に取得する。

[0046] 次に、トラックコントローラ20の構成について説明する。図3は、実施の形態1にかかる搬送システム1に備えられるトラックコントローラ20の構成例を示す図である。トラックコントローラ20は、台車位置制御器41と、電流指令生成器42と、位置情報生成器43と、通信従局44と、通信主局45とを備える。

[0047] 通信従局44は、トラックコントローラ20の側の通信従局である。通信従局44は、モーションコントローラ19からの位置指令を受信する。本実施の形態1においては、通信従局44は、搬送路ユニット11の台車17A、17B、17Cに対する位置指令を受信する。通信従局44は、搬送路ユニット11の各台車17に対する位置指令を受信し、受信した位置指令を台車位置制御器41へ出力する。

- [0048] 通信主局45は、トラックコントローラ20の側の通信主局である。通信主局45は、各搬送路ユニット11の通信従局29からの位置センサ情報を受信する。すなわち、通信主局45は、各搬送路ユニット11のプロセッサ28で取得された位置センサ情報を受信する。通信主局45は、受信した位置センサ情報を位置情報生成器43へ出力する。
- [0049] 位置情報生成器43は、各搬送路ユニット11からの位置センサ情報を取得し、取得された位置センサ情報に基づいて各台車17の位置を算出する。位置情報生成器43は、搬送路10における台車17の実際の位置を示す位置情報を生成する。本実施の形態1においては、位置情報生成器43は、搬送路10における台車17A、17B、17Cの実際の位置を示す台車17A、17B、17Cの位置情報を生成する。位置情報生成器43は、搬送システム1の各台車17の位置情報を生成し、生成された位置情報を台車位置制御器41と電流指令生成器42とへ出力する。
- [0050] 台車位置制御器41は、各台車17の位置指令と各台車17の位置情報とを取得する。台車位置制御器41は、位置指令と位置情報との差に基づいて各台車17の推力指令を生成する。本実施の形態1においては、台車位置制御器41は、台車17Aの位置指令と台車17Aの位置情報との差に基づいて台車17Aの推力指令を生成する。台車位置制御器41は、台車17Bの位置指令と台車17Bの位置情報との差に基づいて台車17Bの推力指令を生成する。台車位置制御器41は、台車17Cの位置指令と台車17Cの位置情報との差に基づいて台車17Cの推力指令を生成する。台車位置制御器41は、生成された推力指令を電流指令生成器42へ出力する。
- [0051] 電流指令生成器42は、各台車17の推力指令と各台車17の位置情報とを取得する。電流指令生成器42は、複数のコイル21に流れる電流を制御するための電流指令を、推力指令と位置情報とに基づいて生成する。電流指令生成器42は、トラックコントローラ20における電流指令を生成する際の制御周期ごとにおいて、各搬送路ユニット11の複数のコイル21の全てを電流制御の対象とする電流指令を生成する。ここでの「制御周期」とは、

位置情報生成器43による台車17の位置情報の生成から、電流指令生成器42による各搬送路ユニット11のコイル21に対する電流指令の生成までの間が、1つの制御周期であるものとする。つまり、本実施の形態1の電流指令生成器42は、電流指令を生成する際の制御周期の度に、各搬送路ユニット11の複数のコイル21の全てに対する電流指令を生成する。電流指令生成器42は、生成された電流指令を通信主局45へ出力する。通信主局45は、搬送路ユニット11の通信従局29へ電流指令を送信する。以下の説明において、搬送路ユニット11に備えられる複数のコイル21の各々に対する電流指令のグループを、電流指令束と称する。通信主局45は、各搬送路ユニット11の通信従局29へ電流指令束を送信する。

[0052] なお、電流指令生成器42により生成される電流指令には、コイル21に流す電流をゼロとする場合の電流指令が含まれる。各搬送路ユニット11の複数のコイル21の全てを電流制御の対象とする電流指令を生成するとは、複数のコイル21のうちの少なくとも1つに対する電流指令値をゼロとする場合が含まれるものとする。

[0053] 次に、電流指令生成器42による処理の詳細について説明する。図4は、実施の形態1にかかる搬送システム1の電流指令生成器42による処理手順を示すフローチャートである。図4には、制御周期ごとに電流指令生成器42が実行する処理の手順を示す。

[0054] ステップS1において、電流指令生成器42は、台車17Aの推力指令と台車17Aの位置情報とに基づいて電流指令束 I_{cmdA} を計算する。電流指令束 I_{cmdA} は、台車17Aを移動させる推力を発生させるための電流指令のグループである。電流指令生成器42は、各搬送路ユニット11の全てのコイル21に対する電流指令をまとめた電流指令束 I_{cmdA} を生成する。

[0055] ステップS2において、電流指令生成器42は、台車17Bの推力指令と台車17Bの位置情報とに基づいて電流指令束 I_{cmdB} を計算する。電流指令束 I_{cmdB} は、台車17Bを移動させる推力を発生させるための電流指令のグループである。電流指令生成器42は、各搬送路ユニット11の全てのコイル2

1 に対する電流指令をまとめた電流指令束 I_{cmdB} を生成する。

[0056] ステップ S 3 において、電流指令生成器 4 2 は、台車 1 7 C の推力指令と台車 1 7 C の位置情報とに基づいて電流指令束 I_{cmdC} を計算する。電流指令束 I_{cmdC} は、台車 1 7 C を移動させる推力を発生させるための電流指令のグループである。電流指令生成器 4 2 は、各搬送路ユニット 1 1 の全てのコイル 2 1 に対する電流指令をまとめた電流指令束 I_{cmdC} を生成する。

[0057] ステップ S 4 において、電流指令生成器 4 2 は、ステップ S 1 - S 3 により計算された電流指令束 I_{cmdA} , I_{cmdB} , I_{cmdC} を使用して、各搬送路ユニット 1 1 の各コイル 2 1 に対する電流指令を計算する。電流指令生成器 4 2 は、各電流指令束 I_{cmdA} , I_{cmdB} , I_{cmdC} をのうち互いに同一のコイル 2 1 に対する電流指令同士を足し合わせることによって、各搬送路ユニット 1 1 のコイル 2 1 ごとの電流指令 I_{tot} を計算する。このように、電流指令生成器 4 2 は、コイル 2 1 ごとに各台車 1 7 についての電流指令を求め、コイル 2 1 ごとに各台車 1 7 についての電流指令を互いに足し合わせることによって、各コイル 2 1 についての電流指令を生成する。

[0058] 電流指令生成器 4 2 は、各搬送路ユニット 1 1 の全てのコイル 2 1 に対する電流指令 I_{tot} をまとめた電流指令束 I_{cmd} を生成する。電流指令束 I_{cmd} は、搬送システム 1 の全ての台車 1 7 A, 1 7 B, 1 7 C を移動させる推力を発生させるための電流指令のグループである。電流指令生成器 4 2 は、生成された電流指令束 I_{cmd} を出力する。以上により、電流指令生成器 4 2 は、図 4 に示す手順による処理を終了する。電流指令生成器 4 2 は、図 4 に示す手順による処理を制御周期ごとに繰り返す。

[0059] ここで、電流指令生成器 4 2 による電流指令束 I_{cmdA} , I_{cmdB} , I_{cmdC} の計算方法の例を説明する。以下の説明では、台車 1 7 A を移動させる推力を発生させるための、各搬送路ユニット 1 1 のコイル 2 1 ごとの電流指令を、「 I_{cmdA_Aa} 」のように表記する。「 I_{cmdA_Aa} 」の「Aa」は、搬送路ユニット 1 1 A のコイル 2 1 a に対する電流指令であることを表す。搬送路ユニット 1 1 A のコイル 2 1 a 以外の各コイル 2 1 についても、搬送路ユニット 1 1

Aのコイル21aの場合と同じ要領によりコイル21ごとの電流指令を表記するものとする。

[0060] 図5は、実施の形態1における台車17の位置とコイル21の推力定数との関係の例を示す図である。図5には、台車17の進行方向におけるコイル21の中心位置を基準とする距離 x とコイル21の推力定数 $k(x)$ との関係を表すグラフを示す。推力定数 $k(x)$ は、コイル21を流れる電流に対する台車17が受ける推力の割合を表す。図5において、縦軸は推力定数 $k(x)$ を表し、横軸は距離 x を表す。図5において、推力定数 $k(x)$ の単位は N/A とする。図5において、距離 x の単位は任意であるものとする。なお、以下の説明において、コイル21の中心位置とは、台車17の進行方向におけるコイル21の中心位置とする。台車17の中心位置とは、台車17の進行方向における台車17の中心位置とする。

[0061] 図5には、参考として、台車17の進行方向における台車17の前方端がコイル21の中心位置に一致するときにおける台車17を示す。コイル21の中心位置に台車17の中心位置が近づくとつれて、コイル21の位置と永久磁石30の位相との関係によって、少ない電流で大きい推力を発生させることができる。コイル21の位置と永久磁石30の位相との関係によって、推力の大小が変化する。

[0062] 台車17の前方端から台車17の中心位置までの長さである $L_{\text{carrier}}/2$ よりも、コイル21の中心位置から台車17の中心位置までの距離 x が長いとき、推力定数がゼロとなる。すなわち、距離 x が $L_{\text{carrier}}/2$ よりも長いとき、コイル21に電流を流しても、台車17に及ぼし得る推力は発生しない。なお、図5に示すグラフは一例である。台車17の位置とコイル21の推力定数との関係は、永久磁石30の配置態様によって変わる。

[0063] 以下の説明では、各搬送路ユニット11のコイル21ごとの推力定数 $k(x)$ を、「 $k A a(x)$ 」のように表記する。「 $k A a(x)$ 」の「 $A a$ 」は、搬送路ユニット11Aのコイル21aの推力定数 $k(x)$ であることを表す。搬送路ユニット11Aのコイル21a以外の各コイル21についても

、搬送路ユニット11Aのコイル21aの場合と同じ要領によりコイル21ごとの推力定数 $k(x)$ を表記するものとする。

[0064] また、以下の説明では、各搬送路ユニット11のコイル21ごとの中心位置を、「 pAa 」のように表記する。「 pAa 」の「 Aa 」は、搬送路ユニット11Aのコイル21aの中心位置であることを表す。搬送路ユニット11Aのコイル21a以外の各コイル21についても、搬送路ユニット11Aのコイル21aの場合と同じ要領によりコイル21ごとの中心位置を表記するものとする。

[0065] 台車17Aを移動させる推力を発生させるための、各搬送路ユニット11のコイル21ごとの電流指令 I_{cmdA_Aa} 、 I_{cmdA_Ab} 、 \dots 、 I_{cmdA_Hh} 、 I_{cmdA_Hi} は、次に示す式により表される。なお、 τA は、台車17Aの推力指令 τ を表す。 $x A$ は、コイル21の中心位置から台車17Aの中心位置までの距離 x であって、コイル21に対する台車17Aの実際の位置を表す。

$$I_{cmdA_Aa} = kAa (xA - pAa) \times \tau A / \{kAa (xA - pAa)^2 + kAb (xA - pAb)^2 + \dots + kHh (xA - pHh)^2 + kHi (xA - pHi)^2\}$$

$$I_{cmdA_Ab} = kAb (xA - pAb) \times \tau A / \{kAa (xA - pAa)^2 + kAb (xA - pAb)^2 + \dots + kHh (xA - pHh)^2 + kHi (xA - pHi)^2\}$$

\dots

$$I_{cmdA_Hh} = kHh (xA - pHh) \times \tau A / \{kAa (xA - pAa)^2 + kAb (xA - pAb)^2 + \dots + kHh (xA - pHh)^2 + kHi (xA - pHi)^2\}$$

$$I_{cmdA_Hi} = kHi (xA - pHi) \times \tau A / \{kAa (xA - pAa)^2 + kAb (xA - pAb)^2 + \dots + kHh (xA - pHh)^2 + kHi (xA - pHi)^2\}$$

[0066] 一般に、推力指令 τ と推力定数 $k(x)$ とが与えられた場合に、与えられ

た推力指令 τ を実現する各コイル 2 1 の電流指令の組は、無数に存在する。上記式により求まる電流指令 I_{cmdA_Aa} , I_{cmdA_Ab} , \dots , I_{cmdA_Hh} , I_{cmdA_Hi} の組は、コイル 2 1 を流れる電流の二乗和を最小にする組である。すなわち、上記式によると、コイル 2 1 の銅損を最小にできる電流指令 I_{cmdA_Aa} , I_{cmdA_Ab} , \dots , I_{cmdA_Hh} , I_{cmdA_Hi} が求まる。

[0067] 電流指令生成器 4 2 は、各電流指令 I_{cmdA_Aa} , I_{cmdA_Ab} , \dots , I_{cmdA_Hh} , I_{cmdA_Hi} をまとめることによって、台車 1 7 A についての電流指令束 I_{cmdA} を生成する。

[0068] 電流指令生成器 4 2 は、台車 1 7 B についての電流指令束 I_{cmdB} 、および、台車 1 7 C についての電流指令束 I_{cmdC} についても、台車 1 7 A についての電流指令束 I_{cmdA} の場合と同様に計算する。なお、図 4 に示す手順では、電流指令束 I_{cmdA} 、電流指令束 I_{cmdB} 、および電流指令束 I_{cmdC} の順に計算を行うこととしたが、電流指令束 I_{cmdA} 、 I_{cmdB} 、 I_{cmdC} の計算の順序は任意であるものとする。

[0069] 次に、台車 1 7 A, 1 7 B, 1 7 C を移動させる推力を発生させるための、各搬送路ユニット 1 1 のコイル 2 1 ごとの電流指令 I_{tot} を計算する方法の例を説明する。電流指令生成器 4 2 は、電流指令束 I_{cmdA} 、 I_{cmdB} 、 I_{cmdC} を使用して、各搬送路ユニット 1 1 のコイル 2 1 ごとの電流指令 I_{tot} を計算する。以下の説明では、各搬送路ユニット 1 1 のコイル 2 1 ごとの電流指令 I_{tot} を、「 I_{tot_Aa} 」のように表記する。「 I_{tot_Aa} 」の「Aa」は、搬送路ユニット 1 1 A のコイル 2 1 a に対する電流指令 I_{tot} であることを表す。搬送路ユニット 1 1 A のコイル 2 1 a 以外の各コイル 2 1 についても、搬送路ユニット 1 1 A のコイル 2 1 a の場合と同じ要領によりコイル 2 1 ごとの電流指令 I_{tot} を表記するものとする。

[0070] 各搬送路ユニット 1 1 のコイル 2 1 ごとの電流指令 I_{tot_Aa} , I_{tot_Ab} , \dots , I_{tot_Hh} , I_{tot_Hi} は、次に示す式により表される。

$$I_{tot_Aa} = I_{cmdA_Aa} + I_{cmdB_Aa} + I_{cmdC_Aa}$$

$$I_{tot_Ab} = I_{cmdA_Ab} + I_{cmdB_Ab} + I_{cmdC_Ab}$$

...

$$I_{tot_Hh} = I_{cmdA_Hh} + I_{cmdB_Hh} + I_{cmdC_Hh}$$

$$I_{tot_Hi} = I_{cmdA_Hi} + I_{cmdB_Hi} + I_{cmdC_Hi}$$

[0071] 図6は、実施の形態1にかかる搬送システム1による電流指令の計算結果の例を示す図である。図6には、上述する計算方法による電流指令 I_{tot_Aa} 、 I_{tot_Ab} 、 \dots 、 I_{tot_Hh} 、 I_{tot_Hi} の計算結果の例を示す。

[0072] 図5に示すように、コイル21の中心位置から台車17の中心位置までの距離 x が $L_{carrier}/2$ 付近であるときに、推力定数 $k(x)$ はほぼゼロとなり、コイル21に流れる電流は台車17の推力発生にほとんど寄与しなくなる。そのため、例えば、 I_{cmdA_Aa} がゼロ以外の値である場合、 I_{cmdB_Aa} 、 I_{cmdC_Aa} の各々はほぼゼロとなり、実質的に $I_{tot_Aa} = I_{cmdA_Aa}$ が成り立つ。このように、各コイル21が推力を及ぼし得る台車17は実質的に1つであって、1つのコイル21が2以上の台車17に同時に推力を及ぼすことは無いといえる。

[0073] また、搬送システム1が図1に示す状態であるとき、例えば搬送路ユニット11Bには、距離 x が $L_{carrier}/2$ よりも短いコイル21は存在していない。搬送路ユニット11Bに備わる複数のコイル21の1つであるコイル21dを例として挙げると、当該コイル21dの電流指令 I_{tot_Bd} は以下のように計算される。

$$\begin{aligned} I_{tot_Bd} &= I_{cmdA_Bd} + I_{cmdB_Bd} + I_{cmdC_Bd} \\ &= 0 \times \tau A / \{k_{Aa}(x_A - p_{Aa})^2 + k_{Ab}(x_A - p_{Ab})^2 + \dots \\ &\quad + k_{Hh}(x_A - p_{Hh})^2 + k_{Hi}(x_A - p_{Hi})^2\} \\ &\quad + 0 \times \tau B / \{k_{Aa}(x_A - p_{Aa})^2 + k_{Ab}(x_A - p_{Ab})^2 + \dots \\ &\quad + k_{Hh}(x_A - p_{Hh})^2 + k_{Hi}(x_A - p_{Hi})^2\} \\ &\quad + 0 \times \tau C / \{k_{Aa}(x_A - p_{Aa})^2 + k_{Ab}(x_A - p_{Ab})^2 + \dots \\ &\quad + k_{Hh}(x_A - p_{Hh})^2 + k_{Hi}(x_A - p_{Hi})^2\} \\ &= 0 \end{aligned}$$

- [0074] このように、距離 x が $L_{\text{carrier}}/2$ よりも短いコイル 21 は存在していない場合、コイル 21 に対する電流指令値はゼロと計算される。すなわち、電流指令生成器 42 は、台車 17 へ推力を及ぼし得る位置以外の位置のコイル 21 には、電流指令値をゼロとする電流指令を生成する。
- [0075] 以上説明するように、電流指令生成器 42 は、搬送路ユニット 11A, 11B, ..., 11H のコイル 21a, 21b, ..., 21i の全てに対する電流指令 $I_{\text{tot}}Aa$, $I_{\text{tot}}Ab$, ..., $I_{\text{tot}}Hh$, $I_{\text{tot}}Hi$ を生成する。電流指令生成器 42 は、複数の搬送路ユニット 11 を制御する際における全ての制御周期において、各搬送路ユニット 11 の複数のコイル 21 の全てを電流制御の対象とする電流指令を生成する。
- [0076] 電流指令生成器 42 は、電流指令 $I_{\text{tot}}Aa$, $I_{\text{tot}}Ab$, ..., $I_{\text{tot}}Hh$, $I_{\text{tot}}Hi$ をまとめた電流指令束 I_{cmd} を生成する。電流指令生成器 42 は、生成された電流指令束 I_{cmd} を通信主局 45 へ出力する。例えば、通信主局 45 は、電流指令束 I_{cmd} のうち電流指令 $I_{\text{tot}}Aa$, $I_{\text{tot}}Ab$, ..., $I_{\text{tot}}Ai$ を、搬送路ユニット 11A の通信従局 29 へ送信する。通信主局 45 は、電流指令束 I_{cmd} のうち電流指令 $I_{\text{tot}}Ha$, $I_{\text{tot}}Hb$, ..., $I_{\text{tot}}Hi$ を、搬送路ユニット 11H の通信従局 29 へ送信する。このように、通信主局 45 は、各搬送路ユニット 11 の通信従局 29 へ電流指令を送信する。
- [0077] 実施の形態 1 によると、搬送システム 1 の電流指令生成器 42 は、複数の搬送路ユニット 11 を制御する際の制御周期の度に、各搬送路ユニット 11 の複数のコイル 21 の全てを電流制御の対象とする電流指令を生成する。搬送システム 1 は、台車 17 へ推力を及ぼし得る位置にあるコイル 21 のみならず、台車 17 へ推力を及ぼし得る位置以外の位置のコイル 21 を含む全てのコイル 21 に対する電流指令を送る。搬送システム 1 は、コイル 21 への電流の供給とコイル 21 へ流れる電流の遮断とを切り換えるスイッチが不要であるため、回路構成を簡易にすることができる。また、搬送システム 1 は、電流指令とは別に、スイッチに対する開閉指令の生成および出力が不要で

あるため、簡易なプログラムによる制御が可能となる。

[0078] 各搬送路ユニット 11 の複数のコイル 21 の中から電流を供給するコイル 21 を選択する場合には、選択されたコイル 21 のみについて電流指令を計算することとなる。これに対し、実施の形態 1 の場合、電流指令生成器 42 は、各搬送路ユニット 11 の全てのコイル 21 に対して一律に電流指令を生成するため、コイル 21 を選択し、選択されたコイル 21 のみについて電流指令を計算するという手順が不要である。これにより、搬送システム 1 は、簡易な手順によって各搬送路ユニット 11 を制御することができる。

[0079] 電流指令生成器 42 は、台車 17 へ推力を及ぼし得る位置以外の位置のコイル 21 には、電流指令値をゼロとする電流指令を生成する。搬送システム 1 は、台車 17 へ推力を及ぼし得る位置以外の位置のコイル 21 に誘導電流が生じ得る場合でも、誘導電流の相殺により電流をゼロにする調整を行うことができる。搬送システム 1 は、推力を及ぼし得る位置における台車 17 の有無による処理の場合分けが不要であり、処理の手順を簡易化できる。

[0080] 以上により、搬送システム 1 は、回路構成を簡易にでき、かつ、簡易な処理による制御が可能となるという効果を奏する。

[0081] 実施の形態 2.

実施の形態 1 では、電流指令生成器 42 は、コイル 21 ごとに各台車 17 についての電流指令を求め、コイル 21 ごとに各台車 17 についての電流指令を互いに足し合わせることによって、各コイル 21 についての電流指令を生成する。実施の形態 2 では、電流指令生成器 42 は、各コイル 21 について、複数の台車 17 のうちコイル 21 から最も近い 1 つの台車 17 を選択し、選択された台車 17 へ推力を与える電流指令を求めることによって、各コイル 21 についての電流指令を生成する。実施の形態 2 では、上記の実施の形態 1 と同一の構成要素には同一の符号を付し、実施の形態 1 とは異なる構成について主に説明する。

[0082] 図 7 は、実施の形態 2 にかかる搬送システム 1 に備えられる搬送路ユニット 11 の構成例を示す図である。図 7 には、搬送路ユニット 11 の構成の一

部と、2つの台車17A, 17Bとを示す。図7には、搬送システム1の複数の搬送路ユニット11のうちの1つである搬送路ユニット11Aに2つの台車17A, 17Bが存在しているケースを示す。なお、搬送システム1では、図7に示すように1つの搬送路ユニット11に2つの台車17が存在しているケースのほかに、1つの搬送路ユニット11に1つの台車17が存在しているケースと、1つの搬送路ユニット11に台車17が存在していないケースとがある。

[0083] 図7に示す状態において、台車17の進行方向においてコイル21aの中心位置から最も近い位置にある台車17は、台車17Aである。電流指令生成器42は、台車17Aについての推力指令 τ である τA と、台車17Aについての距離 x である $x A$ とを使用して、次に示す式により、搬送路ユニット11Aのコイル21aに対する電流指令 $I_{tot_A a}$ を計算する。

$$\begin{aligned} I_{tot_A a} &= I_{cmdA_A a} \\ &= k A a (x A - p A a) \times \tau A / \{k A a (x A - p A a)^2 + k A b (x A - p A b)^2 + \dots + k H h (x A - p H h)^2 + k H i (x A - p H i)^2\} \end{aligned}$$

[0084] 図7に示すケースとは別のケースにおいて、コイル21aの中心位置から遠く離れた位置に台車17が存在している場合、図5に示す関係により、 $k A a (x A - p A a) = 0$ が成り立つ。この場合、コイル21aは、台車17に及ぼし得る推力を発生しない。

[0085] 図7に示す状態において、例えば、台車17の進行方向においてコイル21eの中心位置から最も近い位置にある台車17は、台車17Bである。電流指令生成器42は、台車17Bについての推力指令 τ である τB と、台車17Bについての距離 x である $x B$ とを使用して、次に示す式により、搬送路ユニット11Aのコイル21eに対する電流指令 $I_{tot_A e}$ を計算する。

$$\begin{aligned} I_{tot_A e} &= I_{cmdA_A e} \end{aligned}$$

$$= k A e (x B - p A e) \times \tau B / \{ k A a (x B - p A a)^2 + k A b (x B - p A b)^2 + \dots + k H h (x B - p H h)^2 + k H i (x B - p H i)^2 \}$$

[0086] 図7に示す状態において、例えば、台車17の進行方向においてコイル21dの中心位置から最も近い位置にある台車17は、台車17Aである。電流指令生成器42は、台車17Aについての推力指令 τ である τA と、台車17Aについての距離 x である $x A$ とを使用して、次に示す式により、搬送路ユニット11Aのコイル21dに対する電流指令 I_{tot_Ad} を計算する。

$$\begin{aligned} I_{tot_Ad} &= I_{cmdA_Ad} \\ &= k A d (x A - p A d) \times \tau A / \{ k A a (x A - p A a)^2 + k A b (x A - p A b)^2 + \dots + k H h (x A - p H h)^2 + k H i (x A - p H i)^2 \} \end{aligned}$$

[0087] 図7に示す状態において、コイル21d上には台車17Bの一部も存在している。ただし、コイル21dの中心位置から台車17の中心位置までの距離 x が、台車17Bの前方端から台車17Bの中心位置までの長さよりも長いことから、図5に示す関係により、コイル21dが台車17Bに及ぼし得る推力の推力定数はほぼゼロとなる。コイル21dが発生する磁束は台車17Bの移動にほとんど寄与しないため、台車17Aについての τA および $x A$ に基づく電流指令 I_{cmdA_Ad} を、そのままコイル21dに対する電流指令 I_{tot_Ad} とすることができる。

[0088] 図8は、実施の形態2にかかる搬送システム1において各コイル21に対する電流指令の生成に使用される推力指令の例を示す図である。図8には、図7に示す状態における各コイル21a-21iについて、コイル21の中心位置から最も近い位置にある台車17と、電流指令の生成に使用される推力指令 τ とを示す。コイル21a-21dについては、コイル21の中心位置から最も近い位置にある台車17は、台車17Aである。各コイル21a-21dに対する電流指令の生成に使用される推力指令 τ は、 τA である。

コイル $21e - 21i$ については、コイル 21 の中心位置から最も近い位置にある台車 17 は、台車 $17B$ である。各コイル $21e - 21i$ に対する電流指令の生成に使用される推力指令 τ は、 τB である。

[0089] 以上にて説明するように、電流指令生成器 42 は、各コイル 21 について、複数の台車 17 のうちコイル 21 から最も近い 1 つの台車 17 を選択し、選択された台車 17 へ推力を与える電流指令を求めることによって、各コイル 21 についての電流指令を生成する。電流指令生成器 42 は、各搬送路ユニット $11B - 11H$ の各コイル 21 に対する電流指令も、搬送路ユニット $11A$ の各コイル 21 に対する電流指令の場合と同様に計算する。

[0090] 電流指令生成器 42 は、各搬送路ユニット 11 の各コイル 21 に対する電流指令をまとめた電流指令束 I_{cmd} を生成する。電流指令生成器 42 は、生成された電流指令束 I_{cmd} を通信主局 45 へ出力する。例えば、通信主局 45 は、電流指令束 I_{cmd} のうち電流指令 I_{tot_Aa} , I_{tot_Ab} , \dots , I_{tot_Ai} を、搬送路ユニット $11A$ の通信従局 29 へ送信する。通信主局 45 は、電流指令束 I_{cmd} のうち電流指令 I_{tot_Ha} , I_{tot_Hb} , \dots , I_{tot_Hi} を、搬送路ユニット $11H$ の通信従局 29 へ送信する。このように、通信主局 45 は、各搬送路ユニット 11 の通信従局 29 へ電流指令を送信する。

[0091] 実施の形態 2 によると、搬送システム 1 の電流指令生成器 42 は、複数の搬送路ユニット 11 を制御する際の制御周期の度に、各搬送路ユニット 11 の複数のコイル 21 の全てを電流制御の対象とする電流指令を生成する。これにより、搬送システム 1 は、回路構成を簡易にでき、かつ、簡易な処理による制御が可能となるという効果を奏する。

[0092] さらに、電流指令生成器 42 は、各コイル 21 について、複数の台車 17 のうちコイル 21 から最も近い 1 つの台車 17 を選択し、選択された台車 17 へ推力を与える電流指令を求める。電流指令生成器 42 は、各コイル 21 について、選択された台車 17 に対応する電流指令を計算するため、各コイル 21 について複数の台車 17 の各々に対応する電流指令を計算する場合に比べて計算量を低減できる。これにより、搬送システム 1 は、制御のための

計算量を低減できる。

[0093] 実施の形態 3.

実施の形態 3 では、推力指令補正值に基づいて推力指令の補正を行うとともに、推力指令補正值の算出に機械学習を適用する例について説明する。実施の形態 3 では、上記の実施の形態 1 または 2 と同一の構成要素には同一の符号を付し、実施の形態 1 または 2 とは異なる構成について主に説明する。

[0094] 各搬送路ユニット 1 1 ではコイル 2 1 が一定の間隔で配列されているが、搬送路 1 0 のうち搬送路ユニット 1 1 同士の接続部分ではコイル 2 1 の配列の連続性が途切れる。このため、搬送路ユニット 1 1 同士の接続部分では、搬送路ユニット 1 1 内のコイル 2 1 間で生じるコギングトルクとは異なるコギングトルクが発生し、コギングトルクが変動する。搬送路ユニット 1 1 の組付けはユーザによって行われる場合が多く、搬送路ユニット 1 1 同士の組付け誤差が発生し易いため、搬送路ユニット 1 1 同士の接続部分におけるコギングトルクを補正するための補正值をあらかじめ想定することは困難である。実際に搬送路 1 0 の組立が完了した後に補正值を求める場合は、搬送路ユニット 1 1 同士の接続部分におけるコギングトルクを精度良く測定する必要があることから、搬送路 1 0 の組立における工数が増加することとなる。

[0095] 実施の形態 3 では、機械学習により算出された推力指令補正值を算出して推力指令を補正することによって、コギングトルクの高精度な補正が可能となり、かつ、搬送路 1 0 の組立における工数を削減することができる。実施の形態 3 において、推力指令補正值とは、推力指令の補正に使用される補正值とする。

[0096] 図 9 は、実施の形態 3 にかかる搬送システム 1 に備えられるトラックコントローラ 5 0 の構成例を示す図である。トラックコントローラ 5 0 は、電流指令生成器 4 2 と、位置情報生成器 4 3 と、通信従局 4 4 と、通信主局 4 5 と、台車位置制御器 5 1 と、学習装置 5 2 と、学習済モデル記憶部 5 3 とを備える。

[0097] 台車位置制御器 5 1 は、各台車 1 7 の位置指令と各台車 1 7 の位置情報と

を取得する。台車位置制御器 5 1 は、位置指令と位置情報との差に基づいて各台車 1 7 の推力指令を生成する。また、台車位置制御器 5 1 は、学習済モデル記憶部 5 3 から学習済モデルを取得し、学習済モデルと各台車 1 7 の位置情報とに基づいて推力指令補正値を求める。台車位置制御器 5 1 は、推力指令補正値を用いて推力指令を補正し、補正された推力指令を電流指令生成器 4 2 へ出力する。

[0098] 学習装置 5 2 は、各台車 1 7 の位置情報と推力指令補正値とを取得する。学習装置 5 2 は、コギングトルクの高精度な補正を可能とする推力指令補正値を学習する。学習装置 5 2 は、学習の結果である学習済モデルを出力する。学習済モデル記憶部 5 3 は、学習済モデルを記憶する。

[0099] 図 1 0 は、実施の形態 3 にかかる搬送システム 1 に備えられる学習装置 5 2 の構成例を示す図である。学習装置 5 2 は、データ取得部 6 1 とモデル生成部 6 2 とを備える。データ取得部 6 1 は、学習用データを取得し、学習用データをまとめ合わせたデータセットを作成する。学習用データは、各台車 1 7 の位置情報および推力指令補正値である。すなわち、データ取得部 6 1 は、位置情報と推力指令補正値とを含む学習用データを取得する。データ取得部 6 1 は、位置情報生成器 4 3 から位置情報を取得する。データ取得部 6 1 は、台車位置制御器 5 1 から推力指令補正値を取得する。

[0100] モデル生成部 6 2 は、学習用データを用いて学習済モデルを生成する。モデル生成部 6 2 は、位置情報からの推力指令補正値の推論に使用される学習済モデルを、学習用データに基づいて生成する。モデル生成部 6 2 は、生成された学習済モデルを出力する。学習済モデルは、学習済モデル記憶部 5 3 に格納される。なお、モデル生成部 6 2 は、既に生成された学習済モデルを学習済モデル記憶部 5 3 から読み出し、学習用データに従った再学習により学習済モデルを更新しても良い。

[0101] モデル生成部 6 2 が用いる学習アルゴリズムとしては、教師あり学習、教師なし学習、または強化学習等の公知のアルゴリズムを用いることができる。一例として、モデル生成部 6 2 が用いる学習アルゴリズムに強化学習 (Rei

nforcement Learning) を適用する場合について説明する。強化学習は、ある環境内におけるエージェントである行動主体が、現在の状態を観測し、取るべき行動を決定する、というものである。エージェントは行動を選択することで環境から報酬を得て、一連の行動を通じて報酬が最も多く得られるような方策を学習する。強化学習の代表的な手法として、Q学習 (Q-Learning) およびTD学習 (TD-Learning) などが知られている。例えば、Q学習の場合、行動価値関数 $Q(s, a)$ の一般的な更新式である行動価値テーブルは、次の式 (1) で表される。行動価値関数 $Q(s, a)$ は、環境「 s 」のもとで行動「 a 」を選択する行動の価値である行動価値 Q を表す。

[0102] [数1]

$$Q(s_t, a_t) \leftarrow Q(s_t, a_t) + \alpha(r_{t+1} + \gamma \max_a Q(s_{t+1}, a_t) - Q(s_t, a_t)) \quad \dots(1)$$

[0103] 式 (1) において、「 s_t 」は、時刻「 t 」における環境を表す。「 a_t 」は、時刻「 t 」における行動を表す。行動「 a_t 」によって、環境は「 s_{t+1} 」に変わる。「 r_{t+1} 」は、その環境の変化によってもらえる報酬を表す。「 γ 」は、割引率を表す。「 α 」は、学習係数を表す。実施の形態3において、位置情報は、環境「 s_t 」である。また、推力指令補正值は、行動「 a_t 」である。

[0104] 式 (1) により表される更新式は、時刻「 $t+1$ 」における最良の行動「 a 」の行動価値が、時刻「 t 」において実行された行動「 a 」の行動価値 Q よりも大きければ、行動価値 Q を大きくし、逆の場合は、行動価値 Q を小さくする。換言すれば、時刻「 t 」における行動「 a 」の行動価値 Q を、時刻「 $t+1$ 」における最良の行動価値に近づけるように、行動価値関数 $Q(s, a)$ を更新する。それにより、ある環境における最良の行動価値が、それ以前の環境における行動価値に順次伝播する。

[0105] モデル生成部62は、報酬計算部63および関数更新部64を有する。報酬計算部63は、データセットに基づいて報酬を計算する。関数更新部64は、報酬計算部63によって算出される報酬に従って、推力指令補正值を決定するための関数を更新する。

- [0106] 具体的には、報酬計算部63は、台車17の速度の変動度に基づいて報酬「 r 」を計算する。台車17の速度の変動度は、例えば台車17の位置情報に基づいて求まる。例えば、台車17の速度の変動度が小さくなった場合に、報酬計算部63は、報酬「 r 」を増大させる。報酬計算部63は、報酬の値である「1」を与えることによって報酬「 r 」を増大させる。なお、報酬の値は「1」に限られない。一方、台車17の速度の変動度が大きくなった場合に、報酬計算部63は、報酬「 r 」を減少させる。報酬計算部63は、報酬の値である「 -1 」を与えることによって報酬「 r 」を減少させる。なお、報酬の値は「 -1 」に限られない。
- [0107] 関数更新部64は、報酬計算部63によって計算される報酬に従って、推力指令補正値を決定するためのモデルである関数を更新する。関数の更新は、データセットに従って、例えば行動価値テーブルを更新することによって行うことができる。行動価値テーブルは、任意の行動と、その行動価値とを関連付けてテーブルの形式で記憶したデータセットである。例えばQ学習の場合、上記の式(1)により表される行動価値関数 $Q(s_t, a_t)$ を、推力指令補正値を決定するための関数として用いる。
- [0108] 図11は、実施の形態3にかかる搬送システム1に備えられる学習装置52の処理手順を示すフローチャートである。図11のフローチャートを参照して、行動価値関数 $Q(s, a)$ を更新する強化学習方法について説明する。
- [0109] ステップS11において、学習装置52は、データ取得部61により、各台車17の位置情報と推力指令補正値とを取得する。すなわち、学習装置52は、学習用データを取得する。データ取得部61は、学習用データをまとめたデータセットをモデル生成部62へ出力する。
- [0110] ステップS12において、学習装置52は、報酬計算部63により報酬を計算する。報酬計算部63は、各台車17の位置情報と各台車17についての推力指令補正値との組み合わせに対する報酬を計算する。報酬計算部63は、台車17の速度の変動度に基づいて、報酬を増大または減少させる。

- [0111] ステップS 1 3において、学習装置5 2は、関数更新部6 4により行動価値関数を更新する。関数更新部6 4は、ステップS 1 2において計算された報酬に基づいて行動価値関数 $Q(s, a)$ を更新する。学習装置5 2は、学習済モデル記憶部5 3に記憶されている行動価値関数 $Q(s_t, a_t)$ を更新する。
- [0112] ステップS 1 4において、学習装置5 2は、関数更新部6 4により、行動価値関数 $Q(s, a)$ が収束したか否かを判断する。関数更新部6 4は、ステップS 1 3における行動価値関数 $Q(s, a)$ の更新が行われなくなることによって行動価値関数 $Q(s, a)$ が収束したと判断する。
- [0113] 行動価値関数 $Q(s, a)$ が収束していないと判断された場合（ステップS 1 4, No）、学習装置5 2は、手順をステップS 1 1へ戻す。一方、行動価値関数 $Q(s, a)$ が収束したと判断された場合（ステップS 1 4, Yes）、学習装置5 2は、図1 1に示す手順による処理を終了する。なお、学習装置5 2は、ステップS 1 4による判断をせず、ステップS 1 3からステップS 1 1へ手順を戻すことによって学習を継続しても良い。学習済モデル記憶部5 3は、生成された行動価値関数 $Q(s, a)$ である学習済モデルを記憶する。
- [0114] 実施の形態3では、学習装置5 2が用いる学習アルゴリズムに強化学習を適用する場合について説明したが、学習アルゴリズムには、強化学習以外の学習が適用されても良い。学習装置5 2は、強化学習以外の公知の学習アルゴリズム、例えば、深層学習（Deep Learning）、ニューラルネットワーク、遺伝的プログラミング、帰納論理プログラミングあるいはサポートベクターマシンといった学習アルゴリズムを用いて機械学習を実行しても良い。
- [0115] 図9および図1 0に示す学習装置5 2は、トラックコントローラ5 0に内蔵される装置である。学習装置5 2は、トラックコントローラ5 0の外部の装置でも良い。トラックコントローラ5 0の外部の装置である学習装置5 2は、搬送システム1を構成する。学習装置5 2は、ネットワークを介してトラックコントローラ5 0に接続可能な装置でも良い。学習装置5 2は、クラ

ウドサーバ上に存在する装置でも良い。

[0116] 学習装置 5 2 は、複数の搬送システム 1 について作成されたデータセットに従って、位置情報と推力指令補正值との関係を学習しても良い。学習装置 5 2 は、同一の場所で使用される複数の搬送システム 1 から学習用データを取得しても良く、または、互いに異なる場所で使用される複数の搬送システム 1 から学習用データを取得しても良い。学習用データは、複数の場所において互いに独立して稼働する複数の搬送システム 1 から収集されたものでも良い。複数の搬送システム 1 からの学習用データの収集を開始した後に、学習用データが収集される対象に新たな搬送システム 1 が追加されても良い。また、複数の搬送システム 1 からの学習用データの収集を開始した後に、学習用データが収集される対象から、複数の搬送システム 1 のうちの一部が除外されても良い。

[0117] ある 1 つの搬送システム 1 について学習を行った学習装置 5 2 は、当該搬送システム 1 以外の他の搬送システム 1 についての学習を行っても良い。当該他の搬送システム 1 についての学習を行う学習装置 5 2 は、当該他の搬送システム 1 における再学習によって、学習済モデルを更新することができる。

[0118] 図 1 2 は、実施の形態 3 にかかる搬送システム 1 に備えられる台車位置制御器 5 1 の構成例を示す図である。台車位置制御器 5 1 は、推力指令生成器 7 1 と、推力指令補正部 7 2 と、データ取得部 7 3 と、推論部 7 4 とを備える。データ取得部 7 3 および推論部 7 4 は、各台車 1 7 の位置情報から推力指令補正值を推論する推論装置として機能する。

[0119] 推力指令生成器 7 1 は、各台車 1 7 の位置指令と各台車 1 7 の位置情報とを取得する。推力指令生成器 7 1 は、台車 1 7 ごとの位置指令と台車 1 7 ごとの位置情報との差に基づいて、各台車 1 7 の推力指令を生成する。推力指令生成器 7 1 は、生成された推力指令を推力指令補正部 7 2 へ出力する。

[0120] データ取得部 7 3 は、推論用データを取得する。推論用データは、搬送システム 1 に備えられる複数の台車 1 7 の各々の位置情報である。データ取得

部 7 3 は、位置情報生成器 4 3 から位置情報を取得する。推論部 7 4 は、学習装置 5 2 によって生成された学習済モデルを、学習済モデル記憶部 5 3 から読み出す。推論部 7 4 は、学習済モデルへ推論用データを入力することによって、推力指令補正値を推論する。推論部 7 4 は、推論結果である推力指令補正値を推力指令補正部 7 2 へ出力する。推力指令補正部 7 2 は、推力指令補正値を使用して、各台車 1 7 の推力指令を補正する。推力指令補正部 7 2 は、補正された推力指令を出力する。

[0121] 図 1 3 は、実施の形態 3 にかかる搬送システム 1 に備えられる台車位置制御器 5 1 の処理手順を示すフローチャートである。台車位置制御器 5 1 は、推力指令生成器 7 1 により各台車 1 7 の位置指令と各台車 1 7 の位置情報とを取得する。推力指令生成器 7 1 は、位置指令と位置情報とに基づいて、各台車 1 7 の推力指令を生成する。

[0122] ステップ S 2 1 において、台車位置制御器 5 1 は、データ取得部 7 3 により各台車 1 7 の位置情報を取得する。データ取得部 7 3 は、取得された位置情報を推論部 7 4 へ出力する。ステップ S 2 2 において、台車位置制御器 5 1 は、推論部 7 4 により、位置情報を学習済モデルへ入力することによって推力指令補正値を生成する。推論部 7 4 は、生成された推力指令補正値を推力指令補正部 7 2 へ出力する。

[0123] ステップ S 2 3 において、台車位置制御器 5 1 は、推力指令補正部 7 2 により、推力指令補正値を使用して推力指令を補正する。ステップ S 2 4 において、台車位置制御器 5 1 は、推力指令補正部 7 2 により補正された推力指令を出力する。以上により、台車位置制御器 5 1 は、図 1 3 に示す手順による処理を終了する。電流指令生成器 4 2 は、台車位置制御器 5 1 より取得された推力指令と各台車 1 7 の位置情報とに基づいて電流指令を生成する。

[0124] 実施の形態 3 によると、搬送システム 1 は、学習装置 5 2 により、コギングトルクの高精度な補正を可能とする推力指令補正値を学習する。搬送システム 1 は、データ取得部 7 3 と推論部 7 4 とを備える台車位置制御器 5 1 により、コギングトルクの高精度な補正を可能とする推力指令補正値を推論す

る。搬送システム 1 は、推論結果である推力指令補正值に基づいて推力指令を補正することによって、コギングトルクの高精度な補正が可能となり、かつ、搬送路 10 の組立における工数を削減することができる。

[0125] 次に、実施の形態 1 から 3 にかかるトラックコントローラ 20, 50 を実現するハードウェアについて説明する。トラックコントローラ 20, 50 は、処理回路により実現される。処理回路は、プロセッサがソフトウェアを実行する回路であっても良いし、専用の回路であっても良い。

[0126] 処理回路がソフトウェアにより実現される場合、処理回路は、例えば、図 14 に示す制御回路である。図 14 は、実施の形態 1 から 3 にかかる制御回路 80 の構成例を示す図である。制御回路 80 は、入力部 81、プロセッサ 82、メモリ 83 および出力部 84 を備える。入力部 81 は、制御回路 80 の外部から入力されたデータを受信してプロセッサ 82 に与えるインターフェース回路である。出力部 84 は、プロセッサ 82 またはメモリ 83 からのデータを制御回路 80 の外部に送るインターフェース回路である。

[0127] 処理回路が図 14 に示す制御回路 80 である場合、トラックコントローラ 20, 50 は、ソフトウェア、ファームウェア、またはソフトウェアとファームウェアとの組み合わせにより実現される。ソフトウェアまたはファームウェアはプログラムとして記述され、メモリ 83 に格納される。処理回路は、メモリ 83 に記憶されたプログラムをプロセッサ 82 が読み出して実行することにより、トラックコントローラ 20, 50 の各機能を実現する。すなわち、処理回路は、トラックコントローラ 20, 50 の処理が結果的に実行されることになるプログラムを格納するためのメモリ 83 を備える。また、これらのプログラムは、トラックコントローラ 20, 50 の手順および方法をコンピュータに実行させるものであるともいえる。

[0128] プロセッサ 82 は、CPU である。プロセッサ 82 は、中央処理装置、処理装置、演算装置、マイクロプロセッサ、マイクロコンピュータ、プロセッサ、または DSP でも良い。メモリ 83 は、例えば、RAM (Random Access Memory)、ROM (Read Only Memory)、フラッシュメモリ、EPRO

M (Erasable Programmable Read Only Memory)、EEPROM (登録商標) (Electrically Erasable Programmable Read Only Memory) 等の、不揮発性または揮発性の半導体メモリ、磁気ディスク、フレキシブルディスク、光ディスク、コンパクトディスク、ミニディスクまたはDVD (Digital Versatile Disc) 等が該当する。

[0129] 図14は、汎用のプロセッサ82およびメモリ83によりトラックコントローラ20, 50を実現する場合のハードウェアの例であるが、トラックコントローラ20, 50は、専用のハードウェア回路により実現されても良い。図15は、実施の形態1から3にかかる専用のハードウェア回路85の構成例を示す図である。

[0130] 専用のハードウェア回路85は、入力部81、出力部84および処理回路86を備える。処理回路86は、単回路、複合回路、プログラム化したプロセッサ、並列プログラム化したプロセッサ、ASIC (Application Specific Integrated Circuit)、FPGA (Field Programmable Gate Array)、またはこれらを組み合わせた回路である。トラックコントローラ20, 50の各機能を機能別に処理回路86で実現しても良いし、各機能をまとめて処理回路86で実現しても良い。なお、トラックコントローラ20, 50は、制御回路80とハードウェア回路85とが組み合わされて実現されても良い。

[0131] 図1に示すモーションコントローラ19は、トラックコントローラ20, 50と同様に、処理回路により実現される。モーションコントローラ19を実現する処理回路は、図14に示す制御回路、または、図15に示す専用のハードウェア回路85である。

[0132] 実施の形態1から3にかかる搬送システム1における各構成要素の分散または統合の具体的形態は、実施の形態1から3で説明するものに限られない。搬送システム1の構成要素の全部または一部は、機能的または物理的に、任意の単位で分散あるいは統合して構成されても良い。例えば、図1に示すコントローラ12は、モーションコントローラ19とトラックコントローラ

20とに分離されたものに限られず、1つの装置により実現されても良い。

[0133] 以上の各実施の形態に示した構成は、本開示の内容の一例を示すものである。各実施の形態の構成は、別の公知の技術と組み合わせることが可能である。各実施の形態の構成同士が適宜組み合わせられても良い。本開示の要旨を逸脱しない範囲で、各実施の形態の構成の一部を省略または変更することが可能である。

符号の説明

[0134] 1 搬送システム、10 搬送路、11, 11A-11H 搬送路ユニット、12 コントローラ、13 DC電源、14, 15 データ通信線、16 DC電源バス、17, 17A, 17B, 17C 台車、18A, 18B 矢印、19 モーションコントローラ、20, 50 トラックコントローラ、21, 21a-21i コイル、22 インバータ回路、23 電流センサ、24 コンデンサ、25 電流制御器、26 リニアスケール、27 位置センサ、28, 82 プロセッサ、29, 44 通信従局、30, 31 永久磁石、41, 51 台車位置制御器、42 電流指令生成器、43 位置情報生成器、45 通信主局、52 学習装置、53 学習済モデル記憶部、61, 73 データ取得部、62 モデル生成部、63 報酬計算部、64 関数更新部、71 推力指令生成器、72 推力指令補正部、74 推論部、80 制御回路、81 入力部、83 メモリ、84 出力部、85 ハードウェア回路、86 処理回路。

請求の範囲

- [請求項1] 搬送体が移動する搬送路を構成し、電流が流れることにより前記搬送体を移動させる推力を発生する複数の駆動部を各々が有する複数の搬送路ユニットと、
- 複数の前記駆動部に流れる電流を制御するための電流指令を生成する電流指令生成器を備えるコントローラと、を備え、
- 複数の前記搬送路ユニットの各々は、複数の前記駆動部の各々を流れる電流を前記電流指令に従って制御し、
- 前記電流指令生成器は、前記電流指令を生成する際の制御周期の度に、各前記搬送路ユニットの複数の前記駆動部の全てを電流制御の対象とする電流指令を生成することを特徴とする搬送システム。
- [請求項2] 前記搬送体の進行方向における複数の前記駆動部の配置間隔は、前記進行方向における前記搬送体の長さよりも短いことを特徴とする請求項1に記載の搬送システム。
- [請求項3] 1または複数の前記搬送体を備え、
- 前記搬送体には、永久磁石が設けられており、
- 前記駆動部は、電流と前記永久磁石が発生する磁界との相互作用によって前記推力である電磁力を発生するコイルを備えることを特徴とする請求項1または2に記載の搬送システム。
- [請求項4] 前記搬送体の進行方向における前記永久磁石の長さは、前記進行方向における前記搬送体の長さよりも短いことを特徴とする請求項3に記載の搬送システム。
- [請求項5] 複数の前記搬送路ユニットは、複数の前記搬送体の各々へ前記推力を与えることによって複数の前記搬送体の各々を移動させ、
- 前記電流指令生成器は、前記駆動部ごとに各前記搬送体についての電流指令を求め、前記駆動部ごとに各前記搬送体についての電流指令を互いに足し合わせることによって、各前記駆動部についての電流指令を生成することを特徴とする請求項1から4のいずれか1つに記載

の搬送システム。

[請求項6] 複数の前記搬送路ユニットは、複数の前記搬送体の各々へ前記推力を与えることによって複数の前記搬送体の各々を移動させ、

前記電流指令生成器は、各前記駆動部について、複数の前記搬送体のうち前記駆動部から最も近い1つの前記搬送体を選択し、選択された前記搬送体へ前記推力を与える電流指令を求めることによって、各前記駆動部についての電流指令を生成することを特徴とする請求項1から4のいずれか1つに記載の搬送システム。

[請求項7] 前記コントローラは、前記搬送体を移動させる位置を示す位置指令と前記搬送体の位置の検出結果を示す位置情報とに基づいて前記搬送体に対する推力指令を生成し、前記推力指令と前記位置情報とに基づいて前記電流指令を生成することを特徴とする請求項1から6のいずれか1つに記載の搬送システム。

[請求項8] 前記推力指令の補正に使用される補正值と前記位置情報とを含む学習用データを取得するデータ取得部と、

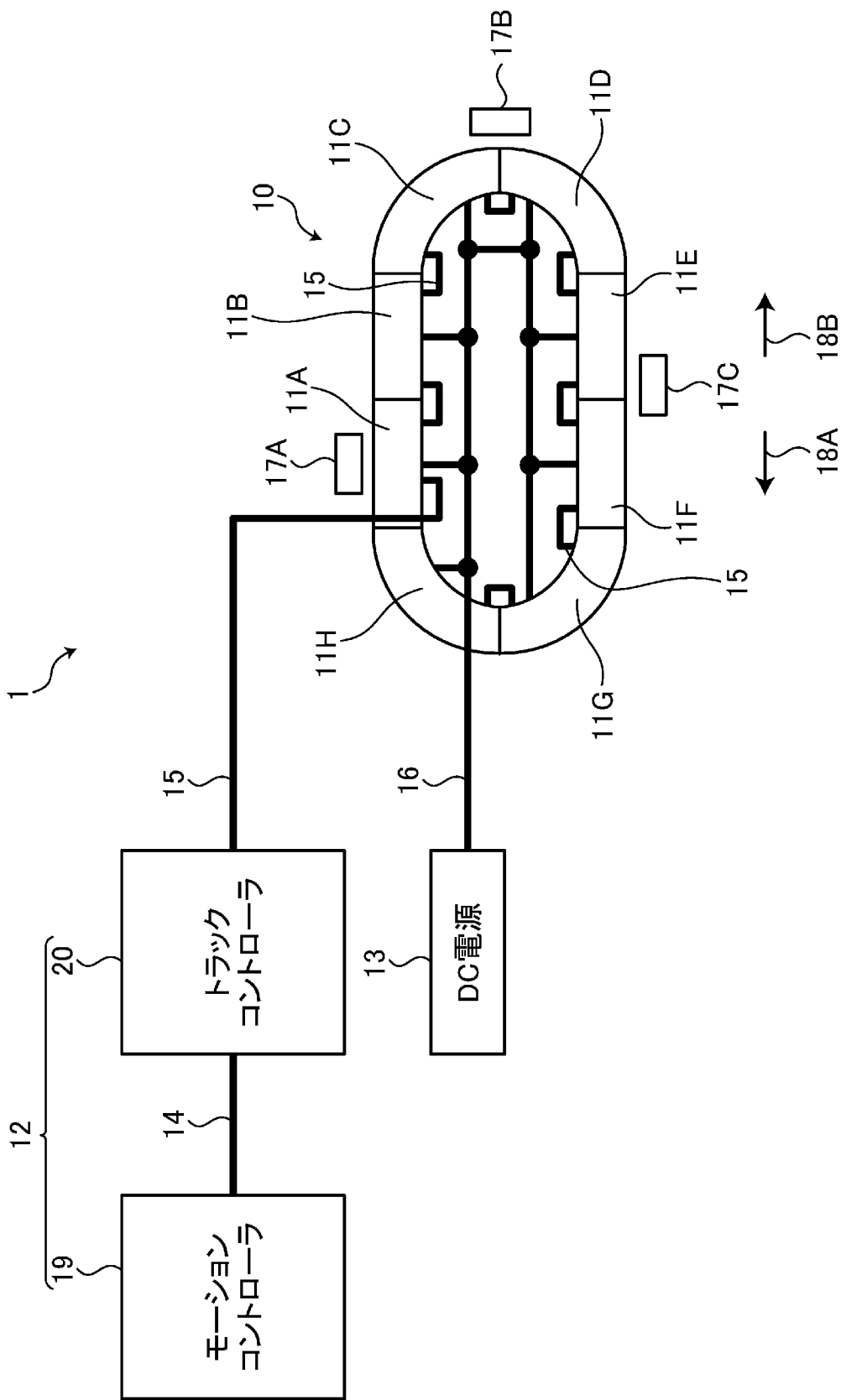
前記位置情報からの前記補正值の推論に使用される学習済モデルを、前記学習用データに基づいて生成するモデル生成部と、

を有し、

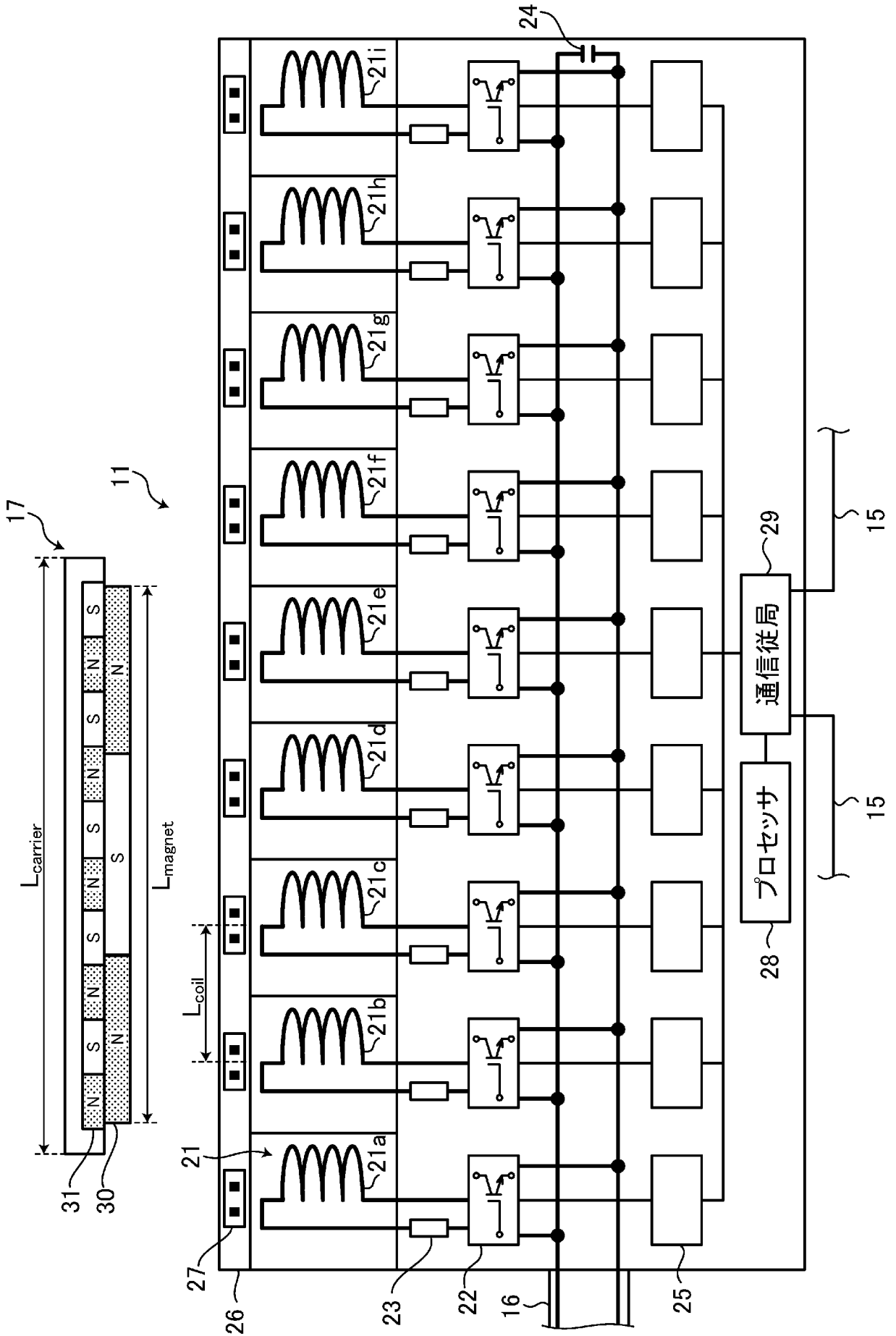
前記コントローラは、前記学習済モデルの使用により推論された前記補正值に基づいて前記推力指令を補正し、

前記電流指令生成器は、補正された前記推力指令と前記位置情報とに基づいて前記電流指令を生成することを特徴とする請求項7に記載の搬送システム。

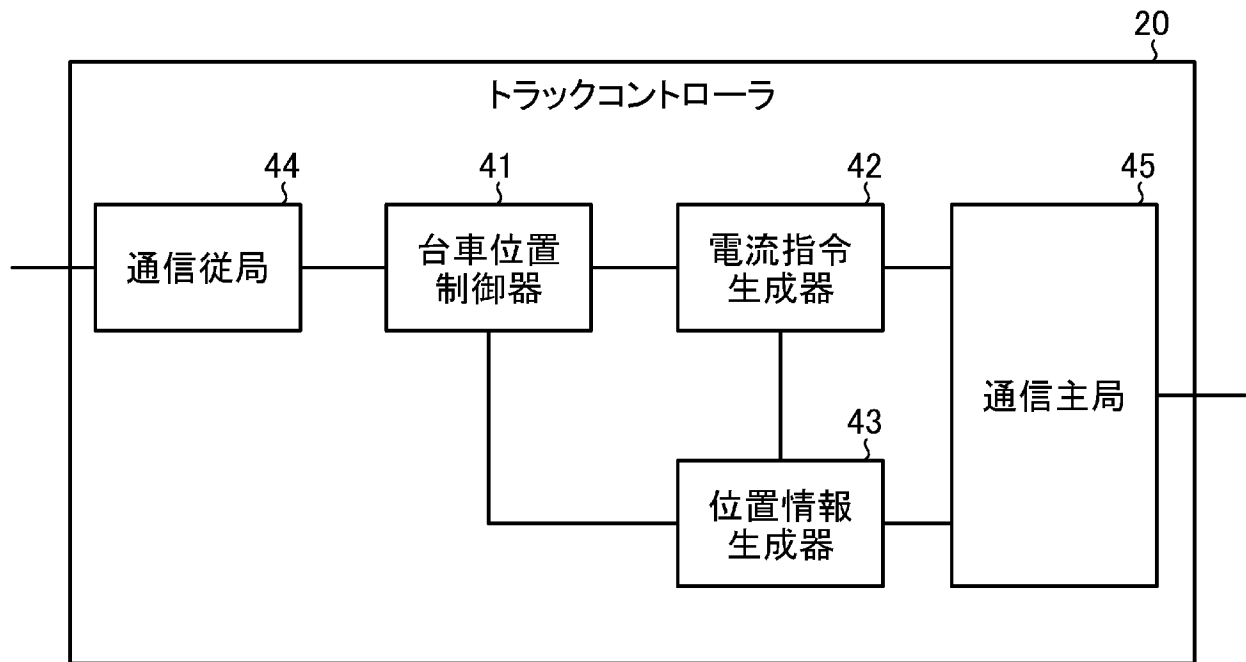
[図1]



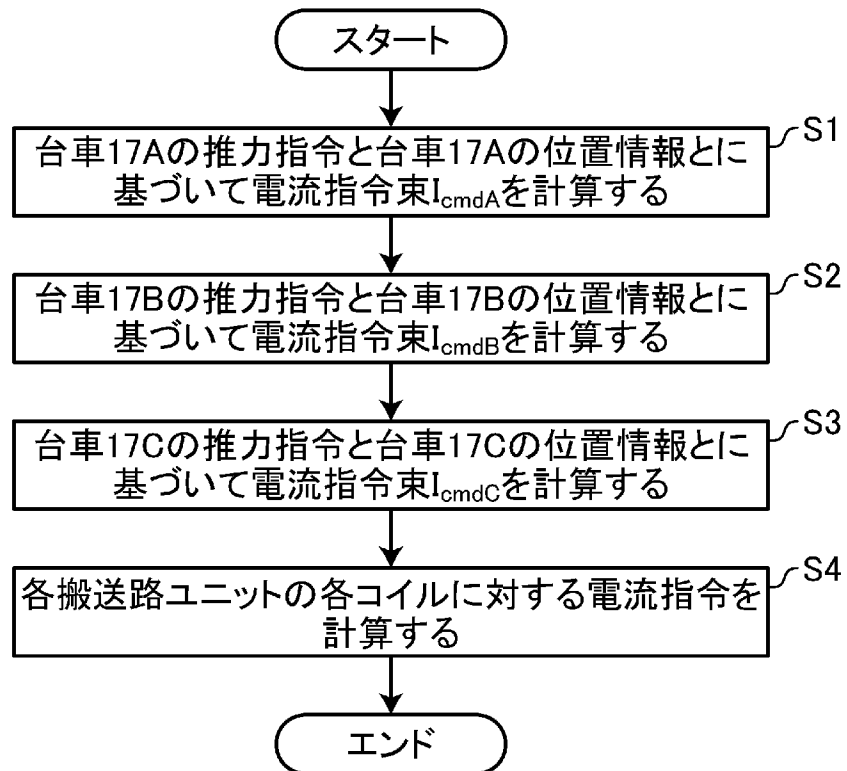
[図2]



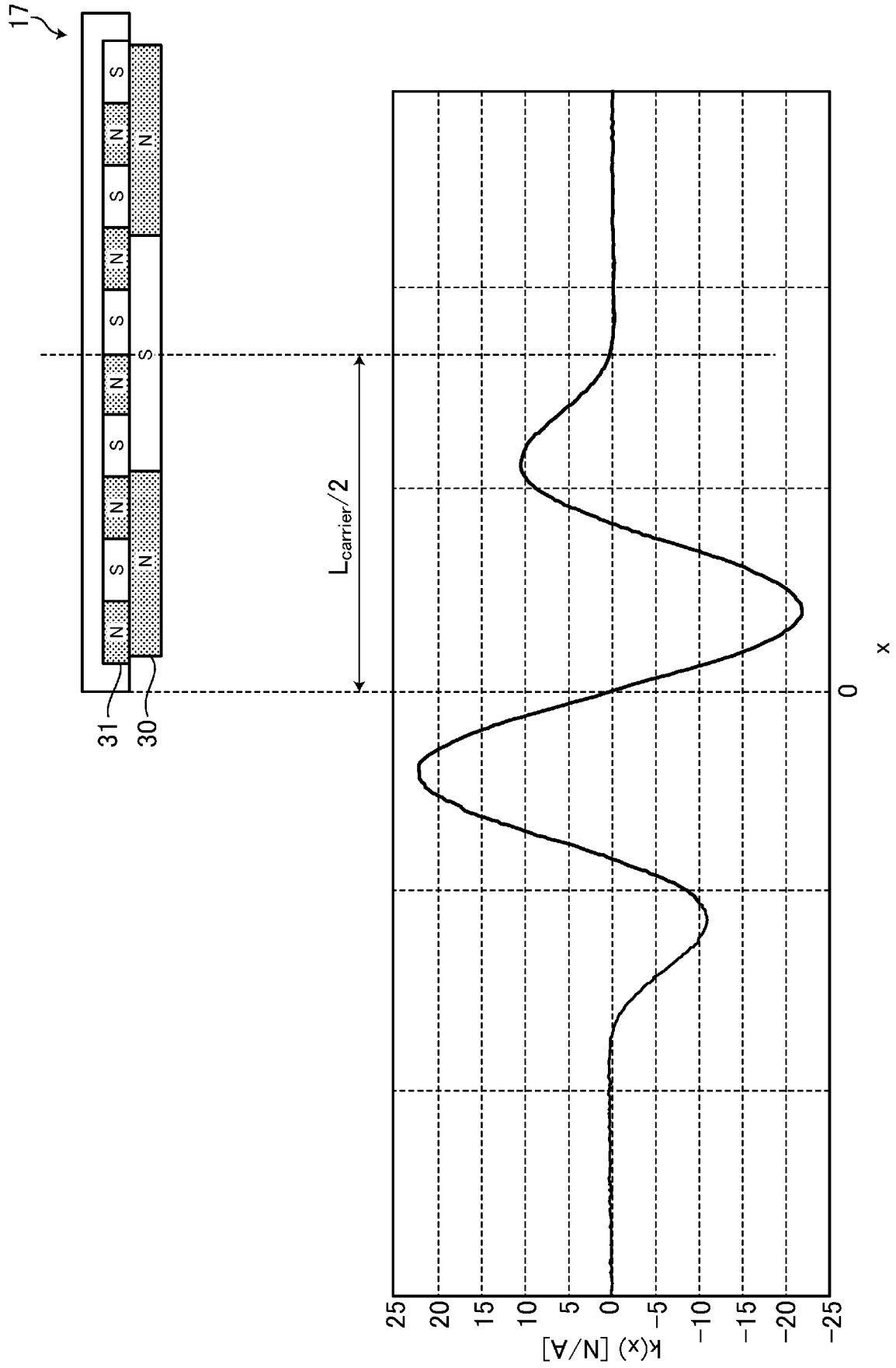
[図3]



[図4]



[5]



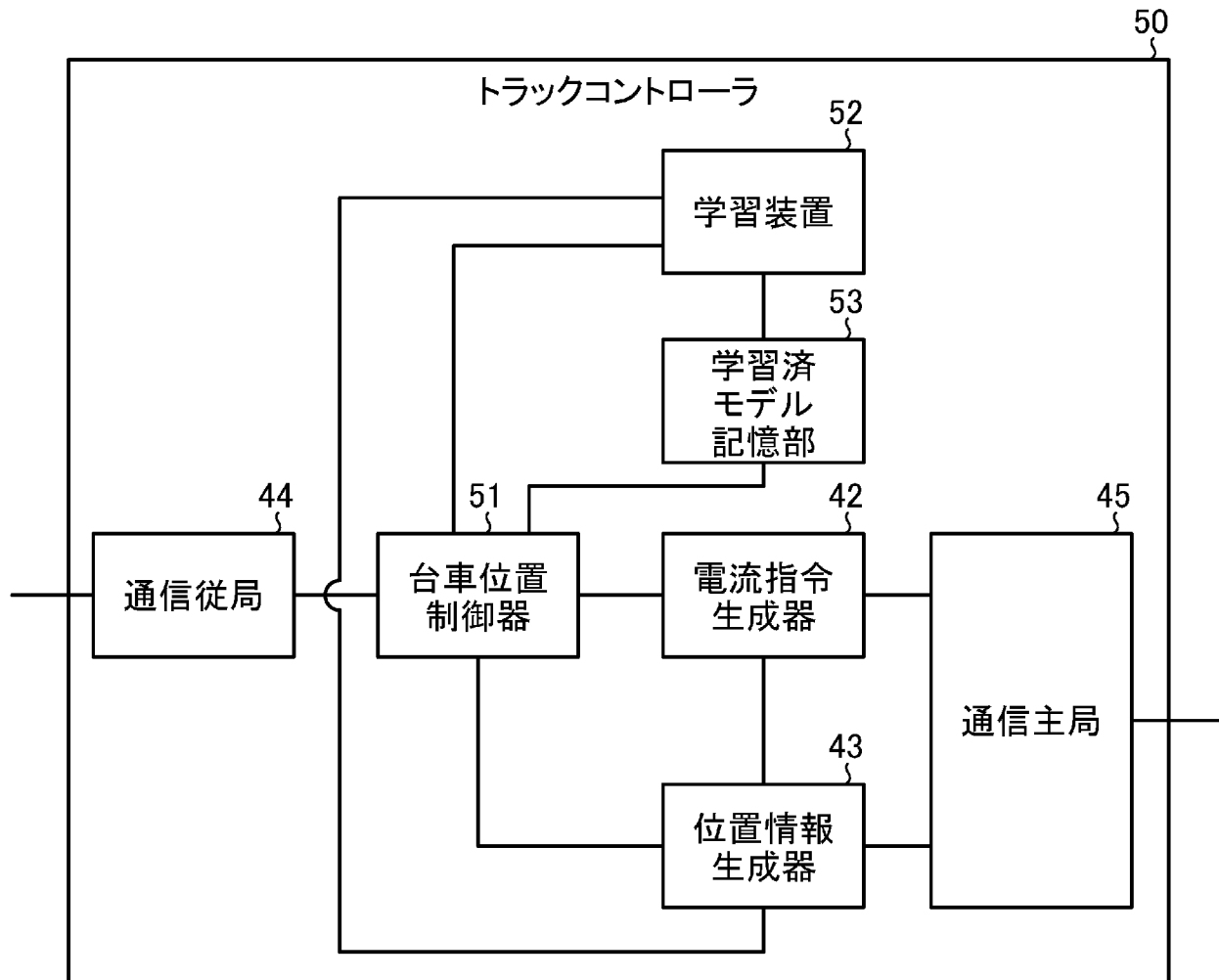
[図6]

	搬送路ユニット11A				搬送路ユニット11B				搬送路ユニット11H			
	コイル21a	...	コイル21i	コイル21a	...	コイル21i	コイル21a	...	コイル21i	コイル21a	...	コイル21i
電流指令束 I_{cmdA}	I_{cmdA_Aa}	...	I_{cmdA_Ai}	I_{cmdA_Ba}	...	I_{cmdA_Bi}	I_{cmdA_Ha}	...	I_{cmdA_Hi}			
電流指令束 I_{cmdB}	I_{cmdB_Aa}	...	I_{cmdB_Ai}	I_{cmdB_Ba}	...	I_{cmdB_Bi}	I_{cmdB_Ha}	...	I_{cmdB_Hi}			
電流指令束 I_{cmdC}	I_{cmdC_Aa}	...	I_{cmdC_Ai}	I_{cmdC_Ba}	...	I_{cmdC_Bi}	I_{cmdC_Ha}	...	I_{cmdC_Hi}			
電流指令束 I_{cmd}	I_{tot_Aa} = I_{cmdA_Aa} + I_{cmdB_Aa} + I_{cmdC_Aa}	...	I_{tot_Ai} = I_{cmdA_Ai} + I_{cmdB_Ai} + I_{cmdC_Ai}	I_{tot_Ba} = I_{cmdA_Ba} + I_{cmdB_Ba} + I_{cmdC_Ba}	...	I_{tot_Bi} = I_{cmdA_Bi} + I_{cmdB_Bi} + I_{cmdC_Bi}	I_{tot_Ha} = I_{cmdA_Ha} + I_{cmdB_Ha} + I_{cmdC_Ha}	...	I_{tot_Hi} = I_{cmdA_Hi} + I_{cmdB_Hi} + I_{cmdC_Hi}			

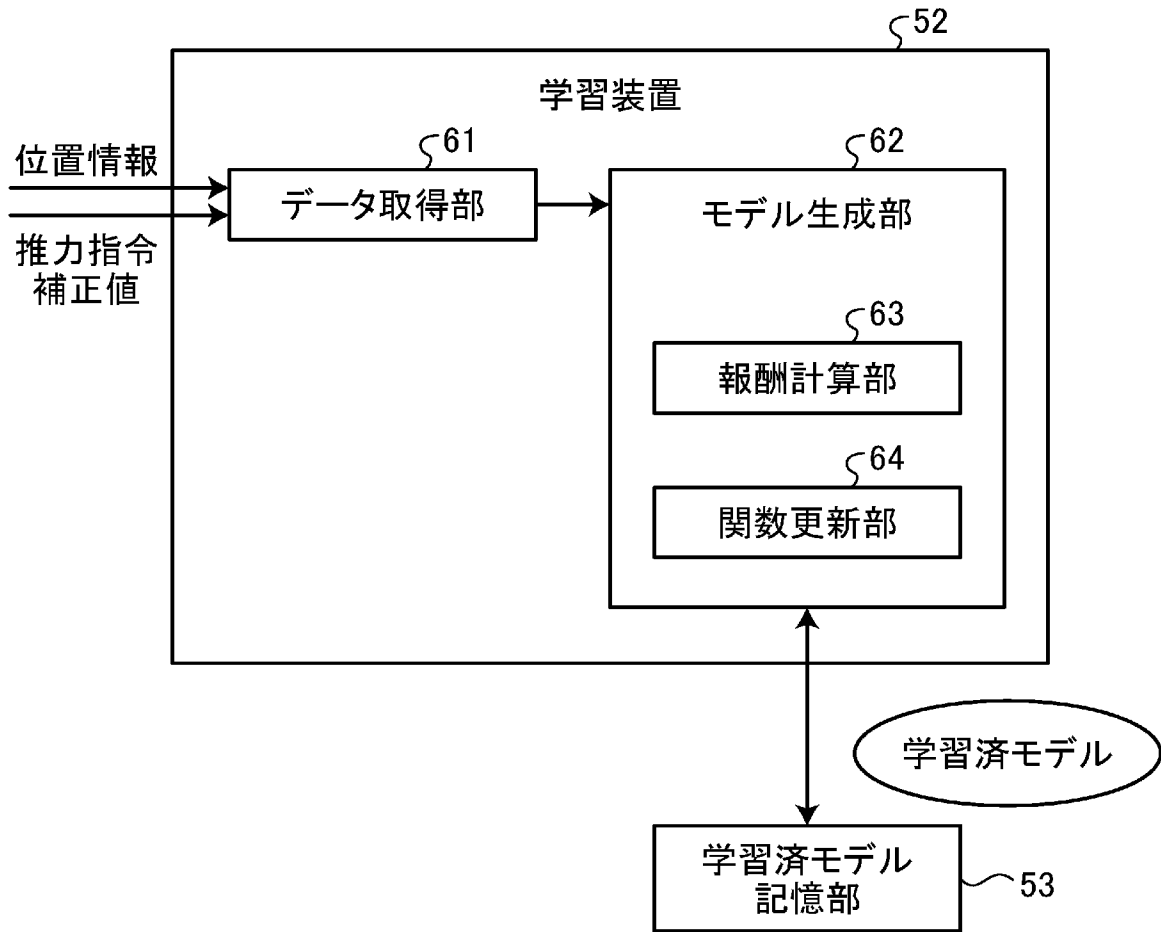
[図8]

	コイル 21a	コイル 21b	コイル 21c	コイル 21d	コイル 21e	コイル 21f	コイル 21g	コイル 21h	コイル 21i
台車17	台車17A	台車17A	台車17A	台車17A	台車17B	台車17B	台車17B	台車17B	台車17B
推力指令 τ	τ A	τ A	τ A	τ A	τ B	τ B	τ B	τ B	τ B

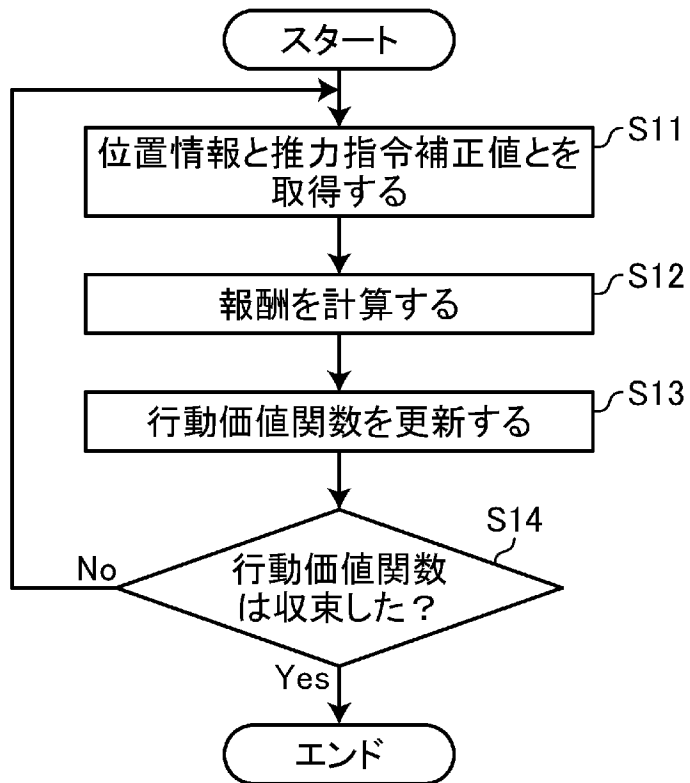
[図9]



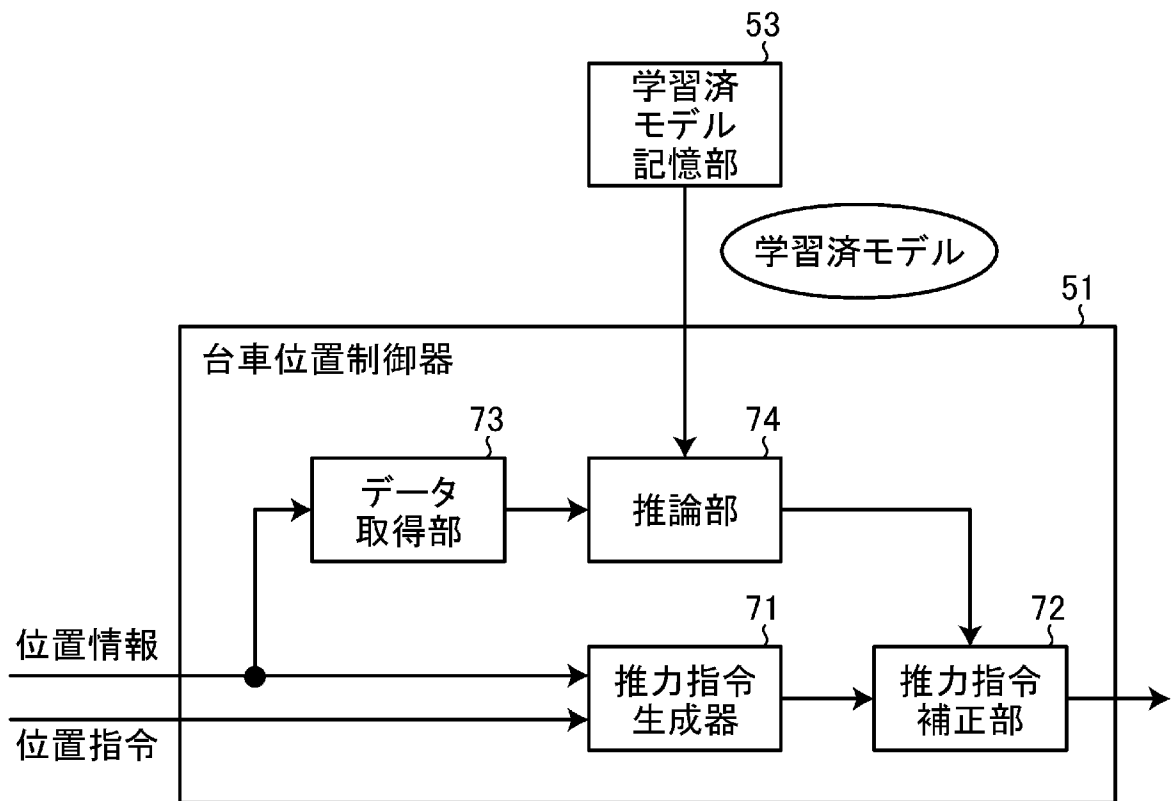
[図10]



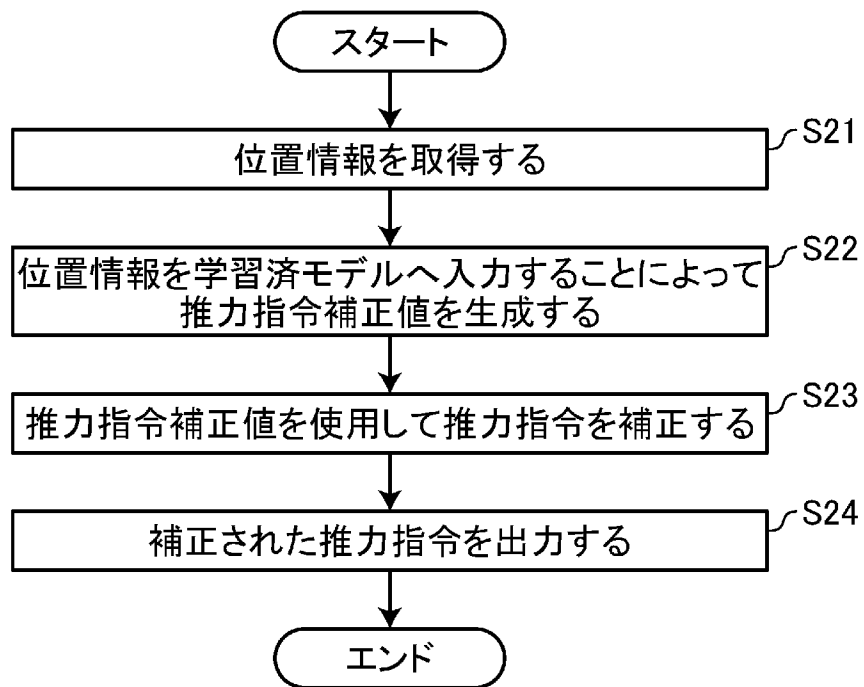
[図11]



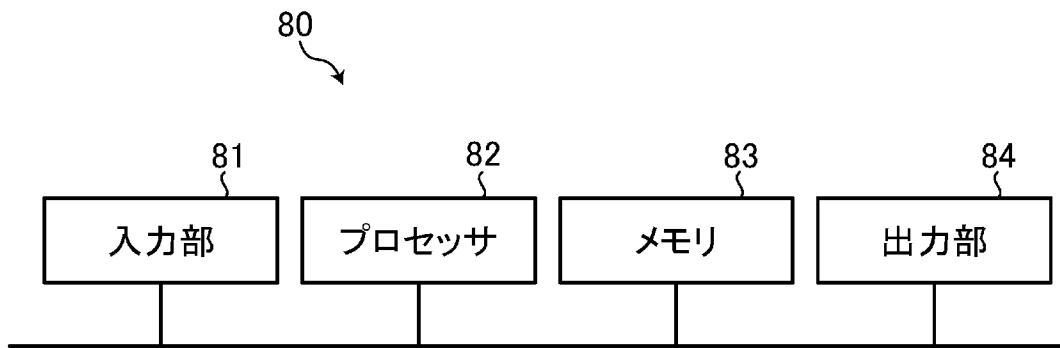
[図12]



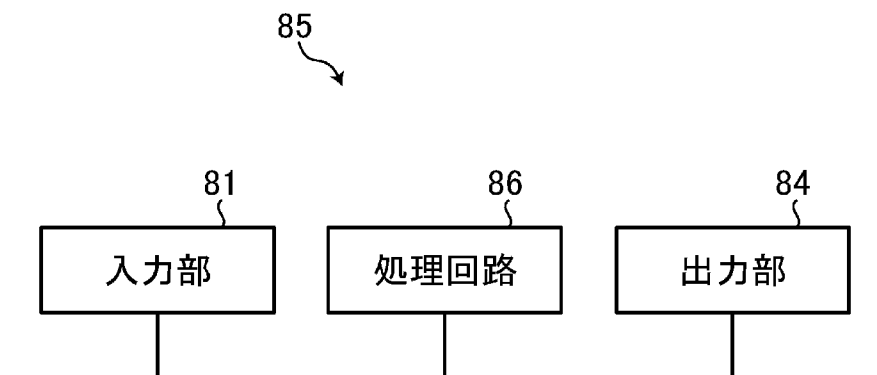
[図13]



[図14]



[図15]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2022/042087

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER		
<i>B65G 54/02</i> (2006.01) FI: B65G54/02		
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) B65G54/02; B61B13/06; B60L13/03; H02K41/03		
Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched Published examined utility model applications of Japan 1922-1996 Published unexamined utility model applications of Japan 1971-2023 Registered utility model specifications of Japan 1996-2023 Published registered utility model applications of Japan 1994-2023		
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.
X	JP 9-19178 A (CANON INC) 17 January 1997 (1997-01-17) paragraphs [0001]-[0031], fig. 1	1-3, 7
Y		4, 6
A		5, 8
Y	JP 11-205910 A (NKK CORP) 30 July 1999 (1999-07-30) paragraph [0009], fig. 9	4, 6
A		5, 8
Y	JP 2000-191140 A (MINEBEA CO LTD) 11 July 2000 (2000-07-11) paragraph [0010], fig. 3	4, 6
A		5, 8
A	JP 2021-126002 A (CANON INC) 30 August 2021 (2021-08-30)	5, 8
<input type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of Box C. <input checked="" type="checkbox"/> 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 "T" 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 January 2023		Date of mailing of the international search report 17 January 2023
Name and mailing address of the ISA/JP Japan Patent Office (ISA/JP) 3-4-3 Kasumigaseki, Chiyoda-ku, Tokyo 100-8915 Japan		Authorized officer Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No. PCT/JP2022/042087

Patent document cited in search report	Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)	Publication date (day/month/year)
JP 9-19178 A	17 January 1997	US 5973459 A column 1, line 9 to column 8, line 64, fig. 1	
JP 11-205910 A	30 July 1999	(Family: none)	
JP 2000-191140 A	11 July 2000	US 6283039 B1 column 2, lines 49-56, fig. 3	
		EP 1013574 A1	
JP 2021-126002 A	30 August 2021	US 2021/0249944 A1	
		KR 10-2021-0101133 A	
		CN 113315336 A	

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC）） B65G 54/02(2006.01)i FI: B65G54/02		
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）） B65G54/02; B61B13/06; B60L13/03; H02K41/03 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 1971-2023年 日本国実用新案登録公報 1996-2023年 日本国登録実用新案公報 1994-2023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
X	JP 9-19178 A (キヤノン株式会社) 17.01.1997 (1997-01-17) 段落0001-0031, 図1	1-3, 7
Y		4, 6
A		5, 8
Y	JP 11-205910 A (日本鋼管株式会社) 30.07.1999 (1999-07-30) 段落0009, 図9	4, 6
A		5, 8
Y	JP 2000-191140 A (ミネベア株式会社) 11.07.2000 (2000-07-11) 段落0010, 図3	4, 6
A		5, 8
A	JP 2021-126002 A (キヤノン株式会社) 30.08.2021 (2021-08-30)	5, 8
<input type="checkbox"/> C欄の続きにも文献が列挙されている。 <input checked="" type="checkbox"/> 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、一般的な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抵触するものではなく、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 05.01.2023	国際調査報告の発送日 17.01.2023	
名称及びあて先 日本国特許庁(ISA/JP) 〒100-8915 日本国 東京都千代田区霞が関三丁目4番3号	権限のある職員（特許庁審査官） 山▲崎▼ 歩美 3F 1580 電話番号 03-3581-1101 内線 3351	

国際調査報告
 パテントファミリーに関する情報

国際出願番号

PCT/JP2022/042087

引用文献	公表日	パテントファミリー文献	公表日
JP 9-19178 A	17.01.1997	US 5973459 A 第1欄9行-第8欄64行, 図1	
JP 11-205910 A	30.07.1999	(ファミリーなし)	
JP 2000-191140 A	11.07.2000	US 6283039 B1 第2欄49-56行, 図3	
		EP 1013574 A1	
JP 2021-126002 A	30.08.2021	US 2021/0249944 A1	
		KR 10-2021-0101133 A	
		CN 113315336 A	