

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))

(57) 要約: 動作パターン又は動作周波数の異なる制御に対し、学習制御を安定化させる。送り軸を複数の周期的な動作パターンでサーボモータを駆動するサーボモータ制御装置において、位置偏差を補正する学習制御部の帯域制限フィルタのカットオフ周波数を、動作パターンの切り替わりに対応して、動作パターンに応じたカットオフ周波数に切り換えるか又は動作パターンの動作周波数に設定された倍率を掛けたカットオフ周波数に設定する。送り軸を複数の周期的な動作パターンでサーボモータを駆動するサーボモータ制御装置の、位置偏差を補正する学習制御部で、サンプリング周期毎の位置偏差と、サンプリング周期における位置での位置偏差との間で変換を行うときの分割数を、動作パターンの切り替わりに対応して、動作パターンに応じた分割数に切り換える。

明 細 書

発明の名称： サーボモータ制御装置

技術分野

[0001] 本開示は、送り軸を複数の周期的な動作パターンでサーボモータを駆動するサーボモータ制御装置に関する。

背景技術

[0002] 工作機械又は産業機械において用いられる、サーボモータ制御装置となるサーボモータ制御装置において、周期的な動作パターンの指令によって加工等を行う場合、学習制御により、位置偏差を零近くまで収束させて加工精度を向上させるサーボモータ制御装置が、例えば、特許文献1に記載されている。

具体的には、特許文献1には、数値制御装置が、基準角度 θ ($=\omega t$) を計算する基準角度計算手段と、基準角度 θ と加工条件に基づいて周期的な揺動指令 $F(t)$ を計算する揺動指令計算手段と、を備え、サーボ制御装置が、サンプリング周期毎に前記揺動指令 $F(t)$ とサーボモータの位置を検出する位置検出手段からの位置フィードバック P_f との偏差である位置偏差 ε を演算する演算器と、基準角度 θ と揺動指令 $F(t)$ と位置偏差 ε に基づいて学習制御を行う学習制御手段と、を備え、周期的な高速揺動を行う被駆動体をサーボモータを用いて駆動する工作機械あるいは産業機械の該サーボモータを駆動制御するサーボモータ駆動制御システムが記載されている。

先行技術文献

特許文献

[0003] 特許文献1：特開2011-123616号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0004] 送り軸を複数の周期的な動作パターンでサーボモータを駆動するサーボモータ制御装置において、動作パターンの帯域が異なる複数の動作を行う場合

に、学習制御が不安定になる場合がある。

[0005] よって、動作パターンの帯域の異なる複数の動作を行うとする場合に、学習制御を安定して行うことができるサーボモータ制御装置が望まれる。

課題を解決するための手段

[0006] 本開示の代表的な第1の態様は、送り軸を複数の周期的な動作パターンでサーボモータを駆動するサーボモータ制御部と、該サーボモータ制御部の位置偏差を補正する学習制御部とを備えたサーボモータ制御装置であって、

前記学習制御部は、

動作パターンにおける位置偏差の高周波成分を帯域制限フィルタにより減衰させて作成した補正データを、学習メモリに記憶し、位置偏差を補正する学習制御器と、

前記帯域制限フィルタの複数のカットオフ周波数を記憶するカットオフ周波数記憶部と、

複数の動作パターンのどれが実行中かを判別し、動作パターンの切り換えりを検出する動作パターン切換検出部と、

前記動作パターン切換検出部で前記動作パターンの切り替えりを検出した場合に、切り換えられた動作パターンに応じたカットオフ周波数を前記カットオフ周波数記憶部から取得して、前記帯域制限フィルタのカットオフ周波数を、取得したカットオフ周波数に切り換えるカットオフ周波数切換部と、
を備える、サーボモータ制御装置である。

[0007] 本開示の代表的な第2の態様は、送り軸を複数の周期的な動作パターンでサーボモータを駆動するサーボモータ制御部と、該サーボモータ制御部の位置偏差を補正する学習制御部とを備えたサーボモータ制御装置であって、

前記学習制御部は、

動作パターンにおけるサンプリング周期毎の位置偏差から、サンプリング周期における位置の範囲を複数の領域に分割した分割位置での位置偏差に変換し、変換した位置偏差に基づいて作成した補正データを、学習メモリに記憶し、分割位置に対応する補正データからサンプリング周期毎の補正データ

に変換し、位置偏差を補正する学習制御器と、

前記サンプリング周期における位置の範囲を前記複数の領域に分割する分割数を複数記憶する分割数記憶部と、

複数の動作パターンのどれが実行中かを判別し、動作パターンの切り換えりを検出する動作パターン切換検出部と、

前記動作パターン切換検出部で前記動作パターンの切り替わりを検出した場合に、切り換えられた動作パターンに応じた分割数を前記分割数記憶部から取得して、前記学習制御器で分割を行う分割数を取得した分割数に切り換える分割数切換部と、

を備える、サーボモータ制御装置である。

[0008] 本開示の代表的な第3の態様は、送り軸を複数の周期的な動作パターンでサーボモータを駆動するサーボモータ制御部と、該サーボモータ制御部の位置偏差を補正する学習制御部とを備えたサーボモータ制御装置であって、

前記学習制御部は、

動作パターンにおける位置偏差の高周波成分を帯域制限フィルタにより減衰させて作成した補正データを、学習メモリに記憶し、位置偏差を補正する学習制御器と、

動作パターンの動作周波数を取得する動作周波数取得部と、

前記動作周波数の倍率を設定する倍率設定部と、

前記帯域制限フィルタのカットオフ周波数を、前記動作周波数に前記倍率を掛けて得られるカットオフ周波数に設定するカットオフ周波数設定部と、

を備える、サーボモータ制御装置である。

図面の簡単な説明

[0009] [図1]本開示の第1の実施形態のサーボモータ制御装置の全体構成例を示すブロック図である。

[図2]第1の実施形態における、学習制御部の構成例を示すブロック図である。

[図3]第1の実施形態において、位置指令が繰り返し指令の場合の、位置指令

と位置フィードバックの波形図、及び位置偏差の波形図を示す図である。

[図4]第1の実施形態において、位置偏差が、位置指令に同期しない高周波の外乱を含む場合の、帯域制限フィルタによって外乱を除去する様子を示す図である。

[図5]第1の実施形態において、位置指令が繰り返し指令である場合の、通常制御の位置偏差を示す波形図及び学習制御の位置偏差を示す波形図である。

[図6]第1の実施形態における、第1及び第2の動作パターン、第1及び第2の動作パターンに必要な帯域、及び帯域制限フィルタのカットオフ周波数を示す図である。

[図7]偏心ターニングを説明するための図である。

[図8]偏心ターニングによって作成された加工物を示す図である。

[図9]偏心ターニングにおける、工具のX軸移動とY軸移動とを示す波形図である。

[図10]通常の旋削とサーボ学習オシレーションの旋削とを説明するための図である。

[図11]第1の実施形態のサーボモータ制御装置の学習制御部の動作を示すフローチャートである。

[図12]本開示の第2の実施形態のサーボモータ制御装置の学習制御部の構成例を示すブロック図である。

[図13]第2の実施形態において、時間－位置変換器によるサンプリング時に得られた位置偏差 ε を参照位置 θ の所定の参照位置 $\theta(n)$ における位置偏差に変換する処理の説明図である。

[図14]第2の実施形態において、時間－位置変換器が時間の関数である位置偏差を参照軸位置の関数である位置偏差に変換する様子を示す波形図である。

[図15]第2の実施形態において、時間－位置変換器が、時間の関数である位置偏差のサンプリング周期と、参照軸位置の関数である位置偏差の分割数を説明するための波形図である。

[図16]時間－位置変換器及び位置－時間変換器の変換処理と、帯域制限フィルタのフィルタ処理との関係を示す位置偏差の波形図である。

[図17]第2の実施形態のサーボモータ制御装置の学習制御部の動作を示すフローチャートである。

[図18]本開示の第3の実施形態のサーボモータ制御装置の学習制御部の構成例を示すブロック図である。

[図19]本開示の第4の実施形態のサーボモータ制御装置の学習制御部の構成例を示すブロック図である。

[図20]本開示の第5の実施形態のサーボモータ制御装置の学習制御部の構成例を示すブロック図である。

発明を実施するための形態

[0010] 以下、本開示の実施形態について図面を用いて詳細に説明する。

(第1実施形態)

図1は本開示の第1の実施形態のサーボモータ制御装置の全体構成例を示すブロック図である。図2は、学習制御部の構成例を示すブロック図である。

サーボモータ制御装置10は、図1に示すように、サーボモータ制御部100及び学習制御部110を備えている。

[0011] サーボモータ制御部100は、図1に示すように、減算器101、加算器102、位置制御部103、減算器104、速度制御部105、電流制御部106、サーボモータ107及び積分器108を備えている。サーボモータ107は、回転軸を有するモータ又はリニアモータ等を用いる。サーボモータ107によって駆動される対象は、例えば、工作機械又は産業機械の機構部である。サーボモータ107は、工作機械又は産業機械等の一部として設けられてもよい。以下の説明では、サーボモータ107が回転軸を有するモータである場合について説明する。

[0012] 学習制御部110は、図2に示すように、加算器111、帯域制限フィルタ112、学習メモリ113、動特性補償要素114、カットオフ周波数記

憶部 115、動作パターン切換検出部 116 及びカットオフ周波数切換部 117 を備えている。加算器 111、帯域制限フィルタ 112、学習メモリ 113 及び動特性補償要素 114 は学習制御部 200 を構成する。図 2 では、サーボモータ制御部 100 の加算器 102 及び位置制御部 103 も示されている。学習制御部 110 は、サーボモータ制御部 100 とともに、工作機械又は産業機械等の一部として設けられてもよい。

[0013] まず、サーボモータ制御部 100 及び学習制御部 110 の動作の概要について説明する。

[0014] サーボモータ制御部 100 は、位置指令に基づいてサーボモータ 107 を制御することで、工作機械又は産業機械の動作を制御する。サーボモータ制御部 100 は、サーボモータ 107 及び積分器 108 からなる位置検出器で検出された検出位置と、サーボモータ制御部 100 に数値制御装置等から入力される位置指令との差を求め、その差を位置偏差として、学習制御部 110 に出力する。サーボモータ制御部 100 は、学習制御部 110 から出力された補正データを、加算器 102 で位置偏差に加算して、位置偏差が零に収束するように制御する。

[0015] 学習制御部 110 は、加算器 111 で、入力される位置偏差に学習メモリ 113 に記憶された補正データを可算し、加算器 111 からの出力を帯域制限フィルタ 112 によって帯域制限し、補正データとして学習メモリ 113 に記憶する。学習制御部 110 は、学習メモリ 113 に、繰り返される同一指令パターンの 1 パターン周期における位置偏差データからなる補正データを記憶し、次のパターン周期において、学習メモリ 113 に記憶する補正データを、動特性補償要素 114 を介して、加算器 102 に出力する。学習制御部 110 は、繰り返される同一指令パターンが異なる指令パターンになり、動作パターンが変わった場合、カットオフ周波数記憶部 115、動作パターン切換検出部 116 及びカットオフ周波数切換部 117 を用いて、帯域制限フィルタ 112 のカットオフ周波数を変更する。

以下、サーボモータ制御部 100 及び学習制御部 110 の構成及び動作の

詳細について説明する。

[0016] (サーボモータ制御部 100)

図 1 に示す、減算器 101 は、入力された位置指令と位置フィードバックされた検出位置との差を求め、その差を位置偏差として学習制御部 110 及び加算器 102 に出力する。

加算器 102 は、位置偏差と、学習制御部 110 から出力された補正データを位置偏差に加算して、位置制御部 103 に出力する。

[0017] 位置制御部 103 は、位置偏差にポジションゲイン K_p を乗じた値を、速度指令値として減算器 104 に出力する。

減算器 104 は、速度指令値と、速度フィードバックされた速度検出値との差を求め、その差を速度偏差として速度制御部 105 に出力する。

[0018] 速度制御部 105 は、PI 制御 (Proportional-Integral Control) を行い、速度偏差に積分ゲイン K_{1v} を乗じて積分した値と、速度偏差に比例ゲイン K_{2v} を乗じた値とを加算して、トルク指令として電流制御部 106 に出力する。速度制御部 105 は、特に PI 制御に限定されず、他の制御、例えば PID 制御 (Proportional-Integral-Differential Control) を用いてもよい。

[0019] 電流制御部 106 は、トルク指令に基づいてサーボモータ 107 に流す電流の値 (電流値) を算出し、この電流値に基づいてサーボモータ 107 を制御する。

[0020] サーボモータ 107 の回転速度は、サーボモータ 107 に設けられたロータリーエンコーダ (図示せず) によって検出され、検出速度は速度フィードバックとして減算器 104 に入力される。検出位置を積分器 108 で積分して得られる検出位置は、位置フィードバック (以下、位置 FB と記す) として減算器 101 に入力される。ロータリーエンコーダは速度検出器となり、ロータリーエンコーダと積分器 108 は位置検出器となる。

[0021] (学習制御部 110)

まず、加算器 111、帯域制限フィルタ 112、学習メモリ 113、及び動特性補償要素 114 を備えた学習制御部 200 の構成及び動作について説明する。

図 2 に示す加算器 111 は、サーボモータ制御部 100 から出力された位置偏差と、学習メモリ 113 に記憶された補正データとを加算して、その加算値を帯域制限フィルタ 112 に出力する。

帯域制限フィルタ 112 は、学習制御系の安定化を図るためのフィルタ、例えば、ある周波数領域における高周波数領域の信号をカットするためのローパスフィルタであり、加算器 111 から出力される、加算値を補正データとして学習メモリ 113 に記憶する。

[0022] 図 3 に示すように、位置指令が繰り返し指令の場合、位置 F B も繰り返し波形となり、位置指令と位置 F B との差である位置偏差も、位置指令に同期した繰り返し波形になる。

図 4 に示すように、位置偏差が、位置指令に同期しない高周波の外乱を含む場合に、帯域制限フィルタ 112 は、この外乱を除去し、位置指令に同期した成分を抽出することで学習制御を安定化させる。

[0023] 学習メモリ 113 は、帯域制限フィルタ 112 で帯域制限処理を行った、一周期前の補正データを記憶する。学習メモリ 113 に記憶された補正データは加算器 111 に出力されるとともに、動特性補償要素 114 に出力される。

[0024] 動特性補償要素 114 は、補正データについて、制御対象の位相遅れ、ゲイン低下の補償を行い、加算器 102 に出力する。加算器 102 は、位置偏差と、動特性補償要素 114 から出力された補正データを位置偏差に加算して、位置制御部 103 に出力する。

[0025] 図 5 に示すように、学習制御部 110 を設けないサーボモータ制御装置 10 の制御（通常制御と記す）では、位置指令として繰り返し指令が入力されると、位置偏差の収束が遅い。しかし、加算器 111、帯域制限フィルタ 112、学習メモリ 113 及び動特性補償要素 114 を含む学習制御部 110

を設けたサーボモータ制御装置 10 の制御（学習制御と記す）では、図 5 に示すように、繰り返し命令に高速、高精度で追従し、位置偏差の収束が早い。

[0026] 次に、カットオフ周波数記憶部 115、動作パターン切換検出部 116 及びカットオフ周波数切換部 117 の構成及び動作について説明する。

[0027] カットオフ周波数記憶部 115 は、複数の異なる動作パターンに対応する複数のカットオフ周波数を記憶している。カットオフ周波数とは、ボード線図のゲイン特性が -3 dB となる周波数、又は位相特性が -180 度となる周波数である。

図 2 は、カットオフ周波数記憶部 115 が、複数のカットオフ周波数として、2 つのカットオフ周波数を記憶する例を示している。図 2 に示すように、カットオフ周波数記憶部 115 は、2 つの異なる動作パターンに対して、第 1 の動作パターン P1 に対応する第 1 のカットオフ周波数 F1 を、第 1 の動作パターン P1 に紐づけて記憶するカットオフ周波数記憶部 114 A（図 2 では第 1 カットオフ周波数 114 A として示す）と、第 2 の動作パターン P2 に対応する第 2 のカットオフ周波数 F2 を、第 2 の動作パターン P2 に紐づけて記憶する第 2 のカットオフ周波数記憶部 114 B（図 2 では第 2 カットオフ周波数 114 B として示す）とを備えている。2 つの異なる動作パターンの具体例については後述する。

[0028] 以下の説明では、動作パターン切換検出部 116 及びカットオフ周波数切換部 117 が、第 1 のカットオフ周波数 F1 と第 2 のカットオフ周波数 F2 とを切り換える場合について説明する。

[0029] 動作パターン切換検出部 116 は、第 1 の動作パターン P1 と第 2 の動作パターン P2 の間の動作パターンの切り換えを検出して、切り換わった動作パターンが第 1 の動作パターン P1 か第 2 の動作パターン P2 を示す信号をカットオフ周波数切換部 117 に出力する。動作パターン切換検出部 116 は、例えば、加工プログラムの G コード、又は数値制御装置から出力された信号に基づいて、動作パターンを検出する。なお、2 つの異なる動作パター

ンが、後述するように、偏心ターニングとサーボ学習オシレーションである場合、偏心ターニングとサーボ学習オシレーションは、それぞれ加工プログラムに専用のGコードを用意している。動作パターン切換検出部116は、加工プログラムの専用のGコードによって動作パターンを検出できる。

[0030] カットオフ周波数切換部117は、入力された信号に基づいて、切り換え後の動作パターンに対応するカットオフ周波数をカットオフ周波数記憶部115から取得して、帯域制限フィルタ112のカットオフ周波数を、取得したカットオフ周波数に切り換える。例えば、帯域制限フィルタ112のカットオフ周波数が第2のカットオフ周波数F2に設定されていた場合、動作パターン切換検出部116が、動作パターンが第2の動作パターンP2から第1の動作パターンP1に変わったことを検出したとする。この場合、動作パターン切換検出部116は第1の動作パターンP1を示す信号をカットオフ周波数切換部117に出力する。カットオフ周波数切換部117は、第1の動作パターンP1に対応する第1のカットオフ周波数F1をカットオフ周波数記憶部115から取得して、帯域制限フィルタ112のカットオフ周波数を第2のカットオフ周波数F2から第1のカットオフ周波数F1に切り換える。

[0031] 以上説明した、カットオフ周波数記憶部115、動作パターン切換検出部116及びカットオフ周波数切換部117により、帯域制限フィルタのカットオフ周波数が、動作パターンによって、自動的に切り換わる。

[0032] 以下、動作パターンに対応してカットオフ周波数を切り換える理由について説明する。

図6は、第1及び第2の動作パターン、第1及び第2の動作パターンに必要な帯域、及び帯域制限フィルタ112のカットオフ周波数を示す図である。

[0033] 帯域制限フィルタ112のカットオフ周波数は、カットオフ周波数F2に設定されているとする。サーボモータ制御部100が第2の動作パターンP2に必要な帯域B2で動作するときは、図6に示すように、カットオフ周波

数 F_2 よりも高い周波数の外乱が生じて、その外乱は帯域制限フィルタ 112 により除去される。しかし、サーボモータ制御部 100 が第 1 の動作パターン P_1 に必要な帯域 B_1 で動作するときは、帯域 B_1 よりも高く、カットオフ周波数 F_2 より低い周波数の非同期の外乱が生じると、その外乱はカットオフ周波数 F_2 に設定された帯域制限フィルタ 112 では除去できない。そのため、その非同期の外乱により、学習制御器 200 の学習制御が不安定になる。

[0034] 図 6 に示すように、第 1 の動作パターン P_1 の場合は、帯域制限フィルタ 112 のカットオフ周波数がカットオフ周波数 F_1 に設定され、第 2 の動作パターン P_2 の場合は帯域制限フィルタ 112 のカットオフ周波数がカットオフ周波数 F_2 に設定されることが望ましい。

そこで、本実施形態のサーボモータ制御装置 10 は、動作パターンの切り換えに対応してカットオフ周波数を切り換えることで、学習制御の安定化を図る。

[0035] 以下、 2 つの動作パターンの具体例について説明する。

必要な帯域が異なる 2 つの動作パターンとしては、例えば、工作機械の加工動作パターンの場合、偏心ターニングとサーボ学習オシレーションとがある。

偏心ターニングは、図 7 に示すように、加工対象物となるワークの 1 回転（図の C 方向）と工具の 1 周円を同期させて、ワーク中心からずれた形状の、図 8 に示す加工物 W を作成する加工方法である。ワークに対する工具の X 軸移動と Y 軸移動は、横軸を時間にとると図 9 の波形図に示すような繰り返し波形になる。

[0036] サーボ学習オシレーションは、旋削加工、又は穴あけ加工において、送り方向に工具を揺動させて切り屑を細断する加工方法である。例えば、図 10 に示すように、旋削加工において、通常の旋削では工具は Z 方向に一定速度で進むが、サーボ学習オシレーションの旋削では工具は Z 方向に揺動して進む。揺動指令は繰り返しパターンの指令となる。

[0037] 次に、学習制御部 110 の動作についてフローチャートを用いて説明する。以下の説明では、動作パターン切換検出部 116 及びカットオフ周波数切換部 117 が、第 1 のカットオフ周波数 F_1 と第 2 のカットオフ周波数 F_2 とを切り換える場合について説明する。

[0038] 図 11 は、学習制御部 110 の動作を示すフローチャートである。

ステップ S11 において、動作パターン切換検出部 116 は、動作パターンの切り換えを検出する。そして、動作パターン切換検出部 116 は、切り換わった動作パターンが第 1 の動作パターン P_1 か第 2 の動作パターン P_2 を示す信号をカットオフ周波数切換部 117 に出力する。

[0039] ステップ S12 において、カットオフ周波数切換部 117 は、入力された信号に基づいて、切り換え後の第 1 の動作パターン P_1 又は第 2 の動作パターン P_2 に対応する、第 1 のカットオフ周波数 F_1 又は第 2 のカットオフ周波数 F_2 をカットオフ周波数記憶部 115 から取得する。カットオフ周波数記憶部 115 は、第 1 の動作パターン P_1 に対応する第 1 のカットオフ周波数 F_1 を第 1 の動作パターン P_1 に紐づけて記憶し、第 2 の動作パターン P_2 に対応する第 2 のカットオフ周波数 F_2 を第 2 の動作パターン P_2 に紐づけて記憶している。

[0040] ステップ S13 において、カットオフ周波数切換部 117 は、帯域制限フィルタ 112 のカットオフ周波数を、取得したカットオフ周波数に切り換える。例えば、帯域制限フィルタ 112 のカットオフ周波数が第 2 のカットオフ周波数 F_2 に設定され、取得したカットオフ周波数が第 1 のカットオフ周波数 F_1 であった場合、カットオフ周波数切換部 117 は、帯域制限フィルタ 112 のカットオフ周波数 F_2 を第 1 のカットオフ周波数 F_1 に切り換える。

[0041] ステップ S14 において、加算器 111、取得したカットオフ周波数に切り換えられた帯域制限フィルタ 112、学習メモリ 113 及び動特性補償要素 114 は、学習制御を行って補正データを加算器 102 に出力する。

[0042] ステップ S15 において、学習制御部 110 は、処理を再度実行するかど

うかを判断し、処理を実行する場合はステップS 1 1に戻り、処理を実行しない場合は処理を終了する。

[0043] 以上説明した第1の実施形態のサーボモータ装置によれば、動作パターンの異なる制御に対し、学習制御を安定化させる効果がある。そして、第1の実施形態のサーボモータ装置によれば、帯域制限フィルタのカットオフ周波数が、動作パターンによって、自動的に切り換わるので、カットオフ周波数の設定を手動で切りかえる手間が省け、現場の負担を軽減することができる効果がある。

[0044] (第2実施形態)

第1の実施形態では、帯域制限フィルタ112のカットオフ周波数を動作パターンによって切り換えを行うことで、学習制御の学習帯域を変更していた。本実施形態では、学習制御の学習帯域を変更することなく、学習制御の実際の応答帯域を別な方法で変更する例について説明する。

図12は本開示の第2の実施形態のサーボモータ制御装置の学習制御部の構成例を示すブロック図である。本開示の第2の実施形態のサーボモータ制御装置は、図2に示した学習制御部110が図12に示す学習制御部110Aに置き換わっている。本実施形態のサーボモータ制御装置のサーボモータ制御部の構成は、第1の実施形態のサーボモータ制御部100と同じである。

[0045] 学習制御部110Aは、学習制御部110のカットオフ周波数記憶部115及びカットオフ周波数切換部117が削除され、学習制御部110に、時間—位置変換器118、位置—時間変換器119、分割数記憶部120及び分割数切換部121が加えられた構成となっている。加算器111、帯域制限フィルタ112、学習メモリ113、動特性補償要素114、時間—位置変換器118、及び位置—時間変換器119は学習制御器200Aを構成する。時間—位置変換器118及び位置—時間変換器119の動作は、例えば、特許第4043996号に記載されている。以下の説明では、第1の実施形態のサーボモータ制御装置と異なる、時間—位置変換器118、位置—時

間変換器 119、分割数記憶部 120 及び分割数切換部 121 の構成、及びかかる構成に関する動作について説明し、第 1 の実施形態と重複する構成及び動作の説明は省略する。

[0046] 時間－位置変換器 118 は、所定サンプリング周期毎（位置、速度ループ処理周期毎）の位置偏差 ε を、入力される参照位置 θ における所定位置 $\theta(n)$ に対する位置偏差に変換する。 n は 0 又は自然数を示す。参照位置 θ は、サーボモータ 107 で駆動制御される被駆動体と同期する基準となる位置である。参照位置 θ は、例えば、サーボモータ 107 に指令される位置指令、又は位置検出器からのフィードバック位置である。位置偏差 ε は所定サンプリング周期（位置、速度ループ処理周期）毎に求められ、時間の関数として求められ、被駆動体の位置又はサーボモータの回転位置に対応して求められるものではない。そこで、時間－位置変換器 118 は、サンプリング周期で求めた位置偏差 ε を参照位置 θ に基づいて、参照位置 θ における予め決められている所定位置 $\theta(n)$ における位置偏差に変換する。

[0047] 図 13 は、時間－位置変換器 118 によるサンプリング時に得られた位置偏差 ε を参照位置 θ の所定の参照位置 $\theta(n)$ における位置偏差に変換する処理の説明図である。横軸は時間（サンプリング時間）、縦軸の上方向は、参照位置 θ を示す。又、縦軸の下方向は、位置偏差 ε を表す。

前回のサンプリング周期 $t(n-1)$ で求められた位置偏差が $\varepsilon(n-1)$ 、参照位置が $\theta(n-1)$ であり、今回のサンプリング周期 $t(n)$ において求められた位置偏差が $\varepsilon(n)$ 、参照位置が $\theta(n)$ とする。時間－位置変換器 118 は、参照位置 $\theta(n-1)$ と参照位置 $\theta(n)$ と間を分割して参照位置 $\theta(c)$ を求めて位置偏差を補間する。

[0048] 学習制御では、安定化のため帯域制限フィルタ 112 により、学習制御の応答帯域（周波数）を制限する。帯域制限フィルタ 112 のカットオフ周波数を学習帯域と呼ぶ。

本実施形態では、参照位置 $\theta(n-1)$ と参照位置 $\theta(n)$ と間の分割数を考慮して、学習制御の実際の応答帯域（カットオフ周波数）を求める。

実際の応答帯域は、数式 1（以下の数 1）で求められる。数式 1 の参照軸速度 [Hz] は、1 秒当たりの参照軸の回転数を表す。参照軸は、学習したい動作パターンに同期した軸を示し、図 7 に示す偏心ターニングでは、ワーク回転主軸が参照軸となる。

[数1]

$$\text{実際の応答帯域[Hz]} = \frac{\text{学習帯域[Hz]} \times \text{分割数} \times \text{参照軸速度[Hz]}}{\text{サンプリング周波数[Hz]}}$$

分割数が、数式 2（以下の数 2）の関係にあるときは、実際の応答帯域は学習帯域となる。実際の応答帯域が学習帯域である場合は、カットオフ周波数切換部 117 で設定されるカットオフ周波数によって、実際の応答帯域が決まることになる。実際の応答帯域の意味については後述する。

[数2]

$$\text{分割数} = \frac{\text{サンプリング周波数[Hz]}}{\text{参照軸速度[Hz]}}$$

なお、参照軸速度は加工条件により変化する場合があります、分割数は、必ずしも数式 2 のように設定することができない場合がある。

図 14 は、時間－位置変換器 118 が時間の関数である位置偏差を参照軸位置の関数である位置偏差に変換する様子を示す波形図である。

時間－位置変換器 118 は、図 14 に示すように、参照軸位置 ω の範囲を分割して、分割した位置偏差を加算器 111 に出力する。

図 15 は、時間－位置変換器 118 が、時間の関数である位置偏差のサンプリング周期と、参照軸位置の関数である位置偏差の分割数を説明するための波形図である。

位置偏差は、位置指令の指令生成周期毎にサンプリングされる。つまり、

位置偏差のサンプリング周期は、位置指令の指令生成周期と同じになる。

時間－位置変換後の位置偏差の繰り返し周期 ω が 360° の場合、図15に示すように、位置偏差のサンプリング周期を分割数の目盛りに合わせる場合、数式2で求められる分割数に設定する。

[0049] 位置－時間変換器119は、時間－位置変換器118とは逆の動作を行う。すなわち、位置－時間変換器119は、参照位置 θ における予め決められている所定位置 $\theta(n)$ における位置偏差（補正データとなる）を、入力される参照位置 θ に基づいて、サンプリング周期で求める位置偏差 ε に変換する。

時間－位置変換器118及び位置－時間変換器119の変換で用いられる分割数は、動作パターン切換検出部116、分割数記憶部120及び分割数切換部121で設定される。

動特性補償要素114は、位置－時間変換された位置偏差（補正データ）について、制御対象の位相遅れ、ゲイン低下の補償を行い、加算器102に出力する。加算器102は、位置偏差と、動特性補償要素114から出力された補正データを位置偏差に加算して、位置制御部103に出力する。

[0050] 分割数記憶部120は、複数の異なる動作パターンに対応する複数の分割数を記憶している。図12は、分割数記憶部120が、2つの異なる動作パターンに対して、第1の動作パターンP1に対応する第1の分割数D1を第1の動作パターンP1に紐づけて記憶する第1の分割数記憶部120A（図12では第1分割数1204Aとして示す）と、第2の動作パターンP2に対応する第2の分割数D2を第2の動作パターンP2に紐づけて記憶する第2の分割数記憶部120B（図12では第2分割数1204Bとして示す）とを備えている例を示している。

[0051] 分割数切換部121は、動作パターン切換検出部116から出力される動作パターンに対応する分割数を分割数記憶部120から取得して、時間－位置変換器118及び位置－時間変換器119の分割数を、取得した分割数に切り換える。例えば、時間－位置変換器118及び位置－時間変換器119

の分割数が第2の分割数 D_2 に設定されていた場合、動作パターン切換検出部116が、動作パターンが第2の動作パターン P_2 から第1の動作パターン P_1 に変わったことを検出したとする。この場合、動作パターン切換検出部116は第1の動作パターン P_1 を示す信号を分割数切換部121に出力する。分割数切換部121は、第1の動作パターン P_1 を示す信号に基づいて、第1の動作パターン P_1 に対応する第1の分割数 D_1 を分割数記憶部120から取得して、時間－位置変換器118及び位置－時間変換器119の分割数を第2の分割数 D_2 から第1の分割数 D_1 に切り換える。

[0052] 動作パターン切換検出部116、分割数記憶部120及び分割数切換部121により、時間－位置変換器118及び位置－時間変換器119の分割数が、動作パターンによって、自動的に切り換わる。

[0053] 以下、実際の応答周波数について、図16を用いて説明する。図16は、時間－位置変換器118及び位置－時間変換器119の変換処理と、帯域制限フィルタ112のフィルタ処理との関係を示す位置偏差の波形図である。図16に示すように、帯域制限フィルタで帯域制限される前の位置偏差は、サンプリング周期よりも高周波の成分を含んでおり、帯域制限フィルタで帯域制限された後の位置偏差は高周波の成分が除去されている。

[0054] 図16において、黒塗り矢印は、学習制御での実際の処理経路を示し、白塗り矢印は、時間領域に換算した見かけ上の処理を示す。

学習制御での実際の処理経路は、分割数切換部121で設定された分割数で、時間－位置変換器118が位置偏差の時間－位置変換（時間領域から位置領域への変換）を行い、帯域制限フィルタ112がカットオフ周波数 F_A で帯域制限を行い、分割数切換部121で設定された分割数で、位置－時間変換器119が、帯域制限された位置偏差の位置－時間変換（位置領域から時間領域への変換）を行う。位置－時間変換された位置偏差は、帯域制限フィルタによって数式3（以下の数3）で示されるカットオフ周波数 F_T で帯域制限を行われたことになる。カットオフ周波数 F_T が実際の応答帯域となる。

[数3]

$$\text{実際の応答帯域 } F_T[\text{Hz}] = \text{学習帯域 } F_A[\text{Hz}] \times \frac{\text{分割数} \times \text{参照軸速度}[\text{Hz}]}{\text{サンプリング周波数}[\text{Hz}]}$$

[0055] 次に、学習制御部 110A の動作についてフローチャートを用いて説明する。

図 17 は、学習制御部 110A の動作を示すフローチャートである。

[0056] ステップ S21 において、動作パターン切換検出部 116 は、動作パターンの切り換えを検出する。そして、動作パターン切換検出部 116 は、切り換わった動作パターンが第 1 の動作パターン P1 か第 2 の動作パターン P2 を示す信号を分割数切換部 121 に出力する。

[0057] ステップ S22 において、分割数切換部 121 は、入力された信号に基づいて、切り換え後の第 1 の動作パターン P1 又は第 2 の動作パターン P2 に対応する、第 1 の分割数 D1 又は第 2 の分割数 D2 を分割数記憶部 120 から取得する。分割数記憶部 120 は、第 1 の動作パターン P1 に対応する第 1 の分割数 D1 を第 1 の動作パターン P1 に紐づけて記憶し、第 2 の動作パターン P2 に対応する第 2 の分割数 D2 を第 2 の動作パターン P2 に紐づけて記憶している。

[0058] ステップ S23 において、分割数切換部 121 は、時間－位置変換器 118 及び位置－時間変換器 119 の分割数を、取得した第 1 の分割数 D1 又は第 2 の分割数 D2 に切り換える。例えば、時間－位置変換器 118 及び位置－時間変換器 119 の分割数が第 2 の分割数 D2 に設定され、取得した分割数数が第 1 の分割数 D1 であった場合、分割数切換部 121 は、時間－位置変換器 118 及び位置－時間変換器 119 の分割数 D2 を第 1 の分割数 D1 に切り換える。

[0059] ステップ S24 において、加算器 111、帯域制限フィルタ 112、学習メモリ 113、位置－時間変換器 119 及び動特性補償要素 114 は、学習制御を行って補正データを加算器 102 に出力する。

[0060] ステップS25において、学習制御部110Aは、処理を再度実行するかどうかを判断し、処理を実行する場合はステップS21に戻り、処理を実行しない場合は処理を終了する。

以上説明した動作の学習制御を、位置同期方式の学習制御という。

[0061] 以上説明した第2の実施形態のサーボモータ装置によれば、動作パターンの異なる制御に対し、学習制御を安定化させる効果がある。そして、第2の実施形態のサーボモータ装置によれば、時間－位置変換器及び位置－時間変換器の分割数が、動作パターンによって、自動的に切り換わるので、時間－位置変換器及び位置－時間変換器の分割数の設定を手動で切りかえる手間が省け、現場の負担を軽減することができる効果がある。

[0062] (第3実施形態)

図18は本開示の第3の実施形態のサーボモータ制御装置の学習制御部の構成例を示すブロック図である。

本開示の第3の実施形態のサーボモータ制御装置は、図2に示した学習制御部110が図18に示す学習制御部110Bに置き換わっている。本実施形態のサーボモータ制御装置のサーボモータ制御部の構成は、第1の実施形態のサーボモータ制御部100と同じである。

[0063] 学習制御部110Bは、第1の実施形態の学習制御部110に、第2の実施形態の学習制御部110Aの学習制御器200の時間－位置変換器118及び位置－時間変換器119が加えられた構成となっている。加算器111、帯域制限フィルタ112、学習メモリ113、動特性補償要素114、時間－位置変換器118、及び位置－時間変換器119は学習制御器200A(図18において不図示)を構成する。

[0064] 第3の実施形態では、時間－位置変換器118及び位置－時間変換器119の分割数は、動作パターン切換検出部116、分割数記憶部120及び分割数切換部121により、動作パターンの切り換えりに対応して切り換わる構成となっていた。本実施形態では、分割数が一つ、時間－位置変換器118及び位置－時間変換器119に設定される。

時間－位置変換器 118 及び位置－時間変換器 119 の動作は、第 2 の実施形態において説明したので、本実施形態では説明を省略する。

[0065] 第 3 の実施形態のサーボモータ装置によれば、動作パターンの異なる制御に対し、学習制御を安定化させる効果がある。そして、第 3 の実施形態のサーボモータ装置によれば、第 1 の実施形態のサーボモータ装置の効果に加えて、分割数が一つの場合の、第 2 の実施形態のサーボモータ装置の位置同期方式の学習制御の適用が可能となる効果がある。

[0066] (第 4 実施形態)

本実施形態では、第 1 の実施形態の、帯域制限フィルタのカットオフ周波数を動作パターンによって切り換える制御と、第 2 の実施形態の、時間－位置変換器及び位置－時間変換器の分割数を動作パターンによって切り換える制御とを組み合わせた例について説明する。

[0067] 図 19 は本開示の第 4 の実施形態のサーボモータ制御装置の学習制御部の構成例を示すブロック図である。

本開示の第 4 の実施形態のサーボモータ制御装置は、図 2 に示した学習制御部 110 が図 19 に示す学習制御部 110C に置き換わっている。本実施形態のサーボモータ制御装置のサーボモータ制御部の構成は、第 1 の実施形態のサーボモータ制御部 100 と同じである。

[0068] 学習制御部 110C は、学習制御部 110 に、図 12 に示した学習制御部 110A の学習制御器 200 の時間－位置変換器 118、位置－時間変換器 119、分割数記憶部 120 及び分割数切換部 121 が加えられた構成となっている。加算器 111、帯域制限フィルタ 112、学習メモリ 113、動特性補償要素 114、時間－位置変換器 118、及び位置－時間変換器 119 は学習制御器 200A (図 19 において不図示) を構成する。

[0069] 本実施形態では、動作パターン切換検出部 116 は、カットオフ周波数切換部 117 と分割数切換部 121 に接続され、動作パターンの切り換えを検出して、切り換わった動作パターンを示す信号をカットオフ周波数切換部 117 と分割数切換部 121 に出力する。

[0070] カットオフ周波数切換部 117 は、動作パターン切換検出部 116 から出力される信号で示される動作パターンに対応するカットオフ周波数をカットオフ周波数記憶部 115 から取得して、帯域制限フィルタ 112 のカットオフ周波数を、取得したカットオフ周波数に切り換える。

[0071] 分割数切換部 121 は、動作パターン切換検出部 116 から出力される信号で示される動作パターンに対応する分割数を分割数記憶部 120 から取得して、時間—位置変換器 118 及び位置—時間変換器 119 の分割数を、取得した分割数に切り換える。

[0072] 本実施形態では、数式 1 で示される学習帯域は、カットオフ周波数切換部 117 で設定されるカットオフ周波数となり、数式 1 で示される分割数は、分割数切換部 121 で設定される分割数となる。

[0073] 第 4 の実施形態のサーボモータ装置によれば、動作パターンの異なる制御に対し、学習制御を安定化させる効果がある。そして、第 4 の実施形態のサーボモータ装置によれば、第 1 の実施形態のサーボモータ装置の効果に加えて、時間—位置変換器及び位置—時間変換器の分割数が、動作パターンによって、自動的に切り換わるので、時間—位置変換器及び位置—時間変換器の分割数の設定を手動で切りかえる手間が省け、現場の負担を軽減することができる効果がある。

[0074] (第 5 実施形態)

本実施形態では、帯域制限フィルタ 112 のカットオフ周波数を動作パターンの動作周波数に基づいて設定する例について説明する。

[0075] 図 20 は本開示の第 5 の実施形態のサーボモータ制御装置の学習制御部の構成例を示すブロック図である。本開示の第 5 の実施形態のサーボモータ制御装置は、図 18 に示した学習制御部 110B が図 20 に示す学習制御部 110D に置き換わっている。本実施形態のサーボモータ制御装置のサーボモータ制御部の構成は、第 1 の実施形態のサーボモータ制御部 100 と同じである。

[0076] 学習制御部 110D は、学習制御部 110B のカットオフ周波数記憶部 1

１５、動作パターン切換検出部１１６及びカットオフ周波数切換部１１７が削除され、学習制御部１１０Ｂに、動作周波数取得部１２２、倍率設定部１２３、及びカットオフ周波数設定部１２４が加えられた構成となっている。

[0077] 動作周波数取得部１２２は、加工プログラムのＧコード、又は数値制御装置から出力された信号に基づいて、動作周波数を取得したカットオフ周波数設定部１２４に出力する。

[0078] 倍率設定部１２３は、動作周波数に掛ける倍率を設定して、カットオフ周波数設定部１２４に出力する。倍率は１以上に設定される。

カットオフ周波数設定部１２４は、動作周波数に倍率を掛けてカットオフ周波数を求め、帯域制限フィルタ１１２のカットオフ周波数を設定する。

[0079] 第５の実施形態のサーボモータ装置によれば、動作周波数の異なる制御に対し、学習制御を安定化させる効果がある。そして、第５の実施形態のサーボモータ装置によれば、帯域制限フィルタのカットオフ周波数が、動作周波数によって自動的に切り換わるので、帯域制限フィルタのカットオフ周波数の設定を手動で切りかえる手間が省け、現場の負担を軽減することができる効果がある。

[0080] 以上、各実施形態における、サーボモータ制御装置に含まれる機能ブロックを実現するために、サーボモータ制御装置は、ハードウェア、ソフトウェア又はこれらの組み合わせにより実現することができる。ここで、ソフトウェアによって実現されるとは、コンピュータがプログラムを読み込んで実行することにより実現されることを意味する。

[0081] 本実施形態における、サーボモータ制御装置に含まれる機能ブロックをソフトウェア又はこれらの組み合わせにより実現する実現するために、具体的には、サーボモータ制御装置はそれぞれ、ＣＰＵ（Ｃｅｎｔｒａｌ　Ｐｒｏｃｅｓｓｉｎｇ　Ｕｎｉｔ）等の演算処理装置を備える。また、サーボモータ制御装置は、演算処理装置がプログラムを実行する上で一時的に必要とされるデータを格納するためのＲＡＭ（Ｒａｎｄｏｍ　Ａｃｃｅｓｓ　Ｍｅｍｏｒｙ）等の主記憶装置も備える。

[0082] そして、各実施形態を含む本開示のサーボモータ制御装置によれば、動作パターン又は動作周波数の異なる制御に対し、学習制御を安定化させることができる。

[0083] 上述した各実施形態は、本発明の好適な実施形態ではあるが、上記実施形態のみに本発明の範囲を限定するものではなく、本発明の要旨を逸脱しない範囲において種々の変更を施した形態での実施が可能である。

例えば、第5の実施形態は第2の実施形態に適用してもよく、その場合、図12に示した帯域制限フィルタ112は、図20に示した動作周波数取得部122、倍率設定部123、及びカットオフ周波数設定部124によって、カットオフ周波数が設定される。

[0084] 上記実施形態に関し、さらに以下の付記を開示する。

(付記1)

送り軸を複数の周期的な動作パターンでサーボモータ(107)を駆動するサーボモータ制御部(100)と、該サーボモータ制御部の位置偏差を補正する学習制御部(110、110B)とを備えたサーボモータ制御装置(10)であって、

前記学習制御部(110、110B)は、

動作パターンにおける位置偏差の高周波成分を帯域制限フィルタ(112)により減衰させて作成した補正データを、学習メモリ(113)に記憶し、位置偏差を補正する学習制御器(200、200A)と、

前記帯域制限フィルタの複数のカットオフ周波数を記憶するカットオフ周波数記憶部(115)と、

複数の動作パターンのどれが実行中かを判別し、動作パターンの切り換えを検出する動作パターン切換検出部(116)と、

前記動作パターン切換検出部で動作パターンの切り替わりを検出した場合に、切り換えられた動作パターンに応じたカットオフ周波数を前記カットオフ周波数記憶部から取得して、前記帯域制限フィルタのカットオフ周波数を、取得したカットオフ周波数に切り換えるカットオフ周波数切換部(117

) と、

を備える、サーボモータ制御装置。

[0085] (付記 2)

前記学習制御器 (200A) は、動作パターンにおけるサンプリング周期毎の位置偏差から、サンプリング周期における位置の範囲を複数の領域に分割した分割位置での位置偏差に変換し、変換した位置偏差の高周波成分を前記帯域制限フィルタにより減衰させ作成した補正データを、前記学習メモリに記憶し、分割位置に対応する補正データからサンプリング周期毎の補正データに変換し、位置偏差を補正する、付記 1 に記載のサーボモータ制御装置。

[0086] (付記 3)

送り軸を複数の周期的な動作パターンでサーボモータ (107) を駆動するサーボモータ制御部 (100) と、該サーボモータ制御部の位置偏差を補正する学習制御部 (110A、110C) とを備えたサーボモータ制御装置 (10) であって、

前記学習制御部 (110A、110C) は、

動作パターンにおけるサンプリング周期毎の位置偏差から、サンプリング周期における位置の範囲を複数の領域に分割した分割位置での位置偏差に変換し、変換された位置偏差に基づいて作成した補正データを、学習メモリ (113) に記憶し、分割位置に対応する補正データからサンプリング周期毎の補正データに変換し、位置偏差を補正する学習制御器 (200A) と、

サンプリング周期における位置の範囲を複数の領域に分割する分割数を複数記憶する分割数記憶部 (120) と、

複数の動作パターンのどれが実行中かを判別し、動作パターンの切り換わりを検出する動作パターン切換検出部 (116) と、

前記動作パターン切換検出部で動作パターンの切り替わりを検出した場合に、切り換えられた動作パターンに応じた分割数を前記分割数記憶部から取得して、前記学習制御部で分割を行う分割数を取得した分割数に切り換える

分割数切換部（１２１）と、
を備える、サーボモータ制御装置。

[0087] （付記４）

前記学習制御器（２００Ａ）は、動作パターンにおける位置偏差の高周波成分を減衰させる帯域制限フィルタ（１１２）を備え、前記学習メモリ（１１３）に記憶する補正データは前記帯域制限フィルタにより高周波成分を減衰させて作成した補正データであり、

前記帯域制限フィルタの複数のカットオフ周波数を記憶するカットオフ周波数記憶部（１１５）と、

前記動作パターン切換検出部（１１６）で動作パターンの切り替わりを検出した場合に、切り換えられた動作パターンに応じたカットオフ周波数を前記カットオフ周波数記憶部から取得して、前記帯域制限フィルタのカットオフ周波数を、取得したカットオフ周波数に切り換えるカットオフ周波数切換部（１１７）と、

を備える、付記３に記載のサーボモータ制御装置。

[0088] （付記５）

送り軸を複数の周期的な動作パターンでサーボモータ（１０７）を駆動するサーボモータ制御部（１００）と、該サーボモータ制御部の位置偏差を補正する学習制御部（１１０Ｄ）とを備えたサーボモータ制御装置（１０）であって、

前記学習制御部（１１０Ｄ）は、

動作パターンにおける位置偏差の高周波成分を帯域制限フィルタ（１１２）により減衰させて作成した補正データを、学習メモリ（１１３）に記憶し、位置偏差を補正する学習制御器（２００、２００Ａ）と、

動作パターンの動作周波数を取得する動作周波数取得部（１２２）と、

前記動作周波数の倍率を設定する倍率設定部（１２３）と、

前記帯域制限フィルタのカットオフ周波数を、前記動作周波数に前記倍率を掛けて得られるカットオフ周波数に設定するカットオフ周波数設定部（１

24) と、

を備える、サーボモータ制御装置。

[0089] (付記6)

前記動作パターン切換検出部(116)は、加工プログラムにより動作パターンの切り換わりを検出する、付記1から4のいずれかに記載のサーボモータ制御装置。

[0090] (付記7)

前記動作パターン切換検出部(116)は、信号により動作パターンの切り換わりを検出する、付記1から4のいずれかに記載のサーボモータ制御装置。

符号の説明

[0091] 10 サーボモータ制御装置

100 サーボモータ制御部

101 減算器

102 加算器

103 位置制御部

104 減算器

105 速度制御部

106 電流制御部

107 サーボモータ

108 積分器

110、110A、110B、110C、110D 学習制御部

111 加算器

112 帯域制限フィルタ

113 学習メモリ

114 動特性補償要素

115 カットオフ周波数記憶部

116 動作パターン切換検出部

1 1 7 カットオフ周波数切換部

1 1 8 時間－位置変換器

1 1 9 位置－時間変換器

1 2 0 分割数記憶部

1 2 1 分割数切換部

2 0 0、2 0 0 A 学習制御器

請求の範囲

- [請求項1] 送り軸を複数の周期的な動作パターンでサーボモータを駆動するサーボモータ制御部と、該サーボモータ制御部の位置偏差を補正する学習制御部とを備えたサーボモータ制御装置であって、
- 前記学習制御部は、
- 動作パターンにおける位置偏差の高周波成分を帯域制限フィルタにより減衰させて作成した補正データを、学習メモリに記憶し、位置偏差を補正する学習制御器と、
- 前記帯域制限フィルタの複数のカットオフ周波数を記憶するカットオフ周波数記憶部と、
- 複数の動作パターンのどれが実行中かを判別し、動作パターンの切り換わりを検出する動作パターン切換検出部と、
- 前記動作パターン切換検出部で前記動作パターンの切り替わりを検出した場合に、切り換えられた動作パターンに応じたカットオフ周波数を前記カットオフ周波数記憶部から取得して、前記帯域制限フィルタのカットオフ周波数を、取得したカットオフ周波数に切り換えるカットオフ周波数切換部と、
- を備える、サーボモータ制御装置。
- [請求項2] 前記学習制御器は、動作パターンにおけるサンプリング周期毎の位置偏差から、サンプリング周期における位置の範囲を複数の領域に分割した分割位置での位置偏差に変換し、変換した位置偏差の高周波成分を前記帯域制限フィルタにより減衰させ作成した補正データを、前記学習メモリに記憶し、分割位置に対応する補正データからサンプリング周期毎の補正データに変換し、位置偏差を補正する、請求項1に記載のサーボモータ制御装置。
- [請求項3] 送り軸を複数の周期的な動作パターンでサーボモータを駆動するサーボモータ制御部と、該サーボモータ制御部の位置偏差を補正する学習制御部とを備えたサーボモータ制御装置であって、

前記学習制御部は、

動作パターンにおけるサンプリング周期毎の位置偏差から、サンプリング周期における位置の範囲を複数の領域に分割した分割位置での位置偏差に変換し、変換した位置偏差に基づいて作成した補正データを、学習メモリに記憶し、分割位置に対応する補正データからサンプリング周期毎の補正データに変換し、位置偏差を補正する学習制御器と、

前記サンプリング周期における位置の範囲を前記複数の領域に分割する分割数を複数記憶する分割数記憶部と、

複数の動作パターンのどれが実行中かを判別し、動作パターンの切り換えを検出する動作パターン切換検出部と、

前記動作パターン切換検出部で前記動作パターンの切り替えを検出した場合に、切り換えられた動作パターンに応じた分割数を前記分割数記憶部から取得して、前記学習制御器で分割を行う分割数を取得した分割数に切り換える分割数切換部と、

を備える、サーボモータ制御装置。

[請求項4]

前記学習制御器は、動作パターンにおける位置偏差の高周波成分を減衰させる帯域制限フィルタを備え、前記学習メモリに記憶する補正データは前記帯域制限フィルタにより高周波成分を減衰させて作成した補正データであり、

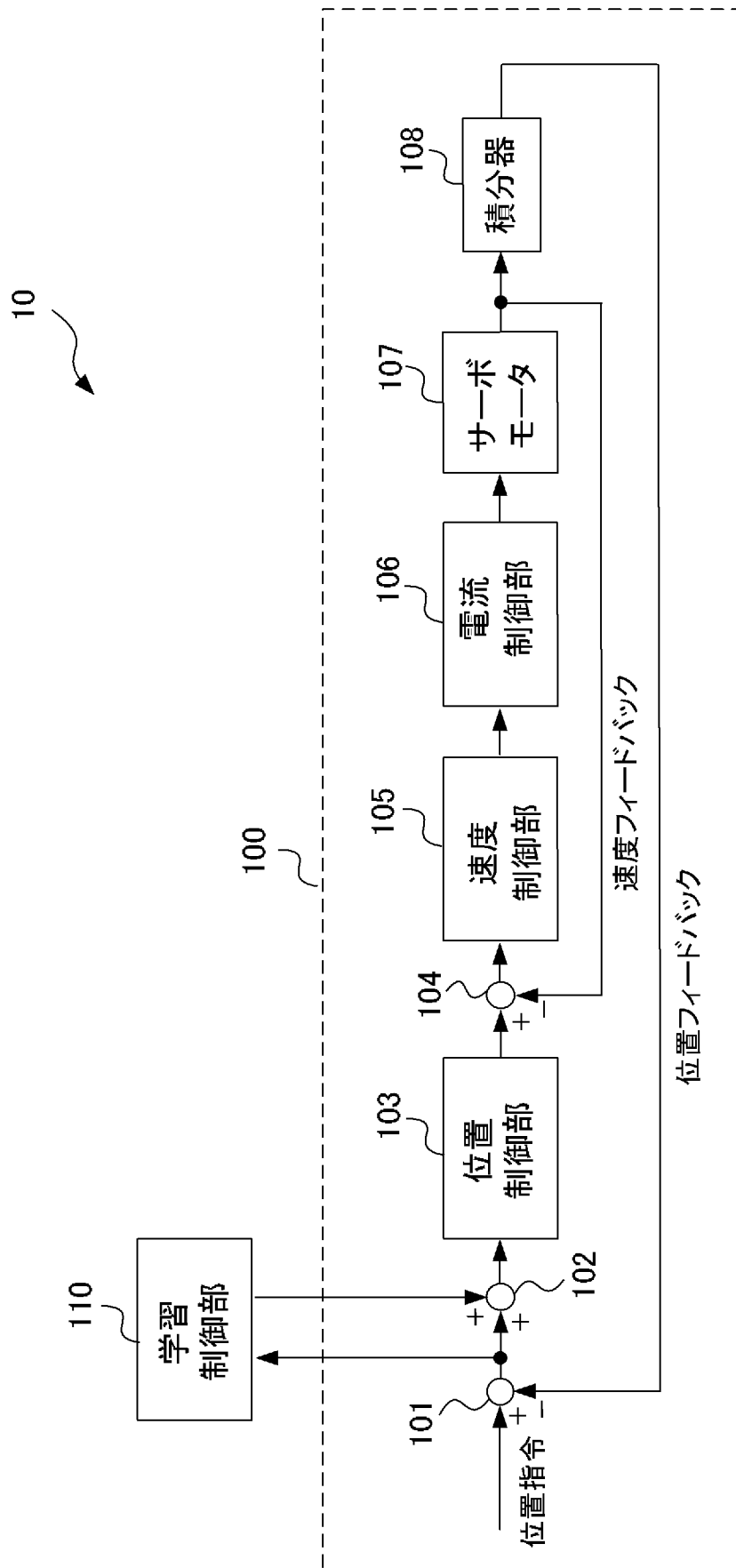
前記帯域制限フィルタの複数のカットオフ周波数を記憶するカットオフ周波数記憶部と、

前記動作パターン切換検出部で動作パターンの切り替えを検出した場合に、切り換えられた動作パターンに応じたカットオフ周波数を前記カットオフ周波数記憶部から取得して、前記帯域制限フィルタのカットオフ周波数を、取得したカットオフ周波数に切り換えるカットオフ周波数切換部と、

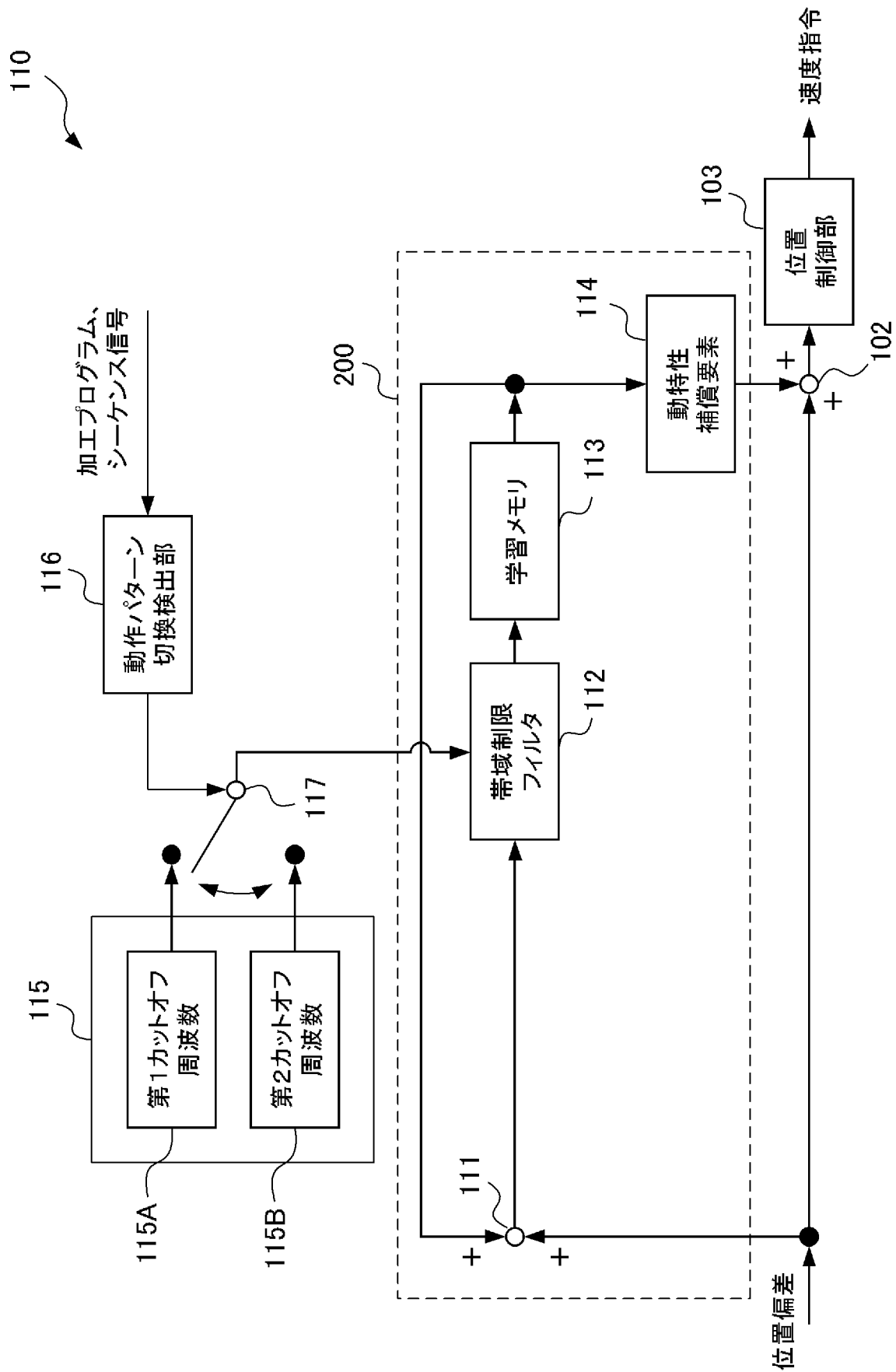
を備える、請求項3に記載のサーボモータ制御装置。

- [請求項5] 送り軸を複数の周期的な動作パターンでサーボモータを駆動するサーボモータ制御部と、該サーボモータ制御部の位置偏差を補正する学習制御部とを備えたサーボモータ制御装置であって、
- 前記学習制御部は、
- 動作パターンにおける位置偏差の高周波成分を帯域制限フィルタにより減衰させて作成した補正データを、学習メモリに記憶し、位置偏差を補正する学習制御器と、
- 動作パターンの動作周波数を取得する動作周波数取得部と、
- 前記動作周波数の倍率を設定する倍率設定部と、
- 前記帯域制限フィルタのカットオフ周波数を、前記動作周波数に前記倍率を掛けて得られるカットオフ周波数に設定するカットオフ周波数設定部と、
- を備える、サーボモータ制御装置。
- [請求項6] 前記動作パターン切換検出部は、加工プログラムにより動作パターンの切り換わりを検出する、請求項1から4のいずれかに記載のサーボモータ制御装置。
- [請求項7] 前記動作パターン切換検出部は、信号により動作パターンの切り換わりを検出する、請求項1から4のいずれかに記載のサーボモータ制御装置。

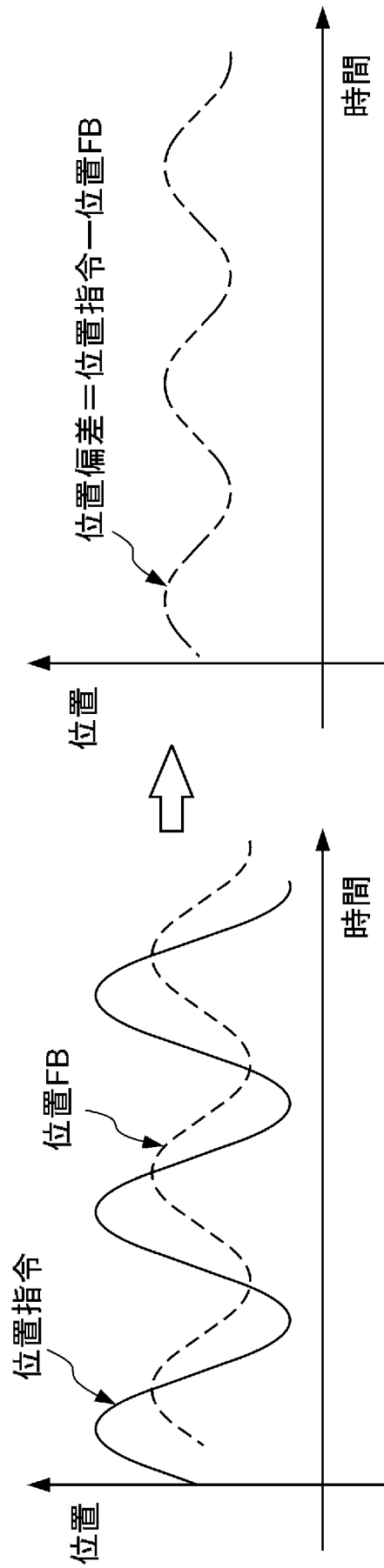
[図1]



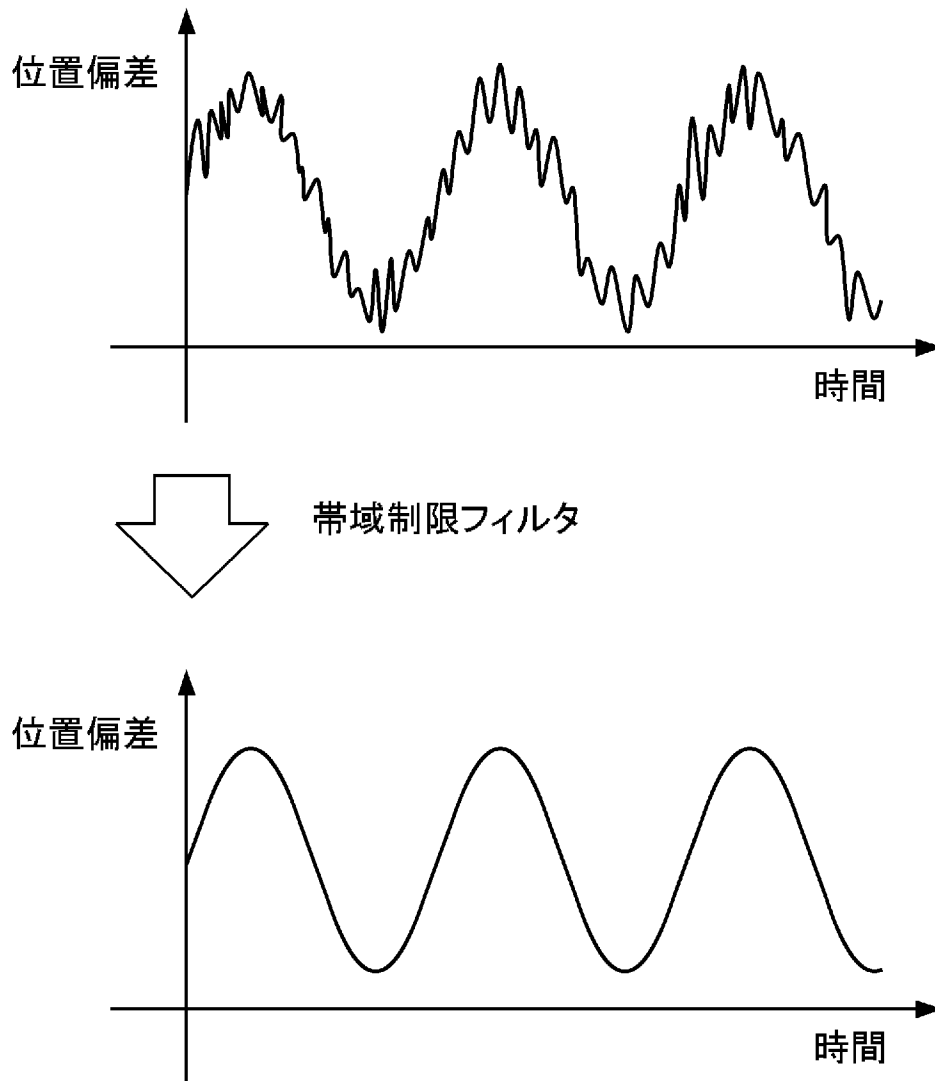
[図2]



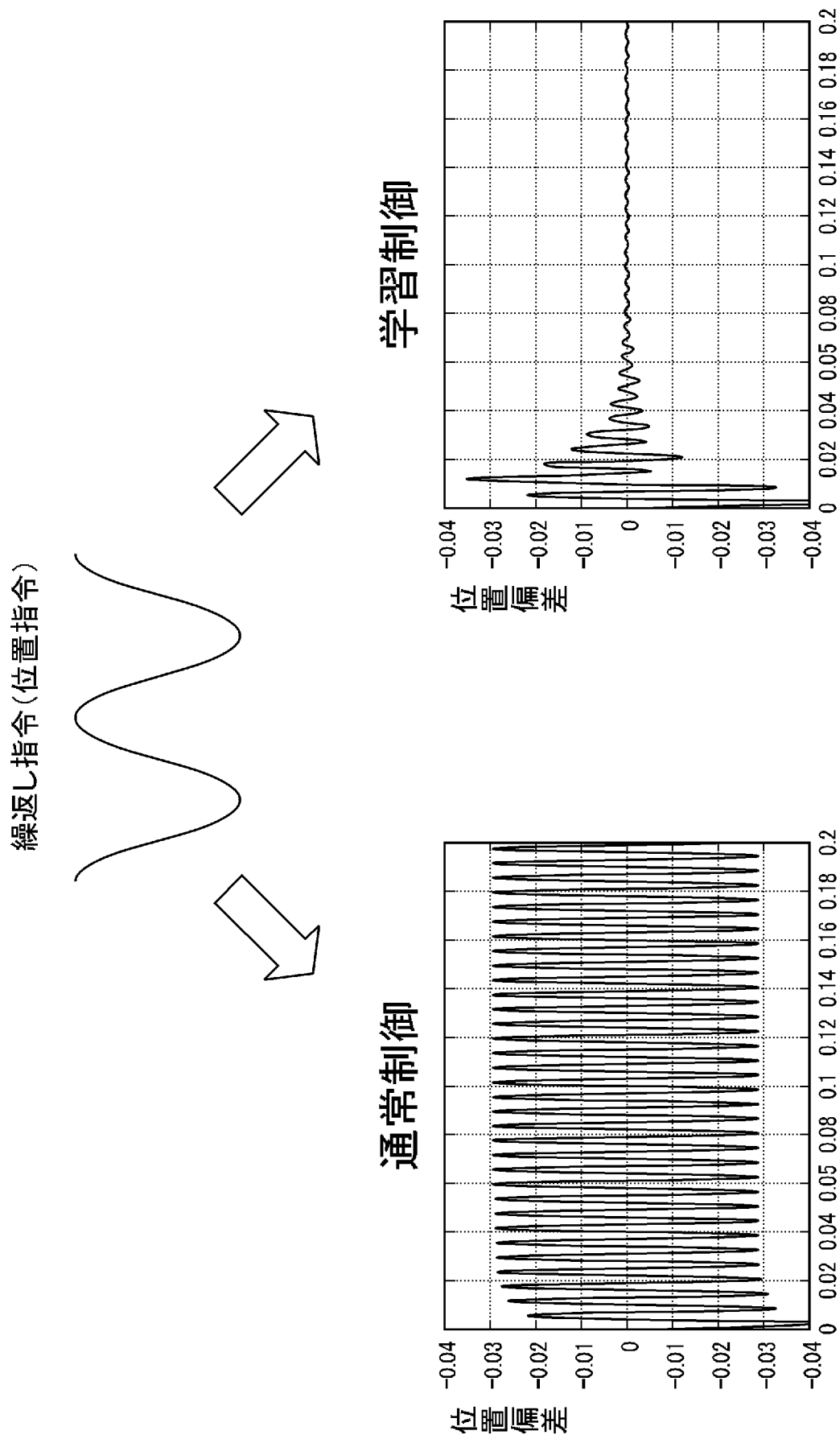
[図3]



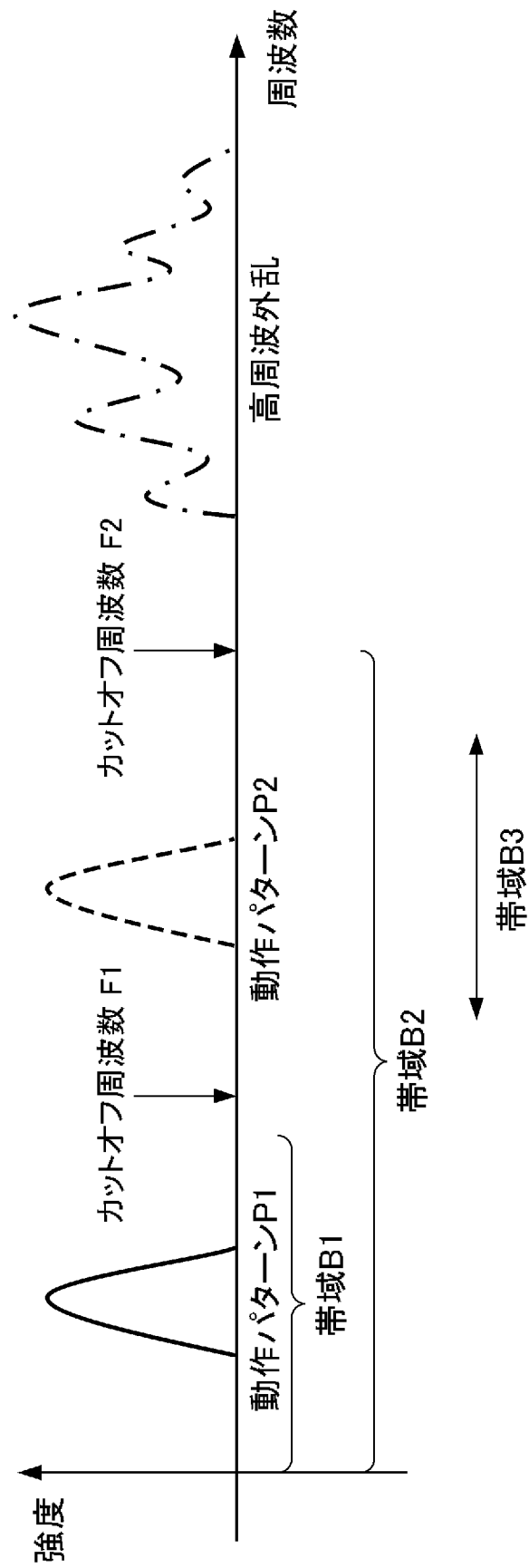
[図4]



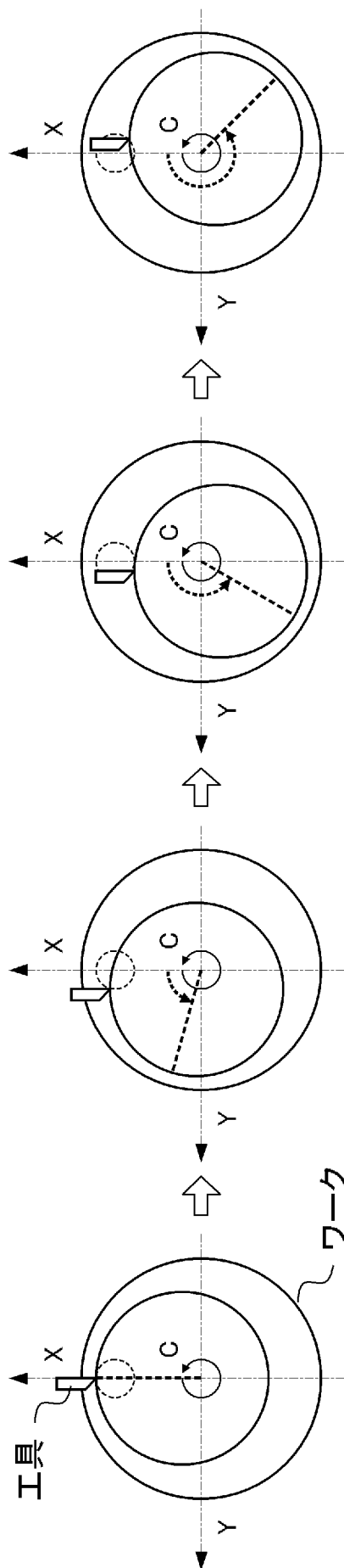
[図5]



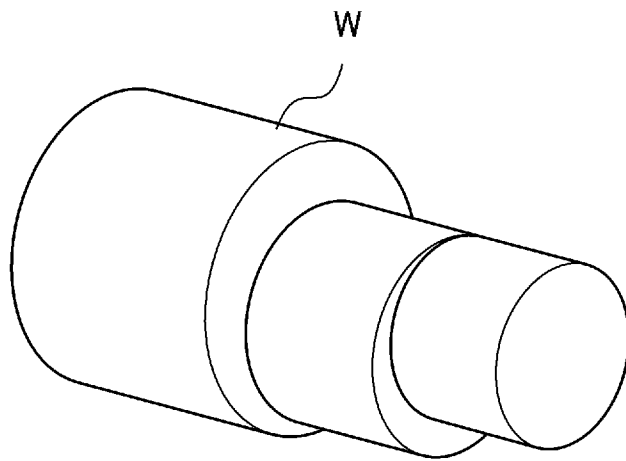
[図6]



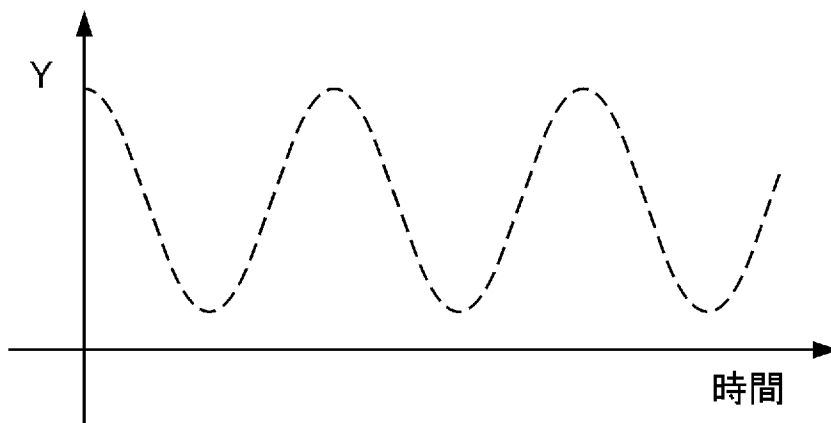
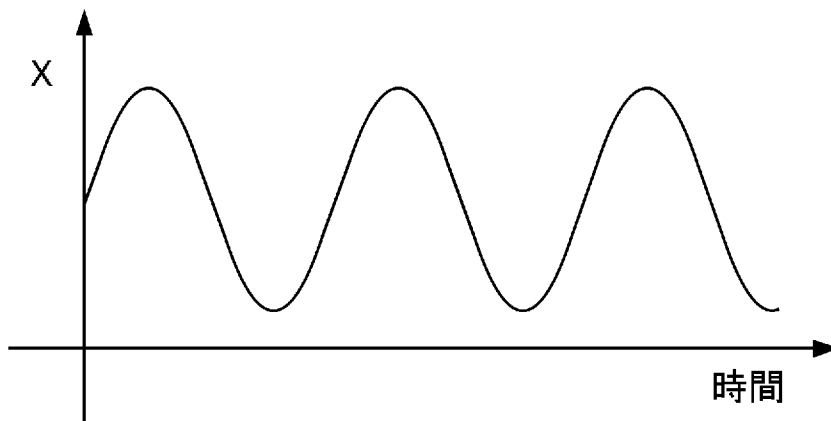
[図7]



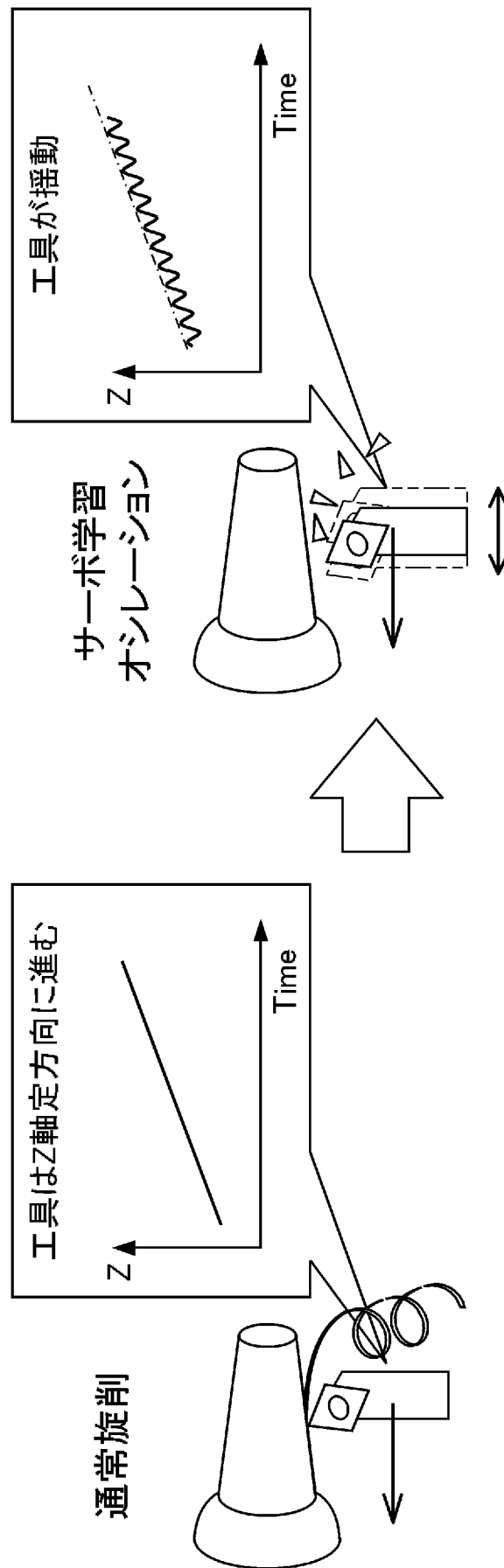
[図8]



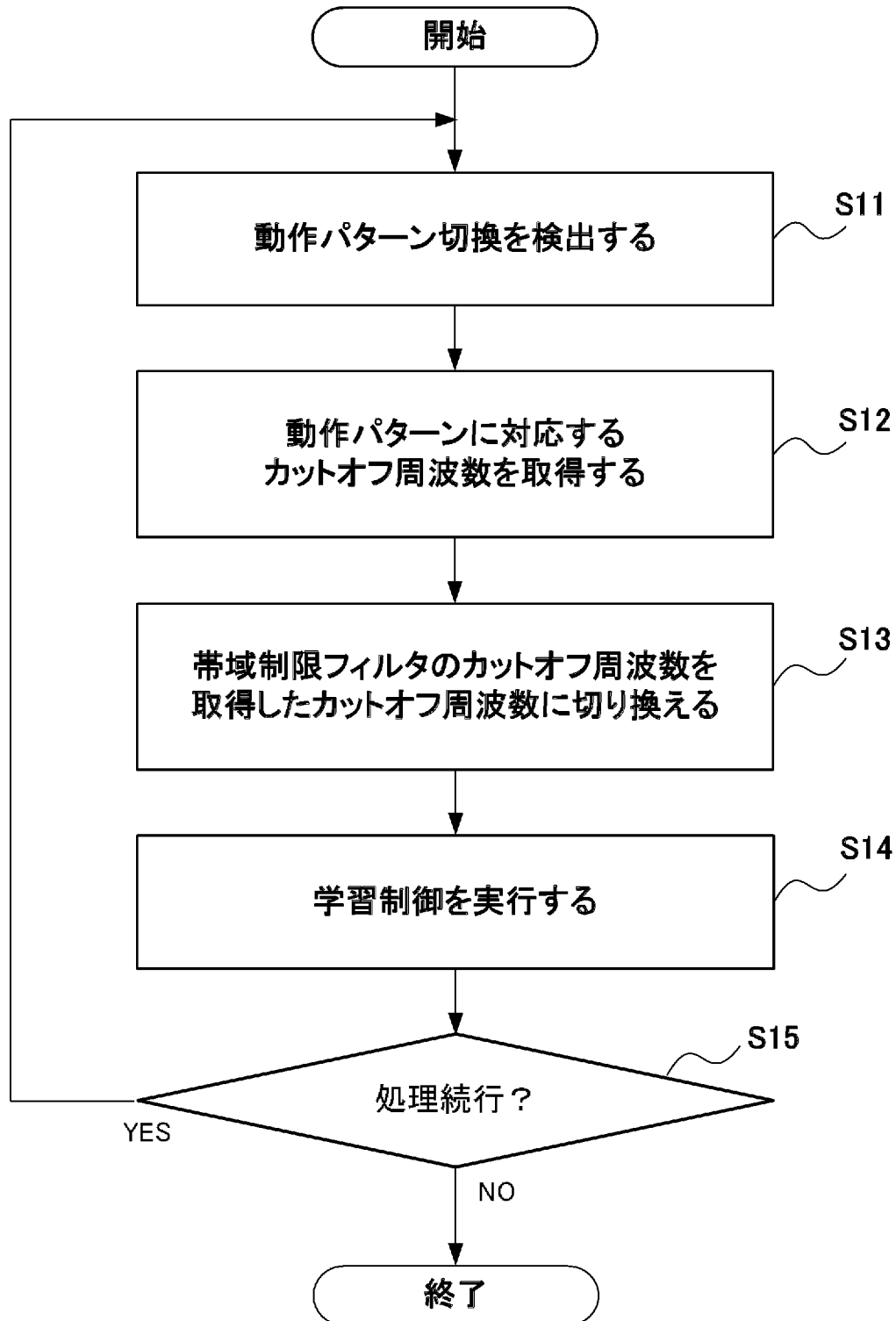
[図9]



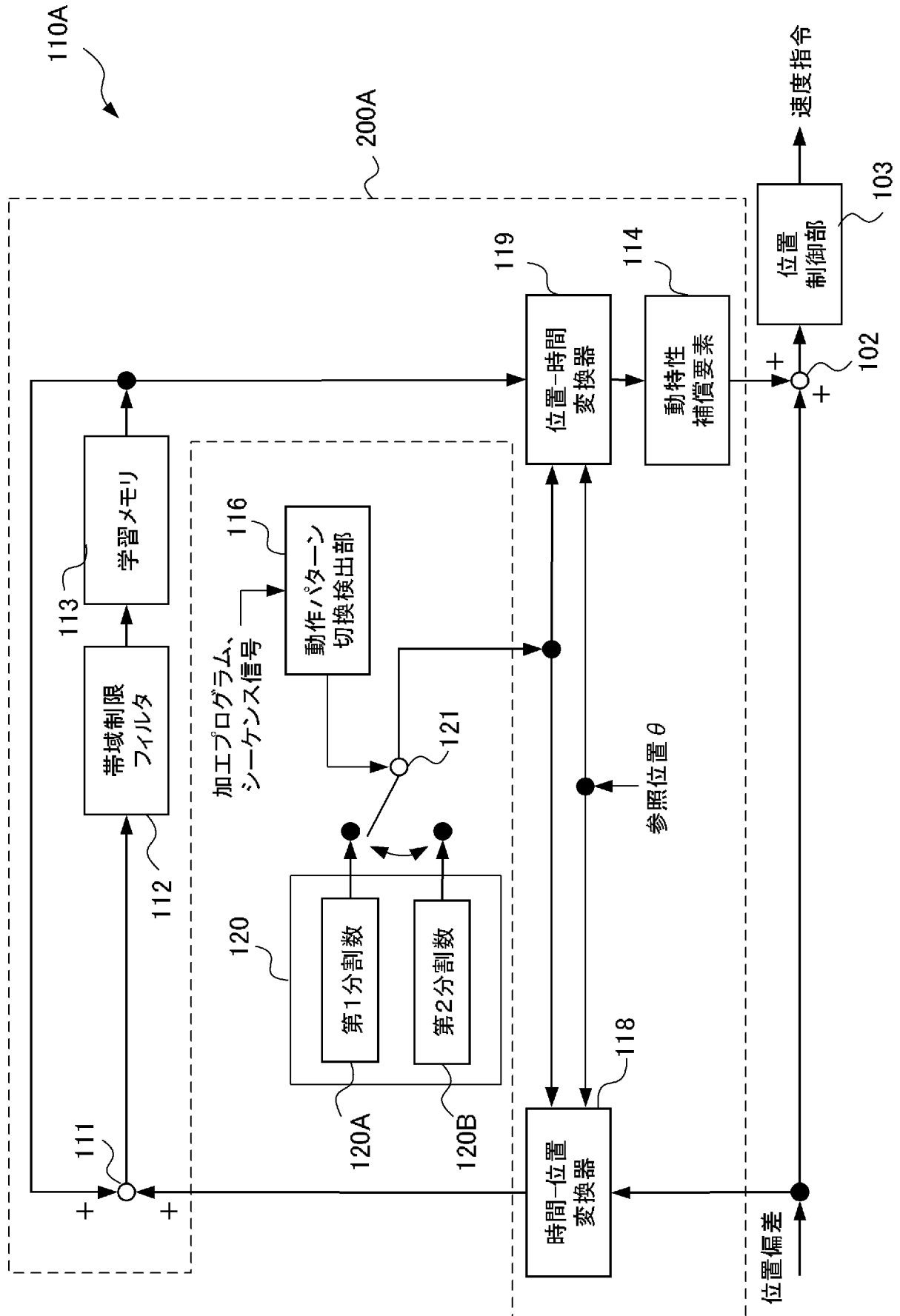
[図10]



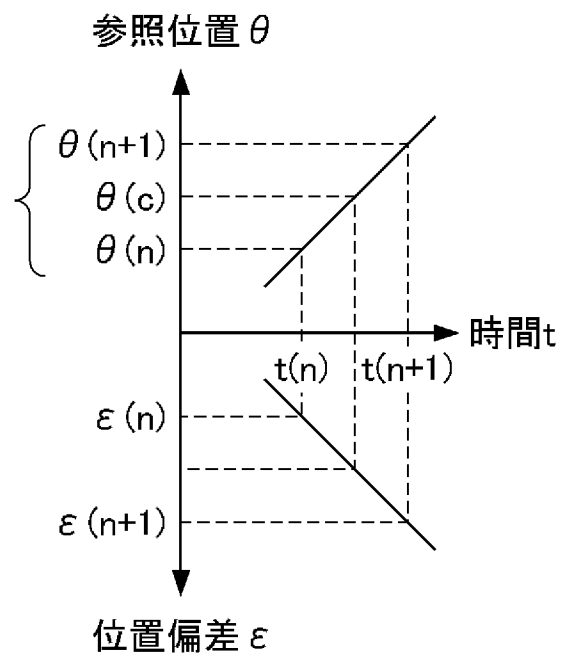
[図11]



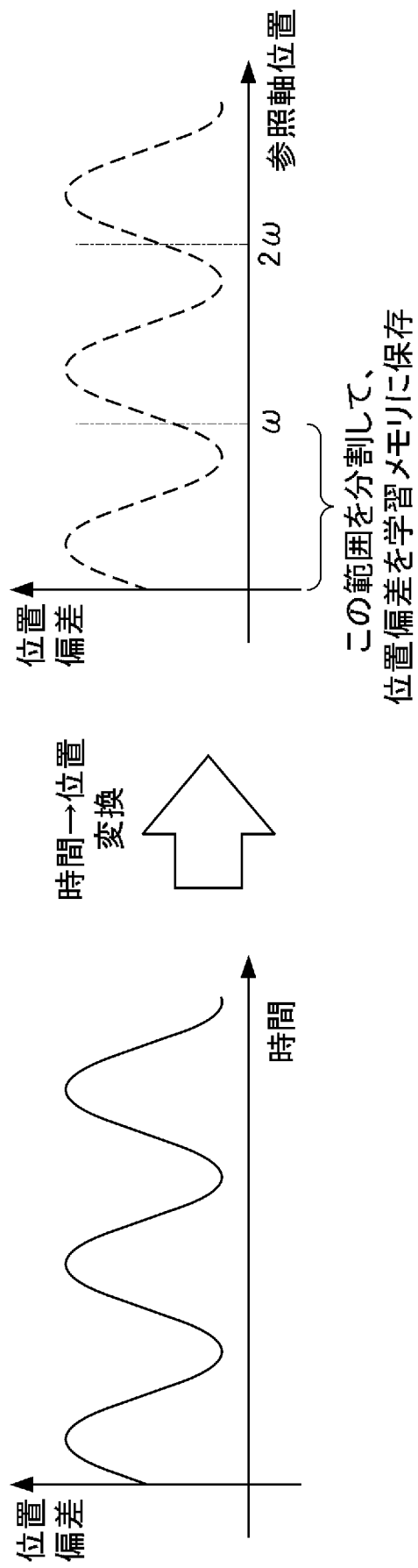
[図12]



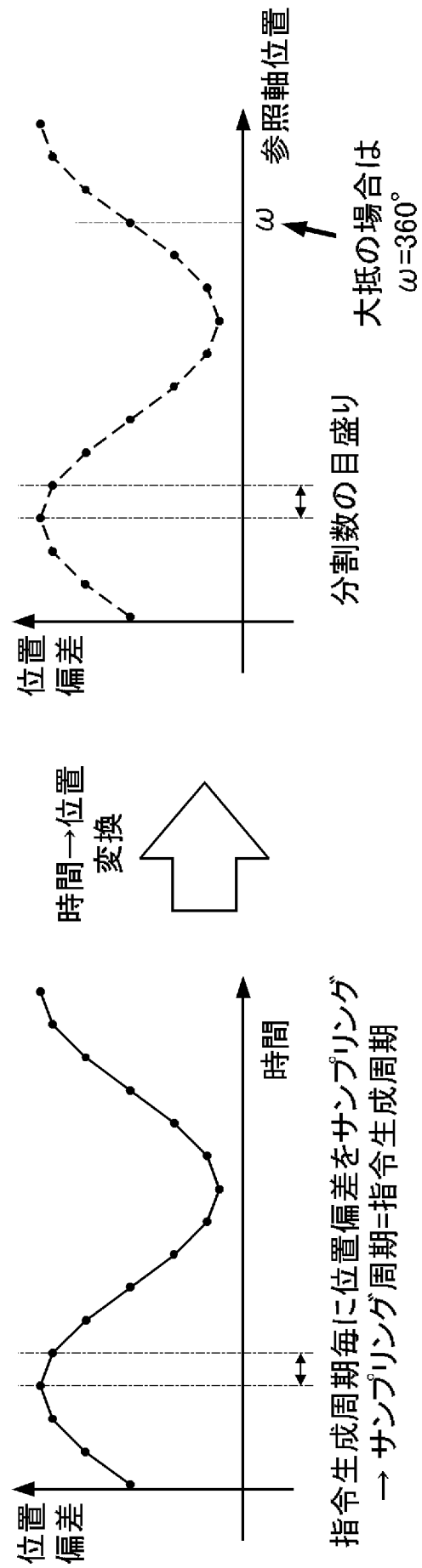
[図13]



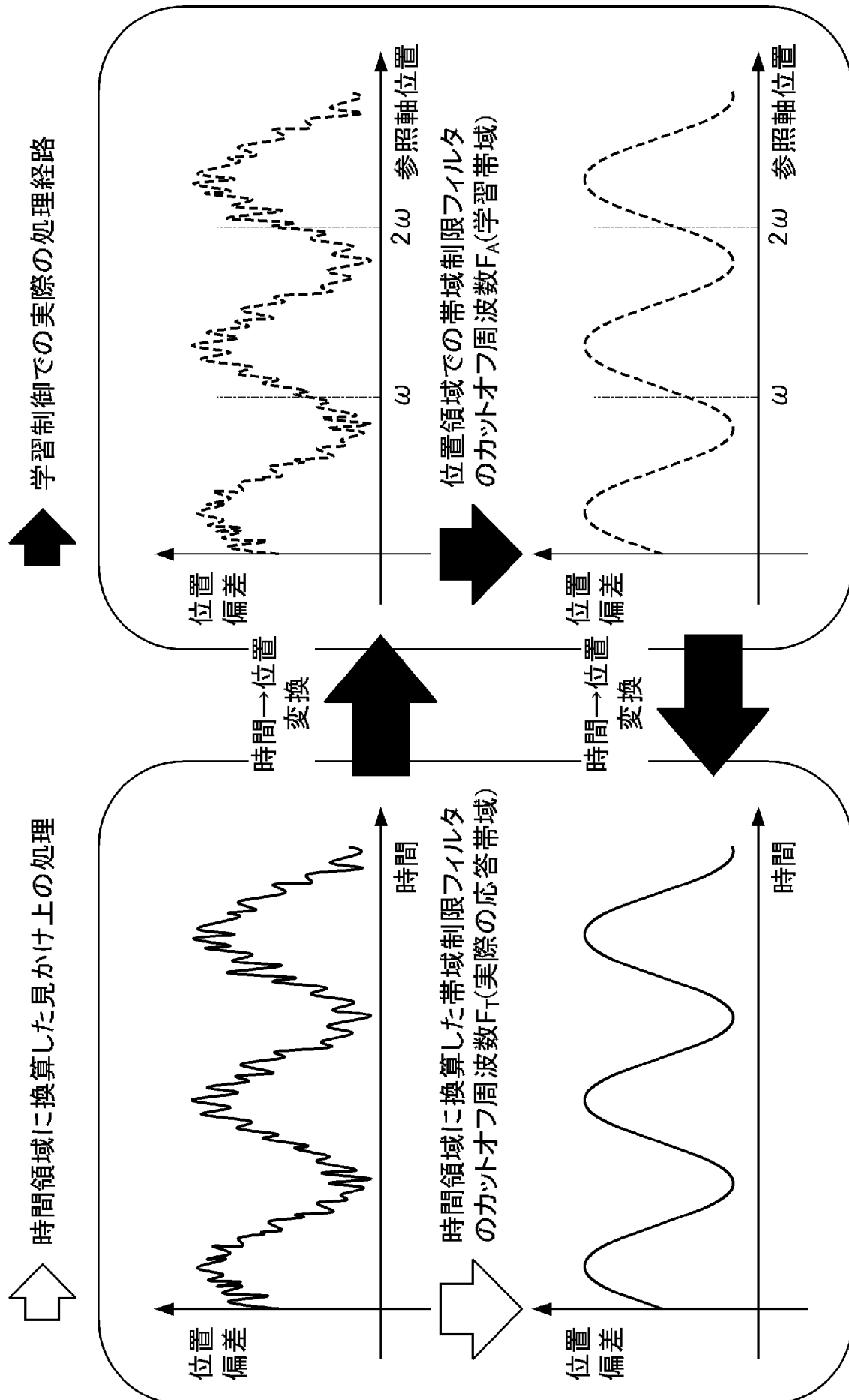
[図14]



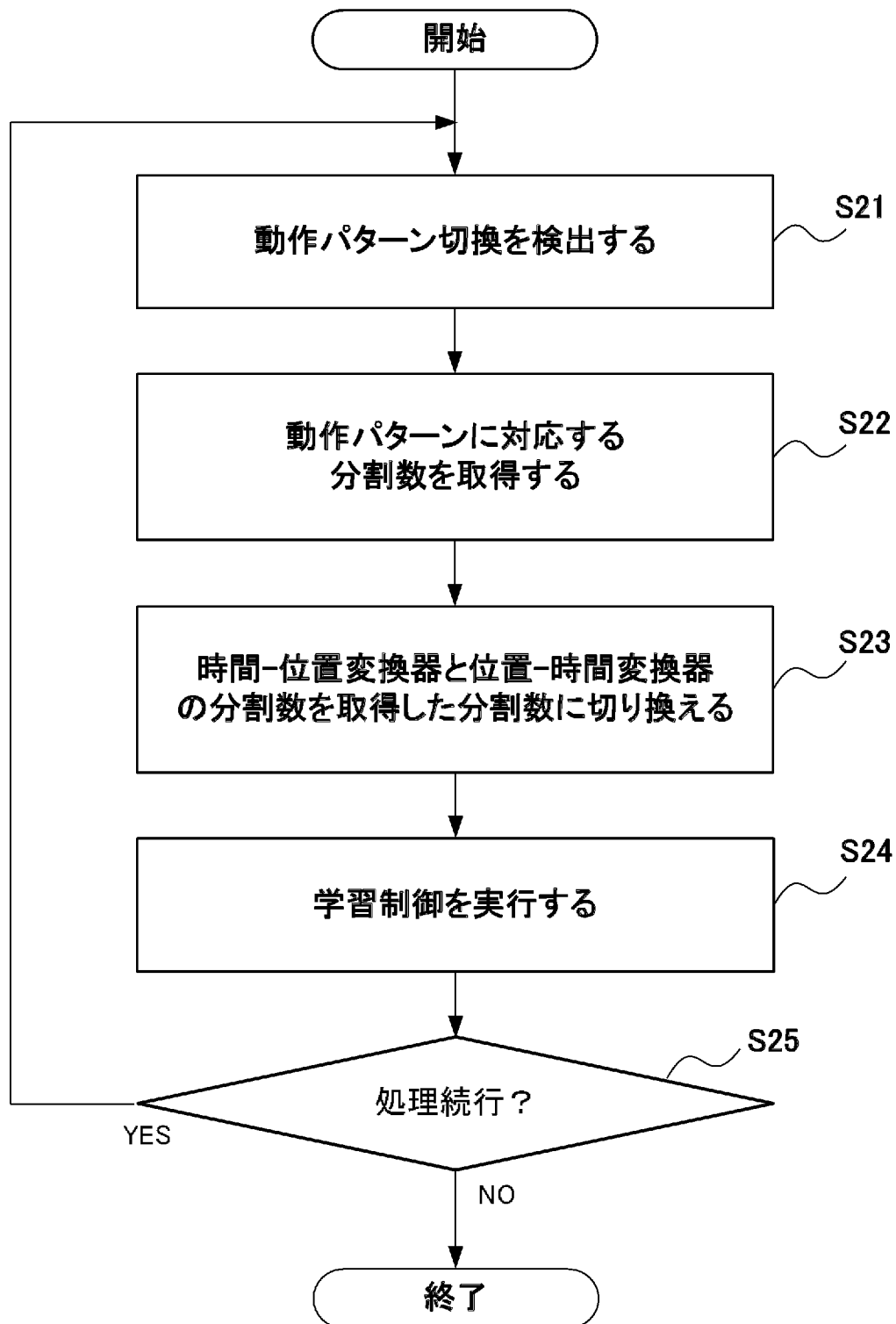
[図15]



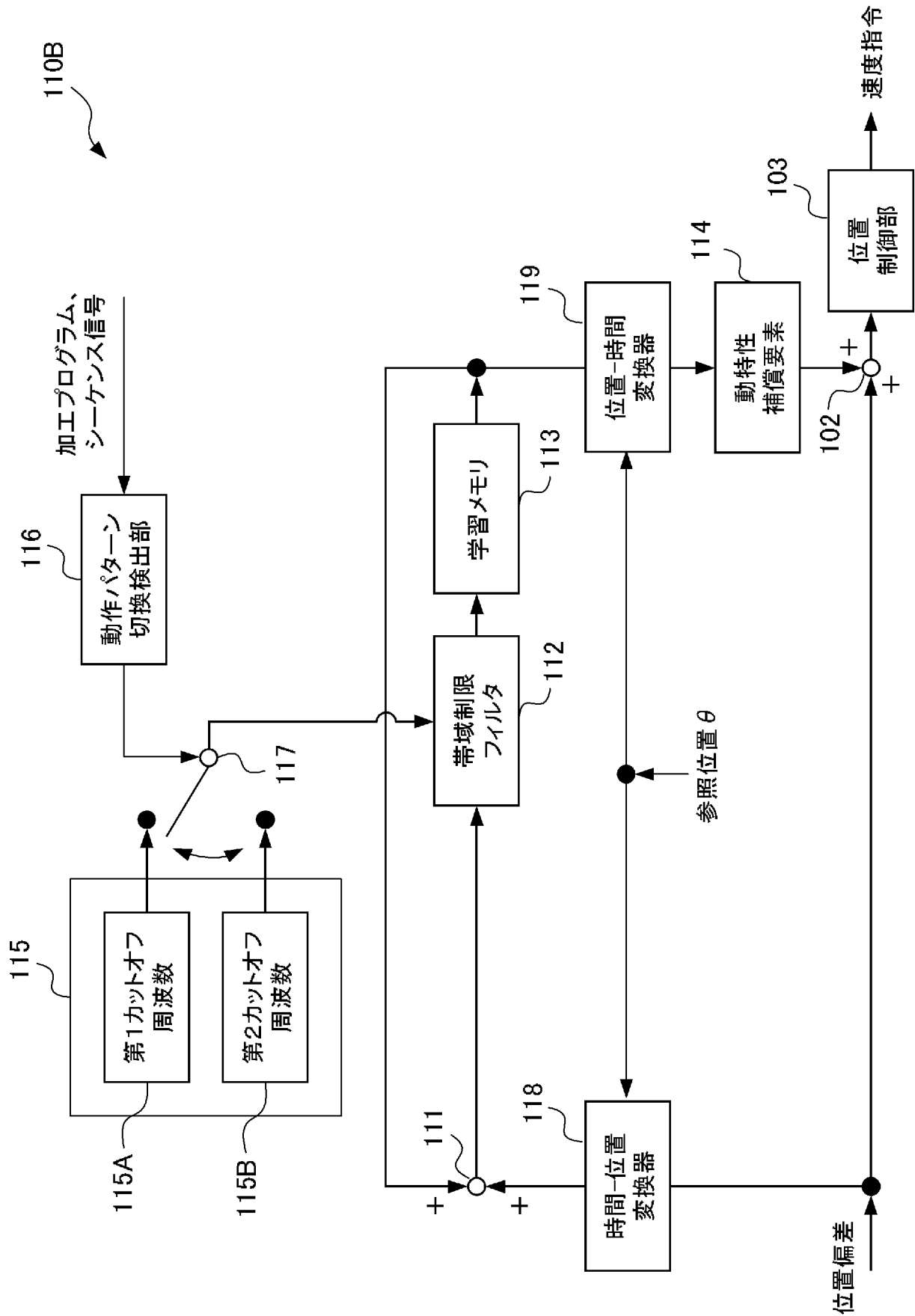
[図16]



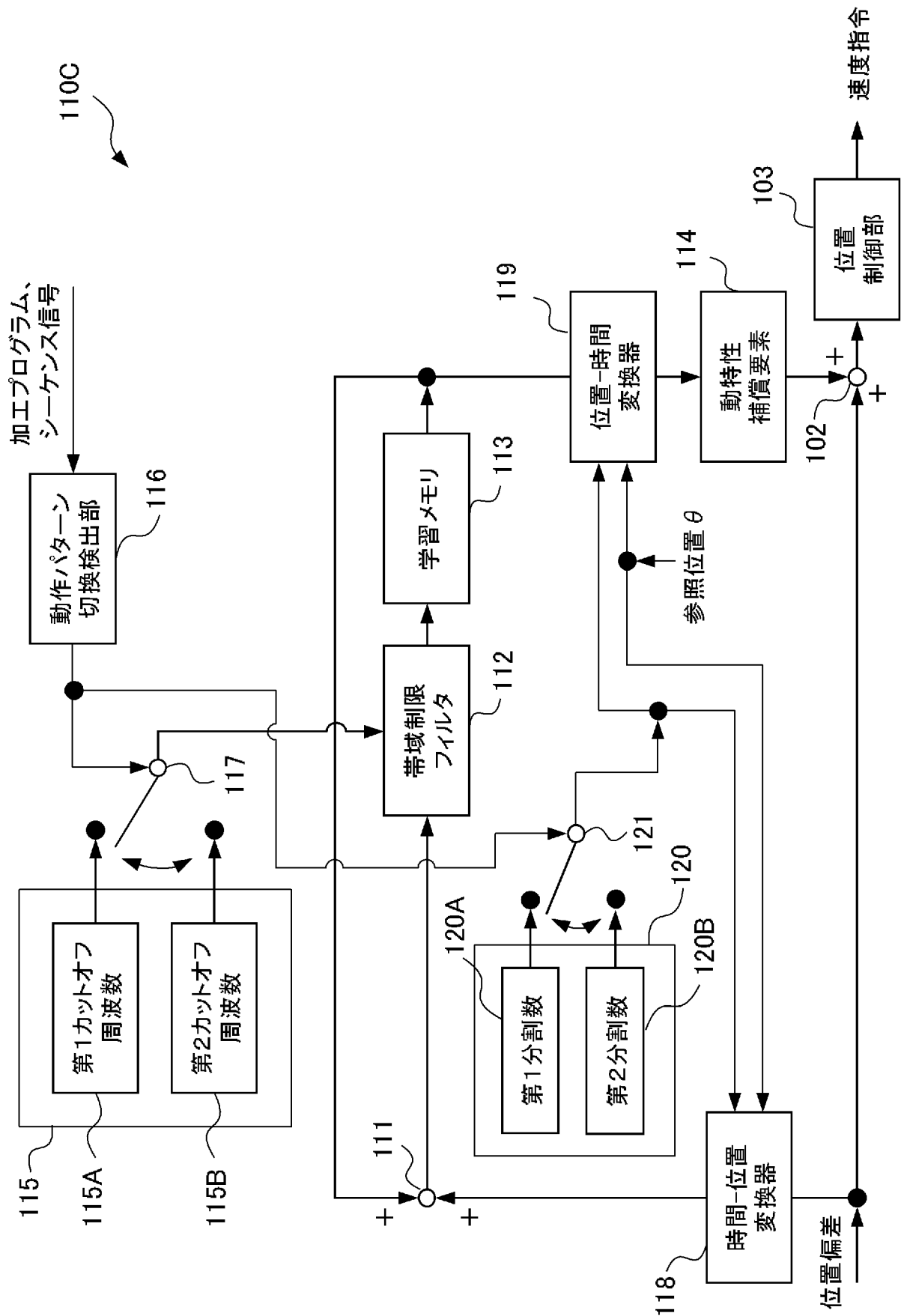
[図17]



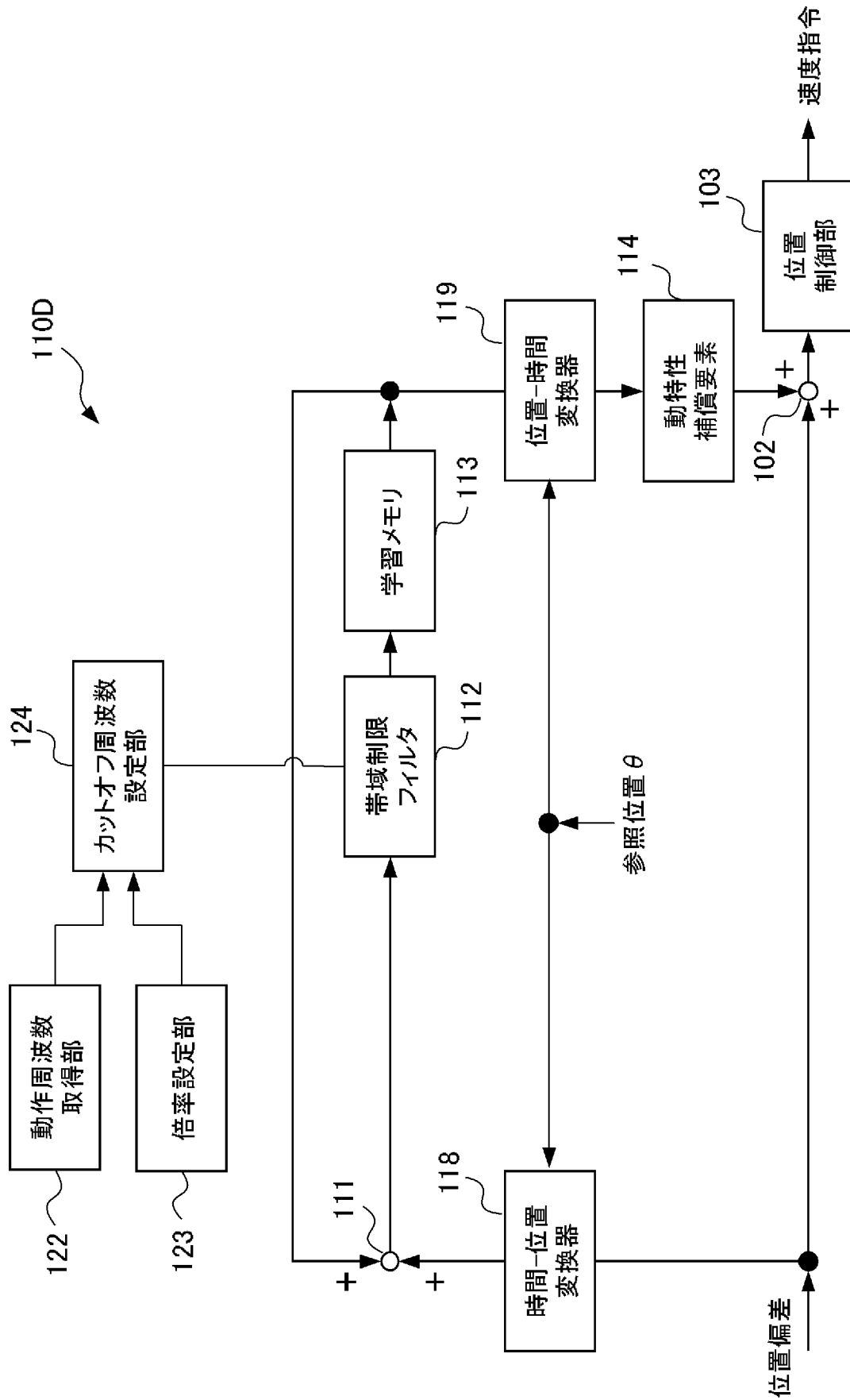
[図18]



[図19]



[図20]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2023/030135

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER**H02P 29/20**(2016.01)i

FI: H02P29/20

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)

H02P29/20

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.
A	JP 2011-123616 A (FANUC CORPORATION) 23 June 2011 (2011-06-23) entire text, all drawings	1-7
A	JP 3-235687 A (MITSUBISHI ELECTRIC CORPORATION) 21 October 1991 (1991-10-21) entire text, all drawings	1-7
A	JP 2007-233732 A (RICOH COMPANY, LTD.) 13 September 2007 (2007-09-13) entire text, all drawings	1-7
A	JP 2018-207695 A (FANUC CORPORATION) 27 December 2018 (2018-12-27) entire text, all drawings	1-7

☐ 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

“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

21 September 2023

Date of mailing of the international search report

10 October 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/JP2023/030135

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)			Publication date (day/month/year)
JP	2011-123616	A	23 June 2011	US	2011/0133681	A1	
				entire text, all drawings			
				DE	102010060177	A1	

JP	3-235687	A	21 October 1991	(Family: none)			

JP	2007-233732	A	13 September 2007	(Family: none)			

JP	2018-207695	A	27 December 2018	US	2018/0348732	A1	
				entire text, all drawings			
				DE	102018208458	A1	

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC）） H02P 29/20(2016.01)i FI: H02P29/20										
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）） H02P29/20 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 <table border="0"> <tr> <td>日本国実用新案公報</td> <td>1922 - 1996年</td> </tr> <tr> <td>日本国公開実用新案公報</td> <td>1971 - 2023年</td> </tr> <tr> <td>日本国実用新案登録公報</td> <td>1996 - 2023年</td> </tr> <tr> <td>日本国登録実用新案公報</td> <td>1994 - 2023年</td> </tr> </table> 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）			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
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									
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								
A	JP 2011-123616 A（ファナック株式会社）23.06.2011（2011 - 06 - 23） 全文、全図	1-7								
A	JP 3-235687 A（三菱電機株式会社）21.10.1991（1991 - 10 - 21） 全文、全図	1-7								
A	JP 2007-233732 A（株式会社リコー）13.09.2007（2007 - 09 - 13） 全文、全図	1-7								
A	JP 2018-207695 A（ファナック株式会社）27.12.2018（2018 - 12 - 27） 全文、全図	1-7								
☐ 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。										
<table border="0"> <tr> <td> * 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 </td> <td> “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 </td> </tr> </table>			* 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						
* 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 21.09.2023		国際調査報告の発送日 10.10.2023								
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） 三島木 英宏 3V 3018 電話番号 03-3581-1101 内線 3357								

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/JP2023/030135

引用文献			公表日	パテントファミリー文献			公表日
JP	2011-123616	A	23.06.2011	US	2011/0133681	A1	
				全文、全図			
				DE	102010060177	A1	

JP	3-235687	A	21.10.1991	(ファミリーなし)			

JP	2007-233732	A	13.09.2007	(ファミリーなし)			

JP	2018-207695	A	27.12.2018	US	2018/0348732	A1	
				全文、全図			
				DE	102018208458	A1	
