

(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B2)

(11)特許番号
特許第7448317号
(P7448317)

(45)発行日 令和6年3月12日(2024.3.12)

(24)登録日 令和6年3月4日(2024.3.4)

(51)国際特許分類	F I			
B 2 5 J 13/00 (2006.01)	B 2 5 J 13/00	Z		
G 0 5 B 19/4155(2006.01)	G 0 5 B 19/4155	V		
G 0 5 B 19/416(2006.01)	G 0 5 B 19/416	E		

請求項の数 5 (全11頁)

(21)出願番号	特願2019-131023(P2019-131023)	(73)特許権者	390008235
(22)出願日	令和1年7月16日(2019.7.16)		ファナック株式会社
(65)公開番号	特開2021-13999(P2021-13999A)		山梨県南都留郡忍野村忍草字古馬場 3 5
(43)公開日	令和3年2月12日(2021.2.12)		8 0 番地
審査請求日	令和4年5月17日(2022.5.17)	(74)代理人	100118913
			弁理士 上田 邦生
		(74)代理人	100142789
			弁理士 柳 順一郎
		(74)代理人	100163050
			弁理士 小栗 真由美
		(74)代理人	100201466
			弁理士 竹内 邦彦
		(72)発明者	寺本 貴一
			山梨県南都留郡忍野村忍草字古馬場 3 5
			8 0 番地 ファナック株式会社内
			最終頁に続く

(54)【発明の名称】 ロボットの制御装置

(57)【特許請求の範囲】

【請求項 1】

センサを備えたロボットの制御対象位置の目標軌跡または目標位置に関する位置指令と学習補正量とに基づいて、前記ロボットの動作を制御する通常制御部と、

前記ロボットを動作プログラムによって動作させて、前記ロボットの動作に関する学習制御を実施する学習制御部とを備え、

該学習制御部が、前記位置指令と前記動作プログラムによる複数の動作区間にわたる動作に要するサイクルタイムを計測するタイマにより計測された前記サイクルタイムと前記センサにより検出された振動とに基づいて、前記制御対象位置を目標軌跡または目標位置に近づけるための前記ロボットの動作の補正量である前記学習補正量を算出する補正量算出部を備え、

該補正量算出部は、前記サイクルタイムが所定の閾値以下となるように前記振動が最小となる、または前記振動の低減が要求されない前記動作区間における前記ロボットの動作速度を増大させつつ前記学習補正量を算出する、ロボットの制御装置。

【請求項 2】

前記補正量算出部は、

前記タイマにより計測される前記サイクルタイムが該サイクルタイムの目標値を含む許容範囲の下限値以下である場合、前記振動が最大となる一の前記動作区間における動作速度を低下させ、

前記タイマにより計測される前記サイクルタイムが前記所定の閾値である前記許容範囲

の上限値よりも大きい場合、前記振動が最小となる、または前記振動の低減が要求されない他の前記動作区間における動作速度を増大させ、

前記タイマにより計測される前記サイクルタイムが前記下限値よりも大きく前記上限値以下である場合、前記振動が最大となる一の前記動作区間における動作速度を低下させ、かつ、前記振動が最小となる、または前記振動の低減が要求されない他の前記動作区間における動作速度を増大させる請求項 1 に記載のロボットの制御装置。

【請求項 3】

前記補正量算出部は、

前記タイマにより計測される前記サイクルタイムが該サイクルタイムの目標値を含む許容範囲の下限値以下である場合、前記振動が大きい順に 1 以上の前記動作区間における動作速度を低下させ、

10

前記タイマにより計測される前記サイクルタイムが前記所定の閾値である前記許容範囲の上限値よりも大きい場合、前記振動が小さい順に、または前記振動の低減が要求されない順に、1 以上の他の前記動作区間における動作速度を増大させ、

前記タイマにより計測される前記サイクルタイムが前記下限値よりも大きく前記上限値以下である場合、前記振動が大きい順に 1 以上の前記動作区間における動作速度を低下させ、かつ、前記振動が小さい順に、または前記振動の低減が要求されない順に、1 以上の他の前記動作区間における動作速度を増大させる請求項 1 に記載のロボットの制御装置。

【請求項 4】

前記補正量算出部は、前記振動が大きいほど動作速度の低減量を大きく設定し、かつまたは、前記振動が小さいほど、または前記振動の低減が要求されないほど、他の前記動作区間における動作速度の増大量を大きく設定する請求項 3 に記載のロボットの制御装置。

20

【請求項 5】

前記学習制御部が、前記振動の低減が要求されない動作区間を指定可能な区間指定部を備える請求項 2 から請求項 4 のいずれかに記載のロボットの制御装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本開示は、ロボットの制御装置に関するものである。

【背景技術】

30

【0002】

ロボットに取り付けた加速度センサにより検出した振動情報を用いて、学習制御を行うことによって、ロボット動作時の振動を低減し、軌跡精度の向上を図る制御装置が知られている（例えば、特許文献 1 参照。）。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0003】

【文献】特開 2011 - 167817 号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

40

【0004】

ロボットの動作の高速化と振動の低減とはトレードオフの関係にあるため、振動除去を優先させ過ぎるとサイクルタイムが増大する。サイクルタイムが要求を満たさない場合には、教示プログラムを変更する必要があるが、教示プログラムを変更した場合には、学習制御を再度行う必要がある。したがって、再学習等の手間を省きつつ、振動の低減と高速化とを両立させることが望まれている。

【課題を解決するための手段】

【0005】

本開示の一態様は、センサを備えたロボットの制御対象位置の目標軌跡または目標位置に関する位置指令と学習補正量とに基づいて、前記ロボットの動作を制御する通常制御部

50

と、前記ロボットを動作プログラムによって動作させて、前記ロボットの動作に関する学習制御を実施する学習制御部とを備え、該学習制御部が、前記位置指令と前記動作プログラムによる複数の動作区間にわたる動作に要するサイクルタイムを計測するタイマにより計測された前記サイクルタイムと前記センサにより検出された振動とに基づいて、前記制御対象位置を目標軌跡または目標位置に近づけるための前記ロボットの動作の補正量である前記学習補正量を算出する補正量算出部を備え、該補正量算出部は、前記サイクルタイムが所定の閾値以下となるように前記振動が最小となる、または前記振動の低減が要求されない前記動作区間における前記ロボットの動作速度を増大させしつつ前記学習補正量を算出する、ロボットの制御装置である。

【図面の簡単な説明】

10

【 0 0 0 6 】

【図 1】本開示の一実施形態に係る制御装置を備えるロボットシステムを示す全体構成図である。

【図 2】図 1 の制御装置の一例を示すブロック図である。

【図 3】図 2 の制御装置に備えられる学習制御部の動作の一例を説明するフローチャートである。

【図 4】図 3 のフローチャートに続くフローチャートである。

【図 5】図 1 のツールの先端により描かれる動作軌跡の一例および、動作軌跡を区画した複数の動作区間の一例を示す図である。

【図 6】図 5 の動作軌跡の一例を破線で、全体的な高速化率を増大させた場合の動作軌跡の一例を実線で示す図である。

20

【図 7】図 5 の動作軌跡の一例を破線で、高速化率を動作区間毎に調整した場合の動作軌跡の一例を実線で示す図である。

【図 8】図 4 のフローチャートによる学習制御部の動作の変形例を説明するグラフである。

【発明を実施するための形態】

【 0 0 0 7 】

本開示の一実施形態に係るロボットの制御装置 1 について、図面を参照して以下に説明する。

本実施形態に係る制御装置 1 は、図 1 に示されるロボットシステム 1 0 0 に備えられている。

30

【 0 0 0 8 】

このロボットシステム 1 0 0 は、ロボット 2 0 0 と、本実施形態に係る制御装置 1 とを備えている。

ロボット 2 0 0 は、6 軸垂直多関節型のロボットであるが、6 軸以外の垂直多関節型ロボットあるいは水平多関節型ロボット等、任意の形式のものでよい。ロボット 2 0 0 の手首 2 0 1 の先端には、ツール S が取り付けられ、ツール S の先端（制御対象）には加速度センサ（センサ）2 1 0 が取り付けられている。加速度センサ 2 1 0 により、ツール S の先端の加速度値（状態量）を検出することができる。

【 0 0 0 9 】

制御装置 1 は、ロボット 2 0 0 の学習制御を実施する学習制御部 2 と、ロボット 2 0 0 の動作を制御する通常制御部 3 と、動作プログラムを格納するメモリ 1 0 とを備えている。

40

加速度センサ 2 1 0 により検出された位置データは学習制御部 2 に出力され、学習制御に利用される。

【 0 0 1 0 】

通常制御部 3 は、図示しない位置制御部、速度制御部、電流制御部、アンプおよび微分手段を備えている。位置制御部は、制御装置 1 の外部から入力される位置指令を受信するとともに、ロボット 2 0 0 のモータに備えられたエンコーダからの位置情報を受信し、ロボット 2 0 0 のアーム先端の所望の位置情報を速度制御部に対して出力する。微分手段は、ロボット 2 0 0 からフィードバックされるモータの位置情報を受信し、モータ速度を算出し、これを速度制御部に出力する。

50

【 0 0 1 1 】

速度制御部は、位置制御部からの位置情報および微分手段からのモータ速度情報を勘案して所望のモータ速度を算出し、これを電流制御部に対して出力する。電流制御部はアンプからフィードバックされる電流値を受信するとともに、速度制御部から入力された所望のモータ速度となるようにモータに流す電流を算出し、これをアンプに出力する。アンプは電流制御部からの電流値に基づいて所望の電力を算出し、動作指令としてロボット 200 のモータに供給する。

【 0 0 1 2 】

学習制御部 2 は、動作プログラムの実行に要するサイクルタイム T_s を計測するタイマ 4 と、学習補正量を算出する補正量算出部 5 とを備えている。補正量算出部 5 は、タイマ 4 により測定されたサイクルタイム T_s 、通常制御部 3 に入力される位置指令および加速度センサ 210 により検出された加速度値に基づいて学習補正量を算出する。

10

【 0 0 1 3 】

制御対象位置を通常制御部 3 に与えられた目標位置または目標軌跡に近づけるための動作補正量を算出する学習を行う補正量算出部 5 の構造としては、例えば、特許文献 1 に開示されている公知の構造を用いればよい。

【 0 0 1 4 】

本実施形態においては、補正量算出部 5 は、図 3 および図 4 に示されるように、カウンタ M 、 N を初期化し（ステップ $S1$ ）、高速化率 f を最大速度に対して十分に低い所定の値 f_0 に設定する（ステップ $S2$ ）。この状態で、予め教示された動作プログラム、設定された高速化率 $f = f_0$ で実行する（ステップ $S3$ ）。

20

【 0 0 1 5 】

動作プログラムの実行中には加速度センサ 210 により加速度値が検出される（ステップ $S4$ ）。また、タイマ 4 により、動作プログラムの開始から終了までのサイクルタイム T_s が測定される（ステップ $S5$ ）。検出された加速度値および測定されたサイクルタイム T_s は、補正量算出部 5 に入力され、補正量算出部 5 において学習補正量の算出が行われる（ステップ $S6$ ）。算出された学習補正量はメモリ 10 に記憶される（ステップ $S7$ ）。

【 0 0 1 6 】

補正量算出部 5 は、学習補正量の算出回数を示すカウンタ M が規定回数 M_p に達したか否かを判定する（ステップ $S8$ ）。ステップ $S8$ において、学習補正量の算出回数 M が規定回数 M_p に達している場合には、処理を終了する。学習補正量の算出回数 M が規定回数 M_p 未満の場合には、カウンタ M をインクリメントし（ステップ $S9$ ）、カウンタ N が $N = 1$ であるか否かを判定する（ステップ $S10$ ）。

30

【 0 0 1 7 】

ステップ $S10$ において、カウンタ $N = 1$ である場合には、測定されたサイクルタイム T_s の予め設定されている目標値 T_{s0} に対する割合 $K = T_s / T_{s0}$ が算出され（ステップ $S11$ ）、目標値 T_{s0} を達成可能な高速化率 $f = f_0 \times K$ が算出される（ステップ $S12$ ）。そして、カウンタ N がインクリメントされ（ステップ $S13$ ）、ステップ $S3$ からの工程が繰り返される。

40

【 0 0 1 8 】

補正量算出部 5 は、教示プログラムの始点 $P1$ から終点 $P10$ までを、例えば、図 5 に示されるように、複数の動作区間に分割している。ステップ $S10$ においてカウンタ N が $N \neq 1$ である場合には、前回サイクルにおいて加速度センサ 210 により取得された加速度値の時間変化、すなわち振動（状態量）が最大となる動作区間（最大振動区間）および振動が最小となる動作区間（最小振動区間）が抽出される（ステップ $S14$ ）。

【 0 0 1 9 】

次いで、測定されたサイクルタイム T_s が、目標値 T_{s0} に対して $\pm 0.5\%$ 以内であるか否かが判定される（ステップ $S15$ 、ステップ $S16$ ）。すなわち、まず、測定されたサイクルタイム T_s が目標値 T_{s0} の $+0.5\%$ 以下であるか否かが判定され（ステップ S

50

15)、サイクルタイム T_s が目標値 T_{s0} の+0.5%以下である場合には、サイクルタイム T_s が目標値 T_{s0} の-0.5%よりも大きいか否かが判定される(ステップS16)。

【0020】

ステップS15において、サイクルタイム T_s が目標値 T_{s0} の+0.5%よりも大きい場合には、最小振動区間の高速化率 f を増大させる(ステップS17)。

ステップS16において、サイクルタイム T_s が目標値 T_{s0} の-0.5%以下である場合には、最大振動区間の高速化率 f を低減させる(ステップS18)。

【0021】

ステップS16において、サイクルタイム T_s が目標値 T_{s0} の-0.5%よりも大きい場合、すなわち、サイクルタイム T_s が目標値 T_{s0} の $\pm 0.5\%$ 以内である場合には、最小振動区間の高速化率 f を増大させ、最大振動区間の高速化率 f を低減する(ステップS19)。そして、ステップS17~ステップS19において調整された高速化率 f をメモリ10に記憶(設定)し(ステップS20)、ステップS3からの工程が繰り返される。

【0022】

さらに具体的には、最初の学習工程において、カウンタ M 、 N が $M=1$ 、 $N=1$ に設定され(ステップS1)、最初の高速化率 f が、動作速度を十分に下げた高速化率 f_0 に設定される(ステップS2)。この状態で、動作プログラムが実行されることにより(ステップS3)、始点 $P1$ から終点 $P10$ まで実行したときの加速度値が経時的に検出され(ステップS4)、サイクルタイム T_s が測定される(ステップS5)。そして、測定されたサイクルタイム T_s および検出された加速度値に基づいて学習補正量が算出され(ステップS6)、算出された学習補正量が記憶される(ステップS7)。

【0023】

このときの動作軌跡の一例を図5に示す。図中、符号 $P1 \sim P10$ は教示点である。

最初は、ステップS8において、カウンタ M が規定回数 M_p に達していないので、ステップS9において、カウンタ M がインクリメントされる。ステップS10において、カウンタ $N=1$ であるので、サイクルタイム T_s を目標値 T_{s0} にするための係数 K が算出され(ステップS11)、次のサイクルにおける高速化率 f が算出され、設定される(ステップS12)。

【0024】

例えば、ステップS5において測定されたサイクルタイム T_s が15秒であり、目標サイクルタイム T_{s0} が12秒である場合に、 $K = T_s / T_{s0} = 1.25$ であり、高速化率 f は $f = 1.25 f_0$ となる。そして、ステップS13においてカウンタ N がインクリメントされて、ステップS3からの工程が繰り返される。

【0025】

2回目の学習工程において、動作プログラムが実行され(ステップS3)、振動測定(ステップS4)が行われると、図6に示されるように、動作軌跡は、図5の場合よりも振動的となる。

ステップS5からステップS9までが実施され、ステップS10においてカウンタ $N=1$ であるため、ステップS14に進んで、最小振動区間および最大振動区間が抽出される。ステップS5において測定された2回目のサイクルタイム T_s が目標値の $\pm 0.5\%$ (閾値)以内に入っているか否かが判定される(ステップS15、ステップS16)。

【0026】

測定された2回目のサイクルタイム T_s が目標値に対して+0.5%よりも長い場合には、最小振動区間の高速化率 f が増大させられる(ステップS17)。これにより、次のサイクルタイム T_s が短縮させられる。高速化率 f の増加量は予め定められていればよい。

【0027】

測定された2回目のサイクルタイム T_s が目標値に対して-0.5%以下である場合には、最大振動区間の高速化率 f が低減させられる(ステップS18)。これにより、次回

10

20

30

40

50

のサイクルタイム T_s が伸長させられる。高速化率 f の低減量は予め定められていればよい。

【 0 0 2 8 】

測定された 2 回目のサイクルタイム T_s が目標値に対して $\pm 0.5\%$ 以内に入っている場合には、最大振動区間の高速化率 f を低減し、最小振動区間の高速化率 f を増大させる (ステップ S 1 9)。これにより、次回のサイクルタイム T_s の増減を抑えつつ、振動が大きい動作区間の振動を低減することができる。

ステップ S 1 7 から S 1 9 のいずれかにおいて調整された高速化率 f はメモリ 1 0 に記憶され (ステップ S 2 0)、ステップ S 3 からの工程が繰り返される。

【 0 0 2 9 】

そして、規定回数 M_p だけ動作プログラムが繰り返し実行されることにより、各教示点 $P 1 \sim P 1 0$ における振動を低減するための学習補正量が学習される。また、これとともに、図 7 に示されるように、振動を抑制しつつサイクルタイム T_s を目標値 T_{s0} に近づけるための高速化率 f が動作区間ごとに求められる。

【 0 0 3 0 】

その結果、学習制御が終了した後にメモリ 1 0 に記憶されている学習補正量および高速化率 f を用いて、通常制御部 3 によってロボット 2 0 0 が制御される。これにより、各教示点 $P 1 \sim P 1 0$ における振動を抑制しつつ、目標値 T_{s0} に近いサイクルタイム T_s でロボット 2 0 0 を動作させることができる。

すなわち、本実施形態に係るロボット 2 0 0 の制御装置 1 によれば、学習補正量を学習しながら高速化率を動作区間ごとに決定するので、再学習等の手間を省きつつ、振動の低減と高速化とを両立させることができるという利点がある。

【 0 0 3 1 】

なお、本実施形態においては、最大振動区間と最小振動区間とを抽出し、最大振動区間の高速化率を低減させ、最小振動区間の高速化率を増大させたが、これに代えて、加速度値が大きい順に 2 以上の動作区間を抽出してもよい。例えば、図 8 に示されるように、加速度値が大きい順に、例えば、3 つの動作区間を抽出し、加速度値が大きいほど高速化率を大きく低減させることにしてもよい。あるいは、これとは逆に、加速度値が小さい順に、例えば、3 つの動作区間を抽出し、加速度値が小さいほど高速化率を大きく増大させることにしてもよい。また、加速度値の低減が要求されない順に、高速化率を大きく増大させることにしてもよい。抽出する動作区間の数および低減量は任意でよい。

【 0 0 3 2 】

また、本実施形態においては、センサとして加速度センサ 2 1 0 を採用したが、これに代えて、ビジョンセンサ、ジャイロセンサ、慣性センサまたは歪ゲージを用いてもよい。また、加速度センサ 2 1 0 により検出される加速度値の変化から振動を検出することとしたが、これに代えて、加速度値を 1 回積分した速度情報あるいは加速度値を 2 回積分した位置情報を状態量として用いてもよい。

【 0 0 3 3 】

また、高速化率を調整するための閾値をサイクルタイムの目標値の $\pm 0.5\%$ に設定したが、これに限定されるものではなく、任意の値を用いてもよい。

また、加速度値が小さい順に抽出した 1 以上の動作区間の高速化率を増大させることとしたが、これに代えて、振動の低減が要求されない動作区間の高速化率を増大させることにしてもよい。

【 0 0 3 4 】

また、本実施形態においては、学習補正量を算出するタイミングと高速化率 f を算出するタイミングを図 3 および図 4 に記載の一例に限定するものではない。これに代えて、例えば、ステップ S 5 において測定されたサイクルタイム T_s が 1.5 秒であり、目標サイクルタイム T_{s0} が 1.2 秒である場合に、 $K = T_s / T_{s0} = 1.25$ であるが、ステップ S 1 2 において高速化率 f をいきなり $f = 1.25 f_0$ にする必要はない。 $N \neq 1$ の処理を繰り返す過程で、段階的に全体の高速化率 f を増加させる方式を採用してもよい。

10

20

30

40

50

【 0 0 3 5 】

振動の低減が要求されない動作区間としては、例えば、図 7 における教示点 P 2 , P 4 , P 6 , P 9 を含む動作区間を挙げることができる。この場合には、学習制御部 2 が、これらの振動の低減が要求されない動作区間をユーザにより予め指定することを可能にするための区間指定部（図示略）を備えていてもよい。

また、各教示点 P 3 , P 5 , P 7 , P 8 における加速度値を低減することにより、ロボット 2 0 0 を停止させる教示点（目標位置）P 1 0 に、ツール S の先端を精度よく位置決めすることができる。これに代えて、停止しない教示点 P 3 , P 5 , P 7 , P 8 に近づけるよう動作させることにより、ツール S の先端の動作軌跡を目標軌跡に精度よく近づけることができる。

10

【符号の説明】

【 0 0 3 6 】

- 1 制御装置
- 2 学習制御部
- 3 通常制御部
- 4 タイマ
- 5 補正量算出部
- 2 0 0 ロボット
- 2 1 0 加速度センサ（センサ）
- T_s サイクルタイム
- P 1 0 教示点（目標位置）

20

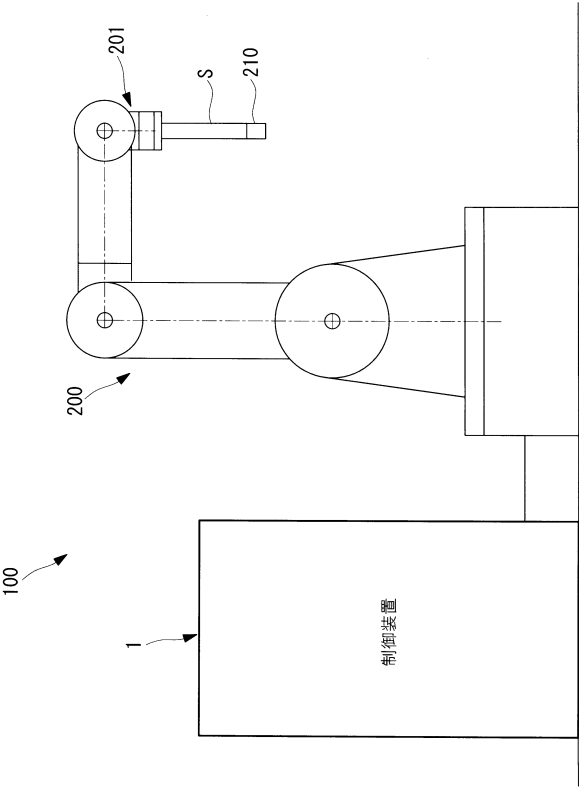
30

40

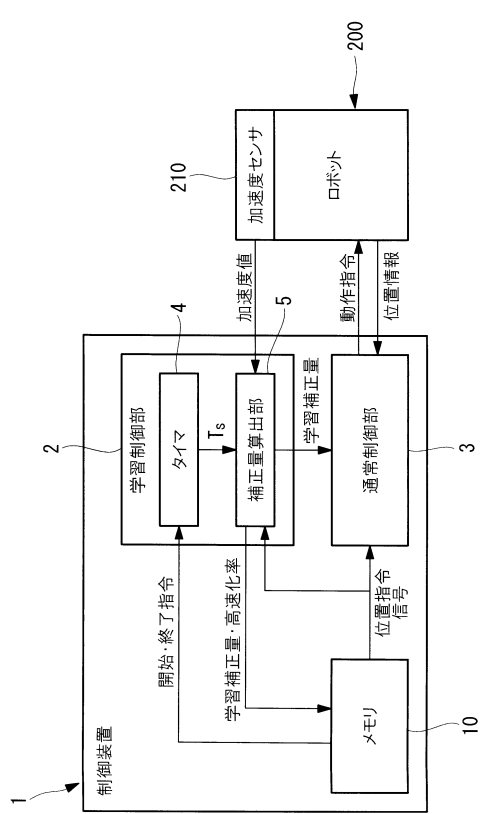
50

【図面】

【図 1】



【図 2】



10

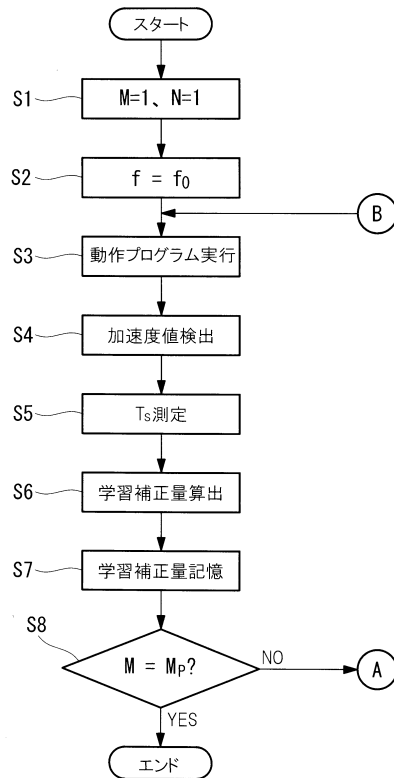
20

30

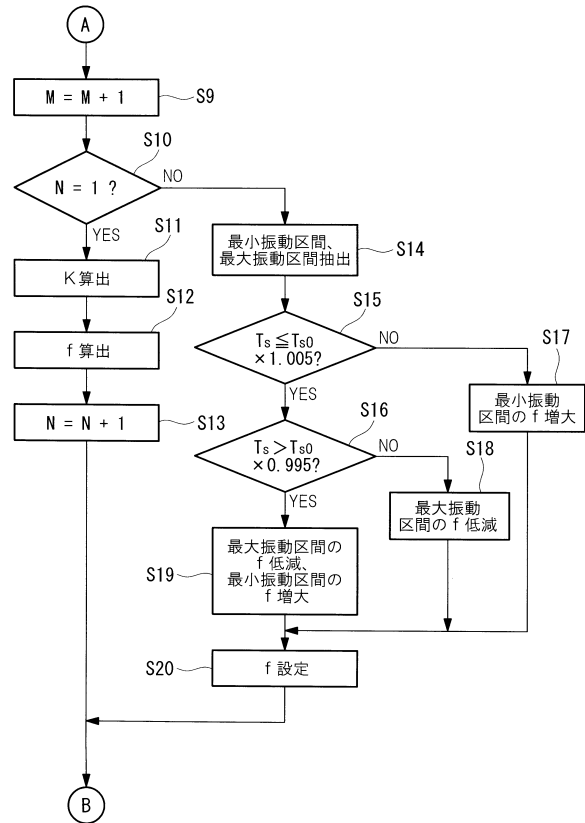
40

50

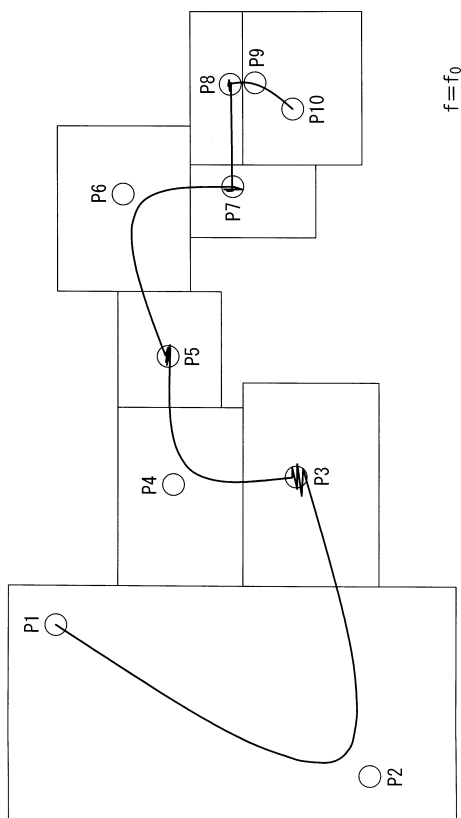
【図 3】



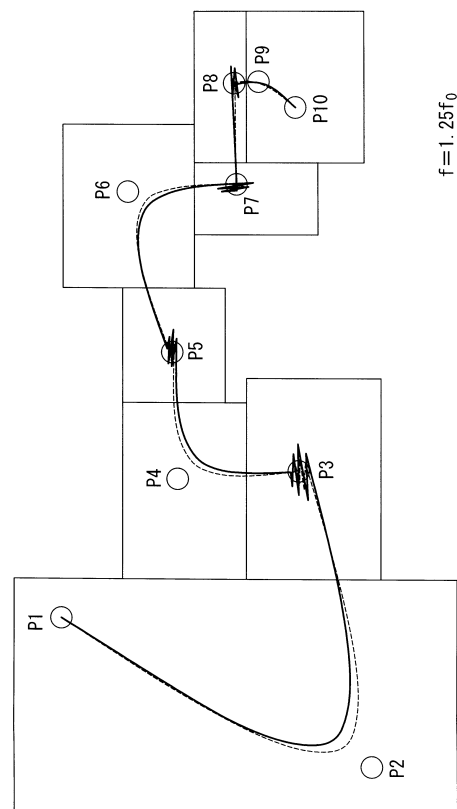
【図 4】



【図 5】



【図 6】



10

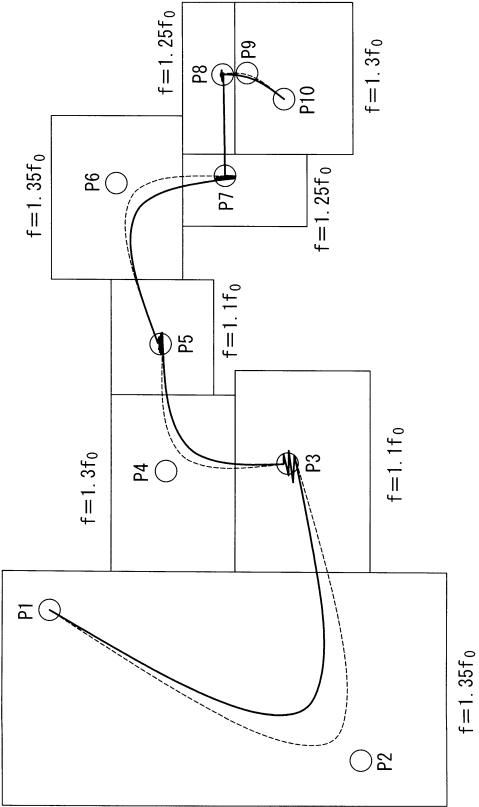
20

30

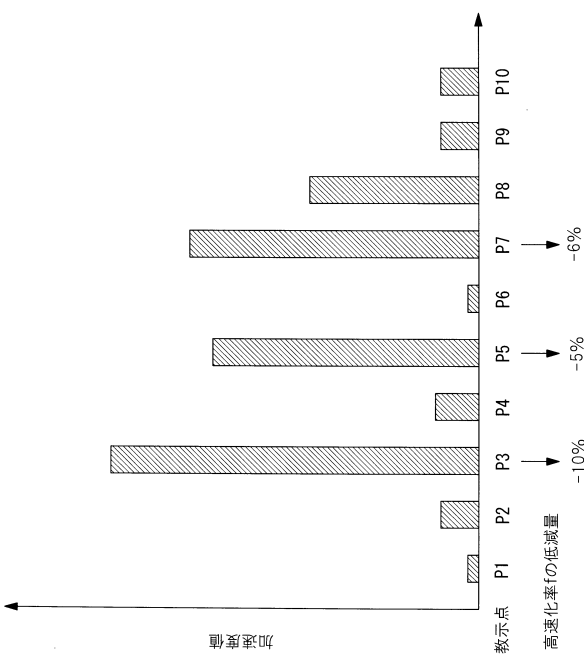
40

50

【図 7】



【図 8】



10

20

30

40

50

フロントページの続き

審査官 神山 貴行

(56)参考文献 国際公開第 2 0 1 9 / 0 9 8 0 4 4 (W O , A 1)
特開 2 0 1 9 - 1 0 4 0 9 7 (J P , A)
特開 2 0 1 1 - 1 6 7 8 1 7 (J P , A)
特開 2 0 1 8 - 1 4 9 6 0 6 (J P , A)
特開 2 0 1 9 - 1 0 4 0 9 1 (J P , A)
特開 2 0 1 9 - 0 1 3 9 8 4 (J P , A)

(58)調査した分野 (Int.Cl. , D B 名)
B 2 5 J 1 / 0 0 - 2 1 / 0 2
G 0 5 B 1 9 / 1 8 - 1 9 / 4 1 6
G 0 5 B 1 9 / 4 2 - 1 9 / 4 6