

【公報種別】特許法第17条の2の規定による補正の掲載

【部門区分】第6部門第3区分

【発行日】平成18年8月24日(2006.8.24)

【公開番号】特開2005-135060(P2005-135060A)

【公開日】平成17年5月26日(2005.5.26)

【年通号数】公開・登録公報2005-020

【出願番号】特願2003-368506(P2003-368506)

【国際特許分類】

**G 0 5 D 3/12 (2006.01)**

**G 0 5 B 11/32 (2006.01)**

**G 0 5 B 19/404 (2006.01)**

【F I】

G 0 5 D 3/12 3 0 5 V

G 0 5 B 11/32 F

G 0 5 B 19/404 J

【手続補正書】

【提出日】平成18年7月6日(2006.7.6)

【手続補正1】

【補正対象書類名】特許請求の範囲

【補正対象項目名】全文

【補正方法】変更

【補正の内容】

【特許請求の範囲】

【請求項1】

位置指令と位置フィードバックを入力とし、速度指令を出力する位置制御部と、速度指令と速度フィードバック値と速度フィードフォワード値を入力とし、トルク指令を出力する速度制御部と、トルク指令を入力しサーボモータを回転させる駆動部と、を有するサーボ制御装置において、

オーバーシュートを測定しながら速度フィードフォワードゲインを調整するステップと、

目標円弧半径縮小量および前記速度フィードフォワードゲインから演算で前記位置制御部の位置制御ループゲインを求めるステップと、

前記オーバーシュートが許容値になるまで前記速度フィードフォワードゲインを調整するステップと、前記位置制御部の位置制御ループゲインを求めるステップと、を繰り返すステップを備えることを特徴とするサーボ制御装置の調整方法。

【請求項2】

前記位置制御ループゲイン $K_p$ は、速度制御をP I制御とするとき、式(1)によって求めることを特徴とする請求項1記載のサーボ制御装置の調整方法。

【数1】

$$K_p = \sqrt{\frac{V^2(1-V_{ff}^2)}{2 \times \Delta R \times R}} \quad (1)$$

ただし、 $R$ ：円弧半径縮小量[mm]、 $R$ ：円弧半径[mm]、 $V$ ：送り速度[mm/s]、 $V_{ff}$ ：速度フィードフォワードゲイン、 $K_p$ ：位置制御ループゲイン[1/s]

【請求項3】

前記位置制御ループゲイン $K_p$ は、速度制御をI P制御とするとき、式(2)によって

求めることを特徴とする請求項 1 記載のサーボ制御装置の調整方法。

【数 2】

$$Kp = \frac{-b + \sqrt{b^2 - 4 \times a \times c}}{2 \times a}$$

$$a = 2 \times \Delta R \times R \quad (2)$$

$$b = 2 \times Ti \times V^2 (1 - V_{ff})$$

$$c = -V^2 (1 - V_{ff}^2)$$

ただし、 $\Delta R$  : 円弧半径縮小量 [ mm ]、 $R$  : 円弧半径 [ mm ]、 $V$  : 送り速度 [ mm / s ]、 $V_{ff}$  : 速度フィードフォワードゲイン、 $Kp$  : 位置制御ループゲイン [ 1 / s ]、 $Ti$  : 速度制御ループ積分時定数 [ sec ]

【請求項 4】

位置指令と位置フィードバックを入力とし、速度指令を出力する位置制御部と、速度指令と速度フィードバック値と速度フィードフォワード値を入力とし、トルク指令を出力する速度制御部と、

トルク指令を入力しサーボモータを回転させる駆動部と、を有するサーボ制御装置において、

目標円弧半径縮小量および速度フィードフォワードゲインから演算で前記位置制御部の位置制御ループゲインを求める位置制御ループゲイン算出部を備えることを特徴とするサーボ制御装置。

【請求項 5】

前記位置制御ループゲイン  $Kp$  は、速度制御を PI 制御とするととき、式 (3) によって求めることを特徴とする請求項 4 記載のサーボ制御装置。

【数 3】

$$Kp = \sqrt{\frac{V^2 (1 - V_{ff}^2)}{2 \times \Delta R \times R}} \quad (3)$$

ただし、 $\Delta R$  : 円弧半径縮小量 [ mm ]、 $R$  : 円弧半径 [ mm ]、 $V$  : 送り速度 [ mm / s ]、 $V_{ff}$  : 速度フィードフォワードゲイン、 $Kp$  : 位置制御ループゲイン [ 1 / s ]

【請求項 6】

前記位置制御ループゲイン  $Kp$  は、速度制御を IP 制御とするととき、式 (4) によって求めることを特徴とする請求項 4 記載のサーボ制御装置。

【数 4】

$$Kp = \frac{-b + \sqrt{b^2 - 4 \times a \times c}}{2 \times a}$$

$$a = 2 \times \Delta R \times R \quad (4)$$

$$b = 2 \times Ti \times V^2 (1 - V_{ff})$$

$$c = -V^2 (1 - V_{ff}^2)$$

ただし、 $\Delta R$  : 円弧半径縮小量 [ mm ]、 $R$  : 円弧半径 [ mm ]、 $V$  : 送り速度 [ mm / s ]、 $V_{ff}$  : 速度フィードフォワードゲイン、 $Kp$  : 位置制御ループゲイン [ 1 / s ]、 $Ti$  : 速度制御ループ積分時定数 [ sec ]

【手続補正 2】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】全文

【補正方法】変更

【補正の内容】

【発明の詳細な説明】

【発明の名称】サーボ制御装置およびその調整方法

【技術分野】

【0001】

本発明は、形状輪郭に沿って移動し、軌跡追従制御をするサーボ制御装置およびその調整方法に関する。

【背景技術】

【0002】

従来の形状輪郭に沿って移動して軌跡追従制御をする従来の制御装置では、オーバーシュート量や振動を測定して位置制御部の位置制御ゲインの調整を行い、円弧軌跡での形状誤差については、あらかじめ設定された目標円弧半径縮小量以内となるように移動速度を調整していた。例えば特開平8-137536は、速度制御がIP制御の場合に、許容半径縮小量と位置制御ゲインおよび速度制御積分時定数から式(1)を用いて移動速度を制限している。

【数1】

$$\Delta V = \sqrt{\frac{\Delta R \times 2 \times K_p^2 \times R}{1 - 2 \times K_p \times T_i}} \quad (1)$$

ただし、R：円弧半径縮小量[mm]、R：円弧半径[mm]、V：送り速度[mm/s]、Kp：位置制御ループゲイン[1/s]、Ti：速度制御ループ積分時定数[sec]

【0003】

図5は、従来の数値制御装置の構成を示すブロック図である。

図5において、31は加工プログラムを解析し、円弧補間指令か否かを判断する加工プログラム解析部、32は加工プログラム解析部により解析された円弧補間の指令半径と許容半径縮小量とサーボ制御装置の位置制御ループゲインおよび速度制御ループの積分時定数から式(1)を用いて最大移動速度を算出する最大移動速度算出部、33は加工プログラム解析部により解析された指令速度と、32で演算された最大移動速度を比較して小さい方を最終指令速度とする最終指令速度選択部、34は最終指令速度に基づいて加工プログラムの加工軌跡の補間演算を行う補間部である。

【0004】

図6は従来の方法の処理手順を示すフローチャートである。

図6において、はじめに、解析された加工プログラムが円弧補間指令か否かを加工プログラム解析部にて判断する(ステップ1)。次に、加工プログラム解析部にて円弧補間と判断された場合、式(1)に基づいて最大移動速度を算出する(ステップ2)。ここで加工プログラム解析部において円弧補間指令でないと判別された場合は、最大移動速度は算出されない。次に、加工プログラムによる指令速度と最大移動速度を比較し、小さい方を最終移動速度とする(ステップ3~5)。次に、最終移動速度に基づいて加工プログラムの補間演算を行い、各制御軸の移動指令を算出する(ステップ6)。そして、各制御軸の移動指令をサーボ制御装置に出力する(ステップ7)。

【特許文献1】特開平8-137536号公報(第4-5頁、第1図)

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

しかしながら、従来の形状輪郭に沿って移動して軌跡追従制御をする制御装置と調整方法では、円弧補間指令のみ移動速度が制限され、円弧補間でない場合は、移動速度は制限されないため、例えば微小連続直線での円弧形状指令の場合、移動速度が制限されず、指令速度のまま加工されるため形状誤差が大きくなるという問題があった。

また、式(1)には、形状誤差低減のために通常使用される速度フィードフォワードが考慮されていないため、速度フィードフォワードを使用した場合には形状誤差を低減させるサーボ調整ができないという問題もあった。

本発明は、指令プログラムや移動速度によらず、また、速度フィードフォワードを使用した場合でも、形状誤差が目標の円弧半径縮小量となるように簡単に調整することができるサーボ制御装置とその調整方法を提供することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0006】

上記問題を解決するため、本発明のサーボ制御装置の調整方法は、位置指令と位置フィードバックを入力とし、速度指令を出力する位置制御部と、速度指令と速度フィードバック値と速度フィードフォワード値を入力とし、トルク指令を出力する速度制御部と、トルク指令を入力しサーボモータを回転させる駆動部と、を有するサーボ制御装置において、オーバーシュートを測定しながら速度フィードフォワードゲインを調整するステップと、目標円弧半径縮小量および前記速度フィードフォワードゲインから演算で前記位置制御部の位置制御ループゲインを求めるステップと、前記オーバーシュートが許容値になるまで前記速度フィードフォワードゲインを調整するステップと、前記位置制御部の位置制御ループゲインを求めるステップと、を繰り返すステップを備えることを特徴とするものである。

また、本発明のサーボ制御装置は、位置指令と位置フィードバックを入力とし、速度指令を出力する位置制御部と、速度指令と速度フィードバック値と速度フィードフォワード値を入力とし、トルク指令を出力する速度制御部と、トルク指令を入力しサーボモータを回転させる駆動部と、を有するサーボ制御装置において、目標円弧半径縮小量および速度フィードフォワードゲインから演算で前記位置制御部の位置制御ループゲインを求める位置制御ループゲイン算出部を備えることを特徴とするものである。

【発明の効果】

【0007】

本発明によれば、数式に基づいて位置制御ループゲインを求めるため、形状誤差が目標円弧半径縮小量となるような軌跡追従制御のサーボ調整が、速度フィードフォワードゲインを使用してオーバーシュートの調整をするだけで簡単にを行うことができる。その上、指令プログラムや移動速度によらず、フィードフォワードを使用した場合にも、形状誤差を目標の円弧半径縮小量にする事ができるという効果がある。

【発明を実施するための最良の形態】

【0008】

以下、本発明の具体的実施例について、図に基づいて説明する。

【実施例1】

【0009】

図1は、本発明のサーボ制御装置の構成を示す制御ブロック図である。図において20は位置制御部で、位置指令と位置フィードバックを入力とし、位置指令と位置フィードバックの偏差値に位置制御ループゲイン21を乗算し、速度指令を速度制御部22へ出力する。22は速度指令を受けてトルク指令を出力する速度制御部であり、位置制御部20からの速度指令と、位置フィードバックを微分器28により微分して得られる速度フィードバック値と、位置指令を微分し速度フィードフォワードゲイン24を乗算した速度フィードフォワード値を入力とし、トルク指令を算出し駆動部23に出力する。駆動部23はトルク指令を入力しサーボモータ26を回転させる。ここまでの構成は従来技術と同様の構成である。本発明では、この制御ブロックに位置制御ループゲイン算出部25を追加した。この位置制御ループゲイン算出部25では、速度フィードフォワードゲイン24と、あらかじめ設定された目標円弧半径縮小量と、その目標値となる送り速度と円弧半径から位置制御ループゲインを求める。

【0010】

ここで、位置制御ループを計算する式について説明する。

図 2 に速度制御が P I 制御の場合の制御ブロック図、図 3 に速度制御が I P 制御の場合の制御ブロック図を示す。速度制御が図 2 に示すような P I 制御の場合、位置指令から位置応答までの伝達関数は式 ( 2 ) で示される。

【 0 0 1 1 】

【 数 2 】

$$G = \frac{Y}{X} = \frac{KvV_{ff}s^2 + KpKvs + Kv/TiV_{ff}s + KpKv/Ti}{s^3 + Kvs^2 + KpKvs + Kv/Tis + KpKv/Ti} \quad (2)$$

ただし、Kv : 速度制御ループゲイン [ 1 / s ]、Kp : 位置制御ループゲイン [ 1 / s ]、V<sub>ff</sub> : 速度フィードフォワードゲイン、Ti : 速度制御ループ積分時定数 [ sec ]、s : ラプラス演算子

【 0 0 1 2 】

円弧半径縮小量 R は、 $R = ( 1 - | G | ) R$  で求められるため、式 ( 2 ) から | G | を求め、整理すると式 ( 3 ) を得る。

【 0 0 1 3 】

【 数 3 】

$$\Delta R = \frac{V^2(1-V_{ff}^2)}{2 \times Kp^2 \times R} \quad (3)$$

ただし、V : 送り速度 [ mm / sec ]、R : 円弧半径 [ mm ]

【 0 0 1 4 】

式 ( 3 ) を Kp について解くと式 ( 4 ) を得る。

【 0 0 1 5 】

【 数 4 】

$$Kp = \sqrt{\frac{V^2(1-V_{ff}^2)}{2 \times \Delta R \times R}} \quad (4)$$

【 0 0 1 6 】

また、速度制御が図 3 に示すような I P 制御の場合、位置指令から位置応答までの伝達関数は、式 ( 5 ) で示される。

【 0 0 1 7 】

【 数 5 】

$$G = \frac{Y}{X} = \frac{KvV_{ff}s^2 + Kv/TiV_{ff}s + KpKv/Ti}{s^3 + Kvs^2 + Kv/Tis + KpKv/Ti} \quad (5)$$

【 0 0 1 8 】

P I 制御の場合と同様に、式 ( 5 ) から | G | を求め、 $R = ( 1 - | G | ) R$  に代入すると、円弧半径縮小量 R は式 ( 6 ) となる。

【 0 0 1 9 】

【 数 6 】

$$\Delta R = \frac{V^2(1-V_{ff})(1-2 \times Kp \times Ti + V_{ff})}{2 \times Kp^2 \times R} \quad (6)$$

【 0 0 2 0 】

式 ( 6 ) を Kp について解くと式 ( 7 ) を得る。

【 0 0 2 1 】

【数 7】

$$Kp = \frac{-b + \sqrt{b^2 - 4 \times a \times c}}{2 \times a}$$

$$a = 2 \times \Delta R \times R$$

(7)

$$b = 2 \times Ti \times V^2 (1 - V_{ff})$$

$$c = -V^2 (1 - V_{ff}^2)$$

【0022】

よって式(4)および式(7)を用いることによって目標円弧半径縮小量となる位置ループゲインを求めることができる。

【0023】

図4は本発明の方法の処理手順を示すフローチャートである。この図を用いて、以下に本発明の方法の詳細を説明する。

本発明では、機械のセットアップ等でサーボを調整するときに、速度フィードフォワードゲインを使用してオーバーシュートを調整すれば、位置制御ループゲインを目標半径縮小量から自動的に計算する。

【0024】

はじめに、あらかじめ設定されたパラメータにて位置制御ループゲインを自動計算によって求めるか否かを判別し(ステップ1)、自動計算しない場合はそのまま処理を抜ける。位置制御ループを自動計算する場合は、オーバーシュートを測定しながら、速度フィードフォワードゲインを調整する(ステップ2)。次に速度制御がPI制御かIP制御かを判別し(ステップ3)、速度制御がPI制御の場合は式(4)を、IP制御の場合は式(7)を使用して、あらかじめパラメータで設定された目標円弧半径縮小量と速度フィードフォワードゲインから位置制御ループゲインを計算する(ステップ4、5)。ここで目標円弧半径縮小量を決めるには、その目標値を実現するときの送り速度と円弧半径が必要であり、例えば、送り速度10000mm/minで半径50mmの円弧補間を行った場合の円弧半径縮小量というように値を設定し、位置制御ループゲインを計算する。この送り速度と円弧半径は、ある固定値でも良いがあらかじめパラメータで設定しても良い。そして、オーバーシュートが許容値以内になるまでステップ2からステップ5を繰り返す(ステップ6)。

【0025】

このように、数式に基づいて位置制御ループゲインを求めるため、形状誤差が目標円弧半径縮小量となるような軌跡追従制御のサーボ調整が、速度フィードフォワードゲインを使用してオーバーシュートの調整をするだけで簡単に行うことができる。その上、指令プログラムや移動速度によらず、フィードフォワードを使用した場合にも、形状誤差を目標の円弧半径縮小量にする事ができる。

【図面の簡単な説明】

【0026】

【図1】本発明のサーボ制御装置の構成を示す制御ブロック図

【図2】速度制御がPI制御の場合の制御ブロック図

【図3】速度制御がIP制御の場合の制御ブロック図

【図4】本発明の方法の処理手順を示すフローチャート

【図5】従来の数値制御装置の構成を示すブロック図

【図6】従来の方法の処理手順を示すフローチャート

【符号の説明】

【0027】

20 位置制御部

21、53、63 位置制御ループゲイン

22 速度制御部

- 2 3 サーボモータ駆動部
- 2 4、5 2、6 2 速度フィードフォワードゲイン
- 2 5 位置制御ループゲイン算出部
- 2 6 サーボモータ
- 2 7 位置検出器
- 2 8、5 1、6 1 微分器
- 2 9 速度フィードフォワード部
- 3 1 加工プログラム解析部
- 3 2 最大移動速度算出部
- 3 3 最終指令速度選択部
- 3 4 補間部
- 5 4、6 5 速度制御ループゲイン
- 5 5、6 4 速度ループ積分器
- 5 6、5 7、6 6、6 7 積分器

【手続補正 3】

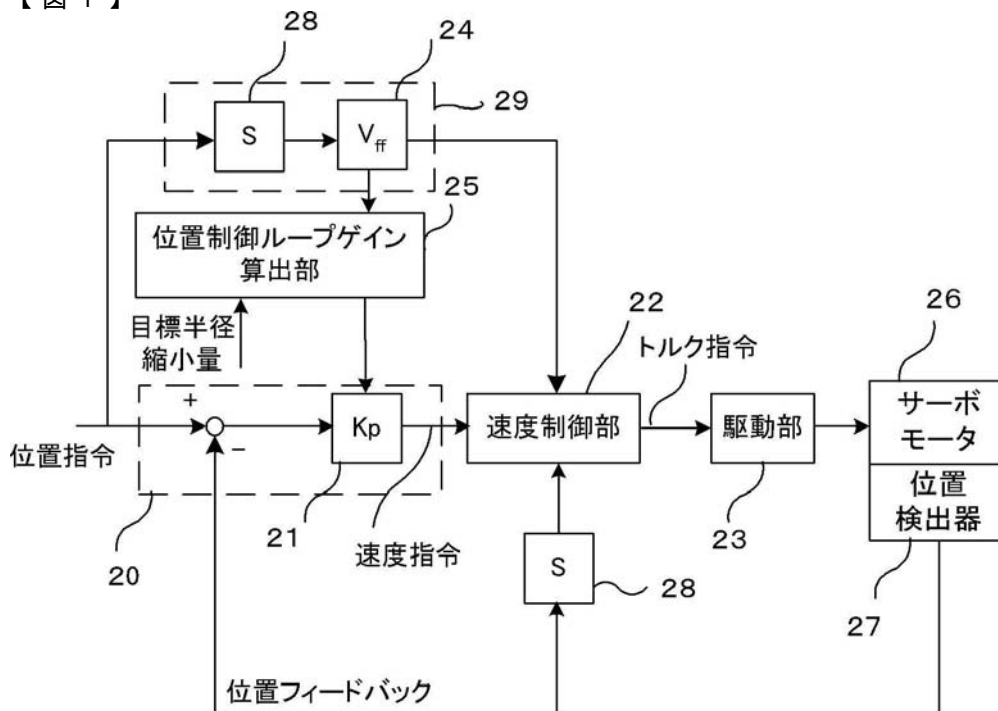
【補正対象書類名】図面

【補正対象項目名】全図

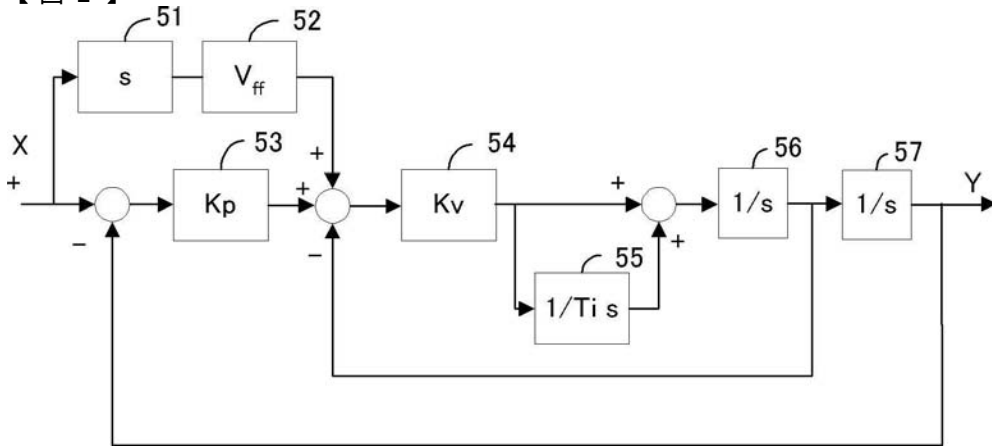
【補正方法】変更

【補正の内容】

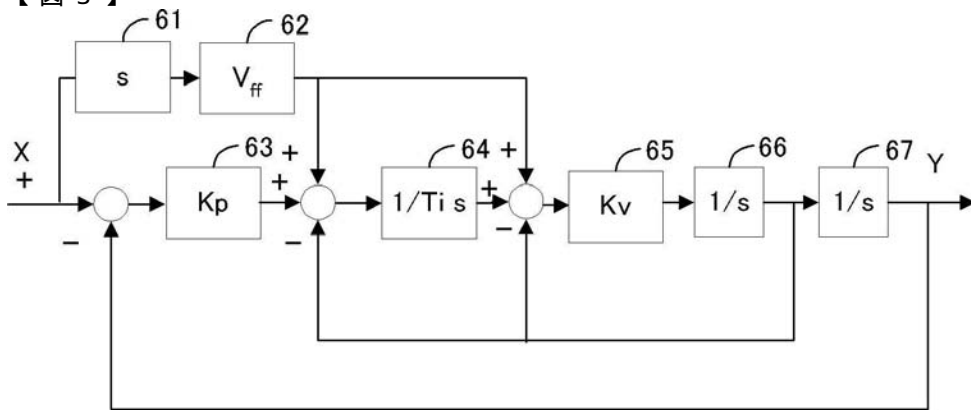
【図 1】



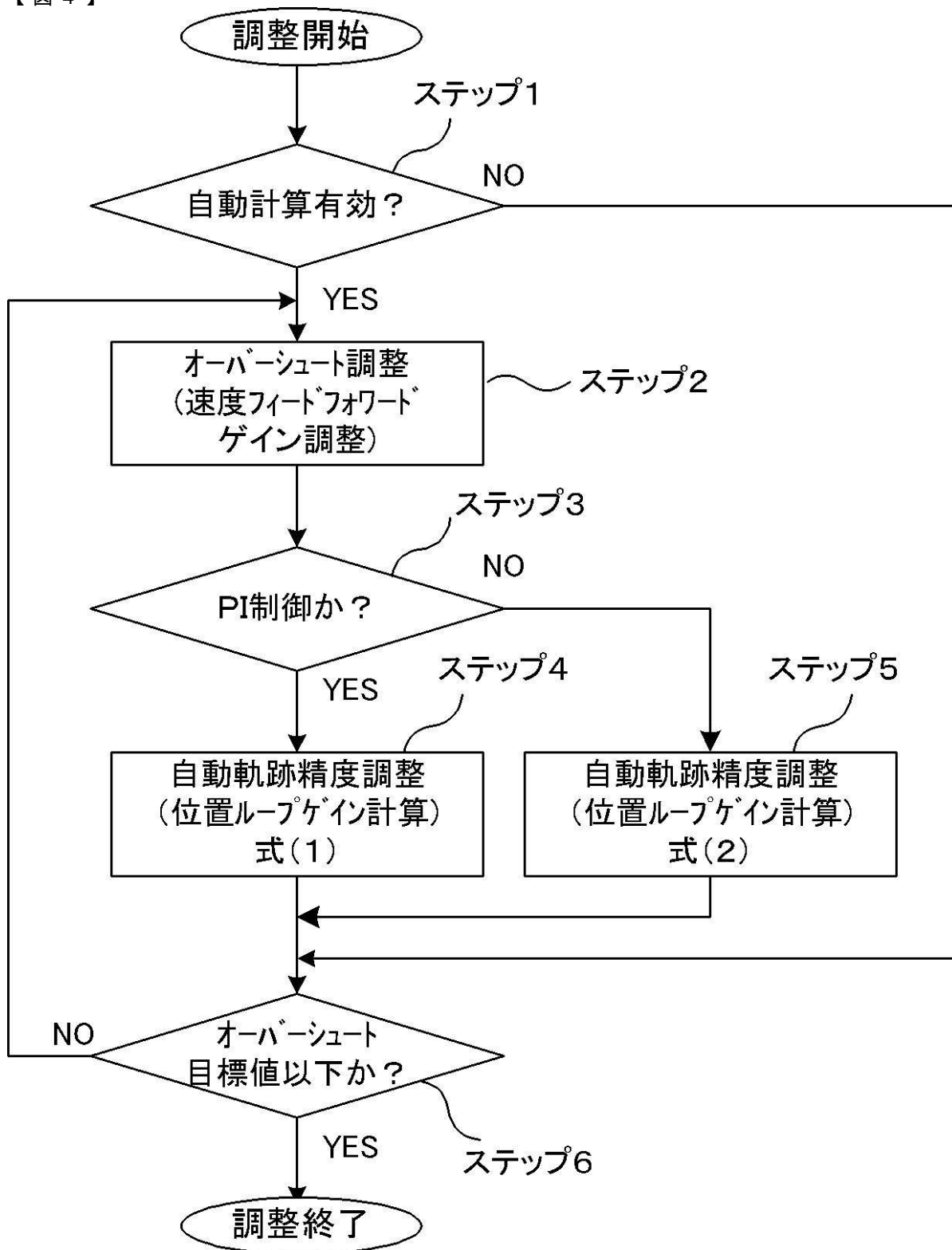
【 図 2 】



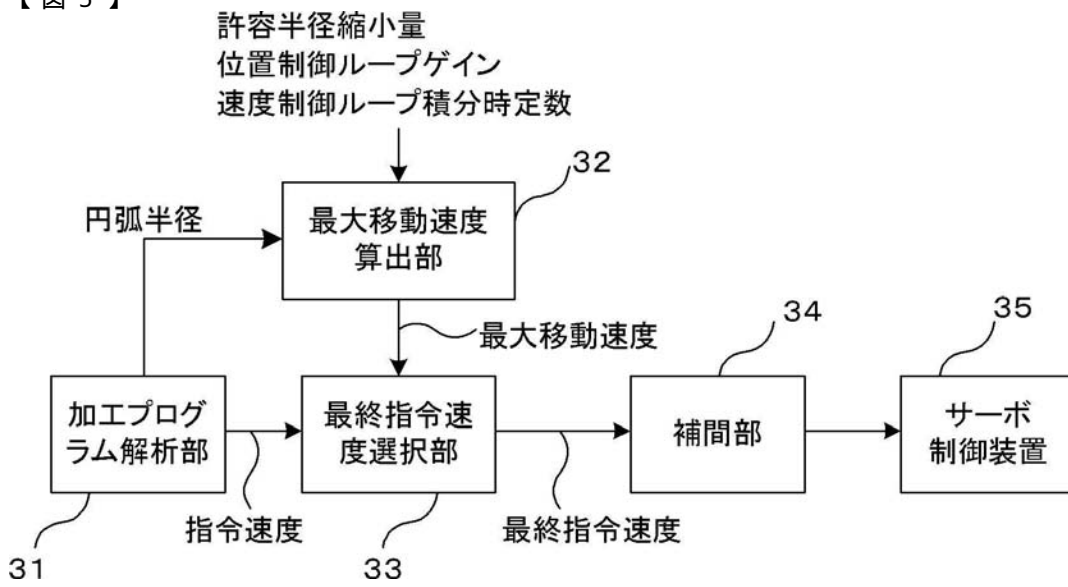
【 図 3 】



【 図 4 】



【 図 5 】



【 図 6 】

