PCT

世界知的所有権機関
国 際 事 務 局
特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(51) 国際特許分類6
G05D 3/12

A1

(11) 国際公開番号 WO97/01805

(43) 国際公開日 1997年1月16日(16.01.97)

(21) 国際出願番号 PCT/JP96/01785

(22) 国際出願日 1996年6月27日(27.06.96)

(30) 優先権データ
特願平7/182238 1995年6月27日(27.06.95) JP

(71) 出願人（米国を除くすべての指定国について）
ファナック株式会社(FANUC LTD)[JP/JP]
〒401-05 山梨県南都留郡忍野村忍草字古馬場3580番地
Yamanashi, (JP)
(72) 発明者；および
(75) 発明者／出願人（米国についてのみ）
岩下平輔(IWASHITA, Yasusuke)[JP/JP]
〒401-05 山梨県南都留郡忍野村忍草3533-2
ファナックマンションハリモミ9-307 Yamanashi, (JP)
置田 肇(OKITA, Tadashi)[JP/JP]
〒401-05 山梨県南都留郡忍野村忍草3527-1
ファナック第3ヴィラカラマツ Yamanashi, (JP)

(74) 代理人
弁理士 竹本松司, 外(TAKEMOTO, Shoji et al.)
〒105 東京都港区虎ノ門1丁目23番10号
山縣ビル2階 Tokyo, (JP)

(81) 指定国 US, 欧州特許 (AT, BE, CH, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE).

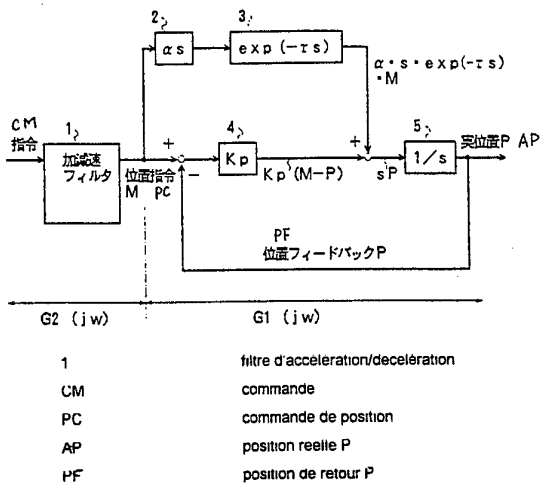
添付公開書類
国際調査報告書

(54)Title: ACCELERATION/DECELERATION CONTROL METHOD FOR SERVOMOTOR

(54)発明の名称 サーボモータの加減速制御方法

(57) Abstract

A method of acceleration/deceleration control of a servomotor, which reduces errors resulting from a command delay due to a command time constant of an acceleration/deceleration filter. A movement command subjected to interpolation is processed according to a command time constant by an acceleration/deceleration filter. The output of the acceleration/deceleration filter is differentiated, and a time delay corresponding to the command time constant of the acceleration/deceleration filter is applied to the differentiated value. The feed-forward value having the time delay is added to the output of a position loop as a feed-forward value of the position to execute feed-forward control.



（５７）要約

加減速フィルタの指令時定数により生じる指令遅れによる形状誤差を低減することができるサーボモータの加減速制御方法。補間処理された移動指令を加減速フィルタによって指令時定数で処理する。加減速フィルタの出力を微分し、微分した値に加減速フィルタの指令時定数に応じた時間遅れを与え、時間遅れさせたフィードフォワードデータを位置のフィードフォワード量として、位置ループの出力に加算するフィードフォワード制御を行なう。

情報としての用途のみ
ＰＣＴに基づいて公開される国際出願をパンフレット第一頁にＰＣＴ加盟国を同定するために使用されるコード

AL	アルバニア	DE	ドイツ	LI	リヒテンシュタイン	PL	ポーランド
AM	アルメニア	DK	デンマーク	LK	スリランカ	PT	ポルトガル
AT	オーストリア	EE	エストニア	LR	リベリア	RO	ルーマニア
AU	オーストラリア	ES	スペイン	LS	レソト	RU	ロシア連邦
AZ	アゼルバイジャン	FI	フィンランド	LT	リトアニア	SD	スーダン
BA	ボスニア・ヘルツェゴビナ	FR	フランス	LU	ルクセンブルグ	SE	スウェーデン
BB	バルバドス	GA	ガボン	LV	ラトヴィア	SG	シンガポール
BE	ベルギー	GB	イギリス	MC	モナコ	SI	スロヴェニア
BF	ブルギナ・ファソ	GE	グルジア	MD	モルドヴァ共和国	SK	スロヴァキア
BG	ブルガリア	GN	ギニア	MG	マダガスカル	SN	セネガル
BJ	ベナン	GR	ギリシャ	MK	マケドニア旧ユーゴスラヴィア共和国	SZ	スワジランド
BR	ブラジル	HU	ハンガリー	ML	マリ	TD	チャド
BY	ベラルーシ	IE	アイルランド	MN	モンゴル	TG	トーゴ
CA	カナダ	IL	イスラエル	MR	モーリタニア	TJ	タジキスタン
CF	中央アフリカ共和国	IS	アイスランド	MW	マラウイ	TM	トルクメニスタン
CG	コンゴ	IT	イタリア	MX	メキシコ	TR	トルコ
CH	スイス	JP	日本	NE	ニジェール	TT	トリニダード・トバゴ
CI	コート・ジボアール	KE	ケニア	NL	オランダ	UA	ウクライナ
CM	カメルーン	KG	キルギスタン	NO	ノールウェー	UG	ウガンダ
CN	中国	KP	朝鮮民主主義人民共和国	NZ	ニュー・ジーランド	US	アメリカ合衆国
CU	キューバ	KR	大韓民国			UZ	ウズベキスタン
CZ	チェッコ共和国	KZ	カザフスタン			VN	ヴィェトナム

明　細　書

サーボモータの加減速制御方法

技　術　分　野

本発明は、工作機械の送り軸やロボットのアーム等の制御に使用されるサーボモータの加減速制御方法に関する。

背　景　技　術

サーボモータの加減速を制御する方法として、例えば指数関数形加減速制御方法や直線形加減速制御方法が知られている。指数関数形加減速制御方法は、ステップ入力に対して指数関数的応答が得られる加減速制御であり、高周波成分の影響で立ち上がり時の加速度が大きいことから、サーボ制御やその負荷系にショックを与え、振動を起こしやすいという問題点や、減速停止までに時間を要する等の問題点がある。これは、Ｘ軸及びＹ軸のサーボモータを使用して円弧状に工作機械のテーブル等を移動させる場合には、指令値よりも内側の軌跡をたどる原因となる。

また、直線形加減速制御方法では、加速度が急速に変化するために、サーボ制御系やその負荷系にショックを与え、振動を起こしやすいという問題点がある。さらに、サーボ制御系や負荷系が持つ固有振動数に近い周波数成分を持つ指令で振動すると、サーボ制御系や負荷系自体の振動が発生するという問題点がある。そこで、ＮＣ工作機械やロボット等において、なめらかな起動及び停止

を行なわせ、かつ機械に振動が生じないようにするため、補間処理後の各軸のサーボモータへの移動指令を加減速フィルタに通し、加減速フィルタの出力をサーボ制御部に入力して加減速制御を行なう制御方法や、補間処理前の指令速度を加減速フィルタに通し、加減速フィルタの出力に対して補間処理を行なってサーボ制御部に入力する加減速制御方法等も知られている。

なお、このような加減速制御方法では、例えば、ベル型の加減速制御として知られるような加減速フィルタを2段とする方法によって、加速度に生じる不連続性を減少させることが行なわれている。

また、工作機械で高速切削を行なう場合、サーボ系の通常遅れによる形状誤差を減少させるために、位置ループにフィードフォワードをかける場合がある。この位置ループにおけるフィードフォワードは、位置ループのゲインを増大させて、サーボ遅れを補償して、形状誤差を減少させる。

しかしながら、従来のサーボモータの加減速制御方法では、フィルタに含まれる指令時定数により生じる指令遅れによって、形状誤差が発生するという問題点がある。

直線形加減速制御方法で用いられるフィルタのリニアな時定数をTcとし、このフィルタへの入力をA sinω tとすると、出力Yは以下の式によって表わされる。

$$Y = (1/Tc)\cdot\int_{t-Tc}^{t}(A\cdot\sin\omega t)dt$$

$$= (1/Tc)\cdot[(-A/\omega)\cdot\cos\omega t]_{t-Tc}^{t}$$

$$= (A/\omega Tc)\cdot\{\cos\omega(t-Tc)-\cos\omega t\}$$

$$= (A/\omega Tc)\cdot 2\cdot\sin(\omega Tc/2)\cdot\sin(\omega t-\omega Tc/2)$$

$$\fallingdotseq (A/\omega Tc)\cdot 2\cdot\{\omega Tc/2-(1/3!)\cdot(\omega Tc/2)^3\}\cdot \sin(\omega t-\omega Tc/2)$$

$$= A\cdot\{1-(\omega Tc)^2/24\}\cdot\sin(\omega t-\omega Tc/2) \quad \cdots (1)$$

したがって、リニアの時定数を１回いれる場合には、その振幅は$\{1-(\omega\cdot Tc)^2/24\}$倍となり、Ｘ及びＹ軸のサーボモータを使用して円弧状に工作機械のテーブル等を移動させる場合には、指令値よりも内側の軌跡をたどり、形状誤差が発生することになる。

また、前記リニアの時定数を２回入れるベル型のフィルタを用いる場合には、その振幅は$\{1-(\omega\cdot Tc)^2/12\}$倍となり、ベル型時定数Ｔ(＝2Ｔc)に対して、$\{1-(\omega\cdot T)^2/48\}$倍の振幅となり、同様に、円弧状の加工を行なう場合には、指令値よりも内側の軌跡をたどって形状誤差が発生することになる。

通常、指令時定数による指令自体の誤差による形状誤差は、サーボ系（一次遅れ系）が発生する遅れによる形状誤差と比較して数分の一のオーダーである。しかしながら、高速高精度加工を実現するため、サーボループにフィードフォワードを１００％近くかけることによって、サーボ系の遅れによる形状誤差を低減させると、この指令時定数による指令自体の誤差による形状誤差分が相対的に増大し、高速加工時における指令時定数による形状誤差が問題となる。

発　明　の　開　示

本発明は、加減速フィルタの指令時定数により生じる指令遅れによる形状誤差を低減することができるサーボモータの加減速制御方法を提供することを目的とする。

本発明のサーボモータの加減速制御方法は、補間処理された移動指令を加減速フィルタによって指令時定数で処理するステップと、加減速フィルタの出力を微分するステップと、微分して得られた値に加減速フィルタの指令時定数に応じた時間遅れを与えるステップと、時間遅れが与えられた値をフィードフォワード量として、位置ループの出力に加算して速度指令を得るフィードフォワード制御を行なうステップと、得られた速度指令に基づいてサーボモータを制御するステップとを備える。

加減速フィルタには、各軸毎に分配される補間処理された移動指令が入力され、加減速に伴うショックを減少させるため、この移動指令は指令時定数で処理されて出力される。

本発明によれば、サーボ系の遅れによる形状誤差と、加減速フィルタの指令時定数による指令自体の誤差による形状誤差とを減少させることができ、サーボ系の遅れによる形状誤差はフィードフォワード制御のフィードフォワード項によって補償し、加減速フィルタの指令時定数による形状誤差はフィードフォワード制御の時間遅れの項によって補償される。

フィードフォワードにおける時間遅れの量は、加減速

フィルタの指令時定数による形状誤差分を補償するように、加減速フィルタの指令時定数に応じて定められるものであり、加減速フィルタのゲインとフィードフォワードのループのゲインの積が定数となるよう定めることができる。

また、位置ループゲインをＫｐ、補間後の加減速フィルタの指令時定数をＴｓとすると、フィードフォワードにおける時間遅れτは、ｋを定数としてτ＝ｋ・Ｋｐ・Ｔｓ・Ｔｓにより定めることができる。

また、加減速フィルタを１段のリニアフィルタ適用する場合には、フィードフォワードデータの時間遅れτを定める定数ｋは１／24とすることができ、また、加減速フィルタを２段のリニアフィルタ適用する場合には、定数ｋは１／48とすることができる。

図面の簡単な説明

図１は、本発明のサーボモータの加減速制御方法を実施するためのサーボ系のブロック図、

図２は、本発明の方法による形状誤差の補償を示す図、

図３は、ベル型フィルタの場合において、フィルタの時定数が24msec、フィードフォワードデータの遅れτが0.48msecの場合の形状誤差を示す図、

図４は、ベル型フィルタの場合において、フィルタの時定数が34msec、フィードフォワードデータの遅れτが0.48msecの場合の形状誤差を示す図、

図５は、ベル型フィルタの場合において、フィルタの

時定数が34msec、フィードフォワードデータの遅れτが0.48msec＋0.5msecの場合の形状誤差を示す図である。

発明を実施するための最良の形態

図１は、本発明のサーボモータの加減速制御方法を説明するブロック図である。図１において、加減速フィルタ１は、図示しない数値制御装置から各軸毎に分配される補間後の指令を指令時定数で処理して位置指令Ｍを形成する。伝達関数２は位置指令Ｍを微分する位置のフィードフォワード項であり、αは位置のフィードフォワード係数である。伝達関数３は時間遅れの項であり、τは時定数である。伝達関数４のＫpは位置ループにおけるポジションゲインであり、伝達関数５は位置指令から実位置Ｐを求める積分項である。

時間遅れの項３によって時間遅れさせたフィードフォワードデータを位置のフィードフォワード量として、位置偏差にポジションゲインＫpを乗じて得られる位置ループの出力に加算して速度指令が求められる。この速度指令に基づいてサーボモータが制御され、その実位置Ｐは位置フィードバックとして位置指令に帰還される。

加減速フィルタの指令時定数による形状誤差分の補償は、加減速フィルタ１のゲインＧ2とフィードフォワードのループのゲインＧ1の積が定数となるように調整して、加減速フィルタの指令時定数に応じて定めることによって行なうことができる。

図１において、加減速フィルタ１は補間後の指令を指

定時定数で処理する項であり、前述の如く、加減速フィルタ1による位置指令のゲイン特性G2(jω)の絶対値は1以下となる。

図1に示したフィードフォワード項を含むサーボ系に於いて位置指令Mから実位置Pまでのゲイン特性G1を考えると、入出力の関係から次式がなりたつ。

$$Kp\cdot(M-P)+\alpha s\cdot exp(-\tau s)\cdot M=sP$$

ゲイン特性G1はPとMの比をとることによって、下記の式の如く得られる。

$$G1=P/M=\{\alpha s\cdot exp(-\tau s)+Kp\}/(s+Kp)$$

G1においてs=jωとすると、次式(2)が得られる。

$$G1(j\omega)=\{Kp+\alpha\cdot\omega\cdot\sin(\omega\tau)+j\alpha\cdot\omega\cdot\cos(\omega\tau)\}/(Kp+j\omega) \quad \cdots (2)$$

このG1(jω)の絶対値は、次式(3)で表わされる。

$$|G1(j\omega)|^2=\{Kp^2+2\cdot Kp\cdot\alpha\cdot\omega\cdot\sin(\omega\tau)+\alpha^2\cdot\omega^2\}/(Kp^2+\omega^2) \quad \cdots (3)$$

ここで、α=1の場合には、

$$|G1(j\omega)|^2=1+\{2\cdot Kp\cdot\omega\cdot\sin(\omega\tau)\}/(Kp^2+\omega^2) \quad \cdots (4)$$

となり、

$$|G1(j\omega)|\fallingdotseq 1+\{Kp\cdot\omega\cdot\sin(\omega\tau)\}/(Kp^2+\omega^2) \quad \cdots (5)$$

$$\fallingdotseq 1+(\omega\cdot\omega/Kp)\cdot\tau \quad \cdots (6)$$

と近似することができる。

ここで、ωは指令角周波数[1／sec]、Ｋｐはポジションゲイン[1／sec]、τはフィードフォワードデータの遅れ[sec]であり、ωはＫｐより充分小さいものする。

式（６）において、フィードフォワードデータの遅れτが０である場合には、理論上の位置ループのゲイン特性Ｇ1(ｊω)の絶対値は１となるが、フィードフォワードデータの遅れτの項を加えることによって、位置ループのゲイン特性Ｇ1(ｊω)の絶対値を１以上とすることができる。

そこで、本発明の方法では、加減速フィルタ１による指令時定数をかける前の指令Ｍから実位置Ｐまでのゲインをできるだけ１に近づけるために、ゲイン特性Ｇ1(ｊω)とゲイン特性Ｇ2(ｊω)とを用いて、以下の式（７）の関係が得られるように、フィードフォワードデータの遅れτを調節する。

$$|G1(j\omega)| \cdot |G2(j\omega)| = 1 \qquad \cdots (7)$$

式（７）を満足するようなフィードフォワードデータの遅れτを用いることによって、加減速フィルタ１の指令時定数による形状誤差を減少することができる。

図１において、加減速フィルタ１をリニアの時定数Ｔｃを持つ１段のリニアフィルタを用いる場合には、この加減速フィルタによる指令時定数を掛けた後の指令のゲインＧ2は、式（１）によって求めることができる。

したがって、１段のリニアフィルタのゲインＧ2によ

る振幅は{1－(ω・Tc)²／24}となる。

一方、図1中のフィードフォワードによるゲインG1は、式（5）で示されるように、|G1(jω)|＝1＋{Kp・ω・sin(ω・τ)}／(Kp²＋ω²)である。

そこで、加減速フィルタ1による処理前の指令から実位置までのゲインをできるだけ1に近づけるために、ゲイン特性G1(jω)とゲイン特性G2(jω)とを用いて、式（7）に示される関係が得られるように、フィードフォワードデータの遅れτを調節する。

ここで、加減速フィルタ1による処理前の指令から実位置までのゲインGは、

$$G = |G1(j\omega)| \cdot |G2(j\omega)|$$
$$= [\{1-(\omega \cdot Tc)^2\}/24] \cdot [1 + \{Kp \cdot \omega \cdot \sin(\omega \cdot \tau)\} / (Kp^2 \cdot \omega^2)] \quad \cdots (8)$$

により表すことができる。上記式（8）において、ゲインGが略1となるためには、下記の式が成り立てばよい。

$$(\omega \cdot Tc)^2/24 = \{Kp \cdot \omega \cdot \sin(\omega \cdot \tau)\}/(Kp^2 \cdot \omega^2)$$

ここで、ωがKpより充分小さく、Kp≧ωが成り立つとすると、次式（9）が成立つ。

$$\{Kp \cdot \omega \cdot \sin(\omega \cdot \tau)\}/(Kp^2 \cdot \omega^2) \fallingdotseq \omega \cdot \sin(\omega \cdot \tau)/Kp \fallingdotseq \omega^2 \cdot \tau / Kp \quad \cdots (9)$$

したがって、フィードフォワードデータの遅れτは、次式（10）となる。

$$\tau = (1/24) \cdot Kp \cdot Tc^2 \quad \cdots (10)$$

このフィードフォワードデータの遅れτを用いることによって、加減速フィルタ1による指令時定数をかける前の指令から実位置までのゲインGを1とし、加減速フィルタ1の指令時定数による形状誤差を減少させる。

図1において、加減速フィルタ1に、リニアの時定数Tcを持つリニアフィルタを2つ備えたベル型フィルタを用いる場合には、その振幅は$\{1-(\omega \cdot Tc)^2/12\}$倍となり、ベル型時定数T（＝2Tc）に対して、$\{1-(\omega \cdot T)^2/48\}$倍の振幅となる。

前記と同様にして、加減速フィルタ1による処理前の指令から実位置Pまでのゲインをできるだけ1に近づけるため、$|G1(j\omega)| \cdot |G2(j\omega)| = 1$の関係が得られるように、フィードフォワードデータの遅れτを調節する。

加減速フィルタ1による処理前の指令から実位置PまでのゲインGは、次式（11）により表わされる。

$$G = |G1(j\omega)| \cdot |G2(j\omega)|$$
$$= [\{1-(\omega \cdot T)^2\}/48] \cdot [1 + \{Kp \cdot \omega \cdot \sin(\omega \cdot \tau)\} / (Kp^2 \cdot \omega^2)]$$
$$\cdots (11)$$

式（11）において、ゲインGが略1となるためには、$(\omega \cdot T)^2/48 = \{Kp \cdot \omega \cdot \sin(\omega \cdot \tau)\}/(Kp^2 \cdot \omega^2)$が成り立てばよく、また、式（9）の条件から、フィードフォワードデータの遅れτは、次式（12）で表わされる。

$\tau = (1/48) \cdot Kp \cdot T^2$ … (12)

このベル型フィルタの場合において、例えば、ポジションゲインKpを30[1／sec]とすると、時定数Tが48msecの場合のフィードフォワードデータの遅れτ_{48}は、1.44msecとなり、時定数Tが24msecの場合のフィードフォワードデータの遅れτ_{24}は、0.36msecとなる。

したがって、時定数Tが48msecの場合にフィードフォワードデータの遅れτを1.44msecに設定し、時定数Tが24msecの場合にフィードフォワードの遅れτを0.36msecに設定することによって、形状誤差を減少させることができる。

図2は、本発明のサーボモータの加減速制御方法による形状誤差の補償を説明する図である。図2において、実線10は指令Mによる加工形状を示している。この加工形状に対して、矢印Aで示す加減速フィルタ1の指令時定数による形状誤差分によって、破線11で示した指令時定数をかけた後の位置指令による加工形状となる。さらに、矢印Bで示すサーボ系の遅れによる形状誤差分によって、一点鎖線12で示した加工形状となる。

この形状誤差に対して、矢印bで示すようにフィードフォワード系によって形状誤差分Bが補償され、矢印aで示すようにフィードフォワード中のフィードフォワードデータの遅れτによって形状誤差分Aが補償される。

図3から図5は、ベル型フィルタの場合において、ポジションゲインKpを40[1／sec]とした場合の比較例を

示している。図３は、加減速フィルタの時定数Ｔに対応したフィードフォワードデータの遅れτを設定した場合の形状誤差を示し、図４は、図３のフィードフォワードの遅れτのままで加減速フィルタの時定数を変化させた場合の形状誤差を示し、図５は、変化した加減速フィルタの時定数に対応したフィルタデータの遅れτを設定した場合の形状誤差を示す。

図３において、ポジションゲインK.pが40[1／sec]で、加減速フィルタの時定数Ｔが24msecの場合に対応するフィードフォワードデータの遅れτは0.48msecである。このτを設定したフィードフォワードによってサーボモータを加減速制御し、半径Ｒが10cmの円弧を加工した場合には、半径の減少を減少させることができる。

また、加減速フィルタの時定数Ｔを34msecとした場合に、適応するフィードフォワードデータの遅れτは0.963msecである。図４は、この遅れτの代わりに、図３における遅れτ（＝0.48msec）に設定したフィードフォワードによってサーボモータを加減速制御し、半径Ｒが10cmの円弧を加工した場合の形状を示している。この場合には、約７μmの半径減少が生じる。

これに対して、図５は、加減速フィルタの時定数Ｔを34msecとし、フィードフォワードデータの遅れτを0.48＋0.5[msec]として、適応する値0.963[msec]にほぼ近い値に設定したフィードフォワードによってサーボモータを加減速制御し、半径Ｒが10cmの円弧を加工した場合の

形状を示している。この場合には、半径の減少を減少させることができる。

以上説明したように、本発明によれば、指令時定数により生じる指令遅れによる形状誤差を低減することができるサーボモータの加減速制御方法を提供することができる。

請　求　の　範　囲

1．補間処理された移動指令を用いてサーボモータを加減速制御する方法であって、

（ａ）前記移動指令を加減速フィルタによって指令時定数で処理するステップと、

（ｂ）前記加減速フィルタの出力を微分するステップと、

（ｃ）前記ステップ（ｂ）で微分して得られた値に前記加減速フィルタの指令時定数に応じた時間遅れを与えるステップと、

（ｄ）前記ステップ（ｃ）で時間遅れが与えられた値をフィードフォワード量として、位置ループの出力に加算して速度指令を得るフィードフォワード制御を行なうステップと、

（ｅ）前記ステップ（ｄ）で得られた速度指令に基づいてサーボモータを制御するステップとを備える、サーボモータの加減速制御方法。

2．前記フィードフォワード制御における時間遅れを、加減速フィルタのゲインとフィードフォワードのループのゲインの積が定数となるように定めるステップを含む、請求の範囲第１項に記載のサーボモータの加減速制御方法。

3．前記定数は１である、請求の範囲第２項に記載のサーボモータの加減速制御方法。

4．前記フィードフォワード制御における時間遅れをτ、

位置ループゲインをＫｐ、加減速フィルタの指令時定数をＴｓとすると、τ＝ｋ・Ｋｐ・Ｔｓ・Ｔｓ（ｋは定数）である、請求の範囲第１項に記載のサーボモータの加減速制御方法。

５．前記加減速フィルタの指令時定数は１段のリニアの指令時定数であり、前記定数ｋは（１／２４）である、請求の範囲第４項に記載のサーボモータの加減速制御方法。

６．前記加減速フィルタの指令時定数は２段のリニアの時定数であり、前記定数ｋは（１／４８）である、請求の範囲第４項に記載のサーボモータの加減速制御方法。

FIG. 1

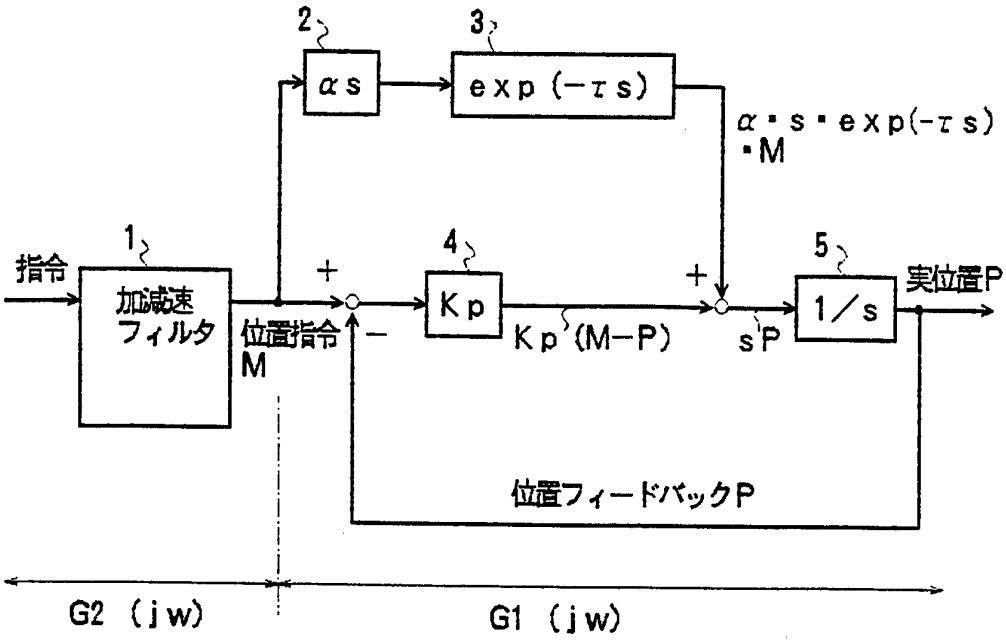

2
3
αs
exp (−τs)
α・s・exp(−τs)
・M
1
指令
加減速
フィルタ
位置指令
M
+
−
4
Kp
Kp (M−P)
+
5
1/s
実位置P
sP
位置フィードバックP
G2 (jw)
G1 (jw)

FIG. 2

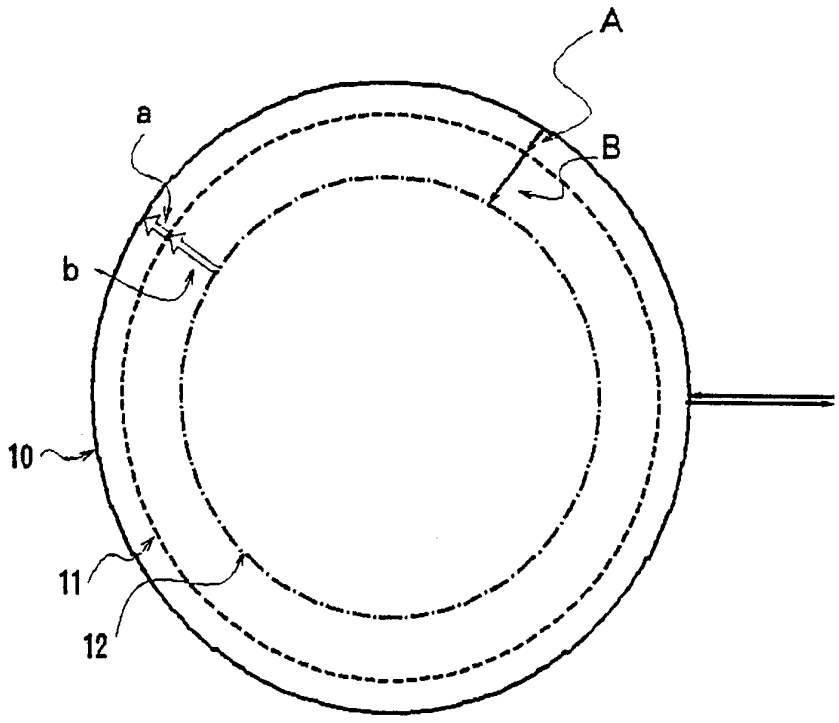
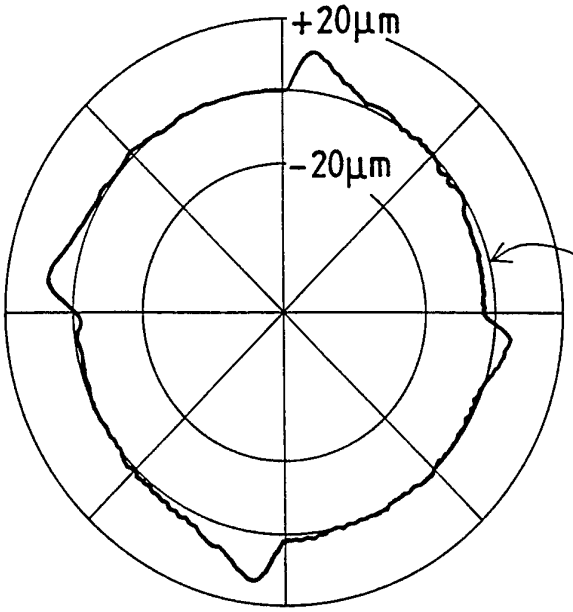
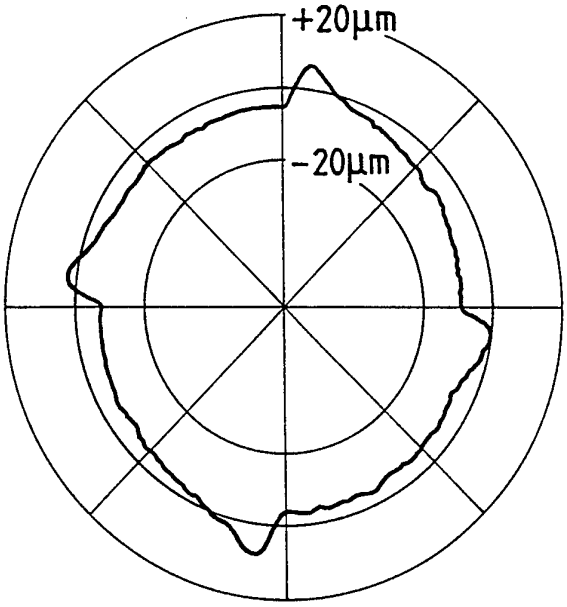

A
a
B
b
10
11
12

FIG. 3



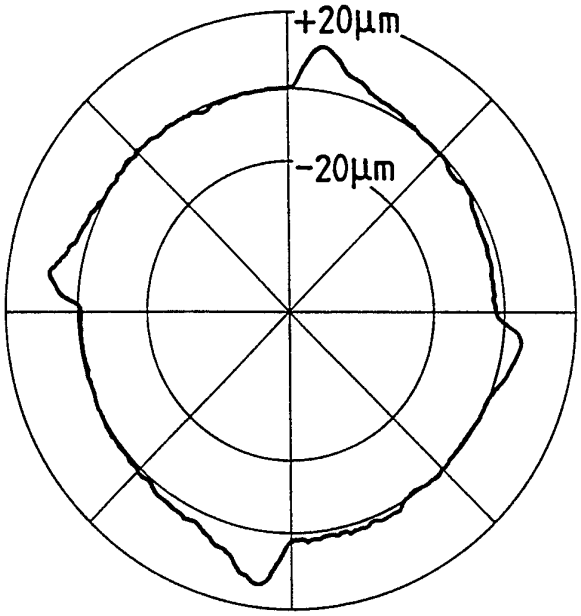
R = 10 cm
F = 4000 mm/min.
T = 24 msec.
τ = 0.48 msec.
Kp = 40 (1/sec.)

FIG. 4



R = 10 cm
F = 4000 mm/min.
T = 34 msec.
τ = 0.48 msec.
Kp = 40 (1/sec.)

FIG. 5



R = 10 cm

F = 4000mm/min.

T = 34 msec.

τ = 0.98 msec.

Kp = 40 (1/sec.)

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP96/01785

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

Int. Cl^6 G05D3/12

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)

Int. Cl^6 G05D3/00

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho 1926 - 1996
Kokai Jitsuyo Shinan Koho 1971 - 1996

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.
Y	JP, 4-289904, A (NEC Corp.), October 14, 1992 (14. 10. 92)(Family: none)	1 - 6
A	JP, 4-271412, A (Toyoda Machine Works, Ltd.), September 28, 1992 (28. 09. 92)(Family: none)	1 - 6
A	JP, 4-109305, A (Fanuc Ltd.), April 10, 1992 (10. 04. 92)(Family: none)	1 - 6
A	JP, 3-15911, A (Fanuc Ltd.), January 24, 1991 (24. 01. 91) & EP, 417312, A1 & US, 5107193, A	1 - 6
A	JP, 7-123762, A (Matsushita Electric Industrial Co., Ltd.), May 12, 1995 (12. 05. 95)(Family: none)	1 - 6
A	JP, 64-108607, A (Kobe Steel, Ltd.), April 25, 1989 (25. 04. 89)(Family: none)	1 - 6

☐ 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 document 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	Date of mailing of the international search report
July 26, 1996 (26. 07. 96)	August 6, 1996 (06. 08. 96)
Name and mailing address of the ISA/ Japanese Patent Office	Authorized officer
Facsimile No.	Telephone No.

Form PCT/ISA/210 (second sheet) (July 1992)

国際調査報告

国際出願番号　ＰＣＴ／ＪＰ９６／０１７８５

A.　発明の属する分野の分類（国際特許分類（ＩＰＣ））
Ｉｎｔ．Ｃｌ⁶　Ｇ０５Ｄ　３／１２

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））
Ｉｎｔ．Ｃｌ⁶　Ｇ０５Ｄ　３／００

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　　１９２６－１９９６年
日本国公開実用新案公報　１９７１－１９９６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	関連する請求の範囲の番号
Ｙ	ＪＰ，４－２８９９０４，Ａ（日本電気株式会社），１４．１０月．１９９２（１４．１０．９２），（ファミリーなし）	１－６
Ａ	ＪＰ，４－２７１４１２，Ａ（豊田工機株式会社），２８．９月．１９９２（２８．０９．９２），（ファミリーなし）	１－６
Ａ	ＪＰ，４－１０９３０５，Ａ（ファナック株式会社），１０．４月．１９９２（１０．０４．９２），（ファミリーなし）	１－６
Ａ	ＪＰ，３－１５９１１，Ａ（ファナック株式会社），２４．１月．１９９１（２４．０１．９１）＆ＥＰ，４１７３１２，Ａ１＆ＵＳ，５１０７１９３，Ａ	１－６

☒ 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。

＊　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」先行文献ではあるが、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矛盾するものではなく、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
２６．０７．９６

国際調査報告の発送日　06.08.96

国際調査機関の名称及びあて先
日本国特許庁（ＩＳＡ／ＪＰ）
郵便番号１００
東京都千代田区霞が関三丁目４番３号

特許庁審査官（権限のある職員）
下　原　浩　嗣　　３Ｈ　９１７９

電話番号　０３－３５８１－１１０１　内線　３３１６

様式ＰＣＴ／ＩＳＡ／２１０（第２ページ）（１９９２年７月）

Ｃ（続き）．　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	関連する請求の範囲の番号
Ａ	ＪＰ，７－１２３７６２，Ａ（松下電器産業株式会社），１２．５月．１９９５（１２．０５．９５），（ファミリーなし）	１－６
Ａ	ＪＰ，６４－１０８６０７，Ａ（株式会社　神戸製鋼所），２５．４月．１９８９（２５．０４．８９），（ファミリーなし）	１－６