

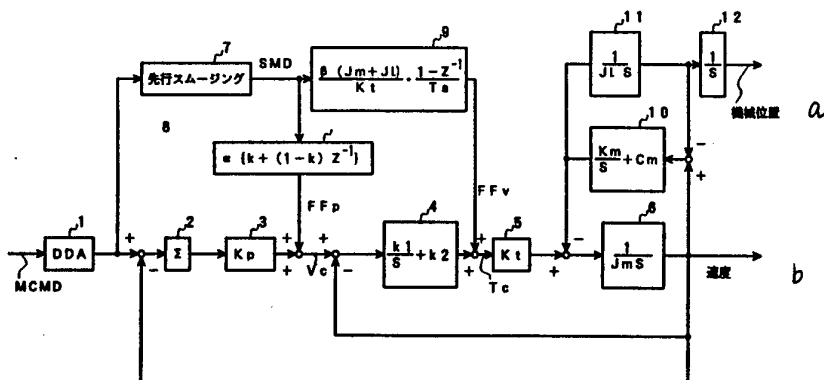


特許協力条約に基づいて公開された国際出願

<p>(51) 国際特許分類 5 G05D 3/12</p>	<p>A1</p>	<p>(11) 国際公開番号 WO 93/24875 (43) 国際公開日 1993年12月9日 (09.12.1993)</p>
<p>(21) 国際出願番号 PCT/JP93/00618 (22) 国際出願日 1993年5月11日(11. 05. 93) (30) 優先権データ 特願平4/154085 1992年5月22日(22. 05. 92) 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3527-1 ファナック第3ヴィラカラムツ 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 AT (欧州特許), BE (欧州特許), CH (欧州特許), DE (欧州特許), DK (欧州特許), ES (欧州特許), FR (欧州特許), GB (欧州特許), GR (欧州特許), IE (欧州特許), IT (欧州特許), KR, LU (欧州特許), MC (欧州特許), NL (欧州特許), PT (欧州特許), SE (欧州特許), US.</p>		<p>添付公開書類 国際調査報告書</p>

(54) Title : CONTROL METHOD FOR SERVOMOTOR

(54) 発明の名称 サーボモータの制御方法



a ... machine position
b ... speed
7 ... pre-smoothing

(57) Abstract

This method is to reduce the positional errors by compensating for the delay in the rising torque of servo systems when the change in acceleration by an instruction is great. This control method comprises the steps of pre-smoothing (7) for each loop processing cycle of the position and speed; calculating the feed forward amount FFp on the basis of the pre-smoothed data SMD; and controlling the feed forward by adding the feed forward amount FFp to the speed instruction obtained by the positional loop. In the process of obtaining the feed forward amount FFp, the feed forward amount is calculated by advancing it temporally if the change in acceleration by the instruction is great, hence compensating for the delay in the rising torque.

(57) 要約

指令の加速度変化が大きいときに、サーボ系のトルクの立ち上がりの遅れを補償し位置誤差を小さくするサーボモータの制御方法。この制御方法は、位置及び速度ループ処理周期毎に先行スムージング処理(7)を行なって先行スムージングデータSMDを求めるステップと、先行スムージングデータSMDに基づいてフィードワード量FFpを算出するステップと、位置ループで求められた速度指令にフィードワード量FFpを加算しフィードフォワード制御を行なうステップとを備える。フィードフォワード量FFpを求めるステップに於いて、指令の加速度変化が大きいときには、フィードフォワード量を時間的に進めて算出して、トルクの立ち上がりの遅れを補正する。

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のパンフレット第1頁にPCT加盟国を同定するために使用されるコード

AT	オーストリア	FR	フランス	MW	マラウイ
AU	オーストラリア	GA	ガボン	NL	オランダ
BB	バルバドス	GB	イギリス	NO	ノルウェー
BE	ベルギー	GN	ギニア	NZ	ニュージーランド
BF	ブルキナファソ	GR	ギリシャ	PL	ポーランド
BG	ブルガリア	HU	ハンガリー	PT	ポルトガル
BJ	ベナン	IE	アイルランド	RO	ルーマニア
BR	ブラジル	IT	イタリア	RU	ロシア連邦
CA	カナダ	JP	日本	SD	スーダン
CF	中央アフリカ共和国	KP	朝鮮民主主義人民共和国	SE	スウェーデン
CG	コンゴ	KR	大韓民国	SK	スロヴァキア共和国
CH	スイス	KZ	カザフスタン	SN	セネガル
CI	コートジボワール	LI	リヒテンシュタイン	SU	ソヴィエト連邦
CM	カメルーン	LK	スリランカ	TD	チャード
CS	チェコスロヴァキア	LU	ルクセンブルグ	TG	トーゴ
CZ	チェッコ共和国	MC	モナコ	UA	ウクライナ
DE	ドイツ	MG	マダガスカル	US	米国
DK	デンマーク	ML	マリ	VN	ヴェトナム
FI	フィンランド	MN	モンゴル		
ES	スペイン	MR	モーリタニア		

- 1 -

明 細 書

サーボモータの制御方法

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を駆
5 動するサーボモータの制御方法、特に、サーボモータの
フィードフォワード制御方法に関する。

背 景 技 術

サーボモータを用いて工作機械の送り軸やロボットの
アームなどを制御する場合、特に、工作機械で高速切削
10 を行なう場合等にはサーボ系の追従遅れによる形状誤差
が生じやすい。そこで、位置偏差を低減させ、サーボ遅
れを補正するために位置ループに於いてフィードフォワ
ード制御が行なわれる。

このフィードフォワード制御は、位置及び速度処理周
15 期毎に移動指令を微分し、この微分値にフィードフォワ
ード係数を乗じた値を通常的位置ループ処理で得られた
速度指令に加算して補正し、この補正された速度指令に
基づいて速度ループ処理を行なうものである。

数値制御装置からサーボ回路側、即ち、位置ループに
20 移動指令が受け渡しされる分配周期（ITP周期）は典
型的には8 msec程度であり、サーボ回路内部での位
置ループ及び速度ループの周期は典型的には2 msec
或いは1 msecである。そして、位置ループでは上記
数値制御装置から移動指令が受け渡されるITP周期を
25 位置ループ周期に分割し、分割された各位置ループ周期

に於ける移動指令が均等になるように制御している。そのため、数値制御装置から出力される移動指令に加減速時定数を与えて出力するようにしても、位置ループでは各 I T P 周期内に於ける位置及び速度ループ処理周期毎の各位置ループ処理での移動指令が均等になるように制御されるから、I T P 周期が移行する前後の位置ループ処理周期の移動指令に大きな段差が生じ、これがフィードフォワード項で微分されて大きな値となる。これにより、速度指令は高周波成分を含むことになり、速度ループで追従できなくなり、位置偏差にうねりが生じ、モータや機械の動きに大きなショックを発生させる原因となる。

そこで上記の問題点を解消するために、位置の制御、更には速度の制御のフィードフォワードの項に加減速処理を挿入し、上記うねりを解消させるスムージング操作（平滑処理）を行なうサーボモータの制御方法について本願発明の発明者は国際出願 P C T / J P 9 0 / 0 0 3 8 0 号を行ない、国際公開 W O 9 0 / 1 1 5 6 2 号として国際公開された。

本願発明者等は更に改良を重ね、時間的に過去のデータを平均化するものであった上記スムージング操作に於いて、当該 I T P 周期よりも後（未来）に出力される移動指令を利用して当該位置及び速度ループ周期の移動指令の前後の位置及び速度ループ周期の移動指令を平均化する先行スムージング処理を用い、この先行スムージン

グ処理で得られた値をフィードフォワード量として通常の位置ループ処理で得られる速度指令に加算する制御方法を開発し、国際出願 P C T / J P 9 1 / 0 1 5 3 7 号、P C T / J P 9 2 / 0 0 6 6 6 号及び P C T / J P 9 2 / 0 1 1 5 0 号を行ない、夫々、国際公開番号 W O 9 2 / 0 9 0 2 2 号、W O 9 2 / 2 1 0 7 5 号及び W O 9 3 / 0 5 4 5 5 号として国際公開された。

この先行スムージング処理では、次の式 (1) の演算を行ない移動指令の平均値 m を求め、この平均値 m にフィードフォワード係数 α を乗じて位置のフィードフォワード量としている。

$$m = Z^d (1 + Z^{-1} + \dots + Z^{-(N-1)}) \cdot (\text{移動指令量}) / N \quad \dots\dots (1)$$

尚、 N は I T P 周期を位置及び速度ループの周期で割った値、 Z^{-1} は 1 位置及び速度ループ処理周期の遅れを示す。 Z^d は進め要素であり、進め量 d は上記 N の約 $1/2$ の値がとられ、 $N = 8$ であると「3」又は「4」に設定され、 $N = 4$ の時には $d = 1$ 又は 2 に設定される。

又、上記 P C T / J P 9 2 / 0 0 6 6 6 号及び P C T / J P 9 2 / 0 1 1 5 0 号では、上記式 (1) と同等なスムージングデータを得る先行スムージング処理として、当該 I T P 周期と前後の I T P 周期の移動指令を利用するものも提案している。

上述の如き先行スムージング処理を含むフィードフォワード制御を行なった場合でも、指令の加速度変化が大

きいときには、サーボモータのトルクの立ち上がりが遅れて位置誤差が生じ易い。指令の加速度変化は I T P 周期毎の移動指令の差の変化として考えることが出来る。即ち、I T P 周期毎の移動指令は、予め定められた一定

5 時間 (I T P 周期) における移動指令であるから、速度を意味する。従って、I T P 周期毎の移動指令の差は加速度を意味し、この移動指令の差の変化は、指令の加速度変化を表わす。

発 明 の 開 示

10 本発明の目的は、指令の加速度変化が大きいときに生じ易いサーボ系のトルクの立ち上がりの遅れを補償し実際の移動軌跡の誤差を小さくすることにある。

本発明のサーボモータの制御方法は、数値制御装置から分配周期毎に分配される移動指令と位置のフィードバック量とに基づいて位置ループ処理を行なって速度指令を求めるステップと、当該分配周期とその前後の分配周期の移動指令の変化量から指令の加速度変化の大きさを検出するステップと、指令の加速度変化の大きさが所定のしきい値以上か否かを判別するステップと、当該分配

15 周期及びその前後の分配周期の移動指令に基づいて位置のフィードフォワード量を算出するステップと、該ステップは、前記加速度変化の大きさが所定のしきい値以上のときは、前記加速度変化の大きさが所定のしきい値より小さいときよりも位置のフィードフォワード量を所定

20 時間だけ時間的に進めて算出することを含み、位置ルー

25

ブ処理で求められた速度指令に、算出された位置のフィードフォワード量を加算して速度指令を補正するステップとを備える。

本発明の一態様によれば、前記フィードフォワード量を算出するステップは、先行スムージング処理を行なって位置ループ処理周期毎のスムージングデータを求めるステップと、当該位置ループ処理周期のスムージングデータを S M D 0、1 位置ループ処理周期前のスムージングデータを S M D 1、フィードフォワード係数を α 、パラメータを k として、次式 (2) の演算を行なって位置のフィードフォワード量 F F p を求めるステップと、

$$F F p = \alpha \{ k \cdot S M D 0 + (1 - k) S M D 1 \} \dots\dots (2)$$

パラメータ k の値を、加速度変化の大きさが所定のしきい値より小さいときには k_1 、加速度変化の大きさが所定のしきい値以上のときには、所定の期間だけ k_1 より大きい k_2 の値に設定するステップとを備える。

本発明の他の態様によれば、位置のフィードフォワード量 F F p を次式 (3) で求めることも出来る。この場合には、加速度変化の大きさが設定値より小さいときには、パラメータ k の値を k_1 とし、加速度変化の大きさが設定値以上のときには、設定時間だけパラメータ k の値を k_1 より所定量小さい k_3 の値にして求める。

$$F F p = \alpha \{ (1 - k) \cdot S M D 0 + k \cdot S M D 1 \} \dots\dots (3)$$

上記の如くしてフィードフォワード量を算出することによって速度指令がサーボ系の遅れに対応する分先行して補償され、指令に対する応答性が良くなり、移動軌跡の誤差が少なくなる。

5 図面の簡単な説明

図 1 は、本発明のフィードフォワード制御を行なうサーボ系のブロック図、

図 2 は、本発明の方法を実施するためのサーボモータ制御装置のブロック図、

10 図 3 は、図 2 に示したデジタルサーボ回路のプロセッサが I T P 周期毎に実施する処理のフローチャート、

図 4 は、図 2 に示したデジタルサーボ回路のプロセッサが位置及び速度ループ処理周期毎に実施する処理のフローチャート、

15 図 5 は、移動指令からスムージングデータを求める処理の説明図、

図 6 は、フィードフォワード量を算出する処理の説明図、

20 図 7 は、従来のフィードフォワード制御方法によって直線加工から円弧加工に移行させたときの切削軌跡を示す図、

図 8 は、本発明のフィードフォワード制御方法によって直線加工から円弧加工に移行させたときの切削軌跡を示す図である。

25 発明を実施するための最良の形態

図 1 に於いて、D D A (Digital Differential Analyzer) 1 は C N C (コンピュータ内蔵の数値制御装置) から分配周期 (I T P 周期) 毎に送られてくる移動指令 $M c m d$ を位置及び速度ループ処理周期毎の移動指令に分割する。エラーカウンタ 2 は D D A 1 から出力される移動指令を加算し、各位置及び速度ループ処理周期毎のサーボモータの移動量を減じて位置偏差を求める。3 はエラーカウンタ 2 に記憶された位置偏差にポジションゲイン $K p$ を乗じて速度指令を求める項である。4 は速度ループの項であり、 $k 1$ は積分定数、 $k 2$ は比例定数を示す。5、6 はサーボモータの伝達関数の項であり、 $K t$ はトルク定数、 $J m$ はモータイナーシャを示す。10 及び 11 はサーボモータに結合された機械の伝達関数の項であり、 $K m$ はバネ定数、 $C m$ は粘性項、 $J L$ は機械のイナーシャを示す。12 は速度を位置に変換する伝達関数の項である。

7 は先行スムージング処理の項、8 は先行スムージング処理によって得られた先行スムージングデータ $S M D$ より位置のフィードフォワード量 $F F p$ を求める項であり、 k はサーボモータに接続される機械の特性、後述する加速度変化に応じて調整されるパラメータを示し、 α は位置のフィードフォワード係数である。9 は先行スムージングデータ $S M D$ を微分して、即ち、当該周期のスムージングデータと 1 周期前のスムージングデータから速度のフィードフォワード量 $F F v$ を求める項である。

尚、 T_s は位置及び速度ループの周期である。

I T P 周期毎、C N C 等の数値制御装置から移動指令
M c m d が出力され、D D A 1 によって位置及び速度ル
ープ処理周期 T_s 毎の移動指令が求められる。この移動
5 指令と位置のフィードバック量よりエラーレジスタ 2 で
位置偏差が求められ、この位置偏差にポジションゲイン
K p が乗じられて速度指令 $V_c 1$ が求められる。一方、
先行スムージング手段 7 によって上記式 (1) の処理若
しくは、当該 I T P 周期の移動指令 M c m d と該 I T P
10 周期の前後の I T P 周期の移動指令 M c m d に基づいて
先行スムージングデータ S M D を求める。

先行スムージングデータ S M D を用いて、指令の加速
度変化がしきい値 A より小さいときには、次の式 (4)
の演算によって位置のフィードフォワード量 F F p を算
15 出し、指令の加速度変化がしきい値 A 以上のときは、
所定の期間だけ次の式 (5) の演算によって位置のフィ
ードフォワード量 F F p を算出する (項 8 の処理) 。

指令の加速度変化が小さいとき、

$$\begin{aligned} FFp &= \alpha \{ k_a + (1 - k_a) Z^{-1} \} \cdot SMD \\ 20 \quad &= \alpha \{ k_a \cdot SMD_0 + (1 - k_a) \cdot SMD_1 \} \\ &\dots\dots (4) \end{aligned}$$

指令の加速度変化が大きいとき、

$$\begin{aligned} FFp &= \alpha \{ (k_a + k_b) + (1 - k_a - k_b) Z^{-1} \} \cdot SMD \\ &= \alpha \{ (k_a + k_b) SMD_0 + (1 - k_a - k_b) SMD_1 \} \\ 25 \quad &\dots\dots (5) \end{aligned}$$

尚、SMD0は当該位置及び速度ループ処理周期で算出された先行スムージングデータ、SMD1は1位置及び速度ループ処理周期前に算出された先行スムージングデータを表わし、指令の加速度変化がしきい値A以上のときは、指令の加速度がしきい値Aより小さいときと比較べ、フィードフォワード量FFpは、当該周期の先行スムージングデータSMD0のkbだけ増加し、1周期Ts前に算出された先行スムージングデータSMD1のkbだけ減少するので、フィードフォワード量FFpはkbに対応する所定時間だけ時間的に進められることになる。

そして、上記位置ループ処理によって求められた速度指令Vc1に上記位置のフィードフォワード量FFpを加算して位置のフィードフォワード制御が実行された速度指令Vcを求める。この速度指令Vcからサーボモータからの速度フィードバック量を減じて速度偏差を求め従来と同様の速度ループ処理を実行しトルク指令Tc1を求める。また、先行スムージングデータSMDを微分（当該周期の先行スムージングデータから前周期の先行スムージングデータを減じてこの微分値を得る）して得られる値に、サーボモータのトルク定数Kt、イナーシャJm、該サーボモータに結合された機械のイナーシャJLによって決まる定数（Jm+JL）/Kt及び速度フィードフォワード係数βを乗じて速度のフィードフォワード量FFvを求める。すなわち、次の式（6）の演

算を行なって速度のフィードフォワード量 $F F v$ を求める。

$$\begin{aligned} F F v &= \{ \beta (J m + J L) / K t \} \{ (1 - Z^{-1}) / T s \} S M D \\ &= \{ \beta (J m + J L) / K t \} (S M D 0 - S M D 1) \\ &\dots\dots (6) \end{aligned}$$

5

このフィードフォワード量 $F F v$ を上述した速度ループ処理によって得られたトルク指令 $T c 1$ に加算し、速度のフィードフォワード制御が行なわれたトルク指令 $T c$ を求め、該トルク指令 $T c$ によってサーボモータを

10 駆動するものである。

図 2 は、本発明を適用したサーボモータ制御系のブロック図であり、構成は従来のデジタルサーボ制御を行なう装置と同一構成であるので、概略的に示している。

図 2 において、20 はコンピュータ数値制御装置 (CNC)、21 は共有 RAM、22 は CPU、ROM、RAM 等を有するデジタルサーボ回路、23 はトランジスタインバータ等のサーボアンプ、M はサーボモータ、24 はサーボモータ M の回転と共にパルスを発生するパルスコーダである。なお、図 2 には、1 軸のサーボモータのみを示している。

20

CNC 20 は、ITP 周期 (分配周期) 毎に移動指令 $M c m d$ を共有 RAM 21 に書込み、デジタルサーボ回路 22 の CPU はこの移動指令 $M c m d$ を共有 RAM 21 から読取り、上記 ITP 周期を N 個に分割した周期 $T s$ (ITP 周期 = $T s \times N$) で、位置及び速度ループ

25

処理を行なう。I T P 周期毎、N C 2 0 から出力される移動指令 M c m d が I T P 周期中均等に分配されるように位置及び速度ループ処理 T s における移動指令を求め (D D A 処理)、この移動指令とパルスコード 2 4 から

5 のフィードバックパルスによって得られるサーボモータ M の現在位置との差より位置ループ処理を行なうと共に、後述する位置のフィードフォワード制御処理を行なって速度指令を求める。次に、求められた速度指令とパルスコード 2 4 からのフィードバックパルスによって得られ

10 るサーボモータ M の実速度より速度ループ処理、さらには速度のフィードフォワード処理を行ない、トルク指令 (電流指令) を求める。そして、電流ループ処理を行ない、P W M 指令を作成し、サーボアンプ 2 3 を介してサーボモータ M を駆動する。

15 次に、デジタルサーボ回路 2 2 の C P U が実施する I T P 周期毎に実施する処理について図 3 を参照して説明する。

デジタルサーボ回路 2 2 の C P U は、先ずステップ S 1 に於いて、C N C 2 0 から分配された移動指令

20 M c m d を共有メモリ 2 1 から読み取り、ステップ S 2 に於いてレジスタ R 3 にレジスタ R 2 に記憶された値、レジスタ R 2 にレジスタ R 1 に記憶された値、レジスタ R 1 にステップ S 1 で読み取った移動指令 M c m d を格納する。

25 後述するように、通常的位置及び速度ループの処理は

レジスタ R 2 に記憶された移動指令 M c m d の値に基づいて実行されるため、移動指令 M c m d は 1 つ先読みされることになる。レジスタ R 1 には、位置及び速度ループの処理を行なう移動指令 M c m d に対して 1 I T P 周期だけ時間的に進んだ（未来の）移動指令 M c m d 、レジスタ R 2 には、当該位置及び速度ループ処理周期の移動指令 M c m d 、レジスタ R 3 には 1 I T P 周期だけ時間的に遅れた（過去の）移動指令 M c m d が夫々記憶されることになる。なお、レジスタ R 1 、 R 2 及び R 3 には初期設定に於いて「0」が格納されている。

ステップ S 3 に於いて位置及び速度ループ処理周期の指標を示すカウンタ C 1 の値を「0」にセットする。

ステップ S 4 に於いては、先ずレジスタ R 1 に記憶された値からレジスタ R 2 に記憶された値を減じて、当該 I T P 周期の移動指令 M c m d と 1 I T P 周期先（未来）の移動指令 M c m d の差を求める。この差は当該周期と次周期との加速度を表わす。即ち、I T P 周期毎に分配される移動指令は、所定時間（I T P 周期）の移動指令であるから速度を表わし、当該周期と次周期の移動指令（速度）の差は、加速度を表わすことになる。同様に、レジスタ R 2 に記憶された値からレジスタ R 3 に記憶された値を減じて、1 I T P 周期前（過去）から当該周期における加速度を求め、上記 2 つの加速度の差の絶対値 $| (R 1 - R 2) - (R 2 - R 3) |$ が設定されたしきい値 A 以上か否か判断する。

加速度の差の絶対値がしきい値 A 以上のときには、カウンタ C 2 に設定値 B を格納し当該 I T P 周期の処理を終了する。また、しきい値 A より上記加速度の差が小さいときには、カウンタ C 2 をセットすることなくこの処理を終了する。つまり、加速度変化がしきい値 A 以上のときのみにカウンタ C 2 は B の値にセットされる。以下各 I T P 周期毎この処理を実行する。なお上記 B の値は、加速度変化に対してサーボ系が遅れる時間（通常 20 ~ 30 m s e c 程度）に対応して設定された正の整数値とする。

次に、デジタルサーボ回路 2 2 の C P U が位置及び速度ループ処理周期 T s 毎に実行する処理について図 4 のフローチャートを参照して説明する。

デジタルサーボ回路 2 2 の C P U は、ステップ A 1 に於いて、カウンタ C 1 の値が、分割数 N (= I T P 周期 / 位置及び速度ループ処理周期) の $1 / 2$ より小さいか否かを判断する。カウンタ C 1 の値が $N / 2$ より小さいならば、ステップ A 2 でアキュムレータ S U M にレジスタ R 2 の値からレジスタ R 3 の値を減じた値を加算し、また、カウンタ C の値が $N / 2$ 以上であれば、ステップ A 3 に於いてアキュムレータ S U M にレジスタ R 1 の値からレジスタ R 2 の値を減じた値を加算し、ステップ A 4 に移行する。尚、アキュムレータ S U M の値は初期設定に於いて「0」にされている。

ステップ A 4 に於いてアキュムレータ S U M の値を上

記分割数 N の 2 乗で除算し、先行スムージングデータ $S D M 0$ を求める。次に、カウンタ $C 1$ をインクリメントする (ステップ $A 5$)。このステップ $A 1 \sim A 5$ までの処理が先行スムージングデータ $S D M 0$ を求める処理
5 である。

前述した式 (1) に基づく先行スムージング処理は、位置及び速度ループ毎の移動指令 ($D D A$ 処理後の移動指令) を用いて先行スムージングデータ $S D M 0$ を求めるものであった。この方法だと処理が複雑になるが、上
10 記ステップ $A 1 \sim A 5$ の処理の先行スムージング処理では、分配周期毎の移動指令 $M c m d$ から比較的簡単な処理によって先行スムージングデータを求めることが出来る。上記式 (1) で求められる先行スムージングデータと上記ステップ $A 1 \sim A 5$ の処理で求められる先行スム
15 ージングデータが実質的に同一であることは後述する。

尚、式 (1) に基づいて先行スムージングデータを求める処理については上述の $P C T / J P 9 1 / 0 1 5 3 7$ 号及び $P C T / J P 9 2 / 0 1 1 5 0$ 号に詳細に記載されている。

20 次にステップ $A 6$ に於いて、上記カウンタ $C 2$ の値が正であるか否か判断する。カウンタ $C 2$ が正でなければ (「0」であれば)、ステップ $A 7$ に移行し、当該位置及び速度ループ処理周期で求められたスムージングデータ $S M D 0$ とレジスタに記憶された 1 周期前のスム
25 ージングデータ $S M D 1$ より上記式 (4) の演算を行ない、

位置のフィードフォワード量 FF_p を求める。

前述のステップ S 5 に於いてカウンタ C 2 に設定値 B が格納され、且つ該カウンタ C 2 の現在値が正である場合には、ステップ A 8 で該カウンタ C 2 から「1」を減じ、ステップ A 9 で上記式 (5) の演算を行なって位置のフィードフォワード量 FF_p を求める。

次に、ステップ A 10 に移行してレジスタ R 2 に格納された移動指令 $Mcmd$ に基づいて DDA の処理を行ない、位置及び速度ループ処理周期の移動指令を求める。

10 尚、作動開始時の最初の ITP 1 周期の期間は、レジスタ R 2 には移動指令 $Mcmd$ が記憶されていないから、位置及び速度ループの移動指令は「0」である。即ち、スムージング処理及びフィードフォワード処理のみが 1 ITP 周期先行して実行されることになる。このことは、
15 フィードフォワード処理は位置及び速度ループの処理より 1 ITP 周期先行して行なわれることを意味する。

ステップ A 10 の処理で求められた位置及び速度ループ処理周期の移動指令及びパルスコータ 24 からの位置のフィードバック量に基づいて、従来と同様の位置ループ処理を行ない速度指令 $Vc1$ を求め (ステップ A 11)、速度指令 $Vc1$ にステップ A 7 またはステップ A 9 で求めた位置のフィードフォワード量 FF_p を加算し、位置のフィードフォワード処理をした速度指令 Vc を求める (ステップ A 12)。この速度指令 Vc と速度
20
25 フィードバック信号により従来と同様の速度ループ処理

を行ないトルク指令 $T_c 1$ を求める (ステップ A 1 3)。

更に、当該周期で求めたスムージングデータ $SMD 0$ とレジスタに記憶された前周期のスムージングデータ $SMD 1$ により上記式 (6) の演算を行ない速度のフィードフォワード量 $FF v$ を求める (ステップ A 1 4)。

この速度フィードフォワード量 $FF v$ をステップ A 1 0 で求めたトルク指令 $T_c 1$ に加算し、速度フィードフォワード制御がされたトルク指令 T_c を求め (ステップ A 1 5)、電流ループにこのトルク指令 T_c を引き渡す (ステップ A 1 6)。

そして、当該周期で求めたスムージングデータ $SMD 0$ を次の周期で 1 周期 T_s 前のスムージングデータ $SMD 1$ として使用するためにレジスタに格納し (ステップ A 1 7)、当該位置及び速度ループの処理を終了する。以下、CPU は各位置及び速度ループ処理周期 T_s 毎に図 4 に記載された処理を実行する。

なお、上記各実施例においては、速度のフィードフォワード制御も実施する例を述べたが、必ずしも速度のフィードフォワード制御は実施しなくてもよい。

次に、先行スムージングデータを得る方法として、上述した処理方法と式 (1) によって求める方法が実質的に同一であることを図 5 を参照して説明する。

I T P 周期間に位置及び速度周期が 4 回であるとし、すなわち $N = 4$ とし、式 (1) の進め量 d を 2 としたときの例で説明する。I T P 周期の n 周期での移動指令 $M c m d$ を Q_n とし、 $n \leq 0$ では $Q_n = 0$ 、 $n \geq 1$ に於

いて移動指令 Q_1 、 Q_2 、…、 Q_n 、…が分配されたものとする。また、各 I T P 周期に於ける移動指令 Q_1 、 Q_2 、 Q_3 を4分割した位置及び速度ループの移動指令を各々 q_1 、 q_2 、 q_3 とする。D D A での位置及び速度ループ

5 での移動指令は各周期毎均等になるようにするものであるから $Q_n / N = Q_n / 4 = q_n$ となる。そうすると、上記ステップ A 1 ~ A 5 におけるカウンタ C 1、アキュムレータ S U M 及び先行スミージングデータ S M D 0 の値は次の表 1 のようになる。

表 1

n	Mcnd	C 1	S U M	S M D 0
0	Q ₀	0	0+Q ₀ -Q ₋₁ =0	0/4 ² =0
		1	0+Q ₀ -Q ₋₁ =0	0/4 ² =0
		2	0+Q ₁ -Q ₀ =Q ₁	4q ₁ /4 ² =q ₁ /4
		3	Q ₁ +Q ₁ -Q ₀ =2Q ₁	2 × 4q ₁ /4 ² =2q ₁ /4
1	Q ₁	0	2Q ₁ +Q ₁ -Q ₀ =3Q ₁	3 × 4q ₁ /4 ² =3q ₁ /4
		1	3Q ₁ +Q ₁ -Q ₀ =4Q ₁	4 × 4q ₁ /4 ² =q ₁
		2	4Q ₁ +Q ₂ -Q ₁ =3Q ₁ +Q ₂	(3q ₁ +q ₂)/4
		3	3Q ₁ +Q ₂ +Q ₂ -Q ₁ =2Q ₁ +2Q ₂	(2q ₁ +2q ₂)/4
2	Q ₂	0	2Q ₁ +2Q ₂ +Q ₂ -Q ₁ =Q ₁ +3Q ₂	(q ₁ +3q ₂)/4
		1	Q ₁ +3Q ₂ +Q ₂ -Q ₁ =4Q ₂	q ₂
		2	4Q ₂ +Q ₃ -Q ₂ =3Q ₂ +Q ₃	(3q ₂ +q ₃)/4
		3	3Q ₂ +Q ₃ +Q ₃ -Q ₂ =2Q ₂ +2Q ₃	(2q ₂ +2q ₃)/4
3	Q ₃	0	2Q ₂ +2Q ₃ +Q ₃ -Q ₂ =Q ₂ +3Q ₃	(q ₂ +3q ₃)/4
		1	Q ₂ +3Q ₃ +Q ₃ -Q ₂ =4Q ₃	q ₃
		2	4Q ₃ +Q ₄ -Q ₃ =3Q ₃ +Q ₄	(3q ₃ +q ₄)/4
		3	3Q ₃ +Q ₄ +Q ₄ -Q ₃ =2Q ₃ +2Q ₄	(2q ₃ +2q ₄)/4
		
n	Q _n	0	Q _{n-1} +3Q _n	(q _{n-1} +3q _n)/4
		1	4Q _n	q _n
		2	3Q _n +Q _{n+1}	(3q _n +q _{n+1})/4
		3	2Q _n +2Q _{n+1}	(2q _n +2q _{n+1})/4

表 1 から分かるように、I T P 周期 n 周期の先行スムージングデータ S M D は、

1 番目の位置及び速度ループ周期では、

$$(q_{n-1} + 3q_n) / 4$$

5 2 番目の位置及び速度ループ周期では、

$$q_n$$

3 番目の位置及び速度ループ周期では、

$$(3q_n + q_{n+1}) / 4$$

4 番目の位置及び速度ループ周期では、

10 $(2q_n + 2q_{n+1}) / 4$

となり、これは、当該位置及び速度ループ周期の移動指令、1つ前（過去）の移動指令、1つ先（未来）の移動指令及び2つ先の移動指令を加算し4で除して先行スムージングデータ S M D を求めていることを示している。

15 一方、式（1）で求められる先行スムージングデータ S M D は次の式（7）となる。

$$S M D = Z^2 (1 + Z^{-1} + Z^{-2} + Z^{-3}) q_j / 4$$

$$= (Z^2 + Z^1 + 1 + Z^{-1}) q_j / 4$$

$$= \{q(j+2) + q(j+1) + q(j) + q(j-1)\} / 4$$

20 $\dots (7)$

なお、上記式（7）に於いて $q(j)$ は j 番目の位置及び速度ループ周期の移動指令を示しており、式（7）から分かるように、先行スムージングデータ S M D は、当該周期 j の位置及び速度ループの移動指令 $q(j)$ 、1つ
25 前（過去）の移動指令 $q(j-1)$ 、1つ先（未来）の移動

指令 $q(j+1)$ 、及び 2 つ先の移動指令 $q(j+2)$ を加算し 4 で除して求めていることを示しており、上記式 (7) で求める先行スムージングデータ SMD と上記ステップ A 1 ~ A 5 で求める先行スムージングデータ SMD は同一であることを表している。

そこで、上記式 (7) を用いて、位置のフィードフォワード量 FF_p を表わすとすると 位置及び速度ループ周期 j の点での先行スムージングデータ SMD_0 は式 (7) より、

$$SMD_0 = \{q(j+2) + q(j+1) + q(j) + q(j-1)\} / 4 \quad \dots (8)$$

該周期 j より 1 周期前 ($j-1$) の先行スムージングデータ SMD_1 は次の式 (9) となる。

$$SMD_1 = \{q(j+1) + q(j) + q(j-1) + q(j-2)\} / 4 \quad \dots (9)$$

よって位置のフィードフォワード量 FF_p は次のようになる。

$$\begin{aligned} FF_p &= \alpha \{k \cdot SMD_0 + (1-k) SMD_1\} \\ &= (\alpha/4) [k \{q(j+2) + q(j+1) + q(j) + q(j-1)\} \\ &\quad + (1-k) \{q(j+1) + q(j) + q(j-1) + q(j-2)\}] \\ &= (\alpha/4) [\{q(j+1) + q(j) + q(j-1) + q(j-2)\} \\ &\quad + k \{q(j+2) - q(j-2)\}] \quad \dots (10) \end{aligned}$$

そこで、図 6 に示すように、位置及び速度ループが j 周期で、ITP 周期の切換え直後の周期であるとする、

レジスタ R 1 には、1 I T P 周期先（未来）の移動指令 Q 3 が、レジスタ R 2 には、当該位置及び速度ループの
 に対応する I T P 周期の移動指令 Q 2 が、また、レジス
 タ R 3 には、1 I T P 周期後（過去）の移動指令 Q 1 が
 5 格納されていることになる。尚、この例では $Q 1 = Q 2$ 、
 $q_1 = q_1$ とする。

j 番目の位置及び速度ループ周期におけるフィードフ
 ォワード量 $F F_p$ は上記式 (10) より、

$$\begin{aligned}
 F F_p &= (\alpha / 4) \{q_2 + q_2 + q_1 + q_1 + k (q_2 - q_1)\} \\
 10 \quad &= \alpha \cdot q_2 \\
 &\quad \quad \quad \dots (11)
 \end{aligned}$$

同様に (j + 1) 番目の位置及び速度ループ周期では、
 $F F_p = (\alpha / 4) \{q_2 + q_2 + q_2 + q_1 + k (q_2 - q_1)\}$
 $= \alpha \cdot q_2$

15 (j + 2) 番目の位置及び速度ループ周期では、
 $F F_p = (\alpha / 4) \{q_2 + q_2 + q_2 + q_2 + k (q_3 - q_2)\}$
 $= (\alpha / 4) \{4 q_2 + k (q_3 - q_2)\}$

(j + 3) 番目の位置及び速度ループ周期では、
 $F F_p = (\alpha / 4) \{q_3 + q_2 + q_2 + q_2 + k (q_3 - q_2)\}$
 20 $= (\alpha / 4) \{q_3 + 3 q_2 + k (q_3 - q_2)\}$

となる。

Q 3 の移動指令が $Q 1 = Q 2$ に対して小さく、指令の
 加速度変化がしきい値 A より小さいときには上記 k の値
 は k_a である。しきい値 A 以上のときには、 $k = k_a +$
 25 k_b であり、指令の加速度変化が大きい小さいかによ

5 　　って、フィードフォワード量 FF_p は、周期 j と周期
 ($j + 1$) のときには変わりはないが、周期 ($j + 2$)、
 周期 ($j + 3$) のとき変化が生じる。即ち、指令の加速度
 変化が大きい小さいかによって、フィードフォワード
 10 量 FF_p は、周期 ($j + 2$)、($j + 3$) の時、 k_b
 ($q_3 - q_2$) だけの差が生じる。このことは、1 I T P
 周期先 (未来) の移動指令 Q_3 が大きく、従って大きく
 加速された場合には加速度変化が小さいときと比べて、
 $k_b (q_3 - q_2)$ だけフィードフォワード量が多くなり、
 15 大きく減速されたときには、 $| k_b (q_3 - q_2) |$ だけ
 フィードフォワード量が減少させられることを意味し、
 フィードフォワード制御が時間的に進められたものとな
 ることを意味している。

20 　　また、フィードフォワード量 FF_p を次の式 (1 3)
 によって求めることも出来る。この場合には、指令の加
 速度変化がしきい値 T より小さいときには k の値を k_a
 とし、しきい値 T 以上のときには、 $k = k_a - k_c$ とし
 てフィードフォワード量 FF_p を求める。この場合も実
 質的に上記実施例と同一の作用効果が得られる。

$$\begin{aligned}
 20 \quad FF_p &= \alpha \{ (1 - k) \cdot SMD_0 + k \cdot SMD_1 \} \\
 &\dots (13)
 \end{aligned}$$

尚、先行スムージングデータ SMD を求めるときに、
 1 I T P 周期に対する位置及び速度ループ処理周期の数
 N が 4、8 等の偶数の場合、例えば $N = 4$ のとき d の値
 25 は「1」又は「2」、 $N = 8$ のときに d の値は「3」又

は「4」に設定されるので当該位置及び速度ループ処理周期を中心とする平均を取ることができない。そのため、先行スムージングデータ SMD は時間的に遅れたものか進んだものになる。そこで、PCT/JP92/01150号に記載されているように、進んだ先行スムージングデータを求め ($N=4$ のとき $d=2$ として求める)、該データと前位置及び速度ループ周期で求めた先行スムージングデータとの加重平均を求めることによって等価的に時間遅れ及び進みがない先行スムージングデータを求めこれによりフィードフォワード量を求めることも出来る。

図7及び図8は本発明の効果を調べるために実験したときの結果を表す図であり、半径32mmの円弧を切削する際に、移動速度は一定で点PまでY軸方向に沿った直線指令を出し、点Pから円弧指令30を与えたときにおける切削軌跡が描画されている。ただし、指令に対する実際の軌跡の誤差を表わすために実際の軌跡に対して半径方向に拡大して表わされている。そのため直線部の軌跡31はY軸と平行には表われていない。

図7は従来のフィードフォワード制御によるもので、本願発明のような指令の加速度変化が大きいときにフィードフォワード指令を時間的に進めず、加速度変化に関係なくフィードフォワード量を求めて制御した場合の結果を示す。図8は本発明を実施したときの実験結果を示す。点Pから円弧指令に変わると、X軸方向の速度は

「0」から正弦波的に増大し、また、Y軸方向はそれまでの速度（指令速度）から正弦波的に減少する。即ち、指令の加速度変化は点Pにおいて急激に変化することになる。この加速度変化が大きい点Pにおける実際の軌跡を図7と図8を比較して分かるように、本願発明を実施した図8の方が、指令に対する実際の軌跡の誤差は少なく、改善されていることが分かる。

上述の如く本発明によれば、位置及び速度ループ処理を行なっているITP周期に於ける移動指令の加速度変化が大きいときに、フィードワード量が時間的に進めて算出される。これにより、フィードワード量は指令の加速度変化に応じて正、逆方向に増大され、位置及び速度ループ処理によるトルク指令が正、逆方向に増大させられて、サーボ系の立ち上がりの遅れが補償される。その結果、サーボモータで駆動される工作機械やロボットの移動軌跡が急激に変化するような場合でも位置誤差が少なくなる。

請 求 の 範 囲

1. (a) 数值制御装置から分配周期毎に分配される移動指令と位置のフィードバック量とに基づいて位置ループ処理を行なって速度指令を求めるステップと、
 - 5 (b) 当該分配周期とその前後の分配周期の移動指令の変化量から指令の加速度変化の大きさを検出するステップと、
 - (c) 前記ステップ(b)で検出された指令の加速度変化の大きさが所定のしきい値以上か否かを判別するス
10 テップと、
 - (d) 当該分配周期及びその前後の分配周期の移動指令に基づいて位置のフィードフォワード量を算出するス
テップと、
 - 前記ステップ(d)は、前記ステップ(c)に於ける
15 判別結果に応じて前記加速度変化の大きさが所定のしきい値以上のときは、前記加速度変化の大きさが所定のしきい値より小さいときよりも位置のフィードフォワード量を所定時間だけ時間的に進めて算出することを含み、
 - (e) 前記ステップ(a)で求められた速度指令に、
20 前記ステップ(d)で算出された位置のフィードフォワード量を加算して速度指令を補正するステップとを備える、サーボモータの制御方法。
 2. 前記ステップ(d)は、(d1) 先行スムージング処理を行なって位置ループ処理周期毎のスムージングデ
25 ータを求めるステップと、

(d 2) 前記ステップ (d 1) で求められた当該位置
ループ処理周期のスミージングデータを S M D 0、1 位
置ループ処理周期前のスミージングデータを S M D 1、
フィードフォワード係数を α 、パラメータを k として、
5 次式の演算を行なって位置のフィードフォワード量
F F p を求めるステップと、

$$F F p = \alpha \{ k \cdot S M D 0 + (1 - k) S M D 1 \}$$

(d 3) 前記パラメータ k の値を、前記加速度変化の
大きさが所定のしきい値より小さいときには $k 1$ 、加速
10 度変化の大きさが所定のしきい値以上のときには、所定
の期間だけ $k 1$ より大きい $k 2$ の値に設定するステップ
とを備える、請求の範囲第 1 項に記載のサーボモータの
制御方法。

3. (f) 速度指令と速度のフィードバック量とに基づ
15 いて速度ループ処理を行なってトルク指令を求めるステ
ップと、

(g) 前記ステップ (d 1) で求められたスミージン
グデータを微分した値に基づいて速度のフィードフォ
ワード量を算出するステップと、

20 (h) 前記ステップ (f) で求められたトルク指令に、
前記ステップ (g) で算出された速度のフィードフォ
ワード量を加算してトルク指令を補正するステップとを更
に備える、請求の範囲第 2 項に記載のサーボモータの制
御方法。

25 4. 前記ステップ (d) は、(d 4) 先行スミージング

処理を行なって各位置ループ処理周期のスミージングデータを求めるステップと、

(d 5) 前記ステップ (d 4) で求められた当該位置ループ処理周期のスミージングデータを SMD0、1 位置ループ処理周期前のスミージングデータを SMD1、フィードフォワード係数を α 、パラメータを k として、次式の演算を行なって位置のフィードフォワード量 FFp を求めるステップと、

$$FFp = \alpha \{ (1 - k) \cdot SMD0 + k \cdot SMD1 \}$$

10 (d 6) 前記パラメータ k の値を、前記加速度変化の大きさが所定のしきい値より小さいときには k_1 、加速度変化の大きさが所定のしきい値以上のときには、所定の期間だけ k_1 より小さい k_3 の値に設定するステップとを備える、請求の範囲第 1 項に記載のサーボモータの
15 制御方法。

5. (f) 速度指令と速度のフィードバック量とに基づいて速度ループ処理を行なってトルク指令を求めるステップと、

(g) 前記ステップ (d 4) で求められたスミージングデータを微分した値に基づいて速度のフィードフォワード量を算出するステップと、

(h) 前記ステップ (f) で求められたトルク指令に、前記ステップ (g) で算出された速度のフィードフォワード量を加算してトルク指令を補正するステップとを備
25 える、請求の範囲第 4 項に記載のサーボモータの制御方

法。

Fig. 1

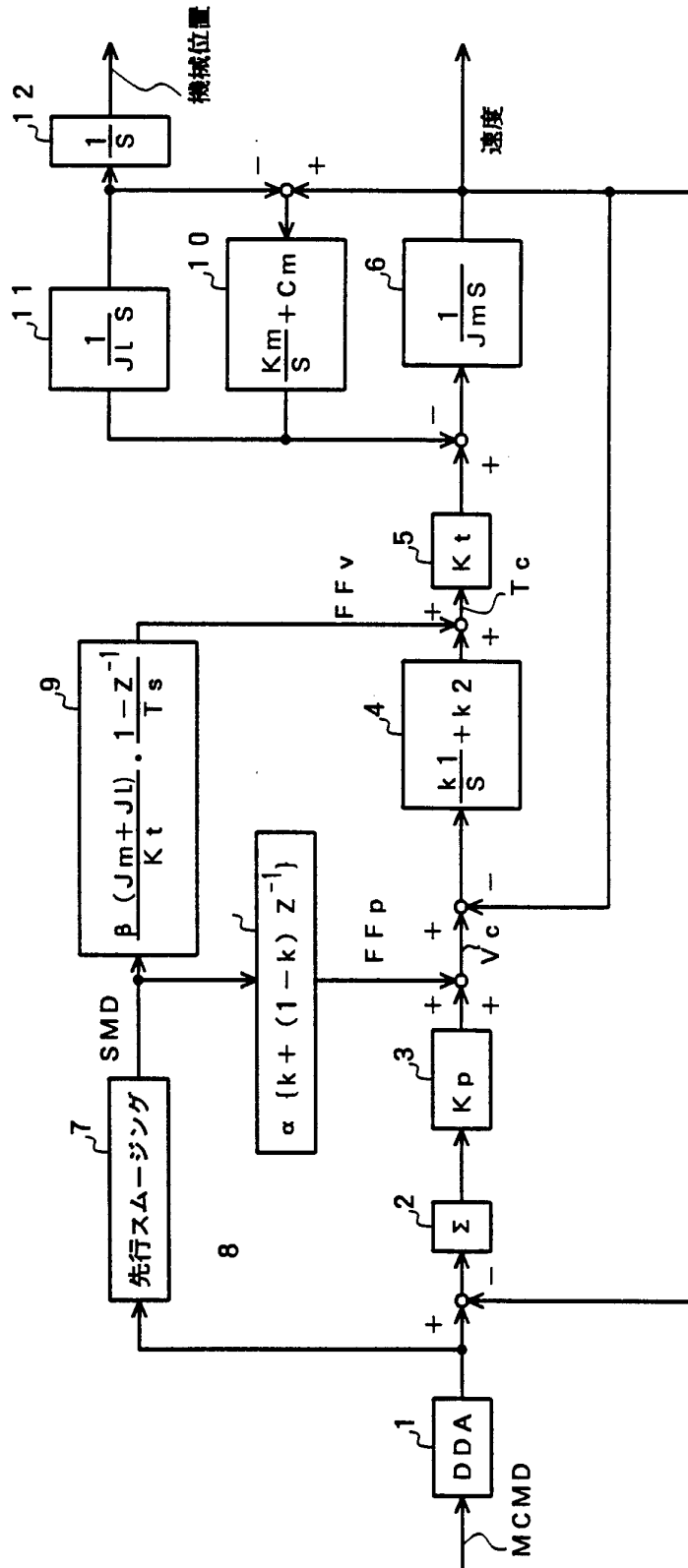


Fig. 2

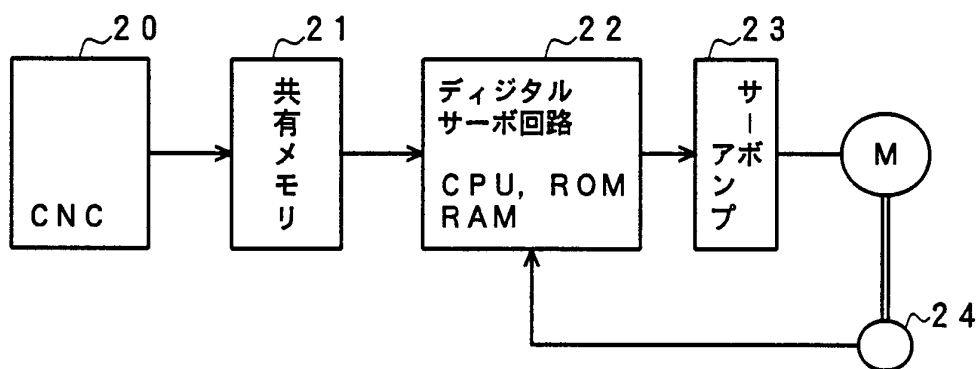


Fig. 3

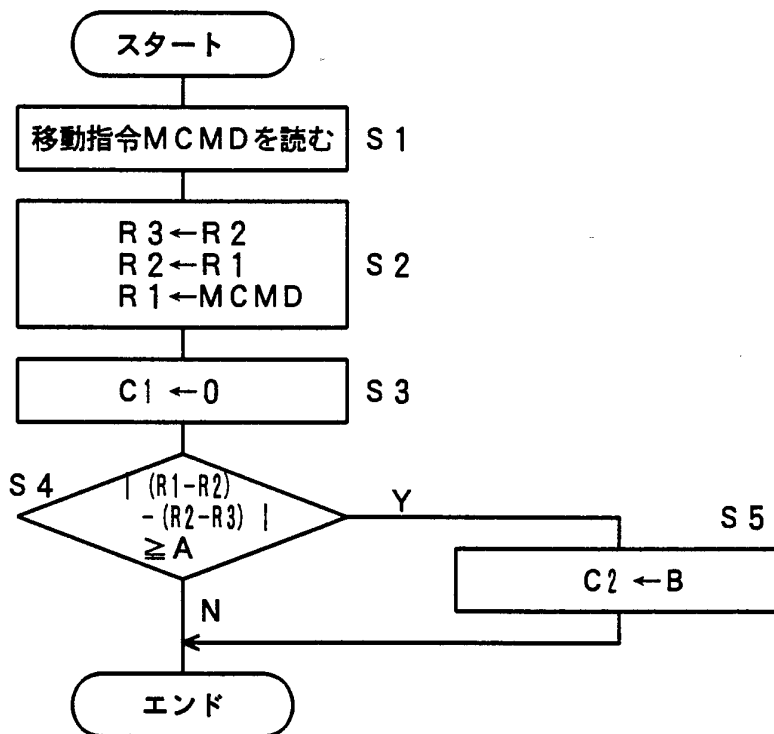
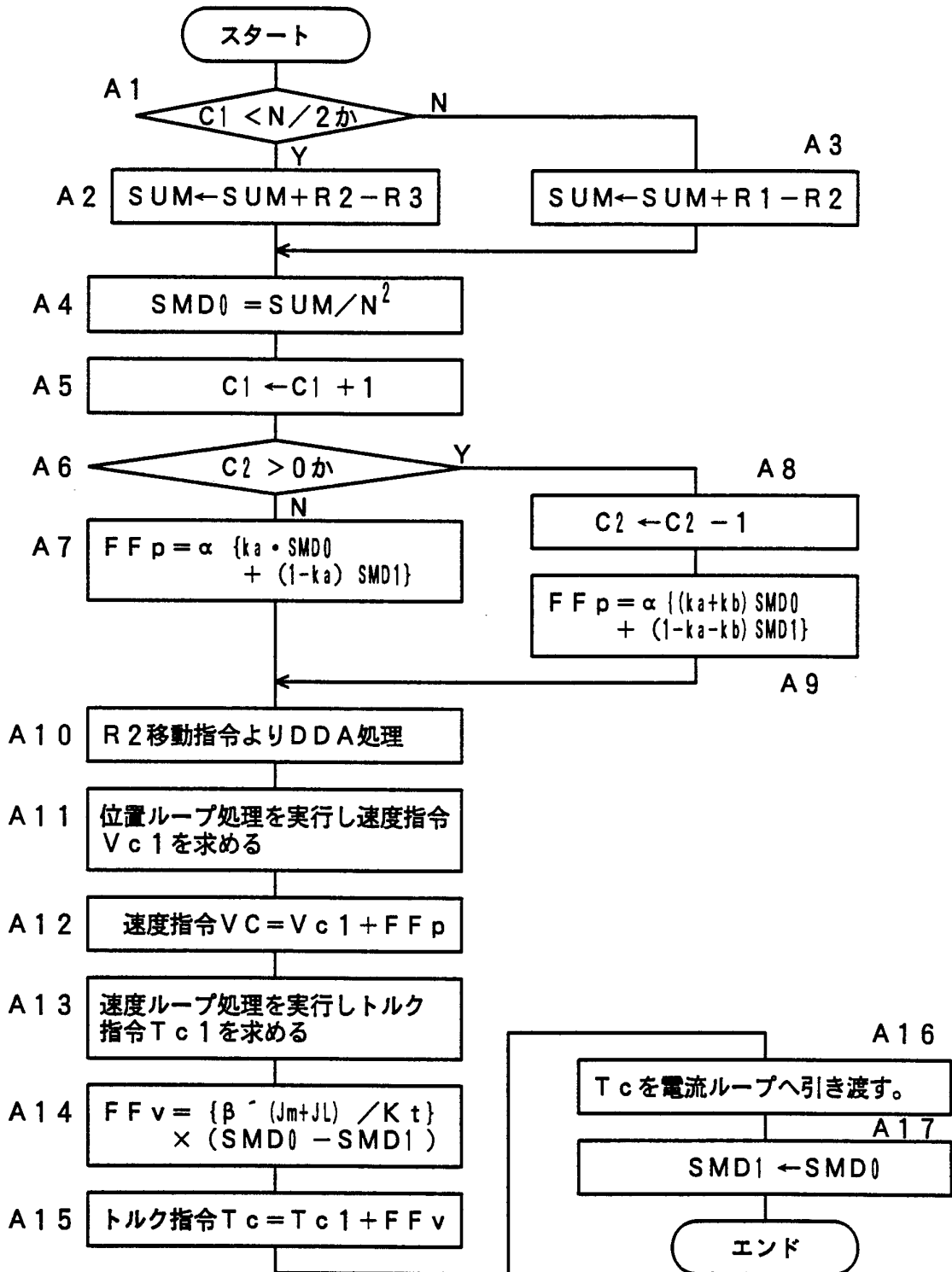


Fig. 4



4/5

Fig. 5

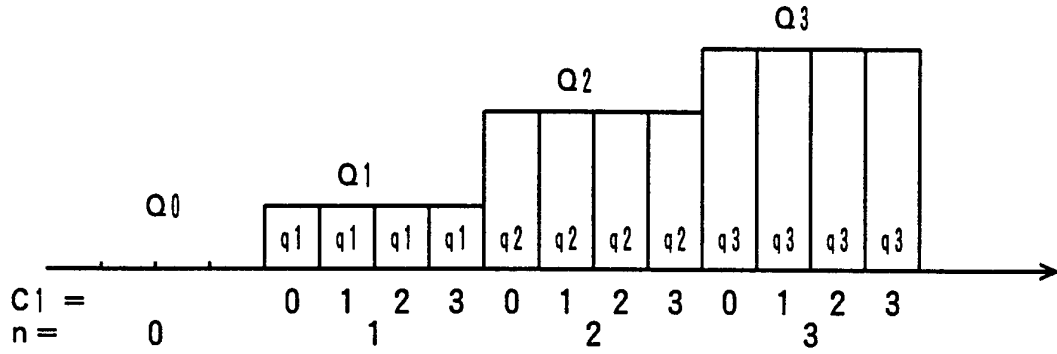


Fig. 6

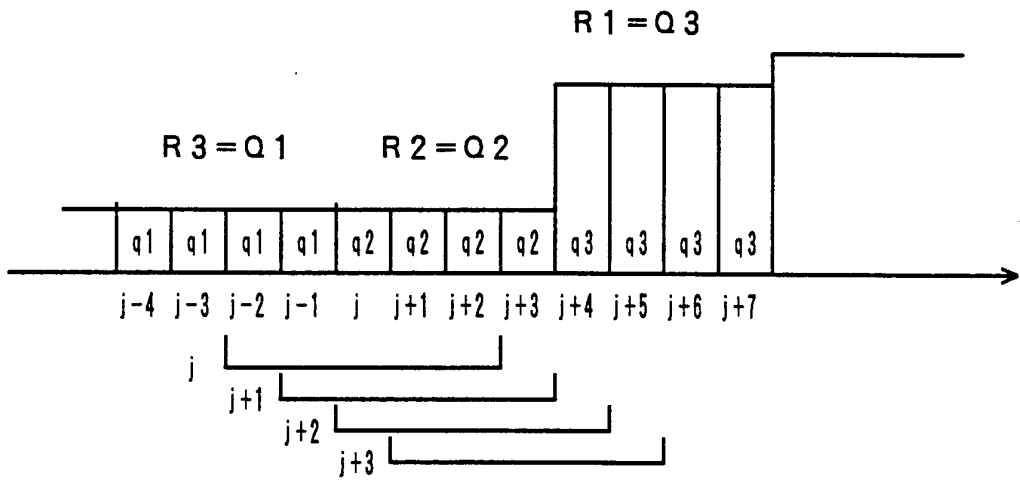


Fig.7

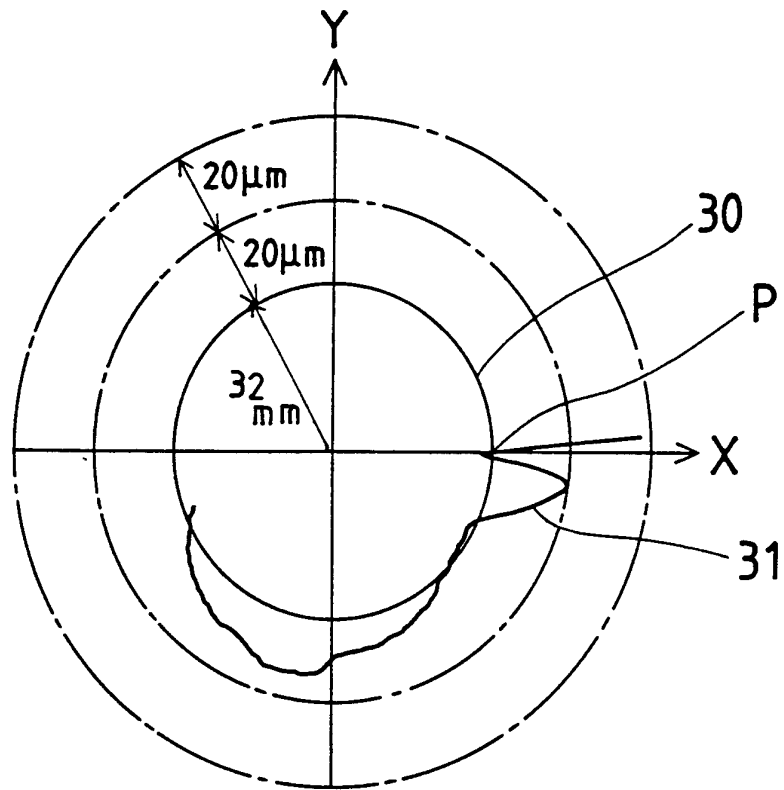
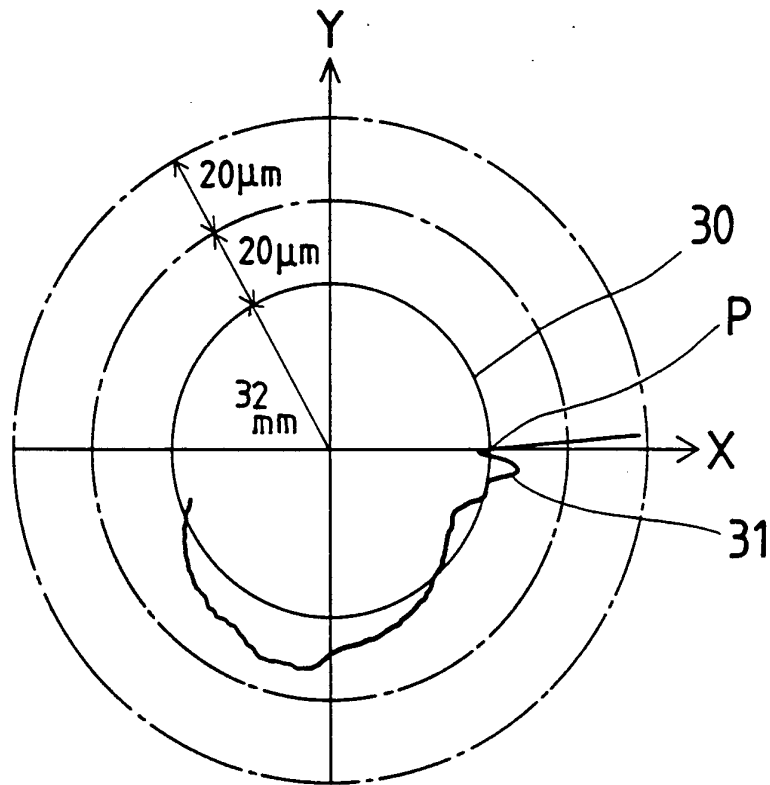


Fig.8



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP93/00618

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

Int. Cl⁵ 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. Cl⁵ G05D3/12

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

Jitsuyo Shinan Koho 1971 - 1992

Kokai Jitsuyo Shinan Koho 1973 - 1992

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, A, 4-64898 (Mitsubishi Heavy Industries, Ltd.), February 28, 1992 (28. 02. 92), (Family: none)	1-5
A	JP, A, 3-15911 (Fanuc Ltd.), January 24, 1991 (24. 01. 91), & WO, A1, 90-11562 & EP, A1, 417312 & US, A, 5107193	1-5
A	JP, A, 1-292405 (Hitachi, Ltd.), November 24, 1989 (24. 11. 89), (Family: none)	1-5
A	JP, A, 63-157209 (Mitsubishi Heavy Industries, Ltd.), June 30, 1988 (30. 06. 88), (Family: none)	1-5

 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

July 28, 1993 (28. 07. 93)

Date of mailing of the international search report

August 17, 1993 (17. 08. 93)

Name and mailing address of the ISA/

Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))

Int. Cl⁵ G 0 5 D 3 / 1 2

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. Cl⁵ G 0 5 D 3 / 1 2

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 1971-1992年
日本国公開実用新案公報 1973-1992年

国際調査で使用了電子データベース (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
A	JP, A, 4-64898 (三菱重工業株式会社) 28. 2月. 1992 (28. 02. 92) (ファミリーなし)	1-5
A	JP, A, 3-15911 (ファナック株式会社) 24. 1月. 1991 (24. 01. 91) &WO, A1, 90-11562 & EP, A1, 417312 &US, A, 5107193	1-5
A	JP, A, 1-292405 (株式会社 日立製作所)	1-5

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

28. 07. 93

国際調査報告の発送日

17. 08. 93

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)

山下 喜代治

3 H 9 2 3 6

電話番号 03-3581-1101 内線

3316

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	24. 11月. 1989 (24. 11. 89) (ファミリーなし) JP, A, 63-157209 (三菱重工業株式会社) 30. 6月. 1988 (30. 06. 88) (ファミリーなし)	1-5