

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

**特許第3553741号**  
**(P3553741)**

(45) 発行日 平成16年8月11日(2004.8.11)

(24) 登録日 平成16年5月14日(2004.5.14)

(51) Int. Cl.<sup>7</sup>

F I

**G05B 19/416**  
**B23Q 15/00**  
**G05B 19/18**

G05B 19/416 K  
B23Q 15/00 J  
G05B 19/18 C

請求項の数 15 (全 39 頁)

<p>(21) 出願番号 特願平8-231798 (22) 出願日 平成8年9月2日(1996.9.2) (65) 公開番号 特開平10-78810 (43) 公開日 平成10年3月24日(1998.3.24) 審査請求日 平成12年11月17日(2000.11.17)</p>	<p>(73) 特許権者 000006013 三菱電機株式会社 東京都千代田区丸の内二丁目2番3号 (73) 特許権者 591036457 三菱電機エンジニアリング株式会社 東京都千代田区九段北一丁目13番5号 (74) 代理人 100089118 弁理士 酒井 宏明 (72) 発明者 澤島 健治 東京都千代田区丸の内二丁目2番3号 三 菱電機株式会社内 (72) 発明者 安藤 稔 東京都千代田区大手町二丁目6番2号 三 菱電機エンジニアリング株式会社内</p> <p style="text-align: right;">最終頁に続く</p>
---	--

(54) 【発明の名称】 数値制御装置および数値制御装置の主軸モータ加減速制御方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

位置ループ制御状態の主軸モータを制御する主軸制御部と、位置ループ制御状態の送り軸モータを制御する送り軸制御部とを備え、前記主軸制御部および送り軸制御部によって主軸と送り軸とを同期制御する数値制御装置において、  
前記主軸モータを速度ループ制御状態の当該主軸モータの出力特性に対応する加減速パターンに直線近似させた加減速パターンで制御するための加減速パターン用データを記憶する主軸加減速パターン用データ記憶手段と、  
前記主軸加減速パターン用データ記憶手段に記憶された加減速パターン用データに基づいて前記主軸モータを速度ループ制御状態の当該主軸モータの出力特性に対応する加減速パターンに直線近似させた加減速パターンで制御するための指令を算出する主軸加減速制御手段と、  
前記主軸加減速制御手段より出力される指令を前記主軸制御部と前記送り軸制御部の同期状態を保持するように分配する分配手段と、  
を備えたことを特徴とする数値制御装置。

【請求項2】

位置ループ制御状態の主軸モータを制御する主軸制御部と、位置ループ制御状態の送り軸モータを制御する送り軸制御部とを備え、前記主軸制御部および送り軸制御部によって主軸と送り軸とを同期制御する数値制御装置において、  
前記主軸モータを速度ループ制御状態の当該主軸モータの出力特性に対応する加減速パタ

10

20

ーンに直線近似させた加減速パターンで制御するための複数種類の加減速パターン用データを記憶する主軸加減速パターン用データ記憶手段と、  
前記主軸加減速パターン用データ記憶手段に記憶された複数種類の加減速パターン用データから任意の加減速パターン用データを選択する主軸加減速パターン用データ選択手段と

、  
前記主軸加減速パターン用データ選択手段により選択された主軸加減速パターン用データに基づいて前記主軸モータを速度ループ制御状態の当該主軸モータの出力特性に対応する加減速パターンに直線近似させた加減速パターンで制御するための指令を算出する主軸加減速制御手段と、

前記主軸加減速制御手段より出力される指令を前記主軸制御部と前記送り軸制御部の同期状態を保持するように分配する分配手段と、  
を備えたことを特徴とする数値制御装置。

【請求項 3】

前記主軸加減速パターン用データ選択手段は、加工プログラムに指令されたタップ切削加工動作の主軸加減速パターン用データとタップ引き抜き動作の主軸加減速パターン用データを、前記主軸加減速パターン用データ記憶手段に記憶された複数種類のデータから選択し、主軸加減速制御手段はタップ切削加工動作時とタップ引き抜き動作時とで互いに異なった加減速パターンで制御するための指令を算出することを特徴とする請求項 2 に記載の数値制御装置。

【請求項 4】

前記主軸加減速パターン用データの選択設定を加工プログラムに記述されたデータの解析により行うことを特徴とする請求項 2 または 3 に記載の数値制御装置。

【請求項 5】

前記主軸加減速パターン用データ記憶手段は、加速指令処理用の主軸加速パターン用データと減速指令処理用の主軸減速パターン用データとを記憶しており、主軸加減速制御手段は加速時と減速時とで互いに異なった加速・減速パターンで制御するための指令を算出することを特徴とする請求項 1 ~ 4 のいずれか一つに記載の数値制御装置。

【請求項 6】

速度ループ制御状態の主軸モータを停止状態から回転させた時の加速データと速度ループ制御状態の主軸モータを定速回転状態から停止させた時の減速データを前記主軸制御部より受け取り、これを記憶する主軸加減速データ記憶手段と、

前記主軸加減速データ記憶手段に記憶された加速・減速データを解析し、位置ループ制御状態の主軸モータを速度ループ制御状態の当該主軸モータの出力特性に対応する加速・減速パターンに直線近似させた加速パターン、減速パターンで制御するための主軸加速パターン用データ、主軸減速パターン用データを算出し、これらデータを前記主軸加減速パターン用データ記憶手段に設定する主軸加減速データ解析手段と、

を備えたことを特徴とする請求項 1 ~ 5 のいずれか一つに記載の数値制御装置。

【請求項 7】

前記主軸加減速データ記憶手段に記憶された前記加減速パターン用データ、あるいは前記加速パターン用データ、前記減速パターン用データは、加速・減速過程を複数段に区分した各段における時定数と主軸回転数とにより構成されていることを特徴とする請求項 1 ~ 6 のいずれか一つに記載の数値制御装置。

【請求項 8】

主軸モータを制御する主軸制御部と、送り軸モータを制御する送り軸制御部とを備え、主軸と送り軸とを同期制御する数値制御装置の主軸モータ加減速制御方法において、位置ループ制御状態の主軸モータを速度ループ制御状態の当該主軸モータの出力特性に対応する加減速パターンに直線近似させた加減速パターンで制御するステップを含むことを特徴とする数値制御装置の主軸モータ加減速制御方法。

【請求項 9】

位置ループ制御状態の主軸モータを速度ループ制御状態の当該主軸モータの出力特性に対

応する加減速パターンに直線近似させた加減速パターンで制御するための加減速パターン用データを主軸加減速パターン用データ記憶手段に記憶させるステップと、  
 主軸加減速パターン用データ記憶手段に記憶された加減速パターン用データに基づいて位置ループ制御状態の主軸モータを速度ループ制御状態の当該主軸モータの出力特性に対応する加減速パターンに直線近似させた加減速パターンで制御するための指令を主軸加減速制御手段によって算出するステップと、  
 主軸加減速制御手段より出力される指令を分配手段によって前記主軸制御部と前記送り軸制御部の同期状態を保持するように分配するステップと、  
 を含むことを特徴とする請求項 8 に記載の数値制御装置の主軸モータ加減速制御方法。

【請求項 10】

主軸加減速パターン用データ記憶手段により加減速パターン用データを複数種類、記憶するステップと、  
 主軸加減速パターン用データ選択手段によって選択された種類の加減速パターン用データに基づいて位置ループ制御状態の主軸モータを速度ループ制御状態の当該主軸モータの出力特性に対応する加減速パターンに直線近似させた加減速パターンで制御するための指令を主軸加減速制御手段によって算出するステップと、  
 を含むことを特徴とする請求項 9 に記載の数値制御装置の主軸モータ加減速制御方法。

【請求項 11】

主軸加減速パターン用データの選択指令を加工プログラムの記述により行うステップを含むことを特徴とする請求項 9 または 10 に記載の数値制御装置の主軸モータ加減速制御方法。

【請求項 12】

加工プログラムによる主軸加減速パターン用データの選択指令をタップ切削加工動作時とタップ引き抜き動作時とで個別に行うステップと、  
 タップ切削加工動作時とタップ引き抜き動作時とで互いに異なった加減速パターンで主軸モータの加減速制御を行うステップと、  
 を含むことを特徴とする請求項 11 に記載の数値制御装置の主軸モータ加減速制御方法。

【請求項 13】

主軸加速時と主軸減速時とで異なる加速パターン、減速パターンで主軸モータを制御するステップを含むことを特徴とする請求項 8 ~ 12 のいずれか一つに記載の数値制御装置の主軸モータ加減速制御方法。

【請求項 14】

位置ループ制御状態の主軸モータを速度ループ制御状態の当該主軸モータの出力特性に対応する加減速パターンに直線近似させた加減速パターンで制御するためデータを、主軸モータを実際に速度ループ制御状態で加減速したときに得られる加速度特性に基づいて設定するステップを含むことを特徴とする請求項 8 ~ 13 のいずれか一つに記載の数値制御装置の主軸モータ加減速制御方法。

【請求項 15】

主軸モータの加減速パターン用データ、あるいは加速パターン用データ、減速パターン用データは、加速・減速過程を複数段に区分した各段における時定数と主軸回転数とにより構成されるステップを含むことを特徴とする請求項 8 ~ 13 のいずれか一つに記載の数値制御装置の主軸モータ加減速制御方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

この発明は、数値制御装置および数値制御装置の主軸モータ加減速制御方法に関し、さらに詳細には、マシニングセンタなどの工作機械において、タップ加工などのために送り軸と主軸の同期制御を行うことができる数値制御装置および数値制御装置の主軸モータ加減速制御方法に関するものである。

【0002】

10

20

30

40

50

**【従来の技術】**

マシニングセンタなどでタップ加工を行う場合に、主軸と送り軸（主軸の軸線に沿う方向の軸）を同期制御する技術は従来より公知であり、この技術は、例えば特開昭63-89904号公報に開示されている。

**【0003】**

図28は、特開昭63-89904号公報に開示された数値制御装置の構成を示している。数値制御装置600は、加工プログラムPを解析する中央演算処理部（以下CPUと称す）601と、送り軸演算部602を含み、タップ加工の上下軸（Z軸）の軸移動を制御する送り軸駆動部603と、主軸演算部604を含み、タップ加工の主軸700の回転を制御する主軸駆動部605とを有している。

10

**【0004】**

主軸700は、マシニングセンタなどの工作機械に設けられ、主軸駆動部605により制御される主軸モータ701によって回転駆動される。主軸700の先端にはフロート機構なしのタップ工具Tが取り付けられている。

**【0005】**

主軸700には送りねじ機構702が接続されており、主軸700は送りねじ703の回転により軸線方向（Z軸方向）に軸移動する。送りねじ703は送り軸駆動部603により制御される送り軸モータ704によって回転駆動される。

**【0006】**

ワークテーブル705にはタップ加工されるワークWが載置されている。

20

**【0007】**

なお、送り軸演算部602と主軸演算部604とは同期信号Ssyにより相互に同期をとる。

**【0008】**

CPU601は、加工プログラムPよりタップ加工指令を解釈すると、予め設定された送り軸制御系のゲインと時定数に基づいて送り軸制御系のゲインおよび時定数と主軸制御系のゲインおよび時定数とを一致させ、主軸回転情報および送り軸移動情報を算出し、主軸回転情報を主軸演算部604に出力すると共に、送り軸移動情報を送り軸演算部602に出力し、また主軸回転情報および送り軸移動情報に基づいて主軸（C軸）と送り軸（Z軸）の補間制御を行い、これらの補間データを主軸演算部604と送り軸演算部602へ転送する。

30

**【0009】**

主軸演算部604はCPU601より与えられた主軸回転情報に基づいて主軸モータ701の加減速指令を演算し、この加減速指令を主軸駆動部605に出力する。これにより主軸モータ701が回転し、主軸700のタップ工具Tが回転する。

**【0010】**

送り軸演算部602は、主軸モータ701と同じ加減速指令とCPU601より与えられた送り軸移動情報に基づいて送り軸モータ704の加減速指令を演算し、この加減速指令を主軸制御系に同期して送り軸駆動部603に出力する。これにより送り軸モータ704が回転し、送りねじ703の回転によって主軸700のタップ工具Tが下降する。これによりタップ工具Tが、ワークWの下穴h中に入り、下穴の内面に雌ねじを刻むタップ切削加工を行う。

40

**【0011】**

所定長のタップ加工が終了すると、主軸演算部604は、主軸モータ701の加減速指令を主軸駆動部605に出力し、主軸モータ701を逆回転させ、タップ工具Tを逆回転させる。またこれに同期して送り軸演算部602は、送り軸モータ704の加減速指令を送り軸駆動部603に出力し、送り軸モータ704を逆回転させ、タップ工具Tを上昇させる。これによりタップ工具TがワークWより引き抜かれる。

**【0012】**

上述のようなタップ加工において、サイクルタイムを短縮するには、主軸モータ701の

50

回転数が短時間で所定の高回転数に到達すればよい。即ち、タップ加工動作の加減速の傾き（加速度）を大きくすればよい。

【0013】

【発明が解決しようとする課題】

しかしながら、従来の数値制御装置では、加減速の傾き度合いが一定で、直線的な加減速パターンをもって加減速が行われており、タップ加工における加減速の傾きを大きくすると、主軸系統のイナーシャが送り軸系統のイナーシャに比べて大きいと、主軸モータは送り軸モータに対して、停止状態からの加速開始時、加速終了時（定速回転）の直前、定速回転からの減速開始時および減速終了時（停止状態）の直前等に追従遅れが発生し易くなり、同期状態を保持し難くなる。このため、主軸モータと送り軸モータとの位置誤差が大きくなってタップのねじ山を潰すことになり、タップ加工における主軸モータの回転速度を短時間にそれほど速くすることができないと云う問題点があった。

10

【0014】

また、従来の数値制御装置では、効率的なタップ加工を行うためにタップ引き抜き動作の回転速度をタップ切削加工動作の回転速度に対して増速させることはできるが、主軸モータの回転速度を短時間に速くすると、主軸モータと送り軸モータの位置誤差が大きくなるため、タップ引き抜き動作の速度もそれほど速くすることができないと云う問題点があった。

【0015】

また、従来の数値制御装置では、タップ加工において主軸モータの加速動作の主軸のイナーシャと減速動作の主軸のイナーシャとが異なるにも拘らず、加速パターンと減速パターンとは同様であったため、加速動作または減速動作のいずれかは、最適ではない加速パターンまたは減速パターンで制御されることになり、サイクルタイムに無駄な時間が生じると云う問題点があった。

20

【0016】

この発明は、上述の如き問題点に着目してなされたものであり、タップ加工などにおける送り軸と主軸の同期制御において、主軸モータの加減速を急速に行っても主軸モータと送り軸モータとの位置誤差が大きくなることなく、またタップ引き抜き動作の速度もタップ切削加工動作のそれより速くすることや、主軸モータの加速動作の主軸のイナーシャと減速動作の主軸のイナーシャとが異なっている場合には加速動作と減速動作のいずれにおいても最適な加速パターンまたは減速パターンで制御することができる数値制御装置および数値制御装置の主軸モータ加減速制御方法を得ることを目的としている。

30

【0017】

【課題を解決するための手段】

上述の目的を達成するために、この発明による数値制御装置は、位置ループ制御状態の主軸モータを制御する主軸制御部と、位置ループ制御状態の送り軸モータを制御する送り軸制御部とを備え、前記主軸制御部および送り軸制御部によって主軸と送り軸とを同期制御する数値制御装置において、前記主軸モータを速度ループ制御状態の当該主軸モータの出力特性に対応する加減速パターンに直線近似させた加減速パターンで制御するための加減速パターン用データを記憶する主軸加減速パターン用データ記憶手段と、前記主軸加減速パターン用データ記憶手段に記憶された加減速パターン用データに基づいて前記主軸モータを速度ループ制御状態の当該主軸モータの出力特性に対応する加減速パターンに直線近似させた加減速パターンで制御するための指令を算出する主軸加減速制御手段と、前記主軸加減速制御手段より出力される指令を前記主軸制御部と前記送り軸制御部の同期状態を保持するように分配する分配手段とを備えているものである。

40

【0018】

この発明による数値制御装置では、主軸加減速パターン用データ記憶手段に記憶された加減速パターン用データに基づいて位置ループ制御状態の主軸モータを速度ループ制御状態の当該主軸モータの出力特性に対応する加減速パターンに直線近似させた加減速パターンで制御するための指令を主軸加減速制御手段によって算出し、位置ループ制御状態の主軸

50

モータを速度ループ制御状態の当該主軸モータの出力特性に対応する加減速パターンに直線近似させた加減速パターンで制御することにより、主軸モータの応答性が向上し、主軸のイナーシャが送り軸のイナーシャに比べて大きい場合でも主軸モータは送り軸モータに対して、停止状態からの加速開始時、加速終了時（定速回転）の直前、定速回転からの減速開始時および減速終了時（停止状態）の直前等に追従遅れが発生し難くなる。

【0019】

つぎの発明による数値制御装置は、位置ループ制御状態の主軸モータを制御する主軸制御部と、位置ループ制御状態の送り軸モータを制御する送り軸制御部とを備え、前記主軸制御部および送り軸制御部によって主軸と送り軸とを同期制御する数値制御装置において、前記主軸モータを速度ループ制御状態の当該主軸モータの出力特性に対応する加減速パターンに直線近似させた加減速パターンで制御するための複数種類の加減速パターン用データを記憶する主軸加減速パターン用データ記憶手段と、前記主軸加減速パターン用データ記憶手段に記憶された複数種類の加減速パターン用データから任意の加減速パターン用データを選択する主軸加減速パターン用データ選択手段と、前記主軸加減速パターン用データ選択手段により選択された主軸加減速パターン用データに基づいて前記主軸モータを速度ループ制御状態の当該主軸モータの出力特性に対応する加減速パターンに直線近似させた加減速パターンで制御するための指令を算出する主軸加減速制御手段と、前記主軸加減速制御手段より出力される指令を前記主軸制御部と前記送り軸制御部の同期状態を保持するように分配する分配手段とを備えているものである。

10

【0020】

この発明による数値制御装置では、主軸加減速パターン用データ記憶手段が位置ループ制御状態の主軸モータを速度ループ制御状態の当該主軸モータの出力特性に対応する加減速パターンに直線近似させた加減速パターンで制御するための主軸加減速パターン用データを複数種類、記憶しており、主軸加減速パターン用データ記憶手段、主軸加減速パターン用データ選択手段によってワークの材質、工具の材質および形状に適した速度ループ制御状態の当該主軸モータの出力特性に対応する加減速パターンに直線近似させた加減速パターンを選択でき、選択された主軸加減速パターン用のデータに基づいて位置ループ制御状態の主軸モータを制御することにより、主軸モータの応答性が的確に向上する。

20

【0021】

つぎの発明による数値制御装置は、上述の数値制御装置において、前記主軸加減速パターン用データ選択手段は、加工プログラムに指令されたタップ切削加工動作の主軸加減速パターン用データとタップ引き抜き動作の主軸加減速パターン用データを、前記主軸加減速パターン用データ記憶手段に記憶された複数種類のデータから選択し、主軸加減速制御手段はタップ切削加工動作時とタップ引き抜き動作時とで互いに異なった加減速パターンで制御するための指令を算出するものである。

30

【0022】

この発明による数値制御装置では、主軸加減速パターン用データ選択手段がタップ切削加工動作およびタップ引き抜き動作に適した別々の速度ループ制御状態の主軸モータの加減速パターンに類似した加減速パターンを選択設定し、選択設定された主軸加減速パターン用のデータに基づいて位置ループ制御状態の主軸モータを制御するから、タップ切削加工動作時とタップ引き抜き動作時とで各々主軸モータの応答性が最適状態で向上する。

40

【0023】

つぎの発明による数値制御装置は、上述の数値制御装置において、前記主軸加減速パターン用データの選択設定を加工プログラムに記述されたデータの解析により行うものである。

【0024】

この発明による数値制御装置では、加工プログラムに記述されたデータの解析により主軸加減速パターン用データが選択設定される。

【0025】

つぎの発明による数値制御装置は、上述の数値制御装置において、前記主軸加減速パター

50

ン用データ記憶手段は、加速指令処理用の主軸加速パターン用データと減速指令処理用の主軸減速パターン用データとを記憶しており、主軸加減速制御手段は加速時と減速時とで互いに異なった加速・減速パターンで制御するための指令を算出するものである。

【0026】

この発明による数値制御装置では、加速動作、減速動作に適した別々の速度ループ制御状態の主軸モータの加減速パターンに類似した加減速パターンが設定され、設定された主軸加速パターン用のデータ、主軸減速パターン用のデータに基づいて位置ループ制御状態の主軸モータを制御するから、加速動作時と減速動作時とで各々主軸モータの応答性が最適状態で向上する。

【0027】

つぎの発明による数値制御装置は、上述の数値制御装置において、速度ループ制御状態の主軸モータを停止状態から回転させた時の加速データと速度ループ制御状態の主軸モータを定速回転状態から停止させた時の減速データを前記主軸制御部より受け取り、これを記憶する主軸加減速データ記憶手段と、前記主軸加減速データ記憶手段に記憶された加速・減速データを解析し、位置ループ制御状態の主軸モータを速度ループ制御状態の当該主軸モータの出力特性に対応する加速・減速パターンに直線近似させた加速パターン、減速パターンで制御するための主軸加速パターン用データ、主軸減速パターン用データを算出し、これらデータを前記主軸加減速パターン用データ記憶手段に設定する主軸加減速データ解析手段とを備えたものである。

【0028】

この発明による数値制御装置では、速度ループ制御状態の主軸モータを停止状態から回転駆動させること、および速度ループ制御状態の主軸モータを定速回転状態から停止させることにより、この時の主軸加速データと主軸減速データとが主軸加減速データ記憶手段に格納され、主軸加減速データ解析手段が主軸加減速データ記憶手段に記憶された加速・減速データを解析し、位置ループ制御状態の主軸モータを速度ループ制御状態の当該主軸モータの出力特性に対応する加速・減速パターンに直線近似させた加速パターン、減速パターンで制御するための主軸加速パターン用データ、主軸減速パターン用データを算出し、この主軸加減速パターン用データが自動的に主軸加減速パターン用データ記憶部に設定される。

【0029】

つぎの発明による数値制御装置は、上述の数値制御装置において、前記主軸加減速データ記憶手段に記憶された前記加減速パターン用データ、あるいは前記加速パターン用データ、前記減速パターン用データは、加速・減速過程を複数段に区分した各段における時定数と主軸回転数とにより構成されているものである。

【0030】

この発明による数値制御装置では、加速・減速過程を複数段に区分した各段における時定数と主軸回転数とにより、主軸モータの加減速パターン用データ、あるいは加速パターン用データ、減速パターン用データが構成される。

【0031】

また、上述の目的を達成するために、この発明による数値制御装置の主軸モータ加減速制御方法は、主軸モータを制御する主軸制御部と、送り軸モータを制御する送り軸制御部とを備え、主軸と送り軸とを同期制御する数値制御装置の主軸モータ加減速制御方法において、位置ループ制御状態の主軸モータを速度ループ制御状態の当該主軸モータの出力特性に対応する加減速パターンに直線近似させた加減速パターンで制御するものである。

【0032】

この発明による数値制御装置の主軸モータ加減速制御方法では、位置ループ制御状態の主軸モータを速度ループ制御状態の当該主軸モータの出力特性に対応する加減速パターンに直線近似させた加減速パターンで制御することにより、主軸モータの応答性が向上し、主軸のイナーシャが送り軸のイナーシャに比べて大きい場合でも主軸モータは送り軸モータに対して、停止状態からの加速開始時、加速終了時（定速回転）の直前、定速回転からの

10

20

30

40

50

減速開始時および減速終了時（停止状態）の直前等に追従遅れが発生し難くなる。

【0033】

つぎの発明による数値制御装置の主軸モータ加減速制御方法は、上述の数値制御装置の主軸モータ加減速制御方法において、位置ループ制御状態の主軸モータを速度ループ制御状態の当該主軸モータの出力特性に対応する加減速パターンに直線近似させた加減速パターンで制御するための加減速パターン用データを主軸加減速パターン用データ記憶手段に記憶させておき、主軸加減速パターン用データ記憶手段に記憶された加減速パターン用データに基づいて位置ループ制御状態の主軸モータを速度ループ制御状態の当該主軸モータの出力特性に対応する加減速パターンに直線近似させた加減速パターンで制御するための指令を主軸加減速制御手段によって算出し、主軸加減速制御手段より出力される指令を分配手段によって前記主軸制御部と前記送り軸制御部の同期状態を保持するように分配するものである。

10

【0034】

この発明による数値制御装置の主軸モータ加減速制御方法では、主軸加減速パターン用データ記憶手段に記憶された加減速パターン用データに基づいて位置ループ制御状態の主軸モータを速度ループ制御状態の当該主軸モータの出力特性に対応する加減速パターンに直線近似させた加減速パターンで制御するための指令を主軸加減速制御手段によって算出し、位置ループ制御状態の主軸モータを速度ループ制御状態の当該主軸モータの出力特性に対応する加減速パターンに直線近似させた加減速パターンで制御することにより、主軸モータの応答性が向上し、主軸のイナーシャが送り軸のイナーシャに比べて大きい場合でも主軸モータは送り軸モータに対して、停止状態からの加速開始時、加速終了時（定速回転）の直前、定速回転からの減速開始時および減速終了時（停止状態）の直前等に追従遅れが発生し難くなる。

20

【0035】

つぎの発明による数値制御装置の主軸モータ加減速制御方法は、上述の数値制御装置の主軸モータ加減速制御方法において、主軸加減速パターン用データ記憶手段により加減速パターン用データを複数種類、記憶しており、主軸加減速パターン用データ選択手段によって選択された種類の加減速パターン用データに基づいて位置ループ制御状態の主軸モータを速度ループ制御状態の当該主軸モータの出力特性に対応する加減速パターンに直線近似させた加減速パターンで制御するための指令を主軸加減速制御手段によって算出するものである。

30

【0036】

この発明による数値制御装置の主軸モータ加減速制御方法では、ワークの材質、工具の材質および形状に適した速度ループ制御状態の当該主軸モータの出力特性に対応する加減速パターンに直線近似させた加減速パターンを選択でき、選択された主軸加減速パターン用のデータに基づいて位置ループ制御状態の主軸モータを制御することにより、主軸モータの応答性が的確に向上する。

【0037】

つぎの発明による数値制御装置の主軸モータ加減速制御方法は、上述の数値制御装置の主軸モータ加減速制御方法において、主軸加減速パターン用データの選択指令を加工プログラムの記述により行うものである。

40

【0038】

この発明による数値制御装置の主軸モータ加減速制御方法では、加工プログラムの記述により主軸加減速パターン用データの選択指令が行われる。

【0039】

つぎの発明による数値制御装置の主軸モータ加減速制御方法は、上述の数値制御装置の主軸モータ加減速制御方法において、加工プログラムによる主軸加減速パターン用データの選択指令をタップ切削加工動作時とタップ引き抜き動作時とで個別に行い、タップ切削加工動作時とタップ引き抜き動作時とで互いに異なった加減速パターンで主軸モータの加減速制御を行うものである。

50

## 【0040】

この発明による数値制御装置の主軸モータ加減速制御方法では、タップ切削加工動作およびタップ引き抜き動作に適した別々の速度ループ制御状態の主軸モータの加減速パターンに直線近似させた加減速パターンを選択設定し、選択設定された主軸加減速パターン用のデータに基づいて位置ループ制御状態の主軸モータを制御するから、タップ切削加工動作時とタップ引き抜き動作時とで各々主軸モータの応答性が最適状態で向上する。

## 【0041】

つぎの発明による数値制御装置の主軸モータ加減速制御方法は、上述の数値制御装置の主軸モータ加減速制御方法において、加速時と主軸減速時とで異なる加速パターン、減速パターンで主軸モータを制御するものである。

10

## 【0042】

この発明による数値制御装置の主軸モータ加減速制御方法では、加速動作、減速動作に適した別々の速度ループ制御状態の主軸モータの加減速パターンに直線近似させた加減速パターンを設定し、設定された主軸加速パターン用のデータ、主軸減速パターン用のデータに基づいて位置ループ制御状態の主軸モータを制御するから、加速動作時と減速動作時とで各々主軸モータの応答性が最適状態で向上する。

## 【0043】

つぎの発明による数値制御装置の主軸モータ加減速制御方法は、上述の数値制御装置の主軸モータ加減速制御方法において、位置ループ制御状態の主軸モータを速度ループ制御状態の当該主軸モータの出力特性に対応する加減速パターンに直線近似させた加減速パターンで制御するためデータを、主軸モータを実際に速度ループ制御状態で加減速したときに得られる加速度特性に基づいて設定するものである。

20

## 【0044】

この発明による数値制御装置の主軸モータ加減速制御方法では、速度ループ制御状態の主軸モータを停止状態から回転駆動させること、および速度ループ制御状態の主軸モータを定速回転状態から停止させることにより、主軸加減速パターン用データが自動的に主軸加減速パターン用データ記憶部に設定される。

## 【0045】

つぎの発明による数値制御装置の主軸モータ加減速制御方法は、上述の数値制御装置の主軸モータ加減速制御方法において、主軸モータの加減速パターン用データ、あるいは加速パターン用データ、減速パターン用データは、加速・減速過程を複数段に区分した各段における時定数と主軸回転数とにより構成されているものである。

30

## 【0046】

この発明による数値制御装置の主軸モータ加減速制御方法では、加速・減速過程を複数段に区分した各段における時定数と主軸回転数とにより、主軸モータの加減速パターン用データ、あるいは加速パターン用データ、減速パターン用データが構成される。

## 【0047】

## 【発明の実施の形態】

## (実施の形態1)

図1はこの発明による数値制御装置の実施の形態1を示している。

40

## 【0048】

この数値制御装置1は、演算部2と、主軸加減速パターン用データ記憶部3と、主軸加減速制御部4と、分配器5と、送り軸制御部6と、主軸制御部7とを有している。

## 【0049】

演算部2は、プログラム解析部であり、加工プログラムPより読み取った加工指令情報に基づいて軸制御のための演算を行う。

## 【0050】

主軸加減速パターン用データ記憶部3は位置ループ制御状態の主軸モータ23を速度ループ制御状態の主軸モータの加減速パターンに類似した加減速パターンで制御するためのデータ(加減速パターン用データ)を記憶する。

50

## 【 0 0 5 1 】

主軸加減速制御部 4 は、演算部 2 より軸制御指令を与えられ、主軸加減速パターン用データ記憶部 3 に記憶されている加減速パターンデータに基づいて位置ループ制御状態の主軸モータ 2 3 を速度ループ制御状態の主軸モータの加減速パターンに類似した加減速パターンで制御するための指令を算出する。

## 【 0 0 5 2 】

分配器 5 は主軸加減速制御部 4 より出力される指令を送り軸制御部 6 と主軸制御部 7 とに同期状態を保持するように分配する。

## 【 0 0 5 3 】

送り軸制御部 6 は、タップ加工の送り軸モータ 2 1 を制御する軸制御部であり、分配器 5 より与えられる指令と送り軸モータ 2 1 のパルスエンコーダ ( P G ) 2 2 が出力する位置情報とにより位置ループ制御状態で送り軸モータ 2 1 を制御する。

10

## 【 0 0 5 4 】

主軸制御部 7 は、タップ加工の主軸モータ 2 3 を制御する軸制御部であり、分配器 5 より与えられる指令と主軸モータ 2 3 のパルスエンコーダ ( P G ) 2 4 が出力する位置情報とにより位置ループ制御状態で主軸モータ 2 3 を制御する。

## 【 0 0 5 5 】

図 2 は主軸モータ 2 3 の速度ループ制御状態の加減速パターンの一例を示している。主軸モータ 2 3 の回転速度が指示された指令回転速度 C M D \_ S に達するまでの加速時においては、停止状態からの加速開始時には緩やかに加速し、その後、ほぼ一定の傾きで加速し続け、主軸モータ 2 3 の回転速度が指示された指令回転速度 C M D \_ S 付近に達すると、再び緩やかな加速となり、主軸モータ 2 3 の回転速度が指令回転速度 C M D \_ S に達すれば、指令回転速度 C M D \_ S で定速回転となり、減速時にはその逆になる。

20

## 【 0 0 5 6 】

主軸加減速パターン用データ記憶部 3 には上述のような加減速パターンで加減速するためのデータが図 3 に例示されているように格納されている。この例では、加減速が四段階で行われるようになっており、一段目時定数 T 1 と一段目主軸回転速度 S P D 1 は一段目の加減速の傾きを決定するためのデータ、二段目時定数 T 2 と二段目主軸回転速度 S P D 2 は二段目の加減速の傾きを決定するためのデータ、三段目時定数 T 3 と三段目主軸回転速度 S P D 3 は三段目の加減速の傾きを決定するためのデータ、四段目時定数 T 4 と四段目主軸回転速度 S P D 4 は四段目の加減速の傾きを決定するためのデータである。

30

## 【 0 0 5 7 】

図 4 は主軸加減速制御部 4 が算出する加速時出力指令の一例であり、図 3 に示す主軸加減速パターン用データ記憶部 3 に記憶されたデータを参照して説明する。

## 【 0 0 5 8 】

一段目の加速出力指令 A 1 は、主軸モータ 2 3 の回転速度が 0 ( 停止状態 ) から一段目主軸回転速度 S P D 1 に達するまでの加速出力指令であり、主軸加減速パターン用データ記憶部 3 に記憶されている一段目時定数 T 1 および一段目主軸回転速度 S P D 1 に基づいて算出される。

## 【 0 0 5 9 】

二段目の加速出力指令 A 2 は、主軸モータ 2 3 の回転速度が一段目主軸回転速度 S P D 1 から二段目主軸回転速度 S P D 2 に達するまでの加速出力指令であり、主軸加減速パターン用データ記憶部 3 に記憶されている二段目時定数 T 2 および二段目主軸回転速度 S P D 2 に基づいて算出される。

40

## 【 0 0 6 0 】

三段目の加速出力指令 A 3 は、主軸モータ 2 3 の回転速度が二段目主軸回転速度 S P D 2 から三段目主軸回転速度 S P D 3 に達するまでの加速出力指令であり、主軸加減速パターン用データ記憶部 3 に記憶されている三段目時定数 T 3 および三段目主軸回転速度 S P D 3 に基づいて算出される。

## 【 0 0 6 1 】

50

四段目の加速出力指令 A 4 は、主軸モータ 2 3 の回転速度が三段目主軸回転速度 S P D 3 から四段目主軸回転速度 S P D 4 に達するまでの加速出力指令であり、主軸加減速パターン用データ記憶部 3 に記憶されている四段目時定数 T 4 および四段目主軸回転速度 S P D 4 に基づいて算出される。

【 0 0 6 2 】

定速時の出力指令 S は、四段目主軸回転速度 S P D 4 に基づいて算出される。

【 0 0 6 3 】

このように、各段ごとの加速出力指令 A 1、A 2、A 3、A 4 および定速時の出力指令 S に基づいて位置ループ制御状態の主軸モータ 2 3 を、図 2 に示す主軸モータの速度ループ制御状態の加速パターンに類似した（直線近似した意味、以下同じ）加速パターン、即ち主軸モータ 2 3 が加速するのに適した加速パターンで制御するための指令が作成される。

10

【 0 0 6 4 】

ここでは、加工プログラム P に指令された主軸回転速度が四段目主軸回転速度 S P D 4 以上の値であり、かつ主軸と同期状態を保持する送り軸の移動指令値が、主軸モータ 2 3 が四段目主軸回転速度 S P D 4 に達するのに十分な値である例を示したが、主軸と同期状態を保持する送り軸の移動指令値が、主軸モータ 2 3 が加工プログラム P に指令された主軸回転速度および四段目主軸回転速度 S P D 4 に達するのに十分な値でない場合には、加速可能な主軸回転速度まで加速後、減速を開始する。

【 0 0 6 5 】

また、加工プログラム P に指令された主軸回転速度が四段目主軸回転速度 S P D 4 未満であり、かつ主軸と同期状態を保持する送り軸の移動指令値が主軸モータ 2 3 が加工プログラム P に指令された主軸回転速度に達するのに十分な値である場合には、主軸モータ 2 3 は加工プログラム P に指令された主軸回転速度に達すると定速回転を行う。

20

【 0 0 6 6 】

図 5 は主軸加減速制御部 4 が算出する減速時出力指令の一例であり、図 3 に示す主軸加減速パターン用データ記憶部 3 に記憶されたデータを参照して説明する。

【 0 0 6 7 】

定速時の出力指令 S は、加速時と同等に四段目主軸回転速度 S P D 4 に基づいて算出される。

【 0 0 6 8 】

四段目の減速出力指令 D 4 は、減速処理の開始により、主軸モータ 2 3 の回転速度が四段目主軸回転速度 S P D 4 から三段目主軸回転速度 S P D 3 未満に達するまでの減速出力指令であり、主軸加減速パターン用データ記憶部 3 に記憶されている四段目時定数 T 4 および四段目主軸回転速度 S P D 4 に基づいて算出される。

30

【 0 0 6 9 】

三段目の減速出力指令 D 3 は、主軸モータ 2 3 の回転速度が三段目主軸回転速度 S P D 3 から二段目主軸回転速度 S P D 2 未満に達するまでの減速出力指令であり、主軸加減速パターン用データ記憶部 3 に記憶されている三段目時定数 T 3 および三段目主軸回転速度 S P D 3 に基づいて算出される。

【 0 0 7 0 】

二段目の減速出力指令 D 2 は、主軸モータ 2 3 の回転速度が二段目主軸回転速度 S P D 2 から一段目主軸回転速度 S P D 1 未満に達するまでの減速出力指令であり、主軸加減速パターン用データ記憶部 3 に記憶されている二段目時定数 T 2 および二段目主軸回転速度 S P D 2 に基づいて算出される。

40

【 0 0 7 1 】

一段目の減速出力指令 D 1 は、主軸モータ 2 3 の回転速度が一段目主軸回転速度 S P D 1 から 0（停止状態）に達するまでの減速出力指令であり、主軸加減速パターン用データ記憶部 3 に記憶されている一段目時定数 T 1 および一段目主軸回転速度 S P D 1 に基づいて算出される。

【 0 0 7 2 】

50

このように、定速時の出力指令 S および各段ごとの減速出力指令 D 1、D 2、D 3、D 4 に基づいて、位置ループ制御状態の主軸モータ 2 3 を、主軸モータ 2 3 の速度ループ制御状態の減速パターンに類似した減速パターン、即ち主軸モータ 2 3 が減速するのに適した減速パターンで制御するための指令が作成される。

【 0 0 7 3 】

また、ここでは、主軸モータ 2 3 の回転速度が四段目主軸回転速度 S P D 4 から減速を開始する例を示したが、主軸モータ 2 3 の回転速度が三段目主軸回転速度 S P D 3 以上かつ四段目主軸回転速度 S P D 4 未満から減速を開始する場合には、四段目の減速出力指令 D 4、三段目の減速出力指令 D 3、二段目の減速出力指令 D 2 および一段目の減速出力指令 D 1 に基づいて、主軸モータ 2 3 の回転速度が二段目主軸回転速度 S P D 2 以上かつ三段目主軸回転速度 S P D 3 未満から減速を開始する場合には、三段目の減速出力指令 D 3、二段目の減速出力指令 D 2 および一段目の減速出力指令 D 1 に基づいて、主軸モータ 2 3 の回転速度が一段目主軸回転速度 S P D 1 以上かつ二段目主軸回転速度 S P D 2 未満から減速を開始する場合には、二段目の減速出力指令 D 2 および一段目の減速出力指令 D 1 に基づいて、主軸モータ 2 3 の回転速度が一段目主軸回転速度 S P D 1 未満から減速を開始する場合には、一段目の減速出力指令 D 1 に基づいて、位置ループ制御状態の主軸モータ 2 3 を主軸モータの速度ループ制御状態の減速パターンに類似した減速パターン、つまり主軸モータ 2 3 が減速するのに適した減速パターンで制御するための指令を作成する。

10

【 0 0 7 4 】

図 6 はタップ切削加工動作またはタップ引き抜き動作の処理開始時に 1 度だけ実行される初期化処理のフローチャートである。この初期化処理では、図 7 および図 8 に示されているタップ加工処理ルーチンで使用するフラグ F 1 ~ フラグ F 3 の初期化、即ちフラグ F 1 ~ フラグ F 3 に「 0 」をセットすることを行う (ステップ S 1)。

20

【 0 0 7 5 】

図 7 および図 8 は、タップ切削加工動作またはタップ引き抜き動作の処理のフローチャートであり、図 3 に示す主軸加減速パターン用データ記憶部 3 に記憶されたデータ、図 4 に示す主軸加減速制御部 4 の加速時出力指令および図 5 に示す主軸加減速制御部 4 の減速時出力指令を参照して説明する。

【 0 0 7 6 】

初期化処理 (図 6 に示すステップ S 1) が終了した後、主軸と送り軸の同期状態を保持する送り軸の加速処理、即ち加工プログラム P で指令された加工情報、主軸加減速パターン用データ記憶部 3 に記憶されている一段目時定数 T 1 および一段目主軸回転速度 S P D 1 に基づく図 4 の一段目の加速出力指令 A 1 による一段目の加速指令処理を行う (ステップ S 2)。

30

【 0 0 7 7 】

つぎに、加工プログラム P で指令された主軸と同期状態を保持する送り軸の移動指令値に基づいて減速指令処理を開始するか否かを判別する (ステップ S 3)。

【 0 0 7 8 】

減速指令処理を開始すると判別すれば、一段目の加速指令処理を終了してステップ S 2 3 に移行し、減速指令処理を開始する。

40

【 0 0 7 9 】

これに対し、減速指令処理を開始すると判別しなければ、一段目の加速指令処理を続行し、主軸モータ 2 3 の主軸回転速度が加工プログラム P で指令された主軸回転速度に到達したか否かを判別する (ステップ S 4)。

【 0 0 8 0 】

主軸モータ 2 3 の主軸回転速度が加工プログラム P で指令された主軸回転速度に到達したと判別すれば、一段目の加速指令処理を終了し、ステップ S 2 1 に移行し、定速指令処理を開始する。

【 0 0 8 1 】

これに対し、主軸モータ 2 3 の主軸回転速度が加工プログラム P で指令された主軸回転速

50

度に到達したと判別しなければ、一段目の加速指令処理を続行し、主軸モータ 2 3 の主軸回転速度が主軸加減速パターン用データ記憶部 3 に記憶されている一段目主軸回転速度 SPD 1 に到達したか否かを判別する（ステップ S 5）。

【 0 0 8 2 】

主軸モータ 2 3 の主軸回転速度が一段目主軸回転速度 SPD 1 に到達したと判別しなければ、一段目の加速指令処理を続行し、ステップ S 3 に戻り、再度一段目の加速指令処理を終了する判別（ステップ S 3 ~ ステップ S 5）を実行する。

【 0 0 8 3 】

これに対し、主軸モータ 2 3 の主軸回転速度が一段目主軸回転速度 SPD 1 に到達したと判別すれば、一段目の加速指令処理を終了し、フラグ F 1 に「 1 」をセットし（ステップ S 6）、加工プログラム P で指令された加工情報、主軸加減速パターン用データ記憶部 3 に記憶されている二段目時定数 T 2 および二段目主軸回転速度 SPD 2 に基づく図 4 の二段目の加速出力指令 A 2 による二段目の加速指令処理を実行する（ステップ S 7）。

10

【 0 0 8 4 】

つぎに、加工プログラム P で指令された主軸と同期状態を保持する送り軸の移動指令値に基づいて減速指令処理を開始するか否かを判別する（ステップ S 8）。

【 0 0 8 5 】

減速指令処理を開始すると判別すれば、二段目の加速指令処理を終了し、ステップ S 2 3 に移行し、減速指令処理を開始する。

【 0 0 8 6 】

20

これに対し、減速指令処理を開始すると判別しなければ、二段目の加速指令処理を続行し、主軸モータ 2 3 の主軸回転速度が加工プログラム P で指令された主軸回転速度に到達したか否かを判別する（ステップ S 9）。

【 0 0 8 7 】

主軸モータ 2 3 の主軸回転速度が加工プログラム P で指令された主軸回転速度に到達したと判別すれば、二段目の加速指令処理を終了し、ステップ S 2 1 に移行し、定速指令処理を開始する。

【 0 0 8 8 】

これに対し、主軸モータ 2 3 の主軸回転速度が加工プログラム P で指令された主軸回転速度に到達したと判別しなければ、二段目の加速指令処理を続行し、主軸モータ 2 3 の主軸回転速度が主軸加減速パターン用データ記憶部 3 に記憶されている二段目主軸回転速度 SPD 2 に到達したか否かを判別する（ステップ S 1 0）。

30

【 0 0 8 9 】

主軸モータ 2 3 の主軸回転速度が二段目主軸回転速度 SPD 2 に到達したと判別しなければ、二段目の加速指令処理を続行し、ステップ S 8 に戻り、再度二段目の加速指令処理を終了する判別（ステップ S 8 ~ ステップ S 1 0）を実行する。

【 0 0 9 0 】

これに対し、主軸モータ 2 3 の主軸回転速度が二段目主軸回転速度 SPD 2 に到達したと判別すれば、二段目の加速指令処理を終了し、フラグ F 2 に「 1 」をセットし（ステップ S 1 1）、加工プログラム P で指令された加工情報、主軸加減速パターン用データ記憶部 3 に記憶されている三段目時定数 T 3 および三段目主軸回転速度 SPD 3 に基づいて図 4 の三段目の加速出力指令 A 3 による三段目の加速指令処理を実行する（ステップ S 1 2）。

40

【 0 0 9 1 】

つぎに、加工プログラム P で指令された主軸と同期状態を保持する送り軸の移動指令値に基づいて減速指令処理を開始するか否かを判別する（ステップ S 1 3）。

【 0 0 9 2 】

減速指令処理を開始すると判別すれば、三段目の加速指令処理を終了し、ステップ S 2 3 に移行し、減速指令処理を開始する。

【 0 0 9 3 】

50

これに対し、減速指令処理を開始すると判別しなければ、三段目の加速指令処理を続行し、主軸モータ23の主軸回転速度が加工プログラムPで指令された主軸回転速度に到達したか否かを判別する(ステップS14)。

【0094】

主軸モータ23の主軸回転速度が加工プログラムPで指令された主軸回転速度に到達したと判別すれば、三段目の加速指令処理を終了し、ステップS21に移行し、定速指令処理を開始する。

【0095】

これに対し、主軸モータ23の主軸回転速度が加工プログラムPで指令された主軸回転速度に到達したと判別しなければ、三段目の加速指令処理を続行し、主軸モータ23の主軸回転速度が主軸加減速パターン用データ記憶部3に記憶された三段目主軸回転速度SPD3に到達したか否かを判別する(ステップS15)。

10

【0096】

主軸モータ23の主軸回転速度が三段目主軸回転速度SPD3に到達したと判別しなければ、三段目の加速指令処理を続行し、ステップS13に戻り、再度三段目の加速指令処理を終了する判別(ステップS13~ステップS15)を実行する。

【0097】

これに対し、主軸モータ23の主軸回転速度が三段目主軸回転速度SPD3に到達したと判別すれば、三段目の加速指令処理を終了し、フラグF3に「1」をセットし(ステップS16)、加工プログラムPで指令された加工情報、主軸加減速パターン用データ記憶部3に記憶されている四段目時定数T4および四段目主軸回転速度SPD4に基づく図4の加速出力指令A4による四段目の加速指令処理を実行する(ステップS17)。

20

【0098】

つぎに、図8において、加工プログラムPで指令された主軸と同期状態を保持する送り軸の移動指令値に基づいて減速指令処理を開始するか否かを判別する(ステップS18)。

【0099】

減速指令処理を開始すると判別すれば、四段目の加速指令処理を終了し、ステップS23に移行し、減速指令処理を開始する。

【0100】

これに対し、減速指令処理を開始すると判別しなければ、四段目の加速指令処理を続行し、主軸モータ23の主軸回転速度が加工プログラムPで指令された主軸回転速度に到達したか否かを判別する(ステップS19)。

30

【0101】

主軸モータ23の主軸回転速度が加工プログラムPで指令された主軸回転速度に到達したと判別すれば、四段目の加速指令処理を終了し、ステップS21に移行し、定速指令処理を開始する。

【0102】

これに対し、主軸モータ23の主軸回転速度が加工プログラムPで指令された主軸回転速度に到達したと判別しなければ、四段目の加速指令処理を続行し、主軸モータ23の主軸回転速度が主軸加減速パターン用データ記憶部3に記憶されている四段目主軸回転速度SPD4に到達したか否かを判別する(ステップS20)。

40

【0103】

主軸モータ23の主軸回転速度が四段目主軸回転速度SPD4に到達したと判別しなければ、四段目の加速指令処理を続行し、ステップS18に戻り、再度四段目の加速指令処理を終了する判別(ステップS18~ステップS20)を実行する。

【0104】

これに対し、主軸モータ23の主軸回転速度が四段目主軸回転速度SPD4に到達したと判別すれば、四段目の加速指令処理を終了し、加工プログラムPで指令された加工情報に基づいて図4に示した定速時の出力指令Sの定速指令処理を開始する(ステップS21)。

50

## 【 0 1 0 5 】

つぎに、加工プログラム P で指令された主軸と同期状態を保持する送り軸の移動指令値に基づいて減速指令処理を開始するか否かを判別する（ステップ S 2 2）。減速指令処理を開始すると判別しなければ、定速時の出力指令 S による定速指令処理を続行し、再度ステップ S 2 2 を実行する。これに対し、減速指令処理を開始すると判別すれば、定速指令処理を終了し、つぎにステップ S 2 3 に移る。

## 【 0 1 0 6 】

ステップ S 2 3 では、フラグ F 3 に「 1 」がセットされているか否かによって四段目の減速指令処理を行うか否かを判別する。

## 【 0 1 0 7 】

フラグ F 3 に「 1 」がセットされていると判別しなければ、ステップ S 2 6 に移行し、三段目の減速指令処理を行うか否かを判別する処理を実行する。

## 【 0 1 0 8 】

これに対し、フラグ F 3 に「 1 」がセットされていると判別すれば、加工プログラム P で指令された加工情報、主軸加減速パターン用データ記憶部 3 に記憶されている四段目時定数 T 4 および四段目主軸回転速度 S P D 4 に基づく図 5 に示した四段目の減速出力指令 D 4 による四段目の減速指令処理を実行する（ステップ S 2 4）。

## 【 0 1 0 9 】

つぎに、主軸モータ 2 3 の主軸回転速度が主軸加減速パターン用データ記憶部 3 に記憶された三段目主軸回転速度 S P D 3 未満になったか否かを判別する（ステップ S 2 5）。

## 【 0 1 1 0 】

主軸モータ 2 3 の主軸回転速度が三段目主軸回転速度 S P D 3 未満になったと判別しなければ、四段目の減速指令処理を続行し、再度ステップ S 2 5 を実行する。

## 【 0 1 1 1 】

これに対し、主軸モータ 2 3 の主軸回転速度が三段目主軸回転速度 S P D 3 未満になったと判別すれば、フラグ F 2 に「 1 」がセットされているか否かによって三段目の減速指令処理を行うか否かを判別する（ステップ S 2 6）。

## 【 0 1 1 2 】

フラグ F 2 に「 1 」がセットされていると判別しなければ、ステップ S 2 9 に移行し、二段目の減速指令処理を行うか否かを判別する処理を実行する。

## 【 0 1 1 3 】

これに対し、フラグ F 2 に「 1 」がセットされていると判別すれば、加工プログラム P で指令された加工情報、主軸加減速パターン用データ記憶部 3 に記憶された三段目時定数 T 3 および三段目主軸回転速度 S P D 3 に基づいて図 5 に示した三段目の減速出力指令 D 3 による三段目の減速指令処理を実行する（ステップ S 2 7）。

## 【 0 1 1 4 】

つぎに主軸モータ 2 3 の主軸回転速度が主軸加減速パターン用データ記憶部 3 に記憶されている二段目主軸回転速度 S P D 2 未満になったか否かを判別する（ステップ S 2 8）。

## 【 0 1 1 5 】

主軸モータ 2 3 の主軸回転速度が二段目主軸回転速度 S P D 2 未満になったと判別しなければ、三段目の減速指令処理を続行し、再度ステップ S 2 8 を実行する。

## 【 0 1 1 6 】

これに対し、主軸モータ 2 3 の主軸回転速度が二段目主軸回転速度 S P D 2 未満になったと判別すれば、フラグ F 1 に「 1 」がセットされているか否かによって二段目の減速指令処理を行うか否かを判別する（ステップ S 2 9）。

## 【 0 1 1 7 】

フラグ F 1 に「 1 」がセットされていると判別しなければ、ステップ S 3 2 に移行し、一段目の減速指令処理を実行する。

## 【 0 1 1 8 】

これに対し、フラグ F 1 に「 1 」がセットされていると判別すれば、加工プログラム P で

10

20

30

40

50

指令された加工情報、主軸加減速パターン用データ記憶部 3 に記憶された二段目時定数 T 2 および二段目主軸回転速度 S P D 2 に基づく図 5 に示した二段目の減速出力指令 D 2 による二段目の減速指令処理を実行する (ステップ S 3 0)。

【 0 1 1 9 】

つぎに、主軸モータ 2 3 の主軸回転速度が主軸加減速パターン用データ記憶部 3 に記憶された一段目主軸回転速度 S P D 1 未満になったか否かを判別する (ステップ S 3 1)。

【 0 1 2 0 】

主軸モータ 2 3 の主軸回転速度が一段目主軸回転速度 S P D 1 未満になったと判別しなければ、二段目の減速指令処理を続行し、再度ステップ S 3 1 を実行する。

【 0 1 2 1 】

これに対し、主軸モータ 2 3 の主軸回転速度が一段目主軸回転速度 S P D 1 未満になったと判別すれば、つぎに、加工プログラム P で指令された加工情報、主軸加減速パターン用データ記憶部 3 に記憶されている一段目時定数 T 1 および一段目主軸回転速度 S P D 1 に基づく図 5 に示した一段目の減速出力指令 D 1 による一段目の減速指令処理を実行する (ステップ S 3 2)。

【 0 1 2 2 】

つぎに、加工プログラム P で指令された主軸と同期状態を保持する送り軸の移動指令値に基づいて一段目の減速指令処理を終了するか否かを判別し (ステップ S 3 3)、一段目の減速指令処理を終了すると判別すれば、タップ切削加工動作またはタップ引き抜き動作が終了する。一段目の減速指令処理を終了すると判別しなければ、一段目の減速指令処理を

【 0 1 2 3 】

この結果、図 4 に示されている一段目の加速出力指令 A 1、二段目の加速出力指令 A 2、三段目の加速出力指令 A 3、四段目の加速出力指令 A 4 の各段の加速出力指令、および図 5 に示されている四段目の減速出力指令 D 4、三段目の減速出力指令 D 3、二段目の減速出力指令 D 2、一段目の減速出力指令 D 1 の各段の減速出力指令に基づいて、位置ループ制御状態の主軸モータ 2 3 を、図 2 に示す主軸モータの速度ループ制御状態の加減速パターンに類似した加減速パターン、即ち主軸モータ 2 3 が加減速するのに最適な加減速パターンで制御することができる。

【 0 1 2 4 】

これにより主軸モータ 2 3 の応答性が向上し、タップ加工に要するサイクルタイムを短縮するために、加減速の傾き (加速度) を大きくする方法を用いる場合においても、主軸モータ 2 3 は送り軸モータ 2 1 に対して、停止状態からの加速開始時、加速終了時 (定速回転) の直前、定速回転からの減速開始時および減速終了時 (停止状態) の直前等に追従遅れが発生し難くなり、加工精度の向上だけでなくサイクルタイムの短縮が実現できる。

【 0 1 2 5 】

なお、上述の実施の形態では、位置ループ制御状態の主軸モータ 2 3 を、速度ループ制御状態の加減速パターンに類似した加減速パターンで制御するために、主軸加減速パターン用データ記憶部 3 に四段分の主軸加減速パターン用データを記憶したが、主軸加減速パターン用データは四段分以外の多段分であってもよい。

【 0 1 2 6 】

(実施の形態 2)

図 9 はこの発明による数値制御装置の実施の形態 2 を示している。尚、図 9 に於いて、図 1 に対応する部分は図 1 に付した符号と同一の符号を付けてその説明を省略する。

【 0 1 2 7 】

この実施の形態では、主軸加減速パターン用データ記憶部 3 は、位置ループ制御状態の主軸モータ 2 3 を速度ループ制御状態の主軸モータの加減速パターンに類似した加減速パターンで制御するための主軸加減速パターン用データを複数種類、記憶しており、主軸加減速パターン用データ記憶部 3 に記憶された複数種類のデータから任意の主軸加減速パターン用データを選択する主軸加減速パターン用データ選択部 8 が設けられている。

10

20

30

40

50

## 【 0 1 2 8 】

主軸加減速制御部 4 は、主軸加減速パターン用データ選択部 8 により選択された主軸加減速パターン用データに基づいて、位置ループ制御状態の主軸モータ 2 3 を速度ループ制御状態の主軸モータの加減速パターンに類似した加減速パターンで制御するための指令を算出する。

## 【 0 1 2 9 】

図 1 0 は主軸加減速パターン用データ記憶部 3 における複数種類の主軸加減速パターン用データの格納例を示している。この例では、番号 1 ~ 番号 4 の 4 種類の主軸加減速パターン用データが主軸加減速パターン用データ記憶部 3 に格納されている。

## 【 0 1 3 0 】

主軸加減速パターン番号 1 の主軸加減速パターン用データは、一段目時定数 T 1 1、二段目時定数 T 1 2、三段目時定数 T 1 3、一段目主軸回転速度 S P D 1 1、二段目主軸回転速度 S P D 1 2、三段目主軸回転速度 S P D 1 3 よりなり、主軸加減速パターン番号 2 の主軸加減速パターン用データは、一段目時定数 T 2 1、二段目時定数 T 2 2、三段目時定数 T 2 3、一段目主軸回転速度 S P D 2 1、二段目主軸回転速度 S P D 2 2、三段目主軸回転速度 S P D 2 3 よりなり、主軸加減速パターン番号 3 の主軸加減速パターン用データは、一段目時定数 T 3 1、二段目時定数 T 3 2、三段目時定数 T 3 3、四段目時定数 T 3 4、一段目主軸回転速度 S P D 3 1、二段目主軸回転速度 S P D 3 2、三段目主軸回転速度 S P D 3 3、四段目主軸回転速度 S P D 3 4 よりなり、主軸加減速パターン番号 4 の主軸加減速パターン用データは、一段目時定数 T 4 1、二段目時定数 T 4 2、三段目時定数 T 4 3、四段目時定数 T 4 4、一段目主軸回転速度 S P D 4 1、二段目主軸回転速度 S P D 4 2、三段目主軸回転速度 S P D 4 3、四段目主軸回転速度 S P D 4 4 よりなる。

## 【 0 1 3 1 】

各々の主軸加減速パターン用データ群において、一段目時定数 T 1 1、T 2 1、T 3 1、T 4 1 と一段目主軸回転速度 S P D 1 1、S P D 2 1、S P D 3 1、S P D 4 1 は一段目の加減速の傾きを決定するための主軸加減速パターン用データ、二段目時定数 T 1 2、T 2 2、T 3 2、T 4 2 と二段目主軸回転速度 S P D 1 2、S P D 2 2、S P D 3 2、S P D 4 2 は二段目の加減速の傾きを決定するための主軸加減速パターン用データ、三段目時定数 T 1 3、T 2 3、T 3 3、T 4 3 と三段目主軸回転速度 S P D 1 3、S P D 2 3、S P D 3 3、S P D 4 3 は三段目の加減速の傾きを決定するための主軸加減速パターン用データ、四段目時定数 T 3 4、T 4 4 と四段目主軸回転速度 S P D 3 4、S P D 4 4 は四段目の加減速の傾きを決定するための主軸加減速パターン用データである。

## 【 0 1 3 2 】

図 1 1 は主軸加減速制御部 4 のタップ加工動作の出力指令の一例を示している。図 1 1 において、1 は主軸加減速パターン用データ記憶部 3 に記憶された主軸加減速パターン番号 1 の主軸加減速パターン用データに基づいた加減速出力指令を、2 は主軸加減速パターン用データ記憶部 3 に記憶された主軸加減速パターン番号 2 の主軸加減速パターン用データに基づいた加減速出力指令を、3 は主軸加減速パターン用データ記憶部 3 に記憶された主軸加減速パターン番号 3 の主軸加減速パターン用データに基づいた加減速出力指令を、4 は主軸加減速パターン用データ記憶部 3 に記憶された主軸加減速パターン番号 4 の主軸加減速パターン用データに基づいた加減速出力指令を各々示している。

## 【 0 1 3 3 】

加減速出力指令 1 ~ 4 は、ワーク（図示せず）の材質、工具（図示せず）の材質および形状に基づいて主軸加減速パターン用データ記憶部 3 に記憶された複数種類の主軸加減速パターン用データ群から最適な主軸加減速パターン用データを選択し、かつ選択された主軸加減速パターン用データに基づいて加減速出力指令を実行できる。

## 【 0 1 3 4 】

図 1 2 はこの実施の形態におけるタップ加工処理のフローチャートであり、図 1 0 に示す主軸加減速パターン用データ記憶部 3 に記憶された主軸加減速パターン用データ群、図 1 1 に示す主軸加減速制御部 4 の加減速出力指令を参照して説明する。

10

20

30

40

50

## 【0135】

先ず、主軸加減速パターン用データ選択部8は、主軸加減速パターン用データ記憶部3からワーク(図示せず)の材質、工具(図示せず)の材質および形状に基づいて加工プログラムPで指示された主軸加減速パターン番号の主軸加減速パターン用データを選択する(ステップS101)。この説明では、図10に示す主軸加減速パターン番号2の主軸加減速パターン用データを選択したこととする。

## 【0136】

つぎに、加工プログラムPで指令された加工情報および選択された図10における主軸加減速パターン番号2の主軸加減速パターン用データに基づいて図11のタップ切削加工動作指令処理を実行する(ステップS102)。

10

## 【0137】

この後にタップ切削加工が穴底まで到達したか否かを判別し(ステップS103)、タップ切削加工が穴底まで到達したと判別しなければ、タップ切削加工動作指令処理を続行する。これに対しタップ切削加工が穴底まで到達したと判別すれば、タップ切削加工動作指令処理を終了し、加工プログラムPで指令された加工情報および選択された図10に示す主軸加減速パターン番号2の主軸加減速パターン用データに基づいて図11のタップ引き抜き動作指令処理を実行する(ステップS104)。

## 【0138】

この後にタップ加工開始位置まで戻ったか否かを判別し(ステップS105)、タップ加工位置まで戻ったと判別すれば、タップ加工処理を終了する。タップ加工開始位置まで戻ったと判別しなければ、タップ引き抜き動作指令処理を続行し、再度ステップS105を実行する。

20

## 【0139】

この結果、位置ループ制御状態の主軸モータ23を、主軸モータの速度ループ制御状態の加減速パターンに類似した加減速パターンで制御するだけでなく、複数種類の主軸加減速パターン用データ群からワーク(図示せず)の材質、工具(図示せず)の材質および形状に基づいて最適な加減速パターンに基づいて制御することができる。

## 【0140】

これにより、主軸モータ23の応答性が的確に向上し、タップ加工に要するサイクルタイムを短縮するため、加減速の傾きを大きくする方法を用いる場合においても、効率的なタップ加工およびタップ加工精度の向上が実現できる。

30

## 【0141】

なお、上記実施の形態2では、位置ループ制御状態の主軸モータ23を、速度ループ制御状態の加減速パターンに類似した加減速パターンで制御するために主軸加減速パターン用データ記憶部3に4種類(主軸加減速パターン番号1~主軸加減速パターン番号4)の主軸加減速パターン用データを記憶したが、主軸加減速パターン用データの種類の数は4種類に限られることはない。

## 【0142】

(実施の形態3)

図13はこの発明による数値制御装置の実施の形態3を示している。尚、図13に於いて、図1、図9に対応する部分は図1、図9に付した符号と同一の符号を付けてその説明を省略する。

40

## 【0143】

この実施の形態では、加工プログラムPにタップ切削加工動作の主軸加減速パターン番号とタップ引き抜き動作の主軸加減速パターン番号を記述設定する入力部9が設けられている。

## 【0144】

主軸加減速パターン用データ選択部8は、加工プログラムPに指令された番号(種類)によるタップ切削加工動作の主軸加減速パターン用データとタップ引き抜き動作の主軸加減速パターン用データを、主軸加減速パターン用データ記憶部3に記憶された複数種類のデ

50

ータから選択して読み出す。

【 0 1 4 5 】

この場合も、主軸加減速制御部 4 は、主軸加減速パターン用データ選択部 8 により選択された主軸加減速パターン用データに基づいて、位置ループ制御状態の主軸モータ 2 3 を速度ループ制御状態の主軸モータの加減速パターンに類似した加減速パターンで制御するための指令を算出する。

【 0 1 4 6 】

図 1 4 は主軸加減速パターン用データ記憶部 3 における複数種類の主軸加減速パターン用データの格納例を示している。この例では、番号 1 ~ 番号 4 の 4 種類の主軸加減速パターン用データが主軸加減速パターン用データ記憶部 3 に格納されている。

10

【 0 1 4 7 】

主軸加減速パターン番号 1 の主軸加減速パターン用データは、一段目時定数 T 1 1、二段目時定数 T 1 2、三段目時定数 T 1 3、一段目主軸回転速度 S P D 1 1、二段目主軸回転速度 S P D 1 2、三段目主軸回転速度 S P D 1 3 よりなり、主軸加減速パターン番号 2 の主軸加減速パターン用データは、一段目時定数 T 2 1、二段目時定数 T 2 2、三段目時定数 T 2 3、四段目時定数 T 2 4、一段目主軸回転速度 S P D 2 1、二段目主軸回転速度 S P D 2 2、三段目主軸回転速度 S P D 2 3、四段目主軸回転速度 S P D 2 4 よりなり、主軸加減速パターン番号 3 の主軸加減速パターン用データは、一段目時定数 T 3 1、二段目時定数 T 3 2、三段目時定数 T 3 3、四段目時定数 T 3 4、一段目主軸回転速度 S P D 3 1、二段目主軸回転速度 S P D 3 2、三段目主軸回転速度 S P D 3 3、四段目主軸回転速度 S P D 3 4 よりなり、主軸加減速パターン番号 4 の主軸加減速パターン用データは、一段目時定数 T 4 1、二段目時定数 T 4 2、三段目時定数 T 4 3、四段目時定数 T 4 4、五段目時定数 T 4 5、一段目主軸回転速度 S P D 4 1、二段目主軸回転速度 S P D 4 2、三段目主軸回転速度 S P D 4 3、四段目主軸回転速度 S P D 4 4、五段目主軸回転速度 S P D 4 5 よりなる。

20

【 0 1 4 8 】

各々の主軸加減速パターン用データ群において、一段目時定数 T 1 1、T 2 1、T 3 1、T 4 1 と一段目主軸回転速度 S P D 1 1、S P D 2 1、S P D 3 1、S P D 4 1 は一段目の加減速の傾きを決定するための主軸加減速パターン用データ、二段目時定数 T 1 2、T 2 2、T 3 2、T 4 2 と二段目主軸回転速度 S P D 1 2、S P D 2 2、S P D 3 2、S P D 4 2 は二段目の加減速の傾きを決定するための主軸加減速パターン用データ、三段目時定数 T 1 3、T 2 3、T 3 3、T 4 3 と三段目主軸回転速度 S P D 1 3、S P D 2 3、S P D 3 3、S P D 4 3 は三段目の加減速の傾きを決定するための主軸加減速パターン用データ、四段目時定数 T 2 4、T 3 4、T 4 4 と四段目主軸回転速度 S P D 2 4、S P D 3 4、S P D 4 4 は四段目の加減速の傾きを決定するための主軸加減速パターン用データ、五段目時定数 T 4 5 と五段目主軸回転速度 S P D 4 5 は五段目の加減速の傾きを決定するための主軸加減速パターン用データである。

30

【 0 1 4 9 】

図 1 5 は加工プログラム P のブロック記述において、タップ切削加工動作の主軸加減速パターン番号とタップ引き抜き動作の主軸加減速パターン番号を指令したタップ加工のプログラム例を示している。タップ切削加工動作の主軸加減速パターン番号とタップ引き抜き動作の主軸加減速パターン番号の指令は、" Q \_\_ , Q \_\_ " で行われ、この例では、タップ切削加工動作の主軸加減速パターン番号が 1 を、タップ引き抜き動作の主軸加減速パターン番号が 4 を指令している。

40

【 0 1 5 0 】

主軸加減速パターン用データの選択設定は加工プログラム P に上述のように記述されたアドレスデータ " Q \_\_ , Q \_\_ " の解析により行われる。

【 0 1 5 1 】

図 1 6 は実施の形態 3 における主軸加減速制御部 4 のタップ加工動作の出力指令の一例を示している。図 1 6 において、 1 は主軸加減速パターン用データ記憶部 3 に記憶され

50

た主軸加減速パターン番号 1 の主軸加減速パターン用データに基づいたタップ切削加工動作の加減速出力指令を、 2 は主軸加減速パターン用データ記憶部 3 に記憶された主軸加減速パターン番号 2 の主軸加減速パターン用データに基づいたタップ切削加工動作の加減速出力指令を、 3 は主軸加減速パターン用データ記憶部 3 に記憶された主軸加減速パターン番号 3 の主軸加減速パターン用データに基づいたタップ引き抜き動作の加減速出力指令を、 4 は主軸加減速パターン用データ記憶部 3 に記憶された主軸加減速パターン番号 4 の主軸加減速パターン用データに基づいたタップ引き抜き動作の加減速出力指令を各々示している。

【 0 1 5 2 】

タップ引き抜き動作は切削を伴わないから、タップ切削加工動作より高速に行うことができる。このことから、タップ引き抜き動作の加減速出力指令がタップ切削加工動作の加減速出力指令と同一の加減速パターンによるものであると、タップ加工に要するサイクルタイムが長くなり、非効率的である。

10

【 0 1 5 3 】

このため、この実施の形態では、タップ引き抜き動作の加減速出力指令 3 、 4 は、タップ切削加工動作の加減速出力指令 1 、 2 による加減速パターンより加減速に要する時間が短いものを主軸加減速パターン用データ記憶部 3 から選択し、選択された主軸加減速パターン用データに基づいて加減速出力指令を実行する。

【 0 1 5 4 】

図 1 6 に示されている例では、主軸加減速パターン用データ記憶部 3 に記憶された主軸加減速パターン番号 1 の主軸加減速パターン用データおよび主軸加減速パターン番号 2 の主軸加減速パターン用データに基づいてタップ切削加工動作の加減速出力指令を決定しているが、種々条件により、主軸加減速パターン用データ記憶部 3 に記憶された主軸加減速パターン番号 3 の主軸加減速パターン用データまたは主軸加減速パターン番号 4 の主軸加減速パターン用データに基づいてタップ切削加工動作の加減速出力指令を決定してもよく、また主軸加減速パターン用データ記憶部 3 に記憶された主軸加減速パターン番号 1 の主軸加減速パターン用データまたは主軸加減速パターン番号 2 の主軸加減速パターン用データに基づいてタップ引き抜き動作の加減速出力指令を決定してもよい。

20

【 0 1 5 5 】

図 1 7 はこの実施の形態におけるタップ加工処理のフローチャートであり、図 1 4 に示す主軸加減速パターン用データ記憶部 3 に記憶された主軸加減速パターン用データ群、図 1 5 に示すタップ切削加工動作の主軸加減速パターン番号およびタップ引き抜き動作の主軸加減速パターン番号を指示したタップ加工のプログラム、図 1 6 に示す主軸加減速制御部 4 の加減速出力指令を参照して説明する。

30

【 0 1 5 6 】

先ず、主軸加減速パターン用データ選択部 8 はタップ加工のプログラム P により指令されたタップ切削加工動作の主軸加減速パターン番号の主軸加減速パターン用データを主軸加減速パターン用データ記憶部 3 から選択する（ステップ S 2 0 1）。図 1 5 に示されているタップ加工のプログラムでは、タップ切削加工動作の主軸加減速パターン番号が 1 であることを指示しているので、図 1 4 における主軸加減速パターン番号 1 の主軸加減速パターン用データを選択する。

40

【 0 1 5 7 】

つぎに、タップ加工のプログラムで指令された加工情報および前ステップで選択された主軸加減速パターン番号 1 の主軸加減速パターン用データに基づいて図 1 6 にて 1 で示すタップ切削加工動作指令処理を実行する（ステップ S 2 0 2）。

【 0 1 5 8 】

つぎに、タップ切削加工が穴底まで到達したか否かを判別し（ステップ S 2 0 3）、タップ切削加工が穴底まで到達したと判別しなければ、タップ切削加工動作指令処理を続行し、再度ステップ S 2 0 3 を実行する。

【 0 1 5 9 】

50

これに対し、タップ切削加工が穴底まで到達したと判別すれば、タップ切削加工動作指令処理を終了し、つぎに主軸加減速パターン用データ選択部 8 がタップ加工のプログラムにより指令されたタップ引き抜き動作の主軸加減速パターン番号の主軸加減速パターン用データを主軸加減速パターン用データ記憶部 3 から選択する（ステップ S 2 0 4）。図 1 5 に示されているタップ加工のプログラムでは、タップ引き抜き動作の主軸加減速パターン番号が 4 であることを指示しているため、主軸加減速パターン番号 4 の主軸加減速パターン用データを選択する。

【 0 1 6 0 】

つぎに、タップ加工のプログラムで指令された加工情報および前ステップで選択された主軸加減速パターン番号 4 の主軸加減速パターン用データに基づいて図 1 6 にて 4 で示すタップ引き抜き動作指令処理を実行する（ステップ S 2 0 5）。 10

【 0 1 6 1 】

つぎに、タップ加工開始位置まで戻ったか否かを判別し（ステップ S 2 0 6）、タップ加工位置まで戻ったと判別すれば、タップ加工処理を終了する。タップ加工開始位置まで戻ったと判別しなければ、タップ引き抜き動作指令処理を続行し、再度ステップ S 2 0 6 を実行する。

【 0 1 6 2 】

この結果、位置ループ制御状態の主軸モータ 2 3 を主軸モータの速度ループ制御状態の加減速パターンに類似した加減速パターンで制御するだけでなく、複数種類の主軸加減速パターン用データ群からタップ切削加工動作とタップ引き抜き動作とで最適な加減速パターンに基づいて制御することができる。 20

【 0 1 6 3 】

これにより、タップ切削加工動作時とタップ引き抜き動作時とで各々主軸モータの応答性が最適状態で向上し、タップ加工に要するサイクルタイムを短縮するため、加減速の傾きを大きくする方法を用いる場合においても、効率的にタップ加工を実行することができ、タップ加工に要するサイクルタイムを短縮することが可能となる。

【 0 1 6 4 】

また、複数種類の主軸加減速パターン用データ群から選択されたタップ切削加工動作およびタップ引き抜き動作に最適な加減速パターンデータに基づいて制御するから、タップ加工のプログラムよりタップ切削加工動作の主軸回転速度およびタップ引き抜き動作の主軸回転速度をタップ加工のプログラムより別々に指示すれば、さらに効率的にタップ加工を実行することができ、タップ加工に要するサイクルタイムの短縮が可能となる。 30

【 0 1 6 5 】

（実施の形態 4）

図 1 8 はこの発明による数値制御装置の実施の形態 4 を示している。尚、図 1 8 に於いて、図 1、図 9、図 1 3 に対応する部分は図 1、図 9、図 1 3 に付した符号と同一の符号を付けてその説明を省略する。

【 0 1 6 6 】

この実施の形態では、主軸加速パターン用・主軸減速パターン用データ記憶部（主軸加減速パターン用データ記憶部）1 0 が設けられている。主軸加速パターン用・主軸減速パターン用データ記憶部 1 0 は、位置ループ制御状態の主軸モータ 2 3 を速度ループ制御状態の主軸モータの加速パターンに類似した加速パターンで制御するための主軸加速パターン用データと、位置ループ制御状態の主軸モータ 2 3 を速度ループ制御状態の主軸モータの減速パターンに類似した減速パターンで制御するための主軸減速パターン用データとを、各々複数種類、記憶している。 40

【 0 1 6 7 】

主軸加減速パターン用データ選択部 8 は、主軸加速パターン用・主軸減速パターン用データ記憶部 1 0 に記憶された複数種類のデータから指示された加速指令処理の主軸加速パターン用データと、減速指令処理の主軸減速パターン用データをそれぞれ選択する。

【 0 1 6 8 】

主軸加減速制御部 4 は主軸加減速パターン用データ選択部 8 によって選択された主軸加速パターン用データ、主軸減速パターン用データに基づいて位置ループ制御状態の主軸モータ 23 を速度ループ制御状態の主軸モータの加減速パターンに類似した個別の加速パターン、減速パターンで制御するための指令を算出する。

【 0 1 6 9 】

図 19 は主軸加速パターン用・主軸減速パターン用データ記憶部 10 における複数種類の主軸加減速パターン用データの格納例を示している。この例では、番号 1、番号 2 の 2 種類の主軸加速パターン用データと、番号 1、番号 2 の 2 種類の主軸減速パターン用データが主軸加速パターン用・主軸減速パターン用データ記憶部 10 に格納されている。

【 0 1 7 0 】

主軸加速パターン番号 1 の主軸加速パターン用データは、一段目加速時定数  $T a 1 1$ 、二段目加速時定数  $T a 1 2$ 、三段目加速時定数  $T a 1 3$ 、四段目加速時定数  $T a 1 4$ 、一段目主軸回転速度  $S P D a 1 1$ 、二段目主軸回転速度  $S P D a 1 2$ 、三段目主軸回転速度  $S P D a 1 3$ 、四段目主軸回転速度  $S P D a 1 4$  よりなり、主軸減速パターン番号 1 の主軸減速パターン用データは、一段目減速時定数  $T d 1 1$ 、二段目減速時定数  $T d 1 2$ 、三段目減速時定数  $T d 1 3$ 、一段目主軸回転速度  $S P D d 1 1$ 、二段目主軸回転速度  $S P D d 1 2$ 、三段目主軸回転速度  $S P D d 1 3$  よりなり、この両データは同一パターン番号でペアリングされている。

【 0 1 7 1 】

主軸加速パターン番号 2 の主軸加速パターン用データは、一段目加速時定数  $T a 2 1$ 、二段目加速時定数  $T a 2 2$ 、三段目加速時定数  $T a 2 3$ 、四段目加速時定数  $T a 2 4$ 、一段目主軸回転速度  $S P D a 2 1$ 、二段目主軸回転速度  $S P D a 2 2$ 、三段目主軸回転速度  $S P D a 2 3$ 、四段目主軸回転速度  $S P D a 2 4$  よりなり、主軸減速パターン番号 2 の主軸減速パターン用データは、一段目減速時定数  $T d 2 1$ 、二段目減速時定数  $T d 2 2$ 、三段目減速時定数  $T d 2 3$ 、一段目主軸回転速度  $S P D d 2 1$ 、二段目主軸回転速度  $S P D d 2 2$ 、三段目主軸回転速度  $S P D d 2 3$  よりなり、この両データも同一パターン番号でペアリングされている。

【 0 1 7 2 】

各々の主軸加速パターン用データ群において、一段目加速時定数  $T a 1 1$ 、 $T a 2 1$  と一段目主軸回転速度  $S P D a 1 1$ 、 $S P D a 2 1$  は一段目の加速の傾きを決定するための主軸加速パターン用データ、二段目加速時定数  $T a 1 2$ 、 $T a 2 2$  と二段目主軸回転速度  $S P D a 1 2$ 、 $S P D a 2 2$  は二段目の加速の傾きを決定するための主軸加速パターン用データ、三段目加速時定数  $T a 1 3$ 、 $T a 2 3$  と三段目主軸回転速度  $S P D a 1 3$ 、 $S P D a 2 3$  は三段目の加速の傾きを決定するための主軸加速パターン用データ、四段目加速時定数  $T a 1 4$ 、 $T a 2 4$  と四段目主軸回転速度  $S P D a 1 4$ 、 $S P D a 2 4$  は四段目の加速の傾きを決定するための主軸加速パターン用データである。

【 0 1 7 3 】

また、一段目減速時定数  $T d 1 1$ 、 $T d 2 1$  と一段目主軸回転速度  $S P D d 1 1$ 、 $S P D d 2 1$  は一段目の減速の傾きを決定するための主軸減速パターン用データ、二段目減速時定数  $T d 1 2$ 、 $T d 2 2$  と二段目主軸回転速度  $S P D d 1 2$ 、 $S P D d 2 2$  は二段目の減速の傾きを決定するための主軸減速パターン用データ、三段目減速時定数  $T d 1 3$ 、 $T d 2 3$  と三段目主軸回転速度  $S P D d 1 3$ 、 $S P D d 2 3$  は三段目の減速の傾きを決定するための主軸減速パターン用データである。

【 0 1 7 4 】

図 20 は実施の形態 4 における主軸加減速制御部 4 のタップ加工動作の出力指令の一例である。図 20 において、 $1 a$  は主軸加速パターン用・主軸減速パターン用データ記憶部 10 に記憶されている主軸加速パターン番号 1 の主軸加速パターン用データに基づいた加速出力指令、 $1 d$  は主軸加速パターン用・主軸減速パターン用データ記憶部 10 に記憶されている主軸減速パターン番号 1 の主軸減速パターン用データに基づいた減速出力指令である。

10

20

30

40

50

## 【 0 1 7 5 】

また、 2 a は主軸加速パターン用・主軸減速パターン用データ記憶部 1 0 に記憶されている主軸加速パターン番号 2 の主軸加速パターン用データに基づいた加速出力指令、  
2 d は主軸加速パターン用・主軸減速パターン用データ記憶部 1 0 に記憶されている主軸減速パターン番号 2 の主軸減速パターン用データに基づいた減速出力指令である。

## 【 0 1 7 6 】

加速出力指令 1 a、 2 a と、減速出力指令 1 d、 2 d では、加速動作と減速動作で共通の主軸加減速パターン用データを選択し、選択された主軸加減速パターン用データに基づいて加速出力指令、減速出力指令を実行すると、主軸モータの加速動作の主軸のイナーシャと減速動作の主軸のイナーシャが異なるため、サイクルタイムに無駄な時間が生じることから、加速動作では主軸加速パターン用データ、減速動作では主軸減速パターン用データを選択し、選択された主軸加速パターン用データ、または主軸減速パターン用データに基づいて加速出力指令、減速出力指令を実行する。

10

## 【 0 1 7 7 】

この実施の形態でも、実施の形態 3 における場合と同様に、入力部 9 によって加工プログラム P にタップ切削加工動作の主軸加速パターン番号とタップ引き抜き動作の主軸減速パターン番号とを設定することができる。

## 【 0 1 7 8 】

図 2 1 はこの実施の形態におけるタップ加工処理のフローチャートであり、図 1 9 に示す主軸加速パターン用・主軸減速パターン用データ記憶部 1 0 に記憶された主軸加速パターン用データ群、主軸減速パターン用データ群、図 2 0 に示す主軸加減速制御部 4 の加速出力指令、減速出力指令を参照して説明する。

20

## 【 0 1 7 9 】

まず、主軸加減速パターン用データ選択部 8 は、主軸加速パターン用・主軸減速パターン用データ記憶部 1 0 から指示された主軸加速パターン番号の主軸加速パターン用データを選択する（ステップ S 3 0 1）。ここでは、図 1 9 に示されている主軸加速パターン番号 1 の主軸加速パターン用データを選択したこととする。

## 【 0 1 8 0 】

つぎに、加工プログラム P で指示された加工情報および前ステップで選択された主軸加速パターン番号 1 の主軸加速パターン用データに基づいて図 2 0 にて 1 a で示されている加速指令処理を実行する（ステップ S 3 0 2）。

30

## 【 0 1 8 1 】

つぎに、減速指令処理を開始するか否かを判別（ステップ S 3 0 3）し、減速指令処理を開始すると判別すれば、加速指令処理を終了し、ステップ S 3 0 7 に移り、減速指令処理を開始すると判別しなければ、加速指令処理を続行し、加速指令処理を終了するか否かを判別する（ステップ S 3 0 4）。

## 【 0 1 8 2 】

加速指令処理を終了すると判別すれば、加速指令処理を終了し、加工プログラム P で指示された加工情報に基づいて定速指令処理を実行する（ステップ S 3 0 5）。これに対し、加速指令処理を終了すると判別しなければ、加速指令処理を続行し、ステップ S 3 0 3 に戻る。

40

## 【 0 1 8 3 】

定速指令処理が実行されれば、つぎに減速指令処理を開始するか否かを判別し（ステップ S 3 0 6）、減速指令処理を開始すると判別しなければ、定速指令処理を続行し、再度ステップ S 3 0 6 を実行する。

## 【 0 1 8 4 】

これに対し、減速指令処理を開始すると判別すれば、定速指令処理を終了し、主軸加減速パターン用データ選択部 8 が主軸加速パターン用・主軸減速パターン用データ記憶部 1 0 から指示された主軸減速パターン番号の主軸減速パターン用データを選択する（ステップ S 3 0 7）。ここでは、図 1 9 に示されている主軸減速パターン番号 1 の主軸減速パター

50

ン用データを選択したこととする。

【0185】

つぎに、加工プログラムPで指令された加工情報および前ステップで選択された主軸減速パターン番号1の主軸減速パターン用データに基づいて図20にて1dで示されている減速指令処理を実行する(ステップS308)。

【0186】

つぎに、減速指令処理を終了するか否かを判別し(ステップS309)、減速指令処理を終了すると判別すれば、減速指令処理を終了する。減速指令処理を終了すると判別しなければ、減速指令処理を続行し、再度ステップS309を実行する。

【0187】

この結果、位置ループ制御状態の主軸モータ23を主軸モータの速度ループ制御状態の加速・減速パターンに類似した加減速パターンで制御するだけでなく、複数種類の主軸加速パターン用データ群、主軸減速パターン用データ群から加速指令処理、減速指令処理に最適な個別の加速パターン、減速パターンに基づいて制御することができる。

【0188】

これにより主軸モータの加速動作の主軸のイナーシャと減速動作の主軸のイナーシャが異なる場合においても、加速動作時と減速動作時とで各々主軸モータの応答性が最適状態で向上し、最適な加速パターンおよび減速パターンでタップ加工を実行することができ、タップ加工に要するサイクルタイムに無駄な時間が生じさせないようにすることが可能となる。

【0189】

(実施の形態5)

図22はこの発明による数値制御装置の実施の形態5を示している。尚、図22に於いて、図1に対応する部分は図1に付した符号と同一の符号を付けてその説明を省略する。

【0190】

この実施の形態では、主軸加速パターン用・主軸減速パターン用データ記憶部10に、主軸加速パターン用データと主軸減速パターン用データを設定することが、入力部11によるオペレータ入力以外に、主軸加減速データ解析部12よりのデータ転送により自動的に行えるようになっている。

【0191】

このため、この実施の形態では、主軸制御部7が主軸モータ23の速度センサ(TG)25よりの速度信号による速度ループ制御状態で主軸モータ23を制御している時の主軸モータ23の加速データ、減速データを記憶する主軸加減速データ記憶部13が設けられている。

【0192】

主軸加減速データ解析部12は、主軸加減速データ記憶部13に記憶された主軸加速・減速データを解析し、位置ループ制御状態の主軸モータ23を、速度ループ制御状態の主軸モータの加速・減速パターンに類似した加速パターン、減速パターンで制御するための主軸加減速パターン用データを生成し、これを主軸加速パターン用・主軸減速パターン用データ記憶部10に設定する。

【0193】

図23は、主軸モータ23の速度ループ制御状態の加減速データの一例を示している。図23は主軸モータ23の回転速度が指示された指令回転速度CMD\_S2に達するまでの加速データおよび主軸モータ23が指令回転速度CMD\_S2から停止するまでの減速データを示している。

【0194】

主軸モータ23は、停止状態からの加速開始時にあっては、緩やかに加速し、その後、ほぼ一定の傾きで加速し続ける。主軸モータ23の回転速度が指示された指令回転速度CMD\_S2付近に達すると、緩やかな加速となり、指令回転速度CMD\_S2に達すれば、定速回転を行う。

10

20

30

40

50

## 【 0 1 9 5 】

主軸モータ 2 3 は、停止を指示されると、定速回転から緩やかに減速し、その後、ほぼ一定の傾きで減速し続ける。主軸モータ 2 3 は、停止状態付近になると緩やかな減速となり、回転停止する。

## 【 0 1 9 6 】

図 2 4 は主軸加速パターン用・主軸減速パターン用データ記憶部 1 0 における主軸加減速パターン用データの格納例を示している。

## 【 0 1 9 7 】

主軸加速パターン用データは、一段目加速時定数  $T a 1$ 、二段目加速時定数  $T a 2$ 、三段目加速時定数  $T a 3$ 、四段目加速時定数  $T a 4$ 、一段目主軸回転速度  $S P D a 1$ 、二段目主軸回転速度  $S P D a 2$ 、三段目主軸回転速度  $S P D a 3$ 、四段目主軸回転速度  $S P D a 4$  よりなり、主軸減速パターン用データは、一段目減速時定数  $T d 1$ 、二段目減速時定数  $T d 2$ 、三段目減速時定数  $T d 3$ 、四段目減速時定数  $T d 4$ 、一段目主軸回転速度  $S P D d 1$ 、二段目主軸回転速度  $S P D d 2$ 、三段目主軸回転速度  $S P D d 3$ 、四段目主軸回転速度  $S P D d 4$  よりなっている。

10

## 【 0 1 9 8 】

主軸加速パターン用データにおいて、一段目加速時定数  $T a 1$  と一段目主軸回転速度  $S P D a 1$  は一段目の加速の傾きを決定するための主軸加速パターン用データ、二段目加速時定数  $T a 2$  と二段目主軸回転速度  $S P D a 2$  は二段目の加速の傾きを決定するための主軸加速パターン用データ、三段目加速時定数  $T a 3$  と三段目主軸回転速度  $S P D a 3$  は三段目の加速の傾きを決定するための主軸加速パターン用データ、四段目加速時定数  $T a 4$  と四段目主軸回転速度  $S P D a 4$  は四段目の加速の傾きを決定するための主軸加速パターン用データである。

20

## 【 0 1 9 9 】

また、一段目減速時定数  $T d 1$  と一段目主軸回転速度  $S P D d 1$  は一段目の減速の傾きを決定するための主軸減速パターン用データ、二段目減速時定数  $T d 2$  と二段目主軸回転速度  $S P D d 2$  は二段目の減速の傾きを決定するための主軸減速パターン用データ、三段目減速時定数  $T d 3$  と三段目主軸回転速度  $S P D d 3$  は三段目の減速の傾きを決定するための主軸減速パターン用データ、四段目減速時定数  $T d 4$  と四段目主軸回転速度  $S P D d 4$  は四段目の減速の傾きを決定するための主軸減速パターン用データである。

30

## 【 0 2 0 0 】

主軸加速パターン用データと主軸減速パターン用データを主軸加速パターン用・主軸減速パターン用データ記憶部 1 0 に設定することは、オペレータ操作によってパラメータ設定式に入力部 1 1 より入力設定することができる。

## 【 0 2 0 1 】

しかし、オペレータが加工条件や機械条件に適した主軸加速パターン用データ、主軸減速パターン用データを入力部 1 1 より設定するのは、非効率的であるだけでなく、設定を誤る可能性もある。

## 【 0 2 0 2 】

このため、この実施の形態では、オペレータは速度ループ制御状態の主軸モータ 2 3 を停止状態から定速回転状態まで回転駆動させること、および速度ループ制御状態の主軸モータ 2 3 を定速回転状態から停止させるだけで、主軸加速パターン用データ、主軸減速パターン用データを自動的に主軸加速パターン用・主軸減速パターン用データ記憶部 1 0 に設定することができる。

40

## 【 0 2 0 3 】

オペレータは、入力部 1 1 より主軸加減速データ変化ポイント数を設定した後に、入力部 1 1 により主軸加減速パターン用データ設定モードに切り替え、速度ループ制御状態の主軸モータ 2 3 を停止状態から定速回転状態まで回転駆動させる。オペレータは、主軸モータ 2 3 が定速回転まで加速したことを確認後、主軸モータ 2 3 を停止させる。この操作により主軸加減速データ記憶部 1 3 は速度ループ制御状態の主軸モータ 2 3 の加減速データ

50

を記憶する。

【0204】

図25は主軸加減速データ解析部12が主軸加減速データ記憶部13に記憶された主軸モータ23の速度ループ制御状態の加速データに基づいて主軸加速パターン用データを算出し、これを主軸加速パターン用・主軸減速パターン用データ記憶部10に設定する例を示している。

【0205】

図25に示す主軸モータ23の速度ループ制御状態の加速データにおいて、Pa1は一段目の加速データ変化ポイント、Pa2は二段目の加速データ変化ポイント、Pa3は三段目の加速データ変化ポイント、Pa4は四段目の加速データ変化ポイントであり、主軸モータ23の速度ループ制御状態の加速データの変化の著しいポイントを示す。

10

【0206】

Ta1は主軸モータ23の回転速度が0(停止状態)から一段目の加速データ変化ポイントPa1に到達するまでの加速データの傾きにおける一段目加速時定数、Ta2は一段目の加速データ変化ポイントPa1から二段目の加速データ変化ポイントPa2に到達するまでの加速データの傾きにおける二段目加速時定数、Ta3は二段目の加速データ変化ポイントPa2から三段目の加速データ変化ポイントPa3に到達するまでの加速データの傾きにおける三段目加速時定数、Ta4は三段目の加速データ変化ポイントPa3から四段目の加速データ変化ポイントPa4に到達するまでの加速データの傾きにおける四段目加速時定数である。

20

【0207】

SPDa1は一段目の加速データ変化ポイントPa1の一段目主軸回転速度、SPDa2は二段目の加速データ変化ポイントPa2の二段目主軸回転速度、SPDa3は三段目の加速データ変化ポイントPa3の三段目主軸回転速度、SPDa4は四段目の加速データ変化ポイントPa4の四段目主軸回転速度である。

【0208】

このように、主軸加減速データ解析部12は主軸加減速データ記憶部13に記憶された主軸モータ23の速度ループ制御状態の加速データを解析し、加速データの変化の著しいポイントPa1~Pa4に基づいて位置ループ制御状態の主軸モータ23を速度ループ制御状態の主軸モータの加速パターンに類似した加速パターンで制御するための主軸加速パターン用データを算出し、この主軸加速パターン用データを主軸加速パターン用・主軸減速パターン用データ記憶部10に設定する。

30

【0209】

図26は主軸加減速データ解析部12が主軸加減速データ記憶部13に記憶された主軸モータ23の速度ループ制御状態の減速データに基づいて主軸減速パターン用データを算出し、これを主軸加速パターン用・主軸減速パターン用データ記憶部10に設定する例を示している。

【0210】

図26に示す主軸モータ23の速度ループ制御状態の加速データにおいて、Pd4は主軸モータ23が定速回転から減速を開始する四段目の減速データ変化ポイント、Pd3は三段目の減速データ変化ポイント、Pd2は二段目の減速データ変化ポイント、Pd1は一段目の減速データ変化ポイント、Pd0は回転停止ポイントであり、主軸モータ23の速度ループ制御状態の減速データの変化の著しいポイントを示す。

40

【0211】

Td4は四段目の減速データ変化ポイント(主軸モータ23が定速回転から減速を開始するポイント)Pd4から三段目の減速データ変化ポイントPd3に到達するまでの減速データの傾きにおける四段目減速時定数、Td3は三段目の減速データ変化ポイントPd3から二段目の減速データ変化ポイントPd2に到達するまでの減速データの傾きにおける三段目減速時定数、Td2は二段目の減速データ変化ポイントPd2から一段目の減速データ変化ポイントPd1に到達するまでの減速データの傾きにおける二段目減速時定数、

50

T d 1 は一段目の減速データ変化ポイント P d 1 から主軸モータ 2 3 が回転停止するポイント P d 0 に到達するまでの減速データの傾きにおける一段目減速時定数である。

【 0 2 1 2 】

S P D d 4 は四段目の減速データ変化ポイント P d 4 の四段目主軸回転速度、S P D d 3 は三段目の減速データ変化ポイント P d 3 の三段目主軸回転速度、S P D d 2 は二段目の減速データ変化ポイント P d 2 の二段目主軸回転速度、S P D d 1 は一段目の減速データ変化ポイント P d 1 の一段目主軸回転速度である。

【 0 2 1 3 】

このように、主軸加減速データ解析部 1 2 は主軸加減速データ記憶部 1 3 に記憶された主軸モータ 2 3 の速度ループ制御状態の減速データを解析し、減速データの変化の著しいポイント P d 1 ~ P d 4 に基づいて位置ループ制御状態の主軸モータ 2 3 を速度ループ制御状態の主軸モータの減速パターンに類似した減速パターンで制御するための主軸減速パターン用データを算出し、この主軸減速パターン用データを主軸加速パターン用・主軸減速パターン用データ記憶部 1 0 に設定する。

10

【 0 2 1 4 】

図 2 7 は主軸加減速パターン用データ設定処理のフローチャートである。

【 0 2 1 5 】

まず、主軸加減速データ解析部 1 2 は主軸加減速データ記憶部 1 3 に書き込まれた速度ループ制御状態での主軸モータ 2 3 の加速・減速データを取り込む(ステップ S 4 0 1)。主軸モータ 2 3 の加速・減速データの取り込みが終了すると、取り込んだ主軸加速・減速データの一定時間ごとの変化量を算出する(ステップ S 4 0 2)。

20

【 0 2 1 6 】

つぎに、取り込んだすべての主軸加速・減速データの一定時間ごとの変化量算出が終了したか否かを判別し(ステップ S 4 0 3)、取り込んだすべての主軸加速・減速データの一定時間ごとの変化量算出が終了すれば、この主軸加速・減速データの変化量に基づいて主軸加速・減速データの変化量の大きいポイントを順に主軸加減速変化ポイントとして設定する(ステップ S 4 0 4)。

【 0 2 1 7 】

つぎに、設定ポイント数が指示された主軸加減速変化ポイントに達したか否かを判別する(ステップ S 4 0 5)。指示された主軸加減速変化ポイントに達したと判別しなければ、ステップ S 4 0 4 に戻り、主軸加速・減速データの変化量に基づいて主軸加速・減速データの変化量の大きいポイントを順に主軸加減速変化ポイントとすることを繰り返す。

30

【 0 2 1 8 】

これに対し、指示された主軸加減速変化ポイントに達したと判別すれば、主軸モータ 2 3 の加速における主軸加速変化ポイントを停止状態から定速回転の順に、一段目の加速データ変化ポイント P a 1、二段目の加速データ変化ポイント P a 2、三段目の加速データ変化ポイント P a 3、四段目の加速データ変化ポイント P a 4 と云うように並べ替へかえ、また主軸モータ 2 3 の減速における主軸減速変化ポイントを定速回転から停止状態の順に、四段目の減速データ変化ポイント P d 4、三段目の減速データ変化ポイント P d 3、二段目の減速データ変化ポイント P d 2、一段目の減速データ変化ポイント P d 1 と云うように並べ替えかえる(ステップ S 4 0 6)。

40

【 0 2 1 9 】

つぎに、前ステップで加速順または減速順に並べ替へた主軸加速データ変化ポイント P a 1 ~ P a 4 および主軸減速データ変化ポイント P d 1 ~ P d 4 の時定数および主軸回転速度を主軸加速・減速データに基づいて算出する(ステップ S 4 0 7)。

【 0 2 2 0 】

最後に、前ステップで算出した主軸加速・減速データ変化ポイントごとの時定数および主軸回転速度を主軸加速パターン用・主軸減速パターン用データ記憶部 1 0 に設定する。

【 0 2 2 1 】

上述のように、オペレータが速度ループ制御状態の主軸モータ 2 3 を停止状態から回転駆

50

動させること、および速度ループ制御状態の主軸モータ23を定速回転状態から停止させることにより、主軸加減速データ記憶部13と主軸データ解析部12とにより主軸加減速パターン用データを自動的に主軸加速パターン用・主軸減速パターン用データ記憶部10に設定するから、オペレータの作業量を低減できると共にオペレータの誤設定を防止できる。

#### 【0222】

なお、上述の説明では、主軸加減速データ解析部12は主軸加速データおよび主軸減速データにそれぞれ4個づつの主軸加速・減速データ変化ポイントを設定したが、主軸加速・減速データ変化ポイントは4個以外の複数個であってもよく、また主軸加減速データ解析部12は主軸加速データおよび主軸減速データにそれぞれ4個づつの主軸加速・減速データ変化ポイントを設定したが、主軸加速データ変化ポイント数と主軸減速データ変化ポイント数は必ずしも同じでなくてもよい。

10

#### 【0223】

##### 【発明の効果】

以上の説明から理解される如く、この発明による数値制御装置によれば、タップ加工などに要するサイクルタイムを短縮するため、加減速の傾き（加速度）を大きくする方法を用いる場合において、主軸加減速パターン用データ記憶手段に記憶された加減速パターン用データに基づいて位置ループ制御状態の主軸モータを速度ループ制御状態の主軸モータの加減速パターンに直線近似させた加減速パターンで制御するための指令を主軸加減速制御手段によって算出し、位置ループ制御状態の主軸モータを速度ループ制御状態の主軸モータの加減速パターンに直線近似させた加減速パターンで制御することにより、主軸モータの応答性が向上し、主軸のイナーシャが送り軸のイナーシャに比べて大きい場合でも主軸モータは送り軸モータに対して、停止状態からの加速開始時、加速終了時（定速回転）の直前、定速回転からの減速開始時および減速終了時（停止状態）の直前等に追従遅れが発生し難くなるから、タップ加工などに要するサイクルタイムを短縮することができると共に加工精度を向上させることができる。

20

#### 【0224】

つぎの発明による数値制御装置によれば、タップ加工などに要するサイクルタイムを短縮するため、加減速の傾き（加速度）を大きくする方法を用いる場合において、主軸加減速パターン用データ選択手段によってワークの材質、工具の材質および形状に適した速度ループ制御状態の主軸モータの加減速パターンに直線近似させた加減速パターンを選択でき、選択された主軸加減速パターン用のデータに基づいて位置ループ制御状態の主軸モータを制御することにより、主軸モータの応答性が的確に向上するから、主軸および送り軸の加工条件に最適な加減速指令処理を実行することができ、タップ加工精度を向上できる。

30

#### 【0225】

つぎの発明による数値制御装置によれば、タップ加工に要するサイクルタイムを短縮するため、加減速の傾き（加速度）を大きくする方法を用いる場合において、主軸加減速パターン用データ選択手段がタップ切削加工動作およびタップ引き抜き動作に適した別々の速度ループ制御状態の主軸モータの加減速パターンに直線近似させた加減速パターンを選択設定し、選択設定された主軸加減速パターン用のデータに基づいて位置ループ制御状態の主軸モータを制御するから、タップ切削加工動作時とタップ引き抜き動作時とで各々主軸モータの応答性が最適状態で向上し、主軸および送り軸のタップ切削加工動作およびタップ引き抜き動作に最適な加減速指令処理を実行することができ、タップ加工に要するサイクルタイムを短縮できる。

40

#### 【0226】

つぎの発明による数値制御装置によれば、加工プログラムに記述されたデータの解析により主軸加減速パターン用データが選択設定されるから、主軸加減速パターン用データの選択設定が加工プログラム上において簡便に行われるようになる。

#### 【0227】

つぎの発明による数値制御装置によれば、加速動作、減速動作に適した別々の速度ループ

50

制御状態の主軸モータの加減速パターンに直線近似させた加減速パターンを設定され、設定された主軸加速パターン用のデータ、主軸減速パターン用のデータに基づいて位置ループ制御状態の主軸モータを制御するから、加速動作時と減速動作時とで各々主軸モータの応答性が最適状態で向上し、主軸および送り軸の機械条件に最適な加速指令処理、減速指令処理を実行することができることにより、加速動作の主軸のイナーシャと減速動作の主軸のイナーシャが異なる場合においても、最適な加速パターンおよび減速パターンで制御でき、サイクルタイムに無駄な時間が生じないようにできる。

**【0228】**

つぎの発明による数値制御装置によれば、オペレータが速度ループ制御状態の主軸モータを停止状態から回転駆動させることおよび速度ループ制御状態の主軸モータを定速回転状態から停止させることにより、主軸加減速データ記憶手段と主軸データ解析手段とにより主軸加減速パターン用データを自動的に主軸加減速パターン用データ記憶手段に設定するから、オペレータの作業量を低減できると共にオペレータの誤設定を防止できる。

10

**【0229】**

つぎの発明による数値制御装置によれば、加速・減速過程を複数段に区分した各段における時定数と主軸回転数とにより、主軸モータの加減速パターン用データ、あるいは加速パターン用データ、減速パターン用データが構成されているから、所要の効果が得られる段数設定により最小限のデータ数で、位置ループ制御状態の主軸モータを速度ループ制御状態の主軸モータの加減速パターンに直線近似させた加減速パターンで制御することができる。

20

**【0230】**

この発明による数値制御装置の主軸モータ加減速制御方法によれば、タップ加工などに要するサイクルタイムを短縮するために加減速の傾き（加速度）を大きくする方法を用いる場合において、位置ループ制御状態の主軸モータを速度ループ制御状態の主軸モータの加減速パターンに直線近似させた加減速パターンで制御することにより、主軸モータの応答性が向上するから、主軸のイナーシャが送り軸のイナーシャに比べて大きい場合でも主軸モータは送り軸モータに対して、停止状態からの加速開始時、加速終了時（定速回転）の直前、定速回転からの減速開始時および減速終了時（停止状態）の直前等に追従遅れが発生し難くなり、タップ加工などに要するサイクルタイムを短縮できると共に加工精度を向上できる。

30

**【0231】**

つぎの発明による数値制御装置の主軸モータ加減速制御方法によれば、主軸加減速パターン用データ記憶手段に記憶された加減速パターン用データに基づいて位置ループ制御状態の主軸モータを速度ループ制御状態の主軸モータの加減速パターンに直線近似させた加減速パターンで制御するための指令を主軸加減速制御手段によって算出し、位置ループ制御状態の主軸モータを速度ループ制御状態の主軸モータの加減速パターンに直線近似させた加減速パターンで制御することにより、主軸モータの応答性が向上し、主軸のイナーシャが送り軸のイナーシャに比べて大きい場合でも主軸モータは送り軸モータに対して、停止状態からの加速開始時、加速終了時（定速回転）の直前、定速回転からの減速開始時および減速終了時（停止状態）の直前等に追従遅れが発生し難くなるから、タップ加工などに要するサイクルタイムを短縮できると共に加工精度を向上できる。

40

**【0232】**

つぎの発明による数値制御装置の主軸モータ加減速制御方法によれば、タップ加工などに要するサイクルタイムを短縮するため、加減速の傾き（加速度）を大きくする方法を用いる場合において、ワークの材質、工具の材質および形状に適した速度ループ制御状態の主軸モータの加減速パターンに直線近似させた加減速パターンを選択でき、選択された主軸加減速パターン用のデータに基づいて位置ループ制御状態の主軸モータを制御することにより、主軸モータの応答性が的確に向上するから、主軸および送り軸の加工条件に最適な加減速指令処理を実行することができ、タップ加工精度を向上できる。

**【0233】**

50

つぎの発明による数値制御装置の主軸モータ加減速制御方法によれば、加工プログラムの記述により主軸加減速パターン用データの選択指令が行われるから、主軸加減速パターン用データの選択指令が加工プログラム上で簡便に行われるようになる。

【0234】

つぎの発明による数値制御装置の主軸モータ加減速制御方法によれば、タップ加工に要するサイクルタイムを短縮するため、加減速の傾き（加速度）を大きくする方法を用いる場合において、タップ切削加工動作およびタップ引き抜き動作に適した別々の速度ループ制御状態の主軸モータの加減速パターンに直線近似させた加減速パターンを選択設定し、選択設定された主軸加減速パターン用のデータに基づいて位置ループ制御状態の主軸モータを制御するから、タップ切削加工動作時とタップ引き抜き動作時とで各々主軸モータの応答性が最適状態で向上し、主軸および送り軸のタップ切削加工動作およびタップ引き抜き動作に最適な加減速指令処理を実行することができ、タップ加工に要するサイクルタイムを短縮できる。

10

【0235】

つぎの発明による数値制御装置の主軸モータ加減速制御方法によれば、加速動作、減速動作に適した別々の速度ループ制御状態の主軸モータの加減速パターンに直線近似させた加減速パターンを設定し、設定された主軸加速パターン用のデータ、主軸減速パターン用のデータに基づいて位置ループ制御状態の主軸モータを制御するから、加速動作時と減速動作時とで各々主軸モータの応答性が最適状態で向上し、主軸および送り軸の機械条件に最適な加速指令処理、減速指令処理を実行することができることにより、加速動作の主軸のイナーシャと減速動作の主軸のイナーシャが異なる場合においても、最適な加速パターンおよび減速パターンで制御でき、サイクルタイムに無駄な時間が生じないようにできる。

20

【0236】

つぎの発明による数値制御装置の主軸モータ加減速制御方法によれば、速度ループ制御状態の主軸モータを停止状態から回転駆動させること、および速度ループ制御状態の主軸モータを定速回転状態から停止させることにより、主軸加減速パターン用データが自動的に主軸加減速パターン用データ記憶手段に設定されるから、オペレータの作業量を低減できると共にオペレータの誤設定を防止できる。

【0237】

つぎの発明による数値制御装置の主軸モータ加減速制御方法によれば、加速・減速過程を複数段に区分した各段における時定数と主軸回転数とにより、主軸モータの加減速パターン用データ、あるいは加速パターン用データ、減速パターン用データが構成されるから、所要の効果が得られる段数設定により最小限のデータ数で、位置ループ制御状態の主軸モータを速度ループ制御状態の主軸モータの加減速パターンに直線近似させた加減速パターンにより制御することができる。

30

【図面の簡単な説明】

【図1】この発明による数値制御装置の実施の形態1の要部を示すブロック図である。

【図2】主軸モータの速度ループ制御状態の加速パターンの一例を示す加速特性線図である。

【図3】実施の形態1における主軸加減速パターン用データ記憶部のデータ内容の一例を示す説明図である。

40

【図4】実施の形態1における主軸加減速制御部の加速時出力指令の一例を示す線図である。

【図5】実施の形態1における主軸加減速制御部の減速時出力指令の一例を示す線図である。

【図6】実施の形態1におけるタップ加工動作の初期化処理を示すフローチャートである。

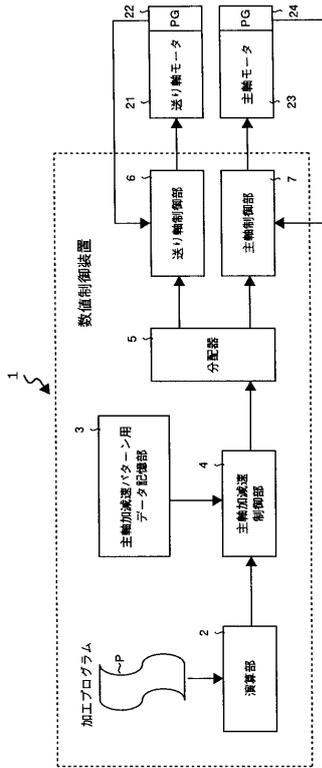
【図7】実施の形態1におけるタップ加工動作処理の前半部を示すフローチャートである。

【図8】実施の形態1におけるタップ加工動作処理の後半部を示すフローチャートである

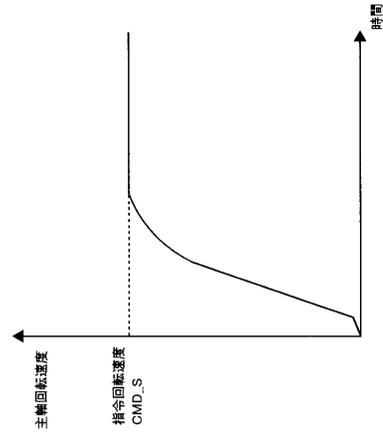
50

- 。
- 【図 9】この発明による数値制御装置の実施の形態 2 の要部を示すブロック図である。
- 【図 10】実施の形態 2 における主軸加減速パターン用データ記憶部のデータ内容の一例を示す説明図である。
- 【図 11】実施の形態 2 におけるタップ加工動作の出力指令の一例を示す線図である。
- 【図 12】実施の形態 2 におけるタップ加工動作処理を示すフローチャートである。
- 【図 13】この発明による数値制御装置の実施の形態 3 の要部を示すブロック図である。
- 【図 14】実施の形態 3 における主軸加減速パターン用データ記憶部のデータ内容の一例を示す説明図である。
- 【図 15】実施の形態 3 におけるタップ加工のプログラム例を示す説明図である。 10
- 【図 16】実施の形態 3 におけるタップ加工動作の出力指令の一例を示す線図である。
- 【図 17】実施の形態 3 におけるタップ加工動作処理を示すフローチャートである。
- 【図 18】この発明による数値制御装置の実施の形態 4 の要部を示すブロック図である。
- 【図 19】実施の形態 4 における主軸加減速パターン用データ記憶部のデータ内容の一例を示す説明図である。
- 【図 20】実施の形態 4 におけるタップ加工動作の出力指令の一例を示す線図である。
- 【図 21】実施の形態 4 におけるタップ加工動作処理を示すフローチャートである。
- 【図 22】この発明による数値制御装置の実施の形態 5 の要部を示すブロック図である。
- 【図 23】主軸モータの速度ループ制御状態の加減速特性の一例を示す特性線図である。
- 【図 24】実施の形態 5 における主軸加減速パターン用データ記憶部のデータ内容の一例を示す説明図である。 20
- 【図 25】実施の形態 5 における主軸加速パターン用データ算出の一例を示す説明図である。
- 【図 26】実施の形態 5 における主軸減速パターン用データ算出の一例を示す説明図である。
- 【図 27】実施の形態 5 における主軸加減速パターン用データ設定処理を示すフローチャートである。
- 【図 28】従来における数値制御装置の構成を示すブロック図である。
- 【符号の説明】
- 1 数値制御装置, 2 演算部, 3 主軸加減速パターン用データ記憶部, 4 主軸加減速制御部, 5 分配器, 6 送り軸制御部, 7 主軸制御部, 8 主軸加減速パターン用データ選択部, 9 入力部, 10 主軸加速パターン用・主軸減速パターン用データ記憶部, 11 入力部, 12 主軸加減速データ解析部, 13 主軸加減速データ記憶部, 21 送り軸モータ, 22 ロータリエンコーダ, 23 主軸モータ, 24 ロータリエンコーダ, 25 速度センサ 30

【 図 1 】



【 図 2 】

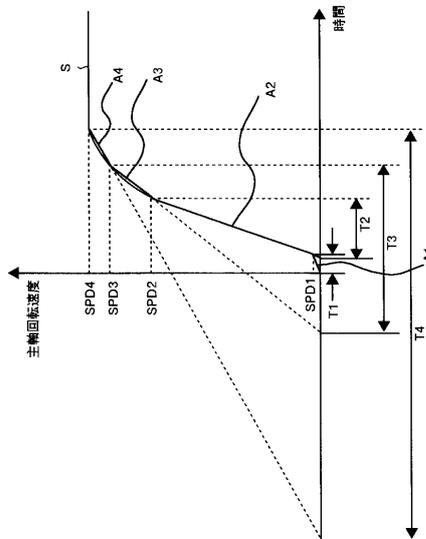


【 図 3 】

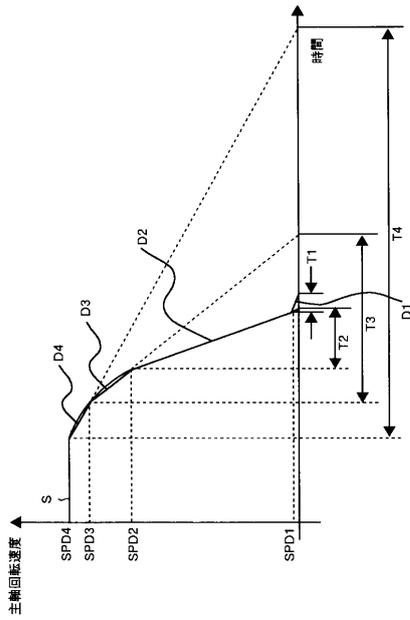
一段自時定数	T1
一段自主軸回転速度	SPD1
二段自時定数	T2
二段自主軸回転速度	SPD2
三段自時定数	T3
三段自主軸回転速度	SPD3
四段自時定数	T4
四段自主軸回転速度	SPD4

主軸加減パターン用データ

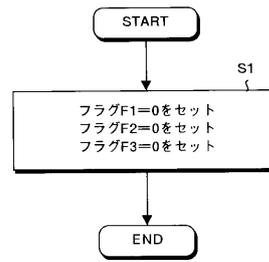
【 図 4 】



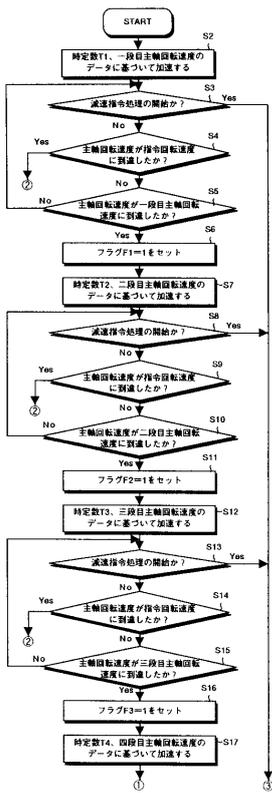
【 図 5 】



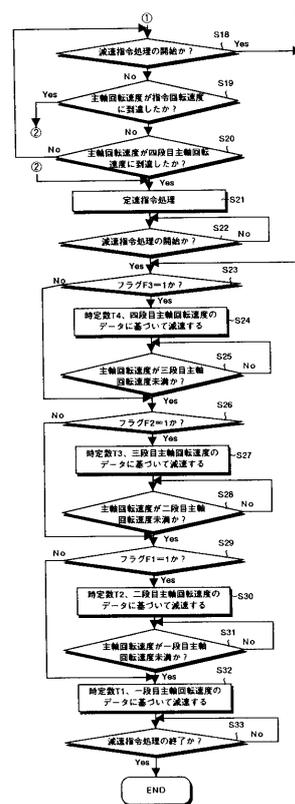
【 図 6 】



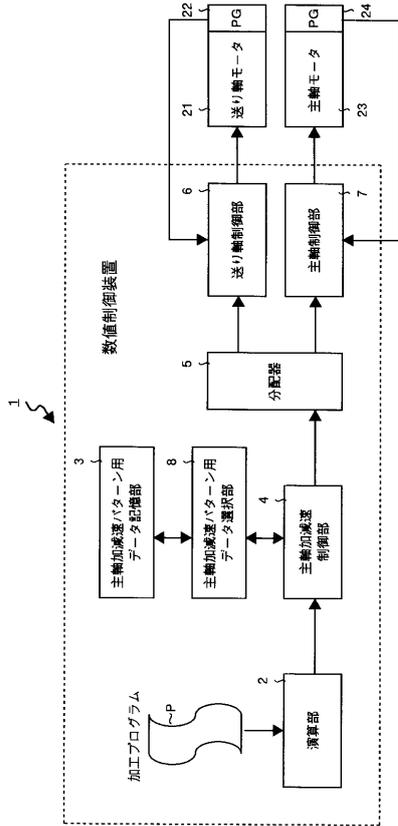
【 図 7 】



【 図 8 】



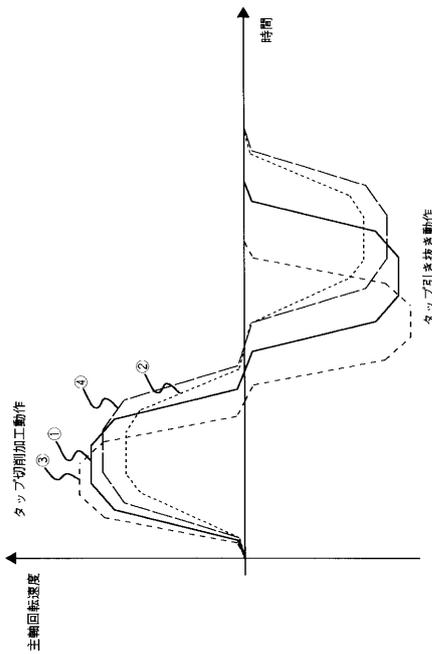
【 図 9 】



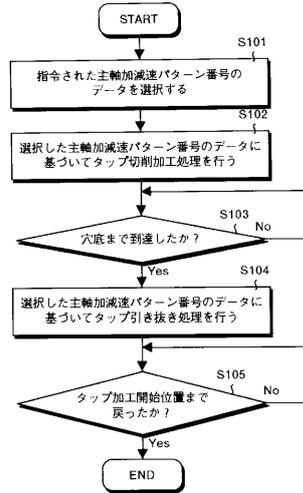
【 図 10 】

一段目時定数	T11	主軸加速減速パターン 番号 1 のデータ
一段目主軸回転速度	SPD11	
二段目時定数	T12	
二段目主軸回転速度	SPD12	主軸加速減速パターン 番号 2 のデータ
三段目時定数	T13	
三段目主軸回転速度	SPD13	
一段目時定数	T21	主軸加速減速パターン 番号 3 のデータ
一段目主軸回転速度	SPD21	
二段目時定数	T22	
二段目主軸回転速度	SPD22	主軸加速減速パターン 番号 4 のデータ
三段目時定数	T23	
三段目主軸回転速度	SPD23	
一段目時定数	T31	主軸加速減速パターン 番号 3 のデータ
一段目主軸回転速度	SPD31	
二段目時定数	T32	
二段目主軸回転速度	SPD32	主軸加速減速パターン 番号 3 のデータ
三段目時定数	T33	
三段目主軸回転速度	SPD33	
四段目時定数	T34	主軸加速減速パターン 番号 4 のデータ
四段目主軸回転速度	SPD34	
一段目時定数	T41	
一段目主軸回転速度	SPD41	主軸加速減速パターン 番号 4 のデータ
二段目時定数	T42	
二段目主軸回転速度	SPD42	
三段目時定数	T43	主軸加速減速パターン 番号 4 のデータ
三段目主軸回転速度	SPD43	
四段目時定数	T44	
四段目主軸回転速度	SPD44	

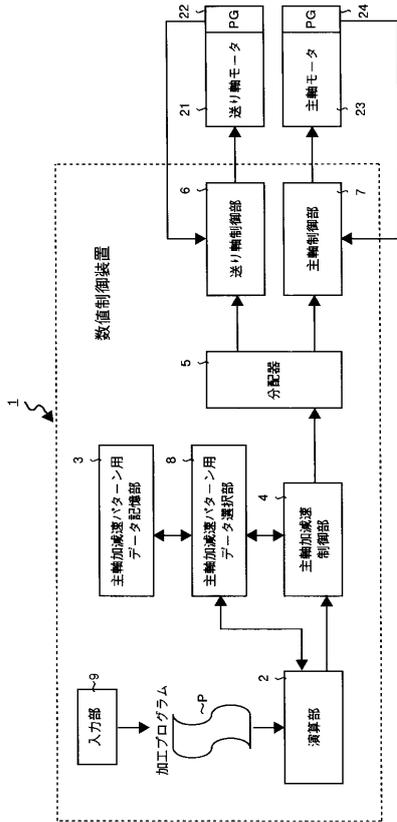
【 図 11 】



【 図 12 】



【図 13】



【図 14】

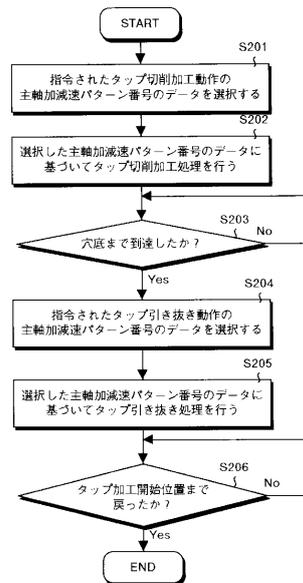
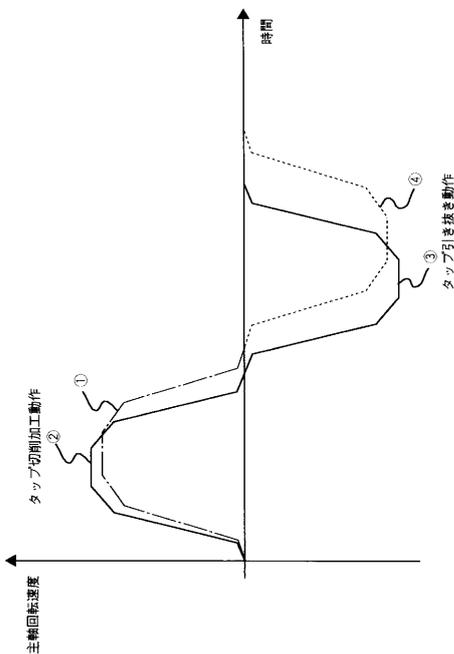
一段目時定数	T11	主軸加減速パターン 番号1のデータ
一段目主軸回転速度	SPD11	
二段目時定数	T12	
二段目主軸回転速度	SPD12	主軸加減速パターン 番号2のデータ
三段目時定数	T13	
三段目主軸回転速度	SPD13	
一段目時定数	T21	主軸加減速パターン 番号3のデータ
一段目主軸回転速度	SPD21	
二段目時定数	T22	
二段目主軸回転速度	SPD22	主軸加減速パターン 番号4のデータ
三段目時定数	T23	
三段目主軸回転速度	SPD23	
四段目時定数	T24	主軸加減速パターン 番号3のデータ
四段目主軸回転速度	SPD24	
一段目時定数	T31	
一段目主軸回転速度	SPD31	主軸加減速パターン 番号3のデータ
二段目時定数	T32	
二段目主軸回転速度	SPD32	
三段目時定数	T33	主軸加減速パターン 番号3のデータ
三段目主軸回転速度	SPD33	
四段目時定数	T34	
四段目主軸回転速度	SPD34	主軸加減速パターン 番号4のデータ
一段目時定数	T41	
一段目主軸回転速度	SPD41	
二段目時定数	T42	主軸加減速パターン 番号4のデータ
二段目主軸回転速度	SPD42	
三段目時定数	T43	
三段目主軸回転速度	SPD43	主軸加減速パターン 番号4のデータ
四段目時定数	T44	
四段目主軸回転速度	SPD44	
五段目時定数	T45	主軸加減速パターン 番号4のデータ
五段目主軸回転速度	SPD45	

【図 15】

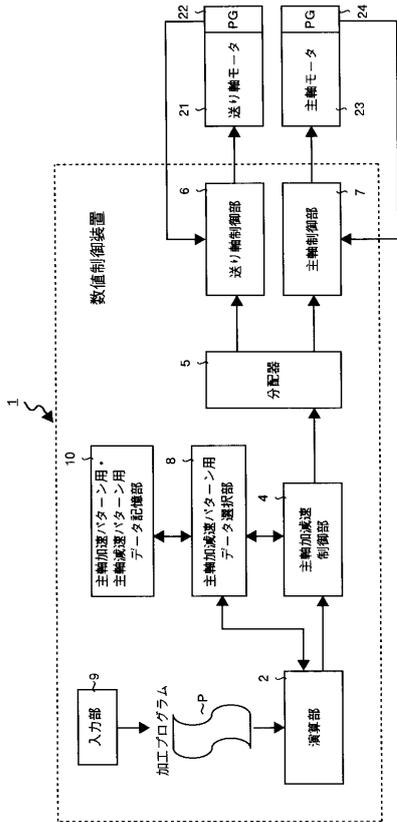
G84 X10. Y10. Z50. F1. S3000 Q1, Q4

【図 17】

【図 16】



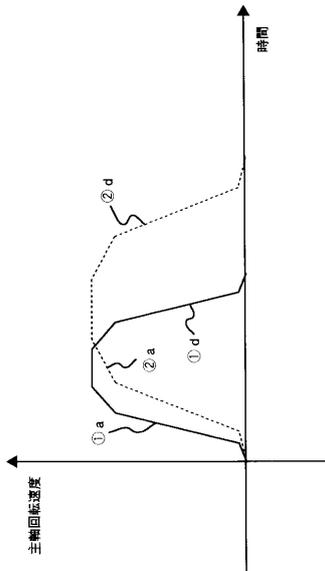
【図18】



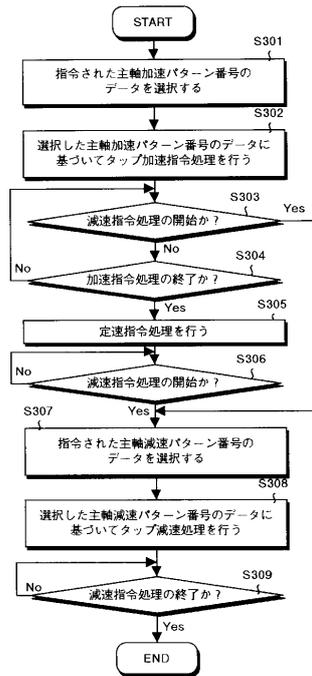
【図19】

一段目加速時定数	Ta11	主軸加速パターン 番号1のデータ
一段目主軸回転速度	SPDa11	
二段目加速時定数	Ta12	
二段目主軸回転速度	SPDa12	
三段目加速時定数	Ta13	主軸減速パターン 番号1のデータ
三段目主軸回転速度	SPDa13	
四段目加速時定数	Ta14	
四段目主軸回転速度	SPDa14	
一段目減速時定数	Td11	主軸加速パターン 番号2のデータ
一段目主軸回転速度	SPDd11	
二段目減速時定数	Td12	
二段目主軸回転速度	SPDd12	
三段目減速時定数	Td13	主軸減速パターン 番号2のデータ
三段目主軸回転速度	SPDd13	
一段目加速時定数	Ta21	
一段目主軸回転速度	SPDa21	
二段目加速時定数	Ta22	主軸加速パターン 番号1のデータ
二段目主軸回転速度	SPDa22	
三段目加速時定数	Ta23	
三段目主軸回転速度	SPDa23	
四段目加速時定数	Ta24	主軸減速パターン 番号1のデータ
四段目主軸回転速度	SPDa24	
一段目減速時定数	Td21	
一段目主軸回転速度	SPDd21	
二段目減速時定数	Td22	主軸加速パターン 番号2のデータ
二段目主軸回転速度	SPDd22	
三段目減速時定数	Td23	
三段目主軸回転速度	SPDd23	

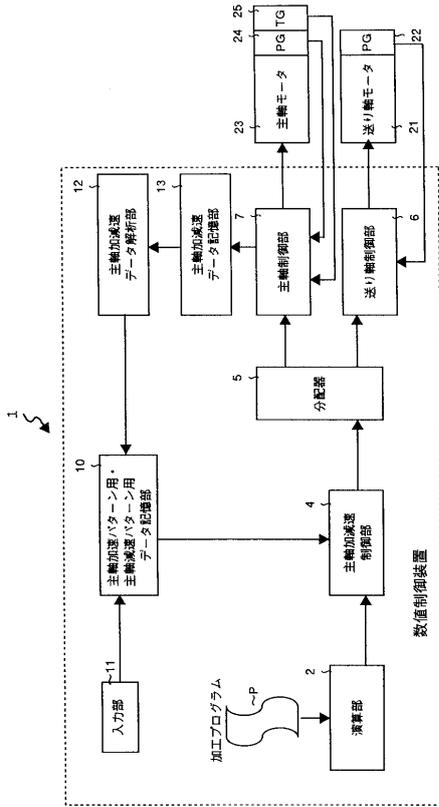
【図20】



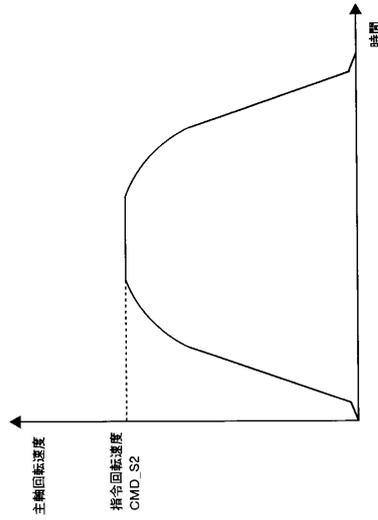
【図21】



【 図 2 2 】



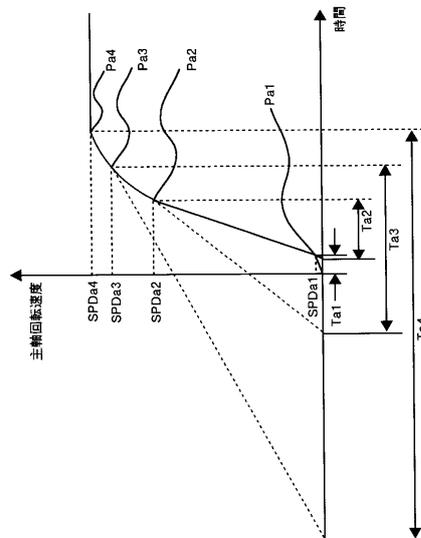
【 図 2 3 】



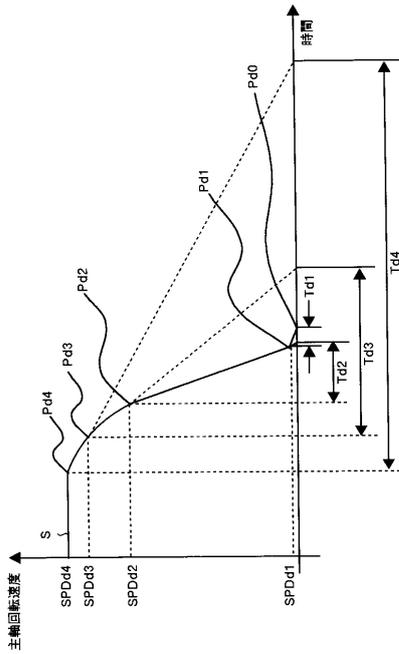
【 図 2 4 】

一段目加速時定数	Ta1	→ 加速パターンデータ
一段目主軸回転速度	SPDa1	
二段目加速時定数	Ta2	
二段目主軸回転速度	SPDa2	
三段目加速時定数	Ta3	→ 減速パターンデータ
三段目主軸回転速度	SPDa3	
四段目加速時定数	Ta4	
四段目主軸回転速度	SPDa4	
一段目減速時定数	Td1	→ 減速パターンデータ
一段目主軸回転速度	SPDd1	
二段目減速時定数	Td2	
二段目主軸回転速度	SPDd2	
三段目減速時定数	Td3	→ 減速パターンデータ
三段目主軸回転速度	SPDd3	
四段目減速時定数	Td4	
四段目主軸回転速度	SPDd4	

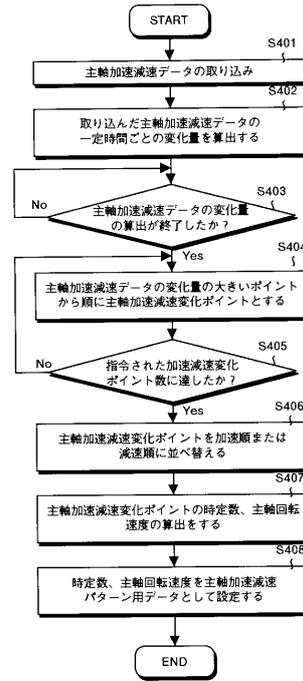
【 図 2 5 】



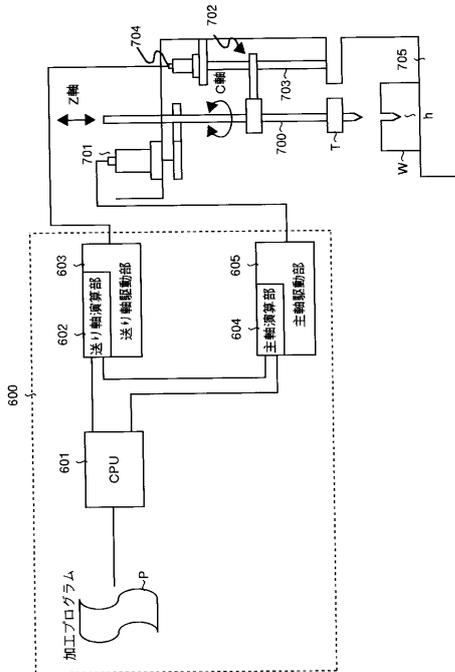
【 図 26 】



【 図 27 】



【 図 28 】



---

フロントページの続き

審査官 八木 誠

- (56)参考文献 特開平4 - 294408 (JP, A)  
特開平7 - 302122 (JP, A)  
特開平3 - 231317 (JP, A)  
特開平8 - 147040 (JP, A)

(58)調査した分野(Int.Cl.<sup>7</sup>, DB名)

G05B19/18-19/46

B23Q15/00-15/28

G05D3/00-3/20