(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B2)

(11)特許番号
特許第7112375号
(P7112375)

(45)発行日　令和4年8月3日(2022.8.3)

(24)登録日　令和4年7月26日(2022.7.26)

(51)国際特許分類

		FI		
Ｇ０５Ｂ	*19/4093(2006.01)*	Ｇ０５Ｂ	19/4093	Ｈ
Ｂ２３Ｑ	*15/00 (2006.01)*	Ｂ２３Ｑ	15/00	３０１Ｊ

請求項の数　13　（全21頁）

(21)出願番号　特願2019-136459(P2019-136459)
(22)出願日　令和1年7月24日(2019.7.24)
(65)公開番号　特開2021-22014(P2021-22014A)
(43)公開日　令和3年2月18日(2021.2.18)
審査請求日　令和1年7月24日(2019.7.24)

(73)特許権者　000005108
株式会社日立製作所
東京都千代田区丸の内一丁目６番６号
(74)代理人　110000279
特許業務法人ウィルフォート国際特許事務所
(72)発明者　河野　一平
東京都千代田区丸の内一丁目６番６号
株式会社日立製作所内
(72)発明者　海保　航平
東京都千代田区丸の内一丁目６番６号
株式会社日立製作所内
(72)発明者　内海　幸治
東京都千代田区丸の内一丁目６番６号
株式会社日立製作所内

最終頁に続く

(54)【発明の名称】　ＮＣプログラム生成システム及びＮＣプログラム生成方法

(57)【特許請求の範囲】

【請求項１】

プロセッサを含み、旋盤でのワークに対する旋削加工用のＮＣプログラムを生成するＮＣプログラム生成システムであって、

前記プロセッサは、

旋削加工時の複数の加工位置での処理対象のワークに発生する変位を計算し、

前記複数の加工位置での前記ワークに発生する変位に基づいて、前記旋削加工時に使用する工具の移動経路を決定し、

前記決定した移動経路で前記工具を移動させるＮＣプログラムを生成し、

前記プロセッサは、

前記ワークの形状情報と、前記ワークの機械的材料特性情報と、前記旋盤に前記ワークを固定する固定部の剛性情報とを受け付け、前記固定部は前記旋盤の主軸と前記主軸に取り付けられた固定治具であり、

前記ワークの形状情報と、前記ワークの機械的材料特性情報と、前記固定部の剛性情報とに基づいて、前記複数の加工位置での前記ワークに発生する変位を算出する、

ＮＣプログラム生成システム。

【請求項２】

請求項１に記載のＮＣプログラム生成システムであって、

前記プロセッサは、

前記ワークに対する旋削加工用の前記旋削加工時に前記ワークに発生する変位を考慮し

ていない補正前ＮＣプログラムを受け付け、
　前記決定した移動経路に基づいて、前記補正前ＮＣプログラムにおける前記旋削加工時の前記工具の移動経路を補正することにより、前記ＮＣプログラムを生成する、
ＮＣプログラム生成システム。
【請求項３】
　請求項１に記載のＮＣプログラム生成システムであって、
　前記プロセッサは、
　前記工具の形状情報と、前記工具の機械的材料特性情報と、前記工具を前記旋盤に固定する工具固定部の剛性情報とを受け付け、
　前記工具の形状情報と、前記工具の機械的材料特性情報と、前記工具を前記旋盤に固定する工具固定部の剛性情報とに基づいて、前記複数の加工位置での前記工具に発生する変位を算出し、
　前記複数の加工位置での前記ワークに発生する変位と、前記工具に発生する変位とに基づいて、前記旋削加工時の前記工具の移動経路を決定する、
ＮＣプログラム生成システム。
【請求項４】
　請求項３に記載のＮＣプログラム生成システムであって、
　前記プロセッサは、
　前記工具の形状情報と、前記工具の機械的材料特性情報と、前記工具を前記旋盤に固定する工具固定部の剛性情報とを受け付け、
　前記工具の形状情報と、前記工具の機械的材料特性情報と、前記工具を前記旋盤に固定する工具固定部の剛性情報とに基づいて、前記複数の加工位置での前記工具に発生する変位を算出し、
　前記複数の加工位置での前記ワークに発生する変位と、前記工具に発生する変位とに基づいて、前記旋削加工時の前記工具の送り速度を決定し、
　前記決定した送り速度で前記工具を移動させるＮＣプログラムを生成する、
ＮＣプログラム生成システム。
【請求項５】
　請求項１に記載のＮＣプログラム生成システムであって、
　前記プロセッサは、
　前記ワークに対する前記旋削加工が仕上加工を実行する前の加工である前加工である場合に、前記ワークの形状情報と、前記ワークの機械的材料特性情報とに基づいて、前記複数の加工位置を含む移動範囲での前記仕上加工における前記ワークに発生する変位が共通となる前記工具の前加工用移動経路を決定し、
　前記前加工用移動経路で前記工具を移動させるＮＣプログラムを生成する、
ＮＣプログラム生成システム。
【請求項６】
　請求項１に記載のＮＣプログラム生成システムであって、
　前記プロセッサは、
　前記ワークを前記旋盤に固定する固定部の回転軸と、前記工具の移動方向との間の角度情報を受け付け、
　前記複数の加工位置での前記ワークに発生する変位と、前記角度情報とに基づいて、前記旋削加工時に使用する工具の移動経路を決定する、
ＮＣプログラム生成システム。
【請求項７】
　請求項２に記載のＮＣプログラム生成システムであって、
　前記プロセッサは、
　前記補正前ＮＣプログラムから、前記工具を、前記ワークを固定する固定部の回転軸の軸方向に移動させるブロックである軸方向移動ブロックを取得し、
　前記ワークの形状情報と、前記ワークの機械的材料特性情報と、前記固定部の剛性情報

とに基づいて、前記軸方向移動ブロックの移動範囲内での前記ワークに発生する変位を算出し、
前記算出した変位に基づいて、前記軸方向移動ブロックにおける前記回転軸の径方向の移動位置を変更した移動経路である補正移動経路を決定し、
前記補正移動経路で前記工具を移動させるＮＣプログラムのブロックを生成する、
ＮＣプログラム生成システム。
【請求項８】
請求項７に記載のＮＣプログラム生成システムであって、
前記プロセッサは、
前記軸方向移動ブロックにおける移動範囲を複数の部分範囲に分割し、
前記ワークの形状情報と、前記ワークの機械的材料特性情報と、前記固定部の剛性情報とに基づいて、それぞれの前記部分範囲での前記ワークに発生する変位を算出し、
複数の前記部分範囲での前記変位に基づいて、前記軸方向移動ブロックの前記移動範囲における前記回転軸の径方向の移動位置を変更した移動経路である補正移動経路を決定し、
前記補正移動経路で前記工具を移動させるＮＣプログラムの1以上のブロックを生成する、
ＮＣプログラム生成システム。
【請求項９】
請求項１に記載のＮＣプログラム生成システムであって、
複数の旋盤の前記ワークを固定する固定部の剛性情報を記憶する記憶資源を有する
ＮＣプログラム生成システム。
【請求項１０】
プロセッサを含み、旋盤でのワークに対する旋削加工用のＮＣプログラムを生成するＮＣプログラム生成システムによるＮＣプログラム生成方法であって、
旋削加工時の複数の加工位置での処理対象のワークに発生する変位を計算し、
前記複数の加工位置での前記ワークに発生する変位に基づいて、旋削加工時に使用する工具の移動経路を決定し、
前記決定した移動経路で前記工具を移動させるＮＣプログラムを生成し、
前記ワークの形状情報と、前記ワークの機械的材料特性情報と、前記旋盤に前記ワークを固定する固定部の剛性情報とを受け付け、前記固定部は前記旋盤の主軸と前記主軸に取り付けられた固定治具であり、
前記ワークの形状情報と、前記ワークの機械的材料特性情報と、前記固定部の剛性情報とに基づいて、前記複数の加工位置での前記ワークに発生する変位を算出する、
ＮＣプログラム生成方法。
【請求項１１】
請求項１０に記載のＮＣプログラム生成方法であって、
前記ワークに対する旋削加工用の前記旋削加工時に前記ワークに発生する変位を考慮していない補正前ＮＣプログラムを受け付け、
前記決定した移動経路に基づいて、前記補正前ＮＣプログラムにおける前記旋削加工時の前記工具の移動経路を補正することにより、前記ＮＣプログラムを生成する、
ＮＣプログラム生成方法。
【請求項１２】
請求項１１に記載のＮＣプログラム生成方法であって、
前記工具の形状情報と、前記工具の機械的材料特性情報と、前記工具を前記旋盤に固定する工具固定部の剛性情報とを受け付け、
前記工具の形状情報と、前記工具の機械的材料特性情報と、前記工具を前記旋盤に固定する工具固定部の剛性情報とに基づいて、前記複数の加工位置での前記工具に発生する変位を算出し、
前記複数の加工位置での前記ワークに発生する変位と、前記工具に発生する変位とに基づいて、前記旋削加工時の前記工具の移動経路を決定する、

ＮＣプログラム生成方法。
【請求項１３】
請求項１０～請求項１２のいずれか一項に記載のＮＣプログラム生成方法をＮＣプログラム生成システムに実行させるプログラム。
【発明の詳細な説明】
【技術分野】
【０００１】
本発明は、数値制御（ＮＣ）用のＮＣプログラムを生成する技術に関する。
【背景技術】
【０００２】
近年、ＮＣプログラムをＮＣ対応の旋盤に入力することによって、被加工物（以後、ワークと呼ぶことがある）の旋削加工を行うことがある。
【０００３】
例えば、特許文献１には、「工具の変形量を補正して、加工を行う工具変形量補正方式において、工具変形量を計算する工具変形パラメータを格納するメモリと、加工プログラムを読み、加工条件を出力する前処理演算手段と、前記工具変形パラメータと、前記加工条件から工具変形量を求める工具変形量計算手段と、工具補正量を計算する工具補正手段と、前記工具変形量と工具補正量を移動指令に加算して、移動量を求める加算器と、前記移動量を補間する補間手段と、を有することを特徴とする工具変形量補正方式が、提供される。」ことが開示されている。
【先行技術文献】
【特許文献】
【０００４】
【文献】特開平４－５２９０８号公報
【発明の概要】
【発明が解決しようとする課題】
【０００５】
ワークを加工して製品を生産する分野においては、製品の加工精度を向上することが要請されている。
【０００６】
特許文献１に開示の技術では、工具変形量を補正することにより加工精度を向上するようにしている。しかしながら、工具変形量の補正では、加工精度の向上効果が少ないような場合がある。
【０００７】
本発明は、上記事情に鑑みなされたものであり、その目的は、適切な加工精度を確保可能なＮＣプログラムを生成する技術を提供することにある。
【課題を解決するための手段】
【０００８】
一観点に係るＮＣプログラム生成システムは、例えば、細長いワークに対する旋削加工等のように旋削加工においては、製品の加工誤差の要因がワークの変形にあることに着目してなされたものである。一観点に係るＮＣプログラム生成システムは、プロセッサを含み、旋盤でのワークに対する旋削加工用のＮＣプログラムを生成するＮＣプログラム生成システムであって、プロセッサは、旋削加工時の複数の加工位置での処理対象のワークに発生する変位を計算し、複数の加工位置での前記ワークに発生する変位に基づいて、旋削加工時に使用する工具の移動経路を決定し、決定した移動経路で工具を移動させるＮＣプログラムを生成する。
【発明の効果】
【０００９】
本発明によると、適切な加工精度を確保することのできるＮＣプログラムを生成することができる。

【図面の簡単な説明】
【００１０】
【図１】図１は、実施例１に係る加工処理システムの全体構成図である。
【図２】図２は、実施例１に係る変換用計算機の構成図である。
【図３】図３は、実施例１に係る変換用計算機の機能構成図である。
【図４】図４は、実施例１に係るＮＣプログラム変換処理のフローチャートである。
【図５】図５は、比較例に係る旋削加工の状態を示す図である。
【図６】図６は、実施例１に係る旋削加工の状態を示す図である。
【図７】図７は、旋盤の回転軸と、工具台の移動軸との関係の一例を示す図である。
【図８】図８は、実施例１と比較例との旋削加工による直径誤差の実験結果を示す図である。
【図９】図９は、ワークの旋削に関わる値を説明する図である。
【図１０】図１０は、実施例４に係る荒加工と、仕上加工を説明する図である。
【発明を実施するための形態】
【００１１】
実施例について、図面を参照して説明する。なお、以下に説明する実施例は特許請求の範囲に係る発明を限定するものではなく、また実施例の中で説明されている諸要素及びその組み合わせの全てが発明の解決手段に必須であるとは限らない。
【実施例１】
【００１２】
＜システム構成＞
図１は、実施例１に係る加工処理システムの全体構成図である。
【００１３】
加工処理システム１００は、ＮＣプログラム生成システムの一例としての変換用計算機１０と、旋盤２と、現場用計算機３０とを備える。変換用計算機１０と、旋盤２と、現場用計算機３０とは、ネットワーク５を介して接続されている。ネットワーク５は、有線ネットワークでも無線ネットワークでもよい。旋盤２と、現場用計算機３０とは、例えば、同じ場所に配置されていてもよい。
【００１４】
変換用計算機１０は、例えば、ＣＡＭ（Ｃｏｍｐｕｔｅｒ Ａｉｄｅｄ Ｍａｎｕｆａｃｔｕｒｉｎｇ）により生成されたＮＣプログラム（補正前ＮＣプログラム）から、加工精度のより高い旋削加工用のＮＣプログラム（補正後ＮＣプログラム）を生成する処理を実行する。変換用計算機１０の詳細については、後述する。
【００１５】
旋盤２は、主軸２１と、固定治具２２と、心押し台２３と、振れ止め２４と、工具固定部の一例としての工具台２５と、制御装置２６とを含む。
【００１６】
主軸２１は、固定治具２２を回転可能に支持する。固定治具２２は、ワーク１を固定する治具であり、典型的には、チャックである。固定治具２２は、ボルト締結や磁石などを用いた固定治具であってもよく、要は、ワーク１を主軸２１に対して固定可能なものであればよい。この構成により、ワーク１は、旋盤２の主軸２１に固定治具２２を介して回転可能に固定される。
【００１７】
心押し台２３は、主軸２１の回転軸Ｏ上の主軸２１に対向する位置に配置されている。心押し台２３は、主軸２１に固定治具２２で固定されているワーク１の主軸２１側の端面と反対側の端面に対して接触し、ワーク１を回転可能に固定する。振れ止め２４は、ワーク１の側面を支持することにより、旋削加工時のワーク１の振れを防止する。この触れ止め２４によると、剛性の低いワークの加工を適切にでき、また、旋削加工の加工精度を高くすることができる。
【００１８】

工具台２５は、工具３を固定する。工具台２５は、例えば、ターレットであり、複数の工具を固定可能であり、工具台２５を回転することで、加工に使用する工具を選択することができる。なお、工具台２５は、ターレットでなくてもよく、図示しないＡＴＣ（Ａｕｔｏｍａｔｉｃ　ＴｏｏｌＣｈａｎｇｅｒ）装置により、工具マガジンに格納された工具と、工具台２５に固定された工具とを交換可能なものでもよいし、手動で工具を取り付け可能なものでもよい。また、工具台２５は、回転主軸を備え、ドリルなどの回転工具を取り付け可能なものであってもよい。工具台２５は、制御装置２６の制御に基づいて、図示しない駆動機構により、例えば、回転軸Ｏ方向（厳密には誤差によりこの方向一致しない場合がある）や、回転軸Ｏの径方向（厳密には誤差によりこの方向一致しない場合がある）に移動可能である。

【００１９】

工具３は、切れ刃を有する一体型のバイトや、切れ刃を有するインサート及びインサートを取り付けるバイトや、これらのバイトを工具台２５に固定するためのホルダも含んでもよい。

【００２０】

制御装置２６は、内部に設けられた図示しない記録装置内に保存されたＮＣプログラムを読み込んで、ＮＣプログラムに記載された加工諸元（加工速度や送り速度）と、加工経路（移動経路）とに基づいて、ワーク及び工具の動作を制御することにより、旋削加工を制御する。なお、ＮＣプログラムは、Ｇコードなどの形式で旋盤の動作が記載されたデータであってもよく、ＣＬ（Ｃｕｔｔｅｒ　Ｌｏｃａｔｉｏｎ）データ等の旋盤の動作を直接制御できない形式であって、加工経路及び回転数などの加工諸元や旋盤の動作が記載されたデータであってもよい。なお、制御装置２６は、加工形状や加工条件から加工経路（移動経路）を生成する加工経路生成機能を有するようにしてもよい。

【００２１】

なお、旋盤２において、心押し台２３を備えず、ワーク１の主軸２１に対して反対側の端部を固定せずに、所謂片持ち状態で旋削加工を行うようにしてもよい。また、両側にスピンドルを有する旋盤においては、心押し台２３を備えずに、ワーク１の反対側の端部を、他方の主軸にその主軸に接続された固定治具を介して回転可能に固定してもよい。また、旋盤２は、振れ止め２４を備えていなくてもよい。

【００２２】

次に、変換用計算機１０について詳細に説明する。

【００２３】

図２は、実施例１に係る変換用計算機の構成図である。

【００２４】

＜＜ハードウェア＞＞

変換用計算機１０は、一例としてはパーソナルコンピュータ、汎用計算機である。変換用計算機１０は、プロセッサの一例としてのＣＰＵ１１、ネットワークインターフェース１２（図ではＮｅｔ　Ｉ／Ｆと省略)、ユーザインターフェース１３(図ではＵｓｅｒ　Ｉ／Ｆ)、記憶部の一例としての記憶資源１４、及びこれら構成物を接続する内部ネットワークを含む。

【００２５】

ＣＰＵ１１は、記憶資源１４に格納されたプログラムを実行することができる。記憶資源１４は、ＣＰＵ１１で実行対象となるプログラムや、このプログラムで使用する各種情報、旋盤２で使用するＮＣプログラム等を格納する。記憶資源１４としては、例えば、半導体メモリ、フラッシュメモリ、ＨＤＤ（Ｈａｒｄ　Ｄｉｓｋ　Ｄｒｉｖｅ）、ＳＳＤ（Ｓｏｌｉｄ　Ｓｔａｔｅ　Ｄｒｉｖｅ）等であってよく、揮発タイプのメモリでも、不揮発タイプのメモリでもよい。

【００２６】

ネットワークインターフェース１２は、ネットワーク５を介して外部の装置（例えば、旋盤２の制御装置２６、現場用計算機３０等）と通信するためのインターフェースである。

【００２７】
ユーザインターフェース１３は、例えば、タッチパネル、ディスプレイ、キーボード、マウス等であるが、作業者（ユーザ）からの操作を受け付け、情報表示ができるのであれば、他のデバイスであってもよい。ユーザインターフェース１３は、これら複数のデバイスで構成されてもよい。
【００２８】
＜＜データ等＞＞
記憶資源１４は、変換プログラム１４１１と、構成情報取得プログラム１４１２と、旋盤構成情報１４１３と、工具情報１４１４と、ワーク情報１４１５と、補正前ＮＣプログラム１４１６と、補正後ＮＣプログラム１４１７とを格納する。なお、記憶資源１４は、これ以外の情報を格納してもよい。次の段落から各データやプログラムの詳細について説明する。なお、各情報、又は各情報の一部の項目は省略してもよい。
【００２９】
＊旋盤構成情報１４１３。旋盤構成情報１４１３は、例えば、旋盤２に関する情報を格納するテーブルとして構成される。旋盤構成情報１４１３は、以下に示す各情報を含む。
（ａ１）旋盤２の識別子（旋盤ＩＤ）。旋盤ＩＤとして、制御装置２６の識別子やネットワークアドレスを代用してもよい。
（ａ２）旋盤２の型番。
（ａ３）旋盤２の設置場所。
（ａ４）旋盤２の使用実績、例えば、使用時間等。
（ａ５）旋盤２の所定の部位の温度。所定の部位としては、旋盤２０の主軸２１であってもよい。
（ａ６）旋盤２の所定の部位の剛性に関する情報（例えば、部位のヤング率や、たわみ量等）。所定の部位としては、旋盤２の主軸２１や、工具台２５であってもよい。
（ａ７）旋盤２の所定の部位の形状。所定の部位の形状としては、旋盤２の主軸２１の長さ、工具台２５の形状であってもよい。
（ａ８）経年変化や設置環境に合わせて設定されるオフセット値。このオフセット値は、ＮＣプログラムにおける工具移動時の座標を微修正するために使用される値であり、例えば経年劣化でステージが微妙に傾いた等の状況を補正するために使用される値である。
（ａ９）制御装置２６のメーカ、型番等。制御装置２６は、メーカや型番に応じて、ＮＣプログラムの記述形式が多少異なる場合があり、このような状況を判断するために用いられる。
（ａ１０）主軸２１や工具台２５等のコンポーネントのがたつき、移動精度（例えば、工具台のバックラッシュ量等）、直線度、平面度、平行移動度、装置稼働時の振動幅や振動周波数。
【００３０】
本実施形態では、（ａ１）、（ａ２）、（ａ４）、（ａ５）、（ａ８）、及び（ａ９）の情報については、例えば、旋盤２の制御装置２６（又は現場用計算機３０）から取得する一方、（ａ３）、（ａ６）、（ａ７）、及び（ａ１０）については、ユーザによる入力情報から取得している。なお、情報を取得する方法はこれに限られず、（ａ１）、（ａ２）、（ａ４）、（ａ５）、（ａ８）、及び（ａ９）の少なくとも一部について、ユーザによるユーザインターフェース１３を介しての入力情報から取得するようにしてもよく、また、（ａ３）、（ａ６）、（ａ７）、及び（ａ１０）の中の制御装置２６（又は現場用計算機３０）から取得可能な情報については、制御装置２６（又は現場用計算機３０）から取得するようにしてもよい。なお、制御装置２６（又は現場用計算機３０）から取得するとした情報についても、代替のデバイス（例えば別の計算機や、センサ自体）から取得してもよい。
【００３１】
＊工具情報１４１４は、各工具３に関する情報である。工具情報１４１４は、以下に示す各情報を含む。

（ｂ１）工具３の識別子（工具ＩＤ：例えば、シリアル番号等）。工具３の識別子としては、構成情報取得プログラム１４１２を実行するＣＰＵ１１が自動付与してもよい。
（ｂ２）工具３の型番。
（ｂ３）工具３についての材質、形状、機械的材料特性（ヤング率、ポアソン比、横弾性係数等）、使用履歴、温度等。ここで、工具３の材質、形状によって剛性が変化するので、これらの情報も剛性に関する情報である。なお、明記しない限りは、「形状」とは、一般的に言うところの図面やＣＡＤデータが示す立体形状や断面形状に加えて、工具３が工具台２５に取り付けられた際の工具３が工具台２５から突出する長さ（飛び出し長さ）、工具３の直線度、といった形状から得られる代表的な値も含むものとする。
なお、本実施形態では、（ｂ１）～（ｂ３）の情報については、例えば、ユーザによるユーザインターフェース１３を介しての入力情報から取得するようにしているが、制御装置２６（又は現場用計算機３０）から取得可能な情報については、制御装置２６（又は現場用計算機３０）から取得するようにしてもよい。

【００３２】

＊ワーク情報１４１５。ワーク情報１４１５は、例えば、ワーク１の加工前の形状データ、材質、機械的材料特性剛性（ヤング率、ポアソン比、横弾性係数等）、ワーク１の加工目標形状データ等の情報。加工目標形状データとは、ＮＣプログラムによって加工する時の目標とする形状を示すデータである。当該目標形状にワーク１を加工できた場合は誤差がゼロであることを意味する。ワーク情報１４１５は、制御装置２６（又は現場用計算機３０）から取得するようにしてもよく、ユーザによるユーザインターフェース１３を介しての入力情報から取得するようにしてもよい。

【００３３】

＊補正前ＮＣプログラム１４１６は、旋盤で使用させるためにＣＡＭによって作成されたＮＣプログラムである。補正前ＮＣプログラム１４１６は、ＣＡＭを備える図示しない計算機で生成されて送信される。

【００３４】

＊補正後ＮＣプログラム１４１７は、旋盤２における特定のワークに対する旋削加工に合うように、補正前ＮＣプログラム１４１６を変換して得られたＮＣプログラムである。なお、いずれの補正前ＮＣプログラム１４１６に対しても変換処理が行われていない場合には、補正後ＮＣプログラム１４１７は、存在しない。

【００３５】

＜変換用計算機で動作するプログラム＞
＜＜変換プログラム１４１１＞＞
変換プログラム１４１１は、ＣＰＵ１１に実行されることにより、以下の処理を実行する。
＊変換プログラム１４１１は、補正前ＮＣプログラム１４１６から補正後ＮＣプログラム１４１７を生成する処理を実行する。なお、処理の詳細については後述する。

【００３６】

＜＜構成情報取得プログラム１４１２＞＞
構成情報取得プログラム１４１２は、ＣＰＵ１１に実行されることにより、以下の処理を実行する。
＊構成情報取得プログラム１４１２は、旋盤２の制御装置２６から旋盤２に関する各種情報を取得する。取得する情報としては、上記した（ａ１）、（ａ２）、（ａ４）、（ａ５）、（ａ８）、及び（ａ９）の情報がある。
＊構成情報取得プログラム１４１２は、ユーザインターフェース１３を介して、ユーザからの各種情報（ユーザから取得する旋盤２に関する情報（（ａ３）、（ａ６）、（ａ７）、及び（ａ１０））、及び工具情報１４１４の情報（（ｂ１）～（ｂ３）の情報））を取得する。

【００３７】

次に、変換用計算機１０の機能構成について説明する。

【００３８】
図３は、実施例１に係る変換用計算機の機能構成図である。
【００３９】
変換用計算機１０は、入力部４１と、たわみ演算部４２と、加工経路決定部４３とを備える。本実施形態では、入力部４１は、ＣＰＵ１１が構成情報取得プログラム１４１２を実行することにより構成され、たわみ演算部４２及び加工経路決定部４３は、ＣＰＵ１１が変換プログラム１４１１を実行することにより、構成される。
【００４０】
入力部４１は、ワークの形状と、ワークの機械的材料特性と、ワークを加工する旋盤２においてワークを固定する部位（主軸２１及び固定治具２２：固定部の一例であり、これらをワーク固定部という。）の剛性と、を入力する。また、入力部４１は、補正前ＮＣプログラム１４１６を入力する。
【００４１】
ここで、ワークの形状としては、ワークの加工前の形状（素材形状）であってもよく、ワークの加工後の目標形状であってもよい。また、ワークの機械的材料特性は、少なくともワークの材料のヤング率を含む。機械的材料特性には、ポアソン比または横弾性係数も含まれてもよい。ワーク固定部の剛性は、ワーク固定部における並進ばね係数、および回転ばね係数を含む。ここで、並進ばね係数は、単位荷重に対する変位の逆数であり、回転ばね係数は、単位モーメントに対するたわみ角の逆数である。並進ばね係数や、回転ばね係数は、事前に解析または測定により同定しておき、その同定した係数を用いるようにすればよい。
【００４２】
たわみ演算部４２は、複数の加工位置でのワークに対して発生する変位を計算する。ここで、ワークに対して発生する変位には、ワークのたわみと、ワークを取り付けているワーク固定部のたわみに起因する変位とが含まれる。なお、ワークの剛性に対して、ワーク固定部の剛性が高いので、場合によっては、ワークに対して発生する変位に、後者の変位を含めなくてもよい。旋削の対象のワークは、一般に回転対称であるため、ワークを段付き梁としてモデル化し、梁の有限要素を用いてワークのたわみを算出することができる。具体的には、たわみ演算部４２は、補正前の加工経路、すなわち、ワークのたわみ等を考慮していない場合の加工経路を分析し、加工位置を複数同定する。ここで、補正前の加工経路は、補正前ＮＣプログラム１４１６の指令（ブロック）から特定できる。なお、制御装置２６内で、ワークの目標形状に基づいて加工経路を生成する場合には、その生成された加工経路を使用すればよい。
【００４３】
或る加工位置（対象加工位置）における変位は、ワークの段付き梁モデルを対象加工位置において分割し、節点を設けた上で、旋削加工における切削力をせん断荷重として与え、ワーク固定部の剛性を境界条件として解けば、計算することができる。ここで、段付き梁モデルとして用いるワークの形状は、素材形状を基に工具と干渉した部分を逐次除去して対象加工位置に到達した際の形状（中間形状）とすることが望ましいが、素材形状としてもよく、加工後の目標形状としてもよい。また、切削力は、対象加工位置における除去領域の体積や断面積、切込みを分析して、算出することが望ましいが、設定された切込みや送りなどの加工条件から求めてもよいし、実際に加工した際に測定された切削力を用いてもよい。
【００４４】
加工経路決定部４３は、算出された変位を用いて適切な加工経路を決定する。たわみによる変形等により加工時のワークが変位すると、加工量が変化し、加工後のワークの直径が目標値からずれてしまう。そこで、加工経路決定部４３は、ワークが工具３から遠ざかるように変位する場合には、加工後のワークの直径が目標値よりも大きくなってしまうため、加工経路をワーク側に近づけて工具３による切込みを大きくしてワークが変位した状態で目標の直径となるように補正後の加工経路を決定する。また、加工経路決定部４３は

、ワークが工具３に近づくように変位する場合には、加工後のワークの直径が目標値よりも小さくなってしまうため、加工経路をワークから遠ざけて工具３による切込みを小さくしてワークが変位した状態で目標の直径となるように補正後の加工経路を決定する。なお、補正後の加工経路は、補正前ＮＣプログラム１４１６の位置座標を補正後の新たな位置座標に編集してもよいし、補正前ＮＣプログラム１４１６の位置座標をそのまま用いて、補正前後の位置座標の差に基づいて工具オフセットの値を変更するようにしてもよい。例えば、補正前ＮＣプログラム１４１６の位置座標をそのまま用いて、工具オフセットを変更するようにすると、補正前ＮＣプログラム１４１６で設定されていた位置座標は、補正後ＮＣプログラム１４１７でも保存されるため、ユーザによる確認作業が容易となり、補正後ＮＣプログラム１４１７の可読性を保つことができる。

【００４５】

なお、ワークに発生する変位（基本的にはたわみ）は、一般に回転軸方向に対し、曲線となるため、理想的な加工経路も曲線状となる。このため、ＮＣプログラムの修正に際しては、加工経路をＮＵＲＢＳ（Ｎｏｎ－ｕｎｉｆｏｒｍ ｒａｔｉｏｎａｌ Ｂ－ｓｐｌｉｎｅ）補間により得られる曲線で指定してもよい。また、加工経路は、ＮＣプログラムのブロックに記述された加工経路を複数に分割し、直線補間による近似折れ線経路としてもよく、円弧補間による近似多円弧経路としてもよい。例えば、加工経路補正を工具オフセットの変更で行う場合には、直線補間による近似折れ線経路とすることが望ましい。また、制御装置２６内でワーク形状に基づいて加工経路を生成する場合には、補正前の加工経路を生成せずに、加工経路決定部４３により、ワークの変位を考慮した補正後の加工経路を直接生成するようにしてもよい。

【００４６】

図１の説明に戻り、現場用計算機３０について説明する。

【００４７】

現場用計算機３０は、一例としてはパーソナルコンピュータ、汎用計算機である。現場用計算機３０は、プロセッサの一例としてのＣＰＵ、ネットワークインターフェース、ユーザインターフェース、記憶部の一例としての記憶資源、及びこれら構成物を接続する内部ネットワークを含む。

【００４８】

現場用計算機３０の記憶資源は、クライアントプログラムを記憶する。また、記憶資源は、補正前ＮＣプログラムを記憶してもよい。

＜＜クライアントプログラム＞＞

クライアントプログラムは、ＣＰＵに実行されることにより、以下の処理を実行する。

＊クライアントプログラムは、変換用計算機１０にＮＣプログラムの変換を指示し、変換用計算機１０から補正後ＮＣプログラムを受信し、補正後ＮＣプログラムを現場用計算機３０の記憶資源又は制御装置２６の記録装置に格納する。

＊クライアントプログラムは、ユーザに指示された補正前ＮＣプログラムを記憶資源から読み出して、変換用計算機１０に送信してもよい。

＊クライアントプログラムは、変換用計算機１０にユーザインターフェース１３を介してユーザから入力される情報や、制御装置２６からユーザにより入力される情報等を、これらの代わりに現場用計算機３０のユーザから受け付け、変換用計算機１０に送信するようにしてもよい。

【００４９】

次に、変換用計算機１０による処理動作について説明する。

【００５０】

（処理１）構成情報取得プログラム１４１２（厳密には、構成情報取得プログラム１４１２を実行するＣＰＵ１１）は、ネットワーク５を介して接続された旋盤２の制御装置２６から、取得可能な旋盤２に関する各種情報（例えば、（ａ１）、（ａ２）、（ａ４）、（ａ５）、（ａ８）、及び（ａ９））を取得する。なお、本処理は、以下で説明する処理２以降の処理を行う度に行う必要はない。

【００５１】
（処理２）次いで、構成情報取得プログラム１４１２は、ユーザインターフェース１３を介して作業者から、変換対象である補正前ＮＣプログラム１４１６の指定を受け付ける。また、構成情報取得プログラム１４１２は、旋盤２に関する各種情報（（ａ３）、（ａ６）、（ａ７）、及び（ａ１０））や、旋盤２で使用する工具に関する情報（（ｂ１）～（ｂ３）の情報）や、旋盤２で使用するワーク１の加工前の形状データ、材質、機械的材料特性剛性（ヤング率、ポアソン比、横弾性係数等）、ワーク１の加工目標形状データ等の情報の入力（直接入力又は選択入力）を受け付ける。
【００５２】
（処理３）次いで、ユーザインターフェース１３を介してユーザからＮＣプログラムの変換指示を受け付けると、構成情報取得プログラム１４１２は、変換プログラム１４１１に変換開始指示を送信する。ここで、変換開始指示には、ユーザインターフェース１３を介して入力（直接入力又は選択入力）された各種情報が含まれる。
【００５３】
（処理４）変換プログラム１４１１は、変換開始指示を受け取ると、指定された補正前ＮＣプログラム１４１６を読み込んで、補正前ＮＣプログラム１４１６を補正後ＮＣプログラム１４１７に変換する変換処理を実行し、変換によって生成された補正後ＮＣプログラム１４１７を記憶資源１４に格納する。
【００５４】
（処理５）次いで、変換プログラム１４１１は、記憶資源１４に格納した補正後ＮＣプログラム１４１７を旋盤２の制御装置２６に送信する。
この後、旋盤２の制御装置２６は、旋盤２にワーク１が固定された後に、補正後ＮＣプログラム１４１７を実行することにより、ワーク１に対する旋削加工を実行する。
【００５５】
＜変換プログラムによる変換処理の具体例＞
次に、変換用計算機１０による処理動作の具体例について説明する。
【００５６】
図４は、一実施形態に係る変換処理のフローチャートである。
【００５７】
まず、変換プログラム１４１１は、処理対象の補正前ＮＣプログラム１４１６の全ブロックを記憶資源１４のうちのメモリのワーク領域に対して読み出す（Ｓ１１）。ここで、ブロックとは、補正前ＮＣプログラム１４１６により実行する加工処理において、旋盤２に対して１回に指示することのできる命令（アドレス）を含む記述部分を示す。ブロックには、同時に指示することのできる１以上の命令（アドレス）が含まれる。アドレスとしては、例えば、命令の種類を示すコードと、命令の内容に関するパラメータとが含まれるものがある。なお、補正前ＮＣプログラム１４１６の容量が大きくて、メモリのワーク領域に全てのブロックを呼び出すことができなければ、処理の進行に応じて読み出すブロックを切り替えるようにすればよい。また、処理対象の補正前ＮＣプログラム１４１６の全ブロックを記憶資源１４のワーク領域に対して一度に読み出さずに、例えば、１ブロックずつ読み出すようにしてもよい。
【００５８】
次いで、変換プログラム１４１１は、ステップＳ１１で読み出した各ブロックを対象に、ループ１の処理（ステップＳ１２～Ｓ１９）を行う。ここで、ループ１の処理対象のブロックを対象ブロックということとする。
【００５９】
ループ１においては、変換プログラム１４１１は、対象ブロックが主軸２１の回転軸Ｏ方向の移動指令であるか否かを判定する（ステップＳ１２）。この結果、対象ブロックが回転軸Ｏ方向の移動指令でない場合（ステップＳ１２：Ｎ）には、変換プログラム１４１１は、処理をループ１の最後（ステップＳ１９の後）に進める。
【００６０】

一方、対象ブロックが回転軸方向の移動指令である場合（ステップＳ１２：Ｙ）には、変換プログラム１４１１は、対象ブロックの移動指令の加工経路を分割する必要があるか否かを判定する（ステップＳ１３）。例えば、加工経路の回転軸Ｏ方向の長さが所定値以上であれば、分割する必要があると判定してもよい。

【００６１】

この結果、対象ブロックの移動指令の加工経路を分割する必要があると判定した場合（ステップＳ１３：Ｙ）には、変換プログラム１４１１は、加工経路を複数の単位経路に分割する（ステップＳ１４）。ここで、分割数は任意であるが、基本的には分割数を多くすると、より詳細に適切な加工経路を特定することができるようになる。

【００６２】

一方、対象ブロックの移動指令の加工経路を分割する必要がないと判定した場合（ステップＳ１３：Ｎ）には、変換プログラム１４１１は、対象ブロックの加工経路を単位経路に決定する（ステップＳ１５）。

【００６３】

ステップＳ１４又はステップＳ１５において単位経路を決定した後には、変換プログラム１４１１は、各単位経路を対象にループ２の処理（ステップＳ１６，Ｓ１７）を行う。

【００６４】

ループ２においては、変換プログラム１４１１は、単位経路の回転軸方向の端点におけるワークの回転軸の径方向の変位を算出する（ステップＳ１６）。次いで、変換プログラム１４１１は、単位経路の端点の径方向の座標を補正して、補正後単位経路を決定する。具体的には、変換プログラム１４１１は、単位経路の端点における径方向の座標にステップＳ１６で算出された変位を加算する（ステップＳ１７）。

【００６５】

ステップＳ１４で分割した複数の単位経路の全て、又はステップＳ１５で決定した単位経路についてループ２の処理を実行すると、変換プログラム１２１１は、ループ２の処理を抜け、補正後単位経路に基づいて、対象ブロックの加工経路に対する補正後加工経路を決定する（ステップＳ１８）。補正後加工経路の決定方法としては、すべての補正後単位経路の端点を直線で結んでもよく、各端点に基づく近似線（直線、又は曲線）を求めるようにしてもよい。また、補正後加工経路を近似線とする場合には、補正後加工経路を回転軸方向において分割して、分割した各点での近似誤差が所定値以下となるように、分割数を決定するようにしてもよい。

【００６６】

次いで、変換プログラム１４１１は、ステップＳ１８で決定した補正後加工経路となるブロック（又はブロック群）である補正ブロック（又はブロック群）を生成し、ワーク領域の対象ブロックと、生成した補正ブロック（又は補正ブロック群）とを入れ替える（ステップＳ１９）。

【００６７】

変換プログラム１４１１は、対象ブロックに対してループ１の処理を実行した後には、次のブロックを対象ブロックとしてループ１の処理を行い、全てのブロックに対してループ１の処理を行った場合には、ループ１の処理を抜ける。

【００６８】

次いで、変換プログラム１４１１は、ワーク領域のＮＣプログラムを、補正後ＮＣプログラム１４１７として記憶資源１４に格納し（ステップＳ２０）、処理を終了する。

【００６９】

上記した変換処理によると、ワークのたわみ等による回転軸の径方向の変位に基づいて、加工経路を補正して、補正した加工経路に対応するブロックを生成するようにしたので、旋削加工におけるワークのたわみ等による変位の影響を適切に抑制できる補正後ＮＣプログラムを生成することができる。これにより、この補正後ＮＣプログラムを実行することにより、ワークのたわみ等の影響を適切に抑制でき、加工品の加工精度を向上することができる。

【００７０】
次に、補正前ＮＣプログラム１４１６による旋削加工の例（比較例）と、補正後ＮＣプログラム１４１７による旋削加工の例とを具体的に比較する。なお、ここでは、円柱状のワークを一定の直径となるように旋削する旋削加工を例に挙げる。
【００７１】
まず、補正前ＮＣプログラム１４１６による旋削加工について説明する。
【００７２】
図５は、比較例に係る旋削加工の状態を示す図である。図５（Ａ）は、切削前の状態を示し、図５（Ｂ）は、ワークの先端側を切削している状態を示し、図５（Ｃ）は、ワークの固定治具近辺を切削している状態を示し、図５（Ｄ）は、切削完了後の状態を示している。
【００７３】
補正前ＮＣプログラム１４１６においては、図５（Ａ）に示すように、加工経路Ｐｂは、回転軸Ｏと平行に主軸２１側に向かう経路となっている。
このような加工経路Ｐｂに従って、ワーク１の先端側の旋削加工を開始すると、図５（Ｂ）に示すように、工具３の切削力により、ワーク１は、図面下方に変位する。
この後、工具３を加工経路Ｐｂに沿って主軸２１側に移動させると、固定治具２２の近辺においても、図５（Ｃ）に示すように、ワーク１は、図面下方に変位する。なお、ワーク１の変位量は、先端側の切削時よりも小さくなっている。
この後、加工経路Ｐｂの終点まで工具３を移動させると、ワーク１への旋削加工が終了し、図５（Ｄ）に示す状態となる。
【００７４】
上記した補正前ＮＣプログラム１４１６による旋削加工によると、変位の大きいワーク１の先端部に近いほど工具３による切込みが少なくなるので、切削完了後のワーク１の形状は、図５（Ｄ）に示すように、先端部の直径が大きく、固定治具２２に近づくほど直径が小さくなっている。このように、補正前ＮＣプログラム１４１６によると、加工により得られるワーク１の加工精度が悪い。
【００７５】
次に、補正後ＮＣプログラム１４１７による旋削加工について説明する。
【００７６】
図６は、実施例１に係る旋削加工の状態を示す図である。図６（Ａ）は、切削前の状態を示し、図６（Ｂ）は、ワークの先端側を切削している状態を示し、図６（Ｃ）は、ワークの固定治具近辺を切削している状態を示し、図６（Ｄ）は、切削完了後の状態を示している。
【００７７】
補正後ＮＣプログラム１４１７においては、図６（Ａ）に示すように、加工経路Ｐａは、変位の大きいワーク１の先端部に近いほど、工具３の加工経路が、加工経路Ｐｂに対して図面下側となるように補正されている。
このような加工経路Ｐａに従って、ワーク１の先端側の旋削加工を開始すると、図６（Ｂ）に示すように、工具３の切削力により、ワーク１は、図面下方に変位するが、加工経路Ｐａは、加工経路Ｐｂよりも図面下側となっているので、図５（Ｂ）に示す場合よりも切込みが大きくなる。
この後、工具３を加工経路Ｐａに沿って主軸２１側に移動させると、固定治具２２の近辺においても、図６（Ｃ）に示すように、ワーク１は、図面下方に変位する。ここで、ワーク１の変位量は、先端側の切削時よりも小さくなっているが、加工経路Ｐａの位置は、先端側よりも図面上方となっているので、結果として、図６（Ｂ）における先端側の切込みとほぼ同じ切込みとなっている。
この後、加工経路Ｐａの終点まで工具３を移動させると、ワーク１への旋削加工が終了し、図６（Ｄ）に示す状態となる。
【００７８】

上記した補正後ＮＣプログラム１４１６による旋削加工によると、変位の大きいワーク１の先端部に近いほど、加工経路の補正量が大きく、変位の小さい固定治具２２に近づくほど、加工経路の補正量が小さくなっており、回転軸Ｏ方向の全範囲において、工具３による切込みをほぼ同じようにすることができる。この結果、切削完了後のワーク１の形状は、図６（Ｄ）に示すように、ほぼ同じ直径とすることができる。このように、補正後ＮＣプログラム１４１７によると、加工により得られるワーク１の加工精度を向上することができる。また、ワークに発生する変位に、ワーク固定部に起因する変位を含めた場合には、ワーク固定部に起因するワークの変位による加工精度の悪化を抑制できるので、より加工精度を向上することができる。

【００７９】

＜実施例１のバリエーション＞

図７は、旋盤の回転軸と、工具台の移動軸との関係の一例を示す図である。

【００８０】

一般的に旋盤２の主軸２１の回転軸Ｏと、工具台２５の回転軸Ｏ方向の移動軸（Ｚ軸）との間には微小な傾き誤差が存在し、この傾き誤差が、旋削加工における誤差要因となる。例えば、固定治具２２と心押し台２３とで固定されたワーク１の回転軸Ｏと、Ｚ軸との間では、心押し台２３の位置が上下することで傾きが生じる。また、他の例としては、ワーク１を固定治具２２のみで固定する場合、ワーク１の重量により主軸２１が下向きに傾き、Ｚ軸との間で傾きが生じる。そこで、上記実施例において、主軸２１の回転軸Ｏと、工具台２５の回転軸方向の移動軸（Ｚ軸）との傾き（軸間傾き）を事前に測定するようにし、入力部４１は、軸間傾き（角度情報の一例）を受け付け、たわみ演算部４２は、ワークの変位を計算する対象の加工位置におけるワークの変位に対して、その加工位置における軸間傾きに基づく変位を加算し、加算後の変位に基づいて、上記同様に補正後の加工経路を決定する。

【００８１】

このようにすると、切削加工における軸間傾きの影響を軽減することができ、ワークの加工精度を向上することができる。

【００８２】

次に、補正前ＮＣプログラム１４１６と補正後ＮＣプログラム１４１７とによる旋削加工におけるワーク１の直径誤差の実験結果を示す。

【００８３】

図８は、実施例１と比較例との旋削加工による直径誤差の実験結果を示す図である。

【００８４】

図８に示す実験においては、ワーク１として、Ｓ４５Ｃの丸棒（ヤング率２０６ＧＰａ、ポアソン比０．３、直径５０ｍｍ、長さ８００ｍｍ）を用い、ワーク１を固定治具２２で５０ｍｍ固定し、ワーク１の固定治具２２と反対側の端面を心押し台２３で固定し、回転数６５０ｍｉｎ$^{-1}$、送り０．１ｍｍ／ｒｅｖ、切込み０．１ｍｍで、補正前ＮＣプログラム１４１６と補正後ＮＣプログラム１４１７とのそれぞれによる旋削加工を行った。なお、ワーク１の傾きは心押し台端面において０．０１６ｍｍであるとした。

【００８５】

補正前ＮＣプログラム１４１６による旋削加工を行った場合には、最大直径誤差は０．０３０ｍｍとなった。一方、ワーク１のたわみ等の変位を考慮した補正後ＮＣプログラム１４１７による旋削加工を行った場合には、最大直径誤差は０．０１０ｍｍとなった。これにより、補正後ＮＣプログラム１４１７により旋削加工を行うことにより、ワーク１における最大直径誤差を低減できることがわかる。

【００８６】

＜作用・効果＞

上記した実施例によると、補正前ＮＣプログラムを、加工時におけるワークのたわみを含む変位に基づいて決定された加工経路に補正した補正後ＮＣプログラムに変換するようにしているので、旋盤２における旋削加工における加工精度を向上することができる。

【実施例２】
【００８７】
次に、実施例２に係る変換用計算機について説明する。なお、実施例２においては、便宜的に実施例１に係る変換用計算機と同様な符号を用いて説明し、異なる点を中心に説明する。
【００８８】
工具３の剛性が低い場合には、工具３のたわみもワーク１の加工精度に悪影響を及ぼす。例えば、ワークに対して内径加工を行う場合には、工具台２５からの工具３の突出しが長く、回転軸Ｏの径方向の剛性が低くなる。そこで、実施例２に係る変換用計算機は、工具３のたわみ等の変位を考慮することで、加工精度を向上するようにしている。
【００８９】
具体的には、入力部４１は、工具３の形状と、工具３の機械的材料特性と、工具台２５の剛性情報とを受け付ける。たわみ演算部４２は、更に、工具３のたわみ等による変位を算出する。工具３のたわみは、ワークのたわみの算出方法と同様に、切削力を切れ刃部分に負荷されたせん断荷重として与え、工具台２５端面におけるばね係数を境界条件として剛性行列を解くことで、切れ刃の変位を工具たわみとして算出できる。ここで、工具３から見た相対的な加工誤差は、ワーク１の変位と、工具３の変位とを足し合わせたものになる。そこで、たわみ演算部４２は、ワーク１の変位と、工具３の変位とを加算した変位を求める。加工経路決定部４３は、たわみ演算部４２で求められたワーク１と工具３との変位を加算した変位を用いて、実施例１と同様の処理を行うことにより補正加工経路を決定する。
【００９０】
本実施例によると、ワーク１の変位と、工具３の変位とを加味した補正加工経路とすることができるので、切削加工におけるこれらの変位の影響を軽減することができ、ワークの加工精度を向上することができる。
【実施例３】
【００９１】
次に、実施例３に係る変換用計算機について説明する。なお、実施例３においては、便宜的に実施例１に係る変換用計算機と同様な符号を用いて説明し、異なる点を中心に説明する。
【００９２】
例えば、ワーク１の剛性が著しく低い場合、加工経路の変更のみでワーク１のゆがみ等による加工誤差を相殺しようとすると、工具３による切込み量が過剰に大きくなり、ワーク１が塑性変形したり、破損したりする可能性がある。
【００９３】
そこで、本実施例では、加工経路の補正に加えて、工具３の送り速度を補正するようにする。具体的には、変換プログラム１４１１（例えば、加工経路決定部４３）は、補正前ＮＣプログラム１４１６に記述されている補正前の送り速度によると、加工経路の補正量が大きい場合に、目標の補正量となるように工具３の送り速度を低減するように補正し、加工経路の補正量を目標の補正量とする。このようにすることで、ワーク１への損傷を抑制することができる。また、変換プログラム１４１１は、ワーク１の剛性が十分である場合には、補正前の送り速度を上げるように補正し、加工経路の補正量を、補正後の送り速度に対応する補正量としてもよい。例えば、固定治具２２のみでワーク１を固定して加工する場合においては、固定治具２２近傍では剛性が高いため、ワーク１の先端側の加工時の送り速度よりも速くすることができる。
【００９４】
次に、送り速度と加工経路の補正について説明する。
【００９５】
図９は、ワークの旋削に関わる値を説明する図である。
【００９６】

ワーク１に加えられる切削力Ｆは、以下の式（１）でモデル化できる。
Ｆ＝（Ｋｃ×Ｖｆ／Ｓ＋Ｋｅ）×ａ　・・・（１）
ここで、ａは、図９に示す切込みであり、Ｖｆは、図９に示す送り速度であり、Ｓは、図９に示すワークの回転数であり、Ｋｃは切削断面積に対する切削力係数であり、Ｋｅは切込みに対する切削力係数である。
【００９７】
ワーク１等の変形を弾性変形であると仮定すれば、変位は、切削力Ｆに比例する。したがって、送り速度を変えていない場合の補正後ＮＣプログラムにおける変位δと、目標とする変位δｔを用いると、補正後の送り速度Ｖｆｔは、以下の式（２）で表せる。
Ｖｆｔ＝（δｔ／δ）×Ｖｆ＋（δｔ／δ－１）×（Ｓ×Ｋｅ／Ｋｃ）・・・（２）
【００９８】
そこで、加工経路決定部４３は、目標とする変位δｔを決定し、式（２）により算出された送り速度に変更する補正をし、加工経路を変位δｔに従って補正し、これに対応する補正後ＮＣプログラムを出力する。なお、まず、補正する送り速度Ｖｆｔを決定し、式（２）の関係に従って、変位δｔを求めてもよい。
【００９９】
この補正後ＮＣプログラム１４１７によると、過剰な切込み量を低減することや、加工時間を短縮することができる。
【実施例４】
【０１００】
次に、実施例４に係る変換用計算機について説明する。なお、実施例４においては、便宜的に実施例１に係る変換用計算機と同様な符号を用いて説明し、異なる点を中心に説明する。
【０１０１】
図１０は、実施例４に係る荒加工と、仕上げ加工を説明する図である。
【０１０２】
例えば、ワーク１の加工においては、まず、ワーク１を目標形状に近い形状に加工する荒加工を行い、その後、ワークを最終的な目標形状に加工する仕上加工を行う場合がある。この際、仕上加工において、工具３の送り速度を加工中に切替えるようにすると、ワークの加工面粗さが変化し、送り速度の切替り部分でワークの外観が変化してしまい、外観上の問題となる可能性がある。また、加工経路を折れ線近似等とすると、加工経路の線分の切替り部分において、工具３の移動方向ベクトルが変化し、ワーク１の加工面状にスジが表れてしまい、外観上の問題となる可能性がある。このため、仕上加工において加工面上で工具３の送り速度や、加工経路を変更することが望ましくない場合がある。
【０１０３】
そこで、本実施例に係る変換プログラム１４１１は、荒加工用のＮＣプログラムについては、以降に行われる仕上加工におけるワーク１の変位が、回転軸方向で一定となるようにする。具体的には、変換プログラム１４１１は、図１０（Ａ）に示すように、ワーク１の剛性が低い部分では、仕上代が少なくなるように荒加工での切込みを多くし、ワークの剛性が高い部分では、相対的に仕上代が多くなるように荒加工での切込みを少なくするような加工経路Ｐｒ（荒加工用移動経路）に決定する。
【０１０４】
ここで、仕上加工における切削力Ｆは、仕上代ａ（＝仕上加工時の切込み）に比例するモデルにモデル化できる。
仕上加工における変位δは、仕上加工における剛性Ｋを用いると、式（３）で表せる。
δ＝Ｆ／Ｋ　・・・（３）。
【０１０５】
ここで、Ｆ∝ａであるから、δ∝ａ／Ｋであり、ａ／Ｋが一定になるように荒加工において仕上代ａを残せば、仕上加工における各加工位置でのワークの変位を一定にできる。
【０１０６】

そこで、変換プログラム１４１１は、荒加工用のＮＣプログラムにおいて、各加工位置において、ａ／Ｋが一定になるような仕上代ａを残す、図１０（Ｂ）に示す加工経路Ｐｒを生成する。

【０１０７】

このように、仕上加工時の変位が一定になれば、仕上加工の加工経路Ｐｆは、補正前ＮＣプログラム１４１６における加工経路からのオフセットを設定すればよいため、加工面上にスジが残らない。これにより、仕上加工において、送り速度や加工経路を加工途中に変更することがなく、高精度な加工を実現できる。

【０１０８】

本実施例において、荒加工用ＮＣプログラムを生成する処理（荒加工用処理）と、実施例１～３におけるＮＣプログラムを生成する処理（通常処理）とのいずれを実行するのかを切替可能としてもよい。そこで、変換プログラム１４１１は、荒加工用処理を行うか否かを判定し、その結果に応じて、荒加工用処理と通常処理とのいずれかを実行する。荒加工用処理を行うか否かの判定は、例えば、補正前ＮＣプログラム中に荒加工用処理であるか否かを示すコメントを含めておき、そのコメントに基づいて判定してもよい。また、工具番号または工具オフセット番号に対して、荒加工用工具、仕上加工用工具であることを定義しておき、補正前ＮＣプログラム中の工具が荒加工用工具であるか否かに基づいて、荒加工用処理を行うか否かを判定してもよい。また、補正前ＮＣプログラムが荒加工用であるか否かを、ＮＣプログラムの番号や、ファイル名により管理しておき、対象の補正前ＮＣプログラムの番号やファイル名から荒加工用処理を行うか否かを判定してもよい。また、本実施例は荒加工と仕上げ加工との組み合わせに限らず、仕上加工を実行する前の加工である前加工（例えば中仕上げ加工や、中加工。荒加工も含まれる）に対して適用してもよい。この場合、「荒加工」と説明していた内容は「前加工」と読み替えればよい。

【０１０９】

＜バリエーション＞

なお、本発明は、上述の実施例に限定されるものではなく、本発明の趣旨を逸脱しない範囲で、適宜変形して実施することが可能である。また、下記で説明した処理は組み合わせて用いてもよい。

【０１１０】

例えば、上記実施例４においては、ワークの回転軸方向の加工範囲全体に渡って、ワークの径方向の変位が一定となるようにしていたが、本発明はこれに限られず、例えば、ワークの回転軸方向の加工範囲の一部において、ワークの径方向の変位が一定となるようにしてもよく、このようにすると、その加工範囲の一部における加工精度を向上することができる。

【０１１１】

また、上記各実施例において、ＣＰＵ１１が行っていた処理の一部又は全部を、ハードウェア回路で行うようにしてもよい。また、上記実施形態におけるプログラムは、プログラムソースからインストールされてよい。プログラムソースは、プログラム配布サーバ又は不揮発性の記憶メディア（例えば可搬型の記憶メディア）であってもよい。

【０１１２】

また、上記各実施例では、ＮＣプログラム生成システムを、変換用計算機１０で構成する例を示していたが、ＮＣプログラム生成システムを、旋盤２の制御装置２６により構成してもよい。すなわち、変換用計算機１０の機能を制御装置２６に持たせるようにしてもよい。

【０１１３】

また、ＮＣプログラム生成システムを、複数の計算機により構成するようにしてもよく、この場合には、変換用計算機１０の機能を、複数の計算機のプロセッサに実行させるようにすればよい。

【符号の説明】

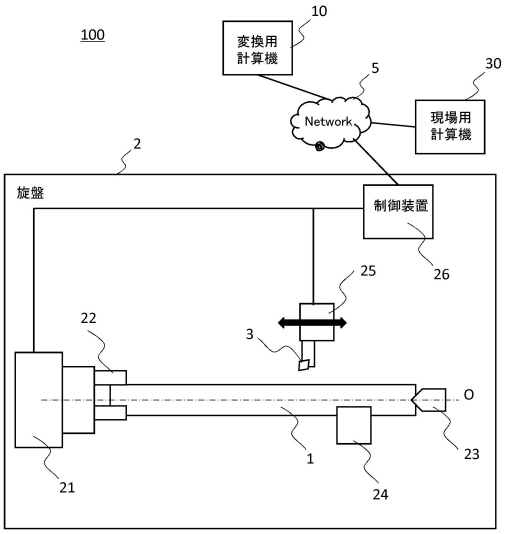
【０１１４】

１　ワーク、２　旋盤、３　工具、５　ネットワーク、１０　変換用計算機、１１　ＣＰＵ、１２　ネットワークインターフェース、１３　ユーザインターフェース、１４　記憶資源、２１　主軸、２２　工具治具、２３　心押し台、２５　工具台、２６　制御装置１００　加工処理システム

【図面】

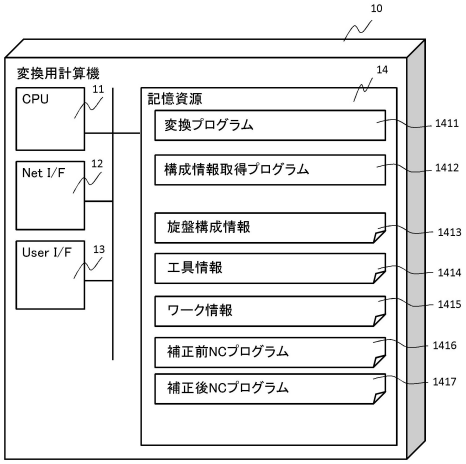
【図１】

図1



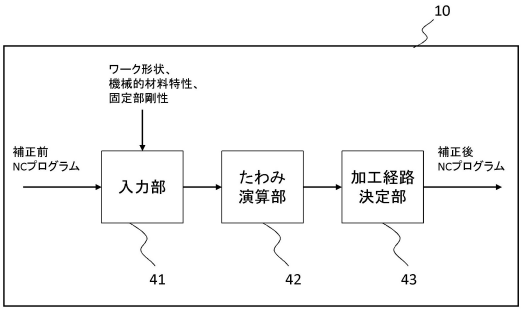
【図２】

図2



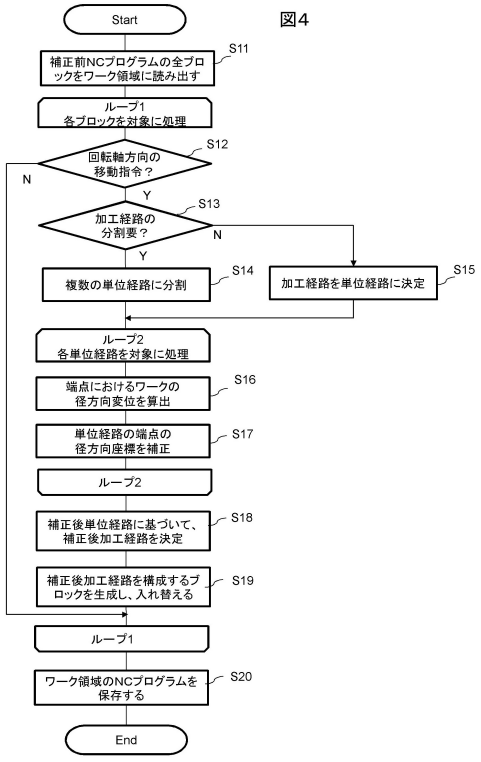
【図３】

図3



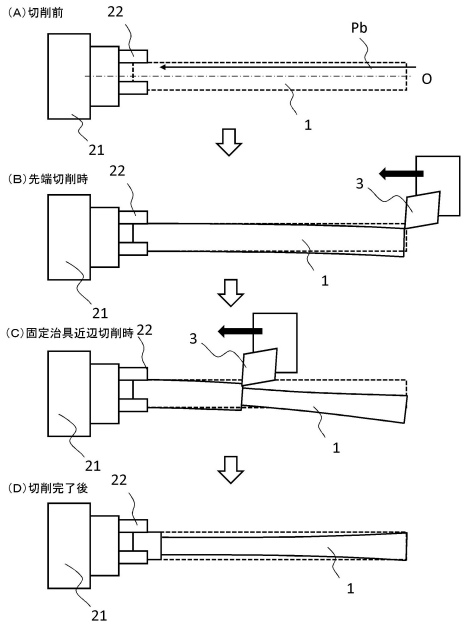
【図４】

図4



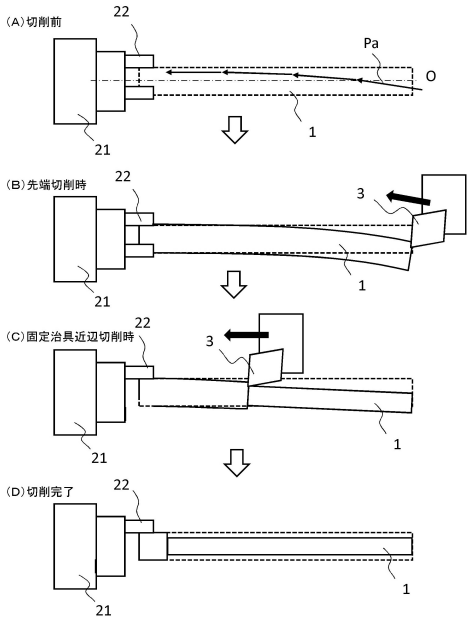
【図５】

図5



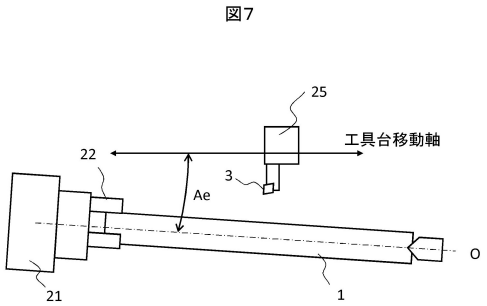
【図６】

図6



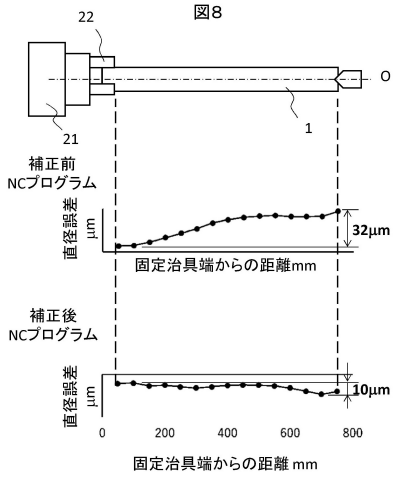
【図７】

図7



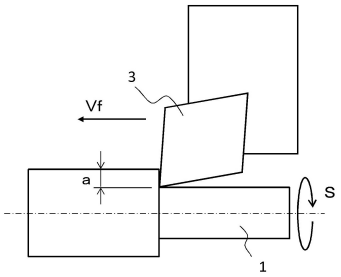
【図８】

図8



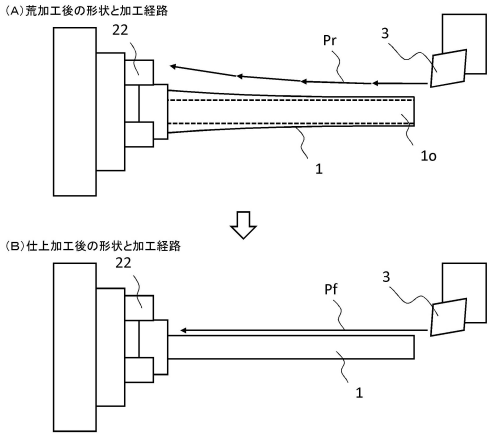
【図９】

図9



【図１０】

図10



フロントページの続き

(72)発明者　坂本 英次
東京都千代田区丸の内一丁目６番６号 株式会社日立製作所内
審査官　神山 貴行

(56)参考文献　特開平０９－１５０３４８（ＪＰ，Ａ）
米国特許第０４７０７７９３（ＵＳ，Ａ）
特開２００２－２３０３１７（ＪＰ，Ａ）
特開２００６－００７３９７（ＪＰ，Ａ）
特開２０１１－０４５９６２（ＪＰ，Ａ）

(58)調査した分野　(Int.Cl.，ＤＢ名)
Ｇ０５Ｂ １９／１８－１９／４１６
Ｇ０５Ｂ １９／４２－１９／４６
Ｂ２３Ｑ １５／００－１５／２８