

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2021-105825

(P2021-105825A)

(43) 公開日 令和3年7月26日(2021.7.26)

(51) Int.Cl.	F I	テーマコード (参考)
G05B 19/4069 (2006.01)	G05B 19/4069	3C269
B23Q 15/00 (2006.01)	B23Q 15/00	B

審査請求 未請求 請求項の数 8 O L (全 22 頁)

(21) 出願番号 特願2019-236557 (P2019-236557)
 (22) 出願日 令和1年12月26日 (2019.12.26)

(71) 出願人 390008235
 ファナック株式会社
 山梨県南部留郡忍野村忍草字古馬場358
 〇番地
 (74) 代理人 100106002
 弁理士 正林 真之
 (74) 代理人 100165157
 弁理士 芝 哲央
 (74) 代理人 100160794
 弁理士 星野 寛明
 (72) 発明者 相澤 誠彰
 山梨県南部留郡忍野村忍草字古馬場358
 〇番地 ファナック株式会社内

最終頁に続く

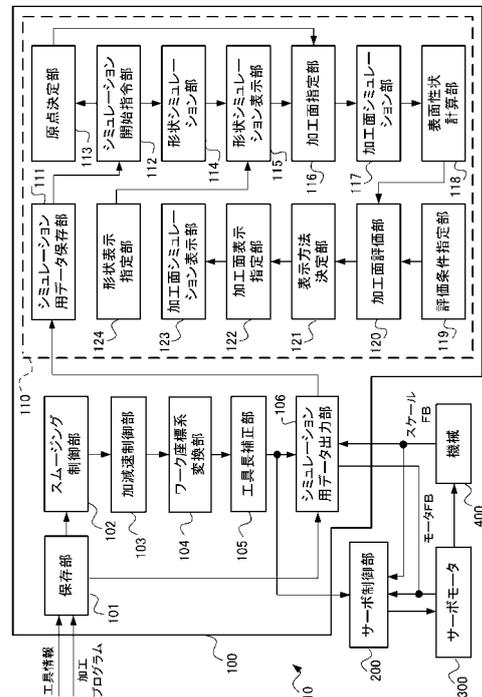
(54) 【発明の名称】 シミュレーション装置、数値制御装置、及びシミュレーション方法

(57) 【要約】

【課題】加工面に問題があるかないかの評価を定量的に評価することを可能とする。

【解決手段】シミュレーション装置が、工作機械によって被加工物を加工する場合の加工位置データを保存するための保存部と、保存された加工位置データを用いて加工面のシミュレーションを行う加工面シミュレーション部と、加工面のシミュレーションによりシミュレーションされた加工面の表面性状を計算する表面性状計算部と、評価条件に基づいて表面性状を評価する加工面評価部と、を備える。

【選択図】 図1



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

工作機械によって被加工物を加工する場合の加工位置データを保存するための保存部と

、
保存された前記加工位置データを用いて加工面のシミュレーションを行う加工面シミュレーション部と、

前記加工面のシミュレーションによりシミュレーションされた前記加工面の表面性状を計算する表面性状計算部と、

評価条件に基づいて前記表面性状を評価する加工面評価部と、
を備えたシミュレーション装置。

10

【請求項 2】

表面性状計算部は、シミュレーションされた前記加工面を複数の部分に分割し、分割された各部分について表面性状を計算する請求項 1 に記載のシミュレーション装置。

【請求項 3】

前記加工面評価部は、前記分割された各部分について前記評価条件に基づいて前記表面性状を評価し、その評価結果に基づいて前記加工面の表示方法を決定する表示方法決定部を備えた、請求項 2 に記載のシミュレーション装置。

【請求項 4】

前記加工面のシミュレーションの範囲を決める原点をワーク座標系の前記加工位置データに基づいて決める原点決定部を備えた、請求項 1 から 3 のいずれか 1 項に記載のシミュレーション装置。

20

【請求項 5】

前記保存された加工位置データを用いて前記被加工物の形状のシミュレーションを行う形状シミュレーション部を備え、

前記加工面シミュレーション部は、前記形状シミュレーション部により得られた前記被加工物の形状に基づいて指定された前記被加工物の加工面の指定場所について前記加工面のシミュレーションを行う、請求項 1 から 4 のいずれか 1 項に記載のシミュレーション装置。

【請求項 6】

加工位置データは、加工プログラム、前記工作機械を駆動するサーボモータのサーボ制御を行うための制御指令、及び前記サーボモータと前記工作機械からのフィードバック情報のうちの 1 つである、請求項 1 から 5 のいずれか 1 項に記載のシミュレーション装置。

30

【請求項 7】

請求項 6 に記載のシミュレーション装置と、前記加工プログラムに基づいて前記サーボモータのサーボ制御を行うための制御指令を生成する制御部と、を備えた数値制御装置。

【請求項 8】

工作機械によって被加工物を加工する場合の加工位置データを保存し、

保存された前記加工位置データを用いて加工面のシミュレーションを行い、

前記加工面のシミュレーションによりシミュレーションされた前記加工面の表面性状を計算し、

評価条件に基づいて前記表面性状を評価するシミュレーション方法。

40

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、シミュレーション装置、数値制御装置、及びシミュレーション方法に係り、特に、工作機械によって加工する被加工物の加工面のシミュレーションを行うシミュレーション装置、数値制御装置、及びシミュレーション方法に関する。

【背景技術】

【0002】

従来から、シミュレーション中にレンダリングされる物体のモデルから物体の表面の欠

50

陥を特定するシステムが知られている（例えば、特許文献1を参照）。

特許文献1には、表面に対する法線ベクトルに基づいて表面の向きおよび向きの変化率を求め、変化率およびしきい値に基づいて表面の欠陥を特定することが記載されている。そして、しきい値は、機械加工プロセスに基づいて求められることが記載されている。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0003】

【特許文献1】特許第5666013号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

10

【0004】

従来、工作機械により加工されたワークの加工面に問題があるかないかを判断するために有効なシミュレーション方法として、加工面のシミュレーションがある。

【0005】

加工面のシミュレーションを行った場合、加工面に問題があるかないかの評価はユーザの目視により行われている。

この場合、ユーザの主観により判断されるためユーザによって見る場所が異なり、ユーザによって加工面に問題があるかないかの判断が異なる場合がある。

また、ユーザは加工が要求精度に収まっているのか、数値的に良し悪しの判断が難しい。

20

さらに、ユーザの加工面のシミュレーションの技量（例えば、光の当て方、視線角度等の表示設定）により加工面に問題があるかないかの判断結果が異なり、問題箇所を見過ごす可能性がある。

このため、加工面に問題があるかないかの評価を定量的に行うことが望まれている。

【課題を解決するための手段】

【0006】

(1) 本開示の第1の態様のシミュレーション装置は、工作機械によって被加工物を加工する場合の加工位置データを保存するための保存部と、

保存された前記加工位置データを用いて加工面のシミュレーションを行う加工面シミュレーション部と、

30

前記加工面のシミュレーションによりシミュレーションされた前記加工面の表面性状を計算する表面性状計算部と、

評価条件に基づいて前記表面性状を評価する加工面評価部と、を備えたシミュレーション装置である。

【0007】

(2) 本開示の第2の態様の数値制御装置は、上記(1)に記載のシミュレーション装置と、加工プログラムに基づいてサーボモータのサーボ制御を行うための制御指令を生成する制御部と、を備えた数値制御装置である。

【0008】

(3) 本開示の第3の態様のシミュレーション方法は、工作機械によって被加工物を加工する場合の加工位置データを保存し、

40

保存された前記加工位置データを用いて加工面のシミュレーションを行い、

前記加工面のシミュレーションによりシミュレーションされた前記加工面の表面性状を計算し、

評価条件に基づいて前記表面性状を評価するシミュレーション方法である。

【発明の効果】

【0009】

本開示の態様によれば、加工面に問題があるかないかの評価を定量的に評価することが可能となり、ユーザによる判断の違いをなくすることができる。

また、加工が要求精度に収まっているのか、数値的に判断することができる。

50

【図面の簡単な説明】

【0010】

【図1】本発明の一実施形態の数値制御装置を含む数値制御機械システムの一構成例を示すブロック図である。

【図2】サーボモータと機械の一部を示すブロック図である。

【図3】加工面シミュレーションの原点を機械座標の原点に設定した場合の例を示す図である。

【図4】加工面シミュレーションの原点を機械座標の原点に設定した場合の他の例を示す図である。

【図5】加工面シミュレーションの原点をワーク座標系の原点に設定した場合の例を示す図である。

10

【図6】加工面シミュレーションの原点をワーク座標系の原点に設定した場合の他の例を示す図である。

【図7】画面に表示されるワークを示す斜視図である。

【図8】ワークにおいて、加工面シミュレーションを行う指定場所を示す斜視図である。

【図9】加工面のシミュレーションを説明するための図である。

【図10】加工面シミュレーションの結果を示す図である。

【図11】9個に分割された加工面を示す図である。

【図12】加工面の9個に分割された各部分について表面性状を計算した結果を示す加工面の図である。

20

【図13】許容範囲外の領域を太線の四角で囲って示す加工面の図である。

【図14】許容範囲の閾値が異なる場合の、許容範囲外の領域を太線の四角で囲って示す加工面の図である。

【図15】最大高さSzの値を大きさによってグラデーションを付けて表示する画面を形成する様子を示した図である。

【図16】白色、灰色、黒色が配置された加工面を示す図である。

【図17】筋目を含まない領域と筋目を含む領域との色を変えた場合の加工面を示す図である。

【図18】不合格となった領域に照射角度を合わせ、照射角度と加工面の法線ベクトルでなす角度によって、明暗をつける様子を示す図である。

30

【図19】加工面評価部による評価結果を記載した評価表を示す図である。

【図20】シミュレーション部の動作を示すフローチャートである。

【図21】特開2019-040586号公報に記載された評価用ワークを示す斜視図である。

【図22】円板状のワークにおいて、加工面シミュレーションを行う指定場所を示す図である。

【図23】加工面シミュレーションされたワークの加工面における分割領域を示す図である。

【図24】角が生じた部分のみに色が付与された加工面を示す図である。

【図25】本実施形態の数値制御機械システムの変形例を示すブロック図である。

40

【発明を実施するための形態】

【0011】

以下、本発明の実施形態について図面を用いて詳細に説明する。

【0012】

図1は本発明の一実施形態の数値制御装置を含む数値制御機械システムの一構成例を示すブロック図である。図1に示す数値制御機械システム(以下、NC機械システムという)10は、数値制御装置(以下、NC装置という)100、サーボ制御部200、サーボモータ300及び機械400を備えている。機械400は切削加工等を行う工作機械である。NC装置100は機械400に含まれてもよい。また、サーボモータ300は、機械400に含まれてもよい。

50

機械 400 が複数の軸、例えば X 軸、Y 軸、及び Z 軸の 3 軸を有する場合、サーボ制御部 200 及びサーボモータ 300 は軸ごとに設けられる。

【0013】

NC 装置 100 は、保存部 101、スムージング制御部 102、加減速制御部 103、ワーク座標系変換部 104、工具長補正部 105、シミュレーション用データ出力部 106、及びシミュレーション部 110 を備えている。シミュレーション部 110 はシミュレーション装置を構成する。

【0014】

保存部 101 は、入力される、加工経路を示す指令経路（指令点の配置）を含む加工プログラム及び工具情報を保存する。加工プログラムは、C A D (Computer Aided Design) 及び C A M (Computer Aided Manufacturing) を用いて作成される。加工実行指示に基づいて、加工プログラム及び工具情報が保存部 101 から読みだされ、スムージング制御部 102 及びシミュレーション用データ出力部 106 に入力される。加工プログラムは加工位置データとなる、加工経路を示す指令経路を含んでいる。

10

【0015】

スムージング制御部 102 は、加工プログラムが示す移動指令に基づく移動経路のスムージング制御を行う。具体的には、スムージング制御部 102 は、移動指令を滑らかな経路に補正した後、補正後の移動経路上の点を補間周期で補間する（経路補正）。

【0016】

加減速制御部 103 は、スムージング制御部 102 で補間された移動指令、加減速時定数に基づく加減速度、最大速度に基づいて移動速度パターンを生成し、移動速度パターンに基づいて位置指令を生成し、ワーク座標系変換部 104 へ出力する。スムージング制御部 102 と加減速制御部 103 はサーボモータ 300 のサーボ制御を行うための制御指令を生成する制御部となる。位置指令は工作機械を駆動するサーボモータ 300 のサーボ制御を行うための制御指令となる。

20

【0017】

ワーク座標系変換部 104 は加減速制御部 103 から出力される位置指令についてワーク座標を機械座標に換算して、機械座標に換算された位置指令を工具長補正部 105 に出力する。

【0018】

工具長補正部 105 は、例えば、工具を交換した場合に、位置指令の機械座標を工具の長さによって補正して、補正された位置指令をサーボ制御部 200 及びシミュレーション用データ出力部 106 に出力する。

30

【0019】

シミュレーション用データ出力部 106 は、保存部 101 から出力される加工プログラムの加工位置データ、工具長補正部 105 から出力される位置指令（加工位置データとなる）、サーボモータ 300 から出力される第 1 のフィードバック情報となるモータフィードバック情報（モータ F B として図示する）である加工位置データ、及び機械 400 から出力される第 2 のフィードバック情報となるスケールフィードバック情報（スケール F B として図示する）である加工位置データをシミュレーション部 110 に出力する。シミュレーション部 110 の構成については後述する。

40

【0020】

サーボ制御部 200 は、入力される位置指令と、モータフィードバック情報とスケールフィードバック情報の少なくとも一方の位置検出値との差となる位置偏差を求め、位置偏差を用いて速度指令を作成し、更に速度指令に基づいてトルク指令を生成してサーボモータ 300 に出力する。モータフィードバック情報はサーボモータ 300 に関連付けられたロータリエンコーダからの位置検出値であり、スケールフィードバック情報は機械 400 に取り付けられたリニアスケールからの位置検出値である。

サーボ制御部 200 は、サーボモータ 300 から出力されるモータフィードバック情報と、機械 400 から出力されるスケールフィードバック情報の 2 つを用いてフィードバッ

50

ク制御を行う必要なく、例えば、スケールフィードバック情報はサーボ制御部 200 に入力されず、シミュレーション用データ出力部 106 のみに出力されてもよい。

【0021】

図 2 はサーボモータと機械の一部を示すブロック図である。

サーボ制御部 200 は、サーボモータ 300 で連結機構 401 を介してテーブル 402 を移動させ、テーブル 402 の上に搭載された被加工物（ワーク）を加工する。連結機構 401 は、サーボモータ 300 に連結されたカップリング 4011 と、カップリング 4011 に固定されるボールねじ 4013（可動部となる）とを有し、ボールねじ 4013 にナット 4012 が螺合されている。サーボモータ 300 の回転駆動によって、ボールねじ 4013 に螺着されたナット 4012 がボールねじ 4013 の軸方向に移動する。連結機構 401 及びテーブル 402 は機械 400 の一部である。

10

【0022】

サーボモータ 300 の回転角度位置は、サーボモータ 300 に関連付けられた、位置検出部となるロータリエンコーダ 301 によって検出され、検出された信号は積分することでモータフィードバック情報としてサーボ制御部 200 及びシミュレーション用データ出力部 106 へ出力される。

スケールフィードバック情報は、機械 400 のボールねじ 4013 の端部に取り付けられたリニアスケール 403 から位置検出値である。リニアスケール 403 は、ボールねじ 4013 の移動距離を検出し、その出力をスケールフィードバック情報としてサーボ制御部 200 へ出力し、また機械 400 の可動部となるボールねじ 4013 の位置情報としてシミュレーション用データ出力部 106 に入力する。

20

【0023】

シミュレーション部 110 は、シミュレーション用データ保存部 111、シミュレーション開始指令部 112、原点決定部 113、形状シミュレーション部 114、形状シミュレーション表示部 115、加工面指定部 116、加工面シミュレーション部 117、表面性状計算部 118、評価条件指定部 119、加工面評価部 120、表示方法決定部 121、加工面表示指定部 122、加工面シミュレーション表示部 123 及び形状表示指定部 124 を備えている。

【0024】

シミュレーション用データ保存部 111 は、シミュレーション用データ出力部 106 から出力される、加工プログラムの加工位置データ、工具長補正部 105 から出力される加工位置データ、サーボモータ 300 から出力される加工位置データ、機械 400 から出力される加工位置データを保存する。

30

【0025】

シミュレーション開始指令部 112 は、NC 装置 100 に工具長補正部 105 から出力される加工位置データに関するシミュレーション開始要求が入力されると、シミュレーション用データ保存部 111 から工具長補正部 105 から出力される加工位置データを読み出し、工具長補正部 105 から出力される加工位置データとともにシミュレーション開始指令を原点決定部 113 及び形状シミュレーション部 114 に送る。なお、工具長補正部 105 から出力される加工位置データは機械座標系の加工位置データである。

40

なお、シミュレーションを行う加工位置データは特に工具長補正部 105 から出力される加工位置データに限定されず、それ以外の 3 つの加工位置データのうちのいずれか、すなわち加工プログラムの加工位置データ、サーボモータ 300 から出力される加工位置データ、及び機械 400 から出力される加工位置データのうちのいずれかであってもよい。

【0026】

原点決定部 113 は、シミュレーション開始指令部 112 から工具長補正部 105 から出力される加工位置データとシミュレーション開始指令を受け、加工面シミュレーションを行う範囲を決めるための原点（以下、加工面シミュレーションの原点という）を決定し、原点指定情報と工具長補正部 105 から出力される加工位置データとを加工面指定部 116 に出力する。

50

【 0 0 2 7 】

原点決定部 1 1 3 は、加工面シミュレーションの原点をワーク座標系の原点としてもよい。ワーク座標系の原点は、工具長補正部 1 0 5 から出力される加工位置データは機械座標系の加工位置データであるため、機械座標系の加工位置データをワーク座標系の加工位置データに変換して求める。

【 0 0 2 8 】

加工面シミュレーションの原点をワーク座標系の原点とする理由を以下に説明する。

ユーザが後述する形状シミュレーション表示部 1 1 5 に表示されたワークについて、ユーザが二つの加工面シミュレーションの結果を比較しようとするときに、目視により加工面シミュレーションを行う範囲を規定すると、加工面シミュレーションの範囲にずれを生じる可能性があり、それによって評価結果が変わってくる場合がある。

10

【 0 0 2 9 】

ユーザが、加工面シミュレーションの原点を機械座標の原点（機械原点）とし、機械原点から特定の量をシフトするように加工面シミュレーションの範囲を設定した場合でも、ワーク座標系の違いにより必ずしも加工面の同じ範囲を確認し、評価できるわけではない。例えば、図 3 及び図 4 に示すように、ワーク座標系 C_A の原点とワーク座標系 C_B の原点とが機械座標上で異なる位置にあるときに、ユーザがワーク 5 0 0 の加工面シミュレーションの原点を機械原点（0, 0）とし、機械原点から特定の量（ X_1, Y_1 ）をシフトするように加工面シミュレーションの範囲を設定すると、加工面上の加工面シミュレーション範囲が異なり、評価結果が異なることになる。

20

【 0 0 3 0 】

このため、原点決定部 1 1 3 は、加工面シミュレーションの原点をワーク座標系の原点として原点指定情報を作成する。そして、加工面指定部 1 1 6 は、ワーク座標系の原点から特定の量をシフトするように加工面シミュレーションの範囲を設定する。その結果、例えば、図 5 及び図 6 に示すように、ワーク座標系 C_A の原点とワーク座標系 C_B の原点とが機械座標上で異なる位置にあっても、ワーク 5 0 0 の加工面シミュレーションの原点はそれぞれワーク座標系 C_A の原点とワーク座標系 C_B の原点に設定され、加工面シミュレーションの範囲はワーク座標系 C_A の原点又はワーク座標系 C_B の原点から特定の量をシフトするように設定されるので、加工面上の加工面シミュレーション範囲は同じになる。

そのため、ユーザは機械座標上のワーク座標系の原点の位置が異なっても同じ範囲を確認し、評価を行うことができる。

30

【 0 0 3 1 】

形状シミュレーション部 1 1 4 は、シミュレーション開始指令を受けると、工具長補正部 1 0 5 から出力される加工位置データを用いて形状シミュレーションを行い、形状シミュレーションによって得られたワークの形状を示す画像情報を形状シミュレーション表示部 1 1 5 に送る。

【 0 0 3 2 】

形状シミュレーション表示部 1 1 5 は、ワークの形状を示す画像情報に基づいて画面にワークの形状を表示する。図 7 は画面に表示されるワークを示す図であり、ワーク 5 0 0 は工具長補正部 1 0 5 から出力される加工位置データを用いて行われた形状シミュレーションによるワークを示す。形状シミュレーション表示部 1 1 5 は、例えば、タッチパネル付き液晶表示装置である。ユーザは図 7 に示すワーク 5 0 0 において加工面シミュレーションを行いたい場所を、タッチパネルを用いて指定する。図 8 はワーク 5 0 0 において、加工面シミュレーションを行う指定場所を示す図である。

40

形状シミュレーション部 1 1 4 は後述する形状表示指定部 1 2 4 により表示設定される。

【 0 0 3 3 】

加工面指定部 1 1 6 は、タッチパネルで特定された指定場所に基づいて、加工面シミュレーションを行う加工面を指定するための座標情報を加工面シミュレーション部 1 1 7 に送る。座標情報は加工面シミュレーションを行う範囲を規定し、座標の原点は原点決定部

50

113 から出力される原点指定情報に基づいて決められる。ここでは、座標の原点はワーク座標系の原点が用いられる。

【0034】

加工面シミュレーション部117は、座標情報に基づいて加工面シミュレーションを行う加工面の加工位置データを特定して、加工面シミュレーションを実行する。シミュレーションを行う加工面は図8に示した指定場所の面である。

【0035】

加工面シミュレーション部117は、加工位置データを原点決定部から受け、加工面シミュレーションのために用いる。加工面シミュレーションは、図9に示すように、位置データと工具情報に基づいて、削り取られる部分を計算して行われる。工具600の工具情報

10

は、例えばボールエンドミル、ボール半径R1(単位はmm)である。位置データは、例えば位置データP1がX90.841、位置データP2がX90.741である。図9は工具600となるボールエンドミルがワーク500をX軸方向の位置90.841から位置90.741まで切削加工する場合の加工面シミュレーションを説明する図である。

そして、加工面シミュレーション部117は、加工面シミュレーションの結果を表面性状計算部118に出力する。図10は加工面シミュレーションの結果を示す図である。図10に示すように加工面には平行な2つの筋目の組が3か所ある。

【0036】

表面性状計算部118は、加工面シミュレーションされた加工面の表面性状を計算し、評価条件指定部119及び加工面評価部120に計算された表面性状を出力する。表面性状(面粗さ測定)は、ISO 25178で規定されており、表面性状を示すパラメータは例えば、算術平均高さSa、最大高さSz、表面性状のアスペクト比Str、又は界面の展開面積比Sdrを用いることができる。これらのパラメータは、いずれを用いてもよいが、計算結果の一例をあげると、ある加工面の表面性状は算術平均高さSaが0.5μm、最大高さSzが6.286μm、表面性状のアスペクト比Strが0.186、界面の展開面積比Sdrが0.001761となった。

20

【0037】

例えば、表面性状計算部118は、図10に示す、加工面シミュレーションされたワーク500の加工面を予め決められたメッシュの大きさで分割し、分割された各部分について最大高さSzを計算する。メッシュサイズは適宜決められるが、例えば、0.1mm²に設定することができる。図10に示すように加工面には平行な2つの筋目の組が3か所ある。例えば、ここでは加工面シミュレーションされたワーク500の加工面を、図11に示すように9個に分割し、分割された各部分について最大高さSzを計算する。計算の結果、図12に示すように、最大高さSzの値が1.00μmの部分が4箇所、最大高さSzの値が1.10μmの部分が1箇所、最大高さSzの値が1.20μmの部分が1箇所、最大高さSzの値が1.50μmの部分が3箇所あることが分かる。

30

【0038】

評価条件指定部119は、評価条件を指定する。例えば、評価条件は最大高さSzの値が1.10μm以下を許容範囲として合格とする。ここでは、評価条件の閾値1.10μmは予め決定される。

40

なお、評価条件指定部119は、表面性状計算部118が計算した、全メッシュの最大高さSzの平均値より10%より大きい値を閾値とし、最大高さSzの値がこの閾値以下を許容範囲として合格としてもよい。例えば、図12の全メッシュの最大高さSzの値の平均値は1.20μmとなり、評価条件の閾値は、1.20μm×1.1=1.32μmとなる。そして、評価条件は最大高さSzの値が1.32μm以下を許容範囲として合格とする。

【0039】

加工面評価部120は、評価条件指定部119が指定した評価条件に基づいて加工面の表面性状が許容範囲かどうかを評価する。

例えば、加工面評価部120は、許容範囲の閾値が1.10μmの場合、最大高さSz

50

の値が $1.00 \mu\text{m}$ 及び $1.10 \mu\text{m}$ の場合は許容範囲とし、最大高さ S_z の値が $1.20 \mu\text{m}$ 及び $1.50 \mu\text{m}$ の場合は許容範囲外として NG (No Good) とする。図 13 では許容範囲外の領域を太線の四角で囲って示している。

また、加工面評価部 120 は、許容範囲の閾値が $1.32 \mu\text{m}$ の場合、最大高さ S_z の値が $1.00 \mu\text{m}$ 、 $1.10 \mu\text{m}$ 及び $1.20 \mu\text{m}$ の場合は許容範囲とし、最大高さ S_z の値が $1.40 \mu\text{m}$ 及び $1.50 \mu\text{m}$ の場合は許容範囲外として NG (No Good) とする。図 14 では許容範囲外の領域を太線の四角で囲って示している。

なお、加工面評価部 120 によって評価された後に、表面性状計算部 118 はメッシュの大きさを変えたり、メッシュで分割する位置を変えて表面性状を計算し、評価条件指定部 119 はメッシュの大きさに対応して、評価条件の閾値を設定し、メッシュの各領域について加工面評価部 120 が加工面の表面性状が許容範囲かどうかを評価してもよい。

10

【0040】

表示方法決定部 121 は、加工面評価部 120 による評価結果を表示する方法を決定する。図 15 は最大高さ S_z の値を大きさによってグラデーションを付けて表示する画面を形成する様子を示した図である。図 15 では、最大高さ S_z の値が $1.00 \mu\text{m}$ 、 $1.10 \mu\text{m}$ 、 $1.20 \mu\text{m}$ 、 $1.50 \mu\text{m}$ の場合に、最大高さ S_z の値 $1.00 \mu\text{m}$ の領域に白色を配置し、最大高さ S_z の値 $1.50 \mu\text{m}$ の領域に黒色を配置し、最大高さ S_z の値 $1.10 \mu\text{m}$ 、 $1.20 \mu\text{m}$ の領域にそれぞれグラデーションの異なる灰色を配置している。図 16 は、白色、灰色、黒色が配置された加工面を示す図である。図 16 では不透明な白色、灰色、黒色が付された領域を示しているが、白色、灰色、黒色を半透明として各領域の加工面の凹凸が見えるようにしてもよい。

20

【0041】

なお、図 16 では、白色、灰色、黒色の無彩色で評価結果を示しているが、有彩色で表示してもよい。例えば、色相環に基づいて、最大高さ S_z の値 $1.00 \mu\text{m}$ の領域の色と最大高さ S_z の値 $1.50 \mu\text{m}$ の領域の色とが補色となるようにし、最大高さ S_z の値 $1.10 \mu\text{m}$ の領域と、最大高さ S_z の値 $1.20 \mu\text{m}$ の領域は最大高さ S_z の値 $1.00 \mu\text{m}$ の領域の色と最大高さ S_z の値 $1.50 \mu\text{m}$ の領域の色との間の中間色となるようにする。具体的には、最大高さ S_z の値 $1.00 \mu\text{m}$ の領域に青色を配置し、最大高さ S_z の値 $1.10 \mu\text{m}$ の領域に青緑色を配置し、最大高さ S_z の値 $1.20 \mu\text{m}$ の領域に黄緑色を配置し、最大高さ S_z の値 $1.50 \mu\text{m}$ の領域に黄みの橙色を配置することができる。

30

【0042】

上述した表示方法では、最大高さ S_z の値を大きさによってグラデーションを付けて表示する例について説明したが、評価結果で不合格となった部分に合格となった部分と異なる色を付して、不合格となった部分を明確となるように表示してもよい。

例えば、図 13 に示すように、最大高さ S_z の値が $1.00 \mu\text{m}$ 、 $1.10 \mu\text{m}$ の場合は許容範囲 (合格) とし、最大高さ S_z の値が $1.20 \mu\text{m}$ 、 $1.50 \mu\text{m}$ の場合は許容範囲外 (不合格) とした場合、最大高さ S_z の値が $1.00 \mu\text{m}$ 、 $1.10 \mu\text{m}$ の領域に白色、最大高さ S_z の値が $1.20 \mu\text{m}$ 、 $1.50 \mu\text{m}$ の領域を無彩色の黒色又は有彩色の赤色を付与することができる。

40

【0043】

なお、図 17 に示すように、表示方法決定部 121 は、筋目を含まない領域と筋目を含む領域との色を変えることで、筋目を含む領域をより明確に示すことができる。例えば、筋目を含まない領域を白色、筋目を含む領域を、無彩色の黒色又は有彩色の赤色を付与することができる。

【0044】

加工面表示指定部 122 は、加工面シミュレーション表示部 123 の表示設定を行う。ユーザは加工面表示指定部 122 を用いて、加工面シミュレーションによる加工面の表示の明るさ、照射角度、視線角度を調整する。

例えば、図 17 に示すように、表示方法決定部 121 が、筋目を含まない領域と筋目を

50

含む領域との色を変える場合、加工面表示指定部 1 2 2 は、図 1 8 に示すように、不合格となった領域に照射角度を合わせ、照射角度と加工面の法線ベクトルでなす角度を求める。図 1 8 では照射角度と加工面の法線ベクトルでなす角度が 0 ° と 3 0 ° の場合を示している。そして、加工面表示指定部 1 2 2 は、角度によって、明暗（濃淡）をつける。図 1 8 では筋目が生じた領域では照射角度と加工面の法線ベクトルでなす角度が 3 0 ° となっている。この場合、不合格となった領域のうち、照射角度と加工面の法線ベクトルでなす角度が 3 0 ° となった筋目部分のみに色が付与される。

【 0 0 4 5 】

加工面シミュレーション表示部 1 2 3 は、表示方法決定部 1 2 1 で決定された表示方法で、且つ加工面表示指定部 1 2 2 で指摘された表示設定で、加工面シミュレーションの結果を表示する。加工面シミュレーション表示部 1 2 3 は、例えば、タッチパネル付き液晶表示装置である。加工面シミュレーション表示部 1 2 3 は形状シミュレーション表示部 1 1 5 で用いるタッチパネル付き液晶表示装置と共用してもよい。加工面シミュレーション表示部 1 2 3 で表示される加工面シミュレーションの結果は、例えば図 1 6 で示される白色、灰色、黒色が配置された加工面、図 1 7 に示した、筋目を含まない領域を白色、筋目を含む領域を、無彩色の黒色又は有彩色の赤色を付与した加工面、図 1 8 に示した、照射角度と加工面の法線ベクトルでなす角度が 3 0 ° となった筋目部分のみに色が付与された加工面である。

10

【 0 0 4 6 】

加工面評価部 1 2 0 による評価結果は、図 1 6、図 1 7 又は図 1 8 に示した加工面の画像による表示に限らず、図 1 9 に示すように、文字による評価表を表示してもよい。また、図 1 6、図 1 7 又は図 1 8 に示した加工面の画像による表示とともに、図 1 9 に示すように、文字による評価表を表示してもよい。

20

全メッシュ数に対して不合格メッシュ数がある一定の割合、例えば 2 % 以上の場合は加工面評価結果を不合格とすることができる。図 1 9 では、全メッシュ数 1 0 0 0 に対して不合格メッシュ数が 5 8 であるため加工面評価結果を不合格とした例を示している。

【 0 0 4 7 】

また、加工面評価部 1 2 0 による評価結果は、プリンターによって印刷したり、携帯端末又は管理用のコンピュータに送信したり、記憶装置に記録してもよい。

【 0 0 4 8 】

図 1 に示した N C 装置 1 0 0、又はシミュレーション部 1 1 0 に含まれる機能ブロックを実現するために、N C 装置 1 0 0 は、C P U (Central Processing Unit) 等の演算処理装置を備えるコンピュータで構成することができる。また、N C 装置 1 0 0 等は、アプリケーションソフトウェアや O S (Operating System) 等の各種の制御用プログラムを格納した H D D (Hard Disk Drive) 等の補助記憶装置や、演算処理装置がプログラムを実行する上で一時的に必要とされるデータを格納するための R A M (Random Access Memory) といった主記憶装置も備える。

30

【 0 0 4 9 】

そして、N C 装置 1 0 0、又はシミュレーション部 1 1 0 において、演算処理装置が補助記憶装置からアプリケーションソフトウェアや O S を読み込み、読み込んだアプリケーションソフトウェアや O S を主記憶装置に展開させながら、これらのアプリケーションソフトウェアや O S に基づいた演算処理を行なう。また、この演算結果に基づいて、N C 装置が備える各種のハードウェアを制御する。これにより、本実施形態の機能ブロックは実現される。つまり、本実施形態は、ハードウェアとソフトウェアが協働することにより実現することができる。

40

【 0 0 5 0 】

次に、シミュレーション部 1 1 0 の動作について図 2 0 を用いて説明する。

ステップ S 1 0 において、シミュレーション開始指令部 1 1 2 は、N C 装置 1 0 0 にシミュレーション開始要求が入力されると、シミュレーション用データ保存部 1 1 1 から工具長補正部 1 0 5 から出力される加工位置データを読み出す。その後、シミュレーション

50

開始指令部 1 1 2 は、工具長補正部 1 0 5 から出力される加工位置データとともにシミュレーション開始指令を原点決定部 1 1 3 及び形状シミュレーション部 1 1 4 に送る。

【 0 0 5 1 】

ステップ S 1 1 において、原点決定部 1 1 3 は加工面シミュレーションを行う範囲を決めるための原点を決定し、原点指定情報と工具長補正部 1 0 5 から出力される加工位置データとを加工面指定部 1 1 6 に出力する。原点指定情報は加工面シミュレーションの原点がワーク座標系の原点であることを示す情報である。

【 0 0 5 2 】

ステップ S 1 2 において、形状シミュレーション部 1 1 4 は、シミュレーション開始指令を受けると、工具長補正部 1 0 5 から出力される加工位置データを用いて形状シミュレーションを行い、形状シミュレーション表示部 1 1 5 は、ワークの形状を示す画像情報に基づいて画面にワークの形状を表示する。

10

【 0 0 5 3 】

ステップ S 1 3 において、加工面指定部 1 1 6 は、ユーザによって指定された場所（指定場所）の加工面を指定するための座標情報を加工面シミュレーション部 1 1 7 に送る。座標の原点は原点決定部 1 1 3 から出力される原点指定情報に基づいて決められ、ここではワーク座標系の原点が用いられる。座標情報は加工面シミュレーションを行う範囲を指定し座標の原点からのシフト量を示す。

【 0 0 5 4 】

ステップ S 1 4 において、加工面シミュレーション部 1 1 7 は、座標情報に基づいて指定場所の加工位置データを特定して、加工面シミュレーションを実行する。

20

【 0 0 5 5 】

ステップ S 1 5 において、表面性状計算部 1 1 8 は、加工面シミュレーションされた加工面のメッシュごとに表面性状を計算し、評価条件指定部 1 1 9 及び加工面評価部 1 2 0 に計算された表面性状を出力する。具体的には、表面性状計算部 1 1 8 は、加工面シミュレーションされたワーク 5 0 0 の加工面について分割されたメッシュの各部分について最大高さ S_z 等の表面性状を計算する。

【 0 0 5 6 】

ステップ S 1 6 において、加工面評価部 1 2 0 は、評価条件指定部 1 1 9 が指定した評価条件に基づいて加工面の表面性状が許容範囲かどうかを評価する。例えば、上述したように、評価条件指定部 1 1 9 は、評価条件は最大高さ S_z の値が $1.10 \mu\text{m}$ 以下を許容範囲として合格とする。加工面評価部 1 2 0 は、例えば、図 1 2 に示した分割された加工面において、最大高さ S_z の値が $1.00 \mu\text{m}$ 、 $1.10 \mu\text{m}$ の場合は許容範囲とし、最大高さ S_z の値が $1.20 \mu\text{m}$ 、 $1.50 \mu\text{m}$ の場合は許容範囲外として NG (No Good) とする。

30

【 0 0 5 7 】

ステップ S 1 7 において、表示方法決定部 1 2 1 は、加工面評価部 1 2 0 による評価結果を表示する方法を決定する。例えば、図 1 6 に示すように、最大高さ S_z の値が $1.00 \mu\text{m}$ 、 $1.10 \mu\text{m}$ 、 $1.20 \mu\text{m}$ 、 $1.50 \mu\text{m}$ の場合に、最大高さ S_z の値 $1.00 \mu\text{m}$ の領域に白色を配置し、最大高さ S_z の値 $1.50 \mu\text{m}$ の領域に黒色を配置し、最大高さ S_z の値 $1.10 \mu\text{m}$ 、 $1.20 \mu\text{m}$ の領域にそれぞれグラデーションの異なる灰色を配置する。

40

【 0 0 5 8 】

ステップ S 1 8 において、表示方法決定部 1 2 1 で決定された表示方法で、且つ加工面表示指定部 1 2 2 で指摘された表示設定で、加工面シミュレーションの結果を表示する。

【 0 0 5 9 】

以上説明した本実施形態によれば、表面性状計算部 1 1 8 で加工面シミュレーションされた加工面の表面性状を計算し、評価条件指定部 1 1 9 で指定された評価条件に基づいて加工面評価部 1 2 0 で加工面を定量的に評価することで、加工面に問題があるかどうかを明確に判断することができる。

50

また、加工面シミュレーションを行う範囲を決めるための原点を原点決定部 1 1 3 で自動的に調整することができる。

さらに、ユーザが確認しやすいように、表示方法決定部 1 2 1 で表示方法を設定して加工面を表示することができる。

【 0 0 6 0 】

以上説明した実施形態において、加工面シミュレーションの対象は工具長補正部 1 0 5 から出力される加工位置データに限定されず、シミュレーション用データ保存部 1 1 1 に保存される他の加工位置データを対象としてもよい。具体的には、シミュレーション用データ保存部 1 1 1 は、工具長補正部 1 0 5 から出力される加工位置データの他に、加工プログラムの加工位置データ、サーボモータ 3 0 0 から出力される加工位置データ、機械 4 0 0 から出力される加工位置データを保存しているため、加工プログラムの加工位置データ、サーボモータ 3 0 0 から出力される加工位置データ、機械 4 0 0 から出力される加工位置データについても、工具長補正部 1 0 5 から出力される加工位置データと同様に順次加工面シミュレーションを行い、加工面シミュレーションの結果を表示することができる。こうすることで、最大高さ S_z の値が、加工プログラム、位置指令等の制御指令、サーボ制御、機械動作のどの要因によって影響されるのかを判断することができる。

10

【 0 0 6 1 】

なお、シミュレーション用データ出力部 1 0 6 はシミュレーション用データを共通の座標系で出力することが望ましく、共通の座標系を機械座標系とした場合、加工プログラムの加工位置データはワーク座標系の加工位置データであるため機械座標系の加工位置データに変換し、シミュレーション部 1 1 0 に出力する。また、シミュレーション用データ出力部 1 0 6 は、工具長補正部 1 0 5 から出力される加工位置データは機械座標系の加工位置データであるため、そのままシミュレーション部 1 1 0 に出力する。また、シミュレーション用データ出力部 1 0 6 は、サーボモータ 3 0 0 及び機械 4 0 0 から出力される加工位置データはインクリメンタルなデータであるため、加工開始時からの加工位置データを記憶しておき、機械座標系の加工位置データに変換し、シミュレーション部 1 1 0 に出力する。

20

【 0 0 6 2 】

以上説明した実施形態において、工具長補正部 1 0 5 から出力される加工位置データについて形状シミュレーション及び加工面の指定を行い、そのデータを加工面シミュレーション部が保存していれば、その後の加工プログラムの加工位置データ、サーボモータ 3 0 0 から出力される加工位置データ、機械 4 0 0 から出力される加工位置データについての形状シミュレーション及び加工面の指定は不要になる。

30

【 0 0 6 3 】

また、加工プログラムの加工位置データ、工具長補正部 1 0 5 から出力される加工位置データ、サーボモータ 3 0 0 から出力される加工位置データ、及び機械 4 0 0 から出力される加工位置データのうちの複数について、工具長補正部 1 0 5 から出力される加工位置データと同様に順次加工面シミュレーションを行い、これらの加工面シミュレーションの結果を 1 つの画面に表示することができる。例えば、全ての加工位置データについて加工面シミュレーションを行い、これらの加工面シミュレーションの結果を 1 つの画面に表示すれば、最大高さ S_z の値が、加工プログラム、位置指令等の制御指令、サーボ制御、機械動作のどの要因によって影響されるのかを判断することができる。

40

【 0 0 6 4 】

以上本発明に係る各実施形態について説明したが、上記の NC 装置、NC 装置に含まれるシミュレーション部、シミュレーション装置等の各構成部は、ハードウェア、ソフトウェア又はこれらの組み合わせにより実現することができる。例えば、電子回路により実現してもよい。また、上記各構成部のそれぞれの協働により行なわれる加工シミュレーション方法も、ハードウェア、ソフトウェア又はこれらの組み合わせにより実現することができる。ここで、ソフトウェアによって実現されるとは、コンピュータがプログラムを読み込んで実行することにより実現されることを意味する。

50

【 0 0 6 5 】

プログラムは、様々なタイプの非一時的なコンピュータ読み取り可能な記録媒体(non-transitory computer readable medium)を用いて格納され、コンピュータに供給することができる。非一時的なコンピュータ読み取り可能な記録媒体は、様々なタイプの実体のある記録媒体(tangible storage medium)を含む。非一時的なコンピュータ読み取り可能な記録媒体の例は、磁気記録媒体(例えば、ハードディスクドライブ)、光磁気記録媒体(例えば、光磁気ディスク)、CD-ROM(Read Only Memory)、CD-R、CD-R/W、半導体メモリ(例えば、マスクROM、PROM(Programmable ROM)、EPROM(Erasable PROM)、フラッシュROM、RAM(random access memory))を含む。

【 0 0 6 6 】

上述した実施形態は、本発明の好適な実施形態ではあるが、上記実施形態のみに本発明の範囲を限定するものではなく、本発明の要旨を逸脱しない範囲において種々の変更を施した形態での実施が可能である。

【 0 0 6 7 】

<ワークの他の例>

以上説明した実施形態ではワークが平板である例について説明したが、ワークは他の形状であってもよく、例えば円板状であってもよい。

また、図21に示す特開2019-040586号公報に記載された評価用ワーク510のように、加工面に種々の凹凸を形成したワークにも本実施形態は適用される。例えば、評価用ワーク510において最大高さSzは面に沿った高低差の最大値を示す。

なお、この評価用ワーク510は、基板に、複数の評価部と、当該複数の評価部の凹凸形状とは逆の凹凸形状を有する一つ又は複数の逆形状評価部とが作製されている。

そうすることで、評価用ワーク510と同じ構成の第1の評価用ワーク510Aと第2の評価用ワーク510Bとを用意し、第1の評価用ワーク510Aの評価部及び逆形状評価部と、第2の評価用ワーク510Bの逆形状評価部及び評価部とを嵌め合わせる。そして、嵌め合わされた、第1の評価用ワーク510Aと第2の評価用ワーク510Bを用いて、形状精度の評価を行うことが可能となる。

【 0 0 6 8 】

以下、ワークの形状が円板である場合について説明する。

ワークの形状が円板であっても平板と同様に、図1に示したNC機械システム10を用いて加工面シミュレーションを行い、加工面シミュレーションの結果を表示することができる。ワークの形状が円板である場合のNC機械システム10の動作は、ワークの形状が平板である場合の動作と同じである。以下の説明では、ワークの形状が円板である場合のシミュレーション部110の動作についてのみ簡単に説明する。

【 0 0 6 9 】

シミュレーション開始指令部112は、NC装置100にシミュレーション開始要求が入力されると、シミュレーション用データ保存部111から工具長補正部105から出力される加工位置データを読み出し、工具長補正部105から出力される加工位置データとともにシミュレーション開始指令を原点決定部113及び形状シミュレーション部114に送る。

【 0 0 7 0 】

原点決定部113は加工面シミュレーションを行う範囲を決めるための原点を決定し、原点指定情報と工具長補正部105から出力される加工位置データとを加工面指定部116に出力する。

【 0 0 7 1 】

形状シミュレーション部114は、工具長補正部105から出力される加工位置データを用いて形状シミュレーションを行い、形状シミュレーション表示部115は、ワークの形状を示す画像情報に基づいて画面にワークの形状を表示する。ユーザは図22に示す円板状のワーク520において加工面シミュレーションを行いたい場所を、タッチパネルを用いて指定する。図22はワーク520において、加工面シミュレーションを行う指定場

10

20

30

40

50

所を示す図である。図 2 2 では円板状のワーク 5 2 0 の側面を指定場所として指定した例を示している。

【 0 0 7 2 】

加工面指定部 1 1 6 は、ユーザによって指定された場所（指定場所）の加工面を指定するための座標情報を加工面シミュレーション部 1 1 7 に送る。加工面シミュレーション部 1 1 7 は、座標情報に基づいて指定場所の加工位置データを特定して、加工面シミュレーションを実行する。円板状のワーク 5 2 0 の側面は滑らかでなく、高さ方向に沿った角が生ずるものとする。

【 0 0 7 3 】

表面性状計算部 1 1 8 は、加工面シミュレーションされた加工面の表面性状を計算し、評価条件指定部 1 1 9 及び加工面評価部 1 2 0 に計算された表面性状を出力する。具体的には、表面性状計算部 1 1 8 は、加工面シミュレーションされたワーク 5 2 0 の加工面について分割されたメッシュの各部分について最大高さ S_z 等の表面性状を計算する。図 2 3 は加工面シミュレーションされたワーク 5 2 0 の加工面における分割領域を示す図である。図 2 3 において、分割領域は破線で示され、分割領域内に角があるものとする。

10

【 0 0 7 4 】

加工面評価部 1 2 0 は、評価条件指定部 1 1 9 が指定した評価条件に基づいて加工面の表面性状が許容範囲かどうかを評価する。

表示方法決定部 1 2 1 は、加工面評価部 1 2 0 による評価結果を表示する方法を決定する。表示方法決定部 1 2 1 で決定された表示方法で、且つ加工面表示指定部 1 2 2 で指摘された表示設定で、加工面シミュレーションの結果を表示する。

20

【 0 0 7 5 】

加工面表示指定部 1 2 2 は、不合格となった領域に照射角度を合わせ、照射角度と加工面の法線ベクトルでなす角を求める。そして、加工面表示指定部 1 2 2 は、照射角度と加工面の法線ベクトルでなす角が断続的に変わった線を円板状のワーク 5 2 0 の側面に生じた角として、明暗（濃淡）をつける。すると、図 2 4 に示すように、角が生じた部分のみに色が付与される。

【 0 0 7 6 】

< シミュレーション部が NC 装置の外部に設けられた例 >

上述した実施形態では、NC 装置 1 0 0 がシミュレーション部 1 1 0 を含む例について説明した。しかしながら、シミュレーション部 1 1 0 は NC 装置 1 0 0 の外部に設けてもよい。

30

【 0 0 7 7 】

図 2 5 は本発明の数値制御機械システムの変形例を示すブロック図である。

図 2 5 に示すように、NC 機械システム 1 0 A は、NC 装置 1 0 0 A、シミュレーション装置 1 1 0 A、サーボ制御部 2 0 0、サーボモータ 3 0 0 及び機械 4 0 0 を備えている。

NC 機械システム 1 0 A は、シミュレーション装置 1 1 0 A が NC 装置 1 0 0 A の外部に設けられている。NC 装置 1 0 0 A は、図 1 に示した NC 装置 1 0 0 においてシミュレーション部 1 1 0 を除いた構成となっている。

40

【 0 0 7 8 】

NC 装置 1 0 0 A とシミュレーション装置 1 1 0 A とはネットワークを介して接続することができ、ネットワークは、例えば、工場内に構築された LAN (Local Area Network) や、インターネット、公衆電話網、或いは、これらの組み合わせである。ネットワークにおける具体的な通信方式や、有線接続及び無線接続のいずれであるか等については、特に限定されない。

【 0 0 7 9 】

NC 装置 1 0 0 A は機械 4 0 0 に含まれてもよい。また、サーボモータ 3 0 0 は、機械 4 0 0 に含まれてもよい。シミュレーション装置 1 1 0 A の構成はシミュレーション部 1 1 0 の構成と同じである。

50

シミュレーション装置 110A の構成部の一部は NC 装置 100A に配置してもよい。
例えば、シミュレーション用データ保存部 111 は NC 装置 100A に配置してもよい。

シミュレーション装置 110A は、パーソナルコンピュータ (PC)、サーバ等の情報処理装置で構成することができる。

【0080】

本開示によるシミュレーション装置、数値制御装置、及びシミュレーション方法は、上述した実施形態を含め、次のような構成を有する各種各様の実施形態を取ることができる。

【0081】

(1) 本開示の第1の態様は、工作機械によって被加工物を加工する場合の加工位置データを保存するための保存部と、

保存された前記加工位置データを用いて加工面のシミュレーションを行う加工面シミュレーション部と、

前記加工面のシミュレーションによりシミュレーションされた前記加工面の表面性状を計算する表面性状計算部と、

評価条件に基づいて前記表面性状を評価する加工面評価部と、
を備えたシミュレーション装置である。

このシミュレーション装置によれば、加工面に問題があるかないかの評価を定量的に評価することが可能となり、ユーザによる判断の違いをなくすることができる。また、加工が要求精度に収まっているのか、数値的に判断することができる。

【0082】

(2) 表面性状計算部は、シミュレーションされた前記加工面を複数の部分に分割し、分割された各部分について表面性状を計算する上記(1)に記載のシミュレーション装置。

【0083】

(3) 前記加工面評価部は、前記分割された各部分について前記評価条件に基づいて前記表面性状を評価し、その評価結果に基づいて前記加工面の表示方法を決定する表示方法決定部を備えた、上記(2)に記載のシミュレーション装置。

このシミュレーション装置によれば、ユーザの加工面のシミュレーションの技量(例えば、光の当て方、視線角度等の表示設定)による問題個所の見過しを防ぐことができる。

【0084】

(4) 前記加工面のシミュレーションの範囲を決める原点をワーク座標系の前記加工位置データに基づいて決める原点決定部を備えた、上記(1)から(3)のいずれかに記載のシミュレーション装置。

このシミュレーション装置によれば、加工面シミュレーションを行う範囲を決めるための原点を自動的に調整することができる。

【0085】

(5) 前記保存された加工位置データを用いて前記被加工物の形状のシミュレーションを行う形状シミュレーション部を備え、

前記加工面シミュレーション部は、前記形状シミュレーション部により得られた前記被加工物の形状に基づいて指定された前記被加工物の加工面の指定場所について前記加工面のシミュレーションを行う、上記(1)から(4)のいずれかに記載のシミュレーション装置。

【0086】

(6) 加工位置データは、加工プログラム、前記工作機械を駆動するサーボモータのサーボ制御を行うための制御指令、及び前記サーボモータと前記工作機械からのフィードバック情報のうちの1つである、上記(1)から(5)のいずれかに記載のシミュレーション装置。

【0087】

(7) 本開示の第2の態様は、上記(6)に記載のシミュレーション装置と、前記加工

10

20

30

40

50

プログラムに基づいて前記サーボモータのサーボ制御を行うための制御指令を生成する制御部と、を備えた数値制御装置である。

【0088】

(8) 本開示の第3の態様は、工作機械によって被加工物を加工する場合の加工位置データを保存し、

保存された前記加工位置データを用いて加工面のシミュレーションを行い、

前記加工面のシミュレーションによりシミュレーションされた前記加工面の表面性状を計算し、

評価条件に基づいて前記表面性状を評価するシミュレーション方法である。

このシミュレーション方法によれば、加工面に問題があるかないかの評価を定量的に評価することが可能となり、ユーザによる判断の違いをなくすることができる。また、加工が要求精度に収まっているのか、数値的に判断することができる。

10

【符号の説明】

【0089】

10、10A NC機械システム

100、100A NC装置

110 シミュレーション部

110A シミュレーション装置

111 シミュレーション用データ保存部

112 シミュレーション開始指令部

20

113 原点決定部

114 形状シミュレーション部

115 形状シミュレーション表示部

116 加工面指定部

117 加工面シミュレーション部

118 表面性状計算部

119 評価条件指定部

120 加工面評価部

121 表示方法決定部

122 加工面表示指定部

30

123 加工面シミュレーション表示部

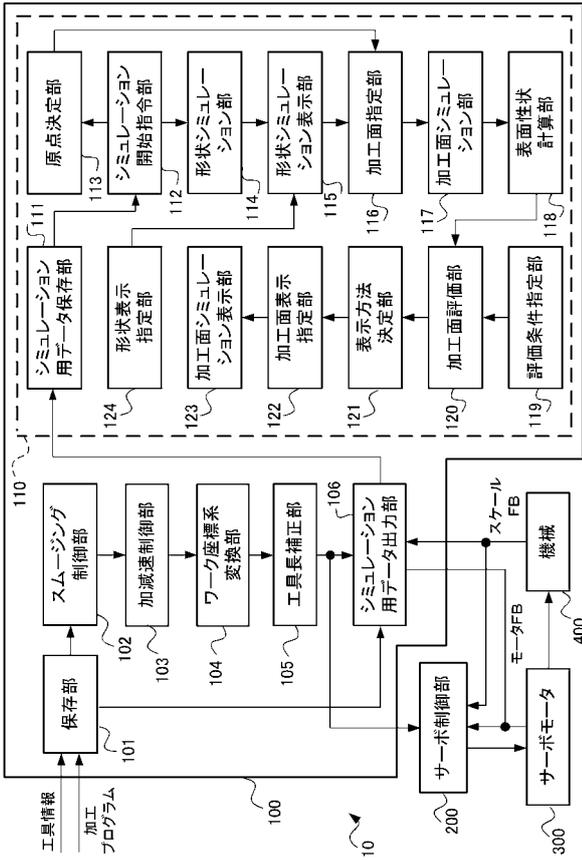
124 形状表示指定部

200 サーボ制御部

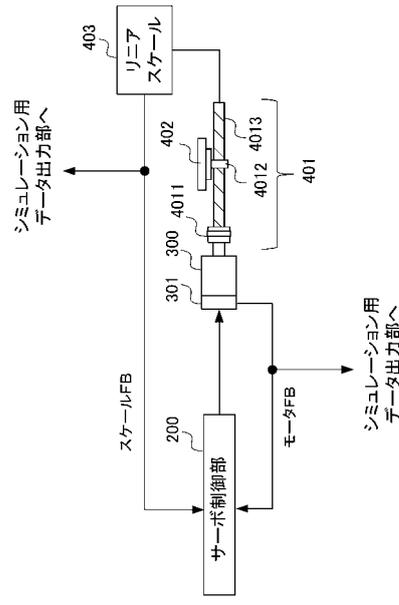
300 サーボモータ

400 機械

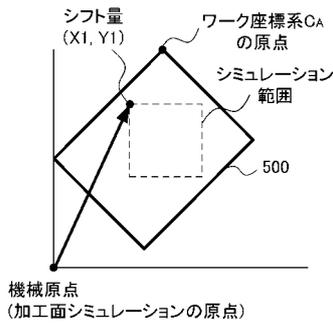
【 図 1 】



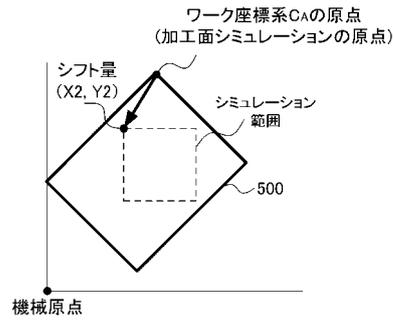
【 図 2 】



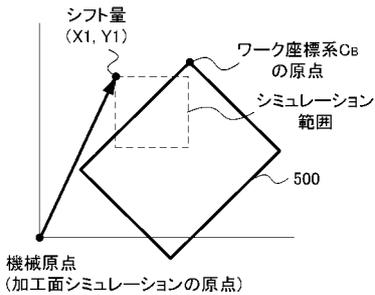
【 図 3 】



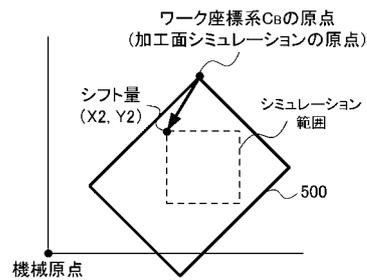
【 図 5 】



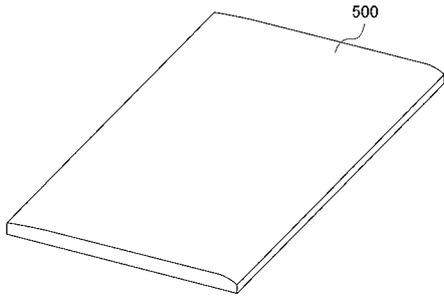
【 図 4 】



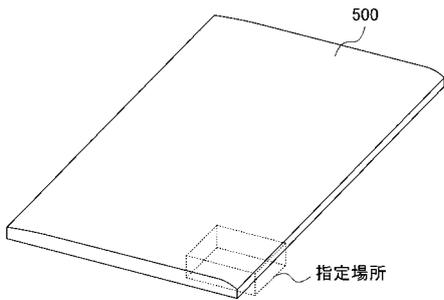
【 図 6 】



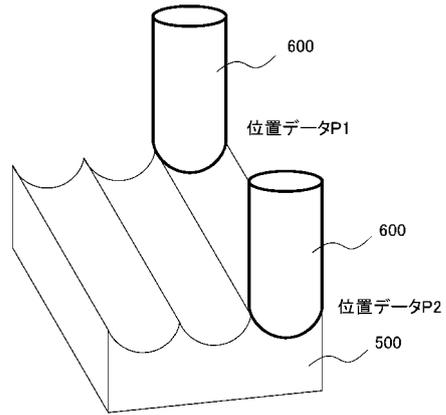
【 図 7 】



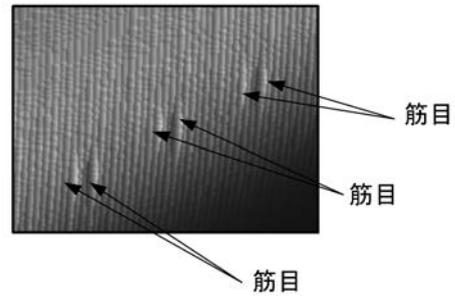
【 図 8 】



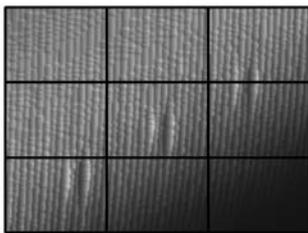
【 図 9 】



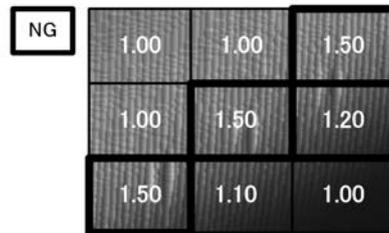
【 図 10 】



【 図 11 】



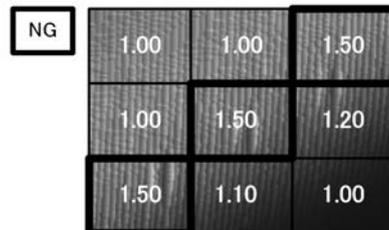
【 図 13 】



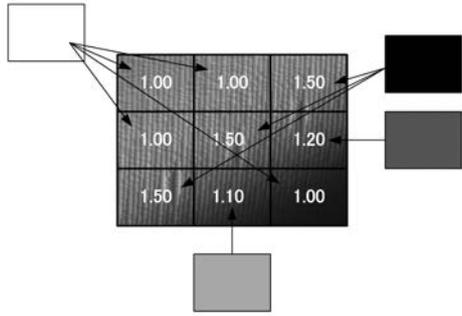
【 図 12 】



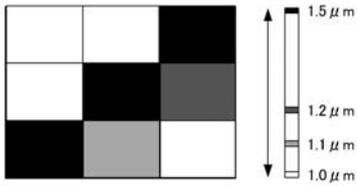
【 図 14 】



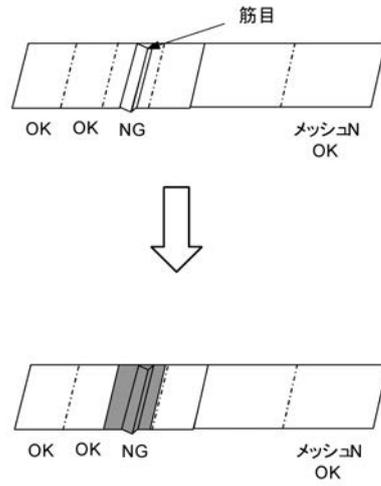
【図 15】



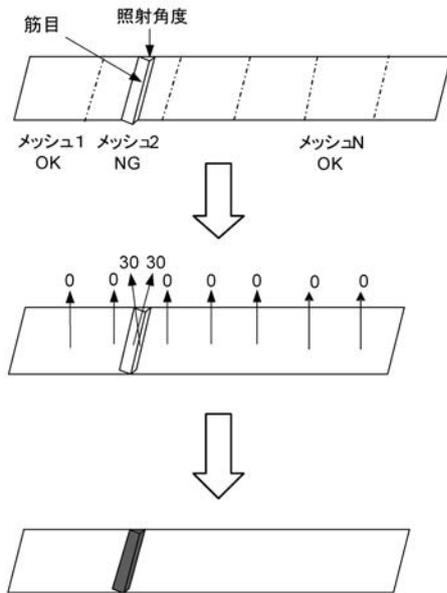
【図 16】



【図 17】



【図 18】



【図 19】

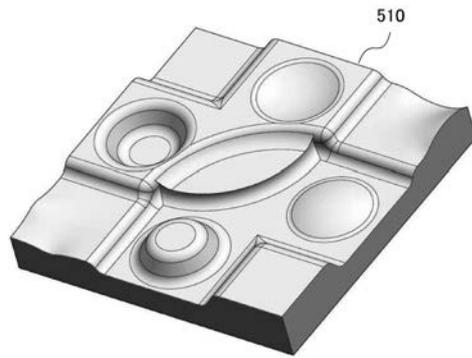
<加工面評価結果>
 不合格

 メッシュサイズ=0.1mm²
 評価条件(合格)=Sz<1.10 μm
 全メッシュ数=1000
 不合格メッシュ数=58

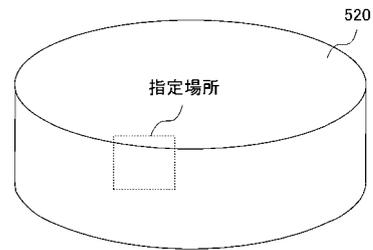
【図 2 0】



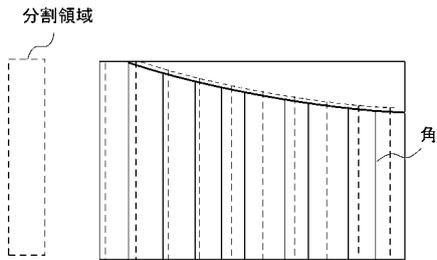
【図 2 1】



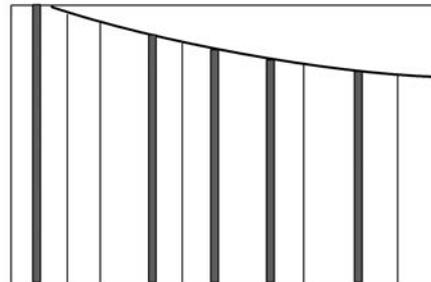
【図 2 2】



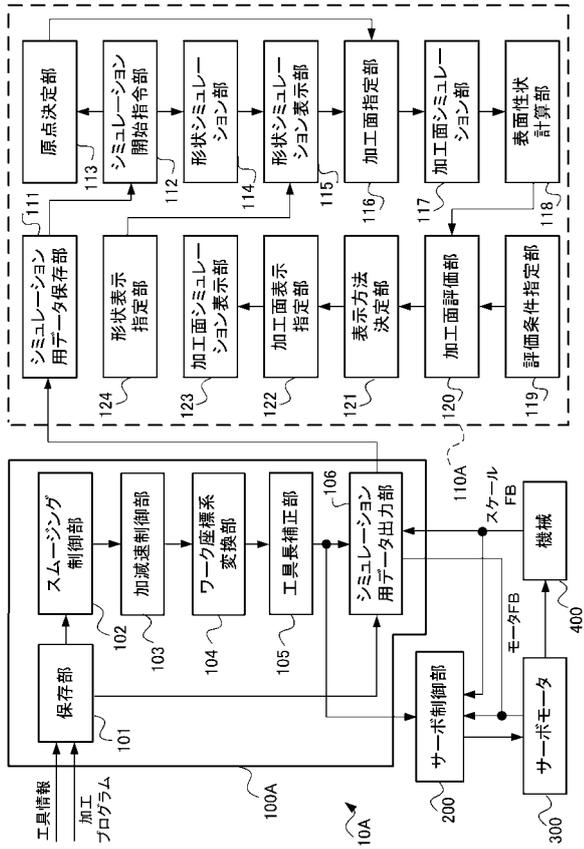
【図 2 3】



【図 2 4】



【図 25】



フロントページの続き

(72)発明者 趙 威

山梨県南都留郡忍野村忍草字古馬場3580番地 ファナック株式会社内

Fターム(参考) 3C269 AB01 BB03 BB07 CC02 EF93 MN16 MN41 MN46 QC01 QD02
QE10 QE35