(12) 特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局

(43) 国際公開日
2019年12月19日(19.12.2019)

WIPO | PCT

(10) 国際公開番号
WO 2019/239606 A1

(51) 国際特許分類:
B23Q 17/09 (2006.01) *B23Q 17/20* (2006.01)
G05B 19/4155 (2006.01)

(21) 国際出願番号： PCT/JP2018/023041

(22) 国際出願日： 2018年6月15日(15.06.2018)

(25) 国際出願の言語： 日本語

(26) 国際公開の言語： 日本語

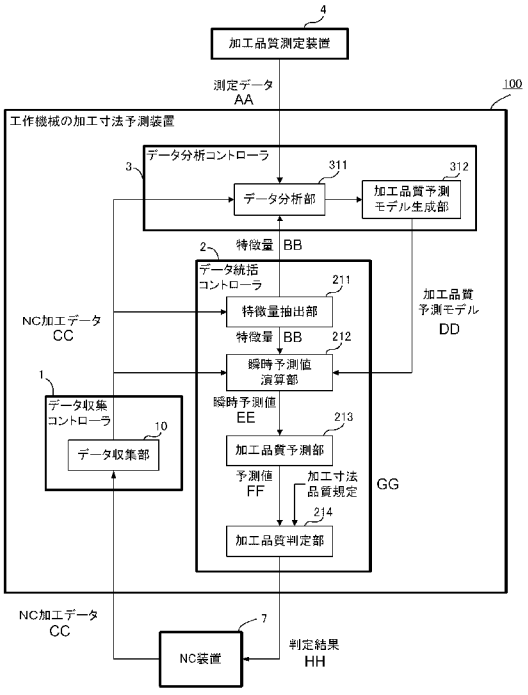
(71) 出願人:三菱電機株式会社(**MITSUBISHI ELECTRIC CORPORATION**) [JP/JP]; 〒1008310 東京都千代田区丸の内二丁目7番3号 Tokyo (JP).

(72) 発明者: 深津 法保 (**FUKATSU Noriyasu**); 〒1008310 東京都千代田区丸の内二丁目7番3号 三菱電機株式会社内 Tokyo (JP). 石田 哲史(**ISHIDA Tetsushi**); 〒1008310 東京都千代田区丸の内二丁目7番3号 三菱電機株式会社内 Tokyo (JP). 竹内 清史(**TAKEUCHI Kiyofumi**); 〒1008310 東京都千代田区丸の内二丁目7番3号 三菱電機株式会社内 Tokyo (JP). 那須 督(**NASU Osamu**); 〒1008310 東京都千代田区丸の内二丁目7番3号 三菱電機株式会社内 Tokyo (JP). 服部 佳幸(**HATTORI Yoshiyuki**); 〒1008310 東京都千代田区丸の内二丁目7番3号 三菱電機株式会社内 Tokyo (JP). 西野 万里子(**NISHINO Mariko**); 〒1008310 東京都千代田区丸の内二丁目7番3号 三菱電機株式会社内 Tokyo (JP).

(54) **Title:** MACHINE TOOL MACHINING DIMENSIONS PREDICTION DEVICE, MACHINE TOOL MACHINING DIMENSIONS PREDICTION SYSTEM, MACHINE TOOL EQUIPMENT ABNORMALITY DETERMINATION DEVICE, MACHINE TOOL MACHINING DIMENSIONS PREDICTION METHOD, AND PROGRAM

(54) 発明の名称： 工作機械の加工寸法予測装置、工作機械の加工寸法予測システム、工作機械の設備異常判定装置、工作機械の加工寸法予測方法及びプログラム

[図1]



1... DATA COLLECTION CONTROLLER
2... DATA INTEGRATION CONTROLLER
3... DATA ANALYSIS CONTROLLER
4... MACHINING QUALITY MEASUREMENT DEVICE
7... NC DEVICE
10... DATA COLLECTION UNIT
100... MACHINE TOOL MACHINING DIMENSIONS PREDICTION DEVICE
211... FEATURE VALUE EXTRACTION UNIT
212... INSTANTANEOUS PREDICTION VALUE ARITHMETIC LOGIC UNIT
213... MACHINING QUALITY PREDICTION UNIT
214... MACHINING QUALITY DETERMINATION UNIT
311... DATA ANALYSIS UNIT
312... MACHINING QUALITY PREDICTION MODEL GENERATION UNIT
AA... MEASUREMENT DATA
BB... FEATURE VALUES
CC... NC MACHINING DATA
DD... MACHINING QUALITY PREDICTION MODEL
EE... INSTANTANEOUS PREDICTION VALUE
FF... PREDICTION VALUE
GG... MACHINING DIMENSIONS QUALITY REGULATIONS
HH... DETERMINATION RESULT

(57) **Abstract:** A machine tool machining dimensions prediction device (100) comprises a data collection unit (10) that obtains drive state information for a machine tool, a feature value extraction unit (211) that extracts feature values from

WO 2019/239606 A1

[続葉有]

(74) 代理人：木村 満(KIMURA Mitsuru)；〒1010054 東京都千代田区神田錦町二丁目７番地 協販ビル２階 Tokyo (JP).

(81) 指定国(表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能)：AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

(84) 指定国(表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能)：ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類：

一　国際調査報告（条約第21条(3)）

the drive state information, a data analysis unit (311) that analyzes the extracted feature values, and a machining quality prediction model generation unit (312) that generates, from the analyzed information, a prediction model for the machining dimensions of a workpiece. The machine tool machining dimensions prediction device (100) predicts machining quality by applying the feature values and the drive state information to the prediction model during machining of the workpiece and determines whether the machining quality will satisfy standards by referencing machining dimensions quality regulations.

(57) 要約：工作機械の加工寸法予測装置（１００）は、工作機械の駆動状態情報を取得するデータ収集部（１０）と、駆動状態情報から特徴量を抽出する特徴量抽出部（２１１）と、抽出された特徴量を分析するデータ分析部（３１１）と、分析された情報から被加工物の加工寸法の予測モデルを生成する加工品質予測モデル生成部（３１２）と、を備える。工作機械の加工寸法予測装置（１００）は、被加工物の加工中に特徴量と駆動状態情報を予測モデルに当てはめることで、加工品質を予測し、加工寸法品質規定を参照することで、加工品質が基準を満たしているか否かを判定する。

明　細　書

発明の名称 ：

工作機械の加工寸法予測装置、工作機械の加工寸法予測システム、工作機械の設備異常判定装置、工作機械の加工寸法予測方法及びプログラム

技術分野

[0001] 本発明は、工作機械の加工寸法予測装置、加工寸法予測システム、方法、プログラム及び設備異常判定装置に関する。

背景技術

[0002] 工作機械は、加工対象物（被加工物）に切断、切削、研磨等の加工を施すための機械である。工作機械として、フライス盤、旋盤、ボール盤等が知られている。

[0003] 工作機械の多くは自動化されている。自動化された工作機械のうち、ＮＣ（数値制御）工作機械は、ＮＣ加工方法を用いて加工対象物に加工を施す工作機械である。ＮＣ工作機械は、ＮＣ装置を備え、加工動作情報を基に、工具或いは加工対象物を駆動して、加工対象物を加工する。

[0004] ＮＣ工作機械は、精密な加工を実現することができる。しかし、機械設備及び工具の状態の変動・劣化、作業環境の変動等により、設計寸法と被加工物の実際の寸法との間にずれが生じることがある。このため、実際の寸法或いはずれの量を予測する或いはずれ量を抑制する技術が提案されている。

[0005] 例えば、特許文献１には、ニューラルネットワークを備える工作機械の加工寸法予測装置が記載されている。この加工寸法予測装置は、工具を回転駆動する駆動装置の振動を検出し、振動の特徴量と加工精度とをニューラルネットワークで学習して、被加工物の加工寸法を予測する。

[0006] 特許文献２には、機械学習装置を備える工作機械が記載されている。この機械学習装置は、電動機への電力供給量、電動機の温度、負荷等の状態変数と動作指令の補正値と異常が発生したか否かの判定結果とに従って、動作指令を学習することにより、適切な補正処理を行って、加工精度を向上する。

この文献もニューラルネットワークを使用することを開示している。

[0007] 特許文献３には、ファジィ推論を行う加工条件推論装置を備える加工条件自動調整装置が記載されている。この加工条件推論装置は、負荷状況データと加工条件データとにファジィ推論を適用し、工具の回転速度等の加工条件を継続的に修正する。

先行技術文献

特許文献

[0008] 特許文献1：特開２００８－０８７０９５号公報

特許文献2：特開２０１７－６４８３７号公報

特許文献3：特開平７－３６５３０号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0009] 特許文献１に記載された工作機械は、ニューラルネットワークを用いて学習を行う。そのため、工具の種類が多くなると、学習に必要なニューロンの数も増大し、学習が適切に完了せず、加工条件が変動する。従って、特許文献１に記載された工作機械は、被加工物の品質を安定して予測することができない。また、この装置は、工具の装着状態に起因する品質変動しか予測できず、加工寸法を正確に予測できないという問題がある。

[0010] 特許文献２に記載された工作機械も、ニューラルネットワークを用いて学習を行う。従って、特許文献１と同様の課題がある。また、特許文献２に記載された工作機械は、電動機に対する電力供給量等の状態変数を監視し、常に学習部のパラメータを更新して電動機の回転数、位置等を補正する。そのため、加工条件が一定せず、被加工物の品質を安定して予測することができないという問題がある。

[0011] 特許文献３に記載された加工条件自動調整装置は、ファジィ推論によって加工条件を修正する。そのため、加工条件が適切に設定される保証がなく、被加工物の品質を安定して予測することができないという問題がある。

[0012] 本発明は、上記の問題点に鑑みてなされたものであり、被加工物の加工寸法を安定して正確に予測できる工作機械の加工寸法予測装置を提供することを目的とする。

課題を解決するための手段

[0013] 上記の目的を達成するため、本発明に係る工作機械の加工寸法予測装置は、

工作機械の駆動状態情報を取得する駆動状態情報取得部と、

前記駆動状態情報から特徴量を抽出する特徴量抽出部と、

抽出された前記特徴量を分析し特徴量分析情報を出力するデータ分析部と、

前記特徴量分析情報から前記工作機械によって加工される被加工物の加工寸法の予測モデルを生成する加工品質予測モデル生成部と、

を備える。

発明の効果

[0014] 本発明によれば、工作機械が駆動し、被加工物が加工されている間に、被加工物の寸法を安定して予測することができる。

図面の簡単な説明

[0015] [図1]本発明の実施の形態１に係る工作機械の加工寸法予測装置の機能ブロック図

[図2A]被加工物の加工例を示す図

[図2B]加工データの一例を示す図

[図3A]図１に示すデータ収集コントローラのブロック図

[図3B]図１に示すデータ統括コントローラのブロック図

[図3C]図１に示すデータ分析コントローラのブロック図

[図4]図１に示すＮＣ装置の機能ブロック図

[図5]図１に示すデータ収集コントローラが実行するデータ収集処理のフローチャート

[図6]図１に示すデータ分析コントローラが実行する予測モデル生成処理のフ

ローチャート

[図7]図１に示すデータ統括コントローラが実行する加工品質予測モデル演算処理のフローチャート

[図8]本発明の実施の形態２に係る工具交換時期を説明する図であって、（Ａ）は加工品質の低下が経過時間に比例する例を示す図、（Ｂ）は加工品質の低下が時間の経過とともに緩やかになる例を示す図、（Ｃ）は加工品質の低下が時間の経過とともに急になる例を示す図

[図9]本発明の実施の形態３に係る工作機械の設備異常判定装置の機能ブロック図

[図10]図９に示す工作機械の設備異常判定装置の工具寿命判別処理を示すフローチャート

[図11]本発明の実施の形態４に係る加工寸法予測装置の機能ブロック図

発明を実施するための形態

[0016] （実施の形態１）

以下、本発明の実施の形態１に係る工作機械の加工寸法予測装置と、その加工寸法予測装置を備えるＮＣ工作機械を、図面を参照して説明する。

[0017] 実施の形態１に係る工作機械の加工寸法予測装置１００は、図１に示すように、ＮＣ加工データを収集するデータ収集コントローラ１と、加工品質予測モデルを用いて被加工物の加工品質を予測するデータ統括コントローラ２と、加工品質予測モデルを生成するデータ分析コントローラ３と、を備える。

[0018] データ収集コントローラ１は、データ収集部１０を備える。データ収集部１０は、ＮＣ装置７とデータ統括コントローラ２に接続されている。

[0019] データ収集部１０は、ＮＣ装置７からＮＣ加工データを収集し、一時的に記憶し、一定量のデータをひとまとまりにして、データ統括コントローラ２に提供する。

[0020] データ収集部１０が収集するＮＣ加工データは、加工プロセスデータと、ＮＣ装置７の動作状態を示す状態データとを含む。加工プロセスデータは、

ＮＣ加工に関し、どの加工プロセスのどの加工区間を処理しているかを示すデータを含む。一方、状態データは、ＮＣ装置７の動作の状態そのものを示すデータと動作環境の状態を示すデータとを含み、ＮＣ装置７の本体の状態を示すデータとＮＣ装置７に配置したセンサで取得されたデータとを含む。以下の説明では、状態データが主軸を回転駆動する主軸モータの駆動電流の電流値、主軸モータに取り付けられた振動センサが出力した振動データ、主軸モータに取り付けられた温度センサが出力した温度データであるとする。これらのデータのサンプリングタイミング及びサンプリング周期は互いに異なっていても良い。ＮＣ加工データは、請求項の駆動状態情報の一例である。

[0021] データ収集部１０が収集及び出力するＮＣ加工データの構成を、具体例を参照して説明する。ここは、簡略化された例として、図２Ａに示すように、ＮＣ装置７として、鉛直方向に延在する主軸９１にコレットチャックで工具９２が取り付けられた構造を有するフライス盤を想定する。工具９２は、テーブル９４上に固定された被加工物ＷＡに対し、ｘ軸方向の長さ３Ｌの領域を、深さＤ、すなわち、ｚ軸方向の削り量がＤとなるように切削して、一定の深さを有する直線状の溝を形成する。

[0022] 被加工物ＷＡは、テーブル９４上に、バイスＢＡによって把持されている。被加工物ＷＡの加工対象部分の長さ３Ｌの領域は、長さＬの３つの加工区間に分割されているとする。また、刃を取り付けた主軸９１を回転駆動する主軸モータ９３には、電流センサＳ１、振動センサＳ２、温度センサＳ３が取り付けられている。電流センサＳ１は、主軸モータ９３の駆動電流の電流値を測定して、測定データをＮＣ装置７に供給する。振動センサＳ２は、主軸モータ９３の振動データを測定して、測定データをＮＣ装置７に供給する。温度センサＳ３は、主軸モータ９３の温度データを測定して、測定データをＮＣ装置７に供給する。ＮＣ装置７は、測定データに、収集時刻とデータ種別とを付してデータ収集部１０に送信する。以下、図２Ａを参照してなされる説明においては、長さＬの領域を領域Ｌと、長さ３Ｌの領域を領域３Ｌ

と表現することがある。

[0023] データ収集部１０は、供給された測定データを工程区間毎にひとまとめにする。図２Ｂに例示するように、データ群は、加工区間の加工の開始時点を示すプロセスＩＤと区間ＩＤと開始マークの組と、それに後続する時刻とデータ種と測定データの組と、加工区間の加工の終了時を示すプロセスＩＤと区間ＩＤと終了マークの組と、を含む。データ収集部１０は、生成されたデータ群をデータ統括コントローラ２に送信する。図２Ｂにおいては、一つの行が一つの組に対応する。

図２Ｂにおけるプロセス「３」は、プロセスＩＤが３であることを示し、区間「１」は、加工区間が「１」であること、すなわち、図２Ａにおける長さ３Ｌの加工区間のうち、最初の長さＬの加工区間Ｌであることを示す。

[0024] 図１に示すデータ統括コントローラ２は、ＮＣ加工データの特徴量を抽出する特徴量抽出部２１１と、特徴量から加工品質の瞬時予測値を求める瞬時予測値演算部２１２と、一連の瞬時予測値に基づいて加工完了品の品質を予測する加工品質予測部２１３と、品質の合格・不合格を判定する加工品質判定部２１４と、を備える。

[0025] 特徴量抽出部２１１は、データ収集コントローラ１のデータ収集部１０から提供された１加工区間毎のＮＣ加工データから特徴量を抽出する。特徴量は、例えば、１加工区間内で収集された同種のＮＣ加工データ、例えば、電流値の、最大値、最小値、平均値、標準偏差、数値範囲、加工時間、積分値等である。

[0026] 瞬時予測値演算部２１２は、データ収集部１０より提供されたＮＣ加工データと特徴量抽出部２１１より提供された特徴量を、データ分析コントローラ３から提供された加工品質予測モデルに適用して、演算を行い、加工中の被加工物ＷＡの加工品質の瞬時値を求める。

この加工品質の瞬時値は、請求項における予測寸法情報の一例に相当する。

[0027] 加工品質予測部２１３は、瞬時予測値演算部２１２からその時点までに供

給された一連の加工品質データに基づいて、被加工物ＷＡの加工完了時の最終的な加工品質を予測する。

[0028] 加工品質判定部２１４は、加工品質予測部２１３が予測した被加工物ＷＡの最終的な加工品質が、加工寸法品質規定で定められている品質基準を満たすか否かを判定し、判定結果をＮＣ装置７に出力する。

この品質基準は、請求項における品質規定情報の一例に相当する。

[0029] なお、データ収集部１０は、請求項の駆動状態情報取得部の一例として機能する。加工品質予測部２１３は、請求項の品質予測部の一例として機能する。

[0030] 一方、データ分析コントローラ３は、特徴量を分析するデータ分析部３１１と、分析された特徴量から、後述する加工品質予測モデルを生成する加工品質予測モデル生成部３１２と、を備える。

[0031] データ分析部３１１は、データ収集部１０より提供されたＮＣ加工データを参照することで、特徴量抽出部２１１で抽出された特徴量から、モデル生成に適さない値である異常値を除外し、例えば、加工プロセスを構成する複数の工程のいずれかの工程に対応させるために区切ること、分析モデルの生成を行うこと等の分析処理を行う。

[0032] 加工品質予測モデル生成部３１２は、データ分析部３１１から供給された特徴量と、加工品質測定装置４から供給される寸法の実測値とを用いて、特徴量を説明変数ｘ、実測値を目的変数ｙとする加工品質予測モデルを求める。この実施の形態では、加工品質予測モデルを最小二乗法による回帰直線とする。加工品質予測モデル生成部３１２は、生成した加工品質予測モデルをデータ統括コントローラ２の瞬時予測値演算部２１２に提供し、直線を含むカーブフィット曲線にて加工品質の傾向を判定する。

データ分析部３１１は、請求項の分析部の一例として機能する。また、データ分析部３１１によって分析されたデータは、請求項の特徴量分析情報の一例に相当する。

[0033] データ収集コントローラ１は、ハードウエア的には、図３Ａに示すように

、制御プログラムに従ってデータを処理するプロセッサ１１と、プロセッサ１１のワークエリアとして機能する主記憶部１２と、データを長期間にわたって記憶するための補助記憶部１３と、データ入力を受け付ける入力部１４と、データを出力する出力部１５と、他の装置と通信する通信部１６と、これらの要素を相互に接続するバス１７と、を備える。

補助記憶部１３には、プロセッサ１１が実行するデータ収集処理の制御プログラムが記憶されている。制御プログラムの内容については後述する。

入力部１４は、ＮＣ装置７から送信されてくるＮＣ加工データを受信し、プロセッサ１１に提供する。

通信部１６は、データ統括コントローラ２との間で通信し、ＮＣ加工データを送信する。

主記憶部１２又は補助記憶部１３は、請求項の予測モデル記憶部の一例として機能する。通信部１６は、請求項の予測モデル取得部の一例として機能する。

[0034] 一方、図１に示すデータ統括コントローラ２は、ハードウエア的には、図３Ｂに示すように、データ収集コントローラ１と同様に、プロセッサ２１と、主記憶部２２と、補助記憶部２３と、入力部２４と、出力部２５と、通信部２６と、バス２７と、を備える。補助記憶部２３には、プロセッサ２１が実行する品質予測処理の制御プログラムが記憶されている。制御プログラムの内容については後述する。通信部２６は、データ収集コントローラ１及びデータ分析コントローラ３に接続され、これらとの間で通信する。

主記憶部１２又は補助記憶部１３は、請求項の予測モデル記憶部又は加工条件記憶部の一例として機能する。通信部１６は、請求項の予測モデル取得部の一例として機能する。

[0035] また、図１に示すデータ分析コントローラ３は、ハードウエア的には、図３Ｃに示すように、データ収集コントローラ１及びデータ統括コントローラ２と同様に、プロセッサ３１と、主記憶部３２と、補助記憶部３３と、入力部３４と、出力部３５と、通信部３６と、バス３７と、を備える。補助記憶

部３３には、プロセッサ３１が実行する予測モデル生成処理の制御プログラムが記憶されている。制御プログラムの内容については後述する。入力部３４は、検査装置８から送信されてくる検査データを受信し、プロセッサ３１に提供する。通信部３６は、データ統括コントローラ２に接続され、これらとの間で通信する。

主記憶部１２又は補助記憶部１３は、請求項の予測モデル記憶部の一例として機能する。通信部１６は、請求項の予測モデル取得部の一例として機能する。

[0036] なお、データ収集コントローラ１，データ統括コントローラ２，データ分析コントローラ３は、それぞれ、望ましくは、産業用コンピュータである。ただし、産業用コンピュータの代わりに、民生用コンピュータが用いられてもよい。また、１台のコンピュータがデータ収集コントローラ１，データ統括コントローラ２，データ分析コントローラ３を兼ねてもよい。

[0037] 次に、図４を参照して、ＮＣ装置７の構成を説明する。

ＮＣ装置７は、ＮＣデータを処理し、制御信号を出力するＮＣ制御ユニット７０と、ＮＣ制御ユニット７０からの制御信号に従って被加工物ＷＡに加工を加える加工機９０とを備える。

[0038] 加工機９０は、主軸９１と、主軸９１に取り付けられた工具９２と、主軸９１を回転駆動する主軸モータ９３と、被加工物ＷＡを固定するテーブル９４と、テーブル９４を移動する移動機構９５と、移動機構９５をｘ軸、ｙ軸方向に位置合わせする２つのサーボモータ９６ｘ，９６ｙと、主軸モータ９３をｚ軸方向に位置合わせするサーボモータ９６ｚと、を備える。主軸モータ９３には、主軸アンプ８５より駆動電流が供給され、サーボモータ９６ｘ，９６ｙ，９６ｚには、サーボアンプ８６より駆動電流が供給される。サーボモータ９６ｘ，９６ｙ，９６ｚにより、工具９２の被加工物ＷＡに対する位置を、ｘ軸，ｙ軸，ｚ軸方向においてそれぞれ独立に制御することができる。

[0039] 主軸モータ９３には、電流センサＳ１，振動センサＳ２，温度センサＳ３

が配置されている。

また、加工機９０には、コンタクター、ソレノイド、ランプ等９８と、加工機９０内の各部の状態を検知し、検知信号を出力するリミットスイッチ、センサその他のスイッチ類９７と、も配置されている。

[0040] ＮＣ制御ユニット７０は、情報を処理するプロセッサ７１と、データを記憶する記憶部７２と、データ収集コントローラ１に接続された外部接続インタフェース（以下、Ｉ／Ｆ）７３と、ＮＣ操作パネル８２に接続された操作パネルＩ／Ｆ７４と、主軸アンプ８５に接続された主軸制御Ｉ／Ｆ７５と、サーボアンプ８６に接続されたサーボ制御Ｉ／Ｆ７６と、を備える。

[0041] プロセッサ７１は、記憶部７２に記憶された数値制御プログラムと数値情報に従って、主軸制御Ｉ／Ｆ７５を介して主軸アンプ８５に駆動信号を供給して、主軸モータ９３を駆動し、サーボ制御Ｉ／Ｆ７６を介してサーボアンプ８６に駆動信号を供給し、サーボモータ９６ｘ，９６ｙ，９６ｚを動作させる。これにより、主軸９１を回転駆動し、工具９２を位置決めして、被加工物ＷＡを切削する。

[0042] また、デジタル入力部７７は、電流センサＳ１、振動センサＳ２、温度センサＳ３、リミットスイッチ、センサその他のスイッチ類９７からのデータを入力し、プロセッサ７１に供給する。プロセッサ７１は、これらのデータを記憶部７２に格納する。また、プロセッサ７１は、センサＳ１～Ｓ３からのデータを外部接続Ｉ／Ｆ７３を介してデータ収集コントローラ１に送信する。

[0043] 外部接続Ｉ／Ｆ７３は外部装置との間でデータ通信を行う。特に、本実施の形態においては、外部接続Ｉ／Ｆ７３は、プロセッサ７１の制御下に、センサＳ１～Ｓ３が出力したデータに時刻データと種別データを付加して、データ収集コントローラ１に送信する。

[0044] 操作パネルＩ／Ｆ７４は、表示部、キー操作部、等を備えるＮＣ操作パネル８２に接続され、ＮＣ操作パネル８２に表示データを送信し、ＮＣ操作パネル８２からキー操作信号を受信して、プロセッサ７１に通知する。

[0045] また、ＮＣ制御ユニット７０は、加工機９０からのデジタル信号を受信するデジタル入力部７７と、加工機９０にデジタル信号を送信するデジタル出力部７８と、プロセッサ７１に内蔵された内部タイマＩＴと、を備える。

[0046] 次に、上記構成を有する加工寸法予測装置１００及びＮＣ装置７の動作を説明する。

[0047] 加工寸法予測装置１００の動作は、ＮＣ装置７の動作状態と加工品質との関係を学習して、加工品質予測モデルを生成する学習過程と、被加工物ＷＡを実際に加工する過程で、加工品質を予測する加工過程とを有する。

[0048] まず、学習過程について説明する。

まず、ＮＣ装置７のテーブル９４上に被加工物ＷＡを固定し、予め設定された数値データを用いて実際に被加工物ＷＡの加工を開始する。

[0049] 一方で、プロセッサ７１は、実行中のプロセス及び加工区間を示すデータを外部接続Ｉ／Ｆ７３を介してデータ収集コントローラ１に送信する。プロセッサ７１は、並行して、センサＳ１～Ｓ３からのデータを、デジタル入力部７７を介して収集し、内部タイマＩＴから取得した時刻データとデータ種別を示す種別データを付して、外部接続Ｉ／Ｆ７３を介してデータ収集コントローラ１に送信する。

[0050] 一方で、プロセッサ７１は、外部接続Ｉ／Ｆ７３を介して加工寸法予測装置１００を起動し、データ収集コントローラ１に、データ収集の開始を指示する。この指示に応答して、データ収集コントローラ１のプロセッサ１１は、図５に示すデータ収集処理を開始する。

プロセッサ１１は、まず、ＮＣ装置７での加工が、データ収集の開始点に達するまで待機する（ステップＳ１１）。

ＮＣ装置７での加工プロセスが進み、最初の加工区間の処理を開始すると、プロセッサ１１は、ＮＣ装置７から供給されるデータの収集を開始し、まず、開始マークを登録する（ステップＳ１２）。このマークは、ある加工区間の加工の開始を識別するためのマークである。

被加工物ＷＡの最初の加工区間は、図２Ａに示した例では、ｘ軸の原点に

近い、すなわち、最も左に位置するＬに相当する区間である。開始マークは、加工がＬの左端においてなされたときに登録される。

[0051] 続いて、プロセッサ１１は、ＮＣ装置７から供給されたデータを順次、主記憶部１２に蓄積する（ステップＳ１３）。

続いて、プロセッサ１１は、１工程区間のデータの蓄積が終了したか否かを判別する（ステップＳ１４）。図２Ａに示した例では、被加工物ＷＡの加工区間３Ｌは３つの加工区間Ｌに分割されているから、プロセッサ１１によって、加工がそれぞれの加工区間Ｌの右端に達したか否かが判別される。１工程区間のデータの蓄積が終了していなければ（ステップＳ１４：Ｎｏ）、処理はステップＳ１３にリターンする。

一方、１工程区間のデータの蓄積が終了しているか、または手動の指示でプロセッサ１１が終了の指示を受けているならば（ステップＳ１４：Ｙｅｓ）、終了マークを記憶して（ステップＳ１５）、１加工区間のデータの識別を可能とし、開始マークから終了マークまでの１加工区間のデータをデータ統括コントローラ２に送信する（ステップＳ１６）。図２Ａに示した例では、最初の加工区間Ｌにおいては、加工がＬの右端においてなされた時点で、終了マークが登録され、１加工区間Ｌに含まれるすべてのデータがデータ統括コントローラ２に送信される。

[0052] 続いて、プロセッサ１１は、加工プロセスが終了したか否かを判別する（ステップＳ１７）。終了していなければ（ステップＳ１７：Ｎｏ）、処理はステップＳ１２にリターンし、次の加工区間のデータを収集する。

一方、加工プロセスが終了していれば（ステップＳ１７：Ｙｅｓ）、処理を終了する。

加工プロセスが終了したか否かは、加工が全加工区間にわたって行われたか否か、すなわち、図２Ａに示した例では、加工が３Ｌの加工区間のうち、ｘ軸の原点から遠い、すなわち、最も右に位置するＬに相当する区間の右端に達したか否かによって判別される。

[0053] こうして、データ収集部１０からデータ統括コントローラ２に図２Ｂに例

示した形態で、主軸モータ９３に供給される電流を示す電流値、主軸モータ９３の振動の程度を示す振動データ、主軸モータ９３の温度を示す温度データが、加工区間単位で供給される。

図２Ａに例示したように、３Ｌには３つの加工区間が含まれるから、加工がそれぞれの加工区間に相当するＬの右端に達した各時点で、その加工区間単位で上記のデータがデータ統括コントローラ２に供給される。この例では、図２Ｂに示すデータのまとまりが、３回に分けて供給される。

[0054] 学習過程において、データ統括コントローラ２のプロセッサ２１は、通信部２６を介して供給されたデータを補助記憶部２３に格納する。続いて、プロセッサ２１は、収集したデータから特徴量を抽出する。特徴量は、例えば、１加工区間内で収集された同種のＮＣ加工データ、例えば、電流値の、最大値、最小値、平均値、標準偏差、数値範囲、加工時間、積分値等である。

プロセッサ２１は、抽出した各特徴量、例えば、図２Ｂの左、中央、右に位置するＬに対応する部分のＮＣ加工データから抽出した各特徴量を、通信部２６を介して、加工プロセスのＩＤ、加工区間のＩＤ等と共にデータ分析コントローラ３に送信する。

[0055] 学習過程において、データ分析コントローラ３のプロセッサ３１は、通信部３６を介してデータ統括コントローラ２から供給された特徴量を補助記憶部３３に格納する。

また、データ収集コントローラ１のプロセッサ１１は、通信部１６を介してデータ収集部１０の収集したＮＣ加工データをデータ分析コントローラ３に送信する。データ分析コントローラ３のプロセッサ３１は、供給されたＮＣ加工データを補助記憶部３３に格納する。

一方、ユーザは、被加工物ＷＡの加工が完了すると、加工済みの被加工物ＷＡを加工品質測定装置４に装着し、被加工物ＷＡの寸法を加工区間Ｌ毎に測定し、測定データをデータ分析コントローラ３に送信する。

データ分析コントローラ３のプロセッサ３１は、送信されたデータを、入力部３４を介して受信し、補助記憶部３３に一旦蓄積する。

[0056] プロセッサ３１は、特徴量データと測定データの受信を完了すると、図６に示す予測モデル生成処理を開始し、まず、加工の特徴を示す特徴量から、異常値を除去し、寄与率、相関係数、多重共線性等のデータを算出する分析処理を行う（ステップＳ２１）。

次に、プロセッサ３１は、回帰直線又はカーブフィット曲線を算出して予測モデルを生成するモデル化を行う（ステップＳ２２）。

本実施の形態では、予測モデルを回帰式とし、回帰式を求める方法として、最小二乗法を用いる。なお、最小二乗法は、測定で得られた数値の組を、関数を用いて近似するときに、想定する関数が測定値に対してよい近似となるように、残差の二乗和を最小とするような係数を決定する方法である。

[0057] 求める回帰式を具体的に示す。

$y = Ax_1 + Bx_2 + Cx_3 + \cdots + Nx_n$

ここで、ｙは目的変数であり、x_k（ｋ＝１，２，…，ｎ）は説明変数であり、Ａ，Ｂ，Ｃ，…，Ｎは、それぞれの説明変数の係数である。

[0058] 本実施の形態では、説明変数x_1を、電流センサＳ１により測定された駆動電流値の特徴量、x_2を、振動センサＳ２により測定された振動データの特徴量、x_3を温度センサＳ３により測定された温度データの特徴量とする。

また、目的変数ｙを、図２Ａに示した例に基づいて、被加工物ＷＡの溝の深さＤの設計値と測定値の差分とする。

プロセッサ３１は、回帰分析により、回帰式$y = ax_1 + bx_2 + cx_3$に対し、複数のＮＣ加工データから抽出された複数の特徴量（x_1，x_2，x_3）に最も適合する係数ａ、ｂ、ｃを算出する。

プロセッサ３１は、加工プロセスの工程区間毎、すなわち、図２Ａにおける３つのＬに対応する加工区間毎に回帰式を求める。

なお、本実施の形態では、モデル化は、リアルタイムに収集した特徴量に基づいて行われるが、過去に収集され、主記憶部３２又は補助記憶部３３に記憶されている特徴量データに基づいて行われてもよい。

[0059] プロセッサ３１は、ステップＳ２２での予測モデルの生成時とは異なるＮ

Ｃ加工データを用いて、生成された予測モデルの精度、すなわち、回帰式に適用した場合の予測精度を算出し、精度を検証する（ステップＳ２３）。

[0060] プロセッサ３１は、ステップ２３で算出された予測精度が基準を満たすか否かを判別する（ステップＳ２４）。

[0061] 予測精度が基準を満さないと判別されたならば（ステップＳ２４：Ｎｏ）、ステップＳ２２に戻る。

予測精度が基準を満たすと判別されたならば（ステップＳ２４：Ｙｅｓ）、プロセッサ３１は、求めたモデル、この場合、回帰式の係数ａ、ｂ、ｃを、データ統括コントローラ２に送信する（ステップＳ２５）。データ統括コントローラ２のプロセッサ２１は、受信したモデルを加工プロセスと加工区間に対応付けて補助記憶部２３に記憶する。

[0062] このようにして、実際の加工処理の場面で加工寸法或いは加工品質を予測するための予測モデルが完成する。

なお、この学習処理は、加工プロセス毎に任意の頻度で実行される。

[0063] プロセッサ３１は、ステップＳ２２で求めた各回帰式について、相関関係の寄与率、すなわち、目的変数ｙに対する各説明変数x_kの寄与の割合を算出し、重相関係数Ｒを用いて寄与率の精度を求める。

例えば、説明変数が駆動電流のみである場合（ｋ＝１）、求められた寄与度の精度は、主軸モータ９３の電流値x_1と被加工物ＷＡの溝の深さであるＤの設計値からの差分との関係をどの程度の精度をもって反映しているかの指標である。

従って、寄与度の精度が十分でないと判断される場合には、説明変数、特徴量の選択、特徴量の抽出方法等を再検討することができ、予測品質の誤判定を防止することができる。

[0064] 次に、実際の加工処理の場面で、予測モデルを用いて加工寸法或いは加工品質を予測する処理を、図７を参照して説明する。

[0065] 被加工物ＷＡをＮＣ装置７で加工する場合、プロセッサ７１は、設定された数値情報に従って、工作機械を制御して、被加工物を加工する。プロセッ

サ７１は、加工処理と並行して、センサＳ１～Ｓ３で得られたデータをデータ収集コントローラ１に送信する。

データ収集部１０は、供給されたデータを整理して、データ統括コントローラ２に送信する。

[0066] 一方、データ統括コントローラ２のプロセッサ２１は、図７に示す加工品質予測モデル演算処理を実行し、まず、現在の加工が予測判定対象の加工か否かを判別する（ステップＳ３１）。

[0067] プロセッサ２１は、現在の加工が予測判定対象の加工であると判断した場合（ステップＳ３１：Ｙｅｓ）、特徴量を抽出する（ステップＳ３２）。

プロセッサ２１は、現在の加工が予測判定対象の加工でないと判断した場合（ステップＳ３１：Ｎｏ）、既存のモデルがあれば、それを採用するが（ステップＳ３３）、既存のモデルがなければ、そのまま演算処理を終了する。

[0068] 特徴量の抽出に続いて、プロセッサ２１は、その時点における加工品質を予測するために、予測モデルである回帰式に、ＮＣ制御ユニット７０から新たに受信したＮＣ加工データを適用して、その時点で予測される加工品質ｙを求める（ステップＳ３４）。

具体的には、プロセッサ３１は、回帰式$y = ax_1 + bx_2 + cx_3$に対し、ＮＣ加工データから抽出したx_1＝駆動電流値、x_2＝振動データ、x_3＝温度データを代入し、加工品質ｙ、即ち、設計値と予測される寸法の差の絶対値を予測する。

[0069] さらに、同一予測対象の以前の加工予測値と加工品質ｙとをカーブフィット曲線にて寸法公差との差を逸脱するまでの予測判定を行う（ステップＳ３５）。

[0070] プロセッサ３１は、加工プロセス毎に予め定められている加工寸法品質規定を参照し、予測された加工品質ｙが基準を満たすか否かを判別する（ステップＳ３６）。

予測された加工品質ｙが基準を満たすと判断されたならば（ステップＳ３

６：Ｙｅｓ）、加工プロセスが終了したか否かを判別する（ステップＳ３７）。

終了していなければ（ステップＳ３７：Ｎｏ）、次の区間についての処理のため、ステップＳ３４にリターンする。

一方、終了していれば（ステップＳ３７：Ｙｅｓ）、処理を終了する。

[0071] また、予測された加工品質ｙが基準を満たしていないと判断されたならば（ステップＳ３６：Ｎｏ）、不良品発生時の手順に移行する（ステップＳ３８）。

例えば、プロセッサ２１は、ＮＣ装置７に加工処理を中断し、不良品発生のアラームを発生させて報知することを指示する。

[0072] 以上のステップを実行することで、被加工物ＷＡの加工中、すなわち、その被加工物ＷＡの加工が完了する前に、最終的な加工寸法の品質を予測することができる。

なお、本実施の形態では、データ分析コントローラ３のプロセッサ３１が予測モデルである回帰式をステップＳ３２，Ｓ３４によって求めた。しかし、データ統括コントローラ２に予測判定対象に適する既存の予測モデルが記憶されていれば、データ分析コントローラ３を介さずに、プロセッサ２１が主記憶部２２又は補助記憶部２３に記憶されている予測モデルを採用して加工品質の判定を行うことも可能である。

[0073] このように、分析に重回帰分析という確立された手法を用い、予測に回帰式への代入という計算量の少ない手法を用いることで、ニューラルネットワーク、ファジィ理論、深層学習等の複雑な手法を用いる場合に比べて、高速で安定した分析及び予測を高速に実行することができる。

[0074] さらに、工作機械の加工寸法予測装置１００によれば、加工品質予測モデルが、被加工物ＷＡの加工中に更新されることはなく、また、加工中に加工条件が変更されることもない。従って、加工中に加工条件を動的に変更する場合に比べ、被加工物ＷＡの加工品質を安定して予測することができる。

[0075] なお、被加工物ＷＡの加工中に、データ収集コントローラ１が予測結果を

加工機９０にフィードバックすることで、品質規定との余裕が少ないと予測された加工寸法を品質規定内に収める制御を行うこともできる。これにより、被加工物ＷＡの加工寸法が品質基準を逸脱する加工不良を予防することができるため、加工不良で被加工物ＷＡが無駄になることを低減することができる。

また、図７においては、理解を容易にするため、１つのＮＣ加工データについて説明したが、多数のＮＣ加工データが並列に処理されてもよい。それぞれのＮＣ加工データは、区間情報を含んでいるため、データ収集コントローラ１、データ統括コントローラ２又はデータ分析コントローラ３においてデータの取り違えが起こることはない。

[0076] （実施の形態２）

加工寸法予測装置１００が求めた加工品質に基づいて工具の交換時期を判別することも可能である。以下、工具の交換時期を判別する実施の形態２について説明する。

[0077] 本実施の形態において、データ統括コントローラ２のプロセッサ２１は、図８に示すように、予測した一連の加工品質と経過時間との関係を表す直線を、最小二乗法などを用いて求める。

プロセッサ２１は、求めた直線を含むカーブフィット曲線と寸法公差とが交差するタイミングを特定し、このタイミングを工具交換のタイミングとして、報知する。

具体的には、カーブフィット曲線が直線である場合には、図８（Ａ）に示すように、加工品質の低下は経過時間に比例するため、ＴＡにおいて、加工品質が基準値を下回る。

また、カーブフィット曲線は、図８（Ｂ）に示すように、時間の経過とともに加工品質の変化が緩やかになったり、図８（Ｃ）に示すように、急激になったりするものでもあり得る。

これらの場合には、ＴＢまたはＴＣにおいて、加工品質が基準値を下回る。

さらに、カーブフィット曲線は、図８（Ａ）から（Ｃ）に示したものに限られず、より複雑な関数によって表現されてもよく、ＮＣ加工データをより良く再現できるものであれば、上述した例に限られない。

これにより、オペレータは、事前に工具交換のタイミングを知ることができる。例えば、データ統括コントローラ２は、通信部２６を介してデータ収集コントローラ１に工具の交換時期までの残り時間に関するデータを供給する。データ収集コントローラ１は、このデータを受信すると、外部接続Ｉ／Ｆ７３を介して接続されたＮＣ制御ユニット７０に対し、ＮＣ操作パネル８２に「残り加工可能回数１０回」、「残り加工可能時間１０時間」等の表示をする指令を出す。

[0078] なお、報知のタイミングは、特定されたタイミングを基準として、一定時間前でも或いは後でもよい。

[0079] （実施の形態３）

次に、本発明の実施の形態３に係る工作機械の設備異常判定装置２００について説明する。

設備異常判定装置２００は、加工品質を予測する機能に加えて、工作機械の工具の設備交換時期を予測して、設備の異常を判定する機能を備える。

[0080] 図９に示すように、工作機械の設備異常判定装置２００は、データ収集コントローラ１、データ統括コントローラ２、データ分析コントローラ３に加え、仕事時間上限記憶部４１を備える。仕事時間上限記憶部４１は、工具の仕事量の上限値、言い換えれば、その値を超えて工具の使用を継続することをやめるか否かを判断する基準となる閾値、を記憶する。

[0081] データ収集コントローラ１は、現在時刻を計測する計時部１８を備え、ＮＣ装置７の工具が交換されたときにその日時をデータ統括コントローラ２に通知する。

データ統括コントローラ２は、ＮＣ加工データである工作機械の駆動時の駆動エネルギーデータ、例えば、主軸モータ９３の駆動電流から仕事量を算出する加工仕事量算出部２２１と、被加工物ＷＡを加工する工具を交換した

日時を記憶する工具交換時期記憶部２２２と、工具の寿命を判定する工具寿命判定部２２３と、を備える。

[0082] 仕事時間上限記憶部４１は、工具の種類毎に、仕事量の上限値Ｂを記憶する。上限値Ｂは、実績値、工具のメーカから提供されたデータ、シミュレーションの結果等に基づいて求められ、ユーザによって設定される。

データ収集コントローラ１は、工具が交換されたか否かをＮＣ装置７の出力データから判別し、工具が交換されたと判別すると、計時部１８の計時日時をデータ統括コントローラ２の工具交換時期記憶部２２２にセットする。

工具交換日時の更新に応答して、工具寿命判定部２２３は、内部に記憶している仕事量の累算値Ａを０にリセットする。

[0083] データ収集コントローラ１は、実施形態１と同様に、ＮＣ装置７が被加工物ＷＡを加工する過程で、状態データを収集し、主軸モータ９３の電流値を加工仕事量算出部２２１に供給する。

[0084] データ統括コントローラ２のプロセッサ２１は、電流値を受信すると、図１０に示す工具寿命判別処理を開始し、まず、データ収集部１０から提供された電流値を用いて、工具が行った仕事量を求める（ステップＳ４１）。

より具体的に説明すると、主軸モータ９３の駆動電流は、刃物にかかる負荷に対してほぼ比例する関係を有する。従って、仕事量は、加工中の主軸モータ９３の駆動電流の総和に比例するものとして、式（１）で表される。

仕事量＝ｋ１×Σ（加工中の主軸モータの駆動電流）・・・（１）

ここで、ｋ１は比例係数である。

なお、連続的に電流値を計測できるならば、離散値の総和Σを積分に置き換えてもよい。

[0085] 加工仕事量算出部２２１は、求めた仕事量を仕事量の累算値Ａに加算し、累算値を更新する（ステップＳ４２）。

[0086] 次に、工具寿命判定部２２３は、工具が行った仕事量の累算値Ａと閾値記憶部４１に記憶されている工具の仕事量の上限値Ｂとの差Ｃを求める（ステップＳ４３）。差Ｃは、使用されている工具が後どれだけ仕事をすることが

できるかを表す値である。

[0087] 次に、プロセッサ２１は、現在の工具の仕事率Ｄを求める。工具の仕事率Ｄは、その時点における主軸モータ９３の駆動電流値に比例する。従って仕事率Ｄは、次式で表される。

Ｄ＝ｋ２×（主軸モータ９３の駆動電流）

ｋ２：係数

なお、回転運動においては、仕事率は、トルクＴ（Ｎ・ｍ）に回転数ｎ（ｒｐｍ）をかけた値に比例する。主軸の回転数ｎは最適回転数に設定される。係数ｋ２はこの最適回転数を考慮して予め設定される。

[0088] 次に、プロセッサ２１は、工具の寿命までの残りの期間である残存寿命期間Ｅを、以下のように、差Ｃを工具の仕事率Ｄで除することによって計算する（ステップＳ４４）。

Ｅ＝Ｃ／Ｄ

[0089] 次に、Ｅが０以下であるか否かを判別する（ステップＳ４５）。Ｅが０以下であれば（ステップＳ４５：Ｙｅｓ）、既に寿命に達しているので、工具を交換する手順に処理を移す（ステップＳ４６）。

一方、Ｅが０より大きければ（ステップＳ４５：Ｎｏ）、残存寿命期間Ｅを報知する（ステップＳ４７）。

[0090] このように、実施の形態３に係る工作機械の設備異常判定装置２００によれば、被加工物ＷＡの加工品質予測と同時に工具の寿命が判定されるため、工具の交換時期及び加工運転時間が最適化される。

従って、工具の異常に起因するロスコストを低減することができる。すなわち、設備の計画的な停止・メンテナンスが可能となるため、設備の長時間にわたる停止又は正常に動作しない状態の発生を防止できる。

[0091] （実施の形態４）

上記実施の形態においては、１台のＮＣ装置７と１台のデータ収集コントローラ１と１台のデータ統括コントローラ２と１台のデータ分析コントローラ３とを配置する例を示したが、台数は任意である。例えば、複数のＮＣ装

置７に１台のデータ統括コントローラ２を配置することも、データ処理の効率とスピードを考慮して適宜行うことができる。

[0092] 例えば、図１１に示すように、ｎ台のＮＣ装置7_1～7_nに、データ収集コントローラ1_1～1_mを配置し、ｐ台のデータ統括コントローラ2_1～2_pを配置し、さらに、ｑ台のデータ分析コントローラ3_1～3_qを配置してもよい。ここで、ｎ、ｍ、ｐ、ｑはそれぞれ任意の自然数である。

[0093] 図１１に示す構成の場合、ｎ台のデータ収集コントローラ1_1～1_mとｐ台のデータ統括コントローラ2_1～2_pとの間、ｐ台のデータ統括コントローラ2_1～2_pとｑ台のデータ分析コントローラ3_1～3_qとの間は、スイッチングハブ６を介してネットワークで接続される。

この構成によれば、どのＮＣ装置７での加工プロセスの処理をどのデータ統括コントローラ２とデータ分析コントローラ３で処理するかを予め設定しておき、設定に従って、データを送受信して、処理するようにすればよい。

このような構成によれば、データ収集コントローラ1_1～1_mの少なくとも１つ、データ統括コントローラ2_1～2_pの少なくとも１つ、データ分析コントローラ3_1～3_qの少なくとも１つにおいて、それぞれのコントローラに適合するコンピュータプログラムを実行することによっても、上述の処理を達成することができる。

[0094] さらに、図１１に示した接続の方法は一例であり、データ収集コントローラ１、データ統括コントローラ２、データ分析コントローラ３は、スイッチングハブ６を介さずに接続されてもよい。

[0095] 以上説明したように、実施の形態１～４によれば、（１）加工品質の予測及び診断、すなわち、（１－１）加工品質異常の防止、（１－２）加工品の品質安定化、（１－３）不良寸法品の早期除去、（２）工具寿命診断、具体的には、工具の寿命に則した交換時期の判定、というこれまで述べた効果に加えて、（３）主軸異常予防診断、（４）タクト改善支援も実現される。

[0096] 以上の説明は、静止している被加工物ＷＡに、回転駆動される工具を押し当てて切削する種類のＮＣ装置７が用いられることを前提としているが、本

発明の実施の形態は、これに限られない。

本発明は、例えば、固定の工具で回転駆動される被加工物ＷＡを加工する工作機械、

静止している被加工物ＷＡを移動させながら、回転駆動される工具にその被加工物ＷＡを押し当て切削または研磨する種類の工作機械、

又は回転駆動される工具に同じく回転駆動される被加工物ＷＡを押し当て切削または研磨する種類の工作機械、

にも適用可能である。

[0097] また、特徴量として、主に主軸モータ９３の駆動電流値を取り上げたが、特徴量はこれに限られない。特徴量は、同一の加工区間の工具又は加工物を回転駆動させる駆動装置が回転するときの回転数、トルクであってもよい。ここで、期間とは、加工開始から終了までの再現性あるデータの変化又はトリガ信号で区切られた時間をいう。例えば、図２Ａに示した３Ｌを分割した３つのＬの区間のそれぞれに対応する時間が期間に相当するが、期間は、これに限られず、異なる加工プロセスによって区切られてもよく、同一の加工プロセス内で均等に又は任意の間隔によって区切られた時間であってもよい。また、特徴量は、駆動電流値、回転軸に対して垂直方向の振動と、静止若しくは回転して移動する際の回転数、トルクであってもよい。

[0098] さらに、特徴量は、駆動電流に関して複数の時点で収集されたデータのうち、同一加工区間内の収集データにおける最大値、最小値、平均値、標準偏差、値範囲、加工時間、積分等、加工開始からの指定時間毎の収集データから抽出されてもよい。

[0099] 図２Ａ、図２Ｂに示した加工方法、データ構造等は、理解を容易にするための一例にすぎず、適宜変更可能である。

[0100] 本開示の文脈において、機械読み取り可能な媒体は、命令実行システム、設備若しくは装置によって、又は、それらと関連して使用するために、プログラムを保持し、又は格納し得る、任意の有形的媒体であり得る。機械読み取り可能な媒体は、機械読み取り可能な信号媒体又は機械読み取り可能な記

録媒体であり得る。機械読み取り可能な媒体は、電子的、磁気的、光学的、電磁的、赤外線又は半導体のシステム、設備若しくは装置、又は前述の任意の適切な組合せを含むが、これらに限定されない。機械読み取り可能な記録媒体のより具体的な例は、１つ以上のワイヤを有する電気的接続、ポータブルコンピュータディスケット、ハードディスク、ランダムアクセスメモリ（ＲＡＭ）、読み取り専用メモリ（ＲＯＭ）、消去可能なプログラム可能な読み取り専用メモリ（ＥＰＲＯＭ又はフラッシュメモリ）、光ファイバ、ポータブルコンパクトディスクリードオンリーメモリ（ＣＤ－ＲＯＭ）、光記憶装置、磁気記憶装置又は前述の任意の適切な組合せを含む。

[0101] 本発明は、本発明の広義の精神と範囲を逸脱することなく、様々な実施の形態及び変形が可能とされるものである。また、上述した実施の形態は、この発明を説明するためのものであり、本発明の範囲を限定するものではない。すなわち、本発明の範囲は、実施の形態ではなく、請求の範囲によって示される。そして、請求の範囲内及びそれと同等の発明の意義の範囲内で施される様々な変形が、この発明の範囲内とみなされる。

符号の説明

[0102] １　データ収集コントローラ、２　データ統括コントローラ、３　データ分析コントローラ、４　加工品質測定装置、６　スイッチングハブ、７　ＮＣ装置、８　検査装置、１０　データ収集部、１１，２１，３１　プロセッサ、１２，２２，３２　主記憶部、１３，２３，３３　補助記憶部、１４，２４，３４　入力部、１５，２５，３５　出力部、１６，２６，３６　通信部、１７，２７，３７　バス、１８　計時部、４１　仕事時間上限記憶部、７０　ＮＣ制御ユニット、７１　プロセッサ、７２　記憶部、７３　外部接続Ｉ／Ｆ、７４　操作パネルＩ／Ｆ、７５　主軸制御Ｉ／Ｆ、７６　サーボ制御Ｉ／Ｆ、７７　デジタル入力部、７８　デジタル出力部、８１　プログラム自動作成装置、８２　ＮＣ操作パネル、８３　表示部、８４　操作キー、８５　主軸アンプ、８６　サーボアンプ、９０　加工機、９１　主軸、９２　工具、９３　主軸モータ、９４　テーブル、９５　移動機構、９６ｘ，

９６ｙ，９６ｚ　サーボモータ、１００　工作機械の加工寸法予測装置、２００　工作機械の設備異常判定装置、２１１　特徴量抽出部、２１２　瞬時予測値演算部、２１３　加工品質予測部、２１４　加工品質判定部、２２１　加工仕事量算出部、２２２　工具交換時期記憶部、２２３　工具寿命判定部、３１１　データ分析部、３１２　加工品質予測モデル生成部。

請求の範囲

[請求項1] 工作機械の駆動状態情報を取得する駆動状態情報取得部と、

前記駆動状態情報から特徴量を抽出する特徴量抽出部と、

抽出された前記特徴量を分析し特徴量分析情報を出力するデータ分析部と、

前記特徴量分析情報から前記工作機械によって加工される被加工物の加工寸法の予測モデルを生成する加工品質予測モデル生成部と、

を備える、工作機械の加工寸法予測装置。

[請求項2] 前記駆動状態情報は、前記工作機械における加工中の加工区間を示すデータ、前記工作機械の動作の状態を示すデータ、及び前記工作機械に配置されたセンサによって取得されるデータ、の少なくとも１つを含む、

請求項１に記載の工作機械の加工寸法予測装置。

[請求項3] 前記特徴量は、前記工作機械の前記加工区間において収集された同種の前記駆動状態情報である、

請求項２に記載の工作機械の加工寸法予測装置。

[請求項4] 前記予測モデルは、前記加工寸法の設計値と測定値の差分を目的変数とし、前記特徴量を説明変数とする回帰式である、

請求項１から３のいずれか１項に記載の工作機械の加工寸法予測装置。

[請求項5] 前記被加工物の加工条件を記憶する加工条件記憶部と、

前記駆動状態情報、前記予測モデル及び前記加工条件から前記被加工物の加工寸法を予測して予測寸法情報を算出する品質予測部と、

前記予測寸法情報の傾向と前記被加工物の加工寸法の品質規定情報とを比較し、前記被加工物の品質を判定する品質判定部と、をさらに備える、

請求項１から４のいずれか１項に記載の工作機械の加工寸法予測装置。

[請求項6] 前記予測モデルを記憶する予測モデル記憶部と、

前記予測モデル記憶部に記憶された前記予測モデルを取得する予測モデル取得部と、

をさらに備え、

前記品質予測部は、前記駆動状態情報、前記予測モデル取得部によって取得された前記予測モデル及び前記加工条件から前記被加工物の加工寸法を予測して前記予測寸法情報を算出する、

請求項５に記載の工作機械の加工寸法予測装置。

[請求項7] 工作機械の駆動状態情報を取得する駆動状態情報取得部を備えるデータ収集コントローラと、

前記駆動状態情報から特徴量を抽出する特徴量抽出部を備えるデータ統括コントローラと、

抽出された前記特徴量を分析し特徴量分析情報を出力するデータ分析部及び前記特徴量分析情報から前記工作機械によって加工される被加工物の加工寸法の予測モデルを生成する加工品質予測モデル生成部を備えるデータ分析コントローラと、

を含む、工作機械の加工寸法予測システム。

[請求項8] 請求項５又は６に記載の工作機械の加工寸法予測装置と、

工具が前記被加工物になした仕事量を前記駆動状態情報から算出する加工仕事量算出部と、

前記工具の仕事量の上限を記憶する閾値記憶部と、

前記工具の仕事量の上限と前記工具の現在の仕事量とを比較し、前記工具の寿命を判定する工具寿命判定部と、を備え、

前記品質予測部が前記予測寸法情報を算出すると共に、前記工具寿命判定部が前記工具の寿命を判定する、

工作機械の設備異常判定装置。

[請求項9] 工作機械の駆動状態情報を取得することと、

前記駆動状態情報から特徴量を抽出することと、

抽出された前記特徴量を分析し特徴量分析情報を出力することと、

前記特徴量分析情報から前記工作機械によって加工される被加工物の加工寸法の予測モデルを生成することと、

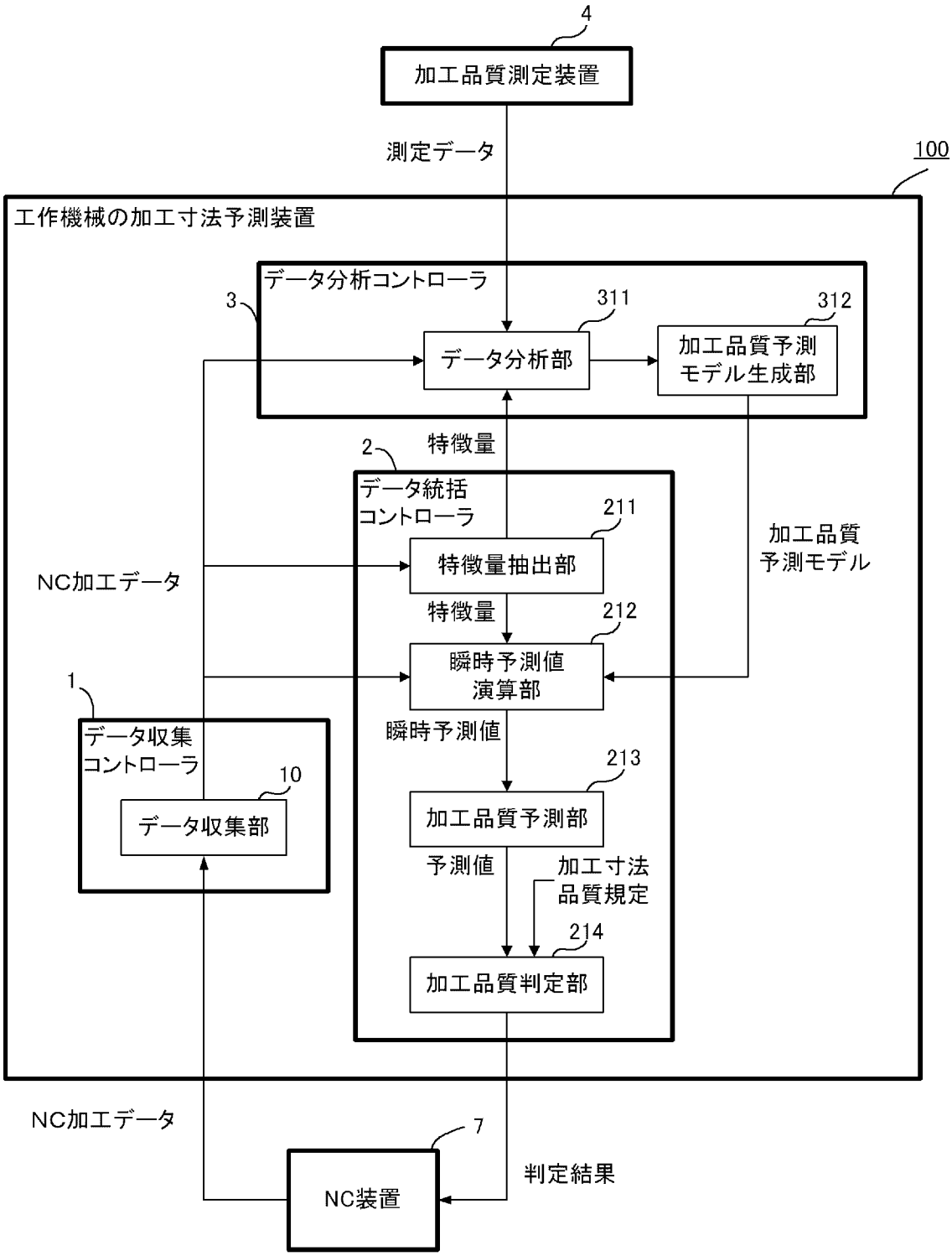
前記駆動状態情報、前記予測モデル及び前記被加工物の加工条件から前記被加工物の加工寸法を予測して予測寸法情報を算出することと、

前記予測寸法情報の傾向と前記被加工物の加工寸法の品質規定情報とを比較し、前記被加工物の品質を判定することと、を含む、

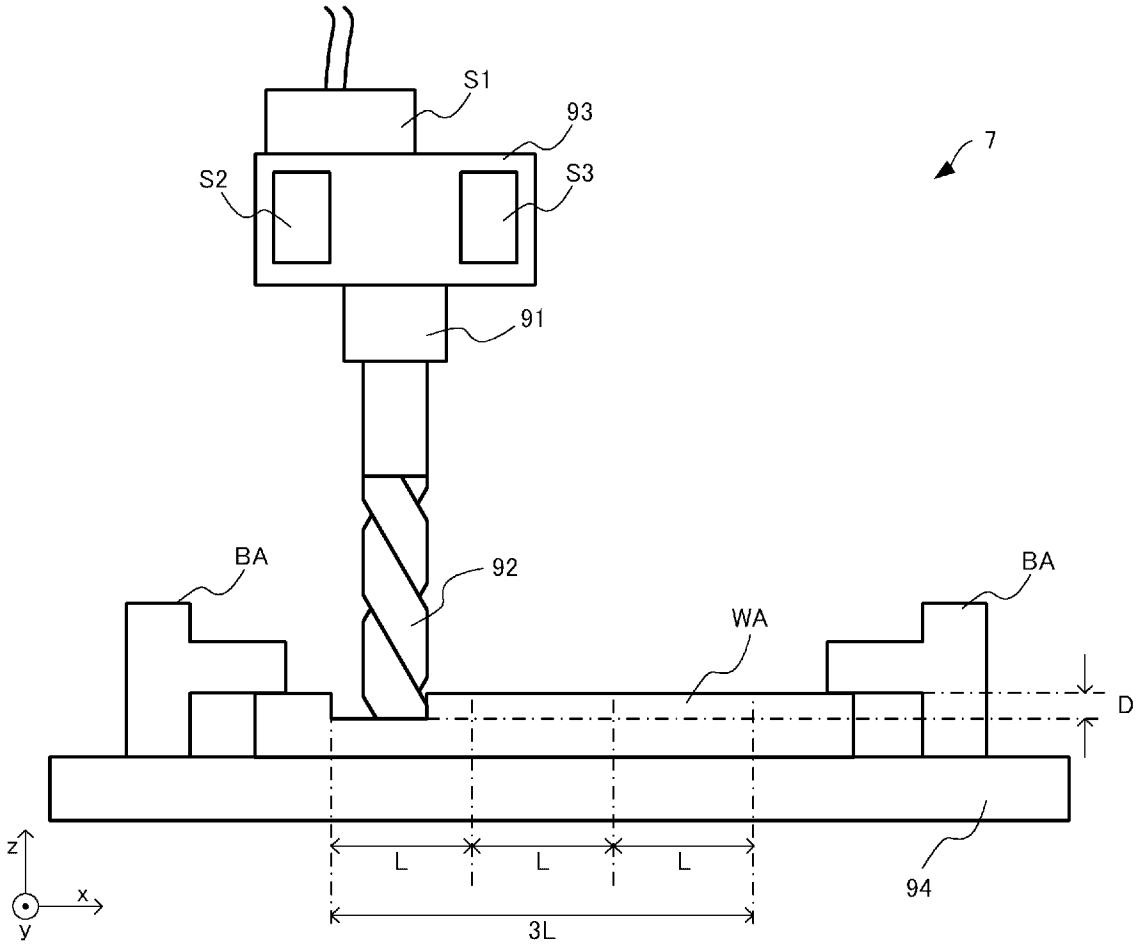
工作機械の加工寸法予測方法。

[請求項10] コンピュータ上で実行されるときに、請求項９に記載の方法を実行させるプログラム。

[図1]


4
加工品質測定装置
測定データ
100
工作機械の加工寸法予測装置
データ分析コントローラ
3
311
312
データ分析部
加工品質予測
モデル生成部
特徴量
2
データ統括
コントローラ
211
特徴量抽出部
加工品質
予測モデル
NC加工データ
特徴量
212
瞬時予測値
演算部
1
データ収集
コントローラ
瞬時予測値
213
10
データ収集部
加工品質予測部
予測値
加工寸法
品質規定
214
加工品質判定部
NC加工データ
7
判定結果
NC装置

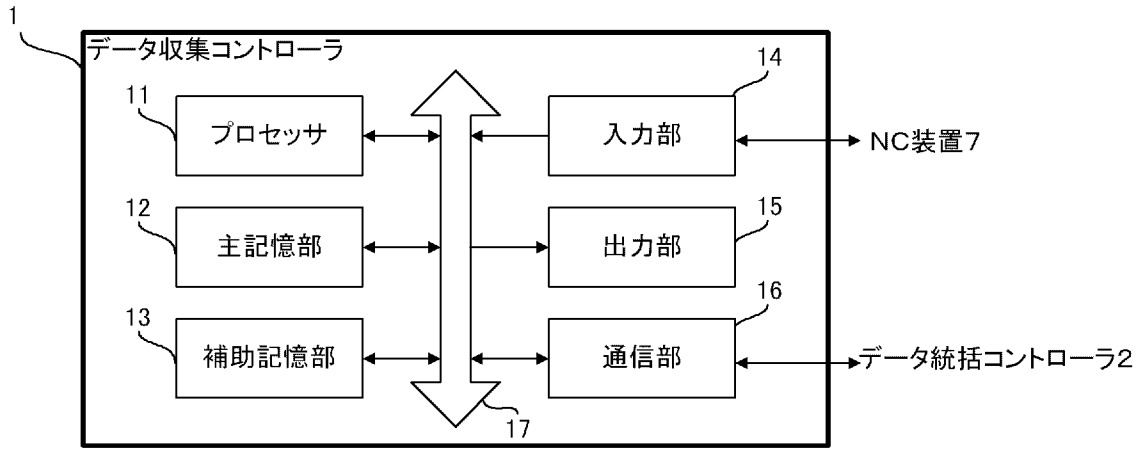
[図2A]



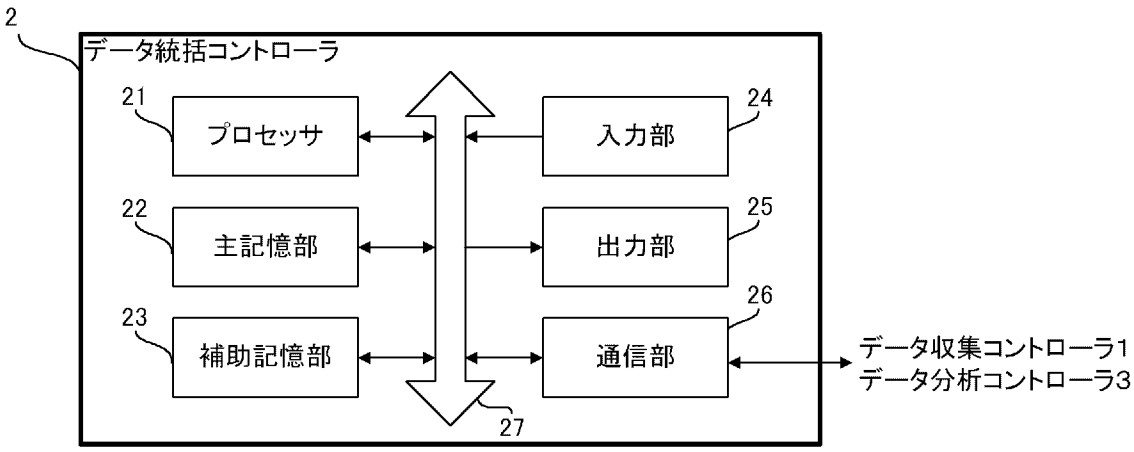
[図2B]

プロセス「3」、区間「1」		開始マーク
時刻	データ種	測定データ
⋮	⋮	⋮
プロセス「3」、区間「1」		終了マーク

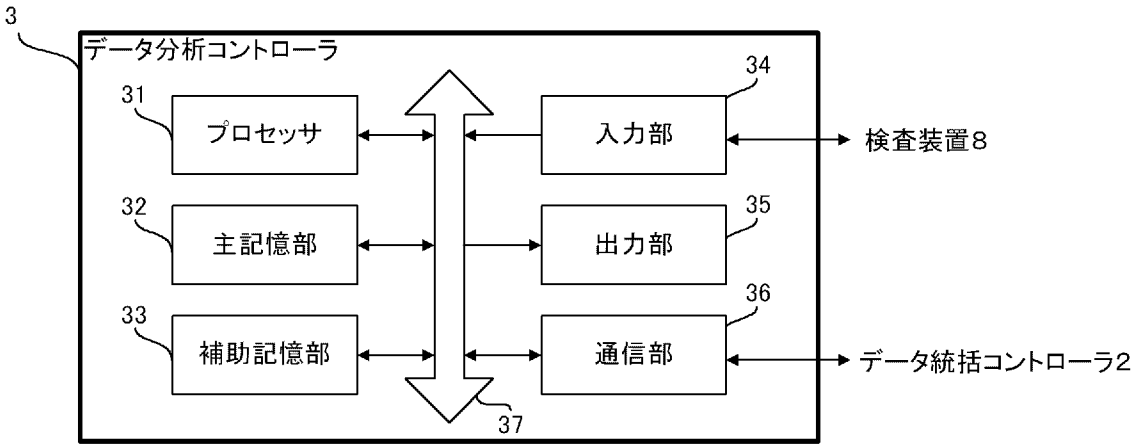
[図3A]



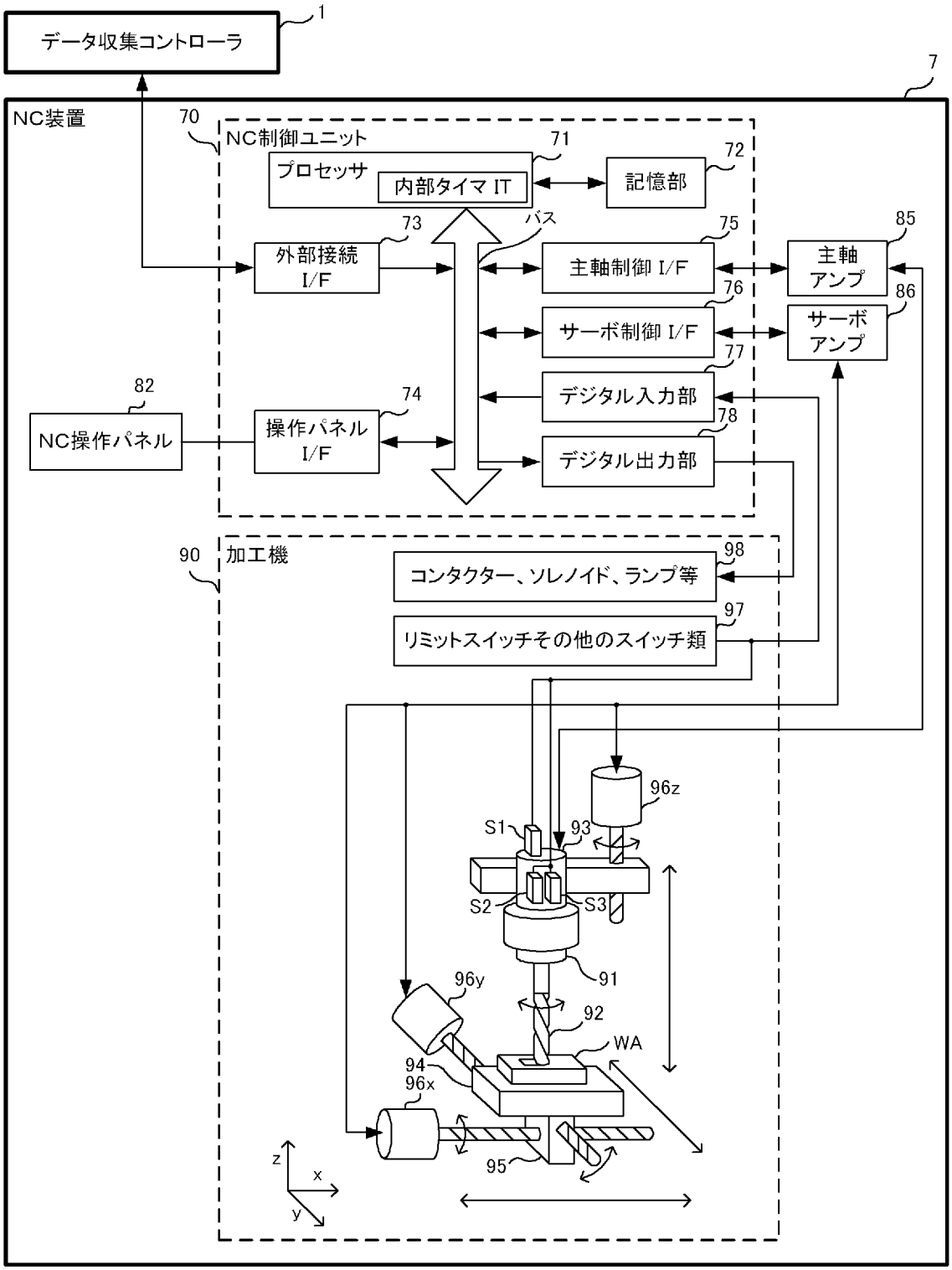
[図3B]


2
データ統括コントローラ
21
プロセッサ
22
主記憶部
23
補助記憶部
24
入力部
25
出力部
26
通信部
27
データ収集コントローラ1
データ分析コントローラ3

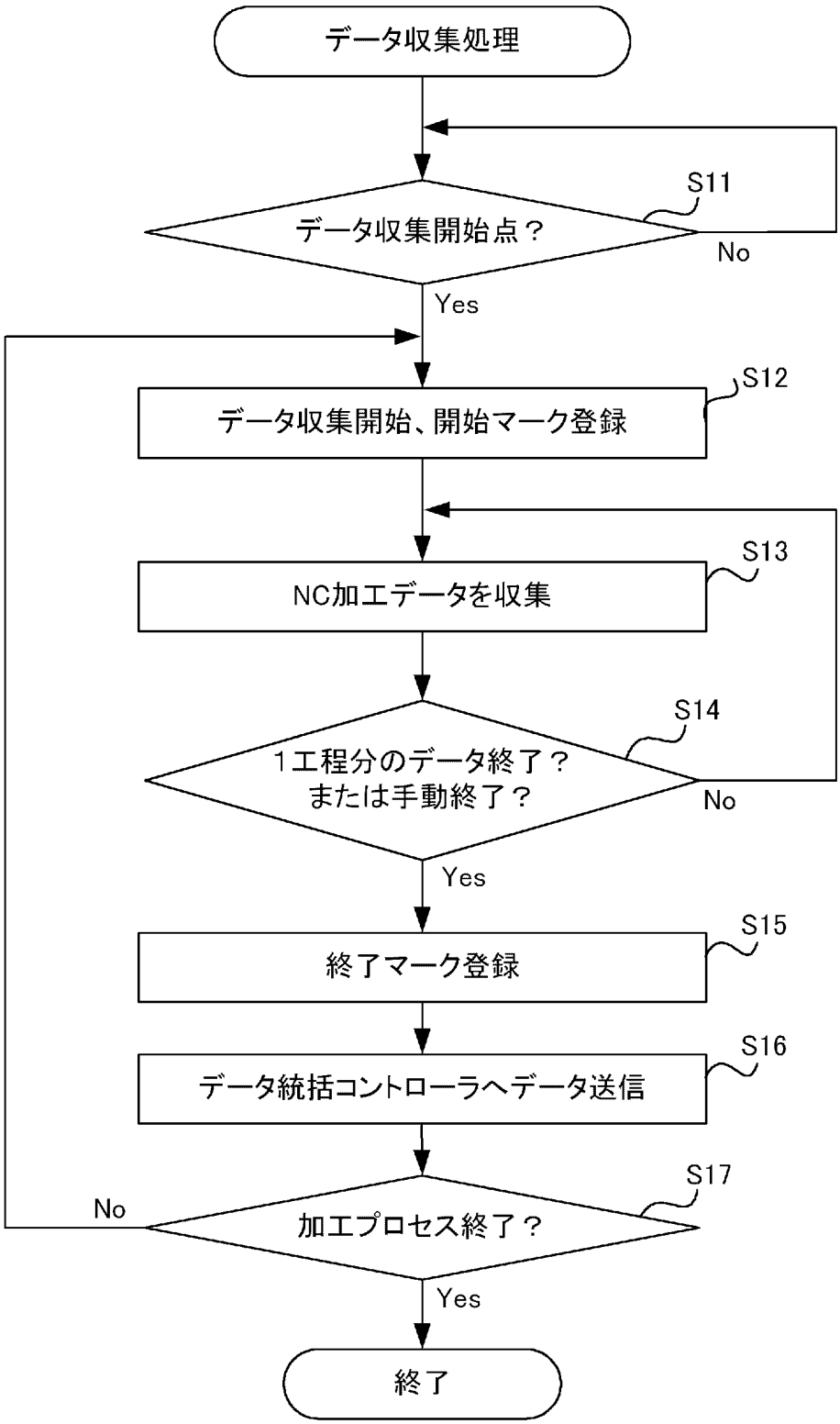
[図3C]


3
データ分析コントローラ
31
プロセッサ
32
主記憶部
33
補助記憶部
34
入力部
35
出力部
36
通信部
37
検査装置8
データ統括コントローラ2

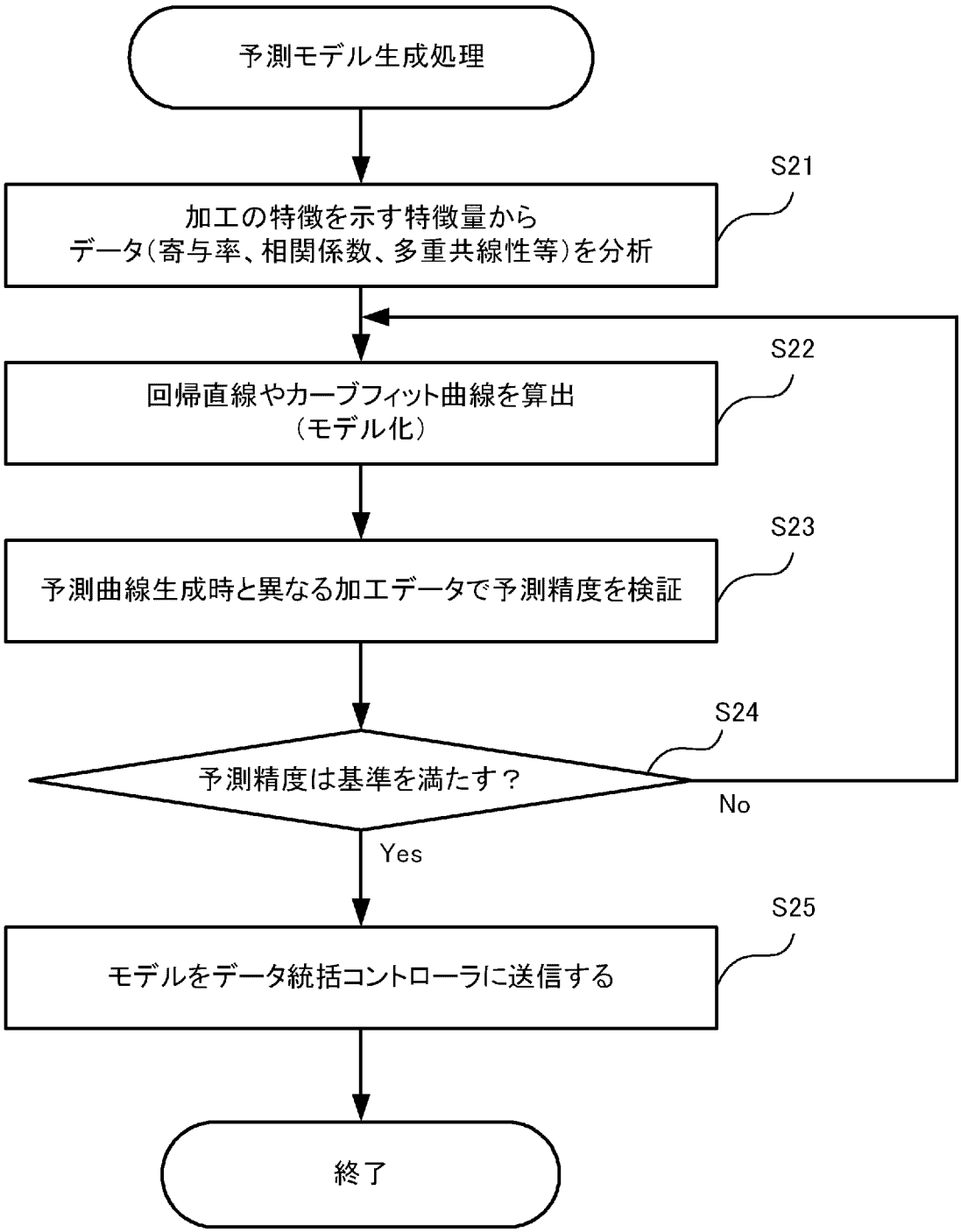
[図4]


データ収集コントローラ
1
7
NC装置
70
NC制御ユニット
71
プロセッサ
内部タイマ IT
72
記憶部
73
外部接続 I/F
バス
75
主軸制御 I/F
85
主軸アンプ
76
サーボ制御 I/F
86
サーボアンプ
77
デジタル入力部
82
NC操作パネル
74
操作パネル I/F
78
デジタル出力部
90
加工機
98
コンタクター、ソレノイド、ランプ等
97
リミットスイッチその他のスイッチ類
96z
S1
93
S2
S3
91
96y
92
WA
94
96x
95
z
x
y

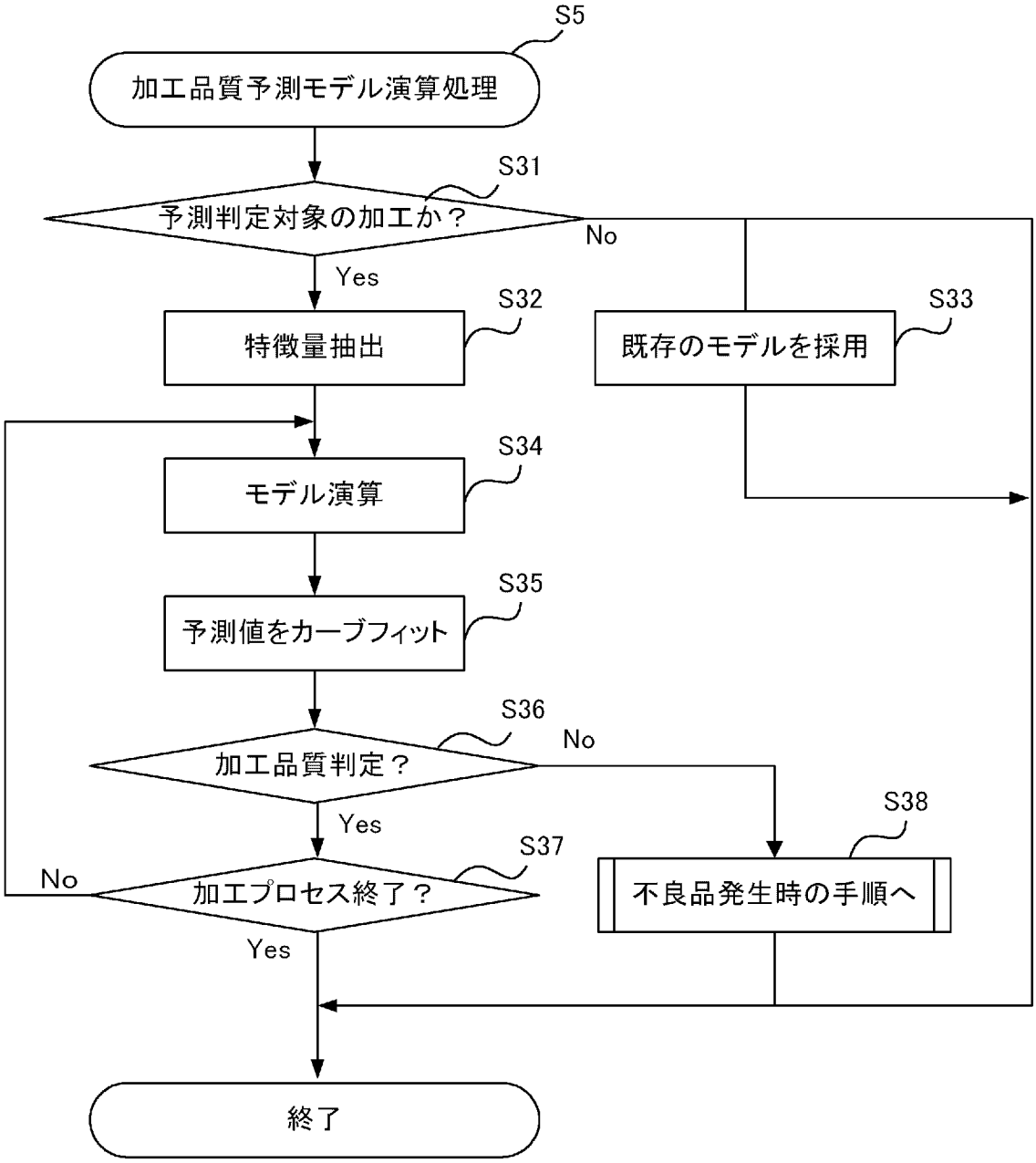
[図5]


データ収集処理
S11
データ収集開始点？
No
Yes
S12
データ収集開始、開始マーク登録
S13
NC加工データを収集
S14
1工程分のデータ終了？
または手動終了？
No
Yes
S15
終了マーク登録
S16
データ統括コントローラへデータ送信
S17
No
加工プロセス終了？
Yes
終了

[図6]

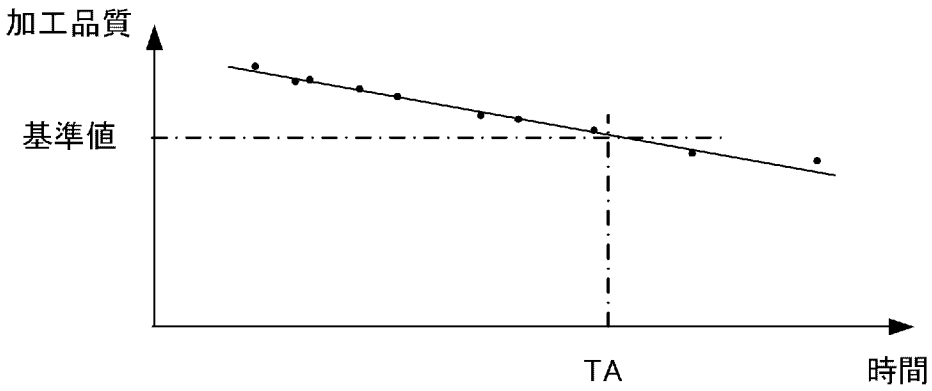

予測モデル生成処理
S21
加工の特徴を示す特徴量から
データ(寄与率、相関係数、多重共線性等)を分析
S22
回帰直線やカーブフィット曲線を算出
(モデル化)
S23
予測曲線生成時と異なる加工データで予測精度を検証
S24
予測精度は基準を満たす？
No
Yes
S25
モデルをデータ統括コントローラに送信する
終了

[図7]

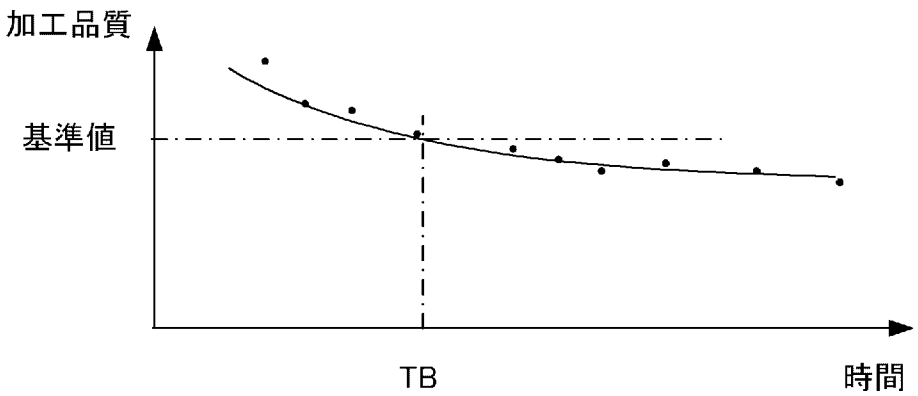

S5
加工品質予測モデル演算処理
S31
予測判定対象の加工か？
No
Yes
S32
特徴量抽出
S33
既存のモデルを採用
S34
モデル演算
S35
予測値をカーブフィット
S36
加工品質判定？
No
Yes
S38
S37
No
加工プロセス終了？
不良品発生時の手順へ
Yes
終了

[図8]

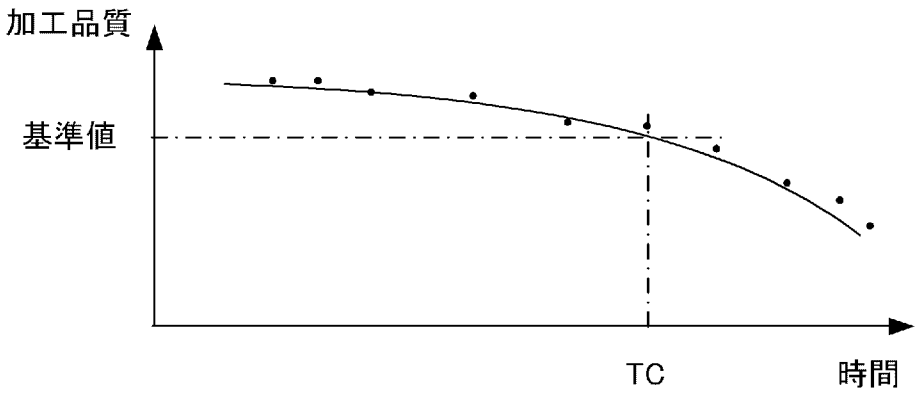
(A)



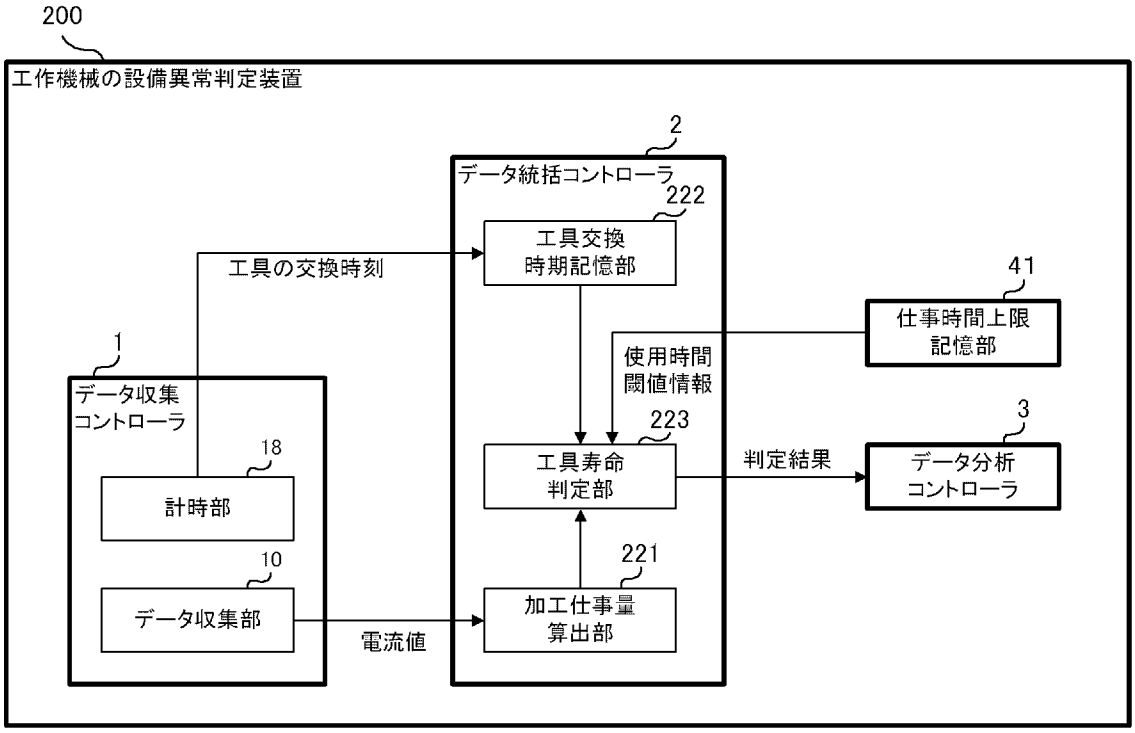
(B)



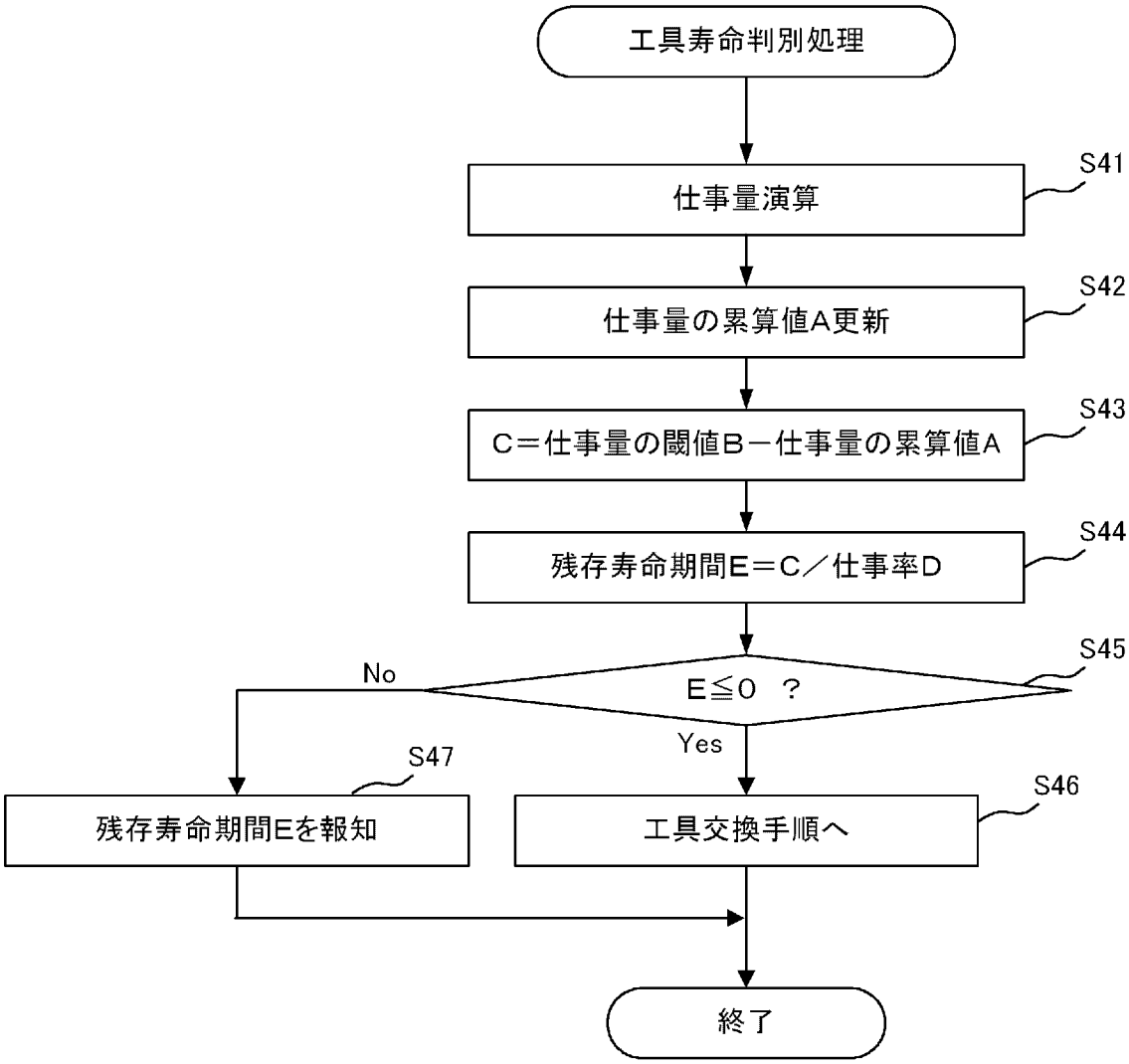
(C)



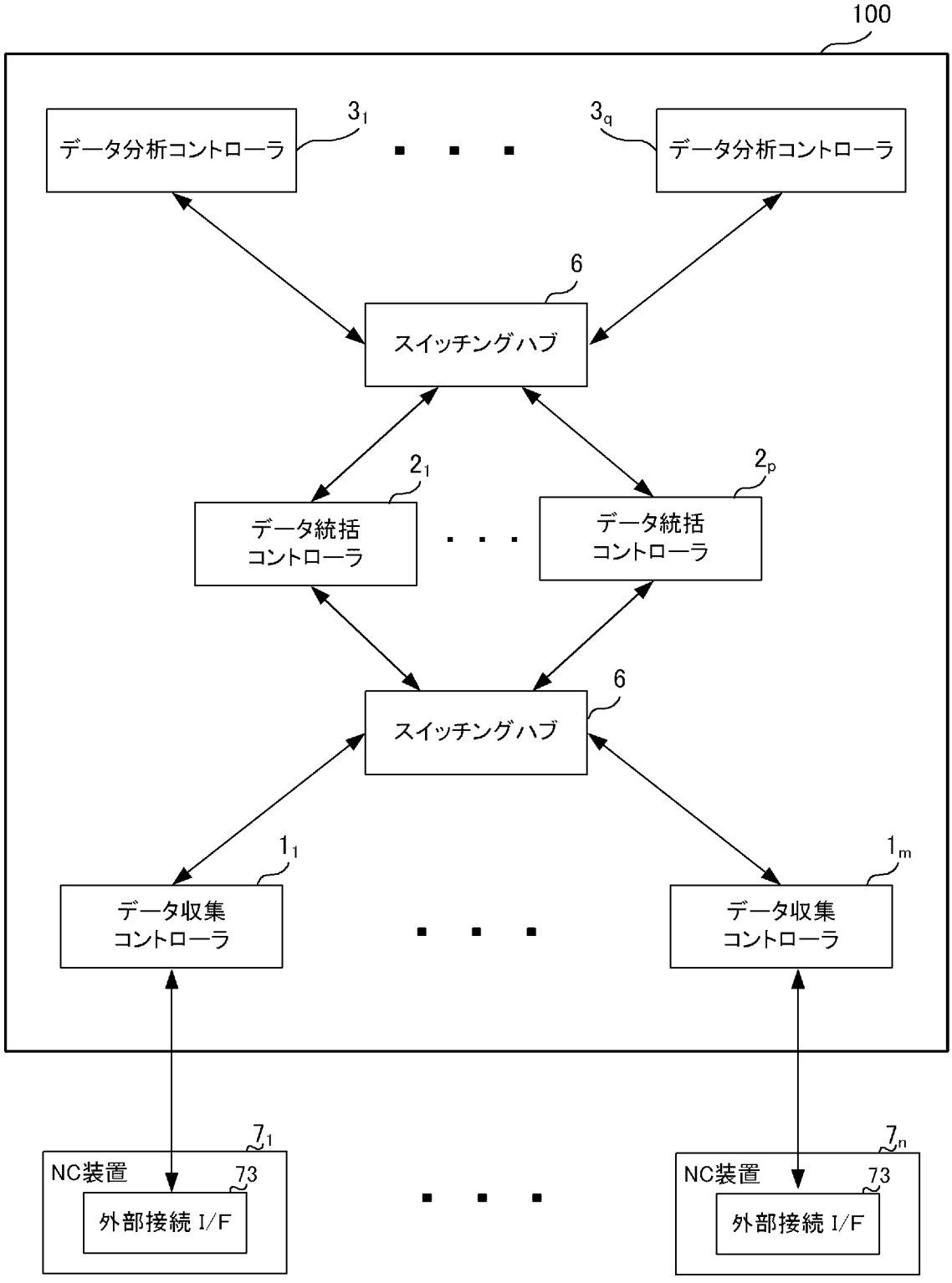
[図9]


200
工作機械の設備異常判定装置
2
データ統括コントローラ
222
工具交換
時期記憶部
工具の交換時刻
41
仕事時間上限
記憶部
使用時間
閾値情報
1
データ収集
コントローラ
18
計時部
223
工具寿命
判定部
判定結果
3
データ分析
コントローラ
10
データ収集部
221
加工仕事量
算出部
電流値

[図10]


工具寿命判別処理
S41
仕事量演算
S42
仕事量の累算値A更新
S43
C＝仕事量の閾値B－仕事量の累算値A
S44
残存寿命期間E＝C／仕事率D
S45
No
E≦0 ？
Yes
S47
残存寿命期間Eを報知
S46
工具交換手順へ
終了

[図11]


100
データ分析コントローラ
3_1
3_q
データ分析コントローラ
6
スイッチングハブ
2_1
2_p
データ統括
コントローラ
データ統括
コントローラ
6
スイッチングハブ
1_1
1_m
データ収集
コントローラ
データ収集
コントローラ
7_1
7_n
NC装置
73
外部接続 I/F
NC装置
73
外部接続 I/F

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP2018/023041

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
Int.Cl. B23Q17/09(2006.01)i, G05B19/4155(2006.01)i, B23Q17/20(2006.01)n

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)
Int.Cl. B23Q17/00-17/24, G05B19/18-19/416

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

Published examined utility model applications of Japan	1922-1996
Published unexamined utility model applications of Japan	1971-2018
Registered utility model specifications of Japan	1996-2018
Published registered utility model applications of Japan	1994-2018

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X Y	JP 2008-87095 A (MATSUSHITA ELECTRIC WORKS, LTD.) 17 April 2008, paragraphs [0004], [0022]-[0035] & US 2008/0082200 A1, paragraphs [0004], [0034]-[0046] & EP 1906282 A2 & CN 101152699 A	1-3,5-7,9-10 1-2,4-10
Y	JP 5-27827 A (MURATA MACHINERY LTD.) 05 February 1993, paragraphs [0018]-[0019] (Family: none)	8

☒ Further documents are listed in the continuation of Box C. ☐ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:
"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date
"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed
"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search	Date of mailing of the international search report
28 August 2018 (28.08.2018)	11 September 2018 (11.09.2018)

Name and mailing address of the ISA/	Authorized officer
Japan Patent Office 3-4-3, Kasumigaseki, Chiyoda-ku, Tokyo 100-8915, Japan	Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP2018/023041

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	JP 2018-41208 A (FANUC CORPORATION) 15 March 2018, paragraphs [0014], [0019] & US 2018/0067471 A1, paragraphs [0025], [0032] & DE 102017008158 A1	1-2,4-10
Y	JP 2017-45323 A (FANUC CORPORATION) 02 March 2017, paragraphs [0019]-[0020] & US 2017/0060356 A1, paragraph [0029] & DE 102016010068 A1 & CN 106483931 A	4

国際調査報告

国際出願番号　ＰＣＴ／ＪＰ２０１８／０２３０４１

Ａ．　発明の属する分野の分類（国際特許分類（ＩＰＣ））

Int.Cl.　B23Q17/09(2006.01)i, G05B19/4155(2006.01)i, B23Q17/20(2006.01)n

Ｂ．　調査を行った分野

調査を行った最小限資料（国際特許分類（ＩＰＣ））

Int.Cl.　B23Q　17/00- 17/24,　G05B　19/18- 19/416

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報	１９２２－１９９６年
日本国公開実用新案公報	１９７１－２０１８年
日本国実用新案登録公報	１９９６－２０１８年
日本国登録実用新案公報	１９９４－２０１８年

国際調査で使用した電子データベース（データベースの名称、調査に使用した用語）

Ｃ．　関連すると認められる文献

引用文献のカテゴリー＊	引用文献名　及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する請求項の番号
X Y	JP 2008-87095 A (松下電工株式会社) 2008.04.17, 段落[0004],[0022]-[0035] & US 2008/0082200 A1,段落[0004],[0034]-[0046] & EP 1906282 A2 & CN 101152699 A	1-3,5-7,9-10 1-2,4-10
Y	JP 5-27827 A (村田機械株式会社) 1993.02.05, 段落[0018]-[0019] (ファミリーなし)	8

☑　Ｃ欄の続きにも文献が列挙されている。　　☐　パテントファミリーに関する別紙を参照。

＊　引用文献のカテゴリー
「Ａ」特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの
「Ｅ」国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの
「Ｌ」優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献（理由を付す）
「Ｏ」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献
「Ｐ」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願の日の後に公表された文献
「Ｔ」国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの
「Ｘ」特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの
「Ｙ」特に関連のある文献であって、当該文献と他の１以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの
「＆」同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日	国際調査報告の発送日
２８．０８．２０１８	１１．０９．２０１８

国際調査機関の名称及びあて先
日本国特許庁（ＩＳＡ／ＪＰ）
郵便番号１００－８９１５
東京都千代田区霞が関三丁目４番３号

特許庁審査官（権限のある職員）　３Ｃ　９５３１
山本　忠博
電話番号　０３－３５８１－１１０１　内線　３３２４

Ｃ（続き）．　関連すると認められる文献

引用文献のカテゴリー＊	引用文献名　及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する請求項の番号
Y	JP 2018-41208 A (ファナック株式会社) 2018.03.15, 段落[0014],[0019] & US 2018/0067471 A1,段落[0025],[0032] & DE 102017008158 A1	1-2,4-10
Y	JP 2017-45323 A (ファナック株式会社) 2017.03.02, 段落[0019]-[0020] & US 2017/0060356 A1,段落[0029] & DE 102016010068 A1 & CN 106483931 A	4