

(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
2023年8月17日(17.08.2023)



(10) 国際公開番号
WO 2023/153446 A1

(51) 国際特許分類:
G06Q 50/04 (2012.01) *G06Q 30/0282* (2023.01)
(21) 国際出願番号: PCT/JP2023/004219
(22) 国際出願日: 2023年2月8日(08.02.2023)
(25) 国際出願の言語: 日本語
(26) 国際公開の言語: 日本語
(30) 優先権データ:
特願 2022-020618 2022年2月14日(14.02.2022) JP
(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).

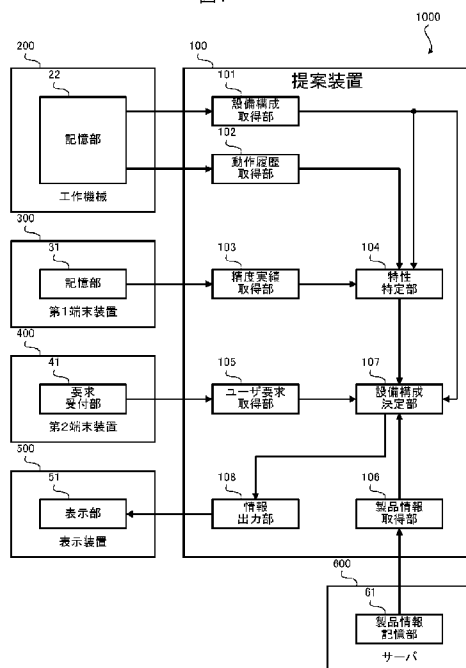
(72) 発明者:外池 恵大(TONOIKE Keita); 〒1008310 東京都千代田区丸の内二丁目7番3号 三菱電機株式会社内 Tokyo (JP). 磯田 洋平(ISODA Yohei); 〒1008310 東京都千代田区丸の内二丁目7番3号 三菱電機株式会社内 Tokyo (JP). 藤田 智哉(FUJITA Tomoya); 〒1008310 東京都千代田区丸の内二丁目7番3号 三菱電機株式会社内 Tokyo (JP). 魚住 誠二(UOZUMI Seiji); 〒1008310 東京都千代田区丸の内二丁目7番3号 三菱電機株式会社内 Tokyo (JP).

(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).

(54) Title: PROPOSAL DEVICE, PROPOSAL SYSTEM, PROPOSAL METHOD, AND PROGRAM

(54) 発明の名称: 提案装置、提案システム、提案方法、及び、プログラム

図4



22, 31 Storage unit
41 Request acceptance unit
51 Display unit
61 Product information storage unit
100 Proposal device
101 Equipment configuration acquisition unit
102 Operation history acquisition unit
103 Actual accuracy performance acquisition unit
104 Characteristic specification unit
105 User request acquisition unit
106 Product information acquisition unit
107 Equipment configuration determination unit
108 Information output unit
200 Machining tool
300 First terminal device
400 Second terminal device
500 Display device
600 Server

(57) Abstract: The present invention responds to a user's request including machining accuracy. A characteristic specifying unit (104) specifies an accuracy-related characteristic that is a characteristic affecting the machining accuracy of a machining tool (200) on the basis of current equipment configuration information, operation history information, and actual accuracy performance information. A user request acquisition unit (105) acquires a user's request related to the machining accuracy. A product information acquisition unit (106) acquires product information indicating a lineup of at least

(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, CV, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IQ, IR, IS, IT, JM, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, 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, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, WS, 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, CV, 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, ME, 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))

one of parts usable in the machining tool (200) and control programs usable in the machining tool (200). An equipment configuration determination unit (107) determines, on the basis of the current equipment configuration information, the accuracy-related characteristic, and the product information, a proposed equipment configuration that satisfies the user's request and is an equipment configuration of the current equipment configuration in which at least one of a current parts configuration and a current control program is changed. An information output unit (108) outputs proposed equipment-related information that is information related to the proposed equipment configuration.

(57) 要約: 加工精度を含むユーザの要求に応える。特性特定部(104)は、現設備構成情報と動作履歴情報と精度実績情報とに基づいて、工作機械(200)の加工精度に影響する特性である精度関連特性を特定する。ユーザ要求取得部(105)は、加工精度に関するユーザの要求を取得する。製品情報取得部(106)は、工作機械(200)に使用可能な部品と工作機械(200)に使用可能な制御プログラムとのうち少なくとも一方のラインアップを示す製品情報を取得する。設備構成決定部(107)は、現設備構成情報と精度関連特性と製品情報とに基づいて、ユーザの要求を満たす設備構成であって、現設備構成において現在の部品構成と現在の制御プログラムとのうち少なくとも一方が変更された設備構成である提案設備構成を決定する。情報出力部(108)は、提案設備構成に関する情報である提案設備関連情報を出力する。

明 細 書

発明の名称：

提案装置、提案システム、提案方法、及び、プログラム

技術分野

[0001] 本開示は、提案装置、提案システム、提案方法、及び、プログラムに関する。

背景技術

[0002] 被加工物を加工する工作機械が知られている。工作機械の加工精度を高めるためには、加工時に発生する振動を抑制することが重要である。特許文献 1 には、加工時に発生する振動を抑制する技術が記載されている。特許文献 1 には、被削材と工具とを相対的に移動及び回転させるモータを備える工作機械に対して、モータの駆動条件を示す指令を出力する数値制御装置が記載されている。

[0003] この数値制御装置は、モータにある駆動条件を示す指令を入力したときの出力結果と、工作機械の伝達モデルにこの駆動条件を適用したときの導出結果との誤差が最小となるように、伝達モデルのモデルパラメータを特定する。数値制御装置は、この伝達モデルを用いて、加工時の振動が小さくなるように指令を決定する。モデルパラメータは、工作機械に関する慣性モーメント、粘性摩擦、クーロン摩擦、及び、偏荷重を含む。

先行技術文献

特許文献

[0004] 特許文献1：特開 2 0 2 0 － 1 8 1 4 2 4 号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0005] しかしながら、特許文献 1 に記載された技術は、工作機械の現在の部品構成及び制御プログラムを用いた範囲内、つまり、工作機械の現在の設備構成の範囲内で、モータの駆動条件を調整する技術である。このため、特許文献

1に記載された技術では、調整範囲が限定されており、加工精度を含むユーザの要求に応えることが難しい場合がある。そこで、加工精度を含むユーザの要求に応える工作機械の設備構成を提案する技術が望まれている。

[0006] 本開示は、上記問題に鑑みてなされたものであり、加工精度を含むユーザの要求に応える工作機械の設備構成を提案する提案装置、提案システム、提案方法、及び、プログラム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

[0007] 上記目的を達成するために、本開示に係る提案装置は、
工作機械の現在の部品構成と前記工作機械の現在の制御プログラムとを含む現設備構成を示す現設備構成情報を取得する設備構成取得手段と、
前記工作機械の動作履歴を示す動作履歴情報を取得する動作履歴取得手段と、
前記工作機械の加工精度の実績を示す精度実績情報を取得する精度実績取得手段と、
前記現設備構成情報と前記動作履歴情報と前記精度実績情報とに基づいて、前記工作機械の加工精度に影響する特性である精度関連特性を特定する特性特定手段と、
加工精度に関するユーザの要求を取得するユーザ要求取得手段と、
前記工作機械に使用可能な部品と前記工作機械に使用可能な制御プログラムとのうち少なくとも一方のラインアップを示す製品情報を取得する製品情報取得手段と、
前記現設備構成情報と前記精度関連特性と前記製品情報とに基づいて、前記ユーザの要求を満たす設備構成であって、前記現設備構成において前記現在の部品構成と前記現在の制御プログラムとのうち少なくとも一方が変更された設備構成である提案設備構成を決定する設備構成決定手段と、
前記提案設備構成に関する情報である提案設備関連情報を出力する情報出力手段と、を備える。

発明の効果

[0008] 本開示では、加工精度を含むユーザの要求を満たす設備構成であって、現設備構成において現在の部品構成と現在の制御プログラムとのうち少なくとも一方が変更された設備構成である提案設備構成が決定される。従って、本開示によれば、加工精度を含むユーザの要求に応える工作機械の設備構成を提案することができる。

図面の簡単な説明

- [0009] [図1]実施の形態1に係る提案システムの構成図
[図2]実施の形態1に係る提案装置の構成図
[図3]実施の形態1に係る工作機械の構成図
[図4]実施の形態1に係る提案システムの機能構成図
[図5]精度関連特性の特定方法の説明図
[図6]機構解析モデルにおいて弾性体として扱われる部位を示す図
[図7]工作機械の本体装置に対応する機構解析モデルを示す図
[図8]実施の形態1に係る提案装置が実行する提案処理を示すフローチャート
[図9]図8における設備構成決定処理を示すフローチャート
[図10]実施の形態5に係る提案装置が実行する特性特定処理を示すフローチャート
[図11]精度データベース情報の取得方法の説明図
[図12]実施の形態6に係る提案装置が実行する特性特定処理を示すフローチャート
[図13]学習済みモデルの取得方法の説明図
[図14]実施の形態7に係る提案装置が実行する特性特定処理を示すフローチャート
[図15]実施の形態8に係る提案装置が実行する特性特定処理を示すフローチャート
[図16]実施の形態8に係る学習済みモデルの説明図

発明を実施するための形態

[0010] 以下、本開示の実施の形態について、図面を参照しながら詳細に説明する

。なお、図中同一又は相当部分には同一符号を付す。

[0011] (実施の形態 1)

図 1 は、実施の形態 1 に係る提案システム 1000 の構成を示す図である。提案システム 1000 は、工作機械 200 の適切な設備構成を提案するシステムである。設備構成は、工作機械 200 を構成する部品の構成である部品構成と、工作機械 200 が用いる制御プログラムとを含む概念である。提案システム 1000 は、工作機械 200 のユーザの要求を満たす設備構成をユーザに提案する。以下、適宜、ユーザが要求する加工性能を要求加工性能といい、ユーザが要求する加工精度を要求加工精度といい、ユーザが要求する加工速度を要求加工速度という。

[0012] ユーザの要求は、工作機械 200 の加工性能に関する要求である。本実施の形態では、ユーザの要求は、加工精度と加工速度とに関する要求である。加工精度は、工作機械 200 により加工される被加工物の仕上がりの程度を示す概念である。加工精度は、例えば、理想的な被加工物の寸法と生成された被加工物の寸法との誤差に対応する。加工速度は、工作機械 200 が被加工物を生成する速度である。加工速度は、例えば、工作機械 200 が単位時間あたりに被加工物を加工した長さに対応する。

[0013] 提案システム 1000 は、ユーザの要求を満たす設備構成を示す情報、例えば、ユーザの要求を満たす部品構成とユーザの要求を満たす制御プログラムとを示す情報を提示する。また、提案システム 1000 は、ユーザの要求を満たす設備構成に関する種々の情報を提示することができる。例えば、提案システム 1000 は、ユーザの要求を満たすために採用すべき部品及び制御プログラムを示す情報を提示してもよい。また、提案システム 1000 は、採用すべき部品及び制御プログラムのコストを示す情報を提示してもよい。

[0014] また、提案システム 1000 は、採用すべき部品及び制御プログラムの納期を示す情報を提示してもよい。例えば、提案システム 1000 は、工作機械オプションの導入計画と、制御プログラムの追加提供を受ける計画とを示

す情報でもよい。工作機械オプションは、工作機械２００の振動特性、工作機械２００の耐久性等を変化させる機能を有する設備である。工作機械オプションは、例えば、サーボモータ、ラックアンドピニオン等の駆動部材、ベッドコラム、クロスレール等の構造部品等である。追加提供される制御プログラムは、例えば、特定の周波数の振動を低減するために周波数フィルタを用いてモータを制御するプログラム、振動現象の逆モデルにより加工の軌道を目標の軌道と一致させる制御プログラム、可動範囲、最高加速度等を変更した制御プログラムである。

[0015] 図１に示すように、提案システム１０００は、提案装置１００と、工作機械２００と、第１端末装置３００と、第２端末装置４００と、表示装置５００とを備える。提案装置１００と工作機械２００と第１端末装置３００と第２端末装置４００と表示装置５００とは、通信ネットワーク７００に接続され、通信ネットワーク７００を介して相互に通信可能に接続される。また、通信ネットワーク７００には、第１サーバ６００Ａと第２サーバ６００Ｂと第３サーバ６００Ｃとが接続される。以下、適宜、第１サーバ６００Ａと第２サーバ６００Ｂと第３サーバ６００Ｃとを総称して、サーバ６００という。

[0016] 提案装置１００は、ユーザの要求を満たす設備構成をユーザに提案する装置である。提案装置１００は、通信ネットワーク７００に接続された各種の装置から各種の情報を取得し、取得した情報に基づいてユーザの要求を満たす設備構成を決定する。この際、提案装置１００は、サーバ６００から取得される、工作機械２００のオプションの部品のラインアップ、制御プログラムのラインアップ等を参照して、制御モデルと機構解析モデルとを用いた連成解析により加工精度と加工速度とを推定する。

[0017] 提案装置１００は、決定した設備構成に関する情報を表示装置５００に表示させる。提案装置１００は、例えば、ユーザの要求を満たす設備構成を提案するサービスを提供するクラウドサーバである。クラウドサーバは、クラウドコンピューティングにおけるリソースを提供するサーバである。図２に

示すように、提案装置１００は、制御部１１と、記憶部１２と、表示部１３と、操作受付部１４と、通信部１５とを備える。

[0018] 制御部１１は、ＣＰＵ（Central Processing Unit）、ＲＯＭ（Read Only Memory）、ＲＡＭ（Random Access Memory）、ＲＴＣ（Real Time Clock）等を備える。ＣＰＵは、中央処理装置、中央演算装置、プロセッサ、マイクロプロセッサ、マイクロコンピュータ、ＤＳＰ（Digital Signal Processor）等とも呼び、提案装置１００の制御に係る処理及び演算を実行する中央演算処理部として機能する。制御部１１において、ＣＰＵは、ＲＯＭに格納されているプログラム及びデータを読み出し、ＲＡＭをワークエリアとして用いて、提案装置１００を統括制御する。ＲＴＣは、例えば、計時機能を有する集積回路である。なお、ＣＰＵは、ＲＴＣから読み出される時刻情報から現在日時を特定可能である。

[0019] 記憶部１２は、フラッシュメモリ、ＥＰＲＯＭ（Erasable Programmable ROM）、ＥＥＰＲＯＭ（Electrically Erasable Programmable ROM）等の不揮発性の半導体メモリを備えており、いわゆる補助記憶装置としての役割を担う。記憶部１２は、制御部１１が各種処理を実行するために使用するプログラム及びデータを記憶する。また、記憶部１２は、制御部１１が各種処理を実行することにより生成又は取得するデータを記憶する。

[0020] 表示部１３は、制御部１１による制御に従って、各種の画像を表示する。例えば、表示部１３は、ユーザから各種の操作を受け付けるための画面を表示する。表示部１３は、タッチスクリーン、液晶ディスプレイ等を備える。操作受付部１４は、ユーザから各種の操作を受け付け、受け付けた操作の内容を示す情報を制御部１１に供給する。操作受付部１４は、タッチスクリーン、ボタン、レバー等を備える。

[0021] 通信部１５は、制御部１１による制御に従って、通信ネットワーク７００を介して、工作機械２００、第１端末装置３００、第２端末装置４００、表示装置５００、サーバ６００等と通信する。通信部１５は、提案装置１００を通信ネットワーク７００に接続するための通信インターフェースを備える。

。

[0022] 工作機械２００は、被加工物を加工する工作機械である。工作機械２００は、例えば、ユーザの工場に設置された工作機械である。工作機械２００は、例えば、数値制御による加工が可能なＮＣ（Numerical Control）工作機械である。ＮＣ工作機械では、ドリルに代表される切削用工具の刃先の動作又は被加工物の動作が、座標値により指定される。つまり、ＮＣ工作機械では、指定された座標値に従ってサーボモータが動作することにより、刃先又は被加工物が動作して被加工物の加工がなされる。

[0023] 本実施の形態では、工作機械２００は、モータの回転動作を平行移動に変換する機構部を有し、動作部位である切削工具、レーザ出力装置等が水平方向２軸と鉛直方向１軸との３軸の直線方向に動作する工作機械である。機構部は、リニアガイド、ラックアンドピニオン等を含む。なお、工作機械２００は、動作部位が回転動作してもよく、動作部位が各種の部材を把持するアームであってもよい。

[0024] 図３に示すように、工作機械２００は、数値制御装置２１０と、本体装置２２０とを備える。数値制御装置２１０は、本体装置２２０の動作軌道を数値情報で指令する装置である。数値制御装置２１０は、制御部２１と、記憶部２２と、表示部２３と、操作受付部２４と、通信部２５と、駆動回路２６とを備える。本体装置２２０は、数値制御装置２１０の指令に従って被加工物を加工する装置である。本体装置２２０は、モータ２７と、エンコーダ２８とを備える。

[0025] 制御部２１は、ＣＰＵ、ＲＯＭ、ＲＡＭ、ＲＴＣ等を備える。ＣＰＵは、中央処理装置、中央演算装置、プロセッサ、マイクロプロセッサ、マイクロコンピュータ、ＤＳＰ等とも呼び、工作機械２００の制御に係る処理及び演算を実行する中央演算処理部として機能する。制御部２１において、ＣＰＵは、ＲＯＭに格納されているプログラム及びデータを読み出し、ＲＡＭをワークエリアとして用いて、工作機械２００を統括制御する。

[0026] 記憶部２２は、フラッシュメモリ、ＥＰＲＯＭ、ＥＥＰＲＯＭ等の不揮発

性の半導体メモリを備えており、いわゆる補助記憶装置としての役割を担う。記憶部２２は、制御部２１が各種処理を実行するために使用するプログラム及びデータを記憶する。また、記憶部２２は、制御部２１が各種処理を実行することにより生成又は取得するデータを記憶する。

[0027] 表示部２３は、制御部２１による制御に従って、各種の画像を表示する。例えば、表示部２３は、ユーザから各種の操作を受け付けるための画面を表示する。表示部２３は、タッチスクリーン、液晶ディスプレイ等を備える。操作受付部２４は、ユーザから各種の操作を受け付け、受け付けた操作の内容を示す情報を制御部２１に供給する。操作受付部２４は、タッチスクリーン、ボタン、レバー等を備える。

[0028] 通信部２５は、制御部２１による制御に従って、通信ネットワーク７００を介して、提案装置１００、第１端末装置３００、第２端末装置４００、表示装置５００、サーバ６００等と通信する。通信部２５は、工作機械２００を通信ネットワーク７００に接続するための通信インターフェースを備える。

[0029] 駆動回路２６は、制御部２１による制御に従って、モータ２７を駆動する回路である。駆動回路２６は、制御部２１が出力する指令に基づいて、モータ２７にパルス信号を出力する。

[0030] モータ２７は、電気エネルギーを力学的エネルギーに変換する装置である。モータ２７は、駆動回路２６から供給されたパルス信号に従って回転する。なお、モータ２７の回転に伴って、刃先又は被加工物が移動する。モータ２７は、例えば、サーボモータである。

[0031] エンコーダ２８は、機械的な位置の変化を検出し、検出結果を示す電気信号を出力するセンサである。エンコーダ２８は、モータ２７の回転角を検出し、検出した回転角を示す電気信号を制御部２１に供給する。

[0032] 第１端末装置３００は、工作機械２００の加工精度の実績を示す精度実績情報を取得するための装置である。加工精度の実績は、例えば、現在の工作機械２００が加工した被加工物の代表箇所の加工精度の測定値である。第１

端末装置 300 は、取得した精度実績情報を提案装置 100 に供給する。第 1 端末装置 300 が精度実績情報を取得する方法は、適宜、調整することができる。例えば、第 1 端末装置 300 は、加工精度の測定結果を示す精度実績情報を、被加工物の加工精度を測定する測定器から取得してもよいし、ユーザから受け付けてもよい。第 1 端末装置 300 は、上記測定器と一体化された専用の装置でもよいし、スマートフォン、パーソナルコンピュータ等の汎用的な端末装置でもよい。なお、汎用的な端末装置は、CPU、ROM、RAM、タッチスクリーン、キーボード、通信インターフェース等を備える。

[0033] 第 2 端末装置 400 は、加工性能に関するユーザの要求を受けつけるための装置である。第 2 端末装置 400 は、例えば、工作機械 200 のユーザが利用する端末装置である。第 2 端末装置 400 は、ユーザから加工性能に関するユーザの要求を受けつけた場合、加工性能に関するユーザの要求を示す情報を提案装置 100 に供給する。第 2 端末装置 400 は、例えば、スマートフォン、パーソナルコンピュータ等の汎用的な端末装置である。

[0034] 表示装置 500 は、各種の情報を表示する装置である。表示装置 500 は、提案装置 100 から設備構成に関する情報を受信した場合、設備構成に関する情報を表示する。表示装置 500 は、例えば、スマートフォン、パーソナルコンピュータ等の汎用的な端末装置である。

[0035] サーバ 600 は、工作機械 200 に使用可能な部品と工作機械 200 に使用可能な制御プログラムとのうち少なくとも一方のラインアップを示す製品情報を提供する装置である。サーバ 600 は、例えば、ユーザの要求に従って製品情報を提供するクラウドサーバである。第 1 サーバ 600 A は、工作機械 200 に使用可能な市販部品に関する製品情報を提供するサーバである。第 2 サーバ 600 B は、工作機械 200 に使用可能な個別仕様部品に関する製品情報を提供するサーバである。第 3 サーバ 600 C は、工作機械 200 に使用可能な制御プログラムに関する製品情報を提供するサーバである。市販部品は、例えば、サーボモータ、ラックアンドピニオン等の部品である。

。個別仕様部品は、例えば、ベッドコラム、クロスレール等の部品である。

[0036] 製品情報は、部品又は制御プログラムに関する種々の情報を含む。例えば、製品情報は、部品の形状、大きさ、質量、材料等を示す図面データ、部品の剛性、摩擦、減衰等の程度の測定値を示す測定データ、部品の導入費用、工事期間、導入条件等を示す制約条件データを含んでいてもよい。図面データは、現在の工作機械２００との互換性を確認するために利用できる。測定データは、振動特性の算出に利用できる。制約条件データは、予算との比較、工作機械２００の停止可能期間との比較等に利用できる。また、制約条件データは、床の補強の要否、温湿度環境、腐食環境、防塵防水条件等の設置環境制約の確認に利用できる。

[0037] 制御プログラムは、数値制御プログラムから出力された加工軌道データを用いて工作機械２００を動作させた際に、エンコーダ２８の記録結果に基づく軌道と加工軌道データに基づく軌道との誤差が小さくなるように各種の補正を実行する機能を有するプログラムである。工作機械２００の部品構成、工作機械２００の設置場所、工作機械２００の劣化具合等、ユーザの個別の事情に合わせた制御プログラムが、適宜、工作機械２００にアップデートされることが好適である。

[0038] 通信ネットワーク７００は、提案装置１００と工作機械２００と第１端末装置３００と第２端末装置４００と表示装置５００とサーバ６００とを相互に接続する通信ネットワークである。通信ネットワーク７００は、例えば、インターネットである。

[0039] 次に、図４を参照して、提案システム１０００の機能について説明する。以下、工作機械２００、第１端末装置３００、第２端末装置４００、表示装置５００、サーバ６００の機能について簡単に説明した後、提案装置１００の機能について詳細に説明する。

[0040] 工作機械２００は、記録機能、記憶機能、送信機能等を備える。記録機能は、工作機械２００の動作履歴を示す動作履歴情報を記録する機能である。動作履歴情報は、例えば、エンコーダ２８の信号出力の履歴、加工軌道の履

歴、加速度発生回数の履歴、制御プログラムによる補正信号出力の履歴、補正時の計算に用いたパラメータの履歴等を示す情報である。エンコーダ 28 の信号出力の履歴は、例えば、モータ 27 の回転量の測定値の履歴である。加工軌道の履歴と加速度発生回数の履歴とは、エンコーダ 28 の信号出力の履歴から算出可能である。又は、加工軌道の履歴と加速度発生回数の履歴とは、例えば、カメラで撮像した映像からも算出可能である。

[0041] 補正信号出力の履歴は、例えば、補正信号の発生頻度と補正信号による補正量とを含む履歴である。補正信号出力の履歴は、例えば、数値制御装置 210 の数値制御プログラムにより出力された加工軌道データを本体装置 220 に供給して本体装置 220 を動作させた際に、エンコーダ 28 の記録結果に基づく軌道と加工軌道データに基づく軌道との誤差が小さくなるように補正する補正信号の時系列データと、補正量が閾値を超えた回数とを含む。

[0042] 補正時の計算に用いたパラメータは、例えば、伝達モデルにおける慣性モーメント、粘性摩擦、クーロン摩擦、偏荷重等である。補正時の計算に用いたパラメータは、工作機械 200 自体のパラメータに限定されず、工作機械 200 が設置された床面又は地面の剛性、ゴム部材、グリス等に影響する工作機械 200 が設置された部屋の室温等であることもある。記録機能は、例えば、制御部 21 が記憶部 22 に情報を記録することにより実現する。記録機能は、例えば、制御部 21 が、通信ネットワーク 700 を介して工作機械 200 と接続された各種の装置が備える記憶部に情報を記録することにより実現されてもよい。記憶部 22 は、記憶手段の一例である。

[0043] 記憶機能は、動作履歴情報と現設備構成情報とを記憶する機能である。現設備構成情報は、工作機械 200 の現在の部品構成と工作機械 200 の現在の制御プログラムとを含む現設備構成を示す情報である。記憶機能は、例えば、記憶部 22 の機能により実現する。送信機能は、動作履歴情報と現設備構成情報とを提案装置 100 に送信する機能である。送信機能は、例えば、制御部 21 が通信部 25 を制御することにより実現する。

[0044] 第 1 端末装置 300 は、取得機能、記憶機能、送信機能等を備える。取得

機能は、工作機械 200 の加工精度の実績を示す精度実績情報を取得する機能である。取得機能は、例えば、CPU がタッチスクリーン又は通信インターフェースと協働することにより実現される。記憶機能は、精度実績情報を記憶する機能である。記憶機能は、例えば、RAM を備える記憶部 31 の機能により実現する。送信機能は、精度実績情報を提案装置 100 に送信する機能である。送信機能は、例えば、CPU が通信インターフェースを制御することにより実現する。

[0045] 第 2 端末装置 400 は、要求受付機能、送信機能等を備える。要求受付機能は、ユーザから加工性能に関するユーザの要求を受け付ける機能である。要求受付機能は、例えば、タッチスクリーンを備える要求受付部 41 の機能により実現される。送信機能は、ユーザの要求に関する情報を提案装置 100 に送信する機能である。送信機能は、例えば、CPU が通信インターフェースを制御することにより実現する。

[0046] 表示装置 500 は、表示機能を備える。表示機能は、表示装置 500 が提案装置 100 から受信した設備構成に関する情報を表示する機能である。表示機能は、例えば、CPU と表示部 51 とが協働することにより実現する。表示部 51 は、表示手段の一例である。

[0047] 次に、提案装置 100 の機能について説明する。提案装置 100 は、機能的には、設備構成取得部 101 と、動作履歴取得部 102 と、精度実績取得部 103 と、特性特定部 104 と、ユーザ要求取得部 105 と、製品情報取得部 106 と、設備構成決定部 107 と、情報出力部 108 とを備える。これらの各機能は、ソフトウェア、ファームウェア、又は、ソフトウェアとファームウェアとの組み合わせによって実現される。ソフトウェア及びファームウェアは、プログラムとして記述され、ROM 又は記憶部 12 に格納される。そして、CPU が、ROM 又は記憶部 12 に記憶されたプログラムを実行することによって、これらの各機能を実現する。

[0048] 設備構成取得部 101 は、工作機械 200 の現在の部品構成と工作機械 200 の現在の制御プログラムとを含む現設備構成示す現設備構成情報を取得

する。設備構成取得部１０１は、例えば、工作機械２００から現設備構成情報を取得する。設備構成取得部１０１は、通信ネットワーク７００を介して提案装置１００に接続された工作機械２００以外の装置から現設備構成情報を取得してもよい。また、設備構成取得部１０１は、記憶部１２に予め記憶されている現設備構成情報を取得してもよい。設備構成取得部１０１は、設備構成取得手段の一例である。

[0049] 動作履歴取得部１０２は、工作機械２００の動作履歴を示す動作履歴情報を取得する。設備構成取得部１０１は、例えば、工作機械２００から動作履歴情報を取得する。動作履歴取得部１０２は、動作履歴取得手段の一例である。

[0050] 精度実績取得部１０３は、工作機械２００の加工精度の実績を示す精度実績情報を取得する。精度実績取得部１０３は、例えば、第１端末装置３００から精度実績情報を取得する。精度実績取得部１０３は、精度実績取得手段の一例である。

[0051] 特性特定部１０４は、現設備構成情報と動作履歴情報と精度実績情報とに基づいて、工作機械２００の加工精度に影響する特性である精度関連特性を特定する。精度関連特性は、例えば、工作機械２００の構成部品の慣性、剛性又は減衰性、設置場所の剛性又は減衰性、駆動部又摺動部の粘性摩擦又はクーロン摩擦を表すパラメータである。特性特定部１０４は、例えば、制御モデルと機構解析モデルとを用いた連成解析により精度関連特性を特定する。特性特定部１０４は、特性特定手段の一例である。

[0052] ユーザ要求取得部１０５は、加工精度に関するユーザの要求を取得する。ユーザ要求取得部１０５は、例えば、第２端末装置４００を介してユーザの要求を取得する。ユーザの要求は、どのような形式でもよい。例えば、ユーザの要求は、加工精度と加工速度とを数値により指定する要求でもよい。又は、ユーザの要求は、加工精度と加工速度との相対的な優先度を指定する要求でもよい。具体的には、ユーザの要求は、加工精度よりも加工速度を優先する速度優先と、加工速度よりも加工精度を優先する精度優先との何れか一

方を指定する要求でもよい。ユーザ要求取得部 105 は、ユーザ要求取得手段の一例である。

[0053] 製品情報取得部 106 は、工作機械 200 に使用可能な部品と工作機械 200 に使用可能な制御プログラムとのうち少なくとも一方のラインアップを示す製品情報を取得する。例えば、製品情報取得部 106 は、第 1 サーバ 600A から市販部品に関する製品情報を取得し、第 2 サーバ 600B から個別仕様部品に関する製品情報を取得し、第 3 サーバ 600C から制御プログラムに関する製品情報を取得する。製品情報取得部 106 は、製品情報取得手段の一例である。

[0054] 設備構成決定部 107 は、現設備構成情報と精度関連特性と製品情報とに基づいて、提案設備構成を決定する。提案設備構成は、ユーザの要求を満たす設備構成であって、現設備構成において現在の部品構成と現在の制御プログラムとのうち少なくとも一方が変更された設備構成である。設備構成決定部 107 は、精度関連特性を用いて制御モデルと機構解析モデルとを用いた連成解析を実行することにより、提案設備構成を決定する。設備構成決定部 107 は、設備構成決定手段の一例である。

[0055] 情報出力部 108 は、提案設備構成に関する情報である提案設備関連情報を出力する。例えば、情報出力部 108 は、提案設備関連情報を表示装置 500 に送信する。提案設備関連情報は、提案設備構成に関する情報であれば、どのような情報であってもよい。例えば、提案設備関連情報は、提案設備構成を示す情報、つまり、提案する部品構成と提案する制御プログラムとを示す情報でもよい。又は、提案設備関連情報は、現設備構成と提案設備構成との差分を示す情報、つまり、追加又は置換すべき部品と追加又は置換すべき制御プログラムとを示す情報でもよい。又は、提案設備関連情報は、部品又は制御プログラムを追加又は置換するのに要するコスト及び期間を示す情報でもよい。情報出力部 108 は、情報出力手段の一例である。

[0056] 設備構成決定部 107 は、工作機械 200 が被加工物を加工するときに工作機械 200 が備える移動部が描く軌道から第 1 軌道を特定する。移動部は

、工作機械２００が被加工物を加工するときに移動する部分である。移動部は、例えば、被加工物を加工する刃先、又は、被加工物を把持するアームの先端部である。移動部が描く軌道としては、１軸のみが順番に稼働する角軌道、２軸が同時に稼働する円軌道等がある。第１軌道は、移動部が描く軌道のうち一部の軌道である。設備構成決定部１０７は、例えば、現設備構成情報と動作履歴情報とから移動部が描く軌道を特定することができる。設備構成決定部１０７は、１つの第１軌道を特定してもよいし、複数の第１軌道を特定してもよい。

[0057] 設備構成決定部１０７は、現在の部品構成において移動部が第１軌道を描くときに用いる第１部品を特定する。第１部品は、現在の部品構成において移動部が第１軌道を描くときに用いる部品である。第１部品は、加工性能に与える影響が大きい部品であることが好適である。例えば、第１部品は、移動部が第１軌道を描くときに用いる部品のうち、振動又は加工精度の悪化の原因となる部品であることが好適である。設備構成決定部１０７は、１つの第１部品を特定してもよいし、複数の第１部品を特定してもよい。

[0058] 設備構成決定部１０７は、現設備構成において第１部品を新たな部品に置換した設備構成、又は、現設備構成において第１部品に新たな部品を追加した設備構成を、提案設備構成として決定する。第１部品と置換される新たな部品は、例えば、第１物品の剛性よりも高い剛性を有し、第１部品よりも振動又は加工精度の悪化を抑制できる部品である。第１部品に追加される新たな部品は、例えば、加工精度に対して悪影響を与える振動を減衰させる部品である。設備構成決定部１０７は、例えば、製品情報が示す部品のラインアップを参照して、第１部品と置換可能な新たな部品、又は、第１部品に追加可能な新たな部品を特定することができる。

[0059] 設備構成決定部１０７は、現設備構成情報と動作履歴情報とに基づいて、移動部が描く軌道のうち描かれる頻度が高い軌道を第１軌道として選択することができる。描かれる頻度が高い軌道を描くときに用いられる部品は、加工性能に与える影響が大きいと考えられる。そこで、設備構成決定部１０７

は、描かれる頻度が高い軌道を優先的に第 1 軌道として選択する。

[0060] 設備構成決定部 107 は、現設備構成情報と動作履歴情報とに基づいて、移動部が描く軌道のうち振動又は加工精度の悪化が発生し易い軌道を第 1 軌道として選択することができる。振動又は加工精度の悪化が発生しやすい軌道を描くときに用いられる部品は、加工性能に与える影響が大きいと考えられる。そこで、設備構成決定部 107 は、振動又は加工精度の悪化が発生し易い軌道を優先的に第 1 軌道として選択する。

[0061] 設備構成決定部 107 は、製品情報が示すラインアップから第 1 部品に対応する少なくとも 1 つの候補部品を特定する。候補部品は、上記新たな部品の候補の部品であり、第 1 部品と置換可能な部品、又は、第 1 部品に追加可能な部品である。設備構成決定部 107 は、上記少なくとも 1 つの候補部品のうちユーザの要求を満たす候補部品を上記新たな部品として決定する。

[0062] 設備構成決定部 107 は、工作機械 200 が被加工物を加工するときに用いる周波数のうち振動が発生しやすい周波数を特定する。この周波数は、モータ 27 にトルクを発生させるための制御信号の周波数でもよいし、モータ 27 が回転する周波数でもよい。設備構成決定部 107 は、例えば、現設備構成情報が示す現在の部品構成から振動が発生しやすい周波数を特定することができる。また、設備構成決定部 107 は、動作履歴情報が示す補正信号の履歴から振動が発生しやすい周波数を特定することができる。

[0063] 設備構成決定部 107 は、例えば、特定の周波数成分を除去するフィルタを用いた制御プログラムを含む設備構成を提案設備構成として決定する。設備構成決定部 107 は、制御プログラムのラインアップから、特定の周波数成分を除去するフィルタを用いた制御プログラムを選択する。選択された制御プログラムは、上記周波数で振動が発生しにくい制御プログラムであり、上記周波数の加速度成分が除外されたモータトルクを発生させる制御信号を生成するプログラムである。

[0064] 次に、図 5 と図 6 と図 7 とを参照して、制御モデルと機構解析モデルとを用いた連成解析により精度関連特性を特定する方法と、連成解析により加工

性能を特定する方法とについて説明する。

[0065] まず、現設備構成情報と動作履歴情報と精度実績情報とから、特に加工精度が出ていない軌道を特定する。加工精度は、NCデータとして指令した先端部221の軌道データと、被加工物の測定データとの差分に対応する。加工精度は、いくつかの被加工物を測定することで得られた測定データから求めることができる。なお、被加工物に対しては、出荷検査がなされることが一般的であるため、出荷検査で得られた測定データを加工精度の算出に代用可能である。本実施の形態では、加工精度の改善の対象とする軌道を選定する。選定する軌道は、1つでもよいし、複数でもよい。選定する軌道が多い程計算コストを要するため、選定する軌道は多くても3～5個程度であることが好適である。また、測定データを用意できない場合、工作機械200の制御プログラムの動作履歴から、補正動作が多く発生している軌道、大きな補正動作が発生している軌道等を上記軌道として選定することができる。

[0066] ここで、図5に示すように、NCデータとして指令した軌道データであるNCの軌道データとモータ27の回転角及び角加速度のフィードバックデータとを入力として、NCの軌道データと機構解析モデル82における先端部221の軌道を表す軌道データとの差分が小さくなるように制御された制御モデル81を用いる。制御モデル81は、NCの軌道データからモータトルクの信号を発生する制御モデルである。制御モデル81の制御方法としては、比例ゲイン、積分ゲイン、微分ゲイン等の制御パラメータを調整して伝達関数を設定する開ループ制御がある。制御モデル81にて生成されたモータトルクは、工作機械200の本体装置220を模した機構解析モデル82に供給される。機構解析モデル82を解析することにより、加工精度と加工速度とが推定可能である。

[0067] 連成解析で求める加工精度は、NCデータとして指令した先端部221の軌道データと、解析の中で描かれる先端部221の軌道データとの差分に対応する。加工精度は、工作機械200の動作時に、剛性の低い部位、結合部等の変形に伴う振動又は減衰性、駆動部、摺動部225等の剛性、減衰性、

クーロン摩擦、粘性摩擦等による動作挙動の変化等の影響を受ける。また、これらの影響要因の特性は、モータのトルクの大小、駆動部と動作部位との慣性の大小、動作部位の位置又は姿勢の変化の影響を受けることがある。連成解析で求める加工速度は、軌道データの解析の中で工作機械 200 の動作を再現したときに、被加工物の加工に要した時間である。加工速度は、加工精度向上のために、制御プログラムで加速度の上限が制限されていたり、特定の周波数成分を除去するフィルタが設定されていたりすると低くなる。

[0068] 図 6 に示すように、機構解析モデル 82 において、工作機械 200 の本体装置 220 の一部又は全部が弾性体として扱われる。図 6 において、弾性体として扱われる部位をハッチングで示す。機構解析モデル 82 において、各部品及び結合部の慣性、剛性、減衰、摩擦、粘性等がパラメータとして設定されることにより、加工精度に影響する微細な振動を模擬することができる。機構解析モデル 82 に設定されるパラメータは、精度関連特性に対応するパラメータである。図 7 に、機構解析モデル 82 により表現される本体装置 220 を示す。

[0069] 本体装置 220 は、先端部 221 と、モータ部 222 A と、モータ部 222 B と、モータ部 222 C と、部品 223 A と、部品 223 B と、部品 224 と、摺動部 225 A と、摺動部 225 C とを備える。以下、適宜、モータ部 222 A とモータ部 222 B とモータ部 222 C とを総称してモータ部 222 といい、部品 223 A と部品 223 B とを総称して部品 223 といい、摺動部 225 A と摺動部 225 C とを総称して摺動部 225 という。

[0070] 先端部 221 は、被加工物を加工する部分であり、例えば、刃先に対応する部分である。モータ部 222 は、モータ 27 に対応する部分である。部品 223 と部品 224 とは、工作機械 200 の動作時にモータ部 222 が先端部 221 を駆動するときの慣性力又は慣性モーメントにより、弾性変形又は弾性振動が発生し、先端部 221 の精度に影響を与える部品である。従って、部品 223 と部品 224 とは、弾性体として扱われる。部品 223 及び部品 224 以外の部品についても、同様の考え方で弾性体として扱うか剛体と

して扱うかが決定される。

[0071] モータ部 2 2 2 から可動部である部品 2 2 3 にトルク又は力を伝達している駆動部と、部品 2 2 3 をガイドしている摺動部 2 2 5 とには、剛性、減衰性、摩擦、粘性等の特性を表すモデル要素を用いる。例えば、リニアガイド、ボールねじ等の弾性変形は、ばね要素として設定され、並進ばね及び回転ばねの剛性と減衰性が定義される。また、リニアガイド、ボールねじ等のギア部分の粘性摩擦は、速度比例の抵抗力として定義される。これらの剛性、摩擦、粘性等は、実物の物品で測定されてもよいし、類似の部品から推定されてもよい。また、これらの剛性、摩擦、粘性等は、実物の物品が用意できない場合、構造解析、流体解析等により、荷重と変位との関係、速度と粘性力との関係等から求められてもよい。また、特性に非線形性がある場合は、線形な要素の代わりに、非線形なばね特性、非線形な摩擦特性、非線形な粘性特性等が設定されてもよい。

[0072] 特に、複数モードの振動の要因となっている部位は、3次元的な変形が再現可能な有限要素法による弾性モデルとして設定される。例えば、部品 2 2 3 と部品 2 2 4 とは、可動部の根本に相当する部品であり、水平方向を主とする振動と回転を主とする振動とが複合して発生する要因となっている。このため、部品 2 2 3 と部品 2 2 4 とに対しては、有限要素法による弾性モデルを設定する。また、ケーブル、付属品等、剛性に影響しない物品については、質量だけを定義した質点として定義され、工作機械 2 0 0 全体の質量と重心位置とが再現される。

[0073] 制御モデル 8 1 は、制御サイクルに合わせた時間刻みで、指令となる軌道データに追従するようなモータトルクの値を機構解析モデル 8 2 に入力する。機構解析モデル 8 2 は、モータトルクが入力されたときの、可動部である先端部 2 2 1、部品 2 2 3、部品 2 2 5 等の運動と、工作機械 2 0 0 全体のモデルの弾性変形とを解析する。機構解析モデル 8 2 は、制御サイクルに合わせた時間刻みでセンサ振動であるモータ 2 7 の回転角、角速度等を、制御モデル 8 1 にフィードバックする。かかる構成により、実物の工作機械 2 0

0の動作と同等の動作を、制御モデル81と機構解析モデル82とを用いた連成解析により再現可能である。本実施の形態では、連成解析を用いて、工作機械200の加工精度と加工速度とを推定する。

[0074] 本実施の形態では、工作機械200の設置環境の剛性、各部品の劣化の程度等を示す精度関連特性を、連成解析を用いた加工精度の解析結果と実際の工作機械200の加工精度との差から特定する。精度関連特性は、工作機械200の個体毎のばらつき、設置場所のばらつき、使用条件の変化、環境の変化、経年による変化等の影響を受ける。このため、精度関連特性を特定することで、加工精度及び加工速度の予測の精度を向上させることができる。そして、現在の設備構成において部品又は制御プログラムが変更された設備構成である新たな設備機器における加工精度及び加工速度を推定する場合、上記求めた精度関連特性を用いて、連成解析において部品又は制御プログラムを置き換えて解析することにより、新たな設備機器における加工精度及び加工速度を推定する。

[0075] 次に、図8のフローチャートを参照して、提案装置100が実行する提案処理について説明する。提案装置100が提案処理を実行することにより、提案方法が実現する。提案処理は、例えば、第2端末装置400がユーザから提案処理の開始指示を受けつけたことに応答して実行されてもよいし、定期的に（例えば、数ヶ月毎に）実行されてもよい。

[0076] まず、提案装置100が備える制御部11は、現設備構成情報を取得する（ステップS101）。例えば、制御部11は、工作機械200から現構成情報を取得する。制御部11は、ステップS101の処理を完了すると、動作履歴情報を取得する（ステップS102）。例えば、制御部11は、工作機械200から動作履歴情報を取得する。なお、工作機械200は、動作中、動作の履歴を示す情報を動作履歴情報として記憶部22に蓄積する。

[0077] 制御部11は、ステップS102の処理を完了すると、精度実績情報を取得する（ステップS103）。例えば、制御部11は、第1端末装置300から精度実績情報を取得する。なお、第1端末装置300は、例えば、工作

機械２００が生成した被加工物の精度が測定される毎に、被加工物の精度を示す情報を精度実績情報として記憶部３１に蓄積する。

[0078] 制御部１１は、ステップＳ１０３の処理を完了すると、精度関連特性を特定する（ステップＳ１０４）。具体的には、制御部１１は、現設備構成情報と動作履歴情報と精度実績情報とに基づいて、連成解析により精度関連特性を特定する。精度関連特性は、工作機械２００の加工精度に影響する特性であり、主に、工作機械２００の振動、加工精度の悪化等に影響する特性である。制御部１１は、例えば、本体装置２２０の駆動部の摩擦の程度、本体装置２２０の各部又は各部の結合部の剛性の程度、本体装置２２０の各部又は各部の結合部における振動の減衰の程度等を特定する。また、制御部１１は、可動部の位置、姿勢等による加工精度の変化から、位置、姿勢等毎に精度関連特性を推定してもよい。

[0079] 制御部１１は、ステップＳ１０４の処理を完了すると、ユーザの要求を取得する（ステップＳ１０５）。例えば、制御部１１は、第２端末装置４００を介して、加工性能に関するユーザの要求を取得する。このユーザの要求は、例えば、ユーザが求める加工精度である要求加工精度とユーザが求める加工速度である要求加工速度とを含む。制御部１１は、ステップＳ１０５の処理を完了すると、製品情報を取得する（ステップＳ１０６）。例えば、制御部１１は、第１サーバ６００Ａから市販部品に関する製品情報を取得し、第２サーバ６００Ｂから個別仕様部品に関する製品情報を取得し、第３サーバ６００Ｃから制御プログラムに関する製品情報を取得する。

[0080] 制御部１１は、ステップＳ１０６の処理を完了すると、設備構成決定処理を実行する（ステップＳ１０７）。設備構成決定処理については、図９に示すフローチャートを参照して、詳細に説明する。設備構成決定処理は、ユーザに提案する新たな設備構成として、ユーザの要求を満たす部品構成及び制御プログラムを製品情報が示すラインアップから選択する処理である。

[0081] まず、制御部１１は、第１軌道を特定する（ステップＳ２０１）。第１軌道は、工作機械２００が被加工物を加工するときに工作機械２００が備える

移動部が描く軌道のうち一部の軌道である。第1軌道は、例えば、描かれる頻度が高い軌道、又は、振動が発生しやすい軌道である。制御部11は、1つ又は複数の第1軌道を特定する。

[0082] 制御部11は、ステップS201の処理を完了すると、第1部品を特定する（ステップS202）。第1部品は、現在の部品構成において移動部が第1軌道を描くときに用いる部品である。第1部品は、振動、加工精度等に与える影響が大きい部品である。制御部11は、1つ又は複数の第1軌道のそれぞれに対して、1つ又は複数の第1部品を特定する。

[0083] 制御部11は、ステップS202の処理を完了すると、候補部品を特定する（ステップS203）。候補部品は、第1部品と置換可能な部品、又は、第1部品に追加可能な部品である。制御部11は、1つ又は複数の第1部品のそれぞれに対して、1つ又は複数の候補部品を特定する。

[0084] 制御部11は、ステップS203の処理を完了すると、候補部品の組み合わせを選択する（ステップS204）。制御部11は、置換候補の部品又は追加候補の部品を少なくとも1つ選択する。例えば、制御部11は、特定した1つ又は複数の第1部品から、少なくとも1つの第1部品を選択する。制御部11は、製品情報が示す部品のラインアップを参照して、選択した少なくとも1つの第1部品のそれぞれについて、置換候補の部品又は追加候補の部品を選択する。

[0085] 制御部11は、ステップS204の処理を完了すると、特定の周波数で振動が発生するか否かを判別する（ステップS205）。例えば、制御部11は、現設備構成情報が示す現在の部品構成に対して選択した候補部品の組み合わせを適用した部品構成と、現設備構成情報が示す現在の制御プログラムとを含む設備構成において、特定の周波数で予め定められた基準よりも大きい振動が発生するか否かを判別する。

[0086] 制御部11は、特定の周波数で振動が発生すると判別すると（ステップS205：YES）、振動が発生しにくい制御プログラムを選択する（ステップS206）。例えば、制御部11は、製品情報が示す制御プログラムのラ

インアップから、上記特定の周波数で振動が発生しにくい制御プログラムを選択する。選択された制御プログラムは、現在の制御プログラムと置換されてもよいし、現在の制御プログラムに追加されてもよい。

[0087] 制御部 11 は、特定の周波数で振動が発生しないと判別した場合（ステップ S 205 : N O）、又は、ステップ S 206 の処理を完了した場合、加工性能を推定する（ステップ S 207）。具体的には、制御部 11 は、現在の設備構成に上記選択した候補部品の組み合わせと上記選択した制御プログラムとを適用した設備構成に対して連成解析を実行することにより、加工精度と加工速度とを推定する。

[0088] 制御部 11 は、ステップ S 207 の処理を完了すると、未選択である候補部品の組み合わせがあるか否かを判別する（ステップ S 208）。制御部 11 は、未選択である候補部品の組み合わせがあると判別すると（ステップ S 208 : Y E S）、ステップ S 204 に処理を戻し、新たに選択した候補部品の組み合わせが適用された設備構成に対して、加工性能を推定する。

[0089] 制御部 11 は、未選択である候補部品の組み合わせがないと判別すると（ステップ S 208 : N O）、ユーザの要求を満たす候補部品の組み合わせがあるか否かを判別する（ステップ S 209）。つまり、制御部 11 は、選択した候補部品の組み合わせの中に、ユーザの要求を満たす設備構成となる候補部品の組み合わせがあるか否かを判別する。なお、ユーザの要求を満たす設備構成は、推定した加工精度が要求加工精度以上であり、且つ、推定した加工速度が要求加工速度以上である設備構成である。

[0090] 制御部 11 は、ユーザの要求を満たす候補部品の組み合わせがあると判別すると（ステップ S 209 : Y E S）、ユーザの要求を満たす設備構成を提案設備構成に決定する（ステップ S 210）。ユーザの要求を満たす候補部品の組み合わせが複数存在する場合、制御部 11 は、ユーザの要求を満たす複数の設備構成のうち、少なくとも 1 つの設備構成を提案設備構成に決定する。

[0091] 制御部 11 は、ユーザの要求を満たす候補部品の組み合わせがないと判別

すると（ステップS 2 0 9 : N O）、ユーザの要求を満たす設備構成がないと決定する（ステップS 2 1 1）。制御部 1 1 は、ステップS 2 1 0 の処理又はステップS 2 1 1 の処理を完了した場合、設備構成決定処理を完了する。

[0092] 制御部 1 1 は、ステップS 1 0 7 の設備構成決定処理を完了すると、提案設備関連情報を出力する（ステップS 1 0 8）。例えば、制御部 1 1 は、通信部 1 5 を介して、提案設備関連情報を表示装置 5 0 0 に送信する。提案設備関連情報は、少なくとも 1 つの提案設備に関連する情報である。例えば、提案設備関連情報は、提案設備毎に、導入すべき部品、導入すべき制御プログラム、推定される加工精度、推定される加工速度、納期、費用等を示す情報である。

[0093] なお、制御部 1 1 は、ユーザの要求を満たす設備構成がない場合、ユーザの要求を満たす設備構成がないことを示す情報、ユーザの要求のレベルを下げるのが好ましいことを示す情報等を、表示装置 5 0 0 に送信してもよい。表示装置 5 0 0 は、提案装置 1 0 0 から提案設備関連情報を受信したことに応答して、提案設備関連情報が示す各種の情報を表示部 5 1 に表示する。制御部 1 1 は、ステップS 1 0 8 の処理を完了すると、提案処理を完了する。

[0094] 本実施の形態では、現設備構成情報と精度関連特性と製品情報とに基づいて、ユーザの要求を満たす設備構成であって、現設備構成において現在の部品構成と現在の制御プログラムとのうち少なくとも一方が変更された設備構成である提案設備構成が決定される。従って、本開示によれば、加工精度を含むユーザの要求に応える工作機械の設備構成を提案することができる。

[0095] また、本実施の形態では、移動部が描く軌道から選択された第 1 軌道を描くときに用いる第 1 部品に対応する新たな部品を含む設備構成が提案される。本実施の形態では、工作機械 2 0 0 が備える移動部が描いた軌道の実績、つまり、工作機械 2 0 0 の使用実績から、置換又は追加の対象となる第 1 部品が特定される。従って、本実施の形態によれば、工作機械 2 0 0 の使用状

況に応じた設備構成の提案が実現可能である。例えば、本実施の形態では、工作機械200に振動しやすい部品が多数含まれている場合において、振動しやすい部品のうち頻繁に利用される部品が新たな部品に置換された設備構成が提案される。このため、例えば、振動しやすい部品であってあまり利用されない部品が新たな部品に置換された設備構成が提案されることが抑制される。

[0096] つまり、原理的には、現在の設備構成に含まれる全ての部品と全ての制御プログラムとの全ての組み合わせに対して、部品及び制御プログラムを変更することで、ユーザの要求を満たす最適な設備構成を推定することが可能である。しかしながら、全ての組み合わせに対して、連成解析を用いて加工性能を推定すると莫大な処理負荷及び処理時間がかかる。また、かかる方法では、変更する部品及び制御プログラムが大きく設備構成の変更が大きいことが予測され、設備構成の変更のためのコスト、期間等が莫大になることが予測される。そこで、本実施の形態では、変更対象の部品を使用実績のある上記軌道に関する部品に限定することで、効率良くユーザの要求を満たす設備構成を提案する手法を採用している。

[0097] また、本実施の形態では、移動部が描く軌道のうち描かれる頻度が高い軌道が第1軌道として選択される。従って、本実施の形態によれば、効率良くユーザの要求を満たす設備構成を提案することができる。

[0098] また、本実施の形態では、移動部が描く軌道のうち振動が発生しやすい軌道が第1軌道として選択される。従って、本実施の形態によれば、効率良くユーザの要求を満たす設備構成を提案することができる。

[0099] また、本実施の形態では、製品情報が示すラインアップから特定された少なくとも1つの候補部品のうちユーザの要求を満たす候補部品が特定される。従って、本実施の形態によれば、ユーザの要求を満たすための適切な部品を提案することができる。

[0100] また、本実施の形態では、振動が発生しやすい周波数が特定され、この特定した制御プログラムを用いない制御プログラムを含む設備構成が提案され

る。従って、本実施の形態によれば、部品構成の変更ではユーザの要求を満たすことができない場合において、ユーザの要求を満たす設備構成を提案することができる。

[0101] 以上、実施の形態1を説明したが、種々の形態による変形及び応用が可能である。上記実施の形態1において説明した構成、機能、動作のどの部分を採用するのかは任意である。また、上述した構成、機能、動作のほか、更なる構成、機能、動作が採用されてもよい。また、上記実施の形態1において説明した構成、機能、動作は、自由に組み合わせることができる。

[0102] (実施の形態2)

例えば、提案装置100が取得する各種の情報の取得元の装置は、実施の形態1で説明した例に限定されない。例えば、提案装置100は、設備構成情報又は動作履歴情報を、第1端末装置300、第2端末装置400、表示装置500、サーバ600等から取得してもよい。また、提案装置100は、精度実績情報を、工作機械200、第2端末装置400、表示装置500、サーバ600等から取得してもよい。また、提案装置100は、ユーザの要求を、工作機械200、第1端末装置300、表示装置500、サーバ600等から取得してもよい。また、提案装置100は、操作受付部14を介してユーザの要求を取得してもよい。また、提案装置100は、設備関連情報を、工作機械200、第1端末装置300、第2端末装置400等へ送信して、これらの装置に設備関連情報を表示させてもよい。また、提案装置100は、表示部13に設備関連情報を表示させてもよい。

[0103] また、提案システム1000の構成は、実施の形態1で示した例に限定されない。例えば、提案システム1000は、工作機械200、第1端末装置300、第2端末装置400、表示装置500等の装置のうち少なくとも2つの装置が統合されていてもよい。例えば、提案システム1000が第2端末装置400と表示装置500とを備えず、第1端末装置300が第2端末装置400の機能と表示装置500の機能とを備えていてもよい。

[0104] (実施の形態3)

実施の形態１では、工作機械２００の納入後にユーザが工作機械２００を動作させ、その後、ユーザが要求加工精度と要求加工速度とを指定する例について説明した。工作機械２００の発注時にユーザが要求加工精度と要求加工速度とを指定してもよい。この場合、工作機械２００の設置環境は、既存の他の類似の工作機械の設置環境から類推した上で、ユーザの要求を満たす設備構成が提案されてもよい。かかる構成によれば、工作機械２００がない状態でも、工作機械２００の使い方、工作機械２００の設置環境等に特化してカスタマイズされた設備構成を特定可能である。その結果、高精度化、高速化、メンテナンス費用の低減等が期待できる。

[0105] （実施の形態４）

実施の形態１では、工作機械２００が通信ネットワーク７００に接続されている例について説明した。工作機械２００が通信ネットワーク７００に接続されていなくてもよい。この場合、例えば、工作機械２００に、ソフトウェアアップデートで各種の機能をロックしたり解除したりする機能を持たせればよい。

[0106] 工作機械２００の機能をサブスクリプションにより提供することで、必要な時に必要な機能だけ使用できるようにしたり、普段使用しない機能をお試しでできるようにしたりしてもよい。

[0107] （実施の形態５）

図１０は、実施の形態５に係る提案装置１００が実行する特性特定処理を示すフローチャートである。この特性特定処理は、精度関連特性を特定する処理であり、実施の形態１の図８におけるステップＳ１０１からステップＳ１０４までの処理に対応する。実施の形態１では、提案装置１００は、連成解析を用いて精度関連特性を特定した。しかしながら、連成解析では、制御モデルの解析と機構モデルの解析との２種の解析を同時に実行する必要があるため、計算処理の規模が大きく処理負荷が大きいというデメリットがある。そこで、本実施の形態では、提案装置１００は、特性特定処理において、精度データベース情報を用いて、精度関連特性を特定する。

- [0108] 精度データベース情報は、精度関連特性と加工精度に関わる特徴量との相関関係を表す情報である。図 11 に示すように、提案装置 100 は、精度データベース 650 から精度データベース情報を取得可能である。加工精度に関わる特徴量は、振動応答の周波数応答に関する特徴量である振動特性特徴量、オーバーシュート、象限突起等に関する特徴量である加工精度特徴量等である。精度データベース情報は、シミュレーション情報と実機実験情報とのうち少なくとも一方を含む。シミュレーション情報は、精度関連特性を変化させて実行した連成解析により得られた精度シミュレーション情報を含む情報である。精度シミュレーション情報は、加工精度に関わる特徴量のシミュレーション結果を示す情報である。
- [0109] 実機実験情報は、精度関連特性を変化させて実行した実機を用いた実験により得られた精度実験情報を含む情報である。精度実験情報は、加工精度に関わる特徴量の実機を用いた実験における実験結果を示す情報である。提案装置 100 は、特性特定処理において、精度関連特性毎に精度実績情報と精度データベース情報との偏差を評価し、偏差が最小の精度データベース情報を工作機械 200 の精度関連特性として特定する。
- [0110] まず、提案装置 100 が備える制御部 11 は、現設備構成情報、動作履歴情報及び精度実績情報を取得する（ステップ S301）。制御部 11 は、ステップ S301 の処理を完了すると、精度データベース 650 から精度データベース情報を取得する（ステップ S302）。制御部 11 は、ステップ S302 の処理を完了すると、精度実績情報と精度データベース情報との偏差を評価する（ステップ S303）。
- [0111] 具体的には、制御部 11 は、精度関連特性を示すパラメータ値毎に、精度実績情報が示す特徴量に対する精度データベース情報が示す特徴量の偏差を求める。なお、偏差は、基準値と注目する値との差である。ここでは、基準値は精度実績情報が示す特徴量であり、注目する値は精度データベース情報が示す特徴量である。精度実績情報が示す特徴量は、工作機械 200 について取得された精度実績情報が示す、振動特性特徴量、加工精度特徴量等であ

る。精度データベース情報が示す特徴量は、精度シミュレーション情報又は精度実験情報が示す、振動特性特徴量、加工精度特徴量等である。制御部 11 は、精度実績情報が示す特徴量を基準値として、精度シミュレーション情報又は精度実験情報が上記パラメータ値毎に示す特徴量のそれぞれについて偏差を求める。

[0112] 制御部 11 は、ステップ S 303 の処理を完了すると、偏差が最小のデータベース情報に基づいて、精度関連特性を推定する（ステップ S 304）。例えば、精度データベース情報がシミュレーション情報を含む場合、制御部 11 は、精度シミュレーション情報が示す特徴量のうち、精度実績情報が示す特徴量からの偏差が最小である特徴量を特定する。そして、制御部 11 は、特定した特徴量に対応するパラメータ値を、工作機械 200 の精度関連特性を示すパラメータ値として推定する。

[0113] 例えば、精度実績情報が、振動特性特徴量として V_0 を示し、加工精度特徴量として A_0 を示すものとする。また、精度シミュレーション情報が、（設置部剛性： K_1 、駆動部摩擦力： C_1 ）というパラメータ値に対して、振動特性特徴量として V_1 を示し、加工精度特徴量として A_1 を示すものとする。また、精度シミュレーション情報が、（設置部剛性： K_2 、駆動部摩擦力： C_2 ）というパラメータ値に対して、振動特性特徴量として V_2 を示し、加工精度特徴量として A_2 を示すものとする。ここで、 V_0 と V_1 との差が V_0 と V_2 との差よりも小さく、 A_0 と A_1 との差が A_0 と A_2 との差よりも小さい場合、特徴量の偏差が最小となるパラメータ値は、（設置部剛性： K_1 、駆動部摩擦力： C_1 ）である。そこで、制御部 11 は、（設置部剛性： K_1 、駆動部摩擦力： C_1 ）というパラメータ値を、工作機械 200 の精度関連特性を示すパラメータ値として推定する。

[0114] また、例えば、精度データベース情報が実機実験情報を含む場合、制御部 11 は、精度実験情報が示す特徴量のうち、精度実績情報が示す特徴量からの偏差が最小である特徴量を特定する。そして、制御部 11 は、特定した特徴量に対応するパラメータ値を、工作機械 200 の精度関連特性を示すパラ

メータ値として推定する。

[0115] 例えば、精度実績情報が、振動特性特徴量として V_0 を示し、加工精度特徴量として A_0 を示すものとする。また、精度実験情報が、（設置部剛性： K_3 、駆動部摩擦力： C_3 ）というパラメータ値に対して、振動特性特徴量として V_3 を示し、加工精度特徴量として A_3 を示すものとする。また、精度実験情報が、（設置部剛性： K_4 、駆動部摩擦力： C_4 ）というパラメータ値に対して、振動特性特徴量として V_4 を示し、加工精度特徴量として A_4 を示すものとする。ここで、 V_0 と V_3 との差が V_0 と V_4 との差よりも小さく、 A_0 と A_3 との差が A_0 と A_4 との差よりも小さい場合、特徴量の偏差が最小となるパラメータ値は、（設置部剛性： K_3 、駆動部摩擦力： C_3 ）である。そこで、制御部11は、（設置部剛性： K_3 、駆動部摩擦力： C_3 ）というパラメータ値を、工作機械200の精度関連特性を示すパラメータ値として推定する。制御部11は、ステップS304の処理を完了すると、特性特定処理を完了する。

[0116] 以上説明したように、本実施の形態では、工作機械200について取得した精度実績情報と精度データベース650から取得した精度データベース情報とに基づいて、精度関連特性と、振動特性特徴量と加工精度特徴量とのうち少なくとも一方との相関関係から、工作機械200の精度関連特性が推定される。このため、本実施の形態によれば、少ない処理負荷で精度関連特性の推定が可能である。また、精度データベース650に精度データベース情報を追加していくことで、精度関連特性の推定精度を向上させることが可能である。

[0117] （実施の形態6）

図12は、実施の形態6に係る提案装置100が実行する特性特定処理を示すフローチャートである。実施の形態5では、偏差の評価指標として、振動特性特徴量と加工精度特徴量とのうち少なくとも一方を用いる。このため、特徴量が偶然一致することに起因して、推定される精度関連特性が実際の精度関連特性とは異なる可能性がある。そこで、本実施の形態では、提案装

置 100 は、精度関連特性に対応する学習済みモデルのデータベースを参照して、精度関連特性を推定する。

[0118] 学習済みモデルは、動作履歴情報を入力して精度予測情報を出力するモデルである。精度予測情報は、精度に関する特徴量を示す情報である。例えば、精度予測情報は、加工精度に相当する動作軌道であってもよいし、オーバーシュート、象限突起等の加工精度特徴量であってもよい。学習済みモデルは、例えば、条件の異なる軌道データ、条件の異なるモータへのトルク等を入力して、機構解析モデル 82 における先端部 221 の動作軌道の出力を学習させたモデルである。学習済みモデルは、例えば、実験データ、機構解析モデル単体の解析の結果、制御モデルと機構解析モデルとを用いた連成解析の結果等を学習させたサロゲートモデルである。提案装置 100 は、特性特定処理において、精度関連特性毎に設けられた学習済みモデルに対して、動作履歴情報を入力して精度予測情報を取得する。図 13 に示すように、提案装置 100 は、モデルデータベース 660 から学習済みモデルを取得可能である。

[0119] まず、制御部 11 は、現設備構成情報、動作履歴情報及び精度実績情報を取得する（ステップ S401）。制御部 11 は、ステップ S401 の処理を完了すると、モデルデータベース 660 から学習済みモデルを取得する（ステップ S402）。制御部 11 は、ステップ S402 の処理を完了すると、動作履歴情報を学習済みモデルに入力して精度予測情報を取得する（ステップ S403）。具体的には、制御部 11 は、精度関連特性毎に設けられた学習済みモデルのそれぞれに動作履歴情報を入力し、各学習済みモデルから精度予測情報を取得する。

[0120] 制御部 11 は、ステップ S403 の処理を完了すると、精度実績情報と精度予測情報との偏差を評価する（ステップ S404）。具体的には、制御部 11 は、各学習済みモデルから取得された精度予測情報のそれぞれについて、精度実績情報が示す特徴量に対する、精度予測情報が示す特徴量の偏差を求める。

[0121] 制御部 11 は、ステップ S 404 の処理を完了すると、偏差が最小のデータベース情報に基づいて、精度関連特性を推定する（ステップ S 405）。例えば、制御部 11 は、精度実績情報が示す特徴量からの偏差が最小である特徴量を示す精度予測情報を出力した学習済みモデルを特定する。制御部 11 は、特定した学習済みモデルに対応するパラメータ値を、工作機械 200 の精度関連特性を示すパラメータ値として推定する。

[0122] 例えば、精度実績情報が特徴量として B_0 を示すものとする。また、（設置部剛性： K_1 、駆動部摩擦力： C_1 ）というパラメータ値に対して M_1 という学習済みモデルが用意され、（設置部剛性： K_2 、駆動部摩擦力： C_2 ）というパラメータ値に対して M_2 という学習済みモデルが用意されるものとする。また、工作機械 200 について取得された動作履歴情報を M_1 に入力したときの出力が特徴量として B_1 を示す精度予測情報であり、この動作履歴情報を M_2 に入力したときの出力が特徴量として B_2 を示す精度予測情報であるものとする。ここで、 B_0 と B_1 との差が B_0 と B_2 との差よりも小さい場合、特徴量の偏差が最小となるパラメータ値は、（設置部剛性： K_1 、駆動部摩擦力： C_1 ）である。そこで、制御部 11 は、（設置部剛性： K_1 、駆動部摩擦力： C_1 ）というパラメータ値を、工作機械 200 の精度関連特性を示すパラメータ値として推定する。制御部 11 は、ステップ S 405 の処理を完了すると、特性特定処理を完了する。

[0123] 以上説明したように、本実施の形態では、特性特定処理において、学習済みモデルから出力される精度予測情報に基づいて、工作機械 200 の精度関連特性が推定される。このため、本実施の形態によれば、精度関連特性の推定精度を高めることが可能となる。

[0124] （実施の形態 7）

図 14 は、実施の形態 7 に係る提案装置 100 が実行する特性特定処理を示すフローチャートである。実施の形態 5 では、精度データベース情報における精度関連特性のパターンの数が少ない場合又はこのパターンに偏りがある場合、偏差が許容値よりも小さくなる精度関連特性のパターンが存在しな

い可能性がある。本実施の形態では、提案装置１００は、精度関連特性の標準パラメータ値を取得し、標準パラメータ値を使用して連成解析を実行する。

[0125] 提案装置１００は、精度実績情報と連成解析より得られた精度予測情報との偏差を評価する。提案装置１００は、偏差が許容値以下であれば、精度関連特性が実機と一致していると判断し、精度関連特性の特定処理を終了する。提案装置１００は、偏差が許容値を超える場合は、最適化器により精度関連特性を更新し、再度連成解析を実行するという一連のループ処理を繰り返して実行する。最適化器のアルゴリズムとしては、例えば、粒子群最適化、ベイズ最適化等のアルゴリズムを採用することができる。

[0126] まず、制御部１１は、現設備構成情報、動作履歴情報及び精度実績情報を取得する（ステップＳ５０１）。制御部１１は、ステップＳ５０１の処理を完了すると、精度関連特性の標準パラメータ値を取得する（ステップＳ５０２）。制御部１１は、ステップＳ５０２の処理を完了すると、精度関連特性と動作履歴情報とを入力してシミュレーションを実行する（ステップＳ５０３）。つまり、制御部１１は、精度関連特性の初期値として取得した標準パラメータ値を設定し、精度関連特性を示す標準パラメータ値と動作履歴情報とを使用して連成解析を実行し、精度予測情報を取得する。精度予測情報は、精度に関する特徴量を示す情報である。例えば、精度予測情報は、加工精度に相当する動作軌道であってもよいし、オーバーシュート、象限突起等の加工精度特徴量であってもよい。

[0127] 制御部１１は、ステップＳ５０３の処理を完了すると、精度実績情報と精度予測情報との偏差を評価する（ステップＳ５０４）。つまり、制御部１１は、精度実績情報が示す特徴量に対する精度予測情報が示す特徴量の偏差を求める。制御部１１は、ステップＳ５０４の処理を完了すると、偏差が許容値以下であるか否かを判別する（ステップＳ５０５）。制御部１１は、偏差が許容値以下でないと判別すると（ステップＳ５０５：ＮＯ）、最適化器により精度関連特性を更新する（ステップＳ５０６）。つまり、制御部１１は

、最適化器により精度関連特性が示すパラメータ値を変化させる。制御部 11 は、ステップ S 506 の処理を完了すると、ステップ S 503 に処理を戻す。

[0128] 制御部 11 は、偏差が許容値以下であると判別すると（ステップ S 505 : Y E S）、最後に用いた精度関連特性を精度関連特性として推定する（ステップ S 507）。つまり、制御部 11 は、偏差が許容値以下となるパラメータ値を、工作機械 200 の精度関連特性が示すパラメータ値として推定する。制御部 11 は、ステップ S 507 の処理を完了すると、特性特定処理を完了する。

[0129] 以上説明したように、本実施の形態では、加工精度が実機に一致するように精度関連特性を自動調整するアルゴリズムが採用される。このため、本実施の形態によれば、精度関連特性の推定精度を高めることが可能となる。

[0130] （実施の形態 8）

図 15 は、実施の形態 8 に係る提案装置 100 が実行する特性特定処理を示すフローチャートである。実施の形態 7 では、ループ処理を実行する度に連成解析を実行する必要があるため、計算処理の規模が大きく処理負荷が大きい。本実施の形態では、連成解析の代わりに学習済みモデルが用いられる。本実施の形態における学習済みモデルは、図 16 に示すように、動作履歴情報と、設置部剛性、駆動部摩擦力等の精度関連特性とを入力したときに出力される精度予測情報を学習したモデルである。学習済みモデルが出力する精度予測情報は、精度に関する特徴量を示す情報である。例えば、精度予測情報は、加工精度に相当する動作軌道であってもよいし、オーバーシュート、象限突起等の加工精度特徴量であってもよい。本実施の形態では、提案装置 100 は、特性特定処理において、精度実績情報と学習済みモデルから得られた精度予測情報との偏差を評価し、偏差が許容値以下となるまでループ処理を実行する。

[0131] まず、制御部 11 は、現設備構成情報、動作履歴情報及び精度実績情報を取得する（ステップ S 601）。制御部 11 は、ステップ S 601 の処理を

完了すると、精度関連特性の標準パラメータ値を取得する（ステップS 6 0 2）。制御部 1 1 は、ステップS 6 0 2 の処理を完了すると、学習済みモデルを取得する（ステップS 6 0 3）。制御部 1 1 は、ステップS 6 0 3 の処理を完了すると、学習済みモデルを用いて精度予測情報を取得する（ステップS 6 0 4）。具体的には、制御部 1 1 は、動作履歴情報と精度関連特性の標準パラメータ値とを学習済みモデルに入力して精度予測情報を取得する。

[0132] 制御部 1 1 は、ステップS 6 0 4 の処理を完了すると、精度実績情報と精度予測情報との偏差を評価する（ステップS 6 0 5）。つまり、制御部 1 1 は、精度実績情報が示す特徴量に対する精度予測情報が示す特徴量の偏差を求める。制御部 1 1 は、ステップS 6 0 5 の処理を完了すると、偏差が許容値以下であるか否かを判別する（ステップS 6 0 6）。制御部 1 1 は、偏差が許容値以下でないと判別すると（ステップS 6 0 6 : N O）、最適化器により精度関連特性を更新する（ステップS 6 0 7）。つまり、制御部 1 1 は、最適化器により精度関連特性が示すパラメータ値を変化させる。制御部 1 1 は、ステップS 6 0 7 の処理を完了すると、ステップS 6 0 4 に処理を戻す。

[0133] 制御部 1 1 は、偏差が許容値以下であると判別すると（ステップS 6 0 6 : Y E S）、最後に用いた精度関連特性を精度関連特性として推定する（ステップS 6 0 8）。つまり、制御部 1 1 は、偏差が許容値以下となるパラメータ値を、工作機械 2 0 0 の精度関連特性を示すパラメータ値として推定する。制御部 1 1 は、ステップS 6 0 8 の処理を完了すると、特性特定処理を完了する。

[0134] 以上説明したように、本実施の形態では、特性特定処理において、学習済みモデルから出力される精度予測情報に基づいて、工作機械 2 0 0 の精度関連特性が推定される。このため、本実施の形態によれば、計算のための処理負荷を低減させることが可能となる。

[0135] 上記実施の形態 1 では、制御部 1 1 において、C P U が R O M 又は記憶部 1 2 に記憶されたプログラムを実行することによって、図 4 に示した各部と

して機能した。しかしながら、本開示において、制御部 11 は、専用のハードウェアであってもよい。専用のハードウェアとは、例えば単一回路、複合回路、プログラム化されたプロセッサ、ASIC (Application Specific Integrated Circuit)、FPGA (Field-Programmable Gate Array)、又は、これらの組み合わせ等である。制御部 11 が専用のハードウェアである場合、各部の機能それぞれを個別のハードウェアで実現してもよいし、各部の機能をまとめて単一のハードウェアで実現してもよい。また、各部の機能のうち、一部を専用のハードウェアによって実現し、他の一部をソフトウェア又はファームウェアによって実現してもよい。このように、制御部 11 は、ハードウェア、ソフトウェア、ファームウェア、又は、これらの組み合わせによって、上述の各機能を実現することができる。

[0136] 本開示に係る提案装置 100 の動作を規定する動作プログラムを既存のパーソナルコンピュータ又は情報端末装置等のコンピュータに適用することで、当該コンピュータを、本開示に係る提案装置 100 として機能させることも可能である。また、このようなプログラムの配布方法は任意であり、例えば、CD-ROM (Compact Disk ROM)、DVD (Digital Versatile Disk)、MO (Magneto Optical Disk)、又は、メモリカード等のコンピュータ読み取り可能な記録媒体に格納して配布してもよいし、インターネット等の通信ネットワークを介して配布してもよい。

[0137] 本開示は、本開示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、本開示を説明するためのものであり、本開示の範囲を限定するものではない。すなわち、本開示の範囲は、実施の形態ではなく、特許請求の範囲によって示される。そして特許請求の範囲内及びそれと同等の開示の意義の範囲内で施される様々な変形が、本開示の範囲内とみなされる。

[0138] 本出願は、2022年2月14日に出願された日本国特許出願特願2022-020618号に基づく。本明細書中に日本国特許出願特願2022-020618号の明細書、特許請求の範囲、図面全体を参照として取り込む

ものとする。

産業上の利用可能性

[0139] 本開示は、設備構成を提案する提案システムに適用可能である。

符号の説明

[0140] 1 1, 2 1 制御部、1 2, 2 2, 3 1 記憶部、1 3, 2 3, 5 1 表示部、1 4, 2 4 操作受付部、1 5, 2 5 通信部、2 6 駆動回路、2 7 モータ、2 8 エンコーダ、4 1 要求受付部、8 1 制御モデル、8 2 機構解析モデル、1 0 0 提案装置、1 0 1 設備構成取得部、1 0 2 動作履歴取得部、1 0 3 精度実績取得部、1 0 4 特性特定部、1 0 5 ユーザ要求取得部、1 0 6 製品情報取得部、1 0 7 設備構成決定部、1 0 8 情報出力部、2 0 0 工作機械、2 1 0 数値制御装置、2 2 0 本体装置、2 2 1 先端部、2 2 2, 2 2 2 A, 2 2 2 B, 2 2 2 C モータ部、2 2 3, 2 2 3 A, 2 2 3 B, 2 2 4 部品、2 2 5, 2 2 5 A, 2 2 5 C 摺動部、3 0 0 第1端末装置、4 0 0 第2端末装置、5 0 0 表示装置、6 0 0 サーバ、6 0 0 A 第1サーバ、6 0 0 B 第2サーバ、6 0 0 C 第3サーバ、6 5 0 精度データベース、6 6 0 モデルデータベース、7 0 0 通信ネットワーク、1 0 0 0 提案システム

請求の範囲

[請求項1]

工作機械の現在の部品構成と前記工作機械の現在の制御プログラムとを含む現設備構成を示す現設備構成情報を取得する設備構成取得手段と、

前記工作機械の動作履歴を示す動作履歴情報を取得する動作履歴取得手段と、

前記工作機械の加工精度の実績を示す精度実績情報を取得する精度実績取得手段と、

前記現設備構成情報と前記動作履歴情報と前記精度実績情報とに基づいて、前記工作機械の加工精度に影響する特性である精度関連特性を特定する特性特定手段と、

加工精度に関するユーザの要求を取得するユーザ要求取得手段と、

前記工作機械に使用可能な部品と前記工作機械に使用可能な制御プログラムとのうち少なくとも一方のラインアップを示す製品情報を取得する製品情報取得手段と、

前記現設備構成情報と前記精度関連特性と前記製品情報とに基づいて、前記ユーザの要求を満たす設備構成であって、前記現設備構成において前記現在の部品構成と前記現在の制御プログラムとのうち少なくとも一方が変更された設備構成である提案設備構成を決定する設備構成決定手段と、

前記提案設備構成に関する情報である提案設備関連情報を出力する情報出力手段と、を備える、

提案装置。

[請求項2]

前記設備構成決定手段は、前記工作機械が被加工物を加工するときに前記工作機械が備える移動部が描く軌道から第1軌道を選択し、前記現在の部品構成において前記移動部が前記第1軌道を描くときに用いる第1部品を特定し、前記現設備構成において前記第1部品を新たな部品に置換した設備構成、又は、前記現設備構成において前記第1

部品に新たな部品を追加した設備構成を、前記提案設備構成として決定する、

請求項 1 に記載の提案装置。

[請求項3] 前記設備構成決定手段は、前記現設備構成情報と前記動作履歴情報とに基づいて、前記移動部が描く軌道のうち描かれる頻度が高い軌道を前記第 1 軌道として選択する、

請求項 2 に記載の提案装置。

[請求項4] 前記設備構成決定手段は、前記現設備構成情報と前記動作履歴情報とに基づいて、前記移動部が描く軌道のうち振動が発生し易い軌道を前記第 1 軌道として選択する、

請求項 2 に記載の提案装置。

[請求項5] 前記設備構成決定手段は、前記製品情報が示す前記ラインアップから前記第 1 部品に対応する少なくとも 1 つの候補部品を特定し、前記少なくとも 1 つの候補部品のうち前記ユーザの要求を満たす候補部品を前記新たな部品として決定する、

請求項 2 から 4 の何れか 1 項に記載の提案装置。

[請求項6] 前記設備構成決定手段は、前記工作機械が被加工物を加工するときに用いる周波数のうち振動が発生し易い周波数を特定し、前記特定した周波数を用いない制御プログラムを含む設備構成を前記提案設備構成として決定する、

請求項 1 から 5 の何れか 1 項に記載の提案装置。

[請求項7] 前記特性特定手段は、前記精度関連特性を示すパラメータ値毎に振動特性又は加工精度の特微量のシミュレーション結果を示すシミュレーション情報と、前記パラメータ値毎に振動特性又は加工精度の特微量の実機を用いた実験における実験結果を示す実機実験情報とのうち少なくとも一方を含む精度データベース情報に基づいて、前記パラメータ値毎に、前記精度実績情報が示す特微量に対する前記精度データベース情報が示す特微量の偏差を求め、前記精度データベース情報が

示す特徴量のうち求めた偏差が最小の特徴量に対応するパラメータ値を、前記工作機械の精度関連特性を示すパラメータ値として特定する、

請求項 1 から 6 の何れか 1 項に記載の提案装置。

[請求項8] 前記特性特定手段は、前記精度関連特性を示すパラメータ値毎に設けられた、前記動作履歴情報を入力して精度予測情報を出力する学習済みモデルを用いて、前記パラメータ値毎に、前記精度実績情報が示す特徴量に対する前記精度予測情報が示す特徴量の偏差を求め、前記パラメータ値のうち求めた偏差が最小のパラメータ値を、前記工作機械の精度関連特性を示すパラメータ値として特定する、

請求項 1 から 6 の何れか 1 項に記載の提案装置。

[請求項9] 前記特性特定手段は、前記精度関連特性を示すパラメータ値と前記動作履歴情報とを入力して精度予測情報を出力するシミュレーションを実行して前記精度予測情報を取得し、前記精度実績情報が示す特徴量に対する前記精度予測情報が示す特徴量の偏差を求め、前記パラメータ値の初期値として標準パラメータ値を設定し、求めた偏差が許容値以下になるまで最適化器により前記パラメータ値を更新しながら前記シミュレーションにより前記精度予測情報を取得する処理を繰り返して実行し、求めた偏差が前記許容値以下となったときの前記パラメータ値を、前記工作機械の精度関連特性を示すパラメータ値として特定する、

請求項 1 から 6 の何れか 1 項に記載の提案装置。

[請求項10] 前記特性特定手段は、前記精度関連特性を示すパラメータ値と前記動作履歴情報とを入力して精度予測情報を出力する学習済みモデルを用いて前記精度予測情報を取得し、前記精度実績情報が示す特徴量に対する前記精度予測情報が示す特徴量の偏差を求め、前記パラメータ値の初期値として標準パラメータ値を設定し、求めた偏差が許容値以下になるまで最適化器により前記パラメータ値を更新しながら前記学

習済みモデルを用いて前記精度予測情報を取得する処理を繰り返して実行し、求めた偏差が前記許容値以下となったときの前記パラメータ値を、前記工作機械の精度関連特性を示すパラメータ値として特定する、

請求項 1 から 6 の何れか 1 項に記載の提案装置。

[請求項11] 工作機械と、提案装置と、表示装置とを備える提案システムであって、

前記工作機械は、

前記工作機械の現在の部品構成と前記工作機械の現在の制御プログラムとを含む現設備構成を示す現設備構成情報と、前記工作機械の動作履歴を示す動作履歴情報と、を記憶する記憶手段を備え、

前記提案装置は、

前記工作機械の加工精度の実績を示す精度実績情報を取得する精度実績取得手段と、

前記現設備構成情報と前記動作履歴情報と前記精度実績情報とに基づいて、前記工作機械の加工精度に影響する特性である精度関連特性を特定する特性特定手段と、

加工精度に関するユーザの要求を取得するユーザ要求取得手段と、

前記工作機械に使用可能な部品と前記工作機械に使用可能な制御プログラムとのうち少なくとも一方のラインアップを示す製品情報を取得する製品情報取得手段と、

前記現設備構成情報と前記精度関連特性と前記製品情報とに基づいて、前記ユーザの要求を満たす設備構成であって、前記現設備構成において前記現在の部品構成と前記現在の制御プログラムとのうち少なくとも一方が変更された設備構成である提案設備構成を決定する設備構成決定手段と、を備え、

前記表示装置は、

前記提案設備構成に関する情報である提案設備関連情報を表示する

表示手段を備える、

提案システム。

[請求項12]

工作機械の現在の部品構成と前記工作機械の現在の制御プログラムとを含む現設備構成を示す現設備構成情報と、前記工作機械の動作履歴を示す動作履歴情報と、前記工作機械の加工精度の実績を示す精度実績情報とに基づいて、前記工作機械の加工精度に影響する特性である精度関連特性を特定し、

前記現設備構成情報と、前記精度関連特性と、前記工作機械に使用可能な部品と前記工作機械に使用可能な制御プログラムとのうち少なくとも一方のラインアップを示す製品情報とに基づいて、加工精度に関するユーザの要求を満たす設備構成であって、前記現設備構成において前記現在の部品構成と前記現在の制御プログラムとのうち少なくとも一方が変更された設備構成である提案設備構成を決定し、

前記提案設備構成に関する情報である提案設備関連情報を提示する、

提案方法。

[請求項13]

コンピュータを、

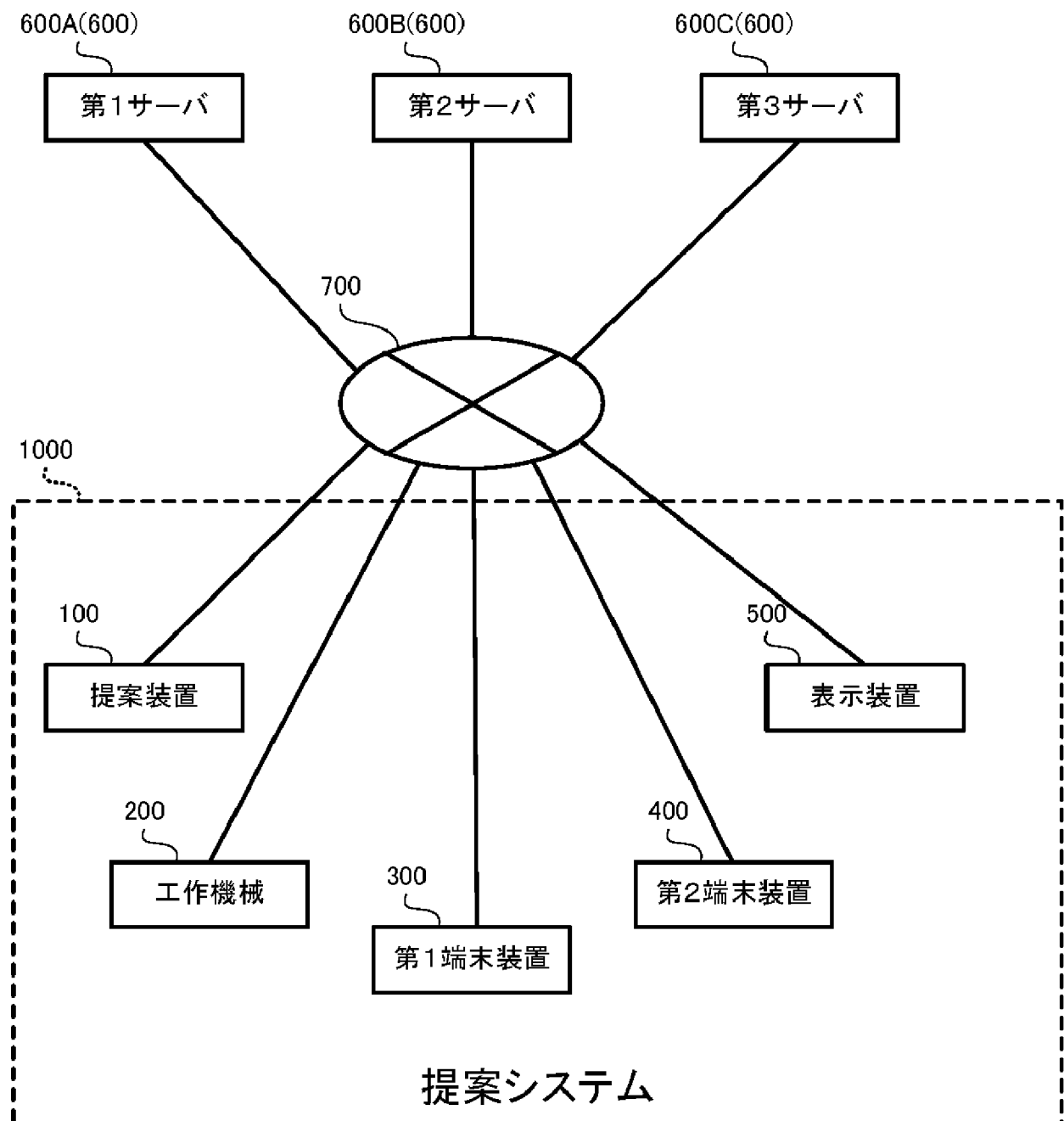
工作機械の現在の部品構成と前記工作機械の現在の制御プログラムとを含む現設備構成を示す現設備構成情報と、前記工作機械の動作履歴を示す動作履歴情報と、前記工作機械の加工精度の実績を示す精度実績情報とに基づいて、前記工作機械の加工精度に影響する特性である精度関連特性を特定する特性特定手段、

前記現設備構成情報と、前記精度関連特性と、前記工作機械に使用可能な部品と前記工作機械に使用可能な制御プログラムとのうち少なくとも一方のラインアップを示す製品情報とに基づいて、加工精度に関するユーザの要求を満たす設備構成であって、前記現設備構成において前記現在の部品構成と前記現在の制御プログラムとのうち少なくとも一方が変更された設備構成である提案設備構成を決定する設備構

成決定手段、として機能させる、
プログラム。

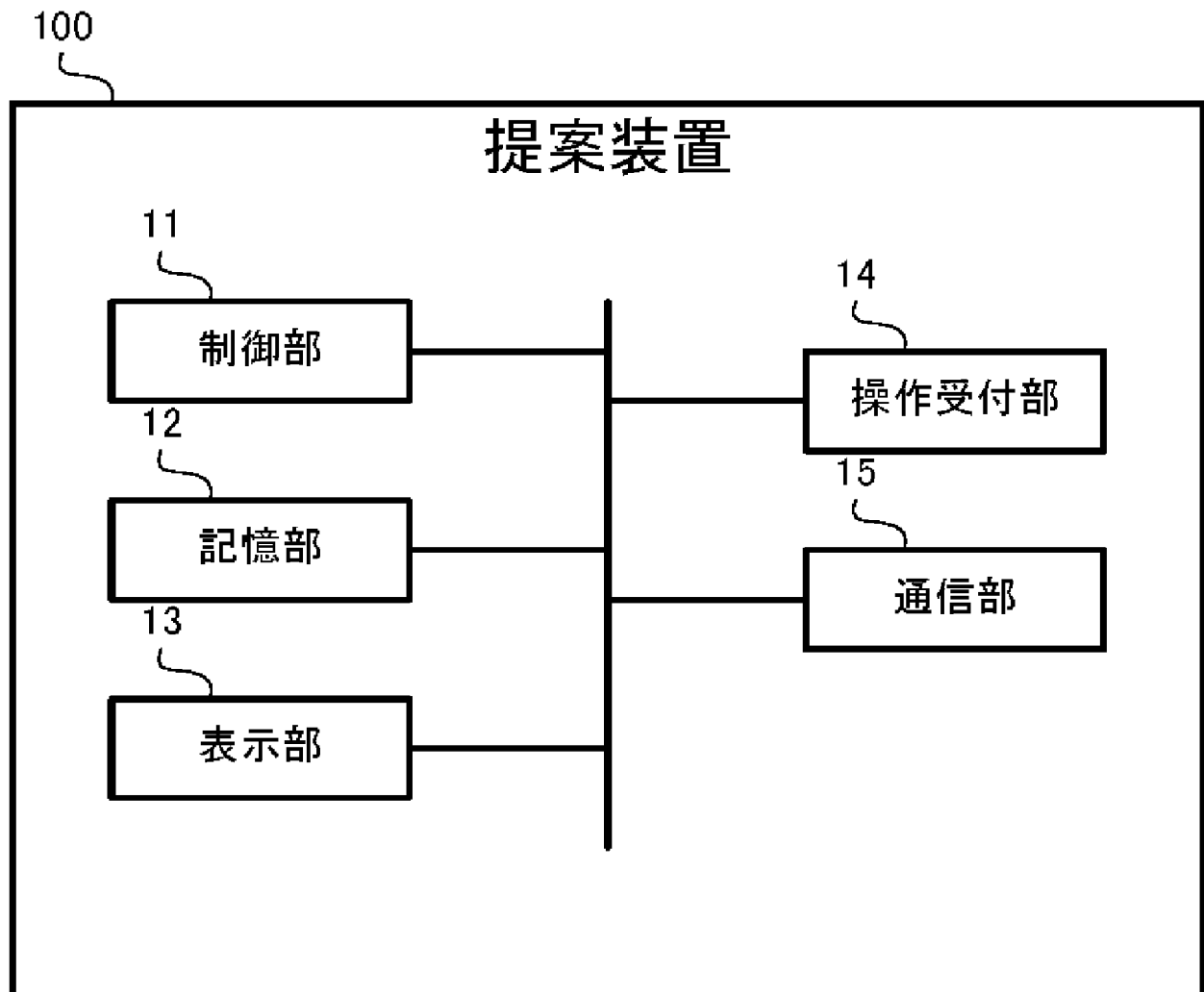
[図1]

図1



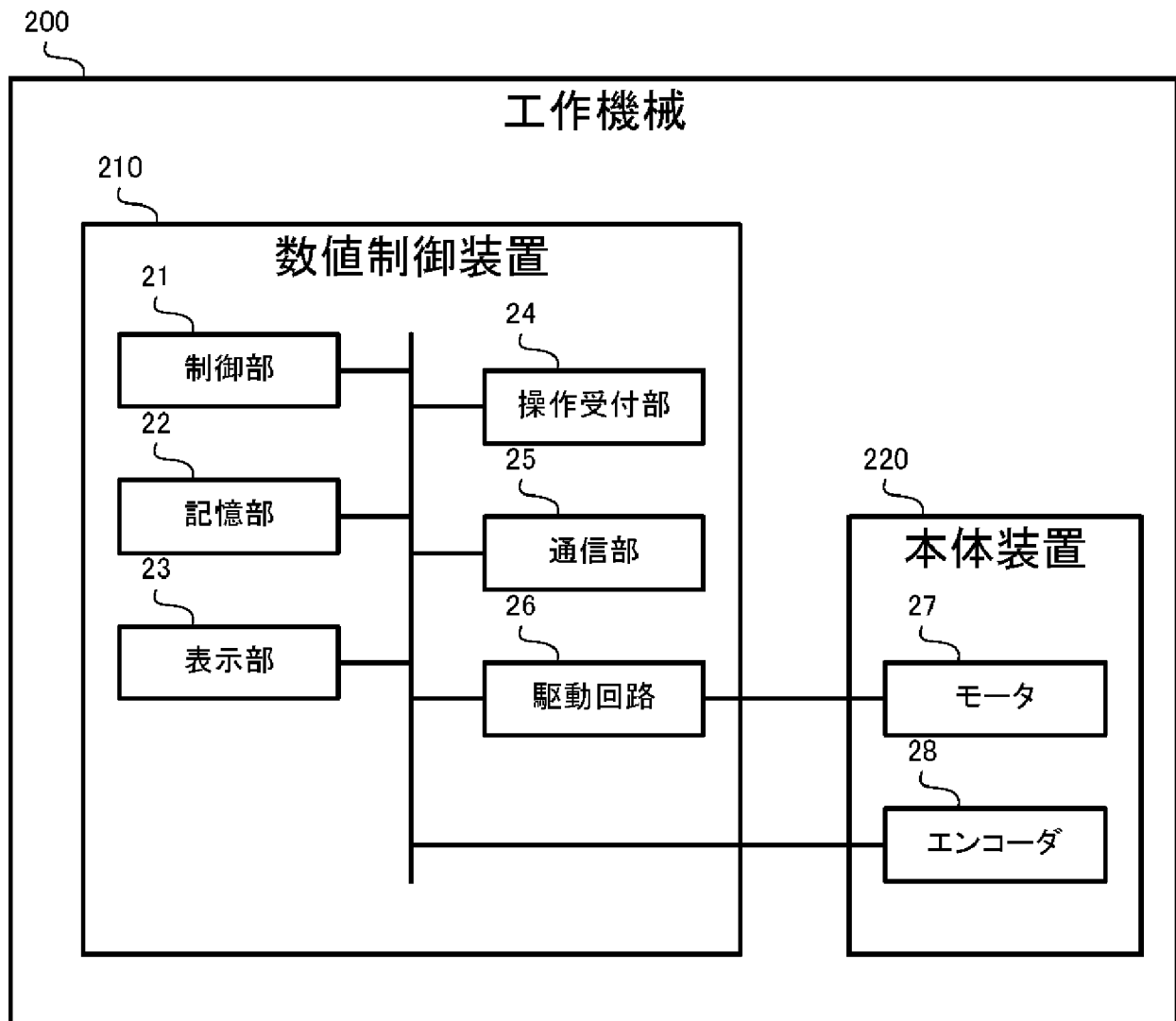
[図2]

図2



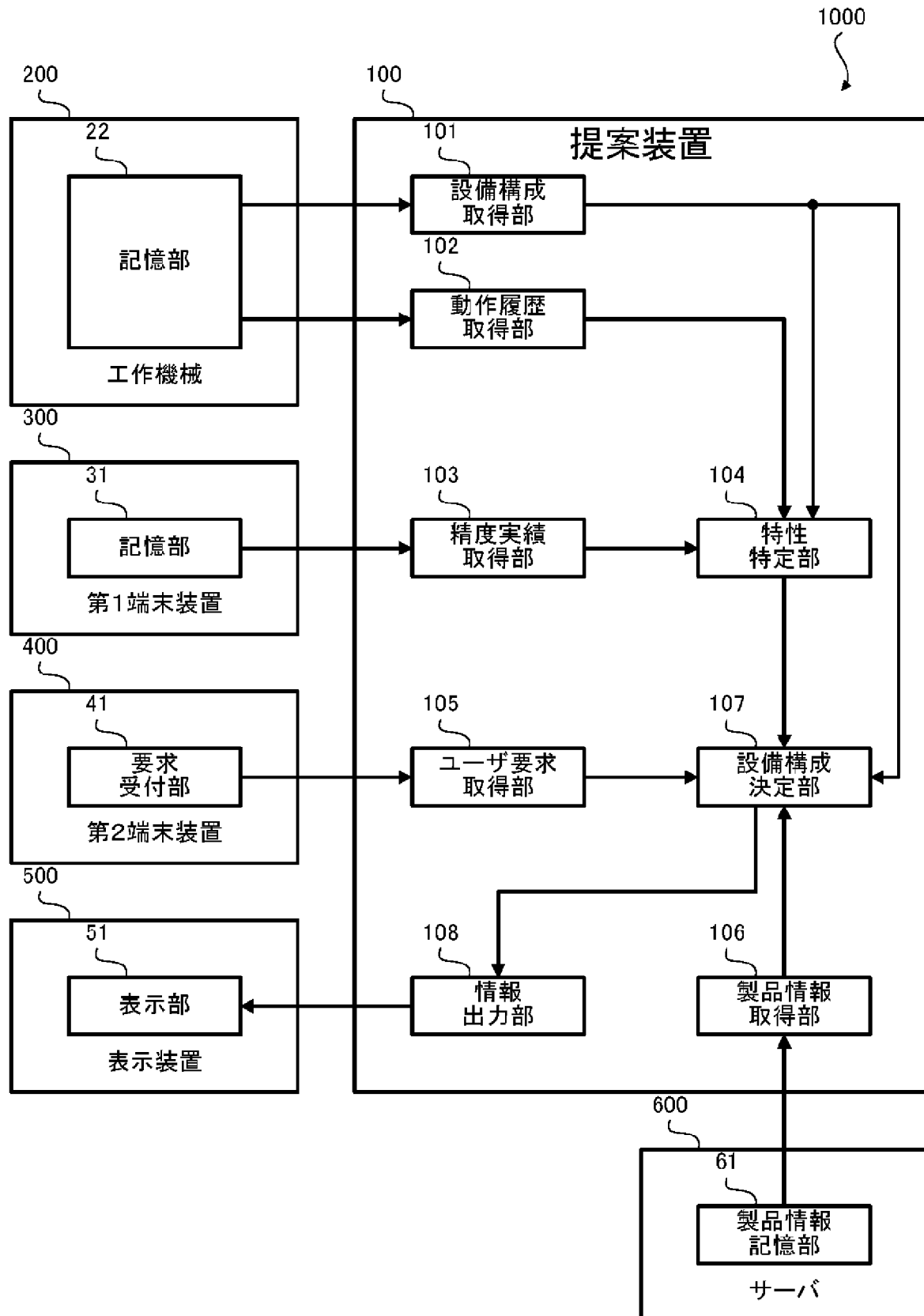
[図3]

図3



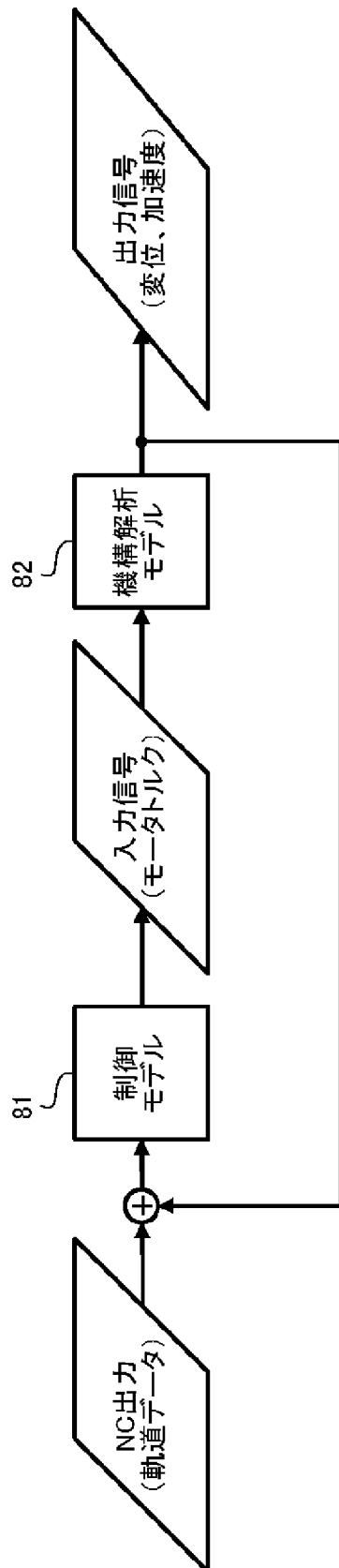
[図4]

図4



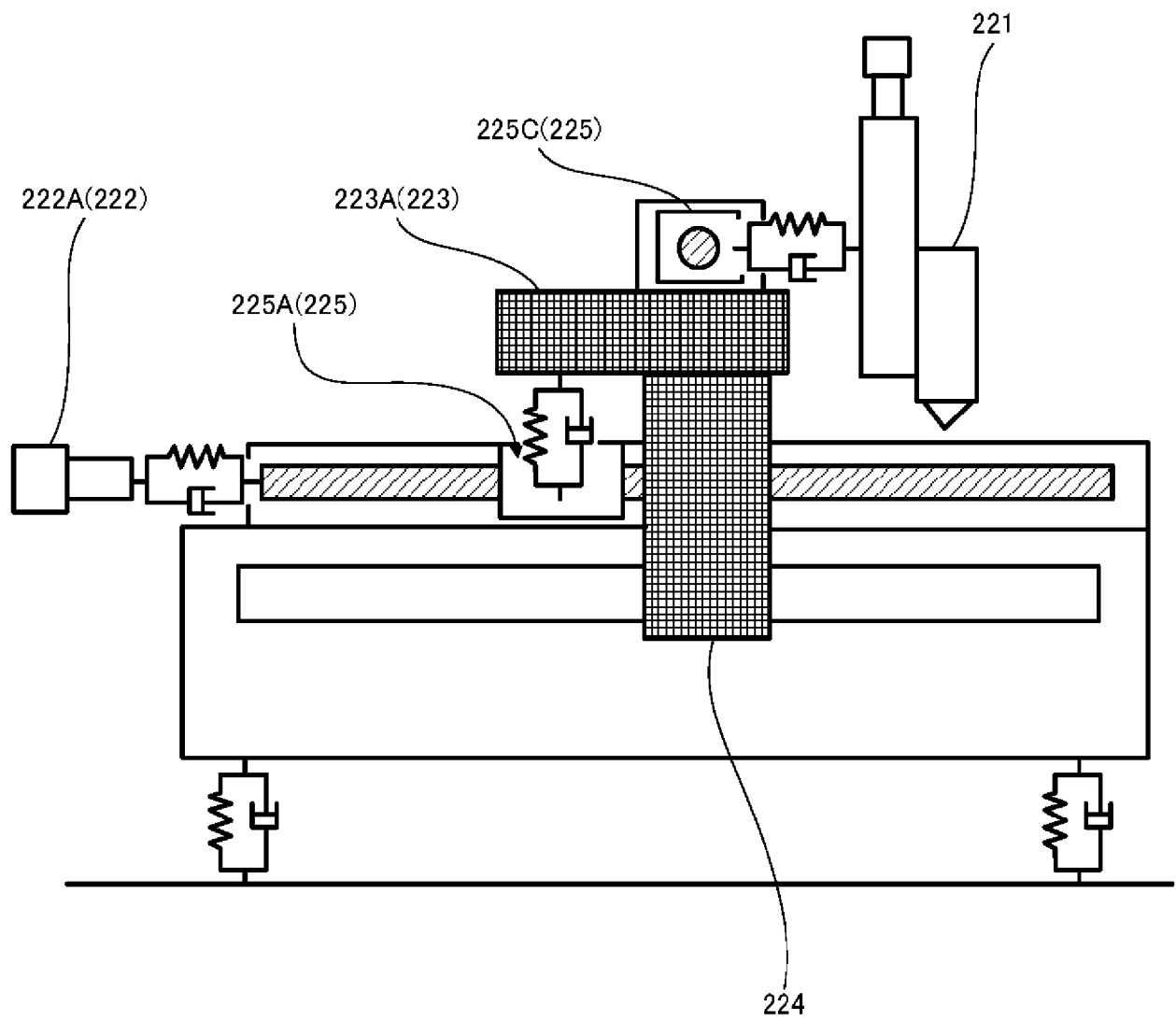
[図5]

図5



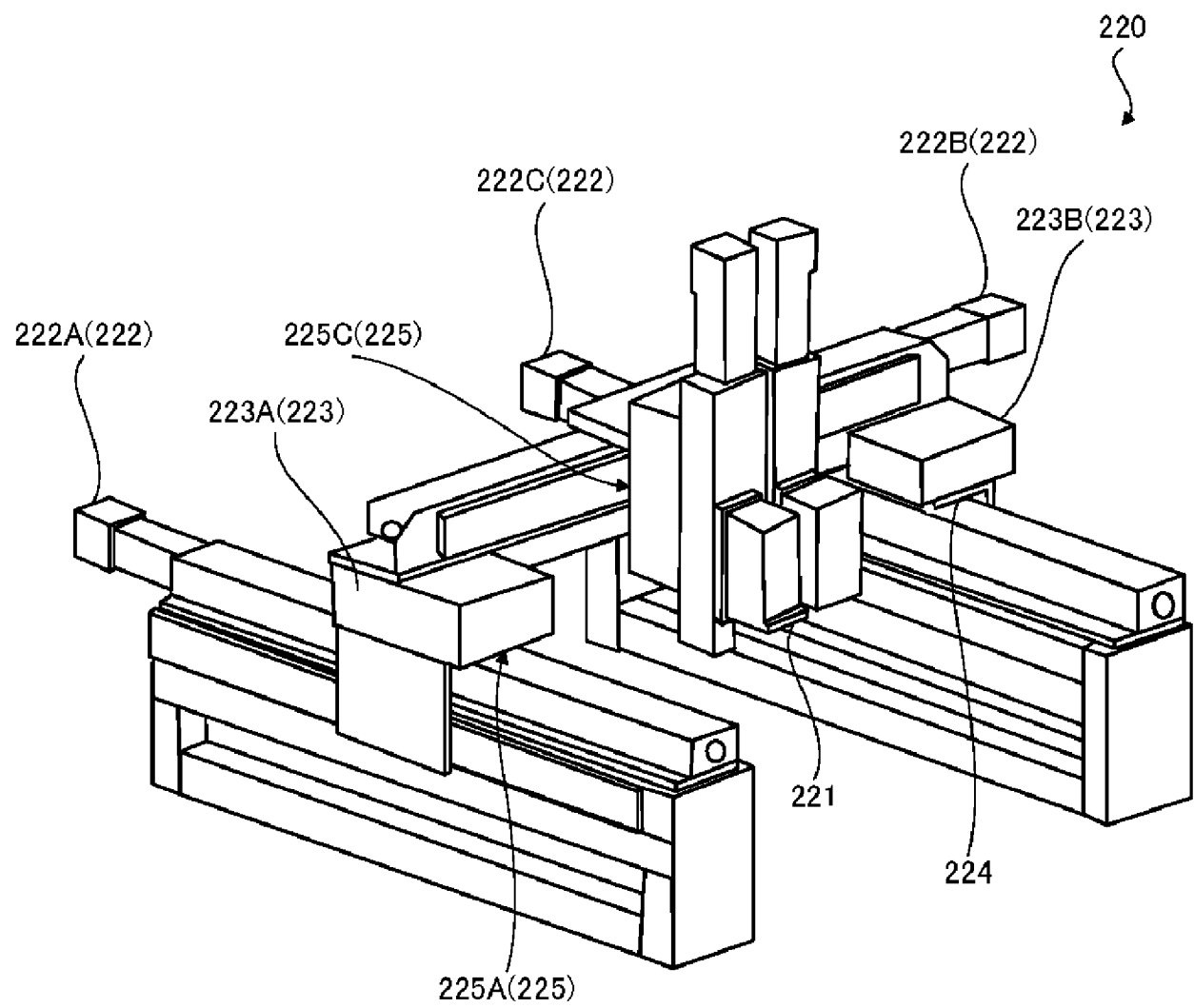
[図6]

図6



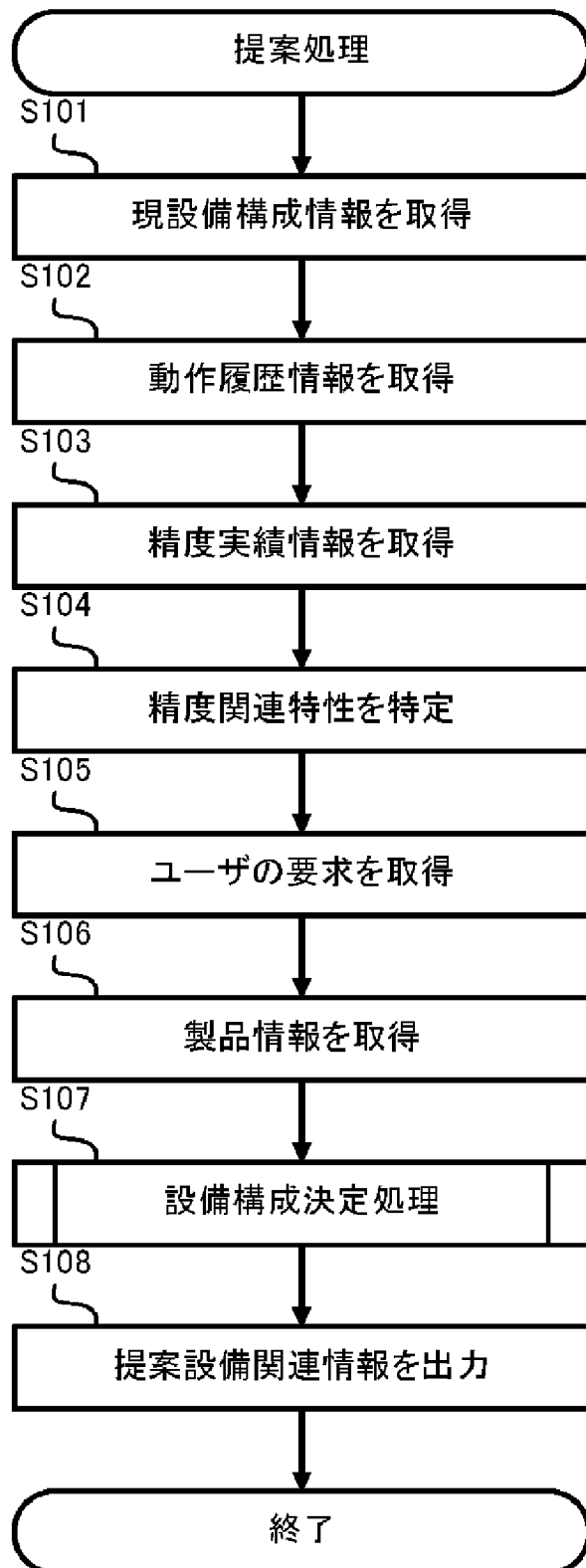
[図7]

図7



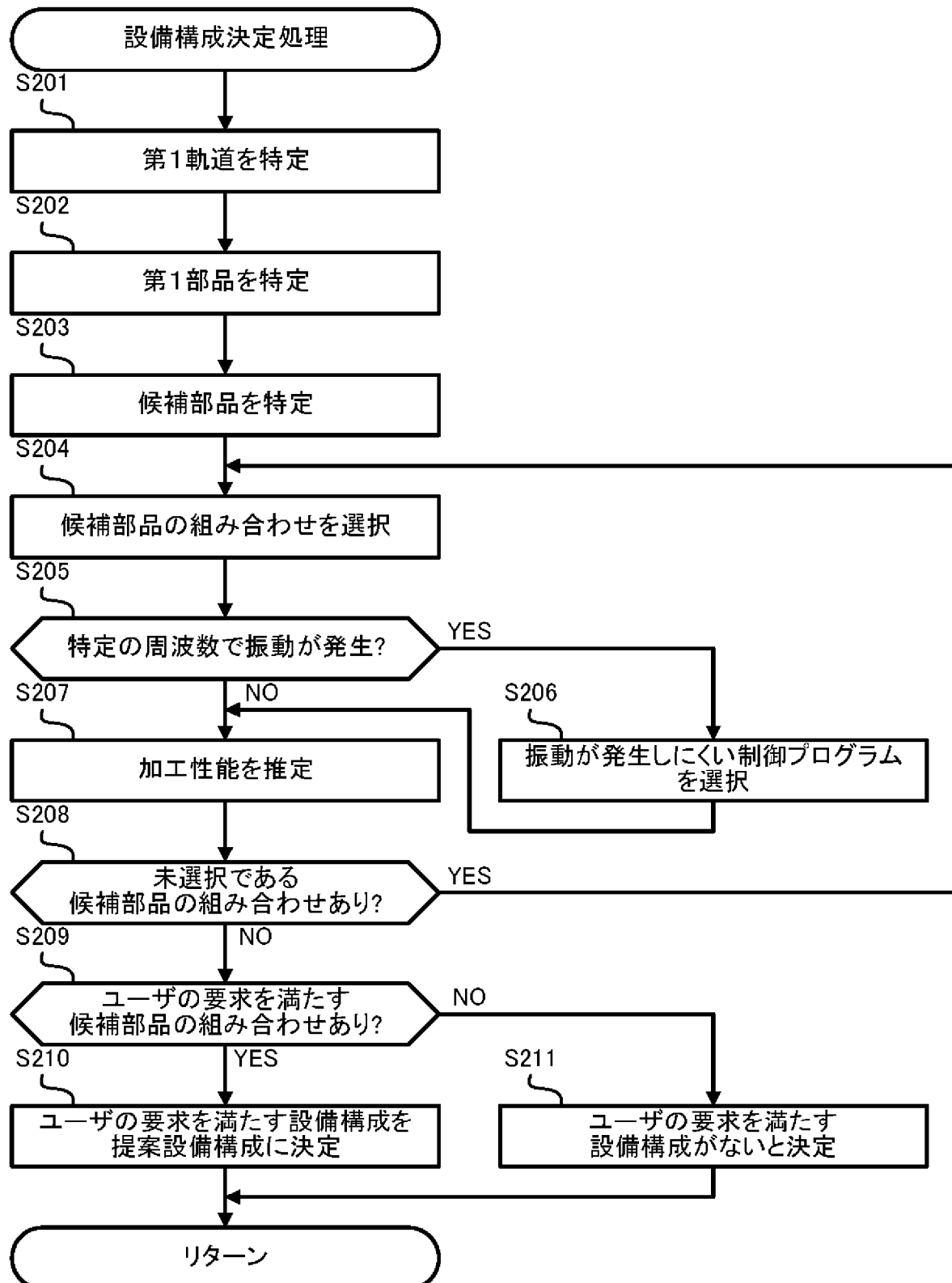
[図8]

図8



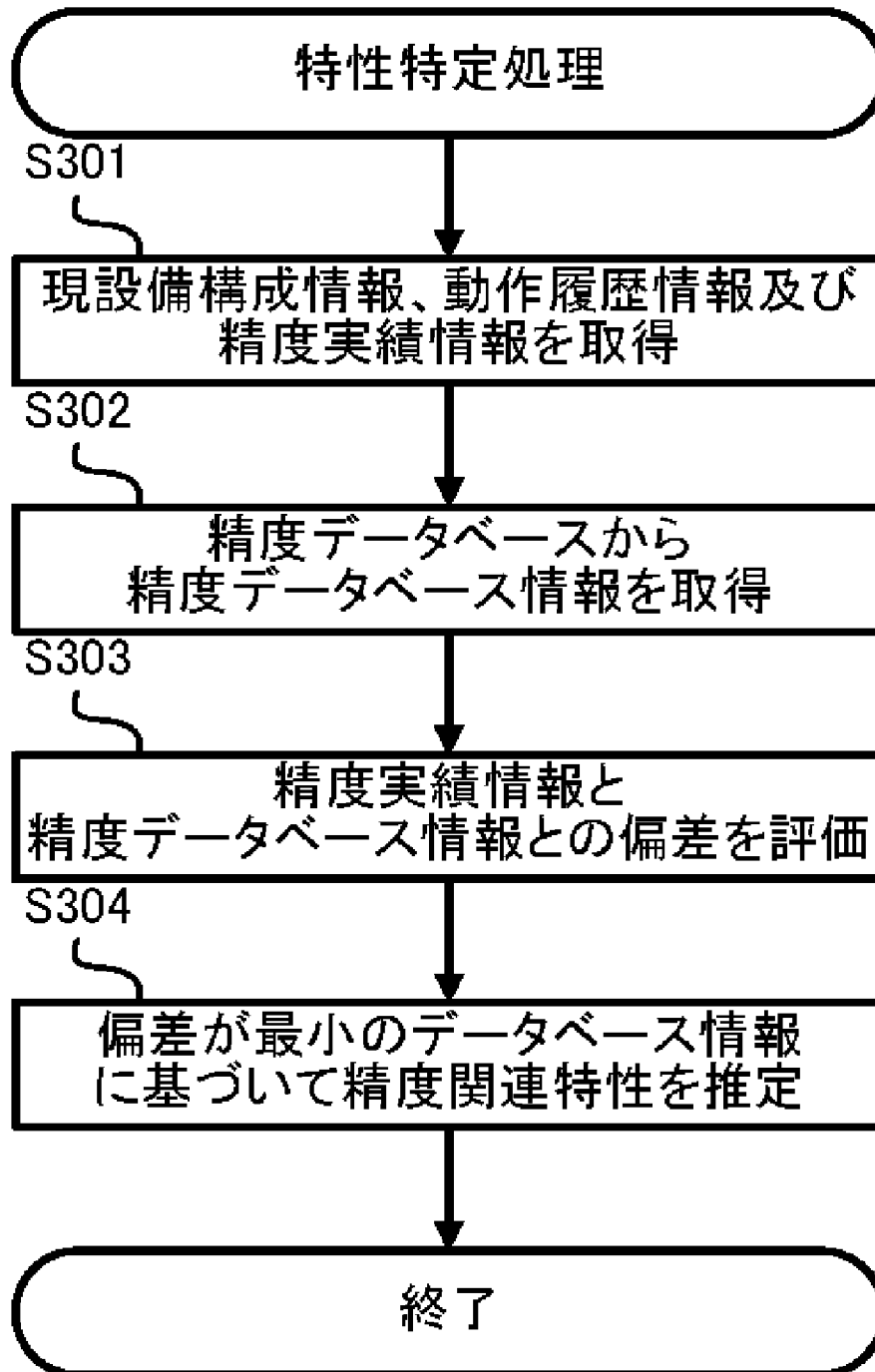
[図9]

図9



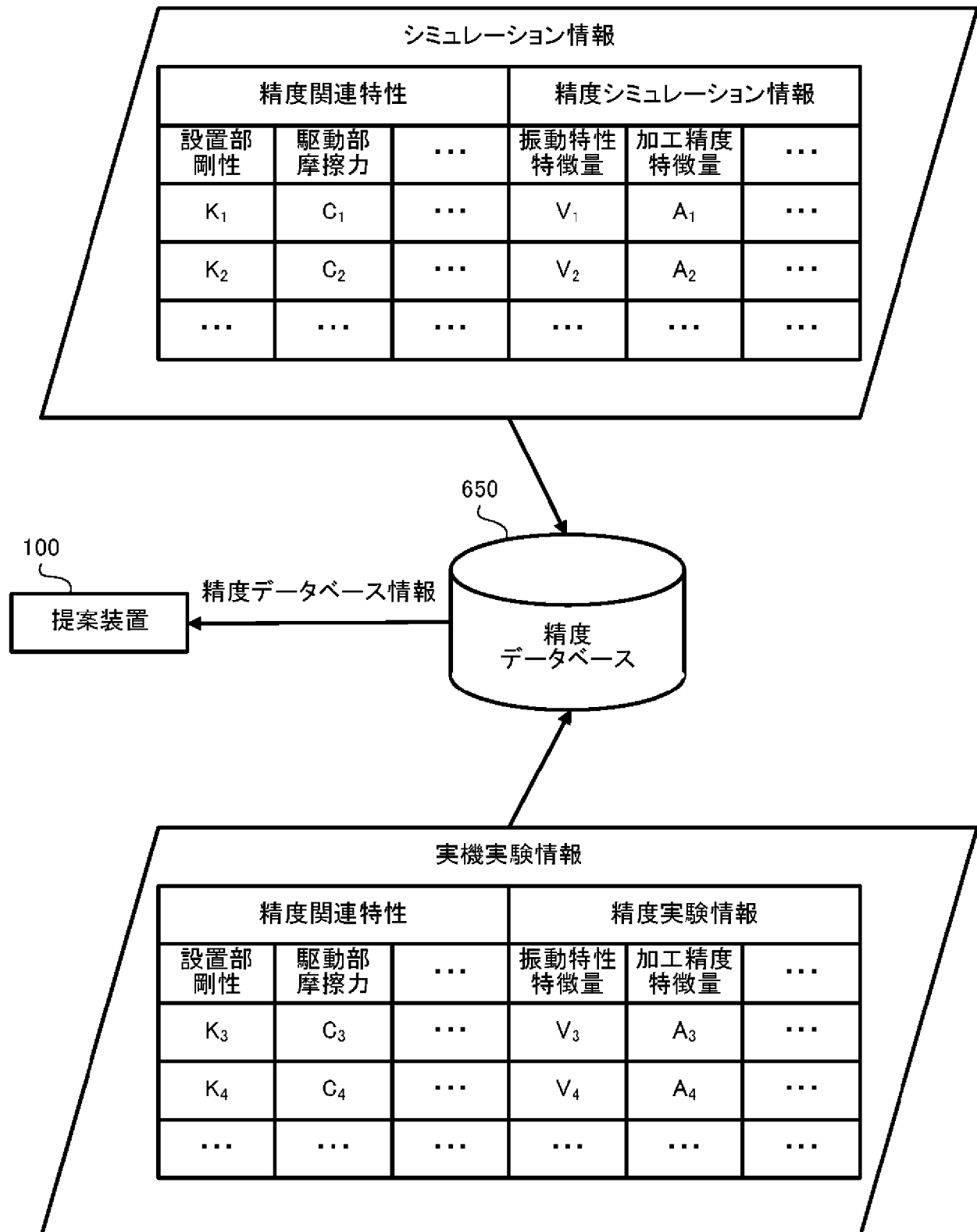
[図10]

図10



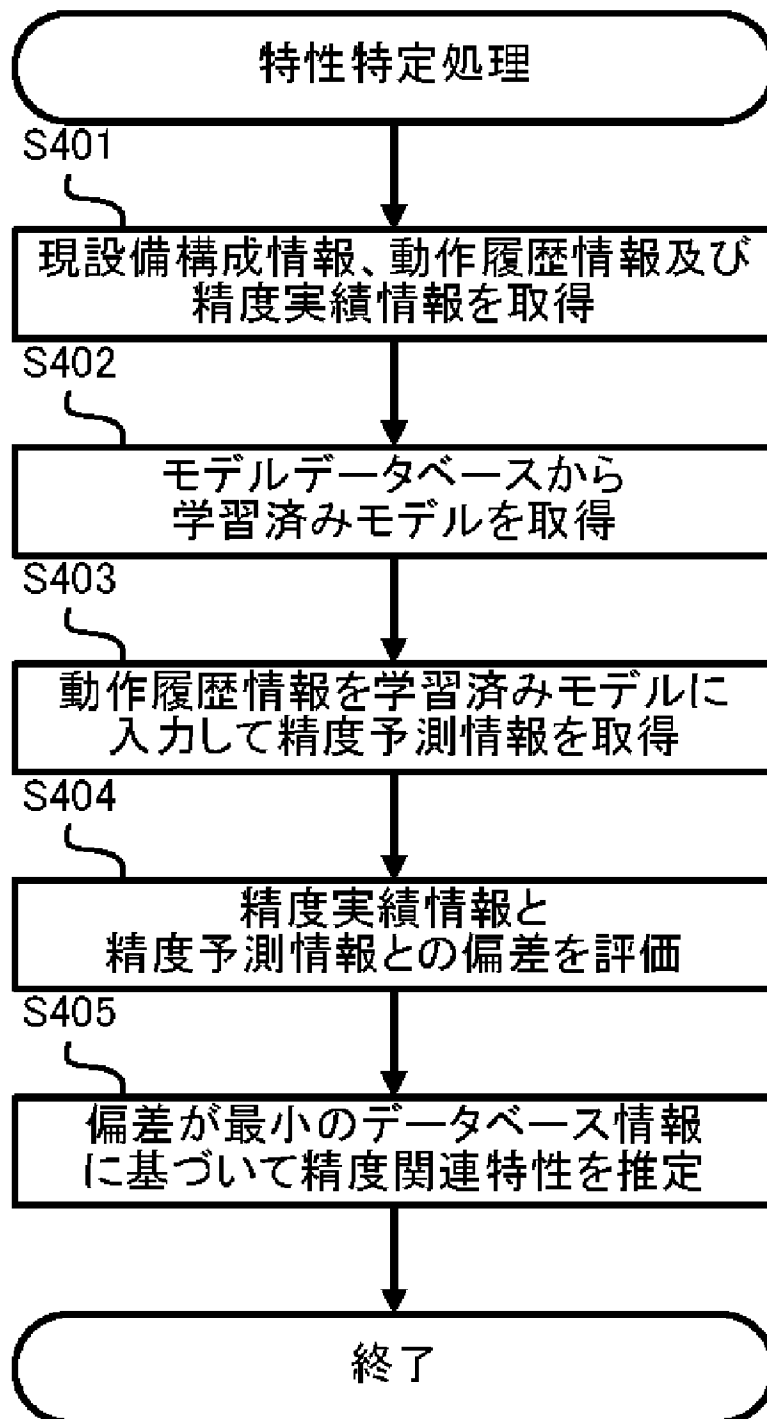
[図11]

図11



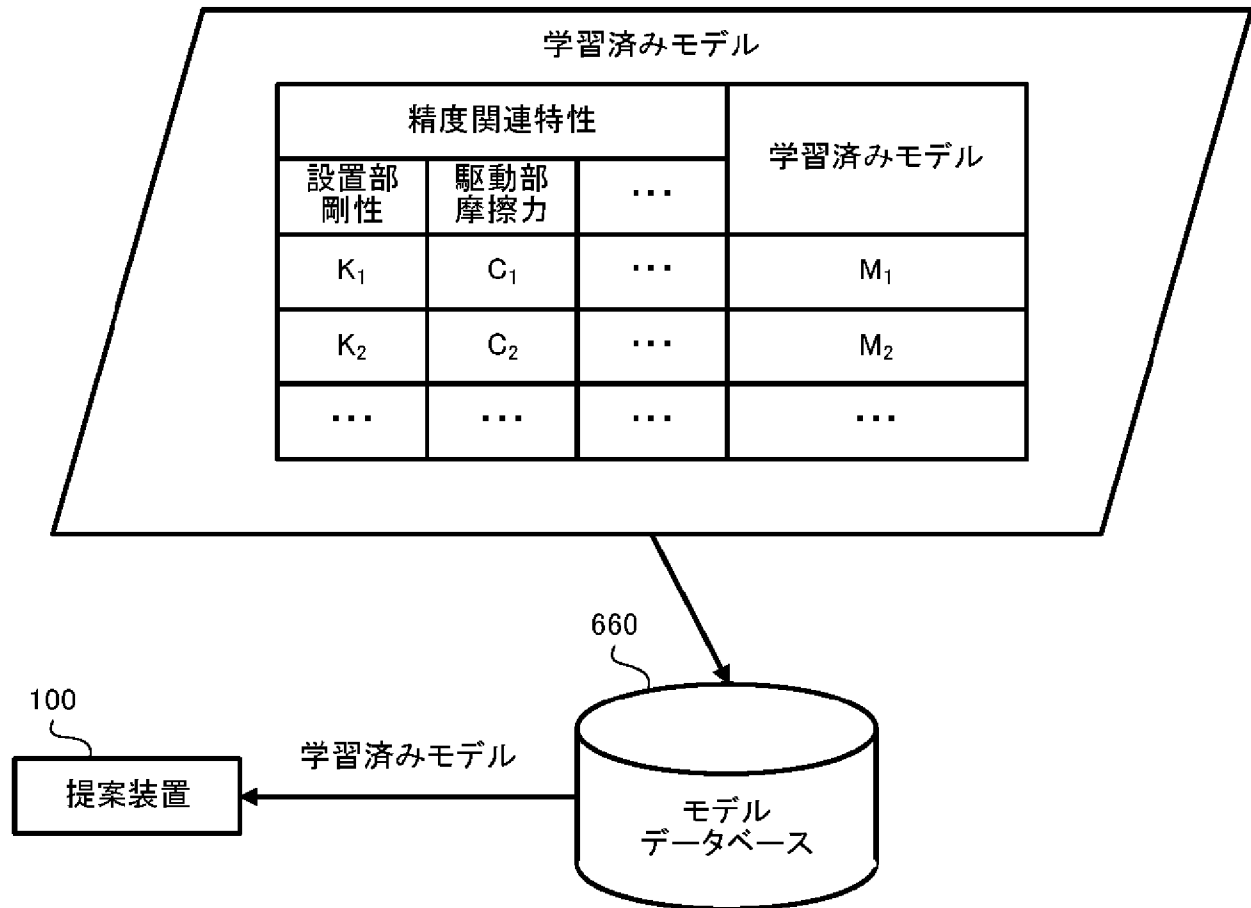
[図12]

図12



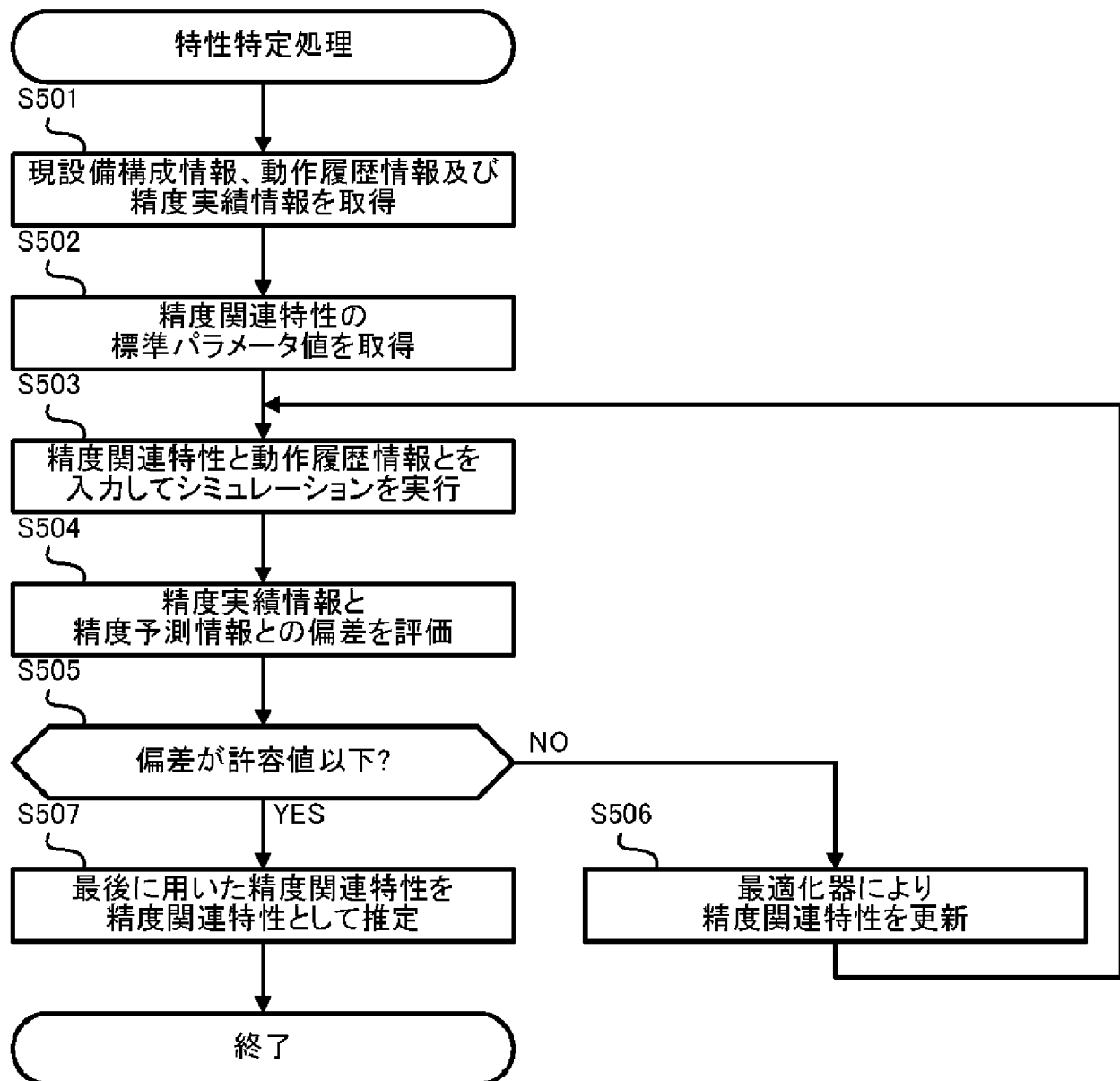
[図13]

図13



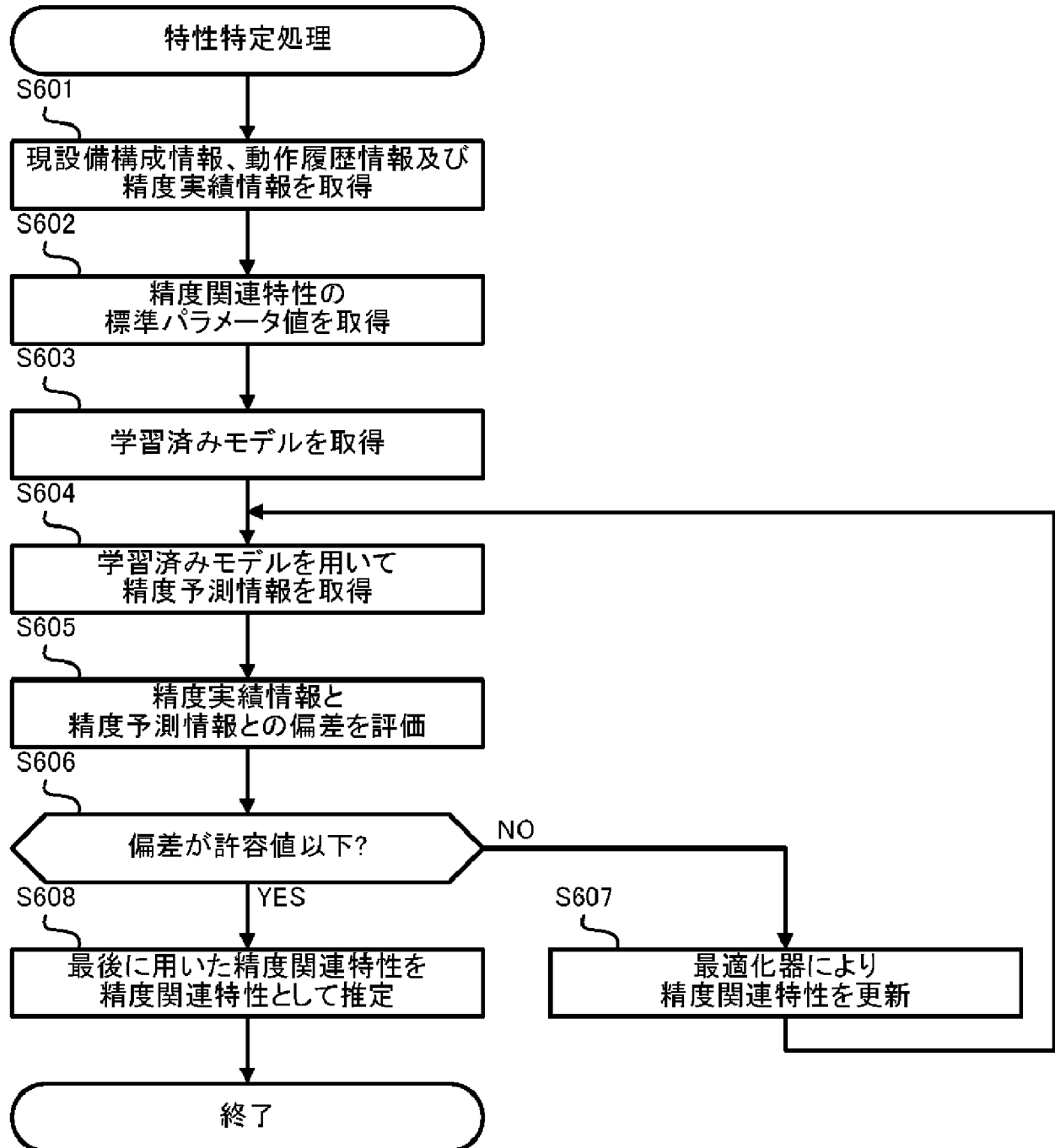
[図14]

図14



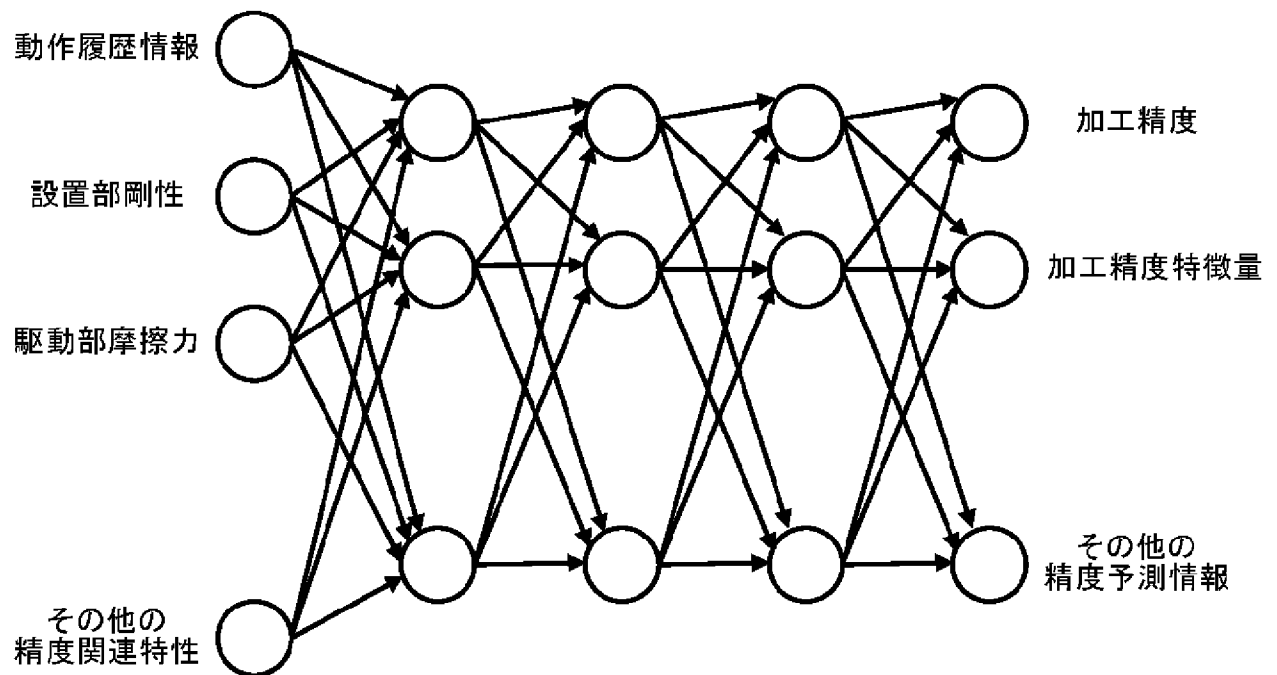
[図15]

図15



[図16]

図16



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2023/004219

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER**G06Q 50/04**(2012.01)i; **G06Q 30/0282**(2023.01)i

FI: G06Q50/04; G06Q30/0282

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)

G06Q50/04; G06Q30/0282

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 1971-2023
 Registered utility model specifications of Japan 1996-2023
 Published registered utility model applications of Japan 1994-2023

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

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	WO 02/03156 A1 (MORI SEIKI CO., LTD.) 10 January 2002 (2002-01-10) entire text, all drawings	1-13
A	WO 2018/225270 A1 (XEBEC TECHNOLOGY CO., LTD.) 13 December 2018 (2018-12-13) entire text, all drawings	1-13
A	JP 2021-047520 A (JTEKT CORP) 25 March 2021 (2021-03-25) entire text, all drawings	1-13
A	JP 08-047846 A (NTN CORP) 20 February 1996 (1996-02-20) entire text, all drawings	1-13
A	JP 2015-156182 A (KMC KK) 27 August 2015 (2015-08-27) entire text, all drawings	1-13
A	JP 2019-204248 A (HITACHI LTD) 28 November 2019 (2019-11-28) entire text, all drawings	1-13



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

11 April 2023

Date of mailing of the international search report

25 April 2023

Name and mailing address of the ISA/JP

Japan Patent Office (ISA/JP)
 3-4-3 Kasumigaseki, Chiyoda-ku, Tokyo 100-8915
 Japan

Authorized officer

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/JP2023/004219

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)	Publication date (day/month/year)
WO	02/03156	A1	10 January 2002	EP 1296211 A1 entire text, all drawings	
WO	2018/225270	A1	13 December 2018	(Family: none)	
JP	2021-047520	A	25 March 2021	(Family: none)	
JP	08-047846	A	20 February 1996	(Family: none)	
JP	2015-156182	A	27 August 2015	(Family: none)	
JP	2019-204248	A	28 November 2019	US 2019/0362283 A1 entire text, all drawings	

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC）） G06Q 50/04(2012.01)i; G06Q 30/0282(2023.01)i FI: G06Q50/04; G06Q30/0282		
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）） G06Q50/04; G06Q30/0282 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 1971-2023年 日本国実用新案登録公報 1996-2023年 日本国登録実用新案公報 1994-2023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
A	WO 02/03156 A1（株式会社森精機製作所）10.01.2002（2002-01-10） 全文、全図	1-13
A	WO 2018/225270 A1（株式会社ジーベックテクノロジー）13.12.2018（2018-12-13） 全文、全図	1-13
A	JP 2021-047520 A（株式会社ジェイテクト）25.03.2021（2021-03-25） 全文、全図	1-13
A	JP 08-047846 A（エヌティエヌ株式会社）20.02.1996（1996-02-20） 全文、全図	1-13
A	JP 2015-156182 A（株式会社KMC）27.08.2015（2015-08-27） 全文、全図	1-13
A	JP 2019-204248 A（株式会社日立製作所）28.11.2019（2019-11-28） 全文、全図	1-13
☐ 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、一般的な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抵触するものではなく、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 11.04.2023	国際調査報告の発送日 25.04.2023	
名称及びあて先 日本国特許庁(ISA/JP) 〒100-8915 日本国 東京都千代田区霞が関三丁目4番3号	権限のある職員（特許庁審査官） 庄司 琴美 5L 7893 電話番号 03-3581-1101 内線 3562	

国際調査報告
 パテントファミリーに関する情報

国際出願番号

PCT/JP2023/004219

引用文献			公表日	パテントファミリー文献	公表日
WO	02/03156	A1	10.01.2002	EP 1296211 A1 全文, 全図	
WO	2018/225270	A1	13.12.2018	(ファミリーなし)	
JP	2021-047520	A	25.03.2021	(ファミリーなし)	
JP	08-047846	A	20.02.1996	(ファミリーなし)	
JP	2015-156182	A	27.08.2015	(ファミリーなし)	
JP	2019-204248	A	28.11.2019	US 2019/0362283 A1 全文, 全図	