

(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
2022年3月24日(24.03.2022)



(10) 国際公開番号

WO 2022/059633 A1

(51) 国際特許分類:
G05B 19/4155 (2006.01) B23Q 17/00 (2006.01)

南都留郡忍野村忍草字古馬場 3 5 8 0 番地 ファナック株式会社内 Yamanashi (JP).

(21) 国際出願番号: PCT/JP2021/033468

(22) 国際出願日: 2021年9月13日(13.09.2021)

(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 2020-156217 2020年9月17日(17.09.2020) JP

(71) 出願人: ファナック株式会社 (FANUC CORPORATION) [JP/JP]; 〒4010597 山梨県南都留郡忍野村忍草字古馬場 3 5 8 0 番地 Yamanashi (JP).

(72) 発明者: 清水 友己 (SHIMIZU Tomoki); 〒4010597 山梨県南都留郡忍野村忍草字古馬場 3 5 8 0 番地 ファナック株式会社内 Yamanashi (JP). 洪榮杓(HON Yonpyo); 〒4010597 山梨県

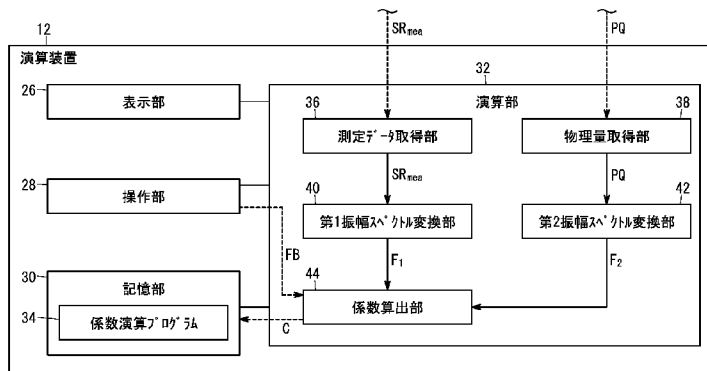
(74) 代理人: 千葉剛宏, 外(CHIBA Yoshihiro et al.); 〒1510053 東京都渋谷区代々木 2 丁目 1 番 1 号 新宿マインズタワー 1 6 階 Tokyo (JP).

(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, IT, 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, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, WS, ZA, ZM, ZW.

(54) Title: CALCULATION DEVICE, SURFACE ROUGHNESS PREDICTION SYSTEM, AND CALCULATION METHOD

(54) 発明の名称: 演算装置、面粗さ予測システム、および演算方法

[図2]
FIG. 2



- 12 Calculation device
- 26 Display unit
- 28 Operation unit
- 30 Storage unit
- 32 Calculation unit
- 34 Coefficient calculation program
- 36 Measurement data acquisition unit
- 38 Physical quantity acquisition unit
- 40 First amplitude spectrum conversion unit
- 42 Second amplitude spectrum conversion unit
- 44 Coefficient calculation unit

(57) Abstract: This calculation device (12) for predicting the surface roughness of a processed product from a physical quantity comprises: a measurement data acquisition unit (36) which acquires measurement data (SRmea) of surface roughness measured by a surface roughness measuring device; a physical quantity acquisition unit (38) which acquires a physical quantity (PQ) indicating a factor that causes surface roughness; a first amplitude spectrum conversion unit (40) which converts the measurement data (SRmea) into a first amplitude spectrum (F1); a second amplitude spectrum conversion unit (42) which converts the physical quantity (PQ) into a second amplitude spectrum (F2); and a coefficient calculation unit (44) which calculates a coefficient (C) on the basis of a specific frequency (FB), the second amplitude spectrum (F2), and the first amplitude spectrum (F1).

(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))

(57) 要約: 物理量から加工品の面粗さを予測するための演算装置 (12) であって、面粗さ測定装置によって測定された面粗さの測定データ (SR mea) を取得する測定データ取得部 (36) と、面粗さの発生要因を示す物理量 (PQ) を取得する物理量取得部 (38) と、測定データ (SR mea) を第1振幅スペクトル (F1) に変換する第1振幅スペクトル変換部 (40) と、物理量 (PQ) を第2振幅スペクトル (F2) に変換する第2振幅スペクトル変換部 (42) と、特定周波数 (FB) と第2振幅スペクトル (F2) と第1振幅スペクトル (F1) とに基づいて係数 (C) を算出する係数算出部 (44) と、を備える。

明 細 書

発明の名称：演算装置、面粗さ予測システム、および演算方法 技術分野

[0001] 本発明は、工作機械で加工される加工品の面粗さを予測するために用いられる演算装置、面粗さ予測システム、および演算方法に関する。

背景技術

[0002] 特開 2 0 1 8 - 1 8 9 5 8 2 号公報には、工作機械で加工される加工品の面粗さを測定する計測装置（以下、面粗さ測定装置）の一例が開示されている。

発明の概要

[0003] 工作機械の分野においては、工作機械で加工される加工品の面粗さの検査が行われる。その検査では、本番の加工の事前にテストピースを試験的に加工することで、テストピースの加工面粗さが測定される。これにより、テストピースの加工面粗さが評価されていた。しかしながら、テストピースの面粗さは、工具の摩耗またはオペレータの段取り精度等の工作機械の性能に関係ない要素が大きく影響する。したがって、テストピースの面粗さを測定するのみでは、その後に製品として加工される加工品の面粗さを精度よく予測することは困難であった。

[0004] そこで本発明は、加工品の面粗さの予測を可能とする演算装置、面粗さ予測システム、および演算方法を提供することを目的とする。

[0005] 本発明の第 1 の態様は、演算装置であって、面粗さ測定装置によって測定された、工作機械で加工された加工品の面粗さを示す測定データを取得する測定データ取得部と、前記工作機械の加工中に、前記工作機械の性能によって加工品に面粗さが生じる発生要因を示す物理量を取得する物理量取得部と、前記測定データを周波数解析して第 1 振幅スペクトルに変換する第 1 振幅スペクトル変換部と、前記物理量を周波数解析して第 2 振幅スペクトルに変換する第 2 振幅スペクトル変換部と、前記物理量から加工品の面粗さを予測

するために、予め決められた周波数または予め決められた周波数帯域である特定周波数における前記第2振幅スペクトルの振幅値に乗算したときに、前記特定周波数における第1振幅スペクトルの振幅値と所定範囲内で等しくなる係数を算出する係数算出部と、を備える。

[0006] 本発明の第2の態様は、第1の態様の演算装置と、前記特定周波数および前記係数を用いて前記工作機械で加工される前記加工品の面粗さを予測する面粗さ予測装置とを備える面粗さ予測システムであって、前記面粗さ予測装置は、前記工作機械の加工中に、前記工作機械の性能によって加工品に面粗さが生じる発生要因を示す物理量を取得する物理量取得部と、前記物理量を周波数解析して振幅スペクトルに変換する振幅スペクトル変換部と、前記係数および前記特定周波数を記憶する記憶部と、前記特定周波数における前記振幅スペクトルの振幅値と前記係数とを乗算して、前記加工品の面粗さを示す面粗さ振幅スペクトルを算出する面粗さスペクトル算出部と、前記面粗さ振幅スペクトルを逆変換して前記加工品の面粗さを示す予測データを算出する面粗さ算出部と、を備える。

[0007] 本発明の第3の態様は、演算方法であって、面粗さ測定装置によって測定された、工作機械で加工された加工品の面粗さを示す測定データを取得する測定データ取得ステップと、前記工作機械の加工中に、前記工作機械の性能によって加工品に面粗さが生じる発生要因を示す物理量を取得する物理量取得ステップと、前記測定データを周波数解析して第1振幅スペクトルに変換する第1振幅スペクトル変換ステップと、前記物理量取得ステップで取得された前記物理量を周波数解析して第2振幅スペクトルに変換する第2振幅スペクトル変換ステップと、前記物理量から加工品の面粗さを予測するために、予め決められた周波数または予め決められた周波数帯域である特定周波数における前記第2振幅スペクトルの振幅値に乗算したときに、前記特定周波数における第1振幅スペクトルの振幅値と所定範囲内で等しくなる係数を算出する係数算出ステップと、を含む。

[0008] 本発明の態様によれば、加工品の面粗さの予測を可能とする演算装置、面

粗さ予測システム、および演算方法が提供される。

図面の簡単な説明

[0009] [図1]図 1 は、実施の形態の面粗さ予測システムの概略構成図である。

[図2]図 2 は、実施の形態の演算装置の概略構成図である。

[図3]図 3 は、測定データ取得部が取得する測定データを例示するグラフである。

[図4]図 4 は、物理量取得部が取得する物理量を例示するグラフである。

[図5]図 5 は、第 1 振幅スペクトル変換部が算出する第 1 振幅スペクトルを例示するグラフである。

[図6]図 6 は、第 2 振幅スペクトル変換部が算出する第 2 振幅スペクトルを例示するグラフである。

[図7]図 7 は、実施の形態の演算方法の流れを例示するフローチャートである。

[図8]図 8 は、実施の形態の面粗さ予測装置の概略構成図である。

[図9]図 9 A は、第 3 振幅スペクトルを例示するグラフである。図 9 B は、図 9 A の第 3 振幅スペクトルに基づいて算出される面粗さ振幅スペクトルを例示するグラフである。

[図10]図 10 は、面粗さ算出部が算出する加工品の面粗さの予測データを例示するグラフである。

[図11]図 11 は、実施の形態の加工品の面粗さの予測方法の流れを例示するフローチャートである。

[図12]図 12 A は、変形例 4 の面粗さスペクトル算出部が算出するスペクトルの第 1 例を示すグラフである。図 12 B は、変形例 4 の面粗さスペクトル算出部が算出するスペクトルの第 2 例を示すグラフである。図 12 C は、変形例 4 の面粗さスペクトル算出部が算出する面粗さ振幅スペクトルを例示するグラフである。

[図13]図 13 は、変形例 6 の演算装置の概略構成図である。

発明を実施するための形態

[0010] 本発明の演算装置、面粗さ予測システム、および演算方法について、好適な実施の形態を掲げ、添付の図面を参照しながら以下、詳細に説明する。

[0011] [実施の形態]

図1は、実施の形態の面粗さ予測システム10の概略構成図である。

[0012] 図1には、面粗さ予測システム10のみならず、工作機械16が図示される。以下において、工作機械16が先に説明される。図1の面粗さ予測システム10は、工作機械16の説明を踏まえて説明される。

[0013] 工作機械16は、例えばCNC（Computerized Numerical Control）方式で制御される産業機械である。工作機械16は、工具を用いて加工対象物（ワークピース）を加工する。これにより、工作機械16は加工品Wを生産する。工作機械16の具体例を挙げると、例えば超精密加工機がある。超精密加工機は、指令分解能が10ナノメートル以下の指令に従って加工を行う。なお、工作機械16は、超精密加工機に限定されない。

[0014] 図1に、工作機械16が概略的に示される。工作機械16は、加工機18と、制御装置20とを備える。加工機18は、工具を用いて加工を実行する機械である。加工機18は、1以上の可動軸22と、モータ24とを備える。可動軸22は、加工実行時において駆動可能である。モータ24は、可動軸22の駆動源である。可動軸22は、例えば加工対象物を支持するテーブルを所定の方向に沿って移動させるために設けられる。可動軸22は、工作機械16の工具を、モータ24の駆動に応じて、テーブルに支持された加工対象物に対して相対移動させる。

[0015] 制御装置20は、加工機18を制御（数値制御）する電子装置である。制御装置20は、図示しないプロセッサおよびメモリを備える。制御装置20のメモリには、加工機18を制御するための所定のプログラムが記憶される。制御装置20のプロセッサは、該プログラムを実行する。これにより、該プロセッサは、加工機18を制御するために機能する。制御装置20は、例えば前述のモータ24の駆動を制御する。これにより、制御装置20は、可動軸22の駆動を制御する。例えば制御装置20は、モータ24の回転位置

に基づいて可動軸 22 の位置偏差 PQ_{pd} を算出する。位置偏差 PQ_{pd} は、可動軸 22 の指令位置と、可動軸 22 の実際の位置とのズレを示す。また、制御装置 20 は、算出した可動軸 22 の位置偏差 PQ_{pd} に基づいて可動軸 22 の位置（移動）を制御する。なお、モータ 24 の回転位置は、例えばロータリエンコーダをモータ 24 に設けることで検出可能である。

[0016] 本実施の形態の面粗さ予測システム 10 は、例えば以上の工作機械 16 が生産する加工品 W の面粗さを予測するシステムである。面粗さ予測システム 10 は、図 1 に示すように、工作機械 16 に接続される。面粗さ予測システム 10 は、演算装置 12 と、面粗さ予測装置（以下、単に「予測装置」） 14 とを備える。演算装置 12 および予測装置 14 の各々は、本実施の形態ではいずれも電子装置（コンピュータ）として提供される。演算装置 12 と予測装置 14 とは、互いに通信可能に接続される。

[0017] 演算装置 12 と予測装置 14 とのうち、予測装置 14 は、工作機械 16 で加工される加工品 W の面粗さを予測する。予測装置 14 は、物理量 PQ と、所定の係数（以下、単に「係数」） C とに基づいて、加工品 W の面粗さを予測する。物理量 PQ は、工作機械 16 から取得される。係数 C は、物理量 PQ の種類に対応して決められる。物理量 PQ 、係数 C および予測装置 14 の各々についてのより詳しい説明は、後述する。

[0018] 予測装置 14 が面粗さ予測に用いる物理量 PQ は、工作機械 16 が加工品 W を加工した場合の、加工品 W の面粗さの発生要因を示す数値情報である。加工品 W の面粗さの発生要因は、工作機械 16 の性能に応じて変化する。物理量 PQ の具体例を一つ挙げると、例えば前述した可動軸 22 の位置偏差 PQ_{pd} がある。すなわち、加工中に生じる可動軸 22 の指令位置と可動軸 22 の実際の位置とのズレは、面粗さの発生要因の一つである。

[0019] 予測装置 14 が面粗さ予測に用いる係数 C は、特定周波数 FB における物理量 PQ の振幅スペクトルの振幅値と係数 C との乗算結果を、特定周波数 FB における加工品 W の面粗さの振幅スペクトルの振幅値と所定範囲内で等しくする数値である。特定周波数 FB は、物理量 PQ の種類に応じて予め決め

られる周波数である。特定周波数 F_B は、物理量 PQ の種類に応じて予め決められる周波数帯域でもよい。特定周波数 F_B については、後述される。

[0020] 演算装置 12 は、前述の係数 C を算出する。演算装置 12 は、物理量 PQ と、加工品 W の面粗さとに基づいて、係数 C を算出する。物理量 PQ は、工作機械 16 が実際に加工品 W を加工した場合に取得される。なお、演算装置 12 についてのより詳しい説明は、後述する。

[0021] 以上の面粗さ予測システム 10 の簡単な機能概要は、次の通りである。面粗さ予測システム 10 では、まず演算装置 12 が、係数 C を算出する。係数 C は、テストピースを試験的に加工した加工結果に基づいて算出する。係数 C は、面粗さ予測の対象になる加工品 W の加工に先立ち算出される。係数 C は、物理量 PQ の種類に応じて算出される。次に、予測装置 14 が、物理量 PQ を振幅スペクトルに変換する。物理量 PQ は、面粗さ予測の対象になる加工品 W が加工されることで取得される。予測装置 14 は、特定周波数 F_B における該振幅スペクトルの振幅値と係数 C とを乗算する。特定周波数 F_B における物理量 PQ の振幅スペクトルの振幅値と係数 C との乗算結果は、特定周波数 F_B における加工品 W の面粗さの振幅スペクトルの予測値を示す。予測装置 14 は、特定周波数 F_B における物理量 PQ の振幅スペクトルと係数 C との乗算結果に基づくことにより、特定周波数 F_B における加工品 W の面粗さを予測する。

[0022] 面粗さ予測システム 10 の構成および概要は以上である。次に、以上の説明を踏まえ、演算装置 12 の構成と、予測装置 14 の構成とが、この順で説明される。演算装置 12 は、係数 C を算出する。予測装置 14 は、係数 C および物理量 PQ に基づいて面粗さを予測する。

[0023] 図 2 は、実施の形態の演算装置 12 の概略構成図である。

[0024] 図 2 に示すように、演算装置 12 は、表示部 26 と、操作部（入力部）28 と、記憶部 30 と、演算部 32 とを備える。

[0025] 表示部 26 は、演算装置 12 が情報を表示することを可能とする。表示部 26 は、例えば液晶の表示画面を有する表示器により構成される。ただし、

表示画面は液晶の画面に限定されない。表示画面は、例えば有機EL（OEL：Organic Electro-Luminescence）の画面でもよい。

- [0026] 操作部28は、例えばキーボードとマウスとにより構成される。ただし、操作部28はキーボードとマウスとを有することに限定されない。操作部28は、例えば前述した表示部26の表示画面に設けられるタッチパネルを有してもよい。操作部28は、工作機械16のオペレータが演算装置12に情報（指示）を入力することを可能とする。特に、本実施の形態の操作部28は、オペレータが前述の特定周波数FBを演算装置12に入力することを可能とする。
- [0027] 記憶部30は、演算装置12が情報を記憶することを可能とする。記憶部30は、例えばRAM（Random Access Memory）とROM（Read Only Memory）とを含むメモリにより構成される。記憶部30には、演算装置12が係数Cを算出する過程で得られた情報が必要に応じて適宜記憶される。
- [0028] また、記憶部30には、図2に示すように、係数演算プログラム34が予め記憶される。係数演算プログラム34は、演算装置12に係数Cを算出させるために予め作成される所定のプログラムである。
- [0029] 演算部32は、演算装置12が情報を演算処理することを可能とする。演算部32は、例えばCPU（Central Processing Unit）とGPU（Graphics Processing Unit）とを含むプロセッサにより構成される。演算部32は、記憶部30の係数演算プログラム34を読み取って実行することが可能である。
- [0030] 演算部32は、図2にさらに示すように、測定データ取得部36と、物理量取得部38と、第1振幅スペクトル変換部40と、第2振幅スペクトル変換部42と、係数算出部44とを備える。演算部32が備えるこれらの各部分は、演算部32が係数演算プログラム34を実行することで仮想的に実現される。
- [0031] 測定データ取得部36は、測定データSR_{mea}を取得する。これにより、演算装置12は、例えば図3に示すようなグラフを得る。測定データSR_{mea}は

、工作機械 16 で加工された加工品 W の面粗さを示す。測定データ SR_{mea} は、図示しない面粗さ測定装置によって測定される。面粗さ測定装置は、例えば既知の面粗さ測定装置が流用される。測定データ取得部 36 は、該面粗さ測定装置から測定データ SR_{mea} を取得する。

[0032] 図 3 は、測定データ取得部 36 が取得する測定データ SR_{mea} を例示するグラフである。図 3 のグラフは、時間を横軸とする。また、図 3 のグラフは、加工面の粗さを縦軸とする。縦軸の基準（図 3 中の” 0 ”）は、基準面である。

[0033] なお、面粗さ測定装置は、前述の特開 2018-189582 号公報に開示された装置に限定されない。測定データ SR_{mea} は、試験品（テストピース）を試験的に加工して、加工された加工品（試験品）W の面粗さを測定することで測定される。以下、区別のために、測定データ SR_{mea} の測定対象になる加工品（試験品）W を「第 1 加工品 W_1 」と呼ぶことがある。また、予測装置 14 が面粗さを予測しようとする加工品 W を「第 2 加工品 W_2 」と呼ぶことがある。ただし、第 1 加工品 W_1 と第 2 加工品 W_2 とを区別する必要が特にない場合には、両者を指して単に「加工品 W」と呼ぶ。測定データ SR_{mea} は、第 2 加工品 W_2 が加工される前に測定される。

[0034] 物理量取得部 38 は、工作機械 16 が第 1 加工品 W_1 を加工した場合に工作機械 16 の性能に応じて第 1 加工品 W_1 に面粗さが生じる発生要因を示す物理量 PQ を取得する。

[0035] 図 4 は、物理量取得部 38 が取得する物理量 PQ を例示するグラフである。図 4 のグラフは、時間を横軸とする。また、図 4 のグラフは、位置偏差 PQ_{pd} を縦軸とする。縦軸の基準（図 4 中の” 0 ”）は、可動軸 22 の指令位置である。

[0036] 物理量取得部 38 が取得する物理量 PQ の種類は、予測装置 14 が面粗さ予測のために用いる物理量 PQ の種類と同一である。物理量 PQ の種類は、オペレータが予め吟味して決めてよい。物理量取得部 38 は、本実施の形態では例として、可動軸 22 の位置偏差 PQ_{pd} を取得する。これにより、演算

装置 1 2 は、例えば図 4 に示すようなグラフを得る。可動軸 2 2 の位置偏差 PQ_{pd} は、前述の通り工作機械 1 6 の制御装置 2 0 から取得可能である。

[0037] なお、物理量取得部 3 8 は、上記の通り第 1 加工品 W_1 を工作機械 1 6 で実際に加工した場合の位置偏差 PQ_{pd} を取得する。ここで工作機械 1 6 が行う加工は、工作機械 1 6 が可動軸 2 2 を複数備える場合には、加工中に駆動する可動軸 2 2 の数をできるだけ少数に行われると、好ましい。理想的には、加工中に駆動する可動軸 2 2 の数が 1 つである。単軸駆動による加工としては、限定されないが例えば次の加工がある。すなわち、工作機械 1 6 の複数の可動軸 2 2 のうちの、第 1 加工品 W_1 を支持したテーブルを一方向に移動させるための可動軸 2 2 のみを駆動させることで、第 1 加工品 W_1 に切り込みを形成する加工がある。

[0038] 第 1 加工品 W_1 の加工は、物理量取得部 3 8 が位置偏差 PQ_{pd} を取得するために行われる。第 1 加工品 W_1 の加工ができるだけ少数の可動軸 2 2 の駆動によって行われることにより、物理量取得部 3 8 が取得する位置偏差 PQ_{pd} に混入するノイズ成分が低減される。このノイズ成分は、位置偏差 PQ_{pd} の検出（算出）の対象である可動軸 2 2 以外の可動軸 2 2 が駆動することで発生する。

[0039] 第 1 振幅スペクトル変換部 4 0 は、測定データ取得部 3 6 が取得した測定データ SR_{mea} を周波数解析する。これにより、第 1 振幅スペクトル変換部 4 0 は、測定データ SR_{mea} を振幅スペクトルに変換する。以下、第 1 振幅スペクトル変換部 4 0 が周波数解析に基づいて算出する振幅スペクトルを、第 1 振幅スペクトル F_1 と呼ぶ。

[0040] 図 5 は、第 1 振幅スペクトル変換部 4 0 が算出する第 1 振幅スペクトル F_1 を例示するグラフである。図 5 のグラフは、周波数を横軸とする。また、図 5 のグラフは、振幅値（デシベル）を縦軸とする。

[0041] 第 1 振幅スペクトル F_1 は、図 5 に示すような、第 1 加工品 W_1 の面粗さの振幅スペクトルを表す。なお、図 5 中の FB は、前述した特定周波数 FB の例示である。

- [0042] 第1振幅スペクトル変換部40は、例えばフーリエ変換を用いた周波数解析により、測定データ SR_{mea} を第1振幅スペクトル F_1 に変換する。なお、単にフーリエ変換と記載したが、第1振幅スペクトル変換部40は、より詳細には、例えば短時間フーリエ変換または離散フーリエ変換を適宜用いてもよい。あるいは、第1振幅スペクトル変換部40は、ウェーブレット変換を用いて第1振幅スペクトル F_1 を算出してもよい。
- [0043] 第2振幅スペクトル変換部42は、物理量取得部38が取得した物理量 PQ を周波数解析する。これにより、第2振幅スペクトル変換部42は、物理量 PQ を振幅スペクトルに変換する。以下、第2振幅スペクトル変換部42が周波数解析に基づいて算出する振幅スペクトルを、第2振幅スペクトル F_2 とも呼ぶ。
- [0044] 図6は、第2振幅スペクトル変換部42が算出する第2振幅スペクトル F_2 を例示するグラフである。図6のグラフは、図5のグラフと同形式である。
- [0045] 第2振幅スペクトル F_2 は、本実施の形態の場合、図6に示すような、可動軸22の位置偏差 PQ_{pd} の振幅スペクトルを表す。図6の特定周波数 FB は、図5の特定周波数 FB と同一の周波数帯域を示す。
- [0046] 第2振幅スペクトル変換部42は、例えばフーリエ変換を用いた周波数解析により、可動軸22の位置偏差 PQ_{pd} を第2振幅スペクトル F_2 に変換する。なお、単にフーリエ変換と記載したが、第2振幅スペクトル変換部42は、より詳細には、短時間フーリエ変換または離散フーリエ変換を適宜用いてもよい。あるいは、第2振幅スペクトル変換部42は、ウェーブレット変換を用いて第2振幅スペクトル F_2 を算出してもよい。
- [0047] 係数算出部44は、係数 C を算出する。係数 C は、特定周波数 FB における第2振幅スペクトル F_2 の振幅値と係数 C との乗算結果を、特定周波数 FB における第1振幅スペクトル F_1 の振幅値と所定範囲内で等しくする。算出された係数 C は、予測装置14が後で取得できるように、記憶部30に一旦記憶される。所定範囲は、第2振幅スペクトル F_2 と係数 C との乗算結果と第1振幅スペクトル F_1 とが数値として一致しない場合の許容誤差範囲である。所

定範囲は、事前の吟味に基づいて決定される。

[0048] 係数算出部44による算出の例が次に説明される。例えば、特定周波数 F_B における第1振幅スペクトル F_1 の振幅値が $2A$ デシベルであるとする。また、特定周波数 F_B における第2振幅スペクトル F_2 の振幅値が A デシベルであるとする。この場合、係数算出部44は、「2」を、係数 C として算出する。「2」は、第2振幅スペクトル F_2 の振幅値（ $=A$ ）に乗算されることで第1振幅スペクトル F_1 の振幅値（ $=2A$ ）を導く数である。

[0049] なお、特定周波数 F_B が周波数帯域として決められている場合、係数 C は特定周波数 F_B に含まれる複数の周波数ごとに算出され得る。このような場合、係数算出部44は、特定周波数 F_B 内の1つの周波数について係数 C を算出すれば足りる。例えば係数算出部44は、特定周波数 F_B における第2振幅スペクトル F_2 の振幅の最大値と係数 C との乗算結果を、該最大値に対応する周波数における第1振幅スペクトル F_1 の振幅値と所定範囲内で等しくする係数 C を算出すればよい。この場合、特定周波数 F_B において係数 C の算出に用いた周波数以外の周波数では、第2振幅スペクトル F_2 の振幅値と係数 C との乗算結果と第1振幅スペクトル F_1 の振幅値とが一致しないことがある。この場合、乗算結果と第1振幅スペクトル F_1 の振幅値との誤差は、前述の所定範囲により許容される範囲内であればよい。

[0050] ここで、特定周波数 F_B が改めて説明される。加工品 W の面粗さは、例えばある周波数帯域（周波数）においては可動軸22の振動を主な原因として発生する。また、加工品 W の面粗さは、別の周波数帯域（周波数）においては可動軸22の軸受が受ける圧力の変動を主な原因として発生する。したがって、特定周波数 F_B は、1種類の物理量 PQ につき1つだけ決められる。この場合、特定周波数 F_B は、物理量 PQ によって示される加工品 W の面粗さの発生要因が該面粗さの発生に支配的に影響する周波数または周波数帯域を指す。例えば図5と図6との各々には、可動軸22の位置偏差 PQ_{pd} （可動軸22の位置ズレ）が面粗さの発生に支配的に影響する周波数帯域を例示する特定周波数 F_B が示される。

[0051] 以上の特定周波数 F_B は、オペレータが予め行う吟味により決定される。
例えばオペレータは、次の各事項を踏まえて、特定周波数 F_B とする周波数、または特定周波数 F_B とする周波数帯域を吟味する。すなわち、オペレータは、例えば工作機械 16 の設置環境と、工作機械 16 に含まれる部品と、工作機械 16 の工具の消耗具合と、演算装置 12 に取得させる物理量 PQ の種類とを踏まえて吟味する。

[0052] オペレータは、吟味した周波数または周波数帯域を、操作部 28 を介して演算装置 12 に入力する。演算装置 12 は、オペレータによる周波数または周波数帯域の入力操作を受けて、入力された周波数または周波数帯域を特定周波数 F_B として用いる。

[0053] 演算装置 12 の構成例の説明は以上である。続いて、演算装置 12 により実行される係数 C の演算方法の流れが説明される。

[0054] 図 7 は、実施の形態の演算方法の流れを例示するフローチャートである。

[0055] 図 7 に示すように、係数 C の演算方法は、測定データ取得ステップ S_1 と、物理量取得ステップ S_2 と、第 1 振幅スペクトル変換ステップ S_3 と、第 2 振幅スペクトル変換ステップ S_4 と、係数算出ステップ S_5 とを含む。

[0056] 測定データ取得ステップ S_1 では、測定データ SR_{mea} を、測定データ取得部 36 が取得する。測定データ SR_{mea} は、面粗さ測定装置によって測定された工作機械 16 で加工された加工品 W の面粗さを示す。

[0057] 物理量取得ステップ S_2 では、物理量 PQ を、物理量取得部 38 が取得する。物理量 PQ は、工作機械 16 の加工中において工作機械 16 の性能に応じて加工品 W に生じる面粗さの発生要因を示す。ここでいう加工品 W は、第 1 加工品 W_1 である。

[0058] なお、演算装置 12 による測定データ取得ステップ S_1 と物理量取得ステップ S_2 との実行順序は、図 7 のフローチャートに限定されない。測定データ取得ステップ S_1 と物理量取得ステップ S_2 とは、実行順序が前後して構わない。

[0059] 第 1 振幅スペクトル変換ステップ S_3 では、第 1 振幅スペクトル変換部 4

0が、測定データ SR_{mea} を周波数解析する。これにより、第1振幅スペクトル変換部40は、測定データ SR_{mea} を第1振幅スペクトル F_1 に変換する。

[0060] 第2振幅スペクトル変換ステップS4では、第2振幅スペクトル変換部42が、物理量PQを周波数解析する。これにより、第2振幅スペクトル変換部42は、物理量PQを第2振幅スペクトル F_2 に変換する。

[0061] 係数算出ステップS5では、係数Cを、係数算出部44が算出する。係数Cは、特定周波数FBにおける第2振幅スペクトル F_2 の振幅値と係数Cとの乗算結果を、特定周波数FBにおける第1振幅スペクトル F_1 の振幅値と所定範囲内で等しくする。

[0062] 演算装置12は、以上の演算方法を実行することにより、係数Cを算出する。次に、演算装置12が算出した係数Cを使って第2加工品 W_2 の面粗さを予測する予測装置14の構成について説明する。

[0063] 図8は、実施の形態の面粗さ予測装置14の概略構成図である。

[0064] 図8に示すように、予測装置14は、表示部46と、操作部48と、記憶部50と、演算部52とを備える。

[0065] 表示部46は、予測装置14が情報を表示することを可能とする。表示部46は、例えば液晶の表示画面を有する表示器により構成される。予測装置14の表示部46の表示画面は、液晶の画面に限定されない。

[0066] 操作部48は、例えばキーボードとマウスとにより構成される。ただし、操作部48はキーボードとマウスとを有することに限定されない。操作部48は、オペレータが予測装置14に情報（指示）を入力することを可能とする。

[0067] 記憶部50は、予測装置14が情報を記憶することを可能とする。記憶部50は、例えばRAMとROMとを含むメモリにより構成される。記憶部50には、図8に示すように、面粗さ予測プログラム54が予め記憶される。面粗さ予測プログラム54は、予測装置14が面粗さ予測を行うために予め用意される所定のプログラムである。

[0068] また、記憶部50には、係数Cおよび特定周波数FBがさらに記憶される

。係数Cおよび特定周波数F Bの各々は、いずれも前述の演算装置12から取得可能である。

[0069] 演算部52は、予測装置14が情報を演算処理することを可能とする。演算部52は、例えばCPUとGPUとを含むプロセッサにより構成される。演算部52は、記憶部50の面粗さ予測プログラム54を読み取って実行することが可能である。

[0070] 演算部52は、図8にさらに示すように、物理量取得部56と、第3振幅スペクトル変換部（振幅スペクトル変換部）58と、面粗さスペクトル算出部60と、面粗さ算出部62とを備える。演算部52が備えるこれらの各部分は、演算部52が面粗さ予測プログラム54を実行することで仮想的に実現される。

[0071] 物理量取得部56は、物理量PQを取得する。物理量PQは、工作機械16の加工中において工作機械16の性能に応じて第2加工品 W_2 に生じる面粗さの発生要因を示す。物理量PQの種類は、演算装置12が係数Cの算出のために用いた物理量PQの種類と同一である。例えば本実施の形態の場合、物理量取得部56は、工作機械16の可動軸22の位置偏差 PQ_{pd} を取得する。

[0072] 第3振幅スペクトル変換部58は、物理量取得部56が取得した物理量PQを周波数解析する。これにより、第3振幅スペクトル変換部58は、物理量PQを振幅スペクトルに変換する。以下、第3振幅スペクトル変換部58が周波数解析に基づいて算出する振幅スペクトルを、第3振幅スペクトル F_3 とも呼ぶ。第3振幅スペクトル F_3 は、本実施の形態の場合、第2加工品 W_2 を加工した場合の可動軸22の位置偏差 PQ_{pd} の振幅スペクトルを表す。

[0073] 第3振幅スペクトル変換部58は、例えばフーリエ変換を用いた周波数解析により、可動軸22の位置偏差 PQ_{pd} を第3振幅スペクトル F_3 に変換する。なお、単にフーリエ変換と記載したが、第3振幅スペクトル変換部58は、より詳細には、短時間フーリエ変換または離散フーリエ変換を適宜用いてもよい。あるいは、第3振幅スペクトル変換部58は、ウェーブレット変換

を用いて第3振幅スペクトル F_3 を算出してもよい。

[0074] 図9Aは、第3振幅スペクトル F_3 を例示するグラフである。図9Bは、図9Aの第3振幅スペクトル F_3 に基づいて算出される面粗さ振幅スペクトル F_{SR} を例示するグラフである。図9Aのグラフ、および図9Bのグラフの各々は、いずれも、図5のグラフと同形式である。

[0075] 面粗さスペクトル算出部60は、特定周波数 F_B における第3振幅スペクトル F_3 の振幅値と係数 C とを乗算する。これにより、面粗さスペクトル算出部60は、面粗さ振幅スペクトル F_{SR} を算出する。例えば可動軸22の位置偏差 PQ_{pd} の第3振幅スペクトル F_3 が、図9Aに示す通りであるとする。また、可動軸22の位置偏差 PQ_{pd} が面粗さの主な発生要因となる特定周波数 F_B が、図9Aに示す通りであるとする。可動軸22の位置偏差 PQ_{pd} に対応して演算装置12が算出した係数 C が「2」であるとする。この場合、面粗さスペクトル算出部60は、図9Bに示す面粗さ振幅スペクトル F_{SR} を算出する。図9Bの面粗さ振幅スペクトル F_{SR} の特定周波数 F_B における振幅値は、特定周波数 F_B における図9Aの第3振幅スペクトル F_3 の振幅値の2倍である。

[0076] 工作機械16の設置環境と、工作機械16に含まれる部品と、工作機械16の工具の消耗具合との各々に変更がない場合、面粗さ振幅スペクトル F_{SR} の振幅値は、特定周波数 F_B における第2加工品 W_2 の面粗さの振幅スペクトルの振幅値と大差がない。よって、本実施の形態では、面粗さ振幅スペクトル F_{SR} が第2加工品 W_2 の面粗さの振幅スペクトルの予測値となる。

[0077] 図10は、面粗さ算出部62が算出する加工品 W の面粗さの予測データ SR_{pre} を例示するグラフである。図10のグラフは、図3のグラフと同形式である。

[0078] 面粗さ算出部62は、面粗さ振幅スペクトル F_{SR} を逆変換する。これにより、面粗さ算出部62は、予測データ SR_{pre} を算出する。予測データ SR_{pre} は、第2加工品 W_2 の面粗さを示す。ここでいう逆変換とは、第3振幅スペクトル変換部58が第3振幅スペクトル F_3 の算出時にフーリエ変換を用いた

場合は、フーリエ逆変換のことを指す。または、ここでいう逆変換とは、第3振幅スペクトル変換部58が第3振幅スペクトル F_3 の算出時にウェーブレット変換を用いた場合は、ウェーブレット逆変換のことを指す。これにより、面粗さ算出部62は、例えば図10に示すような予測データ SR_{pre} を得る。

[0079] 前述の通り、面粗さ振幅スペクトル F_{SR} は、特定周波数 F_B における第2加工品 W_2 の面粗さの振幅スペクトルの予測値である。したがって、面粗さ算出部62が算出する面粗さ振幅スペクトル F_{SR} の逆変換結果は、特定周波数 F_B における第2加工品 W_2 の面粗さの予測データ SR_{pre} となる。面粗さの予測データ SR_{pre} は、例えば演算部52（面粗さ算出部62）が表示部46に出力する。これにより、表示部46の表示画面を介して、予測データ SR_{pre} がオペレータに示される。

[0080] 予測装置14の構成例の説明は以上である。続いて、予測装置14により実行される面粗さの予測方法の流れが説明される。

[0081] 図11は、実施の形態の加工品 W の面粗さの予測方法の流れを例示するフローチャートである。

[0082] 図11に示すように、面粗さの予測方法は、物理量取得ステップS11と、第3振幅スペクトル変換ステップS12と、面粗さスペクトル算出ステップS13と、面粗さ算出ステップS14とを含む。

[0083] 物理量取得ステップS11では、物理量 PQ を、物理量取得部56が取得する。物理量 PQ は、工作機械16の加工中において工作機械16の性能に応じて加工品 W に生じる面粗さの発生要因を示す。ここでいう加工品 W は、第2加工品 W_2 である。

[0084] 第3振幅スペクトル変換ステップS12では、第3振幅スペクトル変換部58が、物理量 PQ を周波数解析する。これにより、第3振幅スペクトル変換部58は、物理量 PQ を第3振幅スペクトル F_3 に変換する。ここでいう物理量 PQ は、第2加工品 W_2 の物理量 PQ である。第2加工品 W_2 の物理量 PQ は、前述の物理量取得ステップS11が実行されることで、取得される。

[0085] 面粗さスペクトル算出ステップS 1 3では、面粗さスペクトル算出部6 0が、面粗さ振幅スペクトル F_{SR} を算出する。面粗さ振幅スペクトル F_{SR} は、特定周波数 F_B における第3振幅スペクトル F_3 の振幅値と係数 C とを乗算することで算出される。面粗さ振幅スペクトル F_{SR} は、加工品 W の面粗さを示す。

[0086] 面粗さ算出ステップS 1 4では、面粗さ算出部6 2が、予測データ SR_{pre} を算出する。予測データ SR_{pre} は、加工品 W の面粗さを示す。予測データ SR_{pre} は、面粗さ振幅スペクトル F_{SR} を逆変換することで算出される。予測装置1 4は、以上の面粗さの予測方法を実行することにより、第2加工品 W_2 の面粗さを予測する。

[0087] 以上の通り、本実施の形態によれば、加工品 W の面粗さの予測を可能とする演算装置1 2、面粗さ予測システム1 0、演算方法および面粗さの予測方法が提供される。

[0088] [変形例]

以上、本発明の一例として実施の形態が説明された。上記実施の形態には、多様な変更または改良を加えることが可能である。また、その様な変更または改良を加えた形態が本発明の技術的範囲に含まれ得ることは、請求の範囲の記載から明らかである。

[0089] 以下、実施の形態に係る変形例の具体例がいくつか説明される。ただし、実施の形態で既に説明された要素には、実施の形態と同名同符号が付される。また、実施の形態で既に説明された要素の説明は、割愛されることがある。

[0090] (変形例1)

本変形例では、工作機械1 6が超精密加工機である場合を説明する。予測装置1 4の物理量取得部5 6は、該超精密加工機が空運転している場合に検出された物理量 PQ を取得してもよい。第3振幅スペクトル変換部5 8は、その物理量 PQ を第3振幅スペクトル F_3 に変換してもよい。面粗さスペクトル算出部6 0は、その第3振幅スペクトル F_3 に基づいて面粗さ振幅スペクトル

ル F_{SR} を算出してもよい。

[0091] 工作機械 16 が超精密加工機である場合、工作機械 16 が加工品 W を加工した場合に検出される物理量 PQ は、工作機械 16 を空運転させた場合に検出される物理量 PQ と大差が生じにくい。例えば、指令分解能が 10 ナノメートル以下の指令に従って行われる加工においては、加工品 W を切削する工具の切削抵抗は非常に微小である。したがって、超精密加工機は、他の機種の工作機械 16 と比べて、加工品 W を加工した場合に検出される位置偏差 PQ_{pd} と、超精密加工機を空運転させた場合に検出される位置偏差 PQ_{pd} とに大差を生じさせないことが通常である。なお、空運転とは、工作機械 16 による加工時の動作を、加工対象物なしで、空振りで行うことを指す。

[0092] したがって、工作機械 16 が超精密加工機である場合、予測装置 14 は、係数 C および特定周波数 FB が決まっていれば、超精密加工機で実際に第 2 加工品 W_2 を加工することなしに第 2 加工品 W_2 の面粗さを予測することが可能である。

[0093] (変形例 2)

予測装置 14 は、オペレータによる係数 C の変更操作を操作部（係数変更部）48 を介して受け付けてもよい。これにより、例えばオペレータが係数 C を自分で調整したいといった場合に、オペレータの便宜を図ることができる。

[0094] 上記の場合、予測装置 14 は、例えば前述の所定範囲に基づいて、オペレータが変更可能な係数 C の範囲を制限してもよい。前述の所定範囲は、係数算出部 44 が係数 C の算出時に参照する範囲である。

[0095] (変形例 3)

予測装置 14 が面粗さ予測に用いる物理量 PQ は、可動軸 22 の位置偏差 PQ_{pd} に限定されない。例えば、可動軸 22 の温度、可動軸 22 の真直度、可動軸 22 の軸受の流体（油）圧力、可動軸 22 の軸受の空気圧力、軸受の流体（油）温度または軸受の空気温度、および加工中に用いる切削液の温度の各々は、物理量 PQ に該当する。また、加工に用いる切削液の温度（貯留

タンク内の切削液温度)も物理量PQに該当する。これらの物理量PQは、工作機械16に適宜設けられるセンサから取得可能である。例えば、演算装置12および予測装置14の各々は、可動軸22の軸受の油圧力または空気圧力を可動軸22に設けられる圧力センサから取得可能である。また、演算装置12と予測装置14との各々は、可動軸22の温度を温度センサから取得可能である。

[0096] (変形例4)

変形例3に関連し、本変形例が説明される。演算装置12および予測装置14は、複数種類の物理量PQを取得してもよい。

[0097] まず、本変形例の演算装置12が説明される。演算装置12の物理量取得部38は、複数種類の物理量PQを取得してもよい。複数種類の物理量PQの各々は、工作機械16の加工中に工作機械16の性能に応じて加工品Wに生じる面粗さの発生要因を示す。この場合、発生要因の数は複数である。実施の形態でも説明したように、物理量PQの種類ごとに特定周波数FBが予め決められる。したがって、本変形例の場合、特定周波数FBの数は、物理量PQの種類数に対応して複数となる。複数の特定周波数FBは互いに周波数または周波数帯域が異なる。

[0098] また、演算装置12の係数算出部44は、複数の係数Cを算出する。複数の係数Cの各々は、互いに異なる特定周波数FBに対応する。これにより、複数種類の物理量PQに基づいて、加工品Wの面粗さが予測される。具体的に、本変形例の係数算出部44は、各特定周波数FBについて、特定周波数FBにおける第2振幅スペクトル F_2 の振幅値と係数Cとの乗算結果を、当該特定周波数FBにおける第1振幅スペクトル F_1 の振幅値と所定範囲内で等しくする係数Cを算出する。

[0099] これにより、演算装置12は、複数種類の物理量PQ(複数の特定周波数FB)ごとに、対応する係数Cを算出することができる。

[0100] 次に、本変形例の予測装置14が説明される。予測装置14の物理量取得部56は、複数種類の物理量PQを取得してもよい。複数種類の物理量PQ

の各々は、工作機械 16 の加工中において工作機械 16 の性能に応じて加工品 W に生じる面粗さの発生要因を示す。この場合、発生要因の数は複数である。予測装置 14 の記憶部 50 には、複数の特定周波数 F_B の各々に対応する係数 C が記憶される。この場合、記憶部 50 に記憶される係数 C の数は複数である。

[0101] 図 12A は、変形例 4 の面粗さスペクトル算出部 60 が算出するスペクトルの第 1 例を示すグラフである。図 12B は、変形例 4 の面粗さスペクトル算出部 60 が算出するスペクトルの第 2 例を示すグラフである。図 12A のグラフ、および図 12B のグラフの各々は、いずれも、図 5 のグラフと同形式である。

[0102] 面粗さスペクトル算出部 60 は、本変形例では複数の特定周波数 F_B の各々について、特定周波数 F_B に対応する第 3 振幅スペクトル F_3 の振幅値と、特定周波数 F_B に対応する係数 C とを乗算する。これにより、複数のスペクトルが面粗さスペクトル算出部 60 によって算出される（例えば図 12A と図 12B との各々を参照）。図 12A には、特定周波数 F_{B_A} における第 3 振幅スペクトル F_3 の振幅値と、特定周波数 F_{B_A} に対応する係数 C とを乗算して得られるスペクトルが例示される。図 12B には、特定周波数 F_{B_B} における第 3 振幅スペクトル F_3 の振幅値と、特定周波数 F_{B_B} に対応する係数 C とを乗算して得られるスペクトルが例示される。図 12A の第 3 振幅スペクトル F_3 と、図 12B の第 3 振幅スペクトル F_3 とは、互いに別種類の物理量 PQ に基づく。

[0103] 図 12C は、変形例 4 の面粗さスペクトル算出部 60 が算出する面粗さ振幅スペクトル F_{SR} を例示するグラフである。

[0104] また、面粗さスペクトル算出部 60 は、複数のスペクトルを加算する。これにより、面粗さスペクトル算出部 60 は、面粗さ振幅スペクトル F_{SR} を算出する。ここで、加算される複数のスペクトルは、複数の特定周波数 F_B の各々について、第 3 振幅スペクトル F_3 の振幅値と係数 C とを乗算することで算出される。例えば、面粗さスペクトル算出部 60 は、図 12A のスペクトル

ルと図 1 2 B のスペクトルとを加算する。これにより、図 1 2 C に示すような面粗さ振幅スペクトル F_{SR} が算出される。

[0105] 面粗さ算出部 6 2 は、算出された面粗さ振幅スペクトル F_{SR} を逆変換する。これにより、面粗さ算出部 6 2 は、面粗さの予測データ SR_{pre} を算出する。以上により算出される予測データ SR_{pre} は、複数の特定周波数 FB （複数種類の物理量 PQ ）を考慮したものになる。したがって、本変形例の予測データ SR_{pre} は、実施の形態と比較すると、より精度良く第 2 加工品 W_2 の面粗さを予測したものになることが期待できる。

[0106] （変形例 5）

面粗さ予測システム 1 0 は、加工品 W （第 2 加工品 W_2 ）の形状精度を予測する形状精度予測システムに適用されてもよい。つまり、形状精度予測システムは、面粗さ予測システム 1 0 が予測した面粗さに基づいて、加工品 W の形状精度を予測してもよい。

[0107] （変形例 6）

演算装置 1 2 は、予測装置 1 4 の役割を兼ねるものとして構成されてもよい。以下、そのような演算装置 1 2 の例が説明される。なお、本変形例では、実施の形態との区別のために、物理量取得部 3 8 を便宜的に物理量取得部 6 4 とともに記載する。また、第 2 振幅スペクトル変換部 4 2 を便宜的に第 2 振幅スペクトル変換部 6 6 とともに記載する。同様の理由により、演算装置 1 2 の記憶部 3 0 を記憶部 3 0' とともに記載する。また、演算装置 1 2 の演算部 3 2 を演算部 3 2' とともに記載する。

[0108] 図 1 3 は、変形例 6 の演算装置 1 2 の概略構成図である。

[0109] 演算装置 1 2 の演算部 3 2' は、本変形例では面粗さスペクトル算出部 6 8 と、面粗さ算出部 7 0 とをさらに備える（図 1 3 参照）。面粗さスペクトル算出部 6 8 および面粗さ算出部 7 0 の各々は、演算部 3 2' が面粗さ予測プログラム 7 2 を実行することで仮想的に実現される。面粗さ予測プログラム 7 2 は、演算装置 1 2 により面粗さ予測を行うために予め用意される所定のプログラムである。面粗さ予測プログラム 7 2 は、記憶部 3 0' に予め記

憶される。

[0110] 物理量取得部 64 は、係数 C の算出においては第 1 加工品 W_1 の物理量 PQ を取得する。また、物理量取得部 64 は、第 2 加工品 W_2 の面粗さ予測においては第 2 加工品 W_2 の物理量 PQ を取得する。第 2 加工品 W_2 の物理量 PQ を取得するとの点で、物理量取得部 64 は、実施の形態の物理量取得部 38 とは相違する。

[0111] 第 2 振幅スペクトル変換部 66 は、係数 C の算出においては第 1 加工品 W_1 の物理量 PQ を第 2 振幅スペクトル F_2 に変換する。また、第 2 振幅スペクトル変換部 66 は、第 2 加工品 W_2 の面粗さ予測においては第 2 加工品 W_2 の物理量 PQ を第 2 振幅スペクトル F_2 に変換する。第 2 加工品 W_2 の物理量 PQ を第 2 振幅スペクトル F_2 に変換するとの点で、第 2 振幅スペクトル変換部 66 は、実施の形態の第 2 振幅スペクトル変換部 42 とは相違する。

[0112] 面粗さスペクトル算出部 68 は、特定周波数 FB における物理量 PQ の第 2 振幅スペクトル F_2 の振幅値と係数 C とを乗算する。これにより、面粗さスペクトル算出部 68 は、加工品 W の面粗さを示す面粗さ振幅スペクトル F_{SR} を算出する。ただし、ここでいう第 2 振幅スペクトル F_2 は、第 2 加工品 W_2 を加工した場合の物理量 PQ から変換して得る振幅スペクトルである。つまり、面粗さスペクトル算出部 68 は、係数算出部 44 により係数 C が算出された後に、第 2 加工品 W_2 を加工することで取得される物理量 PQ を変換して得られる第 2 振幅スペクトル F_2 から、面粗さ振幅スペクトル F_{SR} を算出する。

[0113] 面粗さ算出部 70 は、面粗さスペクトル算出部 68 が算出した面粗さ振幅スペクトル F_{SR} を逆変換する。これにより、面粗さ算出部 70 は、第 2 加工品 W_2 の面粗さの予測データ SR_{pre} を算出する。このように、本変形例によれば、係数 C の算出のみならず、第 2 加工品 W_2 の面粗さ予測を演算装置 12 が行うことが可能となる。換言すると、本変形例の演算装置 12 の面粗さスペクトル算出部 68 は、図 7 の演算方法の後に図 11 の面粗さスペクトル算出ステップ S13 を行うことができる。また、面粗さ算出ステップ S14 を

面粗さ算出部 70 が行うことができる。

[0114] (変形例 7)

演算装置 12 と予測装置 14 とを一体的に構成できることが前述された。
ただし、演算装置 12 と予測装置 14 とは、工作機械 16 の制御装置 20 と一体的な電子装置として構成されてもよい。

[0115] (変形例 8)

前述の各変形例は、適宜組み合わせられてもよい。

[0116] [実施の形態から得られる発明]

上記実施の形態および変形例から把握しうる発明について、以下に記載する。

[0117] <第 1 の発明>

演算装置 (12) であって、面粗さ測定装置によって測定された、工作機械 (16) で加工された加工品 (W) の面粗さを示す測定データ (SR_{mea}) を取得する測定データ取得部 (36) と、前記工作機械の加工中に、前記工作機械の性能によって加工品に面粗さが生じる発生要因を示す物理量 (PQ) を取得する物理量取得部 (38) と、前記測定データを周波数解析して第 1 振幅スペクトル (F_1) に変換する第 1 振幅スペクトル変換部 (40) と、前記物理量を周波数解析して第 2 振幅スペクトル (F_2) に変換する第 2 振幅スペクトル変換部 (42、66) と、前記物理量から加工品の面粗さを予測するために、予め決められた周波数または予め決められた周波数帯域である特定周波数 (FB) における前記第 2 振幅スペクトルの振幅値に乗算したときに、前記特定周波数における第 1 振幅スペクトルの振幅値と所定範囲内で等しくなる係数 (C) を算出する係数算出部 (44) と、を備える。

[0118] これにより、加工品の面粗さの予測を可能とする演算装置が提供される。

[0119] 前記物理量は、前記工作機械の加工中に可動する可動軸 (22) の位置偏差 (PQ_{pd})、前記可動軸の温度、前記可動軸の真直度、前記可動軸の軸受の流体圧力または空気圧力、前記軸受の流体温度または空気温度、および加工中に用いる切削液の温度のうちいずれか 1 つであってもよい。

[0120] 第1の発明は、オペレータによる周波数または周波数帯域の入力操作を受け付ける入力部（28）をさらに備え、前記係数算出部は、前記入力部を介して入力された前記周波数または前記周波数帯域を前記特定周波数として用いてもよい。これにより、オペレータは、吟味した周波数または周波数帯域を特定周波数として演算装置に参照させることができる。

[0121] 前記第1振幅スペクトル変換部は、フーリエ変換またはウェーブレット変換による周波数解析によって前記測定データを前記第1振幅スペクトルに変換し、前記第2振幅スペクトル変換部は、フーリエ変換またはウェーブレット変換による周波数解析によって前記物理量を前記第2振幅スペクトルに変換してもよい。

[0122] 前記物理量取得部は、前記工作機械の加工中に、前記工作機械の性能によって加工品に面粗さが生じる複数の発生要因を示す複数種類の前記物理量を取得し、複数種類の前記物理量に対応して複数の前記特定周波数が予め決められており、複数の前記特定周波数は、互いに周波数または周波数帯域が異なり、前記係数算出部は、複数種類の前記物理量から加工品の面粗さを予測するために、複数の前記特定周波数に対応する複数の前記係数を算出するものであって、複数の前記特定周波数の各々における前記第2振幅スペクトルの振幅値に乘算したときに、複数の前記特定周波数の各々における第1振幅スペクトルの振幅値と所定範囲内で等しくなる複数の前記係数を算出してもよい。これにより、複数の特定周波数の各々に対応する係数が算出される。

[0123] 第1の発明は、前記特定周波数における前記第2振幅スペクトルの振幅値と前記係数とを乗算することで、前記加工品の面粗さを示す面粗さ振幅スペクトル（ F_{SR} ）を算出する面粗さスペクトル算出部（68）と、前記面粗さ振幅スペクトルを逆変換して前記加工品の面粗さを示す予測データ（ SR_{pre} ）を算出する面粗さ算出部（70）と、をさらに備えてもよい。これにより、第1の発明による面粗さ予測が可能となる。

[0124] 第1の発明は、複数の前記特定周波数の各々における前記第2振幅スペクトルの振幅値と複数の前記特定周波数の各々に対応する前記係数とを乗算す

ることで得られた複数のスペクトルを加算して、前記加工品の面粗さを示す面粗さ振幅スペクトルを算出する面粗さスペクトル算出部と、前記面粗さ振幅スペクトルを逆変換して前記加工品の面粗さを示す予測データを算出する面粗さ算出部と、をさらに備えてもよい。これにより、第1の発明は、複数種類の物理量に基づいて面粗さ予測が可能となる。

[0125] 前記工作機械は、指令分解能が10ナノメートル以下の指令に従って加工する超精密加工機であり、前記面粗さスペクトル算出部は、前記係数算出部により前記係数が算出された後に、前記超精密加工機が空運転しているときに検出された前記物理量に対して第2振幅スペクトル変換部によって生成された前記第2振幅スペクトルから前記面粗さ振幅スペクトルを算出してもよい。これにより、係数が算出済であれば、第1の発明は、面粗さ予測の対象である加工品が実際に加工されずとも該加工品の面粗さ予測をすることができる。

[0126] 第1の発明は、オペレータによる前記係数の変更操作を受け付ける係数変更部(48)をさらに備え、前記面粗さスペクトル算出部は、オペレータが前記係数を変更した場合は、前記特定周波数における前記第2振幅スペクトルの振幅値と変更後の前記係数とを乗算して、前記加工品の面粗さを示す面粗さ振幅スペクトルを算出してもよい。これにより、オペレータの便宜を図ることができる。

[0127] <第2の発明>

第1の発明と、前記特定周波数および前記係数を用いて前記工作機械で加工される前記加工品の面粗さを予測する面粗さ予測装置(14)とを備える面粗さ予測システム(10)であって、前記面粗さ予測装置は、前記工作機械の加工中に、前記工作機械の性能によって加工品に面粗さが生じる発生要因を示す物理量を取得する物理量取得部(56)と、前記物理量を周波数解析して振幅スペクトルに変換する振幅スペクトル変換部(58)と、前記係数および前記特定周波数を記憶する記憶部(50)と、前記特定周波数における前記振幅スペクトルの振幅値と前記係数とを乗算して、前記加工品の面

粗さを示す面粗さ振幅スペクトル (F_{SR}) を算出する面粗さスペクトル算出部 (60) と、前記面粗さ振幅スペクトルを逆変換して前記加工品の面粗さを示す予測データ (SR_{pre}) を算出する面粗さ算出部 (62) と、を備える。

[0128] これにより、加工品の面粗さの予測を可能とする面粗さ予測システムが提供される。

[0129] 前記面粗さ予測装置の前記物理量取得部は、前記工作機械の加工中に、前記工作機械の性能によって加工品に面粗さが生じる複数の発生要因を示す複数種類の前記物理量を取得し、複数種類の前記物理量に対応して複数の前記特定周波数が予め決められており、複数の前記特定周波数は、互いに周波数または周波数帯域が異なり、前記記憶部は、複数の前記特定周波数に対応する複数の前記係数を記憶し、前記面粗さスペクトル算出部は、複数の前記特定周波数の各々における前記振幅スペクトルの振幅値と複数の前記特定周波数の各々に対応する前記係数とを乗算することで得られた複数のスペクトルを加算して、前記面粗さ振幅スペクトルを算出してもよい。これにより、複数種類の物理量に基づいた面粗さ予測が可能となる。

[0130] 前記工作機械 (16) は、指令分解能が10ナノメートル以下の指令に従って加工する超精密加工機であり、前記面粗さ予測装置の前記物理量取得部は、前記超精密加工機が空運転しているときに検出された前記物理量を取得してもよい。これにより、係数が算出済であれば、第2の発明は、面粗さ予測の対象である加工品が実際に加工されずとも該加工品の面粗さ予測をすることができる。

[0131] 第2の発明は、オペレータによる前記係数の変更操作を受け付ける係数変更部 (48) をさらに備え、前記面粗さスペクトル算出部は、オペレータが前記係数を変更した場合は、前記特定周波数における前記第2振幅スペクトルの振幅値と変更後の前記係数とを乗算して、前記加工品の面粗さを示す面粗さ振幅スペクトルを算出してもよい。これにより、オペレータの便宜を図ることができる。

[0132] <第3の発明>

演算方法であって、面粗さ測定装置によって測定された、工作機械（16）で加工された加工品（W）の面粗さを示す測定データ（ SR_{mea} ）を取得する測定データ取得ステップ（S1）と、前記工作機械の加工中に、前記工作機械の性能によって加工品に面粗さが生じる発生要因を示す物理量（PQ）を取得する物理量取得ステップ（S2）と、前記測定データを周波数解析して第1振幅スペクトル（ F_1 ）に変換する第1振幅スペクトル変換ステップ（S3）と、前記物理量取得ステップで取得された前記物理量を周波数解析して第2振幅スペクトル（ F_2 ）に変換する第2振幅スペクトル変換ステップ（S4）と、前記物理量から加工品の面粗さを予測するために、予め決められた周波数または予め決められた周波数帯域である特定周波数（FB）における前記第2振幅スペクトルの振幅値に乗算したときに、前記特定周波数における第1振幅スペクトルの振幅値と所定範囲内で等しくなる係数（C）を算出する係数算出ステップ（S5）と、を含む。

[0133] これにより、加工品の面粗さの予測を可能とする演算方法が提供される。

[0134] 第3の発明は、前記特定周波数における前記第2振幅スペクトルの振幅値と前記係数とを乗算することで、前記加工品の面粗さを示す面粗さ振幅スペクトル（ F_{SR} ）を算出する面粗さスペクトル算出ステップ（S13）と、前記面粗さ振幅スペクトルを逆変換して前記加工品の面粗さを示す予測データ（ SR_{pre} ）を算出する面粗さ算出ステップ（S14）と、をさらに含んでもよい。これにより、第3の発明による面粗さ予測が可能となる。

請求の範囲

[請求項1] 面粗さ測定装置によって測定された、工作機械（16）で加工された加工品（W）の面粗さを示す測定データ（ SR_{mea} ）を取得する測定データ取得部（36）と、

前記工作機械の加工中に、前記工作機械の性能によって加工品に面粗さが生じる発生要因を示す物理量（PQ）を取得する物理量取得部（38）と、

前記測定データを周波数解析して第1振幅スペクトル（ F_1 ）に変換する第1振幅スペクトル変換部（40）と、

前記物理量を周波数解析して第2振幅スペクトル（ F_2 ）に変換する第2振幅スペクトル変換部（42、66）と、

前記物理量から加工品の面粗さを予測するために、予め決められた周波数または予め決められた周波数帯域である特定周波数（FB）における前記第2振幅スペクトルの振幅値に乗算したときに、前記特定周波数における第1振幅スペクトルの振幅値と所定範囲内で等しくなる係数（C）を算出する係数算出部（44）と、

を備える、演算装置（12）。

[請求項2] 請求項1に記載の演算装置であって、

前記物理量は、前記工作機械の加工中に可動する可動軸（22）の位置偏差（ PQ_{pd} ）、前記可動軸の温度、前記可動軸の真直度、前記可動軸の軸受の流体圧力または空気圧力、前記軸受の流体温度または空気温度、および加工中に用いる切削液の温度のうちいずれか1つである、演算装置。

[請求項3] 請求項1または2に記載の演算装置であって、

オペレータによる周波数または周波数帯域の入力操作を受け付ける入力部（28）をさらに備え、

前記係数算出部は、前記入力部を介して入力された前記周波数または前記周波数帯域を前記特定周波数として用いる、演算装置。

- [請求項4] 請求項1～3のいずれか1項に記載の演算装置であって、
前記第1振幅スペクトル変換部は、フーリエ変換またはウェーブレット変換による周波数解析によって前記測定データを前記第1振幅スペクトルに変換し、
前記第2振幅スペクトル変換部は、フーリエ変換またはウェーブレット変換による周波数解析によって前記物理量を前記第2振幅スペクトルに変換する、演算装置。
- [請求項5] 請求項1～4のいずれか1項に記載の演算装置であって、
前記物理量取得部は、前記工作機械の加工中に、前記工作機械の性能によって加工品に面粗さが生じる複数の発生要因を示す複数種類の前記物理量を取得し、
複数種類の前記物理量に対応して複数の前記特定周波数が予め決められており、
複数の前記特定周波数は、互いに周波数または周波数帯域が異なり、
前記係数算出部は、複数種類の前記物理量から加工品の面粗さを予測するために、複数の前記特定周波数に対応する複数の前記係数を算出するものであって、複数の前記特定周波数の各々における前記第2振幅スペクトルの振幅値に乗算したときに、複数の前記特定周波数の各々における第1振幅スペクトルの振幅値と所定範囲内で等しくなる複数の前記係数を算出する、演算装置。
- [請求項6] 請求項1～4のいずれか1項に記載の演算装置であって、
前記特定周波数における前記第2振幅スペクトルの振幅値と前記係数とを乗算することで、前記加工品の面粗さを示す面粗さ振幅スペクトル (F_{SR}) を算出する面粗さスペクトル算出部 (68) と、
前記面粗さ振幅スペクトルを逆変換して前記加工品の面粗さを示す予測データ (SR_{pre}) を算出する面粗さ算出部 (70) と、
をさらに備える、演算装置。

- [請求項7] 請求項5に記載の演算装置であって、
複数の前記特定周波数の各々における前記第2振幅スペクトルの振幅値と複数の前記特定周波数の各々に対応する前記係数とを乗算することで得られた複数のスペクトルを加算して、前記加工品の面粗さを示す面粗さ振幅スペクトル (F_{SR}) を算出する面粗さスペクトル算出部 (68) と、
前記面粗さ振幅スペクトルを逆変換して前記加工品の面粗さを示す予測データ (SR_{pre}) を算出する面粗さ算出部 (70) と、
をさらに備える、演算装置。
- [請求項8] 請求項6または7に記載の演算装置であって、
前記工作機械は、指令分解能が10ナノメートル以下の指令に従って加工する超精密加工機であり、
前記面粗さスペクトル算出部は、前記係数算出部により前記係数が算出された後に、前記超精密加工機が空運転しているときに検出された前記物理量に対して第2振幅スペクトル変換部によって生成された前記第2振幅スペクトルから前記面粗さ振幅スペクトルを算出する、演算装置。
- [請求項9] 請求項6～8のいずれか1項に記載の演算装置であって、
オペレータによる前記係数の変更操作を受け付ける係数変更部 (48) をさらに備え、
前記面粗さスペクトル算出部は、オペレータが前記係数を変更した場合は、前記特定周波数における前記第2振幅スペクトルの振幅値と変更後の前記係数とを乗算して、前記加工品の面粗さを示す面粗さ振幅スペクトルを算出する、演算装置。
- [請求項10] 請求項1～5のいずれか1項に記載の演算装置と、前記特定周波数および前記係数を用いて前記工作機械で加工される前記加工品の面粗さを予測する面粗さ予測装置 (14) とを備える面粗さ予測システム (10) であって、

前記面粗さ予測装置は、

前記工作機械の加工中に、前記工作機械の性能によって加工品に面粗さが生じる発生要因を示す物理量を取得する物理量取得部（56）と、

前記物理量を周波数解析して振幅スペクトルに変換する振幅スペクトル変換部（58）と、

前記係数および前記特定周波数を記憶する記憶部（50）と、

前記特定周波数における前記振幅スペクトルの振幅値と前記係数とを乗算して、前記加工品の面粗さを示す面粗さ振幅スペクトル（ F_{sR} ）を算出する面粗さスペクトル算出部（60）と、

前記面粗さ振幅スペクトルを逆変換して前記加工品の面粗さを示す予測データ（ SR_{pre} ）を算出する面粗さ算出部（62）と、

を備える、面粗さ予測システム。

[請求項11]

請求項10に記載の面粗さ予測システムであって、

前記面粗さ予測装置の前記物理量取得部は、前記工作機械の加工中に、前記工作機械の性能によって加工品に面粗さが生じる複数の発生要因を示す複数種類の前記物理量を取得し、

複数種類の前記物理量に対応して複数の前記特定周波数が予め決められており、

複数の前記特定周波数は、互いに周波数または周波数帯域が異なり、

前記記憶部は、複数の前記特定周波数に対応する複数の前記係数を記憶し、

前記面粗さスペクトル算出部は、複数の前記特定周波数の各々における前記振幅スペクトルの振幅値と複数の前記特定周波数の各々に対応する前記係数とを乗算することで得られた複数のスペクトルを加算して、前記面粗さ振幅スペクトルを算出する、面粗さ予測システム。

[請求項12]

請求項10または11に記載の面粗さ予測システムであって、

前記工作機械は、指令分解能が10ナノメートル以下の指令に従って加工する超精密加工機であり、

前記面粗さ予測装置の前記物理量取得部は、前記超精密加工機が空運転しているときに検出された前記物理量を取得する、面粗さ予測システム。

[請求項13] 請求項10～12のいずれか1項に記載の面粗さ予測システムであって、

オペレータによる前記係数の変更操作を受け付ける係数変更部（48）をさらに備え、

前記面粗さスペクトル算出部は、オペレータが前記係数を変更した場合は、前記特定周波数における前記第2振幅スペクトルの振幅値と変更後の前記係数とを乗算して、前記加工品の面粗さを示す面粗さ振幅スペクトルを算出する、面粗さ予測システム。

[請求項14] 面粗さ測定装置によって測定された、工作機械（16）で加工された加工品（W）の面粗さを示す測定データ（ $S_{R_{mea}}$ ）を取得する測定データ取得ステップ（S1）と、

前記工作機械の加工中に、前記工作機械の性能によって加工品に面粗さが生じる発生要因を示す物理量（PQ）を取得する物理量取得ステップ（S2）と、

前記測定データを周波数解析して第1振幅スペクトル（ F_1 ）に変換する第1振幅スペクトル変換ステップ（S3）と、

前記物理量取得ステップで取得された前記物理量を周波数解析して第2振幅スペクトル（ F_2 ）に変換する第2振幅スペクトル変換ステップ（S4）と、

前記物理量から加工品の面粗さを予測するために、予め決められた周波数または予め決められた周波数帯域である特定周波数（FB）における前記第2振幅スペクトルの振幅値に乗算したときに、前記特定周波数における第1振幅スペクトルの振幅値と所定範囲内で等しくな

る係数（ C ）を算出する係数算出ステップ（ $S5$ ）と、
を含む、演算方法。

[請求項15]

請求項14に記載の演算方法であって、

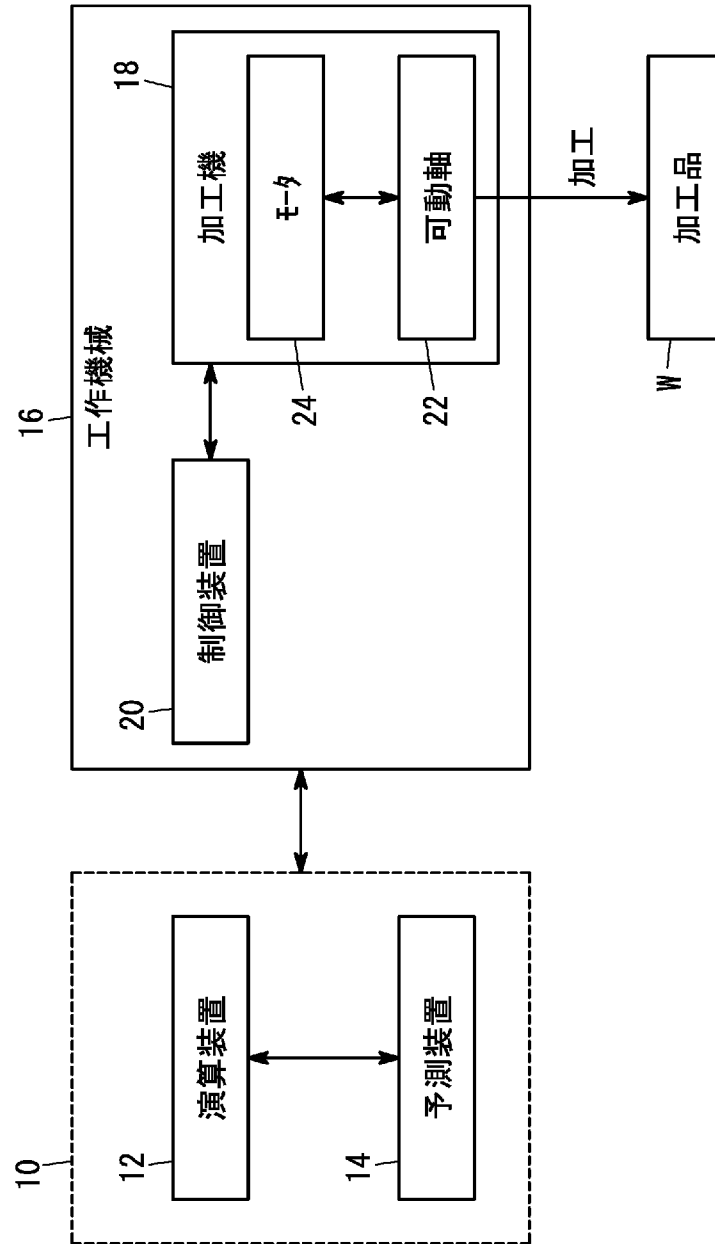
前記特定周波数における前記第2振幅スペクトルの振幅値と前記係数とを乗算することで、前記加工品の面粗さを示す面粗さ振幅スペクトル（ F_{SR} ）を算出する面粗さスペクトル算出ステップ（ $S13$ ）と、

前記面粗さ振幅スペクトルを逆変換して前記加工品の面粗さを示す予測データ（ SR_{pre} ）を算出する面粗さ算出ステップ（ $S14$ ）と、

をさらに含む、演算方法。

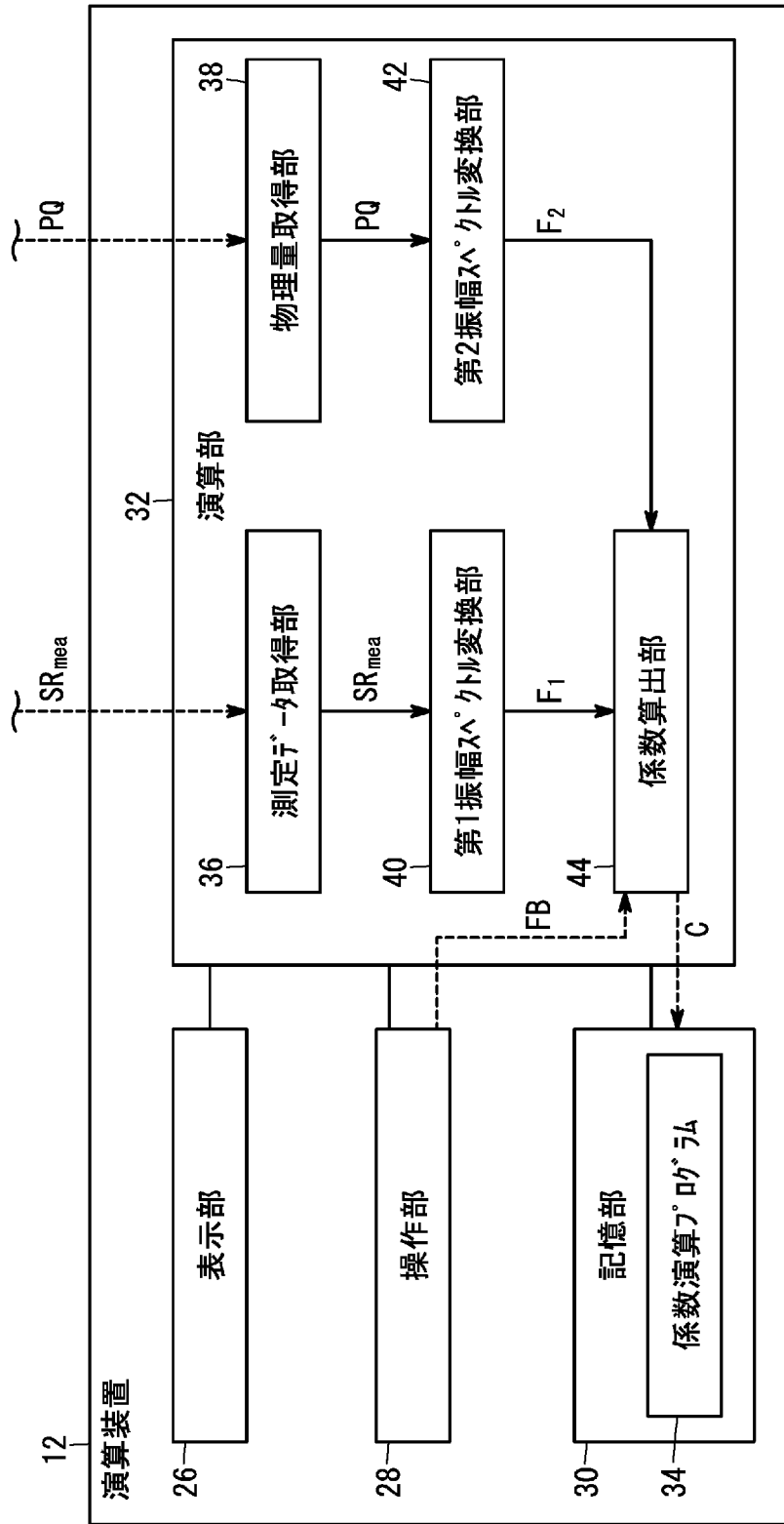
[図1]

FIG. 1



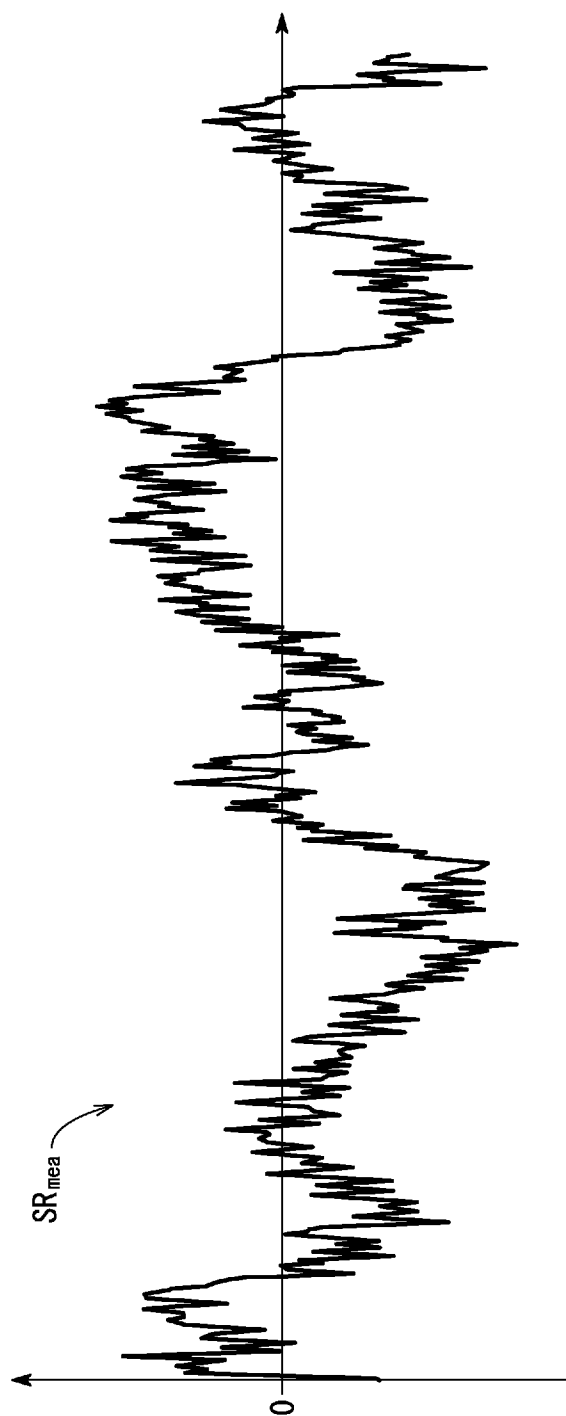
[図2]

FIG. 2



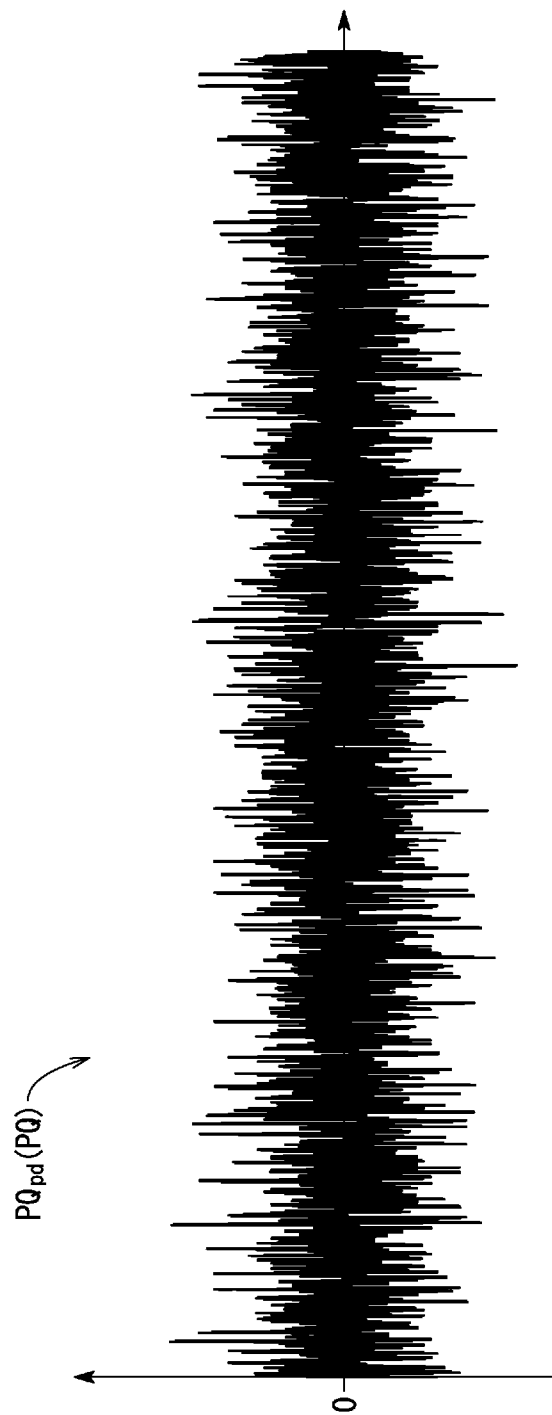
[図3]

FIG. 3



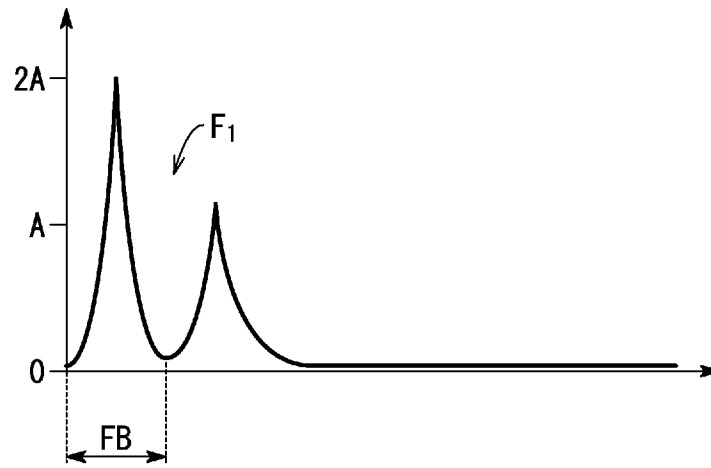
[図4]

FIG. 4



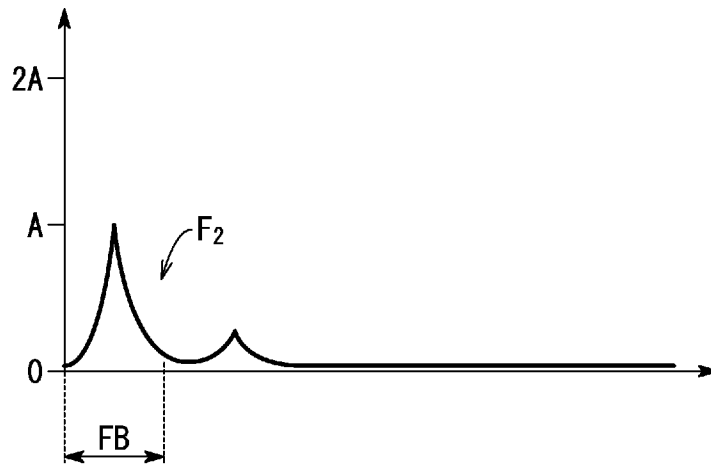
[図5]

FIG. 5



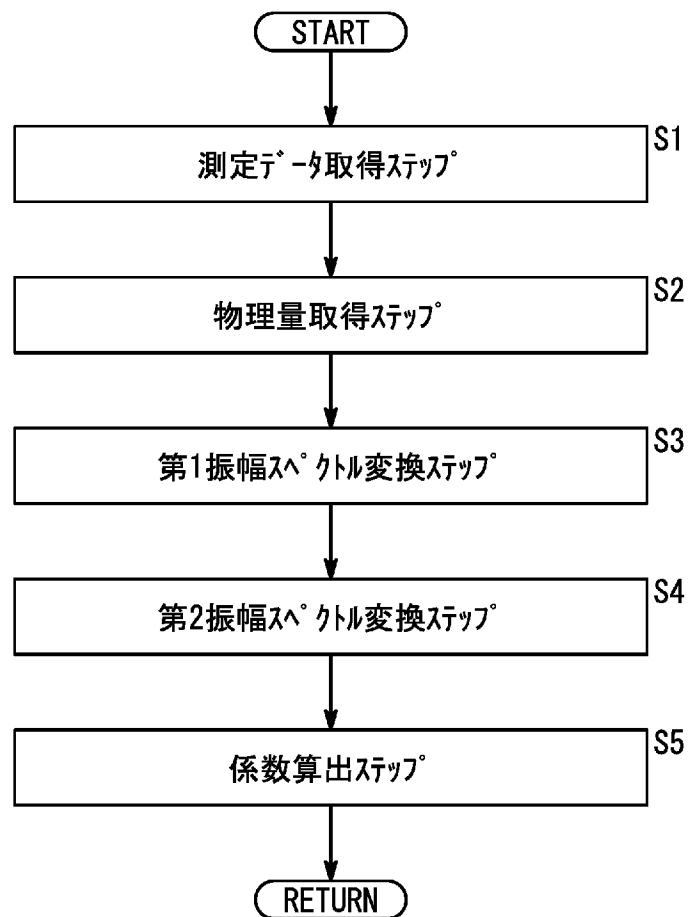
[図6]

FIG. 6



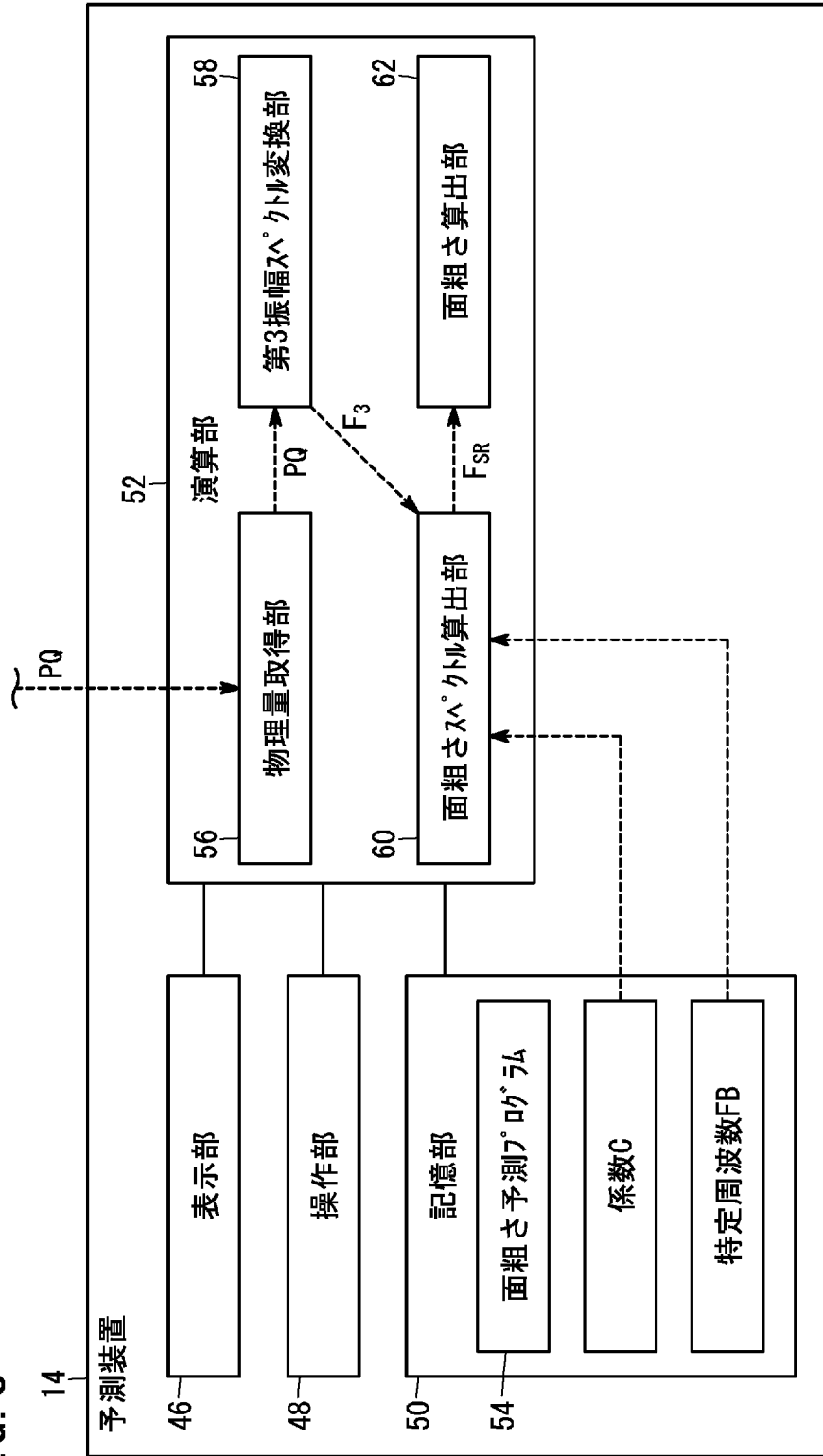
[図7]

FIG. 7



[図8]

FIG. 8



[図9]

FIG. 9A

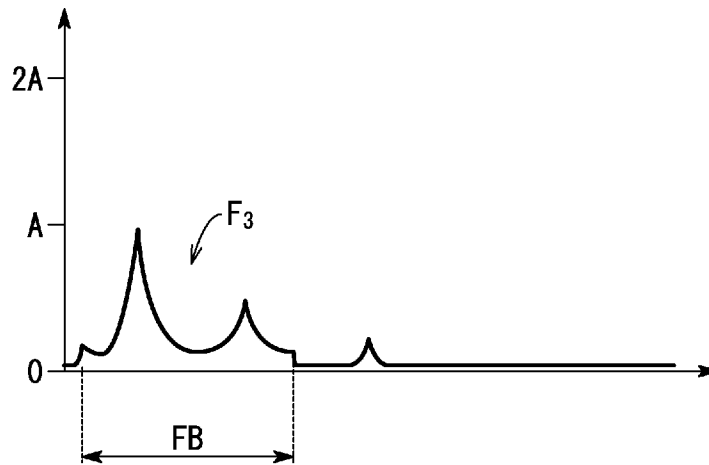
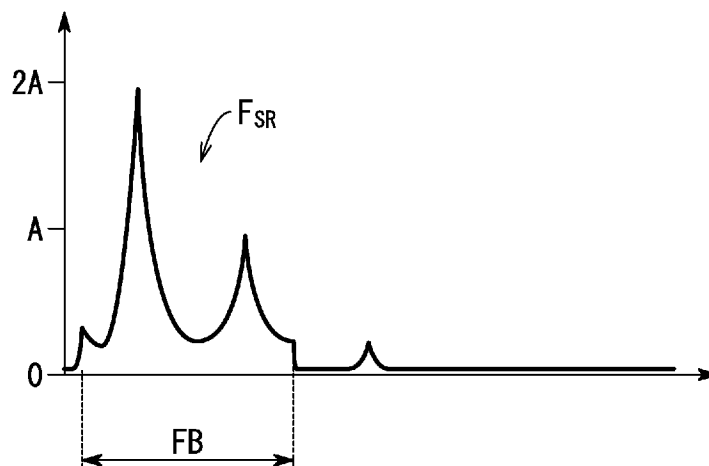
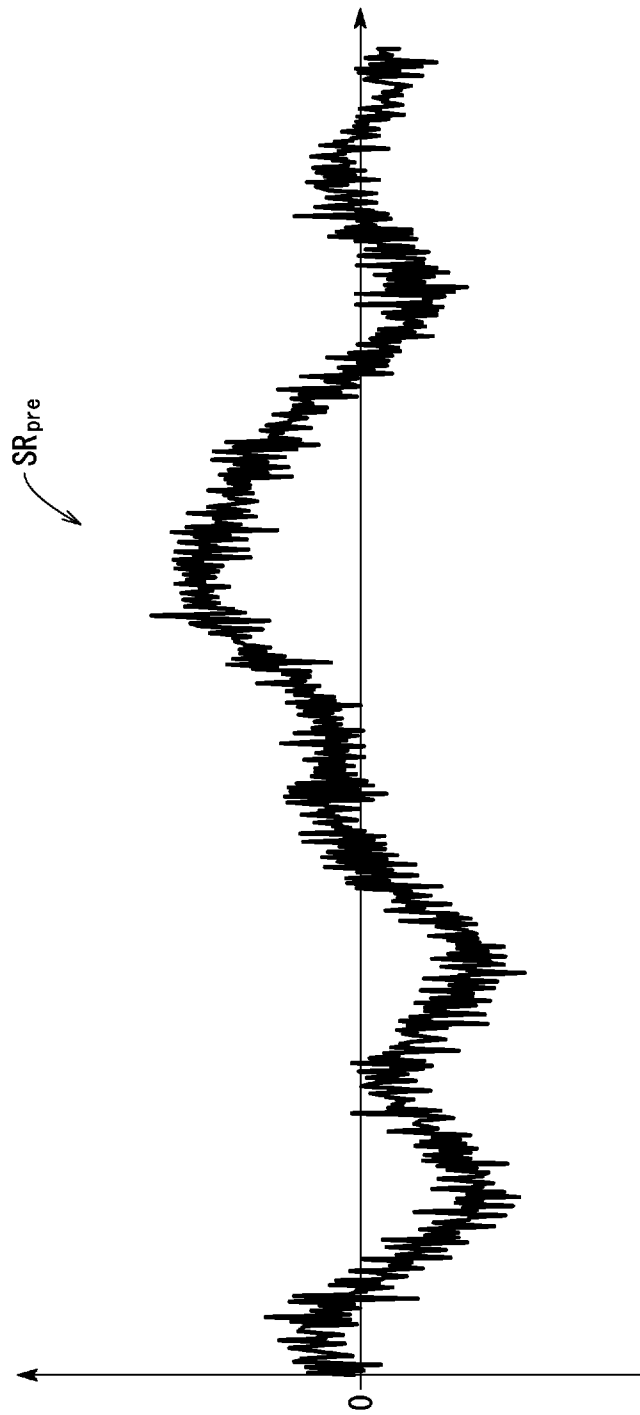


FIG. 9B



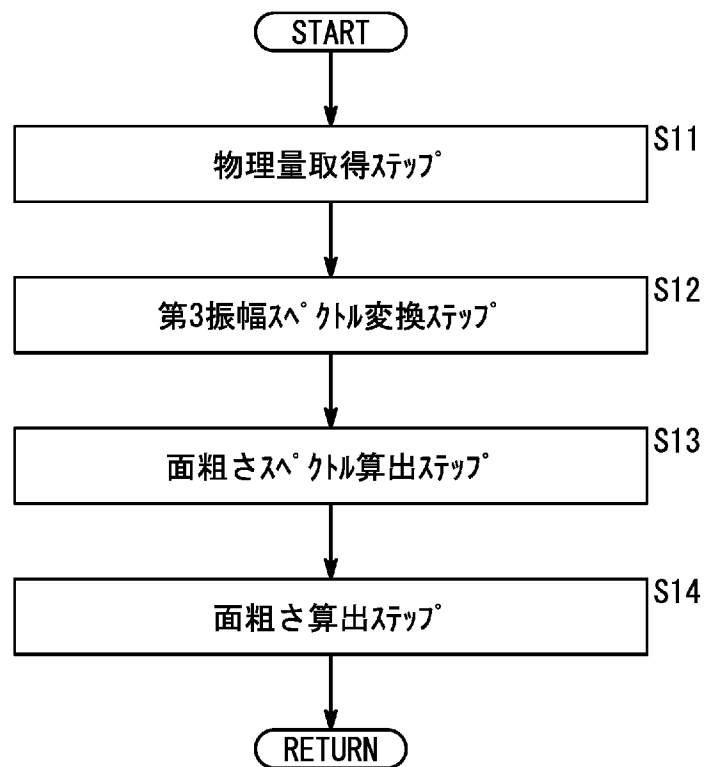
[図10]

FIG. 10



[図11]

FIG. 11



[図12]

FIG. 12A

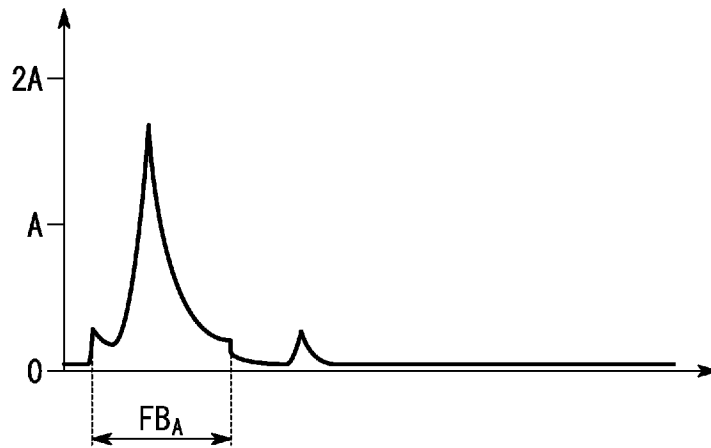


FIG. 12B

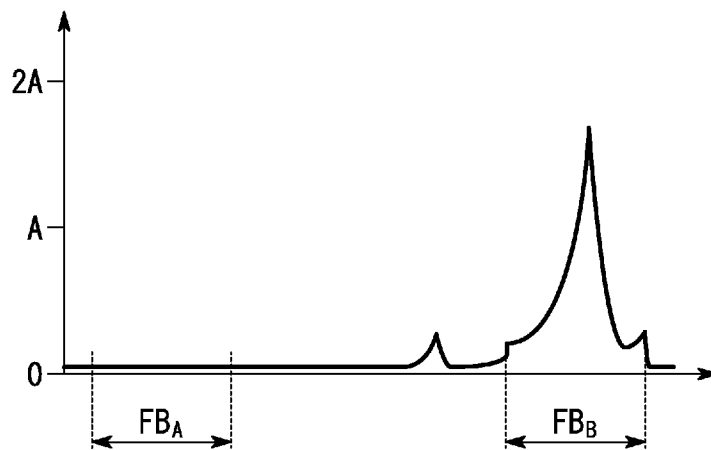
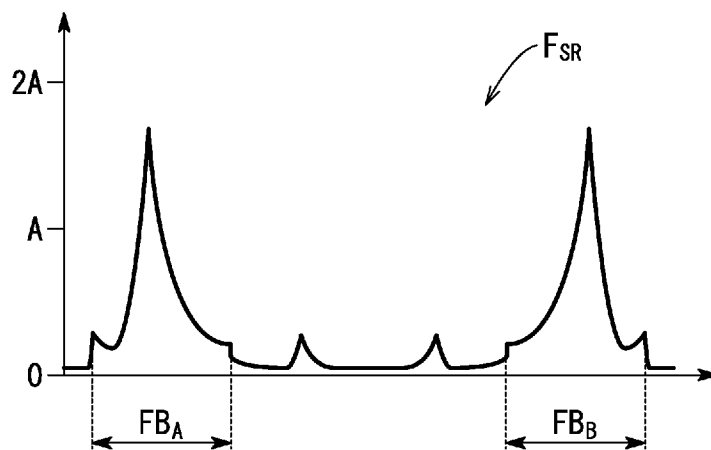
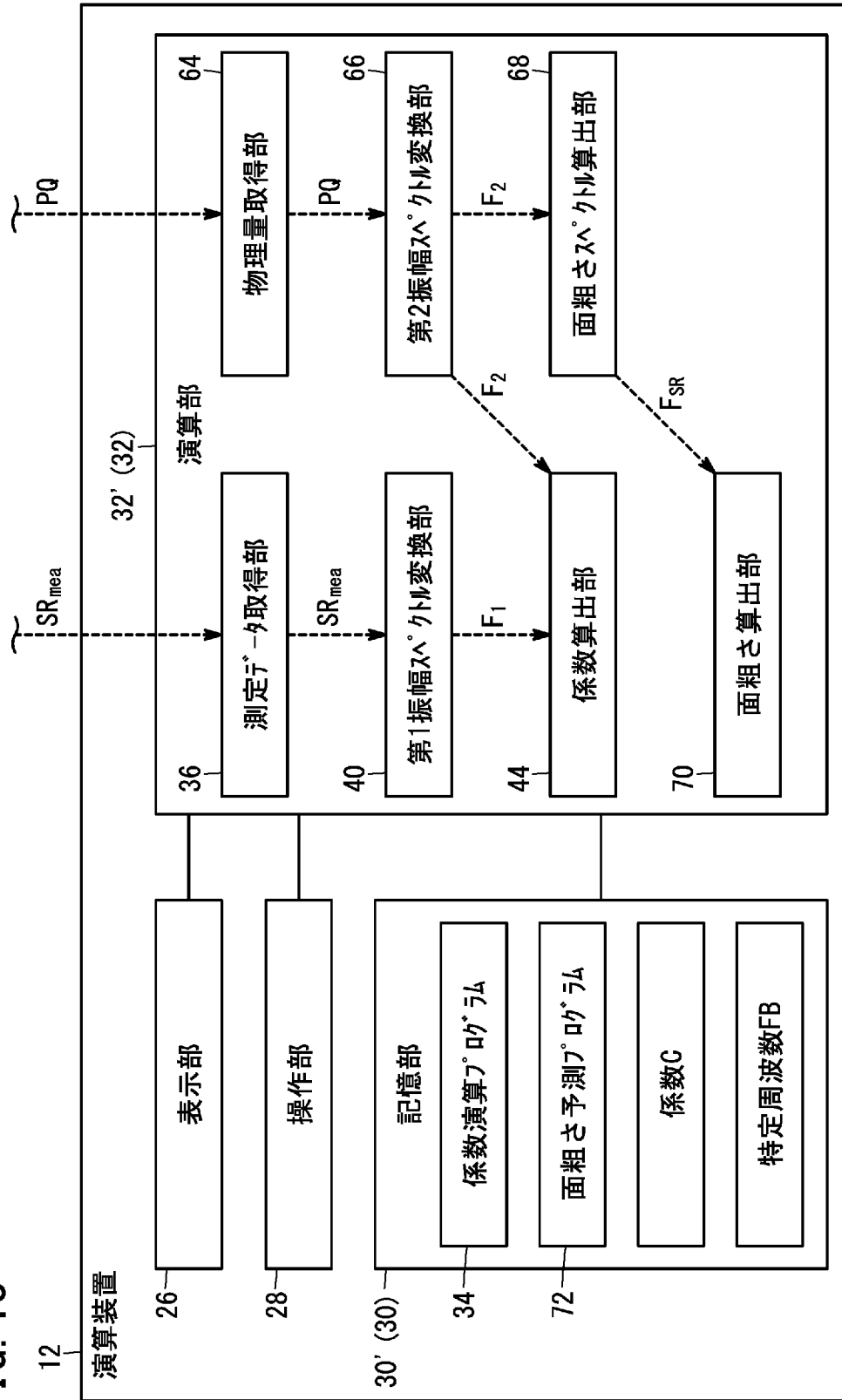


FIG. 12C



[図13]

FIG. 13



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2021/033468

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER**G05B 19/4155**(2006.01)i; **B23Q 17/00**(2006.01)i

FI: B23Q17/00 A; G05B19/4155 V

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)

G05B19/4155; B23Q17/00

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 1971-2021
 Registered utility model specifications of Japan 1996-2021
 Published registered utility model applications of Japan 1994-2021

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	JP 2020-35260 A (FANUC LTD.) 05 March 2020 (2020-03-05) paragraphs [0013]-[0040], fig. 1-8	1-15
A	JP 2015-134400 A (THE UNIVERSITY OF TOKYO) 27 July 2015 (2015-07-27) paragraphs [0005]-[0012], fig. 14-17	1, 14
A	CN 108596158 A (TONGJI UNIVERSITY) 28 September 2018 (2018-09-28) paragraphs [0044]-[0096], fig. 1-3	1, 14
A	JP 2012-196740 A (TOKYO SEIMITSU CO., LTD.) 18 October 2012 (2012-10-18) paragraphs [0022]-[0049], fig. 1-3	1, 14
A	JP 2004-255535 A (GUNMA PREFECTURE) 16 September 2004 (2004-09-16) paragraphs [0013]-[0098], fig. 1-12	1, 14

☐ 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

10 November 2021

Date of mailing of the international search report

22 November 2021

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/JP2021/033468

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)	Publication date (day/month/year)
JP	2020-35260	A	05 March 2020	US 2020/0073344 A1 paragraphs [0022]-[0050], fig. 1-8 DE 102019122771 A1 CN 110874084 A KR 10-2020-0026108 A	
JP	2015-134400	A	27 July 2015	US 2015/0168938 A1 paragraphs [0006]-[0014], fig. 14-17	
CN	108596158	A	28 September 2018	(Family: none)	
JP	2012-196740	A	18 October 2012	(Family: none)	
JP	2004-255535	A	16 September 2004	(Family: none)	

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC）） G05B 19/4155(2006.01)i; B23Q 17/00(2006.01)i FI: B23Q17/00 A; G05B19/4155 V		
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）） G05B19/4155; B23Q17/00		
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 1971-2021年 日本国実用新案登録公報 1996-2021年 日本国登録実用新案公報 1994-2021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	JP 2020-35260 A（ファナック株式会社）05.03.2020（2020-03-05） 段落0013-0040, 図1-8	1-15
A	JP 2015-134400 A（国立大学法人 東京大学）27.07.2015（2015-07-27） 段落0005-0012, 図14-17	1, 14
A	CN 108596158 A（TONGJI UNIVERSITY）28.09.2018（2018-09-28） 段落0044-0096, 第1-3図	1, 14
A	JP 2012-196740 A（株式会社東京精密）18.10.2012（2012-10-18） 段落0022-0049, 図1-3	1, 14
A	JP 2004-255535 A（群馬県）16.09.2004（2004-09-16） 段落0013-0098, 図1-12	1, 14
☐ 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 10.11.2021		国際調査報告の発送日 22.11.2021
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） 中川 康文 3C 4068 電話番号 03-3581-1101 内線 3322

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/JP2021/033468

引用文献			公表日	パテントファミリー文献	公表日
JP	2020-35260	A	05.03.2020	US 2020/0073344 A1 段落0022-0050, 第1-8図 DE 102019122771 A1 CN 110874084 A KR 10-2020-0026108 A	
JP	2015-134400	A	27.07.2015	US 2015/0168938 A1 段落0006-0014, 第14-17図	
CN	108596158	A	28.09.2018	(ファミリーなし)	
JP	2012-196740	A	18.10.2012	(ファミリーなし)	
JP	2004-255535	A	16.09.2004	(ファミリーなし)	