(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
2024年11月14日(14.11.2024)

WIPO | PCT

(10) 国際公開番号
WO 2024/231990 A1

(51) 国際特許分類:
B23F 23/12 (2006.01) *G05B 19/4063* (2006.01)
B23Q 17/20 (2006.01) *B23F 5/16* (2006.01)
G05B 19/18 (2006.01) *G05B 19/4069* (2006.01)

(21) 国際出願番号： PCT/JP2023/017334

(22) 国際出願日： 2023年5月8日(08.05.2023)

(25) 国際出願の言語： 日本語

(26) 国際公開の言語： 日本語

(71) 出願人: 株式会社ジェイテクト (JTEKT CORPORATION) [JP/JP]; 〒4488652 愛知県刈谷市朝日町１丁目１番地 Aichi (JP).

(72) 発明者: 松尾 優大 (MATSUO Yuta); 〒4488652 愛知県刈谷市朝日町１丁目１番地 株式会社ジェイテクト内 Aichi (JP).

(74) 代理人: 弁理士法人あいち国際特許事務所 (AICHI, TAKAHASHI, IWAKURA & ASSOCIATES); 〒4500002 愛知県名古屋市中村区名駅３丁目２６番１９号 名駅永田ビル Aichi (JP).

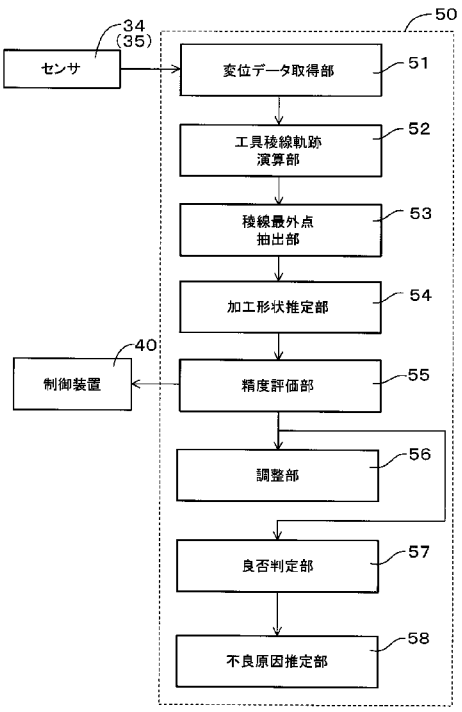
(81) 指定国(表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CV, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IQ, IR, IS, IT, JM, JO, JP, KE, KG,

WO 2024/231990 A1

(54) **Title:** MACHINING SHAPE ESTIMATION DEVICE

(54) 発明の名称： 加工形状推定装置

[図4]



34 (35)... SENSOR
40... CONTROL DEVICE
51... DISPLACEMENT DATA ACQUISITION UNIT
52... TOOL RIDGELINE TRAJECTORY CALCULATION UNIT
53... RIDGELINE OUTERMOST POINT EXTRACTION UNIT
54... MACHINING SHAPE ESTIMATION UNIT
55... ACCURACY EVALUATION UNIT
56... ADJUSTMENT UNIT
57... ACCEPTABILITY DETERMINATION UNIT
58... DEFECT CAUSE ESTIMATION UNIT

(57) **Abstract:** A machining shape estimation device (50) estimates a workpiece (W) machining shape in a gear machining device (1) that applies tooth shape creation machining to the workpiece (W) using a cutting tool (T). The machining shape estimation device (50) is provided with: a displacement data acquisition unit (51) that acquires machining point displacement data relating to the workpiece (W); a tool ridgeline trajectory calculation unit (52) that calculates, on the basis of the machining point displacement data, as a point cloud, a tool ridgeline trajectory, which is a movement trajectory

[続葉有]

KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, MG, MK, MN, MU, 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, SC, 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)）

of a tool ridgeline, which is an end portion of a rake face (T1a) on the cutting tool (T), in a space defined by a tooth thickness direction axis parallel with the tooth thickness direction, a tooth height direction axis parallel with the tooth height direction, and a tooth width direction axis parallel with the tooth width direction in the workpiece; a ridgeline outermost point extraction unit (53) that extracts, from the tool ridgeline trajectory having a plurality of values on the tooth thickness direction axis at each coordinate value on each of the tooth width direction axis and the tooth length direction axis, the outermost point (CR, CL) that is to be positioned at the inner most point inside the workpiece (W); and a machining shape estimation unit (54) that estimates the machining shape of the workpiece (W) on the basis of the outermost point (CR, CL) of the tool ridgeline trajectory.

(57) 要約：加工形状推定装置（５０）は、切削工具（Ｔ）を用いて工作物（Ｗ）に歯形創成加工を施す歯車加工装置（１）において、工作物（Ｗ）加工形状を推定するものであって、工作物（Ｗ）の加工点の変位データを取得する変位データ取得部（５１）と、加工点の変位データに基づいて、工作物における歯厚方向に平行な歯厚方向軸、歯たけ方向に平行な歯たけ方向軸、及び歯幅方向に平行な歯幅方向軸で規定された空間において、切削工具（Ｔ）におけるすくい面（Ｔ１ａ）の端部である工具稜線の移動軌跡である工具稜線軌跡を点群として演算する工具稜線軌跡演算部（５２）と、歯幅方向軸－歯たけ方向軸の各座標値において複数の歯厚方向軸の値を有する工具稜線軌跡から、最も工作物（Ｗ）の内部に位置することとなる最外点（ＣＲ、ＣＬ）を抽出する稜線最外点抽出部（５３）と、工具稜線軌跡の最外点（ＣＲ、ＣＬ）に基づいて、工作物（Ｗ）の加工形状を推定する加工形状推定部（５４）と、を備える。

明　細　書

発明の名称 ： 加工形状推定装置

技術分野

[0001]　本発明は、加工形状推定装置に関する。

背景技術

[0002]　切削工具を用いて工作物に歯形創成加工を施す加工装置において、工作物における加工形状を推定することが行われている。例えば、特許文献１に開示の構成では、加工時に検出した工具回転時の加工振動をフーリエ変換（ＦＦＴ（高速フーリエ変換）、ＤＦＴ（離散フーリエ変換））を適用して取得した波形を解析し、その振幅を閾値と比較することで加工時のびびり振動による加工面の良否判定をして加工形状を推定している。

[0003]　また、特許文献２に開示の構成では、工作物をボクセルモデルで表現するとともに工具切れ刃の形状を微小間隔の３次元の点群で表現し、工具切れ刃の微小回転角毎に工具中心軸と点群とを結ぶ直線群と重なるボクセルとの干渉判定を行って工作物の除去量を予測する構成が開示されている。

[0004]　また、特許文献３に開示の構成では、工作物形状を格子状に分割したＸ－Ｙ平面の各区画に加工面高さ情報を付加するＺマップ法において、工具を加工経路に沿って移動させた工具軌跡を考慮して、工具により除去される領域を推定することにより工作物の加工形状を推定している。

先行技術文献

特許文献

[0005] 特許文献1：特開２０２１－６８４０１号公報

特許文献2：特開２０１９－７０９１６号公報

特許文献3：特開２０１２－１４６０１号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0006]　しかしながら、特許文献１に開示の構成では、解析により得られる振幅は

工作物の加工面に生じたうねりなどの形状を反映しておらず、加工形状の推定精度は低い。また、特許文献２に開示の構成では加工形状の精度を向上するにはボクセルを小さくする必要があり、特許文献３に開示の構成でも加工形状の精度を向上するには区画を小さくする必要がある。しかしながら、これに伴って演算量が増大して加工形状の推定に長時間を要するため、短いサイクルタイムで加工し続ける量産加工では、次の加工までに加工形状の推定が完了せず、次の加工条件等の調整を行うことが困難となる。

[0007] 本開示は、このような事情に鑑みてなされたものであり、歯形創成加工を施す加工装置における加工形状の推定を高精度かつ短時間で行うことができる加工形状推定装置を提供することを目的とする。

課題を解決するための手段

[0008] 本開示の一態様は、切削工具を用いて工作物に歯形創成加工を施す歯車加工装置における上記工作物の加工点の変位データを取得する変位データ取得部と、

上記加工点の変位データに基づいて、上記工作物における歯厚方向に平行な歯厚方向軸、歯たけ方向に平行な歯たけ方向軸、及び歯幅方向に平行な歯幅方向軸で規定された空間において、上記切削工具におけるすくい面の端部である工具稜線の移動軌跡である工具稜線軌跡を点群として演算する工具稜線軌跡演算部と、

上記歯幅方向軸－上記歯たけ方向軸の各座標値において複数の上記歯厚方向軸の値を有する上記工具稜線軌跡から、最も上記工作物の内部に位置することとなる最外点を抽出する稜線最外点抽出部と、

上記工具稜線軌跡の最外点に基づいて、上記工作物の加工形状を推定する加工形状推定部と、を備える加工形状推定装置にある。

発明の効果

[0009] 本開示の一態様の加工形状推定装置によれば、加工点の変位データから工具稜線軌跡を演算し、工具稜線軌跡から抽出した工具稜線軌跡の最外点に基づいて、工作物の加工形状を推定する。そして、加工点の変位データは、歯

車加工装置で加工したときに加工点に生じる振動の影響が含まれているため、当該変位データから演算された工具稜線軌跡及びその最外点についても振動の影響を含むものとなっている。その結果、推定される工作物の加工形状においても、加工点に生じる振動の影響を含むものとなっており、当該工作物の加工形状を高精度に推定することができる。さらに、工具稜線軌跡から抽出した工具稜線軌跡の最外点に基づいて工作物の加工形状を推定するため、ボクセルモデルを用いる場合やＺマップ法に基づく場合に比べて、演算量が増大することを抑制できるため、短時間で工作物の加工形状を高精度に推定することができる。

[0010] 以上のごとく、上記一態様によれば、歯形創成加工を施す歯車加工装置における加工形状の推定を高精度かつ短時間で行うことができる加工形状推定装置を提供することができる。

図面の簡単な説明

[0011] [図1]図１は、実施形態１の加工形状推定装置が設けられた歯車加工装置の構成を示す概念図である。

[図2]図２は、実施形態１における加工時の工作物とギヤスカイビングカッタとを工作物の軸方向から見た概念図である。

[図3]図３は、図２のIII－III線位置断面図である。

[図4]図４は、実施形態１における加工形状推定装置についての機能ブロック図である。

[図5]図５は、実施形態１における評価座標上での工具稜線軌跡を示す概念図である。

[図6]図６は、実施形態１における評価座標上での評価工具稜線軌跡を示す概念図である。

[図7]図７は、工具稜線軌跡についての斜視概念図である。

[図8]図８は、実施形態１における評価座標上での評価工具稜線軌跡の最外点を示す概念図である。

[図9]図９は、実施形態１における、工作物の加工形状の推定と加工品質の判

定のフロー図である。

[図10]図１０は、実施形態１において、推定された工作物の加工形状における左歯面を表す図である。

[図11]図１１は、実施形態１において、推定された工作物の加工形状における右歯面を表す図である。

[図12]図１２は、実施形態１において、推定された工作物の加工形状における左歯面の歯形形状誤差を表す図である。

[図13]図１３は、実施形態１において、推定された工作物の加工形状における右歯面の歯形形状誤差を表す図である。

[図14]図１４は、実施形態１において、推定された工作物の加工形状における左歯面の歯すじ形状誤差を表す図である。

[図15]図１５は、実施形態１において、推定された工作物の加工形状における右歯面の歯すじ形状誤差を表す図である。

[図16]図１６は、実施形態１において、実測された工作物の加工形状における左歯面を表す図である。

[図17]図１７は、実施形態１において、実測された工作物の加工形状における右歯面を表す図である。

[図18]図１８は、実施形態１において、実測された工作物の加工形状における左歯面の歯形形状誤差を表す図である。

[図19]図１９は、実施形態１において、実測された工作物の加工形状における右歯面の歯形形状誤差を表す図である。

[図20]図２０は、実施形態１において、実測された工作物の加工形状における左歯面の歯すじ形状誤差を表す図である。

[図21]図２１は、実施形態１において、実測された工作物の加工形状における右歯面の歯すじ形状誤差を表す図である。

[図22]図２２は、実施形態２における加工形状推定装置についての機能ブロック図である。

発明を実施するための形態

[0012] （実施形態１）

１．歯車加工装置１の構成

本実施態様の加工形状推定装置５０は、歯形創成加工を施す歯車加工装置１における工作物Ｗの加工形状を推定対象とする。歯車加工装置１の一例として、工具Ｔと工作物Ｗとを回転させながら相対移動させることにより、切削工具Ｔによって工作物Ｗに歯形（歯車の歯）を創成加工する歯車加工装置１について、図１を参照して説明する。本実施態様では、本形態においては、歯車加工装置１は、工作物Ｗの内周面に内歯を創成する場合を例に挙げる。

[0013] 本形態においては、歯車加工装置１は、汎用的な工作機械、例えば、マシニングセンタを適用する。マシニングセンタは、切削工具を交換可能に構成されており、装着された工具に応じた加工が可能である。例えば、交換可能な切削工具Ｔとしては、ギヤスカイビングカッタやホブカッタなどがある。ギヤスカイビングカッタに交換されることで、歯車加工装置１は、ギヤスカイビング加工により、工作物Ｗに歯形（歯車の歯）を加工する装置となる。ホブカッタに交換することで、歯車加工装置１は、ホブ加工により工作物Ｗに歯形（歯車の歯）を加工する装置となる。なお、図１においては、工具交換装置および複数の工具を収容する工具マガジンは図示しない。

[0014] また、本形態においては、歯車加工装置１としてのマシニングセンタは、横形マシニングセンタを基本構成とする。ただし、歯車加工装置１は、立形マシニングセンタなど、他の構成を適用することもできる。

[0015] 図１に示すように、歯車加工装置１は、例えば、相互に直交する３つの直進軸（Ｘ軸、Ｙ軸、Ｚ軸）を駆動軸として有する。ここで、切削工具Ｔの回転軸線（工具主軸の回転軸線に等しい）の方向をＺ軸方向と定義し、Ｚ軸方向に直交する２軸をＸ軸およびＹ軸と定義する。図１においては、水平方向をＸ軸方向とし、鉛直方向をＹ軸方向とする。

[0016] さらに、歯車加工装置１は、工作物Ｗと切削工具Ｔとの相対姿勢を変更するための１つの回転軸（Ｂ軸）を駆動軸として有する。本形態において、Ｂ

軸は、Ｙ軸方向に平行な軸線を回転中心とする回転軸である。また、歯車加工装置１は、切削工具Ｔを回転するための回転軸としてのＣｔ軸、および、工作物Ｗを回転するための回転軸としてのＣｗ軸を有する。Ｃｔ軸は、Ｚ軸方向に平行な軸線を回転中心とする回転軸である。Ｃｗ軸は、Ｂ軸を基準角度とした状態において、Ｚ軸方向に平行な軸線を回転中心とする回転軸である。

[0017] 歯車加工装置１において、工作物Ｗと切削工具Ｔとを相対移動させる構成は、適宜選択可能である。例えば、歯車加工装置１は、Ｂ軸に代えて、Ｘ軸方向を回転中心とするＡ軸を有する構成としても良い。以下においては、歯車加工装置１は、切削工具ＴをＹ軸方向およびＺ軸方向に直動可能とし、工作物ＷをＸ軸方向に直動可能とし、さらに工作物ＷをＢ軸に回転可能とする場合を例にあげる。

[0018] 歯車加工装置１は、加工機械本体を構成する、ベッド１０、工作物保持装置２０、工具保持装置３０、及び制御装置４０を備える。歯車加工装置１には後述の加工形状推定装置５０が接続されている。以下に歯車加工装置１を構成する各要素について説明する。

[0019] ベッド１０は、設置面上に設置され、工作物保持装置２０の形状および工具保持装置３０の形状などに応じた形状に形成される。本形態においては、ベッド１０は、例えば、矩形状とする。ベッド１０の上面には、Ｘ軸方向に延在する一対のＸ軸ガイドレール１１、および、Ｚ軸方向に延在する一対のＺ軸ガイドレール１２が形成されている。

[0020] 工作物保持装置２０は、工作物Ｗをベッド１０に対して、Ｘ軸方向に直動し、Ｂ軸に回転可能とし、Ｃｗ軸に回転可能とする。工作物保持装置２０は、Ｘ軸移動テーブル２１、Ｂ軸回転テーブル２２、工作物主軸装置２３を主に備える。

[0021] Ｘ軸移動テーブル２１は、図示しないＸ軸用移動装置によってベッド１０のＸ軸ガイドレール１１に案内されながらＸ軸方向へ移動する。Ｂ軸回転テーブル２２は、Ｘ軸移動テーブル２１の上面に設置され、Ｘ軸移動テーブル

２１と一体的にＸ軸方向へ移動する。また、Ｂ軸回転テーブル２２には後述の回転装置４４が接続されており、Ｂ軸回転テーブル２２は回転装置４４を介してＢ軸に回転可能となる。

[0022] 工作物主軸装置２３は、Ｂ軸回転テーブル２２に設けられ、Ｂ軸回転テーブル２２と一体的にＢ軸回転する。工作物主軸装置２３は、工作物Ｗを回転可能に保持する。工作物主軸装置２３には、図示しない回転モータが収納され、工作物主軸装置２３は、回転モータの駆動により工作物ＷをＣｗ軸に回転可能とする。このようにして、工作物保持装置２０は、工作物Ｗを、ベッド１０に対して、Ｘ軸方向へ移動可能とし、Ｂ軸およびＣｗ軸に回転可能とする。

[0023] 詳細には、工作物主軸装置２３は、工作物側ハウジング２３ａと工作物主軸２３ｂとを備える。工作物主軸装置２３の工作物側ハウジング２３ａがＢ軸回転テーブル２２に固定され、工作物主軸装置２３の工作物主軸２３ｂが工作物側ハウジング２３ａに回転可能に支持されている。この工作物主軸２３ｂの先端に、工作物Ｗが取り付けられている。つまり、工作物Ｗは、工作物主軸装置２３の工作物主軸２３ｂに片持ち支持されている。

[0024] 工具保持装置３０は、コラム３１、サドル３２、工具主軸装置３３、センサ３４、３５を主に備える。コラム３１は、後述のＺ軸用移動装置４３によってベッド１０のＺ軸ガイドレール１２に案内されながらＺ軸方向へ移動する。コラム３１の上下方向に延びる面（図１の左面）には、Ｙ軸ガイドレール３１ａが形成されている。サドル３２は、図示しないリニアモータまたはボールねじ機構などの駆動装置によって駆動されることにより、コラム３１のＹ軸ガイドレール３１ａに案内されながらＹ軸方向へ移動する。

[0025] 工具主軸装置３３は、サドル３２に設けられると共に、サドル３２と一体的にＹ軸方向へ移動する。工具主軸装置３３は、切削工具Ｔを保持する。工具主軸装置３３には、図示しない回転モータが収納され、工具主軸装置３３は、回転モータの駆動により切削工具ＴをＣｔ軸に回転可能とする。このようにして、工具保持装置３０は、切削工具Ｔを、ベッド１０に対して、Ｙ軸

方向およびＺ軸方向に移動可能とし、かつ、Ｃｔ軸に回転可能に保持する。

[0026] 詳細には、工具主軸装置３３は、工具主軸側ハウジング３３ａと工具主軸３３ｂとを備える。工具主軸装置３３のハウジングがサドル３２に固定され、工具主軸装置３３の工具主軸３３ｂが工具主軸側ハウジング３３ａに回転可能に支持されている。この工具主軸３３ｂの先端に、切削工具Ｔが取り付けられている。つまり、切削工具Ｔは、工具主軸装置３３の工具主軸３３ｂに片持ち支持されている。

[0027] センサ３４は、工具主軸装置３３の工具主軸側ハウジング３３ａに設けられる。本実施形態１では、センサ３４は加速度センサからなり、工具主軸装置３３の振動を検出するように構成されている。センサ３４は、サドル３２に設けても良い。なお、本実施形態では、センサ３４は、後述する歯厚方向Ｘ及び歯たけ方向Ｙの加速度を計測するものとした。

[0028] 制御装置４０は、演算処理装置（プロセッサ）および記憶装置を備えており、加工プログラムを実行することにより、各駆動装置を制御する。つまり、制御装置４０は、切削工具Ｔの回転、工作物Ｗの回転、工作物Ｗと切削工具Ｔとの相対的な移動を制御する。そして、制御装置４０は、工作物Ｗに歯車の歯を加工するために、工作物主軸装置２３と工具主軸装置３３とを同期して回転制御しながら、図示しない各駆動装置を制御する。

[0029] 詳細には、制御装置４０は、切削工具Ｔの回転軸線Ｃｔを、工作物Ｗの回転軸線Ｃｗに平行な軸線に対して図示しない軸交差角を有する状態とする。本形態においては、制御装置４０がＢ軸回転テーブル２２を回転することにより、工作物Ｗと切削工具Ｔとが軸交差角を有する状態に位置決めする。そして、制御装置４０は、図示しない駆動装置を介して工作物Ｗと切削工具Ｔとを同期回転させながら、工作物Ｗに対して切削工具Ｔを工作物Ｗの軸方向に相対移動させることにより、工作物Ｗの内周面に内歯を創成する。

[0030] ２．切削工具ＴとしてのギヤスカイビングカッタＴａの構成

切削工具Ｔとしてのギヤスカイビングカッタ Ｔａの構成について図２、図３を参照して説明する。ギヤスカイビングカッタＴａは、工作物Ｗの内周面

に内歯を創成するための工具である。ギヤスカイビングカッタＴａは、工具主軸装置３３の工具主軸３３ｂ（図１に示す）に装着され、工具主軸３３ｂと一体的に回転する。ギヤスカイビングカッタＴａは、複数の切刃Ｔ１と、主軸装着部Ｔ２とを備える。ギヤスカイビングカッタＴａは、主軸装着部Ｔ２を介して工具主軸３３ｂに接続される。

[0031] 複数の切刃Ｔ１は、ギヤスカイビングカッタＴａの外周面（切削工具Ｔの外周面に相当）に形成されており、工作物Ｗの内周面を加工するための刃である。複数の切刃Ｔ１は、ギヤスカイビングカッタＴａの周方向に配列されている。本形態においては、複数の切刃Ｔ１は、周方向に等間隔に形成されている場合を例に挙げるが、欠刃を設けることにより不等間隔に形成されるようにしても良い。

[0032] 複数の切刃Ｔ１は、ギヤスカイビングカッタＴａの回転軸線Ｃｔに対して、正または負のねじれ角を有するように形成される場合、平行に形成される場合（ねじれ角ゼロの場合）がある。切刃Ｔ１のねじれ角は、工作物Ｗの内歯のねじれ角、加工条件のうち工作物Ｗの回転軸線ＣｗとギヤスカイビングカッタＴａの回転軸線Ｃｔとの軸交差角などによって決定される。

[0033] 複数の切刃Ｔ１のそれぞれは、ギヤスカイビングカッタＴａの軸方向端面をすくい面Ｔ１ａとし、ギヤスカイビングカッタＴａの外周面を前逃げ面Ｔ１ｂとし、ギヤスカイビングカッタＴａの周方向に法線を有する面を側逃げ面Ｔ１ｃとする。本形態においては、切刃Ｔ１のすくい面Ｔ１ａは、正のすくい角を有するように形成されているが、任意のすくい角を有するように設定可能である。

[0034] 切刃Ｔ１の前逃げ面Ｔ１ｂは、ギヤスカイビングカッタＴａの回転軸線Ｃｔに対して傾斜するように、すなわち円錐面上に位置するように形成されている。つまり、切刃Ｔ１の前逃げ面Ｔ１ｂは、正の前逃げ角を有する。ただし、切刃Ｔ１の前逃げ面Ｔ１ｂは、ギヤスカイビングカッタＴａの回転軸線Ｃｔに平行に、すなわち円筒面上に位置するように形成しても良い。つまり、複数の切刃Ｔ１の外接面は、円錐面に形成されるようにしても良いし、円

筒面に形成されるようにしても良い。切刃Ｔ１の側逃げ面Ｔ１ｃは、切刃Ｔ１の歯すじ方向に対して傾斜するように形成されている。つまり、切刃Ｔ１の側逃げ面Ｔ１ｃは、正の側逃げ角を有する。

[0035] 以下において、ギヤスカイビングカッタＴａの軸方向において、切刃Ｔ１のすくい面Ｔ１ａの側（図３の左側）を前方とし、切刃Ｔ１のすくい面Ｔ１ａの裏面側（図３の右側）を後方とする。

[0036] ３．ギヤスカイビング加工

切削工具Ｔとしてギヤスカイビングカッタ Ｔａを適用した場合に、ギヤスカイビングカッタＴａにより工作物Ｗの内周面に内歯を創成するギヤスカイビング加工について、図２及び図３を参照して説明する。制御装置４０の制御により、図２に示すように、ギヤスカイビングカッタＴａの回転軸線Ｃｔと、工作物Ｗの回転軸線Ｃｗとが、軸交差角を有する状態とする。さらに、制御装置４０の制御により、工作物Ｗとギヤスカイビングカッタ Ｔａとを同期回転させながら、工作物Ｗに対してギヤスカイビングカッタＴａを工作物Ｗの軸方向に相対移動させる。このようにして、工作物Ｗの内周面に内歯が創成される。

[0037] ４．加工形状推定装置５０の構成

図１に示す加工形状推定装置５０は、歯車加工装置１により加工される工作物Ｗの加工形状を推定する。加工形状推定装置５０は、演算処理装置及び記憶装置により構成され、図４に示すように、変位データ取得部５１、工具稜線軌跡演算部５２、稜線最外点抽出部５３、加工形状推定部５４、精度評価部５５、調整部５６、良否判定部５７、不良原因推定部５８を備える。

[0038] 変位データ取得部５１は、切削工具Ｔを用いて工作物Ｗを加工する際の、工作物Ｗの加工点の変位データを取得する。当該加工点の変位データは、工作物Ｗを加工する際の強制振動や自励振動により生じる変位と主軸回転で生じる回転同期振れ及び回転非同期振れの変位を含む。

[0039] 本実施形態は、変位データ取得部５１は、歯車加工装置１における非回転部である工具主軸側ハウジング３３ａに設けられたセンサ３５により取得し

た工具主軸側ハウジング３３ａの加速度に基づいて、工作物Ｗの加工点の変位データを取得する。より具体的には、センサ３５により取得した工具主軸側ハウジング３３ａの加速度をＦＦＴを適用して工具主軸側ハウジング３３ａの変位データに変換する。そして、工具主軸側ハウジング３３ａの変位データを伝達関数を用いて加工点の変位データに変換する。

[0040] 伝達関数を用いた変位データの変換は、逆変換関数法に基づいて、次のように行うことができる。まず、予めハンマリングにより、工具主軸側ハウジング３３ａと加工点との伝達関数を測定しておく。そして、工具主軸側ハウジング３３ａの変位データに当該伝達関数を乗じ、加工点の変位に変換する。なお、本実施形態では、工具主軸側ハウジング３３ａに設けたセンサ３４により取得した工具主軸側ハウジング３３ａの加速度に基づいて、加工点の変位データを取得したが、これに替えて又はこれとともに、工作物側ハウジング２３ａに設けたセンサ３５により取得した工作物側ハウジング２３ａの加速度に基づいて、加工点の変位データを取得してもよい。

[0041] 工具稜線軌跡演算部５２は、加工点の変位データに基づいて、切削工具Ｔにおけるすくい面Ｔ１ａの端部である工具稜線の移動軌跡である工具稜線軌跡を演算する。本実施形態では、切削工具Ｔにおいて工作物Ｗに複数設けられる歯溝のうちの一つの歯溝についての工具稜線軌跡を演算する。

[0042] 本実施形態では、工具稜線軌跡演算部５２は、変位データ取得部５１により、所定時刻ごとに取得された加工点の変位データに基づいて工具稜線軌跡を演算する。工具稜線軌跡の演算は、工作物Ｗにおける歯厚方向に平行なＸ軸、歯たけ方向に平行なＹ軸、及び歯幅方向に平行なＺ軸で規定された空間において行われる。そして、Ｘ軸－Ｙ軸平面では、図５に示すように、工具稜線軌跡は点群として表わすことができる。そして、図６に示すように、歯幅方向に平行なＺ軸と歯たけ方向に平行なＹ軸で規定される評価座標Ｕを設定する。評価座標Ｕは、工作物Ｗを基準とし、工作物Ｗの中心をＸ軸及びＹ軸の０とし、工作物Ｗの端部をＺ軸の０とする。

[0043] そして、工作物Ｗを固定した状態とし、工作物Ｗに対する切削工具Ｔの相

対運動を計算する。工具稜線軌跡は点群として設定し、切削工具Ｔの微小回転角度、すなわち、切削工具Ｔの微小移動時間ごとに切削工具Ｔの運動を計算して工具稜線を構成する各点に加工点の変位データを付与する。なお、変位データのサンプリング周期は解析周期と一致させる。変位データのサンプリング周期と解析周期が一致しない場合は、周期が一致するように一方あるいは両方を内挿補間し、一致させてもよい。

[0044] 次に、加工点の変位データが付与された工具稜線軌跡の点群を、評価座標Ｕ上の格子座標値に変換して、評価工具稜線軌跡を演算する。本実施形態では、工具稜線の点群について、歯たけ方向Ｙの値を内挿補間により格子座標値に変換した後、歯幅方向Ｚの値を最も近い格子座標値に変換することにより評価工具稜線軌跡を演算する。

[0045] すなわち、図６に示すように、ある解析時刻における工具稜線軌跡の点群では、まず、工具稜線軌跡の点Ａ１、Ａ２を結ぶ直線と歯たけ方向Ｙに直交する格子線との交点Ｂ１の歯たけ方向Ｙの値を工具稜線軌跡の点Ａ１及びＡ２の内挿補間後のＹ軸値とする。また、工具稜線軌跡の点Ａ２、Ａ３を結ぶ直線と歯たけ方向Ｙに直交する格子線との交点Ｂ２の歯たけ方向Ｙの値を工具稜線軌跡の点Ａ２及びＡ３の内挿補間後のＹ軸値とする。そして、交点Ｂ１に最も近い格子座標Ｃ１のＺ軸値を工具稜線の点Ａ１及びＡ２の変換後のＺ軸値とする。また、交点Ｂ２に最も近い格子座標Ｃ２のＺ軸値を工具稜線軌跡の点Ａ２及びＡ３の変換後のＺ軸値とする。これらと同様にして、当該工具稜線軌跡の点群について変換を行うことで点Ｃ１、Ｃ２を含む点群である評価工具稜線軌跡を演算する。

[0046] 図７に複数の工具稜線軌跡の点群の歯たけ方向Ｙの内挿補間後（歯幅方向Ｚの変換前）の工具稜線軌跡を例示した。そして、本実施形態では、評価工具稜線軌跡として、歯たけ方向Ｙの内挿補間後の点が工作物Ｗの内部に位置することとなる点群を残してその他は削除して歯幅方向Ｚの変換を行うものとした。

[0047] 図４に示す稜線最外点抽出部５３は、Ｚ軸－Ｙ軸の各座標値において複数

のＸ軸値を有する上記工具稜線軌跡から、最も上記工作物Ｗの内部に位置することとなる工具稜線軌跡の最外点を抽出する。本実施形態では、図８に示すように、評価工具稜線軌跡において、Ｘ軸－Ｙ軸座標Ｖ上で右側稜線を形成する点群では最も右側（正方向側）に位置するものを最外点ＣＲとして抽出し、左側稜線を形成する点群では最も左側（負方向側）に位置するものを最外点ＣＬとして抽出する。そして、当該最外点を図示しない記憶部に格納し、評価工具稜線軌跡から最外点以外の点群は削除する。

[0048] そして、加工形状推定部５４は、工具稜線軌跡の最外点に基づいて工作物Ｗの加工形状を推定する。本実施形態では、加工形状推定部５４は、切削工具Ｔによる加工により評価工具稜線軌跡の最外点の形状ＣＲ，ＣＬが工作物Ｗに加工面に転写されるものとして、評価工具稜線軌跡の最外点ＣＲ，ＣＬに基づいて、工作物Ｗにおける加工形状を推定する。本実施形態では、切削工具Ｔにおいて、工作物Ｗにおける一つの歯溝に対して仕事をする切れ刃の工具稜線軌跡を演算し、工作物Ｗにおける一つの歯溝について加工形状が推定される。本実施形態では、加工形状推定部５４は加工形状を推定する工作物Ｗの次に加工される工作物の加工開始前に推定結果を得るように構成されている。加工形状推定部５４による推定結果は、例えば、加工面の２次元断面や、加工面の３次元形状として表すことができる。

[0049] 精度評価部５５は、理想加工形状として予め設定された工作物Ｗの加工形状と、加工形状推定部５４により推定された加工形状とを比較して加工精度の評価を行う。例えば、理想加工形状と加工形状との差分を誤差として算出して加工精度の評価を行うことができる。なお、理想加工形状は、予め設定された歯車形状の設計値に基づいて規定できる。

[0050] 調整部５６は、精度評価部５５の評価結果に基づいて、歯車加工装置１の機械設定又は加工条件を調整する。本実施形態では、加工形状を推定する工作物Ｗの次に加工される工作物の加工開始前に評価結果を得て調整部５６による調整を行うことで、調整部５６により調整された機械設定又は加工条件を次に加工される工作物の加工に反映させることができる。なお、機械設定

は、歯車加工装置１における切削工具Ｔ又は工作物Ｗの位置データ、所定位置に移動させるための各種移動装置の動力値、切削工具Ｔにおける工具すくい面振れ量、再研磨回数、外径振れ量、再研磨後の工具諸元、工具摩耗量、工具コーティングに係る諸元の少なくとも一つを含む。

[0051] 本実施形態では、調整部５６は、精度評価部５５の評価結果に基づいて、歯車加工装置１の機械設定又は加工条件を調整することとしたが、これに替えて、調整部５６は、加工形状推定部５４の推定結果に基づいて歯車加工装置１の機械設定又は加工条件を調整することとしてもよい。

[0052] 良否判定部５７は、精度評価部５５の評価結果に基づいて、工作物Ｗの加工品質の良否判定を行う。良否判定は、例えば、精度評価部５５の評価結果としての誤差が所定の基準値以下である場合は加工品質良と判定し、基準値を超える場合は加工品質不良と判定するようにすることができる。

[0053] 不良原因推定部５８は、良否判定部５７により品質不良であると判定された工作物Ｗにおいて、加工形状推定部５４により推定された工作物Ｗの加工形状に基づいて、加工品質不良の原因を推定する。加工品質不良の原因の推定の方法は限定されないが、加工形状推定部５４により推定された工作物Ｗの加工形状と、理想加工形状との比較結果に基づいて、推定することができる。

[0054] ５．工作物Ｗの加工形状の推定と加工品質の判定

本実施形態１の加工形状推定装置５０による歯車加工装置１における工作物Ｗの加工形状の推定と加工品質の判定の方法について、図９を参照して以下に述べる。まず、図９に示すステップＳ１において、歯車加工装置１による工作物Ｗの加工時において、センサ３４により、工具主軸側ハウジング３３ａの加速度を測定する。そして、ステップＳ２において、変位データ取得部５１により、工具主軸側ハウジング３３ａの加速度を上述の逆伝達関数法に基づいて工作物Ｗの加工点の変位データに変換する。

[0055] 次いで、ステップＳ３において、工具稜線軌跡演算部５２により、加工点の変位データに基づいて、上述の評価工具稜線軌跡を演算する。なお、本実

施形態では、例えば、図６において黒丸を繋いだ破線を評価工具稜線軌跡として示すことができる。そして、ステップＳ４において、稜線最外点抽出部５３により、評価工具稜線軌跡の最外点を抽出する。本実施形態では、例えば、図６に示す評価工具稜線軌跡の最外点ＣＲ，ＣＬを抽出する。

[0056] その後、図９に示すステップＳ４において、加工形状推定部５４により、工作物Ｗの加工形状を推定し、ステップＳ５において、精度評価部５５によって加工形状推定部５４により推定された工作物Ｗの加工形状と理想加工形状との誤差である加工形状誤差を算出し、図１０～図１５に示すように出力される。そして、ステップＳ６において、良否判定部５７によって工作物Ｗの加工品質の良否を判定する。これにより、当該フローを終了する。

[0057] ６．確認試験

本実施形態１の加工形状推定装置５０による工作物Ｗの加工形状誤差の推定についての確認試験として、加工形状推定装置５０による工作物Ｗの加工形状誤差の推定結果と、加工後の当該工作物Ｗの加工形状と理想加工形状との誤差である加工形状誤差の実測値を比較した。本実施形態１の加工形状推定装置５０による工作物Ｗの加工形状誤差の推定結果は、図１０～図１５に示すとおりである。一方、加工後の当該工作物Ｗにおける加工形状誤差の実測値は図１６～図２１に示す通りである。

[0058] 図１０～図１５に示す加工形状誤差の推定結果は、図１６～図２１に示す実測値の結果に非常に近い形状を呈しおり、本実施形態１の加工形状推定装置５０による工作物Ｗの加工形状の推定精度は高いものであることが確認できた。なお、図１０、図１１、図１６及び図１７において、誤差が小さい領域として視認できる紙面斜め方向に互いに平行に延在する複数の細いすじは、加工時のびびりに起因する自励振動によるものであり、誤差が小さい領域及び誤差が大きい領域としてそれぞれ視認できる紙面横方向に延在する太いすじは、加工時の切削工具Ｔと工作物Ｗとの接触等に起因する強制振動に起因するものである。

[0059] ７．作用効果

本実施態様の加工形状推定装置５０によれば、加工点の変位データから工具稜線軌跡を演算し、工具稜線軌跡から抽出した工具稜線軌跡の最外点に基づいて、工作物Wの加工形状を推定する。そして、加工点の変位データは、歯車加工装置１で加工したときに加工点に生じる振動の影響が含まれているため、当該変位データから演算された工具稜線軌跡及びその最外点についても振動の影響を含むものとなっている。その結果、推定される工作物Wの加工形状においても、加工点に生じる振動の影響を含むものとなっており、工作物Wの加工形状を高精度に推定することができる。さらに、工具稜線軌跡から抽出した最外点に基づいて工作物Wの加工形状を推定するため、ボクセルモデルを用いる場合やＺマップ法に基づく場合に比べて、演算量が増大することを抑制できるため、短時間で工作物Wの加工形状を高精度に推定することができる。

[0060] また、本実施形態では、工具稜線軌跡の最外点は、工具稜線軌跡における歯厚方向Ｘの正方向側の工具稜線軌跡では歯厚方向において最も正方向側に位置する点であり、工具稜線軌跡における歯厚方向の負方向側の工具稜線軌跡では歯厚方向Ｘにおいて最も負方向側に位置する点である。これにより、切削工具Ｔのすくい面Ｔ１ａの左右（正方向側及び負方向側）の工具稜線軌跡の最外点を高精度に抽出することができる。

[0061] また、本実施形態では、予め設定された工作物Wの加工形状と、加工形状推定部５４の推定結果とを比較して加工精度の評価を行う精度評価部５５を備える。これにより、推定された加工形状における加工精度を高精度に行うことができる。

[0062] また、本実施形態では、精度評価部５５の評価結果に基づいて、歯車加工装置１の機械設定又は加工条件を調整する調整部５６を備える。これにより、歯車加工装置１による工作物Wの加工精度の向上を図ることができる。

[0063] また、本実施形態では、調整部５６は精度評価部５５の評価結果に基づいて、歯車加工装置１の機械設定又は加工条件を調整することとしたが、これに替えて、調整部５６は加工形状推定部５４の推定結果に基づいて、歯車加

工装置１の機械設定又は加工条件を調整してもよい。この場合でも歯車加工装置１による工作物Ｗの加工精度の向上を図ることができる。

[0064] また、本実施形態では、精度評価部５５の評価結果に基づいて、工作物Ｗの加工品質の良否判定を行う良否判定部５７と、良否判定部５７により品質不良であると判定された工作物Ｗにおいて、加工形状推定部５４により推定された工作物Ｗの加工形状に基づいて、品質不良の原因を推定する不良原因推定部５８とを備える。これより、工作物Ｗの加工品質の良否判定を容易に高精度に行うことができる。

[0065] また、本実施形態では、加工形状推定部５４は、加工形状を推定する工作物Ｗの次に加工される工作物Ｗの加工開始前に推定結果を得る。これにより、当該推定結果を用いて加工条件等の調整することにより、次の工作物Ｗの加工品質をより向上できる。

[0066] また、本実施形態では、変位データ取得部５１は、歯車加工装置１の非回転部としての工具主軸側ハウジング３３ａの加速度を取得し、取得した加速度を非回転部の変位データに変換し、非回転部の変位データを伝達関数を用いて加工点の変位データに変換する。これにより、直接測定することが困難な加工点の変位データを高精度に取得することができる。

[0067] また、本実施形態では、変位データ取得部５１は、所定時刻（切削工具Ｔの回転角度）ごとに変位データを取得し、上記工具稜線軌跡演算部は、上記所定時刻ごとに取得された上記加工点の変位データに基づいて工具稜線軌跡を演算し、工具稜線軌跡を工作物Ｗに形成する加工形状における歯たけ方向に平行なＹ軸と歯幅方向に平行なＺ軸とを含む単位格子で構成された評価座標Ｕ上の格子座標値に変換してなる評価工具稜線軌跡を演算する。そして、稜線最外点抽出部５３は、工具稜線軌跡の最外点として、評価工具稜線軌跡の最外点を抽出する。これにより、工具稜線軌跡の最外点を演算するための演算量をさらに削減することができ、より短時間で工作物Ｗの加工形状を推定することができる。

[0068] また、本実施形態では、工具稜線軌跡演算部５２は、工具稜線軌跡におけ

るＹ軸の値を内挿補間により格子座標値に変換し、工具稜線軌跡におけるＺ軸の値を最も近い格子座標値に変換して、評価工具稜線軌跡を演算する。これにより、評価座標Ｕにおいて、歯たけ方向Ｙに立ち上がった形状として描かれる工具稜線軌跡から評価工具稜線軌跡を演算するのに適することとなる。

[0069] また、本実施形態では、工具稜線軌跡演算部５２は、Ｙ軸の値を変換した後、Ｚ軸の値を変換する。これにより、評価座標Ｕにおいて、歯たけ方向Ｙに立ち上がった形状として描かれる工具稜線軌跡から評価工具稜線軌跡を演算するのに適することとなる。

[0070] また、本実施形態では、加工点の変位データを取得するための加速度を測定する部位である非回転部は、歯車加工装置１において切削工具Ｔが取り付けられた工具主軸３３ｂを支持する工具主軸側ハウジング３３ａである。これにより、工具主軸側ハウジング３３ａは加速度を直接取得することが困難な加工点に比べて、加速度の取得が容易である。そのため、加工点の加速度を直接測定せずに、加工点に近い位置にある工具主軸側ハウジング３３ａの加速度に基づいて加工点の変位データを算出することで高精度に加工点の変位データを取得することができる。

[0071] また、これに替えて、加工点の変位データを取得するための加速度を測定する部位である非回転部は、歯車加工装置１において工作物Ｗが取り付けられた工作物主軸２３ｂを保持する工作物側ハウジング２３ａであってもよい。この場合でも、加工点の加速度を直接測定せずに、加工点に近い位置にある工作物側ハウジング２３ａの加速度に基づいて加工点の変位データを算出することで高精度に加工点の変位データを取得することができる。

[0072]（実施形態２）

本実施形態２では、図４に示す上述の実施形態１における精度評価部５５に替えて、図２２に示すように振動予測部５５１を有する。振動予測部５５１は、加工形状推定部５４により推定された工作物Ｗの加工形状に基づいて、歯形が創成された工作物Ｗからなる歯車対の噛み合い時の振動態様を予測

する。これにより、工作物Wの加工精度を評価しなくとも振動態様を予測することができる。なお、本実施形態２において、調整部５６及び良否判定部５７は、振動予測部５５１の予測結果に基づいて加工条件等の調整や加工品質の良否判定を行う。

[0073] また、本実施形態２では、切削工具Ｔの取り付け誤差による切れ刃先端位置の振れデータが予め記憶された工具振れデータ記憶部５９を有し、工具稜線軌跡演算部５２は加工点の変位データと工具振れデータとに基づいて工具稜線軌跡を演算する。切削工具Ｔの取り付け誤差による切れ刃先端位置の振れは加速度センサであるセンサ３４（３５）では測定できない。そのため、予め切削工具Ｔの工具振れを測定して記憶しておき、加工点の変位データと記憶された工具振れデータとに基づいて工具稜線軌跡を演算することで、より高精度に工具稜線軌跡を演算することができる。

[0074] なお、本実施形態２において、その他の構成は、上述の実施形態１と同等であって実施形態１の場合と同一の符号を付してその説明を省略する。また、本実施形態２においても上述の実施形態１と同様の作用効果を奏することができる。

[0075] 以上のごとく、本実施態様１及び２によれば、歯形創成加工を施す歯車加工装置１における加工形状の推定を高精度かつ短時間で行うことができる加工形状推定装置５０を提供することができる。

請求の範囲

[請求項1] 切削工具を用いて工作物に歯形創成加工を施す歯車加工装置における上記工作物の加工点の変位データを取得する変位データ取得部と、

上記加工点の変位データに基づいて、上記工作物における歯厚方向に平行な歯厚方向軸、歯たけ方向に平行な歯たけ方向軸、及び歯幅方向に平行な歯幅方向軸で規定された空間において、上記切削工具におけるすくい面の端部である工具稜線の移動軌跡である工具稜線軌跡を点群として演算する工具稜線軌跡演算部と、

上記歯幅方向軸－上記歯たけ方向軸の各座標値において複数の上記歯厚方向軸の値を有する上記工具稜線軌跡から、最も上記工作物の内部に位置することとなる最外点を抽出する稜線最外点抽出部と、

上記工具稜線軌跡の最外点に基づいて、上記工作物の加工形状を推定する加工形状推定部と、を備える加工形状推定装置。

[請求項2] 上記工具稜線軌跡の最外点は、上記工具稜線軌跡における歯厚方向の正方向側の工具稜線軌跡では歯厚方向において最も正方向側に位置する点であり、上記切削工具における歯厚方向の負方向側の工具稜線軌跡では歯厚方向において最も負方向側に位置する点である、請求項１に記載の加工形状推定装置。

[請求項3] 予め設定された上記工作物の加工形状と、上記加工形状推定部の推定結果とを比較して加工精度の評価を行う精度評価部を備える、請求項１又は２に記載の加工形状推定装置。

[請求項4] 上記加工形状推定部の推定結果に基づいて、上記歯車加工装置の機械設定又は加工条件を調整する調整部を備える、請求項１又は２に記載の加工形状推定装置。

[請求項5] 上記精度評価部の評価結果に基づいて、上記歯車加工装置の機械設定又は加工条件を調整する調整部を備える、請求項３に記載の加工形状推定装置。

[請求項6] 上記精度評価部の評価結果に基づいて、上記工作物の加工品質の良

否判定を行う良否判定部と、

上記良否判定部により品質不良であると判定された上記工作物において、上記加工形状推定部により推定された上記工作物の加工形状に基づいて、上記品質不良の原因を推定する不良原因推定部と、を備える、請求項３に記載の加工形状推定装置。

[請求項7] 上記加工形状推定部は、上記加工形状を推定する上記工作物の次に加工される工作物の加工開始前に、上記工作物の加工形状を推定する、請求項１又は２に記載の加工形状推定装置。

[請求項8] 上記変位データ取得部は、上記歯車加工装置の非回転部の加速度を取得し、取得した上記加速度を上記非回転部の変位データに変換し、上記非回転部の変位データを伝達関数を用いて上記加工点の変位データに変換する、請求項１又は２に記載の加工形状推定装置。

[請求項9] 上記変位データ取得部は、所定時刻ごとに上記変位データを取得し、

上記工具稜線軌跡演算部は、上記所定時刻ごとに取得された上記加工点の変位データに基づいて上記工具稜線軌跡を演算し、該工具稜線軌跡を上記歯たけ方向軸に平行な歯たけ方向軸格子線と軸に平行な歯幅方向軸格子線からなる単位格子で構成された評価座標上の格子座標値に変換してなる評価工具稜線軌跡を演算し、

上記稜線最外点抽出部は、上記工具稜線軌跡の最外点として、上記評価工具稜線軌跡の最外点を抽出する、請求項１又は２に記載の加工形状推定装置。

[請求項10] 上記工具稜線軌跡演算部は、上記工具稜線軌跡における上記歯たけ方向軸の値を内挿補間により格子座標値に変換し、上記工具稜線軌跡における上記歯幅方向軸の値を最も近い格子座標値に変換して、評価工具稜線軌跡を演算する、請求項９に記載の加工形状推定装置。

[請求項11] 上記工具稜線軌跡演算部は、上記歯たけ方向軸の値を変換した後、上記歯幅方向軸の値を変換する請求項１０に記載の加工形状推定装置

。

[請求項12] 上記非回転部は、上記歯車加工装置において上記切削工具が取り付けられた工具主軸を支持する工具主軸側ハウジングである、請求項８に記載の加工形状推定装置。

[請求項13] 上記非回転部は、上記歯車加工装置において上記工作物が取り付けられた工作物主軸を保持する工作物主軸側ハウジングである、請求項８に記載の加工形状推定装置。

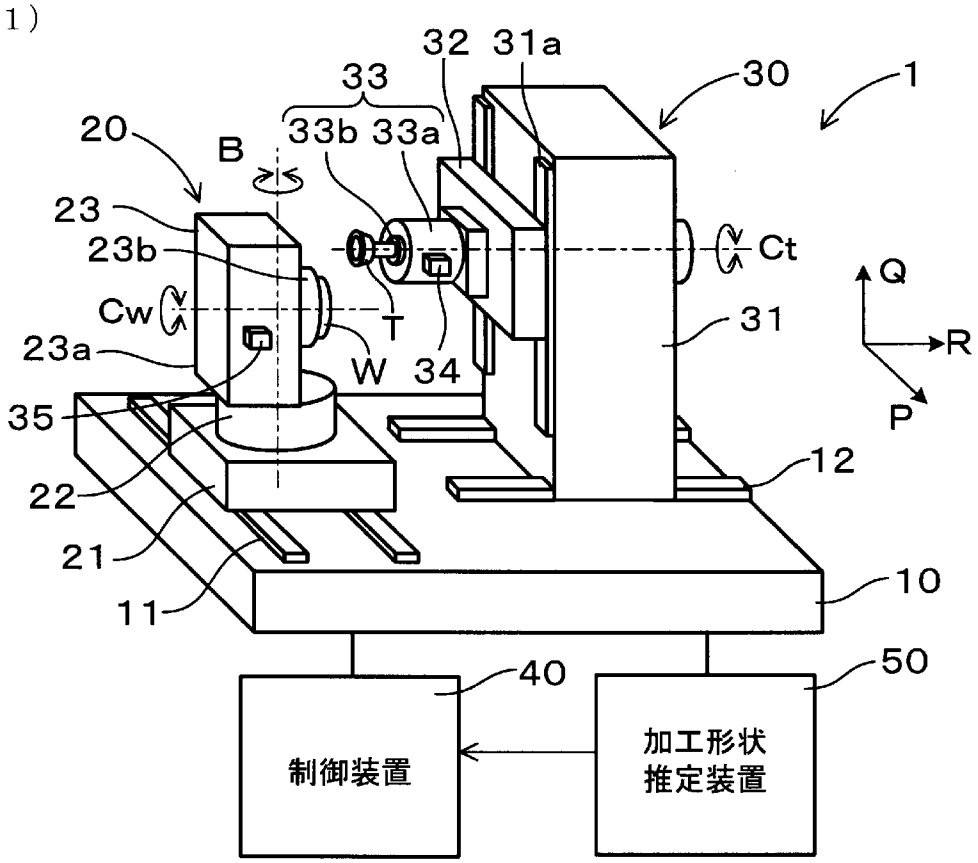
[請求項14] 上記加工形状推定部により推定された上記工作物の加工形状に基づいて、歯形が創成された上記工作物からなる歯車対の噛み合い時の振動態様を予測する振動予測部をさらに有する、請求項１又は２に記載の加工形状推定装置。

[請求項15] 上記切削工具の工具振れデータが予め記憶された工具振れデータ記憶部を有し、

上記工具稜線軌跡演算部は、上記変位データ及び上記工具振れデータに基づいて、上記工具稜線軌跡を演算する、請求項１又は２に記載の加工形状推定装置。

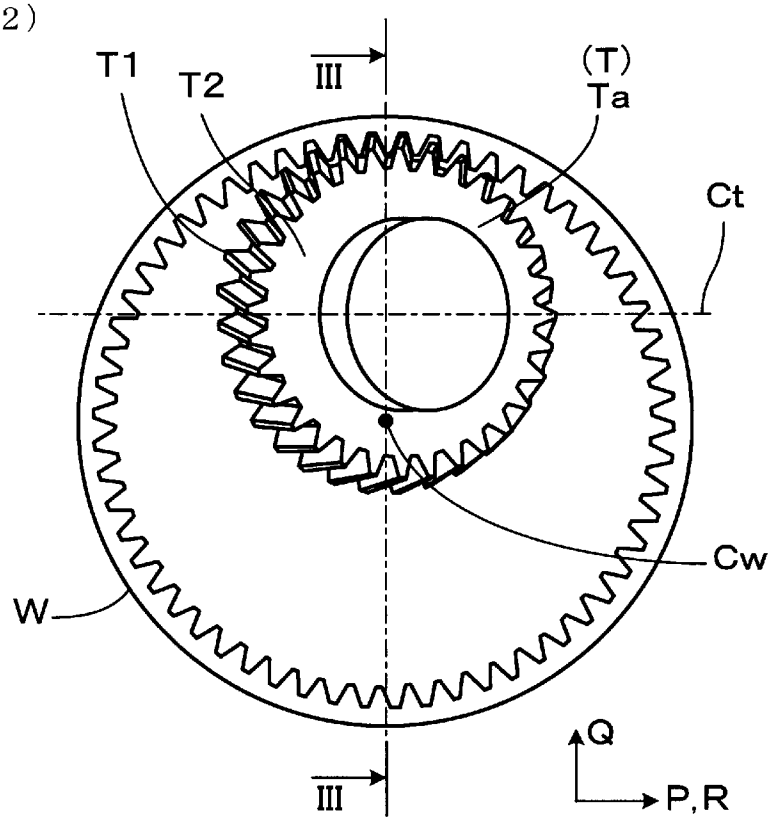
[図1]

（図１）


32
31a
33
30
1
20
B
33b
33a
23
23b
Ct
Cw
T
Q
R
31
W
34
23a
35
P
12
22
21
10
11
40
50
制御装置
加工形状
推定装置

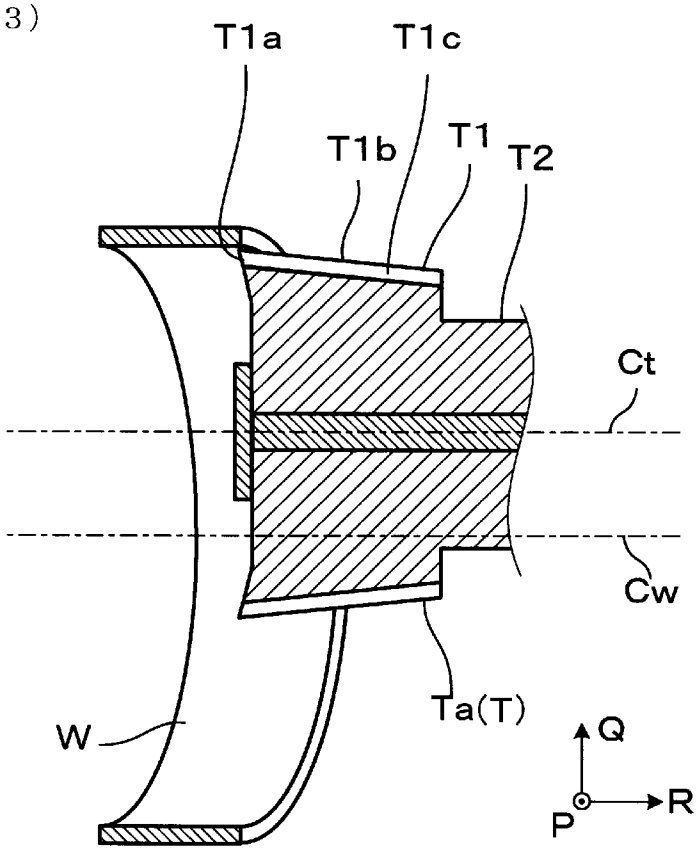
[図2]

（図２）


T1
T2
III
(T)
Ta
Ct
Cw
W
Q
III
P,R

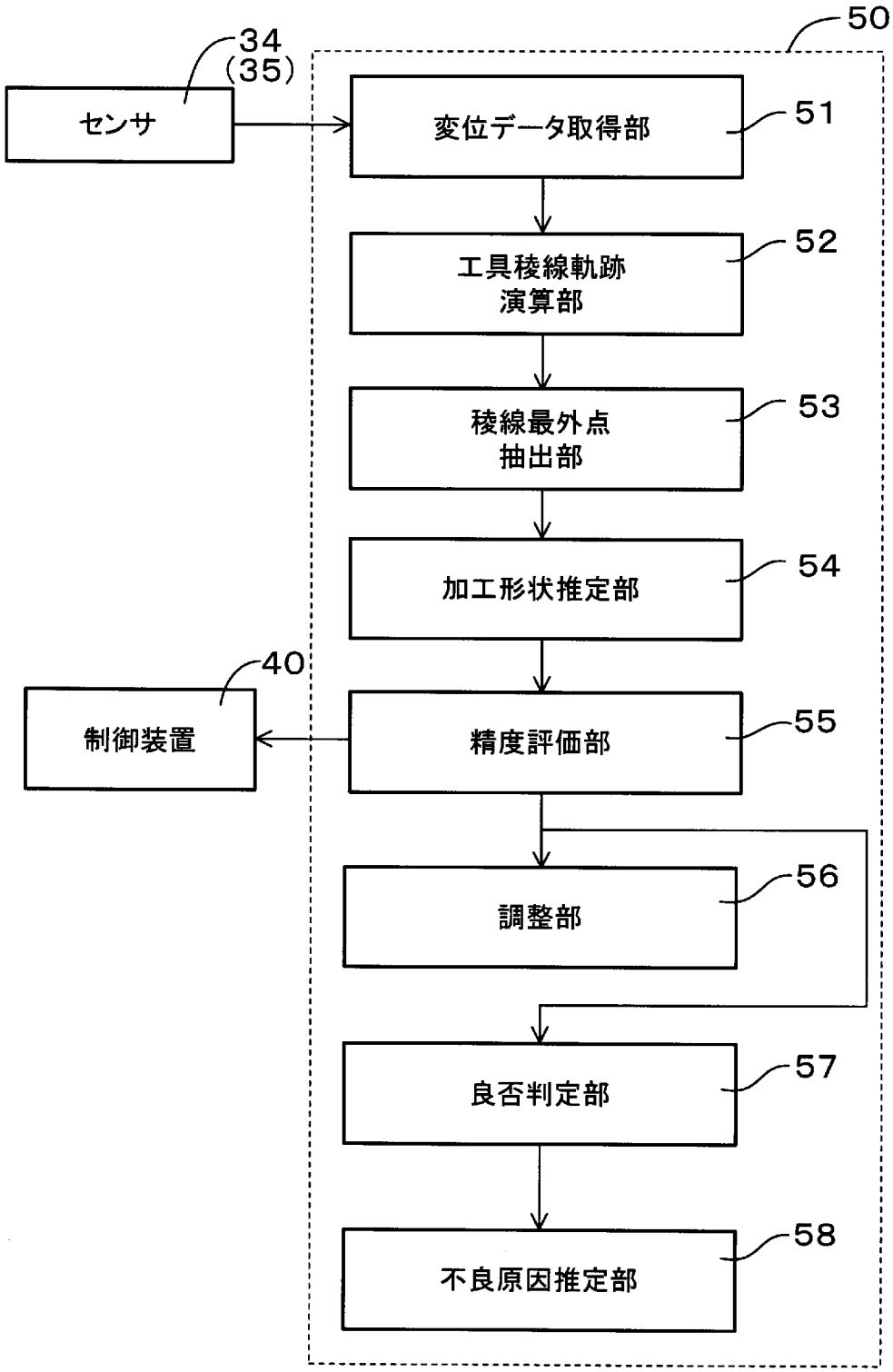
[図3]

（図３）



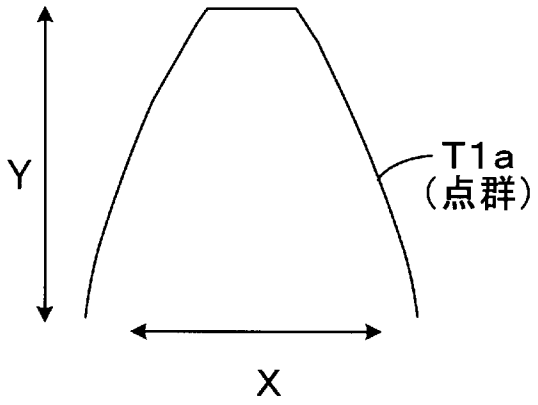
[図4]

（図４）


50
34
(35)
センサ
変位データ取得部
51
工具稜線軌跡
演算部
52
稜線最外点
抽出部
53
加工形状推定部
54
40
制御装置
精度評価部
55
調整部
56
良否判定部
57
不良原因推定部
58

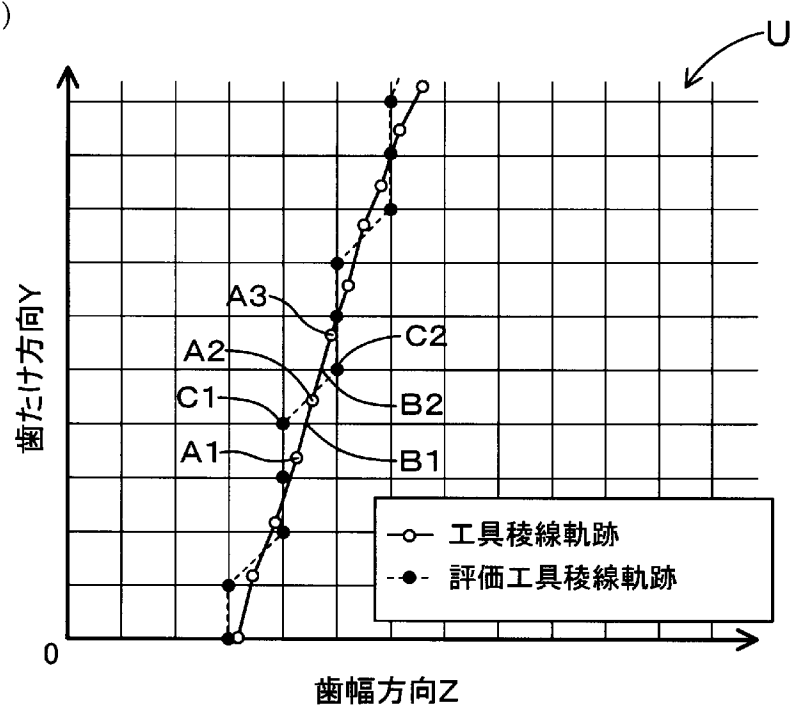
[図5]

（図５）



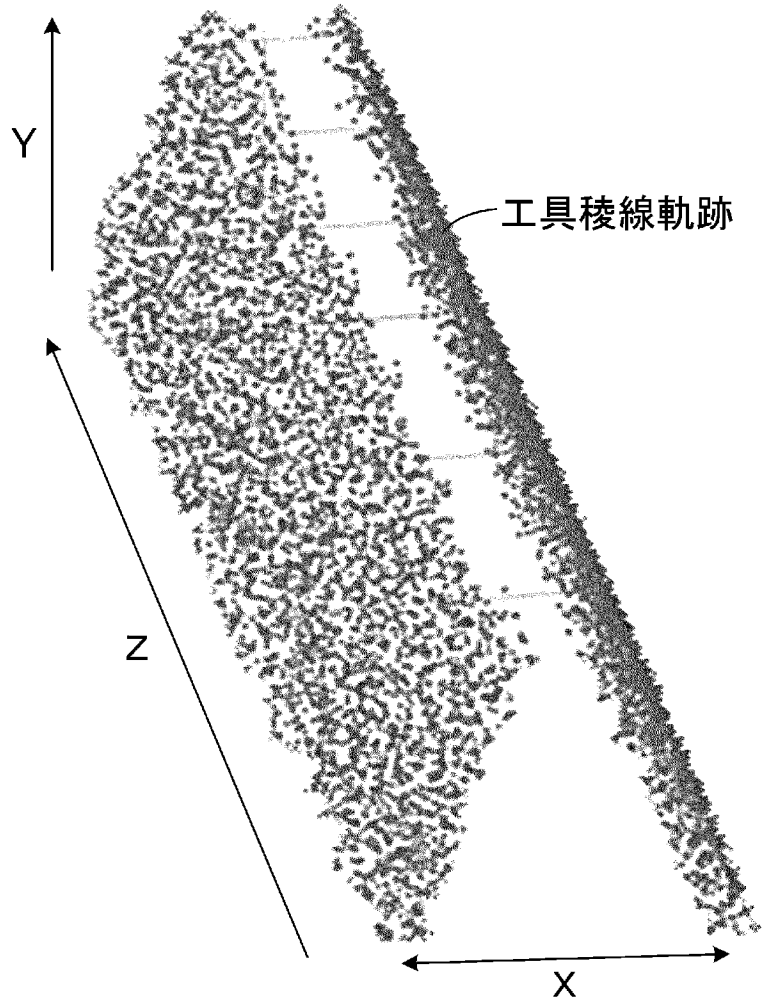
[図6]

（図６）



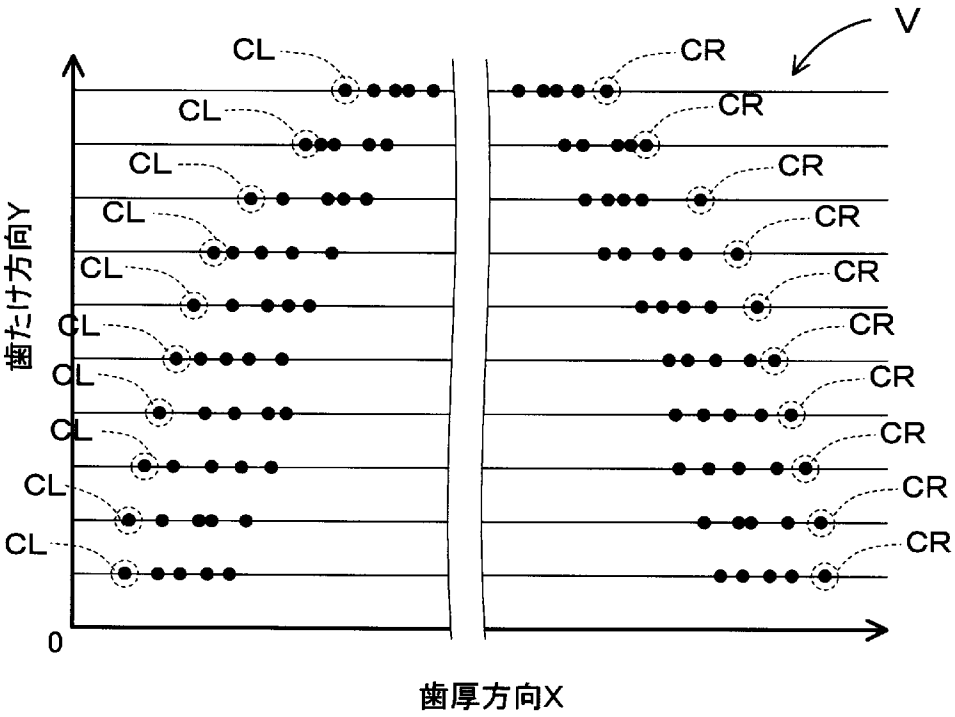
[図7]

（図７）



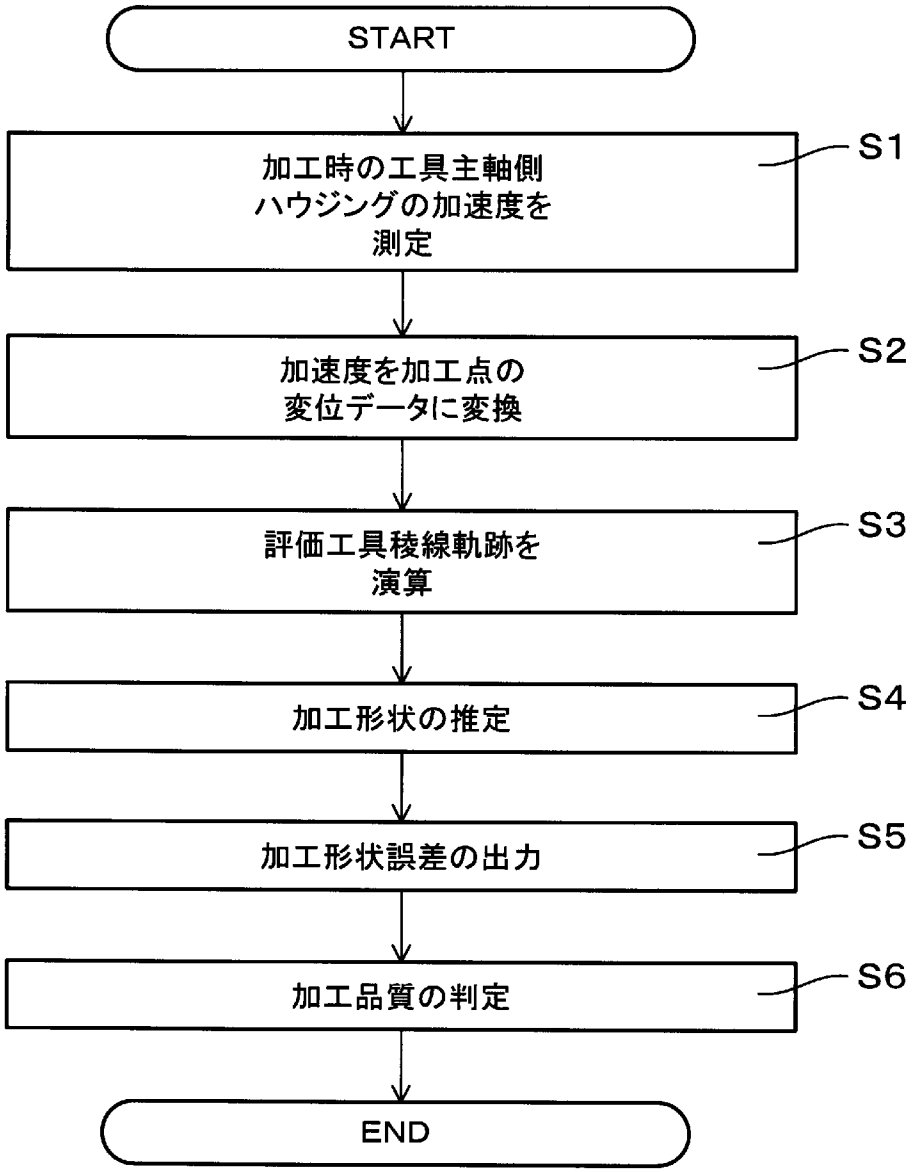
[図8]

（図８）



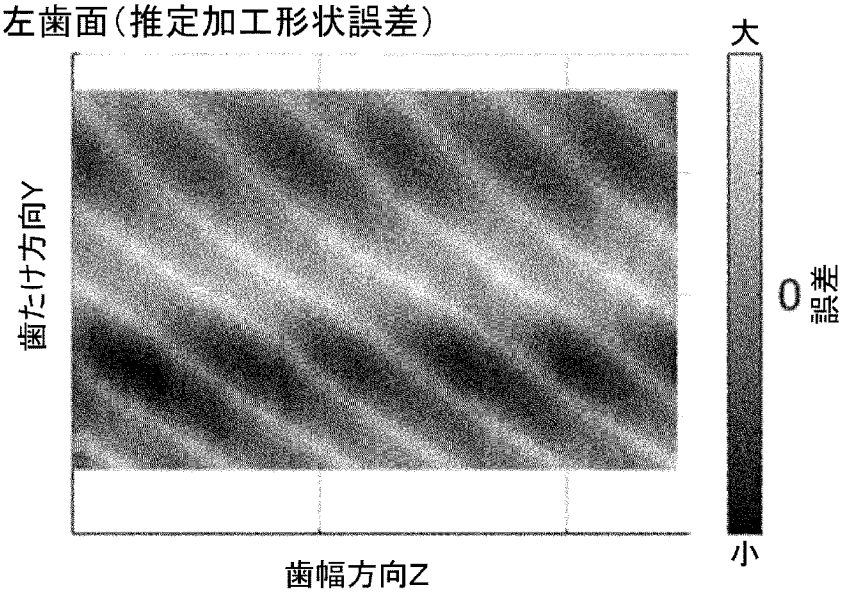
[図9]

（図９）


START
加工時の工具主軸側
ハウジングの加速度を
測定
S1
加速度を加工点の
変位データに変換
S2
評価工具稜線軌跡を
演算
S3
加工形状の推定
S4
加工形状誤差の出力
S5
加工品質の判定
S6
END

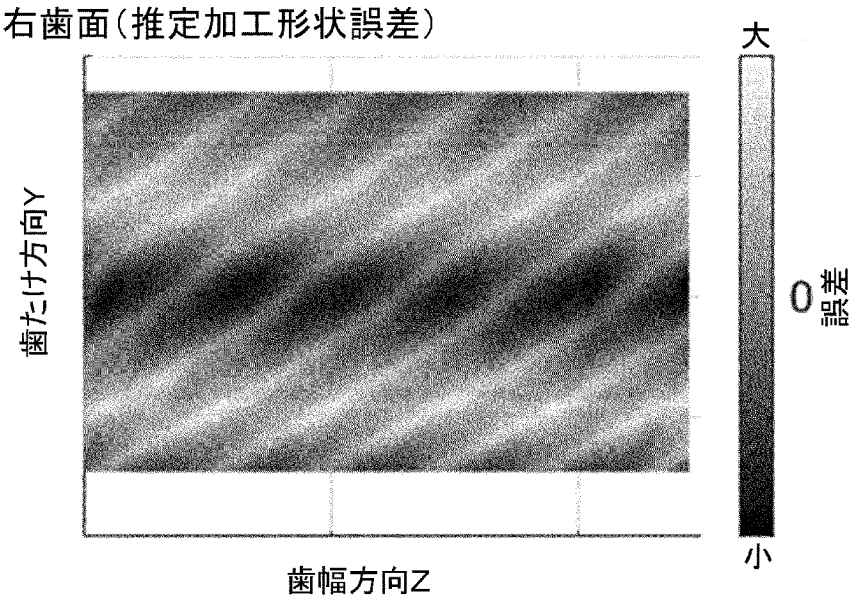
[図10]

（図１０）



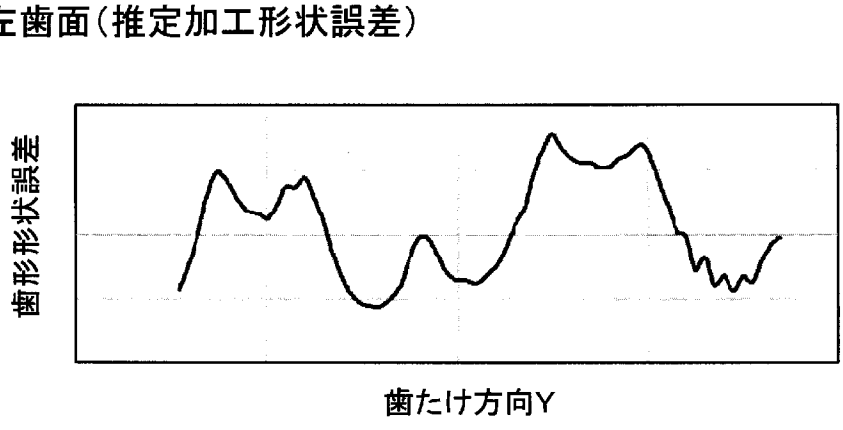
[図11]

（図１１）



[図12]

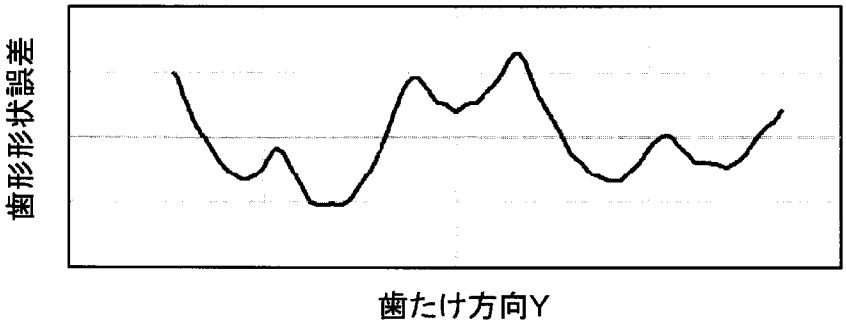
（図１２）



[図13]

（図１３）

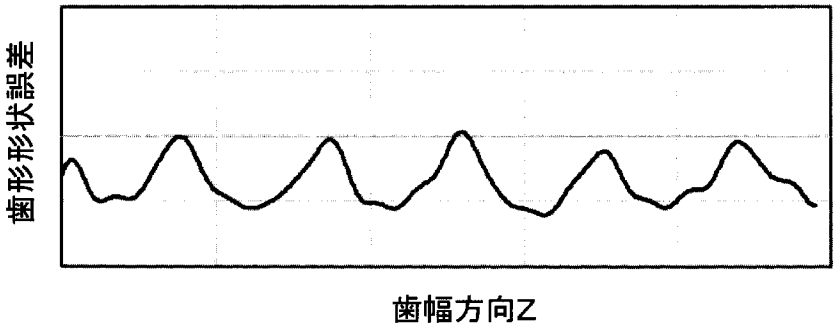
右歯面（推定加工形状誤差）



[図14]

（図１４）

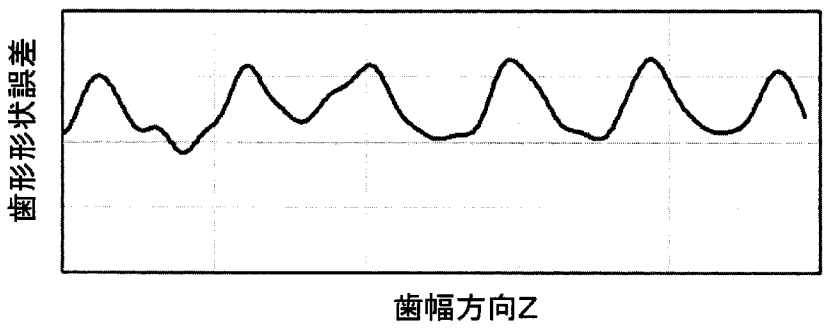
左歯面（推定加工形状誤差）



[図15]

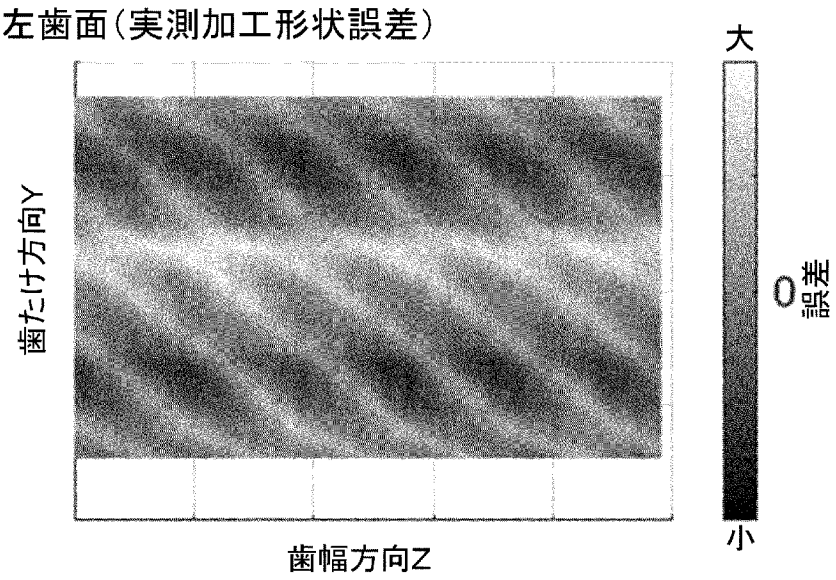
（図１５）

右歯面（推定加工形状誤差）



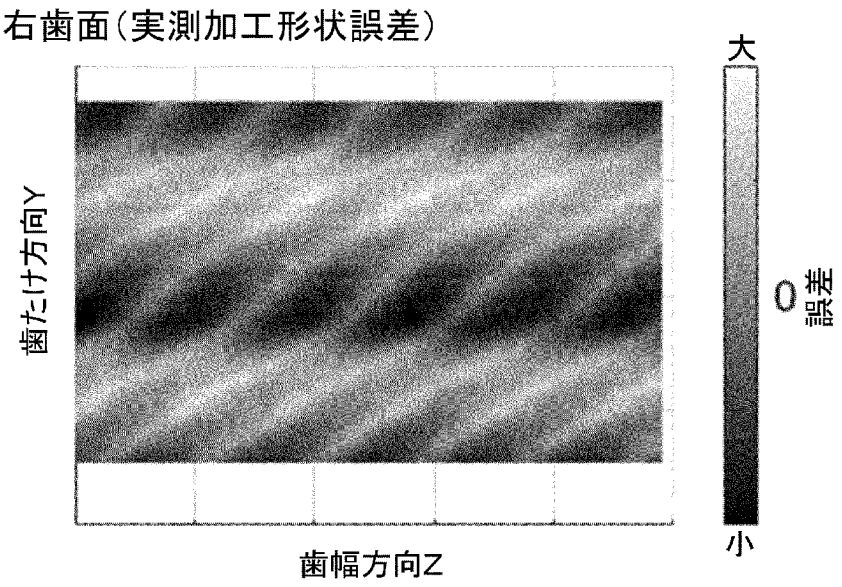
[図16]

（図１６）



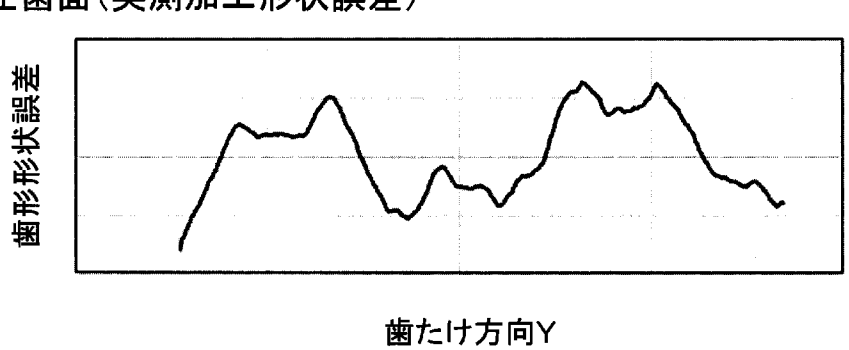
[図17]

（図１７）



[図18]

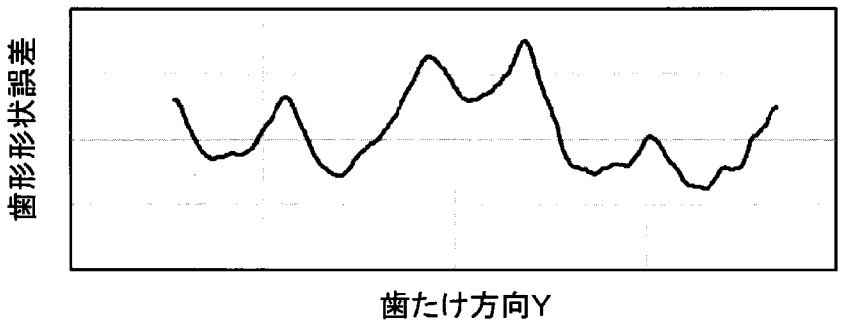
（図１８）



[図19]

（図１９）

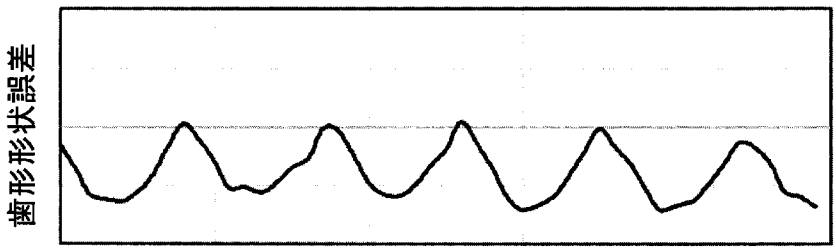
右歯面（実測加工形状誤差）



[図20]

（図２０）

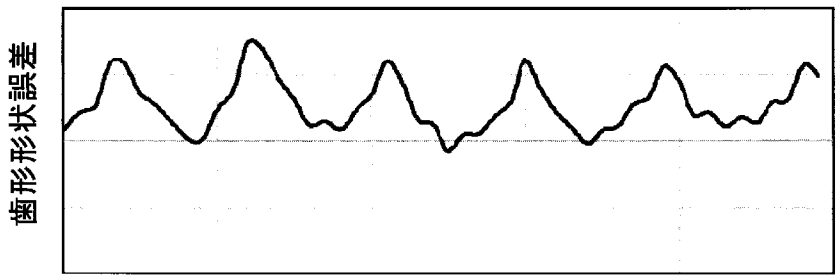
左歯面（実測加工形状誤差）



[図21]

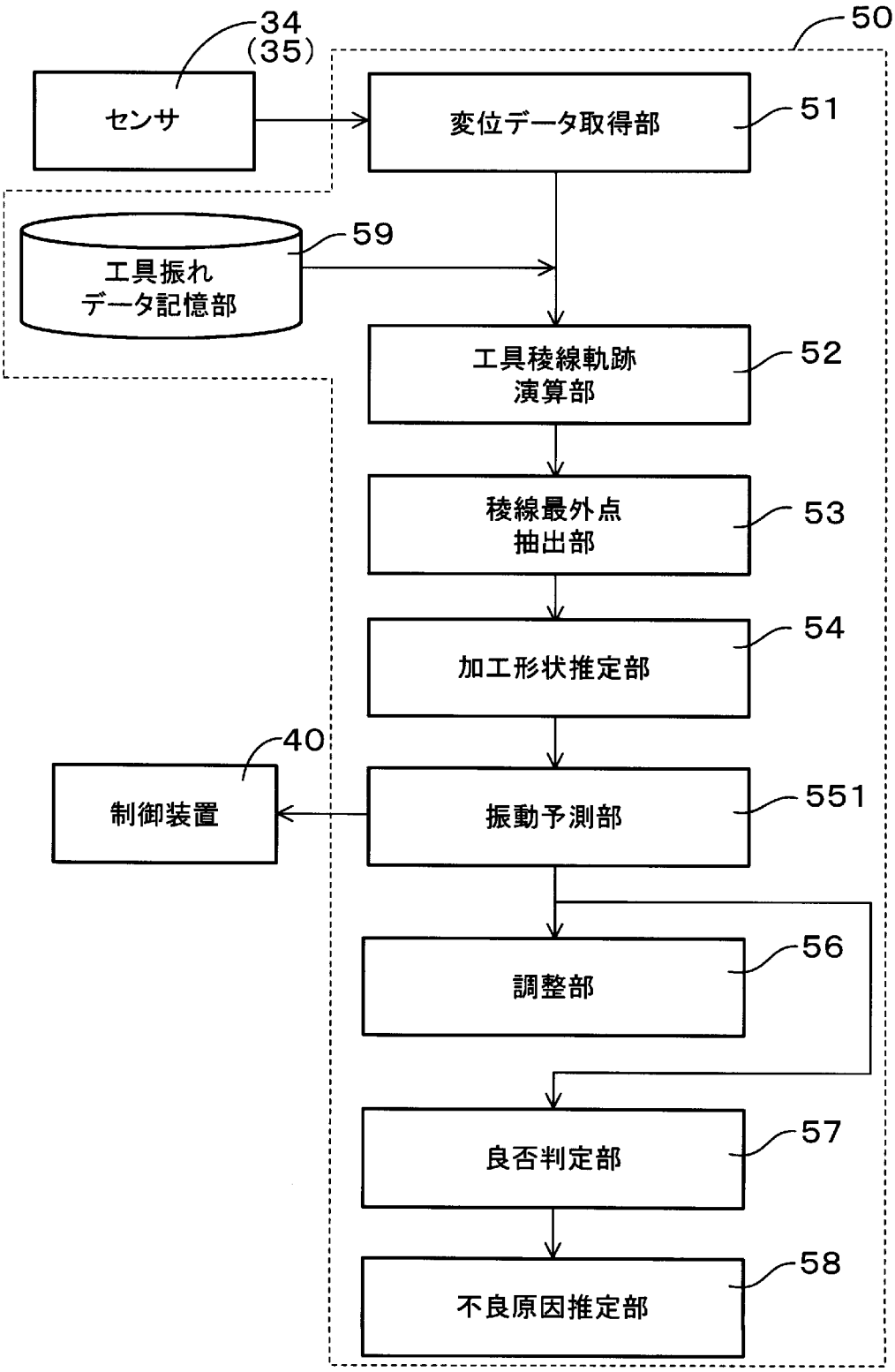
（図２１）

右歯面（実測加工形状誤差）



[図22]

（図２２）


34
(35)
センサ
50
変位データ取得部
51
59
工具振れ
データ記憶部
工具稜線軌跡
演算部
52
稜線最外点
抽出部
53
加工形状推定部
54
40
制御装置
振動予測部
551
調整部
56
良否判定部
57
不良原因推定部
58

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP2023/017334

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

B23F 23/12(2006.01)i; ***B23Q 17/20***(2006.01)i; ***G05B 19/18***(2006.01)i; ***G05B 19/4063***(2006.01)i; *B23F 5/16*(2006.01)n; *G05B 19/4069*(2006.01)n
FI: B23F23/12; B23Q17/20 Z; G05B19/18 W; G05B19/4063 L; B23F5/16; G05B19/4069

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)

B23F 1/00- 23/12; B23Q 17/00- 17/24; G05B 19/18- 19/416

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

Published examined utility model applications of Japan 1922-1996
Published unexamined utility model applications of Japan 1971-2023
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	JP 2017-144502 A (JTEKT CORP.) 24 August 2017 (2017-08-24) entire text, all drawings	1-15
A	JP 2014-237185 A (JTEKT CORP.) 18 December 2014 (2014-12-18) entire text, all drawings	1-15
A	JP 2023-33825 A (JTEKT CORP.) 13 March 2023 (2023-03-13) entire text, all drawings	1-15

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

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

Date of the actual completion of the international search	Date of mailing of the international search report
22 June 2023	**04 July 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/JP2023/017334

Patent document cited in search report	Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)	Publication date (day/month/year)
JP 2017-144502 A	24 August 2017	US 2017/0235283 A1 entire text, all drawings DE 102017102750 A1 CN 107081488 A	
JP 2014-237185 A	18 December 2014	(Family: none)	
JP 2023-33825 A	13 March 2023	(Family: none)	

国際調査報告

国際出願番号
PCT/JP2023/017334

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（ＩＰＣ））

B23F 23/12(2006.01)i; B23Q 17/20(2006.01)i; G05B 19/18(2006.01)i; G05B 19/4063(2006.01)i;
B23F 5/16(2006.01)n; G05B 19/4069(2006.01)n
FI: B23F23/12; B23Q17/20 Z; G05B19/18 W; G05B19/4063 L; B23F5/16; G05B19/4069

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））

B23F 1/00- 23/12; B23Q 17/00- 17/24; G05B 19/18- 19/416

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報	１９２２－１９９６年
日本国公開実用新案公報	１９７１－２０２３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	JP 2017-144502 A (株式会社ジェイテクト) 24.08.2017 (2017-08-24) 全文,全図	1-15
A	JP 2014-237185 A (株式会社ジェイテクト) 18.12.2014 (2014-12-18) 全文,全図	1-15
A	JP 2023-33825 A (株式会社ジェイテクト) 13.03.2023 (2023-03-13) 全文,全図	1-15

☐ Ｃ欄の続きにも文献が列挙されている。

☑ パテントファミリーに関する別紙を参照。

* 引用文献のカテゴリー
“A” 特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの
“E” 国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの
“L” 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献（理由を付す）
“O” 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献
“P” 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願の日の後に公表された文献
“T” 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と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	国際調査報告の発送日
22.06.2023	04.07.2023

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）
山本　忠博 3C 9531

電話番号 03-3581-1101 内線 3324

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/JP2023/017334

引用文献	公表日	パテントファミリー文献	公表日
JP 2017-144502 A	24.08.2017	US 2017/0235283 A1 全文,全図 DE 102017102750 A1 CN 107081488 A	
JP 2014-237185 A	18.12.2014	（ファミリーなし）	
JP 2023-33825 A	13.03.2023	（ファミリーなし）	