

(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
2017年5月26日(26.05.2017)



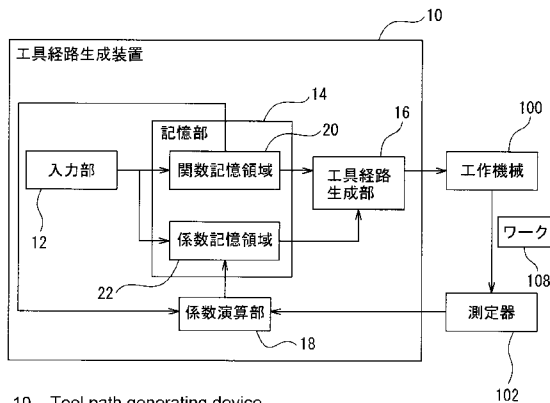
(10) 国際公開番号
WO 2017/085768 A1

- (51) 国際特許分類:
G05B 19/4093 (2006.01)
 - (21) 国際出願番号: PCT/JP2015/082151
 - (22) 国際出願日: 2015年11月16日(16.11.2015)
 - (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: 株式会社牧野フライス製作所(MAKINO MILLING MACHINE CO., LTD.) [JP/JP]; 〒1528578 東京都目黒区中根2丁目3番19号 Tokyo (JP).
 - (72) 発明者: 増宮 泰徳(MASUMIYA, Yasunori); 〒2430303 神奈川県愛甲郡愛川町中津4023番地 株式会社牧野フライス製作所内 Kanagawa (JP). 鈴木 恭平(SUZUKI, Kyohei); 〒2430303 神奈川県愛甲郡愛川町中津4023番地 株式会社牧野フライス製作所内 Kanagawa (JP).
 - (74) 代理人: 青木 篤, 外(AOKI, Atsushi et al.); 〒1058423 東京都港区虎ノ門三丁目5番1号 虎ノ門37森ビル 青和特許法律事務所 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, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JP, KE, KG, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.
 - (84) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).
- 添付公開書類:
— 国際調査報告 (条約第21条(3))

(54) Title: TOOL PATH GENERATING METHOD

(54) 発明の名称: 工具経路生成方法

図1



- 10 Tool path generating device
- 12 Input unit
- 14 Storage unit
- 16 Tool path generating unit
- 18 Coefficient computation unit
- 20 Function storage region
- 22 Coefficient storage region
- 100 Machine tool
- 102 Measuring instrument
- 108 Workpiece

(57) Abstract: Disclosed is a tool path generating method which generates a tool path on the basis of functions which define curved surfaces in a three-dimensional space, wherein: a first function which defines a first curved surface is inputted, said first function being formed from a polynomial formula which comprises a plurality of coefficients; a first tool path is generated on the basis of the first function; the first tool path is inputted into a numerical controller (NC) device of a machine tool, and a tool is made to move relative to a workpiece along the first tool path, machining the workpiece; the shape of the machined workpiece is measured at a plurality of measuring points upon the surface of the workpiece; for each of the measuring points, a position is computed in a perpendicular direction to the first curved surface as a correction point which is symmetric with respect to the first curved surface; a second function is derived which represents a second curved surface which best fits a position data series of the correction points; and a second tool path is generated on the basis of the second function.

(57) 要約:

[続葉有]



WO 2017/085768 A1

3次元空間内で曲面を定義する関数に基づいて工具経路を生成する工具経路生成方法が開示される。工具経路生成方法では、第1の曲面を定義する複数の係数を有する多項式より成る第1の関数を入力し、前記第1の関数に基づいて第1の工具経路を生成し、前記第1の工具経路を工作機械のNC装置に入力して、該第1の工具経路に沿って工具をワークに対して相対移動させて該ワークを加工し、加工された前記ワークの表面上の複数の測定点で該ワークの形状を測定し、前記測定点の各々につき、前記第1の曲面に対して垂直な方向に前記第1の曲面に対しての対称な位置を演算して補正点とし、前記補正点の一連の位置データに最もよく当てはまる第2の曲面を表す第2の関数を求め、前記第2の関数に基づいて第2の工具経路が生成される。

明 細 書

発明の名称： 工具経路生成方法

技術分野

[0001] 本発明は、工具とワークとを相対移動させてワークを加工する工作機械のNC装置に供給する工具経路の生成方法に関する。

背景技術

[0002] 特許文献1には、レーザービームプリンターやデジタル複写機等に用いられる光走査装置のためのレンズの製造方法において、レンズを金型で射出成形し、成形されたレンズの表面形状を測定し、測定値（測定された形状データ）から設計値（設計形状）を差し引くことによって形状誤差を算出し、算出された形状誤差の符号を反転して補正量として従前の設計形状に重畳して、レンズ成形用の金型を製造する方法が記載されている。

先行技術文献

特許文献

[0003] 特許文献1：特開2012-88601号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0004] 特許文献1に記載の発明のように、算出した形状誤差の符号を反転して従前の設計形状に重畳することによっても一定程度補正が可能であるが、形状特性に合った補正は難しい。この補正方法では、測定のノイズに対して過敏に反応し、適切な工具経路を生成することができないという問題がある。

[0005] 本発明は、こうした従来技術の問題を解決することを技術課題としており、曲面を表す関数が有する特性を維持しつつ、形状誤差を少なくするよう、工具経路の一層良好な補正を可能とした工具経路生成方法を提供することを目的としている。

課題を解決するための手段

[0006] 上述の目的を達成するために、本発明によれば、3次元空間内で曲面を定

義する関数に基づいて工具経路を生成する工具経路生成方法において、第1の曲面を定義する複数の係数を有する多項式より成る第1の関数を入力し、前記第1の関数に基づいて第1の工具経路を生成し、前記第1の工具経路を工作機械のNC装置に入力して、該第1の工具経路に沿って工具をワークに対して相対移動させて該ワークを加工し、加工された前記ワークの表面上の複数の測定点で該ワークの形状を測定し、前記測定点の各々につき、前記第1の曲面に対して垂直な方向に前記第1の曲面に対しての対称な位置を演算して補正点とし、前記補正点の一連の位置データに基づいて第2の曲面を表す第2の関数を求め、前記第2の関数に基づいて第2の工具経路を生成するようにした工具経路生成方法が提供される。

発明の効果

[0007] 本発明によれば、測定点の各々につき、第1の曲面に対して垂直な方向に第1の曲面に対しての対称な位置を演算して補正点とし、該補正点の一連の位置データに最もよく当てはまる第2の曲面を表す第2の関数を求め、該第2の関数に基づいて第2の工具経路を生成するようにしたので、第1の曲面形状特性に適合した補正が可能となる。

図面の簡単な説明

[0008] [図1]本発明の工具経路生成方法を実行する工具経路生成装置の略示ブロック図である。

[図2]本発明の工具経路生成方法を示したフローチャートである。

[図3]本発明の工具経路生成方法を説明するための略図である。

[図4]加工面、設計上の表面（第1の曲面）および補正された曲面（第2の曲面）を示した略図である。

[図5]本発明の工具経路生成方法を説明するための略図である。

[図6]第2の曲面を定義する第2の関数を求める方法を説明するための略図であり、パラメータ空間（ $u-v$ 空間）と、測定点とを示した図である。

[図7]図6の部分拡大図である。

発明を実施するための形態

[0009] 以下、添付図面を参照して、本発明の好ましい実施形態を説明する。

図1において、工具経路生成装置10は、入力部12、記憶部14、工具経路生成部16、係数演算部18を主要な構成要素として具備する。工具経路生成部16で生成された工具経路は、工作機械100に出力される。

[0010] 工作機械100は、例えば、回転可能に支持された主軸（図示せず）と、ワーク108を該主軸に対面させて固定するテーブル（図示せず）と、前記主軸とワーク108とを少なくともX、Y、Zの直交3軸方向に相對移動させる送り装置（図示せず）とを具備したフライス盤のような加工機と、該加工機の工具送りを制御するNC装置とを具備するマシニングセンタとすることができる。加工機は、回転可能に支持された主軸にワーク108を取付け、刃物台（図示せず）にバイトを固定した旋盤とし、刃物台をX、Y、Zの直交3軸方向に相對移動させる送り装置をNC装置によって制御するようにしてもよい。また、工作機械100には、加工されたワークWの加工面を測定するために測定器102が備えられている。測定器102による測定結果は係数演算部18に供給される。

[0011] 入力部12は、数式や数値を記憶部14に入力可能なキーボードやタッチパネル等から構成することができる。ワーク108に形成する表面を定義する複数の係数を有した多項式より成る関数および前記複数の係数の各々の数値が入力部12を介して記憶部14に入力される。記憶部14は、フラッシュメモリやハードドライブから構成することができ、少なくとも入力部12から入力される前記関数および数値を格納する関数記憶領域20と、係数記憶領域22とを有している。

[0012] 工具経路生成部16は、記憶部14に格納されている関数および該関数の各係数の数値に基づき工具経路またはNCデータが生成され、該工具経路またはNCデータが所定時間間隔で工作機械100のNC装置に供給される。工作機械100は、NC装置に供給された工具経路に沿って工具をワークに対して相對移動させてワークを加工する。

[0013] 以下、図2に示すフローチャートおよび図3～図7を参照して、本発明の

工具経路生成方法をより詳細に説明する。

先ず、入力部 1 2 から第 1 の関数および該第 1 の関数の係数の数値が記憶部 1 4 に入力され、初期設定が実行される（ステップ S 1 0）。第 1 の関数は、ワーク 1 0 8 に形成すべき表面である曲面を定義する複数の係数を有した多項式とすることができる。本実施形態では、ワーク 1 0 8 は非球面レンズを成形するための金型であり、第 1 の関数は、該レンズの非球面表面を定義する多項式である。より詳細には、第 1 の関数は一般的に以下の式（1）にて表される。

[数1]

$$z(h) = \frac{ch^2}{1 + \sqrt{1 - (1+K)c^2h^2}} + Ah^4 + Bh^6 + Ch^8 + Dh^{10} \quad (1)$$

[0014] ここで、 $z(h)$ はサグ量であって、光軸からの距離（ラジアル方向） h における表面の頂点（ $h=0$ ）からの光軸方向の変位である。 c は曲率、 K は円錐定数である。 $A \sim D$ は非球面係数であって、ステップ S 1 0 の初期設定において入力部 1 2 から入力される。更に、後述するように、非球面係数 $A \sim D$ は係数演算部 1 8 によって演算され修正される。

[0015] 初期設定が終了すると、工具経路生成部 1 6 は、入力された関数、本実施形態では式（1）および各非球面係数（ $A \sim D$ ）の数値に基づいて工具経路または加工データを生成する（ステップ S 1 2）。生成された工具経路または加工データは、所定時間間隔で工作機械 1 0 0 の NC 装置に出力され、工作機械 1 0 0 がワーク 1 0 8 を加工する（ステップ S 1 4）。図 3～図 5 の例では、工作機械 1 0 0 は、主軸の先端に装着される工具としてボールエンドミル 1 0 6 を有したマシニングセンタである。また、図 3～5 の例では、ボールエンドミル 1 0 6 の中心軸線方向に Z 軸が定義され、該 Z 軸に垂直な方向に X 軸および Y 軸が定義される。

[0016] 加工が終了すると、加工面 1 1 0（図 3、4）が測定器 1 0 2 によって測定される（ステップ S 1 4）。図 3、4 に示す例では、測定器 1 0 2 は、工

作機械 100 の主軸先端に装着可能なプローブ 104 を有したタッチセンサを具備することができる。その場合、プローブ 104 の先端がワーク 108 の表面に接触したときに、測定器 102 からスキップ信号が生成され、該スキップ信号をトリガーとして、工作機械 100 の送り装置の X 軸、Y 軸、Z 軸の座標が係数演算部 18 に出力されるようにできる。

[0017] 加工面 110 は加工面 110 に沿って複数の測定点において測定され、各測定点の X、Y、Z 座標が係数演算部 18 に出力される。ワーク 108 が非球面レンズを成形するための金型である場合、設計上の表面 120 は式 (1) で示される非球面であり、成形されるレンズの光軸は Z 軸に平行となる。加工面 110 は、設計上の表面 120 と完全に一致することはなく、加工面 110 上の測定点 112 と設計上の表面 120 との間の Z 軸方向の差分である誤差 δz を含む。図 4 は、 δz は正の値であり切削不足であることを示しているが、 δz が負の値となり切削過多の場合もある。

[0018] ワーク 108 の測定が終了すると、図 4 に示すように、測定点 112 の各々につき、設計上の表面 120 に対して対称となる点の座標が演算され補正点 132 として設定される (ステップ S18)。より具体的には、先ず、測定点 112 を通り設計上の表面 120 に対して垂直な直線 L が演算される。図 4 において点 122 は、測定点 112 から設計上の表面 120 に引いた垂線 L の足である。次いで、直線 L 上に設計上の表面 120 に関して測定点 112 の対称な点 132 の座標が演算される。本願では、測定点 112 の対称な点 132 を補正点と称する。

[0019] 次いで、一連の補正点 132 の座標データ群に最もよく当てはまる仮想的な曲面 (第 2 の曲面) が決定される。本実施形態では、以下に説明するように、この仮想的な曲面である第 2 の曲面は、測定器 102 で測定された測定点 112 の座標データ群に基づき、係数演算部 18 で式 (1) の非球面係数 A~D を補正することによって得られた式 (1) と同様の関数で規定される (ステップ S20)。ここで、非球面係数 A~D を補正した式 (1) は第 2 の関数となる。次いで、工具経路生成部 16 は、関数記憶領域 20 に格納さ

れている関数と、係数演算部 18 で演算され係数記憶領域 22 に格納されている補正後の非球面係数 A～D に基づいて、つまり第 2 の関数に基づいて第 2 の工具経路を生成する（ステップ S 22）。工作機械 100 は、第 2 の工具経路に従ってワーク 108 を加工する（ステップ S 24）。

[0020] 以下、図 6、7 を参照して、第 2 の関数を求める方法をより具体的に説明する。

一般的に、パラメータ空間上の点 p から 3 次元空間内の点 q に変換する関数 f とすると、以下の p と q の関係は以下の式に（2）にて表される。

[数2]

$$\vec{q} = f(\vec{p}) = \begin{bmatrix} f_x(\vec{p}) \\ f_y(\vec{p}) \\ f_z(\vec{p}) \end{bmatrix} \quad (2)$$

[0021] ここで、

[数3]

$$\vec{p} = \begin{bmatrix} u \\ v \end{bmatrix}$$

[数4]

$$\vec{q} = \begin{bmatrix} x \\ y \\ z \end{bmatrix}$$

であり、u、v はパラメータ空間上の 1 点であり、x、y、z は u、v に対応する 3 次元空間内の 1 点を表す。

[0022] 次に、関数 f に補正用の係数を導入する。係数は補正量を十分に表現できるものである必要がある。補正用の係数を導入した関数を F、補正用の係数ベクトルを a、係数ベクトルの次数を N とすると以下のようなになる。

[数5]

$$\vec{q} = F(\vec{p}, \vec{a}) = \begin{bmatrix} F_x(\vec{p}, \vec{a}) \\ F_y(\vec{p}, \vec{a}) \\ F_z(\vec{p}, \vec{a}) \end{bmatrix}$$

[数6]

$$\vec{a} = \begin{bmatrix} a_1 \\ a_2 \\ \vdots \\ a_N \end{bmatrix}$$

[0023] 式(1)で示したように、レンズのような光学部品の形状を表す式には、光学特性を補正するための非球面係数A～Dが既に含まれている。その場合、非球面係数A～Dを補正用の係数 $a_1 \sim a_N$ として使用することができる。その場合、以降に出現する係数ベクトル a を各非球面係A～Dの設計上の値との差として読み替えることで対応できる。ステップS14におけるワーク108の加工は、係数ベクトル a をゼロベクトルとしたときの曲面の加工である。係数ベクトル a がゼロベクトルであるとき、関数 f と関数 F は等しくなる。

[数7]

$$f(\vec{p}) = F(\vec{p}, \vec{0})$$

[0024] 測定点112は3次元空間内の点群として取得される。一連の測定点112を含む群を r 、測定点112の個数を M とすると、

[数8]

$$\vec{r}_i = \begin{bmatrix} r_{ix} \\ r_{iy} \\ r_{iz} \end{bmatrix}$$

(i : 1～M)

である。

[0025] 測定点 $1\ 1\ 2$ の群 r は 3 次元空間内の点の集まりだが、これをパラメータ空間 ($u - v$ 空間) 上の点と符号付き距離とから成る点に変換する。ここで、符号付き距離とは、パラメータ空間 ($u - v$ 空間) 上の点に対応する 3 次元空間内の点からの距離を、その点での法線方向への距離を正、法線方向とは逆方向への距離を負とした実数で表したものである。

[0026] この変換は例えば以下のように処理できる。

まず、設計上の表面または第 1 の曲面を表すパラメータ空間 ($u - v$ 空間) 上に点を格子状に生成し (処理 I)、次いで、処理 I で生成した点の各々を 3 次元空間内の点に変換し対応付ける (処理 II)。このとき、処理 II で変換した 3 次元空間内の点に対して $k - d$ 木 (k -dimensional tree) のようなデータ構造を生成して、任意の 3 次元空間内の点から近い点を高速に検索できる状態にすると後の処理を高速に処理できる。この検索は必ずしも最も近い点である必要はないため、近似最近傍探索の各種アルゴリズムを適用してもよい。

[0027] 次に、測定点 $1\ 1\ 2$ の 1 つを処理対象点 q とする (図 6、7 参照)。上記処理 II で変換した 3 次元空間内の点のうち、対象点 q から近いものを検索し、これを q_1 とする。また、対応するパラメータ空間 ($u - v$ 空間) 上の点を p_1 とする。つまり、

[数 9]

$$\vec{q}_1 = f(\vec{p}_1)$$

である。

[0028] 次いで、 $i = 1 \sim \infty$ について以下の処理を行う。

(処理 1) 処理対象点 p_i での関数 f の u 偏微分、 v 偏微分を求め、それぞれ $\partial f / \partial u$ 、 $\partial f / \partial v$ とする。

(処理 2) $\partial f / \partial u$ と、 $\partial f / \partial v$ から点 p_i での法線方向を計算する。ここで、法線ベクトルは以下の式 (4) で表される。

[数10]

$$\vec{n}_i = \frac{\frac{\partial f}{\partial \mathbf{u}}(\vec{p}_i) \times \frac{\partial f}{\partial \mathbf{v}}(\vec{p}_i)}{l_u \cdot l_v} \quad (4)$$

ここで

[数11]

$$l_u = \left| \frac{\partial f}{\partial \mathbf{u}}(\vec{p}_i) \right|$$

[数12]

$$l_v = \left| \frac{\partial f}{\partial \mathbf{v}}(\vec{p}_i) \right|$$

である。

[0029] (処理3) q_i から q に向かうベクトルを、 $\partial f / \partial \mathbf{u}$ 方向、 $\partial f / \partial \mathbf{v}$ 方向、法線方向に分配し、それぞれ $\Delta \mathbf{u}$ 、 $\Delta \mathbf{v}$ 、 $\Delta \mathbf{n}$ する。

また、 $\Delta \mathbf{u}$ 、 $\Delta \mathbf{v}$ 、 $\Delta \mathbf{n}$ は以下の式 (5) ~ (7) で表される。

[数13]

$$\Delta \mathbf{u} = \frac{\mathbf{c} \cdot \mathbf{d}_v - l_v \cdot \mathbf{d}_u}{c^2 - l_u^2 \cdot l_v^2} \quad (5)$$

[数14]

$$\Delta \mathbf{v} = \frac{\mathbf{c} \cdot \mathbf{d}_u - l_u \cdot \mathbf{d}_v}{c^2 - l_u^2 \cdot l_v^2} \quad (6)$$

[数15]

$$\Delta n = \vec{w} \cdot \vec{n}_i \quad (7)$$

ただし、

[数16]

$$c = \frac{\partial f}{\partial u}(\vec{p}_i) \cdot \frac{\partial f}{\partial v}(\vec{p}_i)$$

[数17]

$$\vec{w} = \vec{q} - \vec{q}_i$$

[数18]

$$d_u = \vec{w} \cdot \frac{\partial f}{\partial u}(\vec{p}_i)$$

[数19]

$$d_v = \vec{w} \cdot \frac{\partial f}{\partial v}(\vec{p}_i)$$

である。また、「 \times 」は外積、「 \cdot 」は内積もしくは乗算を表す。

[0030] (処理4) Δu 、 v が十分に小さい場合は、処理を終了する。変換後の点の座標は $(p_{iu}, p_{iv}, \Delta n)$ となる。

(処理5) p_i の u 成分に Δu 、 v 成分に Δv を加算したものを $p_{(i+1)}$ 、 $p_{(i+1)}$ を3次元空間上の点に変換したものを $q_{(i+1)}$ として、(処理1)に戻って処理1～処理4を実行する。つまり、

[数20]

$$\vec{p}_{i+1} = \vec{p}_i + \begin{bmatrix} \Delta u \\ \Delta v \end{bmatrix}$$

である。

[0031] 以上の処理により、測定点 1 1 2 がパラメータ空間上の点と符号付き距離に変換される。以下、変換後の点群を R として以下のように表す。

[数21]

$$\vec{R}_i = \begin{bmatrix} R_{iu} \\ R_{iv} \\ R_{iw} \end{bmatrix}$$

ただし、 $i = 1 \sim M$ である。

[0032] 設計上の表面 1 2 0 に対して測定点 1 1 2 とは反対側に対称となるように補正点 1 3 2 を設定するように補正量を決定することによって、誤差 δz を打ち消すことが可能となる。一連の測定点 1 1 2 の座標データの誤差 δz は、変換後の点群 R の w 成分として計算される。つまり、点群 R の各点の u、v 座標を関数 F で変換した時、関数 f で変換した場合に比べて w 成分だけ法線方向とは逆方向に移動するよう係数ベクトル a をフィッティングすれば良い。フィッティング処理を最適化問題と考えると、以下の目的関数 E を最小化する問題と考えられる。

[数22]

$$E(\vec{a}) = \sum_{i=1}^M \left| f \left(\begin{bmatrix} R_{iu} \\ R_{iv} \end{bmatrix} \right) - F \left(\begin{bmatrix} R_{iu} \\ R_{iv} \end{bmatrix}, \vec{a} \right) - \vec{n} \cdot R_{iw} \right|^2 \quad (8)$$

[0033] n は法線ベクトルであるが、通常、補正量は微小な値で、補正による法線方向の変化は無視できる場合が多い。その場合、法線方向を毎回計算するのではなく、式 (4) で計算した法線方向を保存しておいて計算に使用するこ

とができる。

[0034] 式(8)は、二乗和の最小化問題のため、例えばレーベンバーグ・マーカート法で計算することができる。関数Eを最小化する係数aが求めたら、係数aを関数Fに代入することで補正後の関数(第2の関数)を得ることができる。

符号の説明

[0035]	1 0	工具経路生成装置
	1 2	入力部
	1 4	記憶部
	1 6	工具経路生成部
	1 8	係数演算部
	2 0	関数記憶領域
	2 2	係数記憶領域
	1 0 0	工作機械
	1 0 2	測定器
	1 0 4	プローブ
	1 0 6	ボールエンドミル
	1 0 8	ワーク
	1 1 0	加工面
	1 1 2	測定点
	1 2 0	設計上の表面
	1 3 2	補正点

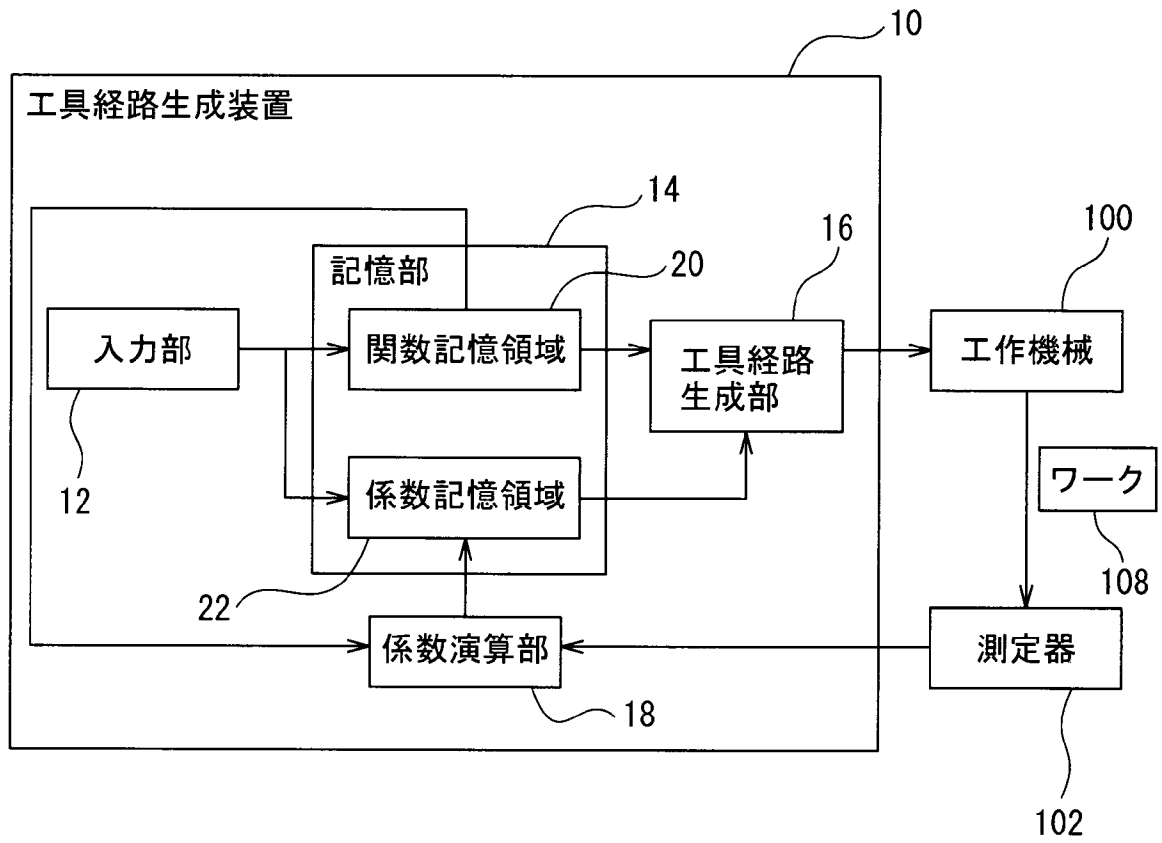
請求の範囲

- [請求項1] 3次元空間内で曲面を定義する関数に基づいて工具経路を生成する工具経路生成方法において、
- 第1の曲面を定義する複数の係数を有する多項式より成る第1の関数を入力し、
- 前記第1の関数に基づいて第1の工具経路を生成し、
- 前記第1の工具経路を工作機械のNC装置に入力して、該第1の工具経路に沿って工具をワークに対して相対移動させて該ワークを加工し、
- 加工された前記ワークの表面上の複数の測定点で該ワークの形状を測定し、
- 前記測定点の各々につき、前記第1の曲面に対して垂直な方向に前記第1の曲面に対しての対称な位置を演算して補正点とし、
- 前記補正点の一連の位置データに基づいて第2の曲面を表す第2の関数を求め、
- 前記第2の関数に基づいて第2の工具経路を生成することを特徴とした工具経路生成方法。
- [請求項2] 前記第2の関数は、前記第2の曲面が、第1の関数の前記複数の係数を変更することによって、前記補正点の一連の位置データに最もよく当てはまるよう定義される請求項1に記載の工具経路生成方法。
- [請求項3] 前記第2の関数は、前記補正点の一連の位置データに基づき最小二乗法を用いて求められる請求項2に記載の工具経路生成方法。
- [請求項4] 前記第1と第2の関数は一般的に以下の式にて表される請求項1～3の何れか1項に記載の工具経路生成方法。
- [数1]

$$z(h) = \frac{ch^2}{1 + \sqrt{1 - (1+K)c^2h^2}} + Ah^4 + Bh^6 + Ch^8 + Dh^{10}$$

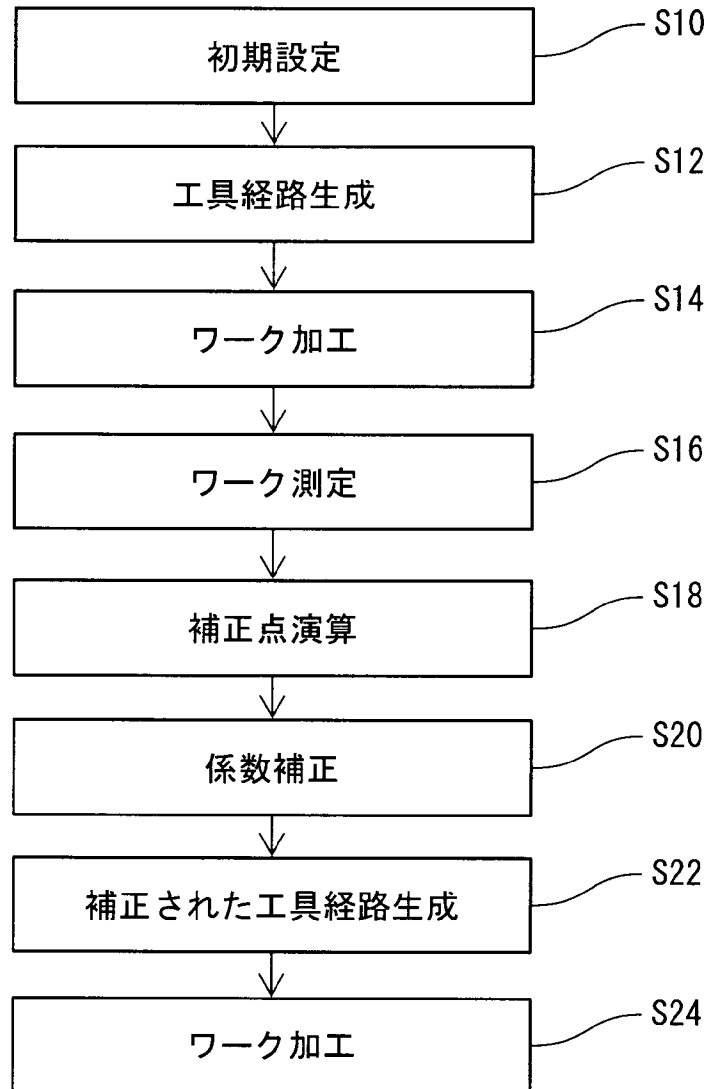
[図1]

図1

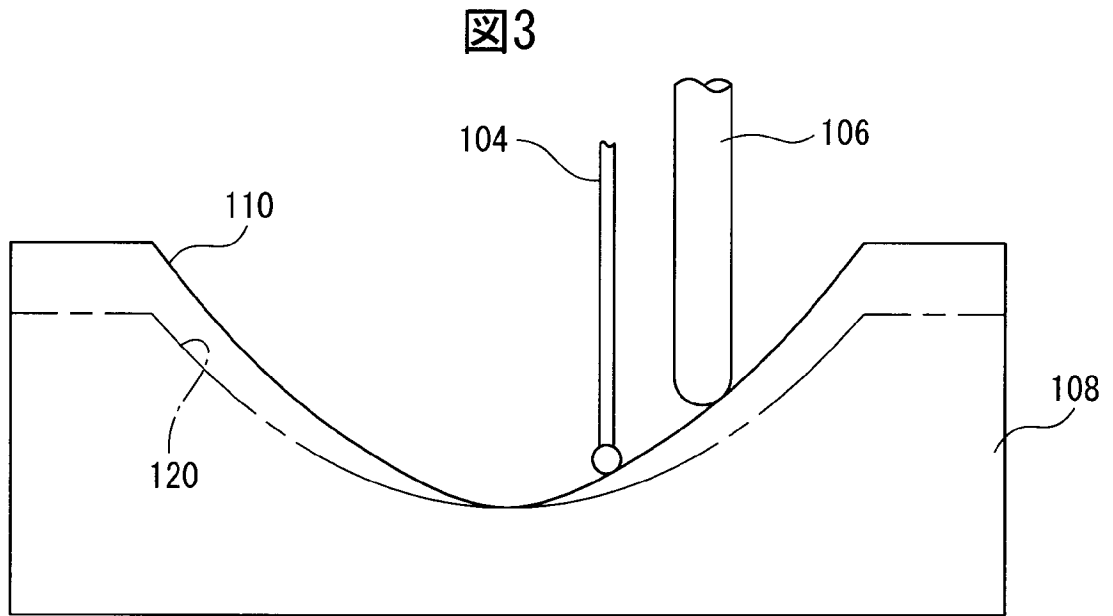


[図2]

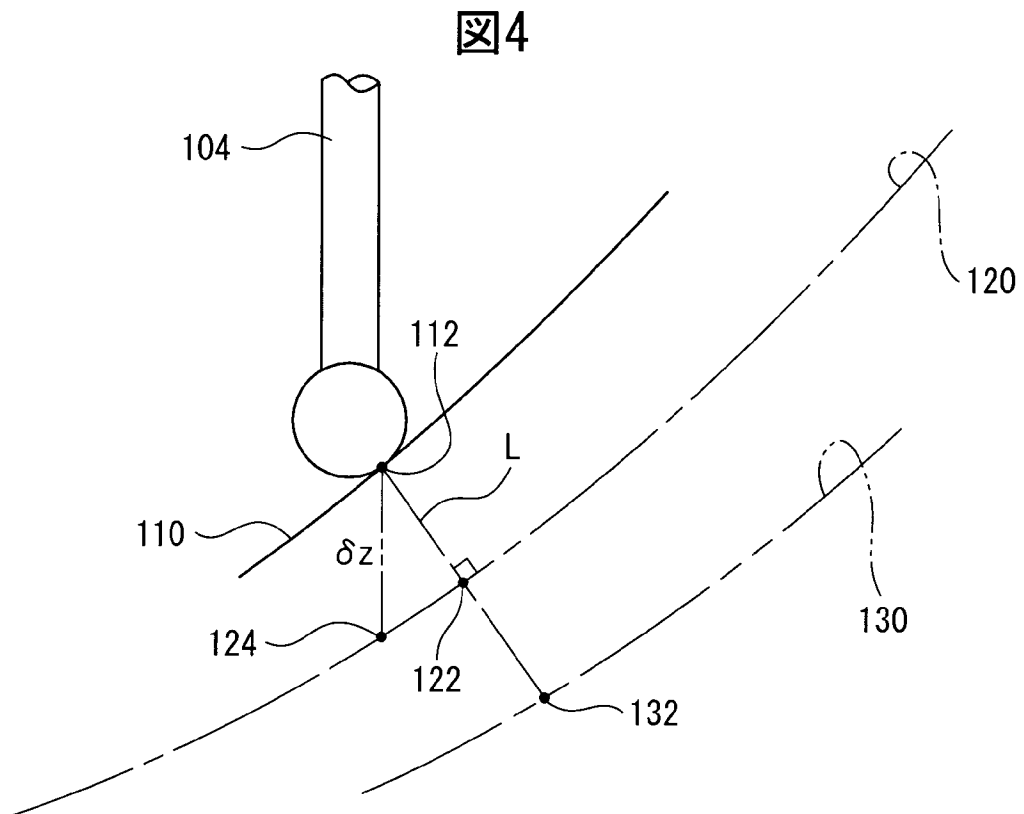
図2



[図3]

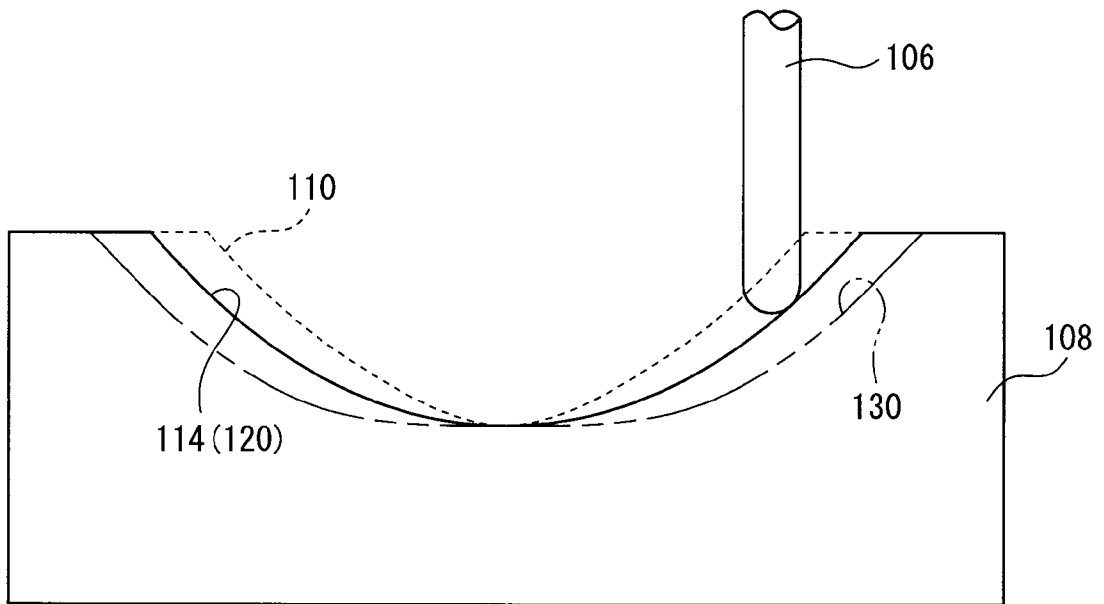


[図4]



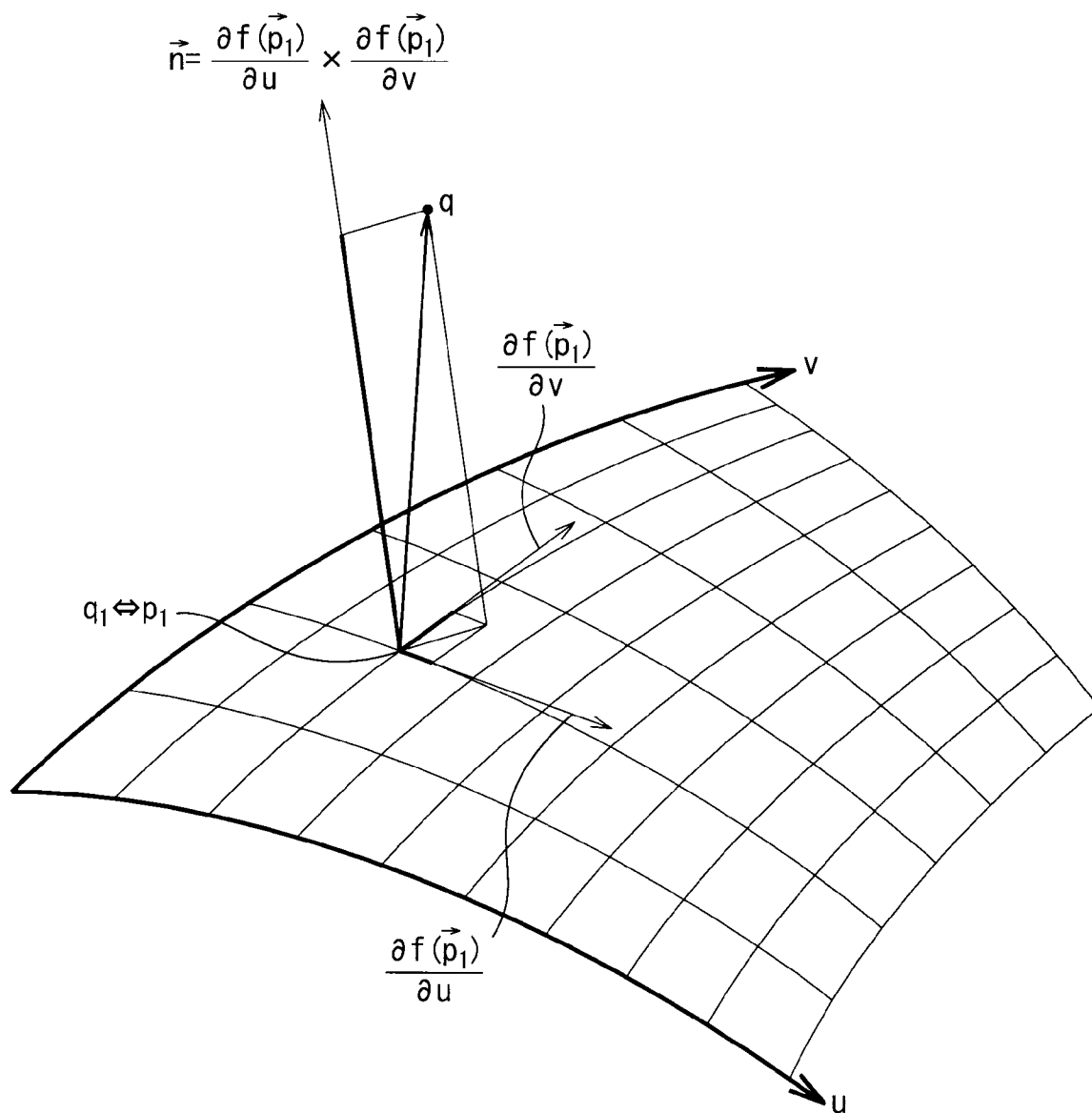
[図5]

図5



[図6]

[図6]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP2015/082151

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
G05B19/4093(2006.01) i

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)
G05B19/4093

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

Jitsuyo Shinan Koho	1922-1996	Jitsuyo Shinan Toroku Koho	1996-2015
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2015	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2015

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

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X Y	JP 10-240322 A (Olympus Optical Co., Ltd.), 11 September 1998 (11.09.1998), paragraphs [0020] to [0022]; fig. 10 to 11 (Family: none)	1 2-4
Y	JP 2010-146176 A (Fanuc Ltd.), 01 July 2010 (01.07.2010), paragraphs [0026] to [0031]; fig. 3 to 6 (Family: none)	2-3
Y	JP 9-159914 A (Hitachi, Ltd.), 20 June 1997 (20.06.1997), paragraph [0056] & US 6046860 A column 27, line 18	4

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

* Special categories of cited documents:	"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
"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance	"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
"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date	"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
"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)	"&" document member of the same patent family
"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	

Date of the actual completion of the international search 16 December 2015 (16.12.15)	Date of mailing of the international search report 28 December 2015 (28.12.15)
--	---

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

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2015/082151

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 2012-35399 A (Shin Nippon Koki Co., Ltd.), 23 February 2012 (23.02.2012), paragraph [0064] (Family: none)	1-4
A	US 7463425 B1 (ZOOM PRECISION OPTICAL ELECTRONIC CO., LTD.), 09 December 2008 (09.12.2008), column 5, line 50 (Family: none)	1-4

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC）） Int.Cl. G05B19/4093(2006.01)i		
B. 調査を行った分野 調査を行った最小限資料（国際特許分類（IPC）） Int.Cl. G05B19/4093		
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 1971-2015年 日本国実用新案登録公報 1996-2015年 日本国登録実用新案公報 1994-2015年		
国際調査で利用した電子データベース（データベースの名称、調査に使用した用語）		
C. 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
X Y	JP 10-240322 A（オリンパス光学工業株式会社）1998.09.11, 段落[0020]-[0022], [図10]-[図11]（ファミリーなし）	1 2-4
Y	JP 2010-146176 A（ファナック株式会社）2010.07.01, 段落[0026]-[0031], [図3]-[図6]（ファミリーなし）	2-3
Y	JP 9-159914 A（株式会社日立製作所）1997.06.20, 段落[0056] & US 6046860 A, 第27欄第18行	4
<input checked="" type="checkbox"/> C欄の続きにも文献が列挙されている。 <input type="checkbox"/> 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日の後に公表された文献 「T」国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの 「X」特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの 「Y」特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの 「&」同一パテントファミリー文献		
国際調査を完了した日 16.12.2015	国際調査報告の発送日 28.12.2015	
国際調査機関の名称及びあて先 日本国特許庁（ISA/J P） 郵便番号100-8915 東京都千代田区霞が関三丁目4番3号	特許庁審査官（権限のある職員） 白井 卓巳 電話番号 03-3581-1101 内線 3364	3U 4550

C (続き) . 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
A	JP 2012-35399 A (新日本工機株式会社) 2012. 02. 23, 段落[0064] (ファミリーなし)	1 - 4
A	US 7463425 B1 (ZOOM PRECISION OPTICAL ELECTRONIC CO., LTD.) 2008. 12. 09, 第5欄第50行 (ファミリーなし)	1 - 4