

(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6月16日(16.06.2022)



(10) 国際公開番号

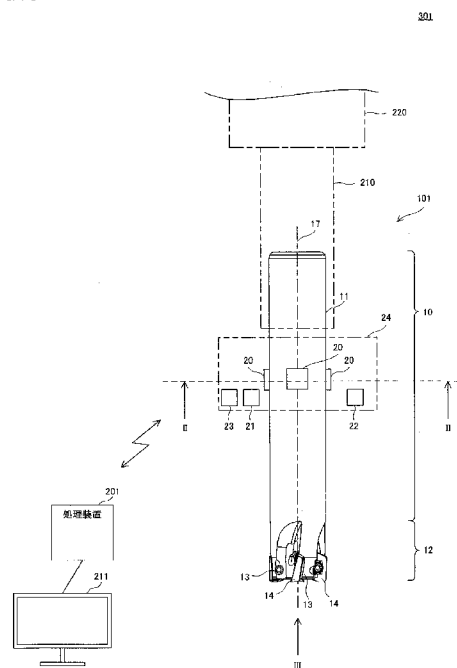
WO 2022/123731 A1

- (51) 国際特許分類:  
G01L 5/1627 (2020.01) B23Q 17/09 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2020/046069
- (22) 国際出願日: 2020年12月10日(10.12.2020)
- (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: 住友電気工業株式会社 (SUMITOMO ELECTRIC INDUSTRIES, LTD.) [JP/JP]; 〒5410041 大阪府大阪市中央区北浜四丁目5番33号 Osaka (JP).
- (72) 発明者: 小池雄介 (KOIKE, Yusuke); 〒5410041 大阪府大阪市中央区北浜四丁目5番33号 住友電気工業株式会社内 Osaka (JP).
- (74) 代理人: 特許業務法人ワンディーIPパートナーズ (ONEDEE IP PARTNERS); 〒5320003 大阪府大阪市淀川区宮原五丁目1番28号 新大阪八千代ビル別館 Osaka (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.
- (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,

(54) Title: PROCESSING SYSTEM, DISPLAY SYSTEM, PROCESSING DEVICE, PROCESSING METHOD, AND PROCESSING PROGRAM

(54) 発明の名称: 処理システム、表示システム、処理装置、処理方法および処理プログラム

[図1]



201 Processing device

(57) Abstract: This processing system comprises: a cutting tool; a sensor mounted on the cutting tool; an analog to digital (AD) converter which samples an analog signal output from the sensor and generates a digital signal; and a processing unit, wherein, on the basis of the revolutions per minutes (rpm) of a rotating body rotating about a rotation axis, an upper limit period that is an upper limit value of a processing period that is a period in which a prescribed process is performed by using the digital signal generated by the AD converter, and an upper limit pitch that is an upper limit value of an angle pitch [degree] that is a rotation angle between two adjacent sampling time points in coordinates that represent phases at the sampling time points from the AD converter in a rotation disc that is a trajectory of a point rotating around the rotation axis as the rotating body rotates, the processing unit determines a sampling frequency and a processing period so that the AD converter performs the sampling so that a setting value of the angle pitch is equal to or less than the upper limit pitch in a period required for a rotating body to rotate N times in a processing period equal to or smaller than an upper limit period, and when the setting value is set to ps, N and (360/ps) are integers of 2 or greater and mutually primes.

WO 2022/123731 A1

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：処理システムは、切削工具と、前記切削工具に取り付けられたセンサと、前記センサから出力されるアナログ信号をサンプリングすることによりデジタル信号を生成するAD (Analog Digital) 変換器と、処理部とを備え、前記処理部は、回転軸を中心に回転する回転体の回転数 [rpm] と、前記AD変換器により生成された前記デジタル信号を用いた所定処理を行う周期である処理周期の上限値である上限周期と、前記回転体の回転に伴って前記回転軸周りに回転する点の軌跡である回転円における前記AD変換器によるサンプリング時点の位相を示す座標系、において隣接する2つのサンプリング時点の間の回転角である角度ピッチ [degree] の上限値である上限ピッチとに基づいて、前記上限周期以下の前記処理周期において、前記回転体がN回転するのに要する期間に前記角度ピッチの設定値が前記上限ピッチ以下となるように前記AD変換器がサンプリングを行うための、サンプリング周波数および前記処理周期を決定し、前記設定値をpsとしたとき、Nおよび(360/ps)は、2以上の整数であり、かつ互いに素である。

## 明 細 書

発明の名称：

処理システム、表示システム、処理装置、処理方法および処理プログラム

### 技術分野

[0001] 本開示は、処理システム、表示システム、処理装置、処理方法および処理プログラムに関する。

### 背景技術

[0002] 特許文献1（特開2018-43317号公報）には、以下のような工作機械が開示されている。すなわち、工作機械は、回転軸を備えた回転軸装置と、前記回転軸装置に取り付けられ、前記回転軸の回転に同期して前記回転軸装置に周期的に発生する現象に係る情報を取得するセンサと、前記回転軸装置の動作を制御するとともに、前記センサを介して前記情報を取得する制御装置とを備えた工作機械であって、前記制御装置は、前記回転軸を回転させての加工時に、当該加工が、前記回転軸装置への動作制御に係る指令に関して変化のない定常状態にあるか否かを判別し、前記定常状態にあると、所定のサンプリング周期で前記センサを介して前記情報を取得するとともに、取得した前記情報と前記回転軸の回転位相とを関連づけ、前記回転軸の複数回の回転にわたって取得した前記情報をもとに、前記現象の1周期分の変化を求める。

### 先行技術文献

#### 特許文献

- [0003] 特許文献1：特開2018-43317号公報  
特許文献2：特開2018-65199号公報  
特許文献3：特開2020-144148号公報  
特許文献4：特開2018-24086号公報  
特許文献5：特開2006-71485号公報

特許文献6：特開平11-118625号公報

## 発明の概要

[0004] 本開示の処理システムは、切削工具と、前記切削工具に取り付けられたセンサと、前記センサから出力されるアナログ信号をサンプリングすることによりデジタル信号を生成するAD (Analog Digital) 変換器と、処理部とを備え、前記処理部は、回転軸を中心に回転する回転体の回転数 [rpm] と、前記AD変換器により生成された前記デジタル信号を用いた所定処理を行う周期である処理周期の上限値である上限周期と、前記回転体の回転に伴って前記回転軸周りに回転する点の軌跡である回転円における前記AD変換器によるサンプリング時点の位相を示す座標系、において隣接する2つのサンプリング時点の間の回転角である角度ピッチ [degree] の上限値である上限ピッチとに基づいて、前記上限周期以下の前記処理周期において、前記回転体がN回転するのに要する期間に前記角度ピッチの設定値が前記上限ピッチ以下となるように前記AD変換器がサンプリングを行うための、サンプリング周波数および前記処理周期を決定し、前記設定値をpsとしたとき、Nおよび(360/ps)は、2以上の整数であり、かつ互いに素である。

[0005] 本開示の処理装置は、回転軸を中心に回転する回転体の回転数 [rpm] を取得する第1取得部と、切削工具に取り付けられたセンサから出力されるアナログ信号をサンプリングするAD変換器により生成されたデジタル信号を用いた所定処理を行う周期である処理周期の、上限値である上限周期を取得する第2取得部と、前記回転体の回転に伴って前記回転軸周りに回転する点の軌跡である回転円における前記AD変換器によるサンプリング時点の位相を示す座標系、において隣接する2つのサンプリング時点の間の回転角である角度ピッチ [degree] の上限値である上限ピッチを取得する第3取得部と、前記第1取得部により取得された前記回転数、前記第2取得部により取得された前記上限周期、および前記第3取得部により取得された前記上限ピッチに基づいて、前記上限周期以下の前記処理周期において、前記回

転体がN回転するのに要する期間に前記角度ピッチの設定値が前記上限ピッチ以下となるように前記AD変換器がサンプリングを行うための、サンプリング周波数および前記処理周期を決定する処理部とを備え、前記設定値を $p_s$ としたとき、Nおよび $(360/p_s)$ は、2以上の整数であり、かつ互いに素である。

[0006] 本開示の表示システムは、切削工具と、前記切削工具に取り付けられたセンサと、前記センサから出力されるアナログ信号をサンプリングすることによりデジタル信号を生成するAD変換器と、処理装置とを備え、前記処理装置は、回転軸を中心に回転する回転体の回転数 $[rpm]$ と、前記AD変換器により生成された前記デジタル信号を用いた所定処理を行う周期である処理周期の上限値である上限周期と、前記回転体の回転に伴って前記回転軸周りに回転する点の軌跡である回転円における前記AD変換器によるサンプリング時点の位相を示す座標系、において隣接する2つのサンプリング時点の間の回転角である角度ピッチ $[degree]$ の上限値である上限ピッチとに基づいて、前記上限周期以下の前記処理周期において、前記回転体がN回転するのに要する期間に前記角度ピッチの設定値が前記上限ピッチ以下となるように前記AD変換器がサンプリングを行うための、サンプリング周波数および前記処理周期を表示する処理を行い、前記設定値を $p_s$ としたとき、Nおよび $(360/p_s)$ は、2以上の整数であり、かつ互いに素である。

[0007] 本開示の表示システムは、切削工具と、前記切削工具に取り付けられた回転体に取り付けられたセンサと、前記センサから出力されるアナログ信号をサンプリングすることによりデジタル信号を生成するAD変換器と、処理装置とを備え、前記処理装置は、回転軸を中心に回転する回転体の回転数 $[rpm]$ と、前記AD変換器により生成された前記デジタル信号を用いた所定処理を行う周期である処理周期の上限値である上限周期と、ユーザにより設定されたサンプリング周波数である設定周波数に基づいて、前記上限周期において、前記設定周波数に従って前記AD変換器がサンプリングを行った場合におけるサンプリング時点の位相の分布状況を認識可能な情報を表示する

処理を行う。

[0008] 本開示の処理装置は、回転軸を中心に回転する回転体の回転数 [rpm] を取得する第1取得部と、切削工具に取り付けられたセンサから出力されるアナログ信号をサンプリングするAD変換器により生成されたデジタル信号を用いた所定処理を行う周期である処理周期の、上限値である上限周期を取得する第2取得部と、前記回転体の回転に伴って前記回転軸周りに回転する点の軌跡である回転円における前記AD変換器によるサンプリング時点の位相を示す座標系、において隣接する2つのサンプリング時点の間の回転角である角度ピッチ [degree] の上限値である上限ピッチとを取得する第3取得部と、前記第1取得部により取得された前記回転数、前記第2取得部により取得された前記上限周期、および前記第3取得部により取得された前記上限ピッチに基づいて、前記上限周期以下の前記処理周期において、前記回転体がN回転するのに要する期間に前記角度ピッチの設定値が前記上限ピッチ以下となるように前記AD変換器がサンプリングを行うための、サンプリング周波数および前記処理周期を表示する処理を行う表示処理部とを備え、前記設定値をpsとしたとき、Nおよび(360/ps)は、2以上の整数であり、かつ互いに素である。

[0009] 本開示の処理装置は、回転軸を中心に回転する回転体の回転数 [rpm] を取得する第1取得部と、切削工具に取り付けられたセンサから出力されるアナログ信号をサンプリングするAD変換器により生成されたデジタル信号を用いた所定処理を行う周期である処理周期の、上限値である上限周期を取得する第2取得部と、ユーザにより設定されたサンプリング周波数である設定周波数を取得する第4取得部と、前記第1取得部により取得された前記回転数、前記第2取得部により取得された前記上限周期、および前記第4取得部により取得された前記設定周波数に基づいて、前記上限周期において、前記設定周波数に従って前記AD変換器がサンプリングを行った場合におけるサンプリング時点の位相の分布状況を認識可能な情報を表示する処理を行う表示処理部とを備える。

[0010] 本開示の一態様は、このような特徴的な処理部を備える処理システムとして実現され得るだけでなく、処理システムの一部または全部を実現する半導体集積回路として実現され得る。本開示の一態様は、このような特徴的な処理部を備える表示システムとして実現され得るだけでなく、表示システムの一部または全部を実現する半導体集積回路として実現され得る。また、本開示の一態様は、このような特徴的な処理部を備える処理装置として実現され得るだけでなく、処理装置の一部または全部を実現する半導体集積回路として実現され得たり、処理装置における処理をステップとする方法として実現され得たり、処理装置における処理のステップをコンピュータに実行させるためのプログラムとして実現され得る。

### 図面の簡単な説明

[0011] [図1]図1は、本開示の第1の実施の形態に係る処理システムの構成を示す図である。

[図2]図2は、本開示の第1の実施の形態に係る切削工具の構成を示す断面図である。

[図3]図3は、本開示の第1の実施の形態に係る切削工具の構成を示す矢視図である。

[図4]図4は、本開示の第1の実施の形態に係る処理システムにおける処理装置の構成を示す図である。

[図5]図5は、本開示の第1の実施の形態に係る切削工具を模式的に示す斜視図である。

[図6]図6は、本開示の第1の実施の形態に係る処理装置における解析部により生成される2次元データの一例を示す図である。

[図7]図7は、本開示の第1の実施の形態の比較例に係る処理システムにおけるAD変換器によるサンプリング時点のひずみセンサ20の位置の一例を示している。

[図8]図8は、本開示の第1の実施の形態に係る処理システムにおける表示装置に表示される表示画像の一例を示している。

[図9]図9は、本開示の第1の実施の形態に係る処理装置の処理部において選定可能な整数Nとサンプリング周波数との関係の一例を示す図である。

[図10]図10は、本開示の第1の実施の形態に係る処理装置の処理部において選定可能な整数Nと処理周期との関係の一例を示す図である。

[図11]図11は、本開示の第1の実施の形態に係る処理装置の処理部において選定可能な整数Nとサンプリング周波数との関係の他の例を示す図である。

。

[図12]図12は、本開示の第1の実施の形態に係る処理装置の処理部において選定可能な整数Nと処理周期との関係の他の例を示す図である。

[図13]図13は、本開示の第1の実施の形態に係る処理システムにおけるAD変換器によるサンプリング時点のひずみセンサの位置の一例を示している。

。

[図14]図14は、本開示の第1の実施の形態に係る処理装置の処理部において選定可能な整数Nとサンプリング周波数との関係の他の例を示す図である。

。

[図15]図15は、本開示の第1の実施の形態に係る処理装置の処理部において選定可能な整数Nと処理周期との関係の他の例を示す図である。

[図16]図16は、本開示の第1の実施の形態に係る処理システムにおけるAD変換器によるサンプリング時点のひずみセンサの位置の一例を示している。

。

[図17]図17は、本開示の第1の実施の形態に係る処理システムにおける表示装置に表示される表示画像の一例を示している。

[図18]図18は、本開示の第1の実施の形態の比較例に係る処理装置における解析部により生成される2次元データの一例を示す図である。

[図19]図19は、本開示の第1の実施の形態に係る処理装置における解析部により生成される2次元データの一例を示す図である。

[図20]図20は、本開示の第1の実施の形態に係る処理装置における解析部により生成される2次元データを示す図である。

[図21]図 2 1 は、本開示の第 1 の実施の形態に係る処理システムにおける A/D 変換器により生成されるセンサ計測値の一例を示す図である。

[図22]図 2 2 は、本開示の第 1 の実施の形態に係る処理装置における解析部による配列処理後のセンサ計測値の一例を示す図である。

[図23]図 2 3 は、本開示の第 1 の実施の形態に係る処理システムにおける処理装置が決定処理および表示処理を行う際の動作手順の一例を定めたフローチャートである。

[図24]図 2 4 は、本開示の第 2 の実施の形態に係る処理システムの構成を示す図である。

[図25]図 2 5 は、本開示の第 2 の実施の形態に係る処理システムにおける処理装置の構成を示す図である。

### 発明を実施するための形態

[0012] 従来、切削工具にセンサを取り付け、切削加工時にセンサから出力されるアナログ信号をサンプリングすることにより生成されるデジタル信号を用いて、切削加工の異常に関する判定処理等の各種処理を行う技術が提案されている。

[0013] [本開示が解決しようとする課題]

特許文献 1 ～ 4 の技術を超えて、切削工具に取り付けられたセンサから出力されるアナログ信号をサンプリングすることによりデジタル信号を生成するシステムにおいて、より効率的にデジタル信号を生成する技術が望まれる。

[0014] 本開示は、上述の課題を解決するためになされたもので、その目的は、切削工具に取り付けられたセンサから出力されるアナログ信号をサンプリングすることによりデジタル信号を生成するシステムにおいて、より効率的にデジタル信号を生成することが可能な処理システム、表示システム、処理装置、処理方法および処理プログラムを提供することである。

[0015] [本開示の効果]

本開示によれば、切削工具に取り付けられたセンサから出力されるアナロ

グ信号をサンプリングすることによりデジタル信号を生成するシステムにおいて、より効率的にデジタル信号を生成することができる。

[0016] [本開示の実施形態の説明]

最初に、本開示の実施形態の内容を列記して説明する。

[0017] (1) 本開示の実施の形態に係る処理システムは、切削工具と、前記切削工具に取り付けられたセンサと、前記センサから出力されるアナログ信号をサンプリングすることによりデジタル信号を生成するAD変換器と、処理部とを備え、前記処理部は、回転軸を中心に回転する回転体の回転数 [rpm] と、前記AD変換器により生成された前記デジタル信号を用いた所定処理を行う周期である処理周期の上限値である上限周期と、前記回転体の回転に伴って前記回転軸周りに回転する点の軌跡である回転円における前記AD変換器によるサンプリング時点の位相を示す座標系、において隣接する2つのサンプリング時点の間の回転角である角度ピッチ [degree] の上限値である上限ピッチとに基づいて、前記上限周期以下の前記処理周期において、前記回転体がN回転するのに要する期間に前記角度ピッチの設定値が前記上限ピッチ以下となるように前記AD変換器がサンプリングを行うための、サンプリング周波数および前記処理周期を決定し、前記設定値をpsとしたとき、Nおよび(360/ps)は、2以上の整数であり、かつ互いに素である。

[0018] このように、回転体がN回転するのに要する期間に角度ピッチの設定値が上限ピッチ以下となるようにサンプリングするためのサンプリング周波数および処理周期を決定する構成により、AD変換器のサンプリング周波数として低い値を設定した場合であっても、回転円上におけるより多数の計測点におけるデジタル信号を生成することができる。したがって、切削工具に取り付けられたセンサから出力されるアナログ信号をサンプリングすることによりデジタル信号を生成するシステムにおいて、より効率的にデジタル信号を生成することができる。

[0019] (2) 好ましくは、前記処理部は、 $N \times ps < 180$ を満たすように前記

サンプリング周波数および前記処理周期を決定する。

[0020] このような構成により、時間的に連続する2つのサンプリング時点に対応する2つの測定点の間の回転角が180度未満となるように、より効率的にデジタル信号を生成するためのサンプリング周波数および処理周期を決定することができる。

[0021] (3) 好ましくは、前記処理部は、前記AD変換器における上限値である上限周波数を取得し、取得した前記上限周波数以下の前記サンプリング周波数を決定する。

[0022] このような構成により、AD変換器において設定可能な範囲のサンプリング周波数を決定することができる。

[0023] (4) より好ましくは、前記処理部は、前記回転数をSとし、前記サンプリング周波数をFとし、前記上限周波数を $F_{max}$ とし、前記処理周期をTとし、前記上限周期を $T_{max}$ としたとき、下記式(1)～下記式(4)を満たすNの値を決定し、決定したNの値に基づいて、前記サンプリング周波数および前記処理周期を決定する。

$$F = (6 \times S) / (N \times p_s) \dots (1)$$

$$T = (60 \times N) / S \dots (2)$$

$$T \leq T_{max} \dots (3)$$

$$F \leq F_{max} \dots (4)$$

[0024] このような構成により、AD変換器において設定可能な範囲のサンプリング周波数を決定できるとともに、たとえばユーザが設定した上限周期以下の処理周期を決定することができる。

[0025] (5) 好ましくは、前記処理部は、前記処理周期として選択可能な値のうちの最も小さい値を前記処理周期として決定する。

[0026] このような構成により、所定処理を行う周期をより短く設定できるので、たとえば所定処理として切削加工の異常に関する判定処理を行う場合、発生した異常を早期に検知することができる。

[0027] (6) 好ましくは、前記処理システムは、さらに、解析部を備え、前記解

析部は、前記所定処理として、前記処理部により決定された前記処理周期に従うタイミングにおいて、前記AD変換器により生成される前記デジタル信号を用いて、前記切削工具を用いた切削加工の異常に関する判定処理を行う。

[0028] このような構成により、切削工具が1回転するのに要する期間に生成されたとみなすことができる複数のデジタル信号を用いて判定処理を行うことができるので、たとえばデジタル信号の平均値に基づいて切削加工の異常に関する正確な判定を行うことができるとともに、発生した異常を早期に検知することができる。

[0029] (7) 好ましくは、前記処理システムは、さらに、解析部を備え、前記解析部は、前記AD変換器により生成される前記デジタル信号に基づいて、前記切削工具が受ける2方向の負荷に関する、サンプリング時刻ごとの2次元データを生成する処理を行い、前記所定処理として、前記処理部により決定された前記処理周期に従うタイミングにおいて前記2次元データを更新する更新処理を行う。

[0030] このような構成により、切削工具が1回転するのに要する期間に生成されたとみなすことができる複数のデジタル信号を用いて2次元データを更新することができるので、たとえば切削工具に異常が生じた場合、発生した異常の影響を早期に2次元データに反映することができる。

[0031] (8) より好ましくは、前記解析部は、生成した前記2次元データに基づいて、前記デジタル信号の内挿を行う。

[0032] このような構成により、たとえば、ハードウェアの制約等によって端数処理した後のサンプリング周波数に従うサンプリングにより生成されたデジタル信号を用いて、切削工具が1回転するのに要する期間に等時間間隔でサンプリングすることにより生成されたとみなすことができるデジタル信号を得ることができるので、得られたデジタル信号にフーリエ変換等の演算処理を行うことができる。

[0033] (9) 好ましくは、前記回転体は、前記切削工具であり、前記切削工具は

、転削工具である。

[0034] このような構成により、転削工具に取り付けられたセンサから出力されるアナログ信号をサンプリングすることによりデジタル信号を生成するシステムにおいて、より効率的にデジタル信号を生成することができる。

[0035] (10) 好ましくは、前記回転体は、切削対象物であり、前記切削工具は、旋削工具である。

[0036] このような構成により、旋削工具に取り付けられたセンサから出力されるアナログ信号をサンプリングすることによりデジタル信号を生成するシステムにおいて、より効率的にデジタル信号を生成することができる。

[0037] (11) 本開示の実施の形態に係る処理装置は、回転軸を中心に回転する回転体の回転数 [rpm] を取得する第1取得部と、切削工具に取り付けられたセンサから出力されるアナログ信号をサンプリングするAD変換器により生成されたデジタル信号を用いた所定処理を行う周期である処理周期の、上限値である上限周期を取得する第2取得部と、前記回転体の回転に伴って前記回転軸周りに回転する点の軌跡である回転円における前記AD変換器によるサンプリング時点の位相を示す座標系、において隣接する2つのサンプリング時点の間の回転角である角度ピッチ [degree] の上限値である上限ピッチを取得する第3取得部と、前記第1取得部により取得された前記回転数、前記第2取得部により取得された前記上限周期、および前記第3取得部により取得された前記上限ピッチに基づいて、前記上限周期以下の前記処理周期において、前記回転体がN回転するのに要する期間に前記角度ピッチの設定値が前記上限ピッチ以下となるように前記AD変換器がサンプリングを行うための、サンプリング周波数および前記処理周期を決定する処理部とを備え、前記設定値を  $p_s$  としたとき、Nおよび  $(360/p_s)$  は、2以上の整数であり、かつ互いに素である。

[0038] このように、回転体がN回転するのに要する期間に角度ピッチの設定値が上限ピッチ以下となるようにサンプリングするためのサンプリング周波数および処理周期を決定する構成により、AD変換器のサンプリング周波数とし

て低い値を設定した場合であっても、回転円上におけるより多数の計測点におけるデジタル信号を生成することができる。したがって、切削工具に取り付けられたセンサから出力されるアナログ信号をサンプリングすることによりデジタル信号を生成するシステムにおいて、より効率的にデジタル信号を生成することができる。

[0039] (12) 本開示の実施の形態に係る処理方法は、処理装置における処理方法であって、回転軸を中心に回転する回転体の回転数 [rpm] を取得するステップと、切削工具に取り付けられたセンサから出力されるアナログ信号をサンプリングするAD変換器により生成されたデジタル信号を用いた所定処理を行う周期である処理周期の、上限値である上限周期を取得するステップと、前記回転体の回転に伴って前記回転軸周りに回転する点の軌跡である回転円における前記AD変換器によるサンプリング時点の位相を示す座標系、において隣接する2つのサンプリング時点の間の回転角である角度ピッチ [degree] の上限値である上限ピッチを取得するステップと、取得した前記回転数、前記上限周期および前記上限ピッチに基づいて、前記上限周期以下の前記処理周期において、前記回転体がN回転するのに要する期間に前記角度ピッチの設定値が前記上限ピッチ以下となるように前記AD変換器がサンプリングを行うための、サンプリング周波数および前記処理周期を決定するステップとを含み、前記設定値を  $p_s$  としたとき、Nおよび  $(360/p_s)$  は、2以上の整数であり、かつ互いに素である。

[0040] このように、回転体がN回転するのに要する期間に角度ピッチの設定値が上限ピッチ以下となるようにサンプリングするためのサンプリング周波数および処理周期を決定する方法により、AD変換器のサンプリング周波数として低い値を設定した場合であっても、回転円上におけるより多数の計測点におけるデジタル信号を生成することができる。したがって、切削工具に取り付けられたセンサから出力されるアナログ信号をサンプリングすることによりデジタル信号を生成するシステムにおいて、より効率的にデジタル信号を生成することができる。

[0041] (13) 本開示の実施の形態に係る処理プログラムは、処理装置において用いられる処理プログラムであって、コンピュータを、回転軸を中心に回転する回転体の回転数 [rpm] を取得する第1取得部と、切削工具に取り付けられたセンサから出力されるアナログ信号をサンプリングするAD変換器により生成されたデジタル信号を用いた所定処理を行う周期である処理周期の、上限値である上限周期を取得する第2取得部と、前記回転体の回転に伴って前記回転軸周りに回転する点の軌跡である回転円における前記AD変換器によるサンプリング時点の位相を示す座標系、において隣接する2つのサンプリング時点の間の回転角である角度ピッチ [degree] の上限値である上限ピッチを取得する第3取得部と、前記第1取得部により取得された前記回転数、前記第2取得部により取得された前記上限周期、および前記第3取得部により取得された前記上限ピッチに基づいて、前記上限周期以下の前記処理周期において、前記回転体がN回転するのに要する期間に前記角度ピッチの設定値が前記上限ピッチ以下となるように前記AD変換器がサンプリングを行うための、サンプリング周波数および前記処理周期を決定する処理部として機能させるためのプログラムであり、前記設定値をpsとしたとき、Nおよび(360/ps)は、2以上の整数であり、かつ互いに素である。

[0042] このように、回転体がN回転するのに要する期間に角度ピッチの設定値が上限ピッチ以下となるようにサンプリングするサンプリング周波数および処理周期を決定する構成により、AD変換器のサンプリング周波数として低い値を設定した場合であっても、回転円上におけるより多数の計測点におけるデジタル信号を生成することができる。したがって、切削工具に取り付けられたセンサから出力されるアナログ信号をサンプリングすることによりデジタル信号を生成するシステムにおいて、より効率的にデジタル信号を生成することができる。

[0043] (14) 本開示の実施の形態に係る表示システムは、切削工具と、前記切削工具に取り付けられたセンサと、前記センサから出力されるアナログ信号

をサンプリングすることによりデジタル信号を生成するAD変換器と、処理装置とを備え、前記処理装置は、回転軸を中心に回転する回転体の回転数 [rpm] と、前記AD変換器により生成された前記デジタル信号を用いた所定処理を行う周期である処理周期の上限値である上限周期と、前記回転体の回転に伴って前記回転軸周りに回転する点の軌跡である回転円における前記AD変換器によるサンプリング時点の位相を示す座標系、において隣接する2つのサンプリング時点の間の回転角である角度ピッチ [degree] の上限値である上限ピッチとに基づいて、前記上限周期以下の前記処理周期において、前記回転体がN回転するのに要する期間に前記角度ピッチの設定値が前記上限ピッチ以下となるように前記AD変換器がサンプリングを行うための、サンプリング周波数および前記処理周期を表示する処理を行い、前記設定値をpsとしたとき、Nおよび(360/ps)は、2以上の整数であり、かつ互いに素である。

[0044] このように、回転体がN回転するのに要する期間に角度ピッチの設定値が上限ピッチ以下となるようにサンプリングするためのサンプリング周波数および処理周期を表示する処理を行う構成により、AD変換器のサンプリング周波数として低い値を設定した場合であっても、回転円上におけるより多数の計測点におけるデジタル信号を生成するためのサンプリング周波数および処理周期をユーザに認識させることができる。したがって、切削工具に取り付けられたセンサから出力されるアナログ信号をサンプリングすることによりデジタル信号を生成するシステムにおいて、より効率的にデジタル信号を生成することができる。

[0045] (15) 好ましくは、前記処理装置は、前記回転体がN回転するのに要する期間に、前記サンプリング周波数に従って前記AD変換器がサンプリングを行った場合におけるサンプリング時点の位相の分布状況を認識可能な情報を表示する処理を行う。

[0046] このような構成により、決定したサンプリング周波数に従ってサンプリングした場合における計測点の分布状況をユーザに視覚的に認識させることが

できる。

[0047] (16) 本開示の実施の形態に係る表示システムは、切削工具と、前記切削工具に取り付けられた回転体に取り付けられたセンサと、前記センサから出力されるアナログ信号をサンプリングすることによりデジタル信号を生成するAD変換器と、処理装置とを備え、前記処理装置は、回転軸を中心に回転する回転体の回転数 [rpm] と、前記AD変換器により生成された前記デジタル信号を用いた所定処理を行う周期である処理周期の上限値である上限周期と、ユーザにより設定されたサンプリング周波数である設定周波数に基づいて、前記上限周期において、前記設定周波数に従って前記AD変換器がサンプリングを行った場合におけるサンプリング時点の位相の分布状況を認識可能な情報を表示する処理を行う。

[0048] このように、ユーザにより設定されたサンプリング周波数に従ってAD変換器がサンプリングを行った場合におけるサンプリング時点の位相の分布状況を認識可能な情報を表示する処理を行う構成により、ユーザにより設定されたサンプリング周波数に従ってサンプリングした場合における計測点の分布状況をユーザに視覚的に認識させることができるので、たとえばユーザにより設定されたサンプリング周波数が不適切である場合においてサンプリング周波数の変更を促すことができる。したがって、切削工具に取り付けられたセンサから出力されるアナログ信号をサンプリングすることによりデジタル信号を生成するシステムにおいて、より効率的にデジタル信号を生成することができる。

[0049] (17) 好ましくは、前記処理装置は、前記回転数と、前記上限周期と、前記回転体の回転に伴って前記回転軸周りに回転する点の軌跡である回転円における前記AD変換器によるサンプリング時点の位相を示す座標系、において隣接する2つのサンプリング時点の間の回転角である角度ピッチ [degree] の上限値である上限ピッチとに基づいて、前記上限周期以下の前記処理周期において、前記回転体がN回転するのに要する期間に前記角度ピッチの設定値が前記上限ピッチ以下となるように前記AD変換器がサンプリ

ングを行うためのサンプリング周波数、に従って前記AD変換器がサンプリングを行った場合におけるサンプリング時点の位相の分布状況を認識可能な情報を表示する処理を行い、前記設定値を $p_s$ としたとき、 $N$ および $(360/p_s)$ は、2以上の整数であり、かつ互いに素である。

[0050] このような構成により、処理装置において決定した適切なサンプリング周波数をユーザに提案する場合において、当該サンプリング周波数に従ってサンプリングした場合における計測点の分布状況をユーザに視覚的に認識させることができる。

[0051] (18) 好ましくは、前記処理装置は、前記上限周期において、ユーザにより設定されたサンプリング周波数である設定周波数に従って前記AD変換器がサンプリングを行った場合における、前記回転体の回転に伴って前記回転軸周りに回転する点の軌跡である回転円における前記AD変換器によるサンプリング時点の位相を示す座標系、において隣接する2つのサンプリング時点の間の回転角の平均値および最大値の少なくともいずれか一方を表示する処理を行う。

[0052] このような構成により、ユーザにより設定されたサンプリング周波数に従ってサンプリングした場合における角度ピッチの平均値および最大値をユーザに認識させることができる。

[0053] (19) 本開示の実施の形態に係る処理装置は、回転軸を中心に回転する回転体の回転数 $[rpm]$ を取得する第1取得部と、切削工具に取り付けられたセンサから出力されるアナログ信号をサンプリングするAD変換器により生成されたデジタル信号を用いた所定処理を行う周期である処理周期の、上限値である上限周期を取得する第2取得部と、前記回転体の回転に伴って前記回転軸周りに回転する点の軌跡である回転円における前記AD変換器によるサンプリング時点の位相を示す座標系、において隣接する2つのサンプリング時点の間の回転角である角度ピッチ $[degree]$ の上限値である上限ピッチとを取得する第3取得部と、前記第1取得部により取得された前記回転数、前記第2取得部により取得された前記上限周期、および前記第3

取得部により取得された前記上限ピッチに基づいて、前記上限周期以下の前記処理周期において、前記回転体がN回転するのに要する期間に前記角度ピッチの設定値が前記上限ピッチ以下となるように前記AD変換器がサンプリングを行うための、サンプリング周波数および前記処理周期を表示する処理を行う表示処理部とを備え、前記設定値を $p_s$ としたとき、Nおよび $(360/p_s)$ は、2以上の整数であり、かつ互いに素である。

[0054] このように、回転体がN回転するのに要する期間に角度ピッチの設定値が上限ピッチ以下となるようにサンプリングするためのサンプリング周波数および処理周期を表示する処理を行う方法により、AD変換器のサンプリング周波数として低い値を設定した場合であっても、回転円上におけるより多数の計測点におけるデジタル信号を生成するためのサンプリング周波数および処理周期をユーザに認識させることができる。したがって、切削工具に取り付けられたセンサから出力されるアナログ信号をサンプリングすることによりデジタル信号を生成するシステムにおいて、より効率的にデジタル信号を生成することができる。

[0055] (20) 本開示の実施の形態に係る処理装置は、回転軸を中心に回転する回転体の回転数 $[rpm]$ を取得する第1取得部と、切削工具に取り付けられたセンサから出力されるアナログ信号をサンプリングするAD変換器により生成されたデジタル信号を用いた所定処理を行う周期である処理周期の、上限値である上限周期を取得する第2取得部と、ユーザにより設定されたサンプリング周波数である設定周波数を取得する第4取得部と、前記第1取得部により取得された前記回転数、前記第2取得部により取得された前記上限周期、および前記第4取得部により取得された前記設定周波数に基づいて、前記上限周期において、前記設定周波数に従って前記AD変換器がサンプリングを行った場合におけるサンプリング時点の位相の分布状況を認識可能な情報を表示する処理を行う表示処理部とを備える。

[0056] このように、ユーザにより設定されたサンプリング周波数に従ってAD変換器がサンプリングを行った場合におけるサンプリング時点の位相の分布状

況を認識可能な情報を表示する処理を行う方法により、ユーザにより設定されたサンプリング周波数に従ってサンプリングした場合における計測点の分布状況をユーザに視覚的に認識させることができるので、たとえばユーザにより設定されたサンプリング周波数が不適切である場合においてサンプリング周波数の変更を促すことができる。したがって、切削工具に取り付けられたセンサから出力されるアナログ信号をサンプリングすることによりデジタル信号を生成するシステムにおいて、より効率的にデジタル信号を生成することができる。

[0057] (21) 本開示の実施の形態に係る処理方法は、処理装置における処理方法であって、回転軸を中心に回転する回転体の回転数 [rpm] を取得するステップと、切削工具に取り付けられたセンサから出力されるアナログ信号をサンプリングするAD変換器により生成されたデジタル信号を用いた所定処理を行う周期である処理周期の、上限値である上限周期を取得するステップと、前記回転体の回転に伴って前記回転軸周りに回転する点の軌跡である回転円における前記AD変換器によるサンプリング時点の位相を示す座標系、において隣接する2つのサンプリング時点の間の回転角である角度ピッチ [degree] の上限値である上限ピッチとを取得するステップと、取得した前記回転数、前記上限周期および前記上限ピッチに基づいて、前記上限周期以下の前記処理周期において、前記回転体がN回転するのに要する期間に前記角度ピッチの設定値が前記上限ピッチ以下となるように前記AD変換器がサンプリングを行うための、サンプリング周波数および前記処理周期を表示する処理を行うステップとを含み、前記設定値を  $p_s$  としたとき、Nおよび  $(360/p_s)$  は、2以上の整数であり、かつ互いに素である。

[0058] このように、回転体がN回転するのに要する期間に角度ピッチの設定値が上限ピッチ以下となるようにサンプリングするためのサンプリング周波数および処理周期を表示する処理を行う方法により、AD変換器のサンプリング周波数として低い値を設定した場合であっても、回転円上におけるより多数の計測点におけるデジタル信号を生成するためのサンプリング周波数および

処理周期をユーザに認識させることができる。したがって、切削工具に取り付けられたセンサから出力されるアナログ信号をサンプリングすることによりデジタル信号を生成するシステムにおいて、より効率的にデジタル信号を生成することができる。

[0059] (22) 本開示の実施の形態に係る処理方法は、処理装置における処理方法であって、回転軸を中心に回転する回転体の回転数 [rpm] を取得するステップと、切削工具に取り付けられたセンサから出力されるアナログ信号をサンプリングするAD変換器により生成されたデジタル信号を用いた所定処理を行う周期である処理周期の、上限値である上限周期を取得するステップと、ユーザにより設定されたサンプリング周波数である設定周波数を取得するステップと、取得した前記回転数、前記上限周期および前記設定周波数に基づいて、前記上限周期において、前記設定周波数に従って前記AD変換器がサンプリングを行った場合におけるサンプリング時点の位相の分布状況を認識可能な情報を表示する処理を行うステップとを含む。

[0060] このように、ユーザにより設定されたサンプリング周波数に従ってAD変換器がサンプリングを行った場合におけるサンプリング時点の位相の分布状況を認識可能な情報を表示する処理を行う方法により、ユーザにより設定されたサンプリング周波数に従ってサンプリングした場合における計測点の分布状況をユーザに視覚的に認識させることができるので、たとえばユーザにより設定されたサンプリング周波数が不適切である場合においてサンプリング周波数の変更を促すことができる。したがって、切削工具に取り付けられたセンサから出力されるアナログ信号をサンプリングすることによりデジタル信号を生成するシステムにおいて、より効率的にデジタル信号を生成することができる。

[0061] (23) 本開示の実施の形態に係る処理プログラムは、処理装置において用いられる処理プログラムであって、コンピュータを、回転軸を中心に回転する回転体の回転数 [rpm] を取得する第1取得部と、切削工具に取り付けられたセンサから出力されるアナログ信号をサンプリングするAD変換器

により生成されたデジタル信号を用いた所定処理を行う周期である処理周期の、上限値である上限周期を取得する第2取得部と、前記回転体の回転に伴って前記回転軸周りに回転する点の軌跡である回転円における前記AD変換器によるサンプリング時点の位相を示す座標系、において隣接する2つのサンプリング時点の間の回転角である角度ピッチ [degree] の上限値である上限ピッチとを取得する第3取得部と、前記第1取得部により取得された前記回転数、前記第2取得部により取得された前記上限周期、および前記第3取得部により取得された前記上限ピッチに基づいて、前記上限周期以下の前記処理周期において、前記回転体がN回転するのに要する期間に前記角度ピッチの設定値が前記上限ピッチ以下となるように前記AD変換器がサンプリングを行うための、サンプリング周波数および前記処理周期を表示する処理を行う表示処理部、として機能させるためのプログラムであり、前記設定値を  $p_s$  としたとき、 $N$  および  $(360/p_s)$  は、2以上の整数であり、かつ互いに素である。

[0062] このように、回転体がN回転するのに要する期間に角度ピッチの設定値が上限ピッチ以下となるようにサンプリングするためのサンプリング周波数および処理周期を表示する処理を行う構成により、AD変換器のサンプリング周波数として低い値を設定した場合であっても、回転円上におけるより多数の計測点におけるデジタル信号を生成するためのサンプリング周波数および処理周期をユーザに認識させることができる。したがって、切削工具に取り付けられたセンサから出力されるアナログ信号をサンプリングすることによりデジタル信号を生成するシステムにおいて、より効率的にデジタル信号を生成することができる。

[0063] (24) 本開示の実施の形態に係る処理プログラムは、理装置において用いられる処理プログラムであって、コンピュータを、回転軸を中心に回転する回転体の回転数 [rpm] を取得する第1取得部と、切削工具に取り付けられたセンサから出力されるアナログ信号をサンプリングするAD変換器により生成されたデジタル信号を用いた所定処理を行う周期である処理周期の

、上限値である上限周期を取得する第2取得部と、ユーザにより設定されたサンプリング周波数である設定周波数を取得する第4取得部と、前記第1取得部により取得された前記回転数、前記第2取得部により取得された前記上限周期、および前記第4取得部により取得された前記設定周波数に基づいて、前記上限周期において、前記設定周波数に従って前記AD変換器がサンプリングを行った場合におけるサンプリング時点の位相の分布状況を認識可能な情報を表示する処理を行う表示処理部、として機能させるためのプログラムである。

[0064] このように、ユーザにより設定されたサンプリング周波数に従ってAD変換器がサンプリングを行った場合におけるサンプリング時点の位相の分布状況を認識可能な情報を表示する処理を行う構成により、ユーザにより設定されたサンプリング周波数に従ってサンプリングした場合における計測点の分布状況をユーザに視覚的に認識させることができるので、たとえばユーザにより設定されたサンプリング周波数が不適切である場合においてサンプリング周波数の変更を促すことができる。したがって、切削工具に取り付けられたセンサから出力されるアナログ信号をサンプリングすることによりデジタル信号を生成するシステムにおいて、より効率的にデジタル信号を生成することができる。

[0065] 以下、本開示の実施の形態について図面を用いて説明する。なお、図中同一または相当部分には同一符号を付してその説明は繰り返さない。また、以下に記載する実施の形態の少なくとも一部を任意に組み合わせてもよい。

[0066] <第1の実施の形態>

[処理システム]

図1は、本開示の第1の実施の形態に係る処理システムの構成を示す図である。図1を参照して、処理システム301は、切削工具101と、ひずみセンサ20と、AD変換器21と、電池22と、無線通信装置23と、処理装置201と、表示装置211とを備える。表示装置211は、たとえば有線で処理装置201に接続されている。処理システム301は、表示システ

ムの一例である。処理装置 201 は、処理システム 301 における処理部の一例である。切削工具 101 は、転削工具であり、回転体の一例である。ひずみセンサ 20 は、切削工具 101 に取り付けられる。

[0067] [切削工具]

切削工具 101 は、たとえば、フライス盤等の工作機械において使用されるエンドミルであり、金属等からなる切削対象物の転削加工に用いられる。切削工具 101 は、たとえば刃先交換式のエンドミルである。切削工具 101 は、アーバ等の工具ホルダ 210 に保持された状態で使用される。

[0068] 切削工具 101 は、シャフト部 10 と、ハウジング 24 と、刃取付部 12 とを備える。シャフト部 10 は、シャンク部 11 を含む。図 1 では、ハウジング 24 を想像線である二点鎖線により示している。

[0069] 刃取付部 12 は、切削工具 101 におけるシャフト部 10 よりも先端側に設けられる。刃取付部 12 は、たとえば 4 つの刃固定部 13 を含む。各刃固定部 13 には、チップ 14 が取り付けられる。なお、刃取付部 12 は、1 つ、2 つまたは 4 つ以上の刃固定部 13 を含む構成であってもよい。

[0070] 工具ホルダ 210 は、工作機械の主軸 220 に取り付けられる。主軸 220 は、柱状であり、工具ホルダ 210 に回転力を与える。工具ホルダ 210 は、主軸 220 の延長線上に配置される柱状の部材である。具体的には、工具ホルダ 210 の上端部が、主軸 220 に保持される。また、工具ホルダ 210 の下端部が、切削工具 101 のシャンク部 11 を保持する。

[0071] たとえば、ひずみセンサ 20 は、接着剤または粘着剤を介してシャフト部 10 の周面に取り付けられる。なお、ひずみセンサ 20 は、工具ホルダ 210 の周面に取り付けられてもよい。

[0072] ハウジング 24 は、ひずみセンサ 20 を格納する。具体的には、ハウジング 24 は、図示しない底板部および側壁部を含む。ハウジング 24 は、ひずみセンサ 20 を下方および側方から覆う。

[0073] AD変換器 21、電池 22 および無線通信装置 23 は、ハウジング 24 に格納される。たとえば、AD変換器 21、電池 22 および無線通信装置 23

は、ハウジング24の底板部または側壁部に固定される。無線通信装置23は、たとえば通信用IC(Integrated Circuit)等の通信回路を含む。電池22は、図示しない電力線を介して、ひずみセンサ20、AD変換器21および無線通信装置23と接続されている。電池22は、電力線を介して、ひずみセンサ20、AD変換器21および無線通信装置23へ電力を供給する。電力線には、電力供給のオンおよびオフを切り替えるスイッチが設けられている。

[0074] たとえば、処理システム301は、3つのひずみセンサ20を備える。なお、処理システム301は、切削工具101におけるチップ14の数よりも少数のひずみセンサ20を備える構成であってもよいし、切削工具101におけるチップ14の数よりも多数のひずみセンサ20を備える構成であってもよい。また、処理システム301は、切削工具101におけるチップ14の数と相関の無い数のひずみセンサ20を備える構成であってもよい。

[0075] 図2は、本開示の第1の実施の形態に係る切削工具の構成を示す断面図である。図2は、図1における11-11線矢視断面図である。図2を参照して、ひずみセンサ20として、ひずみセンサ20A、20B、20Cがシャフト部10に設けられる。ひずみセンサ20Bは、シャフト部10の周方向においてひずみセンサ20Cが設けられた位置から90°ずれた位置に設けられる。ひずみセンサ20Aは、シャフト部10の周方向においてひずみセンサ20Bが設けられた位置から90°ずれた位置に設けられる。ひずみセンサ20A、20Cは、シャフト部10の回転軸17を介して点対称となる位置に設けられる。ひずみセンサ20A、20B、20Cは、たとえば、シャフト部10の回転軸17に沿う方向において、同じ位置に設けられてもよいし、互いに異なる位置に設けられてもよい。

[0076] なお、ひずみセンサ20A、20B、20Cは、刃取付部12の位置に関わらず、たとえば上述のようにシャフト部10または工具ホルダ210の周面にそれぞれ設けられればよい。すなわち、ひずみセンサ20A、20B、20Cは、シャフト部10または工具ホルダ210の周面において、刃固定

部 1 3 から回転軸 1 7 に沿った位置に設けられる必要はない。

[0077] 以下では、説明のため、回転軸 1 7 に直交する平面において、回転軸 1 7 からひずみセンサ 2 0 A が設けられた位置への方向を X 方向と称し、回転軸 1 7 からひずみセンサ 2 0 B が設けられた位置への方向を Y 方向と称する。

[0078] ひずみセンサ 2 0 は、切削工具 1 0 1 の回転に伴って回転軸 1 7 周りに回転する。切削工具 1 0 1 の回転時のひずみセンサ 2 0 A の軌跡を回転円 S R とも称する。回転円 S R は、たとえば、切削工具 1 0 1 の回転時の、ひずみセンサ 2 0 A の切削工具 1 0 1 との接触面の中心の軌跡である。

[0079] 図 3 は、本開示の第 1 の実施の形態に係る切削工具の構成を示す矢視図である。図 3 は、図 1 における  $|||$  方向から見た矢視図である。図 3 を参照して、刃取付部 1 2 は、刃固定部 1 3 として、刃固定部 1 3 A, 1 3 B, 1 3 C, 1 3 D を含む。刃固定部 1 3 A, 1 3 B, 1 3 C, 1 3 D は、この順に、刃取付部 1 2 の周方向において時計回りに  $90^\circ$  ずつずれた位置にそれぞれ設けられる。刃固定部 1 3 A, 1 3 B, 1 3 C, 1 3 D には、チップ 1 4 として、チップ 1 4 A, 1 4 B, 1 4 C, 1 4 D がそれぞれ取り付けられる。チップ 1 4 A, 1 4 B, 1 4 C, 1 4 D の各々は切刃を有する。

[0080] チップ 1 4 は、たとえばスローアウェイチップである。チップ 1 4 は、たとえばネジ止めにより刃固定部 1 3 に取り付けられる。なお、チップ 1 4 は、ネジ止め以外の手段により刃固定部 1 3 に固定されてもよい。また、切削工具 1 0 1 は、刃取付部 1 2 の代わりに、シャフト部 1 0 と一体となった切刃を備える、いわゆるソリッドエンドミルであってもよい。

[0081] ひずみセンサ 2 0 は、切削加工時の切削工具 1 0 1 の負荷に関する状態を示す物理量を計測する。より詳細には、ひずみセンサ 2 0 は、切削加工時の切削工具 1 0 1 の負荷に関する状態を示す物理量として、シャフト部 1 0 のせん断ひずみ  $\varepsilon$  を計測する。

[0082] ひずみセンサ 2 0 は、たとえば、切削加工の開始時刻である時刻  $t_s$  から終了時刻である時刻  $t_e$  までの期間においてせん断ひずみ  $\varepsilon$  を計測し、せん断ひずみ  $\varepsilon$  に応じたレベルのアナログ信号を図示しない信号線経由で A/D 変

換器 21 へ送信する。

[0083] AD変換器 21 は、ひずみセンサ 20 から出力されるアナログ信号をサンプリングすることによりデジタル信号であるセンサ計測値を生成する。より詳細には、AD変換器 21 は、ひずみセンサ 20 A から受信するせん断ひずみ  $\varepsilon$  のアナログ信号を AD 変換することによりセンサ計測値  $s_x$  を生成し、ひずみセンサ 20 B から受信するせん断ひずみ  $\varepsilon$  のアナログ信号を AD 変換することによりセンサ計測値  $s_y$  を生成し、ひずみセンサ 20 C から受信するせん断ひずみ  $\varepsilon$  のアナログ信号を AD 変換することによりセンサ計測値  $s_r$  を生成する。AD変換器 21 は、生成したセンサ計測値  $s_x$ ,  $s_y$ ,  $s_r$  にサンプリング時刻を示すタイムスタンプを付与し、タイムスタンプが付与されたセンサ計測値  $s_x$ ,  $s_y$ ,  $s_r$  を図示しない記憶部に保存する。

[0084] 無線通信装置 23 は、たとえば所定周期で、当該記憶部から 1 または複数組のセンサ計測値  $s_x$ ,  $s_y$ ,  $s_r$  を取得し、取得したセンサ計測値  $s_x$ ,  $s_y$ ,  $s_r$  および対応のひずみセンサ 20 の識別情報を含む無線信号を生成し、生成した無線信号を処理装置 201 へ送信する。

[0085] AD変換器 21 がアナログ信号をサンプリングする際のサンプリング周波数は、可変である。たとえば、ユーザは、切削加工の開始前に、AD変換器 21 における図示しない調整部を操作することにより、AD変換器 21 のサンプリング周波数を設定する操作を行う。AD変換器 21 は、切削加工の開始後、ユーザに設定されたサンプリング周波数に従って、ひずみセンサ 20 から受信するアナログ信号をサンプリングする。

[0086] [処理装置]

図 4 は、本開示の第 1 の実施の形態に係る処理システムにおける処理装置の構成を示す図である。図 4 を参照して、処理装置 201 は、無線通信部 110 と、受付部 120 と、取得部 130 と、処理部 140 と、解析部 150 と、記憶部 170 とを備える。取得部 130 は、回転数取得部 131 と、周期取得部 132 と、ピッチ取得部 133 と、周波数取得部 134 とを含む。処理部 140 は、表示処理部の一例である。回転数取得部 131 は、第 1 取

得部の一例である。周期取得部132は、第2取得部の一例である。ピッチ取得部133は、第3取得部の一例である。周波数取得部134は、第4取得部の一例である。

[0087] 無線通信部110は、たとえば通信用IC等の通信回路により実現される。取得部130、処理部140および解析部150は、たとえば、CPU (Central Processing Unit) およびDSP (Digital Signal Processor) 等のプロセッサによって実現される。記憶部170は、たとえば不揮発性メモリである。

[0088] 受付部120は、マウスおよびキーボード等の入力機器であり、表示装置211に表示された後述する表示画像DS1に対してユーザが行った操作を受け付け、受け付けた操作内容を示す情報を生成して取得部130へ出力する。

[0089] 無線通信部110は、ひずみセンサ20の計測結果であって、切削加工時の切削工具101の負荷に関する状態を示す物理量の計測結果を取得する。より詳細には、無線通信部110は、切削工具101におけるハウジング24に格納された無線通信装置23と無線による通信を行う。無線通信装置23および無線通信部110は、たとえば、IEEE 802.15.4に準拠したZigBee (登録商標)、IEEE 802.15.1に準拠したBluetooth (登録商標) およびIEEE 802.15.3aに準拠したUWB (Ultra Wide Band) 等の通信プロトコルを用いた無線による通信を行う。なお、無線通信装置23と無線通信部110との間において、上記以外の通信プロトコルが用いられてもよい。

[0090] 無線通信部110は、無線通信装置23から受信した無線信号からセンサ計測値 $s_x$ 、 $s_y$ 、 $s_r$ および識別情報を取得する。そして、無線通信部110は、当該センサ計測値 $s_x$ 、 $s_y$ 、 $s_r$ を当該識別情報に対応付けて記憶部170に保存する。

[0091] 解析部150は、AD変換器21により生成されるセンサ計測値 $s_x$ 、 $s_y$ 、 $s_r$ に基づいて、切削工具101が受ける2方向の負荷に関する、サン

プリング時刻ごとの2次元データDを生成する処理を行う。

[0092] より詳細には、解析部150は、無線通信部110により記憶部170に保存されたセンサ計測値 $s_x$ ,  $s_y$ ,  $s_r$ に基づいて、回転軸17と垂直な平面における2方向の負荷に関する、サンプリング時刻ごとの2次元データDを生成する。

[0093] 図5は、本開示の第1の実施の形態に係る切削工具を模式的に示す斜視図である。図5を参照して、切削工具101による切削加工を行う際に、回転軸17と垂直な平面であって、チップ14の切刃を通る平面である切削抵抗作用面18内において、切削対象物から当該切刃に荷重、すなわち切削抵抗 $F$  [N] が加わる。

[0094] たとえば、解析部150は、センサ計測値 $s_x$ ,  $s_y$ ,  $s_r$ に基づいて、切削抵抗作用面18において切削工具101が受けるX方向の荷重 $F_x$ およびY方向の荷重 $F_y$ を示す2次元データDを生成する。また、たとえば、解析部150は、センサ計測値 $s_x$ ,  $s_y$ ,  $s_r$ に基づいて、Z方向の荷重 $F_z$ およびZ方向周りのモーメント $M_z$ を算出する。

[0095] より詳細には、記憶部170は、センサ計測値 $s_x$ ,  $s_y$ ,  $s_r$ を荷重 $F_x$ ,  $F_y$ ,  $F_z$ に変換するための変換式およびセンサ計測値 $s_x$ ,  $s_y$ ,  $s_r$ をモーメント $M_z$ に変換するための変換式を記憶している。たとえば、これらの変換式は、特許文献5および6等に記載の技術を用いて予め作成される。より詳細には、これらの変換式は、切削工具101に既知の荷重を加えたときに得られるセンサ計測値 $s_x$ ,  $s_y$ ,  $s_r$ に基づいて予め作成される変換行列である。

[0096] 解析部150は、記憶部170におけるセンサ計測値 $s_x$ ,  $s_y$ ,  $s_r$ および変換行列に基づいて荷重 $F_x$ ,  $F_y$ を算出し、算出した荷重 $F_x$ ,  $F_y$ を示す2次元データDを生成する。

[0097] 図6は、本開示の第1の実施の形態に係る処理装置における解析部により生成される2次元データの一例を示す図である。図6は、切削工具101を用いて切削加工を行ったときに解析部150により生成される2次元データ

Dを、縦軸が荷重 $F_y$  [N]であり、横軸が荷重 $F_x$  [N]であり、かつ回転軸17を原点とする2次元座標C1上に示している。

[0098] 解析部150は、荷重 $F_x$ 、 $F_y$ 、 $F_z$ およびモーメント $M_z$ の算出ならびに2次元データDの生成を順次行う。より詳細には、解析部150は、無線通信部110によりセンサ計測値 $s_x$ 、 $s_y$ 、 $s_r$ が記憶部170に保存されるたびに、荷重 $F_x$ 、 $F_y$ 、 $F_z$ およびモーメント $M_z$ の算出ならびに2次元データDの生成を行い、算出した荷重 $F_x$ 、 $F_y$ 、 $F_z$ およびモーメント $M_z$ ならびに生成した2次元データDを記憶部170に保存する。

[0099] 解析部150は、AD変換器21により生成されるセンサ計測値 $s_x$ 、 $s_y$ 、 $s_r$ に基づいて、2次元データDを表示する処理を行う。より詳細には、解析部150は、2次元データDを生成すると、生成した2次元データDを含む2次元座標C1を表示装置211に表示する処理を行う。解析部150は、2次元データDを生成するたびに、表示装置211に表示している2次元座標C1における2次元データDを、生成した2次元データDに更新する更新処理を行う。更新処理は、所定処理の一例である。

[0100] また、解析部150は、AD変換器21により生成されるセンサ計測値 $s_x$ 、 $s_y$ 、 $s_r$ を用いて、切削工具101を用いた切削加工の異常に関する判定処理を行う。より詳細には、切削工具101においてチップ14の欠損等の異常が発生した場合、当該異常の発生によってセンサ計測値 $s_x$ 、 $s_y$ 、 $s_r$ が変化する。解析部150は、無線通信部110により記憶部170に保存されたセンサ計測値 $s_x$ 、 $s_y$ 、 $s_r$ を解析し、解析結果に基づいて判定処理を行う。そして、解析部150は、判定結果を表示装置211に表示する処理を行う。判定処理は、所定処理の一例である。

[0101] <課題>

処理システム301のように、切削工具101に取り付けられたひずみセンサ20から出力されるアナログ信号をサンプリングすることによりデジタル信号を生成するシステムにおいて、より効率的にデジタル信号を生成する技術が望まれる。

[0102] 図7は、本開示の第1の実施の形態の比較例に係る処理システムにおけるAD変換器によるサンプリング時点のひずみセンサ20の位置の一例を示している。図7は、切削工具101が複数回転するのに要する期間における、回転軸17に垂直な平面におけるサンプリング時点のひずみセンサ20Aの位置を示す計測点MPを、回転軸17を原点とする2次元座標C2上に示している。ここで、切削工具101は回転数S1で回転し、AD変換器21はサンプリング周波数F1でサンプリングを行い、S1およびF1は $F1 = S1 / 7.5$ を満たすものとする。

[0103] 図7を参照して、計測点MPは、S1およびF1が $F1 = S1 / 7.5$ を満たす場合、回転円SR上に8個存在する。また、2次元座標C2において隣接する2つの計測点MPの間の回転角、すなわち隣接する2つのサンプリング時点の間の回転角である角度ピッチpは、45度である。これは、切削工具101が1回転するのに要する期間においてAD変換器21がサンプリングを8回を行い、かつ切削工具101のn回転目における計測点MPnと、切削工具101の(n+1)回転目における計測点MP(n+1)とが2次元座標C2において重なるからである。ここで、nは1以上の整数である。

[0104] この場合、ひずみセンサ20Aによる計測結果を長時間にわたって継続して取得した場合であっても、AD変換器21により生成されるセンサ計測値sxは8つの限られた計測点MPにおけるセンサ計測値sxのみである。また、ひずみセンサ20B、20Cによる計測結果についても同様である。したがって、たとえばセンサ計測値sx, sy, srを用いて判定処理を行う場合において、切削加工の異常に関する正確な判定を行うことができない場合がある。

[0105] 一方、たとえばAD変換器21のサンプリング周波数としてサンプリング周波数F1よりも高い、たとえば $F2 = 6 \times S1$ を満たすサンプリング周波数F2を設定することにより、より多数の計測点MPにおけるセンサ計測値sxを生成することができる。

[0106] 具体的には、計測点MPは、S1およびF2が $F2 = 6 \times S1$ を満たす場

合、回転円SR上に360個存在する。また、この場合、2次元座標C2において隣接する2つの計測点MPの間の回転角は、1度である。これは、切削工具101が1回転する期間においてAD変換器21がサンプリングを360回行い、かつ切削工具101のn回転目における計測点MPと、切削工具101の(n+1)回転目における計測点MPとが2次元座標C2において重なるからである。

[0107] しかしながら、 $F2 = 6 \times S1$ を満たすサンプリング周波数F2を設定することは、処理システムに掛かるコストの観点から現実的ではない。具体的には、切削工具101の回転数S1が2000rpmである場合、サンプリング周波数F2は12kHzとなる。また、切削工具101の回転数S1が40000rpmである場合、サンプリング周波数F2は240kHzとなる。このように、たとえば12kHz以上の高いサンプリング周波数でのサンプリングを行うためには、高性能のAD変換器21が必要となる。また、高性能のAD変換器21はサイズが大きいので、処理システム301の構築が困難となる場合がある。

[0108] 特許文献1～3に記載の技術では、回転体の回転数に応じて効率的にデジタル信号を生成するためのサンプリング周波数を決定することはできない。また、特許文献4に記載の技術では、短時間で効率的にデジタル信号を生成するためのサンプリング周波数を決定することは困難である。

[0109] これに対して、本開示の第1の実施の形態に係る処理システム301では、以下のような構成により、低いサンプリング周波数でより多数の計測点MPにおけるセンサ計測値sxを生成することができる。以下、具体的に説明する。

[0110] <取得部>

回転数取得部131は、回転軸17を中心に回転する回転体である切削工具101の回転数S[rpm]を取得する。より詳細には、回転数取得部131は、切削加工の開始前に、工作機械において設定された切削工具101の回転数Sを取得する。

- [0111] 周期取得部132は、AD変換器21により生成されたセンサ計測値 $s_x$ 、 $s_y$ 、 $s_r$ を用いた上述の判定処理および更新処理等の所定処理を行う周期である処理周期 $T$ の、上限値である上限周期 $T_{max}$ を取得する。より詳細には、周期取得部132は、切削加工の開始前に、ユーザにより設定された上限周期 $T_{max}$ を取得する。
- [0112] ピッチ取得部133は、回転円SRにおけるAD変換器21によるサンプリング時点の位相を示す座標系において隣接する2つのサンプリング時点の間の回転角である角度ピッチ $p$  [degree]の、上限値である上限ピッチ $p_{max}$ を取得する。より詳細には、ピッチ取得部133は、切削加工の開始前に、ユーザにより設定された上限ピッチ $p_{max}$ を取得する。
- [0113] 周波数取得部134は、ユーザにより設定されたサンプリング周波数である設定周波数 $F_{org}$ を取得する。より詳細には、周波数取得部134は、切削加工の開始前に、ユーザにより設定された設定周波数 $F_{org}$ を取得する。たとえば、周波数取得部134は、AD変換器21における上限値である上限周波数 $F_{max}$ をさらに取得する。上限周波数 $F_{max}$ は、たとえば、AD変換器21における仕様上の上限値である。
- [0114] たとえば、処理部140は、切削加工の開始前に、回転数 $S$ 、上限周期 $T_{max}$ 、上限ピッチ $p_{max}$ 、設定周波数 $F_{org}$ および上限周波数 $F_{max}$ の設定を受け付けるための表示画像DS1を表示装置211に表示する処理を行う。
- [0115] 図8は、本開示の第1の実施の形態に係る処理システムにおける表示装置に表示される表示画像の一例を示している。図8を参照して、表示画像DS1には、テキストボックスTb1~Tb5、領域Rg1~Rg13、ボタンBt1およびグラフ表示領域G1、G2が含まれる。
- [0116] ユーザは、切削加工の開始前に、たとえばAD変換器21の仕様書に記載されている上限周波数 $F_{max}$ をテキストボックスTb1に入力する操作を行う。また、ユーザは、切削加工の開始前に切削工具101の回転数 $S$ を工作機械に設定し、設定した回転数 $S$ をテキストボックスTb2に入力する操

作を行う。また、ユーザは、切削加工の開始前に設定周波数  $F_{org}$  を決定し、決定した設定周波数  $F_{org}$  をテキストボックス  $Tb3$  に入力する操作を行う。また、ユーザは、切削加工の開始前に、上述の判定処理および更新処理を行うべき周期に基づいて上限周期  $T_{max}$  を決定し、決定した上限周期  $T_{max}$  をテキストボックス  $Tb4$  に入力する操作を行う。また、ユーザは、切削加工の開始前に、判定処理に要求される精度に基づいて上限ピッチ  $p_{max}$  を決定し、決定した上限ピッチ  $p_{max}$  をテキストボックス  $Tb5$  に入力する操作を行う。ユーザは、テキストボックス  $Tb1 \sim Tb5$  における入力操作を終えると、ボタン  $Bt1$  をクリックする。

[0117] 受付部 120 は、ユーザによるボタン  $Bt1$  をクリックする操作を受け付けて、以下の処理を行う。すなわち、受付部 120 は、テキストボックス  $Tb1$  に入力された上限周波数  $F_{max}$  を示す上限周波数情報を生成して周波数取得部 134 へ出力する。また、受付部 120 は、テキストボックス  $Tb2$  に入力された回転数  $S$  を示す回転数情報を生成して回転数取得部 131 へ出力する。また、受付部 120 は、テキストボックス  $Tb3$  に入力された設定周波数  $F_{org}$  を示す設定周波数情報を生成して周波数取得部 134 へ出力する。また、受付部 120 は、テキストボックス  $Tb4$  に入力された上限周期  $T_{max}$  を示す上限周期情報を生成して周期取得部 132 へ出力する。また、受付部 120 は、テキストボックス  $Tb5$  に入力された上限ピッチ  $p_{max}$  を示す上限ピッチ情報を生成してピッチ取得部 133 へ出力する。

[0118] 回転数取得部 131 は、受付部 120 から受けた回転数情報を記憶部 170 に保存する。周期取得部 132 は、受付部 120 から受けた上限周期情報を記憶部 170 に保存する。ピッチ取得部 133 は、受付部 120 から受けた上限ピッチ情報を記憶部 170 に保存する。周波数取得部 134 は、受付部 120 から受けた上限周波数情報および設定周波数情報を記憶部 170 に保存する。

[0119] <処理部>

処理部 140 は、切削加工の開始前に、AD変換器 21 におけるサンプリ

ング周波数 $F$ および処理周期 $T$ を決定する決定処理を行う。そして、処理部140は、決定したサンプリング周波数 $F$ および処理周期 $T$ 等を表示装置211に表示する表示処理を行う。

[0120] (決定処理)

処理部140は、回転数取得部131により取得された回転数 $S$ 、周期取得部132により取得された上限周期 $T_{max}$ 、およびピッチ取得部133により取得された上限ピッチ $p_{max}$ に基づいて、上限周期 $T_{max}$ 以下の処理周期 $T$ において、切削工具101が $N$ 回転するのに要する期間に角度ピッチ $p$ の設定値 $p_s$ が上限ピッチ $p_{max}$ 以下となるようにAD変換器21がサンプリングを行うための、サンプリング周波数 $F$ および処理周期 $T$ を決定する。ここで、 $N$ および $(360/p_s)$ は、2以上の整数であり、かつ互いに素である。たとえば、処理部140は、周波数取得部134により取得された上限周波数 $F_{max}$ 以下のサンプリング周波数 $F$ を決定する。

[0121] より詳細には、処理部140は、記憶部170から回転数情報、上限周期情報、上限ピッチ情報および上限周波数情報を取得する。処理部140は、まず、取得した上限ピッチ情報に基づいて、角度ピッチ $p$ の設定値 $p_s$ を決定する。たとえば、処理部140は、上限ピッチ情報が示す上限ピッチ $p_{max}$ 以下であり、かつ $(360/p_s)$ が2以上の整数となるような設定値 $p_s$ を決定する。一例として、処理部140は、上限ピッチ情報が示す上限ピッチ $p_{max}$ が1度である場合、設定値 $p_s$ を「1」と決定する。

[0122] そして、処理部140は、整数 $N$ と $(360/p_s)$ とが互いに素となるような整数 $N$ の値を決定する。具体的には、処理部140は、設定値 $p_s$ を「1」と決定した場合、7、11、13、17、19、23、29、31、37および77等の、7以上の素数および当該素数同士の積の中から整数 $N$ の値を選定する。処理部140は、設定値 $p_s$ および整数 $N$ を決定すると、決定した設定値 $p_s$ および整数 $N$ に基づいて、サンプリング周波数 $F$ および処理周期 $T$ を決定する。

[0123] たとえば、処理部140は、以下の式(1)~(4)を満たす整数 $N$ の値

を決定し、決定したNの値に基づいて、サンプリング周波数Fおよび処理周期Tを決定する。

$$F = (6 \times S) / (N \times p_s) \quad \dots \quad (1)$$

$$T = (60 \times N) / S \quad \dots \quad (2)$$

$$T \leq T_{max} \quad \dots \quad (3)$$

$$F \leq F_{max} \quad \dots \quad (4)$$

より詳細には、処理部140は、処理周期Tが、取得した上限周期情報が示す上限周期 $T_{max}$ 以下となり、かつサンプリング周波数Fが、取得した上限周波数情報が示す上限周波数 $F_{max}$ 以下となるような整数Nの値を決定する。そして、処理部140は、決定した整数Nに基づいて、式(1)により表されるサンプリング周波数Fおよび式(2)により表される処理周期Tを決定する。

[0124] たとえば、処理部140は、 $N \times p_s < 180$ を満たすようにサンプリング周波数Fおよび処理周期Tを決定する。このように、時間的に連続する2つのサンプリング時点に対応する2つの計測点MPの間の回転角が180度未満となるようにサンプリング周波数Fおよび処理周期Tを決定する構成により、より効率的にセンサ計測値 $s_x$ ,  $s_y$ ,  $s_r$ を生成することができる。

[0125] 図9は、本開示の第1の実施の形態に係る処理装置の処理部において選定可能な整数Nとサンプリング周波数との関係の一例を示す図である。図10は、本開示の第1の実施の形態に係る処理装置の処理部において選定可能な整数Nと処理周期との関係の一例を示す図である。図9において、縦軸はサンプリング周波数Fであり、横軸は整数Nの値である。図10において、縦軸は処理周期Tであり、横軸は整数Nの値である。図9および図10を参照して、式(1)により表されるように、サンプリング周波数Fは整数Nに逆比例し、式(2)により表されるように、処理周期Tは整数Nに正比例する。

[0126] 図9および図10に示す例では、回転数Sが10000rpmであり、上

限周波数  $F_{max}$  が  $2000\text{ Hz}$  であり、上限周期  $T_{max}$  が  $1$  秒であり、設定値  $p_s$  が  $1$  度である。図 9 および図 10 における破線は、それぞれ、上限周波数  $F_{max}$  および上限周期  $T_{max}$  を示している。処理部 140 は、式 (1) ~ 式 (4) を満たす整数  $N$  の値として、図 9 中のサンプリング周波数  $F$  が破線以下となる範囲であり、かつ図 10 中の処理周期  $T$  が破線以下となる範囲における値を選定する。ここで、図 10 中の処理周期  $T$  が破線以下となる範囲における整数  $N$  の最大値は、 $163$  である。すなわち、処理部 140 は、整数  $N$  の値として、 $31$ 、 $37$ 、 $41$ 、 $43$ 、 $47$  および  $77$  等の、 $7$  以上の素数および当該素数同士の積のうちの  $31$  以上かつ  $163$  以下の数値からなる選定候補の中から選定する。

[0127] たとえば、処理部 140 は、処理周期  $T$  として選択可能な値のうちの最も小さい値を処理周期  $T$  として決定する。より詳細には、処理部 140 は、処理周期  $T$  を最も小さい値とするために、整数  $N$  の値として、上記選定候補の中から「 $31$ 」を選定する。そして、処理部 140 は、式 (2) に基づいて、処理周期  $T$  を「 $0.186$  秒」と決定する。また、処理部 140 は、式 (1) に基づいて、サンプリング周波数  $F$  を「 $1935.48\text{ Hz}$ 」と決定する。

[0128] 図 11 は、本開示の第 1 の実施の形態に係る処理装置の処理部において選定可能な整数  $N$  とサンプリング周波数との関係の他の例を示す図である。図 12 は、本開示の第 1 の実施の形態に係る処理装置の処理部において選定可能な整数  $N$  と処理周期との関係の他の例を示す図である。図 11 において、縦軸はサンプリング周波数  $F$  であり、横軸は整数  $N$  の値である。図 12 において、縦軸は処理周期  $T$  であり、横軸は整数  $N$  の値である。

[0129] 図 11 および図 12 に示す例では、回転数  $S$  が  $2000\text{ rpm}$  であり、上限周波数  $F_{max}$  が  $2000\text{ Hz}$  であり、上限周期  $T_{max}$  が  $1$  秒であり、設定値  $p_s$  が  $1$  度である。図 11 および図 12 における破線は、それぞれ、上限周波数  $F_{max}$  および上限周期  $T_{max}$  を示している。処理部 140 は、式 (1) ~ 式 (4) を満たす整数  $N$  の値として、図 11 中のサンプリング

周波数  $F$  が破線以下となる範囲であり、かつ図 12 中の処理周期  $T$  が破線以下となる範囲における値を選定する。すなわち、処理部 140 は、整数  $N$  の値として、7、11、13、17、19、23、29 および 31 等の、7 以上の素数および当該素数同士の積のうちの 31 以下の数値からなる選定候補の中から選定する。

[0130] たとえば、処理部 140 は、処理周期  $T$  を最も小さい値とするために、整数  $N$  の値として、上記選定候補の中から「7」を選定する。そして、処理部 140 は、式 (2) に基づいて、処理周期  $T$  を「0.21 秒」と決定する。また、処理部 140 は、式 (1) に基づいて、サンプリング周波数  $F$  を「1714.2857 Hz」と決定する。

[0131] 図 13 は、本開示の第 1 の実施の形態に係る処理システムにおける AD 変換器によるサンプリング時点のひずみセンサの位置の一例を示している。図 13 における領域  $PA$  は、領域  $pa$  の拡大図である。図 13 は、処理部 140 により決定されたサンプリング周波数  $F$  である「1714.2857 Hz」に従って AD 変換器 21 がサンプリングを行った場合における、切削工具 101 が 7 回転するのに要する期間における計測点  $MP$  を 2 次元座標  $C2$  上に示している。

[0132] 図 13 を参照して、切削工具 101 の 1 回転目における計測点  $MP1$ 、切削工具 101 の 3 回転目における計測点  $MP3$ 、切削工具 101 の 5 回転目における計測点  $MP5$ 、切削工具 101 の 7 回転目における計測点  $MP7$ 、切削工具 101 の 2 回転目における計測点  $MP2$ 、切削工具 101 の 4 回転目における計測点  $MP4$ 、および切削工具 101 の 6 回転目における計測点  $MP6$  がこの順に 2 次元座標  $C2$  上に並んでいる。このように、切削工具 101 の  $n$  回転目における計測点  $MPn$  と、切削工具 101 の  $(n+1)$  回転目における計測点  $MP(n+1)$  とが 2 次元座標  $C2$  において重ならないので、切削工具 101 が 7 回転するのに要する期間に、多数の計測点  $MP$  に対応するひずみセンサ 20 の 1 周分のセンサ計測値  $s_x$ ,  $s_y$ ,  $s_r$  を擬似的に生成することができる。

[0133] このとき、時間的に連続する2つのサンプリング時点に対応する2つの計測点MPの間の回転角、すなわち隣接する2つの計測点MP<sub>n</sub>の間の回転角は、 $N \times p_s$ により表され、具体的には7度である。

[0134] 図14は、本開示の第1の実施の形態に係る処理装置の処理部において選定可能な整数Nとサンプリング周波数との関係の他の例を示す図である。図15は、本開示の第1の実施の形態に係る処理装置の処理部において選定可能な整数Nと処理周期との関係の他の例を示す図である。図14において、縦軸はサンプリング周波数Fであり、横軸は整数Nの値である。図15において、縦軸は処理周期Tであり、横軸は整数Nの値である。

[0135] 図14および図15に示す例では、回転数Sが10000rpmであり、上限周波数F<sub>max</sub>が2000Hzであり、上限周期T<sub>max</sub>が1秒であり、設定値p<sub>s</sub>が0.5度である。図14および図15における破線は、それぞれ、上限周波数F<sub>max</sub>および上限周期T<sub>max</sub>を示している。処理部140は、式(1)～式(4)を満たす整数Nの値として、図14中のサンプリング周波数Fが破線以下となる範囲であり、かつ図15中の処理周期Tが破線以下となる範囲における値を選定する。ここで、図15中の処理周期Tが破線以下となる範囲における整数Nの最大値は、163である。すなわち、処理部140は、整数Nの値として、61、67、71、73、77、79および83等の、7以上の素数および当該素数同士の積のうちの61以上かつ163以下の数値からなる選定候補の中から選定する。

[0136] たとえば、処理部140は、処理周期Tを最も小さい値とするために、整数Nの値として、上記選定候補の中から「61」を選定する。そして、処理部140は、式(2)に基づいて、処理周期Tを「0.366秒」と決定する。また、処理部140は、式(1)に基づいて、サンプリング周波数Fを「1967.21Hz」と決定する。

[0137] 処理部140は、設定値p<sub>s</sub>、整数N、サンプリング周波数Fおよび処理周期Tを決定すると、決定した各値を記憶部170に保存する。

[0138] ここで、処理部140は、たとえば図11および図12を参照して説明し

た例において、サンプリング周波数 $F$ を「 $1714.2857\text{ Hz}$ 」と決定したが、AD変換器21の仕様上、AD変換器21におけるサンプリング周波数を小数点以下まで細かく設定することができない場合がある。

[0139] たとえば、処理部140は、式(1)に基づいて算出したサンプリング周波数の端数処理後の値をサンプリング周波数 $F$ として決定してもよい。具体的には、処理部140は、式(1)に基づいて算出したサンプリング周波数の小数第一位を四捨五入することにより得られる値である「 $1714\text{ Hz}$ 」をサンプリング周波数 $F$ として決定してもよい。

[0140] 図16は、本開示の第1の実施の形態に係る処理システムにおけるAD変換器によるサンプリング時点のひずみセンサの位置の一例を示している。図16における領域PAは、領域paの拡大図である。図16は、処理部140により決定されたサンプリング周波数 $F$ である「 $1714\text{ Hz}$ 」に従ってAD変換器21がサンプリングを行った場合における、切削工具101が7回転するのに要する期間における計測点MPを2次元座標C2上に示している。

[0141] 図13および図16を参照して、AD変換器21が、整数 $N$ に基づいて算出されるサンプリング周波数の端数処理後の値である「 $1714\text{ Hz}$ 」に従ってサンプリングを行った場合、「 $1714.2857\text{ Hz}$ 」に従ってサンプリングを行った場合と比べて、角度ピッチ $p$ にばらつきが生じる。しかしながら、図16に示す例においても、図7に示すような、切削工具101の $n$ 回転目における計測点 $MP_n$ と、切削工具101の $(n+1)$ 回転目における計測点 $MP_{(n+1)}$ とが2次元座標C2において重なる場合と比べて、センサ計測値 $s_x$ ,  $s_y$ ,  $s_r$ を効率的に生成することができる。

[0142] たとえば、処理部140は、端数処理後のサンプリング周波数 $F$ である「 $1714\text{ Hz}$ 」に従ってサンプリングを行った場合における角度ピッチ $p$ の最大値 $p_{b1}$ 、平均値 $p_{b2}$ 、および最小値 $p_{b3}$ を、シミュレーションを行うことによって求め、求めた各値を記憶部170に保存する。

[0143] なお、処理部140は、最大値 $p_{b1}$ が上限ピッチ $p_{max}$ より大きい場

合、再び決定処理を行うことにより、新たなサンプリング周波数 $F$ および新たな処理周期 $T$ を決定する構成であってもよい。より詳細には、処理部140は、最大値 $p_{b1}$ が上限ピッチ $p_{max}$ 以下となるように、他の整数 $N$ を選定し、選定した整数 $N$ に基づいて他のサンプリング周波数 $F$ および他の処理周期 $T$ を決定する再決定処理を行う。たとえば、ユーザは、予め、処理装置201における図示しない調整部を操作することにより、最大値 $p_{b1}$ を上限ピッチ $p_{max}$ 以下とすべきことを設定する操作を行う。処理部140は、ユーザの設定に従って、最大値 $p_{b1}$ が上限ピッチ $p_{max}$ より大きい場合において再決定処理を行う。

[0144] (表示処理)

図17は、本開示の第1の実施の形態に係る処理システムにおける表示装置に表示される表示画像の一例を示している。図17を参照して、処理部140は、決定処理において決定したサンプリング周波数 $F$ および処理周期 $T$ を表示装置211に表示する処理を行う。具体的には、処理部140は、決定したサンプリング周波数 $F$ を、理論値として、表示画像 $DS1$ における領域 $R_{g1}$ に表示する処理を行う。また、処理部140は、端数処理後のサンプリング周波数 $F$ を、推奨値として、表示画像 $DS1$ における領域 $R_{g2}$ に表示する処理を行う。また、処理部140は、決定した処理周期 $T$ を表示画像 $DS1$ における領域 $R_{g3}$ に表示する処理を行う。

[0145] たとえば、処理部140は、ひずみセンサ20の1周分のセンサ計測値 $s_x$ ,  $s_y$ ,  $s_r$ を擬似的に生成するために要する切削工具101の回転数すなわち整数 $N$ の値を表示画像 $DS1$ における領域 $R_{g4}$ に表示する処理を行う。また、たとえば、処理部140は、AD変換器21がサンプリング周波数 $F$ に従ってサンプリングを行った場合における角度ピッチ $p$ の、最大値 $p_{a1}$ 、平均値 $p_{a2}$ および最小値 $p_{a3}$ を、領域 $R_{g5}$ ,  $R_{g6}$ ,  $R_{g7}$ にそれぞれ表示する処理を行う。また、たとえば、処理部140は、AD変換器21が、端数処理後のサンプリング周波数 $F$ に従ってサンプリングを行った場合における角度ピッチ $p$ の、最大値 $p_{b1}$ 、平均値 $p_{b2}$ および最小値

- p b 3 を、領域 R g 8, R g 9, R g 10 にそれぞれ表示する処理を行う。
- [0146] 処理部 140 は、回転数 S、上限周期 T m a x、および設定周波数 F o r g に基づいて、当該上限周期 T m a x において、設定周波数 F o r g に従って A D 変換器 21 がサンプリングを行った場合におけるサンプリング時点の位相の分布状況を認識可能な情報を表示する処理を行う。
- [0147] より詳細には、処理部 140 は、記憶部 170 から回転数情報、上限周期情報および設定周波数情報を取得する。そして、処理部 140 は、回転数情報、上限周期情報および設定周波数情報に基づいて、上限周期情報が示す上限周期 T m a x の期間において設定周波数情報が示す設定周波数 F o r g に従って A D 変換器 21 がサンプリングを行った場合におけるサンプリング時点の計測点 M P を、シミュレーションを行うことよって求め、求めた計測点 M P を示す 2 次元座標 C 2 A をグラフ表示領域 G 1 に表示する処理を行う。
- [0148] ユーザは、2 次元座標 C 2 A を参照することにより、自己が設定した設定周波数 F o r g である「2000 Hz」に従って A D 変換器 21 がサンプリングを行った場合、計測点 M P は回転円 S R 上に 12 個しか存在しないことを認識する。すなわち、ユーザは、自己が設定した上限周期 T m a x である「1 秒」の期間に A D 変換器 21 がサンプリングを行うことにより 2000 個のセンサ計測値 s x, s y, s r を生成した場合であっても、実質的に 12 種類のセンサ計測値 s x, s y, s r しか得られないことを認識する。
- [0149] たとえば、処理部 140 は、上限周期 T m a x において、設定周波数 F o r g に従って A D 変換器 21 がサンプリングを行った場合における、回転円 S R における A D 変換器 21 によるサンプリング時点の位相を示す座標系において隣接する 2 つのサンプリング時点の間の回転角の平均値および最大値の少なくともいずれか一方を表示する処理を行う。より詳細には、処理部 140 は、A D 変換器 21 が設定周波数 F o r g に従ってサンプリングを行った場合における角度ピッチ p の、最大値 p c 1、平均値 p c 2 および最小値 p c 3 を、シミュレーションを行うことよって求め、求めた値を領域 R g 11, R g 12, R g 13 にそれぞれ表示する処理を行う。

[0150] たとえば、処理部140は、決定した処理周期Tにおいて、切削工具101がN回転するのに要する期間に、サンプリング周波数Fに従ってAD変換器21がサンプリングを行った場合におけるサンプリング時点の位相の分布状況を認識可能な情報を表示する処理を行う。すなわち、処理部140は、回転数Sと、上限周期 $T_{max}$ と、上限ピッチ $p_{max}$ とに基づいて、切削工具101がN回転するのに要する期間に、サンプリング周波数Fに従ってAD変換器21がサンプリングを行った場合におけるサンプリング時点の位相の分布状況を認識可能な情報を表示する処理を行う。

[0151] より詳細には、処理部140は、たとえば、処理周期Tの期間において端数処理後のサンプリング周波数Fに従ってAD変換器21がサンプリングを行った場合におけるサンプリング時点の計測点MPを、シミュレーションを行うことよって求め、求めた計測点MPを示す2次元座標C2Bをグラフ表示領域G2に表示する処理を行う。

[0152] ユーザは、2次元座標C2Bを参照することにより、領域Rg3に表示されている処理周期Tである「0.186秒」の期間に、領域Rg2に表示されている端数処理後のサンプリング周波数Fである「1935Hz」に従ってAD変換器21がサンプリングを行った場合、回転円SR上において互いにばらけた位置の360個の計測点MPに対応する360個のセンサ計測値 $s_x$ ,  $s_y$ ,  $s_r$ が得られることを認識する。

[0153] たとえば、ユーザは、表示画像DS1を参照して、AD変換器21において設定すべきサンプリング周波数を認識する。より詳細には、ユーザは、たとえば領域Rg2に推奨値として表示された、端数処理後のサンプリング周波数FをAD変換器21において設定する処理を行う。ユーザは、AD変換器21におけるサンプリング周波数Fを設定する処理を行った後、切削加工を開始する。

[0154] (所定処理)

たとえば、解析部150は、所定処理として、処理部140により決定された処理周期Tに従うタイミングにおいて、判定処理を行う。より詳細には

、解析部150は、処理周期Tごとに、上述したように、無線通信部110により記憶部170に保存されたセンサ計測値 $s_x$ 、 $s_y$ 、 $s_r$ の解析結果に基づいて判定処理を行い、判定結果を表示装置211に表示する処理を行う。

[0155] また、たとえば、解析部150は、所定処理として、処理部140により決定された処理周期Tに従うタイミングにおいて、2次元データDを更新する更新処理を行う。より詳細には、解析部150は、処理周期Tごとに、上述したように、センサ計測値 $s_x$ 、 $s_y$ 、 $s_r$ に基づいて2次元データDを生成する。そして、解析部150は、処理周期Tごとに、表示装置211に表示している2次元座標C1における2次元データDを、生成した2次元データDに更新する。

[0156] すなわち、処理装置201では、処理周期Tごとに、無線通信部110によるセンサ計測値 $s_x$ 、 $s_y$ 、 $s_r$ の取得、ならびに解析部150による判定処理、2次元データDの生成および2次元データDの更新処理が行われる。ここで、解析部150が処理周期Tに従わないタイミングにおいて判定処理および更新処理を行う場合、回転円SR上における一部の同じ計測点MPにおける複数のセンサ計測値 $s_x$ 、 $s_y$ 、 $s_r$ が判定処理および更新処理の対象となってしまうので、たとえば判定処理においてセンサ計測値 $s_x$ 、 $s_y$ 、 $s_r$ の平均値を算出した場合、当該平均値において当該一部の計測点MPにおけるセンサ計測値 $s_x$ 、 $s_y$ 、 $s_r$ に意図しない重み付けの影響が生じ、切削加工の異常に関する正確な判定を行うことができない場合がある。これに対して、解析部150が処理周期Tに従うタイミングにおいて判定処理および更新処理を行う構成により、擬似的に生成されたひずみセンサ20の1周分のセンサ計測値 $s_x$ 、 $s_y$ 、 $s_r$ を用いて判定処理および更新処理を行うことができるので、たとえばセンサ計測値 $s_x$ 、 $s_y$ 、 $s_r$ の平均値に基づいて、切削加工の異常に関する正確な判定を行うことができる。なお、解析部150は、処理周期Tに従わないタイミングにおいて判定処理および更新処理を行う場合、上記重み付けの影響が生じないようにするために

、一部のセンサ計測値  $s_x$ 、 $s_y$ 、 $s_r$  を判定処理および更新処理の対象から排除する構成であってもよい。

[0157] 図18は、本開示の第1の実施の形態の比較例に係る処理装置における解析部により生成される2次元データの一例を示す図である。図18は、切削工具101の回転数  $S$  を「10000 rpm」、「12500 rpm」および「15000 rpm」にそれぞれ設定したときに、上記式(1)を満たさないサンプリング周波数である「1.25 kHz」に従ってサンプリングすることにより生成された、加工期間全体におけるすべてのセンサ計測値  $s_x$ 、 $s_y$ 、 $s_r$  に基づく2次元データ  $D$  と、加工期間の一部の期間におけるセンサ計測値である360個のセンサ計測値  $s_x$ 、 $s_y$ 、 $s_r$  に基づく2次元データ  $D$  とを示している。

[0158] 図19は、本開示の第1の実施の形態に係る処理装置における解析部により生成される2次元データの一例を示す図である。図19は、切削工具101の回転数  $S$  を「1458 rpm」、「3542 rpm」および「12292 rpm」にそれぞれ設定したときに、上記式(1)を満たすサンプリング周波数である「1.25 kHz」に従ってサンプリングすることにより生成された、加工期間全体におけるすべてのセンサ計測値  $s_x$ 、 $s_y$ 、 $s_r$  に基づく2次元データ  $D$  と、加工期間の一部の期間におけるセンサ計測値である360個のセンサ計測値  $s_x$ 、 $s_y$ 、 $s_r$  に基づく2次元データ  $D$  とを示している。

[0159] 図18および図19を参照して、図18に示す比較例に係る処理装置201における解析部150により生成される2次元データ  $D$  は、回転円  $SR$  における計測点  $MP$  に偏りが生じることによって少ない計測点  $MP$  におけるセンサ計測値  $s_x$ 、 $s_y$ 、 $s_r$  に基づいて生成されているので、2次元形状の連続性を把握することが困難である。一方、図18に示す処理装置201における解析部150により生成される2次元データ  $D$  は、より多くの計測点  $MP$  におけるセンサ計測値  $s_x$ 、 $s_y$ 、 $s_r$  に基づいて生成されているので、2次元形状の連続性をより正確に把握することができる。

- [0160] 図20は、本開示の第1の実施の形態に係る処理装置における解析部により生成される2次元データを示す図である。図20は、図18における回転数Sが「10000rpm」に対応する2次元データDと、図19における回転数Sが「12292rpm」に対応する2次元データDと、図18における回転数Sが「12500rpm」に対応する2次元データDとを比較のために並べた図である。
- [0161] 図20を参照して、回転数Sが12292rpmでありサンプリング周波数が1.25kHzである場合に生成される2次元データDは、回転数Sが12500rpmでありサンプリング周波数が1.25kHzである場合に生成される2次元データDと比べて、2次元形状の連続性をより正確に把握することができる。このように、低いサンプリング周波数であっても、回転数Sとの関係を考慮して適切なサンプリング周波数を設定することにより、効率的にセンサ計測値 $s_x$ ,  $s_y$ ,  $s_r$ を生成することができる。
- [0162] ここで、上述したように、端数処理後のサンプリング周波数Fに従ってAD変換器21がサンプリングを行った場合、角度ピッチpにばらつきが生じる。
- [0163] たとえば、解析部150は、生成した2次元データDに基づいて、センサ計測値 $s_x$ ,  $s_y$ ,  $s_r$ の内挿を行う。解析部150は、端数処理後のサンプリング周波数Fに従ってAD変換器21がサンプリングすることにより生成されたセンサ計測値 $s_x$ ,  $s_y$ ,  $s_r$ の内挿を行うことにより、当該センサ計測値 $s_x$ ,  $s_y$ ,  $s_r$ を、端数処理前のサンプリング周波数Fに従ってAD変換器21がサンプリングした場合に生成されるべきセンサ計測値 $s_x$ ,  $s_y$ ,  $s_r$ に変換する。より詳細には、解析部150は、まず、生成した2次元データDに基づいて、時系列のセンサ計測値 $s_x$ ,  $s_y$ ,  $s_r$ を並べ替える。
- [0164] 図21は、本開示の第1の実施の形態に係る処理システムにおけるAD変換器により生成されるセンサ計測値の一例を示す図である。図21は、切削工具101が7回転するのに要する期間に擬似的に生成したひずみセンサ2

0の1周分のセンサ計測値 $s_x$ ,  $s_y$ ,  $s_r$ を示している。

[0165] 図21を参照して、解析部150は、生成した2次元データDが有するベクトル情報に基づいて、センサ計測値 $s_x$ ,  $s_y$ ,  $s_r$ を、切削工具101の1回転目、2回転目、3回転目、4回転目、5回転目、6回転目および7回転目にAD変換器21により生成されたセンサ計測値に分類する。切削工具101の1回転目、2回転目、3回転目、4回転目、5回転目、6回転目および7回転目にAD変換器21により生成されたセンサ計測値は、それぞれ図11に示す計測点MP1, MP2, MP3, MP4, MP5, MP6, MP7におけるセンサ計測値に対応する。

[0166] そして、解析部150は、センサ計測値 $s_x$ ,  $s_y$ ,  $s_r$ を、分類結果に基づいて、切削工具101の回転位相に対応する順に並べ替える配列処理を行う。たとえば、解析部150は、荷重 $F_z$ およびモーメント $M_z$ 等のスカラー値の時系列データも併せて並べ替える。

[0167] 図22は、本開示の第1の実施の形態に係る処理装置における解析部による配列処理後のセンサ計測値の一例を示す図である。図22を参照して、解析部150は、配列処理後のセンサ計測値 $s_x$ ,  $s_y$ ,  $s_r$ において、各センサ計測値 $s_x$ ,  $s_y$ ,  $s_r$ を、配列順においてたとえば当該センサ計測値 $s_x$ ,  $s_y$ ,  $s_r$ に隣り合うセンサ計測値 $s_x$ ,  $s_y$ ,  $s_r$ を用いて補正する。解析部150は、補正後のセンサ計測値 $s_x$ ,  $s_y$ ,  $s_r$ を記憶部170に保存する。

[0168] [動作の流れ]

本開示の実施の形態に係る処理システムにおける各装置は、メモリを含むコンピュータを備え、当該コンピュータにおけるCPU等の演算処理部は、以下のフローチャートおよびシーケンスの各ステップの一部または全部を含むプログラムを当該メモリから読み出して実行する。これら複数の装置のプログラムは、それぞれ、HDD (Hard Disk Drive)、CD-ROM (Compact Disc Read Only Memory)、DVD-ROM (Digital Versatile Disk R

ead Only Memory) および半導体メモリ等の記録媒体に格納された状態で流通する。これら複数の装置のプログラムは、それぞれ、外部からインストールすることができる。たとえば、これら複数の装置のプログラムは、上記記録媒体からインストールすることができる。また、たとえば、これら複数の装置のプログラムは、所定のサーバ等から、電気通信回線、無線通信回線、有線通信回線、およびインターネットを代表とするネットワークを経由してダウンロードし、インストールすることができる。また、たとえば、これら複数の装置のプログラムは、所定のサーバ等からデータ放送等によりダウンロードし、インストールすることができる。

[0169] 図23は、本開示の第1の実施の形態に係る処理システムにおける処理装置が決定処理および表示処理を行う際の動作手順の一例を定めたフローチャートである。図23を参照して、まず、処理装置201は、切削工具101の回転数 $S$ と、上限周期 $T_{max}$ と、上限ピッチ $p_{max}$ と、設定周波数 $F_{org}$ と、上限周波数 $F_{max}$ とを取得する(ステップS102)。

[0170] 次に、処理装置201は、上限ピッチ $p_{max}$ に基づいて、角度ピッチ $p$ の設定値 $p_s$ を決定する(ステップS104)。

[0171] 次に、処理装置201は、上述の式(1)~式(4)に基づいて、整数 $N$ 、サンプリング周波数 $F$ および処理周期 $T$ を決定する(ステップS106)。

[0172] 次に、処理装置201は、表示処理を行う。具体的には、処理装置201は、整数 $N$ と、サンプリング周波数 $F$ と、処理周期 $T$ と、端数処理後のサンプリング周波数 $F$ と、角度ピッチ $p$ の、最大値 $p_{a1}$ ,  $p_{b1}$ ,  $p_{c1}$ 、平均値 $p_{a2}$ ,  $p_{b2}$ ,  $p_{c2}$ および最小値 $p_{a3}$ ,  $p_{b3}$ ,  $p_{c3}$ と、サンプリング周波数 $F$ に従ってAD変換器21がサンプリングを行った場合におけるサンプリング時点の計測点MPのシミュレーション結果を示す2次元座標 $C2B$ と、設定周波数 $F_{org}$ に従ってAD変換器21がサンプリングを行った場合におけるサンプリング時点の計測点MPのシミュレーション結果を示す2次元座標 $C2A$ とを含む表示画像 $DS1$ を表示装置211に表示す

る処理を行う（ステップS108）。

[0173] 次に、処理装置201は、切削加工の開始後、AD変換器21により生成されたセンサ計測値 $s_x$ 、 $s_y$ 、 $s_r$ を用いた判定処理および更新処理を開始する。処理装置201は、所定処理として、処理周期Tごとに、判定処理および更新処理を行う（ステップS110）。

[0174] [変形例]

なお、本開示の実施の形態に係る処理システム301は、切削工具101とは別個に処理装置201を備える構成であるとしたが、これに限定するものではない。処理装置201は、切削工具101に設けられる構成であってもよいし、工作機械に設けられる構成であってもよい。また、処理装置201は、決定処理および表示処理を行う構成であるとしたが、これに限定するものではない、処理装置201は、決定処理および表示処理のいずれか一方を行わない構成であってもよい。

[0175] また、本開示の実施の形態に係る処理システム301は、ひずみセンサ20を備える構成であるとしたが、これに限定するものではない。処理システム301は、ひずみセンサ20の代わりに、またはひずみセンサ20に加えて、加速度センサ等の他のセンサを備える構成であってもよい。

[0176] また、本開示の第1の実施の形態に係る処理装置201では、回転数取得部131は、受付部120から回転数Sを示す回転数情報を受ける構成であるとしたが、これに限定するものではない。たとえば、回転数取得部131は、切削工具101に取り付けられた図示しない加速度センサによる計測結果を取得し、取得した計測結果に基づいて切削工具101の回転数Sを算出する構成であってもよい。あるいは、回転数取得部131は、工作機械における制御部から回転数情報を受信する構成であってもよい。

[0177] また、本開示の第1の実施の形態に係る処理装置201では、受付部120は、切削加工の開始前に、表示画像DS1におけるテキストボックスTb1に入力された上限周波数 $F_{max}$ を示す上限周波数情報を生成し、生成した上限周波数情報を周波数取得部134へ出力する構成であるとしたが、こ

れに限定するものではない。たとえば、上限周波数情報は、予め記憶部 170 に保存されている場合がある。この場合、受付部 120 は、切削加工の開始前に、上限周波数情報を生成して周波数取得部 134 へ出力する処理を行わない構成であってもよい。

[0178] また、本開示の第 1 の実施の形態に係る処理装置 201 では、処理部 140 は、式 (1) に基づいて算出したサンプリング周波数の小数第一位を四捨五入することにより得られる値をサンプリング周波数  $F$  として決定する構成であるとしたが、これに限定するものではない。処理部 140 は、式 (1) に基づいて算出したサンプリング周波数の整数部分および小数部分におけるいずれかの位に、四捨五入以外の他の端数処理を行うことに得られる値をサンプリング周波数  $F$  として決定する構成であってもよい。式 (1) に基づいて算出したサンプリング周波数におけるいずれの位に端数処理を行った場合であっても、端数処理後のサンプリング周波数に従ってサンプリングを行った場合における角度ピッチ  $p$  の平均値  $p_{b2}$  は、式 (1) に基づいて算出したサンプリング周波数に従ってサンプリングを行った場合における角度ピッチ  $p$  の平均値  $p_{a2}$  と同じ値となる。一方、式 (1) に基づいて算出したサンプリング周波数における端数処理を行う位が高いほど、端数処理後のサンプリング周波数に従ってサンプリングを行った場合における角度ピッチ  $p$  の、最大値  $p_{b1}$  と最小値  $p_{b3}$  との差分は大きくなる。ただし、当該差分は、端数処理を行う位に応じてばらつくのではなく、端数処理を行う位が高くなるにつれて所定の値に収束する。ここで、AD 変換器 21 の仕様に応じて、サンプリング周波数として設定可能な値の有効数字の桁数は異なる。たとえば、処理部 140 は、AD 変換器 21 の仕様に応じて、サンプリング周波数として設定可能な値であり、かつ式 (1) に基づいて算出したサンプリング周波数に最も近い値となるように、上述の端数処理を行う。

[0179] また、本開示の第 1 の実施の形態に係る処理装置 201 では、処理部 140 は、上記式 (1) ~ (4) を満たす整数  $N$  の値を決定し、決定した  $N$  の値に基づいて、サンプリング周波数  $F$  および処理周期  $T$  を決定する構成である

としたが、これに限定するものではない。処理部140は、上記式(2)の代わりに以下の式(5)を満たす整数Nの値を決定し、決定したNの値に基づいて、サンプリング周波数Fおよび処理周期Tを決定する構成であってもよい。

$$T = (60 \times N \times M) / S \quad \dots \quad (5)$$

ここで、Mは2以上の整数である。このような構成により、処理部140は、ひずみセンサ20のM周分のセンサ計測値 $s_x$ ,  $s_y$ ,  $s_r$ を擬似的に生成するためのサンプリング周波数Fおよび処理周期Tを決定することができる。

[0180] また、本開示の第1の実施の形態に係る処理装置201では、処理部140は、 $N \times p_s < 180$ を満たすようにサンプリング周波数Fおよび処理周期Tを決定する構成であるとしたが、これに限定するものではない。処理部140は、 $N \times p_s \geq 180$ を満たすような整数N、サンプリング周波数Fおよび処理周期Tを決定する構成であってもよい。

[0181] また、本開示の第1の実施の形態に係る処理装置201では、取得部130が、周波数取得部134を含む構成であるとしたが、これに限定するものではない。取得部130は、周波数取得部134を含まない構成であってもよい。

[0182] また、本開示の第1の実施の形態に係る処理装置201では、処理部140は、式(1)～(4)を用いて整数N、サンプリング周波数Fおよび処理周期Tを決定する構成であるとしたが、これに限定するものではない。たとえば、処理部140は、式(3)および式(4)を用いない一方で式(1)および式(2)を用いて整数N、サンプリング周波数Fおよび処理周期Tを決定する構成であってもよい。この場合、処理部140は、決定したサンプリング周波数Fおよび処理周期Tを表示装置211に表示する。ユーザは、たとえばAD変換器21の仕様に基づいて、表示装置211に表示されたサンプリング周波数Fおよび処理周期Tを採用するか否かを判断する。

[0183] また、本開示の第1の実施の形態に係る処理装置201では、処理部14

0は、処理周期Tとして選択可能な値のうちの最も小さい値を処理周期Tとして決定する構成であるとしたが、これに限定するものではない。処理部140は、処理周期Tとして選択可能な値のうちの最も小さい値以外の値を処理周期Tとして決定する構成であってもよい。たとえば、処理部140は、処理周期Tとして選択可能な値のうちの最も大きい値を処理周期Tとして決定する構成であってもよい。これにより、処理部140は、サンプリング周波数Fとして、より低い値を決定することができる。

[0184] また、本開示の第1の実施の形態に係る処理装置201では、解析部150は、処理周期Tに従うタイミングにおいて、判定処理および更新処理を行う構成であるとしたが、これに限定するものではない。解析部150は、判定処理および更新処理の少なくともいずれか一方を、処理周期Tに従わないタイミングにおいて行う構成であってもよい。また、解析部150は、判定処理および更新処理の少なくともいずれか一方を行わない構成であってもよい。

[0185] また、本開示の第1の実施の形態に係る処理装置201では、解析部150は、生成した2次元データDに基づいて、センサ計測値 $s_x$ 、 $s_y$ 、 $s_r$ の内挿を行う構成であるとしたが、これに限定するものではない。解析部150は、センサ計測値 $s_x$ 、 $s_y$ 、 $s_r$ の内挿を行わない構成であってもよい。

[0186] また、本開示の第1の実施の形態に係る処理装置201は、解析部150を備える構成であるとしたが、これに限定するものではない。解析部150は、処理装置201以外の装置に設けられてもよい。

[0187] また、本開示の第1の実施の形態に係る処理装置201では、処理部140は、決定処理において決定したサンプリング周波数Fおよび処理周期T、2次元座標C2A、2次元座標C2B、最大値 $p_{c1}$ 、平均値 $p_{c2}$ 、ならびに最小値 $p_{c3}$ を表示装置211に表示する処理を行う構成であるとしたが、これに限定するものではない。処理部140は、上記の表示内容の一部を表示装置211に表示しない構成であってもよい。たとえば、処理部14

0は、決定したサンプリング周波数Fおよび処理周期Tならびに2次元座標C2Bを表示装置211に表示しない一方で、2次元座標C2Aを表示装置211に表示する構成であってもよい。この場合、ユーザは、グラフ表示領域G1に表示される2次元座標C2Aにおける計測点MPの分布、および領域Rg11~Rg13に表示される値を確認しながら、テキストボックスTb3に入力する設定周波数F<sub>org</sub>の値を調整することにより、2次元座標C2A中の回転円SRにおいて多数の計測点MPが上限ピッチp<sub>max</sub>以下の角度ピッチpで分布する、好適な設定周波数F<sub>org</sub>を発見することができる。ユーザは、好適な設定周波数F<sub>org</sub>を発見した場合、当該設定周波数F<sub>org</sub>をAD変換器21において設定し、切削加工を開始する。

[0188] 次に、本開示の他の実施の形態について図面を用いて説明する。なお、図中同一または相当部分には同一符号を付してその説明は繰り返さない。

[0189] <第2の実施の形態>

本実施の形態は、第1の実施の形態に係る処理システム301と比べて、旋削工具である切削工具102を備える処理システム302に関する。以下で説明する内容以外は第1の実施の形態に係る処理システム301と同様である。

[0190] [処理システム]

図24は、本開示の第2の実施の形態に係る処理システムの構成を示す図である。図24を参照して、処理システム302は、第1の実施の形態に係る処理システム301と比べて、切削工具101および処理装置201の代わりに切削工具102および処理装置202を備える。切削工具102は、旋削工具である。

[0191] [切削工具]

切削工具102は、たとえば、金属等からなる切削対象物221の旋削加工に用いられる。切削工具102は、たとえば刃先交換式のバイトすなわちスローアウェイバイトである。切削工具102は、旋盤等の工作機械における図示しない刃物台により上下から挟まれて固定される。切削工具102は

、シャンク部11Aと、刃固定部13Eとを備える。刃固定部13Eは、シャンク部11Aの先端部分にチップ14Eを固定する。

[0192] たとえば、ひずみセンサ20、AD変換器21、電池22および無線通信装置23は、接着剤または粘着剤を介してシャンク部11Aの周面に取り付けられる。処理システム302は、2つ以上のひずみセンサ20を備える構成であってもよい。

[0193] 切削対象物221は、工作機械の図示しない主軸に取り付けられる。当該主軸は、柱状であり、切削対象物221に回転力を与える。切削対象物221は、当該回転力により回転軸17Aを中心に回転する。切削対象物221は、回転体の一例である。

[0194] [処理装置]

図25は、本開示の第2の実施の形態に係る処理システムにおける処理装置の構成を示す図である。図25を参照して、処理装置202は、第1の実施の形態に係る処理装置201と比べて、取得部130の代わりに取得部130Aを備える。取得部130Aは、取得部130と比べて、回転数取得部131およびピッチ取得部133の代わりに回転数取得部131Aおよびピッチ取得部133Aを含む。

[0195] 回転数取得部131Aは、回転軸17Aを中心に回転する回転体である切削対象物221の回転数 $S$  [rpm]を取得する。より詳細には、回転数取得部131Aは、切削加工の開始前に、工作機械において設定された切削対象物221の回転数 $S$ を取得する。

[0196] ピッチ取得部133Aは、切削対象物221の回転に伴って回転軸17A周りに回転する点、たとえば切削対象物221の外周面における任意の点 $X$ の軌跡である回転円 $SRA$ におけるAD変換器21によるサンプリング時点の位相を示す座標系、において隣接する2つのサンプリング時点の間の回転角である角度ピッチ $p$  [degree]の上限値である上限ピッチ $p_{max}$ を取得する。より詳細には、ピッチ取得部133は、切削加工の開始前に、ユーザにより設定された上限ピッチ $p_{max}$ を取得する。

- [0197] 処理部140は、切削加工の開始前に、AD変換器21におけるサンプリング周波数Fおよび処理周期Tを決定する決定処理を行う。そして、処理部140は、決定したサンプリング周波数Fおよび処理周期T等を表示装置211に表示する表示処理を行う。決定処理および表示処理の詳細は、第1の実施の形態で説明した通りである。
- [0198] 処理システム302は、第1の実施の形態に係る処理システム301と同様に、より効率的にセンサ計測値を生成することができる。
- [0199] たとえば、切削工具102を用いてギア部材等の凹凸形状を有する切削対象物221を切削加工する場合、切削加工中に、チップ14Eが切削対象物221に接触する期間と、チップ14Eが切削対象物221に接触しない期間とが交互に到来する。このような場合、従来の処理システムでは、切削対象物221の回転数Sと、AD変換器21のサンプリング周波数との関係によっては、回転円SRAにおけるサンプリング時点の点Xの位置を示す計測点MPAが、回転軸17Aを原点とする2次元座標C2上において重なってしまい、AD変換器21により生成されるセンサ計測値の大部分が、チップ14Eが切削対象物221に接触しない期間におけるセンサ計測値になってしまう場合がある。
- [0200] これに対して、処理システム302は、切削対象物221がN回転するのに要する期間に、多数の計測点MPAに対応するひずみセンサ20の1周分のセンサ計測値を擬似的に生成することができるので、より確実に、チップ14Eが切削対象物221に接触する期間におけるセンサ計測値を生成することができる。
- [0201] 上記実施の形態は、すべての点で例示であって制限的なものではないと考えられるべきである。本発明の範囲は、上記説明ではなく請求の範囲によって示され、請求の範囲と均等の意味および範囲内でのすべての変更が含まれることが意図される。
- [0202] 以上の説明は、以下に付記する特徴を含む。

[付記1]

切削工具と、  
 前記切削工具に取り付けられたセンサと、  
 前記センサから出力されるアナログ信号をサンプリングすることによりデジタル信号を生成するA/D変換器と、  
 処理部とを備え、

前記処理部は、回転軸を中心に回転する回転体の回転数 [rpm] と、前記A/D変換器により生成された前記デジタル信号を用いた所定処理を行う周期である処理周期の上限値である上限周期と、前記回転体の回転に伴って前記回転軸周りに回転する点の軌跡である回転円における前記A/D変換器によるサンプリング時点の位相を示す座標系、において隣接する2つのサンプリング時点の間の回転角である角度ピッチ [degree] の上限値である上限ピッチとに基づいて、前記上限周期以下の前記処理周期において、前記回転体がN回転するのに要する期間に前記角度ピッチの設定値が前記上限ピッチ以下となるように前記A/D変換器がサンプリングを行うための、サンプリング周波数および前記処理周期を決定し、

前記設定値を  $p_s$  としたとき、Nおよび  $(360/p_s)$  は、2以上の整数であり、かつ互いに素であり、

前記処理部は、前記回転体がN回転するのに要する期間に前記サンプリング周波数に従って前記A/D変換器がサンプリングを行った場合におけるサンプリング時点の位相の分布状況と、前記上限周期において、前記設定周波数に従って前記A/D変換器がサンプリングを行った場合におけるサンプリング時点の位相の分布状況とを認識可能な情報を表示する処理を行う、処理システム。

## 符号の説明

[0203]	10	シャフト部
	11、11A	シャンク部
	12	刃取付部
	13、13E	刃固定部

14、14E	チップ
17、17A	回転軸
18	切削抵抗作用面
20	ひずみセンサ
21	AD変換器
22	電池
23	無線通信装置
24	ハウジング
101、102	切削工具
110	無線通信部
120	受付部
130、130A	取得部
131、131A	回転数取得部
132	周期取得部
133、133A	ピッチ取得部
134	周波数取得部
140	処理部
150	解析部
170	記憶部
201、202	処理装置
210	工具ホルダ
211	表示装置
220	主軸
221	切削対象物
301、302	処理システム

## 請求の範囲

- [請求項1] 切削工具と、  
前記切削工具に取り付けられたセンサと、  
前記センサから出力されるアナログ信号をサンプリングすることによりデジタル信号を生成するAD (Analog Digital) 変換器と、  
処理部とを備え、  
前記処理部は、回転軸を中心に回転する回転体の回転数 [rpm] と、前記AD変換器により生成された前記デジタル信号を用いた所定処理を行う周期である処理周期の上限値である上限周期と、前記回転体の回転に伴って前記回転軸周りに回転する点の軌跡である回転円における前記AD変換器によるサンプリング時点の位相を示す座標系、において隣接する2つのサンプリング時点の間の回転角である角度ピッチ [degree] の上限値である上限ピッチとに基づいて、前記上限周期以下の前記処理周期において、前記回転体がN回転するのに要する期間に前記角度ピッチの設定値が前記上限ピッチ以下となるように前記AD変換器がサンプリングを行うための、サンプリング周波数および前記処理周期を決定し、  
前記設定値をpsとしたとき、Nおよび(360/ps)は、2以上の整数であり、かつ互いに素である、処理システム。
- [請求項2] 前記処理部は、 $N \times ps < 180$ を満たすように前記サンプリング周波数および前記処理周期を決定する、請求項1に記載の処理システム。
- [請求項3] 前記処理部は、前記AD変換器における上限値である上限周波数を取得し、取得した前記上限周波数以下の前記サンプリング周波数を決定する、請求項1または請求項2に記載の処理システム。
- [請求項4] 前記処理部は、前記回転数をSとし、前記サンプリング周波数をFとし、前記上限周波数をFmaxとし、前記処理周期をTとし、前記

上限周期を  $T_{max}$  としたとき、下記式 (1) ~ 下記式 (4) を満たす  $N$  の値を決定し、決定した  $N$  の値に基づいて、前記サンプリング周波数および前記処理周期を決定する、

$$F = (6 \times S) / (N \times p_s) \dots (1)$$

$$T = (60 \times N) / S \dots (2)$$

$$T \leq T_{max} \dots (3)$$

$$F \leq F_{max} \dots (4)$$

請求項 3 に記載の処理システム。

[請求項5] 前記処理部は、前記処理周期として選択可能な値のうちの最も小さい値を前記処理周期として決定する、請求項 1 から請求項 4 のいずれか 1 項に記載の処理システム。

[請求項6] 前記処理システムは、さらに、解析部を備え、  
前記解析部は、前記所定処理として、前記処理部により決定された前記処理周期に従うタイミングにおいて、前記 AD 変換器により生成される前記デジタル信号を用いて、前記切削工具を用いた切削加工の異常に関する判定処理を行う、請求項 1 から請求項 5 のいずれか 1 項に記載の処理システム。

[請求項7] 前記処理システムは、さらに、解析部を備え、  
前記解析部は、前記 AD 変換器により生成される前記デジタル信号に基づいて、前記切削工具が受ける 2 方向の負荷に関する、サンプリング時刻ごとの 2 次元データを生成する処理を行い、前記所定処理として、前記処理部により決定された前記処理周期に従うタイミングにおいて前記 2 次元データを更新する更新処理を行う、請求項 1 から請求項 6 のいずれか 1 項に記載の処理システム。

[請求項8] 前記解析部は、生成した前記 2 次元データに基づいて、前記デジタル信号の内挿を行う、請求項 7 に記載の処理システム。

[請求項9] 前記回転体は、前記切削工具であり、  
前記切削工具は、転削工具である、請求項 1 から請求項 8 のいずれ

か1項に記載の処理システム。

[請求項10]

前記回転体は、切削対象物であり、

前記切削工具は、旋削工具である、請求項1から請求項8のいずれか1項に記載の処理システム。

[請求項11]

回転軸を中心に回転する回転体の回転数 [rpm] を取得する第1取得部と、

切削工具に取り付けられたセンサから出力されるアナログ信号をサンプリングするAD変換器により生成されたデジタル信号を用いた所定処理を行う周期である処理周期の、上限値である上限周期を取得する第2取得部と、

前記回転体の回転に伴って前記回転軸周りに回転する点の軌跡である回転円における前記AD変換器によるサンプリング時点の位相を示す座標系、において隣接する2つのサンプリング時点の間の回転角である角度ピッチ [degree] の上限値である上限ピッチを取得する第3取得部と、

前記第1取得部により取得された前記回転数、前記第2取得部により取得された前記上限周期、および前記第3取得部により取得された前記上限ピッチに基づいて、前記上限周期以下の前記処理周期において、前記回転体がN回転するのに要する期間に前記角度ピッチの設定値が前記上限ピッチ以下となるように前記AD変換器がサンプリングを行うための、サンプリング周波数および前記処理周期を決定する処理部とを備え、

前記設定値をpsとしたとき、Nおよび $(360/ps)$ は、2以上の整数であり、かつ互いに素である、処理装置。

[請求項12]

処理装置における処理方法であって、

回転軸を中心に回転する回転体の回転数 [rpm] を取得するステップと、

切削工具に取り付けられたセンサから出力されるアナログ信号をサ

ンプリングするAD変換器により生成されたデジタル信号を用いた所定処理を行う周期である処理周期の、上限値である上限周期を取得するステップと、

前記回転体の回転に伴って前記回転軸周りに回転する点の軌跡である回転円における前記AD変換器によるサンプリング時点の位相を示す座標系、において隣接する2つのサンプリング時点の間の回転角である角度ピッチ [degree] の上限値である上限ピッチを取得するステップと、

取得した前記回転数、前記上限周期および前記上限ピッチに基づいて、前記上限周期以下の前記処理周期において、前記回転体がN回転するのに要する期間に前記角度ピッチの設定値が前記上限ピッチ以下となるように前記AD変換器がサンプリングを行うための、サンプリング周波数および前記処理周期を決定するステップとを含み、

前記設定値をpsとしたとき、Nおよび(360/ps)は、2以上の整数であり、かつ互いに素である、処理方法。

[請求項13]

処理装置において用いられる処理プログラムであって、  
コンピュータを、

回転軸を中心に回転する回転体の回転数 [rpm] を取得する第1取得部と、

切削工具に取り付けられたセンサから出力されるアナログ信号をサンプリングするAD変換器により生成されたデジタル信号を用いた所定処理を行う周期である処理周期の、上限値である上限周期を取得する第2取得部と、

前記回転体の回転に伴って前記回転軸周りに回転する点の軌跡である回転円における前記AD変換器によるサンプリング時点の位相を示す座標系、において隣接する2つのサンプリング時点の間の回転角である角度ピッチ [degree] の上限値である上限ピッチを取得する第3取得部と、

前記第1取得部により取得された前記回転数、前記第2取得部により取得された前記上限周期、および前記第3取得部により取得された前記上限ピッチに基づいて、前記上限周期以下の前記処理周期において、前記回転体がN回転するのに要する期間に前記角度ピッチの設定値が前記上限ピッチ以下となるように前記AD変換器がサンプリングを行うための、サンプリング周波数および前記処理周期を決定する処理部、

として機能させるための処理プログラムであり、

前記設定値を $p_s$ としたとき、Nおよび $(360/p_s)$ は、2以上の整数であり、かつ互いに素である、処理プログラム。

[請求項14]

切削工具と、

前記切削工具に取り付けられたセンサと、

前記センサから出力されるアナログ信号をサンプリングすることによりデジタル信号を生成するAD変換器と、

処理装置とを備え、

前記処理装置は、回転軸を中心に回転する回転体の回転数 $[rpm]$ と、前記AD変換器により生成された前記デジタル信号を用いた所定処理を行う周期である処理周期の上限値である上限周期と、前記回転体の回転に伴って前記回転軸周りに回転する点の軌跡である回転円における前記AD変換器によるサンプリング時点の位相を示す座標系、において隣接する2つのサンプリング時点の間の回転角である角度ピッチ $[degree]$ の上限値である上限ピッチとに基づいて、前記上限周期以下の前記処理周期において、前記回転体がN回転するのに要する期間に前記角度ピッチの設定値が前記上限ピッチ以下となるように前記AD変換器がサンプリングを行うための、サンプリング周波数および前記処理周期を表示する処理を行い、

前記設定値を $p_s$ としたとき、Nおよび $(360/p_s)$ は、2以上の整数であり、かつ互いに素である、表示システム。

[請求項15] 前記処理装置は、前記回転体がN回転するのに要する期間に、前記サンプリング周波数に従って前記AD変換器がサンプリングを行った場合におけるサンプリング時点の位相の分布状況を認識可能な情報を表示する処理を行う、請求項14に記載の表示システム。

[請求項16] 切削工具と、  
前記切削工具に取り付けられた回転体に取り付けられたセンサと、  
前記センサから出力されるアナログ信号をサンプリングすることによりデジタル信号を生成するAD変換器と、  
処理装置とを備え、

前記処理装置は、回転軸を中心に回転する回転体の回転数 [rpm] と、前記AD変換器により生成された前記デジタル信号を用いた所定処理を行う周期である処理周期の上限値である上限周期と、ユーザにより設定されたサンプリング周波数である設定周波数に基づいて、前記上限周期において、前記設定周波数に従って前記AD変換器がサンプリングを行った場合におけるサンプリング時点の位相の分布状況を認識可能な情報を表示する処理を行う、表示システム。

[請求項17] 前記処理装置は、前記回転数と、前記上限周期と、前記回転体の回転に伴って前記回転軸周りに回転する点の軌跡である回転円における前記AD変換器によるサンプリング時点の位相を示す座標系、において隣接する2つのサンプリング時点の間の回転角である角度ピッチ [degree] の上限値である上限ピッチとに基づいて、前記上限周期以下の前記処理周期において、前記回転体がN回転するのに要する期間に前記角度ピッチの設定値が前記上限ピッチ以下となるように前記AD変換器がサンプリングを行うためのサンプリング周波数、に従って前記AD変換器がサンプリングを行った場合におけるサンプリング時点の位相の分布状況を認識可能な情報を表示する処理を行い、

前記設定値を  $p_s$  としたとき、 $N$  および  $(360/p_s)$  は、2以上の整数であり、かつ互いに素である、請求項16に記載の表示シス

テム。

[請求項18] 前記処理装置は、前記上限周期において、ユーザにより設定されたサンプリング周波数である設定周波数に従って前記A/D変換器がサンプリングを行った場合における、前記回転体の回転に伴って前記回転軸周りに回転する点の軌跡である回転円における前記A/D変換器によるサンプリング時点の位相を示す座標系、において隣接する2つのサンプリング時点の間の回転角の平均値および最大値の少なくともいずれか一方を表示する処理を行う、請求項14から請求項17のいずれか1項に記載の表示システム。

[請求項19] 回転軸を中心に回転する回転体の回転数 [rpm] を取得する第1取得部と、

切削工具に取り付けられたセンサから出力されるアナログ信号をサンプリングするA/D変換器により生成されたデジタル信号を用いた所定処理を行う周期である処理周期の、上限値である上限周期を取得する第2取得部と、

前記回転体の回転に伴って前記回転軸周りに回転する点の軌跡である回転円における前記A/D変換器によるサンプリング時点の位相を示す座標系、において隣接する2つのサンプリング時点の間の回転角である角度ピッチ [degree] の上限値である上限ピッチとを取得する第3取得部と、

前記第1取得部により取得された前記回転数、前記第2取得部により取得された前記上限周期、および前記第3取得部により取得された前記上限ピッチに基づいて、前記上限周期以下の前記処理周期において、前記回転体がN回転するのに要する期間に前記角度ピッチの設定値が前記上限ピッチ以下となるように前記A/D変換器がサンプリングを行うための、サンプリング周波数および前記処理周期を表示する処理を行う表示処理部とを備え、

前記設定値を  $p_s$  としたとき、 $N$  および  $(360/p_s)$  は、2以

上の整数であり、かつ互いに素である、処理装置。

[請求項20]

回転軸を中心に回転する回転体の回転数 [ r p m ] を取得する第 1 取得部と、

切削工具に取り付けられたセンサから出力されるアナログ信号をサンプリングする A D 変換器により生成されたデジタル信号を用いた所定処理を行う周期である処理周期の、上限値である上限周期を取得する第 2 取得部と、

ユーザにより設定されたサンプリング周波数である設定周波数を取得する第 4 取得部と、

前記第 1 取得部により取得された前記回転数、前記第 2 取得部により取得された前記上限周期、および前記第 4 取得部により取得された前記設定周波数に基づいて、前記上限周期において、前記設定周波数に従って前記 A D 変換器がサンプリングを行った場合におけるサンプリング時点の位相の分布状況を認識可能な情報を表示する処理を行う表示処理部とを備える、処理装置。

[請求項21]

処理装置における処理方法であって、

回転軸を中心に回転する回転体の回転数 [ r p m ] を取得するステップと、

切削工具に取り付けられたセンサから出力されるアナログ信号をサンプリングする A D 変換器により生成されたデジタル信号を用いた所定処理を行う周期である処理周期の、上限値である上限周期を取得するステップと、

前記回転体の回転に伴って前記回転軸周りに回転する点の軌跡である回転円における前記 A D 変換器によるサンプリング時点の位相を示す座標系、において隣接する 2 つのサンプリング時点の間の回転角である角度ピッチ [ d e g r e e ] の上限値である上限ピッチとを取得するステップと、

取得した前記回転数、前記上限周期および前記上限ピッチに基づい

て、前記上限周期以下の前記処理周期において、前記回転体がN回転するのに要する期間に前記角度ピッチの設定値が前記上限ピッチ以下となるように前記AD変換器がサンプリングを行うための、サンプリング周波数および前記処理周期を表示する処理を行うステップとを含み、

前記設定値を $p_s$ としたとき、 $N$ および $(360/p_s)$ は、2以上の整数であり、かつ互いに素である、処理方法。

[請求項22]

処理装置における処理方法であって、

回転軸を中心に回転する回転体の回転数 $[rpm]$ を取得するステップと、

切削工具に取り付けられたセンサから出力されるアナログ信号をサンプリングするAD変換器により生成されたデジタル信号を用いた所定処理を行う周期である処理周期の、上限値である上限周期を取得するステップと、

ユーザにより設定されたサンプリング周波数である設定周波数を取得するステップと、

取得した前記回転数、前記上限周期および前記設定周波数に基づいて、前記上限周期において、前記設定周波数に従って前記AD変換器がサンプリングを行った場合におけるサンプリング時点の位相の分布状況を認識可能な情報を表示する処理を行うステップとを含む、処理方法。

[請求項23]

処理装置において用いられる処理プログラムであって、

コンピュータを、

回転軸を中心に回転する回転体の回転数 $[rpm]$ を取得する第1取得部と、

切削工具に取り付けられたセンサから出力されるアナログ信号をサンプリングするAD変換器により生成されたデジタル信号を用いた所定処理を行う周期である処理周期の、上限値である上限周期を取得す

る第2取得部と、

前記回転体の回転に伴って前記回転軸周りに回転する点の軌跡である回転円における前記AD変換器によるサンプリング時点の位相を示す座標系、において隣接する2つのサンプリング時点の間の回転角である角度ピッチ [degree] の上限値である上限ピッチとを取得する第3取得部と、

前記第1取得部により取得された前記回転数、前記第2取得部により取得された前記上限周期、および前記第3取得部により取得された前記上限ピッチに基づいて、前記上限周期以下の前記処理周期において、前記回転体がN回転するのに要する期間に前記角度ピッチの設定値が前記上限ピッチ以下となるように前記AD変換器がサンプリングを行うための、サンプリング周波数および前記処理周期を表示する処理を行う表示処理部、

として機能させるための処理プログラムであり、

前記設定値を  $p_s$  としたとき、 $N$  および  $(360/p_s)$  は、2以上の整数であり、かつ互いに素である、処理プログラム。

[請求項24]

処理装置において用いられる処理プログラムであって、

コンピュータを、

回転軸を中心に回転する回転体の回転数 [rpm] を取得する第1取得部と、

切削工具に取り付けられたセンサから出力されるアナログ信号をサンプリングするAD変換器により生成されたデジタル信号を用いた所定処理を行う周期である処理周期の、上限値である上限周期を取得する第2取得部と、

ユーザにより設定されたサンプリング周波数である設定周波数を取得する第4取得部と、

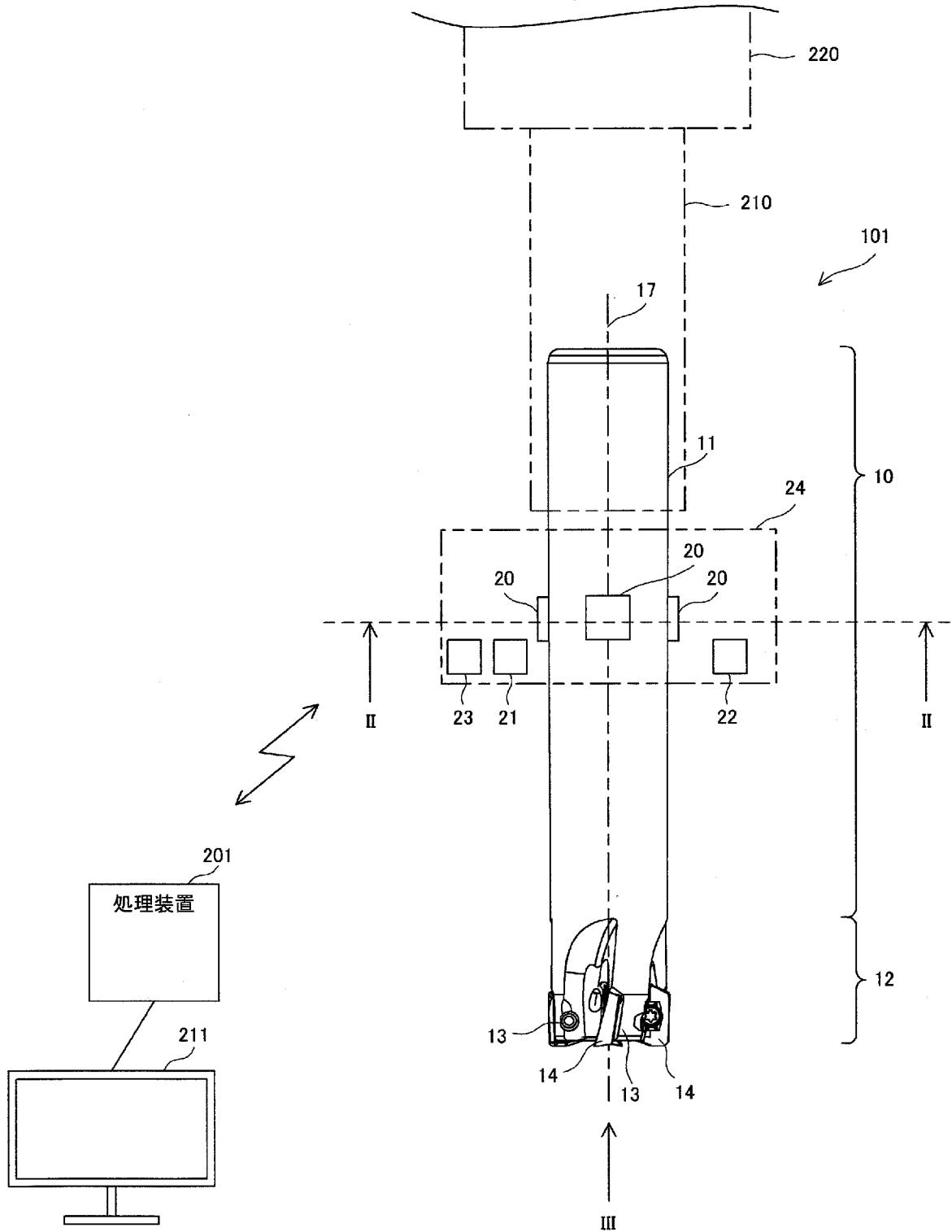
前記第1取得部により取得された前記回転数、前記第2取得部により取得された前記上限周期、および前記第4取得部により取得された

前記設定周波数に基づいて、前記上限周期において、前記設定周波数に従って前記AD変換器がサンプリングを行った場合におけるサンプリング時点の位相の分布状況を認識可能な情報を表示する処理を行う表示処理部、

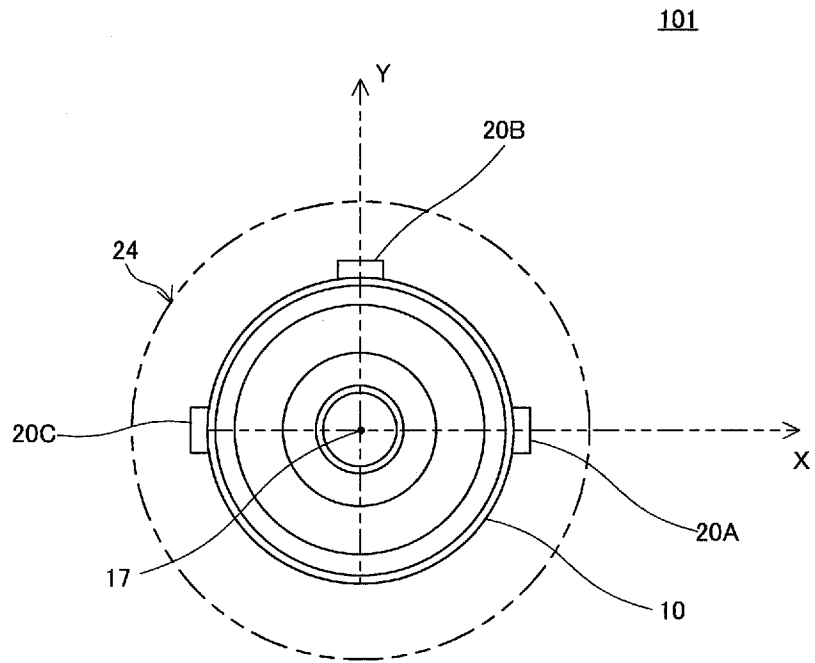
として機能させるための、処理プログラム。

[図1]

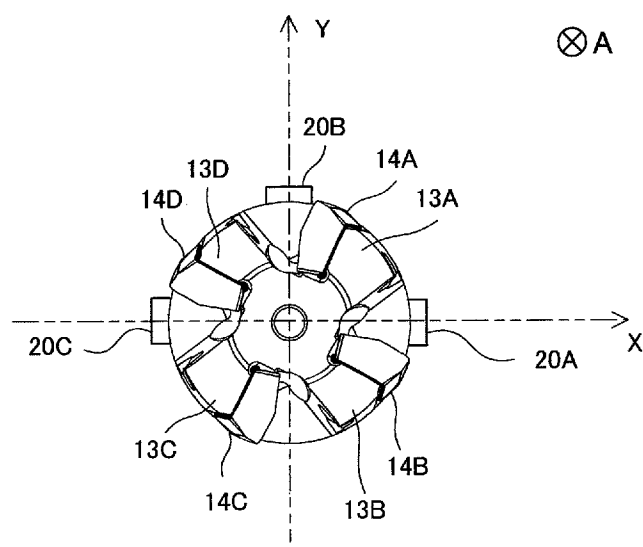
301



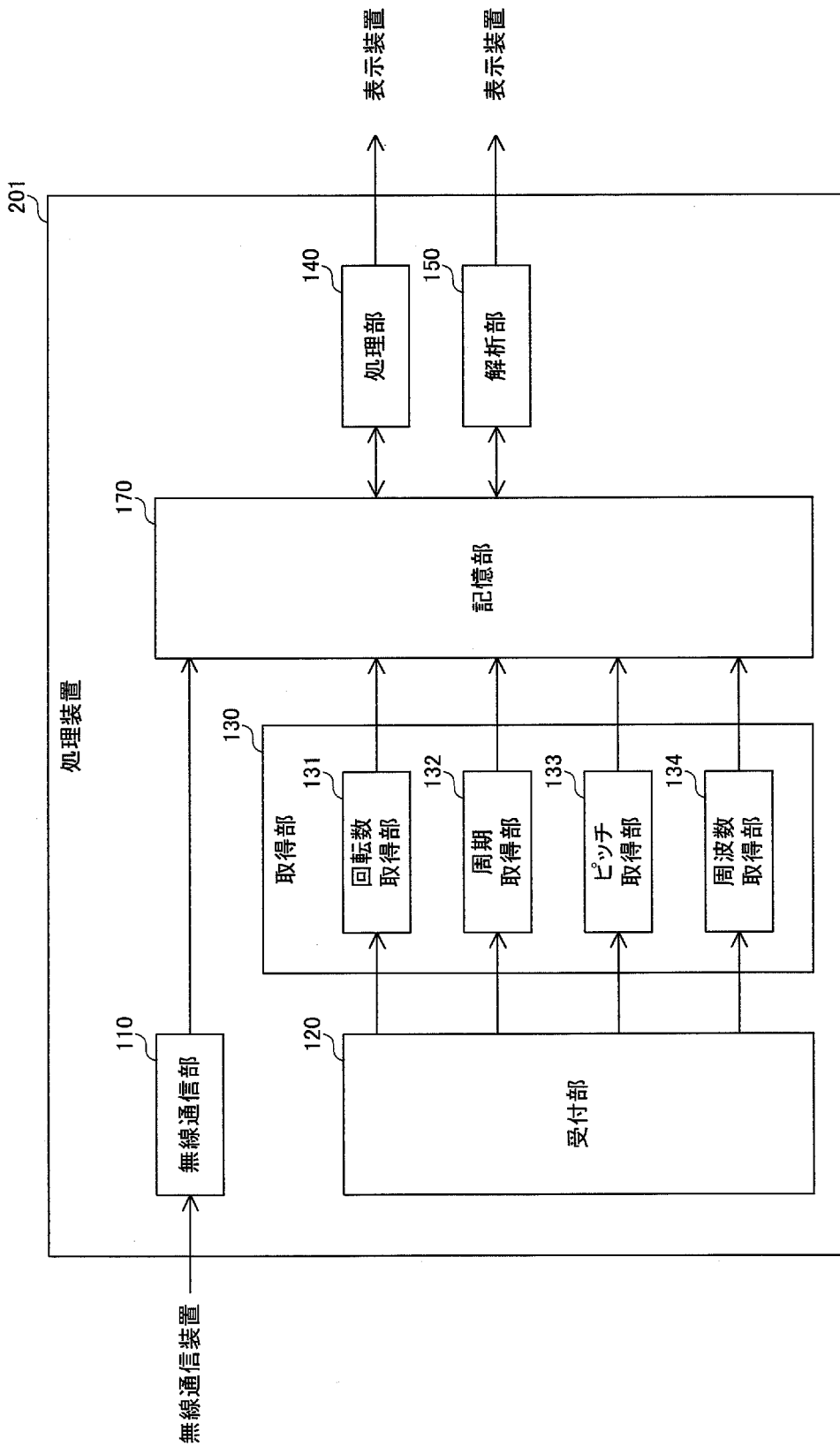
[図2]



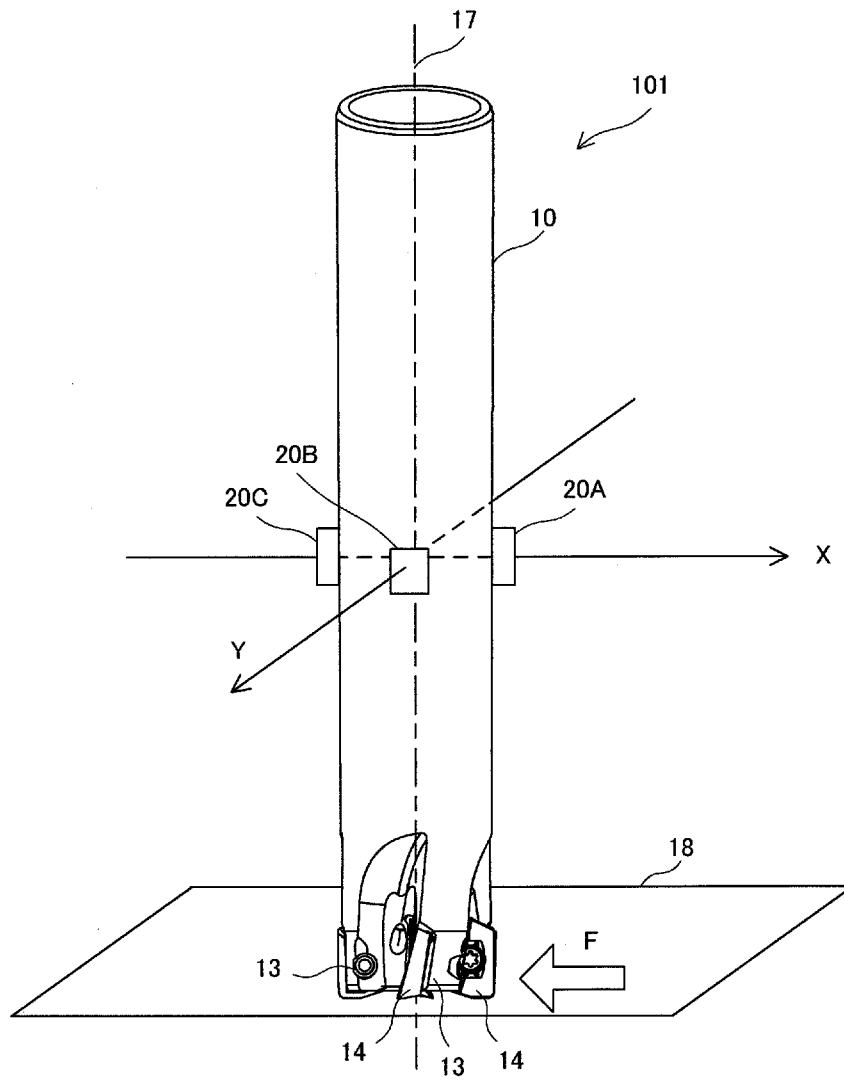
[図3]



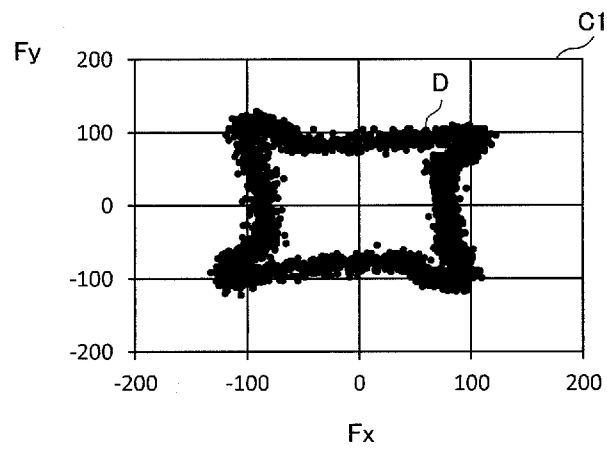
[図4]



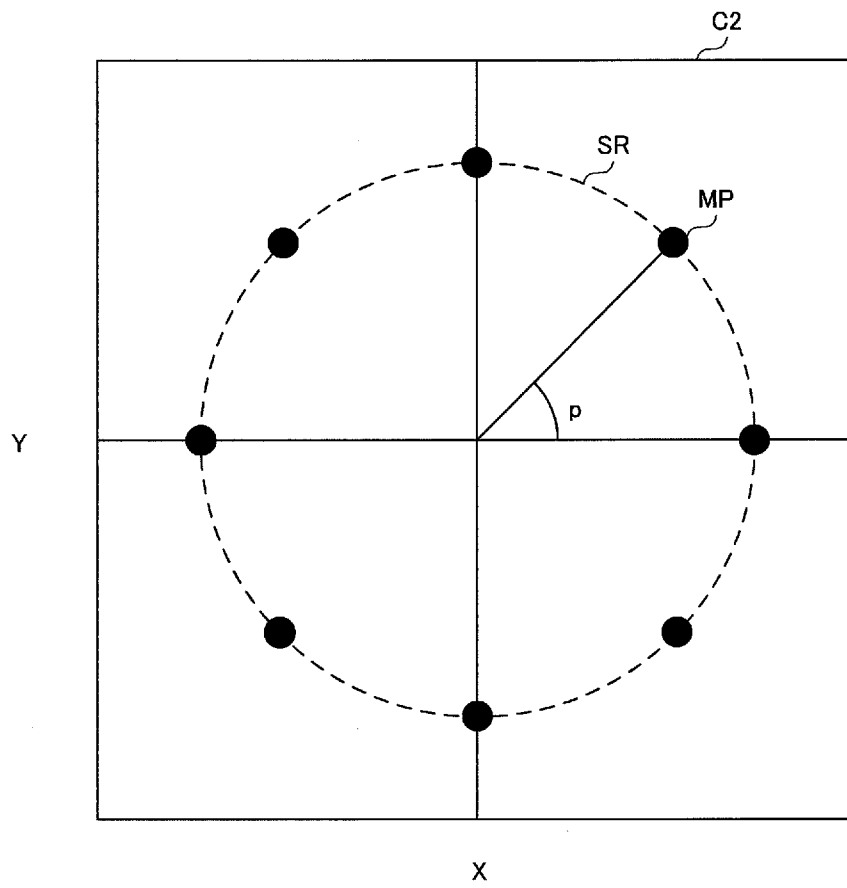
[図5]



[図6]

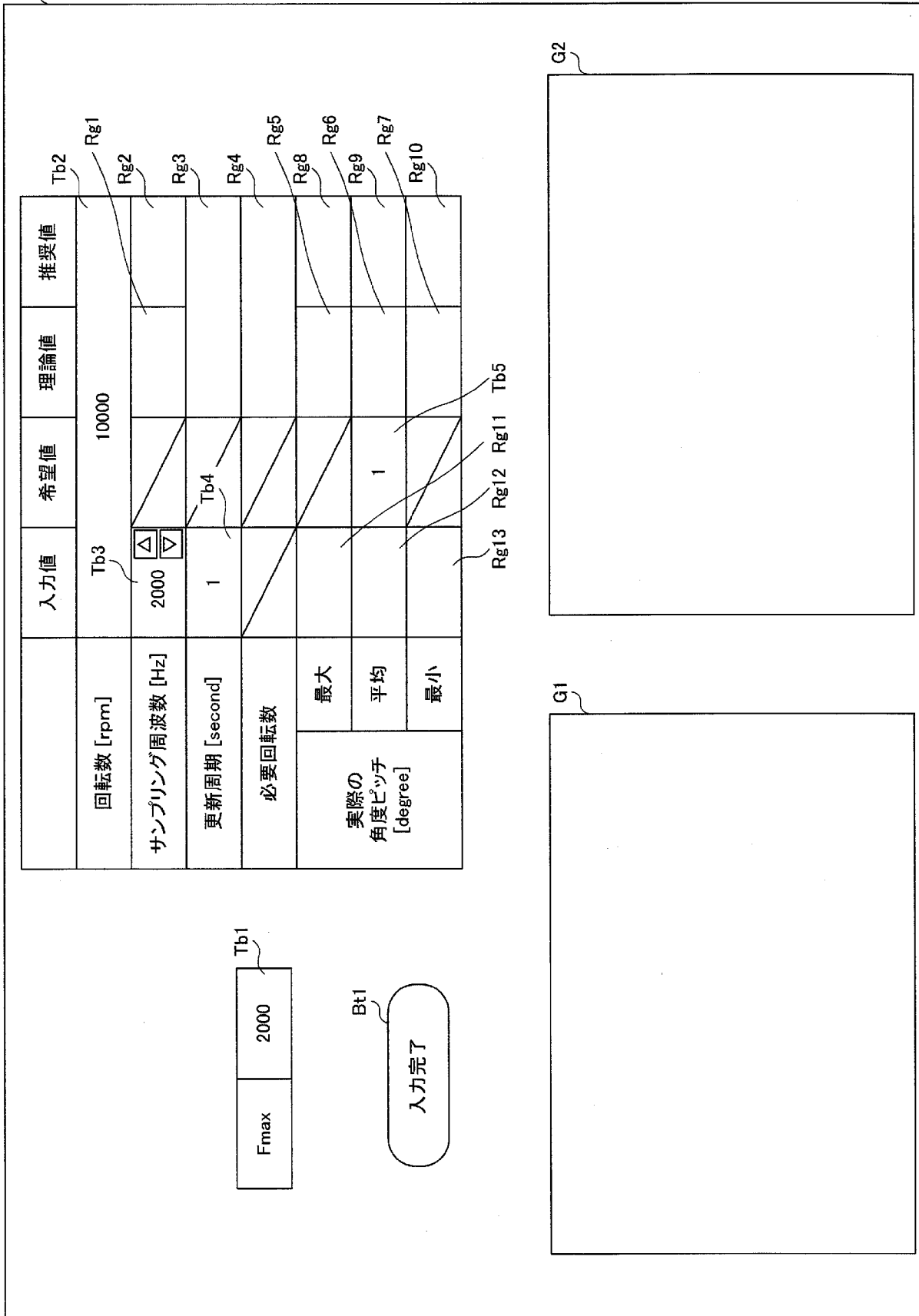


[図7]



[ 8 ]

DS1

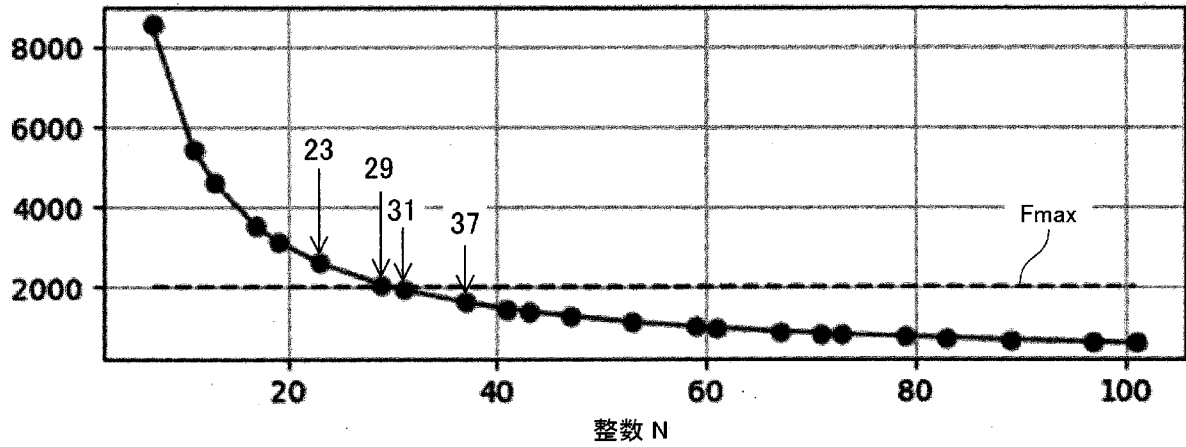


G2

G1

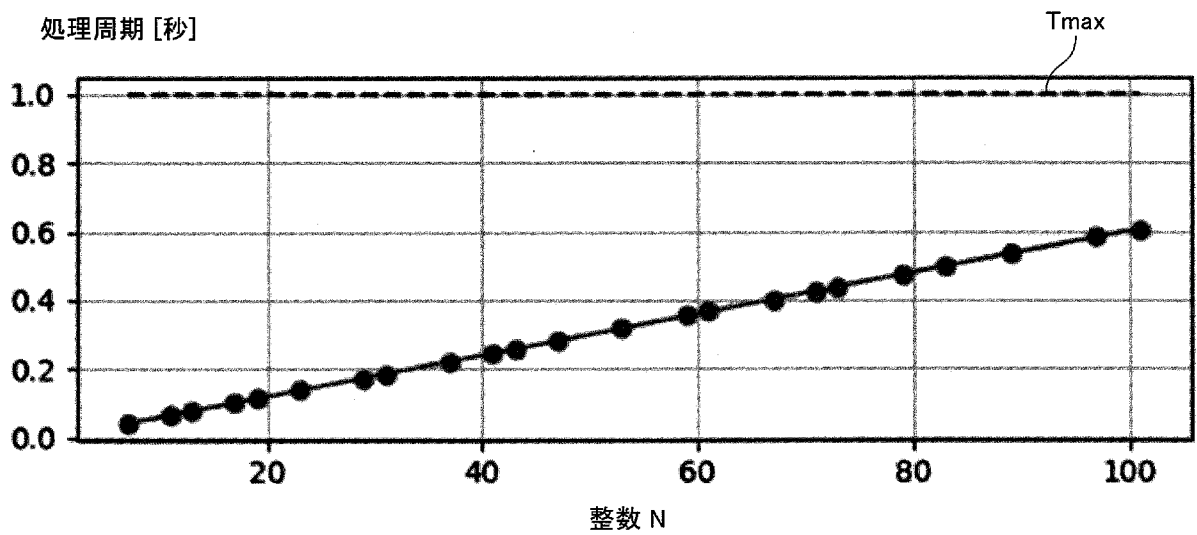
[図9]

サンプリング周波数 [Hz]



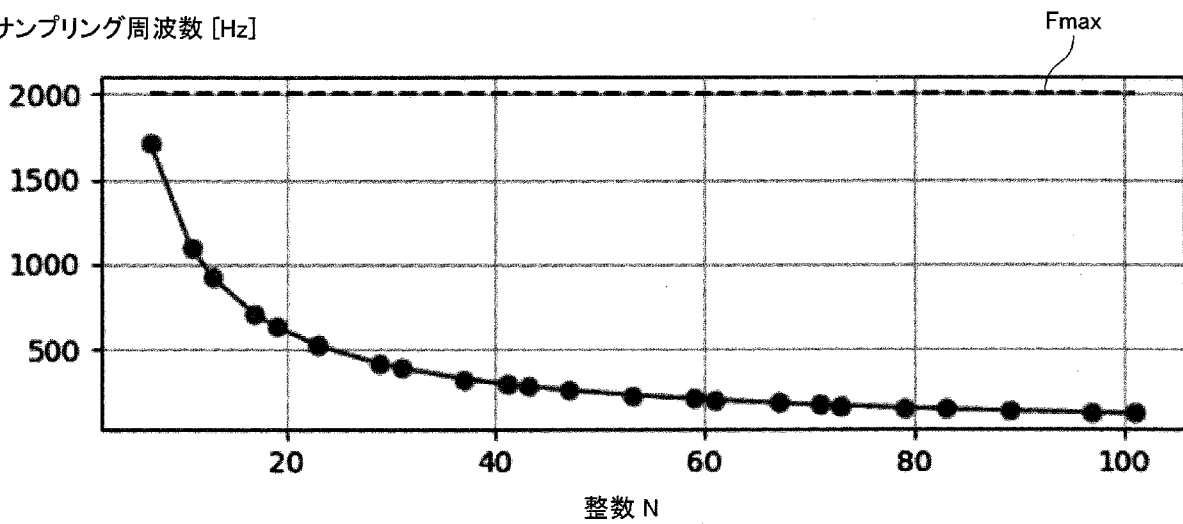
[図10]

処理周期 [秒]



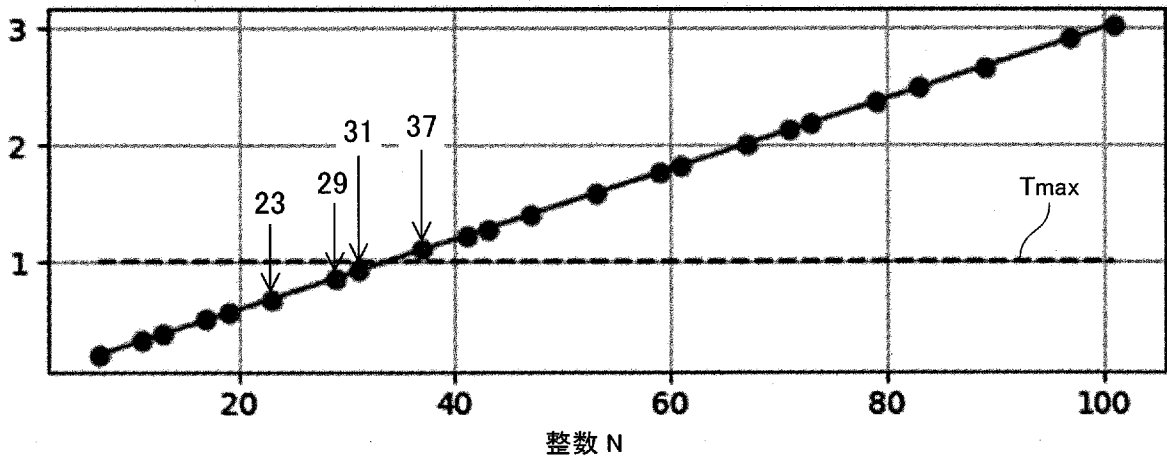
[図11]

サンプリング周波数 [Hz]

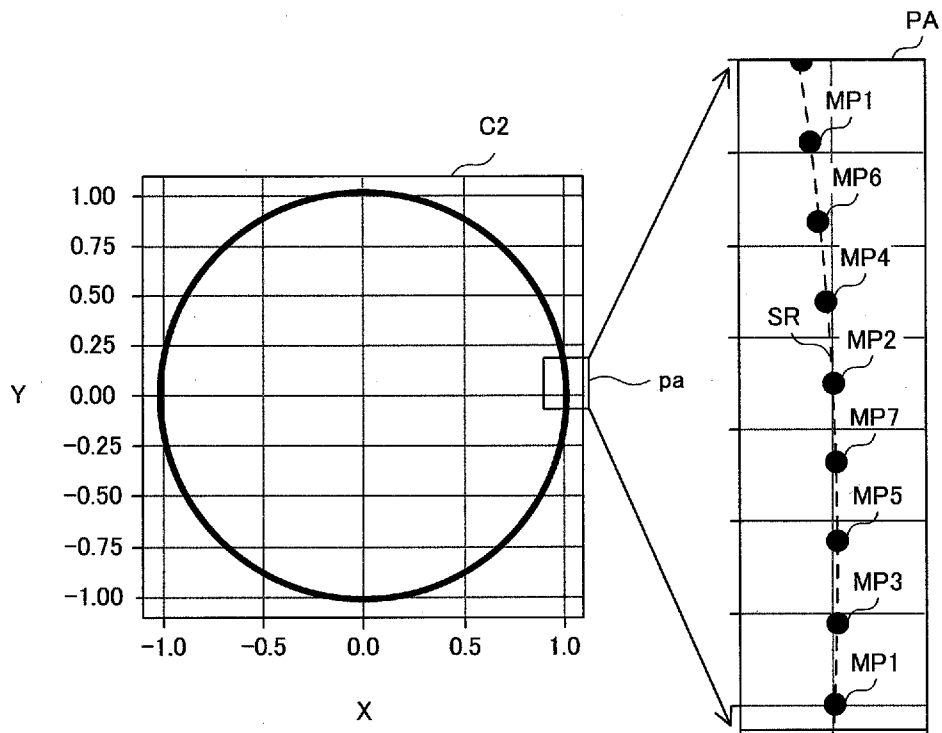


[图12]

处理周期 [秒]

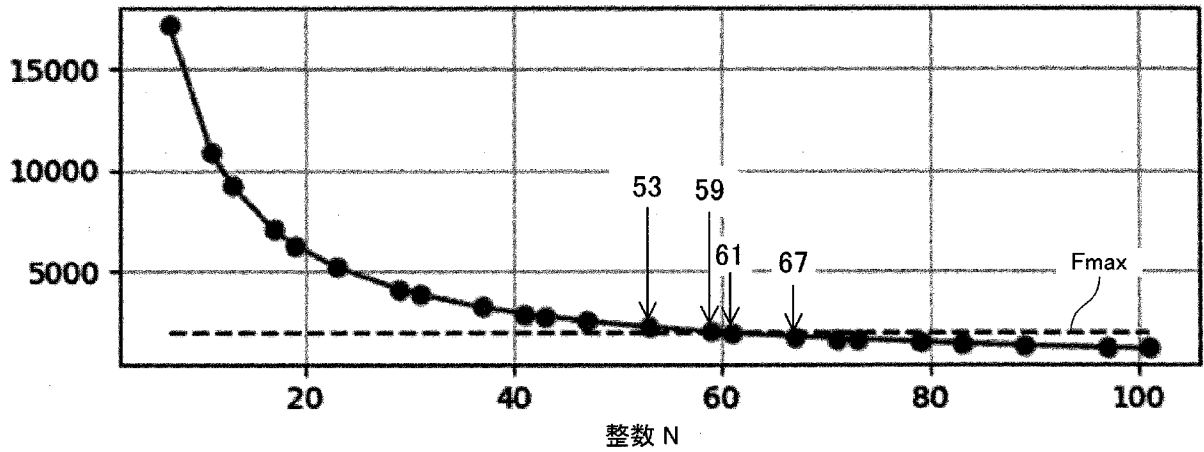


[图13]



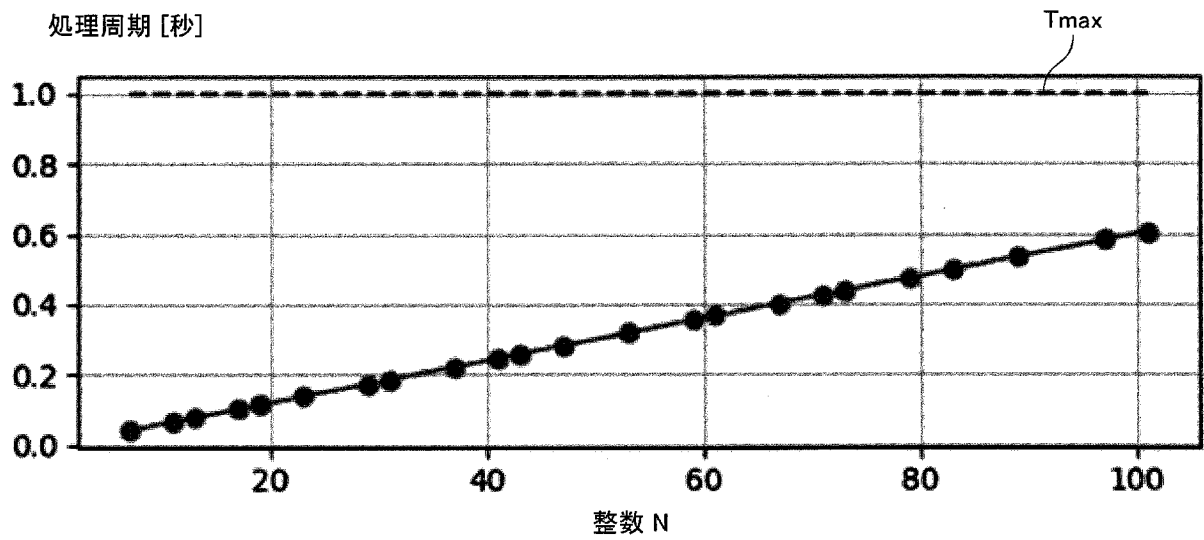
[図14]

サンプリング周波数 [Hz]

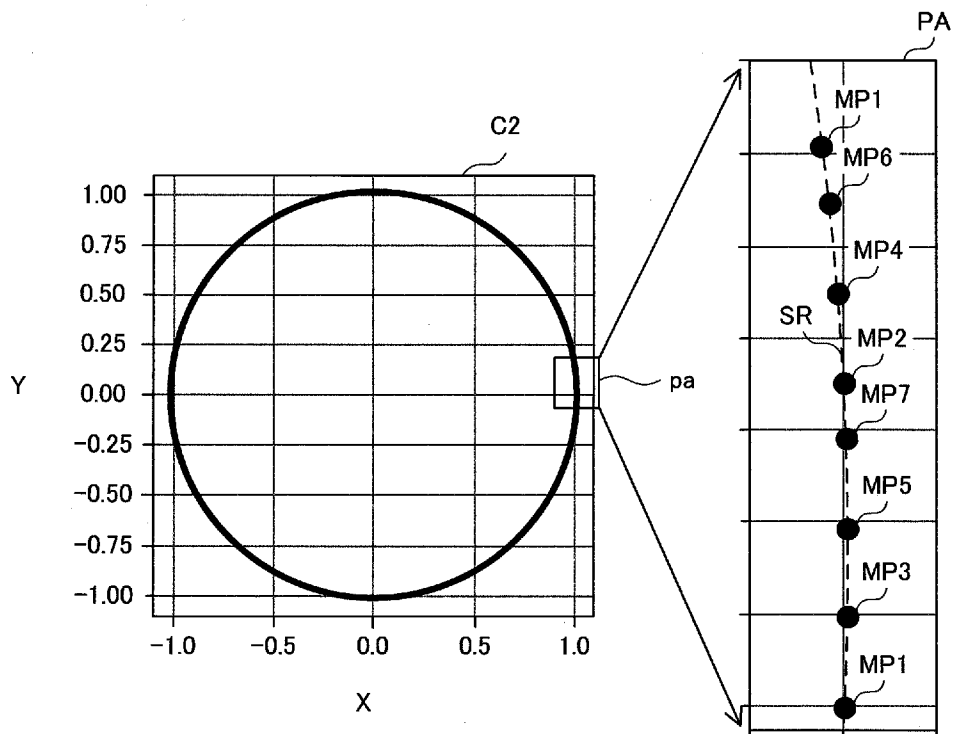


[図15]

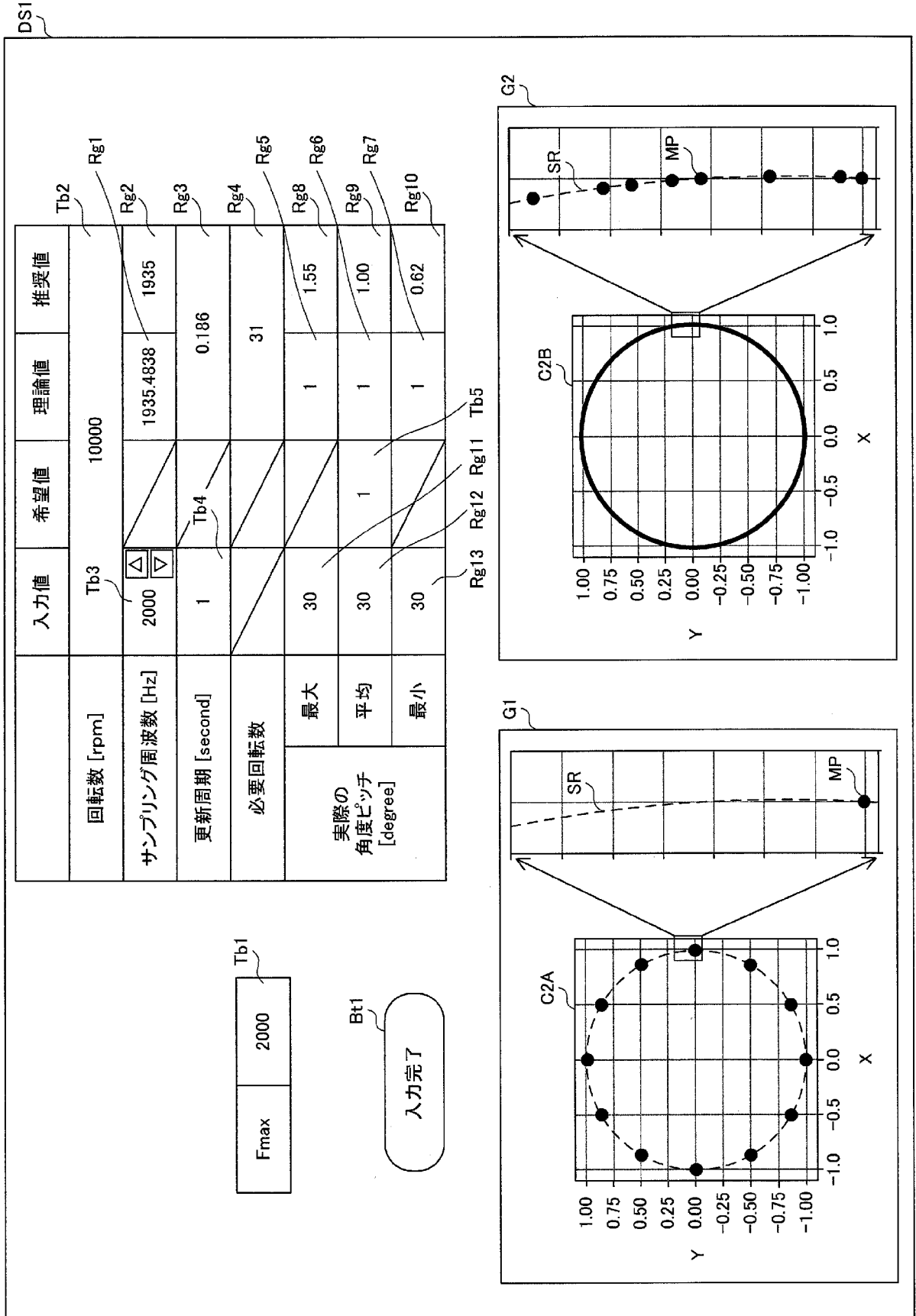
処理周期 [秒]



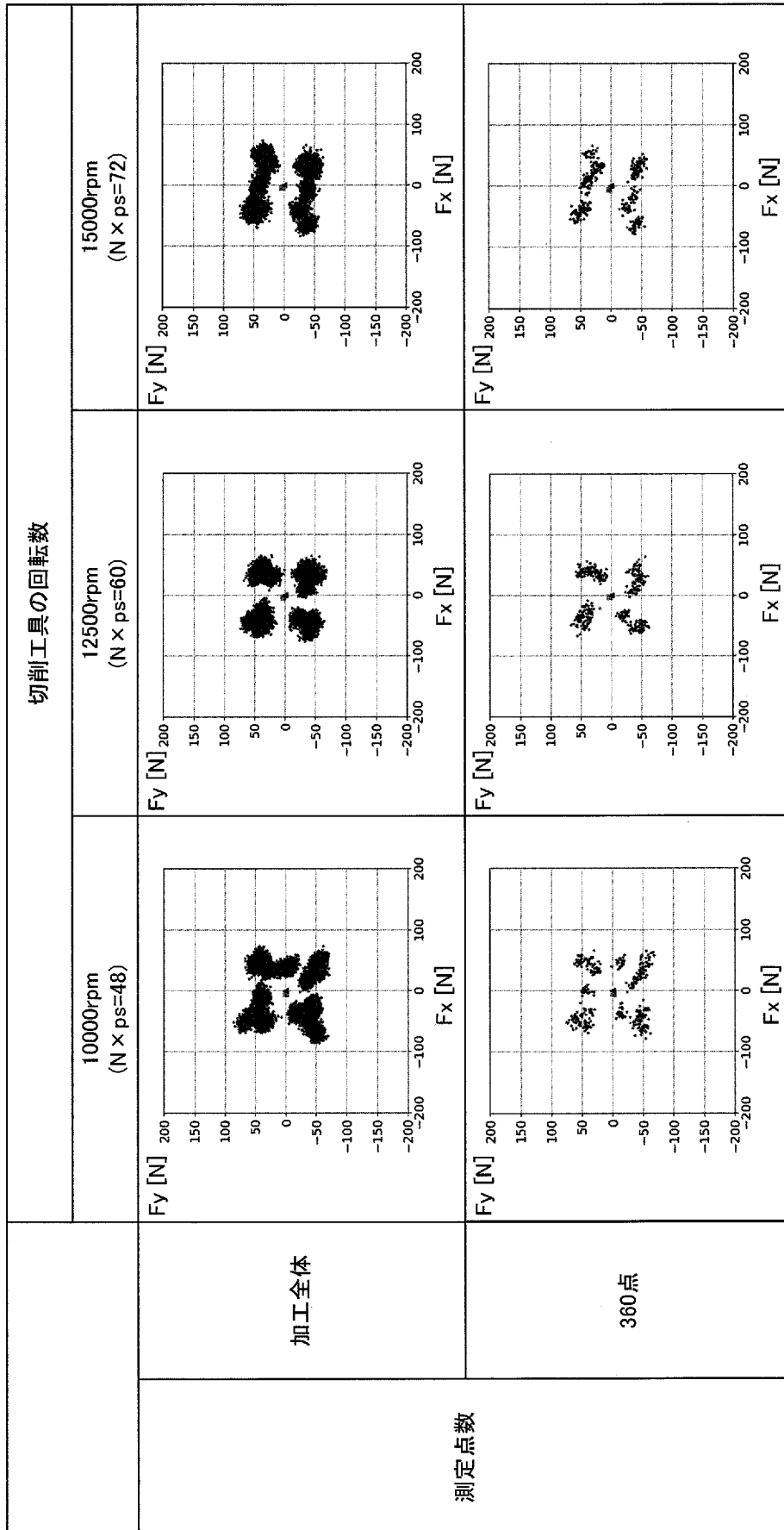
[図16]



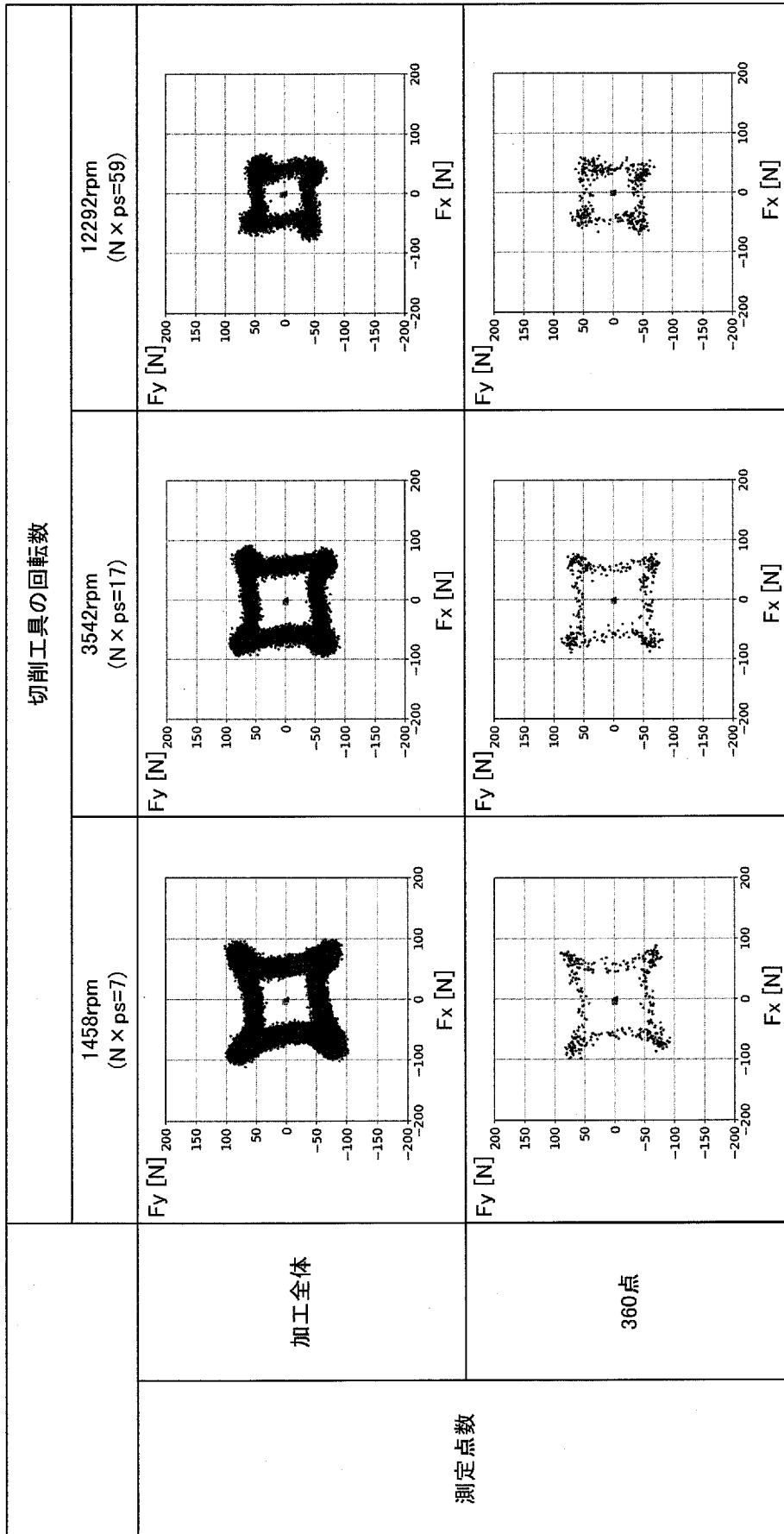
[図17]



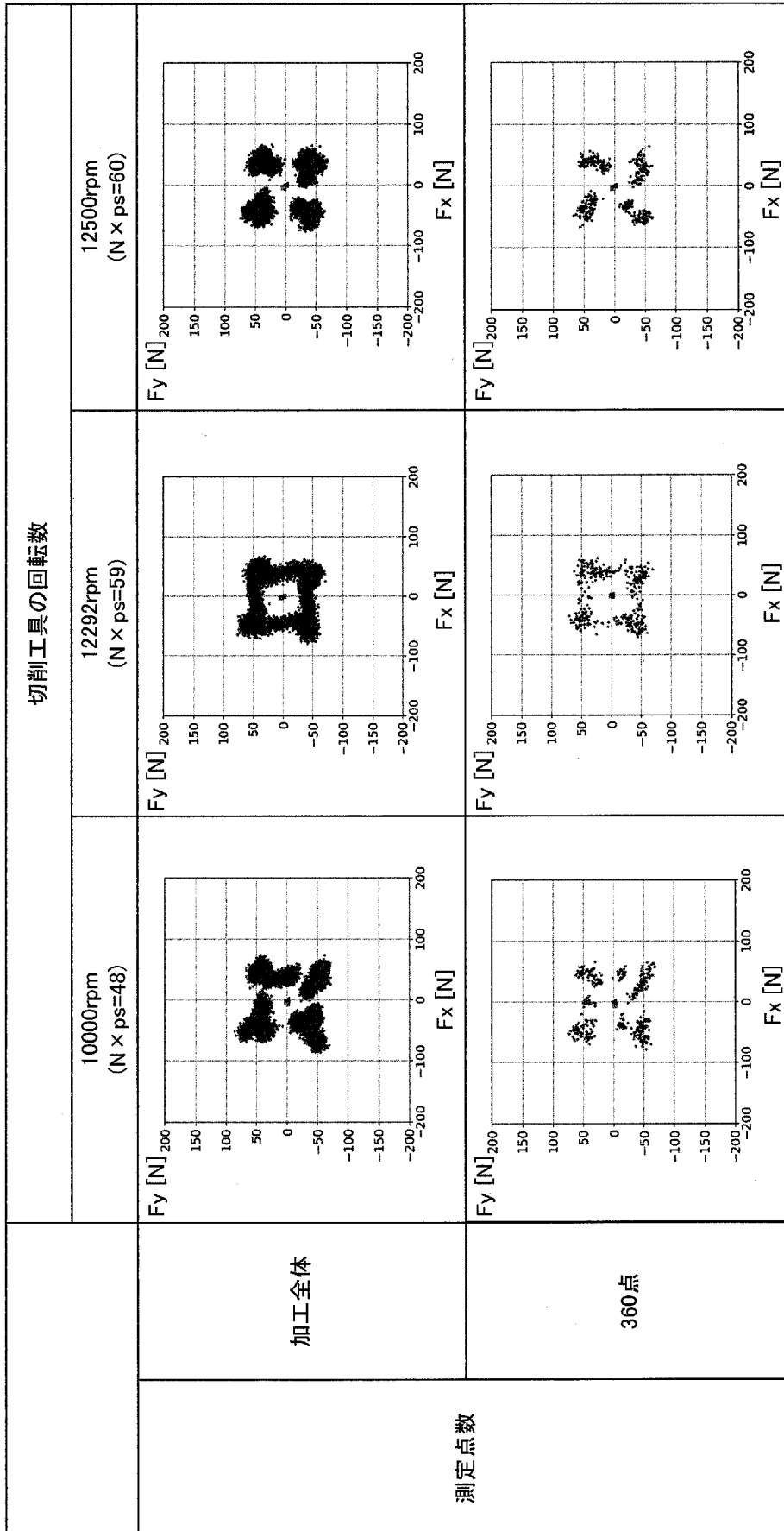
[図18]



[図19]



[図20]



[図21]

	サンプリング時刻	センサ計測値
1回転目の センサ計測値	t1a	s1a
	t1b	s1b
	t1c	s1c
	⋮	⋮
2回転目の センサ計測値	t2a	s2a
	t2b	s2b
	t2c	s2c
	⋮	⋮
3回転目の センサ計測値	t3a	s3a
	t3b	s3b
	t3c	s3c
	⋮	⋮
4回転目の センサ計測値	t4a	s4a
	t4b	s4b
	t4c	s4c
	⋮	⋮
5回転目の センサ計測値	t5a	s5a
	t5b	s5b
	t5c	s5c
	⋮	⋮
6回転目の センサ計測値	t6a	s6a
	t6b	s6b
	t6c	s6c
	⋮	⋮
7回転目の センサ計測値	t7a	s7a
	t7b	s7b
	t7c	s7c
	⋮	⋮
	t7z	s7z

[図22]

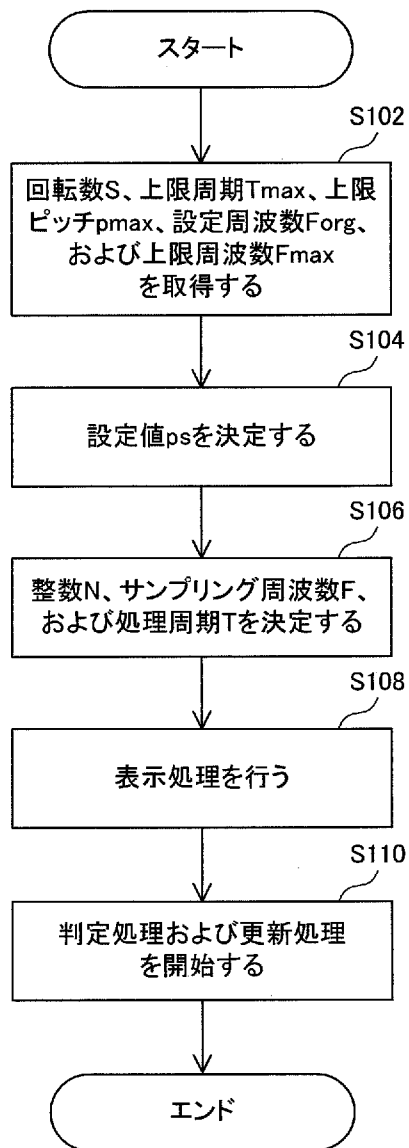
切削工具の  
回転位相:0度

サンプリング時刻	センサ計測値
t1a	s1a
t2a	s2a
t3a	s3a
t4a	s4a
t5a	s5a
t6a	s6a
t7a	s7a
t1b	s1b
t2b	s2b
t3b	s3b
t4b	s4b
t5b	s5b
t6b	s6b
t7b	s7b
t1c	s1c
t2c	s2c
t3c	s3c
⋮	⋮
⋮	⋮
⋮	⋮
⋮	⋮
⋮	⋮
⋮	⋮
⋮	⋮
t7z	s7z

↓

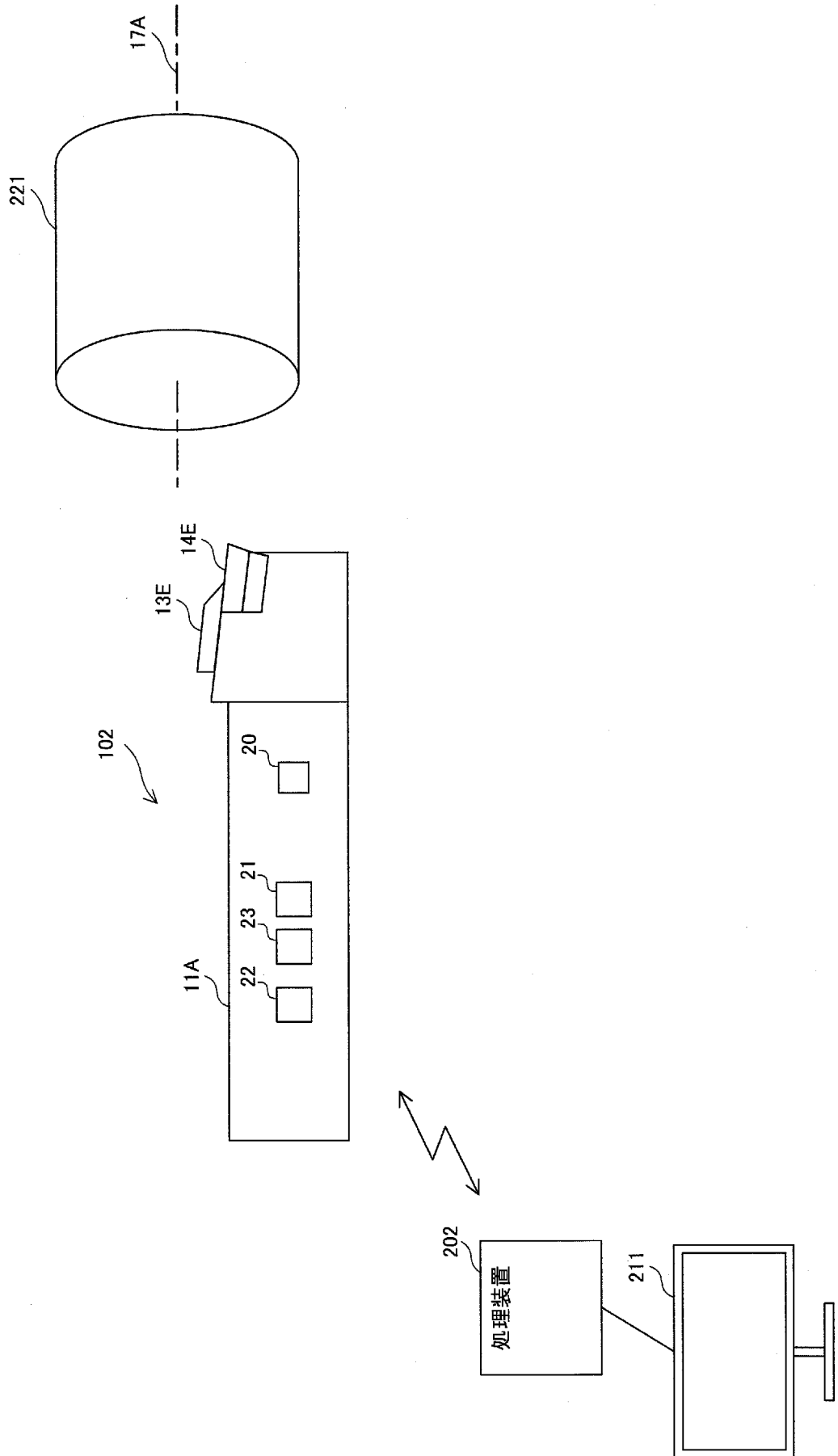
切削工具の  
回転位相:360度

[図23]

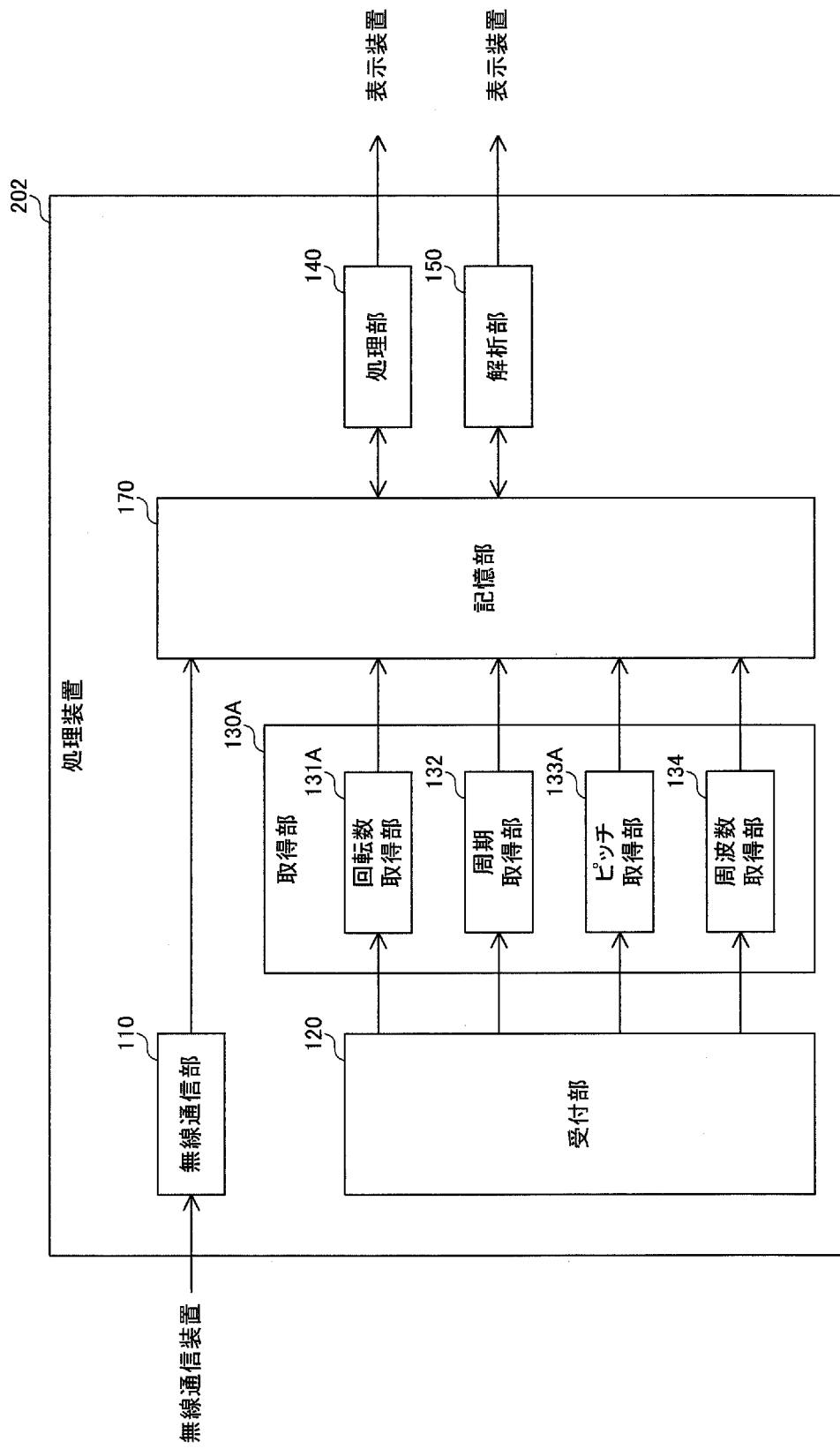


[図24]

302



[図25]



**INTERNATIONAL SEARCH REPORT**

International application No.

PCT/JP2020/046069

**A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER**

Int. Cl. G01L5/1627 (2020.01) i, B23Q17/09 (2006.01) i  
FI: B23Q17/09 A, G01L5/1627

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

**B. FIELDS SEARCHED**

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

Int. Cl. G01L5/00-G01L5/28, G01R13/34, G06F3/05, B23Q17/09

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 1971-2020  
Registered utility model specifications of Japan 1996-2020  
Published registered utility model applications of Japan 1994-2020

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.
Y A	WO 2015/056495 A1 (KOBE STEEL, LTD.) 23 April 2015 (2015-04-23), paragraphs [0011]-[0075], fig. 1-8	1-17, 19-24 18
Y A	US 2010/0194377 A1 (SONORA MEDICAL SYSTEMS, INC.) 05 August 2010 (2010-08-05), paragraphs [0002]-[0091], fig. 1-3, 6	1-17, 19-24 18
Y A	US 2015/0261207 A1 (PRO-MICRON GMBH & CO. KG) 17 September 2015 (2015-09-17), paragraphs [0051]-[0053], fig. 1	7-10, 15-17, 20, 22, 24 1-6, 11-14, 18-19, 21, 23
Y A	JP 3-054435 A (TOCHIGI PREFECTURE) 08 March 1991 (1991-03-08), p. 2, upper left column, line 2 to line 4, fig. 13	10 1-9, 11-24

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  
28.12.2020

Date of mailing of the international search report  
19.01.2021

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/JP2020/046069

## C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y A	JP 2020-163564 A (HITACHI METALS, LTD.) 08 October 2020 (2020-10-08), paragraph [0023], fig. 1	10 1-9, 11-24
A	US 2014/0216170 A1 (GEORGIA TECH RESEARCH CORPORATION) 07 August 2014 (2014-08-07)	1-24
A	JP 61-071499 A (HITACHI, LTD.) 12 April 1986 (1986-04-12)	1-24
A	JP 2020-089924 A (HITACHI, LTD.) 11 June 2020 (2020-06-11)	1-24

**INTERNATIONAL SEARCH REPORT**

Information on patent family members

International application No.

PCT/JP2020/046069

Patent Documents referred to in the Report	Publication Date	Patent Family	Publication Date
WO 2015/056495 A1	23.04.2015	US 2016/0303698 A1 paragraphs [0019]- [0083], fig. 1-8 CN 105612027 A KR 10-2016-0068944 A JP 2015-77658 A	
US 2010/0194377 A1	05.08.2010	(Family: none)	
US 2015/0261207 A1	17.09.2015	EP 2924526 A1 DE 102014103240 A1	
JP 3-054435 A	08.03.1991	(Family: none)	
JP 2020-163564 A	08.10.2020	(Family: none)	
US 2014/0216170 A1	07.08.2014	(Family: none)	
JP 61-071499 A	12.04.1986	(Family: none)	
JP 2020-089924 A	11.06.2020	(Family: none)	

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC）） G01L 5/1627(2020.01)i; B23Q 17/09(2006.01)i FI: B23Q17/09 A; G01L5/1627		
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）） G01L5/00-G01L5/28; G01R13/34; G06F3/05; B23Q17/09 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 1971-2020年 日本国実用新案登録公報 1996-2020年 日本国登録実用新案公報 1994-2020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
Y A	WO 2015/056495 A1 (株式会社神戸製鋼所) 23.04.2015 (2015-04-23) 段落[0011]-[0075], 図1-8	1-17, 19-24 18
Y A	US 2010/0194377 A1 (SONORA MEDICAL SYSTEMS, INC.) 05.08.2010 (2010-08-05) 段落[0002]-[0091], 図1-3, 6	1-17, 19-24 18
Y A	US 2015/0261207 A1 (PRO-MICRON GMBH & CO. KG) 17.09.2015 (2015-09-17) 段落[0051]-[0053], 図1	7-10, 15-17, 20, 22, 24 1-6, 11-14, 18-19, 21, 23
Y A	JP 3-054435 A (栃木県) 08.03.1991 (1991-03-08) 第2ページ左上欄第2行-第4行, 第13図	10 1-9, 11-24
<input checked="" type="checkbox"/> C欄の続きにも文献が列挙されている。 <input checked="" 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 28.12.2020	国際調査報告の発送日 19.01.2021	
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） 中里 翔平 3C 4791 電話番号 03-3581-1101 内線 3324	

C. 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリ*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
Y	JP 2020-163564 A (日立金属株式会社) 08.10.2020 (2020 - 10 - 08)	10
A	段落[0023], 図1	1-9, 11-24
A	US 2014/0216170 A1 (GEORGIA TECH RESEARCH CORPORATION) 07.08.2014 (2014 - 08 - 07)	1-24
A	JP 61-071499 A (株式会社日立製作所) 12.04.1986 (1986 - 04 - 12)	1-24
A	JP 2020-089924 A (株式会社日立製作所) 11.06.2020 (2020 - 06 - 11)	1-24

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/JP2020/046069

引用文献			公表日	パテントファミリー文献	公表日
WO	2015/056495	A1	23.04.2015	US 2016/0303698 A1 段落[0019]-[0083], 図1-8 CN 105612027 A KR 10-2016-0068944 A JP 2015-77658 A	
US	2010/0194377	A1	05.08.2010	(ファミリーなし)	
US	2015/0261207	A1	17.09.2015	EP 2924526 A1 DE 102014103240 A1	
JP	3-054435	A	08.03.1991	(ファミリーなし)	
JP	2020-163564	A	08.10.2020	(ファミリーなし)	
US	2014/0216170	A1	07.08.2014	(ファミリーなし)	
JP	61-071499	A	12.04.1986	(ファミリーなし)	
JP	2020-089924	A	11.06.2020	(ファミリーなし)	