

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2005-246494
(P2005-246494A)

(43) 公開日 平成17年9月15日(2005.9.15)

(51) Int. Cl.⁷

B 2 4 B 49/04
B 2 4 B 5/04

F I

B 2 4 B 49/04
B 2 4 B 5/04

A

テーマコード(参考)

3 C 0 3 4
3 C 0 4 3

審査請求 未請求 請求項の数 1 O L (全 9 頁)

(21) 出願番号 特願2004-56120 (P2004-56120)
(22) 出願日 平成16年3月1日(2004.3.1)

(71) 出願人 000003470
豊田工機株式会社
愛知県刈谷市朝日町1丁目1番地
(72) 発明者 堀 伸充
愛知県刈谷市朝日町1丁目1番地 豊田工機株式会社内
(72) 発明者 佐々木 雄二
愛知県刈谷市朝日町1丁目1番地 豊田工機株式会社内
Fターム(参考) 3C034 CA01 CA02 DD03
3C043 AA01 CC03 DD06

(54) 【発明の名称】 研削装置

(57) 【要約】

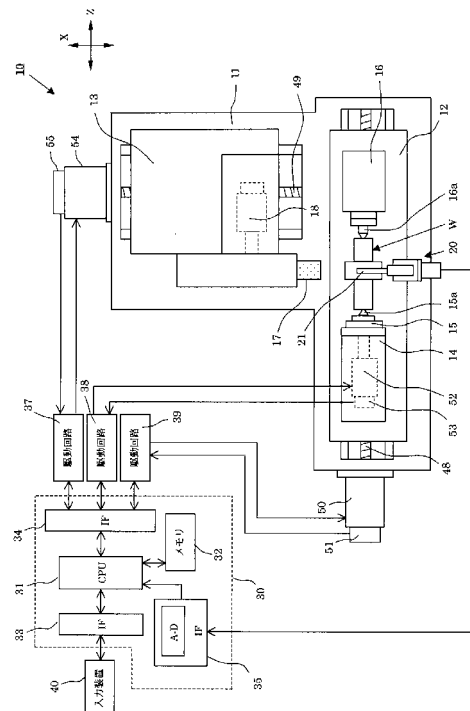
【課題】

機上で工作物の真円度を正確に求めることのできる研削装置を提供する。

【解決手段】

研削途中若しくは研削終了後の前記工作物の外径寸法を工作物を回転させながら連続的に測定する定寸装置によって測定された工作物複数回転分の測定データを工作物の1回転毎についてフーリエ変換を行い、該フーリエ変換によって変換された変換データについて次数毎のコヒーレンスを算出する。そして、算出した次数毎のコヒーレンスと予め設定した所定値とをそれぞれ比較して、該コヒーレンスが該所定値以上である場合にそのコヒーレンスの次数に対応する変換データを平均化して、その変換データについてフーリエ逆変換を行い正規データを算出する。そして、算出した正規データより工作物の真円度を算出するようにした。

【選択図】 図1



【特許請求の範囲】**【請求項 1】**

砥石車を支承して回転駆動する砥石台と、工作物を支持して回転駆動する主軸と、前記砥石台を進退移動する送り装置と、研削途中若しくは研削終了後の前記工作物の外径寸法を工作物を回転させながら連続的に測定する定寸装置とを備え、前記砥石車を前記工作物に対して接近離間する方向に相対移動させて前記工作物を研削する研削装置において、

前記定寸装置によって測定される工作物複数回転分の測定データを記憶する測定データ記憶手段と、

前記記憶した測定データを前記工作物の 1 回転毎についてフーリエ変換を行い、該フーリエ変換によって変換された変換データについて次数毎にコヒーレンスを算出するコヒーレンス算出手段と、

前期コヒーレンス算出手段によって算出した次数毎のコヒーレンスと予め設定した所定値とをそれぞれ比較して、該コヒーレンスが該所定値以上である場合にそのコヒーレンスの次数に対応する変換データを平均化する変換データ平均化手段と、

前記変換データ平均化手段によって平均化された変換データについてフーリエ逆変換を行い前記測定データの正規データを算出する正規データ算出手段と、

前記正規データ作成手段によって作成された正規データより真円度を算出する真円度算出手段とを備えたことを特徴とする研削装置。

10

【発明の詳細な説明】**【技術分野】**

20

【0001】

本発明は機上で工作物の真円度を正確に求めることのできる研削装置に関する。

【背景技術】**【0002】**

一般に、円筒状の工作物の研削加工においては、加工途中若しくは加工終了時に加工した研削箇所寸法の真円度を求め、その真円度の結果をもとに不良品の判定や研削条件の変更、砥石車の切り込み量の補正等が行われている。

【0003】

その際、従来は、工作物を一旦機械から取り外し、作業者が機外の真円度測定器まで運んで真円度を測定して、得られた真円度の結果をもとにして不良品の判定や補正データの作成等を行っていた。

30

【0004】

しかしながら、上述のように機外で測定する方法は、作業に多大な時間を要してしまうため、機械の生産性が低下するという問題があった。

【0005】

そこで、最近では、機上に設置された定寸装置によって、加工途中若しくは加工が終了した工作物の寸法を機上で測定し、その測定結果をもとに真円度の算出や不良品の判定、補正データの作成等が行われるようになった。その結果、工作物を機外に取り外して測定する手間が省けたので、真円度不良の判定を直ちに行うことができるようになり、また、得られた真円度をもとに直ちに補正データを作成することができるようになり、機械の生産性が向上した。

40

【発明の開示】**【発明が解決しようとする課題】****【0006】**

しかしながら、機上に設置された定寸装置によって、加工途中若しくは加工を終了した工作物の寸法を測定する場合、工作物に付着したクーラントや細かい切屑、また機械の動作による振動やノイズ等の外乱により測定を精度良く行うことができないことがある。その結果、真円度を正確に求めることができず、真円度不良ではない工作物を誤って真円度不良と判定したり、或いは、誤った補正データを作成する可能性があった。

【0007】

50

本発明は、以上のような問題を解決することを目的としており、機上で工作物の真円度を正確に求めることのできる研削装置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】

【0008】

本発明の請求項1に記載の発明は、砥石車を支承して回転駆動する砥石台と、工作物を支持して回転駆動する主軸と、前記砥石台を進退移動する送り装置と、研削途中若しくは研削終了後の前記工作物の外径寸法を工作物を回転させながら連続的に測定する定寸装置とを備え、前記砥石車を前記工作物に対して接近離間する方向に相対移動させて前記工作物を研削する研削装置において、前記定寸装置によって測定される工作物複数回転分の測定データを記憶する測定データ記憶手段と、前記記憶した測定データを前記工作物の1回転毎についてフーリエ変換を行い、該フーリエ変換によって変換された変換データについて次数毎にコヒーレンスを算出するコヒーレンス算出手段と、前期コヒーレンス算出手段によって算出した次数毎のコヒーレンスと予め設定した所定値とをそれぞれ比較して、該コヒーレンスが該所定値以上である場合にそのコヒーレンスの次数に対応する変換データを平均化する変換データ平均化手段と、前記変換データ平均化手段によって平均化された変換データについてフーリエ逆変換を行い前記測定データの正規データを算出する正規データ算出手段と、前記正規データ作成手段によって作成された正規データより真円度を算出する真円度算出手段とを備えたことを特徴とするものである。

10

【発明の効果】

【0009】

本発明の請求項1によれば、定寸装置によって測定された工作物複数回転分の測定データを1回転毎にフーリエ変換して、フーリエ変換によって変換された変換データについて次数毎のコヒーレンスを算出して、コヒーレンスが所定値以上の変換データのみを採用して更に採用した変換データを平均化するようにしたので、測定値の信頼性が向上し、工作物の真円度を正確に求めることができる。

20

【発明を実施するための最良の形態】

【0010】

以下、本発明の実施形態について図面を参照しながら説明する。図1及び図2に示すように、研削装置10のベッド11上には左右方向(Z方向)移動可能に案内支持した工作物テーブル12が設置されている。

30

【0011】

工作物テーブル12は、ベッド11に設けたエンコーダ51付きのサーボモータ50によって制御駆動され、Z軸送りねじ装置48を介してZ方向に移動する。サーボモータ50は、数値制御装置30にインターフェース34を介して接続される駆動回路39により制御される。エンコーダ51はサーボモータ50の回転角度を介して工作物テーブル12の移動位置を検出し、この検出値は数値制御装置30に入力される。

【0012】

また、工作物テーブル12上には、主軸15を軸承する主軸台14と心押台16が左右方向に対向して同軸的に設けられ、工作物Wは主軸15と心押台16に設けたセンタ15a, 16aにより両端が支持されている。

40

【0013】

主軸15は、主軸台14に内蔵されたエンコーダ53付きサーボモータ52によって回転駆動され、工作物Wは主軸15と共に回転される。サーボモータ52は数値制御装置30にインターフェース34を介して接続される駆動回路38により制御される。エンコーダ53は、サーボモータ52の回転角度を検出し、この検出値は数値制御装置30に入力される。

【0014】

また、ベッド11上には、Z方向と直交する水平なX方向に移動可能に砥石台13が案内支持され、この砥石台13にはCBN砥石等の砥石車17が主軸15と平行な砥石軸により軸承され、砥石台13に内蔵されたモータ18により回転駆動される。

50

【0015】

砥石台13は、ベッド11に設けたエンコーダ55付きのサーボモータ54によって制御駆動され、X軸送りねじ装置49を介してX方向に移動する。サーボモータ54は、数値制御装置30にインターフェース34を介して接続される駆動回路37により制御される。エンコーダ55はサーボモータ54の回転角度を介して砥石台13の移動位置を検出し、この検出値は数値制御装置30に入力される。

【0016】

また、工作物テーブル12上には定寸装置20が設置されている。定寸装置20には、工作物Wの外周部に係合するための上下一対の測定子21を有する測定部22を備えている。測定部22は、その本体内に図略の差動トランスを備え、測定信号(アナログ信号)を生成して数値制御装置30に出力する。以上の構成の定寸装置20により工作物Wの寸法を連続的に測定することができる。なお、測定部22はシリンダ23により「待機位置」から「測定位置」との間で移動できるように構成されている。「測定位置」とは工作物Wの外径寸法を測定する位置であり、「待機位置」とは測定子21を工作物Wの外周部から離間させて、X軸方向に工作物Wから遠ざかる方向に移動させた位置である。

10

【0017】

数値制御装置30は、中央処理装置(CPU)31、メモリ32、インターフェース33、34、A-Dコンバータ35から構成されている。前記定寸装置20によって出力された測定信号(アナログ信号)はA-Dコンバータ35によってデジタル信号に変換される。そして、このデジタル信号に変換された測定データにもとづいてCPU31が後述する工作物Wに関する周波数解析(フーリエ変換・フーリエ逆変換)やコヒーレンス、真円度の算出等を行う。なお、インターフェース33には、制御データ等を入力するキーボード等の入力装置40が接続されている。また、メモリ32は、工作物Wを加工するための加工プログラム、定寸装置20によって測定された測定データ及びその他のデータ等を格納する。

20

【0018】

以上のような構成の研削装置10において、工作物Wの真円度算出方法について図3のフローチャートをもとに説明する。なお、以下の説明では研削が終了した工作物を測定する場合を例に挙げて説明する。

【0019】

まず、工作物Wの研削加工が終了すると(ステップ100)、砥石台13を後退させるとともに、定寸装置20をX軸方向に前進させて定寸装置20の測定子21が工作物Wの外周面に当接させる(ステップ110)。定寸装置20の測定子21が当接されると、工作物Wは主軸15によって所定回転数で回転され、工作物Wの回転位相に対応する測定データのサンプリングを行い、数値制御装置30のA-Dコンバータ35によってデジタル信号に変換されて、メモリ32に記憶される(ステップ120)。なお、本実施形態においては、例として工作物Wの三回転分の測定データのサンプリングし、図4(a)、(b)、(c)に示すような測定結果が得られたとする。

30

【0020】

図4(a)、(b)、(c)は、それぞれ工作物一回転目に測定した測定データ(図4(a))と工作物二回転目に測定したデータ(図4(b))、工作物三回転目に測定した測定データ(図4(c))を極座標で示したものである。なお、今後の説明では、工作物一回転目に測定した測定データを $p_1(t)$ 、工作物二回転目に測定したデータを $p_2(t)$ 、工作物三回転目に測定した測定データを $p_3(t)$ とする。

40

【0021】

続いて、メモリ32に記憶された工作物Wの複数回転分の測定データについて、工作物一回転数毎の測定データをそれぞれ抽出して周波数解析(フーリエ変換)を行う(ステップ130)。

【0022】

すなわち、本実施形態では、メモリ32に記憶されている工作物三回転分の測定データ

50

を、工作物一回転目に測定した測定データ $p_1(t)$ 、工作物二回転目に測定したデータ $p_2(t)$ 、工作物三回転目に測定した測定データ $p_3(t)$ ごとに抽出し、それぞれの工作物 W の回転毎の測定データについてフーリエ変換を行う。

【0023】

その結果、各測定データは時間領域から周波数領域のデータに変換され、空間周波数に対して実部と虚部からなる値で表される。ここで、空間周波数 ω におけるフーリエ変換された値を $P(\omega)$ とし、工作物一回転目に測定したデータ $p_1(t)$ をフーリエ変換した値のうち空間周波数 ω における値を $P_1(\omega)$ とすると、 $P_1(\omega)$ は

$$P_1(\omega) = a_1(\omega) + b_1(\omega) i \quad (\text{式1})$$

となる。ここで、 $a_1(\omega)$ は $P_1(\omega)$ の実部、 $b_1(\omega)$ は $P_1(\omega)$ の虚部を表す。同様に、工作物二回転目に測定したデータをフーリエ変換した値のうち空間周波数 ω における値を $P_2(\omega)$ とすると、 $P_2(\omega)$ は

$$P_2(\omega) = a_2(\omega) + b_2(\omega) i \quad (\text{式2})$$

となる。また、工作物三回転目に測定したデータをフーリエ変換した値のうち空間周波数 ω における値を $P_3(\omega)$ とすると、 $P_3(\omega)$ は

$$P_3(\omega) = a_3(\omega) + b_3(\omega) i \quad (\text{式3})$$

となる。

【0024】

なお、今後の説明では上記の $P_1(\omega)$ 、 $P_2(\omega)$ 、 $P_3(\omega)$ を変換データと呼ぶ。また、空間周波数 ω は、山数、若しくは、次数といった用語で表現することがあり、今後の説明では次数（山数） n と表記する。

【0025】

続いて、ステップ130にて求めた工作物 W の回転毎にフーリエ変換された変換データについてコヒーレンスを求める。（ステップ140）

さて、ここで、ステップ140の具体的な説明に移る前にコヒーレンスについて説明する。コヒーレンスとは2つの信号の間の相関度合いを表す値であって0から1の間の値をとる。今、ある入力信号 x に対する出力信号 y のコヒーレンスを γ とすると、コヒーレンスは以下の（式4）で表すことができる。

$$\gamma = \frac{|\langle S_{xy}(\omega) \rangle_M|^2}{\langle S_{xx}(\omega) \rangle_M \cdot \langle S_{yy}(\omega) \rangle_M} \quad (\text{式4})$$

【0026】

ここで、 $|\langle S_{xy}(\omega) \rangle_M|$ は入力信号 x と出力信号 y の M 回平均のクロスパワースペクトルを表し、 $\langle S_{xx}(\omega) \rangle_M$ は入力信号 x の M 回平均のパワースペクトルを表し、 $\langle S_{yy}(\omega) \rangle_M$ は出力信号 y の M 回平均のパワースペクトルを表す。

【0027】

そして、例えば、ある入力信号と出力信号のコヒーレンスを求めた際、空間周波数 ω_1 においてコヒーレンスが1となった場合は、入力信号と出力信号とが空間周波数 ω_1 において一致していることを意味しており、2つの信号が空間周波数 ω_1 において相関関係があることを示している。また、空間周波数 ω_2 においてコヒーレンスが0となった場合は、入力信号と出力信号とが空間周波数 ω_2 において全く一致していないことを示しており、相関関係がないことを示している。

【0028】

したがって、コヒーレンスを求めることによって、空間周波数内に全く関係のない無関係な信号（例えば系内部で発生しているノイズ、系の非直線性または系の時間遅延等）が含まれているかどうかを調べることができる。

【0029】

さて、本実施形態の説明にもどり、図3のステップ140のコヒーレンスの算出について図5のフローチャートにより詳細に説明する。まず、本実施形態においては、ステップ130において求めた工作物 W の三回転分の測定データのフーリエ変換された変換データ

10

20

30

40

50

P_1 ()、 P_2 ()、 P_3 ()について、工作物一回転目の測定データをフーリエ変換した変換データ P_1 ()を入力として P_2 ()及び P_3 ()を出力とした時のコヒーレンス γ_1 ()を求める(ステップ142)。次に、工作物二回転目の測定データをフーリエ変換した変換データ P_2 ()を入力として P_1 ()及び P_3 ()を出力とした時のコヒーレンス γ_2 ()を求める(ステップ142)。そして、最後に、工作物三回転目の測定データをフーリエ変換した変換データ P_3 ()を入力として P_2 ()及び P_3 ()を出力とした時のコヒーレンス γ_3 ()を求める(ステップ143)。そして、このステップ141からステップ143を全ての回数について行う。

【0030】

図6はステップ140によって算出したコヒーレンス γ_1 ()、 γ_2 ()、 γ_3 ()の結果を示したものである。図6は、縦軸にコヒーレンスを取り、横軸に回数(山数)を取り、20回までのコヒーレンスを求めた結果を示している。図6に示すとおり、コヒーレンス γ_1 ()、 γ_2 ()、 γ_3 ()は3回を境にして、それ以降急激に低下していることがわかる。

10

【0031】

さて、次のステップでは、ステップ140で求めたコヒーレンス γ_1 ()、 γ_2 ()、 γ_3 ()についてある所定値を設けて、コヒーレンスが所定値以上であるものについてその入力側の変換データを平均化する処理を行う(ステップ150)。

【0032】

ここで、図3のステップ150の詳細について図7のフローチャートにより詳細に説明する。まず、回数 n について、コヒーレンス γ_1 ()、 γ_2 ()、 γ_3 ()がそれぞれ所定値以上であるか否かを判定する(ステップ152~154)。なお、ここでは所定値を0.95と設定するが、この値は任意に設定することができる。そして、コヒーレンスの値が0.95以上であったものについてはその入力側の変換データを平均化する。

20

【0033】

例えば、回数 n において、コヒーレンス γ_1 ()、 γ_2 ()、 γ_3 ()のすべての値が0.95以上であった場合には、変換データ P_1 ()、 P_2 ()、 P_3 ()を平均化する。また、コヒーレンス γ_2 ()、 γ_3 ()が0.95以上であった場合には、変換データ P_1 ()は除去し、変換データ P_2 ()、 P_3 ()を平均化する。

30

【0034】

本実施形態では、図6に示すように、コヒーレンス γ_1 ()、 γ_2 ()、 γ_3 ()は2回、3回については全て0.95以上となっているが4回以降については0.95以下となっているので、2回及び3回におけるフーリエ変換された P_1 ()、 P_2 ()、 P_3 ()を平均化し、4回以降についてはそれぞれの信号に相関がないとして除去する。なお、今後の説明では平均化した変換データを P_t ()とする。

【0035】

続いて、ステップ150で平均化された変換データ P_t ()に対してフーリエ逆変換を行う(ステップ160)。その結果、周波数領域から時間領域のデータに変換された値が得られる。なお、このフーリエ逆変換された値を $p_a(t)$ とし、今後の説明では $p_a(t)$ を正規データと呼ぶ。その後、正規データ $p_a(t)$ をもとに真円度を算出して(ステップ170)、不良品の判定や補正データの作成が行われる。

40

【0036】

以上、ステップ100からステップ170において処理された結果を図8に示す。図8は、機外の真円度測定器で本実施形態の工作物を測定した結果(a)と、機上にて測定された工作物Wの全データ $p(t)$ を各位相毎に平均化した結果(b)と、機上にて測定された全データ $p(t)$ をステップ130からステップ170までの処理を行った結果(c)とを極座標で示したものである。

【0037】

まず、図8(b)に示すとおり、本発明のステップ130からステップ170の処理を

50

行う前は、工作物にクーラントや細かい切屑、大気中のゴミの付着や機械の動作による振動、ノイズ等の外乱による影響によって、機外で測定した図8(a)と比べて工作物を精度良く測定できていないことが分かる。

しかしながら、図8(c)に示すとおり、本発明による処理を行うことによって、機外の真円度測定器で測定した図8(a)の結果と略同一の結果が得られることが分かる。

【0038】

以上の結果より、測定データに信頼性の低いデータが含まれている場合でも、測定データよりコヒーレンスを求めて、コヒーレンスの結果より信頼性の高いデータのみを採用し、信頼性の低いデータを除去することによって、測定データの信頼性が高くなり、工作物Wの真円度を正確に求めることができる。

10

【0039】

なお、本実施形態においては、研削後の工作物についての真円度を求めるようにしたが、それに限らず、例えば研削途中の工作物の真円度を測定するようにしてもよい。

【図面の簡単な説明】

【0040】

【図1】本発明の研削装置の平面図を示す図。

【図2】本発明の研削装置の側面図を示す図。

【図3】本発明のフローチャートを示す図。

【図4】ステップ120で測定した測定データを示す図

【図5】本発明のフローチャートの詳細を示す図。

20

【図6】コヒーレンスの算出結果を示す図

【図7】本発明のフローチャートの詳細を示す図。

【図8】工作物を機外及び機上で測定した結果を示す図。

【符号の説明】

【0041】

10：研削装置

20：定寸装置

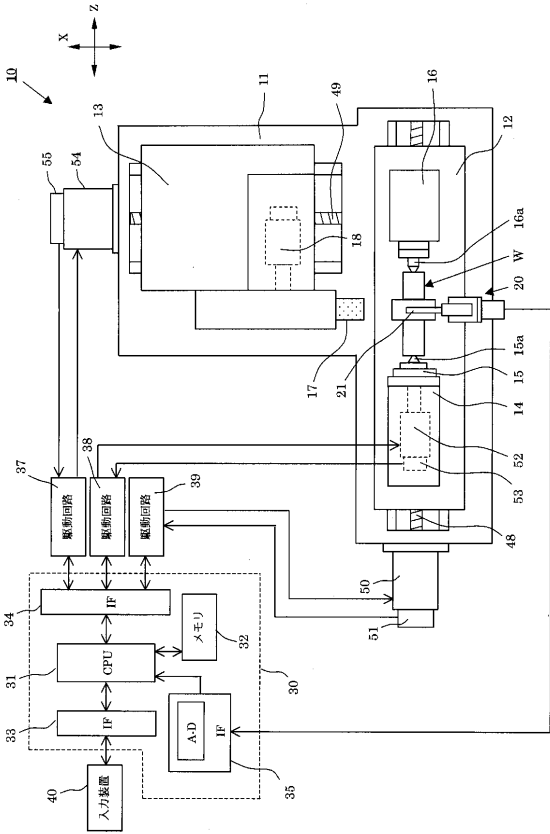
30：数値制御装置

λ_1 ()、 λ_2 ()、 λ_3 ()：次数 におけるコヒーレンス

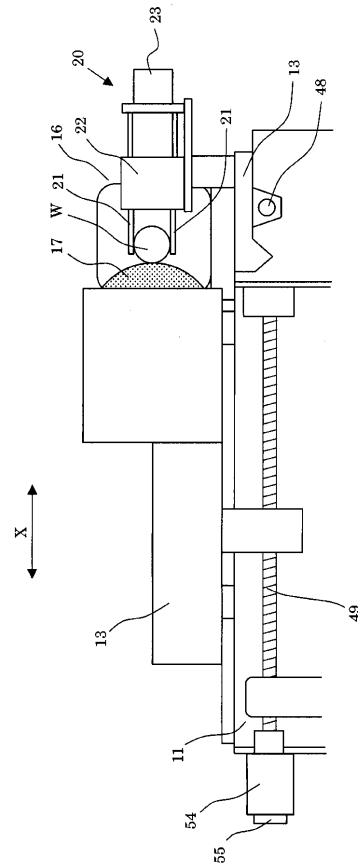
W：工作物

30

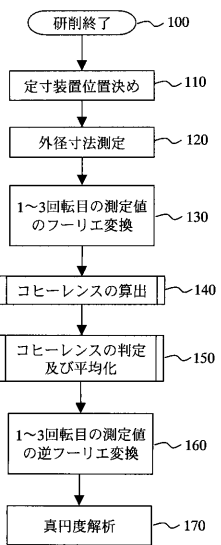
【図1】



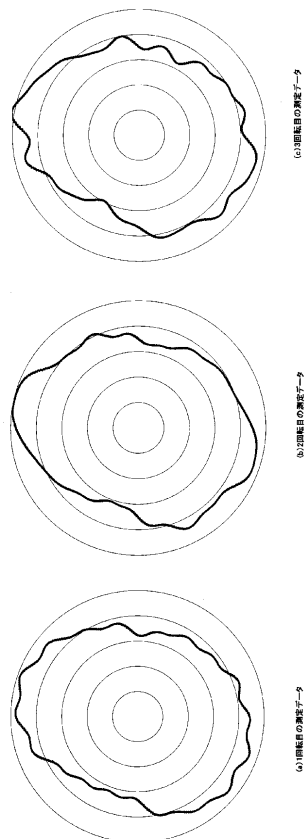
【図2】



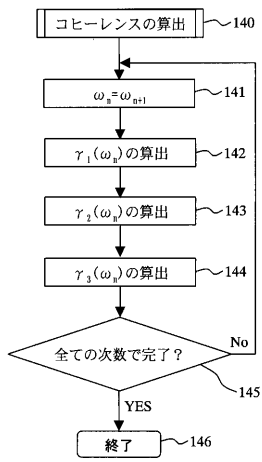
【図3】



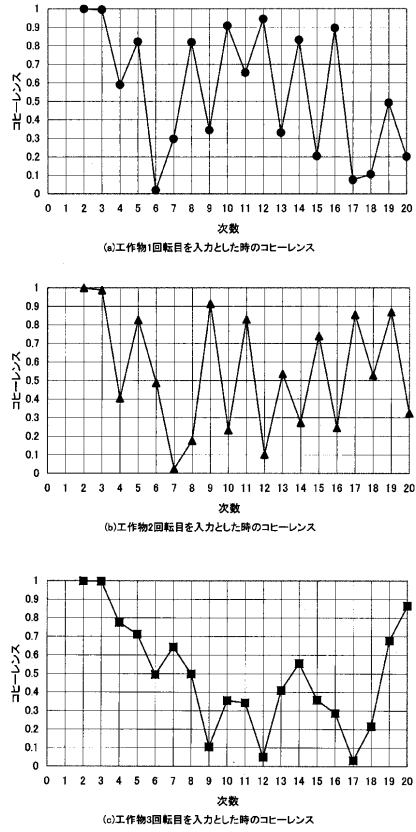
【図4】



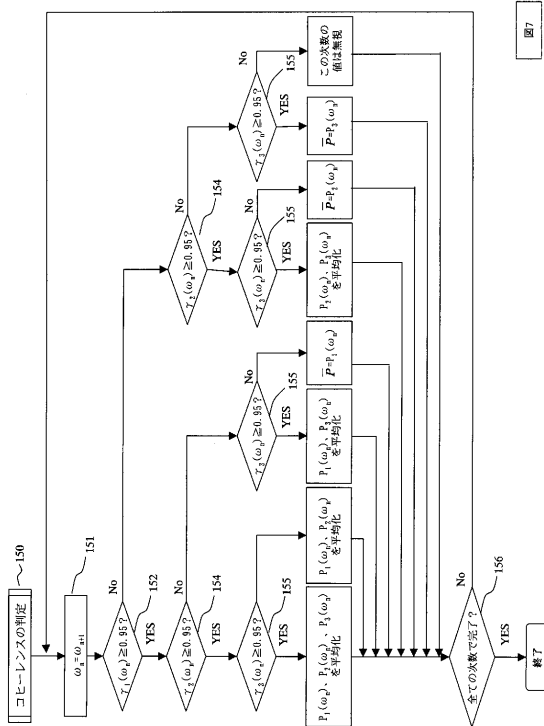
【 図 5 】



【 図 6 】



【 図 7 】



【 図 8 】

