

(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2007-147331

(P2007-147331A)

(43) 公開日 平成19年6月14日(2007.6.14)

(51) Int. Cl.

G 0 1 B 21/30 (2006.01)

F I

G 0 1 B 21/30 1 O 1 F

テーマコード (参考)

2 F 0 6 9

審査請求 未請求 請求項の数 4 O L (全 9 頁)

(21) 出願番号 特願2005-339103 (P2005-339103)
 (22) 出願日 平成17年11月24日 (2005.11.24)

(71) 出願人 899000057
 学校法人日本大学
 東京都千代田区九段南四丁目8番24号
 (74) 代理人 100110629
 弁理士 須藤 雄一
 (72) 発明者 李 和樹
 東京都千代田区九段南四丁目8番24号
 学校法人 日本大学
 内
 (72) 発明者 山田 高三
 東京都千代田区九段南四丁目8番24号
 学校法人 日本大学
 内
 Fターム(参考) 2F069 AA55 AA61 BB01 GG04 GG06
 GG07 GG11 GG39 GG62 GG71
 JJ06 JJ13 JJ22

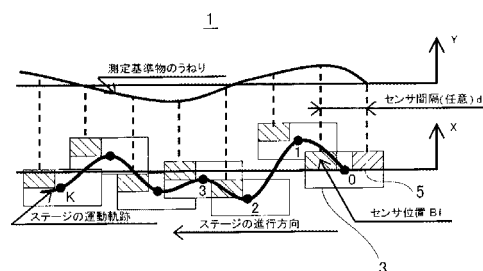
(54) 【発明の名称】 真直度測定方法及び装置

(57) 【要約】

【課題】測定対象の移動距離、或いは測定対象が小さい場合でも測定を可能とする。

【解決手段】測定基準物1及び測定基準物1に沿って一定の測定間隔d1で直線移動及び停止可能なステージ3と、測定基準物1及びステージ3の表面形状及び運動軌跡間の相対変位を検出する変位センサ7とを備え、ステージ3上の2点につき測定間隔d1毎に相対変位を測定した結果に基づき測定基準物1及びステージ3の形状誤差、運動誤差を求める真直度測定装置において、相対変位の測定間隔d1毎の測定を、ステージ3の2点についてステージ3の移動を繰り返し変位センサ7を各別に配置して行うことを特徴とする。

【選択図】図2



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

固定体及び該固定体に沿って一定の測定間隔で直線移動及び停止可能な可動体と、
前記固定体及び可動体の表面形状及び運動軌跡間の相対変位を検出する変位センサとを
備え、

前記可動体又は固定体上の 2 点につき前記測定間隔毎に前記相対変位を測定した結果に
基づき前記固定体及び可動体の形状誤差、運動誤差を求める真直度測定方法であって、

前記相対変位の測定間隔毎の測定を、前記可動体又は固定体の 2 点について前記可動体
の移動を繰り返して各別に行う

ことを特徴とする真直度測定方法。

10

【請求項 2】

請求項 1 記載の真直度測定方法であって、

前記相対変位の測定間隔毎の測定を、前記可動体又は固定体の 1 点について行った後、
他の 1 点について行う

ことを特徴とする真直度測定方法。

【請求項 3】

固定体及び該固定体に沿って一定の測定間隔で直線移動および停止可能な可動体と、

前記固定体及び可動体の表面形状及び運動軌跡間の相対変位を検出する変位センサとを
備え、

前記可動体又は固定体上の 2 点につき前記測定間隔毎に前記相対変位を測定した結果に
基づき前記固定体及び可動体の形状誤差、運動誤差を求める真直度測定装置であって、

前記相対変位の測定間隔毎の測定を、前記可動体又は固定体の 2 点について前記可動体
の移動を繰り返し前記変位センサを各別に配置して行う

ことを特徴とする真直度測定装置。

20

【請求項 4】

請求項 3 記載の真直度測定装置であって、

前記相対変位の測定間隔毎の測定を、前記可動体又は固定体の 1 点に前記変位センサを
配置して行った後、他の 1 点に前記変位センサを配置して行う

ことを特徴とする真直度測定装置。

【発明の詳細な説明】

30

【技術分野】

【0001】

本発明は、マイクロ機械要素の運動誤差の測定などに用いられる真直度測定方法及び装
置に関する。

【背景技術】

【0002】

直進運動するステージ（物体）が図 10 のような運動軌跡（運動誤差）を示したときに
、この軌跡を平行な 2 平面 I、I' で挟んだときの 2 平面の最小な間隔 f を JIS では運
動の真直度と定義している。

このような運動誤差を測定する方法として、従来逐次 2 点法がある。

40

【0003】

図 11 は、逐次 2 点法の原理を示す説明図である。

【0004】

逐次 2 点法では、2 つのセンサ A、B を、移動可能なステージ 101 に固定し、ステー
ジ 101 以外の場所に固定した測定基準物 103 との相対変位をこれら 2 つのセンサ A、
B を用いて測定する。この測定値より、測定基準物 103 の形状誤差 105 とステージの
運動誤差 107 とを独立に求めることができる。

【0005】

さらに説明すると、図 11 に示した測定開始点（右端の点）を 0 とし、2 つのセンサ A
、B の間隔 d の刻みでステージを右方向に送るときに、基準線（理想的な直線）109 に

50

対するステージの変位を $X_1, X_2, \dots$ とする。

一方、測定基準物 103 はステージ 101 の基準線 109 と平行な直線 111 を基準とし、ステージ 101 の 0 位置におけるセンサ B に対応する測定基準物 103 の変位を $Y_1, Y_2, \dots$ とする。

K 番目のステージ位置における変位 $X_K, Y_K, X_{K+1}, Y_{K+1}$ に対し、センサ A, B の出力 V_{KA}, V_{KB} であるとする、次のような関係が導かれる。

$$V_{0B} - V_{0A} = Y_1 - X_0$$

$$V_{1A} - V_{0A} = Y_1 - X_1 \quad V_{1B} - V_{0B} = Y_2 - Y_1 - X_1$$

$$V_{2A} - V_{0A} = Y_2 - X_2 \quad V_{2B} - V_{0B} = Y_3 - Y_1 - X_2$$

従って、K 番目の位置における一般項は下記のようになる。

$$V_{KA} - V_{0A} = Y_K - X_K \quad V_{(K-1)B} - V_{0B} = Y_K - Y_1 - X_{K-1}$$

上述した関係からステージ 101 と測定基準物 103 の変位 X_K, Y_K を下記のように表すことができる。

$$X_K = V_{(K-1)B} - V_{KA} + X_{K-1}$$

$$Y_K = V_{(K-1)B} - V_{(K-1)A} + Y_{K-1}$$

ここで、初期値として $X_0 = 0, Y_0 = 0$ の値を与えることにより、 X_1, Y_1 から順に X_K, Y_K を求めることができ、ステージの運動誤差を定量的に測定・評価することが可能となる。

【0006】

しかし、従来の逐次 2 点法では、ステージ 101 の移動距離と 2 つのセンサ A, B の間隔が問題となる。すなわち、測定間隔 d が 2 つのセンサ A, B の大きさに依存するため、測定対象であるステージ 101 の移動距離が小さい場合には測定が困難となる。

【0007】

また、ステージ 101 の寸法と 2 つのセンサ A, B の寸法との関係が問題となり、測定対象であるステージ 101 が小さい場合には、ここに 2 つのセンサ A, B を固定することができず、測定が困難となる。

【0008】

【特許文献 1】特開 2001-157951 号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0009】

解決しようとする問題点は、測定対象の移動距離、或いは測定対象が小さい場合には測定が困難になるという点である。

【課題を解決するための手段】

【0010】

本発明は、測定対象の移動距離、或いは測定対象が小さい場合でも測定を可能とするため、固定体及び該固定体に沿って一定の測定間隔で直線移動及び停止可能な可動体と、前記固定体及び可動体の表面形状及び運動軌跡間の相対変位を検出する変位センサとを備え、前記可動体又は固定体上の 2 点につき前記測定間隔毎に前記相対変位を測定した結果に基づき前記固定体及び可動体の形状誤差、運動誤差を求める真直度測定方法であって、前記相対変位の測定間隔毎の測定を、前記可動体又は固定体の 2 点について前記可動体の移動を繰り返して各別に行うことを最も主要な特徴とする。

【0011】

また、固定体及び該固定体に沿って一定の測定間隔で直線移動および停止可能な可動体と、前記固定体及び可動体の表面形状及び運動軌跡間の相対変位を検出する変位センサとを備え、前記可動体又は固定体上の 2 点につき前記測定間隔毎に前記相対変位を測定した結果に基づき前記固定体及び可動体の形状誤差、運動誤差を求める真直度測定装置であって、前記相対変位の測定間隔毎の測定を、前記可動体又は固定体の 2 点について前記可動体の移動を繰り返し前記変位センサを各別に配置して行うことを最も主要な特徴とする。

【発明の効果】

10

20

30

40

50

【 0 0 1 2 】

本発明の真直度測定方法は、固定体及び該固定体に沿って一定の測定間隔で直線移動及び停止可能な可動体と、前記固定体及び可動体の表面形状及び運動軌跡間の相対変位を検出する変位センサとを備え、前記可動体又は固定体上の２点につき前記測定間隔毎に前記相対変位を測定した結果に基づき前記固定体及び可動体の形状誤差、運動誤差を求める真直度測定方法であって、前記相対変位の測定間隔毎の測定を、前記可動体又は固定体の２点について前記可動体の移動を繰り返して各別に行うため、可動体の移動距離、或いは可動体が小さい場合でも測定を行うことができる。

【 0 0 1 3 】

本発明の真直度測定装置は、固定体及び該固定体に沿って一定の測定間隔で直線移動および停止可能な可動体と、前記固定体及び可動体の表面形状及び運動軌跡間の相対変位を検出する変位センサとを備え、前記可動体又は固定体上の２点につき前記測定間隔毎に前記相対変位を測定した結果に基づき前記固定体及び可動体の形状誤差、運動誤差を求める真直度測定装置であって、前記相対変位の測定間隔毎の測定を、前記可動体又は固定体の２点について前記可動体の移動を繰り返し前記変位センサを各別に配置して行うことができる。

【 発明を実施するための最良の形態 】

【 0 0 1 4 】

測定対象の移動距離、或いは測定対象が小さい場合でも測定を可能にするという目的を、可動体又は固定体の２点についての相対変位の測定を可動体の移動を繰り返して各別に行わせることにより実現した。

【 実施例 1 】

【 0 0 1 5 】

図 1 , 図 2 は、本発明の実施例 1 に係る真直度測定方法及び装置の原理を示す説明図である。

【 0 0 1 6 】

〔 真直度測定装置 〕

本実施例の真直度測定装置は、測定基準物 1 を例えばブロックゲージ等で構成し、可動体を、直線移動可能な 1 軸のステージ 3 とした。ステージ 3 には、例えば単一のセンサ支持部 5 が備えられ、センサ支持部 5 は、ステージ 3 上の移動機構により、センサ位置 A 1 からセンサ位置 B 1 まで任意に移動し、制御された任意の位置で変位センサ 7 を位置決めすることができる。移動機構は、微細なレールにセンサ支持部 5 を支持し、センサ支持部 5 を微細なラック・ピニオン機構及びモータにより駆動するようなものである。但し、移動機構の構造は、任意であり、手動による移動機構も可能である。

【 0 0 1 7 】

ステージ 3 は、測定基準物 1 に沿って一定の測定間隔 d_1 で直線移動および停止可能となっている。測定間隔 d_1 は、センサ位置 A 1 , B 1 の間隔に対応し、ステージ 3 の大きさ、移動距離に合わせて任意に変更することができる。

【 0 0 1 8 】

前記ステージ 3 のセンサ支持部 5 には、固定体及び可動体の表面形状及び運動軌跡間の相対変位を検出する変位センサ 7 が着脱自在に支持されている。変位センサ 7 は、例えばレーザ変位計、渦電流型変位計、静電容量型変位計等で構成されている。この内、レーザ変位計は、測定範囲（スポット径）が小さく、最も適している。

【 0 0 1 9 】

前記ステージ 3 の２点、例えばセンサ位置 A 1 , B 1 における前記測定基準物 1 及びステージ 3 の表面形状及び運動軌跡間の相対変位を、前記測定間隔 d_1 毎に測定した結果に基づき前記測定基準物 1 の形状誤差及びステージ 3 の運動誤差を求めている。

【 0 0 2 0 】

測定した形状誤差、運動誤差は、ディスプレイに表示して確認し、或いは工作機械の制御に用いることもできる。

【 0 0 2 1 】

[真直度測定方法]

前記相対変位の測定間隔 d_1 毎の測定は、前記ステージ 3 のセンサ位置 A 1 , B 1 についてステージ 3 の移動を繰り返し前記変位センサ 7 をセンサ位置 A 1 , B 1 に各別に配置して行う。本実施例では、前記相対変位の測定間隔 d_1 毎の測定を、前記ステージ 3 の 1 点であるセンサ位置 A 1 に前記変位センサ 7 を配置し、ステージ 3 を測定間隔 d_1 で移動させて位置 0 ~ K 番目まで行った後、他の 1 点であるセンサ位置 B 1 に前記変位センサ 7 を配置して、測定間隔 d_1 でステージ 3 を繰り返し移動させ位置 0 ~ K 番目まで行う。

【 0 0 2 2 】

従って、相対変位の測定間隔 d_1 毎の測定は、ステージ 3 を測定間隔 d_1 で移動させ位置 0 ~ K 番目まで繰り返して各別に行わせる。すなわち、相対変位の測定間隔 d_1 毎の測定を、ステージ 3 のセンサ位置 A 1 について行った後、他のセンサ位置 B 1 について行う方法を採用している。

【 0 0 2 3 】

さらに説明すると、図 1 に示すように変位センサ 7 をセンサ支持部 5 に支持させ、センサ位置 A 1 に配置する。ステージ 3 を一定測定間隔 d_1 で移動させ、位置 0 ~ K 番目までステージ 3 と測定基準物 1 との相対変位を測定する。その後、図 2 に示すようにセンサ支持部 5 を移動させ、変位センサ 7 をセンサ位置 B 1 にずらし、同様に、位置 0 ~ K 番目まで繰り返して測定を行い、

$$X_K = V_{(K-1)B} - V_{KA} + X_{K-1}$$

$$Y_K = V_{(K-1)B} - V_{(K-1)A} + Y_{K-1}$$

の関係を用いて X_K , Y_K を順次測定する。従って、本実施例の真直度測定方法は、従来の逐次 2 点法に対し繰り返し 2 点法といえる。

【 0 0 2 4 】

図 3 は、従来の逐次 2 点法と繰り返し 2 点法との比較を示す説明図であり、(a) は、逐次 2 点法、(b) は、繰り返し 2 点法である。

【 0 0 2 5 】

図 3 (a) (b) の実線はステージの運動誤差を示し、● は、ステージの測定間隔毎の位置を示す。

【 0 0 2 6 】

図 3 (a) のように、逐次 2 点法では、ステージの運動距離 (測定間隔) がセンサ間隔の影響を受けるため、一定以上に測定間隔を小さくすることができていない。これに対し、図 3 (b) のように、繰り返し 2 点法では、ステージ 3 の運動距離 (測定間隔) がセンサ間隔の影響を受けないため、さらに細かい測定間隔で測定することができた。

【 0 0 2 7 】

[ステージが小さい場合]

ステージ 3 が小さい場合には、変位センサ 7 をステージ 3 の上に固定することができないため、変位センサ 7 と測定基準物 1 との位置関係を入れ替える。すなわち、変位センサ 7 をステージ 3 以外の固定側に配置し、測定基準物 1 をステージ 3 上に固定する。この場合、測定基準物 1 は、ステージ 3 の大きさに準じた大きさのものを作成する。また、変位センサ 7 をセンサ位置 A 1 からセンサ位置 B 1 に移す動作は、前記のようにモータを用いた移動機構或いは手動による移動機構で行われる。従って、測定基準物 7 が可動体となり、変位センサ 7 の取付相手が固定体となる。

【 0 0 2 8 】

この場合の測定原理は、基本的には従来の逐次 2 点法と同様であるが、変位センサ 7 と測定基準物 1 との移動関係が入れ替わったため、次のようになる。

【 0 0 2 9 】

図 4 , 5 は、センサ位置 A 1 とセンサ位置 B 1 とにおける測定の概要を示す説明図である。

【 0 0 3 0 】

10

20

30

40

50

前記の方法と同様に、 K 番目のセンサ位置における変位 $X_K + Y_K$ 、 $X_K + X_{K+1}$ とセンサの出力 V_{KA} 、 V_{KB} との関係は次のようになる。

$$\begin{aligned} X_0 + Y_0 + &= V_{0A} & X_0 + Y_1 &= V_{0B} \\ X_1 + Y_1 + &= V_{1A} & X_1 + Y_2 &= V_{1B} \end{aligned}$$

従って、一般式を次のように表すことができる。

【0031】

$$X_{K-1} + Y_{K-1} = V_{(K-1)A} \quad X_{K-1} + Y_K = V_{(K-1)B}$$

この関係から、 X_K 、 Y_K を次のように表すことができる。

【0032】

$$\begin{aligned} X_K &= V_{KA} - V_{(K-1)B} + X_{K-1} \\ Y_K &= V_{(K-1)B} - V_{(K-1)A} + Y_{K-1} \end{aligned}$$

ここで、従来の方法と同様に初期値 $X_0 = 0$ 、 $Y_0 = 0$ を設定することにより、 X_K 、 Y_K を順次求めることができる。

【0033】

[実験]

図6、図7は、前記繰り返し2点法に基づいた測定の性能を評価するための実験装置を示し、図6は、斜視図、図7は、他の方向から見た斜視図である。

【0034】

図6のように、本装置では、測定基準物1と1軸のステージ3と測定用センサである変位センサ7とを備え、その他にトリガ用センサ9、コーナーキューブ11、レーザ測長器13を備えている。

【0035】

ステージ3は、本実験例では手動であり、矢印Eで示すように左下から右上方向に移動させる。但し、移動の向きは逆でもよい。ステージ3には、測定基準物1を固定しており、これとの相対変位をステージ以外の場所に固定した測定用の変位センサ7にて測定した。また、測定の開始点と終了点を決めるためのトリガ用センサ9を変位センサ7の反対側に固定した。一方で、ステージ3の送り方向の位置を測定するためにステージ3上にコーナーキューブ11を固定し、これを外部に固定したレーザ測長器13にて測定した。ここに示したトリガ用センサ9、コーナーキューブ11、ならびにレーザ測長器13は提案した原理を検証するために用いたものであり、必ずしも必要としない。

【0036】

上記の装置を使用し、センサ位置A1、B1の間隔を0.2mm、全移動距離5mmという条件で測定を行った。センサ位置A1とセンサ位置B1とを変えるに当たっては、ステージ3上に固定した手動ステージを用いた。

【0037】

本実験より得た変位センサ7と測定基準物1との相対距離から、

$$\begin{aligned} X_K &= V_{KA} - V_{(K-1)B} + X_{K-1} \\ Y_K &= V_{(K-1)B} - V_{(K-1)A} + Y_{K-1} \end{aligned}$$

を用いて求めたステージ3の運動軌跡（運動誤差）と測定基準物1の形状は、図8、図9のようであった。図8は、ステージの運動軌跡を示すグラフ、図9は、測定基準物の形状を示すグラフである。

図8、図9に示すように、提案した本発明実施例の方法及び装置では、測定基準物1とステージ3との動きが干渉することなく測定できていることを確認した。その結果、ステージ3の真直度が13.4 μ m、測定基準物1の真直度は1.7 μ mであった。なお、ステージ3は、1mmの周期で大きなうねりを示しているが、これはステージ3駆動のために使用している送りねじのリードと一致しており、ねじの振れ回りに起因するものであることが分かる。

以上より、提案した本発明実施例の方法及び装置を用いると、直進運動するマイクロ機械要素の真直度を測定することができる。

【0038】

10

20

30

40

50

〔実施例の効果〕

本発明実施例によれば、変位センサ 7 の数を従来の 2 つから 1 つにすることができ、センサ間隔によって制限されていた測定間隔を小さくすることができる。

【0039】

変位センサ 7 と測定基準物 1 との位置関係を入れ替えることにより、測定対象となるステージ 3 の大きさと移動距離の制限が無くなり、原理的にはマイクロメートルオーダの微小なステージ 3 が微量移動する場合においても、その運動精度を測定・評価することが可能となった。

【0040】

すなわち、本発明実施例の真直度測定方法は、測定基準物 1 及び該測定基準物 1 に沿って一定の測定間隔 d_1 で直線移動および停止可能なステージ 3 と、前記測定基準物 1 及びステージ 3 の表面形状及び運動軌跡間の相対変位を検出する変位センサ 7 とを備え、前記測定基準物 1 又はステージ 3 上の 2 点につき前記測定間隔 d_1 毎に測定した結果に基づき前記測定基準物 1 及びステージ 3 の形状誤差、運動誤差を求める真直度測定方法であって、前記相対変位の測定間隔毎の測定を、前記ステージ 3 の 2 点についてステージ 3 の移動を繰り返して各別に行うため、ステージ 3 の移動距離、或いはステージ 3 が小さい場合でも測定を行うことができる。

【0041】

前記相対変位の測定間隔 d_1 毎の測定を、前記ステージ 3 の 1 点について行った後、他の 1 点について行うため、ステージ 3 の移動距離、或いはステージ 3 が小さい場合でも測定を確実に行うことができる。

【0042】

本発明実施例の真直度測定装置は、測定基準物 1 及び該測定基準物 1 に沿って一定の測定間隔 d_1 で直線移動および停止可能なステージ 3 と、前記測定基準物 1 及びステージ 3 の表面形状及び運動軌跡間の相対変位を検出する変位センサ 7 とを備え、前記ステージ 3 の 2 点につき前記測定間隔 d_1 毎に測定した結果に基づき前記測定基準物 1 及びステージ 3 の形状誤差、運動誤差を求める真直度測定装置であって、前記相対変位の測定間隔 d_1 毎の測定を、前記ステージ 3 の 2 点について前記ステージ 3 の移動を繰り返し前記変位センサを各別に配置して行うため、ステージ 3 の移動距離、或いはステージ 3 が小さい場合でも測定を行うことができる。

【0043】

前記相対変位の測定間隔 d_1 毎の測定を、前記ステージ 3 の 1 点に前記変位センサ 7 を配置して行った後、他の 1 点に前記変位センサ 7 を配置して行うため、ステージ 3 の移動距離、或いはステージ 3 が小さい場合でも測定を確実に行うことができる。

【図面の簡単な説明】

【0044】

【図 1】真直度測定方法及び装置の原理を示す説明図である（実施例 1）。

【図 2】真直度測定方法及び装置の原理を示す説明図である（実施例 1）。

【図 3】逐次 2 点法と繰り返し 2 点法との比較を示す説明図であり、（a）は、逐次 2 点法、（b）は、繰り返し 2 点法である（実施例 1）。

【図 4】センサ位置 A 1 とセンサ位置 B 1 とにおける測定の概要を示す説明図である（実施例 1）。

【図 5】センサ位置 A 1 とセンサ位置 B 1 とにおける測定の概要を示す説明図である（実施例 1）。

【図 6】繰り返し 2 点法に基づいた測定の性能を評価するための実験装置を示す斜視図である（実施例 1）。

【図 7】他の方向から見た斜視図である（実施例 1）。

【図 8】ステージの運動軌跡を示すグラフである（実施例 1）。

【図 9】測定基準物の形状を示すグラフである（実施例 1）。

【図 10】直進運動するステージ（物体）の運動軌跡（運動誤差）を示す説明図である（

従来例)。

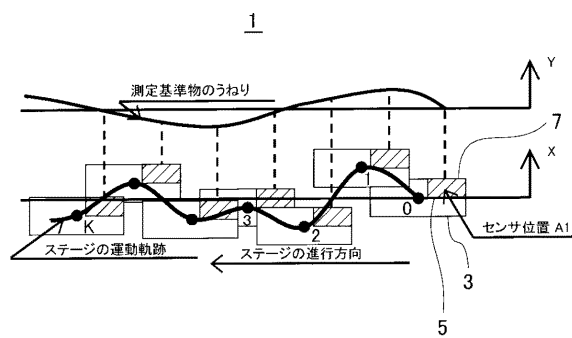
【図 1 1】逐次 2 点法の原理を示す説明図である (実施例 1)。

【符号の説明】

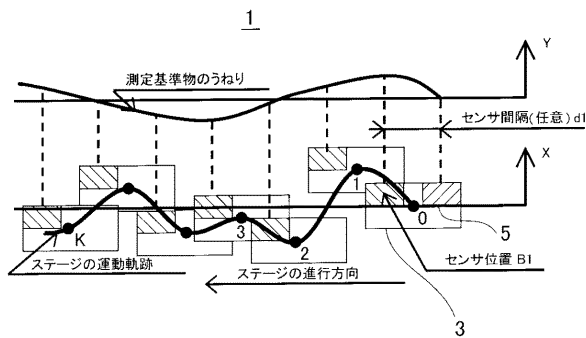
【 0 0 4 5 】

- 1 測定基準物 (固定体)
- 3 ステージ (可動体)
- 5 センサ支持部
- 7 変位センサ

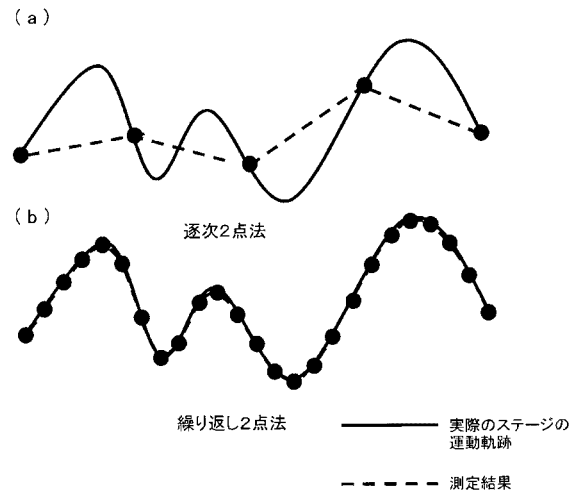
【図 1】



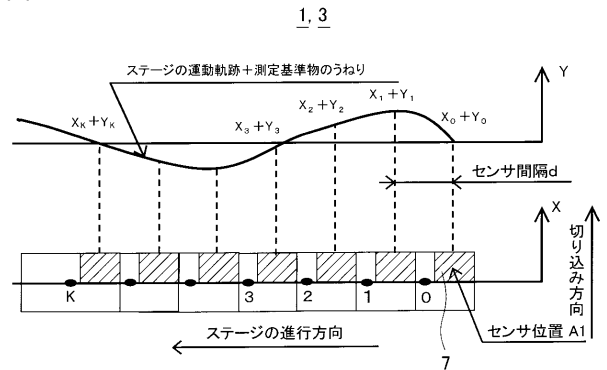
【図 2】



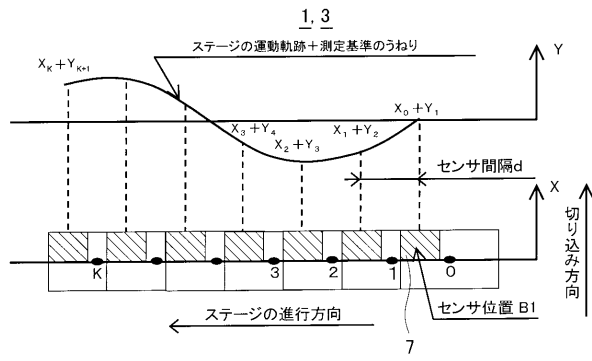
【図 3】



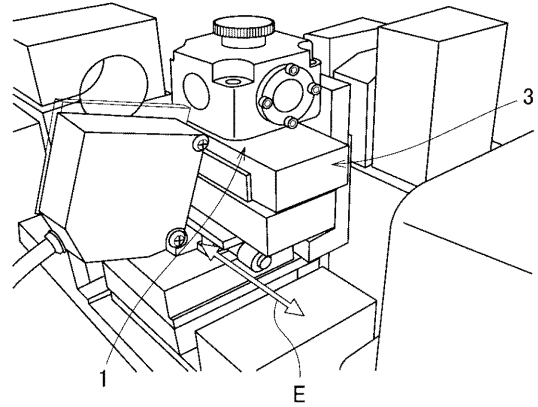
【図 4】



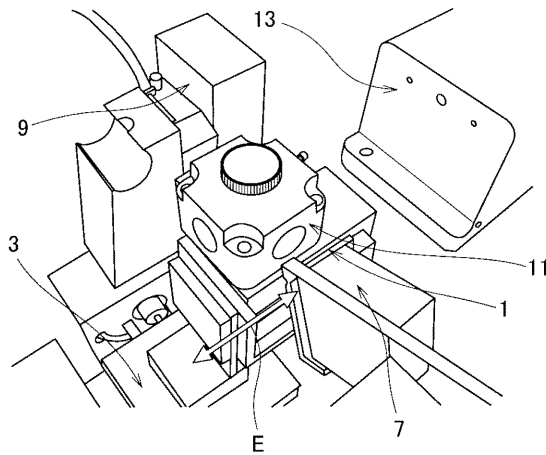
【図 5】



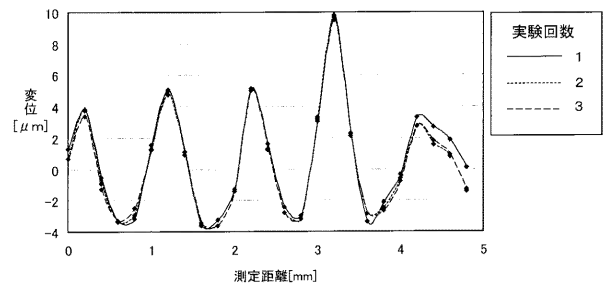
【図 7】



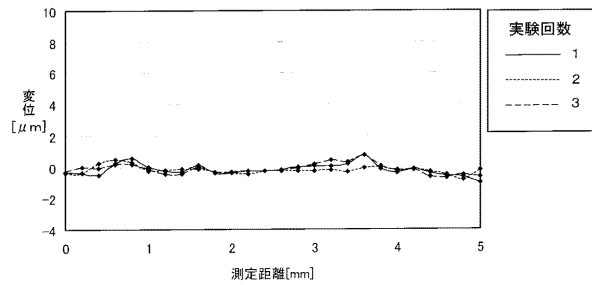
【図 6】



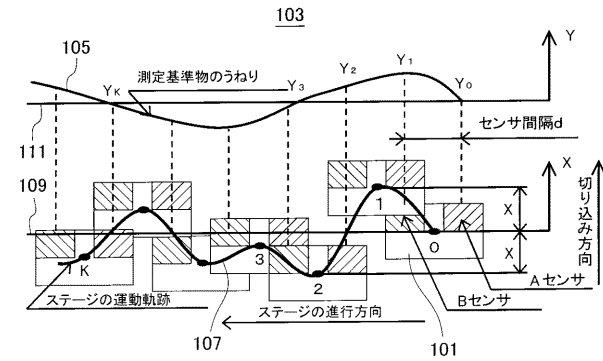
【図 8】



【図 9】



【図 11】



【図 10】

