(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
2014 年 5 月 22 日(22.05.2014)

WIPO | PCT

(10) 国際公開番号
WO 2014/077086 A1

(51) 国際特許分類:
G01B 11/24 (2006.01) *G01C 7/00* (2006.01)

(21) 国際出願番号: PCT/JP2013/078414

(22) 国際出願日: 2013 年 10 月 21 日(21.10.2013)

(25) 国際出願の言語: 日本語

(26) 国際公開の言語: 日本語

(30) 優先権データ:
特願 2012-248923 2012 年 11 月 13 日(13.11.2012) JP

(71) 出願人: 株式会社日立製作所 **(HITACHI, LTD.)** [JP/JP]; 〒1008280 東京都千代田区丸の内一丁目６番６号 Tokyo (JP).

(72) 発明者: 笠井 啓晃 **(KASAI, Hiroaki)**; 〒1008280 東京都千代田区丸の内一丁目６番６号 株式会社日立製作所内 Tokyo (JP). 渡辺 正浩 **(WATANABE, Masahiro)**; 〒1008280 東京都千代田区丸の内一丁目６番６号 株式会社日立製作所内 Tokyo (JP). 針山 達雄 **(HARIYAMA, Tatsuo)**; 〒1008280 東京都千代田区丸の内一丁目６番６号 株式会社日立製作所内 Tokyo (JP).

(74) 代理人: 井上 学, 外 **(INOUE, Manabu** et al.); 〒1008220 東京都千代田区丸の内一丁目６番１号 株式会社日立製作所内 Tokyo (JP).

(81) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, KE, KG, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

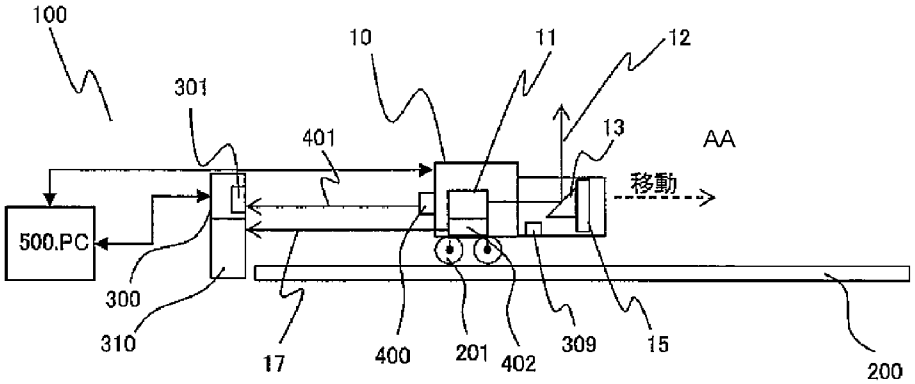
(84) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW,

[続葉有]

(54) **Title**: SHAPE SENSING SYSTEM

(54) 発明の名称 : 形状計測システム

図1



AA Movement

(57) **Abstract**: The present invention is a shape sensing system, wherein are provided a distance sensor for measuring the distance to a measurement object while rotating a measurement light, a shape sensing unit comprising a means for changing the measurement position of the distance sensor, a movement means for moving the shape sensing unit, and a position sensing means for sensing the position of the shape sensing unit.

(57) 要約: 形状計測システムにおいて、測定対象までの距離を測定光を回転させながら測定する距離センサと、前記距離センサの測定位置を変更する手段からなる形状計測部と、前記形状計測部を移動させる移動手段と、前記形状計測部の位置を計測する位置計測手段とを備えるようにする。

WO 2014/077086 A1

MZ, NA, RW, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類:

— 国際調査報告（条約第 21 条(3)）

明　細　書

発明の名称 ： 形状計測システム

技術分野

[0001] 本発明は、形状計測システムに関する

背景技術

[0002] ものづくりにおいて製品の品質確保に加え、加工・組み立て時の作業時間の短縮のために形状計測が求められている。従来から、測定対象物にレーザ光を照射し、その反射光から測定対象物の形状を計測する形状計測装置が知られている。

[0003] 本技術分野の背景技術として、特開２００５－１８０９２５号公報（特許文献１）がある。この公報には、「レーザ光を使用して被測定物の３次元形状を測定するレーザ測定システムにおいて、被測定物の３次元形状を測定する測定手段と、前記測定手段によって複数の位置で測定した前記被測定物の３次元形状に関する測定データを記憶する記憶手段と、前記記憶手段に記憶した複数位置における測定データを合成することによって前記被測定物の３次元形状を算出する３次元形状算出手段とを備えて成ることを特徴とするレーザ測定システムが提供される。３次元形状算出手段は、記憶手段に記憶した複数位置における測定データを合成することによって被測定物の３次元形状を算出する」と記載されている。

また、特許第４４８６７３７号公報（特許文献２）がある。この公報には、「魚眼レンズとラインセンサとを組み合わせたカメラを水平に所定の撮像角度を有して３台併設してなる２個のマルチラインカメラと、ＤＧＰＳ受信器と、異なる方向にレーザを発射して受信する３台のレーザスキャナと、慣性航法装置とを移動体上に固定して移動しながら得たカメラデータ、レーザデータ、位置姿勢からなるＩＮＳデータ、ＧＰＳ時刻を用いて３次元グラフィック画像を生成するモービルマッピング用空間情報生成装置であって、前記ＧＰＳ時刻を有するカメラデータ、レーザデータに対して、前記ＧＰＳ時刻

を有する前記ＩＮＳデータを結びつける手段と、前記各レーザスキャナのレーザデータを読み込み、それぞれのレーザデータが示す測定点までの距離値、測定点に対するレーザ方向の角度を、前記ＩＮＳデータを基準にしてそれぞれの３次元の地理座標に定義する手段と、前記それぞれの３次元の地理座標に定義された各レーザの単方向モデルを３次元座標上に合成する手段と、前記合成モデルを所定条件に従った平面に分割し、該分割エリアをポリゴン化する手段と、前記ポリゴンの各距離値、角度に結びつけられる画像データをカメラデータの前記ＩＮＳデータに基づいて検索し、該検索した画像データを前記ポリゴンに割り付けて前記３次元グラフィック画像を生成する手段とを備えたことを要旨とする」と記載されている。

[0004] また、特開２０１２－２７８３号公報（特許文献３）がある。この公報には、「管体の内面形状を三次元的に計測する内面形状測定装置であって、前記管体の内面に沿って鉛直方向にレーザビームを走査させて、該管体の内面に照射した前記レーザビームの方位毎の測距データを出力する第１の測距データ検出手段と、前記管体の内面に沿って前記鉛直方向に対して所定角度傾けた方向にレーザビームを走査させて、該管体の内面に照射した前記レーザビームの方位毎の測距データを出力する第２の測距データ検出手段と、前記第１の測距データ検出手段、及び前記第２の測距データ検出手段を前記管体の軸方向に移動する移動手段と、該移動手段により前記第１の測距データ検出手段、及び前記第２の測距データ検出手段を移動させた時のそれぞれの位置座標を検知する位置座標検知手段と、前記第１の測距データ検出手段、並びに前記第２の測距データ検出手段により検出された測距データに基づいて前記移動手段と前記管体の軸線との傾き角度を算出し、前記位置座標検知手段により検知された位置座標を前記算出した傾き角度に基づいて補正して前記管体の内面三次元形状を生成する制御手段と、を備えたことを特徴とする」と記載されている。

先行技術文献

特許文献

[0005] 特許文献1：特開２００５－１８０９２５号公報

特許文献2：特許第４４８６７３７号公報

特許文献3：特開２０１２－２７８３号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0006] 特許文献１のレーザ計測システムでは、３次元形状計測装置を用いて複数箇所より測定した測定対象の形状計測データを合成するため、３次元の移動、測定領域の指定などのセットアップ、測定データの合成に工数が掛かるといった問題がある。

[0007] 特許文献２においては、複数のカメラとレーザスキャナを搭載した、車両の位置と姿勢を、 慣性航法装置と、ＧＰＳを用いて測定することにより、画像データとレーザスキャナの距離データを地理座標に合成するが、慣性航法装置、ＧＰＳを用いて、位置と姿勢を計測しているため、高々ｃｍオーダの計測精度であり、ものづくりにおいて製品の品質確保に加え、加工・組み立て時に使える精度を実現することができないといった問題がある。

[0008] 特許文献３には、２つの測距データ検出手段により検出された測距データに基づいて移動手段と測定対象の軸線との傾き角度を推定し、形状計測結果を補正しているが、姿勢計測センサを搭載しておらず、測距データ検出手段により検出された測距データに基づいて移動手段と測定対象の軸線との傾き角度を推定しているため、計測精度が移動の精度に依存してしまうといった問題がある。

[0009] 上記問題点に鑑み、本発明は、高精度である必要がない移動手段で形状計測部を移動し、その形状計測部の位置と姿勢を高精度に計測することにより、設置、測定の工数が少ない方法で、移動手段の精度によらず、大きな測定対象の形状を、高精度に測定可能な測定形状計測システムを提供することを目的とする。

課題を解決するための手段

[0010] 本願は上記課題を解決する手段を複数含んでいるが、その一例を挙げるな

らば、測定対象までの距離を測定光を回転させながら測定する距離センサと、前記距離センサの測定位置を変更する手段からなる形状計測部と、 前記形状計測部を移動させる移動手段と、 前記形状計測部の位置を計測する位置計測手段とを備えたことを特徴とする形状計測システムである。

発明の効果

[0011] 本発明によれば高速かつ簡便な方法で大型物の立体形状を測定できる。

[0012] また移動手段で形状計測部を移動し、その形状計測部の位置と姿勢を高精度に計測することにより、設置、測定が簡便な方法で、大きな測定対象の形状を高い精度に計測することができる。

図面の簡単な説明

[0013] [図1]実施例１の形状計測システム１００の構成図の例である。

[図2]実施例１の測定対象の例である鉄道車両１に搭載した様子を示した図である。

[図3]図２の平面Ａで切り取った断面図である。

[図4]位置姿勢計測センサ部３００の構成図の例である

[図5]位置姿勢計測センサ部３００の構成図の例である。

[図6]図１の構成例において位置姿勢計測センサ部３００と位置姿勢計測用レーザ出射部４００の位置を入れ替えた構成の例図である。

[図7]形状計測システム１００の形状計測フローチャートの例図である。

[図8]実施例２における形状計測システム６００の構成図の例図である。

[図9]アダプタ２３０と搭載部２１４の構成の一例を示す図である。

[図10]搭載用ワイヤ２１０を途中で中継支柱２２３を用いて支える構成の例図である。

[図11]搭載用ワイヤ２１０に垂直な断面図を示す図である。

[図12]複数のレーザを用い、位置と姿勢を計測できる範囲をy軸方向に広げることができる構成図の例である。

[図13]複数のＰＳＤ３０６を段違いに配置し、位置と姿勢を計測できる範囲をy軸方向に広げることができる構成図の例である。

[図14]実施例３における形状計測システム７００の構成図の例である。

[図15]実施例４における形状計測システム８００の構成図の例である。

[図16]実施例４における形状計測システム９００の構成図の例である。

発明を実施するための形態

[0014] 以下、実施例を図面を用いて説明する。

実施例 1

[0015] 本実施例では、例えば測定対象として鉄道車両などの内面の形状計測を行う形状計測システムの例を説明する。

図１は、本実施例の形状計測システム１００の構成図の例である。

[0016] 形状計測システム１００を間単に説明すると、それは形状測定部からのレーザー光を測定対象物に回転照射させながらその反射光の遅延時間を測定し、測定対象物の断面形状を測定する。また別のレーザー光により反射センサまたは測定センサまでのレーザー光の到達時間または反射光の検出時間により形状測定部の測定開始位置からの距離を算出する。

[0017] これを形状測定部を移動させながら測定対象物全領域にわたり実施することで対象物の３次元構造を簡便かつ高速に明らかにすることが出来るものである。

[0018] さらに詳細な構成を以下に説明する。

[0019] レーザー光により測定対象までの距離を計測する距離センサ１１と、レーザー出射光１２と、レーザー出射光１２の光路を変更するプリズムもしくは反射板１３と、プリズム１３を回転させる回転ステージ１５からなる形状計測部１０を有する。形状測定部１０は簡易レール２００上に保持され、簡易レール上を形状計測部１０が車輪２０１により移動する。このとき位置姿勢計測用レーザ出射部４００と、位置計測用距離センサ４０２と、傾斜センサ３０９と、位置姿勢計測センサ部３００及び、制御・データ処理を行うＰＣ５００により始発点からの位置を算出する。

[0020] 位置姿勢計測用レーザ出射部４００と、位置計測用距離センサ４０２と、傾斜センサ３０９及び、位置姿勢計測センサ部３００で、位置姿勢計測セン

サ部３００の基準点o（図３で説明する）を原点とした形状計測部１０の位置と姿勢を計測、算出する。すなわち位置姿勢計測センサ部３００の基準点ｏ（図３で説明する）を原点とした座標系における形状計測部１０の原点の空間座標ｘ0、ｙ0、ｚ0及びｘ、ｙ、ｚそれぞれの軸を回転軸とした回転θx、θy、θｚを測定する役割を果たす。

[0021] ３０１はディテクタ、１７はセンサからの出射光、４０１は姿勢制御用レーザー出力である。３１０はビームスプリッターで、姿勢計測用レーザー出力４０１を二つに分離する役割を果たす。

[0022] 距離センサ１１及び距離センサ４０２の距離測定方式は限定されない。例えば、Ｐｈａｓｅ－Ｓｈｉｆｔ法、ＴＯＦ（Ｔｉｍｅ－ｏｆ－Ｆｌｉｇｈｔ）法、ＦＭＣＷ（Ｆｒｅｑｕｅｎｃｙ－ｍｏｄｕｌａｔｅｄ Ｃｏｎｔｉｎｕｏｕｓ－ｗａｖｅ）法などがある。

[0023] 距離センサ１１と位置計測用距離センサ４０２は、共通とし出力を切り替えるもしくは出力を分けても良い。

[0024] 図２は本実施例の測定対象の例である鉄道車両１に搭載した様子を示した図であり、図３は平面Ａによる断面図を示す。形状計測システム１００で鉄道車両１の内面の形状を計測する例を、形状計測システム１００を鉄道車両１に設置し、図２の平面Ａで切り取った断面図（図３）で説明する。

[0025] ＰＣ５００は、距離センサ１１の測定結果である距離センサ１１の出射光１２の測定対象１への照射位置との距離と、回転ステージ１５の回転角度から、形状計測部１０の座標系における照射位置の空間座標(x’,y’,z’)を算出する。

[0026] 位置姿勢計測センサ部３００の基準点ｏを原点とした座標系にける形状計測部１０の原点の空間座標ｘ0、ｙ0、ｚ0及びｘ、ｙ、ｚそれぞれの軸を回転軸とした回転θx、θy、θｚを算出する。

[0027] 例えば、図４は、位置姿勢計測センサ部３００の構成図の例である。ビームスプリッタ３１０は姿勢計測用レーザ出力４０１を二つに分離する役割を果たす。分離された一方は位置検出素子例えばＰＳＤ（Ｐｏｓｉｔｉｏｎ Ｓ

ｅｎｓｉｔｉｖｅ Ｄｅｔｅｃｔｏｒ）３０１で受光し、もう一方はレンズ３０４で位置検出素子例えばＰＳＤ３０２上に集光される。ＰＳＤ３０１およびＰＳＤ３０２は受光したレーザの中心の座標を算出する役割を果たす。ＰＳＤ３０２の出力ｄｘ、ｄｙから、下記（数１）より、ｘ、ｙそれぞれの軸を回転軸とした回転θx、θyを算出する。

[0028] [数1]

数1

$$dx = f \times \tan(2\theta x'),\ dy = f \times \tan(2\theta y')$$

[0029] これらθx’、θy’と、傾斜センサ３０９と、ＰＳＤ３０１と、距離センサ４０２の測定結果から、位置姿勢計測センサ部３００の基準点Ｏを原点とした、形状計測部１０の位置と姿勢、すなわち形状計測部１０の原点の空間座標ｘ0、ｙ0、ｚ0及びｘ、ｙ、ｚそれぞれの軸を回転軸とした回転θx、θy、θｚを算出する。ここで、（数１）においてfはレンズ３０４の焦点距離を示す。位置検出素子はＣＣＤなどのイメージングセンサを用いても良い。

[0030] 図５(a)は、位置姿勢計測センサ部３００のもう一つの構成図の例である。ＰＳＤ３０１とＰＳＤ３０３はビームスプリッタ３１０からの距離がΔLだけ異なる位置に配置されている。ビームスプリッタ３１０は姿勢計測用レーザ出力４０１を二つに分離する役割を果たす。分離された一方はＰＳＤ３０１で受光し、もう一方はＰＳＤ３０３で受光する。このように配置すると、図５（ｂ）に示すように、ＰＳＤ３０１とＰＳＤ３０３が仮想的に直列に並んでいるとみなすことができる。図５（ｂ）に示すように、経路差ΔLがあるため、姿勢計測用レーザ出力４０１が位置姿勢計測センサ部３００に対して垂直方向からθだけ傾いた角度で入射した場合に、ＰＳＤ３０１とＰＳＤ３０３の検出する座標が異なるため、x軸方向の差をΔx、y軸方向の差をΔyとしたとき、形状計測部１０のｘ、ｙ、それぞれの軸を回転軸とした回転θx、θyを次（数２）により求めることができる。

[0031]

[数2]

数2

$$\frac{\Delta x}{\Delta L}=\tan(\theta x)、\frac{\Delta y}{\Delta L}=\tan(\theta y)$$

[0032] これとＰＳＤ３０１もしくはＰＤ３０３が検出したx、yの座標から形状計測部１０の位置と姿勢、すなわち形状計測部１０の原点の空間座標ｘ0、ｙ0を求めることができる。

[0033] ＰＣ５００は、位置姿勢計測センサ部３００の基準点ｏを原点とした形状計測部１０の空間座標ｘ0、ｙ0、ｚ0及び、回転θx、θy、θｚから、形状計測部１０の座標系における照射位置の空間座標(x’,y’,z’)を、位置姿勢計測センサ部３００の基準点ｏを原点とした座標系へ変換する変換行列Ｔを（数３）により求める。

[0034] [数3]

数3

$$T=\begin{bmatrix}\cos\theta z & -\sin\theta z & 0 & 0\\ \sin\theta z & \cos\theta z & 0 & 0\\ 0 & 0 & 1 & 0\\ 0 & 0 & 0 & 1\end{bmatrix}\begin{bmatrix}\cos\theta y & 0 & \sin\theta y & 0\\ 0 & 1 & 0 & 0\\ -\sin\theta y & 0 & \cos\theta y & 0\\ 0 & 0 & 0 & 1\end{bmatrix}\begin{bmatrix}1 & 0 & 0 & 0\\ 0 & \cos\theta x & -\sin\theta x & 0\\ 0 & \sin\theta x & \cos\theta x & 0\\ 0 & 0 & 0 & 1\end{bmatrix}\begin{bmatrix}1 & 0 & 0 & x0\\ 0 & 1 & 0 & y0\\ 0 & 0 & 1 & z0\\ 0 & 0 & 0 & 1\end{bmatrix}$$

[0035] ＰＣ５００は、（数３）の変換行列Ｔを用いて下記（数４）で座標変換を行い、位置姿勢計測センサ部３００の基準点ｏを原点とした座標系において、距離センサ１１の出射光１２の照射位置の空間座標(x,y,z)を求める。

[0036] [数4]

数4

$$\begin{pmatrix}x\\ y\\ z\\ 1\end{pmatrix}=T\begin{pmatrix}x'\\ y'\\ z'\\ 1\end{pmatrix}$$

[0037] 図６は、図１の構成例において位置姿勢計測センサ部３００と位置姿勢計

測用レーザ出射部４００の位置を入れ替えた構成例を示す。位置姿勢計測センサ部３００と位置姿勢計測用レーザ出射部４００の位置を入れ替えた場合、形状計測部１０の姿勢変化による姿勢計測用レーザ出力４０１の位置姿勢計測センサ部３００への入射位置の変化が小さくなるため、姿勢変化の計測可能な範囲が広がる。

[0038] 出射光１２をプリズム１３及び回転ステージ１５を用いて測定対象１の長手方向の軸に対して垂直な断面上を操作し、形状計測部１０を車輪２０１で簡易レール２００上を移動し距離センサ１１の出射光１２の照射位置を操作し、測定対象１の出射光１２の照射位置の空間座標を求めることにより、測定対象１の内面形状を計測する。

[0039] 形状計測システム１００の形状計測フローチャートの例を図７に示す。ｚ軸移動範囲とｚ軸移動ステップ数Ｎを入力（Ｓ１０１）し、初期位置へ移動（Ｓ１０２）し、測定を開始する（Ｓ１０３）。形状計測部１０がデータ収録する（Ｓ１０４）。形状計測部１０のデータ収録と並行して形状計測部の位置と姿勢を計測し（Ｓ１０５）、変換行列Ｔを算出し（Ｓ１０６）、変換行列Ｔを用いて座標変換を行う（Ｓ１０７）。現在のステップ数iが設定したステップ数Ｎに等しいか判断を行い（Ｓ１０８）、等しくない場合には、ｚ軸方向に移動し（Ｓ１０９）、再び測定開始（Ｓ１０３）、に戻り現在のステップ数iが、設定したステップ数Ｎに等しくなるまで繰り返し、現在のステップ数iが設定したステップ数Ｎに等しくなると、形状計測データを出力する（Ｓ１１０）。

[0040] 出力された形状計測データはＰＣ５００に内蔵した点群データ処理ソフトにより、ＣＡＤデータとの比較、形状計測データから、寸法データの抽出などのデータ処理を行い、鉄道車両の形状の修正や、出荷時の検査データとして用いることができる。

[0041] これにより、本発明では、例えば設置、測定の工数が少ない方法で、移動手段の精度によらず、大きな測定対象の形状物を高精度に測定することが出来る。例えば１０ｍを超える測定対象の形状を、例えば１ｍｍ以下の精度で

測定できる形状計測システムを提供することができる。

実施例 2

[0042] 本実施例は実施例１の変形例である。実施例１と異なる点のみ説明する。

[0043] 本実施例では、設置面に凹凸がある場合でも形状計測を行える形状計測システムの例を説明する。

[0044] 図８は実施例２における形状計測システム６００の構成図の例である。

[0045] 既に説明した図１から図６に示された同一の符号を付された構成と、同一の機能を有する部分については、説明を省略する。

[0046] アダプタ２３０は形状計測部１０と搭載部２１４とを接続する役割を果たす。

[0047] 搭載部２１４は支柱２１３に固定された搭載用ワイヤ２１０に形状計測部１０を搭載する役割を果たす。

[0048] モータ２２１は巻き取り部２２０に配置されており移動用ワイヤ２１１を用いて形状計測部を移動する役割を果たす。

[0049] 図９は、アダプタ２３０と搭載部２１４の構成の詳細を示しており、アダプタ２３０はz軸周りに回転し重力に対して形状計測部を水平を保つ可動機構２３２と、可動機構２３２がｘ軸周りに回転しないように可動方向を制限するストッパ２３３と、x軸周りに回転し重力に対して形状計測部を水平を保つ可動機構２３１と、可動機構２３１がｚ軸周りに回転しないように可動方向を制限するストッパ２３４と、を有しており、これによりｘ、ｚ軸周りの回転θx、θｚを小さくすることが可能となる。搭載部２１４には車輪２１６があり、搭載用ワイヤ２１０の上を走行する役割を果たす。

[0050] 形状計測部１０とアダプタ２３０と搭載部２１４の重さと、搭載用ワイヤ２１０の自重により搭載用ワイヤ２１０は重力方向、今の場合y軸方向にたわむ。たわみ量は、形状計測部１０とアダプタ２３０と搭載部２１４の重さを３ｋｇ、搭載用ワイヤ２１０を直径２ｍｍのステンレス、長さを２５ｍ、搭載用ワイヤ２１０を張力２００ｋｇで張った場合には最もたわむ中心位置では約１００ｍｍたわむことになる。しかし、位置姿勢計測センサ部３００の

計測できる範囲はＰＳＤ３０１の大きさで決まり、その大きさは一般的に２０ｍｍ角程度が上限となっているため、たわみを軽減する、もしくはたわみがある状態でも位置と姿勢を測定できるようにたわみ方向に位置と姿勢の計測範囲を広げる必要がある。

[0051] 例えば図１０の構成例のように、搭載用ワイヤ２１０を途中で支え中継支柱２２３を用いてたわみを軽減することができる。図１１は搭載用ワイヤ２１０に垂直な断面図を表す。搭載部２１４は中継支柱２２３と干渉しないような、例えばコの字の形をしている。

[0052] 搭載用ワイヤ２１０の半分の長さの部分に中継支柱２２３を一つ配置した場合にはたわみは半分になる。複数、例えば１０個の中継支柱２２３を使えばＰＳＤ３０１の大きさ以下にたわみを抑えることができ、位置と姿勢が測定できるようになる。

[0053] また、例えば図１１の構成例のように、y軸方向に厚く、x軸方向に薄い搭載用薄金属ロール２１２を用いることにより、y軸方向へのたわみを軽減することができ、位置と姿勢が測定できるようになる。薄い搭載用薄金属ロール２１２は巻き取ることができるため、可搬性を損なうことなく、搭載部２１４を搭載できる簡便な方法である。

[0054] また、例えば図８の構成例のように、姿勢計測部３００をｙ軸方向に搭載物を移動させる役割を果たすｙ軸ステージ３２０に搭載し、搭載用ワイヤ２１０ののたわみによる形状計測部１０のｙ軸方向への位置変化に追従するように動かすように構成することができる。

[0055] また、例えば図１２のように、位置姿勢計測用レーザ出射部４００に複数のレーザ４００a、レーザ４００ｂ、レーザ４００ｃをy軸方向に複数配置し、常に姿勢計測部３００のセンサにいずれかのレーザが照射している状態にする。あらかじめレーザ４００aが姿勢計測部３００のセンサに当たるように配置し、イメージセンサ３０５に入射する。搭載用ワイヤ２１０がたわみ形状計測部１０がｙ軸方向に移動してもいずれのレーザがイメージセンサ３０５に照射されているか認識することができるため、位置と姿勢を計測できる

範囲をy軸方向に広げることができる。この方法では可動部を増やすことなくたわみに追従できるため耐久性が向上し、取り扱いが容易になる。

[0056] また、例えば図１３のように、位置姿勢計測用レーザ出射部４００に複数のレーザ４００a、レーザ４００ｂをx軸方向に複数配置し、位置姿勢計測センサ部３００に複数のＰＳＤ３０６を段違いに配置すると、搭載用ワイヤ２１０がたわみ形状計測部１０がｙ軸方向に移動しても複数のＰＳＤ３０６のうちいずれかにレーザが入射し、いずれのレーザがイメージセンサ３０５に照射されているか認識することができるため、位置と姿勢を計測できる範囲をy軸方向に広げることができる。

[0057] モータ２２１で移動用ワイヤ２１１を巻き取り、形状計測部１０を移動させ測定対象１の形状を計測する。

[0058] 本実施例によれば、形状計測部１０が設置面に触れることなく移動するため設置面に凹凸がある場合でも形状を計測することができる。

[0059] これにより、本発明では、例えば設置、測定の工数が少ない方法で、移動手段の精度によらず、大きな測定対象の形状物を高精度に測定することが出来る。例えば１０ｍを超える測定対象の形状を、例えば１ｍｍ以下の精度で測定できる形状計測システムを提供することができる。

実施例 3

[0060] 本実施例は実施例1および実施例２の変形例である。実施例１、実施例２と異なる点のみ説明する。

[0061] 本実施例では、測定対象の長軸が地面に対して斜めに傾いているときでも形状計測を行える形状計測システムの例を説明する。

[0062] 図１４は、実施例３における形状計測システム７００の構成図の例である。エスカレータ２の形状計測を例に説明する。

[0063] 既に説明した図１から図１３に示された同一の符号を付された構成と、同一の機能を有する部分については、説明を省略する。

[0064] エスカレータ２はエスカレータを設置する台座２０に固定されている。

[0065] 形状計測システム７００は、測定対象までの距離を計測する距離センサ１

１と、形状計測部１０と、搭載部２１４と、搭載部２１４と接続された搭載用ワイヤ２１０と、移動用ワイヤ２１１と、位置姿勢計測用レーザ出射部４００と、位置計測用距離センサ４０２と、傾斜センサ３０９と、位置姿勢計測センサ部３００及び、制御・データ処理を行うＰＣ５００から成る。

傾斜台３３０は位置姿勢計測センサ部３００の向きを変更する役割を果たす。形状計測部の相対的な位置と姿勢を計測すればよく、傾斜台３３０は傾斜角度を測定する必要はなく、姿勢計測用レーザ出力４０１が位置姿勢計測センサ部３００に対して概垂直に入射するように角度を調整すればよい。

[0066] 傾斜台４１０は位置姿勢計測用レーザ出射部４００の向きを変更する役割を果たす。形状計測部の相対的な位置と姿勢を計測すればよく、傾斜台４１０は傾斜角度を測定求める必要はなく、姿勢計測用レーザ出力４０１が位置姿勢計測センサ部３００に対して概垂直に入射するように角度を調整すればよい。

[0067] また、アダプタ２３０の取付位置を変え、形状計測部１０を搭載部２１４の傾きをひとしくすることができ、傾斜台４１０を用いることなく構成することができる。

[0068] ミラー４０３は位置計測用距離センサ４０２の出射光１７を位置姿勢計測センサ部３００に当てるために光路を曲げる役割を果たす。

[0069] 本実施例によれば、エスカレータのように測定対象が重力方向に対して斜めに傾斜している場合でも、形状を計測することができる。

[0070] これにより、本発明では、例えば設置、測定の工数が少ない方法で、移動手段の精度によらず、大きな測定対象の形状物を高精度に測定することが出来る。例えば１０ｍを超える測定対象の形状を、例えば１ｍｍ以下の精度で測定できる測定形状計測システムを提供することができる。

実施例 4

[0071] 本実施例は実施例２の変形例である。実施例１、実施例２、実施例３と異なる点のみ説明する。

[0072] 本実施例では、測定対象の長軸が地面に対して垂直のときでも形状計測を

行える形状計測システムの例をエレベータのレールの形状計測を例に説明する。

[0073] エレベータ３は、レール３１、吊り上げ部８０１、制御部８０２と乗車部分のかごから成る。

[0074] 図１５はかごに変えて形状計測システム８００を搭載した、レール３１の形状計測例である。

[0075] 位置姿勢計測センサ部３００を天板８０３に取り付け、形状計測部１０の位置と姿勢を計測する。

[0076] 吊り下げワイヤ２１７で形状計測部１０を吊り上げる。巻き取り部８０１で吊り下げワイヤ２１７を巻き取り、長さを調整することにより形状計測部１０を上下に移動する。

[0077] 本実施例によれば、エレベータ３のレール３１のように測定対象が重力方向に対して斜めに傾斜している場合でも、形状を計測することができる。

[0078] 図１６は、吊り下げワイヤ２１７を用いることなく、ガイドレール９０１上を移動しながら形状計測を行う形状計測システム９００の構成例である。形状計測部１０に車輪９０１を取り付け、自重でレール上を移動しながら形状計測を行う。また、モータなどの駆動機構を用いて車輪９０１を駆動させる構成としても良い。

[0079] これにより、本発明では、例えば設置、測定の工数が少ない方法で、移動手段の精度によらず、大きな測定対象の形状物を高精度に測定することが出来る。例えば１０ｍを超える測定対象の形状を、例えば１ｍｍ以下の精度で測定できる形状計測システムを提供することができる。

[0080] 上記実施例記載の計測システムは単独で用いても組み合わせて用いても良い。組み合わせることにより種々の特殊形状の大型物への適用を可能とすることが出来る。

産業上の利用可能性

[0081] 本発明は、形状計測システムに関し産業上の利用可能性がある。

符号の説明

[0082] １００　形状計測システムの一例

１０　形状計測部

１１　距離センサ

１２　出射光

１３　プリズム

１５　回転ステージ

２００　簡易レール

２０１　車輪

２１０　搭載用ワイヤ

２１１　移動用ワイヤ

２１２　搭載用薄金属ロール

２１３　支柱

２２０　巻き取り部

２２１　モータ

３００　位置姿勢計測センサ部

３０１　ＰＳＤ

３０２　ＰＳＤ

３０３　ＰＳＤ

３０９　傾斜センサ

４００　位置姿勢計測用レーザ出射部

４０１　姿勢計測用レーザ出力

４０２　位置計測用距離センサ

５００　ＰＣ

６００　形状計測システムの一例

７００　形状計測システムの一例

８００　形状計測システムの一例

９００　形状計測システムの一例

請求の範囲

［請求項1］ 測定対象までの距離を測定光を回転させながら測定する距離センサと、前記距離センサの測定位置を変更する手段からなる形状計測部と、前記形状計測部を移動させる移動手段と、
前記形状計測部の位置を計測する位置計測手段とを
備えたことを特徴とする形状計測システム。

［請求項2］ 位置に加えて姿勢を計測する位置姿勢計測手段を備えた請求項１記載の形状計測システム。

［請求項3］ 位置姿勢計測部により算出した形状計測部の位置と姿勢により、測長部の測定結果を補正することを特徴とした請求項２記載の形状計測システム。

［請求項4］ 直線上を移動することにより、位置姿勢計測範囲を小さくすることを特徴とした請求項３記載の形状計測システム。

［請求項5］ 前記形状計測部の位置を、距離センサと位置検出素子で測定することを特徴とした請求項２記載の形状計測システム。

［請求項6］ 前記形状計測部の位置と姿勢を、少なくとも２つ以上の位置検出素子の配置とそれぞれの位置検出素子の検出位置から算出することを特徴とした請求項２記載の形状計測システム。

［請求項7］ 前記形状計測部をワイヤに搭載し、設置面に触れることなく移動することを特徴とした請求項２記載の形状計測システム。

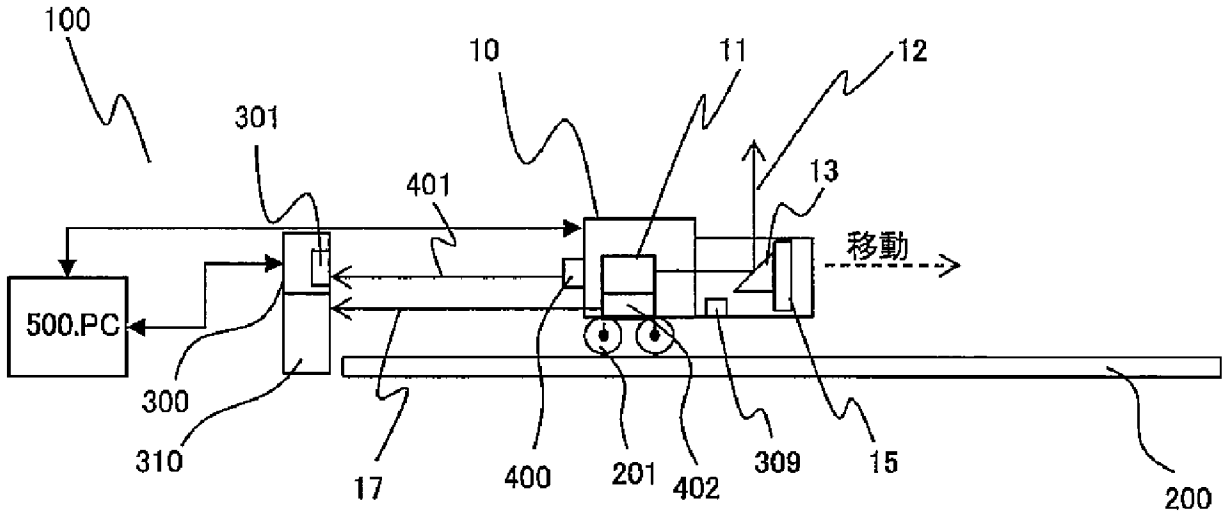
［請求項8］ 中継用支柱を用いてワイヤのたわみを軽減することを特徴とした請求項７記載の形状計測システム。

［請求項9］ ステージを用いて位置検出手段を移動させ、ワイヤのたわみによる形状計測部の位置変化に位置検出手段を追従させることを特徴とした請求項７記載の形状計測システム。

［請求項10］ 位置検出手段を複数は位置し、ワイヤのたわみによる形状計測部の位置変化がある場合でも形状計測部の位置と姿勢を計測することを特徴とした請求項７記載の形状計測システム。

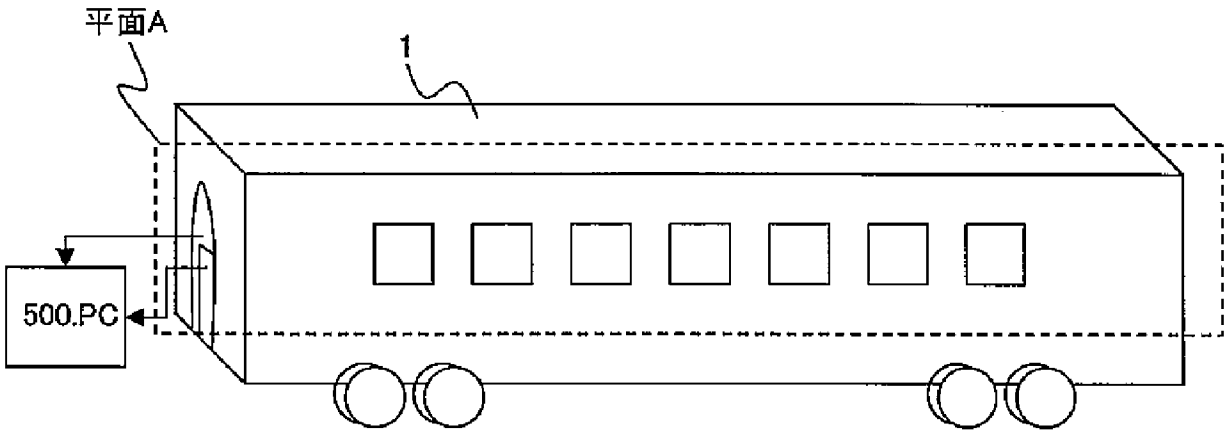
[図1]

図1


100
301
10
11
12
13
401
移動
500.PC
300
310
17
400
201
402
309
15
200

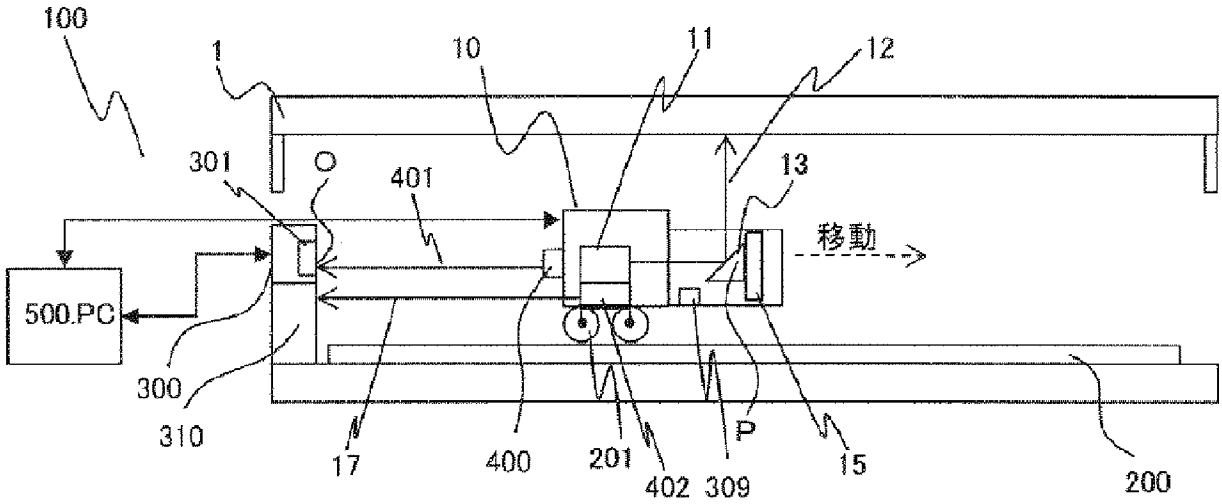
[図2]

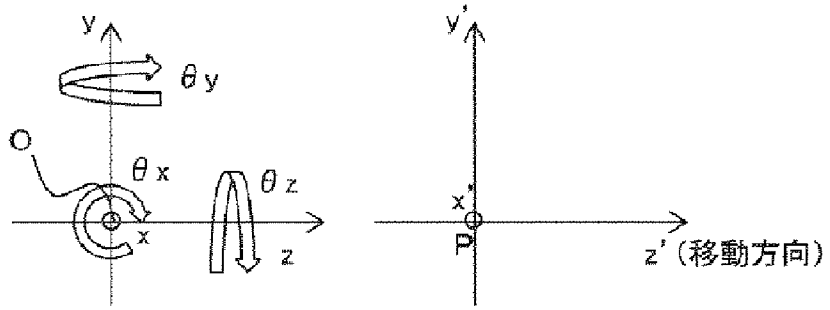
図2


平面A
1
500.PC

[図3]

図3

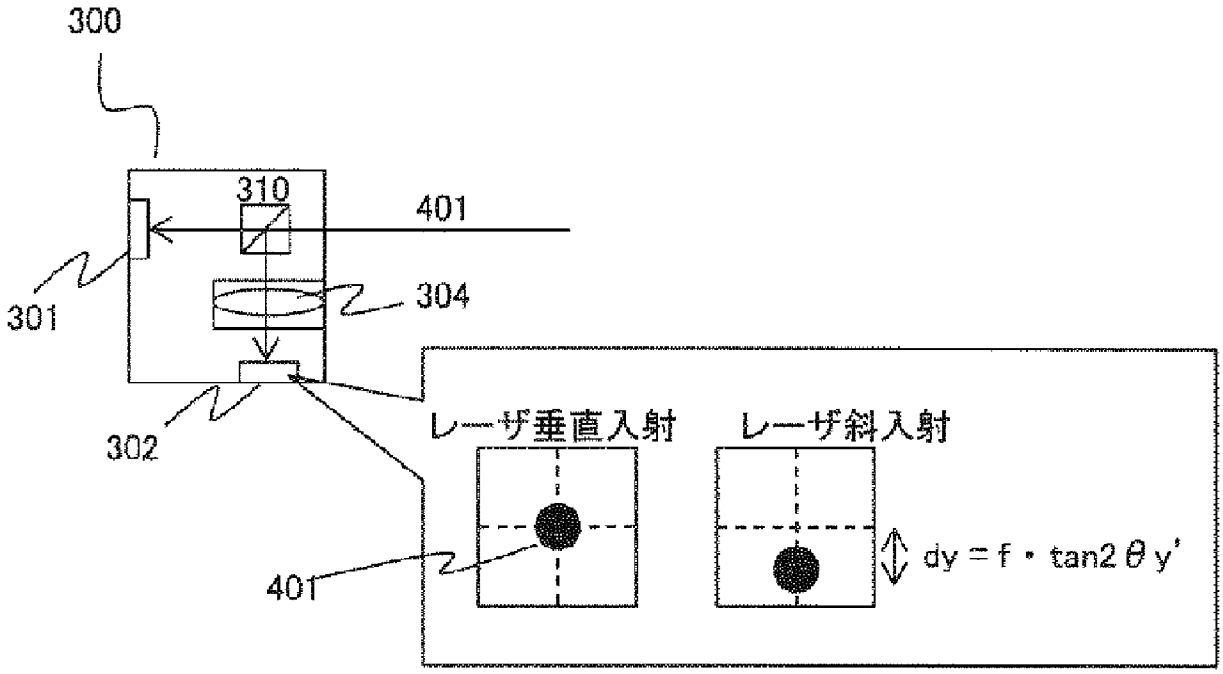




基準点Oを原点とした座標系　　形状計測部10の座標系

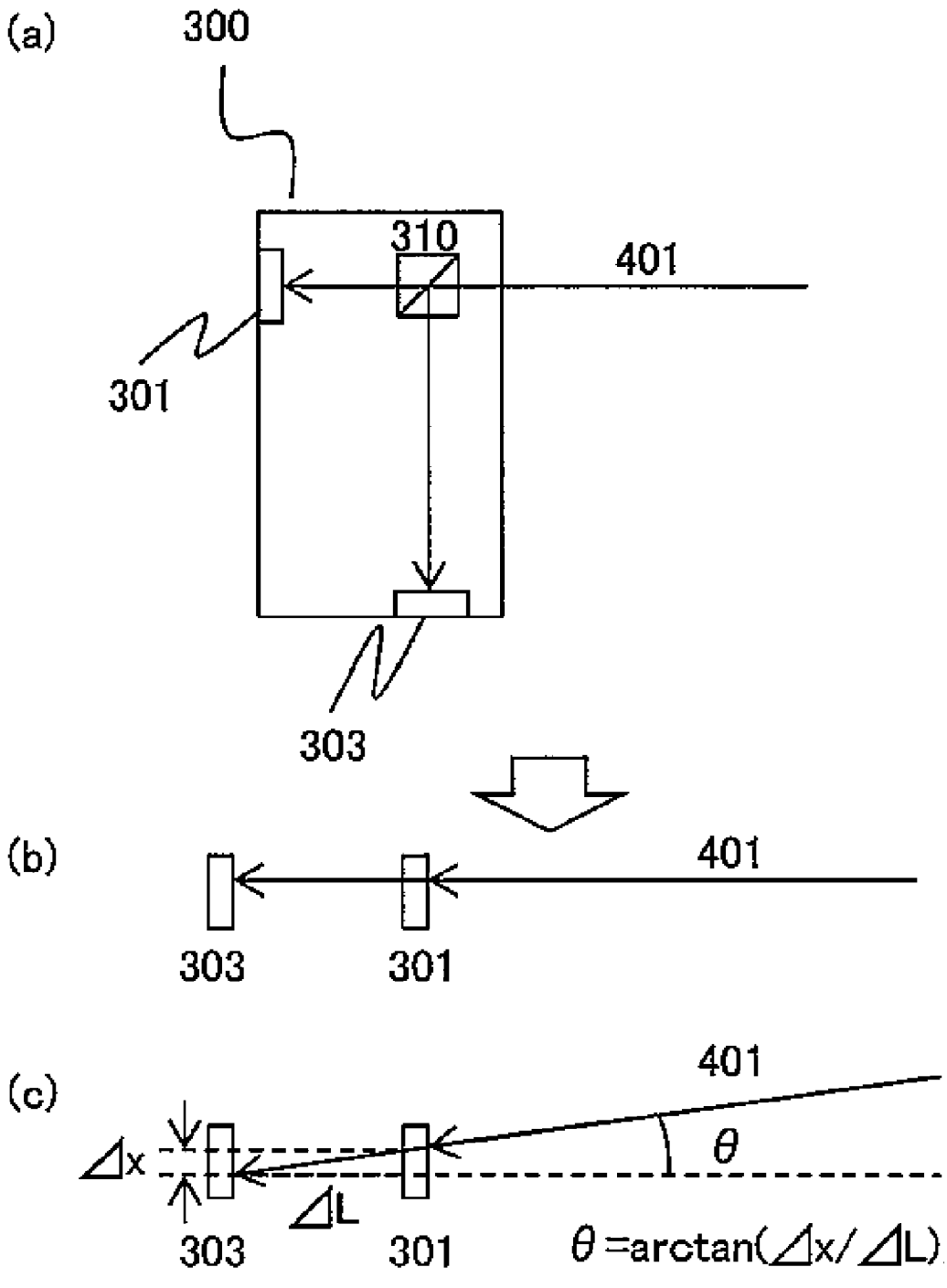
[図4]

図4



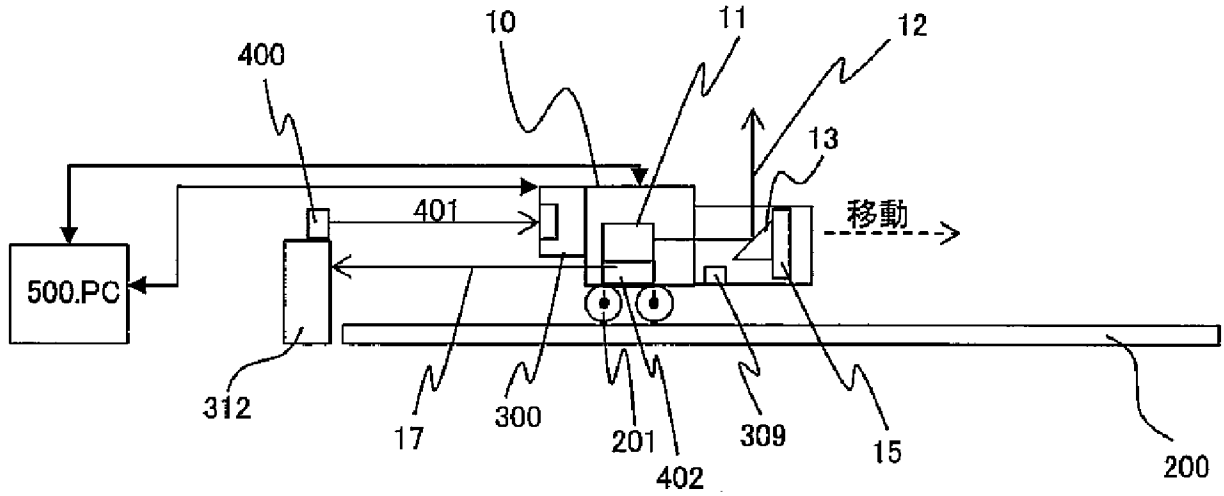
[図5]

図5


(a)
300
310
401
301
303
(b)
401
303
301
(c)
401
θ
Δx
ΔL
303
301
θ =arctan(Δx/ΔL)

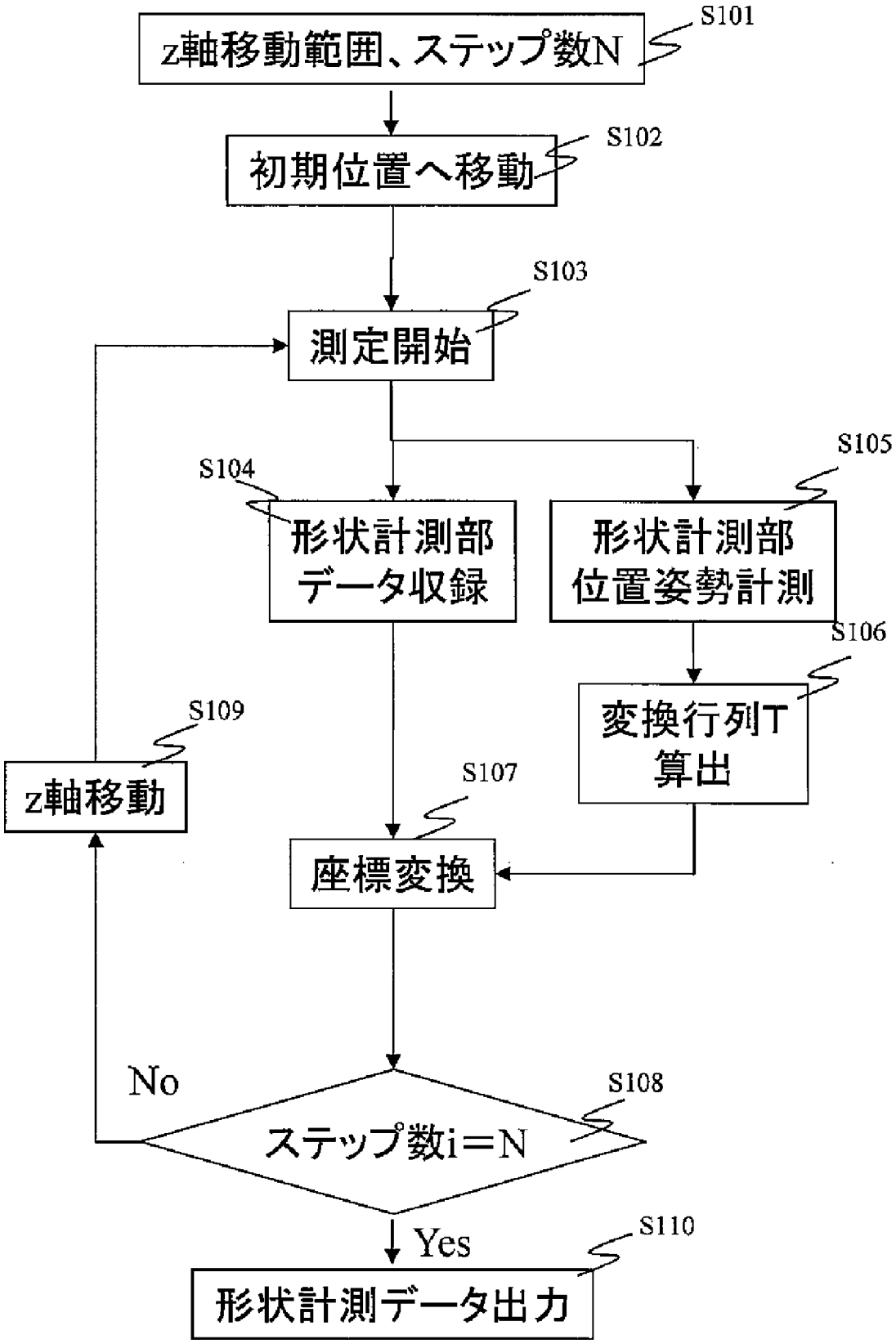
[図6]

図6



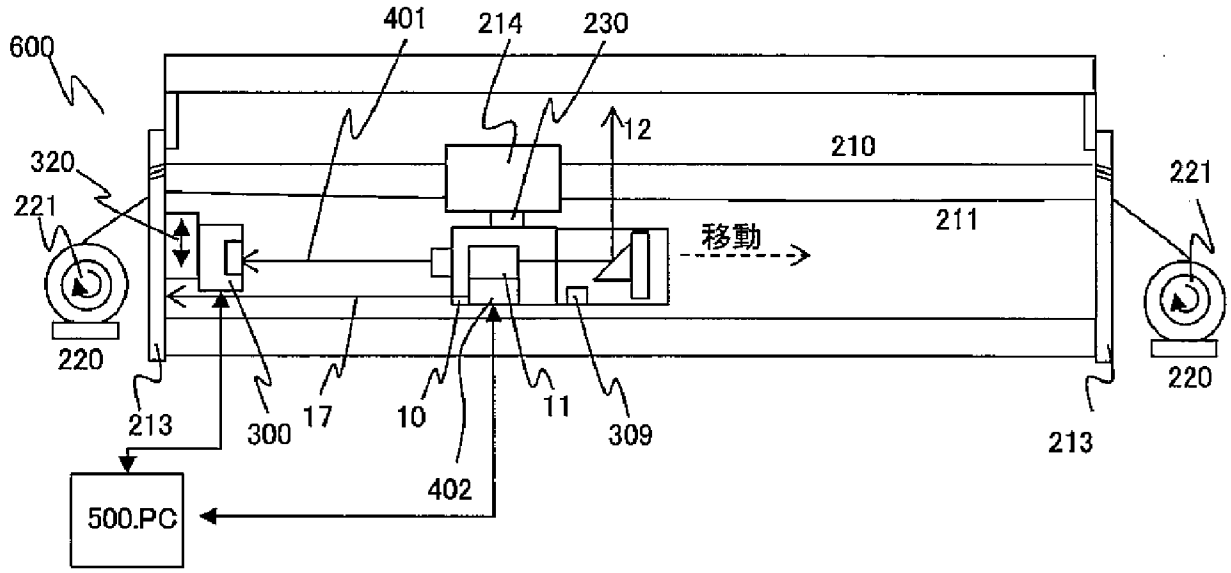
[図7]

図7


z軸移動範囲、ステップ数N
S101
初期位置へ移動
S102
S103
測定開始
S104
形状計測部
データ収録
S105
形状計測部
位置姿勢計測
S106
変換行列T
算出
S107
座標変換
S108
ステップ数i＝N
No
Yes
S109
z軸移動
S110
形状計測データ出力

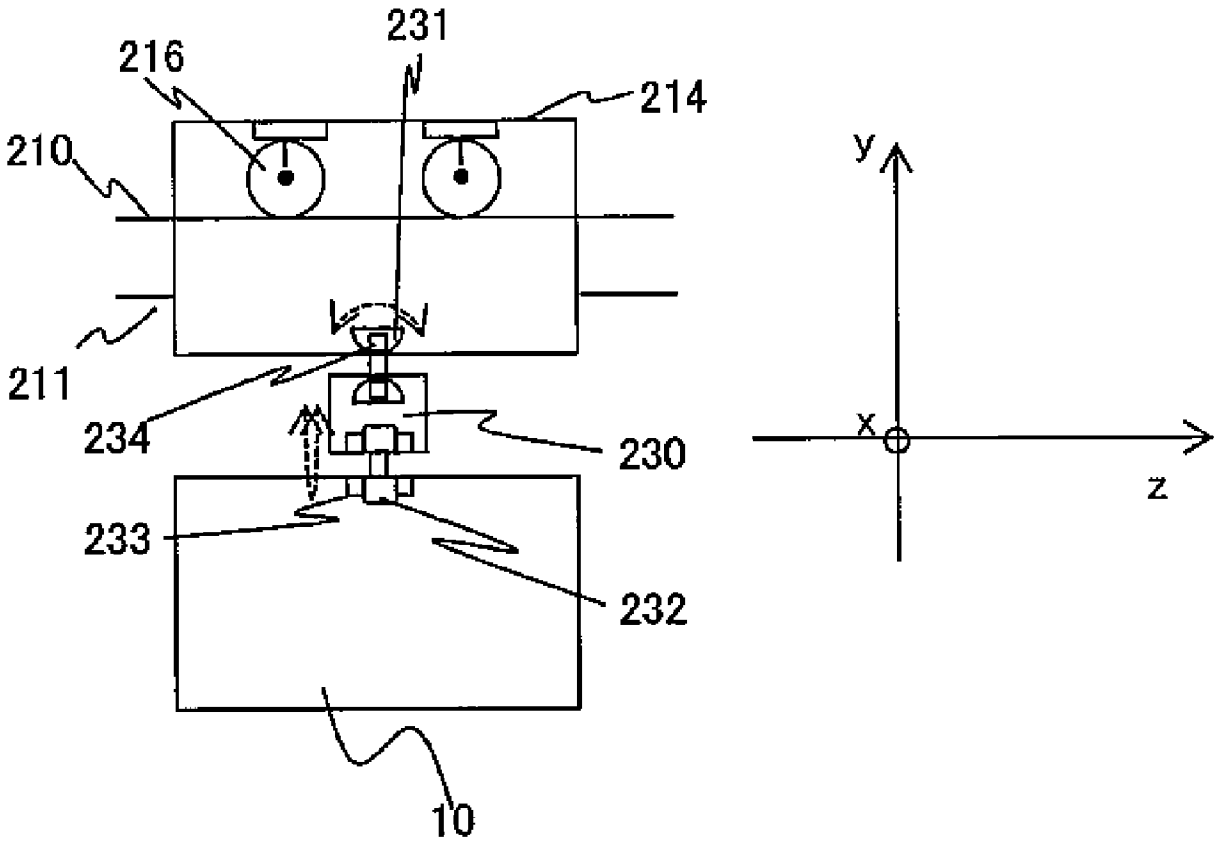
[図8]

図8


600
401
214
230
12
210
320
221
211
移動
221
220
220
213
300
17
10
11
309
213
402
500.PC

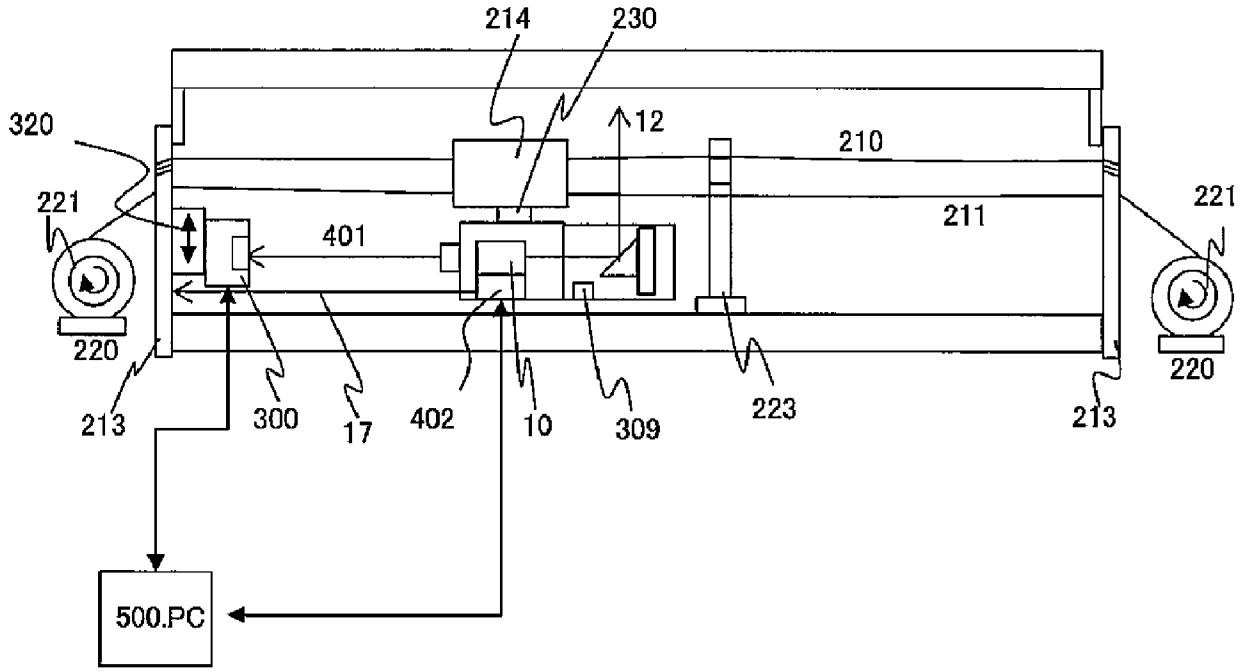
[図9]

図9


231
216
214
210
211
234
230
233
232
10
y
x
z

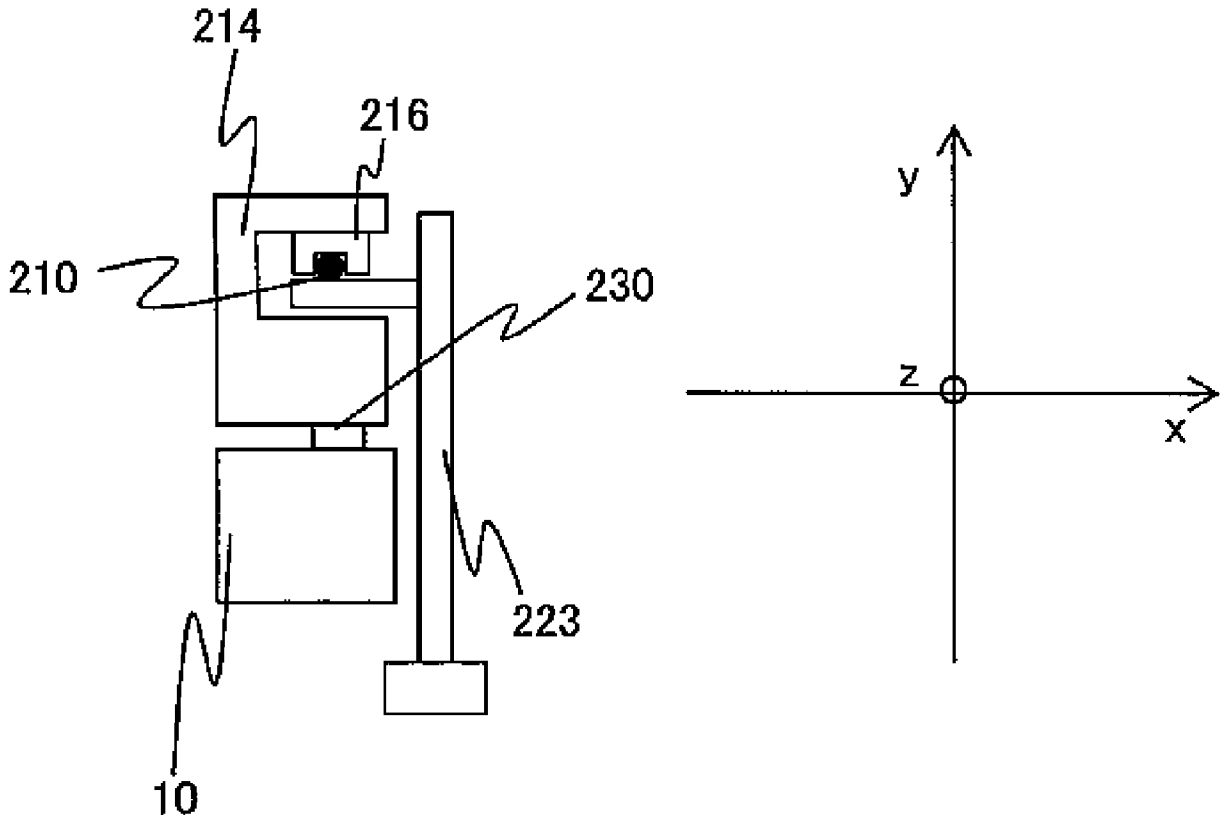
[図10]

図10



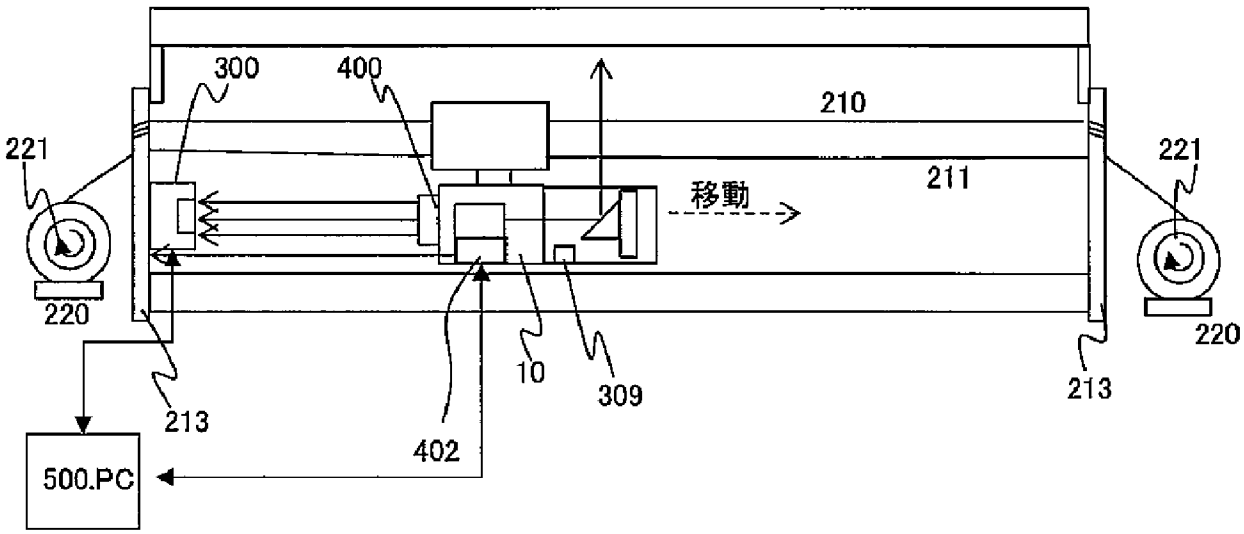
[図11]

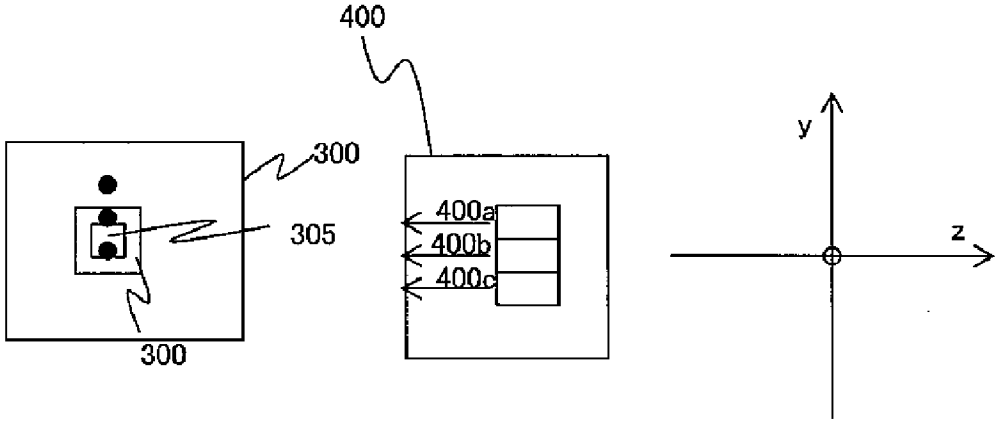
図11



[図12]

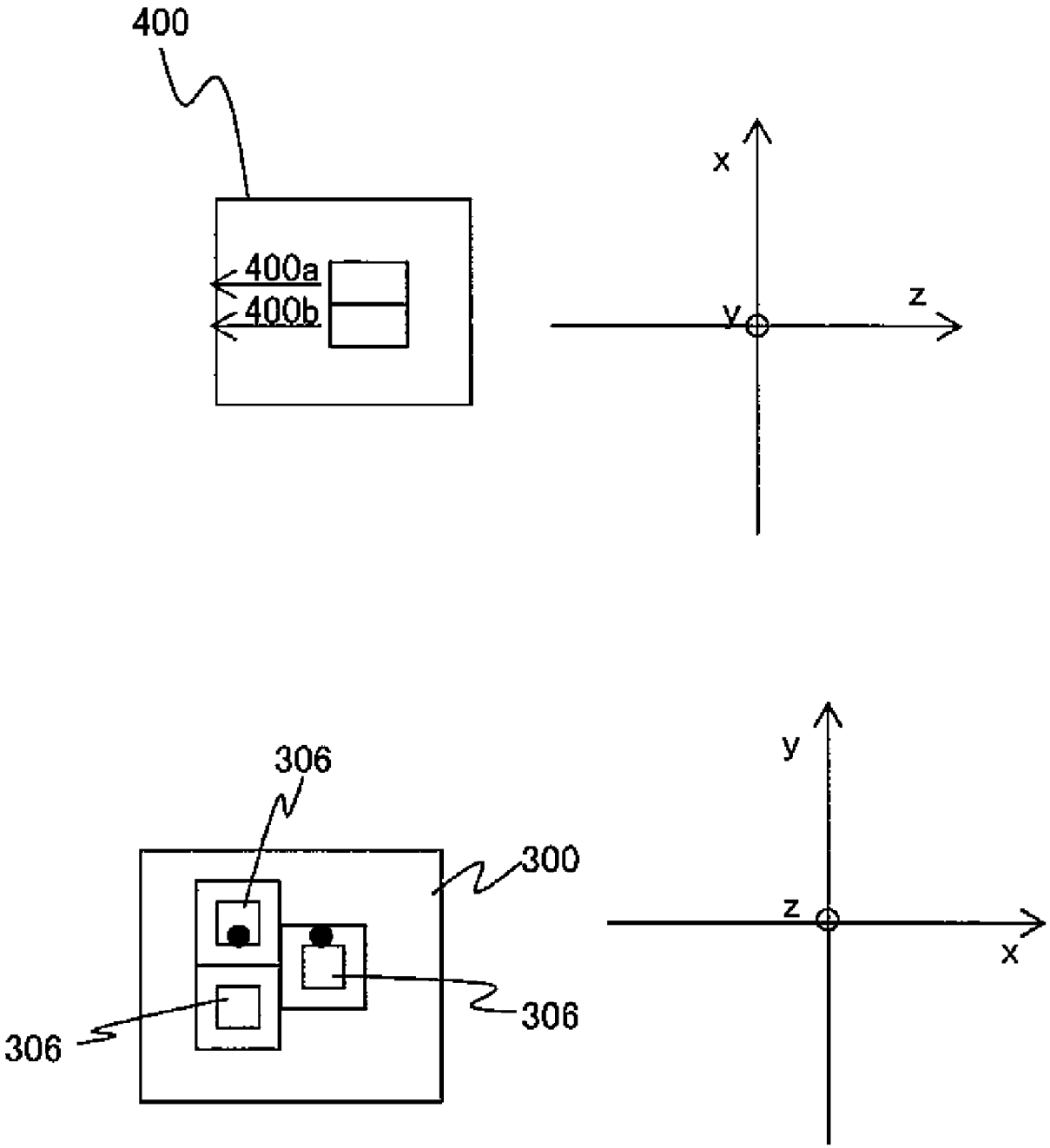
図12


300
400
210
221
211
移動
221
220
220
10
309
213
213
402
500.PC


400
300
305
400a
400b
400c
300
y
z

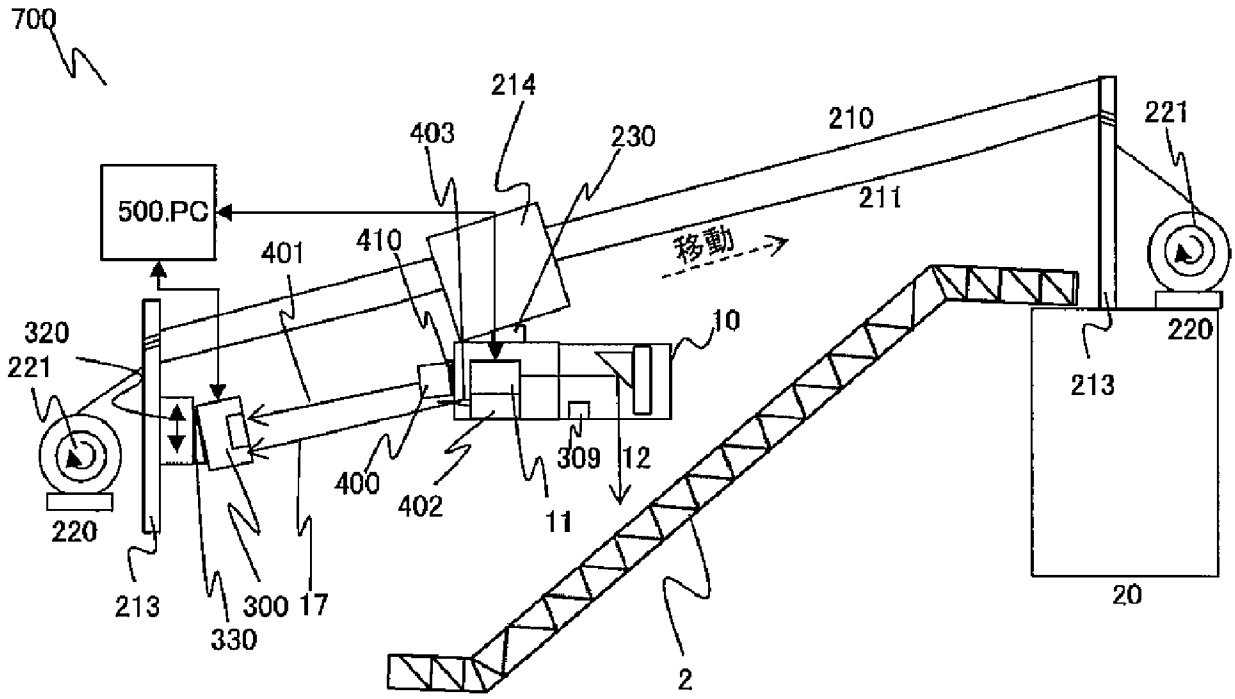
[図13]

図13



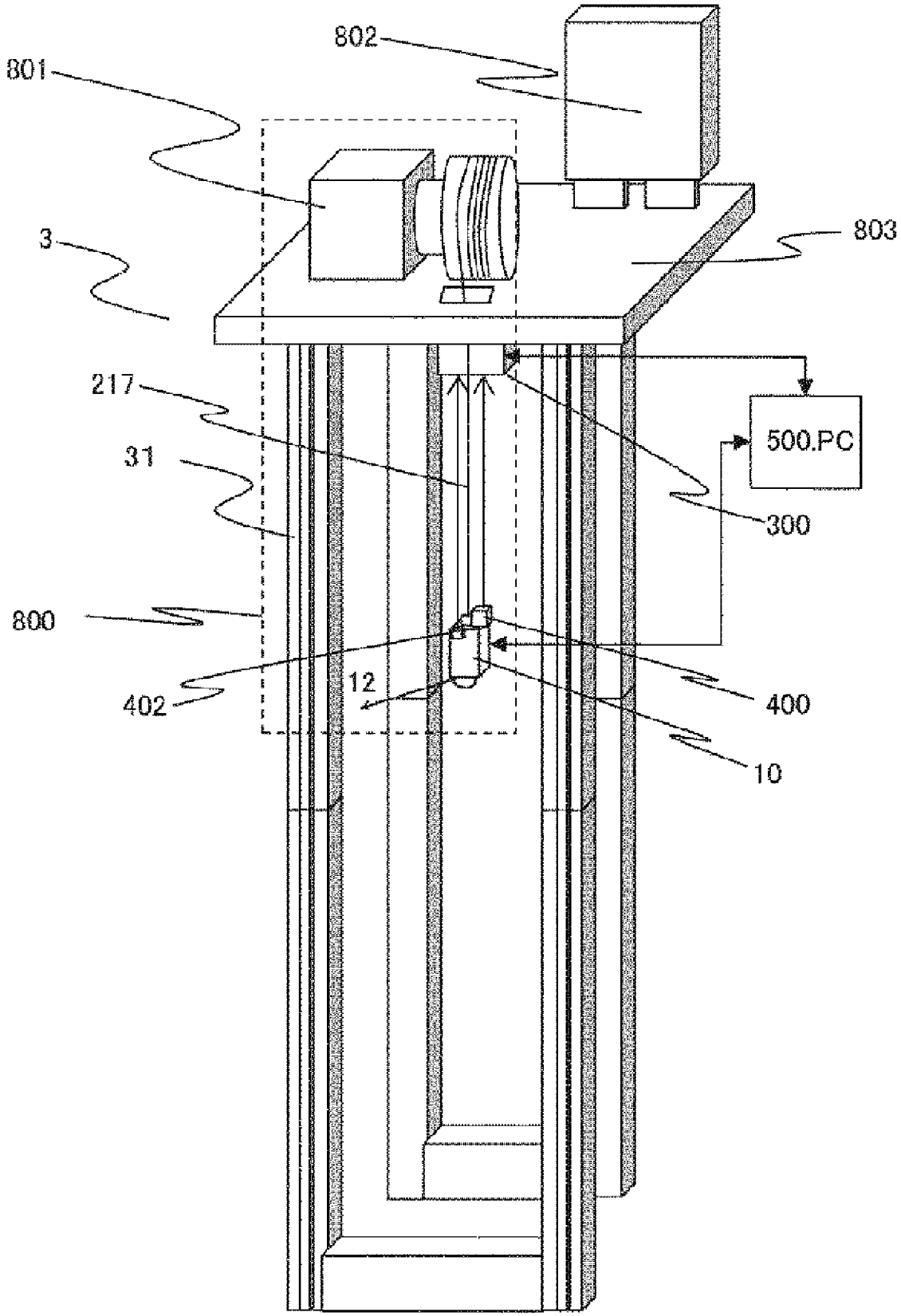
[図14]

図14


700
214
403
230
210
221
500.PC
211
401
410
移動
320
221
10
220
213
309
12
400
402
11
220
213
300
17
330
20
2

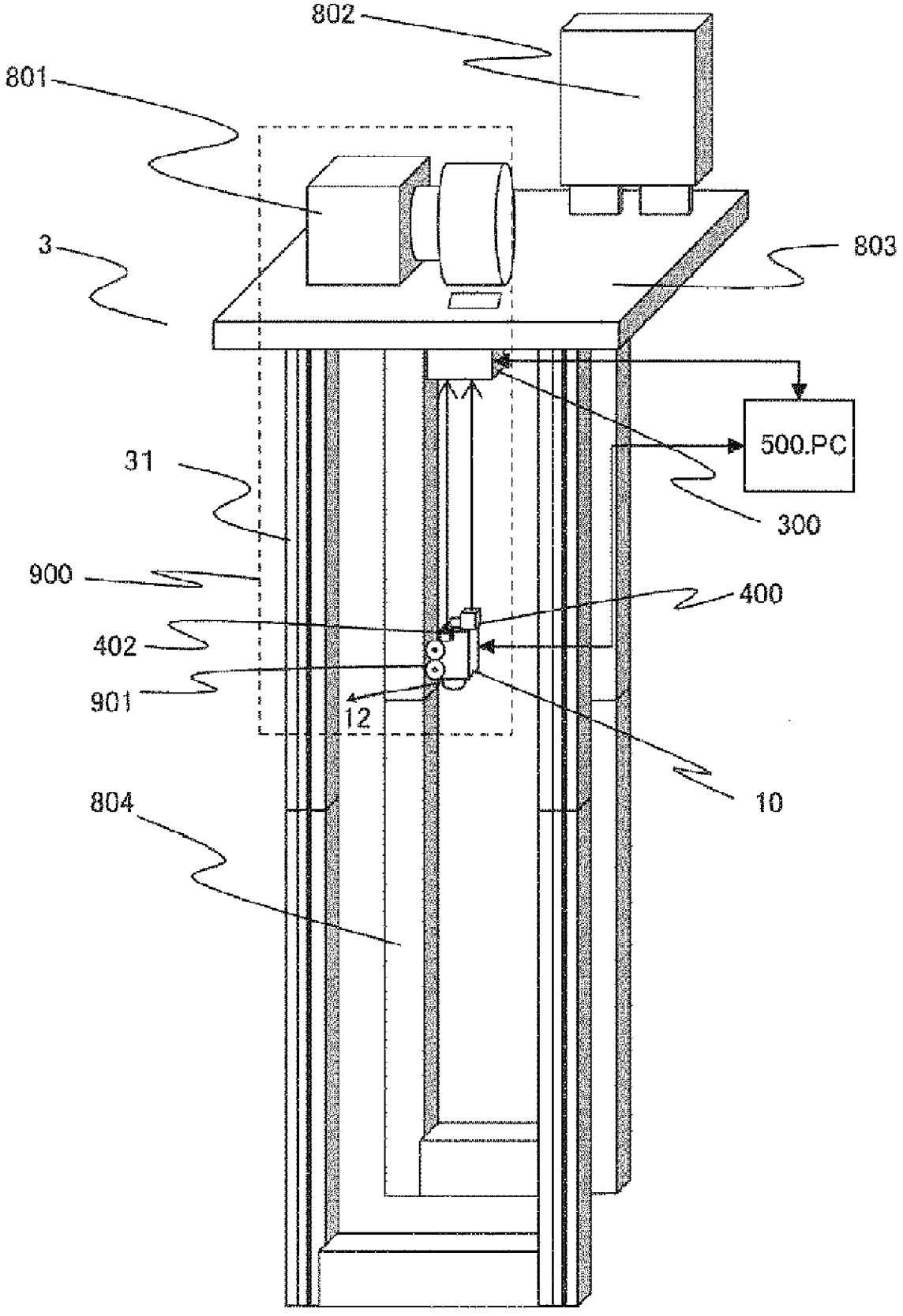
[図15]

図15



[図16]

図16



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP2013/078414

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
G01B11/24(2006.01)i, *G01C7/00*(2006.01)i

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

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)
G01B11/00-11/30, G01C7/00-7/06, G01C15/00

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched
Jitsuyo Shinan Koho 1922-1996 Jitsuyo Shinan Toroku Koho 1996-2013
Kokai Jitsuyo Shinan Koho 1971-2013 Toroku Jitsuyo Shinan Koho 1994-2013

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

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X Y A	JP 4-282411 A (Penta Ocean Construction Co., Ltd.), 07 October 1992 (07.10.1992), entire text; all drawings (Family: none)	1-6 7,8 9,10
Y	JP 1-110209 A (Kabushiki Kaisha Kikkodo), 26 April 1989 (26.04.1989), entire text; all drawings (Family: none)	7,8
X	JP 2005-98786 A (Toshiba Elevator and Building Systems Corp.), 14 April 2005 (14.04.2005), entire text; all drawings (Family: none)	1-4,7

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

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

Date of the actual completion of the international search	Date of mailing of the international search report
01 November, 2013 (01.11.13)	19 November, 2013 (19.11.13)
Name and mailing address of the ISA/ Japanese Patent Office Facsimile No.	Authorized officer Telephone No.

Form PCT/ISA/210 (second sheet) (July 2009)

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP2013/078414

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 2001-271583 A (Toda Corp.), 05 October 2001 (05.10.2001), entire text; all drawings (Family: none)	1-10
A	JP 6-307863 A (Mitsui Construction Co., Ltd.), 04 November 1994 (04.11.1994), entire text; all drawings (Family: none)	1-10

国際調査報告

国際出願番号　ＰＣＴ／ＪＰ２０１３／０７８４１４

Ａ．　発明の属する分野の分類（国際特許分類（ＩＰＣ））

Int.Cl.　G01B11/24(2006.01)i, G01C7/00(2006.01)i

Ｂ．　調査を行った分野

調査を行った最小限資料（国際特許分類（ＩＰＣ））

Int.Cl.　G01B11/00-11/30, G01C7/00-7/06, G01C15/00

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	１９７１－２０１３年
日本国実用新案登録公報	１９９６－２０１３年
日本国登録実用新案公報	１９９４－２０１３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
X Y A	JP 4-282411 A (五洋建設株式会社) 1992.10.07, 全文, 全図 (ファミリーなし)	1-6 7,8 9,10
Y	JP 1-110209 A (株式会社菊香堂) 1989.04.26, 全文, 全図 (ファミリーなし)	7,8
X	JP 2005-98786 A (東芝エレベータ株式会社) 2005.04.14, 全文, 全図 (ファミリーなし)	1-4,7

☑ Ｃ欄の続きにも文献が列挙されている。　☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。

＊　引用文献のカテゴリー
「Ａ」特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの
「Ｅ」国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの
「Ｌ」優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献（理由を付す）
「Ｏ」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献
「Ｐ」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願の日の後に公表された文献
「Ｔ」国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの
「Ｘ」特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの
「Ｙ」特に関連のある文献であって、当該文献と他の１以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの
「＆」同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日	国際調査報告の発送日
０１．１１．２０１３	１９．１１．２０１３

国際調査機関の名称及びあて先
日本国特許庁（ＩＳＡ／ＪＰ）
郵便番号１００－８９１５
東京都千代田区霞が関三丁目４番３号

特許庁審査官（権限のある職員）　２Ｓ　３１００
丑田　真悟
電話番号　０３－３５８１－１１０１　内線　３２５８

Ｃ（続き）．　関連すると認められる文献

引用文献のカテゴリー＊	引用文献名　及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する請求項の番号
A	JP 2001-271583 A (戸田建設株式会社) 2001.10.05, 全文,全図（ファミリーなし）	1-10
A	JP 6-307863 A (三井建設株式会社) 1994.11.04, 全文,全図（ファミリーなし）	1-10