

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第6770876号
(P6770876)

(45) 発行日 令和2年10月21日(2020.10.21)

(24) 登録日 令和2年9月30日(2020.9.30)

(51) Int.Cl. F I
GO 1 C 15/00 (2006.01) GO 1 C 15/00 1 0 3 A
 GO 1 C 15/00 1 0 3 Z

請求項の数 3 (全 9 頁)

<p>(21) 出願番号 特願2016-222425 (P2016-222425) (22) 出願日 平成28年11月15日(2016.11.15) (65) 公開番号 特開2018-80968 (P2018-80968A) (43) 公開日 平成30年5月24日(2018.5.24) 審査請求日 令和1年8月5日(2019.8.5)</p>	<p>(73) 特許権者 000220343 株式会社トプコン 東京都板橋区蓮沼町75番1号 (74) 代理人 100087826 弁理士 八木 秀人 (74) 代理人 100168088 弁理士 太田 悠 (72) 発明者 弥延 聡 東京都板橋区蓮沼町75-1 株式会社ト プコン内 (72) 発明者 熊谷 薫 東京都板橋区蓮沼町75-1 株式会社ト プコン内 審査官 山▲崎▼ 和子</p>
--	--

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 測量機

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

ターゲットの位置を撮影画像から検出する追尾部と、
 仮想的なターゲットの位置を作成する仮想ターゲット位置算出部と、
 前記仮想ターゲット位置算出部で作成した前記仮想的なターゲットの位置を前記追尾部
 で捉えたように変換する仮想追尾部と、
 前記仮想追尾部の出力を前記追尾部の出力と同等に扱い、水平軸および鉛直軸の回転動
 作を決定する追尾演算部と、
 前記追尾演算部の出力から制御信号を生成するモータ制御部と、
 前記モータ制御部の前記制御信号を受けて、前記水平軸および前記鉛直軸を回転させる
 モータと、
 前記水平軸および前記鉛直軸の回転量を検出するエンコーダと、
 を備え、
 前記仮想追尾部は、前記追尾部と前記仮想追尾部の制御周期のずれを補正するために、
 前記仮想追尾部の出力したデータの時系列データテーブルを作成し、前記追尾演算部に、
 前記時系列データのなかから前記追尾部のデータ取得時と一致するデータを出力するこ
 とを特徴とする測量機。

10

【請求項2】

前記仮想ターゲット位置算出部は、極座標または三次元座標で前記仮想的なターゲット

20

の位置を更新し、

前記仮想追尾部は、予め設定された望遠鏡の仮想視野に前記仮想的なターゲットが存在する場合は、前記仮想視野の中心から前記仮想的なターゲットまでのずれを計算する請求項 1 に記載の測量機。

【請求項 3】

前記仮想ターゲット位置算出部は、前記仮想的なターゲットの動作パターンとして、少なくとも、前記仮想的なターゲットが水平方向に往復運動するパターン、前記仮想的なターゲットが傾斜して往復運動するパターン、前記仮想的なターゲットが長時間回転するパターン、前記仮想的なターゲットが所定の振動を有するパターンのいずれか一つを作成する請求項 1 または 2 に記載の測量機。

10

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、自動追尾機能を有する測量機に関する。

【背景技術】

【0002】

測量機、例えばモータドライブトータルステーションは、移動するターゲットを自動で追尾する機能を備えている。この測量機には、追尾光を照射する発光部とその反射光を受光する受光部が設けられ、点灯画像と消灯画像を取得してその差分を取り、望遠鏡の視軸からの隔たりが一定値以内に収まる位置をターゲット位置として検出する（特許文献 1）。

20

【0003】

上記の追尾機能の性能評価は、回転運動や往復運動をさせることが可能な工具にターゲットを取り付けて、ターゲットの動きを測量機に追尾させることで行うか、測量機を回転および傾斜可能なテーブルに載せて動作させ、固定したターゲットを追尾させることで行われている。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0004】

【特許文献 1】特開 2009 - 300386 号公報

30

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

しかし、上記の性能評価では、ターゲットを動かすための工具や測量機を動かすためのテーブルなど、いずれにしても、測量機以外に、一定の動作をさせるための大型な装置が必要であった。

【0006】

本発明の目的は、測量機以外の装置を用いなくても、追尾性能を評価することのできる測量機を提供することにある。

40

【課題を解決するための手段】

【0007】

上記課題を解決するために、本発明のある態様の測量機は、ターゲットの位置を撮影画像から検出する追尾部と、仮想的なターゲットの位置を作成する仮想ターゲット位置算出部と、前記仮想ターゲット位置算出部で作成した前記仮想的なターゲットの位置を前記追尾部で捉えたように変換する仮想追尾部と、前記仮想追尾部の出力を前記追尾部の出力と同等に扱い、水平軸および鉛直軸の回転動作を決定する追尾演算部と、前記追尾演算部の出力から制御信号を生成するモータ制御部と、前記モータ制御部の前記制御信号を受けて、前記水平軸および前記鉛直軸を回転させるモータと、前記水平軸および前記鉛直軸の回転量を検出するエンコーダと、を備える。

50

【 0 0 0 8 】

上記態様において、前記仮想ターゲット位置算出部は、極座標または三次元座標で前記仮想的なターゲットの位置を更新し、前記仮想追尾部は、予め設定された望遠鏡の仮想視野に前記仮想的なターゲットが存在する場合は、前記仮想視野の中心から前記仮想的なターゲットまでのずれを計算するのも好ましい。

【 0 0 0 9 】

上記態様において、前記仮想追尾部は、前記追尾部と前記仮想追尾部の制御周期のずれを補正するために、前記仮想追尾部の出力したデータの時系列データテーブルを作成し、前記追尾演算部に、前記時系列データのなかから前記追尾部のデータ取得時と一致するデータを出力するのも好ましい。

10

【 0 0 1 0 】

上記態様において、前記仮想ターゲット位置算出部は、前記仮想的なターゲットの動作パターンとして、少なくとも、前記仮想的なターゲットが水平方向に往復運動するパターン、前記仮想的なターゲットが傾斜して往復運動するパターン、前記仮想的なターゲットが長時間回転するパターン、前記仮想的なターゲットが所定の振動を有するパターンのいずれか一つを作成するのも好ましい。

【 発明の効果 】

【 0 0 1 1 】

本発明の測量機によれば、測量機以外の装置を用いなくても、追尾性能を評価することができる。

20

【 図面の簡単な説明 】

【 0 0 1 2 】

【 図 1 】 本形態に係る測量機の概略縦断面図である。

【 図 2 】 本形態に係る測量機の制御ブロック図である。

【 図 3 】 本形態に係る測量機の仮想追尾に係る制御ブロック図である。

【 図 4 】 本形態に係る仮想追尾部の処理を説明するためのイメージ図である。

【 図 5 】 本形態に係る追尾部と仮想追尾部のタイミングチャート図である。

【 図 6 】 本形態に係る測量機の仮想追尾の制御フローチャートである。

【 発明を実施するための形態 】

【 0 0 1 3 】

次に、本発明の好適な実施の形態について、図面を参照して説明する。

30

【 0 0 1 4 】

図 1 は、本形態に係る測量機の概略縦断面図である。符号 1 が測量機である。測量機 1 は、整準部 3 の上に設けられた基盤部 4 と、基盤部 4 上を鉛直軸 6 周りに水平回転する托架部 7 と、托架部 7 に水平軸 11 周りに鉛直回転する望遠鏡 9 と、を有する。托架部 7 の水平回転と望遠鏡 9 の鉛直回転の協働により、測距光及び追尾光がターゲットに照射される。

【 0 0 1 5 】

鉛直軸 6 の下端部には水平回転用のモータ 5 が設けられ、上端部には水平角検出用のエンコーダ 21 が設けられている。水平軸 11 の一方の端部には鉛直回転用のモータ 12 が設けられ、他方の端部には鉛直角検出用のエンコーダ 22 が設けられている。エンコーダ 21, 22 は、アブソリュートエンコーダまたはインクリメンタルエンコーダである。

40

【 0 0 1 6 】

図 2 は、本形態に係る測量機 1 の制御ブロック図である。測量機 1 は、測距部 31 と、追尾部 32 と、マイクロコントローラ 23 と、上述のモータ 5, 12 と、上述のエンコーダ 21, 22 とを有する。測距部 31 は、測距光として赤外パルスレーザ光をターゲット 10 に送光する。そして、ターゲット 10 からの反射光を例えばフォトダイオード等の受光部で受光し、測距信号に変換する。追尾部 32 は、発光部 321 から追尾光として測距光とは異なる波長の赤外レーザ光を出力する。追尾光は追尾光学系 323 を介してターゲット 10 に送光され、ターゲット反射して再び追尾光学系 323 を介して受光部 322 に

50

入射する。受光部 322 は、例えば CCD センサ、CMOS センサ等のイメージセンサである。受光部 322 では、追尾光を含む風景画像（点灯画像）と追尾光を除いた風景画像（消灯画像）を取得する。受光部 322 で撮られた両画像は、画像処理装置 324 に送られ、画像の差分が求められる。差分を求めることにより、ターゲット 10 の像の中心が求められる。画像処理装置 324 は、画像上で、望遠鏡 9 の視野中心とターゲット 10 の中心との隔たり（ H 、 V ）を求め、マイクロコントローラ 23 に出力する。

【0017】

マイクロコントローラ 23 は、CPU、ROM、RAM 等を集積回路に実装したものであり、托架部 7 に收容されている（図 1）。マイクロコントローラ 23 は、追尾演算部 33 と、モータ制御部 34 と、後に詳述する仮想ターゲット位置算出部 35 および仮想追尾部 36 を有する。

10

【0018】

追尾演算部 33 は、追尾部 32 の出力（ H 、 V ）から、モータ 5、12 の回転動作を決定する。モータ制御部 34 は、追尾演算部 33 の出力から、モータ 5、12 の制御信号を生成する。制御信号を受けたモータ 5、12 は、鉛直軸 6 及び / 又は水平軸 11 をそれぞれ追尾部 32 からの出力（ H 、 V ）に相当する位置まで回転させる。エンコーダ 21、22 は、それぞれ鉛直軸 6、水平軸 11 の回転角を検出し、モータ制御部 34 へフィードバックさせる。測量機 1 では、望遠鏡 9 の視野中心とターゲット 10 の中心との隔たりが一定値以内に収まる位置がターゲット 10 の位置として検出されるまで、自動追尾が行われる。

20

【0019】

さらに、測量機 1 は、仮想追尾機能を有する。図 3 は、本形態に係る測量機 1 の仮想追尾に係る制御ブロック図である。

【0020】

仮想ターゲット位置算出部 35 は、極座標（ D_t 、 V_t 、 H_t ）または三次元座標（ X 、 Y 、 Z ）で、仮想ターゲット 10' の位置を作成し、時々刻々と更新する。

【0021】

仮想追尾部 36 には、図 4 に示すように、予め、極座標（ D_t 、 V_t 、 H_t ）または三次元座標（ X 、 Y 、 Z ）で、望遠鏡 9 の仮想視野 41 が設定されている。仮想追尾部 36 は、まず、仮想ターゲット 10' の水平角及び鉛直角と、仮想視野角を調べ、仮想視野 41 内に仮想ターゲット 10' が存在するか否かを調べる。仮想視野 41 内に仮想ターゲット 10' が存在する場合は、仮想視野 41 の中心 42 から仮想ターゲット 10' の中心までの水平方向のずれ（ H ）および鉛直方向のずれ（ V ）を求めて、追尾演算部 33 に出力する。このように、仮想追尾部 36 は、仮想ターゲット位置算出部 35 で作成した仮想的なターゲットの位置を追尾部 32 で捉えたように空間的に変換する。

30

【0022】

ここで、好ましくは、仮想追尾部 36 は、実際の追尾部 32 と仮想追尾部 36 との分解能・遅れの特性を考慮し、時間的な変換も行う。図 5 は、本形態に係る追尾部 32 と仮想追尾部 36 のタイミングチャート図である。

【0023】

追尾部 32 の発光部 321 の発光パルス出力は、例えば発光時間が 4 [msec]、消灯時間が 4 [msec] で行われており、このため追尾部 32 の制御周期は 8 [msec] となっている。受光部 322 では、発光時間の平均的な位置で点灯画像が撮られるので、つまり、ターゲット 10 の位置は発光時間のうち 2 [msec] の位置で検出されたかのように取得される。この 2 [msec] が、受光部 322 の遅れとなる。追尾部 32 では、8 [msec] で一セットとなるため、8 [msec] に一回、望遠鏡 9 の視野中心とターゲット 10 の中心との隔たり（ H 、 V ）を追尾演算部 33 に出力する。

40

【0024】

一方、仮想追尾部 36 は、ソフトウェア上の処理であるため、データはマイクロコントローラ 23 の CPU の性能に応じて取得可能である。CPU の制御周期が例えば 1 [ms

50

e c]であるとすると、仮想追尾部 3 6 は、仮想視野 4 1 の中心 4 2 と仮想ターゲット 1 0 ' の中心との隔たり (H , V) を、1 [m s e c] ごとに追尾演算部 3 3 に出力することができる。

【 0 0 2 5 】

ここで、追尾部 3 2 と仮想追尾部 3 6 の分解能の違いを補正するために、仮想追尾部 3 6 は、出力したデータの時系列データテーブル 5 1 (図 5) を作成する。時系列データテーブル 5 1 に示すデータ d 1 , d 2 , d 3 ... , d 8 は、それぞれ図 5 に示す仮想追尾部 3 6 の制御周期 T 1 , T 2 , T 3 ... , T 8 で得られた出力データ (H , V) である。この例では、仮想追尾部 3 6 は、追尾演算部 3 3 に対し、最新のデータ d 8 ではなく、追尾部 3 2 のデータ取得時と一致する、6 [m s e c] 分過去のデータ、データ d 2 を、出力

10

【 0 0 2 6 】

追尾演算部 3 3 は、仮想追尾部 3 6 からの出力 (H , V) を、実際の追尾部 3 2 と同等に扱い、モータ 5 , 1 2 の回転動作を決定する。モータ制御部 3 4 は、追尾演算部 3 3 の出力から、モータ 5 , 1 2 の制御信号を生成する。制御信号を受けたモータ 5 , 1 2 は、鉛直軸 6 及び / 又は水平軸 1 1 をそれぞれ仮想追尾部 3 6 からの出力分 (H , V) に相当する位置まで回転させる。エンコーダ 2 1 , 2 2 は、それぞれ鉛直軸 6 , 水平軸 1 1 の回転角を検出し、モータ制御部 3 4 へフィードバックさせる。測量機 1 では、仮想視野 4 1 の中心と仮想ターゲット 1 0 ' の中心との隔たりが一定値以内に収まる位置が仮想

20

【 0 0 2 7 】

図 6 は、本形態に係る測量機 1 の仮想追尾の制御フローチャートである。

【 0 0 2 8 】

まず、ステップ S 1 で、仮想ターゲット位置算出部 3 5 は、スタート時の望遠鏡 9 が向いている方向をエンコーダ 2 1 , 2 2 から検出し、ターゲット 1 0 の設置予定距離を入力等から取得して、仮想ターゲット 1 0 ' の初期位置を決定する。

【 0 0 2 9 】

次に、ステップ S 2 で、仮想ターゲット位置算出部 3 5 は、仮想ターゲット 1 0 ' を移動させ、仮想位置を更新する。仮想追尾部 3 6 は、仮想ターゲット 1 0 ' を仮想追尾する

30

【 0 0 3 0 】

次に、ステップ S 3 で、仮想追尾部 3 6 は、出力したデータの時系列データテーブル 5 1 を作成する。

【 0 0 3 1 】

次に、ステップ S 4 で、仮想追尾部 3 6 は、追尾部 3 2 との分解能・遅れの特性を補正する。

【 0 0 3 2 】

次に、ステップ S 5 で、追尾演算部 3 3 は、モータ 5 , 1 2 の回転動作 (モータ 5 , 1 2 の目標位置・目標速度) を算出する。

40

【 0 0 3 3 】

次に、ステップ S 6 で、モータ制御部 3 4 は、モータ 5 , 1 2 の現在位置および現在速度から、制御信号を生成する。

【 0 0 3 4 】

次に、ステップ S 7 で、エンコーダ 2 1 , 2 2 は、鉛直軸 6 , 水平軸 1 1 の回転角を取得する。

【 0 0 3 5 】

次に、ステップ S 8 で、追尾演算部 3 3 は、追尾が終了したか判断する。終了していない場合は、ステップ S 2 に戻る。終了した場合は、仮想追尾を停止する。なお、上記のステップ S 4 は、仮想追尾の制御フローに必須の要素とはしないが、行うと好ましい。

50

【 0 0 3 6 】

なお、ステップ S 2 における仮想ターゲット 1 0 ' の動作パターンは、予めプログラムが組まれていてよく、作業者がパターンを任意に選択できるものとする。パターン例を次に示す。

【 0 0 3 7 】

パターン 1 は、測量機 1 の視軸方向の先（例えば極座標 $D_t = 10\text{ m}$ ）に仮想ターゲット 1 0 ' を設置し、仮想ターゲット 1 0 ' を（例えばモータパルス 1 0 H z で）水平方向に往復運動させる（極座標 H_t を変更する）パターンである。パターン 1 は、従来の工具を用いた追尾性能の評価を模したパターンである。

【 0 0 3 8 】

パターン 2 は、測量機 1 の視軸方向の先（例えば極座標 $D_t = 10\text{ m}$ ）に仮想ターゲット 1 0 ' を設置し、仮想ターゲット 1 0 ' の水平角または鉛直角を（例えばモータパルス 1 0 H z で）増減させる（極座標 H_t または V_t を変更する）パターンである。パターン 2 は、従来のテーブルを用いた追尾性能の評価を模したパターンである。

【 0 0 3 9 】

パターン 3 は、測量機 1 の視軸方向の先（例えば三次元座標 $Y = 10\text{ m}$ ）に仮想ターゲット 1 0 ' を設置し、仮想ターゲット 1 0 ' を（例えばモータパルス 1 0 H z で）長時間、所定の角速度で等速回転させる（三次元座標 X, Z を変更する）パターンである。パターン 3 は、ある回転盤にターゲット 1 0 を固定し、回転盤を長時間、所定の角速度で等速回転させる連続使用評価を模したパターンである。

【 0 0 4 0 】

パターン 4 は、仮想ターゲット 1 0 ' に、（例えば三次元座標の Z 方向に）所定の振動を与えるパターンである。このパターンによれば、ターゲット 1 0 が重機に搭載された場合の追尾性能を評価できる。

【 0 0 4 1 】

本形態の測量機 1 によれば、仮想ターゲット位置算出部 3 5 により仮想的なターゲットの動きが算出され、仮想追尾部 3 6 によりあたかも追尾部 3 2 でターゲットを捉えたかのような処理が行われるので、測量機 1 の内部で追尾性能を評価することができる。このため、従来の追尾性能の評価のために用いられていた、ターゲットを動かすための工具や測量機を動かすためのテーブルなど、大型な装置が不要となる。

【 0 0 4 2 】

さらに、本形態の測量機 1 によれば、追尾性能の評価は測量機 1 単体で行うことができるので、追尾性能の評価のための施設を用意する必要がなくなる。このため、測量現場や営業所など、工場以外の任意の場所で追尾性能を評価することができる。特に、極寒・極暑環境での追尾性能の評価では、測量機 1 単体をその環境に置けばよいため、施設環境の整備が今までよりも容易になる。また、本形態の測量機 1 は、仮想追尾部 3 6 のセンサスペックを変更すれば、開発中の追尾センサ性能シミュレーションにも利用することができる。

【 0 0 4 3 】

以上、本発明の好ましい測量機について、実施の形態を述べたが、当業者の知識に基づいて改変させることが可能であり、そのような形態も本発明の範囲に含まれる。

【 符号の説明 】

【 0 0 4 4 】

- 1 測量機
- 5 水平回転モータ
- 6 鉛直軸
- 9 望遠鏡
- 1 0 ターゲット
- 1 1 水平軸
- 1 2 鉛直回転モータ

10

20

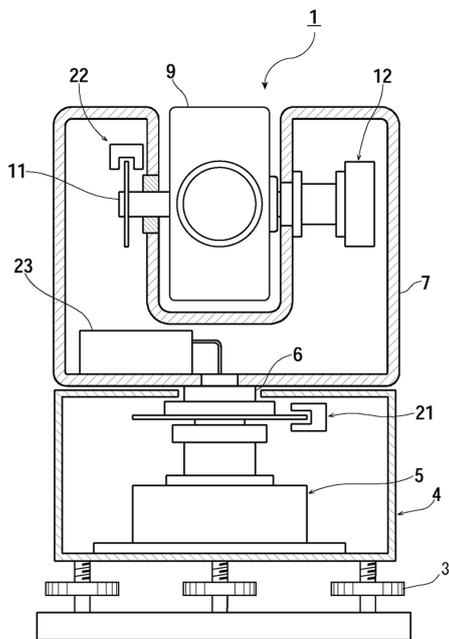
30

40

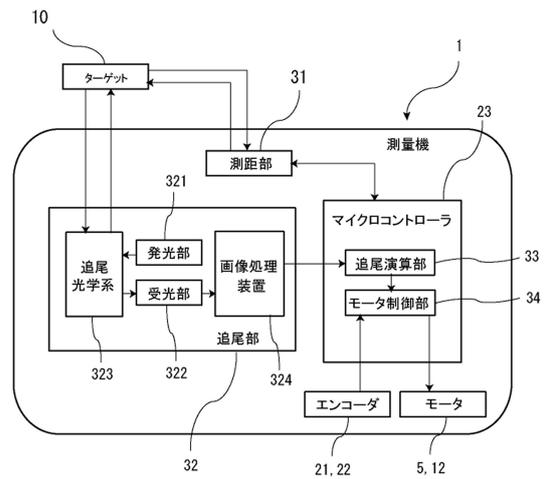
50

- 2 1 水平角検出エンコーダ
- 2 2 鉛直角検出エンコーダ
- 2 3 マイクロコントローラ
- 3 2 追尾部
- 3 3 追尾演算部
- 3 4 モータ制御部
- 3 5 仮想ターゲット位置算出部
- 3 6 仮想追尾部
- 4 1 仮想視野
- 4 2 仮想視野の中心
- 5 1 時系列データテーブル

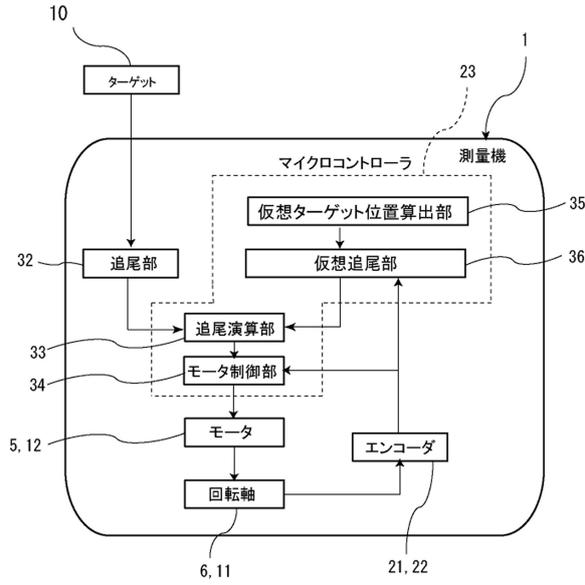
【図 1】



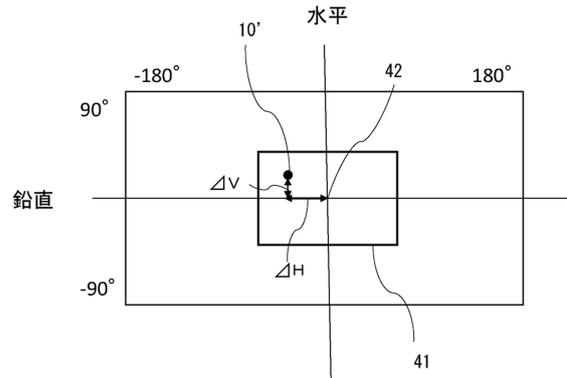
【図 2】



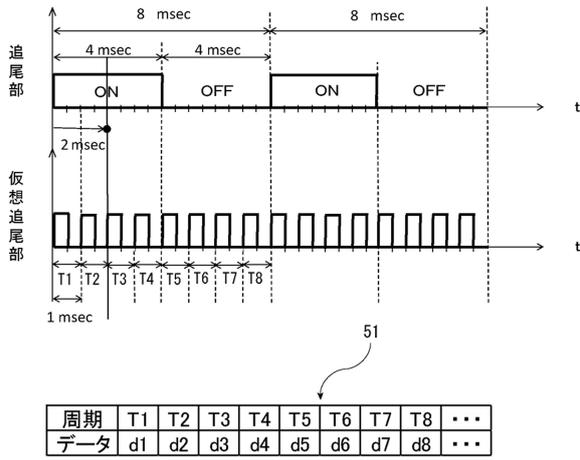
【図3】



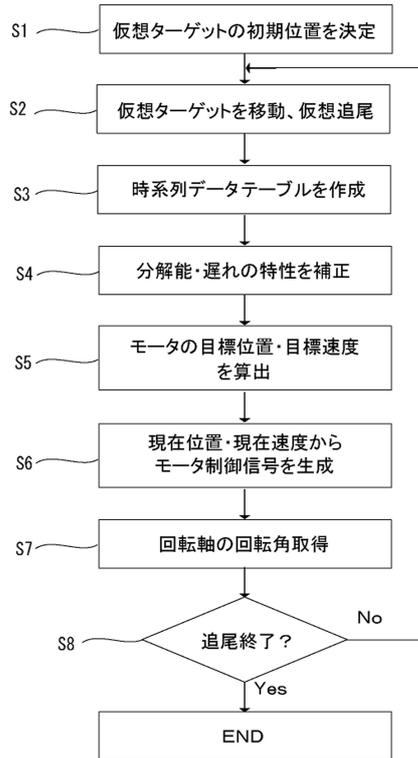
【図4】



【図5】



【図6】



フロントページの続き

- (56)参考文献 特開2013-042386(JP,A)
実開昭59-045580(JP,U)
特開昭63-234176(JP,A)
特開2010-038901(JP,A)
特開2015-125099(JP,A)
米国特許出願公開第2013/0093882(US,A1)
垣内力 他,ビデオセオドライトを用いた動体の自動追尾と位置計測について,日本写真測量学会学術講演会発表論文集,日本,1998年10月,Vol.1998 秋季,253-256

(58)調査した分野(Int.Cl.,DB名)

G01C 1/00、3/00-3/32
5/00-15/14
G01S 7/48-7/51
17/00-17/95
G01B 11/00-11/30
G05D 1/00-1/12
JSTPlus(JDreamIII)
JMEDPlus(JDreamIII)
JST7580(JDreamIII)

H04N 5/222-5/257、7/18