

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第5544042号
(P5544042)

(45) 発行日 平成26年7月9日(2014.7.9)

(24) 登録日 平成26年5月16日(2014.5.16)

(51) Int.Cl.

G01C 15/00 (2006.01)
G01C 15/06 (2006.01)

F 1

G01C 15/00 103E
G01C 15/06 T

請求項の数 41 (全 45 頁)

(21) 出願番号 特願2013-506293 (P2013-506293)
 (86) (22) 出願日 平成23年4月21日 (2011.4.21)
 (65) 公表番号 特表2013-525787 (P2013-525787A)
 (43) 公表日 平成25年6月20日 (2013.6.20)
 (86) 国際出願番号 PCT/US2011/033360
 (87) 国際公開番号 WO2011/133731
 (87) 国際公開日 平成23年10月27日 (2011.10.27)
 審査請求日 平成26年3月12日 (2014.3.12)
 (31) 優先権主張番号 61/326,294
 (32) 優先日 平成22年4月21日 (2010.4.21)
 (33) 優先権主張国 米国(US)

早期審査対象出願

(73) 特許権者 598064510
 ファロ テクノロジーズ インコーポレーテッド
 アメリカ合衆国 フロリダ州 レイク メリー テクノロジー パーク 125
 (74) 代理人 110001210
 特許業務法人 Y K I 国際特許事務所
 (72) 発明者 ステッフェンセン ニルス ピー
 アメリカ合衆国 ペンシルバニア ケンネット スクウェア サンライズ ドライブ 848
 (72) 発明者 ウィルソン トッド ピー
 アメリカ合衆国 ペンシルバニア パーク スバード オクトラーラ ロード 33

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】ジェスチャを使用してレーザトラッカを制御する方法及び装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

レーザトラッカ(10)の動作を制御するためのユーザからレーザトラッカ(10)への命令を光学的に伝達する方法であって、

複数の命令の各々と複数の空間的パターンの各々との間の対応のルールを提供するステップと、

前記ユーザによって前記複数の命令の中から第1の命令を選択するステップと、

前記ユーザによって第1の時間と第2の時間の間に逆反射体(26)を前記複数の空間的パターンのうち第1の命令に対応している前記第1の空間的パターンで動かすステップと、

第1の光(46)を前記レーザトラッカ(10)から前記逆反射体(26)に投射するステップと、

前記第1の光(46)の一部である第2の光を前記逆反射体(26)から反射するステップと、

前記第2の光の一部である第3の光を検知することによって第1の検知されたデータを得るステップであって、前記第1の検知されたデータが前記第1の時間と前記第2の時間の間に前記レーザトラッカ(10)によって得られる、ステップと、

前記第1の命令を、少なくとも部分的に、前記第1の検知されたデータを前記対応のルールに従って処理することに基づいて決定するステップと、

前記第1の命令を前記レーザトラッカ(10)で実行させるステップと、

10

20

を包含する、方法。

【請求項 2】

前記第1の検知されたデータを得るステップがさらに、

前記第3の光を前記レーザトラッカ(10)に配置された感光性アレイ上に結像させるステップと、

前記感光性アレイ上の前記第3の光をデジタル形態に変換することによって前記第1の検知されたデータを得るステップと、

を含む、請求項1に記載の方法。

【請求項 3】

前記第1の検知されたデータを得るステップがさらに、

10

少なくとも一つの信号を生成するために、前記第3の光を前記レーザトラッカ(10)に配置された位置検出器で捕捉するステップと、

前記第1の検知されたデータを得るために、前記少なくとも一つの信号をデジタル形態に変換するステップと、

を含む、請求項1に記載の方法。

【請求項 4】

前記第1の検知されたデータを得るステップがさらに、前記レーザトラッカ(10)から前記逆反射体(26)までの距離を決定するために、前記第3の光を前記レーザトラッカ(10)に配置された距離計で測定するステップをさらに含み、前記第1の検知されたデータが前記測定された距離である、請求項1に記載の方法。

20

【請求項 5】

前記第3の光を距離計で測定するステップがさらに、前記レーザトラッカ(10)から前記逆反射体(26)までの絶対距離を絶対距離計で測定するステップをさらに含む、請求項4に記載の方法。

【請求項 6】

前記レーザトラッカ(10)からの前記第1の光(46)を前記逆反射体(26)に投射するステップがさらに、前記第1の光(46)を投射するために、前記レーザトラッカ(10)に配置されたLED(54)を発光させるステップを含む、請求項2に記載の方法。

【請求項 7】

30

前記第1の光を前記レーザトラッカ(10)から前記逆反射体(26)に投射するステップがさらに、

前記レーザトラッカ(10)に、第1の軸(20)及び第2の軸(18)回りに回転可能な構造体(15)と、距離計と、前記第1の軸(20)回りの回転の第1の角度を測定する第1の角度エンコーダと、前記第2の軸(18)回りの回転の第2の角度を測定する第2の角度エンコーダと、位置検出器と、を設けるステップと、

前記第1の光(46)を前記第2の軸(18)に垂直な線に沿って発するステップと、を含み、

前記第1の光(46)があおよそ前記第1の軸(20)と前記第2の軸(18)との交点(22)を通って投射される、請求項1に記載の方法。

40

【請求項 8】

前記第1の光(46)を前記レーザトラッカ(10)から前記逆反射体(26)に投射するステップがさらに、前記第1の光(46)の方向を前記第3の光の前記位置検出器上での位置に応答して操向するステップをさらに含む、請求項7に記載の方法。

【請求項 9】

前記第1の検知されたデータを得るステップがさらに、前記第1の回転の角度又は前記第2の回転の角度を測定して前記第1の検知されたデータを得るステップを含む、請求項8に記載の方法。

【請求項 10】

前記第1の検知されたデータを得るステップがさらに、前記第1の検知されたデータを

50

得るために、前記レーザトラッカ(10)から前記逆反射体(26)までの距離を前記距離計で測定するステップを含む、請求項8に記載の方法。

【請求項11】

前記第1の命令を決定するステップがさらに、

逆反射体(26, 126)、第4の光を照射するターゲット光源(122)、及び前記第4の光の発光を制御するユーザ制御装置(124)を含むターゲット(120)を提供するステップと、

前記ユーザ制御装置(124)を起動するステップと、

前記ユーザ制御装置(124)の起動に応答して前記第4の光の一部を検知することで、第2の検知されたデータを得るステップと、

前記第1の命令を少なくとも部分的に前記第2の検知されたデータに基づいて決定するステップと、

をさらに含む、請求項1に記載の方法。

【請求項12】

レーザトラッカ(10)の動作を制御するためのユーザからレーザトラッカ(10)への命令を光学的に伝達する方法であって、

複数の命令の各々と3次元座標である複数の位置の各々との間の対応のルールを提供するステップと、

前記ユーザによって前記複数の命令の中から第1の命令を選択するステップと、

前記ユーザによって逆反射体(26)を前記複数の位置のうち前記第1の命令に対応している第1の位置に動かすステップと、

第1の光(46)を前記レーザトラッカ(10)から前記逆反射体(26)に投射するステップと、

前記第1の光(46)の一部である第2の光を前記逆反射体(26)から反射するステップと、

前記第2の光の一部である第3の光を検知することによって第1の検知されたデータを得るステップと、

前記第1の命令を、少なくとも部分的に、前記第1の検知されたデータを前記対応のルールに従って処理することに基づいて決定するステップと、

前記第1の命令を前記レーザトラッカ(10)で実行させるステップと、

を包含する、方法。

【請求項13】

前記ユーザによって逆反射体(26)を第1の位置に動かすステップがさらに、前記ユーザによって前記逆反射体(26)を複数のマークされた領域を有する命令タブレット(300)へと動かすステップを含み、前記複数のマークされた領域の各々が、前記複数の命令のうちの一つの一部又は全てに関連した前記複数の位置の一つに対応している、請求項12に記載の方法。

【請求項14】

前記第1の命令を決定するステップがさらに、前記逆反射体(26)を含むターゲットを前記命令タブレット(300)に少なくとも3つの基準点(312, 314, 316)で接触させるステップをさらに含む、請求項13に記載の方法。

【請求項15】

前記第1の命令を決定するステップがさらに、

第1の軸(20)及び第2の軸(18)回りに回転可能な構造体(15)と、前記第1の軸(20)回りの前記構造体(15)の回転の第1の角度を測定する第1の角度エンコーダと、前記第2の軸(18)回りの前記構造体(15)の回転の第2の角度を測定する第2の角度エンコーダと、を設けるステップと、

前記第1の軸(20)回りの前記構造体(15)の回転の前記第1の角度を前記第1の角度エンコーダで測定するステップと、

前記第2の軸(18)回りの前記構造体(15)の回転の前記第2の角度を前記第2の

10

20

30

40

50

角度エンコーダで測定するステップと、

前記第1の軸(20)回りの前記構造体(15)の回転の測定された前記第1の角度及び前記第2の軸(18)回りの前記構造体(15)の回転の測定された前記第2の角度に少なくとも部分的に基づいて前記第1の命令を決定するステップと、
を含む、請求項12に記載の方法。

【請求項16】

前記第1の検知されたデータを得るステップがさらに、

前記第3の光を前記レーザトラッカ(10)に配置された第1の感光性アレイ上に結像させるステップと、

前記第1の感光性アレイ上の前記第3の光を第1のデジタル情報に変換することによって前記第1の検知されたデータを得るステップと、
を含み、

前記第1の検知されたデータが少なくとも部分的に前記第1のデジタル情報に基づいている、請求項15に記載の方法。

【請求項17】

前記レーザトラッカ(10)からの前記第1の光(46)を前記逆反射体(26)に投射するステップがさらに、前記第1の光(46)を投射するために、前記レーザトラッカ(10)に配置されたLED(54)を発光させるステップを含む、請求項16に記載の方法。

【請求項18】

前記第1の命令を決定するステップがさらに、

前記第2の光の一部である第4の光を検知するステップと、

前記第4の光を前記レーザトラッカ(10)に配置された第2の感光性アレイ上に結像させるステップと、

前記第4の光を第2のデジタル情報に変換することによって第2の検知されたデータを得るステップであって、前記第2の検知されたデータが少なくとも部分的に前記第2のデジタル情報に基づいている、ステップと、

前記第1の軸(20)回りの前記構造体(15)の回転の測定された前記第1の角度、前記第2の軸(18)回りの前記構造体(15)の回転の測定された前記第2の角度、前記第1の検知されたデータ、及び前記第2の検知されたデータに少なくとも部分的に基づいて、前記第1の命令を決定するステップと、
を含む、請求項16に記載の方法。

【請求項19】

前記第1の命令を決定するステップがさらに、

前記構造体(15)を、前記第1の軸(20)回りの回転の第3の角度まで回転するステップと、

前記第1の軸(20)回りの前記構造体(15)の回転の前記第3の角度を前記第1の角度エンコーダで測定するステップと、

前記レーザトラッカ(10)からの第5の光を前記逆反射体(26)に投射するステップと、

前記第5の光の一部である第6の光を前記逆反射体(26)から反射するステップと、

前記第6の光の一部である第7の光を前記第1の感光性アレイ上に結像させるステップと、

前記第1の感光性アレイ上の前記第7の光を第3のデジタル情報に変換することによって第3の検知されたデータを得るステップであって、前記第3の検知されたデータが少なくとも部分的に前記第3のデジタル情報に基づいている、ステップと、

前記第1の軸(20)回りの前記構造体(15)の回転の測定された前記第1の角度、前記第1の軸(20)回りの前記構造体(15)の回転の測定された前記第3の角度、前記第1の検知されたデータ、及び前記第3の検知されたデータに少なくとも部分的に基づいて、前記第1の命令を決定するステップと、

を含む、請求項 1 6 に記載の方法。

【請求項 2 0】

前記第 1 の命令を決定するステップがさらに、

前記レーザトラッカ (10) に距離計及び位置検出器を設けるステップと、

少なくとも一つの信号を作るために、前記第 3 の光を前記位置検出器で捕捉するステップと、

前記少なくとも一つの信号を第 4 のデジタル情報に変換して前記第 1 の検知されたデータを得るステップであって、前記第 1 の検知されたデータが少なくとも部分的に前記第 4 のデジタル情報に基づいている、ステップと、

前記第 1 の光 (46) の方向を前記第 1 の検知されたデータに基づいて操向するステップと、

前記第 2 の光の一部である第 4 の光を距離計で測定することによって第 4 の検知されたデータを得るステップと、

前記第 1 の軸 (20) 回りの前記構造体 (15) の回転の測定された前記第 1 の角度、前記第 2 の軸 (18) 回りの前記構造体 (15) の回転の測定された前記第 2 の角度、前記第 1 の検知されたデータ、及び前記第 4 の検知されたデータに少なくとも部分的に基づいて、前記第 1 の命令を決定するステップと、

を含む、請求項 1 5 に記載の方法。

【請求項 2 1】

前記第 1 の命令を決定するステップがさらに、

前記逆反射体 (26, 126)、第 8 の光を照射するターゲット光源 (122)、及び前記第 8 の光の発光を制御するユーザ制御装置 (124) を含むターゲット (120) を提供するステップと、

前記ユーザ制御装置 (124) を起動するステップと、

前記ユーザ制御装置 (124) の起動に応答して前記第 8 の光の一部を検知することで、第 5 の検知されたデータを得るステップと、

前記第 1 の命令を少なくとも部分的に前記第 5 の検知されたデータに基づいて決定するステップと、

を含む、請求項 1 2 に記載の方法。

【請求項 2 2】

6自由度レーザトラッカの動作を制御するための命令をユーザから前記6自由度レーザトラッカへ光学的に伝達する方法であって、

第1の軸及び第2の軸回りに回転可能な構造体と、

第1の光ビームを前記構造体から発する第1の光源と、

前記第1の光ビームのうち、反射されて前記構造体へ戻る第1の部分を受領する第1の受光器と、

距離計と、

前記第1の軸回りの前記構造体の第1の回転角度を測定する第1の角度エンコーダと、

前記第2の軸回りの前記構造体の第2の回転角度を測定する第2の角度エンコーダと、

前記構造体を前記第1の軸回りに前記第1の回転角度で回転させる第1のモータと、

前記構造体を前記第2の軸回りに前記第2の回転角度で回転させる第2のモータと、

プロセッサと、

を備える前記6自由度レーザトラッカを提供するステップと、

逆反射体を備える6自由度ターゲットを提供するステップと、

前記第1のモータおよび前記第2のモータを用いて前記第1の光ビームを前記逆反射体に向けるステップと、

前記第1の光ビームの前記第1の部分を受領するステップと、

前記第1の回転角度および前記第2の回転角度を測定するステップと、

前記第1の光ビームのうちの前記受領した第1の部分に少なくとも部分的に基づいて、

前記6自由度レーザトラッカから前記ターゲットまでの第1の距離を、前記距離計を用い

10

20

30

40

50

て前記プロセッサによって特定するステップと、

前記第1の距離、前記測定した第1の回転角度、および前記測定した第2の回転角度に少なくとも部分的に基づいて、前記ターゲットについての第1セットの並進座標を前記プロセッサによって特定するステップと、

複数の命令の各々と前記6自由度ターゲットの複数のポーズパターンの各々との間の対応のルールを提供するステップであって、複数のポーズパターンのそれぞれが、前記6自由度ターゲットの第1のポーズから前記6自由度ターゲットの第2のポーズへの少なくとも一つの方向座標の変化を含み、前記6自由度ターゲットの各ポーズが3つの並進座標及び3つの方向座標からなる6つの座標を有する、ステップと、

前記複数の命令の中から、第1のポーズパターンに対応する第1の命令を前記ユーザが選択するステップと、

前記6自由度ターゲットの前記第1のポーズについての第1セットの方向座標を、前記6自由度レーザトラッカで第1の時間に測定するステップと、

前記第1の時間と第2の時間の間に、前記ユーザが、前記6自由度ターゲットの前記第1のポーズから前記6自由度ターゲットの前記第2のポーズへ前記第1のポーズパターンに従って変更するステップと、

前記6自由度ターゲットの前記第2のポーズについての第2セットの方向座標を、前記6自由度レーザトラッカで前記第2の時間に測定するステップと、

前記第2セットの方向座標と前記第1セットの方向座標との間の差に少なくとも部分的に基づいて、前記対応のルールに従って前記第1の命令を特定するステップと、

前記第1の命令を前記6自由度レーザトラッカで実行するステップと、
を包含する方法。

【請求項23】

請求項22に記載の方法において、

前記6自由度レーザトラッカを提供する前記ステップはさらに、前記第1の軸回りに前記第1の回転角度で回転して第1の画像信号を生成する第1のカメラを設けることを含み、

前記第1セットの方向座標を測定する前記ステップはさらに、前記第1の画像信号に少なくとも部分的に基づいて実施される、方法。

【請求項24】

請求項23に記載の方法において、

前記6自由度レーザトラッカを提供する前記ステップはさらに、前記第1の軸回りに前記第1の回転角度で回転して第2の画像信号を生成する第2のカメラを設けることを含み、

前記第1セットの方向座標を測定する前記ステップはさらに、前記第2の画像信号に少なくとも部分的に基づいて実施される、方法。

【請求項25】

請求項23に記載の方法において、

前記6自由度ターゲットを提供する前記ステップはさらに、前記6自由度ターゲットに取り付けられた第2の光源と、前記6自由度ターゲットに取り付けられた制御ボタンとを設けることを含み、

前記第1セットの方向座標を測定する前記ステップはさらに、前記第2の光源に少なくとも部分的に基づいて実施される、方法。

【請求項26】

請求項23に記載の方法において、

前記6自由度レーザトラッカを設ける前記ステップはさらに、前記第1の軸回りに前記第1の回転角度で回転する第3の光源を提供することを含み、

前記第1セットの方向座標を測定する前記ステップはさらに、前記第3の光源に少なくとも部分的に基づいて実施される、方法。

【請求項27】

10

20

30

40

50

6自由度レーザトラッカの動作を制御するための命令をユーザから前記6自由度レーザトラッカへ光学的に伝達する方法であって、

第1の軸及び第2の軸回りに回転可能な構造体と、

第1の光ビームを前記構造体から発する第1の光源と、

前記第1の光ビームのうち、反射されて前記構造体へ戻る第1の部分を受領する第1の受光器と、

距離計と、

前記第1の軸回りの前記構造体の第1の回転角度を測定する第1の角度エンコーダと、

前記第2の軸回りの前記構造体の第2の回転角度を測定する第2の角度エンコーダと、

前記構造体を前記第1の軸回りに前記第1の回転角度で回転させる第1のモータと、

前記構造体を前記第2の軸回りに前記第2の回転角度で回転させる第2のモータと、

プロセッサと、

前記第1の軸回りに前記第1の回転角度で回転して第1の画像信号を生成する第1のカメラと、

を備える前記6自由度レーザトラッカを提供するステップと、

逆反射体を備える6自由度ターゲットを提供するステップと、

複数の命令の各々と前記6自由度ターゲットの複数のポーズパターンの各々との間の対応のルールを設けるステップであって、複数のポーズパターンの各々が、前記6自由度ターゲットの第1のポーズから前記6自由度ターゲットの第2のポーズへの少なくとも一つの方向座標の変化を含み、前記6自由度ターゲットの各ポーズが3つの並進座標及び3つの方向座標からなる6つの座標を有する、ステップと、

前記複数の命令の中から、第1のポーズパターンに対応する第1の命令を前記ユーザが選択するステップと、

前記6自由度ターゲットの前記第1のポーズについての第1セットの方向座標を、前記6自由度レーザトラッカで第1の時間に測定するステップと、

前記第1の時間と第2の時間の間に、前記ユーザが、前記6自由度ターゲットの前記第1のポーズから前記6自由度ターゲットの前記第2のポーズへ前記第1のポーズパターンに従って変更するステップと、

前記6自由度ターゲットの前記第2のポーズについての第2セットの方向座標を、前記6自由度レーザトラッカで前記第2の時間に測定するステップと、

前記第2セットの方向座標と前記第1セットの方向座標との間の差に少なくとも部分的に基づいて、前記対応のルールに従って前記第1の命令を特定するステップと、

前記第1の命令を前記6自由度レーザトラッカで実行するステップと、

を包含し、

さらに、前記第1の命令は、

前記第1の画像信号に少なくとも部分的に基づいて、前記第1のモータおよび前記第2のモータを用いて前記第1の光ビームを前記逆反射体に向けるステップと、

前記第1の光ビームの前記第1の部分を受領するステップと、

前記第1の回転角度および前記第2の回転角度を測定するステップと、

前記第1の光ビームのうちの前記受領した第1の部分に少なくとも部分的に基づいて、前記6自由度レーザトラッカから前記ターゲットまでの第1の距離を、前記距離計を用いて前記プロセッサで特定するステップと、

前記第1の距離、前記測定した第1の回転角度、および前記測定した第2の回転角度に少なくとも部分的に基づいて、前記ターゲットについての第1セットの並進座標を前記プロセッサで特定するステップと、

前記第1の光ビームが前記6自由度ターゲットを追跡するようにするステップと、を含む、

方法。

【請求項 28】

レーザトラッカからの光ビームを逆反射体に向けて前記逆反射体上にロックする命令を

10

20

30

40

50

ユーザから前記レーザトラッカへ光学的に伝達する方法であって、

前記レーザトラッカに配置された光源からの第1の光を前記逆反射体に投射するステップと、

第1の時間と第2の時間の間に、前記ユーザが、前記命令に対応する所定の空間的パターンで前記逆反射体を動かすステップと、

前記第1の光の一部である第2の光を前記逆反射体から反射するステップと、

前記第2の光の一部である第3の光を検知することによって第1の検知データを得るステップであって、前記第1の検知データが、前記第3の光を前記レーザトラッカに配置された感光性アレイ上に結像させ、前記感光性アレイ上の前記第3の光をデジタル形態に変換することによって得られる、ステップと、

前記第1の検知データが前記所定の空間的パターンに対応していることを前記レーザトラッカで特定するステップと、

前記レーザトラッカからの前記光ビームを前記逆反射体に向けるステップと、

前記逆反射体上に前記レーザトラッカからの前記光ビームをロックするステップと、
を包含する方法。

【請求項 29】

レーザトラッカの動作を制御するための命令をユーザから前記レーザトラッカへ光学的に伝達する方法であって、

第1の軸及び第2の軸回りに回転可能な構造体と、

前記構造体を前記第1の軸回りに回転させる第1のモータと、

前記構造体を前記第2の軸回りに回転させる第2のモータと、

前記第1の軸回りの前記構造体の第1の回転角度を測定する第1の角度エンコーダと、

前記第2の軸回りの前記構造体の第2の回転角度を測定する第2の角度エンコーダと、

前記構造体によって方向づけられる第1の光ビームを発する第1の光源と、

前記第1の光ビームの一部を第2の光として反射する逆反射体ターゲットと、

前記第2の光の一部を受領して、前記第2の光の速さに少なくとも部分的に基づいて前記レーザトラッカから前記逆反射体までの距離を測定する距離計と、

前記逆反射体上の前記第1の光の位置を測定する位置検出器と、

前記第1のモータによって前記第1の軸回りに回転可能なカメラシステムと、

前記第1のエンコーダ、前記第2のエンコーダ、前記第1のモータ、前記第2のモータ、前記距離計、前記位置検出器、および前記カメラと通信するプロセッサと、
を備える前記レーザトラッカを提供するステップと、

第2の光源と、前記第2の光源からの第3の光の放射を制御するオペレータ制御の装置と、を含む通信装置を提供するステップと、

複数の命令の各々と複数の空間的パターンの各々との間の対応のルールを提供するステップと、

前記複数の命令の中から第1の命令を前記ユーザが選択するステップと、

第1の時間と第2の時間の間の少なくとも一部の期間に前記第2の光源が前記第3の光を放射するように、前記ユーザが前記オペレータ制御の装置を作動させるステップと、

前記第1の時間と前記第2の時間の間に、前記ユーザが、前記複数の空間的パターンのうちの前記第1の命令に対応する第1の空間的パターンで前記通信装置を動かすステップと、

前記第1の時間と前記第2の時間の間に、前記通信装置についての複数の画像を前記カメラで取得するステップと、

前記複数の画像に少なくとも部分的に基づいて、前記第1の空間的パターンを前記プロセッサで特定するステップと、

前記対応のルールと、前記特定された第1の空間的パターンとに少なくとも部分的に基づいて、前記第1の命令を前記プロセッサで特定するステップと、

前記特定された第1の命令に少なくとも部分的に基づいて、前記第1の命令を前記プロセッサで実行するステップと、

10

20

30

40

50

を包含する方法。

【請求項 3 0】

請求項 2 9 に記載の方法であってさらに、

前記レーザトラッカから前記逆反射体までの第 1 の距離を前記距離計で測定するステップと、

前記第 1 の距離、前記第 1 の回転角度、および前記第 2 の回転角度に少なくとも部分的に基づいて、前記逆反射体についての第 1 の三次元座標を特定するステップと、
を包含する方法。

【請求項 3 1】

請求項 2 9 に記載の方法であって、前記通信装置を提供する前記ステップにおいて、前記通信装置がハンマーに取り付けられている、方法。

10

【請求項 3 2】

請求項 2 9 に記載の方法であって、前記通信装置を提供する前記ステップにおいて、前記通信装置が前記逆反射体に取り付けられている、方法。

【請求項 3 3】

請求項 2 9 に記載の方法であって、前記通信装置を提供する前記ステップにおいて、前記通信装置が前記逆反射体とは別個になっている、方法。

【請求項 3 4】

請求項 2 9 に記載の方法であって、前記レーザトラッカを提供する前記ステップにおいて、前記カメラは前記第 2 のモータによって前記第 2 の軸回りに回転可能である、方法。

20

【請求項 3 5】

請求項 2 9 に記載の方法であって、前記レーザトラッカを提供する前記ステップにおいて、前記構造体はミラーである、方法。

【請求項 3 6】

請求項 2 9 に記載の方法であって、前記レーザトラッカを提供する前記ステップにおいて、前記構造体は電子装置が取り付けられたペイロードである、方法。

【請求項 3 7】

請求項 2 9 に記載の方法であって、前記レーザトラッカを提供する前記ステップにおいて、前記構造体はレンズが取り付けられたペイロードである、方法。

30

【請求項 3 8】

請求項 2 9 に記載の方法であって、前記複数の画像を取得する前記ステップにおいて、前記取得は、前記オペレータ制御の装置を作動させる前記ステップによって開始される、方法。

【請求項 3 9】

請求項 2 9 に記載の方法であって、前記オペレータ制御の装置を作動させる前記ステップにおいて、前記第 1 の時間と前記第 2 の時間の間に前記第 3 の光が連続的に放射される、方法。

【請求項 4 0】

請求項 2 9 に記載の方法であって、前記オペレータ制御の装置を作動させる前記ステップにおいて、前記第 1 の時間と前記第 2 の時間の間ににおいて前記第 3 の光はパルス状である、方法。

40

【請求項 4 1】

請求項 3 0 に記載の方法であって、さらに、前記位置検出器によって測定された前記位置に少なくとも部分的に基づいて前記構造体を前記第 1 のモータおよび前記第 2 のモータで回転させることによって、前記逆反射体を追跡するステップ、を包含する方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0 0 0 1】

本開示は座標測定装置に関する。

【背景技術】

50

【0002】

本出願は、2010年4月21日付けで出願された米国予備特許出願第61/326,294号に基づく優先権を主張し、その内容全体が参照によってここに援用される。

【0003】

座標測定装置の1セットは、ある点の3次元(3D)座標を、レーザビームをその点に送ることによって測定するクラスの計器に属しており、その点で、レーザビームが逆反射体ターゲットによって捕捉される。この計器は、距離とターゲットまでの2つの角度とを測定することによって、その点の座標を見出す。距離は、絶対距離計(ADM)又は干渉計のような距離測定装置で測定される。角度は、角度エンコーダのような角度測定装置で測定される。計器の内部のジンバル支持されたビーム操向機構が、レーザビームを対象の点に送る。そのような装置の一例はレーザトラッカである。例示的なレーザトラッカシステムは、参照によってここに援用されるブラウンらに対する米国特許第4,790,651号、及びラウラに対する米国特許第4,714,339号によって記述されている。

10

【0004】

レーザトラッカに密接に関係した座標測定装置は、トータルステーション(距離と角度を同時に観測できる測定機)である。トータルステーションは測量用途でもっともよく使用されるが、光を拡散的に散乱させるか又は逆反射性のターゲットの座標を測定するために使用され得る。以下では、レーザトラッカという用語は、トータルステーションを含む広い意味で使用される。

【0005】

20

普通は、レーザトラッカはレーザビームを逆反射体ターゲットに送る。ありふれたタイプの逆反射体ターゲットは球状に搭載された逆反射体(SMR)であって、これは金属球体に埋め込まれたキューブコーナー逆反射体を備える。キューブコーナー逆反射体は、3つの相互に垂直なミラーを備える。キューブコーナーの頂点は3つのミラーの共通の交点であって、球体の中心に位置されている。SMRの球面表面を試験対象のサンプルに接触して置いて、それからSMRを測定されている表面上で動かすことが普通である。球体内部でのキューブコーナーのこの配置のために、キューブコーナーの頂点から試験対象の物体の表面までの垂直距離は、SMRの回転に関わらず一定に保たれる。そのために、表面の3D座標を、表面上を動かされるSMRの3D座標をトラッカに追従させることによって、見出すことができる。SMRの頂部にガラス窓を配置して、ほこりやごみがガラス表面を汚染することを防ぐことが可能である。そのようなガラス表面の一例は、ラーブラに対する米国特許第7,388,654号に示されており、これは参照によってここに援用される。

30

【0006】

レーザトラッカ内のジンバル機構は、レーザビームをトラッカからSMRに方向付けるために使用され得る。SMRによって逆反射された光の一部はレーザトラッカに入り、位置検出器まで通過する。位置検出器に当たった光の位置は、トラッカ制御システムによって、レーザトラッカの機械的なアジマス軸及びゼニス軸の回転角度を調整してSMR上にレーザトラッカをセンタリングし続けるために使用される。このようにして、トラッカはSMRを追従(追跡)する。

【0007】

40

トラッカの機械的なアジマス軸及びゼニス軸に取り付けられた角度エンコーダは、レーザビームの(参照トラッカフレームに対する)アジマス角及びゼニス角を測定し得る。レーザトラッカによって実行される一つの距離測定及び2つの角度測定が、SMRの三次元位置を完全に特定するために十分である。

【0008】

先に述べたように、レーザトラッカでは2つのタイプの距離計が見出され得る。干渉計及び絶対距離計(ADM)である。レーザトラッカにおいては、干渉計は(もし存在すれば)、開始点から終了点までの距離を、逆反射体ターゲットが2つの点の間を移動するときに通過する既知の長さの増分(通常はレーザ光の半波長)の数をカウントすることによって決定し得る。ビームが測定中に途絶すると、正確にカウントすることができず、距離

50

情報が失われることになる。それに比べて、レーザトラッカ内のADMはビームの途絶に無関係に逆反射体ターゲットまでの絶対距離を決定し、これはまたターゲット間の切り替えも許容する。このために、ADMは「ポイント・アンド・シュー」測定を行うことができると言われる。最初は、絶対距離計は静止したターゲットを測定することだけが可能であって、この理由のために、常に干渉計と一緒に使用されていた。しかし、いくつかの最近の絶対距離計は迅速な測定を行うことができて、それによって干渉計を必要としなくなっている。そのようなADMはブリッジスらに対する米国特許第7,352,466号に記載されており、これは参照によってここに援用される。

【0009】

追跡モードでは、レーザトラッカは、SMRがトラッカの捕捉範囲にいると自動的にSMRの動きに追従する。レーザビームが途切れると追跡は止まる。ビームは、いくつかの方法のいずれかによって途切れ得る。それらの方法は、(1)計器とSMRとの間の障害、(2)速過ぎて計器が追従できないようなSMRの迅速な動き、あるいは(3)SMRの許容角度を超えて回転されたSMRの方向、である。初期設定では、ビームの途絶に引き続いて、ビームは、ビーム途絶点又は最後に命令された位置に固定されたままになる。計器をSMR上にロックして追跡を続けるためには、オペレータが視覚的に追跡ビームを捜して、SMRをビーム内に置くことが必要になり得る。

10

【0010】

いくつかのレーザトラッカは一つ又はそれ以上のカメラを含む。カメラ軸は、測定ビームと同軸であってもよく、あるいは、固定距離又は固定角度だけ測定軸からオフセットしていてもよい。カメラは、逆反射体を位置決めするために広い視野を提供するために使用され得る。カメラの光軸の近くに配置された変調された光源が逆反射体を照射し、それによってそれらの特定をより容易にする。この場合、逆反射体は照射と同期してフラッシュするが、背景の物体はそうしない。そのようなカメラの一つの用途は、自動シーケンスで視野内の複数の逆反射体を検出してそれらを測定することである。例示的なシステムはピーターソンらに対する米国特許第6,166,809号及びブリッジスらに対する米国特許第7,800,758号に記載されており、それらは参照によってここに援用される。

20

【0011】

いくつかのレーザトラッカは6つの自由度で測定する能力を有しており、それらは、x、y及びzのような3つの座標、並びにピッチ、ロール及びヨーのような3つの回転を含み得る。レーザトラッカに基づくいくつかのシステムが、6つの自由度の測定のために利用可能であるか、又は提案されてきている。例示的なシステムは、参照によってここに援用されるブリッジスらに対する米国公開特許出願第2010/0128259号、ブリッジスらに対する米国特許第7,800,758号、ピーターソンらに対する米国特許第5,973,788号、及びラウに対する米国特許第7,230,689号に記載されている。

30

【0012】

<レーザトラッカ機能のユーザ制御>

レーザトラッカの動作の一般的な2つのモードは、追跡モード及びプロファイリングモードである。追跡モードでは、トラッカからのレーザビームは、オペレータが逆反射体を方々に動かすと、その逆反射体に追従する。プロファイリングモードでは、トラッカからのレーザビームは、コンピュータ命令又はマニュアル動作を通してのいずれかで、オペレータによって与えられた方向に進む。

40

【0013】

トラッカの基本の追跡及び指向運動を制御するこれらの動作モードの他に、トラッカが前もってオペレータによって選択された方法で反応することを可能にする特別なオプションモードも存在する。所望のオプションモードは、典型的にはレーザトラッカを制御するソフトウェアで選択される。そのようなソフトウェアは、(可能であればネットワークケーブルを通して)トラッカに取り付けられた外部コンピュータ又はトラッカ自身の内部に存在し得る。後者の場合、ソフトウェアは、トラッカ内に構築されたコンソール機能を通してアクセスされ得る。

50

【0014】

オプションモードの一例は自動リセットモードであり、ここでは、レーザビームが途絶されたときにはいつでも、レーザビームは前もって設定された参照点へと駆動される。自動リセットオプションモードに対して一つの一般的な参照点はトラッカのホーム位置であり、これはトラッカ本体に搭載された磁気ネストの位置である。自動リセットに対する代替はリセット無しオプションモードである。この場合、レーザビームが途絶されたときにはいつでも、レーザビームは元の方向を示し続ける。トラッカホーム位置の記述はクラマーラに対する米国特許第7,327,446号に与えられており、これは参考によってここに援用される。

【0015】

特別なオプションモードの他の例はパワーロックであり、これはライカジオシステムによって彼らのライカ絶対トラッカ (Leica Absolute Tracker™) にて提供される特徴である。パワーロックオプションモードでは、レーザビームが途絶されたときにはいつでも、逆反射体の位置がトラッカカメラによって見出される。カメラは直ぐに逆反射体の角度座標をトラッカ制御システムに送り、これによってトラッカにレーザビームを逆反射体に向け戻させる。逆反射体の自動獲得を伴う方法はドルドラに対する国際特許出願第WO2007/079601号及びカネコに対する米国特許第7,055,253号に与えられている。

10

【0016】

いくつかのオプションモードは、それらの操作において、わずかにより複雑である。一例は安定性基準モードであり、これは、SMRが所与の時間期間の間だけ静止しているときにはいつでも関与し得る。オペレータは、SMRを磁気ネストまで追跡してそこに設定し得る。安定性基準がアクティブであれば、ソフトウェアは、トラッカの3次元的な座標の読みの安定性を見始める。例えば、ユーザは、SMRの距離の読みのピークトゥピーク変動が1秒の時間間隔に対して2マイクロメートルより小さいならば、SMRは安定していると判断するよう決定し得る。安定性基準が満たされた後に、トラッカは3D座標を測定してソフトウェアはデータを記録する。

20

【0017】

より複雑な操作モードが、コンピュータプログラムを通して可能である。例えば、一部の表面を測定してこれらを幾何学形状にあてはめるソフトウェアが利用可能である。ソフトウェアは、オペレータにSMRをその表面上で動かし、データ点の収集が終了したらSMRを対象物の表面から離れるように持ち上げて測定を終了させるように指示する。SMRを対象物の表面から離れるように動かすことは、測定が完了したことを示すだけではない。それはまた、物体表面に関するSMRの位置を示す。この位置情報は、SMR半径によって引き起こされるオフセットを適切に考慮するために、アプリケーションソフトウェアによって必要とされる。

30

【0018】

複雑なコンピュータ制御の第2の例はトラッカ測量である。測量では、トラッカは、あらかじめ配列されたスケジュールに従って、いくつかのターゲット位置の各々に順に駆動される。オペレータは、SMRを所望の位置の各々まで運ぶ前に、これらの位置を教示し得る。

40

【0019】

複雑なコンピュータ制御の第3の例は、トラッカが指示する測定である。ソフトウェアは、SMRを所望の位置まで動かすようにオペレータに指示する。グラフィックディスプレーを使用して所望の位置までの方向及び距離を示すことによって、これを行う。オペレータが所望の位置にあると、コンピュータモニタ上の色が、例えば赤から緑に替り得る。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0020】

【特許文献1】米国特許第4,790,651号明細書

【特許文献2】米国特許第4,714,339号明細書

50

【特許文献 3】米国特許第 7,388,654 号明細書
 【特許文献 4】米国特許第 7,352,466 号明細書
 【特許文献 5】米国特許第 6,166,809 号明細書
 【特許文献 6】米国特許第 7,800,758 号明細書
 【特許文献 7】米国特許出願公開第 2010/0128259 号明細書
 【特許文献 8】米国特許第 5,973,788 号明細書
 【特許文献 9】米国特許第 7,230,689 号明細書
 【特許文献 10】米国特許第 7,327,446 号明細書
 【特許文献 11】国際公開第 2007/079601 号
 【特許文献 12】米国特許第 7,055,253 号明細書

10

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0021】

上述の全てのトラッカ動作に共通の要素は、オペレータがトラッカの挙動を制御するための機能が制限されていることである。一方、ソフトウェアによって選択されたオプションモードは、オペレータがトラッカのある挙動を前もって設定することを可能にし得る。しかし、ひとたびオプションモードがユーザによって選択されると、トラッカの挙動は確立されて、オペレータがコンピュータコンソールに戻らない限りは変更できない。他方で、コンピュータプログラムは、オペレータに、ソフトウェアが洗練された方法で分析する複雑な操作を実行するように指示し得る。いずれの場合も、オペレータがトラッカ及びトラッカによって収集されるデータを制御するための機能は制限される。

20

【0022】

<リモートトラッカ命令の必要性>

レーザトラッカのオペレータは 2 つの基礎的な機能を実行する。オペレータは測定の間に S M R を位置決めし、且つ制御コンピュータを通して命令をトラッカに送る。しかし、一人のオペレータがこれらの測定機能の両方を実行することは容易ではない。なぜなら、コンピュータは通常、測定位置から遠く離れているからである。この制約を回避するために様々な方法が試みられてきているが、完全に満足するものはない。

【0023】

ときどき使用される一つの方法は、ただ一人のオペレータが逆反射体を所定の位置に設定し、計器制御キー ボードに歩いて戻って測定指令を実行することである。しかし、これは、オペレータ及び計器の時間の非効率的な使用である。オペレータが測定のために逆反射体を保持しなければならない場合、單一オペレータ制御は、オペレータがキー ボードに非常に近いときのみ可能である。

30

【0024】

第 2 の方法は第 2 のオペレータを追加することである。一人のオペレータがコンピュータのそばに立ち、第 2 のオペレータが S M R を動かす。これは明らかに高価な方法で、大きな距離を介した音声によるコミュニケーションが問題になることがある。

【0025】

第 3 の方法は、レーザトラッカにリモート制御を装着することである。しかし、リモート制御はいくつかの制約を有する。多くの施設は、安全又は保安上の理由から、リモート制御の使用を許可しない。たとえリモート制御が許されても、ワイヤレスチャンネルの間の干渉が問題になり得る。いくつかのリモート制御信号は、レーザトラッカの全範囲に到達しない。はしごから作業しているようないくつかの状況では、第 2 の手は、リモート制御を操作するために自由ではないかもしれない。リモート制御が使用されることが可能前に、通常は、コンピュータ及びリモート制御が一緒に動作するようにセットアップすることが必要であり、そのときには、普通はトラッカ命令の小さなサブセットのみが任意の所与の時点でアクセスされることがある。このアイデアに基づくシステムの一例は、スミスラに対する米国特許第 7,233,316 号に与えられている。

40

【0026】

50

第4の方法は、携帯電話をレーザトラッカにインターフェースすることである。命令は、携帯電話から計器を呼び出し、且つ携帯電話のキーパッドから又は音声認識によって数字を入力することによって、リモートに入力される。この方法はまた、多くの欠点を有する。いくつかの施設は携帯電話の使用を許可せず、携帯電話は田舎の地方では利用可能ではないかもしない。サービスは、毎月のサービスプロバイダ料金を必要とする。携帯電話インターフェースは、コンピュータ又はレーザトラッカとインターフェースする追加のハードウェアを必要とする。携帯電話技術の変化は速く、アップグレードが求められ得る。リモート制御の場合においてのように、コンピュータ及びリモート制御は一緒にセットアップされなければならず、普通はトラッカ命令の小さなサブセットのみが所与の時点でアクセスされることがある。

10

【0027】

第5の方法は、レーザトラッカにインターネット又はワイヤレスネットワーク機能を装備し、ワイヤレス携帯コンピュータ又は個人デジタル端末（PDA）を使用してレーザトラッカに命令を通信することである。しかし、この方法は、携帯電話と同様の制約を有する。この方法はしばしば、トータルステーションとともに使用される。この方法を使用するシステムの例は、クマガイらに対する米国公開特許出願第2009/01761号、ヴィニーらに対する米国特許第6,034,722号、ガチオスらに対する米国特許第7,423,742号、ガチオスらに対する米国特許第7,307,710号、ピエクトウスキに対する米国特許第7,552,539号、及びモンツらに対する米国特許第6,133,998号を含む。この方法はまた、オウチらに対する米国特許第7,541,965号に記載されている方法によって器具を制御するために使用されている。

20

【0028】

第6の方法は、測定が行われるべき特定の位置をポインターを使用して示すことである。この方法の例は、ウラらに対する米国特許第7,022,971号に与えられる。この方法を適用して命令をレーザトラッカに与えることが可能であり得るが、ポインタービームパターンを投射する適切な表面を見出すことは、通常は非常に容易ではない。

【0029】

第7の方法は、少なくとも逆反射体、送信機及び受信機を含む複雑なターゲット構造をデバイス化することである。そのようなシステムは、オペレータに正確なターゲット情報を送信し、また全地球測位システム（GPS）情報をトータルステーションに送信するために、トータルステーションとともに使用され得る。そのようなシステムの一例は、ヒンデルリングらに対する米国公開特許出願第2008/0229592号に与えられている。この場合、オペレータが命令を計測装置（トータルステーション）に送ることを可能にする方法は無い。

30

【0030】

第8の方法は、少なくとも逆反射体、送信機及び受信機を含む複雑なターゲット構造をデバイス化して、送信機が変調された光信号をトータルステーションに送る能力を有することである。キーパッドを使用して、変調された光によって命令をトータルステーションに送ることができる。これらの命令は、トータルステーションによって復号される。そのようなシステムの例は、カタヤマらに対する米国特許第6,023,326号、ムラオカらに対する米国特許第6,462,810号、イシナベらに対する米国特許第6,295,174号、及びイシナベらに対する米国特許第6,587,244号に与えられている。この方法は、複雑なターゲット及びキーパッドが大きな測量竿に搭載されている測量用途に特に適している。そのような方法は、レーザトラッカと一緒に使用するには適していない。その場合には、大きな制御パッドにテザリングされていない小さなターゲットを使用することが有益である。また、トラッカが逆反射体ターゲット上にロックされていないときでさえ、命令を送る能力を有することが望ましい。

40

【0031】

第9の方法は、ターゲット上にワイヤレス送信機及び変調された光源を含み、トータルステーションに情報を送ることである。ワイヤレス送信機は主に、ターゲットの角度的な

50

姿勢で情報を送り、トータルステーションは適当な方向に向いてそのレーザビームをターゲット逆反射体に送ることができる。変調された光源は、逆反射体の近くに配置されて、トータルステーション内の検出器によってピックアップされる。このようにして、オペレータは、トータルステーションが正しい方向に向けられていることを確かめることができ、それによって、ターゲット逆反射体から来ない偽の反射を避ける。このアプローチに基づく例示的なシステムは、ウィクルンドらに対する米国特許第5,313,409号に与えられる。この方法は、レーザトラッカに汎用命令を送る能力は提供しない。

【0032】

第10の方法は、ワイヤレス送信機、ターゲット及びトータルステーションの両方におけるコンパスアセンブリ、及びガイド光送信機の組み合わせを含むことである。ターゲット及びトータルステーションにおけるコンパスアセンブリは、トータルステーションのアジマス角をターゲットに位置合わせすることを可能にするために使用される。ガイド光送信機は、信号がトータルステーション内部の検出器によって受信されるまでターゲットが垂直方向にパンすることができる光の水平ファンである。ひとたびガイド光が検出器にセンタリングされると、トータルステーションは、その向きをわずかに調整して、逆反射された信号を最大化する。ワイヤレス送信機は、オペレータによってターゲットに置かれたキーパッドに入力された情報を通信する。この方法に基づく例示的なシステムは、ワストミラに対する米国特許第7,304,729号に与えられている。この方法は、レーザトラッカに汎用命令を送る能力は提供しない。

【0033】

第11の方法は、逆反射体を改変して、逆反射された光に時間変調が重畠されることを可能にし、それによってデータを送信することである。発明的な逆反射体は、先端が切られた頂点を有するコーナーキューブ、そのコーナーキューブの正面に取り付けられた光スイッチ、及びデータを送信又は受信するためのエレクトロニクスを備える。このタイプの例示的なシステムは、ケネディに対する米国特許第5,121,242号に与えられている。このタイプの逆反射体は複雑で且つ高価である。これは、スイッチ（強誘電体光学結晶材料であり得る）のため及び先端が切られた頂点のために、逆反射された光の質を劣化させる。また、レーザトラッカに戻る光は、ADMビームを測定する際の使用のために既に変調されており、且つ光をオン・オフすることは、ADMに対してだけではなくトラッカ干渉計及び位置検出器に対してもまた問題である。

【0034】

第12の方法は、ターゲット及びアクティブ逆反射体と通信するための双方向送信機を含み、逆反射体の特定を援助することである。双方向送信機はワイヤレス又は光学的であり得て、逆反射体、送信機及び制御ユニットを含む複雑なターゲット測量竿の一部である。このタイプの例示的なシステムは、ヘルツマンらに対する米国特許第5,828,057号に記述されている。そのような方法は、レーザトラッカと一緒に使用するには適していない。その場合には、大きな制御パッドにテザリングされていない小さなターゲットを使用することが有益である。また、対象の逆反射体ターゲットを特定する方法は、複雑で且つ高価である。

【0035】

オペレータが離れたところからレーザトラッカに命令を通信する単純な方法に対する必要性がある。この方法は、（1）第2のオペレータ無しに使用可能である、（2）レーザトラッカの全範囲に渡って使用可能である、（3）追加のハードウェアインターフェース無しに使用可能である、（4）全ての位置で機能的である、（5）サービスプロバイダ料金がかからない、（6）保安上の制約が無い、（7）追加のセットアップ又はプログラミング無しに使用が容易である、（8）広い範囲の単純且つ複雑なトラッカ命令を開始することができる、（9）複数のターゲットの間の特定のターゲットにトラッカをコールするために使用可能である、及び（10）オペレータが運ぶための最小の追加装備とともに使用可能である、ことが望ましい。

【課題を解決するための手段】

10

20

30

40

50

【0036】

前記レーザトラッカの動作を制御するためにユーザからレーザトラッカへ命令を光学的に伝達する方法は、複数の命令の各々と複数の空間的パターンの各々との間の対応のルールを提供するステップと、前記ユーザによって前記複数の命令の中から第1の命令を選択するステップと、を含む。この方法はさらに、前記ユーザによって第1の時間と第2の時間との間に逆反射体を前記複数の空間的パターンの内の、前記第1の命令に対応する第1の空間的パターンで動かすステップと、前記レーザトラッカからの第1の光を前記逆反射体に投射するステップと、をさらに含む。この方法はまた、前記逆反射体から前記第1の光の一部である第2の光を反射するステップと、前記第2の光の一部である第3の光を検知することによって第1の検知されたデータを得るステップと、を含み、前記第1の検知されたデータは前記第1の時間と前記第2の時間との間に前記レーザトラッカによって獲得される。この方法はまた、前記対応のルールに従って前記第1の検知されたデータを処理することに少なくとも部分的に基づいて前記第1の命令を決定するステップと、前記第1の命令を前記レーザトラッカで実行するステップと、も含む。

【図面の簡単な説明】

【0037】

【図1】例示的なレーザトラッカの斜視図を示す図である。

【図2】例示的なレーザトラッカに取り付けられた計算及び電源要素を示す図である。

【図3A】レーザトラッカの追跡及び測定システムを通してジェスチャ情報を運ぶためにパッシブターゲットが使用される方法を説明する図である。

【図3B】レーザトラッカの追跡及び測定システムを通してジェスチャ情報を運ぶためにパッシブターゲットが使用される方法を説明する図である。

【図3C】レーザトラッカの追跡及び測定システムを通してジェスチャ情報を運ぶためにパッシブターゲットが使用される方法を説明する図である。

【図3D】レーザトラッカの追跡及び測定システムを通してジェスチャ情報を運ぶためにパッシブターゲットが使用される方法を説明する図である。

【図3E】レーザトラッカの追跡及び測定システムを通してジェスチャ情報を運ぶためにパッシブターゲットが使用される方法を説明する図である。

【図4A】レーザトラッカのカメラシステムを通してジェスチャ情報を運ぶためにパッシブターゲットが使用される方法を説明する図である。

【図4B】レーザトラッカのカメラシステムを通してジェスチャ情報を運ぶためにパッシブターゲットが使用される方法を説明する図である。

【図4C】レーザトラッカのカメラシステムを通してジェスチャ情報を運ぶためにパッシブターゲットが使用される方法を説明する図である。

【図5A】レーザトラッカのカメラシステムを通してジェスチャ情報を運ぶためにアクティブラグエットが使用される方法を説明する図である。

【図5B】レーザトラッカのカメラシステムを通してジェスチャ情報を運ぶためにアクティブラグエットが使用される方法を説明する図である。

【図5C】レーザトラッカのカメラシステムを通してジェスチャ情報を運ぶためにアクティブラグエットが使用される方法を説明する図である。

【図5D】レーザトラッカのカメラシステムを通してジェスチャ情報を運ぶためにアクティブラグエットが使用される方法を説明する図である。

【図6】ジェスチャ命令を発行且つ実行する際にオペレータ及びレーザトラッカによって実行されるステップを示す流れ図である。

【図7】ジェスチャ命令のオプションの及び要求される部分を示す流れ図である。

【図8】レーザトラッカ命令の選択及びレーザトラッカにこれらの命令を運ぶためにオペレータによって使用され得る対応するジェスチャを示す図である。

【図9】レーザトラッカ命令の選択及びレーザトラッカにこれらの命令を運ぶためにオペレータによって使用され得る対応するジェスチャを示す図である。

【図10】レーザトラッカ命令の選択及びレーザトラッカにこれらの命令を運ぶためにオ

10

20

30

40

50

ペレータによって使用され得る対応するジェスチャを示す図である。

【図11A】使用され得る代替的なタイプのジェスチャを示す図である。

【図11B】使用され得る代替的なタイプのジェスチャを示す図である。

【図11C】使用され得る代替的なタイプのジェスチャを示す図である。

【図11D】使用され得る代替的なタイプのジェスチャを示す図である。

【図11E】使用され得る代替的なタイプのジェスチャを示す図である。

【図11F】使用され得る代替的なタイプのジェスチャを示す図である。

【図12】ジェスチャによってレーザトラッカに命令を送信するための例示的な命令タブレットを示す図である。

【図13】トラッカ参照点を設定するためにジェスチャを使用する例示的な方法を示す図である。 10

【図14】例示的な命令タブレットを初期化するためにジェスチャを使用する例示的な方法を示す図である。

【図15】円を測定するためにジェスチャを使用する例示的な方法を示す図である。

【図16】レーザトラッカからのレーザビームで逆反射体を獲得するためにジェスチャを使用する例示的な方法を示す図である。

【図17】レーザトラッカに関連した例示的なエレクトロニクス及び処理システムを示す図である。

【図18】レーザトラッカの光軸から離れて置かれたカメラを使用してターゲットの3次元座標を見出すことができる例示的な配置を示す図である。 20

【図19】空間的パターン内で逆反射体とともにジェスチャすることによってレーザトラッカに命令を伝達する例示的な方法を示す図である。

【図20】逆反射体で位置を示すことによってレーザトラッカに命令を伝達する例示的な方法を示す図である。

【図21】時間的パターン内で逆反射体とともにジェスチャすることによってレーザトラッカに命令を伝達する例示的な方法を示す図である。

【図22】6つのDOFターゲットのポーズにおける変化を6つのDOFレーザトラッカで測定することによってレーザトラッカに命令を伝達する例示的な方法を示す図である。

【図23】レーザトラッカからのレーザビームを逆反射体に向けて逆反射体上にロックする命令を伝達する例示的な方法であって、その伝達が逆反射体で生成された空間的パターンを伴うジェスチャに基づく方法を示す図である。 30

【図24】レーザトラッカからのレーザビームを逆反射体に向けて逆反射体上にロックする命令を伝達する例示的な方法であって、その伝達がレーザトラッカによって受領される光パワーにおける時間的パターンを伴うジェスチャに基づく方法を示す図である。

【図25】レーザトラッカからのレーザビームを逆反射体に向けて逆反射体上にロックする命令を伝達する例示的な方法であって、その伝達が6つのDOFプローブのポーズにおける変化を伴うジェスチャに基づく方法を示す図である。

【発明を実施するための形態】

【0038】

ここで図面を参照するが、同様な要素には、いくつかの図面で同一の番号が付けられている。 40

【0039】

例示的なレーザトラッカ10が図1に描かれている。レーザトラッカ10の例示的なジンバル支持されたビーム操向機構12は、アジマスベース16に搭載され且つアジマス軸20回りに回転するゼニスキャリッジ14を備える。ペイロード15はゼニスキャリッジ14に搭載され、ゼニス軸18回りに回転する。ゼニス機械的回転軸18及びアジマス機械的回転軸20は、トラッカ10の内部で、ジンバル点22において直交して交差し、この点は典型的には距離測定の原点である。レーザビーム46は仮想的にジンバル点22を通過し、ゼニス軸18に直交して指向される。言い換えると、レーザビーム46は、ゼニス軸18に垂直な平面内にある。レーザビーム46は、ゼニス軸18及びアジマス軸20 50

回りにペイロード 15 を回転させるトラッカ内部のモータ（図示されず）によって、所望の方向に向けられる。トラッカの内部にあるゼニス及びアジマス角度エンコーダ（図示されず）は、ゼニス機械軸 18 及びアジマス機械軸 20 に取り付けられて、高い精度で回転角を示す。レーザビーム 46 は、上述された球面的に搭載された逆反射体（GMR）のような外部の逆反射体 26 に向かう。ジンバル点 22 と逆反射体 26 との間の半径方向の距離、並びにゼニス軸 18 及びアジマス軸 20 回りの回転角を測定することによって、トラッカの球座標系の内部で逆反射体 26 の位置が見出される。

【0040】

レーザビーム 46 は、一つ又はそれ以上のレーザ波長を備え得る。明瞭さ及び単純さのために、図 1 に示された種類の操向機構が、以下の議論で想定される。しかし、他のタイプの操向機構が可能である。例えば、レーザビームをアジマス及びゼニス軸回りに回転するミラーで反射することが可能である。このようなミラーの使用の例は、ラウラに対する米国特許第4,714,339号に与えられている。ここで記述された技法は、操向機構のタイプに関わらず、適用可能である。

【0041】

例示的なレーザトラッカ 10 では、複数のカメラ 52 及び複数の光源 54 がペイロード 15 に配置される。光源 54 は一つ又はそれ以上の逆反射体ターゲット 26 を照射する。光源 54 は、反復的にパルス光を発するように電気的に駆動される LED であり得る。各カメラ 52 は、感光性アレイとその感光性アレイの正面に置かれたレンズとを備える。感光性アレイは CMOS 又は CCD アレイであり得る。レンズは比較的広い視野、例えば 30 又は 40 度の視野を有し得る。レンズの目的は、レンズの視野内の物体の像を感光性アレイ上に形成することである。各光源 54 はカメラ 52 の近くに置かれて、光源 54 からの光が各逆反射体ターゲット 26 でカメラ 52 に反射される。このようにして、逆反射体の像は、それらの像が背景物体よりも明るく且つパルス状なので、感光性アレイ上で背景から容易に区別される。レーザビーム 46 の線の近くに、2つのカメラ 52 及び2つの光源 54 が配置され得る。このようにして2つのカメラを使うことによって、三角測量の原理を使用してカメラの視野内の任意の SMR の3次元座標を見出すことができる。加えて、SMR の3次元座標を、点から点へと動かされる SMR として監視することができる。この目的での2つのカメラの使用は、ブリッジスに対する米国公開特許出願第2010/0128259号に記載されている。

【0042】

一つ又はそれ以上のカメラ及び光源の他の配置が可能である。例えば、光源及びカメラは、トラッカによって発せられるレーザビームと同軸又はほぼ同軸にすることができる。この場合、光学フィルタリング又は類似の方法を使用して、トラッカからのレーザビームでカメラの感光性アレイが飽和することを避けることが必要になり得る。

【0043】

他の可能な配置は、ペイロード又はトラッカのベース上に置かれた単一のカメラを使用することである。単一のカメラは、レーザトラッカの光軸から外れて配置されると、逆反射体の方向を規定する2つの角度についての情報を提供するが、逆反射体までの距離は提供しない。多くの場合、この情報で十分であり得る。単一のカメラを使用するときに逆反射体の3D座標が必要とされれば、一つの可能性は、トラッカをアジマス方向に 180 度だけ回転して、それからゼニス軸回りにひっくり返して逆反射体に向け直すことである。このようにして、ターゲットを2つの異なる方向から見ることができて、逆反射体の3D位置を三角測量を使用して見出すことができる。

【0044】

単一のカメラで逆反射体までの距離を見出すための、より一般的なアプローチは、レーザトラッカをアジマス軸又はゼニス軸のいずれかの回りに回転させ、2つの回転角のそれについて、トラッカ上に位置するカメラで逆反射体を観察することである。逆反射体は、例えばカメラに近くに位置した LED によって照射され得る。図 18 は、この手順をどのように使用し逆反射体までの距離を見出すことができるかを示している。テストセッ

10

20

30

40

50

トアップ 900 は、レーザトラッカ 910、第1の位置のカメラ 920、第2の位置のカメラ 930、並びに第1の位置 940 及び第2の位置 950 の逆反射体を含む。カメラは、レーザトラッカ 910 をアジマス軸、ゼニス軸、あるいはアジマス軸及びゼニス軸の両方の回りにトラッカジンバル点 912 の周囲で回転させることによって、第1の位置から第2の位置まで動かされる。カメラ 920 は、レンズシステム 922 及び感光性アレイ 924 を含む。レンズシステム 922 は認識中心 926 を有しており、そこを逆反射体 940、950 からの光線が通過する。カメラ 930 は、異なる位置に回転されていることを除いてカメラ 920 と同じである。レーザトラッカ 910 の表面から逆反射体 940 までの距離は L_1 であり、レーザトラッカ 910 の表面から逆反射体 950 までの距離は L_2 である。ジンバル点 912 からレンズ 922 の認識中心 926 までの経路は、線 914 に沿って引かれる。ジンバル点 912 からレンズ 932 の認識中心 936 までの経路は、線 916 に沿って引かれる。線 914 及び 916 に関する距離は、同じ数値である。図 18 に見ることができるように、より近い位置にある逆反射体 940 は、レーザトラッカからより遠い距離にある逆反射体 950 に対応する点像 952 よりも、感光性アレイの中心から離れた位置に点像 942 を形成する。この関係は、回転後の位置におけるカメラ 930 に対しても維持される。結果として、近傍の逆反射体 940 の回転の前後における点像の間の距離は、遠方の逆反射体 950 の回転前後における点像の間の距離よりも大きい。レーザトラッカを回転し、結果として生じる感光性アレイ上での点像の位置の変化に着目することで、逆反射体までの距離を見出すことができる。この距離を見出す方法は、当業者には明らかであるように、三角法を使用して容易に見出される。

【0045】

他の可能性は、ターゲットの測定と撮影との間で切り換えることである。そのような方法の一例は、ブリッジスらに対する米国特許第7,800,758号に記載されている。他のカメラ配置が可能であり、ここに記述される方法とともに使用されることができる。

【0046】

図 2 に示されるように、副ユニット 70 は、通常はレーザトラッカ 10 の一部である。副ユニット 70 の目的は、電源をレーザトラッカ本体に供給することであり、いくつかの場合には、システムに計算及びクロック能力を供給することである。副ユニット 70 の機能をトラッカ本体に移すことによって、副ユニット 70 をすっかり無くすことも可能である。大抵の場合には、副ユニット 70 は汎用コンピュータ 80 に取り付けられている。汎用コンピュータ 80 にロードされたアプリケーションソフトウェアが、リバースエンジニアリングのようなアプリケーション能力を提供し得る。汎用コンピュータ 80 を、その計算能力をレーザトラッカ 10 内に直接構築することによって、無くすこともまた可能である。この場合、可能であればキーボード及びマウス機能を提供するユーザインターフェースが、レーザトラッカ 10 内に構築される。副ユニット 70 とコンピュータ 80 との間の接続は、ワイヤレスであるか又は電気ワイヤのケーブルを通してであり得る。コンピュータ 80 はネットワークに接続され得て、副ユニット 70 もまたネットワークに接続され得る。複数の計器、例えば複数の測定計器又はアクチュエータが、コンピュータ 70 又は副ユニット 80 を通して一緒に接続され得る。

【0047】

レーザトラッカ 10 は、その側面を下にして、上下さかさまに返されて、又は任意の向きに置かれ得る。これらの状況では、アジマス軸及びゼニス軸という用語は、レーザトラッカ 10 の姿勢には無関係に、レーザトラッカに対して図 1 に示される方向と同じ方向を有する。

【0048】

他の実施形態では、ペイロード 15 はアジマス軸 20 及びゼニス軸 18 の周囲で回転するミラーで置き換えられる。レーザビームは上方に向けられてミラーに当たり、そこから逆反射体 26 に向かって発射される。

【0049】

<離れたところからのレーザトラッカへの命令の送信 >

10

20

30

40

50

図3A～3E、図4A～4C及び図5A～5Dは検知手法を示し、それによってオペレータは、例示的なレーザトラッカ10によって命令と解釈されて実行されるジェスチャパターンを通信し得る。図3A～3Eは検知手段を示し、それによってオペレータは、例示的なレーザトラッカ10がその追跡および測定システムを使用して解釈するジェスチャパターンを通信する。図3Aは、逆反射体ターゲット26によって遮られるレーザビーム46を発するレーザトラッカ10を示す。ターゲット46が左右に動くと、トラッカからのレーザビームはその動きに追従する。同時に、トラッカ10の角度エンコーダが、左右方向及び上下方向でのターゲットの角度位置を測定する。角度エンコーダの読みは2次元の角度マップを形成し、これがトラッカによって時間の関数として記録され、動きのパターンを捜すために分析することができる。

10

【0050】

図3Bは、逆反射体ターゲット26を追跡しているレーザビーム46を示す。この場合、トラッカ10からターゲット26までの距離が測定される。ADM又は干渉計の読みは1次元の角度マップを形成し、これがトラッカによって時間の関数として記録され、動きのパターンを捜すために分析することができる。図3A及び図3Bの組み合わされた動きはまた、3次元空間でのパターンを探すためにレーザトラッカ10によって評価されることもできる。

【0051】

角度、距離、又は3次元空間における変動は、全て空間的パターンの例とみなされ得る。空間的パターンは、ルーチンのレーザトラッカ測定の間に連続的に観察される。観察されたパターンの可能な範囲内で、いくつかのパターンはレーザトラッカ命令に関連され得る。今日使用されている一つのタイプの空間的パターンがあり、これは、命令と考えることができる。このパターンは、測定に引き続いて物体の表面から離れる動きである。例えば、オペレータが物体上の多数の点をSMRで測定して物体の外径を得て、それからSMRを物体の表面から離したら、外径が測定されたことが明らかである。同様に、平面の測定後にオペレータがSMRを上方に動かしたら、平面の上面が測定されたと理解される。物体のどの側が測定されたかを知ることが重要である。なぜなら、SMRの中心から外表面までの距離であるSMRのオフセットを除去する必要があるからである。SMRを物体から離すように動かすというこの動作が、レーザトラッカ測定に関連したソフトウェアによって自動的に解釈されたら、そのときには、SMRの動きは、「SMRオフセットを動きの方向から差し引く」ことを示す命令と考えることができる。それゆえ、この第1の命令をここに記述された空間的パターンに基づく他の命令に加えて含んだ結果、複数の命令が存在する。言い換えると、複数のトラッカ命令と複数の空間的パターンとの間の対応関係が存在する。

20

【0052】

本願の議論の全てにおいて、レーザトラッカに対する命令の概念が特定の測定の文脈内で考慮されるべきということが理解されるべきである。例えば、逆反射体の動きが、逆反射体ターゲットが内径又は外径を測定しているかどうかを示すと言われる上述の状況では、この表現は、円形の輪郭を有する物体を測定するトラッカの文脈においてのみ滴確である。

30

【0053】

図3Cは、逆反射ターゲット26を追跡しているレーザビーム46を示す。この場合、逆反射ターゲット26は固定されて保持され、トラッカ10は3次元座標を測定する。後述される命令タブレットが特定の3次元位置に置かれている例のように、測定空間内のある位置には特別な意味が割り当てられ得る。

40

【0054】

図3Dは、逆反射ターゲット26に到達することがブロックされているレーザビーム46を示す。レーザビーム46をブロックする、しないを交互にするによって、トラッカ10に戻った光パワーのパターンが、位置検出器及び距離計を含むトラッカ測定システムによって観察される。この戻ったパターンの変動は、トラッカによって時間の関数として記

50

録されて、パターンを捜して分析ができるパターンを形成する。

【0055】

レーザトラッカに戻る光パワーにおいて、パターンがルーチンの測定の間にしばしば見られる。例えば、レーザビームが逆反射体に到達することをブロックし、それから後に、可能性のあることとしては逆反射体がトラッカから新しい距離に動いた後に、逆反射体でレーザビームを再捕捉することがよくある。レーザビームを途絶し、それからそのレーザビームを再捕捉するというこの動作は、逆反射体が新しい位置に動かされた後に再捕捉されるべきことを示す単純なタイプのユーザ命令と考えることができる。それゆえ、ここに記述された光パワーの変動に基づく他の命令に加えて、この第1の単純な命令を含んだ結果、複数の命令が存在する。言い換えると、複数のトラッカ命令と、レーザトラッカの上に配置されたセンサによって受領される光パワーの変動に基づく複数のパターンとの間に、対応関係が存在する。

【0056】

光パワーの変化は、レーザビームがレーザトラッカへ戻ることをブロックされているときに、ルーチンの測定の間にしばしば見られる。そのような動作は、「追跡の停止」又は「測定の停止」を示す命令と解釈され得る。同様に、逆反射体は、レーザビームを妨げるよう動かされ得る。そのような単純な動作は、「追跡の開始」を示す命令と解釈され得る。これらの単純な命令は、本特許出願における興味の対象ではない、この理由により、ここで議論される命令は、少なくとも光パワーの増加に引き続く光パワーの減少を含む光パワーの変化を伴う。

【0057】

図3Eは、6自由度(DOF:degree-of-freedom)プローブ110を有する逆反射体26を追跡しているレーザビーム46を示している。多くのタイプの6DOFプローブが可能であり、図3Eに示されている6DOFプローブ110は単に描写的なもので、その設計を制約するものではない。トラッカ10は、プローブの角度的な傾きの角度を見出すことができる。例えば、トラッカは、プローブ110のロール、ピッチ及びヨー角を時間の関数として見出して記録し得る。収集した角度は、パターンを探して分析ができる。

【0058】

図4A～4Cは検知手法を示し、それによってオペレータは、例示的なレーザトラッカ10がそのカメラシステムを使用して解釈するジェスチャパターンを通信する。図4Aは、逆反射体26の動きを観察するカメラ52を示す。カメラ52は、ターゲット26の角度位置を時間の関数として記録する。これらの角度は、後にパターンを探して分析される。逆反射体ターゲット26の角度的な動きを追従するためには一つのカメラを有することが必要とされるのみであるが、第2のカメラはターゲットまでの距離の計算を可能にする。オプションの光源54はターゲット26を照射し、それによって背景イメージの中で特定することを容易にする。加えて、光源54は、パルスを発してターゲットの特定をさらに単純化しても良い。

【0059】

図4Bは、逆反射体26の動きを観察するカメラ52を示す。カメラ52はターゲット26の角度位置を記録し、三角測量を使用して、ターゲット26までの距離を時間の関数として計算する。これらの距離は、後にパターンを探して分析される。オプションの光源54がターゲット26を照射する。

【0060】

図4Cは、逆反射体26の位置を観察するカメラ52を示し、逆反射体26はその位置を維持されている。トラッカ10は、ターゲット26の3次元座標を測定する。後述される命令タブレットが特定の3次元位置に置かれている例のように、測定空間内のある位置には特別な意味が割り当てられ得る。

【0061】

図5A～5Dは検知手法を示し、それによってオペレータは、例示的なレーザトラッカ

10

20

30

40

50

10が自発光の光源と組み合わせてそのカメラシステムを使用することによって解釈するジェスチャパターンを通信する。図5Aは、逆反射体26の動きを観察するカメラ52を示す。自発光の逆反射体ターゲットは逆反射体ターゲット126を備え、このターゲット上に、光源122と、光源122をオン・オフする制御ボタン124とが搭載されている。オペレータは制御ボタン122を所定のパターンで操作してオン・オフして、カメラ52によって撮られて且つトラッカ10によって分析されるパターンで光源122を光らせる。

【0062】

図5Aに対する操作の代替的なモードは、命令をジェスチャする間のみオペレータが制御ボタン124を押し下げた状態に保持するというもので、命令は例えば、左右及び上下の動きを使用して与えられ得る。この時間の間のみ制御ボタン124を押し下げた状態に保持することによって、トラッカ10に対する解析及び分析が単純化される。制御ボタン124が押し下げられて保持されているか否かに応じて、トラッカ10が動きのパターンを得ることができるようにいくつかの方法が存在する。すなわち、(1)カメラ52が光源122の動きに追従する、(2)カメラ52が、光源54によって随意的に照射される逆反射体126の動きに追従する、又は、(3)レーザトラッカ10の追跡及び測定システムが逆反射体126の動きに追従する、である。加えて、オペレータが、トラッカに命令を発するためのLED光の時間的パターンを生成するために、制御ボタン124を押したり離したりする間に、同時に測定データを収集するために、トラッカが逆反射体126を追従することも可能である。

10

20

【0063】

図5Bは、6DOFプローブ130の上の光源132を観察しているカメラ52を示す。6DOFプローブ130は、逆反射体136、光源132及び制御ボタン134を備える。オペレータは制御ボタン134を所定の方法でオン・オフして、カメラ54によって撮られて且つトラッカ10によって分析されるパターンで光源132を光らせる。

【0064】

図5Bに対する操作の代替的なモードは、命令をジェスチャする間のみオペレータが制御ボタン124を押し下げた状態に保持するというもので、命令は例えば、左右及び上下の動き又は回転を使用して与えられ得る。この時間の間のみ制御ボタン124を押し下げた状態に保持することによって、トラッカ10に対する解析及び分析が単純化される。この場合、トラッカ10が動きのパターンを得ることができるようにいくつかの方法が存在する。すなわち、(1)カメラ52が光源132の動きに追従する、(2)カメラ52が、光源54によって随意的に照射される逆反射体136の動きに追従する、又は(3)レーザトラッカ10の追跡及び測定システムが6DOFターゲット130の動きに追従する、である。

30

【0065】

図5A、5Bはまた、特定の位置を示すために使用されることもできる。例えば、自発光の逆反射体ターゲット120の球状表面上の点、又は6DOFターゲット130の球状表面上の点は、物体に対して保持されることが可能で、カメラ52によって決定されることが可能である位置を提供する。図12を参照して記述されるように、命令タブレットが特定の3次元位置に置かれるときのように、測定空間内のある位置には特別な意味が割り当てられ得る。

40

【0066】

図5Cは、ワンド(wand)140の上の光源142を観察しているカメラ52を示す。ワンド140は光源142及び制御ボタン144を備える。オペレータは制御ボタン144を所定の方法でオン・オフして、カメラ54によって撮られて且つトラッカ10によって分析される時間的パターンで光源142を光らせる。

【0067】

図5Dは、ワンド140の上の光源142を観察しているカメラ52を示す。オペレータはワンド140の上の制御ボタン144を押して、光源142を連続的に光らせる。オ

50

ペレータがワンド 140 を任意の方向に動かすと、カメラ 54 はワンド 140 の動きを記録して、そのパターンがトラッカ 10 によって分析される。横切る方向（左右、上下）の動きのパターンのみがあって半径方向の動きが重要でなければ、単一のカメラ 52 を使用することが可能である。

【0068】

上記で説明したように、トラッカ 10 は、空間位置、逆反射体ターゲット 26、6DOF ターゲット 110 又は 130、自発光の逆反射体ターゲット 120、又はワンド 140 を使用してオペレータによって生成された空間的パターン及び時間的パターンを検出する能力を有する。これらの空間的又は時間的パターンは、総括的にジェスチャと称される。図 3A～3E、図 4A～4C、図 5A～5D に描かれた検知の特定の装置及び方法は特定の例であり、本発明の範囲を制限するものと理解されるべきではない。

10

【0069】

図 6 は流れ図 200 を示しており、これは、ジェスチャ命令を発して実行する際にオペレータ及びレーザトラッカ 10 によって実行されるステップを列挙している。ステップ 210 にて、レーザトラッカ 10 は命令を連続的にスキャンする。言い換えると、トラッカは図 3A～3E、図 4A～4C、図 5A～5D に示された検知モードの一つ又はそれ以上を使用して、位置、空間的パターン及び時間的パターンを記録する。ステップ 220 にて、オペレータは命令の信号を発する。これは、オペレータが逆反射体ターゲット 26、6DOF ターゲット 110 又は 130、アクティブな逆反射体ターゲット 120、又はワンド 140 のような物体に適切な動作をさせることによってジェスチャを生成することを意味する。適切な動作は、特定の絶対座標への動き、あるいは特定の空間的又は時間的パターンを生成するための動きを伴い得る。

20

【0070】

ステップ 230 にて、トラッカ 10 は、オペレータによって発せられたばかりの命令を捕捉して解析する。トラッカ 10 は、移動する対象からの空間的および時間的情報を読み取り、また検知することにより命令を捕捉する。トラッカ 10 は、トラッカ自身に備わる可能性がある計算能力を使用することによって命令を解析する。命令の解析は、データ列を適当なサブユニットに分解し、アルゴリズムに従ってサブユニットによって形成されるパターンを特定して行われる。使用され得るアルゴリズムのタイプは、以下に議論される。

30

【0071】

ステップ 240 にて、トラッカは命令が受領されていることを確認する。この確認は、例えばトラッカに配置されたフラッシュ光の形態であり得る。この確認は、命令が明瞭に受領されたか、混同されたか、不完全であったか、あるいは何らかの理由で実行が不可能であるかどうかに応じて、いくつかの形態を取り得る。これらの異なる条件のそれぞれに対する信号は、様々な異なる方法で与えられるべきである。例えば、異なる色の光、あるいはフラッシュの異なるパターン又は継続時間が可能であり得る。可聴音もまたフィードバックとして使用されることができる。

【0072】

ステップ 250 にて、トラッカ 10 は、命令が混同されたかどうか、言い換えると受領された命令の意味が不明確ではないか？をチェックする。命令が混同されていたら、フローはステップ 210 に戻り、そこでトラッカ 10 は命令のスキャンを継続する。命令が混同されていなければ、フローはステップ 260 に続き、そこでトラッカ 10 は、命令が不完全かどうか、言い換えるとその命令を完全に規定するためにより多くの情報が必要とされてないか？をチェックする。命令が不完全であると、フローはステップ 210 に戻り、そこでトラッカ 10 は命令のスキャンを継続する。命令が不完全でなければ、フローはステップ 270 に続く。

40

【0073】

ステップ 270 にて、トラッカ 10 は、命令によって要求された動作を何であれ実行する。いくつかの場合には、その動作は、トラッカ及びオペレータの両者において複数のス

50

ステップを必要とする。そのような場合の例は、以下で論じられる。ステップ 280 にて、トラッカ 10 は測定が完全であるという信号を出す。フローはそれからステップ 210 に戻り、そこでトラッカ 10 は命令のスキャンを継続する。

【0074】

図 7 はステップ 220 を示し、そこではオペレータが命令の信号を出し、これは 3 つのステップを包含する。すなわち、ステップ 222 - プロローグ、ステップ 224 - 指令、及びステップ 226 - エピローグである。プロローグ及びエピローグステップは随意的である。命令の指令部分は、従われるべき指示を伝達する命令の部分である。命令のプロローグ部分は、トラッカに対して、命令が始まっていて指令がまもなく与えられることを示す。命令のエピローグ部分は、トラッカに対して命令が終わったことを示す。

10

【0075】

図 8 ~ 10 は、ジェスチャの 2 つの例示的なセットを示し（「例 1 のジェスチャ」及び「例 2」のジェスチャ）、これらは命令の例示的なセットに対応する。図 8 ~ 10 の最も左の欄は、命令の例示的なセットを示す。これらの命令のいくつかは、FARO CAM2 ソフトウエアから取られている。他の命令は、SMX インサイトソフトウエア又は FARO レーザトラッカに装備されているユーティリティソフトウエアのようなその他のソフトウエアから取られている。これらの例の他に、命令は他のソフトウエアから取られ得るか、又は特定の必要性のために単純に生成され得る。図 8 ~ 10 の各々において、第 2 の欄は、もし利用可能であれば CAM2 ソフトウエアにおけるソフトウエアショートカットを示す。オペレータは、キーボード上でこのソフトウエアショートカットを押して、対応する命令を実行し得る。図 8 ~ 10 の第 3 及び第 4 の欄は、ある命令を表すために使用され得るいくつかの空間的パターンを示している。2 次元空間的パターンが、例えば図 3 A、図 4 A 又は図 5 A に示された方法を使用して検知され得る。

20

【0076】

図 8 ~ 10 の第 3 及び第 4 の欄におけるジェスチャの各々に対して、開始位置は小さい丸で示されており、終了位置は矢印で示されている。図 8 ~ 10 の第 3 の欄におけるジェスチャは単純な形 - 円、三角又は正方形である。この欄に示されている 28 種の形は、それらの向き及び開始位置によってお互いに区別される。対照的に、図 8 ~ 10 の第 4 の欄におけるジェスチャは、実行されるべき命令を連想させる。第 3 の欄における形の主な効果は、これらをコンピュータが認識して命令と解釈することが容易な点である。この局面は、以下により詳細に議論される。第 4 の欄における形の主な効果は、これらをオペレータが覚え易い点である。

30

【0077】

図 11 A ~ 11 F は、ジェスチャにて使用され得るいくつかの代替的な空間的パターンを示す。図 11 A は単一のストロークを示す。図 11 B は英数字を示す。図 11 C は単純な形を示す。図 11 D は単一の経路を、再トレース又はいちど反復された経路とともに示す。図 11 E は、2 つ又はそれ以上のより単純なパターンから形成された複合経路を示す。また、図 11 F は 2 つ又はそれ以上の文字から形成されるパターンを示す。

【0078】

図 12 は例示的な命令タブレット 300 を示す。オペレータは、測定がなされている位置の近くの便利な位置まで命令タブレット 300 を持ち運ぶ。命令タブレット 300 は、1 枚のノートの紙又はそれより大きなサイズを有する硬い材料からなり得る。オペレータは、命令タブレット 300 を適切な面に置き、ターゲットを所定の位置に保持するために様々な手段を使用し得る。そのような手段は、テープ、磁石、ホットグルー、鉢又は面ファスナーを含み得る。オペレータは、基準位置 310、312 及び 314 を逆反射体 26 でタッチすることによって、レーザトラッカ 10 の参照のフレームで命令タブレット 300 の位置を確立する。複数の命令タブレットを所与の環境で使用することが可能である。命令タブレットの位置を見出すための例示的な方法は、以下に議論される。

40

【0079】

命令タブレット 300 は数多くの四角形の区画に区分され得る。基準位置 310、31

50

2、及び314に対する区画に加えて、図8～10の命令に対する区画、及びターゲットのタイプ、ネストのタイプ、方向及び数に対応するその他の区画がある。例示的な命令タブレット300のレイアウト及び内容は単に暗示的であるだけであり、命令タブレットは広い様々な方法で有効に設計され得る。カスタム命令タブレットもまた、特定のジョブに対して設計され得る。

【0080】

命令をレーザトラッカ10にジェスチャするために、オペレータは、命令タブレット300上の所望の区画に逆反射体をタッチする。オペレータによるこの動作は、フローチャート200のステップ220に対応する。動作の検知は、例えば図3C又は図4Cに示された方法によって実行され得る。複数の数を伴うシーケンス、例えば3.50という数が入力されると、そのときには、区画の3、点、5及び0が順にタッチされる。以下に論じられるように、区画が読まれるべきことをトラッカに示す様々な方法がある。一つの可能性は、前もって設定された時間、例えば少なくとも2秒間待つことである。トラッカはそれから信号を与える。この信号は、例えば区画の内容を読んだことを示すフラッシュ光であり得る。数の全シーケンスが入力されると、オペレータは所定の方法でシーケンスを終端し得る。例えば、同意された終端子は基準点の一つにタッチすることである。

【0081】

命令タブレット300はまた、レーザトラッカの代わりに関節アーム型CMMとともに使用されることができる。関節アーム型CMMは、一端が静止したベースに取り付けられ他端がプローブ、スキヤナ又はセンサに取り付けられた、数多くの結合されたセグメントを備える。例示的な関節アーム型CMMは、参照によってここに援用されるラップラに対する米国特許第6,935,036号、及び参照によってここに援用されるラップラに対する米国特許第6,965,843号に記載されている。プローブ先端は、レーザトラッカを使用するときに逆反射体ターゲットが命令タブレット300の正方形に接触されるのと同じ方法で、命令タブレット300の正方形に接触される。関節アーム型CMMは、典型的には、レーザトラッカが行うよりもはるかに小さい測定空間で測定を行う。この理由のために、関節アーム型CMMを使用するとき、命令タブレット300を搭載する便利な場所を見出すことは、通常は容易である。命令タブレット300に含まれる特定の命令は、関節アーム型CMMに対して適した命令に適合されており、これはレーザトラッカに対する命令とは異なる。関節アーム型CMMとともに命令タブレットを使用する利点は、関節アーム型CMMに戻る前にプローブをセットし、コンピュータを動かし、命令を入力するというオペレータの不便さ及び時間のロスが無くなることである。

【0082】

我々はここで、ジェスチャをいかに示すかという4つの例を図13～図16に与える。図13は、例示的なレーザトラッカ10に対して参照点を設定するために使用されるジェスチャを示す。自動リセットがレーザトラッカの選択可能な随意のモードであることを、前の議論から思い出されたい。レーザトラッカが自動リセットオプションに設定されると、そのときには、ビーム経路が途絶されるときはいつでも、レーザビームは参照点に向かられる。しばしば採用される参照点はトラッカのホーム位置であり、これはレーザトラッカの本体に永久に搭載された磁気ネストの位置に対応する。あるいは、ビームが途絶されるときにオペレータがトラッカまで歩いて戻る必要性を無くすために、作業空間に近い参照点が選ばれ得る（通常はこの能力は、測定するためにトラッカがADMより干渉計を使用するときに最も重要である）。

【0083】

図13において、流れ図400に示される動作が実行されて、ジェスチャの使用を通して参照点を設定する。ステップ420で、オペレータは、ターゲットを図10にて「参照点設定」に対して示されているパターンに動かす。この場合のターゲットは、例えば図3Aに示される逆反射体26であり得る。ステップ430で、レーザトラッカ10は命令を捕捉して解析し、命令が受領されたことを確認する。この場合、確認の形態は、トラッカ正面パネルにおける赤い光の2つのフラッシュである。しかし、異なる色又はパターン、

10

20

30

40

50

あるいは可聴音のような他のフィードバックが使用され得る。ステップ440で、オペレータはSMR26を、参照位置を規定する磁気ネストに配置する。レーザトラッカ10は、SMR26の位置データを連続的にモニタリングし、静止したら記述する。SMRが5秒間静止したら、トラッカ10は、オペレータが故意にSMRをネストに配置したことを見識し、トラッカは測定し始める。例えば、トラッカパネルの赤い光が、測定が行われている間に照射され得る。赤い光は、測定が完了すると消える。

【0084】

図14において、流れ図500に示される動作が実行されて、3次元空間における例示的な命令タブレット300の位置を確立する。命令タブレット300が3つの基準位置310、312及び314を有することを、前の議論から思い出されたい。逆反射体ターゲットをこれら3つの位置にタッチすることによって、3次元空間における命令タブレット300の位置を見出すことができる。ステップ510で、オペレータは、ターゲットを図9にて「命令タブレットの初期化」に対して示されているパターンに動かす。この場合のターゲットは、例えば図3Aに示される逆反射体26であり得る。ステップ520で、レーザトラッカ10は命令を捕捉して解析し、命令が受領されたことを赤い光を2回フラッシュすることによって確認する。ステップ530で、オペレータはSMR26を3つの参照位置の一つに対して保持する。レーザトラッカ10は、SMR26の位置データを連続的に監視し、SMRが静止したら記述する。ステップ540で、SMRが5秒間静止したら、トラッカ10はSMR26の位置を測定する。ステップ550で、オペレータはSMR26を3つの参照位置の2つ目に対して保持する。ステップ560で、SMR26が5秒間静止したら、トラッカ10はSMR26の位置を測定する。ステップ570で、オペレータはSMR26を3つの参照位置の3つ目に対して保持する。ステップ580で、SMR26が5秒間静止したら、トラッカ10はSMR26の位置を測定する。これでトラッカ10は3つの参照点の各々の3次元位置を知り、これら3つの点からこれら3対の点の間の距離を計算することができる。ステップ590で、トラッカ10は、点の間の既知の距離を点の間の計算された距離と比較することによって、誤りを検出する。相違が大きすぎると、ステップ590にて、赤い光の5秒間のフラッシュであり得る適切な指示によって信号誤りが示される。

【0085】

図15で、流れ図600に示される動作が実行されて、ジェスチャの使用を通して円を測定する。ステップ610で、オペレータは、ターゲットを図8にて「円を測定」に対して示されているパターンに動かす。この場合のターゲットは、例えば図3Aに示される逆反射体26であり得る。ステップ620で、レーザトラッカ10は命令を捕捉して解析し、命令が受領されたことを赤い光を2回フラッシュすることによって確認する。ステップ630で、オペレータは逆反射体26をワークピースに対して保持する。例えば、オペレータが円形の孔の内側を測定する場合、オペレータはSMRを孔の内側上の部分に対して置く。レーザトラッカ10は、逆反射体26の位置データを連続的に監視し、SMRが静止したら記述する。ステップ640で、逆反射体26が5秒間静止した後に、赤い光が点灯して、トラッカ10は逆反射体26の位置の連続測定を開始する。ステップ650で、オペレータは、対象の円に沿って逆反射体26を動かす。ステップ660で、十分な点が収集されたら、オペレータは、測定されている物体の表面から逆反射体26を動かす。逆反射体26の動きは、測定が完了したことを示す。逆反射体ターゲット26が内径又は外径を測定しているかどうかも示し、アプリケーションソフトウェアが逆反射体26の半径を考慮してオフセット距離を除く。ステップ670で、トラッカ10は赤い光を2回フラッシュして、要求された測定データが収集されたことを示す。

【0086】

図16で、流れ図700に示される動作が実行されて、レーザトラッカ10からのレーザビームが途絶された後に逆反射体が獲得される。ステップ710で、オペレータは、逆反射体を図10にて「SMRを獲得」に対して示されているパターンに動かす。この場合のターゲットは、例えば図4Aに示される逆反射体26であり得る。この手順のはじめに

10

20

30

40

50

おいて、レーザトラッカはSMRを獲得しておらず、よって図3A～3Eに示されるモードは使えない。代わりに、カメラ52及び光源54が、逆反射体26の位置を決めるために使用される。ステップ720で、レーザトラッカ10は命令を捕捉して解析し、命令が受領されたことを赤い光を2回フラッシュすることによって確認する。同時に、レーザビーム46を逆反射体26の中心に向けて送出する。ステップ730で、トラッカ10はレーザビームが光反射体26によって捕捉されたかどうかをチェックする。大抵の場合、レーザビームは逆反射体26の中心に十分に近く送出されて、トラッカ内の位置検出器の有効領域内に当たる。この場合、トラッカサーボシステムはレーザビームを、レーザビームが位置検出器の中心に向かって動く方向に駆動するが、これもまたレーザビームを逆反射体26の中心に移動させる。その後に、普通の追跡が生じる。レーザビームが逆反射体26の中心に十分に近く送出されずにトラッカ内の位置検出器に当たらない場合、そのときには、一つの可能性として、ステップ740に示されているようにスパイラルサーチを実行することがある。レーザトラッカ10は、レーザビームを開始位置に向かって、それからビームをさらに広がっていく渦巻き状に向けることによって、スパイラルサーチを実行する。スパイラルサーチを実行するかどうかは、レーザトラッカ又はレーザトラッカとともに使用されるソフトウェアのオプションとして、設定されることができる。すばやく動くターゲットに対して適当であり得る他のオプションは、レーザビームが逆反射体によって捕捉されるか又は時間切れになるまで、ステップ720を反復的に繰り返すことである。

【0087】

図7を参照して先に論じたように、オペレータは、3つのステップを通して命令の信号を送る。すなわち、オプションのプロローグ、指令、及びオプションのエピローグである。トラッカ10がコンスタントにデータを解析して、所望のパターンが作成されたときには、すばやく応答することができれば、そのときには、プロローグ又はエピローグ無しに指令のみを使用することが可能であり得る。同様に、オペレータが命令タブレット300の上のある位置をタッチすれば、命令は、プロローグ又はエピローグ無しにトラッカに対して明確になる。一方、トラッカが、オペレータによって生成されたパターンに十分に直ちに応答できなければ、又はオペレータが意図せずに命令パターンを生成する可能性があれば、そのときには、プロローグ、エピローグ、又はその両方の使用が必要とされ得る。

【0088】

単純なプロローグ又はエピローグの一例は、単純に、図3A～3E、図4A～4C、及び図5A～5Dに示されるターゲットのいずれかであり得るターゲットの動きにおける合間である。例えば、オペレータは、パターンの開始前に1秒か2秒ほど合間を空け、又は、パターンの終わりの前に1秒か2秒ほど合間を空け得る。このようにして合間を空けることによって、図8～図10でそれぞれ丸及び矢印によって、あるいは図11でそれぞれ丸及び四角によって示される各ジェスチャの開始及び終了位置が、トラッカ又はコンピュータ内部の解析ソフトウェアによって、より容易に理解されるであろう。

【0089】

単純なプロローグ又はエピローグの他の一例は、トラッカからのレーザビームを迅速にロックしそしてロックされなくすることである。例えば、オペレータは、4指の各々の間に空間があるように指を広げ得る。それから、レーザビームに対してその指をすばやく動かすことによって、ビームのロックと非ロックが迅速に4回連続する。そのような「4本指の挨拶」と称され得る時間的パターンは、レーザトラッカによってすばやく認識される。戻ってくるレーザパワーの時間変動に基づく検知のモードは、パッシブターゲットとともに図3Dに、及びアクティブターゲットとともに図5A～5Cに、示されている。

【0090】

ジェスチャ命令におけるプロローグ及びエピローグの使用の他に、プロローグのタイプもまた、レーザトラッカによる動作の開始時に、ときどき必要とされ得る。例えば、図13～図15の例では、命令が与えられてからトラッカが測定を行う前に、5秒間の待ち時間がある。この待ち時間の目的は、測定を始める前にオペレータに逆反射体ターゲットを

所定の位置に置く時間を与えることである。もちろん、5秒間という時間は任意であって、任意の所望の値に設定されることができる。加えて、測定が始まるべき他の指示を使用することも可能である。例えば、測定の準備ができていることを示すために、時間遅れの代わりに4本指の挨拶を使用することが可能である。

【0091】

図5A～5Cに示されているもののようなアクティブターゲットは、工作機械構築及びデバイスアセンブリのようなアプリケーションで有用である。工作機械は、他のデバイスの製造を手助けするようにされたタイプの装置である。自動車及び航空宇宙の製造のような分野では、工作機械は正確な仕様に基づいて製造される。レーザトラッカは、そのような工作機械の組み立て及びチェックの両方の支援をする。多くの場合、工作機械の構成要素をお互いに位置合わせする必要がある。逆反射体26のような単一の逆反射体を使用して座標システムを構築することができ、それに対して工作機械の各々の要素を適切に位置合わせさせることができる。しかし、複雑な工作機械では、これは多くの反復的な計測を伴うことがある。代替案は、工作機械の要素に複数の逆反射体ターゲットを装着し、それからこれらの全てを迅速に連続して測定することである。そのような迅速な測定は、今日では（構成要素42、44のような）絶対距離計及びカメラシステムのような現代的トラッカ技術によって可能になっている。複数の逆反射体が工作機械に直接に搭載されると、そのときには、オペレータがこれらの逆反射体の一つを使用してジェスチャ命令を生成することが困難又は非効率であることがある。図5C又は図5Dに示されている140のような棒を使用することが、より便利であることがある。オペレータは、工作機械に搭載された逆反射体を乱すこと無く、ワンドを使用してすばやく命令を与えることができる。そのようなワンドは、ハンマー又は類似の装置の端に搭載され得て、オペレータの手を自由にして組み立て調整が実行される。いくつかの場合には、図5A及び図5Bにそれぞれ示されているもののような別個の逆反射体又は6DOFプローブが、工作機械構築の間に必要とされ得る。光源及び制御ボタンを基本的なSMR又は6DOFプローブに追加することによって、オペレータは、非常にフレキシブルな方法で命令を発することができる。

【0092】

図5A～Dに示されているもののようなアクティブターゲットもまた、デバイスアセンブリでは有用である。最近の傾向は、自動ツールアセンブリではなくレーザトラッカを使用したフレキシブルなアセンブリである。トラッカプローチの重要な利点は、事前の準備がほとんど要らないことである。そのようなアセンブリを今日において実用的なものにしている一つのものは、CADソフトウェア描画をレーザトラッカによって行われる測定に合致させているソフトウェアの利用可能性である。逆反射体を組み立てられるべき部品の上に配置し、それから逆反射体をレーザトラッカで順に測定することによって、アセンブリの精密度がコンピュータディスプレー上で、赤は「はるかに離れている」ことを示し、黄色は「近付いてきている」ことを示し、緑は「十分に近い」ことを示すように、色を使って示すことができる。アクティブターゲットを使用すると、オペレータは、選択されたターゲット又はターゲットのグループを測定する命令を与えて、組み立てプロセスを最適化することができる。

【0093】

複数の逆反射体が、単一の測定空間にしばしば置かれる。複数の逆反射体を使用した工作機械構築及びデバイスアセンブリの例は上述された。これらの例は、自発光のターゲットが特に有用であることを示した。その他の場合には、レーザトラッカが複数の受動的な逆反射体の動きを認識する能力が有用である。例えば、複数の逆反射体が、シートメタルの打ち抜きプレスのような工作機械の固定具の上に置かれて、オペレータが各固定動作の後にターゲット測量を実行したいと考えていると仮定する。測量は各ターゲットの座標を順に測定して、工作機械の固定具の再現性をチェックする。オペレータが初期測量座標を設定する容易な方法は、各逆反射体をそのネストから順に持ち上げて、所定のジェスチャパターンに従ってそれを動かすことである。トラッカがそのパターンを認識すると、そのネストにおける逆反射体の座標を測定する。広い視野に渡ってジェスチャパ

10

20

30

40

50

ターンを認識し、オペレータが簡便に逆反射体を切り替えることを可能にするのは、トラッカカメラの能力である。

【0094】

先に言及したように、ジェスチャパターンを特定してそれらを命令と解釈するために使用することができるいくつかの異なるタイプの方法又はアルゴリズムが存在する。ここでは、我々はいくつかの方法を示すが、広い範囲の方法又はアルゴリズムが使用可能で且つ等価に良く機能する。先に述べたように、3つの主なタイプの対象パターンがあり、それらは、(1) 単一点絶対位置、(2) 時間的パターン、及び(3) 動きパターン、である。単一点絶対位置を認識することは、恐らくこれら3つのカテゴリーの中で最も簡単である。この場合、トラッカは単純に、測定された座標を比較して、これらが命令タブレット300の表面上の座標に特定の公差範囲内で一致するかどうかを見ることだけを必要とする。

10

【0095】

時間的パターンもまた、特定が比較的に容易である。特定のパターンは、例えばある数のオン・オフの反復からなることがあり、追加の制約が、許容可能なオン・オフの回数に対して置かれ得る。この場合、トラッカ10は単純に、オン・オフの回数を記録して、前もって確立されたパターンとの合致があるかどうかを定期的にチェックすることだけを必要とする。もちろん、光を完全に消す代わりにパワーレベルを下げて信号をトラッカに送ることも可能である。逆反射されたレーザパワーのレベルの低下は、中性濃度フィルタ、偏光子、又はアイリス絞りを使用するような多くの手段で達成されることがある。

20

【0096】

動きパターンは、1次元、2次元又は3次元で解析され得る。半径方向の距離の変化は、1次元的な動きの一例である。横切る方向(上下、左右)の変化は、2次元的な動きの一例である。半径方向及び横切る方向の変化は、3次元的な動きの一例である。もちろん、対象となる次元は、レーザトラッカシステムによってその時点で監視されているものである。解析及び認識のタスクを単純にする手助けとなる一つの方法は、それらを時間及び空間のある範囲内で生じさせることである。例えば、パターンは、大きさが200mm~800mm(8インチ~32インチ)の間であり、1~3秒の間に完了することが求められる。横切る方向の動きの場合には、トラッカは、動きを角度の変化として捉えて、パターンのサイズを得るためにラジアン単位でのこれらの角度にターゲットまでの距離を掛け算しなければならない。許容可能なパターンを時間的及び空間的にある範囲内に制限することによって、多くの動きを、ジェスチャ命令としてのさらなる考慮から排除することができる。残されたものは、多くの異なる方法で評価され得る。例えば、データは、認識されたジェスチャ命令のいずれかとの潜在的な合致が存在するかどうかを見るために定期的に評価されるバッファに一時的に記憶されてもよい。特に特定が容易であるジェスチャ動きパターンの特別な場合は、図5Aにおける命令ボタン124が押されて光122を照射して、ジェスチャが行われていることを示すときである。コンピュータはそのとき単純に、光122が照射されたときに生じたパターンを記録し、それからそのパターンを評価して、有効なジェスチャが生成されたかどうかを見ることを必要とする。同様なアプローチは、オペレータが図5Bの制御ボタン134を押して光132を照射するか、又は図5Dの制御ボタン144を押して光142を照射するときに、取られることができる。

30

【0097】

これら3つの主なパターンの他に、自発光しない物体、又は自発光しない物体を逆反射体と組み合わせて使用して、パターンを生成することも可能である。例えば、トラッカのカメラは、あるサイズの自発光しない赤い正方形がSMRから1インチの範囲内に近づけられるときにはいつでも、特定の命令が与えられたと認識することができる。

40

【0098】

3つの主なパターンのうちの2つを組み合わせることもまた可能である。例えば、動きの速さを特定の空間的パターンとの両方を組み合わせて、それによって2つ及び3つのパターンを組み合わせることが可能である。他の例として、オペレータは特定の命令の信号

50

を、迅速な上方向の動きの後にゆっくりとした復帰が続く鋸歯パターンで送っても良い。同様に、加速も使用され得る。例えば、はじくような動き (flick motion) を使用して物体の周りの特定の方向にレーザビームを「トス」してもよい。

【 0 0 9 9 】

パターンのあるタイプ内での変化もまた可能である。例えば、空間的パターンのカテゴリー内で、小さい正方形（例えば一辺が 3 インチ）と大きい正方形（例えば一辺が 24 インチ）とを区別することが可能である。

【 0 1 0 0 】

上述したアルゴリズムの方法は、図 17 に示された処理システム 800 によって具現化される。処理システム 800 は、トラッカ処理ユニット 810 及びオプションのコンピュータ 80 を備える。処理ユニット 810 は少なくとも 1 つのプロセッサを備えており、これは、マイクロプロセッサ、デジタル信号プロセッサ (DSP)、フィールドプログラマブルゲートアレイ (FPGA)、又はその他の同様の装置であり得る。処理能力が提供されて、情報を処理して内部トラッカプロセッサーに命令を発する。そのようなプロセッサは、位置検出プロセッサ 812、アジャスエンコーダプロセッサ 814、ゼニスエンコーダプロセッサ 816、インジケータ光プロセッサ 818、ADM プロセッサ 820、干渉計 (IFM) プロセッサ 822、及びカメラプロセッサ 824 を含み得る。ジェスチャ命令を評価又は解析を支援するジェスチャプロセッサ 826 を含み得る。副ユニットプロセッサ 870 はオプションとして、トラッカプロセッサユニット 810 の内部の他のプロセッサに対して、タイミング及びマイクロプロセッサのサポートを提供する。これは他のプロセッサとデバイスバス 830 によって通信し得て、これは、既知であるようにトラッカ中の情報をデータパケットとして転送し得る。計算能力はトラッカプロセッサユニット 810 内に分散され得て、DSP 及び FPGA が、トラッカセンサによって収集されたデータに対して中間計算を実行する。これらの中間計算の結果は、副ユニットプロセッサ 870 に戻される。先に説明したように、副ユニット 70 は、長いケーブルを通してレーザトラッカ 10 の本体に取り付けられ得るか、又は、レーザトラッカの本体内部に押し込まれてトラッカが直接的に（及びオプションとして）コンピュータ 80 に取り付けられる。副ユニット 70 は、接続 840 によってコンピュータ 80 に接続され得て、この接続は例えばイーサネット（登録商標）ケーブル又はワイヤレス接続であり得る。副ユニット 870 及びコンピュータ 80 は接続 842、844 によってネットワークに接続され得て、この接続は例えばイーサネット（登録商標）ケーブル又はワイヤレス接続であり得る。

【 0 1 0 1 】

センサデータの前処理は、プロセッサ 812 から 824 によってジェスチャ内容について評価され得るが、ジェスチャ前処理を実行するために特に指定されたプロセッサ 826 がまた存在しても良い。ジェスチャプロセッサ 826 は、マイクロプロセッサ、DSP、FPGA、又は同様の装置であり得る。これは、ジェスチャ内容を評価するためのデータを記憶するバッファを備え得る。前処理されたデータは、最終的な評価のために副ユニットに送られてもよく、あるいは、ジェスチャ内容の最終的な評価はジェスチャプロセッサ 826 によって実行されても良い。あるいは、生の又は前処理されたデータは、分析のためにコンピュータ 80 に送られ得る。

【 0 1 0 2 】

上述されたジェスチャの仕様は、単一のレーザトラッカとの使用に主に集中していたが、ジェスチャを、レーザトラッカの集合とともに又は他の計器に組み合されたレーザトラッカとともに使用することもまた有益である。一つの可能性は、一つのレーザトラッカをマスターと指定して、それが命令を他の計器に送ることである。例えば、4 つのレーザトラッカのセットが多面的な動きで使用され得て、そこでは、3 次元座標が各トラッカによって測定された距離のみを使用して計算される。命令は単一のトラッカに与えられて、それが命令を他のトラッカに伝えられる。他の可能性は、複数の計器がジェスチャに応答することを許可することである。例えば、レーザトラッカが関節アーム型 CMM を再位置決めするために使用されていると仮定する。そのようなシステムの一例は、ラップラに対す

10

20

30

40

50

る米国特許第7,804,602号に与えられており、これは参照によってここに援用される。この場合、レーザトラッカは、再位置決めプロセスにおけるマスターと指定され得る。オペレータはジェスチャ命令をそのトラッカに与えて、これが次に適切な命令を関節のあるアームCMMに送る。上述したように、再位置決めプロセスが完了した後にオペレータは、命令タブレットを使用してジェスチャ命令を関節のあるアームCMMに送る。

【0103】

図19は複数のステップ1900を示し、これは、図3A～B、図4A～B、及び図5Aを参照した議論に従ってレーザトラッカに命令を通信するジェスチャを与える際に実行される。ステップ1910では、命令と空間的パターンとの間の対応のルールを提供する。ステップ1920では、ユーザが、可能性のある命令の中から一つの命令を送る。ステップ1930では、ユーザが、所望の命令に対応した空間的パターンで逆反射体を動かす。この空間的パターンは、横切る方向又は半径方向であり得る。ステップ1940では、レーザトラッカからの光を逆反射体に投射する。この光は、レーザトラッカの光軸に沿って発せられた光のビームであってもよく、あるいは、レーザトラッカに配置されたカメラの近くのLEDによって発せられた光であってもよい。ステップ1950では、逆反射体から光を反射してレーザトラッカに戻す。ステップ1960では、反射された光を検知する。この検知は、トラッカに配置されたカメラ内部の感光性アレイによって、トラッカ内の位置検出器によって、又はトラッカ内部の距離計によって、実行され得る。ステップ1970では、対応のルールに基づいた命令が決定される。ステップ1980では、命令を実行する。

10

20

【0104】

図20は複数のステップ2000を示し、これは、図3C、図4C、及び図5Aを参照した議論に従ってレーザトラッカに命令を通信するジェスチャを与える際に実行される。ステップ2010では、命令と3次元位置との間の対応のルールを提供する。ステップ2020では、ユーザが、可能性のある命令の中から一つの命令を送る。ステップ2030では、ユーザが、所望の命令に対応した位置に、可能であれば光反射体ターゲットを命令タブレットに接触させることによって、逆反射体を動かす。ステップ2040では、レーザトラッカからの光を逆反射体に投射する。この光は、レーザトラッカの光軸に沿って発せられた光のビームであってもよく、あるいは、レーザトラッカに配置されたカメラの近くのLEDによって発せられた光であってもよい。ステップ2050では、逆反射体から光を反射してレーザトラッカに戻す。ステップ2060では、反射された光を検知する。この検知は、トラッカに配置されたカメラ内部の感光性アレイによって、トラッカ内の位置検出器によって、又はトラッカ内部の距離計によって、実行され得る。ステップ2070では、対応のルールに基づいた命令が決定される。ステップ2080では、命令を実行する。

30

【0105】

図21は複数のステップ2100を示し、これは、図3D及び図5Aを参照した議論に従ってレーザトラッカに命令を通信するジェスチャを与える際に実行される。ステップ2110では、命令と時間的パターンとの間の対応のルールを提供する。ステップ2120では、ユーザが、可能性のある命令の中から一つの命令を送る。ステップ2130では、レーザトラッカからの光を逆反射体に投射する。この光は、レーザトラッカの光軸に沿って発せられた光のビームであってもよく、あるいは、レーザトラッカに配置されたカメラの近くのLEDによって発せられた光であってもよい。ステップ2140では、逆反射体から光を反射してレーザトラッカに戻す。ステップ2150では、反射された光を検知する。この検知は、トラッカに配置されたカメラ内部の感光性アレイによって、トラッカ内の位置検出器によって、又はトラッカ内部の距離計によって、実行され得る。ステップ2160では、ユーザが、レーザトラッカのセンサによって受領された光パワーの時間的パターンを生成する、そのような時間的パターンは、以下に議論されるように、光のビームをブロックし、ブロックを止めることによって、容易に行われる。ステップ2170では、対応のルールに基づいた命令が決定される。ステップ2180では、命令を実行する。

40

50

【0106】

図22は複数のステップ2200を示し、これは、図3E及び図5Bを参照した議論に従って6DOFレーザトラッカに命令を通信するジェスチャを与える際に実行される。ステップ2210では、命令と6DOFターゲットのポーズとの間の対応のルールを提供する。ステップ2220では、ユーザが、可能性のある命令の中から一つの命令を送る。ステップ2230では、6DOFレーザトラッカを使用して6DOFターゲットの第1のポーズの少なくとも一つの座標を測定する。ポーズは、3つの並進座標（例えばx、y、z）及び3つの方向座標（例えばロール、ピッチ、ヨー）を含む。ステップ2240では、ユーザが、6DOFターゲットのポーズの6つの次元のうちの少なくとも一つを変える。ステップ2250では、ユーザがステップ2240を完了した後の結果であるポーズである第2のポーズの少なくとも一つの座標を測定する。ステップ2260では、対応のルールに基づいた命令が決定される。ステップ2270では、命令を実行する。

10

【0107】

図23は複数のステップ2300を示し、これは、レーザトラッカからのレーザビームをターゲットに向けて且つターゲットにロックする命令を通信するジェスチャを与える際に実行される。ステップ2310では、光を逆反射体に投射する。この光は、レーザトラッカに配置されたカメラの近くのLEDによって発せられた光であり得る。ステップ2320ではユーザが逆反射体を所定の空間的パターンで動かす。ステップ2330では、光を逆反射体からレーザトラッカに反射させる。ステップ2340では、反射された光を検知する。この検知は、例えば、トラッカに配置されたカメラ内部の感光性アレイによって実行され得る。ステップ2350では、対応のルールに基づいた命令が決定される。ステップ2360では、トラッカからのレーザビームを逆反射体に向ける。ステップ2370では逆反射体上にトラッカからのレーザビームをロックする。

20

【0108】

図24は複数のステップ2400を示し、これは、レーザトラッカからのレーザビームをターゲットに向けて且つターゲットにロックする命令を通信するジェスチャを与える際に実行される。ステップ2410では、光を逆反射体に投射する。この光は、レーザトラッカに配置されたカメラの近くのLEDによって発せられた光であり得る。ステップ2420では、光を逆反射体からレーザトラッカに反射させる。ステップ2430では、反射された光を検知する。この検知は、例えば、トラッカに配置されたカメラ内部の感光性アレイによって実行され得る。ステップ2440では、上記で議論したように所定の時間的パターンを生成する。ステップ2450では、対応のルールに基づいた命令が決定される。ステップ2460では、トラッカからのレーザビームを逆反射体に向ける。ステップ2470では逆反射体をトラッカからのレーザビームでロックする。

30

【0109】

図25は複数のステップ2500を示し、これは、レーザトラッカからのレーザビームをターゲットに向けて且つターゲットにロックする命令を通信するジェスチャを与える際に実行される。ステップ2510では、光を逆反射体に投射する。この光は、レーザトラッカに配置されたカメラの近くのLEDによって発せられた光であり得る。ステップ2520では、6DOFターゲットの第1のポーズの少なくとも一つの座標を測定する。前述したように、ポーズは、3つの並進の自由度及び3つの方向の自由度を含む。ステップ2530では、第1のポーズの少なくとも一つの座標を変える。ステップ2540では、6DOFプローブの少なくとも一つの座標が変えられた後の結果であるポーズである第2のポーズの少なくとも一つの座標を測定する。ステップ2550では、対応のルールが満足されていることを決定する。ステップ2560では、トラッカからの光ビームを逆反射体に向ける。ステップ2570では、逆反射体をトラッカからのレーザビームでロックする。

40

【0110】

好適な実施形態が示され且つ論じられてきたが、様々な改変及び置換が、本発明の思想及び範囲から逸脱することなく行われ得る。したがって、本発明が制限ではなく描写によ

50

って記述されてきていることが理解されるべきである。

【 0 1 1 1 】

それゆえ、ここに開示されている実施形態は全ての局面で描写的であるが制限的ではないとみなされるべきであり、本発明の範囲は、上記の記述ではなく添付の特許請求項によつて示され、それゆえに請求項の等価性の範囲内に入る全ての変更はここに包含されることが意図されている。

(付記)

[2 2]

レーザトラッカ（10）の動作を制御するためのユーザからレーザトラッカ（10）への命令を光学的に伝達する方法であつて、

10

複数の命令の各々と複数の時間的パターンの各々との間の対応のルールを提供するステップと、

前記ユーザによって前記複数の命令の中から第1の命令を選択するステップと、

第1の光（46）を前記レーザトラッカ（10）から前記逆反射体（26）に投射するステップと、

前記第1の光（46）の一部である第2の光を前記逆反射体（26）から反射するステップと、

前記第2の光の一部であり第3の光量を有する第3の光を検知することによって第1の検知されたデータを得るステップと、

前記ユーザによって第1の時間と第2の時間の間に、前記第1の命令に対応する第1の時間的パターンを生成するステップであつて、前記第1の時間的パターンが、前記第3の光量の減少と、それに引き続く前記第3の光量の増加とを少なくとも含み、前記第1の時間的パターンが、少なくとも部分的に、前記ユーザがある一つ又はそれ以上の期間に前記第1の光（46）が前記逆反射体（26）に到達することをブロックするように前記ユーザの手の一つ又は物体を動かすことによって生成されている、ステップと、

20

前記第1の命令を、少なくとも部分的に、前記第1の検知されたデータを前記対応のルールに従つて処理することに基づいて決定するステップと、

前記第1の命令を前記レーザトラッカ（10）で実行させるステップと、
を包含する、方法。

[2 3]

30

前記第1の検知されたデータを得るステップがさらに、

前記第3の光を前記レーザトラッカ（10）に配置された感光性アレイ上に結像させるステップと、

前記感光性アレイ上の前記第3の光をデジタル形態に変換することによって前記第1の検知されたデータを得るステップと、
を含む、上記 [2 2] に記載の方法。

[2 4]

40

前記第1の検知されたデータを得るステップがさらに、

少なくとも一つの信号を生成するために、前記第3の光を前記レーザトラッカ（10）に配置された位置検出器で捕捉するステップと、

前記第1の検知されたデータを得るために、前記少なくとも一つの信号をデジタル形態に変換するステップと、
を含む、上記 [2 2] に記載の方法。

[2 5]

50

前記第1の検知されたデータを得るステップがさらに、

信号を生成するために前記第3の光を前記レーザトラッカ（10）に配置された距離計で捕捉するステップと、

前記第1の検知されたデータを得るために、前記信号をデジタル形態に変換するステップと、
を含む、上記 [2 2] に記載の方法。

[2 6]

前記第1の光(46)を前記レーザトラッカ(10)から前記逆反射体(26)に投射するステップがさらに、前記第1の光(46)を投射するために、前記レーザトラッカ(10)に配置されたLED(54)を発光させるステップを含む、請求項22に記載の方法。

[2 7]

前記第1の命令を決定するステップがさらに、
逆反射体(26, 126)、第4の光を照射するターゲット光源(122)、及び前記第4の光の発光を制御するユーザ制御装置(124)を含むターゲット(120)を提供するステップと、

10

前記ユーザ制御装置(124)を起動するステップと、
前記ユーザ制御装置(124)の起動に応答して前記第4の光の一部を検知することで、第2の検知されたデータを得るステップと、
前記第1の命令を少なくとも部分的に前記第2の検知されたデータに基づいて決定するステップと、
をさらに含む、上記[22]に記載の方法。

[3 1]

レーザトラッカ(10)からの光のビーム(46)を逆反射体(26)に向けて前記逆反射体(26)上にロックするユーザからレーザトラッカ(10)への命令を光学的に伝達する方法であって、

20

第1の光を前記レーザトラッカ(10)に設けられた光源から前記逆反射体に投射するステップと、

前記第1の光の一部である第2の光を前記逆反射体から反射するステップと、
前記第2の光の一部であり第3の光量を有する第3の光を検知することによって第1の検知されたデータを得るステップであって、前記第1の検知されたデータが、前記第3の光を前記レーザトラッカ(10)に配置された感光性アレイ上に結像させ、前記感光性アレイ上の前記第3の光をデジタル形態に変換することによって得られる、ステップと、

前記ユーザによって第1の時間と第2の時間の間に所定の時間的パターンを生成するステップであって、前記所定の時間的パターンが前記第3の光量の減少と、それに引き続く前記第3の光量の増加とを少なくとも含み、前記所定の時間的パターンが、前記レーザトラッカ(10)からの前記光のビーム(46)を前記逆反射体(26)に向けて前記逆反射体(26)にロックする前記命令に対応する、ステップと、

30

前記レーザトラッカ(10)によって、前記第1の検知されたデータが前記所定の時間的パターンに対応していることを決定するステップと、
を包含し、

前記決定された所定の時間的パターンに応答して、当該方法はさらに、
前記レーザトラッカ(10)からの前記光のビーム(46)を前記逆反射体(26)に向けさせ、前記逆反射体(26)上に前記レーザトラッカ(10)からの前記光のビームをロックさせるステップと、
を包含する、方法。

40

[3 4]

レーザ測定システムであって、
第1の軸(20)及び第2の軸(18)回りに回転可能な構造体(15)と、第1の光ビーム(46)を前記構造体(15)から発する第1の光源と、距離計と、前記第1の軸回りの回転の第1の角度を測定する第1の角度エンコーダと、前記第2の軸回りの回転の第2の角度を測定する第2の角度エンコーダと、プロセッサ(80)と、カメラシステム(52)と、有するレーザトラッカ(10)と、

第2の光源(142)と、前記第2の光源(142)からの第2の光の発射を制御するオペレータ制御の装置(144)と、を含む通信装置(140)と、

前記通信装置(140)とは別個になっている逆反射体ターゲット(26)と、

50

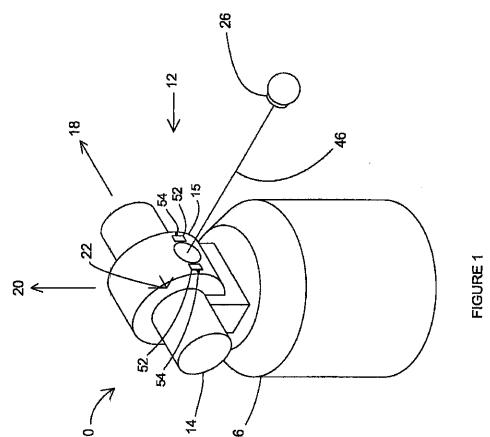
を備えており、

前記カメラシステム（52）が、前記第2の光源（142）から発せられた光を受領して前記光をデジタル画像に変換するように動作可能であり、

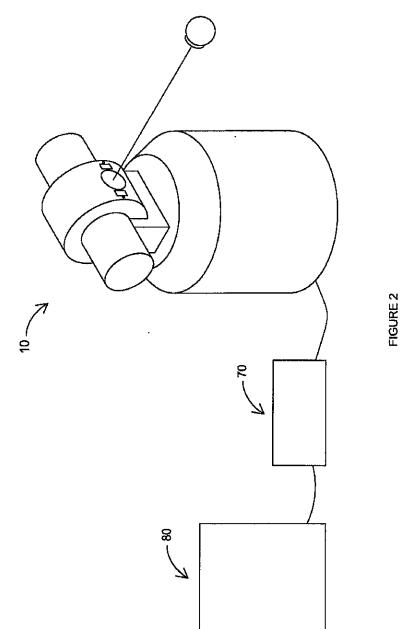
前記プロセッサ（80）が、前記レーザトラッカ（10）の動作を、少なくとも部分的に、第1の時間と第2の時間の間の前記第2の光源（142）の光量の変化に基づいて制御するように動作可能である、

レーザ測定システム。

【図1】



【図2】



【図3A】

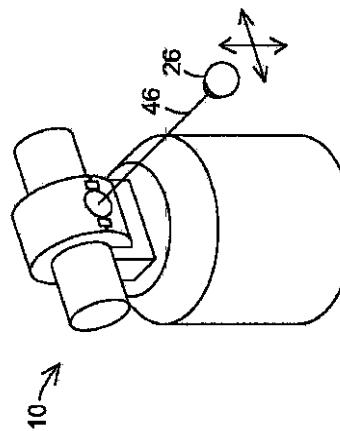


FIGURE 3A

【図3B】

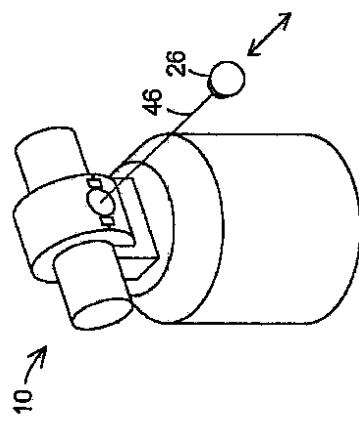


FIGURE 3B

【図3C】

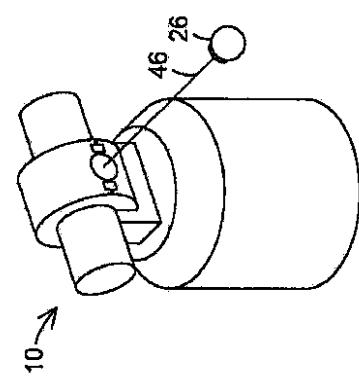


FIGURE 3C

【図3D】

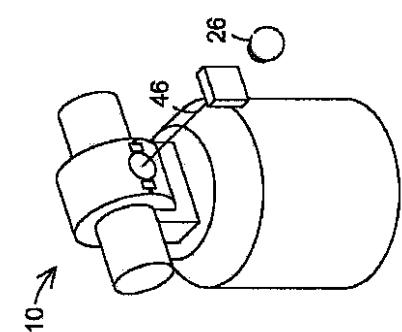


FIGURE 3D

【図3E】

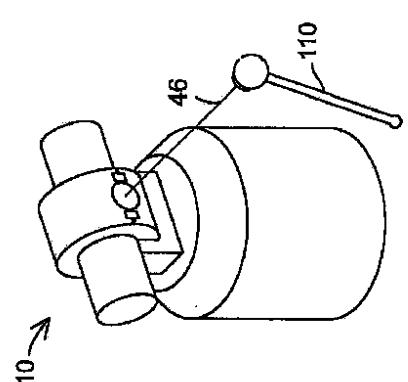


FIGURE 3E

【図4A】

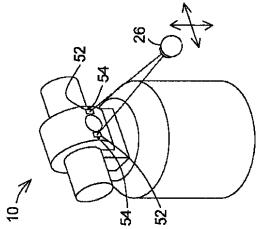


FIGURE 4A

【図4B】

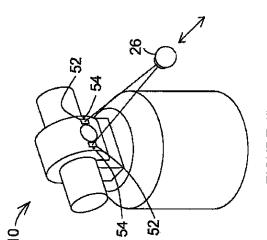


FIGURE 4B

【図 4 C】

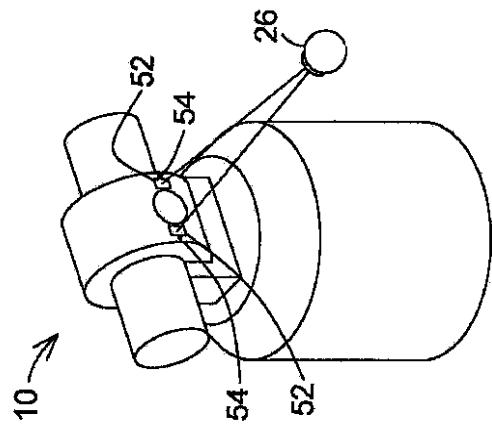


FIGURE 4C

【図 5 A】

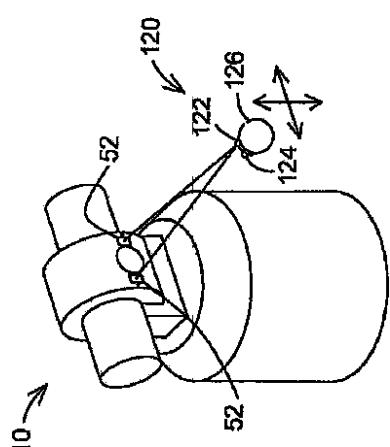


FIGURE 5A

【図 5 B】

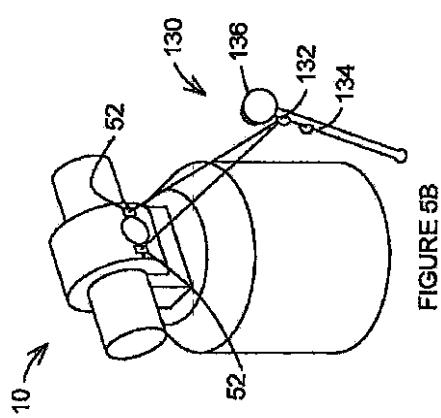


FIGURE 5B

【図 5 C】

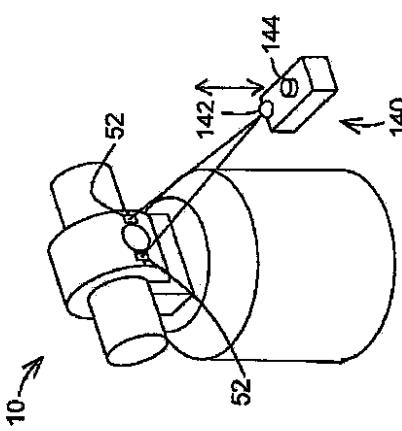


FIGURE 5C

【図5D】

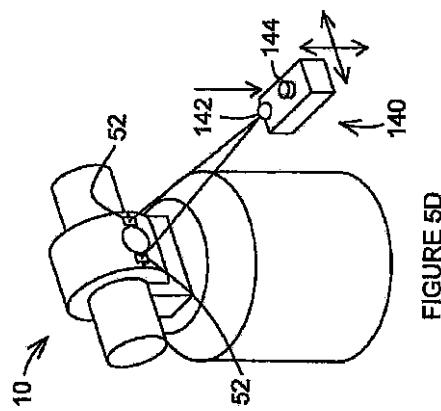
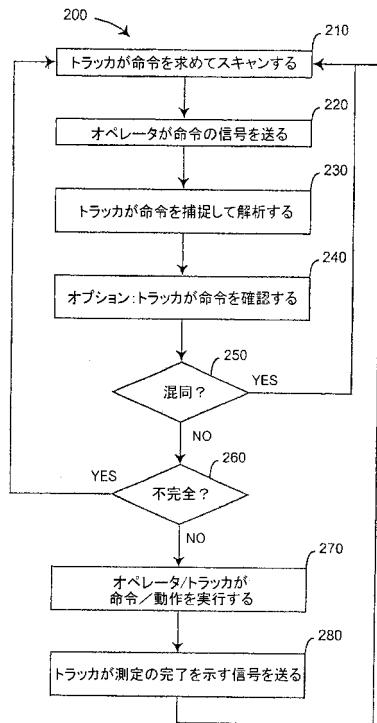
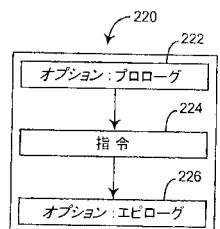


FIGURE 5D

【図6】



【図7】



【図8】

命 令	ソフ トウエア ショートカット	例 1 ジエスチャ	例 2 ジエスチャ
取り消し	Esc	○	
CompOff点の測定	F2	○	
Comp軸点の測定	I	○	
平面の測定	F3	○	□
2D線の測定	F4	○	□
円の測定	F10	○	○
円筒の測定	F8	○	○
球の測定	F12	○	○
SMRの変更	P	△	□
干渉計のリセット	T	△	□

【図9】

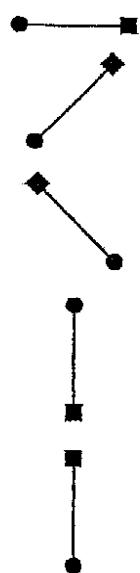
命令	ソフトウェア ショートカット	例 1 ジェスチャ	例 2 ジェスチャ
距離モードの設定	N		
サーチ	S		
単一点の トグル／スキャンモード	X		
材料の厚さ	M		
読みの收集	Insert		
補償点	Home		
読みの除去	←		
SMRを使用した 自動調整	N/A		
逆反射体を使用した 自動調整	N/A		
命令タブレットの初期化	N/A		

【図10】

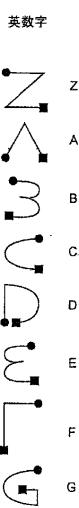
命令	ソフトウェア ショートカット	例 1 ジェスチャ	例 2 ジェスチャ
参照点の設定	N/A		
ユーザ定義1	N/A		
ユーザ定義2	N/A		
ユーザ定義3	N/A		
ユーザ定義4	N/A		
ユーザ定義5	N/A		
ユーザ定義6	N/A		
SMRの獲得	N/A		

【図11A】

单一のストローク

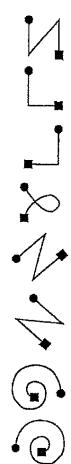


【図11B】



【図 1 1 C】

単純な形



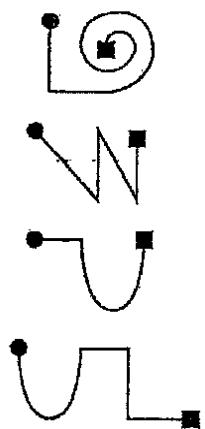
【図 1 1 D】

反復経路



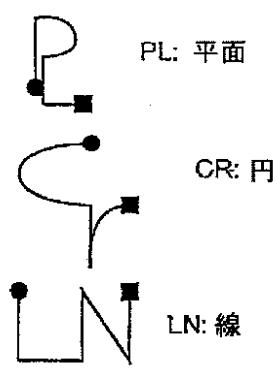
【図 1 1 E】

複合



【図 1 1 F】

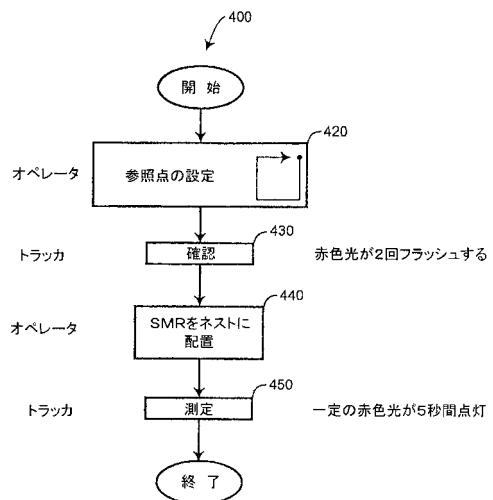
スペル



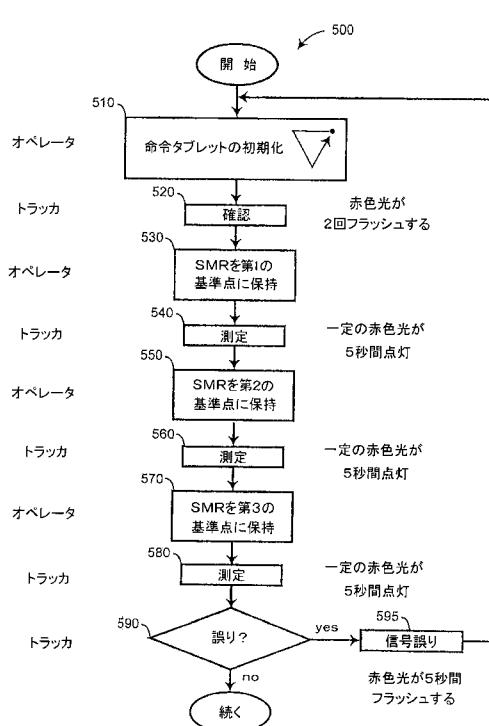
【図12】

2D線の測定	円の測定	円筒の測定	球の測定	SMRの変更	干渉計のリセット
距離モードの設定	設定点のトグル/スキャンモード	材料の厚さ	読みの収集	Comp点	読みの削除
SMRを使用したAPMの自動調整	内部レトロを使用したAPMの自動調整	参照点の設定	ピンネスト	エッジネスト	フラットネスト
0.5" SMR	0.875" SMR	1.5" SMR	ユーザ定義1	ユーザ定義2	ユーザ定義3
左	右	下	上	内部	外部
1	2	3	4	5	6
7	8	9	0		

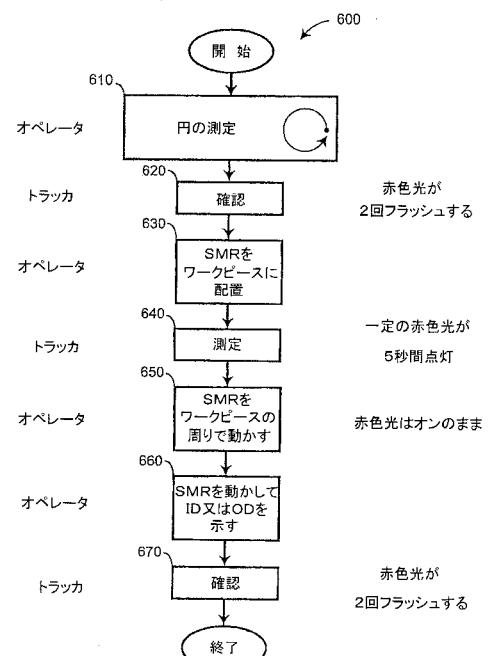
【図13】



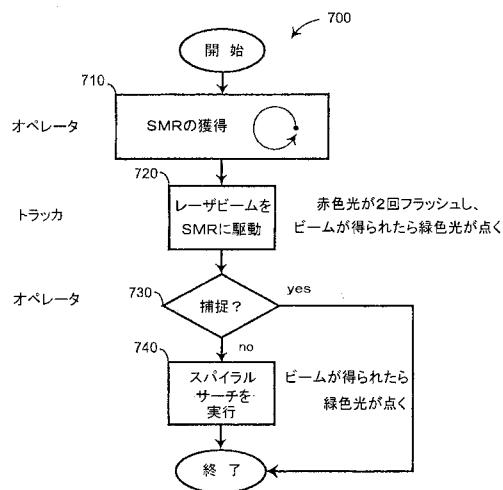
【図14】



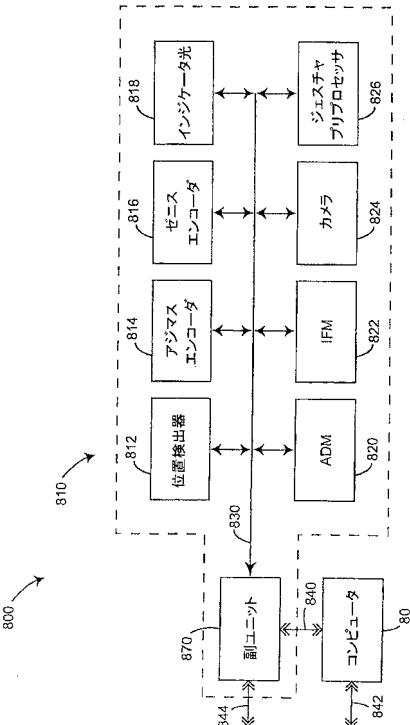
【図15】



【図16】



【 図 17 】



【図18】

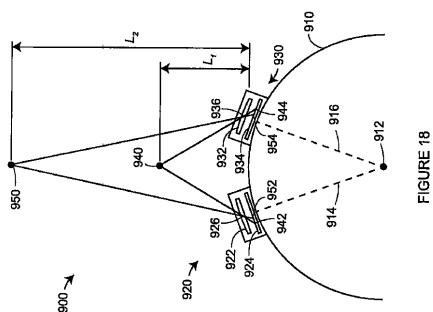
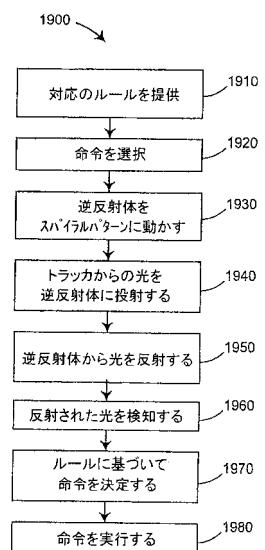
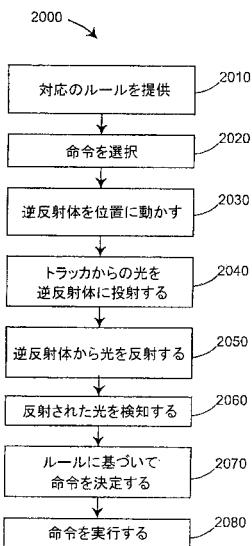


FIGURE 18

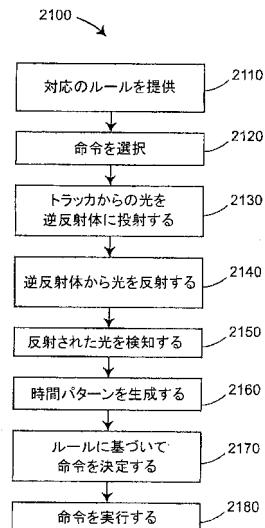
【 図 1 9 】



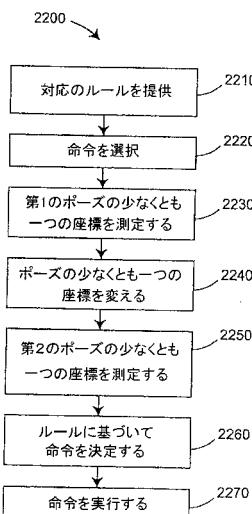
【図20】



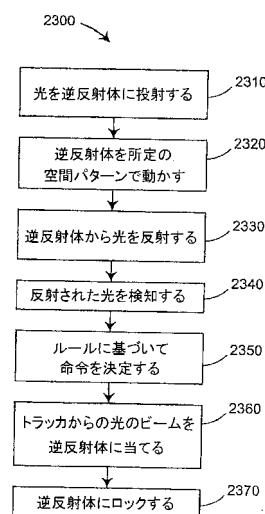
【図21】



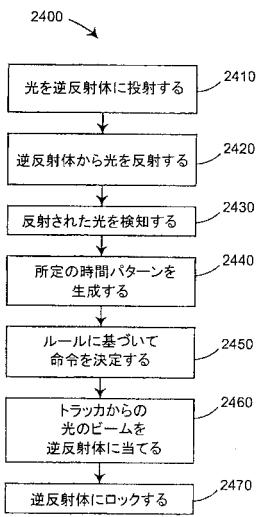
【図22】



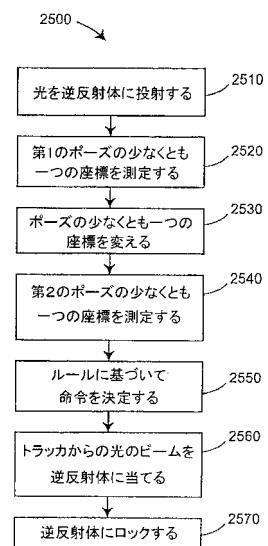
【図23】



【図24】



【図25】



フロントページの続き

(72)発明者 ステッフィー ケネス

アメリカ合衆国 フロリダ ロングウッド ウィステリア ドライブ 104

(72)発明者 ホッファー ジュニア ジョン エム

アメリカ合衆国 メリーランド ベル エア ポンデローザ コート 704

(72)発明者 ブリッジス ロバート イー

アメリカ合衆国 ペンシルバニア ケンネット スクウェア クウェイル レーン 102

審査官 神谷 健一

(56)参考文献 特表平4-504468 (JP, A)

特開平6-65818 (JP, U)

特開平11-304465 (JP, A)

特開2001-13247 (JP, A)

特表2003-506691 (JP, A)

特開2006-220514 (JP, A)

特開2006-276012 (JP, A)

特表2006-526844 (JP, A)

特表2008-514967 (JP, A)

特開2009-134761 (JP, A)

特開2009-229350 (JP, A)

特表2011-526706 (JP, A)

特開2012-122920 (JP, A)

米国特許出願公開第2003/0125901 (US, A1)

米国特許第7401783 (US, B2)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G01B 11/00-11/30

G01C 1/00- 1/14

G01C 5/00-11/34

G01C 13/00-15/14

G01S 7/48- 7/51

G01S 17/00-17/95