

(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
2017年3月9日(09.03.2017)



(10) 国際公開番号

WO 2017/038659 A1

- (51) 国際特許分類:
G01S 17/58 (2006.01) G01C 3/06 (2006.01)
G01B 11/24 (2006.01) G01P 3/36 (2006.01)
G01B 21/00 (2006.01) G01S 17/89 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2016/074907
- (22) 国際出願日: 2016年8月26日(26.08.2016)
- (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 2015-171785 2015年9月1日(01.09.2015) JP
- (71) 出願人: 国立大学法人東京大学 (THE UNIVERSITY OF TOKYO) [JP/JP]; 〒1138654 東京都文京区本郷七丁目3番1号 Tokyo (JP).
- (72) 発明者: 渡辺 義浩 (WATANABE, Yoshihiro); 〒1138654 東京都文京区本郷七丁目3番1号 国立大学法人東京大学内 Tokyo (JP). 宮下 令央 (MIYASHITA, Leo); 〒1138654 東京都文京区本郷七丁目3番1号 国立大学法人東京大学内 Tokyo (JP). 米澤 亮太 (YONEZAWA, Ryota); 〒1138654 東京都文京区本郷七丁目3番1号 国立大学法人東京大学内 Tokyo (JP). 石川 正俊

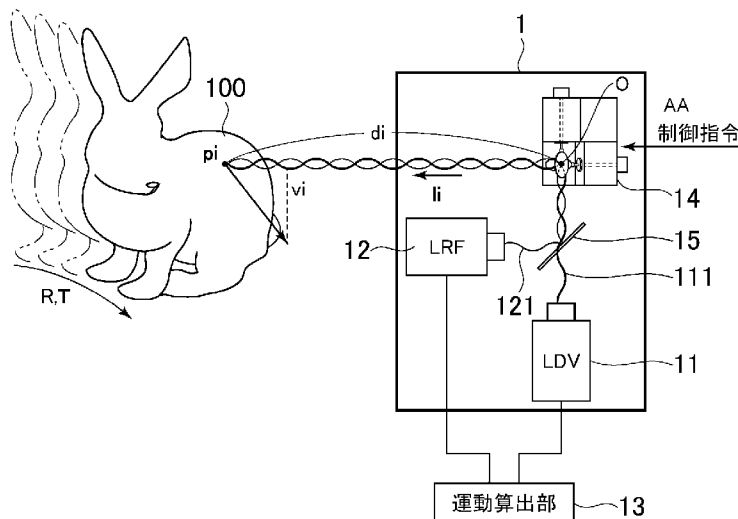
(ISHIKAWA, Masatoshi); 〒1138654 東京都文京区本郷七丁目3番1号 国立大学法人東京大学内 Tokyo (JP).

- (74) 代理人: 成瀬 重雄 (NARUSE, Shigeo); 〒1020093 東京都千代田区平河町二丁目10番6号 南山ビル2階 成瀬・稲葉特許事務所 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, JP, KE, KG, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, 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, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーロパ (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,

[続葉有]

(54) Title: MOTION DETECTION DEVICE AND THREE-DIMENSIONAL SHAPE MEASUREMENT DEVICE USING SAME

(54) 発明の名称: 運動検出装置及びそれを用いた三次元形状測定装置



13 Motion calculation unit
AA Control command

(57) Abstract: The present invention relates to a technology for detecting three-dimensional motion of an object in a non-contact, high-speed manner and with relatively high accuracy. A speed detection unit (11) detects the speed of an object using a first laser beam (111) irradiated toward the object (100) and reflected by the object (100). A distance detection unit (12) detects distance to the object (100) using a second laser beam (121) irradiated toward the object (100) and reflected by the object (100). The second laser beam (121) is irradiated at substantially the same timing and at the same position as the first laser beam (111). A motion calculation unit (13) calculates motion regarding the object (100) using information regarding the orientation of the first and second laser beams (111, 112), the speed, and the distance.

(57) 要約: 本発明は、非接触で高速に、かつ比較的に高精度で対象物の三次元的な運動を検出するための技術に関するものである。速さ検出部(11)は、対象物(100)に向

けて照射されかつ対象物(100)において反射された第1レーザ光(111)を用いて、対象物の速さを検出する。距離検出部(12)は、対象物(100)に向けて照射され、かつ、対象物(100)において反射された第2レーザ光(121)を用いて、対象物(100)までの距離を検出する。第2レーザ光(121)は、第1レーザ光(111)と実質的に同じタイミングでかつ同じ位置に照射される。運動算出部(13)は、第1及び第2レーザ光(111、121)の向きと、前記速さと、前記距離とについての情報を用いて、対象物(100)についての運動を算出する。

MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, 添付公開書類:
TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, — 国際調査報告 (条約第 21 条(3))
KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

明 細 書

発明の名称：運動検出装置及びそれを用いた三次元形状測定装置 技術分野

[0001] 本発明は、対象物の運動を検出するための技術、及び、検出された運動を用いて対象物の三次元形状を測定する技術に関するものである。

背景技術

[0002] 従来から、未知の対象物の運動を検出することは、様々な用途において重視されている。例えば、下記非特許文献1では、未知の対象物の運動を検出して入力デバイスとして使用する技術が提案されている。

[0003] 未知の対象物の運動を検出するための技術として、接触型センサが知られている。例えば、スマートフォンやゲームコントローラには加速度センサやGPS、ジャイロセンサ、地磁気センサ等が内蔵されており、感知された運動情報は、ユーザとシステムとのインタラクションに利用されている。また、マーカや超音波、磁石を利用した運動検出システムも開発されている（下記非特許文献2，3）。しかし、これらの接触型センサは、予め対象物に取り付けられていなければならないという制約があり、不特定の対象物の運動検出には使用し難いという問題がある。

[0004] そこで、カメラを用いて非接触で運動を推定する手法が盛んに研究されている。例えば、カラーカメラを用いた手法では、様々な不変特徴量を用いることにより、対象物の経時的な位置、姿勢の変化を求めている（下記非特許文献4，5）。また、深度カメラを用いて対象物の運動を推定する技術も提案されている（下記非特許文献6，7）。しかし、カメラを用いたこのような運動検出手法では、画像情報を用いた特徴点検出や対応点探索の計算が必要となる。そのための計算コストは一般的にかなり大きくなるので、このような技術を用いると、リアルタイムでの運動検出の実現は難しい。

[0005] さらに、カメラ画像中の特徴点を利用した手法においては、対象物の運動を物理的に取得しているわけではなく、あくまで画像情報を用いている。こ

のため、この技術では、運動検出性能が対象物の形状やテクスチャに大きく依存するという問題もある。

[0006] 一方、TOF (Time-of-flight) 法やドップラ効果を用いたセンサは、未知の対象に対しても、非接触かつ物理的な運動検出を行うことが可能である。特に、レーザを用いたレーザレンジファインダ（以後この明細書では「LRF」と称することがある）やレーザドップラ速度計（以後この明細書では「LDV」と称することがある）等のセンサは、高い指向性と長い作動距離を持つ。このため、これらのセンサは、運動する対象を選択的に計測する場合に有効である。しかし、これらのセンサを用いた計測では、距離やレーザ方向の速さなど、断片的で低次元の運動情報が取得できるのみであり、対象の三次元的な回転や並進運動を取得することはできない。

先行技術文献

非特許文献

[0007] 非特許文献1: Zerroug, A., Cassinelli, A. and Ishikawa, M.: Invoked computing: Spatial audio and video AR invoked through miming, In Proc. VRIC '11, 2011.

非特許文献2: Vlastic, D., Adelsberger, R., Vannucci, G., Barnwell, J., Gross, M., Matusik, W., Popović, J.: Practical Motion Capture in Everyday Surroundings, ACM Trans. Graph., 26(3), 2007.

非特許文献3: Ketabdar, H., Yuksel, K. A. and Roshandel, M.: MagiTac: Interaction with Mobile Devices Based on Compass (Magnetic) Sensor, In Proc. ACM IUI '10, 2010.

非特許文献4: Klein, G. and Murray, D.: Parallel Tracking and Mapping for Small AR Workspaces, In Proc. ISMAR '07, 2007.

非特許文献5: Lepetit, V., Moreno-Noguer, F. and Fua, P.: EPnP: An Accurate $O(n)$ Solution to the PnP Problem, Int. J. Comput. Vision, 81(2), 2009.

非特許文献6: Granger, S. and Pennec, X.: Multi-scale EM-ICP: A Fast a

nd Robust Approach for Surface Registration, In Proc. ECCV '02, 2002.
非特許文献7: Shotton, J., Fitzgibbon, A., Cook, M., Sharp, T., Finocchio, M., Moore, R., Kipman, A. and Blake, A.: Real-Time Human Pose Recognition in Parts from a Single Depth Image, In Proc. IEEE CVPR '11, 2011.

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0008] 本発明は、前記した状況に鑑みてなされたものである。本発明の主な目的の一つは、非接触で高速に、かつ比較的に高精度で対象物の運動を検出する技術を提供することである。本発明の他の目的は、検出された運動の情報を用いて、対象物の三次元形状を推定できる技術を提供することである。

課題を解決するための手段

[0009] 前記した課題を解決する手段は、以下の項目のように記載できる。

[0010] (項目1)

速さ検出部と、距離検出部と、運動算出部とを備えており、

前記速さ検出部は、第1レーザ光を対象物に向けて照射し、かつ、前記対象物において反射された前記第1レーザ光を用いて、前記対象物の速さを検出する構成となっており、

前記距離検出部は、第2レーザ光を前記対象物に向けて照射し、かつ、前記対象物において反射された前記第2レーザ光を用いて、前記対象物までの距離を検出する構成となっており、

前記第2レーザ光は、前記第1レーザ光と実質的に同じタイミングでかつ同じ位置に照射される構成となっており、

前記運動算出部は、前記第1及び第2レーザ光の向きと、前記速さと、前記距離とについての情報を用いて、前記対象物についての運動を算出する構成となっている

ことを特徴とする運動検出装置。

[0011] (項目2)

前記第 1 レーザ光と前記第 2 レーザ光とは、実質的に同軸で前記対象物に照射されている

項目 1 に記載の運動検出装置。

[0012] (項目 3)

前記運動算出部は、前記対象物上での複数の点における前記速さ及び前記距離の情報を用いて前記運動を算出する構成となっている

項目 1 又は 2 に記載の運動検出装置。

[0013] (項目 4)

前記対象物についての運動は、前記対象物の回転及び並進の運動である

項目 1 ～ 3 のいずれか 1 項に記載の運動検出装置。

[0014] (項目 5)

さらに方向制御部を備えており

前記方向制御部は、前記第 1 レーザ光及び前記第 2 レーザ光の向きを制御する構成となっている

項目 1 ～ 4 のいずれか 1 項に記載の運動検出装置。

[0015] (項目 6)

前記運動算出部は、前記第 1 及び第 2 レーザ光の向きと、前記距離とについての情報を用いて、前記対象物における前記第 1 及び第 2 レーザ光の照射位置 p を算出し、前記照射位置 p を、別の座標系における位置 q に変換し、前記位置 q と前記速さとを用いて前記対象物についての運動を算出する構成となっている

項目 1 ～ 5 のいずれか 1 項に記載の運動検出装置。

[0016] (項目 7)

前記第 1 レーザ光と前記第 2 レーザ光とは、異なる波長とされている

項目 1 ～ 6 のいずれか 1 項に記載の運動検出装置。

[0017] (項目 8)

項目 1 ～ 7 のいずれか 1 項に記載の運動検出装置と、形状検出部と、三次元形状算出部とを備えており、

前記形状検出部は、前記対象物の特定時点における形状を時系列で検出する構成となっており、

前記三次元形状算出部は、前記時系列で検出された前記形状と前記運動とについての情報を用いて、前記対象物の三次元形状を算出する構成となっている

三次元形状測定装置。

[0018] (項目 9)

対象物に照射された第 1 レーザ光の反射光を用いて前記対象物の速さを検出するステップと、

前記対象物に照射された第 2 レーザ光の反射光を用いて前記対象物までの距離を検出するステップと、

前記第 1 レーザ光と前記第 2 レーザ光とにおける向きと、前記速さと、前記距離とについての情報を用いて、前記対象物についての運動を算出するステップと

を備える運動検出方法。

発明の効果

[0019] 本発明によれば、非接触で高速に、かつ比較的に高精度で対象物の運動を検出することが可能になる。また、本発明によれば、検出された運動の情報を用いて、対象物の三次元形状を推定することが可能になる。

図面の簡単な説明

[0020] [図1]本発明の第 1 実施形態に係る運動検出装置の概略的な構成を説明するための説明図である。

[図2]図 1 の装置におけるレーザ光の走査パターンを説明するための説明図である。

[図3]図 1 の装置を用いた運動検出方法を説明するためのフローチャートである。

[図4]本発明の第 2 実施形態に係る運動検出装置の概略的な構成を説明するための説明図である。

[図5]本発明の第3実施形態に係る三次元形状測定装置の概略的な構成を説明するための説明図である。

[図6]図5の装置を用いた三次元形状測定方法を説明するための説明図である。

発明を実施するための形態

[0021] (第1実施形態)

以下、本発明の第1実施形態に係る運動検出装置を、添付の図面を参照しながら説明する。

[0022] (第1実施形態の構成)

本発明の第1実施形態に係る運動検出装置1は、速さ検出部11と、距離検出部12と、運動算出部13とを主要な構成として備えている(図1参照)。さらに、本実施形態の運動検出装置1は、方向制御部14とダイクロイックミラー15とを追加的に備えている。

[0023] (速さ検出部)

速さ検出部11は、第1レーザ光111を対象物100に向けて照射する構成となっている。また、速さ検出部11は、対象物100において反射された第1レーザ光111を受光し、これを用いて対象物100の速さを検出する構成となっている。具体的には、本実施形態の速さ検出部11としては、ドップラ効果を用いて対象物の移動速度を検出するためのレーザドップラ速度計(LDV)が用いられている。LDVを用いるときは、レーザの進行方向における対象物の移動速度を検出していることになる。

[0024] 速さ検出部11における第1レーザ光111は、ダイクロイックミラー15を透過する波長とされている。

[0025] (距離検出部)

距離検出部12は、第2レーザ光121を対象物に向けて照射し、かつ、対象物100において反射された第2レーザ光121を用いて、対象物100までの距離を検出する構成となっている。具体的には、本実施形態の距離検出部12としては、反射光が返ってくるまでの飛行時間を測定し、物体ま

での距離計測を行うレーザレンジファインダ（LRF）が用いられている。

[0026] 距離検出部 1 2 における第 2 レーザ光 1 2 1 は、ダイクロイックミラー 1 5 により反射される波長とされており、これにより、第 1 レーザ光 1 1 1 と第 2 レーザ光 1 2 1 とを、実質的に同軸で対象物 1 0 0 に照射できるようになっている。

[0027] また、第 1 レーザ光 1 1 1 と第 2 レーザ光 1 2 1 とを同軸としたことにより、第 2 レーザ光 1 2 1 を、対象物 1 0 0 の位置にかかわらず第 1 レーザ光 1 1 1 と同じ位置に照射できるようになっている。

[0028] また、第 1 レーザ光 1 1 1 と第 2 レーザ光 1 2 1 とは、ダイクロイックミラー 1 5 で波長分離できる程度に異なる波長とされている。

[0029] （方向制御部）

方向制御部 1 4 は、第 1 レーザ光 1 1 1 及び第 2 レーザ光 1 2 1 の向きを制御する構成となっている。具体的には、本実施形態の方向制御部 1 4 としては、いわゆるガルバノスキャナが用いられている。ガルバノスキャナとは、ミラー角度を変更することで光線の方向を高速で変更することが可能な機器である。本実施形態の方向制御部 1 4 は、制御部（図示せず）からの制御指令に基づいてガルバノミラーを回動させることによって、レーザ光の方向を制御できるようになっている。このようなガルバノスキャナとしては、既存のものを利用可能なので、これについてのこれ以上詳しい説明は省略する。

[0030] 本実施形態の方向制御部 1 4 は、同軸とされた第 1 レーザ光 1 1 1 と第 2 レーザ光 1 2 1 とをミラーで反射することにより、これらのレーザ光の角度を一致させた状態で、多重化されたレーザ光を対象物 1 0 0 に向けて照射することができるようになっている。また、本実施形態の方向制御部 1 4 は、ミラー角度を高速で変化させることにより、対象物 1 0 0 の運動をほぼ無視できる程度の微小時間間隔内において、複数点 p_i にレーザ光を照射できるようになっている。

[0031] 本実施形態の方向制御部 1 4 における走査パターンの一例を図 2 に示す。

この例では、四角形状を描くようにミラーが操作され、 $i = 1$ から $i = 8$ までの位置 p_i において、1 サイクル分の速さ及び距離が取得される。本実施形態の方向制御部 14 は、微小時間間隔内において、1 サイクル分の複数点 p_i にレーザ光を照射できるようになっている。また、本実施形態では、隣接する位置 p_i 間での移動速度を速くする一方で、各位置におけるレーザの移動速度を一時的に 0 又は低速にする（つまりその点でのレーザ光照射時間を長くする）ことにより、測定精度の向上を図ることができるようになっている。

[0032] 方向制御部 14 の詳しい動作は後述する。

[0033] (運動算出部)

運動算出部 13 は、方向制御部 14 から対象物 100 への第 1 レーザ光 111 及び第 2 レーザ光 121 の向き l_i と、速さ検出部 11 で得られた速さ v_i と、距離検出部 12 で得られた距離 d_i という情報を用いて、対象物 100 についての運動を算出する構成となっている。ここで、運動算出部 13 は、対象物 100 上での複数の点 p_i における速さ v_i 及び距離 d_i の情報を用いて運動を算出する構成となっている。

[0034] また、本実施形態の運動算出部 13 は、対象物の回転 R 及び並進 T を運動として算出する構成となっている。

[0035] より具体的には、本実施形態の運動算出部 13 は、第 1 及び第 2 レーザ光の向き l_i と、距離 d_i とについての情報を用いて、対象物 100 における第 1 及び第 2 レーザ光の照射位置 p_i を算出し、照射位置 p_i を、別の座標系における位置 q_i に変換し、速さ v_i と位置 q_i とを用いて対象物 100 についての運動を算出する構成となっている。

[0036] 運動算出部 13 の詳しい動作についても後述する。

[0037] (第 1 実施形態の動作)

次に、前記した運動検出装置を用いた運動検出方法を、図 3 をさらに参照しながら説明する。

[0038] (図 2 のステップ S A - 1)

速さ検出部 11 の第 1 レーザ光 111 を、ダイクロイックミラー 15、方

向制御部 14 を介して対象物 100 に照射する。なお、ここで、対象物 100 の位置や形状が既知である必要はない。

[0039] 速さ検出部 11 は、反射光を受け取ることにより、対象物 100 の速さを検出することができる。また、本実施形態では、方向制御部 14 への制御信号に基づいて第 1 レーザ光 111 の方向を走査することにより、複数位置 p_i での速さ v_i を取得することができる。位置 p_i あるいは速さ v_i に対応するレーザ光の向き l_i は、方向制御部 14 におけるミラーの角度を検出することにより、あるいは、方向制御部 14 への制御指示値を用いることにより、取得が可能である。

[0040] (図 2 のステップ S A - 2)

一方、距離検出部 12 の第 2 レーザ光 121 を、ダイクロイックミラー 15、方向制御部 14 を介して対象物 100 に照射する。第 2 レーザ光 121 は、ダイクロイックミラー 15 により、第 1 レーザ光 111 と重ね合わされて同軸とされる。このため、本実施形態によれば、対象物 100 の位置や形状が未知の場合であっても、第 1 レーザ光 111 と第 2 レーザ光 121 とを、対象物 100 における同じ位置に同時刻に照射することができるという利点がある。

[0041] 距離検出部 12 は、反射光を受け取ることにより、距離検出部 12 から対象物 100 までの距離を検出することができる。なお、本例では、距離検出部 12 から方向制御部 14 までの距離を既知とすることにより、方向制御部 14 (具体的にはガルバノミラー) から対象物までの距離を算出する。

[0042] 本実施形態では、方向制御部 14 により、第 1 レーザ光 111 と同軸で第 2 レーザ光 121 の方向を走査することにより、複数位置 p_i での距離 d_i を取得することができる。位置 p_i に対応するレーザ光の向き l_i は、対応する速さ v_i の場合と同じになる。

[0043] 本実施形態の第 1 レーザ光 111 及び第 2 レーザ光 121 は、図 2 に示すパターンで繰り返して走査されていることを仮定して、以降説明する。

[0044] (図 2 のステップ S A - 3 及び S A - 4)

ついで、運動算出部 13 は、対象物上の位置 p_i を算出する。ここで、レーザ光が照射された位置 p_i は、距離検出部 12 により計測された距離 d_i 、既知の光線方向 l_i を用いて、下記式 (1) のように算出することができる。本実施形態では、この位置 p_i を、下記式 (2) に示すように、一周期分の計測点 p_i の重心を基準とした位置（異なる座標系における位置） q_i に変換する。本実施形態では、この q_i を運動情報の算出に用いる。

[0045]

$$p_i = u_i + d_i l_i \quad (1)$$

$$q_i = p_i - \frac{1}{m} \sum_{j=1}^m p_j \quad (2)$$

[0046] なお、ここで u_i は、ガルバノミラーの回転に伴うオフセットの補正のための微小な補正量である。

[0047] (図 2 のステップ S A-5)

ある計測時刻から微小時間 δt 後の計測点の位置 q' は、下記式 (3) (4) を満たす。そこで、両式から q' を消去することで下記式 (5) を得ることができる。ただし、 R は、微小時間 δt 間での対象物の回転に対応する回転行列、 T は、並進に対応する並進ベクトルである。

[0048]

$$\delta t v_i = l_i \cdot (q'_i - q_i) \quad (3)$$

$$q'_i = R q_i + T \quad (4)$$

$$\delta t v_i = l_i \cdot ((R - I) q_i + T) \quad (5)$$

[0049] さらに、微小時間 δt 内での対象物の回転が微小であると仮定し、回転行列 R を、ロール・ピッチ・ヨーに対応する各回転角 α , β , γ を用いて下記式 (6) のように近似することができる。このようにすると、求める対象の運動 x を、下記式 (7) の行列方程式の解として表すことができる。これにより計算コストを低下させて、運動検出のリアルタイム性を向上させること

ができる。ただし、 A^+ は、後述する係数行列の擬似逆行列である。本実施形態では、未知数（ベクトル x の要素数）の数 n を6としているため、以降、計測点数 m は6以上と仮定するが、これに限るものではなく、未知数の数が5以下のときは、計測点数 m も5以下とすることが可能である。対象物の位置や形状が未知である場合における計測点数の数は、未知数の個数よりも大きいことが一般的に必要である。一般に計測点数を増やすと、計算コストは増加するが、測定精度は高くなる。以下においては、式（7）の解法の実例を説明する。

[0050]

$$R \approx \begin{pmatrix} 1 & \gamma & -\alpha \\ -\gamma & 1 & \beta \\ \alpha & -\beta & 1 \end{pmatrix} \quad (6)$$

$$Ax = b, \quad x = A^+ b \quad (7)$$

$$A = \begin{pmatrix} (q_1 \times l_1)^T & l_1^T \\ (q_2 \times l_2)^T & l_2^T \\ \vdots & \vdots \\ (q_m \times l_m)^T & l_m^T \end{pmatrix}, x = \begin{pmatrix} \alpha \\ \beta \\ \gamma \\ T_x \\ T_y \\ T_z \end{pmatrix}, b = \begin{pmatrix} v_1 \\ v_2 \\ \vdots \\ v_m \end{pmatrix}$$

[0051] （一般化Tikhonov正則化解の利用）

行列方程式 $Ax = b$ の解は一般的にMoore-Penroseの擬似逆行列を用いて表される。しかしながら、式（7）は、各計測点の断片的な運動情報から、対象全体の三次元運動を再構成する逆問題であるため、解の安定性が得られない非適切な問題となる可能性がある。このような問題に対しては、Tikhonovの正則化を用いて、解を数値的に安定化する対策がしばしば行われる。しかし、本例で求める解 x は、その要素に角度のパラメータと距離のパラメータ

とを含んでいる。すると、単一の正則化パラメータを用いるTikhonov正則化では、これら二つの物理量を適切に正則化することは難しい。そこで、複数の物理量を含む問題に対応できるように拡張を行った一般化Tikhonov正則化を導入する。下記式（８）に、一般化Tikhonov正則化を用いた擬似逆行列 A^+_{GT} を示す。 A^+_{GT} はベクトル x の各要素に対応する正則化パラメータ λ_k ($k = 1, 2, \dots, n$) を持っており、式（９）に示す重み付けユークリッド距離の意味で最適なベクトル x を求めることができる。本実施形態では、この A^+_{GT} を用いて式（７）を解くことにより、速さ検出部 １１及び距離検出部 １２での検出値 v_i 、 d_i から対象物の回転及び並進運動の算出を行うことができる。

[0052]
$$A^+_{GT} = (A^T A + \text{diag}[\lambda_1^2, \lambda_2^2, \dots, \lambda_n^2])^{-1} A^T \quad (8)$$

$$A^+_{GT} \mathbf{b} = \arg \min_{\mathbf{x}} \left(\|A\mathbf{x} - \mathbf{b}\|_2^2 + \sum_{k=1}^n \lambda_k^2 x_k^2 \right) \quad (9)$$

[0053] したがって、本実施形態の運動算出部 １３は、前記の選定において解 x を求めることにより、対象物 １００の運動、具体的にはその回転 R 及び並進 T を算出することができる。

[0054] 本実施形態では、対象物の形状や模様依存せずに、対象物 １００の三次元的な運動（回転及び並進）を検出することができる。したがって、未知の対象物の運動を検出できる。また、本実施形態の装置によれば、仮に対象物が意図しないほど巨大である場合であっても、その運動を検出することが可能になる。

[0055] また、本実施形態では、従来のような画像特徴量を使用する手法に比較すると、計算コストの低い演算を用いて運動を算出できるので、高速な、あるいはリアルタイムでの運動検出が可能になるという利点がある。

[0056] なお、前記した正則化パラメータ λ_k としては、使用するシステムに応じて実験的に最適値を求めることができる。例えば、物理量の相違を考慮しつつ

、対象静止時に解が安定する最小値としてdiag[6.0, 4.0, 4.0, 0.05, 0.05, 0.0]を採用できるが、これに制約されるものではない。また、本実施形態では、距離検出部12、速さ検出部11が用いるレーザ光の波長は、それぞれ例えば875, 633 [nm] とすることができ、また、方向制御部14による光線方向の振り角 θ は例えば約10°であるが、これらに制約されるものではない。

[0057] また、本実施形態の運動検出装置を対象物のトラッキング用に用いることができる。つまり、対象物の運動を検出し、方向制御部14で運動方向に対象物をトラッキングしつつ、対象物の運動計測を継続することができる。

[0058] また、本実施形態の運動検出装置を移動体に積載し、移動しながらこの装置に対する環境の相対的運動を検出することができる。このようにすると、例えば、路面に対する移動体（例えば自動車や電車など）の動きを検出することができる。また、例えば、移動体でトンネル内を移動しながら、トンネル壁面や天井の形状を連続的に高精度で検査することもできる。

[0059] （第2実施形態の運動検出装置）

次に、図4をさらに参照して、本発明の第2実施形態に係る運動検出装置を説明する。なお、この第2実施形態の説明においては、前記した第1実施形態と基本的に共通する構成要素について、同一符号を付することにより、説明の煩雑を避ける。

[0060] 前記した第1実施形態においては、方向制御部14を用いてレーザ光の方向を高速で変化させることにより、複数点 p_i での速さ v_i と距離 d_i とを取得していた。これに対して、第2実施形態の運動検出装置では、方向制御部14を省略し、代わりに、複数の検出ユニット17を用いる構成とした。各ユニット17は、速さ検出部11と距離検出部12とダイクロイックミラー15とを備えている（図4参照）。この第2実施形態では、測定点数の数（例えば6個）に応じた個数のユニット17が使用される。これにより、各点での測定時刻の同時性を向上させることができ、対象物100の高速な運動の検出にも対応できるという利点がある。

[0061] 第2実施形態における他の構成及び利点は、前記した第1実施形態と基本的に同様なので、これ以上詳しい説明は省略する。

[0062] (第3実施形態)

次に、本発明の第3実施形態に係る三次元形状測定装置を、図5をさらに参照しながら説明する。なお、この第3実施形態の説明においては、前記した第1実施形態と基本的に共通する構成要素について、同一符号を付することにより、説明の煩雑を避ける。

[0063] この三次元形状測定装置は、第1実施形態で説明した運動検出装置1に加えて、さらに、形状検出部2と、三次元形状算出部3とを備えるものである。

[0064] (第3実施形態の構成)

形状検出部2は、ラインレーザ21と、カメラ22とを備えている。ラインレーザ21は、対象物100に対して、ある程度の幅を持つレーザ光を照射する構成となっている。このようなラインレーザとしては既存のものを利用可能なので、これについての詳しい説明は省略する。

[0065] カメラ22は、対象物100を所定の時間間隔で撮影することにより、対象物100の表面に投影されたライン状のレーザ光の形状を、時系列的に検出することができる。これにより、本実施形態の形状検出部2は、対象物100の特定時点における形状を時系列で検出する構成となっている。

[0066] 三次元形状算出部3は、時系列で検出された対象物の形状（具体的には撮影されたラインの形状）と、運動検出装置1で検出された運動とについての情報を用いて、対象物100の三次元形状を算出する構成となっている。三次元形状算出部3の詳しい動作は後述する。

[0067] (第3実施形態の動作)

以下、第3実施形態に係る三次元形状測定装置を用いた測定方法について説明する。第3実施形態では、ラインレーザ21から対象物100に照射されたレーザ光の反射光（ライン状をなしている）をカメラ22によって撮影することで、ライン位置における対象物100の三次元形状を、三角測量の

原理に基づいて計算することができる。このような手法は、光切断法とも呼ばれる。ラインレーザを用いる手法は、実装が簡易でありコスト低減が期待できるという利点がある。

[0068] ここで、通常、光切断法では、ラインレーザを走査することで、対象全体の形状を取得する。これに対して、第3実施形態では、対象物100が運動することにより、ラインレーザに対して対象物100を相対的に移動させることができる。

[0069] なお、ラインレーザに代えて、二次元パターンの構造化光などを用いて、面で形状を取得する方式も利用可能である。

[0070] (三次元形状測定の原理)

以下では、カメラの光学中心を原点とする三次元座標系を考え、その座標系をカメラ座標系とよぶ。今、ラインレーザ21から照射されたレーザ光（「ラインレーザ光」と称することがある）が照射された対象上の1点が時刻 t のカメラ画像上で $u_t = [u, v]^T$ として観測されたとする。この点のカメラ座標系での位置を $x_t = [X, Y, Z]^T$ とする。また、カメラの内部パラメータ P を以下のように設定する。

[0071]

$$P = \begin{bmatrix} fk_x & 0 & o_x \\ 0 & fk_y & o_y \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \quad (10)$$

[0072] ここで、 $[o_x, o_y]$ は画像中心、 f は焦点距離、 $[k_x, k_y]$ は画像の有効サイズである。この内部パラメータ P を用いると、 x_t を以下のように表すことができる。

[0073]

$$x_t = sP^{-1}U \quad (11)$$

[0074] ここで s は未知のスカラー、 U は u の同次座標系表現 $U = [u^T, 1]^T$ である。これは、 x_t がカメラ座標系の原点を通る直線 L_c 上にあることを示している。

。今、ラインレーザ 2 1 とカメラ 2 2 との間のキャリブレーションによって、カメラ座標系でのラインレーザ平面 K（図 5 参照）上の点 $\mathbf{x} = [X, Y, Z]^T$ が満たす次式の係数 $\mathbf{k} = [a, b, c]^T$ が得られたとする。

[0075]

$$\mathbf{k}^T \mathbf{x} = 1 \quad (12)$$

[0076] このとき、前記した式（1 1）（1 2）により、 $\mathbf{x}_t$ は次式で決定される。

[0077]

$$\mathbf{x}_t = \frac{P^{-1}U}{\mathbf{k}^T P^{-1}U} \quad (13)$$

[0078] 他の点に関しても、同様の三次元座標への変換を行うことで、ラインレーザ光が照射されている部分の対象物の形状を三次元点群として得ることができる。三次元形状算出部 3 では、このようにして得た特定時刻での三次元点群（例えば三次元空間上での曲線）を、後述の位置合わせ手法により、対象物の運動情報と組み合わせて、三次元形状を算出することができる。

[0079] （位置合わせ手法）

最初に、カメラ座標系において得られた三次元点 $\{\mathbf{x}_t\}_c$ をガルバノ座標系（方向制御部 1 4 におけるガルバノミラーのミラー回動中心付近を原点とした座標系）での三次元点 $\{\mathbf{x}_t\}_g$ に変換する。カメラ座標とガルバノ座標のキャリブレーションによって得られた R_{cg} , T_{cg} を用いて、座標系の変換は下記式（1 4）のように表される。ここで R_{cg} は、カメラ座標からガルバノ座標への回転行列、 T_{cg} は、ガルバノ座標の原点からカメラ座標の原点までの並進ベクトルである。

[0080]

$$\{\mathbf{x}_t\}_g = R_{cg}\{\mathbf{x}_t\}_c + T_{cg} \quad (14)$$

[0081] 以下では、ガルバノ座標系に変換した三次元点 $\{\mathbf{x}_t\}_g$ を簡単のために $\mathbf{x}_t$ と表記する。

[0082] ここから、図 6（a）～（d）に示されるように、時刻 0 での物体の位置

姿勢を基準として、各時刻に得られた三次元点群の位置合わせを行う。以下では簡単のため、運動検出装置 1 による運動検出と形状検出部 2 による形状計測のフレームレートを同じとし、時刻 t での運動検出によって得られる時刻 t から $t+1$ の間での回転運動、並進運動、回転中心を R_t , T_t , g_t で表す。また、時刻 0 (図 6 (a) 参照) から時刻 t (図 6 (b) (c) 参照) までの物体位置姿勢の変化を、原点を回転中心とした回転、並進で表したものを R_t ハット, T_t ハットとする。さらに、時刻 t_1 に得られた三次元点 ${}^{t_1}x_{t_1}$ を時刻 t_2 での物体の位置姿勢を基準として位置合わせしたものを ${}^{t_2}x_{t_1}$ とする。

[0083] 時刻 t (図 6 (c) 参照) で得られた三次元点 ${}^t x_t$ を時刻 0 (図 6 (a) 参照) での対象物の位置姿勢を基準とした三次元点 ${}^0 x_t$ (図 6 (d) 参照) に位置合わせすることを考える。まず、時刻 0 から $t-1$ の間に運動検出で得られた運動情報 R_i , T_i , g_i ($i = 0, 1, \dots, t-1$) を用いて、時刻 0 から t までの対象の位置姿勢の変化 R_t ハット, T_t ハットを計算する。この R_t ハット, T_t ハットをもとに、三次元点 ${}^t x_t$ を ${}^0 x_t$ に位置合わせする。この変換を、時刻 0 から t に得られた ${}^0 x_0$, ${}^1 x_1$, $\dots$, ${}^t x_t$ に対して行い、すべて時刻 0 の位置姿勢を基準とした ${}^0 x_0$, ${}^0 x_1$, $\dots$, ${}^0 x_t$ に変換し、位置合わせを行う。このとき、任意の j について以下の式が成り立つ。

[0084]

$${}^{t+1}x_j = R_t({}^t x_j - g_t) + T_t + g_t \quad (15)$$

$${}^t x_j = \hat{R}_t {}^0 x_j + \hat{T}_t \quad (16)$$

[0085] 式 (15) (16) より、以下の漸化式が成立する。

[0086]

$$\hat{R}_{t+1} = R_t \hat{R}_t \quad (17)$$

$$\hat{T}_{t+1} = R_t \hat{T}_t + T_t + (I - R_t)g_t \quad (18)$$

[0087] この漸化式により、前フレームの R_{t-1} ハット, T_{t-1} ハットと運動検出によって得た R_{t-1} , T_{t-1} , g_{t-1} から逐次的に R_t ハット, T_t ハットを得ることができる。ただし、 R_0 ハット = I , T_0 ハット = 0 である。これを、式 (16) の変形に

より得た下記式（１９）に逐次的に代入していくことで、任意の j に対して⁰ x_j を得ることができる（図６（d）参照）。

[0088]

$${}^0x_j = \hat{R}_t^{-1}({}^tx_j - \hat{T}_t) \quad (19)$$

[0089] したがって、本実施形態の三次元形状算出部３では、前記した演算を行うことにより、対象物１００についての三次元形状を算出することができる。得られた三次元形状は、適宜な方法で出力可能である。出力先としては、ディスプレイ、プリンタ、メモリ、他のシステムなど、必要に応じて適宜に設定可能である。

[0090] なお、本発明の内容は、前記実施形態に限定されるものではない。本発明は、特許請求の範囲に記載された範囲内において、具体的な構成に対して種々の変更を加えうるものである。

[0091] 例えば、前記した各実施形態では、第１レーザ光と第２レーザ光とを波長で分離する構成としたが、高速で切り替えが可能な場合は、時間で両者を分離することも可能である。このようにすれば、ダイクロイックミラー１５の設置を省略することができる。また、第１レーザ光と第２レーザ光の波長を同じとすることができる。

[0092] さらに、前記した各実施形態では、対象物上の位置 p_i を、他の座標系での q_i に座標変換したが、これは、式（６）での外積 $(p_i \times l_i)^T$ の計算がゼロベクトルになることを避けるためである。つまり、ベクトル p_i がベクトル l_i と平行になると、それらの外積がゼロベクトルになってしまい、計算に支障をきたす。したがって、ゼロベクトルになることを避けることができるならば、どのような変換を用いてもよい。

[0093] また、前記したレーザ光の照射パターンはあくまで一例であり、これに制約されるものではない。対象物の性質に応じて動的に照射パターンを変更することも可能である。

[0094] また、前記した運動算出部や三次元形状算出部のような構成要素は、機能

ブロックとして存在していればよく、独立したハードウェアとして存在しなくても良い。また、実装方法としては、ハードウェアを用いてもコンピュータソフトウェアを用いても良い。さらに、本発明における一つの機能要素が複数の機能要素の集合によって実現されても良く、本発明における複数の機能要素が一つの機能要素により実現されても良い。

[0095] さらに、前記機能要素は、物理的に離間した位置に配置されていてもよい。この場合、機能要素どうしがネットワークにより接続されていても良い。グリッドコンピューティング又はクラウドコンピューティングにより機能を実現し、あるいは機能要素を構成することも可能である。

符号の説明

- [0096] 1 運動検出装置
- 1 1 速さ検出部
 - 1 1 1 第1レーザ光
 - 1 2 距離検出部
 - 1 2 1 第2レーザ光
 - 1 3 運動算出部
 - 1 4 方向制御部
 - 1 5 ダイクロイックミラー
 - 1 7 検出ユニット
 - 2 形状検出部
 - 2 1 ラインレーザ
 - 2 2 カメラ
 - 3 三次元形状算出部
 - 1 0 0 対象物
- d_i 距離
- v_i 速さ
- l_i レーザ光の向き
- p_i レーザ光の照射位置

q p の座標変換により得た位置

請求の範囲

- [請求項1] 速さ検出部と、距離検出部と、運動算出部とを備えており、
前記速さ検出部は、第1レーザ光を対象物に向けて照射し、かつ、
前記対象物において反射された前記第1レーザ光を用いて、前記対象物の速さを検出する構成となっており、
前記距離検出部は、第2レーザ光を前記対象物に向けて照射し、かつ、
前記対象物において反射された前記第2レーザ光を用いて、前記対象物までの距離を検出する構成となっており、
前記第2レーザ光は、前記第1レーザ光と実質的に同じタイミングでかつ同じ位置に照射される構成となっており、
前記運動算出部は、前記第1及び第2レーザ光の向きと、前記速さと、前記距離とについての情報を用いて、前記対象物についての運動を算出する構成となっている
ことを特徴とする運動検出装置。
- [請求項2] 前記第1レーザ光と前記第2レーザ光とは、実質的に同軸で前記対象物に照射されている
請求項1に記載の運動検出装置。
- [請求項3] 前記運動算出部は、前記対象物上での複数の点における前記速さ及び前記距離の情報を用いて前記運動を算出する構成となっている
請求項1又は2に記載の運動検出装置。
- [請求項4] 前記対象物についての運動は、前記対象物の回転及び並進の運動である
請求項1～3のいずれか1項に記載の運動検出装置。
- [請求項5] さらに方向制御部を備えており
前記方向制御部は、前記第1レーザ光及び前記第2レーザ光の向きを制御する構成となっている
請求項1～4のいずれか1項に記載の運動検出装置。
- [請求項6] 前記運動算出部は、前記第1及び第2レーザ光の向きと、前記距離

とについての情報を用いて、前記対象物における前記第 1 及び第 2 レーザ光の照射位置 p を算出し、前記照射位置 p を、別の座標系における位置 q に変換し、前記位置 q と前記速さとを用いて前記対象物についての運動を算出する構成となっている

請求項 1 ～ 5 のいずれか 1 項に記載の運動検出装置。

[請求項 7] 前記第 1 レーザ光と前記第 2 レーザ光とは、異なる波長とされている

請求項 1 ～ 6 のいずれか 1 項に記載の運動検出装置。

[請求項 8] 請求項 1 ～ 7 のいずれか 1 項に記載の運動検出装置と、形状検出部と、三次元形状算出部とを備えており、

前記形状検出部は、前記対象物の特定時点における形状を時系列で検出する構成となっており、

前記三次元形状算出部は、前記時系列で検出された前記形状と前記運動とについての情報を用いて、前記対象物の三次元形状を算出する構成となっている

三次元形状測定装置。

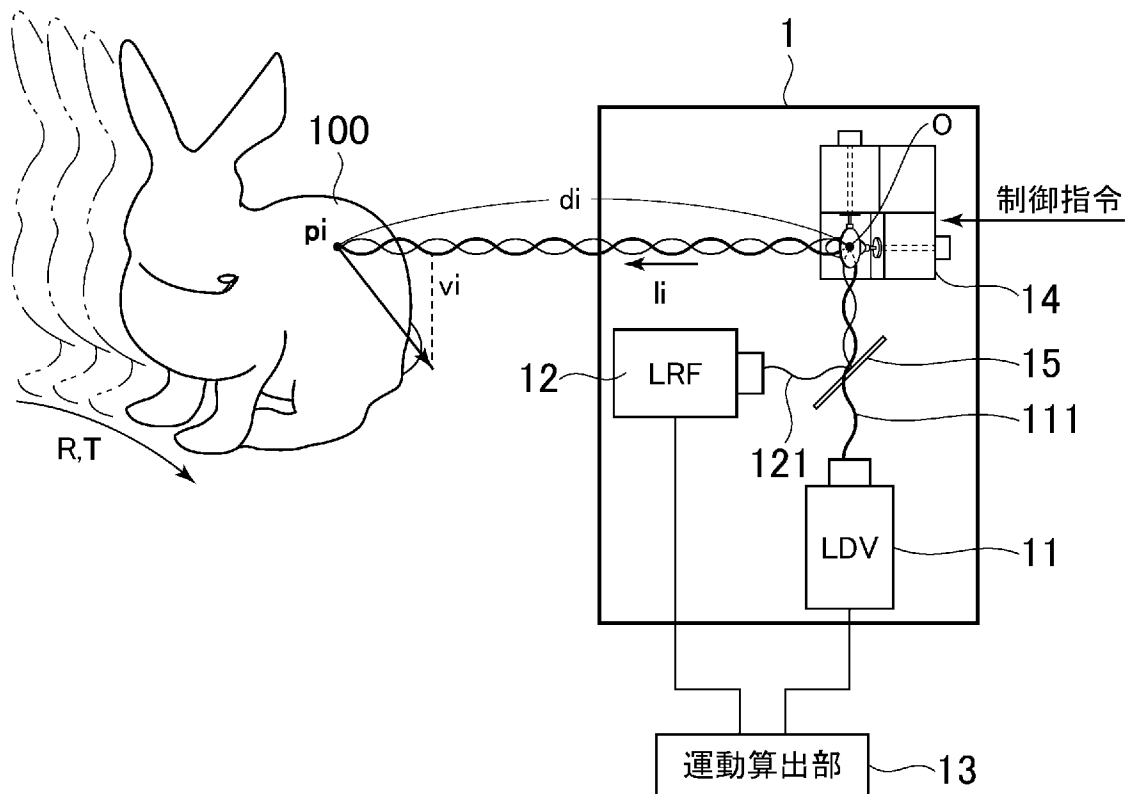
[請求項 9] 対象物に照射された第 1 レーザ光の反射光を用いて前記対象物の速さを検出するステップと、

前記対象物に照射された第 2 レーザ光の反射光を用いて前記対象物までの距離を検出するステップと、

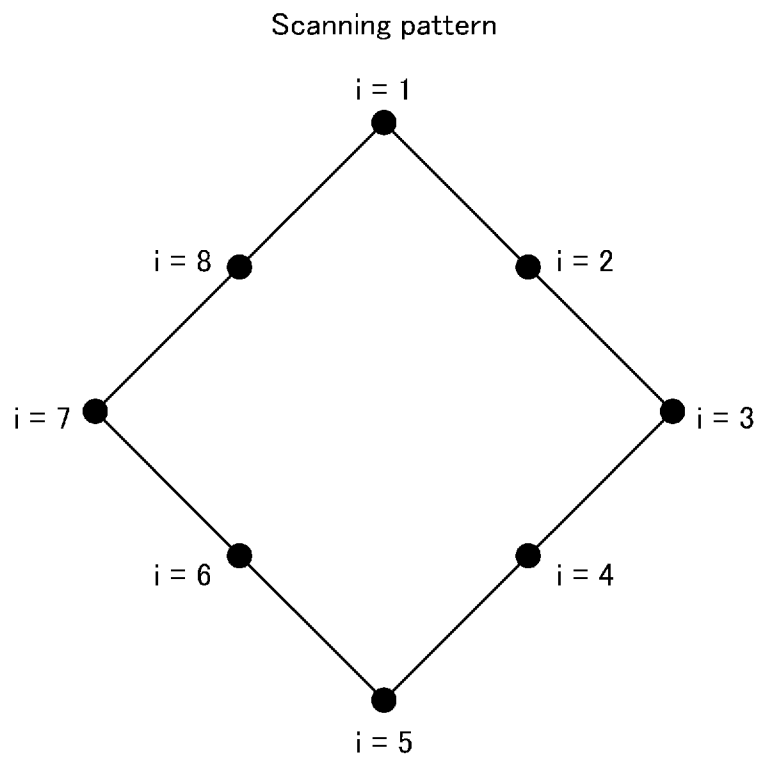
前記第 1 レーザ光と前記第 2 レーザ光とにおける向きと、前記速さと、前記距離とについての情報を用いて、前記対象物についての運動を算出するステップと

を備える運動検出方法。

[図1]



[図2]

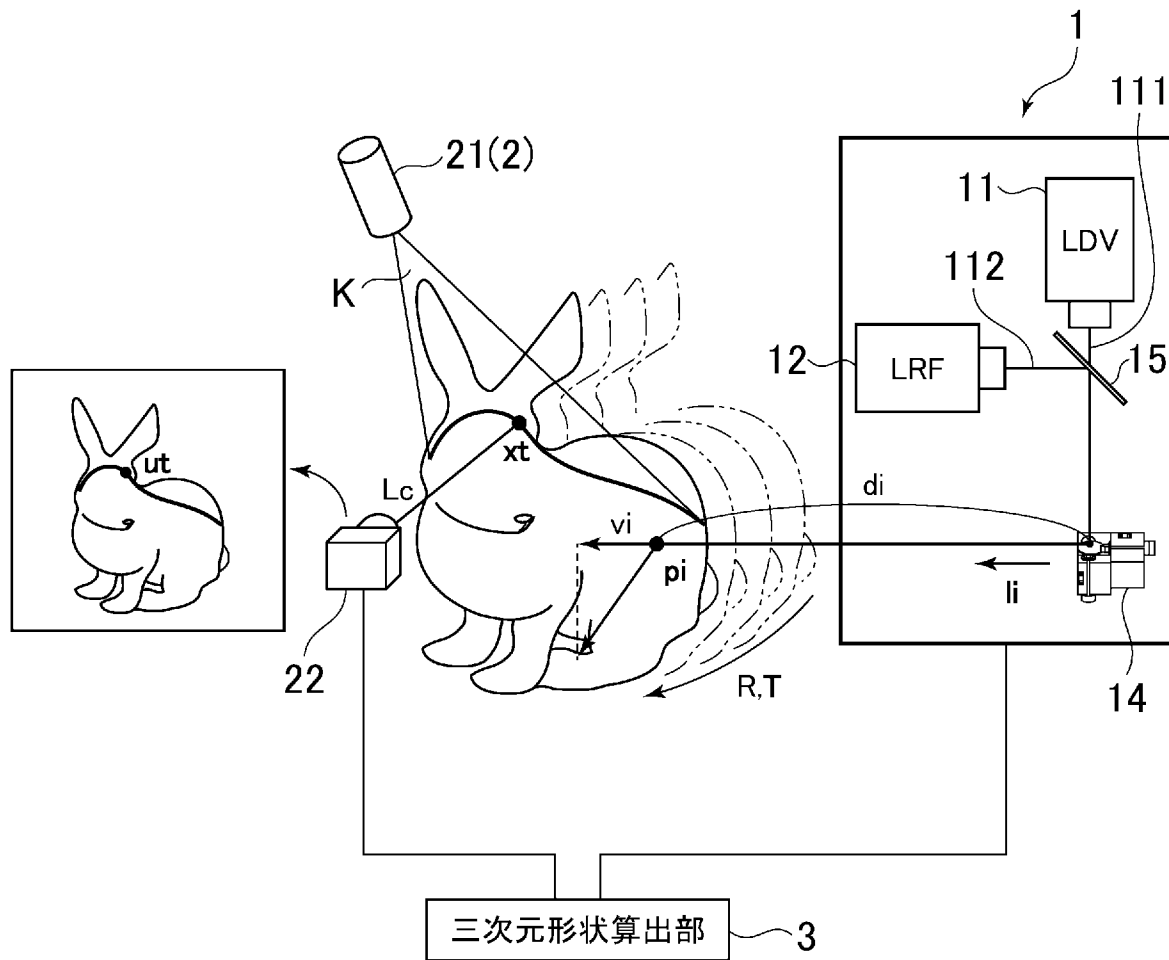


```

graph TD
    SA1[SA-1 速さ検出] --> SA3[SA-3 対象物上の位置を算出]
    SA2[SA-2 位置検出] --> SA3
    SA3 --> SA4[SA-4 位置を座標変換]
    SA4 --> SA5[SA-5 運動を算出]
  
```

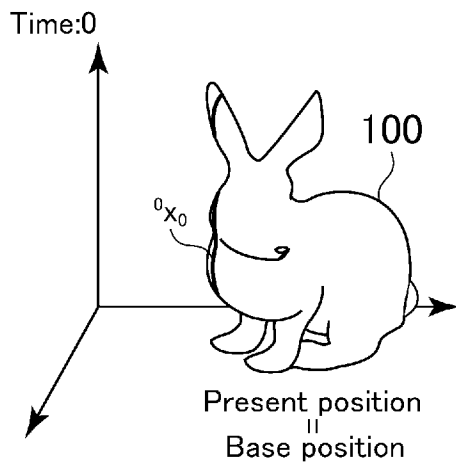
The flowchart illustrates the process of calculating the position and motion of an object. It starts with two parallel steps: SA-1 (速さ検出, Speed Detection) and SA-2 (位置検出, Position Detection). Both steps feed into SA-3 (対象物上の位置を算出, Calculate position on the object). From SA-3, the process continues to SA-4 (位置を座標変換, Convert position to coordinates), and finally to SA-5 (運動を算出, Calculate motion).

[図5]

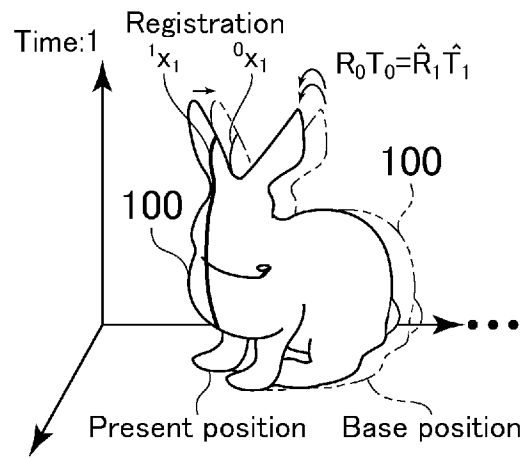


[図6]

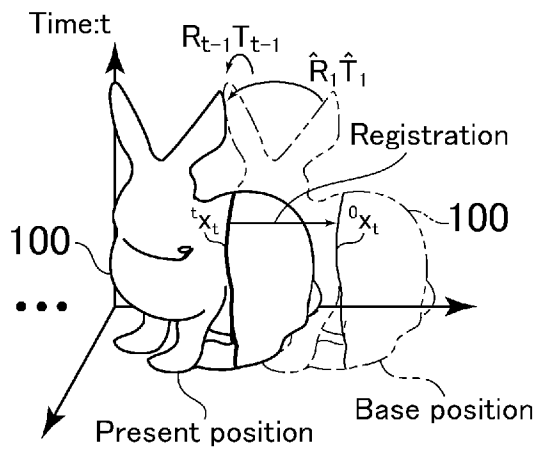
(a)



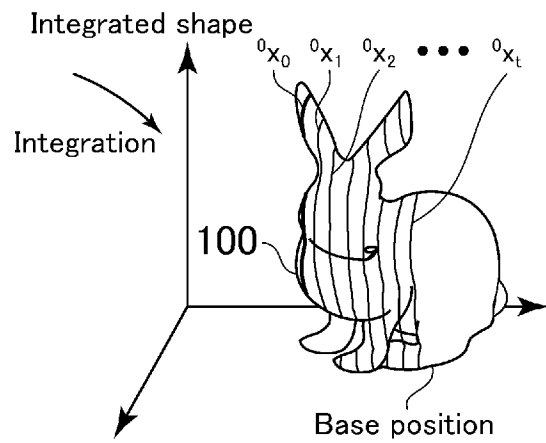
(b)



(c)



(d)



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2016/074907

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

G01S17/58(2006.01)i, G01B11/24(2006.01)i, G01B21/00(2006.01)i, G01C3/06(2006.01)i, G01P3/36(2006.01)i, G01S17/89(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)

G01S7/48-7/51, 17/00-17/95, G01B11/00-11/30, 21/00-21/32, G01C3/00-3/32, G01P1/00-3/80

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	1996-2016
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2016	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2016

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.
Y	JP 2012-518793 A (Digital Signal Corp.), 16 August 2012 (16.08.2012), paragraphs [0012] to [0095]; fig. 1 to 2 & US 2010/0271615 A1 paragraphs [0026] to [0118]; fig. 1 to 2 & WO 2010/141120 A2 & EP 2399150 A2 & CA 2753197 A1 & AU 2010257107 A1 & CN 102378919 A & HK 1167463 A1	1-9
Y	US 4822164 A (BREEN, Michael T.), 18 April 1989 (18.04.1989), specification, 2nd paragraph, line 28 to 7th paragraph, line 28; fig. 1 to 2 (Family: none)	1-9

☒ 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
08 November 2016 (08.11.16)

Date of mailing of the international search report
22 November 2016 (22.11.16)

Name and mailing address of the ISA/
Japan Patent Office
3-4-3, Kasumigaseki, Chiyoda-ku,
Tokyo 100-8915, Japan

Authorized officer

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2016/074907

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 2008-516246 A (Leica Geosystems AG), 15 May 2008 (15.05.2008), entire text; all drawings & US 2009/0033945 A1 entire text; all drawings & WO 2006/039820 A1 & EP 1647838 A1 & DE 502004011107 D & CA 2584347 A1 & CN 101076743 A & AT 466298 T & AU 2005294044 A1	1-9
A	JP 2008-514967 A (FARO Technologies, Inc.), 08 May 2008 (08.05.2008), entire text; all drawings & US 2006/0066836 A1 entire text; all drawings & WO 2006/039682 A1 & EP 1794620 A1 & CN 101031817 A	1-9
A	JP 2005-502053 A (Rosemount Aerospace Inc.), 20 January 2005 (20.01.2005), entire text; all drawings & US 2003/0043364 A1 entire text; all drawings & WO 2003/021285 A2 & EP 1423732 A2 & DE 60234197 D & IL 160711 D & AU 2002322525 B2	1-9
A	JP 2000-266851 A (Minolta Co., Ltd.), 29 September 2000 (29.09.2000), entire text; all drawings (Family: none)	1-9
A	JP 2009-014701 A (Yamatate Corp.), 22 January 2009 (22.01.2009), entire text; all drawings & US 2008/0304042 A1 entire text; all drawings & EP 2015021 A2 & CN 101319892 A & KR 10-2008-0107301 A & TW 200916731 A	1-9
A	JP 05-092216 A (Kawasaki Steel Corp.), 16 April 1993 (16.04.1993), entire text; all drawings (Family: none)	1-9

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))

Int.Cl. G01S17/58(2006.01)i, G01B11/24(2006.01)i, G01B21/00(2006.01)i, G01C3/06(2006.01)i,
G01P3/36(2006.01)i, G01S17/89(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. G01S7/48-7/51, 17/00-17/95, G01B11/00-11/30, 21/00-21/32, G01C3/00-3/32, G01P1/00-3/80

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	1971-2016年
日本国実用新案登録公報	1996-2016年
日本国登録実用新案公報	1994-2016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
Y	JP 2012-518793 A (デジタル・シグナル・コーポレーション) 2012.08.16, 段落 [0012] ~ [0095]、図1~図2 & US 2010/0271615 A1, pars. [0026]-[0118], figs. 1-2 & WO 2010/141120 A2 & EP 2399150 A2 & CA 2753197 A1 & AU 2010257107 A1 & CN 102378919 A & HK 1167463 A1	1-9

☒ 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

08.11.2016

国際調査報告の発送日

22.11.2016

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁 (ISA/J P)

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)

請園 信博

2 S

4 7 4 4

電話番号 03-3581-1101 内線 3214

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
Y	US 4822164 A (BREEN, Michael T.) 1989.04.18, 明細書第2段第28行～第7段第28行、図1～図2 (ファミリーなし)	1-9
A	JP 2008-516246 A (ライカ・ゲオジステームス・アクチュンゲゼル シャフト) 2008.05.15, 全文、全図 & US 2009/0033945 A1, entire text, all drawings & WO 2006/039820 A1 & EP 1647838 A1 & DE 502004011107 D & CA 2584347 A1 & CN 101076743 A & AT 466298 T & AU 2005294044 A1	1-9
A	JP 2008-514967 A (ファロ テクノロジーズ インコーポレーテッ ド) 2008.05.08, 全文、全図 & US 2006/0066836 A1, entire text, all drawings & WO 2006/039682 A1 & EP 1794620 A1 & CN 101031817 A	1-9
A	JP 2005-502053 A (ローズマウント エアロスペース インコーポ レイテッド) 2005.01.20, 全文、全図 & US 2003/0043364 A1, entire text, all drawings & WO 2003/021285 A2 & EP 1423732 A2 & DE 60234197 D & IL 160711 D & AU 2002322525 B2	1-9
A	JP 2000-266851 A (ミノルタ株式会社) 2000.09.29, 全文、全図 (ファミリーなし)	1-9
A	JP 2009-014701 A (株式会社山武) 2009.01.22, 全文、全図 & US 2008/0304042 A1, entire text, all drawings & EP 2015021 A2 & CN 101319892 A & KR 10-2008-0107301 A & TW 200916731 A	1-9
A	JP 05-092216 A (川崎製鉄株式会社) 1993.04.16, 全文、全図 (ファミリーなし)	1-9