

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2018-4554  
(P2018-4554A)

(43) 公開日 平成30年1月11日(2018.1.11)

(51) Int.Cl.	F I	テーマコード (参考)
GO1B 11/00 (2006.01)	GO1B 11/00 H	2F065
GO6T 7/60 (2017.01)	GO6T 7/60 150D	5B057
GO6T 1/00 (2006.01)	GO6T 1/00 315	5L096

審査請求 未請求 請求項の数 12 O L (全 15 頁)

(21) 出願番号	特願2016-134852 (P2016-134852)	(71) 出願人	501378974 アベックスエナジー株式会社 東京都品川区二葉二丁目12番2号
(22) 出願日	平成28年7月7日(2016.7.7)	(71) 出願人	516205063 TLC株式会社 東京都品川区西品川1丁目24番地10号
		(74) 代理人	100140109 弁理士 小野 新次郎
		(74) 代理人	100075270 弁理士 小林 泰
		(74) 代理人	100101373 弁理士 竹内 茂雄
		(74) 代理人	100118902 弁理士 山本 修

最終頁に続く

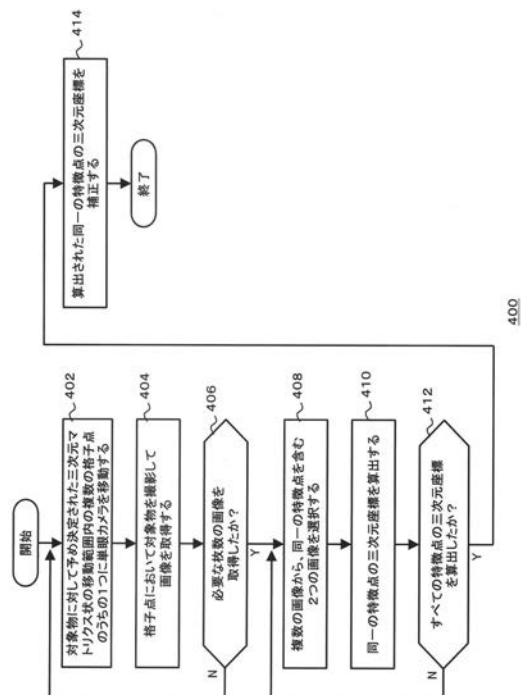
(54) 【発明の名称】 対象物の特徴点の三次元座標を算出するための装置及び方法

(57) 【要約】

【課題】対象物の特徴点の三次元座標を高い精度で算出することができる小型の装置を提供する。

【解決手段】本発明の実施形態の装置は、単眼カメラと、対象物に対して予め決定された三次元マトリクス状の移動範囲内の複数の格子点に単眼カメラを移動し、複数の格子点の各々において、単眼カメラにより対象物を撮影して、複数の画像を取得し、複数の画像から同一の特徴点を含む2つの画像を選択し、2つの画像の各々における同一の特徴点の位置及び2つの画像の各々を撮影したときの単眼カメラの位置に基づいて、同一の特徴点の三次元座標を算出するように構成される制御部とを備える。

【選択図】 図4



**【特許請求の範囲】****【請求項 1】**

単眼カメラと、

対象物に対して予め決定された三次元マトリクス状の移動範囲内の複数の格子点に前記単眼カメラを移動し、

前記複数の格子点の各々において、前記単眼カメラにより前記対象物を撮影して、複数の画像を取得し、

前記複数の画像から、同一の特徴点を含む 2 つの画像を選択し、

前記 2 つの画像の各々における前記同一の特徴点の位置及び前記 2 つの画像の各々を撮影したときの前記単眼カメラの位置に基づいて、前記同一の特徴点の三次元座標を算出する

ように構成される制御部と

を備える、装置。

10

**【請求項 2】**

前記制御部は、

前記複数の画像に含まれるすべての特徴点の三次元座標を算出するまで、前記 2 つの画像を選択すること及び前記同一の特徴点の三次元座標を算出することを繰り返し、

各特徴点について、該特徴点の算出された三次元座標を平均化し、

平均化された前記三次元座標を前記同一の特徴点の三次元座標として決定する

ようにさらに構成される、請求項 1 に記載の装置。

20

**【請求項 3】**

前記移動範囲は、

前記単眼カメラにより前記対象物を撮影して、前記対象物の 1 つ又は複数の画像を取得し、

前記対象物の 1 つ又は複数の画像に含まれる特徴点を検出し、

該特徴点の三次元座標を算出して第 1 の三次元座標群を取得し、

前記第 1 の三次元座標群に基づいて、前記単眼カメラが前記対象物に接触せず且つ前記単眼カメラがすべての特徴点を撮影できるように、前記移動範囲を決定する

ことにより決定される、請求項 1 又は 2 に記載の装置。

30

**【請求項 4】**

前記複数の格子点は、前記単眼カメラを移動させることにより前記対象物のすべての特徴点を撮影することができるように選択された、前記三次元マトリクス状の移動範囲に含まれる複数の格子点である、請求項 1 から 3 のいずれか 1 項に記載の装置。

**【請求項 5】**

前記複数の格子点のうち隣接する 2 つの格子点において前記単眼カメラにより撮影された画像が、前記 2 つの画像として選択される、請求項 1 から 4 のいずれか 1 項に記載の装置。

**【請求項 6】**

前記制御部は、前記三次元マトリクス状の移動範囲内の格子点同士の間隔を任意に設定できるように構成される、請求項 1 から 5 のいずれか 1 項に記載の装置。

40

**【請求項 7】**

対象物に対して予め決定された三次元マトリクス状の移動範囲内の複数の格子点に単眼カメラを移動するステップと、

前記複数の格子点の各々において、前記単眼カメラにより前記対象物を撮影して、複数の画像を取得するステップと、

前記複数の画像から、同一の特徴点を含む 2 つの画像を選択するステップと、

前記 2 つの画像の各々における前記同一の特徴点の位置及び前記 2 つの画像の各々を撮影したときの前記単眼カメラの位置に基づいて、前記同一の特徴点の三次元座標を算出するステップと

を含む、方法。

50

## 【請求項 8】

前記複数の画像に含まれるすべての特徴点の三次元座標を算出するまで、前記2つの画像を選択すること及び前記同一の特徴点の三次元座標を算出することを繰り返すステップと、

各特徴点について、該特徴点の算出された三次元座標を平均化するステップと、

平均化された前記三次元座標を前記同一の特徴点の三次元座標として決定するステップと

をさらに含む、請求項7に記載の方法。

## 【請求項 9】

前記移動範囲は、

前記単眼カメラにより前記対象物を撮影して、前記対象物の1つ又は複数の画像を取得し、

前記対象物の1つ又は複数の画像に含まれる特徴点を検出し、

該特徴点の三次元座標を算出して第1の三次元座標群を取得し、

前記第1の三次元座標群に基づいて、前記単眼カメラが前記対象物に接触せず且つ前記単眼カメラがすべての特徴点を撮影できるように、前記移動範囲を決定する

ことにより決定される、請求項7又は8に記載の方法。

## 【請求項 10】

前記複数の格子点は、前記単眼カメラを移動させることにより前記対象物のすべての特徴点を撮影することができるように選択された、前記三次元マトリクス状の移動範囲に含まれる複数の格子点である、請求項7から9のいずれか1項に記載の方法。

## 【請求項 11】

前記複数の格子点のうち隣接する2つの格子点において前記単眼カメラにより撮影された画像が、前記2つの画像として選択される、請求項7から10のいずれか1項に記載の方法。

## 【請求項 12】

前記三次元マトリクス状の移動範囲内の格子点同士の間隔は任意に設定可能である、請求項7から11のいずれか1項に記載の方法。

## 【発明の詳細な説明】

## 【技術分野】

## 【0001】

本発明は、対象物の特徴点の三次元座標を算出するための装置及び方法に関する。

## 【背景技術】

## 【0002】

カメラを用いて画像をコンピューターにより解析して加工する技術として、コンピュータービジョン(CV)が一般的になってきている。CVにおいて三次元座標を得るために、通常、ステレオカメラを用いてその視差から特徴点の座標を算出することが行われている。

## 【0003】

図1は、複数のカメラを使用したステレオカメラの例示的な構成を概略的に示す。この例では、2つのカメラ(C1、C2)が距離Bだけ間隔を空けて配置される。それぞれのカメラの映像はイメージプレーン1及び2に映し出される。座標を求めるべき点pに関してイメージプレーン1及び2のそれぞれの上に見られる座標の差(視差d)に基づいて、ベースラインから点pまでの距離(奥行きZ)を求めることができる。奥行きZの値並びにカメラC1及びC2の位置から点pの三次元座標が算出される。

## 【0004】

しかしながら、このような従来技術においては、ステレオカメラの大きさや重量により用途が限定されるという問題があった。ステレオカメラを構成するカメラC1及びC2を小型化することができたとしても、カメラC1及びC2の間の距離Bが小さい場合には、視差が小さくなるため、点pに関して算出される座標の誤差が大きくなる。算出される

10

20

30

40

50

座標の精度を高めるためには、カメラC1とカメラC2との間の距離をある程度大きくとらなければならない。且つこれらのカメラを理想的な位置及び姿勢で歪みなく固定しなければならない。このため、ステレオカメラ全体を小型化することは困難であり、その設置場所や用途は制限されていた。

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

上記に鑑み、本発明は、対象物の特徴点の三次元座標を高い精度で算出することができる小型の装置を提供することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0006】

上記の課題を解決するために、本発明の実施形態は、単眼カメラと、対象物に対して予め決定された三次元マトリクス状の移動範囲内の複数の格子点に前記単眼カメラを移動し、前記複数の格子点の各々において、前記単眼カメラにより前記対象物を撮影して、複数の画像を取得し、前記複数の画像から、同一の特徴点を含む2つの画像を選択し、前記2つの画像の各々における前記同一の特徴点の位置及び前記2つの画像の各々を撮影したときの前記単眼カメラの位置に基づいて、前記同一の特徴点の三次元座標を算出するように構成される制御部とを備える、装置を提供する。

【発明の効果】

【0007】

本発明によれば、対象物の特徴点の三次元座標を高い精度で算出することができる小型の装置を提供することができる。

【0008】

本発明のその他の特徴及び利点は、後述する実施形態の説明、添付の図面及び特許請求の範囲の記載から明らかなものとなる。

【図面の簡単な説明】

【0009】

【図1】複数のカメラを使用したステレオカメラの例示的な構成を概略的に示す図である。

【図2】本発明の一実施形態による三次元座標算出装置の基本構成のブロック図である。

【図3】本発明の一実施形態による三次元座標算出装置の例示的な構成を示す図である。

【図4】本発明の一実施形態の装置により実行される処理のフローチャートである。

【図5】三次元マトリクス状の移動範囲を予め決定するための例示的な方法を示すフローチャートである。

【図6】予め決定された三次元マトリクス状の移動範囲の一例を示す図である。

【図7】単眼カメラからの距離と撮影範囲との間の関係を説明する図である。

【図8】本発明の一実施形態による装置を使用して対象物を撮影する場合における、単眼カメラが移動する例示的な位置を示す図である。

【図9】隣接する2つの格子点の各々に移動した単眼カメラによる対象物の撮影範囲を概略的に示す図である。

【図10】図9に示す撮影範囲を真上から見た平面図である。

【図11】隣接する2つの格子点の各々において単眼カメラによって撮影された、対象物を含む画像を概略的に示す図である。

【図12】三角法による特徴点の三次元座標の算出方法を概略的に表す図である。

【発明を実施するための形態】

【0010】

最初に、本発明の実施形態の内容を列記して説明する。本発明の実施形態による装置及び方法は、以下のような構成を備える。

【0011】

(項目1)

10

20

30

40

50

単眼カメラと、  
 対象物に対して予め決定された三次元マトリクス状の移動範囲内の複数の格子点に前記単眼カメラを移動し、  
 前記複数の格子点の各々において、前記単眼カメラにより前記対象物を撮影して、複数の画像を取得し、  
 前記複数の画像から、同一の特徴点を含む2つの画像を選択し、  
 前記2つの画像の各々における前記同一の特徴点の位置及び前記2つの画像の各々を撮影したときの前記単眼カメラの位置に基づいて、前記同一の特徴点の三次元座標を算出する

ように構成される制御部と  
 を備える、装置。

10

## 【0012】

(項目2)

前記制御部は、

前記複数の画像に含まれるすべての特徴点の三次元座標を算出するまで、前記2つの画像を選択すること及び前記同一の特徴点の三次元座標を算出することを繰り返し、

各特徴点について、該特徴点の算出された三次元座標を平均化し、

平均化された前記三次元座標を前記同一の特徴点の三次元座標として決定する

ようにさらに構成される、項目1に記載の装置。

## 【0013】

20

(項目3)

前記移動範囲は、

前記単眼カメラにより前記対象物を撮影して、前記対象物の1つ又は複数の画像を取得し、

前記対象物の1つ又は複数の画像に含まれる特徴点を検出し、

該特徴点の三次元座標を算出して第1の三次元座標群を取得し、

前記第1の三次元座標群に基づいて、前記単眼カメラが前記対象物に接触せず且つ前記単眼カメラがすべての特徴点を撮影できるように、前記移動範囲を決定する

ことにより決定される、項目1又は2に記載の装置。

(項目4)

30

前記複数の格子点は、前記単眼カメラを移動させることにより前記対象物のすべての特徴点を撮影することができるように選択された、前記三次元マトリクス状の移動範囲に含まれる複数の格子点である、項目1から3のいずれか1項に記載の装置。

(項目5)

前記複数の格子点のうち隣接する2つの格子点において前記単眼カメラにより撮影された画像が、前記2つの画像として選択される、項目1から4のいずれか1項に記載の装置。

(項目6)

前記制御部は、前記三次元マトリクス状の移動範囲内の格子点同士の間隔を任意に設定できるように構成される、項目1から5のいずれか1項に記載の装置。

40

(項目7)

対象物に対して予め決定された三次元マトリクス状の移動範囲内の複数の格子点に単眼カメラを移動するステップと、

前記複数の格子点の各々において、前記単眼カメラにより前記対象物を撮影して、複数の画像を取得するステップと、

前記複数の画像から、同一の特徴点を含む2つの画像を選択するステップと、

前記2つの画像の各々における前記同一の特徴点の位置及び前記2つの画像の各々を撮影したときの前記単眼カメラの位置に基づいて、前記同一の特徴点の三次元座標を算出するステップと

を含む、方法。

50

## (項目 8)

前記複数の画像に含まれるすべての特徴点の三次元座標を算出するまで、前記2つの画像を選択すること及び前記同一の特徴点の三次元座標を算出することを繰り返すステップと、

各特徴点について、該特徴点の算出された三次元座標を平均化するステップと、

平均化された前記三次元座標を前記同一の特徴点の三次元座標として決定するステップと

をさらに含む、項目7に記載の方法。

## (項目 9)

前記移動範囲は、

10

前記単眼カメラにより前記対象物を撮影して、前記対象物の1つ又は複数の画像を取得し、

前記対象物の1つ又は複数の画像に含まれる特徴点を検出し、

該特徴点の三次元座標を算出して第1の三次元座標群を取得し、

前記第1の三次元座標群に基づいて、前記単眼カメラが前記対象物に接触せず且つ前記単眼カメラがすべての特徴点を撮影できるように、前記移動範囲を決定する

ことにより決定される、項目7又は8に記載の方法。

## (項目 10)

前記複数の格子点は、前記単眼カメラを移動させることにより前記対象物のすべての特徴点を撮影することができるように選択された、前記三次元マトリクス状の移動範囲に含まれる複数の格子点である、項目7から9のいずれか1項に記載の方法。

20

## (項目 11)

前記複数の格子点のうち隣接する2つの格子点において前記単眼カメラにより撮影された画像が、前記2つの画像として選択される、項目7から10のいずれか1項に記載の方法。

## (項目 12)

前記三次元マトリクス状の移動範囲内の格子点同士の間隔は任意に設定可能である、項目7から11のいずれか1項に記載の方法。

## 【0014】

以下、図面を参照して、本発明の実施形態について説明する。

30

## 【0015】

図2は、本発明の一実施形態による三次元座標算出装置200の基本構成のブロック図である。図示されるように、装置200は、単眼カメラ202及び制御部206を備える。装置200は、さらに、単眼カメラ202を取り付けることができ、制御部206による制御によって単眼カメラ202を移動することができる、移動機構204を備えてもよい。

## 【0016】

図3は、本発明の一実施形態による三次元座標算出装置200の例示的な構成を示す図である。図3に示す装置300は、単眼カメラ202(例えば、マイクロソフト社製LifeCamカメラ)、移動機構204(例えば、BANSOK社製三軸FAロボット(EcoYes、331タイプ))及び制御部206(例えば、VAIO社製ノートパソコンVPCEH)を備える。

40

## 【0017】

図3に示すように、単眼カメラ202は移動機構204に取り付けることができる。移動機構204は、取り付けられた単眼カメラ202を、X軸308、Y軸310及びZ軸312の方向に移動させることができる。単眼カメラ202は、対象物314を撮影して画像を取得する。取得された画像は、対象物314に含まれる特徴点の三次元座標を算出するために使用することができる。ここで「特徴点」とは、対象物314に関して三次元座標を算出すべき点である。特徴点の例は、多角形の頂点、色彩の変化する点などを含む。画像に含まれる特徴点は、Harris corner response func

50

tionなどの手法を用いて検出することができる。制御部206は、単眼カメラ202に接続されてもよく、単眼カメラ202を制御して撮影を行い、取得した画像を格納し、当該画像を解析して特徴点の三次元画像を算出することができる。制御部206はまた、移動機構204に接続されてもよく、移動機構204を制御して、移動機構204に取り付けられた単眼カメラ202を適切に移動させることができる。

#### 【0018】

図4及び図5は、本発明の一実施形態の装置により実現される、対象物の特徴点の三次元座標の算出を実行するための処理のフローチャートである。本発明の一実施形態は、図4及び図5に示す各ステップを実行するように構成される装置である。また、別の実施形態において、本発明は、図4及び図5に示す処理を実行する方法として実施することができる。

10

#### 【0019】

図6から図12は、図4及び図5に示す処理の説明を補足する図である。

#### 【0020】

以下、図2から図12を参照しながら、本発明の実施形態について具体的に説明する。なお、以下では、具体例として、図3に示すように単眼カメラ202が三軸FAロボット304に取り付けられる場合を想定する。しかし、本発明の実施形態はこのような構成に限定されない。本発明の実施形態は、単眼カメラ202を対象物314に対して三次元で移動させることが可能な任意の構成を含み得る。

#### 【0021】

図4は、本発明の一実施形態の装置により実行される処理のフローチャートである。以下、図4に示す各ステップが制御部206によって実行されるものとして説明する。しかし、これは一例にすぎず、図4に示す処理の一部は、制御部206に接続されたコンピュータ等の別の装置によって実行されてもよいし、単眼カメラ202や移動機構204に接続されたコンピュータ等の別の装置によって実行されてもよい。

20

#### 【0022】

ステップ402において、制御部206は、対象物314に対して予め決定された三次元マトリクス状の移動範囲内の複数の格子点のうちの一つに単眼カメラ202を移動する。本発明の実施形態において、単眼カメラ202は、必ずしも、移動範囲内に含まれるすべての格子点に移動される必要はない。単眼カメラ202の撮影範囲や単眼カメラ202と対象物314との間の距離などに関連して、単眼カメラ202は移動範囲内の格子点の一部のみに移動されてもよい。

30

#### 【0023】

図6は、予め決定された三次元マトリクス状の移動範囲の一例を示す図である。一例として、対象物314に含まれる平面314Aに対して、単眼カメラ202の移動範囲600が予め決定されてもよい。移動範囲600の決定方法の例については図5に関連して後述する。移動範囲600は三次元マトリクス状の形状を有する。ここでは、対象物314に含まれる平面314Aに対して、X軸、Y軸及びZ軸が図示されるように設定される。他の実施形態において、X軸、Y軸及びZ軸は別の態様で設定されてもよい。三次元マトリクス状の移動範囲600に含まれる格子点を実線丸印及び点線丸印で図6に示す。これらの格子点のうち単眼カメラ202の移動先として指定される複数の格子点は、単眼カメラ202を移動させることにより対象物314のすべての特徴点を撮影することができるように選択されてもよい。

40

#### 【0024】

制御部206は、単眼カメラ202を三次元マトリクスの各格子点へ移動させるように構成することができる。図6の例では、移動範囲600は、それぞれ4×4の格子(5×5の格子点)を有する、最上段の平面及び中段の平面を備えている。図を明瞭にするため、図6においては、移動機構204は省略されており、単眼カメラ202のみが示されている。単眼カメラ202は中段中央の格子点に配置されているが、制御部206及び移動機構204により、最上段の格子点に移動させることができる。例えば、ステップ402

50

において、単眼カメラ 202 は、移動範囲 600 に含まれるある格子点から別の格子点へと移動されてもよい。三次元マトリクス状の移動範囲 600 内の格子点同士の間隔は、固定の値として設定されてもよいし、対象物 314 と単眼カメラ 202 との間の距離、単眼カメラ 202 の撮影範囲等に基づいて、任意に設定可能であってもよい。

【0025】

図 7 は、単眼カメラ 202 からの距離と撮影範囲との間の関係を説明する図である。図示されるように、単眼カメラ 202 からの距離が L の場合における撮影範囲と比較して、距離が 2L の場合における撮影範囲は大きくなる。一例として、距離  $L = 100 \text{ mm}$  の場合の単眼カメラ 202 の撮影範囲が  $100 \text{ mm} \times 100 \text{ mm}$  の正方形である場合、距離  $2L = 200 \text{ mm}$  の場合の撮影範囲は  $200 \text{ mm} \times 200 \text{ mm}$  の正方形となってもよい。

10

【0026】

図 8 は、図 7 に示すような撮影範囲を有する単眼カメラ 202 を備える本発明の実施形態の装置を使用して、 $200 \text{ mm} \times 200 \text{ mm}$  の平面 314 A を有する対象物 314 を撮影する場合における、単眼カメラ 202 の撮影位置（単眼カメラ 202 が移動される格子点）を概略的に示す図である。対象物から Z 軸方向に  $200 \text{ mm}$  離れているとき、対象物 314 における単眼カメラ 202 の撮影範囲は  $200 \text{ mm} \times 200 \text{ mm}$  の正方形である。したがって、三次元マトリクス状の移動範囲 600 の最上段中央の格子点（図 8 における「E」）に単眼カメラ 202 を配置して撮影すれば、対象物 314 全体の画像を取得することができる。しかしながら、対象物 314 は、平面 314 A だけでなく、何らかの大きさの高さ、幅、奥行き等を有する物体等を含み得る。このような対象物 314 が有するすべての特徴点の三次元座標を算出するためには、複数の格子点から撮影した画像が必要となる。ここで、「特徴点」とは、対象物 314 に関して三次元座標を算出すべき点を意味する。特徴点の例は、多角形の頂点、色彩の変化する点などを含む。

20

【0027】

一例として、図 8 に示すような、隣接する格子点から  $100 \text{ mm}$  だけ離れた 9 個の格子点 A、B、C、D、E、F、G、H 及び I の各々へと単眼カメラ 202 を移動させ、各格子点において対象物 314 を撮影することにより、対象物 314 に含まれるすべての特徴点について、複数の方向から撮影された画像が得られることとなる。

【0028】

そこで、以下においては、移動範囲 600 内で単眼カメラ 202 を移動すべき格子点として、上記の 9 個の格子点が予め決定されると仮定したうえで、図 4 の処理について説明する。

30

【0029】

なお、対象物 314 の平面 314 A から  $100 \text{ mm}$  離れた、移動範囲 600 内の中段の格子点（図 6 において点線丸印で表される）に単眼カメラ 202 を移動させて対象物 314 を撮影する場合には、対象物 314 における単眼カメラ 202 の撮影範囲は  $100 \text{ mm} \times 100 \text{ mm}$  の正方形となる。したがって、この場合には、例えば、隣接する格子点から  $50 \text{ mm}$  だけ離れた 25 個の格子点（点線丸印で表されるすべての格子点）の各々へと単眼カメラ 202 を移動させて、各格子点において対象物 314 を撮影することが望ましい。

40

【0030】

図 9 は、格子点 A 及び B に移動した単眼カメラ 202 による対象物 314 の撮影範囲を概略的に示す図である。図 10 は、図 9 に示す撮影範囲を真上から見た平面図を示す。ここでは、対象物 314 が、平面 314 A のほか、立方体 314 B 及び四角錐 314 C を含むものとする。

【0031】

図 4 に戻り、処理はステップ 404 に進む。制御部 206 は、格子点 A において、単眼カメラ 202 を用いて対象物 314 を撮影し、画像を取得する。図 8 に示すように、格子点 A は、移動範囲 600 の最上段の左上隅の格子点である。したがって、このときの撮影範囲は図 9 及び図 10 に示すようになり、対象物 314 の左上 4 分の 1 のみが撮影される

50



。制御部 206 は、取得した画像を、格子点 A の座標（すなわち、撮影時の単眼カメラ 202 の位置）に関するデータとともに格納してもよい。

【0032】

処理はステップ 406 に進み、制御部 206 は、必要な枚数の画像が取得されたか否かを判定する。必要な画像の枚数は、対象物 314 が有するすべての特徴点がそれらの画像に含まれるように予め設定される。この例では、必要な画像の枚数は、単眼カメラ 202 を移動させるべき格子点として予め定められた格子点の数と同数であり、9 枚となる。なお、ステップ 406 において、画像の枚数を判定することに代えて、単眼カメラ 202 が、予め定められたすべての格子点において撮影を行ったか否かを判定してもよい。

【0033】

必要な枚数の画像が取得されていないと判定すると（ステップ 406 の「N」）、処理はステップ 402 に戻る。ステップ 402 において、制御部 206 は、単眼カメラ 202 を別の格子点（例えば、格子点 B）へ移動させる。さらに、ステップ 404 において、制御部 206 は、その格子点において対象物 314 を撮影して、画像を取得する。図 8 に示すように、格子点 B は、格子点 A から Y 軸方向に 100 mm だけ離れた格子点である。したがって、このときの撮影範囲は図 9 及び図 10 に示すようになり、対象物 314 の上半分のみが撮影される。制御部 206 は、取得した画像を、格子点 B の座標に関する画像とともに格納してもよい。

【0034】

図 11 は、各格子点において単眼カメラ 202 によって撮影された、対象物 314 を含む画像を概略的に示す図である。ここでは、上述の例における格子点 A 及び B においてそれぞれ撮影された、画像 1118 A 及び 1118 B を示している。図 9 及び図 10 に関して既に説明したように、画像 1118 A においては、右下に立方体 314 B 及び四角錐 314 C が写っている。一方、画像 1118 B においては、左下に立方体 314 B 及び 314 C が写っている。格子点 A から撮影した場合と格子点 B から撮影した場合とは、単眼カメラ 202 から対象物 314 を見る角度が異なる（視差が存在する）。このため、画像 1118 A においては、対象物 314 の特徴点（例えば、立方体 314 B 及び四角錐 314 C の頂点）は右に寄っており、画像 1118 B においては、特徴点は左に寄っている。

【0035】

図 4 に戻り、必要な枚数の画像が取得されたと判定すると（ステップ 406 の「Y」）、処理はステップ 408 に進む。ステップ 408 において、制御部 206 は、取得された複数の画像から、同一の特徴点を含む 2 つの画像を選択する。制御部 206 は、単眼カメラが移動した格子点 A から I の位置、各格子点における単眼カメラ 202 の撮影範囲などの情報を予め有していてもよい。したがって、一例として、制御部 206 は、ステップ 408 において、隣接する格子点（例えば、格子点 A 及び B）において単眼カメラ 202 によって撮影された画像（例えば、画像 1118 A 及び 1118 B）を選択してもよい。

【0036】

処理はステップ 410 に進み、制御部 206 は、同一の特徴点の三次元座標を算出する。上述の例では、制御部 206 は、画像 1118 A 及び 1118 B の両方に写っている特徴点の三次元座標を算出する。特徴点の三次元座標を算出するに際し、画像から特徴点を検出（又は、抽出）する必要がある。特徴点の検出に用いられる様々な方法が知られている。例えば、画像に含まれる特徴点は、Harris corner response function などの手法を用いて検出することができる。

【0037】

図 12 は、三角法による特徴点の三次元座標の算出方法を概略的に表す図である。格子点 A において単眼カメラ 202 によって撮影された画像 1118 A、格子点 B において単眼カメラ 202 によって撮影された画像 1118 B、各々の撮影時の単眼カメラ 202 の位置（格子点 A 及び B の座標）に基づいて、三角法により、特徴点 P の三次元座標を算出することができる。このとき、画像 1118 A 及び 1118 B の各々に見られる特徴点 P の座標の差（視差）、当該視差に基づいて求められる、格子点 A 及び B を結ぶ線から特徴

10

20

30

40

50

点 P までの Z 軸方向の距離、単眼カメラ 202 の焦点距離、単眼カメラ 202 の移動距離（格子点 A と格子点 B との間隔）などの情報が用いられてもよい。三角法による座標の算出は当業者に知られた技術であるから、当業者にとって、本明細書に開示した本発明の実施形態の説明に基づいて図 4 のステップ 410 の処理を実施することができることは明白であろう。

【0038】

以下、特徴点の三次元座標の算出方法の一例を具体的に説明する。画像 1118A 及び画像 1118B において示される特徴点の X 座標及び Y 座標に基づいて、Z 座標が算出される。画像 1118A に含まれる特徴点のうちの一つを P1、画像 1118B に含まれる P1 と同じ特徴点を P2 とすると、以下の式が成り立つ。

【0039】

【数 1】

$$P1 = \begin{bmatrix} f & 0 & cx_1 & 0 \\ 0 & f & cy & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \end{bmatrix} \quad (1)$$

【0040】

【数 2】

$$P2 = \begin{bmatrix} f & 0 & cx_2 & T_x * f \\ 0 & f & cy & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \end{bmatrix}, \quad (2)$$

【0041】

ここで  $T_x$  は格子点 A と格子点 B との間隔、 $f$  は単眼カメラ 202 の焦点距離、 $cx_1$  は画像 1118A における X 座標、 $cx_2$  は画像 1118B における X 座標、 $cy$  は画像 1118A 及び 1118B における y 座標（ここでは、単眼カメラ 202 は格子点 A から格子点 B へ Y 軸方向に移動するため、y 座標は変化しない）である。

【0042】

三次元の実座標を  $(X, Y, Z)$ 、単眼カメラ 202 から得られる座標を  $(x, y, z)$  とすると、以下の関係式が成立する。したがって、三角法に基づいて実座標  $(X, Y, Z)$  を算出することができる。

【0043】

【数 3】

$$\begin{bmatrix} x \\ y \\ z \end{bmatrix} = R \begin{bmatrix} X \\ Y \\ Z \end{bmatrix} + t$$

$$x' = x/z$$

$$y' = y/z$$

$$u = f_x * x' + c_x$$

$$v = f_y * y' + c_y \quad (3)$$

【0044】

ここで  $t$  は単眼カメラ固有の歪み定数である。

【0045】

図 4 に戻り、処理はステップ 412 に進む。ステップ 412 において、制御部 206 は、ステップ 402 から 406 において取得されたすべての画像に含まれるすべての特徴点について三次元座標を算出したか否かを判定する。すべての特徴点の三次元座標がまだ算出されていないと判定される場合（ステップ 412 の「N」）、処理はステップ 408 に

10

20

30

40

50

戻り、ステップ 408 から 410 が繰り返される。すべての特徴点の三次元座標が算出されたと判定される場合（ステップ 412 の「Y」）、処理はステップ 414 に進む。

【0046】

ステップ 414 において、制御部 206 は、それぞれの同一の特徴点について、その特徴点に関して算出された複数の三次元座標に基づいて、補正された三次元座標を算出する。一例として、制御部 206 は、ステップ 408 から 412 の処理によりある特徴点に関して算出された複数の（例えば、2 つ、4 つなど）の三次元座標の値を平均化して、平均化された三次元座標をその特徴点の三次元座標として決定してもよい。これは一例にすぎず、当業者であれば、様々な方法を用いて、同一の特徴点に関して算出された複数の三次元座標に基づいて、三次元座標の補正を行うことができることを理解すべきである。

10

【0047】

図 5 は、三次元マトリクス状の移動範囲 600 を予め決定するための例示的な方法を示すフローチャートである。一実施形態において、図 5 に示す処理は、以下に説明するように、制御部 206 によって実行される。しかしながら、別の実施形態において、図 5 に示す処理の一部又は全部が他の方法で実施することができることは当業者にとって明らかである。

【0048】

処理はステップ 502 において開始し、制御部 206 は、単眼カメラ 202 により対象物 314 を撮影して、対象物 314 の 1 つ又は複数の画像を取得する。

【0049】

処理はステップ 504 に進み、制御部 206 は、取得された対象物 314 の 1 つ又は複数の画像に含まれる特徴点を検出する。

20

【0050】

処理はステップ 506 に進み、制御部 206 は、検出された特徴点の三次元座標を算出して、第 1 の三次元座標群を取得する。

【0051】

処理はステップ 508 に進み、制御部 206 は、取得された第 1 の三次元座標群に基づいて、単眼カメラ 202 が対象物 314 に接触せず且つ単眼カメラ 202 がすべての特徴点を撮影できるように、移動範囲 600 を決定する。移動範囲 600 を構成する三次元マトリクスに含まれる格子点の数、格子点間の距離などのパラメータは、上記の条件を満たす範囲で任意に設定することができる。

30

【0052】

上述の実施形態によれば、対象物の特徴点の三次元座標を高い精度で算出することが可能な小型の装置を提供することができる。

【0053】

以上、本発明の実施形態による装置及び方法について具体的に説明したが、上述の実施形態は例示に過ぎず、本発明の範囲を限定するものではない。本発明の技術的思想は、装置及び方法のほか、説明した実施形態の方法をコンピュータに実行させるプログラムなどの様々な態様で実施することが可能であることが理解されよう。また、本発明の趣旨及び範囲から逸脱することなく、実施形態の変更、追加、改良などを適宜行うことができることが理解されるべきである。本発明の範囲は、特許請求の範囲の記載に基づいて解釈されるべきであり、さらにその均等物を含むものと理解されるべきである。

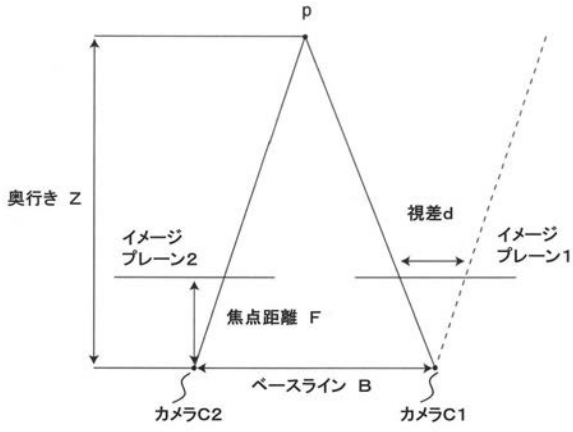
40

【符号の説明】

【0054】

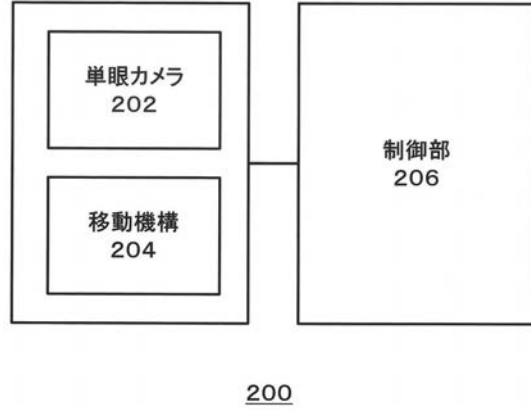
100 ...ステレオカメラ、200 ...装置、202 ...単眼カメラ、204 ...移動機構、206 ...制御部、300 ...装置、308 ... X 軸、310 ... Y 軸、312 ... Z 軸、314 ...対象物、314 A ...平面、314 B ...立方体、314 C ...四角錐、600 ...移動範囲、1118 A、1118 B ...画像

【図1】



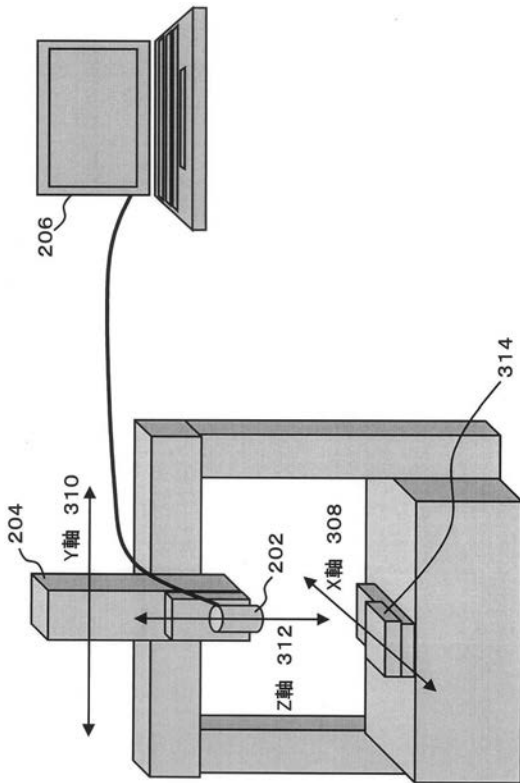
ステレオカメラ 100

【図2】

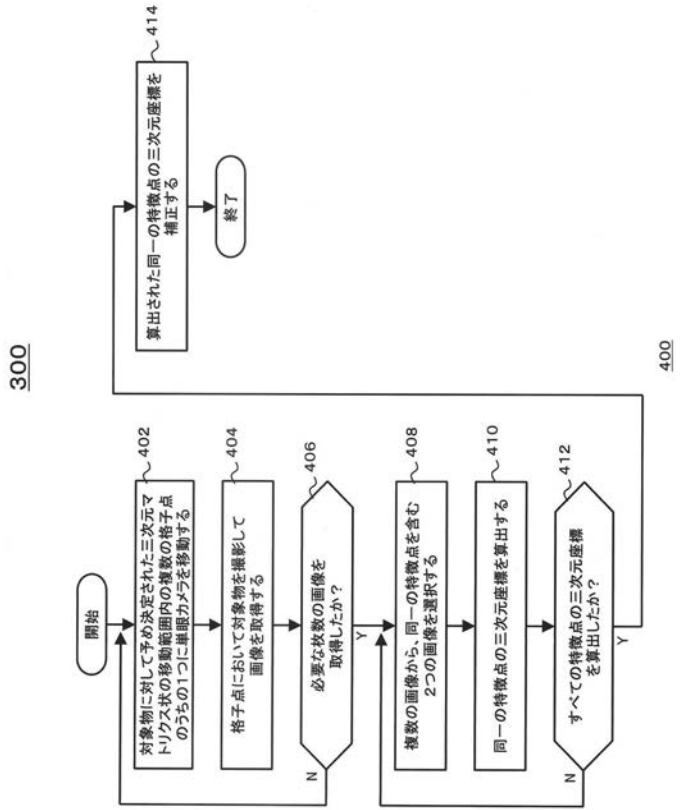


200

【図3】



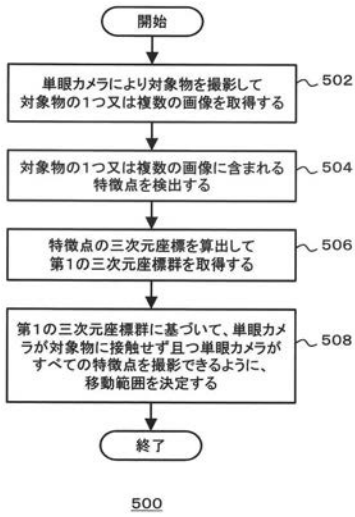
【図4】



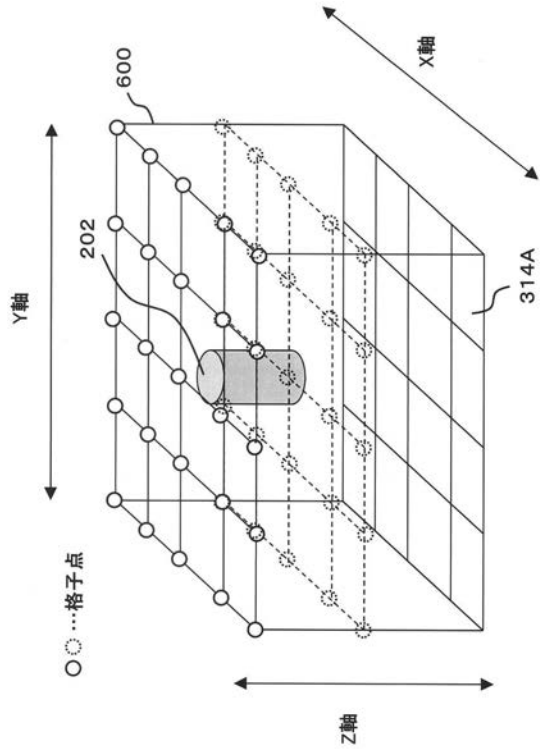
300

400

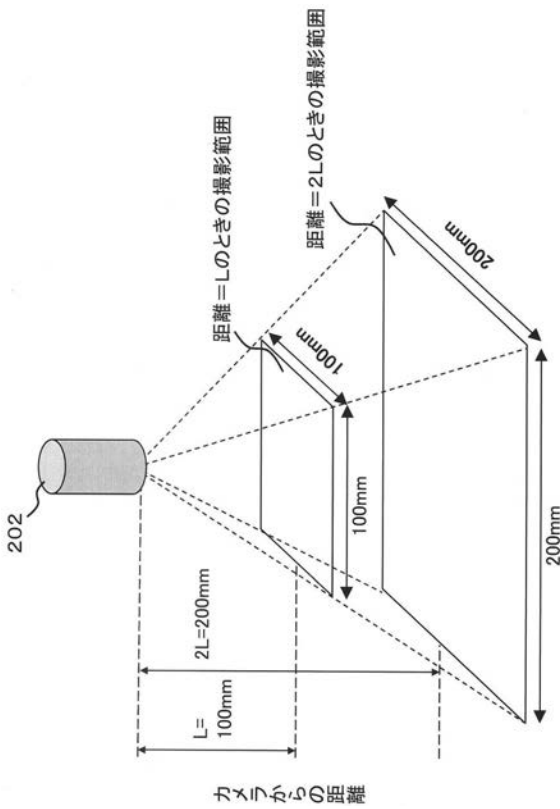
【 図 5 】



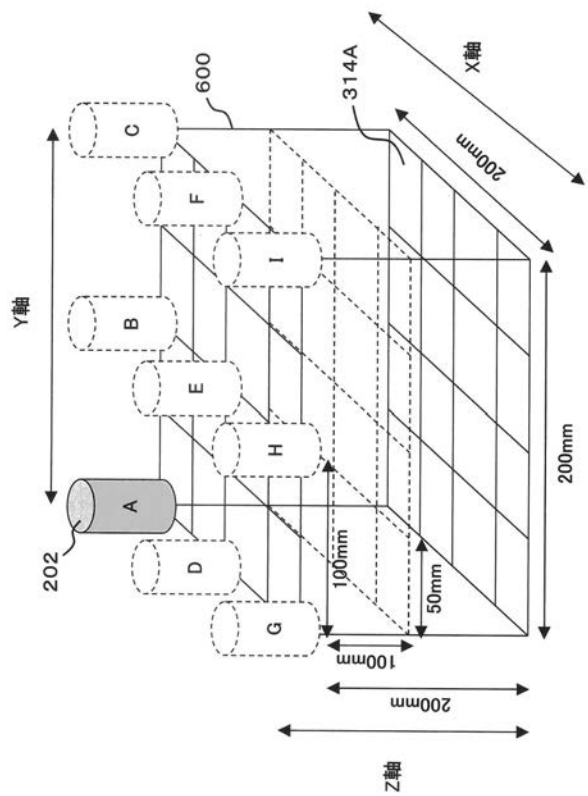
【 図 6 】



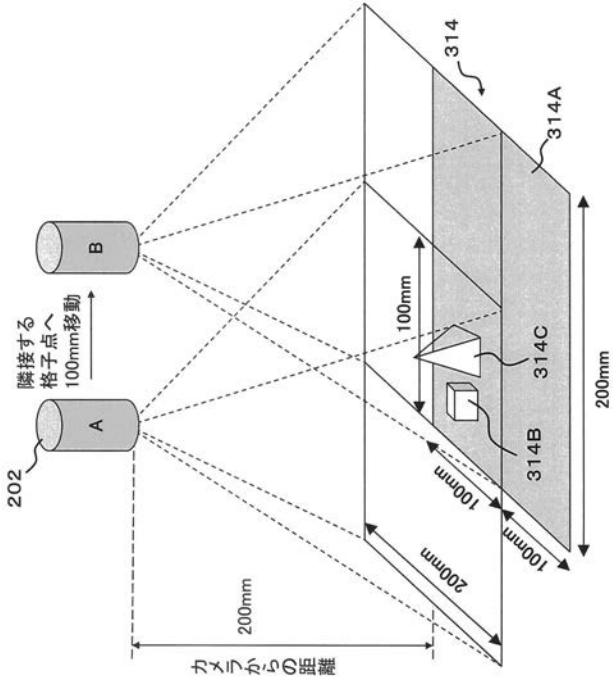
【 図 7 】



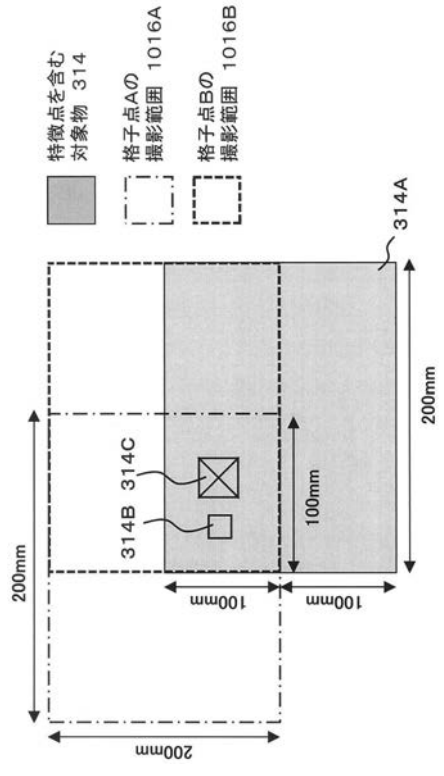
【 図 8 】



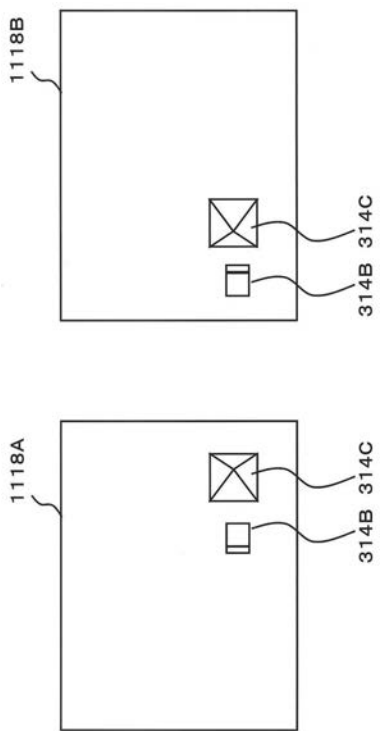
【図 9】



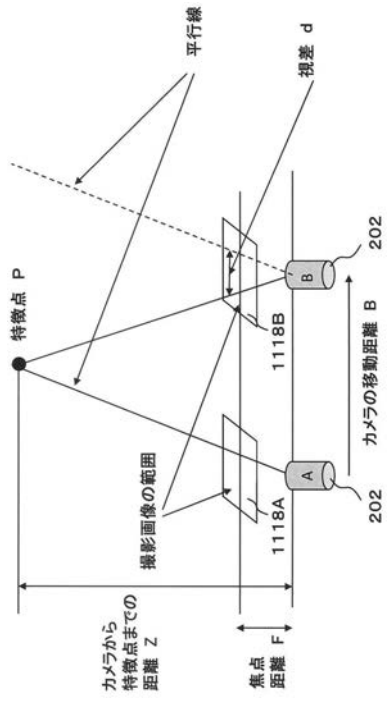
【図 10】



【図 11】



【図 12】



---

フロントページの続き

(74)代理人 100147991

弁理士 鳥居 健一

(72)発明者 平田 正彦

東京都品川区二葉二丁目1番2号 アベックスエナジー株式会社内

(72)発明者 後藤 隆幸

東京都品川区西品川1丁目2番地10号 T L C 株式会社内

(72)発明者 韓 元涉

東京都品川区二葉二丁目1番2号 アベックスエナジー株式会社内

Fターム(参考) 2F065 AA04 BB05 DD02 DD03 FF05 JJ03 JJ26 MM03 MM07 PP03

PP12 QQ24 QQ28 QQ31 QQ42 UU05

5B057 BA02 DA17 DB02 DC05 DC32 DC36

5L096 AA02 AA06 CA04 FA12 FA32 FA69