

(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2018-4357  
(P2018-4357A)

(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)	
GO1C	3/06	(2006.01)	GO1C	3/06	110B	2F065	
GO1B	11/00	(2006.01)	GO1B	11/00	H	2F112	
GO1B	11/26	(2006.01)	GO1B	11/26	H	5L096	
GO6T	7/00	(2017.01)	GO6T	7/00	C		
			GO6T	7/00	300D		

審査請求 未請求 請求項の数 11 O L (全 22 頁)

(21) 出願番号 特願2016-129134 (P2016-129134)  
(22) 出願日 平成28年6月29日 (2016.6.29)

(71) 出願人 000001007  
キヤノン株式会社  
東京都大田区下丸子3丁目30番2号  
(74) 代理人 100076428  
弁理士 大塚 康德  
(74) 代理人 100115071  
弁理士 大塚 康弘  
(74) 代理人 100112508  
弁理士 高柳 司郎  
(74) 代理人 100116894  
弁理士 木村 秀二  
(74) 代理人 100130409  
弁理士 下山 治  
(74) 代理人 100134175  
弁理士 永川 行光

最終頁に続く

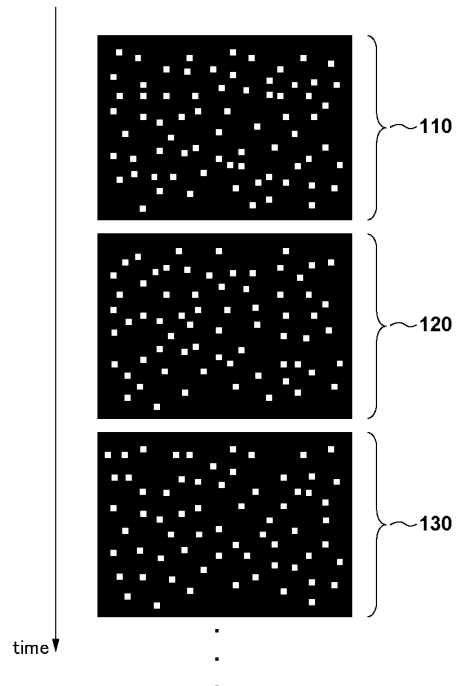
(54) 【発明の名称】 情報処理装置、情報処理装置の制御方法およびプログラム

(57) 【要約】

【課題】 物体の形状に依存せずに距離計測を高精度に行う。

【解決手段】 情報処理装置であって、投影装置が物体に投影するパターンを制御する制御部と、パターンが投影された物体を撮影する複数の撮影装置により複数の時間にそれぞれ撮影された複数の画像を取得する取得部と、複数の撮影装置によりそれぞれ撮影された画像情報、画像の画素値の時間変化の情報を用いてマッチングを行うことにより、物体の距離情報を計測する計測部とを備える。

【選択図】 図1



**【特許請求の範囲】****【請求項 1】**

投影装置が物体に投影するパターンを制御する制御手段と、  
前記パターンが投影された前記物体を撮影する複数の撮影装置により複数の時間にそれぞれ撮影された複数の画像を取得する取得手段と、  
前記複数の撮影装置によりそれぞれ撮影された画像間において、画像の画素値の時間変化の情報を用いてマッチングを行うことにより、前記物体の距離情報を計測する計測手段と、  
を備えることを特徴とする情報処理装置。

**【請求項 2】**

前記物体と撮影装置との間の複数の時間における相対的な位置姿勢の情報を取得する位置姿勢取得手段をさらに備え、  
前記計測手段は、前記複数の時間における前記位置姿勢の情報に基づいて前記マッチングを行う画素を選択し、当該選択した画素の画素値の時間変化の情報を用いて前記マッチングを行うことを特徴とする請求項 1 に記載の情報処理装置。

**【請求項 3】**

画像中における前記物体の動きの大きさに基づいて、前記マッチングに用いるブロックの時空間的な形状を設定する設定手段をさらに備え、  
前記計測手段は、前記設定手段により設定された形状のブロックに基づいて前記画像の画素値の時間変化の情報を用いた前記マッチングを行うことにより、前記距離情報を計測することを特徴とする請求項 1 に記載の情報処理装置。

**【請求項 4】**

前記設定手段は、前記物体の動きが大きいほど前記ブロックの空間的なサイズを大きく設定することを特徴とする請求項 3 に記載の情報処理装置。

**【請求項 5】**

前記設定手段は、前記物体の動きが小さいほど前記ブロックの時間的なサイズを大きく設定することを特徴とする請求項 3 又は 4 に記載の情報処理装置。

**【請求項 6】**

前記投影装置は、1 つ以上の光源と、光源からの光の入射に応じてパターンを生成する 1 つ以上の光学素子とを備え、  
前記制御手段は、前記光学素子への前記光源からの入射光の位置及び方向と、前記光源の発光のオンオフと、前記光源の波長とのうち少なくとも何れか 1 つを変化させることにより、前記パターンを変化させることを特徴とする請求項 1 乃至 5 の何れか 1 項に記載の情報処理装置。

**【請求項 7】**

前記制御手段は、前記投影装置が前記物体に投影するパターンを変化させることを特徴とする請求項 1 乃至 6 の何れか 1 項に記載の情報処理装置。

**【請求項 8】**

前記パターンはテクスチャパターンであることを特徴とする請求項 1 乃至 7 の何れか 1 項に記載の情報処理装置。

**【請求項 9】**

前記距離情報は、視差の値、距離の値、三次元座標の値のいずれかであることを特徴とする請求項 1 乃至 8 のいずれか 1 項に記載の情報処理装置。

**【請求項 10】**

情報処理装置の制御方法であって、  
投影装置が物体に投影するパターンを制御する制御工程と、  
前記パターンが投影された前記物体を撮影する複数の撮影装置により複数の時間にそれぞれ撮影された複数の画像を取得する取得工程と、  
前記複数の撮影装置によりそれぞれ撮影された画像間において、画像の画素値の時間変化の情報を用いてマッチングを行うことにより、前記物体の距離情報を計測する計測工程

10

20

30

40

50

と、

を有することを特徴とする情報処理装置の制御方法。

【請求項 11】

コンピュータを、請求項 1 乃至 9 の何れか 1 項に記載の情報処理装置の各手段として機能させるためのプログラム。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、情報処理装置、情報処理装置の制御方法およびプログラムに関する。

【背景技術】

10

【0002】

従来、ステレオカメラにより撮影された 2 枚の画像上で各領域の対応をブロックマッチングなどの方法により計算し、求めた対応関係を用いて三角測量の原理に基づき物体表面までの距離を計測する技術が知られている。一般にブロックマッチングでは画像上の各部位を平面のブロックに近似してマッチングを行う。しかし、ステレオカメラを利用する距離の計測方法では、例えば白い紙など特徴の少ない物体を対象とする場合、ブロックマッチングの精度が低下することがある。

【0003】

これに対し、非特許文献 1 では、テクスチャパターンを物体の表面に投影して表面に 2 次元的な特徴を付与し、ステレオカメラで当該物体を撮影した画像を使用したブロックマ

20

【先行技術文献】

【非特許文献】

【0004】

【非特許文献 1】Manabu Hashimoto, and Kazuhiko Sumi, "3-D Object Recognition Based on Integration of Range Image and Gray-scale", British Machine Vision Conference(BMVC), 2001.

【非特許文献 2】R. Y. Tsai, "A versatile camera calibration technique for high-accuracy 3D machine vision metrology using off-the-shelf TV cameras and lenses" I

30

EEE Journal of Robotics and Automation, vol.RA-3, no.4, 1987.

【非特許文献 3】R. A. Newcombe, S. Izadi, O. Hilliges, D. Molyneaux, D. Kim, A. J. Davison, P. Kohli, J. Shotton, S. Hodges, and A. Fitzgibbon. KinectFusion: Real-Time Dense Surface Mapping and Tracking. ISMAR 2011.

【非特許文献 4】M. Bleyer, C. Rhemann, and C. Rother. PatchMatch Stereo - Stereo Matching with Slanted Support Windows. Proc. BMVC 2011

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

しかしながら、非特許文献 1 に記載の技術では、細い形状や小さな形状など、凹凸の激しい形状の場合は平面のブロックに近似することが難しくなり、距離計測の精度が低下する可能性があるという課題がある。

40

【0006】

本発明は、上記の課題に鑑みてなされたものであり、物体の形状に依存せずに距離計測を高精度に行うための技術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】

【0007】

上記の目的を達成する本発明に係る情報処理装置は、

投影装置が物体に投影するパターンを制御する制御手段と、

前記パターンが投影された前記物体を撮影する複数の撮影装置により複数の時間にそれぞれ撮影された複数の画像を取得する取得手段と、

50

前記複数の撮影装置によりそれぞれ撮影された画像間において、画像の画素値の時間変化の情報を用いてマッチングを行うことにより、前記物体の距離情報を計測する計測手段と、

を備えることを特徴とする。

【発明の効果】

【0008】

本発明によれば、物体の形状に依存せずに距離計測を高精度に行うことが可能となる。

【図面の簡単な説明】

【0009】

【図1】本発明に係るテクスチャパターンの変化の例を示す図である。

10

【図2】一般的なブロックマッチングの方法を説明する図である。

【図3】第1の実施形態に係るブロックマッチングの方法を説明する図である。

【図4】第1の実施形態に係る情報処理装置の構成を示す図である。

【図5】第1の実施形態に係る情報処理装置の処理手順を示すフローチャートである。

【図6】第2の実施形態に係るブロックマッチングの方法を説明する図である。

【図7】第2の実施形態に係るブロックマッチングの方法を説明するもう1つの図である。

【図8】第2の実施形態に係る情報処理装置の構成を示す図である。

【図9】第2の実施形態に係る情報処理装置の処理手順を示すフローチャートである。

【図10】第3の実施形態に係るブロックマッチングの方法を説明する図である。

20

【図11】第3の実施形態に係る情報処理装置の構成を示す図である。

【図12】第3の実施形態に係る情報処理装置の処理手順を示すフローチャートである。

【図13】第1の変形例に係る投影装置の構成を示す図である。

【発明を実施するための形態】

【0010】

以下、図面を参照しながら実施形態を説明する。なお、以下の実施形態において示す構成は一例に過ぎず、本発明は図示された構成に限定されるものではない。

【0011】

(第1の実施形態)

本実施形態では、時間経過に応じてテクスチャを変化させたテクスチャパターンをプロジェクタにより物体へ投影し、ステレオカメラにより当該物体を撮影する。そして撮影した画像について、画像の画素値の時間変化の情報を用いてマッチングを行うことにより、物体までの距離を計測する例を説明する。テクスチャパターンの変化の一例を、図1のテクスチャパターン110、120、130に示す。テクスチャパターン110、120、130は、時間の変化に応じて、ドットの位置を変えたパターンである。

30

【0012】

<一般的なブロックマッチング>

まず、一般的なブロックマッチングについて説明する。一般的なブロックマッチングでは、画像上の2次元の輝度分布の情報に基づいてマッチングを行う。例えば、画像上の物体の各部位を平面のブロックに近似してマッチングを行う。なお、マッチングを正確に行うためには、一定以上の輝度分布の情報が必要であり、そのためには、ブロックのサイズは一定以上に設定する必要がある。しかし、平面のブロックに近似しにくい凹凸の激しい形状を有する物体を計測対象とする場合、距離の計測精度が低下する可能性がある。

40

【0013】

図2は、一般的なブロックマッチングに基づく距離の計測方法を説明する図である。図2の211と212は、ステレオカメラで撮影した画像を示す。213は、距離の計測に利用するブロックを示す。214は、ブロックのマッチングを行う範囲を示す。215は、マッチングに利用するブロック213内の画素1つ1つを示す。215の複数の四角形の色は、各画素の輝度値を示す。215が示すように、一般的なブロックマッチングでは、画像のブロック内の2次元座標に含まれる画素(空間的な情報)を手掛かりにマッ

50

グを行う。ここで、「空間的」な情報とは、画像の座標軸(x軸とy軸)方向に分布する情報であることを表す。216は、マッチングに利用するブロック213内の画素の座標を、時間軸(time)と空間軸(space)において表わす図である。216のspace軸は、空間的な2次元のx軸とy軸を簡単のため1本にまとめた軸である。215と216が示すように、一般的なブロックマッチングでは、ある特定の時間の空間的な情報のみを利用して、マッチングを行う。

#### 【0014】

##### <実施形態に係るブロックマッチング>

これに対し、本実施形態では、テクスチャパターンの変化による、画像上の画素の時間的な輝度変化(画素値の変化)の情報を更に使用してマッチングを行う。ここでは、画素の時間的な輝度変化の情報を加えた分、ブロックの空間的なサイズを小さく設定できる。空間的に小さなサイズのブロックであれば、凹凸の激しい形状に対しても、平面の近似が可能になるため、精度を落とすことなく距離を計測できる。

10

#### 【0015】

図3は、本実施形態に係るブロックマッチングの方法を説明する図である。図3の221と222は、ステレオカメラで撮影した画像群を示す。221と222は、異なる時刻に撮影した画像を並べた状態を示している。223は、マッチングに利用するブロックを示す。本実施形態におけるブロックは、画像の空間的なサイズを小さくするために、時刻の異なる画像の画素の情報も利用する。本実施形態では、ブロックの空間的なサイズは1画素とする。224は、ブロックのマッチングを行う範囲を示す。225は、マッチングに利用するブロック内の画素1つ1つを示す。226は、マッチングに利用するブロック223内の画素の座標を、時間軸(time)と空間軸(space)について表す。225と226が示すように、本実施形態では、画像上の画素の時間的な輝度変化を利用して、マッチングを行う。

20

#### 【0016】

本実施形態では、画像上の画素の時間的な輝度変化の情報を加えてマッチングを行うことで、ブロックの空間的なサイズを小さく設定できる。空間的に小さなサイズのブロックであれば、凹凸の激しい形状に対しても、平面の近似が可能になるため、高精度に距離を計測できる。

#### 【0017】

##### <情報処理システムの構成>

次に、本実施形態に係る情報処理システムの構成例について説明する。図4に示すように、情報処理システムは、情報処理装置310と、投影装置410と、撮影装置420、430とを備えている。500は計測対象となる物体である。情報処理装置310は、パターン変化制御部311、画像取得部312、及び計測部313を備えている。投影装置410は、画像の入力に応じてテクスチャパターンを物体500に向けて投影するプロジェクタである。撮影装置420、430は、例えば濃淡画像を撮影する2台のカメラである。本実施形態では、投影装置410と、撮影装置420及び430とは、相対的に位置関係が固定されているものとする。

30

#### 【0018】

また、撮影装置420、430の焦点距離や主点位置、レンズ歪パラメータなどの内部パラメータ、撮影装置420と撮影装置430との相対的な位置姿勢を表わす外部パラメータは予め校正しておく。校正方法は公知の手法を用いればよく、非特許文献2に示す方法で校正できる。なお、撮影装置420と撮影装置430とは、水平に並べた状態で配置する。また、以降、撮影装置420を左眼11の装置、撮影装置430を右眼12の装置とも表記する。

40

#### 【0019】

続いて、情報処理装置310の構成について詳述する。パターン変化制御部311は、物体500に対してテクスチャパターンを投影する投影装置410を制御して、当該テクスチャパターンを時間経過に対して変化させる。

50

## 【 0 0 2 0 】

画像取得部 3 1 2 は、複数時刻  $t$  において、撮影装置 4 2 0 , 4 3 0 で撮影した画像を取得する。ここで取得した画像は、マッチングにより距離を計測するために利用される。 $t$  は、画像を撮影した時刻 ( $t=t_0, t_1, t_2, \dots$ ) を表わす。各時刻  $t$  において、左眼 I1 の装置で撮影した画像は  $I1(t)$ 、右目 I2 の装置で撮影した画像は  $I2(t)$  と表わす。また、画像上の画素値は、 $I1(t, u, v)$ 、 $I2(t, u, v)$  と表わす。 $u$  と  $v$  は、画像上の  $x$  軸と  $y$  軸についての座標を表わす。座標の原点は画像の左上であり、画像の右向きを  $x$  軸、画像の下向きを  $y$  軸とする。

## 【 0 0 2 1 】

計測部 3 1 3 は、画像取得部 3 1 2 により取得した画像群に基づいて、左眼 I1 の装置により撮影された画像における距離マップ  $D(t_n)$  を計測する。ここで、 $t_n$  は距離を算出する時刻を表す。また、距離マップ  $D(t_n)$  の各座標  $(u, v)$  における距離は  $D(t_n, u, v)$  と表わす。距離  $D(t_n, u, v)$  は、左眼 I1 の装置の光軸の向き ( $Z$  軸方向) についての長さを表わす 1 次元の数値である。計測部 3 1 3 では、まずステレオカメラ (撮影装置 4 2 0 , 4 3 0 ) により撮影された画像の視差マップ  $d(t_n)$  を計測した後、視差マップを距離マップに変換する。視差マップ  $d(t_n)$  の各座標  $(u, v)$  の視差は  $d(t_n, u, v)$  と表わす。視差  $d(t_n, u, v)$  は、左眼 I1 の装置により撮影された画像上の座標  $(u, v)$  と対応する右眼 I2 の装置により撮影された画像上の座標との差を表わす 1 次元の数値である。

## 【 0 0 2 2 】

< 処理 >

次に、本実施形態に係る情報処理装置が実施する処理について説明する。図 5 は、本実施形態に係る情報処理装置 3 1 0 が実施する処理の手順を示すフローチャートである。

## 【 0 0 2 3 】

(ステップ S 6 1 1 )

パターン変化制御部 3 1 1 は、投影装置 4 1 0 が物体 5 0 0 に対して投影するテクスチャパターンを制御する。この時、時間経過に応じてテクスチャパターンを変化させる。本実施形態では、テクスチャパターンとして、異なるランダムパターンを  $N$  枚用意し、撮影装置 4 2 0 及び撮影装置 4 3 0 の撮影タイミングに合わせて、ランダムパターンを切り替える制御を行う。

## 【 0 0 2 4 】

ランダムパターンは、例えば、パターンの輝度値 (画素値) をランダムに変化させることにより生成する。異なるランダムパターンは、ランダムのシードを変えることにより生成する。異なるランダムパターンの例が、図 1 に示した 1 1 0、1 2 0、1 3 0 である。図 1 の 1 1 0、1 2 0、1 3 0 は、パターン上にランダムに配置したドットの位置がそれぞれ異なっている。なお、本実施形態では、白いドットを高輝度に、背景を低輝度にしてランダムパターンを生成する。

## 【 0 0 2 5 】

(ステップ S 6 1 2 )

画像取得部 3 1 2 は、各時刻  $t$  において、撮影装置 4 2 0 , 4 3 0 により撮影された画像を取得する。本実施形態では、距離を算出する時刻を  $t_n$  として、時刻  $t_n$  を含めた過去  $M$  枚分の画像を取得する。

## 【 0 0 2 6 】

(ステップ S 6 1 3 )

計測部 3 1 3 は、複数の撮影装置 4 2 0 , 4 3 0 によりそれぞれ撮影されて画像取得部 3 1 2 により取得された画像群について、画像間の対応を画像の画素値の時間変化に基づいて探索することにより、左眼 I1 の画像における距離マップ  $D(t_n)$  を計測する。そして、距離マップ  $D(t_n)$  の計測によって物体 5 0 0 までの距離を計測する。

## 【 0 0 2 7 】

まず、左眼 I1 の画像上の各画素を順番に選択する。本実施形態では、ラスタスキャンの要領で、画像上の左上から右下に向けて順番に画素を選択する。以降、選択した画素の座

10

20

30

40

50

標は(u,v)と表わす。

【 0 0 2 8 】

次に、左眼I1の画像上の座標(u,v)について、対応する右眼I2の画像上の座標を計測する。つまり、視差d(tn,u,v)を計測する。ここでは、視差の値を変数としたマッチングの整合度Eに基づいて、整合度Eが最も高くなる視差の値dを探索する。整合度Eは式(1)に示すSAD(Sum of Absolute Difference)に基づいて計算する。

【 0 0 2 9 】

【 数 1 】

$$E(tn, u, v, d) = -SAD(tn, u, v, d) = - \sum_{t=tn-(M-1)}^{tn} \sum_{a=-w}^w \sum_{b=-w}^w F(t, u+a, v+b, d) \dots (1)$$

10

【 0 0 3 0 】

【 数 2 】

$$F(t, x, y, d) = |I1(t, x, y) - I2(t, x - d, y)| \dots (2)$$

20

【 0 0 3 1 】

式(1)の評価値である整合度Eは、左眼I1と右眼I2との間で比較する画素値が整合するほど高い値となる。ここでは、座標(u,v)を中心とした座標(a,b)と時刻tについて、画素値の整合度の総和を計算する。Wは、マッチングに利用するブロックの空間的なサイズを表す。Mは、マッチングに利用するブロックの時間的なサイズを表す。関数Fは、注目する座標(x,y)と時刻tについて、視差dが示す2つの座標の画素値の差を計量する関数である。Fの詳細は、式(2)に示す。関数Fでは、時刻tの画像I1(t)と画像I2(t)について、座標(x,y)と座標(x-d,y)との画素値の差の絶対値を計量する。

【 0 0 3 2 】

本実施形態では、W=0として、ブロックの空間的なサイズは1画素として計算する。そのため、aとbの値は常に0であり、注目する座標(u,v)の周囲の画素は利用しない。一方、式(1)の1つ目(最も左)の総和( )が示すように、時刻t-(M-1)から時刻tまでのM枚の画像の範囲で、注目する座標(u,v)における画素値を利用する。これにより、時間的な画素値の輝度変化が整合する視差dを与えたときに、整合度Eの値が高くなる。

30

【 0 0 3 3 】

以上説明した式(1)の整合度Eの計算式に基づいて、所定の範囲(dmin~dmax)で視差dを変化させ、整合度Eの最も高くなる視差dを選択する。ここで選択したdは、以降、d(tn,u,v)と表記する。なお、dminとdmaxは、ステレオ画像の視差の下限と上限を表わす。dminとdmaxの値は、予め設定する固定値とする。

【 0 0 3 4 】

次に、視差d(tn,u,v)を距離D(tn,u,v)に変換する。撮影装置420と430の相対的な位置姿勢が既知の場合、視差と距離とは相互に変換できる。変換式の例を式(3)に示す。

40

【 0 0 3 5 】

【数 3】

$$D = A(d) = \frac{f \cdot L}{d}, \quad d = B(D) = \frac{f \cdot L}{D} \quad \dots (3)$$

【0036】

ここで、関数Aは視差を距離に変換する関数、Bは距離を視差に変換する関数を表わす。fはカメラの焦点距離、Lはステレオカメラ（撮影装置420, 430）のベースライン（ステレオカメラの間隔）、Dは距離、dは視差を表わす。このうち、関数Aを利用して、視差 $d(t_n, u, v)$ を距離 $D(t_n, u, v)$ に変換する。以上の操作を、選択する画素の座標 $(u, v)$ を変えて行うことで、左眼I1の画像における距離マップ $D(t_n)$ を計測する。

10

【0037】

以上述べたように、本実施形態では、画像上の画素の時間的な輝度変化（画素値変化）の情報を加えてマッチングを行うことで、ブロックの空間的なサイズを小さく設定できる。空間的に小さなサイズのブロックであれば、凹凸の激しい形状に対しても、平面の近似が可能になるため、高精度に距離を計測できる。従って、物体の形状に依存せずに距離計測を高精度に行うことが可能となる。

【0038】

（第2の実施形態）

本実施形態では、動的な条件における距離計測の方法を説明する。ここで、動的な条件とは、撮影装置と物体との相対的な位置姿勢が変化する場合を意味する。具体的には、本実施形態では撮影装置を動かす場合を考える。

20

【0039】

動的な条件では、撮影の度に、物体の異なる位置の画素が観測されることになる。本実施形態では、この問題を解決するため、撮影装置の位置姿勢を計測し、画像上で観測される物体の位置の変化をキャンセルするようにマッチングに利用する座標を選択する例を説明する。

【0040】

図6は、本実施形態のマッチング方法を説明する図である。図6の231と232は、ステレオカメラで撮影した画像を示す。231と232は、異なる時刻で撮影した画像の並べた状態を図示する。233は、マッチングに利用するブロックを示す。本実施形態では、本実施形態では、ブロックの空間的なサイズは1画素とする。234は、ブロックのマッチングを行う範囲を示す。235は、マッチングに利用する画素1つ1つを示す。235の複数の四角形の色は、各画素の輝度値を示す。236は、マッチングに利用するブロック233内の画素の座標を、時間軸(time)と空間軸(space)について表す。235と236が示すように、本実施形態のマッチングでは、単純に同一の座標の画素を選択するわけではなく、各時刻の位置姿勢に基づいて、画像上で観測される物体の位置の変化をキャンセルするように利用する画像上の座標を選択する。

30

40

【0041】

図7は、具体的に、画像群からマッチングに利用する画素の座標を選択する例を表す。237は、撮影した画像群を表す。238は、画像上で観測される物体である。239は、物体の位置の変化をキャンセルするように、マッチングに利用する画素の座標を選択した結果を表す。ここで、物体にはテクスチャパターンを投影しているため、ここで選択した画素は、図6の235が示すように、輝度値には変化があり、この変化を特徴としてマッチングを行う。

【0042】

&lt; 情報処理システムの構成 &gt;

次に、本実施形態に係る情報処理システムの構成例について説明する。本実施形態では

50

、第1の実施形態とは情報処理装置の構成が異なる。図において、320は本実施形態の情報処理装置を示す。本実施形態では、投影装置410と撮影装置420、430とは相対的に位置関係が固定されているものとする。情報処理装置320は、パターン変化制御部321、画像取得部322、位置姿勢取得部323、及び計測部324を備えている。

【0043】

本実施形態では、相対的に固定された投影装置410と撮影装置420、430とのセットを動かしながら物体500を観測する。

【0044】

パターン変化制御部321及び画像取得部322は、第1の実施形態に係るパターン変化制御部311及び画像取得部312と同様の機能を有する。位置姿勢取得部323は、複数時刻 $t$ における撮影装置420の位置姿勢を取得する。ここで、位置姿勢は、時刻 $t_n$ における撮影装置420の配置を基準座標系として、各時刻 $t$ における撮影装置420の位置姿勢を取得する。なお、位置姿勢は、具体的には3行3列の回転行列 $R$ と、3行1列の並進ベクトル $T$ とで構成される。

10

【0045】

計測部324は、画像取得部322により取得された画像群に基づいて、左眼I1の画像における距離マップ $D(t_n)$ を計測する。第1の実施形態とは異なり、計測部324は、視差を計測するためにマッチングを行う際に、それぞれの時刻の撮影装置420の位置姿勢に基づいて、マッチングに利用する画像上の座標を選択する。

【0046】

20

<処理>

次に、本実施形態に係る情報処理装置が実施する処理について説明する。図9は、本実施形態に係る情報処理装置320が実施する処理の手順を示すフローチャートである。

【0047】

本実施形態におけるパターン変化制御(ステップS621)と、画像取得(ステップS622)の処理は、第1の実施形態における処理と同じであるため、説明を省略する。以下、位置姿勢取得(ステップS623)と、計測(ステップS624)の処理を説明する。

【0048】

(ステップS623)

30

位置姿勢取得部323は、各時刻 $t$ における撮影装置420の位置姿勢を取得する。本実施形態では、ICP(iterative closest point)に基づいて、位置姿勢を計測する方法を説明する。

【0049】

まず、各時刻 $t$ における距離マップを1時刻だけの画像を利用して計測する。ここで、計測する距離マップを $D'(t)$ と表わす。距離マップ $D'(t)$ は、例えば、画像の空間的な情報に基づく、一般的なブロックマッチングに基づいて計算できる。例えば、非特許文献1に記載の方法を利用できる。

【0050】

40

次に、基準とする時刻 $t_n$ での距離マップ $D'(t_n)$ に対して、各時刻 $t$ の距離マップ $D'(t)$ をICP(iterative closest point)を使って合わせることで、時刻 $t_n$ における基準座標系に対する相対的な位置姿勢を計測する。ICP(iterative closest point)に基づく位置姿勢の計測方法は、非特許文献3に基づく方法などが利用できる。ここで、取得した各時刻 $t$ の回転行列と並進ベクトルはそれぞれ $R(t)$ 、 $T(t)$ と表わす。

【0051】

(ステップS624)

計測部324は、画像取得部322により取得された画像群に基づいて、左眼I1の画像における距離マップ $D(t_n)$ を計測する。まず、左眼I1上の各画素を順番に選択する。本実施形態では、ラスタスキャンの要領で、画像上の左上から右下に向けて順番に選択する。以降、選択した座標は $(u, v)$ と表わす。

50

【 0 0 5 2 】

次に、左眼I1上の座標(u,v)について、対応する右眼I2上の座標を計測する。つまり、視差d(tn,u,v)を計測する。ここでは、視差の値を変えた時のマッチングの整合度Eに基づいて、整合度Eが最も高くなる視差の値dを探索する。整合度Eは式(4)に示すSAD(Sum of Absolute Difference)に基づいて計算する。

【 0 0 5 3 】

【 数 4 】

$$E(tn, u, v, d) = -SAD(tn, u, v, d) = - \sum_{t=tn-(M-1)}^{tn} \sum_{a=-w}^w \sum_{b=-w}^w G(t, u+a, v+b, d) \dots (4)$$

10

【 0 0 5 4 】

【 数 5 】

$$G(t, x, y, d) = |I1(t, Sx, Sy) - I2(t, Sx - Sd, Sy)| \dots (5)$$

【 0 0 5 5 】

【 数 6 】

$$\begin{pmatrix} Sx \\ Sy \end{pmatrix} = Q(P(t, O(x, y, d))), Sd = B(Pz(t, O(x, y, d))) \dots (6)$$

20

【 0 0 5 6 】

【 数 7 】

$$O(x, y, d) = A(d) \cdot \begin{pmatrix} (x - Cx)/f \\ (y - Cy)/f \\ 1 \end{pmatrix} \dots (7)$$

30

【 0 0 5 7 】

【 数 8 】

$$P(t, K) = R(t) \cdot K + T(t) \dots (8)$$

40

【 0 0 5 8 】

【 数 9 】

$$Q(K) = \begin{pmatrix} f \cdot (Kx/Kz) + Cx \\ f \cdot (Ky/Kz) + Cy \end{pmatrix} \dots (9)$$

【 0 0 5 9 】

式(4)の評価値である整合度Eは、左眼I1と右眼I2との間で比較する画素値が整合す

50

るほど高い値となる。ここでは、座標  $(u, v)$  を中心とした空間的な座標の位置  $(a, b)$  と時刻  $t$  について、画素の整合度の総和を計算する。 $W$  は、マッチングに利用するブロックの空間的なサイズを表す。 $M$  は、マッチングに利用するブロックの時間的なサイズを表す。関数  $G$  は、注目する座標  $(x, y)$  と時刻  $t$  について、視差  $d$  が示す 2 つの座標の画素値の差を計量する関数である。関数  $G$  の詳細は、式 (5) に示す。関数  $G$  では、基準とする時刻  $t_n$  における座標  $(x, y)$  と視差  $d$  の値に基づいて、時刻  $t$  の位置姿勢において選択する座標  $(S_x, S_y)$  と視差  $S_d$  を計算した後に、画素値を参照する。

#### 【0060】

具体的な計算を式 (6)、式 (7)、式 (8)、式 (9) に示す。ここで、式 (7) の関数  $O$  は、座標  $(x, y)$  と視差  $d$  の値を 3 次元座標に変換する関数を表わす。関数  $O$  の  $C_x, C_y$  は撮影装置 420 の画像中心を表わすパラメータ、 $f$  は撮影装置 420 の焦点距離を表わす。  $A$  は、視差を距離に変換する関数であり、詳細は式 (3) に示した通りである。式 (8) の関数  $P$  は、時刻  $t$  の撮影装置 420 の位置姿勢に 3 次元座標  $K$  を変換する関数を表わす。式 (9) の関数  $Q$  は、3 次元座標  $K$  を画像上の 2 次元座標に変換する関数を表わす。関数  $Q$  の  $K_x, K_y, K_z$  は、3 次元座標  $K$  の各軸の成分を表わす。

#### 【0061】

式 (6) では、関数  $O$  及び関数  $P$  に基づいて、注目する座標  $(x, y)$  と視差の値から、時刻  $t$  における 3 次元座標を計算した後、関数  $Q$  に基づいて、時刻  $t$  における画像上の座標  $(S_x, S_y)$  を計算する。また、関数  $B$  に基づいて、時刻  $t$  における視差  $S_d$  を計算する。関数  $B$  は、距離を視差に変換する関数であり、詳細は式 (3) に示した通りである。式 (6) の  $P_z(t, O(x, y, d))$  は、関数  $P$  の示す 3 次元座標の  $Z$  軸の成分を表わす。

#### 【0062】

本実施形態では、 $W=0$  と与え、ブロックの空間的なサイズは 1 画素として計算する。一方、式 (4) の 1 つ目の総和 ( ) が示すように、時刻  $t_n - (M-1)$  から時刻  $t_n$  までの  $M$  枚の画像の範囲で、画素値の差を計算する。このとき、画素値の差を計量する 2 つの座標は、各時刻  $t$  の撮影装置 420 の位置姿勢に応じて選択する。以上説明した式 (4) の整合度  $E$  の計算式に基づいて、所定の範囲 ( $d_{min} \sim d_{max}$ ) で視差  $d$  を変化させ、整合度  $E$  が最も高くなる視差  $d$  を選択する。選択した視差  $d$  は  $d(t, u, v)$  と表記する。

#### 【0063】

次に、視差  $d(t, u, v)$  を距離  $D(t, u, v)$  に変換する。変換式は、式 (3) に示した通りである。以上の操作を、選択する画素の座標  $(u, v)$  を変えて行うことで、左眼  $l1$  の画像における距離マップ  $D(t_n)$  を計測する。

#### 【0064】

以上述べたように、本実施形態では、複数時刻における計測対象の物体と撮影装置との相対的な位置姿勢を取得し、取得した位置姿勢に応じてマッチングに利用する画像上の座標を選択する。

#### 【0065】

これにより、計測対象の物体や撮影装置が動く条件においても、画像上の画素の時間的な輝度変化の情報を利用し、ブロックの空間的なサイズを小さく設定できる。空間的に小さなサイズのブロックであれば、凹凸の激しい形状に対しても、平面の近似が可能になるため、高精度に距離を計測できる。従って、物体の形状に依存せずに距離計測を高精度に行うことが可能となる。

#### 【0066】

(第3の実施形態)

本実施形態では、動的な条件における距離計測の方法を説明する。本実施形態でも、第2の実施形態と同様に撮影装置を動かす場合を考える。

#### 【0067】

第1及び第2の実施形態では、マッチングに利用するブロックのサイズを固定としていた。これに対し、本実施形態では、画像上の物体の各部位の動きの大きさに応じて、マッチングに利用するブロックの時空間的な形状(サイズ)を適切に選択する例を説明する。

## 【 0 0 6 8 】

具体的には、動きの大きい部位については空間的な情報の依存度を上げ、図 10 の 2 4 1 と 2 5 1 に示すようなブロックの形状 (サイズ) を利用する。逆に、動きの小さい部位については時間的な情報の依存度を上げ、図 10 の 2 4 3 と 2 5 3 に示すような (第 1 の実施形態で説明した) ブロックの形状 (サイズ) を利用する。また、動きの大きさが中程度の部位については、図 10 の 2 4 2 と 2 5 2 に示すようなブロックの形状 (サイズ) を利用する。なお、ブロックの形状は、式 (1) における、空間的なサイズ  $W$  と時間的なサイズ  $M$  により調整できる。

## 【 0 0 6 9 】

< 情報処理システムの構成 >

次に、本実施形態に係る情報処理システムの構成例について説明する。本実施形態では、第 1 の実施形態とは情報処理装置の構成が異なる。図 11 において、3 3 0 は本実施形態の情報処理装置を示す。本実施形態では、投影装置 4 1 0 と撮影装置 4 2 0, 4 3 0 とは相対的に位置関係が固定されているものとする。情報処理装置 3 3 0 は、パターン変化制御部 3 3 1、画像取得部 3 3 2、時空間情報設定部 3 3 3、及び計測部 3 3 4 を備えている。

10

## 【 0 0 7 0 】

本実施形態では、第 2 実施形態と同様に、相対的に固定された投影装置 4 1 0 と撮影装置 4 2 0, 4 3 0 とのセットを動かしながら物体 5 0 0 を観測する場合を考える。パターン変化制御部 3 3 1 及び画像取得部 3 3 2 は、第 1 の実施形態に係るパターン変化制御部 3 1 1 及び画像取得部 3 1 2 と同様の機能を有する。

20

## 【 0 0 7 1 】

時空間情報設定部 3 3 3 は、シーンの動きの大きさに応じて、マッチングに利用するブロックの形状 (サイズ) を設定する。具体的には、左眼 I1 の各座標  $(u, v)$  について、ブロックの空間的なサイズ  $W$  と時間的なサイズ  $M$  を設定する。

## 【 0 0 7 2 】

計測部 3 3 4 は、時空間情報設定部 3 3 3 で設定した形状 (サイズ) のブロックを利用して、左眼 I1 の画像における距離マップ  $D(t_n)$  を計測する。

## 【 0 0 7 3 】

< 処理 >

次に、本実施形態に係る情報処理装置が実施する処理について説明する。図 12 は、本実施形態に係る情報処理装置 3 3 0 が実施する処理の手順を示すフローチャートである。

30

## 【 0 0 7 4 】

本実施形態におけるパターン変化制御 (ステップ S 6 3 1) と、画像取得 (ステップ S 6 3 2) の処理は、第 1 の実施形態における処理と同じであるため、説明を省略する。以下、時空間情報設定 (ステップ S 6 3 3) と、計測 (ステップ S 6 3 4) の処理を説明する。

## 【 0 0 7 5 】

(ステップ S 6 3 3)

時空間情報設定部 3 3 3 は、シーンの動きの大きさに応じて、マッチングに利用するブロックの形状 (サイズ) を設定する。具体的には、左眼 I1 の各座標  $(u, v)$  について、ブロックの空間的なサイズ  $W$  と時間的なサイズ  $M$  を設定する。本実施形態では、各時刻  $t$  の距離マップに基づいて各座標  $(u, v)$  における動きの大きさを推定する。

40

## 【 0 0 7 6 】

まず、各時刻  $t$  における距離マップを 1 時刻だけの画像を利用して計測する。ここで、計測する距離マップを  $D'(t)$  と表わす。距離マップ  $D'(t)$  は、例えば、画像の空間的な情報に基づく、一般的なブロックマッチングに基づいて計算できる。例えば、非特許文献 1 に基づく方法を利用できる。

## 【 0 0 7 7 】

次に、距離マップ  $D'(t)$  と  $D'(t-1)$  の距離値の差を表わすマップ  $H(t)$  を計量する。左眼 I1

50

の各座標  $(u, v)$  における距離値の差は  $H(t, u, v)$  と表わし、式 (10) によって計算する。

【0078】

【数10】

$$H(t, u, v) = |D'(t, u, v) - D'(t - 1, u, v)| \quad \dots (10)$$

【0079】

10

次に、左眼 I1 の各座標  $(u, v)$  について、ブロックの空間的なサイズ  $W$  と時間的なサイズ  $M$  を設定する。左眼 I1 の各座標  $(u, v)$  におけるサイズは、それぞれ  $W(u, v)$  と  $M(u, v)$  と表わし、式 (11) と式 (12) によって計算する。

【0080】

【数11】

$$W(t, u, v) = \begin{cases} W_{max} & \text{if } [k \cdot H(t, u, v)] > W_{max} \\ [k \cdot H(t, u, v)] & \text{otherwise} \end{cases} \quad \dots (11)$$

20

【0081】

【数12】

$$M(t, u, v) = \begin{cases} 1 & \text{if } [M_{max} - s \cdot H(t, u, v)] < 1 \\ [M_{max} - s \cdot H(t, u, v)] & \text{otherwise} \end{cases} \quad \dots (12)$$

【0082】

30

式 (11) の  $W_{max}$  は、マッチングブロックの空間的なサイズを表わす上限である。  $k$  は、動きの大きさに対する敏感度を表わす係数であり、  $k$  の値が大きいほど動きに対して空間的に大きなブロックを設定する。式 (12) の  $M_{max}$  は、マッチングブロックの時間的なサイズを表わす上限である。  $s$  は、動きの大きさに対する敏感度を表わす係数であり、  $s$  の値が大きいほど動きに対して時間的に小さいブロックを設定する。関数

**[x]**

は、  $x$  以下の最大整数を表す関数である。例えば

40

$$[M_{max} - s \cdot H(t, u, v)]$$

は  $M_{max} - s \cdot H(t, u, v)$  以下の最大整数を示す。なお、  $W_{max}$ 、  $M_{max}$ 、  $k$ 、  $s$  の値は、予め設定する固定値とする。

【0083】

(ステップ S634)

計測部 334 は、時空間情報設定部 333 で設定したブロックの形状 (サイズ) を利用して、左眼 I1 の画像における距離マップ  $D(t_n)$  を計測する。ここでの処理の内容は、第 1 の実施形態と同様である。ただし、式 (1) を使ってマッチングを行う際に、時空間情報

50

設定部 3 3 3 で設定したブロックの形状（サイズ）を利用する。具体的には、式（ 1 ）の  $W$  と  $M$  の値に、式（ 1 1 ）と式（ 1 2 ）で計算した  $W(u,v)$  と  $M(u,v)$  の値を設定する。

【 0 0 8 4 】

以上述べたように、本実施形態では、画像上の物体の各部位の動きの大きさに応じて、マッチングに利用するブロックの時空間的な形状（サイズ）を適切に選択する。これにより、動きの大小によらず安定して、計測対象の物体までの距離を高精度に計測することが可能となる。

【 0 0 8 5 】

[ 第 1 の変形例：装置構成のパリエーション ]

本変形例では、テクスチャパターンを変化させて投影するための投影装置のパリエーションについて説明する。第 1 ~ 第 3 の実施形態では、投影装置は、画像の入力に応じてテクスチャパターンを投影するプロジェクタである。具体的には、液晶プロジェクタや DMD (Digital Mirror Device) プロジェクタを用いる。ここでは、入力する画像を切り替えることで、異なるテクスチャパターンを投影する。ただし、本発明における投影装置は、計測対象となる物体の各部位で観測される輝度値を変化できる装置であれば、どのような装置でも良い。

【 0 0 8 6 】

ここで、図 1 3 の 7 1 0、7 2 0、7 3 0 は、投影装置のパリエーションを示す。ここでは、光源 7 0 1 と、光の入射に対してテクスチャパターンを生成する光学素子 7 0 2 とを用いて、光源 7 0 1 のオンオフ、光源 7 0 1 と光学素子 7 0 2 との相対的な位置や向き

【 0 0 8 7 】

例えば、投影装置 7 1 0 に示すように、光源 7 0 1 と光学素子 7 0 2 とのセットを複数備え、発光する光源を切り替えることで投影するテクスチャパターンを変化させても良い。光源 7 0 1 は光を発光する装置であれば、どのような装置でも良い。光学素子 7 0 2 は、光の入力に対してテクスチャパターンを生成する素子であれば、どのような素子でも良い。具体的に、光源 7 0 1 と光学素子 7 0 2 の例としては、LED (Light Emitting Diode) の光源とテクスチャパターンのマスクでも良いし、レーザと回折光学素子 (DOE: Diffractive Optical Element) でも良い。

【 0 0 8 8 】

また、投影装置 7 2 0 に示すように、複数の光源 7 0 1 と 1 つの光学素子 7 0 2 とを備え、光学素子 7 0 2 に入射する入射光の位置及び方向を変えることで、投影するテクスチャパターンを変化させても良い。また、投影装置 7 3 0 に示すように、ミラー 7 0 3 を備え、光学素子 7 0 2 に入射する光の位置及び方向を変えることで、投影されるテクスチャパターンを変化させても良い。また、光源 7 0 1 や光学素子 7 0 2 を物理的に動かすことにより、投影するテクスチャパターンを変化させても良い。投影装置自体を動かすことにより、投影するテクスチャパターンを変化させても良い。また、光源 7 0 1 の発光のオンオフを変化させることにより、投影するテクスチャパターンを変化させても良い。光源 7 0 1 の波長を変化させることにより、投影するテクスチャパターンを変化させても良い。さらに、これらを組み合わせて投影するテクスチャパターンを変化させても良い。

【 0 0 8 9 】

また、光源 7 0 1 と光学素子 7 0 2 の種類として、レーザと回折光学素子 (DOE) を用いる場合、レーザの光の周波数を変えることにより、投影するテクスチャパターンを変化させても良い。周波数を変えると、回折光学素子 (DOE) における回折の角度が変化し、テクスチャパターンの形状を変化させることができる。

【 0 0 9 0 】

投影するテクスチャパターンの画像を切り替える方法や、複数の投影モジュールを切り替える方法によれば、複数種類のテクスチャパターンを投影できる。この場合、テクスチャパターンの各部位の輝度値の時間変化を任意に設定できる。これにより、例えば、M 系列などの擬似乱数に基づいて輝度値の時間変化をユニークに設定することで、マッチング

の間違いを低減できる。

【0091】

[第2の変形例：テクスチャパターンのバリエーション]

第1～第3の実施形態では、テクスチャパターンの例として、図1の110、120、130に示すようなランダムパターンを利用している。ただし、本発明におけるテクスチャパターンは、空間的に輝度値の変化のあるパターンであれば、どのようなパターンでも良い。テクスチャパターンの空間的な輝度の分布ができるだけユニークになるように、M系列などの疑似乱数を利用して設定しても良い。図1に示す2値のパターンではなく、多値やカラーのパターンを利用しても良い。また、投影する光の波長は、可視光でもよいし、赤外光でも良い。1つの投影装置からパターンを投影してもよいし、同時に複数の投影装置を起動させてパターンを投影しても良い。

10

【0092】

また、パターン変化制御部311、321、331は、計測対象となる物体の表面で観測される輝度値が変化する制御が可能であれば、どのような制御を行っても良い。具体的には、テクスチャパターンの模様形状、模様の配置、投影の位置や角度、色、輝度値の少なくとも1つの要素を時間的に変化させる制御であれば、どのような制御を行っても良い。ランダムドットの配置を変えてもよいし、ドット以外の模様形状を変えてもよい。投影装置を動かす、投影位置を変えることで、パターンを変化させても良い。

【0093】

[第3の変形例：移動撮影におけるパターン変化制御なしの特殊例]

第2の実施形態では、パターン変化制御部321は計測対象となる物体500に投影させるテクスチャパターンを、時間経過に対して変化させていた。これは、計測対象となる物体500の各部位に投影される光を変化させることが目的であった。第2の実施形態では、この変化に基づいてマッチングを行っていた。

20

【0094】

ただし、第2の実施形態のように、撮影装置420、430と投影装置410とが一体であり、さらに物体500と投影装置410との相対的な位置姿勢が変化する場合、1種類のテクスチャパターンであっても物体500の各部位に投影される光は変化する。この原理を利用する場合、第2の実施形態に示したようなパターン変化制御部はなくても良い。

30

【0095】

[第4の変形例：位置姿勢取得部の処理のバリエーション]

位置姿勢取得部323は、物体500と撮影装置420との相対的な位置姿勢を取得する。第2の実施形態では、距離マップを利用したICP(iterative closest point)に基づく方法を説明した。ただし、位置姿勢の取得方法は、これ以外の方法でも良い。撮影装置に姿勢センサや位置センサを備えて、その計測値から取得しても良い。撮影装置をロボットで制御して、その制御値から取得しても良い。また、シーン中にマーカを配置して、それを撮影した画像情報に基づいて計測しても良い。また、非特許文献3に示されるような、SLAM(Simultaneous Localization and Mapping)を利用した方法により計測しても良い。

40

【0096】

また、第2の実施形態では、撮影装置420を動かす場合を想定した。ただし、本発明の方法は、物体500と撮影装置420との相対的な位置姿勢を取得可能であれば、どのような動きの条件でも良い。物体500を動かしてもよいし、物体500と撮影装置420の両方を動かしても良い。

【0097】

[第5の変形例：時空間情報設定部の処理のバリエーション]

時空間情報設定部333は、シーンの動きの大きさに応じて、マッチングに利用するブロックの形状を設定する。第3の実施形態では、シーンの動きの大きさを、距離マップの時間変化に基づいて設定する。ただし、動きの大きさを計量する方法は、これ以外の方法

50

でも良い。物体500や撮影装置に、動きセンサを取りつけて、その数値に応じて動きの大きさを設定しても良いし、ユーザが各時刻の動きの大きさを設定しても良い。また、投影装置のテクスチャパターンとは異なる波長域を観測する撮影装置を別途用意し、その画像の画素の輝度値の時間変化に基づいて設定しても良い。また、画像上の各座標(u,v)について動きの大きさを設定しても良いし、画像全体で1つの動きの大きさを設定しても良い。

【0098】

また、時間的なサイズWと時間的なサイズMを変えた、複数種類のブロックの形状を用意し、各ブロックについてそれぞれ視差を変えて整合度を計算した際に、整合度の高くなるブロックの形状を採用して視差を推定しても良い。この場合、時空間情報設定部333では、ブロックの形状を設定する必要はない。

10

【0099】

また、時空間情報の重要度を、サイズではなく、各座標の重要度として設定しても良い。具体的には、シーンの動きが大きい場合には、空間的には重みを変えず、基準時刻 $T_n$ から時間的に離れた画像上の座標の重要度を低く設定する。逆に、シーンの動きが小さい場合には、時間的には重みを変えず、注目する座標(u,v)から空間的に離れた座標の重要度を低く設定する。計測部334は、設定した重要度に基づいて、式(2)や式(5)の画素値の差に重みをかけ合わせることで、整合度を計算する。

【0100】

[第6の変形例：距離計測のバリエーション]

第1～第3の実施形態では、計測部313, 324, 334は、視差を変数として、整合度Eを最大にするような視差を探索的に計測する例を説明した。これに対し、視差と距離は相互に変換できるため、距離を変数として計測しても良い。本発明における計測部は、画像間で整合する視差や距離を計測できる方法であれば、どのような方法で計測を行っても良い。非特許文献4に示すようなランダム性を利用する視差の推定方法でも良いし、BP(Belief Propagation)やGC(Graph Cut)などの最適化を利用する計測方法を利用しても良い。計測部が計億する距離情報は、視差の値、距離の値、三次元座標の値のいずれかであってもよい。

20

【0101】

また、第1～第3の実施形態では、整合度の計算方法として、SADを利用する方法を説明した。ただし、整合度は、比較する画像上の領域が整合するほど、評価値が高くなるような計算方法であれば、どのような方法でも良い。SSD(Sum of Squared Difference)を利用して良いし、NCC(Normalized Cross-Correlation)を利用して良い。

30

【0102】

[第7の変形例：時刻に関するバリエーション]

第1～第3の実施形態では、距離を計測する時刻 $t_n$ を基準として、時刻 $t_n - (M-1)$ から時刻 $t_n$ までのM枚の画像を利用して、物体までの距離を計測していた。ただし、選択する時刻は、時間順にすべて利用する必要はない。とびとびの時刻の画像を選択しても良いし、離れた時刻の画像を選択しても良い。例えば、白トビや欠損の多い画像を取り除いて、画像を選択しても良い。または、いくつかの画像選択の組み合わせを変えて、マッチングの整合度が高くなる画像を選択しても良い。

40

【0103】

また、距離を計測する時刻 $t_n$ は、任意の時刻である。そのため、例えば、撮影した画像のすべての時刻について、距離マップを計測しても良い。

【0104】

[第8の変形例：カメラ台数のバリエーション]

第1～第3の実施形態では、2台の撮影装置420と430の間のマッチングによって距離を計測していた。しかし、本発明に係る方法では、撮影装置の台数は1台でも良い。この場合、撮影装置420の画像と投影装置410から投影するテクスチャパターンとが整合する距離をマッチングによって計測する。すなわち、撮影装置420の画像と投影装

50

置 4 1 0 から投影するテクスチャパターンとの間の対応を画素値の時間変化に基づいて探索することにより、物体までの距離計測を実行する。また、撮影装置の 2 台より多くても良い。この場合、複数の視点の画像間で整合するような距離をマッチングによって計測する。

#### 【 0 1 0 5 】

[第 9 の変形例：出力のバリエーション]

第 1 ~ 第 3 の実施形態では、左眼 I1 (撮影装置 4 2 0) の視点を基準として、距離マップを計測していた。ただし、距離マップを計測する視点は、何れの視点でも良い。右眼 I2 (撮影装置 4 3 0) の視点でも良いし、任意に設定する視点でも良い。また、本発明に係る出力結果は、視差でも良いし、距離値をさらに 3 次元位置に変換して出力した内容であ

10

#### 【 0 1 0 6 】

[第 1 0 の変形例：出力結果の利用先について]

本発明によって出力した距離マップは、任意の用途に利用可能である。例えば、物体の認識、検査、位置姿勢の計測、モデリング、人体のジェスチャ認識、医療における診断、等の用途に利用しても良い。

#### 【 0 1 0 7 】

< 効果 >

第 1 の実施形態では、画像上の画素の時間的な輝度変化の情報を加えてマッチングを行うことで、ブロックの空間的なサイズを小さく設定できる。空間的に小さなサイズのブロックであれば、凹凸の激しい形状に対しても、平面の近似が可能になるため、高精度に距離を計測できる。

20

#### 【 0 1 0 8 】

第 2 の実施形態では、複数時刻における物体と撮影装置との相対的な位置姿勢を取得し、位置姿勢に応じてマッチングに利用する画像上の座標を選択する。これにより、物体や撮影装置が動く条件においても、画像上の画素の時間的な輝度変化の情報を利用し、ブロックの空間的なサイズを小さく設定できる。空間的に小さなサイズのブロックであれば、凹凸の激しい形状に対しても、平面の近似が可能になるため、高精度に距離を計測できる。

#### 【 0 1 0 9 】

第 3 の実施形態では、画像上の物体の各部位の動きの大きさに応じて、マッチングに利用するブロックの時空間における形状 (サイズ) を適切に選択する。これにより、動きの大小によらず安定して、物体の距離を高精度に計測することができる。

30

#### 【 0 1 1 0 】

第 1 の変形例では、テクスチャパターンを変化させて投影する他の方法を説明した。特に、投影するテクスチャパターンの画像を切り替える方法や、複数の投影モジュールを切り替える方法によれば、複数種類のテクスチャパターンを投影できる。この場合、テクスチャパターンの各部位の輝度値の時間変化を任意にユニークに設定できるため、マッチングの間違いを低減できる。

#### 【 0 1 1 1 】

< 定義 >

本発明において、物体に投影するテクスチャパターンは、空間的に輝度値の変化のあるパターンであれば、どのようなパターンでも良い。ランダムドットでも良いし、多値の輝度変化を持つパターンでも良い。

40

#### 【 0 1 1 2 】

計測部は、撮影装置が撮影した画像間の対応を画素値の時間変化に基づいて探索することで物体への距離に関する情報を計測する方法であれば、どのような方法でも良い。画素値の時間変化に基づいて、ステレオの画像間でマッチングを行い整合度の高くなる距離値を探索する方法でも良いし、BP (Belief Propagation) などの最適化を適用して距離値を推定しても良い。

50

【 0 1 1 3 】

(その他の実施形態)

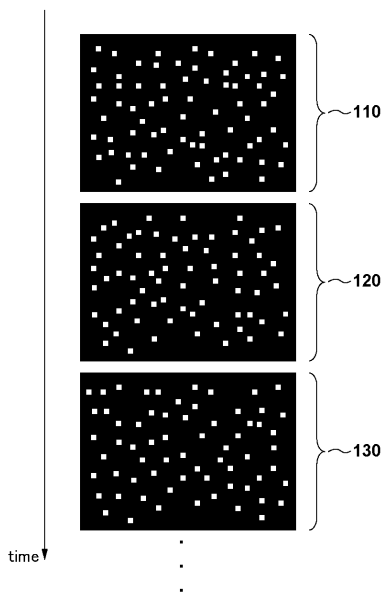
本発明は、上述の実施形態の1以上の機能を実現するプログラムを、ネットワーク又は記憶媒体を介してシステム又は装置に供給し、そのシステム又は装置のコンピュータにおける1つ以上のプロセッサがプログラムを読み出し実行する処理でも実現可能である。また、1以上の機能を実現する回路(例えば、ASIC)によっても実現可能である。

【符号の説明】

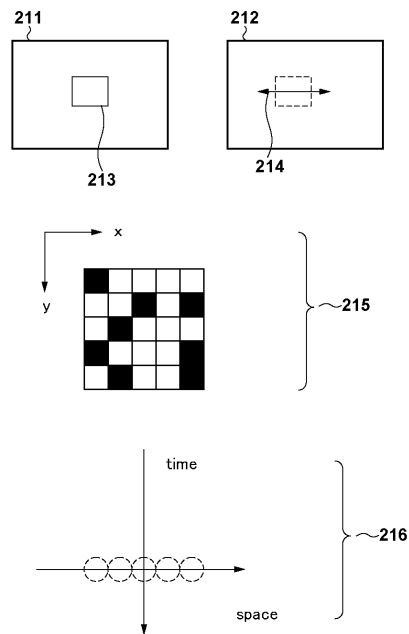
【 0 1 1 4 】

310：情報処理装置、311：パターン変化制御部、312：画像処理部、313：計測部、410：投影装置、420, 430：撮影装置、500：物体

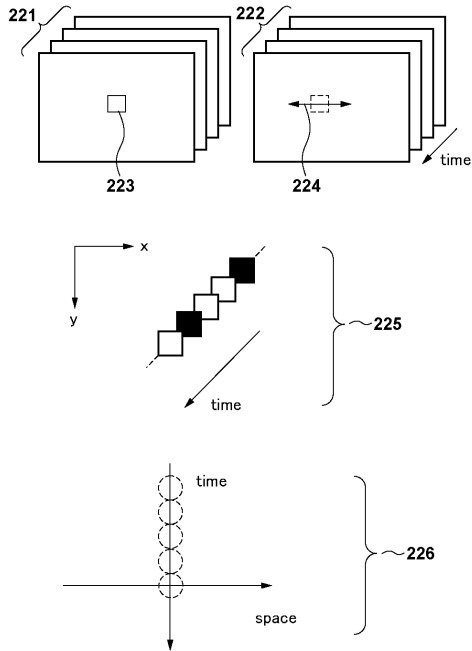
【 図 1 】



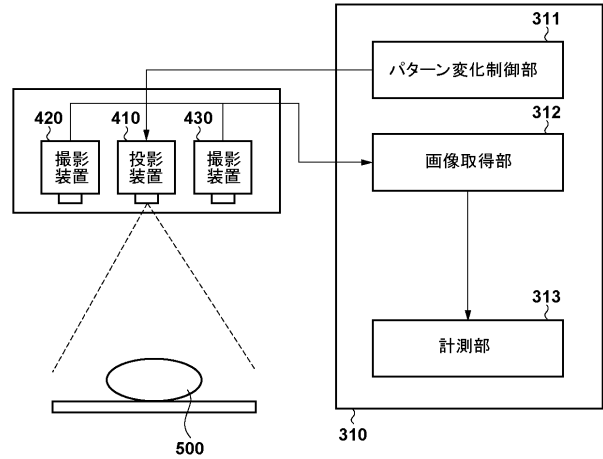
【 図 2 】



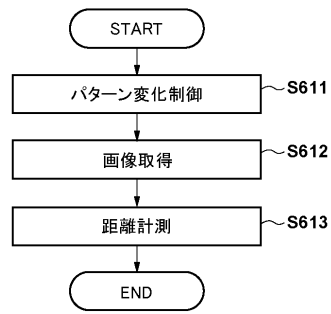
【 図 3 】



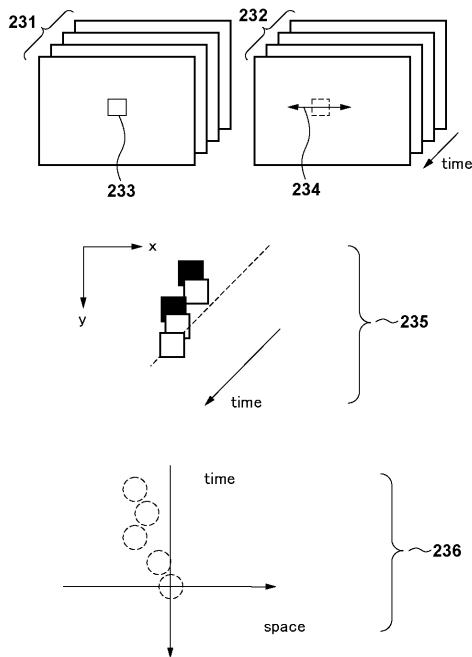
【 図 4 】



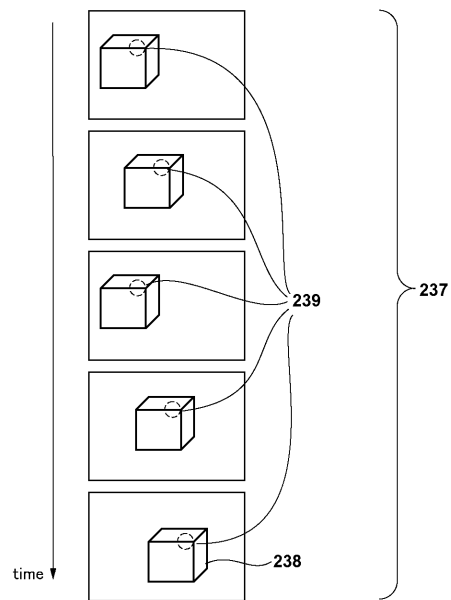
【 図 5 】



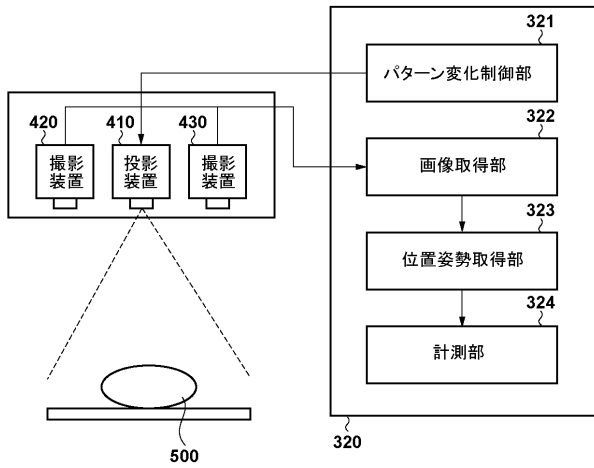
【 図 6 】



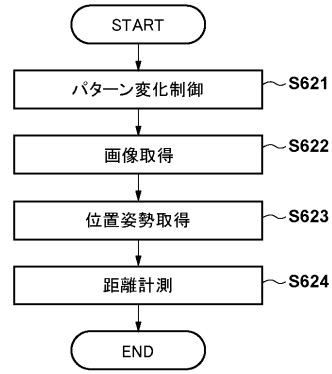
【 図 7 】



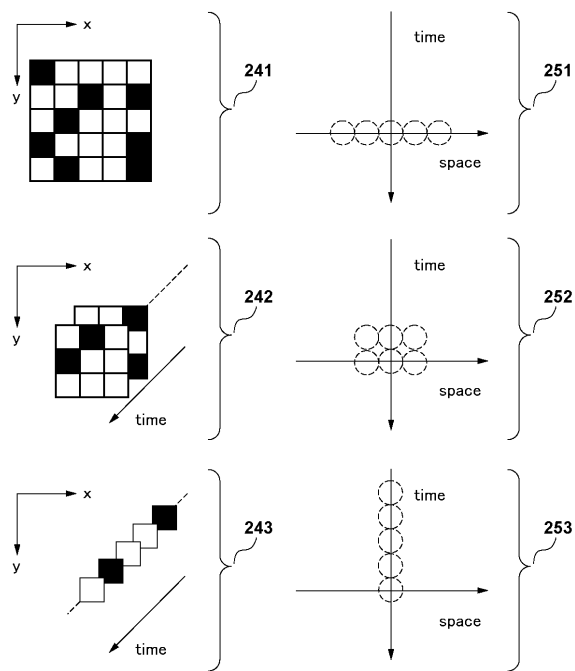
【図8】



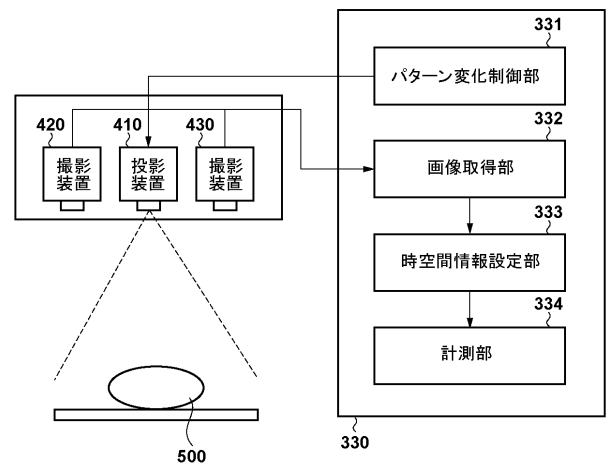
【図9】



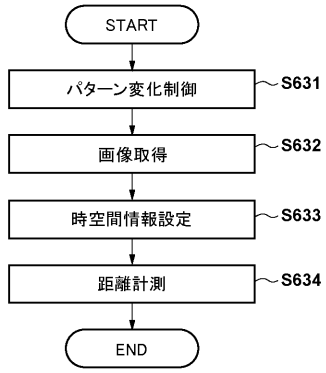
【図10】



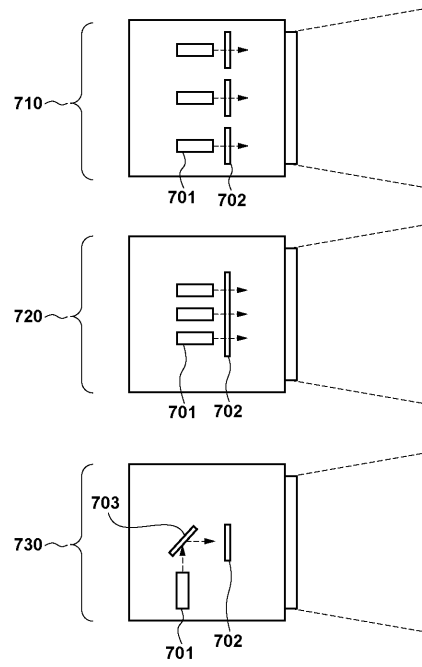
【図11】



【 図 1 2 】



【 図 1 3 】



---

フロントページの続き

(72)発明者 降旗 久義

東京都大田区下丸子3丁目30番2号 キヤノン株式会社内

(72)発明者 鈴木 雅博

東京都大田区下丸子3丁目30番2号 キヤノン株式会社内

Fターム(参考) 2F065 AA04 AA06 AA37 DD03 FF01 FF02 FF05 FF09 GG04 HH06  
JJ03 JJ05 JJ26 LL12 LL42 QQ31 QQ38  
2F112 AA09 AC03 AC06 BA06 BA07 CA12 FA35 FA45  
5L096 AA09 CA05 CA17 FA66 FA67 FA69 GA19 GA43 HA01 JA03  
JA09