

(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
2012年9月27日(27.09.2012)



(10) 国際公開番号

WO 2012/128314 A1

- (51) 国際特許分類:
G06T 1/00 (2006.01) G06T 7/60 (2006.01)
G01C 3/06 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2012/057320
- (22) 国際出願日: 2012年3月22日(22.03.2012)
- (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 2011-064980 2011年3月23日(23.03.2011) JP
特願 2012-049635 2012年3月6日(06.03.2012) JP
- (71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について):
シャープ株式会社(SHARP KABUSHIKI KAISHA)
[JP/JP]; 〒5458522 大阪府大阪市阿倍野区長池町
2番22号 Osaka (JP).
- (72) 発明者; および
- (75) 発明者/出願人 (米国についてのみ): 若林 保孝
(WAKABAYASHI, Yasutaka). 徳井 圭 (TOKUI,
Kei).
- (74) 代理人: 河野 登夫(KOHNO, Takao); 〒5400035 大
阪府大阪市中央区釣鐘町二丁目4番3号 河野
特許事務所 Osaka (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, 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, IS,
KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT,
LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY,
MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PE, PG, PH, PL, PT, QA,
RO, RS, RU, RW, 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, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシ
ア (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, 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,
MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR),

[続葉有]

(54) Title: PARALLAX CALCULATION DEVICE, DISTANCE CALCULATION DEVICE AND PARALLAX CALCULATION METHOD

(54) 発明の名称: 視差算出装置、距離算出装置及び視差算出方法

[図1]

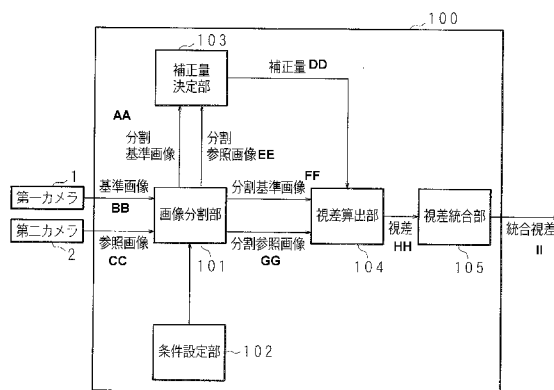


FIG. 1:
1 First camera
2 Second camera
101 Image dividing unit
102 Condition setting unit
103 Correction amount determination unit
104 Parallax calculation unit
105 Parallax integration unit
AA Divided standard image
BB Standard image
CC Reference image
DD Correction amount
EE Divided reference image
FF Divided standard image
GG Divided reference image
HH Parallax
II Integrated parallax

(57) Abstract: Provided are a parallax calculation device, a distance calculation device, and a parallax calculation method, such that when calculating a parallax between images obtained from two viewpoints, effects of distortion and displacement between the images are minimized in order to calculate the parallax highly accurately and easily. The parallax calculation device (100) obtains a captured standard image from a first camera (1) and a captured reference image from a second camera (2). An image dividing unit (101) respectively divides the standard image and the reference image into multiple areas according to dividing conditions set by a condition setting unit (102). A correction amount determination unit (103) calculates image displacement amounts in the respective divided areas and determines correction amounts on the basis of the image displacement amounts. A parallax calculation unit (104) corrects the images in the respective areas of the divided standard image and the divided reference image, which have been obtained from the image dividing unit (101), on the basis of the correction amounts determined by the correction amount determination unit (103) and calculates the parallax on the basis of the corrected images.

(57) 要約:

[続葉有]

WO 2012/128314 A1



OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類:

— 国際調査報告 (条約第 21 条(3))

二つの視点それぞれから得られた画像間の視差を算出する際、画像間の歪み又はずれの影響を抑え、精度の高い視差を簡易に算出する視差算出装置、距離算出装置及び視差算出方法を提供する。視差算出装置 100 は、第一カメラ 1 から得られた基準画像及び第二カメラ 2 から参照画像を取得する。画像分割部 101 は、条件設定部 102 によって設定される分割条件に従い、基準画像及び参照画像それぞれを複数の領域に分割する。補正量決定部 103 は、分割された領域毎に画像ずれ量を算出し、その画像ずれ量に基づき補正量を決定する。視差算出部 104 は、補正量決定部 103 によって決定された補正量に基づいて画像分割部 101 から得られる分割基準画像及び分割参照画像の各領域に対して画像の補正を行い、補正後の画像に基づいて視差を求める。

明 細 書

発明の名称： 視差算出装置、距離算出装置及び視差算出方法

技術分野

[0001] 本発明は、複数のカメラで被写体を撮影し、各カメラ画像から視差を算出する視差算出装置、カメラ及び被写体間の距離を算出する距離算出装置及び視差算出方法に関する。

背景技術

[0002] 複数の視点から同一被写体をカメラで撮像して得られる複数の画像に基づいて立体画像又は自由視点画像を生成する撮像システムが知られている。この撮像システムでは、画像間の相対的なずれ量である視差から三角測量の原理を用いて被写体の距離情報（奥行き情報）を算出し、その距離情報に基づき、任意の仮想視点から見た画像を生成する処理が行われる。

[0003] 2つの画像間の視差を算出する場合、一般的に、2つの画像間における対応点の検出が行われる。対応点を検出する方法としては、例えば、差分絶対値和（SAD: Sum Of Absolute Difference）を用いたSAD法又は差分二乗和（SSD: Sum of Squared Difference）を用いたSSD法が知られている。これらの方法では、まず、2つの画像の内、一方の画像を基準画像とし、他方の画像を参照画像とする。また、基準画像内の注目点に対して、この注目点を含む領域を設定し、参照画像内にもその領域と同じ大きさの領域を複数設定する。そして、基準画像内の領域と、参照画像内の各領域との間の相関度をブロックマッチングにより求め、相関度が最も高い参照画像内の領域の中心点を当該注目点に対応する対応点として検出する。対応点の検出は、エピポーラ線上を探索することにより行われる。エピポーラ線とは、2つの視点及び空間中又は物体上の対象点を含む平面であるエピポーラ面が、それぞれの画像と交わった直線である。

[0004] 図23は、エピポーラ面とエピポーラ線を示す模式図である。

空間中の対象点3を左カメラである第一カメラ1及び右カメラである第二

カメラ 2 により撮影した場合を例にして説明する。この場合、エピポーラ線 7 及び 8 は、空間中の対象点 3 及び 2 つの視点（第一カメラ 1 及び第二カメラ 2 それぞれのレンズの中心）の 3 点と、それらを結ぶ 3 つの線分からなる三角形の平面（エピポーラ平面）4 と、第一カメラ 1 が撮影した画像平面 5 及び第二カメラ 2 が撮影した画像平面 6 との交線のことである。一方の画像内の注目点に対応する他方の画像内の対応点はエピポーラ線上に存在するためエピポーラ線上を探索すれば対応点を検出できる。

図 2 4 A, B は、第一カメラ 1 及び第二カメラ 2 の光軸が平行になるように第一カメラ 1 及び第二カメラ 2 を配置した場合を示す模式図である。この場合、エピポーラ線 7 及び 8 は両画像面において同じ高さの水平な直線になるため、両画像において同一ライン上で対応点を探索すればよい。

[0005] しかし、2 台のカメラの取り付け精度、あるいはレンズの歪み等により 2 つの画像間に画像ずれが生じる場合があり、各カメラにおけるエピポーラ線は、2 つの画像内において同一ラインになるとは限らない。ずれが大きい場合、対応点を見つけることができず、正確な視差が算出できない領域が増える。正確に視差を算出するためには画像ずれを補正する必要があるが、例えば画面全体を移動して調整するといった単純な方法は補正の精度が低く、カメラの取り付け精度又はレンズの歪み等に起因した画像ずれを十分に補正することができない。

[0006] 一方、特許文献 1 には、画像の回転ずれ又は並進ずれを幾何学的な座標変換であるアフィン変換を用いてリアルタイムで補正する装置が記載されている。また、特許文献 2 には、一方の画像内の第 1 のパターンと相関が最も高い第 2 のパターンを他方の画像内の複数の水平及び垂直ライン中から検出し、第 1 及び第 2 のパターンの第 1 及び第 2 の位置情報から視差を算出する装置が記載されている。この装置によれば、画像内の水平ライン及び垂直ライン上で対応点の探索を行うため、画像全体を補正しなくとも、画像ずれによる誤測距を防止することができる。

先行技術文献

特許文献

[0007] 特許文献1：特開2001-82955号公報

特許文献2：特開2003-4442号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0008] 画像表示装置の解像度が高まるのに伴いカメラの解像度も高まっている。そのため高解像度画像に関しても精度の高い視差を算出する必要がある。しかし、特許文献1に記載の装置にあっては、画像全体に対して補正が行われるため、高解像度画像に対する補正に要する計算量は大きい。

[0009] 特許文献2に記載の装置にあっては、画像に対して水平方向及び垂直方向の探索を行っているため、画素数が多い高解像度画像の場合、低解像度画像の場合と比べて視差が大きくなり、それに伴い対応点の探索範囲が広まる。つまり、画像の解像度が上がるにつれて対応点の探索範囲が広まり、対応点探索に要する計算量は膨大になる。

[0010] 本発明は、斯かる事情に鑑みてなされたものであり、画像を複数の領域に分割し、領域毎に画像ずれを補正することにより、正確な視差を簡易に算出する視差算出装置、その正確な視差に基づきカメラ及び被写体間の距離を算出する距離算出装置及び視差算出方法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

[0011] 本発明の視差算出装置は、二つの視点から得られた画像間の画像ずれとしての視差を算出する視差算出装置において、前記画像それぞれを複数の領域に分割する画像分割部と、該画像分割部により分割された領域毎に二つの視点を結ぶ方向に垂直な方向における前記画像間の画像ずれ量を算出し、画像ずれ量に対応する補正量を決定する補正量決定部と、該補正量決定部により決定された補正量に基づき前記領域毎に画像を補正し、補正された画像に基づき視差を算出する視差算出部とを備えることを特徴とする。

[0012] 本発明によれば、画像を複数の領域に分割し、垂直方向の画像ずれの補正

を領域毎に行うため、正確な視差を簡易に算出することができる。

[0013] 本発明の視差算出装置は、前記補正量決定部に補正量の決定を指示する補正指示部を更に備え、前記補正量決定部は、該補正指示部からの指示に従って補正量を決定するようにしてあることを特徴とする。

[0014] 本発明によれば、外部条件に応じて適切なタイミングで画像ずれを補正することができる。

[0015] 本発明の視差算出装置にあっては、前記補正指示部は、前記画像が動画データである場合に、所定数のフレームを取得する度に、前記補正量決定部に補正量の決定を指示するようにしてあることを特徴とする。

[0016] 本発明によれば、視差算出のための処理量を少なくすることができ、消費電力を削減することができる。

[0017] 本発明の視差算出装置にあっては、前記補正指示部は、映像シーンの切り替えを検知し、映像シーンの切り替えを検知した場合、前記補正量決定部に補正量の決定を指示するようにしてあることを特徴とする。

[0018] 本発明によれば、画像ずれ量が変わる映像シーンの切り替わり時に補正量を決定することができる。

[0019] 本発明の視差算出装置にあっては、前記補正指示部は、加速度を検出し、所定の閾値以上の加速度を検出した場合、前記補正量決定部に補正量の決定を指示するようにしてあることを特徴とする。

[0020] 本発明によれば、撮影シーンの変更又は外部からの衝撃等によりカメラが移動した場合の画像ずれを補正することができる。

[0021] 本発明の視差算出装置は、前記各領域の補正量を記憶する記憶部を更に備え、前記補正量決定部は、該記憶部に記憶されている過去の補正量に基づき補正量を決定するようにしてあることを特徴とする。

[0022] 本発明によれば、補正量を決定する処理を軽減できる。

[0023] 本発明の視差算出装置は、前記領域毎の画像ずれの方向が同一方向である場合、前記視差算出部は、領域毎に算出された画像ずれ量の中から最小値を選択し、該最小値に従い画像全体を補正してから、領域毎に画像を補正する

ようにしてあることを特徴とする。

[0024] 本発明によれば、領域毎の画像ずれの方向が同一方向である場合、最小の画像ずれ量に基づいて全領域に対する補正を行うことにより領域毎の画像ずれ量を減らしているため、視差を算出する際の対応点探索範囲を狭めることができ、そのための計算量を減らすことができる。

[0025] 本発明の視差算出装置は、前記画像分割部は、大きさが異なるように領域を分割するようにしてあることを特徴とする。

[0026] 本発明によれば、画像ずれ量が画像内の場所によって大きく異なるような場合であって、画像内の場所によって異なる大きさの領域を設定するため、画像ずれ量の大きさに応じ、きめ細かく補正を行うことができる。

[0027] 本発明の視差算出装置は、前記画像分割部は、前記画像の中央部分の領域が大きく、前記画像の周辺部分の領域が小さくなるように分割するようにしてあることを特徴とする。

[0028] 本発明によれば、レンズの歪みにより画像ずれ量が大きくなる画像周辺部分においては領域を小さくしているため、きめ細かく補正を行うことができ、精度の高い視差を得ることができる。

[0029] 本発明の視差算出装置は、前記補正量決定部が決定した前記各領域の補正量に基づいて、隣接する領域間における補正量の差分を算出する差分算出部を備え、前記画像分割部は、該差分算出部が算出した領域間における差分が所定の閾値以上である場合、該領域各々を更に分割するようにしてあることを特徴とする。

[0030] 本発明によれば、補正量の差分から特定される画像ずれ量が多い領域を更に分割することにより、より正確に補正を行うことができる。

[0031] 本発明の視差算出装置は、前記画像分割部は、前記差分算出部が算出した差分に応じて隣接する前記領域各々を分割する分割数を決定し、決定した分割数で更に分割するようにしてあることを特徴とする。

[0032] 本発明によれば、レンズの歪みによる画像ずれ量が多いほど分割数を多く設定することにより、正確に補正を行い、視差を算出し易くすることができる。

きる。

[0033] 本発明の距離算出装置は、前記視差算出装置と、該視差算出装置により算出された視差に基づき、前記視点及び被写体間の距離を算出する距離算出部とを備えることを特徴とする。

[0034] 本発明によれば、正確な被写体距離を簡易に算出することができる。

[0035] 本発明の視差算出方法は、二つの視点から得られた画像それぞれを複数の領域に分割する画像分割ステップと、該画像分割ステップにより分割された領域毎に二つの視点を結ぶ方向に垂直な方向における前記画像間の画像ずれ量を算出し、画像ずれ量に対応する補正量を決定する補正量決定ステップと、該補正量決定ステップにより決定された補正量に基づき前記領域毎に画像を補正し、補正された画像に基づき、前記二つの視点から得られた画像間の視差を算出する視差算出ステップとを含むことを特徴とする。

[0036] 本発明によれば、正確な視差を簡易に算出することができる。

発明の効果

[0037] 本発明によれば、画像を複数の領域に分割し、領域毎に画像の補正を行うことにより、正確な視差を簡易に算出することができる。また、本発明によれば、その正確な視差に基づきカメラ及び被写体間の距離を算出することができる。

図面の簡単な説明

[0038] [図1]実施の形態1に係る視差算出装置の構成例を示すブロック図である。

[図2]分割基準画像及び分割参照画像を模式的に示す説明図である。

[図3]図2に示す分割基準画像及び分割参照画像内の一領域、及びそれに含まれる被写体画像の一部を模式的に示す説明図である。

[図4]ブロックマッチングを模式的に示す説明図である。

[図5]分割基準画像及び分割参照画像を模式的に示す説明図である。

[図6]図5に示す分割基準画像及び分割参照画像内の一領域、及びそれに含まれる被写体画像の一部を模式的に示す説明図である。

[図7]分割基準画像及び分割参照画像内の一領域及びそれに含まれる被写体画

像の一部を模式的に示す説明図である。

[図8A]垂直方向の画像ずれの補正について説明するための説明図である。

[図8B]垂直方向の画像ずれの補正について説明するための説明図である。

[図9A]分割参照画像内の9つの領域毎の画像ずれ量を示す説明図である。

[図9B]分割参照画像内の9つの領域毎の画像ずれ量を示す説明図である。

[図10]実施の形態2に係る視差算出装置の構成例を示すブロック図である。

[図11A]基準画像及び参照画像を模式的に示す説明図である。

[図11B]基準画像及び参照画像を模式的に示す説明図である。

[図12A]ブロックマッチングを模式的に示す説明図である。

[図12B]ブロックマッチングを模式的に示す説明図である。

[図13A]基準画像及び参照画像を示す説明図である。

[図13B]基準画像及び参照画像を示す説明図である。

[図14A]基準画像及び参照画像を示す説明図である。

[図14B]基準画像及び参照画像を示す説明図である。

[図15A]基準画像及び参照画像の一領域における被写体画像の垂直方向の画像ずれを模式的に示す説明図である。

[図15B]基準画像及び参照画像の一領域における被写体画像の垂直方向の画像ずれを模式的に示す説明図である。

[図16]実施の形態3に係る視差算出装置の構成例を示すブロック図である。

[図17A]基準画像及び参照画像を模式的に示した説明図である。

[図17B]基準画像及び参照画像を模式的に示した説明図である。

[図18]実施の形態4に係る視差算出装置の構成例を示すブロック図である。

[図19]実施の形態5に係る視差算出装置の構成例を示すブロック図である。

[図20A]基準画像及び参照画像を示す説明図である。

[図20B]基準画像及び参照画像を示す説明図である。

[図21A]補正量決定部が算出した各領域の補正量を示す説明図である。

[図21B]補正量決定部が算出した各領域の補正量を示す説明図である。

[図22]図20A及び図20Bそれぞれにおける左上領域及び被写体画像を重

ね合わせた状態を模式的に示す説明図である。

[図23]エピポーラ面とエピポーラ線を示す模式図である。

[図24]第一カメラ及び第二カメラの光軸が平行になるように第一カメラ及び第二カメラを配置した場合を示す模式図である。

発明を実施するための形態

[0039] 実施の形態 1

以下、図面を参照して実施の形態 1 を具体的に説明する。

図 1 は、実施の形態 1 に係る視差算出装置の構成例を示すブロック図である。

第一カメラ 1 及び第二カメラ 2 は、同一の被写体を同じタイミングで撮影し、撮影した左右一对の基準画像及び参照画像を視差算出装置 100 に与える。ここでは、被写体に対して左寄りに位置する第一カメラの画像を基準画像、その被写体に対して右寄りに位置する第二カメラの画像を参照画像とする。また、第一カメラ及び第二カメラは平行法により配置されているものとする。平行法とは、2 台のカメラの向き、すなわちそれらの光軸が略平行になるように、同じ高さで各カメラを配置する方法である。

視差算出装置 100 は、第一カメラ 1 及び第二カメラ 2 が撮影した基準画像及び参照画像を入力し、基準画像及び参照画像を用いて対応点探索処理及び視差算出処理を実行する。

視差算出装置 100 は、画像分割部 101、条件設定部 102、補正量決定部 103、視差算出部 104 及び視差統合部 105 を有する。

[0040] 画像分割部 101 は、条件設定部 102 により設定された分割数に従い基準画像及び参照画像を複数の領域に分割し、分割された基準画像（以下、分割基準画像と呼ぶ）及び分割された参照画像（以下、分割参照画像と呼ぶ）を画像メモリ（図示せず）の所定領域に記憶させる。

画像分割部 101 は、分割基準画像及び分割参照画像を補正量決定部 103 及び視差算出部 104 に与える。条件設定部 102 は、画像の分割数を設定する。分割数は、例えば、9 個（縦 3 × 横 3）、16 個（縦 4 × 横 4）、

25個（縦5×横5）等である。つまり、画像分割部101は、基準画像及び参照画像それぞれを9領域、16領域又は25領域等に分割する。

[0041] 補正量決定部103は、画像分割部101から分割基準画像及び分割参照画像を取得する。補正量決定部103は、分割基準画像及び分割参照画像間に各カメラ1、2の取り付け精度又はそれらのレンズの精度の違い等に起因した垂直方向の画像ずれがある場合、分割基準画像及び分割参照画像間の画像ずれ量を算出し、画像ずれを軽減するための補正量を領域毎に決定する。補正量決定部103は、領域毎の補正量を視差算出部104に与える。ここで、垂直方向の画像ずれとは、例えば二台のカメラが離れている方向に対して垂直方向に存在する二つの撮像画像間のずれを意味する。これは、人が画像を見る場合で言うと、二つの視点を結ぶ方向に垂直な方向における画像間の画像ずれである。

[0042] 視差算出部104は、補正量決定部103から領域毎の補正量を受け取り、その補正量に応じて画像メモリから分割基準画像及び分割参照画像を読み出す。具体的には、視差算出部104は、分割基準画像の各領域の画像が記憶された記憶領域から当該画像を読み出すと共に、分割参照画像の各領域の画像が記憶された記憶領域から分割参照画像を読み出し、補正量に応じて対応点探索を行うラインを変えて視差を算出する。

[0043] 視差算出部104は、補正量決定部103から受け取った補正量に従って、分割参照画像を補正し、分割基準画像及び補正後の分割参照画像を用いて対応点探索を行い、領域毎に視差を算出する。視差算出部104は、算出した領域毎の視差を視差統合部105へ与える。なお、ここでの視差とは、右目及び左目で夫々見える像の位置の差異の意味であり、画像間における相対的な像のずれ量である。

視差統合部105は、視差算出部104から受け取った領域毎の視差を統合し、分割前の画像サイズに合わせた視差を求める。これを統合視差とする。

[0044] まず、分割基準画像及び分割参照画像間に垂直方向の画像ずれが生じてい

ない場合の視差の算出方法について説明する。

図 2 は、分割基準画像及び分割参照画像を模式的に示す説明図である。

図 2 A は分割基準画像、図 2 B は分割参照画像を示す。画像分割部 101 は、基準画像及び参照画像それぞれを例えば 9 領域に分割する。

[0045] 分割基準画像 10 及び分割参照画像 20 は同一の被写体を示す被写体画像 11 及び被写体画像 21 を含む。ここでは、被写体画像以外の背景部分は一樣な色の背景であるとする。被写体画像 11 及び 21 は、3 個の横長の矩形から成るとする。第一カメラ 1 及び第二カメラ 2 のレンズ位置（視点）が異なるため、被写体に対して右寄りに位置する第二カメラで撮影された分割参照画像 20 内の被写体画像 21 は、被写体に対して左寄りに位置する第一カメラで撮影された分割基準画像 10 内の被写体画像 11 に対して左方向にずれた位置に存在する。ここで分割基準画像 10 内の領域 10a 及び分割参照画像 20 内の領域 20a に着目した場合、分割参照画像 20 の領域 20a 内の被写体画像 21 の一部は、分割基準画像 10 の領域 10a 内の被写体画像 11 の一部に対して左方向に幅 D ずれた位置に存在する。幅 D は分割基準画像及び分割参照画像間の視差であり、画素数で表される。本例では、視差は D 画素である。第一カメラ 1 及び第二カメラ 2 は輻輳をもたない平行な配置とされているため、視差は無限遠で 0 となり、カメラに近い被写体ほど大きな視差となる。輻輳とは、眼球運動の一種であり、対象に視線を交差させようとする両眼の動きであり、カメラにおいては各カメラの光軸が交わることを意味する。

[0046] 図 3 は、図 2 に示す分割基準画像及び分割参照画像内の一領域、及びそれに含まれる被写体画像の一部を模式的に示す説明図である。

図 3 A は分割基準画像内の一領域及びそれに含まれる被写体画像の一部、図 3 B は分割参照画像内の一領域及びそれに含まれる被写体画像の一部、図 3 C は図 3 A 及び図 3 B それぞれが示す一領域及び被写体画像の一部を重ね合わせた状態を模式的に示す。

図 3 において、分割基準画像 10 内の領域 10a は被写体画像 11 の一部

を含み、分割参照画像 20 内の領域 20 a は被写体画像 21 の一部を含む。領域 15 a は、領域 10 a 及び領域 20 a を重ね合わせた状態を仮想的に表したものである。領域 15 a からわかるように、領域 10 a 及び領域 20 a には視差 D がある。

以下、視差 D を求める手法を説明する。

[0047] 分割基準画像 10 内の領域 10 a に含まれる被写体画像 11 の一部及び分割参照画像 20 内の領域 20 a に含まれる被写体画像 21 の一部は、両画像内における垂直方向の座標が同一である水平ライン（以下、「同一ライン」と呼ぶ）上に位置する。そこで、視差算出部 104 は、分割基準画像 10 内の領域 10 a に含まれる被写体画像 11 の一部内に注目点（任意の点）を設定し、被写体画像 21 の一部内において注目点に対応する対応点を探索する。具体的には、視差算出部 104 は、被写体画像 11 の一部及び被写体画像 21 の一部に対して所定サイズの画素ブロックを用いたブロックマッチングを行う。視差算出部 104 は、ブロックマッチングを同一ライン上で行い、対応する画素ブロック間の相関度を求め、対応点を検出する。

[0048] 視差算出部 104 は、相関度に基づいて注目点に対応する対応点を検出し、注目点及び対応点の距離、つまり視差を求める。視差算出部 104 は、分割基準画像 10 及び分割参照画像 20 内の他の領域においても同様にブロックマッチングを行うことにより対応点を検出し、注目点及び対応点から領域毎の視差を求める。

[0049] 次に、上述の対応点探索について説明する。

図 4 は、ブロックマッチングを模式的に示す説明図である。

視差算出部 104 は、分割基準画像 10 内の領域 10 a に基準画像ウィンドウ 10 w を設定し、分割参照画像 20 内の領域 20 a に参照画像ウィンドウ 20 w を設定する。基準画像ウィンドウ 10 w 及び参照画像ウィンドウ 20 w は同一ライン（点線）上に位置する。図 4 において、基準画像ウィンドウ 10 w 及び参照画像ウィンドウ 20 w それぞれは、領域 10 a 及び領域 20 a に含まれる画像から 3 × 3 画素から成る画素ブロックを抽出する。注目

点は、基準画像ウィンドウ 10w により抽出される画素ブロックの重心位置（中心位置）に存在する。

[0050] 視差算出部 104 は、基準画像ウィンドウ 10w を用いて抽出した画素ブロックから当該画素ブロックに含まれる画素の画素値を求める。同様に、視差算出部 104 は、参照画像ウィンドウ 20w を用いて抽出した画素ブロックから当該画素ブロックに含まれる画素の画素値を求める。

[0051] 視差算出部 104 は、基準画像ウィンドウ 10w 及び参照画像ウィンドウ 20w を水平方向に移動させながら、領域 10a 及び領域 20a それぞれから同一サイズ（3×3 画素）の画素ブロックを抽出し、抽出した画素ブロックに対してブロックマッチングを行い、両画素ブロックの相関度を求める。相関度は、例えば SAD 法による相関値演算により求めることができる。SAD 法において相関度は SAD 値で表される。SAD 値とは、基準画像ウィンドウ 10w 及び参照画像ウィンドウ 20w により抽出された 2 つの画素ブロックにおける対応画素の画素値の差分絶対値を対応画素毎に求め、それらの差分絶対値を両ウィンドウ内の全画素にわたって加算した値である。

[0052] 基準画像ウィンドウ 10w により抽出される画素ブロックが画素値 $X_0 \sim X_8$ を有し、参照画像ウィンドウ 20w により抽出される画素ブロックが画素値 $X'_0 \sim X'_8$ を有する場合、SAD 値は、次の式から得られる。

[数1]

$$SAD = \sum_{i=0}^{3 \times 3 - 1} (|x_i - x'_i|)$$

上式からわかるように、SAD 値が小さいほど両画素ブロックの相関度は高く、SAD 値が大きいほど相関度は低い。つまり、SAD 値の大小に基づいて基準画像ウィンドウ 10w 及び参照画像ウィンドウ 20w それぞれにより抽出される画素ブロックの相関度が判定される。

尚、基準画像及び参照画像がモノクロ画像である場合には、モノクロ画像の画素値を用いて SAD 値を算出し、基準画像及び参照画像が RGB 画像の

場合には、R（赤）、G（緑）、B（青）の内の少なくとも1色の画素値を用いてSAD値を算出すればよい。また、RGBの情報を輝度情報等に変換し、それを用いてSAD値を算出してもよい。

[0053] 図4を用いて対応点検出の処理を具体的に説明する。

視差算出部104は、先ず、基準画像ウィンドウ10wを領域10aの右端から距離W離れた位置に設定し、その位置に基準画像ウィンドウ10wを固定する。視差算出部104は、参照画像ウィンドウ20wを領域20aの右端から距離(W+S)離れた位置に設定する。視差算出部104は、幅Sを探索範囲として、その探索範囲で参照画像ウィンドウ20wを1画素数ずつ移動させながら基準画像ウィンドウ10w内及び参照画像ウィンドウ20w内の画素ブロック間でブロックマッチングを行う。

[0054] 尚、本実施の形態のようにカメラを平行に設置した場合には、視差はカメラ基線長が長いほど大きくなる。また、視差は被写体の奥行き距離が短くなるほど大きくなり、無限遠に近づくほど0に近づいていく。したがって、カメラ基線長又はカメラから被写体までの奥行き距離に応じて探索範囲を設定するのが好ましく、基線長が長くなるほど、あるいは奥行き距離が長くなるほど大きい値となる。例えば、探索範囲の最大値を予め設定しておき、被写体の奥行き距離が1メートル以下の場合には探索範囲を最大値に、1メートル以上の場合には探索範囲をその最大値の半分程度に設定するといった方法がある。

[0055] 視差算出部104は、基準画像ウィンドウ10wを領域10aの右端から距離W離れた位置に固定した状態で、参照画像ウィンドウ20wを領域20aの右端から距離(W+S)離れた位置から、当該右端から距離W離れた位置まで右方向に1画素ずつ移動させながらブロックマッチングを行う。視差算出部104は、領域10a内に固定された基準画像ウィンドウ10wにより抽出される画素ブロックと最も小さいSAD値（最小SAD値）、つまり、最も高い相関度を有する画素ブロックを領域20a内に特定する。基準画像ウィンドウ10wにより抽出された画素ブロックの中心に位置する注目点

に対応する対応点は、その特定された画素ブロックの中心に位置する。このようにして、視差算出部 104 は対応点を検出する。

[0056] 視差算出部 104 は、領域毎に注目点とその対応点との距離から視差を算出し、基準画像 10 の全ての画素において視差を算出する。

[0057] 尚、図 4 で示した例では、基準画像ウィンドウ 10w 及び参照画像ウィンドウ 20w を 3×3 画素の画素ブロックに対応するサイズにしたが、各ウィンドウのサイズを 5×5 画素又は 9×9 画素の画素ブロックに対応するサイズ、又は 4×4 画素等の縦横画素数が偶数である画素ブロックに対応するサイズなど様々なウィンドウサイズとしてよい。

上記の例では、参照画像ウィンドウ 20w を右方向に移動させたが、左方向に移動させるようにしてもよい。つまり、領域 20a の右端から距離 W 離れた位置から当該右端から距離 $(W + S)$ 離れた位置まで左方向に 1 画素ずつ参照画像ウィンドウ 20w を移動させながらブロックマッチングを行ってもよい。

以上、分割基準画像及び分割参照画像間に垂直方向の画像ずれがない場合の対応点探索の手法を説明した。上述のように、画像ずれが存在しない場合、両画像間で同一ライン上を単に対応点探索を行えばよい。

[0058] 次に、分割基準画像及び分割参照画像間に垂直方向の画像ずれがある場合の対応点探索の手法を説明する。垂直方向の画像ずれは、レンズに歪みが存在する場合、カメラの取り付け精度が低く、本来であれば平行にずれなく配置すべきところでカメラ自体が傾いている場合、又はカメラが垂直方向にずれて配置されている場合などに生ずる。垂直方向の画像ずれをそのままにして上述のように同一ライン上で対応点探索を行った場合、対応点が同一ライン上に存在しないことにより対応点を誤検出する可能性が高く、正確な視差を算出できない。そこで、視差算出部 104 は、垂直方向の画像ずれを補正した後に対応点探索を行い、視差を算出する。以下、垂直方向の画像ずれを補正する処理等について詳細に説明する。

[0059] 垂直方向の画像ずれがない場合、注目点とそれに対応する対応点は同一ラ

イン上に存在するが、垂直方向の画像ずれがある場合、注目点とそれに対応する対応点は同一ライン上に存在しない。そこで、補正量決定部 103 は、分割基準画像及び分割参照画像間の垂直方向の画像ずれ量を領域毎に算出し、その領域毎の画像ずれ量に基づき分割参照画像の補正量を決定する。視差算出部 104 は、補正量決定部 103 から補正量を受け取り、その補正量に基づき分割参照画像を補正し、分割基準画像及び補正後の分割参照画像を用いた対応点探索を行う。

[0060] 先ず、分割基準画像及び分割参照画像間に垂直方向の画像ずれがある状態を例に挙げて説明する。

図 5 は、分割基準画像及び分割参照画像を模式的に示す説明図である。

図 5 A は分割基準画像、図 5 B は分割参照画像を示す。画像分割部 101 は、基準画像及び参照画像それぞれを例えば 9 領域に分割する。

[0061] 分割基準画像 30 及び分割参照画像 40 それぞれは被写体画像 31 及び被写体画像 41 を含む。被写体画像 31 及び 41 は、例えば 3 個の横長の矩形から成る。第一カメラ 1 及び第二カメラ 2 のレンズ位置（視点）が異なり、且つ、各カメラの取り付け精度又はレンズの精度の違い等があるため、分割参照画像 40 内の被写体画像 41 は、分割基準画像 30 内の被写体画像 31 に対して左方向且つ下方向にずれた位置に存在する。つまり、分割基準画像 30 及び参照画像 40 間には垂直方向の画像ずれが存在する。

[0062] 図 6 は、図 5 に示す分割基準画像及び分割参照画像内の一領域、及びそれに含まれる被写体画像の一部を模式的に示す説明図である。

図 6 A は分割基準画像内の一領域及びそれに含まれる被写体画像の一部、図 6 B は分割参照画像内の一領域及びそれに含まれる被写体画像の一部、図 6 C は、図 6 A 及び図 6 B それぞれが示す領域及び被写体画像を重ね合わせた状態を模式的に示す。

領域 30 a は被写体画像 31 の一部を含み、領域 40 a は被写体画像 41 の一部を含む。

[0063] 図 6 C からわかるように、領域 40 a 内の被写体画像 41 は、領域 30 a 内

の被写体画像 3 1 に対して左方向に E 画素数ずれ、且つ、下方向に F 画素数ずれている。左方向のずれは視差であり、下方向のずれは各カメラの取り付け精度又はレンズの精度の違い等に起因した垂直方向の画像ずれである。このように部分的な垂直方向の画像ずれが生じている状態で上述の水平方向のブロックマッチングを行う場合、対応点を検出できず、正しい視差を算出できないことがある。被写体画像 3 1 の左端の垂直方向エッジにおける中央近傍部分の形状及び色は、被写体画像 4 1 の左端の形状及び色とほぼ同一であるため、当該部分に位置する注目点に対応する視差は、上述の水平方向のブロックマッチングにより正しく検出できる可能性がある。しかし、被写体画像 3 1 の左上角隅の部分に位置する注目点に対応する対応点は同一ライン上には存在しない為、誤検出される可能性が高い。そのため、分割基準画像 3 0 及び分割参照画像 4 0 の画像全体から得られる視差の確度は高くない。

[0064] 続いて、分割基準画像 3 0 及び分割参照画像 4 0 間に大きな垂直方向の画像ずれが生じている状態を例に挙げて説明する。

図 7 は、分割基準画像及び分割参照画像内の一領域及びそれに含まれる被写体画像の一部を模式的に示す説明図である。

図 7 A は分割基準画像内の一領域及びそれに含まれる被写体画像の一部、図 7 B は分割参照画像内の一領域及びそれに含まれる被写体画像の一部を示す。

領域 5 0 a は分割基準画像 3 0 内の領域であり、領域 6 0 a は分割参照画像 4 0 内の領域である。領域 5 0 a は被写体画像 5 1 の一部を含み、領域 6 0 a は被写体画像 6 1 の一部を含む。

[0065] 図 7 からわかるように、領域 6 0 a 内の被写体画像 6 1 は、領域 5 0 a 内の被写体画像 5 1 に対して垂直方向に大きくずれている。分割基準画像 3 0 及び分割参照画像 4 0 間に完全な垂直方向の画像ずれが生じている状態で上述の水平方向のブロックマッチングを行った場合、対応点を誤検出する可能性は非常に高い。そのため、分割基準画像 3 0 及び分割参照画像 4 0 間に部分的な垂直方向の画像ずれがある場合と比べて、正確な視差を算出すること

が一層困難になる。

[0066] このように分割基準画像 30 及び分割参照画像 40 間に垂直方向の画像ずれがある場合、対応点を誤検出する可能性があり、正確な視差を算出することが困難になる。そこで、補正量決定部 103 は、分割基準画像 30 内の各領域の水平方向の中心線を基準にして分割基準画像 30 及び分割参照画像 40 間の垂直方向の画像ずれ量を領域毎に算出し、領域毎の画像ずれ量に基づき補正量を決定し、視差算出部 104 に与える。視差算出部 104 は、補正量決定部 103 から受け取った補正量に基づき分割参照画像 40 を補正し、補正後の分割参照画像を用いて対応点探索を行う。以下、その処理を具体的に説明する。

[0067] 図 8 A 及び図 8 B は、垂直方向の画像ずれの補正について説明するための説明図である。

図 8 A は分割基準画像及び分割参照画像内の一領域、図 8 B は分割基準画像及び補正後の分割参照画像内の一領域を示す。

図 8 A において、分割基準画像 30 内の領域 30 a は被写体画像 31 の一部を含み、分割参照画像 40 内の領域 40 a は被写体画像 41 の一部を含む。

[0068] 補正量決定部 103 は、分割基準画像 30 内の領域 30 a の中心線（点線）上に対して、 3×3 画素の画像ブロックを抽出する基準画像ウィンドウを設定し、分割参照画像 40 内の領域 40 a の中心線上に対して 3×3 画素の画素ブロックを抽出する参照画像ウィンドウを設定する。

[0069] 補正量決定部 103 は、基準画像ウィンドウの位置を固定し、参照画像ウィンドウの位置を中心線に沿って水平方向に 1 画素ずつ移動させながらブロックマッチングを行い、各位置における SAD 値を求める。ある 1 つの注目点に対応する対応点を検出するまでの探索範囲が例えば 10 画素の長さであれば、補正量決定部 103 は、10 個の SAD 値を求め、それらの SAD 値の中から最小 SAD 値を選択する。

[0070] 補正量決定部 103 は、基準画像ウィンドウを水平方向に 1 画素数移動さ

せて固定し、再び、参照画像ウィンドウを水平方向に1画素数ずつ移動させながら、ブロックマッチングを行い最小SAD値の算出を繰り返していく。

[0071] このように、補正量決定部103は基準画像の各画素において探索範囲分のSAD値を求め、そのSAD値の中から最小SAD値を算出する。すなわち、補正量決定部103は、基準画像ウィンドウを移動させた移動量である画素数と等しい数の最小SAD値を得ることになる。補正量決定部103は、得られた最小SAD値を全て加算し、最小SAD値の総和を求める。この最小SAD値の総和は、図8Aに示す状態でブロックマッチングしたことにより得られる値である。

[0072] 次に、補正量決定部103は、分割参照画像40内の領域40aを上方向に1画素移動させ、上記と同じ処理を行い最小SAD値の総和を求める。移動は、基本的な対応点探索の方法で説明した同一ラインでの対応点探索と異なり、基準画像ウィンドウの中心となるラインに対して、対応点探索を行う参照画像ウィンドウの中心ラインを垂直方向にずらすことに相当し、これは簡易な処理である。ここでは、補正量決定部103は、分割参照画像40内の領域40aを上下方向に5画素ずつ移動させるものとする。

[0073] 補正量決定部103は、1画素数移動させる毎に最小SAD値の総和を求める。その結果、補正量決定部103は、最小SAD値の総和をF個得る。補正量決定部103は、それらの最小SAD値の総和の中から最も小さい最小SAD値の総和を選択する。その最も小さい最小SAD値の総和が得られたときの領域40aの移動量が垂直方向の画像ずれ量に相当する。

[0074] 例えば、補正量決定部103は、分割参照画像40を垂直方向に-5画素～+5画素の範囲で1画素ずつ移動させる毎に最小SAD値の総和を求め、最小SAD値の総和が最小となる場合を特定し、その場合の領域40aの移動量を画像ずれ量とする。領域40aを上方向に例えば2画素数移動したときの最小SAD値の総和が最も小さい場合、図8Bに示す画像ずれ量Fは2画素数であり、補正量を+2と決定する。尚、領域40aを上方向に移動する場合の補正量の符号を+とし、下方向に移動する場合の補正量の符号を一

とする。

[0075] このように、補正量決定部 103 は、領域毎に分割基準画像と分割参照画像の画像ずれ量を求めて補正量を決定し、視差算出部 104 へ送る。視差算出部 104 は、分割参照画像を補正量にしたがって移動した後に対応点探索を行う。これにより、各画像の対応点が同一ライン上に存在する可能性が増加することから、補正前に対し正確な視差を算出することが可能となる。

[0076] 視差算出部 104 は、領域毎に算出された視差を視差統合部 105 へ与える。視差統合部 105 は、視差算出部 104 から受け取った領域毎の視差を統合し、分割前の画像サイズに合わせた統合視差を求める。つまり、視差統合部 105 において、領域毎の視差は、基準画像の各画素に対応した視差データ（視差マップ）として統合される。

[0077] 分割参照画像 40 内の全ての領域の画像が分割基準画像 30 内の対応領域の画像に対して、画像ずれ量は異なるが全て同じ方向（上方向又は下方向のいずれか一方）にずれている場合、補正量決定部 103 は、領域毎に求めた画像ずれ量の中から最小の画像ずれ量を選択し、その最小の画像ずれ量に応じて補正量を決定してもよい。その場合、視差算出部 104 は、分割参照画像内の全ての領域の画像に対して、その最小画像ずれ量分だけ移動した後に、移動後の画像に対する各領域の補正量に従い補正したのちに対応点探索を行い、視差を算出する。以下、その処理を具体的に説明する。

[0078] 図 9 A 及び図 9 B は、分割参照画像内の 9 つの領域毎の画像ずれ量を示す説明図である。

図 9 A は、補正前の分割参照画像内の 9 つの領域の画像ずれ量を領域毎に示す。ここでは、分割参照画像 40 内の領域 1～3 は、分割基準画像 30 内の領域 1～3 に対して下方向に 3 画素数ずれ、分割参照画像 40 内の領域 4～6 は、分割基準画像 30 内の領域 4～6 に対して下方向に 4 画素数ずれ、分割参照画像 40 内の領域 7～9 は、分割基準画像 30 内の領域 7～9 に対して下方向に 5 画素数ずれているものとする。この場合、最小画像ずれ量は 3 画素であるため、分割参照画像内の 9 つの領域全てを上方向に 3 画素数移

動させる。

[0079] 図9Bは、分割参照画像の9つの領域全てを上方向に3画素数移動させた後の各領域の画像ずれ量を示す。図9Bからわかるように、分割参照画像の9つの領域の全てを3画素数上方向に移動させることにより、分割参照画像40内の領域1～3の画像ずれ量は0、領域4～6の画像ずれ量は1画素、領域7～9の画像ずれ量は2画素になる。つまり、分割参照画像内の全ての領域を最小の画像ずれ量分だけ移動させておくことにより、画像ずれ量の最大値は2画素になり、画像ずれ量は全体的に小さくなる。よって、次の補正量算出の際には、上下方向により狭い範囲で画像ずれ量を算出すればよく、高解像度画像における処理量の削減に繋がる。また、例えばカメラ起動時には画像全体に対して前述の最小の画像ずれ量分の補正を行い画像ずれ量を小さくしておく。これにより、衝撃等がカメラに加わり新たな画像ずれが発生した場合、もともとの画像ずれ量を小さくしてある為、大きなずれが発生した場合でも比較的狭い上下方向の範囲で画像ずれ量を算出できる。

[0080] 実施の形態1は、画素単位で画像ずれを補正する手法とは異なり、領域単位で画像ずれを補正しているため、画素数の多い画像、つまり高解像度画像を処理する場合であっても処理量が大幅に増えることはない。したがって、画像の解像度が高くなるにつれ、実施の形態1における処理量と、画素単位で画像ずれを補正する手法における処理量との差は大きくなる。

[0081] 尚、補正量決定部103は分割参照画像40内の各領域を上下方向に所定範囲ずらすことにより垂直方向の画像ずれ量を算出するが、その所定範囲をどの程度にするかは、カメラの取り付け精度に応じて設定すればよい。例えば、カメラの取り付け精度が低い場合には広い範囲に設定し、精度が高い場合には狭い範囲に設定すればよく、本実施の形態で示した5画素に限定するものではない。また、本実施の形態では上下方向に画像ずれ量の算出を行っているが、いずれか一方の方向に画像ずれが発生しているか予め判明している場合は、上方向の範囲又は下方向の範囲のいずれか一方の範囲に対してのみ画像ずれ量の算出を行ってもよい。

[0082] また、本実施の形態では最初の補正量決定時に各領域で補正方向が同じであった場合、その各領域の補正量の最小値分補正しておくとしたが、これ以外にも、領域毎に前回の補正量を元に、その補正位置から相関値を算出して画像ずれ量を算出するようにしてもよい。例えば、ある領域で補正量が+2であった場合、この値を記憶装置に記憶させておき、次の補正量決定時に、その補正量の位置から最小SAD値の総和の算出を始めてもよい。そして、その最小SAD値の総和が一定値（例えば、予め設定済みの規定値や、横のピクセル数とブロックサイズに応じた閾値）以下になった時点で画像ずれ量の算出をやめてもよい。この場合、前回の補正量付近で相関を調べ、十分な相関が得られた場合にはそれ以外のラインに対して相関を調べる為の探索を行わなくなる為、処理量が削減でき、すばやく補正量を決定することができる。

[0083] 画像分割部101は、基準画像及び参照画像を上下左右均等に分割しなくてもよい。レンズの歪みによる画像ずれの場合、基準画像及び参照画像の端近傍の領域の画像ずれ量が大きいため、その領域での分割数を多くし、中央近辺の分割数を小さくしてもよい。画像内の位置に応じて分割数を異ならせることにより、画像ずれを画像内の位置に応じてきめ細かく補正することができ、対応点探索の精度を向上させることができる。

また、本実施の形態では被写体に対して左側に寄ったカメラである第一カメラの画像を基準画像、つまり第一カメラを基準として視差データを算出した。しかし、これに限らず、視差の関係から探索範囲の方向は変化するが、被写体に対して右側に寄ったカメラである第二カメラの画像を基準画像、つまり第二カメラを基準として視差データを算出してもよい。

[0084] また、本実施の形態では、画像内の1ラインにおけるSAD値の総和が最小となる位置を特定することによって、基準画像及び参照画像間の画像ずれ量を算出したが、これ以外の手法を用いて画像ずれ量を算出してもよい。例えば、ブロックマッチング時に最小SAD値に近いSAD値が複数存在する場合、算出された視差の信頼度は低いとみなし、その視差をエラーとしてエ

ラー処理する。このエラー処理を行うことにより、信頼度の高い視差だけを抽出し、抽出された信頼度の高い視差の数が最大となるように補正量を決定してもよい。また、SADに限らずSSDなどの他の手法を用いても良い。

[0085] また、例えばエッジ抽出などの特徴点抽出を行い、抽出した特徴点の対応度に従って補正量を決定してもよい。例えば、基準画像及び参照画像に対してエッジ検出処理を行い、基準画像及び参照画像それぞれのエッジ画像を作成する。次いで、各エッジ画像を領域分割し、領域毎にエッジの対応度を求める。基準画像及び参照画像の水平方向には視差が存在するため、基準画像及び参照画像のエッジ画像を領域毎にそのまま重ね合わせても、両画像のエッジの位置は一致しない。そこで、分割参照画像を領域毎に垂直方向に1画素移動する毎に、分割参照画像を水平方向に予め決められた探索範囲分移動する。そして、分割参照画像を移動させながら分割基準画像と分割参照画像とを重ね合わせ、エッジが一致した位置の数を算出する。この処理を繰り返し、エッジが一致した位置の数を求め、この数を基準画像及び参照画像の垂直方向の対応度とする。つまり、エッジが一致した位置の数が多し程、対応度が大きいと判断する。この対応度が最も大きくなる垂直方向の位置を特定することで、垂直方向の画像ずれ量を算出し、補正量を決定する。そして、その補正量に基づいて画像を補正することにより、正確な視差を算出することができる。

[0086] 実施の形態2

以下、図面を参照して実施の形態2を具体的に説明する。

図10は、実施の形態2に係る視差算出装置の構成例を示すブロック図である。

第一カメラ1及び第二カメラ2は、同一の被写体を同じタイミングで撮影し、撮影した左右一对の基準画像及び参照画像を視差算出装置200に与える。視差算出装置200は、第一カメラ1及び第二カメラ2が撮影した基準画像及び参照画像を入力し、基準画像及び参照画像を用いて対応点探索処理及び視差算出処理を実行する

視差算出装置 200 は、画像分割部 201、補正量決定部 202、映像シーン検出部 203、視差算出部 204 及び視差統合部 205 を有する。

[0087] 画像分割部 201 及び補正量決定部 202 それぞれは、第一カメラ 1 及び第二カメラ 2 から基準画像及び参照画像を受け取る。基準画像及び参照画像は動画画像である。

映像シーン検出部 203 は、第一カメラ 1 から基準画像を受け取り、基準画像に対して映像シーン解析を行い、映像シーンの切り替わりを検出する。映像シーンの切り替わりは、輝度又は色情報、又は第一カメラ 1 の動作において一時停止又は動作再開等に操作が行われたかによって検出する。映像シーン検出部 203 は、映像シーンの切り替わりを検出した場合、補正量決定部 202 に補正指示を与える。映像シーン検出部 203 は、補正量決定部 202 に補正指示を与える補正指示部としての機能を有する。

[0088] 第一カメラ 1 及び第二カメラ 2 の位置が垂直方向にずれている場合、カメラと被写体との距離（奥行き距離）に応じて垂直方向に画像ずれが生じる。第一カメラ 1 及び第二カメラ 2 と被写体との距離が短いほど、基準画像及び参照画像間の垂直方向の画像ずれ量は大きくなり、その距離が長いほど基準画像及び参照画像間の垂直方向の画像ずれ量は小さくなる。つまり、第一カメラ 1 及び第二カメラ 2 と被写体との距離が大きく変わるような映像シーンの切り替え時、基準画像及び参照画像間の垂直方向の画像ずれ量は大きく変化する。そのため、映像シーンの切り替え前後の画像ずれ量は大きく異なる。そこで、補正量決定部 202 は、映像シーンが切り替わった後、基準画像及び参照画像間の垂直方向の画像ずれ量を算出し、その画像ずれ量に対応する補正量を決定し、画像分割部 201 に与える。画像分割部 201 は、補正量決定部 202 から受け取った補正量に基づき、基準画像及び参照画像を分割し、分割基準画像及び分割参照画像を視差算出部 204 に与える。視差算出部 204 は、分割基準画像及び分割参照画像を用いて対応点探索処理及び視差算出処理を行う。

[0089] 実施の形態 1 では、画像分割部 101 が基準画像及び参照画像を所定の領

域に分割した後、補正量決定部 103 は領域毎の補正量を決定する。これに対して、実施の形態 2 では、補正量決定部 202 は、画像分割部 201 で分割されることになる領域毎に画像ずれ量を算出し、その画像ずれ量に対応する補正量を決定し、画像分割部 201 に与える。画像分割部 201 は、補正量決定部 202 から補正量を受け取り、その補正量に基づいて基準画像及び参照画像を分割し、分割基準画像及び分割参照画像を視差算出部 204 に与える。視差算出部 204 及び視差統合部 205 の構成及び動作は、実施の形態 1 で示したものと同様であるため説明は省略する。

[0090] 図 11A 及び図 11B は、基準画像及び参照画像を模式的に示す説明図である。

図 11A は、基準画像 50 に含まれる 3 領域 50a、50b、50c 及び各領域の中心線 51c～53c、図 11B は、参照画像 60 に含まれる 3 領域 60a、60b、60c 及び各領域の中心線 61c～63c を示す。この 3 領域は、後に画像分割部 201 により分割されることにより得られる領域である。図 11B において、領域 60a～60c は、中心線 61c～63c 及びそれらの上下 2 ラインから成る 3 つの領域 60d、60e、60f を含む。

補正量決定部 202 は、基準画像ウィンドウを中心線 51c、52c、53c 上に設定し、参照画像ウィンドウを領域 60d、60e、60f 上に設定し、画像ずれ量を算出するためブロックマッチングを行う。

[0091] 図 12A 及び図 12B は、ブロックマッチングを模式的に示す説明図である。

補正量決定部 202 は、基準画像 50 内の領域 50a の中心線 51c を中心にして 3×3 画素の画像ブロックに対応する基準画像ウィンドウ 50w を設定し、参照画像 60 内の領域 60a の中心線 61c 及び中心線 61c 及びその上下 2 ラインを含む 3 ライン内に参照画像ウィンドウ 60w を設定し、基準画像ウィンドウ 50w 及び参照画像ウィンドウ 60w それぞれにより抽出される画素ブロック間でブロックマッチングを行い、SAD 値を算出する

。

[0092] 補正量決定部202は、領域50aの中心線51cに対して基準画像ウィンドウ50wを設定し、領域60aの中心線61cの上の2ライン目に参照画像ウィンドウ60wの中心が位置するように参照画像ウィンドウを設定する。

補正量決定部202は、基準画像ウィンドウ50w及び参照画像ウィンドウ60wをそれぞれ右方向に移動させながらブロックマッチングを行い、最小SAD値を算出する。基準画像50及び参照画像60の水平方向の画素数が120画素であり、且つ、画像分割部201による水平方向の分割数が3である場合、補正量決定部202は、左から40画素の長さ毎の探索範囲で最小SAD値の総和を算出する。補正量決定部202は、同様な処理を中心線52c、53c及び領域60e、60fに対して行い、最小SAD値の総和を算出する。次いで、補正量決定部202は、最小SAD値の総和が最も小さくなるときのラインを40画素幅の領域毎に特定し、基準画像50及び参照画像60間の垂直方向の画像ずれ量を40画素幅の領域毎に算出する。

補正量決定部202は、画像分割部204で分割されることになる9個の領域毎の画像ずれ量を算出し、それらの画像ずれ量に対応する領域毎の補正量を決定する。

[0093] 補正量決定部202は、決定した領域毎の補正量を内蔵する記憶部（図示せず）に記憶させる。補正量決定部202は、映像シーン検出部203から補正指示を受ける度に、上記処理を行い、領域毎の補正量を決定し、記憶部に記憶している領域毎の補正量を更新する。

[0094] 画像分割部201は、補正量決定部202の記憶部から領域毎の補正量を読み出し、その領域毎の補正量に応じて参照画像を分割する。具体的には、画像分割部201は、内蔵する画像メモリ（図示せず）から基準画像及び参照画像を読み出す際、領域毎の補正量により特定される記憶領域から参照画像の領域毎の画像を読み出す。

[0095] 図13A及び図13Bは、基準画像及び参照画像を示す説明図である。

図 1 3 A は基準画像 5 0、図 1 3 B は参照画像 6 0 を示す。

画像分割部 2 0 1 は、基準画像 5 0 及び参照画像 6 0 それぞれが例えば 9 領域に分割された画像を画像メモリから読み出す。補正量決定部 2 0 2 が基準画像 5 0 内の領域 5 0 x に対応する参照画像 6 0 の領域 6 0 x の補正量を例えば - 2 画素と決定した場合、画像分割部 2 0 1 は、その補正量に基づき、参照画像 6 0 が記憶されている記憶領域から領域 6 0 x に対応する領域に含まれる画像を読み出し、視差算出部 2 0 4 へ与える。

[0096] 補正量決定部 2 0 2 が基準画像 5 0 の領域 5 0 y に対応する参照画像 6 0 の領域 6 0 y の補正量を例えば - 2 画素と決定した場合、画像分割部 2 0 1 は、その補正量に基づき、参照画像 6 0 が記憶されている記憶領域から領域 6 0 y に対応する領域に含まれる画像を読み出し、視差算出部 2 0 4 へ与える。このように、画像分割部 2 0 1 は、画像メモリから参照画像 6 0 を読み出す際、補正量決定部 2 0 2 が決定した補正量に応じて画像の読み出し位置をずらす。

[0097] 図 1 4 A 及び図 1 4 B は、基準画像及び参照画像を示す説明図である。

図 1 4 A は基準画像 5 0、図 1 4 B は参照画像 6 0 を示す。

基準画像 5 0 及び参照画像 6 0 内には同一の被写体画像 5 1 及び 6 1 が含まれる。被写体画像 5 1 及び 6 1 は、カメラの視点位置又はカメラの姿勢により異なる位置に存在する。ここでは、第一カメラ 1 に対し第二カメラ 2 が傾いているものとする。上述したように、画像分割部 2 0 1 は、基準画像 5 0 内の領域 5 0 x に対して、参照画像内の領域 6 0 x に含まれる画像を画像メモリから読み出す。

[0098] 図 1 5 A 及び図 1 5 B は、基準画像及び参照画像の一領域における被写体画像の垂直方向の画像ずれを模式的に示す説明図である。

図 1 5 A は、基準画像 5 0 の領域 5 0 x に含まれる画像及び領域 5 0 x に対応する参照画像 6 0 の領域に含まれる画像を重ねた状態を模式的に示す。

図 1 5 B は基準画像 5 0 の領域 5 0 x に含まれる画像及び領域 6 0 x に含まれる画像を重ねた状態を模式的に示す。換言すると、図 1 5 A は基準画像 5

0 及び補正前の参照画像 6 0 を示し、図 1 5 B は基準画像 5 0 及び補正後の参照画像 6 0 を示す。

[0099] 基準画像 5 0 内に含まれる被写体画像 5 1 及び参照画像 6 0 内に含まれる被写体画像 6 1 の左側角部分の垂直方向の画像ずれ量を比較した場合、図 1 5 A で示す画像ずれ量は F であり、図 1 5 B で示す画像ずれ量は G である。ここで $F > G$ であるため、参照画像 6 0 を補正することにより、基準画像及び参照画像間の垂直方向の画像ずれは減少する。それにより対応点探索の範囲が狭まるため、対応点探索に要する処理時間を短くすることができる。

[0100] 実施の形態 1 では画像を分割した後、分割画像毎に補正量を求め、分割参照画像を移動するため、対応点の存在しない領域が出てくる場合がある。例えば、図 8 B に示す例では、分割参照画像を上方向に移動させた結果、分割基準画像の最下部に対応する分割参照画像がなくなり、同様に、分割参照画像の最上部に対応する分割基準画像がなくなる現象が生じる。これに対して、実施の形態 2 では、補正量を求めた後に画像を分割するため、中間部分の分割領域では、補正量に応じて読出し位置を変更することで、そのような現象の発生を抑えることができる。

[0101] 尚、実施の形態 2 では、映像シーン検出部 2 0 3 に補正指示部としての機能をもたせているが、カメラ自体への衝撃又はカメラ位置の変化を検出する加速度検出部に補正指示部の機能をもたせてもよい。すなわち、カメラに設けられた加速度検出部が所定の閾値以上の加速度を検出した場合、加速度検出部が補正量決定部 2 0 2 に補正指示を与えるようにしてもよい。これにより、撮影シーンが変わったことをカメラの移動によって判断することができる他、大きな衝撃を受けカメラの位置関係が崩れて配置が変わったときに補正することが可能となる。

補正指示部の機能を有する加速度検出部をカメラ自体に設ける必要はなく、カメラを搭載した携帯情報機器に設けてもよい。これによって、携帯情報機器に強い衝撃等が加わり、カメラの位置ずれが起きた場合、携帯情報機器は、加速度検出部が検出した動きに応じて補正量を算出し、カメラの位置ず

れを補正することができる。

- [0102] 補正指示部は、画像が動画データであった場合に補正量決定部202に対してフレーム毎に補正指示を送るのではなく、予め設定された複数のフレーム単位又は、例えばユーザによって必要に応じて設定された複数のフレーム単位に補正指示を送ってもよい。このように複数のフレーム単位に補正指示を送ることにより、補正量決定部202は、フレーム毎に補正を行う場合よりも処理量を減らすことができる。更に、補正量決定部202の処理量を減らすことにより、携帯情報端末の消費電力を節約させることができる。また、補正指示部はカメラの起動を判断し、起動時のみ補正指示を送ってもよい。このように撮影前の起動時に補正量の算出を行うことによって、常に精度良く視差を算出できるようになる。

補正指示部は、単にユーザからの指示を受け取り、補正指示を補正量決定部202に与えるようにしてもよい。

- [0103] 本実施の形態では、説明の簡略化のため、図13に示すように、領域分割を行う際に、基準画像（被写体に対して左側に寄った第一カメラから得られる画像）の一領域と、対応する参照画像（被写体に対して右側に寄った第二カメラから得られ画像）の一領域とは、各画像の横端から等距離の位置で分割されるようにしている。しかし実際には、基準画像の対応点は、参照画像上ではより左側の位置に存在する。そのため、視差算出時に参照画像から切り出す領域は、被写体の最大視差を考慮し、参照画像の分割位置を左側に最大視差分ずらしたところに設定されるのが好ましい。そのように領域を設定しない場合、基準画像内の領域内の左端付近に関しては、参照画像から切り出した領域内に対応点が含まれない状況が起こり、正しい視差が算出できなくなる。このように基準画像の領域に対応する参照画像の領域を左側にずらして分割することにより、視差の算出できない領域を減少させることができる。また、SADの場合、左右とも分割する領域をウィンドウサイズ分大きく設定し、分割する各領域の一部が重複するように切り出した方が、正確なSAD値を算出することができる。

[0104] また、縦方向に画像ずれが存在する場合、被写体距離に応じて縦方向に視差が存在することになる。すなわち、被写体距離が短いほど上下の画像ずれ量が大きくなり、被写体距離が長いほど上下の画像ずれ量が小さくなる。そのため、被写体距離が大きく変わるような映像シーンの切り替え時において補正量を決定することは有効である。尚、縦方向の画像ずれの影響以外にも回転又は歪みの影響があるため、前述のように被写体距離に応じて画像ずれ量の大小が決定されるとは限らないが、映像シーン切り替え毎に画像ずれ量が増加することには変わりはない。よって、映像シーン切り替え毎に画像ずれ量を算出し、補正量を決定することは有効である。

[0105] 実施の形態 3

以下、図面を参照して実施の形態 3 を具体的に説明する。

図 16 は、実施の形態 3 に係る視差算出装置の構成例を示すブロック図である。

第一カメラ 1 及び第二カメラ 2 は、同一の被写体を同じタイミングで撮影し、撮影した左右一对の基準画像及び参照画像を視差算出装置 300 に与える。視差算出装置 300 は、第一カメラ 1 及び第二カメラ 2 が撮影した基準画像及び参照画像を入力し、基準画像及び参照画像を用いて対応点探索処理及び視差算出処理を実行する

視差算出装置 300 は、画像分割部 301、補正量決定部 302、映像シーン検出部 303、画像縮小部 304、視差算出部 305 及び視差統合部 306 を有する。

[0106] 画像分割部 301、映像シーン検出部 303 及び視差算出部 305 の構成及び動作は、実施の形態 2 で示したものと同様であるため説明は省略する。

以下、補正量決定部 302、画像縮小部 304 及び視差統合部 306 の構成及び動作を説明する。

[0107] 図 17A 及び図 17B は、基準画像及び参照画像を模式的に示した説明図である。

図 17A は基準画像 70 を上下 2 つの領域に分割した状態を示し、図 17

Bは参照画像80を上下2つの領域に分割した状態を示す。以下、基準画像70及び参照画像80の上半分の領域に対する補正量の算出処理について説明する。基準画像70及び参照画像80の下半分の領域に対する補正量の算出処理は、上半分の領域に対する処理と同様であるため説明は省略する。

[0108] 補正量決定部302は、基準画像70内の水平ライン71及び72上及び参照画像80内の水平ライン81及び82上でブロックマッチングを行い、垂直方向の画像ずれ量を算出し、参照画像80に対する補正量を決定する。具体的には、実施の形態2で説明したように、補正量決定部302は、基準画像70内の水平ライン71上に3×3画素の画素ブロックを抽出する基準画像ウィンドウを設定し、参照画像80内の水平ライン81上に3×3画素の画素ブロックを抽出する参照画像ウィンドウを設定する。

[0109] 補正量決定部302は、実施の形態2と同様に、基準画像ウィンドウを水平方向に移動させると共に参照画像ウィンドウを水平方向及び垂直方向に移動させながらブロックマッチングを行い、最小SAD値の総和が最小となる場合を特定し、その場合の画像ずれ量を求め、補正量を決定する。

[0110] 実施の形態3では、補正量決定部302は、基準画像70内の水平ライン71に対して決定された参照画像80の補正量と、水平ライン72に対して決定された参照画像80の補正量とが異なる場合、両補正量の平均値を画像分割部301に与える。

[0111] 画像分割部301は、実施の形態2と同様に、補正量決定部302から受け取った補正量に基づいて基準画像70及び参照画像80を分割し、分割基準画像及び分割参照画像を画像縮小部304へ与える。

[0112] 画像縮小部304は、分割基準画像及び分割参照画像に対して縮小処理を行う。例えば、画像縮小部304は、分割基準画像及び分割参照画像それぞれの縦横長を半分にし、それらの画像サイズを縮小前の画像サイズの1/4にする。つまり、画像縮小部304は、分割基準画像及び分割参照画像の解像度を縮小前の解像度の1/4にする。分割基準画像及び分割参照画像の水平方向の画素数は半になるため、分割基準画像及び分割参照画像を縮小し

ない場合と比べて、視差算出部 305 により算出される視差も半分になる。一方、分割基準画像及び分割参照画像の垂直方向の画素数も半分になるため、分割基準画像及び分割参照画像間の垂直方向の画像ずれ量も半分になる。つまり、図 15B で示したように参照画像を補正した後の画像ずれ量が G である場合、縮小処理を行うことで更に画像ずれ量は半分、つまり $G/2$ になる。

[0113] 画像縮小部 304 により視差が半分になったため、視差統合部 306 は、視差算出部 305 から受け取った視差に対して拡大処理を施し、その視差を 2 倍にする。拡大処理としては、例えば、バイリニア補間又はニアレストネイバー補間等がある。

[0114] 実施の形態 3 では、分割基準画像及び分割参照画像の画像サイズを縮小することにより画像ずれ量を小さくする。その結果、画像ずれ量が小さくなることで視差が算出できる可能性が上がるとともに、対応点探索の検索範囲が狭まり、対応点探索に要する処理時間を短くすることができる。

[0115] 尚、上記例では、分割基準画像及び分割参照画像の画像サイズを縮小しているが、基準画像及び参照画像を縮小した後に分割を行ってもよい。予め基準画像及び参照画像を所定の縮小率で縮小した場合、両画像の縮小に伴い画像ずれ量も縮小率に応じて小さくなる。よって、画像の上下方向の短い範囲でブロックマッチングを行うことで画像ずれ量を算出できる。縮小後の画像に対して上下方向の短い範囲でブロックマッチングを行い画像ずれ量を算出することは、縮小前の画像に対して上下方向の広い範囲で画像ずれ量を算出することと同じであるため、両画像が大きくずれている場合の画像ずれ量の算出が容易になる。また、上記例では、基準画像及び参照画像内の 2 つの水平ラインを用いて補正量を決定したが、より多くの水平ラインを用いて補正量を決定してもよい。例えば、3 つの水平ラインを用いて補正量を決定する場合、ライン毎に算出される補正量の中央値を補正量として決定してもよい。

[0116] 実施の形態 4

以下、図面を参照して実施の形態4を具体的に説明する。

図18は、実施の形態4に係る視差算出装置の構成例を示すブロック図である。

第一カメラ1及び第二カメラ2は、同一の被写体を同じタイミングで撮影し、撮影した左右一对の基準画像及び参照画像を視差算出装置400に与える。視差算出装置400は、第一カメラ1及び第二カメラ2が撮影した基準画像及び参照画像を入力し、基準画像及び参照画像を用いて対応点探索処理及び視差算出処理を実行する。

視差算出装置400は、画像分割部401、補正量決定部402、色情報算出部403、視差算出部404及び視差統合部405を有する。

[0117] 画像分割部401、視差算出部404、視差統合部405の構成及び動作は、実施の形態2で示したものと同様であるため説明は省略する。

[0118] 以下、補正量決定部402及び色情報算出部403の構成及び動作を説明する。

色情報算出部403は基準画像を入力し、画像分割部401が分割すると想定される領域毎に、画像を解析し色情報を算出する。例えば、色情報算出部403は、各領域に含まれるRGB画像のRGBそれぞれの画素値の平均（以下、「RGBの平均値」と呼ぶ）を算出し、RGBの平均値を色情報として出力する。この色情報からは、各領域内においてどのような色合いの被写体が多いかがわかる。例えば、被写体として空が大半を占める領域においては、RGBの平均値のBの値が高くなるため、その領域の画像の色は大半が青色であることがわかる。色情報算出部403は、色情報を補正量決定部402に与える。

[0119] 補正量決定部402では、画像ずれ量を算出するためのブロックマッチングを行うが、その際に色情報を用いて、ブロックマッチングに用いる色を領域毎に決定する。例えば、前述のようにRGBの平均値のBの値が高い場合、青色の被写体が多い領域であることがわかり、Bを使って相関値を算出した場合、どれも似たような色であるため、相関値がどれも高くなり、正確な

画像ずれ量が算出されない可能性がある。そこで、R又はGを用いて相関度を算出することで、正確な画像ずれ量を算出できるようになる。

尚、色情報に応じて何色を利用して画像ずれ量を算出するかは、予め内部メモリ（図示せず）に色情報の参照テーブルを格納しておき、その参照テーブルを参照することにより、ブロックマッチングで使用する色を決定するようにすればよい。また、RGBそれぞれの平均値を比較し、平均値が最も小さい色を用いてブロックマッチングを行ってもよい。

このように、色情報に応じてブロックマッチングで用いる色を選択することにより、より正確に画像ずれ量を算出し補正量を決定することができる。

[0120] また、上記の例では色情報を領域毎のRGBの平均値としたが、これに限らず、色情報に基づいて各領域を更に複数の小領域に分割し、それらの複数の領域の中で最も大きな面積を有する領域のRGBの平均値を色情報としてもよい。また、各領域を更に複数の小領域に分割し、各小領域のRGB値の画素値において、例えばRが200以上である、G及びBが50以下である場合、その小領域の色は赤であるとし、赤の小領域の数が所定数以上の場合には、領域の色を赤として扱ってもよい。

[0121] 実施の形態1～4では、2台のカメラを用いた視差算出装置を例として挙げたが、3台以上のカメラを用いてもよい。すなわち、基準となるカメラを1台決め、そのカメラから基準画像を得、他のカメラから参照画像を得るようにしてもよい。

[0122] 実施の形態1～4によれば水平方向の画像ずれ量を示す視差データを正確に算出することができるが、更に、その視差データに基づき距離データを算出する構成を追加してもよい。具体的には、カメラ間の間隔である基線長、カメラの傾き、解像度等のカメラパラメータが判明している場合、視差データを算出した後、公知の計算法を用いて視差データから距離データ（奥行データ）を算出する距離算出装置の構成にしてもよい。

[0123] 実施の形態1～4では、2台のカメラを平行法により配置する例を示したが、2台のカメラの光軸が輻輳を持つように配置してもよい。2台のカメラ

の光軸が輻輳するようにカメラが配置されている場合、平行法を用いてカメラが配置されている場合と異なり、基準画像上の注目点に対応する対応点が参照画像上の左側に存在するとは限らない。よって、そのような場合には参照画像上において左右両方向に対して対応点探索を行う。また、2台のカメラの光軸が輻輳している場合、撮影された画像は最初から歪みを有しており、注目点及び対応点は同一直線上に存在しないため、そのままでは正確な視差を算出できない。しかし、実施の形態1～4によれば、基準画像及び参照画像を分割して上下方向の位置調整を行い、参照画像上において左右両方向に対する対応点探索を行う処理を行うため正確な視差を算出できる。

[0124] 実施の形態1～4は、2つのカメラモジュールを備えるカメラシステム又はそのカメラシステムを備えた携帯端末、表示装置、車載用カメラシステム若しくは距離検出装置等に適用することができる。

また、カメラでの撮影画像をパーソナルコンピュータ等の計算機に入力して処理してもよく、記憶装置に画像を保存し、その画像を用いて視差又は距離を算出してもよい。

[0125] 実施の形態5

以下、図面を参照して実施の形態5を具体的に説明する。

図19は、実施の形態5に係る視差算出装置の構成例を示すブロック図である。

第一カメラ1及び第二カメラ2は、同一の被写体を同じタイミングで撮影し、撮影した左右一对の基準画像及び参照画像を視差算出装置500に与える。実施の形態1と同様、被写体に対して左寄りに位置する第一カメラ1の画像を基準画像、その被写体に対して右寄りに位置する第二カメラ2の画像を参照画像とする。また、第一カメラ1及び第二カメラ2は平行法により被写体を撮影するように配置されている。

視差算出装置500は、第一カメラ1及び第二カメラ2が撮影した基準画像及び参照画像を入力し、入力した基準画像及び参照画像を用いて対応点探索処理及び視差算出処理を実行する。

[0126] 視差算出装置 500 は、画像分割部 501、条件設定部 502、補正量決定部 503、補正量解析部（差分算出部） 504、視差算出部 505、視差統合部 506 及び記憶部 507 を有する。

視差算出部 505、視差統合部 506 の構成及び動作は、実施の形態 1 で示したものと同様であるため説明は省略する。

[0127] 記憶部 507 は、実施の形態 2 において補正量決定部 202 が決定した領域毎の補正量を記憶するメモリである。また、記憶部 507 は、画像分割部 501 が分割した分割基準画像及び分割参照画像を記憶する画像メモリである。

[0128] 画像分割部 501 は、条件設定部 502 により設定された分割数に従い基準画像及び参照画像を複数の領域に分割し、分割した分割基準画像及び分割参照画像を記憶部 507 の所定領域に記憶させる。

画像分割部 501 は、分割した分割基準画像及び分割参照画像を補正量決定部 503 及び視差算出部 505 に与える。条件設定部 502 は、画像の分割数を設定する。当初の分割数は例えば 9（縦 3×横 3）である。つまり、画像分割部 501 は、基準画像及び参照画像それぞれを 9 領域に分割する。

[0129] 補正量決定部 503 は、画像分割部 501 又は記憶部 507 から分割基準画像及び分割参照画像を取得する。補正量決定部 503 は、分割基準画像及び分割参照画像間における垂直方向の画像ずれ量を算出し、算出した画像ずれを軽減するための補正量を領域毎に決定する。

補正量解析部 504 は、補正量決定部 503 が決定した領域毎の補正量を解析する。補正量解析部 504 は、解析した領域毎の補正量に基づいて、画像を分割する分割数を変更するように条件設定部 502 に通知する。

[0130] 条件設定部 502 は、補正量解析部 504 から分割数の変更に係る通知を受け付けた場合、画像の分割数を再設定する。画像分割部 501 は、条件設定部 502 が再設定した分割数に従い、基準画像及び参照画像を複数の領域に再度分割する。画像分割部 501 は、再度分割した分割基準画像及び分割参照画像を補正量決定部 503 及び視差算出部 505 に与える。

[0131] 以下、視差算出装置 500 の各構成部の動作について詳細に説明する。

図 20A 及び図 20B は、基準画像及び参照画像を示す説明図である。図 20A は、第一カメラ 1 で撮影した左画像である基準画像 507 を示している。図 20B は、第二カメラ 2 で撮影した右画像である参照画像 508 を示している。ここで、参照画像 508 には、第二カメラ 2 が備えるレンズによるたる型歪みが存在しているものとする。そのため、参照画像 508 の左右端に近い画像部分又は画像領域ほど、たる型歪みの影響により、基準画像 507 に対する垂直方向のずれ量が大きい。

[0132] 図 20A 及び図 20B に示す基準画像 507 及び参照画像 508 において、画像分割部 501 は、図 20A 及び図 20B において点線で示すように基準画像 507 及び参照画像 508 を 9 分割する。補正量決定部 503 は、画像分割部 501 が 9 分割した基準画像 507 及び参照画像 508 に基づいて、補正量を算出する。補正量決定部 503 は、算出した補正量のデータを補正量解析部 504 へ与える。

[0133] 図 21A 及び図 21B は、補正量決定部が算出した各領域の補正量を示す説明図である。

図 21A 及び図 21B における数値は、補正量決定部 503 が算出した補正量（ピクセル）を表す。図 21A 及び図 21B において、符合の＋は参照画像 508 を補正のためにずらす方向が上方向であることを、符号の－は参照画像 508 を補正のためにずらす方向が下方向であることを意味する。図 21A は、一回目の画像の分割に対応する各領域について算出された補正量を示す。図 21B は、再分割された画像に対応する各領域について算出された補正量を示す。

[0134] 補正量解析部 504 は、補正量決定部 503 が算出した補正量を受け取る。補正量解析部 504 は、受け取った補正量に基づいて、左右の隣接する画像の領域間における補正量の差分を解析する。例えば、図 21A における左上の領域に着目した場合、当該左上領域の補正量は＋3 である。また、左上領域に対して右側の隣接領域（上部中央の領域）における補正量は 0 である

。これら各領域における補正量の差分の絶対値は、3となる。画像における各領域全体が同一の方向に対応するずれ量を持つ場合には、各領域の補正量はほぼ同一になることから、各領域における補正量の差分の絶対値が大きいほど、画像が大きく歪んでいることがわかる。

[0135] 図22は、図20A及び図20Bそれぞれにおける左上領域及び被写体画像を重ね合わせた状態を模式的に示す説明図である。

画像の歪みが大きい場合、図22に示すように左上領域における上下方向のずれが被写体画像の中央付近でなくなるように補正しても、被写体画像の左右でずれが残存し、かつ残存するずれの方向も被写体画像の左右で逆方向となる。

そこで、画像における歪みが大きい場合には、画像を既に分割した数よりも多い数でより細かく画像を分割する手法が考えられる。より細かく分割した画像の領域において、補正量の算出を再び実行することにより、基準画像507及び参照画像508の視差を算出し易くすることが可能となる。これは、細かく分割することにより分割後の領域において上下方向のずれがより小さくなるためである。ずれが小さくなることにより、ある一定のブロックサイズで対応点を探索することから、視差が算出され易くなる。

[0136] ここでは、補正量解析部504が画像の再分割を行うか否かを判定するための閾値をあらかじめ設定しておくものとし、この閾値を例えば2とする。補正量解析部504は、例えば図21Aにおける左上領域と上部中央領域との補正量の差分は閾値2よりも大きい3であるため、左上領域と上部中央領域との間の歪みは大きく、当該領域各々について再分割を行うと判定する。そこで、補正量解析部504は、条件設定部502に分割数の変更を通知する。条件設定部502は、補正量解析部504からの通知に基づいて、隣接領域との補正量の差分が大きい領域における分割数を増大させる。画像分割部501は、条件設定部502が再設定した各領域の分割数に基づいて、基準画像507及び参照画像508を再び分割する。そして、補正量決定部503は、画像分割部501が再び分割した分割基準画像及び分割参照画像に

基づいて、より細かく補正量の算出及び決定を行う。

[0137] 条件設定部502は、図20A及び図20Bの画像上部と画像下部とのそれぞれの領域において、分割数を左右方向に当初の例えば2倍に再設定する。なお、歪みが大きい隣接領域における再分割のための分割数は、当初の2倍に限らず、2倍より多くてもよいことは勿論である。

[0138] 画像分割部501は、条件設定部が再設定した各領域の分割数に基づいて、基準画像507及び参照画像508を再度分割する。補正量算出部503は、画像分割部501が再度分割した領域毎に補正量の算出を行う。その結果を示した説明図が図21Bである。条件設定部502が歪みの大きな領域の分割数を増加させたことにより、補正量決定部503は補正量をより正確に算出できる。そして、視差算出装置500は、基準画像507に対する補正後の参照画像508における上下方向のずれ量を少なくすることにより、視差を算出し易くすることができる。

[0139] 実施の形態5では、カメラのレンズにたる型歪みが存在していたとした。しかし、視差算出装置500はあくまで補正量の差分が大きい領域における分割数を増大させるため、カメラのレンズに例えば糸巻き型歪み又はピンクッション歪みが存在していても、正確に視差を算出することができる。

[0140] 実施の形態5では、補正量解析部504が画像を再度分割するか否かを判定するための閾値を2とした。しかし、この閾値は、画像の解像度、視差等を算出する際のブロックサイズ、画像を縮小するか否か等のパラメータに応じて、適宜変更されてよい。そして、視差算出装置500は、これらのパラメータに応じて、ユーザが閾値を適宜変更することができる手段を備えていてもよい。あるいは、視差算出装置500は、ユーザが適宜変更した閾値を記憶部507に保持し、管理するようにしてもよい。

また、視差算出装置500は、閾値を複数設定し、設定した複数の閾値に応じて、分割数を変更するようにしてもよい。視差算出装置500は、隣接領域との補正量の差分が大きいほど分割数をより多く増やすことで、歪み量に応じてより正確にずれ量を補正し、視差を算出し易くすることができる。

[0141] 立体画像を構成する左画像及び右画像において、被写体が撮影されている画像上の位置は異なる。このことから、歪みが大きい画像ほど被写体の位置毎に上下のずれ量が大きいため、通常のステレオマッチング、オブジェクトを認識することにより対応点を探す手法等では、正確な視差の算出は困難である。しかし、実施の形態5に係る手法では、このような場合にも対応が可能である。

また、ソフトウェア処理においては最初から分割数を多くした場合、補正量の算出に時間が多大な時間を要する。しかし、視差算出装置500によれば、画像に応じて適応的に補正量を算出できるようになるため、処理量、処理時間等の短縮に資する。

また、画像中央部にはカメラからの距離が近い被写体が撮影されている場合が多く、大きく被写体が写っていることが多い。このような画像に対して分割数を多く設定し過ぎた場合、視差を算出する手がかりとなる被写体の特微量に乏しい領域が分割されることになり、補正量を誤る可能性がある。しかし、視差算出装置500によれば、補正量を算出した後に画像の分割数を再設定し、補正量を再度決定することにより、このような誤動作を防止する効果も奏する。

[0142] 尚、今回開示された実施の形態はすべての点で例示であって、制限的なものではないと考えられるべきである。本発明の範囲は、上記した意味ではなく、請求の範囲によって示され、請求の範囲と均等の意味及び範囲内でのすべての変更が含まれることが意図される。

符号の説明

- [0143]
- | | |
|-----|--------|
| 1 | 第一カメラ |
| 2 | 第二カメラ |
| 100 | 視差算出装置 |
| 101 | 画像分割部 |
| 102 | 条件設定部 |
| 103 | 補正量決定部 |

- 1 0 4 視差算出部
- 1 0 5 視差統合部
- 2 0 0 視差算出装置
- 2 0 1 画像分割部
- 2 0 2 補正量決定部
- 2 0 3 映像シーン検出部
- 2 0 4 視差算出部
- 2 0 5 視差統合部
- 3 0 0 視差算出装置
- 3 0 1 画像分割部
- 3 0 2 補正量決定部
- 3 0 3 映像シーン検出部
- 3 0 4 画像縮小部
- 3 0 5 視差算出部
- 3 0 6 視差統合部
- 4 0 0 視差算出装置
- 4 0 1 画像分割部
- 4 0 2 補正量決定部
- 4 0 3 色情報算出部
- 4 0 4 視差算出部
- 4 0 5 視差統合部
- 5 0 0 視差算出装置
- 5 0 1 画像分割部
- 5 0 2 条件設定部
- 5 0 3 補正量決定部
- 5 0 4 補正量解析部（差分算出部）
- 5 0 5 視差算出部
- 5 0 6 視差統合部

5 0 7 記憶部

請求の範囲

- [請求項1] 二つの視点から得られた画像間の画像ずれとしての視差を算出する視差算出装置において、
- 前記画像それぞれを複数の領域に分割する画像分割部と、
- 該画像分割部により分割された領域毎に二つの視点を結ぶ方向に垂直な方向における前記画像間の画像ずれ量を算出し、画像ずれ量に対応する補正量を決定する補正量決定部と、
- 該補正量決定部により決定された補正量に基づき前記領域毎に画像を補正し、補正された画像に基づき視差を算出する視差算出部と
- を備えることを特徴とする視差算出装置。
- [請求項2] 前記補正量決定部に補正量の決定を指示する補正指示部を更に備え、
- 前記補正量決定部は、該補正指示部からの指示に従って補正量を決定するようにしてある
- ことを特徴とする請求項1に記載の視差算出装置。
- [請求項3] 前記補正指示部は、前記画像が動画像データである場合に、所定数のフレームを取得する度に、前記補正量決定部に補正量の決定を指示するようにしてある
- ことを特徴とする請求項2に記載の視差算出装置。
- [請求項4] 前記補正指示部は、映像シーンの切り替えを検知し、映像シーンの切り替えを検知した場合、前記補正量決定部に補正量の決定を指示するようにしてある
- ことを特徴とする請求項2に記載の視差算出装置。
- [請求項5] 前記補正指示部は、加速度を検出し、所定の閾値以上の加速度を検出した場合、前記補正量決定部に補正量の決定を指示するようにしてある
- ことを特徴とする請求項2に記載の視差算出装置。
- [請求項6] 前記各領域の補正量を記憶する記憶部を更に備え、

前記補正量決定部は、該記憶部に記憶されている過去の補正量に基づき補正量を決定するようにしてある

ことを特徴とする請求項 1 から 5 のいずれか 1 項に記載の視差算出装置。

[請求項7] 前記領域毎の画像ずれの方向が同一方向である場合、

前記視差算出部は、領域毎に算出された画像ずれ量の中から最小値を選択し、該最小値に従い画像全体を補正してから、領域毎に画像を補正するようにしてある

ことを特徴とする請求項 1 から 6 のいずれか 1 項に記載の視差算出装置。

[請求項8] 前記画像分割部は、大きさが異なるように領域を分割することを特徴とする請求項 1 から 7 のいずれか 1 項に記載の視差算出装置。

[請求項9] 前記画像分割部は、前記画像の中央部分の領域が大きく、前記画像の周辺部分の領域が小さくなるように分割するようにしてある

ことを特徴とする請求項 8 に記載の視差算出装置。

[請求項10] 前記補正量決定部が決定した前記各領域の補正量に基づいて、隣接する領域間における補正量の差分を算出する差分算出部を備え、

前記画像分割部は、該差分算出部が算出した領域間における差分が所定の閾値以上である場合、該領域各々を更に分割するようにしてある

ことを特徴とする請求項 1 から 7 のいずれか 1 項に記載の視差算出装置。

[請求項11] 前記画像分割部は、前記差分算出部が算出した差分に応じて隣接する前記領域各々を分割する分割数を決定し、決定した分割数で更に分割するようにしてある

ことを特徴とする請求項 10 に記載の視差算出装置。

[請求項12] 請求項 1 から 11 のいずれか 1 項に記載の視差算出装置と、
該視差算出装置により算出された視差に基づき、前記視点及び被写

体間の距離を算出する距離算出部と

を備えることを特徴とする距離算出装置。

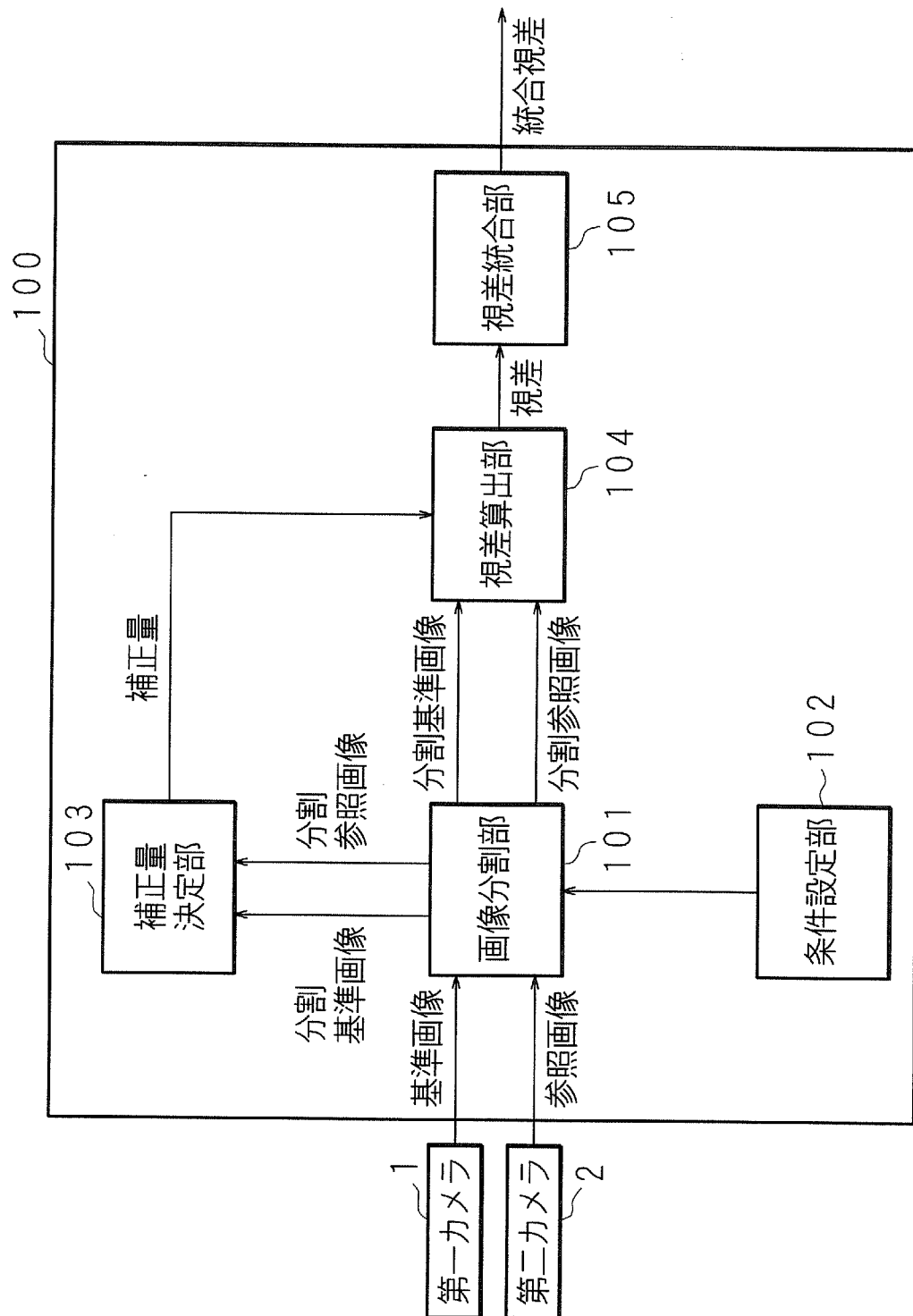
[請求項13] 二つの視点から得られた画像それぞれを複数の領域に分割する画像分割ステップと、

該画像分割ステップにより分割された領域毎に二つの視点を結ぶ方向に垂直な方向における前記画像間の画像ずれ量を算出し、画像ずれ量に対応する補正量を決定する補正量決定ステップと、

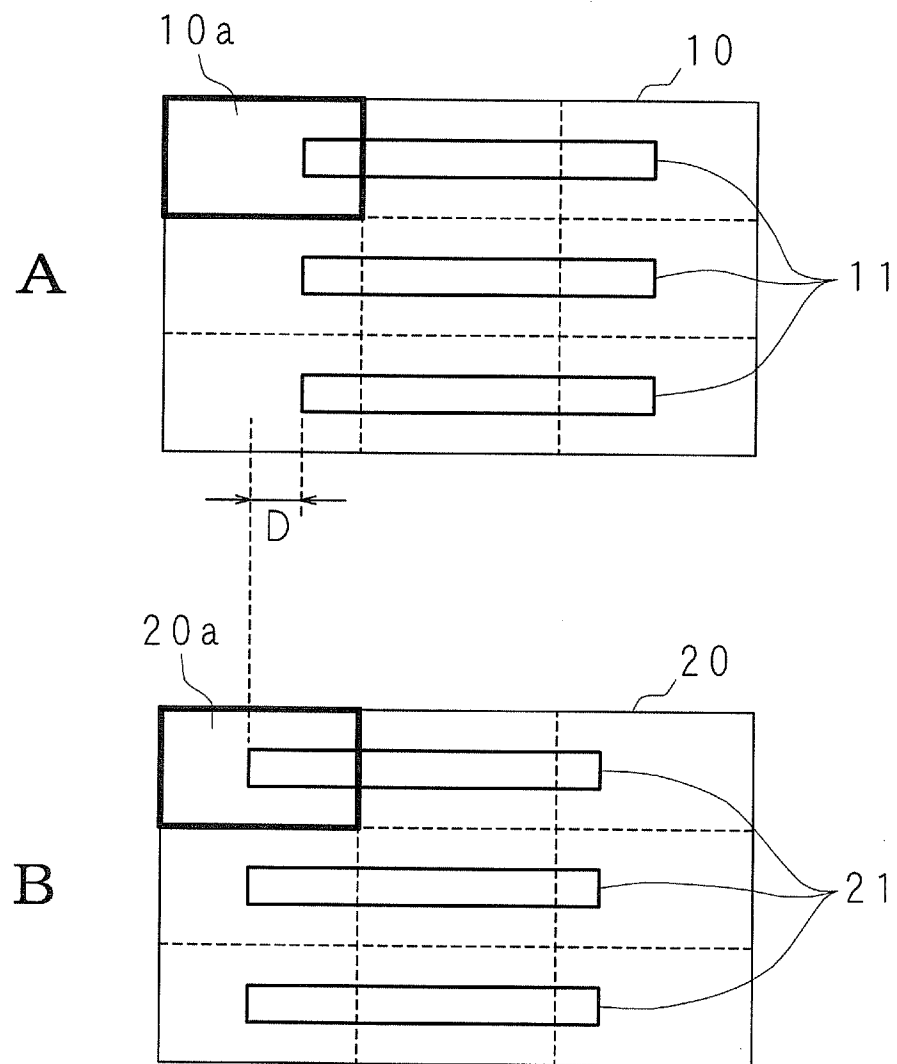
該補正量決定ステップにより決定された補正量に基づき前記領域毎に画像を補正し、補正された画像に基づき、前記二つの視点から得られた画像間の視差を算出する視差算出ステップと

を含むことを特徴とする視差算出方法。

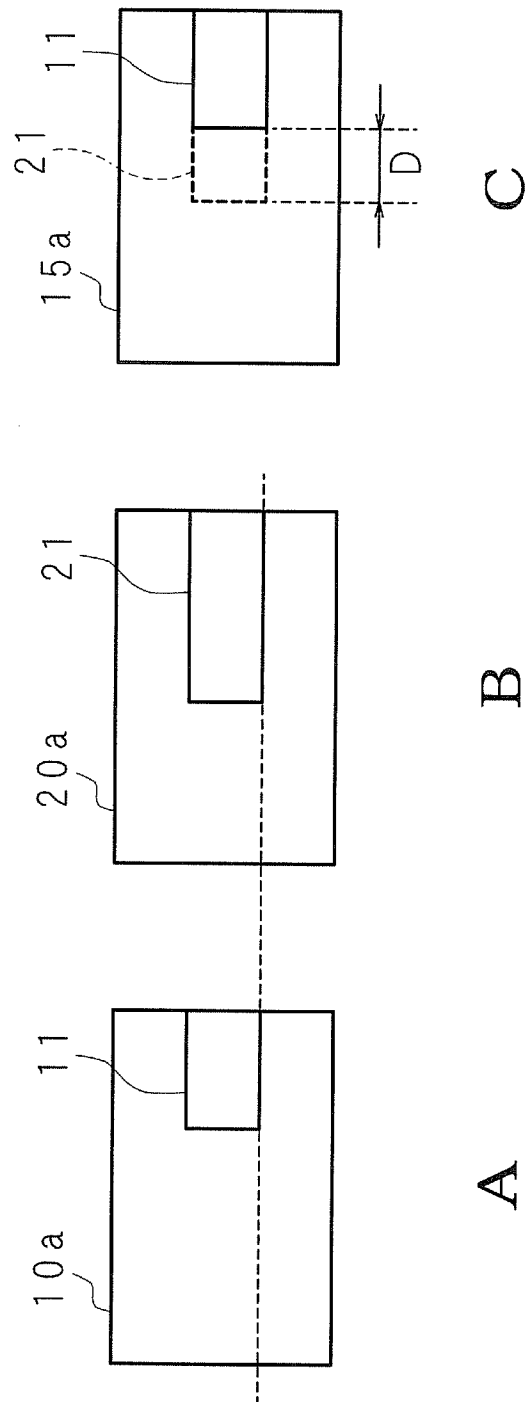
[図1]



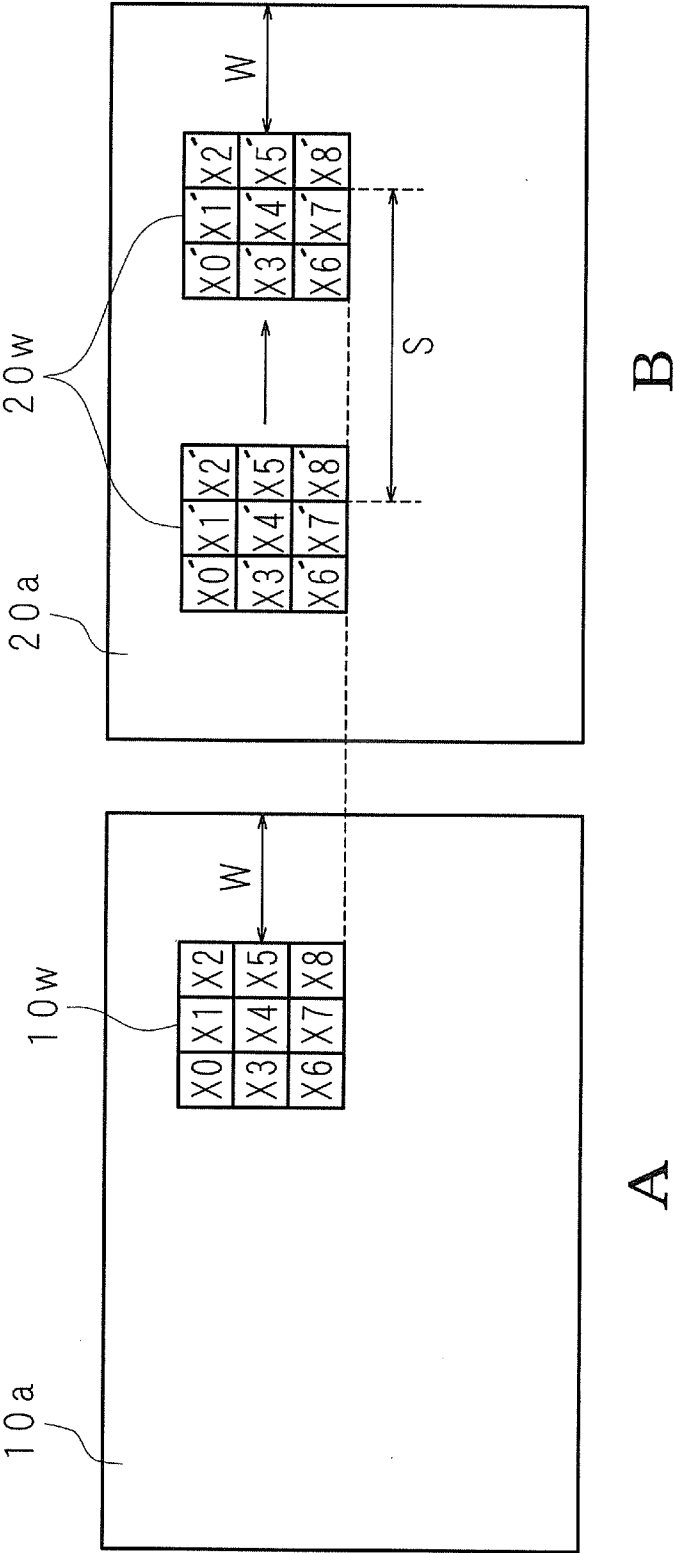
[図2]



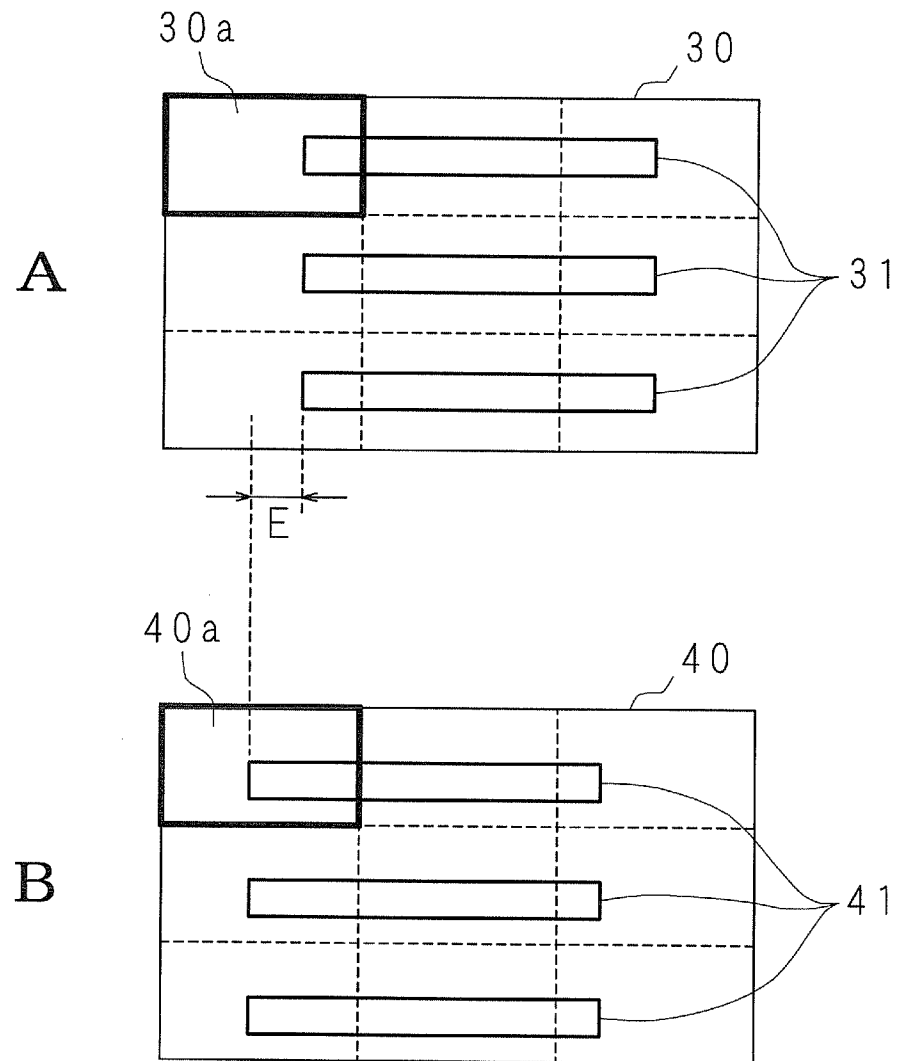
[図3]



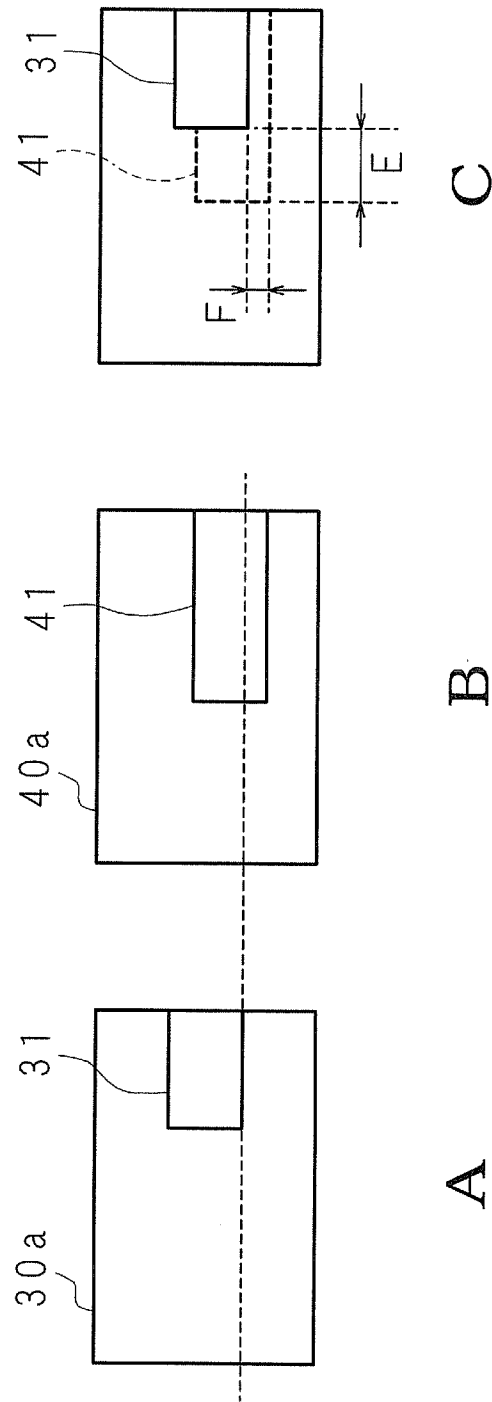
[図4]



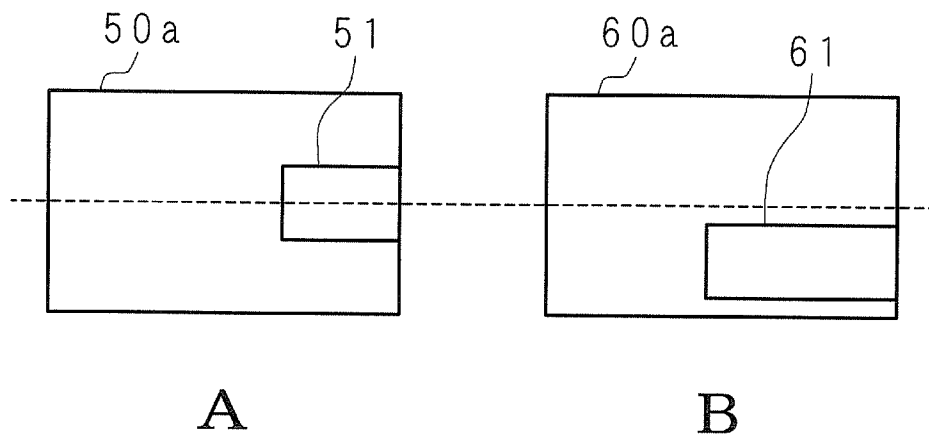
[図5]



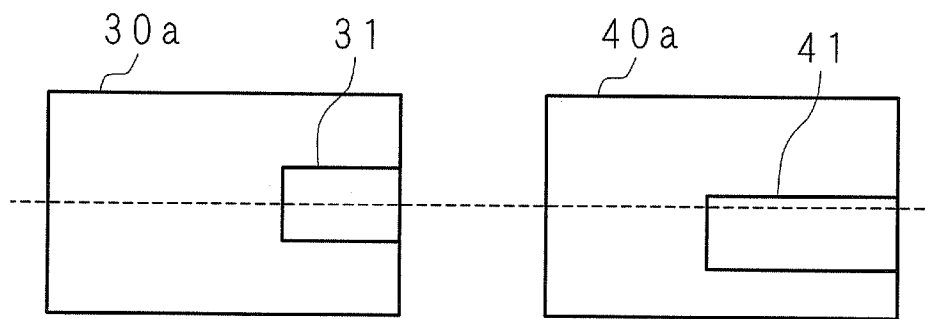
[図6]



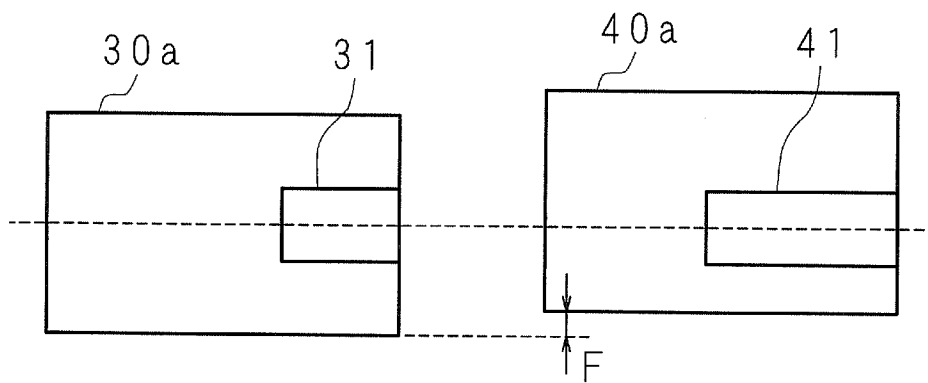
[図7]



[図8A]



[図8B]



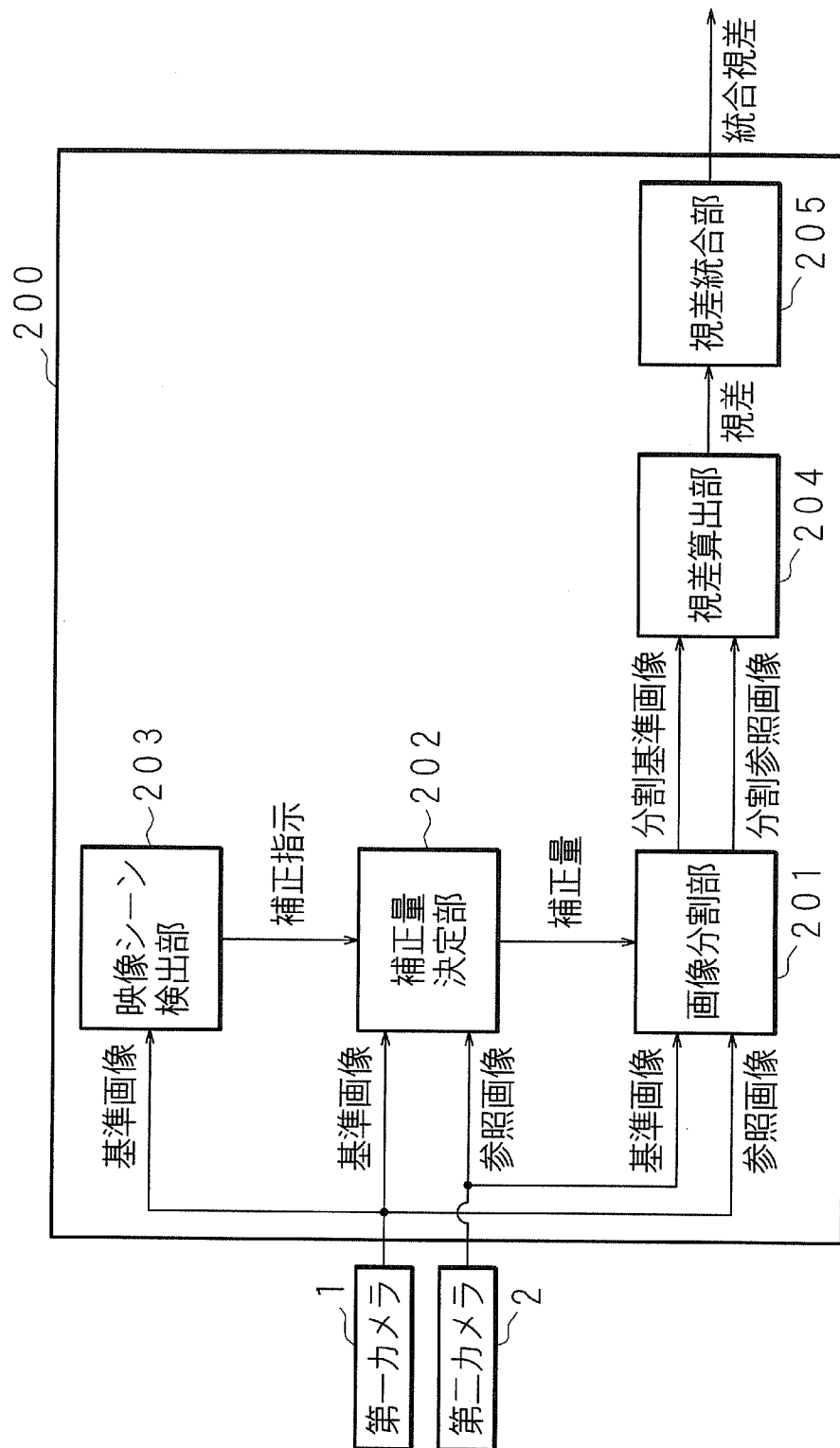
[図9A]

領域 1	領域 2	領域 3
3	3	3
領域 4	領域 5	領域 6
4	4	4
領域 7	領域 8	領域 9
5	5	5

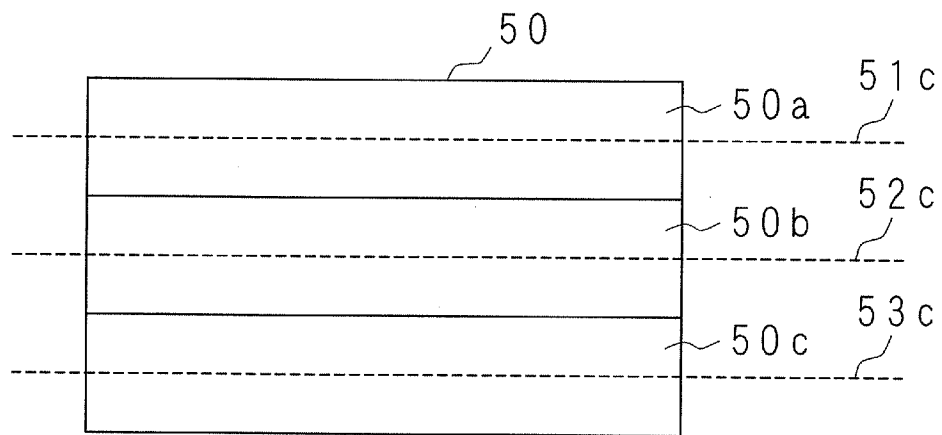
[図9B]

領域 1	領域 2	領域 3
0	0	0
領域 4	領域 5	領域 6
1	1	1
領域 7	領域 8	領域 9
2	2	2

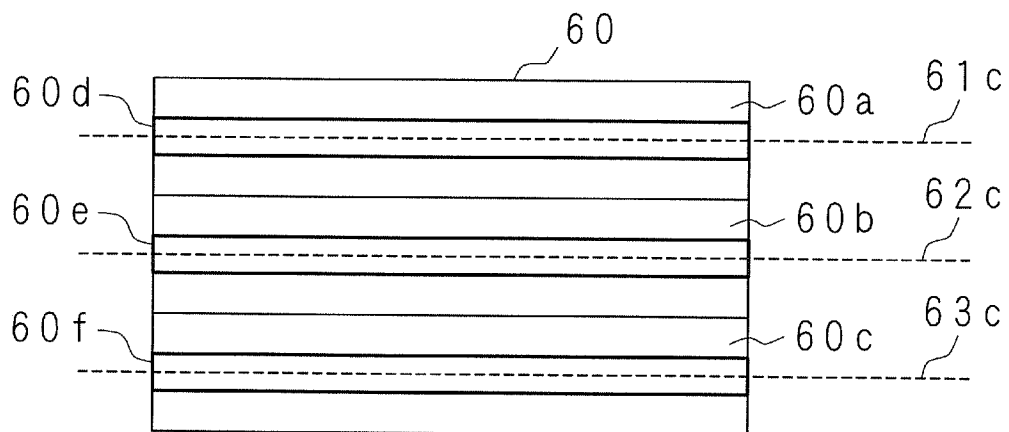
[図10]



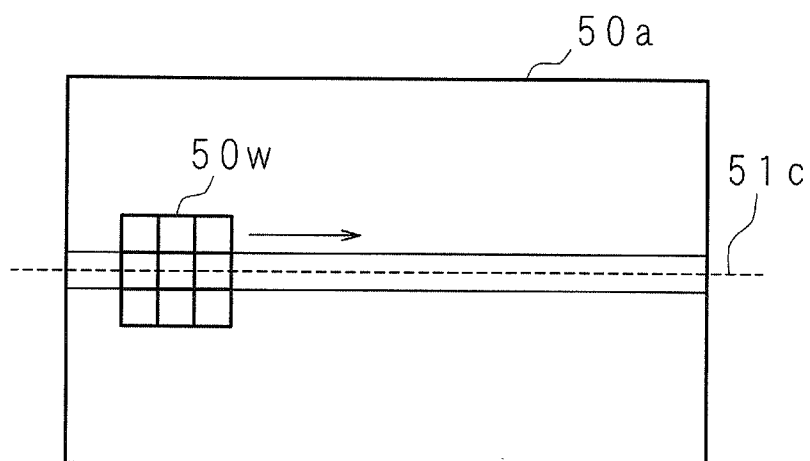
[図11A]



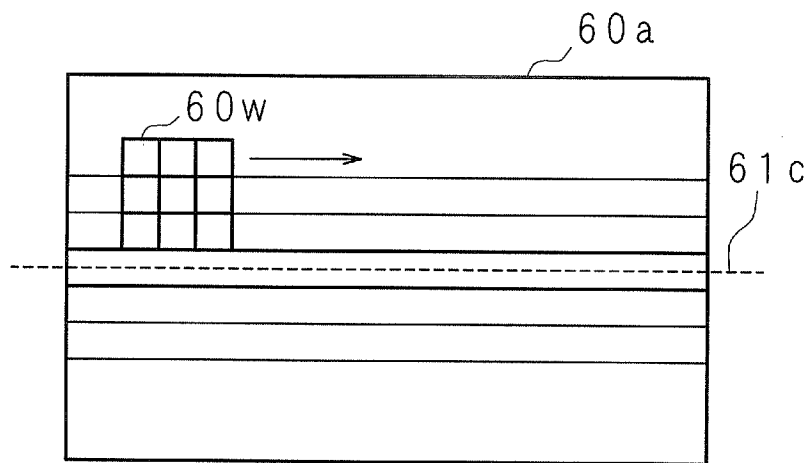
[図11B]



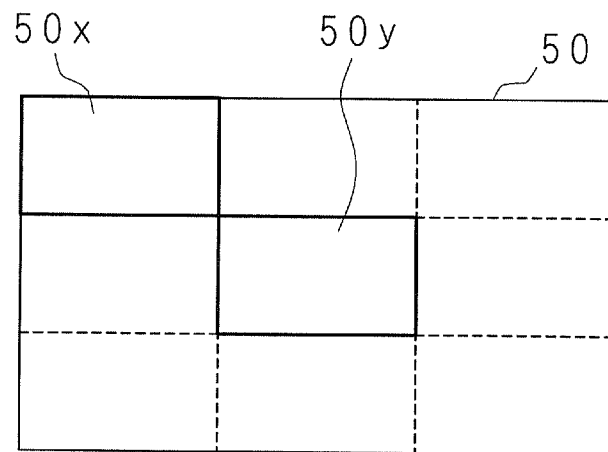
[図12A]



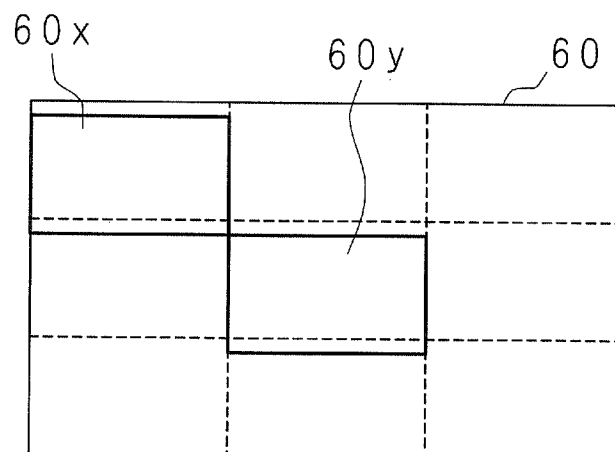
[図12B]



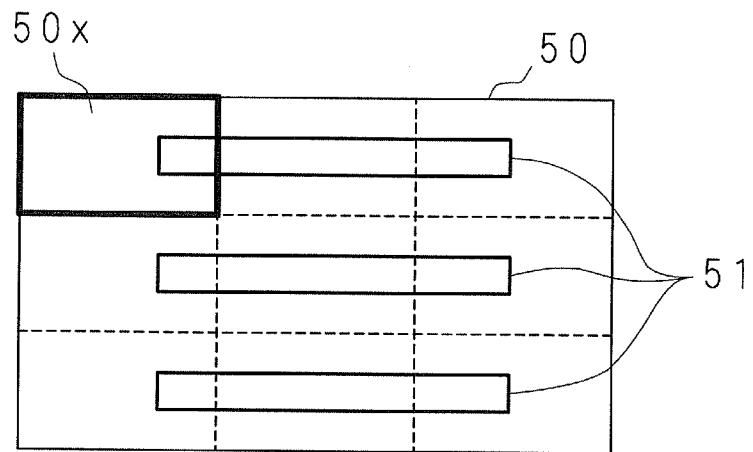
[図13A]



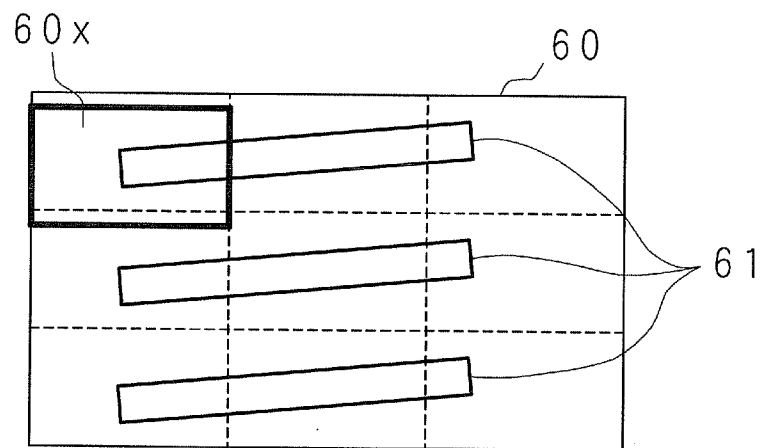
[図13B]



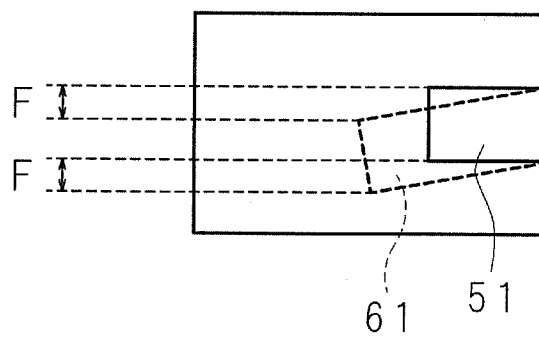
[図14A]



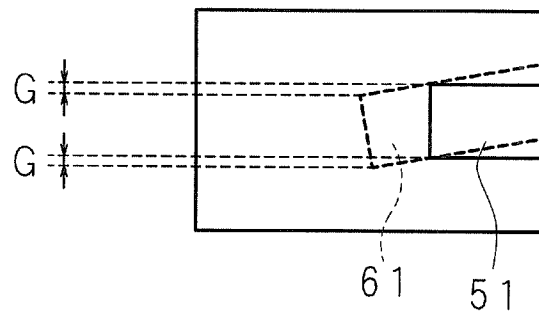
[図14B]



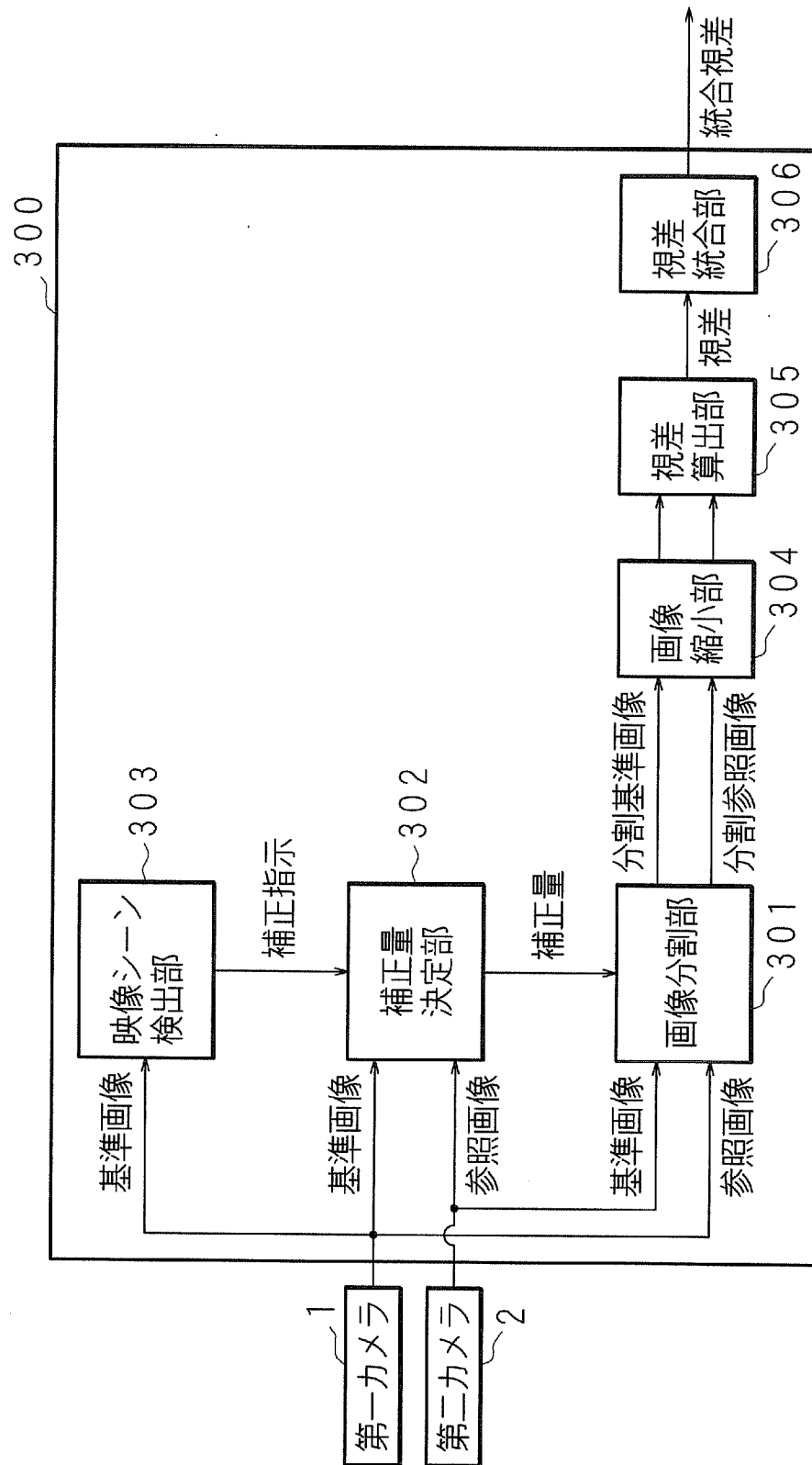
[図15A]



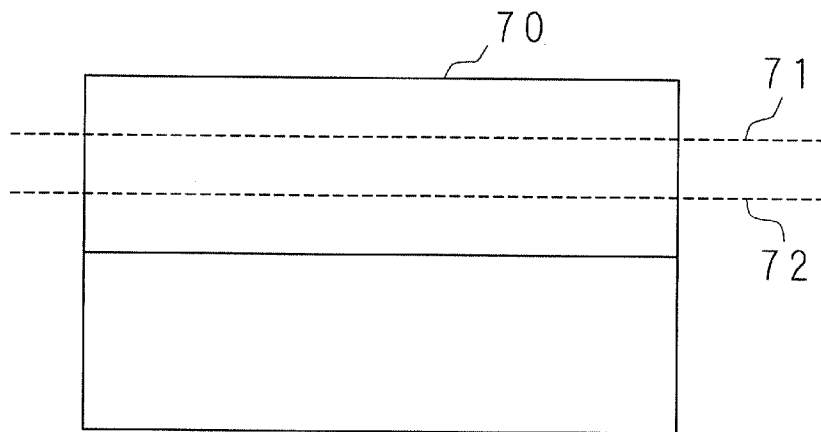
[図15B]



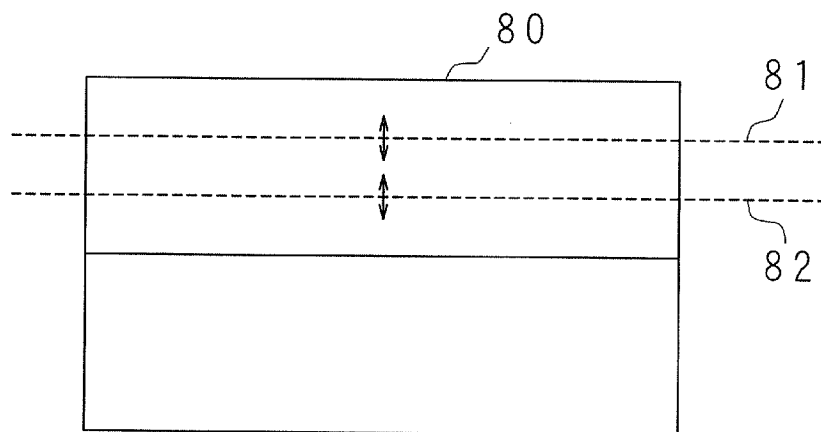
[図16]



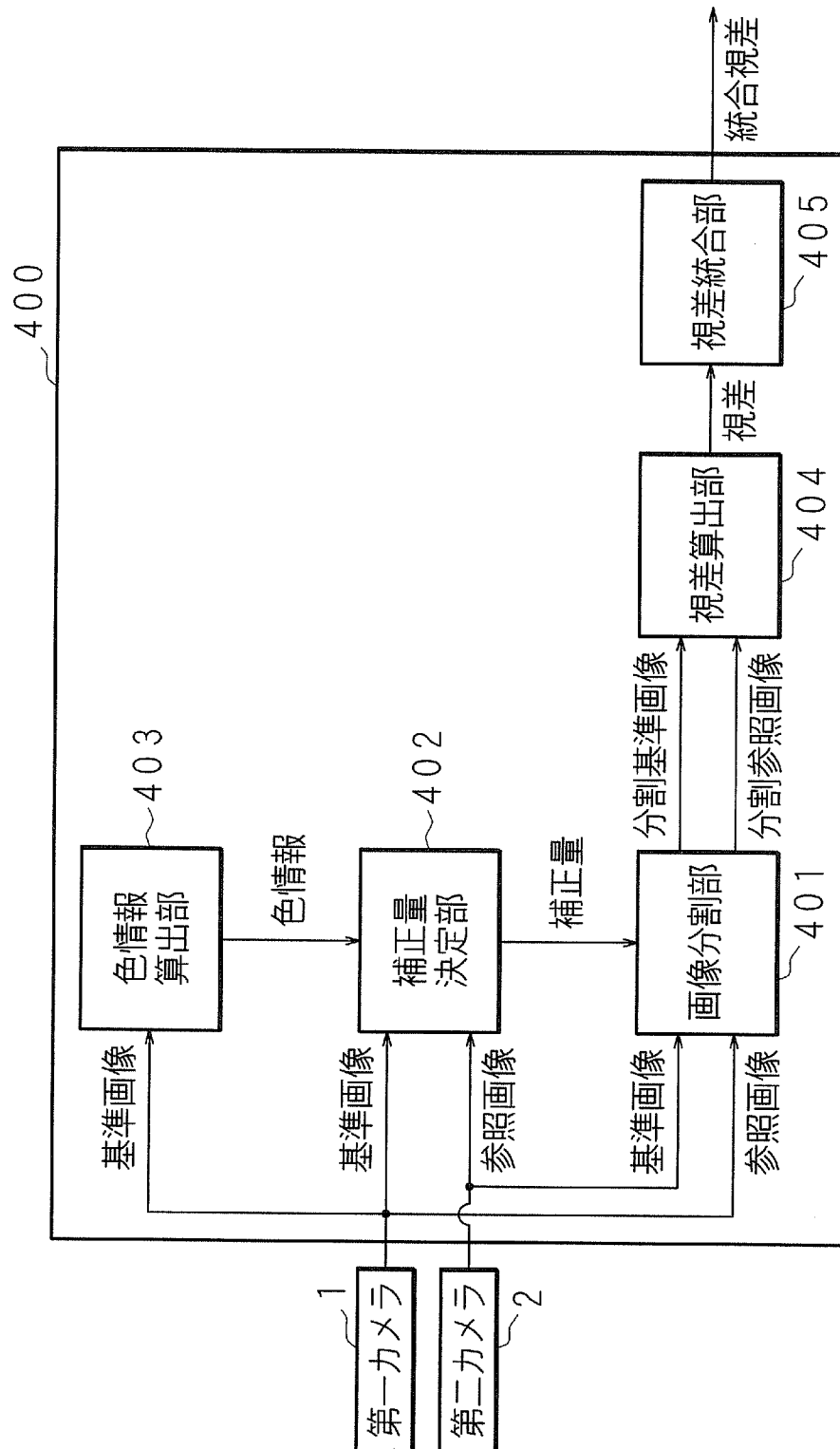
[図17A]



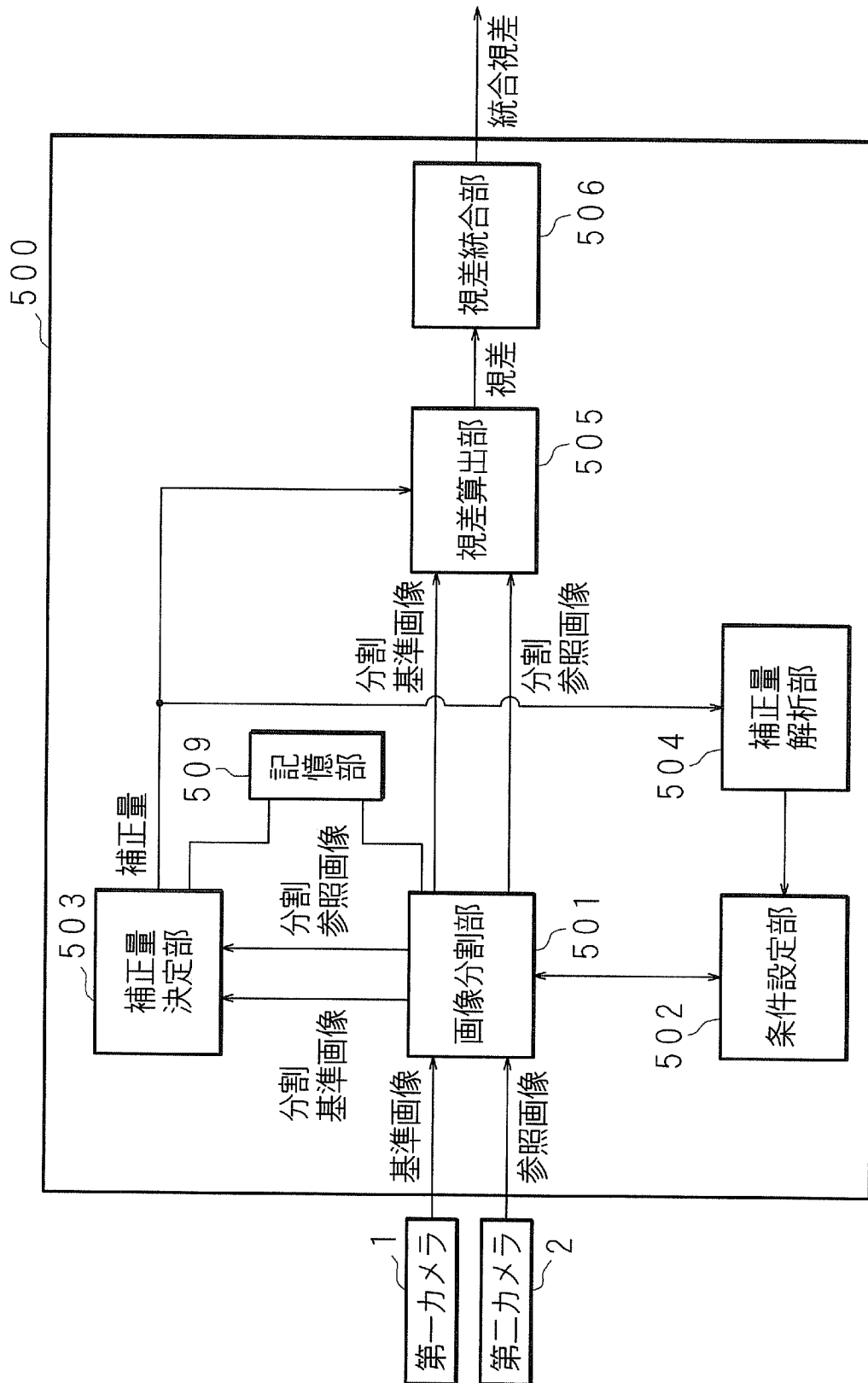
[図17B]



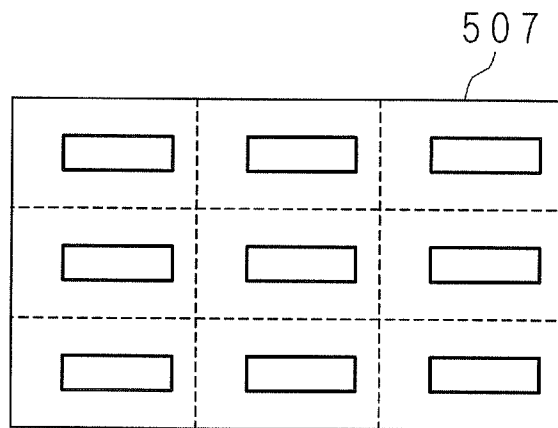
[図18]



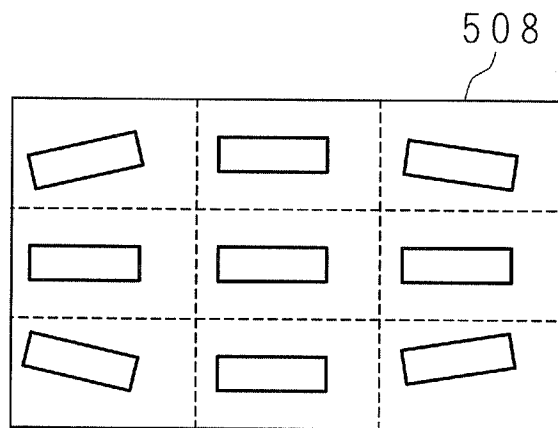
[図19]



[図20A]



[図20B]



[図21A]

507

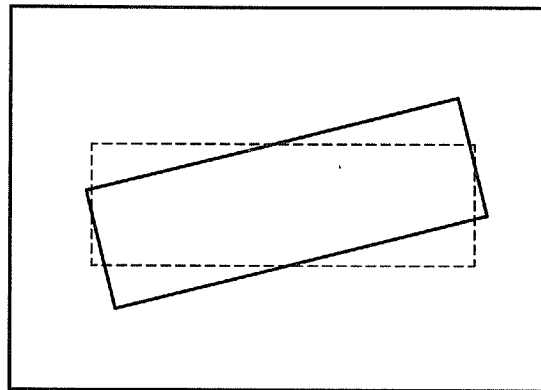
3	0	3
0	0	0
-3	0	-3

[図21B]

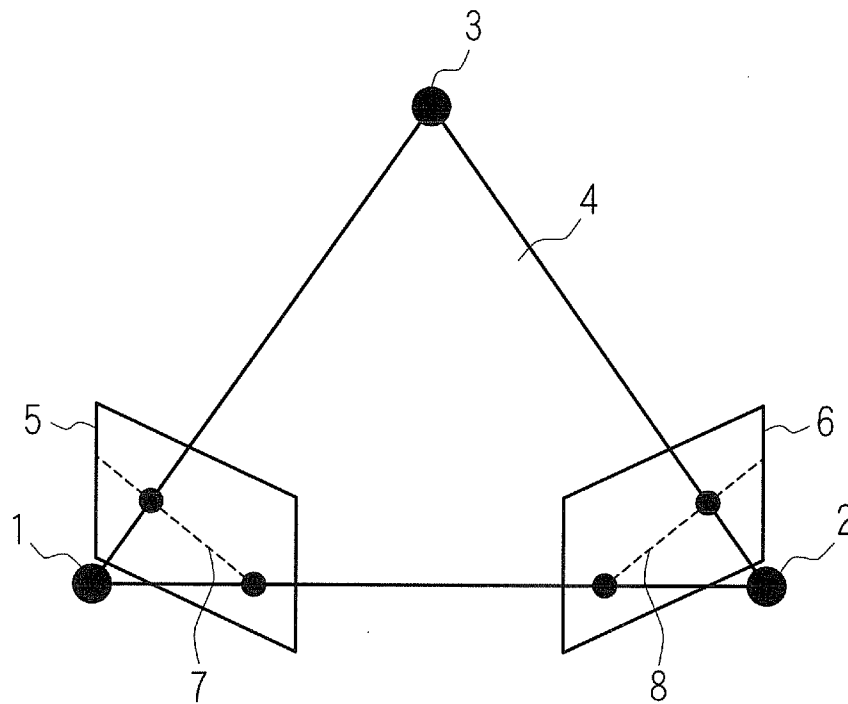
508

+4	+2	0	0	+2	+4
0		0		0	
-4	-2	0	0	-2	-4

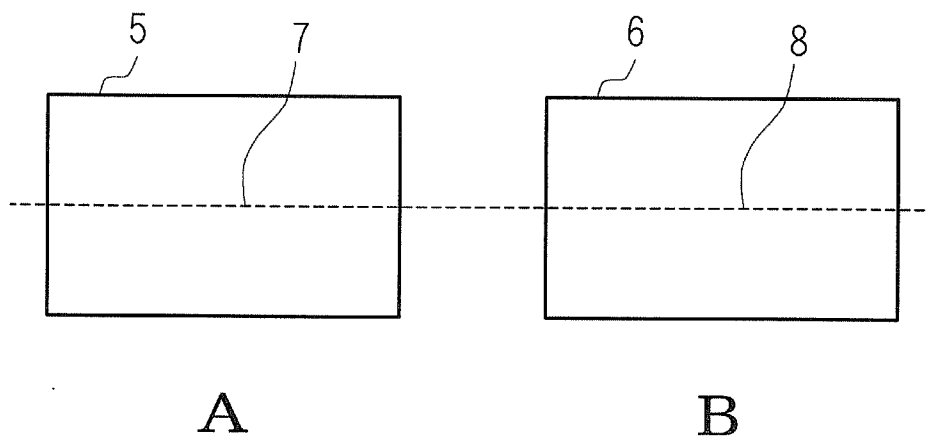
[図22]



[図23]



[図24]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2012/057320

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

G06T1/00(2006.01)i, G01C3/06(2006.01)i, G06T7/60(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)

G06T1/00, G01C3/06, G06T7/60, G01B11/22

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	1996-2012
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2012	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2012

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.
A	JP 2003-256875 A (Fuji Heavy Industries Ltd.), 12 September 2003 (12.09.2003), entire text; all drawings (Family: none)	1-13
A	JP 2000-028355 A (Victor Company of Japan, Ltd.), 28 January 2000 (28.01.2000), entire text; all drawings (Family: none)	1-13

☐ 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
04 June, 2012 (04.06.12)

Date of mailing of the international search report
12 June, 2012 (12.06.12)

Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（I P C））

Int.Cl. G06T1/00(2006.01)i, G01C3/06(2006.01)i, G06T7/60(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（I P C））

Int.Cl. G06T1/00, G01C3/06, G06T7/60, G01B11/22

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	1 9 2 2 - 1 9 9 6 年
日本国公開実用新案公報	1 9 7 1 - 2 0 1 2 年
日本国実用新案登録公報	1 9 9 6 - 2 0 1 2 年
日本国登録実用新案公報	1 9 9 4 - 2 0 1 2 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
A	JP 2003-256875 A（富士重工業株式会社）2003.09.12, 全文、全図（ファミリーなし）	1-13
A	JP 2000-028355 A（日本ビクター株式会社）2000.01.28, 全文、全図（ファミリーなし）	1-13

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

0 4 . 0 6 . 2 0 1 2

国際調査報告の発送日

1 2 . 0 6 . 2 0 1 2

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁（I S A / J P）

郵便番号 1 0 0 - 8 9 1 5

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）

佐田 宏史

5 H

4 1 8 9

電話番号 0 3 - 3 5 8 1 - 1 1 0 1 内線 3 5 3 1