

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第6901424号
(P6901424)

(45) 発行日 令和3年7月14日 (2021.7.14)

(24) 登録日 令和3年6月21日 (2021.6.21)

(51) Int. Cl.	F I
G06T 7/593 (2017.01)	G06T 7/593
G06T 1/00 (2006.01)	G06T 1/00 315
G01C 3/06 (2006.01)	G01C 3/06 110V
G01C 3/00 (2006.01)	G01C 3/00 120

請求項の数 10 (全 15 頁)

(21) 出願番号	特願2018-44568 (P2018-44568)	(73) 特許権者	000003078
(22) 出願日	平成30年3月12日 (2018.3.12)		株式会社東芝
(65) 公開番号	特開2019-159708 (P2019-159708A)		東京都港区芝浦一丁目1番1号
(43) 公開日	令和1年9月19日 (2019.9.19)	(73) 特許権者	317011920
審査請求日	令和2年1月16日 (2020.1.16)		東芝デバイス&ストレージ株式会社
			東京都港区芝浦一丁目1番1号
		(74) 代理人	110002907
			特許業務法人イートン国際特許事務所
		(72) 発明者	佐野 徹
			東京都港区芝浦一丁目1番1号 東芝デバイス&ストレージ株式会社内
		審査官	岡本 俊威

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 画像処理装置、及び、画像処理方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

第1の撮像手段が被写体を撮像することにより得られる第1画像、及び、前記第1の撮像手段とは異なる位置の第2の撮像手段が前記被写体を撮像することにより得られる第2画像に基づき、視差を算出する画像処理装置であって、

前記第1画像を基準画像として算出される第1の視差と、前記第2画像を基準画像として算出される第2の視差とを用いてクロスチェックを行う第1モードと、前記第1の視差または前記第2の視差のいずれか一方を算出する第2モードとを有し、前記第1モードが選択された場合、前記第1画像、または、前記第2画像のいずれか一方を基準画像、他方を参照画像と設定し、また、コスト値を算出のための前記参照画像における画素の取得順序及び演算順序を第1の方向に設定する制御部と、

特徴量算出対象画素と周辺画素との輝度値を比較し、視差毎の前記コスト値を算出する視差毎コスト値算出部と、

前記参照画像において、前記制御部により設定された取得順序及び演算順序で画素を取得しながら算出可能な経路を用いて、グローバル最適化によるコスト最適化演算を行うコスト最適化演算部と、

前記コスト最適化演算によって得られたコスト値を用いて各画素の視差を決定する、コスト最小視差抽出部と、

前記第1モードが選択された場合、前記第1の視差と、前記第2の視差とを用いてクロスチェックを行い、算出された視差の妥当性を画素毎に判定し出力する視差出力部と、

10

20

を備えており、前記制御部は、前記クロスチェックのために、前記基準画像と前記参照画像との入れ替えを行うと同時に、入れ替え後の前記参照画像における画素の取得順序及び演算順序である第2の方向を、前記第1の方向と逆の方向に設定する、画像処理装置。

【請求項2】

前記基準画像と前記参照画像のハミング距離を算出して前記コスト値とすることを特徴とする、請求項1に記載の画像処理装置。

【請求項3】

前記コスト最適化演算は、SGM法による合成コスト値の算出により行われることを特徴とする、請求項1に記載の画像処理装置。

【請求項4】

前記画素の取得順序はラスタスキャンであり、前記第1の方向は、画像の右下から左上に向かう方向であり、前記第2の方向は、画像の左上から右下に向かう方向であることを特徴とする、請求項1から3のいずれか1つに記載の画像処理装置。

【請求項5】

前記視差出力部は、前記第2の方向に沿った画素順に視差を並べ替えて出力することを特徴とする、請求項1～4のいずれか1つに記載の画像処理装置。

【請求項6】

前記第1画像がR画像であり、前記第2画像がL画像であり、前記第1の視差を前記第2の視差よりも先に算出することを特徴とする、請求項1～5のいずれか1つに記載の画像処理装置。

【請求項7】

第1の撮像手段が被写体を撮像することにより得られる第1画像を基準画像として算出される第1の視差と、第2の撮像手段が前記被写体を撮像することにより得られる第2画像を基準画像として算出される第2の視差とを用いてクロスチェックを行う第1モードと、前記第1の視差または前記第2の視差のいずれか一方を算出する第2モードとの2つのモードから前記第1モードを選択し、

前記第1画像を基準画像、前記第2画像を参照画像とし、

コスト値を算出のための前記参照画像における画素の取得順序及び演算順序を第1の方向に設定し、

特徴量算出対象画素と周辺画素との輝度値を比較し、視差毎の前記コスト値を算出し、

前記参照画像である前記第2画像において、前記第1の方向で画素を取得しながら算出可能な経路を用いて、グローバル最適化によるコスト最適化演算を行って各画素の視差を決定し、

前記基準画像と前記参照画像とを入れ替えて、前記第1画像を参照画像、前記第2画像を基準画像とし、同時に、前記参照画像における画素の取得順序及び演算順序を、前記第1の方向と逆の方向である第2の方向に設定し、

前記参照画像である前記第1画像において、前記第2の方向で画素を取得しながら算出可能な経路を用いて、グローバル最適化によるコスト最適化演算を行って各画素の視差を決定し、

前記第1の視差と、前記第2の視差とを用いてクロスチェックを行い、算出された視差の妥当性を画素毎に判定し出力する、画像処理方法。

【請求項8】

前記コスト最適化演算は、SGM法による合成コスト値の算出により行われることを特徴とする、請求項7に記載の画像処理方法。

【請求項9】

前記第2の方向に沿った画素順に視差を並べ替えて出力することを特徴とする、請求項7又は8に記載の画像処理方法。

【請求項10】

前記制御部は、前記第2モードが選択された場合、前記第1画像、または、前記第2画像のいずれか一方を基準画像、他方を参照画像と設定し、また、コスト値を算出のための

10

20

30

40

50

前記参照画像における画素の取得順序及び演算順序を前記第 1 の方向に設定し、前記第 1 の方向による前記参照画像における画素の取得が終了したら、前記参照画像における画素の前記取得順序及び前記演算順序を前記第 1 の方向と逆の方向に設定し、

前記コスト最適化演算部は、前記第 2 モードが選択された場合、前記参照画像において、前記第 1 の方向、及び、前記第 1 の方向と逆の方向により画素を取得しながら算出可能な経路を用いて、グローバル最適化によるコスト最適化演算を行い、

前記視差出力部は、前記第 2 モードが選択された場合、前記第 1 の視差、または、前記第 2 の視差のいずれか一方を出力する、請求項 1 に記載の画像処理装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

10

【0001】

本実施形態は、画像処理装置、及び、画像処理方法に関する。

【背景技術】

【0002】

水平に二つ並べられたカメラで同じ被写体を撮影すると、カメラ位置の違いから、撮影された二つの画像における被写体の位置は、水平方向にズレが生じる。両画像における被写体の位置の差を「視差 (Disparity)」と呼ぶ。カメラから被写体までの距離は、視差の逆数に比例する。すなわち、視差は、遠いものほど小さく、近いものほど大きくなる。

【0003】

従来、視差を求める手法として、ブロックマッチングが広く用いられている。ブロックマッチングは、二つのカメラで撮影されたそれぞれの画像から小領域 (ブロック) を切り出し、両画像間で小領域の類似度 (相関値) が最も大きくなる箇所を探索することで視差を求める。具体的には、片方のカメラで撮影された画像 (例えば、左側に配置されたカメラで撮影された左画像) を基準とした場合、他方のカメラで撮影された画像 (例えば、右側に配置されたカメラで撮影された右画像) において類似度を探索する範囲は、左画像における基準ブロックの座標と同じ座標から、最大視差 (例えば 128 画素) だけ水平方向左側に離れた座標までの範囲のブロックとなる。

20

【0004】

このブロックマッチングは、処理がシンプルであり、基本的に各点独立に視差を求めることができるので、高速な計算が可能である。しかし、テクスチャのない領域や、繰り返しパターンが存在する領域では、視差を正確に求めるのが困難であるという問題がある。

30

【0005】

一方、近年、画像中の全画素の視差に対するコスト関数を定義し、その関数が最小となる視差の組み合わせを求める方式 (グローバルマッチング) が提案されている。このグローバルマッチングでは、大域的な視差推定を行うため、テクスチャのない領域や、繰り返しパターンが存在する領域でも、視差をより正確に求めることができる。

【0006】

しかしながら、グローバルマッチングでは、各画素について、ブロックマッチングと同様の手法で相関値を求めた後、隣接画素の計算結果を用いて自身の計算結果を最適化する。そして、画面全体の画素について、最適化演算された計算結果を集約し、視差を算出する。すなわち、ブロックマッチングに比べ、精度が向上する一方で、演算量や、計算結果を一時的に保持するためのメモリ量が、膨大になってしまうという問題がある。

40

【0007】

更に、左右の画像を入れ替えて、右画像を基準画像として視差を算出し、左画像を基準画像として算出した視差との差分をチェックし、正しく視差が求められているか否かを画素毎にチェックする場合 (以下、クロスチェックと示す)、グローバルマッチングを 2 回行う必要があるため、演算量や、計算結果を一時的に保持するためのメモリ量が、更に膨大になってしまうという問題がある。

【先行技術文献】

【特許文献】

50

【 0 0 0 8 】

【特許文献 1】特許第 6 1 4 2 6 1 1 号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【 0 0 0 9 】

本実施形態は、処理レートを向上させ、メモリの搭載量を低減することができる、画像処理装置、及び画像処理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】

【 0 0 1 0 】

本実施形態の画像処理装置は、第 1 の撮像手段が被写体を撮像することにより得られる第 1 画像、及び、前記第 1 の撮像手段とは異なる位置の第 2 の撮像手段が前記被写体を撮像することにより得られる第 2 画像に基づき、視差を算出する画像処理装置であって、前記第 1 画像を基準画像として算出される第 1 の視差と、前記第 2 画像を基準画像として算出される第 2 の視差とを用いてクロスチェックを行う第 1 モードと、前記第 1 の視差または前記第 2 の視差のいずれか一方を算出する第 2 モードとを有し、前記第 1 モードが選択された場合、前記第 1 画像、または、前記第 2 画像のいずれか一方を基準画像、他方を参照画像と設定し、また、コスト値を算出のための前記参照画像における画素の取得順序及び演算順序を第 1 の方向に設定する制御部と、特徴量算出対象画素と周辺画素との輝度値を比較し、視差毎の前記コスト値を算出する視差毎コスト値算出部と、前記参照画像において、前記制御部により設定された取得順序及び演算順序で画素を取得しながら算出可能な経路を用いて、グローバル最適化によるコスト最適化演算を行うコスト最適化演算部と、前記コスト最適化演算によって得られたコスト値を用いて各画素の視差を決定する、コスト最小視差抽出部と、前記第 1 モードが選択された場合、前記第 1 の視差と、前記第 2 の視差とを用いてクロスチェックを行い、算出された視差の妥当性を画素毎に判定し出力する視差出力部と、を備えており、前記制御部は、前記クロスチェックのために、前記基準画像と前記参照画像との入れ替えを行うと同時に、入れ替え後の前記参照画像における画素の取得順序及び演算順序である第 2 の方向を、前記第 1 の方向と逆の方向に設定する。

【図面の簡単な説明】

【 0 0 1 1 】

【図 1】本実施形態に係わる画像処理装置 1 を含む、画像処理システムの構成の一例を示す概略ブロック図。

【図 2】距離情報演算部 1 1 の構成の一例を示すブロック図。

【図 3】視差毎コスト値算出部 1 5 の詳細な構成の一例を示すブロック図。

【図 4】視差毎コスト値算出部 1 5 におけるコスト値算出手順の一例を説明するフローチャート。

【図 5】S G M 法におけるコストを算出する経路とスキャン方向との関係を説明する図。

【図 6】コスト最適化演算部 1 6 の詳細な構成の一例を示すブロック図。

【図 7】視差出力部 1 9 における、視差のクロスチェックの方法を説明する図。

【図 8】本実施形態に係わる画像処理手順の一例を説明するフローチャート。

【図 9】比較例の画像処理手順の一例を説明するフローチャート。

【発明を実施するための形態】

【 0 0 1 2 】

以下、図面を参照して実施形態を説明する。

【 0 0 1 3 】

図 1 は、本実施形態に係わる画像処理装置 1 を含む、画像処理システムの構成の一例を示す概略ブロック図である。画像処理システムは、画像マッチング処理装置（以下、画像処理装置と示す）1 と、キャリブレーション装置 2 と、画像入力装置 3 と、これらを接続するバス 4 とから構成されている。図 1 は、2 台のカメラによる左右視差画像を用いてステレオマッチング処理を行う画像処理システムについて例示している。

【 0 0 1 4 】

画像入力装置 3 には、図示しないカメラで撮像された複数の画像（例えば、左目に対応するカメラで撮像されたL画像 5 l と、右目に対応するカメラで撮像されたR画像 5 r の 2 枚の画像）が入力される。L画像 5 l とR画像 5 r とは、バス 4 を介してキャリブレーション装置 2 に入力される。

【 0 0 1 5 】

キャリブレーション装置 2 は、設定条件やレンズの個体差などに起因するカメラ内外の静的なズレを補正する。具体的には、格子状のパターンなど、大きさが既知の特定図形パターンを撮像した画像を用い、内部パラメータと外部パラメータとを事前に算出しておく。そして、画像入力装置 3 から入力されたL画像 5 l とR画像 5 r とのそれぞれを、内部パラメータと外部パラメータとを用いて変換することで、静的なズレを補正し、補正済L画像 6 l と補正済R画像 6 r とを生成する。なお、内部パラメータとは、焦点距離や画像主点位置、レンズ歪みなど、カメラの内部特性を示すものである。また、外部パラメータとは、カメラの三次元空間における回転・平行移動のパラメータであり、ステレオ画像においては、一方の画像を基準とした場合の他方の画像の回転・平行移動の度合を表すものである。補正済L画像 6 l と補正済R画像 6 r とは、バス 4 を介して画像処理装置 1 に入力される。

【 0 0 1 6 】

画像処理装置 1 は、補正後の画像（補正済L画像 6 l 、補正済R画像 6 r ）を用いてステレオマッチングを行い、距離画像（カメラから被写体までの距離を示す画像）7 を生成する。図 1 の画像処理装置 1 は、プロセッサ 1 a と、L画像用ラインバッファ（以下、Lラインバッファと示す）1 2 と、R画像用ラインバッファ（以下、Rラインバッファと示す）1 3 とを有している。

【 0 0 1 7 】

Lラインバッファ 1 2 は、補正済L画像 6 l において、視差計算対象画素位置のラインを含む、複数ライン分の画素データを格納するバッファである。Rラインバッファ 1 3 は、補正済R画像 6 r において、視差計算対象画素位置のラインを含む、複数のライン分の画素データを格納するバッファである。

【 0 0 1 8 】

プロセッサ 1 a は、距離情報演算部 1 1 を含む。距離情報演算部 1 1 は、グラフカット法などのグローバルマッチングや、S G M法（Semi-Global Matching法）などを用い、基準画像の画素ごとに視差を算出して視差画像として出力する。また、基準画像を左右入れ替えて、クロスチェックも行う。すなわち、距離情報演算部 1 1 における各処理は、プロセッサ 1 a によって実行される。

【 0 0 1 9 】

図 2 は、距離情報演算部 1 1 の構成の一例を示すブロック図である。距離情報演算部 1 1 は、入力画像取得部 1 4 と、視差毎コスト値算出部 1 5 と、コスト最適化演算部 1 6 と、コスト最小視差抽出部 1 7 と、クロスチェックバッファ 1 8 と、視差出力部 1 9 と、制御部 2 0 とを有する。

【 0 0 2 0 】

入力画像取得部 1 4 は、制御部 2 0 からの指示に従って、Lラインバッファ 1 2 、及び、Rラインバッファ 1 3 から、基準画像の各画素、及び、参照画像の各画素を取得する。各画素の取得に際し、L画像 / R画像のどちらが基準画像か、また、各画像における画素の取得順序（ラスタスキャンの方向）が、制御部 2 0 から指示される。

【 0 0 2 1 】

視差毎コスト値算出部 1 5 は、参照画像において、視差計算対象画素におけるコスト値算出画素領域を設定し、当該領域におけるコスト値を算出する。コスト値算出画素領域は、水平方向の最大視差の大きさを有する。以下の説明において、入力画像における水平方向の画素位置を表す座標をX座標、垂直方向の画素位置を表す座標をY座標とする。例えば、基準画像がL画像、視差計算対象画素の位置が(X, Y)=(150, 25)、水平方向の最大視差

10

20

30

40

50

が 1 2 8 画素である場合、コスト値算出画素領域は、 $(X, Y) = (150, 25) \sim (23, 25)$ の範囲の画素となる。

【 0 0 2 2 】

図 3 は、視差毎コスト値算出部 1 5 の詳細な構成の一例を示すブロック図である。視差毎コスト値算出部 1 5 は、特徴量演算部 1 4 1 と、コスト演算部 1 4 2 と、コストバッファ 1 4 3 とを有する。

【 0 0 2 3 】

特徴量演算部 1 4 1 は、基準画像が格納されているラインバッファから取得する視差計算対象画素の画素データ、及び、参照画像が格納されているラインバッファから取得するコスト値算出画素領域内の画素データの特徴量を、それぞれ算出する。例えば、L B P (Local Binary Pattern) など、既存の定量化した特徴量を算出する。特徴量として L B P を算出する場合、特徴量算出対象画素 (中心画素) と、周辺画素との輝度値を比較する。当該周辺画素の中心画素の輝度値より周辺画素の輝度値のほうが大きければ “ 1 ”、中心画素の輝度値より周辺画素の輝度値のほうが小さければ “ 0 ” ビットを付与する。そして、周辺画素のビットを所定の順序で結合し、特徴量算出対象画素の特徴量 (L B P 符号) とする。なお、周辺画素に付与するビットは、中心画素の輝度値より周辺画素の輝度値のほうが大きければ “ 0 ”、中心画素の輝度値より周辺画素の輝度値のほうが小さければ “ 1 ” としてもよい。

【 0 0 2 4 】

コスト演算部 1 4 2 は、基準画像における視差計算対象画素に関する特徴量と、参照画像におけるコスト値算出画素領域内の各画素に関する特徴量とを比較し、視差ごとのコスト値を算出する。例えば、特徴量として L B P 符号を算出した場合、基準画像と参照画像の L B P 符号間のハミング距離を算出し、コスト値とする。

【 0 0 2 5 】

コストバッファ 1 4 3 は、コスト演算部 1 4 2 で算出されたコスト値を、参照画像における画素位置と対応付けて格納する。

【 0 0 2 6 】

図 4 は、視差毎コスト値算出部 1 5 におけるコスト値算出手順の一例を説明するフローチャートである。なお、コスト値算出に先立ち、基準画像において視差計算対象画素がセットされており、コスト値算出に必要な特徴量が算出されているものとする。距離画像 7 を作成するためには、基準画像の全画素について視差を算出する必要がある。通常は、基準画像の左上に位置する画素から右下に位置する画素まで、ラスタスキャンの順に視差計算対象画素位置を順次セットし、各画素位置での視差を算出していく。

【 0 0 2 7 】

まず、コスト値算出対象領域を特定し、水平方向の最大視差数 D_{num} を設定する (S 1)。例えば、上述の一例の場合、 $D_{num} = 1 2 8$ と設定する。また、最初のコスト値算出対象画素位置 (探索画素位置) を設定する。最初のコスト値算出対象画素位置は、コスト値算出対象領域の左端部に位置する画素である。例えば、上述の一例の場合、最初のコスト値算出対象画素位置は $(X, Y) = (23, 25)$ と設定される。

【 0 0 2 8 】

次に、コスト算出対象の水平方向の画素位置を、初期状態 ($D = 0$) にセットする (S 2)。続いて、コスト演算部 1 4 2 において、探索画素位置におけるコスト値を算出し、コストバッファ 1 4 3 に格納する (S 3)。続いて、探索画素位置の水平方向の画素位置 (D) を 1 増加させ、探索画素位置を隣の画素に移動させる (S 4)。

【 0 0 2 9 】

探索画素位置がコスト値算出対象領域に含まれる場合 (S 5、N o)、S 3 に戻って当該画素位置におけるコスト値を算出する。一方、移動後の探索対象画素位置がコスト値算出対象領域に含まれない場合 (S 5、Y e s)、コスト値算出対象領域内の全ての画素についてコスト値の算出が終了したと判定され、視差毎コスト値算出部 1 5 における一連のコスト値算出手順を終了する。

10

20

30

40

50

【 0 0 3 0 】

なお、視差毎コスト値算出部 1 5 におけるコスト値の算出方法は、上述した図 4 のフローチャートの手順に限定されず、コスト値算出対象領域内のすべての画素のコスト値を漏れなく算出できる手順であればよい。例えば、コスト値算出対象領域を複数のブロックに分割し、各ブロックにおけるコスト値の算出を並列処理してもよい。

【 0 0 3 1 】

なお、視差毎コスト値算出部 1 5 におけるコスト値の算出方法は、上述した L B P 符号のハミング距離に限定されず、SAD関数など、既存の定量化したコスト関数を用いてもよい。SAD関数など画素データから特徴量を算出せずに直接コストを算出することが可能な方法を用いる場合、基準画像が格納されているラインバッファから取得する視差計算対象画素の画素データ、及び、参照画像が格納されているラインバッファから取得するコスト値算出画素領域内の画素データをコスト演算部 1 4 2 に直接入力してコスト値を算出することができるため、特徴量演算部 1 4 1 は省略することができる。

10

【 0 0 3 2 】

コスト最適化演算部 1 6 は、グラフカット法などのグローバルマッチングや S G M 法 (Semi-Global Matching 法) などによって合成非類似度である合成コスト値 S を算出することで、基準画像の画素ごとに最適化された視差を導出する。

【 0 0 3 3 】

ここで、S G M 法による合成コスト値 S の算出方法について説明する。合成コスト値 S は、参照画像の端部から視差計算対象画素に向かって集約する方向に沿った、複数の経路を定義し、それぞれの経路におけるコストの総和として算出される。コストを算出する経路は、通常、視差計算対象画素に向かい、水平右方向、水平左方向、垂直上方向、垂直下方向から集約する 4 方向に沿った 4 つの経路が設定される。そして通常は、これらの 4 方向に加え、視差計算対象画素に向かい、右上 4 5 度方向、右下 4 5 度方向、左下 4 5 度方向、左上 4 5 度方向から集約する 4 方向に沿った 4 つの経路を加えた 8 つの経路が設定される。なお、更に、8 方向を更に分割して 1 6 方向、3 つに分割して 2 4 方向とするなど、経路の数は特定の数に限定されない。

20

【 0 0 3 4 】

それぞれの経路 r におけるコスト $L_r(p, d)$ は、以下の (1) 式を用いて算出される。

【 0 0 3 5 】

$$L_r(p, d) = C(p, d) + \min\{L_r(p-r, d), L_r(p-r, d-1) + P1, L_r(p-r, d+1)+P1, L_{rmin}(p-r) + P2\}$$

30

... (1) 式

(1) 式において、 $C(p, d)$ は、視差計算対象画素位置から視差 d の位置にある画素のコスト値、 $\min\{ \}$ は最小値を求める関数、 $L_{rmin}(p-r)$ は、視差計算対象画素位置から r 方向に 1 画素シフトした座標において、シフト量 d を変化させた際の、 $L_r(p-r, d)$ の最小値を示す。また、 $P1$ 、 $P2$ は予め設定されたペナルティ定数である。このように、コスト $L_r(p, d)$ は、コスト値 $C(p, d)$ に、 r 方向の所定経路上における 1 画素前のコストの値が選択されて加算される漸化式となっているので、最適化が行われる。

【 0 0 3 6 】

40

(1) 式に示すコスト計算を、複数の方向 (例えば、8 方向) から行うことで、近似的に全体最適化を行う。すなわち、各方向のコスト $L_r(p, d)$ の総和として、合成コスト値 S を算出する。

【 0 0 3 7 】

図 5 は、S G M 法におけるコストを算出する経路とスキャン方向との関係を説明する図である。図 5 において、網掛けで示す画素は、現在のコスト値算出対象画素を示している。また、図 5 において、矢印付き太線は、コストを算出する経路と方向とを示している。更に、図 5 において、矢印付き点線は、参照画像における画素のスキャン方向を示している。

【 0 0 3 8 】

50

水平左方向、垂直上方向、右上45度方向、左上45度方向から集約する4方向に沿った4つの経路のコストは、左、及び、上方向に位置する画素の結果を参照しながら算出する必要がある。従って、図5(a)に示すように、参照画像の左上に位置する画素から右下に位置する画素までラスタスキャンしながら算出する。

【0039】

また、水平右方向、垂直下方向、右下45度方向、左下45度方向から集約する4方向のベクトルに沿った4つの経路のコストは、右、及び、下方向に位置する画素の結果を参照しながら算出する必要がある。従って、図5(b)に示すように、参照画像の右下に位置する画素から左上に位置する画素までラスタスキャンしながら算出する。

【0040】

すなわち、コスト計算を8方向から行う場合、方向を変えて2回ラスタスキャンする必要がある。ラスタスキャンを2回行うため、まず、1回目のラスタスキャンの間に算出した4方向のコストを記憶装置などに一時的に格納しておく。そして、2回目のラスタスキャン終了後に、記憶装置などから格納されている4方向のコストを読み出して、2回目のラスタスキャンによって算出した4方向のコストと合わせ、合成コスト値Sを得る。

【0041】

図6は、コスト最適化演算部16の詳細な構成の一例を示すブロック図である。コスト最適化演算部16は、コスト更新値演算部161と、コストバッファ162とを有する。コスト更新値演算部161は、視差毎コスト値算出部15から入力されたコスト値、図示しない記憶部などから入力される所定のペナルティ定数P1、P2、及び、コストバッファ162に格納されている隣接画素のコストを用い、上述した(1)式の演算を行ってコストを算出する。演算結果は、コストバッファ162に格納され、コスト更新値演算部161でのコスト算出に再帰的に使用される。

【0042】

なお、コスト最適化演算部16は、一般的に、特定の一つの経路におけるコスト算出に用いられる。従って、距離情報演算部11には、合成コスト値Sを算出するために設定された経路の数と同数のコスト最適化演算部16が設置される。

【0043】

また、コスト最適化演算部16における合成コスト値Sの算出方法は、上述したグラフカット法などのグローバルマッチングやSGM法に限定されず、既存の他の手法を用いてもよい。

【0044】

コスト最小視差抽出部17は、コスト最適化演算部16で算出された合成コスト値Sが最小となる視差を抽出する。基準画像の全画素について、視差の抽出が行われる。

【0045】

クロスチェックバッファ18は、基準画像を左右入れ替えてクロスチェックを行う場合に、先に基準画像と設定された画像における各画素について、コスト最小視差抽出部17で抽出された視差を格納する。

【0046】

視差出力部19は、クロスチェックバッファ18に格納されている各画素の視差と、後に基準画像と設定された画像における各画素の視差との差分をチェックし、正しく視差が求められているか否かを画素毎にチェックする。図7は、視差出力部19における、視差のクロスチェックの方法を説明する図である。具体的には、L画像の各画素について、算出された視差を、自身のX座標から差し引き、対応するR画像の画素位置を求める。例えば、L画像の画素(X, Y)=(100, 25)の視差が15と算出された場合、100から15を引き、対応するR画像の画素(X, Y)=(85, 25)を得る。次に、算出されたR画像の画素位置における視差をクロスチェックバッファ18から読み出し、先のL画像の画素における視差との差分を算出する。例えば、R画像の画素(X, Y)=(85, 25)の視差が16である場合、差分は15 - 16 = -1となる。算出した差分の絶対値と、予め設定した閾値とを比較し、閾値より小さい場合、正しく視差が求められていると判定する。

10

20

30

40

50

【 0 0 4 7 】

なお、視差出力部 1 9 におけるクロスチェックの方法は、L 画像を基準画像とした場合の視差と、R 画像を基準画像とした場合の視差の比較を行い、視差が正しく求められているか否かを判定すればよく、上述した方法に限定されない。例えば、各座標から視差を引く方法（式）や、閾値との比較による正否判定は、他の方法を用いてもよい。

【 0 0 4 8 】

視差出力部 1 9 は、視差、及び、チェック結果を出力する。なお、視差とチェック結果とは個別に出力してもよいし、正しく視差が求められていない画素については、算出された視差を特定の値（例えば、- 1）で置き換えるなどして、視差にチェック結果を含めて出力してもよい。なお、クロスチェックを行わない場合には、コスト最小視差抽出部 1 7 で抽出された視差をそのまま出力する。

10

【 0 0 4 9 】

更に、視差出力部 1 9 は、画像の左上の画素から右下の画素に向かってラスタスキャン順に視差が出力されるよう、出力順序の制御やアドレスの計算も行う。

【 0 0 5 0 】

制御部 2 0 は、入力画像取得部 1 4、視差毎コスト値算出部 1 5、コスト最適化演算部 1 6、コスト最小視差抽出部 1 7、の各部に対し、基準画像の設定と、各画像における画素のスキャン方向の指示を行う。

【 0 0 5 1 】

次に、本実施形態の画像処理装置における、視差算出手順について説明する。図 8 は、本実施形態に係わる画像処理手順の一例を説明するフローチャートである。図 8 は、L 画像を基準画像とする視差を出力する場合において、R 画像を基準画像として算出した視差を用いてクロスチェックを 1 回行う際の手順を示している。

20

【 0 0 5 2 】

まず、制御部 2 0 は、入力画像取得部 1 4、視差毎コスト値算出部 1 5、コスト最適化演算部 1 6、コスト最小視差抽出部 1 7 の各部に対し、基準画像として R 画像をセットする（S 1 1）。通常は、まず、視差を出力する画像とは逆の画像を基準画像として視差を算出する。従って、上述の場合、まずは R 画像を基準画像として視差を算出する。なお、R 画像を基準画像とする視差を出力したい場合、S 1 においては L 画像を基準画像としてセットする。

30

【 0 0 5 3 】

次に、制御部 2 0 は、入力画像取得部 1 4、視差毎コスト値算出部 1 5、コスト最適化演算部 1 6、コスト最小視差抽出部 1 7 の各部に対し、右下から左上方向に向かって画素をスキャンするよう、スキャン方向をセットする（S 1 2）。

【 0 0 5 4 】

続いて、入力画像取得部 1 4、視差毎コスト値算出部 1 5、コスト最適化演算部 1 6、コスト最小視差抽出部 1 7 は、R 画像を基準画像とし、参照画像である L 画像を右下から左上方向に向かってスキャンしながら視差を算出する（S 1 3）。この時、コスト最適化演算部 1 6 は、右下から左上方向に向かって画素をスキャンしながら算出可能な経路についてのみ、コストを算出する。すなわち、水平右方向、垂直下方向、右下 4 5 度方向、左下 4 5 度方向から集約する 4 方向のベクトルに沿った 4 つの経路のコストを算出し、これら 4 つの経路のコストを用いて合成コスト値 S を算出する。

40

【 0 0 5 5 】

基準画像の全画素について、合成コスト値 S が最小となる視差が抽出され、クロスチェックバッファ 1 8 に格納されると、制御部 2 0 は、基準画像の入れ替えと、画素のスキャン方向の入れ替えとを指示する。具体的には、まず、入力画像取得部 1 4、視差毎コスト値算出部 1 5、コスト最適化演算部 1 6、コスト最小視差抽出部 1 7 の各部に対し、基準画像として L 画像をセットする（S 1 4）。同時に、入力画像取得部 1 4、視差毎コスト値算出部 1 5、コスト最適化演算部 1 6、コスト最小視差抽出部 1 7 の各部に対し、左上から右下方向に向かって画素をスキャンするよう、スキャン方向をセットする（S 1 5）

50

。

【0056】

入力画像取得部14、視差毎コスト値算出部15、コスト最適化演算部16、コスト最小視差抽出部17は、L画像を基準画像とし、参照画像であるR画像を左上から右下方向に向かってスキャンしながら視差を算出する(S16)。この時、コスト最適化演算部16は、左上から右下方向に向かって画素をスキャンしながら算出可能な経路についてのみ、コストを算出する。すなわち、水平左方向、垂直上方向、右上45度方向、左上45度方向から集約する4方向のベクトルに沿った4つの経路のコストを算出し、これら4つの経路のコストを用いて合成コスト値Sを算出する。

【0057】

続いて、視差出力部19は、クロスチェックバッファ18に格納されているR画像を基準画像とした各画素の視差と、L画像を基準画像とした各画素の視差との差分をチェックし、正しく視差が求められているか否かを画素毎にチェックする(S17)。

【0058】

最後に、視差出力部19は、L画像を基準画像とした各画素の視差にチェック結果を反映させ、正しく視差が求められていないと判定された画素については、算出された視差を特定の値(例えば、-1)で置き換えて出力する。正しく視差が求められていると判定された画素については、算出された視差をそのまま出力する。なお、チェック結果に応じた視差の置き換えは行わず、視差とチェック結果とを個別に出力してもよい。

【0059】

このように、本実施形態によれば、SGM法(Semi-Global Matching法)などを用いて視差を算出し、かつ、クロスチェックする場合において、基準画像の入れ替えを行う際に、画像における画素の取得順序(スキャン方向)の入れ替えも行う。そして、各基準画像において、合成コスト値Sを算出するための経路は、スキャン方向に対応した経路についてのみコストを求める。

【0060】

比較例では、図9に示すように、ひとつの基準画像につき方向を変えて2回のスキャンを行っていたため、合計で4回スキャンを行う必要があった。図9は、比較例の画像処理手順の一例を説明するフローチャートである。すなわち、基準画像としてR画像をセットした後(S21)、参照画像であるL画像を左上から右下方向に向かって画素をスキャンしながら、算出可能な経路について、コストを算出する(S22)。算出したコストは、記憶装置などに一時的に格納しておく。続いて、L画像を右下から左上方向に向かって画素をスキャンしながら、算出可能な経路について、コストを算出する(S23)。そして、S22で算出し格納しておいたコストとあわせて、各画像のコスト最小視差を算出する(S24)。

【0061】

次に、基準画像としてL画像をセットした後(S25)、参照画像であるR画像を右下から左上方向に向かって画素をスキャンしながら、算出可能な経路について、コストを算出する(S26)。算出したコストは、記憶装置などに一時的に格納しておく。続いて、R画像を左上から右下方向に向かって画素をスキャンしながら、算出可能な経路について、コストを算出する(S27)。そして、S26で算出し格納しておいたコストとあわせて、各画像のコスト最小視差を算出する(S28)。最後に、S24で算出した視差と、S28で算出した視差とのクロスチェックを実施し(S29)、チェック結果を出力する(S30)。

【0062】

これに対し、本実施形態においては、ひとつの基準画像につき1回のスキャンでよいため、スキャン回数を半減することができ、処理レートを向上させることができる。

【0063】

また、比較例では、ひとつの基準画像につきスキャン方向を変えて2回のスキャンを行うため、1回目のラストスキャンの間に算出した4方向のコストを記憶装置などに一時的

10

20

30

40

50

に格納しておく必要があった。これに対し、本実施形態においては、ひとつの基準画像につきスキャン方向を1方向とすることで、コストを一時的に記憶装置に格納する必要がなくなるため、メモリの搭載量を低減することができる。

【0064】

更に、本実施形態においては、一方を基準画像とした場合には上・右方向から集約する経路のコストを求め、他方を基準画像とした場合には下・左方向から集約する経路のコストを求めている。従って、クロスチェックには、上下左右全方向からの経路のコストが反映されているため、比較例と同等の正確性を維持することができる。

【0065】

なお、上述では、クロスチェックを行う場合についてのみ示しているが、クロスチェックを行うモードと、クロスチェックを行わないモードとを、外部からの入力などにより選択可能にしてもよい。クロスチェックを行わないモードが選択された場合、合成コスト値Sを算出する経路について、方向の偏りをなくすることが望ましい。従って、制御部20は、コスト最適化演算部16に対し、スキャン方向を変えて2回スキャンを行い、例えば、水平右方向、水平左方向、垂直上方向、垂直下方向、右上45度方向、右下45度方向、左下45度方向、左上45度方向から集約する8方向のベクトルに沿った8つの経路についてコストを取得するよう指示することが望ましい。

【0066】

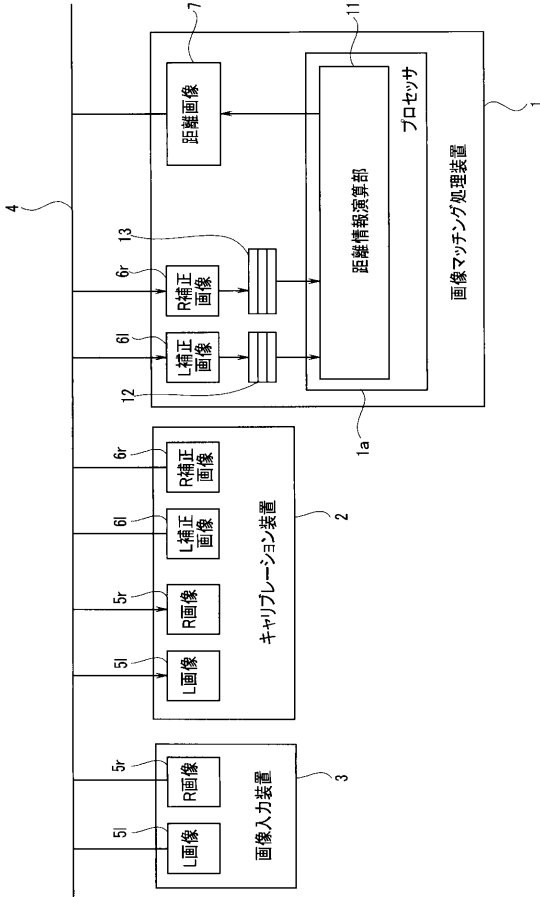
本発明のいくつかの実施形態を説明したが、これらの実施形態は、一例として示したものであり、発明の範囲を限定することは意図していない。これら新規な実施形態は、その他の様々な形態で実施されることが可能であり、発明の要旨を逸脱しない範囲で、種々の省略、置き換え、変更を行うことができる。これら実施形態やその変形は、発明の範囲や要旨に含まれると共に、特許請求の範囲に記載された発明とその均等の範囲に含まれる。

【符号の説明】

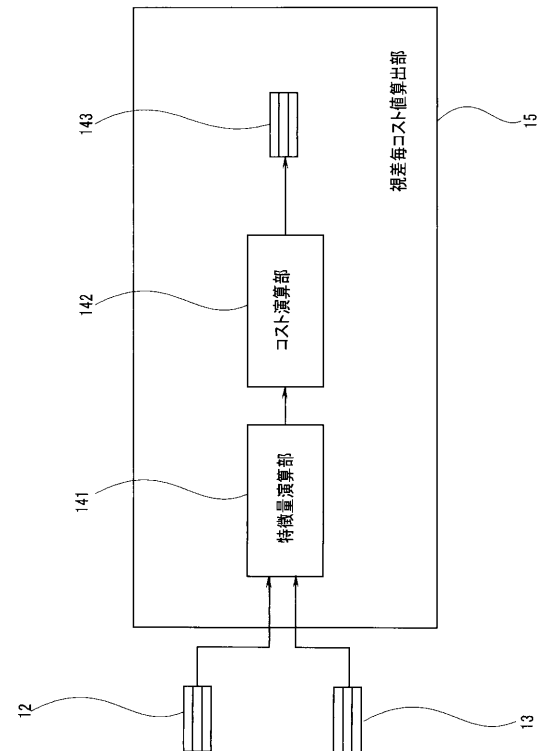
【0067】

1 ... 画像処理装置、2 ... キャリブレーション装置、3 ... 画像入力装置、4 ... バス、5 l ... L画像、5 r ... R画像、6 l ... 補正済L画像、6 r ... 補正済R画像、7 ... 距離画像、11 ... 距離情報演算部、12 ... Lラインバッファ、13 ... Rラインバッファ、14 ... 入力画像取得部、15 ... 視差毎コスト値算出部、16 ... コスト最適化演算部、17 ... コスト最小視差抽出部、18 ... クロスチェックバッファ、19 ... 視差出力部、141 ... 特徴量演算部、142 ... コスト演算部、143、162 ... コストバッファ、161 ... コスト更新値演算部、

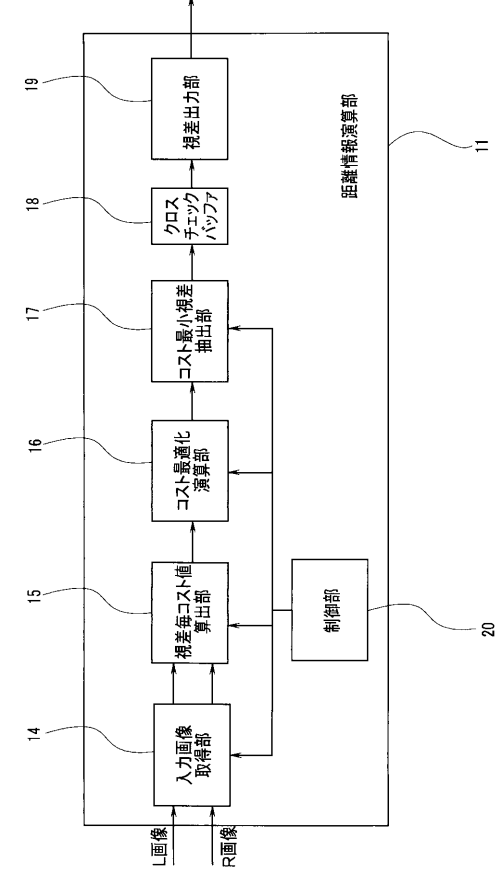
【図 1】



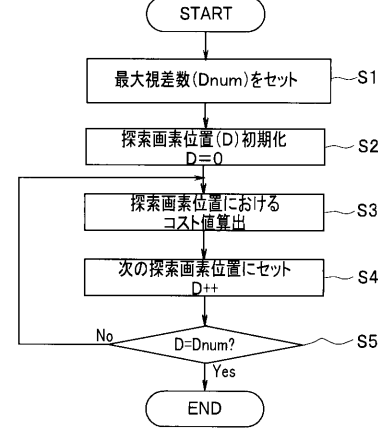
【図 3】



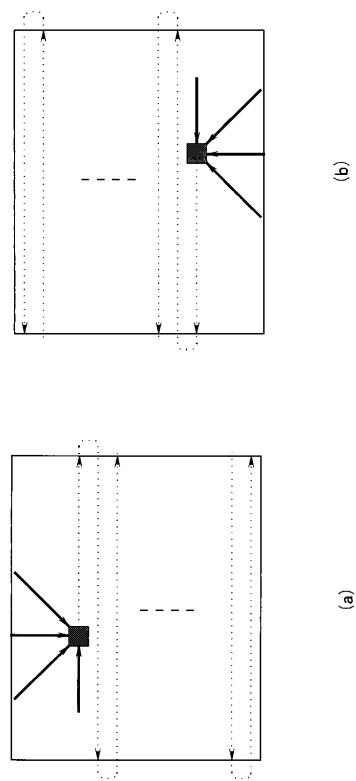
【図 2】



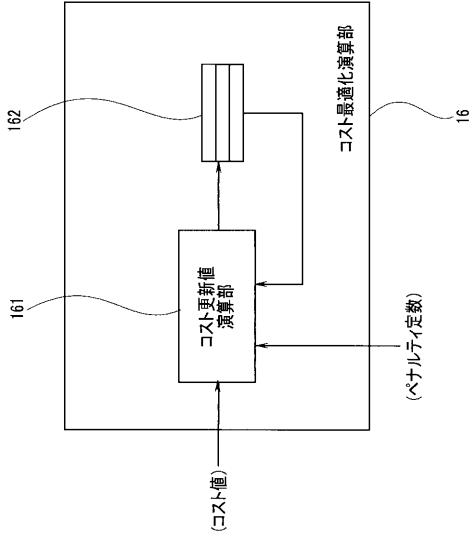
【図 4】



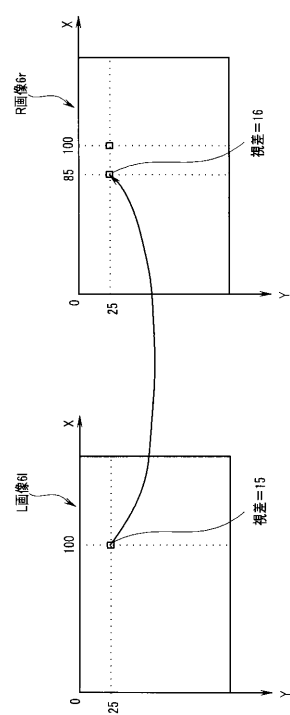
【図 5】



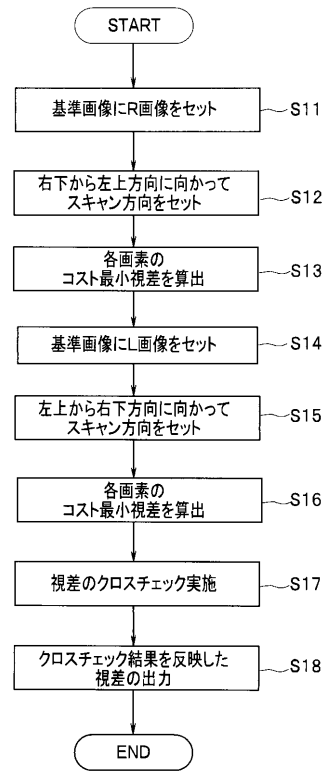
【図 6】



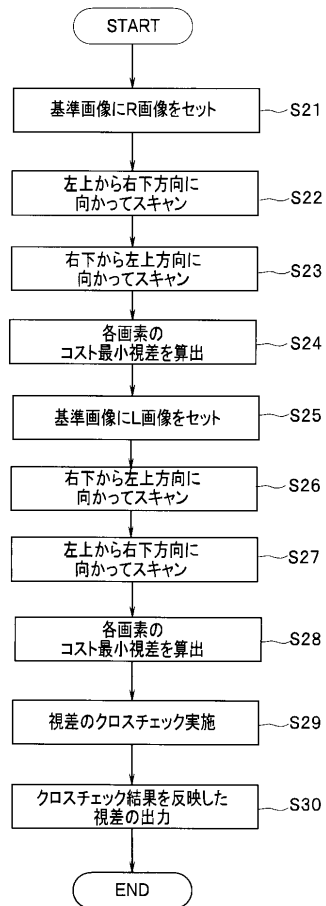
【図 7】



【図 8】



【図 9】



フロントページの続き

(56)参考文献 特開 2 0 1 5 - 1 6 2 1 5 6 (J P , A)
国際公開第 2 0 1 0 / 0 2 8 7 1 8 (W O , A 1)
特開 2 0 1 3 - 2 0 6 4 6 8 (J P , A)
特開 2 0 1 6 - 0 0 1 8 4 1 (J P , A)
Heiko Hirschmuller , Stereo Processing by Semiglobal Matching and Mutual Information , I
EEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence , 2 0 0 8 年 2 月 , VOL.3
0 , NO.2 , p328-341 , U R L , <https://ieeexplore.ieee.org/stamp/stamp.jsp?tp=&arnumber=4359315>

(58)調査した分野(Int.Cl. , D B 名)

G 0 1 C	3 / 0 0 - 3 / 0 8
G 0 6 T	1 / 0 0
G 0 6 T	7 / 5 0 - 7 / 5 9 3