

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第6843552号
(P6843552)

(45) 発行日 令和3年3月17日(2021.3.17)

(24) 登録日 令和3年2月26日(2021.2.26)

(51) Int.Cl.		F I			
GO6T	7/593	(2017.01)	GO6T	7/593	
GO1B	11/00	(2006.01)	GO1B	11/00	H
GO1B	11/245	(2006.01)	GO1B	11/245	H

請求項の数 13 (全 21 頁)

<p>(21) 出願番号 特願2016-162808 (P2016-162808)</p> <p>(22) 出願日 平成28年8月23日 (2016.8.23)</p> <p>(65) 公開番号 特開2018-32144 (P2018-32144A)</p> <p>(43) 公開日 平成30年3月1日 (2018.3.1)</p> <p>審査請求日 令和1年8月1日 (2019.8.1)</p>	<p>(73) 特許権者 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</p> <p>(74) 代理人 110001243 特許業務法人 谷・阿部特許事務所</p> <p>(72) 発明者 鳥居 哲 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</p> <p>審査官 佐田 宏史</p>
---	--

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 画像処理装置、画像処理方法およびプログラム。

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

共通の被写体を含む3つ以上の視差画像のうち、いずれか1つを基準画像とし、該基準画像以外の視差画像のうち1つを参照画像とし、対応点探索により前記被写体の3次元情報を算出する画像処理装置であって、

前記視差画像それぞれにおける輝度に基づいて、前記視差画像ごとの評価値を算出する評価値算出手段と、

前記評価値算出手段によって算出された前記評価値に基づいて、前記基準画像以外の視差画像のうち前記参照画像として用いる画像を決定する決定手段と、

前記決定手段によって決定された前記参照画像と前記基準画像とにおいて、対応点を探索する探索手段と、を有し、

前記評価値算出手段は、前記基準画像から算出されるエピポーラ線上の輝度勾配の方向と前記エピポーラ線の方向との類似度を表す値を前記評価値として算出する、

ことを特徴とする画像処理装置。

【請求項2】

共通の被写体を含む3つ以上の視差画像のうち、いずれか1つを基準画像とし、該基準画像以外の視差画像のうち1つを参照画像とし、対応点探索により前記被写体の3次元情報を算出する画像処理装置であって、

前記視差画像それぞれにおける輝度に基づいて、前記視差画像ごとの評価値を算出する評価値算出手段と、

10

20

前記評価値算出手段によって算出された前記評価値に基づいて、前記基準画像以外の視差画像のうち前記参照画像として用いる画像を決定する決定手段と、

前記決定手段によって決定された前記参照画像と前記基準画像とにおいて、対応点を探索する探索手段と、を有し、

前記評価値算出手段は、前記基準画像から算出されるエピポーラ線上の輝度勾配の方向と前記エピポーラ線の方向との成す角度を前記評価値として算出する、

ことを特徴とする画像処理装置。

【請求項 3】

共通の被写体を含む 3 つ以上の視差画像のうち、いずれか 1 つを基準画像とし、該基準画像以外の視差画像の全てを参照画像とし、対応点探索により前記被写体の 3 次元情報を算出する画像処理装置であって、

10

前記視差画像それぞれにおける輝度に基づいて、前記視差画像ごとの評価値を算出する評価値算出手段と、

前記評価値算出手段によって算出された前記評価値に基づいて、各参照画像の重みを決定する決定手段と、

前記視差画像それぞれと前記基準画像とにおいて対応点を探索する探索手段と、

前記対応点と前記重みとを用いて、前記被写体の 3 次元情報を算出する算出手段と、を有し、

前記評価値算出手段は、前記基準画像から算出されるエピポーラ線上の輝度勾配の方向と前記エピポーラ線の方向との類似度を表す値を前記評価値として算出する、

20

ことを特徴とする画像処理装置。

【請求項 4】

共通の被写体を含む 3 つ以上の視差画像のうち、いずれか 1 つを基準画像とし、該基準画像以外の視差画像の全てを参照画像とし、対応点探索により前記被写体の 3 次元情報を算出する画像処理装置であって、

前記視差画像それぞれにおける輝度に基づいて、前記視差画像ごとの評価値を算出する評価値算出手段と、

前記評価値算出手段によって算出された前記評価値に基づいて、各参照画像の重みを決定する決定手段と、

前記視差画像それぞれと前記基準画像とにおいて対応点を探索する探索手段と、

30

前記対応点と前記重みとを用いて、前記被写体の 3 次元情報を算出する算出手段と、を有し、

前記評価値算出手段は、前記基準画像から算出されるエピポーラ線上の輝度勾配の方向と前記エピポーラ線の方向との成す角度を前記評価値として算出する、

ことを特徴とする画像処理装置。

【請求項 5】

前記決定手段は、前記基準画像の画素毎に決定を行うことを特徴とする請求項 1 から 4 いずれか 1 項に記載の画像処理装置。

【請求項 6】

前記決定手段は、前記基準画像の画素毎に、該画素に対応する前記基準画像以外の視差画像のそれぞれにおけるエピポーラ線を算出するエピポーラ線算出手段を有し、

40

前記評価値算出手段は、前記エピポーラ線算出手段が算出した前記エピポーラ線を参照して、前記評価値の算出を行う、

ことを特徴とする請求項 1 から 5 いずれか 1 項に記載の画像処理装置。

【請求項 7】

前記画像処理装置は、前記基準画像の画素毎に、該画素の近傍における画素の対応点の探索結果に基づいて探索範囲を限定する限定手段をさらに有し、

前記評価値算出手段は、前記限定手段が限定した前記探索範囲における前記基準画像から算出されるエピポーラ線を参照して前記評価値の算出を行う、

ことを特徴とする請求項 6 に記載の画像処理装置。

50

【請求項 8】

前記 3 次元情報は、前記基準画像を撮像するカメラから前記被写体までの距離である、ことを特徴とする請求項 1 から 7 のいずれか 1 項に記載の画像処理装置。

【請求項 9】

共通の被写体を含む 3 つ以上の視差画像のうち、いずれか 1 つを基準画像とし、該基準画像以外の視差画像のうち 1 つを参照画像とし、対応点探索により前記被写体の 3 次元情報を算出する画像処理方法であって、

前記視差画像それぞれにおける輝度に基づいて、前記視差画像ごとの評価値を算出する評価値算出ステップと、

前記評価値算出ステップによって算出された前記評価値に基づいて、前記基準画像以外の視差画像のうち前記参照画像として用いる画像を決定する決定ステップと、

前記決定ステップによって決定された前記参照画像と前記基準画像とにおいて、対応点を探索する探索ステップと、を含み、

前記評価値算出ステップは、前記基準画像から算出されるエピポーラ線上の輝度勾配の方向と前記エピポーラ線の方向との類似度を表す値を前記評価値として算出する、

ことを特徴とする画像処理方法。

10

【請求項 10】

共通の被写体を含む 3 つ以上の視差画像のうち、いずれか 1 つを基準画像とし、該基準画像以外の視差画像のうち 1 つを参照画像とし、対応点探索により前記被写体の 3 次元情報を算出する画像処理方法であって、

20

前記視差画像それぞれにおける輝度に基づいて、前記視差画像ごとの評価値を算出する評価値算出ステップと、

前記評価値算出ステップによって算出された前記評価値に基づいて、前記基準画像以外の視差画像のうち前記参照画像として用いる画像を決定する決定ステップと、

前記決定ステップによって決定された前記参照画像と前記基準画像とにおいて、対応点を探索する探索ステップと、を有し、

前記評価値算出ステップは、前記基準画像から算出されるエピポーラ線上の輝度勾配の方向と前記エピポーラ線の方向との成す角度を前記評価値として算出する、

ことを特徴とする画像処理方法。

30

【請求項 11】

共通の被写体を含む 3 つ以上の視差画像のうち、いずれか 1 つを基準画像とし、該基準画像以外の視差画像の全てを参照画像とし、対応点探索により前記被写体の 3 次元情報を算出する画像処理方法であって、

前記視差画像それぞれにおける輝度に基づいて、前記視差画像ごとの評価値を算出する評価値算出ステップと、

前記評価値算出ステップによって算出された前記評価値に基づいて、各参照画像の重みを決定する決定ステップと、

前記視差画像それぞれと前記基準画像とにおいて対応点を探索する探索ステップと、

前記対応点と前記重みとを用いて、前記被写体の 3 次元情報を算出する算出ステップと、

40

前記評価値算出ステップは、前記基準画像から算出されるエピポーラ線上の輝度勾配の方向と前記エピポーラ線の方向との類似度を表す値を前記評価値として算出する、

ことを特徴とする画像処理方法。

【請求項 12】

共通の被写体を含む 3 つ以上の視差画像のうち、いずれか 1 つを基準画像とし、該基準画像以外の視差画像の全てを参照画像とし、対応点探索により前記被写体の 3 次元情報を算出する画像処理方法であって、

前記視差画像それぞれにおける輝度に基づいて、前記視差画像ごとの評価値を算出する評価値算出ステップと、

前記評価値算出ステップによって算出された前記評価値に基づいて、各参照画像の重み

50

を決定する決定ステップと、

前記視差画像それぞれと前記基準画像とにおいて対応点を探索する探索ステップと、
前記対応点と前記重みとを用いて、前記被写体の3次元情報を算出する算出ステップと、
を含み、

前記評価値算出ステップは、前記基準画像から算出されるエピポーラ線上の輝度勾配の方向と前記エピポーラ線の方向との成す角度を前記評価値として算出する、

ことを特徴とする画像処理方法。

【請求項13】

コンピュータを、請求項1から8のいずれか1項に記載の画像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】

本発明は共通の被写体を含む視差画像に基づいて対応点探索により被写体の3次元情報を推定する技術に関する。

【背景技術】

【0002】

共通の被写体を含む視差画像に基づいて対応点探索により被写体まで距離や、被写体の形状を推定する技術が存在する。これらの技術には、ブロックマッチングによって視差画像間に対応点を探索することで視差を求め、この視差に基づいて被写体までの距離を推定するアルゴリズムが用いられる。ブロックマッチングでは、画像中のある直線に沿って対応点を探索することが一般的に行われている。このとき、探索方向と直交する方向に輝度勾配が存在する場合や、探索方向に平行なラインなどのエッジが存在する場合に、対応点の探索精度が低下することによって距離の推定精度も低下してしまうという課題があった。

【0003】

そこで、輝度勾配やエッジなどの影響を低減する技術として、特許文献1及び特許文献2に記載の技術が知られている。特許文献1では、マイクロレンズアレイで被写体を撮像することで複数の視差画像を得る。そのうち1つの画像に対し、横方向の視差を持つ画像及び縦方向の視差を持つ画像においてそれぞれ横方向及び縦方向でブロックマッチングを行い、領域ごとに信頼度に応じて横・縦のどちらの方向のブロックマッチング結果を採用するかを決定する。また、特許文献2では、横方向及び縦方向の視差を持って設置したカメラで被写体を撮像することで横方向及び縦方向の視差を持つ画像の組を得る。そして、被写体上のエッジ方向を判別してエッジ方向とは異なる方向の視差を持つ画像の組を用いて距離を算出する。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0004】

【特許文献1】特開2011-171858号公報

【特許文献2】特開2015-22630号公報

【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、特許文献1及び特許文献2に記載の技術は、横方向及び縦方向の視差を持って設置したカメラやレンズで撮像することで得られた視差画像を用いることを前提としている。すなわち、横・縦のどちらの方向の視差を持つ視差画像を用いるかを決定することで輝度勾配やエッジなどの影響を低減する技術である。複数のカメラを任意の位置・姿勢で設置した場合には、適用することができないという課題があった。

【課題を解決するための手段】

【0006】

10

20

30

40

50

本発明に係る画像処理装置は、共通の被写体を含む3つ以上の視差画像のうち、いずれか1つを基準画像とし、該基準画像以外の視差画像のうち1つを参照画像とし、対応点探索により前記被写体の3次元情報を算出する画像処理装置であって、前記視差画像それぞれにおける輝度に基づいて、前記視差画像ごとの評価値を算出する評価値算出手段と、前記評価値算出手段によって算出された前記評価値に基づいて、前記基準画像以外の視差画像のうち前記参照画像として用いる画像を決定する決定手段と、前記決定手段によって決定された前記参照画像と前記基準画像とにおいて、対応点を探索する探索手段と、を有し、前記評価値算出手段は、前記基準画像から算出されるエピポーラ線上の輝度勾配の方向と前記エピポーラ線の方向との類似度を表す値を前記評価値として算出することを特徴とする。

10

【発明の効果】

【0007】

本発明によって、任意の位置・姿勢で設置した複数のカメラを用いた場合において、被写体の輝度勾配やラインなどのエッジの影響を低減することができ、高精度に被写体の3次元情報を取得することが可能となる。

【図面の簡単な説明】

【0008】

【図1】実施例1において複数の視点から共通の被写体を撮像する場合の様子を示す図である。

【図2】実施例1における画像処理装置の内部構成を示すブロック図である。

20

【図3】実施例1における画像処理装置の機能構成を示すブロック図である。

【図4】実施例1における画像処理装置の処理フローを示す図。

【図5】実施例1における参照画像決定部の機能構成を示すブロック図である。

【図6】実施例1における参照画像決定部の処理フローを示す図である。

【図7】エピポーラ線を説明するための模式図。

【図8】実施例1における対応探索範囲の決定方法を説明するための図である。

【図9】従来の距離推定技術による対応点探索を行う場合を示す図である。

【図10】実施例1の効果の説明するための図である。

【発明を実施するための形態】

【0009】

30

[実施例1]

図1は、本実施例において複数の視点から共通の被写体を撮像する場合の様子を示す図である。図1に示すように、カメラ101～105は、それぞれ異なる任意の位置及び姿勢（視点）で被写体106を取り囲むように配置される。カメラ101～105は、被写体の光情報をセンサで受光し、A/D変換を施すことによってデジタル画像データを取得する。取得されたデジタル画像データは、共通の被写体106を含む視差画像データである。尚、本実施例では、5台のカメラを用いる場合を例として説明を行うが、カメラの数はこれに限られず、3以上の任意の数のカメラを用いることができる。または、同じカメラにより3つ以上の視点から被写体106を撮像することで、3つ以上の視差画像データを取得することもできる。取得された視差画像データは、画像処理装置100に送信される。本実施例では、画像処理装置100は、カメラ101～105によって撮像した5枚の視差画像データを取得し、それらの視差画像データに基づいて、被写体の距離情報や、被写体の形状情報を算出する。

40

【0010】

図2は、本実施例における画像処理装置100の内部構成を示すブロック図である。画像処理装置100は、CPU201、RAM202、ROM203、HDDI/F204、HDD205、入力I/F206、出力I/F207、及びシステムバス208を有している。

【0011】

CPU201は画像処理装置100の各構成部を制御するプロセッサであり、RAM2

50

02とROM203は、それぞれ画像処理装置100で扱われる種々のデータを記憶するメモリである。CPU201は、RAM202をワークメモリとして、ROM203に格納されたプログラムを実行し、システムバス208を介して画像処理装置100の各構成部を統括的に制御する。これにより、後述する様々な処理が実行される。

【0012】

HDDI/F204は、例えばシリアルATA(SATA)等のインタフェースであり、二次記憶装置としてのHDD205を接続する。CPU201は、HDDI/F204を介してHDD205からのデータ読み出し及びHDD205へのデータ書き込みを行うことが可能である。さらにCPU201は、HDD205に格納されたデータをRAM202に展開し、同様に、RAM202に展開されたデータをHDD205に保存することが可能である。そしてCPU201は、RAM202に展開したデータをプログラムとみなし、実行することができる。尚、二次記憶装置はHDDの他、光ディスクドライブ等の記憶デバイスでもよい。

10

【0013】

入力I/F206は、例えばUSBやIEEE1394等のシリアルバスインタフェースである。CPU201は、入力I/F206を介して、カメラ101~105、操作部209(例えば、マウスやキーボード)からデータを取得する。

【0014】

出力I/F207は、例えばDVIやHDMI(登録商標)等の映像出力インタフェースである。CPU201は、出力I/F207を介して、表示部210(ディスプレイなどの各種出力デバイス)に、カメラ101~105の撮像画像や、撮像画像に対し何らかの処理を行い合成した画像を表示することができる。尚、タッチパネル式のディスプレイが操作部209と表示部210を兼ねてもよい。尚、画像処理装置100の構成要素は上記以外にも存在するが、本発明の主眼ではないので、説明を省略する。

20

【0015】

次に、本実施例の画像処理装置100におけるカメラ101~105で撮像した視差画像から被写体106の距離情報を算出する処理について、図3及び図4を参照して説明する。

【0016】

<画像処理装置の機能構成>

30

図3は、本実施例における画像処理装置100の機能構成を示すブロック図である。視差画像取得部301は、カメラ101~105で撮像した5枚の視差画像を、入力I/F206を介して取得する。

【0017】

基準画像設定部302は、視差画像取得部301で取得された5枚の視差画像のうちいずれか1つを基準画像として設定する。基準画像の選択方法はどのような方法であってもよく、例えば5台のカメラのうち真ん中に配置されているカメラ103の撮像画像を選択してもよいし、ユーザが操作部209を介して選択してもよい。

【0018】

尚、以下、基準画像を撮像したカメラを、基準カメラと呼ぶ。本実施例における画像処理装置100は、基準カメラを基準として、被写体までの距離を被写体の3次元情報として算出する。本実施例では、基準画像の各画素に対応する被写体の3次元情報を算出するためには、別のカメラで撮像した視差画像と対応を取り、三角測量をする必要がある。以下、基準画像の各画素に対応する被写体の3次元情報を算出するために用いる、別のカメラで撮像した画像を参照画像と呼ぶ。基準画像のうち被写体の3次元情報の算出処理を行う画素のことを注目画素と呼ぶ。尚、本実施例では、基準画像の画素毎に1枚の参照画像を基準画像以外の視差画像のうちから決定する。

40

【0019】

撮像パラメータ取得部303は、視差画像取得部301で取得された各視差画像に対応する撮像パラメータを取得する。本実施例では、カメラ101~105の撮像パラメータ

50

を取得する。ここで、撮像パラメータは、カメラの位置及び姿勢を表す外部パラメータと、カメラの焦点距離、主点位置及び歪曲を表す内部パラメータとを含むが、詳細について後述する。本実施例では、予め各カメラのパラメータを測定した値が記述されたファイルをHDD205に記憶しておき、撮像パラメータ取得部303は、HDDI/F204を介してHDD205からデータを読み取ることで各カメラの撮像パラメータを取得する。また、例えば、撮像パラメータ取得部303は、視差画像取得部301で取得した視差画像から自然特徴点を抽出し、Structure from Motionを用いてカメラの撮像パラメータを算出する。

【0020】

参照画像決定部304は、基準画像以外の各視差画像について、対応点の探索を行う直線（エピポーラ線）上の輝度勾配の大きさに関する評価値を算出し、算出された評価値に基づいて、参照画像を基準画像以外の視差画像のうちから決定する。

10

【0021】

対応点探索部305は、参照画像決定部304で決定された参照画像から、基準画像の注目画素に対応する画素を探索する。距離算出部306は、基準カメラの撮像画像における注目画素の2次元座標と、参照カメラの撮像画像における対応点の2次元座標と、基準カメラ及び参照カメラの撮像パラメータとに基づいて、三角測量によって、基準カメラから被写体までの距離を算出する。尚、本実施例では被写体の3次元情報として基準カメラから被写体までの距離を算出する例を説明するが、これに限定されない。例えば、視差や被写体の3次元形状を算出する場合においても、同様に本実施例を適用することができる。

20

【0022】

距離情報出力部307は、基準画像の全画素について算出された被写体までの距離を、出力I/F207を介して表示部210に出力したり、HDDI/F204を通じHDD205に保存したりする。

【0023】

< 画像処理装置の処理フロー >

図4は、本実施例における画像処理装置100の処理フローを示す図である。画像処理装置100は、視差画像に基づいて被写体の距離情報を算出して出力する。ステップS401において視差画像取得部301は、カメラ101～105の各カメラで共通の被写体106を撮像して得られた視差画像を取得する。

30

【0024】

ステップS402において撮像パラメータ取得部303は、カメラ101～105それぞれについて撮像パラメータを取得する。撮像パラメータは、前述のように、カメラの位置及び姿勢を表す外部パラメータと、カメラの焦点距離及び主点位置を表す内部パラメータとを含む。以下、撮像パラメータの詳細について説明する。

【0025】

<< 撮像パラメータ >>

内部パラメータは、下記の式(1)に示す 3×3 の行列Aとして表現することができる。ここで、x方向の焦点距離を f_x 、y方向の焦点距離を f_y 、主点位置を (c_x, c_y) とする。

40

【0026】

【数1】

$$\mathbf{A} = \begin{bmatrix} f_x & 0 & c_x \\ 0 & f_y & c_y \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \quad \text{式(1)}$$

【0027】

外部パラメータは、姿勢を表す 3×3 の回転行列Rと位置を表す 3×1 の並進行列Tとか

50

らなる、 4×3 の行列 $[R \ T]$ として表現することができる。尚、外部パラメータはこれに限らず、各カメラの位置及び姿勢を表すことができればどのような表現形式であってもよい。

【0028】

以下では、 i 番目 (i は1から5の整数で、カメラ101～105にそれぞれ対応する)のカメラについて、内部パラメータを A_i 、外部パラメータのうち回転行列を R_i 、並進ベクトルを T_i として説明を行う。内部パラメータ A_i と外部パラメータ R_i 、 T_i とを用いることで、 i 番目のカメラで撮像した画像中の画素の2次元座標 (u_i, v_i)と、その画素に対応する3次元空間中の点の3次元座標 (X, Y, Z)との間の関係は下記の式(2)で表すことができる。ここで、 ω_i はスケールファクタである。

【0029】

【数2】

$$\omega_i \begin{bmatrix} u_i \\ v_i \\ 1 \end{bmatrix} = A_i [R_i | T_i] \begin{bmatrix} X \\ Y \\ Z \\ 1 \end{bmatrix} \quad \text{式(2)}$$

【0030】

これは、3次元座標 (X, Y, Z)の点を、カメラで撮像すると、撮像画像中の2次元座標 (u_i, v_i)に記録されることを表している。尚、上記の外部パラメータ R_i と T_i を用いることで、カメラの3次元座標 (X_{ci}, Y_{ci}, Z_{ci})は下記の式(3)により算出することができる。

【0031】

【数3】

$$\begin{bmatrix} X_{ci} \\ Y_{ci} \\ Z_{ci} \end{bmatrix} = -R_i^T \cdot T_i \quad \text{式(3)}$$

【0032】

次にステップS403において基準画像設定部302は、ステップS401で取得された視差画像のうちいずれか1つを基準画像として設定する。次のステップS404からステップS408の処理は、基準画像の全画素について対応する被写体の3次元情報の算出を行う。

【0033】

ステップS404では、基準画像における未処理の画素の中から、注目画素として任意の1画素を選択する。本ステップで選択された注目画素は、次のステップS405からステップS407の処理の対象となる。尚、注目画素は、どのような順番で選択してもよい。例えば、まず初めに画像の左上の端の画素を選択し、その後はラスタ走査によって右下の端の画素までを順番に選択してよい。

【0034】

ステップS405において参照画像決定部304は、注目画素について1枚の参照画像を基準画像以外の視差画像のうちから決定する。本実施例では、基準画像以外の各視差画像について、その視差画像における基準画像の注目画素のエピポーラ線を算出し、算出されたエピポーラ線に基づいて、その視差画像から注目画素の対応点を探索する場合の信頼度を表す評価値を算出する。算出された評価値を比較することで参照画像を決定する。本ステップの参照画像決定処理の詳細について後述する。

【0035】

ステップS406において対応点探索部305は、ステップS405で決定された参照

10

20

30

40

50

画像から注目画素の対応点を探索する。本実施例では、参照画像のうち基準画像の注目画素に対応するエピポーラ線上に位置する画素の中から、注目画素の対応点を探索する。尚、参照画像の中から対応点を探索する範囲は、エピポーラ線全体ではなく、後述の探索範囲決定部503で決定された探索範囲の中から探索することもできる。

【0036】

対応点探索の方法としては、例えばブロックマッチングを用いることができる。すなわち、基準画像の注目画素とその近傍の画素からなるブロックに対する、参照画像上の等しいサイズで設定したブロックの相違度を算出する。そして、参照画像上のブロックの位置を上記の探索範囲の中で順次移動させながら相違度を算出し、この相違度が最も低くなったブロックの位置を求めることで、注目画素の対応点を探索する。この時、ブロック同士

10

【0037】

【数4】

$$SSD = \sum_{i=-N/2}^{N/2} \sum_{j=-M/2}^{M/2} (I_{main}(u_o + j, v_o + i) - I_{sub}(u + j, v + i))^2 \quad \text{式(4)}$$

【0038】

ここで、 I_{main} は基準画像の画素値を表し、 I_{sub} は参照画像の画素値を表す。基準画像上のブロックは、座標が (u_o, v_o) である注目画素を中心とする $M \times N$ 画素のブロックとする。参照画像上のブロックは、中心座標が (u, v) である $M \times N$ 画素のブロックとする。参照画像上のブロックを探索範囲の中で順次移動させながらSSDを上記の式(4)により算出する。算出されるSSDが最も低くなるときの (u, v) が、注目画素の対応点の座標である。以下ではSSDが最も低くなるときの (u, v) 、すなわち参照画像上の対応点の座標を (u_m, v_m) と記述する。

20

【0039】

尚、上記の例では、相違度としてSSDを用いたが、SAD(Sum of Absolute Difference)などの他の指標を用いることもできる。また、相違度ではなく、正規化相互相関などの類似度を指標として用いることもできる。この場合、類似度が最も高くなるブロックの位置を求めることで注目画素の対応点を探索する。尚、対応点の探索方法としては、ブロックマッチングに限られず、他の探索方法を用いることもできる。

30

【0040】

次に、ステップS407において距離算出部306は、基準画像上の注目画素の座標 (u_o, v_o) と、ステップS406で得られた参照画像上の対応点の座標 (u_m, v_m) と、基準画像及び参照画像に対応する撮像パラメータとを用いて、被写体までの距離を算出する。まず、注目画素に対応する被写体上の点の3次元座標は、次のように三角測量に基づき算出することができる。すなわち、基準カメラについて、内部パラメータを A_m とし、外部パラメータを R_m, T_m とすると、式(2)より下記の式(5)が成り立つ。

【0041】

【数5】

$$\omega_m \begin{bmatrix} u_o \\ v_o \\ 1 \end{bmatrix} = A_m [R_m | T_m] \begin{bmatrix} X \\ Y \\ Z \\ 1 \end{bmatrix} \quad \text{式(5)}$$

40

【0042】

同様に、参照画像を撮像したカメラについて、内部パラメータを A_s とし、外部パラメータを R_s, T_s とすると、式(2)より下記の式(6)が成り立つ。

50

【 0 0 4 3 】

【 数 6 】

$$\omega_s \begin{bmatrix} u_m \\ v_m \\ 1 \end{bmatrix} = A_s [R_s | T_s] \begin{bmatrix} X \\ Y \\ Z \\ 1 \end{bmatrix} \quad \text{式 (6)}$$

【 0 0 4 4 】

上記の式(5)及び式(6)は u_m 、 v_m 、 X 、 Y 、 Z を未知数とする連立方程式になっており、これを解くことで得られる X 、 Y 、 Z は、注目画素に対応する被写体の上の点の3次元座標である。そして、得られた被写体の3次元座標と、式(3)で算出できる基準カメラの3次元座標とを比較することで被写体までの距離を算出することができる。

10

【 0 0 4 5 】

次にステップS408では、基準画像の全画素についてステップS405からステップS407の処理が実行されたか否かを判定する。全ての画素について処理が実行されたと判定された場合は、処理はステップS409へ移行する。一方、全ての画素については処理が実行されておらず、未処理の画素が残っていると判定された場合は、処理はステップS406へ移行する。

【 0 0 4 6 】

ステップS409において距離情報出力部307は、ステップS407で算出された被写体までの距離を、出力I/F207を介して表示部210へ出力したり、HDDI/F204を介してHDD205へ記録したりする。以上で、画像処理装置100における被写体106の距離情報を算出する処理の流れが完了する。

20

【 0 0 4 7 】

< 参照画像決定処理の詳細 >

続いて、ステップS405で参照画像決定部304が行う参照画像決定処理の詳細を説明する。図5は、本実施例における参照画像決定部304の機能構成を示すブロック図である。参照画像決定部304は、画像選択部501、エピポーラ線算出部502、探索範囲決定部503、評価値算出部504及び評価値利用部505を含む。

30

【 0 0 4 8 】

画像選択部501は、基準画像以外の視差画像から1つの視差画像を評価対象画像として選択する。本実施例において、エピポーラ線算出部502、探索範囲決定部503及び評価値算出部504の処理が基準画像以外の全視差画像について行われるため、画像選択部501は基準画像以外の視差画像から未処理の視差画像を1つずつ選択してよい。尚、未処理の視差画像はどのような順で選択してもよい。

【 0 0 4 9 】

エピポーラ線算出部502は、評価対象画像における、基準画像の注目画素に対応するエピポーラ線を算出する。探索範囲決定部503は、注目画素に対応するエピポーラ線と、既に処理済みの近傍画素についての距離算出結果とに基づいて、基準画像の注目画素に対する評価対象画像における対応点の探索範囲を決定する。評価値算出部504は、評価対象画像中の探索範囲内の輝度勾配の大きさに関する評価値を算出する。本実施例では、探索範囲内の輝度勾配の絶対値の平均値を評価値として算出する。算出された評価値は、値が大きいほど、評価対象画像から基準画像の注目画素の対応点を探索する場合の信頼度が高いことを表す。

40

【 0 0 5 0 】

評価値利用部505は、基準画像以外の視差画像のそれぞれについて算出された評価値を比較して、参照画像を決定する。本実施例では、基準画像以外の視差画像のうち評価値が最も大きい視差画像を参照画像として決定する。

【 0 0 5 1 】

50

図6は、本実施例における参照画像決定部304の処理フローを示す図である。ステップS601では、基準画像以外の視差画像から、評価対象画像として未処理の視差画像を1つ選択する。本ステップで選択された評価対象画像は、ステップS602からステップS604の処理の対象となる。

【0052】

ステップS602においてエピポーラ線算出部502が、基準画像及び評価対象画像に対応する撮像パラメータと、基準画像上の注目画素の座標とから評価対象画像におけるエピポーラ線を算出する。

【0053】

<<エピポーラ線の算出>>

図7は、エピポーラ線を説明するための図である。カメラ701は、カメラ101~105のうち基準画像を撮像したカメラを表し、カメラ705は、カメラ101~105のうち評価対象画像を撮像したカメラを表す。カメラ701で撮像した基準画像を3次元空間中に仮想的に表示したものを画像702で表す。カメラ705で撮像した参照画像を3次元空間中に仮想的に表示したものを画像706で表す。また、画像702上の注目画素703について、画像706から注目画素703に対応する点を探索する。直線704はカメラ701と注目画素703を結んだ直線の延長線である。画像702上の注目画素703は、3次元空間上では直線704上のいずれかの位置に存在するはずである。直線704を画像706に投影したものが、画像706上の直線707となる。この直線707がエピポーラ線である。

【0054】

エピポーラ線707は、次の性質を持つ。すなわち、直線704上の任意の点、例えば点708とカメラ705を結ぶ直線709を考えると、直線709と参照画像706との交点710は、エピポーラ線707上に乗るという性質である。評価対象画像におけるエピポーラ線は、基準画像の注目画素の座標と、基準画像を撮像した基準カメラ及び評価対象画像を撮像したカメラの撮像パラメータとから算出することができる。

【0055】

まず、基準画像を撮像した基準カメラについて内部パラメータを A_m 、回転行列を R_m 、並進ベクトルを T_m とし、評価対象画像を撮像したカメラについて内部パラメータを A_o 、回転行列を R_o 、並進ベクトルを T_o とする。次の式(7)により R_{mo} 及び T_{mo} を算出する。ここで、 T_{mo} は t の歪対象行列と呼ばれる。

【0056】

【数7】

$$R_{mo} = R_m^T R_o$$

$$t = (t_x, t_y, t_z)^T = R_m^T (T_o - T_m) \quad \text{式(7)}$$

$$T_{mo} = \begin{pmatrix} 0 & -t_z & t_y \\ t_z & 0 & -t_x \\ -t_y & t_x & 0 \end{pmatrix}$$

【0057】

そして、上記の R_{mo} 、 T_{mo} を用いて次の式(8)により基礎行列Fを算出する。

【0058】

【数8】

$$F = A_m^{-T} T_{mo} R_{mo} A_o^{-1} \quad \text{式(8)}$$

【0059】

さらに、エピポーラ線は上記の基礎行列 F と、基準画像上の注目画素の座標 (u_0, v_0) とから、評価対象画像上の座標系 u, v を用いて下記の式 (9) で表わすことができる。

【 0 0 6 0 】

【 数 9 】

$$au + bv + c = 0$$

$$(a, b, c) = \begin{pmatrix} u_0 \\ v_0 \\ 1 \end{pmatrix}^T F \quad \text{式 (9)}$$

10

【 0 0 6 1 】

次に、ステップ S 6 0 3 において探索範囲決定部 5 0 3 は、評価対象画像のうち、基準画像の注目画素と対応する画素を探索する範囲を決定する。これは、基準画像の注目画素の対応点の探索にかかる計算コストを低減するために、評価対象画像の中でも探索を行う領域を限定するためである。一般的にはステップ S 6 0 2 で算出されたエピポーラ線上を探索範囲とするが、本実施例ではエピポーラ線上への限定に加え、近傍における既処理済みの画素についての対応点探索結果 (距離算出結果) に基づいて探索範囲をさらに小さく限定する。

20

【 0 0 6 2 】

<< 探索範囲の決定 >>

図 8 は、本実施例における探索範囲の決定方法を説明するための図である。カメラ 7 0 1 で撮像した画像 7 0 2 における注目画素について、カメラ 7 0 5 で撮像した画像 7 0 6 において注目画素の対応点を探索する。画素 8 0 1 はカメラ 7 0 1 で撮像した画像 7 0 2 における注目画素を表す。直線 8 0 3 はカメラ 7 0 1 と注目画素 8 0 1 を結んだ直線である。カメラ 7 0 5 で撮像した画像 7 0 6 における直線 8 0 3 がエピポーラ線である。

【 0 0 6 3 】

探索範囲をさらに限定するために、注目画素 8 0 1 の近傍における既処理済みの画素 8 0 2 について考える。画素 8 0 2 は先述のステップ S 4 0 7 の処理により、対応する被写体上の点が 3 次元空間中の点 8 0 4 として算出されたとする。そして、被写体の表面は滑らかであり、近傍画素では被写体までの距離の変化は大きくないと仮定することで探索範囲の限定を行う。具体的には、点 8 0 4 を含む画像 7 0 2 に平行な平面を平面 8 0 5 とし、平面 8 0 5 を挟んで、距離 D だけ離れた平面 8 0 6 と平面 8 0 7 を仮定する。そして、直線 8 0 3 のうち平面 8 0 6 と平面 8 0 7 に挟まれた領域 (図 8 では実線で記した線分 8 0 8) を画像 7 0 6 に投影した線分 8 0 9 を探索範囲として決定する。

30

【 0 0 6 4 】

尚、ここで、近傍画素として注目画素の左隣の画素 8 0 2 を利用する場合を例として説明したが、近傍画素としてはこれに限られるものではなく、他の既処理済みの画素を用いてもよい。また、複数の近傍画素を利用してもよい。尚、平面 8 0 5 から平面 8 0 6 及び平面 8 0 7 の距離 D は、全処理に渡って変化しない一定値を用いてよいし、複数の既処理済みの近傍画素について算出された距離の変化量に比例して変化してもよい。また、複数の既処理済みの近傍画素について算出された距離の変化量として、例えば分散や微分 (差分) 値などを用いることができる。

40

【 0 0 6 5 】

次に、ステップ S 6 0 4 において評価値算出部 5 0 4 は、評価対象画像に関する探索範囲内での輝度勾配の絶対値の平均値を評価値として算出する。評価値 E は下記の式 (10) により算出することができる。

【 0 0 6 6 】

【数 10】

$$E = \frac{\sum_{u \in S} \left(\left| I\left(u, -\frac{a}{b}u - \frac{c}{b}\right) - I\left(u-1, -\frac{a}{b}(u-1) - \frac{c}{b}\right) \right| \right)}{\sum_{u \in S} 1} \quad \text{式 (10)}$$

【0067】

ここで、 a 、 b 、 c は式 (9) で算出されたエピポーラ線の直線の方程式の係数を表し、 $I(u, v)$ は座標 (u, v) における評価対象画像の輝度値を表す。また、 S はステップ S603 で決定された探索範囲を表す。

10

【0068】

次に、ステップ S605 では、上述のステップ S601 からステップ S604 の処理を、基準画像以外の全視差画像に対し実行したか否かを判定する。全視差画像について実行したと判定された場合は、処理はステップ S606 に移行する。まだ未処理の視差画像が残っている場合は、処理はステップ S601 へ移行する。

【0069】

ステップ S606 において評価値利用部 505 は、基準画像以外の視差画像のそれぞれについて算出された評価値を比較して、評価値が最も大きい視差画像を参照画像として決定する。

【0070】

< 本実施例の効果 >

以下では、本実施例によって得られる効果について説明する。従来の距離推定技術では、参照画像のエピポーラ線上の画素の中から注目画素との相違度が最も低くなる画素を探索することで基準画像の注目画素の対応点を探索する。しかし、参照画像のエピポーラ線上において輝度の変化が少ない場合、エピポーラ線上の画素間で相違度の変化が小さい。そのため、例えば画像に含まれるノイズなどによって算出された相違度に誤差が生じると、本来対応している画素とは別の位置で相違度が最も低くなり誤った画素を対応点として探索してしまうことがある。

20

【0071】

図 9 は、従来の距離推定技術による対応点探索を行う場合を示す図である。尚、図 9 は、参照画像のエピポーラ線上で輝度の変化が少ない場合の例を示している。図 9 (a) は、カメラ 701 とカメラ 705 の 2 台のカメラで被写体 901 を撮像する様子を示している。被写体 901 は、カメラ 701 で撮像した画像 702 においては領域 902 のように写り、カメラ 705 で撮像した画像 706 においては領域 903 のように写っているとす。このとき、画像 702 における注目画素 703 に対応する、被写体 901 上の点 708 の距離を推定する場合、画像 706 のエピポーラ線 707 の中から対応点 710 を探索する必要がある。

30

【0072】

図 9 (b) は、対応点の探索のために算出された、注目画素 703 とエピポーラ線 707 上の各画素との相違度を模式的に示している。画像 706 中の領域 903 はエピポーラ線 707 上では輝度の変化が少ないため、図 9 (b) のように点 710 とその周辺の画素との間では相違度の変化が少なく誤った画素 904 を対応点として探索してしまう。

40

【0073】

一方、本実施例によれば、複数の視差画像を参照画像の候補とし、複数の候補からエピポーラ線上での輝度の変化が大きい視差画像を参照画像とするため、エピポーラ線上の画素間で相違度の変化が大きくなる。そのため、画像にノイズが含まれていた場合であっても、正しい対応点を探索することが可能となる。

【0074】

図 10 は、本実施例による対応点探索を行う場合を示す図である。図 10 (a) において、カメラ 101 からカメラ 105 までの 5 つのカメラに対し、それぞれの撮像画像を 3

50

次元空間上に表示したものが画像1001から画像1005である。また、カメラ103で撮像した画像1003を基準画像とし、基準画像1003における注目画素1006に対応する被写体の距離情報を推定する。このとき、画像1001、1002、1004、1005に対し算出したエピポーラ線は、それぞれエピポーラ線1007、1008、1009、1010となる。そして、各エピポーラ線上で輝度値の変化が最も大きい画像(例えば画像1005)を参照画像として選択する。

【0075】

図10の(b)は、選択された参照画像1005のエピポーラ線1010上における相違度を模式的に示している。参照画像1005では、エピポーラ線1010上で輝度の変化が大きい図10(b)に示すようにブロックマッチング時の相違度の変化が大きくなり、明確なピークを持つため正しい対応点を探索することが可能となる。

10

【0076】

尚、図10では輝度が緩やかに変化する場合を例に説明したが、輝度の変化が急峻ないわゆるエッジである場合にも同様の効果が得られる。また、上記では図1に示すように複数のカメラが同時に被写体を撮像する場合を例に説明を行ったが、本実施例は、手が持った1台のカメラを被写体に対し移動しながら撮像する場合にも適用可能である。

【0077】

以上のとおり、本実施例によって、複数のカメラを任意の位置・姿勢で設置して視差画像を撮像した場合において、エピポーラ線上に輝度勾配やラインなどのエッジが存在してもその影響を低減することができ、高精度に距離を推定することができる。尚、上記では、処理中は基準カメラを固定し、基準カメラから被写体までの距離を推定する場合について説明を行ったが、本発明は基準カメラが処理中に変化する場合にも適用が可能である。

20

【0078】

[実施例2]

実施例1では、探索範囲内の輝度勾配の大きさに関する評価値を算出して参照画像の決定に用いたが、本実施例では、探索範囲内の輝度勾配の方向に関する評価値を算出して参照画像の決定に用いる。すなわち、本実施例では、評価対象画像のエピポーラ線上の輝度勾配の方向と、エピポーラ線の方向との類似度を評価値として用いる。

【0079】

以下では、本実施例における画像処理装置の動作について説明するが、実施例1と異なる部分について説明を行う。実施例1と動作が異なるのは、評価値算出部の動作である。その他の各部の動作は実施例1と同様のため、説明は省略する。

30

【0080】

本実施例における評価値算出部504の動作を説明する。まず、評価値算出部504は、エピポーラ線算出部502で算出されたエピポーラ線について、その方向を算出する。次に、評価値算出部504は、探索範囲決定部503で決定された探索範囲に基づいて、評価対象画像の探索範囲内の輝度勾配の方向の平均値を算出する。さらに、評価値算出部504は、算出された探索範囲内の輝度勾配の方向の平均値とエピポーラ線の方向との類似度を評価値として算出する。

【0081】

40

以下、本実施例の評価値算出部504の処理フローについて説明する。本処理フローでは、基準画像以外の4枚の視差画像について、各視差画像における探索範囲内の輝度勾配の方向に関する評価値を算出する。本実施例の評価値算出部504は、実施例1と同様で、図6に示すフローチャートで処理を行うが、ステップS604の評価値算出処理が異なる。以下では本実施例における評価値算出処理を行うステップS604について説明する。その他のステップについては実施例1と同様の処理内容であるため説明を省略する。

【0082】

<<エピポーラ線の方向D>>

まず、評価値算出部504は、エピポーラ線算出部502で算出されたエピポーラ線

50

について、その方向を算出する。ここで、エピポーラ線の方向はどのような形式で表現してもよく、例えば、画像中の横軸（ u 軸）とエピポーラ線が成す角で表現することができるし、画像の横軸（ u 軸）方向と縦軸（ v 軸）方向の2成分から成る方向ベクトルで表現することができる。以下では、エピポーラ線の方向を方向ベクトルで表現する。エピポーラ線は、式（8）で表わすことができるため、エピポーラ線の方向 D は、下記の式（11）のように表わすことができる。

【0083】

【数11】

$$D = \frac{(b, -a)^T}{\|(b, -a)\|} \quad \text{式 (11)} \quad 10$$

【0084】

<<輝度勾配の方向の平均値 G >>

そして、評価値算出部504は、探索範囲決定部503で決定された探索範囲に基づいて、評価対象画像における探索範囲内の輝度勾配の方向の平均値を算出する。ここで、画像 I の座標（ u ， v ）の画素における輝度勾配の方向 $G(u, v)$ は、 u 軸方向及び v 軸方向の微分を用いて下記の式（12）のように表わすことができる。

【0085】

【数12】

$$G(u, v) = \frac{\left(\frac{\partial I(u, v)}{\partial u}, \frac{\partial I(u, v)}{\partial v} \right)^T}{\left\| \left(\frac{\partial I(u, v)}{\partial u}, \frac{\partial I(u, v)}{\partial v} \right) \right\|} \quad \text{式 (12)} \quad 20$$

【0086】

式（12）における u 軸方向の微分は、マスク $D_u(i, j)$ を用いて下式の式（13）により算出することができる。

【0087】

【数13】

$$\frac{\partial I(u, v)}{\partial u} = \sum_{i=-1}^1 \sum_{j=-1}^1 I(u+i, v+j) \times D_u(i+1, j+1) \quad \text{式 (13)} \quad 30$$

【0088】

尚、マスク $D_u(i, j)$ としてはどのような微分マスクを用いてもよく、例えばPrevittマスクやSobelマスクを用いることができる。Previttマスクを用いる場合、マスク $D_u(i, j)$ は下記の式（14）で表わすことができる。

【0089】

【数14】

$$D_u(i, j) = \begin{pmatrix} -1 & 0 & 1 \\ -1 & 0 & 1 \\ -1 & 0 & 1 \end{pmatrix} \quad \text{式 (14)} \quad 40$$

【0090】

同様に、式（12）における v 軸方向の微分は、マスク $D_v(i, j)$ を用いて下記の式（15）により算出することができる。

【0091】

【数 15】

$$\frac{\partial I(u, v)}{\partial v} = \sum_{i=-1}^1 \sum_{j=-1}^1 I(u+i, v+j) \times D_v(i+1, j+1) \quad \text{式 (15)}$$

【0092】

尚、Previttマスクを用いる場合、マスク $D_v(u, v)$ は下記の式(16)で表わすことができる。

【0093】

【数 16】

$$D_v(i, j) = \begin{pmatrix} -1 & -1 & -1 \\ 0 & 0 & 0 \\ 1 & 1 & 1 \end{pmatrix} \quad \text{式 (16)}$$

10

【0094】

そして、探索範囲に含まれる全画素における輝度勾配の方向の平均値を算出する。輝度勾配の方向の平均値 G は、下記の式(17)により算出する。

【0095】

【数 17】

$$G = \frac{\sum_{u \in S} G(u, v)}{\sum_{u \in S} 1} \quad \text{式 (17)}$$

20

【0096】

<< 方向の類似度 >>

最後に、評価値算出部504は、輝度勾配の方向の平均値 G とエピソード線の方向 D との類似度を下記の式(18)により算出し、評価値 E とする。このとき、方向の類似度は0以上1以下の実数とし、上記2方向の類似度が高い場合に1に近い値となり、類似度が低い場合に0に近い値となるものとする。本実施例では、方向の類似度としては、2つの方向ベクトルの内積を用いる例を示すが、類似度の算出方法は上記に限られるものではなく、どのような式で算出してもよい。

30

【0097】

【数 18】

$$E = G \cdot D \quad \text{式 (18)}$$

【0098】

尚、方向の相違度の算出方法は上記に限られるものではなく、どのような式で算出してもよい。

【0099】

本実施例では、基準画像以外の視差画像のうち評価値算出部504により算出された評価値 E が最も大きい視差画像を参照画像として用いる。評価値 E が大きいほど、輝度勾配の方向とエピソード線の方向との類似度が大きく、探索範囲の輝度の変化が大きくなる。そのため、探索範囲内におけるブロックマッチング時の相違度の変化が大きくなり、明確なピークを持つため正しい対応点を探索することが可能となる。そのため、複数のカメラを任意の位置・姿勢で設置して視差画像を撮像した場合において、エピソード線上に輝度勾配やラインなどのエッジが存在してもその影響を低減することができ、高精度に距離を推定することができる。

40

【0100】

尚、本実施例では、輝度勾配の方向とエピソード線の方向との類似度を評価値として算出したが、輝度勾配の方向とエピソード線の方向との相違度を評価値として算出してもよ

50

い。また、輝度勾配の方向とエピポーラ線の方向との相違度としては、例えば輝度勾配の方向とエピポーラ線の方向との角度を用いることができる。この場合、基準画像以外の視差画像のうち算出された相違度が最も小さい視差画像を参照画像として用いる。

【0101】

[実施例3]

実施例1及び実施例2では、評価値に基づいて1枚の視差画像を距離算出用の参照画像として選択したが、本実施例では、参照画像を1枚に限定するのではなく、基準画像以外の全ての視差画像を参照画像として用いて距離を算出する。また、本実施例では、評価値に応じた重みで各視差画像を用いて距離を算出する。

【0102】

実施例1の参照画像決定部304、対応点探索部305及び距離算出部306とは動作が異なる本実施例の参照画像決定部304、対応点探索部305及び距離算出部306について説明する。本実施例では、参照画像を1枚に限定するのではなく、基準画像以外の全ての視差画像を参照画像として用いて距離を算出する。本実施例の参照画像決定部304は、距離算出用の各視差画像の重みを決定する。具体的に、参照画像決定部304における評価値利用部505は、評価値算出部504で算出された評価値に応じて、評価対象画像の重みを決定する。また、本実施例における対応点探索部305は、基準画像以外の全ての視差画像についても、基準画像の注目画素の対応点の探索を行う。本実施例における距離算出部306は、参照画像決定部304で決定された重みに基づいて、基準画像以外の全ての視差画像における対応点の探索結果を用いて被写体までの距離を算出する。

【0103】

また、本実施例における画像処理装置100は、実施例1と同様で、図4に示すフローチャートで処理を行うが、ステップS405からステップS407の処理が異なる。以下では本実施例におけるステップS405からステップS407について説明する。その他のステップについては実施例1と同様の処理内容であるため説明を省略する。

【0104】

ステップS405において参照画像決定部304は、実施例1の参照画像決定部304と同様に、基準画像以外の各視差画像について評価値を算出する。そして、算出された評価値に応じて各視差画像の重みを決定する。尚、各視差画像の重みの合計値が1になる。また、各視差画像の重みは、評価値に比例する値として決定してもよいし、別の方法で決定してもよい。また、評価値に応じて、一部の視差画像の重みを0にしてもよい。例えば、評価値が所定値以下である視差画像の重みを0にする。ステップS406において対応点探索部305は、基準画像以外の全ての視差画像について、基準画像の注目画素の対応点の探索を行う。各視差画像における対応点は、実施例1と同様に相違度を用いたブロックマッチングによって探索を行うことができる。

【0105】

ステップS407において距離算出部306は、基準画像以外の全ての視差画像を用いて被写体までの距離を算出する。具体的には、各視差画像の対応点探索結果からそれぞれ式(5)、式(6)の連立方程式を解くことで算出した距離の加重平均を算出する。このとき、各視差画像で算出した距離に対する重みとして、ステップS405で決定された重みを用いる。

【0106】

エピポーラ線上の輝度勾配の大きさや方向から評価値を算出し、被写体までの距離の算出に利用するが、輝度勾配の大きさや角度の評価値を算出する際に、ノイズなどによって評価値に誤差が生じてしまうことがある。そのため、実施例1、2のように1枚の参照画像を用いる場合、評価値に生じた誤差によって効果が十分に得られない可能性がある。本実施例では、全てのカメラから被写体までの距離を算出し、その加重平均の重みとして評価値を用いることで、ノイズなどによる評価値の誤差の影響の低減することができる。そのため、エピポーラ線上に輝度勾配やラインなどのエッジが存在する場合の影響を低減す

10

20

30

40

50

ることが可能となる。

【0107】

(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。

【0108】

また、前述の実施例では、基準画像の画素毎に参照画像の選択または参照画像の重みの決定を行う例を説明したが、これに限られるものではなく、所定サイズの領域毎に参照画像の選択または参照画像の重みの決定を行ってもよい。

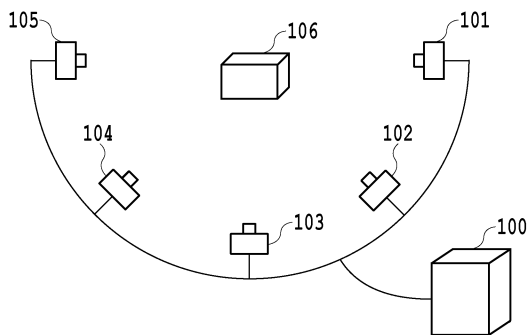
10

【符号の説明】

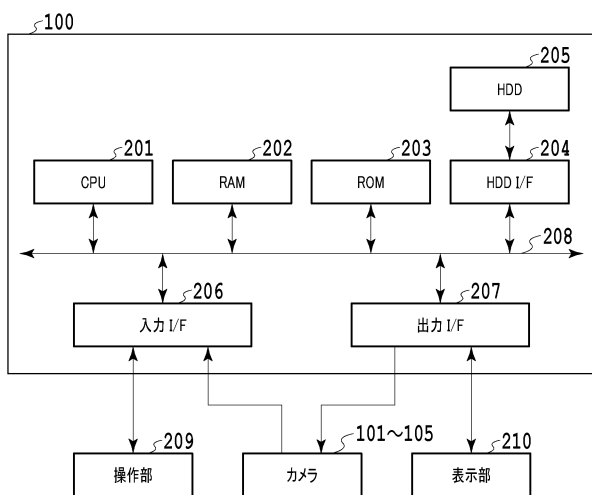
【0109】

- 304 参照画像決定部
- 502 エピオーラ線算出部
- 504 評価値算出部

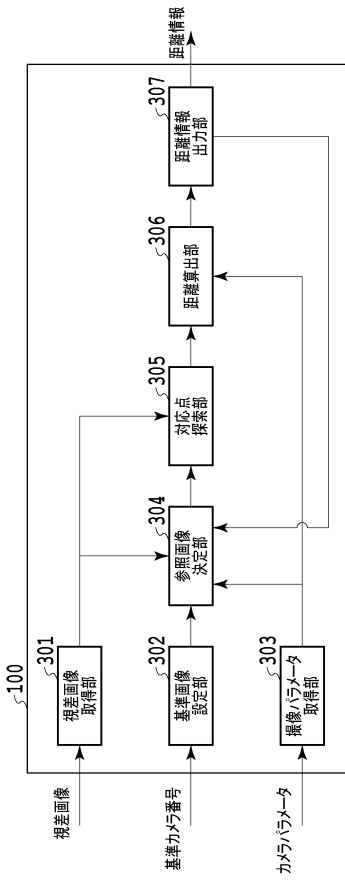
【図1】



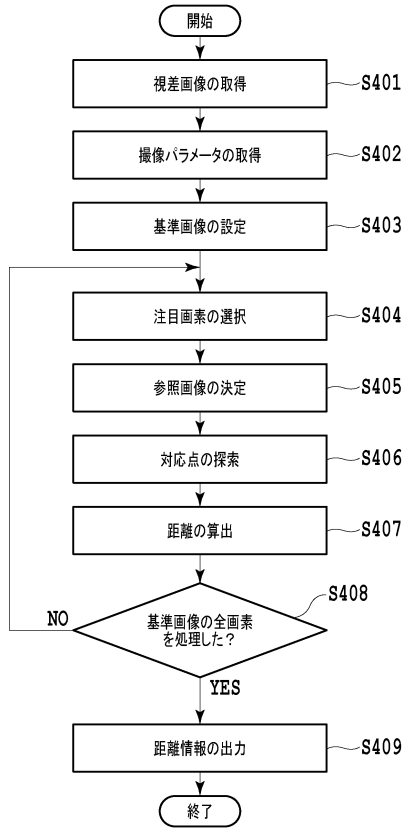
【図2】



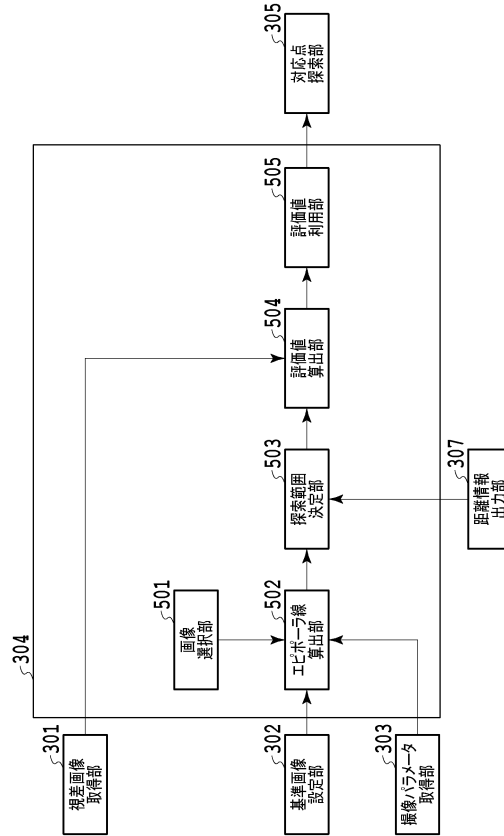
【図3】



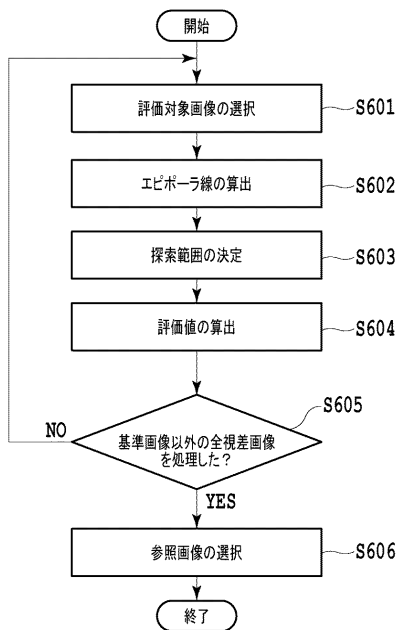
【図4】



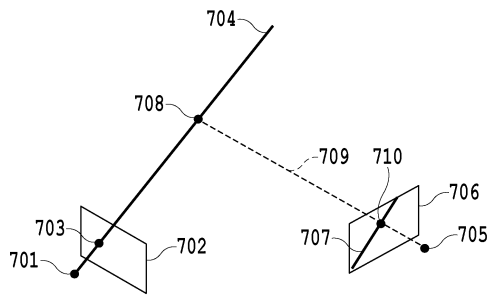
【図5】



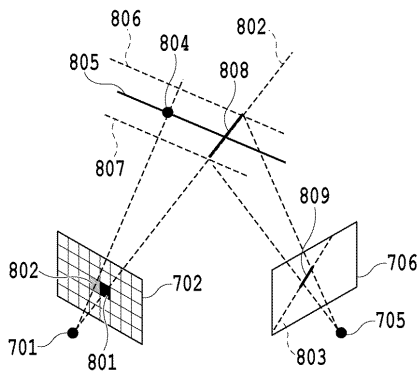
【図6】



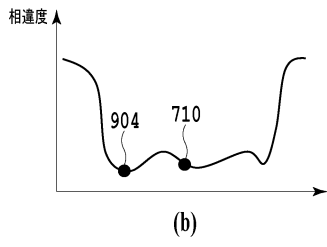
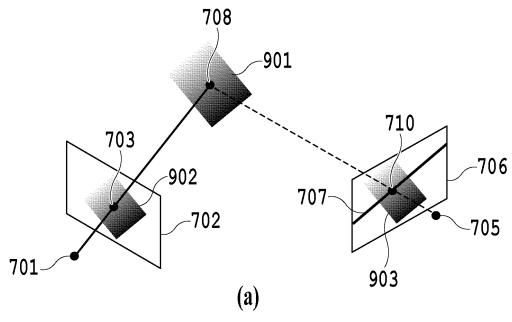
【図7】



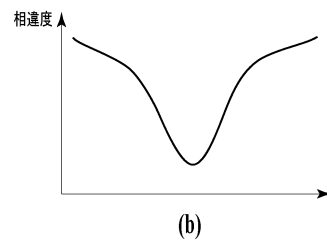
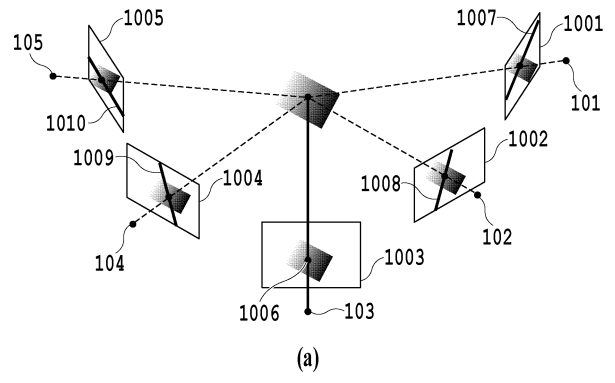
【図8】



【図 9】



【図 10】



フロントページの続き

- (56)参考文献 特開2011-185720(JP,A)
特開平11-242745(JP,A)
特開2013-174494(JP,A)
特開2011-171858(JP,A)
特開2002-056379(JP,A)
特表平11-512856(JP,A)
米国特許出願公開第2011/0064298(US,A1)
今泉 浩幸、外2名, “任意視点画像表示を目的とした多眼画像からの奥行き推定”, 電子情報通信学会技術研究報告, 日本, 社団法人電子情報通信学会, 2001年 7月12日, Vol.101, No.205, pp.109-116

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G06T 1/00, 7/00 - 7/90
G01B 11/00 - 11/30