

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第6455164号
(P6455164)

(45) 発行日 平成31年1月23日(2019.1.23)

(24) 登録日 平成30年12月28日(2018.12.28)

(51) Int.Cl.		F I			
GO1C	3/06	(2006.01)	GO1C	3/06	110V
GO6T	1/00	(2006.01)	GO6T	1/00	315
GO6T	7/00	(2017.01)	GO6T	7/00	C

請求項の数 13 (全 29 頁)

(21) 出願番号	特願2015-6165 (P2015-6165)	(73) 特許権者	000006747 株式会社リコー 東京都大田区中馬込1丁目3番6号
(22) 出願日	平成27年1月15日(2015.1.15)	(74) 代理人	100089118 弁理士 酒井 宏明
(65) 公開番号	特開2015-179066 (P2015-179066A)	(72) 発明者	仲 維 東京都大田区中馬込1丁目3番6号 株式会社リコー内
(43) 公開日	平成27年10月8日(2015.10.8)	(72) 発明者	渡邊 義一 東京都大田区中馬込1丁目3番6号 株式会社リコー内
審査請求日	平成29年12月15日(2017.12.15)	(72) 発明者	横田 聡一郎 東京都大田区中馬込1丁目3番6号 株式会社リコー内
(31) 優先権主張番号	特願2014-39255 (P2014-39255)		
(32) 優先日	平成26年2月28日(2014.2.28)		
(33) 優先権主張国	日本国(JP)		

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 視差値導出装置、機器制御システム、移動体、ロボット、視差値導出方法、およびプログラム

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

第1撮像手段が被写体を撮像することにより得られた基準画像、および第2撮像手段が前記被写体を撮像することにより得られた比較画像に基づいて、前記被写体に対する視差を示す第1視差値を導出する視差値導出装置であって、

前記基準画像における第1基準領域の輝度値と、前記第1基準領域に基づく前記比較画像におけるエピポーラ線上で、前記第1基準領域の位置に相当する領域から、所定のシフト量でシフトすることにより特定される、前記第1基準領域に対応する前記比較画像の第1対応領域の候補となる複数の候補領域の輝度値と、に基づいて前記複数の候補領域それぞれのコスト値を算出する算出手段と、

前記第1基準領域の所定の複数の方向で隣接する第2基準領域についての前記比較画像におけるコスト値を、前記候補領域のコスト値に集約させて、前記複数の候補領域それぞれの前記各方向の経路コスト値を算出する集約手段と、

前記複数の方向のうちいずれか複数の方向である特定方向の経路コスト値に基づいて、前記第1基準領域がオクルージョン領域に含まれる可能性があるか否かを示す信頼度情報を前記特定方向ごとに設定する情報設定手段と、

前記第1基準領域がオクルージョン領域に含まれる可能性を示す前記信頼度情報が設定された前記特定方向の前記経路コスト値以外の前記経路コスト値に基づいて、前記複数の候補領域それぞれの合成コスト値を算出する合成手段と、

前記比較画像における前記複数の候補領域の前記合成コスト値のうち第1極値に対応す

る前記シフト量に基づいて、前記第 1 視差値を導出する導出手段と、
を備えた視差値導出装置。

【請求項 2】

前記情報設定手段は、前記特定方向の前記経路コスト値に基づいて定まる第 2 視差値によって特定される、前記第 1 基準領域に対応する前記比較画像における第 2 対応領域と、該特定方向の前記第 2 基準領域に対応する前記比較画像における第 3 対応領域とが一致する場合、該方向の前記信頼度情報を、前記第 1 基準領域が前記オクルージョン領域に含まれる可能性があることを示す情報に設定する請求項 1 に記載の視差値導出装置。

【請求項 3】

前記合成手段は、前記情報設定手段により、前記特定方向ごとの前記信頼度情報のうちいずれかの前記信頼度情報が前記オクルージョン領域に含まれる可能性があることを示す情報に設定された前記第 1 基準領域を、前記オクルージョン領域に含まれると判定し、

前記導出手段は、前記合成手段により前記オクルージョン領域に含まれると判定された前記第 1 基準領域の前記第 1 視差値を無効にする請求項 1 または 2 に記載の視差値導出装置。

【請求項 4】

前記合成手段は、前記情報設定手段により、前記特定方向ごとの前記信頼度情報のうちすべての前記信頼度情報が前記オクルージョン領域に含まれる可能性があることを示す情報に設定された前記第 1 基準領域を、前記オクルージョン領域に含まれると判定し、

前記導出手段は、前記合成手段により前記オクルージョン領域に含まれると判定された前記第 1 基準領域の前記第 1 視差値を無効にする請求項 1 または 2 に記載の視差値導出装置。

【請求項 5】

前記特定方向は、前記エピポーラ線において一方の方向から他方の方向に向かう第 1 方向、および、前記エピポーラ線において前記他方の方向から前記一方の方向に向かう第 2 方向である請求項 1 ~ 4 のいずれか一項に記載の視差値導出装置。

【請求項 6】

前記導出手段は、前記第 1 極値に対応する前記シフト量を含む隣接した複数の前記シフト量に基づいて、サブピクセル推定により前記第 1 視差値を導出する請求項 1 ~ 5 のいずれか一項に記載の視差値導出装置。

【請求項 7】

前記導出手段は、前記第 1 極値に対応する前記シフト量、および該シフト量に隣接する 2 つのシフト量と、前記シフト量に対応する前記合成コスト値とで定まる座標上の 3 点を通る 2 次曲線における第 2 極値に対応するサブピクセル単位のシフト量を前記第 1 視差値として導出する請求項 6 に記載の視差値導出装置。

【請求項 8】

前記導出手段は、前記第 1 極値に対応する前記シフト量を含む隣接した 4 つ以上のシフト量と、前記シフト量に対応する前記合成コスト値とで定まる座標上の 4 つ以上の点に対して、最小二乗法により定まる 2 次曲線における第 3 極値に対応するサブピクセル単位のシフト量を前記第 1 視差値として導出する請求項 6 に記載の視差値導出装置。

【請求項 9】

請求項 1 ~ 8 のいずれか一項に記載の視差値導出装置と、
前記視差値導出装置によって導出される前記第 1 視差値により求まる前記視差値導出装置から前記被写体までの距離情報によって、制御対象を制御する制御装置と、
を備えた機器制御システム。

【請求項 10】

請求項 9 に記載の機器制御システムを備えた移動体。

【請求項 11】

請求項 9 に記載の機器制御システムを備えたロボット。

【請求項 12】

10

20

30

40

50

第1撮像手段が被写体を撮像することにより得られた基準画像、および第2撮像手段が前記被写体を撮像することにより得られた比較画像に基づいて、前記被写体に対する視差を示す第1視差値を導出する視差値導出方法であって、

前記基準画像における第1基準領域の輝度値と、前記第1基準領域に基づく前記比較画像におけるエピポーラ線上で、前記第1基準領域の位置に相当する領域から、所定のシフト量でシフトすることにより特定される、前記第1基準領域に対応する前記比較画像の第1対応領域の候補となる複数の候補領域の輝度値と、に基づいて前記複数の候補領域それぞれのコスト値を算出する算出ステップと、

前記第1基準領域の所定の複数の方向で隣接する第2基準領域についての前記比較画像におけるコスト値を、前記候補領域のコスト値に集約させて、前記複数の候補領域それぞれの前記各方向の経路コスト値を算出する集約ステップと、

前記複数の方向のうちいずれか複数の方向である特定方向の経路コスト値に基づいて、前記第1基準領域がオクルージョン領域に含まれる可能性があるか否かを示す信頼度情報を前記特定方向ごとに設定する情報設定ステップと、

前記第1基準領域がオクルージョン領域に含まれる可能性を示す前記信頼度情報が設定された前記特定方向の前記経路コスト値以外の前記経路コスト値に基づいて、前記複数の候補領域それぞれの合成コスト値を算出する合成ステップと、

前記比較画像における前記複数の候補領域の前記合成コスト値のうち第1極値に対応する前記シフト量に基づいて、前記第1視差値を導出する導出ステップと、

を含む視差値導出方法。

【請求項13】

第1撮像手段が被写体を撮像することにより得られた基準画像、および第2撮像手段が前記被写体を撮像することにより得られた比較画像に基づいて、前記被写体に対する視差を示す視差値を導出するためのプログラムであって、

前記基準画像における第1基準領域の輝度値と、前記第1基準領域に基づく前記比較画像におけるエピポーラ線上で、前記第1基準領域の位置に相当する領域から、所定のシフト量でシフトすることにより特定される、前記第1基準領域に対応する前記比較画像の第1対応領域の候補となる複数の候補領域の輝度値と、に基づいて前記複数の候補領域それぞれのコスト値を算出する算出手段と、

前記第1基準領域の所定の複数の方向で隣接する第2基準領域についての前記比較画像におけるコスト値を、前記候補領域のコスト値に集約させて、前記複数の候補領域それぞれの前記各方向の経路コスト値を算出する集約手段と、

前記複数の方向のうちいずれか複数の方向である特定方向の経路コスト値に基づいて、前記第1基準領域がオクルージョン領域に含まれる可能性があるか否かを示す信頼度情報を前記特定方向ごとに設定する情報設定手段と、

前記第1基準領域がオクルージョン領域に含まれる可能性を示す前記信頼度情報が設定された前記特定方向の前記経路コスト値以外の前記経路コスト値に基づいて、前記複数の候補領域それぞれの合成コスト値を算出する合成手段と、

前記比較画像における前記複数の候補領域の前記合成コスト値のうち第1極値に対応する前記シフト量に基づいて、前記第1視差値を導出する導出手段と、

をコンピュータに実現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、視差値導出装置、機器制御システム、移動体、ロボット、視差値導出方法、およびプログラムに関する。

【背景技術】

【0002】

近年、自動車間の距離、または自動車と障害物との間の距離を測定することにより自動車の衝突防止を図る車載システムが一般的に利用されてきている。そのような距離を測定

10

20

30

40

50

する方法として、ステレオカメラを用い、三角測量の原理を用いたステレオマッチング処理が用いられている。ステレオマッチング処理とは、ステレオカメラの2つのカメラのうち、一方のカメラで撮像された基準画像と、他方のカメラで撮像された比較画像との間で対応する画素をマッチングすることにより視差を求め、視差からステレオカメラと、画像に含まれる物体との距離を算出する処理である。このようなステレオカメラを用いたステレオマッチング処理による物体との距離の算出により、各種認識処理、ならびに衝突防止のためのブレーキ制御および操舵制御が可能となる。

【0003】

上述のようなステレオマッチング処理として、画像間の類似性を評価するために、比較する画像から領域を切り出し、その領域に対する輝度差の総和 (SAD: Sum of Absolute Difference)、輝度差の2乗和 (SSD: Sum of Squared Difference)、および正規化相互相関 (ZNCC: Zero-mean Normalized Cross-Correlation) 等を求めるブロックマッチング法がある。しかし、画像における物体の輝度変化量を示すテクスチャが弱い部分では、画像としての特徴を抽出することが困難であり、ブロックマッチング法によっては、精度の高い視差を得ることができない場合がある。そこで、正確な視差を導出する方法として、基準画像上の基準画素に対する比較画像上の画素のコスト値だけでなく、比較画像上の画素の周囲の画素のコスト値を集約して、テクスチャが弱い物体に対する視差を導出する技術が提案されている (特許文献1参照)。

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

しかしながら、特許文献1に記載された技術では、異なる視点から撮像された基準画像および比較画像のうち、一方の画像では表示されているが、他方の画像では表示されていないオクルージョンが発生した領域についてステレオマッチング処理を行った場合、誤ったマッチングがなされる可能性があるという問題点があった。

【0005】

本発明は、上記に鑑みてなされたものであって、ステレオマッチング処理における誤ったマッチングの発生を抑制する視差値導出装置、機器制御システム、移動体、ロボット、視差値導出方法およびプログラムを提供することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0006】

上述した課題を解決し、目的を達成するために、本発明は、第1撮像手段が被写体を撮像することにより得られた基準画像、および第2撮像手段が前記被写体を撮像することにより得られた比較画像に基づいて、前記被写体に対する視差を示す第1視差値を導出する視差値導出装置であって、前記基準画像における第1基準領域の輝度値と、前記第1基準領域に基づく前記比較画像におけるエピポーラ線上で、前記第1基準領域の位置に相当する領域から、所定のシフト量でシフトすることにより特定される、前記第1基準領域に対応する前記比較画像の第1対応領域の候補となる複数の候補領域の輝度値と、に基づいて前記複数の候補領域それぞれのコスト値を算出する算出手段と、前記第1基準領域の所定の複数の方向で隣接する第2基準領域についての前記比較画像におけるコスト値を、前記候補領域のコスト値に集約させて、前記複数の候補領域それぞれの前記各方向の経路コスト値を算出する集約手段と、前記複数の方向のうちいずれか複数の方向である特定方向の経路コスト値に基づいて、前記第1基準領域がオクルージョン領域に含まれる可能性があるか否かを示す信頼度情報を前記特定方向ごとに設定する情報設定手段と、前記第1基準領域がオクルージョン領域に含まれる可能性があることを示す前記信頼度情報が設定された前記特定方向の前記経路コスト値以外の前記経路コスト値に基づいて、前記複数の候補領域それぞれの合成コスト値を算出する合成手段と、前記比較画像における前記複数の候補領域の前記合成コスト値のうち第1極値に対応する前記シフト量に基づいて、前記第1視差値を導出する導出手段と、を備えたことを特徴とする。

【発明の効果】

【0007】

本発明によれば、ステレオマッチング処理における誤ったマッチングの発生を抑制することができる。

【図面の簡単な説明】

【0008】

【図1】撮像装置から物体までの距離を導き出す原理の説明図である。

【図2】(a)は基準画像、(b)は(a)に対する高密度視差画像、(c)は(a)に対するエッジ視差画像を示す概念図である。

【図3】(a)は基準画像における基準画素を示す概念図、(b)は(a)の基準画素に対して比較画像における対応画素の候補を順次シフトしながらシフト量を算出する際の概念図である。

10

【図4】シフト量毎のコスト値を示すグラフである。

【図5】合成コスト値を導き出すための概念図である。

【図6】視差値毎の合成コスト値を示すグラフである。

【図7】(a)は本発明の一実施形態に係る物体認識システムを搭載した自動車の側面を表す概略図、(b)は自動車の正面を示す概略図である。

【図8】物体認識システムの概観図である。

【図9】物体認識システムの全体のハードウェア構成図である。

【図10】図10は、本実施形態に係る視差値導出装置のブロック構成の一例を示す図である。

20

【図11】図11は、基準画像と比較画像とにおいてオクルージョンが発生している場合を説明する図である。

【図12】図12は、左方向にコスト値を集約させる場合における信頼度の設定について説明する図である。

【図13】図13は、右方向にコスト値を集約させる場合における信頼度の設定について説明する図である。

【図14】図14は、本実施形態におけるシフト量とr方向の経路コスト値との関係を示すグラフである。

【図15】図15は、左方向信頼度テーブルおよび右方向信頼度テーブルの構成の例を示す図である。

30

【図16】図16は、本実施形態におけるシフト量と合成コスト値との関係を示すグラフである。

【図17】図17は、パラボラフィッティングによるサブピクセル推定を説明する図である。

【図18】図18は、最小二乗法によるサブピクセル推定を説明する図である。

【図19】図19は、サブピクセル推定を用いた高密度視差画像を示す概念図である。

【図20】図20は、本実施形態に係る視差値導出装置のステレオマッチング処理の動作フローの一例を示す図である。

【図21】図21は、本実施形態に係る機器制御システムを車両に搭載した例を示す図である。

40

【発明を実施するための形態】

【0009】

以下、図面を用いて、本発明の一実施形態について説明する。

【0010】

[SGM法を用いた測距方法の概略]

まず、図1乃至図6を用いて、SGM(Semi-Global Matching)法を用いた測距方法の概略について説明する。なお、SGM法に関しては、非特許文献(Accurate and Efficient Stereo Processing by Semi-Global Matching and Mutual Info

50

rmation)に開示されているため、以下では概略を説明する。

【0011】

(測距の原理)

図1を用いて、ステレオ画像法により、ステレオカメラから物体に対する視差を導き出し、この視差を示す視差値によって、ステレオカメラから物体までの距離を測定する原理について説明する。なお、図1は、撮像装置から物体までの距離を導き出す原理の説明図である。また、以下では、説明を簡略化するため、複数の画素からなる所定領域ではなく、一画素単位で説明する。なお、一画素単位ではなく、複数の画素からなる所定領域単位で処理される場合、基準画素を含む所定領域は基準領域として示され、対応画素を含む所定領域は対応領域として示される。また、この基準領域には基準画素のみの場合も含まれ、対応領域には対応画素のみの場合も含まれる。

10

【0012】

<視差値算出>

まず、図1で示される撮像装置10aおよび撮像装置10bによって撮像された各画像を、それぞれ基準画像Iaおよび比較画像Ibとする。なお、図1では、撮像装置10aおよび撮像装置10bが平行等位に設置されているものとする。図1において、3次元空間内の物体E上の点Sは、撮像装置10aおよび撮像装置10bの同一水平線上の位置に写像される。すなわち、各画像中の点Sは、基準画像Ia中の点Sa(x, y)および比較画像Ib中の点Sb(X, y)において撮像される。このとき、視差値は、撮像装置10a上の座標における点Sa(x, y)と撮像装置10b上の座標における点Sb(X, y)とを用いて、(式1)のように表される。

20

【0013】

$$= X - x$$

(式1)

【0014】

ここで、図1のような場合には、基準画像Ia中の点Sa(x, y)と撮像レンズ11aから撮像面上におろした垂線の交点との距離をaにし、比較画像Ib中の点Sb(X, y)と撮像レンズ11bから撮像面上におろした垂線の交点との距離をbにすると、視差値 = a + bとなる。

【0015】

<距離算出>

また、視差値を用いることで、撮像装置10a、10bと物体Eとの間の距離Zを導き出すことができる。具体的には、距離Zは、撮像レンズ11aの焦点位置と撮像レンズ11bの焦点位置とを含む面から物体E上の特定点Sまでの距離である。図1に示されるように、撮像レンズ11aおよび撮像レンズ11bの焦点距離f、撮像レンズ11aと撮像レンズ11bとの間の長さである基線長B、および視差値を用いて、(式2)により、距離Zを算出することができる。

30

【0016】

$$Z = (B \times f) /$$

(式2)

【0017】

この(式2)により、視差値が大きいほど距離Zは小さく、視差値が小さいほど距離Zは大きくなる。

40

【0018】

(SGM法)

続いて、図2乃至図6を用いて、SGM法を用いた測距方法について説明する。なお、図2(a)は基準画像、図2(b)は(a)に対する高密度視差画像、図2(c)は(a)に対するエッジ視差画像を示す概念図である。ここで、基準画像は、物体が輝度によって示された画像である。高密度視差画像は、SGM法によって、基準画像から導き出された画像であり、基準画像の各座標における視差値を示した画像である。エッジ視差画像は、従来から用いられているブロックマッチング法によって導き出された画像であり、基準画像のエッジ部のような比較的テクスチャの強い部分のみの視差値を示した画像である。

50

【0019】

S G M法は、テクスチャが弱い物体に対しても適切に上記視差値を導き出す方法であり、図2(a)に示されている基準画像に基づいて、図2(b)に示されている高密度視差画像を導き出す方法である。なお、ブロックマッチング法を用いた場合には、図2(a)に示されている基準画像に基づいて、図2(c)に示されているエッジ視差画像が導き出される。図2(b)および図2(c)における破線の楕円内を比べると分かるように、高密度視差画像は、エッジ視差画像に比べてテクスチャが弱い道路等の詳細な情報を表すことができるため、より詳細な測距を行うことができる。

【0020】

このS G M法は、非類似度であるコスト値を算出して直ちに視差値を導出せず、コスト値を算出後、さらに、合成非類似度である合成コスト値(Synthesis Cost)を算出することで視差値を導出し、最終的にはほぼ全ての画素における視差値を示す視差画像(ここでは、高密度視差画像)を導き出す方法である。なお、ブロックマッチング法の場合は、コスト値を算出する点はS G M法と同じであるが、S G M法のように、合成コスト値を算出せずに、エッジ部のような比較的テクスチャの強い部分の視差値のみを導出する。

【0021】

<コスト値の算出>

まず、図3および図4を用いて、コスト値 $C(p, d)$ の算出方法について説明する。図3(a)は基準画像における基準画素を示す概念図、図3(b)は(a)の基準画素に対して比較画像における対応画素の候補を順次シフトしながら(ずらしながら)コスト値を算出する際の概念図である。図4は、シフト量毎のコスト値を示すグラフである。ここで、対応画素は、基準画像内の基準画素に最も類似する比較画像内の画素である。なお、以降、 $C(p, d)$ は、 $C(x, y, d)$ を表すものとして説明する。

【0022】

図3(a)に示されているように、基準画像内の所定の基準画素 $p(x, y)$ と、この基準画素 $p(x, y)$ に対する比較画像内におけるエピポーラ線(Epipolar Line)EL上の複数の対応画素の候補 $q(x+d, y)$ との各輝度値に基づいて、基準画素 $p(x, y)$ に対する各対応画素の候補 $q(x+d, y)$ のコスト値 $C(p, d)$ が算出される。 d は、基準画素 p と対応画素の候補 q のシフト量(ずれ量)であり、本実施形態では、画素単位のシフト量が表されている。すなわち、図3では、対応画素の候補 $q(x+d, y)$ を予め指定された範囲(例えば、 $0 < d < 25$)において順次一画素分シフトしながら、対応画素の候補 $q(x+d, y)$ と基準画素 $p(x, y)$ との輝度値の非類似度であるコスト値 $C(p, d)$ が算出される。コスト値 C の算出方法としては、コスト値 C が非類似度を示す場合、SAD(Sum of Absolute Difference)等の公知の方法が適用される。

【0023】

このようにして算出されたコスト値 $C(p, d)$ は、図4に示されているように、シフト量 d 毎のコスト値 C の集まりであるコスト曲線のグラフによって表すことができる。図4では、コスト値 C は、シフト量 $d = 5, 12, 19$ の場合が0(ゼロ)となるため、最小値を求めることができない。このように、テクスチャが弱い物体の場合には、コスト値 C の最小値を求めることは困難になる。

【0024】

<合成コスト値の算出>

次に、図5および図6を用いて、合成コスト値 $L_s(p, d)$ の算出方法について説明する。図5は、合成コスト値を導き出すための概念図である。図6は、視差値毎の合成コスト値を示す合成コスト曲線のグラフである。

【0025】

本実施形態における合成コスト値の算出方法は、コスト値 $C(p, d)$ の算出だけでなく、所定の基準画素 $p(x, y)$ の周辺の画素を基準画素とした場合のコスト値を、基準

10

20

30

40

50

画素 $p(x, y)$ におけるコスト値 $C(p, d)$ に集約させて、合成コスト値 $L_s(p, d)$ を算出する。

【0026】

次に、合成コスト値の算出方法について、より詳細に説明する。合成コスト値 $L_s(p, d)$ を算出するためには、まず、経路コスト値 $L_r(p, d)$ を算出する必要がある。(式3)は、経路コスト値 $L_r(p, d)$ を算出するための式であり、(式4)は、合成コスト値 L_s を算出するための式である。

【0027】

$$L_r(p, d) = C(p, d) + \min\{L_r(p-r, d), L_r(p-r, d-1) + P_1, L_r(p-r, d+1) + P_1, L_{r\min}(p-r) + P_2\} \quad (\text{式3})$$

10

【0028】

ここで、(式3)において、 r は、集約方向の方向ベクトルを示し、 x 方向および y 方向の2成分を有する。 $\min\{\}$ は、最小値を求める関数である。 $L_{r\min}(p-r)$ は、 p を 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。

【0029】

なお、経路コスト値 L_r は、(式3)に示されているように再帰的に適用される。また、 P_1 および P_2 は、予め実験により定められた固定パラメータであり、経路上で隣接する基準画素の視差値 が連続になりやすいようなパラメータになっている。例えば、 $P_1 = 48$ 、 $P_2 = 96$ である。

20

【0030】

また、(式3)に示されているように、経路コスト値 $L_r(p, d)$ は、基準画素 $p(x, y)$ におけるコスト値 C に、図5に示されている r 方向の各画素における各画素の経路コスト値 L_r の最小値を加算することで求められる。このように、 r 方向の各画素における経路コスト値 L_r を求めるため、最初は、基準画像 $p(x, y)$ の r 方向の一番端の画素から経路コスト値 L_r が求められ、 r 方向に沿って経路コスト値 L_r が求められる。そして、図5に示されているように、8方向の L_{r0} 、 L_{r45} 、 L_{r90} 、 L_{r135} 、 L_{r180} 、 L_{r225} 、 L_{r270} 、 L_{r315} が求められ、最終的に(式4)に基づいて、合成コスト値 L_s が求められる。

【数1】

30

$$L_s(p, d) = \sum_8 L_r \quad \dots(\text{式4})$$

【0031】

このようにして算出された合成コスト値 $L_s(p, d)$ は、図6に示されているように、シフト量 d 毎に合成コスト値 $L_s(p, d)$ が示される合成コスト曲線のグラフによって表すことができる。図6では、合成コスト値 L_s は、シフト量 $d = 3$ の場合が最小値となるため、視差値 $= 3$ として算出される。なお、上記説明では r の数を8として説明しているが、これに限られることはない。例えば、8方向を更に2つに分割して16方向、3つに分割して24方向等にしてもよい。また、コスト値 C は「非類似度」として示されているが、非類似度の逆数としての「類似度」として表されてもよい。この場合、コスト値 C の算出方法としては、NCC(Normalized Cross Correlation)等の公知の方法が適用される。また、この場合、合成コスト値 L_s が最小ではなく「最大」となる視差値 が導出される。なお、非類似度と類似度の両者を含めて、「一致度」として表してもよい。

40

【0032】

[本実施形態の具体的な説明]

以下、図面を用いて、本実施形態の具体的な説明を行う。ここでは、自動車に搭載される物体認識システム1について説明する。なお、物体認識システム1は、車両の一例とし

50

ての自動車だけでなく、車両の他の例として、バイク、自転車、車椅子、農業用の耕運機等に搭載されることができてもよい。また、移動体の一例としての車両だけでなく、移動体の他の例として、ロボット等に搭載されることができてもよい。さらに、ロボットは、移動体だけでなく、FA (Factory Automation) において固定設置される工業用ロボット等の装置であってもよい。また、固定設置される装置としては、ロボットだけでなく、防犯用の監視カメラであってもよい。

【0033】

(実施形態の構成)

まず、図7乃至図9を用いて、本実施形態の全体構成について説明する。

【0034】

<外観構成>

図7および図8を用いて、本実施形態の物体認識システム1の外観構成を説明する。なお、図7(a)は本発明の一実施形態に係る物体認識システムを搭載した自動車の側面を表す概略図、図7(b)は自動車の正面を示す概略図である。図8は、物体認識システムの概観図である。

【0035】

図7(a)、(b)に示されているように、本実施形態の物体認識システム1は、撮像装置10a(第1撮像手段)および撮像装置10b(第2撮像手段)を備えており、撮像装置10aおよび撮像装置10bは、自動車の進行方向前方の光景を撮像することができるように設置される。また、図8に示されているように、物体認識システム1は、本体部2と、本体部2に対して設けられた一对の円筒状の撮像装置10aおよび撮像装置10bとによって構成されている。

【0036】

<全体のハードウェア構成>

次に、図9を用いて、物体認識システム1の全体のハードウェア構成について説明する。なお、図9は、物体認識システムの全体のハードウェア構成図である。

【0037】

図9に示されているように、物体認識システム1は、本体部2において、視差値導出装置3および物体認識装置5を備えている。

【0038】

このうち、視差値導出装置3は、物体Eを撮像して得られた複数の画像から、物体Eに対する視差を示す視差値を導出し、各画素における視差値を示す高密度視差画像を出力する。物体認識装置5は、視差値導出装置3から出力された高密度視差画像に基づいて、撮像装置10a、10bから物体Eまでの距離を測定する等の処理を行なう。

【0039】

ここで、まずは、視差値導出装置3のハードウェア構成について説明する。図9に示されているように、視差値導出装置3は、撮像装置10a、撮像装置10b、信号変換装置20a、信号変換装置20b、および画像処理装置30を備えている。

【0040】

撮像装置10aは、前方の光景を撮像して画像を表すアナログ信号を生成するものであり、撮像レンズ11a、絞り12a、および画像センサ13aを備えている。

【0041】

撮像レンズ11aは、撮像レンズ11aを通過する光を屈折させて物体の像を結像させるための光学素子である。絞り12aは、撮像レンズ11aを通過した光の一部を遮ることによって、後述する画像センサ13aに入力される光の量を調整する。画像センサ13aは、撮像レンズ11aおよび絞り12aから入力された光を電氣的なアナログの画像信号に変換する半導体の素子であり、CCD (Charge Coupled Devices) やCMOS (Complementary Metal Oxide Semiconductor) 等によって実現される。

【0042】

10

20

30

40

50

なお、撮像装置10bは、撮像装置10aと同じ構成を備えているため、撮像装置10bについての説明は省略する。また、撮像レンズ11aおよび撮像レンズ11bは、それぞれのレンズ面が互いに同一平面内になるように設置されている。

【0043】

また、信号変換装置20aは、撮像された画像を表すアナログ信号をデジタル形式の画像データに変換するものであり、CDS(Correlated Double Sampling)21a、AGC(Auto Gain Control)22a、ADC(Analog Digital Converter)23a、およびフレームメモリ24aを備えている。

【0044】

CDS21aは、画像センサ13aによって変換されたアナログの画像信号から相関二重サンプリングによってノイズを除去する。AGC22aは、CDS21aによってノイズが除去されたアナログの画像信号の強度を制御する利得制御を行う。ADC23aは、AGC22aによって利得制御されたアナログの画像信号をデジタル形式の画像データに変換する。フレームメモリ24aは、ADC23aによって変換された画像データを記憶する。

【0045】

同様に、信号変換装置20bは、撮像装置10bによって変換されたアナログの画像信号から画像データを取得するものであり、CDS21b、AGC22b、ADC23b、およびフレームメモリ24bを備えている。

【0046】

なお、CDS21b、AGC22b、ADC23b、およびフレームメモリ24bは、それぞれCDS21a、AGC22a、ADC23a、およびフレームメモリ24aと同じ構成であるため、それらについての説明は省略する。

【0047】

さらに、画像処理装置30は、信号変換装置20aおよび信号変換装置20bによって変換された画像データを処理するための装置である。この画像処理装置30は、FPGA(Field Programmable Gate Array)31、CPU(Central Processing Unit)32、ROM(Read Only Memory)33、RAM(Random Access Memory)34、I/F(Interface)35および上記各構成要素31~35を図9に示されているように電氣的に接続するためのアドレスバスやデータバス等のバスライン39を備えている。

【0048】

このうち、FPGA31は、集積回路であり、ここでは、CPU32の命令に従って、画像データが表す画像における視差値を算出する処理を行う。CPU32は、視差値導出装置3の各機能を制御する。ROM33は、CPU32が視差値導出装置3の各機能を制御するために実行される画像処理用プログラムを記憶している。RAM34はCPU32のワークエリアとして使用される。I/F35は、物体認識装置5における後述するI/F55とアドレスバスやデータバス等のバスライン4を介して通信するためのインターフェースである。

【0049】

続いて、物体認識装置5のハードウェア構成について説明する。図9に示されているように、物体認識装置5は、FPGA51、CPU52、ROM53、RAM54、I/F55、CAN(Controller Area Network) I/F58および上記各構成要素51~55、58を図9に示されているように電氣的に接続するためのアドレスバスやデータバス等のバスライン59を備えている。

【0050】

このうち、FPGA51、CPU52、ROM53、RAM54、I/F55、およびバスライン59は、それぞれ画像処理装置30におけるFPGA31、CPU32、ROM33、RAM34、I/F35、およびバスライン39と同様の構成であるため、説明

10

20

30

40

50

を省略する。なお、I/F55は、画像処理装置30におけるI/F35とバスライン4を介して通信するためのインターフェースである。また、ROM53は、CPU52が物体認識装置5の各機能を制御するために実行される物体認識用プログラムを記憶している。CAN I/F58は、外部コントローラ等と通信するためのインターフェースであり、例えば、自動車のCAN等に接続されることができる。

【0051】

このような構成により、画像処理装置30のI/F35からバスライン4を介して物体認識装置5に高密度視差画像が送信されると、物体認識装置5におけるCPU52の命令によって、FPGA51が、撮像装置10a、10bと物体Eとの間の距離Zを算出する。

10

【0052】

なお、物体認識装置5におけるCPU52の命令によってFPGA51が距離Zを算出せずに、画像処理装置30のCPU32の命令によってFPGA31が距離Zを算出してもよい。

【0053】

また、上記各プログラムは、インストール可能な形式または実行可能な形式のファイルで、コンピュータで読み取り可能な記録媒体に記録して流通させてもよい。この記録媒体は、CD-ROM (Compact Disc Read Only Memory) やSDメモリカード (Secure Digital memory card) 等である。

20

【0054】

<視差値導出装置のブロック構成および各ブロックの動作>

図10は、本実施形態に係る視差値導出装置のブロック構成の一例を示す図である。図11は、基準画像と比較画像とにおいてオクルージョンが発生している場合を説明する図である。図12は、左方向にコスト値を集約させる場合における信頼度の設定について説明する図である。図13は、右方向にコスト値を集約させる場合における信頼度の設定について説明する図である。図14は、本実施形態におけるシフト量とr方向の経路コスト値との関係を示すグラフである。図15は、左方向信頼度テーブルおよび右方向信頼度テーブルの構成の例を示す図である。図16は、本実施形態におけるシフト量と合成コスト値との関係を示すグラフである。図17は、パラボラフィッティングによるサブピクセル推定を説明する図である。図18は、最小二乗法によるサブピクセル推定を説明する図である。図19は、サブピクセル推定を用いた高密度視差画像を示す概念図である。図10乃至図19を参照しながら、視差値導出装置3の要部のブロック構成および各ブロックの動作について説明する。なお、説明の便宜上、上述の図8に示す撮像装置10aを「右」のカメラと称し、撮像装置10bを「左」のカメラと称するものとする。

30

【0055】

図10に示すように、視差値導出装置3は、画像取得部110と、フィルタ部210と、コスト算出部310 (算出手段) と、コスト集約部320 (集約手段、情報設定手段) と、コスト修正部330 (合成手段) と、サブピクセル推定部340と、記憶部350と、視差画像生成部360と、を備えている。

40

【0056】

画像取得部110は、左右2台のカメラにより前方の被写体を撮像して、それぞれアナログの画像信号を生成し、各画像信号に基づく画像である2つの輝度画像を得る処理部である。画像取得部110は、図9に示す撮像装置10aおよび撮像装置10bによって実現される。

【0057】

フィルタ部210は、画像取得部110により得られた2つの輝度画像の画像信号に対して、ノイズを除去し、デジタル形式の画像データに変換して出力する。ここで、フィルタ部210が出力する2つの輝度画像の画像データ (以下、単に「輝度画像」と称する) のうち、画像取得部110の右のカメラ (撮像装置10a) により撮像された基準画像I

50

aの画像データ(以下、単に「基準画像I a」という)とし、左のカメラ(撮像装置10 b)により撮像された比較画像I bの画像データ(以下、単に「比較画像I b」という)とする。すなわち、フィルタ部210は、画像取得部110から出力された2つの輝度画像に基づいて、基準画像I aおよび比較画像I bを出力する。フィルタ部210は、図9に示す信号変換装置20 a、20 bによって実現される。

【0058】

コスト算出部310は、基準画像I aにおける基準画素 $p(x, y)$ (第1基準領域)の輝度値、および、基準画素 $p(x, y)$ に基づく比較画像I bにおけるエピポーラ線上で、基準画素 $p(x, y)$ の位置に相当する画素からシフト量 d でシフトすることにより特定される、対応画素の候補である候補 $q(x+d, y)$ の各輝度値に基づいて、各候補 $q(x+d, y)$ のコスト値 $C(p, d)$ を算出する。コスト算出部310は、図9に示すFPGA31によって実現される。コスト算出部310が算出するコスト値 C としては、例えば、SAD(Sum of Absolute Differences)、またはSSD(Sum of Squared Differences)等を用いることができる。そして、シフト量 d と、コスト算出部310により算出されたコスト値 C との関係を示すグラフの例が、上述した図4に示すグラフである。図4に示すグラフにおいては、シフト量 $d=5, 12, 19$ において、コスト値 C の最小値として近似した値となっているため、コスト値 C の最小値を求めることによって、基準画像I aにおける基準画素に対応する比較画像I bにおける対応画素を求めることは困難である。特に、画像におけるテクスチャが弱い部分がある場合には、このようにコスト値 C の最小値を求めることは困難になる。

【0059】

コスト集約部320は、基準画像I aにおける基準画素 $p(x, y)$ の所定の r 方向で隣接する画素を基準画素とした場合のその基準画素(第2基準領域)についての比較画像I bにおけるコスト値 C を、コスト算出部310により算出された候補 $q(x+d, y)$ のコスト値 $C(p, d)$ に集約させて、候補 $q(x+d, y)$ の r 方向の経路コスト値 $L_r(p, d)$ を算出する。コスト集約部320は、上述の(式3)によって、所定の r 方向の経路コスト値 $L_r(p, d)$ を算出する。コスト集約部320は、所定の r 方向として、図5に示したように、8方向の経路コスト値 L_r である $L_{r0}, L_{r45}, L_{r90}, L_{r135}, L_{r180}, L_{r225}, L_{r270}$ および L_{r315} を算出する。コスト集約部320は、図9に示すFPGA31によって実現される。

【0060】

また、コスト集約部320は、基準画像I aおよび比較画像I bにおけるオクルージョン現象に対応するために、左右方向のコスト値 C の集約によって求まる経路コスト値 L_r に対して、オクルージョンの信頼度を評価する。ここで、左右方向のうち、左方向(第1方向または第2方向)とは、図3に示すエピポーラ線 EL と平行な方向であって、図3において左から右へ向かう方向を示し、右方向(第2方向または第1方向)とは、図3に示すエピポーラ線 EL と平行な方向であって、図3において右から左へ向かう方向を示す。また、オクルージョン現象とは、例えば、図11に示すように、撮像方向の異なる基準画像I a(図11(a))または比較画像I b(図11(b))のうち、一方には写っているが、他方には写っていない画像領域が存在する現象を示すものとする。図11に示す基準画像I aおよび比較画像I bは、直方体形状の被写体を撮像した画像であり、基準画像I aには、物体の側面であるオクルージョン領域 O_s が写っているのに対し、比較画像I bには写っていない。このような、基準画像I aまたは比較画像I bにおいて、一方には写っているが、他方には写っていないオクルージョン領域に対する視差値を導出することができない。すなわち、被写体のオクルージョン領域までの距離を求めることができない。したがって、ステレオマッチング処理において、オクルージョン領域における誤ったマッチングを抑制する必要がある。

【0061】

そこで、コスト集約部320は、上述したオクルージョンの信頼度を評価するために、

10

20

30

40

50

具体的には、経路コスト値 L_r のうち左方向の経路コスト値 L_{r_0} 、および右方向の経路コスト値 L_{r_1} から、それぞれ左方向信頼度フラグ FL (信頼度情報) および右方向信頼度フラグ FR (信頼度情報) を設定する。以下、左方向の経路コスト値 L_{r_0} を経路コスト値 L_{r_L} とし、右方向の経路コスト値 L_{r_1} を経路コスト値 L_{r_R} として説明する。すなわち、基準画像 I_a における基準画素 $p(x, y)$ について、比較画像 I_b においてシフト量 d でシフトした画素についての左方向の経路コスト値を経路コスト値 $L_{r_L}(p, d)$ とする。そして、基準画像 I_a における基準画素 $p(x, y)$ について、比較画像 I_b においてシフト量 d でシフトした画素についての右方向の経路コスト値を経路コスト値 $L_{r_R}(p, d)$ とする。コスト集約部 320 は、下記の(式5)により、経路コスト値 L_{r_L} に基づいて、基準画像 I_a の基準画素 $p(x, y)$ ごとに左方向信頼度フラグ $FL(p)$ (本実施形態においては「1」または「0」) を設定する。

【数2】

$$FL(p) = \begin{cases} \min_{0 \leq n < D} D(\min(L_{r_L}(p, n))) = \min_{0 \leq n < D} D(\min(L_{r_L}(s, n))) - 1 : 1 \\ \min_{0 \leq n < D} D(\min(L_{r_L}(p, n))) \neq \min_{0 \leq n < D} D(\min(L_{r_L}(s, n))) - 1 : 0 \end{cases}$$

・・・(式5)

【0062】

(式5)における s は、図12(a)に示すように、基準画像 I_a における基準画素 $p(x, y)$ の左方向に隣接する画素を示し、 $p - r = s(x - 1, y)$ である。ここで、 r は、左方向の単位ベクトル $(1, 0)$ であるものとする。 $\min D(\)$ は、()内のコスト値(ここでは、経路コスト値)で定まる視差値を返す関数である。また、 $\min(L_{r_L}(p, n))$ は、基準画像 I_a における基準画素 p に対して、比較画像 I_b において所定のシフト範囲 $(0 \leq n < D)$ における画素単位の各シフト量 d でシフトした位置の画素の経路コスト値 L_{r_L} の最小値を示す。すなわち、上述の(式5)の左辺は、基準画像 I_a における基準画素 p に対する、比較画像 I_b における各経路コスト値 L_{r_L} の最小値によって定まる視差値を示す。この場合の視差値は、経路コスト値 L_r (ここでは経路コスト値 L_{r_L}) に基づいて定まる視差値であり、後述の合成コスト値 L_s に基づいて定まる視差値と区別して、視差値 $_r$ (第2視差値)と表記するものとする。ここで、画素単位のシフト量 d と、経路コスト値 L_r との関係の例を示すグラフを、図14に示す。図14の例では、シフト量 $d = 3$ で経路コスト値 L_r が最小値となるので、シフト量 $d = 3$ が、視差値 $_r$ となる。

【0063】

上述の(式5)の左辺が示す視差値 $_r$ により、経路コスト値 L_{r_L} に基づいた場合の基準画素 p に対応する比較画像 I_b における対応画素(第2対応領域)を q とする。コスト集約部 320 は、上述の(式5)の右辺で表される、基準画素 p の左方向に隣接する画素 s についての視差値 $_r$ により、画素 s に対応する比較画像 I_b における画素(第3対応領域)が、図12(b)に示すように、対応画素 q と一致する場合、すなわち、(式5)の上式を満たす場合、基準画素 p についての左方向信頼度フラグ FL を「1」に設定する。このように、基準画像 I_a における2画素についての比較画像 I_b における対応画素が一致する場合は原則としてありえないものであり、基準画像 I_a の基準画素 p は、オクルージョン領域に含まれている可能性が高い。そこで、コスト集約部 320 は、基準画素 p についての左方向信頼度フラグ FL を「1」に設定し、オクルージョン領域に含まれている可能性があることを記憶させておく。

【0064】

一方、コスト集約部 320 は、上述の(式5)の右辺で表される、基準画素 p の左方向に隣接する画素 s についての視差値 $_r$ により、画素 s に対応する比較画像 I_b における画素が、対応画素 q と一致しない場合、すなわち、(式5)の下式を満たす場合、基準

10

20

30

40

50

画素 p についての左方向信頼度フラグ FL を「0」に設定する。

【0065】

このように、コスト集約部 320 は、基準画像 I a の各画素について左方向信頼度フラグ FL を設定し、各左方向信頼度フラグ FL を、図 15 (a) に示すように、基準画像 I a の各画素に対応させたテーブル形式で構成した左方向信頼度テーブル TL として記憶部 350 に記憶させる。図 15 (a) では、左方向信頼度テーブル TL において、フラグ設定部 TL a、TL b において「1」が設定されている例を示す。

【0066】

さらに、コスト集約部 320 は、下記の (式 6) により、経路コスト値 Lr__R に基づいて、基準画像 I a の基準画素 p (x , y) ごとに右方向信頼度フラグ FR (p) (本実施形態においては「1」または「0」) を設定する。

【数 3】

$$FR(p) = \begin{cases} \min_{0 \leq n < D} D(\min_{0 \leq n < D} (Lr_R(p, n))) == \min_{0 \leq n < D} D(\min_{0 \leq n < D} (Lr_R(s, n))) + 1 : 1 \\ \min_{0 \leq n < D} D(\min_{0 \leq n < D} (Lr_R(p, n))) \neq \min_{0 \leq n < D} D(\min_{0 \leq n < D} (Lr_R(s, n))) + 1 : 0 \end{cases}$$

・・・(式6)

【0067】

(式 6) における s は、図 13 (a) に示すように、基準画像 I a における基準画素 p (x , y) の右方向に隣接する画素を示し、 $p - r = s (x + 1 , y)$ である。ここで、r は、右方向の単位ベクトル (- 1 , 0) であるものとする。また、 $\min (Lr_R (p , n))$ は、基準画像 I a における基準画素 p に対して、比較画像 I b において所定のシフト範囲 (0 ≤ n < D) における画素単位の各シフト量 d でシフトした位置の画素の経路コスト値 Lr__R の最小値を示す。すなわち、上述の (式 6) の左辺は、基準画像 I a における基準画素 p に対する、比較画像 I b における各経路コスト値 Lr__R の最小値によって定まる視差値を示す。この場合の視差値についても、上述の経路コスト値 Lr__L の場合と同様に、後述の合成コスト値 Ls に基づいて定まる視差値 と区別して、視差値 __r (第 2 視差値) と表記するものとする。

【0068】

上述の (式 6) の左辺が示す視差値 __r により、経路コスト値 Lr__R に基づいた場合の基準画素 p に対応する比較画像 I b における対応画素 (第 2 対応領域) を q とする。コスト集約部 320 は、上述の (式 6) の左辺で表される、基準画素 p の右方向に隣接する画素 s についての視差値 __r により、画素 s に対応する比較画像 I b における画素 (第 3 対応領域) が、図 13 (b) に示すように、対応画素 q と一致する場合、すなわち、(式 6) の上式を満たす場合、基準画素 p についての右方向信頼度フラグ FR を「1」に設定する。このように、基準画像 I a における 2 画素についての比較画像 I b における対応画素が一致する場合は原則としてありえないものであり、基準画像 I a の基準画素 p は、オクルージョン領域に含まれている可能性が高い。そこで、コスト集約部 320 は、基準画素 p についての右方向信頼度フラグ FR を「1」に設定し、オクルージョン領域に含まれている可能性があることを記憶させておく。

【0069】

一方、コスト集約部 320 は、上述の (式 6) の右辺で表される、基準画素 p の右方向に隣接する画素 s についての視差値 __r により、画素 s に対応する比較画像 I b における画素が、対応画素 q と一致しない場合、すなわち、(式 6) の下式を満たす場合、基準画素 p についての右方向信頼度フラグ FR を「0」に設定する。

【0070】

このように、コスト集約部 320 は、基準画像 I a の各画素について右方向信頼度フラグ FR を設定し、右方向信頼度フラグ FR を、図 15 (b) に示すように、基準画像 I a

10

20

30

40

50

の各画素に対応させたテーブル形式で構成した右方向信頼度テーブルTRとして記憶部350に記憶させる。図15(b)では、右方向信頼度テーブルTRにおいて、フラグ設定部TRa、TRbにおいて「1」が設定されている例を示す。

【0071】

なお、左方向信頼度フラグFLおよび右方向信頼度フラグFRは、上述のように、「0」または「1」によるフラグ形式で設定されるものとしたが、これに限定されるものではなく、画素がオクルージョン領域に含まれている可能性があることを示すことができる情報であればどのような形式でもよい。また、左方向信頼度テーブルTLは、左方向信頼度フラグFLを基準画像Iaの各画素に対応させたテーブル形式としているが、これに限定されるものではなく、左方向信頼度フラグFLを基準画像Iaの各画素に対応させて記憶

10

【0072】

また、コスト集約部320は、左右方向のコスト値Cの集約によって求まる経路コスト値 L_r (L_r_L 、 L_r_R)によって、オクルージョンの信頼度の評価、すなわち、左方向信頼度フラグFLおよび右方向信頼度フラグFRの設定を行うものとしたが、これに限定されるものではない。例えば、コスト集約部320は、経路コスト値 $L_{r_{45}}$ 、 $L_{r_{225}}$ 、または、経路コスト値 $L_{r_{315}}$ 、 $L_{r_{135}}$ 等に基づいて、それぞれの方向の信頼度フラグの設定を行うものとしてもよい。

【0073】

20

また、コスト集約部320は、上述のように2方向(例えば左右方向)における経路コスト値 L_r に基づいて、それぞれの方向の信頼度フラグを設定することに限定されるものではない。すなわち、コスト集約部320は、3方向における経路コスト値 L_r に基づいて、信頼度フラグを設定してもよい。この場合、後述するコスト修正部330は、得られた信頼度フラグに基づいて、基準画像Iaの画素の視差について無効視差か否かを判定してもよい。

【0074】

記憶部350は、上述のように、コスト集約部320によって設定された左方向信頼度フラグFLを含む左方向信頼度テーブルTL、および、右方向信頼度フラグFRを含む右方向信頼度テーブルTRを記憶する。記憶部350は、図9に示すRAM34によって実現される。また、記憶部350は、図9において図示しないHDD(Hard Disk Drive)等の外部記憶装置によって実現されるものとしてもよい。

30

【0075】

コスト修正部330は、基準画像Iaにおける基準画素 $p(x, y)$ の周辺の画素を基準画素とした場合のその基準画素についての比較画像Ibにおける画素のコスト値Cを、コスト算出部310により算出された候補 $q(x+d, y)$ のコスト値 $C(p, d)$ に集約させて、候補 $q(x+d, y)$ の合成コスト値 $L_s(p, d)$ を算出する。コスト修正部330は、図9に示すFPGA31によって実現される。コスト修正部330は、合成コスト値 $L_s(p, d)$ を算出するために、まず、コスト集約部320によって算出された8方向の経路コスト値 $L_r(p, d)$ のうち、左右方向以外の6方向の経路コスト値 $L_r(p, d)$ の合計値を算出する。次に、コスト修正部330は、記憶部350に記憶された左方向信頼度テーブルTLおよび右方向信頼度テーブルTRを参照し、基準画像Iaの各画素についての左方向信頼度フラグFLおよび右方向信頼度フラグFRを読み取る。

40

【0076】

コスト修正部330は、基準画像Iaの基準画素pについて、左方向信頼度フラグFL=0、かつ、右方向信頼度フラグFR=0である場合、その基準画素pはオクルージョン領域に含まれないと判定する。図15に示す例では、左方向信頼度テーブルTLのうちフラグ設定部TLa、TLb以外の部分に対応する基準画像Iaの画素であって、右方向信頼度テーブルTRのうちフラグ設定部TRa、TRb以外の部分に対応する基準画像Iaの画素の領域が該当する。そして、コスト修正部330は、コスト集約部320によって

50

算出された経路コスト値 $L_{r_L}(p, d)$ と、経路コスト値 $L_{r_R}(p, d)$ とを、上述の6方向の経路コスト値 $L_r(p, d)$ の合計値に加算し、加算して求めた値を合成コスト値 $L_s(p, d)$ とする。

【0077】

また、コスト修正部330は、基準画像Iaの基準画素pについて、左方向信頼度フラグ $FL = 0$ 、かつ、右方向信頼度フラグ $FR = 1$ である場合、コスト集約部320によって算出された経路コスト値 $L_{r_L}(p, d)$ のみを、上述の6方向の経路コスト値 $L_r(p, d)$ の合計値に加算し、加算して求めた値を合成コスト値 $L_s(p, d)$ とする。図15に示す例では、右方向信頼度テーブルTRの「1」に設定されたフラグ設定部TRbに対応する基準画像Iaの画素の領域が該当する。

10

【0078】

また、コスト修正部330は、基準画像Iaの基準画素pについて、左方向信頼度フラグ $FL = 1$ 、かつ、右方向信頼度フラグ $FR = 0$ である場合、コスト集約部320によって算出された経路コスト値 $L_{r_R}(p, d)$ のみを、上述の6方向の経路コスト値 $L_r(p, d)$ の合計値に加算し、加算して求めた値を合成コスト値 $L_s(p, d)$ とする。図15に示す例では、左方向信頼度テーブルTLの「1」に設定されたフラグ設定部TLbに対応する基準画像Iaの画素の領域が該当する。

【0079】

また、コスト修正部330は、基準画像Iaの基準画素pについて、左方向信頼度フラグ $FL = 1$ 、かつ、右方向信頼度フラグ $FR = 1$ である場合、その基準画素pはオクルージョン領域に含まれていると判定する。図15に示す例では、左方向信頼度テーブルTLのフラグ設定部TLaの部分に対応する基準画像Iaの画素（右方向信頼度テーブルTRのフラグ設定部TRaの部分に対応する基準画像Iaの画素と同一）の領域が該当する。そして、コスト修正部330は、合成コスト値 $L_s(p, d) = 0$ とし、基準画素pについての視差は無効視差として扱う。

20

【0080】

以上のように、コスト修正部330によって合成コスト値 L_s が算出される。ここで、左方向信頼度フラグ $FL = 1$ 、かつ、右方向信頼度フラグ $FR = 1$ ではない場合において、画素ごとのシフト量 d と、コスト修正部330によって算出された合成コスト値 L_s との関係の例を示すグラフを、図16に示す。図16の例では、合成コスト値 L_s は、シフト量 $d = 3$ のとき最小値となる。

30

【0081】

また、コスト修正部330は、左方向信頼度フラグ $FL = 1$ 、かつ、右方向信頼度フラグ $FR = 1$ の場合、対応する基準画像Iaの基準画素pは、オクルージョン領域に含まれていると判定し、その基準画素pについての合成コスト値 L_s を「0」として、基準画素pの視差は無効視差としている。これによって、オクルージョン領域に含まれる画素の視差については無効視差として取り扱う、すなわち、有効な視差値を求めないものとしているので、誤ったマッチングの発生を抑制することができる。また、視差について無効視差として取り扱うためには、後述のサブピクセル推定部340が視差値として有り得ない数値を設定するものとすればよい。例えば、基準画像Iaの横方向の画素数が640個である場合、視差値として「999」等を設定すれば、無効視差であることが判別できる。

40

【0082】

なお、上述のように、コスト修正部330は、左方向信頼度フラグ $FL = 0$ 、かつ、右方向信頼度フラグ $FR = 1$ である場合、経路コスト値 $L_{r_L}(p, d)$ のみを、上述の6方向の経路コスト値 $L_r(p, d)$ の合計値に加算し、合成コスト値 $L_s(p, d)$ を算出している。そして、コスト修正部330は、左方向信頼度フラグ $FL = 1$ 、かつ、右方向信頼度フラグ $FR = 0$ である場合、経路コスト値 $L_{r_R}(p, d)$ のみを、上述の6方向の経路コスト値 $L_r(p, d)$ の合計値に加算し、合成コスト値 $L_s(p, d)$ を算出している。しかし、これに限定されるものではなく、左方向信頼度フラグ FL または右方向信頼度フラグ FR のうちいずれかが「1」である場合、コスト修正部330は、対

50

応する基準画素 p はオクルージョン領域に含まれていると判定し、合成コスト値 $L_s(p, d) = 0$ とし、基準画素 p についての視差は無効視差として扱うものとしてもよい。

【0083】

サブピクセル推定部 340 は、コスト修正部 330 により算出された、基準画像 I_a における基準画素についての比較画像 I_b における画素の合成コスト値 L_s の最小値（第 1 極値）に対応するシフト量 d 、およびそれに隣接するシフト量 d における合成コスト値 L_s に基づいて、サブピクセル推定を実行する。サブピクセル推定部 340 は、図 9 に示す $FPGA31$ によって実現される。図 16 に示す合成コスト値 L_s のグラフは、上述のように、画素単位のシフト量 d に対する合成コスト値 L_s のグラフである。図 16 に示すグラフの合成コスト値 L_s の最小値は、画素単位のシフト量 $d = 3$ における合成コスト値 L_s ということになる。すなわち、図 16 に示すような画素単位のシフト量 d に対する合成コスト値 L_s のグラフにおいては、視差値として画素単位の値を導出することしかできないことになる。ここで、サブピクセル推定とは、視差値を画素単位の値ではなく、画素より小さい単位（以下、サブピクセル単位という）で視差値（第 1 視差値）を推定して導出するものである。

10

【0084】

まず、図 17 を参照しながら、サブピクセル推定部 340 がパラボラフィッティングによるサブピクセル推定を実行する場合について説明する。サブピクセル推定部 340 は、コスト修正部 330 によって算出された合成コスト値 L_s のグラフ（図 16）において、合成コスト値 L_s が最小となるシフト量 d の値を求める。図 16 の例では、シフト量 $d = 3$ の場合が、合成コスト値 L_s が最小となる。次に、サブピクセル推定部 340 は、シフト量 $d = 3$ に隣接するシフト量 d を求める。具体的には、シフト量 $d = 2, 4$ である。次に、サブピクセル推定部 340 は、図 16 に示すシフト量 d と合成コスト値 L_s とのグラフにおいて、図 17 に示すように、シフト量 $d = 2, 3, 5$ である 3 点を通る下に凸の 2 次曲線を求める。そして、サブピクセル推定部 340 は、その 2 次曲線の極小値（第 2 極値）に対応するサブピクセル単位のシフト量 d が視差値であると推定する。

20

【0085】

次に、図 18 を参照しながら、サブピクセル推定部 340 が最小二乗法によるサブピクセル推定を実行する場合について説明する。サブピクセル推定部 340 は、コスト修正部 330 によって算出された合成コスト値 L_s のグラフ（図 16）において、合成コスト値 L_s が最小となるシフト量 d の値を求める。図 16 の例では、シフト量 $d = 3$ の場合が、合成コスト値 L_s が最小となる。次に、サブピクセル推定部 340 は、シフト量 $d = 3$ の近傍の 4 つのシフト量 d を求める。具体的には、シフト量 $d = 1, 2, 4, 5$ である。次に、サブピクセル推定部 340 は、図 16 に示すシフト量 d と合成コスト値 L_s とのグラフにおいて、図 18 に示すように、最小二乗法によってシフト量 $d = 1 \sim 5$ である 5 点の近傍を通る下に凸の 2 次曲線を求める。そして、サブピクセル推定部 340 は、その 2 次曲線の極小値（第 3 極値）に対応するサブピクセル単位のシフト量 d が視差値であると推定する。

30

【0086】

サブピクセル推定部 340 は、図 17 に示すパラボラフィッティングによるサブピクセル推定、または、図 18 に示す最小二乗法によるサブピクセル推定のいずれかによって、視差値を推定して導出する。これによって、画素より小さい単位であるサブピクセル単位で視差値を導出することができるので、精度が高く、かつ密な視差値を導出することができる。

40

【0087】

また、サブピクセル推定部 340 は、コスト修正部 330 によって算出された合成コスト値 L_s が「0」である場合、その合成コスト値 L_s に係る基準画素 p の視差は無効視差であると判定する。この場合、サブピクセル推定部 340 は、無効視差であると判定した基準画素 p の視差値として、上述のように、有り得ない数値を設定するものとする。

50

【0088】

なお、サブピクセル推定は、上述のパラボラフィッティングによるもの、または、最小二乗法によるものに限定されるものではなく、その他の方法によってサブピクセル推定を行うものとしてもよい。例えば、サブピクセル推定部340は、図17に示す3点を用いて、2次曲線ではなく、3点を通る等角直線を求めて視差値を推定する等角直線フィッティングによりサブピクセル推定を実行するものとしてもよい。

【0089】

また、最小二乗法によるサブピクセル推定において、図16に示すグラフ上の5点を用いて2次曲線を求めるものとしたが、これに限定されるものではなく、異なる数の点を用いて2次曲線を求めるものとしてもよい。

10

【0090】

また、サブピクセル推定部340によるサブピクセル推定によってサブピクセル単位の視差値を算出することに限定されるものではなく、サブピクセル推定の実行はせず、画素単位の視差値（第1視差値）を算出するものとしてもよい。この場合、サブピクセル推定部340は、コスト修正部330により算出された、基準画像Iaにおける基準画素についての比較画像Ibにおける画素の合成コスト値Lsの最小値に対応するシフト量dを視差値とすればよい。

【0091】

視差画像生成部360は、サブピクセル推定部340により導出されたサブピクセル単位の視差値に基づいて、基準画像Iaの各画素の輝度値を、その画素に対応する視差値で表した画像である視差画像Ip（高密度視差画像）を生成する。視差画像生成部360は、図9に示すFPGA31によって実現される。図19のうち、図19(a)は、比較画像Ibの一例を示し、図19(b)は、基準画像Iaの一例を示し、図19(c)は、視差画像生成部360により生成された視差画像Ipの模式図を示す。また、視差画像生成部360は、無効視差であると判定された画素については、例えば、視差画像Ipにおいて「黒」（256階調のとき「0」）または「白」（256階調のとき「255」）に表示させて、その画素が無効視差の画素であることを示すものとする。

20

【0092】

なお、コスト算出部310、コスト集約部320、コスト修正部330、サブピクセル推定部340および視差画像生成部360は、FPGA31によって実現、すなわちハードウェア回路によって実現されるものとしたが、これに限定されるものではない。すなわち、コスト算出部310、コスト集約部320、コスト修正部330、サブピクセル推定部340または視差画像生成部360の少なくともいずれかは、ソフトウェアであるプログラムがCPU32によって実行されることにより、実現されてもよい。また、コスト算出部310、コスト集約部320、コスト修正部330、サブピクセル推定部340および視差画像生成部360は、機能を概念的にブロック構成したものであって、このような構成に限定されるものではない。

30

【0093】

（視差値導出装置の画像処理動作）

図20は、本実施形態に係る視差値導出装置のステレオマッチング処理の動作フローの一例を示す図である。図20を参照しながら、視差値導出装置3のステレオマッチング処理（SGM法）に基づく画像処理の動作の流れについて説明する。

40

【0094】

<ステップS1-1>

視差値導出装置3の画像取得部110は、左のカメラ（撮像装置10b）により前方の被写体を撮像して、それぞれアナログの画像信号を生成し、その画像信号に基づく画像である輝度画像を得る。そして、ステップS2-1へ進む。

【0095】

<ステップS1-2>

視差値導出装置3の画像取得部110は、右のカメラ（撮像装置10a）により前方の

50

被写体を撮像して、それぞれアナログの画像信号を生成し、その画像信号に基づく画像である輝度画像を得る。そして、ステップS 2 - 2へ進む。

【0096】

<ステップS 2 - 1>

視差値導出装置3のフィルタ部210は、撮像装置10bにより撮像されて得られたアナログの画像信号に対して、ノイズを除去し、デジタル形式の画像データに変換する。そして、ステップS 3 - 1へ進む。

【0097】

<ステップS 2 - 2>

視差値導出装置3のフィルタ部210は、撮像装置10aにより撮像されて得られたアナログの画像信号に対して、ノイズを除去し、デジタル形式の画像データに変換する。そして、ステップS 3 - 2へ進む。

【0098】

<ステップS 3 - 1>

フィルタ部210は、ステップS 2 - 1において変換したデジタル形式の画像データに基づく画像をステレオマッチング処理における比較画像I bとして出力する。そして、ステップS 4へ進む。

【0099】

<ステップS 3 - 2>

フィルタ部210は、ステップS 2 - 2において変換したデジタル形式の画像データに基づく画像をステレオマッチング処理における基準画像I aとして出力する。そして、ステップS 4へ進む。

【0100】

<ステップS 4>

視差値導出装置3のコスト算出部310は、基準画像I aにおける基準画素 $p(x, y)$ の輝度値、および、基準画素 $p(x, y)$ に基づく比較画像I bにおけるエピポラ線上で、基準画素 $p(x, y)$ の位置に相当する画素からシフト量 d でシフトすることにより特定される、対応画素の候補 $q(x + d, y)$ の各輝度値に基づいて、各候補 $q(x + d, y)$ のコスト値 $C(p, d)$ を算出する。そして、ステップS 5へ進む。

【0101】

<ステップS 5>

視差値導出装置3のコスト集約部320は、基準画像I aにおける基準画素 $p(x, y)$ の所定の r 方向で隣接する画素を基準画素とした場合のその基準画素についての比較画像I bにおけるコスト値 C を、コスト算出部310により算出された候補 $q(x + d, y)$ のコスト値 $C(p, d)$ に集約させて、候補 $q(x + d, y)$ の r 方向の経路コスト値 $L_r(p, d)$ を算出する。コスト集約部320は、所定の r 方向として、図5に示したように、8方向の経路コスト値 L_r である L_{r_0} 、 $L_{r_{45}}$ 、 $L_{r_{90}}$ 、 $L_{r_{135}}$ 、 $L_{r_{180}}$ 、 $L_{r_{225}}$ 、 $L_{r_{270}}$ および $L_{r_{315}}$ を算出する。

【0102】

また、コスト集約部320は、オクルージョンの信頼度を評価するために、経路コスト値 L_r のうち左方向の経路コスト値 L_{r_0} (L_{r_L})、および右方向の経路コスト値 $L_{r_{180}}$ (L_{r_R})から、それぞれ左方向信頼度フラグ FL および右方向信頼度フラグ FR を設定する。

【0103】

コスト集約部320は、上述の(式5)により、経路コスト値 L_{r_L} に基づいて、基準画像I aの基準画素 $p(x, y)$ ごとに左方向信頼度フラグ $FL(p)$ を設定する。コスト集約部320は、上述の(式5)の右辺で表される、基準画素 p の左方向に隣接する画素 s についての視差値 $_r$ により、画素 s に対応する比較画像I bにおける画素が、対応画素 q と一致する場合、すなわち、(式5)の上式を満たす場合、基準画素 p についての左方向信頼度フラグ FL を「1」に設定する。一方、コスト集約部320は、上述の

10

20

30

40

50

(式5)の右辺で表される、基準画素 p の左方向に隣接する画素 s についての視差値 $_r$ により、画素 s に対応する比較画像 I_b における画素が、対応画素 q と一致しない場合、すなわち、(式5)の下式を満たす場合、基準画素 p についての左方向信頼度フラグ F_L を「0」に設定する。このように、コスト集約部320は、基準画像 I_a の各画素について左方向信頼度フラグ F_L を設定し、各左方向信頼度フラグ F_L を、図15(a)に示すように、基準画像 I_a の各画素に対応させたテーブル形式で構成した左方向信頼度テーブル T_L として記憶部350に記憶させる。

【0104】

さらに、コスト集約部320は、上述の(式6)により、経路コスト値 L_{r_R} に基づいて、基準画像 I_a の基準画素 $p(x, y)$ ごとに右方向信頼度フラグ $F_R(p)$ を設定する。コスト集約部320は、上述の(式6)の左辺で表される、基準画素 p の右方向に隣接する画素 s についての視差値 $_r$ により、画素 s に対応する比較画像 I_b における画素が、対応画素 q と一致する場合、すなわち、(式6)の上式を満たす場合、基準画素 p についての右方向信頼度フラグ F_R を「1」に設定する。一方、コスト集約部320は、上述の(式6)の右辺で表される、基準画素 p の右方向に隣接する画素 s についての視差値 $_r$ により、画素 s に対応する比較画像 I_b における画素が、対応画素 q と一致しない場合、すなわち、(式6)の下式を満たす場合、基準画素 p についての右方向信頼度フラグ F_R を「0」に設定する。このように、コスト集約部320は、基準画像 I_a の各画素について右方向信頼度フラグ F_R を設定し、右方向信頼度フラグ F_R を、図15(b)に示すように、基準画像 I_a の各画素に対応させたテーブル形式で構成した右方向信頼度テーブル T_R として記憶部350に記憶させる。そして、ステップS6へ進む。

【0105】

<ステップS6>

視差値導出装置3のコスト修正部330は、基準画像 I_a における基準画素 $p(x, y)$ の周辺の画素を基準画素とした場合のその基準画素についての比較画像 I_b における画素のコスト値 C を、コスト算出部310により算出された候補 $q(x+d, y)$ のコスト値 $C(p, d)$ に集約させて、候補 $q(x+d, y)$ の合成コスト値 $L_s(p, d)$ を算出する。コスト修正部330は、合成コスト値 $L_s(p, d)$ を算出するために、まず、コスト集約部320によって算出された8方向の経路コスト値 $L_r(p, d)$ のうち、左右方向以外の6方向の経路コスト値 $L_r(p, d)$ の合計値を算出する。次に、コスト修正部330は、記憶部350に記憶された左方向信頼度テーブル T_L および右方向信頼度テーブル T_R を参照し、基準画像 I_a の各画素についての左方向信頼度フラグ F_L および右方向信頼度フラグ F_R を読み取る。

【0106】

コスト修正部330は、基準画像 I_a の基準画素 p について、左方向信頼度フラグ $F_L = 0$ 、かつ、右方向信頼度フラグ $F_R = 0$ である場合、その基準画素 p はオクルージョン領域に含まれないと判定する。そして、コスト修正部330は、コスト集約部320によって算出された経路コスト値 $L_{r_L}(p, d)$ と、経路コスト値 $L_{r_R}(p, d)$ とを、上述の6方向の経路コスト値 $L_r(p, d)$ の合計値に加算し、加算して求めた値を合成コスト値 $L_s(p, d)$ とする。

【0107】

また、コスト修正部330は、基準画像 I_a の基準画素 p について、左方向信頼度フラグ $F_L = 0$ 、かつ、右方向信頼度フラグ $F_R = 1$ である場合、コスト集約部320によって算出された経路コスト値 $L_{r_L}(p, d)$ のみを、上述の6方向の経路コスト値 $L_r(p, d)$ の合計値に加算し、加算して求めた値を合成コスト値 $L_s(p, d)$ とする。

【0108】

また、コスト修正部330は、基準画像 I_a の基準画素 p について、左方向信頼度フラグ $F_L = 1$ 、かつ、右方向信頼度フラグ $F_R = 0$ である場合、コスト集約部320によって算出された経路コスト値 $L_{r_R}(p, d)$ のみを、上述の6方向の経路コスト値 $L_r(p, d)$ の合計値に加算し、加算して求めた値を合成コスト値 $L_s(p, d)$ とする。

【 0 1 0 9 】

また、コスト修正部 3 3 0 は、基準画像 I a の基準画素 p について、左方向信頼度フラグ $F_L = 1$ 、かつ、右方向信頼度フラグ $F_R = 1$ である場合、その基準画素 p はオクルージョン領域に含まれていると判定する。そして、コスト修正部 3 3 0 は、合成コスト値 $L_s(p, d) = 0$ とし、基準画素 p についての視差は無効視差として扱う。そして、ステップ S 7 へ進む。

【 0 1 1 0 】

<ステップ S 7 >

視差値導出装置 3 のサブピクセル推定部 3 4 0 は、コスト修正部 3 3 0 により算出された、基準画像 I a における基準画素についての比較画像 I b における画素の合成コスト値 L_s の最小値に対応するシフト量 d、およびそれに隣接するシフト量 d における合成コスト値 L_s に基づいて、サブピクセル推定を実行する。サブピクセル推定部 3 4 0 は、サブピクセル推定によって求めた近似曲線（図 1 7 および図 1 8 においては下に凸の 2 次曲線）の極小値に対応するサブピクセル単位のシフト量 d が視差値 であると推定する。

10

【 0 1 1 1 】

また、サブピクセル推定部 3 4 0 は、コスト修正部 3 3 0 によって算出された合成コスト値 L_s が「0」である場合、その合成コスト値 L_s に係る基準画素 p の視差は無効視差であると判定する。この場合、サブピクセル推定部 3 4 0 は、無効視差であると判定した基準画素 p の視差値として、上述のように、有り得ない数値を設定するものとすればよい。

20

【 0 1 1 2 】

<ステップ S 8 >

視差画像生成部 3 6 0 は、サブピクセル推定部 3 4 0 により導出されたサブピクセル単位の視差値 に基づいて、基準画像 I a の各画素の輝度値を、その画素に対応する視差値 で表した画像である視差画像 I p（高密度視差画像）を生成する。

【 0 1 1 3 】

その後、図 9 に示す I / F 3 5 を介して、視差画像 I p の画像データが出力され、物体認識装置 5 によって、撮像装置 1 0 a、1 0 b から物体までの距離が算出される。

【 0 1 1 4 】

（車両に機器制御システムを搭載した場合の例）

30

図 2 1 は、本実施形態に係る機器制御システムを車両に搭載した例を示す図である。以下、図 2 1 を参照しながら、車両 1 0 0 に機器制御システム 6 0 を搭載した場合の例を説明する。

【 0 1 1 5 】

図 2 1 に示す構成では、自動車である車両 1 0 0 は、機器制御システム 6 0 を備えている。機器制御システム 6 0 は、居室空間である車室において設置された視差値導出装置 3 と、制御装置 6 と、ステアリングホイール 7 と、ブレーキペダル 8 と、を備えている。

【 0 1 1 6 】

視差値導出装置 3 は、車両 1 0 0 の進行方向を撮像する撮像機能を有し、例えば、車両 1 0 0 のフロントウィンドウ内側のバックミラー近傍に設置される。視差値導出装置 3 は、本体部 2 と、本体部 2 に固定された撮像装置 1 0 a と、撮像装置 1 0 b とを備えている。撮像装置 1 0 a、1 0 b は、車両 1 0 0 の進行方向の被写体を撮像できるように本体部 2 に固定されている。

40

【 0 1 1 7 】

制御装置 6 は、上述の物体認識システム 1 における物体認識装置 5 の代わりに視差値導出装置 3 に接続された装置であり、視差値導出装置 3 から受信した視差画像の画像データに基づいて求まる視差値導出装置 3 から被写体までの距離情報により、各種車両制御を実行する。制御装置 6 は、車両制御の例として、視差値導出装置 3 から受信した視差画像の画像データに基づいて、ステアリングホイール 7 を含むステアリング系統（制御対象）を制御して障害物を回避するステアリング制御、または、ブレーキペダル 8（制御対象）を

50

制御して車両100を減速および停止させるブレーキ制御等を実行する。

【0118】

このような視差値導出装置3および制御装置6を含む機器制御システム60のように、ステアリング制御またはブレーキ制御等の車両制御が実行されることによって、車両100の運転の安全性を向上することができる。

【0119】

なお、上述のように、視差値導出装置3は、車両100の前方を撮像するものとしたが、これに限定されるものではない。すなわち、視差値導出装置3は、車両100の後方または側方を撮像するように設置されるものとしてもよい。この場合、視差値導出装置3は、車両100の後方の後続車、または側方を並進する他の車両等の位置を検出することができる。そして、制御装置6は、車両100の車線変更時または車線合流時等における危険を検知して、上述の車両制御を実行することができる。また、制御装置6は、車両100の駐車時等におけるバック動作において、視差値導出装置3によって検出された車両100の後方の障害物の視差画像に基づいて、衝突の危険があると判断した場合に、上述の車両制御を実行することができる。

10

【0120】

(本実施形態の主な効果)

以上のように、本実施形態に係る視差値導出装置3において、コスト修正部330は、左方向信頼度フラグ $FL = 1$ 、かつ、右方向信頼度フラグ $FR = 1$ の場合、対応する基準画像Iaの基準画素pは、オクルージョン領域に含まれていると判定し、その基準画素pの視差は無効視差としている。これによって、オクルージョン領域に含まれる画素の視差については無効視差として取り扱う、すなわち、有効な視差値を求めないものとしているので、誤ったマッチングの発生を抑制することができる。

20

【0121】

また、視差値導出装置3において、サブピクセル推定部340は、画素より小さい単位であるサブピクセル単位で視差値を導出することができるので、精度が高く、かつ密な視差値を導出することができ、より正確な視差画像を得ることができる。

【0122】

なお、一致度としてのコスト値Cを、類似度を表す評価値とした場合、合成コスト値Lsがサブピクセル単位で最大となるシフト量dが視差値となる。

30

【0123】

また、上述の実施形態では、物体認識装置5が視差画像(視差値)に基づき、距離Zを算出しているが、これに限定されるものではなく、視差値導出装置3の画像処理装置30のCPU32が距離Zを算出するものとしてもよい。

【符号の説明】

【0124】

- 1 物体認識システム
- 2 本体部
- 3 視差値導出装置
- 4 バスライン
- 5 物体認識装置
- 6 制御装置
- 7 ステアリングホイール
- 8 ブレーキペダル
- 10a、10b 撮像装置
- 11a、11b 撮像レンズ
- 12a、12b 絞り
- 13a、13b 画像センサ
- 20a、20b 信号変換装置
- 21a、21b CDS

40

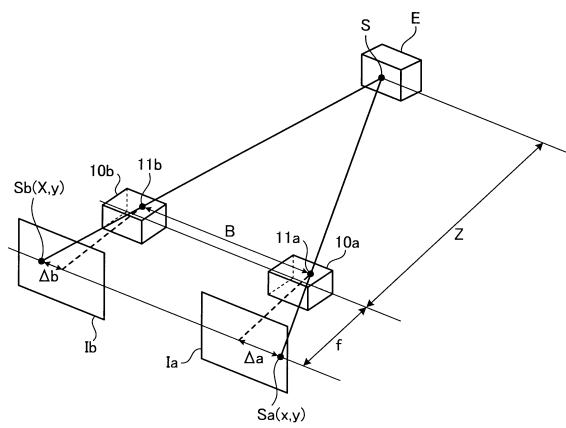
50

2 2 a、2 2 b	A G C	
2 3 a、2 3 b	A D C	
2 4 a、2 4 b	フレームメモリ	
3 0	画像処理装置	
3 1	F P G A	
3 2	C P U	
3 3	R O M	
3 4	R A M	
3 5	I / F	
3 9	バスライン	10
5 1	F P G A	
5 2	C P U	
5 3	R O M	
5 4	R A M	
5 5	I / F	
5 8	C A N I / F	
5 9	バスライン	
6 0	機器制御システム	
1 0 0	車両	
1 1 0	画像取得部	20
2 1 0	フィルタ部	
3 1 0	コスト算出部	
3 2 0	コスト集約部	
3 3 0	コスト修正部	
3 4 0	サブピクセル推定部	
3 5 0	記憶部	
3 6 0	視差画像生成部	
B	基線長	
C	コスト値	
d	シフト量	30
E	物体	
E L	エピポーラ線	
f	焦点距離	
F L	左方向信頼度フラグ	
F R	右方向信頼度フラグ	
I a	基準画像	
I b	比較画像	
I p	視差画像	
L r、L r __ L、L r __ R	経路コスト値	
L s	合成コスト値	40
O s	オクルージョン領域	
S、S a、S b	点	
T L	左方向信頼度テーブル	
T L a、T L b	フラグ設定部	
T R	右方向信頼度テーブル	
T R a、T R b	フラグ設定部	
Z	距離	
、 __ r	視差値	
【先行技術文献】		
【特許文献】		50

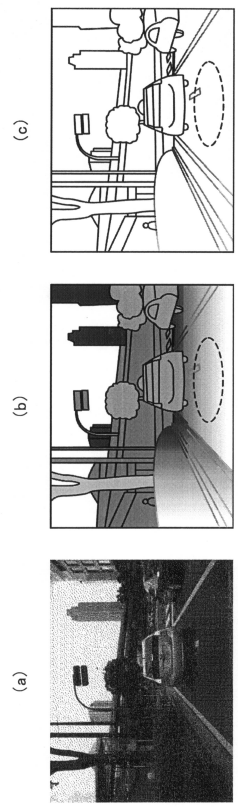
【 0 1 2 5 】

【 特 許 文 献 1 】 特 開 2 0 1 2 - 1 8 1 1 4 2 号 公 報

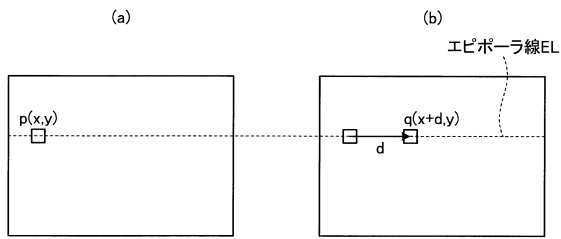
【 図 1 】



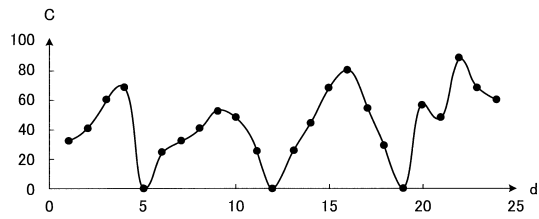
【 図 2 】



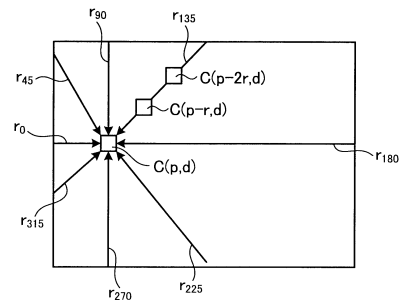
【図3】



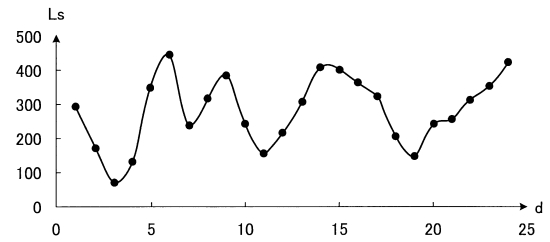
【図4】



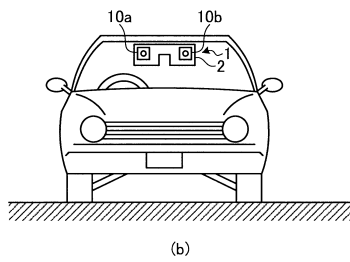
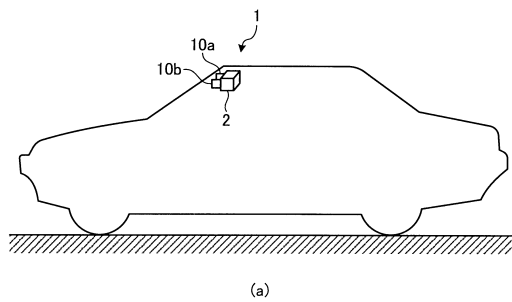
【図5】



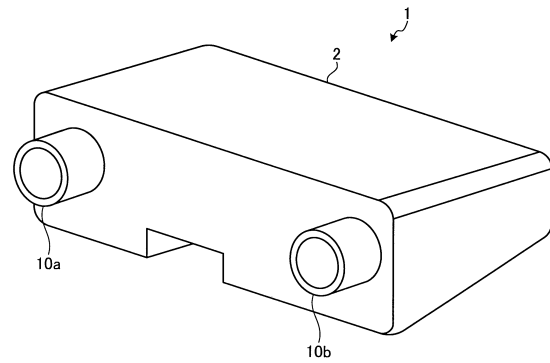
【図6】



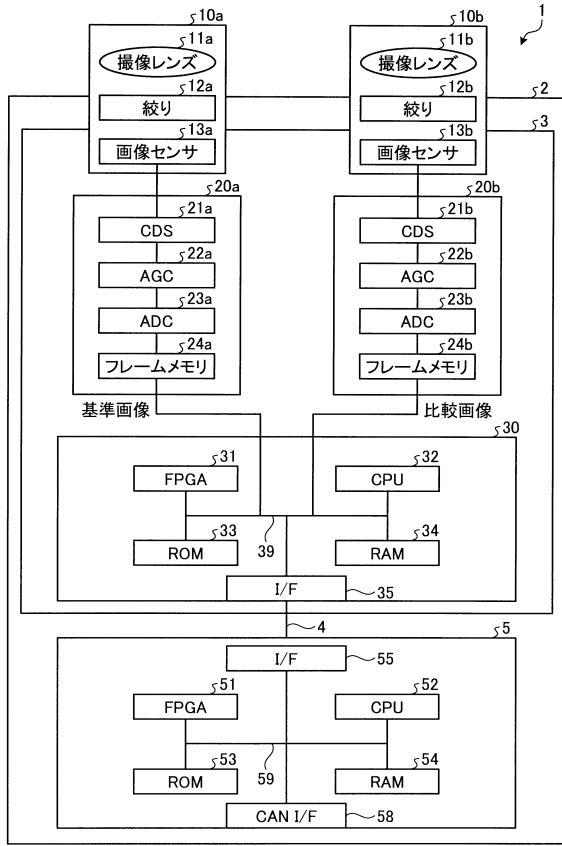
【図7】



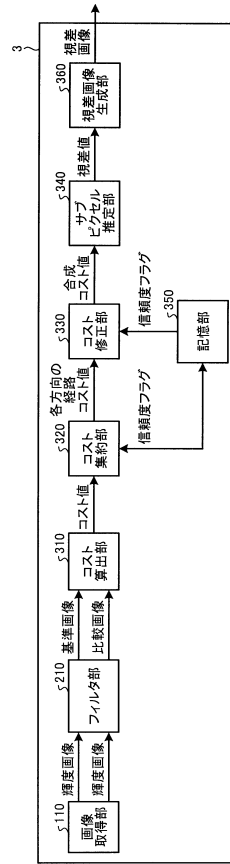
【図8】



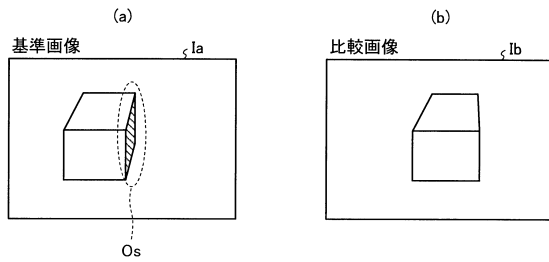
【図9】



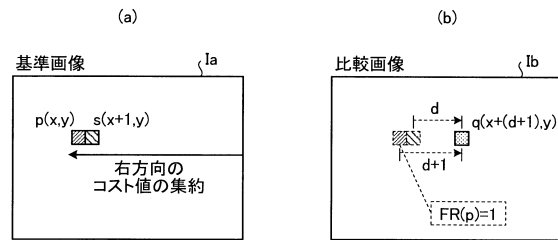
【図10】



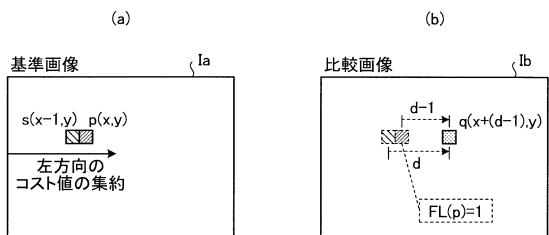
【図11】



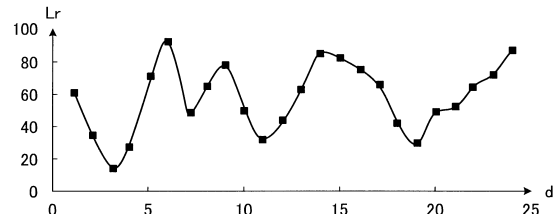
【図13】



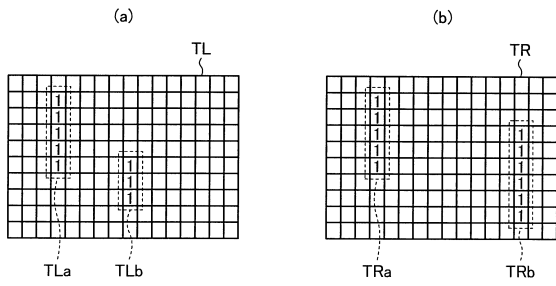
【図12】



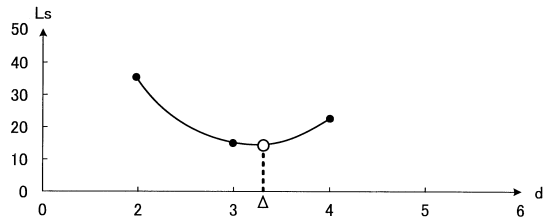
【図14】



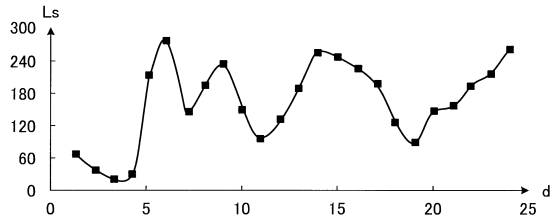
【図15】



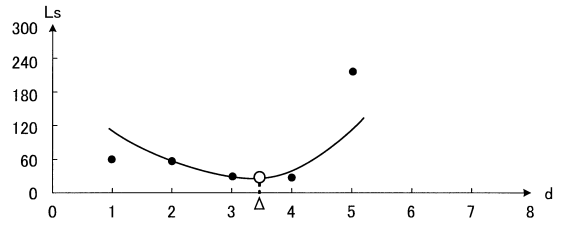
【図17】



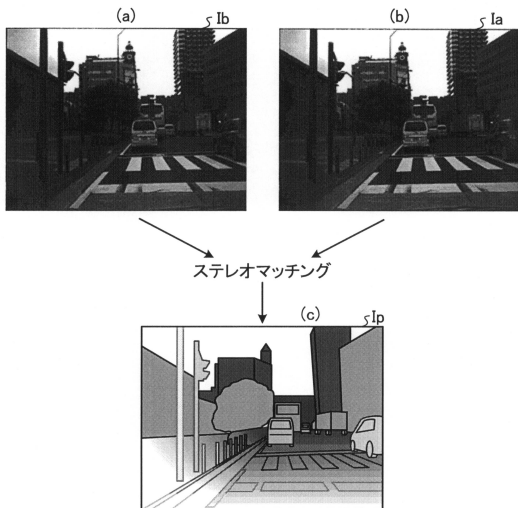
【図16】



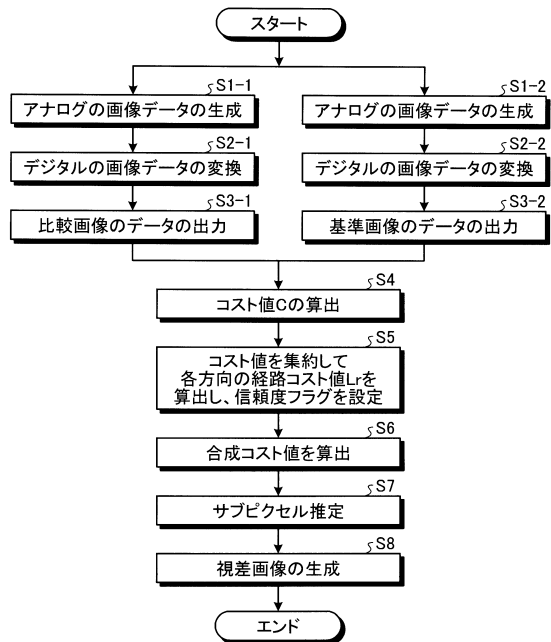
【図18】



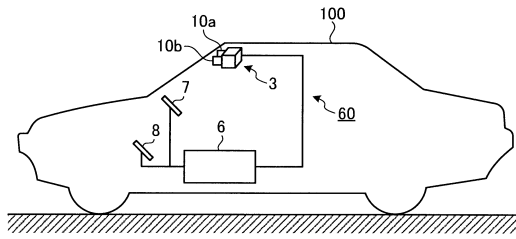
【図19】



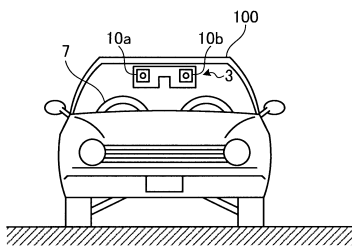
【図20】



【 図 2 1 】



(a)



(b)

フロントページの続き

- (72)発明者 齊藤 樹一郎
東京都大田区中馬込1丁目3番6号 株式会社リコー内
- (72)発明者 田村 亮輔
東京都大田区中馬込1丁目3番6号 株式会社リコー内

審査官 眞岩 久恵

- (56)参考文献 特開2012-181142(JP, A)
Stereo Processing by Semi-Global Matching and Mutual Information, IEEE TRANSACTIONS ON
PATTERN ANALYSIS and MACHINE INTELLIGENCE, 2007年, pp.1-14

- (58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
G01C 3/00 - 3/32