

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2018-21776

(P2018-21776A)

(43) 公開日 平成30年2月8日(2018.2.8)

(51) Int.Cl.	F I	テーマコード (参考)
GO1C 3/06 (2006.01)	GO1C 3/06 110B	2F112
B60R 11/02 (2006.01)	B60R 11/02 Z	3D020
GO8G 1/16 (2006.01)	GO8G 1/16 C	5H181

審査請求 未請求 請求項の数 6 O L (全 26 頁)

(21) 出願番号	特願2016-151683 (P2016-151683)	(71) 出願人	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28年8月2日(2016.8.2)	(74) 代理人	100107766 弁理士 伊東 忠重
		(74) 代理人	100070150 弁理士 伊東 忠彦
		(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
		(72) 発明者	今井 重明 東京都大田区中馬込1丁目3番6号 株式会社リコー内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 視差演算システム、移動体及びプログラム

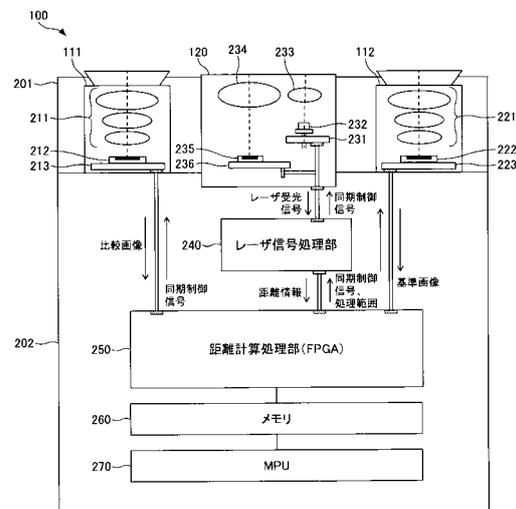
(57) 【要約】 (修正有)

【課題】 視差演算システムに用いる電磁波測距装置において、測距精度を向上させる。

【解決手段】 視差演算システム100であって、複数の撮像装置111、112の撮影方向に向かって電磁波を照射することで取得した、反射波を示す信号を処理する際の処理範囲を、複数の撮像装置により撮影された撮影画像を用いて演算された視差に基づいて決定する決定手段と、決定手段により決定された処理範囲の信号を処理することで、電磁波の照射位置までの距離を算出する算出手段250とを有する。

【選択図】 図2

視差演算システムのハードウェア構成の一例を示す図



**【特許請求の範囲】****【請求項 1】**

複数の撮像装置の撮影方向に向かって電磁波を照射することで取得した、反射波を示す信号を処理する際の処理範囲を、該複数の撮像装置により撮影された撮影画像を用いて演算された視差に基づいて決定する決定手段と、

前記決定手段により決定された処理範囲の信号を処理することで、前記電磁波の照射位置までの距離を算出する算出手段と

を有することを特徴とする視差演算システム。

**【請求項 2】**

前記決定手段は、前記電磁波の照射位置に対応する前記撮影画像内の画素領域について演算された視差に基づいて、前記処理範囲を決定することを特徴とする請求項 1 に記載の視差演算システム。

10

**【請求項 3】**

前記算出手段により算出された距離に基づいて、前記撮影画像の視差を再演算する再演算手段を更に有することを特徴とする請求項 1 または 2 に記載の視差演算システム。

**【請求項 4】**

前記複数の撮像装置と、

前記電磁波を照射する電磁波測距装置と

を更に有することを特徴とする請求項 1 乃至 3 のいずれか 1 項に記載の視差演算システム。

20

**【請求項 5】**

請求項 1 乃至 4 のいずれか 1 項に記載の視差演算システムを有する移動体。

**【請求項 6】**

コンピュータに、

複数の撮像装置の撮影方向に向かって電磁波を照射することで取得した、反射波を示す信号を処理する際の処理範囲を、該複数の撮像装置により撮影された撮影画像を用いて演算された視差に基づいて決定する決定工程と、

前記決定工程において決定された処理範囲の信号を処理することで、前記電磁波の照射位置までの距離を算出する算出工程と

を実行させるためのプログラム。

30

**【発明の詳細な説明】****【技術分野】****【0001】**

本発明は、視差演算システム、移動体及びプログラムに関する。

**【背景技術】****【0002】**

従来より、車両等の各種移動体には、周囲環境を 3 次元情報として取得するためのセンサ装置（3 次元センサ）として、ステレオカメラや電磁波測距装置（例えば、レーザー測距装置、ミリ波レーダ測距装置）等が搭載されている。

**【0003】**

ステレオカメラは、基準画像内の各画素に対応する比較画像内の対応画素を検索し、視差を演算することで、オブジェクトまでの距離を算出する装置である。ステレオカメラの場合、空間分解能及び距離分解能が高いといった特性がある一方で、オブジェクトまでの距離が長いと、空間分解能及び距離分解能が低下するといった特性がある。

40

**【0004】**

電磁波測距装置は、電磁波を出射してから、オブジェクトで反射した反射波を受信するまでの時間を測定することで、オブジェクトまでの距離を算出する装置である。電磁波測距装置の場合、オブジェクトまでの距離に関わらず、距離分解能が高いといった特性がある一方で、空間分解能が低いといった特性がある。

**【0005】**

50

このため、ステレオカメラと電磁波測距装置とを組み合わせることで、互いの特性を活かした視差演算システムを実現することができる。

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0006】

ここで、電磁波測距装置の場合、オブジェクトまでの距離に関わらず高い距離分解能が維持できる反面、オブジェクトまでの距離が長くなると、受信する反射波の信号強度が低下し、ノイズとの識別が困難になるという問題がある。このため、電磁波測距装置の場合、ノイズの誤検出により、誤った距離情報が出力される可能性がある。

【0007】

このようなことから、電磁波測距装置を用いて視差演算システムを構築するにあたっては、電磁波測距装置によるノイズの誤検出を低減し、測距精度を向上させることが求められる。

【0008】

本発明は上記課題に鑑みてなされたものであり、視差演算システムに用いる電磁波測距装置において、測距精度を向上させることを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0009】

本発明の各実施形態に係る視差演算システムは、以下のような構成を有する。すなわち、

複数の撮像装置の撮影方向に向かって電磁波を照射することで取得した、反射波を示す信号を処理する際の処理範囲を、該複数の撮像装置により撮影された撮影画像を用いて演算された視差に基づいて決定する決定手段と、

前記決定手段により決定された処理範囲の信号を処理することで、前記電磁波の照射位置までの距離を算出する算出手段とを有することを特徴とする。

【発明の効果】

【0010】

本発明の各実施形態によれば、視差演算システムに用いる電磁波測距装置において、測距精度を向上させることができる。

【図面の簡単な説明】

【0011】

【図1】視差演算システムの外觀構成及び取り付け例を示す図である。

【図2】視差演算システムのハードウェア構成の一例を示す図である。

【図3】3次元センサの距離分解能及び空間分解能を説明するための図である。

【図4】3次元センサの距離分解能及び空間分解能を説明するための図である。

【図5】基準画像内の基準画素領域及び比較画像内の画素領域を示す図である。

【図6】レーザレーダ測距部により生成されるレーザ受光信号の一例を示す図である。

【図7】距離計算処理部の機能構成を示す図である。

【図8】第1コスト算出部の機能構成の詳細を示す図である。

【図9】コスト $C(p, d)$ の算出方法を説明するための図である。

【図10】第1合成コスト算出部の機能構成の詳細を示す図である。

【図11】第1経路コスト $L_r(p, d)$ の算出における $r$ 方向を示す図である。

【図12】範囲決定部による処理範囲の決定方法を説明するための図である。

【図13】範囲決定部により決定された処理範囲を示す図である。

【図14】第2コスト算出部の機能構成の詳細を示す図である。

【図15】第2合成コスト算出部の機能構成の詳細を示す図である。

【図16】基準画素領域 $p$ における第2合成コスト $S'$ の算出結果を示す図である。

【図17】距離計算処理部による視差画像生成処理の流れを示すフローチャートである。

【発明を実施するための形態】

【0012】

10

20

30

40

50

以下、各実施形態の詳細について添付の図面を参照しながら説明する。なお、各実施形態に係る明細書及び図面の記載に際して、実質的に同一の機能構成を有する構成要素については、同一の符号を付することにより重複した説明を省く。

#### 【0013】

##### [実施形態]

##### <1. 視差演算システムの外観構成及び取り付け例>

はじめに、一実施形態に係る視差演算システムの外観構成及び取り付け例について説明する。図1は、視差演算システムの外観構成及び取り付け例を示す図である。

#### 【0014】

図1の上部(外観構成)に示すように、視差演算システム100は、周囲環境を3次元情報として取得するセンサ装置(3次元センサ)として、ステレオカメラ部110と、レーザレーダ測距部(レーザレーダ測距装置)120とを備える。ステレオカメラ部110は、単眼カメラ部(第1の撮像装置)111と単眼カメラ部(第2の撮像装置)112とを備え、レーザレーダ測距部120は、当該単眼カメラ部111と単眼カメラ部112との間に配置される。

10

#### 【0015】

単眼カメラ部111、112は、同期をとりながら所定のフレーム周期でそれぞれが撮影を行い、撮影画像を生成する。

#### 【0016】

レーザレーダ測距部120は、レーザ光を照射し、その反射光を受光することで、レーザ光の照射位置(所定のオブジェクト)までの距離を測定するTOF(Time Of Flight)方式のレーザレーダ測距装置である。

20

#### 【0017】

図1の下部(取り付け例)に示すように、視差演算システム100は、例えば、車両140のフロントウィンドウの内側中央位置に取り付けられる。このとき、ステレオカメラ部110及びレーザレーダ測距部120は、いずれも車両140の前方方向に向かって取り付けられる。つまり、視差演算システム100は、ステレオカメラ部110の撮影方向と、レーザレーダ測距部120のレーザ光の出射方向とが、同じ方向になるように取り付けられる。

#### 【0018】

30

##### <2. 視差演算システムのハードウェア構成>

次に、視差演算システム100のハードウェア構成について説明する。図2は、視差演算システムのハードウェア構成の一例を示す図である。

#### 【0019】

図2に示すように、視差演算システム100は、カメラステイ201と制御基板収納部202とを有する。

#### 【0020】

カメラステイ201には、単眼カメラ部111、112とレーザレーダ測距部120とが一体的に取り付けられている。これにより、視差演算システム100の小型化及び低コスト化を実現している。

40

#### 【0021】

制御基板収納部202には、レーザ信号処理部240、距離計算処理部250、メモリ260、MPU(Micro Processing Unit)270が収納されている。レーザ信号処理部240をレーザレーダ測距部120とは別体に構成することで、レーザレーダ測距部120のサイズを小さくすることができる。これにより、本実施形態では、単眼カメラ部111と単眼カメラ部112との間への、レーザレーダ測距部120の配置を実現している。

#### 【0022】

なお、図2の例では、レーザ信号処理部240と距離計算処理部250とを、別の回路基板として構成しているが、レーザ信号処理部240と距離計算処理部250とは、共通の回路基板により構成してもよい。回路基板の枚数を削減することで、低コスト化を図る

50

ことが可能となるからである。

【0023】

続いて、カメラステイ201側の各部の詳細について説明する。図2に示すように、単眼カメラ部111は、カメラレンズ211と、撮像素子212と、センサ基板213とを備える。カメラレンズ211を介して入射された外部の光は、撮像素子212において受光され、所定のフレーム周期で光電変換される。光電変換されることで得た信号は、センサ基板213において処理され、1フレームごとの撮影画像が生成される。生成された撮影画像は、比較画像として、順次、距離計算処理部250に送信される。

【0024】

なお、単眼カメラ部112も、単眼カメラ部111と同様の構成を有しており、同期制御信号に基づいて単眼カメラ部111と同期して生成された撮影画像は、基準画像として、順次、距離計算処理部250に送信される。

【0025】

レーザレーダ測距部120は、光源駆動回路231と、レーザ光源232と、投光レンズ233とを備える。光源駆動回路231は、レーザ信号処理部240からの同期制御信号に基づいて動作し、レーザ光源232に対して変調電流（光源発光信号）を印加する。これにより、レーザ光源232ではレーザ光を出射する。レーザ光源232より出射されたレーザ光は、投光レンズ233を介して外部に出射される。

【0026】

なお、本実施形態では、レーザ光源232として、赤外半導体レーザダイオード（LD：Laser Diode）が用いられ、レーザ光として波長800nm～950nmの近赤外光が出射されるものとする。また、レーザ光源232は、光源駆動回路231により印加された変調電流（光源発光信号）に応じて、パルス状の波形を有するレーザ光を周期的に出射するものとする。更に、レーザ光源232は、数ナノ秒から数百ナノ秒程度の短いパルス幅を有するパルス状のレーザ光を周期的に出射するものとする。

【0027】

レーザ光源232から出射されたパルス状のレーザ光は、投光レンズ233を介して投射ビームとして外部に出射された後、所定の照射位置（所定のオブジェクト）に照射される。なお、レーザ光源232から出射されるレーザ光は、投光レンズ233によって略平行光にコリメートされているため、照射されたオブジェクトにおける照射面積は、予め設定された微小面積に抑えられる。

【0028】

レーザレーダ測距部120は、更に、受光レンズ234と、受光素子235と、受光信号増幅回路236とを備える。所定のオブジェクトに照射されたレーザ光は、一様な方向に散乱する。そして、レーザレーダ測距部120から出射されたレーザ光と同じ光路をたどって反射してくる光成分が、反射光として、受光レンズ234を介して受光素子235に導かれる。

【0029】

本実施形態では、受光素子235として、シリコンPINフォトダイオードやアバランシェフォトダイオードが用いられる。受光素子235は、反射光を光電変換することでレーザ受光信号を生成し、受光信号増幅回路236は、生成されたレーザ受光信号を増幅した後、レーザ信号処理部240に送信する。

【0030】

続いて、制御基板収納部202側の各部の詳細について説明する。レーザ信号処理部240は、算出手段の一例であり、レーザレーダ測距部120より送信されたレーザ受光信号に基づいて、所定のオブジェクトまでの距離を算出し、算出した距離情報を距離計算処理部250に送信する。なお、レーザ信号処理部240では、レーザレーダ測距部120より送信されたレーザ受光信号のうち、距離計算処理部250から送信された処理範囲内のレーザ受光信号を処理することで、所定のオブジェクトまでの距離を算出する。

【0031】

10

20

30

40

50

距離計算処理部 250 は、例えば、FPGA (Field-Programmable gate array) や、ASIC (Application Specific Integrated Circuit) 等の専用の集積回路により構成される。距離計算処理部 250 は、単眼カメラ部 111、112 及びレーザ信号処理部 240 に対して、撮影タイミング及びレーザ光の投受光タイミングを制御するための同期制御信号を出力する。また、距離計算処理部 250 は、レーザ信号処理部 240 に対して、レーザ受光信号を処理する際の処理範囲を通知する。

【0032】

更に、距離計算処理部 250 は、単眼カメラ部 111 より送信された比較画像、単眼カメラ部 112 より送信された基準画像、レーザ信号処理部 240 より送信された距離情報に基づいて、視差画像を生成する。距離計算処理部 250 は、生成した視差画像をメモリ 260 に格納する。

10

【0033】

メモリ 260 は、距離計算処理部 250 にて生成された視差画像を格納する。また、メモリ 260 は、距離計算処理部 250 及び MPU 270 が各種処理を実行する際のワークエリアを提供する。

【0034】

MPU 270 は、制御基板収納部 202 に収納された各部を制御するとともに、メモリ 260 に格納された視差画像を解析する解析処理を行う。

【0035】

< 3. 3次元センサの距離分解能及び空間分解能 >

20

次に、視差演算システム 100 が備える各 3次元センサ (ステレオカメラ部 110、レーザレーダ測距部 120) の距離分解能及び空間分解能について簡単に説明する。

【0036】

図 3、図 4 は、3次元センサの距離分解能及び空間分解能を説明するための図である。このうち、図 3 は、ステレオカメラ部 110 の距離分解能及び空間分解能を説明するための図である。図 3 (a) に示すように、ステレオカメラ部 110 により撮影された撮影画像に基づいて算出される距離情報は、ステレオカメラ部 110 に近い位置ほど、距離分解能が高く、ステレオカメラ部 110 から離れるにつれて、距離分解能が低くなる。

【0037】

このとき、距離情報の距離分解能は、オブジェクトまでの距離には比例せず、図 3 (b) のグラフに示すように、所定の距離 (例えば、25 [m]) 以上離れると、急速に低下する。なお、図 3 (b) において、横軸は、視差 (画素数で示した視差) を表し、縦軸は、オブジェクトまでの距離を表している。図 3 (b) のグラフの場合、グラフの左下にいくほど距離分解能が高くなり、右上にいくほど距離分解能が低くなる。

30

【0038】

つまり、ステレオカメラ部 110 により撮影された撮影画像に基づいて算出される距離情報は、所定の距離以下においては、高い距離分解能を有しているといえる。なお、ステレオカメラ部 110 の場合、距離分解能が高ければ、空間分解能も高くなることから、ステレオカメラ部 110 により撮影された撮影画像に基づいて算出される距離情報は、所定の距離以下においては空間分解能も高いといえる。

40

【0039】

一方、図 4 は、レーザレーダ測距部 120 の距離分解能及び空間分解能を説明するための図である。図 4 (a) に示すように、レーザレーダ測距部 120 により生成されたレーザ受光信号に基づいて算出される距離情報は、レーザレーダ測距部 120 からの距離に関わらず、一定の距離分解能を有する。図 4 (b) のグラフに示すように、レーザ光を出射してから受光するまでの応答時間は、オブジェクトまでの距離に比例し、その傾きは概ね一定となるからである。なお、図 4 (b) において、横軸は、レーザ光を出射してから受光するまでの応答時間を表し、縦軸は、オブジェクトまでの距離を表している。

【0040】

加えて、本実施形態におけるレーザレーダ測距部 120 は、応答時間をナノ秒オーダーで

50

測定する。このため、レーザレーダ測距部 120 により生成されたレーザ受光信号に基づいて算出される距離情報は、オブジェクトまでの距離によらず、いずれの距離においても概ねステレオカメラ部 110 よりも高い距離分解能を有することになる。

【0041】

ただし、レーザレーダ測距部 120 の場合、ステレオカメラ部 110 による撮影と同期してレーザ光を出射するため、ステレオカメラ部 110 による 1 フレームの撮影の間に出射可能なレーザ光の出射範囲には上限がある。このため、レーザレーダ測距部 120 の場合、高い空間分解能を実現することができない。

【0042】

このように、視差演算システム 100 が備える各 3 次元センサは、距離分解能及び空間分解能について、それぞれ異なる特性を有している。このため、視差演算システム 100 において、それぞれの特性を活かすためには、オブジェクトまでの距離が所定の距離以下においては、ステレオカメラ部 110 により撮影された撮影画像に基づいて算出される距離情報を主として利用するのが効果的である。一方、オブジェクトまでの距離が所定の距離を超える場合には、レーザレーダ測距部 120 により生成されたレーザ受光信号に基づいて算出される距離情報を主として利用するのが効果的である。

10

【0043】

< 4 . 視差演算の特性 >

次に、ステレオカメラ部 110 により撮影された撮影画像に基づき、距離計算処理部 250 にて行われる視差演算の特性について説明する。はじめに、距離計算処理部 250 が視差演算を行う際の、基準画像内の演算対象の画素領域である「基準画素領域」と、比較画像内の画素領域について説明する。

20

【0044】

図 5 は、基準画像内の基準画素領域及び比較画像内の画素領域を示す図である。このうち、図 5 ( b ) は、単眼カメラ部 112 より送信された基準画像 520 を示している。基準画像 520 において、画素領域 p は、距離計算処理部 250 が、現在、演算対象としている画素領域である、「基準画素領域」を示している。図 5 ( b ) の例では、座標 ( x 、 y ) により特定される位置の画素領域を基準画素領域 p としている。

【0045】

一方、図 5 ( a ) は、単眼カメラ部 111 より送信された比較画像 510 を示している。比較画像 510 において、画素領域 511 は、基準画像 520 内の基準画素領域 p の x 座標及び y 座標と同じ x 座標及び y 座標を有する比較画像 510 内の画素領域を示している。

30

【0046】

位置 512 は、基準画像 520 において、基準画素領域 p に対応する「対応画素領域」の位置を示している。基準画素領域 p の位置に対応する実空間のオブジェクト ( 図 5 の例では、他車両の側面の一部 ) と、対応画素領域の位置 512 に対応する実空間のオブジェクトとは、実空間内において一致する。ただし、基準画像 520 の撮影位置と比較画像 510 の撮影位置とは、左右方向にずれているため、比較画像 510 上では、位置 512 は、画素領域 511 に対して視差分、左右方向にずれることになる。

40

【0047】

ここで、対応画素領域の位置 512 を精度よく抽出するにあたっては、レーザレーダ測距部 120 により取得される距離情報を利用することが効果的である。基準画素領域 p に対応する位置 ( またはその近傍 ) を照射位置として、レーザレーダ測距部 120 がレーザ光を照射していた場合、当該照射位置について、距離分解能の高い距離情報を取得することができるからである。なお、距離計算処理部 250 にて行われる視差演算は、距離分解能の高い距離情報 ( レーザレーダ測距部 120 により取得される距離情報 ) を組み込むことで精度を向上させることができるという特性を有する。

【0048】

図 5 ( b ) の例において、点 530 は、基準画像 520 が撮影されたタイミングで、レ

50

ーザレーダ測距部 120 により照射されたレーザ光の照射位置を、基準画像 520 に重ねて模式的に示したものである。このような場合、本実施形態における視差演算システム 100 では、基準画素領域 p の視差演算において、点 530 を照射位置とするレーザ受光信号に基づいて算出した距離情報を組み込み、視差演算の精度を向上させる（詳細は後述）。

【0049】

< 5 . レーザ信号処理部により算出される距離情報 >

次に、レーザ信号処理部 240 により算出される距離情報の特性について説明する。上述したとおり、レーザレーダ測距部 120 は、応答時間をナノ秒オーダーで測定できるため、オブジェクトまでの距離によらず、いずれの距離においてもステレオカメラ部 110 より高い距離分解能を有する。

10

【0050】

しかしながら、レーザレーダ測距部 120 のように TOF 方式のレーザレーダ測距装置の場合、オブジェクトまでの距離が長くなると、レーザ受光信号の信号強度が低下する。下式 (1) は、オブジェクトまでの距離 L と、レーザレーダ測距部 120 にて生成されるレーザ受光信号の信号強度  $P_r$  との関係を示す式である。

【0051】

【数 1】

20

$$P_r = \frac{S_{Rcv}}{2\pi L^2} \cdot \eta \cdot \frac{S_{Tgt}}{S_{Snd}} \cdot R_{Tgt} \cdot P_0 \cdot T_{FG} \quad (1)$$

なお、上式 (1) において、 $S_{Rcv}$  は、受光素子 235 の面積を表し、 $\eta$  は、受光素子 235 に集光されるレーザ光のうち、受光素子 235 に入力される割合を表す。また、 $S_{Snd}$  は、オブジェクトにおけるレーザ光の照射面積を表し、 $R_{Tgt}$  は、オブジェクトの反射率を表す。更に、 $P_0$  は、レーザ光源 232 の出力を表し、 $T_{FG}$  は、レーザ光源 232 の光利用効率を表す。

30

【0052】

上式 (1) に示すように、レーザ受光信号の信号強度  $P_r$  は、オブジェクトまでの距離 L の 2 乗に反比例して低下する。このため、レーザ信号処理部 240 においては、所定の距離以下であっても、取得したレーザ受光信号の中から、オブジェクトでの反射を示す信号を検出することが困難な場合がある。このような場合、レーザ信号処理部 240 では、ノイズを誤検出することとなり、正しい距離情報を出力することができない。図 6 を用いて詳細に説明する。

【0053】

図 6 は、レーザレーダ測距部により生成されるレーザ受光信号の一例を示す図であり、横軸は、レーザ光を出射してから受光するまでの応答時間を表し、縦軸は、レーザ受光信号の信号強度を表している。

40

【0054】

このうち、図 6 (a) は、レーザ光が照射されるオブジェクトまでの距離 L が短い場合のレーザ受光信号の一例を示している。図 6 (a) に示すように、レーザ光が照射されるオブジェクトまでの距離 L が短い場合、オブジェクトでの反射を示す信号の信号強度 (611) と、オブジェクト以外での反射を示す信号の信号強度 (612) との差が大きい。このため、オブジェクトでの反射を示す信号を容易に検出することができる。

【0055】

一方、図 6 (b) は、レーザ光が照射されるオブジェクトまでの距離 L が長い場合のレ

50

ーザ受光信号の一例を示している。図6(b)に示すように、レーザ光が照射されるオブジェクトまでの距離Lが長い場合、オブジェクトでの反射を示す信号の信号強度(621)と、オブジェクト以外での反射を示す信号の信号強度(622)との差が小さい。このため、オブジェクトでの反射を示す信号を検出するのは容易ではなく、オブジェクト以外の反射を示す信号を、オブジェクトでの反射を示す信号と誤検出してしまう可能性が高い。この結果、レーザレーダ測距部120の高い距離分解能にも関わらず、レーザ信号処理部240では誤った距離情報を出力することになる。

【0056】

このようなことから、本実施形態に係る視差演算システム100では、レーザ信号処理部240により算出される距離情報を、視差演算に組み込むにあたり、正しい距離情報を組み込むことができるよう、レーザ受光信号の処理範囲を限定する。具体的には、本実施形態に係る視差演算システム100の場合、ステレオカメラ部110により撮影された撮影画像に基づいて算出される距離情報に基づいて、レーザ受光信号の処理範囲を決定する。

10

【0057】

このように、レーザ受光信号の処理範囲を限定することで、本実施形態によれば、オブジェクト以外の反射を示す信号を、オブジェクトでの反射を示す信号と誤検出してしまう可能性を低減させることができる。この結果、距離計算処理部250では、レーザ信号処理部240から出力される正しい距離情報を組み込んで視差演算を行うことが可能となる。

20

【0058】

<6. 距離計算処理部250の機能構成>

次に、距離計算処理部250の機能構成について説明する。図7は、距離計算処理部の機能構成を示す図である。なお、図7では、距離計算処理部の機能構成のうち、視差演算に関する処理を実現するための機能構成についてのみ示し、その他の機能構成(例えば、同期制御信号を送信するための機能等)については省略してある。

【0059】

図7に示すように、視差演算に関する処理を実現するための機能構成として、距離計算処理部250は、処理範囲算出部710と視差画像生成部720とを有する。

【0060】

処理範囲算出部710は、更に、第1コスト算出部711、第1合成コスト算出部712、第1視差演算部713、範囲決定部714を有する。

30

【0061】

また、視差画像生成部720は、更に、第2コスト算出部721、第2合成コスト算出部722、第2視差演算部723を有する。

【0062】

以下、処理範囲算出部710及び視差画像生成部720の各部の詳細について説明する。

【0063】

<7. 処理範囲算出部710の各部の詳細>

はじめに、処理範囲算出部710の各部の詳細について説明する。

40

【0064】

(1) 第1コスト算出部711の機能構成

図8は、第1コスト算出部の機能構成の詳細を示す図である。図8に示すように、第1コスト算出部711は、基準画像取得部801、比較画像取得部802、コストC計算部803を有する。

【0065】

基準画像取得部801は、単眼カメラ部112から基準画像520を取得する。また、取得した基準画像520から、基準画素領域pを抽出する。比較画像取得部802は、単眼カメラ部111から比較画像510を取得する。

50

## 【 0 0 6 6 】

コスト C 計算部 8 0 3 は、基準画素領域 p と比較画像 5 1 0 内の各画素領域との間でコスト C ( p , d ) を算出する。コスト C とは、基準画素領域 p と比較画像 5 1 0 内の各画素領域との間の非類似度を示すパラメータである。

## 【 0 0 6 7 】

図 9 は、コスト C ( p , d ) の算出方法を説明するための図である。図 9 ( a ) に示すように、コスト C 計算部 8 0 3 は、所定範囲 ( 0 ~ D ) でシフト量 d を変化させることで、比較画像 5 1 0 内において画素領域 5 1 1 を順次シフトさせる。そして、コスト C 計算部 8 0 3 は、それぞれのシフト量 d の位置における画素領域 5 1 1 の画素値と、図 9 ( b ) の基準画像 5 2 0 の基準画素領域 p の画素値との非類似度として、コスト C ( p , d ) を算出する。

10

## 【 0 0 6 8 】

なお、コスト C ( p , d ) は、例えば、S A D ( Sum of Absolute Difference ) や S S D ( Sum of Squared Distance ) 等、画素領域間の画素値の差分に基づいて算出する、公知のマッチング方法を用いて算出する。このため、算出されるコスト C ( p , d ) は、基準画素領域 p の画素値と類似するほど低い値となり、類似しないほど高い値となる。

## 【 0 0 6 9 】

コスト C 計算部 8 0 3 は、算出したコスト C ( p , d ) を第 1 合成コスト算出部 7 1 2 に通知する。

## 【 0 0 7 0 】

( 2 ) 第 1 合成コスト算出部 7 1 2 の機能構成

第 1 合成コスト算出部 7 1 2 は、第 1 コスト算出部 7 1 1 より通知された各画素領域のコスト C ( p , d ) を合成することで第 1 合成コスト S を算出し、合成結果を得る。第 1 合成コスト算出部 7 1 2 は、例えば、S G M ( Semi-Global Matching ) 等の処理方法を用いて、複数の第 1 経路コスト  $L_r$  を算出し、それぞれの第 1 経路コスト  $L_r$  を、基準画素領域 p に集約させることで、第 1 合成コスト S を算出する。

20

## 【 0 0 7 1 】

図 1 0 は、第 1 合成コスト算出部の機能構成の詳細を示す図である。図 1 0 に示すように、第 1 合成コスト算出部 7 1 2 は、第 1 経路コスト計算部 1 0 0 1 と、第 1 合成コスト S 計算部 1 0 0 2 とを有する。

30

## 【 0 0 7 2 】

第 1 経路コスト計算部 1 0 0 1 は、第 1 コスト算出部 7 1 1 よりコスト C ( p , d ) を取得すると、下式 ( 2 ) に基づいて、第 1 経路コスト  $L_r ( p , d )$  を算出する。

## 【 0 0 7 3 】

## 【 数 2 】

$$L_r(p,d) = C(p,d) + \min(L_r(p-r,d), L_r(p-r,d-1) + P_1, L_r(p-r,d+1) + P_1, \min_i L_r(p-r,i) + P_2) \quad (2)$$

40

ここで、上式 ( 2 ) は、S G M を用いた経路コスト  $L_r$  の一般的な式である。また、上式 ( 2 ) において  $P_1$ 、 $P_2$  は固定のパラメータである。

## 【 0 0 7 4 】

上式 ( 2 ) のもと、第 1 経路コスト計算部 1 0 0 1 では、基準画素領域 p のコスト C ( p , d ) に、図 1 1 に示されている r 方向の各画素領域における第 1 経路コスト  $L_r$  の最小値を加算することで、第 1 経路コスト  $L_r ( p , d )$  を求める。なお、図 1 1 は、第 1 経路コスト  $L_r ( p , d )$  の算出における r 方向を示す図である。

50

## 【 0 0 7 5 】

図 1 1 に示すように、第 1 経路コスト計算部 1 0 0 1 では、基準画素領域  $p$  の  $r$  方向（例えば、 $r_{135}$  方向）の一番端の画素領域において第 1 経路コスト  $L_r$ （例えば、 $L_{r_{135}}(p-2r, d)$ ）を求める。続いて、第 1 経路コスト計算部 1 0 0 1 では、 $r$  方向に沿って第 1 経路コスト  $L_r$ （ $L_{r_{135}}(p-r, d)$ ）を求める。本実施形態において、第 1 経路コスト計算部 1 0 0 1 は、これらの処理を繰り返すことで得られる第 1 経路コスト  $L_r$ （例えば、 $L_{r_{135}}(p, d)$ ）を、8 方向について算出し、第 1 経路コスト  $L_{r_0}(p, d) \sim L_{r_{315}}(p, d)$  を得る。

## 【 0 0 7 6 】

第 1 合成コスト  $S$  計算部 1 0 0 2 は、第 1 経路コスト計算部 1 0 0 1 において求めた 8 方向の第 1 経路コスト  $L_{r_0}(p, d) \sim L_{r_{315}}(p, d)$  に基づいて、下式 (3) により第 1 合成コスト  $S(p, d)$  を算出する。

10

## 【 0 0 7 7 】

## 【 数 3 】

$$S(p, d) = \sum_r L_r(p, d) \quad (3)$$

20

第 1 合成コスト  $S$  計算部 1 0 0 2 は、算出した第 1 合成コスト  $S(p, d)$  を、第 1 視差演算部 7 1 3 に通知する。

## 【 0 0 7 8 】

(3) 第 1 視差演算部 7 1 3 の機能

第 1 視差演算部 7 1 3 は、第 1 合成コスト算出部 7 1 2 により算出された第 1 合成コスト  $S(p, d)$  に基づいて、基準画素領域  $p$  に対応する比較画像 5 1 0 内の対応画素領域を抽出し、基準画素領域  $p$  の視差を演算する。

30

## 【 0 0 7 9 】

なお、第 1 コスト算出部 7 1 1 及び第 1 合成コスト算出部 7 1 2 は、基準画像 5 2 0 内の他の基準画素領域についても同様の処理を行う。そして、第 1 視差演算部 7 1 3 では、各基準画素領域について、それぞれの視差（第 1 視差）を演算し、演算結果を範囲決定部 7 1 4 に通知する。

## 【 0 0 8 0 】

(4) 範囲決定部 7 1 4 の機能

範囲決定部 7 1 4 は、第 1 視差演算部 7 1 3 より通知された視差（第 1 視差）の演算結果のうち、基準画素領域  $p$  及びその周辺の画素領域の視差を抽出し、処理範囲を決定する。図 1 2 を参照しながら、具体的に説明する。

40

## 【 0 0 8 1 】

図 1 2 は、範囲決定部による処理範囲の決定方法を説明するための図であり、基準画像 5 2 0 のうち、レーザレーダ測距部 1 2 0 によりレーザ光が照射された照射位置（点 5 3 0）及びその周辺の画素領域を示している。

## 【 0 0 8 2 】

図 1 2 に示すように、基準画像 5 2 0 のうち、点 5 3 0 の座標  $(x_1, y_1)$  により特定される位置に対応する実空間のオブジェクトにレーザ光が照射されたとする。なお、座標  $(x_1, y_1)$  は、基準画素領域  $p$  の座標  $(x, y)$  と一致していてもよいし、多少ずれていてもよい。

## 【 0 0 8 3 】

このような場合、範囲決定部 7 1 4 では、照射位置  $(x_1, y_1)$  を中心として、横方

50

向に  $\pm 1/2$  a 画素分、縦方向に  $\pm b$  画素分の画素領域を抽出する。

【0084】

範囲決定部 714 は、更に、第 1 視差演算部 713 において演算されたそれぞれの視差のうち、抽出した画素領域について演算された視差を抽出する。なお、図 12 の例は、紙面の都合上、範囲決定部 714 が抽出した画素領域について演算された視差のうち、左上の画素領域、右上の画素領域、左下の画素領域、右下の画素領域についてそれぞれ演算された視差のみを示している。

【0085】

範囲決定部 714 は、更に、抽出した視差の中から、演算頻度が最大の視差を抽出する。

10

【0086】

そして、範囲決定部 714 は、決定手段として機能することで、演算頻度が最大の視差  $\pm 1$  画素に相当する距離を、レーザ信号処理部 240 がレーザ受光信号を処理する際の処理範囲として決定する。

【0087】

具体的には、範囲決定部 714 は、抽出した視差のうち、演算頻度が最大の視差 + 1 画素に相当する最小距離から、演算頻度が最大の視差 - 1 画素に相当する最大距離までの範囲を、レーザ受光信号を処理する際の処理範囲に決定する。

【0088】

更に、範囲決定部 714 は、決定した処理範囲をレーザ信号処理部 240 に通知する。これにより、レーザ信号処理部 240 は、レーザ受光信号のうち、通知された処理範囲を対象として、オブジェクトでの反射を示す信号を検出し、例えば、点 530 の距離情報を算出する。なお、レーザ信号処理部 240 は、通知された処理範囲を規定する最小距離と最大距離とをそれぞれ光速で除算することで時間範囲に変換した処理範囲を対象として、オブジェクトでの反射を示す信号を検出する。

20

【0089】

図 13 は、範囲決定部により決定された処理範囲を示す図である。図 13 において、横軸は、レーザ光を出射してから受光するまでの応答時間を表し、縦軸は、レーザ受光信号の信号強度を表している。図 13 において、処理範囲 1310、1320 は、範囲決定部 714 により決定された処理範囲（時間範囲に変換した処理範囲）である。

30

【0090】

なお、図 13 (a) は、レーザ光が照射されるオブジェクトまでの距離 L が短い場合のレーザ受光信号の一例を示している。図 13 (a) に示すように、レーザ光が照射されるオブジェクトまでの距離 L が短い場合、処理範囲 1310 において、オブジェクトでの反射を示す信号の信号強度 (611) と、オブジェクト以外での反射を示す信号の信号強度 (1312) との差は更に大きくなる。このため、オブジェクトでの反射を示す信号の検出が更に容易になる。

【0091】

また、図 13 (b) は、レーザ光が照射されるオブジェクトまでの距離 L が長い場合のレーザ受光信号の一例を示している。図 13 (b) に示すように、レーザ光が照射されるオブジェクトまでの距離 L が長い場合であっても（例えば、点 530 についても）、処理範囲 1320 によれば、信号強度 (621) と信号強度 (1322) との差を大きくすることができる。つまり、オブジェクトでの反射を示す信号の信号強度と、オブジェクト以外での反射を示す信号の信号強度との差を大きくすることができる。このため、オブジェクトでの反射を示す信号を容易に検出することが可能となり、オブジェクト以外での反射を示す信号を、オブジェクトでの反射を示す信号と誤検出してしまいう可能性を低減させることができる。

40

【0092】

なお、上記説明では、範囲決定部 714 が抽出した視差のうち、演算頻度が最大の視差  $\pm 1$  画素に相当とする距離を処理範囲に決定する場合について説明したが、処理範囲の決

50

定方法はこれに限定されない。例えば、範囲決定部 714 は、下式(4)に基づいて算出される視差に相当する距離を処理範囲を決定するようにしてもよい。

【0093】

【数4】

$$[d_{\min}, d_{\max}] = d_{\text{mode}} \pm w \sqrt{\frac{1}{n'} \sum_{i=1}^{n'} (d'_i - d_{\text{mode}})^2} \quad (4)$$

10

上式(4)において、 $d_{\text{mode}}$  は、基準画素領域  $p$  及びその周辺の画素領域について演算された視差のうち、演算頻度が最大の視差である。 $w$  は、演算頻度が最大の視差から、標準偏差に対して、どれくらいの幅をもたせるかを示す係数である。 $n'$  は、基準画素領域  $p$  及びその周辺の画素領域について演算された整数の視差のうち、演算頻度が最大の視差に対して、 $\pm 1$  画素以内に入っている視差の数を表している。 $d'_i$  は、基準画素領域  $p$  及びその周辺の画素領域について演算された整数の視差のうち、演算頻度が最大の視差に対して、 $\pm 1$  画素以内に入っている視差を表している。

20

【0094】

上式(4)によれば、視差のばらつきが大きい場合に、処理範囲を広くし、視差のばらつきが小さい場合に、処理範囲を狭くすることができる。

【0095】

< 8 . 視差画像生成部 720 の各部の詳細 >

続いて、視差画像生成部 720 の各部の詳細について説明する。

【0096】

(1) 第2コスト算出部 721 の機能構成

図14は、第2コスト算出部の機能構成の詳細を示す図である。図14に示すように、第2コスト算出部 721 は、基準画像取得部 1401、比較画像取得部 1402、コストC計算部 1403、コストC調整部 1404を有する。また、第2コスト算出部 721 は、距離情報取得部 1411、コストC<sub>1</sub>計算部 1412、重み付け加算部 1420を有する。

30

【0097】

基準画像取得部 1401 は、単眼カメラ部 112 から基準画像 520 を取得する。また、取得した基準画像 520 から、基準画素領域  $p$  を抽出する。比較画像取得部 1402 は、単眼カメラ部 111 から比較画像 510 を取得する。

【0098】

コストC計算部 1403 は、基準画素領域  $p$  のコスト  $C(p, d)$  を算出する。なお、コスト  $C(p, d)$  の算出方法は、図9を用いて説明済みであるため、ここでは、コスト  $C(p, d)$  の算出方法の説明を省略する。

40

【0099】

コストC調整部 1404 は、コストC計算部 1403 により算出された基準画素領域  $p$  のコスト  $C(p, d)$  を、信頼度に基づいて調整する。コストC調整部 1404 は、下式(5)を用いて調整することで、調整後のコスト  $C'(p, d)$  を得る。

【0100】

【数5】

$$C'(p, d) = \left( (1 - Q(p))C(p, d) + Q(p) \sum_{k \in D} \frac{C(p, k)}{|D|} \right) \quad (5)$$

ここで、 $D$ は、シフト量の最大値を表している。 $k$ はシフト量のカウンタ値を表している。また、 $Q(p)$ は、基準画素領域 $p$ のコスト $C(p, d)$ の信頼度を示している。信頼度 $Q(p)$ は、例えば、下式(6)を用いて算出される。

【0101】

【数6】

$$Q(p) = \frac{C_{\min 2}}{C_{\min 1}} \quad (6)$$

20

ここで、 $C_{\min 1}$ 、 $C_{\min 2}$ は、所定範囲(0~ $D$ )でシフト量 $d$ を変化させることで算出されたそれぞれのコスト $C(p, d)$ のうち、最も低いコストと2番目に低いコストを表している。なお、上式(6)に基づいて算出される信頼度 $Q(p)$ は、 $C_{\min 1}$ 、 $C_{\min 2}$ に基づいて算出した値を、0~1.0未満に正規化し、信頼度が高いほど1.0に近づくよう補正したうえで、上式(5)に用いられるものとする。

【0102】

コスト $C$ 調整部1404により調整された調整後のコスト $C'(p, d)$ は、例えば、基準画素領域 $p$ がテクスチャが少ない領域(隣り合う画素領域間の画素値の変化が少ない領域)にあり、信頼度 $Q(p)$ が低い場合には、より大きな値となる。

【0103】

距離情報取得部1411は、レーザ信号処理部240より距離情報を取得する。レーザ信号処理部240より取得する距離情報は、処理範囲を限定したことで誤検出の可能性が低減された距離情報である。ここでは、レーザ信号処理部240より取得した距離情報を、 $Z_1$ とおく。距離情報取得部1411は、取得した距離情報 $Z_1$ をコスト $C_1$ 計算部1412に通知する。

【0104】

コスト $C_1$ 計算部1412は、距離情報取得部1411より通知された距離情報 $Z_1$ に基づいて、コスト $C_1$ を算出する。コスト $C_1$ とは、取得した距離情報 $Z_1$ に基づいて導出される位置にある比較画像510内の画素領域と、基準画素領域 $p$ との非類似度を示すパラメータである。

【0105】

具体的には、コスト $C_1$ 計算部1412では、まず、距離情報 $Z_1$ に基づいて、下式(7)を用いてシフト量 $d_1$ を算出する。これにより、距離情報 $Z_1$ に基づいて導出される位置にある比較画像510内の画素領域が抽出される。

【0106】

【数 7】

$$d_l = \frac{Bf}{Z_l} \quad (7)$$

上式(7)において、Bは、カメラレンズ211とカメラレンズ221との間の基線長である。fは、カメラレンズ211、カメラレンズ221の焦点距離である。 10

【0107】

コストC<sub>1</sub>計算部1412は、続いて、シフト量d<sub>1</sub>におけるコストC<sub>1</sub>(p, d<sub>1</sub>)を算出する。上述したコストC(p, d)の算出と同様に、コストC<sub>1</sub>計算部1412では、シフト量d<sub>1</sub>の位置における画素領域511の画素値と基準画素領域pの画素値との非類似度として、コストC<sub>1</sub>(p, d<sub>1</sub>)を算出する。

【0108】

重み付け加算部1420は、コストC調整部1404において調整された調整後のコストC'(p, d)と、コストC<sub>1</sub>計算部1412において算出されたコストC<sub>1</sub>(p, d<sub>1</sub>)とを用いて、下式(8)に基づいて重み付け加算し、重み付けコストを算出する。 20

【0109】

【数 8】

$$\hat{C}(p, d) = w_d \left( (1 - Q(p))C(p, d) + Q(p) \sum_{k \in D} \frac{C(p, k)}{|D|} \right) + (1 - w_d)C_l(p, d_l) \quad (8)$$

30

ここで、w<sub>d</sub>は、コストC調整部1404により調整された調整後のコストC'(p, d)と、コストC<sub>1</sub>計算部1412により算出されたコストC<sub>1</sub>(p, d<sub>1</sub>)のいずれを優先するかを示す重み係数である。コストC調整部1404により調整された調整後のコストC'(p, d)を優先させる場合には、w<sub>d</sub>の値を大きくする。一方、コストC<sub>1</sub>計算部1412により算出されたコストC<sub>1</sub>(p, d<sub>1</sub>)を優先させる場合には、w<sub>d</sub>の値を小さくする。

【0110】

具体的には、シフト量d = d<sub>1</sub>の場合、w<sub>d</sub>の値を大きくする。これにより、比較画像510内の画素領域511のうち、シフト量d = d<sub>1</sub>の画素領域の重み付けコストをより大きくすることができる。なお、調整後のコストC'(p, d)は、例えば、テクスチャが少ない領域等においてより大きな値となっており、w<sub>d</sub>の値を大きくして調整後のコストC'(p, d)を優先させることで、シフト量d = d<sub>1</sub>の画素領域の重み付けコストはより大きな値となる。 40

【0111】

一方、シフト量d = d<sub>1</sub>の場合、w<sub>d</sub>の値を小さくする。これにより、比較画像510内の画素領域511のうち、シフト量d = d<sub>1</sub>の画素領域の重み付けコストをより小さくすることができる。なお、コストC<sub>1</sub>計算部1412により算出されたコストC<sub>1</sub>(p, d<sub>1</sub>)は、コストC調整部1404により算出された調整後のコストC'(p, d)よりも小さい値となっている。このため、w<sub>d</sub>の値を小さくしてコストC<sub>1</sub>計算部1412により算出されたコストC<sub>1</sub>(p, d<sub>1</sub>)を優先させることで、シフト量d = d<sub>1</sub>の画素領 50

域の重み付けコストはより小さな値となる。

【 0 1 1 2 】

つまり、上式 ( 8 ) によれば、シフト量  $d = d_1$  の画素領域とそれ以外の画素領域との間のコストの差を、重み付けコストとして、より顕在化させることができる。

【 0 1 1 3 】

この結果、第 2 合成コスト算出部 7 2 2 により算出される第 2 合成コスト  $S'$  から対応画素領域を抽出する際に、比較画像 5 1 0 内の  $d = d_1$  の画素領域が抽出しやすくなる。つまり、基準画素領域  $p$  に対応する対応画素領域の位置 5 1 2 を精度よく抽出することが可能となる。

【 0 1 1 4 】

なお、上式 ( 8 ) において、 $w_d$  の値は、固定値であってもよいし、距離情報  $Z_1$  の値に応じて変更してもよい。あるいは、周囲環境に応じて ( 例えば、日中か夜間かに応じて ) 変更するように構成してもよい。

【 0 1 1 5 】

重み付け加算部 1 4 2 0 は、上式 ( 8 ) に基づいて算出した重み付けコストを、第 2 合成コスト算出部 7 2 2 に通知する。

【 0 1 1 6 】

( 2 ) 第 2 合成コスト算出部 7 2 2 の機能構成

第 2 合成コスト算出部 7 2 2 は、第 2 コスト算出部 7 2 1 より通知された各画素領域の重み付けコストを合成することで第 2 合成コスト  $S'$  を算出し、合成結果を得る。第 2 合成コスト算出部 7 2 2 は、例えば、SGM ( Semi-Global Matching ) 等の処理方法を用いて、複数の第 2 経路コスト  $L_r'$  を算出し、それぞれの第 2 経路コスト  $L_r'$  を、基準画素領域  $p$  に集約させることで、第 2 合成コスト  $S'$  を算出する。

【 0 1 1 7 】

図 1 5 は、第 2 合成コスト算出部の機能構成の詳細を示す図である。図 1 5 に示すように、第 2 合成コスト算出部 7 2 2 は、第 2 経路コスト計算部 1 5 0 1 と、第 2 合成コスト  $S'$  計算部 1 5 0 2 とを有する。

【 0 1 1 8 】

第 2 経路コスト計算部 1 5 0 1 は、重み付け加算部 1 4 2 0 より重み付けコストを取得すると、下式 ( 9 ) に基づいて、第 2 経路コスト  $L_r' ( p , d )$  を算出する。

【 0 1 1 9 】

【 数 9 】

$$L_r'(p,d) = \hat{C}(p,d) + \min(L_r'(p-r,d), L_r'(p-r,d-1)+P_1, L_r'(p-r,d+1)+P_1, \min_i L_r'(p-r,i)+P_2)$$

(9)

ここで、上式 ( 9 ) は、SGM を用いた経路コストの一般的な式において、コスト  $C ( p , d )$  を、重み付けコストに置き換えたものである。また、上式 ( 9 ) において  $P_1$ 、 $P_2$  は固定のパラメータである。

【 0 1 2 0 】

上式 ( 9 ) のもと、第 2 経路コスト計算部 1 5 0 1 では、基準画素領域  $p$  の重み付けコストに、 $r$  方向の各画素領域における第 2 経路コスト  $L_r'$  の最小値を加算することで、 $r$  方向の第 2 経路コスト  $L_r' ( p , d )$  を求める。なお、第 2 経路コスト計算部 1 5 0 1 では、 $r_0 \sim r_{315}$  方向それぞれについて、第 2 経路コストを算出することで、第 2 経路コスト  $L_{r_0}' ( p , d ) \sim L_{r_{315}}' ( p , d )$  を得る。

10

20

30

40

50

【 0 1 2 1 】

第 2 合成コスト  $S'$  計算部 1 5 0 2 は、第 2 経路コスト計算部 1 5 0 1 において求めた 8 方向の第 2 経路コスト  $L_{r_0'}(p, d) \sim L_{r_{315'}}(p, d)$  に基づいて、下式 (10) により第 2 合成コスト  $S'(p, d)$  を算出する。

【 0 1 2 2 】

【 数 1 0 】

$$S'(p, d) = \sum_r L_r'(p, d) \quad (10)$$

10

第 2 合成コスト  $S'$  計算部 1 5 0 2 は、算出した第 2 合成コスト  $S'(p, d)$  を、第 2 視差演算部 7 2 3 に通知する。

【 0 1 2 3 】

( 3 ) 第 2 視差演算部 7 2 3 の処理

第 2 視差演算部 7 2 3 は、再演算手段の一例であり、第 2 合成コスト算出部 7 2 2 により算出された第 2 合成コスト  $S'$  に基づいて、基準画素領域  $p$  に対応する比較画像 5 1 0 内の対応画素領域を抽出し、基準画素領域  $p$  の視差を再演算する。

20

【 0 1 2 4 】

図 1 6 は、基準画素領域  $p$  における第 2 合成コスト  $S'$  の算出結果を示す図である。第 2 視差演算部 7 2 3 は、所定範囲 ( 0 ~  $D$  ) において、第 2 合成コスト  $S'(p, d)$  が最小となるシフト量  $d_{min}$  を算出することで、比較画像 5 1 0 より対応画素領域を抽出する。これにより、第 2 視差演算部 7 2 3 では、抽出した対応画素領域と基準画素領域との視差 ( 第 2 視差 ) として、シフト量  $d_{min}$  を取得できる。

【 0 1 2 5 】

なお、第 2 視差演算部 7 2 3 は、基準画像 5 2 0 内の他の基準画素領域についても同様の処理を行い視差 ( 第 2 視差 ) の再演算結果を取得することで、視差画像を生成し、生成した視差画像をメモリ 2 6 0 に格納する。

30

【 0 1 2 6 】

< 9 . 距離計算処理部 2 5 0 による視差画像生成処理 >

次に、距離計算処理部 2 5 0 による視差画像生成処理の流れについて説明する。図 1 7 は、距離計算処理部による視差画像生成処理の流れを示すフローチャートである。なお、図 1 7 に示すフローチャートは、レーザレーダ測距部 1 2 0 によりレーザ光が照射された照射位置に対応する 1 の基準画素領域  $p$  についての視差を演算する処理を示したものである。したがって、視差画像の生成にあたり、距離計算処理部 2 5 0 は同様の各基準画素領域について図 1 7 に示すフローチャートを実行する。

【 0 1 2 7 】

40

ステップ  $S 1 7 0 1$  において、基準画像取得部 8 0 1 は、基準画像 5 2 0 を取得し、基準画素領域  $p$  を抽出する。

【 0 1 2 8 】

ステップ  $S 1 7 0 2$  において、コスト  $C$  計算部 8 0 3 は、比較画像取得部 8 0 2 にて取得された比較画像 5 1 0 内のシフト量  $d$  の位置における画素領域 5 1 1 の画素値と、基準画素領域  $p$  の画素値とに基づいて、コスト  $C(p, d)$  を算出する。

【 0 1 2 9 】

ステップ  $S 1 7 0 3$  において、第 1 経路コスト計算部 1 0 0 1 は、コスト  $C(p, d)$  に基づいて、各第 1 経路コスト  $L_r(p, d)$  を算出する。

【 0 1 3 0 】

50

ステップS 1704において、第1合成コストS計算部1002は、各第1経路コスト $L_r(p, d)$ に基づいて、第1合成コスト $S(p, d)$ を算出する。

【0131】

ステップS 1705において、第1視差演算部713は、第1合成コスト $S(p, d)$ が最小となるシフト量を算出する。これにより、第1視差演算部713は、比較画像510より対応画素領域を抽出するとともに、抽出した対応画素領域と基準画素領域 $p$ との視差(第1視差)の演算結果を取得する。

【0132】

ステップS 1706において、範囲決定部714は、レーザ信号処理部240が、レーザ受光信号を処理する際の処理範囲を、視差の演算結果に基づいて決定する。また、範囲決定部714は、決定した処理範囲を、レーザ信号処理部240に通知する。これにより、レーザ信号処理部240は、オブジェクトでの反射を示す信号を検出し、距離情報 $Z_1$ を算出する。

10

【0133】

ステップS 1707において、コストC計算部1403は、比較画像取得部1402にて取得された比較画像510内のシフト量 $d$ の位置における画素領域511の画素値と、基準画素領域 $p$ の画素値とに基づいて、コスト $C(p, d)$ を算出する。

【0134】

ステップS 1708において、コストC調整部1404は、算出されたコスト $C(p, d)$ を信頼度 $Q(p)$ に基づいて調整し、調整後のコスト $C'(p, d)$ を算出する。

20

【0135】

ステップS 1709において、距離情報取得部1411は、基準画素領域 $p$ の位置に対応する実空間のオブジェクトまでの距離を示す距離情報 $Z_1$ を、レーザ信号処理部240より取得する。

【0136】

ステップS 1710において、コスト $C_1$ 計算部1412は、距離情報取得部1411において取得された距離情報 $Z_1$ に基づいて、コスト $C_1$ を算出する。

【0137】

ステップS 1711において、重み付け加算部1420は、コストC調整部1404において調整された調整後のコスト $C'(p, d)$ と、コスト $C_1$ 計算部1412において算出されたコスト $C_1(p, d)$ とを重み付け加算し、重み付けコストを算出する。

30

【0138】

ステップS 1712において、第2経路コスト計算部1501は、重み付けコストを用いて各第2経路コスト $L_r'(p, d)$ を算出する。

【0139】

ステップS 1713において、第2合成コスト $S'$ 計算部1502は、各第2経路コスト $L_r'(p, d)$ に基づいて、第2合成コスト $S'(p, d)$ を算出する。

【0140】

ステップS 1714において、第2視差演算部723は、第2合成コスト $S'(p, d)$ が最小となるシフト量( $d_{min}$ )を算出することで、比較画像510より対応画素領域を抽出する。これにより、第2視差演算部723は、抽出した対応画素領域と基準画素領域 $p$ との視差(第2視差)の再演算結果を取得する。

40

【0141】

< 10.まとめ >

以上の説明から明らかなように、本実施形態における視差演算システム100は、  
・基準画素領域 $p$ の位置に対応する実空間のオブジェクトに、レーザ光を照射することで生成されたレーザ受光信号を取得する。

・基準画素領域 $p$ のコスト $C$ を算出し、算出したコスト $C$ を合成することで算出した第1合成コスト $S$ に基づいて、基準画素領域 $p$ における視差を演算する。

・レーザ受光信号のうち、基準画素領域 $p$ における視差に基づいて算出した処理範囲を対

50

象に処理を行い、オブジェクトでの反射を示す信号を検出することで、オブジェクトまでの距離を算出する。

【0142】

これにより、本実施形態によれば、視差演算システムに用いるレーザレーダ測距部において、ノイズの誤検出を低減させ、測距精度を向上させることができる。

【0143】

更に、本実施形態における視差演算システム100は、

- ・基準画素領域pの位置に対応する実空間のオブジェクトまでの距離情報として、レーザレーダ測距部により算出された距離情報 $Z_1$ を取得する。
- ・取得した距離情報 $Z_1$ に対応するシフト量 $d_1$ に基づいて、コスト $C_1$ を算出する。
- ・基準画素領域pのコストCを信頼度に基づいて調整した調整後のコスト $C'$ と、距離情報 $Z_1$ に基づいて算出したコスト $C_1$ とを重み係数 $w_d$ を用いて重み付け加算し、重み付けコストを算出する。
- ・算出した重み付けコストを合成することで第2合成コスト $S'$ を算出する。
- ・算出した第2合成コスト $S'$ に基づいて、基準画素領域pに対応する比較画像内の対応画素領域を抽出し、基準画素領域pにおける視差を再演算する。

10

【0144】

これにより、レーザレーダ測距部により算出された距離情報に基づいて導出される位置にある比較画像内の画素領域について、他の画素領域よりも低い重み付けコストを算出することが可能となる。この結果、当該重み付けコストを合成した第2合成コストを用いれば、対応画素領域を抽出する際に、当該画素領域が対応画素領域として抽出しやすくなる。

20

【0145】

つまり、本実施形態における視差演算システム100によれば、対応画素領域を精度よく抽出することが可能となり、精度の高い視差演算を行うことが可能となる。

【0146】

[他の実施形態]

上記実施形態では、画素領域についてコストCを算出する場合について説明したが、コストCの算出は、1画素ごとに行うように構成してもよい。この場合、第1コスト算出部711及び第2コスト算出部721では、基準画像520から基準画素を抽出し、比較画像510の各画素との間でコストCを算出することになる。つまり、上記実施形態に記載の"画素領域"には、1または複数の画素が含まれるものとする。

30

【0147】

また、上記実施形態では、ステレオカメラ部110とレーザレーダ測距部120とが一体的に構成される場合について示したが、ステレオカメラ部110とレーザレーダ測距部120とは、別体により構成されてもよい。

【0148】

また、上記実施形態では、視差演算システム100に、3次元センサ(ステレオカメラ部110、レーザレーダ測距部120)と、制御基板収納部202とが含まれるものとして説明した。しかしながら、視差演算システム100には、3次元センサが含まれていなくてもよく、少なくとも、制御基板収納部202においてレーザ信号処理部240及び距離計算処理部250を実現する基板が含まれていればよい。

40

【0149】

また、上記実施形態では、レーザ信号処理部240、距離計算処理部250が、専用の集積回路により構成されるものとして説明した。しかしながら、例えば、レーザ信号処理部240、距離計算処理部250の機能を実現するソフトウェアのプログラムコードが記録された記憶媒体を、視差演算システム100に供給する構成としてもよい。かかる構成の場合、視差演算システム100のコンピュータが記憶媒体に記録されたプログラムコードを読み出して実行することにより、レーザ信号処理部240、距離計算処理部250の機能が実現されることになる。

50

## 【 0 1 5 0 】

また、上記実施形態では、視差演算システム 1 0 0 として、レーザレーダ測距部 1 2 0 を組み込み、レーザレーダ測距部 1 2 0 より照射されたレーザ光の反射光から、レーザ光の照射位置までの距離情報を取得する構成とした。しかしながら、レーザレーダ測距装置以外の電磁波測距装置を組み込み、レーザレーダ測距装置以外の電磁波測距装置より照射された電磁波の反射波から、電磁波の照射位置までの距離情報を取得する構成としてもよい。

## 【 0 1 5 1 】

また、上記実施形態では、レーザ信号処理部 2 4 0 により算出された距離情報を、距離計算処理部 2 5 0 に入力し、視差の再演算に用いるものとして説明したが、視差の再演算以外の用途に用いてもよい。

10

## 【 0 1 5 2 】

また、上記実施形態では、視差演算システム 1 0 0 を車両 1 4 0 に取り付ける場合について説明した。しかしながら、視差演算システム 1 0 0 の取り付け先は車両 1 4 0 に限定されず、バイク、自転車、車椅子、農業用の耕運機等であってもよい。あるいは、ロボット等の移動体であってもよい。あるいは、F A (Factory Automation) において固定設置される工業用ロボット等であってもよい。

## 【 0 1 5 3 】

なお、上記実施形態に挙げた構成等に、その他の要素との組み合わせなど、ここで示した構成に本発明が限定されるものではない。これらの点に関しては、本発明の趣旨を逸脱しない範囲で変更することが可能であり、その応用形態に応じて適切に定めることができる。

20

## 【 符号の説明 】

## 【 0 1 5 4 】

1 0 0	: 視差演算システム	
1 1 0	: ステレオカメラ部	
1 1 1、1 1 2	: 単眼カメラ部	
1 2 0	: レーザレーダ測距部	
2 5 0	: 距離計算処理部	
5 1 0	: 比較画像	30
5 1 1	: 画素領域	
5 2 0	: 基準画像	
7 1 0	: 処理範囲算出部	
7 1 1	: 第 1 コスト算出部	
7 1 2	: 第 1 合成コスト算出部	
7 1 3	: 第 1 視差演算部	
7 1 4	: 範囲決定部	
7 2 0	: 視差画像生成部	
7 2 1	: 第 2 コスト算出部	
7 2 2	: 第 2 合成コスト算出部	40
7 2 3	: 第 2 視差演算部	
8 0 1	: 基準画像取得部	
8 0 2	: 比較画像取得部	
8 0 3	: コスト C 計算部	
1 0 0 1	: 第 1 経路コスト計算部	
1 0 0 2	: 第 1 合成コスト S 計算部	
1 3 1 0	: 処理範囲	
1 3 2 0	: 処理範囲	
1 4 0 1	: 基準画像取得部	
1 4 0 2	: 比較画像取得部	50

- 1 4 0 3 : コスト C 計算部
- 1 4 0 4 : コスト C 調整部
- 1 4 1 1 : 距離情報取得部
- 1 4 1 2 : コスト C<sub>1</sub> 計算部
- 1 4 2 0 : 重み付け加算部
- 1 5 0 1 : 第 2 経路コスト計算部
- 1 5 0 2 : 第 2 合成コスト S' 計算部

【先行技術文献】

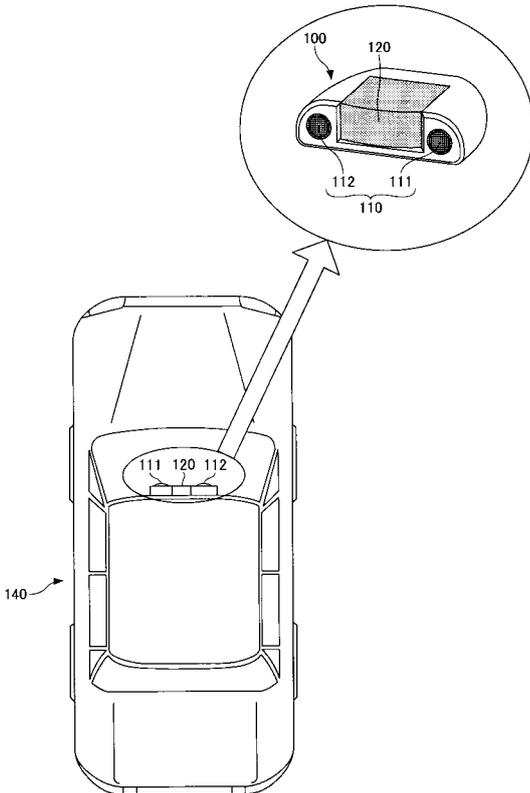
【特許文献】

【0155】

【特許文献1】特開2016-011939号公報

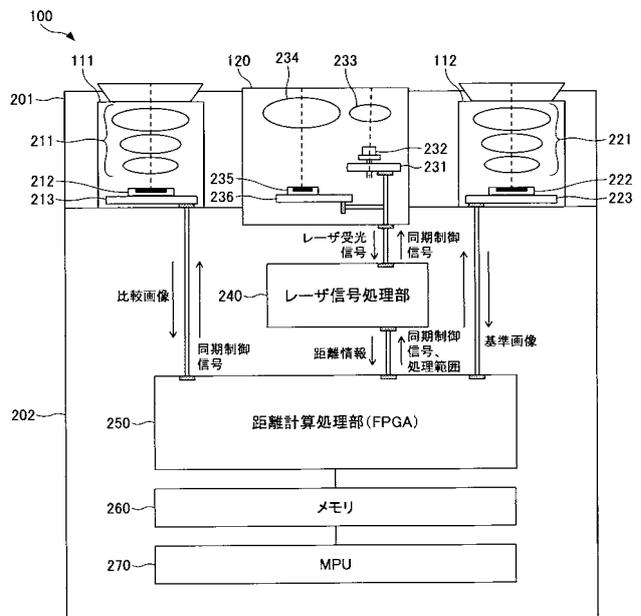
【図1】

視差演算システムの外観構成及び取り付け例を示す図



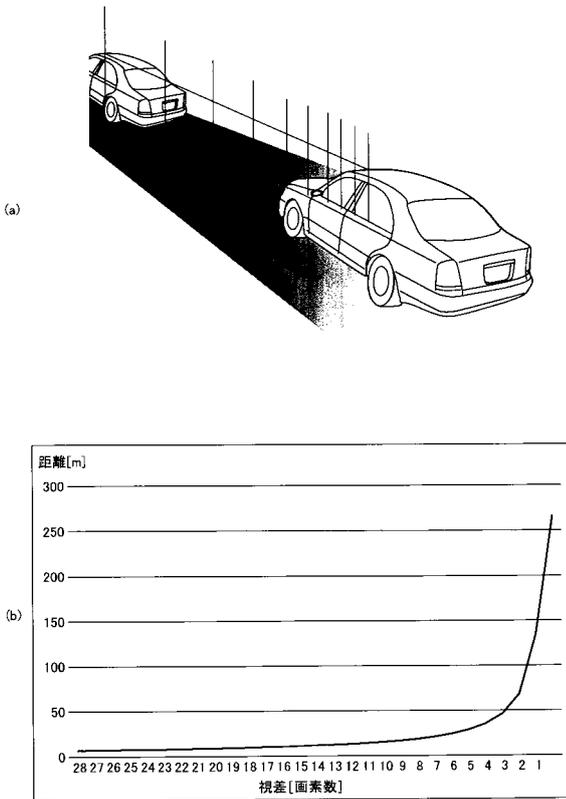
【図2】

視差演算システムのハードウェア構成の一例を示す図



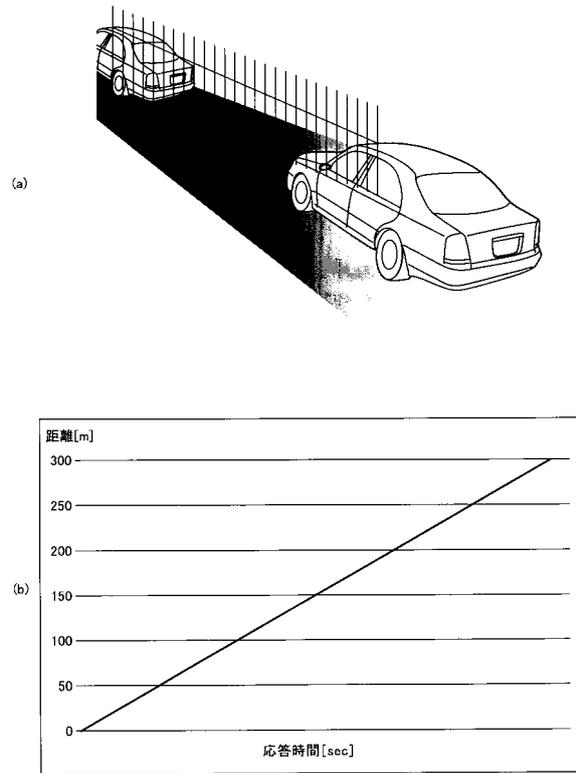
【 図 3 】

3次元センサの距離分解能及び空間分解能を説明するための図



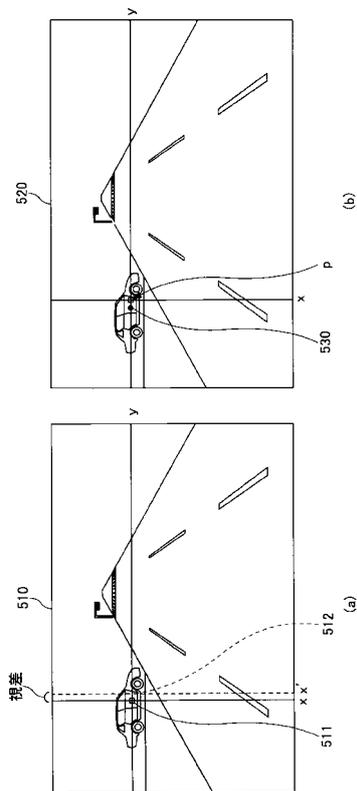
【 図 4 】

3次元センサの距離分解能及び空間分解能を説明するための図



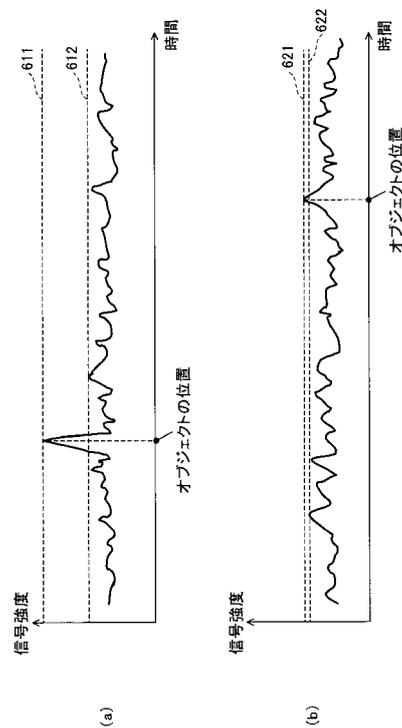
【 図 5 】

基準画像内の基準画素領域及び比較画像内の画素領域を示す図



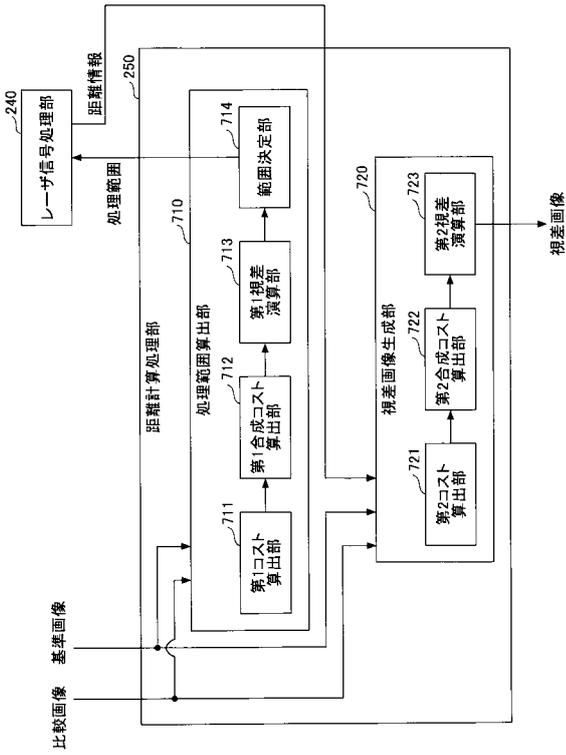
【 図 6 】

レーザレーダ測距部により生成されるレーザ受光信号の一例を示す図



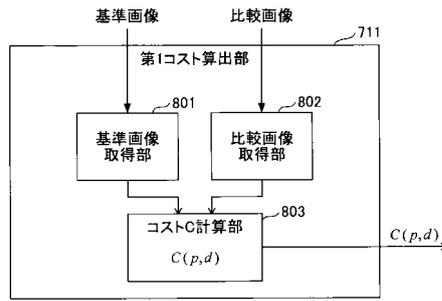
【 図 7 】

距離計算処理部の機能構成を示す図



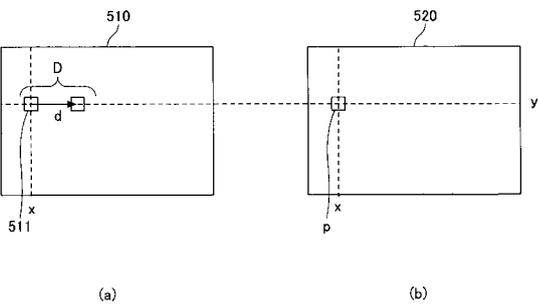
【 図 8 】

第1コスト算出部の機能構成の詳細を示す図



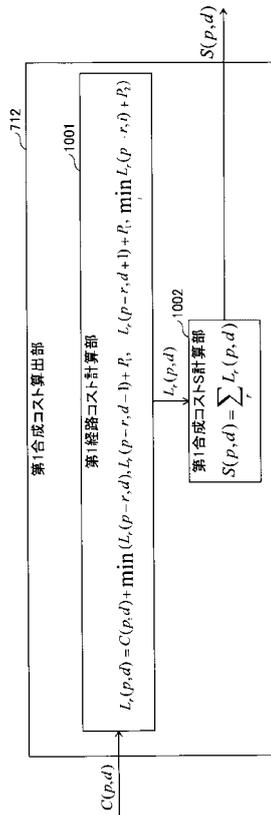
【 図 9 】

コストC(p, d)の算出方法を説明するための図



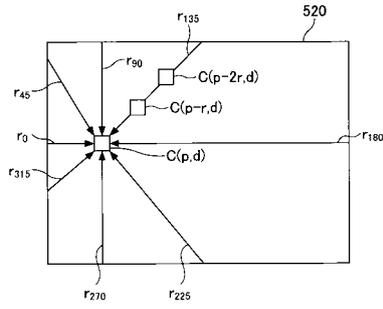
【 図 10 】

第1合成コスト算出部の機能構成の詳細を示す図



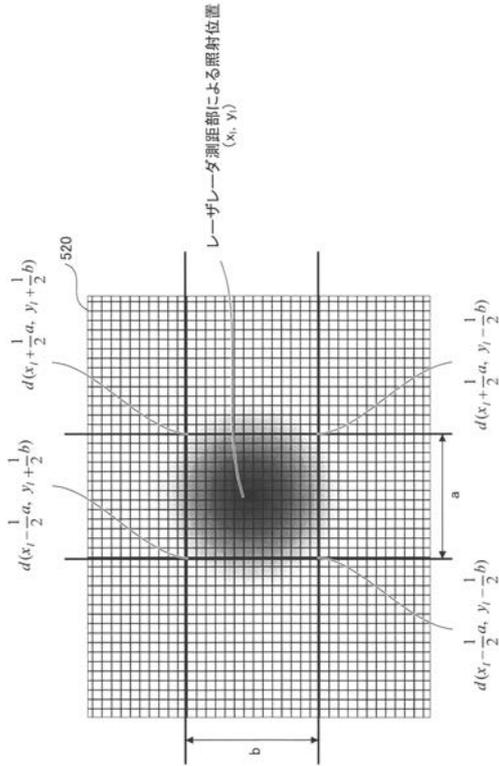
【図 1 1】

第1経路コスト $L_r(p, d)$ の算出における $r$ 方向を示す図



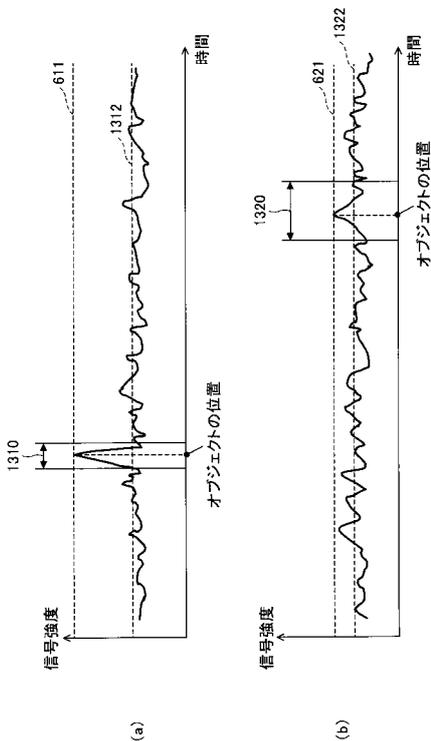
【図 1 2】

範囲決定部による処理範囲の決定方法を説明するための図



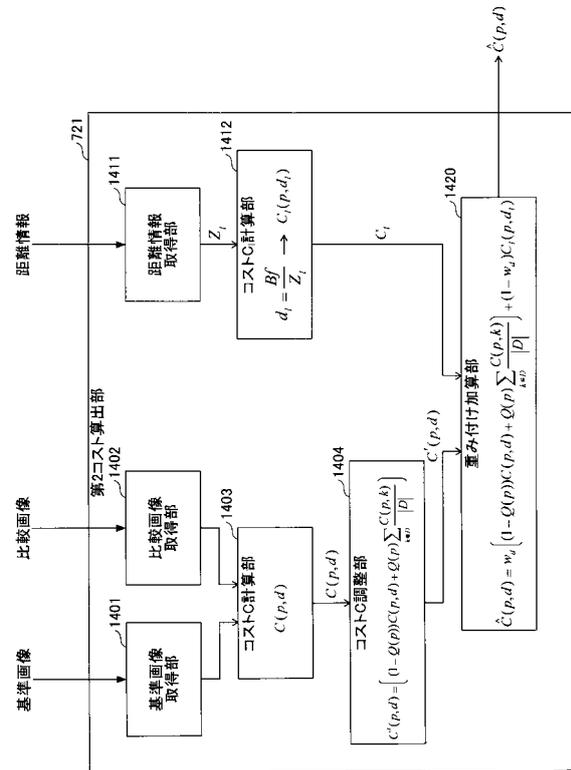
【図 1 3】

範囲決定部により決定された処理範囲を示す図



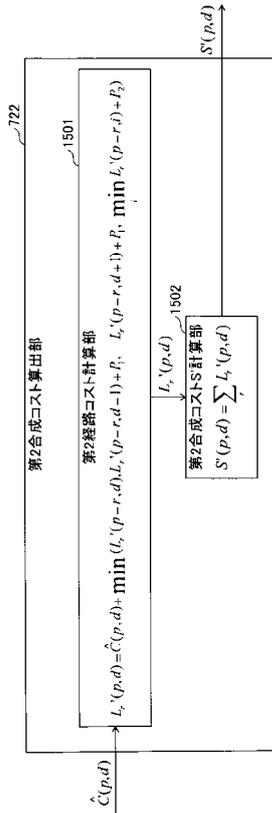
【図 1 4】

第2コスト算出部の機能構成の詳細を示す図



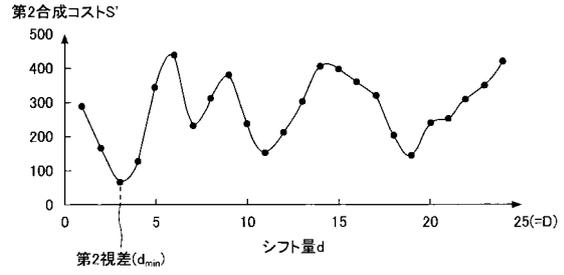
【 図 1 5 】

第2合成コスト算出部の機能構成の詳細を示す図



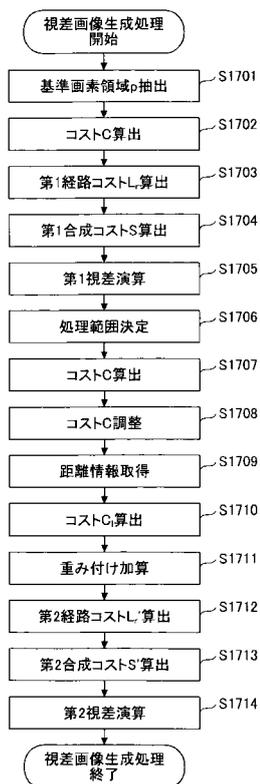
【 図 1 6 】

基準画素領域pにおける第2合成コストS'の算出結果を示す図



【 図 1 7 】

距離計算処理部による視差画像生成処理の流れを示すフローチャート



---

フロントページの続き

(72)発明者 仲村 忠司

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 齊所 賢一郎

東京都大田区中馬込 1 丁目 3 番 6 号 株式会社リコー内

Fターム(参考) 2F112 AA09 AD01 BA06 BA07 CA05 CA12 DA25 FA35

3D020 BA20 BB01 BC02 BD05 BE03

5H181 AA01 CC03 CC04 CC14 FF27 LL01