

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第6149676号
(P6149676)

(45) 発行日 平成29年6月21日(2017.6.21)

(24) 登録日 平成29年6月2日(2017.6.2)

(51) Int.Cl.		F I			
GO8G	1/16	(2006.01)	GO8G	1/16	C
HO4N	7/18	(2006.01)	HO4N	7/18	J
GO6T	1/00	(2006.01)	GO6T	1/00	330A

請求項の数 11 (全 32 頁)

(21) 出願番号	特願2013-212337 (P2013-212337)	(73) 特許権者	000005223 富士通株式会社 神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番1号
(22) 出願日	平成25年10月9日(2013.10.9)	(74) 代理人	100074099 弁理士 大菅 義之
(65) 公開番号	特開2015-75966 (P2015-75966A)	(74) 代理人	100133570 弁理士 ▲徳▼永 民雄
(43) 公開日	平成27年4月20日(2015.4.20)	(72) 発明者	清水 誠也 神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番1号 富士通株式会社内
審査請求日	平成28年6月6日(2016.6.6)	審査官	小山 憲子

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 画像処理装置、画像処理方法、及び、プログラム

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

車両に搭載されているカメラにより撮像された画像と、前記車両に搭載されている距離センサにより算出された周辺物体上の計測点までの距離と、に基づいて、前記車両の周辺環境を再構築した仮想的な3次元空間を描画する画像処理装置であって、

前記車両を基準とする座標系である車両座標系で定義されている複数のグリット面と前記周辺物体との交差断面の外郭線を算出する外郭線算出手段と、

前記外郭線算出手段により算出された前記外郭線を前記仮想的な3次元空間内に配置されている対応する周辺物体上に描画する画像処理手段と、

を備え、

前記複数のグリット面は、前記車両座標系のX軸に対して垂直な平面と、前記車両座標系のY軸に対して垂直な平面と、前記車両座標系のZ軸に対して垂直な平面と、により構成されている、

ことを特徴とする画像処理装置。

【請求項2】

前記周辺物体上の計測点までの距離に基づいて、前記周辺物体の形状を特定する形状特定手段をさらに備え、

前記外郭線算出手段は、前記形状特定手段により特定された前記形状に基づいて、前記外郭線を算出する、

ことを特徴とする請求項1に記載の画像処理装置。

【請求項 3】

前記形状特定手段は、前記周辺物体の形状を特定する際に、前記距離センサの方向に対する、隣接する前記計測点により構成される図形の面法線の傾きが所定の範囲を超える図形を除外する、

ことを特徴とする請求項 2 に記載の画像処理装置。

【請求項 4】

前記計測点の中で、道路平面上の計測点を除外する除外手段を更に備え、

前記形状特定手段は、前記除外手段により道路平面上の計測点が除外された後の計測点に基づいて、前記周辺物体の形状を特定する、

ことを特徴とする請求項 2 又は 3 に記載の画像処理装置。

10

【請求項 5】

前記複数のグリット面は、世界座標系で定義され、前記世界座標系の X 軸に対して垂直な平面と、前記世界座標系の Y 軸に対して垂直な平面と、前記世界座標系の Z 軸に対して垂直な平面と、により構成されており、

前記外郭線算出手段は、前記世界座標系で定義されている複数のグリット面と前記周辺物体との交差断面の外郭線を算出する、

ことを特徴とする請求項 1 乃至 4 のいずれか一に記載の画像処理装置。

【請求項 6】

前記画像処理手段は、前記車両からの距離に応じて、前記外郭線の属性を変化させて描画する、

ことを特徴とする請求項 1 乃至 5 のいずれか一に記載の画像処理装置。

20

【請求項 7】

前記 X 軸に垂直な平面は第 1 の間隔で均等に配置され、前記 Y 軸に垂直な平面は第 2 の間隔で均等に配置され、前記 Z 軸に垂直な平面は第 3 の間隔で均等に配置されている、

ことを特徴とする請求項 1 乃至 6 のいずれか一に記載の画像処理装置。

【請求項 8】

前記画像処理手段は、前記周辺物体をテクスチャ付き描画した後に、前記外郭線を重畳描画する、

ことを特徴とする請求項 1 乃至 7 のいずれか一に記載の画像処理装置。

【請求項 9】

前記画像処理手段による処理結果を表示画面上に表示する表示手段を更に備える、

ことを特徴とする請求項 1 乃至 8 のいずれか一に記載の画像処理装置。

30

【請求項 10】

車両に搭載されているカメラにより撮像された画像と、前記車両に搭載されている距離センサにより算出された周辺物体上の計測点までの距離と、に基づいて、前記車両の周辺環境を再構築した仮想的な 3 次元空間を描画する画像処理装置の画像処理方法であって、

前記車両を基準とする座標系である車両座標系で定義されている複数のグリット面であって、前記車両座標系の X 軸に対して垂直な平面と、前記車両座標系の Y 軸に対して垂直な平面と、前記車両座標系の Z 軸に対して垂直な平面と、により構成されている前記複数のグリット面と前記周辺物体との交差断面の外郭線を算出し、

算出した前記外郭線を前記仮想的な 3 次元空間内に配置されている対応する周辺物体上に描画する、

ことを特徴とする画像処理方法。

40

【請求項 11】

車両に搭載されているカメラにより撮像された画像と、前記車両に搭載されている距離センサにより算出された周辺物体上の計測点までの距離と、に基づいて、前記車両の周辺環境を再構築した仮想的な 3 次元空間を描画する画像処理装置のコンピュータに、

前記車両を基準とする座標系である車両座標系で定義されている複数のグリット面であって、前記車両座標系の X 軸に対して垂直な平面と、前記車両座標系の Y 軸に対して垂直な平面と、前記車両座標系の Z 軸に対して垂直な平面と、により構成されている前記複数

50

のグリット面と前記周辺物体との交差断面の外郭線を算出し、

算出した前記外郭線を前記仮想的な3次元空間内に配置されている対応する周辺物体上に描画する、

処理を実行させる、

ことを特徴とするプログラム。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、画像処理装置、画像処理方法、及び、プログラムに関する。

【背景技術】

10

【0002】

車両に配置されている複数のカメラで撮像した画像を合成し、車両周辺の全周囲画像を作成する方法が各種提案されている（例えば、特許文献1）。

【0003】

この場合、路面付近については少ない歪みで表示することができるが、路面から離れるにつれて周辺物体は歪んでしまい、距離感が損なわれてしまう。この原因は、道路平面（又は、道路平面と背景）を模した立体投影面上に、周辺物体の映像を射影して表示することにある。

【0004】

この問題は、車両に配置されている距離センサで周辺物体までの距離を計測し、計測結果に基づいて物体形状を模した投影面を正しい位置に作成し、物体形状を模した投影面に周辺物体の映像を投影することで解決することが可能である。

20

【先行技術文献】

【特許文献】

【0005】

【特許文献1】国際公開WO2012/017560

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0006】

しかしながら、全周囲画像上では背景と周辺物体との境界は、投影した被写体の画素値（色）によって把握することになるため、被写体の輝度が低い場合や前後関係にある周辺物体の画素値が似通っている場合などには、運転手は周辺物体の形状認識や距離感の把握が困難になるといった問題が生じてしまう。

30

【0007】

一つの側面では、本発明は、自車両の周辺物体の形状を容易に把握することを可能とする画像処理装置、画像処理方法、及び、プログラムを提供することを課題とする。

【課題を解決するための手段】

【0008】

一態様に係る画像処理装置は、車両に搭載されているカメラにより撮像された画像と、前記車両に搭載されている距離センサにより算出された周辺物体上の計測点までの距離と、に基づいて、前記車両の周辺環境を再構築した仮想的な3次元空間を描画する画像処理装置であって、前記車両を基準とする座標系である車両座標系で定義されている複数のグリット面と前記周辺物体との交差断面の外郭線を算出する外郭線算出手段と、前記外郭線算出手段により算出された前記外郭線を前記仮想的な3次元空間内に配置されている対応する周辺物体上に描画する画像処理手段と、を備え、前記複数のグリット面は、前記車両座標系のX軸に対して垂直な平面と、前記車両座標系のY軸に対して垂直な平面と、前記車両座標系のZ軸に対して垂直な平面と、により構成されている、ことを特徴とする。

40

【発明の効果】

【0009】

周辺物体の形状の把握が容易となり、運転手は車両周辺の状況を的確に把握することが

50

可能となる。これにより、安全運転に寄与できる。

【図面の簡単な説明】

【0010】

【図1】実施形態1における車載システムの構成例を示す図である。

【図2】(A)と(B)は、いずれも、車両座標系を説明するための図である。

【図3】カメラとレンジセンサの配置例を示す図である。

【図4】カメラ座標系を説明するための図である。

【図5】図5A～Eは、いずれも、カメラの配置パラメータについて説明するための図である。

【図6】可視化のための立体投影面の例を示す図である。

10

【図7】立体投影面における車両座標系とカメラ座標系との関係を示す図である。

【図8】(A)と(B)は、いずれも、カメラ座標系での入射光ベクトルとカメラ画像上の画素位置との関係を説明するための図である。

【図9】立体投影面を構成する3次元ポリゴンをテクスチャ付き描画して可視化した結果の例を示す図である。

【図10】レンジセンサ座標系を説明するための図である。

【図11】実施形態1における立体点群データの抽出方法を説明するための図である。

【図12】3次元ポリゴンにより構成されている計測物体の形状を模した物体投影面の例を示す図である。

【図13】ポリゴンデータとして登録されるための条件を説明するための図である。

20

【図14】実施形態1における車両座標系でのグリット面(Y軸、Z軸)の例を示す図である。

【図15】Z軸グリット面を例にしたグリット面との交線の算出方法を説明するための図である。

【図16】実施形態1における画像処理の結果の例を示す図である。

【図17】実施形態1における車載装置の構成例を示す機能ブロック図である。

【図18】実施形態1における画像処理のフローを説明するためのフローチャートの例である。

【図19】実施形態2における車載システムの構成例を示す機能ブロック図である。

【図20】実施形態2における画像処理のフローを説明するためのフローチャートの例の一部である。

30

【図21】実施形態3における車載システムの構成例を示す機能ブロック図である。

【図22】実施形態3における画像処理のフローを説明するためのフローチャートの例の一部である。

【図23】実施形態における車載システムのハードウェア構成の例を示す図である。

【発明を実施するための形態】

【0011】

以下に本発明の実施の形態について図面を参照しながら詳細に説明する。

【0012】

(実施形態1)

40

図1は、本実施形態1における車載システム1の構成例を示す図である。車載システム1は、図1に示すように、画像処理装置である車載装置2と、複数のカメラ3と、複数のレンジセンサ4と、を備えて構成されている。車載装置2には、図1に示すように、複数のカメラ3と、複数のレンジセンサ4と、が接続されている。

【0013】

カメラ3は、CCD(Charge Coupled Device)、CMOS(Complementary Metal-Oxide Semiconductor)、MOS(Metal-Oxide Semiconductor)などの撮像素子などで構成され、例えば、30fps(frame per second)の頻度で車両周辺を撮像し、撮像した画像を後述の画像バッファ11に順次格納する。

【0014】

50

レンジセンサ4は、例えば、スキャナ式の測域センサであり、3次元空間を2次元スキャンするレーザーレーダである。レンジセンサ4は、レーザー光を間欠的に発光させ、計測対象の物体からの反射光が戻ってくるまでのレーザー光の飛行時間(TOF: Time Of Flight)を距離 $D(m, n)$ に変換する。レンジセンサ4は、例えば、10~30fpsの頻度で車両周辺の物体上の計測点までの距離 $D(m, n)$ を計測し、計測した距離 $D(m, n)$ を車載装置2に送信する。この際、距離 $D(m, n)$ と共に、スキャン方向を示す方向情報が送信される。

【0015】

車載装置2の詳細については後述するものとし、本実施形態1におけるアルゴリズムについて、流れに沿って説明する。

【0016】

まず、図2乃至5を参照して、車両座標系 C_{CAR} とカメラ座標系 C_{CAM} について説明する。

【0017】

図2Aと図2Bは、いずれも、車両座標系 C_{CAR} を説明するための図である。車両座標系 C_{CAR} は、車両を基準として周辺物体の位置を座標で表した、車両固有の座標系であり、車両が移動することで、周辺物体の位置座標は変化する。車両座標系 C_{CAR} を、どのように設定するかは任意であるが、本実施形態1においては、図2に示すように、平面図における車両の中心であり路面上の点を原点O、車両の前後方向をY軸(前方方向をプラス)、車両の左右方向をX軸(右方向をプラス)、車両の垂直方向をZ軸(上方向をプラス)とする。

【0018】

図3は、車載装置2に接続されているカメラ3とレンジセンサ4の配置例を示す図である。図3に示す配置例では、車両前方を撮像範囲とするカメラ3Fが車両のフロント部に、車両後方を撮像範囲とするカメラ3Bが車両のリア部に、車両右側を撮像範囲とするカメラ3Rと車両左側を撮像範囲とするカメラ3Lが左右のドアミラー周辺部に、それぞれ、配置され、これらの4台のカメラ3により車両の全周囲を撮像可能となっている。同様に、車両前方をスキャン範囲とするレンジセンサ4Fが車両のフロント部に、車両後方をスキャン範囲とするレンジセンサ4Bが車両のリア部に、車両右側をスキャン範囲とするレンジセンサ4Rと車両左側をスキャン範囲とするレンジセンサ4Lが左右のドアミラー周辺部に、それぞれ、配置され、これらの4台のレンジセンサ4により車両の全周囲をスキャン可能となっている。

【0019】

図4は、カメラ座標系 C_{CAM} を説明するための図である。カメラ座標系 C_{CAM} は、カメラ3を基準として被写体となる周辺物体の位置を座標で表した、カメラ3固有の座標系である。カメラ座標系 C_{CAM} を、どのように設定するかは任意であるが、本実施形態1においては、図4に示すように、カメラ3の光学原点を原点O、光軸に対して水平方向に直交する方向をX軸(光軸方向に対して右方向をプラス)、光軸に対して垂直方向に直交する方向をY軸(上方向をプラス)、光軸をZ軸(光軸方向とは逆方向をプラス)とする。視体積31は、カメラ3の撮像範囲を示している。

【0020】

図5A~Eは、いずれも、カメラ3の配置パラメータについて説明するための図である。カメラ3の配置パラメータは、少なくとも、車両座標系 C_{CAR} におけるカメラ3の配置位置を表す3次元座標(T_x, T_y, T_z)と配置角度($Pan, Tilt, Rotate$)とを含んでおり、この配置パラメータに基づいて、カメラ3の配置位置を一意的に定義することが可能である。

【0021】

配置パラメータのRotateは、図5Aに示すように、車両座標系 C_{CAR} とカメラ座標系 C_{CAM} とが一致する状態をカメラ配置の初期状態とし、図5Bに示すように、カメラ3が角度Rotateだけ光軸(Z軸)回りで回転させられていることを示している

10

20

30

40

50

($RotZ(Rotate)$)。また、配置パラメータの $Tilt$ は、図 5 C に示すように、カメラ 3 が角度 ($\theta/2 - Tilt$) だけ X 軸回りで回転させられていることを示している ($RotX(\theta/2 - Tilt)$)。すなわち、この変換により、水平方向で 0、見下ろす方向でプラスとなるように定義されている俯角 ($Tilt$) は、真下方向からの仰角に変換される。

【0022】

また、配置パラメータの Pan は、図 5 D に示すように、カメラ 3 が角度 Pan だけ Z 軸回りで左又は右に振られていることを示している ($RotZ(Pan)$)。また、配置パラメータの 3 次元座標 (Tx, Ty, Tz) は、図 5 E に示すように、配置角度 ($Pan, Tilt, Rotate$) に従ってカメラ 3 の配置角度を調整した後に、カメラ 3 を 3 次元座標 (Tx, Ty, Tz) に平行移動することで ($Translate(Tx, Ty, Tz)$)、カメラ 3 の配置状態となることを示している。

10

【0023】

配置パラメータは、カメラ 3 の配置位置を一意的に定義するものであると同時に、車両座標系 C_{CAR} とカメラ座標系 C_{CAM} との間の座標変換を定義するものでもある。図 5 A ~ E の関係より、車両座標系 C_{CAR} からカメラ座標系 C_{CAM} への座標変換行列 $M_{CAR \rightarrow CAM}$ を式 (1) で表すことができる。

【0024】

【数 1】

$$M_{CAR \rightarrow CAM} = \begin{pmatrix} M_{11} & M_{12} & M_{13} & -M_{11}Tx - M_{12}Ty - M_{13}Tz \\ M_{21} & M_{22} & M_{23} & -M_{21}Tx - M_{22}Ty - M_{23}Tz \\ M_{31} & M_{32} & M_{33} & -M_{31}Tx - M_{32}Ty - M_{33}Tz \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} \quad \dots\dots(1)$$

20

【0025】

ここで、 $cp = \cos(Pan)$ 、 $sp = \sin(Pan)$ 、 $ct = \cos(Tilt)$ 、 $st = \sin(Tilt)$ 、 $cr = \cos(Rotate)$ 、 $sr = \sin(Rotate)$ とした場合、

$$M_{11} = cr \times cp - sr \times st \times sp$$

$$M_{12} = cr \times sp + sr \times st \times cp$$

$$M_{13} = sr \times ct$$

$$M_{21} = -sr \times cp - cr \times st \times sp$$

$$M_{22} = -sr \times sp + cr \times st \times cp$$

$$M_{23} = cr \times ct$$

$$M_{31} = ct \times sp$$

$$M_{32} = -ct \times cp$$

$$M_{33} = st$$

である。

【0026】

次に、図 6 乃至図 9 を参照して、カメラ 3 により撮像された画像に基づき、自車両全周囲の状況の可視化方法について説明する。

40

【0027】

図 6 は、可視化のための立体投影面の例を示す図である。カメラ 3 により撮像された画像に基づいて、自車両全周囲の状況を可視化するために、図 6 に例示するような、自車両周辺の道路平面や周辺物体などを模した仮想的な立体投影面を設定する。本実施形態 1 における立体投影面は、図 6 に示すように、3 次元ポリゴン (投影面ポリゴンともいう) P である微小平面によって構成されている。

【0028】

そして、設定した立体投影面に、カメラ 3 により撮像された画像を投影し、任意の可視化視点から描画することで自車両全周囲の状況を可視化する。

50

【0029】

立体投影面へのカメラ画像の投影は、立体投影面を構成する3次元ポリゴンPの各頂点（以下、ポリゴン頂点という）に対して、対応するカメラ画像上の画素位置をテクスチャ座標Qとして定義することに相当する。

【0030】

図7は、立体投影面における車両座標系 C_{CAR} とカメラ座標系 C_{CAM} との関係を示す図である。図中の C_V は、ポリゴン頂点の車両座標系 C_{CAR} での座標を示しており、車両座標系 C_{CAR} でのポリゴン頂点座標 C_V は、上述の式(1)に従って、カメラ座標系 C_{CAM} でのポリゴン頂点座標 C_C に変換することができる。

【0031】

【数2】

$$C_C = M_{CAR \rightarrow CAM} \times C_V \quad \dots\dots(2)$$

【0032】

図8Aと図8Bは、いずれも、カメラ座標系 C_{CAM} での入射光ベクトル I_C とカメラ画像上の画素位置との関係を説明するための図である。図8Aの図中の I_C は、カメラ座標系 C_{CAM} でのポリゴン頂点座標 C_C からカメラ3の光学原点への入射光ベクトルを示しており、カメラ座標系 C_{CAM} での光学原点は原点Oと一致していることから、入射光ベクトル I_C は、式(3)のように表すことができる。

【0033】

【数3】

$$I_C = -C_C \quad \dots\dots(3)$$

【0034】

したがって、ポリゴン頂点に対応するカメラ画像上の画素位置の座標（テクスチャ座標）Qは、入射光ベクトル I_C を用いて、式(4)のように表すことができる。

【0035】

【数4】

$$Q = T_C(I_C) \quad \dots\dots(4)$$

【0036】

ここで、式(4)中の T_C は、各ポリゴン頂点に対応する入射光ベクトル I_C とカメラ画像上の画素位置とを1対1で対応付けるマッピングテーブルであり、マッピングテーブル T_C は、レンズの歪みを示すデータとカメラパラメータとに基づいて、予め設定可能である。

【0037】

以上のようにして、立体投影面を構成する全ての3次元ポリゴンPのポリゴン頂点に対して、対応する画素位置の座標（テクスチャ座標）Qを算出した後に、カメラ画像をテクスチャ画像として可視化する。この可視化は、図9に例示するように、例えば、3次元CG（Computer Graphics）処理により実現することができる。なお、図9は、立体投影面を構成する3次元ポリゴンPをテクスチャ付き描画して可視化した結果の例を示す図である。

【0038】

次に、図10を参照して、レンジセンサ座標系 C_{SNSR} について説明する。図10は、レンジセンサ座標系 C_{SNSR} を説明するための図である。

【0039】

レンジセンサ座標系 C_{SNSR} は、レンジセンサ4を基準としてスキャン対象となる周辺物体の位置を座標で表した、レンジセンサ4固有の座標系である。レンジセンサ座標系 C_{SNSR} を、どのように設定するかは任意であるが、本実施形態1においては、図10に示すように、レンジセンサ4のセンサ原点を原点O、レンジセンサ4の前後方向をZ軸（後方向をプラス）、Z軸に対して水平方向に直交する方向をX軸（レンジセンサ4の前方向に対して右方向をプラス）、Z軸に対して垂直方向に直交する方向をY軸（上方向を

10

20

30

40

50

プラス)とする。

【0040】

図10の図中の矢印は、スキャンの順番を示しており、図10の例では、水平方向については、センサ原点から見て左側から右側へ順番にM回スキャンし、垂直方向については、スキャン範囲の上端から下端へ順番にN回スキャン角度を変更する場合を示している。すなわち、図10の例では、レンジセンサ4は、スキャン範囲に対して、M×Nの距離計測を行っている。

【0041】

ここで、(m, n)番目の距離計測時におけるスキャン方向(レーザー光の照射方向)を表す単位ベクトルを、スキャンベクトル $V_S(m, n)$ とする。この場合、スキャンベクトル $V_S(m, n)$ とスキャンベクトル $V_S(m, n)$ の方向の物体上の計測点までの距離 $D(m, n)$ とを用いて、レンジセンサ座標系 C_{SNSR} での計測点の座標(以下、計測点座標という) $P_{SNSR}(m, n)$ は、式(5)のように表すことができる。なお、各スキャン方向に対応するM×N個のスキャンベクトル $V_S(m, n)$ は、レンジセンサ4固有のテーブル(以下、スキャンベクトルテーブル T_S という)として予め設定可能である。

10

【0042】

【数5】

$$P_{SNSR}(m, n) = V_S(m, n) \times D(m, n) \quad \dots\dots(5)$$

【0043】

20

ここで、カメラ3と同様に、レンジセンサ4の配置パラメータが、車両座標系 C_{CAR} におけるレンジセンサ4の配置位置を表す3次元座標(T_x, T_y, T_z)と配置角度($Pan, Tilt, Rotate$)であるとすると、車両座標系 C_{CAR} からレンジセンサ座標系 C_{SNSR} への座標変換行列 $M_{CAR \rightarrow SNSR}$ は、式(6)のように表すことができる。

【0044】

【数6】

$$M_{CAR \rightarrow SNSR} = \begin{pmatrix} M_{11} & M_{12} & M_{13} & -M_{11}T_x - M_{12}T_y - M_{13}T_z \\ M_{21} & M_{22} & M_{23} & -M_{21}T_x - M_{22}T_y - M_{23}T_z \\ M_{31} & M_{32} & M_{33} & -M_{31}T_x - M_{32}T_y - M_{33}T_z \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} \quad \dots\dots(6)$$

30

【0045】

したがって、レンジセンサ座標系 C_{SNSR} での計測点座標 $P_{SNSR}(m, n)$ を、式(7)に従って、車両座標系 C_{CAR} での計測点座標 $P_{CAR}(m, n)$ に変換することができる。

【0046】

【数7】

$$P_{CAR}(m, n) = M_{CAR \rightarrow SNSR}^{-1} \times P_{SNSR}(m, n) \quad \dots\dots(7)$$

40

【0047】

次に、このようにして車両座標系 C_{CAR} の座標に変換した計測点座標 $P_{CAR}(m, n)$ を、図11に例示するように、道路平面上の計測点に対応する座標の集合(以下、道路平面点群データという) $PG1$ と、それ以外の計測点に対応する座標の集合(以下、立体点群データという) $PG2$ と、に分類し、道路平面点群データ $PG1$ に属する計測点座標 $P_{CAR}(m, n)$ を除外する。このように構成することで、処理対象を削減し、処理速度を向上させることが可能となる。なお、図11は、本実施形態1における立体点群データ $PG2$ の抽出方法を説明するための図である。

【0048】

道路平面点群データ $PG1$ と立体点群データ $PG2$ との分類は、車両座標系 C_{CAR} の

50

原点Oは道路平面上の点であることから、例えば、計測点座標 $P_{CAR}(m, n)$ のZ座標の座標値の絶対値が、予め設定されている閾値(例えば、5cm)以下の計測点座標 $P_{CAR}(m, n)$ を道路平面点群データPG1として分類することで実現する。

【0049】

次に、立体点群データPG2に属する計測点座標 $P_{CAR}(m, n)$ に基づいて、計測物体の形状を模した投影面(以下、物体投影面という)を生成する。本実施形態1における物体投影面は、図12に例示するように、3次元ポリゴンPにより構成されている。なお、図12は、3次元ポリゴンPにより構成されている計測物体の形状を模した物体投影面の例を示す図である。

【0050】

ここで、レンジセンサ4が、図10に例示した順番で計測点をスキャンするものとする、計測点座標 $P_{CAR}(m, n)$ で表される計測点に隣接する計測点の座標は、 $P_{CAR}(m-1, n-1)$ 、 $P_{CAR}(m, n-1)$ 、 $P_{CAR}(m+1, n-1)$ 、 $P_{CAR}(m-1, n)$ 、 $P_{CAR}(m+1, n)$ 、 $P_{CAR}(m-1, n+1)$ 、 $P_{CAR}(m, n+1)$ 、 $P_{CAR}(m+1, n+1)$ である。

【0051】

ここで、 $P_{CAR}(m, n)$ 、 $P_{CAR}(m, n+1)$ 、 $P_{CAR}(m+1, n+1)$ を頂点の座標とする三角形が、物体投影面を構成する3次元ポリゴンPであるためには、 $P_{CAR}(m, n)$ 、 $P_{CAR}(m, n+1)$ 、 $P_{CAR}(m+1, n+1)$ で表される3点が、いずれも、同一の計測物体上の点でなければならない。なぜなら、3点が同一の計測物体上に無い場合、例えば、図11を参照して、3点の内の2点が、歩行者上の点であり、残りの1点が、当該歩行者より後ろに存在する壁面(不図示)上の点である場合に、3点を頂点とする三角形を3次元ポリゴンPとすることは、歩行者と壁面との間に、本来存在しない物体の投影面を発生させることになるからである。

【0052】

そこで、このような不都合を回避するための処理を行う。図13は、ポリゴンデータPDとして登録されるための条件を説明するための図である。三角形の各頂点を、図13に示すように、それぞれ、 P_0 、 P_1 、 P_2 と、便宜的に置き換えた場合、三角形の重心座標 g_{012} は、式(8.1)で表すことができる。

【0053】

【数8】

$$g_{012} = \frac{P_0 + P_1 + P_2}{3} \quad \text{-----}(8.1)$$

【0054】

また、三角形の重心座標 g_{012} を始点とする単位法線ベクトル n_{012} は、式(8.2)で表すことができる。

【0055】

【数9】

$$n_{012} = \frac{(P_1 - P_0) \times (P_2 - P_0)}{|(P_1 - P_0) \times (P_2 - P_0)|} \quad \text{-----}(8.2)$$

【0056】

また、三角形の各頂点を計測したレンジセンサ4の車両座標系 C_{CAR} でのセンサ原点座標を $S_0 = (T_x, T_y, T_z)$ とした場合に、三角形の重心座標 g_{012} を始点とするセンサ原点座標 S_0 への単位方向ベクトル v_{012} は、式(8.3)で表すことができる。

【0057】

【数10】

$$v_{012} = \frac{g_{012} - S_0}{|g_{012} - S_0|} \quad \text{-----}(8.3)$$

10

20

30

40

50

【 0 0 5 8 】

この場合、 P_0 、 P_1 、 P_2 を頂点とする三角形（以下、三角形 $\{P_0, P_1, P_2\}$ という）が、式（8.4）を満たす場合に、三角形 $\{P_0, P_1, P_2\}$ を、物体投影面を構成する3次元ポリゴンPとみなし、ポリゴンデータPDに登録する。

【 0 0 5 9 】

【数11】

$$v_{012} \cdot n_{012} \geq \cos(\text{角度閾値}) \quad \dots\dots(8.4)$$

【 0 0 6 0 】

ここで、“ \cdot ”は、ベクトルの内積を示している。つまり、図13を参照して、単位法線ベクトル n_{012} と単位方向ベクトル v_{012} とがなす角度をとした場合、式（8.4）を満たすことは、角度閾値であることを意味している。

10

【 0 0 6 1 】

次に、このようにしてポリゴンデータPDに登録された3次元ポリゴンPに対して、{X軸、Y軸、Z軸}グリット面との交線（グリット線ともいう）を算出する。ここで、{X軸、Y軸、Z軸}グリット面は、それぞれ独立しているX軸グリット面とY軸グリット面とZ軸グリット面を、便宜的に一括で示している。X軸グリット面、Y軸グリット面、Z軸グリット面は、図14に示すように、それぞれ、車両座標系 C_{CAR} のX軸、Y軸、Z軸に垂直な複数の平面であり、X軸グリット面を構成する各平面は $STEP_X$ の均等間隔で、Y軸グリット面を構成する各平面は $STEP_Y$ の均等間隔で、Z軸グリット面を構成する各平面は $STEP_Z$ の均等間隔で、配置されているものとする。なお、図14は、本実施形態1における車両座標系 C_{CAR} でのグリット面（Y軸、Z軸）の例を示す図である。

20

【 0 0 6 2 】

{X軸、Y軸、Z軸}グリット面が上述のように構成されている場合において、三角形 $\{P_0, P_1, P_2\}$ が3次元ポリゴンPとしてポリゴンデータPDに登録されているとすると、3次元ポリゴンPである三角形 $\{P_0, P_1, P_2\}$ に対する{X軸、Y軸、Z軸}グリット面との交線を、以下に示す処理（ステップ1-1乃至ステップ1-3）に従って算出することができる。

【 0 0 6 3 】

<ステップ1-1>

30

三角形 $\{P_0, P_1, P_2\}$ の頂点 P_0 、 P_1 、 P_2 を{X、Y、Z}座標値の降順にソートし、ソート結果を $P_{A\{X, Y, Z\}}$ 、 $P_{B\{X, Y, Z\}}$ 、 $P_{C\{X, Y, Z\}}$ とする。なお、 $P_{A\{X, Y, Z\}}$ は、X座標値の降順にソートした場合の P_{AX} 、Y座標値の降順にソートした場合の P_{AY} 、Z座標値の降順にソートした場合の P_{AZ} 、を便宜的に一括で示している。 $P_{B\{X, Y, Z\}}$ 、 $P_{C\{X, Y, Z\}}$ についても同様である。

【 0 0 6 4 】

<ステップ1-2>

式（9.1）乃至式（9.3）に従って、 $[P_{A\{X, Y, Z\}}]$ 、 $[P_{B\{X, Y, Z\}}]$ 、 $[P_{C\{X, Y, Z\}}]$ を $STEP_{\{X, Y, Z\}}$ で割って算出した値の整数部 $N_{A\{X, Y, Z\}}$ 、 $N_{B\{X, Y, Z\}}$ 、 $N_{C\{X, Y, Z\}}$ をそれぞれ算出する。

40

【 0 0 6 5 】

【数12】

$$N_{A\{X, Y, Z\}} = \text{ROUNDDOWN}([P_{A\{X, Y, Z\}}] / \text{STEP}_{\{X, Y, Z\}}) \quad \dots\dots(9.1)$$

【 0 0 6 6 】

【数13】

$$N_{B\{X, Y, Z\}} = \text{ROUNDDOWN}([P_{B\{X, Y, Z\}}] / \text{STEP}_{\{X, Y, Z\}}) \quad \dots\dots(9.2)$$

【 0 0 6 7 】

【数14】

$$N_{C\{X,Y,Z\}} = \text{ROUNDDOWN}([P_{C\{X,Y,Z\}}] / \text{STEP}_{\{X,Y,Z\}}) \quad \dots\dots(9.3)$$

【0068】

なお、 $[P_{A\{X,Y,Z\}}]$ は、 P_{AX} のX座標値、 P_{AY} のY座標値、 P_{AZ} のZ座標値を、便宜的に一括で示している。 $[P_{B\{X,Y,Z\}}]$ と $[P_{C\{X,Y,Z\}}]$ についても同様である。また、 $\text{STEP}_{\{X,Y,Z\}}$ は、 STEP_X 、 STEP_Y 、 STEP_Z を便宜的に一括で示している。また、整数部 $N_{A\{X,Y,Z\}}$ は、 P_{AX} のX座標値を STEP_X で割って算出した値の整数部 N_{AX} 、 P_{AY} のY座標値を STEP_Y で割って算出した値の整数部 N_{AY} 、 P_{AZ} のZ座標値を STEP_Z で割って算出した値の整数部 N_{AZ} を、便宜的に一括で示している。整数部 $N_{B\{X,Y,Z\}}$ と整数部 $N_{C\{X,Y,Z\}}$ についても同様である。また、 ROUNDDOWN は、小数点以下を切捨てる関数であり、例えば、 $\text{ROUNDDOWN}(1.23) = 1$ である。

10

【0069】

<ステップ1-3>

X座標値の降順にソートした場合の整数部 N_{AX} 、 N_{BX} 、 N_{CX} において、(A) $N_{AX} > N_{BX}$ 、且つ、 $N_{BX} = N_{CX}$ の場合は、図15に例示する線分 L_0R_0 を算出し、算出した線分 L_0R_0 をX軸グリット面との交線として座標情報をグリットデータGDに登録し、(B) $N_{AX} = N_{BX}$ 、且つ、 $N_{BX} > N_{CX}$ の場合は、図15に例示する線分 L_1R_1 を算出し、算出した線分 L_1R_1 をX軸グリット面との交線として座標情報をグリットデータGDに登録し、(C)(A)と(B)以外の場合は、X軸グリット面との交線のグリットデータGDへの登録を行わない。

20

【0070】

同様にして、Y座標値の降順にソートした場合の整数部 N_{AY} 、 N_{BY} 、 N_{CY} において、Y軸グリット面との交線の登録処理を行い、Z座標値の降順にソートした場合の整数部 N_{AZ} 、 N_{BZ} 、 N_{CZ} において、Z軸グリット面との交線の登録処理を行う。

【0071】

なお、図15は、三角形 $\{P_0, P_1, P_2\}$ の頂点 P_0 、 P_1 、 P_2 をZ座標値の降順にソートした場合を例示であり、Z軸グリット面を例にしたグリット面との交線の算出方法を説明するための図である。以下において、図15に例示するように、XY平面に平行なZ軸グリット面 $z = N_{AZ} \times \text{STEP}_Z$ と三角形 $\{P_{AZ}, P_{BZ}, P_{CZ}\}$ との2つの交点の内で、左側の交点を L_0 、右側の交点を R_0 とし、XY平面に平行なZ軸グリット面 $z = N_{BZ} \times \text{STEP}_Z$ と三角形 $\{P_{AZ}, P_{BZ}, P_{CZ}\}$ との2つの交点の内で左側の交点を L_1 、右側の交点を R_1 とする。

30

【0072】

この場合、交点 L_0 、 R_0 、 L_1 、 R_1 は、それぞれ、以下の式によって算出できる。

【0073】

【数15】

$$L_{0\{X,Y,Z\}} = (1 - k_{L\{X,Y,Z\}}) \times P_{A\{X,Y,Z\}} + k_{L\{X,Y,Z\}} \times P_{C\{X,Y,Z\}} \quad \dots\dots(10.1a)$$

40

【0074】

【数16】

$$k_{L\{X,Y,Z\}} = \frac{[P_{A\{X,Y,Z\}}] - N_{A\{X,Y,Z\}} \times \text{STEP}_{\{X,Y,Z\}}}{[P_{A\{X,Y,Z\}}] - [P_{C\{X,Y,Z\}}]} \quad \dots\dots(10.1b)$$

【0075】

【数 17】

$$L_1(k, Y, Z) = (1 - k_{L1}(k, Y, Z)) \times P_{A(k, Y, Z)} + k_{L1}(k, Y, Z) \times P_{C(k, Y, Z)} \quad \text{.....(10.2a)}$$

【0076】

【数 18】

$$k_{L1}(k, Y, Z) = \frac{[P_{A(k, Y, Z)}] - N_{B(k, Y, Z)} \times \text{STEP}(k, Y, Z)}{[P_{A(k, Y, Z)}] - [P_{C(k, Y, Z)}]} \quad \text{.....(10.2b)}$$

【0077】

【数 19】

$$R_0(k, Y, Z) = (1 - k_{R0}(k, Y, Z)) \times P_{A(k, Y, Z)} + k_{R0}(k, Y, Z) \times P_{B(k, Y, Z)} \quad \text{.....(10.3a)}$$

【0078】

【数 20】

$$k_{R0}(k, Y, Z) = \frac{[P_{A(k, Y, Z)}] - N_{A(k, Y, Z)} \times \text{STEP}(k, Y, Z)}{[P_{A(k, Y, Z)}] - [P_{B(k, Y, Z)}]} \quad \text{.....(10.3b)}$$

【0079】

【数 21】

$$R_1(k, Y, Z) = (1 - k_{R1}(k, Y, Z)) \times P_{B(k, Y, Z)} + k_{R1}(k, Y, Z) \times P_{C(k, Y, Z)} \quad \text{.....(10.4a)}$$

【0080】

【数 22】

$$k_{R1}(k, Y, Z) = \frac{[P_{B(k, Y, Z)}] - N_{B(k, Y, Z)} \times \text{STEP}(k, Y, Z)}{[P_{B(k, Y, Z)}] - [P_{C(k, Y, Z)}]} \quad \text{.....(10.4b)}$$

【0081】

以上のようにして、物体投影面を構成する3次元ポリゴンPを、{X軸, Y軸, Z軸}グリット面で切断した際の断面形状の外郭線が、交線としてグリットデータGDに登録されることとなる。そして、カメラ3により撮像された車両周辺の状況を可視化した結果に対して、グリットデータGDに登録されている線分情報を重畳描画することで、図16に例示するに、車両周辺の物体上にグリット断面を重畳表示することが可能となる。なお、図16は、本実施形態1における画像処理の結果の例を示す図である。

【0082】

また、この際、ポリゴンデータPDに登録されている3次元ポリゴンPに対して、テクスチャ座標Qを付与して、カメラ3により撮像された画像をテクスチャ画像として、重畳描画してもよい。車両周辺の物体をテクスチャ付き描画した後に、グリットデータGDに登録されている線分情報を物体上に重畳表示することで、色や模様による物体の認識と、交線による物体形状の把握を同時に実現することが可能となる。

【0083】

この場合、三角形{P₀, P₁, P₂}がポリゴンデータPDに登録されているとすると、各頂点P₀、P₁、P₂(式中では、P_{0, 1, 2}で表されている)は車両座標系C_{CAR}で定義されていることから、各頂点のテクスチャ座標Q_{0, 1, 2}は、上述の式(2)乃至式(4)により、式11に従って算出できる。

【0084】

10

20

30

40

【数 2 3】

$$Q_{p.1,2} = T_C(-M_{CAR-CAM} \times P_{p.1,2}) \quad \dots\dots(11)$$

【0085】

次に、図 17 を参照して、本実施形態 1 における車載装置 2 について説明する。図 17 は、本実施形態 1 における車載装置 2 の構成例を示す機能ブロック図である。本実施形態 1 における車載装置 2 は、図 17 に示すように、記憶部 10 と、表示部 20 と、操作部 30 と、制御部 40 と、を備えて構成されている。

【0086】

記憶部 10 は、R A M (Random Access Memory)、R O M (Read Only Memory)、H D D (Hard Disk Drive) など構成されている。記憶部 10 は、制御部 40 を構成する、例えば、C P U (Central Processing Unit) のワークエリア、車載装置 2 全体を制御するための動作プログラムなどの各種プログラムを格納するプログラムエリア、カメラ 3 とレンジセンサ 4 の配置パラメータ、ポリゴンデータ P D、グリットデータ G D などの各種データを格納するデータエリアとして機能する。また、記憶部 10 のデータエリアには、各カメラ 3 のマッピングテーブル T_C 、各レンジセンサ 4 のスキャンベクトルテーブル T_S など格納されている。

10

【0087】

また、記憶部 10 は、画像バッファ 11 として機能し、画像バッファ 11 は、カメラ 3 により撮像された、自車両周辺の画像データを順次格納する。

20

【0088】

表示部 20 は、L C D (Liquid Crystal Display) や有機 E L (Electro-Luminescence) などの表示装置などで構成され、例えば、所定の画像処理を施した自車両周辺の画像や各種機能ボタンなどを表示画面上に表示する。

【0089】

操作部 30 は、各種ボタンや表示部 20 の表示画面上に表示されるタッチパネルなどで構成され、ユーザ (運転手など) は、操作部 30 を操作して、所望の処理を実行させることが可能である。

【0090】

制御部 40 は、例えば、C P U などで構成され、記憶部 10 のプログラムエリアに格納されている動作プログラムを実行して、図 17 に示すように、判定部 41 と、座標変換行列生成部 42 と、テクスチャ座標算出部 43 と、計測点座標算出部 44 と、抽出部 45 と、ポリゴン判定部 46 と、交線算出部 47 と、画像処理部 48 としての機能を実現すると共に、車載装置 2 全体を制御する制御処理や詳しくは後述の画像処理などの処理を実行する。

30

【0091】

判定部 41 は、詳しくは後述の画像処理の終了が指示されたか否かを判定する。判定部 41 は、例えば、操作部 30 を介して、ユーザにより所定の操作が行われた場合に、画像処理の終了が指示されたと判定する。また、例えば、判定部 41 は、車載装置 2 が搭載されている車両のシフトレバーがパーキングの状態にされた場合など、予め設定されている終了条件を充足した際に、画像処理の終了が指示されたと判定する。

40

【0092】

座標変換行列生成部 42 は、記憶部 10 のデータエリアに格納されている各カメラ 3 の配置パラメータに基づいて、上述の式 (1) により、車両座標系 C_{CAR} からカメラ座標系 C_{CAM} への座標変換行列 $M_{CAR-CAM}$ をカメラ 3 ごとに生成する。また、座標変換行列生成部 42 は、記憶部 10 のデータエリアに格納されている各レンジセンサ 4 の配置パラメータに基づいて、上述の式 (6) により、車両座標系 C_{CAR} からレンジセンサ座標系 C_{SNSR} への座標変換行列 $M_{CAR-SNSR}$ をレンジセンサ 4 ごとに生成する。

【0093】

50

テクスチャ座標算出部 4 3 は、カメラ 3 により撮像された画像に基づいて、車両全周囲の状況を可視化するために、仮想的な立体投影面を構成する 3 次元ポリゴン（投影面ポリゴン）P の各頂点のテクスチャ座標 Q を算出する。具体的には、テクスチャ座標算出部 4 3 は、上述の式（1）乃至式（4）により、投影面ポリゴン P の各頂点のテクスチャ座標 Q を算出する。

【0094】

また、テクスチャ座標算出部 4 3 は、上述の式（1）乃至式（4）により、ポリゴンデータ PD に登録されている 3 次元ポリゴン P の各頂点のテクスチャ座標 Q を算出する。

【0095】

計測点座標算出部 4 4 は、レンジセンサ 4 により送信される周辺物体の計測点までの距離 $D(m, n)$ を受信すると、受信した距離 $D(m, n)$ に基づいて、上述の式（5）により、レンジセンサ座標系 $C_{S N S R}$ での周辺物体の計測点座標 $P_{S N S R}(m, n)$ を算出する。この際、計測点座標算出部 4 4 は、記憶部 10 のデータエリアに格納されているスキャンベクトルテーブル T_S を参照して、距離 $D(m, n)$ と共に入力される方向情報が示すスキャン方向に対応するスキャンベクトル $V_S(m, n)$ を特定する。

【0096】

また、計測点座標算出部 4 4 は、算出したレンジセンサ座標系 $C_{S N S R}$ での計測点座標 $P_{S N S R}(m, n)$ を、上述の式（6）と式（7）に従って、車両座標系 $C_{C A R}$ での計測点座標 $P_{C A R}(m, n)$ に変換する。

【0097】

抽出部 4 5 は、計測点座標算出部 4 4 より算出された車両座標系 $C_{C A R}$ での計測点座標 $P_{C A R}(m, n)$ の中から、上述した抽出方法に従って、立体点群データ PG 2 に属する計測点座標 $P_{C A R}(m, n)$ を抽出する。

【0098】

ポリゴン判定部 4 6 は、抽出部 4 5 により抽出された立体点群データ PG 2 に属する計測点の中で、隣接する計測点により形成される図形（例えば、三角形）が、所定の条件（上述の式（8.1）乃至式（8.4））を充足するか否かを判定することで、当該図形が物体投影面を構成する 3 次元ポリゴン P か否かを判定する。そして、ポリゴン判定部 4 6 は、物体投影面を構成する 3 次元ポリゴン P であると判定した図形をポリゴンデータ PD に登録する。

【0099】

交線算出部 4 7 は、上述のステップ 1 - 1 乃至ステップ 1 - 3 の処理に従って、ポリゴン判定部 4 6 によりポリゴンデータ PD に登録された全ての 3 次元ポリゴン P に対し、{X 軸, Y 軸, Z 軸}グリット面との交線を算出し、算出した交線をグリットデータ GD に登録する。

【0100】

画像処理部 4 8 は、カメラ 3 により撮像され、画像バッファ 1 1 に格納されている画像に基づいて、描画処理を行う。より具体的には、画像処理部 4 8 は、画像バッファ 1 1 に格納されている画像をテクスチャ画像として用い、テクスチャ座標算出部 4 3 により算出された投影面ポリゴン P の各頂点のテクスチャ座標 Q に基づいて、描画処理を行うことで、車両全周囲の状況を投影した仮想的な立体投影面を生成する。

【0101】

また、画像処理部 4 8 は、画像バッファ 1 1 に格納されている画像をテクスチャ画像として用い、テクスチャ座標算出部 4 3 により算出された物体投影面を構成する 3 次元ポリゴン P の各頂点のテクスチャ座標 Q に基づいて、描画処理を行うことで、立体投影面に歩行者などの周辺物体を重畳描画する。

【0102】

さらに、画像処理部 4 8 は、テクスチャ付き描画された周辺物体上に、グリットデータ GD に登録されている交線を、3 次元 CG で重畳描画する。そして、画像処理部 4 8 は、表示部 20 を制御して、描画した画像を表示画面上に表示させる。

10

20

30

40

50

【 0 1 0 3 】

次に、図 1 8 を参照して、本実施形態 1 における画像処理の流れについて説明する。図 1 8 は、本実施形態 1 における画像処理のフローを説明するためのフローチャートの例である。本画像処理は、例えば、カメラ 3 により撮像された画像の画像データが画像バッファ 1 1 に格納されたことをトリガとして開始される。

【 0 1 0 4 】

座標変換行列生成部 4 2 は、各カメラ 3 の配置パラメータに基づいて、車両座標系 C_{CAR} からカメラ座標系 C_{CAM} への座標変換行列 $M_{CAR \rightarrow CAM}$ をカメラ 3 ごとに生成する (ステップ S 0 0 1)。そして、テクスチャ座標算出部 4 3 は、仮想的な立体投影面を構成する投影面ポリゴン P の各頂点のテクスチャ座標 Q を算出する (ステップ S 0 0 2)。

10

【 0 1 0 5 】

そして、座標変換行列生成部 4 2 は、各レンジセンサ 4 の配置パラメータに基づいて、車両座標系 C_{CAR} からレンジセンサ座標系 C_{SNSR} への座標変換行列 $M_{CAR \rightarrow SNSR}$ をレンジセンサ 4 ごとに生成する (ステップ S 0 0 3)。

【 0 1 0 6 】

そして、レンジセンサ 4 により送信される距離 $D(m, n)$ を受信すると (ステップ S 0 0 4)、計測点座標算出部 4 4 は、受信した距離 $D(m, n)$ に基づいて、レンジセンサ座標系 C_{SNSR} での周辺物体の計測点座標 $P_{SNSR}(m, n)$ を算出し (ステップ S 0 0 5)、算出した計測点座標 $P_{SNSR}(m, n)$ を車両座標系 C_{CAR} での計測点座標 $P_{CAR}(m, n)$ に、更に、変換する (ステップ S 0 0 6)。

20

【 0 1 0 7 】

そして、抽出部 4 5 は、計測点座標算出部 4 4 より算出された車両座標系 C_{CAR} での計測点座標 $P_{CAR}(m, n)$ の中から、立体点群データ PG 2 に属する計測点座標 $P_{CAR}(m, n)$ を抽出する (ステップ S 0 0 7)。そして、ポリゴン判定部 4 6 は、抽出部 4 5 により抽出された立体点群データ PG 2 に属する計測点の中で、隣接する計測点により形成される図形が、物体投影面を構成する 3 次元ポリゴン P が否かを判定し、物体投影面を構成する 3 次元ポリゴン P であると判定した図形をポリゴンデータ PD に登録する (ステップ S 0 0 8)。

【 0 1 0 8 】

そして、テクスチャ座標算出部 4 3 は、ポリゴンデータ PD に登録されている 3 次元ポリゴン P の各頂点のテクスチャ座標 Q を算出する (ステップ S 0 0 9)。そして、交線算出部 4 7 は、ポリゴンデータ PD に登録されている 3 次元ポリゴン P に対し、{X 軸, Y 軸, Z 軸}グリット面との交線を算出し、算出した交線をグリットデータ GD に登録する (ステップ S 0 1 0)。

30

【 0 1 0 9 】

そして、画像処理部 4 8 は、画像バッファ 1 1 に格納されている画像をテクスチャ画像として用い、投影面ポリゴン P の各頂点のテクスチャ座標 Q に基づいて、描画処理を行うことで、車両全周囲の状況を投影した仮想的な立体投影面を生成する (ステップ S 0 1 1)。

40

【 0 1 1 0 】

そして、画像処理部 4 8 は、画像バッファ 1 1 に格納されている画像をテクスチャ画像として用い、ポリゴンデータ PD に登録されている 3 次元ポリゴン P の各頂点のテクスチャ座標 Q に基づいて、描画処理を行うことで、立体投影面に通行人などの周辺物体を重畳描画する (ステップ S 0 1 2)。

【 0 1 1 1 】

そして、画像処理部 4 8 は、テクスチャ付き描画された周辺物体上に、グリットデータ GD に登録されている交線を、3 次元 CG で重畳描画し (ステップ S 0 1 3)、表示部 2 0 を制御して、描画した画像を表示画面上に表示させる (ステップ S 0 1 4)。

【 0 1 1 2 】

50

そして、判定部 4 1 は、画像処理の終了が指示されたか否かを判定する（ステップ S 0 1 5）。判定部 4 1 により、画像処理の終了は指示されていないと判定された場合には（ステップ S 0 1 5；NO）、処理はステップ S 0 0 4 の処理へと戻り、前述の処理を行う。一方、判定部 4 1 により、画像処理の終了が指示されたと判定された場合には（ステップ S 0 1 5；YES）、本画像処理を終了する。

【0113】

上記実施形態 1 によれば、車両に配置したレンジセンサ 4 により計測した周辺物体を仮想的な立体投影面に再構成して可視化する際に、{X 軸, Y 軸, Z 軸}グリット面と周辺物体との交線（グリット線）を表示する。このように構成することで、周辺物体の色や輝度に依存することなく、周辺物体の形状を容易に把握することが可能となる。これにより、運転手は車両周辺の状況を的確に把握することが可能となることから、安全運転にも寄与できる。

10

【0114】

また、上記実施形態 1 によれば、グリット面を均等間隔で配置する。このように構成することで、周辺物体の大きさの把握が容易となる。また、画像上でのグリット間隔の広さにより、周辺物体までの距離を容易に把握することが可能となる。すなわち、車両周辺の状況をよりの確に把握することが可能となる。

【0115】

また、上記実施形態 1 によれば、テクスチャ付き描画した周辺物体上に、交線（グリット線）を重畳表示する。このように構成することで、色や模様による周辺物体の存在認識と、交線（グリット線）による周辺物体の形状把握とを同時に実現することが可能となる。

20

【0116】

また、上記実施形態 1 によれば、隣接する計測点からなる図形の中で、レンジセンサ 4 のセンサ原点方向に対する面法線の傾きが所定範囲を超える図形を除外して、物体投影面を構成する 3 次元ポリゴン P を生成する。このように構成することで、別々の物体間に本来存在しない物体投影面を発生させてしまうような不具合を軽減することが可能となる。

【0117】

また、上記実施形態 1 によれば、 $P_{CAR}(m, n)$ の中から、立体点群データ PG 2 に属する計測点座標 $P_{CAR}(m, n)$ を抽出する。すなわち、物体投影面を構成する上で不必要な道路平面上の計測点を除外する。このように構成することで、処理対象を削減し、処理速度を向上させることが可能となる。

30

【0118】

（実施形態 2）

実施形態 1 においては、車両座標系 C_{CAR} で定義されている {X 軸, Y 軸, Z 軸}グリット面と、物体投影面を構成する 3 次元ポリゴン P との交線を算出し、周辺物体上に交線を重畳表示するように構成した。

【0119】

本実施形態 2 においては、車両が移動しても座標が変化しない世界座標系 C_{WORLD} で定義されている {X 軸, Y 軸, Z 軸}グリット面を用いるように構成する。

40

【0120】

図 1 9 は、本実施形態 2 における車載システム 1 の構成例を示す機能ブロック図である。本実施形態 2 における車載システム 1 の構成は、基本的には実施形態 1 の場合と同じである。但し、図 1 9 に示すように、車載システム 1 が、さらに、GPS (Global Positioning System) 5 と電子コンパス 6 とを備える点と、車載装置 2 の制御部 4 0 が、さらに、位置推定部 4 9 として機能する点で、実施形態 1 の場合と異なっている。また、制御部 4 0 の共通する機能部の一部（座標変換行列生成部 4 2、交線算出部 4 7）が果たす役割が実施形態 1 の場合と若干異なっている。

【0121】

GPS 5 は、所定のタイミングで、自車両の 3 次元位置座標を算出し、算出した自車両

50

の3次元位置座標を車載装置2に送信する。

【0122】

電子コンパス6は、所定のタイミングで、自車両の方位角を算出し、算出した自車両の方位角を車載装置2に送信する。

【0123】

制御部40は、例えば、CPUなどで構成され、記憶部10のプログラムエリアに格納されている動作プログラムを実行して、図19に示すように、判定部41と、座標変換行列生成部42と、テクスチャ座標算出部43と、計測点座標算出部44と、抽出部45と、ポリゴン判定部46と、交線算出部47と、画像処理部48と、位置推定部49としての機能を実現すると共に、車載装置2全体を制御する制御処理や後述の画像処理などの処理を実行する。

10

【0124】

位置推定部49は、GPS5により算出された自車両の3次元位置座標と、電子コンパス6により算出された自車両の方位角と、に基づいて、世界座標系 C_{WORLD} での自車両の位置(車両原点Oの3次元座標)と向き(世界座標系 C_{WORLD} のZ軸まわりの回転角)を推定する。

【0125】

なお、世界座標系 C_{WORLD} をどのように設定するかは任意であり、位置が固定されている地物や子後線などに基づいて定義してもよいし、エンジン始動時の車両位置と方位に基づいて定義してもよい。また、例えば、車速センサやジャイロセンサなどを用いて推定した相対位置座標や相対角を利用してもよい。

20

【0126】

座標変換行列生成部42は、実施形態1で説明した処理の他に、位置推定部49により推定された世界座標系 C_{WORLD} での自車両の位置と向きとに基づいて、車両座標系 C_{CAR} から世界座標系 C_{WORLD} への座標変換行列 $M_{CAR \rightarrow WORLD}$ を生成する。

【0127】

より具体的には、位置推定部49により推定された、世界座標系 C_{WORLD} での車両原点Oの3次元座標を (A_x, A_y, A_z) 、世界座標系 C_{WORLD} のZ軸まわりの回転角を R_z とすると、座標変換行列生成部42は、式(12)で表される座標変換行列 $M_{CAR \rightarrow WORLD}$ を生成する。

30

【0128】

【数24】

$$M_{CAR \rightarrow WORLD} = \begin{pmatrix} \cos R_z & -\sin R_z & 0 & A_x \\ \sin R_z & \cos R_z & 0 & A_y \\ 0 & 0 & 1 & A_z \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} \quad \dots\dots(12)$$

【0129】

交線算出部47は、後述のステップ2-0乃至ステップ2-3の処理に従って、ポリゴンデータPDに登録されている3次元ポリゴンPに対し、世界座標系 C_{WORLD} の{X, Y, Z}軸に対してSTEP $\{X, Y, Z\}$ の均等間隔で定義されている{X軸, Y軸, Z軸}グリット面との交線を算出し、算出した交線をグリットデータGDに登録する。

40

【0130】

{X軸, Y軸, Z軸}グリット面が上述のように構成されている場合において、三角形 $\{P_0, P_1, P_2\}$ が3次元ポリゴンPとしてポリゴンデータPDに登録されているとすると、3次元ポリゴンPである三角形 $\{P_0, P_1, P_2\}$ に対する{X軸, Y軸, Z軸}グリット面との交線を、以下に示す処理(ステップ2-0乃至ステップ2-3)に従って算出することができる。

【0131】

<ステップ2-0>

車両座標系 C_{CAR} で定義されている三角形 $\{P_0, P_1, P_2\}$ の頂点座標 P_0, P_1

50

、 P_2 を、式(13)により、それぞれ、世界座標系 C_{WORLD} での頂点座標 P^W_0 、 P^W_1 、 P^W_2 に変換する。なお、式中の $P_{\{0,1,2\}}$ は、頂点座標 P_0 、 P_1 、 P_2 を、便宜的に一括で示している。 $P^W_{\{0,1,2\}}$ についても同様である。

【0132】

【数25】

$$P^W_{\{0,1,2\}} = M_{CAR \rightarrow WORLD} \times P_{\{0,1,2\}} \quad \dots\dots(13)$$

【0133】

<ステップ2-1>

世界座標系 C_{WORLD} に変換後の頂点 P^W_0 、 P^W_1 、 P^W_2 を $\{X, Y, Z\}$ 座標値の降順にソートし、ソート結果を $P^W_{A\{X, Y, Z\}}$ 、 $P^W_{B\{X, Y, Z\}}$ 、 $P^W_{C\{X, Y, Z\}}$ とする。なお、 $P^W_{A\{X, Y, Z\}}$ は、 X 座標値の降順にソートした場合の P^W_{AX} 、 Y 座標値の降順にソートした場合の P^W_{AY} 、 Z 座標値の降順にソートした場合の P^W_{AZ} を、便宜的に一括で示している。 $P^W_{B\{X, Y, Z\}}$ 、 $P^W_{C\{X, Y, Z\}}$ についても同様である。

10

【0134】

<ステップ2-2>

式(14.1)乃至式(14.3)に従って、 $[P^W_{A\{X, Y, Z\}}]$ 、 $[P^W_{B\{X, Y, Z\}}]$ 、 $[P^W_{C\{X, Y, Z\}}]$ を $STEP_{\{X, Y, Z\}}$ で割って算出した値の整数部 $N_{A\{X, Y, Z\}}$ 、 $N_{B\{X, Y, Z\}}$ 、 $N_{C\{X, Y, Z\}}$ をそれぞれ算出する。

20

【0135】

【数26】

$$N_{A\{X, Y, Z\}} = \text{ROUNDDOWN}([P^W_{A\{X, Y, Z\}}] / \text{STEP}_{\{X, Y, Z\}}) \quad \dots\dots(14.1)$$

【0136】

【数27】

$$N_{B\{X, Y, Z\}} = \text{ROUNDDOWN}([P^W_{B\{X, Y, Z\}}] / \text{STEP}_{\{X, Y, Z\}}) \quad \dots\dots(14.2)$$

【0137】

【数28】

$$N_{C\{X, Y, Z\}} = \text{ROUNDDOWN}([P^W_{C\{X, Y, Z\}}] / \text{STEP}_{\{X, Y, Z\}}) \quad \dots\dots(14.3)$$

30

【0138】

なお、 $[P^W_{A\{X, Y, Z\}}]$ は、 P^W_{AX} の X 座標値、 P^W_{AY} の Y 座標値、 P^W_{AZ} の Z 座標値を、便宜的に一括で示している。 $[P^W_{B\{X, Y, Z\}}]$ と $[P^W_{C\{X, Y, Z\}}]$ についても同様である。また、整数部 $N_{A\{X, Y, Z\}}$ は、 P^W_{AX} の X 座標値を $STEP_X$ で割って算出した値の整数部 N_{AX} 、 P^W_{AY} の Y 座標値を $STEP_Y$ で割って算出した値の整数部 N_{AY} 、 P^W_{AZ} の Z 座標値を $STEP_Z$ で割って算出した値の整数部 N_{AZ} を、便宜的に一括で示している。整数部 $N_{B\{X, Y, Z\}}$ と整数部 $N_{C\{X, Y, Z\}}$ についても同様である。

40

【0139】

<ステップ2-3>

X 座標値の降順にソートした場合の整数部 N_{AX} 、 N_{BX} 、 N_{CX} において、(A) $N_{AX} = N_{BX}$ 、且つ、 $N_{BX} = N_{CX}$ の場合は、図15に例示する線分 L_0R_0 を算出し、算出した線分 L_0R_0 を X 軸グリット面との交線として座標情報をグリットデータ GD に登録し、(B) $N_{AX} = N_{BX}$ 、且つ、 $N_{BX} < N_{CX}$ の場合は、図15に例示する線分 L_1R_1 を算出し、算出した線分 L_1R_1 を X 軸グリット面との交線として座標情報をグリットデータ GD に登録し、(C)(A)と(B)以外の場合は、 X 軸グリット面との交線のグリットデータ GD への登録を行わない。

【0140】

50

同様に、Y座標値の降順にソートした場合の整数部 N_{AY} 、 N_{BY} 、 N_{CY} において、Y軸グリット面との交線の登録処理を行い、Z座標値の降順にソートした場合の整数部 N_{AZ} 、 N_{BZ} 、 N_{CZ} において、Z軸グリット面との交線の登録処理を行う。

【0141】

本実施形態2における車両座標系 C_{CAR} での交点 L_0 、 R_0 、 L_1 、 R_1 は、それぞれ、以下の式によって算出できる。

【0142】

【数29】

$$L_0(k, Y, Z) = M^{-1}_{CAR \rightarrow WORLD} [(1 - k_{L0}(k, Y, Z)) \times P^W_{A(k, Y, Z)} + k_{L0}(k, Y, Z) \times P^W_{C(k, Y, Z)}] \quad \dots\dots(15.1a) \quad 10$$

【0143】

【数30】

$$k_{L0}(k, Y, Z) = \frac{[P^W_{A(k, Y, Z)}] - N_{A(k, Y, Z)} \times STEP(k, Y, Z)}{[P^W_{A(k, Y, Z)}] - [P^W_{C(k, Y, Z)}]} \quad \dots\dots(15.1b)$$

【0144】

【数31】

$$L_1(k, Y, Z) = M^{-1}_{CAR \rightarrow WORLD} [(1 - k_{L1}(k, Y, Z)) \times P^W_{A(k, Y, Z)} + k_{L1}(k, Y, Z) \times P^W_{C(k, Y, Z)}] \quad \dots\dots(15.2a) \quad 20$$

【0145】

【数32】

$$k_{L1}(k, Y, Z) = \frac{[P^W_{A(k, Y, Z)}] - N_{B(k, Y, Z)} \times STEP(k, Y, Z)}{[P^W_{A(k, Y, Z)}] - [P^W_{C(k, Y, Z)}]} \quad \dots\dots(15.2b)$$

【0146】

【数33】

$$R_0(k, Y, Z) = M^{-1}_{CAR \rightarrow WORLD} [(1 - k_{R0}(k, Y, Z)) \times P^W_{A(k, Y, Z)} + k_{R0}(k, Y, Z) \times P^W_{B(k, Y, Z)}] \quad \dots\dots(15.3a) \quad 30$$

【0147】

【数34】

$$k_{R0}(k, Y, Z) = \frac{[P^W_{A(k, Y, Z)}] - N_{A(k, Y, Z)} \times STEP(k, Y, Z)}{[P^W_{A(k, Y, Z)}] - [P^W_{B(k, Y, Z)}]} \quad \dots\dots(15.3b)$$

【0148】

【数35】

$$R_1(k, Y, Z) = M^{-1}_{CAR \rightarrow WORLD} [(1 - k_{R1}(k, Y, Z)) \times P^W_{B(k, Y, Z)} + k_{R1}(k, Y, Z) \times P^W_{C(k, Y, Z)}] \quad \dots\dots(15.4a) \quad 40$$

【0149】

【数36】

$$k_{R1}(k, Y, Z) = \frac{[P^W_{B(k, Y, Z)}] - N_{B(k, Y, Z)} \times STEP(k, Y, Z)}{[P^W_{B(k, Y, Z)}] - [P^W_{C(k, Y, Z)}]} \quad \dots\dots(15.4b)$$

【0150】

次に、図20を参照して、本実施形態2における画像処理の流れについて説明する。図20は、本実施形態2における画像処理のフローを説明するためのフローチャートの例の一部である。本実施形態2における画像処理は、ステップS009とステップS010と

の間に新たな処理が追加される点で、実施形態 1 の場合と異なっている。したがって、ここでは、新たに追加された処理（ステップ S 1 0 1 とステップ S 1 0 2）とステップ S 0 1 0 について説明する。

【 0 1 5 1 】

ステップ S 0 0 9 の後、ステップ S 1 0 1 の処理へと進み、位置推定部 4 9 は、GPS 5 により算出された自車両の 3 次元位置座標と、電子コンパス 6 により算出された自車両の方位角と、に基づいて、世界座標系 C_{WORLD} での自車両の位置と向きを推定する（ステップ S 1 0 1）。

【 0 1 5 2 】

そして、座標変換行列生成部 4 2 は、位置推定部 4 9 により推定された世界座標系 C_{WORLD} での自車両の位置と向きとに基づいて、車両座標系 C_{CAR} から世界座標系 C_{WORLD} への座標変換行列 M_{CAR_WORLD} を生成する（ステップ S 1 0 2）。

【 0 1 5 3 】

そして、交線算出部 4 7 は、ポリゴンデータ PD に登録されている 3 次元ポリゴン P に対し、世界座標系 C_{WORLD} で定義されている {X 軸, Y 軸, Z 軸} グリット面との交線を算出し、算出した交線をグリットデータ GD に登録する（ステップ S 0 1 0）。その後、処理は実施形態 1 で説明したステップ S 0 1 1 の処理へと進む。

【 0 1 5 4 】

上記実施形態 2 によれば、世界座標系 C_{WORLD} で定義したグリット面との交線を、周辺物体上に重畳表示する。このように構成することで、静止している周辺物体上の交線は自車両が移動していても固定で表示され、周辺環境に対する自車両の移動を直感的に把握することが容易となる。

【 0 1 5 5 】

（実施形態 3）

本実施形態 3 においては、自車両からの距離に応じて、例えば、交線（グリット線）の色や輝度や透過率などを変化させるように構成する。以下において、自車両からの距離に応じて交線（グリット線）の色を変化させる例について説明する。なお、本構成は、実施形態 1 と 2 のいずれの構成にも適用可能である。

【 0 1 5 6 】

図 2 1 は、本実施形態 3 における車載システム 1 の構成例を示す機能ブロック図である。本実施形態 3 における車載システム 1 の構成は、基本的には実施形態 1 の場合と同じである。但し、図 2 1 に示すように、車載装置 2 の制御部 4 0 が、さらに、距離算出部 4 A として機能する点で、実施形態 1 の場合と異なっている。また、制御部 4 0 の共通する機能部の一部（画像処理部 4 8）が果たす役割が実施形態 1 の場合と若干異なっている。また、記憶部 1 0 のデータエリアには、さらに、距離と色とを対応付けているカラーマップが格納されている。

【 0 1 5 7 】

制御部 4 0 は、例えば、CPU などで構成され、記憶部 1 0 のプログラムエリアに格納されている動作プログラムを実行して、図 2 1 に示すように、判定部 4 1 と、座標変換行列生成部 4 2 と、テクスチャ座標算出部 4 3 と、計測点座標算出部 4 4 と、抽出部 4 5 と、ポリゴン判定部 4 6 と、交線算出部 4 7 と、画像処理部 4 8 と、距離算出部 4 A としての機能を実現すると共に、車載装置 2 全体を制御する制御処理や後述の画像処理などの処理を実行する。

【 0 1 5 8 】

距離算出部 4 A は、グリットデータ GD に登録されている交線の交点座標に基づいて、例えば、車両原点 O から各交点までの交点距離を算出する。

【 0 1 5 9 】

画像処理部 4 8 は、交線を周辺物体上に重畳表示する際に、カラーマップを参照して、距離算出部 4 A により算出された各交点の交点距離に対応する色を設定し、自車両からの距離に応じて交線（グリット線）の色を変化させる。

10

20

30

40

50

【 0 1 6 0 】

次に、図 2 2 を参照して、本実施形態 3 における画像処理の流れについて説明する。図 2 2 は、本実施形態 3 における画像処理のフローを説明するためのフローチャートの例の一部である。本実施形態 3 における画像処理は、ステップ S 0 1 0 とステップ S 0 1 1 との間に新たな処理（ステップ S 2 0 1）が追加される点で、実施形態 1 の場合と異なっている。したがって、ここでは、新たに追加されたステップ S 2 0 1 からステップ S 0 1 3 について説明する。

【 0 1 6 1 】

ステップ S 0 1 0 の処理の後、処理はステップ S 2 0 1 へと進み、距離算出部 4 A は、グリットデータ G D に登録されている交線の交点座標に基づいて、各交点の交点距離を算出する（ステップ S 2 0 1）。

10

【 0 1 6 2 】

そして、画像処理部 4 8 は、画像バッファ 1 1 に格納されている画像をテクスチャ画像として用い、投影面ポリゴン P の各頂点のテクスチャ座標 Q に基づいて、描画処理を行うことで、車両全周囲の状況を投影した仮想的な立体投影面を生成する（ステップ S 0 1 1）。

【 0 1 6 3 】

そして、画像処理部 4 8 は、画像バッファ 1 1 に格納されている画像をテクスチャ画像として用い、ポリゴンデータ P D に登録されている 3 次元ポリゴン P の各頂点のテクスチャ座標 Q に基づいて、描画処理を行うことで、立体投影面に通行人などの周辺物体を重畳描画する（ステップ S 0 1 2）。

20

【 0 1 6 4 】

そして、画像処理部 4 8 は、テクスチャ付き描画された周辺物体上に、グリットデータ G D に登録されている交線を、3次元 C G で重畳描画する（ステップ S 0 1 3）。この際、画像処理部 4 8 は、カラーマップを参照して、距離算出部 4 A により算出された各交点の交点距離に対応する色を設定し、自車両からの距離に応じて交線（グリット線）の色を変化させる。その後、実施形態 1 で説明したステップ S 0 1 4 の処理へと進む。

【 0 1 6 5 】

上記実施形態 3 によれば、自車両からの距離に応じて交線（グリット線）の色や輝度などを変えて表示する。このように構成することで、重なり合っている周辺物体の前後関係を把握することが容易となり、自車両周辺の状況をよりの確に把握することが可能となる。

30

【 0 1 6 6 】

図 2 3 は、各実施形態における車載システム 1 のハードウェア構成の例を示す図である。図 1 7、図 1 9、図 2 1 に示す車載装置 2 は、例えば、図 2 3 に示す各種ハードウェアにより実現されてもよい。図 2 3 の例では、車載装置 2 は、CPU 2 0 1、RAM 2 0 2、ROM 2 0 3、HDD 2 0 4、カメラ 3 が接続されているカメラインターフェース 2 0 5、モニタ 2 1 0 が接続されているモニタインターフェース 2 0 6、レンジセンサ 4 などのセンサ類が接続されているセンサ類インターフェース 2 0 7、無線通信モジュール 2 0 8、および読取装置 2 0 9 を備え、これらのハードウェアはバス 2 1 1 を介して接続されている。

40

【 0 1 6 7 】

CPU 2 0 1 は、HDD 2 0 4 に格納されている動作プログラムを RAM 2 0 2 にロードし、RAM 2 0 2 をワーキングメモリとして使いながら各種処理を実行する。CPU 2 0 1 は、動作プログラムを実行することで、図 1 7、図 1 9、図 2 1 に示す制御部 4 0 の各機能部を実現することができる。

【 0 1 6 8 】

なお、上記動作を実行するための動作プログラムを、フレキシブルディスク、CD-ROM (Compact Disk-Read Only Memory)、DVD (Digital Versatile Disk)、MO (Magnet Optical disk) などのコンピュータで読み取り可能な記録媒体 2 1 2 に記憶して配

50

布し、これを車載装置 2 の読取装置 209 で読み取ってコンピュータにインストールすることにより、上述の処理を実行するように構成してもよい。さらに、インターネット上のサーバ装置が有するディスク装置等に動作プログラムを記憶しておき、無線通信モジュール 208 を介して、車載装置 2 のコンピュータに動作プログラムをダウンロード等するものとしてもよい。

【0169】

なお、実施形態に応じて、RAM 202、ROM 203、HDD 204 以外の他の種類の記憶装置が利用されてもよい。例えば、車載装置 2 は、CAM (Content Addressable Memory)、SRAM (Static Random Access Memory)、SDRAM (Synchronous Dynamic Random Access Memory) などの記憶装置を有してもよい。

10

【0170】

無線通信モジュール 208 は、無線接続における物理層の処理を行うハードウェアである。無線通信モジュール 208 は、例えば、アンテナ、ADC (Analog-to-Digital Converter)、DAC (Digital-to-Analog Converter)、変調器、復調器、符号化器、復号器などを含む。

【0171】

なお、実施形態に応じて、車載システム 1 のハードウェア構成は図 23 とは異なってもよく、図 23 に例示した規格・種類以外のその他のハードウェアを車載システム 1 に適用することもできる。

【0172】

例えば、図 17、図 19、図 21 に示す車載装置 2 の制御部 40 の各機能部は、ハードウェア回路により実現されてもよい。具体的には、CPU 201 の代わりに、FPGA (Field Programmable Gate Array) などのリコンフィギュラブル回路や、ASIC (Application Specific Integrated Circuit) などにより、図 17、図 19、図 21 に示す制御部 40 の各機能部が実現されてもよい。もちろん、CPU 201 とハードウェア回路の双方により、これらの機能部が実現されてもよい。

20

【0173】

以上において、いくつかの実施形態について説明した。しかしながら、実施形態は上記の実施形態に限定されるものではなく、上述の実施形態の各種変形形態及び代替形態を包含するものとして理解されるべきである。例えば、各種実施形態は、その趣旨及び範囲を逸脱しない範囲で構成要素を変形して具体化できることが理解されよう。また、前述した実施形態に開示されている複数の構成要素を適宜組み合わせることにより、種々の実施形態を成すことができることが理解されよう。更には、実施形態に示される全構成要素からいくつかの構成要素を削除して又は置換して、或いは実施形態に示される構成要素にいくつかの構成要素を追加して種々の実施形態が実施され得ることが当業者には理解されよう。

30

【0174】

以上の実施形態 1 ~ 3 を含む実施形態に関し、さらに以下の付記を開示する。

(付記 1)

車両に搭載されているカメラにより撮像された画像と、前記車両に搭載されている距離センサにより算出された周辺物体上の計測点までの距離と、に基づいて、前記車両の周辺環境を再構築した仮想的な 3 次元空間を描画する画像処理装置であって、

40

前記車両を基準とする座標系である車両座標系で定義されている複数のグリット面と前記周辺物体との交差断面の外郭線を算出する外郭線算出手段と、

前記外郭線算出手段により算出された前記外郭線を前記仮想的な 3 次元空間内に配置されている対応する周辺物体上に描画する画像処理手段と、

を備え、

前記複数のグリット面は、前記車両座標系の X 軸に対して垂直な平面と、前記車両座標系の Y 軸に対して垂直な平面と、前記車両座標系の Z 軸に対して垂直な平面と、により構成されている、

50

ことを特徴とする画像処理装置。

(付記 2)

前記周辺物体上の計測点までの距離に基づいて、前記周辺物体の形状を特定する形状特定手段をさらに備え、

前記外郭線算出手段は、前記形状特定手段により特定された前記形状に基づいて、前記外郭線を算出する、

ことを特徴とする付記 1 に記載の画像処理装置。

(付記 3)

前記形状特定手段は、前記周辺物体の形状を特定する際に、前記距離センサの方向に対する、隣接する前記計測点により構成される図形の面法線の傾きが所定の範囲を超える図形を除外する、

10

ことを特徴とする付記 2 に記載の画像処理装置。

(付記 4)

前記計測点の中で、道路平面上の計測点を除外する除外手段を更に備え、

前記形状特定手段は、前記除外手段により道路平面上の計測点が除外された後の計測点に基づいて、前記周辺物体の形状を特定する、

ことを特徴とする付記 2 又は 3 に記載の画像処理装置。

(付記 5)

前記複数のグリット面は、世界座標系で定義され、前記世界座標系の X 軸に対して垂直な平面と、前記世界座標系の Y 軸に対して垂直な平面と、前記世界座標系の Z 軸に対して

20

垂直な平面と、により構成されており、

前記外郭線算出手段は、前記世界座標系で定義されている複数のグリット面と前記周辺

物体との交差断面の外郭線を算出する、

ことを特徴とする付記 1 乃至 4 のいずれか一に記載の画像処理装置。

(付記 6)

前記画像処理手段は、前記車両からの距離に応じて、前記外郭線の属性を変化させて描画する、

ことを特徴とする付記 1 乃至 5 のいずれか一に記載の画像処理装置。

(付記 7)

前記 X 軸に垂直な平面は第 1 の間隔で均等に配置され、前記 Y 軸に垂直な平面は第 2 の

30

間隔で均等に配置され、前記 Z 軸に垂直な平面は第 3 の間隔で均等に配置されている、

ことを特徴とする付記 1 乃至 6 のいずれか一に記載の画像処理装置。

(付記 8)

前記画像処理手段は、前記周辺物体をテクスチャ付き描画した後に、前記外郭線を重畳描画する、

ことを特徴とする付記 1 乃至 7 のいずれか一に記載の画像処理装置。

(付記 9)

前記画像処理手段による処理結果を表示画面上に表示する表示手段を更に備える、

ことを特徴とする付記 1 乃至 8 のいずれか一に記載の画像処理装置。

(付記 10)

40

車両に搭載されているカメラにより撮像された画像と、前記車両に搭載されている距離

センサにより算出された周辺物体上の計測点までの距離と、に基づいて、前記車両の周辺環境を再構築した仮想的な 3 次元空間を描画する画像処理装置の画像処理方法であって、

前記車両を基準とする座標系である車両座標系で定義されている複数のグリット面であって、前記車両座標系の X 軸に対して垂直な平面と、前記車両座標系の Y 軸に対して垂直な平面と、前記車両座標系の Z 軸に対して垂直な平面と、により構成されている前記複数の

グリット面と前記周辺物体との交差断面の外郭線を算出し、

算出した前記外郭線を前記仮想的な 3 次元空間内に配置されている対応する周辺物体上に描画する、

ことを特徴とする画像処理方法。

50

(付記 1 1)

車両に搭載されているカメラにより撮像された画像と、前記車両に搭載されている距離センサにより算出された周辺物体上の計測点までの距離と、に基づいて、前記車両の周辺環境を再構築した仮想的な 3 次元空間を描画する画像処理装置のコンピュータに、

前記車両を基準とする座標系である車両座標系で定義されている複数のグリット面であって、前記車両座標系の X 軸に対して垂直な平面と、前記車両座標系の Y 軸に対して垂直な平面と、前記車両座標系の Z 軸に対して垂直な平面と、により構成されている前記複数のグリット面と前記周辺物体との交差断面の外郭線を算出し、

算出した前記外郭線を前記仮想的な 3 次元空間内に配置されている対応する周辺物体上に描画する、

10

処理を実行させる、
ことを特徴とするプログラム。

(付記 1 2)

車両に搭載されているカメラにより撮像された画像と、前記車両に搭載されている距離センサにより算出された周辺物体上の計測点までの距離と、に基づいて、前記車両の周辺環境を再構築した仮想的な 3 次元空間を描画する画像処理装置のコンピュータに、

前記車両を基準とする座標系である車両座標系で定義されている複数のグリット面であって、前記車両座標系の X 軸に対して垂直な平面と、前記車両座標系の Y 軸に対して垂直な平面と、前記車両座標系の Z 軸に対して垂直な平面と、により構成されている前記複数のグリット面と前記周辺物体との交差断面の外郭線を算出し、

20

算出した前記外郭線を前記仮想的な 3 次元空間内に配置されている対応する周辺物体上に描画する、

処理を実行させるプログラムを記憶した記録媒体。

【符号の説明】

【 0 1 7 5 】

- 1 車載システム
- 2 車載装置
 - 1 0 記憶部
 - 1 1 画像バッファ
 - 2 0 表示部
 - 3 0 操作部
 - 4 0 制御部
 - 4 1 判定部
 - 4 2 座標変換行列生成部
 - 4 3 テクスチャ座標算出部
 - 4 4 計測点座標算出部
 - 4 5 抽出部
 - 4 6 ポリゴン判定部
 - 4 7 交線算出部
 - 4 8 画像処理部
 - 4 9 位置推定部
 - 4 A 距離算出部
- 3 カメラ
- 4 レンジセンサ
- 5 G P S
- 6 電子コンパス
 - 2 0 1 C P U
 - 2 0 2 R A M
 - 2 0 3 R O M
 - 2 0 4 H D D

30

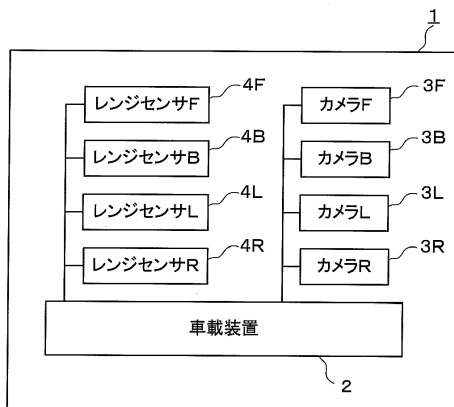
40

50

- 205 カメラインターフェース
- 206 モニターインターフェース
- 207 センサ類インターフェース
- 208 無線通信モジュール
- 209 読取装置
- 210 モニタ
- 211 バス
- 212 記録媒体

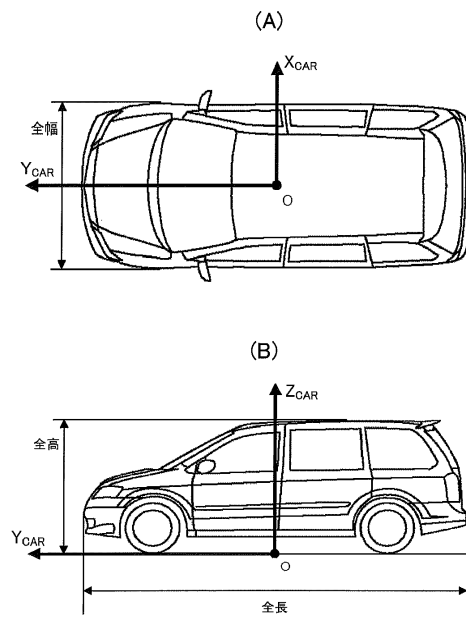
【図1】

実施形態1における車載システムの構成例を示す図



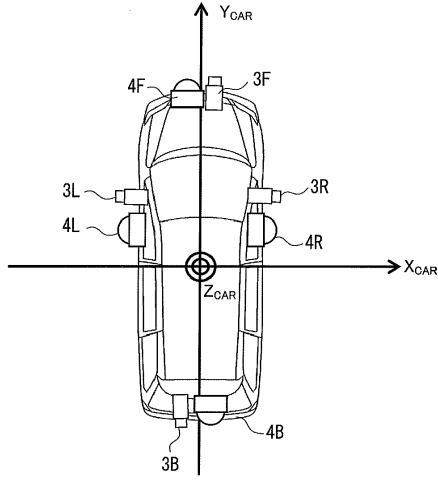
【図2】

図2Aと図2Bは、いずれも、車両座標系を説明するための図



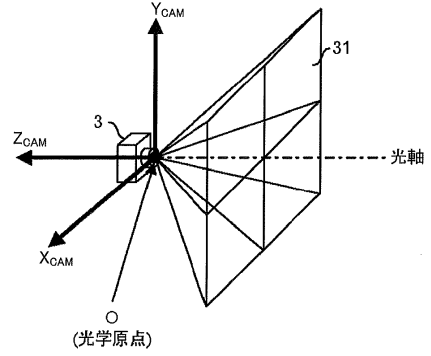
【図3】

カメラとレンジセンサの配置例を示す図



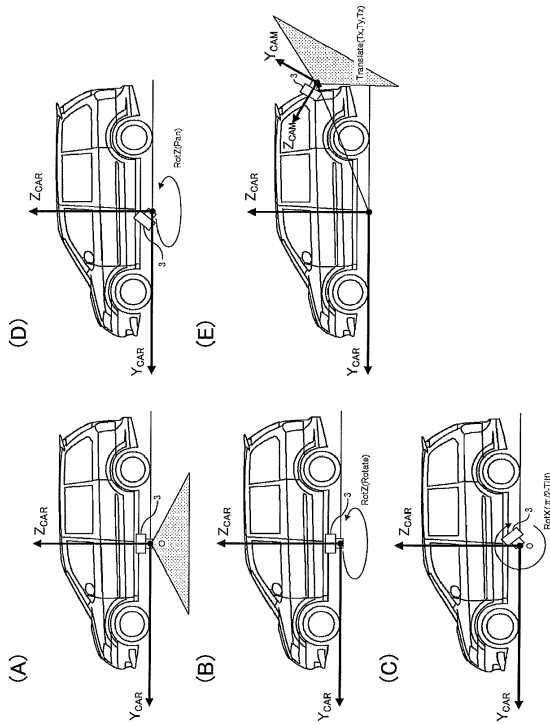
【図4】

カメラ座標系を説明するための図



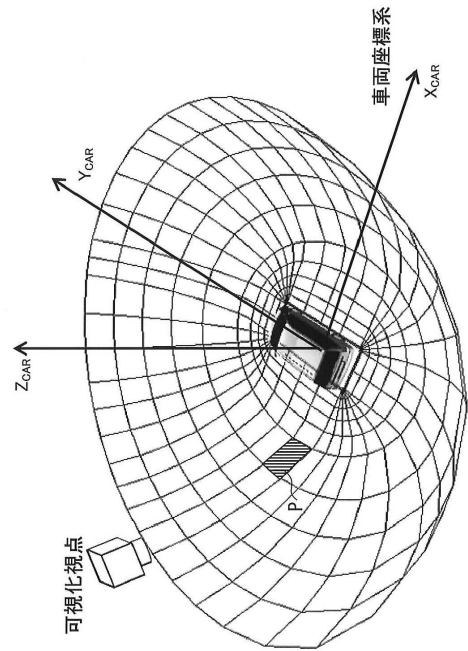
【図5】

図5A~Eは、いずれも、カメラの配置パラメータについて説明するための図



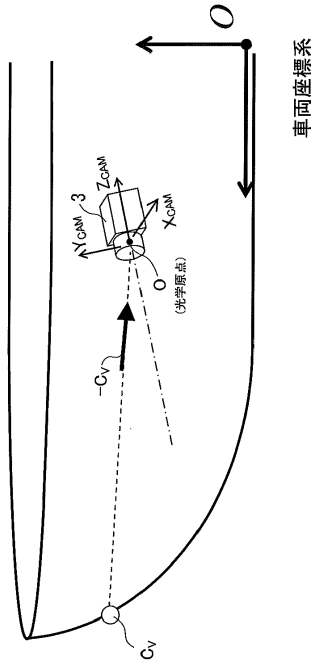
【図6】

可視化のための立体投影面の例を示す図



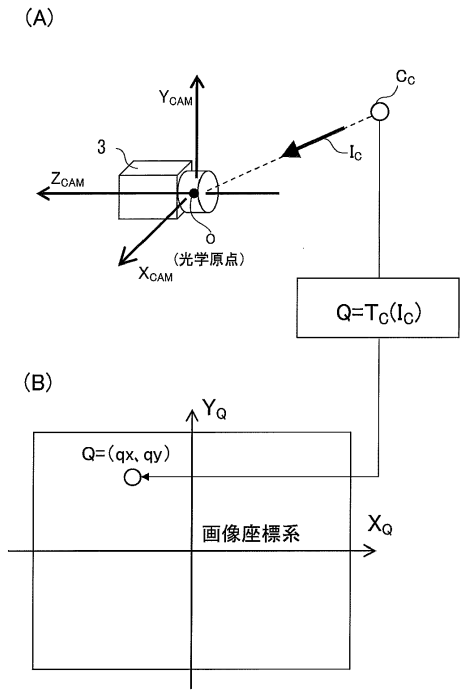
【 図 7 】

立体投影面における車両座標系とカメラ座標系との関係を示す図



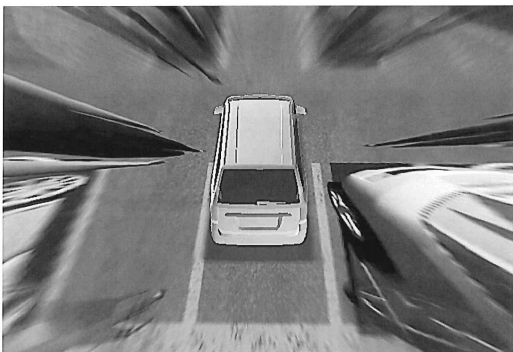
【 図 8 】

図8Aと図8Bは、いずれも、カメラ座標系での入射光ベクトルとカメラ画像上の画素位置との関係を説明するための図



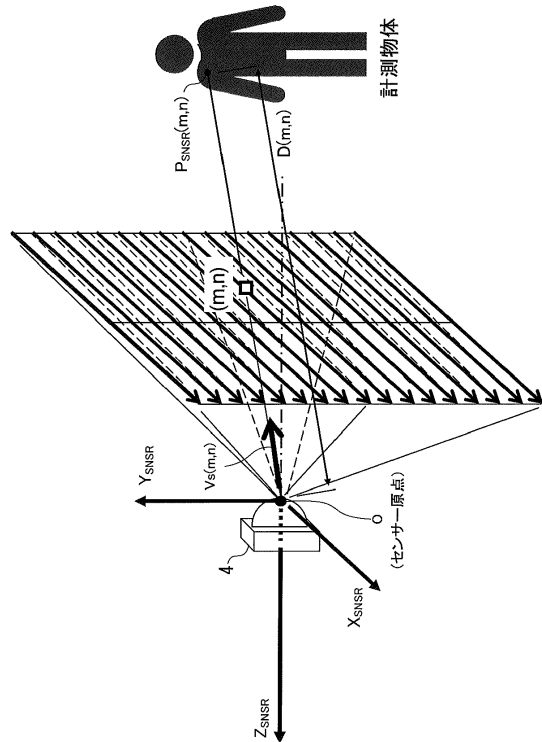
【 図 9 】

立体投影面を構成する3次元ポリгонをテクスチャ付き描画して可視化した結果の例を示す図



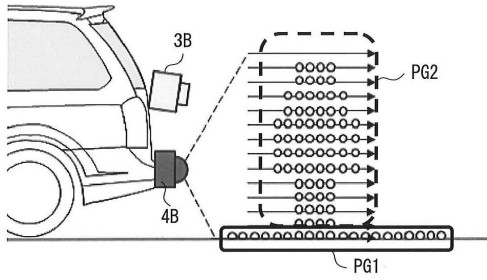
【 図 10 】

レンジセンサ座標系を説明するための図



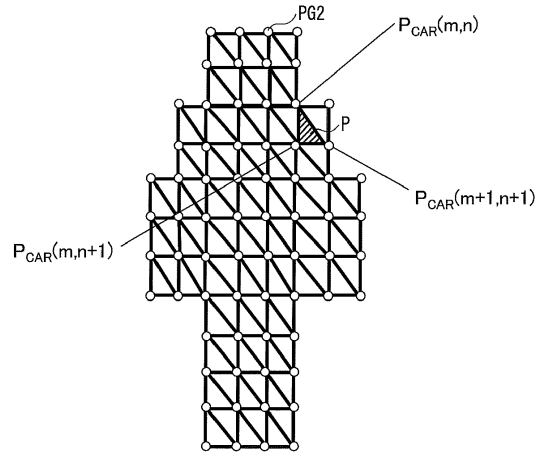
【図 1 1】

実施形態1における立体点群データの抽出方法を説明するための図



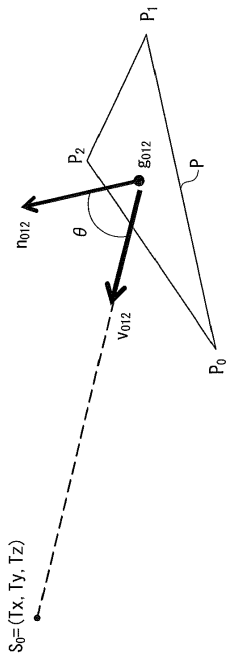
【図 1 2】

3次元ポリゴンにより構成されている計測物体の形状を模した物体投影面の例を示す図



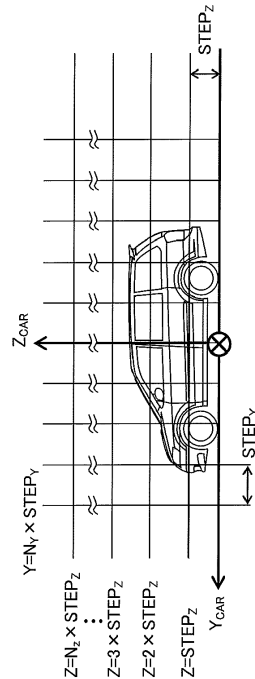
【図 1 3】

ポリゴンデータとして登録されるための条件を説明するための図



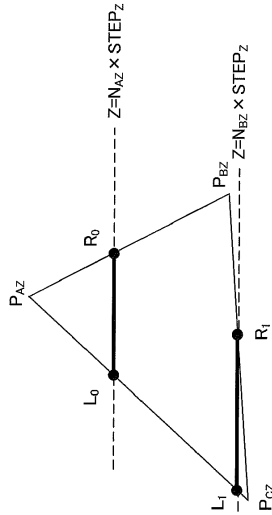
【図 1 4】

実施形態1における車両座標系でのグリッド面(Y軸、Z軸)の例を示す図



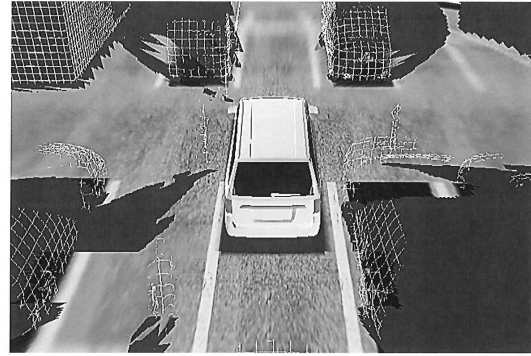
【図15】

Z軸グリット面を例にしたグリット面との交線の算出方法を説明するための図



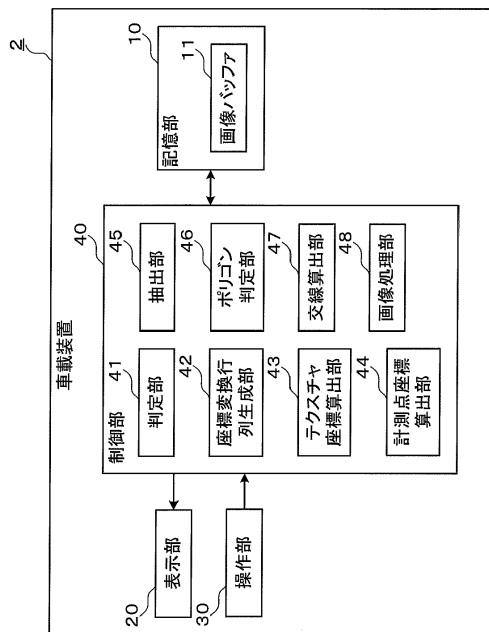
【図16】

実施形態1における画像処理の結果の例を示す図



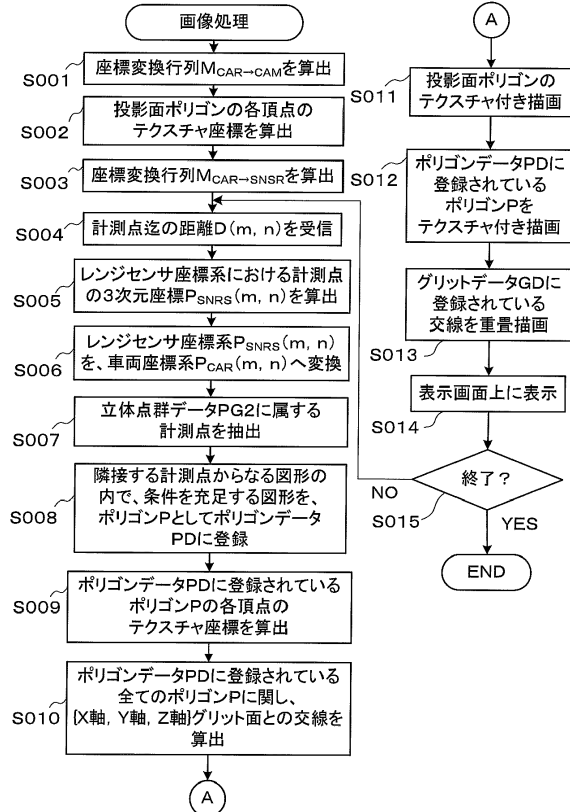
【図17】

実施形態1における車載装置の構成例を示す機能ブロック図



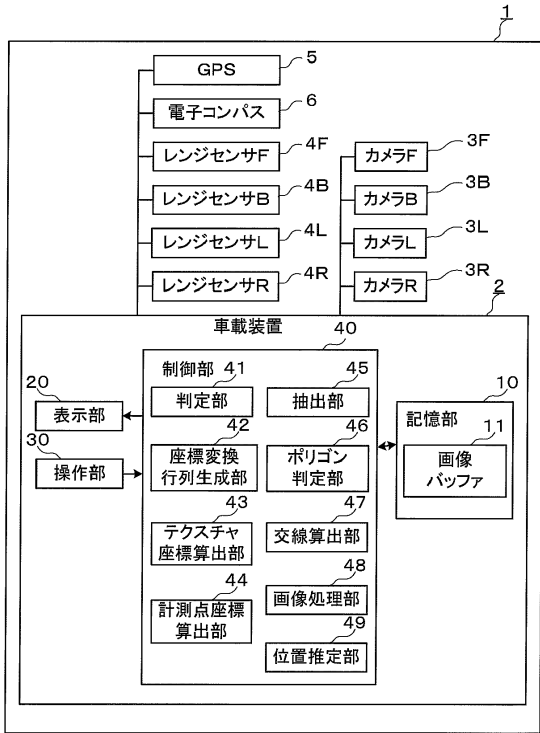
【図18】

実施形態1における画像処理のフローを説明するためのフローチャート



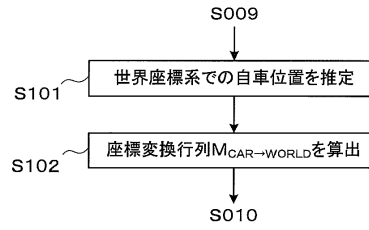
【図19】

実施形態2における車載システムの構成例を示す機能ブロック図



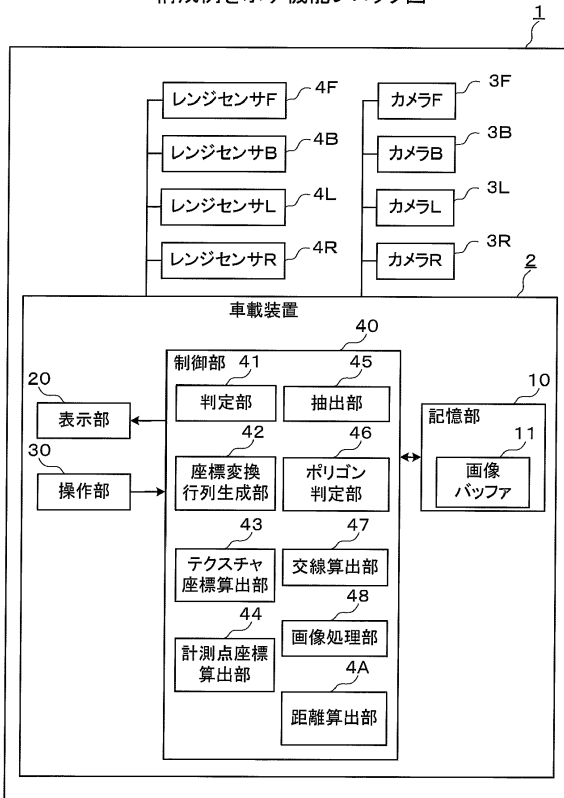
【図20】

実施形態2における画像処理のフローを説明するためのフローチャートの例の一部



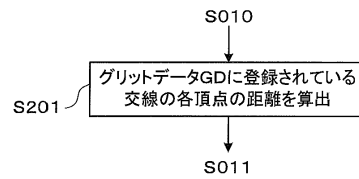
【図21】

実施形態3における車載システムの構成例を示す機能ブロック図



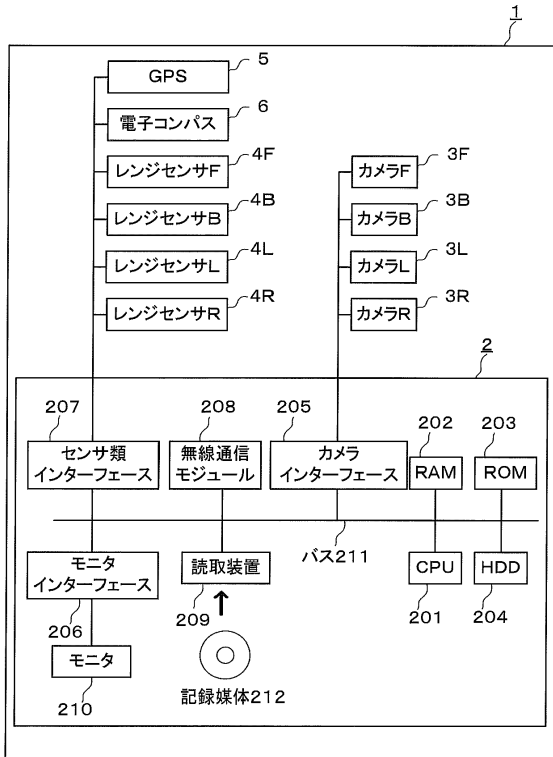
【図22】

実施形態3における画像処理のフローを説明するためのフローチャートの例の一部



【図 23】

実施形態における車載システムの
ハードウェア構成の例を示す図



フロントページの続き

- (56)参考文献 国際公開第2013/018173(WO, A1)
特開2013-157745(JP, A)
特開2001-319225(JP, A)
特開2013-088999(JP, A)
特開2000-029384(JP, A)
特開2000-339465(JP, A)
特開平11-161159(JP, A)
米国特許出願公開第2011/0282581(US, A1)
実開平06-086200(JP, U)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G08G	1/16
G06T	1/00
H04N	7/18