

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第6355298号
(P6355298)

(45) 発行日 平成30年7月11日 (2018. 7. 11)

(24) 登録日 平成30年6月22日 (2018. 6. 22)

(51) Int. Cl.		F I			
H04N	7/18	(2006.01)	H04N	7/18	J
E02F	9/26	(2006.01)	E02F	9/26	A
B60R	1/00	(2006.01)	B60R	1/00	A

請求項の数 7 (全 43 頁)

(21) 出願番号	特願2013-114439 (P2013-114439)	(73) 特許権者	000002107
(22) 出願日	平成25年5月30日 (2013. 5. 30)		住友重機械工業株式会社
(65) 公開番号	特開2014-236232 (P2014-236232A)		東京都品川区大崎二丁目1番1号
(43) 公開日	平成26年12月15日 (2014. 12. 15)	(74) 代理人	100107766
審査請求日	平成28年4月14日 (2016. 4. 14)		弁理士 伊東 忠重
		(74) 代理人	100070150
			弁理士 伊東 忠彦
		(72) 発明者	相澤 晋
			神奈川県横須賀市夏島町19番地 住友重
			機械工業株式会社 横須賀製造所内
		審査官	鈴木 隆夫

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 画像生成装置及びシヨベル

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

撮像範囲が重複するように被操作体に取り付けられた2つのカメラが撮像した2つの入力画像に基づいて出力画像を生成する画像生成装置であって、

前記出力画像は、前記被操作体の画像と、前記2つのカメラの前記撮像範囲が重複する重複部分の画像とを含んで表示され、

前記重複部分の画像は、物体の消失を防止する消失防止処理が施された画像と、該消失防止処理が施されていない画像とを含み、

前記消失防止処理が施された画像は、前記被操作体の画像から外に向かう方向に沿って所定の幅を有するように表示される画像であり、

前記消失防止処理が施されていない画像は、前記消失防止処理が施された画像の前記幅の方向に隣接して表示される画像である、

画像生成装置。

【請求項2】

撮像範囲が重複するように被操作体に取り付けられた2つのカメラが撮像した2つの入力画像に基づいて出力画像を生成する画像生成装置であって、

前記出力画像は、前記2つのカメラの前記撮像範囲が重複する重複部分の画像を含んで表示され、

前記重複部分の画像は、物体の消失を防止する消失防止処理が施された画像と、該消失防止処理が施されていない画像とを含み、

10

20

前記出力画像は、入力画像を視点変換処理で所定の基準平面に投影することで生成され、

前記消失防止処理は、前記重複部分の画像のうち、前記基準平面より高い所定の第2基準平面を投影対象とした場合にも表示される部分には施されない、

画像生成装置。

【請求項3】

前記基準平面は、前記2つのカメラのそれぞれの入力画像を対応付け可能な第1重複出力部分を含む第1平面領域であり、

前記第2基準平面は、前記第1平面領域とは異なる所定の高さを有し、且つ、前記2つのカメラのそれぞれの入力画像を対応付け可能な第2重複出力部分を含む第2平面領域であり、

10

前記第2重複出力部分は、前記2つのカメラのうちの一方の入力画像を対応付ける第1カメラ対応部分と、前記2つのカメラのうちの他方の入力画像を対応付ける第2カメラ対応部分とで構成され、

前記出力画像は、前記第1重複出力部分のうち前記第1カメラ対応部分及び前記第2カメラ対応部分のそれぞれに対応する部分が前記消失防止処理の非適用範囲となるように生成される、

請求項2に記載の画像生成装置。

【請求項4】

撮像範囲が重複するように被操作体に取り付けられた2つのカメラが撮像した2つの入力画像に基づいて出力画像を生成する画像生成装置であって、

20

前記出力画像は、前記被操作体の画像と、前記2つのカメラの前記撮像範囲が重複する重複部分の画像とを含んで表示され、

前記重複部分の画像は、物体の消失を防止する消失防止処理が施された画像と、該消失防止処理が施されていない画像とを含み、

前記被操作体の画像から外に向かって延びる前記消失防止処理が適用される範囲の幅は、前記被操作体の画像から離れるにつれて一旦大きくなった後で小さくなる、

画像生成装置。

【請求項5】

前記消失防止処理は、櫛歯模様、格子模様若しくはストライプ模様といった所定の模様を用いる処理、又は、平均化処理である、

30

請求項1乃至4の何れか一項に記載の画像生成装置。

【請求項6】

走行体と、

前記走行体に旋回可能に搭載される旋回体と、を有するショベルであって、

撮像範囲が重複するように前記旋回体の上面の側端及び後端に取り付けられた2つのカメラが撮像した2つの入力画像に基づいて出力画像を生成し、

前記出力画像は、前記ショベルの画像と、前記2つのカメラの前記撮像範囲が重複する重複部分の画像とを含んで表示され、

前記重複部分の画像は、前記旋回体の斜め後ろの画像であり、物体の消失を防止する消失防止処理が施された画像と、該消失防止処理が施されていない画像とを含み、

40

前記消失防止処理が施された画像は、前記ショベルの画像から外に向かう方向に沿って所定の幅を有するように表示される画像であり、

前記消失防止処理が施されていない画像は、前記消失防止処理が施された画像の前記幅の方向に隣接して表示される画像である、

ショベル。

【請求項7】

走行体と、

前記走行体に旋回可能に搭載される旋回体と、を有するショベルであって、

撮像範囲が重複するように前記旋回体の上面の側端及び後端に取り付けられた2つのカ

50

メラが撮像した2つの入力画像に基づいて出力画像を生成し、

前記出力画像は、前記2つのカメラの前記撮像範囲が重複する重複部分の画像を含んで表示され、

前記重複部分の画像は、前記旋回体の斜め後ろの画像であり、物体の消失を防止する消失防止処理が施された画像と、該消失防止処理が施されていない画像とを含み、

前記出力画像は、前記入力画像を視点変換処理で所定の基準平面に投影することで生成され、

前記消失防止処理は、前記重複部分の画像のうち、前記基準平面より高い所定の第2基準平面を投影対象とした場合にも表示される部分には、施されない、

ショベル。

10

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、被操作体に取り付けられた複数のカメラが撮像した複数の入力画像に基づいて出力画像を生成する画像生成装置及びショベルに関する。

【背景技術】

【0002】

従来、車両周辺を撮像する複数の車載カメラによって撮像された画像のそれぞれを鳥瞰図画像に変換し、それら鳥瞰図画像を繋ぎ合わせた出力画像を運転者に提示する運転支援システムが知られている（例えば、特許文献1参照。）。

20

【0003】

この運転支援システムは、二つのカメラの撮像範囲の重複領域に対応する重複領域画像を生成する際に、その重複領域画像を二つに分ける一本の複雑な形状の境界線である櫛歯状の境界線を設定し、二つのカメラのそれぞれが撮像した二つの鳥瞰図画像のそれぞれの部分領域が櫛歯状に交互に配置されるように二つの鳥瞰図画像を繋ぎ合わせるようにする。

【0004】

通常、その重複領域に存在する高さのある物体は、二つのカメラのそれぞれとその物体とを結ぶ線の延長方向に二方向に伸長して投影されるため、その重複領域を一本の直線で二つの領域に二分し、一方の領域を一方のカメラによる鳥瞰図画像に対応させ、他方の領域を他方のカメラによる鳥瞰図画像に対応させることによってその重複領域画像を生成すると、その重複領域画像から消失してしまう。

30

【0005】

その点、この運転支援システムは、上述の繋ぎ合わせにより、高さのある物体が重複領域画像から消失してしまうのを防止することができ、その物体を運転者が認識し易いものにすることができるとしている。

【0006】

また、本出願人は、上述のような櫛歯状の境界線を用いた画像により運転者に不自然さを感じさせてしまうのを防止するため、重複領域に存在する物体が出力画像から消失するのを防止しながらも、入力画像間の明るさの差が際立たないようにする出力画像を生成する画像生成装置を提案している（例えば、特許文献2参照。）。

40

【先行技術文献】

【特許文献】

【0007】

【特許文献1】特開2007-109166号公報

【特許文献2】特開2012-256295号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0008】

しかしながら、特許文献1に記載の運転支援システムは、二つのカメラの撮像範囲の重

50

複領域全体に対して上述のような物体の消失を防止する処理（以下、「消失防止処理」とする。）を施すようにする。そのため、二つのカメラの撮像範囲の重複が大きいほど楕円状の境界線が設定される範囲も大きくなり、その出力画像を見た運転者に不自然さを感じさせてしまう場合がある。また、特許文献2に記載の画像生成装置も、消失防止処理を施す範囲の調整については言及していない。

【0009】

上述の点に鑑み、本発明は、消失防止処理が施される範囲を適切に調整可能な画像生成装置及びショベル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】

【0010】

上述の目的を達成するために、本発明の実施例に係る画像生成装置は、撮像範囲が重複するように被操作体に取り付けられた2つのカメラが撮像した2つの入力画像に基づいて出力画像を生成する画像生成装置であって、前記出力画像は、前記被操作体の画像と、前記2つのカメラの前記撮像範囲が重複する重複部分の画像とを含んで表示され、前記重複部分の画像は、物体の消失を防止する消失防止処理が施された画像と、該消失防止処理が施されていない画像とを含み、前記消失防止処理が施された画像は、前記被操作体の画像から外に向かう方向に沿って所定の幅を有するように表示される画像であり、前記消失防止処理が施されていない画像は、前記消失防止処理が施された画像の前記幅の方向に隣接して表示される画像である。

【0011】

また、本発明の実施例に係るショベルは、走行体と、前記走行体に旋回可能に搭載される旋回体と、を有するショベルであって、撮像範囲が重複するように前記旋回体の上面の側端及び後端に取り付けられた2つのカメラが撮像した2つの入力画像に基づいて出力画像を生成し、前記出力画像は、前記ショベルの画像と、前記2つのカメラの前記撮像範囲が重複する重複部分の画像とを含んで表示され、前記重複部分の画像は、前記旋回体の斜め後ろの画像であり、物体の消失を防止する消失防止処理が施された画像と、該消失防止処理が施されていない画像とを含み、前記消失防止処理が施された画像は、前記ショベルの画像から外に向かう方向に沿って所定の幅を有するように表示される画像であり、前記消失防止処理が施されていない画像は、前記消失防止処理が施された画像の前記幅の方向に隣接して表示される画像である。

【発明の効果】

【0012】

上述の手段により、本発明は、消失防止処理が施される範囲を適切に調整可能な画像生成装置及びショベルを提供することができる。

【図面の簡単な説明】

【0013】

【図1】本発明に係る画像生成装置の構成例を概略的に示すブロック図である。

【図2】画像生成装置が搭載されるショベルの構成例を示す図である。

【図3】入力画像が投影される空間モデルの一例を示す図である。

【図4】空間モデルと処理対象画像平面との間の関係の一例を示す図である。

【図5】入力画像平面上の座標と空間モデル上の座標との対応付けを説明するための図である。

【図6】座標対応付け手段による座標間の対応付けを説明するための図である。

【図7】平行線群の作用を説明するための図である。

【図8】補助線群の作用を説明するための図である。

【図9】処理対象画像生成処理及び出力画像生成処理の流れを示すフローチャートである。

【図10】出力画像の表示例（その1）である。

【図11】出力画像の表示例（その2）である。

【図 1 2】同色錯視を説明するための図である。

【図 1 3】同色錯視をもたらす明暗パターンを生成する方法の一例を説明するための図である。

【図 1 4】図 1 3 の格子模様を出力画像平面上に配置した状態を示す図である。

【図 1 5】格子模様形成処理の流れを示すフローチャートである。

【図 1 6】図 1 1 で示される出力画像と、図 1 1 の出力画像に同色錯視をもたらす格子模様が適用された出力画像との違いを表す対比図である。

【図 1 7】出力画像の表示例（その 3）である。

【図 1 8】二つのカメラのそれぞれの撮像範囲の重複領域における物体の消失防止効果を説明するための図である。

10

【図 1 9】図 1 7 で示される出力画像と、図 1 7 の出力画像に同色錯視をもたらす格子模様が適用された出力画像との違いを表す対比図である。

【図 2 0】消失防止処理が施された出力画像を示す図（その 1）である。

【図 2 1】ショベルの後方に存在する物体と出力画像の路面画像部分におけるその物体の投影像との関係を示す図である。

【図 2 2】第 1 平面領域における重複出力部分と、第 2 平面領域における重複出力部分との関係を示す模式図である。

【図 2 3】第 2 消失防止処理適用範囲調整処理の流れを示すフローチャートである。

【図 2 4】消失防止処理要否判定処理の流れを示すフローチャートである。

【図 2 5】境界線の設定方法の説明図である。

20

【図 2 6】消失防止処理が施された出力画像を示す図（その 2）である。

【図 2 7】第 3 消失防止処理適用範囲調整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】

【0014】

以下、図面を参照しつつ、本発明を実施するための最良の形態の説明を行う。

【0015】

図 1 は、本発明に係る画像生成装置の構成例 100 を概略的に示すブロック図である。

【0016】

画像生成装置 100 は、例えば、建設機械に搭載されたカメラ 2 が撮像した入力画像に基づいて出力画像を生成しその出力画像を運転者に提示する装置であって、制御部 1、カメラ 2、入力部 3、記憶部 4、及び表示部 5 で構成される。

30

【0017】

図 2 は、画像生成装置 100 が搭載されるショベル 60 の構成例を示す図であり、ショベル 60 は、クローラ式の下部走行体 61 の上に、旋回機構 62 を介して、上部旋回体 63 を旋回軸 PV の周りで旋回自在に搭載している。

【0018】

また、上部旋回体 63 は、その前方左側部にキャブ（運転室）64 を備え、その前方中央部に掘削アタッチメント E を備え、その右側面及び後面にカメラ 2（右側方カメラ 2R、後方カメラ 2B）を備えている。なお、キャブ 64 内の運転者が視認し易い位置には表示部 5 が設置されているものとする。

40

【0019】

次に、画像生成装置 100 の各構成要素について説明する。

【0020】

制御部 1 は、CPU（Central Processing Unit）、RAM（Random Access Memory）、ROM（Read Only Memory）、NVRAM（Non-Volatile Random Access Memory）等を備えたコンピュータであって、例えば、後述する座標対応付け手段 10 及び出力画像生成手段 11 のそれぞれに対応するプログラムを ROM や NVRAM に記憶し、一時記憶領域として RAM を利用しながら各手段に対応する処理を CPU に実行させる。

【0021】

カメラ 2 は、ショベル 60 の周辺を映し出す入力画像を取得するための装置であり、例

50

えば、キャブ 6 4 にいる運転者の死角となる領域を撮像できるよう上部旋回体 6 3 の右側面及び後面に取り付けられる（図 2 参照。）、C C D (Charge Coupled Device) や C M O S (Complementary Metal Oxide Semiconductor) 等の撮像素子を備えた右側方カメラ 2 R 及び後方カメラ 2 B である。なお、カメラ 2 は、上部旋回体 6 3 の右側面及び後面以外の位置（例えば、前面及び左側面である。）に取り付けられていてもよく、広い範囲を撮像できるよう広角レンズ又は魚眼レンズが装着されていてもよい。

【0022】

また、カメラ 2 は、制御部 1 からの制御信号に応じて入力画像を取得し、取得した入力画像を制御部 1 に対して出力する。なお、カメラ 2 は、魚眼レンズ又は広角レンズを用いて入力画像を取得した場合には、それらレンズを用いることによって生じる見掛け上の歪曲やアオリを補正した補正済みの入力画像を制御部 1 に対して出力するが、その見掛け上の歪曲やアオリを補正していない入力画像をそのまま制御部 1 に対して出力してもよい。その場合には、制御部 1 がその見掛け上の歪曲やアオリを補正することとなる。

10

【0023】

入力部 3 は、操作者が画像生成装置 100 に対して各種情報を入力できるようにするための装置であり、例えば、タッチパネル、ボタンスイッチ、ポインティングデバイス、キーボード等である。

【0024】

記憶部 4 は、各種情報を記憶するための装置であり、例えば、ハードディスク、光学ディスク、又は半導体メモリ等である。

20

【0025】

表示部 5 は、画像情報を表示するための装置であり、例えば、建設機械のキャブ 6 4 （図 2 参照。）内に設置された液晶ディスプレイ又はプロジェクタ等であって、制御部 1 が出力する各種画像を表示する。

【0026】

また、画像生成装置 100 は、入力画像に基づいて処理対象画像を生成し、その処理対象画像に画像変換処理を施すことによって周辺障害物との位置関係や距離感を直感的に把握できるようにする出力画像を生成した上で、その出力画像を運転者に提示するようにしてもよい。

【0027】

30

「処理対象画像」は、入力画像に基づいて生成される、画像変換処理（例えば、スケール変換、アフィン変換、歪曲変換、視点変換処理等である。）の対象となる画像であり、例えば、地表を上方から撮像するカメラによる入力画像であってその広い画角により水平方向の画像（例えば、空の部分である。）を含む入力画像を画像変換処理で用いる場合に、その水平方向の画像が不自然に表示されないよう（例えば、空の部分が地表にあるものとして扱われないよう）その入力画像を所定の空間モデルに投影した上で、その空間モデルに投影された投影画像を別の二次元平面に再投影することによって得られる、画像変換処理に適した画像である。なお、処理対象画像は、画像変換処理を施すことなくそのまま出力画像として用いられてもよい。

【0028】

40

「空間モデル」は、少なくとも、処理対象画像が位置する平面である処理対象画像平面以外の平面又は曲面（例えば、処理対象画像平面に平行な平面、又は、処理対象画像平面との間で角度を形成する平面若しくは曲面である。）を含む、一又は複数の平面若しくは曲面で構成される、入力画像の投影対象である。

【0029】

なお、画像生成装置 100 は、処理対象画像を生成することなく、その空間モデルに投影された投影画像に画像変換処理を施すことによって出力画像を生成するようにしてもよい。また、投影画像は、画像変換処理を施すことなくそのまま出力画像として用いられてもよい。

【0030】

50

図3は、入力画像が投影される空間モデルMDの一例を示す図であり、図3(A)は、ショベル60を側方から見たときのショベル60と空間モデルMDとの間の関係を示し、図3(B)は、ショベル60を上方から見たときのショベル60と空間モデルMDとの間の関係を示す。

【0031】

図3で示されるように、空間モデルMDは、半円筒形状を有し、その底面内部の平面領域R1とその側面内部の曲面領域R2とを有する。

【0032】

また、図4は、空間モデルMDと処理対象画像平面との間の関係の一例を示す図であり、処理対象画像平面R3は、例えば、空間モデルMDの平面領域R1を含む平面である。なお、図4は、明確化のために、空間モデルMDを、図3で示すような半円筒形状ではなく、円筒形状で示しているが、空間モデルMDは、半円筒形状及び円筒形状の何れであってもよいものとする。以降の図においても同様である。また、処理対象画像平面R3は、上述のように、空間モデルMDの平面領域R1を含む円形領域であってもよく、空間モデルMDの平面領域R1を含まない環状領域であってもよい。

【0033】

次に、制御部1が有する各種手段について説明する。

【0034】

座標対応付け手段10は、カメラ2が撮像した入力画像が位置する入力画像平面上の座標と、空間モデルMD上の座標と、処理対象画像平面R3上の座標とを対応付けるための手段であり、例えば、予め設定された、或いは、入力部3を介して入力される、カメラ2の光学中心、焦点距離、CCDサイズ、光軸方向ベクトル、カメラ水平方向ベクトル、射影方式等のカメラ2に関する各種パラメータと、予め決定された、入力画像平面、空間モデルMD、及び処理対象画像平面R3の相互の位置関係とに基づいて、入力画像平面上の座標と、空間モデルMD上の座標と、処理対象画像平面R3上の座標とを対応付け、それらの対応関係を記憶部4の入力画像・空間モデル対応マップ40及び空間モデル・処理対象画像対応マップ41に記憶する。

【0035】

なお、座標対応付け手段10は、処理対象画像を生成しない場合には、空間モデルMD上の座標と処理対象画像平面R3上の座標との対応付け、及び、その対応関係の空間モデル・処理対象画像対応マップ41への記憶を省略する。

【0036】

出力画像生成手段11は、出力画像を生成するための手段であり、例えば、処理対象画像にスケール変換、アフィン変換、又は歪曲変換を施すことによって、処理対象画像平面R3上の座標と出力画像が位置する出力画像平面上の座標とを対応付け、その対応関係を記憶部4の処理対象画像・出力画像対応マップ42に記憶し、座標対応付け手段10がその値を記憶した入力画像・空間モデル対応マップ40及び空間モデル・処理対象画像対応マップ41を参照しながら、出力画像における各画素の値（例えば、輝度値、色相値、彩度値等である。）と入力画像における各画素の値とを関連付けて出力画像を生成する。

【0037】

また、出力画像生成手段11は、予め設定された、或いは、入力部3を介して入力される、仮想カメラの光学中心、焦点距離、CCDサイズ、光軸方向ベクトル、カメラ水平方向ベクトル、射影方式等の各種パラメータに基づいて、処理対象画像平面R3上の座標と出力画像が位置する出力画像平面上の座標とを対応付け、その対応関係を記憶部4の処理対象画像・出力画像対応マップ42に記憶し、座標対応付け手段10がその値を記憶した入力画像・空間モデル対応マップ40及び空間モデル・処理対象画像対応マップ41を参照しながら、出力画像における各画素の値（例えば、輝度値、色相値、彩度値等である。）と入力画像における各画素の値とを関連付けて出力画像を生成する。

【0038】

なお、出力画像生成手段11は、仮想カメラの概念を用いることなく、処理対象画像の

10

20

30

40

50

スケールを変更して出力画像を生成するようにしてもよい。

【0039】

また、出力画像生成手段11は、処理対象画像を生成しない場合には、施した画像変換処理に応じて空間モデルMD上の座標と出力画像平面上の座標とを対応付け、入力画像・空間モデル対応マップ40を参照しながら、出力画像における各画素の値（例えば、輝度値、色相値、彩度値等である。）と入力画像における各画素の値とを関連付けて出力画像を生成する。この場合、出力画像生成手段11は、処理対象画像平面R3上の座標と出力画像平面上の座標との対応付け、及び、その対応関係の処理対象画像・出力画像対応マップ42への記憶を省略する。

【0040】

次に、座標対応付け手段10及び出力画像生成手段11による具体的な処理の一例について説明する。

【0041】

座標対応付け手段10は、例えば、ハミルトンの四元数を用いて、入力画像平面上の座標と空間モデル上の座標とを対応付けることができる。

【0042】

図5は、入力画像平面上の座標と空間モデル上の座標との対応付けを説明するための図であり、カメラ2の入力画像平面は、カメラ2の光学中心Cを原点とするUVW直交座標系における一平面として表され、空間モデルは、XYZ直交座標系における立体面として表されるものとする。

【0043】

最初に、座標対応付け手段10は、空間モデル上の座標（XYZ座標系上の座標）を入力画像平面上の座標（UVW座標系上の座標）に変換するため、XYZ座標系の原点を光学中心C（UVW座標系の原点）に並行移動させた上で、X軸をU軸に、Y軸をV軸に、Z軸を-W軸（符号「-」は方向が逆であることを意味する。これは、UVW座標系がカメラ前方を+W方向とし、XYZ座標系が鉛直下方を-Z方向としていることに起因する。）にそれぞれ一致させるようXYZ座標系を回転させる。

【0044】

なお、カメラ2が複数存在する場合、カメラ2のそれぞれが個別のUVW座標系を有することとなるので、座標対応付け手段10は、複数のUVW座標系のそれぞれに対して、XYZ座標系を並行移動させ且つ回転させることとなる。

【0045】

上述の変換は、カメラ2の光学中心CがXYZ座標系の原点となるようにXYZ座標系を並行移動させた後に、Z軸が-W軸に一致するよう回転させ、更に、X軸がU軸に一致するよう回転させることによって実現されるので、座標対応付け手段10は、この変換をハミルトンの四元数で記述することにより、それら二回の回転を一回の回転演算に纏めることができる。

【0046】

ところで、あるベクトルAを別のベクトルBに一致させるための回転は、ベクトルAとベクトルBとが張る面の法線を軸としてベクトルAとベクトルBとが形成する角度だけ回転させる処理に相当し、その角度を θ とすると、ベクトルAとベクトルBとの内積から、角度 θ は、

【0047】

10

20

30

40

【数 1】

$$\theta = \cos^{-1} \left(\frac{A \cdot B}{|A||B|} \right)$$

で表されることとなる。

【0048】

10

また、ベクトル A とベクトル B とが張る面の法線の単位ベクトル N は、ベクトル A とベクトル B との外積から

【0049】

【数 2】

$$N = \frac{A \times B}{|A||B| \sin \theta}$$

20

で表されることとなる。

【0050】

なお、四元数は、i、j、k をそれぞれ虚数単位とした場合、

【0051】

【数 3】

$$ii = jj = kk = ijk = -1$$

30

を満たす超複素数であり、本実施例において、四元数 Q は、実成分を t、純虚成分を a、b、c として、

【0052】

【数 4】

$$Q = (t; a, b, c) = t + ai + bj + ck$$

40

で表されるものとし、四元数 Q の共役四元数は、

【0053】

【数 5】

$$Q^*=(t;-a,-b,-c)=t-ai-bj-ck$$

で表されるものとする。

【0054】

四元数 Q は、実成分 t を 0（ゼロ）としながら、純虚成分 a 、 b 、 c で三次元ベクトル（ a 、 b 、 c ）を表現することができ、また、 t 、 a 、 b 、 c の各成分により任意のベクトルを軸とした回転動作を表現することもできる。

10

【0055】

更に、四元数 Q は、連続する複数回の回転動作を統合して一回の回転動作として表現することができ、例えば、任意の点 S （ s_x 、 s_y 、 s_z ）を、任意の単位ベクトル C （ l 、 m 、 n ）を軸としながら角度 θ だけ回転させたときの点 D （ e_x 、 e_y 、 e_z ）を以下のように表現することができる。

【0056】

【数 6】

20

$$D=(0;e_x,e_y,e_z)=QSQ^* \text{ 但し、} S=(0;s_x,s_y,s_z), Q=\left(\cos\frac{\theta}{2};l\sin\frac{\theta}{2},m\sin\frac{\theta}{2},n\sin\frac{\theta}{2}\right)$$

ここで、本実施例において、 Z 軸を $-W$ 軸に一致させる回転を表す四元数を Q_z とすると、 XYZ 座標系における X 軸上の点 X は、点 X' に移動させられるので、点 X' は、

【0057】

【数 7】

30

$$X'=Q_z X Q_z^*$$

で表されることとなる。

【0058】

また、本実施例において、 X 軸上にある点 X' と原点とを結ぶ線を U 軸に一致させる回転を表す四元数を Q_x とすると、「 Z 軸を $-W$ 軸に一致させ、更に、 X 軸を U 軸に一致させる回転」を表す四元数 R は、

40

【0059】

【数 8】

$$R=Q_x Q_z$$

で表されることとなる。

50

【0060】

以上により、空間モデル（XYZ座標系）上の任意の座標Pを入力画像平面（UVW座標系）上の座標で表現したときの座標P'は、

【0061】

【数9】

$$P' = RPR^*$$

10

で表されることとなり、四元数Rがカメラ2のそれぞれで不変であることから、座標対応付け手段10は、以後、この演算を実行するだけで空間モデル（XYZ座標系）上の座標を入力画像平面（UVW座標系）上の座標に変換することができる。

【0062】

空間モデル（XYZ座標系）上の座標を入力画像平面（UVW座標系）上の座標に変換した後、座標対応付け手段10は、カメラ2の光学中心C（UVW座標系上の座標）と空間モデル上の任意の座標PをUVW座標系で表した座標P'とを結ぶ線分CP'と、カメラ2の光軸Gとが形成する入射角 α を算出する。

【0063】

20

また、座標対応付け手段10は、カメラ2の入力画像平面R4（例えば、CCD面）に平行で且つ座標P'を含む平面Hにおける、平面Hと光軸Gとの交点Eと座標P'とを結ぶ線分EP'と、平面HにおけるU'軸とが形成する偏角 ϕ 、及び線分EP'の長さを算出する。

【0064】

カメラの光学系は、通常、像高さhが入射角 α 及び焦点距離fの関数となっているので、座標対応付け手段10は、通常射影（ $h = f \tan \alpha$ ）、正射影（ $h = f \sin \alpha$ ）、立体射影（ $h = 2f \tan(\alpha/2)$ ）、等立体角射影（ $h = 2f \sin(\alpha/2)$ ）、等距離射影（ $h = f\alpha$ ）等の適切な射影方式を選択して像高さhを算出する。

【0065】

30

その後、座標対応付け手段10は、算出した像高さhを偏角 ϕ によりUV座標系上のU成分及びV成分に分解し、入力画像平面R4の一画素当たりの画素サイズに相当する数値で除算することにより、空間モデルMD上の座標P（P'）と入力画像平面R4上の座標とを対応付けることができる。

【0066】

なお、入力画像平面R4のU軸方向における一画素当たりの画素サイズを a_U とし、入力画像平面R4のV軸方向における一画素当たりの画素サイズを a_V とすると、空間モデルMD上の座標P（P'）に対応する入力画像平面R4上の座標（u, v）は、

【0067】

【数10】

40

$$u = \frac{h \cos \phi}{a_U}$$

【0068】

【数 1 1】

$$v = \frac{h \sin \varphi}{a_v}$$

で表されることとなる。

【0069】

10

このようにして、座標対応付け手段10は、空間モデルMD上の座標と、カメラ毎に存在する一又は複数の入力画像平面R4上の座標とを対応付け、空間モデルMD上の座標、カメラ識別子、及び入力画像平面R4上の座標を関連付けて入力画像・空間モデル対応マップ40に記憶する。

【0070】

また、座標対応付け手段10は、四元数を用いて座標の変換を演算するので、オイラー角を用いて座標の変換を演算する場合と異なり、ジンバルロックを発生させることがないという利点を有する。しかしながら、座標対応付け手段10は、四元数を用いて座標の変換を演算するものに限定されることはなく、オイラー角を用いて座標の変換を演算するようにしてもよい。

20

【0071】

なお、複数の入力画像平面R4上の座標への対応付けが可能な場合、座標対応付け手段10は、空間モデルMD上の座標P(P')を、その入射角αが最も小さいカメラに関する入力画像平面R4上の座標に対応付けるようにしてもよく、操作者が選択した入力画像平面R4上の座標に対応付けるようにしてもよい。

【0072】

次に、空間モデルMD上の座標のうち、曲面領域R2上の座標(Z軸方向の成分を持つ座標)を、XY平面上にある処理対象画像平面R3に再投影する処理について説明する。

【0073】

図6は、座標対応付け手段10による座標間の対応付けを説明するための図であり、図6(A)は、一例として通常射影($h = f \tan \alpha$)を採用するカメラ2の入力画像平面R4上の座標と空間モデルMD上の座標との間の対応関係を示す図であって、座標対応付け手段10は、カメラ2の入力画像平面R4上の座標とその座標に対応する空間モデルMD上の座標とを結ぶ線分のそれぞれがカメラ2の光学中心Cを通過するようにして、両座標を対応付ける。

30

【0074】

図6(A)の例では、座標対応付け手段10は、カメラ2の入力画像平面R4上の座標K1を空間モデルMDの平面領域R1上の座標L1に対応付け、カメラ2の入力画像平面R4上の座標K2を空間モデルMDの曲面領域R2上の座標L2に対応付ける。このとき、線分K1-L1及び線分K2-L2は共にカメラ2の光学中心Cを通過する。

40

【0075】

なお、カメラ2が通常射影以外の射影方式(例えば、正射影、立体射影、等立体角射影、等距離射影等である。)を採用する場合、座標対応付け手段10は、それぞれの射影方式に応じて、カメラ2の入力画像平面R4上の座標K1、K2を空間モデルMD上の座標L1、L2に対応付けるようにする。

【0076】

具体的には、座標対応付け手段10は、所定の関数(例えば、正射影($h = f \sin \alpha$)、立体射影($h = 2 f \tan(\alpha/2)$)、等立体角射影($h = 2 f \sin(\alpha/2)$)、等距離射影($h = f \alpha$)等である。)に基づいて、入力画像平面上の座標と空間モデルMD上の座標とを対応付ける。この場合、線分K1-L1及び線分K2-L2がカメラ

50

2の光学中心Cを通過することはない。

【0077】

図6(B)は、空間モデルMDの曲面領域R2上の座標と処理対象画像平面R3上の座標との間の対応関係を示す図であり、座標対応付け手段10は、XZ平面上に位置する平行線群PLであって、処理対象画像平面R3との間で角度 β を形成する平行線群PLを導入し、空間モデルMDの曲面領域R2上の座標とその座標に対応する処理対象画像平面R3上の座標とが共に平行線群PLのうちの一つに乘るようにして、両座標を対応付ける。

【0078】

図6(B)の例では、座標対応付け手段10は、空間モデルMDの曲面領域R2上の座標L2と処理対象画像平面R3上の座標M2とが共通の平行線に乗るとして、両座標を対応付けるようにする。

10

【0079】

なお、座標対応付け手段10は、空間モデルMDの平面領域R1上の座標を曲面領域R2上の座標と同様に平行線群PLを用いて処理対象画像平面R3上の座標に対応付けることが可能であるが、図6(B)の例では、平面領域R1と処理対象画像平面R3とが共通の平面となっているので、空間モデルMDの平面領域R1上の座標L1と処理対象画像平面R3上の座標M1とは同じ座標値を有するものとなっている。

【0080】

このようにして、座標対応付け手段10は、空間モデルMD上の座標と、処理対象画像平面R3上の座標とを対応付け、空間モデルMD上の座標及び処理対象画像平面R3上の座標を関連付けて空間モデル・処理対象画像対応マップ41に記憶する。

20

【0081】

図6(C)は、処理対象画像平面R3上の座標と一例として通常射影($h = f \tan \alpha$)を採用する仮想カメラ2Vの出力画像平面R5上の座標との間の対応関係を示す図であり、出力画像生成手段11は、仮想カメラ2Vの出力画像平面R5上の座標とその座標に対応する処理対象画像平面R3上の座標とを結ぶ線分のそれぞれが仮想カメラ2Vの光学中心CVを通過するようにして、両座標を対応付ける。

【0082】

図6(C)の例では、出力画像生成手段11は、仮想カメラ2Vの出力画像平面R5上の座標N1を処理対象画像平面R3(空間モデルMDの平面領域R1)上の座標M1に対応付け、仮想カメラ2Vの出力画像平面R5上の座標N2を処理対象画像平面R3上の座標M2に対応付ける。このとき、線分M1-N1及び線分M2-N2は共に仮想カメラ2Vの光学中心CVを通過する。

30

【0083】

なお、仮想カメラ2Vが通常射影以外の射影方式(例えば、正射影、立体射影、等立体角射影、等距離射影等である。)を採用する場合、出力画像生成手段11は、それぞれの射影方式に応じて、仮想カメラ2Vの出力画像平面R5上の座標N1、N2を処理対象画像平面R3上の座標M1、M2に対応付けるようにする。

【0084】

具体的には、出力画像生成手段11は、所定の関数(例えば、正射影($h = f \sin \alpha$)、立体射影($h = 2 f \tan(\alpha/2)$)、等立体角射影($h = 2 f \sin(\alpha/2)$)、等距離射影($h = f \alpha$)等である。)に基づいて、出力画像平面R5上の座標と処理対象画像平面R3上の座標とを対応付ける。この場合、線分M1-N1及び線分M2-N2が仮想カメラ2Vの光学中心CVを通過することはない。

40

【0085】

このようにして、出力画像生成手段11は、出力画像平面R5上の座標と、処理対象画像平面R3上の座標とを対応付け、出力画像平面R5上の座標及び処理対象画像平面R3上の座標を関連付けて処理対象画像・出力画像対応マップ42に記憶し、座標対応付け手段10が記憶した入力画像・空間モデル対応マップ40及び空間モデル・処理対象画像対応マップ41を参照しながら、出力画像における各画素の値と入力画像における各画素の

50

値とを関連付けて出力画像を生成する。

【0086】

なお、図6(D)は、図6(A)～図6(C)を組み合わせた図であり、カメラ2、仮想カメラ2V、空間モデルMDの平面領域R1及び曲面領域R2、並びに、処理対象画像平面R3の相互の位置関係を示す。

【0087】

次に、図7を参照しながら、空間モデルMD上の座標と処理対象画像平面R3上の座標とを対応付けるために座標対応付け手段10が導入する平行線群PLの作用について説明する。

【0088】

図7(A)は、XZ平面上に位置する平行線群PLと処理対象画像平面R3との間で角度 β が形成される場合の図であり、図7(B)は、XZ平面上に位置する平行線群PLと処理対象画像平面R3との間で角度 β_1 ($\beta_1 > \beta$) が形成される場合の図である。また、図7(A)及び図7(B)における空間モデルMDの曲面領域R2上の座標La～Ldのそれぞれは、処理対象画像平面R3上の座標Ma～Mdのそれぞれに対応するものとし、図7(A)における座標La～Ldのそれぞれの間隔は、図7(B)における座標La～Ldのそれぞれの間隔と等しいものとする。なお、平行線群PLは、説明目的のためにXZ平面上に存在するものとしているが、実際には、Z軸上の全ての点から処理対象画像平面R3に向かって放射状に延びるように存在するものとする。なお、この場合のZ軸を「再投影軸」と称することとする。

【0089】

図7(A)及び図7(B)で示されるように、処理対象画像平面R3上の座標Ma～Mdのそれぞれの間隔は、平行線群PLと処理対象画像平面R3との間の角度が増大するにつれて線形的に減少する(空間モデルMDの曲面領域R2と座標Ma～Mdのそれぞれとの間の距離とは関係なく一様に減少する。)。一方で、空間モデルMDの平面領域R1上の座標群は、図7の例では、処理対象画像平面R3上の座標群への変換が行われないので、座標群の間隔が変化することはない。

【0090】

これら座標群の間隔の変化は、出力画像平面R5(図6参照。)上の画像部分のうち、空間モデルMDの曲面領域R2に投影された画像に対応する画像部分のみが線形的に拡大

【0091】

次に、図8を参照しながら、空間モデルMD上の座標と処理対象画像平面R3上の座標とを対応付けるために座標対応付け手段10が導入する平行線群PLの代替例について説明する。

【0092】

図8(A)は、XZ平面上に位置する補助線群ALの全てがZ軸上の始点T1から処理対象画像平面R3に向かって延びる場合の図であり、図8(B)は、補助線群ALの全てがZ軸上の始点T2 ($T_2 > T_1$) から処理対象画像平面R3に向かって延びる場合の図である。また、図8(A)及び図8(B)における空間モデルMDの曲面領域R2上の座標La～Ldのそれぞれは、処理対象画像平面R3上の座標Ma～Mdのそれぞれに対応するものとし(図8(A)の例では、座標Mc、Mdは、処理対象画像平面R3の領域外となるため図示されていない。)、図8(A)における座標La～Ldのそれぞれの間隔は、図8(B)における座標La～Ldのそれぞれの間隔と等しいものとする。なお、補助線群ALは、説明目的のためにXZ平面上に存在するものとしているが、実際には、Z軸上の任意の一点から処理対象画像平面R3に向かって放射状に延びるように存在するものとする。なお、図7と同様、この場合のZ軸を「再投影軸」と称することとする。

【0093】

図8(A)及び図8(B)で示されるように、処理対象画像平面R3上の座標Ma～Mdのそれぞれの間隔は、補助線群ALの始点と原点Oとの間の距離(高さ)が増大するに

つれて非線形的に減少する（空間モデルMDの曲面領域R2と座標Ma～Mdのそれぞれとの間の距離が大きいくほど、それぞれの間隔の減少幅が大きくなる。）。一方で、空間モデルMDの平面領域R1上の座標群は、図8の例では、処理対象画像平面R3上の座標群への変換が行われないので、座標群の間隔が変化することはない。

【0094】

これら座標群の間隔の変化は、平行線群PLのときと同様、出力画像平面R5（図6参照。）上の画像部分のうち、空間モデルMDの曲面領域R2に投影された画像に対応する画像部分のみが非線形的に拡大或いは縮小されることを意味する。

【0095】

このようにして、画像生成装置100は、空間モデルMDの平面領域R1に投影された画像に対応する出力画像の画像部分（例えば、路面画像である。）に影響を与えることなく、空間モデルMDの曲面領域R2に投影された画像に対応する出力画像の画像部分（例えば、水平画像である。）を線形的に或いは非線形的に拡大或いは縮小させることができるので、ショベル60の近傍の路面画像（ショベル60を真上から見たときの仮想画像）に影響を与えることなく、ショベル60の周囲に位置する物体（ショベル60から水平方向に周囲を見たときの画像における物体）を迅速且つ柔軟に拡大或いは縮小させることができ、ショベル60の死角領域の視認性を向上させることができる。

【0096】

次に、図9を参照しながら、画像生成装置100が処理対象画像を生成する処理（以下、「処理対象画像生成処理」とする。）、及び、生成した処理対象画像を用いて出力画像を生成する処理（以下、「出力画像生成処理」とする。）について説明する。なお、図9は、処理対象画像生成処理（ステップS1～ステップS3）及び出力画像生成処理（ステップS4～ステップS6）の流れを示すフローチャートである。また、カメラ2（入力画像平面R4）、空間モデル（平面領域R1及び曲面領域R2）、並びに、処理対象画像平面R3の配置は予め決定されているものとする。

【0097】

最初に、制御部1は、座標対応付け手段10により、処理対象画像平面R3上の座標と空間モデルMD上の座標とを対応付ける（ステップS1）。

【0098】

具体的には、座標対応付け手段10は、平行線群PLと処理対象画像平面R3との間に形成される角度を取得し、処理対象画像平面R3上の一座標から延びる平行線群PLの一つが空間モデルMDの曲面領域R2と交差する点を算出し、算出した点に対応する曲面領域R2上の座標を、処理対象画像平面R3上のその一座標に対応する曲面領域R2上の一座標として導き出し、その対応関係を空間モデル・処理対象画像対応マップ41に記憶する。なお、平行線群PLと処理対象画像平面R3との間に形成される角度は、記憶部4等に予め記憶された値であってもよく、入力部3を介して操作者が動的に入力する値であってもよい。

【0099】

また、座標対応付け手段10は、処理対象画像平面R3上の一座標が空間モデルMDの平面領域R1上の一座標と一致する場合には、平面領域R1上のその一座標を、処理対象画像平面R3上のその一座標に対応する一座標として導き出し、その対応関係を空間モデル・処理対象画像対応マップ41に記憶する。

【0100】

その後、制御部1は、座標対応付け手段10により、上述の処理によって導き出された空間モデルMD上の一座標と入力画像平面R4上の座標とを対応付ける（ステップS2）。

【0101】

具体的には、座標対応付け手段10は、通常射影（ $h = f \tan \alpha$ ）を採用するカメラ2の光学中心Cの座標を取得し、空間モデルMD上の一座標から延びる線分であり、光学中心Cを通過する線分が入力画像平面R4と交差する点を算出し、算出した点に対応する

10

20

30

40

50

入力画像平面 R 4 上の座標を、空間モデル MD 上のその一座標に対応する入力画像平面 R 4 上の一座標として導き出し、その対応関係を入力画像・空間モデル対応マップ 4 0 に記憶する。

【0102】

その後、制御部 1 は、処理対象画像平面 R 3 上の全ての座標を空間モデル MD 上の座標及び入力画像平面 R 4 上の座標に対応付けたか否かを判定し（ステップ S 3）、未だ全ての座標に対応付けていないと判定した場合には（ステップ S 3 の NO）、ステップ S 1 及びステップ S 2 の処理を繰り返すようにする。

【0103】

一方、制御部 1 は、全ての座標に対応付けたと判定した場合には（ステップ S 3 の YES）、処理対象画像生成処理を終了させた上で出力画像生成処理を開始させ、出力画像生成手段 1 1 により、処理対象画像平面 R 3 上の座標と出力画像平面 R 5 上の座標とを対応付ける（ステップ S 4）。 10

【0104】

具体的には、出力画像生成手段 1 1 は、処理対象画像にスケール変換、アフィン変換、又は歪曲変換を施すことによって出力画像を生成し、施したスケール変換、アフィン変換、又は歪曲変換の内容によって定まる、処理対象画像平面 R 3 上の座標と出力画像平面 R 5 上の座標との間の対応関係を処理対象画像・出力画像対応マップ 4 2 に記憶する。

【0105】

或いは、出力画像生成手段 1 1 は、仮想カメラ 2 V を用いて出力画像を生成する場合には、採用した射影方式に応じて処理対象画像平面 R 3 上の座標から出力画像平面 R 5 上の座標を算出し、その対応関係を処理対象画像・出力画像対応マップ 4 2 に記憶するようにしてもよい。 20

【0106】

或いは、出力画像生成手段 1 1 は、通常射影（ $h = f \tan \alpha$ ）を採用する仮想カメラ 2 V を用いて出力画像を生成する場合には、その仮想カメラ 2 V の光学中心 C V の座標を取得した上で、出力画像平面 R 5 上の一座標から延びる線分であり、光学中心 C V を通過する線分が処理対象画像平面 R 3 と交差する点を算出し、算出した点に対応する処理対象画像平面 R 3 上の座標を、出力画像平面 R 5 上のその一座標に対応する処理対象画像平面 R 3 上の一座標として導き出し、その対応関係を処理対象画像・出力画像対応マップ 4 2 に記憶するようにしてもよい。 30

【0107】

その後、制御部 1 は、出力画像生成手段 1 1 により、入力画像・空間モデル対応マップ 4 0、空間モデル・処理対象画像対応マップ 4 1、及び処理対象画像・出力画像対応マップ 4 2 を参照しながら入力画像平面 R 4 上の座標と空間モデル MD 上の座標との対応関係、空間モデル MD 上の座標と処理対象画像平面 R 3 上の座標との対応関係、及び処理対象画像平面 R 3 上の座標と出力画像平面 R 5 上の座標との対応関係を辿り、出力画像平面 R 5 上の各座標に対応する入力画像平面 R 4 上の座標が有する値（例えば、輝度値、色相値、彩度値等である。）を取得し、その取得した値を、対応する出力画像平面 R 5 上の各座標の値として採用する（ステップ S 5）。なお、出力画像平面 R 5 上の一座標に対して複数の入力画像平面 R 4 上の複数の座標が対応する場合、出力画像生成手段 1 1 は、それら複数の入力画像平面 R 4 上の複数の座標のそれぞれの値に基づく統計値（例えば、平均値、最大値、最小値、中間値等である。）を導き出し、出力画像平面 R 5 上のその一座標の値としてその統計値を採用するようにしてもよい。 40

【0108】

その後、制御部 1 は、出力画像平面 R 5 上の全ての座標の値を入力画像平面 R 4 上の座標の値に対応付けたか否かを判定し（ステップ S 6）、未だ全ての座標の値に対応付けていないと判定した場合には（ステップ S 6 の NO）、ステップ S 4 及びステップ S 5 の処理を繰り返すようにする。

【0109】

一方、制御部 1 は、全ての座標の値を対応付けたと判定した場合には（ステップ S 6 の Y E S）、出力画像を生成して、この一連の処理を終了させる。

【0110】

なお、画像生成装置 100 は、処理対象画像を生成しない場合には、処理対象画像生成処理を省略し、出力画像生成処理におけるステップ S 4 の"処理対象画像平面上の座標"を"空間モデル上の座標"で読み替えるものとする。

【0111】

以上の構成により、画像生成装置 100 は、建設機械と周辺障害物との位置関係を操作者に直感的に把握させることが可能な処理対象画像及び出力画像を生成することができる。

10

【0112】

また、画像生成装置 100 は、処理対象画像平面 R 3 から空間モデル M D を経て入力画像平面 R 4 に遡るように座標の対応付けを実行することにより、処理対象画像平面 R 3 上の各座標を入力画像平面 R 4 上の一又は複数の座標に確実に対応させることができ、入力画像平面 R 4 から空間モデル M D を経て処理対象画像平面 R 3 に至る順番で座標の対応付けを実行する場合と比べ（この場合には、入力画像平面 R 4 上の各座標を処理対象画像平面 R 3 上の一又は複数の座標に確実に対応させることができるが、処理対象画像平面 R 3 上の座標の一部が、入力画像平面 R 4 上の何れの座標にも対応付けられない場合があり、その場合にはそれら処理対象画像平面 R 3 上の座標の一部に補間処理等を施す必要がある。）、より良質な処理対象画像を迅速に生成することができる。

20

【0113】

また、画像生成装置 100 は、空間モデル M D の曲面領域 R 2 に対応する画像のみを拡大或いは縮小する場合には、平行線群 P L と処理対象画像平面 R 3 との間に形成される角度を変更して空間モデル・処理対象画像対応マップ 4 1 における曲面領域 R 2 に関連する部分のみを書き換えるだけで、入力画像・空間モデル対応マップ 4 0 の内容を書き換えることなく、所望の拡大或いは縮小を実現させることができる。

【0114】

また、画像生成装置 100 は、出力画像の見え方を変更する場合には、スケール変換、アフィン変換又は歪曲変換に関する各種パラメータの値を変更して処理対象画像・出力画像対応マップ 4 2 を書き換えるだけで、入力画像・空間モデル対応マップ 4 0 及び空間モデル・処理対象画像対応マップ 4 1 の内容を書き換えることなく、所望の出力画像（スケール変換画像、アフィン変換画像又は歪曲変換画像）を生成することができる。

30

【0115】

同様に、画像生成装置 100 は、出力画像の視点を変更する場合には、仮想カメラ 2 V の各種パラメータの値を変更して処理対象画像・出力画像対応マップ 4 2 を書き換えるだけで、入力画像・空間モデル対応マップ 4 0 及び空間モデル・処理対象画像対応マップ 4 1 の内容を書き換えることなく、所望の視点から見た出力画像（視点変換画像）を生成することができる。

【0116】

図 10 は、ショベル 60 に搭載された二台のカメラ 2（右側方カメラ 2 R 及び後方カメラ 2 B）の入力画像を用いて生成される出力画像を表示部 5 に表示させたときの表示例である。

40

【0117】

画像生成装置 100 は、それら二台のカメラ 2 のそれぞれの入力画像を空間モデル M D の平面領域 R 1 及び曲面領域 R 2 上に投影した上で処理対象画像平面 R 3 に再投影して処理対象画像を生成し、その生成した処理対象画像に画像変換処理（例えば、スケール変換、アフィン変換、歪曲変換、視点変換処理等である。）を施すことによって出力画像を生成して、ショベル 60 の近傍を上空から見下ろした画像（平面領域 R 1 における画像）と、ショベル 60 から水平方向に周辺を見た画像（処理対象画像平面 R 3 における画像）とを同時に表示している。

50

【0118】

なお、出力画像は、画像生成装置100が処理対象画像を生成しない場合には、空間モデルMDに投影された画像に画像変換処理（例えば、視点変換処理である。）を施すことによって生成されるものとする。

【0119】

また、出力画像は、ショベル60が旋回動作を行う際の画像を違和感なく表示できるように、円形にトリミングされ、その円の中心CTRが空間モデルMDの円筒中心軸上で、且つ、ショベル60の旋回軸PV上となるように生成されており、ショベル60の旋回動作に応じてその中心CTRを軸に回転するように表示される。この場合、空間モデルMDの円筒中心軸は、再投影軸と一致するものであってもよく、一致しないものであってもよい。

10

【0120】

なお、空間モデルMDの半径は、例えば、5メートルであり、平行線群PLが処理対象画像平面R3との間で形成する角度、又は、補助線群ALの始点高さは、ショベル60の旋回中心から掘削アタッチメントEの最大到達距離（例えば12メートルである。）だけ離れた位置に物体（例えば、作業員である。）が存在する場合にその物体が表示部5で十分大きく（例えば、7ミリメートル以上である。）表示されるように、設定され得る。

【0121】

更に、出力画像は、ショベル60のCG画像を、ショベル60の前方が表示部5の画面上方と一致し、且つ、その旋回中心が中心CTRと一致するように配置するようにしてもよい。ショベル60と出力画像に現れる物体との間の位置関係をより分かり易くするためである。なお、出力画像は、方位等の各種情報を含む額縁画像をその周囲に配置するようにしてもよい。

20

【0122】

次に、図11～図16を参照しながら、画像生成装置100が入力画像間の明るさ（輝度）の差を際立たせないようにする処理について説明する。

【0123】

図11は、ショベル60に搭載された三台のカメラ2（左側方カメラ2L、右側方カメラ2R、及び後方カメラ2B）のそれぞれの入力画像と、それら入力画像を用いて生成される出力画像とを示す図である。

30

【0124】

画像生成装置100は、それら三台のカメラ2のそれぞれの入力画像を空間モデルMDの平面領域R1及び曲面領域R2上に投影した上で処理対象画像平面R3に再投影して処理対象画像を生成し、その生成した処理対象画像に画像変換処理（例えば、スケール変換、アフィン変換、歪曲変換、視点変換処理等である。）を施すことによって出力画像を生成して、ショベル60の近傍を上空から見下ろした画像（平面領域R1における画像）と、ショベル60から水平方向に周辺を見た画像（処理対象画像平面R3における画像）とを同時に表示している。

【0125】

図11において、左側方カメラ2Lの入力画像及び後方カメラ2Bの入力画像はそれぞれ、ショベル60の周囲における同じ場所を異なる角度から撮像した重複部分を含むが、それら重複部分はそれぞれ、各カメラに関する照明環境等の違いにより異なる明るさで撮像されており、その輝度が異なるものとなっている。右側方カメラ2Rの入力画像と後方カメラ2Bの入力画像との間の重複部分についても同様である。

40

【0126】

そのため、それら三つの入力画像に基づいて生成される出力画像は、その出力画像平面上の座標が複数の入力画像平面上の座標に対応付け可能な場合に、その出力画像平面上の座標が入射角の最も小さいカメラに関する入力画像平面上の座標に対応付けられるものとする。同じ場所を撮像しているにもかかわらず、左側方カメラ2Lの入力画像に基づく出力画像上の領域と後方カメラ2Bの入力画像に基づく出力画像上の領域との間の境界（

50

図の一点鎖線で囲まれる領域 R 6 参照。) 、及び、右側方カメラ 2 R の入力画像に基づく出力画像上の領域と後方カメラ 2 B の入力画像に基づく出力画像上の領域との間の境界 (図の一点鎖線で囲まれる領域 R 7 参照。) のところでその輝度が急激に変化することとなり、その出力画像を見た運転者に不自然さを感じさせてしまうこととなる。

【0127】

そこで、画像生成装置 100 は、チェッカーシャドウ錯視 (同色錯視) による効果を利用して、入力画像間の輝度の差を際立たせないようにする。

【0128】

図 12 は、同色錯視を説明するための図 (Edward H. Adelson、"Checker shadow illusion"、1995 年、インターネット<URL: http://web.mit.edu/persci/people/adelson/checkershadow_illusion.html>) であり、図 12 (A) は、同色錯視をもたらしするために利用されるチェッカーパターン (格子模様) を示し、図 12 (B) は、チェッカーパターン (格子模様) 上の点 P 1 ~ 点 P 3 及び点 P 4 ~ 点 P 6 における輝度の推移を表すグラフを示す。

10

【0129】

図 12 (A) で示されるように、点 P 2 を含む単位パタンの輝度よりも高い輝度を有する二つの単位パターン (点 P 1 を含む単位パターン及び点 P 3 を含む単位パターンである。) で挟まれたその点 P 2 を含む単位パタンの輝度は、点 P 5 を含む単位パタンの輝度よりも低い輝度を有する二つの単位パターン (点 P 4 を含む単位パターン及び点 P 6 を含む単位パターンである。) で挟まれたその点 P 5 を含む単位パタンの輝度よりも低いように見える。

20

【0130】

しかしながら、この輝度の差は、それぞれの単位パターンが格子模様を形成していること、及び、点 P 4 ~ 点 P 6 を含む単位パターン群が物体 O B J の影に入っていることを認識している観察者の錯視によるものであり、実際には、図 12 (B) で示されるように、点 P 2 を含む単位パタンの輝度は、点 P 5 を含む単位パタンの輝度に等しいものとなっている。

【0131】

このように、その観察者は、点 P 1、点 P 3、及び点 P 5 のそれぞれを含む単位パターンが同じ輝度を有し、点 P 2、点 P 4、及び点 P 6 のそれぞれを含む単位パターンが同じ輝度を有するものと錯覚することとなる。

30

【0132】

図 13 は、同色錯視をもたらし明暗パターンを生成する方法の一例を説明するための図であり、二つの波源 (例えば、右側方カメラ 2 R 及び後方カメラ 2 B である。なお、右側方カメラ 2 R が図の左側に示されているが、これは図の明瞭化のためであり、ここでは、図の右斜め上方が、ショベル 60 の後方に対応するものとする。) から山 (実線円) 及び谷 (破線円) を形成しながら拡がって互いに干渉する二つの波を示す。

【0133】

また、図 13 において、二つの扇形領域 2 R a、2 B a はそれぞれ、右側方カメラ 2 R の撮像範囲、及び、後方カメラ 2 B の撮像範囲を示し、太い実線で表される腹線 A N L は、二つの波が互いに強め合う点を連ねた線を示し、太い破線で表される節線 N L は、二つの波が互いに弱め合う点を連ねた線を示す。なお、腹線 A N L 及び節線 N L は、図 13 で示されるように、交互に現れることとなる。

40

【0134】

また、図 13 において、右側方カメラ 2 R を波源として拡がる波の一つの谷が描く線 (破線円) と、その一つの谷の次に発生する一つの山が描く線 (実線円) と、後方カメラ 2 B を波源として拡がる波の一つの谷が描く線 (破線円) と、その一つの谷の次に発生する一つの山が描く線 (実線円) とで定められる菱形の領域のそれぞれは、単位パターン領域 L T を形成するものとする。

【0135】

図 13 で示される複数の単位パターン領域 L T が出力画像平面上に描かれたものとし、単

50

位パタン領域 L T のうちの腹線 A N L が通過する（灰色で塗り潰される）単位パタン領域 L T 1 に後方カメラ 2 B の入力画像が対応付けられ、且つ、単位パタン領域 L T のうちの節線 N L が通過する（白色で塗り潰される）単位パタン領域 L T 2 に右側方カメラ 2 R の入力画像が対応付けられるものとする、平均輝度がそれぞれ異なる二つの入力画像は、同色錯視をもたらす格子模様を形成することができることとなる。

【0136】

なお、単位パタン領域 L T のうちの腹線 A N L が通過する（灰色で塗り潰される）単位パタン領域 L T 1 に右側方カメラ 2 R の入力画像が対応付けられ、且つ、単位パタン領域 L T のうちの節線 N L が通過する（白色で塗り潰される）単位パタン領域 L T 2 に後方カメラ 2 B の入力画像が対応付けられる場合も同様に、平均輝度がそれぞれ異なる二つの入力画像は、同色錯視をもたらす格子模様を形成することができることとなる。

10

【0137】

また、図 1 3 の格子模様は、波長及び位相が等しい二つの波を用いて形成されるが、波長及び位相の一方又は双方が異なる二つの波を用いて形成されてもよい。単位パタン領域 L T 1、L T 2 のサイズや形状を柔軟に調整できるようにするためである。

【0138】

図 1 4 は、図 1 3 で示される格子模様を出力画像平面（平面領域 R 1）上に配置した状態を示し、ショベル 6 0 の C G 画像の右後方（図の右下方向）にある、右側方カメラ 2 R の撮像範囲と後方カメラ 2 B の撮像範囲との重複領域に配置される格子模様と、ショベル 6 0 の C G 画像の左後方（図の左下方向）にある、左側方カメラ 2 L の撮像範囲と後方カメラ 2 B の撮像範囲との重複領域に配置される格子模様とを示す。

20

【0139】

図 1 4 において、右側方カメラ 2 R の撮像範囲と後方カメラ 2 B の撮像範囲との重複領域に配置される格子模様は、例えば、（灰色で塗り潰される）単位パタン領域 L T 1 に右後方カメラ 2 R の入力画像が対応付けられ、（白色で塗り潰される）単位パタン領域 L T 2 に後方カメラ 2 B の入力画像が対応付けられるものとする。

【0140】

また、左側方カメラ 2 L の撮像範囲と後方カメラ 2 B の撮像範囲との重複領域に配置される格子模様は、例えば、（灰色で塗り潰される）単位パタン領域 L T 3 に左後方カメラ 2 L の入力画像が対応付けられ、（白色で塗り潰される）単位パタン領域 L T 4 に後方カメラ 2 B の入力画像が対応付けられるものとする。

30

【0141】

図 1 5 は、画像生成装置 1 0 0 が、二つのカメラのそれぞれの撮像範囲の重複領域に対応する出力画像平面上の各座標に、それら二つのカメラの何れか一方の入力画像平面上の座標を対応付け、同色錯視をもたらす格子模様を形成する処理（以下、「格子模様形成処理」とする。）の流れを示すフローチャートである。

【0142】

画像生成装置 1 0 0 の制御部 1 は、例えば、座標対応付け手段 1 0 により、図 9 の処理対象画像生成処理のステップ S 2 において、空間モデル M D の平面領域 R 1 上的一座標と複数の入力画像平面上の座標との対応付けが可能な場合に、空間モデル M D の平面領域 R 1 上的一座標と二つのカメラのそれぞれに対応する二つの入力画像平面のうちの一つにおける一座標とを対応付ける際に、この格子模様形成処理を実行するものとする。

40

【0143】

最初に、制御部 1 は、二つのカメラ（例えば、右側方カメラ 2 R 及び後方カメラ 2 B である。）の撮像範囲が重複する領域に対応する、空間モデル M D の平面領域 R 1 上的一座標を取得する（ステップ S 1 1）。

【0144】

次に、制御部 1 は、二つのカメラのそれぞれにおける光学中心の座標を取得する（ステップ S 1 2）。

【0145】

50

次に、制御部 1 は、ステップ S 1 1 で取得した空間モデル M D における平面領域 R 1 上の一座標に対応付けるカメラを選択する（ステップ S 1 3）。

【0146】

具体的には、制御部 1 は、右側方カメラ 2 R の光学中心の座標を (X_{cam1}, Y_{cam1}) とし、後方カメラ 2 B の光学中心の座標を (X_{cam2}, Y_{cam2}) とし、対応付けの対象である空間モデル M D の平面領域 R 1 上の一座標を (X_{target}, Y_{target}) とすると、

【0147】

【数 1 2】

10

$$0 < \sin(\sqrt{(X_{cam1} - X_{target})^2 + (Y_{cam1} - Y_{target})^2}) \times \sin(\sqrt{(X_{cam2} - X_{target})^2 + (Y_{cam2} - Y_{target})^2})$$

で表される条件式が真である場合、その平面領域 R 1 上の一座標に対応付けるカメラとして右側方カメラ 2 R を選択し、上述の条件式が偽である場合、その平面領域 R 1 上の一座標に対応付けるカメラとして後方カメラ 2 B を選択する。

【0148】

なお、制御部 1 は、上述の条件式が真である場合に、その平面領域 R 1 上の一座標に対応付けるカメラとして後方カメラ 2 B を選択し、上述の条件式が偽である場合に、その平面領域 R 1 上の一座標に対応付けるカメラとして右側方カメラ 2 R を選択するようにしてもよい。

20

【0149】

なお、上述の条件式は、平面領域 R 1 上の座標 (X_{target}, Y_{target}) が、図 1 4 で示される単位パタン領域 L T 1 に含まれるか、或いは、単位パタン領域 L T 2 に含まれるかの判定式に相当する。

【0150】

また、本実施例において、制御部 1 は、光学中心の座標が二次元座標であり、波源から発生する波が平面波であるという前提で、平面領域 R 1 上の一座標（二次元座標）と二つのカメラのそれぞれの光学中心の座標（平面領域 R 1 を含む平面上に投影された二次元座標）との間の二次元距離に基づいてカメラを選択するが、光学中心の座標を（高さ情報を含む）三次元座標とし、波源から発生する波を球面波としながら、平面領域 R 1 上の一座標（三次元座標）と二つのカメラのそれぞれの光学中心の座標（三次元座標）との間の三次元距離に基づいてカメラを選択するようにしてもよい。

30

【0151】

また、本実施例において、制御部 1 は、二つのカメラ（例えば、右側方カメラ 2 R 及び後方カメラ 2 B である。）の撮像範囲が重複する領域に対応する、空間モデル M D の平面領域 R 1 上の一座標に対応付けるカメラを選択しているが、二つのカメラの撮像範囲が重複する領域に対応する、処理対象画像平面 R 3 上の一座標に対応付けるカメラを選択する

40

【0152】

この場合、制御部 1 は、処理対象画像平面 R 3 上の一座標（二次元座標）と二つのカメラのそれぞれの光学中心の座標（処理対象画像平面 R 3 を含む平面上に投影された二次元座標）との間の二次元距離に基づいてカメラを選択するようにしてもよく、処理対象画像平面 R 3 上の一座標（三次元座標）と二つのカメラのそれぞれの光学中心の座標（三次元座標）との間の三次元距離に基づいてカメラを選択するようにしてもよい。なお、処理対象画像平面 R 3 は、平面領域 R 1 を含むものであってもよい。

【0153】

その後、制御部 1 は、座標対応付け手段 1 0 により、選択したカメラの入力画像平面上

50

の一座標と、空間モデルMDの平面領域R 1上の一座標とを対応付け（ステップS 1 4）、空間モデルMD上の座標、カメラ識別子、及び入力画像平面上の座標を関連付けて入力画像・空間モデル対応マップ4 0に記憶する。

【0 1 5 4】

その後、制御部1は、二つのカメラの撮像範囲が重複する領域に対応する、空間モデルMDの平面領域R 1上の全ての座標を、二つのカメラのうちの一つの入力画像平面上の座標に対応付けたか否かを判定し（ステップS 1 5）、未だ全ての座標に対応付けていないと判定した場合には（ステップS 1 5のNO）、ステップS 1 1～ステップS 1 4の処理を繰り返すようにする。

【0 1 5 5】

一方、制御部1は、全ての座標に対応付けたと判定した場合には（ステップS 1 5のYES）、この格子模様形成処理を終了させる。

【0 1 5 6】

なお、上述において、制御部1は、二つのカメラの撮像範囲が重複する領域に対応する、空間モデルMDの平面領域R 1上の各座標、又は、処理対象画像平面R 3上の各座標を、二つのカメラのうちの一つの入力画像平面上の座標に対応付けるようにするが、更に、二つのカメラの撮像範囲が重複する領域に対応する、空間モデルMDの曲面領域R 2上の各座標を、二つのカメラのうちの一つの入力画像平面上の座標に対応付けるようにしてもよい。

【0 1 5 7】

このように、制御部1は、上述のような条件式を用いて空間モデルMD上の各座標を二つのカメラのうちの一つの入力画像平面上の座標に容易に対応付けることができ、適切な格子模様を生成することができる。

【0 1 5 8】

図1 6は、図1 1で示される出力画像と、図1 1の出力画像に同色錯視をもたらす格子模様が適用された出力画像との違いを表す対比図であり、図1 6（A）が図1 1で示される出力画像を示し、図1 6（B）が同色錯視をもたらす格子模様が適用された出力画像を示す。

【0 1 5 9】

左側方カメラ2 Lの入力画像に基づく出力画像上の領域と後方カメラ2 Bの入力画像に基づく出力画像上の領域との間の境界を含む図1 6（A）の一点鎖線で囲まれた領域R 6は、顕著な輝度の違いを提示しているが、左側方カメラ2 Lの入力画像に基づく出力画像上の領域と後方カメラ2 Bの入力画像に基づく出力画像上の領域とが格子模様となって混在する図1 6（B）の一点鎖線で囲まれた領域R 8は、その輝度の違いが目立たなくなっており、その領域R 8を含む出力画像を見た運転者に不自然さを感じさせ難くしている。

【0 1 6 0】

同様に、右側方カメラ2 Rの入力画像に基づく出力画像上の領域と後方カメラ2 Bの入力画像に基づく出力画像上の領域との間の境界を含む図1 6（A）の一点鎖線で囲まれた領域R 7は、顕著な輝度の違いを提示しているが、右側方カメラ2 Rの入力画像に基づく出力画像上の領域と後方カメラ2 Bの入力画像に基づく出力画像上の領域とが格子模様となって混在する図1 6（B）の一点鎖線で囲まれた領域R 9は、その輝度の違いが目立たなくなっており、その領域R 9を含む出力画像を見た運転者に不自然さを感じさせ難くしている。

【0 1 6 1】

次に、図1 7～図1 9を参照しながら、画像生成装置1 0 0が、二つのカメラのそれぞれの撮像範囲の重複領域に対応する出力画像部分を生成する際にその出力画像部分にある物体が消失するのを防止する消失防止処理について説明する。

【0 1 6 2】

図1 7は、ショベル6 0に搭載された三台のカメラ2（左側方カメラ2 L、右側方カメラ2 R、及び後方カメラ2 B）のそれぞれの入力画像と、それら入力画像を用いて生成さ

10

20

30

40

50

れる出力画像とを示す図である。

【0163】

画像生成装置100は、それら三台のカメラ2のそれぞれの入力画像平面上の座標を空間モデルMDの平面領域R1及び曲面領域R2上の座標に投影した上で処理対象画像平面R3に再投影して処理対象画像を生成し、その生成した処理対象画像に画像変換処理（例えば、スケール変換、アフィン変換、歪曲変換、視点変換処理等である。）を施すことによって出力画像を生成して、ショベル60の近傍を上空から見下ろした画像（平面領域R1における画像）と、ショベル60から水平方向に周辺を見た画像（処理対象画像平面R3における画像）とを表示している。

【0164】

図17において、右側方カメラ2Rの入力画像、及び、後方カメラ2Bの入力画像はそれぞれ、右側方カメラ2Rの撮像範囲と後方カメラ2Bの撮像範囲との重複領域内に人物（右側方カメラ2Rの入力画像における二点鎖線で囲まれる領域R10、及び、後方カメラ2Bの入力画像における二点鎖線で囲まれる領域R11参照。）を捉えている。

【0165】

しかしながら、それら右側方カメラ2Rの入力画像、及び、後方カメラ2Bの入力画像に基づいて生成される出力画像は、その出力画像平面上の座標が入射角の最も小さいカメラに関する入力画像平面上の座標に対応付けられるものとする、図17で示されるように、その重複領域内の人物を消失させてしまうこととなる（出力画像内の一点鎖線で囲まれる領域R12参照。）。 10

【0166】

そこで、画像生成装置100は、同色錯視をもたらしために形成される格子模様を利用して、二つのカメラのそれぞれの撮像範囲の重複領域に対応する出力画像部分を生成する際にその出力画像部分にある物体が消失するのを防止するものとする。 20

【0167】

図18は、二つのカメラのそれぞれの撮像範囲の重複領域における物体の消失防止効果を説明するための図であり、図18（A）は、図13で示される同色錯視をもたらしための格子模様を形成するための波の図を示し、図18（B）は、図18（A）の一部拡大図を示す。

【0168】

図18（A）において、破線で囲まれる投影像PRJ1は、後方カメラ2Bの入力画像における物体OBJ1の像が、路面画像を生成するための視点変換によって、その後方カメラ2Bとその物体OBJ1とを結ぶ線の延長方向に伸長されたもの（後方カメラ2Bの入力画像を用いてその出力画像部分における路面画像を生成した場合に表示される像である。）を表す。 30

【0169】

また、破線で囲まれる投影像PRJ2は、右後方カメラ2Rの入力画像における物体OBJ1の像が、路面画像を生成するための視点変換によって、その右側方カメラ2Rとその物体OBJ1とを結ぶ線の延長方向に伸長されたもの（右側方カメラ2Rの入力画像を用いてその出力画像部分における路面画像を生成した場合に表示される像である。）を表す。 40

【0170】

なお、投影像PRJ1及び投影像PRJ2は、最終的な出力画像上にそのままの状態に表示されることはなく、図18（B）で示されるように、一部が切り欠かれた状態に表示されることとなる。

【0171】

また、図18（A）において、投影像PRJ1を表す破線領域のうち、灰色で塗り潰された部分は、腹線ANLが通過する単位パターン領域LT1（図13参照。）との重なり部分を表し、その重なり部分に対応する出力画像上の各座標には後方カメラ2Bの入力画像平面上の座標（物体OBJ1の像を形成する領域内の座標）が対応付けられることを示す 50

。

【0172】

一方、投影像PRJ1を表す破線領域のうち、白色で塗り潰された部分は、節線NLが通過する単位パタン領域LT2（図13参照。）との重なり部分を表し、その重なり部分に対応する出力画像上の各座標には右側方カメラ2Rの入力画像平面上の座標（物体OBJ1の像を形成しない領域内の座標）が対応付けられることを示す。

【0173】

なお、投影像PRJ1を表す破線領域のうち、灰色で塗り潰された部分に対応する出力画像上の各座標に、右側方カメラ2Rの入力画像平面上の座標（物体OBJ1の像を形成しない領域内の座標）が対応付けられ、投影像PRJ1を表す破線領域のうち、白色で塗り潰された部分に対応する出力画像上の各座標に、後方カメラ2Bの入力画像平面上の座標（物体OBJ1の像を形成する領域内の座標）が対応付けられるようにしてもよい。

10

【0174】

この場合、投影像PRJ1は、図18（B）で示されるように、その伸長方向に直交する円（後方カメラ2Bの位置を波源とする波の山及び谷が描く円である。）の一部をその境界線として含む単位パタン領域LT2によって切り欠かれることとなるが、隣接する単位パタン領域LT1が互いに頂点を接触させているので織切り状に分断され難く、単位パタン領域LT2のそれぞれがその伸長方向に直交する円の一部を含むため、その輪郭も認識され易いはっきりした状態で保存されることとなる。

20

【0175】

また、投影像PRJ1は、物体OBJ1の高さが高い程、カメラから遠ざかる方向により長く伸長され、且つ、カメラから遠ざかる程、より大きく拡大される傾向を有するが、単位パタン領域LT1及びLT2は何れもカメラから遠ざかる程、その投影像PRJ1と同じ度合いで、より大きく拡大していくので、その切り欠き状態もほぼ均一に維持されることとなる。

【0176】

また、図18（A）において、投影像PRJ2を表す破線領域のうち、黒色で塗り潰された部分は、節線NLが通過する単位パタン領域LT2（図13参照。）との重なり部分を表し、その重なり部分に対応する出力画像上の各座標には右側方カメラ2Rの入力画像平面上の座標（物体OBJ1の像を形成する領域内の座標）が対応付けられることを示す。

30

。

【0177】

一方、投影像PRJ2を表す破線領域のうち、白色で塗り潰された部分は、腹線ANLが通過する単位パタン領域LT1（図13参照。）との重なり部分を表し、その重なり部分に対応する出力画像上の各座標には後方カメラ2Bの入力画像平面上の座標（物体OBJ1の像を形成しない領域内の座標）が対応付けられることを示す。

【0178】

なお、投影像PRJ2を表す破線領域のうち、黒色で塗り潰された部分に対応する出力画像上の各座標に後方カメラ2Bの入力画像平面上の座標（物体OBJ1の像を形成しない領域内の座標）が対応付けられ、投影像PRJ2を表す破線領域のうち、白色で塗り潰された部分に対応する出力画像上の各座標に右側方カメラ2Rの入力画像平面上の座標（物体OBJ1の像を形成する領域内の座標）が対応付けられるようにしてもよい。

40

【0179】

この場合、投影像PRJ2は、投影像PRJ1と同様に、図18（B）で示されるように、その伸長方向に直交する円（右側方カメラ2Rの位置を波源とする波の山及び谷が描く円である。）の一部をその境界線として含む単位パタン領域LT1によって切り欠かれることとなるが、隣接する単位パタン領域LT2が互いに頂点を接触させているので織切り状に分断され難く、単位パタン領域LT1のそれぞれがその伸長方向に直交する円の一部を含むため、その輪郭も認識され易いはっきりした状態で保存されることとなる。

【0180】

50

また、投影像 P R J 2 は、投影像 P R J 1 と同様に、物体 O B J 1 の高さが高い程、カメラから遠ざかる方向により長く伸長され、且つ、カメラから遠ざかる程、より大きく拡大される傾向を有するが、単位パターン領域 L T 1 及び L T 2 は何れもカメラから遠ざかる程、その投影像 P R J 2 と同じ度合いで、より大きく拡大していくので、その切り欠き状態もほぼ均一に維持されることとなる。

【0181】

図19は、図17で示される出力画像と、図17の出力画像に同色錯視をもたらす格子模様が適用された出力画像との違いを表す対比図であり、図19(A)が図17で示される出力画像を示し、図19(B)が同色錯視をもたらす格子模様が適用された出力画像を示す。

10

【0182】

右側方カメラ2Rの入力画像に基づく出力画像上の領域と後方カメラ2Bの入力画像に基づく出力画像上の領域との間の境界を含む図19(A)の一点鎖線で囲まれた領域R13は、人物が消失した状態を提示しているが、右側方カメラ2Rの入力画像に基づく出力画像上の領域と後方カメラ2Bの入力画像に基づく出力画像上の領域とが格子模様となって混在する図19(B)の一点鎖線で囲まれた領域R14は、人物を消失させることなく、その人物を認識し易い状態で提示し、その領域R14を含む出力画像を見た運転者にその人物の存在を確実に認識させることができるようにしている。

【0183】

以上の構成により、画像生成装置100は、同色錯視をもたらすための格子模様を利用することにより、二つのカメラのそれぞれの撮像範囲の重複領域に対応する出力画像部分を生成する際にその出力画像部分にある物体が消失するのを防止することができ、二つの入力画像のそれぞれの部分領域が櫛歯状に交互に配置されるように二つの入力画像を繋ぎ合わせる場合に比べ、その一部が切り欠かれることとなるその物体の投影像を、運転者がより認識し易い状態で表示することができる。

20

【0184】

次に、図20～図27を参照しながら、消失防止処理が適用される範囲（以下、「消失防止処理適用範囲」とする。）を調整する処理（以下、「消失防止処理適用範囲調整処理」とする。）について説明する。

【0185】

図20上段は、消失防止処理が施された出力画像を示す図であり、破線で囲まれた領域R15L、R15Rは、重複領域に対応する出力画像部分（以下、「重複出力部分」とする。）を表す。具体的には、重複出力部分R15Lは、左側方カメラ2L及び後方カメラ2Bの撮像範囲が重複する領域に対応し、重複出力部分R15Rは、右側方カメラ2R及び後方カメラ2Bの撮像範囲が重複する領域に対応する。

30

【0186】

図20上段に示すように、画像生成装置100は、格子模様を利用した消失防止処理により、出力画像を生成する際にその重複出力部分にある物体が消失するのを防止する。

【0187】

しかしながら、画像生成装置100は、重複出力部分の全体に消失防止処理を施すため、その重複出力部分が大きい場合には、出力画像の視認性を低下させてしまうおそれがある。例えば、図20上段に示すように、画像生成装置100は、消失防止処理適用範囲としての重複出力部分R15L、R15Rを、後方カメラ2Bの撮像範囲に対応する出力画像部分R16に大きく張り出させてしまい、出力画像の視認性を低下させてしまうおそれがある。なお、消失防止処理適用範囲としての重複出力部分は、二つのカメラの撮像範囲の重複領域が大きいほど、すなわち、二つのカメラのそれぞれの光軸間の角度が小さいほど、大きくなる傾向を有する。

40

【0188】

そこで、画像生成装置100は、以下で説明する方法により、物体が重複出力部分から消失してしまうのを防止しながらも、消失防止処理適用範囲をできるだけ小さくして出力

50

画像の視認性の低下を防止する。

【0189】

ここで、図20中段及び図20下段を参照して、消失防止処理適用範囲調整処理の一例（以下、「第1消失防止処理適用範囲調整処理」とする。）について説明する。

【0190】

図20中段及び図20下段は、消失防止処理が施された出力画像を示す図であり、図20上段に対応する。図20中段に示すように、破線で囲まれた領域R15La、R15Raは調整後の消失防止処理適用範囲を表す。具体的には、消失防止処理適用範囲R15Laは、図20上段の重複出力部分R15Lから、上部旋回体63の左側面を含む鉛直平面より右方にある領域R17Lを除外した範囲に相当する。また、消失防止処理適用範囲R15Raは、図20上段の重複出力部分R15Rから、上部旋回体63の右側面を含む鉛直平面より左方にある領域R17Rを除外した範囲に相当する。なお、線分L1Lは、上部旋回体63の左側面を含む鉛直平面の上面視を表し、線分L1Rは、上部旋回体63の右側面を含む鉛直平面の上面視を表す。また、図20下段は、線分L1L、L1R、領域R17L、R17Rの図示を省略した状態を示す。

10

【0191】

画像生成装置100は、重複出力部分R15Lから領域R17Lを除外し、後方カメラ2Bの入力画像のみを領域R17Lに対応付け、左側方カメラ2Lの入力画像を領域R17Lに対応付けなかったとしても、重複領域に存在する物体を出力画像から消失させることはない。領域R17Lに対応付けられる後方カメラ2Bの入力画像は、後方カメラ2Bの撮像範囲の中心に近い部分であるのに対し、領域R17Lに対応付けられる左側方カメラ2Lの入力画像は、左側方カメラ2Lの撮像範囲の端部に近い部分であるためである。重複出力部分R15Rについても同様である。

20

【0192】

このようにして、画像生成装置100は、重複領域に存在する物体を出力画像から消失させることなく、消失防止処理適用範囲を小さくすることができる。その結果、画像生成装置100は、消失防止処理を施すことによって出力画像の視認性が低下するのを防止することができる。

【0193】

ここで、図21を参照して、消失防止処理適用範囲調整処理の別の一例（以下、「第2消失防止処理適用範囲調整処理」とする。）について説明する。なお、図21は、ショベル60の後方に存在する物体と出力画像の路面画像部分におけるその物体の投影像との関係を示す図である。また、図21のA1、B1はショベル60の上面図であり、図21のA2、B2はショベル60の側面図である。なお、A1の上面図はA2の側面図に対応し、B1の上面図はB2の側面図に対応する。

30

【0194】

本実施例では、画像生成装置100は、平面領域R1を有する空間モデルMDに関する性質を利用して、所定高さ未満の物体が出力画像から消失するのを防止しながら消失防止処理適用範囲を決定する。

【0195】

具体的には、画像生成装置100は、路面からの高さが異なる2つの平面領域を利用する。2つの平面領域の一方（以下、「第1平面領域」とする。）は、出力画像を生成する際に用いられる空間モデルMDの平面領域R1であり、本実施例では、路面からの高さが0cmの平面領域、すなわち、路面に等しい高さを有する平面領域である。また、2つの平面領域の他方（以下、「第2平面領域」とする。）は、第1平面領域とは異なる高さを有する平面領域R1aであり、本実施例では、路面からの高さが人の頭の高さHT（例えば、160cm）の平面領域R1aである。

40

【0196】

図21のA1、A2は、ショベル60の後方に存在する物体と平面領域R1に投影される投影像との関係を示し、図21のB1、B2は、ショベル60の後方に存在する物体と

50

平面領域 R 1 a に投影される投影像との関係を示す。

【0197】

図 21 の A 1 において、平面領域 R 1 に投影される一点鎖線で示す投影像 P R J a 1、P R J b 1 はそれぞれ、物体 O B J a、O B J b の投影像であり、後方カメラ 2 B の入力画像に基づく。また、平面領域 R 1 に投影される点線で示す投影像 P R J a 2、P R J b 2 はそれぞれ、物体 O B J a、O B J b の投影像であり、左側方カメラ 2 L の入力画像に基づく。

【0198】

また、点 P a 1 は、投影像 P R J a 1 のうち後方カメラ 2 B に最も近い点を表し、点 P a 2 は、投影像 P R J a 2 のうち左側方カメラ 2 L に最も近い点を表す。また、点 P b 1 は、投影像 P R J b 1 のうち後方カメラ 2 B に最も近い点を表し、点 P b 2 は、投影像 P R J b 2 のうち左側方カメラ 2 L に最も近い点を表す。また、A 1 では、点 P a 1 と点 P a 2 とが同じ点（重複点）となり、点 P b 1 と点 P b 2 とが同じ点（重複点）となる。なお、A 2 では、図の明瞭化のため、左側方カメラ 2 L、物体 O B J b、投影像 P R J a 2、P R J b 1、P R J b 2、及び点 P a 2、P b 1、P b 2 の図示を省略する。

【0199】

また、A 1 における線 B L は、左側方カメラ 2 L に対する入射角と後方カメラ 2 B に対する入射角とが等しくなる点の集合が形成する線である。すなわち、線 B L 上の任意の点と左側方カメラ 2 L の光学中心とを結ぶ線分が左側方カメラ 2 L の光軸との間に形成する角度（入射角）は、その任意の点と後方カメラ 2 B の光学中心とを結ぶ線分が後方カメラ 2 B の光軸との間に形成する角度（入射角）に等しい。また、A 1 における破線領域 R 1 5 L は、左側方カメラ 2 L の撮像範囲と後方カメラ 2 B の撮像範囲との重複領域に対応する平面領域 R 1 上の重複出力部分を表す。

【0200】

同様に、図 21 の B 1 において、高さ H T の平面領域 R 1 a に投影される一点鎖線で示す投影像 P R J a 1 v、P R J b 1 v はそれぞれ、物体 O B J a、O B J b の投影像であり、後方カメラ 2 B の入力画像に基づく。また、高さ H T の平面領域 R 1 a に投影される点線で示す投影像 P R J a 2 v、P R J b 2 v はそれぞれ、物体 O B J a、O B J b の投影像であり、左側方カメラ 2 L の入力画像に基づく。

【0201】

また、点 P a 1 v は、投影像 P R J a 1 v のうち後方カメラ 2 B に最も近い点を表し、点 P a 2 v は、投影像 P R J a 2 v のうち左側方カメラ 2 L に最も近い点を表す。また、点 P b 1 v は、投影像 P R J b 1 v のうち後方カメラ 2 B に最も近い点を表し、点 P b 2 v は、投影像 P R J b 2 v のうち左側方カメラ 2 L に最も近い点を表す。また、B 1 では、A 1 の場合と異なり、点 P a 1 v と点 P a 2 v とが別々の点となり、点 P b 1 v と点 P b 2 v とが別々の点となる。なお、B 2 では、図の明瞭化のため、左側方カメラ 2 L、物体 O B J b、投影像 P R J a 2 v、P R J b 1 v、P R J b 2 v、及び点 P a 2 v、P b 1 v、P b 2 v の図示を省略する。

【0202】

また、B 1 における線 B L v は、A 1 における線 B L と同様、左側方カメラ 2 L に対する入射角と後方カメラ 2 B に対する入射角とが等しくなる点の集合が形成する線である。また、B 1 における破線領域 R 1 5 L v は、左側方カメラ 2 L の撮像範囲と後方カメラ 2 B の撮像範囲との重複領域に対応する平面領域 R 1 a 上の重複出力部分を表す。

【0203】

図 21 の A 1、A 2 に示すように、平面領域 R 1 では、物体 O B J a の投影像 P R J a 1 は、路面の高さにある部分の大きさ（点 P a 1 における画像の大きさであり、例えば、人物の足下の画像の大きさである。）がショベル 60 からの距離に見合う大きさとなる。すなわち、画像生成装置 100 は、出力画像におけるショベル 60 の C G 画像の大きさと投影像 P R J a 1 の点 P a 1 付近における部分の大きさとの関係が、実際のショベル 60 の大きさと実際の物体 O B J a の大きさとの関係に等しくなるようにする。そして、画像

生成装置100は、出力画像におけるショベル60のCG画像と投影像PRJa1の点Pa1付近における部分との見かけ上の距離（それぞれの大きさから把握される距離）が、実際のショベル60と実際の物体OBJaとの距離を表すようにする。また、投影像PRJa1は、点Pa1と後方カメラ2Bの光学中心とを結ぶ直線に沿ってショベル60から離れるにつれて徐々に大きく表示される傾向を有する。同様に、物体OBJaの投影像PRJa2は、路面の高さにある部分の大きさ（点Pa2における画像の大きさであり、例えば、人物の足下の画像の大きさである。）がショベル60からの距離に見合う大きさとなる。そして、投影像PRJa2は、点Pa2と後方カメラ2Bの光学中心とを結ぶ直線に沿ってショベル60から離れるにつれて徐々に大きく表示される傾向を有する。そのため、投影像PRJa1、PRJa2は、同一点である点Pa1、Pa2から遠方に向けて異なる2方向にその大きさを拡大させながら伸びる傾向を有する。物体OBJbの投影像PRJb1、PRJb2についても同様である。

10

【0204】

一方、図21のB1、B2に示すように、平面領域R1aでは、物体OBJaの投影像PRJa1vは、高さHTにおける部分の大きさ（例えば、人物の頭部の画像の大きさである。）がショベル60からの距離に見合う大きさとなる。すなわち、画像生成装置100は、出力画像におけるショベル60のCG画像の大きさと投影像PRJa1vの高さHTに対応する部分の大きさとの関係が、実際のショベル60の大きさと実際の物体OBJaの大きさとの関係に等しくなるようにする。そして、画像生成装置100は、出力画像におけるショベル60のCG画像と投影像PRJa1の高さHTにおける部分との見かけ上の距離（それぞれの大きさから把握される距離）が、実際のショベル60と実際の物体OBJaとの距離を表すようにする。また、投影像PRJa1vは、投影像PRJa1と同様、点Pa1vと後方カメラ2Bの光学中心とを結ぶ直線に沿ってショベル60から離れるにつれて徐々に大きく表示される傾向を有する。同様に、物体OBJaの投影像PRJa2vは、高さHTにおける部分の大きさ（例えば、人物の頭部の画像の大きさである。）がショベル60からの距離に見合う大きさとなる。そして、投影像PRJa2は、投影像PRJa2と同様、点Pa2vと後方カメラ2Bの光学中心とを結ぶ直線に沿ってショベル60から離れるにつれて徐々に大きく表示される傾向を有する。そのため、投影像PRJa1v、PRJa2vは、別々の点である点Pa1v、Pa2vから遠方に向けて異なる2方向にその大きさを拡大させながら伸び、高さHTにある物体OBJaの部分（例えば、頭部である。）のところで重なる傾向を有する。物体OBJbの投影像PRJb1v、PRJb2vについても同様である。

20

30

【0205】

また、図21のA2、B2から分かるように、投影像PRJa1、PRJa2、PRJb1、PRJb2はそれぞれ、投影像PRJa1v、PRJa2v、PRJb1v、PRJb2vと相似である。具体的には、投影像PRJa1と投影像PRJa1vは、後方カメラ2Bの位置を相似の中心として互いに相似であり、投影像PRJb1と投影像PRJb1vは、後方カメラ2Bの位置を相似の中心として互いに相似である。そして、後方カメラ2Bの高さをH1とすると、投影像PRJa1と投影像PRJa1vの長さの比、及び、投影像PRJb1と投影像PRJb1vの長さの比は何れも $H1 : (H1 - HT)$ である。また、投影像PRJa2と投影像PRJa2vは、左側方カメラ2Lの位置を相似の中心として互いに相似であり、投影像PRJb2と投影像PRJb2vは、左側方カメラ2Lの位置を相似の中心として互いに相似である。そして、左側方カメラ2Lの高さをH2とすると、投影像PRJa2と投影像PRJa2vの長さの比、及び、投影像PRJb2と投影像PRJb2vの長さの比は何れも $H2 : (H2 - HT)$ である。

40

【0206】

A1において、線BLより右側の領域に後方カメラ2Bの入力画像を投影し、線BLより左側の領域に左側方カメラ2Lの入力画像を投影すると、物体OBJaの投影像PRJa1は、左側方カメラ2Lの入力画像によって上書きされ、また、物体OBJaの投影像PRJa2は、後方カメラ2Bの入力画像によって上書きされる。その結果、投影像PR

50

J a 1、P R J a 2 は、点 P a 1、P a 2 の周りの僅かな部分を残して消失する。一方、物体 O B J b の投影像 P R J b 2 は、後方カメラ 2 B の入力画像によって上書きされるが、物体 O B J b の投影像 P R J b 1 は、左側方カメラ 2 L の入力画像によって上書きされることがない。すなわち、物体 O B J b の投影像 P R J b 1 は、線 B L より右側の領域に後方カメラ 2 B の入力画像を投影し、線 B L より左側の領域に左側方カメラ 2 L の入力画像を投影したとしても消失することがない。これは、高さ H T 未満の物体の投影像の消失を防止しながらも消失防止処理を省略できることを意味する。すなわち、消失の防止を希望する最大高さ H T が決定されれば消失防止処理適用範囲を決定できることを意味する。なお、本実施例では、「物体 O B J a の投影像の消失」とは、消失防止処理後の出力画像における 2 つの投影像 P R J a 1 及び P R J a 2 による情報量（例えば、投影像 P R J a 1 及び P R J a 2 が映し出す物体 O B J a の領域）が、2 つの入力画像の何れか一方による情報量（例えば、2 つの入力画像の何れか一方が映し出す物体 O B J a の領域）よりも小さい状態を意味する。

10

【0207】

そこで、画像生成装置 100 は、平面領域 R 1 上の 1 つの座標に対応する平面領域 R 1 a 上の 2 つの座標の位置関係に基づいて、平面領域 R 1 上の 1 つの座標に消失防止処理を施すか否かを決定する。

【0208】

具体的には、画像生成装置 100 は、平面領域 R 1 上の 1 つの重複点 P a 1（P a 2）に対応する平面領域 R 1 a 上の 2 つの点 P a 1 v、P a 2 v を導き出す。より具体的には、画像生成装置 100 は、平面領域 R 1 における投影像 P R J a 1、P R J a 2 がそれぞれ、平面領域 R 1 a における投影像 P R J a 1 v、P R J a 2 v と相似である点に基づいて、平面領域 R 1 a 上の 2 つの点 P a 1 v、P a 2 v を導き出す。そして、画像生成装置 100 は、それら 2 つの点 P a 1 v、P a 2 v が線 B L v の右側又は左側の何れに存在するかを判定する。そして、画像生成装置 100 は、それら 2 つの点 P a 1 v、P a 2 v の一方が線 B L v の右側に存在し、他方が線 B L v の左側に存在する場合に、平面領域 R 1 上の 1 つの重複点 P a 1（P a 2）に消失防止処理を施す。すなわち、画像生成装置 100 は、平面領域 R 1 上の 1 つの重複点 P a 1（P a 2）に対応する平面領域 R 1 a 上の 2 つの点 P a 1 v、P a 2 v が線 B L v の両側に跨って存在する場合に、平面領域 R 1 上の 1 つの重複点 P a 1（P a 2）に消失防止処理を施すようにする。

20

30

【0209】

図 21 の B 1 では、点 P a 1 v が線 B L v の右側に存在し、点 P a 2 v が線 B L v の左側に存在するため、画像生成装置 100 は、平面領域 R 1 上の重複点 P a 1（P a 2）に対して消失防止処理を施す。具体的には、画像生成装置 100 は、図 15 のステップ S 13 における処理を実行し、平面領域 R 1 上の重複点 P a 1（P a 2）に対応付けるカメラを選択する。

【0210】

同様に、画像生成装置 100 は、平面領域 R 1 上の 1 つの重複点 P b 1（P b 2）に対応する平面領域 R 1 a 上の 2 つの点 P b 1 v、P b 2 v を導き出す。そして、画像生成装置 100 は、それら 2 つの点 P b 1 v、P b 2 v が線 B L v の右側又は左側の何れに存在するかを判定する。そして、画像生成装置 100 は、それら 2 つの点 P b 1 v、P b 2 v の双方が線 B L v の同じ側に存在する場合に、平面領域 R 1 上の 1 つの点 P b 1（P b 2）に対する消失防止処理を省略する。

40

【0211】

図 21 の B 1 では、点 P b 1 v が線 B L v の右側に存在し、点 P b 2 v も線 B L v の右側に存在するため、画像生成装置 100 は、平面領域 R 1 上の 1 つの重複点 P b 1（P b 2）に対する消失防止処理を省略する。具体的には、画像生成装置 100 は、平面領域 R 1 上の 1 つの重複点 P b 1（P b 2）に対応付けるカメラとして、入射角が小さい方の後方カメラ 2 B を選択する。

【0212】

50

次に、図 2 2 を参照して、第 1 平面領域における重複出力部分と、第 2 平面領域における重複出力部分との関係について説明する。なお、図 2 2 は、第 1 平面領域 R 1 における重複出力部分 R 1 5 L と、第 2 平面領域 R 1 a における重複出力部分 R 1 5 L v との関係を示す模式図である。

【0 2 1 3】

図 2 2 に示すように、重複出力部分 R 1 5 L は、消失防止処理を適用しないと判定される部分 R 1 5 L - 1 (右下がり斜線ハッチング部分) 及び部分 R 1 5 L - 2 (左下がり斜線ハッチング部分)、並びに、消失防止処理を適用すると判定される部分 R 1 5 L - 3 (ドットハッチング部分) を含む。また、重複出力部分 R 1 5 L v は、線 B L v の左側の部分 R 1 5 L v - 1 (右下がり斜線ハッチング部分)、及び、線 B L v の右側の部分 R 1 5 L v - 2 (左下がり斜線ハッチング部分) を含む。また、部分 R 1 5 L - 1 と部分 R 1 5 L v - 1 は、後方カメラ 2 B の位置を相似の中心として互いに相似であり、部分 R 1 5 L - 2 と部分 R 1 5 L v - 2 は、左側方カメラ 2 L の位置を相似の中心として互いに相似である。なお、重複出力部分 R 1 5 L v には、重複出力部分 R 1 5 L の部分 R 1 5 L - 3 に対応する部分が存在しない。

【0 2 1 4】

そして、本実施例では、平面領域 R 1 の部分 R 1 5 L - 1 内の 1 座標 P P 1 は、平面領域 R 1 a の部分 R 1 5 L v - 1 内の 2 座標 P P 1 1、P P 1 2 に対応する。具体的には、座標 P P 1 と座標 P P 1 1 は、左側方カメラ 2 L の位置を相似の中心として互いに相似の位置にあり、座標 P P 1 と座標 P P 1 2 は、後方カメラ 2 B の位置を相似の中心として互いに相似の位置にある。そして、2 座標 P P 1 1、P P 1 2 は何れも線 B L v の左側に存在する。そのため、平面領域 R 1 の部分 R 1 5 L - 1 には消失防止処理が適用されない。なお、平面領域 R 1 の部分 R 1 5 L - 1 内の 1 座標 P P 1 は、左側方カメラ 2 L の入力画像平面における 1 座標 (図示せず。)、及び、後方カメラ 2 B の入力画像平面における 1 座標 (図示せず。)) の双方に対応する。また、平面領域 R 1 a の部分 R 1 5 L v - 1 内の 2 座標 P P 1 1、P P 1 2 はそれぞれ、平面領域 R 1 の部分 R 1 5 L - 1 内の 1 座標 P P 1、左側方カメラ 2 L の入力画像平面における 1 座標 (図示せず。)、及び、後方カメラ 2 B の入力画像平面における 1 座標 (図示せず。)) に対応する。

【0 2 1 5】

同様に、平面領域 R 1 の部分 R 1 5 L - 2 内の 1 座標 P P 2 は、平面領域 R 1 a の部分 R 1 5 L v - 2 内の 2 座標 P P 2 1、P P 2 2 に対応する。具体的には、座標 P P 2 と座標 P P 2 1 は、左側方カメラ 2 L の位置を相似の中心として互いに相似の位置にあり、座標 P P 2 と座標 P P 2 2 は、後方カメラ 2 B の位置を相似の中心として互いに相似の位置にある。そして、2 座標 P P 2 1、P P 2 2 は何れも線 B L v の右側に存在する。そのため、平面領域 R 1 の部分 R 1 5 L - 2 には消失防止処理が適用されない。なお、平面領域 R 1 の部分 R 1 5 L - 2 内の 1 座標 P P 2 は、左側方カメラ 2 L の入力画像平面における 1 座標 (図示せず。)、及び、後方カメラ 2 B の入力画像平面における 1 座標 (図示せず。)) の双方に対応する。また、平面領域 R 1 a の部分 R 1 5 L v - 2 内の 2 座標 P P 2 1、P P 2 2 はそれぞれ、平面領域 R 1 の部分 R 1 5 L - 2 内の 1 座標 P P 2、左側方カメラ 2 L の入力画像平面における 1 座標 (図示せず。))、及び、後方カメラ 2 B の入力画像平面における 1 座標 (図示せず。)) に対応する。

【0 2 1 6】

一方、平面領域 R 1 の部分 R 1 5 L - 3 内の 1 座標 P P 3 は、平面領域 R 1 a の部分 R 1 5 L v - 1 内の 1 座標 P P 3 1、及び、平面領域 R 1 a の部分 R 1 5 L v - 2 内の 1 座標 P P 3 2 に対応する。具体的には、座標 P P 3 と座標 P P 3 1 は、左側方カメラ 2 L の位置を相似の中心として互いに相似の位置にあり、座標 P P 3 と座標 P P 3 2 は、後方カメラ 2 B の位置を相似の中心として互いに相似の位置にある。そして、座標 P P 3 1 は線 B L v の左側に存在し、座標 P P 3 2 は線 B L v の右側に存在する。そのため、平面領域 R 1 の部分 R 1 5 L - 3 には消失防止処理が適用される。なお、平面領域 R 1 の部分 R 1 5 L - 3 内の 1 座標 P P 3 は、左側方カメラ 2 L の入力画像平面における 1 座標 (図示せ

ず。)、及び、後方カメラ2Bの入力画像平面における1座標(図示せず。))の双方に対応する。また、平面領域R1aの部分R15Lv-1内の2座標PP31、PP32は、平面領域R1の部分R15L-3内の1座標PP3、左側方カメラ2Lの入力画像平面における1座標(図示せず。))、及び、後方カメラ2Bの入力画像平面における1座標(図示せず。))に対応する。

【0217】

次に、図23を参照して、第2消失防止処理適用範囲調整処理の流れについて説明する。なお、図23は、第2消失防止処理適用範囲調整処理の流れを示すフローチャートである。画像生成装置100は、例えば、平面領域R1上の全ての画素を順番に注目画素としながらこの第2消失防止処理適用範囲調整処理を実行する。

10

【0218】

最初に、画像生成装置100は、注目画素に対応する画素が第1カメラの入力画像上に存在するか否かを判定する(ステップS21)。本実施例では、画像生成装置100は、入力画像・空間モデル対応マップ40を参照し、平面領域R1上の一画素(注目画素)に対応する画素が左側方カメラ2Lの入力画像上に存在するか否かを判定する。

【0219】

その後、注目画素に対応する画素が第1カメラの入力画像上に存在すると判定した場合(ステップS21のYES)、画像生成装置100は、その注目画素に対応する画素が第2カメラの入力画像上に存在するか否かを判定する(ステップS22)。本実施例では、画像生成装置100は、注目画素に対応する画素が左側方カメラ2Lの入力画像上に存在すると判定した場合、入力画像・空間モデル対応マップ40を参照し、その注目画素に対応する画素が後方カメラ2Bの入力画像上に存在するか否かを判定する。

20

【0220】

その後、注目画素に対応する画素が第2カメラの入力画像平面上に存在すると判定した場合(ステップS22のYES)、画像生成装置100は、後述の消失防止処理要否判定処理を実行する(ステップS23)。本実施例では、画像生成装置100は、注目画素に対応する画素が後方カメラ2B及び左側方カメラ2Lの双方の入力画像上に存在すると判定した場合に後述の消失防止処理要否判定処理を実行する。

【0221】

一方、注目画素に対応する画素が第2カメラの入力画像上に存在しないと判定した場合(ステップS22のNO)、画像生成装置100は、第1カメラの入力画像上の画素を注目画素に対応付ける(ステップS24)。本実施例では、画像生成装置100は、注目画素に対応する画素が後方カメラ2Bの入力画像上に存在せず左側方カメラ2Lの入力画像上にのみ存在する場合、左側方カメラ2Lの入力画像上の画素を注目画素に対応付ける。

30

【0222】

また、画像生成装置100は、注目画素に対応する画素が第1カメラの入力画像上に存在しないと判定した場合にも(ステップS21のNO)、その注目画素に対応する画素が第2カメラの入力画像平面上に存在するか否かを判定する(ステップS25)。本実施例では、画像生成装置100は、注目画素に対応する画素が左側方カメラ2Lの入力画像上に存在しないと判定した場合にも、その注目画素に対応する画素が後方カメラ2Bの入力画像上に存在するか否かを判定する。

40

【0223】

その後、注目画素に対応する画素が第2カメラの入力画像上に存在すると判定した場合(ステップS25のYES)、画像生成装置100は、第2カメラの入力画像上の画素を注目画素に対応付ける(ステップS26)。本実施例では、画像生成装置100は、注目画素に対応する画素が左側方カメラ2Lの入力画像上に存在せず後方カメラ2Bの入力画像上にのみ存在する場合、後方カメラ2Bの入力画像上の画素を注目画素に対応付ける。

【0224】

一方、画像生成装置100は、注目画素に対応する画素が第2カメラの入力画像上に存在しないと判定した場合(ステップS25のNO)、画像生成装置100は、その注目画

50

素を非表示画素に設定する（ステップS 2 7）。本実施例では、画像生成装置1 0 0は、注目画素に対応する画素が後方カメラ2 B及び左側方カメラ2 Lの何れの入力画像上にも存在しない場合、その注目画素を非表示画素に設定する。例えば、画像生成装置1 0 0は、注目画素の値を所定値（黒に相当する値）に設定する。

【0 2 2 5】

次に、図2 4を参照して、ステップS 2 3における消失防止処理要否判定処理について説明する。なお、図2 4は、消失防止処理要否判定処理の流れを示すフローチャートである。

【0 2 2 6】

最初に、画像生成装置1 0 0は、第1平面領域上の注目画素の座標に対応する第2平面領域上の第1座標及び第2座標を導き出す（ステップS 3 1）。本実施例では、画像生成装置1 0 0は、平面領域R 1上の注目画素の座標（P P 1、P P 2、又はP P 3）に対応する平面領域R 1 a上の第1座標（P P 1 1、P P 2 1、又はP P 3 1）及び第2座標（P P 1 2、P P 2 2、又はP P 3 2）を導き出す（図2 2参照。）。なお、注目画素の座標P P 1、P P 2、P P 3と第1座標P P 1 1、P P 2 1、P P 3 1とは左側方カメラ2 Lの位置を相似の中心として相似の位置にあり、また、注目画素の座標P P 1、P P 2、P P 3と第2座標P P 1 2、P P 2 2、P P 3 2とは後方カメラ2 Bの位置を相似の中心として相似の位置にある。また、ここでの説明は、左側方カメラ2 L及び後方カメラ2 Bの撮像範囲の重複領域に関連するが、右側方カメラ2 R及び後方カメラ2 Bの撮像範囲の重複領域についても同様に適用される。

【0 2 2 7】

その後、画像生成装置1 0 0は、第1座標が境界線の第1カメラ側にあるか否かを判定する（ステップS 3 2）。本実施例では、画像生成装置1 0 0は、第1座標が境界線B L v（図2 2参照。）の左側方カメラ2 L側にあるか否かを判定する。

【0 2 2 8】

ここで、図2 5を参照して、境界線B L vの設定方法の一例について説明する。なお、図2 5は、ショベル6 0の上面視であり、後方カメラ2 Bの光軸を含む線分の平面領域R 1 aへの投影像である線分2 B G、左側方カメラ2 Lの光軸を含む線分の平面領域R 1 aへの投影像である線分2 L G、及び、平面領域R 1 a上に設定される境界線B L vを示す。なお、画素P P 0は、左側方カメラ2 Lと後方カメラ2 Bとを結ぶ線分の中点に対応する平面領域R 1 a上の座標である。

【0 2 2 9】

画像生成装置1 0 0は、線分2 B Gと線分2 L Gとの間に角度 δ が形成される場合、画素P P 0を始点とし、且つ、角度 δ の角二等分線となるように境界線B L vを設定する。このようにして、画像生成装置1 0 0は、カメラの設置条件に基づいて境界線B L vを事前に設定できる。なお、図示は省略するが、右側方カメラ2 R及び後方カメラ2 Bの撮像範囲の重複領域に関連する境界線も同様に設定される。

【0 2 3 0】

ここで再び図2 4を参照して消失防止処理要否判定処理の説明を続ける。

【0 2 3 1】

第1座標が境界線の第1カメラ側にあると判定すると（ステップS 3 2のY E S）、画像生成装置1 0 0は、第2座標が境界線の第2カメラ側にあるか否かを判定する（ステップS 3 3）。本実施例では、画像生成装置1 0 0は、第1座標P P 3 1が境界線B L vの左側方カメラ2 L側にあると判定すると、第2座標P P 3 2が境界線B L vの後方カメラ2 B側にあるか否かを判定する。

【0 2 3 2】

その後、第2座標が境界線の第2カメラ側にあると判定すると（ステップS 3 3のY E S）、画像生成装置1 0 0は、消失防止処理が必要と判定し、例えば図1 5のステップS 1 3における処理を実行してその注目画素に対応付けるカメラ（入力画像上の画素）を選択する（ステップS 3 4）。本実施例では、画像生成装置1 0 0は、第1座標P P 3 1が

境界線 BL_v の左側方カメラ $2L$ 側にあり、且つ、第2座標 PP_{32} が境界線 BL_v の後方カメラ $2B$ 側にあると判定すると、座標 PP_3 で表される注目画素に関しては消失防止処理が必要と判定してその注目画素に対応付けるカメラ（入力画像上の画素）を選択する。

【0233】

一方、第2座標が境界線の第2カメラ側でないと判定すると（ステップ S_{33} の NO ）、画像生成装置 100 は、消失防止処理が不要と判定し、第1カメラの入力画像上の画素を注目画素に対応付ける（ステップ S_{35} ）。本実施例では、画像生成装置 100 は、第1座標 PP_{11} が境界線 BL_v の左側方カメラ $2L$ 側にあるが、第2座標 PP_{12} が境界線 BL_v の後方カメラ $2B$ 側でないと判定すると、座標 PP_1 で表される注目画素に関しては消失防止処理が不要と判定する。すなわち、画像生成装置 100 は、第1座標 PP_{11} 及び第2座標 PP_{12} の双方が境界線 BL_v の左側方カメラ $2L$ 側にあると判定すると、座標 PP_1 で表される注目画素に関しては消失防止処理が不要と判定し、左側方カメラ $2L$ の入力画像上の画素をその注目画素に対応付ける。

【0234】

また、第1座標が境界線の第1カメラ側でないと判定すると（ステップ S_{32} の NO ）、画像生成装置 100 は、第2座標が境界線の第2カメラ側にあるか否かを判定することなく消失防止処理が不要と判定し、第2カメラの入力画像平面の座標を注目画素に対応付ける（ステップ S_{36} ）。第1座標が境界線の第1カメラ側でない場合、第2座標が境界線の第1カメラ側にくることは幾何学的に起こり得ないためである。本実施例では、画像生成装置 100 は、第1座標 PP_{21} が境界線 BL_v の左側方カメラ $2L$ 側でないと判定すると、第2座標 PP_{22} が境界線 BL_v の後方カメラ $2B$ 側にあるか否かを判定することなく座標 PP_2 で表される注目画素に関しては消失防止処理が不要と判定し、後方カメラ $2B$ の入力画像平面の座標を注目画素 PP_2 に対応付ける。第1座標 PP_{21} が境界線 BL_v の左側方カメラ $2L$ 側でない場合、第2座標 PP_{22} が境界線の左側方カメラ $2L$ 側にくることは幾何学的に起こり得ないためである。

【0235】

次に、図26を参照しながら、消失防止処理適用範囲調整処理による効果について説明する。なお、図26上段は、重複領域に対応する出力画像部分の全体に消失防止処理が施された場合の出力画像を示す図であり、図20上段に相当する。また、図26中段は、第1消失防止処理適用範囲調整処理が実行された場合の出力画像を示す図であり、図20下段に相当する。また、図26下段は、第2消失防止処理適用範囲調整処理が実行された場合の出力画像を示す図である。なお、図26下段の破線で囲まれた領域 R_{15Lb} 、 R_{15Rb} は、第2消失防止処理適用範囲調整処理による調整が行われた後の消失防止処理適用範囲を表す。

【0236】

図26における3つの出力画像の比較から分かるように、画像生成層 100 は、第1消失防止処理適用範囲調整処理を実行することで、物体の高さにかかわらず、投影像の消失を防止しながら消失防止処理適用範囲を狭めることができる。また、画像生成層 100 は、所定の高さ HT を有する平面領域 R_{1a} を用いて第2消失防止処理適用範囲調整処理を実行することで、所定の高さ HT 未満の物体の投影像の消失を防止しながら消失防止処理適用範囲を狭めることができる。

【0237】

次に、図27を参照して、消失防止処理適用範囲調整処理のさらに別の一例（以下、「第3消失防止処理適用範囲調整処理」とする。）について説明する。なお、図27は、第3消失防止処理適用範囲調整処理の流れを示すフローチャートである。第3消失防止処理適用範囲調整処理は、消失防止処理適用範囲を予め決定する点で、出力画像における各画素の値と入力画像における各画素の値とを関連付けて出力画像を生成する際に画素毎に消失防止処理を適用するか否かを判定する第2消失防止処理適用範囲調整処理と相違する。

【0238】

最初に、画像生成装置100は、第1平面領域の第1重複出力部分と第2平面領域の第2重複出力部分とを導き出す（ステップS41）。本実施例では、画像生成装置100は、入力画像・空間モデル対応マップ40を参照し、第1平面領域の第1重複出力部分として、空間モデルMDにおける高さ0cmの平面領域R1における重複出力部分R15L、R15Rを導き出す（図20参照。）。また、画像生成装置100は、第2平面領域の第2重複出力部分として、高さHTの平面領域R1aにおける重複出力部分R15Lv（図21のB1参照。）、R15Rv（図示せず。）を導き出す。

【0239】

その後、画像生成装置100は、第2重複出力部分を第1カメラ対応部分と第2カメラ対応部分に分割する（ステップS42）。本実施例では、画像生成装置100は、平面領域R1aの重複出力部分R15Lvを、第1カメラ対応部分としての部分R15Lv-1と第2カメラ対応部分としての部分R15Lv-2とに分割する（図22参照。）。なお、部分R15Lv-1内の座標は、入射角の最も小さいカメラが左側方カメラ2Lとなる条件を満たす座標であり、部分R15Lv-1は、左側方カメラ2Lの入力画像が対応付けられる部分として設定される。また、部分R15Lv-2内の座標は、入射角の最も小さいカメラが後方カメラ2Bとなる条件を満たす座標であり、部分R15Lv-2は、後方カメラ2Bの入力画像が対応付けられる部分として設定される。但し、平面領域R1aに関する処理は、消失防止処理の適用範囲を調整するための中間的な処理であるため、カメラ2の入力画像を平面領域R1aに実際に対応付ける必要はない。また、画像生成装置100は、重複出力部分R15Lvと同様に、平面領域R1aの重複出力部分R15Rvを部分R15Rv-1及び部分R15Rv-2（何れも図示せず。）に分割する。

【0240】

その後、画像生成装置100は、第1カメラ対応部分及び第2カメラ対応部分に基づいて第1重複出力部分における消失防止処理適用範囲及び消失防止処理非適用範囲を導き出す（ステップS43）。本実施例では、画像生成装置100は、平面領域R1aにおける部分R15Lv-1、R15Lv-2のそれぞれに対応する平面領域R1における部分R15L-1、R15L-2を消失防止処理非適用範囲として導き出す（図22参照。）。なお、部分R15L-1と部分R15Lv-1は、カメラ2Bの位置を相似の中心として互いに相似であり、部分R15L-2と部分R15Lv-2は、カメラ2Lの位置を相似の中心として互いに相似である。そして、画像生成装置100は、重複出力部分R15Lのうち、部分R15L-1及び部分R15L-2の何れにも含まれない部分R15L-3を消失防止処理適用範囲として導き出す。また、画像生成装置100は、平面領域R1における部分R15L-1、R15L-2と同様に、平面領域R1aにおける部分R15Rv-1、R15Rv-2のそれぞれに対応する平面領域R1における部分R15R-1、R15R-2（何れも図示せず。）を消失防止処理非適用範囲として導き出す。そして、画像生成装置100は、重複出力部分R15Rのうち、部分R15R-1及び部分R15R-2の何れにも含まれない部分R15R-3（図示せず。）を消失防止処理適用範囲として導き出す。

【0241】

このように、画像生成装置100は、出力画像の生成を開始する前に、消失防止処理適用範囲を決定する。その上で、画像生成装置100は、その消失防止処理適用範囲に含まれる各座標に対し、例えば図15のステップS13における処理を実行し、消失防止処理適用範囲に含まれる各座標に対応付けるカメラを選択する。

【0242】

なお、上述の実施例において、画像生成装置100は、格子模様を利用して消失防止処理を実行するが、櫛歯模様、ストライプ模様等、格子模様以外の他の模様を利用して消失防止処理を実行してもよい。また、画像生成装置100は、対応する2つの入力画像における点（画素）の画素値（例えば、輝度値、色度値等である。）の平均値を出力画像の画素値として用いる平均化処理を消失防止処理として実行してもよい。

【0243】

また、上述の実施例では、画像生成装置100は、重複領域に含まれる限り、曲面領域R2に投影される画像に対しても消失防止処理を施すが、重複領域に含まれる場合であっても、曲面領域R2に投影される画像に対しては消失防止処理を省略してもよい。空間モデルMD（平面領域R1）の外側に存在する物体は、出力画像平面上の座標が入射角の最も小さいカメラに関する入力画像平面上の座標に対応付けられたとしても、消失するおそれがないためである。

【0244】

また、画像生成装置100は、平面領域R1上の1つの点に対応する平面領域R1a上の2つの点が線BLvの両側に跨って存在するか否かに応じて、平面領域R1上の1つの重複点に消失防止処理を施すか否かを判定する。しかしながら、本発明はこの構成に限定
10
されるものではない。画像生成装置100は、例えば、左側方カメラ2Lに対する入射角と後方カメラ2Bに対する入射角とが等しくなる点の集合が形成する線BLvの代わりに、平面領域R1aにおける破線領域R15Lvを空間モデルMDの半径方向に二分する任意の線を用いてもよい。この場合、任意の線は、直線、曲線、又はそれらの組み合わせのいずれであってもよい。

【0245】

以上、本発明の好ましい実施例について詳説したが、本発明は、上述した実施例に制限
20
されることなく、本発明の範囲を逸脱することなしに上述した実施例に種々の変形及び置換を加えることができる。

【0246】

例えば、上述の実施例において、画像生成装置100は、空間モデルとして円筒状の空間モデルMDを採用するが、多角柱等の他の柱状の形状を有する空間モデルを採用してもよく、底面及び側面の二面から構成される空間モデルを採用してもよく、或いは、側面のみを有する空間モデルを採用してもよい。

【0247】

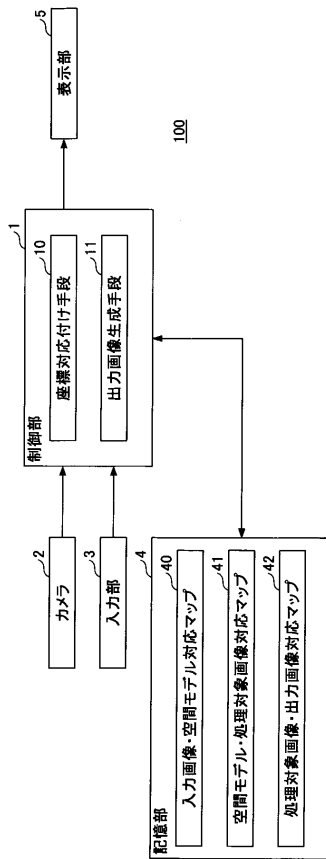
また、画像生成装置100は、バケット、アーム、ブーム、旋回機構等の可動部材を備えながら自走する建設機械にカメラと共に搭載され、周囲画像をその運転者に提示しながらその建設機械の移動及びそれら可動部材の操作を支援する操作支援システムに組み込まれているが、産業用機械若しくは固定式クレーン等のように可動部材を有するが自走はしない他の被操作体にカメラと共に搭載され、それら他の被操作体の操作を支援する操作支
30
援システムに組み入れられてもよい。

【符号の説明】

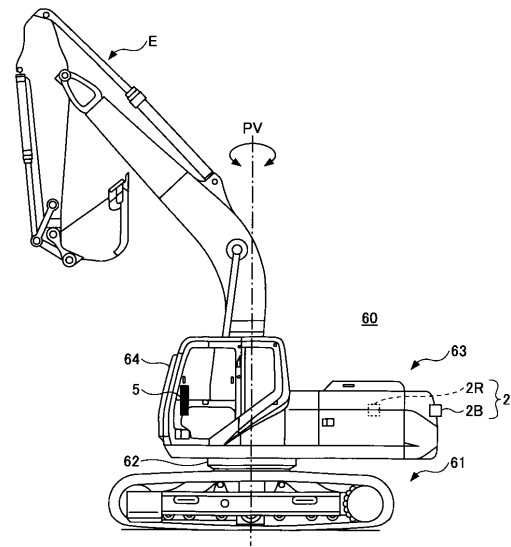
【0248】

1・・・制御部 2・・・カメラ 2L・・・左側方カメラ 2R・・・右側方カメラ
2B・・・後方カメラ 3・・・入力部 4・・・記憶部 5・・・表示部 10・・・座
標対応付け手段 11・・・出力画像生成手段 40・・・入力画像・空間モデル対応マ
ップ 41・・・空間モデル・処理対象画像対応マップ 42・・・処理対象画像・出力
画像対応マップ 60・・・ショベル 61・・・下部走行体 62・・・旋回機構 6
3・・・上部旋回体 64・・・キャブ

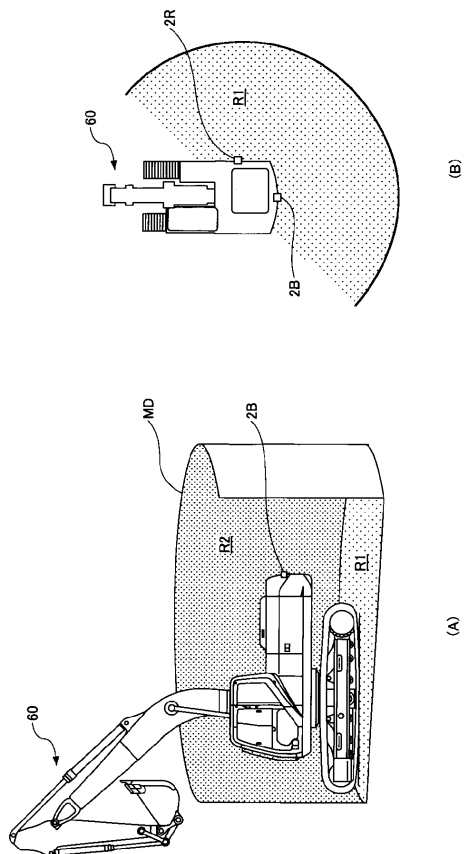
【図 1】



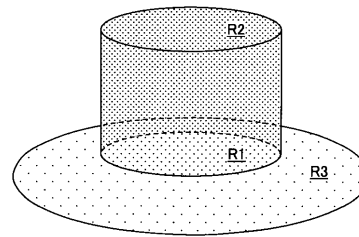
【図 2】



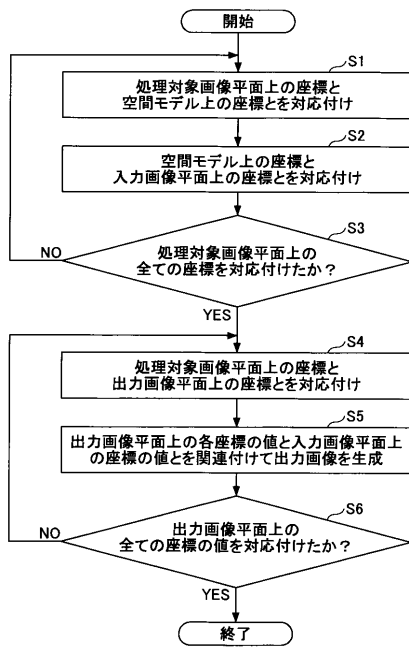
【図 3】



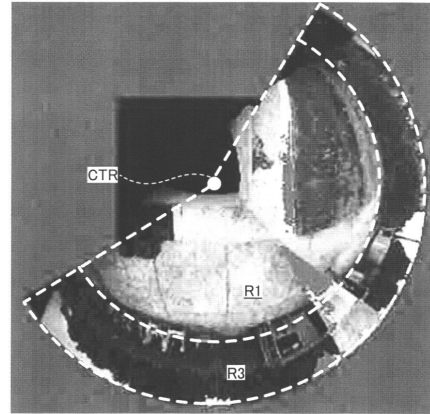
【図 4】



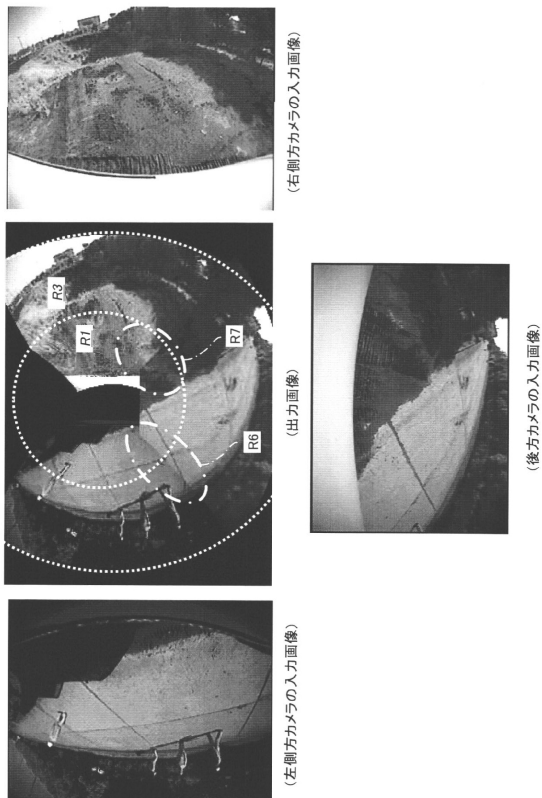
【図 9】



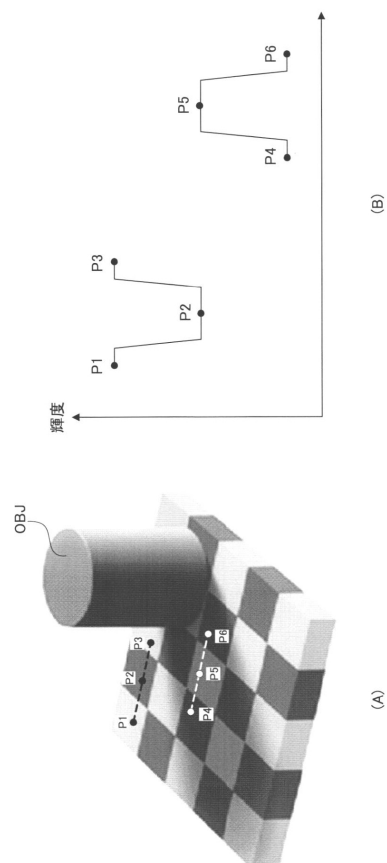
【図 10】



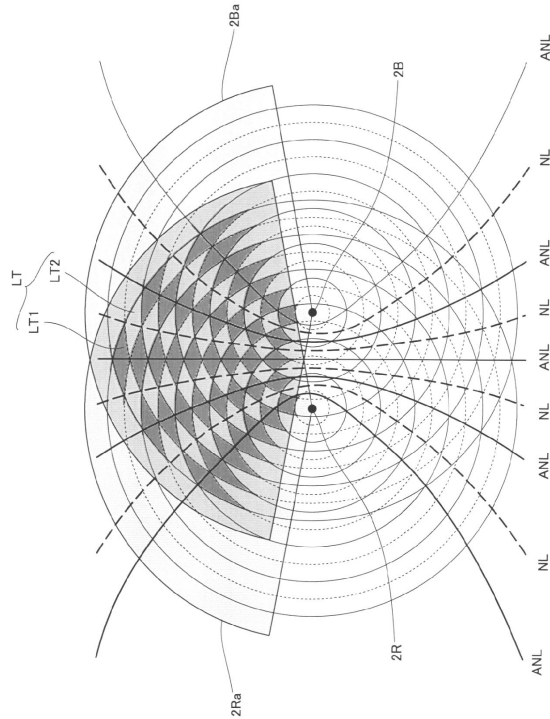
【図 11】



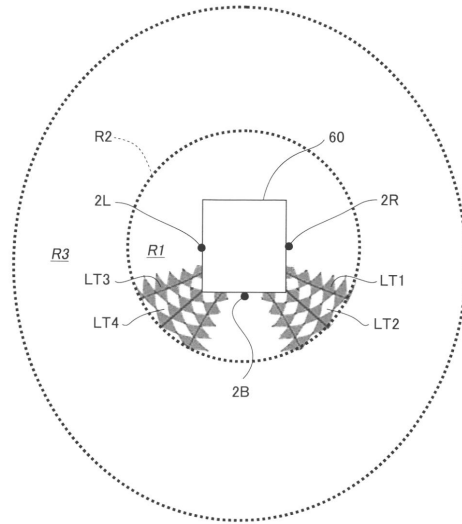
【図 12】



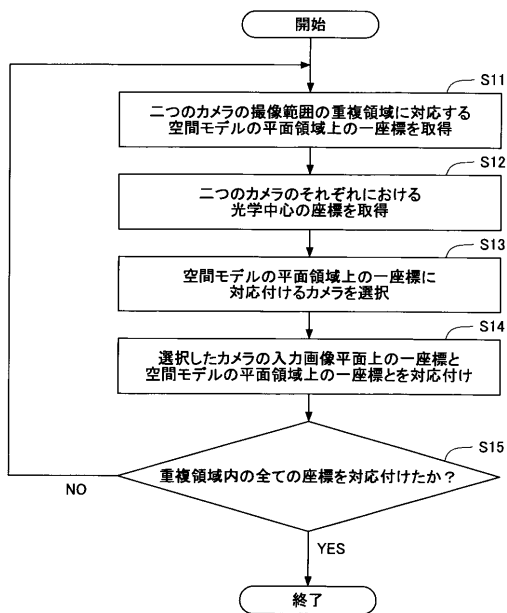
【図 13】



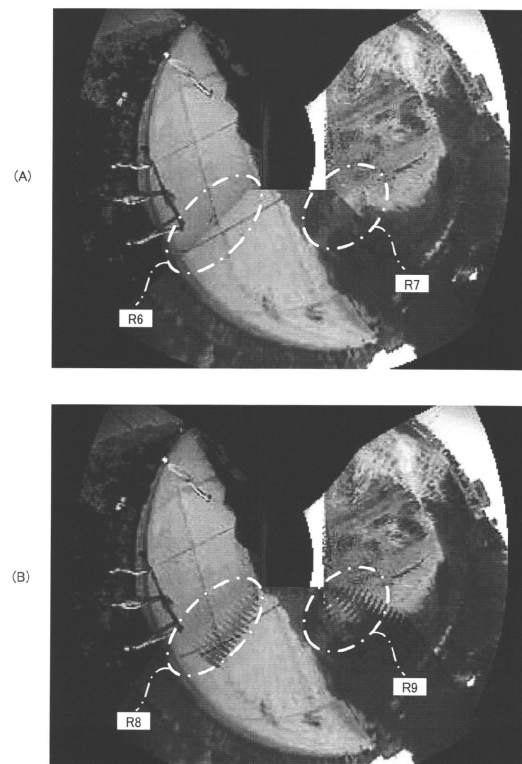
【図 14】



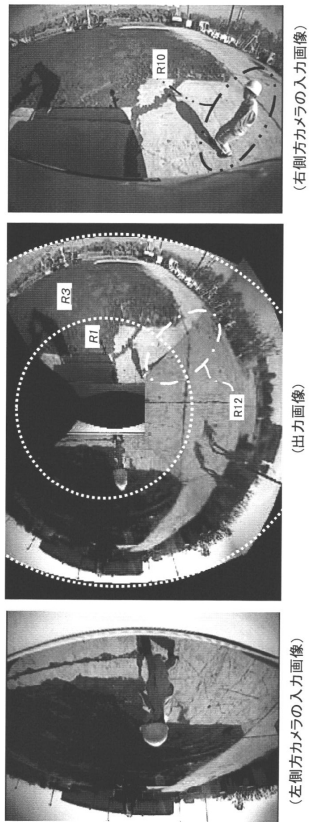
【図 15】



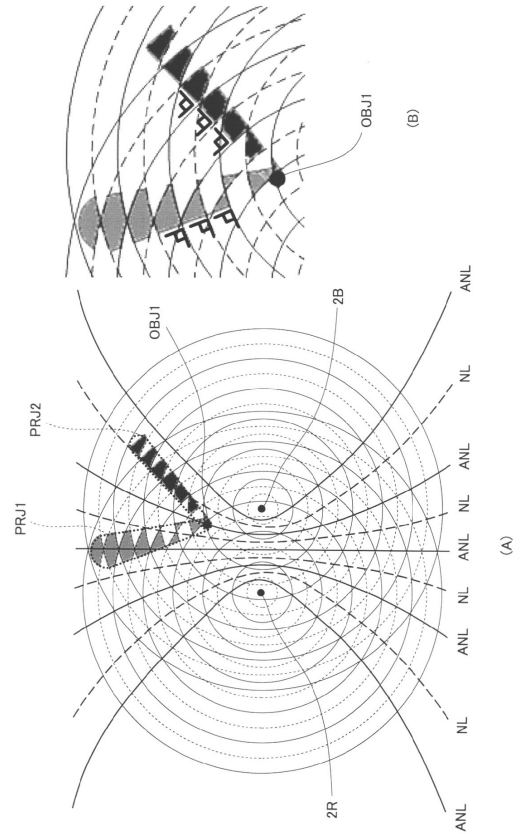
【図 16】



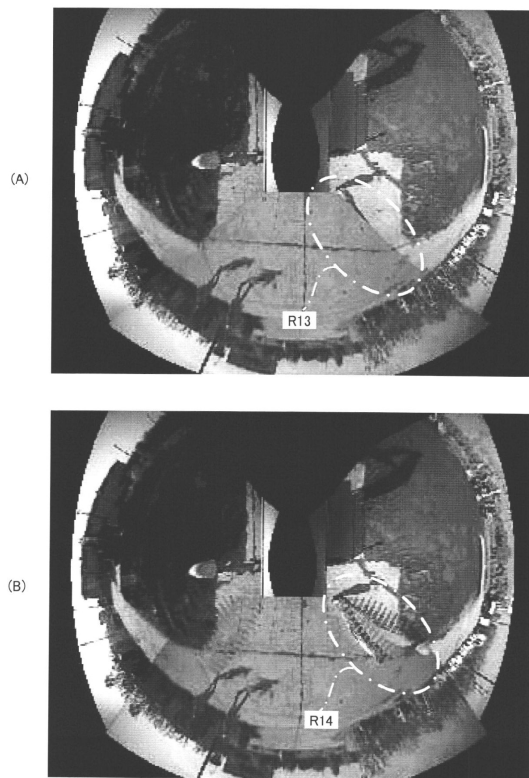
【図 17】



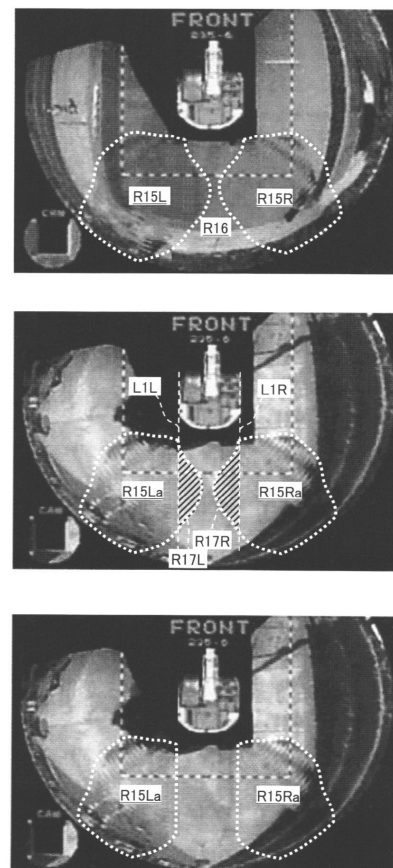
【図 18】



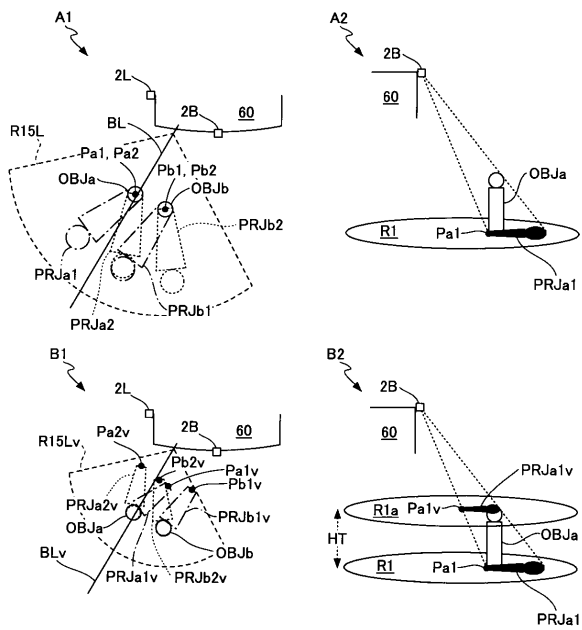
【図 19】



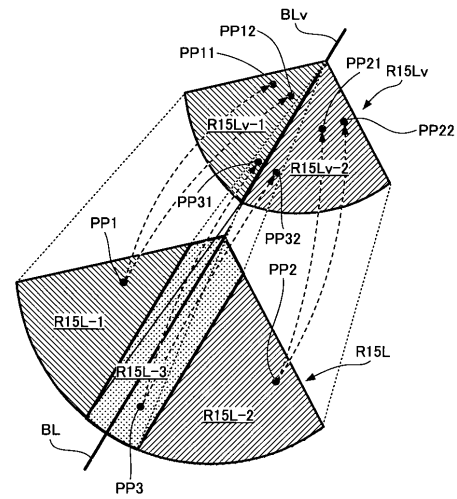
【図 20】



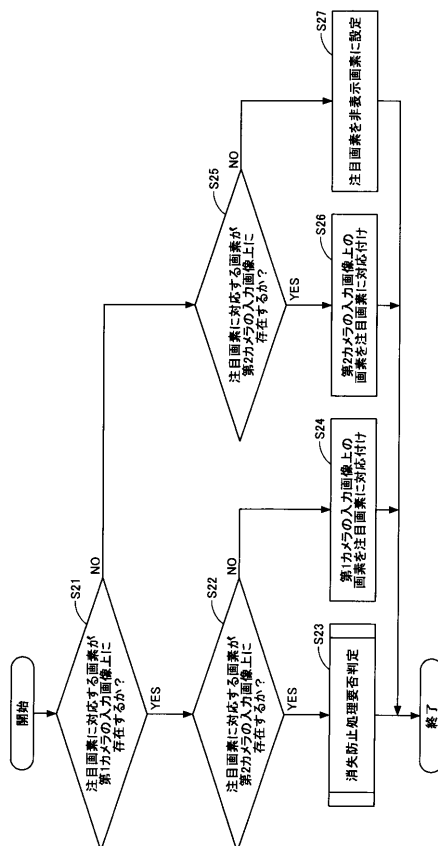
【図 2 1】



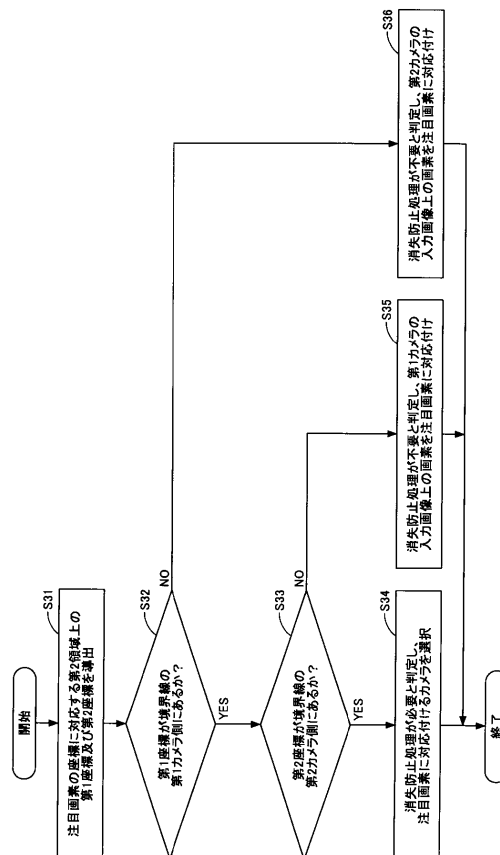
【図 2 2】



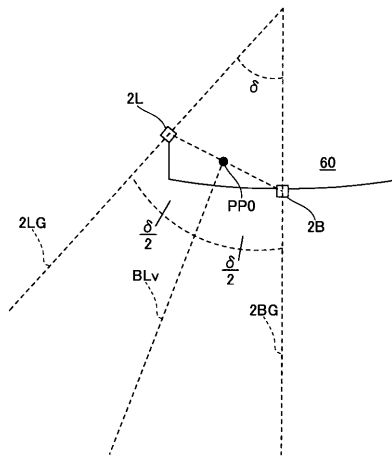
【図 2 3】



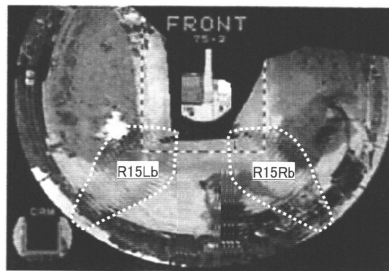
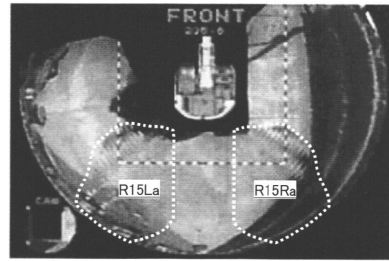
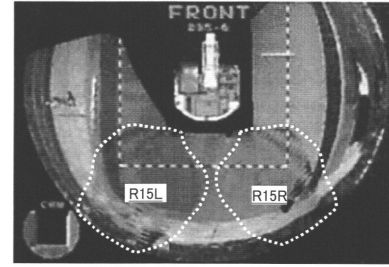
【図 2 4】



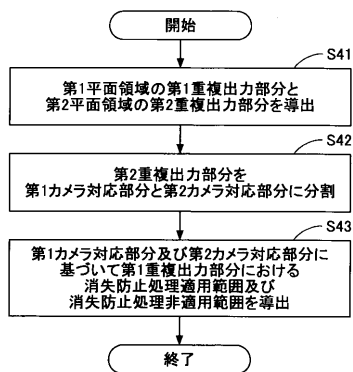
【図 25】



【図 26】



【図 27】



フロントページの続き

- (56)参考文献 特開2011-221865 (JP, A)
特開2012-109741 (JP, A)
特開2007-109166 (JP, A)
特開2008-048345 (JP, A)
特開2009-118415 (JP, A)
特開2002-125224 (JP, A)

- (58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
H04N 7/18
B60R 1/00
E02F 9/26