

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2016-225865

(P2016-225865A)

(43) 公開日 平成28年12月28日(2016.12.28)

(51) Int.Cl.			F I			テーマコード (参考)	
HO4N	7/18	(2006.01)	HO4N	7/18	J	5B057	
G06T	3/00	(2006.01)	G06T	3/00	720	5C054	
G06T	1/00	(2006.01)	G06T	1/00	330A		
B60R	1/00	(2006.01)	B60R	1/00	A		

審査請求 未請求 請求項の数 14 O L (全 13 頁)

(21) 出願番号 特願2015-111235 (P2015-111235)  
 (22) 出願日 平成27年6月1日(2015.6.1)

(71) 出願人 504113008  
 東芝アルパイン・オートモティブテクノロジー株式会社  
 福島県いわき市好間工業団地14番地の1  
 (74) 代理人 110000235  
 特許業務法人 天城国際特許事務所  
 (72) 発明者 小崎 正憲  
 福島県いわき市好間工業団地14番地の1  
 東芝アルパイン・オートモティブテクノロジー株式会社内  
 Fターム(参考) 5B057 AA16 CA08 CA12 CA16 CB08  
 CB12 CB16 CD11 CE08 DA16  
 5C054 FD02 FD03 FE11 HA30

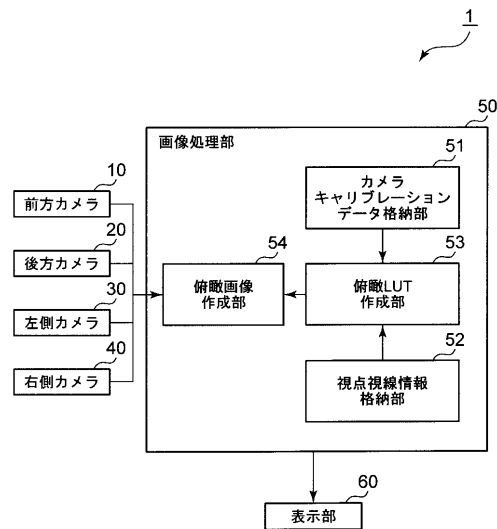
(54) 【発明の名称】 俯瞰画像生成装置

(57) 【要約】

【課題】 水平線の位置がずれない状態で表示可能な俯瞰画像を生成することができる俯瞰画像生成装置を提供する。

【解決手段】 自車両の車体に取り付けられる複数のカメラと、カメラの映像を取り込んで、カメラのキャリブレーションデータおよび仮想の視点視線情報に基づいて視点変換処理を行った俯瞰画像をカメラごとに生成し、俯瞰画像同士を境界をつないだ合成俯瞰画像を生成する画像処理部と、この画像処理部で生成した合成俯瞰画像を表示する表示部とを備え、俯瞰画像は、各カメラの高さに比例させて、形状の高さ方向の割合を変化させる。

【選択図】 図1



## 【特許請求の範囲】

## 【請求項 1】

自車両の車体に取り付けられる複数のカメラと、  
前記カメラの映像を取り込んで、前記カメラのキャリブレーションデータおよび仮想の視点視線情報に基づいて視点変換処理を行った俯瞰画像を前記カメラごとに生成し、前記俯瞰画像同士を境界をつないだ合成俯瞰画像を生成する画像処理部と、  
この画像処理部で生成した前記合成俯瞰画像を表示する表示部とを備え、  
前記俯瞰画像は、前記各カメラの高さに比例させて、形状の高さ方向の割合を変化させる俯瞰画像生成装置。

## 【請求項 2】

予め標準とするカメラの高さを基準として定め、前記各カメラの高さに応じて前記俯瞰画像の形状の高さ方向を比例させる請求項 1 に記載の俯瞰画像生成装置。

## 【請求項 3】

前記カメラは、  
車体前方に取り付けられ自車両の前方を撮像する前方カメラと、  
車体後方に取り付けられ自車両の後方を撮像する後方カメラと、  
車体左方に取り付けられ自車両の左方を撮像する左側カメラと、  
車体右方に取り付けられ自車両の右方を撮像する右側カメラである請求項 1 又は請求項 2 に記載の俯瞰画像生成装置。

## 【請求項 4】

前記カメラキャリブレーションデータは、レンズの歪みおよび焦点距離を含むカメラの特性に加えて、車体上での前記カメラの取付位置情報である請求項 1 乃至請求項 3 のいずれか 1 項に記載の俯瞰画像生成装置。

## 【請求項 5】

前記視点視線情報において、視点は、3次元座標系で、視点の座標 ( $x$ 、 $y$ 、 $z$ ) および基準視線ベクトルを任意の回転軸ベクトル ( $v_x$ 、 $v_y$ 、 $v_z$ ) の回りにラジアン回転させた視線方向 ( $v_x$ 、 $v_y$ 、 $v_z$ ) で定義される請求項 1 乃至請求項 4 のいずれか 1 項に記載の俯瞰画像生成装置。

## 【請求項 6】

前記画像処理部は、  
事前を取得しておいた前記カメラのキャリブレーションデータを格納するカメラキャリブレーションデータ格納部と、  
前記視点視線情報を格納する視点視線情報格納部と、  
前記カメラキャリブレーションデータと前記視点視線情報を取り込んで、前記カメラで取得した映像について視点変換するための座標変換用のルックアップテーブルを作成する俯瞰LUT作成部と、  
前記カメラの撮像した映像を取り込み、前記ルックアップテーブルの情報を入力し、水平線の位置合わせを行った合成俯瞰画像を生成する俯瞰画像作成部とから構成される請求項 1 乃至請求項 5 のいずれか 1 項に記載の俯瞰画像生成装置。

## 【請求項 7】

前記ルックアップテーブルは、  
予め限定した視点視線を仮想して作成したものである請求項 6 に記載の俯瞰画像生成装置。

## 【請求項 8】

前記ルックアップテーブルは、現在の視点、視線から限定した変化量とその変化量を複数に分割した分を予め作成しておき、視点、視線の変更があった場合、その変更の範囲内で動作し、変更後の視点、視線から変化量とその変化量を複数に分割した分を再作成する請求項 6 に記載の俯瞰画像生成装置。

## 【請求項 9】

変更する仮想視点、仮想視線の変更する量が決まってから、その仮想視点、仮想視線の

10

20

30

40

50

変化量を複数に分割した前記ルックアップテーブルを作成し、それが作成し終わってから仮想視点、仮想視線の変更する請求項 6 に記載の俯瞰画像生成装置。

【請求項 10】

前記各カメラの映像に基づく前記俯瞰画像は、車体中心から半径方向に地面の平面領域を有し、縦横比を変えて作成する請求項 1 乃至請求項 9 のいずれか 1 項に記載の俯瞰画像生成装置。

【請求項 11】

前記各カメラの映像に基づく前記俯瞰画像は、車体中心から縦方向、横方向に地面の平面領域を有し、縦横比を変えて作成する請求項 1 乃至請求項 9 のいずれか 1 項に記載の俯瞰画像生成装置。

10

【請求項 12】

前記各カメラの映像に基づく前記俯瞰画像は、任意に距離と高さでプロットされた点を線形補間あるいはスプライン補間することにより作成する請求項 1 乃至請求項 9 のいずれか 1 項に記載の俯瞰画像生成装置。

【請求項 13】

前記カメラのうち、基準となるカメラを定め、当該前記カメラでの境界となる水平線上の 1 点を決めておき、前記基準となるカメラとの境界でのもう一つ側の前記カメラの水平線の位置を、視線方向で同じ位置に見えるように合わせる請求項 1 に記載の俯瞰画像生成装置。

【請求項 14】

前記カメラのうち、2つのカメラの重なる領域の両端の水平線の位置を、視線方向で同じ位置に見えるように合わせる請求項 1 に記載の俯瞰画像生成装置。

20

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明の実施形態は、俯瞰画像生成装置に関する。

【背景技術】

【0002】

近年、車両周辺を監視する複数のカメラを使用して車両上方の仮想視点からの俯瞰画像を表示する装置に関する技術開発が提案されている。

30

【0003】

例えば、得られた映像により補正を行うもの（例えば、特許文献 1 参照）であったり、地面平面範囲をカメラの高さによって変えるもの（例えば、特許文献 2 参照）であったり、2 平面をつなげるもの（例えば、特許文献 3 参照）であったり、一つの表示面上にカメラのデータをそのまま描画するもの（例えば、特許文献 4 参照）である。

【0004】

しかしながら、これらの技術では、各カメラの俯瞰画像同士の水平線位置が合わないという問題があった。

【先行技術文献】

【特許文献】

40

【0005】

【特許文献 1】特許第 4 9 5 6 7 9 9 号公報

【特許文献 2】特開 2 0 1 0 - 2 0 4 8 2 1 号公報

【特許文献 3】特開 2 0 0 8 - 1 4 1 6 4 3 号公報

【特許文献 4】特開 2 0 1 0 - 1 2 8 9 5 1 号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0006】

本発明が解決しようとする課題は、水平線の位置がずれない状態で表示可能な俯瞰画像を生成することができる俯瞰画像生成装置を提供することである。

50

## 【課題を解決するための手段】

## 【0007】

実施形態の俯瞰画像生成装置は、自車両の車体に取り付けられる複数のカメラと、前記カメラの映像を取り込んで、前記カメラのキャリブレーションデータおよび仮想の視点視線情報に基づいて視点変換処理を行った俯瞰画像を前記カメラごとに生成し、前記俯瞰画像同士を境界でつないだ合成俯瞰画像を生成する画像処理部と、この画像処理部で生成した前記合成俯瞰画像を表示する表示部とを備え、前記俯瞰画像は、前記各カメラの高さに比例させて、形状の高さ方向の割合を変化させる。

## 【図面の簡単な説明】

## 【0008】

【図1】本発明の第1の実施形態に係る俯瞰画像生成装置の構成例を示す図である。

【図2】本実施形態における車体画像と各カメラと俯瞰画像との基本的な位置関係を示す図である。

【図3】各カメラの映像に基づく俯瞰画像同士の水平線の位置ずれを説明する図である。

【図4】カメラの高さによって俯瞰画像の形状の高さ方向を比例させた俯瞰画像を説明する図である。

【図5】車体中心から半径方向に地面の平面領域を有し、縦横比を変えた俯瞰画像を説明する図である。

【図6】車体中心から縦方向、横方向に地面の平面領域を有し、縦横比を変えた俯瞰画像を説明する図である。

【図7】俯瞰画像形状を任意に指定する例を説明する図である。

【図8】俯瞰画像表示までの処理の流れを示すフローチャートである。

【図9】ルックアップテーブル作成処理の流れを示すフローチャートである。

【図10】本発明の第2の実施形態における視点位置を任意に設定する場合の俯瞰画像を説明する図である。

## 【発明を実施するための形態】

## 【0009】

以下、本発明の一実施の形態について、図面を参照して説明する。尚、各図において同一箇所については同一の符号を付すとともに、重複した説明は省略する。

## 【0010】

## &lt; 第1の実施形態 &gt;

図1は、本発明の第1の実施形態に係る俯瞰画像生成装置の構成例を示す図である。図1に示すように、俯瞰画像生成装置1は、主として、前方カメラ10と、後方カメラ20と、左側カメラ30と、右側カメラ40と、画像処理部50と、表示部60から構成されている。

## 【0011】

前方カメラ10は、車両の外部を撮像するもので、車体前方に取り付けられる。前方カメラ10によって、車両の前方を撮像した映像が取得される。

## 【0012】

後方カメラ20は、車両外部を撮像するもので、車体後方に取り付けられる。後方カメラ20によって、車両の後方を撮像した映像が取得される。

## 【0013】

左側カメラ30は、車両外部を撮像するもので、車体左方に取り付けられる。左側カメラ30によって、車両の左方を撮像した映像が取得される。

## 【0014】

右側カメラ40は、車両外部を撮像するもので、車体右方に取り付けられる。右側カメラ40によって、車両の右方を撮像した映像が取得される。

## 【0015】

俯瞰画像は、カメラで撮像した映像について車両の真上から鉛直下向きに見た状態に視点変換処理を行った画像である。複数の俯瞰画像同士を合成することで車両の真上から周

10

20

30

40

50

囲を見下ろした合成俯瞰画像が生成される。これにより、ユーザである車両の運転者は車両周囲を1画面上で連続的に視認することが可能となる。本実施形態に係る画像処理部50は、複数の俯瞰画像について水平線の位置合わせを行った合成俯瞰画像（以下、単に俯瞰画像ということもある）を生成する。俯瞰画像同士の水平線の位置合わせについては後述する。

【0016】

画像処理部50は、カメラキャリブレーションデータ格納部51と、視点視線情報格納部52と、俯瞰LUT作成部53と、俯瞰画像作成部54とから構成されている。

【0017】

カメラキャリブレーションデータ格納部51は、事前に取得しておいた各カメラのカメラキャリブレーションデータを格納する。カメラを通して撮影した映像は、カメラのレンズの歪みや焦点距離などによって歪みが生じることがある。また、カメラの特性（レンズの歪み、焦点距離）に加えて、車体上での取付位置の影響も受ける。カメラキャリブレーションデータは、これらカメラの特性等に係る諸元をまとめたものである。

10

【0018】

ユーザは、合成俯瞰画像をいずれの視点視線方向から見たものとするかを設定することができる。視点は、3次元座標系で、視点の座標（ $x$ 、 $y$ 、 $z$ ）および基準視線ベクトルを任意の回転軸ベクトル（ $v_x$ 、 $v_y$ 、 $v_z$ ）の回りにラジアン回転させた視線方向（ $v_x$ 、 $v_y$ 、 $v_z$ 、）で定義される。視点視線情報格納部52は、視点視線方向に係る視点視線情報を格納するものである。

20

【0019】

俯瞰LUT作成部53は、カメラキャリブレーションデータと視点視線情報を取り込んで、カメラで取得した映像について視点変換するための座標変換用のルックアップテーブルを作成する。ルックアップテーブルは、各カメラの撮像する画素に対して、座標変換後の画素値を予め計算し、配列に格納しておき、都度の計算を行うことなく、配列（テーブル）を参照することで効率的に座標変換を行うためのテーブルである。

【0020】

尚、仮想の視点や視線を変更してルックアップテーブルを再作成するときに処理に多大の時間を要する場合がある。そのような場合には、予め限定した視点や視線でのルックアップテーブルを用意しておくのが好適である。これにより、スムーズな動きで画像を切り替えることができる。

30

【0021】

また、現在の視点、視線から限定した変化量とその変化量を複数に分割した分のルックアップテーブルを予め作成しておき、視点、視線の変更があった場合その変更の範囲内で動作し、変更後の視点、視線から変化量とその変化量を複数に分割した分のルックアップテーブルを再作成してもよい。これにより、演算のためのバッファを減らして、スムーズな動きで画像を切り替えることができる。

【0022】

また、変更する視点、視線の変更する量が決まってから、その視点、視線の変化量を複数に分割したルックアップテーブルを作成し、それが作成し終わってから視点、視線の変更を行ってもよい。これにより、スムーズな動きで合成俯瞰画像を切り替えることができる。

40

【0023】

俯瞰画像作成部54は、前方カメラの撮像した車両外部の前方映像、後方カメラの撮像した車両外部の後方映像、左側カメラの撮像した車両外部の左側映像、右側カメラの撮像した車両外部の右側映像を取り込み、俯瞰LUT作成部53からルックアップテーブルの情報を入力し、各カメラの高さに比例させて、形状の高さ方向の割合を変化させる俯瞰画像をカメラごとに生成して、俯瞰画像同士を境界でつないで水平線の位置合わせを行った合成俯瞰画像を生成する。俯瞰画像の生成、俯瞰画像同士の水平線の位置合わせの詳細については、後述する。

50

## 【 0 0 2 4 】

表示部 6 0 は、画像処理部 5 0 で生成した合成俯瞰画像を表示する。

## 【 0 0 2 5 】

本実施形態に係る俯瞰画像生成装置 1 の画像処理部 5 0 は、汎用の CPU と、同 CPU 上で動作するソフトウェアとを用いて実現することができる。本実施形態はこのような CPU に、各カメラ映像の取得、カメラキャリブレーションデータと視点視線情報の取り込みによる画像の視点変換処理のための座標変換用ルックアップテーブルの作成、ルックアップテーブル情報による俯瞰画像の生成と俯瞰画像同士の合成に係る一連の処理手続きを実行させるプログラムとして実施することもできる。

## 【 0 0 2 6 】

以上のように構成した俯瞰画像生成装置 1 における俯瞰画像の生成、俯瞰画像同士の水平線の位置合わせについて詳述する。

## 【 0 0 2 7 】

## &lt; 俯瞰画像の生成 &gt;

まず、前方カメラ 1 0 によって、車両の前方映像が得られる。前方映像には、自車両の車体と、車両の前側の地面領域とが映っている。また、後方カメラ 2 0 によって、車両の後方映像が得られる。後方映像には、自車両の車体と車両の後側の地面領域とが映っている。また、左側カメラ 3 0 によって左側映像が得られ、右側カメラ 4 0 によって右側映像が得られる。左側映像には、自車両の車体と車両の左側の地面領域とが映っており、右側映像には、自車両の車体と車両の右側の地面領域とが映っている。

## 【 0 0 2 8 】

俯瞰画像作成部 5 4 は、各カメラからの映像情報を取り込み、俯瞰 LUT 作成部 5 3 に記憶されているルックアップテーブルに基づいて、それぞれ視点視線方向を車両の真上から鉛直下向きとするよう座標変換する。すなわち、俯瞰画像作成部 5 4 は、前方映像を座標変換して自車両前方側を真上から眺めた座標変換画像を生成し、同様に、後方映像から自車両後方側を真上から眺めた座標変換画像を生成する。また、左側映像から自車両左側方を真上から眺めた座標変換画像を生成し、右側映像から自車両右側方を真上から眺めた座標変換画像を生成する。

## 【 0 0 2 9 】

そして、俯瞰画像作成部 5 4 は、それぞれが俯瞰画像である各座標変換画像を合成し、自車両周辺を真上から鉛直下向きに眺めた俯瞰画像を生成する。尚、俯瞰画像作成部 5 4 は、俯瞰画像の中央部に自車両の車体を配置する。

## 【 0 0 3 0 】

## &lt; 水平線の位置合わせ &gt;

図 2 は、本実施形態における自車両の車体画像と各カメラと俯瞰画像との基本的な位置関係を示す図である。図 2 に示すような  $x$ 、 $y$ 、 $z$  座標系において、車体中心を基準としてそこからの半径方向を  $r$ 、半径に対して俯瞰画像の配置高さを  $z$  とすると、基本的な俯瞰画像の形状は、 $z = f(r)$  となる。尚、図 2 において、 $R$  は、俯瞰画像の配置高さ  $z$  での最大半径である。

## 【 0 0 3 1 】

図 3 は、各カメラの映像に基づく俯瞰画像同士の水平線の位置ずれを説明する図である。俯瞰画像  $f(r)$  は、 $c =$  比例定数とすると、 $f(r) = c * r^2$  や  $f(r) = c * r^3$  で表すことができるが、ここでは、図 3 に示すように、 $f(r) = c * (R - (R^2 - r^2))$  で表すようにする。上述したように、各カメラで取得される映像には、自車両の車体と、車両が位置する地面領域の一部が映っている。この場合、図 3 に示すように、仮定の視点が真上から真下への平行投影（第 2 の実施形態において詳述する）の場合、各カメラの高さがばらばらだと、各カメラの高さに応じて、表示される水平線の位置が俯瞰画像間で異なる。この状態では、2 つの重なるカメラ映像の境界で水平線の位置が異なってしまう、互いに水平線の位置がずれた俯瞰画像となってしまう。図 3 に示す例では、前方カメラ 1 0 と後方カメラ 2 0 間の高さに最も違いがあるので、前方カメラ 1 0 による俯瞰

10

20

30

40

50

画像の水平線の位置と後方カメラ 20 による俯瞰画像の水平線の位置が最もずれている。

【0032】

そこで、本実施形態では、それぞれのカメラごとに表示面を別に用意する。図4は、カメラの高さによって俯瞰画像の形状の高さ方向を比例させた俯瞰画像を説明する図である。本実施形態では、図4に示すように、俯瞰画像  $f(r)$  をカメラの高さ  $C_z$  に比例させた計算式で表すものである。具体的には、 $f(r) = C_z * g(r)$ 、 $g(r) = (1 / D * e * f * C_z * (R - (R^2 - r^2)))$  で表すこととする。ここで、 $D * e * f * C_z$  は標準とするカメラ高さである。そうすると、カメラ毎の俯瞰画像の表示面はそれぞれ別の計算式となるが、水平線位置が俯瞰画像の中心に対して同じ距離となる。これにより、図4に示すように、合成した俯瞰画像においては、水平線の位置がずれていない画像とすることができる。

10

(変形例1)

各カメラの映像に基づく俯瞰画像の表示の際、自由な視点視線の変更ではなく、形状を変更することによって違和感を軽減させる変形例について説明する。

【0033】

図5は、車体中心から半径方向に地面の平面領域を有し、縦横比を変えた俯瞰画像を説明する図である。図5に示す例において、車体中心を基準とした半径方向  $r$  は、 $r = (x^2 / a^2 + y^2 / b^2)$  となる。ここで、 $a, b$  は比例定数である。

【0034】

また、半径方向  $r$  に  $w$  の距離まで平面 ( $z = 0$ ) 領域であるとして、 $g(r) = 0 (r < w)$ 、 $f(r) = C_z * c * (R - (R^2 - (r - w)^2))$  と表してもよい。このような表示手法によれば、車体近くの地面平面は車体画像との距離感が一致するため、違和感が軽減される。

20

【0035】

(変形例2)

ここで、地面の平面領域は車体中心から半径方向  $r$  に有するのではなく、縦方向、横方向に有してもよい。図6は、車体中心から縦方向、横方向に地面の平面領域を有し、縦横比を変えた俯瞰画像を説明する図である。図6に示す例では、 $x$  方向に  $v$  の距離まで、 $y$  方向に  $u$  の距離までそれぞれに、平面 ( $z = 0$ ) とする領域を持たせて表示している。図6に示す例において、車体中心を基準とした半径方向  $r$  は、 $r = ((x - u)^2 / a^2 + (y - v)^2 / b^2)$  となる。ここで、 $a, b$  は比例定数、 $x > 0, y > 0$  である。尚、 $x < 0, y < 0$  の場合、車体中心を基準とした半径方向  $r$  は、 $r = ((x + u)^2 / a^2 + (y + v)^2 / b^2)$  と表される。

30

【0036】

また、半径方向  $r$  と、 $x$  方向、 $y$  方向を組み合わせて地面平面としてもよい。また、俯瞰画像形状の中心を車体中心からずらしてもよい。

【0037】

変形例2によっても、近くの地面平面は車体画像との距離感が一致するため、違和感が軽減される。

【0038】

40

(変形例3)

俯瞰画像の形状を一様に表わさずに、任意に指定することもできる。図7は、俯瞰画像形状を任意に指定する例を説明する図である。図7(a)に示す例では、任意に俯瞰画像形状  $g(r)$  を半径方向  $r$  の変化ごとにプロットして、線形補間やスプライン補間として指定するものである。また、図7(b)に示す例のように、プロットされる順番を決めておき、半径方向  $r$  の変化ごとではなく、任意に半径方向の距離とカメラの高さの関係をプロットして線形補間やスプライン補間として指定してもよい。図7(b)では、プロットした点ごと ( $n = 0, 1, 2, \dots$ ) に半径方向の距離  $r_n$  とカメラの高さ  $g(n)$  を決定する。

【0039】

50

これらの俯瞰画像の形状を指定する手法によれば、カメラの高さが上がるにつれて半径方向の距離を長くした後に短くするように、任意の俯瞰画像の形状を表現できる。

【0040】

また、車体中心を基準とした半径方向  $r$  は、 $r = (x^2 / a^2 + y^2 / b^2)$  となるように、縦方向と横方向の変化割合を変えてもよい。 $a$ 、 $b$  は比例定数である。この場合の俯瞰画像  $f(r)$  も、カメラの高さに比例して値が変わることになる。

【0041】

次に、以上のように構成した俯瞰画像生成装置 1 における処理の流れについて説明する。図 8 は、俯瞰画像表示までの処理の流れを示すフローチャートである。

【0042】

まず、俯瞰画像表示までの処理の初回であるか或いは視点視線方向が変化したか否か判定する (ステップ S 8 1)。

【0043】

次に、ステップ S 8 1 で Yes であれば、視点、視線方向の情報を取得する (ステップ S 8 2)。尚、ステップ S 8 1 で No であれば、ステップ S 8 5 に移行する。

【0044】

次いで、カメラキャリブレーションデータ格納部 5 1 に格納されているカメラキャリブレーションの情報を取得する (ステップ S 8 3)。

【0045】

続いて、俯瞰 LUT 作成部 5 3 において、カメラキャリブレーションデータと視点視線情報に基づいて、カメラで取得した映像について視点変換するための座標変換用のルックアップテーブルを作成する (ステップ S 8 4)。ルックアップテーブル作成処理の詳細は後述する。

【0046】

次に、俯瞰画像作成部 5 4 は、各カメラからの映像を取得する (ステップ S 8 5)。

【0047】

続いて、俯瞰画像作成部 5 4 は、ルックアップテーブルに基づいて各カメラからの映像をそれぞれ座標変換し、各座標変換画像を合成して俯瞰画像を生成する (ステップ S 8 6)。本実施形態では、水平線の位置合わせを行った俯瞰画像が生成される。

【0048】

次に、表示部 6 0 に水平線の位置合わせを行った俯瞰画像を表示する (ステップ S 8 7)。

【0049】

図 9 は、ルックアップテーブル作成処理の流れを示すフローチャートである。

【0050】

まず、後方カメラの投影面の式を作成する (ステップ S 9 1)。ここで、RearCz : 後方カメラの高さとする、後方カメラの投影面の式は、 $f(r) = \text{RearCz} * g(r)$  で表される。

【0051】

次に、後方カメラのルックアップテーブルを作成する (ステップ S 9 2)。

【0052】

続いて、前方カメラの投影面の式を作成する (ステップ S 9 3)。ここで、FrontCz : 前方カメラの高さとする、前方カメラの投影面の式は、 $f(r) = \text{FrontCz} * g(r)$  で表される。

【0053】

次に、前方カメラのルックアップテーブルを作成する (ステップ S 9 4)。

【0054】

続いて、左側カメラの投影面の式を作成する (ステップ S 9 5)。ここで、LeftCz : 左側カメラの高さとする、左側カメラの投影面の式は、 $f(r) = \text{LeftCz} * g(r)$  で表される。

【0055】

次に、左側カメラのルックアップテーブルを作成する (ステップ S 9 6)。

10

20

30

40

50



## 【 0 0 5 6 】

続いて、右側カメラの投影面の式を作成する（ステップ S 9 7）。ここで、RightCz：右側カメラの高さとすると、右側カメラの投影面の式は、 $f(r)=\text{RightCz} * g(r)$  で表される。

## 【 0 0 5 7 】

次に、右側カメラのルックアップテーブルを作成（ステップ S 9 8）し、ルックアップテーブル作成処理を終了する。

## 【 0 0 5 8 】

## &lt; 第 2 の実施形態 &gt;

次に、第 2 の実施形態について説明する。第 2 の実施形態に係る俯瞰画像生成装置 1 の構成は、第 1 の実施形態に係る俯瞰画像生成装置 1 の構成と基本的には同様である。第 2 の実施形態は、視点位置を任意に設定する場合における俯瞰画像の水平線の位置合わせに関する。図 1 0 は、第 2 の実施形態における視点位置を任意に設定する場合の俯瞰画像を説明する図である。

10

## 【 0 0 5 9 】

3次元世界を2次元の投影面に投影（表示）するには、投影変換が必要であり、大別すると、平行投影と透視投影とに分類できる。平行投影では、同じ大きさの物体は視点からの距離に関係なく同じ大きさで表示される。例えば、 $x - y$  平面を投影面とすると、 $z$  座標を 0 として表示する。透視投影では、同じ大きさの物体でも遠くのは小さく、近くのは大きく表示される。透視投影では、一般に互いに平行な稜線を延長すると全て同じ点（消失点）で交差し、視線の方向によって消失点の数が 1 から 3 まで変化する。視点が自由にコントロールできる場合には、一般的に消失点は 3 個になる。

20

## 【 0 0 6 0 】

視点が真上から真下に向かう場合に透視投影変換する場合や、真上から真下ではなく斜めからの視点の場合、第 1 の実施形態をそのまま適用しても水平線位置が合わない。

## 【 0 0 6 1 】

そこで、第 2 の実施形態では、基準となるカメラとそのカメラでの境界となる水平線上の 1 点を決めておき、その基準となるカメラとの境界でのもう一つ側のカメラの水平線の位置を、透視投影変換では仮想視点から見て同じ位置に見えるように合わせる。一方、平行投影変換では視線方向で同じ位置に見えるように合わせる。つまり、視線方向と境界となる水平線上の 1 点の延長線上に、もう一つ側のカメラの水平線の位置になるように合わせる。図 1 0 に示す例では、基準となるカメラを前方カメラとし、基準となるカメラとの境界でのもう一つ側のカメラを右側カメラとしている。

30

## 【 0 0 6 2 】

第 2 の実施形態における水平線の位置合わせの手法として、 $r = a * s$  のように、車体中心を基準とした半径方向  $r$  の倍率を変えて対応する。ここで、 $a$  は比例定数、 $s$  は  $r$  の代わりの変数である。

## 【 0 0 6 3 】

また、 $r = (x^2 / a^2 + y^2 / b^2)$  ( $a$ 、 $b$  は比例定数) のように、縦横の比率を変えている場合は、前方カメラおよび後方カメラは縦の比率である  $b$  を変えて対応し、左側カメラおよび右側カメラは横の比率である  $a$  を変えて対応してもよい。さらに、2 つのカメラの境界になる位置が前方カメラおよび後方カメラ寄りならば、縦の比率である  $b$  を変えて対応し、左側カメラおよび右側カメラ寄りならば横の比率である  $a$  を変えて対応してもよい。

40

## 【 0 0 6 4 】

また、視線の向きに応じてその横方向と縦方向の割合に応じて  $a$  と  $b$  の比率を変えてもよい。その場合、視線方向を  $(d, e, f)$  とすると、 $a = a_0 * d * t$ 、 $b = b_0 * e * t$  として計算式を作成し、水平線の位置が一致するように  $t$  を計算すればよい。

## 【 0 0 6 5 】

また、仮想の視点から見て、合わせる側の水平線の横位置が変わらないように計算して

50

もよい。その場合、視点を  $(x_0, y_0, z_0)$ 、視線方向を  $(x_1, y_1, z_1)$  とすると、 $(x - x_0) / x_1 = (y - y_0) / y_1$  が維持されるように計算すればよい。

【0066】

また、2つのカメラの重なる領域をブレンドで重ね合わせて表示する場合、2つのカメラの重なる領域の両端の水平線の位置が、同じ位置に見えるように計算してもよい。その場合、片側のカメラの  $r = (x^2 / a^2 + y^2 / b^2)$  ( $a, b$  は比例定数) の計算式の  $a$  と  $b$  を決めておき、もう一つ側のカメラの  $a$  と  $b$  を変えて水平線の位置が一致するように、カメラごとに半径方向  $r$  の計算式が異なる俯瞰画像の形状にして計算してもよい。

【0067】

また、片側のカメラの  $a$  ともう一つ側のカメラの  $b$  を決めておき、片側のカメラの  $b$  ともう一つ側のカメラの  $a$  を変えて水平線の位置が一致するようにカメラごとに半径方向  $r$  の計算式が異なる俯瞰画像の形状にして計算してもよい。また、逆に片側のカメラの  $b$  ともう一つ側のカメラの  $a$  を決めておき、片側のカメラの  $a$  ともう一つ側のカメラの  $b$  を変えて水平線の位置が一致するようにカメラごとに半径方向  $r$  の計算式が異なる俯瞰画像の形状にして計算してもよい。また、仮想の視点から見て、合わせる側の水平線の横位置が変わらないように計算してもよい。その場合、視点を  $(x_0, y_0, z_0)$ 、視線方向を  $(x_1, y_1, z_1)$  とすると、 $(x - x_0) / x_1 = (y - y_0) / y_1$  が維持されるようにカメラごとに半径方向  $r$  の計算式が異なる俯瞰画像の形状にして計算すればよい。

10

【0068】

また、第2の実施形態においても、図5に示すように、車体中心から半径方向に地面の平面領域を持たせてもよい。その場合、 $r = a * (s - w)$  ( $a$  は比例定数) のように、縦横の比率は地面の平面領域分だけ減らした状態から割合を計算してもよい。

20

【0069】

また、第2の実施形態においても、図6に示すように、横方向縦方向それぞれに対して地面の平面領域を持たせてもよい。その場合、 $r = ((x - u)^2 / a^2 + (y - v)^2 / b^2)$  ( $a, b$  は比例定数) のように、縦横の比率は地面の平面領域分だけ減らした状態から割合を計算してもよい。

【0070】

第2の実施形態により、地面領域と水平線領域の画像を同時に表示する場合に、カメラの高さが異なっても、水平線の表示位置を合わせることができる。

30

【0071】

尚、上述してきた第1の実施形態および第2の実施形態の説明では、前方カメラ、後方カメラ、右側カメラ、左側カメラの4台を車体に搭載することで説明してきたが、これに限られることはなく、少なくとも2台以上のカメラを車体に取り付けることでもよい。

【0072】

本実施形態によれば、地面領域と水平線領域の画像を同時に表示する場合に、複数のカメラを合成して表示する際違和感の出やすい水平線の位置ずれを、表示画像上で補正した位置になるようにすることにより、水平線の位置がずれない状態で表示できる。

【0073】

本発明のいくつかの実施形態を説明したが、これらの実施形態は、例として提示したものであり、発明の範囲を限定することは意図していない。これら新規な実施形態は、その他の様々な形態で実施されることが可能であり、発明の要旨を逸脱しない範囲で、種々の省略、置き換え、変更を行うことができる。これら実施形態やその変形は、発明の範囲や要旨に含まれるとともに、特許請求の範囲に記載された発明とその均等の範囲に含まれる。

40

【符号の説明】

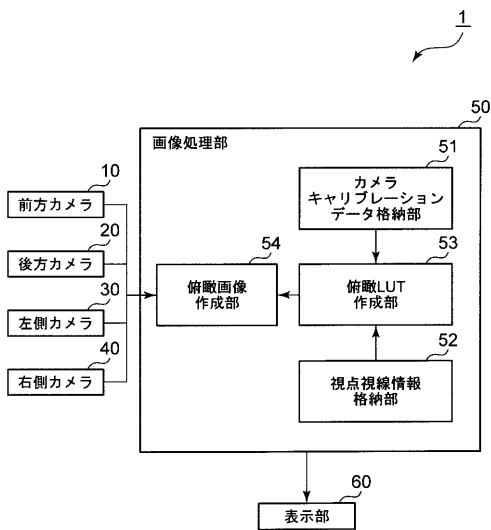
【0074】

- 1・・・俯瞰画像生成装置
- 10・・・前方カメラ
- 20・・・後方カメラ

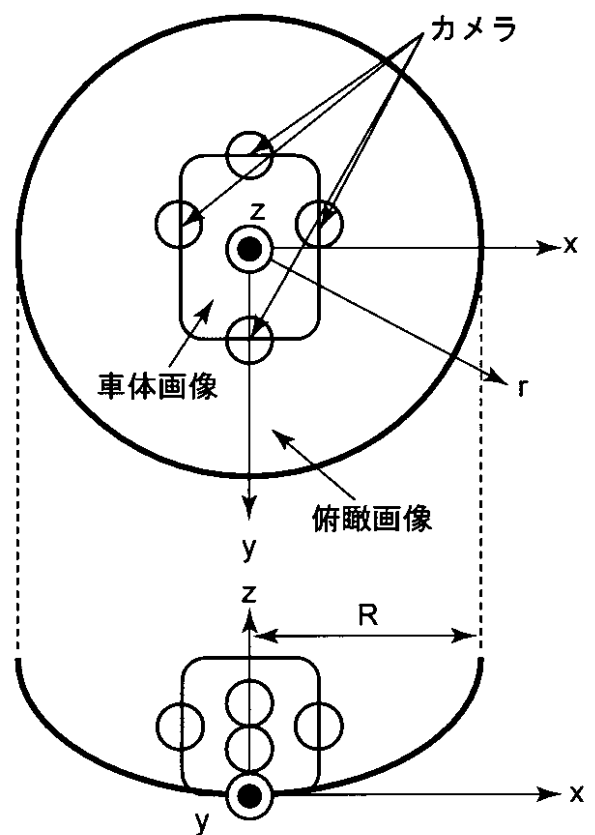
50

- 3 0 . . . 左側カメラ
- 4 0 . . . 右側カメラ
- 5 0 . . . 画像処理部
- 5 1 . . . カメラキャリブレーションデータ格納部
- 5 2 . . . 視点視線情報格納部
- 5 3 . . . 俯瞰LUT作成部
- 5 4 . . . 俯瞰画像作成部
- 6 0 . . . 表示部

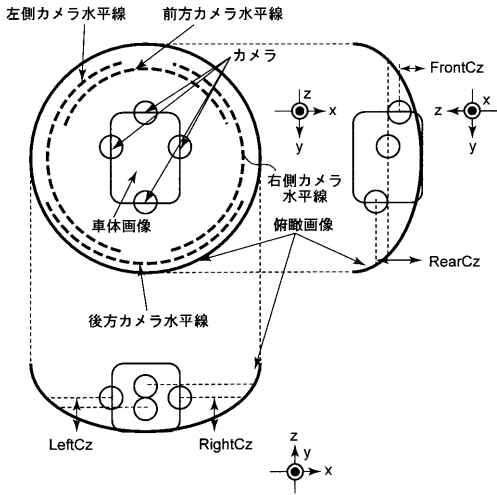
【 図 1 】



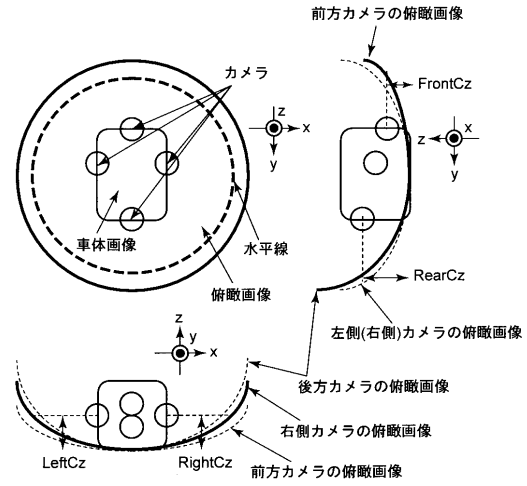
【 図 2 】



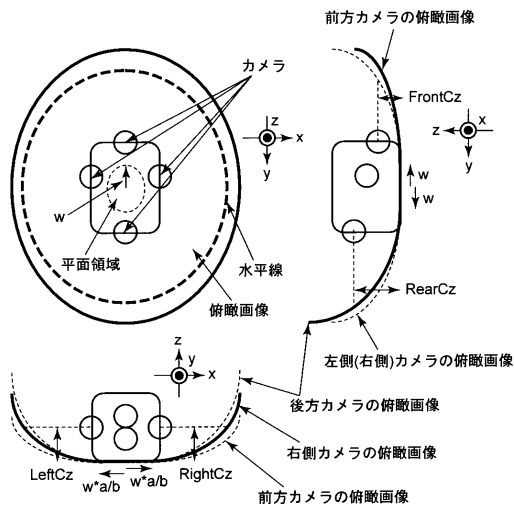
【 図 3 】



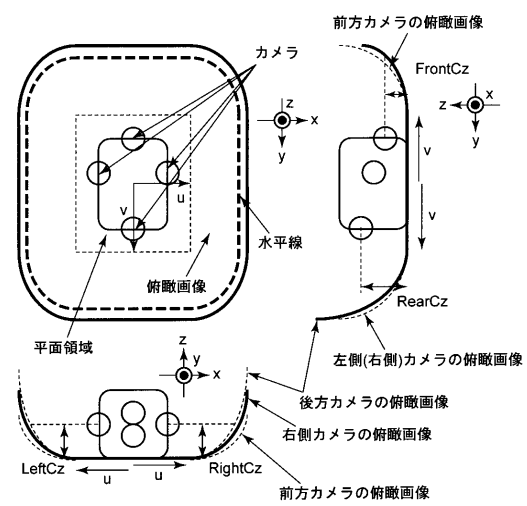
【 図 4 】



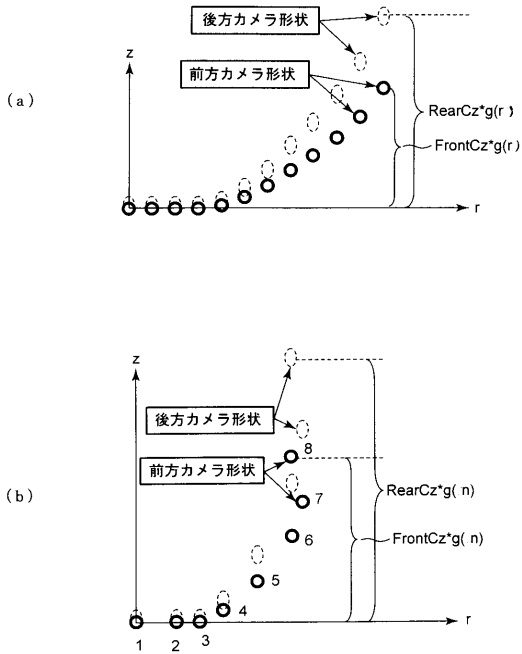
【 図 5 】



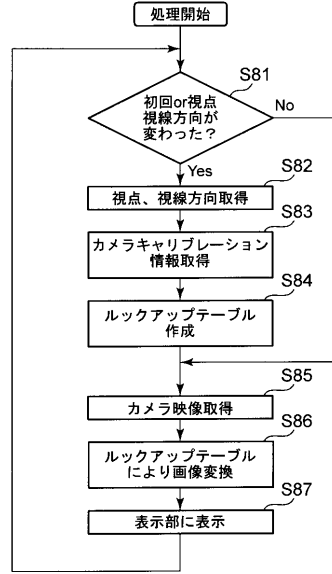
【 図 6 】



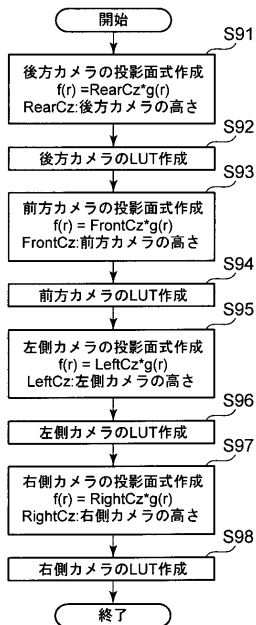
【 図 7 】



【 図 8 】



【 図 9 】



【 図 10 】

