

PCT

- 〔続葉有〕



画像生成装置は、画像受付部と、投影部と、パノラマ画像生成部とを有する。画像受付部は、共通の被写領域を有する複数のカメラでそれぞれ撮影されたカメラ画像を受け付ける。投影部は、画像受付部によって受け付けた各カメラ画像のうち、各カメラ画像内の所定の水平線より下にある画像 ($V_p z > 0$) は、平面の底面を有する無限遠半球の底面 ($C(V_p z > 0)$) に投影し、各カメラ画像内の所定の水平線より上にある画像 ($V_p z \leq 0$) は、無限遠半球の半球面 ($C(V_p z \leq 0)$) に投影する。パノラマ画像生成部は、投影部によって無限遠半球に投影された画像に基づいて、パノラマ画像を生成する。

明 細 書

発明の名称：

画像生成装置、画像生成プログラム、合成テーブル生成装置および合成テーブル生成プログラム

技術分野

[0001] 本発明は、画像生成装置、画像生成プログラム、合成テーブル生成装置および合成テーブル生成プログラムに関する。

背景技術

[0002] 従来、複数のカメラで撮影された画像からパノラマ画像を生成する画像生成装置がある。例えば、画像生成装置は、撮影範囲が全方位をカバーするように複数のカメラが設けられた360度カメラから周囲の画像を取得する。画像生成装置は、取得した複数のカメラ画像を、360度カメラを中心とした仮想的な球面スクリーンに投影する。各々のカメラ画像が球面スクリーン上で重なり合う部分については、画像生成装置は、重なり部分の画素値をブレンドし、球面画像を生成する。そして、画像生成装置は、球面スクリーンに投影された球面画像を、球の中心からの透視法投影、球の中心を中心軸が通る円筒投影または中心を一致させた極座標投影により平面画像に変換し、360度のパノラマ画像を生成する。

[0003] また、パノラマ画像の生成における視差の影響を軽減する技術がある。視差とは、複数のカメラの設置位置の違いによって、撮影対象が見える角度が異なることである。この技術は、「カメラから撮影対象までの距離がカメラ間の距離に比べて十分に大きい場合には、カメラ間の距離を無視できること」を利用して、視差の影響を軽減する。例えば、カメラから撮影対象までの距離が十分に離れている場合には、カメラ画像を投影する仮想的な球面スクリーンの半径を無限大に設定することで、視差の影響を軽減したパノラマ画像を生成する。

先行技術文献

特許文献

[0004] 特許文献1：特開2005-056295号公報

特許文献2：特開2008-77628号公報

特許文献3：特開2006-054662号公報

特許文献4：特開2000-278602号公報

非特許文献

[0005] 非特許文献1：S. Ikeda、他2名、「Generating a Panorama Movie Using an Omnidirectional Multi-camera System」、Institute of Electronics, Information and Communication Engineers、2002年

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0006] ところで、上述した従来の画像生成装置では、各々のカメラ画像に視差がない場合には、各々のカメラ画像の重なり部分が一致したパノラマ画像が生成される。このため、従来の画像生成装置は、視差を無視できるほど近接してカメラを設置するか、視差を無視できるほど遠方の撮影対象に限って撮影する必要があった。

[0007] ここで、設置位置が異なる複数のカメラで撮影されたカメラ画像からパノラマ画像を生成し、利用者に提供すれば有用であろう。例えば、車両の前後左右に搭載された車載カメラからカメラ画像を取得し、取得したカメラ画像からパノラマ画像を生成して運転者に提供できれば、レーンチェンジ時やバック時などに有用であると考えられる。しかしながら、従来の画像生成装置は、視差のある複数のカメラ画像からパノラマ画像を生成すると、各々のカメラ画像の重なり部分を球面スクリーンに二重に投影する結果、利用者にとって違和感のあるパノラマ画像を生成してしまうという問題があった。

[0008] 図29および図30を用いて、従来の画像生成装置が違和感のあるパノラマ画像を生成してしまう理由について説明する。図29および図30は、従来技術における問題点を説明するための図である。図29は、車両10を側

面方向から見た状態を示し、図30は、車両10を上方向から見た状態を示す。図29および図30に示す例では、車両10は、画像生成装置を搭載する。車両10は、前方にカメラ20を搭載し、後方にカメラ21を搭載し、左側にカメラ22を搭載し、右側にカメラ23を搭載する。車両10に搭載された画像生成装置は、各カメラ20～23で車両周囲のカメラ画像を撮影し、撮影したカメラ画像を仮想的な球面スクリーン50に投影する。なお、球面スクリーン50は、車両10を中心として設定される。

[0009] 図29に示す例では、撮影対象30が遠方にある場合を説明する。画像生成装置は、遠方にある電波塔を撮影対象30として撮影したカメラ画像をカメラ21およびカメラ22から取得する。画像生成装置は、カメラ21で撮影した撮影対象30の位置「P」の画像を球面スクリーン50の位置「P₁」に投影する。一方、画像生成装置は、カメラ22で撮影した撮影対象30の位置「P」の画像を球面スクリーン50の位置「P₂」に投影する。つまり、画像生成装置は、撮影対象30の位置「P」の画像を位置「P₁」および位置「P₂」に二重に投影する。そして、画像生成装置は、二重に投影された球面画像を平面画像に変換する結果、運転者にとって違和感のあるパノラマ画像を生成してしまう。

[0010] 図30に示す例では、撮影対象30が近傍にある場合を説明する。画像生成装置は、路面上にある白線を撮影対象30として撮影したカメラ画像をカメラ20およびカメラ23から取得する。画像生成装置は、カメラ20で撮影した撮影対象30の位置「P」の画像を球面スクリーン50の位置「P₁」に投影する。一方、画像生成装置は、カメラ23で撮影した撮影対象30の位置「P」の画像を球面スクリーン50の位置「P₂」に投影する。つまり、画像生成装置は、撮影対象30の位置「P」の画像を位置「P₁」および位置「P₂」に二重に投影する。そして、画像生成装置は、二重に投影された球面画像を平面画像に変換する結果、運転者にとって違和感のあるパノラマ画像を生成してしまう。

[0011] また、従来の画像生成装置は、視差の影響を軽減する技術を用いても、視

差のあるカメラ画像から違和感のあるパノラマ画像を生成してしまう。なぜなら、カメラの近傍にある撮影対象については、カメラ間の距離を無視できないからである。例えば、図30において撮影対象の位置「P」の画像を投影した球面スクリーン50の半径を無限大に設定しても、投影面上の位置「 P_1 」と位置「 P_2 」との間隔は収束せず、違和感のあるパノラマ画像を生成してしまう。

[0012] 開示の技術は、上記に鑑みてなされたものであって、利用者にとって違和感の少ないパノラマ画像を生成可能である画像生成装置、画像生成プログラム、合成テーブル生成装置および合成テーブル生成プログラムを提供することを目的とする。

課題を解決するための手段

[0013] 本願の開示する技術は、一つの態様において、共通の被写領域を有する複数のカメラでそれぞれ撮影されたカメラ画像を受け付ける画像受付部と、前記画像受付部によって受け付けた各カメラ画像のうち、該各カメラ画像内の所定の水平線より下にある画像は、平面の底面を有する無限遠半球の底面に投影し、前記水平線より上にある画像は、前記無限遠半球の半球面に投影する投影部と、前記投影部によって前記無限遠半球に投影された画像に基づいて、パノラマ画像を生成するパノラマ画像生成部とを有する。

発明の効果

[0014] 本願の開示する技術の一つの態様によれば、利用者にとって違和感の少ないパノラマ画像を生成可能であるという効果を奏する。

図面の簡単な説明

[0015] [図1] 図1は、実施例1に係る画像生成装置の構成を示すブロック図である。

[図2] 図2は、画像生成装置の原理を説明するための図である。

[図3] 図3は、カメラのパラメータを説明するための図である。

[図4] 図4は、カメラのパラメータを説明するための図である。

[図5] 図5は、カメラのパラメータを説明するための図である。

[図6] 図6は、カメラ画像と入射光ベクトル「 V_i 」との関係を示す図である。

。

[図7]図7は、カメラ画像と入射光ベクトル「 V_i 」との関係を示す図である

。

[図8]図8は、パノラマ画像と入射光ベクトル「 $V_p(Q)$ 」との関係を示す図である。

[図9]図9は、パノラマ画像と入射光ベクトル「 $V_p(Q)$ 」との関係を示す図である。

[図10]図10は、パノラマ画像と入射光ベクトル「 $V_p(Q)$ 」との関係を示す図である。

[図11]図11は、入射光ベクトル「 $V_p(Q)$ 」と立体スクリーンとの関係を示す図である。

[図12]図12は、入射光ベクトル「 $V_p(Q)$ 」と立体スクリーンとの関係を示す図である。

[図13]図13は、立体スクリーンとカメラ画像との関係を示す図である。

[図14]図14は、実施例2に係る車両周辺監視装置および合成テーブル生成装置の構成を示すブロック図である。

[図15]図15は、実施例2に係る合成テーブルにより記憶されたデータの一例を示す図である。

[図16]図16は、実施例2に係るカメラ画像の一例を示す図である。

[図17]図17は、実施例2に係るカメラ画像の一例を示す図である。

[図18]図18は、実施例2に係るカメラ画像の一例を示す図である。

[図19]図19は、実施例2に係るカメラ画像の一例を示す図である。

[図20]図20は、実施例2に係る車両周辺監視装置により表示されるパノラマ画像の一例を示す図である。

[図21]図21は、実施例2に係る合成テーブル生成装置の処理手順を示すフローチャートである。

[図22]図22は、実施例2に係る合成テーブル生成装置の処理手順を示すフローチャートである。

[図23] 図 2 3 は、実施例 2 に係る車両周辺監視装置の処理手順を示すフローチャートである。

[図24] 図 2 4 は、実施例 3 に係る車両周辺監視装置の構成を示すブロック図である。

[図25] 図 2 5 は、実施例 3 に係る車両周辺監視装置の処理手順を示すフローチャートである。

[図26] 図 2 6 は、実施例 3 に係る車両周辺監視装置の処理手順を示すフローチャートである。

[図27] 図 2 7 は、実施例 2 に係るパノラマ画像の生成処理の一例を説明するための図である。

[図28] 図 2 8 は、実施例 2 に係る画像生成装置を構成するコンピュータのハードウェア構成を示す図である。

[図29] 図 2 9 は、従来技術における問題点を説明するための図である。

[図30] 図 3 0 は、従来技術における問題点を説明するための図である。

発明を実施するための形態

[0016] 以下に、図面を参照しつつ、本願の開示する画像生成装置、画像生成プログラム、合成テーブル生成装置および合成テーブル生成プログラムの一実施形態について詳細に説明する。なお、本願の開示する画像生成装置、画像生成プログラム、合成テーブル生成装置および合成テーブル生成プログラムの一実施形態として以下に説明する実施例により、本願の開示する技術が限定されるものではない。各実施例は、処理内容を矛盾させない範囲で適宜組み合わせることが可能である。

実施例 1

[0017] 図 1 は、実施例 1 に係る画像生成装置の構成を示すブロック図である。図 1 に示すように、実施例 1 に係る画像生成装置 1 は、画像受付部 2 と、投影部 3 と、パノラマ画像生成部 4 とを有する。

[0018] 画像受付部 2 は、共通の被写領域を有する複数のカメラでそれぞれ撮影されたカメラ画像を受け付ける。投影部 3 は、画像受付部 2 によって受け付け

た各カメラ画像のうち、各カメラ画像内の所定の水平線より下にある画像は、平面の底面を有する無限遠半球の底面に投影し、各カメラ画像内の所定の水平線より上にある画像は、無限遠半球の半球面に投影する。パノラマ画像生成部 4 は、投影部 3 によって無限遠半球に投影された画像に基づいて、パノラマ画像を生成する。

[0019] 図 2 を用いて、画像生成装置 1 の原理について説明する。図 2 は、画像生成装置の原理を説明するための図である。図 2 に示す例では、画像生成装置 1 は、車両 10 に搭載されるものとする。図 2 には、車両 10 を左側面から見た状態を示す。車両 10 は、前方にカメラ 20 を搭載し、後方にカメラ 21 を搭載し、左側にカメラ 22 を搭載する。なお、車両 10 は、左側と同様に右側にもカメラ 23 を搭載する。車両 10 に搭載された画像生成装置 1 は、各カメラ 20～23 で車両周囲の画像を撮影し、撮影した画像を仮想的な立体スクリーン 40 に投影する。以降、各カメラ 20～23 により撮影された画像をカメラ画像と表現する場合がある。立体スクリーン 40 は、車両 10 の中心直下に位置する路面上の点を原点「O」とし、半径「R」を無限大とするとともに、路面と同じ高さの平面に底面を有する無限遠半球の形状の投影面である。

[0020] 画像生成装置 1 が、カメラ画像のうち水平線より上にある画像を無限遠半球の半球面に投影する理由は、無限遠半球の半球面に投影することで遠方の撮影対象 30 について視差の影響を軽減できるからである。図 2 に示す例では、画像生成装置 1 は、カメラ 21 およびカメラ 22 で遠方の撮影対象 30 の位置「 P_1 」を撮影し、撮影した位置「 P_1 」を無限遠半球の半球面に投影する。この場合、カメラ 20～23 から撮影対象 30 までの距離がカメラ 20～23 間の距離に比べて十分に離れているので、カメラ間の距離を無視できる。つまり、画像生成装置 1 は、カメラ 21 で撮影した撮影対象 30 の位置「 P_1 」についても、カメラ 22 で撮影した撮影対象 30 の位置「 P_1 」についても、無限遠半球の半球面の位置「 C_1 」に投影する。また、カメラ画像のうち水平線より上にある画像については、空や建築物など遠方の撮影対象

が含まれる場合が多い。このため、画像生成装置 1 は、カメラ画像のうち水平線より上にある画像を無限遠半球の半球面に投影することで、確率的に視差の影響を軽減する。

[0021] また、画像生成装置 1 が、カメラ画像のうち水平線より下にある画像を無限遠半球の底面に投影する理由は、無限遠半球の底面に投影することで路面上の撮影対象 30 について視差の影響を軽減できるからである。図 2 に示す例では、画像生成装置 1 は、カメラ 20 およびカメラ 22 で路面上の位置「 P_2 」を撮影し、撮影した位置「 P_2 」を無限遠半球の底面に投影する。この場合、車両 10 の路面と無限遠半球の底面は一致しているので、位置「 P_2 」は、無限遠半球の底面に投影されても同じ位置「 P_2 」である。つまり、画像生成装置 1 は、カメラ 20 で撮影した路面上の位置「 P_2 」を投影しても、カメラ 22 で撮影した路面上の位置「 P_2 」を投影しても、同じ位置「 P_2 」である。また、カメラ画像のうち水平線より下にある画像については、路面や路面上に存在する物体が含まれる場合が多い。このため、画像生成装置 1 は、カメラ画像のうち水平線より下にある画像を無限遠半球の底面に投影することで、確率的に視差の影響を軽減する。

[0022] このように、実施例 1 に係る画像生成装置 1 は、複数のカメラ画像それぞれを、水平線より上にある画像は無限遠半球の半球面に投影し、水平線より下にある画像は無限遠半球の底面に投影する。そして、画像生成装置 1 は、投影された画像からパノラマ画像を生成する。このようなことから、画像生成装置 1 によれば、利用者にとって違和感の少ないパノラマ画像を生成可能である。

実施例 2

[0023] 実施例 2 に係る車両周辺監視装置および合成テーブル生成装置の一例について説明する。実施例 2 では、車両周辺監視装置が合成テーブル生成装置により生成された合成テーブルを用いてパノラマ画像を生成する場合を説明する。なお、車両周辺監視装置は、実施例 1 の画像生成装置の一例である。以下では、まず、車両周辺監視装置および合成テーブル生成装置が用いる数式

の導出について説明し、次に、車両周辺監視装置および合成テーブル生成装置の構成、処理および効果について説明する。

[0024] [実施例 2 に係る数式の導出]

まず、カメラのパラメータについて説明する。図 3～図 5 は、カメラのパラメータを説明するための図である。図 3 は、カメラ 20～23 のカメラ座標系と光軸 60 との関係を示す。図 3 に示すように、カメラ座標系は、カメラ 20～23 の光学中心に原点「O」を置き、光軸 60 の反対方向を Z_c 軸とし、原点「O」を通る水平方向を X_c 軸とし、原点「O」を通る垂直方向を Y_c 軸とする座標系である。

[0025] 図 4 は、車両 10 を上面方向から見た状態を示し、図 5 は、車両 10 を側面方向から見た状態を示す。図 4 および図 5 に示すように、車両座標系は、車両 10 の中心直下の路面上に原点「O」を置き、車両 10 の進行方向を Y_w 軸とし、Y_w 軸と直行する水平方向を X_w 軸とし、Y_w 軸と直行する垂直方向を Z_w 軸とする座標系である。なお、車両座標系は、ワールド座標系に対応する。

[0026] 車両 10 は、前方にカメラ 20 を搭載し、後方にカメラ 21 を搭載し、左側にカメラ 22 を搭載し、右側にカメラ 23 を搭載する。車両 10 に搭載されるカメラ 20～23 のパラメータには、車両座標系における各カメラの 3 次元座標を示す位置パラメータ (x_w, y_w, z_w) が含まれる。また、カメラ 20～23 のパラメータには、車両座標系に対する各カメラのカメラ座標系の傾きを示す角度パラメータ (θ, ψ, φ) が含まれる。パン角 θ は、光軸 60 が Y_w 軸を基点として X_w Y_w 平面上で回転する角度を示す。パン角 θ の方向については、Z_w 軸回りの右ネジ方向を正の方向とする。例えば、図 4 では、カメラ 20 の光軸 60 と Y_w 軸とが成す角度を θ_F とする。俯角 ψ は、光軸 60 が水平方向を基点として垂直方向に傾く角度を示す。俯角 ψ の方向については、下方向を正の方向とする。例えば、図 5 では、カメラ 20 の光軸 60 が水平方向から下方に傾く角度を ψ_F とする。回転角 φ は、各カメラの Y_c 軸の光軸 60 を軸とする回転角度を示す。回転角 φ の方向は光軸 60 回り

に左ネジの方向（Z。軸回りに右ネジの方向）を正の方向とする。

[0027] 次に、カメラ画像と入射光ベクトル「 V_i 」との関係について説明する。
図6および図7は、カメラ画像と入射光ベクトル「 V_i 」との関係を示す図である。図6は、カメラ20～23のいずれかにより撮影されたカメラ画像70を模式的に示す。図6に示すように、カメラ画像座標系は、カメラ画像70の中心に原点「O」を置き、原点「O」を通る水平方向を X_p 軸とし、原点「O」を通る垂直方向を Y_p 軸とする座標系である。カメラ画像座標系において、カメラ画像70に含まれる撮影対象30の位置「P」は、座標（ p_x 、 p_y ）を有する。この座標（ p_x 、 p_y ）が、「P」の画素位置を示す。つまり、画素位置「P」は、カメラにより撮影されたカメラ画像ごとに決定される。

[0028] 図7は、カメラ座標系における入射光ベクトル「 V_i 」を模式的に示す。入射光ベクトル「 V_i 」は、撮影対象30の位置「P」とカメラ20～23の光学中心とを結んだ線分の単位方向ベクトルである。入射光ベクトル V_i の方向については、位置「P」から光学中心へ向かう方向を正の方向とする。カメラ画像座標系における位置「P」の座標と入射光ベクトル「 V_i 」との間には、写像を「 T 」とすると、下記の式（1）が成立する。写像「 T 」は、カメラのパラメータとレンズの歪みから、各カメラごとに与えられる値である。

[0029] [数1]

$$P = T(V_i) \quad \dots(1)$$

[0030] 次に、パノラマ画像80と球面スクリーン90との関係について説明する。ここで、球面スクリーン90は、車両座標系における車両の中心に球の中心「S」を置き、半径を「1」とした仮想的な球である。実施例2では、後述の立体スクリーン40に投影された投影画像を極座標投影により平面画像に変換する場合を説明する。図8～図10は、パノラマ画像と入射光ベクトル

ル「 $V_p(Q)$ 」との関係を示す図である。図8は、車両周辺監視装置により生成されるパノラマ画像80を模式的に示す。図8に示すように、パノラマ画像座標系は、パノラマ画像80の中心に原点「O」を置き、原点「O」を通る水平方向を X_o 軸とし、原点「O」を通る垂直方向を Y_o 軸とする座標系である。パノラマ画像80は、 X_o 軸方向に「 W_p 」の画素数を有し、 Y_o 軸方向に「 H_p 」の画素数を有する。パノラマ画像座標系において、パノラマ画像80に含まれる撮影対象30の位置「Q」は、座標(q_x 、 q_y)を有する。この座標(q_x 、 q_y)が、「Q」の画素位置を示す。なお、パノラマ画像80に含まれる位置「Q」は、カメラ画像70に含まれる位置「P」に相当する位置である。なお、実施例2では、極座標投影により平面画像に変換する場合を説明するが、本実施例はこれに限定されるものではなく、例えば、透視法投影や円筒投影によって平面画像に変換しても良い。

[0031] 図9は、極座標投影で用いられる球面スクリーン90を模式的に示す。球面スクリーン90の緯度方向はパノラマ画像80の Y_o 軸方向に対応し、球面スクリーン90の経度方向はパノラマ画像80の X_o 軸方向に対応する。球面スクリーン90の水平画角「 A_{oh} 」度および垂直画角「 A_{ov} 」度に含まれる領域が、図8に示したパノラマ画像80の「 $W_p \times H_p$ 」の画素数をカバーする。このとき、パノラマ画像80の1画素当たりの角度分解能は、「 A_{oh}/W_p 」度および「 A_{ov}/H_p 」度となる。入射光ベクトル「 $V_p(Q)$ 」は、撮影対象30の位置「Q」と球面スクリーン90の中心「S」とを結んだ線分の単位方向ベクトルである。入射光ベクトル「 $V_p(Q)$ 」の方向については、位置「Q」から中心「S」へ向かう方向を正の方向とする。なお、球面スクリーン90の中心「S」は、車両の中心に限定されるものではなく、任意の位置に設定しても良い。例えば、球面スクリーン90の中心「S」は、運転者が車両に乗車した際の見線の位置に設定しても良い。

[0032] 図10は、入射光ベクトル「 $V_p(Q)$ 」を算出する式の導出過程を示す。図10は、車両座標系に図9と同じ球面スクリーン90を示す。図10では、球面スクリーン90の中心「S」から X_w 軸と平行な直線を「X」とし、

中心「S」から Y_w 軸と平行な直線を「Y」とし、中心「S」から Z_w 軸と平行な直線を「Z」とする。入射光ベクトル「 $V_p(Q)$ 」は、直線「Y」から中心「S」へ向かう単位ベクトル（0、-1、0）を、垂直方向に「 β 」度回転させ、水平方向に「 α 」度回転させた方向ベクトルである。つまり、単位ベクトル（0、-1、0）を垂直方向に「 β 」度回転させた方向ベクトルは、下記の式（2）で算出される。そして、式（2）により算出された方向ベクトルを水平方向に「 α 」度回転させた方向ベクトルは、下記の式（3）で算出される。

[0033] [数2]

$$\begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & \cos\beta & -\sin\beta \\ 0 & \sin\beta & \cos\beta \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 0 \\ -1 \\ 0 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 \\ -\cos\beta \\ -\sin\beta \end{bmatrix} \quad \dots(2)$$

[0034] [数3]

$$\begin{bmatrix} \cos\alpha & -\sin\alpha & 0 \\ \sin\alpha & \cos\alpha & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 0 \\ -\cos\beta \\ -\sin\beta \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \sin\alpha \cos\beta \\ -\cos\alpha \cos\beta \\ -\sin\beta \end{bmatrix} \quad \dots(3)$$

[0035] したがって、入射光ベクトル「 $V_p(Q)$ 」は、下記の式（4）で表される。なお、式（4）の角度「 α 」および「 β 」は、パノラマ画像の1画素当たりの角度分解能を用いると、パノラマ画像座標系のパラメータで表すことができる。つまり、角度「 α 」は下記の式（5）で表され、角度「 β 」は下記の式（6）で表される。

[0036] [数4]

$$V_p(Q) = \begin{bmatrix} \sin\alpha \cos\beta \\ -\cos\alpha \cos\beta \\ -\sin\beta \end{bmatrix} \quad \dots(4)$$

[0037] [数5]

$$\alpha = -\frac{A_{oh}}{W_p} \times q_x \quad \dots(5)$$

[0038] [数6]

$$\beta = -\frac{A_{ov}}{H_p} \times q_y \quad \dots(6)$$

[0039] 次に、入射光ベクトル「 $V_p(Q)$ 」と立体スクリーン40との関係について説明する。図11および図12は、入射光ベクトル「 $V_p(Q)$ 」と立体スクリーンとの関係を示す図である。立体スクリーン40は、車両座標系における原点「O」を底面の中心とし、半径「R」を無限大とした無限遠半球である。式(4)により求められる入射光ベクトル「 $V_p(Q)$ 」を逆方向に伸ばした直線と、立体スクリーン40との交点を位置「C」とする。

[0040] 図11は、位置「C」を算出する式の導出過程を説明するための図を示す。図11は、車両座標系における立体スクリーン40を示す。一般的に、位置「 $S = (S_x, S_y, S_z)$ 」を通る傾き「 $V = (V_x, V_y, V_z)$ 」の直線の方程式は、定数「k」を用いると、下記の式(7)で示される。また、式(7)の各成分ごとの直線の方程式は、下記の式(8)～(10)で示される。

[0041] [数7]

$$\frac{x - S_x}{V_x} = \frac{y - S_y}{V_y} = \frac{z - S_z}{V_z} = k \quad \dots(7)$$

[0042]

[数8]

$$x = kV_x + S_x \quad \dots(8)$$

[0043] [数9]

$$y = kV_y + S_y \quad \dots(9)$$

[0044] [数10]

$$z = kV_z + S_z \quad \dots(10)$$

[0045] 位置「C」が立体スクリーン40の半球面上に存在する場合には、下記の式(11)に示す球面の方程式と、式(8)～(10)との連立方程式から、下記の式(12)が算出される。

[0046] [数11]

$$x^2 + y^2 + z^2 = R^2 \quad \dots(11)$$

[0047] [数12]

$$\frac{V_x^2 + V_y^2 + V_z^2}{R^2} k^2 + 2 \frac{V_x S_x + V_y S_y + V_z S_z}{R^2} k + \frac{S_x^2 + S_y^2 + S_z^2}{R^2} - 1 = 0 \quad \dots(12)$$

[0048] 続いて、下記の式(13)～(15)を用いて置き換えると、式(12)は、下記の式(16)に変形される。

[0049] [数13]

$$a = \frac{V_x^2 + V_y^2 + V_z^2}{R^2} \quad \dots(13)$$

[0050]

[数14]

$$b = \frac{V_x S_x + V_y S_y + V_z S_z}{R^2} \quad \dots(14)$$

[0051] [数15]

$$c = \frac{S_x^2 + S_y^2 + S_z^2}{R^2} - 1 \quad \dots(15)$$

[0052] [数16]

$$ak^2 + 2bk + c = 0 \quad \dots(16)$$

[0053] そして、式（１６）に二次方程式の解の公式を用いると、定数「 k 」は、下記の式（１７）で表される。位置「 C 」は方向ベクトル「 V 」の方向に存在するので、定数「 k 」は、下記の式（１８）で表される。

[0054] [数17]

$$k = \frac{-b \pm \sqrt{b^2 - ac}}{a} \quad \dots(17)$$

[0055] [数18]

$$k = \frac{-b + \sqrt{b^2 - ac}}{a} \quad \dots(18)$$

[0056] また、位置「 C 」が立体スクリーン４０の底面上に存在する場合には、式（１０）において「 $z = 0$ 」であるので、定数「 k 」は、下記の式（１９）で表される。

[0057]

[数19]

$$k = \frac{S_z}{V_z} \quad \dots(19)$$

[0058] 図12は、球面スクリーン90と立体スクリーン40とを側面方向から見た状態を示す。図12を車両座標系に当てはめると、車両10の中心直下に位置する路面上の点が原点「O」であり、原点「O」を通る水平方向の直線は「 $Z_w=0$ 平面」である。中心「S」は、座標（0、0、 s_z ）を有する。入射光ベクトル「 $V_p(Q) = (V_{px}, V_{py}, V_{pz})$ 」の z 成分が正「 $V_{pz} > 0$ 」の場合には、位置「C」は、立体スクリーン40の底面に存在する。また、 z 成分が負の「 $V_{pz} \leq 0$ 」の場合には、位置「C」は、立体スクリーン40の半球面に存在する。

[0059] 図11において算出された式（8）～（10）に、中心「 $S = (0, 0, s_z)$ 」と入射光ベクトル「 $V_p(Q) = (V_{px}, V_{py}, V_{pz})$ 」とを代入すると、位置「 $C = (C_x, C_y, C_z)$ 」は、下記の式（20）で表される。なお、式（4）により求められる入射光ベクトル「 $V_p(Q)$ 」は、図11に示した単位方向ベクトル「 V 」を逆向きにしたベクトルであるので、各成分の符号を変えて代入する。また、式（20）の定数「 k 」は、図11において算出された式（13）～（15）および式（19）に、中心「 $S = (0, 0, s_z)$ 」と入射光ベクトル「 $V_p(Q) = (V_{px}, V_{py}, V_{pz})$ 」とを代入することで表される。つまり、式（20）の定数「 k 」は、「 $V_{pz} > 0$ 」の場合には、式（19）より導かれる下記の式（21）で表され、「 $V_{pz} \leq 0$ 」の場合には、式（18）より導かれる下記の式（22）で表される。式（22）の定数「 a 」は、式（13）より導かれる下記の式（23）で表される。式（22）の定数「 b 」は、式（14）より導かれる下記の式（24）で表される。式（22）の定数「 c 」は、式（15）より導かれる下記の式（25）で表される。

[0060]

[数20]

$$C = S - k \times Vp(Q) \quad \dots(20)$$

[0061] [数21]

$$k = \frac{SZ}{Vpz} \quad \dots(21)$$

[0062] [数22]

$$k = \frac{-b + \sqrt{b^2 - ac}}{a} \quad \dots(22)$$

[0063] [数23]

$$a = \frac{Vpx^2 + Vpy^2 + Vpz^2}{R^2} \quad \dots(23)$$

[0064] [数24]

$$b = \frac{-Vpz \times SZ}{R^2} \quad \dots(24)$$

[0065] [数25]

$$c = \frac{SZ^2}{R^2} - 1 \quad \dots(25)$$

[0066] 次に、立体スクリーンとカメラ画像との関係について説明する。図13は、立体スクリーンとカメラ画像との関係を示す図である。図13は、立体スクリーン40と車両10とを側面方向から見た状態を示す。図13では、式(20)により求められる車両座標系における位置「 $C = (C_x, C_y, C_z)$ 」を、カメラ座標系における位置「 $C^* = (C^*_x, C^*_y, C^*_z)$ 」に

変換する。位置「C*」は、位置「C」をカメラの位置パラメータ（ x_w 、 y_w 、 z_w ）の分だけ平行移動させ、位置「C」をカメラの角度パラメータ（ θ 、 ψ 、 ϕ ）の分だけ回転させた位置に相当する。すなわち、位置「C*」は、下記の式（26）で表される。なお、式（26）の「 m_{11} 」～「 m_{33} 」は、下記の式（27）～（35）で表される。

[0067] [数26]

$$\begin{bmatrix} C^*x \\ C^*y \\ C^*z \\ 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} m_{11} & m_{21} & m_{31} & -m_{11}x_w - m_{12}y_w - m_{12}z_w \\ m_{12} & m_{22} & m_{32} & -m_{21}x_w - m_{22}y_w - m_{22}z_w \\ m_{13} & m_{23} & m_{33} & -m_{31}x_w - m_{32}y_w - m_{32}z_w \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} Cx \\ Cy \\ Cz \\ 1 \end{bmatrix} \quad \dots(26)$$

[0068] [数27]

$$m_{11} = \cos \phi \times \cos \theta - \sin \phi \times \sin \psi \times \sin \theta \quad \dots(27)$$

[0069] [数28]

$$m_{12} = \cos \phi \times \sin \theta + \sin \phi \times \sin \psi \times \cos \theta \quad \dots(28)$$

[0070] [数29]

$$m_{13} = \sin \phi \times \cos \psi \quad \dots(29)$$

[0071] [数30]

$$m_{21} = -\sin \phi \times \cos \theta - \cos \phi \times \sin \psi \times \sin \theta \quad \dots(30)$$

[0072]

[数31]

$$m_{22} = -\sin \phi \times \sin \theta + \cos \phi \times \sin \psi \times \cos \theta \quad \dots(31)$$

[0073] [数32]

$$m_{23} = \cos \phi \times \cos \psi \quad \dots(32)$$

[0074] [数33]

$$m_{31} = \cos \psi \times \sin \theta \quad \dots(33)$$

[0075] [数34]

$$m_{32} = -\cos \psi \times \cos \theta \quad \dots(34)$$

[0076] [数35]

$$m_{33} = \sin \psi \quad \dots(35)$$

[0077] 続いて、式(26)により求められる位置「C*」から、カメラ座標系における入射光ベクトル「V_i」を算出する。入射光ベクトル「V_i」は、関数「Unit ()」を用いて、下記の式(36)で表される。なお、関数「Unit ()」は、任意のベクトルを単位ベクトルに変換する関数である。また、入射光ベクトル「V_i」は、位置「C*」のベクトルとは逆向きであるので、符号を変えて表される。

[0078]

[数36]

$$V_i = -\text{Unit}(C^*) \quad \dots(36)$$

[0079] 式(36)により求められる入射光ベクトル「 V_i 」は、上記の式(1)を用いることで、カメラ画像座標系における位置「 P 」に変換される。すなわち、合成テーブル生成装置100は、上述の式(1)～(36)を用いることで、複数のカメラ画像70から生成されるパノラマ画像80の画素位置「 Q 」と、カメラ画像70の画素位置「 P 」との対応関係を算出する。

[0080] [実施例2の構成]

次に、車両周辺監視装置200および合成テーブル生成装置100の構成について説明する。図14は、実施例2に係る車両周辺監視装置および合成テーブル生成装置の構成を示すブロック図である。図14に示すように、実施例2に係る合成テーブル生成装置100は、パラメータ記憶部110と、投影部120と、合成テーブル生成部130とを有する。また、実施例2に係る車両周辺監視装置200は、フレームバッファ210と、パノラマ画像生成部220と、画像表示部230とを有する。また、合成テーブル生成装置100および車両周辺監視装置200は、車両10に搭載される。また、車両周辺監視装置200は、カメラ20～23と合成テーブル生成装置100とにそれぞれ接続される。なお、実施例2では、合成テーブル生成装置100および車両周辺監視装置200が車両10に搭載される場合を説明するが、本実施例はこれに限定されるものではない。例えば、合成テーブル生成装置100を車両10の外部に設置して、合成テーブル生成装置100で生成される合成テーブルを車両周辺監視装置200に送るようにしても良い。

[0081] パラメータ記憶部110は、カメラ20～23のパラメータ110aを記憶する。例えば、パラメータ110aは、位置パラメータ(x_w 、 y_w 、 z_w)および角度パラメータ(θ 、 ψ 、 ϕ)を含む。また、例えば、パラメータ110aは、カメラ20～23を車両10に設置した者によって入力され

る。また、例えば、パラメータ 110a は、車両 10 に設置されたカメラ 20 ~ 23 で撮影されたカメラ画像 70 を用いて補正される。

[0082] 投影部 120 は、共通の被写領域を有する複数のカメラでそれぞれ撮影されるカメラ画像に含まれる画素の位置情報を次のように投影する。すなわち、投影部 120 は、各カメラ画像内の水平線より下にある画素の位置情報は、無限遠半球の底面に投影し、各カメラ画像内の水平線より上にある画素の位置情報は、無限遠半球の半球面に投影する。例えば、投影部 120 は、カメラ 20 ~ 23 のパラメータと上述の式 (1) ~ (36) とを用いることで、複数のカメラ画像 70 から生成されるパノラマ画像 80 の画素位置「Q」に対応するカメラ画像 70 の画素位置「P」を算出する。そして、投影部 120 は、算出した画素位置「P」がカメラ画像内の座標である場合に、画素位置「P」を画素位置「Q」に対応する画素位置として抽出する。

[0083] 例えば、投影部 120 は、上述の式 (4) を用いて、パノラマ画像 80 の画素位置「 $Q = (q_x, q_y)$ 」に対応する入射光ベクトル「 $V_p(Q)$ 」を算出する。なお、式 (4) の角度「 α 」および「 β 」は、式 (5) ~ (6) で算出される。

[0084] 続いて、投影部 120 は、算出した入射光ベクトル「 $V_p(Q)$ 」および位置「 $S = (0, 0, s_z)$ 」を上述の式 (20) に代入し、車両座標系における位置「 $C = (C_x, C_y, C_z)$ 」を算出する。なお、式 (20) の定数「 k 」は、「 $V_{pz} > 0$ 」の場合には、式 (21) で算出され、「 $V_{pz} \leq 0$ 」の場合には、式 (22) で算出される。また、式 (22) の定数「 a 」 ~ 「 c 」は、式 (23) ~ (25) で算出される。また、「 s_z 」には、例えば、運転者の目線の高さとして「1.5m」を用いる。また、半径「 R 」には、例えば、カメラ間の距離に比べて十分に大きい値として「10km」を用いる。「 s_z 」および「 R 」については、これらの値に限るものではなく、合成テーブル生成装置 100 を利用する者が任意の値に設定して良い。

[0085] ここで、半径「 R 」を無限大ではなく「10km」に設定した理由は、こ

の設定によって違和感の無いパノラマ画像を生成できるからである。例えば、半径「R」を「10 km」に設定すると、カメラ間の距離が「2 m」である場合には、投影の中心「S」から「114 m」以上離れた撮影対象については、視差の影響が1度以内に収まる。また、同様に、投影の中心「S」から「57 m」以上離れた撮影対象については、視差の影響が2度以内に収まる。また、同様に、投影の中心「S」から「22 m」以上離れた撮影対象については、視差の影響が5度以内に収まる。

[0086] 続いて、投影部120は、算出した位置「 $C = (C_x, C_y, C_z)$ 」およびカメラ20～23のパラメータを上述の式(26)に代入し、車両座標系における位置「C」をカメラ座標系における位置「 $C^* = (C^*_x, C^*_y, C^*_z)$ 」に変換する。なお、式(26)の「 m_{11} 」～「 m_{33} 」は、式(27)～(35)で算出される。

[0087] 続いて、投影部120は、変換した位置「 $C^* = (C^*_x, C^*_y, C^*_z)$ 」を上述の式(36)に代入し、入射光ベクトル「 V_i 」を算出する。投影部120は、算出した入射光ベクトル「 V_i 」を上述の式(1)に代入し、画素位置「 $P = (p_x, p_y)$ 」を算出する。

[0088] 続いて、投影部120は、算出した画素位置「P」がカメラ画像70の座標に含まれるか否かを判定する。例えば、「 400×400 ピクセル」のカメラ画像70を用いる場合には、投影部120は、算出した画素位置「 $P = (p_x, p_y)$ 」が座標「 $(-200 \sim +200, -200 \sim +200)$ 」に含まれるか否かを判定する。投影部120は、算出した画素位置「P」がカメラ画像70の座標に含まれると判定すると、画素位置「P」の有効フラグをオンに設定する。ここで、有効フラグは、パノラマ画像80の画素位置「Q」に対応する画素位置「P」が、カメラ20～23で撮影されるカメラ画像70の座標に含まれるか否かを示すフラグである。そして、投影部120は、有効フラグをオンに設定された画素位置「P」を画素位置「Q」に対応する画素位置として抽出する。

[0089] 合成テーブル生成部130は、投影部120によって無限遠半球に投影さ

れた結果に基づいて、パノラマ画像 80 に含まれる各画素の位置情報とカメラ画像 70 に含まれる各画素の位置情報との対応関係を示す合成テーブル 130a を生成する。例えば、合成テーブル生成部 130 は、パノラマ画像 80 の画素位置「Q」と、有効フラグがオンに設定された画素位置「P」とを対応付けて、合成テーブル 130a を生成する。そして、合成テーブル生成部 130 は、生成した合成テーブル 130a をパノラマ画像生成部 220 に送る。

[0090] 合成テーブル生成部 130 により生成される合成テーブル 130a は、パノラマ画像 80 の画素位置「Q」とカメラ画像 70 の画素位置「P」との対応関係を記憶する。図 15 は、実施例 2 に係る合成テーブルにより記憶されたデータの一例を示す図である。図 15 に示すように、合成テーブル 130a は、「qx」と「qy」との組み合わせに対応付けて、カメラ画像 70 を撮影するカメラ 20～23 ごとに「有効フラグ」と「px」と「py」との組み合わせを記憶する。ここで、「qx」と「qy」との組み合わせは、パノラマ画像上の画素位置「Q」を示す。また、「px」と「py」との組み合わせは、各カメラで撮影したカメラ画像上の画素位置「P」を示す。また、「有効フラグ」は、画素位置「Q」と画素位置「P」との対応付けが有効であることを示す。例えば、合成テーブル 130a は、qx「156」とqy「63」との組み合わせに対応付けて、カメラ 20 について、有効フラグ「1」とpx「78」とpy「456」との組み合わせを記憶する。つまり、合成テーブル 130a は、パノラマ画像 80 の画素位置「Q＝（156、63）」に、カメラ 20 で撮影されるカメラ画像 70 の画素位置「P＝（78、456）」が対応することを記憶する。

[0091] また、合成テーブル 130a は、qx「156」とqy「63」との組み合わせに対応付けて、カメラ 21 について、有効フラグ「1」とpx「79」とpy「312」との組み合わせを記憶する。つまり、合成テーブル 130a は、パノラマ画像 80 の画素位置「Q＝（156、63）」に、カメラ 21 で撮影されるカメラ画像 70 の画素位置「P＝（79、312）」が対

応することを記憶する。また、合成テーブル130aは、qx「156」とqy「63」との組み合わせに対応付けて、カメラ22について、有効フラグ「0」とpx「null」とpy「null」との組み合わせを記憶する。つまり、合成テーブル130aは、パノラマ画像80の画素位置「Q＝（156、63）」に、カメラ22で撮影されるカメラ画像70の画素位置が対応しないことを記憶する。また、合成テーブル130aは、qx「156」とqy「63」との組み合わせに対応付けて、カメラ23について、有効フラグ「0」とpx「null」とpy「null」との組み合わせを記憶する。つまり、合成テーブル130aは、パノラマ画像80の画素位置「Q＝（156、63）」に、カメラ23で撮影されるカメラ画像70の画素位置が対応しないことを記憶する。なお、有効フラグ「1」は、有効フラグがオンに設定されたことを示し、画素位置「Q」に対応する画素位置「P」がカメラ画像70の座標に含まれることを示す。また、「null」は、該当箇所にデータを含まないことを示す。つまり、有効フラグ「0」とpx「null」とpy「null」との組み合わせは、画素位置「Q」に対応する画素位置「P」がカメラ画像70の座標に含まれないことを示す。また、合成テーブル130aは、パノラマ画像80の他の画素位置についても同様に、「qx」と「qy」との組み合わせに対応付けて、カメラ画像70を撮影するカメラ20～23ごとに「有効フラグ」と「px」と「py」との組み合わせを記憶する。

[0092] 図14の説明に戻る。カメラ20～23は、周辺環境を撮影してカメラ画像70のデータを生成する。図16～19は、実施例2に係るカメラ画像の一例を示す図である。図16～19は、カメラ20～23で撮影されたカメラ画像の一例をそれぞれ示す。そして、カメラ20～23は、生成したカメラ画像のデータをフレームバッファ210に送る。なお、実施例2では、図4および図5で示したように、4台のカメラが車両10に設置された場合を説明するが、本実施例はこれに限定されるものではなく、共通の被写領域を有する複数のカメラが車両10に設置されれば良い。例えば、車両10の後

方に、より多くのカメラを設置しても良い。

[0093] フレームバッファ210は、カメラ20～23から受け付けたカメラ画像70のデータを格納する。フレームバッファ210は、カメラ20～23ごとにカメラ画像70のデータを格納する。

[0094] パノラマ画像生成部220は、複数のカメラ画像70からパノラマ画像80を生成する。例えば、パノラマ画像生成部220は、フレームバッファ210からカメラ画像70のデータを取得する。パノラマ画像生成部220は、合成テーブル生成部130から受け付けた合成テーブル130aを参照し、パノラマ画像80の画素位置「Q」ごとに、有効フラグがオンに設定された画素位置「P」の画素値をカメラ画像70のデータから抽出する。画素値とは、例えば、RGB (Red、Green、Blue) 値である。各々のカメラ画像70が重なり合う部分の画素位置「Q」については、パノラマ画像生成部220は、抽出した画素位置「P」の画素値をブレンドする。ブレンドとしては、例えば、各画素値の平均値を算出しても、画素位置に基づく加重を付けた平均値を算出しても良い。

[0095] 続いて、パノラマ画像生成部220は、ブレンドした画素値を画素位置「Q」に記録することで、パノラマ画像80を生成する。例えば、「1200×400ピクセル」の画像に対応するメモリを有する場合には、パノラマ画像生成部220は、画素位置「Q」に該当する画素位置のメモリ上にブレンドした画素値を記録することで、パノラマ画像80を生成する。そして、パノラマ画像生成部220は、生成したパノラマ画像80を画像表示部230に送る。

[0096] 画像表示部230は、パノラマ画像生成部220から受け付けたパノラマ画像80を表示する。図20は、実施例2に係る車両周辺監視装置により表示されるパノラマ画像の一例を示す図である。図20に示すように、画像表示部230は、例えば、水平画角「A_{oh}」が-180～+180度、垂直画角「A_{ov}」が-30～+30度のパノラマ画像を表示する。

[0097] [実施例2による処理手順]

図 2 1 を用いて、合成テーブル生成装置 1 0 0 の処理手順について説明する。図 2 1 は、実施例 2 に係る合成テーブル生成装置の処理手順を示すフローチャートである。合成テーブル生成装置 1 0 0 の処理は、車両周辺監視装置 2 0 0 の処理に先立って行われる。例えば、合成テーブル生成装置 1 0 0 の処理は、合成テーブル生成装置 1 0 0 がカメラのパラメータを受け付けた時点で開始される。また、例えば、合成テーブル生成装置 1 0 0 の処理は、合成テーブル生成装置 1 0 0 を利用する者が指定した時点で開始される。

[0098] 図 2 1 に示すように、投影部 1 2 0 は、座標「 q_y 」に「 $H_p/2$ 」を設定する（ステップ S 1 0 1）。座標「 $q_y = H_p/2$ 」は、図 8 に示したパノラマ画像座標系の上端の座標を示す。投影部 1 2 0 は、座標「 q_x 」に「 $-W_p/2$ 」を設定する（ステップ S 1 0 2）。座標「 $q_x = -W_p/2$ 」は、図 8 に示したパノラマ画像座標系の左端の座標を示す。

[0099] 投影部 1 2 0 は、式（4）を用いて、設定された画素位置「 $Q = (q_x, q_y)$ 」に対応する入射光ベクトル「 $V_p(Q)$ 」を算出する（ステップ S 1 0 3）。続いて、投影部 1 2 0 は、式（20）を用いて、算出した入射光ベクトル「 $V_p(Q)$ 」から位置「 $C = (C_x, C_y, C_z)$ 」を算出する（ステップ S 1 0 4）。そして、投影部 1 2 0 は、カメラ n （ n は 2 0、2 1、2 2 または 2 3）のパラメータを用いた画素位置「 $P = (p_x, p_y)$ 」の抽出処理を行う（ステップ S 1 0 5～ステップ S 1 0 8）。

[0100] ここで、図 2 2 を用いて、カメラ n （ n は 2 0、2 1、2 2 または 2 3）のパラメータを用いた画素位置「 $P = (p_x, p_y)$ 」の抽出処理について説明する。図 2 2 は、実施例 2 に係る合成テーブル生成装置の処理手順を示すフローチャートである。図 2 2 に示すように、投影部 1 2 0 は、式（26）およびカメラ n （ n は 2 0、2 1、2 2 または 2 3）のパラメータを用いて、車両座標系における位置「 C 」をカメラ座標系における位置「 $C^* = (C^*_x, C^*_y, C^*_z)$ 」に変換する（ステップ S 2 0 1）。

[0101] 続いて、投影部 1 2 0 は、式（36）を用いて、カメラ座標系に変換した位置「 $C^* = (C^*_x, C^*_y, C^*_z)$ 」から入射光ベクトル「 V_i 」を算出

する（ステップS202）。そして、投影部120は、式（1）を用いて、算出した入射光ベクトル「 V_i 」から画素位置「 $P = (p_x, p_y)$ 」を算出する（ステップS203）。

[0102] 続いて、投影部120は、画素位置「 $P = (p_x, p_y)$ 」がカメラ画像70の座標に含まれるか否かを判定する（ステップS204）。画素位置「 P 」がカメラ画像70の座標に含まれると判定した場合には（ステップS204肯定）、投影部120は、画素位置「 P 」の有効フラグをオンに設定する（ステップS205）。そして、投影部120は、有効フラグをオンに設定された画素位置「 P 」を画素位置「 Q 」に対応する画素位置として抽出する（ステップS206）。一方、画素位置「 P 」がカメラ画像70の座標に含まれないと判定した場合には（ステップS204否定）、投影部120は、画素位置「 P 」の有効フラグをオフに設定する（ステップS207）。

[0103] 図21の説明に戻る。合成テーブル生成部130は、合成テーブル130aを生成する（ステップS109）。例えば、合成テーブル生成部130は、パノラマ画像80の画素位置「 Q 」に対応付けて、有効フラグと画素位置「 P 」とを合成テーブル130aに記録する。

[0104] 続いて、合成テーブル生成部130は、座標「 q_x 」が「 $W_p / 2$ 」より小さい値であるか否かを判定する（ステップS110）。座標「 q_x 」が「 $W_p / 2$ 」より小さい値であると判定した場合には（ステップS110肯定）、合成テーブル生成部130は、座標「 q_x 」に「 $q_x + 1$ 」を設定し、ステップS103の処理に戻る（ステップS111）。つまり、合成テーブル生成部130は、パノラマ画像座標系における座標「 q_x 」の1画素分右側の座標を次の処理対象として設定し、ステップS103からの処理を実行する。

[0105] 一方、座標「 q_x 」が「 $W_p / 2$ 」より小さい値でないと判定した場合には（ステップS110否定）、合成テーブル生成部130は、座標「 q_y 」が「 $-H_p / 2$ 」より大きい値であるか否かを判定する（ステップS112）。座標「 q_y 」が「 $-H_p / 2$ 」より大きい値であると判定した場合には

(ステップS 1 1 2 肯定)、合成テーブル生成部 1 3 0 は、座標「 q_y 」に「 $q_y - 1$ 」を設定し、ステップS 1 0 2 の処理に戻る(ステップS 1 1 3)。つまり、合成テーブル生成部 1 3 0 は、パノラマ画像座標系における座標「 q_y 」の 1 画素分下側の座標を次の処理対象として設定し、ステップS 1 0 2 からの処理を実行する。

[0106] 一方、座標「 q_y 」が「 $-H_p/2$ 」より大きい値でないと判定した場合には(ステップS 1 1 1 否定)、合成テーブル生成部 1 3 0 は、処理を終了する。なお、上記のステップS 1 0 2 ~ステップS 1 1 3 の処理は、パノラマ画像 8 0 の全ての画素位置「 Q 」に対して処理が行われるまで繰り返し行われる。

[0107] なお、上記の処理手順は、上記の順番に限定されるものではなく、処理内容を矛盾させない範囲で適宜変更されても良い。例えば、カメラ n (n は 2 0、2 1、2 2 または 2 3) のパラメータを用いた画素位置「 P 」の抽出処理であるステップS 1 0 5 ~ステップS 1 0 8 の処理は、任意の順番で実行されても良い。また、例えば、ステップS 1 0 5 ~ステップS 1 0 8 の処理は、並列で実行されても良い。

[0108] また、上記の処理手順は、パノラマ画像座標系の左上の座標から順に処理を実行されると説明したが、本実施例はこれに限定されるものではない。例えば、上記の処理手順は、パノラマ画像座標系のいずれの座標から実行されても良い。また、例えば、上記の処理手順は、パノラマ画像座標系を 4 つの領域に分けた上で、4 つの領域で同時に実行されても良い。

[0109] 次に、図 2 3 を用いて、車両周辺監視装置 2 0 0 の処理手順について説明する。図 2 3 は、実施例 2 に係る車両周辺監視装置の処理手順を示すフローチャートである。車両周辺監視装置 2 0 0 の処理は、合成テーブル 1 3 0 a があれば、任意のタイミングで開始されて良い。例えば、車両周辺監視装置 2 0 0 の処理は、車両 1 0 およびカメラの起動に伴って開始される。また、例えば、車両周辺監視装置 2 0 0 を利用する者が指定した時点で開始される。

- [0110] 図23に示すように、パノラマ画像生成部220は、座標「 q_y 」に「 $H_p/2$ 」を設定する（ステップS301）。パノラマ画像生成部220は、座標「 q_x 」に「 $-W_p/2$ 」を設定する（ステップS302）。
- [0111] パノラマ画像生成部220は、設定された画素位置「 $Q = (q_x, q_x)$ 」に対応する画素位置「 P 」の画素値をカメラ画像70のデータから抽出する（ステップS303）。例えば、パノラマ画像生成部220は、合成テーブル130aを参照し、有効フラグがオンに設定された画素位置「 P 」の画素値をカメラ画像70のデータから抽出する。続いて、パノラマ画像生成部220は、抽出した画素値を画素位置「 Q 」に記録する（ステップS304）。このとき、各々のカメラ画像70が重なり合う部分の画素位置「 Q 」については、パノラマ画像生成部220は、抽出した画素位置「 P 」の画素値をブレンドした上で、画素位置「 Q 」に記録する。
- [0112] 続いて、パノラマ画像生成部220は、座標「 q_x 」が「 $W_p/2$ 」より小さい値であるか否かを判定する（ステップS305）。座標「 q_x 」が「 $W_p/2$ 」より小さい値であると判定した場合には（ステップS305肯定）、パノラマ画像生成部220は、座標「 q_x 」に「 $q_x + 1$ 」を設定し（ステップS306）、ステップS303の処理に戻る。つまり、パノラマ画像生成部220は、パノラマ画像座標系における座標「 q_x 」の1画素分右側の座標を次の処理対象として設定し、ステップS103からの処理を実行する。
- [0113] 一方、座標「 q_x 」が「 $W_p/2$ 」より小さい値でないと判定した場合には（ステップS305否定）、パノラマ画像生成部220は、座標「 q_y 」が「 $-H_p/2$ 」より大きい値であるか否かを判定する（ステップS307）。座標「 q_y 」が「 $-H_p/2$ 」より大きい値であると判定した場合には（ステップS307肯定）、パノラマ画像生成部220は、座標「 q_y 」に「 $q_y - 1$ 」を設定し（ステップS308）、ステップS302の処理に戻る。つまり、パノラマ画像生成部220は、パノラマ画像座標系における座標「 q_y 」の1画素分下側の座標を次の処理対象として設定し、ステップS

102からの処理を実行する。

[0114] 一方、座標「 q_y 」が「 $-H_p/2$ 」より大きい値でないと判定した場合には（ステップS307否定）、パノラマ画像生成部220は、処理を終了する。なお、上記のステップS302～ステップS308の処理は、パノラマ画像80の全ての画素位置「Q」に対して処理が行われるまで繰り返し行われる。パノラマ画像生成部220は、上記の処理により1枚のパノラマ画像80を生成し、生成したパノラマ画像80を画像表示部230に送る。そして、画像表示部230は、パノラマ画像生成部220からパノラマ画像80を受け付けるごとに、パノラマ画像80を更新して表示する。

[0115] [実施例2による効果]

上述してきたように、合成テーブル生成装置100は、カメラ20～23のパラメータを用いて、パノラマ画像80の画素位置「Q」とカメラ画像70の画素位置「P」との対応関係を示す合成テーブル130aを生成する。車両周辺監視装置200は、合成テーブル生成装置100により生成された合成テーブル130aを参照し、パノラマ画像の画素位置「Q」に対応する画素位置「P」の画素値を抽出することで、パノラマ画像を生成する。このようなことから、実施例2によれば、利用者にとって違和感の少ないパノラマ画像を生成可能である。

[0116] また、合成テーブル生成装置100は、「 $V_{pz} > 0$ 」の場合には、位置「 $C = (C_x, C_y, C_z)$ 」を立体スクリーン40の半球面上の点として算出し、画素位置「Q」と画素位置「P」とを対応付ける。つまり、合成テーブル生成装置100は、中心「S」を通る水平線より上にある画素位置については、立体スクリーン40の半球面に投影する。水平線より上にある画像には遠方の撮影対象が含まれる場合が多いので、実施例2によれば、カメラ画像のうち水平線より上にある画像について、確率的に視差の影響を軽減したパノラマ画像を生成可能である。

[0117] また、合成テーブル生成装置100は、「 $V_{pz} \leq 0$ 」の場合には、位置「 $C = (C_x, C_y, C_z)$ 」を立体スクリーン40の底面上の点として算

出し、画素位置「Q」と画素位置「P」とを対応付ける。つまり、合成テーブル生成装置100は、中心「S」を通る水平線より下にある画素位置については、立体スクリーン40の底面に投影する。水平線より下にある画像には路面上に存在する物体が含まれる場合が多いので、実施例2によれば、カメラ画像のうち水平線より下にある画像について、確率的に視差の影響を軽減したパノラマ画像を生成可能である。

[0118] また、合成テーブル生成装置100は、パノラマ画像80の画素位置「Q」とカメラ画像70の画素位置「P」との対応関係を示す合成テーブル130aを、パノラマ画像の生成に先立って生成する。そして、車両周辺監視装置200は、合成テーブル生成装置100により生成された合成テーブル130aを用いて、パノラマ画像を生成する。このため、実施例2によれば、パノラマ画像を少ない処理で生成可能である。

[0119] また、車両周辺監視装置200は、合成テーブル生成装置100により生成された合成テーブル130aを用いることで、少ない処理でパノラマ画像を生成する。このため、実施例2によれば、カメラ20～23で撮影された動画から、パノラマ画像を動画で生成可能である。

[0120] なお、カメラ20～23は、CMOS (Complementary Metal Oxide Semiconductor Image Sensor) カメラやCCD (Charge Coupled Device Image Sensor) カメラなどが該当する。カメラ20～23が生成するカメラ画像のデータは、静止画であっても、動画であっても良い。

[0121] また、パラメータ記憶部110およびフレームバッファ210は、例えば、RAM (Random Access Memory) やROM (Read Only Memory)、フラッシュメモリ (Flash Memory) などの半導体メモリ素子、ハードディスクや光ディスクなどが該当する。

[0122] また、投影部120、合成テーブル生成部130、パノラマ画像生成部220は、集積回路や電子回路により実現される。集積回路としては、例えば、ASIC (Application Specific Integrated Circuit)、FPGA (Field Programmable Gate Array) などを適用できる。また、電子回路とし

ては、CPU (Central Processing Unit)、MPU (Micro Processing Unit)などを適用できる。なお、画像表示部230は、例えば、モニタや液晶ディスプレイなどが該当する。

実施例 3

[0123] 実施例3に係る車両周辺監視装置の一例について説明する。実施例3では、車両周辺監視装置が合成テーブルを用いることなくパノラマ画像を生成する場合を説明する。なお、車両周辺監視装置は、実施例1の画像生成装置の一例である。実施例3に係る車両周辺監視装置が用いる数式は、実施例2に係る数式と同じであるので、説明は省略する。

[0124] [実施例3の構成]

実施例3に係る車両周辺監視装置の構成について説明する。図24は、実施例3に係る車両周辺監視装置の構成を示すブロック図である。図24に示すように、実施例3に係る車両周辺監視装置300は、パラメータ記憶部310と、フレームバッファ320と、投影部330と、パノラマ画像生成部340と、画像表示部350とを有する。また、車両周辺監視装置300は、車両10に搭載される。また、車両周辺監視装置300は、カメラ301~304に接続される。なお、図24に示すカメラ301~304、パラメータ記憶部310、フレームバッファ320および画像表示部350は、図14に示したカメラ20~23、パラメータ記憶部110、フレームバッファ210および画像表示部230にそれぞれ対応し、同様の処理を行うので説明は省略する。

[0125] 投影部330は、フレームバッファ320によって受け付けた各カメラ画像のうち、各カメラ画像内の水平線より下にある画像は、無限遠半球の底面に投影し、各カメラ画像内の水平線より上にある画像は、無限遠半球の半球面に投影する。例えば、投影部330は、カメラ301~304のパラメータと上述の式(1)~(36)とを用いることで、複数のカメラ画像70から生成されるパノラマ画像80の画素位置「Q」に対応するカメラ画像70の画素位置「P」を算出する。そして、投影部330は、算出した画素位置

「P」がカメラ画像内の座標である場合に、画素位置「P」の画素値を画素位置「Q」に対応する画素値として抽出する。

[0126] 例えば、投影部330は、上述の式(4)を用いて、パノラマ画像80の画素位置「 $Q = (q_x, q_y)$ 」に対応する入射光ベクトル「 $V_p(Q)$ 」を算出する。なお、式(4)の角度「 α 」および「 β 」は、式(5)～(6)で算出される。

[0127] 続いて、投影部330は、算出した入射光ベクトル「 $V_p(Q)$ 」および位置「 $S = (0, 0, s_z)$ 」を上述の式(20)に代入し、車両座標系における位置「 $C = (C_x, C_y, C_z)$ 」を算出する。なお、式(20)の定数「 k 」は、「 $V_{pz} > 0$ 」の場合には、式(21)で算出され、「 $V_{pz} \leq 0$ 」の場合には、式(22)で算出される。また、式(22)の定数「 a 」～「 c 」は、式(23)～(25)で算出される。また、「 s_z 」には、例えば、運転者の目線の高さとして「1.5m」を用いる。また、半径「 R 」には、例えば、カメラ間の距離に比べて十分に大きい値として「10km」を用いる。「 s_z 」および「 R 」については、これらの値に限るものではなく、合成テーブル生成装置100を利用する者が任意の値に設定して良い。

[0128] 続いて、投影部330は、算出した位置「 $C = (C_x, C_y, C_z)$ 」およびカメラ301～304のパラメータを上述の式(26)に代入し、車両座標系における位置「 C 」をカメラ座標系における位置「 $C^* = (C^*_x, C^*_y, C^*_z)$ 」に変換する。なお、式(26)の「 m_{11} 」～「 m_{33} 」は、式(27)～(35)で算出される。

[0129] 続いて、投影部330は、変換した位置「 $C^* = (C^*_x, C^*_y, C^*_z)$ 」を上述の式(36)に代入し、入射光ベクトル「 V_i 」を算出する。投影部120は、算出した入射光ベクトル「 V_i 」を上述の式(1)に代入し、画素位置「 $P = (p_x, p_y)$ 」を算出する。

[0130] 続いて、投影部330は、算出した画素位置「P」がカメラ画像70の座標に含まれるか否かを判定する。投影部330は、算出した画素位置「P」

がカメラ画像70の座標に含まれると判定すると、画素位置「P」の画素値を抽出する。

[0131] パノラマ画像生成部340は、投影部330によって無限遠半球に投影された画像に基づいて、パノラマ画像80を生成する。例えば、パノラマ画像生成部340は、投影部330により抽出された画素位置「P」の画素値を、対応する画素位置「Q」に記録する。ここで、各々のカメラ画像70が重なり合う部分の画素位置「Q」については、パノラマ画像生成部340は、抽出した画素位置「P」の画素値をブレンドする。パノラマ画像生成部340は、抽出した画素値を画素位置「Q」に記録することで、パノラマ画像80を生成する。例えば、「1200×400ピクセル」の画像に対応するメモリを有する場合には、パノラマ画像生成部220は、画素位置「Q」に該当する画素位置のメモリ上にブレンドした画素値を記録することで、パノラマ画像80を生成する。そして、パノラマ画像生成部340は、生成したパノラマ画像80を画像表示部350に送る。

[0132] [実施例3による処理手順]

図25を用いて、車両周辺監視装置300の処理手順について説明する。図25は、実施例3に係る車両周辺監視装置の処理手順を示すフローチャートである。車両周辺監視装置300の処理は、任意のタイミングで開始されて良い。例えば、車両周辺監視装置200の処理は、車両10およびカメラの起動に伴って開始される。また、例えば、車両周辺監視装置200を利用する者が指定した時点で開始される。

[0133] 図25に示すように、投影部330は、座標「 q_y 」に「 $H_p/2$ 」を設定する（ステップS401）。投影部330は、座標「 q_x 」に「 $-W_p/2$ 」を設定する（ステップS402）。

[0134] 投影部330は、式（4）を用いて、設定された画素位置「 $Q = (q_x, q_y)$ 」に対応する入射光ベクトル「 $V_p(Q)$ 」を算出する（ステップS403）。続いて、投影部330は、式（20）を用いて、算出した入射光ベクトル「 $V_p(Q)$ 」から位置「 $C = (C_x, C_y, C_z)$ 」を算出する。

(ステップS404)。そして、投影部330は、カメラ n (n は301、302、303または304)で撮影された各カメラ画像からの画素位置「 $P = (p_x, p_y)$ 」の画素値の抽出処理を行う(ステップS405～ステップS408)。

[0135] ここで、図26を用いて、カメラ n (n は301、302、303または304)で撮影された各カメラ画像からの画素位置「 $P = (p_x, p_y)$ 」の画素値の抽出処理について説明する。図26は、実施例3に係る車両周辺監視装置の処理手順を示すフローチャートである。投影部330は、式(26)およびカメラ n (n は301、302、303または304)のパラメータを用いて、車両座標系における位置「 C 」をカメラ座標系における位置「 $C^* = (C^*_x, C^*_y, C^*_z)$ 」に変換する(ステップS501)。

[0136] 続いて、投影部330は、式(36)を用いて、カメラ座標系に変換した位置「 $C^* = (C^*_x, C^*_y, C^*_z)$ 」から入射光ベクトル「 V_i 」を算出する(ステップS502)。そして、投影部330は、式(1)を用いて、算出した入射光ベクトル「 V_i 」から画素位置「 $P = (p_x, p_y)$ 」を算出する(ステップS503)。

[0137] 続いて、投影部330は、画素位置「 $P = (p_x, p_y)$ 」がカメラ画像70の座標に含まれるか否かを判定する(ステップS504)。画素位置「 P 」がカメラ画像70の座標に含まれると判定した場合には(ステップS504肯定)、投影部330は、画素位置「 P 」の画素値を画素位置「 Q 」に対応する画素値として抽出する(ステップS505)。一方、画素位置「 P 」がカメラ画像70の座標に含まれないと判定した場合には(ステップS504否定)、投影部330は、処理を終了する。

[0138] 図25の説明に戻る。パノラマ画像生成部340は、抽出した画素値を画素位置「 Q 」に記録する(ステップS409)。このとき、各々のカメラ画像70が重なり合う部分の画素位置「 Q 」については、パノラマ画像生成部340は、抽出した画素位置「 P 」の画素値をブレンドした上で、画素位置「 Q 」に記録する。

- [0139] 続いて、パノラマ画像生成部340は、座標「 q_x 」が「 $W_p/2$ 」より小さい値であるか否かを判定する（ステップS410）。座標「 q_x 」が「 $W_p/2$ 」より小さい値であると判定した場合には（ステップS410肯定）、パノラマ画像生成部340は、座標「 q_x 」に「 $q_x + 1$ 」を設定し（ステップS411）、ステップS403の処理に戻る。つまり、パノラマ画像生成部340は、パノラマ画像座標系における座標「 q_x 」の1画素分右側の座標を次の処理対象として設定し、ステップS403からの処理を実行する。
- [0140] 一方、座標「 q_x 」が「 $W_p/2$ 」より小さい値でないと判定した場合には（ステップS410否定）、パノラマ画像生成部340は、座標「 q_y 」が「 $-H_p/2$ 」より大きい値であるか否かを判定する（ステップS412）。座標「 q_y 」が「 $-H_p/2$ 」より大きい値であると判定した場合には（ステップS412肯定）、パノラマ画像生成部340は、座標「 q_y 」に「 $q_y - 1$ 」を設定し（ステップS413）、ステップS402の処理に戻る。つまり、パノラマ画像生成部340は、パノラマ画像座標系における座標「 q_y 」の1画素分下側の座標を次の処理対象として設定し、ステップS402からの処理を実行する。
- [0141] 一方、座標「 q_y 」が「 $-H_p/2$ 」より大きい値でないと判定した場合には（ステップS412否定）、パノラマ画像生成部340は、処理を終了する。なお、上記のステップS402～ステップS413の処理は、パノラマ画像80の全ての画素位置「 Q 」に対して処理が行われるまで繰り返し行われる。パノラマ画像生成部340は、上記の処理により1枚のパノラマ画像80を生成し、生成したパノラマ画像80を画像表示部350に送る。そして、画像表示部350は、パノラマ画像生成部340からパノラマ画像80を受け付けるごとに、パノラマ画像80を更新して表示する。
- [0142] なお、上記の処理手順は、上記の順番に限定されるものではなく、処理内容を矛盾させない範囲で適宜変更されても良い。例えば、カメラ n （ n は20、21、22または23）で撮影された各カメラ画像からの画素位置「 P

」の画素値の抽出処理であるステップS405～ステップS408の処理は、任意の順番で実行されても良い。また、例えば、ステップS405～ステップS408の処理は、並列で実行されても良い。

[0143] また、上記の処理手順は、パノラマ画像座標系の左上の座標から順に処理を実行されると説明したが、本実施例はこれに限定されるものではない。例えば、上記の処理手順は、パノラマ画像座標系のいずれの座標から実行されても良い。また、例えば、上記の処理手順は、パノラマ画像座標系を4つの領域に分けた上で、4つの領域で同時に実行されても良い。

[0144] [実施例3による効果]

上述してきたように、車両周辺監視装置300は、カメラ301～304のパラメータを用いて、パノラマ画像80の画素位置「Q」に対応する画素位置「P」の画素値を抽出する。そして、車両周辺監視装置300は、抽出した画素位置「P」の画素値からパノラマ画像を生成する。このようなことから、実施例3によれば、合成テーブルを生成することなく、利用者にとって違和感の少ないパノラマ画像を生成可能である。

実施例 4

[0145] さて、これまでに本発明の実施例について説明したが、本発明は上記した実施例以外にも、その他の実施例にて実施されても良い。そこで、以下では、その他の実施例について説明する。

[0146] [画像生成装置の適用]

上記した実施例では、画像生成装置が車両に搭載される場合を説明したが、本実施例はこれに限定されるものではない。例えば、画像生成装置は、船舶、監視装置、ロボットなどに搭載しても良い。この結果、本願の開示する画像生成装置は、画像生成装置を搭載した装置において、違和感の少ないパノラマ画像を生成可能である。

[0147] [投影部における処理]

上記した実施例では、画像生成装置が車両座標系の原点「O」の真上に投影の中心「S」を設置する場合、すなわち中心「 $S = (0, 0, s_z)$ 」で

ある場合を説明したが、本実施例はこれに限定されるものではない。例えば、画像生成装置は、中心「S」を任意の座標「 $S = (S_x, S_y, S_z)$ 」に設置しても良い。このとき、式(20)の定数「k」は、「 $V_{pz} > 0$ 」の場合には、式(19)で表され、「 $V_{pz} \leq 0$ 」の場合には、式(18)で表される。なお、式(18)の定数「a」～「c」は、式(13)～(15)で表される。この結果、本願の開示する画像生成装置は、中心「S」を利用者の目線に合わせた違和感の少ないパノラマ画像を生成可能である。

[0148] また、上記した実施例では、合成テーブル生成装置100は、中心「S」を通る水平線より上にある画素位置を立体スクリーン40の半球面に投影し、中心「S」を通る水平線より下にある画素位置を立体スクリーン40の底面に投影すると説明した(図12参照)。しかしながら、本実施例はこれに限定されるものではない。例えば、合成テーブル生成装置100は、「 $V_{pz} \leq N$ 」の場合には、画素位置を立体スクリーン40の半球面に投影し、「 $V_{pz} > N$ 」の場合には、画素位置を立体スクリーン40の底面に投影しても良い(Nは任意の数、式(20)～(22)参照)。すなわち、合成テーブル生成装置100を利用する者は、「N」に任意の数を設定することで、水平線を任意の位置に設定しても良い。この結果、本願の開示する画像生成装置は、利用者により設定された水平線を用いてパノラマ画像を生成可能である。

[0149] また、上記した実施例では、合成テーブル生成装置100は、パノラマ画像の全ての画素位置「Q」についてカメラ画像の画素位置「P」を対応付けると説明したが、本実施例はこれに限定されるものではない。例えば、合成テーブル生成装置100は、画素位置「Q」と画素位置「P」との対応関係を疎に定義した合成テーブル130aを生成し、パノラマ画像を生成する際に未定義の画素位置「Q」を線形補間で求めても良い。この結果、合成テーブル生成装置100は、データ量を軽減した合成テーブル130aを生成可能である。

[0150] [パノラマ画像生成部における処理]

パノラマ画像生成部２２０は、複数のカメラを搭載した車両１０の状況に応じて、所定のカメラで撮影されたカメラ画像がパノラマ画像の中心に位置するように、パノラマ画像を生成するようにしても良い。

[0151] 図２７を用いて、車両の状況に応じてパノラマ画像を生成する処理の一例を説明する。図２７は、実施例２に係るパノラマ画像の生成処理の一例を説明するための図である。例えば、パノラマ画像生成部２２０は、生成用のメモリと表示用のメモリとを有する。パノラマ画像生成部２２０は、図２７に示すように、生成用のメモリ上に画素値を記録することで、生成用のパノラマ画像８１を生成する。生成用のパノラマ画像８１のうち、領域４００は、前方のカメラ２０で撮影されたカメラ画像の画素値が記録された領域である。また、領域４０１は、後方のカメラ２１で撮影されたカメラ画像の画素値が記録された領域である。また、領域４０２は、左側のカメラ２２で撮影されたカメラ画像の画素値が記録された領域である。また、領域４０３は、右側のカメラ２３で撮影されたカメラ画像の画素値が記録された領域である。つまり、パノラマ画像生成部２２０は、前方のカメラ２０で撮影されたカメラ画像７０がパノラマ画像８１の中心に位置するように、生成用のパノラマ画像８１を生成する。

[0152] 続いて、パノラマ画像生成部２２０は、車両１０の状況を示す情報を受け付けて、パノラマ画像８１の画素値を表示用のメモリ上に再記録することで、表示用のパノラマ画像８２を生成する。例えば、パノラマ画像生成部２２０は、車両１０の操作レバーがドライブレンジからリバースレンジにシフトチェンジされた旨の情報を車両１０から受け付けると、パノラマ画像の中央位置を領域４０１に変更する旨を決定する。パノラマ画像生成部２２０は、領域４０１の中央から水平画角１８０度の位置、つまり図２７に示す点線の位置でパノラマ画像８１を分割する。そして、パノラマ画像生成部２２０は、領域４０１が中央に位置するように、分割したパノラマ画像を融合することで、表示用のパノラマ画像８２を生成する。このようにして生成されたパノラマ画像８２が、画像表示部２３０に表示される。つまり、操作レバーがド

ライブレンジからリバースレンジにシフトチェンジされた場合には、後方のカメラ 21 で撮影されたカメラ画像が中心に位置するパノラマ画像 82 が、画像表示部 230 に表示される。この結果、パノラマ画像生成部 220 は、車両の状況に応じて違和感の少ないパノラマ画像を生成可能である。

[0153] なお、図 27 の例では、パノラマ画像生成部 220 が生成用のメモリと表示用のメモリとを用いてパノラマ画像 82 を生成する場合を説明したが、本実施例はこれに限定されるものではない。例えば、パノラマ画像生成部 220 が表示用のメモリのみを有する場合には、パノラマ画像生成部 220 は、以下のように処理する。すなわち、パノラマ画像生成部 220 は、表示用のメモリ上に画素値を記録する際に、車両 10 の状況に応じた領域がパノラマ画像 82 の中央に位置するように、画素値を記録する位置を変更した上で、表示用のメモリ上に画素値を記録する。なお、車両 10 の状況は、操作レバーの状況のみならず、ハンドルの状況、ペダルの状況、周辺の物体の状況なども含む。

[0154] [システム構成]

また、本実施例において説明した各処理のうち、自動的に行われるものとして説明した処理の全部または一部を手動的に行うこともでき、あるいは、手動的に行われるものとして説明した処理の全部または一部を公知の方法で自動的に行うこともできる。図 14 に示す例では、合成テーブル生成装置 100 で生成された合成テーブル 130a を車両周辺監視装置 200 に送る処理を、利用者が可搬メモリを用いて手動的に行っても良い。この他、上述文書中や図面中で示した処理手順、制御手順、具体的名称、各種のデータやパラメータを含む情報については、特記する場合を除いて任意に変更することができる。図 15 に示す例では、合成テーブル 130a は、カメラ 20～23 ごとに、画素位置に基づく加重を示す「ブレンド率」をさらに記憶しても良い。

[0155] また、図示した各装置の各構成要素は機能概念的なものであり、必ずしも物理的に図示の如く構成されていることを要しない。すなわち、各装置の分

散・統合の具体的形態は図示のものに限られず、その全部または一部を、各種の負荷や使用状況などに応じて、任意の単位で機能的または物理的に分散・統合して構成することができる。例えば、図 14 に示す例では、画像表示部 230 を車両周辺監視装置 200 の外部装置として接続しても良い。

[0156] [コンピュータ]

また、上記の実施例で説明した各種の処理は、予め用意されたプログラムをパーソナルコンピュータやワークステーションなどのコンピュータで実行することによって実現することができる。そこで、以下では、図 28 を用いて、上記の実施例 2 と同様の機能を有する画像生成プログラムを実行するコンピュータの一例について説明する。図 28 は、実施例 2 に係る画像生成プログラムを実行するコンピュータの一例について説明する図である。なお、上記の実施例 3 と同様の機能を有する画像生成プログラムを実行するコンピュータについては、図 28 と同様であるので、説明を省略する。

[0157] 図 28 に示すように、実施例 2 におけるコンピュータ 3000 は、入力装置 3001、モニタ 3002、カメラ 3003、CPU 3010、ROM 3011、HDD (Hard Disk Drive) 3012、RAM (Random Access Memory) 3013 を有する。また、コンピュータ 3000 は、入力装置 3001 ~ RAM 3013 がバス 3009 などで接続して構成される。

[0158] ROM 3011 は、上述の実施例 2 で示した投影部 120 と、合成テーブル生成部 130 と、パノラマ画像生成部 220 と同様の機能を発揮する制御プログラムを記憶する。つまり、図 28 に示すように、ROM 3011 は、投影プログラム 3011a と、合成テーブル生成プログラム 3011b と、パノラマ画像生成プログラム 3011c とを予め記憶する。なお、これらのプログラム 3011a ~ 3011c については、図 14 に示した合成テーブル生成装置 100 および車両周辺監視装置 200 の各構成要素と同様、適宜統合又は分離しても良い。

[0159] そして、CPU 3010 が、これらのプログラム 3011a ~ 3011c を ROM 3011 から読み出して実行する。この結果、図 28 に示すように

、各プロセス3010a～3010cについては、投影プロセス3010aと、合成テーブル生成プロセス3010bと、パノラマ画像生成プロセス3010cとして機能する。なお、各プロセス3010a～3010cは、図14に示した、投影部120と、合成テーブル生成部130と、パノラマ画像生成部220とにそれぞれ対応する。また、CPU3010上で仮想的に実現される各処理部は、常に全ての処理部がCPU3010上で動作する必要はなく、処理に必要な処理部のみが仮想的に実現されれば良い。

[0160] HDD3012には、パラメータテーブル3012aが設けられている。なお、パラメータテーブル3012aは、図14に示したパラメータ記憶部110に対応する。

[0161] そして、CPU3010は、パラメータテーブル3012aを読み出してRAM3013に格納する。そして、CPU3010は、RAM3013に格納されたパラメータデータ3013aを用いて、画像生成プログラムを実行する。なお、RAM3013に格納されるデータは、常に全てのデータがRAM3013に格納される必要はなく、処理に必要なデータのみがRAM3013に格納されれば良い。

[0162] [その他]

なお、本実施例で説明した画像生成プログラムは、インターネットなどのネットワークを介して配布することができる。また、画像生成プログラムは、ハードディスク、フレキシブルディスク（FD）、CD-ROM、MO、DVDなどのコンピュータで読み取り可能な記録媒体に記録され、コンピュータによって記録媒体から読み出されることによって実行することもできる。

符号の説明

[0163]	1	画像生成装置
	2	画像受付部
	3	投影部
	4	パノラマ画像生成部

1 0	車両
2 0 ~ 2 3	カメラ
3 0	撮影対象
4 0	立体スクリーン
5 0	球面スクリーン
6 0	光軸
7 0	カメラ画像
8 0 ~ 8 2	パノラマ画像
9 0	球面スクリーン
1 0 0	合成テーブル生成装置
1 1 0	パラメータ記憶部
1 1 0 a	パラメータ
1 2 0	投影部
1 3 0	合成テーブル生成部
1 3 0 a	合成テーブル
2 0 0	車両周辺監視装置
2 1 0	フレームバッファ
2 2 0	パノラマ画像生成部
2 3 0	画像表示部
3 0 0	車両周辺監視装置
3 0 1 ~ 3 0 4	カメラ
3 1 0	パラメータ記憶部
3 2 0	フレームバッファ
3 3 0	投影部
3 4 0	パノラマ画像生成部
3 5 0	画像表示部
4 0 0 ~ 4 0 3	領域
3 0 0 0	コンピュータ

3 0 0 1	入力装置
3 0 0 2	モニタ
3 0 0 3	カメラ
3 0 0 9	バス
3 0 1 0	C P U
3 0 1 0 a	投影プロセス
3 0 1 0 b	合成テーブル生成プロセス
3 0 1 0 c	パノラマ画像生成プロセス
3 0 1 1	R O M
3 0 1 1 a	投影プログラム
3 0 1 1 b	合成テーブル生成プログラム
3 0 1 1 c	パノラマ画像生成プログラム
3 0 1 2	H D D
3 0 1 2 a	パラメータテーブル
3 0 1 3	R A M
3 0 1 3 a	パラメータデータ

請求の範囲

- [請求項1] 共通の被写領域を有する複数のカメラでそれぞれ撮影されたカメラ画像を受け付ける画像受付部と、
- 前記画像受付部によって受け付けた各カメラ画像のうち、該各カメラ画像内の所定の水平線より下にある画像は、平面の底面を有する無限遠半球の底面に投影し、前記水平線より上にある画像は、前記無限遠半球の半球面に投影する投影部と、
- 前記投影部によって前記無限遠半球に投影された画像に基づいて、パノラマ画像を生成するパノラマ画像生成部と
- を備えることを特徴とする画像生成装置。
- [請求項2] 前記パノラマ画像生成部は、前記複数のカメラを搭載した車両の状況に応じて、所定のカメラで撮影されたカメラ画像が前記パノラマ画像の中心に位置するように、前記パノラマ画像を生成することを特徴とする請求項1に記載の画像生成装置。
- [請求項3] 共通の被写領域を有する複数のカメラでそれぞれ撮影されるカメラ画像に含まれる画素のうち、該各カメラ画像内の所定の水平線より下にある画素の位置情報は、平面の底面を有する無限遠半球の底面に投影し、前記水平線より上にある画素の位置情報は、前記無限遠半球の半球面に投影する投影部と、
- 前記投影部によって前記無限遠半球に投影された結果に基づいて、前記複数のカメラ画像から生成されるパノラマ画像に含まれる各画素の位置情報と前記カメラ画像に含まれる各画素の位置情報との対応関係を示す合成テーブルを生成する合成テーブル生成部と
- を備えることを特徴とする合成テーブル生成装置。
- [請求項4] コンピュータに、
- 共通の被写領域を有する複数のカメラでそれぞれ撮影されたカメラ画像を受け付ける画像受付手順と、
- 前記画像受付手順によって受け付けた各カメラ画像のうち、該各カ

メラ画像内の所定の水平線より下にある画像は、平面の底面を有する無限遠半球の底面に投影し、前記水平線より上にある画像は、前記無限遠半球の半球面に投影する投影手順と、

前記投影手順によって前記無限遠半球に投影された画像に基づいて、パノラマ画像を生成するパノラマ画像生成手順と
を実行させることを特徴とする画像生成プログラム。

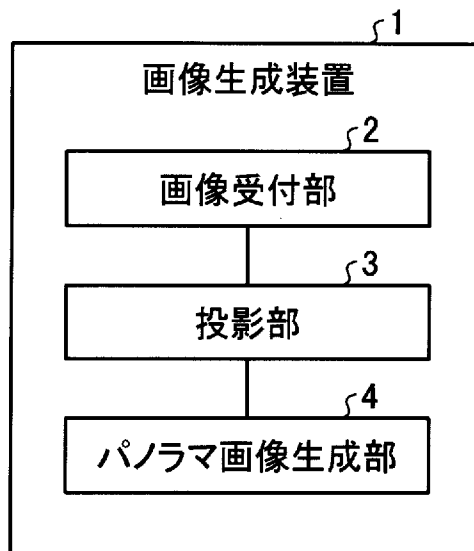
[請求項5] 前記パノラマ画像生成手順は、前記複数のカメラを搭載した車両の状況に応じて、所定のカメラで撮影されたカメラ画像が前記パノラマ画像の中心に位置するように、前記パノラマ画像を生成することを特徴とする請求項4に記載の画像生成プログラム。

[請求項6] コンピュータに、
共通の被写領域を有する複数のカメラでそれぞれ撮影されるカメラ画像に含まれる画素のうち、該各カメラ画像内の所定の水平線より下にある画素の位置情報は、平面の底面を有する無限遠半球の底面に投影し、前記水平線より上にある画素の位置情報は、前記無限遠半球の半球面に投影する投影手順と、

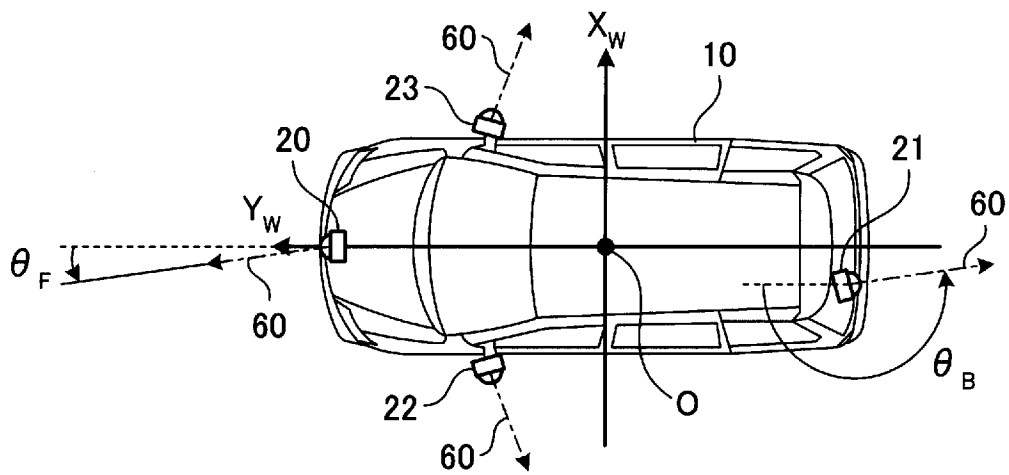
前記投影手順によって前記無限遠半球に投影された結果に基づいて、前記複数のカメラ画像から生成されるパノラマ画像に含まれる各画素の位置情報と前記カメラ画像に含まれる各画素の位置情報との対応関係を示す合成テーブルを生成する合成テーブル生成手順と

を実行させることを特徴とする合成テーブル生成プログラム。

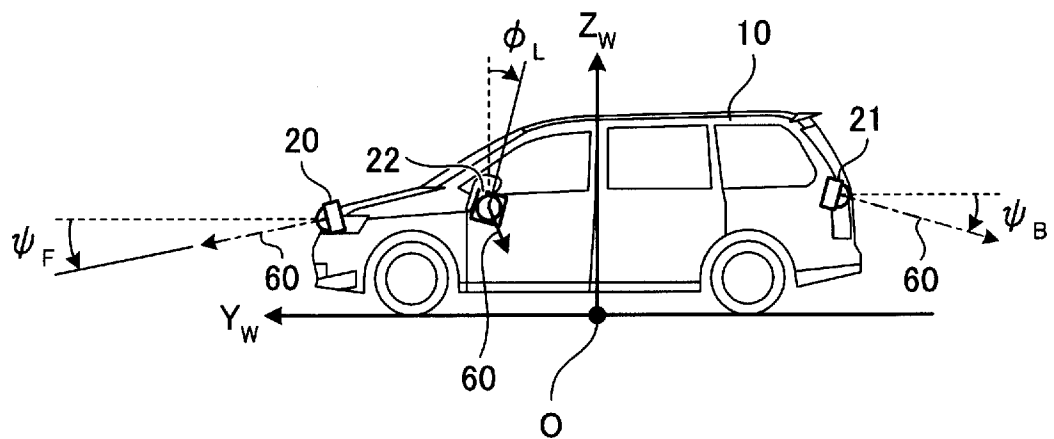
[図1]



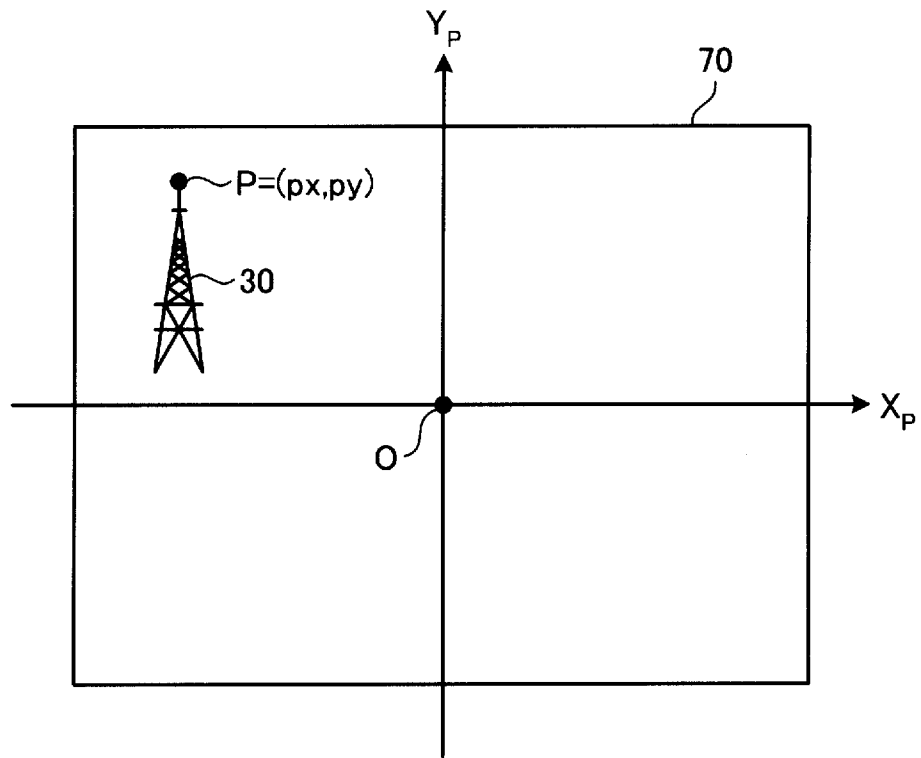
[図4]



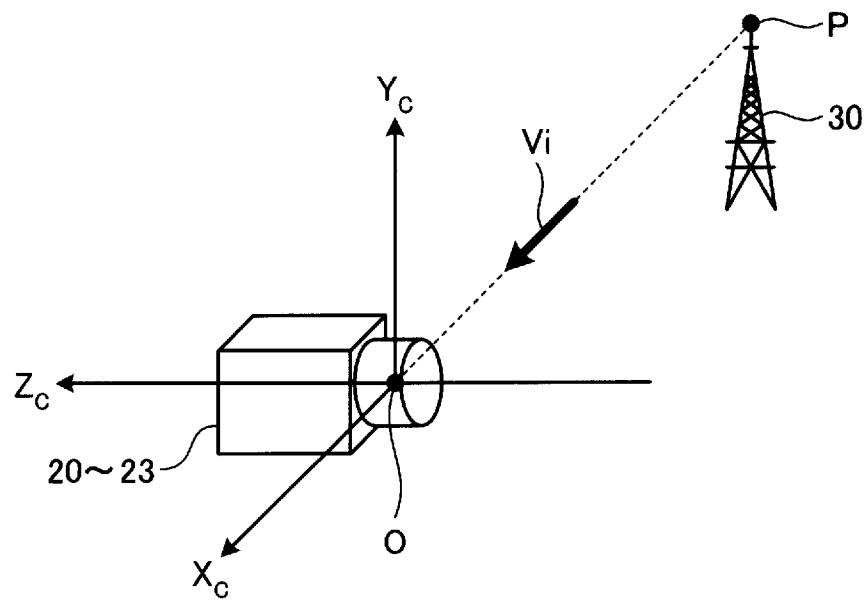
[図5]



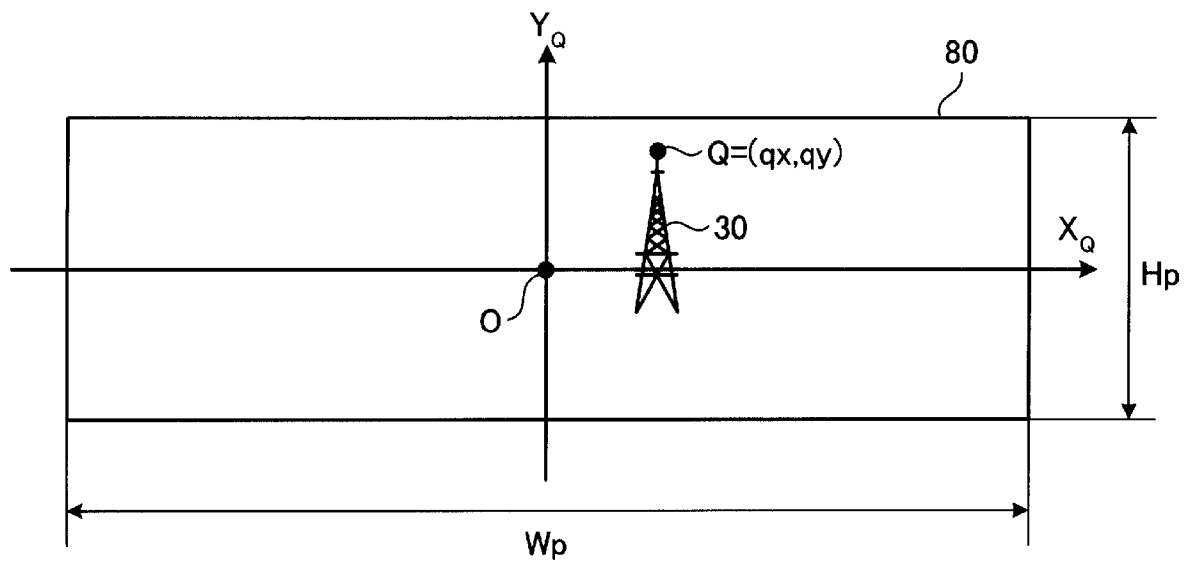
[図6]



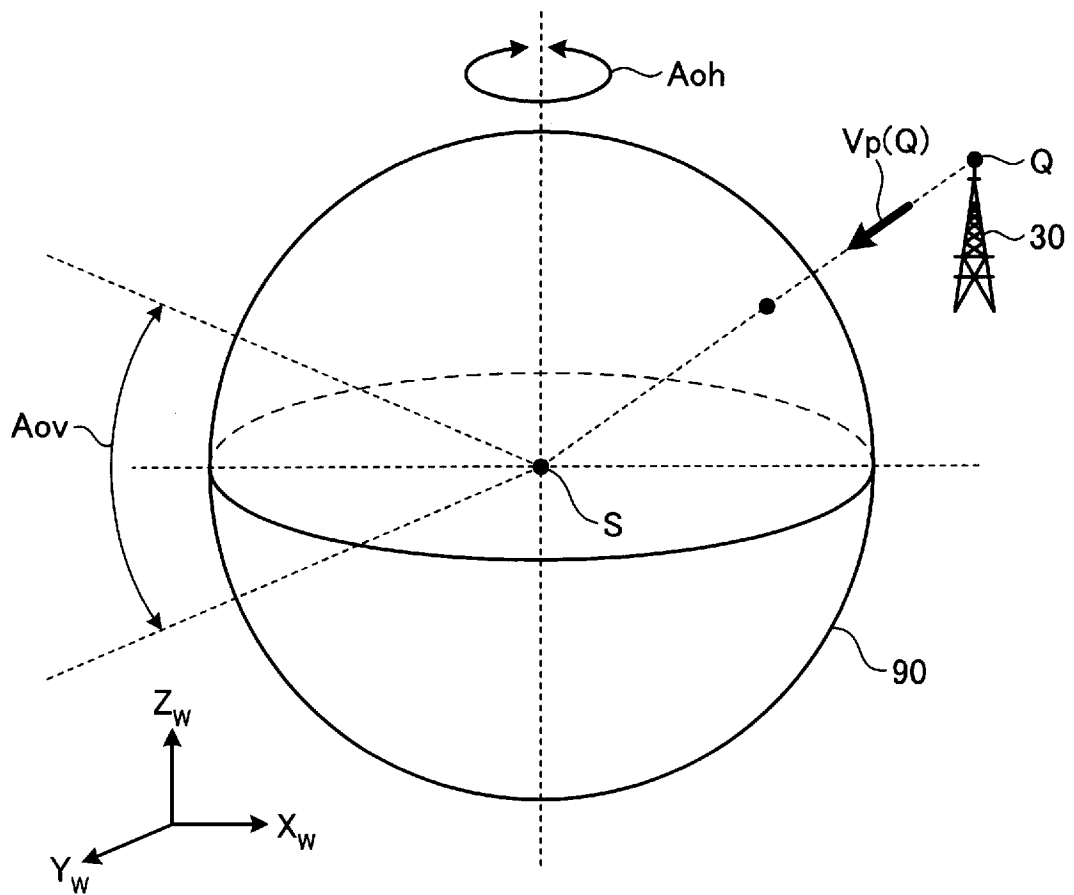
[図7]



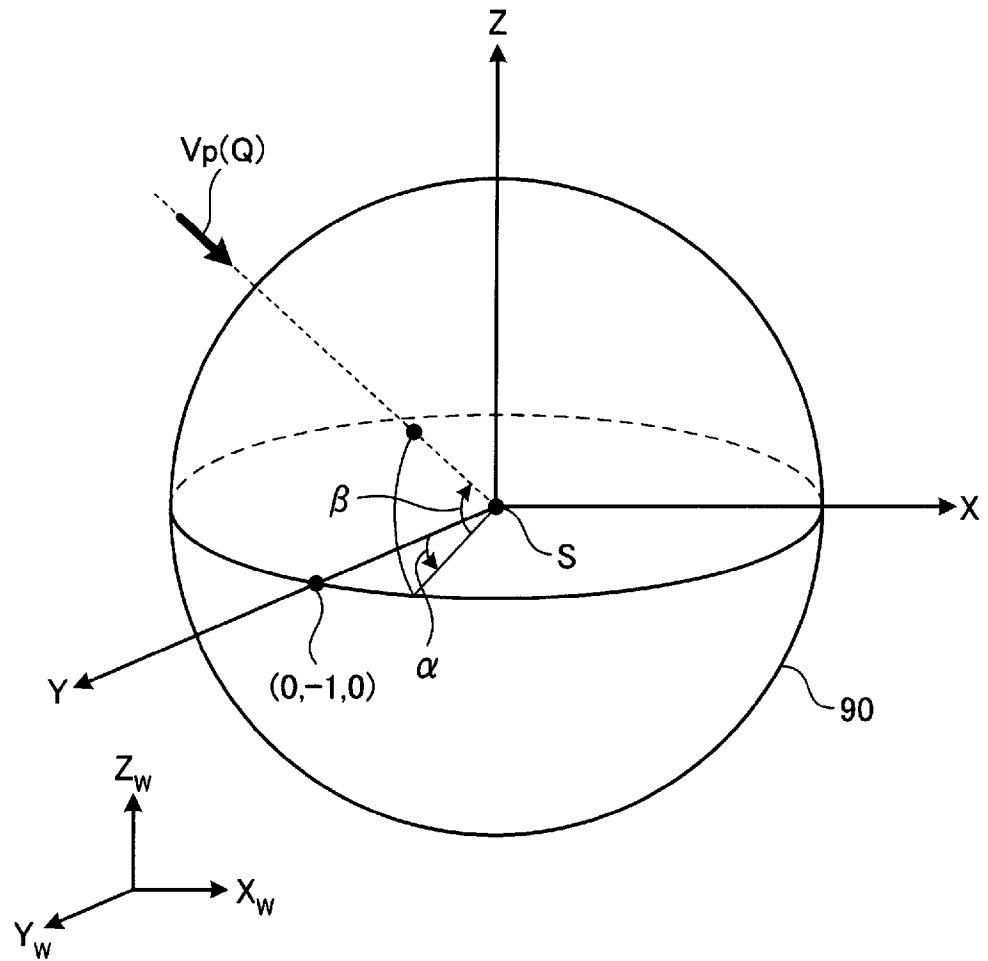
[図8]



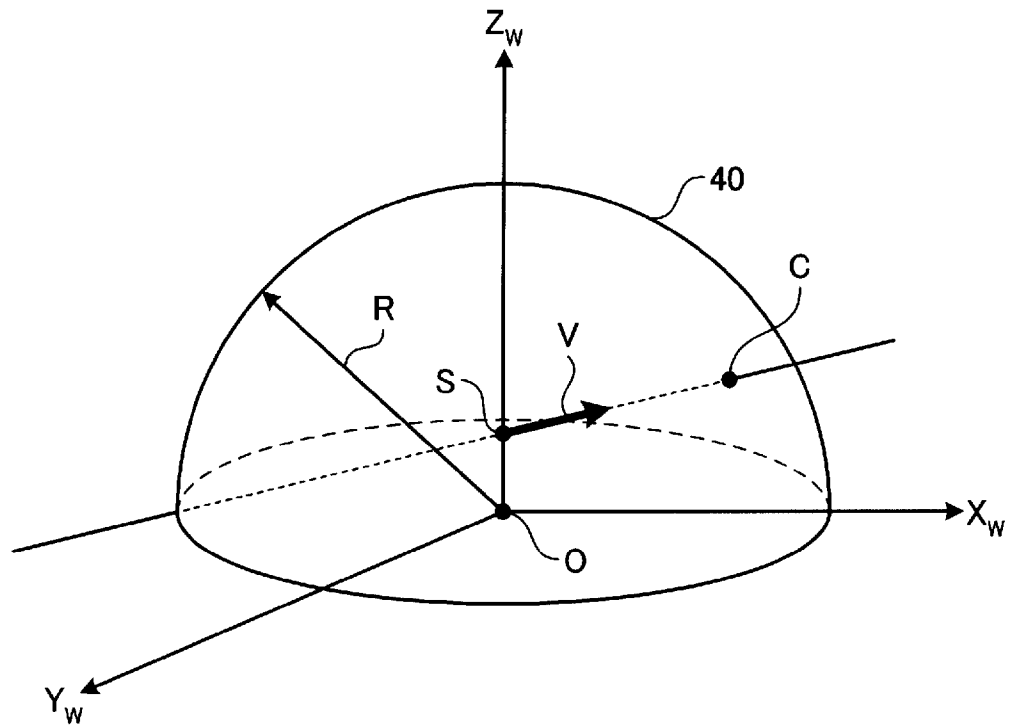
[図9]



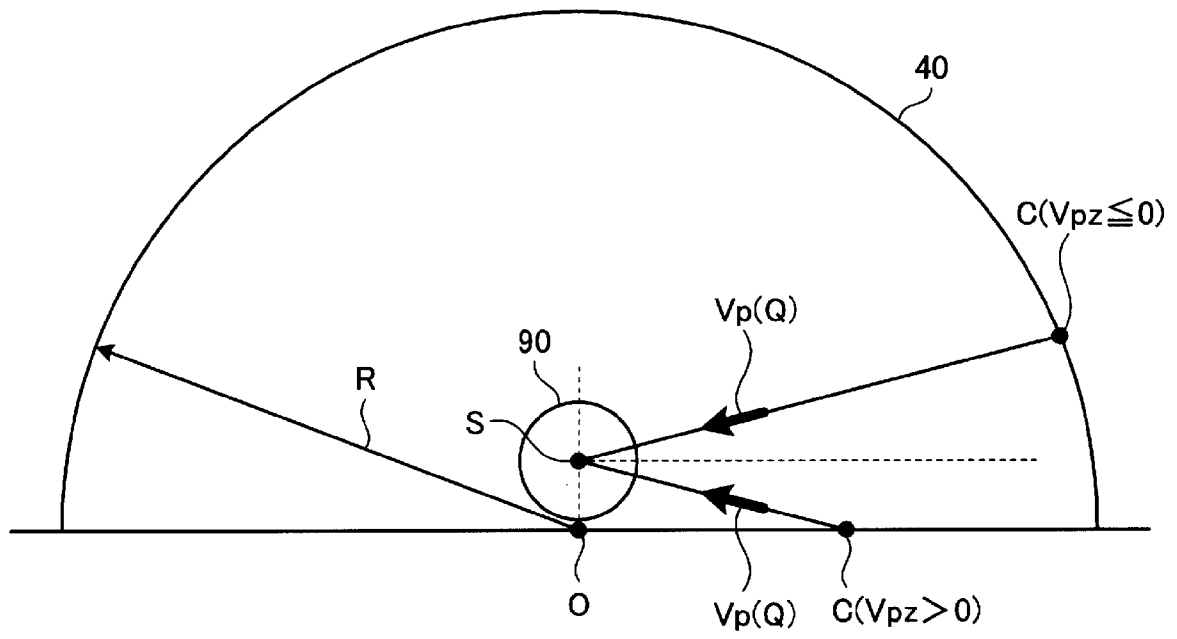
[図10]



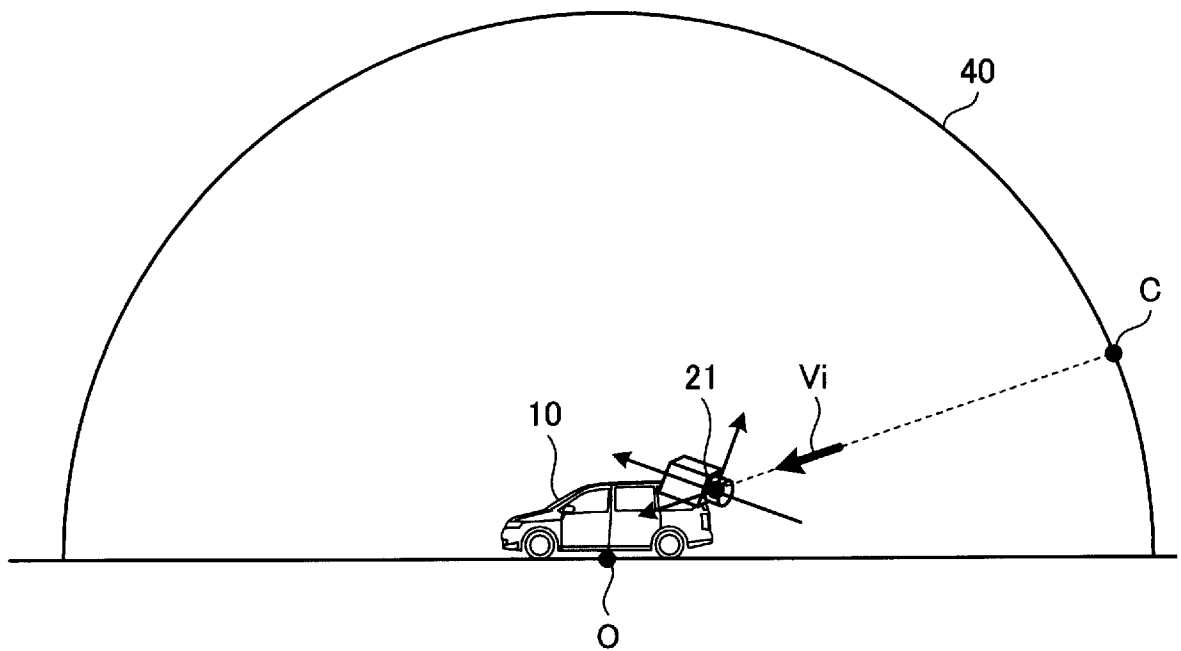
[図11]



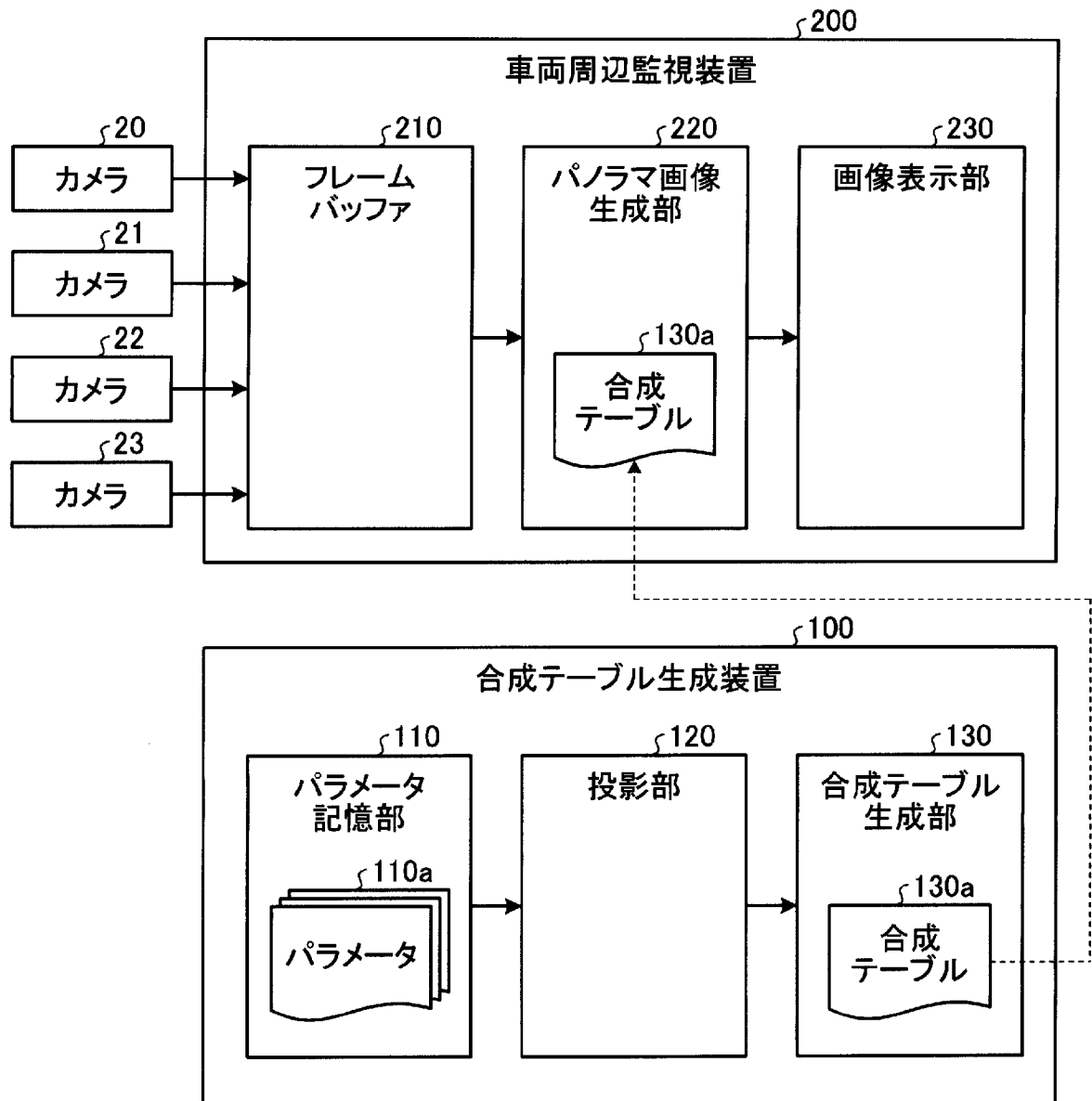
[図12]



[図13]

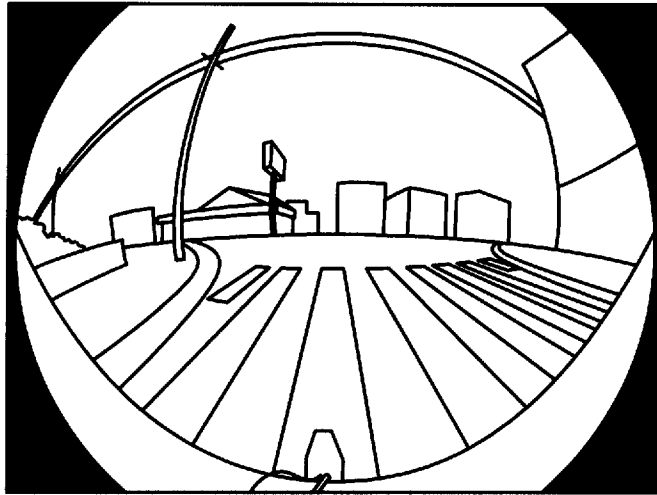


[図14]

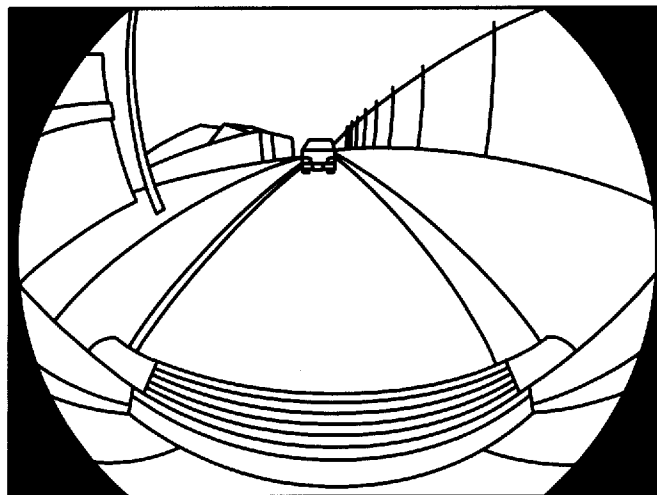


[illegible]

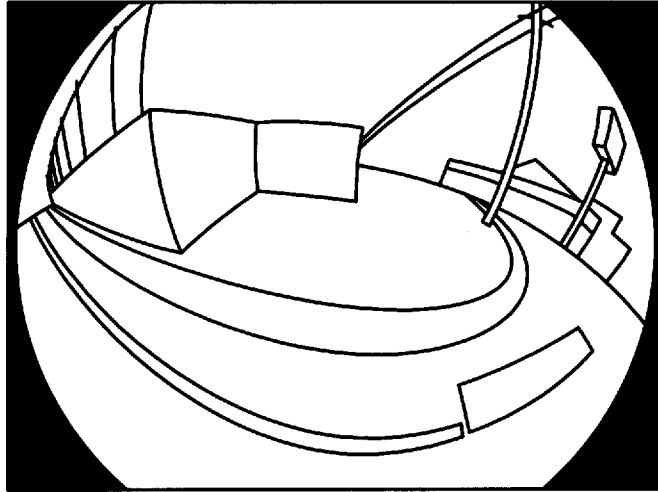
[図16]



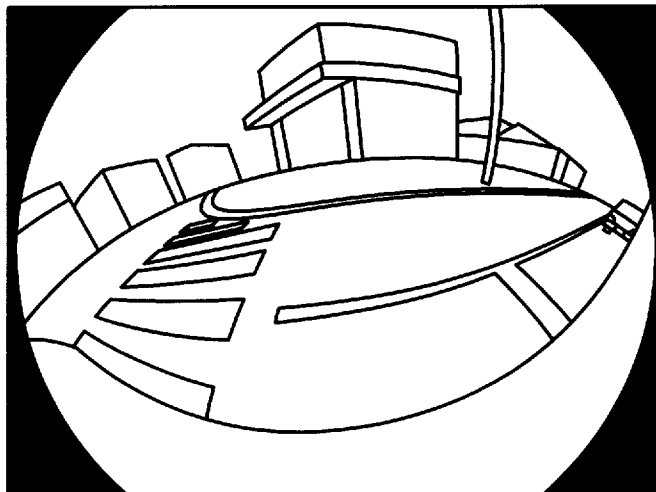
[図17]



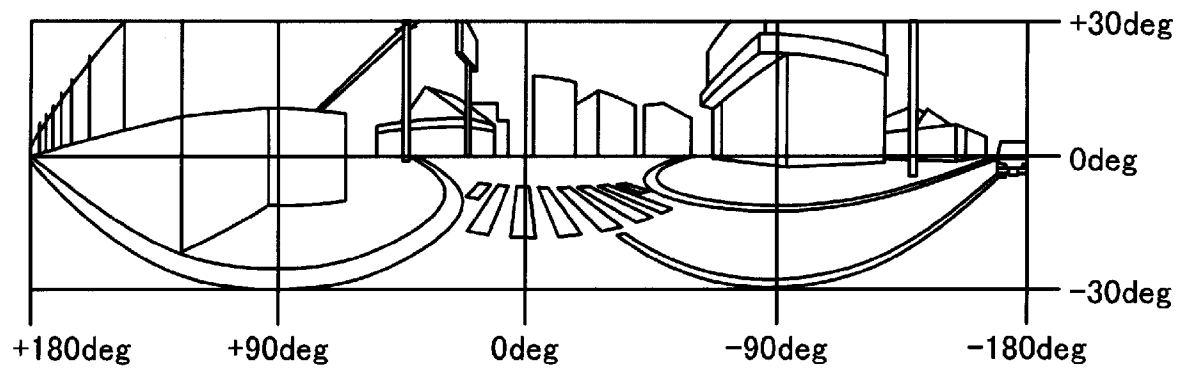
[図18]



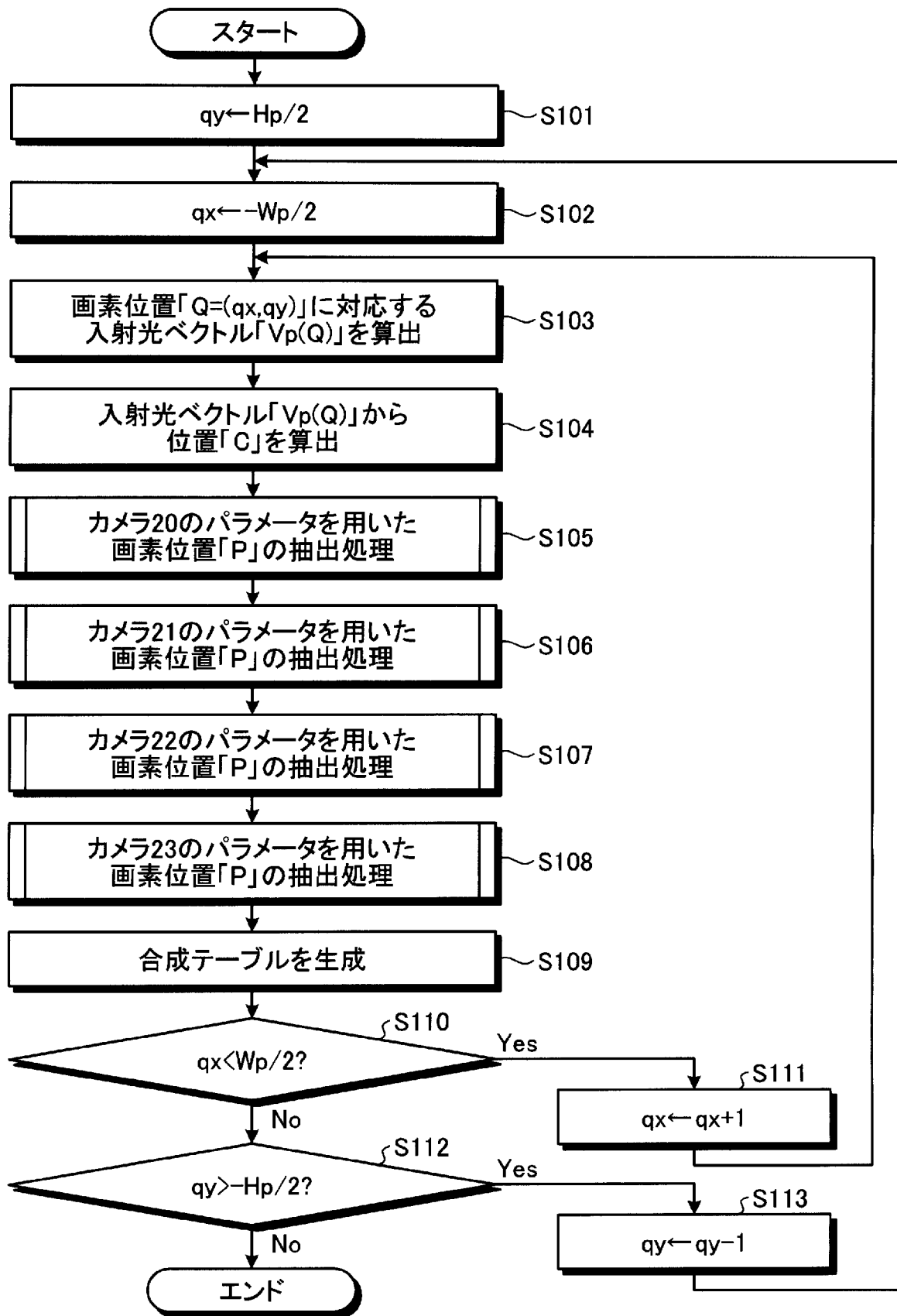
[図19]



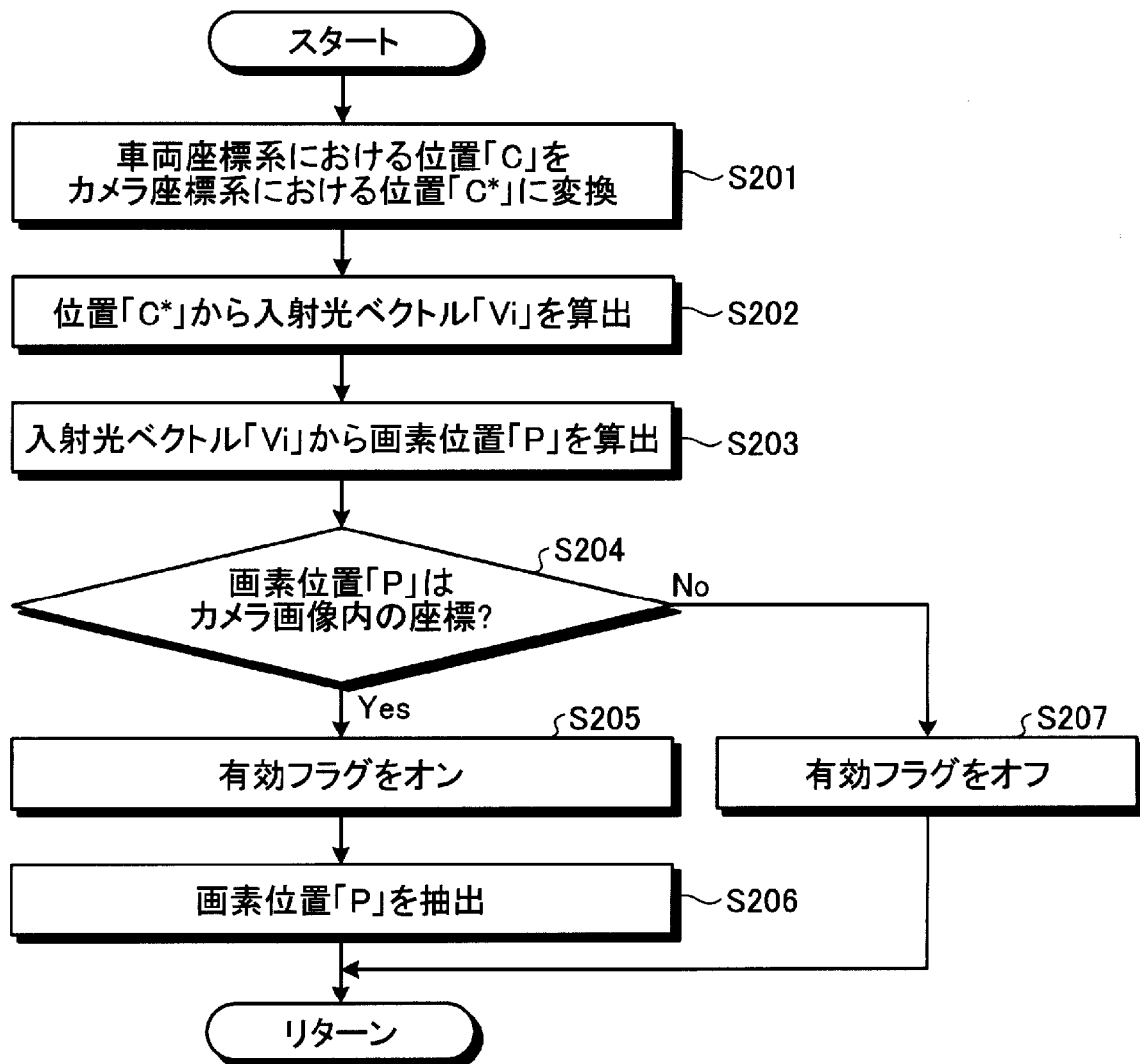
[図20]



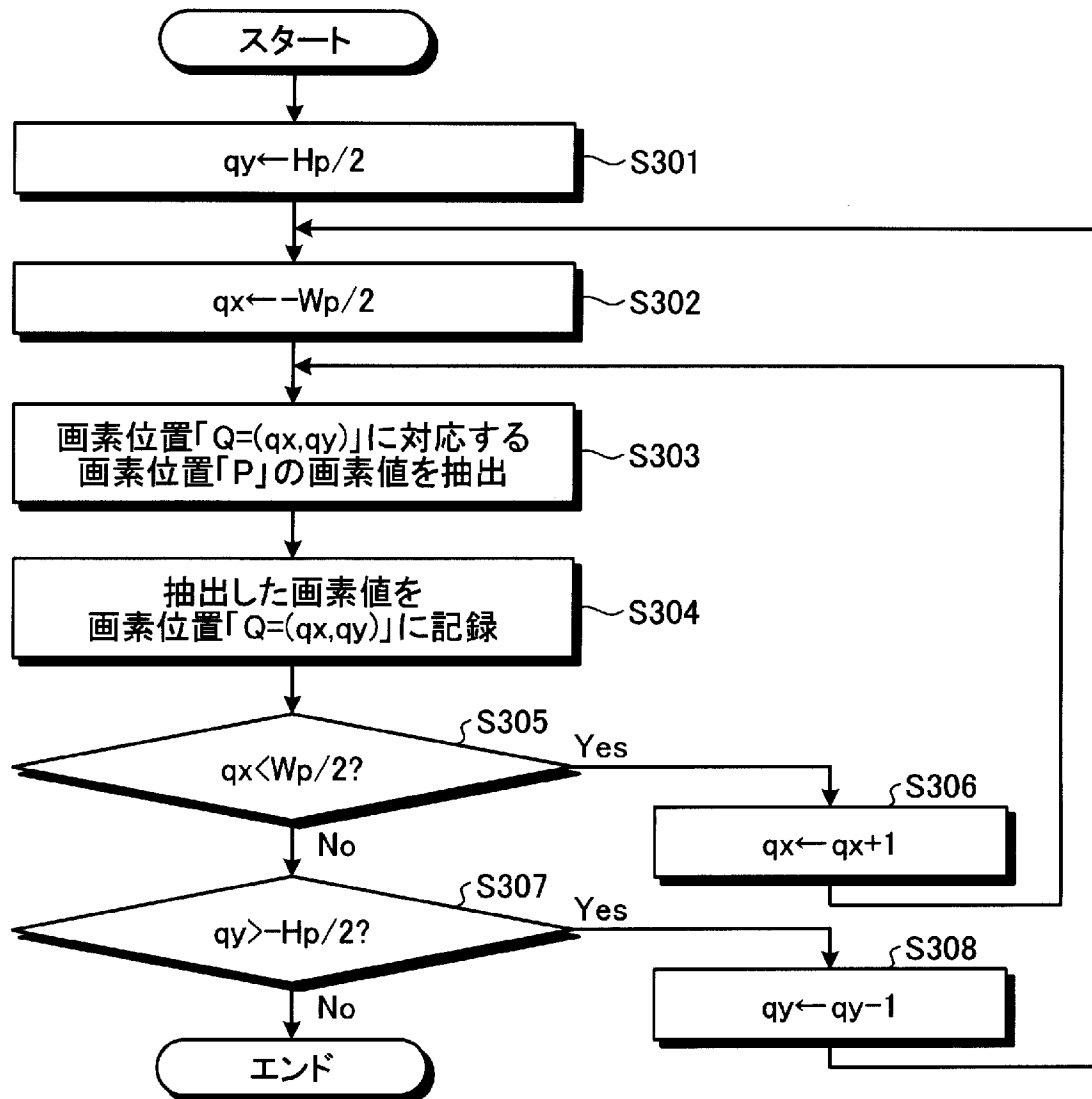
[図21]



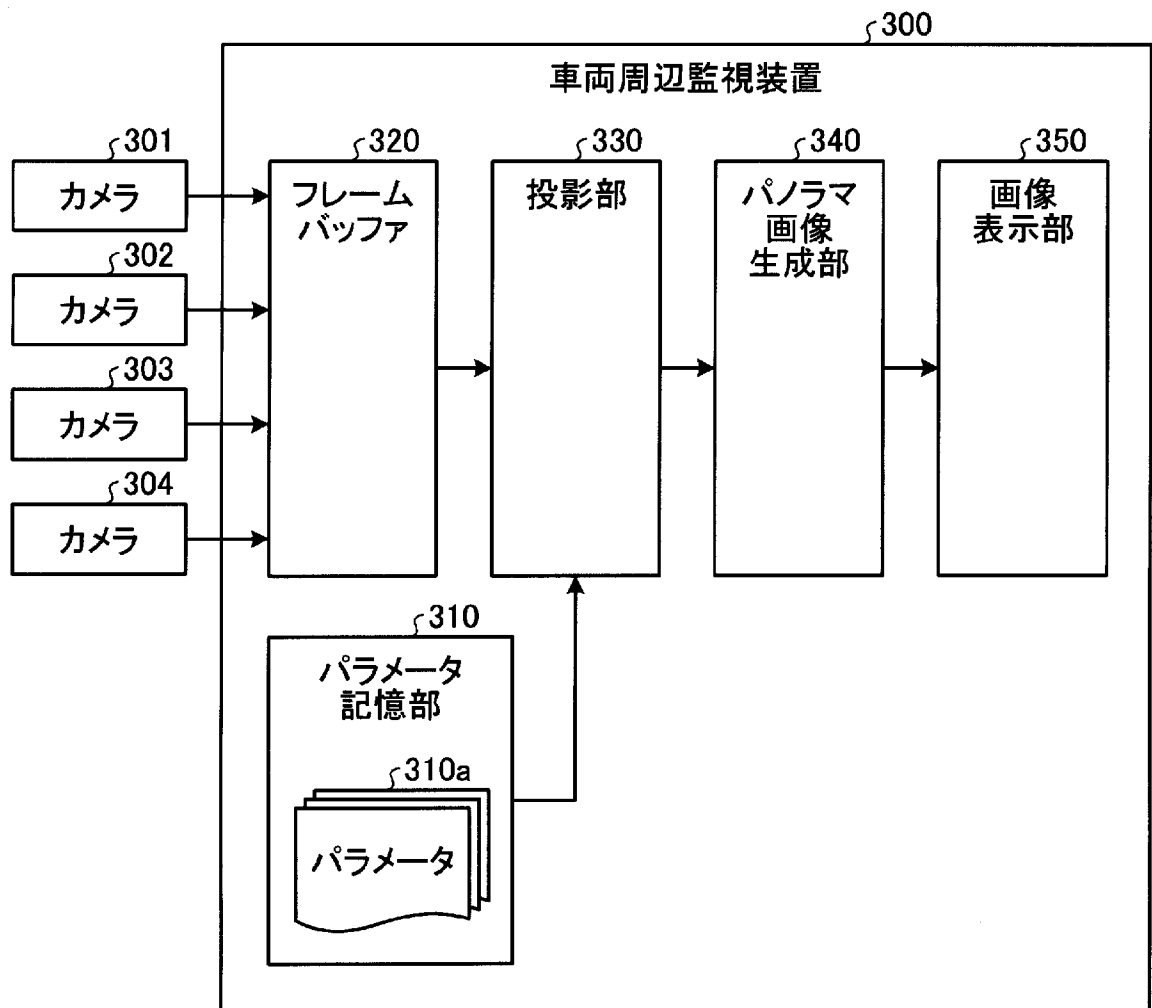
[図22]



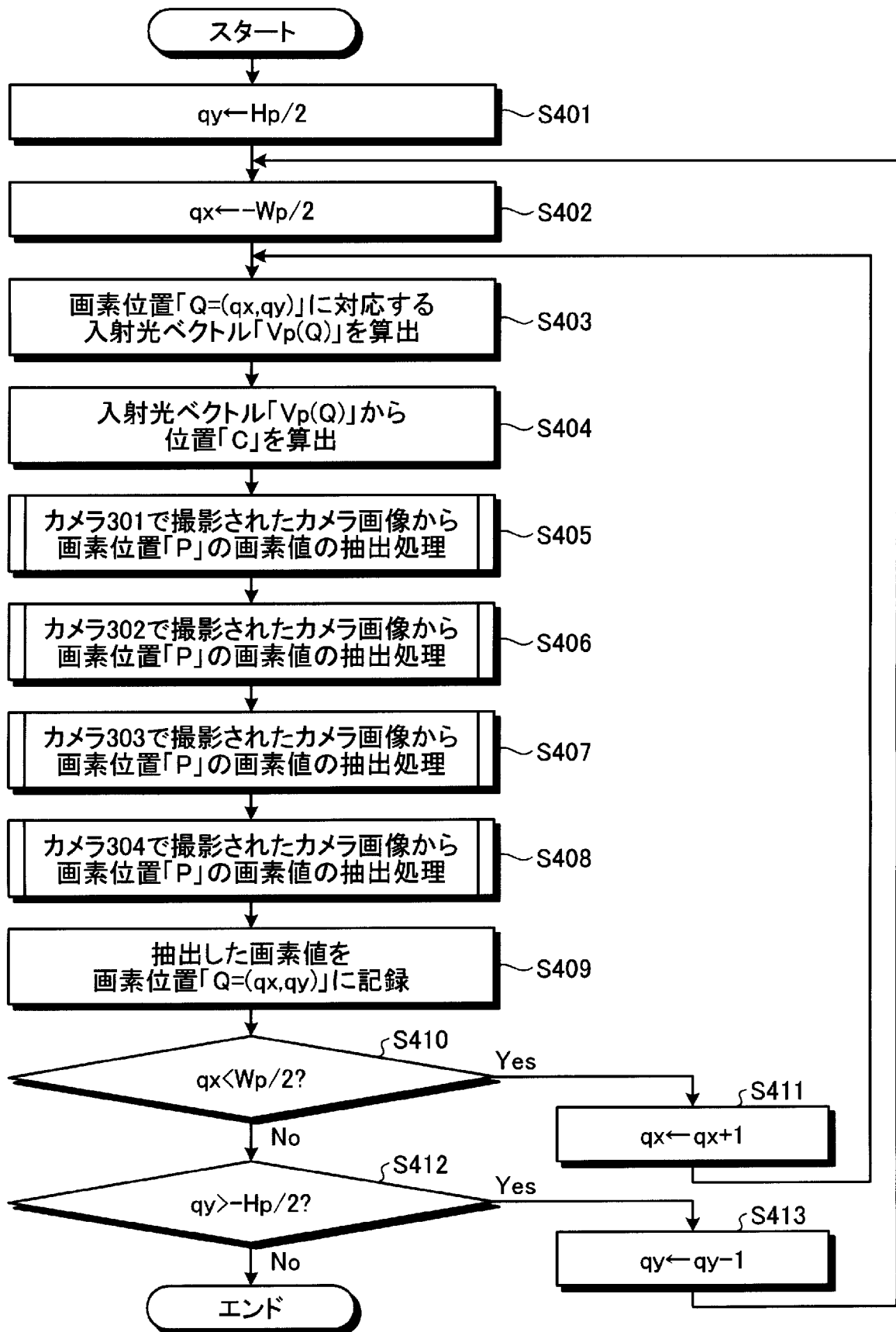
[図23]



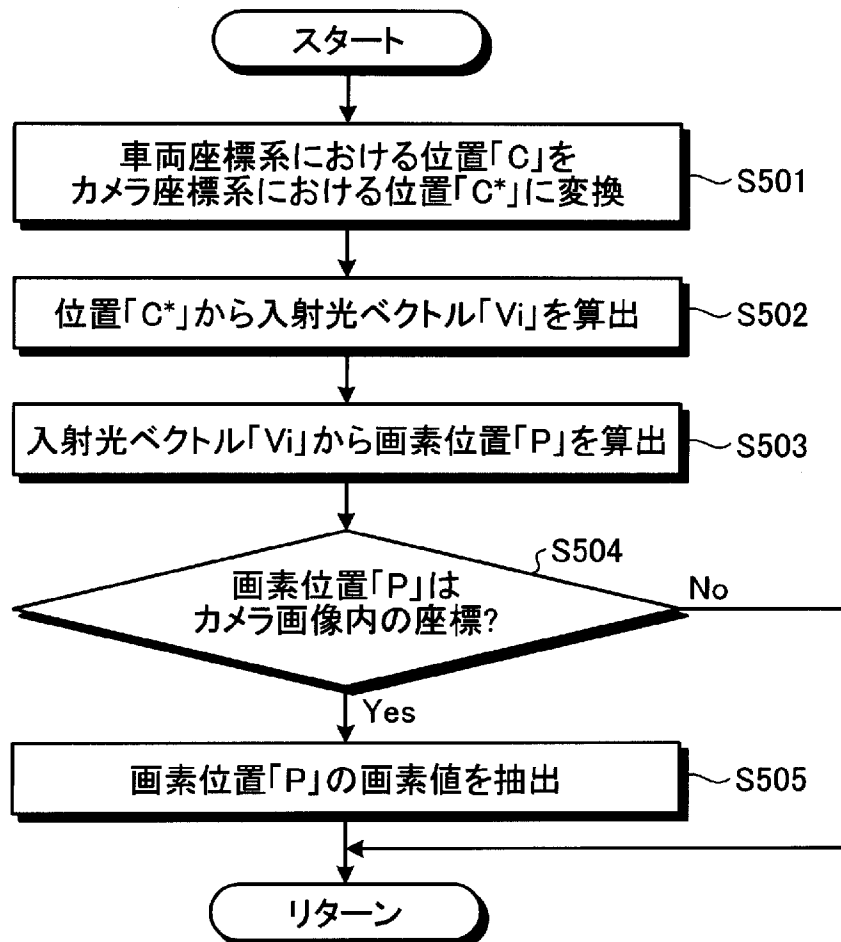
[図24]



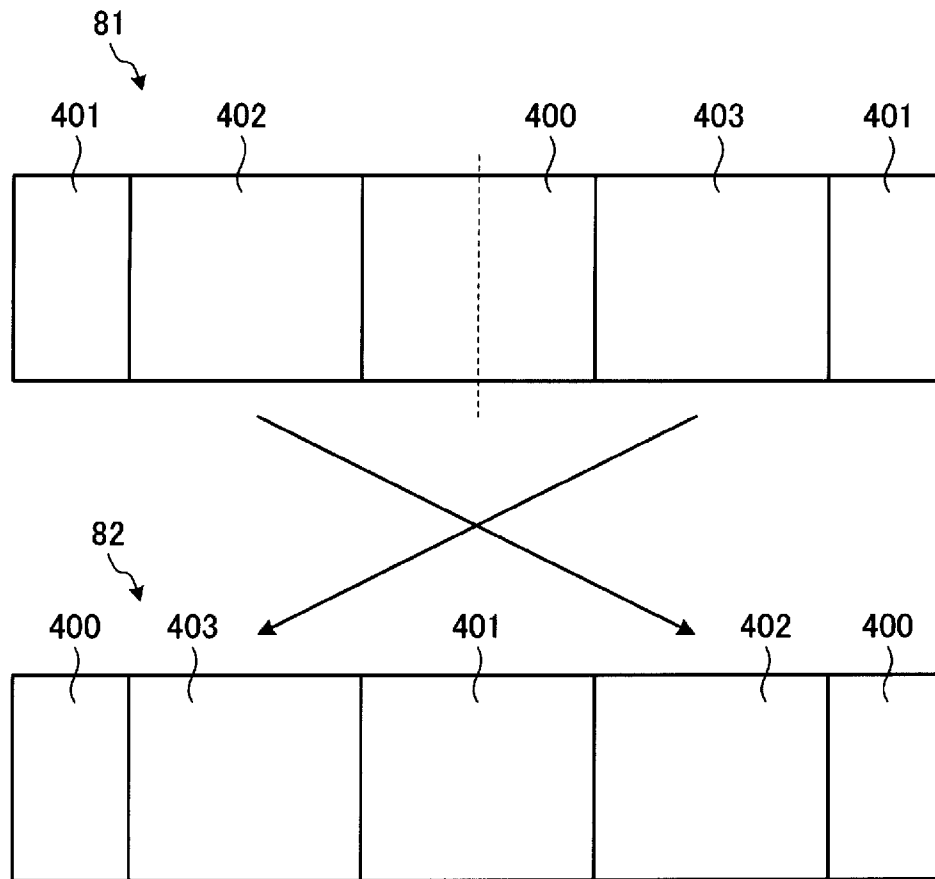
[図25]



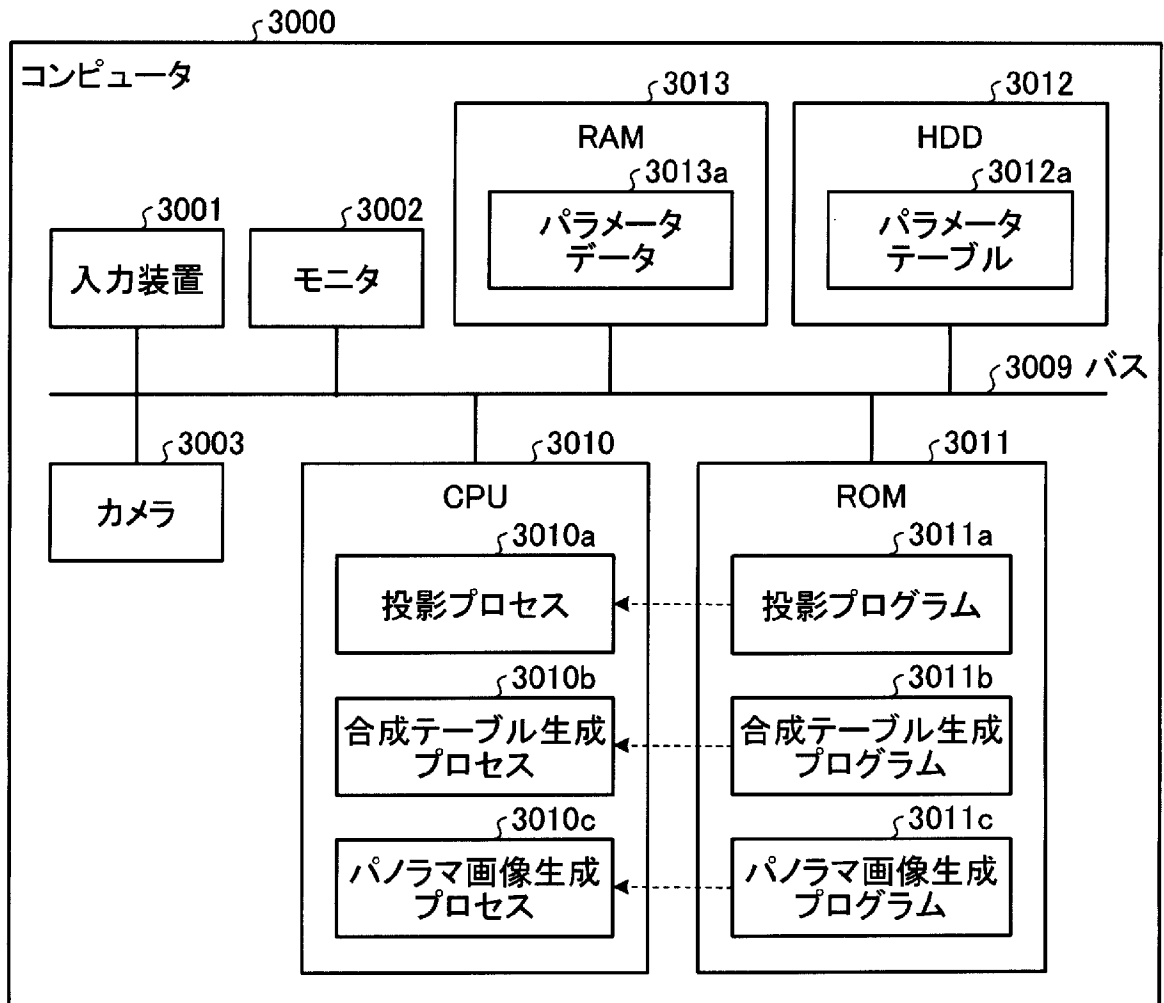
[図26]



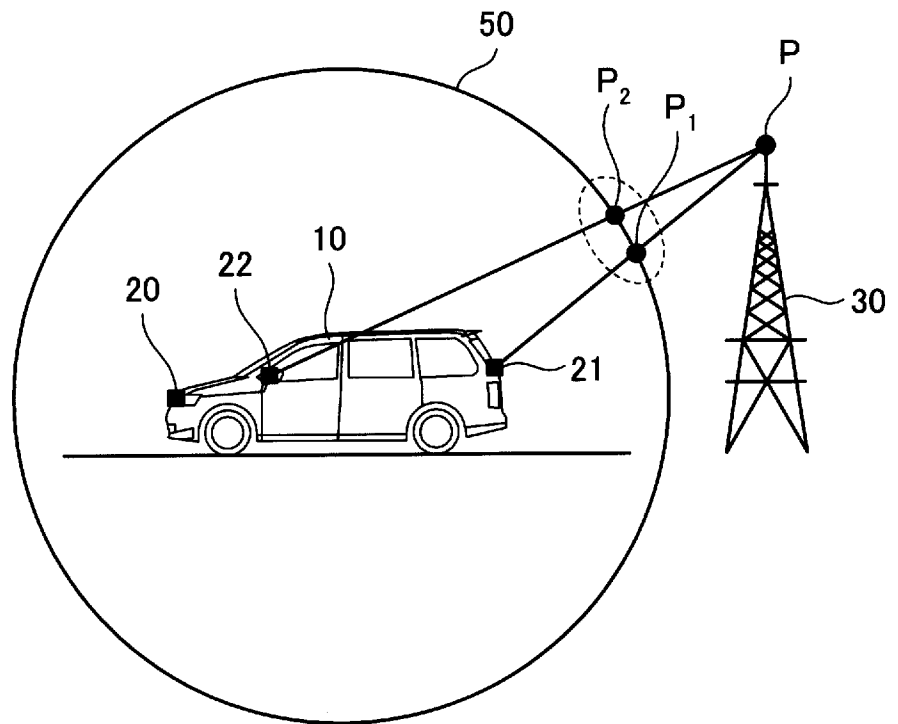
[図27]



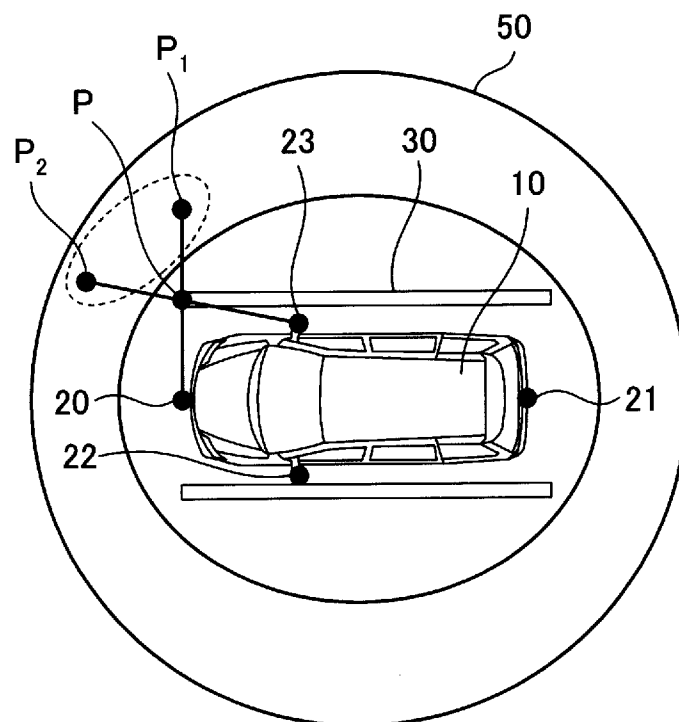
[図28]



[図29]



[図30]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2010/055753

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

G06T3/00(2006.01)i, B60R1/00(2006.01)i, H04N5/225(2006.01)i, H04N5/265(2006.01)i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

G06T1/00, G06T3/00, B60R1/00, B60R21/00, H04N5/225, H04N5/265, H04N7/18, G08G1/16

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho	1922-1996	Jitsuyo Shinan Toroku Koho	1996-2010
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2010	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2010

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 2009-246917 A (Hitachi, Ltd.), 22 October 2009 (22.10.2009), entire text; all drawings (Family: none)	1-6
A	JP 2005-086279 A (Equos Research Co., Ltd.), 31 March 2005 (31.03.2005), entire text; all drawings (Family: none)	1-6
A	JP 2003-115057 A (Mitsubishi Electric Corp.), 18 April 2003 (18.04.2003), entire text; all drawings (Family: none)	1-6

☒ Further documents are listed in the continuation of Box C.☐ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search
16 April, 2010 (16.04.10)Date of mailing of the international search report
27 April, 2010 (27.04.10)Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2010/055753

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 11-073489 A (Ricoh Co., Ltd.), 16 March 1999 (16.03.1999), entire text; all drawings (Family: none)	1-6

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（I P C））

Int.Cl. G06T3/00(2006.01)i, B60R1/00(2006.01)i, H04N5/225(2006.01)i, H04N5/265(2006.01)i

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料（国際特許分類（I P C））

Int.Cl. G06T1/00, G06T3/00, B60R1/00, B60R21/00, H04N5/225, H04N5/265, H04N7/18, G08G1/16

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報	1 9 2 2 - 1 9 9 6 年
日本国公開実用新案公報	1 9 7 1 - 2 0 1 0 年
日本国実用新案登録公報	1 9 9 6 - 2 0 1 0 年
日本国登録実用新案公報	1 9 9 4 - 2 0 1 0 年

国際調査で使用した電子データベース（データベースの名称、調査に使用した用語）

C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
A	JP 2009-246917 A（株式会社日立製作所）2009.10.22, 全文、全図（ファミリーなし）	1 - 6
A	JP 2005-086279 A（株式会社エクォス・リサーチ）2005.03.31, 全文、全図（ファミリーなし）	1 - 6
A	JP 2003-115057 A（三菱電機株式会社）2003.04.18, 全文、全図（ファミリーなし）	1 - 6

☒ C欄の続きにも文献が列挙されている。☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。

* 引用文献のカテゴリー

「A」特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの
「E」国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの
「L」優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献（理由を付す）
「O」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献
「P」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献

「T」国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの

「X」特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの

「Y」特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの

「&」同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

1 6 . 0 4 . 2 0 1 0

国際調査報告の発送日

2 7 . 0 4 . 2 0 1 0

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁（I S A / J P）

郵便番号 1 0 0 - 8 9 1 5

東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官（権限のある職員）

佐田 宏史

5 H

4 1 8 9

電話番号 0 3 - 3 5 8 1 - 1 1 0 1 内線 3 5 3 1

C (続き) . 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
A	JP 11-073489 A (株式会社リコー) 1999.03.16, 全文、全図 (ファ ミリーなし)	1 - 6