(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B2)

(11)特許番号
特許第7308095号
(P7308095)

(45)発行日　令和5年7月13日(2023.7.13)

(24)登録日　令和5年7月5日(2023.7.5)

(51)国際特許分類			FI		
G01C	*3/00*	*(2006.01)*	G01C	3/00	120
G01C	*3/06*	*(2006.01)*	G01C	3/06	110V
G03B	*35/08*	*(2021.01)*	G03B	35/08	
G03B	*43/00*	*(2021.01)*	G03B	43/00	
G03B	*15/00*	*(2021.01)*	G03B	15/00	V

請求項の数　20　（全21頁）

(21)出願番号　特願2019-144984(P2019-144984)
(22)出願日　令和1年8月7日(2019.8.7)
(65)公開番号　特開2021-25922(P2021-25922A)
(43)公開日　令和3年2月22日(2021.2.22)
審査請求日　令和4年4月11日(2022.4.11)

(73)特許権者　509186579
日立Ａｓｔｅｍｏ株式会社
茨城県ひたちなか市高場２５２０番地
(74)代理人　110001678
藤央弁理士法人
(72)発明者　今川 制時
東京都千代田区丸の内一丁目６番６号
株式会社日立製作所内
(72)発明者　別井 圭一
東京都千代田区丸の内一丁目６番６号
株式会社日立製作所内
審査官　藤脇 昌也

最終頁に続く

(54)【発明の名称】　ステレオカメラの補正方法及びステレオカメラの補正装置

(57)【特許請求の範囲】

【請求項１】

車両に搭載したステレオカメラの補正方法であって、

所定の模様を有する第１のチャートと、口径が前記ステレオカメラの基線長以上の鏡面を有する第１の光学装置が前記第１のチャートの虚像を生成し、

前記ステレオカメラは、複数のカメラで前記虚像を撮影した画像を用いて、前記カメラの画像の相対位置に相当するパラメータを補正することを特徴とするステレオカメラの補正方法。

【請求項２】

請求項１に記載のステレオカメラの補正方法であって、

前記第１の光学装置は、前記虚像を略無限遠距離に生成することを特徴とするステレオカメラの補正方法。

【請求項３】

請求項１に記載のステレオカメラの補正方法であって、

前記第１の光学装置は、反射式望遠鏡あるいは反射屈折望遠鏡のいずれかで構成され、当該第１の光学装置の接眼部にフィルム式カメラを装着し、前記フィルム式カメラのフィルムガイドレールに前記第１のチャートを配置することを特徴とするステレオカメラの補正方法。

【請求項４】

請求項１乃至請求項３のいずれかひとつに記載のステレオカメラの補正方法であって、

前記第１の光学装置で生成した前記虚像の距離と異なる距離に配置した第２のチャートを、前記ステレオカメラが有する複数のカメラで撮影して前記第２のチャートの画像を用いて、前記カメラの画像の回転に相当するパラメータを補正することを特徴とするステレオカメラの補正方法。

【請求項５】

請求項４に記載のステレオカメラの補正方法であって、

前記第２のチャートは、前記第１の光学装置の筐体が貫通する貫通孔を有することを特徴とするステレオカメラの補正方法。

【請求項６】

請求項４に記載のステレオカメラの補正方法であって、

前記第２のチャートは、前記ステレオカメラの基線長だけ離れた２点で前記虚像を透過させる貫通孔を有することを特徴とするステレオカメラの補正方法。

【請求項７】

請求項４に記載のステレオカメラの補正方法であって、

前記第１の光学装置又は前記第２のチャートの少なくともいずれか一方は、移動可能であり、前記ステレオカメラが前記第１のチャート及び第２のチャートを撮影する際に、前記第１の光学装置又は前記第２のチャートの一方が他方を遮らない位置に移動させることを特徴とするステレオカメラの補正方法。

【請求項８】

請求項２又は請求項３に記載のステレオカメラの補正方法であって、

前記第１の光学装置とは異なる位置で、所定の模様を有する第３のチャートを有して、口径が前記ステレオカメラの基線長以上の鏡面とを有する第２の光学装置が前記第３のチャートの虚像を生成し、前記ステレオカメラが有する複数のカメラで前記第３のチャートの虚像を撮影して、前記第１のチャートの画像と前記第３のチャートの画像を用いて、前記カメラの画像の回転及び並進に相当するパラメータを補正することを特徴とするステレオカメラの補正方法。

【請求項９】

請求項４に記載のステレオカメラの補正方法であって、

前記第１の光学装置は、前記ステレオカメラの光軸若しくは消失点又は前記車両の最も高い位置を示す車高の少なくともいずれかひとつよりも上方に配置することを特徴とするステレオカメラの補正方法。

【請求項１０】

請求項４に記載のステレオカメラの補正方法であって、

前記第１のチャート又は前記第２のチャートの少なくとも一方は、他方との境界に前記第１のチャートの色彩及び前記第２のチャートの色彩とは異なる色彩を付与したことを特徴とするステレオカメラの補正方法。

【請求項１１】

車両に搭載したステレオカメラの補正装置であって、

所定の模様を有する第１のチャートと、口径が前記ステレオカメラの基線長以上の鏡面とを有して前記第１のチャートの虚像を生成する第１の光学装置と、

複数のカメラで前記虚像を撮影した画像を用いて、前記カメラの画像の相対位置に相当するパラメータを補正する前記ステレオカメラと、を有することを特徴とするステレオカメラの補正装置。

【請求項１２】

請求項１１に記載のステレオカメラの補正装置であって、

前記第１の光学装置は、前記虚像を略無限遠距離に生成することを特徴とするステレオカメラの補正装置。

【請求項１３】

請求項１１に記載のステレオカメラの補正装置であって、

前記第１の光学装置は、反射式望遠鏡あるいは反射屈折望遠鏡のいずれかで構成され、

当該第１の光学装置の接眼部にフィルム式カメラを装着し、前記フィルム式カメラのフィルムガイドレールに前記第１のチャートを配置することを特徴とするステレオカメラの補正装置。
【請求項１４】
請求項１１乃至請求項１３のいずれかひとつに記載のステレオカメラの補正装置であって、
前記第１の光学装置で生成した前記虚像の距離と異なる距離に配置した第２のチャートを、前記ステレオカメラが有する複数のカメラで撮影して前記第２のチャートの画像を用いて、前記カメラの画像の回転に相当するパラメータを補正することを特徴とするステレオカメラの補正装置。
【請求項１５】
請求項１４に記載のステレオカメラの補正装置であって、
前記第２のチャートは、前記第１の光学装置の筐体が貫通する貫通孔を有することを特徴とするステレオカメラの補正装置。
【請求項１６】
請求項１４に記載のステレオカメラの補正装置であって、
前記第２のチャートは、前記ステレオカメラの基線長だけ離れた２点で前記虚像を透過させる貫通孔を有することを特徴とするステレオカメラの補正装置。
【請求項１７】
請求項１４に記載のステレオカメラの補正装置であって、
前記第１の光学装置又は前記第２のチャートの少なくともいずれか一方は、移動可能であり、前記ステレオカメラが前記第１のチャート及び第２のチャートを撮影する際に、前記第１の光学装置又は前記第２のチャートの一方が他方を遮らない位置に移動させることを特徴とするステレオカメラの補正装置。
【請求項１８】
請求項１２又は請求項１３に記載のステレオカメラの補正装置であって、
前記第１の光学装置とは異なる位置で、所定の模様を有する第３のチャートと、口径が前記ステレオカメラの基線長以上の鏡面とを含んで、前記第３のチャートの虚像を生成する第２の光学装置をさらに有し、
前記ステレオカメラが有する複数のカメラで前記第３のチャートの虚像を撮影して、前記第１のチャートの画像と前記第３のチャートの画像を用いて、前記カメラの画像の回転及び並進に相当するパラメータを補正することを特徴とするステレオカメラの補正装置。
【請求項１９】
請求項１４に記載のステレオカメラの補正装置であって、
前記第１の光学装置は、前記ステレオカメラの光軸若しくは消失点又は前記車両の最も高い位置を示す車高の少なくともいずれかひとつよりも上方に配置することを特徴とするステレオカメラの補正装置。
【請求項２０】
請求項１４に記載のステレオカメラの補正装置であって、
前記第１のチャート又は前記第２のチャートの少なくとも一方は、他方との境界に前記第１のチャートの色彩及び前記第２のチャートの色彩とは異なる色彩を付与したことを特徴とするステレオカメラの補正装置。
【発明の詳細な説明】
【技術分野】
【０００１】
本発明はステレオカメラの補正方法及び補正装置に関する。
【背景技術】
【０００２】
本技術分野の背景技術として、特許文献１が知られている。この文献には、異なる距離に配置された複数のチャートをステレオカメラで撮影し、カメラの光学的な歪みを補正す

るとともに、一方のカメラを基準とした他方のカメラの並進ズレを校正する旨の記載がある。

【０００３】

特許文献１には「ステレオカメラを構成する一対のカメラから出力された一対の画像データのそれぞれを、パラメータを用いて変換することにより、ステレオカメラの光学的な歪みと位置的なずれとを画像処理によって調整するステレオカメラの調整装置を提供する。このステレオカメラの調整装置は、補正部と、校正部とを有する。ここで、補正部は、所定のパターンを有するチャートをステレオカメラで撮像することによって出力された一対の画像データを処理対象として、画像データ毎に、画像データによって規定される画像平面に写し出されたパターンが、チャートが有する所定のパターンに近づくように画像データを変換する補正パラメータを算出する。ここで、この補正パラメータは、少なくとも、カメラの光学的な歪みに起因した画像データの歪みを正す。また、校正部は、算出された補正パラメータによって変換された一対の画像データに関する画像の特性を拘束条件として、一対のカメラの位置的ずれに起因した一対の画像データのずれを正す校正パラメータを算出する。」と記載されている。

【０００４】

また、特許文献２には、コリメータを用いて無限遠にあるチャートを撮影し、視差データ及び実距離データを使用して距離算出パラメータを補正する旨の記載がある。例えば、「ステレオカメラの校正装置３００は、第１カメラ３２０と、第２カメラ３１８と、カメラステー１４０とを含んでおり、コリメータユニット３０２がステレオカメラから距離を隔てて配置されたテストチャート３０６が無限遠位置に配置されたと等価な光路を形成させている。視差算出部３６２は、ステレオカメラが撮影した左右画像からテストチャート３０６とステレオカメラとの間の異なる光学的距離に相当する視差データを計算し、パラメータ算出部３６４が、視差算出部３６２が計算した視差データ及びテストチャートまでの実距離データを使用してステレオカメラの測距パラメータである視差オフセットｂ及び距離換算パラメータａを算出している。」と記載されている。また、特許文献２には「前記コリメータユニットは、前記第１カメラ及び第２カメラへの前記参照物体が無限遠位置に配置されたと等価な光路を同時に生成することが可能な径を備える」と記載されている。

【先行技術文献】

【特許文献】

【０００５】

【文献】特開２００４－１３２８７０号公報
特開２０１２－１３２７３９号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【０００６】

ステレオカメラは左右のカメラで撮影した画像から、撮影された物体の距離を測定する。この際、左右画像の物体の像の相対位置を利用するためカメラの相対位置や向きなどの外部パラメータやレンズの光学的な歪みなどの内部パラメータを補正する必要がある。

【０００７】

これらの補正はステレオカメラの組立時に実施するが、その後、車両に搭載するとフロントガラスなどの影響により物体から来る光線が変化し、画像の並進（水平方向や鉛直方向の画像シフト）や回転が生じる。これらの変化によりステレオカメラによる測定距離に誤差が発生するため、更なる補正が必要となる。

【０００８】

ステレオカメラの補正を行う際に、所定の距離に配置した１つのチャートを用いる場合、チャートに対する被検カメラの位置を高精度に合わせる必要がある。しかし、車両に搭載された状態で高精度に設置を合わせることは難しい、あるいは不要な制限を作ってしまう。

【０００９】

特許文献１のように２つのチャートを別距離に配置する場合、被検カメラの高精度な設置は不要になるが、チャートの設置精度は距離に応じて必要になる。ステレオカメラからチャートまでの距離が遠いほどチャートの設置に対する要求精度が低くなるが、一方で大きい設備面積が必要になる。

【００１０】

特許文献２のように光学的にチャートを遠方にあるように見せることは可能であり、周知の装置としてコリメータなどがある。コリメータはカメラ単体の検査で使用するのが知られているが、左右夫々のカメラで撮影する間に被検カメラの移動があるとカメラの設置誤差により補正誤差が発生する。このため、左右のカメラが同時にチャートを見るように口径を大きくすることが記載されている。

【００１１】

しかし、大口径のレンズは高価かつ重く、また焦点距離に応じて装置サイズが大きくなるという欠点を有する。また、上記のような光学装置は広い画角で撮影することは困難であるため画像の回転への対応が難しい、という問題があった。

【００１２】

そこで本発明は、上記問題点に鑑みてなされたもので、高精度かつ安価にステレオカメラを補正することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【００１３】

本発明は、車両に搭載したステレオカメラの補正方法であって、所定の模様を有する第１のチャートと、口径が前記ステレオカメラの基線長以上の鏡面を有する第１の光学装置が前記第１のチャートの虚像を生成し、前記ステレオカメラは、複数のカメラで前記虚像を撮影した画像を用いて、前記カメラの画像の相対位置に相当するパラメータを補正する。

【発明の効果】

【００１４】

したがって、本発明は、複数の距離のチャートを省スペースで安価に提供することができ、また、車両の設置精度を緩和しつつ高精度にステレオカメラの補正を行うことができる。

【００１５】

本明細書において開示される主題の、少なくとも一つの実施の詳細は、添付されている図面と以下の記述の中で述べられる。開示される主題のその他の特徴、態様、効果は、以下の開示、図面、請求項により明らかにされる。

【図面の簡単な説明】

【００１６】

【図１】本発明の実施例１を示し、ステレオカメラの補正装置の一例を示す図である。
【図２】本発明の実施例１を示し、光学装置の一例を示す図である。
【図３】本発明の実施例１を示し、無限遠距離チャートの一例を示す図である。
【図４】本発明の実施例１を示し、有限遠距離チャートの一例を示す図である。
【図５】本発明の実施例１を示し、有限遠距離チャートの他の例を示す図である。
【図６】本発明の実施例１を示し、ステレオカメラの右カメラから観察した有限遠距離チャート及び無限遠距離チャートの例を示す図である。
【図７】本発明の実施例１を示し、有限遠距離チャートの他の例を示す図である。
【図８】本発明の実施例１を示し、ステレオカメラの補正装置の変形例を示す図である。
【図９】本発明の実施例１を示し、ステレオカメラの補正装置の変形例を示す図である。
【図１０】本発明の実施例１を示し、ステレオカメラの一例を示す図である。
【図１１】本発明の実施例１を示し、補正処理の一例を示すフローチャートである。
【図１２】本発明の実施例２を示し、ステレオカメラの補正装置の一例を示す図である。
【図１３】本発明の実施例２を示し、補正処理の一例を示すフローチャートである。
【図１４】本発明の実施例２を示し、ステレオカメラの補正装置の他の例を示す図である。
【図１５】本発明の実施例２を示し、補正処理の他の例を示すフローチャートである。

【図１６】本発明の実施例３を示し、ステレオカメラの補正装置の一例を示す図である。
【図１７】本発明の実施例３を示し、補正処理の一例を示すフローチャートである。
【図１８】本発明の実施例３を示し、撮影画像の一例を示すフローチャートである。
【図１９】本発明の実施例１を示し、光学装置の一例を示す図である。
【発明を実施するための形態】
【００１７】
以下、本発明の実施形態を添付図面に基づいて説明する。
【実施例１】
【００１８】
本実施例では、ステレオカメラの補正装置及び補正方法の一例を説明する。
【００１９】
図１は本実施例のステレオカメラ２００の補正装置の構成図の一例である。図１において、１０１はステレオカメラを搭載した車両、２０１はステレオカメラ、３０１は無限遠距離チャートの虚像を生成する光学装置、４０１は所定距離に配置した２次元平面状の有限遠距離チャートである。補正装置は、光学装置３０１と、有限遠距離チャート４０１で構成される。
【００２０】
車両１０１を所定の位置に停車させた後、ステレオカメラ２００は光学装置３０１が生成した前記無限遠距離チャートの虚像と、有限遠距離チャート４０１を撮影し、撮影した画像を用いて、視差あるいは距離を算出するパラメータを補正する。
【００２１】
ここで、ステレオカメラ２００は事前に幾何補正が完了しており、本補正工程では車両１０１のフロントガラス（ウインドシールド）で新たに発生した光学的な歪みを補正する。また、フロントガラスで発生する歪みは画像の回転及びシフトであり、像の拡大縮小、偏平は距離計測に実害がない程度に微小である。
【００２２】
図２は前記光学装置３０１の内部の構成の一例を示す図である。３０２は筐体、３０３は光源、３０４は透過無限遠距離チャート、３０５は光線の方向を変える平面鏡、３０６は凹面鏡である。
【００２３】
光学装置３０１は、筒状の筐体３０２の一端の内周には凹面鏡３０６が設置され、他端には開口端３１０が形成される。筐体３０２の側面の所定の位置には、接岸部が形成され、接眼部（アイピース）に無限遠距離チャート３０４と、光源３０３が設置される。
【００２４】
光源３０３から入射されて無限遠距離チャート３０４の一点を透過したから発する光線は、平面鏡３０５と凹面鏡３０６とを経由して図中右側の開口端３１０から平行光になって出力される。
【００２５】
従って、この出力光を開口端３１０側から観察すると無限距離の遠方に無限遠距離チャート３０４の虚像を観察することができる。凹面鏡３０６はステレオカメラ２００の基線長以上の口径を有しており、このためステレオカメラ２００の左右のカメラが同じ無限遠距離チャート３０４の虚像を同時に撮影することができる。
【００２６】
図３に無限遠距離チャート３０４の一例を示す。無限遠距離チャート３０４は、黒地に十字の透過模様を形成している。十字線の幅はステレオカメラ２００で撮影したときの像の幅が撮像素子（画素）サイズ以下になるように決定し、幾何補正後の十字線の傾きが撮像素子の画素配列に対して１０度程度傾斜するように無限遠距離チャート３０４を設置している。
【００２７】
これらは十字線が交差する点の撮像素子上の位置を検出するためである。また、必要な

検出精度を確保するためのコントラストは光源３０３で調整する。十字線の輝度を均一にするために無限遠距離チャート３０４と光源３０３の間に拡散板を挿入してもよい。

【００２８】

十字線を透過した光線の虚像は無限遠距離チャート３０４の設置位置を適切にすることで無限遠距離に見せることが可能で、このとき左カメラ及び右カメラで検出した十字線の交差点の視差はゼロになるのが正しい。従ってこの条件を満たすように左右の画像の相対位置を補正する。

【００２９】

前記光学装置３０１の構成はニュートン式反射望遠鏡と同様である。また、マクストフ・ニュートン式やイプシロン式の反射望遠鏡を採用してもよい。ニュートン式反射望遠鏡の通常の使用方法は、遠方物体から発する平行光線を凹面鏡３０６と、平面鏡３０５を介して集光し、アイピース越しに物体の像を観察する。

【００３０】

本発明では前記集光点に無限遠距離チャート３０４を設置し、平面鏡３０５及び凹面鏡３０６を介することで略無限遠の距離に無限遠距離チャート３０４の虚像を生成している。

【００３１】

つまり、本光学装置３０１は市販の望遠鏡を用いて安価に実現することが可能である。この場合、図示しないフィルムカメラを前記望遠鏡（光学装置３０１）のドローチューブに設置し、フィルムカメラのフィルムガイドレールに無限遠距離チャート３０４を設置することで、無限遠距離チャート３０４を容易に適切な位置に設置することが可能となる。

【００３２】

このため無限遠距離チャート３０４の幅はフィルム幅３５ｍｍ以下とすると都合がよい。また、反射望遠鏡の代わりに市販の反射屈折望遠鏡を用いても安価で精度のよい光学装置を実現することができる。

【００３３】

なお、無限遠距離チャート３０４を透過した光線は無限遠の距離に虚像を生成するが、光学系の精度によっては完全な平行光線を得られ場合もある。このため、完全な平行光線ではないがステレオカメラ２００の校正の精度に影響を与えない程度の平行度の低下は許容することができる。そこで、本実施例では、無限遠の距離に略無限遠を含めるものとする。

【００３４】

図４に所定距離に配置した有限遠距離チャート４０１の図柄の一例を示す。有限遠距離チャート４０１の図柄は、チャート上の位置に対する撮像素子上の位置の対応付けができればよい。従ってこれに限ったものではなく図５の有限遠距離チャート４０１ように特徴点を配する図柄でもよい。

【００３５】

あるいは左画像と右画像の対応付けができればよいので、有限遠距離チャート４０１は、所定範囲の周波数あるいは複数の周波数を重畳した図柄でもよい。ステレオカメラ２００は有限遠距離チャート４０１の図柄を撮影し、左のカメラ画像と右のカメラ画像の対応点をエピポーラ線上に配するように画像の回転方向の補正を行う。

【００３６】

有限遠距離チャート４０１は方形の平板にて形成されて、車両１０１の前方の所定の距離に配置される。より正確には、車両１０１のウインドシールドの内側に配置されたステレオカメラ２００のカメラ２０１から所定の距離となるように有限遠距離チャート４０１が設置される。

【００３７】

図６にステレオカメラ２００の右カメラから観察した有限遠距離チャート４０１と無限遠距離チャート３０４を示す。

【００３８】

有限遠距離チャート４０１は図４の図柄を用いており、中央右及び中央左の黒丸は夫々

右カメラ（２０１－Ｒ）と左カメラ（２０１－Ｌ）の光軸を示す。これらの黒丸は説明のために記載しているが実際には無くてもよい。

【００３９】

光軸点（２０１－Ｒ、２０１－Ｌ）の図中上方の実線の円は有限遠距離チャート４０１に形成された２つの貫通孔４１１－Ｌ、４１１－Ｒであり、右側の実線の円の内部（４１１－Ｒ）に示した十字は無限遠距離チャート３０４である。また、図中点線で示した円は有限遠距離チャート４０１の背面に置かれた前記光学装置３０１の筐体３０２の開口端３１０側の形状を示しており概ね反射望遠鏡の口径に等しい。

【００４０】

左右の貫通孔４１１－Ｌ、４１１－Ｒは、各々の中心がステレオカメラ２００の基線長だけ離れて配置された有限遠距離チャート４０１の貫通孔であり、貫通孔を通して背面に置かれた前記光学装置３０１の無限遠距離チャート３０４の虚像が観察される。なお、以下の説明では、貫通孔の左右を特定しない場合には、「－」以降を省略した符号「４１１」を使用する。他の構成要素の符号についても同様である。

【００４１】

ステレオカメラ２００の右カメラ２０１－Ｒからは右側の十字は視認できるが左側の十字は見えない。同様に左カメラ２０１－Ｌからは左側の十字は視認できるが右側の十字は見えない。

【００４２】

光学装置３０１から出力される光線のうち左右のカメラ２０１が無限遠距離チャート３０４の像を生成するのに寄与する光線はカメラ２０１の入射瞳に入る光線のみである。したがって、実線円（貫通孔４１１）の大きさはステレオカメラ２００の設置誤差、すなわち車両１０１の停止位置の精度によって決まる。左右のカメラ２０１の入射瞳径をｇ、ステレオカメラ２００の設置誤差を±ｈとすると、実線円（貫通孔４１１）の半径ｒは、

【００４３】

$$r \geqq g / 2 + h$$

である。

【００４４】

ここで、上記の２つの貫通孔４１１の形状は図７のように２つの貫通孔４１１－Ｌ、４１１－Ｒを包含する１つの長円形の貫通孔４１１としてもよい。また、図６の点線で示した円は有限遠距離チャート４０１の背面に置かれた前記光学装置３０１の筐体３０２の開口端３１０側を示しており概ね口径に等しい。前記貫通孔４１１は図６の点線の円で示した筐体３０２の内側にある必要があるので、前記光学装置３０１の口径Ｒは、ステレオカメラ２００の基線長をＬとして、

【００４５】

$$R \geqq L + g + 2h$$

である。

【００４６】

図６において、左右の貫通孔４１１－Ｌ、貫通孔４１１－Ｒを左右のカメラ２０１の光軸より上側に配置するのは、当該位置が有限遠距離チャート４０１を遮蔽してもより影響が小さいためである。

【００４７】

ステレオカメラ２００で有限遠距離チャート４０１と無限遠距離チャート３０４を同時に撮影する場合、有限遠距離チャート４０１を必要な画角全域で撮影することはできず、無限遠距離チャート３０４が重なる部分は有限遠距離チャート４０１を撮影することができない。

【００４８】

ここで、ステレオカメラ２００の画像で消失点から下側は路面や、前方の物体が映る範囲であり物体認識には重要なエリアで、消失点の上側は信号や標識や空といった精度を必要としない物体が多く存在するエリアである。

【００４９】
従って、無限遠距離チャート３０４を、消失点より上方に映るように配置することが望ましい。一方、ステレオカメラ２００は、遠方物体の認識性能を確保するために解像度が高いレンズの光軸付近を消失点と一致するように配置している。
【００５０】
また、カメラ２０１の光軸から離れた像高が高い周辺部は歪みなどの影響で無限遠距離チャート３０４の検出誤差の増加が懸念される。このため、左右の貫通孔４１１は左右のカメラ２０１の光軸付近かつ光軸あるいは消失点と重ならない上側に配置する。図１で前記光学装置３０１はステレオカメラの光軸Ｃより高い位置に設置しており、光学装置３０１の光軸はステレオカメラ２００に向いているのは上記の理由に基づく。
【００５１】
ここで、図８のように前記光学装置３０１が有限遠距離チャート４０１とは独立して天井等に固定する場合、撮影あるいは補正後の車両１０１の移動の障害にならないように、光学装置３０１の最下部を車両１０１の最上部より高い位置に配置してもよい。
【００５２】
また、図６及び図７では前記貫通孔４１１が示す有限遠距離チャート４０１の周縁には黒や白あるいは赤などの色彩で縁取りをしている。これは無限遠距離チャート３０４と有限遠距離チャート４０１の境界を明確にして画像処理を容易にするためである。
【００５３】
また、図９のように前記光学装置３０１が有限遠距離チャート４０１を貫通する構造としてもよい。
【００５４】
この場合、図１９で示すように、前記光学装置３０１の開口端３１０側に前述の左右のカメラ２０１から無限遠距離チャート３０４の虚像を見る貫通孔３２１－Ｌ、３２１－Ｒを形成し、貫通孔３２１以外のエリアに第２の有限距離チャート３２０を設けてもよい。また、第２の有限距離チャート３２０の外周の周縁部３２２は、上述のように黒や白あるいは赤などの彩色を施して画像の認識精度を確保することができる。
【００５５】
次に補正の手順について説明する。まず図１０を用いて本発明の補正対象であるステレオカメラ２００の構成を説明する。
【００５６】
２０１－Ｒはレンズと撮像素子を有する右のカメラ、２０１－Ｌはレンズと撮像素子を有する左のカメラ、２０３は幾何補正、視差検出、距離検出を含む画像処理部、２０４は物体認識部、２０５は補正パラメータ用メモリである。
【００５７】
カメラ２０１－Ｒ及びカメラ２０１－Ｌで取得した画像データを画像処理部２０３に送り、画像処理部２０３は補正パラメータ用メモリ２０５の情報を用いて、送られた画像データを幾何変換する。
【００５８】
補正パラメータ用メモリ２０５には本発明の補正を実行する前にステレオカメラ２００の製造時に補正された補正情報が記憶されている。また、画像処理部２０３は左右の幾何変換画像データから視差画像データ及び距離画像データを生成し、生成した画像データを物体認識部２０４に送る。物体認識部２０４は送られた画像データを用いて物体認識を行い、物体認識結果を車両制御情報として外部に出力する。
【００５９】
前述のように本発明で対象とするステレオカメラ２００は単体で幾何補正及び左右のカメラ像の相対位置の補正が完了している。従って、車両１０１に搭載されたときにフロントガラスの厚さのバラツキなどによって生じるのは画像の回転や画像平面方向のシフトでありこれを補正してパラメータ用メモリ２０５を更新する。画像の拡大縮小、偏平は距離計測に実害がない程度に微小である。

【００６０】
図１１を用いて図１の補正装置における補正手順を説明する。所定位置に車両１０１を停止する（６０１）。ステレオカメラ２００で無限遠距離チャート３０４を撮影する（６０２）。
【００６１】
撮影した左右の画像を前記補正パラメータ用メモリ２０５の情報を用いて前記画像処理部２０３にて各々の幾何変換画像を生成する（６０３）。画像処理部２０３は、幾何変換後の左右の画像の有限遠距離チャート４０１部分を用いて左右の画像の相対的な回転ズレを補正する（６０４）。
【００６２】
画像処理部２０３は、幾何変換後の左右の画像のうち無限遠距離チャート３０４の部分を用いて左右の画像の相対的な並進ズレを補正する（６０５）。画像処理部２０３は、補正パラメータ用メモリ２０５のデータを上記ステップ６０３、６０４で得た補正量を考慮して書き換える（６０６）。
【００６３】
上記手順終了後に車両１０１を前方に移動する場合は、有限遠距離チャート４０１及びこれに固定された光学装置３０１を上方や左右に移動させてもよい。有限遠距離チャート４０１と光学装置３０１は図８に示す配置の場合、光学装置３０１の最下点が車両の最高点より高い位置に配置されている場合は有限遠距離チャート４０１のみ移動してもよい。
【００６４】
以上のように、本実施例の補正装置は、複数の距離のチャートを省スペースで安価に提供することができ、また、車両１０１の設置精度を緩和しながらも高精度にステレオカメラ２００の補正を行うことができる。
【実施例２】
【００６５】
実施例１では２つのチャートを同時に撮影する場合の補正装置及び補正方法を示したが、無限遠距離チャート３０４と有限遠距離チャート４０１を独立に撮影してもよい。
【００６６】
本実施例では、無限遠距離チャート３０４と有限遠距離チャート４０１を順に撮影する例を説明する。図１２は、本実施例のステレオカメラ２００の補正装置の構成図の一例である。
【００６７】
補正装置の構成要素は前記実施例１の図８と同じであるので省略する。光学装置３０１は有限遠距離チャート４０１の背面で車両１０１の全高より高い位置に固定されている。また有限遠距離チャート４０１は上方に移動できる機構を有している。
【００６８】
補正装置を用いたステレオカメラ２００の補正の手順を図１３のフローチャートに示す。車両１０１を停止（６０１）させた後、ステレオカメラ２００で有限遠距離チャート４０１を撮影する（６０２ｂ）。この際、有限遠距離チャート４０１は、図１２に示す位置に配置されており、ステレオカメラ２００に撮影されるのは有限遠距離チャート４０１のみで無限遠距離チャート３０４は映らない。
【００６９】
撮影（６０２ｂ）終了後、有限遠距離チャート４０１を上方に移動し、無限遠距離チャート３０４を遮らない位置に配置する（６０７）。ステレオカメラ２００は、無限遠距離チャート３０４を撮影する。ステップ６０３～６０６は、前記実施例１と同様なので省略する。
【００７０】
以上のように有限遠距離チャート４０１と光学装置３０１の無限遠距離チャート３０４を配置し、順にステレオカメラ２００が撮影を行うことで、互いのチャートを遮ること無く撮影でき、チャート全域で補正を可能にすることができる。

【００７１】
　また、光学装置３０１にも上下方向へ移動可能な機構を設けることで、図１４のように光学装置３０１をステレオカメラ２００の光軸Ｃの高さに配置することができる。
【００７２】
　この場合の補正の手順を図１５のフローチャートに示す。車両停止（６０１）の後、ステレオカメラ２００で有限遠距離チャート４０１を撮影する（６０２ｂ）。この際、有限遠距離チャート４０１及び光学装置３０１は図１４に示す位置に配置されており撮影されるのは有限遠距離チャート４０１のみで無限遠距離チャート３０４は映らない。
【００７３】
　撮影（６０２ｂ）終了後、有限遠距離チャート４０１を上方（又は車幅方向）に移動し、無限遠距離チャート３０４を遮らない位置に配置する（６０７）。ステレオカメラ２００で無限遠距離チャート３０４を撮影（６０２ａ）する。撮影（６０２ａ）終了後、光学装置３０１を上方に移動する（６０８）。ステップ６０３～６０６は、前記実施例１と同様であるので省略する。ここで光学装置３０１の移動（６０８）は車両１０１の移動の妨げにならなければよいのでデータ書き換え（６０６）の後に実施してもよい。
【００７４】
　また、光学装置３０１は有限遠距離チャート４０１の前面に配置してもよい。光学装置３０１はステレオカメラ２００の近くに配置するほど設置角の要求が緩和されるので都合がよい。
【実施例３】
【００７５】
　前述の実施例１及び実施例２では、有限遠距離チャート４０１を有限距離に配置した２次元平面チャートとしているが、有限遠距離チャート４０１を無限遠距離チャート３０４と同様に無限距離の虚像としてもよい。
【００７６】
　この構成では、無限遠距離チャート３０４あるいは有限遠距離チャート４０１のいずれか一方の像位置から左右のカメラ画像の相対的な並進ズレを補正しつつ、無限遠距離チャート３０４と有限遠距離チャート４０１の双方を用いて両カメラ画像の相対的な回転ズレを補正することができる。
【００７７】
　本実施例では、有限遠距離チャート４０１を無限距離の虚像とした場合の例を説明する。図１６は本実施例のステレオカメラ２００の補正装置の構成図の一例である。構成要素は図８と同じであるが、光学装置４０１Ａは前記光学装置３０１と同じ構成となっており、無限遠距離にある十字模様の無限遠距離チャート４０１Ｂの虚像を照射する。
【００７８】
　また、光学装置３０１及び光学装置４０１Ａは、いずれも天井等に固定され、車両１０１の全高より高い位置に配置されている。
【００７９】
　図１８は左右のカメラ２０１で無限遠距離チャート３０４及び無限遠距離チャート４０１Ｂを撮影した画像を模式的に示したものである。上側に右画像、下側に左画像を示す。左右の画像には夫々無限遠距離チャート３０４及び無限遠距離チャート４０１Ｂと各々を生成する光学装置３０１及び光学装置４０１Ａがそれぞれ別の位置に結像している。
【００８０】
　両者の像はより離れていたほうが回転ズレを高精度に補正するために都合がよい。また、無限遠距離チャート３０４及び無限遠距離チャート４０１Ｂは夫々無限距離に見えるので、左右像の相対位置は等しく、一方光学装置３０１及び光学装置４０１Ａは夫々有限距離に見えるので、左右像の相対位置は視差分だけズレて見えている。
【００８１】
　補正の手順を図１７のフローチャートに示す。車両１０１の停止（６０１）の後、ステレオカメラ２００で無限遠距離チャート３０４、４０１Ｂを撮影する（６０２）。左右の

カメラ２０１は無限遠距離チャート３０４と無限遠距離チャート４０１Ｂを同時に撮影する。

【００８２】

撮影（６０２）が終了後、撮影した左右画像を図１０の前記補正パラメータ用メモリ２０５の情報を用いて前記画像処理部２０３にて各々の幾何変換画像を生成する（６０３）。

【００８３】

画像処理部２０３では、幾何変換後の左右画像の無限遠距離チャート３０４と無限遠距離チャート４０１Ｂを用いて左右画像の相対的な回転ズレを補正する（６０４）。画像処理部２０３は、幾何変換後の左右画像の無限遠距離チャート３０４あるいは無限遠距離チャート４０１Ｂを用いて左右の画像の相対的な並進ズレを補正する（６０５）。無限遠距離チャート４０１Ｂは、図１０に示した補正パラメータ用メモリ２０５のデータを上記ステップ６０３、６０４で得た補正量を考慮して書き換える（６０６）。

【００８４】

以上のように無限遠距離チャート３０４、４０１Ｂを照射する光学装置３０１、４０１Ａを２台配置してステレオカメラ２００の撮影を行うことで、左右の画像の相対的な並進及び回転を補正することができる。

【００８５】

＜結び＞

以上のように、上記実施例１～３の補正装置は、以下のような構成とすることができる。

【００８６】

（１）車両（１０１）に搭載したステレオカメラ（２００）の補正方法であって、所定の模様を有する第１のチャート（有限遠距離チャート４０１）と、口径が前記ステレオカメラ（２００）の基線長（Ｌ）以上の鏡面（凹面鏡３０６）を有する第１の光学装置（３０１）が前記第１のチャートの虚像を生成し、前記ステレオカメラ（２００）は、複数のカメラ（２０１）で前記虚像を撮影した画像を用いて、前記カメラ（２０１）の画像の相対位置に相当するパラメータを補正する。

【００８７】

上記構成により、有限遠距離チャート４０１と無限遠距離チャート３０４を省スペースで安価に提供することができ、また、車両１０１の設置精度を緩和しつつ高精度にステレオカメラの補正を行うことができる。

【００８８】

（２）上記（１）に記載のステレオカメラ（２００）の補正方法であって、前記第１の光学装置（３０１）は、前記虚像を略無限遠距離に生成する。

【００８９】

上記構成により、画像の相対位置（並進ズレ）を補正することができる。

【００９０】

（３）上記（１）に記載のステレオカメラ（２００）の補正方法であって、前記第１の光学装置は、反射式望遠鏡あるいは反射屈折望遠鏡のいずれかで構成され、当該第１の光学装置の接眼部にフィルム式カメラを装着し、前記フィルム式カメラのフィルムガイドレールに前記第１のチャートを配置する。

【００９１】

上記構成により、光学装置３０１を安価に提供することができる。

【００９２】

（４）上記（１）乃至（３）のいずれひとつに記載のステレオカメラ（２００）の補正方法であって、前記第１の光学装置（３０１）で生成した前記虚像の距離と異なる距離に配置した第２のチャート（有限遠距離チャート４０１）を、前記ステレオカメラ（２００）が有する複数のカメラ（２０１）で撮影して前記第２のチャート（４０１）の画像を用いて、前記カメラ（２０１）の画像の回転に相当するパラメータを補正する。

【００９３】

上記構成により、有限遠距離チャート４０１の画像からカメラの回転方向の補正を行う

ことができる。
【００９４】
（５）上記（４）に記載のステレオカメラ（２００）の補正方法であって、前記第２のチャートは、前記第１の光学装置（３０１）の筐体が貫通する貫通孔を有する。
【００９５】
上記構成により、貫通孔４１１の大きさはステレオカメラ２００の設置誤差、すなわち車両１０１の停止位置の精度によって決まる。貫通孔４１１の直径の大きさに応じて、車両１０１の設置精度を緩和しつつ高精度にステレオカメラ２００の補正を行うことができる。
【００９６】
（６）上記（４）に記載のステレオカメラ（２００）の補正方法であって、前記第２のチャートは、前記ステレオカメラ（２００）の基線長だけ離れた２点で前記虚像を透過させる貫通孔（４１１）を有する。
【００９７】
上記構成により、貫通孔４１１の大きさはステレオカメラ２００の設置誤差、すなわち車両１０１の停止位置の精度によって決まる。貫通孔４１１の直径の大きさに応じて、車両１０１の設置精度を緩和しつつ高精度にステレオカメラ２００の補正を行うことができる。また、光学装置３０１を有限遠距離チャート４０１の背面に設置して、無限遠距離チャート３０４の虚像を貫通孔４１１から透過させてステレオカメラ２００で撮影することができ、補正装置をコンパクトに構成することができる。
【００９８】
（７）上記（４）に記載のステレオカメラ（２００）の補正方法であって、前記第１の光学装置（３０１）又は前記第２のチャート（４０１）の少なくともいずれか一方は、移動可能であり、前記ステレオカメラ（２００）が前記第１のチャート（３０４）及び第２のチャート（４０１）を撮影する際に、前記第１の光学装置（３０１）又は前記第２のチャート（４０１）の一方が他方を遮らない位置に移動させる。
【００９９】
上記構成により、補正装置をコンパクトに構成しながら、光学装置３０１からの虚像と、有限遠距離チャート４０１を交互に撮影して、ステレオカメラ２００の補正を行うことができる。
【０１００】
（８）上記（２）又は（３）に記載のステレオカメラ（２００）の補正方法であって、前記第１の光学装置（３０１）とは異なる位置で、所定の模様を有する第３のチャート（４０１Ｂ）を有して、口径が前記ステレオカメラ（２００）の基線長（Ｌ）以上の鏡面（３０６）を有する第２の光学装置（４０１Ａ）が前記第３のチャート（４０１Ｂ）の虚像を生成し、前記ステレオカメラ（２００）が有する複数のカメラ（２０１）で前記第３のチャート（４０１Ｂ）の虚像を撮影して、前記第１のチャート（３０４）の画像と前記第３のチャート（４０１Ｂ）の画像を用いて、前記カメラ（２０１）の画像の回転及び並進に相当するパラメータを補正する。
【０１０１】
上記構成により、無限遠距離チャート３０４、４０１Ｂを照射する光学装置３０１、４０１１Ａを２台配置してステレオカメラ２００の撮影を行うことで、左右の画像の相対的な並進及び回転を補正することができる。
【０１０２】
（９）上記（４）に記載のステレオカメラ（２００）の補正方法であって、前記第１の光学装置（３０１）は、前記ステレオカメラ（２００）の光軸あるいは消失点あるいは前記車両（１０１）の最も高い位置を示す車高の少なくともいずれかひとつよりも上方に配置する。
【０１０３】
上記構成により、ステレオカメラ２００の画像で消失点から下側は路面や、前方の物体

が映る範囲であり物体認識には重要なエリアで、消失点の上側は信号や標識や空といった精度を必要としない物体が多く存在するエリアである。従って、無限遠距離チャート３０４を、消失点より上方に映るように配置することが望ましい。一方、ステレオカメラ２００は、遠方物体の認識性能を確保するために解像度が高いレンズの光軸付近を消失点と一致するように配置することができる。

【０１０４】

（１０）上記（４）に記載のステレオカメラ（２００）の補正方法であって、前記第１のチャート（３０４）又は前記第２のチャート（４０１）の少なくとも一方は、他方との境界に前記第１のチャートの色彩及び前記第２のチャートの色彩とは異なる色彩を付与する。

【０１０５】

上記構成により、無限遠距離チャート３０４と有限遠距離チャート４０１の境界を明確にして画像処理を容易にすることがでできる。

【０１０６】

なお、本発明は上記した実施例に限定されるものではなく、様々な変形例が含まれる。例えば、上記した実施例は本発明を分かりやすく説明するために詳細に記載したものであり、必ずしも説明した全ての構成を備えるものに限定されるものではない。また、ある実施例の構成の一部を他の実施例の構成に置き換えることが可能であり、また、ある実施例の構成に他の実施例の構成を加えることも可能である。また、各実施例の構成の一部について、他の構成の追加、削除、又は置換のいずれもが、単独で、又は組み合わせても適用可能である。

【０１０７】

また、上記の各構成、機能、処理部、及び処理手段等は、それらの一部又は全部を、例えば集積回路で設計する等によりハードウェアで実現してもよい。また、上記の各構成、及び機能等は、プロセッサがそれぞれの機能を実現するプログラムを解釈し、実行することによりソフトウェアで実現してもよい。各機能を実現するプログラム、テーブル、ファイル等の情報は、メモリや、ハードディスク、ＳＳＤ（Ｓｏｌｉｄ Ｓｔａｔｅ Ｄｒｉｖｅ）等の記録装置、又は、ＩＣカード、ＳＤカード、ＤＶＤ等の記録媒体に置くことができる。

【０１０８】

また、制御線や情報線は説明上必要と考えられるものを示しており、製品上必ずしも全ての制御線や情報線を示しているとは限らない。実際には殆ど全ての構成が相互に接続されていると考えてもよい。

【０１０９】

＜補足＞

特許請求の範囲に記載した以外の本発明の観点の代表的なものとして、次のものがあげられる。

【０１１０】

＜２１＞

車両に搭載されるステレオカメラの補正装置であって、

【０１１１】

所定の模様を有する第１のチャートと、口径が前記ステレオカメラの基線長以上の鏡面とを有して前記第１のチャートの虚像を生成する第１の光学装置を有することを特徴とするステレオカメラの補正装置。

【０１１２】

＜２２＞

上記＜２１＞に記載のステレオカメラの補正装置であって、

【０１１３】

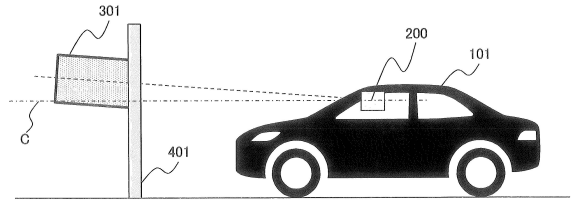
前記第１の光学装置は、前記虚像を略無限遠距離に生成することを特徴とするステレオカメラの補正装置。

【０１１４】
＜２３＞
上記＜２１＞に記載のステレオカメラの補正装置であって、
【０１１５】
前記第１の光学装置は、反射式望遠鏡あるいは反射屈折望遠鏡のいずれかで構成され、当該第１の光学装置の接眼部にフィルム式カメラを装着し、前記フィルム式カメラのフィルムガイドレールに前記第１のチャートを配置することを特徴とするステレオカメラの補正装置。
【０１１６】
＜２４＞
上記＜２１＞乃至＜２３＞のいずれひとつに記載のステレオカメラの補正装置であって、
【０１１７】
前記第１の光学装置で生成した前記虚像の距離と異なる距離に配置した第２のチャートを、さらに有することを特徴とするステレオカメラの補正装置。
【０１１８】
＜２５＞
上記＜２４＞に記載のステレオカメラの補正装置であって、
【０１１９】
前記第２のチャートは、前記第１の光学装置の筐体が貫通する貫通孔を有することを特徴とするステレオカメラの補正装置。
【０１２０】
＜２６＞
上記＜２４＞に記載のステレオカメラの補正装置であって、
【０１２１】
前記第２のチャートは、前記ステレオカメラの基線長だけ離れた２点で前記虚像を透過させる貫通孔を有することを特徴とするステレオカメラの補正装置。
【０１２２】
＜２７＞
上記＜２４＞に記載のステレオカメラの補正装置であって、
【０１２３】
前記第１の光学装置又は前記第２のチャートの少なくともいずれか一方は、移動可能であり、前記ステレオカメラが前記第１のチャート及び第２のチャートを撮影する際に、前記第１の光学装置又は前記第２のチャートの一方が他方を遮らない位置に移動させることを特徴とするステレオカメラの補正装置。
【０１２４】
＜２８＞
上記＜２２＞又は＜２３＞に記載のステレオカメラの補正装置であって、
【０１２５】
前記第１の光学装置とは異なる位置で、所定の模様を有する第３のチャートと、口径が前記ステレオカメラの基線長以上の鏡面とを含んで、前記第３のチャートの虚像を生成する第２の光学装置をさらに有することを特徴とするステレオカメラの補正装置。
【０１２６】
＜２９＞
上記＜２４＞に記載のステレオカメラの補正装置であって、
【０１２７】
前記第１の光学装置は、前記ステレオカメラの光軸あるいは消失点あるいは前記車両の最も高い位置を示す車高の少なくともいずれかひとつよりも上方に配置することを特徴とするステレオカメラの補正装置。
【０１２８】
＜３０＞

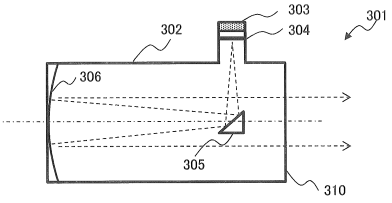
上記＜２４＞に記載のステレオカメラの補正装置であって、
【０１２９】
前記第１のチャート又は前記第２のチャートの少なくとも一方は、他方との境界に前記第１のチャートの色彩及び前記第２のチャートの色彩
【０１３０】
とは異なる色彩を付与したことを特徴とするステレオカメラの補正装置。
【符号の説明】
【０１３１】
１０１　車両
２００　ステレオカメラ
３０１　光学装置
３０２　筐体
３０３　光源
３０４　無限遠距離チャート
３０５　平面鏡
３０６　凹面鏡
４０１　有限遠距離チャート
４０１Ａ　光学装置
４０１Ｂ　無限遠距離チャート

【図面】

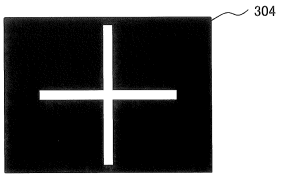
【図１】



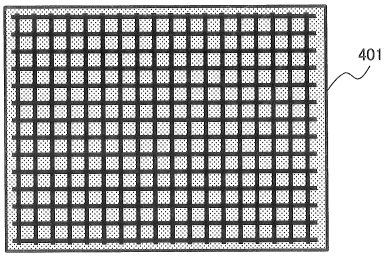
【図２】



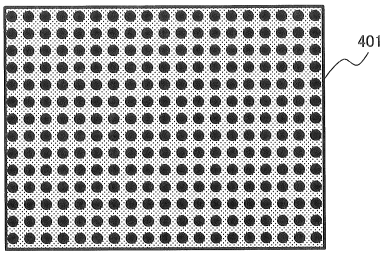
【図３】



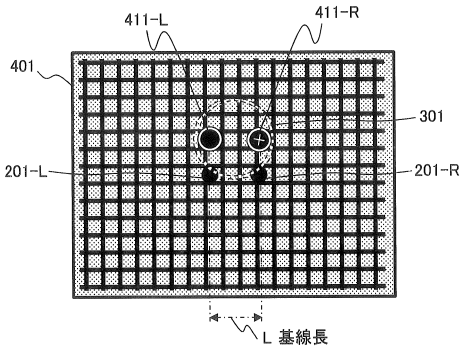
【図４】



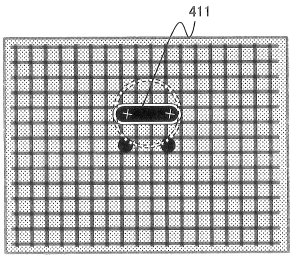
【図５】



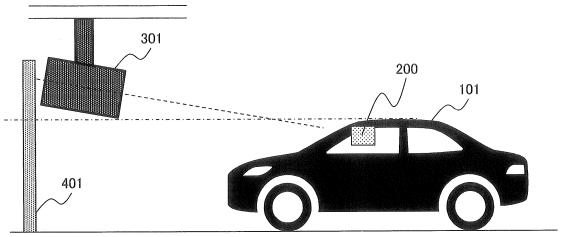
【図６】



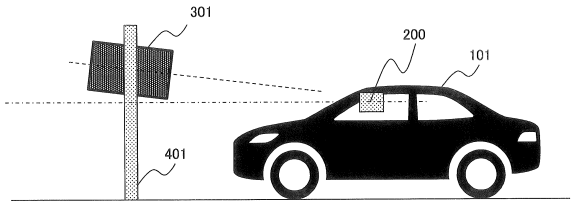
【図７】



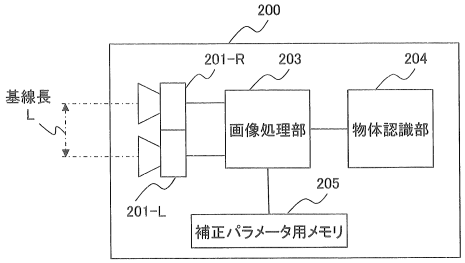
【図８】



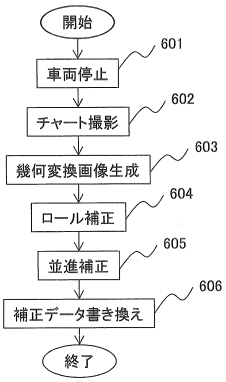
【図９】



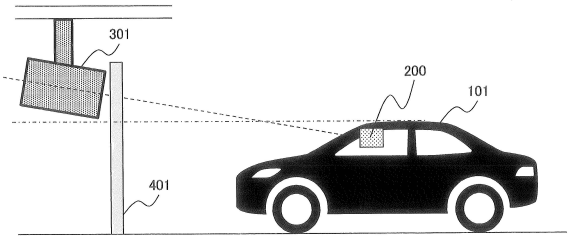
【図１０】



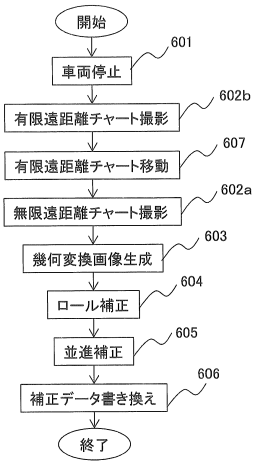
【図１１】



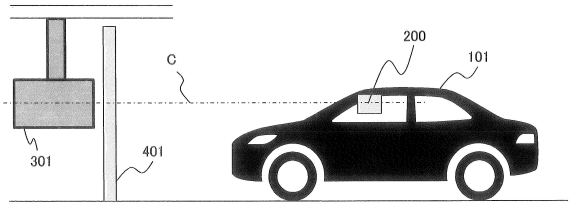
【図１２】



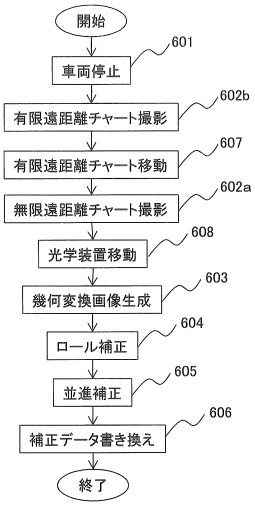
【図１３】



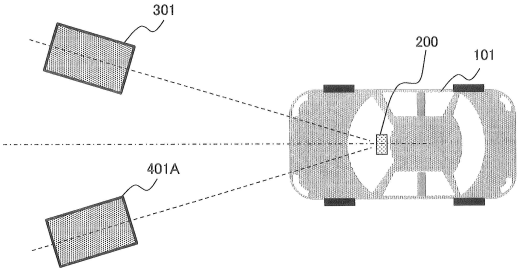
【図１４】



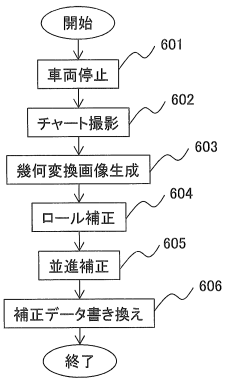
【図１５】



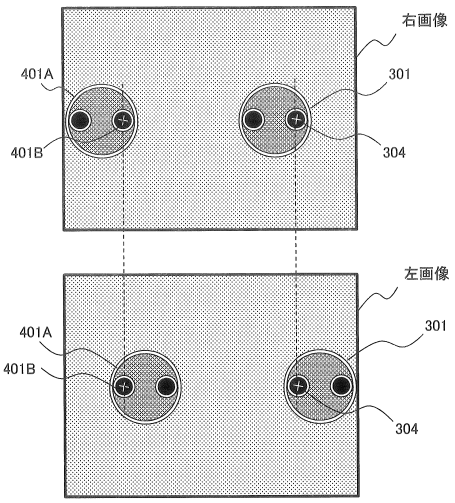
【図１６】



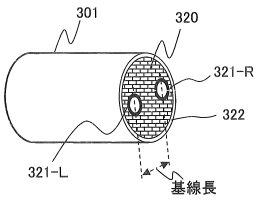
【図１７】


開始
601
車両停止
602
チャート撮影
603
幾何変換画像生成
604
ロール補正
605
並進補正
606
補正データ書き換え
終了

【図１８】


右画像
401A
301
401B
304
左画像
401A
301
401B
304

【図１９】


301
320
321-R
322
321-L
基線長

フロントページの続き

(56)参考文献　特開２０１３－２５０９０７（ＪＰ，Ａ）
特開２０１９－０７４５３５（ＪＰ，Ａ）
特開２００４－１９１３５４（ＪＰ，Ａ）
特開２０１９－０７８９４１（ＪＰ，Ａ）

(58)調査した分野　(Int.Cl.，ＤＢ名)
Ｇ０１Ｃ　３／００－ ３／０６
Ｇ０３Ｂ　１５／００
Ｇ０３Ｂ　３５／０８
Ｇ０３Ｂ　４３／００