【公報種別】特許法第１７条の２の規定による補正の掲載
【部門区分】第７部門第３区分
【発行日】令和7年2月13日(2025.2.13)

【国際公開番号】WO2023/234360
【出願番号】特願2024-524918(P2024-524918)
【国際特許分類】
H04N 23/695(2023.01)
H04N 23/68(2023.01)
G03B 15/00(2021.01)
G03B 5/00(2021.01)
G03B 17/17(2021.01)
【FI】
H04N 23/695
H04N 23/68
G03B 15/00 V
G03B 15/00 T
G03B 5/00 J
G03B 17/17

【手続補正書】
【提出日】令和6年11月29日(2024.11.29)
【手続補正１】
【補正対象書類名】明細書
【補正対象項目名】全文
【補正方法】変更
【補正の内容】
【発明の詳細な説明】
【技術分野】
【０００１】
本開示は、移動体に固定され、移動体の移動中に撮像する撮像システム、及び、それを備えた移動体に関する。
【背景技術】
【０００２】
交通インフラの老朽化に伴い、インフラ点検の需要が高まっている。人の目視による点検に代わって、移動体で移動しながらインフラ設備を撮像し、撮像した画像を画像処理によって欠陥箇所を検出することで、検査効率が格段に向上する。
【０００３】
例えば、特許文献１は、車両に設置されたカメラにより、移動しながら対象領域の画像を撮像している。また、車両の走行速度が速い場合カメラ移動によるぶれが発生するが、特許文献１では、これに対して、サッカードミラーの技術を用いて移動によるぶれを補正している。撮像対象に光を照射して、撮像対象で反射した光を既定の露光時間の間回動するミラーに反射させてカメラに入射させることで、ぶれを低減している。
【先行技術文献】
【特許文献】
【０００４】
【特許文献１】国際公開第２０１５／０６０１８１号
【発明の概要】
【発明が解決しようとする課題】
【０００５】

しかしながら、高解像度の画像を撮像する場合、焦点距離の長いレンズを用いることになり、画角が小さくなるので撮像範囲が狭くなる。そして、車両自体が姿勢を変動すると、撮像した画像の重なり領域が離れてしまい、連続した画像を撮像できない場合がある。

【０００６】

本開示は、撮像範囲を拡大することが可能で撮像した画像の連続性を確保した撮像システム及びそれを備えた移動体を提供する。

【課題を解決するための手段】

【０００７】

本開示の撮像システムは、移動体の移動速度を検出する速度検出装置と、移動体に配置され、光軸がそれぞれ異なる第１撮像位置及び第２撮像位置において撮像する撮像装置と、移動体の姿勢変化量を検出する姿勢検出装置と、移動体が第１方向に移動中において、第１撮像位置において撮像装置が撮像する際の第１光軸の状態から、第２撮像位置において撮像する際の、第１方向と交差する第２方向に変位した第２光軸の状態へと撮像装置の光軸を変更させる光軸変更機構と、姿勢変化量を基に、光軸変更機構が撮像装置の光軸を変更させる光軸変更量を設定する制御装置と、を備え、光軸変更機構は、設定された光軸変更量に基づいて撮像装置の光軸を変更させる。

【０００８】

また、本開示の移動体は、上述した撮像システムを備える。

【発明の効果】

【０００９】

本開示の撮像システム、及びそれを備えた移動体によれば、撮像範囲を拡大することが可能で撮像した画像の連続性を確保した撮像システム及びそれを備えた移動体を提供することができる。

【図面の簡単な説明】

【００１０】

【図１】実施形態１における撮像システムを備える車両を説明するための側面図
【図２】実施形態１における撮像システムを備える車両を説明するための正面図
【図３】実施形態１における撮像システムの内部構成を示すブロック図
【図４】実施形態１の２つの光軸の状態におけるそれぞれの撮像装置の状態を説明する説明図
【図５】第１撮像モードでの撮像画像を示す説明図
【図６】第２撮像モードでの撮像画像を示す説明図
【図７】２つの光軸の状態の撮像装置による撮像拡大範囲を説明する説明図
【図８】実施形態１における撮像処理を示すフローチャート
【図９】実施形態１における移動速度の変化と露光時間のタイミングと光軸変更との関係を示すグラフ
【図１０】実施形態２における撮像システムを備える車両を説明するための図
【図１１】実施形態２の２つの光軸の状態におけるそれぞれの撮像装置の状態を説明する説明図
【図１２】実施形態２における撮像システムの内部構成を示すブロック図
【図１３】撮像システムのぶれ補正を説明する説明図
【図１４】実施形態２における撮像処理を示すフローチャート
【図１５】実施形態２における移動速度の変化と露光時間のタイミングと光軸変更との関係を示すグラフ
【図１６】実施形態３における撮像システムの内部構成を示すブロック図
【図１７】実施形態３における撮像処理を示すフローチャート
【図１８】実施形態４における撮像システムの内部構成を示すブロック図
【図１９】実施形態４における撮像システムの内部構成を示すブロック図

【発明を実施するための形態】

【００１１】

（実施形態１）

以下、実施形態１について、図面を参照しながら説明する。実施形態１では、移動体が自動車などの車両３であり、撮像システム１が車両３の上部に取り付けられている場合を例にして説明する。実施形態１の撮像システム１は、一例として道路横に立てられた壁５を撮像するために配置されている。壁５は、例えば、防音壁やトンネルの壁である。

【００１２】

［１－１．撮像システムの構成］

図１～図３を参照する。図１及び図２は、撮像システム１を説明するための図である。図３は、撮像システム１の内部構成を示すブロック図である。図１及び図２において、車両３は、例えば、道路４上を走行している。道路４の側方に立てられた壁５には、例えば、穴５ｂやひび割れ５ｃが発生している。これらの穴５ｂやひび割れ５ｃは、撮像した画像から画像処理により検出することができる。

【００１３】

撮像システム１の撮像対象は、車両３の周囲の構造物の少なくとも一部であり、車両３が移動することにより、車両３の移動速度に応じて相対的に移動する対象である。撮像対象領域９は、この撮像対象において画像として取得する領域である。なお、壁５の他にも、道路や、跨道橋の側面や底面、電柱、電線を撮像対象としてもよい。これにより、取得した画像から画像処理により撮像対象の穴、ひび割れ、浮き、剥離、継ぎ目、電柱の傾き、及び電線のたわみを検出することができる。

【００１４】

車両３の上面に撮像システム１が設置されている。撮像システム１は、図１において車両３の側方の壁５の画像を撮像するように固定されている。

【００１５】

撮像システム１は、速度検出装置３ａと、撮像装置１１と、光軸変更機構１２と、制御装置１５と、姿勢検出装置３３とを備える。撮像装置１１は車両３の周囲の画像を撮像し、実施形態１では壁５の壁面５ａを撮像する。撮像装置１１は、カメラ本体２１と、レンズ２３と、シャッター２４と、撮像素子２５と、カメラ制御部２７と、を備える。

【００１６】

速度検出装置３ａは車両３に配置され、車両３の移動速度を検出する。これにより、車両３が移動中であることも検出することができる。実施形態１において、速度検出装置３ａは、車両３の車軸の一定の回転量（回転角度）ごとにパルス信号のＯＮ／ＯＦＦが切り替わる車速パルス信号に基づいて移動速度を検出する。速度検出装置３ａは検出した移動速度とともに車速パルス信号を制御装置１５へ送る。速度検出装置３ａは、このような形態以外にも例えば、車両３の車軸の回転速度から移動速度を検出する車速センサであってもよい。移動速度の検出は車速パルス信号に基づいて制御装置１５が行ってもよい。

【００１７】

カメラ本体２１は、レンズ２３が交換可能に取り付けられ、撮像素子２５と、カメラ制御部２７とを収容する。レンズ２３の焦点距離Ｆの位置に撮像素子２５が配置されている。レンズ２３の向きは、直接、被写体である壁５に向けられている。カメラ本体２１とレンズ２３は一体型でもよい。撮像素子２５は、受光した光を強度に応じて電気信号に変換し、例えば、ＣＣＤイメージセンサ、ＣＭＯＳイメージセンサ、または、赤外線イメージセンサ等の固体撮像素子である。

【００１８】

カメラ制御部２７は、制御装置１５から露光指示の信号を受信している間、シャッター２４を開ける。シャッター２４は、複数の羽根絞りが開閉する構成でもよいし、電子式シャッターでもよい。カメラ本体２１は、ベース６１に支持される。ベース６１は車両３の進行方向を回動軸として回動可能に車両３の上面に支持される。制御装置１５は速度検出装置３ａから受信した車速パルス信号をもとに露光指示の信号を生成してカメラ制御部２７に送信してもよい。

【００１９】

光軸変更機構１２は、車両３が＋Ｘ軸方向である第１方向に移動中において撮像装置１１が撮像する際に、撮像装置１１のレンズ２３において、１枚目の撮像の際に壁へ垂直に向かう第１光軸２３ａｂの状態から、２枚目の撮像の際に第１方向と交差する＋Ｚ軸方向である第２方向に傾斜した第２光軸２３ａｃ（図４参照）の状態へとレンズ２３の光軸２３ａを変更させる。光軸変更機構１２は、車両３のロール方向と同じ方向にレンズ２３の光軸２３ａを変更することが可能である。光軸変更機構１２は、ベース６１と回動駆動部６３とを備える。

【００２０】

ベース６１は、カメラ本体２１を支持する。なお、撮像装置１１は、カメラ本体２１とレンズ２３と光軸変更機構１２とが一体となった構成でもよい。

【００２１】

回動駆動部６３は、制御装置１５からの回動指示に基づいてベース６１を回動駆動する。回動駆動部６３は、例えば、モータとギアで構成される。ベース６１の回動に伴って、カメラ本体２１も共に回動する。なお、光軸変更機構１２は、例えば、回転ステージを備えて、回転ステージによって撮像装置１１を回動させてもよい。

【００２２】

図４を参照する。図４は２種類の光軸のそれぞれの状態の撮像装置１１を説明する説明図であり、図４（ａ）は、レンズ２３が第１光軸２３ａｂの状態である第１撮像状態Ｃ１の撮像装置１１を示す説明図であり、図４（ｂ）は、レンズ２３が第２光軸２３ａｃの状態である第２撮像状態Ｃ２の撮像装置１１を示す説明図である。回動駆動部６３の駆動により、撮像装置１１は、図４（ａ）に示す第１撮像状態Ｃ１と、図４（ｂ）に示す第２撮像状態Ｃ２とに変位可能である。光軸変更機構１２は、例えば、レンズ２３の主点２３ｂを回動中心として、撮像装置１１を回動させる。これにより、図５に示す様に、２枚目の撮像時に第１方向と交差する＋Ｚ方向である第２方向に撮像装置１１の撮像範囲を拡大することができる。

【００２３】

例えば、撮像装置１１が第１撮像状態Ｃ１のときに１枚目の画像Ｉｍ１（図５参照）を撮像し、画像Ｉｍ１の撮像が終了した後に、撮像装置１１が第２撮像状態Ｃ２に変動して画像Ｉｍ２を撮像する。画像Ｉｍ２の撮像が終了した後に、レンズ２３の光軸２３ａを第１光軸２３ａｂの状態へ－Ｚ軸方向である第３方向に傾斜させることで撮像装置１１が第１撮像状態Ｃ１に変動して画像Ｉｍ３を撮像する。このように、撮像装置１１が第１撮像状態Ｃ１と第２撮像状態Ｃ２とに交互に変動しながら壁５を撮像することで、４枚目の画像Ｉｍ４、５枚目の画像Ｉｍ５、６枚目の画像Ｉｍ６と撮像することで壁５をより広範囲に撮像することができる。このように撮像装置１１を変動して撮像するモードを第１撮像モードとする。

【００２４】

第１撮像モードにおいて、３枚目に撮像した画像Ｉｍ３における移動方向と反対側の端部領域Ｉｍ３ａは、１枚目に撮像した画像Ｉｍ１における移動方向の端部領域Ｉｍ１ａと重なるように撮像される。また、１枚目に撮像した画像Ｉｍ１における第２方向（＋Ｚ軸方向）の端部領域Ｉｍ１ｂと、２枚目に撮像した画像Ｉｍ２の第３方向（－Ｚ軸方向）の端部領域Ｉｍ２ｂとが重なるように撮像される。第３方向は第２方向と逆方向である。また、２枚目に撮像した画像Ｉｍ２の第３方向（－Ｚ軸方向）の端部領域Ｉｍ２ｂと、３枚目に撮像した画像Ｉｍ３における第２方向（＋Ｚ軸方向）の端部領域Ｉｍ３ｂと、が重なるように撮像される。このように、１枚目に撮像した画像Ｉｍ１と２枚目に撮像した画像Ｉｍ２とが共通の撮像領域を有し、さらに、１枚目に撮像した画像Ｉｍ１、２枚目に撮像した画像Ｉｍ２、３枚目に撮像した画像Ｉｍ３において、それぞれ共通の撮像領域を有する。同様に、画像Ｉｍ４、Ｉｍ５、Ｉｍ６を順次撮像することで、それぞれ隣接する画像において重なる撮像領域を有することができる。また、隣接する画像において、それぞれ、隙間無く壁５を撮像してもよい。どちらにしても、画像間の撮像漏れを防止することができる。

【００２５】
また、撮像システム１は、撮像装置１１を変動することなく、第１撮像状態Ｃ１を維持しながら画像Ｉｍ１からＩｍ６まで撮像する第２撮像モードを有してもよい。この場合、図６に示す様に、一列状に連続して撮像画像を取得することができる。なお、図６ではわかりやすくするために画像Ｉｍ１～Ｉｍ６のＺ軸方向の幅が異なるが、実際の幅はどれも同じである。また、第２撮像モードにおいて、例えば、画像Ｉｍ２の撮像領域は、画像Ｉｍ１と画像Ｉｍ３の撮像領域に全て含まれるので、画像Ｉｍ２を撮像しなくてもよい。つまり、画像Ｉｍ１、Ｉｍ３、Ｉｍ５と１枚飛ばしに撮影してもよい。
【００２６】
図７を参照して、第１撮像モードにおける、撮像範囲の拡大量について説明する。図７は、撮像範囲の拡大量を説明する説明図であり、図７（ａ）は、光軸変更前（Φ＝０°）の状態を示す説明図であり、図７（ｂ）は、光軸変更後（Φ＝５°）の状態を示す説明図である。
【００２７】
レンズ２３の主点のＺ軸方向の延長線ＬＥ１（撮像面の延長線）と撮像対象面９ａのＺ軸方向の延長線ＬＥ２間の距離について説明する。実施形態１において撮像対象面９ａは、壁５の壁面である。
【００２８】
縦方向の撮像素子２５のサイズが７．０３［ｍｍ］、レンズ２３の焦点距離Ｆが３５［ｍｍ］、撮像装置１１の光軸が初期位置（光軸変更角Φ＝０）のときにおける壁５までの距離である第１被写体距離Ｄ１が１．７［ｍ］とすると、画角ａが１１．４７［ｄｅｇ］であり、縦方向撮影範囲Ｗ１（＝２×ＷＬ１）が０．３４［ｍ］になる。縦方向撮影範囲Ｗ１は、下記の（１）式により算出される。
Ｗ１＝２×ＷＬ１＝２×Ｄ１×ｔａｎ（ａ／２）・・・（１）式
【００２９】
拡大量ＷＬ２は、光軸変更角Φを用いて下記の（２）式により算出される。光軸変更角Φは、第１光軸２３ａｂから光軸変更により回動された角度である。
ＷＬ２＝Ｄ１×ｔａｎ｛（Φ＋（ａ／２）｝－Ｄ１×ｔａｎ（ａ／２）・・・（２）式
光軸変更角Φが５［ｄｅｇ］の場合、拡大量ＷＬ２が０．１５［ｍ］となり、撮像範囲が縦方向に約４４％拡大される。
【００３０】
ここで、光軸変更角Φ≦画角ａである。これにより、第１光軸２３ａｂの状態で撮像した画像と第２光軸２３ａｃの状態で撮像した画像とを隙間無く連続させるか、互いに重なり領域を有することができる。なお、撮像画像の撮像範囲拡大のための第１光軸変更に用いられる光軸変更角をΦ１とする。第１光軸変更角Φ１は、ユーザによる操作部１９から指定される予め定められた角度でもよいし、撮像対象領域までの距離と撮像装置１１の画角ａによって制御装置１５が決定してもよい。
【００３１】
図３を参照する。姿勢検出装置３３は、車両３の基準となる姿勢に対する撮像範囲の拡大方向の姿勢変化量を検出する。姿勢検出装置３３は、例えば、ジャイロセンサや加速度センサである。検出された姿勢変化量は制御装置１５へ出力される。実施形態１において、姿勢検出装置３３は、少なくとも水平に対する車両３のロール方向の姿勢変化量γを検出する。姿勢検出装置３３は、ロール方向以外にも、ヨー方向やピッチ方向の姿勢変化量を検出してもよい。
【００３２】
制御装置１５は、撮像装置１１の露光時間と光軸変更機構１２の駆動を制御し、１枚目の撮像タイミングと２枚目の撮像タイミングとの間で、光軸変更機構１２を動作させる。また、制御装置１５は、検出された姿勢変化量を基に、光軸変更機構１２が撮像装置１１の光軸を変更させる光軸変更量を設定する。
【００３３】

制御装置１５は、半導体素子などで実現可能な回路である。制御装置１５は、例えば、マイコン、ＣＰＵ、ＭＰＵ、ＧＰＵ、ＤＳＰ、ＦＰＧＡ、またはＡＳＩＣで構成することができる。制御装置１５の機能は、ハードウェアのみで構成してもよいし、ハードウェアとソフトウェアとを組み合わせることにより実現してもよい。制御装置１５は、記憶部１７に格納されたデータやプログラムを読み出して種々の演算処理を行うことで、予め定められた機能を実現する。

【００３４】

制御装置１５は、光軸変更指示部７１を有する。光軸変更指示部７１は、例えば、速度検出装置３ａによる車両３の速度検出を受信したタイミングまたは一定のフレームレートの撮像装置１１の撮像タイミングで、姿勢検出装置３３が検出する車両３の姿勢変化量に応じて、光軸変更機構１２の回動駆動部６３に光軸の状態の変更を指示する。光軸変更指示部７１は、撮像画像の撮影範囲拡大のための第１光軸変更と車両３の姿勢変化の影響を相殺するための第２光軸変更との２種類の光軸変更の指示を行う。

【００３５】

第１光軸変更において、光軸変更指示部７１は、撮像周期に合わせて光軸変更機構１２に光軸の変更を指示する。光軸変更指示部７１は、第１光軸変更を行っている間以外は常時第２光軸変更の指示を行う。姿勢検出装置３３から車両３のロール方向の姿勢変化量が制御装置１５に入力されると、光軸変更指示部７１は、入力されたロール方向の姿勢変化量を相殺する第２光軸変更角Φ２を算出し、光軸変更機構１２へ光軸をロール方向に第２光軸変更角Φ２だけ回動するように指示する。第２光軸変更角Φ２は、車両３の姿勢変化の影響を相殺するための第２光軸変更に用いられる角度である。第２光軸変更角Φ２は姿勢変化量の逆符号の角度量である。光軸変更角Φは第１光軸変更角Φ１と第２光軸変更角Φ２との和である（Φ＝Φ１＋Φ２）。なお、光軸変更指示部７１は、ヨー方向及びピッチ方向の姿勢変化量も制御装置１５に入力される場合、ヨー方向及びピッチ方向の姿勢変化量によって影響されるロール方向の姿勢変化量を相殺する光軸変更角をさらに算出し、光軸変更機構１２へ光軸をロール方向にこの光軸変更角だけさらに回動するように指示してもよい。

【００３６】

制御装置１５は、カメラ制御部２７へ露光制御信号を送信する。露光制御信号は、露光を指示するＯＮ信号としてのＨｉ信号と、露光を指示しないＯＦＦ信号としてのＬｏｗ信号との２種類の信号を有する。なお、一定のフレームレートで撮像する場合は、制御装置１５の代わりにカメラ制御部２７が露光制御してもよい。

【００３７】

撮像システム１は、他にも、記憶部１７と、操作部１９と、を備える。記憶部１７は、制御装置１５の機能を実現するために必要なプログラム及びデータを記憶する記憶媒体である。記憶部１７は、例えば、ハードディスク（ＨＤＤ）、ＳＳＤ、ＲＡＭ、ＤＲＡＭ、強誘電体メモリ、フラッシュメモリ、磁気ディスク、又はこれらの組み合わせによって実現できる。

【００３８】

操作部１９は、制御装置１５にユーザが指示をするための入力装置である。操作部１９は、撮像システム１専用の入力装置でもよいし、スマートフォンなどの携帯端末でもよい。操作部１９として携帯端末を用いる場合、操作部１９と制御装置１５とは無線通信によりデータの送受信を行う。ユーザは、操作部１９を用いて、撮像対象領域がトンネルなどの屋内の暗い領域か、山の斜面や道路などの屋外の明るい領域かを制御装置１５へ指示してもよいし、撮像間隔Ｔｆを指示してもよい。撮像間隔Ｔｆは、現在の画像を撮像終了したタイミングと次の画像の撮像終了したタイミングまでの間の時間であり、動画撮像の場合１フレームの時間であり、静止画撮像の場合撮像する画像の撮影時刻の時間間隔である。動画撮像の場合はフレームレート(１秒間あたりの撮像枚数)を指定してもよい。また、ユーザは、操作部１９を用いて、光軸変更機構１２を動作させる第１撮像モードと、光軸変更機構１２を動作させない第２撮像モードとの切り替えを制御装置１５へ指示してもよ

い。

【００３９】

［１－２．撮像システムの動作］

次に、図８及び図９を参照して撮像システム１の動作を説明する。図８は、撮像システム１が行う撮像処理を示すフローチャートである。図９は、露光時間と光軸変更のタイミングとの関係を示すグラフである。図９（ａ）は、時間の経過とともに変化する車両３の移動速度を示すグラフである。車速を検出するタイミングに応じて、移動速度Ｖ０、Ｖ１、Ｖ２、Ｖ３がそれぞれ検出されている。図９（ｂ）は、フレームごとの露光時間のタイミングを示すグラフである。撮像間隔Ｔｆとして１枚ごとの撮像間隔Ｔｆ１、Ｔｆ２を例示し、露光時間Ｔｐとして１枚ごとの露光時間Ｔｐ１、Ｔｐ２、Ｔｐ３を例示している。露光時間Ｔｐ１、Ｔｐ２、Ｔｐ３は、それぞれ、撮像開始の時間ｔ１、ｔ３、ｔ５から撮像終了の時間ｔ２、ｔ４、ｔ６までの時間である。図９（ｃ）は、姿勢検出装置３３が検出した車両３の姿勢変化量を示すグラフである。図９（ｄ）は、制御装置１５が算出する第２光軸変更角Φ２を示すグラフである。図９（ｅ）は、光軸変更指示部７１が回動駆動部６３へ指令する光軸変更角Φを示すグラフである。図９（ｆ）は、撮像対象領域９から見た回動駆動部６３によって回動された撮像装置１１Ｂの光軸の状態を示すグラフである。図８に示す撮像処理は、例えば、車両３の移動中に操作部１９から撮像開始を指示されたときなどに開始される。

【００４０】

ステップＳ１において、ユーザは、カメラ本体２１の撮像素子２５から撮像対象の壁５の壁面までの被写体距離を予め測定しておき、測定された被写体距離を操作部１９を用いて制御装置１５に設定する。また、撮像する道路の区間を設定することで、例えば、制御装置１５は、ＧＰＳ情報及び走行距離を基に、設定された区間の道路を走行したか判定することができる。

【００４１】

ステップＳ２において、車両３が走行を始め、速度検出装置３ａが車両３の移動速度を検出する。検出した移動速度が制御装置１５へ送られる。実施形態１では、速度検出装置３ａが速度を検出することに同期して撮像を行うが、予め定められた周期で撮像してもよいし、ユーザが操作部１９により撮像周期を設定してもよい。車速パルス信号に露光を同期する場合、例えば、車両３の移動距離が４０ｃｍ間隔で速度を検出すると、走行速度が６０ｋｍ／ｈの場合、フレームレートが約４０ｆｐｓになる。また、速度検出装置３ａは、正確な移動速度を検出する必要はなく、車両が移動中であることを検出する構成であってもよい。そして、検出した移動状態が制御装置１５へ送られる。制御装置１５は、ユーザによる操作部１９からの撮像開始の指示に加えて、車両３が移動状態であることを検出した上で、撮影を行ってもよい。

【００４２】

ステップＳ３において、姿勢検出装置３３は、姿勢変化量を検出する。図９（ｃ）に示すように、姿勢検出装置３３は、車両３が走行中に常時姿勢変化量を検出してもよい。検出された姿勢変化量が姿勢検出装置３３から制御装置１５へ送信される。制御装置１５の光軸変更指示部７１は、入力された姿勢変化量γと符号が反対で大きさの等しい第２光軸変更角Φ２を算出する（図９（ｄ）参照）。

【００４３】

ステップＳ４において、制御装置１５の光軸変更指示部７１が、次に撮像する撮像枚数が２枚目以上の場合、第１光軸変更として光軸変更機構１２の回動駆動部６３へ回動指示する。これにより、図９（ｅ）に示すように、時間ｔ２から時間ｔａの間、撮像装置１１が第１光軸２３ａｂの状態（Φ１＝０［ｄｅｇ］）から第２光軸２３ａｃの状態（Φ１＝Φ１ａ［ｄｅｇ］）へ第１光軸変更角Φ１ａだけ回動され、撮像装置１１の撮像範囲が変更される。撮像画像１枚目の場合は、光軸変更指示部７１は回動駆動部６３へ回動指示しなくてもよい（Φ１＝０［ｄｅｇ］）。回動駆動部６３が第１光軸変更によって撮像装置１１の光軸を変更させている間（時間ｔ２から時間ｔａまで、時間ｔ４から時間ｔｂの間

）は、制御装置１５からカメラ制御部２７へ露光指示がされない。

【００４４】

また、光軸変更指示部７１は、撮像範囲変更のための光軸変更（第１光軸変更）が動作中でない間（時間０から時間ｔ２まで、時間ｔａから時間ｔ４まで、及び、時間ｔｂから時間ｔ６までの間）は、姿勢変化量を相殺する方向に光軸変更機構１２の回動駆動部６３へ回動（第２光軸変更）を指示する。したがって、回動駆動部６３は、第１光軸変更角Φ１と第２光軸変更角Φ２との和である光軸変更角Φ（Φ＝Φ１＋Φ２）で駆動する。これにより、図９（ｆ）に示すように、第１光軸変更における光軸変更動作中ではない、時間０から時間ｔ２まで、時間ｔａから時間ｔ４まで、時間ｔｂから時間ｔ６までの間、車両３が姿勢変動しても第１光軸２３ａｂの状態（Φ＝０）及び第２光軸２３ａｃの状態（Φ＝Φ１ａ）に光軸を保持することができる。したがって、露光中に車両３に姿勢変化が発生しても所望の光軸が変更された状態を保持することができ、撮像した画像の重なり領域を確保することができる。このように、第１光軸２３ａｂ及び第２光軸２３ａｃのそれぞれの状態においても車両姿勢変化に対応した光軸変更が可能となる。

【００４５】

時間ｔａにおいて第１光軸変更における回動駆動部６３の光軸変更動作が終了した後、ステップＳ５において、制御装置１５は例えば、Ｈｉ信号を撮像装置１１のカメラ制御部２７へ露光時間Ｔｐ２の間送り続ける。これにより、光軸変更機構１２により第２光軸変更が行われた状態で、撮像素子２５は露光時間Ｔｐ２の間撮像対象を撮像する。撮像素子２５によって撮像された画像がカメラ制御部２７から記憶部１７へ記録されることにより、撮像画像を取得する。このように、制御装置１５は、光軸変更機構１２が第１光軸変更を行っている間（時間ｔ２から時間ｔａの間）に第２光軸変更の指示を行わず、撮像装置１１が露光中（時間ｔ１から時間ｔ２、時間ｔ３から時間ｔ４、時間ｔ５から時間ｔ６）に第２光軸変更の指示を行う。

【００４６】

ステップＳ６において、制御装置１５は、車両３が予め定められた区間走行したか否かを判断する。制御装置１５は、車両３が予め定められた区間の走行が終了したと判定すると、この区間の道路の画像取得を終えたので、移動撮像を終了する。また、ユーザが操作部１９を操作することで、操作部１９からの指示により制御装置１５が移動撮像を終了してもよい。制御装置１５は、車両３が予め定められた区間の走行が終了していないと判定すると、ステップＳ２へ戻り、再び移動撮像を実施する。上述したように、ステップＳ３を実施し、３枚目の画像を撮像する場合、ステップＳ４において、図９（ｅ）に示すように、時間ｔ４から時間ｔｂの間、撮像装置１１が第２光軸２３ａｃの状態（Φ１＝Φ１ａ［ｄｅｇ］）から第１光軸２３ａｂの状態（Φ１＝０［ｄｅｇ］）へ第１光軸変更角－Φ１ａだけ回動され、撮像装置１１の撮像範囲が変更される。その後、時間ｔｂから時間ｔ６までの間、光軸変更角Φ（Φ＝Φ１＋Φ２）で駆動される。これにより、第１光軸２３ａｂの状態においても車両姿勢変化に対応した光軸変更が可能となる。以後、上述したのと同様にステップＳ５及びＳ６が実施される。

【００４７】

[１－３．効果等]

このように、撮像システム１は、車両３に配置され、光軸がそれぞれ異なる第１撮像状態Ｃ１及び第２撮像状態Ｃ２において撮像する撮像装置１１と、車両３の姿勢状態を検出する姿勢検出装置３３と、車両３が第１方向に移動中において、第１撮像状態Ｃ１において撮像装置１１が撮像する際の第１光軸２３ａｂの状態から、第２撮像状態Ｃ２において撮像する際の、第１方向と交差する第２方向に傾斜した第２光軸２３ａｃの状態へと撮像装置１１の光軸を変更させる光軸変更機構１２と、姿勢変化量を基に、光軸変更機構１２が撮像装置１１の光軸を変更させる光軸変更量を設定する制御装置１５と、を備える。光軸変更機構１２は、設定された光軸変更量に基づいて撮像装置１１の光軸を変更させる。

【００４８】

移動中の車両３において、撮像装置１１を２つの光軸の状態に変更させることで、撮像

する画像の範囲を進行方向と交差する方向に拡大することができる。そして、姿勢状態の変化に対応して撮像装置１１の光軸を変更することで、車両３と共に変動する撮像装置１１の姿勢変動によって撮像範囲がずれるのを防止し、撮像した画像の連続性を確保することができる。

【００４９】

また、制御装置１５は、第１光軸変更において、光軸変更機構１２に、連続する２回の撮像タイミング、例えば、露光時間Ｔｐ１での撮像タイミングと露光時間Ｔｐ２での撮像タイミング、または、露光時間Ｔｐ２での撮像タイミングと露光時間Ｔｐ３での撮像タイミング、との間で撮像装置１１の光軸を、第１光軸２３ａｂの状態から第２光軸２３ａｃの状態へ、または、第２光軸２３ａｃの状態から第１光軸２３ａｂの状態へ変更させる。これにより、撮影範囲を広げた撮像画像を得ることができる。

【００５０】

また、制御装置１５は、光軸変更機構１２に、第１光軸変更において、第１光軸２３ａｂの状態と第２光軸２３ａｃの状態との間で、撮像装置１１の光軸を撮像画像の撮像範囲拡大のための第１光軸変更角Φ１を光軸変更量として変更させる。

【００５１】

また、制御装置１５は、光軸変更機構１２が第１光軸変更を行っている間に第２光軸変更の指示を行わず、光軸変更機構１２が第１光軸変更を完了して、次に第１光軸変更を行うまでの間に第２光軸変更の指示を行う。

【００５２】

また、姿勢検出装置３３は、車両３のロール方向の姿勢変化量を検出し、制御装置１５は、第２光軸変更において、姿勢検出装置３３が検出した姿勢変化量γと符号が反対で大きさの等しい第２光軸変更角Φ２と第１光軸変更角Φ１との和を光軸変更量として変更させる。

【００５３】

（実施形態２）

図１０～図１５を参照して、実施形態２における撮像システム１Ａについて説明する。図１０は実施形態２における撮像システム１Ａを備える車両３を説明するための説明図である。図１２は実施形態２における撮像システム１Ａの内部構成を示すブロック図である。図１３は撮像システム１Ａのぶれ補正を説明する説明図である。

【００５４】

実施形態２における撮像システム１Ａは、実施形態１の撮像システム１にぶれ補正機構３１を備えた構成である。この点及び以下に説明する点以外の構成については、実施形態２における撮像システム１Ａは実施形態１における撮像システム１と共通している。

【００５５】

図１０に示すように、車両３は、例えば、トンネル内を走行している場合、トンネル内の壁面５ａにも、例えば、穴５ｂやひび割れ５ｃが発生している。トンネル内など環境光が暗い中での撮像の場合露光時間を長くすると撮像した画像にぶれが発生する。また、車両３が高速で走行しながら被写体を撮像する場合も、撮像した画像にぶれが発生する。ぶれ補正機構３１は、車両３の移動中に撮像装置１１Ａが撮像しても撮像対象領域９の画像のぶれが低減するように撮像システム１Ａに入射する光の光路を補正する。

【００５６】

カメラ本体２１は、レンズ２３の向きが車両３の移動方向と平行になるように車両３に配置されている。例えば、レンズ２３が車両３の前方または後方に向くようにカメラ本体２１が配置されている。

【００５７】

ぶれ補正機構３１は、車両３の移動に合わせて環境光が撮像対象領域９で反射した光Ｌ１の光路を補正する。ぶれ補正機構３１は、環境光が撮像対象領域９で反射した光Ｌ１の方向と撮像素子２５の撮像方向とを合わせる。ぶれ補正機構３１は、例えば、ミラー４１と、ミラー駆動部４３とを備える。ミラー４１は、環境光が撮像対象で反射した光を撮像

装置１１の方向へ全反射する。

【００５８】

図１１（ａ）に示すように、光軸変更機構１２Ａは、車両３が＋Ｘ軸方向である第１方向に移動中において撮像装置１１が撮像する際に、１枚目の撮像の際の撮像装置１１のレンズ２３において、１枚目の撮像の際にトンネルの壁５へ垂直に向かう第１光軸２３ａｂから、図１１（ｂ）に示すように、２枚目の撮像の際に第１方向と交差する＋Ｚ軸方向である第２方向に傾斜した第２光軸２３ａｄへとレンズ２３の光軸２３ａを変更させる。光軸変更機構１２Ａの回動駆動部６３Ａは、回動軸６３Ａａ周りにベース６１に支持されるぶれ補正機構３１と撮像装置１１Ｂとを共に回動させる。

【００５９】

ぶれ補正機構３１及び光軸変更機構１２Ａは、この構成に限らず、撮像装置１１Ａが、カメラ本体２１とレンズ２３とが一体となった構成の場合、カメラ本体２１とレンズ２３とを回動軸周り回動させるパン・チルト回動機構を利用してもよい。この場合、ぶれ補正機構３１は、パン方向に回動駆動する機構に相当し、光軸変更機構１２はチルト方向に回動駆動する機構に相当する。

【００６０】

なお、パン方向の駆動機構とチルト方向の駆動機構とのどちらをぶれ補正機構３１及び光軸変更機構１２Ａに対応させるかは、撮像素子２５の向き及び車両３の進行方向に対する撮像対象の方向によって適切に変更してもよい。実施形態２において、撮像画像上の車両３の進行方向（＋Ｘ軸方向）と撮像素子２５の長辺とが平行となる関係の場合、撮像画像間の重なり領域を重視して車両３の進行方向の撮像領域を広くすることができる。撮像画像上の車両３の進行方向（＋Ｘ軸方向）と撮像素子２５の短辺が平行となる場合、この場合は車両３の進行方向と交差する方向の撮影範囲を重視した場合であるが、パン方向の駆動機構を光軸変更機構１２に対応させてチルト方向の駆動機構をぶれ補正機構３１に対応させてもよい。

【００６１】

また、カメラ本体２１とレンズ２３とを１軸方向に回動する機構を有する場合、１軸方向に回動する機構を光軸変更機構１２Ａとして用いてもよい。この場合、ぶれ補正機構３１は、ミラー４１と、ミラー駆動部４３とで構成される。また、ぶれ補正機構３１及び光軸変更機構１２Ａと、それぞれの回動軸が直交する２つのミラーとモータとで構成してもよい。また、撮像装置１１Ａ全体をそれぞれ直交する２つの方向に回動してもよい。また、チルト方向に回動駆動する機構を光軸変更機構１２Ａとして用いて、ぶれ補正機構３１として撮像装置１１Ａ全体をパン方向に回動する機構を用いてもよい。

【００６２】

ミラー４１は、レンズ２３と対向するように回動可能に配置されている。ミラー４１は、例えば、時計周りの正方向及び逆方向のいずれの方向にも回動可能であり、回動可能な角度範囲は、３６０度未満であってもよいし、３６０度以上であってもよい。ミラー４１は、環境光が撮像対象で反射した光を撮像装置１１の方向へ全反射する。ミラー駆動部４３は、ミラー４１を初期角度から指示された角度まで回動駆動し、指示された角度まで回動させた後に再び初期角度まで戻す。ミラー駆動部４３は、例えばモータである。

【００６３】

ミラー４１の回動角度はミラー駆動部４３の機構上の制約により制限されており、この制限によって決まるミラー４１の最大振り角までミラー４１を回動させることができる。

【００６４】

図１３を参照して、ぶれ補正機構３１によるぶれ補正を説明する。例えば、位置Ａに位置する撮像システム１は、車両３と共に露光時間中に位置Ｂまで移動したとする。位置Ａで撮像開始し、このタイミングで画像を取得したとする。位置Ａで取得した画像には、例えば、撮像対象領域９の穴５ｂが撮像されるが、露光時間が十分ではないので暗い画像で鮮明ではない。

【００６５】

そこで、車両３が位置Ｂに移動するまで露光を続ける。この場合、何のぶれ補正も実施しなければ、撮像対象領域９が車両３の移動方向と反対方向に相対移動するので、穴５ｂが相対移動した画像となる。露光を続けた画像において、画素の移動量がぶれ量として検出される。このように、車両３の移動中に撮像装置１１が撮像した画像はぶれた画像となる。

【００６６】

そこで、撮像システム１Ａ及び車両３の移動速度に応じて、露光時間中にミラー４１の移動方向側の端部４１ａが、撮像対象の相対移動を相殺する方向に、ミラー４１を回動させることで、撮像システム１は露光時間中に同じ撮像対象領域９を撮像画像内に撮像することができ、ぶれが大幅に低減した画像を取得することができる。露光時間中にミラー４１の移動方向側の端部４１ａが、撮像対象側を回るように、図１３においては時計周りにミラー４１を回動させている。ミラー４１を回動させることで、撮像した画像において画素の移動量がゼロに補正される。

【００６７】

図１２を参照する。制御装置１５Ａは、光軸変更指示部７１、振り角算出部７３、及び回動速度算出部７５を備える。

【００６８】

振り角算出部７３は、車両３の移動速度Ｖと、設定された露光時間Ｔｐと、被写体倍率Ｍと、レンズ２３の焦点距離Ｆと、を基に、撮像中のミラー４１のミラー振り角αを以下の流れで算出する。ミラー振り角αは補正機構振り角に相当する。

【００６９】

焦点距離Ｆは、レンズ２３で決まる値である。被写体倍率Ｍは焦点距離Ｆと被写体距離とにより決まる値である。被写体距離は被写体である撮像対象と撮像素子２５との間に配置されたレンズ２３の主点２３ｂから撮像対象までの距離である。被写体距離は予め測定された既知の値を用いてもよいし、距離計により撮像中に測距された値を用いてもよい。

【００７０】

撮像開始の時間から撮像終了の時間までの露光時間Ｔｐの間に移動した車両３の移動量Ｌは、移動速度Ｖと露光時間Ｔｐとから以下の（３）式により算出される。

Ｌ［ｍｍ］＝Ｖ［ｋｍ/ｈ］×１０^{6}×Ｔｐ［ｍｓ］／（６０^{2}×１０^{3}）・・・（３）式

【００７１】

撮像開始の時間から撮像終了の時間までの間の撮像素子２５上の画素の移動量Ｐは、車両３の移動量Ｌと被写体倍率Ｍとから、以下の（４）式により算出される。

Ｐ［ｍｍ］＝Ｌ［ｍｍ］×Ｍ・・・（４）式

【００７２】

この画素の移動量Ｐがぶれの原因となるので、ぶれが発生しないように、画素の移動量Ｐに対応してぶれ補正角θだけレンズ２３に入射する光の光路を変更する。ぶれ補正角θは、画素の移動量Ｐと焦点距離Ｆとから、以下の（５）式により算出される。

θ［ｄｅｇ］＝ａｒｃｔａｎ（Ｐ／Ｆ）・・・（５）式

上述したように、被写体倍率Ｍは、焦点距離Ｆ[ｍｍ]、被写体距離Ｄ[ｍ]から以下の（６）式により算出される。

Ｍ　＝　Ｆ／（Ｄ×１０^{3}）・・・（６）式

（３）、（４）、（５）、（６）式より、

θ　＝　ａｒｃｔａｎ（Ｖ×１０^{6}×Ｔｐ／（６０^{2}×１０^{3}）／（Ｄ×１０^{3}））

　　＝　ａｒｃｔａｎ（Ｖ×Ｔｐ／（Ｄ×６０^{2}））・・・（７）式

このように、ぶれ補正角θは、移動速度Ｖ、露光時間Ｔｐ、被写体距離Ｄから算出される。

【００７３】

露光中のぶれ補正に必要なミラー振り角αは、ぶれ補正角θの半分の大きさであるので、以下の（８）式により算出される。

α＝θ／ｋ・・・（８）式

ここで、ｋは、駆動機構の機構振り角としてのミラー振り角αとレンズ２３に入射する光が補正される光学補正角としてのぶれ補正角θとの変換係数である。図１２の実施形態のように、撮像対象からの光がミラー４１、レンズ２３、撮像素子２５の順に進行する構成の場合、ｋ＝２である。また、パン・チルト機構、カメラ全体駆動の構成の場合、ｋ＝１である。

【００７４】

このようにして、振り角算出部７３は、ミラー４１のミラー振り角αを算出する。

【００７５】

回動速度算出部７５は、ミラー振り角αと露光時間Ｔｐとを基に、以下の式により、露光期間中のミラー４１の回動速度Ｖｍを算出する。

Ｖｍ＝α／Ｔｐ１・・・（９）式

【００７６】

したがって、撮像を開始してから、回動速度Ｖｍでミラー４１を移動方向とは逆方向に回動させることで、撮像装置１１Ａは、露光時間中は、同一の撮像対象領域９からの光を受光することができ、撮像した画像にぶれが発生するのを抑制することができる。

【００７７】

次に、図１４及び図１５を参照して、撮像システム１Ａの動作を説明する。図１４は、撮像システム１Ａが行う撮像処理を示すフローチャートである。図１５は、露光時間とぶれ補正角と光軸変更角との関係を示すグラフである。図１５（ａ）は、時間の経過とともに変化する車両３の移動速度を示すグラフである。図１５（ｂ）は、フレームごとの露光時間のタイミングを示すグラフである。図１５（ｃ）は、ぶれ補正機構３１がぶれ補正のために光軸を回動させるぶれ補正角の時間変化を示すグラフである。図１５（ｄ）は、姿勢検出装置３３が検出した車両３の姿勢変化量を示すグラフである。図１５（ｅ）は、光軸変更指示部７１が回動駆動部６３へ指令する光軸変更量を示すグラフである。図１５（ｆ）は、回動駆動部６３によって回動された撮像装置１１Ａの光軸の位置示すグラフである。図１４に示す撮像処理は、例えば、車両３の移動中に操作部１９から撮像開始を指示されたときなどに開始される。

【００７８】

ステップＳ１～Ｓ４について、実施形態１の撮像システム１の動作と同様であるので説明を省略する。ステップＳ１１において、振り角算出部７３がぶれ補正量としてのミラー振り角αを算出する。また、回動速度算出部７５がミラー振り角αを基にミラー４１の回動速度Ｖｍを算出する。

【００７９】

ステップＳ１２において、制御装置１５Ａは、ミラー駆動部４３に算出した回動速度Ｖｍでミラー４１を回動させて、ミラー４１が予め定められた初期の角度から回動し始める。これにより、撮像装置１１Ａの撮像中のぶれ補正が実施される。また、制御装置１５Ａは、これと同時に、車両姿勢変化に対応した光軸変更信号も送り続けているので、車両姿勢変化に起因する撮像装置の姿勢変化も相殺され、光軸位置が一定の位置に維持される。この状態で、制御装置１５Ａは、露光を指示するＨｉ信号をカメラ制御部２７へ露光時間Ｔｐの間送り続ける。

【００８０】

撮像装置１１Ａにおいて、カメラ制御部２７は、Ｈｉ信号を受信している間シャッター２４を開けて露光することで画像を取得し、取得された画像を記憶部１７に記憶させる。露光時間Ｔｐが経過すると、制御装置１５Ａは、露光停止を指示するＯＦＦ信号としてのＬｏｗ信号をカメラ制御部２７へ送り続ける。なお、露光を指示するＯＮ信号としてＬｏｗ信号を用い、露光停止を指示するＯＦＦ信号としてＨｉ信号を用いてもよい。

【００８１】

カメラ制御部２７はＬｏｗ信号を受信している間は、シャッター２４を閉じ、制御装置１５Ａは、ミラー駆動部４３にミラー４１を逆回動させてミラー４１を初期の角度に戻す。なお、ミラー駆動部４３は、ミラー４１を正回動させてミラー４１を初期の角度に戻し

てもよい。

【００８２】

連続して画像を撮像する場合、したがって再びステップＳ２に戻った後の撮像システム１Ａの動作を図１５を参照して説明する。

【００８３】

車速が検出されたタイミングに同期して、撮像指示を示すＨｉ信号が送信され１枚目の画像が撮像される。このとき、速度検出装置３ａによって検出された車両３の速度を用いて、次のフレームのぶれ補正角が算出される。１枚目の画像の撮像が終了すると、制御装置１５Ａの光軸変更指示部７１が光軸変更機構１２Ａへ第１光軸変更としての光軸の変更を指示する。光軸が変更されている間に、ミラー駆動部４３はミラー４１をぶれ補正方向への回動開始位置である回動開始角度β１まで駆動する。第１光軸変更及びミラー４１の回動開始角度への駆動は露光開始までに完了していればよいので、第１光軸変更の完了のタイミングとミラー４１の回動開始角度への駆動完了のタイミングとが異なっていてもよい。なお、図１６（ｃ）は、光学角であるぶれ補正角を表しているので、ミラー４１を用いている場合のミラー機械角は、上述したように（８）式においてｋ＝２となるので、補正方向への回動開始角度β１及びβ２のそれぞれ半分の大きさになる。

【００８４】

第１光軸２３ａｂの状態から第２光軸２３ａｄの状態へ光軸が第１光軸変更角Φ１駆動されると、光軸変更指示部７１は、車両姿勢変化に起因する撮像装置の姿勢変化量を相殺する方向に光軸変更機構１２Ａの回動駆動部６３へ回動（第２光軸変更）を指示する。これにより、図１５（ｆ）に示すように、車両３が姿勢変動しても第２光軸２３ａｄの状態に光軸を保持することができる。

【００８５】

この状態で、ミラー駆動部４３がミラー４１を回動速度算出部７５により算出された回動速度で回動し始める。第１光軸変更が終了し、第２光軸変更が実施されている間に、制御装置１５Ａは撮像指示を示すＨｉ信号をカメラ制御部２７へ送信し、撮像装置１１Ａが撮像する。このとき、２枚目の画像は、それより１枚前の画像撮像時の速度Ｖ０に応じたぶれ補正角θ１でぶれ補正され、３枚目の画像は、２枚目の画像撮像時の速度Ｖ１に応じたぶれ補正角θ２でぶれ補正される。なお、２枚目の画像撮像時の速度Ｖ１と３枚目の画像撮像時の速度Ｖ２の平均速度に応じて４枚目のぶれ補正角を算出してもよい。

【００８６】

このように、実施形態２の撮像システム１Ａは、車両３の移動速度を検出する速度検出装置３ａと、車両３が移動中に撮像装置１１Ａによって撮像する際の、車両３の移動方向である第１方向のぶれを補正するぶれ補正機構３１と、を備える。制御装置１５Ａは、移動速度に基づいてぶれ補正機構３１によるぶれ補正のためのぶれ補正角を設定し、光軸変更量に基づいてぶれ補正角を変更する。

【００８７】

車両３の移動速度に応じて移動方向のぶれ補正を行いながら、撮影範囲を進行方向と交差する方向に拡張することができるので、解像度が高く広範囲の画像を取得することができる。また、撮影範囲を拡張する方向の車両３の姿勢変動に応じて撮像装置１１Ａの姿勢補正も行うので、撮像した複数の画像間の連続性を確保することができる。

【００８８】

（実施形態３）

図１６を参照して、実施形態３における撮像システム１Ｂについて説明する。図１６は実施形態３における撮像システム１Ｂの内部構成を示すブロック図である。

【００８９】

実施形態３における撮像システム１Ｂは、実施形態２の撮像システム１Ａの制御装置１５Ａに被写体距離算出部７７を備えた構成である。この点及び以下に説明する点以外の構成については、実施形態３における撮像システム１Ｂは実施形態２における撮像システム１Ａと共通している。

【００９０】
実施形態３における撮像システム１Ｂは、光軸の変動に伴って変動する被写体距離に対応してぶれ補正量を算出する。撮像システム１Ｂの制御装置１５Ｂは被写体距離算出部７７を備える。
【００９１】
被写体距離算出部７７は、光軸が初期位置である第１光軸２３ａｂの状態から第２光軸２３ａｄの状態へ変動した際に、第２光軸２３ａｄの状態における被写体距離を算出する。図７を参照して第２光軸２３ａｄの状態における被写体距離の算出方法を説明する。なお、図７において、符号２３ａｃで示されている第２光軸を、ここでは、第２光軸２３ａｄとして説明する。撮像対象へ垂直に向かう第１光軸２３ａｂの状態から、レンズ２３の光軸をΦ変更させた第２光軸２３ａｄの状態における撮像対象までの第２被写体距離Ｄ２と、第２光軸２３ａｄにおける画角ａの光路の外側の縁の第３被写体距離Ｄ３を以下のように算出する。被写体距離Ｄ３は、画角ａの光路の端部から光軸変更後の撮像面の延長に下した垂線の長さである。
【００９２】
第２被写体距離Ｄ２は、以下の（１０）式により算出される。
Ｄ２＝Ｄ１／ｃｏｓ（Φ）・・・（１０）式
例えば、実施形態１の条件であれば、Ｄ２は１．７０６［ｍ］である。
【００９３】
第３被写体距離Ｄ３は、以下の（１１）式により算出される。
Ｄ３＝Ｄ１／ｃｏｓ｛Φ＋（ａ／２）｝×ｓｉｎ（９０－Φ）・・・（１１）式
例えば、実施形態１の条件であれば、Ｄ３は１．７３［ｍ］である。
【００９４】
このようにして算出した第２被写体距離Ｄ２を用いて、第２光軸２３ａｄの状態における被写体倍率Ｍ２を算出し、（４）式に代入することで第２光軸２３ａｄの状態における画素の移動量Ｐ２を算出することができる。この画素の移動量Ｐ２を用いて（５）式及び（８）式により、ミラー振り角αを算出することができる。
【００９５】
次に図１７を参照して実施形態３における撮像システム１Ｂの動作を説明する。図１７は実施形態３における撮像処理を示すフローチャートである。実施形態３における撮像システム１Ｂの動作は、実施形態２における撮像システム１Ａの動作に、ステップＳ２１が追加されている。
【００９６】
ステップＳ１～Ｓ４、Ｓ１１、Ｓ１２、Ｓ６について、実施形態２の撮像システム１Ａの動作と同様であるので説明を省略する。ステップＳ４において光軸を変更した後、ステップＳ２１において被写体距離算出部７７は、光軸変更角Φに基づいて被写体距離を算出し、算出された被写体距離を新たに設定する。これにより、ステップＳ１１において、振り角算出部７３が算出する補正機構の振り角（ぶれ量）の精度を向上させることができる。
【００９７】
このように、制御装置１５Ｂは、光軸変更機構１２により変更した光軸変更角に基づいて光軸変更前後で変化する撮像装置１１Ａから撮像対象領域９までの被写体距離を算出し、被写体距離に基づいて車両３の移動方向のぶれを補正するためのぶれ補正角を設定する。これにより、より精度の高い追従を実現することができ、ぶれ補正を高精度に行うことができる。
【００９８】
（実施形態４）
図１８を参照して、実施形態４における撮像システム１Ｃについて説明する。図１８は実施形態４における撮像システム１Ｃの内部構成を示すブロック図である。
【００９９】

実施形態４における撮像システム１Ｃは、実施形態３の撮像システム１Ｂに被写体距離検出装置８１を備えた構成である。この点及び以下に説明する点以外の構成については、実施形態４における撮像システム１Ｃは実施形態３における撮像システム１Ｂと共通している。

【０１００】

被写体距離検出装置８１は、レンズ２３の主点から被写体までの被写体距離を検出する。被写体距離検出装置８１は、例えば、レーザー測定器である。被写体距離検出装置８１が検出した被写体距離の情報が制御装置１５Ｃへ送られる。制御装置１５Ｃの振り角算出部７３は、検出した第１被写体距離Ｄ１を基に、第１光軸２３ａｂの状態での補正機構の振り角を算出する。

【０１０１】

被写体距離検出装置８１は、レンズ２３の主点から被写体までの被写体距離を検出することで、撮像装置１１Ａの道路４の路面からの高さを現場の状況に合わせて変更したとしても、ぶれ補正量を精度よく算出することができる。これにより、撮像装置１１Ａを被写体に対し被写体距離を調整することで撮像装置１１Ａの撮像範囲を容易に調整することができる。トンネルの側方の壁面５ａの撮像や坂道走行で車両傾きが変化する際の路面撮影などの走行中に被写体距離が変化する場合においても、検出した被写体距離に基づいてぶれ補正量を精度よく算出することができる。

【０１０２】

次に、図１９を参照して、実施形態４における撮像システム１Ｃの動作を説明する。図１９は実施形態４における撮像処理を示すフローチャートである。実施形態４における撮像システム１Ｃの動作は、実施形態３における撮像システム１Ｂの動作から、ステップＳ１を省略し、ステップＳ３１及びステップＳ３２が追加されている。

【０１０３】

実施形態４における撮像システム１Ｃでは被写体距離を予め測定する代わりに、光軸が初期位置である第１光軸２３ａｂの状態にあるときに、被写体距離検出装置８１が第１被写体距離Ｄ１を測定する。

【０１０４】

ステップＳ４において光軸を変更した後、ステップＳ３１において、制御装置１５Ｃは光軸が初期位置である第１光軸２３ａｂの状態にあるか否かを判定する。制御装置１５Ｃが光軸は第１光軸２３ａｂの状態にあると判定すると（ステップＳ３１のＹｅｓ）、ステップＳ３２において被写体距離検出装置８１が第１被写体距離Ｄ１を検出し、制御装置１５Ｃがこの検出値を第１光軸２３ａｂの状態における被写体距離として設定する。これにより、ステップＳ１１において、振り角算出部７３が算出する補正機構の振り角の精度を向上させることができる。

【０１０５】

また、制御装置１５Ｃが光軸は第２光軸２３ａｄの状態にあると判定すると（ステップＳ３１のＮｏ）、ステップＳ２１において被写体距離算出部７７は、第１光軸変更角Φ１に基づいて被写体距離を算出し、算出された被写体距離を新たに設定する。これにより、ステップＳ１１において、振り角算出部７３が算出する補正機構の振り角の精度を向上させることができる。

【０１０６】

このように、撮像システム１Ｃは、撮像装置１１Ａから撮像対象領域９までの被写体距離を測定する被写体距離検出装置８１を備えることで、ぶれ補正角を精度よく算出することができる。

【０１０７】

また、制御装置１５Ｃは、光軸変更前の第１光軸２３ａｂの状態において被写体距離検出装置８１による被写体距離検出を実施し、光軸変更機構１２により第２光軸２３ａｄの状態へ光軸変更した後において第１光軸２３ａｂの状態で検出された第１被写体距離Ｄ１と光軸変更量である第１光軸変更角Φ１とに基づいて被写体距離を算出する。

【０１０８】
光軸が初期位置にあるときだけ被写体距離検出装置８１により被写体距離を検出することで、真上のトンネルの壁面５ａの撮像から斜め上方に光軸を変更した際に、例えば、トレーラーなど隣の車線の高さの高い車が被写体距離検出範囲に入る場合の距離の誤検出を防ぐことが可能となる。また、路面撮像の場合も、真下路面撮像から光軸を変更したことで隣の車線の車が被写体距離検出範囲に入る場合の距離の誤検出を防ぐことが可能となる。トンネルの側方の壁面５ａに対して一般的な車両の高さより上に測距計を設置して距離検出することができるが、下方向に光軸変更すると同様に隣の斜線の車両が誤検出要因となるが、これを防ぐことが可能となる。
【０１０９】
（他の実施形態）
以上のように、本出願において開示する技術の例示として、上記実施形態を説明した。しかしながら、本開示における技術は、これに限定されず、適宜、変更、置き換え、付加、省略などを行った実施形態にも適用可能である。そこで、以下、他の実施形態を例示する。
【０１１０】
上記実施形態では、撮像装置１１の光軸は、第１光軸２３ａｂの状態と第２光軸２３ａｃの状態と２つの光軸の状態を有していたがこれに限らない。撮像装置１１は、３つ以上の光軸の状態を有し、光軸変更機構１２がそれぞれの光軸の状態へ撮像装置１１を変動させて、それぞれの光軸の状態で撮像対象を撮像してもよい。
【０１１１】
上記実施形態では、車両３の速度検出装置３ａからの移動速度Ｖ１の情報を利用していたがこれに限らない。撮像システム１が撮像システム１の移動速度を検出する速度検出装置を備えてもよい。また、速度検出装置は、ＧＰＳ（Global Positioning System）システムを利用したものでもよい。
【０１１２】
上記実施形態では、撮像システム１は車両３の側方の壁面を撮像していたがこれに限らない。撮像システム１は、車両３の上方及び下方の壁面を撮像してもよい。
【０１１３】
上記実施形態では、移動体が、自動車などの車両３である場合について説明した。しかし、移動体は車両３に限らず、列車又はオートバイなどの地上を走行する乗り物や、海上を進む船、空を飛ぶ飛行機やドローンなどの飛行体であってもよい。移動体が船の場合、撮像システム１は橋脚や橋桁の壁面や、岸沿いに建設された構造物を撮像する。移動体が列車の場合、架線を撮像することで架線の位置及び摩耗を検出することができる。
【０１１４】
上記実施形態では、環境光が撮像対象領域９に反射した光による画像を撮像していたがこれに限らない。移動体や撮像システムから撮像対象領域９に向けて光を照射し、照射した光の反射光による画像を撮像してもよい。
【０１１５】
（実施形態の概要）
（１）本開示の撮像システムは、移動体に配置され、光軸がそれぞれ異なる第１撮像状態及び第２撮像状態において撮像する撮像装置と、移動体の姿勢変化量を検出する姿勢検出装置と、移動体が第１方向に移動中において、第１撮像状態において撮像装置が撮像する際の第１光軸の状態から、第２撮像状態において撮像する際の、第１方向と交差する第２方向に傾斜した第２光軸の状態へと撮像装置の光軸を変更させる光軸変更機構と、姿勢変化量を基に、光軸変更機構が撮像装置の光軸を変更させる光軸変更量を設定する制御装置と、を備える。光軸変更機構は、設定された光軸変更量に基づいて撮像装置の光軸を変更させる。
【０１１６】
これにより、撮像システムは撮像範囲を拡大することができ、広範囲の画像を撮像する

ことができるとともに、移動体の姿勢変動に対応して撮像装置の光軸を変更させるので、第１光軸の状態及び第２光軸の状態を安定して保持することができ、撮像画像の連続性を確保することができる。

【０１１７】

（２）（１）の撮像システムにおいて、制御装置は、光軸変更機構に、撮像画像の撮像範囲拡大のための第１光軸変更と、移動体の姿勢変化の影響を低減するための第２光軸変更と、の２種類の光軸変更を指示する。

【０１１８】

（３）（２）の撮像システムにおいて、制御装置は、第１光軸変更において、光軸変更機構に、連続する２回の撮像タイミングの間で撮像装置の光軸を、第１光軸の状態から第２光軸の状態へ、または、第２光軸の状態から第１光軸の状態へ変更させる。

【０１１９】

（４）（３）の撮像システムにおいて、制御装置は、前記光軸変更機構に、第１光軸変更において、前記第１光軸の状態と前記第２光軸の状態との間で、前記撮像装置の光軸を撮像画像の撮像範囲拡大のための第１光軸変更角を前記光軸変更量として変更させる。

【０１２０】

（５）（２）から（４）のいずれかの撮像システムにおいて、制御装置は、光軸変更機構が第１光軸変更を行っている間に第２光軸変更の指示を行わず、光軸変更機構が第１光軸変更を完了して、次に第１光軸変更を行うまでの間に第２光軸変更の指示を行う。

【０１２１】

（６）（４）の撮像システムにおいて、姿勢検出装置は、移動体のロール方向の姿勢変化量を検出し、制御装置は、第２光軸変更において、姿勢検出装置が検出した姿勢変化量と符号が反対で大きさの等しい第２光軸変更角と第１光軸変更角との和を光軸変更量として変更させる。

【０１２２】

（７）（１）から（６）の撮像システムにおいて、移動体の移動速度を検出する速度検出装置と、移動体が移動中に撮像装置によって撮像する際の第１方向のぶれを補正するぶれ補正機構と、を備え、制御装置は、移動速度に基づいてぶれ補正機構によるぶれ補正のためのぶれ補正角を設定し、光軸変更量に基づいてぶれ補正角を変更する。

【０１２３】

（８）（７）の撮像システムにおいて、制御装置は、光軸変更機構により変更した光軸変更角に基づいて光軸変更前後で変化する前記撮像装置から撮像対象領域までの被写体距離を算出し、前記被写体距離に基づいて前記第１方向のぶれを補正するためのぶれ補正角を設定する。

【０１２４】

（９）（８）の撮像システムにおいて、前記撮像装置から撮像対象領域までの被写体距離を測定する被写体距離測定装置を備える。

【０１２５】

（１０）（９）の撮像システムにおいて、光軸変更前の第１光軸の状態において被写体距離測定装置による被写体距離検出を実施し、光軸変更機構により第２光軸の状態へ光軸変更した後において第１光軸の状態で検出された被写体距離と光軸変更量とに基づいて被写体距離を算出する。

【０１２６】

（１１）（４）の撮像システムにおいて、制御装置は、光軸変更機構が第１光軸変更を行っている間に第２光軸変更の指示を行わず、撮像装置が露光中に第２光軸変更の指示を行う。

【０１２７】

（１２）本開示の移動体は、（１）から（１０）のいずれか１つの撮像システムを備える。これにより、移動体が移動しながら、撮像システムは撮像範囲を拡大することができ、広範囲の画像を撮像することができるとともに、移動体の姿勢変動に対応して撮像装置

の光軸を変更させるので、第１光軸の状態及び第２光軸の状態を安定して保持することができ、撮像画像の連続性を確保することができる。

【産業上の利用可能性】

【０１２８】

本開示は、移動する移動体に設置される撮像システムに適用可能である。

【符号の説明】

【０１２９】

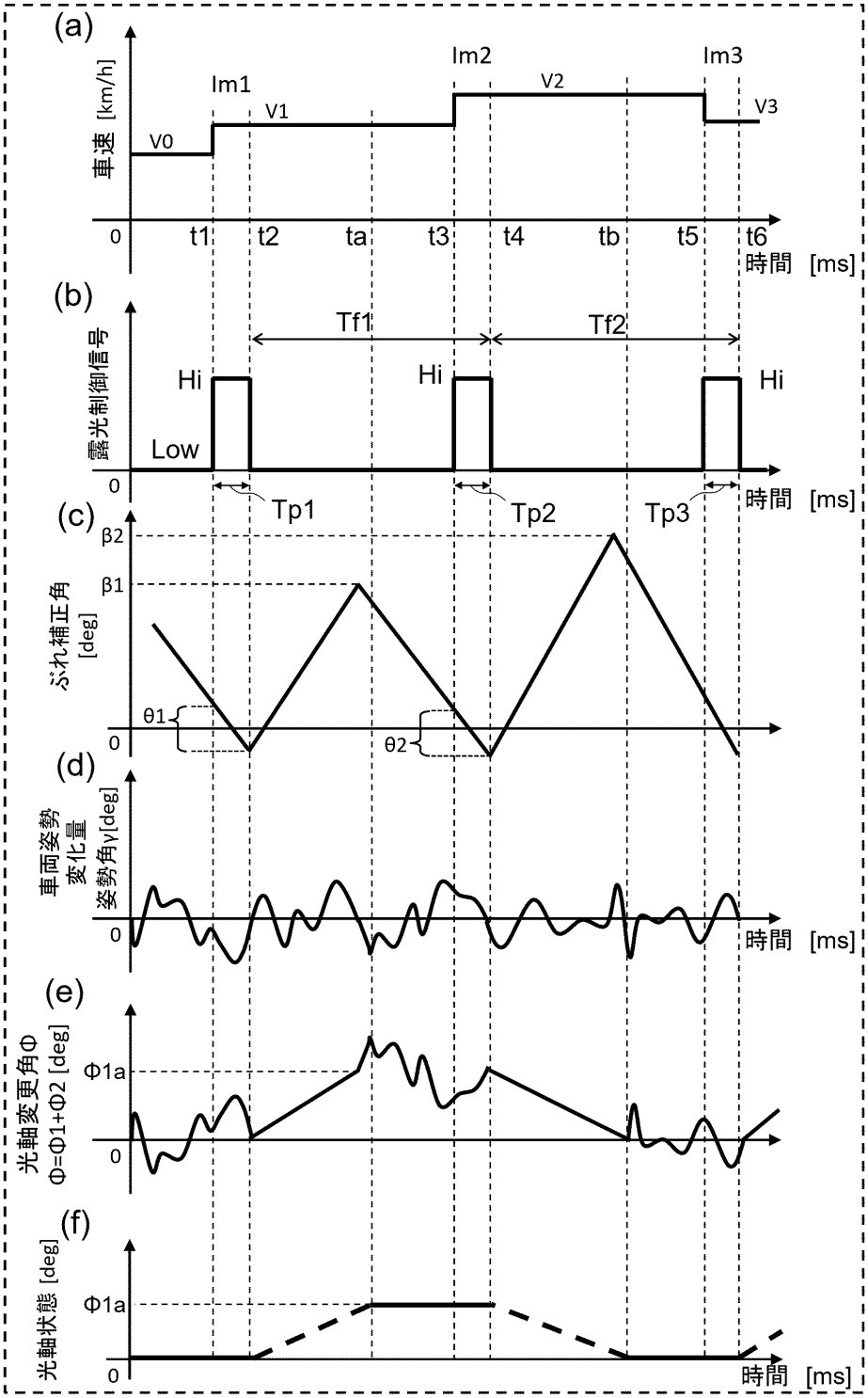
１、１Ａ、１Ｂ、１Ｃ　撮像システム
３　車両
３ａ　速度検出装置
４　道路
４ｂ　穴
４ｃ　ひび割れ
５　壁
５ａ　壁面
５ｂ　穴
５ｃ　ひび割れ
９　撮像対象領域
１１　撮像装置
１２　光軸変更機構
１５　制御装置
１７　記憶部
１９　操作部
２１　カメラ本体
２３　レンズ
２３ａ　光軸
２３ａｂ　第１光軸
２３ａｃ　第２光軸
２４　シャッター
２５　撮像素子
２７　カメラ制御部
３１　ぶれ補正機構
３３　姿勢検出装置
４１　ミラー
４３　ミラー駆動部
４５　アーム
５１　最大露光時間算出部
５３　露光時間設定部
６１　ベース
６３　回動駆動部
７１　光軸変更指示部
７３　振り角算出部
７５　回動速度算出部
８１　被写体距離検出装置
α　ミラー振り角
Ｆ　焦点距離
Ｃ１　第１撮像状態
Ｃ２　第２撮像状態
Ｍ　被写体倍率
ＬＥ１　レンズの主点の延長線

ＬＥ２　　撮像対象面の延長線
Φ　　光軸変更角
Φ１　　第１光軸変更角
Φ２　　第２光軸変更角
Ｔｆ１、Ｔｆ２　撮像間隔
Ｖ０、Ｖ１、Ｖ２、Ｖ３　移動速度

【手続補正２】
【補正対象書類名】特許請求の範囲
【補正対象項目名】全文
【補正方法】変更
【補正の内容】
【特許請求の範囲】
【請求項１】
移動体に配置され、光軸がそれぞれ異なる第１撮像状態及び第２撮像状態において撮像する撮像装置と、
前記移動体の姿勢変化量を検出する姿勢検出装置と、
前記移動体が第１方向に移動中において、前記第１撮像状態において前記撮像装置が撮像する際の第１光軸の状態から、前記第２撮像状態において撮像する際の、前記第１方向と交差する第２方向に傾斜した第２光軸の状態へと前記撮像装置の光軸を変更させる光軸変更機構と、
前記姿勢変化量を基に、前記光軸変更機構が前記撮像装置の光軸を変更させる光軸変更量を設定する制御装置と、を備え、
前記光軸変更機構は、設定された前記光軸変更量に基づいて前記撮像装置の光軸を変更させる、
撮像システム。
【請求項２】
前記制御装置は、前記光軸変更機構に、撮像画像の撮像範囲拡大のための第１光軸変更と、前記移動体の姿勢変化の影響を低減するための第２光軸変更と、の２種類の光軸変更を指示する、
請求項１に記載の撮像システム。
【請求項３】
前記制御装置は、前記第１光軸変更において、前記光軸変更機構に、連続する２回の撮像と撮像との間で前記撮像装置の光軸を、前記第１光軸の状態から前記第２光軸の状態へ、または、前記第２光軸の状態から前記第１光軸の状態へ変更させる、
請求項２に記載の撮像システム。
【請求項４】
前記制御装置は、前記光軸変更機構に、第１光軸変更において、前記第１光軸の状態と前記第２光軸の状態との間で、前記撮像装置の光軸を撮像画像の撮像範囲拡大のための第１光軸変更角を前記光軸変更量として変更させる、
請求項３に記載の撮像システム。
【請求項５】
前記制御装置は、前記光軸変更機構が前記第１光軸変更を行っている間に前記第２光軸変更の指示を行わず、前記光軸変更機構が前記第１光軸変更を完了して、次に第１光軸変更を行うまでの間に前記第２光軸変更の指示を行う、
請求項４に記載の撮像システム。
【請求項６】
前記姿勢検出装置は、前記移動体のロール方向の姿勢変化量を検出し、
前記制御装置は、第２光軸変更において、前記姿勢検出装置が検出した前記姿勢変化量と符号が反対で大きさの等しい第２光軸変更角と前記第１光軸変更角との和を前記光軸変更量として変更させる、

請求項４に記載の撮像システム。
【請求項７】
移動体の移動速度を検出する速度検出装置と、
前記移動体が移動中に前記撮像装置によって撮像する際の前記第１方向に沿ったぶれを補正するぶれ補正機構と、を備え、
前記制御装置は、前記移動速度に基づいて前記ぶれ補正機構によるぶれ補正のためのぶれ補正角を設定し、前記光軸変更量に基づいて前記ぶれ補正角を変更する、
請求項１に記載の撮像システム。
【請求項８】
前記制御装置は、前記光軸変更機構により変更した光軸変更角に基づいて光軸変更前後で変化する前記撮像装置から撮像対象領域までの被写体距離を算出し、前記被写体距離に基づいて前記第１方向に沿ったぶれを補正するためのぶれ補正角を設定する、
請求項７に記載の撮像システム。
【請求項９】
前記撮像装置から前記撮像対象領域までの前記被写体距離を測定する被写体距離測定装置を備える、
請求項８に記載の前記撮像システム。
【請求項１０】
前記制御装置は、光軸変更前の前記第１光軸の状態において前記被写体距離測定装置による被写体距離検出を実施し、前記光軸変更機構により前記第２光軸の状態へ光軸変更した後において前記第１光軸の状態で検出された被写体距離と光軸変更量とに基づいて前記被写体距離を算出する、
請求項９に記載の前記撮像システム。
【請求項１１】
前記制御装置は、前記光軸変更機構が前記第１光軸変更を行っている間に前記第２光軸変更の指示を行わず、前記撮像装置が露光中に前記第２光軸変更の指示を行う、
請求項４に記載の撮像システム。
【請求項１２】
前記制御装置は、前記光軸変更機構が前記第１光軸変更を行っている間に前記第２光軸変更の指示を行わず、前記光軸変更機構が前記第１光軸変更を完了して、次に第１光軸変更を行うまでの間に前記第２光軸変更の指示を行う、
請求項２に記載の撮像システム。
【請求項１３】
前記制御装置は、前記光軸変更機構が前記第１光軸変更を行っている間に前記第２光軸変更の指示を行わず、前記光軸変更機構が前記第１光軸変更を完了して、次に第１光軸変更を行うまでの間に前記第２光軸変更の指示を行う、
請求項３に記載の撮像システム。
【請求項１４】
請求項１から１３のいずれか１つの撮像システムを備える、移動体。
【手続補正３】
【補正対象書類名】図面
【補正対象項目名】図１５
【補正方法】変更
【補正の内容】

【図１５】


(a)
車速 [km/h]
Im1
Im2
Im3
V0
V1
V2
V3
0
t1
t2
ta
t3
t4
tb
t5
t6
時間 [ms]
(b)
露光制御信号
Tf1
Tf2
Hi
Low
Tp1
Tp2
Tp3
時間 [ms]
(c)
ぶれ補正角 [deg]
β2
β1
θ1
θ2
(d)
車両姿勢変化量 姿勢角γ[deg]
時間 [ms]
(e)
光軸変更角Φ Φ=Φ1+Φ2 [deg]
Φ1a
(f)
光軸状態 [deg]
Φ1a
時間 [ms]