

WO 2023/243656 A1

HU, ID, IL, IN, IQ, IR, IS, IT, JM, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, MG, MK, MN, MU, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, WS, ZA, ZM, ZW.

- (84) 指定国(表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, CV, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SC, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, ME, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類:

一 国際調査報告 (条約第21条(3))

synchronization with the time when the blur compensation unit is positioned within a range in which the deviation amount from the reference position is equal to or less than a threshold value during the driving of the blur compensation unit.

(57) 要約: 撮像システムは、移動体に配置された撮像装置と、移動体が移動中に撮像装置によって撮像する際の移動体の移動する移動方向のぶれを移動ぶれ補正量を基に補正するぶれ補正機構と、撮像装置の撮像タイミングを制御する制御装置と、を備える。ぶれ補正機構は、移動方向のぶれ補正をするためにぶれ補正部を駆動する。ぶれ補正部は、撮像対象面に垂直な軸とぶれ補正部に入射する光の光軸とが平行となる基準位置を有する。制御装置は、ぶれ補正部の駆動中に、ぶれ補正部が基準位置からの変位量が閾値以下となる範囲内に位置するときに同期して撮像装置による撮像を開始させる。

明 細 書

発明の名称：撮像システム、及び、それを備えた移動体

技術分野

[0001] 本開示は、移動体の移動に対応してぶれを補正する撮像システム、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。しかしながら、移動しながら撮像するので、撮像した画像にぶれが発生する。

[0003] 例えば、特許文献1は、露光中のカメラ移動によるぶれをサッカードミラーの技術を用いて補正している。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、撮像のフレーム間隔が固定されていると、移動体の移動速度によって異なるミラーの回動位置において撮像が行われ、撮像対象面に対する被写体距離がバラついて、ぶれ補正の精度が低下することがある。

[0006] 本開示は、ぶれ補正の精度の低下を抑制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、移動体に配置された撮像装置と、移動体が移動

中に撮像装置によって撮像する際の移動体の移動する移動方向のぶれを移動ぶれ補正量を基に補正するぶれ補正機構と、撮像装置の撮像タイミングを制御する制御装置と、を備える。ぶれ補正機構は、移動方向のぶれ補正をするためにぶれ補正部を駆動する。ぶれ補正部は、撮像対象面に垂直な軸とぶれ補正部に入射する光の光軸とが平行となる基準位置を有する。制御装置は、ぶれ補正部の駆動中に、ぶれ補正部が基準位置からの変位量が閾値以下となる範囲内に位置するときに同期して撮像装置による撮像を開始させる。

[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、ぶれ補正の精度の低下を抑制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の撮像システムを備える車両を説明するための図
[図2]実施形態1の撮像システムの内部構成を示すブロック図
[図3]撮像システムのぶれ補正を説明する説明図
[図4]理想の撮像タイミングでの撮像装置を説明する説明図
[図5]実施形態1におけるぶれ撮像処理を示すフローチャート
[図6]実施形態1における露光のタイミングと機構振り角との関係を示すグラフ
[図7]各機構振り角の状態のミラーを示す説明図
[図8]連続して撮像した場合の撮像画像を示す説明図
[図9]実施形態2の撮像システムの内部構成を示すブロック図
[図10]車両に姿勢変動が生じた際の撮像システムを説明する説明図
[図11]実施形態2におけるぶれ撮像処理を示すフローチャート
[図12]実施形態2における露光のタイミングと機構振り角との関係を示すグラフ
[図13]回動可能な撮像装置を示す全体斜視図

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。

[0012] [1. 撮像システムの構成]

図 1 は、撮像システム 1 を説明するための図である。図 2 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 において、車両 3 は、例えば、トンネル 5 内を走行している。トンネル 5 内の壁面 5 a には、例えば、穴 5 b やひび割れ 5 c が発生している。

[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、トンネル 5 の内壁の他にも、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 には、車両 3 の移動速度を検出する速度検出装置 3 a が設けられている。速度検出装置 3 a は、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る。車両 3 には、他にも、GPS (Global Positioning System) システムの受信器が設けられている。

[0015] 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 の上方のトンネル 5 の壁面 5 a の画像を撮像するように固定されているが、車両 3 の側方や斜め側方の壁面 5 a や車両 3 の下方の路面の画像を撮像するように設置されてもよい。

[0016] 撮像システム 1 は、撮像装置 1 1 と、ぶれ補正機構 3 1 と、制御装置 1 5 と、記憶部 1 7 と、操作部 1 9 と、速度検出装置 3 a と、を備える。撮像装置 1 1 は車両 3 の周囲の画像を撮像し、車両 3 が例えばトンネル 5 内を走行

する場合、トンネル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。

[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。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。カメラ本体21とレンズ23は一体型でもよく、この場合は、レンズ23の向きと移動方向は垂直になるように設置されてもよい。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。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] ぶれ補正機構31は、車両3の移動中に撮像装置11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1に入射する光の光路を補正する。

[0019] 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、ぶれ補正部としてのミラー41と、ミラー駆動部43とを備える。ぶれ補正部としてのミラー41は、撮像対象面9aに対向しながら車両3の移動に対応して回動される（図3参照）。なお、ぶれ補正機構31は、これに限らず、図13に示すように、レンズ23と撮像素子25とが一体となった鏡筒26（カメラ本体21）を有する撮像装置11Aを、2つの回動軸周りに、例えばパン方向またはチルト方向に回動駆動する撮像装置駆動機構32を備えてもよい。撮像装置駆動機構32は、例えば、

鏡筒 2 6 を縦方向であるチルト方向に回動可能に支持するアーム 3 2 a と、アーム 3 2 a を横方向であるパン方向に回動可能に支持するベース 3 2 b とを備える。アーム 3 2 a 及びベース 3 2 b は、駆動機構としてモータ及びギアを備える。ぶれ補正部としても機能する撮像装置 1 1 A は、レンズ 2 3 を撮像対象面 9 a に対向しながら車両 3 の移動に対応して回動される。撮像装置 1 1 A は撮像装置 1 1 と同様にシャッター 2 4、撮像素子 2 5、及びカメラ制御部 2 7 も備える。撮像装置駆動機構 3 2 は、駆動方向と駆動量とを制御装置 1 5 により制御される。また、ぶれ補正機構 3 1 は、撮像装置 1 1 全体を撮像対象領域 9 に対して平行に並進駆動する機構を備えてもよい。

[0020] ミラー 4 1 は、レンズ 2 3 と対向するように回動可能に配置されている。ミラー 4 1 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 4 1 は、環境光が撮像対象で反射した光を撮像装置 1 1 の方向へ全反射する。ミラー駆動部 4 3 は、ミラー 4 1 を回動開始位置である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。なお、この初期角度は移動速度によって変動する。ミラー駆動部 4 3 は、例えばモータである。

[0021] ミラー 4 1 の回動角度はミラー駆動部 4 3 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 4 1 の最大振り角までミラー 4 1 を回動させることができる。

[0022] 図 3 を参照して、ぶれ補正機構 3 1 によるぶれ補正を説明する。図 3 は、撮像システム 1 のぶれ補正を説明する説明図である。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 まで移動するとする。位置 A で撮像開始し、このタイミングで取得できる画像には、例えば、撮像対象領域 9 の穴 5 b 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。

[0023] 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 5 b 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 1 1 が撮像した画像はぶれた画像となる。

[0024] そこで、撮像システム 1 及び車両 3 の移動速度に応じて、露光時間中にミラー 4 1 の移動方向側の端部 4 1 a が、撮像対象の相対移動を相殺する方向に、ミラー 4 1 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 4 1 の移動方向側の端部 4 1 a が、撮像対象側に回るように、図 3 においては時計周りにミラー 4 1 をぶれ補正振り角 α 回動させている。ミラー 4 1 をぶれ補正振り角 α 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。

[0025] 焦点距離 F は、レンズ 2 3 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 2 5 との間に配置されたレンズ 2 3 の主点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。

[0026] 図 2 に示すように、制御装置 1 5 は、ぶれ補正部としてのミラー 4 1 の撮像中のぶれ補正のために回動させるぶれ補正振り角を算出する振り角算出部 7 3 と、振り角算出部 7 3 で算出されたぶれ補正振り角と露光時間に基づいてミラー 4 1 の回動速度 V_m を算出する回動速度算出部 7 5 を備える。

[0027] 制御装置 1 5 は、回動速度算出部 7 5 が算出したミラー 4 1 の回動速度と露光時間を基に、ぶれ補正機構 3 1 のぶれ補正動作を制御する。また、制御装置 1 5 は、撮像装置 1 1 の撮像タイミングを制御し、ぶれ補正機構 3 1 による移動ぶれ補正動作中に、ミラー 4 1 が基準位置からの変位量が閾値以下となる範囲内に位置するときに同期して撮像装置 1 1 による撮像を開始させる。

[0028] 制御装置 1 5 は、ぶれ補正機構 3 1 を制御する制御装置と、撮像装置 1 1 の撮像タイミングを制御する制御装置を別々の構成としてもよい。

[0029] 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 T_p 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 のぶれ補正振り角 α を以下の流れで算出する。なお、露光時間 T_p は操作部 19 からユーザが手動で設定してもよいし、制御装置 15 が撮像対象の周囲環境の明るさに応じて自動で設定してもよい。

[0030] 撮像開始の時間 t_1 から撮像終了の時間 t_2 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 T_p とから以下の (1) 式により算出される。

$$L [\text{mm}] = V [\text{km/h}] \times 10^6 \times T_p [\text{ms}] / (60^2 \times 10^3) \cdots (1) \text{ 式}$$

[0031] 撮像開始の時間 t_1 、 t_3 、 t_5 から撮像終了の時間 t_2 、 t_4 、 t_6 のそれぞれの間の撮像素子 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 (2) 式により算出される。

$$P [\text{mm}] = L [\text{mm}] \times M \cdots (2) \text{ 式}$$

[0032] 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 に対応して移動ぶれ補正角 θ だけレンズ 23 に入射する光の光路を変更する。移動ぶれ補正角 θ は、画素の移動量 P と焦点距離 F とから、以下の (3) 式により算出される。

$$\theta [\text{deg}] = \arctan (P / F) \cdots (3) \text{ 式}$$

上述したように、被写体倍率 M は、焦点距離 $F [\text{mm}]$ 、被写体距離 $D [\text{m}]$ から以下の (4) 式により算出される。

$$M = F / (D \times 10^3) \cdots (4) \text{ 式}$$

(1)、(2)、(3)、(4) 式より、

$$\begin{aligned} \theta &= \arctan (V \times 10^6 \times T_p / (60^2 \times 10^3) / (D \times 10^3)) \\ &= \arctan (V \times T_p / (D \times 60^2)) \cdots (5) \text{ 式} \end{aligned}$$

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

[0033] 露光中のぶれ補正に必要なぶれ補正振り角 α は、移動ぶれ補正角 θ の半分

の大きさであるので、以下の（６）式により算出される。

$$\alpha = \theta / k \cdots (6) \text{ 式}$$

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移動ぶれ補正角 θ との変換係数である。図 1 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、変換係数 $k = 2$ である。また、撮像装置 11 とぶれ補正機構 31 とが一体となったパンチルト機構またはカメラ全体駆動の構成の場合、変換係数 $k = 1$ である。

[0034] このようにして、振り角算出部 73 は、ミラー 41 のぶれ補正振り角 α を算出する。

[0035] 回動速度算出部 75 は、ぶれ補正振り角 α と露光時間 T_p とから、以下の（７）式により、ミラー 41 の回動速度 V_m を算出する。

$$V_m = \alpha / T_p \cdots (7) \text{ 式}$$

[0036] したがって、撮像を開始してから、回動速度 V_m 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 11 は、露光時間中は、同一の撮像対象領域 9 からの光 L_1 を受光することができ、撮像した画像に移動ぶれが発生するのを抑制することができる。

[0037] 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、山の斜面などの屋外の明るい領域かを指示してもよい。

[0039] 次に、本開示の課題について詳しく説明する。上述したように、ミラー 4

1を回動しながら撮像するので、ミラー41の撮像対象に対する角度によって、撮像対象領域9からの光L1の被写体距離が変化する。例えば、図3の位置Aで撮像開始した場合、ミラー41の反射面が撮像面（カメラ本体21の撮像素子25）及び撮像対象面9aに対して45度の傾きではないので、光L1内のそれぞれの被写体距離が均一でなく、ぶれ補正の精度が低下する。従来は、車速パルス信号の取得時に同期させて一定移動距離間隔で露光したり、撮像フレーム周期を予め定めて一定時間間隔で露光させていたので、露光時のぶれ補正機構の位置によっては、撮像対象面に垂直な軸と撮像対象領域9からミラー41までの光路とが平行にならずに撮像面内のそれぞれの被写体距離にばらつきが発生する場合がある。撮像面内のそれぞれの被写体距離がばらつくと移動ぶれ補正精度が低下する。特に、露光時間中に撮像対象面に垂直な軸と撮像対象領域9からミラー41までの光路とが一度も平行にならない場合、ぶれ補正の精度が低下する。

[0040] 図4に示すように、撮像面が撮像対象面に垂直で、ミラー41の水平に対する振り角である第1機構振り角 θ 1が45度のときに撮像対象領域9の撮像対象面9aに垂直な軸が撮像対象領域9からミラー41までの光路と平行になる。そこで、撮像対象領域9の撮像対象面9aに垂直な軸が撮像対象領域9からミラー41までの光路と平行になるようなミラー41の回動位置で撮像することで、撮像素子25における撮像面内のそれぞれの被写体距離が均一になり、被写体距離に応じて移動ぶれ補正量を設定する移動ぶれ補正の精度が向上する。実際には、撮像対象領域9の撮像対象面9aに垂直な軸が撮像対象領域9からミラー41までの光路と平行になるようなミラー41の回動位置を含む所定の角度範囲内で撮像する。これを実現するために、ぶれ補正機構のミラー41のぶれ補正振り角 α の回動に同期して露光する。

[0041] [1-2. 撮像システムの動作]

次に、図5、図6を参照して撮像システム1の動作を説明する。図5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6は、ぶれ補正機構の第2機構振り角 β と露光との関係を示すグラフである。図6（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 6（b）は、露光時間のタイミングを示すグラフである。図 6（c）は、ぶれ補正機構の第 2 機構振り角 β の変動を示すグラフである。図 5 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。

[0042] ここで、車両 3 の姿勢状態が水平に保たれた状態であって、ミラー 41 の水平に対する第 1 機構振り角 $\theta 1$ が 45 度の状態において、ミラー 41 の第 2 機構振り角 β を 0 度とし、この状態をぶれ補正機構 31 の基準位置とする（図 4 参照）。第 2 機構振り角 β は、基準位置からのミラー 41 の変位角（変位置）を示し、例えば、基準位置は、ミラー 41 の水平に対する角度が 45 度（第 1 機構振り角 $\theta 1 = 45$ ）の位置である。第 2 機構振り角 β は、例えば、基準位置から車両 3 の進行方向への回動方向を正の符号とし、進行方向の逆方向への回動方向を負の符号としているが、正負の符号を逆にして設計してもよい（図 4 及び図 7 参照）。

[0043] 図 5 を参照する。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 から撮像対象のトンネル 5 の壁面 5a 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、取得した 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。なお、1 枚目の画像 $Im1$ は既に撮像されており、以下のステップにより 2 枚目の画像 $Im2$ 以降の撮像の流れについて説明する。

[0044] ステップ S2 において、速度検出装置 3a が走行中の車両 3 の移動速度 $V0$ を検出する。検出した移動速度が制御装置 15 へ送られる。図 6（a）において車両 3 の移動速度の変化が示され、車両 3 の移動速度が、1 枚目の画像 $Im1$ の撮像時の移動速度 $V0$ から、2 枚目の画像 $Im2$ を撮像するまでに移動速度 $V1$ へ増加し、2 枚目の画像 $Im2$ を撮像時には移動速度 $V2$ へさらに増加し、3 枚目の画像 $Im3$ を撮像時には移動速度 $V3$ へ低下してい

る。

[0045] ステップS3において、振り角算出部73が、移動速度 V_0 、次に撮像する画像 Im_2 の露光時間 T_{p2} を基に、移動ぶれ補正量としてのぶれ補正振り角 α_2 を上述した(1)～(6)式より算出する。ここで、 $T_{p2} = t_4 - t_3$ である。なお、画像 $Im_1 \sim Im_3$ のそれぞれの露光時間 T_{p1} 、 T_{p2} 、及び T_{p3} は、それぞれ、同じ時間でもよいし、環境光の照度に応じて変えてもよい。また、回動速度算出部75がぶれ補正振り角 α_2 を基にミラー41の回動速度 V_{m2} を算出する。さらに、振り角算出部73は、回動開始位置 β_1 を算出する。車速パルス信号に同期して撮像する場合は、移動ぶれ補正角 θ の算出に使用した車両3の移動速度 V_0 から、また、フレームレートに固定して撮像する場合は、フレームレートから、それぞれ、次の撮像までの時間間隔（撮像間隔）を推定することができる。この推定した時間の中で、補正方向への回動とぶれ補正機構の応答性確保のための補正方向への回動範囲を確保するための逆方向への回動を行う必要がある。補正方向の回動速度と補正方向と逆方向の回動速度は、それぞれ別の速度でもよいし、簡単化のために同じ回動速度にしてもよい。それぞれの回動速度が同じ場合、回動速度 $V_m \times$ 推定時間の半分 $= \beta_1$ となる。

[0046] ステップS4において、制御装置15は、図6(c)及び図7に示すように、ミラー41を補正方向と逆方向に回動させて算出された振り角 α_2 の補正方向への回動開始位置 β_1 へ変位させる。ミラー41の駆動周期は、露光が終了したタイミングから次の画像の露光が終了するまでである。ミラー41を補正方向へ回動する方向を正方向とする。ミラー41が補正方向への回動開始位置 β_1 に到達すると、制御装置15は、ミラー駆動部43に算出した回動速度 V_{m2} でミラー41を回動させて、算出されたミラー振り角 α_2 よりも大きい第2機構振り角 β の補正方向への回動開始位置 β_1 からミラー41が回動し始める。このようにして、撮像装置11のぶれ補正が実施される。

[0047] ステップS5において、制御装置15は、ぶれ補正機構31の駆動方向が

補正方向であるか否かを判定する。ここで補正方向とは、ぶれ補正するためにミラー41を回動させる方向である。制御装置15は、ぶれ補正機構31の駆動方向が補正方向でないと判定すると（ステップS5のNo）、ミラー41が補正方向への回動開始位置へ逆方向に回動中であると理解して、ステップS4を続ける。

[0048] 制御装置15は、ぶれ補正機構31の駆動方向が補正方向であると判定すると（ステップS5のYes）、ミラー41の第2機構振り角 β が閾値TH（ $TH = TH2$ ）以下であるか否かを判定する。閾値THは0度より大きい。閾値THは基準位置から撮像可能な所定の範囲を示す値である。閾値THは、撮像装置11のぶれ補正振り角 α に基づいて決定される。例えば、移動ぶれ補正部が原点（機構角0）のときに露光時間の中心とするためには、移動ぶれ補正量の半分だけ図6の正側に位置するときに露光を開始すればよいので、閾値THは移動ぶれ補正量の半分となる。つまり、移動ぶれ補正量は撮像ごとに変化するので、閾値THは移動ぶれ補正量に基づいて決定されることになり、移動ぶれ補正量が移動速度と露光時間と被写体距離に基づいて算出されるので、閾値THも移動速度と露光時間と被写体距離に基づいて決定される。また、閾値THは車両3の移動速度に応じて変更してもよい。制御装置15は、車両3の移動速度が速くなるにつれて閾値THを大きくし、遅くなるにつれて閾値THを小さくしてもよい。図6（c）には、閾値THとして、3つの閾値TH1、TH2、TH3が示されており、閾値TH1は1枚目の画像Im1を撮像する際に用いた移動速度に対応する閾値であり、閾値TH2は2枚目の画像Im2を撮像する際に用いた移動速度V0に対応する閾値であり、閾値TH3は3枚目の画像Im3を撮像する際に用いた移動速度V2に対応する閾値である。移動速度（車速）が大きくなるにつれて、閾値TH1から閾値TH3に向けて値が大きくなっている。

[0049] 制御装置15は、ミラー41の第2機構振り角 β が閾値TH2以下でないと判定すると（ステップS6のNo）、ミラー41の第2機構振り角 β が0度（基準位置）付近に到達していないと理解して、ステップS4、S5を続

ける。

[0050] 制御装置 15 は、ミラー 41 の第 2 機構振り角 β が閾値 $TH2$ 以下であると判定すると（ステップ S6 の Yes）、ミラー 41 の第 2 機構振り角 β が 0 度付近に到達したと理解して、ステップ S7 において、露光制御信号として露光を指示する Hi 信号をカメラ制御部 27 へ露光時間 Tp の間送り続ける。これにより、ミラー 41 の第 2 機構振り角 β が 0 度を含むぶれ補正振り角 $\alpha 2$ の範囲内のときに撮像することができる。閾値 TH を基準に露光のタイミングを判定することで、ミラー 41 が基準位置に到達する前に露光を始めることができ、露光時間の中心時のミラー 41 の位置を基準位置に近づけることができる。

[0051] 撮像装置 11 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 $Tp2$ が経過すると、制御装置 15 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。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 を閉じている。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。

[0052] ステップ S8 において、制御装置 15 は、車両 3 が予め定められた区間の走行を終了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を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。制御装置 15 は、車両 3 が予め定められた区間の走行を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。

[0053] 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 1 の動作も含めて、1 枚目の画像 $Im1$ から 3 枚目の画像 $Im3$ までの撮像の流れを図 6 及び図 8 を参照してさらに説明する。図 8 に示す様に、連続撮像モードにおいて、2 枚目の画像 $Im2$ を撮像する際に、2 枚目に撮像する画像 $Im2$ における移動方向と反対側の端部領域と 1 枚目に撮

像した画像 $Im1$ における移動方向の端部領域とが重なるように撮像する。
また、3枚目の画像 $Im3$ を撮像する際に、3枚目に撮像する画像 $Im3$ における移動方向と反対側の端部領域と2枚目に撮像した画像 $Im2$ における移動方向の端部領域とが重なるように撮像する。同様にして、4枚目以降も順に画像を連続して撮像することで、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8ではわかりやすくするために画像 $Im1 \sim Im4$ のY軸方向の幅が異なるが、実際の幅はどれも同じである。

[0054] 1枚目の画像 $Im1$ がぶれ補正振り角 $\alpha 1$ で撮像される。1枚目の画像 $Im1$ を撮像時の車両3の移動速度 $V0$ を基に、2枚目の画像 $Im2$ のぶれ補正振り角 $\alpha 2$ 及び回動速度 $Vm2$ が算出される。1枚目の画像 $Im1$ の撮像が終了後、ミラー駆動部43はミラー41を補正方向への回動開始位置 $\beta 1$ へ逆方向に回動する。露光終了後にミラー41の逆方向への回動速度は、正方向への回動速度と同じでもよいし異なってもよい。回動速度が正方向と逆方向とで同じ場合、1枚目の画像 $Im1$ の露光が終了後、ミラー駆動部43はミラー41を回動速度 $Vm2$ で逆方向に回動させ、ミラー41が補正方向への回動開始位置 $\beta 1$ へ到達すると、ミラー駆動部43は回動速度 $Vm2$ でミラー41を正方向に回動する。ミラー41の第2機構振り角 β が閾値 $TH2$ 以内になると、制御装置15は露光を指示し、シャッター24が開けられ、2枚目の画像 $Im2$ がぶれ補正振り角 $\alpha 2$ で撮像される。ここで、閾値 $TH2$ は、例えば、 $TH2 \leq \alpha 2$ の範囲の値でもよい。

[0055] 2枚目の画像 $Im2$ を撮像時の車両3の移動速度 $V2$ を基に、3枚目の画像 $Im3$ のぶれ補正振り角 $\alpha 3$ が算出される。2枚目の画像 $Im2$ の撮像が終了後、ミラー駆動部43はミラー41を補正方向の回動開始位置 $\beta 2$ へ逆方向に回動する。ミラー41が回動開始位置 $\beta 2$ へ到達すると、ミラー駆動部43は算出した回動速度 $Vm3$ でミラー41を正方向に回動する。ミラー41の第2機構振り角 β が閾値 $TH3$ 以内になると、制御装置15は露光を指示し、シャッター24が開けられ、3枚目の画像 $Im3$ が撮像される。

[0056] このように、1枚目の画像 $Im1$ の露光の際の車両3の移動速度 $V0$ から

2枚目の画像 $Im2$ の露光時のぶれ補正振り角 $\alpha2$ 、回動速度 $Vm2$ 、及び補正方向の回動開始位置 $\beta1$ が決定される。2枚目の画像 $Im2$ は、ミラー41が基準位置を含むその前後に位置するときに露光を続けることで、移動ぶれ補正と同期した最適なタイミングで露光することができる。

[0057] [1-3. 効果等]

撮像システム1は、車両3に配置された撮像装置11と、車両3が移動中に撮像装置11によって撮像する際の車両3の移動する移動方向のぶれをぶれ補正振り角 α を基に補正するぶれ補正機構31と、撮像装置11の撮像タイミングを制御する制御装置15と、を備える。ぶれ補正機構31は、移動方向のぶれ補正をするためにミラー41を駆動する。ミラー41は、撮像対象面9aに垂直な軸とミラー41に入射する光L1の光軸とが平行となる基準位置を有する。制御装置15は、ミラー41の駆動中に、ミラー41が基準位置からの変位量が閾値 TH 以下となる範囲内に位置するときに同期して撮像装置11による撮像を開始させる。

[0058] これにより、ミラー41が基準位置に位置するときに確実に撮像装置11が撮像することができるので、撮像面内の被写体距離のバラツキを低減し、被写体距離に応じて移動ぶれ補正量としてのぶれ補正振り角 α を設定する移動ぶれ補正の精度が向上する。

[0059] ミラー41は、移動方向のぶれ補正をするためのぶれ補正振り角 α よりも大きな量を駆動される。これにより、ミラー41がぶれ補正振り角 α よりも大きな量を駆動されることで、移動方向のぶれ補正に必要な駆動の応答性を確保することができる。また、撮像装置11による撮像開始のタイミングをとりやすくなる。

[0060] 制御装置15は、撮像装置11のぶれ補正振り角 α に基づいて閾値 TH を更新する。これにより、ぶれ補正のための精度の良い閾値 TH を設定することができる。

[0061] また、制御装置15は、ミラー41が基準位置に位置するとき、または、ミラー41が基準位置に到達する前に撮像装置11に撮像を開始させ、ミラ

ー 4 1 が基準位置を通過後に撮像を終了させてもよい。これにより、撮像装置 1 1 の撮像中にミラー 4 1 が基準位置を通過するので、撮像面内の被写体距離が均一になり、被写体距離に応じて移動ぶれ補正量としてのぶれ補正振り角 α を設定する移動ぶれ補正の精度が向上する。したがって、移動ぶれを低減した画像を取得することができる。

[0062] また、ぶれ補正機構 3 1 は、移動方向のぶれ補正をするためにミラー 4 1 を補正方向に回動させ、撮像終了タイミングに基づいてミラー 4 1 の駆動方向を補正方向とは反対の方向に反転する。ぶれ補正機構 3 1 がミラー 4 1 を補正方向と反対方向に回動しない構成の場合、360度回転制御になるので、ミラー 4 1 の駆動範囲が広くなり、制御分解能(角度指令精度)が低下する。補正方向と反対方向にミラー 4 1 を回動することで、例えば、ミラー 4 1 を±10度以下の範囲で回動すればよいので、回動精度を高精度化することができる。

[0063] また、ぶれ補正機構 3 1 は、移動方向のぶれ補正をするための補正方向にミラー 4 1 を回動させ、移動ぶれ補正量は、車両 3 の移動による撮像装置 1 1 の撮像素子上の画素の移動量 P に対応する、ミラー 4 1 を補正方向に回動させるぶれ補正振り角 α である。ぶれ補正振り角 α が画素の移動量 P に対応しているので、撮像画像における移動ぶれを低減することができる。

[0064] また、ぶれ補正機構 3 1 は、移動方向のぶれ補正をするためにミラー 4 1 を補正方向に回動させ、閾値 TH は、ぶれ補正振り角 α より小さく、制御装置 1 5 は、基準位置から補正方向と反対方向に閾値 TH を設定する。ミラー 4 1 がぶれ補正振り角 α の分だけ回動中に撮像装置 1 1 が撮像するので、撮像中にミラー 4 1 が必ず基準位置を通過する。したがって、移動ぶれ補正の精度を向上させることができる。

[0065] また、ミラー 4 1 は、ぶれ補正部として撮像対象面 9 a からの光 L 1 を撮像装置 1 1 へ反射し、ぶれ補正機構 3 1 は、ミラー 4 1 を回動駆動するミラー駆動部 4 3 を備える。ぶれ補正部としてミラー 4 1 を用いることで、ぶれ補正を適切に実施することができる。

[0066] 制御装置 15 は、ミラー 41 が基準位置からの変位量が閾値 TH 以下となる範囲内に位置するごとに撮像装置 11 に撮像させて、撮像画像 $Im1 \sim Im3$ におけるそれぞれの移動方向の端部領域とそれぞれの次の撮像画像 $Im2 \sim Im4$ における移動方向と反対側の端部領域とが重なるように一列状に連続して画像を取得する。これにより、撮像画像間の撮像漏れを防ぎ、連続した撮像画像を取得することができる。

[0067] また、ぶれ補正機構 31 は、撮像装置 11A を回動駆動する撮像装置駆動機構 32 を備え、撮像装置駆動機構 32 が、撮像装置 11A 自体をぶれ補正部として回動してもよい。これにより、レンズ 23 が基準位置に位置するときに確実に撮像装置 11A が撮像することができるので、撮像面内の被写体距離のバラツキを低減し、被写体距離に応じて移動ぶれ補正量としてのぶれ補正振り角 α を設定する移動ぶれ補正の精度が向上する。

[0068] ミラー 41 を回動するミラー回動方式と、レンズ 23 及び撮像素子 25 を回動するカメラ駆動方式とを説明した。理論的にはどちらの方式も車両 3 の姿勢に応じて、ぶれ補正部としてのミラー 41、または、レンズ 23 及び撮像素子の傾きを変更させることで、撮像面内の被写体距離を均一化することができる。ミラー回動方式の場合、撮像面に対する傾きが 45 度から平行に近づくにつれ、反射角が鋭角になり、光路上においてレンズ 23 のレンズ面内にミラー 41 の端部が入り込むことでけられてしまう場合がある。撮像面に対する傾きが 45 度から垂直に近づくにつれ、反射光がレンズ 23 から外れてしまう場合がある。これらの場合、所望の範囲を撮像できないこともある。カメラ駆動方式では、このような状態にならない。

[0069] (実施形態 2)

図 9 及び図 10 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 9 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 10 は、車両 3 に姿勢変動が生じた際の撮像システム 1A を説明する説明図である。

[0070] 実施形態 1 では、ぶれ補正機構 31 の第 2 機構振り角 β の適切な範囲に撮

像タイミングを合わせていたが、車両 3 に姿勢変動が生じると、この場合でも、撮像対象面 9 a に垂直な軸と光軸とが平行にならずに撮像面内の被写体距離にばらつきが発生する場合がある。例えば、図 10 に示すように、車両 3 がピッチ方向に姿勢変動すると、ミラー 4 1 の機械角である第 1 機構振り角 $\theta 1$ が 45 度であっても、撮像システム 1 全体が姿勢変化角 γ 傾いているので、光 L 1 の被写体距離にばらつきが発生する。撮像システム 1 全体の姿勢変化角 γ に対応する機構振り角の分だけ、姿勢変化角 γ の変化方向とは逆の方向に回転することで、被写体距離のばらつきを低減する。したがって、実施形態 2 において、車両 3 の姿勢変動にも対応して撮像タイミングを調整する。例えば、制御装置 15 A は、車両 3 の姿勢変化量に基づいて基準位置に対応するミラー 4 1 の回転角度を補正することで、撮像装置 11 に撮像を開始するタイミングを補正してもよい。

[0071] 図 9 に示すように、実施形態 2 における撮像システム 1 A は、実施形態 1 の撮像システム 1 に撮像装置 11 の姿勢変化量を検出する姿勢検出装置 33 と合成角算出部 77 と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 1 A は実施形態 1 における撮像システム 1 と共通している。

[0072] 実施形態 2 において、撮像装置 11 は車両 3 と一体化して 1 つの剛体として見なすことができるので、撮像装置 11 の姿勢変化角は車両 3 の姿勢変化角と同じである。姿勢検出装置 33 は、車両 3 の基準となる姿勢に対して、ぶれ補正機構 31 がぶれ補正する回転方向の姿勢変化角 γ (図 10 参照) を検出することで撮像装置 11 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角 γ は制御装置 15 A へ出力される。実施形態 2 において、姿勢検出装置 33 は、水平に保たれた状態を基準となる姿勢として、少なくとも車両 3 のピッチ方向の姿勢変化角 γ を検出する。姿勢検出装置 33 は、ピッチ方向以外にも、ヨー方向やロール方向の姿勢変化角を検出してもよい。

[0073] 制御装置 15 A は、姿勢検出装置 33 が検出した姿勢変化角 γ と、第 2 機

構振り角 β に変換係数 k を乗算した $k\beta$ と、の和である合成角 ϕ を算出する合成角算出部77を備える。ここで、姿勢変化角 γ の正負の方向と第2機構振り角 β の正負の方向とが一致するように設定されている。合成角算出部77は、ぶれ補正機構31がミラー41を補正方向と反対方向に駆動しているときは合成角 ϕ を算出しなくてもよい。

[0074] 制御装置15Aは、合成角 ϕ がミラー41の基準位置である0 [deg]以上で閾値TH以下であるか否かを判定する。制御装置15Aは、合成角 ϕ が0以上閾値TH以下であると判定すると、カメラ制御部27へHiの露光制御信号を送信し、撮像装置11に撮像させる。

[0075] 次に図11及び図12を参照して実施形態2における撮像システム1Aの動作を説明する。図11は実施形態2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2における撮像システム1Aの動作は、実施形態1における撮像システム1の動作に、ステップS11が追加され、ステップS6がステップS12に代えられている。図12は、ぶれ補正機構の第2機構振り角 β と露光との関係を示すグラフである。図12(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12(b)は、露光時間のタイミングを示すグラフである。図12(c)は、ぶれ補正機構の第2機構振り角 β の変動を示すグラフである。図12(d)は、姿勢検出装置33が検出した姿勢変化角 γ の変動を示すグラフであり、2枚目の画像Im2の露光までのグラフを例示している。図12(e)は、合成角 ϕ の変動を示すグラフであり、1枚目の画像Im2の露光から2枚目の画像Im2の露光までのグラフを例示している。

[0076] ステップS1～S5、S7、S8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S4においてぶれ補正駆動が実施される。時間 t_2 から時間 t_a まで車両3の姿勢変化は考慮することなく、ミラー駆動部43がミラー41を回動開始位置 β_1 へ変位させた後、ステップS11において姿勢検出装置33が車両3の姿勢変化角 γ を検出する。姿勢変化角 γ のプラスの方向と、第2機構振り角 β のプラスの回動方

向とは同じ方向である。検出された姿勢変化角 γ が制御装置15に送られて、合成角算出部77が第2機構振り角 β に変換係数 k をかけた $k \times \beta$ に姿勢変化角 γ を足した合成角 $\phi (= k \times \beta + \gamma)$ を算出する。合成角 ϕ は、撮像対象面9aに対する補正位置ともいえる。

[0077] ステップS12において、制御装置15は、合成角 ϕ が閾値 TH 以下であるか否かを判定する。閾値 TH は0度より大きい。すなわち、制御装置15は以下の(8)式を満たすか満たさないかを判定する。

$$0 \leq \phi \leq TH \cdots (8) \text{ 式}$$

[0078] 制御装置15は、合成角 ϕ が閾値 TH 以下でないと判定すると(ステップS12のNo)、ステップS4を続ける。制御装置15は、合成角 ϕ が0以上閾値 TH 以下であると判定すると(ステップS12のYes)、ステップS7において、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、撮像を実行する。

[0079] 合成角 ϕ が0以上閾値 TH 以下のときに撮像開始することにより、車両3の姿勢変化とミラー41の第2機構振り角 β を光学角に変換した $k\beta$ とが相殺するタイミングで撮像することができるので、車両3の姿勢変化による被写体距離の変化が小さいときに撮像することができ、ぶれ補正の精度の低下を抑制することができる。

[0080] カメラ駆動方式の場合、レンズ23及び撮像素子25の傾きに対して、傾き分を相殺するために、同じ角度だけ傾きを変更する必要がある。しかしながら、ミラー方式ではカメラ傾き(光学角)の半分だけ逆方向に傾けることで相殺することができるので、車両姿勢変化を相殺する角度は車両姿勢変化角の半分の角度でよい。したがって、ミラー方式の方が応答性に優れる。

[0081] このように、撮像システム1Aは、車両3の姿勢変化角 γ を検出する姿勢検出装置33を備え、制御装置15Aは、姿勢変化角 γ に基づいて基準位置に対応するミラー41の位置を補正することで、撮像装置11に撮像を開始するタイミングを補正する。車両3がピッチ方向に姿勢変動すると、撮像対象面9aに対して垂直な軸とミラー41に入射する光の光軸とが平行となる

基準位置に対応するミラー４１の回動位置もそれぞれの車両３の姿勢で異なる。このような状態に対して、制御装置１５Ａは、姿勢変化角 γ に基づいて基準位置に対応する、ミラー４１の第２機構振り角 β を補正した合成角 ϕ が０となる位置を基準位置として補正して、合成角 ϕ が０となるタイミングを基に、制御装置１５Ａは撮像装置１１に撮像を開始させるタイミングを補正する。これにより、車両３の姿勢変化による被写体距離への影響を低減し、移動ぶれ補正の精度の低減を抑制することができる。

[0082] また、制御装置１５Ａは、姿勢変化角 γ と、ミラー４１のぶれ補正動作中の第２機構振り角 β とに基づいて算出した補正位置としての合成角 ϕ が基準位置から閾値 TH 以下となるタイミングで、撮像装置１１の撮像を開始させる。これにより、車両３の姿勢変化による被写体距離への影響を低減し、移動ぶれ補正の精度の低減を抑制することができる。

[0083] (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。

[0084] 上記実施形態において、撮像装置１１とぶれ補正機構３１とは別体であったがこれに限らない。撮像装置１１は、カメラ本体２１と、レンズ２３と、ぶれ補正機構３１の代わりとなる光軸変更機構とが一体となった構成でもよく、例えば、カメラ本体２１とレンズ２３とを縦方向に回動するチルト機能と、横方向に回動するパン機能とを有してもよい。また、ぶれ補正機構３１の代わりに、撮像装置１１全体をそれぞれ直交する２つの方向に回動する機構を備えてもよい。また、ぶれ補正機構３１を、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。

[0085] 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 V_1 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、 GP

Sシステムを利用したものでもよい。

[0086] 上記実施形態では、撮像システム1は車両3の上方及び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の下方の路面を撮像してもよい。撮像した画像から、路面に発生したポットホール、ひび割れ、わだち掘れ等を画像処理により検出することができる。

[0087] 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は橋脚や橋桁の底面や、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。

[0088] 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。

[0089] (実施形態の概要)

(1) 本開示の撮像システムは、移動体に配置された撮像装置と、移動体が移動中に撮像装置によって撮像する際の移動体の移動する移動方向のぶれを移動ぶれ補正量を基に補正するぶれ補正機構と、撮像装置の撮像タイミングを制御する制御装置と、を備える。ぶれ補正機構は、移動方向のぶれ補正をするためにぶれ補正部を駆動し、ぶれ補正部は、撮像対象面に垂直な軸とぶれ補正部に入射する光の光軸とが平行となる基準位置を有し、制御装置は、ぶれ補正部の駆動中に、ぶれ補正部が基準位置からの変位量が閾値以下となる範囲内に位置するときに同期して撮像装置による撮像を開始させる。

[0090] これにより、ぶれ補正部が基準位置に位置するときに確実に撮像装置が撮像することができるので、撮像装置と撮像対象面との被写体距離のバラツキを低減し、撮像画像のぶれを低減し、さらに、適切な露光時間で撮像した画像を取得することができる。

[0091] (2) (1)の撮像システムにおいて、ぶれ補正部は、移動方向のぶれ補

正をするための移動ぶれ補正量よりも大きな量を駆動される。

[0092] (3) (1) または (2) の撮像システムにおいて、制御装置は、撮像装置の移動ぶれ補正量に基づいて閾値を更新する。

[0093] (4) (1) から (3) のいずれかの撮像システムにおいて、制御装置は、ぶれ補正部が基準位置に位置するとき、または、ぶれ補正部が基準位置に到達する前に、撮像装置に撮像を開始させ、ぶれ補正部が基準位置を通過後に撮像を終了させる。

[0094] (5) (1) から (4) の撮像システムにおいて、ぶれ補正機構は、移動方向のぶれ補正をするためにぶれ補正部を補正方向に回動させ、閾値は、移動ぶれ補正量より小さく、制御装置は、基準位置から補正方向と反対方向に閾値を設定する。

[0095] (6) (5) の撮像システムにおいて、ぶれ補正機構は、撮像終了タイミングに基づいてぶれ補正部の駆動方向を補正方向とは反対の方向に反転する。

[0096] (7) (1) から (6) のいずれかの撮像システムにおいて、移動体の姿勢変化量を検出する姿勢検出装置を備え、制御装置は、姿勢変化量に基づいて基準位置に対応するぶれ補正部の位置を補正することで、撮像装置に撮像を開始するタイミングを補正する。

[0097] (8) (1) から (6) のいずれかの撮像システムにおいて、移動体の姿勢変化量を検出する姿勢検出装置を備え、制御装置は、姿勢変化量とぶれ補正部のぶれ補正動作中の位置とに基づいて算出した補正位置が、基準位置から閾値以下となるタイミングで、撮像装置に撮像を開始させる。

[0098] (9) (1) から (8) のいずれかの撮像システムにおいて、ぶれ補正部は、撮像装置であり、ぶれ補正機構は、撮像装置を回動駆動する撮像装置駆動機構を備える。

[0099] (10) (1) から (8) のいずれかの撮像システムにおいて、ぶれ補正部は、撮像対象面からの光を撮像装置へ反射するミラーであり、ぶれ補正機構は、ミラーを回動駆動するミラー駆動機構を備える。

- [0100] (11) (1) から (10) のいずれかの撮像システムにおいて、ぶれ補正機構は、移動方向のぶれ補正をするための補正方向にぶれ補正部を回動させ、移動ぶれ補正量は、移動体の移動による撮像装置の撮像素子上の画素の移動量に対応する、ぶれ補正部を補正方向に回動させる回動量である。
- [0101] (12) (1) から (11) のいずれかの撮像システムにおいて、制御装置は、ぶれ補正部が基準位置からの変位量が閾値以下となる範囲内に位置するごとに撮像装置に撮像させて、撮像画像における移動方向の端部領域と次の撮像画像における移動方向と反対側の端部領域とが重なるように一列状に連続して画像を取得する。
- [0102] (13) (1) から (12) のいずれかの撮像システムにおいて、制御装置は、移動体の移動速度が速くなるにつれて閾値を大きくし、移動体の移動速度が遅くなるにつれて閾値を小さくする。
- [0103] (14) (1) から (13) のいずれか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を備え、制御装置は、検出した移動速度を基に、移動ぶれ補正量を算出する。
- [0104] (15) 本開示の移動体は、(1) から (14) のいずれか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、撮像システムはぶれを低減して移動体の周囲の画像を撮像することができる。

産業上の利用可能性

- [0105] 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

- [0106] 1、1 A 撮像システム
- 3 車両
- 3 a 速度検出装置
- 5 トンネル
- 5 a 壁面
- 5 b 穴
- 5 c ひび割れ

9	撮像対象領域
1 1	撮像装置
1 5	制御装置
1 7	記憶部
1 9	操作部
2 1	カメラ本体
2 3	レンズ
2 4	シャッター
2 5	撮像素子
2 6	鏡筒
2 7	カメラ制御部
2 8 a、2 8 b	回動軸
3 1	ぶれ補正機構
3 2	撮像装置駆動機構
3 2 a	アーム
3 2 b	ベース
3 3	姿勢検出装置
4 1	ミラー
4 3	ミラー駆動部
7 3	振り角算出部
7 5	回動速度算出部
7 7	合成角算出部
α	ぶれ補正振り角
β	第2機構振り角
$\beta 1$ 、 $\beta 2$	回動開始位置
θ	移動ぶれ補正角
$\theta 1$	第1機構振り角
F	焦点距離

L	車両の移動量
L 1	光
M	被写体倍率
P	画素の移動量
T p	露光時間
t 1、t 2、t 3、t 4、t 5、t 6	時間
V、V 0、V 1、V 2、V 3	移動速度
V m	回動速度

請求の範囲

- [請求項1] 移動体に配置された撮像装置と、
前記移動体が移動中に撮像装置によって撮像する際の前記移動体の移動する移動方向のぶれを移動ぶれ補正量を基に補正するぶれ補正機構と、
前記撮像装置の撮像タイミングを制御する制御装置と、を備え、
前記ぶれ補正機構は、前記移動方向のぶれ補正をするためにぶれ補正部を駆動し、
前記ぶれ補正部は、撮像対象面に垂直な軸と前記ぶれ補正部に入射する光の光軸とが平行となる基準位置を有し、
前記制御装置は、前記ぶれ補正部の駆動中に、前記ぶれ補正部が前記基準位置からの変位量が閾値以下となる範囲内に位置するときに同期して前記撮像装置による撮像を開始させる、
撮像システム。
- [請求項2] 前記ぶれ補正部は、前記移動方向のぶれ補正をするための前記移動ぶれ補正量よりも大きな量を駆動される、
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、前記撮像装置の前記移動ぶれ補正量に基づいて前記閾値を更新する、
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、前記ぶれ補正部が前記基準位置に位置するとき、または、前記ぶれ補正部が前記基準位置に到達する前に、前記撮像装置に撮像を開始させ、前記ぶれ補正部が前記基準位置を通過後に撮像を終了させる、
請求項 3 に記載の撮像システム。
- [請求項5] 前記ぶれ補正機構は、前記移動方向のぶれ補正をするために前記ぶれ補正部を補正方向に回動させ、
前記閾値は、前記移動ぶれ補正量より小さく、

前記制御装置は、前記基準位置から前記補正方向と反対方向に前記閾値を設定する、

請求項 3 に記載の撮像システム。

[請求項6] 前記ぶれ補正機構は、撮像終了タイミングに基づいて前記ぶれ補正部の駆動方向を前記補正方向とは反対の方向に反転する、

請求項 5 に記載の撮像システム。

[請求項7] 前記撮像システムは、前記移動体の姿勢変化量を検出する姿勢検出装置を備え、

前記制御装置は、前記姿勢変化量に基づいて前記基準位置に対応する前記ぶれ補正部の位置を補正することで、前記撮像装置に撮像を開始するタイミングを補正する、

請求項 3 に記載の撮像システム。

[請求項8] 前記撮像システムは、前記移動体の姿勢変化量を検出する姿勢検出装置を備え、

前記制御装置は、前記姿勢変化量と前記ぶれ補正部のぶれ補正動作中の位置とに基づいて算出した補正位置が、前記基準位置から前記閾値以下となるタイミングで、前記撮像装置に撮像を開始させる、

請求項 3 に記載の撮像システム。

[請求項9] 前記ぶれ補正部は、前記撮像装置であり、

前記ぶれ補正機構は、前記撮像装置を回動駆動する撮像装置駆動機構を備える、

請求項 1 に記載の撮像システム。

[請求項10] 前記ぶれ補正部は、前記撮像対象面からの光を前記撮像装置へ反射するミラーであり、

前記ぶれ補正機構は、前記ミラーを回動駆動するミラー駆動機構を備える、

請求項 1 に記載の撮像システム。

[請求項11] 前記ぶれ補正機構は、前記移動方向のぶれ補正をするための補正方

向に前記ぶれ補正部を回動させ、

前記移動ぶれ補正量は、前記移動体の移動による前記撮像装置の撮像素子上の画素の移動量に対応する、前記ぶれ補正部を前記補正方向に回動させる回動量である、

請求項 1 に記載の撮像システム。

[請求項12] 前記制御装置は、前記ぶれ補正部が前記基準位置からの変位量が前記閾値以下となる範囲内に位置するごとに前記撮像装置に撮像させて、撮像画像における前記移動方向の端部領域と次の撮像画像における前記移動方向と反対側の端部領域とが重なるように一列状に連続して画像を取得する、

請求項 3 に記載の撮像システム。

[請求項13] 前記制御装置は、前記移動体の移動速度が速くなるにつれて前記閾値を大きくし、前記移動体の移動速度が遅くなるにつれて前記閾値を小さくする、

請求項 3 に記載の撮像システム。

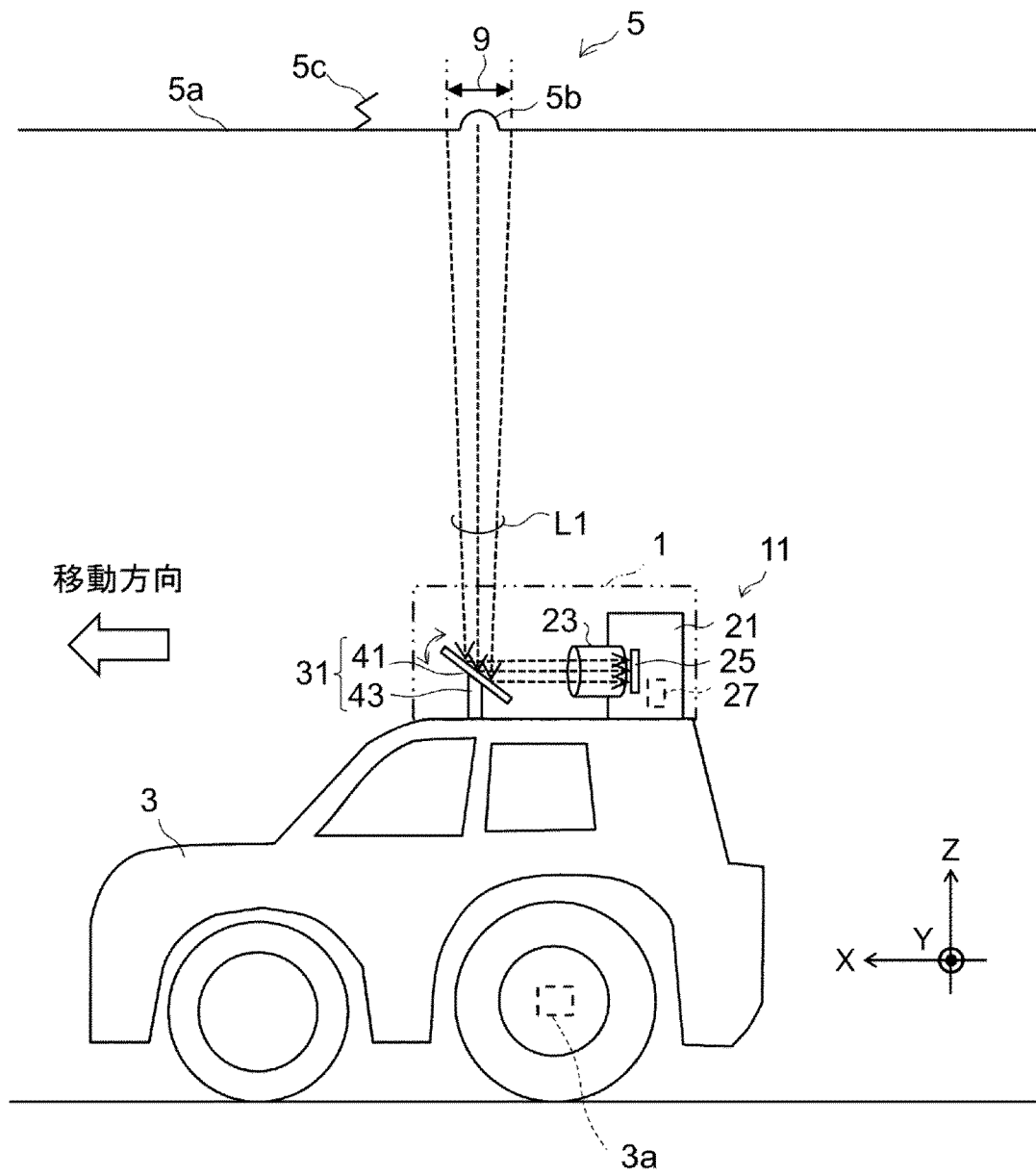
[請求項14] 前記移動体の移動速度を検出する速度検出装置を備え、

前記制御装置は、検出した前記移動速度を基に、前記移動ぶれ補正量を算出する、

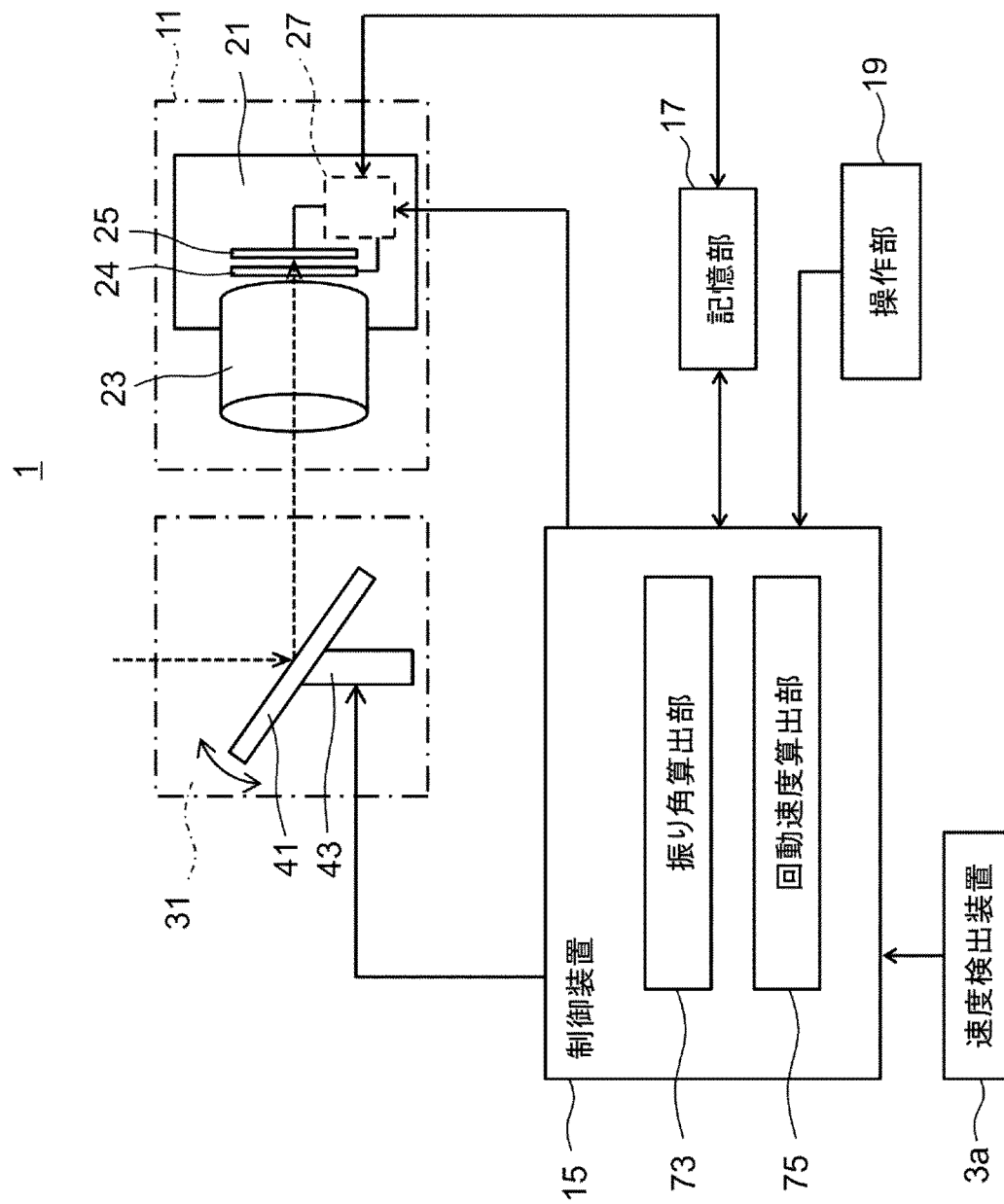
請求項 3 に記載の撮像システム。

[請求項15] 請求項 1 から 14 のいずれか 1 つの撮像システムを備える、移動体。

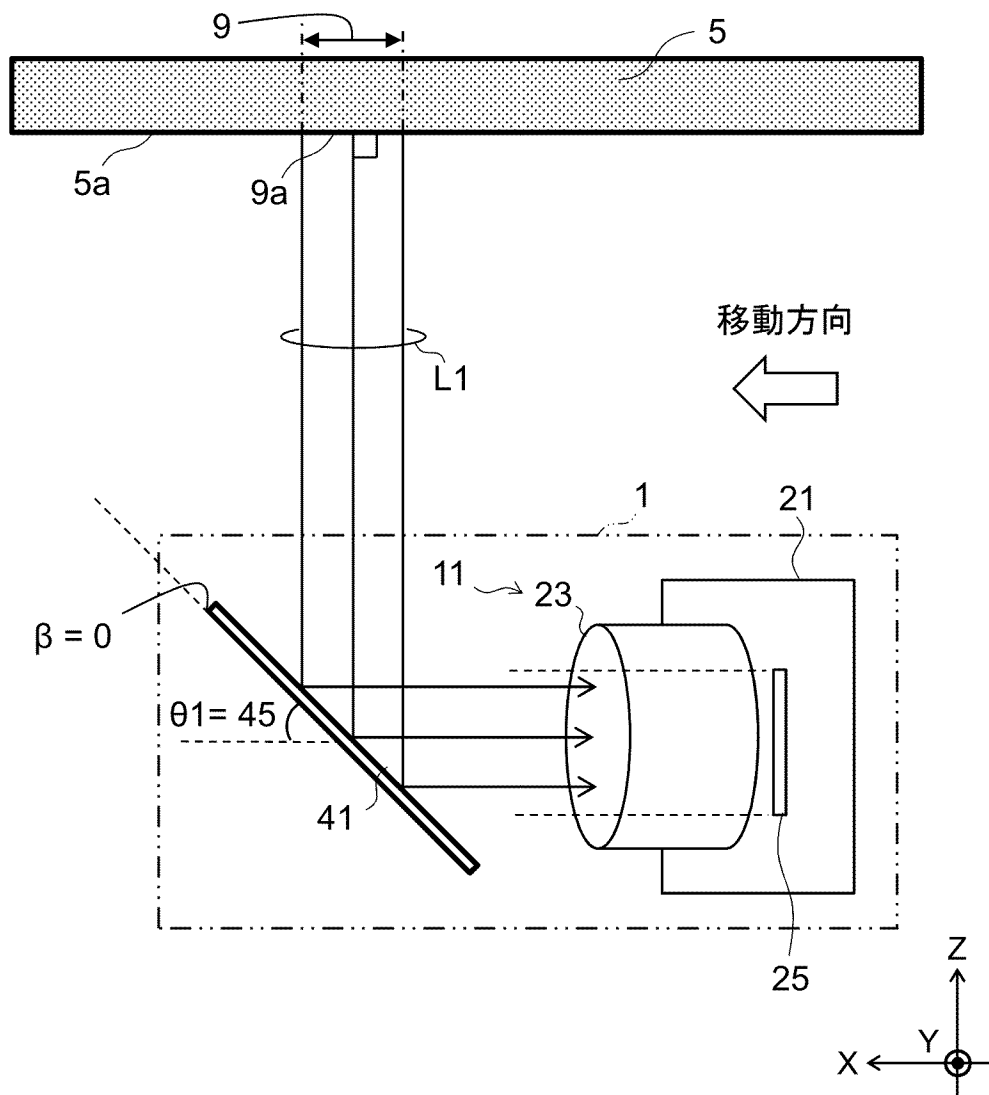
[図1]



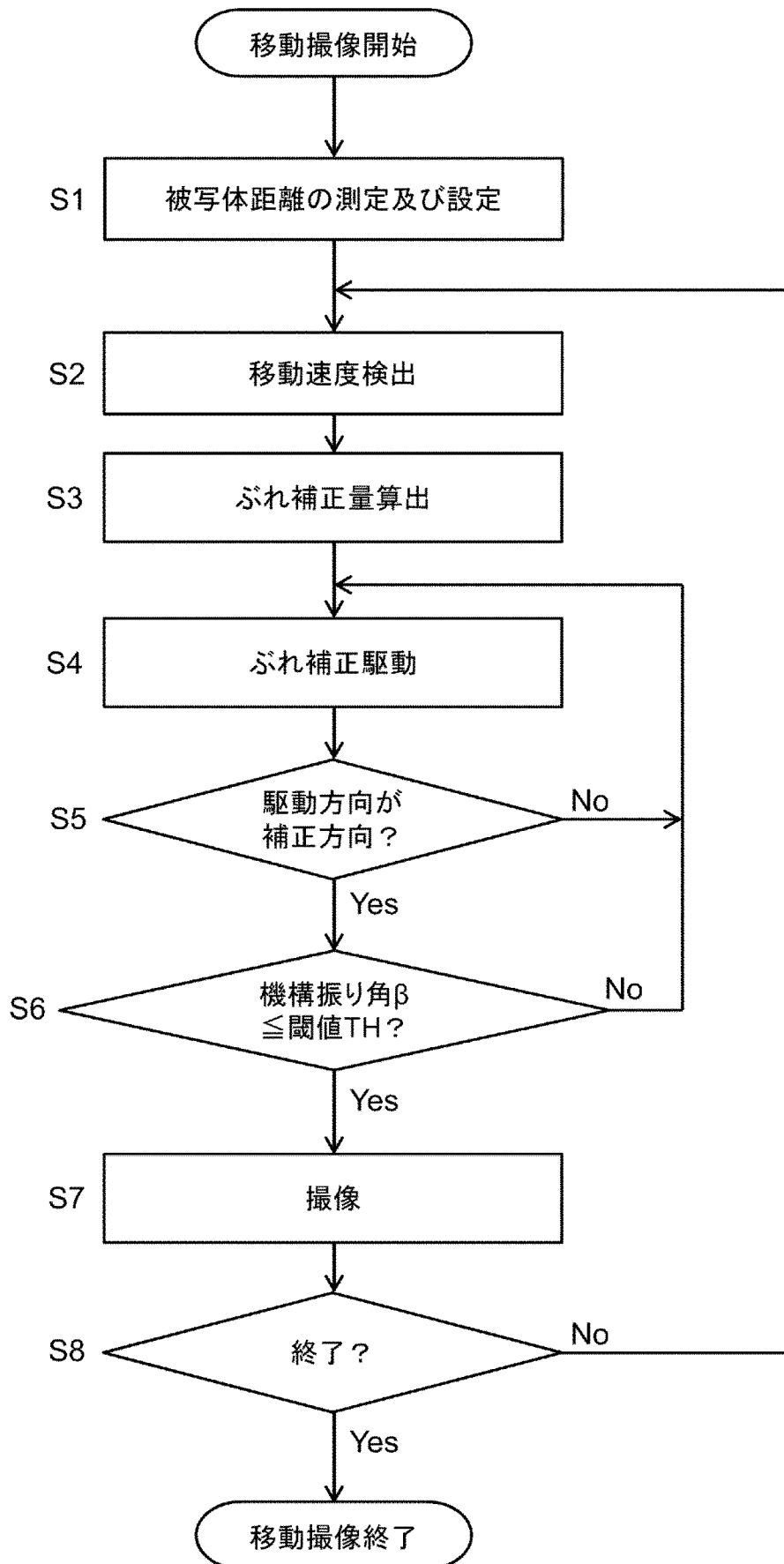
[図2]



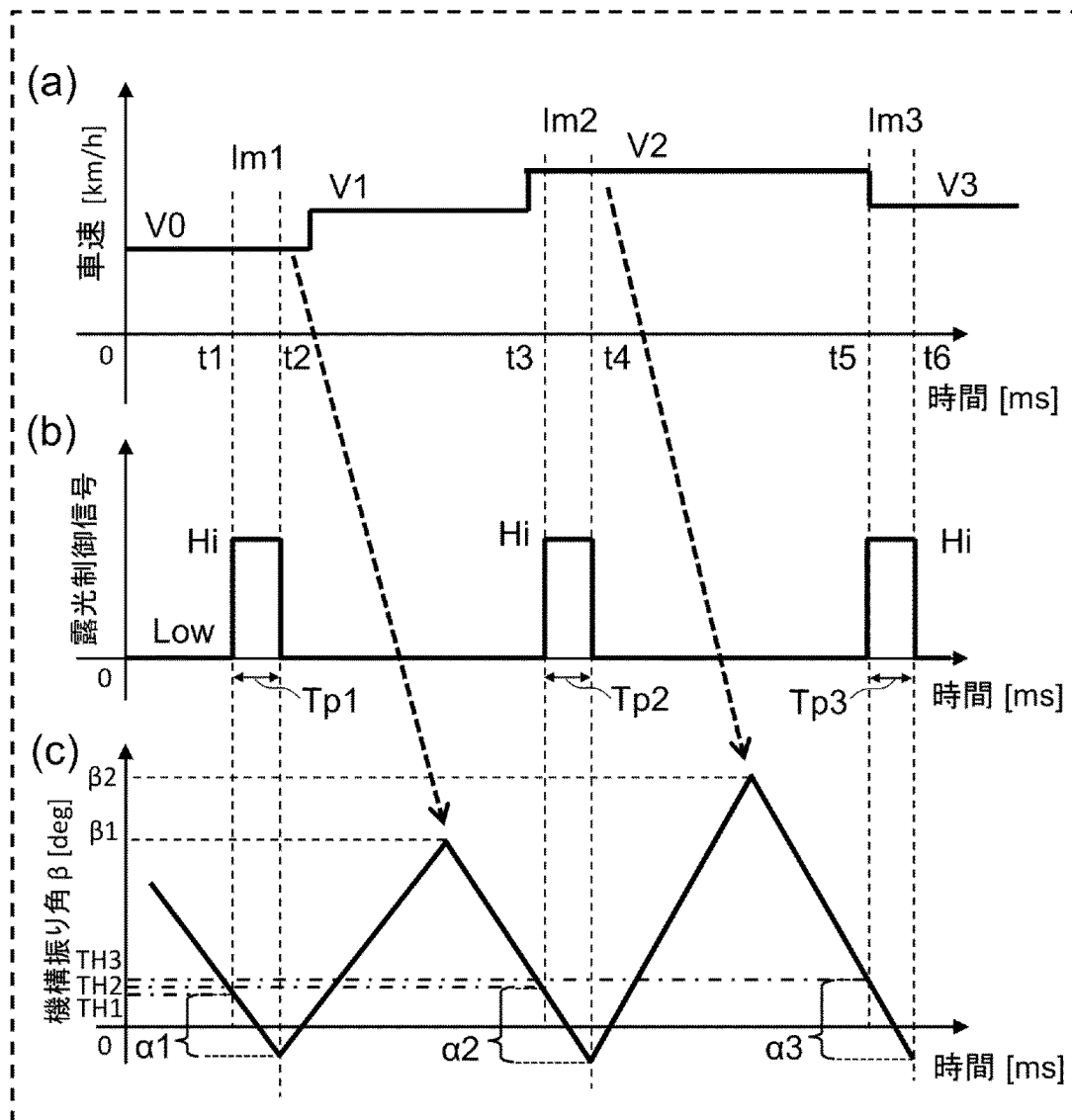
[図4]



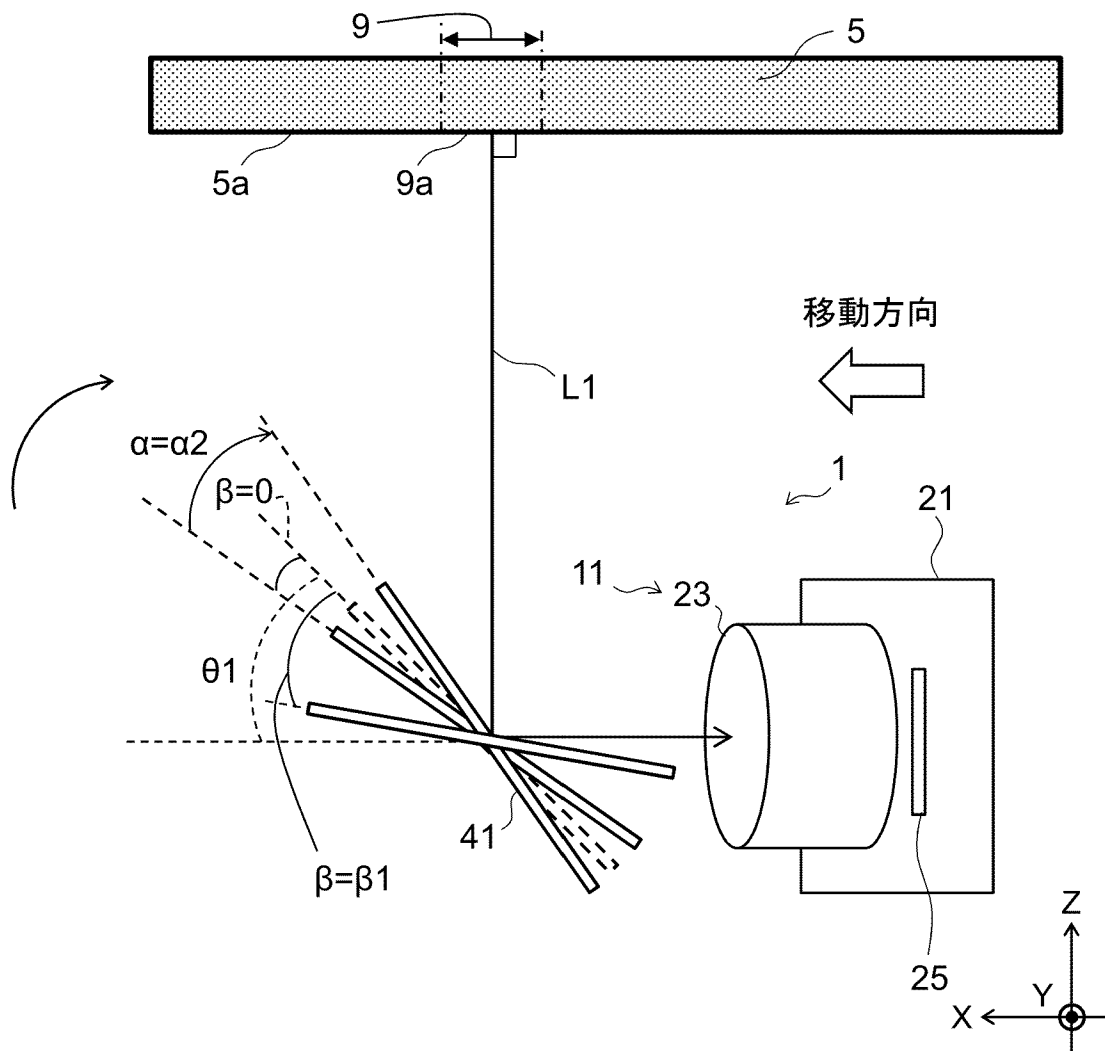
[図5]



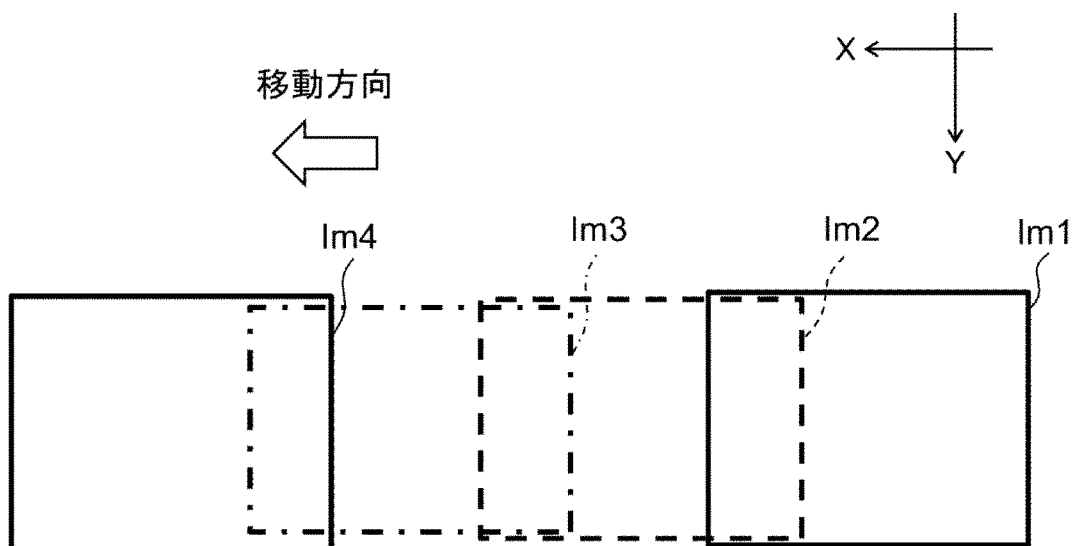
[図6]



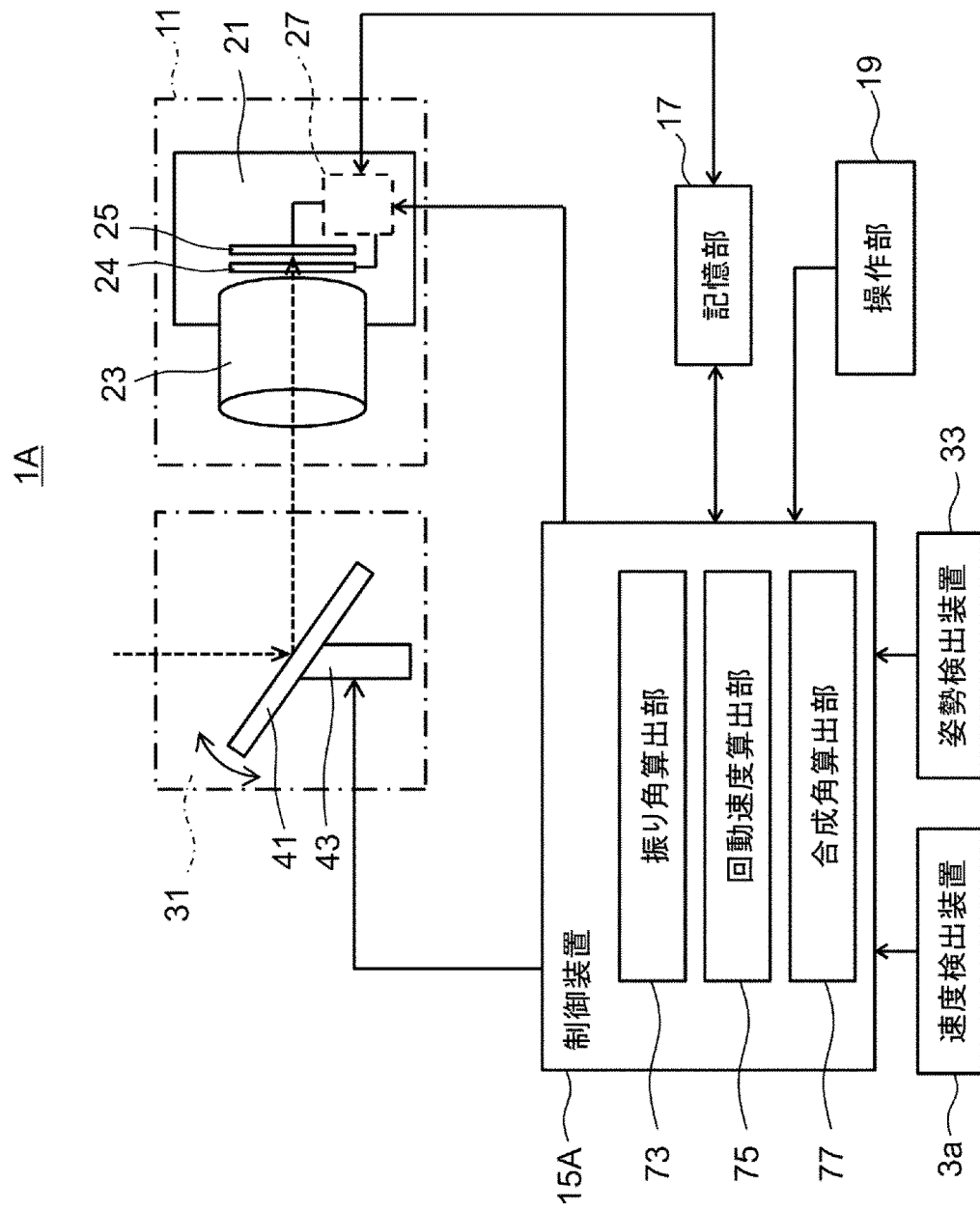
[図7]



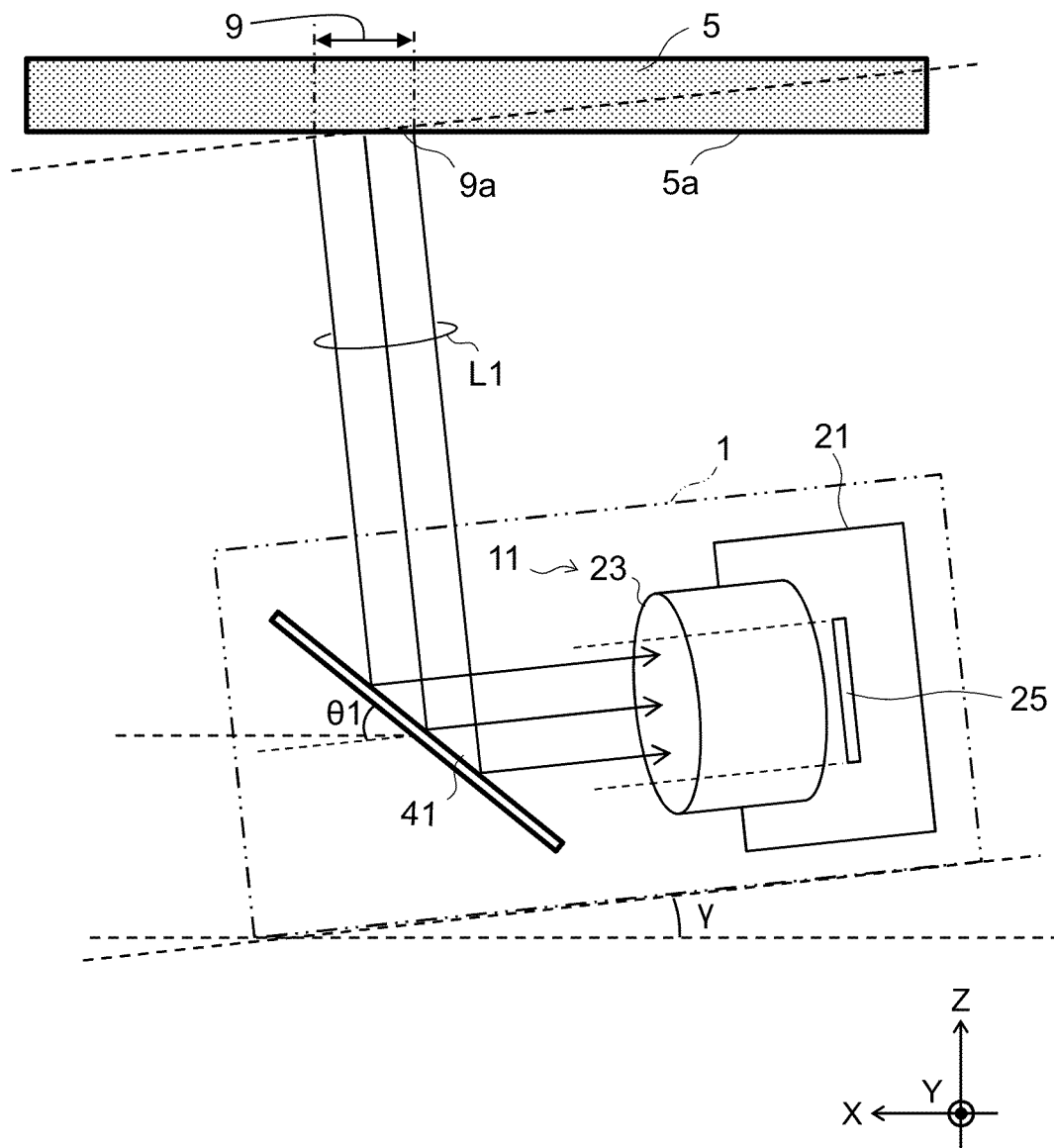
[図8]



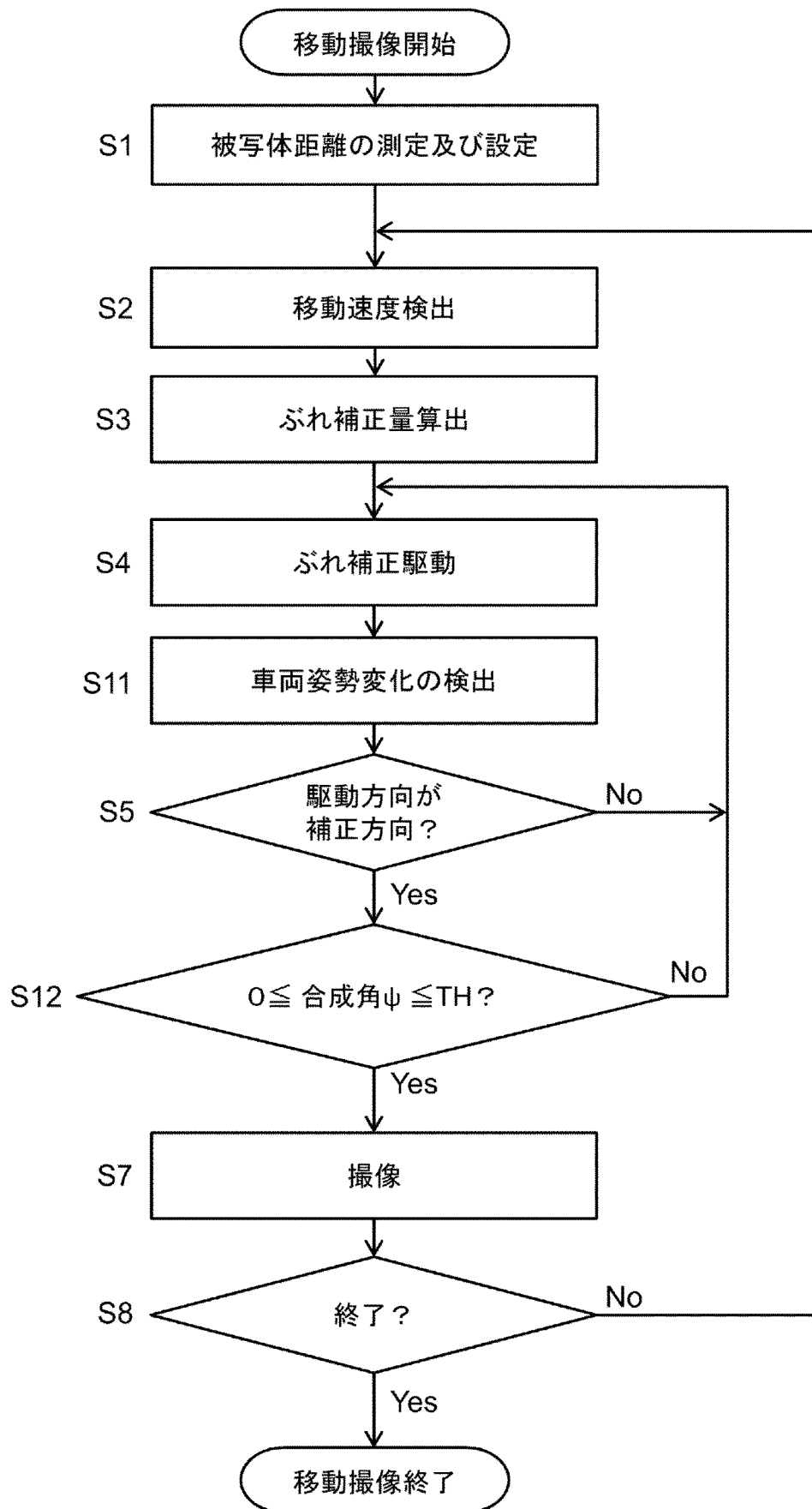
[図9]



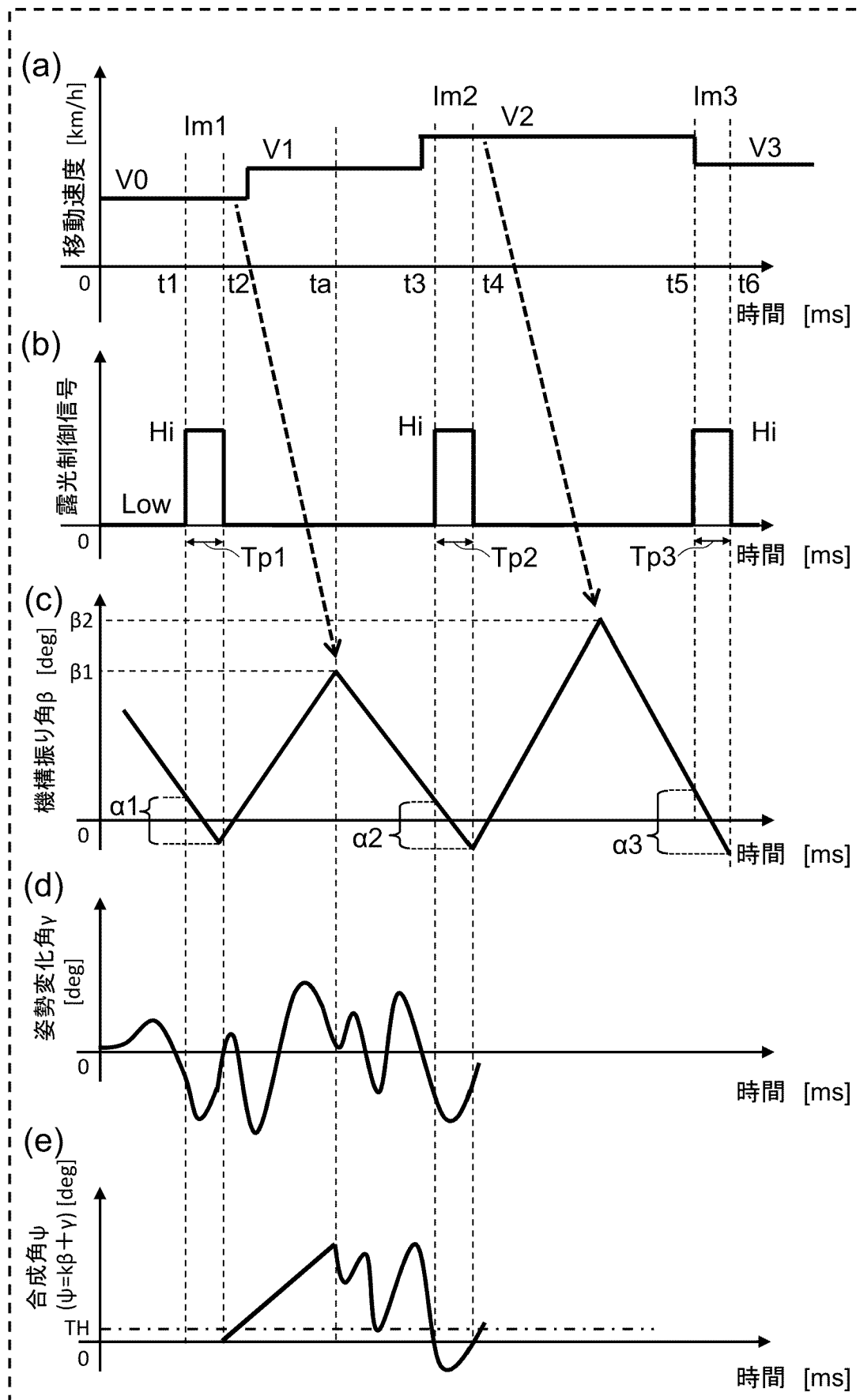
[図10]



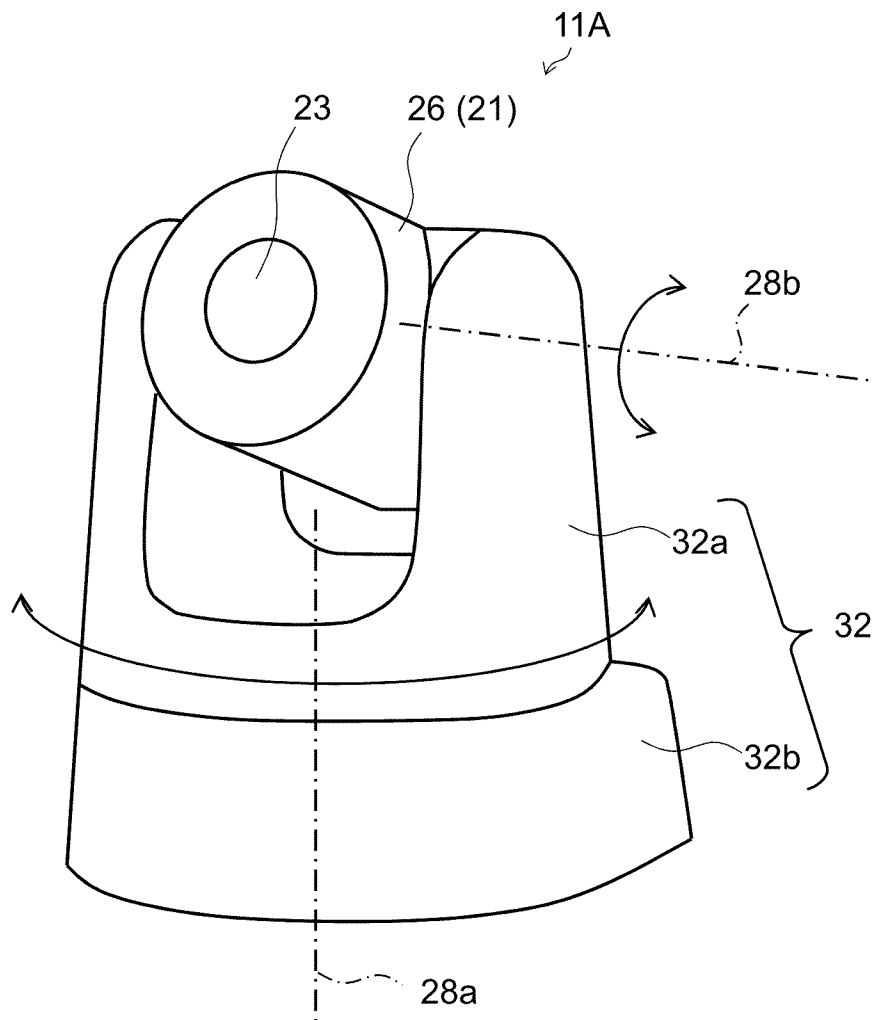
[図11]



[図12]



[図13]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2023/022059

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER**H04N 23/68**(2023.01)i; **G03B 5/00**(2021.01)i; **G03B 15/00**(2021.01)i; **G03B 19/12**(2021.01)i

FI: H04N23/68; G03B5/00 J; G03B15/00 T; G03B15/00 V; G03B19/12

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)

H04N23/68; G03B5/00; G03B15/00; G03B19/12

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

Published examined utility model applications of Japan 1922-1996

Published unexamined utility model applications of Japan 1971-2023

Registered utility model specifications of Japan 1996-2023

Published registered utility model applications of Japan 1994-2023

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 11-252461 A (FUJITSU LTD.) 17 September 1999 (1999-09-17) paragraphs [0014]-[0018], [0041]-[0044], fig. 7-8	1-15
A	WO 2017/056943 A1 (FUJIFILM CORP.) 06 April 2017 (2017-04-06) paragraphs [0146]-[0161], fig. 8	1-15



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

27 July 2023

Date of mailing of the international search report

08 August 2023

Name and mailing address of the ISA/JP

Japan Patent Office (ISA/JP)

3-4-3 Kasumigaseki, Chiyoda-ku, Tokyo 100-8915

Japan

Authorized officer

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.
PCT/JP2023/022059

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)	Publication date (day/month/year)
JP	11-252461	A	17 September 1999	(Family: none)	
WO	2017/056943	A1	06 April 2017	US 2018/0295270 A1 paragraphs [0167]-[0184], fig. 8	
				CN 108141533 A	

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC）） H04N 23/68(2023.01)i; G03B 5/00(2021.01)i; G03B 15/00(2021.01)i; G03B 19/12(2021.01)i FI: H04N23/68; G03B5/00 J; G03B15/00 T; G03B15/00 V; G03B19/12		
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（IPC）） H04N23/68; G03B5/00; G03B15/00; G03B19/12 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 1922-1996年 日本国公開実用新案公報 1971-2023年 日本国実用新案登録公報 1996-2023年 日本国登録実用新案公報 1994-2023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 11-252461 A（富士通株式会社）17.09.1999（1999-09-17） 段落[0014]-[0018], [0041]-[0044], 図7-8	1-15
A	WO 2017/056943 A1（富士フイルム株式会社）06.04.2017（2017-04-06） 段落[0146]-[0161], 図8	1-15
☐ 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、一般的技术水準を示すもの “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抵触するものではなく、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 27.07.2023		国際調査報告の発送日 08.08.2023
名称及びあて先 日本国特許庁(ISA/JP) 〒100-8915 日本国 東京都千代田区霞が関三丁目4番3号		権限のある職員（特許庁審査官） 淀川 滉也 5P 4813 電話番号 03-3581-1101 内線 3541

国際調査報告
パテントファミリーに関する情報

国際出願番号

PCT/JP2023/022059

引用文献			公表日	パテントファミリー文献	公表日
JP	11-252461	A	17.09.1999	(ファミリーなし)	
WO	2017/056943	A1	06.04.2017	US 2018/0295270 A1	
				段落[0167]-[0184], 図8	
				CN 108141533 A	