

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第5363878号
(P5363878)

(45) 発行日 平成25年12月11日 (2013.12.11)

(24) 登録日 平成25年9月13日 (2013.9.13)

(51) Int. Cl.	F I
HO 4 N 5/225 (2006.01)	HO 4 N 5/225 Z
HO 4 N 5/91 (2006.01)	HO 4 N 5/91 J

請求項の数 18 (全 40 頁)

(21) 出願番号	特願2009-133378 (P2009-133378)	(73) 特許権者	000220343
(22) 出願日	平成21年6月2日 (2009.6.2)		株式会社トプコン
(65) 公開番号	特開2010-283466 (P2010-283466A)		東京都板橋区蓮沼町75番1号
(43) 公開日	平成22年12月16日 (2010.12.16)	(74) 代理人	100097320
審査請求日	平成24年5月21日 (2012.5.21)		弁理士 宮川 貞二
		(74) 代理人	100100398
			弁理士 柴田 茂夫
		(74) 代理人	100131820
			弁理士 金井 俊幸
		(74) 代理人	100155192
			弁理士 金子 美代子
		(72) 発明者	高地 伸夫
			東京都板橋区蓮沼町75番1号 株式会社トプコン内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 ステレオ画像撮影装置及びその方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

測定対象物を単カメラにより重複させながら順次撮影するステレオ画像撮影装置において；

カメラの位置移動に伴い前記測定対象物のライブ画像を随時取得し、適時に前記測定対象物を撮影して静止画像である撮影画像を取得する撮影部と；

前記撮影部で前回撮影された撮影画像である前回撮影画像に、前記ライブ画像との重複領域を設定する重複領域設定部と；

前記前回撮影画像と前記ライブ画像とを前記重複領域設定部で設定された重複領域で重ねて表示し、前記前回撮影画像を前記重複領域から前記撮影部の移動方向と反対側に延長して表示し、前記ライブ画像を前記重複領域から前記撮影部の移動方向と同じ側に延長して表示する表示部とを備え；

前記重複領域設定部は、前記前回撮影画像と前記ライブ画像との重複領域を前回画像重複領域として設定し、前記撮影部で前々回撮影された撮影画像である前々回撮影画像と前記前回撮影画像との重複領域を前々回画像重複領域として設定し、さらに前記ライブ画像と前記前々回撮影画像とを重複させることにより、前記測定対象物のいずれの撮影領域も重複して撮影されるように設定し；

前記表示部は、前記前回画像重複領域、前記前々回画像重複領域を表示すると共に、前記前々回撮影画像と前記前回撮影画像と前記ライブ画像との三重の重複領域であるタイ領域を表示する；

10

20

ステレオ画像撮影装置。

【請求項 2】

前記重複領域設定部は、前記前回撮影画像における前記測定対象物のいずれの撮影領域も前記前回画像重複領域又は前記前々回画像重複領域に含まれるように設定する；

請求項 1 に記載のステレオ画像撮影装置。

【請求項 3】

前記重複領域設定部は、前回撮影画像と前記ライブ画像との重複領域の重複割合を 55 ~ 90 % に設定し、前記前々回撮影画像と前記前回撮影画像との重複領域の重複割合を 55 ~ 90 % に設定する；

請求項 1 又は請求項 2 に記載のステレオ画像撮影装置。

10

【請求項 4】

測定対象物を単カメラにより重複させながら順次撮影するステレオ画像撮影装置において；

カメラの位置移動に伴い前記測定対象物のライブ画像を随時取得し、適時に前記測定対象物を撮影して静止画像である撮影画像を取得する撮影部と；

前記撮影部で前回撮影された撮影画像である前回撮影画像に、前記ライブ画像との重複領域を設定する重複領域設定部と；

前記前回撮影画像と前記ライブ画像とを前記重複領域設定部で設定された重複領域で重ねて表示し、前記前回撮影画像を前記重複領域から前記撮影部の移動方向と反対側に延長して表示し、前記ライブ画像を前記重複領域から前記撮影部の移動方向と同じ側に延長して表示する表示部とを備え；

20

前記重複領域設定部は、前記前回撮影画像と前記ライブ画像との重複領域の重複割合を 55 ~ 90 % に設定し、前記撮影部で前々回撮影された撮影画像である前々回撮影画像と前記前回撮影画像との重複領域の重複割合を 55 ~ 90 % に設定し；

前記表示部は、前記前回撮影画像と前記ライブ画像との重複領域、前記前々回撮影画像と前記前回撮影画像との重複領域を表示すると共に、前記前々回撮影画像と前記前回撮影画像と前記ライブ画像との三重の重複領域であるタイ領域を表示する；

ステレオ画像撮影装置。

【請求項 5】

前記重複領域設定部は、前記前回撮影画像について重複方向を左側又は右側に設定する、又は前記前回撮影画像について重複方向を上側又は下側に設定する；

30

請求項 3 又は請求項 4 に記載のステレオ画像撮影装置。

【請求項 6】

前記表示部は、前記撮影画像及び前記ライブ画像に枠を付して表示する；

請求項 1 ないし請求項 5 に記載のステレオ画像撮影装置。

【請求項 7】

前記前回撮影画像及び前記ライブ画像における前記測定対象物の特徴点を抽出する特徴点抽出部と；

前記特徴点抽出部で抽出された特徴点の前記前回撮影画像と前記ライブ画像における画面位置から、前記撮影部の移動方向を求めるカメラ移動方向判定部とを備え；

40

前記重複領域設定部は、前記カメラ移動方向判定部で判定された移動方向と同じ側に、前記前回撮影画像に前記重複領域を設定する；

請求項 1 ないし請求項 6 のいずれか 1 項に記載のステレオ画像撮影装置。

【請求項 8】

G P S 又は慣性センサを有し、前記撮影部の移動方向を検出する移動方向検出部を備え；

前記重複領域設定部は前記移動方向検出部で検出された移動方向と同じ側に、前記前回撮影画像に前記重複領域を設定する；

請求項 1 ないし請求項 6 のいずれか 1 項に記載のステレオ画像撮影装置。

【請求項 9】

50

前記撮影部の移動方向を予め入力可能であり、前記重複領域設定部は入力された移動方向と同じ側に、前記前回撮影画像に前記重複領域を設定する；

請求項 1 ないし請求項 6 のいずれか 1 項に記載のステレオ画像撮影装置。

【請求項 10】

前記前回撮影画像及び前記ライブ画像における前記測定対象物の特徴点を抽出する特徴点抽出部と；

前記特徴点抽出部により抽出された特徴点を用いて前記カメラの位置と傾きを求める標定部と；

前記標定部で求められたカメラの位置と傾きを用いて、前記前回撮影画像及び前記ライブ画像に偏位修正処理を施して、偏位修正画像を形成する偏位修正画像形成部とを備え；

前記表示部は、前記偏位修正画像形成部で形成された偏位修正画像を表示する；

請求項 1 ないし請求項 9 のいずれか 1 項に記載のステレオ画像撮影装置。

【請求項 11】

前記前回撮影画像及び前記ライブ画像における前記測定対象物の特徴点を抽出する特徴点抽出部と；

前記特徴点抽出部が、前記ライブ画像から抽出した前記測定対象物の特徴点と初回に撮影された撮影画像である初回撮影画像から抽出した前記測定対象物の特徴点とのステレオマッチングを行なう対応点探索部を備え；

前記ステレオマッチングにより、前記ライブ画像と前記初回撮影画像の間に重複領域が見出された場合に、前記重複領域設定部は、前記重複領域を前記初回撮影画像に一周画像重複領域として設定し、前記表示部は、前記初回撮影画像と前記ライブ画像とを前記一周画像重複領域で重ねて表示する；

請求項 1 ないし請求項 10 のいずれか 1 項に記載のステレオ画像撮影装置。

【請求項 12】

前記前回撮影画像及び前記ライブ画像における前記測定対象物の特徴点を抽出する特徴点抽出部と；

前記特徴点抽出部により抽出された前記ライブ画像及び初回に撮影された撮影画像である初回撮影画像における前記測定対象物の特徴点の画面位置からそれぞれの撮影位置の三次元座標を求める三次元座標演算部を備え；

前記ライブ画像及び前記初回撮影画像における撮影位置の三次元座標により、前記ライブ画像と前記初回撮影画像の間に重複領域が見出された場合に、前記重複領域設定部は、前記初回撮影画像に前記重複領域を一周画像重複領域として設定し、前記表示部は、前記初回撮影画像と前記ライブ画像とを前記一周画像重複領域で重ねて表示する；

請求項 1 ないし請求項 10 のいずれか 1 項に記載のステレオ画像撮影装置。

【請求項 13】

前記 GPS 又は慣性センサで検出された前記ライブ画像と初回に撮影された撮影画像である初回撮影画像における撮影位置より、前記ライブ画像と前記初回撮影画像の間に重複領域が見出された場合に、前記重複領域設定部は、前記初回撮影画像に前記重複領域を一周画像重複領域として設定し、前記表示部は、前記初回撮影画像と前記ライブ画像とを前記一周画像重複領域で重ねて表示する；

請求項 8 に記載のステレオ画像撮影装置。

【請求項 14】

撮影者が一周した際に、一周したことを入力可能であり、前記撮影者が一周したことを入力した場合に、前記重複領域設定部は、初回に撮影された撮影画像である初回撮影画像に一周画像重複領域を設定し、前記表示部は、前記初回撮影画像と前記ライブ画像とを前記一周画像重複領域で重ねて表示する；

請求項 9 に記載のステレオ画像撮影装置。

【請求項 15】

前記前回撮影画像及び前記ライブ画像における前記測定対象物の特徴点を抽出する特徴点抽出部と；

前記特徴点抽出部により抽出された特徴点を用いて前記撮影部のカメラの位置と傾きを求める標定部と、前記標定部で求められたカメラの位置と傾きを用いて、前記特徴点の三次元座標を求める三次元座標演算部とを備え；

前記重複領域設定部は、前記三次元座標演算部で求められた特徴点の三次元座標を用いて、前記前回撮影画像と前記ライブ画像との重複領域を、前記前回撮影画像に前回側重複領域として、前記ライブ画像にライブ側重複領域として設定し；

前記表示部は、前記前回撮影画像と前記ライブ画像とを、前記前回側重複領域と前記ライブ側重複領域で前記測定対象物の同じ部分が略重なるよう、かつ両者共枠を付して全体が表示エリアに含まれるように表示する；

請求項 1 ないし請求項 10 のいずれか 1 項に記載のステレオ画像撮影装置。

10

【請求項 16】

測定対象物を単カメラにより重複させながら順次撮影するステレオ画像撮影方法において；

適時に前記測定対象物を撮影して静止画像である撮影画像を取得する撮影工程と；

カメラの位置移動に伴い前記測定対象物のライブ画像を随時取得するライブ画像取得工程と；

前回撮影された撮影画像である前回撮影画像に、前記ライブ画像との重複領域を設定する重複領域設定工程と；

前記前回撮影画像と前記ライブ画像とを前記重複領域設定工程で設定された重複領域で重ねて表示し、前記前回撮影画像を前記重複領域から撮影部の移動方向と反対側に延長して表示し、前記ライブ画像を前記重複領域から前記撮影部の移動方向と同じ側に延長して表示する表示工程とを備え；

20

前記重複領域設定工程は、前記前回撮影画像と前記ライブ画像との重複領域を前回画像重複領域として設定し、前記撮影工程で前々回撮影された撮影画像である前々回撮影画像と前記前回撮影画像との重複領域を前々回画像重複領域として設定し、さらに前記ライブ画像と前記前々回撮影画像とを重複させることにより、前記測定対象物のいずれの撮影領域も重複して撮影されるように設定し；

前記表示工程は、前記前回画像重複領域、前記前々回画像重複領域を表示すると共に、前記前々回撮影画像と前記前回撮影画像と前記ライブ画像との三重の重複領域であるタイ領域を表示する；

30

ステレオ画像撮影方法。

【請求項 17】

前記重複領域設定工程は、前記前回撮影画像における前記測定対象物のいずれの撮影領域も前記前回画像重複領域又は前記前々回画像重複領域に含まれるように設定する；

請求項 16 に記載のステレオ画像撮影方法。

【請求項 18】

測定対象物を単カメラにより重複させながら順次撮影するステレオ画像撮影方法において；

適時に前記測定対象物を撮影して静止画像である撮影画像を取得する撮影工程と；

カメラの位置移動に伴い前記測定対象物のライブ画像を随時取得するライブ画像取得工程と；

40

前回撮影された撮影画像である前回撮影画像に、前記ライブ画像との重複領域を設定する重複領域設定工程と；

前記前回撮影画像と前記ライブ画像とを前記重複領域設定工程で設定された重複領域で重ねて表示し、前記前回撮影画像を前記重複領域から撮影部の移動方向と反対側に延長して表示し、前記ライブ画像を前記重複領域から前記撮影部の移動方向と同じ側に延長して表示する表示工程とを備え；

前記重複領域設定工程は、前記前回撮影画像と前記ライブ画像との重複領域の重複割合を 55 ~ 90 % に設定し、前記撮影工程で前々回撮影された撮影画像である前々回撮影画像と前記前回撮影画像との重複領域の重複割合を 55 ~ 90 % に設定し；

50

前記表示工程は、前記前回撮影画像と前記ライブ画像との重複領域、前記前々回撮影画像と前記前回撮影画像との重複領域を表示すると共に、前記前々回撮影画像と前記前回撮影画像と前記ライブ画像との三重の重複領域であるタイ領域を表示する；

ステレオ画像撮影方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明はステレオ画像撮影装置及びその方法に関する。詳しくは、前回撮影画像と今回撮影画像との重複領域を適切に定められるステレオ画像撮影装置及びその方法に関する。

【背景技術】

10

【0002】

測定対象物の全体像を把握し、三次元モデル画像に再現するには、複数の撮影位置から撮影した撮影画像を連結していく必要がある。このように撮影者が移動しながら撮影した複数の撮影画像から撮影装置または対象物の三次元座標を測定するには、2枚以上の各撮影画像上で相互に対応する特徴点（対象物上の同一点を表す）を求め、これを追跡する必要がある。この場合、三次元計測に不適切な特徴点が撮影画像に混入し得るので、撮影画像における特徴点の適否を判定しながら、その撮影装置の撮影位置、姿勢又は対象物の位置座標を精度良く計測できる画像処理装置が提案されている。（特許文献1参照）

【先行技術文献】

【特許文献】

20

【0003】

【特許文献1】特開2007-183256号公報（図1～図11、段落0021～0065）

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

単カメラを用いて移動しながら撮影を行い、測定対象物の三次元計測を行う場合や測定対象物の周囲360度にわたって撮影画像を連結した全周囲画像を作成する場合に、多数の方向からかつ画像を重複させながら撮影を行い、画像を連続的に接続して行く必要がある。しかしながら、撮影画像間の重複の程度を少なくすると、三次元計測や全周囲画像の作成に必要な画像の重複状態が不明になったり、撮りこぼしが生じたりする等により、効率が悪くなるという問題があった。他方、撮影画像間の重複の程度を多くすると、画像処理や作業の手間が多くなり、やはり結果的に効率が悪くなるという問題があった。このため、単カメラを用いて移動しながら撮影を行う場合に、前回撮影された撮影画像である前回撮影画像と今回撮影される予定の撮影画像である今回撮影画像との重複領域を適切に定められるステレオ画像撮影装置及びその方法が求められていた。

30

【0005】

本発明は、上記問題点に鑑みてなされたものであり、単カメラを用いて移動しながら撮影を行う場合に、前回撮影画像と今回撮影画像との重複領域を適切に定められるステレオ画像撮影装置及びその方法を提供することを目的とする。

40

【課題を解決するための手段】

【0006】

上記課題を解決するために、本発明の第1の態様のステレオ画像撮影装置1は、例えば図1（画像については図2参照）に示すように、測定対象物2を単カメラにより重複させながら順次撮影するステレオ画像撮影装置1において、カメラの位置移動に伴い測定対象物2のライブ画像25を随時取得し、適時に測定対象物2を撮影して静止画像である撮影画像を取得する撮影部3と、撮影部3で前回撮影された撮影画像である前回撮影画像21に、ライブ画像25との重複領域23を設定する重複領域設定部6と、前回撮影画像21とライブ画像25とを重複領域設定部6で設定された重複領域23で重ねて表示し、前回撮影画像21を重複領域23から撮影部3の移動方向と反対側に延長して表示し、ライブ

50

画像 2 5 を重複領域 2 3 から撮影部 3 の移動方向と同じ側に延長して表示する表示部 4 とを備える。

【 0 0 0 7 】

ここにおいて、ステレオ画像撮影装置とは、通常は 1 対のカメラを備え測定対象物を重複撮影する撮影装置をいうが、本発明では、移動しながら単カメラで撮影するので、測定対象物を重複させながら順次撮影していく撮影装置をいうものとする。また、ライブ画像 2 5 とは、ビデオカメラやデジタルカメラ等連続的に画像を取得し表示できるカメラを用いて、現在位置で取得される画像をいい、カメラの移動に伴い動的に変化する。典型的にはライブ画像 2 5 はテンポラリメモリに上書きされて、表示部 4 に転送される。また、ライブ画像 2 5 は適当なフレーム間隔又は時間間隔でサンプリングされ、メモリに所定期間（一時的に）保存され、画像処理する場合に使用される。また、シャッター操作により現在位置でのライブ画像 2 5 が今回撮影予定の撮影画像である今回撮影画像 2 2 として取得される。したがって、表示部 4 の表示エリア 2 6 において、ライブ画像 2 5 における重複領域（ライブ画像重複領域 2 5 a）の画像が、前回撮影画像 2 1 における重複領域 2 3 の画像と大略一致した時に撮影を行えば、予定した今回撮影画像 2 2 を得ることができる。また、重複領域 2 3 の設定は、前回撮影画像 2 1 について重複割合と重複方向が設定される。重複割合は、例えば % で設定され、任意の値に設定できる。重複方向は、典型的には、左側、右側、上側、下側のいずれかに設定される。左上側、左下側、右上側、右下側に設定しても良いが、この場合、重複割合は左右方向の割合と上下方向の割合が設定される。また、重複は典型的には半透明画像を重ね合わせるが、半透明画像の透明度（濃度）を任意に選択可能である。例えば 3 画像を重複させる場合には、濃度を薄く設定すると、3 画像の重複部分が濃くなり、区別し易くなる。また、例えば撮影部 3 の移動方向が右側であれば、前回撮影画像 2 1 を重複領域 2 3 から撮影部 3 の移動方向と反対側に延長して表示するとは、前回撮影画像 2 1 を重複領域 2 3 及びその左側に表示することを意味し、ライブ画像 2 5 を重複領域 2 3 から撮影部 3 の移動方向と同じ側に延長して表示するとは、ライブ画像 2 5 を重複領域 2 3 及びその右側に表示することを意味する。また、大略一致するとは、完全に一致しなくてもマージン内で一致すれば良いとの意味である。重複領域をマージンを持たせて設定すれば、マージン内で一致すれば問題ないからである。例えば、三次元計測用には重複割合を 5 0 % 強に設定すれば良いので、重複割合を 6 0 % に設定すれば、 ± 5 % のずれは問題ないし、 $\pm 1 0$ % 弱まで許容可能である。そして、マージン内でずれが生じて、次の撮影で意図的に逆方向にずらして撮影することにより充分挽回可能である。勿論、できるだけ一致させることが画像処理の均一性を保つ上で好ましく、例えば ± 3 % 以内とすることが好ましい。

【 0 0 0 8 】

本態様のように構成すると、表示部 4 の表示エリア 2 6 に、ライブ画像 2 5 を前回撮影画像 2 1 の重複領域 2 3 に重ねて表示でき、カメラが今回撮影画像 2 2 を撮影するのに適切な撮影位置に有るか否かをビジュアルに判定できる。これにより、単カメラを用いて移動しながら撮影を行う場合に、前回撮影画像 2 1 と今回撮影画像 2 2 との重複領域 2 3 を適切に定められるステレオ画像撮影装置 1 を提供できる。

【 0 0 0 9 】

また、本発明の第 2 の態様のステレオ画像撮影装置 1 は、第 1 の態様において、例えば図 2 に示すように、表示部 4 は、撮影画像及びライブ画像 2 5 に枠を付して表示する。

ここにおいて、撮影画像には、前回撮影画像 2 1 の他に、前々回撮影画像、初回撮影画像等が含まれる。本態様のように構成すると、撮影画像及びライブ画像 2 5 の範囲を明確に表示できる。

【 0 0 1 0 】

また、本発明の第 3 の態様のステレオ画像撮影装置 1 は、第 1 又は第 2 の態様において、重複領域設定部 6 は、重複領域 2 3 を前回撮影画像 2 1 の 5 0 ないし 7 0 % に設定する。

ここにおいて、重複割合は、パノラマ画像、全周囲画像のような連続画像を作成する場合

10

20

30

40

50

合には例えば10%以上が好ましいが、測定対象物2の三次元形状を測定するには例えば50~70%が好ましく、55~65%がより好ましい。また、状況に応じて任意の値に設定可能である。本態様のように構成すると、測定対象物の全ての撮影領域を重複撮影でき、測定対象物2の三次元形状の測定が可能になる。

【0011】

また、本発明の第4の態様のステレオ画像撮影装置1は、第1ないし第3のいずれかの態様において、例えば図1に示すように、前回撮影画像21及びライブ画像25における測定対象物2の特徴点を抽出する特徴点抽出部7と、特徴点抽出部7で抽出された特徴点の前回撮影画像21とライブ画像25における画面位置から、撮影部3の移動方向を求めるカメラ移動方向判定部8とを備え、重複領域設定部6は、カメラ移動方向判定部8で判定された移動方向と同じ側に、前回撮影画像21に重複領域23を設定する。

10

このように構成すると、センサ等の装備を追加しなくても、重複領域の方向を正確に設定できる。

【0012】

また、本発明の第5の態様のステレオ画像撮影装置1Bは、第1ないし第3のいずれかの態様において、例えば図19に示すように、GPS又は慣性センサを有し、撮影部3の移動方向を検出する移動方向検出部15を備え、重複領域設定部6は移動方向検出部15で検出された移動方向と同じ側に、前回撮影画像21に重複領域23を設定する。

このように構成すると、GPS又は慣性センサを利用して、重複領域の方向を迅速かつ正確に設定できる。

20

【0013】

また、本発明の第6の態様のステレオ画像撮影装置1Cは、第1ないし第3のいずれかの態様において、例えば図21に示すように、撮影部3の移動方向を予め入力可能であり、重複領域設定部6は入力された移動方向と同じ側に、前回撮影画像21に重複領域23を設定する。

このように構成すると、状況に応じて撮影者の判断により重複領域を臨機応変に設定できる。

【0014】

また、本発明の第7の態様のステレオ画像撮影装置1Aは、第1ないし第6のいずれかの態様において、例えば図10に示すように、前回撮影画像21及びライブ画像25における測定対象物2の特徴点を抽出する特徴点抽出部7と、特徴点抽出部7により抽出された特徴点を用いて撮影部3のカメラの位置と傾きを求める標定部12と、標定部12で求められたカメラの位置と傾きを用いて、前回撮影画像21及びライブ画像25に偏位修正処理を施して、偏位修正画像を形成する偏位修正画像形成部13とを備え、表示部4は、偏位修正画像形成部13で形成された偏位修正画像を表示する。

30

【0015】

ここにおいて、偏位修正処理とは、標定で求められたカメラの撮影位置と傾きを用いて、測定対象物2に対して撮影画像をステレオ法の幾何学が成立するように、被写体に対して並行にかつエピポーララインが左右の水平ライン上に一致するように画像を修正する処理である(図12参照)。したがって左右画像の倍率や傾き等の歪が補正され、倍率や高さの位置が同一となる。本態様のように構成すると、偏位修正画像を作成することにより、立体視可能な態様で前回撮影画像21とライブ画像25とを重ねて表示でき、重複した場合にほぼ一致した画像を得られる。

40

【0016】

また、本発明の第8の態様のステレオ画像撮影装置1は、第1ないし第7のいずれかの態様において、例えば図8に示すように、重複領域設定部6が前々回撮影された撮影画像である前々回撮影画像27に設定した重複領域を前々回画像重複領域27a、前回撮影画像21に設定した重複領域を前回画像重複領域21aとし、表示部4は、前々回撮影画像27と前回撮影画像21とを前々回画像重複領域27aで重ねて表示し、前々回撮影画像27を前々回画像重複領域27aから撮影部3の移動方向と反対側に延長して表示し、前回

50

撮影画像 2 1 を前々回画像重複領域 2 7 a から撮影部 3 の移動方向と同じ側に延長して表示し、前回撮影画像 2 1 とライブ画像 2 5 とを前回画像重複領域 2 1 a で重ねて表示し、前回撮影画像 2 1 を前回画像重複領域 2 1 a から撮影部 3 の移動方向と反対側に延長して表示し、ライブ画像 2 5 を前回画像重複領域 2 1 a から撮影部 3 の移動方向と同じ側に延長して表示する。

【 0 0 1 7 】

ここにおいて、前々回画像重複領域 2 7 a は、前回撮影時に、重複領域設定部 6 により前々回撮影画像 2 7 に既に設定されている。また、撮影部 3 の移動方向は前回撮影画像 2 1 の撮影位置からライブ画像 2 5 の撮影位置への移動方向をいい、典型的には前回撮影画像 2 1 と前々回撮影画像 2 7 の撮影位置から前回撮影画像 2 1 の撮影位置への移動方向と一致する。一致しない時は撮影者の移動方向を修正してから撮影すれば良い。また、例えば撮影部 3 の移動方向が右側であれば、前回撮影画像 2 1 を前回画像重複領域 2 1 a から撮影部 3 の移動方向と反対側に延長して表示するとは、前回撮影画像 2 1 を前回画像重複領域 2 1 a 及びその左側に表示することを意味し、ライブ画像 2 5 を前回画像重複領域 2 1 a から撮影部 3 の移動方向と同じ側に延長して表示するとは、ライブ画像 2 5 を前回画像重複領域 2 1 a 及びその右側に表示することを意味する。本態様のように構成すると、前々回撮影画像 2 7、前回撮影画像 2 1 及びライブ画像 2 5 を表示エリア 2 6 に重ねて表示でき、三重に重複されたタイ領域 2 9 を確認できる。また、大略重なるようにとは、完全に一致しなくてもマージン内で一致すれば良いとの意味である。例えば、前々回画像重複領域 2 7 a についてライブ画像 2 5 と重複するためのマージンを持たせて設定すれば、マージン内で一致すれば問題ないからである。例えば、三次元計測用には重複領域があれば良いので、重複割合を 2 0 % に設定すれば、 $\pm 5 \%$ のずれは問題ないし、 $\pm 2 0 \%$ 弱まで許容可能である。そして、マージン内でずれが生じて、次の撮影で意図的に逆方向にずらして撮影することにより充分挽回可能である。勿論、できるだけ一致させることが画像処理の均一性を保つ上で好ましく、例えば $\pm 3 \%$ 以内とすることが好ましい。

【 0 0 1 8 】

また、本発明の第 9 の態様のステレオ画像撮影装置 1 は、第 8 の態様において、例えば図 8 に示すように、重複領域設定部 6 は、前々回画像重複領域 2 7 a と前回画像重複領域 2 1 a が少なくとも一部で重複するように前々回画像重複領域 2 7 a と前回画像重複領域 2 1 a を設定する。

このように構成すると、これによって、測定対象物 2 の全ての撮影領域を重複撮影でき、測定対象物 2 の三次元形状の測定が可能になる。

【 0 0 1 9 】

また、本発明の第 1 0 の態様のステレオ画像撮影装置 1 A は、第 1 ないし第 9 のいずれかの態様において、例えば図 1 0 及び図 1 6 に示すように、前回撮影画像 2 1 及びライブ画像 2 5 における測定対象物 2 の特徴点を抽出する特徴点抽出部 7 と、特徴点抽出部 7 が、ライブ画像 2 5 から抽出した測定対象物 2 の特徴点と初回に撮影された撮影画像である初回撮影画像 2 8 から抽出した測定対象物 2 の特徴点とのステレオマッチングを行なう対応点探索部 8 a を備え、ステレオマッチングにより、ライブ画像 2 5 と初回撮影画像 2 8 の間に重複領域が見出された場合に、重複領域設定部 6 は、重複領域を初回撮影画像 2 8 に一周画像重複領域 2 8 c として設定し、表示部 4 は、初回撮影画像 2 8 とライブ画像 2 5 とを一周画像重複領域 2 8 c で重ねて表示する。

このように構成すると、初回撮影画像 2 8 が表示された場合に、今回又は次の撮影において、撮影が一巡することが解る。

【 0 0 2 0 】

また、本発明の第 1 1 の態様のステレオ画像撮影装置 1 A は、第 1 ないし第 9 のいずれかの態様において、例えば図 1 0 及び図 1 6 に示すように、前回撮影画像 2 1 及びライブ画像 2 5 における測定対象物 2 の特徴点を抽出する特徴点抽出部 7 と、特徴点抽出部 7 により抽出されたライブ画像 2 5 及び初回に撮影された撮影画像である初回撮影画像 2 8 における測定対象物 2 の特徴点の画面位置からそれぞれの撮影位置の三次元座標を求める三

次元座標演算部 1 4 を備え、ライブ画像 2 5 及び初回撮影画像 2 8 における撮影位置の三次元座標により、ライブ画像 2 5 と初回撮影画像 2 8 の間に重複領域が見出された場合に、重複領域設定部 6 は、初回撮影画像 2 8 に重複領域を一周画像重複領域 2 8 c として設定し、表示部 4 は、初回撮影画像 2 8 とライブ画像 2 5 とを一周画像重複領域 2 8 c で重ねて表示する。

このように構成すると、初回撮影画像 2 8 が表示された場合に、今回又は次回の撮影において、撮影が一巡することが解る。

【 0 0 2 1 】

また、本発明の第 1 2 の態様のステレオ画像撮影装置 1 B は、第 5 の態様において、例えば図 1 9 に示すように、GPS 又は慣性センサで検出されたライブ画像 2 5 と初回に撮影された撮影画像である初回撮影画像 2 8 における撮影位置より、ライブ画像 2 5 と初回撮影画像 2 8 の間に重複領域が見出された場合に、重複領域設定部 6 は、初回撮影画像 2 8 に重複領域を一周画像重複領域 2 8 c として設定し、表示部 4 は、初回撮影画像 2 8 とライブ画像 2 5 とを一周画像重複領域 2 8 c で重ねて表示する。

ここにおいて、一周したとは、同じ方向に移動して今回の撮影により予定した全ての方向からの撮影が完了する位置に到達したことを意味する。例えば、1 2 方向からの撮影を予定していた場合、1 2 番目の撮影位置に到達したことを意味する。本態様の¹⁰ように構成すると、初回撮影画像 2 8 が表示された場合に、今回又は次回の撮影において、撮影が一巡することが解る。

【 0 0 2 2 】

また、本発明の第 1 3 の態様のステレオ画像撮影装置 1 C は、第 6 の態様において、例えば図 2 1 に示すように、撮影者が一周した際に、一周したことを入力可能であり、撮影者が一周したことを入力した場合に、重複領域設定部 6 は、初回に撮影された撮影画像である初回撮影画像 2 8 に一周画像重複領域 2 8 c を設定し、表示部 4 は、初回撮影画像 2 8 とライブ画像 2 5 とを一周画像重複領域 2 8 c で重ねて表示する。

このように構成すると、初回撮影画像 2 8 が表示された場合に、今回又は次回の撮影において、撮影が一巡することが解る。

【 0 0 2 3 】

また、本発明の第 1 4 の態様のステレオ画像撮影装置 1 A は、第 1 ないし第 9 のいずれかの態様において、例えば図 1 0 及び図 1 8 に示すように、前回撮影画像 2 1 及びライブ画像 2 5 における測定対象物 2 の特徴点を抽出する特徴点抽出部 7 と、特徴点抽出部 7 により抽出された特徴点を用いて撮影部 3 のカメラの位置と傾きを求める標定部 1 2 と、標定部 1 2 で求められたカメラの位置と傾きを用いて、特徴点の三次元座標を求める三次元座標演算部 1 4 とを備え、重複領域設定部 6 は、三次元座標演算部 1 4 で求められた特徴点の三次元座標を用いて、前回撮影画像 2 1 とライブ画像 2 5 との重複領域を、前回撮影画像 2 1 に前回側重複領域 2 1 c として、ライブ画像 2 5 にライブ側重複領域 2 5 c として設定し、表示部 4 は、前回撮影画像 2 1 とライブ画像 2 5 とを、前回側重複領域 2 1 c とライブ側重複領域 2 5 c で測定対象物 2 の同じ部分が³⁰大略重なるよう、かつ両者共枠を付して全体が表示エリア 2 6 に含まれるように表示する。

【 0 0 2 4 】

ここにおいて、例えば前回側重複領域 2 1 c 及びライブ側重複領域 2 5 c は重複する最外部の特徴点を繋ぎ、これに近似する四角形で表現しても良い。本態様の⁴⁰ように構成すると、ライブ側重複領域 2 5 c における測定対象物 2 の画像をより正確に表示できる。また、重複領域 2 3 とライブ側重複領域 2 5 c の位置を比較することにより、撮影すべきか否かを判断できる。ずれが大きいときには重複領域 2 3 にライブ側重複領域 2 5 c を近づけるように移動し、両領域を合せて撮影すれば良い。また、ライブ側重複領域 2 5 c の位置に応じて、すなわち撮影方向に応じて、前回撮影画像 2 1 とライブ画像 2 5 及びこれらの枠の位置が変更されて表示される。

【 0 0 2 5 】

上記課題を解決するために、本発明の第 1 5 の態様のステレオ画像撮影方法は、例えば⁵⁰

図 7 に示すように、測定対象物 2 を単カメラにより重複させながら順次撮影するステレオ画像撮影方法において、適時に測定対象物 2 を撮影して静止画像である撮影画像を取得する撮影工程 (S 1 1 0) と、カメラの位置移動に伴い測定対象物 2 のライブ画像を随時取得するライブ画像取得工程 (S 1 4 0) と、前回撮影された撮影画像である前回撮影画像 2 1 に、ライブ画像 2 5 との重複領域 2 3 を設定する重複領域設定工程 (S 1 3 0 及び S 1 8 0) と、前回撮影画像 2 1 とライブ画像 2 5 とを重複領域設定工程 (S 1 3 0 及び S 1 8 0) で設定された重複領域 2 3 で重ねて表示し、前回撮影画像 2 1 を重複領域 2 3 から撮影部 3 の移動方向と反対側に延長して表示し、ライブ画像 2 5 を重複領域 2 3 から撮影部 3 の移動方向と同じ側に延長して表示する表示工程 (S 1 9 0) とを備える。

【0026】

10

本態様のように構成すると、表示部 4 の表示エリア 2 6 に、ライブ画像 2 5 を前回撮影画像 2 1 の重複領域 2 3 に重ねて表示でき、カメラが今回撮影予定画像 2 2 を撮影するのに適切な撮影位置に有るか否かをビジュアルに判定できる。これにより、単カメラを用いて移動しながら撮影を行う場合に、前回撮影画像 2 1 と今回撮影画像 2 2 との重複領域 2 3 を適切に定められるステレオ画像撮影方法を提供できる。

【発明の効果】

【0027】

本発明によれば、単カメラを用いて移動しながら撮影を行う場合に、前回撮影画像と今回撮影画像との重複領域を適切に定められるステレオ画像撮影装置及びその方法を提供できる。

20

【図面の簡単な説明】

【0028】

【図 1】実施例 1 に係るステレオ画像撮影装置の構成例を示すブロック図である。

【図 2】表示エリアにおける重複領域を説明するための図である。

【図 3】前回撮影画像にライブ画像を重複して表示する例 (その 1) を示す図である。

【図 4】前回撮影画像にライブ画像を重複して表示する例 (その 2) を示す図である。

【図 5】ステレオ画像における特徴点と対応点の例を示す図である。

【図 6】対応点探索を説明するための図である。

【図 7】実施例 1 に係る画像撮影の処理フロー例を示す図である。

【図 8】前々回撮影画像及び前回撮影画像にライブ画像を重複して表示する例を示す図である。

30

【図 9】実施例 2 に係る画像撮影の処理フロー例を示す図である。

【図 10】実施例 3 に係るステレオ画像撮影装置の構成例を示すブロック図である。

【図 11】相互標定を説明するための図である。

【図 12】偏位修正画像を説明するための図である。

【図 13】撮影画像と表示画像の倍率を説明するための図である。

【図 14】ステレオ法を説明するため図である。

【図 15】実施例 3 に係る画像撮影の処理フロー例を示す図である。

【図 16】初回撮影画像にライブ画像を重複して表示する例を示す図である。

【図 17】実施例 4 に係る画像撮影の処理フロー例を示す図である。

40

【図 18】撮影方向に応じて前回撮影画像とライブ画像及びこれらの枠の位置が変更されて表示される例を示す図である。

【図 19】実施例 6 に係るステレオ画像撮影装置の構成例を示すブロック図である。

【図 20】実施例 6 に係る画像撮影の処理フロー例を示す図である。

【図 21】実施例 7 に係るステレオ画像撮影装置の構成例を示すブロック図である。

【図 22】実施例 7 に係る画像撮影の処理フロー例を示す図である。

【発明を実施するための形態】

【0029】

以下、図面を参照して、本発明の実施の形態について説明する。尚、各図において、互いに同一又は相当する部分には同一符号を付し、重複した説明は省略する。

50

【実施例 1】

【0030】

実施例 1 では、表示部の表示エリアに前回撮影画像とライブ画像とを重複して表示する例で、カメラ移動方向判定部で撮影部の移動方向を求め、重複領域設定部はカメラ移動方向判定部で判定された移動方向と同じ側に重複領域を設定する例を説明する。

【0031】

〔装置構成〕

図 1 は本発明の実施例 1 に係るステレオ画像撮影装置 1 の構成例を示すブロック図である。ステレオ画像撮影装置 1 は、カメラの位置移動に伴い測定対象物 2 のライブ画像を随時取得し、適時に測定対象物 2 を撮影して静止画像である撮影画像を取得する撮影部 3、
撮影画像及び画像処理した画像等を表示する表示部 4、操作者がデータや指示等を入力する入力部 9、撮影画像、ライブ画像及び画像処理した画像等を記憶する記憶部 5、撮影部 3 で前回撮影された撮影画像である前回撮影画像に、ライブ画像との重複領域を設定する重複領域設定部 6、撮影画像及びライブ画像から特徴点を抽出する特徴点抽出部 7、特徴点抽出部 7 で抽出された特徴点の前回撮影画像とライブ画像における画面位置から、撮影部 3 の移動方向を求めるカメラ移動方向判定部 8、ステレオ画像撮影装置 1 及びそれを構成する各部を制御する制御部 10 を備える。また、重複領域設定部 6、特徴点抽出部 7、カメラ移動方向判定部 8、制御部 10 はパーソナルコンピュータ (PC) 16 内に構成される。これらの各部は、デジタルカメラ内の処理部に構成されても良いが、本実施例では PC 16 内に構成するものとする。

【0032】

本実施例に係るステレオ画像撮影装置 1 は、測定対象物 2 の全周囲撮影を行う等、多数の撮影画像を連結して測定対象物 2 の全体像を得るのに適している。また、測定対象物 2 の全体にわたって重複撮影を行ない、三次元計測するための撮影画像を得るのに適している。なお、画像については図 2 を参照されたい。

撮影部 3 は、単カメラ、例えばビデオカメラやデジタルカメラで構成される。撮影者は、撮影部 3 としての単カメラを用いて、例えば測定対象物 2 の周りを移動しながら、重複領域を設けて順次撮影する。測定対象物 2 の周囲 360 度にわたって連結した全周囲画像を得るためには、隣り合う撮影画像間に少しずつ重複領域を設けて撮影すれば良いが、三次元計測するには、重複領域を共有する 2 つの撮影画像をステレオ画像として、その重複領域から特徴点を抽出し、これらの特徴点の三次元座標を求めるため、測定対象物 2 の撮影領域全体にわたり重複して撮影することが必要である。

【0033】

表示部 4 は、例えば、液晶ディスプレイ等のディスプレイを有する。少なくとも、測定対象物 2 の前回撮影画像 21 とライブ画像 25 とを重ねて表示エリア 26 に表示する。表示エリア 26 には撮影範囲より広い範囲を表示でき、シャッター操作により撮影される範囲はライブ画像 25 として表示されている範囲である。表示部 4 は、その他、前々回撮影画像、偏位修正画像等の画像処理した画像等を表示しても良い。また、音声表示する場合にはスピーカを有する。

入力部 9 は、例えばマウスやキーボードを有し、操作者がデータ及び指示を入力するために使用される。

【0034】

記憶部 5 は、例えばハードディスクで構成され、データベースとして使用される。撮影画像を記憶する撮影画像記憶部 51、ライブ画像 25 を記憶するライブ画像記憶部 52、偏位修正画像等の画像処理した画像を記憶する処理画像記憶部 53、測定対象物 2 の特徴点や撮影位置の位置座標を記憶する位置座標記憶部 54 を有する。ビデオカメラではシャッター操作により通常は撮影画像を外部のメモリに記憶するが、内部メモリがあればそこに記憶される。デジタルカメラではシャッター操作により撮影画像を内部メモリに記憶する。また、撮影者が移動しながらビデオカメラ又はデジタルカメラで撮影されたライブ画像は常時ライブ画像記憶部 52 のテンポラリメモリに上書きされて、表示部 4 に転送され

る。また、ライブ画像から移動方向を判定するには画像処理を要する。このため、ライブ画像は適当なフレーム間隔又は時間間隔でサンプリングされ、ライブ画像記憶部52のメモリに所定期間(一時的に)保存される。所定期間は例えば移動方向を判定するのに十分な時間であれば良い。したがって、ライブ画像記憶部52はテンポラリメモリとサンプリングされたライブ画像を記憶するメモリを有する。記憶部5としてカメラの内部メモリを用いても良いが、PC16のハードディスクを用いる方が高速、多様な処理に適している。本実施例では、外部メモリを用いるカメラでは撮影画像を記憶部5に直接記憶し、内部メモリを用いるカメラでは撮影画像を記憶部5に転送するものとする。

【0035】

[重複領域設定部]

重複領域設定部6は、撮影部3で前回撮影された撮影画像である前回撮影画像21にライブ画像25との重複領域23を設定する。この重複領域23は前回撮影画像21と今回撮影予定の撮影画像である今回撮影画像22とを重ねて撮影する領域でもある。表示部4の表示エリア26において、ライブ画像25における重複領域であるライブ画像重複領域25aの画像が、前回撮影画像21における重複領域23の画像と大略一致した時に撮影を行えば、予定した今回撮影画像22を得ることができる。重複領域設定部6では、重複領域23について重複割合と重複方向を設定する。重複方向に関して、本実施例では、カメラ移動方向判定部8で判定された移動方向と同じ側に重複領域23を設定する。例えば、撮影者が撮影部3を所持して、測定対象物2の周りを右回りに移動した場合には、前回撮影画像21について右側に重複領域23が設定され、表示される。なお、表示エリア26には撮影範囲より広い範囲を表示でき、シャッター操作により撮影される範囲はライブ画像25として表示されている範囲である。したがって、ライブ画像25における重複領域であるライブ画像重複領域25aの画像が、前回撮影画像21における重複領域23の画像と一致しない時に撮影を行えば、予定した今回撮影画像22とずれた撮影画像が得られる。ところで、大略一致するとは、完全に一致しなくてもマージン内で一致すれば良いとの意味である。重複領域をマージンを持たせて設定すれば、マージン内で一致すれば問題ないからである。例えば、三次元計測用には重複割合を50%強に設定すれば良いので、重複割合を60%に設定すれば、±5%のずれは問題ないし、±10%弱まで許容可能である。そして、マージン内でずれが生じて、次の撮影で意図的に逆方向にずらして撮影することにより充分挽回可能である。勿論、できるだけ一致させることが画像処理の均一性を保つ上で好ましく、例えば±3%以内とすることが好ましい。また、状況に応じて重複割合を任意に設定できる。例えば、測定対象物2の観察を細かく行ないたい時、特徴点の追跡を細かく行ないたい時には90%に設定し、測定対象物2の観察を粗く行なっても良い時、特徴点の追跡を粗く行なっても良い時には55%に設定する等である。

【0036】

図2は表示エリアにおける重複領域を説明するための図である。図2(a)はデジタルカメラの表示部4に、図2(b)は平面に、表示エリア26における重複状況を示す。撮影部3としてのデジタルカメラに付属する表示部4の表示エリア26(図2(a)において外側の太い実線枠で囲まれた領域)に、測定対象物2としての自動車が表示されている。内側の実線枠内が前回撮影画像21であり、表示エリア26の左側、ここでは左端の近くに配置され、破線枠内がライブ画像25であり、表示エリア26の右側、ここでは右端の近くに配置されている。すなわち、撮影部3の移動方向が右方向の場合である。表示エリア26の中央に内側の実線枠内かつ破線枠内の部分があり、前回撮影画像21とライブ画像25との重複領域(オーバーラップ領域)23となっている。この重複領域23は前回撮影画像21と今回撮影予定の撮影画像である今回撮影画像22とを重ねて撮影する領域でもある。重複割合は約60%である。前回撮影画像21とライブ画像25とが重複領域23で重ねて表示され、前回撮影画像21は重複領域23から左側(撮影部3の移動方向と反対側)に延長して表示され、ライブ画像25は重複領域23から右側(撮影部3の移動方向と同じ側)に延長して表示されている。前回撮影画像21において、延長して表示されている部分を延長領域24、ライブ画像25において、重複領域23にある部分が

10

20

30

40

50

ライブ画像重複領域 2 5 a、延長して表示されている部分がライブ画像延長領域 2 5 b である。ライブ画像重複領域 2 5 a における測定対象物 2 の画像が、重複領域 2 3 における測定対象物 2 の画像と大略一致した時に撮影を行えば、予定した今回撮影画像 2 2 を得ることができる。

【 0 0 3 7 】

図 3 に前回撮影画像にライブ画像を重複して表示する例（その 1）を示す。測定対象物 2 は自動車である。図 3（a）に前回撮影画像 2 1 を、図 3（b）に今回撮影予定の今回撮影画像 2 2 を、図 3（c）にライブ画像 2 5 を、図 3（d）に、前回撮影画像 2 1 にライブ画像 2 5 を重複した画像を示す。なお、画像の符号については図 2 を参照されたい。図 3（a）において、前回撮影画像 2 1 について破線の右側半分強に重複領域 2 3 が設定され、左側半分弱が延長領域 2 4 である。図 3（b）の今回撮影画像 2 2 及び図 3（c）のライブ画像 2 5 では、左側半分強が前回撮影画像 2 1 に設定された重複領域 2 3 に重なる部分である。すなわち、ライブ画像 2 5 では左側半分強がライブ画像重複領域 2 5 a、右側半分弱がライブ画像延長領域 2 5 b である。図 3（d）では、左側 2 / 3 強に前回撮影画像が、右側 2 / 3 強にライブ画像が配置され、中央 1 / 3 強の重複領域 2 3 において、前回撮影画像 2 1 とライブ画像 2 5 が重複表示されている。図では、ライブ画像 2 5 が点線で囲まれた方で、前回撮影画像 2 1 に比してやや上側にずれて表示されている。カメラの位置とアングルを調整して、重複領域 2 3 において、前回撮影画像 2 1 とライブ画像 2 5 における測定対象物 2 の同じ部分が大略重なる時に撮影を行えば、予定した今回撮影画像 2 2 を得ることができる。

【 0 0 3 8 】

図 4 に前回撮影画像にライブ画像を重複して表示する例（その 2）を示す。測定対象物 2 は自動車である。図 3 では前回撮影画像 2 1 とライブ画像 2 5 を左右に並べて表示する例を示したが、図 4 では前回撮影画像 2 1 とライブ画像 2 5 を上下に並べて表示する例を示す。図では、ライブ画像 2 5 は点線で囲まれた方で、下側に示されている。中央の矢印の範囲が重複領域 2 3 である。ライブ画像 2 5 はやや右側にずれて表示されている。図 3 の場合と同様に、カメラの位置とアングルを調整して、重複領域 2 3 において、前回撮影画像 2 1 とライブ画像 2 5 における測定対象物 2 の同じ部分が大略重なる時に撮影を行えば、予定した今回撮影画像 2 2 を得ることができる。

【 0 0 3 9 】

[特徴点抽出部]

特徴点抽出部 7 は、撮影画像から特徴点を抽出する。特徴点には、例えば測定対象物 2 の中心位置、重心位置、コーナー位置、他と異なる特徴を有する位置、測定対象物 2 に貼付された又は投影された標識などがある。特徴点抽出には特徴抽出オペレータが使用される。ここではモラベック（MORAVEC）オペレータを用いる例を説明する。

【 0 0 4 0 】

MORAVEC オペレータは、汎用の特徴抽出器として古くから使用されている。MORAVEC オペレータは、例えば、ある注目画素の周囲 3 × 3 画素をマスクとし、マスクが注目画素の周囲 4 方向に各 1 画素移動した際の濃度差分（方向濃度差分）の最小値をその注目画素の特徴量とする。処理が単純で高速であること、比較的容易にハード化が可能なことなどが特徴である。なお、高速処理を行うためには、画像の数倍のメモリが必要となる。ここではモラベックオペレータによる特徴点抽出を説明したが、他のオペレータ、例えばハリスオペレータやその他のもの、特徴点を検出できるものならなんでもよい。

【 0 0 4 1 】

[カメラ移動方向判定部]

カメラ移動方向判定部 8 は、特徴点抽出部 7 で抽出された特徴点の前回撮影画像 2 1 とライブ画像 2 5 における画面位置から、又はライブ画像 2 5 間における画面位置の変化から、撮影部 3 の移動方向を求める。すなわち、前回撮影画像 2 1 とライブ画像 2 5 をステレオ画像として、前回撮影画像の特徴点とライブ画像の特徴点とを対応付け、ライブ画像 2 5 の特徴点の前回撮影画像 2 1 の特徴点に対する移動ベクトルを求め、重複領域内で平

均化し、平均移動ベクトルと反対方向を撮影部 3 の移動方向として求めることができる。特徴点の対応付け（対応点探索）は対応点探索部 8 a で行う。また、ライブ画像の特徴点を追跡し、ライブ画像間の特徴点の変化から平均移動ベクトルを求め、同じ方向への移動が所定回数（例えば 3 回以上）続いた時に、移動方向を求めても良い。なお、所定回数は 1 回でも良く、特徴点の追跡を省略しても良い。なお、予定の撮影位置から行き過ぎた位置でシャッター操作しライブ画像を撮影してしまった場合には、撮影者が破棄信号を入力することにより、今回撮影画像を破棄可能とするのが好ましい。その後、撮影者が前回撮影画像の撮影位置に戻って移動するのが、カメラ移動方向判定部 8 の判定を確実にする上で好適である。

【 0 0 4 2 】

10

図 5 はステレオ画像における特徴点と対応点の例を示す図である。図 5 (a) は左画像から抽出された特徴点、図 5 (b) は右画像から抽出された特徴点、図 5 (c) は対応付けされた特徴点を示す。左画像と右画像はステレオペアを構成し、左右に僅かにずれた位置で撮影されている。左画像及び右画像において、測定対象物 2 としての自動車に付された多数の点の位置が特徴点として抽出された点の位置である。対応点探索によりこれらの特徴点の大部分が対応付けられ、図 5 (c) において三次元座標空間（ここでは透視図を使用）に表示されている。これらの特徴点には特徴点番号が付され、三次元位置座標及び左右画像における位置座標が位置座標記憶部 5 4 に記憶される。

【 0 0 4 3 】

20

図 6 はステレオ画像間の特徴点を対応付ける対応点探索を説明するための図である。対応付けには相互相関処理を使用する。図 6 に示すように $N_1 \times N_1$ 画素のテンプレート画像を、それより大きい $M_1 \times M_1$ 画素の入力画像内の探索範囲 $(M_1 - N_1 + 1)^2$ 上で動かし、次式の $C(a, b)$ が最大になるようなテンプレート画像の左上位置 (a, b) を求めて、テンプレート画像に対し探索されたとみなす。左右画像の場合には、例えば左画像上に $N_1 \times N_1$ 画素のテンプレート画像を設定し、右画像上に $M_1 \times M_1$ 画素の探索領域を設定し、この操作を各画像上での位置について行えばよい。

【 0 0 4 4 】

[相互相関処理]

【数 1】

$$C(a,b) = \sum_{m_1=0}^{N_1-1} \sum_{n_1=0}^{N_1-1} \frac{\{I_{(a,b)}(m_1, n_1) - \bar{I}\} \{T(m_1, n_1) - \bar{T}\}}{\sqrt{I_{\sigma_{ab}} T_{\sigma}}}$$

$$\bar{I} = \frac{1}{N_1^2} \sum_{m_1=0}^{N_1-1} \sum_{n_1=0}^{N_1-1} I_{(a,b)}(m_1, n_1)$$

ただし、

$$\bar{T} = \frac{1}{N_1^2} \sum_{m_1=0}^{N_1-1} \sum_{n_1=0}^{N_1-1} T(m_1, n_1)$$

$$I_{\sigma_{ab}} = \frac{1}{N_1^2} \sum_{m_1=0}^{N_1-1} \sum_{n_1=0}^{N_1-1} \{I_{(a,b)}(m_1, n_1) - \bar{I}\}^2$$

$$T_{\sigma} = \frac{1}{N_1^2} \sum_{m_1=0}^{N_1-1} \sum_{n_1=0}^{N_1-1} \{T(m_1, n_1) - \bar{T}\}^2$$

$I_{(a,b)}(m_1, n_1)$: 入力画像の部分画像

$T(m_1, n_1)$: テンプレート画像

ここでは、対応点探索に関し、正規化相互相関処理について説明したが、他の手法、例えば、残差逐次検定法 (SSDA) などを用いてもよい。

【0045】

制御部10は、内臓メモリに制御プログラムを有し、ステレオ画像撮影装置1及びこれを構成する各部を制御し、信号及びデータの流れを制御し、ステレオ画像撮影装置としての機能を実行させる。

【0046】

図7に本実施例に係る画像撮影の処理フロー例を示す。表示エリアに前回撮影画像とライブ画像を重複して表示する例を説明する。

まず、撮影部3のシャッター操作により、測定対象物2を撮影する(撮影工程:S110)。撮影された撮影画像は撮影画像記憶部51に記憶される。次に、撮影画像を表示部4の表示エリア26に表示し(撮影画像表示工程:S120)、重複領域設定部6において、撮影工程で撮影され、撮影画像表示工程で表示されている前回撮影画像21に重複割合の設定を行なう(重複割合設定工程:S130)。重複領域23の設定は重複割合と重複方向について行なう。重複領域設定工程は重複割合設定工程(S130)と後述する重複方向設定工程(S180)からなる。ここではまず、重複割合の設定を行なうが、重複方向については仮設定を行なう。例えば入力部9からキーボードを用いて「右(側)」、「60(%)」と入力すると、撮影画像表示工程(S120)で表示エリア26に表示された前回撮影画像21において、重複領域23が枠で囲まれて表示される。撮影者が例えばマウスで表示画面の確認ボタンをクリックすると、重複割合が設定され、重複方向が仮設定される。重複方向は後の重複方向設定工程(S180)で本設定される。次に、ライブ画像を取得する(ライブ画像取得工程:S140)。ライブ画像は常時ライブ画像記憶部52のテンポラリメモリに上書きされ、表示部4に転送される。また、適当なフレーム

10

20

30

40

50

間隔又は時間間隔でサンプリングされ、ライブ画像記憶部 52 に所定期間（一時的に）保存される。例えば重複割合が「60（％）」と設定され、重複方向が「右（側）」と仮設定されている場合には、前回撮影画像 21 の 60％が重複領域 23 となり、表示エリア 26 において前回撮影画像 21 は重複領域 23 から左側に延長して表示され（すなわち、重複領域及びその左側に表示され）、ライブ画像は重複領域から右側に延長して表示される（すなわち、重複領域及びその右側に表示される）。また、例えば重複方向の仮設定を省略し、重複方向が本設定されるまで、ライブ画像 25 を表示エリア 26 の中央に表示しても良い。

【0047】

次に、前回撮影画像 21 及びライブ画像 25 から特徴点を抽出する（特徴点抽出工程：S150）。ライブ画像 25 については、適当なフレーム間隔又は時間間隔でサンプリングされた画像のうち、例えば前回撮影画像 21 の撮影から所定時間（例えば 3 sec）経過後の画像を選択して特徴点を抽出する。前回撮影画像 21 及びライブ画像 25 をステレオ画像として、重複し合う特徴点について対応点探索部 8a にて対応付けを行う。カメラ移動方向判定部 8 は、前回撮影画像 21 の特徴点に対するライブ画像 25 の対応点（対応点探索部 8a により対応付けられた特徴点）の平均移動ベクトルから、平均移動ベクトルと反対方向を撮影部 3 の移動方向として求めることができる。次にライブ画像 25 について特徴点の追跡を行なう（特徴点追跡工程：S160）。例えば前回撮影画像 21 の撮影から 3 sec 後のライブ画像の他に 6 sec 後のライブ画像と 9 sec 後のライブ画像を選択する。3 sec 後のライブ画像の特徴点に対し 6 sec 後のライブ画像の対応点を探索して、平均移動ベクトルを求める。また、6 sec 後のライブ画像の特徴点に対し 9 sec 後のライブ画像の対応点を探索して、平均移動ベクトルを求める。このようにしてライブ画像の特徴点を追跡できる。なお、状況に応じて追跡の時間間隔を任意に設定できる。例えば、特徴点の追跡を細かく行いたい時には 1 sec に設定し、特徴点の追跡を粗く行なっても良い時には 5 sec に設定する等である。次に、カメラ移動方向判定部 8 は特徴点抽出部 7 で抽出された特徴点の前回撮影画像 21 とライブ画像 25 における画面位置から、又はライブ画像間における画面位置の変化から撮影部 3 の移動方向を求める（移動方向判定工程：S170）。例えば、前回撮影画像 21 とライブ画像 25 から求めた平均移動ベクトルの方向と反対方向を撮影部 3 の移動方向として求めることができる。また、ライブ画像間の特徴点を追跡し、平均移動ベクトルの方向が、同じ方向（例えば左方向）に例えば 3 回以上続けば、平均移動ベクトルの方向と反対方向を撮影部 3 の移動方向として求めても良い。

【0048】

次に、重複領域設定部 6 は、重複方向を本設定する（重複方向設定工程：S180）。重複領域設定部 6 は、カメラ移動方向判定部 8 で判定された移動方向と同じ側に、前回撮影画像 21 にライブ画像 25 との重複領域 23 を設定する。例えば、撮影部 3 の移動方向が右方向と判定された場合には、前回撮影画像 21 について右側に重複領域 23 を設定する。次に、表示部 4 は、表示エリア 26 に前回撮影画像 21 とライブ画像 25 を重複して表示する（表示工程：S190）。例えば重複領域が「右（側）」、「60（％）」と本設定された場合には、前回撮影画像の 60％が重複領域 23 となり、表示エリア 26 において前回撮影画像 21 は重複領域 23 から撮影部 3 の移動方向と反対側である左側に延長して表示され、ライブ画像 25 は重複領域 23 から撮影部 3 の移動方向と同じ側である右側に表示される。

【0049】

次に、撮影者は表示エリア 26 における前回撮影画像 21 とライブ画像 25 との重複状況を監視し、撮影位置及びカメラアングルが適切か否かを判断する（カメラ位置判定工程：S210）。重複領域 23 において、前回撮影画像 21 とライブ画像 25 における測定対象物 2 の同じ部分が大きく重なる時に撮影を行えば、予定した今回撮影画像 22 を得ることができる。重複領域 23 において、前回撮影画像 21 とライブ画像 25 にずれがある場合（S210 で NO）には、撮影位置やカメラアングルを調整し、ライブ画像取得工程（

10

20

30

40

50

S 1 4 0) ~ 画像表示工程 (S 1 9 0) を繰り返す。前回撮影画像 2 1 とライブ画像 2 5 における測定対象物 2 の同じ部分が大略重なる場合 (S 2 1 0 で Y E S) には、撮影枚数が予め予定した枚数に達したか否かを判定する (撮影終了判定工程 : S 2 2 0) 。例えば、撮影予定枚数を制御部 1 0 に予め登録しておき、撮影の度に撮影枚数が計数され、制御部 1 0 は計数された撮影枚数を登録された撮影予定枚数と比較して、計数された撮影枚数 < 撮影予定枚数のとき (S 2 2 0 で N O) は、撮影工程 (S 1 1 0) ~ カメラ位置判定工程 (S 2 1 0) を繰り返す。計数された撮影枚数 ≧ 撮影予定枚数のとき (S 2 2 0 で Y E S) は、画像撮影の処理フローを終了する。なお、撮影予定枚数の登録をしない場合には撮影終了判定工程 (S 2 2 0) で、撮影者が終了するか否かを判断する。

【 0 0 5 0 】

10

以上説明したように、本実施例によれば、単カメラを用いて移動しながら撮影を行う場合に、前回撮影画像と今回撮影画像との重複領域を適切に定められるステレオ画像撮影装置及びその方法を提供できる。

【実施例 2】

【 0 0 5 1 】

実施例 1 では、表示部の表示エリアに前回撮影画像とライブ画像とを重複して表示する例を説明したが、実施例 2 では、表示部の表示エリアに前々回撮影画像、前回撮影画像とライブ画像とを重複して表示する例を説明する。ステレオ画像撮影装置 1 の構成は実施例 1 と同様である。実施例 1 と異なる点を主に説明する。

【 0 0 5 2 】

20

図 8 に前々回撮影画像及び前回撮影画像にライブ画像を重複して表示する例を示す。図 8 (a) はデジタルカメラ 3 の表示部 4 に、図 8 (b) は平面に、カメラ表示エリア 2 6 を示す。デジタルカメラ 3 の表示部 4 の表示エリア 2 6 (図 8 (a) において外側の実線枠で囲まれた領域) に、測定対象物 2 としての自動車が表示されている。内側の実線枠内が前々回撮影画像 2 7 であり、表示エリア 2 6 の左側、ここでは左端の近くに配置され、一点鎖線枠内が前回撮影画像 2 1 であり、表示エリア 2 6 の中央に配置され、破線枠内がライブ画像 2 5 であり、表示エリア 2 6 の右側、ここでは右端の近くに配置されている。すなわち、撮影部 3 の移動方向が右方向の場合である。内側の実線枠内かつ一点鎖線枠内の部分が前々回撮影画像 2 7 と前回撮影画像 2 1 との重複領域 (オーバーラップ領域) となっており、前々回撮影画像 2 7 に設定された前々回画像重複領域 2 7 a である。一点鎖線枠内かつ破線枠内の部分が前回撮影画像 2 1 とライブ画像 2 5 との重複領域 (オーバーラップ領域) となっており、前回撮影画像 2 1 に設定された前回画像重複領域 2 1 a である。これらの重複領域の重複割合は約 6 0 % である。前々回撮影画像 2 7 の前々回画像重複領域 2 7 a から左側 (撮影部 3 の移動方向と反対側) に延長する部分が前々回画像延長領域 2 7 b、また、前回撮影画像 2 1 の前回画像重複領域 2 1 a から左側 (撮影部 3 の移動方向と反対側) に延長する部分が前回画像延長領域 2 1 b、ライブ画像 2 5 の前回画像重複領域 2 1 a と重なる部分がライブ画像重複領域 2 5 a、ライブ画像重複領域 2 5 a から右側に延長する部分がライブ画像延長領域 2 5 b である。

30

【 0 0 5 3 】

また、内側の実線枠内かつ破線枠内の部分が前々回撮影画像 2 7、前回撮影画像 2 1 とライブ画像 2 5 との三重の重複領域 (オーバーラップ領域) となっており、タイ領域 2 9 である。タイ領域 2 9 の重複割合は約 2 0 % である。このように、ライブ画像 2 5 と前々回撮影画像 2 7 とを重複させることにより、測定対象物 2 の全撮影領域を重複撮影でき、測定対象物 2 の全撮影領域の三次元座標を求めることができる。ライブ画像 2 5 におけるライブ画像重複領域 2 5 a の画像が、前回撮影画像 2 1 における前回画像重複領域 2 1 a の画像と大略一致した時に撮影を行えば、予定した今回撮影画像 2 2 を得ることができる。又は、タイ領域 2 9 における前々回撮影画像 2 7 とライブ画像 2 5 における測定対象物 2 の同一部分が大略重なる時に撮影を行えば、予定した今回撮影画像 2 2 を得ることができる。大略一致するとは、完全に一致しなくてもマージン内で一致すれば良いとの意味である。例えば、前々回画像重複領域 2 7 a についてライブ画像 2 5 と重複するためのマージン

40

50

を持たせて設定すれば、マージン内で一致すれば問題ないからである。例えば、三次元計測用には前々回撮影画像 27 とライブ画像 25 とに重複領域があれば良いので、その重複割合を 20% に設定すれば、 $\pm 5\%$ のずれは問題ないし、 $\pm 20\%$ 弱まで許容可能である。そして、マージン内でずれが生じて、次の撮影で意図的に逆方向にずらして撮影することにより充分挽回可能である。勿論、できるだけ一致させることが画像処理の均一性を保つ上で好ましく、例えば $\pm 3\%$ 以内とすることが好ましい。なお、各重複領域の色、透明度を変えると各重複領域を区別し易くなる。特に、タイ領域 29 については、ハッチング等により区別し易くすることが好ましい。また、各画像の透明度を薄くすると、タイ領域 29 が他の部分より濃くなり、区別し易くなる。

【0054】

図 9 に実施例 2 に係る画像撮影の処理フロー例を示す。本実施例では、表示エリア 26 に前々回撮影画像 27、前回撮影画像 21 とライブ画像 25 を重複して表示する例を説明する。実施例 1 (図 7 参照) の画像表示工程 (190) では、前回撮影画像 21 とライブ画像 25 とを表示するのに対して、実施例 2 では画像表示工程 (192) において、前々回撮影画像 27、前回撮影画像 21 とライブ画像 25 とを表示する点異なる。したがって、ライブ画像 25 を前々回撮影画像 27 及び前回撮影画像 21 と重複させて見ることができる。特にタイ領域 29 での重複を確認して撮影画像を得ることができる。その他の処理フローは実施例 1 と同様であり、本実施例によれば、実施例 1 と同様に単カメラを用いて移動しながら撮影を行う場合に、前回撮影画像と今回撮影画像との重複領域を適切に定められるステレオ画像撮影装置及びその方法を提供できる。

【実施例 3】

【0055】

実施例 3 では、実施例 1 に三次元位置測定機能を追加し、偏位修正画像の作成、測定対象物の特徴点の三次元位置座標、カメラの撮影位置が測定可能であり、偏位修正画像を用いて表示される画像の倍率を補正する例を説明する。実施例 1 と異なる点を主に説明する。

【0056】

図 10 は本発明の実施例 3 に係るステレオ画像撮影装置 1A の構成例を示すブロック図である。ステレオ画像撮影装置 1A は、実施例 1 の構成 (図 1 参照) に、三次元位置測定部 11 が追加されている。三次元位置測定部 11 は、特徴点抽出部 7 により抽出された特徴点を用いて撮影部 3 のカメラの位置と傾きを求める標定部 12、標定部 12 で求められたカメラの位置と傾きを用いて、前回撮影画像及びライブ画像に偏位修正処理を施して、偏位修正画像を形成する偏位修正画像形成部 13、標定部 12 で求められたカメラの位置と傾きを用いて、測定対象物 2 の特徴点及び撮影位置の三次元位置座標を演算する三次元座標演算部 14 を有する。

【0057】

[外部標定要素の算出：相互標定]

次に、左右画像の対応付けられた点から、相互標定法によってカメラの位置、傾きを求める方法について説明する。相互標定は標定部 12 にて行なわれる。

モデル画像とは、2 枚以上の撮影画像から被写体が撮影されたときの状態に再現されたとき得られる立体像のことをいう。相対的に相似なモデル画像を形成することを、相互標定という。すなわち、相互標定とは、撮影画像の対応する 2 本の光束が交会するように、左右それぞれのカメラの投影中心の位置および傾きを定めるものである。

【0058】

図 11 は相互標定を説明するための図である。次に、各モデル画像の標定計算の詳細について説明する。この計算により、左右それぞれのカメラの位置 (三次元座標と三軸の傾き) が求められる。

以下の共面条件式によりこれらのカメラの位置に係るパラメータを求める。

【数 2】

$$\begin{vmatrix} X_{01} & Y_{01} & Z_{01} & 1 \\ X_{02} & Y_{02} & Z_{02} & 1 \\ X_1 & Y_1 & Z_1 & 1 \\ X_2 & Y_2 & Z_2 & 1 \end{vmatrix} = 0 \quad \dots \dots \dots (式1)$$

X_{01} 、 Y_{01} 、 Z_{01} ：左画像の投影中心座標

10

X_{02} 、 Y_{02} 、 Z_{02} ：右画像の投影中心座標

X_1 、 Y_1 、 Z_1 ：左画像の像座標

X_2 、 Y_2 、 Z_2 ：右画像の像座標

【0059】

モデル座標系の原点を左側の投影中心にとり、右側の投影中心を結ぶ線をX軸にとるようにする。縮尺は、基線長を単位長さにとる。このとき求めるパラメータは、左側のカメラのZ軸の回転角 ϕ_1 、Y軸の回転角 ϕ_1 、右側のカメラのZ軸の回転角 ϕ_2 、Y軸の回転角 ϕ_2 、X軸の回転角 ϕ_2 の5つの回転角となる。この場合左側のカメラのX軸の回転角 ϕ_1 は0なので、考慮する必要はない。

20

【0060】

このような条件にすると、(式1)の共面条件式は(式2)のようになり、この式を解けば各パラメータが求まる。

【数 3】

$$F(\kappa_1, \phi_1, \kappa_2, \phi_2, \omega_2) = \begin{vmatrix} Y_1 & Z_1 \\ Y_2 & Z_2 \end{vmatrix} = Y_1 Z_2 - Y_2 Z_1 = 0 \quad \dots (式2)$$

30

【0061】

ここで、モデル座標系XYZとカメラ座標系xyzの間には、次に示すような座標変換の関係式(式3)、(式4)が成り立つ。

【数 4】

$$\begin{pmatrix} X_1 \\ Y_1 \\ Z_1 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \cos \phi_1 & 0 & \sin \phi_1 \\ 0 & 1 & 0 \\ -\sin \phi_1 & 0 & \cos \phi_1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \cos \kappa_1 & -\sin \kappa_1 & 0 \\ \sin \kappa_1 & \cos \kappa_1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} x_1 \\ y_1 \\ -c \end{pmatrix} \quad \dots \dots (式3)$$

40

$$\begin{pmatrix} X_2 \\ Y_2 \\ Z_2 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & \cos \omega_2 & -\sin \omega_2 \\ 0 & \sin \omega_2 & \cos \omega_2 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \cos \phi_2 & 0 & \sin \phi_2 \\ 0 & 1 & 0 \\ -\sin \phi_2 & 0 & \cos \phi_2 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \cos \kappa_2 & -\sin \kappa_2 & 0 \\ \sin \kappa_2 & \cos \kappa_2 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} x_2 \\ y_2 \\ -c \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} 1 \\ 0 \\ 0 \end{pmatrix} \quad \dots \dots (式4)$$

【0062】

これらの式を用いて、次の手順により、未知パラメータを求める。

(a) 未知パラメータの初期近似値は通常0とする。

50

(b) 共面条件式(式2)を近似値のまわりにテーラー展開し、線形化したときの微分係数の値を(式3)、(式4)により求め、観測方程式をたてる。

(c) 最小二乗法をあてはめ、近似値に対する補正量を求める。

(d) 近似値を補正する。

(e) 補正された近似値を用いて、(b)～(d)までの操作を収束するまで繰り返す。

未知パラメータ(x_1, y_1, x_2, y_2, z_2)を求めることにより、カメラの位置と傾きが求まる。

相互標定法によってカメラの位置が求まれば、ステレオ法によって対象空間点上の三次元座標、すなわち特徴点の三次元座標を求めることが可能となる。

【0063】

10

[DLT法]

また、標定に代えて、測定対象物2の周囲にターゲットを配置し、DLT法を使用して撮影位置の座標を求めることもできる。例えば、三次元座標演算部14でかかる演算が行なわれる。

DLT法は、写真座標と被写体の三次元座標(対象点座標)との関係を三次の射影変換式で近似したものである。

【0064】

DLT法の基本式は(式5)となる。

【数5】

$$x = \frac{L_1 X + L_2 Y + L_3 Z + L_4}{L_9 X + L_{10} Y + L_{11} Z + 1}$$

$$y = \frac{L_5 X + L_6 Y + L_7 Z + L_8}{L_9 X + L_{10} Y + L_{11} Z + 1}$$

20

(式5)

(x, y) : 写真座標

(X, Y, Z) : 対象点座標

30

$L_1 \sim L_{11}$: DLT法の未知変量

(式5)に対し、分母を消去すると、次の線形式を導き出せる。

【数6】

$$XL_1 + YL_2 + ZL_3 + L_4 - xXL_9 - xYL_{10} - xZL_{11} = x$$

$$XL_5 + YL_6 + ZL_7 + L_8 - yXL_9 - yYL_{10} - yZL_{11} = y$$

$$\cdots \cdots \text{(式6)}$$

40

更に、(式6)を変形すると、以下の式となる。

【数 7】

$$\begin{vmatrix} X & Y & Z & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & -xX & -xY & -xZ \\ 0 & 0 & 0 & 0 & X & Y & Z & 1 & -yX & -yY & -yZ \end{vmatrix} \begin{vmatrix} L_1 \\ L_2 \\ L_3 \\ L_4 \\ L_5 \\ L_6 \\ L_7 \\ L_8 \\ L_9 \\ L_{10} \\ L_{11} \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} x \\ y \end{vmatrix} \quad \dots\dots(式 7)$$

【 0 0 6 5】

(式 7) を直接、最小二乗法を用いて解くと、写真座標と対象点座標との関係を決定する $L_1 \sim L_{11}$ の 11 個の未知変量を取得できる。したがって、位置座標が既知の 6 点について (式 7) を解くことにより、被写体の写真座標 (x, y) と被写体の三次元座標 (対象点座標) (X, Y, Z) との関係が求まり、写真座標 (x, y) と対象点座標 (X, Y, Z) を結ぶ直線の収束点にあたる撮影位置の位置座標 ($0, 0, 0$) を求めることができる。この場合、撮影位置は、対象点座標に対して ($-X, -Y, -Z$) の位置になる。

【 0 0 6 6】

図 12 は偏位修正画像を説明するための図である。図 12 (a) は偏位修正画像を立体的に説明する図、図 12 (b) は平面的に説明する図である。偏位修正処理は偏位修正画像形成部 13 で行なわれる。偏位修正処理とは、標定で求められたカメラの撮影位置と傾きを用いて、測定対象物 2 に対して撮影画像をステレオ法の幾何学が成立するように、被写体に対して並行にかつエピポーララインが左右の水平ライン上に一致するように画像を修正する処理である。したがって左右画像の倍率や傾き等の歪が補正され、倍率や高さの位置が同一となる。図 12 (a) において、ステレオ画像の左画像と右画像を撮影するカメラ 3 の撮影位置をそれぞれ、 O_1 、 O_2 、測定対象物 2 の計測点の位置を P とする。三次元位置座標の原点を O_1 とし、三次元座標軸を X, Y, Z 軸とする。撮影位置 O_1 及び O_2 で撮影した撮影画像は、撮影距離、カメラアングルにばらつきが生じることから、細い実線の四角形で示すように画像の倍率、傾きに歪が生じる。これらの撮影画像を偏位修正処理により、太い実線の四角形で示すようにカメラの正面から見た等倍率の画像に修正する。図 12 (b) では、上部に示すように、左画像である前回撮影画像と右画像であるライブ画像に倍率、傾きに歪が生じている。これを偏位修正処理により、下部に示すように、左画像である前回撮影画像 21 と右画像であるライブ画像 25 について、エピポーララインが左右の水平ライン上に一致するように修正され、倍率、傾きが揃っている。

【 0 0 6 7】

偏位修正処理では、相互標定で得られた内部標定要素 (パラメータ) を用い、射影変換の関係式から傾斜した撮影画像をモデル座標 (偏位修正画像座標) 系の X, Y 平面上 (鉛直写真) に投影する。次に、偏位修正に係る関係式を示す。左画像について、モデル座標を (X_1, Y_1)、撮影画像面内の位置座標を (X_{c1}, Y_{c1})、右画像について、モデル座標を (X_2, Y_2)、撮影画像面内の位置座標を (X_{c2}, Y_{c2})、撮影位置 O_1, O_2 での撮影画像におけるカメラの焦点距離を C_1, C_2 、左画像に係る変換パラメータを $m_{11} \sim m_{33}$ 、右画像に係る変換パラメータを $n_{11} \sim n_{33}$ とすると、変換式

は(式8)、(式9)で表される。これにより偏位修正処理が行なわれる。

【0068】

【数8】

〈左画像〉

$$X1 = \frac{m11 \cdot X_{c1} + m12 \cdot Y_{c1} + m13 \cdot (-C1)}{m31 \cdot X_{c1} + m32 \cdot Y_{c1} + m33 \cdot (-C1)} \cdot (-C1)$$

$$Y1 = \frac{m21 \cdot X_{c1} + m22 \cdot Y_{c1} + m23 \cdot (-C1)}{m31 \cdot X_{c1} + m32 \cdot Y_{c1} + m33 \cdot (-C1)} \cdot (-C1) \quad \dots (式8)$$

10

〈右画像〉

$$X2 = \frac{n11 \cdot X_{c2} + n12 \cdot Y_{c2} + n13 \cdot (-C2)}{n31 \cdot X_{c2} + n32 \cdot Y_{c2} + n33 \cdot (-C2)} \cdot (-C2)$$

$$Y2 = \frac{n21 \cdot X_{c2} + n22 \cdot Y_{c2} + n23 \cdot (-C2)}{n31 \cdot X_{c2} + n32 \cdot Y_{c2} + n33 \cdot (-C2)} \cdot (-C2) \quad \dots (式9)$$

20

【0069】

図13は撮影画像と表示画像の倍率を説明するための図である。図13(a)は前々回撮影画像27、前回撮影画像21及びライブ画像25の倍率が異なることを示す図、図13(b)は表示エリア26において、前々回撮影画像27、前回撮影画像21及びライブ画像25が同じ大きさの範囲に表示されることを示す図である。測定対象物2は撮影位置の変更に応じて倍率及び傾きに差異が生じるので、3つの画像を当倍率の画像で表すと、図13(a)に示すように、画像の寸法に差異が生じている(図では倍率のみが異なる例を示す)。しかるに、表示エリア26においては、図13(b)に示すように、前々回撮影画像27、前回撮影画像21及びライブ画像25が同じ大きさの範囲に表示される。また、図13(a)における前々回撮影画像27と前回撮影画像21との重複領域27o及び前回撮影画像21とライブ画像25との重複領域21oは、表示エリア26では、図13(b)に示すように前々回画像重複領域27aと前回画像重複領域21aに表示される。したがって、各重複領域21a、27aにおいて各画像の倍率が異なり、タイ領域29では3つの画像の倍率が異なって表示される。また、測定対象物2を見る角度が異なる時は、各重複領域21a、27a及びタイ領域29において画像に傾きが生じる。そこで、前々回撮影画像27、前回撮影画像21及びライブ画像25に偏位修正処理を施し、偏位修正画像に修正すれば、それぞれ、倍率が等しく正面から見た画像に修正される。これにより、重複領域21a、27a及びタイ領域29においては、2つ又は3つの画像における測定対象物2の同一部分を殆ど一致するように重ねて表示することができる。なお、完全

30

40

【0070】

〔ステレオ法〕

図14はステレオ法を説明するための図である。測定対象物2の各特徴点の三次元位置座標はステレオ法の原理を用いて測定することができる。三次元位置座標の演算は三次元座標演算部14で行なわれる。したがって、測定対象物2の全撮影領域を重複撮影することにより、その三次元形状を求めることができる。簡単のために、同じカメラで2つの撮影位置(O_1 , O_2)から撮影し、それぞれの光軸は平行でカメラレンズの主点からCC

50

D面までの距離 c が等しく、 CCD は光軸に直角に置かれているものとする。2つの光軸間距離（基線長）を B とする。

物体上の点 $P(x, y, z)$ と撮影位置 O_1 での撮影画面（本実施例では前回撮影画像の画面）上の点 $P_1(x_1, y_1)$ 、撮影位置 O_2 での撮影画面（本実施例ではライブ画像の画面）上の点 $P_2(x_2, y_2)$ の座標の間には、以下のような関係がある。

$$x_1 = cx/z \quad \text{--- (式10)}$$

$$y_1 = y_2 = cy/z \quad \text{--- (式11)}$$

$$x_2 - x_1 = cB/z \quad \text{--- (式12)}$$

但し、全体の座標系 (x, y, z) の原点を撮影位置 O_1 でのレンズ主点にとるものとする。

(式12)より z を求め、これを用いて(式10)、(式11)より x, y が求められる。

【0071】

また、各特徴点の三次元座標が求めれば、前回撮影画像や前々回撮影画像を任意の方向、例えばライブ画像25の現在位置や今回撮影画像22の撮影予定位置から見た画像に変換して表現可能である。また、三次元モデル画像、オルソ画像、全周囲画像を形成できる。求められた三次元座標から三次元画像空間に特徴点を配置し構築すれば三次元モデル画像、平面図に並行投影にて投影すればオルソ画像、中心投影のまま平面上に各モデル画像を投影し連続的に配列していけば全周囲画像となる。また、三次元モデル画像は透視図や投影図等で任意の方向から表現できる。

【0072】

図15に、実施例3に係る画像撮影の処理フロー例を示す。偏位修正画像を用いて表示される画像の倍率を補正する例である。実施例1の処理フロー例（図7参照）に比して、重複方向設定工程（S180）の後に標定工程（S182）と偏位修正画像形成工程（S184）が追加されている。すなわち、標定部12において、特徴点抽出部6により抽出された特徴点を用いて撮影部3のカメラの位置と傾きを求め、偏位修正画像形成部13において、標定部12で求められたカメラの位置と傾きを用いて、前回撮影画像21及びライブ画像25に偏位修正処理を施して、偏位修正画像を形成する。表示部4にて、偏位修正画像を用いて前回撮影画像21及びライブ画像25を重複表示することにより、前回撮影画像21及びライブ画像25における測定対象物2の同一部分を殆ど一致するように重ねて表示することができる。殆ど一致するとは、見る方向により画面上の対称点の位置が多少変化するからである。これにより、今回撮影画像22の撮影をよりの確に行なうことができる。前々回撮影画像27、前回撮影画像21及びライブ画像25を重複表示する場合も、タイ領域29において3つの画像における測定対象物2の同一部分を殆ど一致するように重ねて表示することができ、今回撮影画像の撮影をよりの確に行なうことができる。その他の処理フローは実施例1又は実施例2の処理フローと同様である。

【0073】

以上説明したように、本実施例によれば、単カメラを用いて移動しながら撮影を行う場合に、前回撮影画像と今回撮影画像との重複領域を適切に定められるステレオ画像撮影装置及びその方法を提供できる。また、偏位修正画像を作成することにより、立体視可能な態様で前回撮影画像21とライブ画像25とを重ねて表示でき、撮影予定位置では重複領域23で殆ど一致した画像を得ることが可能である。

【実施例4】

【0074】

実施例4では、実施例3に加えて、撮影が一巡した場合（測定対象物の周りを一周した場合）に表示エリアに初回に撮影された撮影画像である初回撮影画像を表示する例を説明する。実施例3と異なる点を主に説明する。装置構成は実施例3（図10参照）と同様である。

【0075】

図16に、初回撮影画像にライブ画像を重複して表示する例を示す。図16(a)に一

10

20

30

40

50

巡する1つ前の表示エリアを、図16(b)に一巡した場合の表示エリアを示す。対応点探索部8aは初回撮影画像28とライブ画像25とのステレオマッチング(特徴点の対応付け)を行なう。ステレオマッチングにより、初回撮影画像28とライブ画像25とに相関が得られ、重複領域が見出された場合に、前回撮影画像21とライブ画像25が表示される表示エリア26の中に初回撮影画像28を表示することが可能になる。重複領域が見出された場合、図16(a)に示すように、前回撮影画像21及びライブ画像と共に、初回撮影画像28のうち、ライブ画像25との重複領域である一周画像重複領域28cの部分が表示され、それ以外の部分は表示エリア26外になる。前回撮影画像21では前回画像重複領域21aと前回画像延長領域21bがライブ画像25の枠により分けて表示され、ライブ画像25ではライブ画像重複領域25aとライブ画像延長領域25bが前回撮影画像21の枠により分けて表示される。図16(b)に示すように、次の撮影時に一巡した場合の表示エリア26が示され、初回撮影画像28の一周画像重複領域28cが前回撮影画像21と部分的に重なり、少なくとも初回画像重複領域28aの一部が表示エリア26内に表示可能になる。このように、一周画像重複領域28cが前回撮影画像21と部分的に重なり、前回撮影画像21、初回撮影画像28及びライブ画像25の三重重複領域が形成されることによって、撮影が一巡したことが解る。また、ステレオマッチングは撮影画像とライブ画像をそのまま用いることも可能であるが、撮影画像とライブ画像の偏位修正画像を用いて行なえば、高精度に対応点を検出でき、より正確にステレオマッチングを行なうことができる。

【0076】

図17に、本実施例に係る画像撮影の処理フロー例を示す。撮影が一巡した場合に表示エリア26に初回撮影画像28を表示する例である。実施例3の処理フロー例(図15参照)に比して、偏位修正画像形成工程(S184)の後にステレオマッチング工程(S186)が追加され、画像表示工程(S190)の代わりに画像表示工程(S194)が行なわれる。画像表示工程(S194)では、画像表示工程(S190)に比して、初回撮影画像28とライブ画像25とに重複領域が見出された場合に、前回撮影画像21とライブ画像25に加えて少なくとも初回撮影画像28の一部が表示エリア26に表示される。なお、特徴点抽出工程(S150)では、特徴点抽出部6において、初回の撮影後に初回撮影画像28の特徴点の抽出が行なわれている。ステレオマッチング工程(S186)では、初回撮影画像28とライブ画像25とについてステレオマッチングが行なわれる。これにより、初回撮影画像28とライブ画像25との重複領域(一周画像重複領域28c)を求めることができる。画像表示工程(S194)では、ステレオマッチング工程(S186)で初回撮影画像28とライブ画像25とに重複領域が見出された場合に、前回撮影画像21とライブ画像25に加えて少なくとも初回撮影画像28の一部が表示エリア26に表示される。これにより、今回撮影画像22の撮影時に、初回撮影画像28との重複を確認して撮影することができる。そして、初回撮影画像28の重複領域(初回画像重複領域28a)に前回撮影画像21が一部重複した状態(前回撮影画像21、初回撮影画像28及びライブ画像25の三重重複領域が存在する状態)で今回撮影画像22を撮影すれば、測定対象物2を全周囲に亘って重複撮影ができ、三次元座標を得ることができる。その他の処理フローは実施例3の処理フロー例と同様である。

【0077】

また、ステレオマッチングで重複領域を見出す代わりに撮影位置の演算から重複領域を見出すこともできる。三次元座標演算部14は、例えばDLT法を用いて、特徴点抽出部7により抽出されたライブ画像25及び初回撮影画像28における測定対象物2の特徴点の画面位置からそれぞれの撮影位置の三次元座標を求める。ライブ画像25と初回撮影画像28における撮影位置より、ライブ画像25と初回撮影画像28の間に重複領域が見出された場合に、重複領域設定部6は、初回撮影画像28に重複領域を一周画像重複領域28cとして設定する。例えばライブ画像25における撮影位置と初回撮影画像28における撮影位置間の距離が、ライブ画像25における撮影位置と前々回撮影画像27における撮影位置間の距離以下になれば、ライブ画像と初回撮影画像28とは一部重複するので、

重複領域が見出された場合に該当する。重複割合はライブ画像 2 5 における撮影位置と初回撮影画像 2 8 における撮影位置間の距離から演算される。表示部 4 は、初回撮影画像 2 8 とライブ画像 2 5 とを一周画像重複領域 2 8 c で重ねて表示する。画像撮影の処理フローでは、ステレオマッチング工程 (S 1 8 6) に代えて撮影位置の演算が行われるが、その他の工程は同様である。

【 0 0 7 8 】

本実施例によれば、実施例 3 と同様に、単カメラを用いて移動しながら撮影を行う場合に、前回撮影画像と今回撮影画像との重複領域を適切に定められるステレオ画像撮影装置及びその方法を提供できる。また、初回撮影画像を表示することにより、撮影が一巡したことがわかる。

【実施例 5】

【 0 0 7 9 】

実施例 5 では、実施例 3 に加えて、撮影方向に応じて前回撮影画像とライブ画像の位置と枠が変更されて表示される例を説明する。実施例 3 と異なる点を主に説明する。装置構成は実施例 3 (図 1 0 参照) と同様である。

【 0 0 8 0 】

図 1 8 に、撮影方向に応じて前回撮影画像とライブ画像及びこれらの枠の位置が変更されて表示される例を示す。前回撮影画像 2 1 とライブ画像 2 5 とのステレオマッチングを行なうことにより、前回撮影画像 2 1 とライブ画像 2 5 との重複領域の画像をより精度良く表現できる。この場合、重複領域設定部 6 において、前回撮影画像 2 1 とライブ画像 2 5 との重複領域 2 3 を、前回撮影画像 2 1 側に前回側重複領域 2 1 c、ライブ画像 2 5 側にライブ側重複領域 2 5 c として設定し、表示部 4 において、前回側重複領域 2 1 c とライブ側重複領域 2 5 c で測定対象物 2 の同じ部分が略重なるように表示する。このように表示すると、例えば、ライブ画像 2 5 が表示されるべく予定された位置に比して右下側にずれているときには、図 1 8 に示すように、右下側にずれて表示される。この場合、表示画像の倍率を調整すれば、前回撮影画像 2 1 とライブ画像 2 5 とを共に枠を付して全体が表示エリア 2 6 に含まれるように表示できる。これにより、ライブ側重複領域 2 5 c が重複領域 2 3 に対して右下側にずれていることがわかり、ライブ画像の位置を左上方向に移動し、ライブ側重複領域 2 5 c を重複領域 2 3 に合せて撮影すれば良い。その他の処理フローは実施例 3 の処理フロー例と同様である。また、前々回撮影画像 2 7、前回撮影画像 2 1、ライブ画像 2 5 の 3 つの画像を表示する場合に、前々回撮影画像 2 7 と前回撮影画像 2 1 とのステレオマッチングを行なうことにより、表示部 4 においてその重複領域も略重なるように表示することも可能である。

【 0 0 8 1 】

本実施例によれば、実施例 3 と同様に、単カメラを用いて移動しながら撮影を行う場合に、前回撮影画像と今回撮影画像との重複領域を適切に定められるステレオ画像撮影装置及びその方法を提供できる。また、撮影方向に応じて前回撮影画像にライブ画像及びこれらの枠の位置が変更されて表示され、ライブ画像のずれの方向をビジュアルに把握できる。

【実施例 6】

【 0 0 8 2 】

実施例 6 では、重複領域設定部は移動方向検出部で検出された移動方向と同じ側に重複領域を設定する例を説明する。実施例 1 と異なる点を主に説明する。

【 0 0 8 3 】

図 1 9 は、実施例 6 に係るステレオ画像撮影装置 1 B の構成例を示すブロック図である。実施例 1 の構成 (図 1 参照) に比して、特徴点抽出部 7、カメラ移動方向判定部 8 が無く、これらに代えて移動方向検出部 1 5 が追加されている。移動方向検出部 1 5 は G P S (G l o b a l P o s i t i o n i n g S y s t e m : 全地球測位システム) 又は慣性センサを有し、撮影部 3 の移動方向を検出する。G P S は米国防省の人工衛星からの電波を利用して、自分の位置を測定するシステムで、3 以上の衛星からの到着時間の差異が

10

20

30

40

50

ら、緯度、経度を数十mの精度で測定でき、自動車のナビゲーション等に利用されている。相対的位置変化（移動方向）については、さらに高精度に測定できる。また、慣性センサとして圧電式、静電容量式等の加速度センサを利用できる。検出された加速度を2度積分することにより、位置変化を測定できる。重複領域設定部6は移動方向検出部15で検出された移動方向と同じ側に重複領域を設定する。その他の構成は実施例1と同様である。

【0084】

図20に、実施例6に係る画像撮影の処理フロー例を示す。実施例1の処理フロー（図9参照）に比して、特徴点抽出工程（S150）～カメラ移動方向判定工程（S170）が無く、これらに代えて移動方向検出工程（S152）が追加されている。移動方向検出工程（S152）では、GPSセンサ又は慣性センサを用いて、撮影部3の移動方向を検出する。重複方向設定工程（S180）では移動方向検出工程（S152）で検出された移動方向と同じ側に重複領域を設定する。その他の処理は実施例1と同様である。

【0085】

また、撮影が一巡した場合（対象物の周りを一周した場合）に表示エリア26に初回撮影画像28を表示できる。GPS又は慣性センサで検出されたライブ画像25と初回撮影画像28における撮影位置より、ライブ画像25と初回撮影画像28の間に重複領域が見出された場合に、重複領域設定部6は、初回撮影画像28に重複領域を一周画像重複領域28cとして設定する。例えばライブ画像25における撮影位置と初回撮影画像28における撮影位置間の距離が、ライブ画像25における撮影位置と前々回撮影画像27における撮影位置間の距離以下になれば、ライブ画像と初回撮影画像28とは一部重複するので、重複領域が見出された場合に該当する。重複割合はライブ画像25における撮影位置と初回撮影画像28における撮影位置間の距離から演算される。表示部4は、初回撮影画像28とライブ画像25とを一周画像重複領域28cで重ねて表示する。

【0086】

本実施例によれば、実施例1と同様に、単カメラを用いて移動しながら撮影を行う場合に、前回撮影画像と今回撮影画像との重複領域を適切に定められるステレオ画像撮影装置及びその方法を提供できる。

【実施例7】

【0087】

実施例7では、重複領域設定部は入力された移動方向と同じ側に重複領域を設定する例を説明する。実施例1と異なる点を主に説明する。

【0088】

図21は、実施例7に係るステレオ画像撮影装置1Cの構成例を示すブロック図である。実施例1の構成（図1参照）に比して、特徴点抽出部7、カメラ移動方向判定部8がなくなっている。重複領域設定部6は、撮影者の入力により重複領域を設定する。重複領域設定部6において、前回撮影画像21に重複領域23の設定を行なう。重複領域23の設定は重複割合と重複方向について行なう。撮影部3の移動方向は予め入力可能であり、撮影者が入力した移動方向が重複方向として設定される。例えば入力部9からキーボードを用いて「右（側）」（移動方向）、「60（%）」（重複割合）と入力すると、前回撮影画像21に重複領域23が枠で囲まれて表示される。撮影者が例えばマウスで表示画面の確認ボタンをクリックすると、重複割合と重複方向が定まり、前回撮影画像21に重複領域23が本設定される。その他の構成は実施例1と同様である。

【0089】

図22に、実施例7に係る画像撮影の処理フロー例を示す。実施例1の処理フロー（図7参照）に比して、特徴点抽出工程（S150）～カメラ移動方向判定工程（S170）が無く、また、重複割合設定工程（S130）及び重複方向設定工程（S180）に代えて重複領域設定工程（S132）がある。すなわち、重複領域設定工程（S132）では、撮影者の入力により重複割合と共に重複方向も本設定される。その他の処理は実施例1と同様である。

【 0 0 9 0 】

また、撮影が一巡した場合（対象物の周りを一周した場合）に表示エリア 2 6 に初回撮影画像 2 8 を表示できる。撮影者が一周した際に、一周したことを入力可能であり、撮影者が一周したことを入力した場合に、重複領域設定部 6 は、初回撮影画像 2 8 に一周画像重複領域 2 8 c を設定する。例えば一周画像重複領域 2 8 c は撮影者が入力した撮影部 3 の移動方向と反対側に、重複割合は初回画像重複領域 2 8 a と同じに設定される。ここで、一周したとは、同じ方向に移動して今回の撮影により予定した全ての方向からの撮影が完了する位置に到達したことを意味する。例えば、1 2 方向からの撮影を予定していた場合、1 2 番目の撮影位置に到達したことを意味する。表示部 4 は、初回撮影画像 2 8 とライブ画像 2 5 とを一周画像重複領域 2 8 c で重ねて表示する。

10

【 0 0 9 1 】

本実施例によれば、実施例 1 と同様に、単カメラを用いて移動しながら撮影を行う場合に、前回撮影画像と今回撮影画像との重複領域を適切に定められるステレオ画像撮影装置及びその方法を提供できる。

【 0 0 9 2 】

また、本発明は、以上の実施例のフローチャート等に記載のステレオ画像撮影方法の発明、当該方法の発明をステレオ画像撮影装置に実行させるためのプログラムとしても実現可能である。プログラムはステレオ画像撮影装置の内蔵記憶部に蓄積して使用してもよく、外付けの記憶装置に蓄積して使用してもよく、インターネットからダウンロードして使用しても良い。また、当該プログラムを記録した記録媒体としても実現可能である。

20

【 0 0 9 3 】

以上、本発明の実施の形態について説明したが、本発明は上記の実施例に限定されるものではなく、本発明の趣旨を逸脱しない範囲で実施例に種々変更を加えられることは明白である。

【 0 0 9 4 】

例えば、実施例 2 で説明した、前々回撮影画像、前回撮影画像及びライブ画像の重複表示を実施例 3 ないし実施例 7 にも適用可能である。また、実施例 3 で説明した偏位修正画像の形成、実施例 4 で説明した初回撮影画像の表示、実施例 5 で説明した前回撮影画像とライブ画像及びこれらの枠の位置を変化させる表示を、実施例 6 又は実施例 7 にも適用可能である。また、画像処理フローは適宜変更可能である。例えば、実施例 1 ないし実施例 5 ではライブ画像取得前に重複割合を設定する例を説明したが、撮影前に予め設定することも可能である。また、実施例 1 ないし実施例 5 における特徴点追跡工程を省略可能である。また、各撮影位置で少し左右にずれた位置でステレオ画像を撮影しながら位置を移動し、他のステレオ画像と重複させながら撮影を行っても良い。また、移動方向が上下方向と左右方向の両方である場合に、重複領域を図 1 8 の撮影側重複領域のように設定し、表示しても良い。また、以上の実施例ではライブ画像を一時的に記憶する例を説明したが、ビデオ画像のように再生可能に記憶しても良い。その他、撮影枚数、重複割合等は適宜変更可能である。

30

【 産業上の利用可能性 】

【 0 0 9 5 】

本発明は、測定対象物の三次元計測のための撮影や全周囲画像の撮影に利用できる。

40

【 符号の説明 】

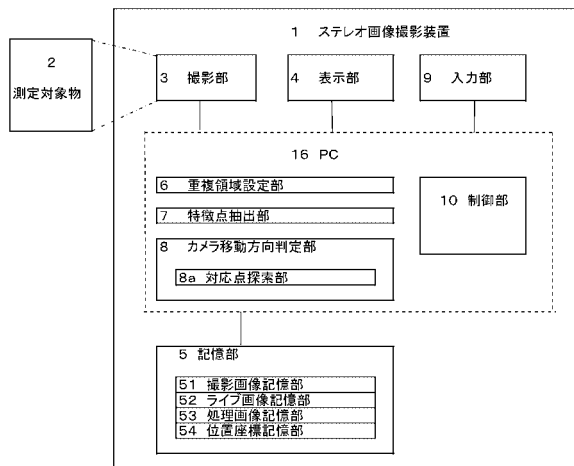
【 0 0 9 6 】

- 1 , 1 A ~ 1 C ステレオ画像撮影装置
- 2 測定対象物
- 3 撮影部
- 4 表示部
- 5 記憶部
- 6 重複領域設定部
- 7 特徴点抽出部

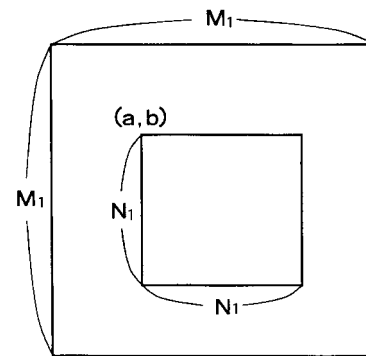
50

8	カメラ移動方向判定部	
8 a	対応点探索部	
9	入力部	
10	制御部	
11	三次元位置測定部	
12	標定部	
13	偏位修正画像形成部	
14	三次元座標演算部	
15	移動方向検出部	
16	パーソナルコンピュータ (P C)	10
21	前回撮影画像	
21 a	前回画像重複領域	
21 b	前回画像延長領域	
21 c	前回側重複領域	
21 o	前回撮影画像とライブ画像との重複領域	
22	今回撮影画像	
23	重複領域	
24	延長領域	
25	ライブ画像	
25 a	ライブ画像重複領域	20
25 b	ライブ画像延長領域	
25 c	ライブ側重複領域	
26	表示エリア	
27	前々回撮影画像	
27 a	前々回画像重複領域	
27 b	前々回画像延長領域	
27 o	前々回撮影画像と前回撮影画像との重複領域	
28	初回撮影画像	
28 a	初回画像重複領域	
28 c	一周画像重複領域	30
29	タイ領域	
51	撮影画像記憶部	
52	ライブ画像記憶部	
53	処理画像記憶部	
54	位置座標記憶部	

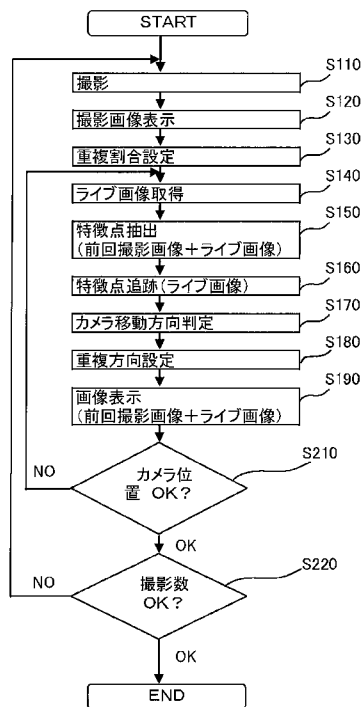
【図 1】



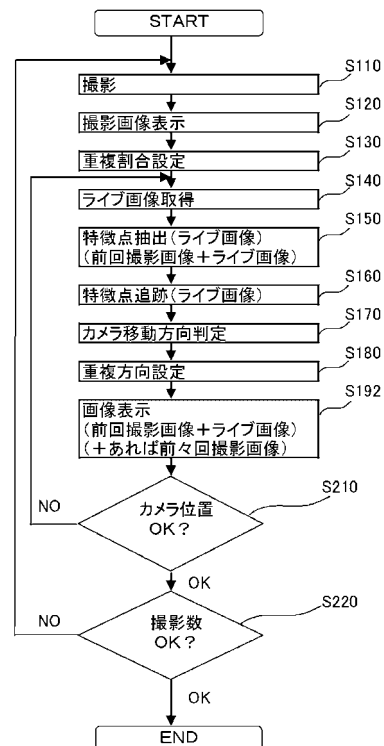
【図 6】



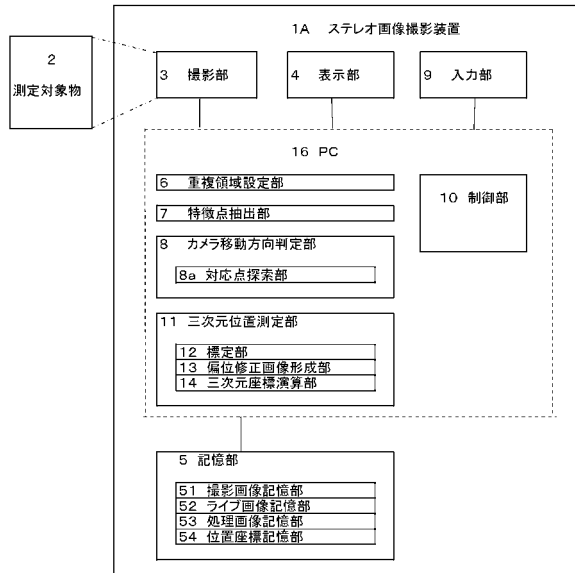
【図 7】



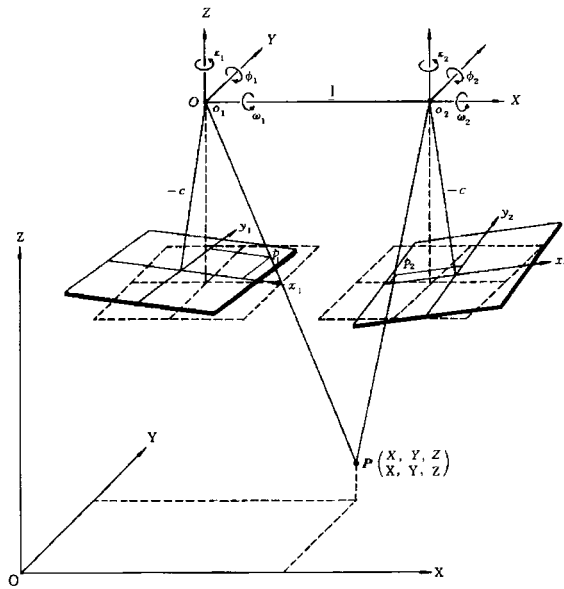
【図 9】



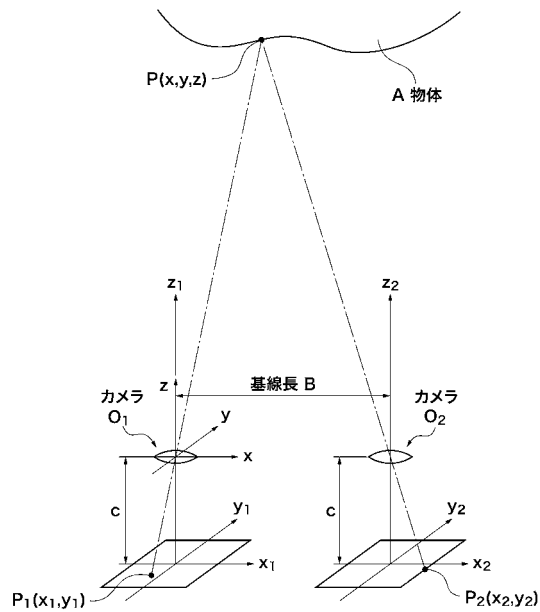
【図 10】



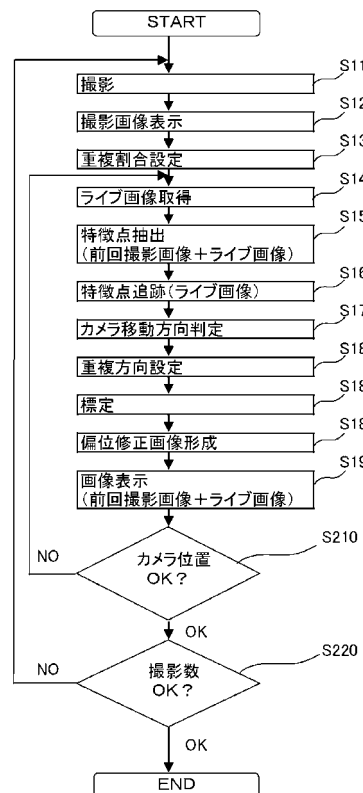
【図 11】



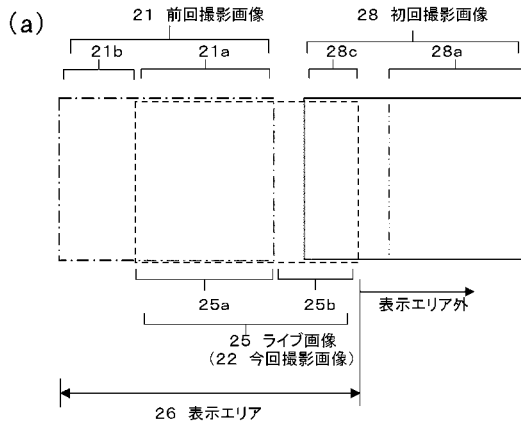
【図 14】



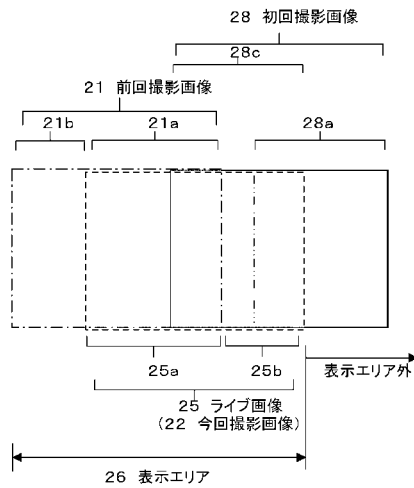
【図 15】



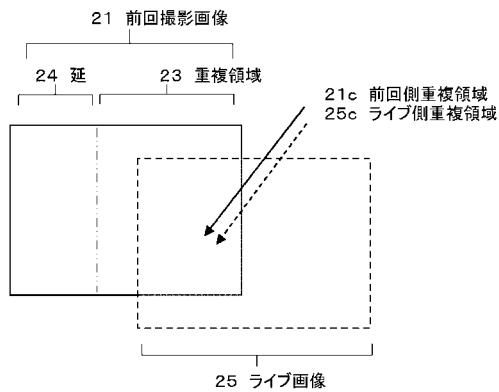
【図 16】



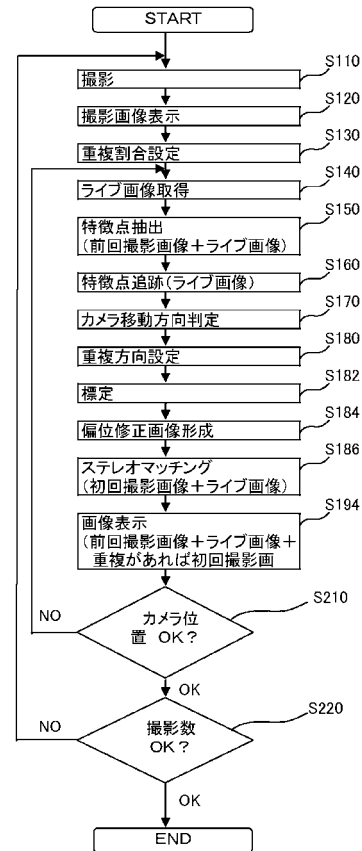
(b)



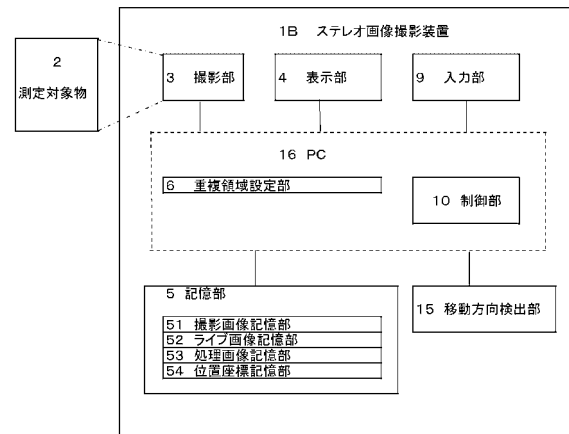
【図 18】



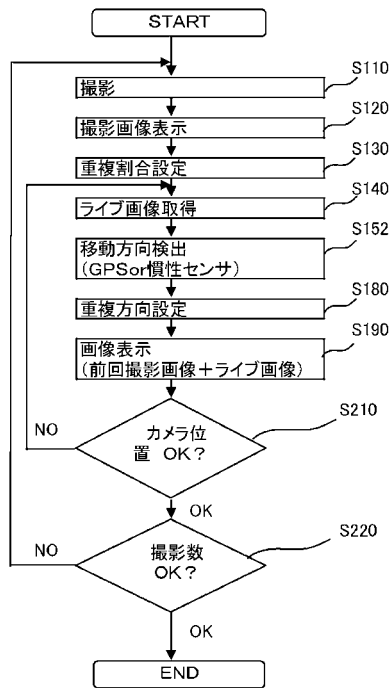
【図 17】



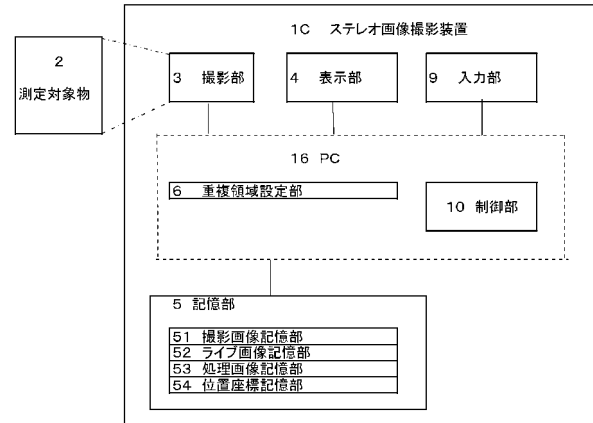
【図 19】



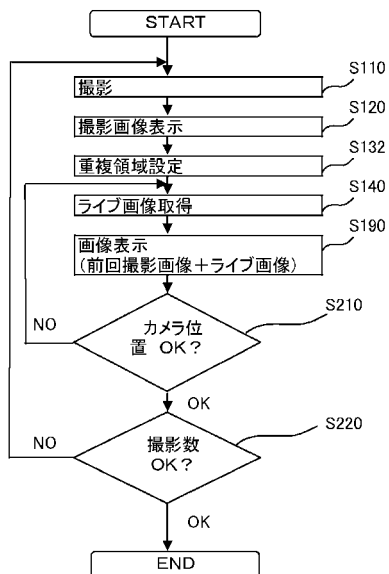
【図 20】



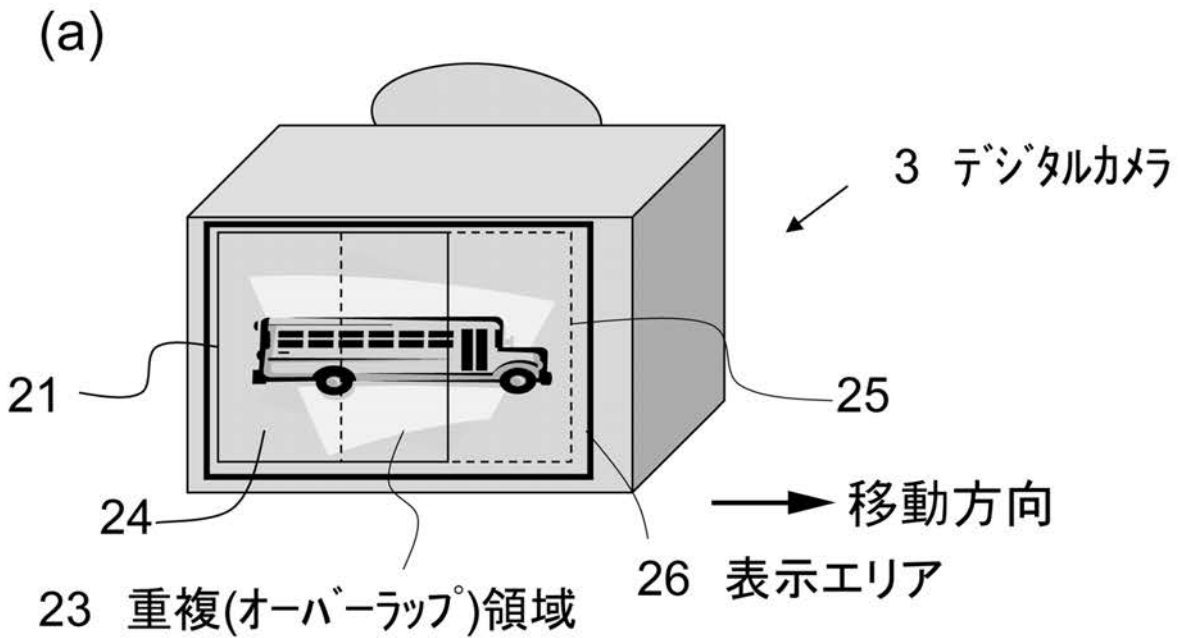
【図 21】



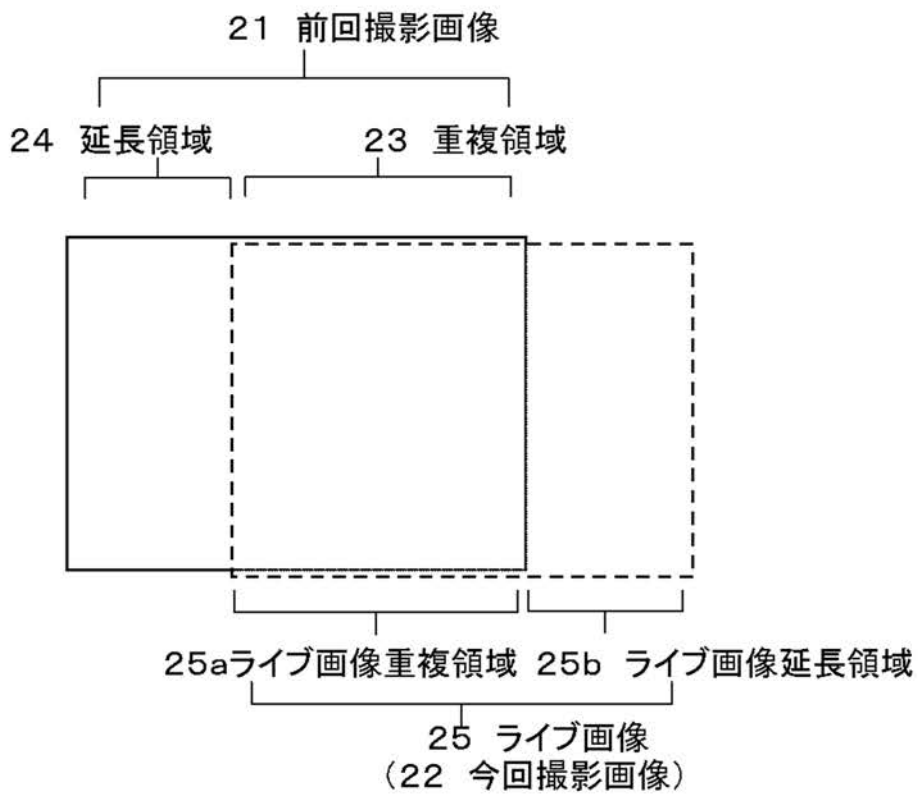
【図 22】



【図 2】



(b)



【図 3】

(a)

21 前回撮影画像



オーバーラップさせる領域表示

(b)



22 今回撮影画像

(c)



25 ライブ画像

(d)

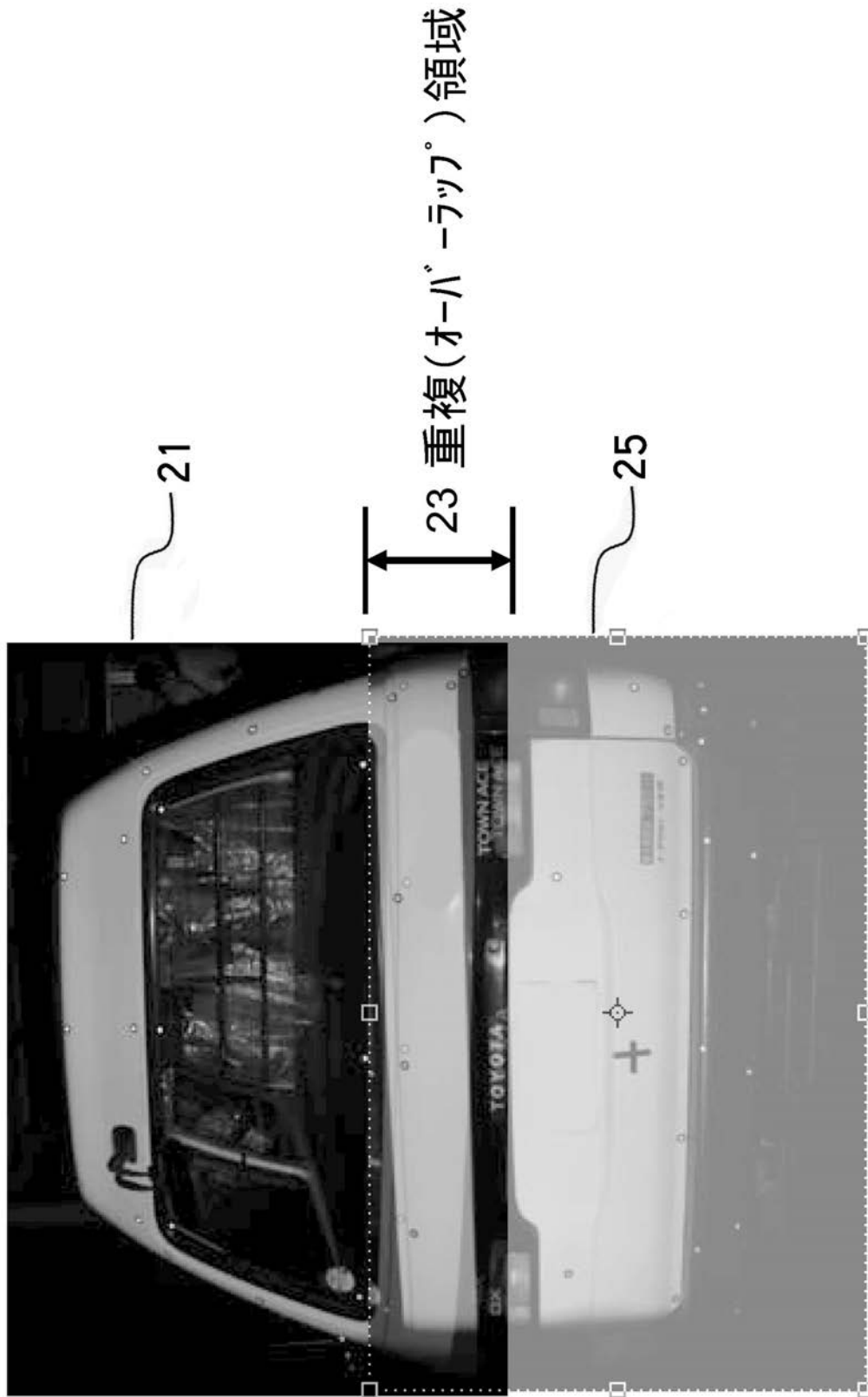


21 前回撮影画像

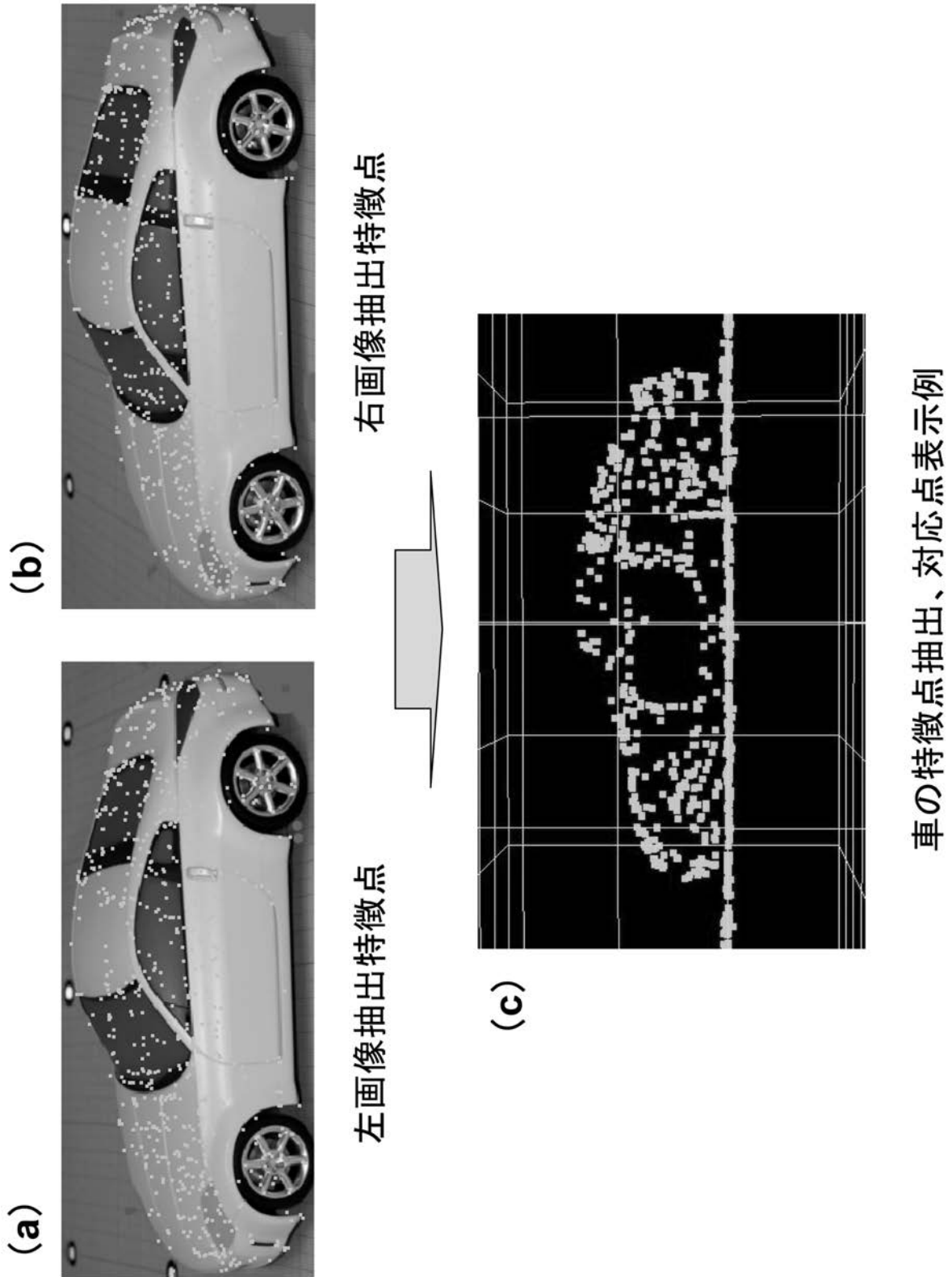
23 重複領域

25 ライブ画像

【図4】

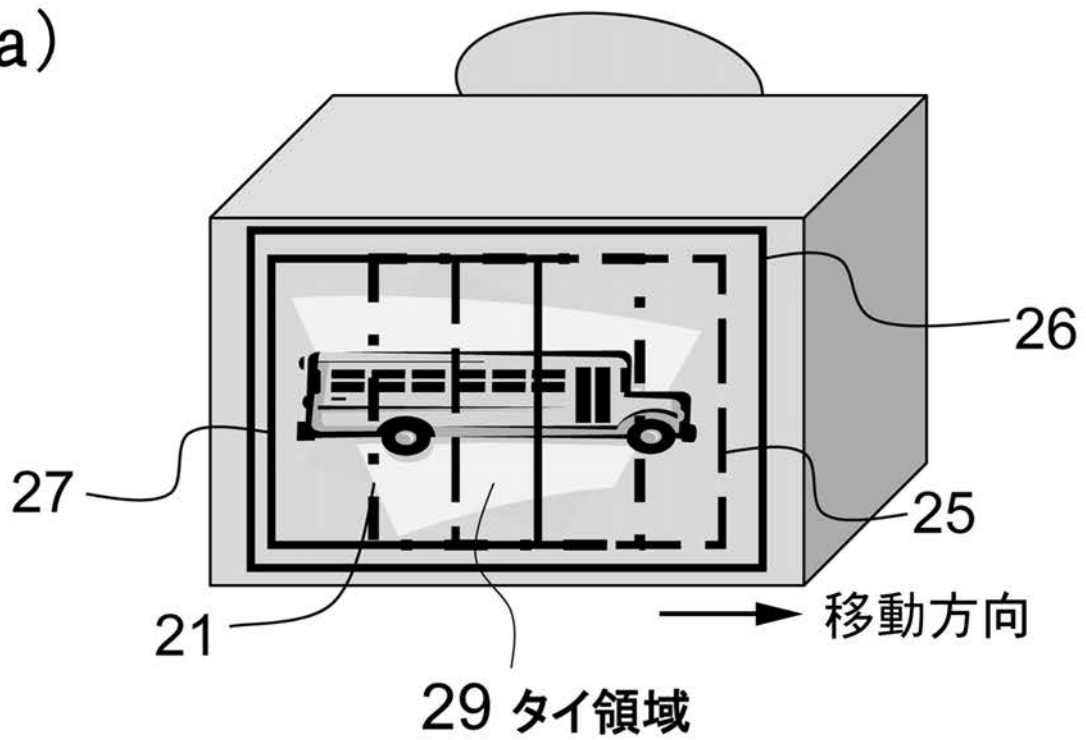


【図 5】

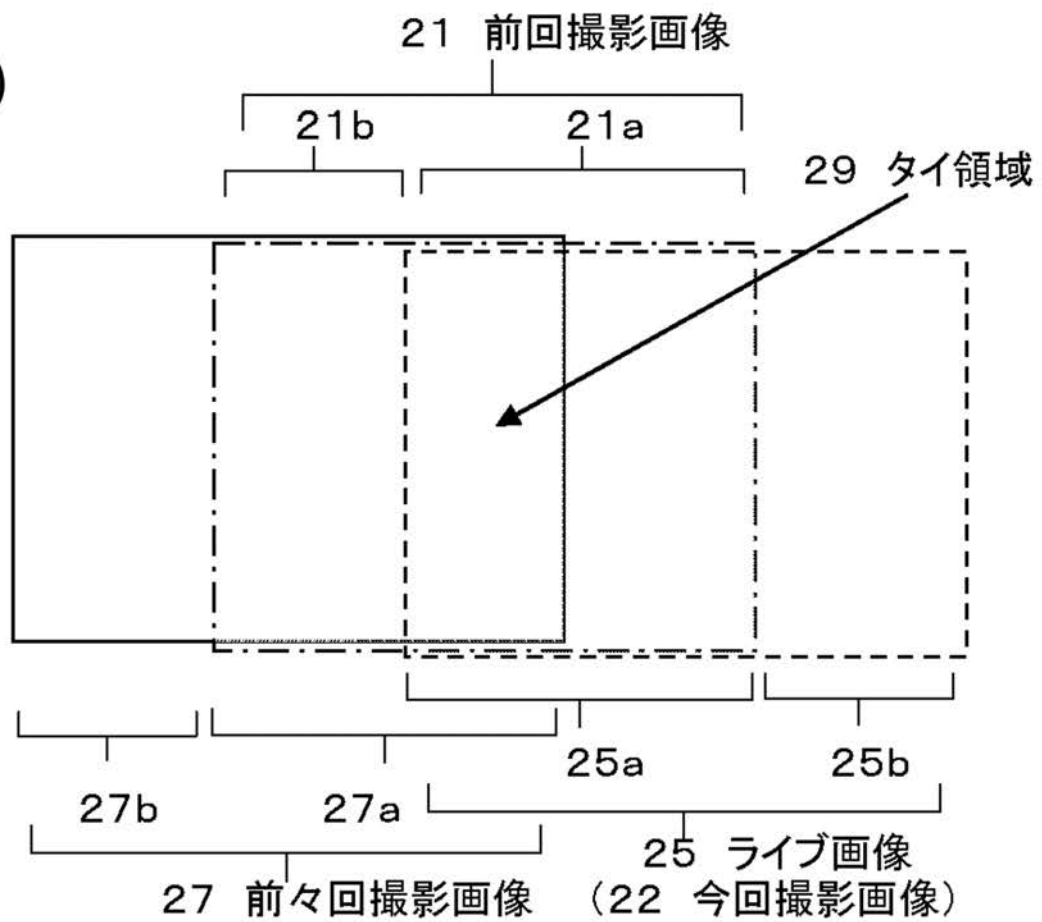


【図 8】

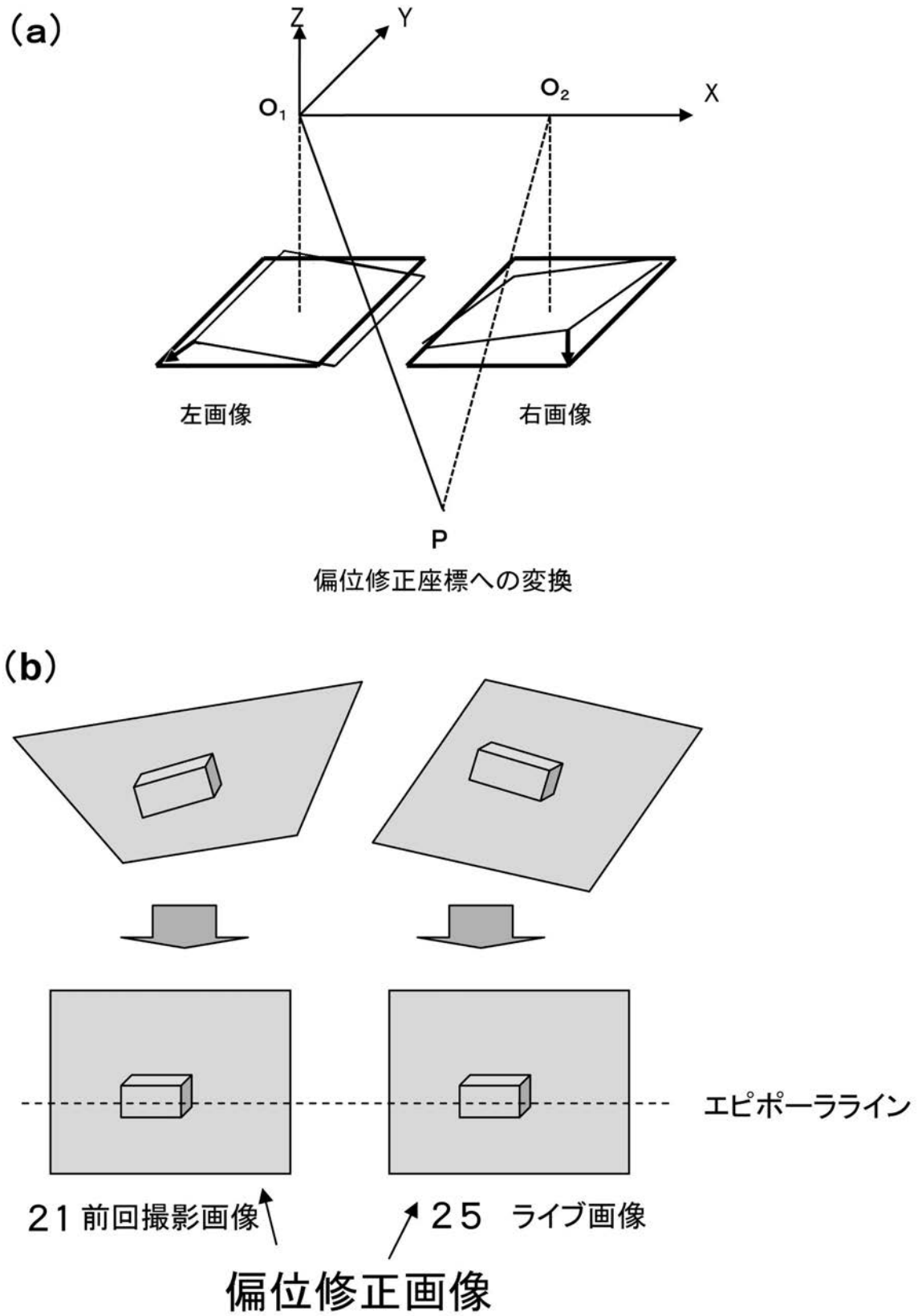
(a)



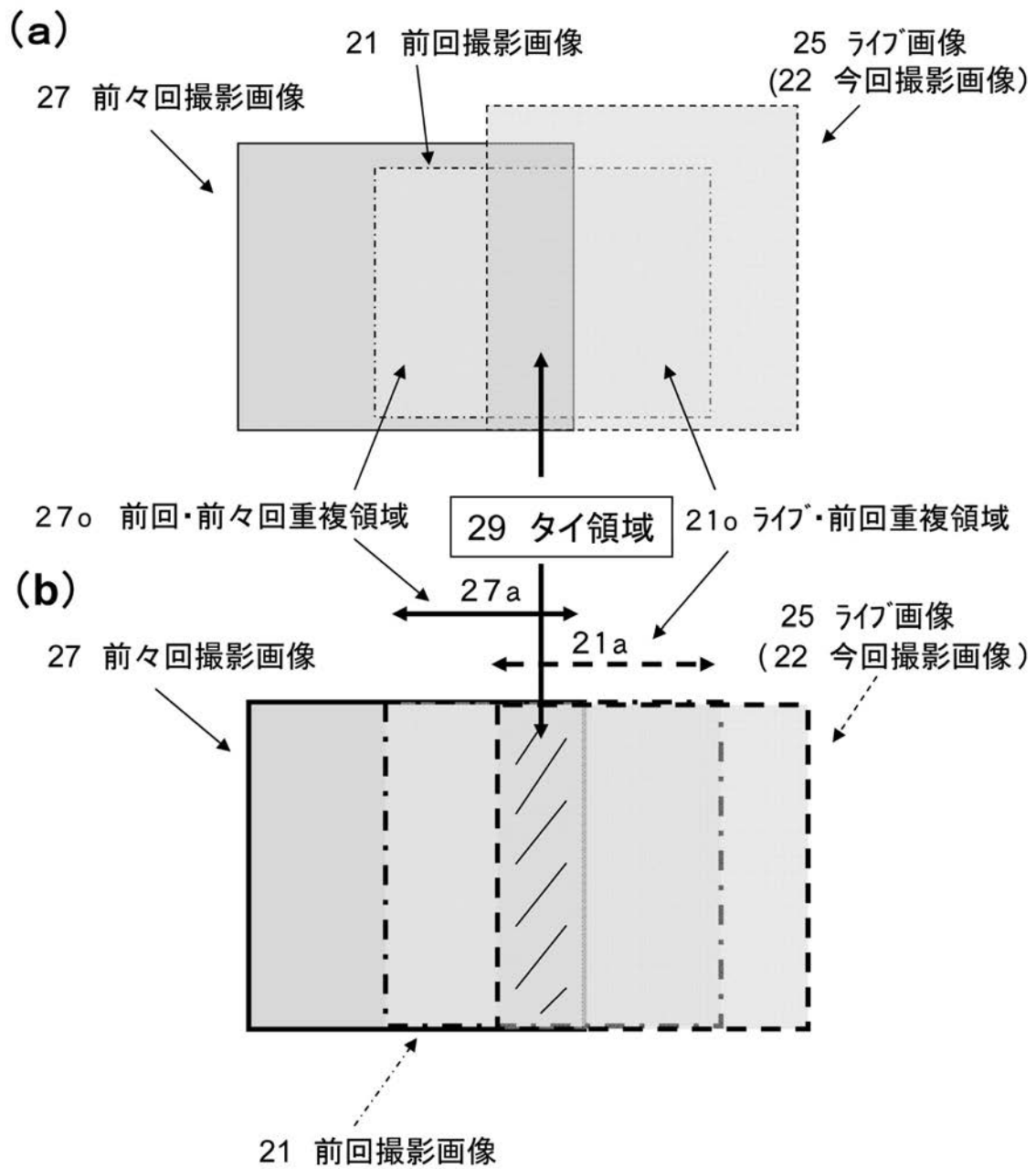
(b)



【図 12】



【図 13】



フロントページの続き

(72)発明者 新村 悟
東京都板橋区蓮沼町75番1号 株式会社トプコン内

審査官 宮下 誠

(56)参考文献 特開平11-136575(JP,A)
特開2008-098754(JP,A)
特開2002-090820(JP,A)
特開2000-299804(JP,A)
特開2007-278845(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
H04N 5/222
H04N 5/91
G03B 35/00
G06T 1/00