

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第3957888号

(P3957888)

(45) 発行日 平成19年8月15日(2007.8.15)

(24) 登録日 平成19年5月18日(2007.5.18)

(51) Int. Cl.	F I	
HO4N 5/262 (2006.01)	HO4N 5/262	
GO3B 15/00 (2006.01)	GO3B 15/00	H
GO3B 15/08 (2006.01)	GO3B 15/08	Z
GO6T 1/00 (2006.01)	GO6T 1/00	
HO4N 5/225 (2006.01)	HO4N 5/225	Z

請求項の数 7 (全 23 頁)

(21) 出願番号	特願平10-232181	(73) 特許権者	000006747
(22) 出願日	平成10年8月19日(1998.8.19)		株式会社リコー
(65) 公開番号	特開平11-136575		東京都大田区中馬込1丁目3番6号
(43) 公開日	平成11年5月21日(1999.5.21)	(74) 代理人	100093920
審査請求日	平成14年10月11日(2002.10.11)		弁理士 小島 俊郎
(31) 優先権主張番号	特願平9-237854	(72) 発明者	北口 貴史
(32) 優先日	平成9年8月20日(1997.8.20)		東京都大田区中馬込1丁目3番6号 株式
(33) 優先権主張国	日本国(JP)		会社リコー内
前置審査		(72) 発明者	村田 憲彦
			東京都大田区中馬込1丁目3番6号 株式
			会社リコー内
		審査官	▲徳▼田 賢二

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 撮像装置及び撮像画像合成方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

先に撮像した画像と一部が重複するようにして複数の視点から入力対象平面を撮像する手段と、

前記撮像手段により各画像を撮像する際の前記入力対象面に対する前記撮像する手段の角度である姿勢角を検出する手段と、

前記先に撮像した画像と後に撮像した画像との重複部分から先に撮像した画像の複数の特徴点を抽出し、後に撮像した画像から前記特徴点に対応する対応点を抽出する手段と、

前記検出した姿勢角と、前記抽出した特徴点及び対応点とに基づいて前記撮像する手段の並進運動成分を検出する手段と、

前記検出した姿勢角と、前記抽出した特徴点及び対応点と、前記検出された並進運動成分とにより前記各特徴点の3次元位置を算出する手段と、

前記抽出した各特徴点在同一平面上にあるものとして、前記算出した各特徴点の3次元位置を基に前記各特徴点在同一平面上に存在する平面の情報を算出する手段と、

前記検出した姿勢角と、各特徴点の並進運動成分と、前記算出した平面の情報とに基づいて前記撮像した各画像を任意の同一画像面に投影して前記画像を合成する手段と、
を備えたことを特徴とする撮像装置。

【請求項2】

前記画像を合成する手段は、前記先に撮像した画像と後に撮像した画像との重複部分の相互相関値が最大になるように前記画像の投影位置及びスケールを微調整する手段を有す

る請求項1記載の撮像装置。

【請求項3】

先に撮像した画像と一部が重複するようにして入力対象平面を撮像する手段と、
前記撮像する手段により各画像を撮像する際の前記撮像する手段の画像面の位置と角度である姿勢角を検出する手段と、

前記先に撮像した画像と後に撮像した画像との重複部分から先に撮像した画像の複数の特徴点を抽出し、後に撮像した画像から前記の特徴点に相当する対応点を抽出する手段と

、
前記検出した画像面の位置と姿勢角変化及び視点位置変化と、前記抽出した特徴点及び対応点とに基づいて前記各特徴点に相当する入力対象平面上の各点の3次元位置を算出する手段と、

前記算出した入力対象平面上の各点の3次元位置に基づいて入力対象平面上の各点を通る平面の情報を示す平面方程式を算出する手段と、

前記算出した平面方程式で表せられる画像面に、前記撮像した各画像を再投影して画像を合成する手段とを備え、

前記撮像する手段の画像面の位置と角度である姿勢角を検出する手段は、前記各画像を撮像したときに得られた画像面の基準座標系に対する姿勢角を算出する手段と、前記算出した画像面の基準座標系に対する姿勢角と、前記対応点を抽出する手段で得られた対応関係により前記撮像する手段の並進移動成分を算出する手段とを有することを特徴とする撮像装置。

【請求項4】

前記撮像する手段の画像面の位置と角度である姿勢角を検出する手段は、前記各画像を撮像したときに検出した前記画像面の姿勢角の変化と並進移動成分を検出する手段と、前記検出した姿勢角の変化と並進移動成分とに基づいて前記各画像を撮像したときに得られた画像面の基準座標系に対する位置と姿勢を算出する手段とを有する請求項3記載の撮像装置。

【請求項5】

前記撮像する手段の画像面の位置と角度である姿勢角を検出する手段は、前記対応点を抽出する手段で得られた複数の特徴点と対応点の位置関係から前記撮像する手段の姿勢変化と並進移動を算出する手段と、前記算出した前記撮像する手段の姿勢変化と並進移動とに基づいて前記各画像を撮像したときに得られた画像面の基準座標系に対する位置と姿勢を算出する手段とを有する請求項4記載の撮像装置。

【請求項6】

先に撮像した画像と一部が重複するようにして入力対象平面を撮像し、
前記各画像を撮像する際の前記入力対象面に対する撮像角度である姿勢角を検出し、
前記先に撮像した画像と後に撮像した画像との重複部分から先に撮像した画像の複数の特徴点を抽出し、後に撮像した画像から前記特徴点に対応する対応点を抽出し、

前記検出した姿勢角と、前記抽出した特徴点及び対応点とに基づいて前記各画像を撮像したときの並進運動成分を検出し、

前記検出した姿勢角と、前記抽出した特徴点及び対応点と前記検出された並進運動成分とにより前記各特徴点の3次元位置を算出し、

前記抽出した各特徴点が同一平面上にあるものとして、前記算出した各特徴点の3次元位置を基に前記各特徴点が同一平面上に存在する平面の情報を算出し、

前記検出した姿勢角と各特徴点の並進運動成分と前記算出した平面の情報とに基づいて、前記撮像した各画像を任意の同一画像面に投影して前記画像を合成することを特徴とする撮像画像合成方法。

【請求項7】

前記先に撮像した画像と後に撮像した画像との重複部分の相互相関値が最大になるように前記画像の投影位置及びスケールを微調整する請求項6記載の撮像画像合成方法。

【発明の詳細な説明】

10

20

30

40

50

【 0 0 0 1 】

【 発明の属する技術分野 】

この発明は入力対象平面上の画像を一部が重なるようにして複数回撮像し、撮像した各画像を1画面上に合成して復元する撮像装置及び撮像画像合成方法、特に撮像対象となる入力対象平面が大きい場合等に分割した画像の歪を軽減して、高精細な平面画像の合成に関するものである。

【 0 0 0 2 】

【 従来技術 】

平面上の文字又は写真を簡便、且つ、高精度に入力及び復元する装置が求められている。A4サイズ又はA3サイズ等の通常サイズの紙面上の画像の場合には複写機又はスキャナ等で高精度な画像入力が可能である。このように複写機又はスキャナ等は通常サイズの紙面上の画像を高精度に読み込むことができるが、大きな紙面上の情報、壁に書かれた情報又はパネルに掲げられた情報等のように大きい画像あるいは動かすことのできない媒体に描かれた画像等を入力することができない。そこで、電子カメラを用いてこれらの大きい画像あるいは動かすことのできない媒体に描かれた画像などを入力する装置として、例えば特開平6-141228号公報に示された電子カメラや特開平9-90530号公報に示されたパノラマ画像合成装置等が使用されている。

【 0 0 0 3 】

特開平6-141228号公報に示された電子カメラは、被写体像を撮影レンズ及び鏡を介して撮像素子上に結像し、前画像の一部に現画像の一部が重なるように被写体像を間欠的に複数回取り込み、現画像を前画像に適切に接続する位置に移動している。また、特開平9-90530号公報に示されたパノラマ画像合成装置は、画像を合成するためのパラメータを算出し、算出したパラメータに基づいて画像を合成することにより、電子カメラの分割画像から高精度な画像を得ようとしている。

【 0 0 0 4 】

【 発明が解決しようとする課題 】

しかしながら、特開平6-141228号公報に掲載された電子カメラでは、鏡及びその駆動機構が必要となり、装置規模が大きくなるので、通常の電子カメラに搭載することは困難である。

【 0 0 0 5 】

また、原稿又はパネル上の画像を撮像する場合、カメラと被写体との距離は近ため、特開平9-90530号公報に掲載されたパノラマ画像合成装置では、カメラの並進移動による透視投影の影響により合成画像に歪が生じる。また、人間が電子カメラを保持しているため任意に回転が画像に生じ、これが合成画像の歪の原因になる。

【 0 0 0 6 】

この発明はかかる短所を解消するためになされたものであり、分割画像を合成する際の歪を軽減することにより、簡便、且つ、高精細な平面画像を入力することができる撮像装置及び撮像画像合成方法を提供することを目的とするものである。

【 0 0 0 7 】

【 課題を解決するための手段 】

この発明に係る撮像装置は、先に撮像した画像と一部が重複するようにして複数の視点から入力対象平面を撮像する手段と、前記撮像手段により各画像を撮像する際の前記入力対象面に対する前記撮像する手段の角度である姿勢角を検出する手段と、前記先に撮像した画像と後に撮像した画像との重複部分から先に撮像した画像の複数の特徴点を抽出し、後に撮像した画像から前記特徴点に対応する対応点を抽出する手段と、前記検出した姿勢角と、前記抽出した特徴点及び対応点とに基づいて前記撮像する手段の並進運動成分を検出する手段と、前記検出した姿勢角と、前記抽出した特徴点及び対応点と、前記検出された並進運動成分とにより前記各特徴点の3次元位置を算出する手段と、前記抽出した各特徴点在同一平面上にあるものとして、前記算出した各特徴点の3次元位置を基に前記各特徴点在同一平面上に存在する平面の情報を算出する手段と、前記検出した姿勢角と、各特

10

20

30

40

50

徴点の並進運動成分と、前記算出した平面の情報とに基づいて前記撮像した各画像を任意の同一画像面に投影して前記画像を合成する手段とを備えたことを特徴とする。

【0012】

前記画像を合成する手段は、前記先に撮像した画像と後に撮像した画像との重複部分の相互相関値が最大になるように前記画像の投影位置及びスケールを微調整する手段を有して、さらに歪のない高精度の画像復元を行なう。

【0013】

この発明に係る第2の撮像装置は、先に撮像した画像と一部が重複するようにして入力対象平面を撮像する手段と、前記撮像する手段により各画像を撮像する際の前記撮像する手段の画像面の位置と角度である姿勢角を検出する手段と、前記先に撮像した画像と後に撮像した画像との重複部分から先に撮像した画像の複数の特徴点を抽出し、後に撮像した画像から前記の特徴点に相当する対応点を抽出する手段と、前記検出した画像面の位置と姿勢角変化及び視点位置変化と、前記抽出した特徴点及び対応点とに基づいて前記各特徴点に相当する入力対象平面上の各点の3次元位置を算出する手段と、前記算出した入力対象平面上の各点の3次元位置に基づいて入力対象平面上の各点を通る平面の情報を示す平面方程式を算出する手段と、前記算出した平面方程式で表せられる画像面に、前記撮像した各画像を再投影して画像を合成する手段とを備え、前記撮像する手段の画像面の位置と角度である姿勢角を検出する手段は、前記各画像を撮像したときに得られた画像面の基準座標系に対する姿勢角を算出する手段と、前記算出した画像面の基準座標系に対する姿勢角と、前記対応点を抽出する手段で得られた対応関係により前記撮像する手段の並進移動成分を算出する手段とを有することを特徴とする。

【0015】

また、前記撮像する手段の画像面の位置と角度である姿勢角を検出する手段は、前記各画像を撮像したときに検出した前記画像面の姿勢角の変化と並進移動成分を検出する手段と、前記検出した姿勢角の変化と並進移動成分とに基づいて前記各画像を撮像したときに得られた画像面の基準座標系に対する位置と姿勢を算出する手段とを有しても良い。

【0016】

さらに、前記撮像する手段の画像面の位置と角度である姿勢角を検出する手段は、前記対応点を抽出する手段で得られた複数の特徴点と対応点の位置関係から前記撮像する手段の姿勢変化と並進移動を算出する手段と、前記算出した前記撮像する手段の姿勢変化と並進移動とに基づいて前記各画像を撮像したときに得られた画像面の基準座標系に対する位置と姿勢を算出する手段とを有しても良い。

【0021】

この発明の撮像画像合成方法は、先に撮像した画像と一部が重複するようにして入力対象平面を撮像し、前記各画像を撮像する際の前記入力対象面に対する撮像角度である姿勢角を検出し、前記先に撮像した画像と後に撮像した画像との重複部分から先に撮像した画像の複数の特徴点を抽出し、後に撮像した画像から前記特徴点に対応する対応点を抽出し、前記検出した姿勢角と、前記抽出した特徴点及び対応点とに基づいて前記各画像を撮像したときの並進運動成分を検出し、前記検出した姿勢角と、前記抽出した特徴点及び対応点と前記検出された並進運動成分とにより前記各特徴点の3次元位置を算出し、前記抽出した各特徴点が同一平面上にあるものとして、前記算出した各特徴点の3次元位置を基に前記各特徴点が同一平面上に存在する平面の情報を算出し、前記検出した姿勢角と各特徴点の並進運動成分と前記算出した平面の情報とに基づいて、前記撮像した各画像を任意の同一画像面に投影して前記画像を合成することを特徴とする。

【0024】

前記先に撮像した画像と後に撮像した画像との重複部分の相互相関値が最大になるように前記画像の投影位置及びスケールを微調整することが望ましい。

【0027】

【発明の実施の形態】

この発明の撮像装置は、画像撮像部と運動検出部と対応関係抽出部と3次元位置算出部と

10

20

30

40

50

平面算出部と投影部とを有する。画像撮像部は先に撮像した画像と一部が重複するようにして異なる複数例えば2点の視点から入力対象平面を撮像する。運動検出部は画像撮像部による各撮像の際の視点における画像撮像部の角度である姿勢角の変化及び視点の位置の変化を検出する。対応関係抽出部は先に撮像した画像から複数の特徴点を抽出し、特徴点を抽出した画像の次ぎに撮像した画像において先の画像で抽出した特徴点に対応する点である対応点を抽出する。3次元位置算出部は運動検出部が検出した姿勢角変化及び視点位置変化並びに対応関係抽出部が抽出した特徴点及び対応点を基に各特徴点の3次元位置を算出する。この特徴点の3次元位置を算出するには、例えば先に撮像した第1視点から次ぎに撮像した第2視点への姿勢変化を基に、第1視点の光学中心から各特徴点までの視線ベクトルと第2視点の光学中心から各対応点までの視線ベクトルを算出し、算出した視線ベクトルと第1視点と第2視点の位置変化を基に三角測量の原理により、各特徴点の3次元位置を算出する。

10

【0028】

平面算出部は対応関係抽出部が抽出した各特徴点が同一平面上にあるものとして、3次元位置算出部が計測した各特徴点の3次元位置を基に、例えば最小自乗法を用いて各特徴点が存在する平面の情報を示す平面方程式を算出する。投影部は運動検出部が検出した姿勢角変化及び視点位置変化並びに平面算出部が算出した平面の情報を基に、画像撮像部が撮像した各画像を任意な同一画像面に投影して複数の視点から撮像した画像を合成し、入力対象平面上の画像を復元する。

【0029】

20

【実施例】

図1はこの発明の一実施例の撮像装置の構成図である。図に示すように、撮像装置は、例えば画像撮像部1と運動検出部2と対応関係抽出部3と3次元位置算出部4と平面算出部5と投影部6と調整部7とを有する。画像撮像部1は、例えばCCDエリアセンサ等を備え、図2(a)に示すように、被写体10の入力対象平面Gcを第1視点Onと第2視点O(n+1)でそれぞれ撮像した画像の一部が、図2(b)及び図2(c)に示すように重複するようにして撮像する。図2(b)に示す第1視点Onで撮像した画像Gnの1つの特徴点Aを定めると、図2(b)に示す第2視点O(n+1)で撮像した画像G(n+1)において画像Gnの特徴点Aに対応する対応点は点Bになる。

【0030】

30

運動検出部2は画像撮像部1による各撮像の際の入力対象平面Gcに対する画像撮像部1の角度である姿勢角の変化及び視点の位置の変化を検出する。対応関係抽出部3は第1視点Onで撮像した第1画像Gnから複数の特徴点Ai(iは整数であり、各特徴点の順番を表わす。)を抽出し、第2視点O(n+1)で撮像した第2画像G(n+1)において第1画像Gnの特徴点Aiに対応する第2画像G(n+1)の対応点Biを抽出する。3次元位置算出部4は運動検出部2が検出した姿勢角変化と視点位置変化及び対応関係抽出部3が抽出した特徴点Aiと対応点Biを基に各特徴点Aiの3次元位置(Xi1, Yi1, Zi1)を算出する。このように特徴点Aiの3次元位置(Xi1, Yi1, Zi1)を算出するには、第1視点Onで撮像した第1画像面の光学中心を原点とし、第1視点Onから第2視点O(n+1)に移動したときの画像撮像部1の姿勢変化を基に、第1視点Onの光学中心から各特徴点Aiまでの視線ベクトルV1iと第2視点O(n+1)の光学中心から対応点Biまでの視線ベクトルV2iを算出し、算出した視線ベクトルV1i, V2iと各視点の位置変化を基に三角測量の原理により、各特徴点Aiの3次元位置(Xi1, Yi1, Zi1)を算出する。

40

【0031】

平面算出部5は対応関係抽出部3が抽出した各特徴点Aiが同一平面上にあるとして、3次元位置算出部4が計測した各特徴点Aiの3次元位置(Xi1, Yi1, Zi1)を基に、例えば最小自乗法を用いて各特徴点Aiが存在する平面の情報として平面方程式を算出する。投影部6は運動検出部5が検出した姿勢角変化及び視点位置変化並びに平面算出部5が算出した平面方程式を基に、画像撮像部1が撮像した各画像を任意の同一画像面に

50

投影して、複数の視点から撮像した各画像を合成する。ここで、画像撮像部 1 が撮像した各画像を任意の同一画像面に投影する動作について、図 3 を参照して説明する。

【 0 0 3 2 】

ある視点で得た画像面 I_n 上の点 P_n とこの視点の光学中心 O_n とを結ぶ直線が平面算出部 5 が算出した平面 G_c と交差する点を P_c とする。また、新たに合成する画像を投影する画像面を I_m とし、この光学中心を O_m とする。点 P_c と光学中心 O_m とを結ぶ直線が画像面 I_m と交差する点 P_m に画素をマッチングする。この動作を必要な画素全てに行なうことにより、図 4 に示すように画像面 I_m に新たな画像を形成する。この処理を画像撮像部 1 が撮像した各画像に対して行ない、画像撮像部 1 が撮像した各画像を任意な同一画像面に投影することにより複数の視点から撮像した画像を合成する。ここで、このようにして形成した画像は記憶装置に保存しても良いし、表示装置に表示したり、印刷装置から印刷するようにしても良い。

10

【 0 0 3 3 】

調整部 7 は、画像撮像部 1 が撮像した各画像を画像面に投影した際にその重複部分の相互相関値が最大になるように投影位置及びスケールを微調整する。入力対象平面 G_c 上の画像は一部が重複するように撮像されているので、画像を投影する画像面 I_m において重複して撮像された領域は重複して投影されている。第 1 画像の重複部画像を $I_n(x, y)$ とし、第 2 画像の重複部画像を $I_m(x, y)$ としたとき、下記 (1) 式で示す相関関数の値 S が最大となるように x 及び y を求め、第 2 画像の全画素を x 及び y だけシフトする。

20

【 0 0 3 4 】

【 数 1 】

$$S = \sum_x \sum_y I_n(x, y) \times I_m(x + \delta x, y + \delta y) \quad (1)$$

【 0 0 3 5 】

上記のように構成した撮像装置の動作を図 5 のフローチャートを参照して説明する。画像撮像部 1 は入力対象平面 G_c を第 1 視点から撮像し、撮像した第 1 画像を記憶装置に記憶する (ステップ S_1, S_2)。その後、ユーザが画像撮像部 1 を撮像した画像の一部が重複するように第 2 視点に移動した後に第 2 視点から撮像し、撮像した第 2 画像を記憶装置に記憶する (ステップ S_3, S_4)。このように、第 1 画像と第 2 画像の一部が重複するように撮像するので、画像撮像部 1 が撮像した各画像の関連を容易に検出することができる。

30

【 0 0 3 6 】

運動検出部 2 は第 1 画像を撮像した際から第 2 画像を撮像する際までの画像撮像部 1 の姿勢角の変化及び視点の位置の変化を検出する (ステップ S_5)。対応関係抽出部 3 は第 1 画像から複数の特徴点 A_i を抽出し、第 2 画像から対応点 B_i を抽出する (ステップ S_6)。これにより、第 1 画像と第 2 画像との対応関係を検出することができる。3次元位置算出部 4 は運動検出部 2 が検出した姿勢角変化及び視点位置変化並びに対応関係抽出部 3 が抽出した特徴点 A_i と対応点 B_i を基にして各特徴点 A_i の 3次元位置 (X_{i1}, Y_{i1}, Z_{i1}) を算出する (ステップ S_7)。平面算出部 5 は対応関係抽出部 3 が抽出した各特徴点 A_i が同一平面上にあるものとして、3次元位置算出部 4 が計測した各特徴点 A_i の 3次元位置 (X_{i1}, Y_{i1}, Z_{i1}) を基に最小自乗法を用いて各特徴点 A_i が存在する平面の平面方程式を算出する (ステップ S_8)。投影部 6 は運動検出部 5 が検出した姿勢角変化及び視点位置変化並びに平面算出部 5 が算出した平面方程式を基に、画像撮像部 1 が撮像した各画像を任意の同一画像面 I_m に投影して、複数の視点から撮像した各画像を合成する (ステップ S_9)。このようにして、画像撮像部 1 が並進移動することに

40

50

よる影響により合成画像に歪が生じることを防止できるとともに、画像撮像部 1 の回転が合成画像の歪の原因になることを防止できる。

【0037】

調整部 7 は、画像撮像部 1 が撮像した各画像を画像面に投影した際にその重複部分の相互相関値が最大になるように投影位置及びスケールを微調整する（ステップ S 1 0）。これにより、合成した各画像にずれが生じることを防止でき、さらに正確に画像の合成を行なうことができる。

【0038】

次に、この発明の第 2 の実施例の撮像装置について説明する。第 2 の実施例の撮像装置は、図 6 の構成図に示すように、画像撮像部 1 と姿勢検出部 8 と対応関係抽出部 3 と並進運動検出部 9 と 3 次元位置算出部 4 と平面算出部 5 と投影部 6 と調整部 7 を有する。

10

【0039】

姿勢検出部 8 は、例えば図 7 に示すように X 軸方向磁気方位センサ 8 1 と Z 軸方向磁気方位センサ 8 1 と姿勢角検知部 8 3 とを有する。X 軸方向磁気方位センサ 8 1 と Z 軸方向磁気方位センサ 8 2 はそれぞれ画像面に垂直な方向を Z 軸とした場合の X 軸方向と Z 軸方向の磁気の検出信号を出力する。ここで検出する磁気方位は地磁気によるものでも、人工的に発生させた磁界によるものでも良い。姿勢角検知部 8 3 は X 軸方向磁気方位センサ 8 1 と Z 軸方向磁気方位センサ 8 2 からの信号を基に画像撮像部 1 で撮像するときの各視点における画像撮像部 1 の角度である姿勢角を検知する。

【0040】

20

並進運動検出部 9 は姿勢検出部 8 が検出した姿勢角並びに対応関係抽出部 3 が抽出した特徴点 A i 及び対応点 B i を基に画像撮像部 1 の並進運動成分 T を算出する。並進運動成分 T を算出するには、例えば並進運動検出部 9 は姿勢検出部 8 が検出した第 1 画像撮像の際の姿勢角と第 2 画像撮像の際の姿勢角から姿勢角の変化を算出し、図 8 に示すような同じ座標系で特徴点 A i を通る視線ベクトル V 1 i と対応点 B i を通る視線ベクトル V 2 i を算出する。視線ベクトル V 1 i , V 2 i と並進運動ベクトル T のスカラーの三重積は理想的には「0」である。そこで、並進運動ベクトル T は各特徴点 A i におけるスカラーの三重積の総和である下記（2）式に示す値を最小化する値として算出する。

【0041】

【数 2】

30

$$\sum_i ||(V1i \times T, V2i)|| \quad (2)$$

【0042】

3 次元位置算出部 4 は、姿勢検出部 8 が検出した姿勢角と対応関係抽出部 3 が抽出した特徴点 A i と対応点 B i 及び並進運動検出部 9 が検出した並進運動ベクトル T を基に三角測量の原理を用いて各特徴点 A i の 3 次元位置を算出する。

40

【0043】

上記のように構成した撮像装置の動作を図 9 のフローチャートを参照して説明する。画像撮像部 1 は入力対象平面 G c を第 1 視点で撮像し、撮像した第 1 画像を記憶装置に記憶する（ステップ S 1 1）。姿勢検出部 8 は画像撮像部 1 が第 1 視点から撮像した際の画像撮像部 1 の姿勢角を検出する（ステップ S 1 2）。その後、ユーザが画像撮像部 1 をそれぞれ撮像した画像の一部が重複するように第 2 視点に移動した後に第 2 視点で撮像し、撮像した第 2 画像を記憶装置に記憶する（ステップ S 1 3）。姿勢検出部 8 は画像撮像部 1 が第 1 視点から撮像した際と同様に画像撮像部 1 が第 1 視点から撮像した際の画像撮像部 1 の姿勢角を検出し、さらに第 1 視点から撮像した際の姿勢角と第 2 視点から撮像した際の姿勢角の変化を検出する（ステップ S 1 4）。このように、第 1 画像と第 2 画像の一部が

50

重複するように撮像するとともにその際の姿勢角を検出するので、画像撮像部 1 が撮像した各画像の関連を容易に検出できるとともに画像撮像部 1 の姿勢角の変化による影響をなくすることができる。

【 0 0 4 4 】

対応関係抽出部 3 は第 1 画像から複数の特徴点 A_i を抽出し、第 2 画像から対応点 B_i を抽出する（ステップ S 1 5）。これにより第 1 画像と第 2 画像との対応関係を検出することができる。並進運動検出部 9 は姿勢検出部 8 が検出した姿勢角並びに対応関係抽出部 3 が抽出した特徴点 A_i 及び対応点 B_i を基に画像撮像部 1 の並進運動ベクトル T を算出する（ステップ S 1 6）。3 次元位置算出部 4 は運動検出部 2 が検出した姿勢角変化と視点位置変化と対応関係抽出部 3 が抽出した特徴点 A_i と対応点 B_i 及び並進運動検出部 9 が検出した並進運動ベクトル T を基に各特徴点 A_i の 3 次元位置 (X_{i1}, Y_{i1}, Z_{i1}) を算出する（ステップ S 1 7）。平面算出部 5 は対応関係抽出部 3 が抽出した各特徴点 A_i が同一平面上にあるものとして、3 次元位置算出部 4 が計測した各特徴点 A_i の 3 次元位置 (X_{i1}, Y_{i1}, Z_{i1}) を基に最小自乗法を用いて各特徴点 A_i が存在する平面的な平面方程式を算出する（ステップ S 1 8）。投影部 6 は運動検出部 5 が検出した姿勢角変化及び視点位置変化並びに平面算出部 5 が算出した平面方程式を基に、画像撮像部 1 が撮像した各画像を任意な同一画像面 I_m に投影して、複数の視点から撮像した各画像を合成する（ステップ S 1 9）。これにより、画像撮像部 1 が平行移動することによる影響により合成画像に歪が生じることを防止できるとともに、画像撮像部 1 の回転が合成画像の歪の原因になることを防止できる。調整部 7 は、画像撮像部 1 が撮像した各画像を画像面に投影した際にその重複部分の相互相関値が最大になるように投影位置及びスケールを微調整する（ステップ S 2 0）。これにより、合成した各画像にずれが生じることを防止でき、さらに正確に画像の合成を行なうことができる。

【 0 0 4 5 】

上記実施例では姿勢検出部 8 に X 軸方向磁気方位センサ 8 1 と Z 軸方向磁気方位センサ 8 2 と姿勢角検知部 8 3 を設けた場合について説明したが、さらに Y 軸方向磁気方位センサを設けても良い。

【 0 0 4 6 】

また、姿勢検出部 8 に、例えば図 1 0 に示すように X 軸方向磁気方位センサ 8 1 と Y 軸方向磁気方位センサ 8 4 と画像撮像部 1 の重力方向に対する角度を検出する重力方向検出器 8 5 と姿勢角検知部 8 3 を設けても良い。ここで重力方向検出器 8 5 としては、例えば X 軸、Y 軸、Z 軸の各軸方向の加速度を検出する加速度センサを用いて画像撮像部 1 の姿勢角を検出するようにしても良いし、水準器を用いて姿勢角を検出するようにしても良い。このように重力方向に対する角度を重力方向検出器 8 5 で検出し、重力方向周りの回転角度を X 軸方向磁気方位センサ 8 1 と Y 軸方向磁気方位センサ 8 4 で検出することができるので、より正確に姿勢角を検出することができる。また重力方向検出器 8 は、2 軸方向の磁気を検出するもので良いが、大きく傾く場合には 3 軸回り磁気を検出するようにすると良い。

【 0 0 4 7 】

さらに、姿勢検出部 8 に、例えば図 1 1 に示すように X 軸回りジャイロ 8 6 と Y 軸回りジャイロ 8 7 と姿勢角検知部 8 3 を設けても良い。X 軸回りジャイロ 8 6 と Y 軸回りジャイロ 8 7 は、X 軸回りと Y 軸回りの回転角速度を検出する角速度検出部としての機能を有し、それぞれ X 軸回りの回転角速度及び Y 軸回りの回転角速度を示す信号を出力する。姿勢角検知部 8 3 は X 軸回りジャイロ 8 6 と Y 軸回りジャイロ 8 7 が出力した信号をデジタル変換した後に積分して姿勢角を検出する。このようにして磁気が不安定な場所又は磁気を検出するのが困難な場合であっても正確に画像撮像部 1 の姿勢角を検出することができる。

【 0 0 4 8 】

次にこの発明の第 3 の実施例の撮像装置について説明する。第 3 の実施例の撮像装置は、図 1 2 の構成図に示すように、画像撮像部 1 と位置検出部 1 1 と対応関係抽出部 3 と 3

10

20

30

40

50

次元位置算出部 4 と平面算出部 5 と投影部 6 を有する。位置検出部 1 1 は、図 2 に示すように、画像撮像部 1 で入力対象平面 G_c を第 1 視点 O_n と第 2 視点 $O(n+1)$ でそれぞれ撮像したときの画像面の基準座標系における位置と姿勢角を検出する。3次元位置算出部 4 は、位置検出部 1 1 で検出した画像面の基準座標系における位置と姿勢角及び対応関係抽出部 3 で抽出した第 1 画像 G_n の特徴点 A_i と第 2 画像 $G(n+1)$ の対応点 B_i を基に各特徴点 A_i の 3次元座標値を算出する。

【0049】

上記のように構成された撮像装置の動作を図 1 3 のフローチャートを参照して説明する。画像撮像部 1 で対象物を第 1 視点 O_n において撮像したときの画像 G_n を記憶し、位置検出部 1 1 で基準座標系における画像面の位置と姿勢を算出する(ステップ S 2 1)。その後、画像撮像部 1 を第 2 視点 $O(n+1)$ に移動して対象物を撮像し、撮像した画像 $G(n+1)$ を記憶し、位置検出部 1 1 で基準座標系における画像面の位置と姿勢を算出して 3次元位置算出部 4 に送る(ステップ S 2 2)。対応関係抽出部 3 は第 1 視点 O_n において撮像した画像 G_n 上の特徴点 A_i を抽出し(ステップ S 2 3)、第 2 視点 $O(n+1)$ で撮像した画像 $G(n+1)$ の特徴点 A_i に対応する対応点 B_i を抽出し 3次元位置算出部 4 に送る(ステップ S 2 4)。3次元位置算出部 4 は位置検出部 1 1 で検出した各視点 $O_n, O(n+1)$ における画像面の位置と姿勢角及び対応関係抽出部 3 で抽出した第 1 画像 G_n の特徴点 A_i と第 2 画像 $G(n+1)$ の対応点 B_i を基に各特徴点 A_i の 3次元座標値を算出し平面算出部 5 に送る(ステップ S 2 5)。平面算出部 5 は複数の対象平面上の各特徴点 A_i の座標値より平面方程式を算出する(ステップ S 2 6)。投影部 6 は平面算出部 5 で算出した平面方程式で表せる画像面に各視点 $O_n, O(n+1)$ で撮像した画像を再投影して合成する(ステップ S 2 7)。複数の視点で画像を撮像した場合は、上記処理を繰り返す(ステップ S 2 8, S 2 9)。そして必要な場合、別の画像面へ再投影する(ステップ S 3 0)。

【0050】

このようにして複数の視点で分割した撮像した画像を簡単に合成することができるとともに、歪がなく精細な画像を得ることができる。

【0051】

上記第 3 の実施例の位置検出部 1 1 を、図 1 4 に示すように、姿勢算出部 1 2 と並進計算部 1 3 で構成しても良い。姿勢算出部 1 2 は、例えば加速度センサと磁気方位センサとジャイロのいずれか又はこれらの組合せを有し、各視点における画像撮像部 1 の姿勢角あるいは姿勢角変化を算出する。並進計算部 1 3 は姿勢算出部 1 2 で算出した姿勢角から各視点で得られた画像面の基準座標系に対する姿勢角を算出し、対応関係抽出部 3 で抽出した第 1 画像 G_n の特徴点 A_i と第 2 画像 $G(n+1)$ の対応点 B_i の対応関係より、図 8 に示す画像撮像部 1 の並進運動ベクトル T を算出する。この並進計算部 1 3 で算出した各視点で得られた画像面の基準座標系に対する姿勢角と画像撮像部 1 の並進運動ベクトル T 及び対応関係抽出部 3 が抽出した特徴点 A_i と対応点 B_i を基に 3次元位置算出部 4 で三角測量の原理を用いて各特徴点 A_i の 3次元位置を算出する。

【0052】

姿勢算出部 1 2 として 3 軸加速度センサと 2 軸磁気方位センサを用いた場合、図 1 5 に示すように、重力方向を Y 軸とした基準座標系 X, Y, Z 軸及び画像撮像部 1 の光軸を W 軸と一致させた撮像部座標系 U, V, W 軸を定義し、基準座標系 X, Y, Z 軸に対する撮像部座標系 U, V, W 軸の傾きを姿勢角 $(U), (V), (W)$ とする。回転の順序は、基準座標系と撮像部座標系が一致する状態から $V(Y)$ 軸回りに (V) だけ回転させてから、移動した撮像部座標系を基準に U 軸回りに (U) だけ回転させ、移動した撮像部座標系を基準に W 軸回りに (W) だけ回転させる。それぞれの回転行列を $R(V), R(U), R(W)$ として、回転行列 $R = R(V) \cdot R(U) \cdot R(W)$ を下記(3)式で表す。

【0053】

【数 3】

10

20

30

40

50

$$R=R(V) \cdot R(U) \cdot R(W)$$

$$= \begin{bmatrix} \cos \theta (V) & 0 & \sin \theta (V) \\ 0 & 1 & 0 \\ -\sin \theta (V) & 0 & \cos \theta (V) \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & \cos \theta (U) & -\sin \theta (U) \\ 0 & \sin \theta (U) & \cos \theta (U) \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} \cos \theta (W) & -\sin \theta (W) & 0 \\ \sin \theta (W) & \cos \theta (W) & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \quad (3)$$

10

【 0 0 5 4 】

また、3軸加速度センサの出力Aと2軸磁気方位センサの出力Mを下記(4)式で表す。

【 0 0 5 5 】

【 数 4 】

$$A = \begin{bmatrix} A(X) \\ A(Y) \\ A(Z) \end{bmatrix}$$

20

$$M = \begin{bmatrix} M(X) \\ M(Y) \\ M(Z) \end{bmatrix} \quad (4)$$

$$\| A \| = \| M \| = 1$$

30

【 0 0 5 6 】

ただし、2軸磁気方位センサを用いる場合M(Y)は不定である。また、重力加速度ベクトルGは下記(5)式で表せる。

【 0 0 5 7 】

【 数 5 】

$$G = \begin{bmatrix} 0 \\ 1 \\ 0 \end{bmatrix} \quad (5)$$

40

【 0 0 5 8 】

ここで地磁気の伏角 を既知とすると、地磁気ベクトルDは下記(6)式となる。

【 0 0 5 9 】

【 数 6 】

$$D = \begin{bmatrix} 0 \\ \sin \phi \\ \cos \phi \end{bmatrix} \quad (6)$$

【 0 0 6 0 】

ここで回転行列 R と 3 軸加速度センサの出力 A と重力加速度ベクトル G は下記 (7) 式の 10
関係があるから (8) 式が得られる。

【 0 0 6 1 】

【 数 7 】

$$R \cdot A = G \quad (7)$$

$$A = R^{-1} \cdot G \quad (8)$$

20

【 0 0 6 2 】

(8) 式より姿勢角 $\theta(U)$, $\theta(W)$ は下記 (9) 式で得られる。(9) 式において $\cos \theta(U)$ が 0 の場合、 $\theta(W)$ は任意に定めて良い。

【 0 0 6 3 】

【 数 8 】

$$\theta(U) = -\sin^{-1} \frac{A(Z)}{G}$$

$$\theta(W) = \sin^{-1} \frac{A(X)}{\cos \theta(U)} \quad \because \sin^{-1} \frac{A(X)}{\cos \theta(U)} \geq 0, \quad \frac{A(Y)}{\cos \theta(U)} \geq 0 \quad 30$$

$$\theta(W) = -\pi - \sin^{-1} \frac{A(X)}{\cos \theta(U)} \quad \because \sin^{-1} \frac{A(X)}{\cos \theta(U)} \geq 0, \quad \frac{A(Y)}{\cos \theta(U)} < 0 \quad (9)$$

$$\theta(W) = -\pi - \sin^{-1} \frac{A(X)}{\cos \theta(U)} \quad \because \sin^{-1} \frac{A(X)}{\cos \theta(U)} < 0, \quad \frac{A(Y)}{\cos \theta(U)} < 0$$

【 0 0 6 4 】

40

さらに、回転行列 R と 2 軸磁気方位センサの出力 M と地磁気ベクトル D は下記 (1 0) 式
の関係があるから (1 1) 式が得られる。

【 0 0 6 5 】

【 数 9 】

$$R \cdot M = D \quad (10)$$

$$M = R^{-1} \cdot D \quad (11)$$

【 0 0 6 6 】

(1 1) 式より下記 (1 2) 式が算出され、(1 2) 式より姿勢角 (V) は (1 3) 式で得られる。

10

【 0 0 6 7 】

【 数 1 0 】

$$\cos \theta (V) = \sec \phi \cdot \sec \theta (U) \cdot \{M(Z) + \sin \phi \cdot \sin \theta (U)\} \quad (12)$$

$$\sin \theta (V)$$

$$= -\sec \phi \cdot \sec \theta (W) \cdot \sin \theta (W) \cdot \{M(Z) - \sin \phi \cdot \cos \theta (U) - \cos \theta (V) \cdot \cos \phi \cdot \sin \theta (U)\}$$

20

$$\begin{aligned} \theta (V) &= \sin^{-1}[\sin \theta (V)] && \because \sin^{-1}[\sin \theta (V)] \geq 0, \cos \theta (V) \geq 0 \\ \theta (V) &= \pi - \sin^{-1}[\sin \theta (V)] && \because \sin^{-1}[\sin \theta (V)] \geq 0, \cos \theta (V) < 0 \\ \theta (V) &= -\pi - \sin^{-1}[\sin \theta (V)] && \because \sin^{-1}[\sin \theta (V)] < 0, \cos \theta (V) < 0 \end{aligned} \quad (13)$$

【 0 0 6 8 】

このようにして姿勢算出部 1 2 により 3 軸加速度センサと 2 軸磁気方位センサの出力から基準座標系 X , Y , Z 軸に対する画像撮像部座標系 U , V , W 軸の傾きを姿勢角 (U) , (V) , (W) を算出することができる。

30

【 0 0 6 9 】

次に、姿勢算出部 1 2 として 3 軸加速度センサと 3 軸磁気方位センサの出力から基準座標系 X , Y , Z 軸に対する画像撮像部座標系 U , V , W 軸の傾きを姿勢角 (U) , (V) , (W) を算出する場合を示す。この場合、姿勢角 (U) , (W) は上記 (9) 式で得られる。ここで地磁気の伏角は未知として良く、地磁気ベクトル D を下記 (1 4) とする。

【 0 0 7 0 】

【 数 1 1 】

40

$$D = \begin{bmatrix} 0 \\ D_y \\ D_z \end{bmatrix} \quad (14)$$

【 0 0 7 1 】

ここでベクトル D 1 を下記 (1 5) とおくと (1 6) 式が得られる。

【 0 0 7 2 】

【 数 1 2 】

50

$$D1 = \begin{bmatrix} D1(X) \\ D1(Y) \\ D1(Z) \end{bmatrix} = R(U) \cdot R(W) \cdot M \quad (15)$$

$$D = R(V) \cdot D1 \quad (16)$$

10

【0073】

(16)式より(17)式が得られる。

【0074】

【数13】

$$\cos \theta(V) = \frac{D1(Z) \cdot D(Z)}{D1(X)^2 + D1(Z)^2} \quad (17)$$

$$\sin \theta(V) = \frac{D1(X) \cdot D(Z)}{D1(X)^2 + D1(Z)^2}$$

20

【0075】

(17)式より姿勢角 (V) が下記(18)式で得ることができる。

【0076】

【数14】

$$\begin{aligned} \theta(V) &= \sin^{-1}[\sin \theta(V)] && \because \sin^{-1}[\sin \theta(V)] \geq 0, \cos \theta(V) \geq 0 \\ \theta(V) &= \pi - \sin^{-1}[\sin \theta(V)] && \because \sin^{-1}[\sin \theta(V)] \geq 0, \cos \theta(V) < 0 \\ \theta(V) &= -\pi - \sin^{-1}[\sin \theta(V)] && \because \sin^{-1}[\sin \theta(V)] < 0, \cos \theta(V) < 0 \end{aligned} \quad (18)$$

30

【0077】

また、位置検出部11を、図16に示すように、運動検出部14と位置姿勢計算部15で構成しても良い。運動検出部14は、例えば加速度センサとジャイロからなり、画像撮像部1が視点を変えて撮像するとき、画像撮像部1が移動する過程における姿勢角変化と並進運動成分を検出する。位置姿勢計算部15は検出した画像撮像部1の姿勢角変化と並進運動成分から各視点で得られた画像面の基準座標系に対する位置と姿勢を算出する。この算出した各視点で得られた画像面の基準座標系に対する位置と姿勢及び対応関係抽出部3が抽出した特徴点A_iと対応点B_iを基に3次元位置算出部4で三角測量の原理を用いて各特徴点A_iの3次元位置を算出する。

40

【0078】

さらに、図17に示すように、運動計算部16で基準座標系に対する各画像面の位置と姿勢を算出するようにしても良い。この場合、運動計算部16は対応関係抽出部3が抽出した特徴点A_iと対応点B_iの対応関係より視点間の画像撮像部1の位置変化と姿勢角変化を求め、求めた位置変化と姿勢角変化より基準座標系における各画像面の位置と姿勢を算出する。この算出した各視点で得られた画像面の基準座標系に対する位置と姿勢及び対応

50

関係抽出部 3 が抽出した特徴点 A_i と対応点 B_i を基に 3 次元位置算出部 4 で三角測量の原理を用いて各特徴点 A_i の 3 次元位置を算出する。

【 0 0 7 9 】

また、上記各実施例で投影部 6 において各撮像画像を任意の位置と姿勢の画像面に再投影後、その位置を微調整することにより合成画像の歪みを軽減することができる。すなわち、被写体は一部が重なるよう撮像されているので、再投影される画像面において、その領域は重複して投影される。そこで第 1 視点から投影されるこの重複部画像と第 2 視点から投影される重複部画像の (1) 式に示す相関関数が最大となる微小量 x 、 y を求め、第 2 視点から投影される全画像に対して、 x 、 y だけ平行移動させる。ここで位置の微調整は相互相関値を用いるものに限られず、サブピクセルレベルの位置合わせを行っても良い。

10

【 0 0 8 0 】

次にこの発明の他の実施例の撮像装置について説明する。この実施例の撮像装置は、図 18 の構成図に示すように、画像撮像部 1 と 3 次元位置検出部 17 と平面算出部 5 a と投影部 6 a 及び再調整部 18 を有する。画像撮像部 1 は、図 2 (a) に示すように、平面状の被写体 10 を視点を変えて撮像する。この視点を変えて撮像するとき、撮像する画像の一部が必ずしも重なり合っていないとしても良い。3 次元位置検出部 17 は、例えば超音波やレーザーなどを用いた測距センサからなり、視点を変えて撮像したときに撮像対象物平面の複数の特徴点の距離を計測して各特徴点の 3 次元位置を検出する。平面算出部 5 a は 3 次元位置検出部 17 で検出した各特徴点の 3 次元位置から、最小自乗法などにより、被写体 10 の面の空間上での平面方程式を算出する。ただし、この場合、算出した平面は各視点を基準とした平面となり、視点の数だけ存在し、図 19 に示すように、視点 O_n と視点 $O_{(n+1)}$ で撮像したとき、視点 O_n を基準にした平面 G_{cn} と視点 $O_{(n+1)}$ を基準とした平面 $G_{c(n+1)}$ を算出する。投影部 6 a は視点 O_n で撮像した画像 G_n を平面 G_{cn} へ再投影し、視点 $O_{(n+1)}$ で撮像した画像 $G_{(n+1)}$ を平面 $G_{c(n+1)}$ へ再投影する。再調整部 18 は画像 G_n を投影した平面 G_{cn} と画像 $G_{(n+1)}$ を投影した平面 $G_{c(n+1)}$ の位置と姿勢を調整して合成画像を得る。この調整方法としては、画像 G_n と画像 $G_{(n+1)}$ に重なる部分がある場合は、それらが適合するように調整し、重なる部分がほとんどない場合は、画像 G_n と画像 $G_{(n+1)}$ が滑らかにつながるよう調整する。投影部 6 a は調整して合成画像を、必要ならば任意の仮想的な視点の画像面 G_p へ投影して新たな画像を得る。

20

30

【 0 0 8 1 】

上記のように構成した撮像装置の動作を図 20 のフローチャートを参照して説明する。第 1 視点において画像撮像部 1 で対象物を撮像したときの画像 G_n を記憶し、3 次元位置検出部 17 で撮像対象物平面の複数の特徴点の距離を計測して、各特徴点の 3 次元位置を求める。平面算出部 5 a は各特徴点の 3 次元位置により画像撮像部 1 に対する対象平面 G_{cn} の位置と姿勢を示す平面方程式を算出する (ステップ S 3 1)。投影部 6 a は算出した平面 G_{cn} に撮像した画像 G_n を投影する (ステップ S 3 2)。次に第 2 視点において画像撮像部 1 で対象物を撮像したときの画像 $G_{(n+1)}$ を記憶し、3 次元位置検出部 17 で撮像対象物平面の複数の特徴点の距離を計測し、各特徴点の 3 次元位置を求める。平面算出部 5 a は各特徴点の 3 次元位置から画像撮像部 1 に対する対象平面 $G_{c(n+1)}$ の位置と姿勢を示す平面方程式を算出する (ステップ S 3 3, S 3 4)。投影部 6 a は算出した平面 $G_{c(n+1)}$ に撮像した画像 $G_{(n+1)}$ を投影する (ステップ S 3 5)。再調整部 18 は画像 G_n を投影した平面 G_{cn} と画像 $G_{(n+1)}$ を投影した平面 $G_{c(n+1)}$ の位置と姿勢を調整して合成画像を得る (ステップ S 3 6)。この処理を視点を変えて撮像するたびに繰り返し、所定の各視点で撮像と処理が終了したら (ステップ S 3 7)、投影部 6 a は合成した画像を別の画像面へ再投影する (ステップ S 3 8)。

40

【 0 0 8 2 】

このように各視点で複数の特徴点の距離を直接検出して対象平面の位置と姿勢を定めるから、対象平面を算出する処理の高速化を図ることができる。

50

【0083】

上記実施例は3次元位置検出部17に超音波やレーザーなどを用いた測距センサを使用した場合について説明したが、画像撮像部1の画像面に対象物平面上の特徴点が合焦したときのレンズと画像面の位置関係から特徴点の距離を算出するようにしても良い。

【0084】

また、図21に示すように、3次元位置検出部17とともに姿勢算出部12を設け、3次元位置検出部17で検出した各特徴点の3次元位置と姿勢算出部12で得られた画像撮像部1の姿勢から基準座標系における平面方程式を算出することにより、対象平面の位置と姿勢を示す平面方程式を算出するとき、姿勢角の調整を行う必要がなく処理の高速化を図ることができる。

10

【0085】

この場合の動作を図22のフローチャートを参照して説明する。第1視点において、画像撮像部1で対象物を撮像したときの画像 G_n を記憶し、3次元位置検出部17で撮像対象物平面の複数の特徴点の距離を計測して、各特徴点の3次元位置を求め、姿勢算出部12で画像撮像部1の基準座標に対する姿勢を算出する。平面算出部5aは各特徴点の3次元位置から、画像撮像部1に対する対象平面の位置と姿勢を示す平面方程式を算出する(ステップS41)。この平面方程式を画像撮像部1の基準座標に対する姿勢をもとに基準座標へ変換する(ステップS42)。投影部6aは変換した平面方程式で示す平面に画像 G_n を投影する(ステップS43)。次に第2視点において画像撮像部1で対象物を撮像したときの画像 $G(n+1)$ を記憶し、3次元位置検出部17で撮像対象物平面の複数の特徴点の距離を計測して、各特徴点の3次元位置を求め、姿勢算出部12で画像撮像部1の基準座標に対する姿勢を算出する。平面算出部5aは各特徴点の3次元位置から、画像撮像部1に対する対象平面の位置と姿勢を示す平面方程式を算出し(ステップS44、S45)、平面方程式を画像撮像部1の基準座標に対する姿勢をもとに基準座標へ変換する(ステップS46)。投影部6aは変換した平面方程式で示す平面に画像 $G(n+1)$ を投影する(ステップS47)。再調整部18は画像 G_n を投影した平面と画像 $G(n+1)$ を投影した平面の位置と姿勢を調整して合成画像を得る(ステップS48)。この処理を視点を変えて撮像するたびに繰り返し、各視点で撮像と処理が終了したら(ステップS49)、投影部6aは合成した画像を別の画像面へ再投影する(ステップS50)。

20

【0086】

【発明の効果】

この発明は以上説明したように、入力対象平面をそれぞれ一部が重複するようにして複数の視点から撮像した際の姿勢角を算出し、算出した姿勢角と各視点で撮像した画像の対応関係から視点を変えたときの並進移動成分を検出し、姿勢角と特徴点と対応点及び並進運動成分を基に各特徴点に相当する入力対象平面上の3次元位置を算出して撮像した入力対象平面の各画像を任意の同一画像面に投影するので、姿勢角の変化による影響を取り除いて、複数の視点から撮像した画像をより正確に合成することができる。

30

【0087】

また、複数の視点から撮像した画像を合成し、入力対象平面上の画像を復元するので、入力対象平面上の画像が大きいか場合及び入力対象平面を有する対象物を移動できない場合であっても画像を撮像し復元をすることができる。

40

【0091】

また、互いに直交する2軸周り又は3軸周りの角速度から撮像するときの姿勢角を検出することにより、磁気による方位検出が困難な場合であっても簡単に撮像するときの姿勢角を検出することができる。

【0092】

また、各視点において撮像した入力対象平面の画像を投影した際に、その重複部分の相互相関値が最大になるように投影位置及びスケールを微調整するので、歪のない高精度の画像を再生することができる。

【0093】

50

また、視点を变えて撮像するとき、基準座標系における画像面の位置と姿勢を算出し、各視点における画像面の位置と姿勢角及び各画像の対応関係から各特徴点の3次元座標値を算出して平面方程式を算出するから、平面状の被写体を分割撮像して合成するとき、歪みなしで合成することができ、簡単な構成で高精細な画像を得ることができる。

【0094】

また、各視点で撮像するときの姿勢角を算出し、各視点で得られた画像面の基準座標系に対する姿勢角を算出し、算出した画像面の基準座標系に対する姿勢角と各視点で撮像した画像の対応関係から視点を变えたときの並進移動成分を算出するから、視点を变えたときの位置と姿勢を簡単に検出することができ、各特徴点の3次元座標値を算出して平面方程式を簡単に算出することができる。

10

【0096】

また、視点を变えて撮像した画像の対応関係から視点間の姿勢変化と並進移動を算出することにより、撮像部の動きを検出するセンサが不要となり、装置全体の構成を簡略化できる。

【0097】

さらに、各視点で撮像した画像を合成するとき隣接画像間で位置合わせを行うから、良質な合成画像を得ることができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】この発明の実施例を示す構成図である。

【図2】入力対象平面に対する第1画像及び第2画像の関係を示す説明図である。

20

【図3】画像投影の原理を示す説明図である。

【図4】画像合成の原理を示す説明図である。

【図5】撮像装置の動作を示すフローチャートである。

【図6】第2の実施例の構成図である。

【図7】姿勢検出部の構成図である。

【図8】並進運動ベクトルを算出する原理を示す説明図である。

【図9】第2の実施例の動作を示すフローチャートである。

【図10】重力方向検出器を有する姿勢検出部の構成図である。

【図11】ジャイロを有する姿勢検出部の構成図である。

【図12】第3の実施例の構成図である。

30

【図13】第3の実施例の動作を示すフローチャートである。

【図14】第4の実施例の構成図である。

【図15】基準座標系と画像撮像部座標系を示す説明図である。

【図16】第5の実施例の構成図である。

【図17】第6の実施例の構成図である。

【図18】第7の実施例の構成図である。

【図19】第7の実施例の画像合成を示す説明図である。

【図20】第7の実施例の動作を示すフローチャートである。

【図21】第8の実施例の構成図である。

【図22】第8の実施例の動作を示すフローチャートである。

40

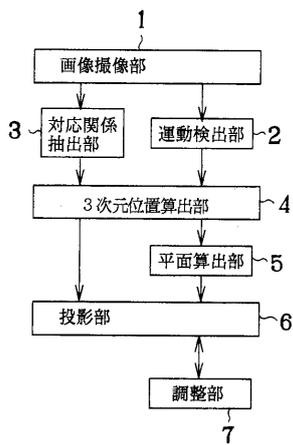
【符号の説明】

- 1 画像撮像部
- 2 運動検出部
- 3 対応関係抽出部
- 4 3次元位置算出部
- 5 平面算出部
- 6 投影部
- 7 調整部
- 8 姿勢検出部
- 9 並進運動検出部

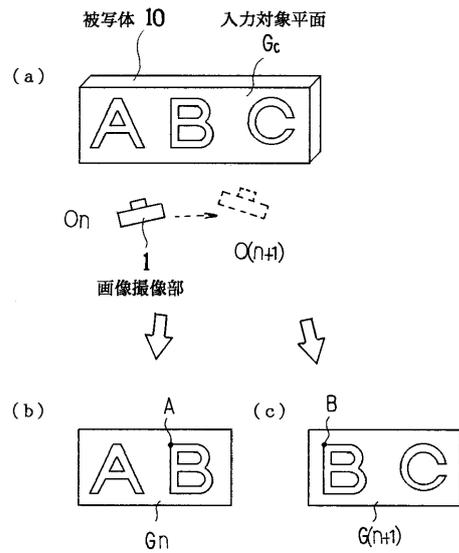
50

- 1 1 位置検出部
- 1 2 姿勢算出部
- 1 3 並進計算部
- 1 4 運動検出部
- 1 5 位置姿勢計算部
- 1 6 運動計算部
- 1 7 3次元位置検出部
- 1 8 再調整部

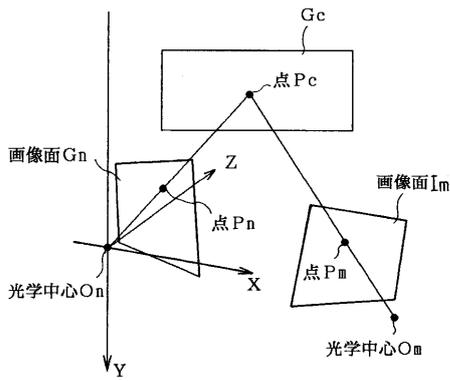
【 図 1 】



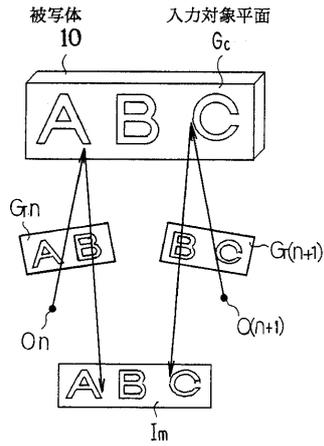
【 図 2 】



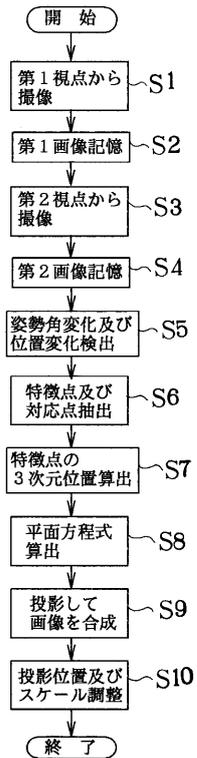
【 図 3 】



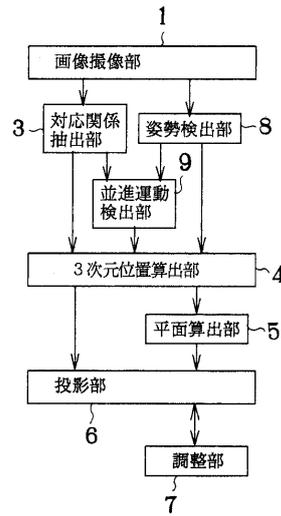
【 図 4 】



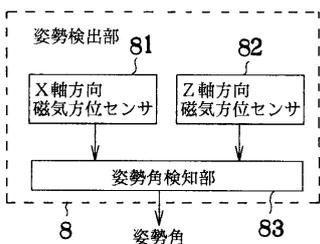
【 図 5 】



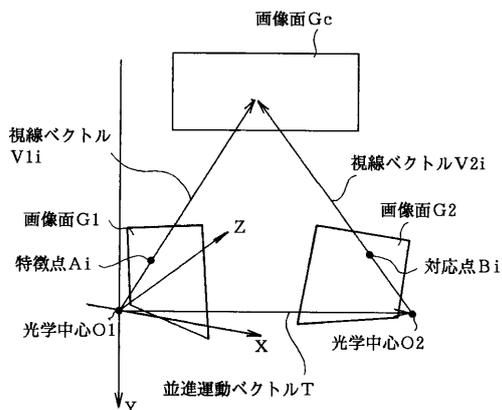
【 図 6 】



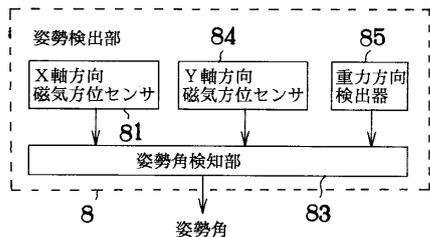
【図7】



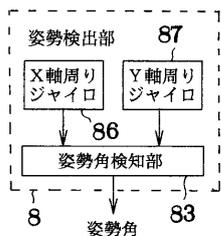
【図8】



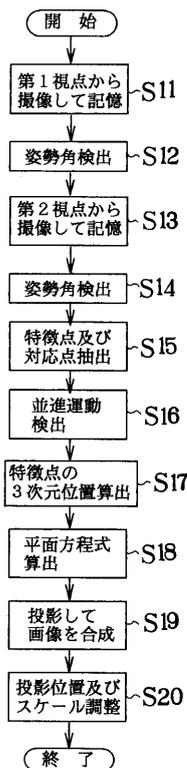
【図10】



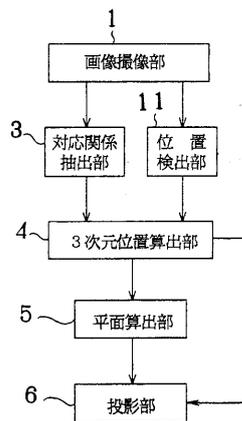
【図11】



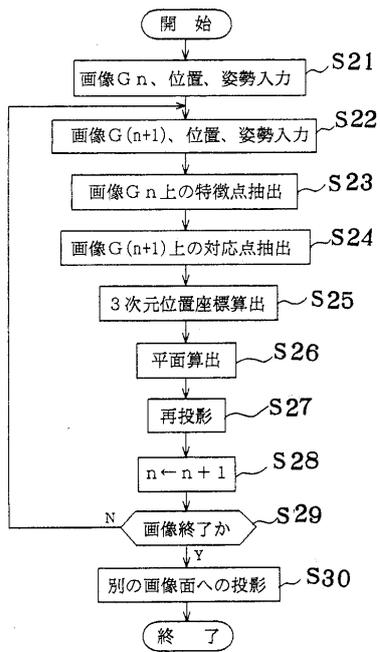
【図9】



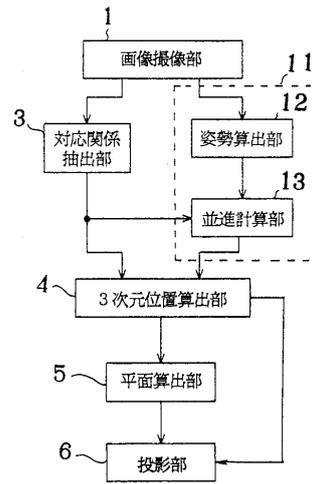
【図12】



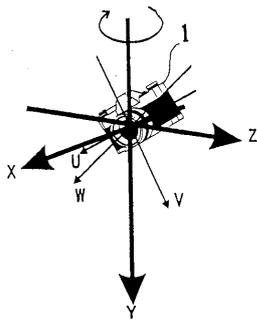
【 図 1 3 】



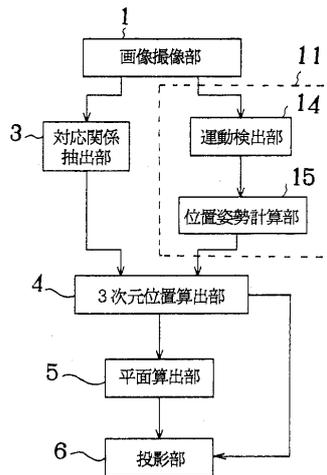
【 図 1 4 】



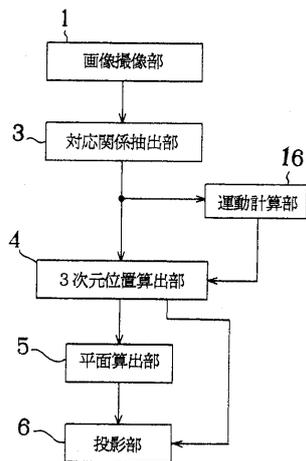
【 図 1 5 】



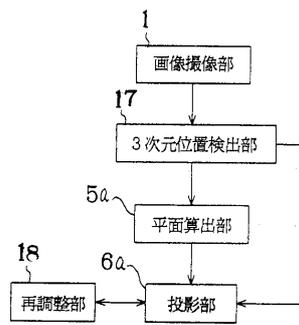
【 図 1 6 】



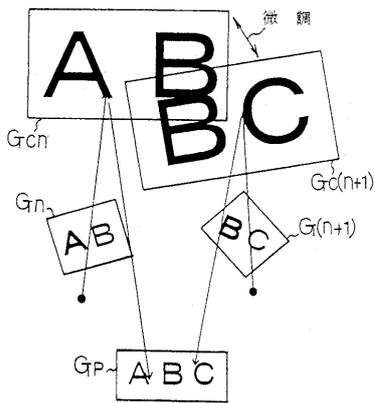
【 図 1 7 】



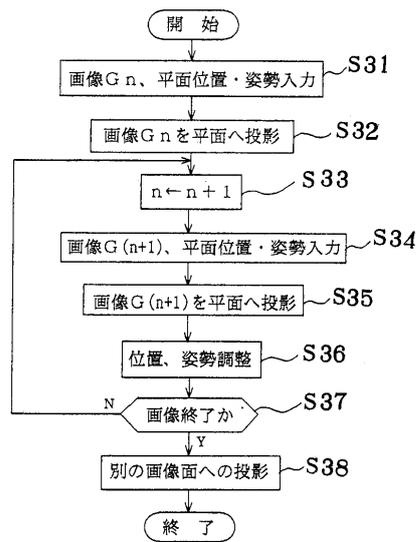
【 図 1 8 】



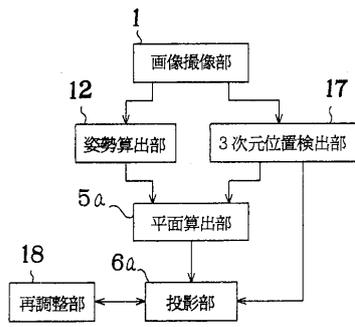
【 図 1 9 】



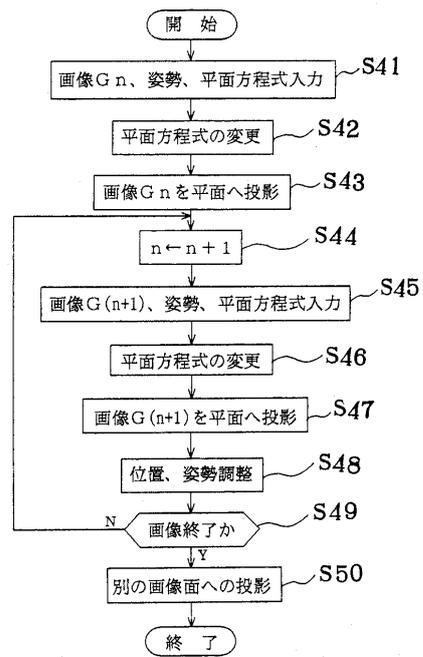
【 図 2 0 】



【図 2 1】



【図 2 2】



フロントページの続き

- (56)参考文献 特開平07 - 095467 (JP, A)
特開平06 - 067293 (JP, A)
特開平08 - 191419 (JP, A)
特開平09 - 018750 (JP, A)
特開平06 - 105214 (JP, A)
特開平08 - 265633 (JP, A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H04N 5/262 - 5/28
G03B 15/00
G03B 15/08
G06T 1/00
H04N 5/222 - 5/28