

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号  
特許第6041651号  
(P6041651)

(45) 発行日 平成28年12月14日(2016.12.14)

(24) 登録日 平成28年11月18日(2016.11.18)

(51) Int.Cl.

F I

HO4N 5/232 (2006.01)

HO4N 1/387 (2006.01)

GO6T 3/00 (2006.01)

HO4N 5/232 Z

HO4N 1/387

GO6T 3/00 710

請求項の数 10 (全 15 頁)

(21) 出願番号	特願2012-269403 (P2012-269403)	(73) 特許権者	000001007
(22) 出願日	平成24年12月10日 (2012.12.10)		キヤノン株式会社
(65) 公開番号	特開2014-115824 (P2014-115824A)		東京都大田区下丸子3丁目30番2号
(43) 公開日	平成26年6月26日 (2014.6.26)	(74) 代理人	100125254
審査請求日	平成27年8月31日 (2015.8.31)		弁理士 別役 重尚
		(72) 発明者	橋 秀敏
			東京都大田区下丸子3丁目30番2号 キ
			ヤノン株式会社内
		(72) 発明者	寺澤 見
			東京都大田区下丸子3丁目30番2号 キ
			ヤノン株式会社内
		審査官	佐田 宏史

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 画像処理装置、画像処理方法及びプログラム

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

画像の座標に対してそれぞれ異なる幾何変形による座標演算を行い、変換後の座標と、該座標の移動ベクトルとを演算する複数の座標演算手段と、

前記複数の座標演算手段が演算した移動ベクトルを合成することにより、合成された移動ベクトルを生成するベクトル合成手段と、

前記合成された移動ベクトルを用いて、出力画像の座標を入力画像の座標に変換する変換手段と、を備え、

前記複数の座標演算手段は、リサイズのための座標演算手段、射影変換を行うための座標演算手段、前記画像を撮像する際に用いた撮像素子のローリングシャッタ歪み補正を行うための座標演算手段、および、前記画像を撮像する際に用いたレンズの収差補正を行うための座標演算手段であって、この順に接続され、前記複数の座標演算手段のうち第2段以降の座標演算手段には前段の座標演算手段から出力された変換後の座標が入力されることにより、前記リサイズ、前記射影変換、前記ローリングシャッタ歪み補正および前記収差補正の順に座標演算を行うことを特徴とする画像処理装置。

【請求項 2】

前記ベクトル合成手段は、前記複数の座標演算手段が演算した移動ベクトルに重み付けを行って合成することを特徴とする請求項 1 に記載の画像処理装置。

【請求項 3】

前記複数の座標演算手段の少なくとも1つに対して、対応する幾何変形のための幾何変

形パラメータを出力する制御手段を有することを特徴とする請求項 1 又は 2 に記載の画像処理装置。

【請求項 4】

前記複数の座標演算手段の少なくとも 1 つは、前記幾何変形パラメータに基づいて、前記画像の座標に対して前記幾何変形による座標演算を行うことを特徴とする請求項 3 に記載の画像処理装置。

【請求項 5】

前記複数の座標演算手段はそれぞれ、前記複数の座標演算手段が行うそれぞれの幾何変形に必要な精度で前記変換後の座標の移動ベクトルを出力することを特徴とする請求項 1 乃至 4 のいずれか 1 項に記載の画像処理装置。

10

【請求項 6】

前記複数の座標演算手段はそれぞれ、前記変換後の座標を、後段に接続された座標演算手段に応じた精度で出力することを特徴とする請求項 1 乃至 5 のいずれか 1 項に記載の画像処理装置。

【請求項 7】

前記複数の座標演算手段はそれぞれ、後段に接続された座標演算手段の精度を下回ることがない精度で、前記変換後の座標を出力することを特徴とする請求項 6 に記載の画像処理装置。

【請求項 8】

前記変換手段によって変換された前記入力画像の座標に基づいて、前記入力画像の画素の画素値を用いて補間処理を行う補間手段を有することを特徴とする請求項 1 乃至 7 のいずれか 1 項に記載の画像処理装置。

20

【請求項 9】

複数の座標演算手段が、画像の座標に対してそれぞれ異なる幾何変形による座標演算を行うことによって、変換後の座標と、該座標の移動ベクトルを演算するステップと、

ベクトル合成手段が、前記複数の座標演算手段が演算した移動ベクトルを合成することにより、合成された移動ベクトルを生成するステップと、

変換手段が、前記合成された移動ベクトルを用いて、出力画像の座標を入力画像の座標に変換するステップと、を有し、

前記複数の座標演算手段は、リサイズのための座標演算手段、射影変換を行うための座標演算手段、前記画像を撮像する際に用いた撮像素子のローリングシャッタ歪み補正を行うための座標演算手段、および、前記画像を撮像する際に用いたレンズの収差補正を行うための座標演算手段であって、この順に接続され、

30

前記移動ベクトルを演算するステップでは、前記複数の座標演算手段のうち第 2 段以降の座標演算手段には前段の座標演算手段から出力された変換後の座標が入力されることにより前記リサイズ、前記射影変換、前記ローリングシャッタ歪み補正および前記収差補正の順に座標演算が行われることを特徴とする画像処理方法。

【請求項 10】

コンピュータを画像の幾何変形を行う画像処理装置として機能させるためのプログラムであって、

40

前記コンピュータを、

画像の座標に対してそれぞれ異なる幾何変形による座標演算を行うことによって、変換後の座標と、該座標の移動ベクトルを演算する複数の座標演算手段と、

前記複数の座標演算手段が演算した移動ベクトルを合成することにより、合成された移動ベクトルを生成するベクトル合成手段と、

前記合成された移動ベクトルを用いて、出力画像の座標を入力画像の座標に変換する変換手段として機能させ、

前記複数の座標演算手段は、リサイズのための座標演算手段、射影変換を行うための座標演算手段、前記画像を撮像する際に用いた撮像素子のローリングシャッタ歪み補正を行うための座標演算手段、および、前記画像を撮像する際に用いたレンズの収差補正を行う

50

ための座標演算手段であって、この順に接続され、前記複数の座標演算手段のうち第２段以降の座標演算手段には前段の座標演算手段から出力された変換後の座標が入力されることにより前記リサイズ、前記射影変換、前記ローリングシャッタ歪み補正および前記収差補正の順に座標演算を行うことを特徴とするプログラム。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【０００１】

本発明は、画像処理装置、画像処理方法及びプログラムに関し、特に、撮影した画像を幾何変形する画像処理技術に関する。

10

【背景技術】

【０００２】

デジタルカメラの普及に伴い、カメラ本体の小型化やワイドレンズ化が進んでおり、このような状況下において、様々なシーンにおいて良好な撮影画像が得られるように、撮影アシスト機能の進化が求められている。例えば、画像を幾何変形する撮影アシスト機能としては、手ブレ補正や電子ズーム、歪曲収差補正、センサのローリングシャッタに起因する歪（以下「ローリングシャッタ歪」という）補正等がある。なお、以下の説明では、「歪曲収差補正」と「ローリングシャッタ歪補正」とを合わせて「歪補正」と称呼することとする。これらの複数の補正やズームは、所望の効果が得られるように、幾何学的な法則に従って順序を守って適用していくことが望ましい。

20

【０００３】

しかしながら、画像処理速度を速めて使い勝手を向上させ、デジタルカメラのリアルタイム性（撮像画像をその場で確認することができること等）を維持するためには、複数の幾何学的な変形要素（以下「幾何変形要素」という）を一括演算する必要がある。そこで、複数の幾何変形要素による変形量を合成する演算方法が必要となる。

【０００４】

複数の幾何変形要素を一括演算する手法の例として、レンズの色収差と歪曲収差を同時に補正するために、色収差を拡大縮倍率として近似して与える方法が提案されている（特許文献１参照）。また、ローリングシャッタ歪と歪曲収差を一緒に補正する方法の例として、画像を分割し、ローリングシャッタ歪みを分割画像毎に測定し、歪曲収差の補正量と加算して補正する方法が提案されている（特許文献２参照）。

30

【先行技術文献】

【特許文献】

【０００５】

【特許文献１】特開２００４－３３６１０６号公報

【特許文献２】特開２００６－１８６８８４号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【０００６】

しかしながら、デジタルカメラに搭載することができる処理回路の処理能力は限られており、利用者を待たせずにこれらの幾何変形を実行して高品質画像を得ることは容易ではない。

40

【０００７】

例えば、特許文献１に記載された方法では、色収差及び歪曲収差の２つを幾何変形要素としており、これらはどちらもレンズの屈折による結像の理想状態からのずれを補正するものである。そこで、その類似した性質を活かして、前段で求めた歪曲変化量を色の屈折率の違いに応じた変倍率で拡大縮小するという特殊な方法を用いることで、複数の画像処理の連結に関する実現課題を回避している。そのため、歪曲収差と手ブレ補正といった性質の違う幾何変形要素を効率良く処理するという目的には応用することができない。

【０００８】

50

一方、特許文献 2 に記載された方法では、ローリングシャッタ歪と歪曲収差という異なる幾何変形要素を対象としている。しかしながら、本来は逐次的に算出されるべき複数の幾何変形要素に関わる変化量を変換前の座標に基づき同時算出するため、処理速度の代わりに処理精度（画質）を犠牲にしなければならないという問題がある。これに対して、一括演算せずに、複数の幾何変形要素のそれぞれの処理回路を幾何法則に基づいて単純に接続し、各出力画像を次段の入力とする構成を採用した場合、処理精度と高速な処理とを両立させるためには、高価な演算回路が必要となる。

【 0 0 0 9 】

本発明は、画像処理に際して、処理速度を向上させ、メモリアクセス負荷を低減させ、制御性を向上させることができる画像処理装置を提供することを目的とする。

10

【課題を解決するための手段】

【 0 0 1 0 】

本発明に係る画像処理装置は、画像の座標に対してそれぞれ異なる幾何変形による座標演算を行い、変換後の座標と、該座標の移動ベクトルとを演算する複数の座標演算手段と、前記複数の座標演算手段が演算した移動ベクトルを合成することにより、合成された移動ベクトルを生成するベクトル合成手段と、前記合成された移動ベクトルを用いて、出力画像の座標を入力画像の座標に変換する変換手段と、を備え、前記複数の座標演算手段は、リサイズのための座標演算手段、射影変換を行うための座標演算手段、前記画像を撮像する際に用いた撮像素子のローリングシャッタ歪み補正を行うための座標演算手段、および、前記画像を撮像する際に用いたレンズの収差補正を行うための座標演算手段であって、この順に接続され、前記複数の座標演算手段のうち第 2 段以降の座標演算手段には前段の座標演算手段から出力された変換後の座標が入力されることにより、前記リサイズ、前記射影変換、前記ローリングシャッタ歪み補正および前記収差補正の順に座標演算を行うことを特徴とする。

20

【発明の効果】

【 0 0 1 1 】

本発明によれば、複数の幾何変形要素の演算処理を 1 回で効率的に処理することができるため、処理速度を向上させ、また、メモリアクセス負荷を低減させ、制御性を向上させることができる。

【図面の簡単な説明】

30

【 0 0 1 2 】

【図 1】本発明の実施形態に係る画像処理装置の一例であるデジタルカメラの概略構成を示すブロック図である。

【図 2】図 1 の画像処理装置が備える幾何変形回路によるバックワードマッピング処理を説明する図である。

【図 3】図 1 の画像処理装置が備える第 1 実施形態に係る幾何変形回路の回路構成を示すブロック図である。

【図 4】図 1 の画像処理装置が備える幾何変形回路で実行される補間処理の例であるバイリニア補間処理を模式的に示す図である。

【図 5】図 3 に示す幾何変形回路が備える座標演算回路による演算処理の概要を説明する図である。

40

【図 6】図 5 に示す座標演算回路による複数の幾何変形処理の処理結果の関連を説明する図である。

【図 7】図 5 に示す座標演算回路による座標移動ベクトル及び幾何変形後座標の精度の特徴を説明する図である。

【図 8】図 1 の画像処理装置が備える第 2 実施形態に係る幾何変形回路が有する座標演算回路による演算処理の概要を説明する図である。

【図 9】図 8 に示す座標演算回路による複数の幾何変形処理の処理結果の関連を説明する図である。

【発明を実施するための形態】

50

## 【 0 0 1 3 】

## &lt; 第 1 実施形態 &gt;

図 1 は、本発明に係る画像処理装置の一例であるデジタルカメラの概略構成を示すブロック図である。デジタルカメラの全体的制御は C P U 1 5 によって行われる。

## 【 0 0 1 4 】

デジタルカメラは、ズームレンズ、フォーカスレンズ及び光学防振機能を含むレンズユニット 1 1 と、絞り 1 2 とを備える。レンズユニット 1 1 と絞り 1 2 とからなる撮像光学系は、ズーミング操作や被写体移動、撮影者のフレーミング操作の変更、明るさ等の撮影環境の変化や撮影者が意図した撮影効果等の様々な要因に応じて制御される。その結果、焦点距離、フォーカス距離、絞り値等に代表される光学パラメータは変動する。

10

## 【 0 0 1 5 】

なお、光学防振機能とは、レンズ群の一部を光軸と垂直方向にシフトさせることで光学像を光軸と垂直方向にずらし、手ブレによる映像の揺れを抑振する機能である。光学防振機能はデジタルカメラの動きに応じて制御されるため、光軸と画像面との交点を表す画像中心と呼ばれる光学パラメータも、光学防振機能の役割を持つレンズの移動により変動する。また、ズームレンズやフォーカスレンズ等の光学系レンズの駆動により生じる幾何学的歪も、ズームや画像中心等の光学パラメータの変化に応じて変動する。

## 【 0 0 1 6 】

撮像光学系のフォーカスや絞り、光学防振機能の制御は、撮像光学系の駆動と制御状態の検知を行うアクチュエータ及びエンコーダ 1 7 によって行われ、アクチュエータ及びエンコーダ 1 7 は、C P U 1 5 からの制御信号に従って動作する。デジタルカメラでは、C P U 1 5 から出力される駆動パルスに基づいて、レンズユニット 1 1 や絞り 1 2 の駆動がアクチュエータによって行われる。駆動による各種レンズ等の移動状態はエンコーダによって読み出され、焦点距離やフォーカス距離、絞り値、画像中心等の光学パラメータ情報が C P U 1 5 に伝達される。

20

## 【 0 0 1 7 】

デジタルカメラにおいて、撮像光学系を通過した光学像は撮像素子 1 3 の撮像面上に結像し、撮像素子 1 3 は光学像を電気信号からなる画像信号に変換して出力する。撮像素子 1 3 が撮像面上での読み出しタイミングが異なる C M O S 等である場合、ローリングシャッタ歪を生じることとなる。

30

## 【 0 0 1 8 】

撮像素子 1 3 から出力された画像信号は、デジタル（アナログ）フロントエンド（D（A）F E）1 4 にて前処理され、デジタル画像信号に変換される。デジタル画像信号は、一旦、メモリ（R A M）1 6 に保存される。デジタル画像信号は、静止画信号である場合には 1 枚の画像に対応し、映像（動画）信号である場合には 1 つのフレーム画像又は 1 つのフィールド画像に対応する。

## 【 0 0 1 9 】

デジタルカメラは、カメラ本体の姿勢の変化を検知するセンサである姿勢センサ 1 8 を備え、姿勢センサ 1 8 は、具体的には、ジャイロや加速度センサ、地磁気センサ等のセンサ類と専用 C P U とを有する。姿勢センサ 1 8 は、画像信号のフレーム間及びフレーム内の露出期間に生じたカメラ本体の動きを検知し、例えば、カメラ本体の単位時間当たりの 3 軸回転及び 3 軸並進量からなるモーションパラメータ情報を計算して、C P U 1 5 に伝達する。

40

## 【 0 0 2 0 】

C P U 1 5 は、光学パラメータ、モーションパラメータ情報及び光学補正データベース 1 9 に記録された光学補正データに基づいて、画像信号に対する幾何変形パラメータを決定する。なお、光学補正データベース 1 9 は、フラッシュメモリ等の記憶装置である。

## 【 0 0 2 1 】

デジタルカメラは幾何変形回路 2 0 を備え、幾何変形回路 2 0 はデジタル（アナログ）フロントエンド 1 4 により生成されてメモリ 1 6 に保存された画像信号を C P U 1 5 が決

50

定した幾何変形パラメータに従って幾何変形する画像処理回路である。幾何変形回路 20 で幾何変形された画像信号は、符号化回路や諧調補正等を行う変換回路、複数枚の画像信号を合成して新たな画像信号を生成する任意の画像合成回路等を備える後段の回路（不図示）に伝送される。

#### 【0022】

幾何変形回路 20 について詳細に説明する。図 2 は、幾何変形回路 20 によるバックワードマッピング処理を説明する図であり、図 3 は、幾何変形回路 20 の回路構成を示すブロック図である。幾何変形回路 20 は、図 2 に示すように、出力画像に画素の欠陥が生じないように、出力画像座標に基づき、入力画像上で画素のサンプリング及び補間を行うバックワードマッピング処理により、幾何変形処理を実現する。バックワードマッピング処理を実現するため、幾何変形回路 20 は、図 3 に示すように、座標演算回路 31 と、補間回路 32 と、メモリ制御回路 33 とを有する。

10

#### 【0023】

座標演算回路 31 は、出力画像上の画素を、順次、スキャン（例えば、ラスタスキャン）する。そして、座標演算回路 31 は、光学パラメータ、モーションパラメータ及び光学補正データに従って、CPU 15 により演算された幾何変形パラメータに基づき、出力画像上の画素座標を入力画像上の画素座標に変換する処理を行う。

#### 【0024】

補間回路 32 は、座標演算回路 31 で求めた入力画像上の画素座標に基づいてサンプリングを行い、補間により出力画素のデータを生成する。また、補間回路 32 は、補間手法に応じて、演算した入力画像上のサンプリング座標の近傍の画素値を用いて補間処理を行う。補間処理には、例えば、4 近傍を用いて線形補間を行うバイリニア補間処理や、16 近傍を用いて 3 次補間を行うバイキュービック補間処理等の補間方法を用いることができる。

20

#### 【0025】

メモリ制御回路 33 は、座標演算回路 31 により算出された入力画像上のサンプリング座標と補間回路 32 の補間モードに従い、メモリ 16 上からサンプリング座標の近傍の画素値群を読み出して補間回路 32 に伝送する制御を行う。

#### 【0026】

図 4 は、補間処理の例であるバイリニア補間処理を模式的に示す図である。座標演算回路 31 は、黒丸で示される入力画像上のサンプリング座標を計算する。サンプリング座標は、小数点以下の情報を持つサブピクセル座標で算出される。メモリ制御回路 33 は、補間回路 32 の補間モードがバイリニア補間であることに従い、サンプリング座標の 4 近傍画素を読み出すようにメモリ 16 からの画素値の順次読み出し処理を実行する。図 4 中の白丸は、読み出された近傍画素であり、座標値の  $[x]$ 、 $[y]$  は整数座標を表す。補間回路 32 は読み出された 4 近傍画素の画素値を用い、下記〔式 1〕に従って出力画像上の画素値を計算する。〔式 1〕において、 $I(x, y)$  は生成した画素値を示し、 $f([x], [y])$  は入力画像上の画素値である。〔式 1〕の処理を読み出した画素順に行うことにより出力画像が生成される。

30

#### 【0027】

##### 【数 1】

$$I(x, y) = ([x] + 1 - x)([y] + 1 - y)f([x], [y]) + ([x] + 1 - x)(y - [y])f([x], [y] + 1) \\ + (x - [x])([y] + 1 - y)f([x] + 1, [y]) + (x - [x])(y - [y])f([x] + 1, [y] + 1) \\ \dots \text{〔式 1〕}$$

40

#### 【0028】

次に、座標演算回路 31 について詳細に説明する。図 5 は、座標演算回路 31 による演算処理の概要を説明する図である。座標演算回路 31 は、複数の幾何変形による座標変換を 1 つの座標変換に合成し、入力される出力画像上の画素毎の座標を入力画像上のサンブ

50

リング座標に順次変換する座標演算を行う。

【0029】

座標演算回路31は、複数の幾何変形要素に対応した座標演算回路として、リサイズ処理回路51、射影変換回路52、ローリングシャッタ歪み補正回路（以下「RS歪補正回路」と記す）53、歪曲補正回路54を有する。また、座標演算回路31は、座標移動ベクトル合成回路55と、幾何変形量制御回路56を有する。幾何変形量制御回路56は、CPU15から入力された幾何変形パラメータ $P_r$ 、 $P_h$ 、 $P_w$ 、 $P_d$ 、 $P_c$ を、図5に示す通りに対応する座標演算回路及び座標移動ベクトル合成回路55に振り分ける。

【0030】

なお、幾何変形パラメータ $P_r$ 、 $P_h$ 、 $P_w$ 、 $P_d$ 、 $P_c$ については、以下の説明において、適宜、説明する。また、詳細は後述するが、リサイズ処理回路51は、電子ズームによる画角変動に伴うフレームメモリ上の出力位相を調整する。射影変換回路52は、カメラ本体のブレに起因する回転や並進により生じる画像の変化を抑制する。RS歪補正回路53は、フレーム内の露光期間におけるカメラ本体の動きにより生じる歪を補正する。歪曲補正回路54は、レンズの収差補正を行う。

【0031】

図5に示す通りに、リサイズ処理回路51は、幾何変形前座標 $X$ 、 $Y$ を入力として、座標移動ベクトル $d_{rx}$ 、 $d_{ry}$ 及び幾何変形後座標 $X_r$ 、 $Y_r$ を出力する。射影変換回路52は、前段の幾何変形後座標 $X_r$ 、 $Y_r$ を入力として、座標移動ベクトル $d_{hx}$ 、 $d_{hy}$ 及び幾何変形後座標 $X_h$ 、 $Y_h$ を出力する。RS歪補正回路53は、前段の幾何変形後座標 $X_h$ 、 $Y_h$ を入力として、座標移動ベクトル $d_{wx}$ 、 $d_{wy}$ 及び幾何変形後座標 $X_w$ 、 $Y_w$ を出力する。歪曲補正回路54は、前段の幾何変形後座標 $X_w$ 、 $Y_w$ を入力として、座標移動ベクトル $d_{dx}$ 、 $d_{dy}$ 及び幾何変形後座標 $X_d$ 、 $Y_d$ を出力する。

【0032】

このように、本実施形態では、4つの座標演算回路は順次接続され、これらの座標演算回路のうち第2段以降の座標演算回路には、前段の座標演算回路から出力された幾何変形後座標が画像の画素の座標として入力される。なお、歪曲補正回路54は、最後段の座標演算回路であるため、幾何変形後座標 $X_d$ 、 $Y_d$ の出力は省略することができる。

【0033】

リサイズ処理回路51、射影変換回路52、RS歪補正回路53、歪曲補正回路54で演算された座標移動ベクトル $d_{rx}$ 、 $d_{ry}$ 、 $d_{hx}$ 、 $d_{hy}$ 、 $d_{wx}$ 、 $d_{wy}$ 、 $d_{dx}$ 、 $d_{dy}$ は、座標移動ベクトル合成回路55へ出力される。座標移動ベクトル合成回路55は、入力された座標移動ベクトルを一括して合成し、座標移動合成ベクトル $X_c$ 、 $Y_c$ を生成する。

【0034】

続いて、各座標演算回路で算出された座標移動ベクトル $d_{rx}$ 、 $d_{ry}$ 、 $d_{hx}$ 、 $d_{hy}$ 、 $d_{wx}$ 、 $d_{wy}$ 、 $d_{dx}$ 、 $d_{dy}$ 、幾何変形前座標 $X$ 、 $Y$ 及び幾何変形後座標 $X_r$ 、 $Y_r$ 、 $X_h$ 、 $Y_h$ 、 $X_w$ 、 $Y_w$ 、 $X_d$ 、 $Y_d$ 及び座標移動ベクトル合成回路55により合成される座標移動合成ベクトル $X_c$ 、 $Y_c$ の入出力関係について説明する。

【0035】

図6は、座標演算回路31による複数の幾何変形処理の処理結果の関連を説明する図である。座標演算回路31は、バックワードマッピング処理のため、光学像に対する物理的な影響の逆順に幾何演算を行い、その順序は、リサイズと切り出し、射影変換、RS歪補正、歪曲補正の順である。そして、最後に、座標移動ベクトル合成回路55により、各座標演算回路の出力である座標移動ベクトル $d_{rx}$ 、 $d_{ry}$ 、 $d_{hx}$ 、 $d_{hy}$ 、 $d_{wx}$ 、 $d_{wy}$ 、 $d_{dx}$ 、 $d_{dy}$ を幾何変形パラメータ $P_c$ に従って重み付けして合成する。なお、図6では、重みを均等に合成した例を示している。

【0036】

図7は、座標演算回路31が備える各座標演算回路の座標移動ベクトル及び幾何変形後座標の精度の特徴を説明する図である。図7(a)に示すように、各座標演算回路が出力

10

20

30

40

50

する座標移動ベクトル精度は、その幾何変形に必要な精度で出力する。また、各座標演算回路が出力する幾何変形後座標の精度は、座標移動ベクトル精度とは無関係に、後段に接続される座標演算回路の演算精度で出力することとする。これにより、前段の幾何変形の座標表現精度に制約されずに、後段の幾何変形の座標演算を成立させることができる。

【 0 0 3 7 】

より詳しくは、図 7 ( b ) に示すように、前段に位置する座標演算回路が出力する幾何変形後座標の精度は、それぞれが出力する座標移動ベクトル精度と無関係に、それより後段に接続される座標演算回路の演算精度を下回ることがないようにする。

【 0 0 3 8 】

本実施形態のように、幾何変形後座標を接続させる結果として幾何変形後のサンプリング座標を求めるのではなく、各座標演算回路の出力する座標移動ベクトルの合成結果としてサンプリング座標を求める利点としては、以下の点が挙げられる。即ち、それぞれの幾何変形要素の座標演算分解能が、合成演算後の座標に影響を与えられるという利点がある。また、これにより、幾何変形処理の画像マージンを C P U 1 5 により制御する際に、より細かな制御が可能になる。例えば、精度が粗く、量の大きな後段の座標移動の影響を合成幾何変形パラメータの重みを小さくすることにより抑制し、前段の演算精度が高い場合に座標移動の微小な作用を強調する等、単純な縦列演算ではできない制御が可能となる。

【 0 0 3 9 】

次に、座標演算回路 3 1 における座標演算の詳細、特に、リサイズと切り出し、射影変換、R S 歪補及び歪曲補正の各座標演算と入力 of 幾何変形パラメータについて説明する。

【 0 0 4 0 】

リサイズ処理回路 5 1 による「リサイズ」は、電子ズーム用途に用いられ、ズームによる画角変動を表現し、「切り出し」はフレームメモリ上の出力位相調整を表現する。リサイズ処理回路 5 1 は、インターレス処理等による位相のずれを補正するために、下記〔式 2〕～〔式 4〕による座標演算を行う。

【 0 0 4 1 】

【数 2】

$$\begin{bmatrix} X'_r \\ Y'_r \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} r & 0 \\ 0 & r \end{bmatrix} \begin{bmatrix} X - X_{0r} \\ Y - Y_{0r} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} c \\ d \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} X_{0r} \\ Y_{0r} \end{bmatrix} \quad \dots \text{〔式 2〕}$$

$$\begin{bmatrix} drx \\ dry \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} X'_r - X \\ Y'_r - Y \end{bmatrix} \quad \dots \text{〔式 3〕}$$

$$\begin{bmatrix} X'_r \\ Y'_r \end{bmatrix} \rightarrow \begin{bmatrix} X_r \\ Y_r \end{bmatrix} \quad \dots \text{〔式 4〕}$$

【 0 0 4 2 】

ここで、「r」は変倍率の逆数、「X<sub>0r</sub>」、「Y<sub>0r</sub>」は変換の中心、「c,d」は切り出しによる並進移動を表す幾何変形パラメータ P r であり、幾何変形量制御回路 5 6 により与えられる。〔式 4〕の「<sub>r</sub>」は、演算精度から出力精度へのビット調整演算のオペレータを表す。ズームの変換中心は必ずしも画像中心でなくとも良い。このような静的な変換パラメータは、不図示の G U I を用いてのユーザの拡大領域指定から間接的に得ることができ、或いは、C P U 1 5 に付属するレジスタ又はメモリ 1 6 に記録された情報を用いることができる。

【 0 0 4 3 】

射影変換回路 5 2 は、カメラ本体のブレに起因する回転や並進により生じる画像の変化を抑制する。姿勢センサ 1 8 で得られたカメラ本体のモーションパラメータに基づき、C P U 1 5 が、マージンや抑振の強弱を考慮しながら補正具合を計算する。



## 【 0 0 4 4 】

幾何変形パラメータは、 $3 \times 3$ の射影変形ホモグラフィで与えられる。例えば、モーションを3軸回転のみ検知し、マージンが十分に与えられて最大変化量を制御する必要がない場合を想定すると、下記〔式5〕～〔式9〕の通りに幾何変形パラメータPhのホモグラフィが与えられる。

## 【 0 0 4 5 】

## 【数3】

$$H = \begin{bmatrix} a & b & c \\ d & e & f \\ g & h & i \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \cos(-\alpha R) & -\sin(-\alpha R) & 0 \\ \sin(-\alpha R) & \cos(-\alpha R) & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & \cos(-\alpha P) & -\sin(-\alpha P) \\ 0 & \sin(-\alpha P) & \cos(-\alpha P) \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \cos(-\alpha Y) & 0 & \sin(-\alpha Y) \\ 0 & 1 & 0 \\ -\sin(-\alpha Y) & 0 & \cos(-\alpha Y) \end{bmatrix} \dots \text{〔式5〕}$$

10

$$\begin{bmatrix} X'_{0h} \\ Y'_{0h} \\ m \end{bmatrix} = H \begin{bmatrix} X_r - X_{0h} \\ Y_r - Y_{0h} \\ 1 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} X_{0h} \\ Y_{0h} \\ 0 \end{bmatrix} \dots \text{〔式6〕}$$

$$\begin{bmatrix} X''_h \\ Y''_h \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} X'_h / m \\ Y'_h / m \end{bmatrix} \dots \text{〔式7〕}$$

20

$$\begin{bmatrix} dhx \\ dhy \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} X''_h - X_r \\ Y''_h - Y_r \end{bmatrix} \dots \text{〔式8〕}$$

$$\begin{bmatrix} X''_h \\ Y''_h \end{bmatrix} \rightarrow \begin{bmatrix} X_h \\ Y_h \end{bmatrix} \dots \text{〔式9〕}$$

## 【 0 0 4 6 】

30

ここで、「R」、「P」、「Y」はそれぞれ、光軸に対するカメラ本体のロール、ピッチ、ヨー回転を表し、「 $\alpha$ 」は抑振率を表し、負の符号は抑振を表す。「 $X_{0h}$ 、 $Y_{0h}$ 」は変換の中心を表し、変換中心には画像中心を用いると精度の高い演算が可能となる。「 $\alpha$ 」は、リサイズ処理回路51の場合と同様に、演算精度から出力精度へのビット調整演算のオペレータを表す。

## 【 0 0 4 7 】

RS歪補正回路53は、フレーム内の露光期間におけるカメラ本体の動きにより生じる歪(RS歪)を補正する。RS歪は、フレーム内でのスキャンライン(水平画素ライン)間の露光タイミングのずれの間に生じたカメラモーション(又は物体モーション)による画像の動きにより生じる。RS歪補正回路53は、姿勢センサ18で得られたモーションパラメータに基づいてCPU15が計算した幾何変形パラメータPwに従い、座標演算を行う。例えば、カメラモーションを微小なヨー(Y)方向、ピッチ(P)方向の定速変化のみとし、画像内の任意の水平ラインを補正による不変ライン $Y_{0w}$ とすると、幾何補正は下記〔式10〕～〔式12〕で表される。

40

## 【 0 0 4 8 】

## 【数 4】

$$\begin{bmatrix} X'_w \\ Y'_w \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} X_h \\ Y_h \end{bmatrix} - \begin{bmatrix} y \\ p \end{bmatrix} (Y_h - Y_0 w) \quad \dots \quad \text{〔式 1 0〕}$$

$$\begin{bmatrix} dwx \\ dwy \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} X'_w - X_h \\ Y'_w - Y_h \end{bmatrix} \quad \dots \quad \text{〔式 1 1〕}$$

$$\begin{bmatrix} X'_r \\ Y'_r \end{bmatrix} \rightarrow \begin{bmatrix} X_r \\ Y_r \end{bmatrix} \quad \dots \quad \text{〔式 1 2〕}$$

10

## 【 0 0 4 9 】

不変ライン  $Y_0 w$  に画像中心の  $Y$  座標を用いることで、他の幾何変形演算と整合性の高い演算を実現することができる。「 $y$  ,  $p$ 」は、スキャンライン間で生じたヨー方向及びピッチ方向のカメラモーションを画像上の動きに変換した量で、幾何変形パラメータ  $P_w$  として与えられる量である。例えば、下記〔式 1 3〕～〔式 1 4〕の変換により、カメラモーションから画像上の動きに変換される。

## 【 0 0 5 0 】

## 【数 5】

20

$$y = f \tan(Y') / \Delta pix \quad \dots \quad \text{〔式 1 3〕}$$

$$p = -f \tan(P') / \Delta pix \quad \dots \quad \text{〔式 1 4〕}$$

## 【 0 0 5 1 】

「 $Y'$ 」は、スキャンライン間で生じたヨー方向のカメラ本体の動き、「 $f$ 」は焦点距離、「 $p$ 」はピクセルサイズを表す。幾何変形パラメータ  $P_w$  は、水平ライン毎に与えてもよいし、所定の区間毎に与えてもよい。

## 【 0 0 5 2 】

本実施形態での幾何変形パラメータ  $P_w$  の算出では、座標演算の入力画像座標（出力画像の像高）にカメラモーションの変化を対応させる。しかし、本来は、カメラモーションは座標演算の出力座標（メモリ上の画像の像高）に対応して記録されている。したがって、厳密には、幾何変形パラメータとして利用する前に出力画像、換言すれば、座標演算の入力画像座標の像高に対応するように、マッピングを行う必要がある。但し、動きの変化が時間的に小さい場合には、カメラモーションの対応座標を出力画像座標と入力画像座標の像高の間で置き換えても誤差は小さい。そこで、本実施形態では、このようなヒューリスティックな事実を利用し、モーションパラメータをそのまま用いることとする。

30

## 【 0 0 5 3 】

歪曲補正回路 5 4 は、レンズの収差、主に放射歪を補正する。CPU 1 5 は、焦点距離、フォーカス距離及び絞りの光学パラメータに対応した光学補正データを、光学補正データベース 1 9 から幾何変形パラメータ  $P_d$  として選び出す。幾何変形パラメータ  $P_d$  の読み出しには、例えば、設計データより出力される歪曲率、又は、その変形である理想像高と歪像高の比のテーブルが用いられる。

40

## 【 0 0 5 4 】

ここでは、像高比のテーブルを用いた場合を例に取り上げて、座標演算の詳細を説明する。歪曲補正の座標演算は、変換中心  $X_{0d}$  ,  $Y_{0d}$  を基準にして、幾何変形前座標を極座標化して求める。その幾何補正は下記〔式 1 5〕～〔式 1 8〕で表される。

## 【 0 0 5 5 】

## 【数 6】

$$r_n = \sqrt{(X_w - X_{0d})^2 + (Y_w - Y_{0d})^2} \quad \dots \quad \text{〔式 15〕}$$

$$r_d = f(r_n)r_n \quad \dots \quad \text{〔式 16〕}$$

$$\begin{bmatrix} X'_d \\ Y'_d \end{bmatrix} = \frac{r_d}{r_n} \begin{bmatrix} X_w - X_{0d} \\ Y_w - Y_{0d} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} X_{0d} \\ Y_{0d} \end{bmatrix} \quad \dots \quad \text{〔式 17〕}$$

$$\begin{bmatrix} ddx \\ ddy \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} X'_d - X_w \\ Y'_d - Y_w \end{bmatrix} \quad \dots \quad \text{〔式 18〕}$$

10

## 【0056】

変換中心  $X_{0d}$ 、 $Y_{0d}$  には、画像中心を用いる。「 $f(r)$ 」は、像高に対応した理想像高と歪像高の比の値を表し、像高をインデックスとしたテーブルから抽出する操作を表す。なお、〔式 17〕は、極座標から直交座標への座標変換を行う操作を表す。

## 【0057】

座標移動ベクトル合成回路 55 は、幾何変形前座標  $X$ 、 $Y$  及び各座標演算回路で得られた座標移動ベクトル  $drx$ 、 $dry$ 、 $dhx$ 、 $dhy$ 、 $dwx$ 、 $dwy$ 、 $ddx$ 、 $ddy$  を一括して重み合成する。これにより、一括処理による合成座標移動ベクトル  $dcx$ 、 $dcy$  及び幾何変形後座標  $Xc$ 、 $Yc$  を得る。その処理は、下記〔式 19〕～〔式 20〕で表される。なお、「 $ax \sim dx$ 」及び「 $ay \sim dy$ 」は、合成の重みを表す幾何変形パラメータ  $Pc$  である。

20

## 【0058】

## 【数 7】

$$\begin{bmatrix} dcx \\ dcy \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} ax & bx & cx & dx \\ ay & by & cy & dy \end{bmatrix} \begin{bmatrix} drx & dry \\ dhx & dhy \\ dwx & dwy \\ ddx & ddy \end{bmatrix} \quad \dots \quad \text{〔式 19〕}$$

30

$$\begin{bmatrix} Xc \\ Yc \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} X \\ Y \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} dcx \\ dcy \end{bmatrix} \quad \dots \quad \text{〔式 20〕}$$

以上の説明の通り、本実施形態によれば、複数の幾何変形処理を 1 回に纏めて処理することができる。その結果、処理速度の向上、メモリアクセス負荷の低減、制御性の向上が実現できる。

## 【0059】

## &lt; 第 2 実施形態 &gt;

40

第 1 実施形態では、座標演算回路 31 の演算順序は、光学像に対する物理的な影響の逆順、つまり、リサイズと切り出し、射影変換、RS 歪補正、歪曲補正の順とした。また、RS 歪補正の幾何変形パラメータ  $Pw$  を算出する際に、座標演算の出力座標の像高に対応させるべきカメラモーションの変化を座標演算の入力画像座標の像高に対応させる近似を導入した。

## 【0060】

しかしながら、魚眼レンズ等の歪曲収差の大きな光学系レンズを用いた場合、モーションパラメータと対応させるべき入力画像と出力画像との像高のずれが大きくなり過ぎて、このような近似が成立せず、画像が歪んでしまうという問題が生じ得る。そこで、第 2 実施形態では、図 3 に示した幾何変形回路 20 が有する座標演算回路 31 の構成を、図 8 に

50

示す座標演算回路の構成に変更することによって、この問題を解決する。

#### 【 0 0 6 1 】

図 8 は、第 2 実施形態に係る座標演算回路による演算処理の概要を説明する図である。図 8 の座標演算回路では、演算順序を、リサイズと切り出し、射影変換、歪曲補正、RS 歪補正の順とする。つまり、図 5 に示す演算と図 8 に示す演算とでは、歪曲補正と RS 歪補正の順序が逆になっており、それ以外の点では違いはない。

#### 【 0 0 6 2 】

図 9 は、図 8 の座標演算回路による複数の幾何変形処理の処理結果の関連を説明する図である。図 9 は、各座標演算回路で算出された座標移動ベクトル  $d r x$  ,  $d r y$ 、 $d h x$  ,  $d h y$ 、 $d d x$  ,  $d d y$ 、 $d w x$  ,  $d w y$ 、幾何変形前座標  $X$  ,  $Y$ 、幾何変形後座標  $X r$  ,  $Y r$ 、 $X h$  ,  $Y h$ 、 $X d$  ,  $Y d$ 、 $X w$  ,  $Y w$  及び座標移動ベクトル合成回路 55 により合成される座標移動合成ベクトル  $X c$  ,  $Y c$  の入出力関係を示している。演算順序を、リサイズと切り出し、射影変換、歪曲補正、RS 歪補正の順とすることにより、RS 歪補正回路 53 における入力画像座標と出力画像座標との像高差が小さくなるため、近似の精度が保てるようになる。

#### 【 0 0 6 3 】

以上の説明の通り、第 2 実施形態によれば、歪曲が大きな場合にも、精度の高い幾何変形を一括処理で実現することができる。

#### 【 0 0 6 4 】

< その他の実施形態 >

以上、本発明をその好適な実施形態に基づいて詳述してきたが、本発明はこれら特定の実施形態に限られるものではなく、この発明の要旨を逸脱しない範囲の様々な形態も本発明に含まれる。

#### 【 0 0 6 5 】

本発明は以下の処理を実行することによっても実現される。即ち、上述した実施形態の機能を実現するソフトウェア（プログラム）をネットワーク又は各種記憶媒体を介してシステム或いは装置に供給し、そのシステム或いは装置のコンピュータ（又は CPU や MPU 等）がプログラムコードを読み出して実行する処理である。この場合、そのプログラム、及び該プログラムを記憶した記憶媒体は本発明を構成することになる。

#### 【 符号の説明 】

#### 【 0 0 6 6 】

- 1 1 レンズユニット
- 1 2 絞り
- 1 3 撮像素子
- 1 4 フロントエンド
- 1 5 CPU
- 1 6 メモリ
- 1 7 アセンブラ
- 1 8 姿勢センサ
- 1 9 光学補正データベース
- 2 0 幾何変形回路
- 3 1 座標演算回路
- 3 2 補間回路
- 3 3 メモリ制御回路
- 5 1 リサイズ処理回路
- 5 2 射影変換回路
- 5 3 RS 歪補正回路
- 5 4 歪曲補正回路
- 5 5 座標移動ベクトル合成回路
- 5 6 幾何変形量制御回路

10

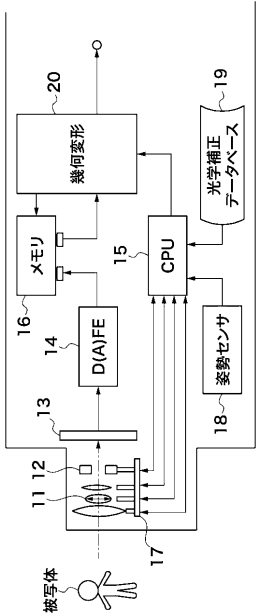
20

30

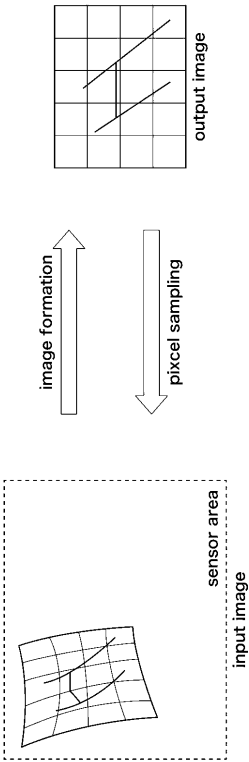
40

50

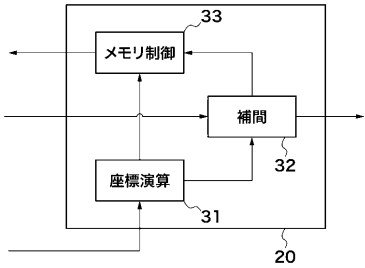
【図 1】



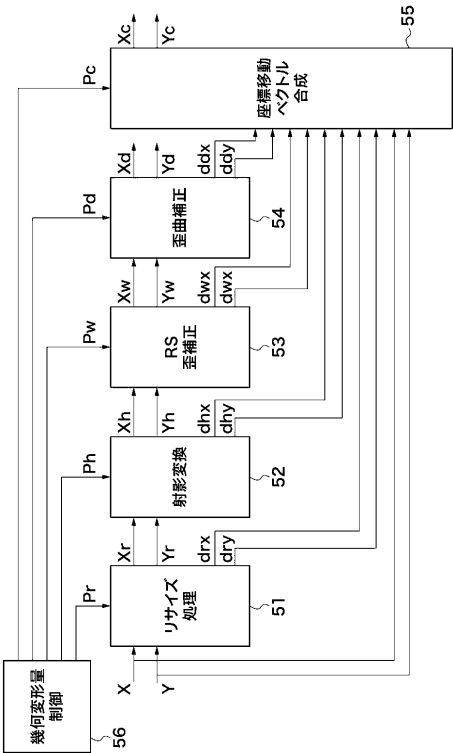
【図 2】



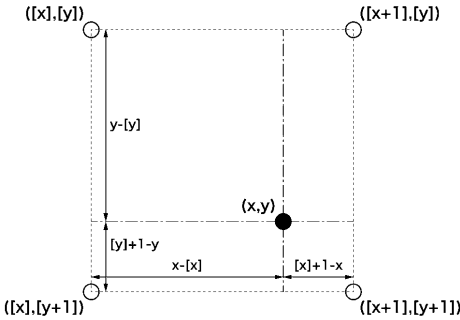
【図 3】



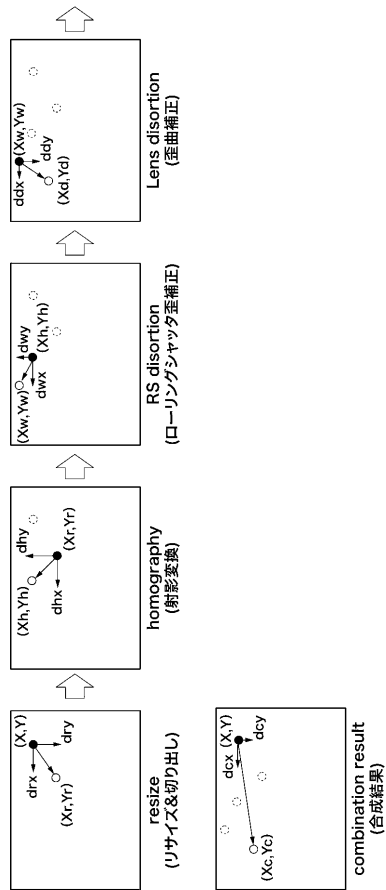
【図 5】



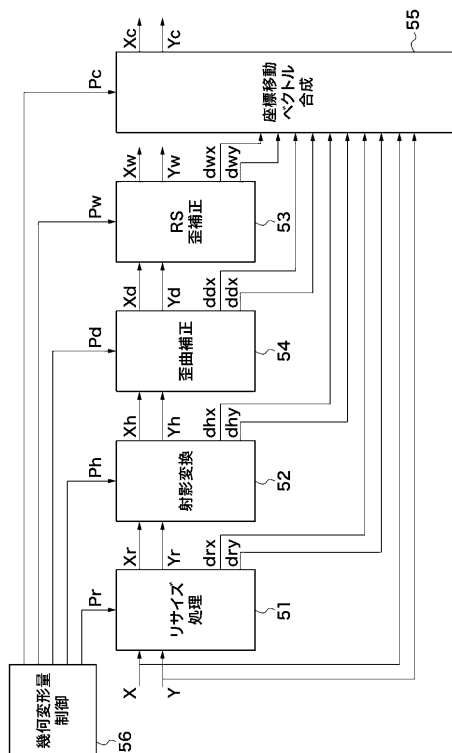
【図 4】



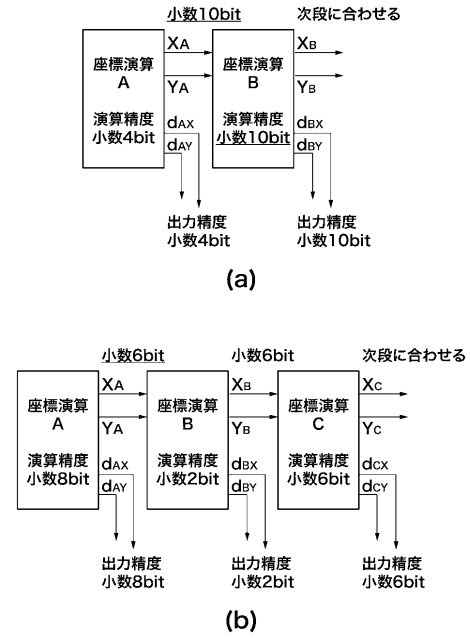
【図 6】



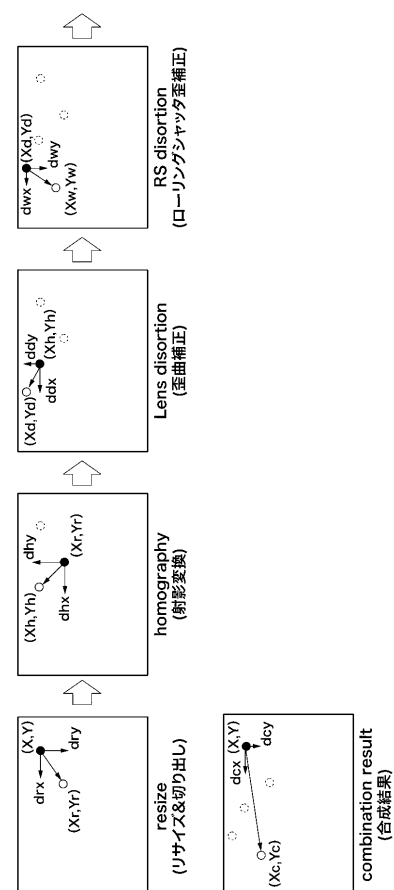
【図 8】



【図 7】



【図 9】



---

フロントページの続き

- (56)参考文献 特開2012-103741(JP,A)  
特開2011-114649(JP,A)  
特開2007-013791(JP,A)  
特開2010-118040(JP,A)  
特開2005-202593(JP,A)  
特開2006-295626(JP,A)  
特開2009-130681(JP,A)  
関 海克、外4名, “デジタルカメラにおける画像補正技術”, RICOH TECHNICAL REPORT, 日本, 株式会社リコー, 2005年12月 1日, No.31, pp.103-110

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H04N 1/387, 5/232  
G06T 3/00