

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第5917125号
(P5917125)

(45) 発行日 平成28年5月11日 (2016. 5. 11)

(24) 登録日 平成28年4月15日 (2016. 4. 15)

(51) Int. Cl.	F I
H O 4 N 13/00 (2006.01)	H O 4 N 13/00
G O 3 B 35/18 (2006.01)	G O 3 B 35/18
G O 3 B 35/08 (2006.01)	G O 3 B 35/08

請求項の数 24 (全 15 頁)

(21) 出願番号	特願2011-275953 (P2011-275953)	(73) 特許権者	000001007
(22) 出願日	平成23年12月16日 (2011. 12. 16)		キヤノン株式会社
(65) 公開番号	特開2013-126243 (P2013-126243A)		東京都大田区下丸子3丁目30番2号
(43) 公開日	平成25年6月24日 (2013. 6. 24)	(74) 代理人	100094112
審査請求日	平成26年12月15日 (2014. 12. 15)		弁理士 岡部 譲
		(74) 代理人	100096943
			弁理士 臼井 伸一
		(74) 代理人	100101498
			弁理士 越智 隆夫
		(74) 代理人	100107401
			弁理士 高橋 誠一郎
		(74) 代理人	100106183
			弁理士 吉澤 弘司
		(74) 代理人	100128668
			弁理士 齋藤 正巳

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 画像処理装置、画像処理方法、撮像装置および表示装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

少なくとも第 1 の視差画像、第 2 の視差画像及び第 3 の視差画像を生成する生成手段と

、

前記第 1 の視差画像、前記第 2 の視差画像及び前記第 3 の視差画像をこの順で繰り返し出力する出力手段とを備え、

前記第 1 の視差画像、前記第 2 の視差画像及び前記第 3 の視差画像は、それぞれ異なる瞳領域を通過した画像に対応し、

前記第 1 の視差画像と前記第 2 の視差画像との間の視差は、前記第 1 の視差画像と前記第 3 の視差画像との間の視差よりも小さい、画像処理装置。

【請求項 2】

前記第 1 の視差画像、前記第 2 の視差画像及び前記第 3 の視差画像を含み n 個 (n は 3 以上の整数) の視差画像からなる視差画像列のうち、最初の視差画像と最後の視差画像とが同じである、請求項 1 に記載の画像処理装置。

【請求項 3】

前記第 1 乃至第 3 の視差画像のうち隣接する視差画像に対応する前記瞳領域は互いに隣接している、請求項 1 又は 2 に記載の画像処理装置。

【請求項 4】

前記第 1 乃至第 3 の視差画像のうち隣接する視差画像の各組に対して、重み付けを段階的に変更しながら補間処理を繰り返し適用する補間処理手段をさらに備える、請求項 1 乃

10

20

至 3 の何れか一項に記載の画像処理装置。

【請求項 5】

結像光学系と、

前記結像光学系の異なる瞳領域を通過した光を受け取る画素が配列された撮像手段と、
請求項 1 乃至 3 の何れか 1 項に記載の画像処理装置とを備えた撮像装置。

【請求項 6】

前記画素は、前記結像光学系の異なる瞳領域を通過した光を受け取る複数の副画素を有し、

前記生成手段は、各瞳領域に対応する副画素の出力から前記視差画像を生成する、請求項 5 に記載の撮像装置。

10

【請求項 7】

前記副画素は 2 次元的に配列されている、請求項 6 に記載の撮像装置。

【請求項 8】

表示手段と、

請求項 1 乃至 4 の何れか 1 項に記載の画像処理装置とを備えた表示装置。

【請求項 9】

前記出力手段は、前記視差画像を動画として出力する、請求項 1 乃至 4 の何れか 1 項に記載の画像処理装置。

【請求項 10】

少なくとも第 1 の視差画像、第 2 の視差画像及び第 3 の視差画像を生成するステップであって、前記第 1 の視差画像、前記第 2 の視差画像及び前記第 3 の視差画像は、それぞれ異なる瞳領域を通過した画像に対応する、ステップと、

20

前記第 1 の視差画像、前記第 2 の視差画像及び前記第 3 の視差画像をこの順で繰り返し出力するステップであって、前記第 1 の視差画像と前記第 2 の視差画像との間の視差は、前記第 1 の視差画像と前記第 3 の視差画像との間の視差よりも小さい、ステップとを具備する、画像処理装置の制御方法。

【請求項 11】

結像光学系の異なる瞳領域を通過した光束を受光できる画素を配列した撮像手段により取得された画像を入力する入力手段と、

前記入力手段で入力された画像から、デフォーカス量の大きさが増加するのに伴い視差画像間の像ずれ量の大きさが増加する関係を有する複数の視差画像を生成する視差画像生成手段と、

30

前記生成された複数の視差画像から重複を許して複数回の選択により、選択された前記視差画像を選択順に並べた視差画像列を生成する視差画像列生成手段と、

前記視差画像列に含まれる隣接する視差画像の各組に対して補間処理を繰り返し適用して複数の補間画像を生成し、当該生成された複数の補間画像を前記隣接する視差画像間に配列して出力する補間処理手段と、

前記補間処理手段の出力を動画の出力画像として出力する出力手段と

を備えることを特徴とする画像処理装置。

【請求項 12】

40

前記生成された複数の視差画像は、各視差画像が前記結像光学系の射出瞳の異なる瞳領域に対応し、前記像ずれが同一直線上とならないことを特徴とする請求項 11 に記載の画像処理装置。

【請求項 13】

前記視差画像列生成手段は、前記視差画像列の最初の視差画像と最後の視差画像が同じであるように前記生成された複数の視差画像を選択することを特徴とする請求項 11 または 12 に記載の画像処理装置。

【請求項 14】

前記視差画像列生成手段は、前記隣接する視差画像に対応する前記瞳領域が隣接するように前記生成された複数の視差画像を選択することを特徴とする請求項 12 に記載の画像

50

処理装置。

【請求項 1 5】

前記補間処理手段は、前記隣接する視差画像の各組に対して、重み付けを段階的に変更しながら補間処理を繰り返し適用することを特徴とする請求項 1 1 乃至 1 4 の何れか一項に記載の画像処理装置。

【請求項 1 6】

画像を入力する入力手段と前記入力画像の処理手段を備えた画像処理装置の制御方法であり、

結像光学系の異なる瞳領域を通過した光束を受光できる画素を配列した撮像手段により取得された画像を前記入力手段で入力する入力ステップと、

前記入力手段で入力された画像から、デフォーカス量の大きさが増加するのに伴い視差画像間の像ずれ量の大きさが増加する関係を有する複数の視差画像を生成する視差画像生成ステップと、

前記入力された複数の視差画像から重複を許して複数回の選択により、選択された前記視差画像を選択順に並べた視差画像列を生成する視差画像列生成ステップと、

前記視差画像列に含まれる隣接する視差画像の各組に対して補間処理を繰り返し適用して複数の補間画像を生成し、当該生成された複数の補間画像を前記隣接する視差画像間に配列して出力する補間処理ステップと、

前記補間処理ステップの出力を動画の出力画像として出力する出力ステップとを備えることを特徴とする制御方法。

【請求項 1 7】

コンピュータを、

入力された画像を処理する画像処理装置の制御方法において、

結像光学系の異なる瞳領域を通過した光束を受光できる画素を配列した撮像手段により取得された画像を入力する入力手段、

前記入力手段で入力された画像から、デフォーカス量の大きさが増加するのに伴い視差画像間の像ずれ量の大きさが増加する関係を有する複数の視差画像を生成する視差画像生成手段、

前記生成された複数の視差画像から重複を許して複数回の選択により、選択された前記視差画像を選択順に並べた視差画像列を生成する視差画像列生成手段、

前記視差画像列に含まれる隣接する視差画像の各組に対して補間処理を繰り返し適用して複数の補間画像を生成し、当該生成された複数の補間画像を前記隣接する視差画像間に配列して出力する補間処理手段、

前記補間処理手段の出力を動画の出力画像として出力することを出力手段として機能させるプログラム。

【請求項 1 8】

請求項 1 7 のプログラムを記録したコンピュータが読み取り可能な記録媒体。

【請求項 1 9】

コンピュータを、請求項 1 1 乃至 1 5 のいずれか一項に記載された画像処理装置の各手段として機能させるプログラム。

【請求項 2 0】

コンピュータを、請求項 1 1 乃至 1 5 のいずれか一項に記載された画像処理装置の各手段として機能させるプログラムを格納した記憶媒体。

【請求項 2 1】

結像光学系と、

前記結像光学系の異なる瞳領域を通過した光束を受光できる画素を配列した撮像手段と、

請求項 1 1 乃至 1 5 の何れか一項に記載の画像処理装置とを備えることを特徴とする撮像装置。

【請求項 2 2】

前記画素は、前記結像光学系の異なる瞳領域を通過する光束をそれぞれ受光する複数の副画素を有し、前記視差画像生成手段は、各瞳領域に対応する副画素の出力から前記複数の視差画像を生成することを特徴とする請求項 2 1 に記載の撮像装置。

【請求項 2 3】

前記複数の副画素は 2 次元に配列されていることを特徴とする請求項 2 2 に記載の撮像装置。

【請求項 2 4】

表示手段と、

請求項 1 1 乃至 1 5 の何れか一項に記載の画像処理装置とを備えることを特徴とする表示装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0 0 0 1】

本発明は、画像処理装置、画像処理方法、撮像装置および表示装置に関し、特に通常の表示装置で表示可能な立体画像を生成、表示するための画像処理装置、画像処理方法、撮像装置および表示装置に関する。

【背景技術】

【0 0 0 2】

撮影レンズの射出瞳を複数の領域に瞳分割し、分割された瞳領域に応じた複数の視差画像を同時に撮影することができる撮像装置が提案されている。

【0 0 0 3】

特許文献 1 では、1 つの画素に対して、1 つのマイクロレンズと複数の分割された光電変換部が形成されている 2 次元撮像素子を用いた撮像装置が開示されている。分割された光電変換部は、1 つのマイクロレンズを介して撮影レンズの射出瞳の異なる瞳部分領域を受光するように構成され、瞳分割を行っている。これらの分割された光電変換部それぞれの光電変換信号から、分割された瞳部分領域に応じた複数の視差画像を生成することができる。特許文献 2 では、分割された光電変換部で受光した信号を、全て加算することにより撮像画像を生成することが開示されている。

【0 0 0 4】

撮影された複数の視差画像は、光強度の空間分布および角度分布情報である *Light Field* (*LF*) データと等価である。非特許文献 1 では、取得された *LF* データを用いて撮像面とは異なる仮想結像面における画像を合成することで、撮影後に撮像画像の合焦位置を変更するリフォーカス技術が開示されている。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0 0 0 5】

【特許文献 1】米国特許 4 4 1 0 8 0 4

【特許文献 2】特開 2 0 0 1 - 0 8 3 4 0 7 号公報

【非特許文献】

【0 0 0 6】

【非特許文献 1】*Stanford Tech Report CTSR 2005 - 02, 1 (2005)*

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0 0 0 7】

しかしながら、複数の視差画像を用いて立体表示を行うには専用の立体表示装置や専用メガネの装着が必要であり、立体表示の利便性が低下してしまう課題がある。

【0 0 0 8】

本発明は、上記の課題に鑑みてなされたものであり、専用の立体表示装置を用いず、2 次元画像用の標準的な表示装置を用いて、利便性を低下させずに、複数の視差画像を立体

10

20

30

40

50

的に表示することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【 0 0 0 9 】

上記従来技術の問題を解決すべく、本発明の画像処理装置は、デフォーカス量の大きさが増加するのに伴い視差画像間の像ずれ量の大きさが増加する関係を有する複数の視差画像を生成し、生成された複数の視差画像から重複を許して n 回（ n は正の整数）の選択により、選択順に選択された視差画像を並べた視差画像列を生成し、視差画像列に含まれる隣接する視差画像の各組に対して補間処理を繰り返し適用して複数の補間画像を生成し、当該生成された複数の補間画像を隣接する視差画像間に配列して動画の出力画像として出力する。

10

【発明の効果】

【 0 0 1 0 】

本発明により、立体画像表示の利便性を低下させずに、通常の表示装置で複数の視差画像を立体的に表示することが可能となる。

【図面の簡単な説明】

【 0 0 1 1 】

【図 1】本発明の実施形態に係わる撮像装置の概略構成図

【図 2】本発明の実施形態に係わる撮像素子の画素配列を模式的に示す図

【図 3】本発明の実施形態に係わる撮像素子に形成された画素の概略平面図と概略断面図

【図 4】本発明の実施形態に係わる撮像素子の画素と瞳分割との関係を模式的に示す図

20

【図 5】本発明の実施形態に係わる撮像素子の画素と瞳分割との関係を模式的に示す図

【図 6】本発明の実施形態に係わる異なる視点の視差画像の例を示す図

【図 7】本発明の実施形態に係わる視差画像間の像ずれ量とデフォーカス量を模式的に示す図

【図 8】図 6 の異なる視点の視差画像間の像ずれを模式的に示す図

【図 9】本発明の実施形態に係わる立体画像の生成処理のフローチャートを示す図

【発明を実施するための形態】

【 0 0 1 2 】

以下、本発明の例示的な実施の形態を、図面に基づいて詳細に説明する。

【実施例 1】

30

【 0 0 1 3 】

図 1 は本発明に係わる撮像素子を有する撮像装置としてのカメラの概略構成を示す図である。

同図において、101 は結像光学系の先端に配置された第 1 レンズ群で、光軸方向に進退可能に保持される。102 は絞り兼用シャッタで、その開口径を調節することで撮影時の光量調節を行なうほか、静止画撮影時には露光秒時調節用シャッタとしての機能も備える。103 は第 2 レンズ群である。そして前記絞り兼用シャッタ 102 及び第 2 レンズ群 103 は一体となって光軸方向に進退し、前記第 1 レンズ群 101 の進退動作との連動により、変倍作用（ズーム機能）をなす。

【 0 0 1 4 】

40

105 は第 3 レンズ群で、光軸方向の進退により、焦点調節を行なう。106 は光学的ローパスフィルタで、撮影画像の偽色やモアレを軽減するための光学素子である。107 は 2 次元 CMOS フォトセンサーと周辺回路からなる撮像素子であり、結像光学系の結像面に配置される。

【 0 0 1 5 】

111 はズームアクチュエータで、不図示のカム筒を回動することで、第 1 レンズ群 111 ないし第 3 レンズ群 103 を光軸方向に進退駆動し、変倍操作を行なう。112 は絞りシャッタアクチュエータで、絞り兼用シャッタ 102 の開口径を制御して撮影光量を調節すると共に、静止画撮影時の露光時間制御を行なう。114 はフォーカスアクチュエータで、第 3 レンズ群 105 を光軸方向に進退駆動して焦点調節を行なう。以上が結像光学

50

系の構成である。

【 0 0 1 6 】

1 1 5 は撮影時の被写体照明用電子フラッシュで、キセノン管を用いた閃光照明装置が好適だが、連続発光する L E D を備えた照明装置を用いても良い。1 1 6 は A F 補助光手段で、所定の開口パターンを有したマスクの像を投光レンズを介して被写界に投影し、暗い被写体あるいは低コントラスト被写体に対する焦点検出能力を向上させる。

【 0 0 1 7 】

1 2 1 は C P U で、カメラ本体の種々の制御を司るカメラ内 C P U で、演算部、R O M 、R A M 、A / D コンバータ、D / A コンバータ、通信インターフェイス回路等を有する。当該 C P U 1 2 1 は、R O M に記憶された所定のプログラムに基づいて、カメラが有する各種回路を駆動して A F 、撮影、画像生成および記録等の一連の動作を実行制御する。C P U 1 2 1 は本発明の視差画像生成を行なう画像処理手段としての種々の機能を実現する。

【 0 0 1 8 】

1 2 2 は電子フラッシュ制御回路で、撮影動作に同期して照明手段 1 1 5 を点灯制御する。1 2 3 は補助光駆動回路で、焦点検出動作に同期して A F 補助光手段 1 1 6 を点灯制御する。1 2 4 は撮像素子駆動回路で、撮像素子 1 0 7 の撮像動作を制御するとともに、取得した画像信号を A / D 変換して C P U 1 2 1 に送信する。1 2 5 は画像処理回路で、撮像素子 1 0 7 が取得した画像の 変換、カラー補間、J P E G 圧縮等の処理を行なう。

【 0 0 1 9 】

1 2 6 はフォーカス駆動回路で、焦点検出結果に基づいてフォーカスアクチュエータ 1 1 4 を駆動制御し、第 3 レンズ群 1 0 5 を光軸方向に進退駆動して焦点調節を行なう。1 2 8 はシャッタ駆動回路で、絞りシャッタアクチュエータ 1 1 2 を駆動制御して絞り兼用シャッタ 1 0 2 の開口を制御する。1 2 9 はズーム駆動回路で、撮影者のズーム操作に応じてズームアクチュエータ 1 1 1 を駆動する。

【 0 0 2 0 】

1 3 1 は L C D 等の表示装置で、カメラの撮影モードに関する情報、撮影前のプレビュー画像と撮影後の確認用画像、焦点検出時の合焦状態表示画像等を表示する。1 3 2 は操作スイッチ群で、電源スイッチ、リリース（撮影トリガ）スイッチ、ズーム操作スイッチ、撮影モード選択スイッチ等で構成される。1 3 3 は着脱可能なフラッシュメモリで、撮影画像などの画像データを記録する。

【 0 0 2 1 】

本実施例 1 に係わる撮像素子の画素配列と副画素配列の概念図を図 2 に示す。

図 2 は、本実施例 1 の 2 次元 C M O S センサー（撮像素子）の画素配列を受光面上の 4 行 × 4 列の範囲で、副画素配列を 8 行 × 8 列の範囲で模式的に示したものである。実際の撮像素子では、図 2 に示した 4 行 × 4 列の画素配列（8 行 × 8 列の副画素配列）を受光面上に多数配置し、画像の取得を可能としている。具体的には、本実施例 1 では、画素周期 X が $10\mu\text{m}$ 、有効画素数 N_{LF} が横 3600 列 × 縦 2400 行 = 約 860 万画素（副画素周期 x が $5\mu\text{m}$ 、有効副画素数 N が横 7200 列 × 縦 4800 行 = 約 3460 万画素）の撮像素子として説明を行う。

【 0 0 2 2 】

実施例 1 において、図 2 に示した 2 行 × 2 列の画素群 2 0 0 は、左上の位置に R（赤）の分光感度を有する画素 2 0 0 R が左上に、G（緑）の分光感度を有する画素 2 0 0 G が右上と左下に、B（青）の分光感度を有する画素 2 0 0 B が右下に配置されている。さらに、各画素は、 $N \times N$ （2 行 × 2 列）の副画素 2 0 1 乃至 2 0 4 が 2 次元に配列されている。

【 0 0 2 3 】

図 2 に示す撮像素子の 1 つの画素 2 0 0 G を、撮像素子の受光面側（+ z 側）から見た平面図を図 3（a）に示し、図 3（a）の a - a 断面を - y 側から見た断面図を図 3（b）に示す。

10

20

30

40

50

【0024】

図3に示すように、本実施例1の画素200Gでは、各画素の受光側に入射光を集光するためのマイクロレンズ305が形成され、x方向にN分割(2分割)、y方向にN分割(2分割)された光電変換部301乃至304が形成されている。光電変換部301乃至304が、それぞれ、副画素201乃至204に対応する。

【0025】

光電変換部301から光電変換部304は、p型層とn型層の間にイントリンシック層を挟んだpin構造フォトダイオードとしても良いし、必要に応じて、イントリンシック層を省略し、pn接合フォトダイオードとしても良い。

【0026】

各画素では、マイクロレンズ305と光電変換部301乃至304との間に、カラーフィルター306が形成されている。また、必要に応じて、副画素毎にカラーフィルターの分光透過率を変えても良いし、カラーフィルターを省略しても良い。

【0027】

図3に示した画素200Gに入射した光は、マイクロレンズ305により集光され、カラーフィルター306で分光された後、光電変換部301乃至304で受光される。

【0028】

pin構造での光電変換部では、受光量に応じて電子とホールが対生成し、空乏層で分離された後、負電荷の電子はn型層(不図示)に蓄積され、一方、ホールは定電圧源(不図示)に接続されたp型層を通じて撮像素子の外部へ排出される。

【0029】

次に、本実施例1における瞳分割手段の説明を行う。

図4および図5に、複数の光電変換部301乃至304(副画素201乃至204)と瞳分割との対応関係を模式的に示す。図4は、図3(a)に示した画素200Gのa-a断面を+y側から見た断面図と結像光学系の射出瞳面を示す。図4では、射出瞳面の座標軸と対応を取るため、断面図のx軸とy軸を図3に対して反転させている(図3(b)は、-y側から見た断面図)。なお、図4においては図4と同じ部分、また図5においては図3および4と同じ部分は同じ符号を付して示す。

【0030】

撮像素子は、撮影レンズ(結像光学系)の結像面近傍に配置され、被写体からの光束は、結像光学系の射出瞳400を通過して、それぞれの画素に入射する。撮像素子が配置された面を撮像面500とする。瞳部分領域411乃至414は、 $N \times N$ 分割(2×2分割)された光電変換部301乃至304(副画素201乃至204)の受光面と、マイクロレンズによって、概ね、共役関係になっている。従って、各瞳部分領域を通過した光束は、共役関係にある各光電変換部(副画素)で受光される。結像光学系の射出瞳400は、瞳分割数を $N_p = N \times N$ として、異なる瞳部分領域に N_p 分割される。結像光学系の絞り値をFとすると、瞳部分領域の実効絞り値は、概ね、 N/F となる。また、瞳領域410は、 $N \times N$ 分割(2×2分割)された光電変換部301乃至304(副画素201乃至204)を全て合わせた際の画素200G全体で受光可能な瞳領域である。

【0031】

さらに、本実施例1の撮像素子と瞳分割との対応関係を図5を参照して説明する。撮像素子の各画素を $N \times N$ 分割(2×2分割)した光電変換部301乃至304(副画素201乃至204)は、それぞれ、瞳部分領域411乃至414の異なる瞳部分領域を通過する光束を受光する。

【0032】

次に、本実施例1における視差画像の生成について説明する。

各画素において、副画素201乃至204(光電変換部301乃至304)の中から特定の副画素の信号を選び出すことで、結像光学系の瞳部分領域411乃至414の中の特定の瞳部分領域に対応した視差画像を得ることができる。例えば、各画素において、副画素203(光電変換部303)の信号を選び出すことで、結像光学系の瞳部分領域413

10

20

30

40

50

に対応した有効画素数の解像度の視差画像を得ることができる。他の副画素においても同様である。よって、本実施例 1 では、結像光学系の異なる瞳部分領域を通過する光束を受光する複数の副画素の配列からなる画素を複数配列した撮像素子により、異なる瞳部分領域毎の複数（瞳分割数 N_p ）の視差画像が取得される。

【0033】

通過する瞳部分領域が異なれば、視点が異なる。したがって、本実施例 1 の撮像素子により、異なる視点の複数（瞳分割数 N_p ）の視差画像が取得される。本実施例 1 における視差画像の例を図 6 に示す。視差画像 601 乃至 604 は、それぞれ、瞳部分領域 411 乃至 414 に対応した異なる視点の複数の視差画像である。

【0034】

また、各画素において、副画素 201 乃至 204 の信号を全て加算することで、有効画素数の解像度を有する撮像画像を生成することができる。

【0035】

次に、本発明の視差画像における像ずれ量とデフォーカス量との関係について説明する。

【0036】

図 7 に、視差画像間の像ずれ量とデフォーカス量との関係図を概念的に示す。撮像面 500 に本実施例 1 の撮像素子（不図示）が配置され、図 5 と同様に、結像光学系の射出瞳が、瞳部分領域 411 乃至 414 に N_p 分割（4 分割）される。

【0037】

デフォーカス量 d は、被写体の結像位置から撮像面までの距離を大きさ $|d|$ とする。 d の符号は、被写体の結像位置が撮像面より被写体側にある前ピン状態を負（ $d < 0$ ）、被写体の結像位置が撮像面より被写体の反対側にある後ピン状態を正（ $d > 0$ ）と定義される。被写体の結像位置が撮像面にある合焦状態は $d = 0$ である。図 7 で、被写体 701 は合焦状態（ $d = 0$ ）の例を示しており、被写体 702 は前ピン状態（ $d < 0$ ）の例を示している。前ピン状態（ $d < 0$ ）と後ピン状態（ $d > 0$ ）を合わせて、デフォーカス状態（ $|d| > 0$ ）とする。

【0038】

前ピン状態（ $d < 0$ ）では、被写体 702 からの光束のうち、瞳部分領域 413（414）を通過した光束は、一度、集光した後、光束の重心位置 G_3 （ G_4 ）を中心として幅 3（4）に広がり、撮像面 500 でボケた像となる。ボケた像は、撮像面 500 に配置された撮像素子上の各画素を構成する副画素 203（204）により受光され、その出力から視差画像が生成される。よって、副画素 203（204）の信号から生成される視差画像には、重心位置 G_3 （ G_4 ）に幅 3（4）に広がった被写体 702 がボケた被写体像として記録される。被写体像のボケ幅 3（4）は、デフォーカス量 d の大きさ $|d|$ が増加するのに伴い、概ね、比例して増加していく。同様に、視差画像間の被写体像の像ずれ量 p （ $= G_3 - G_4$ ）の大きさ $|p|$ も、デフォーカス量 d の大きさ $|d|$ が増加するのに伴い、概ね、比例して増加していく。後ピン状態（ $d > 0$ ）でも、視差画像間の被写体像の像ずれ方向が前ピン状態と反対となるが、同様に増加していく。合焦状態（ $d = 0$ ）では、視差画像間の被写体像の重心位置が一致（ $p = 0$ ）し、像ずれは生じない。

【0039】

したがって、本発明の複数の視差画像では、視差画像のデフォーカス量の大きさが増加するのに伴い、複数の視差画像間の像ずれ量の大きさが増加する。

【0040】

図 6 の例において、焦点の合った合焦状態（ $d = 0$ ）の被写体像 610 は、像ずれしておらず、視差画像 601 乃至 604 の同じ位置に撮影されている。一方、焦点のずれたデフォーカス状態（ $|d| > 0$ ）の被写体像 611 乃至 614 は、像ずれしており、視差画像 601 乃至 604 の異なる位置に撮影されている。

図 8 は、像ずれ量をわかりやすくするために、図 6 の視差画像 601 乃至 604 に、エ

10

20

30

40

50

ッジ抽出処理を施したものである。図8を参照すると、視差画像604の被写体像614を基準として、視差画像602の被写体像612は下方方向に、視差画像601の被写体像611は左下方方向に、視差画像603の被写体像613は左方向に像ずれしていることがわかる。視差画像604を開始画像として、視差画像604から視差画像602、視差画像602から視差画像601、視差画像601から視差画像603、視差画像603から視差画像604と連続的に変化させてみる。すると、像ずれが、順に、下方方向、左方向、上方方向、右方向と回転して変化することがわかる。視差画像間の視点の変化を認識しやすくし、より立体的に表示するためには、視差画像間の像ずれが同一直線上とならないことが望ましい。本実施例ではこの点を考慮して、撮像素子より得られた複数の視差画像から立体表示用の動画の出力画像を生成する。

10

【0041】

続いて、入力画像から本実施例1の複数の視差画像を生成した後、その複数の視差画像から動画の出力画像を生成する画像処理方法について図9のフローチャートを用いて説明する。なお、図9に示す本実施例のフローチャートに従った視差画像生成処理、視差画像列生成処理、補間処理は、ROMに記憶された所定のプログラムに基づいてCPU121によって実行される。即ち、CPU121は本実施例の視差画像生成手段、視差画像列生成手段、補間手段として機能する。

【0042】

ステップS900では、結像光学系の異なる瞳部分領域を通過する光束を受光する複数の副画素（副画素201乃至204）が設けられた画素を複数配列した撮像素子により、入力画像が取得される。または、予め上記構成の撮像素子により撮影され、記録媒体に保存されている入力画像を用いても良い。即ち、本実施例の画像処理は、図1に示すような撮像装置に限らず、PCなどの情報処理装置においても実現可能である。この場合、情報処理装置の全体を制御するCPUが本実施例のCPU121に対応する。また、本実施例の画像処理は、視差画像生成手段、視差画像列生成手段、補間手段として機能するCPUや画像処理エンジンを保有した表示装置においても実現可能である。

20

【0043】

撮像素子のx方向の画素数を N_x 、y方向の画素数を N_y 、x方向の位置を i （ $=1 \sim N_x$ ）、y方向の位置を j （ $=1 \sim N_y$ ）とする。ここで、有効画素数 $N_{LF} = N_x \times N_y$ である。また、撮像素子の位置（ i, j ）の画素を $P(i, j)$ とし、整数 $a = 1 \sim N$ として、a番目の副画素を $P_a(i, j)$ とする。さらに、副画素 $P_a(i, j)$ から得られる撮像信号（光電変換信号）を $L_a(i, j)$ とする。

30

【0044】

入力画像は、信号 $L_a(i, j)$ の全ての集合 $L = \{L_a(i, j) \mid i = 1 \sim N_x, j = 1 \sim N_y, a = 1 \sim N\}$ である。

【0045】

ステップS910では、入力画像の各画素から、副画素201乃至204の中から特定の副画素の信号を選び出す。これにより、結像光学系の瞳部分領域411乃至414のうちの特定の瞳部分領域に対応した視差画像を生成する。すなわち、異なる瞳部分領域毎に、有効画素数の解像度を有する複数の視差画像を生成する。上述したように、これらの視差画像は、視差画像のデフォーカス量の大きさが増加するのに伴い、複数の視差画像間の像ずれ量の大きさが増加する。

40

【0046】

副画素 P_a の信号から生成され視差画像の信号は、集合 $L_a = \{L_a(i, j) \mid i = 1 \sim N_x, j = 1 \sim N_y\}$ で表わされる。他の各副画素からの信号から生成される複数の視差画像は $\{L_a \mid a = 1 \sim N\}$ となる。

【0047】

本実施例1では、副画素201を $a = 1$ 、副画素202を $a = 2$ 、副画素203を $a = 3$ 、副画素204を $a = 4$ とする。すると、生成される視差画像は、瞳部分領域411に対応する視差画像 L_1 、瞳部分領域412に対応する視差画像 L_2 、瞳部分領域413に

50

対応する視差画像 L_3 、瞳部分領域 414 に対応する視差画像 L_4 の 4 つとなる。

【0048】

上述のように、本実施例 1 では、結像光学系の異なる瞳部分領域を通過する光束を受光する複数の副画素を有する画素を複数配列した撮像素子により、異なる瞳部分領域に対応して複数の視差画像が取得された入力画像から生成される。

【0049】

ステップ S920 では、ステップ S910 で生成された複数の視差画像 $\{L_a \mid a = 1 \sim N\}$ から、重複を許して、第 1 視差画像から第 n 視差画像までを順に選択し、選択順の視差画像列 $\{I_k \mid k = 1 \sim n\}$ を生成する。ここで k 、 n は正の整数である。

【0050】

本実施例 1 では、複数回の選択を $n = 5$ とし、第 1 視差画像 $I_1 = L_4$ 、第 2 視差画像 $I_2 = L_2$ 、第 3 視差画像 $I_3 = L_1$ 、第 4 視差画像 $I_4 = L_3$ 、第 5 視差画像 $I_5 = L_4$ とする視差画像列を生成する。

【0051】

ステップ S930 では、 $k = 1 \sim n - 1$ として、ステップ S920 で生成された視差画像列に含まれる第 k 視差画像 I_k と第 $k + 1$ 視差画像 I_{k+1} 間の補間処理を繰り返し行うことで動画の出力画像を生成する。

【0052】

本実施例 1 では、視差画像列に含まれ、隣接する第 k 視差画像 I_k と第 $k + 1$ 視差画像 I_{k+1} 間の補間処理は、整数 $m = 0 \sim M - 1$ 、重み $t_m = m / M$ として段階的に変更し、補間画像 $I_{k, k+1, m} = t_m I_k + (1 - t_m) I_{k+1}$ を生成する。隣接する視差画像の各組について生成した補間画像 $\{I_{k, k+1, m} \mid k = 1 \sim n - 1, m = 0 \sim M - 1\}$ を順番に隣接する視差画像間に配列して動画の出力画像をする。補間処理は本実施例のものに限定されず、任意の補間処理を用いることが可能である。

【0053】

本発明で生成される出力画像は、合焦状態の被写体は静止したまま動かず、デフォーカス状態でボケた被写体がデフォーカス量の大きさに応じた像ずれ量で連続的に動く動画像となる。図 6 の例では、合焦状態の被写体像 610 は静止したまま、デフォーカス状態でボケた被写体像 614、被写体像 612、被写体像 611、被写体像 613 が補間された画像を挿んで右回りに連続的に動く。これにより、専用の立体表示装置を用いなくても、2 次元画像用の標準的な表示装置を用いて視差画像を立体的に表示することができる。また、合焦状態の明瞭な被写体が動かず、デフォーカス状態でボケた被写体が動くため、自然で目への負担が少ない動画像を生成することができる。

【0054】

本実施例 1 は、視差画像列の最初の視差画像 $I_1 = L_4$ と最後の（第 $n = 5$ ）視差画像 $I_5 = L_4$ が同じ画像とする例である。動画の出力画像を繰り返し再生する際、区切り無く連続的に表示するためには、第 1 視差画像と第 n 視差画像が同じであることが望ましい。

【0055】

また、本実施例 1 は、整数 $k = 1 \sim n - 1$ として、第 k 視差画像に対応する瞳部分領域と第 $k + 1$ 視差画像に対応する瞳部分領域が全て隣接している例である。具体的には、図 4 で、第 1 視差画像 $I_1 (= L_4)$ に対応する瞳部分領域 414 と第 2 視差画像 $I_2 (= L_2)$ に対応する瞳部分領域 412 が隣接している。他も同様である。動画の出力画像を連続的に滑らかに変化させるためには、第 k 視差画像に対応する瞳部分領域と第 $k + 1$ 視差画像に対応する瞳部分領域が全て隣接していることが望ましい。

【0056】

なお、図 9 のフォローチャートの処理において、必要に応じて、ダーク補正、シェーディング補正、デモザイキング処理などを、入力画像、視差画像、補間画像、出力画像のいずれかもしくは複数の組み合わせを行っても良い。

【0057】

10

20

30

40

50

また、本実施例 1 では、結像光学系の射出瞳が、異なる瞳部分領域に 2×2 分割される場合を例に説明を行ったが、他の瞳分割数の場合でも同様である。x 方向の瞳分割数と y 方向の瞳分割数は異なっても良い。また、瞳分割方向は、x 方向や y 方向と異なっても良い。

【0058】

上述した画像処理により生成した出力画像を、表示装置 131 に出力して表示する。

【0059】

本実施例 1 は、上述した画像処理を行う画像処理手段を有する撮像装置の 1 例である。

【0060】

以上の構成により、立体画像表示の利便性を低下させずに、複数の視差画像を立体的に表示することができる。

10

【0061】

(その他の実施形態)

本発明は、予め記録媒体に保存されている入力画像を読み取り、前述した画像処理を行う画像処理手段を有するデジタルテレビやデジタルフォトスタンド、タブレット PC、携帯電話などの表示装置でも実現可能である。

【0062】

また、前述した本発明の実施形態における記録装置を構成する各手段、並びに記録方法の各工程は、コンピュータの RAM や ROM などに記憶されたプログラムが動作することによって実現できる。このプログラム及び前記プログラムを記憶したコンピュータ読み取り可能な記憶媒体は本発明に含まれる。

20

【0063】

また、本発明は、例えば、システム、装置、方法、プログラムもしくは記憶媒体等としての実施形態も可能であり、具体的には、複数の機器から構成されるシステムに適用してもよいし、また、一つの機器からなる装置に適用してもよい。

【0064】

なお、本発明は、前述した実施形態の機能を実現するソフトウェアのプログラム（実施形態では図 5 に示すフローチャートに対応したプログラム）を、システムまたは装置に直接、または遠隔から供給する場合も含む。そして、そのシステムまたは装置のコンピュータが前記供給されたプログラムコードを読み出して実行することによっても達成される場合を含む。

30

【0065】

したがって、本発明の機能処理をコンピュータで実現するために、前記コンピュータにインストールされるプログラムコード自体も本発明を実現するものである。つまり、本発明は、本発明の機能処理を実現するためのコンピュータプログラム自体も含まれる。その場合、プログラムの機能を有していれば、オブジェクトコード、インタプリタにより実行されるプログラム、OS に供給するスクリプトデータ等の形態であってもよい。

【0066】

プログラムを供給するための記憶媒体としては、例えば、フレキシブルディスク、ハードディスク、光ディスク、光磁気ディスクなどがある。さらに、MO、CD-ROM、CD-R、CD-RW、磁気テープ、不揮発性のメモ리카ード、ROM、DVD (DVD-ROM、DVD-R) などもある。

40

【0067】

その他、プログラムの供給方法としては、クライアントコンピュータのブラウザを用いてインターネットのホームページに接続する方法がある。そして、前記ホームページから本発明のコンピュータプログラムそのもの、もしくは圧縮され自動インストール機能を含むファイルをハードディスク等の記憶媒体にダウンロードすることによっても供給できる。

【0068】

また、本発明のプログラムを構成するプログラムコードを複数のファイルに分割し、そ

50

それぞれのファイルを異なるホームページからダウンロードすることによっても実現可能である。つまり、本発明の機能処理をコンピュータで実現するためのプログラムファイルを複数のユーザに対してダウンロードさせるWWWサーバも、本発明に含まれるものである。

【 0 0 6 9 】

また、その他の方法として、本発明のプログラムを暗号化してＣＤ－ＲＯＭ等の記憶媒体に格納してユーザに配布し、所定の条件をクリアしたユーザに対し、インターネットを介してホームページから暗号化を解く鍵情報をダウンロードさせる。そして、その鍵情報を使用することにより暗号化されたプログラムを実行してコンピュータにインストールさせて実現することも可能である。

【 0 0 7 0 】

また、コンピュータが、読み出したプログラムを実行することによって、前述した実施形態の機能が実現される。さらに、そのプログラムの指示に基づき、コンピュータ上で稼動しているOSなどが、実際の処理の一部または全部を行い、その処理によっても前述した実施形態の機能が実現され得る。

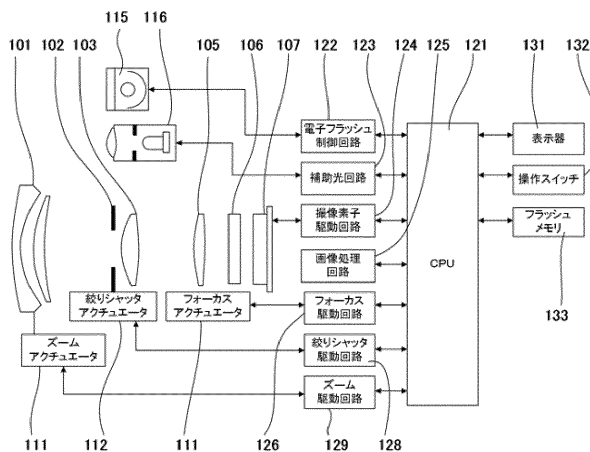
【 0 0 7 1 】

さらに、その他の方法として、まず記憶媒体から読み出されたプログラムが、コンピュータに挿入された機能拡張ボードやコンピュータに接続された機能拡張ユニットに備わるメモリに書き込まれる。そして、そのプログラムの指示に基づき、その機能拡張ボードや機能拡張ユニットに備わるCPUなどが実際の処理の一部または全部を行い、その処理によっても前述した実施形態の機能が実現される。

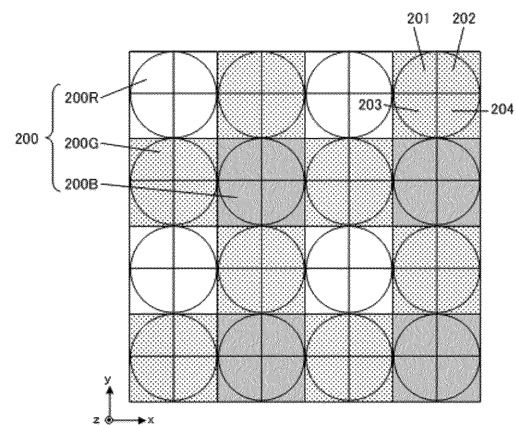
10

20

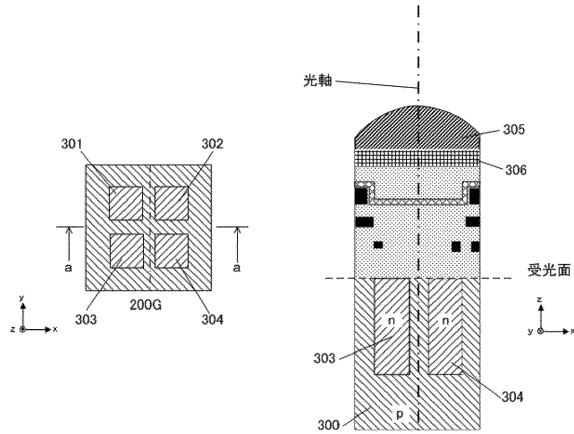
【圖 1】



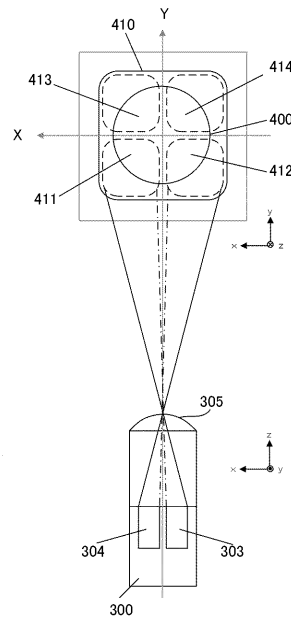
【圖 2】



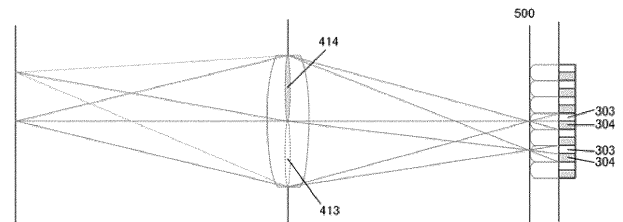
【図 3】



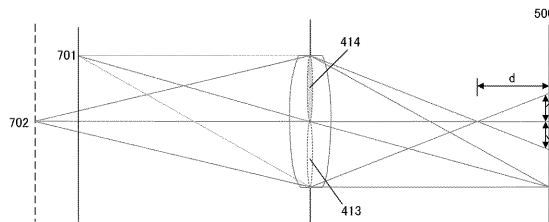
【図 4】



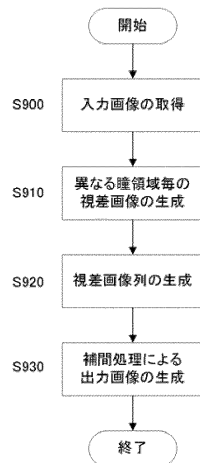
【図 5】



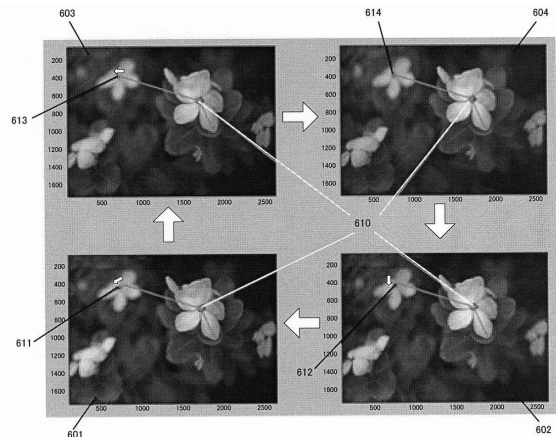
【図 7】



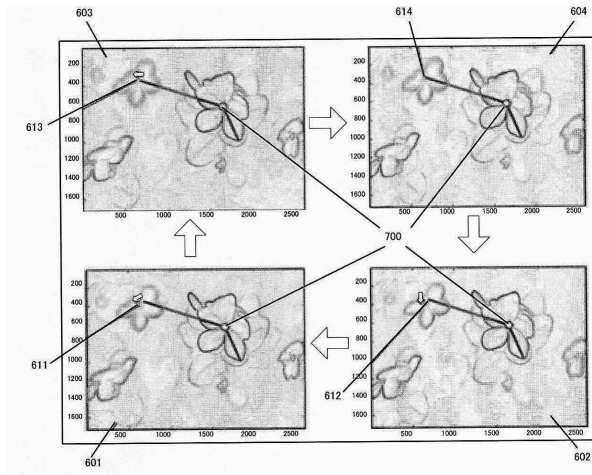
【図 9】



【図 6】



【図 8】



フロントページの続き

(74)代理人 100134393

弁理士 木村 克彦

(74)代理人 100174230

弁理士 田中 尚文

(72)発明者 福田 浩一

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 秦野 孝一郎

(56)参考文献 国際公開第2011/118084(WO, A1)

特開2010-154493(JP, A)

特開2004-264858(JP, A)

特開平10-3058(JP, A)

特開2011-182317(JP, A)

特開2010-263572(JP, A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H04N 13/00

G03B 35/18

G03B 35/08