

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第5978736号
(P5978736)

(45) 発行日 平成28年8月24日 (2016. 8. 24)

(24) 登録日 平成28年8月5日 (2016. 8. 5)

(51) Int.Cl.		F I			
HO 4 N	13/02	(2006. 01)	HO 4 N	13/02	5 7 0
HO 4 N	13/00	(2006. 01)	HO 4 N	13/02	3 2 0
			HO 4 N	13/02	1 7 0
			HO 4 N	13/00	2 2 0

請求項の数 15 (全 38 頁)

(21) 出願番号	特願2012-100472 (P2012-100472)	(73) 特許権者	000004112 株式会社ニコン 東京都港区港南二丁目15番3号
(22) 出願日	平成24年4月25日 (2012. 4. 25)	(74) 代理人	110000877 龍華国際特許業務法人
(65) 公開番号	特開2013-229764 (P2013-229764A)	(72) 発明者	芝崎 清茂 東京都千代田区有楽町一丁目12番1号 株式会社ニコン内
(43) 公開日	平成25年11月7日 (2013. 11. 7)	(72) 発明者	浜島 宗樹 東京都千代田区有楽町一丁目12番1号 株式会社ニコン内
審査請求日	平成27年4月20日 (2015. 4. 20)	(72) 発明者	森 晋 東京都千代田区有楽町一丁目12番1号 株式会社ニコン内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 画像処理装置、撮像装置および画像処理プログラム

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

同一シーンを撮像して生成される、基準画像データ、前記基準画像データの被写体像に対して一方向に第1視差を有する第1視差画像データ、および前記一方向とは反対の他方向に第2視差を有する第2視差画像データを取得する画像データ取得部と、

前記基準画像データの対象画素位置における基準画素値、前記第1視差画像データの前記対象画素位置における第1視差輝度値、および前記第2視差画像データの前記対象画素位置における第2視差輝度値を抽出して、計算式

$$P_3 = 2 P_0 \times (C \cdot P_1 + (1 - C) P_2) / (P_1 + P_2)$$

(P_0 : 基準画素値、 P_1 : 第1視差輝度値、 P_2 : 第2視差輝度値、 P_3 : 第3視差画素値、 C : 実数(ただし、 $C = 0, 0.5, 1$))

により、前記被写体像に対して前記第1視差とも前記第2視差とも異なる第3視差を有する第3視差画素値を算出する算出部と、

前記基準画像データにおける画像領域に対して前記対象画素位置を順次移動して前記算出部により算出させた複数の前記第3視差画素値を用いて、第3視差画像データを生成する画像データ生成部と

を備える画像処理装置。

【請求項2】

同一シーンを撮像して生成される、基準画像データ、前記基準画像データの被写体像に対して一方向に第1視差を有する第1視差画像データ、および前記一方向とは反対の他方

向に第2視差を有する第2視差画像データを取得する画像データ取得部と、

前記基準画像データの対象画素位置における基準画素値、前記第1視差画像データの前記対象画素位置における第1視差輝度値、および前記第2視差画像データの前記対象画素位置における第2視差輝度値を抽出して、計算式

$$P_3 = P_0 \times (P_2 / P_1)^{(1/2 - C)}$$

(P_0 : 基準画素値、 P_1 : 第1視差輝度値、 P_2 : 第2視差輝度値、 P_3 : 第3視差画素値、 C : 実数(ただし、 $C = 0, 0.5, 1$))

により、前記被写体像に対して前記第1視差とも前記第2視差とも異なる第3視差を有する第3視差画素値を算出する算出部と、

前記基準画像データにおける画像領域に対して前記対象画素位置を順次移動して前記算出部により算出させた複数の前記第3視差画素値を用いて、第3視差画像データを生成する画像データ生成部と

を備える画像処理装置。

【請求項3】

抽出される前記基準画素値、前記第1視差輝度値および前記第2視差輝度値のそれぞれは、ガンマ変換後の値である請求項1または2に記載の画像処理装置。

【請求項4】

前記算出部は、前記対象画素位置に応じて、前記計算式における C を変更する請求項1から3のいずれか1項に記載の画像処理装置。

【請求項5】

前記画像データ生成部は、前記算出部に、前記計算式における C として 0.5 より大きく 1 より小さい範囲で設定した C_k を用いて算出させた前記第3視差画像データとしての第1データと、前記計算式における C として $1 - C_k$ を用いて算出させた前記第3視差画像データとしての第2データとをペアで生成する請求項1に記載の画像処理装置。

【請求項6】

前記第1データを前記第1視差画像データに関連付け、前記第2データを前記第2視差画像データに関連付ける付加部を備える請求項5に記載の画像処理装置。

【請求項7】

前記画像データ生成部は、前記算出部に、前記計算式における C として 0.5 より小さく 0 より大きい範囲で設定した C_k を用いて算出させた前記第3視差画像データとしての第1データと、前記計算式における C として $1 - C_k$ を用いて算出させた前記第3視差画像データとしての第2データとをペアで生成する請求項2に記載の画像処理装置。

【請求項8】

前記第1データを前記第1視差画像データに関連付け、前記第2データを前記第2視差画像データに関連付ける付加部を備える請求項7に記載の画像処理装置。

【請求項9】

前記基準画像データはカラー画像データであり、前記算出部は、前記カラー画像データを構成する、色成分ごとに分離されたプレーン画像データのそれぞれに対して前記第3視差画素値を算出する請求項1から8のいずれか1項に記載の画像処理装置。

【請求項10】

前記第1視差画像データおよび前記第2視差画像データは、前記色成分の色情報を含まない請求項9に記載の画像処理装置。

【請求項11】

前記同一シーンを撮像する撮像素子と、
請求項1から10のいずれか1項に記載の画像処理装置と
を備える撮像装置であって、

前記画像データ取得部は、前記撮像素子が出力する前記基準画像データ、前記第1視差画像データおよび前記第2視差画像データを取得する撮像装置。

【請求項12】

前記撮像素子は、

10

20

30

40

50

入射光を電気信号に光電変換する、二次元的に配列された光電変換素子と、
前記光電変換素子の少なくとも一部のそれぞれに一对一に対応して設けられた開口マスクと
を備え、

隣接する n 個 (n は 3 以上の整数) の前記光電変換素子のうち、少なくとも 2 つに対応して設けられたそれぞれの前記開口マスクの開口は、前記入射光の断面領域内の、前記第 1 視差と前記第 2 視差に対応する互いに異なる部分領域からの光束をそれぞれ通過させるように位置づけられ、前記 n 個の前記光電変換素子を一組とする光電変換素子群が周期的に配列されている請求項 1 1 に記載の撮像装置。

【請求項 1 3】

一組の前記光電変換素子群は、前記基準画像データを出力する、前記入射光の有効光束の全体を通過させる前記開口マスクが設けられた前記光電変換素子を含む請求項 1 2 に記載の撮像装置。

【請求項 1 4】

同一シーンを撮像して生成される、基準画像データ、前記基準画像データの被写体像に対して一方向に第 1 視差を有する第 1 視差画像データ、および前記一方向とは反対の他方向に第 2 視差を有する第 2 視差画像データを取得する画像データ取得ステップと、

前記基準画像データにおける画像領域に対して対象画素位置を順次移動しつつ、前記基準画像データの前記対象画素位置における基準画素値、前記第 1 視差画像データの前記対象画素位置における第 1 視差輝度値、および前記第 2 視差画像データの前記対象画素位置における第 2 視差輝度値を抽出して、計算式

$$P_3 = 2 P_0 \times (C \cdot P_1 + (1 - C) P_2) / (P_1 + P_2)$$

(P_0 : 基準画素値、 P_1 : 第 1 視差輝度値、 P_2 : 第 2 視差輝度値、 P_3 : 第 3 視差画素値、 C : 実数 (ただし、 $C = 0, 0.5, 1$))

により、前記被写体像に対して前記第 1 視差とも前記第 2 視差とも異なる第 3 視差を有する第 3 視差画素値を順次算出する算出ステップと、

前記算出ステップにより算出された複数の前記第 3 視差画素値を用いて、第 3 視差画像データを生成する画像データ生成ステップと

をコンピュータに実行させる画像処理プログラム。

【請求項 1 5】

同一シーンを撮像して生成される、基準画像データ、前記基準画像データの被写体像に対して一方向に第 1 視差を有する第 1 視差画像データ、および前記一方向とは反対の他方向に第 2 視差を有する第 2 視差画像データを取得する画像データ取得ステップと、

前記基準画像データにおける画像領域に対して対象画素位置を順次移動しつつ、前記基準画像データの前記対象画素位置における基準画素値、前記第 1 視差画像データの前記対象画素位置における第 1 視差輝度値、および前記第 2 視差画像データの前記対象画素位置における第 2 視差輝度値を抽出して、計算式

$$P_3 = P_0 \times (P_2 / P_1) (1 / 2 - C)$$

(P_0 : 基準画素値、 P_1 : 第 1 視差輝度値、 P_2 : 第 2 視差輝度値、 P_3 : 第 3 視差画素値、 C : 実数 (ただし、 $C = 0, 0.5, 1$))

により、前記被写体像に対して前記第 1 視差とも前記第 2 視差とも異なる第 3 視差を有する第 3 視差画素値を順次算出する算出ステップと、

前記算出ステップにより算出された複数の前記第 3 視差画素値を用いて、第 3 視差画像データを生成する画像データ生成ステップと

をコンピュータに実行させる画像処理プログラム。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、画像処理装置、撮像装置および画像処理プログラムに関する。

【背景技術】

10

20

30

40

50

【 0 0 0 2 】

2つの撮影光学系を用いて、右目用の画像と左目用の画像とから成るステレオ画像を取得するステレオ撮像装置が知られている。このようなステレオ撮像装置は、2つの撮像光学系を一定の間隔で配置することにより、同一の被写体を撮像して得られる2つの画像に視差を生じさせる。

[先行技術文献]

[特許文献]

[特許文献 1] 特開平 8 - 4 7 0 0 1 号公報

【 発明の概要 】

【 発明が解決しようとする課題 】

10

【 0 0 0 3 】

右目用の画像と左目用の画像におけるぼけ量と視差量は、撮像光学系によって設定される焦点位置、絞り値によって一体的に定まる。しかし、ぼけ量を維持したまま、視差量を独立して変更したい場合がある。

【 課題を解決するための手段 】

【 0 0 0 4 】

本発明の第1の態様における画像処理装置は、同一シーンを撮像して生成される、基準画像データ、基準画像データの被写体像に対して一方向に第1視差を有する第1視差画像データ、および一方向とは反対の他方向に第2視差を有する第2視差画像データを取得する画像データ取得部と、基準画像データの対象画素位置における基準画素値、第1視差画像データの対象画素位置における第1視差輝度値、および第2視差画像データの対象画素位置における第2視差輝度値を抽出して、計算式 $P_3 = 2 P_0 \times (C \cdot P_1 + (1 - C) P_2) / (P_1 + P_2)$ 、(P_0 : 基準画素値、 P_1 : 第1視差輝度値、 P_2 : 第2視差輝度値、 P_3 : 第3視差画素値、 C : 実数(ただし、 $C = 0, 0.5, 1$))により、被写体像に対して第1視差とも第2視差とも異なる第3視差を有する第3視差画素値を算出する算出部と、基準画像データにおける画像領域に対して対象画素位置を順次移動して算出部により算出させた複数の第3視差画素値を用いて、第3視差画像データを生成する画像データ生成部とを備える。

20

【 0 0 0 5 】

本発明の第2の態様における画像処理装置は、同一シーンを撮像して生成される、基準画像データ、基準画像データの被写体像に対して一方向に第1視差を有する第1視差画像データ、および一方向とは反対の他方向に第2視差を有する第2視差画像データを取得する画像データ取得部と、基準画像データの対象画素位置における基準画素値、第1視差画像データの対象画素位置における第1視差輝度値、および第2視差画像データの対象画素位置における第2視差輝度値を抽出して、計算式 $P_3 = P_0 \times (P_2 / P_1)^{(1/2 - C)}$ 、(P_0 : 基準画素値、 P_1 : 第1視差輝度値、 P_2 : 第2視差輝度値、 P_3 : 第3視差画素値、 C : 実数(ただし、 $C = 0, 0.5, 1$))により、被写体像に対して第1視差とも第2視差とも異なる第3視差を有する第3視差画素値を算出する算出部と、基準画像データにおける画像領域に対して対象画素位置を順次移動して算出部により算出させた複数の第3視差画素値を用いて、第3視差画像データを生成する画像データ生成部とを備える。

30

40

【 0 0 0 6 】

本発明の第3の態様における撮像装置は、同一シーンを撮像する撮像素子と、上記の画像処理装置とを備える撮像装置であって、画像データ取得部は、撮像素子が出力する基準画像データ、第1視差画像データおよび第2視差画像データを取得する。

【 0 0 0 7 】

本発明の第4の態様における画像処理プログラムは、同一シーンを撮像して生成される、基準画像データ、基準画像データの被写体像に対して一方向に第1視差を有する第1視差画像データ、および一方向とは反対の他方向に第2視差を有する第2視差画像データを取得する画像データ取得ステップと、基準画像データにおける画像領域に対して対象画素

50

位置を順次移動しつつ、基準画像データの対象画素位置における基準画素値、第1視差画像データの対象画素位置における第1視差輝度値、および第2視差画像データの対象画素位置における第2視差輝度値を抽出して、計算式 $P_3 = 2P_0 \times (C \cdot P_1 + (1 - C)P_2) / (P_1 + P_2)$ 、(P_0 : 基準画素値、 P_1 : 第1視差輝度値、 P_2 : 第2視差輝度値、 P_3 : 第3視差画素値、 C : 実数(ただし、 $C = 0, 0.5, 1$))により、被写体像に対して第1視差とも第2視差とも異なる第3視差を有する第3視差画素値を順次算出する算出ステップと、算出ステップにより算出された複数の第3視差画素値を用いて、第3視差画像データを生成する画像データ生成ステップとをコンピュータに実行させる。

【0008】

本発明の第5の態様における画像処理プログラムは、同一シーンを撮像して生成される、基準画像データ、基準画像データの被写体像に対して一方向に第1視差を有する第1視差画像データ、および一方向とは反対の他方向に第2視差を有する第2視差画像データを取得する画像データ取得ステップと、基準画像データにおける画像領域に対して対象画素位置を順次移動しつつ、基準画像データの対象画素位置における基準画素値、第1視差画像データの対象画素位置における第1視差輝度値、および第2視差画像データの対象画素位置における第2視差輝度値を抽出して、計算式 $P_3 = P_0 \times (P_2 / P_1)^{(1/2 - C)}$ 、(P_0 : 基準画素値、 P_1 : 第1視差輝度値、 P_2 : 第2視差輝度値、 P_3 : 第3視差画素値、 C : 実数(ただし、 $C = 0, 0.5, 1$))により、被写体像に対して第1視差とも第2視差とも異なる第3視差を有する第3視差画素値を順次算出する算出ステップと、算出ステップにより算出された複数の第3視差画素値を用いて、第3視差画像データを生成する画像データ生成ステップとをコンピュータに実行させる。

【0009】

なお、上記の発明の概要は、本発明の必要な特徴の全てを列挙したものではない。また、これらの特徴群のサブコンビネーションもまた、発明となりうる。

【図面の簡単な説明】

【0010】

【図1】本発明の実施形態に係るデジタルカメラの構成を説明する図である。

【図2】本発明の実施形態に係る撮像素子の断面を表す概略図である。

【図3】撮像素子の一部を拡大した様子を表す概略図である。

【図4】視差画素と被写体の関係を説明する概念図である。

【図5】視差画像を生成する処理を説明する概念図である。

【図6】ベイヤー配列を説明する図である。

【図7】ベイヤー配列に対する視差画素の割り振りについて、視差画素の種類が2つである場合のバリエーションを説明する図である。

【図8】バリエーションの一例を示す図である。

【図9】他のバリエーションの一例を示す図である。

【図10】他のバリエーションの一例を示す図である。

【図11】他のカラーフィルタ配列を説明する図である。

【図12】W画素と視差画素の配列の一例を示す図である。

【図13】プレーン分離処理を説明する図である。

【図14】プレーンデータの補間処理を説明する図である。

【図15】RAW画像データセットのデータ構造を説明する図である。

【図16】デフォーカスの概念を説明する図である。

【図17】視差画素デフォーカスの概念を説明する図である。

【図18】視差なし画素と視差画素の光強度分布を示す図である。

【図19】調整視差量の概念を説明するための光強度分布を示す図である。

【図20】カラー視差プレーンデータの生成処理を説明する図である。

【図21】RGBの光強度分布の変化を説明する図である。

【図22】視差カラー画像データを生成するまでの処理フローである。

10

20

30

40

50

【図 2 3】好ましい開口形状を説明する図である。

【図 2 4】調整視差量の概念を説明するための光強度分布を示す図である。

【図 2 5】カラー視差プレーンデータの生成処理を説明する図である。

【図 2 6】RGBの光強度分布の変化を説明する図である。

【図 2 7】他の繰り返しパターンを採用する撮像素子 1 0 0 におけるプレーン分離処理を説明する図である。

【図 2 8】他の繰り返しパターンを採用する撮像素子 1 0 0 における RAW 画像データセットのデータ構造を説明する図である。

【発明を実施するための形態】

【0 0 1 1】

10

以下、発明の実施の形態を通じて本発明を説明するが、以下の実施形態は特許請求の範囲にかかる発明を限定するものではない。また、実施形態の中で説明されている特徴の組み合わせの全てが発明の解決手段に必須であるとは限らない。

【0 0 1 2】

画像処理装置および撮像装置の一形態である本実施形態に係るデジタルカメラは、1つのシーンについて複数の視点数の画像を一度の撮影により生成できるように構成されている。互いに視点の異なるそれぞれの画像を視差画像と呼ぶ。

【0 0 1 3】

図 1 は、本発明の実施形態に係るデジタルカメラ 1 0 の構成を説明する図である。デジタルカメラ 1 0 は、撮影光学系としての撮影レンズ 2 0 を備え、光軸 2 1 に沿って入射する被写体光束を撮像素子 1 0 0 へ導く。撮影レンズ 2 0 は、デジタルカメラ 1 0 に対して着脱できる交換式レンズであっても構わない。デジタルカメラ 1 0 は、撮像素子 1 0 0、制御部 2 0 1、A / D 変換回路 2 0 2、メモリ 2 0 3、駆動部 2 0 4、画像処理部 2 0 5、メモリカード I F 2 0 7、操作部 2 0 8、表示部 2 0 9、LCD 駆動回路 2 1 0 および A F センサ 2 1 1 を備える。

20

【0 0 1 4】

なお、図示するように、撮像素子 1 0 0 へ向かう光軸 2 1 に平行な方向を z 軸プラス方向と定め、z 軸と直交する平面において紙面手前へ向かう方向を x 軸プラス方向、紙面上方向を y 軸プラス方向と定める。以降のいくつかの図においては、図 1 の座標軸を基準として、それぞれの図の向きがわかるように座標軸を表示する。

30

【0 0 1 5】

撮影レンズ 2 0 は、複数の光学レンズ群から構成され、シーンからの被写体光束をその焦点面近傍に結像させる。なお、図 1 では撮影レンズ 2 0 を説明の都合上、瞳近傍に配置された仮想的な 1 枚のレンズで代表して表している。撮像素子 1 0 0 は、撮影レンズ 2 0 の焦点面近傍に配置されている。撮像素子 1 0 0 は、二次元的に複数の光電変換素子が配列された、例えば CCD、CMOS センサ等のイメージセンサである。撮像素子 1 0 0 は、駆動部 2 0 4 によりタイミング制御されて、受光面上に結像された被写体像を画像信号に変換して A / D 変換回路 2 0 2 へ出力する。

【0 0 1 6】

A / D 変換回路 2 0 2 は、撮像素子 1 0 0 が出力する画像信号をデジタル画像信号に変換してメモリ 2 0 3 へ出力する。画像処理部 2 0 5 は、メモリ 2 0 3 をワークスペースとして種々の画像処理を施し、画像データを生成する。特に、画像処理部 2 0 5 は、カラー画像データの対象画素位置から画素値を抽出する画素値抽出部 2 3 1、視差画像データの対象画素位置から輝度値を抽出する輝度値抽出部 2 3 2、抽出した画素値と輝度値を用いて対象画素位置におけるカラー画像データとしての画素値を算出する算出部 2 3 3 を有する。それぞれの処理の詳細については、後述する。

40

【0 0 1 7】

画像処理部 2 0 5 は、他にも選択された画像フォーマットに従って画像データを調整するなどの画像処理一般の機能も担う。生成された画像データは、LCD 駆動回路 2 1 0 により表示信号に変換され、表示部 2 0 9 に表示される。また、メモリカード I F 2 0 7 に

50

装着されているメモリカード 220 に記録される。

【0018】

A F センサ 211 は、被写体空間に対して複数の測距点が設定された位相差センサであり、それぞれの測距点において被写体像のデフォーカス量を検出する。一連の撮影シーケンスは、操作部 208 がユーザの操作を受け付けて、制御部 201 へ操作信号を出力することにより開始される。撮影シーケンスに付随する A F, A E 等の各種動作は、制御部 201 に制御されて実行される。例えば、制御部 201 は、A F センサ 211 の検出信号を解析して、撮影レンズ 20 の一部を構成するフォーカスレンズを移動させる合焦制御を実行する。

【0019】

次に、撮像素子 100 の構成について詳細に説明する。図 2 は、本発明の実施形態に係る撮像素子の断面を表す概略図である。図 2 (a) は、カラーフィルタ 102 と開口マスク 103 が別体で構成される撮像素子 100 の断面概略図である。また、図 2 (b) は、撮像素子 100 の変形例として、カラーフィルタ部 122 と開口マスク部 123 が一体的に構成されたスクリーンフィルタ 121 を備える撮像素子 120 の断面外略図である。

【0020】

図 2 (a) に示すように、撮像素子 100 は、被写体側から順に、マイクロレンズ 101、カラーフィルタ 102、開口マスク 103、配線層 105 および光電変換素子 108 が配列されて構成されている。光電変換素子 108 は、入射する光を電気信号に変換するフォトダイオードにより構成される。光電変換素子 108 は、基板 109 の表面に二次元的に複数配列されている。

【0021】

光電変換素子 108 により変換された画像信号、光電変換素子 108 を制御する制御信号等は、配線層 105 に設けられた配線 106 を介して送受信される。また、各光電変換素子 108 に対一対一に対応して設けられた開口部 104 を有する開口マスク 103 が、配線層に接して設けられている。開口部 104 は、後述するように、対応する光電変換素子 108 ごとにシフトされて、相対的な位置が厳密に定められている。詳しくは後述するが、この開口部 104 を備える開口マスク 103 の作用により、光電変換素子 108 が受光する被写体光束に視差が生じる。

【0022】

一方、視差を生じさせない光電変換素子 108 上には、開口マスク 103 が存在しない。別言すれば、対応する光電変換素子 108 に対して入射する被写体光束を制限しない、つまり有効光束の全体を通過させる開口部 104 を有する開口マスク 103 が設けられているとも言える。視差を生じさせることはないが、実質的には配線 106 によって形成される開口 107 が入射する被写体光束を規定するので、配線 106 を、視差を生じさせない有効光束の全体を通過させる開口マスクと捉えることもできる。開口マスク 103 は、各光電変換素子 108 に対応して別個独立に配列しても良いし、カラーフィルタ 102 の製造プロセスと同様に複数の光電変換素子 108 に対して一括して形成しても良い。

【0023】

カラーフィルタ 102 は、開口マスク 103 上に設けられている。カラーフィルタ 102 は、各光電変換素子 108 に対して特定の波長帯域を透過させるように着色された、光電変換素子 108 のそれぞれに対一対一に対応して設けられるフィルタである。カラー画像を出力するには、互いに異なる少なくとも 2 種類のカラーフィルタが配列されれば良いが、より高画質のカラー画像を取得するには 3 種類以上のカラーフィルタを配列すると良い。これらのカラーフィルタは、カラー画像を生成するための原色フィルタと言える。原色フィルタの組み合わせは、例えば赤色波長帯を透過させる赤フィルタ (R フィルタ)、緑色波長帯を透過させる緑フィルタ (G フィルタ)、および青色波長帯を透過させる青フィルタ (B フィルタ) である。これらのカラーフィルタは、後述するように、光電変換素子 108 に対応して格子状に配列される。

【0024】

マイクロレンズ101は、カラーフィルタ102上に設けられている。マイクロレンズ101は、入射する被写体光束のより多くを光電変換素子108へ導くための集光レンズである。マイクロレンズ101は、光電変換素子108のそれぞれに一对一に対応して設けられている。マイクロレンズ101は、撮影レンズ20の瞳中心と光電変換素子108の相対的な位置関係を考慮して、より多くの被写体光束が光電変換素子108に導かれるようにその光軸がシフトされていることが好ましい。さらには、開口マスク103の開口部104の位置と共に、後述の特定の被写体光束がより多く入射するように配置位置が調整されても良い。

【0025】

このように、各々の光電変換素子108に対応して一对一に設けられる開口マスク103、カラーフィルタ102およびマイクロレンズ101の一単位を画素と呼ぶ。特に、視差を生じさせる開口マスク103が設けられた画素を視差画素、視差を生じさせる開口マスク103が設けられていない画素を視差なし画素と呼ぶ。例えば、撮像素子100の有効画素領域が24mm×16mm程度の場合、画素数は1200万程度に及ぶ。また、撮像素子100の出力から生成される画像データにおいて、撮像素子100の画素に対応して出力値を持ち得る単位も単に画素と呼ぶ場合がある。

【0026】

なお、集光効率、光電変換効率が良いイメージセンサの場合は、マイクロレンズ101を設けなくても良い。また、裏面照射型イメージセンサの場合は、配線層105が光電変換素子108とは反対側に設けられる。

【0027】

カラーフィルタ102と開口マスク103の組み合わせには、さまざまなバリエーションが存在する。図2(a)において、開口マスク103の開口部104に色成分を持たせれば、カラーフィルタ102と開口マスク103を一体的に形成することができる。また、特定の画素を被写体の輝度情報を取得する画素とする場合、その画素には、対応するカラーフィルタ102を設けなくても良い。あるいは、可視光のおよそ全ての波長帯域を透過させるように、着色を施さない透明フィルタを配列しても良い。

【0028】

また、本実施形態においては、開口マスク103と配線106を別体として設けているが、視差画素における開口マスク103の機能を配線106が担っても良い。すなわち、規定される開口形状を配線106により形成し、当該開口形状により被写体光束を制限して特定の部分光束のみを光電変換素子108へ導く。この場合、開口形状を形成する配線106は、配線層105のうち最も光電変換素子108側であることが好ましい。

【0029】

また、開口マスク103は、光電変換素子108に重ねて設けられる透過阻止膜によって形成されても良い。この場合、開口マスク103は、例えば、SiN膜とSiO₂膜を順次積層して透過阻止膜とし、開口部104に相当する領域をエッチングで除去して形成される。

【0030】

輝度情報を取得する画素を視差画素とするのであれば、図2(b)として示す撮像素子120の構成を採用し得る。すなわち、カラーフィルタとして機能するカラーフィルタ部122と、開口部104を有する開口マスク部123とが一体的に構成されたスクリーンフィルタ121を、マイクロレンズ101と配線層105の間に配設することができる。

【0031】

スクリーンフィルタ121は、カラーフィルタ部122において例えば青緑赤の着色が施され、開口マスク部123において開口部104以外のマスク部分が黒の着色が施されて形成される。スクリーンフィルタ121を採用する撮像素子120は、撮像素子100に比較して、マイクロレンズ101から光電変換素子108までの距離が短いので、被写体光束の集光効率が高い。

【0032】

10

20

30

40

50

次に、開口マスク103の開口部104と、生じる視差の関係について説明する。図3は、撮像素子100の一部を拡大した様子を表す概略図である。ここでは、説明を簡単にすべく、カラーフィルタ102の配色については後に言及を再開するまで考慮しない。カラーフィルタ102の配色に言及しない以下の説明においては、同色（透明である場合を含む）のカラーフィルタ102を有する視差画素のみを寄せ集めたイメージセンサであると捉えることができる。したがって、以下に説明する繰り返しパターンは、同色のカラーフィルタ102における隣接画素として考えても良い。

【0033】

図3に示すように、開口マスク103の開口部104は、それぞれの画素に対して相対的にシフトして設けられている。そして、隣接する画素同士においても、それぞれの開口部104は互いに変位した位置に設けられている。

10

【0034】

図の例においては、それぞれの画素に対する開口部104の位置として、互いに左右方向にシフトした6種類の開口マスク103が用意されている。そして、撮像素子100の全体は、紙面左側から右側へ徐々にシフトする開口マスク103をそれぞれ有する6つの視差画素を一組とする光電変換素子群が、二次元的かつ周期的に配列されている。つまり、撮像素子100は、一組の光電変換素子群を含む繰り返しパターン110が、周期的に敷き詰められて構成されていると言える。

【0035】

図4は、視差画素と被写体の関係を説明する概念図である。特に図4(a)は撮像素子100のうち撮影光軸21と直交する中心に配列されている繰り返しパターン110tの光電変換素子群を示し、図4(b)は周辺部分に配列されている繰り返しパターン110uの光電変換素子群を模式的に示している。図4(a)、(b)における被写体30は、撮影レンズ20に対して合焦位置に存在する。図4(c)は、図4(a)に対応して、撮影レンズ20に対して非合焦位置に存在する被写体31を捉えた場合の関係を模式的に示している。

20

【0036】

まず、撮影レンズ20が合焦状態に存在する被写体30を捉えている場合の、視差画素と被写体の関係を説明する。被写体光束は、撮影レンズ20の瞳を通過して撮像素子100へ導かれるが、被写体光束が通過する全体の断面領域に対して、6つの部分領域Pa~Pfが規定されている。そして、例えば繰り返しパターン110t、110uを構成する光電変換素子群の紙面左端の画素は、拡大図からもわかるように、部分領域Pfから射出された被写体光束のみが光電変換素子108へ到達するように、開口マスク103の開口部104fの位置が定められている。同様に、右端の画素に向かって、部分領域Peに対応して開口部104eの位置が、部分領域Pdに対応して開口部104dの位置が、部分領域Pcに対応して開口部104cの位置が、部分領域Pbに対応して開口部104bの位置が、部分領域Paに対応して開口部104aの位置がそれぞれ定められている。

30

【0037】

別言すれば、例えば部分領域Pfと左端画素の相対的な位置関係によって定義される、部分領域Pfから射出される被写体光束（部分光束）の主光線Rfの傾きにより、開口部104fの位置が定められていると言っても良い。そして、合焦位置に存在する被写体30からの被写体光束を、開口部104fを介して光電変換素子108が受光する場合、その被写体光束は、点線で図示するように、光電変換素子108上で結像する。同様に、右端の画素に向かって、主光線Reの傾きにより開口部104eの位置が、主光線Rdの傾きにより開口部104dの位置が、主光線Rcの傾きにより開口部104cの位置が、主光線Rbの傾きにより開口部104bの位置が、主光線Raの傾きにより開口部104aの位置がそれぞれ定められていると言える。

40

【0038】

図4(a)で示すように、合焦位置に存在する被写体30のうち、光軸21と交差する被写体30上の微小領域Otから放射される光束は、撮影レンズ20の瞳を通過して、繰

50

繰り返しパターン110tを構成する光電変換素子群の各画素に到達する。すなわち、繰り返しパターン110tを構成する光電変換素子群の各画素は、それぞれ6つの部分領域Pa~Pfを介して、一つの微小領域Otから放射される光束を受光している。微小領域Otは、繰り返しパターン110tを構成する光電変換素子群の各画素の位置ずれに対応する分だけの広がりを持つが、実質的には、ほぼ同一の物点と近似することができる。同様に、図4(b)で示すように、合焦位置に存在する被写体30のうち、光軸21から離間した被写体30上の微小領域Ouから放射される光束は、撮影レンズ20の瞳を通過して、繰り返しパターン110uを構成する光電変換素子群の各画素に到達する。すなわち、繰り返しパターン110uを構成する光電変換素子群の各画素は、それぞれ6つの部分領域Pa~Pfを介して、一つの微小領域Ouから放射される光束を受光している。微小領域Ouも、微小領域Otと同様に、繰り返しパターン110uを構成する光電変換素子群の各画素の位置ずれに対応する分だけの広がりを持つが、実質的には、ほぼ同一の物点と近似することができる。

10

【0039】

つまり、被写体30が合焦位置に存在する限りは、撮像素子100上における繰り返しパターン110の位置に応じて、光電変換素子群が捉える微小領域が異なり、かつ、光電変換素子群を構成する各画素は互いに異なる部分領域を介して同一の微小領域を捉えている。そして、それぞれの繰り返しパターン110において、対応する画素同士は同じ部分領域からの被写体光束を受光している。つまり、図においては、例えば繰り返しパターン110t、110uのそれぞれの左端の画素は、同じ部分領域Pfからの被写体光束を受光している。

20

【0040】

撮影光軸21と直交する中心に配列されている繰り返しパターン110tにおいて左端画素が部分領域Pfからの被写体光束を受光する開口部104fの位置と、周辺部分に配列されている繰り返しパターン110uにおいて左端画素が部分領域Pfからの被写体光束を受光する開口部104fの位置は厳密には異なる。しかしながら、機能的な観点からは、部分領域Pfからの被写体光束を受光するための開口マスクという点で、これらを同一種類の開口マスクとして扱うことができる。したがって、図4の例では、撮像素子100上に配列される視差画素のそれぞれは、6種類の開口マスクの一つを備えると言える。

30

【0041】

次に、撮影レンズ20が非合焦状態に存在する被写体31を捉えている場合の、視差画素と被写体の関係を説明する。この場合も、非合焦位置に存在する被写体31からの被写体光束は、撮影レンズ20の瞳の6つの部分領域Pa~Pfを通過して、撮像素子100へ到達する。ただし、非合焦位置に存在する被写体31からの被写体光束は、光電変換素子108上ではなく他の位置で結像する。例えば、図4(c)に示すように、被写体31が被写体30よりも撮像素子100に対して遠い位置に存在すると、被写体光束は、光電変換素子108よりも被写体31側で結像する。逆に、被写体31が被写体30よりも撮像素子100に対して近い位置に存在すると、被写体光束は、光電変換素子108よりも被写体31とは反対側で結像する。

40

【0042】

したがって、非合焦位置に存在する被写体31のうち、微小領域Ot'から放射される被写体光束は、6つの部分領域Pa~Pfのいずれを通過するかにより、異なる組の繰り返しパターン110における対応画素に到達する。例えば、部分領域Pdを通過した被写体光束は、図4(c)の拡大図に示すように、主光線Rd'として、繰り返しパターン110t'に含まれる、開口部104dを有する光電変換素子108へ入射する。そして、微小領域Ot'から放射された被写体光束であっても、他の部分領域を通過した被写体光束は、繰り返しパターン110t'に含まれる光電変換素子108へは入射せず、他の繰り返しパターンにおける対応する開口部を有する光電変換素子108へ入射する。換言すると、繰り返しパターン110t'を構成する各光電変換素子108へ到達する被写体光束は、被写体31の互いに異なる微小領域から放射された被写体光束である。すなわち、

50

開口部 104d に対応する 108へは主光線を Rd' とする被写体光束が入射し、他の開口部に対応する光電変換素子 108へは主光線を Ra^+ 、 Rb^+ 、 Rc^+ 、 Re^+ 、 Rf^+ とする被写体光束が入射するが、これらの被写体光束は、被写体 31 の互いに異なる微小領域から放射された被写体光束である。このような関係は、図 4 (b) における周辺部分に配列されている繰り返しパターン 110u においても同様である。

【0043】

すると、撮像素子 100 の全体で見た場合、例えば、開口部 104a に対応する光電変換素子 108 で捉えた被写体像 A と、開口部 104d に対応する光電変換素子 108 で捉えた被写体像 D は、合焦位置に存在する被写体に対する像であれば互いにずれが無く、非合焦位置に存在する被写体に対する像であればずれが生じることになる。そして、そのずれは、非合焦位置に存在する被写体が合焦位置に対してどちら側にどれだけずれているかにより、また、部分領域 Pa と部分領域 Pd の距離により、方向と量が定まる。つまり、被写体像 A と被写体像 D は、互いに視差像となる。この関係は、他の開口部に対しても同様であるので、開口部 104a から 104f に対応して、6 つの視差像が形成されることになる。

10

【0044】

したがって、このように構成されたそれぞれの繰り返しパターン 110 において、互いに対応する画素の出力を寄せ集めると、視差画像が得られる。つまり、6 つの部分領域 Pa ~ Pf うちの特定の部分領域から射出された被写体光束を受光した画素の出力は、視差画像を形成する。

20

【0045】

図 5 は、視差画像を生成する処理を説明する概念図である。図は、左列から順に、開口部 104f に対応する視差画素の出力を集めて生成される視差画像データ Im_f の生成の様子、開口部 104e の出力による視差画像データ Im_e の生成の様子、開口部 104d の出力による視差画像データ Im_d の生成の様子、開口部 104c の出力による視差画像データ Im_c の生成の様子、開口部 104b の出力による視差画像データ Im_b の生成の様子、開口部 104a の出力による視差画像データ Im_a の生成の様子を表す。まず開口部 104f の出力による視差画像データ Im_f の生成の様子について説明する。

【0046】

6 つの視差画素を一組とする光電変換素子群から成る繰り返しパターン 110 は、横一列に配列されている。したがって、開口部 104f を有する視差画素は、視差なし画素を除いた仮想的な撮像素子 100 上において、左右方向に 6 画素おき、かつ、上下方向に連続して存在する。これら各画素は、上述のようにそれぞれ異なる微小領域からの被写体光束を受光している。したがって、これらの視差画素の出力を寄せ集めて配列すると、視差画像が得られる。

30

【0047】

しかし、本実施形態における撮像素子 100 の各画素は正画素であるので、単に寄せ集めただけでは、横方向の画素数が $1/6$ に間引かれた結果となり、縦長の画像データが生成されてしまう。そこで、補間処理を施して横方向に 6 倍の画素数とすることにより、本来のアスペクト比の画像として視差画像データ Im_f を生成する。ただし、そもそも補間処理前の視差画像データが横方向に $1/6$ に間引かれた画像であるので、横方向の解像度は、縦方向の解像度よりも低下している。つまり、生成される視差画像データの数と、解像度の向上は相反関係にあると言える。なお、本実施形態に適用する具体的な補間処理については後述する。

40

【0048】

同様にして、視差画像データ Im_e ~ 視差画像データ Im_a が得られる。すなわち、デジタルカメラ 10 は、横方向に視差を有する 6 視点の視差画像を生成することができる。

【0049】

50

次に、カラーフィルタ102と視差画像について説明する。図6は、ベイヤー配列を説明する図である。図示するように、ベイヤー配列は、緑フィルタが左上と右下の2画素に、赤フィルタが左下の1画素に、青フィルタが右上の1画素に割り当てられる配列である。ここでは、緑フィルタが割り当てられた左上の画素をG b画素と、同じく緑色フィルタが割り当てられた右下の画素をG r画素とする。また、赤色フィルタが割り当てられた画素をR画素と、青色が割り当てられた画素をB画素とする。そして、G b画素およびB画素が並ぶ横方向をG b行とし、R画素およびG r画素が並ぶ横方向をG r行とする。また、G b画素およびR画素が並ぶ縦方向をG b列とし、B画素およびG r画素が並ぶ縦方向をG r列とする。

【0050】

10

このようなカラーフィルタ102の配列に対して、視差画素と視差なし画素を、何色の画素にどのような周期で割り振っていくかにより、膨大な数の繰り返しパターン110が設定され得る。視差なし画素の出力を集めれば、通常の撮影画像と同じく視差のない撮影画像データを生成することができる。したがって、相対的に視差なし画素の割合を増やせば、解像度の高い2D画像を出力させることができる。この場合、視差画素は相対的に少ない割合となるので、複数の視差画像からなる3D画像としては画質が低下する。逆に、視差画素の割合を増やせば、3D画像としては画質が向上するが、視差なし画素は相対的に減少するので、解像度の低い2D画像が出力される。

【0051】

20

このようなトレードオフの関係において、何れの画素を視差画素とするか、あるいは視差なし画素とするかにより、様々な特徴を有する繰り返しパターン110が設定される。図7は、ベイヤー配列に対する視差画素の割り振りについて、視差画素の種類が2つである場合のバリエーションを説明する図である。この場合の視差画素は、開口部104が中心よりも左側に偏心した視差L t画素と、同じく右側に偏心した視差R t画素を想定している。つまり、このような視差画素から出力される2視点の視差画像は、いわゆる立体視を実現する。

【0052】

それぞれの繰り返しパターンに対する特徴の説明は図に示す通りである。例えば、視差なし画素が多く割り振られていれば高解像度の2D画像データとなり、RGBのいずれの画素に対しても均等に割り振られていれば、色ずれの少ない高画質の2D画像データとなる。一方、視差画素が多く割り振られていれば高解像度の3D画像データとなり、RGBのいずれの画素に対しても均等に割り振られていれば、3D画像でありながら、色再現性の良い高品質のカラー画像データとなる。

30

【0053】

以下にいくつかのバリエーションについて説明する。図8は、バリエーションの一例を示す図である。図8のバリエーションは、図7における繰り返しパターン分類A-1に相当する。

【0054】

図の例においては、ベイヤー配列と同じ4画素を繰り返しパターン110とする。R画素とB画素は視差なし画素であり、G b画素を視差L t画素に、G r画素を視差R t画素に割り当てる。この場合、同一の繰り返しパターン110に含まれる視差L t画素と視差R t画素が、被写体が合焦位置に存在するときに、同じ微小領域から放射される光束を受光するように開口部104が定められる。

40

【0055】

図の例においては、視感度の高い緑画素であるG b画素およびG r画素を視差画素として用いるので、コントラストの高い視差画像を得ることが期待できる。また、同じ緑色画素であるG b画素およびG r画素を視差画素として用いるので、これら2つの出力から視差のない出力に変換演算がし易く、視差なし画素であるR画素およびB画素の出力と共に、高画質の2D画像データを生成できる。なお、変換演算については後述する。

【0056】

50

図9は、他のバリエーションの一例を示す図である。図9のバリエーションは、図7における繰り返しパターン分類B-1に相当する。

【0057】

図の例においては、ベイヤー配列の4画素が左右に2組続く8画素を繰り返しパターン110とする。8画素のうち、左側のGb画素に視差Lt画素を、右側のGb画素に視差Rt画素を割り当てる。このような配列においては、Gr画素を視差なし画素としたことにより、図8の例よりも、更に2D画像の高画質化が望める。

【0058】

図10は、更に他のバリエーションの一例を示す図である。図10のバリエーションは、図7における繰り返しパターン分類D-1に相当する。

【0059】

図の例においては、ベイヤー配列の4画素が左右に2組続く8画素を繰り返しパターン110とする。8画素のうち、左側のGb画素に視差Lt画素を、右側のGb画素に視差Rt画素を割り当てる。さらに、左側のR画素に視差Lt画素を、右側のR画素に視差Rt画素を割り当てる。さらに、左側のB画素に視差Lt画素を、右側のB画素に視差Rt画素を割り当てる。2つのGr画素には視差なし画素を割り当てる。

【0060】

2つのGb画素に割り当てられた視差Lt画素と視差Rt画素は、被写体が合焦位置に存在するときに、一つの微小領域から放射される光束を受光する。また、2つのR画素に割り当てられた視差Lt画素と視差Rt画素は、Gb画素のそれとは異なる一つの微小領域から放射される光束を受光し、2つのB画素に割り当てられた視差Lt画素と視差Rt画素は、Gb画素およびR画素のそれとは異なる一つの微小領域から放射される光束を受光する。したがって、図9の例に比較して、3D画像としての解像度が縦方向に3倍となる。しかも、RGBの3色の出力が得られるので、カラー画像としての3D画像として高品質である。

【0061】

なお、上述のように視差画素の種類を2つにすれば2視点の視差画像が得られるが、もちろん視差画素の種類は、出力したい視差画像数に合わせて様々な数を採用し得る。視点数が増えていっても、さまざまな繰り返しパターン110を形成することができる。したがって、仕様、目的等に応じた繰り返しパターン110を選択することができる。

【0062】

上述の例では、カラーフィルタ配列としてベイヤー配列を採用した場合について説明したが、もちろん他のカラーフィルタ配列であっても差し支えない。このとき、一組の光電変換素子群を構成する視差画素のそれぞれは、互いに異なる部分領域を向く開口部104を有する開口マスク103を備えると良い。

【0063】

したがって、撮像素子100は、入射光を電気信号に光電変換する、二次元的に配列された光電変換素子108と、光電変換素子108の少なくとも一部のそれぞれに一対一に対応して設けられた開口マスク103と、光電変換素子108の少なくとも一部のそれぞれに一対一に対応して設けられたカラーフィルタ102とを備え、隣接するn個(nは3以上の整数)の光電変換素子108のうち、少なくとも2つ(3つ以上であっても良い)に対応して設けられたそれぞれの開口マスク103の開口部104は、互いに異なる波長帯域を透過させる少なくとも3種類のカラーフィルタ102から構成されるカラーフィルタパターンの一パターン内に含まれると共に、入射光の断面領域内の互いに異なる部分領域からの光束をそれぞれ通過させるように位置づけられ、n個の光電変換素子108を一組とする光電変換素子群が周期的に配列されていれば良い。

【0064】

図11は、他のカラーフィルタ配列を説明する図である。図示するように、他のカラーフィルタ配列は、図6で示したベイヤー配列のGr画素を緑フィルタが割り当てられるG画素として維持する一方、Gb画素をカラーフィルタが割り当てられないW画素に変更し

10

20

30

40

50

た配列である。なお、W画素は、上述のように、可視光のおよそ全ての波長帯域を透過させるように、着色を施さない透明フィルタが配列されていても良い。

【0065】

このようなW画素を含むカラーフィルタ配列を採用すれば、撮像素子が出力するカラー情報の精度は若干低下するものの、W画素が受光する光量はカラーフィルタが設けられている場合に比較して多いので、精度の高い輝度情報を取得できる。W画素の出力を寄せ集めれば、モノクロ画像を形成することもできる。

【0066】

W画素を含むカラーフィルタ配列の場合、視差画素と視差なし画素の繰り返しパターン110は、さらなるバリエーションが存在する。例えば、比較的暗い環境下で撮影された画像であっても、カラー画素から出力された画像に比較してW画素から出力された画像であれば、被写体像のコントラストが高い。そこで、W画素に視差画素を割り振れば、複数の視差画像間で行うマッチング処理において、精度の高い演算結果が期待できる。したがって、2D画像の解像度および視差画像の画質への影響に加え、抽出される他の情報への利害得失も考慮して、視差画素と視差なし画素の繰り返しパターン110が設定される。

【0067】

図12は、図11の他のカラーフィルタ配列を採用する場合の、W画素と視差画素の配列の一例を示す図である。図12のバリエーションは、ベイヤー配列における図7の繰り返しパターン分類B-1に類似するので、ここではB'-1とする。図の例においては、他のカラーフィルタ配列の4画素が左右に2組続く8画素を繰り返しパターン110とする。8画素のうち、左側のW画素に視差Lt画素を、右側のW画素に視差Rt画素を割り当てる。このような配列において撮像素子100は、視差画像をモノクロ画像として出力し、2D画像をカラー画像として出力することができる。

【0068】

この場合、撮像素子100は、入射光を電気信号に光電変換する、二次元的に配列された光電変換素子108と、光電変換素子108の少なくとも一部のそれぞれに一对一に対応して設けられた開口マスク103と、光電変換素子108の少なくとも一部のそれぞれに一对一に対応して設けられたカラーフィルタ102とを有し、隣接するn個（nは4以上の整数）の光電変換素子108のうち、少なくとも2つに対応して設けられたそれぞれの開口マスク103の開口部104は、互いに異なる波長帯域を透過させる少なくとも3種類のカラーフィルタ102から構成されるカラーフィルターパターンの一パターン内には含まれず、かつ、入射光の断面領域内の互いに異なる部分領域からの光束をそれぞれ通過させるように位置づけられ、n個の光電変換素子108を一組とする光電変換素子群が周期的に配列されていれば良い。

【0069】

以上のように、撮像素子100を構成する各画素は、開口部104に着目した場合の視差画素と視差なし画素、およびカラーフィルタ102に着目した場合のR画素、G画素、B画素、W画素が、さまざまに組み合わせられて特徴付けられる。したがって、撮像素子100の出力をその画素配列に一致させてそのまま羅列しても、特定の像を表す画像データにはならない。すなわち、撮像素子100の画素出力を、同一に特徴付けられた画素グループごとに分離して寄せ集めてはじめて、その特徴に即した一つの像を表す画像データが形成される。例えば、既に図5を用いて説明したように、視差画素の出力をその開口部の種類ごとに寄せ集めると、互いに視差を有する複数の視差画像データが得られる。このように、同一に特徴付けられた画素グループごとに分離して寄せ集められたそれぞれの画像データを、プレーンデータと呼ぶ。

【0070】

画像処理部205は、撮像素子100の画素配列順にその出力値が羅列されたRAW元画像データを受け取り、複数のプレーンデータに分離するプレーン分離処理を実行する。図13は、図12を用いて説明したB'-1の繰り返しパターンを例として、プレーン分離処理を説明する図である。なお、図示するように、撮像素子100の画素配列に対して

10

20

30

40

50

、右向きに i 軸を定め、下向きに j 軸を定める。また、左端かつ上端の座標を $(1, 1)$ とし、右端かつ下端の座標を (i_0, j_0) とする。図においては、図 12 の例に則して画素の種類が理解されるように記載するが、実際のプレーンデータとしては各画素に対応した出力値が並ぶ。

【0071】

図 13 の上段に模式的に表すように、RAW 元画像データは、 $i = 1$ 行目において、 $(1, 1)$ から $(i_0, 1)$ へ向かって、視差 Lt 画素、視差なし B 画素、視差 Rt 画素、視差なし B 画素の順にそれぞれの出力値が繰り返し並んでいる。また、 $i = 2$ 行目において、 $(1, 2)$ から $(i_0, 2)$ へ向かって、視差なし R 画素、視差なし G 画素 (Gr 画素) の順にそれぞれの出力値が繰り返し並んでいる。RAW 元画像データは、このような行方向の出力値が、列方向にも交互に繰り返して並んでいる。

10

【0072】

画像処理部 205 は、視差 Lt 画素、視差 Rt 画素、視差なし R 画素、視差なし G 画素、および視差なし B 画素のそれぞれを同一に特徴付けられた画素グループとして、RAW 元画像データをそれぞれのプレーンデータに分離する。B' - 1 の繰り返しパターンにおいては、RGB のカラー画素は視差なし画素であり、視差画素は W 画素である。そこで、画像処理部 205 は、RAW 元画像データから、視差なし R 画素のみを分離して R_0 プレーンデータを生成し、視差なし G 画素のみを分離して G_0 プレーンデータを生成し、視差なし B 画素のみを分離して B_0 プレーンデータを生成して、これらを纏めてカラー画像データとして管理する。

20

【0073】

同様に、画像処理部 205 は、RAW 元画像データから、視差 Lt 画素のみを分離して Lt_0 プレーンデータを生成し、視差 Rt 画素のみを分離して Rt_0 プレーンデータを生成して、これらを纏めて視差画像データとして管理する。ここで、視差画像データは、カラー情報を含まず、被写体像の輝度情報を表していると言えるので、輝度画像データとして扱うことができる。そこで、本実施形態においては、カラー画像データに属する各プレーンの出力値を画素値と呼び、輝度画像データに属する各プレーンの出力値を輝度値と呼ぶ。また、画像処理部 205 は、カラー画像データと視差画像データを、一つの RAW 元画像データから生成されたプレーンデータ群として、RAW 画像データセットとして管理する。

30

【0074】

この時点における各プレーンデータは、図示するように、RAW 元画像データにおいて出力値が存在する画素位置にのみ出力値が存在する。例えば、 R_0 プレーンデータにおいては、一つの繰り返しパターン 110 に対して出力値 (画素値) が存在するのは 2 画素分であり、他の 6 画素分は空格子として存在する。同様に、 Lt_0 プレーンデータにおいては、一つの繰り返しパターンに対して出力値 (輝度値) が存在するのは 1 画素分であり、他の 7 画素分は空格子として存在する。そこで、画像処理部 205 は、各プレーンデータの空格子を埋める補間処理を実行する。

【0075】

図 14 は、プレーンデータの補間処理を説明する図である。ここでは、空格子の存在する R_0 プレーンデータに補間処理を施して、空格子の存在しない R_n プレーンデータを生成する様子を示す。

40

【0076】

画像処理部 205 は、補間処理として、空格子に近接する画素の画素値を用いて、当該空格子の画素値を生成する。例えば、対象となる空格子と隣接する画素に画素値があれば、これらの平均値を当該空格子の画素値とする。また、隣接しない画素を用いる場合は、当該空格子からの距離に応じた重み付けを与えて平均化処理する。

【0077】

このように補間処理を施すと、それぞれのプレーンデータから空格子を無くすことができる。図 15 は、補間処理を施した後の RAW 画像データセットのデータ構造を説明する

50

図である。

【0078】

図示するように、RAW画像データセットを構成するカラー画像データは、空格子の存在しないR nプレーンデータ、G nプレーンデータ、およびB nプレーンデータを含む。これらの画像データはそれぞれ、被写体像に対して赤色成分のみを抽出した画像データ、緑色成分のみを抽出した画像データ、青色成分のみを抽出した画像データに相当する。

【0079】

同様に、RAW画像データセットを構成する視差画像データ（輝度画像データ）は、空格子の存在しないL tプレーンデータおよびR tプレーンデータを含む。これらの画像データはそれぞれ、被写体像に対して左側視点の輝度成分のみを抽出した画像データ、右側視点の輝度成分のみを抽出した画像データに相当する。

10

【0080】

本実施形態においては、画像処理部205は、これら5つのプレーンデータを用いて、左側視点のカラー画像データおよび右側視点のカラー画像データを生成する。特に、立体調整パラメータを導入することにより、ぼけ量を維持したまま視差量を任意に調整したカラー画像データを生成する。具体的な処理に先立って、まず生成原理について説明する。

【0081】

図16は、デフォーカスの概念を説明する図である。図16(a)で示すように、被写体である物点が焦点位置に存在する場合、レンズ瞳を通して撮像素子受光面に到達する被写体光束は、対応する像点の画素を中心として急峻な光強度分布を示す。すなわち、レンズ瞳を通過する有効光束の全体を受光する視差なし画素が像点近傍に配列されていれば、像点に対応する画素の出力値が最も大きく、周辺に配列された画素の出力値は急激に低下する。

20

【0082】

一方、図16(b)に示すように、物点が焦点位置からずれると、被写体光束は、物点が焦点位置に存在する場合に比べて、撮像素子受光面においてなだらかな光強度分布を示す。すなわち、対応する像点の画素における出力値が低下する上に、より周辺画素まで出力値を有する分布を示す。

【0083】

また、図16(c)に示すように、さらに物点が焦点位置からずれると、被写体光束は、撮像素子受光面においてよりなだらかな光強度分布を示す。すなわち、対応する像点の画素における出力値がさらに低下する上に、より周辺画素まで出力値を有する分布を示す。

30

【0084】

次に、視差L t画素および視差R t画素が受光する場合のデフォーカスの概念を説明する。図17は、視差画素デフォーカスの概念を説明する図である。視差L t画素および視差R t画素は、レンズ瞳の部分領域としてそれぞれ光軸対象に設定された2つの視差仮想瞳のいずれかから到達する被写体光束を受光する。

【0085】

図17(a)で示すように、被写体である物点が焦点位置に存在する場合、いずれの視差仮想瞳を通った被写体光束であっても、対応する像点の画素を中心として急峻な光強度分布を示す。像点付近に視差L t画素が配列されていれば、像点に対応する画素の出力値が最も大きく、周辺に配列された画素の出力値が急激に低下する。また、像点付近に視差R t画素が配列されていても、像点に対応する画素の出力値が最も大きく、周辺に配列された画素の出力値が急激に低下する。すなわち、被写体光束がいずれの視差仮想瞳を通過しても、像点に対応する画素の出力値が最も大きく、周辺に配列された画素の出力値が急激に低下する分布を示し、それぞれの分布は互いに一致する。

40

【0086】

一方、図17(b)に示すように、物点が焦点位置からずれると、物点が焦点位置に存在した場合に比べて、視差L t画素が示す光強度分布のピークは、像点に対応する画素か

50

ら一方向に離れた位置に現れ、かつその出力値は低下する。また、出力値を有する画素の幅も広がる。視差 R t 画素が示す光強度分布のピークは、像点に対応する画素から、視差 L t 画素における一方向とは逆向きかつ等距離に離れた位置に現れ、同様にその出力値は低下する。また、同様に出力値を有する画素の幅も広がる。すなわち、物点が焦点位置に存在した場合に比べてなだらかとなった同一の光強度分布が、互いに等距離に離間して現れる。また、図 17 (c) に示すように、さらに物点が焦点位置からずれると、図 17 (b) の状態に比べて、さらになだらかとなった同一の光強度分布が、より離間して現れる。つまり、物点が焦点位置から大きくずれる程、ぼけ量と視差量が増すと言える。別言すれば、デフォーカスに応じて、ぼけ量と視差量は連動して変化する。すなわち、ぼけ量と視差量は、一対一に対応する関係を有する。

10

【 0 0 8 7 】

図 16 で説明した光強度分布の変化と、図 17 で説明した光強度分布の変化をそれぞれグラフ化すると、図 18 のように表される。図において、横軸は画素位置を表し、中心位置が像点に対応する画素位置である。縦軸は各画素の出力値を表し、この出力値は実質的に光強度に比例するので、図においては光強度として示す。

【 0 0 8 8 】

図 18 (a) は、図 16 で説明した光強度分布の変化を表すグラフである。分布曲線 1801 は、図 16 (a) に対応する光強度分布を表し、最も急峻な様子を示す。分布曲線 1802 は、図 16 (b) に対応する光強度分布を表し、また、分布曲線 1803 は、図 16 (c) に対応する光強度分布を表す。分布曲線 1801 に比較して、徐々にピーク値

20

【 0 0 8 9 】

図 18 (b) は、図 17 で説明した光強度分布の変化を表すグラフである。分布曲線 1804 と分布曲線 1805 は、それぞれ図 17 (b) の視差 L t 画素の光強度分布と視差 R t 画素の光強度分布を表す。図からわかるように、これらの分布は中心位置に対して線対称の形状を成す。また、これらを足し合わせた合成分布曲線 1806 は、図 17 (b) に対して同等のデフォーカス状態である図 16 (b) の分布曲線 1802 と相似形状を示す。

【 0 0 9 0 】

分布曲線 1807 と分布曲線 1808 は、それぞれ図 17 (c) の視差 L t 画素の光強度分布と視差 R t 画素の光強度分布を表す。図からわかるように、これらの分布も中心位置に対して線対称の形状を成す。また、これらを足し合わせた合成分布曲線 1809 は、図 17 (c) に対して同等のデフォーカス状態である図 16 (c) の分布曲線 1803 と相似形状を示す。

30

【 0 0 9 1 】

本実施形態においては、実際に撮像素子 100 の出力値として取得され、空格子が補間処理された、このような光強度分布を示す視差 L t 画素の輝度値と視差 R t 画素の輝度値とを用いて、仮想的な光強度分布をつくり出す。このとき、光強度分布の広がりによって表現されるぼけ量はおよそ維持しつつ、ピーク間の間隔として表現される視差量を調整する。つまり、本実施形態において画像処理部 205 は、像としてのぼけ量はほぼそのままとしつつも、視差無し画素から生成される 2D 画像と視差画素から生成される 3D 画像との間に調整された視差量を有する画像を生成する。図 19 は、調整視差量の概念を説明するための光強度分布を示す図である。

40

【 0 0 9 2 】

図において実線で示す L t 分布曲線 1901 と R t 分布曲線 1902 は、L t プレーンデータと R t プレーンデータの実際の輝度値をプロットした分布曲線である。例えば、図 18 における分布曲線 1804、1805 に相当する。そして、L t 分布曲線 1901 と R t 分布曲線 1902 のそれぞれのピーク間距離は 3D 視差量を表し、この距離が大きいほど、画像再生時の立体感が強くなる。

【 0 0 9 3 】

50

L t分布曲線1901とR t分布曲線1902とをそれぞれ5割として足し合わせた2D分布曲線1903は、左右に偏りのない凸形状となる。2D分布曲線1903は、図18における合成分布曲線1806の高さを1/2にした形状に相当する。すなわち、2D分布曲線1903は、視差無し画素の輝度値をプロットした分布曲線に相似する形状を示す。すなわち、この輝度分布に基づく画像は、視差量0の2D画像となる。

【0094】

調整L t分布曲線1905は、L t分布曲線1901の8割と、R t分布曲線1902の2割を足し合わせた曲線である。調整L t分布曲線1905のピークは、R t分布曲線1902の成分が加えられる分だけ、L t分布曲線1901のピークよりも中心寄りに変位する。同様に、調整R t分布曲線1906は、L t分布曲線1901の2割と、R t分布曲線1902の8割を足し合わせた曲線である。調整R t分布曲線1906のピークは、L t分布曲線1901の成分が加えられる分だけ、R t分布曲線1902のピークよりも中心寄りに変位する。

10

【0095】

したがって、調整L t分布曲線1905と調整R t分布曲線1906のそれぞれのピーク間距離で表される調整視差量は、3D視差量よりも小さくなる。したがって、画像再生時の立体感は、緩和される。一方で、調整L t分布曲線1905と調整R t分布曲線1906のそれぞれの分布の広がり、2D分布曲線1903の広がりと同様なので、ぼけ量は2D画像のそれと等しいと言える。

【0096】

すなわち、L t分布曲線1901とR t分布曲線1902をそれぞれどれくらいの割合で加算するかにより、調整視差量を制御することができる。そして、この調整された輝度分布を、視差なし画素から生成されたカラー画像データの各プレーンに適用することにより、視差画素から生成された視差画像データとは異なる立体感を与える左側視点のカラー画像データと右側視点のカラー画像データとを生成することができる。

20

【0097】

本実施形態においては、RAW画像データセットを構成する5つのプレーンデータから、左側視点のカラー画像データと右側視点のカラー画像データを生成する。左側視点のカラー画像データは、左側視点に対応する赤色プレーンデータである RLt_c プレーンデータ、緑色プレーンデータである GLt_c プレーンデータ、および青色プレーンデータである BLt_c プレーンデータの3つのカラー視差プレーンデータによって構成される。同様に、右側視点のカラー画像データは、右側視点に対応する赤色プレーンデータである RRt_c プレーンデータ、緑色プレーンデータである GRt_c プレーンデータ、および青色プレーンデータである BRt_c プレーンデータの3つのカラー視差プレーンデータによって構成される。

30

【0098】

図20は、カラー視差プレーンデータの生成処理を説明する図である。特に、カラー視差プレーンのうち赤色視差プレーンである、 RLt_c プレーンデータと RRt_c プレーンデータの生成処理について示す。

【0099】

赤色視差プレーンは、図15を用いて説明した R_n プレーンデータの画素値と、L tプレーンデータおよびR tプレーンデータの輝度値とを用いて生成する。具体的には、例えば RLt_c プレーンデータの対象画素位置 (i_m, j_n) の画素値 RLt_{mn} を算出する場合、まず、画像処理部205の画素値抽出部231は、 R_n プレーンデータの同一画素位置 (i_m, j_n) から画素値 R_{nmn} を抽出する。次に、画像処理部205の輝度値抽出部232は、L tプレーンデータの同一画素位置 (i_m, j_n) から輝度値 Lt_{mn} を、R tプレーンデータの同一画素位置 (i_m, j_n) から輝度値 Rt_{mn} を抽出する。そして、画像処理部205の算出部233は、画素値 R_{nmn} に、輝度値 Lt_{mn} と Rt_{mn} を立体調整パラメータCで分配した値を乗じて、画素値 RLt_{mn} を算出する。具体的には、以下の式(1)により算出する。ただし、立体調整パラメータCは、 $0.5 < C <$

40

50

1 の範囲で予め設定される。

$$R L t_{m n} = 2 R n_{m n} \times \{ C \cdot L t_{m n} + (1 - C) \cdot R t_{m n} \} / (L t_{m n} + R t_{m n}) \dots (1)$$

【0100】

同様に、 $R R t_c$ プレーンデータの対象画素位置 (i_m, j_n) の画素値 $R R t_{m n}$ を算出する場合も、算出部 233 は、画素値抽出部 231 が抽出した画素値 $R n_{m n}$ に、輝度値抽出部 232 が抽出した輝度値 $L t_{m n}$ と輝度値 $R t_{m n}$ を立体調整パラメータ C で分配した値を乗じて算出する。具体的には、以下の式 (2) により算出する。

$$R R t_{m n} = 2 R n_{m n} \times \{ C \cdot R t_{m n} + (1 - C) \cdot L t_{m n} \} / (L t_{m n} + R t_{m n}) \dots (2)$$

【0101】

画像処理部 205 は、このような処理を、左端かつ上端の画素である $(1, 1)$ から右端かつ下端の座標である (i_0, j_0) まで順次実行する。

【0102】

そして、赤色視差プレーンである $R L t_c$ プレーンデータと $R R t_c$ プレーンデータの生成処理が完了したら、次に緑色視差プレーンである $G L t_c$ プレーンデータと $G R t_c$ プレーンデータの生成処理を実行する。具体的には、上述の説明において $R n$ プレーンデータの同一画素位置 (i_m, j_n) から画素値 $R n_{m n}$ を抽出する代わりに、 $G n$ プレーンデータの同一画素位置 (i_m, j_n) から画素値 $G n_{m n}$ を抽出して、同様に処理する。さらに、緑色視差プレーンである $G L t_c$ プレーンデータと $G R t_c$ プレーンデータの生成処理が完了したら、次に青色視差プレーンである $B L t_c$ プレーンデータと $B R t_c$ プレーンデータの生成処理を実行する。具体的には、上述の説明において $R n$ プレーンデータの同一画素位置 (i_m, j_n) から画素値 $R n_{m n}$ を抽出する代わりに、 $B n$ プレーンデータの同一画素位置 (i_m, j_n) から画素値 $B n_{m n}$ を抽出して、同様に処理する。

【0103】

以上の処理により、左側視点のカラー画像データ ($R L t_c$ プレーンデータ、 $G L t_c$ プレーンデータ、 $B L t_c$ プレーンデータ) および右側視点のカラー画像データ ($R R t_c$ プレーンデータ、 $G R t_c$ プレーンデータ、 $B R t_c$ プレーンデータ) が生成される。すなわち、実際には撮像素子 100 の画素として存在しない仮想的な出力として、左側視点および右側視点のカラー画像データを、比較的簡易な処理により取得することができる。

【0104】

しかも、立体調整パラメータ C を $0.5 < C < 1$ の範囲で変更できるので、視差無し画素による 2D カラー画像のぼけ量を維持したまま、視差量の大きさを調整することができる。したがって、これらの画像データを 3D 画像対応の再生装置で再生すれば、ユーザは、カラー画像として立体感が適度に調整された 3D 映像を鑑賞できる。特に、処理が簡易なので高速に画像データを生成することができ、動画像にも対応できる。

【0105】

上記において、実際の撮像素子 100 上に視差画素が RGB のいずれの画素に対しても均等に割り振られていれば、3D 画像でありながら色再現性の良い高品質のカラー画像データが得られる旨を説明したが、実際にはそのような画素を備えていなくても、以上の処理を施すことにより、これに準じた高品質の 3D カラー画像データを取得できると言える。また、実際の画素として視差画素を RGB 画素に対して割り振らなくても良いので、その分、他のプレーンデータを高品質化できる。

【0106】

次に、以上の処理を光強度分布とカラーの観点から説明する。図 21 は、RGB の光強度分布の変化を説明する図である。図 21 (a) は、焦点位置から一定量だけずれた位置に存在する物点からの被写体光束を受光した場合の、 W 画素である視差 $L t$ 画素の出力値と視差 $R t$ 画素の出力値を並べたグラフである。これらの出力値はカラー情報を含まない

10

20

30

40

50

輝度値である。また、上述の通り、画素の出力値は光強度に比例するので、グラフは光強度分布を表すとも言える。

【0107】

図21(b)は、図21(a)における物点からの被写体光束を受光した場合の、視差無し画素であるR画素、G画素、B画素の出力値を並べたグラフである。これらの出力値は、カラー情報を含む画素値である。また、このグラフも、各色の光強度分布を表すと言える。

【0108】

$C = 0.8$ として対応する画素ごとに上述の処理を施すと、図21(c)のグラフで表される光強度分布となる。図から分かるように、RGBそれぞれの画素値に応じた分布が

10

【0109】

次に、視差カラー画像データを生成するまでを、処理フローの観点から説明する。図22は、視差カラー画像データを生成するまでの処理フローである。フローは、撮影動作に連動して開始しても良いし、メモリカード220から対象画像データを読み出すことにより開始しても良い。

【0110】

画像処理部205は、ステップS101で、RAW元画像データを取得する。そして、ステップS102において、図13を用いて説明したように、RAW元画像データを、カラー画像データとしての R_0 プレーンデータ、 G_0 プレーンデータ、 B_0 プレーンデータ、視差画像データとしての Lt_0 プレーンデータ、 Rt_0 プレーンデータに分離する。画像処理部205は、ステップS103で、分離した各プレーンデータに存在する空格子を補間する補間処理を実行する。具体的には、図14を用いて説明したように、近接する画素の出力値を用いて平均化処理等により空格子の出力値を算出する。

20

【0111】

画像処理部205は、ステップS104で、各変数の初期化を行う。具体的には、まず、カラー変数 $Cset$ に1を代入する。カラー変数 $Cset$ は、1 = 赤、2 = 緑、3 = 青を表す。また、座標変数である i と j に1を代入する。さらに、視差変数 S に1を代入する。視差変数 S は、1 = 左、2 = 右を表す。

【0112】

画像処理部205の画素値抽出部231は、ステップS105において、 $Cset$ プレーンの対象画素位置 (i, j) から画素値を抽出する。例えば $Cset = 1$ で、対象画素位置が $(1, 1)$ である場合、抽出する画素値は、 $Rn_{1,1}$ である。さらに、画像処理部205の輝度値抽出部232は、ステップS106において、 Lt プレーンデータ、 Rt プレーンデータの対象画素位置 (i, j) から輝度値を抽出する。例えば対象画素位置が $(1, 1)$ である場合、抽出する輝度値は、 $Lt_{1,1}$ と $Rt_{1,1}$ である。

30

【0113】

画像処理部205の算出部233は、ステップS107において、視差変数 S に対応する対象画素位置 (i, j) の画素値を算出する。例えば $Cset = 1$ 、 $S = 1$ で、対象画素位置が $(1, 1)$ である場合、 $RLt_{1,1}$ を算出する。具体的には、例えば、上述の式(1)により算出する。なお、立体調整パラメータ C は、予め $0.5 < C < 1$ の範囲で設定されている。具体的には、例えば、制御部201が、操作部208によりユーザの指示を受け付けて設定する。

40

【0114】

画像処理部205は、ステップS108で、視差変数 S をインクリメントする。そして、ステップS109で、視差変数 S が2を超えたか否かを判断する。超えていなければステップS107へ戻る。超えていればステップS110へ進む。

【0115】

画像処理部205は、ステップS110で、視差変数 S に1を代入すると共に、座標変数 i をインクリメントする。そして、ステップS111で、座標変数 i が i_0 を超えたか

50

否かを判断する。超えていなければステップ S 1 0 5 へ戻る。超えていればステップ S 1 1 2 へ進む。

【 0 1 1 6 】

画像処理部 2 0 5 は、ステップ S 1 1 2 で、座標変数 i に 1 を代入すると共に、座標変数 j をインクリメントする。そして、ステップ S 1 1 3 で、座標変数 j が j_0 を超えたか否かを判断する。超えていなければステップ S 1 0 5 へ戻る。超えていればステップ S 1 1 4 へ進む。

【 0 1 1 7 】

ステップ S 1 1 4 まで進むと、C s e t に対する左右それぞれの全画素の画素値が揃うので、画像処理部 2 0 5 は、これらの画素値を並べて、プレーン画像データを生成する。例えば C s e t = 1 である場合、R L t_c プレーンデータと R R t_c プレーンデータを生成する。

10

【 0 1 1 8 】

ステップ S 1 1 5 へ進み、画像処理部 2 0 5 は、座標変数 j に 1 を代入すると共に、カラー変数 C s e t をインクリメントする。そして、ステップ S 1 1 6 で、カラー変数 C s e t が 3 を超えたか否かを判断する。超えていなければステップ S 1 0 5 へ戻る。超えていれば、左側視点のカラー画像データ (R L t_c プレーンデータ、G L t_c プレーンデータ、B L t_c プレーンデータ) および右側視点のカラー画像データ (R R t_c プレーンデータ、G R t_c プレーンデータ、B R t_c プレーンデータ) の全てが揃ったとして、一連の処理を終了する。

20

【 0 1 1 9 】

次に、開口部 1 0 4 の好ましい開口形状について説明する。図 2 3 は、好ましい開口形状を説明する図である。

【 0 1 2 0 】

視差 L t 画素の開口部 1 0 4 l、および視差 R t 画素の開口部 1 0 4 r は、それぞれ対応する光電変換素子 1 0 8 に対して中心を含んで互いに反対方向に偏位していることが好ましい。具体的には、開口部 1 0 4 l および 1 0 4 r のそれぞれが、光電変換素子 1 0 8 の中心 (画素中心) を通る仮想的な中心線 3 2 2 と接する形状であるか、あるいは、中心線 3 2 2 を跨ぐ形状であることが好ましい。

【 0 1 2 1 】

特に、図示するように、開口部 1 0 4 l の形状と開口部 1 0 4 r の形状は、視差なし画素の開口部 1 0 4 n の形状を中心線 3 2 2 で分割したそれぞれの形状と同一であることが好ましい。別言すれば、開口部 1 0 4 n の形状は、開口部 1 0 4 l の形状と開口部 1 0 4 r の形状を隣接させた形状に等しいことが好ましい。

30

【 0 1 2 2 】

次に、図 1 9 から図 2 1 で説明した概念、処理とは異なる概念、処理について説明する。図 2 4 は、他の調整視差量の概念を説明するための光強度分布を示す図である。

【 0 1 2 3 】

図 2 4 (a) において L t 分布曲線 1 9 0 1 と R t 分布曲線 1 9 0 2 は、L t プレーンデータと R t プレーンデータの実際の輝度値をプロットした分布曲線である。具体的には、視差方向のある画素配列に着目し、その視差方向における画素位置に対応させて輝度値をプロットした曲線である。これらの曲線は、例えば、図 1 8 における分布曲線 1 8 0 4、1 8 0 5 に相当する。そして、L t 分布曲線 1 9 0 1 と R t 分布曲線 1 9 0 2 のそれぞれのピーク間距離は 3 D 視差量を表し、この距離が大きいほど、画像再生時の立体感が強くなる。

40

【 0 1 2 4 】

この L t 分布曲線 1 9 0 1 と R t 分布曲線 1 9 0 2 に対し、それぞれの画素位置において以下の 2 式を用いて算出した値をそれぞれプロットした、2 つの変調曲線を生成する。

L t 変調曲線... $(1/2 - C)(L t - R t)$

R t 変調曲線... $(1/2 - C)(R t - L t)$

50

ただし、 C は立体調整パラメータであり、通常は $0 < C < 0.5$ の実数が採用される。

【0125】

図24(b)は、立体調整パラメータ C の値を変化させたときの様子を示す。左図は $C = 0.2$ の場合の分布であり、 L_t 変調曲線1913と R_t 変調曲線1914は、光強度に関して対称形状を成す。同様に中図は $C = 0.3$ の場合の分布であり、右図は $C = 0.4$ の場合を示す。

【0126】

図24(c)は、立体変調を施す対象となるカラー画像データのプレーンデータの画素値をプロットした分布曲線1915を示す。具体的には、視差方向のある画素配列に着目し、その視差方向における画素位置に対応させて画素値をプロットした曲線である。この分布曲線も、光強度分布を表すと言える。

10

【0127】

図24(d)は、調整 L_t 分布曲線1916と調整 R_t 分布曲線1917を示す。具体的には、調整 L_t 分布曲線1916は、分布曲線1915に L_t 変調曲線1913が加算されて生成される。また、調整 R_t 分布曲線1917は、分布曲線1915に R_t 変調曲線1914が加算されて生成される。左図は $C = 0.2$ 、中図は $C = 0.3$ 、右図は $C = 0.4$ の場合の分布を示す。調整 L_t 分布曲線1916と調整 R_t 分布曲線1917のそれぞれのピーク間距離は調整視差量を表す。

【0128】

例えば、 $C = 0.4$ の場合の L_t 変調曲線1913および R_t 変調曲線1914の変化量は、 $C = 0.2$ の場合のそれよりも小さい。このような関係から、 $C = 0.4$ の場合の調整視差量は、 $C = 0.2$ の場合のそれよりも小さくなる。しかも、立体調整パラメータ C が $0 < C < 0.5$ を満たす場合には、調整視差量は、3D視差量よりも小さくなる。したがって、画像再生時の立体感は、緩和される。一方で、調整 L_t 分布曲線1916と調整 R_t 分布曲線1917のそれぞれの分布の広がり、分布曲線1915の広がりとはほぼ同等なので、ぼけ量は2D画像のそれと等しいと言える。

20

【0129】

すなわち、 L_t 分布曲線1901と R_t 分布曲線1902の差をどれくらいの割合で相関させるかにより、調整視差量を制御することができる。このような演算を施すことにより、視差画素から生成された視差画像データとは異なる立体感を与える左側視点のカラー画像データと右側視点のカラー画像データとを生成することができる。

30

【0130】

なお、立体調整パラメータ C の値を $C < 0$ の範囲で変化させることにより、もとの3D視差量より強調した調整視差量を得たり、 $0.5 < C$ の範囲で変化させることにより、視差方向が逆転する逆視を実現したり、様々な映像効果を付与することもできる。

【0131】

本実施形態においては、RAW画像データセットを構成する5つのプレーンデータから、左側視点のカラー画像データと右側視点のカラー画像データを生成する。左側視点のカラー画像データは、左側視点に対応する赤色プレーンデータである RL_t_c プレーンデータ、緑色プレーンデータである GL_t_c プレーンデータ、および青色プレーンデータである BL_t_c プレーンデータの3つのカラー視差プレーンデータによって構成される。同様に、右側視点のカラー画像データは、右側視点に対応する赤色プレーンデータである RR_t_c プレーンデータ、緑色プレーンデータである GR_t_c プレーンデータ、および青色プレーンデータである BR_t_c プレーンデータの3つのカラー視差プレーンデータによって構成される。

40

【0132】

図25は、カラー視差プレーンデータの生成処理を説明する図である。特に、カラー視差プレーンのうち赤色視差プレーンである、 RL_t_c プレーンデータと RR_t_c プレーンデータの生成処理について示す。

【0133】

50

赤色視差プレーンは、図15を用いて説明したR_nプレーンデータの画素値と、L_tプレーンデータおよびR_tプレーンデータの輝度値とを用いて生成する。具体的には、例えばR_{Lt_c}プレーンデータの対象画素位置(i_m, j_n)の画素値R_{Lt_{m n}}を算出する場合、まず、画像処理部205の画素値抽出部231は、R_nプレーンデータの同一画素位置(i_m, j_n)から画素値R_{n_{m n}}を抽出する。次に、画像処理部205の輝度値抽出部232は、L_tプレーンデータの同一画素位置(i_m, j_n)から輝度値L_{t_{m n}}を、R_tプレーンデータの同一画素位置(i_m, j_n)から輝度値R_{t_{m n}}を抽出する。そして、画像処理部205の算出部233は、算出したい画素値R_{Lt_{m n}}と抽出した画素値R_{n_{m n}}との差が、抽出した輝度値L_{t_{m n}}とR_{t_{m n}}との差に立体調整パラメータCに関する項を乗じた値と相関を保つように、画素値R_{Lt_{m n}}を算出する。具体的には、

10

$$R_{Lt_{m n}} - R_{n_{m n}} = (1/2 - C)(L_{t_{m n}} - R_{t_{m n}}) \quad \dots (3)$$

【0134】

同様に、R_{Rt}プレーンデータの対象画素位置(i_m, j_n)の画素値R_{Rt_{m n}}を算出する場合も、算出部233は、算出したい画素値R_{Rt_{m n}}と抽出した画素値R_{n_{m n}}との差が、抽出した輝度値L_{t_{m n}}とR_{t_{m n}}との差に立体調整パラメータCに関する項を乗じた値と相関を保つように、画素値R_{Rt_{m n}}を算出する。具体的には、以下の式(4)により算出する。ただし、ここでの立体調整パラメータCは、式(3)のCと同値である。

20

$$R_{Rt_{m n}} - R_{n_{m n}} = (1/2 - C)(R_{t_{m n}} - L_{t_{m n}}) \quad \dots (4)$$

【0135】

画像処理部205は、このような処理を、左端かつ上端の画素である(1, 1)から右端かつ下端の座標である(i₀, j₀)まで順次実行する。なお、上記式(3)、式(4)の例では、立体調整パラメータCに関する項として(1/2 - C)を規定したが、算出したい画素値R_{Rt_{m n}}と抽出した画素値R_{n_{m n}}との差と、抽出した輝度値L_{t_{m n}}とR_{t_{m n}}との差の相関関係は、適宜変更することができる。視差画素の開口部の偏心率、大きさ、視差なし画素の開口部との相対的な関係等のパラメータを考慮して、比例係数を変更したり、補正項として定数を加算したりして、相関関係を適宜調整しても良い。なお、算出したい画素値が画素値R_{Rt_{m n}}、G_{Lt_{m n}}、G_{Rt_{m n}}、B_{Lt_{m n}}、B_{Rt_{m n}}であっても、上記の関係は同様である。

30

【0136】

赤色視差プレーンであるR_{Lt_c}プレーンデータとR_{Rt_c}プレーンデータの生成処理が完了したら、次に緑色視差プレーンであるG_{Lt_c}プレーンデータとG_{Rt_c}プレーンデータの生成処理を実行する。具体的には、上述の説明においてR_nプレーンデータの同一画素位置(i_m, j_n)から画素値R_{n_{m n}}を抽出する代わりに、G_nプレーンデータの同一画素位置(i_m, j_n)から画素値G_{n_{m n}}を抽出して、同様に処理する。さらに、緑色視差プレーンであるG_{Lt_c}プレーンデータとG_{Rt_c}プレーンデータの生成処理が完了したら、次に青色視差プレーンであるB_{Lt_c}プレーンデータとB_{Rt_c}プレーンデータの生成処理を実行する。具体的には、上述の説明においてR_nプレーンデータの同一画素位置(i_m, j_n)から画素値R_{n_{m n}}を抽出する代わりに、B_nプレーンデータの同一画素位置(i_m, j_n)から画素値B_{n_{m n}}を抽出して、同様に処理する。

40

【0137】

以上の処理により、左側視点のカラー画像データ(R_{Lt_c}プレーンデータ、G_{Lt_c}プレーンデータ、B_{Lt_c}プレーンデータ)および右側視点のカラー画像データ(R_{Rt_c}プレーンデータ、G_{Rt_c}プレーンデータ、B_{Rt_c}プレーンデータ)が生成される。すなわち、実際には撮像素子100の画素として存在しない仮想的な出力として、左側視点および右側視点のカラー画像データを、比較的簡易な処理により取得することができる

50

【0138】

しかも、立体調整パラメータCを変更できるので、視差無し画素による2Dカラー画像のぼけ量を維持したまま、視差量の大きさを調整することができる。したがって、これらの画像データを3D画像対応の再生装置で再生すれば、ユーザは、カラー画像として立体感が適度に調整された3D映像を鑑賞できる。特に、処理が簡易なので高速に画像データを生成することができ、動画像にも対応できる。なお、生成した左側視点のカラー画像データは、Ltプレーンデータ等の由来する左側視点の視差画像データに、生成した右側視点のカラー画像データは、Rtプレーンデータ等の由来する右側視点の視差画像データに関連付けて記録しても良い。このように、生成した画像データを由来する画像データと関連性を持たせて記録することにより、画像再生時の管理等を容易にできる。関連づけは、例えばそれぞれのヘッダ情報に関連画像データとしてファイル名を記述する。この場合、画像処理部205は、関連情報を付加する付加部としての役割を担う。

10

【0139】

上記において、実際の撮像素子100上に視差画素がRGBのいずれの画素に対しても均等に割り振られていれば、3D画像でありながら色再現性の良い高品質のカラー画像データが得られる旨を説明したが、実際にはそのような画素を備えていなくても、以上の処理を施すことにより、これに準じた高品質の3Dカラー画像データを取得できると言える。また、実際の画素として視差画素をRGB画素に対して割り振らなくても良いので、その分、他のプレーンデータを高品質化できる。

20

【0140】

次に、以上の処理を光強度分布の観点から説明する。図26は、光強度分布の変化を説明する図である。図26(a)は、焦点位置から一定量だけずれた位置に存在する物点からの被写体光束を受光した場合の、W画素である視差Lt画素の出力値と視差Rt画素の出力値を並べたグラフである。これらの出力値はカラー情報を含まない輝度値である。また、上述の通り、画素の出力値は光強度に比例するので、グラフは光強度分布を表すとも言える。

【0141】

図26(b)は、図26(a)における視差Lt画素の出力値から視差Rt画素の出力値を引いた値と、視差Rt画素の出力値から視差Lt画素の出力値を引いた値に、それぞれ $(1/2 - C)$ を乗じて並べたグラフである。図の例では立体調整パラメータCとして $C = 0.2$ を採用する。これらの曲線は、図24のLt変調曲線1913とRt変調曲線1914に相当する。

30

【0142】

図21(c)は、図20(a)における物点からの被写体光束を受光した場合の、視差無し画素であるR画素、G画素、B画素の出力値を並べたグラフである。これらの出力値は、カラー情報を含む画素値である。また、このグラフも、各色の光強度分布を表すと言える。

【0143】

対応する画素ごとに上述の処理を施すと、図25(d)のグラフで表される光強度分布となる。図から分かるように、あたかも、実際のRLt画素、RRt画素、GLt画素、GRt画素、BLt画素、BRt画素からの出力値を並べたかのような分布となる。なお、視差カラー画像データを生成するまでの処理フローは図22の処理と同様である。この場合、ステップS107において、立体調整パラメータCは、予め $0 < C < 0.5$ の範囲で設定されている。

40

【0144】

以上の説明においては、撮像素子100がB'-1の繰り返しパターンを採用する場合を例に説明した。すなわち、視差画素がW画素であって、色情報を含まない輝度画像データとしての視差画像データを利用して、左側視点のカラー画像データと右側視点のカラー画像データの6プレーンデータを生成する例を説明した。しかし、上述の通り、カラーフ

50

フィルタの配列に対して、視差画素と視差なし画素を、何色の画素にどのような周期で割り振っていくかにより、膨大な数の繰り返しパターンが設定され得る。特定色のカラーフィルタに視差画素が割り振られた撮像素子100の場合、上述の処理を多少変更して左側視点のカラー画像データと右側視点のカラー画像データの6プレーンデータを揃える。以下に具体的な手順について説明する。

【0145】

図27は、他の繰り返しパターンを採用する撮像素子100におけるプレーン分離処理を説明する図である。図の例では、撮像素子100は、上述のA-1の繰り返しパターンを採用する。A-1の繰り返しパターンは、ベイヤー配列におけるGb画素が視差Lt画素となり、Gr画素が視差Rt画素となっている。

10

【0146】

このような撮像素子100から出力されたRAW元画像データからは、カラー画像データとして、R₀プレーンデータとB₀プレーンデータは分離されるものの、G₀プレーンデータは分離され得ない。また、視差画像データとして分離されるLt₀プレーンデータとRt₀プレーンデータは、緑色の色情報を有している。別言すると、視差画像データは、被写体光束のうち緑色波長成分を捉えた輝度画像データであると言える。したがって、これらのプレーンデータの各出力値は、輝度値として扱うことができる。

【0147】

分離されたプレーンデータに上述の補間処理を施して、それぞれに存在する空格子を埋める。図28は、補間処理後のRAW画像データセットのデータ構造を説明する図である。

20

【0148】

Rnプレーンデータ、Bnプレーンデータ、LtプレーンデータおよびRtプレーンデータを生成する補間処理は上述の例と同様である。また、画像処理部205は、GLtプレーンデータとGRtプレーンデータの対応する画素ごとに平均値を算出してGnプレーンデータを生成する。

【0149】

Rnプレーンデータに対して視差画像データを用いてRLt_cプレーンデータとRRt_cプレーンデータを生成する処理、Gnプレーンデータに対して視差画像データを用いてGLt_cプレーンデータとGRt_cプレーンデータを生成する処理、およびBnプレーンデータに対して視差画像データを用いてBLt_cプレーンデータとBRt_cプレーンデータを生成する処理は、上述の例と同様である。

30

【0150】

以上の説明においては、被写体像のカラーを構成する原色として、赤色、緑色および青色の3つを用いた。しかし、翠色などを加えた4つ以上を原色としても良い。また、赤色、緑色および青色に代えて、イエロー、マゼンタ、シアンの組み合わせによる補色の3原色を採用することもできる。

【0151】

上述の式(1)と式(2)においては、立体調整パラメータCの範囲を、 $0.5 < C < 1$ とした。C=1とすれば、実際には撮像素子100の画素として存在しない、RGBいずれかのカラーフィルタを併せ持つ視差Lt画素および視差Rt画素の仮想的な出力として、左側視点および右側視点のカラー画像データを生成することができる。また、C=0.5とすれば、図28のGnプレーンデータを例のように、2Dカラー画像データを生成することができる。また、C=0とすれば、左右の輝度分布が逆転した視差画像データとなる。また、これら以外の値を採用すれば、逆視などさらに特殊な視差画像データを得ることができる。

40

【0152】

また、図22のフローにおける処理では、立体調整パラメータCの値として、一貫して同一値を適用した。しかし、例えば被写体像の特徴に併せて、領域ごとにCの値を変更しても良い。具体的には、対象画素位置(i, j)に応じてCを変更する。Cをどのように

50

変更するかは、分割された領域に対して事前にユーザから指示を受け付けることもできるし、顔認識技術等により領域ごとに適当な値を設定することもできる。Cの値を可変とすることにより、同一画像内でも領域ごとに立体感の異なる画像が得られる。

【0153】

上述においては、左側視点のカラー画像データおよび右側視点のカラー画像データをペアで生成した。つまり、式(1)を適用する場合に、立体調整パラメータCを $0.5 < C < 1$ の範囲で設定すれば、式(2)は、式(1)に対してCと $1 - C$ を入れ替えた関係となる。この場合、式(1)から生成されるカラー画像データは、左側視点のカラー画像データとして、例えばLtプレーンデータと関連付けて管理され、式(2)から生成されるカラー画像データは、右側視点のカラー画像データとして、例えばRtプレーンデータと

10

【0154】

また、上述の式(3)と式(4)においては、立体調整パラメータCの範囲を、 $0.5 < C < 1$ とした。しかし、上述の式(1)と式(2)において立体調整パラメータCの値を変更すれば多様な画像データを取得できたのと同様に、式(3)と式(4)の立体調整パラメータCも変更することにより、様々な画像データを取得することができる。

【0155】

また、上述の式(3)と式(4)を図22のフローに適用する場合も、立体調整パラメータCの値として、一貫して同一値を適用するばかりでなく、例えば被写体像の特徴に併せて、領域ごとにCの値を変更しても良い。

20

【0156】

上述においては、左側視点のカラー画像データおよび右側視点のカラー画像データをペアで生成した。つまり、式(3)を適用する場合に、立体調整パラメータCを $0.5 < C < 1$ の範囲で設定すれば、式(4)は、式(3)に対してCと $1 - C$ を入れ替えた関係となる。この場合、式(3)から生成されるカラー画像データは、左側視点のカラー画像データとして、例えばLtプレーンデータと関連付けて管理され、式(4)から生成されるカラー画像データは、右側視点のカラー画像データとして、例えばRtプレーンデータと関連付けて管理される。このとき、画像処理部205は、関連付けを実行する付加部の機能を担う。

30

【0157】

上述においては、例えば画像処理部205が含む画素値抽出部231、輝度値抽出部232および算出部233などは、デジタルカメラ10を構成する各構成要素の機能としてそれぞれの処理を説明した。また、制御部201および画像処理部205を動作させる制御プログラムは、デジタルカメラ10を構成する各ハードウェアを、上述の処理を実行させる構成要素として機能させ得る。また、カラー画像データを生成するこれらの処理は、デジタルカメラ10で行わなくても、外部のパーソナルコンピュータなどの機器で行っても良い。この場合、外部のパーソナルコンピュータなどの機器は画像処理装置として機能する。画像処理装置は、例えばRAW元画像データを取得してカラー画像データを生成する。画像処理装置は、RAW元画像データを取得した場合は、上述のプレーン分離処理、プレーンデータの補間処理も実行する。また、画像処理装置は、撮像装置側で補間処理が施されたプレーンデータを取得しても良い。

40

【0158】

次に、これまで説明した上述の実施例(実施例1)に対して別の実施例(実施例2)について説明する。実施例1では、左視点のカラー画像と右視点のカラー画像を生成するために通常画像 R_n, G_n, B_n の色面情報を、左視点の輝度画像Ltと右視点の輝度画像Rtの平均画像に対して、左視点のカラー画像を作る場合には、左視点の輝度画像と右視点の輝度画像の混合画像と相加平均画像との比が一定に保たれるようにして左視点の輝度画像に重きを置きながら左視点のカラー画像を生成する概念を示した。実施例2では、別の式を提示する。式(1)、式(2)で示した式は以下のような演算式に置き換える。

50

【 0 1 5 9 】

左視点のカラー画像の生成

$$RLt=Rnx(Lt^{(1-d)}*Rt^d) / (Lt*Rt)$$

$$GLt=Gnx(Lt^{(1-d)}*Rt^d) / (Lt*Rt)$$

$$BLt=Bnx(Lt^{(1-d)}*Rt^d) / (Lt*Rt)$$

右視点のカラー画像の生成

$$RRt=Rnx(Rt^{(1-d)}*Lt^d) / (Lt*Rt)$$

$$GRt=Gnx(Rt^{(1-d)}*Lt^d) / (Lt*Rt)$$

$$BRt=Bnx(Rt^{(1-d)}*Lt^d) / (Lt*Rt)$$

ただし、立体調整パラメータdは、0 d 0.5の範囲の値をとる。

10

【 0 1 6 0 】

上記式はd=0のとき、左視点の輝度画像Ltと右視点の輝度画像Rtの相乗平均に対して比を一定に保つようにして右視点の輝度画像や左視点の輝度画像になぞらえて左視点のカラー画像と右視点のカラー画像を生成している。d=0.5のとき視差なし画像と同じになる。

【 0 1 6 1 】

上記式を書き換えると、以下のような関係を満たしている。

【 0 1 6 2 】

左視点のカラー画像の生成

$$RLt/Rn=(Lt/Rt)^{(0.5-d)}$$

$$GLt/Gn=(Lt/Rt)^{(0.5-d)}$$

$$BLt/Bn=(Lt/Rt)^{(0.5-d)}$$

右視点のカラー画像の生成

$$RRt/Rn=(Rt/Lt)^{(0.5-d)}$$

$$GRt/Gn=(Rt/Lt)^{(0.5-d)}$$

$$BRt/Bn=(Rt/Lt)^{(0.5-d)}$$

20

【 0 1 6 3 】

すなわち、求める対象の左視点のカラー画像の画素値は、左視点のカラー画像の画素値と視差なし画像の画素値との間の比が、左視点の輝度画像の輝度値と右視点の輝度画像の輝度値との間の比に対して相関を持つように値を求めている。また、求める対象の右視点のカラー画像の画素値は、右視点のカラー画像の画素値と視差なし画像の画素値との間の比が、右視点の輝度画像の輝度値と左視点の輝度画像の輝度値との間の比に対して相関を持つように値を求めている。

30

【 0 1 6 4 】

次に、実施例3を示す。実施例2で示した式の対数をとると以下のような式で等価に表される。

【 0 1 6 5 】

左視点のカラー画像の生成

$$\log(RLt)=\log(Rn)+(1-d)*\log(Lt)+d*\log(Rt)-[\log(Lt)+\log(Rt)]/2$$

$$\log(GLt)=\log(Gn)+(1-d)*\log(Lt)+d*\log(Rt)-[\log(Lt)+\log(Rt)]/2$$

$$\log(BLt)=\log(Bn)+(1-d)*\log(Lt)+d*\log(Rt)-[\log(Lt)+\log(Rt)]/2$$

右視点のカラー画像の生成

$$\log(RRt)=\log(Rn)+(1-d)*\log(Rt)+d*\log(Lt)-[\log(Lt)+\log(Rt)]/2$$

$$\log(GRt)=\log(Gn)+(1-d)*\log(Rt)+d*\log(Lt)-[\log(Lt)+\log(Rt)]/2$$

$$\log(BRt)=\log(Bn)+(1-d)*\log(Rt)+d*\log(Lt)-[\log(Lt)+\log(Rt)]/2$$

40

【 0 1 6 6 】

すなわち、対数階調をもつ階調特性の画像処理空間に移行すれば、線形階調の画像処理空間で比を一定に保つ演算式は、対数階調空間では差を一定に保つ視差変調によって、左右の各視点のカラー画像を生成することができる。この考え方を一般化して、対数階調にとどまらず、平方根や立方根など冪乗で表される階調特性や、任意の階調特性をもつガンマ空間で、差を一定に保つ演算を行えば、同様に視差変調を加える効果を得ることができ

50

る。

【 0 1 6 7 】

フローチャート

- 1) 色・視差多重化モザイク画像データ入力
- 2) 階調変換によるガンマ空間への移行
- 3) 色、視差画像生成
- 4) 逆階調変換による元の色空間への移行
- 5) 出力色空間への変換

【 0 1 6 8 】

処理手順

- 1) 色・視差多重化モザイク画像データ入力

ベイア配列型のG画素を右視差と左視差に瞳分割した、色と視差の多重化された単板式モザイク画像を入力する。これをM[i, j]と表す。各画素値は露光量に比例した値をとる線形階調のデータである。

- 2) 階調変換によるガンマ空間への移行

モザイク画像に対して階調変換を施して、ガンマ空間に移行する。

$$M[i, j] \quad M [i, j]$$

【 0 1 6 9 】

実際には、入力画素値xに対して出力画素値yとなるように非線形変換 $y=f(x)$ を施す。非線形変換の特性の例として、以下のような種々の場合が考えられる。ただし、入力信号をx、出力信号をyとし、入力信号の階調と出力信号の階調が共に、[0,1]の範囲で定義されるものとする。入出力特性は $(x,y)=(0,0)$ と $(1,1)$ を通るように階調曲線(ガンマ曲線)を定義する。実際の入力階調Xの最大値を X_{max} 、出力階調Yの最大値を Y_{max} とすると、 $x=X/X_{max}$ 、 $y=Y/Y_{max}$ であり、階調変換は

$$Y = Y_{max} \cdot f\left(\frac{X}{X_{max}}\right)$$

によって行われる。

【 0 1 7 0 】

階調特性の例として以下のような場合が考えられる。

- a) 立方根階調特性

$$y = 1.16x^{1/3} - 0.16 \quad \text{if } x > 0.008856$$

$$y = 1.16 \times 7.781x \quad \text{otherwise}$$

- b) オフセット付き平方根階調特性

オフセット値 は、正の定数である。USP7,957,588参照。

- c) 対数特性

$$y = \frac{\log(kx + 1)}{\log(k + 1)}$$

係数kは正の定数である。

- d) 線形特性

$$y = x$$

【 0 1 7 1 】

- 3) 色、視差画像生成

ガンマ空間で実施例1と同様にして、視差なしカラー画像 R_n 、 G_n 、 B_n と左視点の輝度画像 L_t と右視点の輝度画像 R_t を生成する。その後、視差変調を以下の式によって加えて、左視点のカラー画像と右視点のカラー画像を生成する。なお、模式的にガンマ空

10

20

30

40

50

間での値を指数 によって表す。

【 0 1 7 2 】

左視点のカラー画像の生成

$$RLt = Rn + (1-d) * Lt + d * Rt - (Lt + Rt) / 2$$

$$GLt = Gn + (1-d) * Lt + d * Rt - (Lt + Rt) / 2$$

$$BLt = Bn + (1-d) * Lt + d * Rt - (Lt + Rt) / 2$$

右視点のカラー画像の生成

$$RRt = Rn + (1-d) * Rt + d * Lt - (Lt + Rt) / 2$$

$$GRt = Gn + (1-d) * Rt + d * Lt - (Lt + Rt) / 2$$

$$BRt = Bn + (1-d) * Rt + d * Lt - (Lt + Rt) / 2$$

10

ただし、立体調整パラメータdは、 $0 \leq d \leq 0.5$ の範囲の値をとる。

【 0 1 7 3 】

上記式を書き換えると、以下のような関係を満たしている。

【 0 1 7 4 】

左視点のカラー画像の生成

$$RLt - Rn = (0.5-d) * (Lt - Rt)$$

$$GLt - Gn = (0.5-d) * (Lt - Rt)$$

$$BLt - Bn = (0.5-d) * (Lt - Rt)$$

右視点のカラー画像の生成

$$RRt - Rn = (0.5-d) * (Rt - Lt)$$

$$GRt - Gn = (0.5-d) * (Rt - Lt)$$

$$BRt - Bn = (0.5-d) * (Rt - Lt)$$

20

【 0 1 7 5 】

すなわち、求める対象の左視点のカラー画像の画素値は、左視点のカラー画像の画素値と視差なし画像の画素値との間の差が、左視点の輝度画像の輝度値と右視点の輝度画像の輝度値との間の差に対して相関を持つように値を求めている。また、求める対象の右視点のカラー画像の画素値は、右視点のカラー画像の画素値と視差なし画像の画素値との間の差が、右視点の輝度画像の輝度値と左視点の輝度画像の輝度値との間の差に対して相関を持つように値を求めている。

【 0 1 7 6 】

30

4) 逆階調変換による元の色空間への移行

ガンマ空間から線形階調空間へ逆階調変換を加えることによって、元の色空間へ戻す。必要なカラー画像データに対して施す。左視点のカラー画像と右視点のカラー画像が出来上がる。

【 0 1 7 7 】

左視点のカラー画像

$$RLt [i, j] \quad RLt [i, j]$$

$$GLt [i, j] \quad GLt [i, j]$$

$$BLt [i, j] \quad BLt [i, j]$$

右視点のカラー画像

$$RRt [i, j] \quad RRt [i, j]$$

$$GRt [i, j] \quad GRt [i, j]$$

$$BRt [i, j] \quad BRt [i, j]$$

40

【 0 1 7 8 】

5) 出力色空間への変換

できあがった左視点のカラー画像と右視点のカラー画像に対して、色変換と出力階調変換を加えて、各出力カラー画像を生成する。例えば、sRGB色空間へ変換する。

【 0 1 7 9 】

なお、視差を含むモザイク画像が原色ベイア配列の例を示したが、これらのカラーフィルタが補色系に置き換わっても、同様に右視差の補色カラー画像と左視差の補色カラー画

50

像が同じ原理で生成できる。

【0180】

以上、本発明を実施の形態を用いて説明したが、本発明の技術的範囲は上記実施の形態に記載の範囲には限定されない。上記実施の形態に、多様な変更または改良を加えることが可能であることが当業者に明らかである。その様な変更または改良を加えた形態も本発明の技術的範囲に含まれ得ることが、特許請求の範囲の記載から明らかである。

【0181】

特許請求の範囲、明細書、および図面中において示した装置、システム、プログラム、および方法における動作、手順、ステップ、および段階等の各処理の実行順序は、特段「より前に」、「先立って」等と明示しておらず、また、前の処理の出力を後の処理で用いるのでない限り、任意の順序で実現しうることに留意すべきである。特許請求の範囲、明細書、および図面中の動作フローに関して、便宜上「まず、」、「次に、」等を用いて説明したとしても、この順で実施することが必須であることを意味するものではない。

【符号の説明】

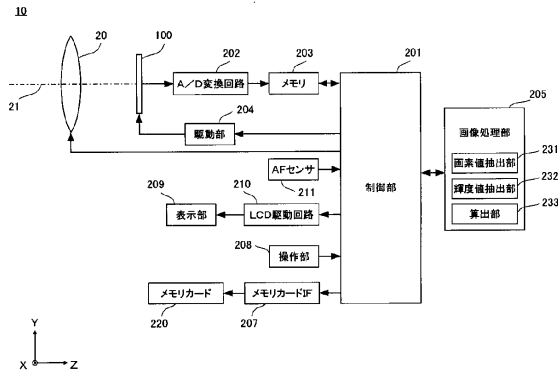
【0182】

10 デジタルカメラ、20 撮影レンズ、21 光軸、30、31 被写体、100 撮像素子、101 マイクロレンズ、102 カラーフィルタ、103 開口マスク、104 開口部、105 配線層、106 配線、107 開口、108 光電変換素子、109 基板、110 繰り返しパターン、120 撮像素子、121 スクリーンフィルタ、122 カラーフィルタ部、123 開口マスク部、201 制御部、202 A/D変換回路、203 メモリ、204 駆動部、205 画像処理部、207 メモリカードIF、208 操作部、209 表示部、210 LCD駆動回路、211 AFセンサ、220 メモリカード、231 画素値抽出部、232 輝度値抽出部、233 算出部、322 中心線、1801、1802、1803、1804、1805、1807、1808 分布曲線、1806、1809 合成分布曲線、1901 Lt分布曲線、1902 Rt分布曲線、1903 2D分布曲線、1905 調整Lt分布曲線、1906 調整Rt分布曲線、1913 Lt変調曲線、1914 Rt変調曲線、1915 分布曲線、1916 調整Lt分布曲線、1917 調整Rt分布曲線

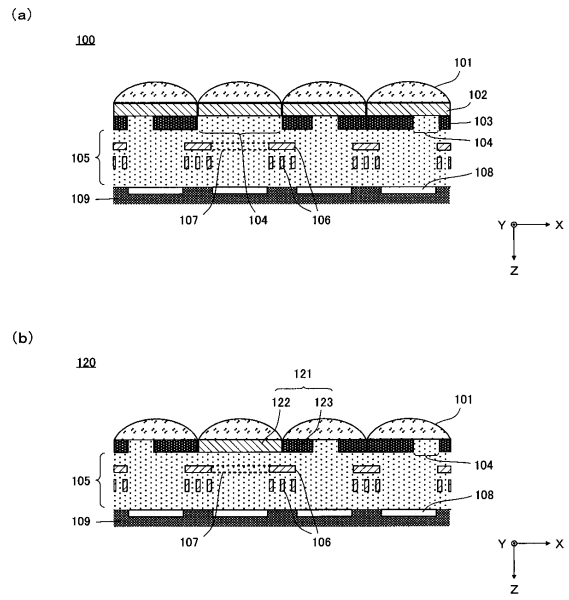
10

20

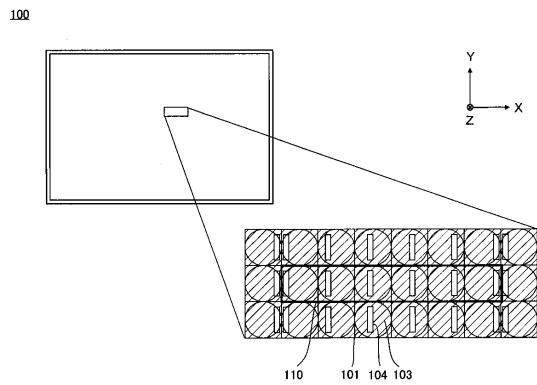
【図1】



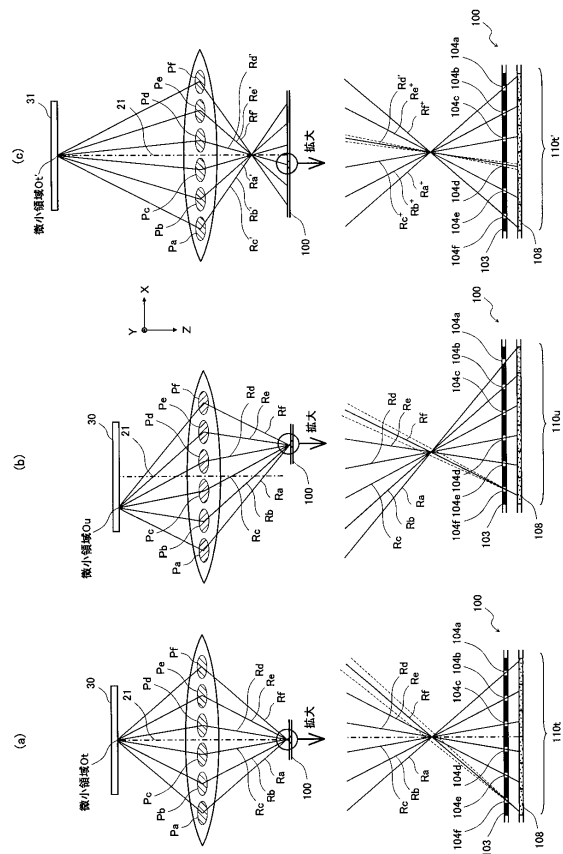
【図2】



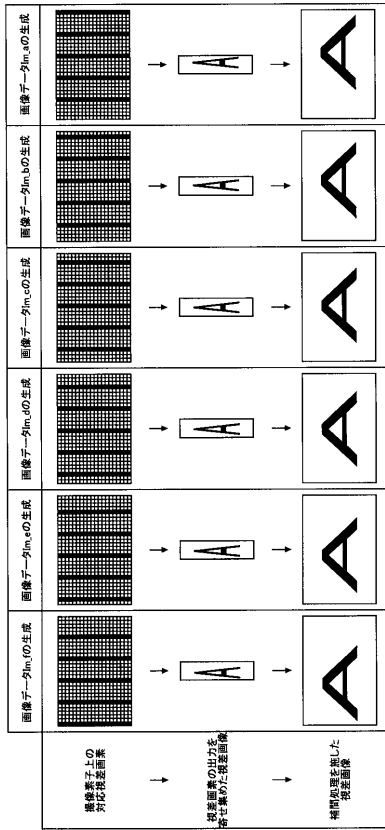
【図3】



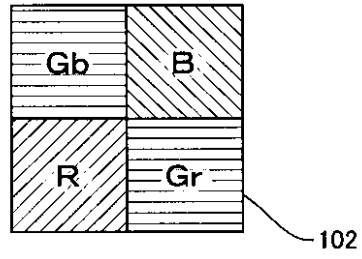
【図4】



【図5】



【図6】

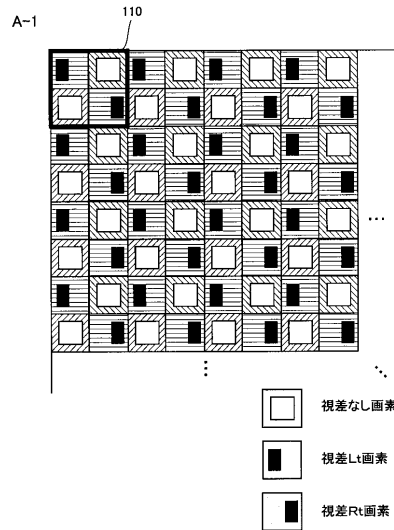


【図7】

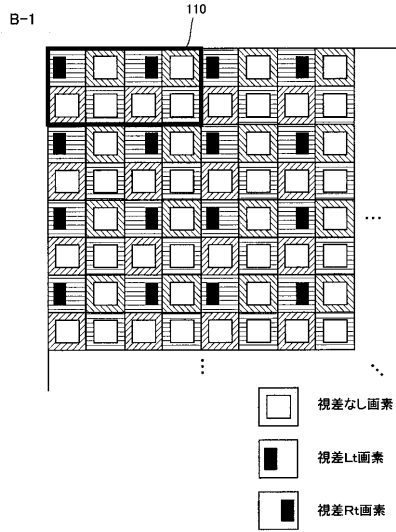
〈1〉 n=2 の場合

繰り返しパターン分類		視差画像の有無			特徴
分類	Gr	Gb	R, B	視差配列	
A-1	あり	あり	なし	Gr行Gr, Gb行Gb	ある程度の2D画像の画質を保ち、3D画像を得る
A-2	あり	なし	なし	Gr列Gr, Gb列Gb	2D画像としての高解像度が保たれたまま、3D情報も得る
B-1	あり(なし)	あり(なし)	なし	Gr行Gr	
B-2	あり	あり	なし	Gb列Gb(またはGr列Gr)	やや高解像度のカラー3D画像とやや低解像度の2D画像
C-1	あり	あり	なし	Gr行Gr, Gb行Gb	
C-2	あり	あり	なし	Gr列Gr, Gb列Gb	十分な画質のカラー3D画像と、2D画像の情報を得る
D-1	あり	なし	あり	Gr行Gr, R, Gb行B	
D-2	あり	なし	あり	Gb列Rr, Gb列Gb, B	解像度は低下するが、最高品質のカラー3D画像を得る
E-1	あり	あり	あり	Gr行Gr, R, Gb行B, Gb	
E-2	あり	あり	あり	Gr列Rr, Gr, Gb列Gb, B	

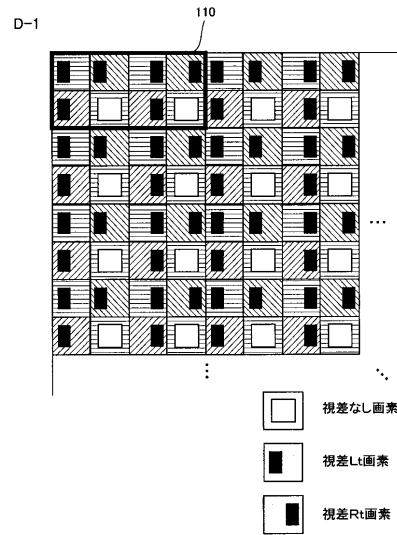
【図8】



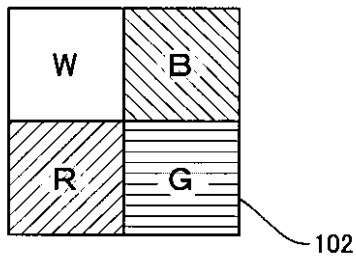
【図9】



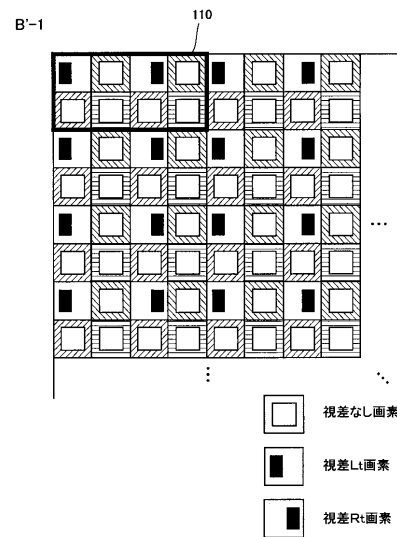
【図10】



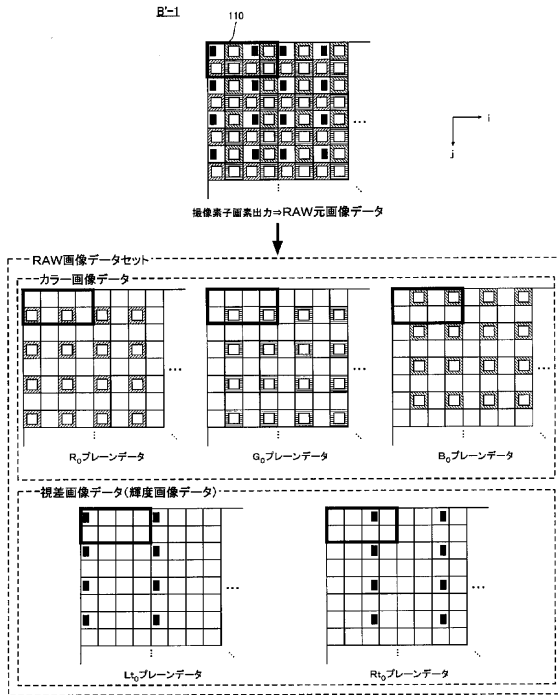
【図11】



【図12】



【図13】



【図14】

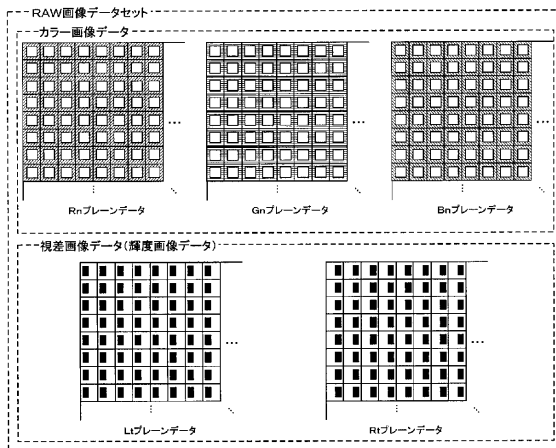
30	36	42	
34	40	46	
38	44	50	

R_0 プレーンデータ

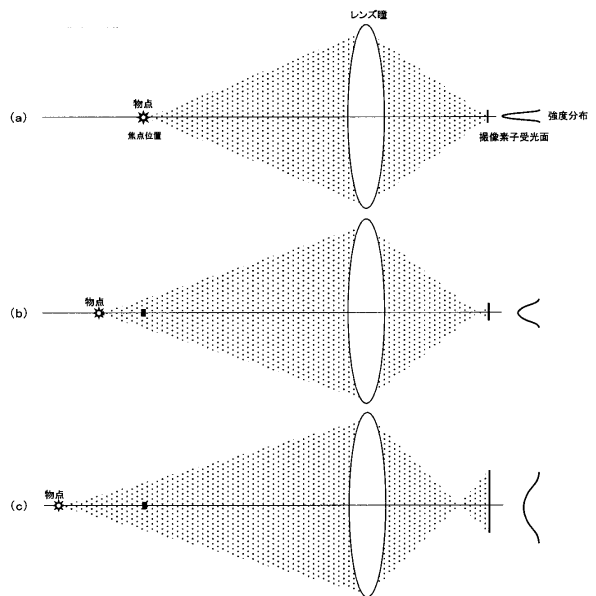
30	33	36	39	42	42
30	33	36	39	42	42
32	35	38	41	44	44
34	37	40	43	46	46
36	20	42	22	48	48
38	41	44	47	50	50

R_n プレーンデータ

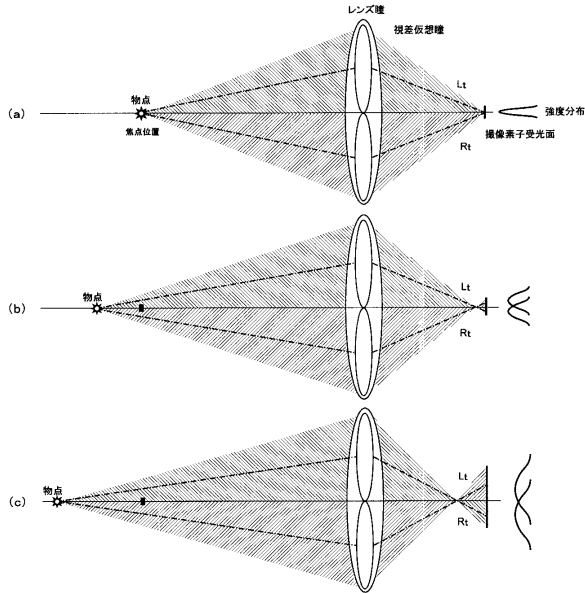
【図15】



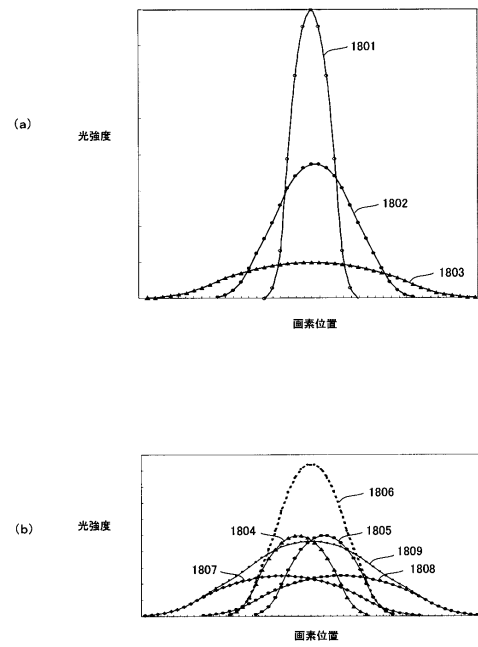
【図16】



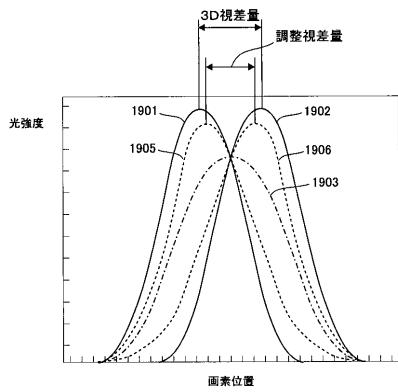
【図17】



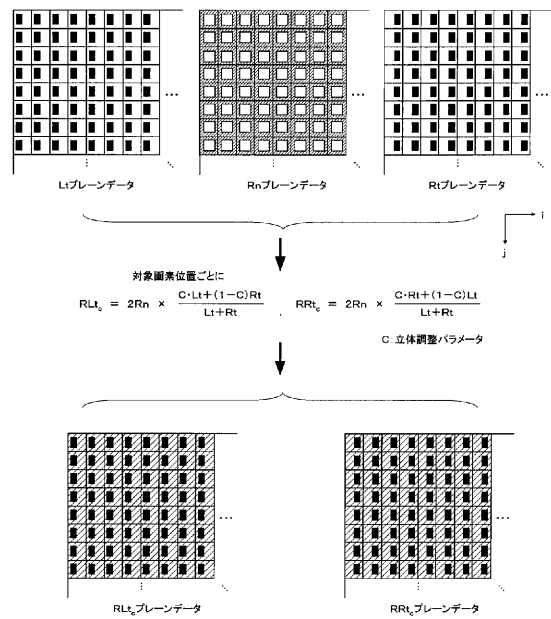
【図18】



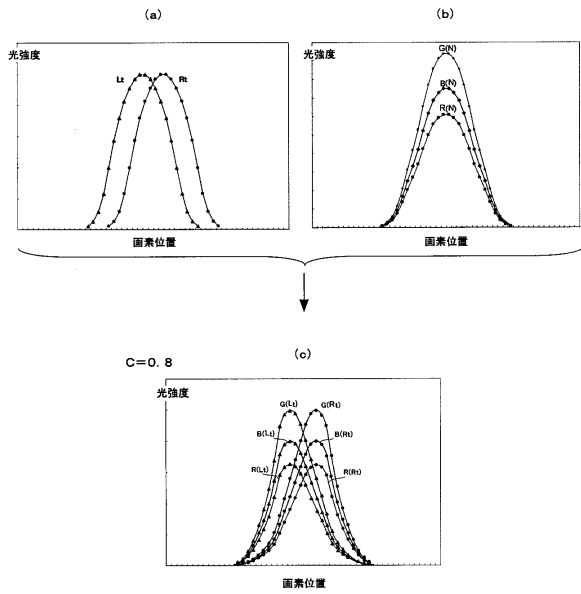
【図19】



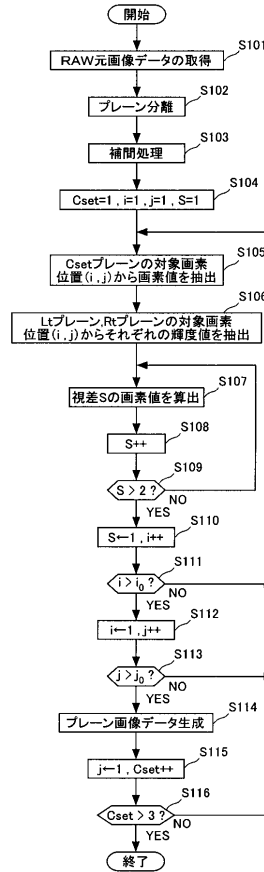
【図20】



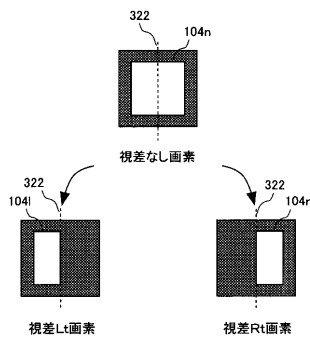
【図21】



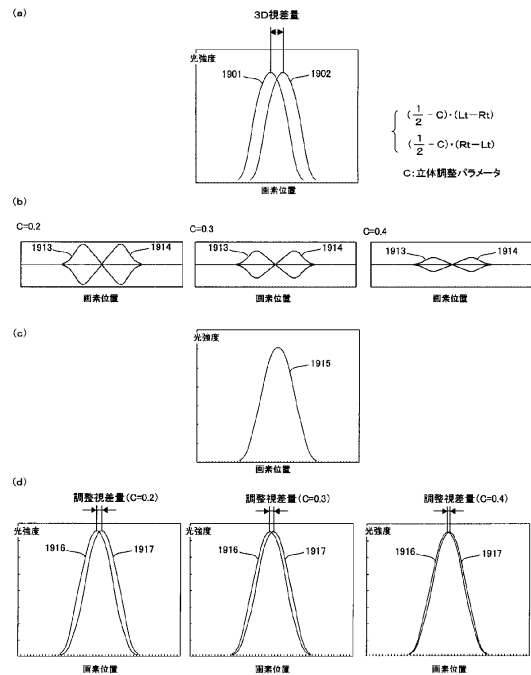
【図22】



【図23】



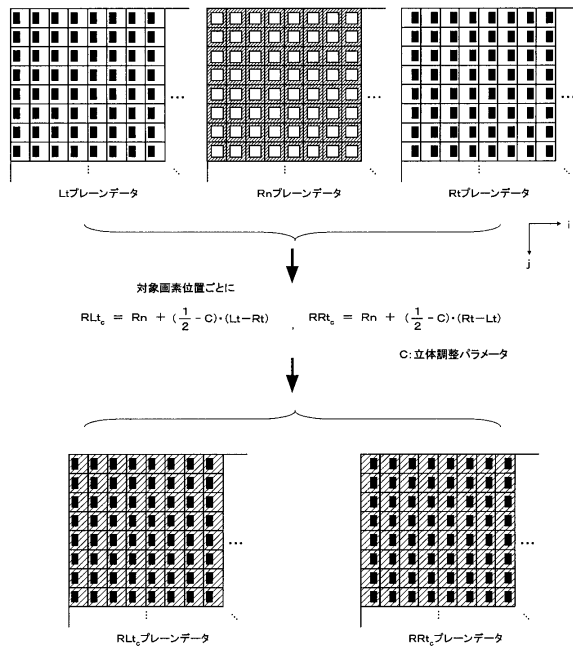
【図24】



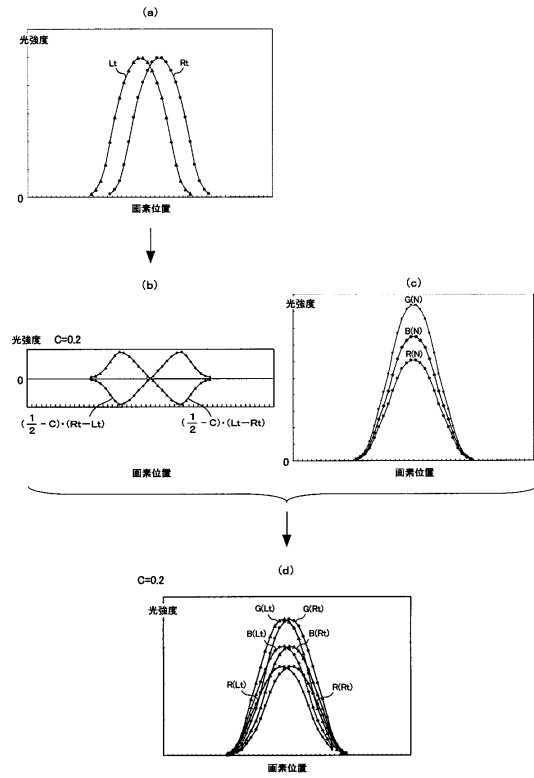
$$\begin{cases} (\frac{1}{2} - C) \cdot (L_t - R_t) \\ (\frac{1}{2} - C) \cdot (R_t - L_t) \end{cases}$$

C: 立体調整パラメータ

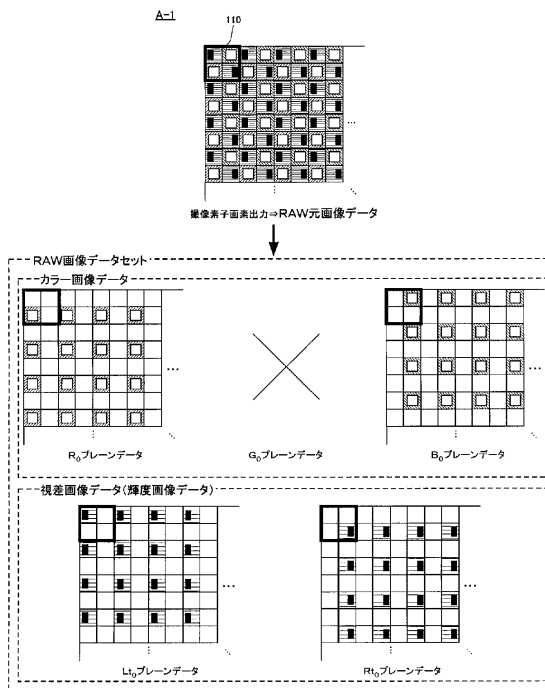
【図 25】



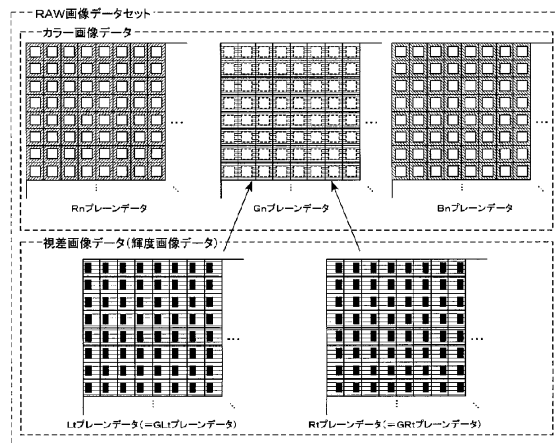
【図 26】



【図 27】



【図 28】



フロントページの続き

(72)発明者 石賀 健一
東京都千代田区有楽町一丁目12番1号 株式会社ニコン内

審査官 益戸 宏

(56)参考文献 国際公開第2012/039180(WO, A1)
国際公開第2012/002297(WO, A1)
特開2012-54856(JP, A)
特開2009-124213(JP, A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
H04N 15/00
H04N 13/02
H04N 9/07