

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第4976310号
(P4976310)

(45) 発行日 平成24年7月18日(2012.7.18)

(24) 登録日 平成24年4月20日(2012.4.20)

(51) Int. Cl.			F I		
HO4N	9/07	(2006.01)	HO4N	9/07	A
HO4N	5/335	(2011.01)	HO4N	9/07	F
HO4N	9/09	(2006.01)	HO4N	5/335	
			HO4N	9/09	A

請求項の数 18 (全 41 頁)

(21) 出願番号	特願2007-546402 (P2007-546402)	(73) 特許権者	000005821
(86) (22) 出願日	平成18年11月10日 (2006.11.10)		パナソニック株式会社
(86) 国際出願番号	PCT/JP2006/322475		大阪府門真市大字門真1006番地
(87) 国際公開番号	W02007/060847	(74) 代理人	110000040
(87) 国際公開日	平成19年5月31日 (2007.5.31)		特許業務法人池内・佐藤アンドパートナーズ
審査請求日	平成21年8月26日 (2009.8.26)	(72) 発明者	大山 一朗
(31) 優先権主張番号	特願2005-336542 (P2005-336542)		大阪府門真市大字門真1006番地 松下電器産業株式会社内
(32) 優先日	平成17年11月22日 (2005.11.22)	(72) 発明者	平澤 拓
(33) 優先権主張国	日本国(JP)		大阪府門真市大字門真1006番地 松下電器産業株式会社内
		(72) 発明者	永島 道芳
			大阪府門真市大字門真1006番地 松下電器産業株式会社内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 撮像装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

同一平面上に配置された複数のレンズと、
前記複数のレンズによる複数の被写体像をそれぞれ受光する複数の撮像領域とを有し、
前記複数の撮像領域のそれぞれにおける画素配置の垂直ラインの方向及び水平ラインの方向が前記複数の撮像領域間で互いに同一であり、且つ、

前記複数の撮像領域のうちの所定の撮像領域に受光される被写体像と、前記所定の撮像領域に対し前記垂直ラインの方向に視差を有する撮像領域に受光される被写体像とが、前記水平ラインの方向に互いに所定量ずれており、

前記所定の撮像領域に受光される被写体像と、前記所定の撮像領域に対し前記水平ラインの方向に視差を有する撮像領域に受光される被写体像とが、前記垂直ラインの方向に互いに所定量ずれていることを特徴とする撮像装置。

【請求項2】

前記所定量が、前記所定量のずれ方向における前記複数の撮像領域の画素ピッチの0.25倍から0.75倍の範囲である請求項1に記載の撮像装置。

【請求項3】

前記複数のレンズと前記複数の撮像領域との間に複数のカラーフィルタが設けられている請求項1に記載の撮像装置。

【請求項4】

前記複数のカラーフィルタのうち、少なくとも2つが同一の分光透過率特性を有する請

求項 3 に記載の撮像装置。

【請求項 5】

前記複数の撮像領域からそれぞれ出力される複数の画像データを処理する画像処理手段をさらに有し、

前記画像処理手段は、前記複数の画像データを合成して前記複数の画像データよりも高解像度の合成画像データを作成し出力する画像合成手段を有し、

前記画像合成手段は、前記複数の画像データのうちの少なくとも一つの画像データに含まれる局所領域でのエッジ方向を検出するエッジ方向検出手段を有し、

前記画像合成手段は、前記エッジ方向検出手段が判断したエッジの方向に基づき前記複数の画像データの合成方法を変更する請求項 1 に記載の撮像装置。

10

【請求項 6】

前記エッジ方向検出手段が前記局所領域での前記エッジ方向が前記垂直ラインの方向と同一と判断したとき、前記画像合成手段は、前記合成画像データの前記局所領域では垂直方向に同一の画素信号値を連続して配置する請求項 5 に記載の撮像装置。

【請求項 7】

前記エッジ方向検出手段が前記局所領域での前記エッジ方向が前記垂直ラインの方向と同一と判断したとき、前記画像合成手段は、前記合成画像データの前記局所領域では、前記複数の画像データのうち前記水平ラインの方向に互いにずれた少なくとも 2 つの画像データの画素信号値を前記水平ラインの方向に並べて配置し、且つ、前記垂直ラインの方向に隣り合う 2 つの画素間には、前記 2 つの画素の画素信号値の補間値を配置する請求項 5

20

【請求項 8】

前記エッジ方向検出手段が前記局所領域での前記エッジ方向が前記水平ラインの方向と同一と判断したとき、前記画像合成手段は、前記合成画像データの前記局所領域では水平方向に同一の画素信号値を連続して配置する請求項 5 に記載の撮像装置。

【請求項 9】

前記エッジ方向検出手段が前記局所領域での前記エッジ方向が前記水平ラインの方向と同一と判断したとき、前記画像合成手段は、前記合成画像データの前記局所領域では、前記複数の画像データのうち前記垂直ラインの方向に互いにずれた少なくとも 2 つの画像データの画素信号値を前記垂直ラインの方向に並べて配置し、且つ、前記水平ラインの方向に隣り合う 2 つの画素間には、前記 2 つの画素の画素信号値の補間値を配置する請求項 5

30

【請求項 10】

前記エッジ方向検出手段が前記局所領域での前記エッジ方向が前記垂直ラインの方向に対して傾斜していると判断したとき、前記画像合成手段は、前記合成画像データの前記局所領域では前記エッジ方向に同一の画素信号値を連続して配置する請求項 5 に記載の撮像装置。

【請求項 11】

前記エッジ方向検出手段が前記局所領域での前記エッジ方向が前記垂直ラインの方向に対して傾斜していると判断したとき、前記画像合成手段は、前記合成画像データの前記局所領域では、前記複数の画像データのうち前記水平ラインの方向又は前記垂直ラインの方向に互いにずれた少なくとも 2 つの画像データの画素信号値と、前記エッジ方向に隣り合う 2 つの画素の画素信号値の補間値とを配置する請求項 5 に記載の撮像装置。

40

【請求項 12】

前記画像合成手段は、前記複数の撮像領域のずれ量に応じて前記複数の画像データの中から合成に使用する複数の画像データを選択する請求項 5 に記載の撮像装置。

【請求項 13】

前記画像合成手段は、前記ずれ量が所定の値に最も近い画像データを前記複数の画像データの中から選択する請求項 1 2 に記載の撮像装置。

【請求項 14】

50

前記画像合成手段は、前記ずれ量が所定の範囲に含まれる画像データを前記複数の画像データの中から選択する請求項 1 2 に記載の撮像装置。

【請求項 1 5】

前記所定の範囲が、前記所定量のずれ方向における前記複数の撮像領域の画素ピッチの 0.25 倍から 0.75 倍の範囲である請求項 1 4 に記載の撮像装置。

【請求項 1 6】

前記複数の撮像領域からそれぞれ出力される複数の画像データを処理する画像処理手段をさらに有し、

前記画像処理手段は、

前記複数の画像データを合成して前記複数の画像データよりも高解像度の合成画像データを作成し出力する画像合成手段と、

前記合成画像データもしくは前記合成画像データに処理を施した画像データの各画素の画素信号値をこの画素の近傍の画素の画素信号値に基づき平滑化した平滑化画像データを出力する平滑フィルタ手段と、

前記平滑化画像データもしくは前記平滑化画像データに処理を施した画像データの各画素の画素信号値をこの画素の近傍の画素信号値に基づきエッジを強調したエッジ強調化画像データを出力するエッジ強調フィルタ手段と

を有することを特徴とする請求項 1 に記載の撮像装置。

【請求項 1 7】

前記所定の撮像領域に対応するレンズの光軸と、前記所定の撮像領域に対し前記垂直ラインの方向に視差を有する前記撮像領域に対応するレンズの光軸との、前記水平ラインの方向のずれ量を $G_s x$ としたとき、

$$\frac{|G_s x|}{A_1 \cdot p} < \frac{1}{4 \cdot f}$$

(但し、 A_1 は被写体距離の下限値、 f はレンズと撮像領域との間の距離、 p は撮像領域の画素ピッチ)

を満たし、且つ、

前記所定の撮像領域に対応するレンズの光軸と、前記所定の撮像領域に対し前記水平ラインの方向に視差を有する前記撮像領域に対応するレンズの光軸との、前記垂直ラインの方向のずれ量を $G_s y$ としたとき、

$$\frac{|G_s y|}{A_1 \cdot p} < \frac{1}{4 \cdot f}$$

(但し、 A_1 は被写体距離の下限値、 f はレンズと撮像領域との間の距離、 p は撮像領域の画素ピッチ)

を満たすことを特徴とする請求項 1 に記載の撮像装置。

【請求項 1 8】

前記所定の撮像領域と、前記所定の撮像領域に対応するレンズの光軸との相対的位置関係は、前記所定の撮像領域に対し前記垂直ラインの方向に視差を有する撮像領域と、前記撮像領域に対応するレンズの光軸との相対的位置関係に対して、前記水平ラインの方向における前記複数の撮像領域の画素ピッチの 0.25 倍から 0.75 倍の範囲で前記水平ラインの方向にずれており、且つ、

前記所定の撮像領域と、前記所定の撮像領域に対応するレンズの光軸との相対的位置関係は、前記所定の撮像領域に対し前記水平ラインの方向に視差を有する撮像領域と、前記撮像領域に対応するレンズの光軸との相対的位置関係に対して、前記垂直ラインの方向における前記複数の撮像領域の画素ピッチの 0.25 倍から 0.75 倍の範囲で前記垂直ラインの方向にずれている請求項 1 に記載の撮像装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、携帯機器、車載、医療、監視、ロボットなどの用途に用いられる、複数の光学系により画像を撮像する複眼方式の撮像装置に関する。

【背景技術】

10

20

30

40

50

【0002】

近年、撮像装置には、高画素化に加えて小型化に対する要求が強くなってきている。小型化するためには、光学レンズの大きさや焦点距離、撮像素子の大きさが障害となることが多い。

【0003】

一般的に、光の波長が異なれば材料の屈折率が異なるため、焦点距離も異なる。従って、全波長の光の情報が含まれる被写体像を単レンズで撮像面に結像することはできない。その為、通常の撮像装置の光学系では、赤、緑、青の各波長の光を同一の撮像面に結像するため、光軸方向に複数の光学レンズが配置されている。従って、光学長が長くなり、撮像装置が厚くなる。

10

【0004】

そこで、撮像装置の小型化、特に薄型化に有効な技術として、焦点距離が短い複数の単レンズを略同一平面上に配置した複眼方式の撮像装置が提案されている（たとえば、特許文献1参照）。複眼方式のカラー画像撮像装置では、青色の波長の光を結像させるレンズと、緑色の波長の光を結像させるレンズと、赤色の波長の光を結像させるレンズとが同一平面上に並べられ、それぞれのレンズの光軸上に撮像素子の撮像面が配置されている。各レンズが受け持つ光の波長域が狭く限定されるため、各レンズの焦点距離を同一にすることにより、複数の単レンズを用いて複数の被写体像を同一平面上に配置された複数の撮像面に結像することが可能となる。従って、撮像装置の厚みを大幅に小さく出来る。

【0005】

図16に複眼方式の撮像装置の一例の斜視図を示す。500はレンズアレイであり、一体成型された4つのレンズ501a、501b、501c、501dを備える。レンズ501aは、赤色の波長の光を結像させるレンズであり、赤色の波長分離フィルタ（カラーフィルタ）が撮像面に貼り付けられた撮像素子の撮像領域502aに被写体像を結像させる。レンズ501b、501dは、緑色の波長の光を結像させるレンズであり、緑色の波長分離フィルタ（カラーフィルタ）が撮像面に貼り付けられた撮像素子の撮像領域502b、502dに被写体像を結像させる。レンズ501cは、青色の波長の光を結像させるレンズであり、青色の波長分離フィルタ（カラーフィルタ）が撮像面に貼り付けられた撮像素子の撮像領域502cに被写体像を結像させる。撮像素子は、各撮像領域502a～502dに結像された被写体像の光強度を画像データに変換して出力する。これらの画像データを重ね合わせて合成することによりカラー画像を取得することができる。なお、レンズの個数は4個に限定する必要はない。

20

30

【0006】

このように複眼方式の撮像装置によれば撮像装置を薄くすることができるが、ベイヤー配列されたカラーフィルタを備えた一般的な単眼方式の撮像装置に比べて解像度が劣るといった問題がある。その理由を以下に説明する。

【0007】

この単眼方式の撮像装置では、撮像素子の各画素が所定の色情報を取り出すことができるように、多数の画素の入射面にカラーフィルタがベイヤー配列で設けられている。即ち、縦横方向に配置された多数の画素の配置に対応して、緑色光を透過させるカラーフィルタが市松模様に配置され、残りの画素に、赤色光を透過させるカラーフィルタおよび青色光を透過させるカラーフィルタが交互に配置されている。このようなカラーフィルタの配列は一般にベイヤー配列と呼ばれる。撮像素子の各画素からは、カラーフィルタを透過した光の波長域の色情報のみが得られ、カラーフィルタを透過しない光の波長域の色情報を得ることはできない。しかしながら、画像の局所領域では3色の画像情報間に相関性があることが知られており（たとえば、非特許文献1）、例えば赤や青の画像情報から緑の画像情報を推測することができる。この特性を利用して不足している色の画像情報の補完処理が行われる。したがって、撮像素子の有効画素数と同じ画素数の解像度のカラー画像を得ることができる。たとえば、有効画素数が100万画素である撮像素子を用いた場合、50万個の画素が緑色の画像情報を検出し、25万個の画素が青色の画像情報を検出し、

40

50

25万個の画素が赤色の画像情報を検出するが、上記補間処理により、赤、緑、青のいずれの色についても100万画素の解像度の画像情報を得ることができる。

【0008】

一方、複眼方式の撮像装置では、撮像素子の各色に対応する各撮像領域が赤、緑、青のいずれかの色の画像情報を取得するため、各撮像領域の画素数と同じ画素数の解像度を有するカラー画像が得られる。たとえば、赤、緑、青の各色に対応する撮像領域がいずれも25万画素を有するためには、撮像素子は合計100万画素を有している必要があるが、重ね合わせて得られるカラー画像の解像度は25万画素となる。

【0009】

画像の解像度を向上させる方法として、アクチュエータによりレンズと被写体との相対的位置を時系列的にずらすことによって、被写体像と撮像素子の画素との相対的位置関係が相互にずれた複数の画像を取得し、それらを合成することにより、高解像度画像を得る「画素ずらし」と呼ばれる技術がある(たとえば、特許文献2)。この画素ずらし技術におけるずらし量は、ずらし方向と取得する画像の数により最適な値が決まる。たとえば、2つの画像を合成する場合は、被写体像と画素との相対的位置関係が画素の配置ピッチ(以下、「画素ピッチ」という)の半分だけ2つの画像間でずれていると、もっとも高解像度の画像を得ることができる。画素ずらし技術は、レンズにより結像された被写体像と撮像素子の画素との相対的位置関係が互いにずれた複数の画像が得られれば利用可能であり、複眼方式の撮影装置にも適用可能である。但し、レンズと被写体との相対的位置を時系列的にずらすことにより行う画素ずらし技術は、被写体像が静止している場合には有効であるが、静止していない場合はレンズと被写体との相対的位置を時系列的にずらすことに起因して撮影タイミングがずれるため、高解像度画像を得ることは難しい。

【0010】

また、例えば特許文献3には、複数のレンズで複数の被写体像を複数の撮像領域上にそれぞれ結像させる複眼方式の撮像装置において、所定距離にある被写体の被写体像がレンズの光軸を結ぶ方向に所定量ずれて結像された画素ずらしが実現されるように、撮像素子の画素に対して複数のレンズの各光軸を位置決めをすることにより、高解像度の合成画像を取得する方法が提案されている。この方式は、被写体と撮像装置との距離が一定であれば、被写体像が静止していなくても高解像度画像を得ることが可能である。

【特許文献1】特開2002-204462号公報

【特許文献2】特開平10-304235号公報

【特許文献3】特開2002-209226号公報

【非特許文献1】小寺宏暉、他2名、「色信号の相関を利用した単色画像からのフルカラー画像の表示方式」、昭和63年度画像電子学会全国大会予稿20、p.83-86(1988)

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0011】

しかしながら、特許文献3に記載の方法には2つの課題がある。

【0012】

第1に、被写体と撮像装置との距離が所定値でない場合、もしくは温度変化等により複数のレンズの光軸間隔が変わった場合に、画素ずらしのずれ量が変化するため、高解像度画像を得ることはできないという課題がある。以下、この第1の課題について詳細に説明する。

【0013】

画素ずらし技術により確実に高解像度画像を得るためには、合成される複数の画像間において、被写体像と画素との相対的位置関係が常にずれている必要がある。図17A及び図17Bは、複眼方式の撮像装置において、被写体と、光軸が異なる2つのレンズと、この2つのレンズで結像された2つの被写体像との位置関係を示した図であり、図17Aは2つのレンズの光軸を含む平面における断面図、図17Bは、撮像素子の撮像面を光軸と

10

20

30

40

50

平行な方向から見た平面図である。600a、600bはレンズ601a、601bの光軸であり、602a、602bは光軸600a、600bが撮像素子の撮像領域603と交わる位置である。605a、605bは、光軸600a上にある被写体604の、レンズ601a、601bによって結像された被写体像である。複眼方式の撮像装置においては複数のレンズの光軸が互いに異なるため、撮像装置から被写体までの距離に応じて、撮像領域603上での被写体像605bの位置は、レンズの光軸600a、600bを結ぶ方向（図中の一点鎖線610の方向）に移動する。この現象は「視差」と呼ばれ、レンズ光軸600bと撮像領域603とが交わる位置602bから被写体像605bまでのずれ量Sは、レンズ601aから被写体604までの距離（以下、「被写体距離」という）をA、レンズ601a、601bの光軸600a、600b間の距離をd、レンズ601a、601bから撮像領域603までの距離をfとすると、（数1）で表される。

10

【0014】

【数1】

$$S = \frac{f \times d}{A}$$

【0015】

このように、レンズの光軸600a、600bを結ぶ一点鎖線610の方向における被写体像605bと撮像領域603の画素との相対的位置関係は、被写体距離Aによって変化する。したがって、特許文献3のように、2つのレンズの光軸を結ぶ方向における被写体像のずれ量が所定値となるように予め設定した場合には、レンズから被写体までの距離Aによってずれ量Sが変わるため、被写体距離によっては常に高解像度の合成画像を得られるとは限らない。また、温度変化によりレンズの光軸間の距離dが変化した場合も、同様にずれ量Sが変化するため、常に高解像度の合成画像を得られるとは限らない。

20

【0016】

第2に、画素ずらしのずれ量が所定量になるように光学系を設定したとしても、レンズ成型誤差、実装誤差、被写体距離、温度などに起因して、図18に示すように、異なる撮像領域間で被写体像のずれ量が画素ピッチの0.5倍（以下「0.5画素」という）とならない場合が多いという課題がある。図18において、502aは赤色光を受光する撮像領域、502bは緑色光を受光する撮像領域、502cは青色光を受光する撮像領域、502dは緑色光を受光する撮像領域、702a、702b、702c、702dは各撮像領域502a、502b、502c、502dを構成する画素、701a、701b、701c、701dは各撮像領域502a、502b、502c、502dにおける被写体像の位置である。水平方向に並んだ撮像領域502cと撮像領域502bとの間のずれ量は、高解像度の合成画像を得るためには水平方向に0.5画素、垂直方向に0画素であることが理想的であるが、図18では水平方向に0.6画素、垂直方向に0.1画素となっている。また、垂直方向に並んだ撮像領域502aと撮像領域502bとのずれ量は、高解像度の合成画像を得るためには水平方向に0画素、垂直方向に0.5画素であることが理想的であるが、図18では水平方向に0.1画素、垂直方向に0.4画素となっている。また、撮像領域502dと撮像領域502bとのずれ量は、高解像度の合成画像を得るためには水平方向に0.5画素、垂直方向に0.5画素であることが理想的であるが、図18では水平方向に0.5画素、垂直方向に0.5画素となっている。複数の撮像領域の画素と複数の被写体像との位置関係が図18の場合において、複数の撮像領域から得た複数の画像を画素ずらし技術を用いて合成した場合にどのような画像が得られるかを図19A～図19Dを用いて説明する。

30

40

【0017】

図19Aは、白地に垂直方向に延びた3本の黒線（被写体）を撮像した場合において、撮像領域502bに結像された被写体像を示した図である。図19Bは、複数の撮像領域の画素と複数の被写体像とが図18の位置関係を有している場合において、複数の撮像領

50

域502a, 502b, 502c, 502dから得た複数の画像を画素ずらし技術を用いて合成して得た合成画像を示した図である。図19Cは、複数の撮像領域と複数の被写体像とが理想的な位置ずれ関係を有している場合において、複数の撮像領域502a, 502b, 502c, 502dから得た複数の画像を画素ずらし技術を用いて合成して得た合成画像を示した図である。図19Dは、図18の撮像領域502bから得た画像を示した図である。図19A~図19Dでは、濃淡を線の密度で表現しており、濃い色ほど線の密度を高くし、薄い色ほど線の密度を低くして表現している。複数の撮像領域に対する複数の被写体像のずれ量が理想値から外れた場合に得られる図19Bに示す合成画像は、複数の画像を合成する前の図19Dに示す画像に比べて3本の黒線の識別は容易であり解像度は向上しているが、複数の撮像領域に対する複数の被写体像のずれ量が理想値である場合に得られる図19Cに示す合成画像に比べて色むらが目立っている。

10

【0018】

本発明は、上記の従来課題を解決し、被写体距離によらず常に高解像度且つ高画質の画像を得ることができる薄型の複眼方式の撮像装置を提供することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0019】

本発明の撮像装置は、同一平面上に配置された複数のレンズと、前記複数のレンズによる複数の被写体像をそれぞれ受光する複数の撮像領域とを有する。前記複数の撮像領域のそれぞれにおける画素配置の垂直ラインの方向及び水平ラインの方向が前記複数の撮像領域間で互いに同一である。

20

【0020】

前記複数の撮像領域のうちの所定の撮像領域に受光される被写体像と、前記所定の撮像領域に対し前記垂直ラインの方向に視差を有する撮像領域に受光される被写体像とが、前記水平ラインの方向に互いに所定量ずれている。

【0021】

更に、前記所定の撮像領域に受光される被写体像と、前記所定の撮像領域に対し前記水平ラインの方向に視差を有する撮像領域に受光される被写体像とが、前記垂直ラインの方向に互いに所定量ずれている。

【発明の効果】

【0022】

本発明によれば、薄型で、高解像度且つ高画質の画像を得ることができる複眼方式の撮像装置を実現することができる。

30

【発明を実施するための最良の形態】

【0023】

本発明の撮像装置では、前記複数の撮像領域のうちの所定の撮像領域に受光される被写体像と、前記所定の撮像領域に対し前記垂直ラインの方向に視差を有する撮像領域に受光される被写体像とが、前記水平ラインの方向に互いに所定量ずれている。これにより、垂直ライン方向に延びる細線画像がより精細に見えるなど、水平ライン方向の解像度を被写体距離によらず常に高解像度化することが可能となる。

【0024】

また、本発明の撮像装置では、前記所定の撮像領域に受光される被写体像と、前記所定の撮像領域に対し前記水平ラインの方向に視差を有する撮像領域に受光される被写体像とが、前記垂直ラインの方向に互いに所定量ずれている。これにより、水平ライン方向に延びる細線画像がより精細に見えるなど、垂直ライン方向の解像度を被写体距離によらず常に高解像度化することが可能となる。

40

【0025】

本発明の上記撮像装置において、前記所定量が、前記所定量のずれ方向における前記複数の撮像領域の画素ピッチの0.25倍から0.75倍の範囲であることが好ましい。これにより、水平ライン方向もしくは垂直ライン方向の解像度を被写体距離によらず常に高解像度化することが可能となる。なお、本発明において、「前記所定量のずれ方向」を「

50

画素ずらし方向」と呼ぶ。

【0026】

本発明の上記撮像装置において、前記複数のレンズと前記複数の撮像領域との間に複数のカラーフィルタが設けられていることが好ましい。これにより、薄型でカラー画像の撮影が可能な撮像装置を実現できる。

【0027】

この場合において、前記複数のカラーフィルタのうち、少なくとも2つが同一の分光透過率特性を有することが好ましい。これにより、薄型でカラー画像の撮影が可能で、更に高精度な被写体像の合成が可能となる。

【0028】

本発明の上記撮像装置は、前記複数の撮像領域からそれぞれ出力される複数の画像データを処理する画像処理手段をさらに有することが好ましい。この場合、前記画像処理手段は、前記複数の画像データを合成して前記複数の画像データよりも高解像度の合成画像データを作成し出力する画像合成手段を有し、前記画像合成手段は、前記複数の画像データのうちの少なくとも一つの画像データに含まれる局所領域でのエッジ方向を検出するエッジ方向検出手段を有することが好ましい。そして、前記画像合成手段は、前記エッジ方向検出手段が判断したエッジの方向に基づき前記複数の画像データの合成方法を変更することが好ましい。これにより、前記所定量が、厳密に、前記所定量のずれ方向における前記複数の撮像領域の画素ピッチの0.5倍でない場合であっても、画素ピッチの0.25倍以上0.75倍以下であれば、常に高解像度で、色むらが少なく、濃淡の変化の滑らかな画像を出力することが可能となる。

【0029】

この場合、前記エッジ方向検出手段が前記局所領域での前記エッジ方向が前記垂直ラインの方向と同一と判断したとき、前記画像合成手段は、前記合成画像データの前記局所領域では垂直方向に同一の画素信号値を連続して配置することが好ましい。これにより、前記所定量が、厳密に、前記所定量のずれ方向における前記複数の撮像領域の画素ピッチの0.5倍でない場合であっても、画素ピッチの0.25倍以上0.75倍以下であれば、垂直ライン方向に延びたエッジを有する画像領域を常に高解像度で、色むらを少なく出力することが可能となる。

【0030】

あるいは、前記エッジ方向検出手段が前記局所領域での前記エッジ方向が前記垂直ラインの方向と同一と判断したとき、前記画像合成手段は、前記合成画像データの前記局所領域では、前記複数の画像データのうちの前記水平ラインの方向に互いにずれた少なくとも2つの画像データの画素信号値を前記水平ラインの方向に並べて配置し、且つ、前記垂直ラインの方向に隣り合う2つの画素間には、前記2つの画素の画素信号値の補間値を配置することが好ましい。これにより、前記所定量が、厳密に、前記所定量のずれ方向における前記複数の撮像領域の画素ピッチの0.5倍でない場合であっても、画素ピッチの0.25倍以上0.75倍以下であれば、垂直ライン方向に延びたエッジを有する画像領域を常に高解像度で、色むらが少なく、濃淡の変化を滑らかに出力することが可能となる。

【0031】

また、前記エッジ方向検出手段が前記局所領域での前記エッジ方向が前記水平ラインの方向と同一と判断したとき、前記画像合成手段は、前記合成画像データの前記局所領域では水平方向に同一の画素信号値を連続して配置することが好ましい。これにより、前記所定量が、厳密に、前記所定量のずれ方向における前記複数の撮像領域の画素ピッチの0.5倍でない場合であっても、画素ピッチの0.25倍以上0.75倍以下であれば、水平ライン方向に延びたエッジを有する画像領域を常に高解像度で、色むらを少なく出力することが可能となる。

【0032】

あるいは、前記エッジ方向検出手段が前記局所領域での前記エッジ方向が前記水平ラインの方向と同一と判断したとき、前記画像合成手段は、前記合成画像データの前記局所領

10

20

30

40

50

域では、前記複数の画像データのうち前記垂直ラインの方向に互いにずれた少なくとも2つの画像データの画素信号値を前記垂直ラインの方向に並べて配置し、且つ、前記水平ラインの方向に隣り合う2つの画素間には、前記2つの画素の画素信号値の補間値を配置することが好ましい。これにより、前記所定量が、厳密に、前記所定量のずれ方向における前記複数の撮像領域の画素ピッチの0.5倍でない場合であっても、画素ピッチの0.25倍以上0.75倍以下であれば、水平ライン方向に延びたエッジを有する画像領域を常に高解像度で、色むらが少なく、濃淡の変化を滑らかに出力することが可能となる。

【0033】

また、前記エッジ方向検出手段が前記局所領域での前記エッジ方向が前記垂直ラインの方向に対して傾斜していると判断したとき、前記画像合成手段は、前記合成画像データの
10 前記局所領域では前記エッジ方向に同一の画素信号値を連続して配置することが好ましい。これにより、前記所定量が、厳密に、前記所定量のずれ方向における前記複数の撮像領域の画素ピッチの0.5倍でない場合であっても、画素ピッチの0.25倍以上0.75倍以下であれば、斜め方向に延びたエッジを有する画像領域を常に高解像度で、色むらを少なく出力することが可能となる。

【0034】

あるいは、前記エッジ方向検出手段が前記局所領域での前記エッジ方向が前記垂直ラインの方向に対して傾斜していると判断したとき、前記画像合成手段は、前記合成画像データの
20 前記局所領域では、前記複数の画像データのうち前記水平ラインの方向又は前記垂直ラインの方向に互いにずれた少なくとも2つの画像データの画素信号値と、前記エッジ方向に隣り合う2つの画素の画素信号値の補間値とを配置することが好ましい。これにより、前記所定量が、厳密に、前記所定量のずれ方向における前記複数の撮像領域の画素ピッチの0.5倍でない場合であっても、画素ピッチの0.25倍以上0.75倍以下であれば、斜め方向に延びたエッジを有する画像領域を常に高解像度で、色むらが少なく、濃淡の変化を滑らかに出力することが可能となる。

【0035】

また、本発明の撮像装置が、前記複数の撮像領域からそれぞれ出力される複数の画像データを処理する画像処理手段をさらに有することが好ましい。この場合、前記画像処理手段は、前記複数の画像データを合成して前記複数の画像データよりも高解像度の合成画像データを作成し出力する画像合成手段を有することが好ましい。そして、前記画像合成手段は、
30 前記複数の撮像領域のずれ量に応じて前記複数の画像データの中から合成に使用する複数の画像データを選択することが好ましい。これにより、前記少なくとも一对の被写体像のずれ量である前記所定量が被写体距離や温度の変化などにより変化した場合でも、常に適切な画像データを選択して合成画像データを出力するので、常に高解像度で、色むらが少なく、濃淡の変化の滑らかな画像を出力することが可能となる。

【0036】

この場合において、前記画像合成手段は、前記ずれ量が所定の値に最も近い画像データを前記複数の画像データの中から選択することが好ましい。これにより、前記少なくとも一对の被写体像のずれ量である前記所定量が被写体距離や温度の変化などにより変化した場合でも、常に最適な画像データを選択して合成画像データを出力するので、常に高解
40 像度で、色むらが少なく、濃淡の変化の滑らかな画像を出力することが可能となる。

【0037】

あるいは、前記画像合成手段は、前記ずれ量が所定の範囲に含まれる画像データを前記複数の画像データの中から選択することが好ましい。これにより、前記少なくとも一对の被写体像のずれ量である前記所定量が被写体距離や温度の変化などにより変化した場合でも、常に適切な画像データを選択して合成画像データを出力するので、常に高解像度で、
色むらが少なく、濃淡の変化の滑らかな画像を出力することが可能となる。

【0038】

前記所定の範囲が、前記所定量のずれ方向における前記複数の撮像領域の画素ピッチの0.25倍から0.75倍の範囲であることが好ましい。これにより、前記少なくとも一
50

対の被写体像のずれ量である前記所定量が被写体距離や温度の変化などにより変化した場合でも、常に適切な画像データを選択して合成画像データを出力するので、常に高解像度で、色むらが少なく、濃淡の変化の滑らかな画像を出力することが可能となる。

【 0 0 3 9 】

本発明の上記撮像装置が、前記複数の撮像領域からそれぞれ出力される複数の画像データを処理する画像処理手段をさらに有することが好ましい。この場合において、前記画像処理手段は、前記複数の画像データを合成して前記複数の画像データよりも高解像度の合成画像データを作成し出力する画像合成手段と、前記合成画像データもしくは前記合成画像データに処理を施した画像データの各画素の画素信号値をこの画素の近傍の画素の画素信号値に基づき平滑化した平滑化画像データを出力する平滑フィルタ手段と、前記平滑化画像データもしくは前記平滑化画像データに処理を施した画像データの各画素の画素信号値をこの画素の近傍の画素信号値に基づきエッジを強調したエッジ強調化画像データを出力するエッジ強調フィルタ手段とを有することが好ましい。これにより、前記画像合成手段から出力された合成画像データの色むらを低減することが可能となる。

10

【 0 0 4 0 】

以下に、本発明の好適な実施の形態を、図面を用いて詳細に説明する。

【 0 0 4 1 】

本実施の形態に係る撮像装置は、ほぼ同一平面上に配置された4つのレンズと、4つのレンズに対応して配置された4つのカラーフィルタと、4つのレンズによる4つの被写体像をそれぞれ受光する4つの撮像領域とを備え、カラー画像及び/又は白黒画像を出力する薄型の複眼方式の撮像装置である。4つのレンズのうち、3つは互いに異なる光学特性を有し、残りの1つはこれら3つのうちのいずれか1つと同一の光学特性を有している。4つの撮像領域のそれぞれは、垂直方向及び水平方向に碁盤目状に配置された多数の画素を有している。4つの撮像領域のそれぞれの画素が配置された垂直ライン方向及び水平ライン方向が4つの撮像領域間で互いに一致している。撮像領域とその撮像領域上に結像される被写体像との相対的位置関係は、撮像領域間において所定方向に約0.5画素ずれている。本実施の形態の撮像装置によれば、被写体距離や温度変化によらず常に高解像度で、色むらが少なく、濃淡が滑らかに変化した画像を得ることができる。また、被写体に含まれる曲線を滑らかな曲線として表現でき、局所領域での各色の画像情報間の相関性を利用した画像合成の影響により生じる色むらを低減することができる。

20

30

【 0 0 4 2 】

図1に本発明の一実施の形態に係る撮像装置の概略構成を示す。また、図2は図1のII-II線に沿った撮像部101の断面図である。

【 0 0 4 3 】

まず、本実施の形態の撮像装置が、レンズ間の視差が補正されたカラー画像を出力する原理を説明する。

【 0 0 4 4 】

図1において、101は被写体側から見た撮像部である。被写体からの光は、ほぼ同一平面上に配置された4枚の単レンズ102a、102b、102c、102dに入射し、4枚の単レンズ102a、102b、102c、102dは、カラーフィルタ113a、113b、113c、113d(図2参照。但し、カラーフィルタ113b、113dは図示せず。)を介して撮像素子103の撮像領域104a、104b、104c、104d上に被写体像をそれぞれ結像させる。撮像素子103としては、例えば200万画素などの高画素数の撮像素子が使用されるが、図面を簡単化するため図1では825画素の画素数の少ない撮像素子を示している。図1において、撮像素子103内に水平方向(X軸方向)及び垂直方向(Y軸方向)に格子状に並んでいる各正方形は画素を表す。画素の配列方向のうち、水平方向(X軸方向)を水平ライン方向、垂直方向(Y軸方向)を垂直ライン方向と呼ぶ。各正方形(各画素)内の小さな正方形は受光部を表す。

40

【 0 0 4 5 】

50

図2に示すように、撮像素子103の被写体側にはカラーフィルタ113a, 113b, 113c, 113d(カラーフィルタ113b, 113dは図示せず)が配置される。単レンズ102a, 102dは、緑色の光線が撮像素子103の撮像面に結像されるのに適切な焦点距離を有するように設計されており、単レンズ102bは赤色の光線が撮像素子103の撮像面に結像されるのに適切な焦点距離を有するように設計されており、単レンズ102cは青色の光線が撮像素子103の撮像面に結像されるのに適切な焦点距離を有するように設計されている。撮像素子103の撮像面の上部には、単レンズ102a, 102dに対応する撮像領域104a, 104dに緑色光を透過させるカラーフィルタ113a, 113dが配置されており、単レンズ102bに対応する撮像領域104bに赤色光を透過させるカラーフィルタ113bが配置されており、単レンズ102cに対応する撮像領域104cに青色光を透過させるカラーフィルタ113cが配置されている。これにより、撮像領域104a, 104dには緑の光成分による被写体像が結像され、撮像領域104bには赤の光成分による被写体像が結像され、撮像領域104cには青の光成分による被写体像が結像される。撮像領域104a, 104b, 104c, 104dにそれぞれ結像される被写体像は、被写体距離をA、レンズの光軸間の距離をd、焦点距離をfとすると、(数1)で算出される視差量Sだけ、それぞれ光軸105a, 105b, 105c, 105dに対してずれて結像される。

10

【0046】

CCDやCMOSなどの固体撮像素子で構成される撮像素子103は、撮像素子駆動回路112により露光時間や信号の取込み及び転送のタイミングなどが制御されている。撮像部101から出力される各画素での受光量のアナログ信号値は、A/D変換器111によりデジタル信号に変換され、このデジタル信号は画像処理部106に入力される。画像処理部106に入力された撮像領域104a, 104b, 104c, 104dのデジタル化された画像データは、ホワイトバランスやシェーディング補正などの処理をされる。

20

【0047】

図3に、単レンズ102aの光軸105a上で被写体距離A0にある被写体の撮像領域104a, 104dに結像される被写体像114を示す。被写体像114は、撮像領域104a上では光軸105a上に結像され、撮像領域104d上では光軸105aと光軸105dとを結ぶ直線115上であって、光軸105dから距離Sxだけ離れた位置に結像される。

30

【0048】

光軸105aと光軸105dとのX軸方向における距離をdxとすると、撮像領域104aと撮像領域104dとの間での被写体像114のX軸方向の視差Sxは(数2)で表される。

【0049】

【数2】

$$S_x = \frac{f \times dx}{A0}$$

40

【0050】

光軸105aと光軸105dとのY軸方向における距離をdyとすると、撮像領域104aと撮像領域104dとの間での被写体像114のY軸方向の視差Syは(数3)で表される。

【0051】

【数3】

$$S_y = \frac{f \times dy}{A0}$$

【0052】

したがって、距離 $S_x y$ は (数4) で表される。

【0053】

【数4】

$$S_{xy} = \sqrt{S_x^2 + S_y^2}$$

10

【0054】

画像合成部107は、同色(緑)の被写体像が形成される撮像領域104a及び撮像領域104dから出力される2つの画像データを用いて被写体像の相関性を求める演算を行い視差 S_x 及び S_y を算出する。画素は、撮像素子103上の整数座標にしか存在しないが、線形補間などの補間演算を行うことにより、視差 S_x 、 S_y の小数点以下の値をも求めることができる。

【0055】

20

光軸105a及び光軸105d間のX軸方向距離と、光軸105a及び光軸105c間の距離とはほぼ等しいため、算出した視差 S_x を、撮像領域104aと撮像領域104cとの間での被写体像の視差量として用いる。光軸105a及び光軸105d間のX軸方向距離と、光軸105a及び光軸105c間の距離との誤差は、無限遠においた被写体(例えば黒地に白の点光源)の撮像領域104a, 104c, 104dにそれぞれ結像される被写体像の位置を比較するなどして補償する。

【0056】

同様に、光軸105a及び光軸105d間のY軸方向の距離と、光軸105a及び光軸105b間の距離とはほぼ等しいため、算出した S_y を、撮像領域104aと撮像領域104bとの間での被写体像の視差量として用いる。光軸105a及び光軸105d間のY軸方向距離と、光軸105a及び光軸105b間の距離との誤差は、上述したX軸方向距離の誤差の補償方法と同様の方法により補償する。

30

【0057】

画像合成部107は、緑の光成分による被写体像が結像される撮像領域104aからの画像に対する、赤の光成分による被写体像が結像される撮像領域104bからの画像、及び青の光成分による被写体像が結像される撮像領域104cからの画像のずれを、算出した視差 S_x 及び S_y を用いて補正し、次いで、これら3つの画像を合成する。かくして、被写体像のカラー画像を得ることができる。

【0058】

次に図1の撮像装置が被写体距離によらず常に高解像度な画像を出力する原理について説明する。

40

【0059】

図4に単レンズ102aの光軸105a上で被写体距離 $A0$ にある被写体の撮像領域104a~104dに結像される被写体像114a~114dの位置を示す。

【0060】

撮像領域104aでは被写体像114aは光軸105a上に存在する。

【0061】

撮像領域104cでの光軸105cの位置は、撮像領域104aでの光軸105aの位置に対してY軸の負方向に約0.5画素ずれている。被写体像114cは、光軸105cからX軸の負方向に(数2)で求めた視差 S_x 離れた位置に結像される。

50

【 0 0 6 2 】

撮像領域 1 0 4 b での光軸 1 0 5 b の位置は、撮像領域 1 0 4 a での光軸 1 0 5 a の位置に対して X 軸の負方向に約 0 . 5 画素ずれている。被写体像 1 1 4 b は、光軸 1 0 5 b から Y 軸の負方向に (数 3) で求めた視差 S_y 離れた位置に結像される。

【 0 0 6 3 】

撮像素子 1 0 3 としては、図 4 では説明を容易にするため実際より少ない画素数の撮像素子を示しているが、実際には 2 0 0 万画素などの高画素数の撮像素子が用いられる。従って、光軸 1 0 5 a と光軸 1 0 5 c との Y 軸方向のずれ量は非常に小さいため、撮像領域 1 0 4 c での被写体像 1 1 4 c の Y 軸方向における視差は無視できる。同様に、光軸 1 0 5 a と光軸 1 0 5 b との X 軸方向のずれ量も非常に小さいため、撮像領域 1 0 4 b での被写体像 1 1 4 b の X 軸方向における視差は無視できる。

10

【 0 0 6 4 】

したがって、被写体距離 A_0 が変化すると、被写体像 1 1 4 c は、撮像領域 1 0 4 c において X 軸方向に移動する。この時、被写体像 1 1 4 c は、光軸 1 0 5 a に対して Y 軸方向に常に約 0 . 5 画素ずれた状態を保って X 軸方向に移動する。

【 0 0 6 5 】

また、被写体距離 A_0 が変化すると、被写体像 1 1 4 b は、撮像領域 1 0 4 b において Y 軸方向に移動する。この時、被写体像 1 1 4 b は、光軸 1 0 5 a に対して X 軸方向に常に約 0 . 5 画素ずれた状態を保って Y 軸方向に移動する。

【 0 0 6 6 】

つまり、撮像領域 1 0 4 c 上の被写体像 1 1 4 c は、被写体距離によらず撮像領域 1 0 4 a 上の被写体像 1 1 4 a に対して常に Y 軸の負方向に約 0 . 5 画素ずれており、撮像領域 1 0 4 b 上の被写体像 1 1 4 b は、被写体距離によらず撮像領域 1 0 4 a 上の被写体像 1 1 4 a に対して常に X 軸の負方向に約 0 . 5 画素ずれている。

20

【 0 0 6 7 】

視差による画像のずれの補正は算出した視差 S_x , S_y を用いて以下のようにして行う。図 5 に示すように、撮像領域 1 0 4 c を X 軸方向に S_x だけ補正する。また、撮像領域 1 0 4 b を Y 軸方向に S_y だけ補正する。更に、撮像領域 1 0 4 d を X 軸方向に S_x 、Y 軸方向に S_y だけそれぞれ補正する。なお、各撮像領域の座標値は整数値のみであるので、補正量 S_x 、 S_y が小数点以下の値を含む時は四捨五入などの処理を行う。

30

【 0 0 6 8 】

各撮像領域 1 0 4 a ~ 1 0 4 d は $m \times n$ (縦 \times 横) 画素を有し、撮像領域 1 0 4 a の各画素の座標を $a(x, y)$ 、撮像領域 1 0 4 b の各画素の座標を $b(x, y)$ 、撮像領域 1 0 4 c の各画素の座標を $c(x, y)$ 、撮像領域 1 0 4 d の各画素の座標を $d(x, y)$ 、但し、 $x = 1, 2, \dots, m$ 、 $y = 1, 2, \dots, n$ とする。撮像領域 1 0 4 c の画素 $c(x, y)$ は、撮像領域 1 0 4 a の画素 $a(x, y)$ に対して、Y 軸の正方向に約 0 . 5 画素だけずれた位置にある被写体像を受光する。また、撮像領域 1 0 4 b の画素 $b(x, y)$ は、撮像領域 1 0 4 a の画素 $a(x, y)$ に対して、X 軸の正方向に約 0 . 5 画素だけずれた位置にある被写体像を受光する。また、撮像領域 1 0 4 d の画素 $d(x, y)$ が受光する被写体像の、撮像領域 1 0 4 a の画素 $a(x, y)$ が受光する被写体像に対する X 軸方向及び Y 軸方向におけるずれ量は、被写体距離の変化に応じて変化する。

40

【 0 0 6 9 】

したがって、X 軸方向及び Y 軸方向にそれぞれ約 0 . 5 画素ずつずれた $m \times n$ の画素数を有する画像から、 $2 \cdot m \times 2 \cdot n$ (縦 \times 横) の画素数を有する高解像度の合成画像 h を作成するためには、図 6 A に示すように、合成画像の座標 $h(2 \cdot x - 1, 2 \cdot y - 1)$ には画素 $a(x, y)$ の輝度値を代入し、座標 $h(2 \cdot x - 1, 2 \cdot y)$ には画素 $c(x, y)$ の輝度値を代入し、座標 $h(2 \cdot x, 2 \cdot y - 1)$ には画素 $b(x, y)$ の輝度値を代入し、座標 $h(2 \cdot x, 2 \cdot y)$ にはその 4 近傍の画素の輝度値の平均値を代入する ($x = 1, 2, \dots, m$ 、 $y = 1, 2, \dots, n$)。ここで、座標 $h(2 \cdot x, 2 \cdot y)$ にはその 4 近傍の画素の輝度値の平均値ではなく、その近傍の画素の輝度値を用いて

50

他の補間方法により算出した値を代入してもよい。

【0070】

なお、被写体距離によっては、撮像領域104dの画素 $d(x, y)$ が、撮像領域104aの画素 $a(x, y)$ に対して、X軸の正方向に約0.5画素、Y軸の正方向に約0.5画素ずれた被写体像114を受光している場合がある。この場合は、図6Bに示すように、合成画像の座標 $h(2 \cdot x - 1, 2 \cdot y - 1)$ には画素 $a(x, y)$ の輝度値を代入し、座標 $h(2 \cdot x - 1, 2 \cdot y)$ には画素 $c(x, y)$ の輝度値を代入し、座標 $h(2 \cdot x, 2 \cdot y - 1)$ には画素 $b(x, y)$ の輝度値を代入し、座標 $h(2 \cdot x, 2 \cdot y)$ には画素 $d(x, y)$ の輝度値を代入する。

【0071】

以上のようにして、 $m \times n$ の画素数を有し、且つ互いにずれた撮像領域104a、104b、104c、104dから得た4つの画像から、 $2 \cdot m \times 2 \cdot n$ の画素数を有する合成画像 h を作成することができる。つまり、撮像領域104a、104b、104c、104dからそれぞれ得られる図7Aに示す $m \times n$ の画素数を有するの4つの画像を合成することにより、図7Bに示す $2 \cdot m \times 2 \cdot n$ の画素数を有する高解像度の画像を得ることができる。

【0072】

被写体が白黒の場合は、上記の方法で高解像度の合成画像を作成することができる。しかし、被写体がカラーの場合は、赤、緑、青の3つの合成画像を作成する。赤の色情報を持つ合成画像を h_r 、緑の色情報を持つ合成画像を h_g 、青の合成画像を h_b とする。画像の局所領域では赤、緑、青の各画像情報間に相関性があるという特性を利用して、合成画像 h_r, h_g, h_b を作成する。赤及び緑間の画像情報の相関を表す行列 c_{rg} 、青及び緑間の画像情報の相関を表す行列 c_{bg} 、青及び赤間の画像情報の相関を表す行列 c_{br} を(数5)で算出する。

【0073】

【数5】

$$c_{rg}(x, y) = b(x, y) / a(x, y)$$

$$c_{bg}(x, y) = c(x, y) / a(x, y)$$

$$c_{br}(x, y) = c(x, y) / b(x, y)$$

$$(x=1, 2, \dots, m, y=1, 2, \dots, n)$$

【0074】

次に(数5)で求めた各行列にメディアンフィルタを作用させてノイズを除去し、(数6)の行列 $median_c_{rg}$ 、 $median_c_{bg}$ 、 $median_c_{br}$ を算出する。

【0075】

【数6】

$$median_c_{rg} = median(c_{rg})$$

$$median_c_{bg} = median(c_{bg})$$

$$median_c_{br} = median(c_{br})$$

【0076】

次に(数6)で求めた各行列に重み係数を用いたローパスフィルタを作用させ、(数7)の LPF_c_{rg} 、 LPF_c_{bg} 、 LPF_c_{br} を算出する。

【0077】

10

20

30

40

【数7】

$$LPF_c_rg = lpf(\text{median_c_rg})$$

$$LPF_c_bg = lpf(\text{median_c_bg})$$

$$LPF_c_br = lpf(\text{median_c_br})$$

【0078】

この局所領域での各色の相関を表す LPF_c_rg 、 LPF_c_bg 、 LPF_c_br を用いて、赤の色情報を持つ合成画像 h_r 、緑の色情報を持つ合成画像 h_g 、青の合成画像 h_b を作成する。 10

【0079】

赤の色情報を持つ合成画像 h_r は (数8) を用いて作成する。

【0080】

【数8】

$$h_r(2 \cdot x - 1, 2 \cdot y - 1) = a(x, y) \cdot LPF_c_rg(x, y)$$

$$h_r(2 \cdot x, 2 \cdot y - 1) = b(x, y)$$

$$h_r(2 \cdot x - 1, 2 \cdot y) = c(x, y) / LPF_c_br(x, y) \quad 20$$

$$h_r(2 \cdot x, 2 \cdot y) : 4 \text{ 近傍の平均値}$$

$$(x=1, 2, \dots, m, y=1, 2, \dots, n)$$

【0081】

緑の色情報を持つ合成画像 h_g は (数9) を用いて作成する。

【0082】

【数9】

$$h_g(2 \cdot x - 1, 2 \cdot y - 1) = a(x, y)$$

$$h_g(2 \cdot x, 2 \cdot y - 1) = b(x, y) / LPF_c_rg(x, y) \quad 30$$

$$h_g(2 \cdot x - 1, 2 \cdot y) = c(x, y) / LPF_c_bg(x, y)$$

$$h_g(2 \cdot x, 2 \cdot y) : 4 \text{ 近傍の平均値}$$

$$(x=1, 2, \dots, m, y=1, 2, \dots, n)$$

【0083】

青の色情報を持つ合成画像 h_b は (数10) を用いて作成する。

【0084】

【数10】

$$h_b(2 \cdot x - 1, 2 \cdot y - 1) = a(x, y) \cdot LPF_c_bg(x, y)$$

$$h_b(2 \cdot x, 2 \cdot y - 1) = b(x, y) \cdot LPF_c_br(x, y)$$

$$h_b(2 \cdot x - 1, 2 \cdot y) = c(x, y)$$

$$h_b(2 \cdot x, 2 \cdot y) : 4 \text{ 近傍の平均値}$$

$$(x=1, 2, \dots, m, y=1, 2, \dots, n)$$

【0085】

算出した赤、緑、青の合成画像 h_r 、 h_g 、 h_b をカラー合成することにより、 $2 \cdot m \times 2 \cdot n$ の画素数を有する高解像度なカラー合成画像 h_{rgb} を得る。なお、撮像素子 103 に結像される被写体像がレンズ 102a ~ 102d により反転する特性を考慮し、図 8 に示すようにカラー合成画像 h_{rgb} の画素配列を Y 軸方向に反転する。

【0086】

次に、図 1 の撮像装置において、4 つのレンズから投影された 4 つの被写体像間のずれ量が、理想的なずれ量である 0.5 画素から外れている場合であっても、常に高解像度で色むらが少ない画像を出力できる原理について説明する。

【0087】

図 1 の撮像領域 104a ~ 104d における光軸 105a ~ 105d のずれ量は、レンズ 102a ~ 102d の成型誤差や実装の際の実装誤差などに起因して、各画素ずらし方向において理想的なずれ量である 0.5 画素でない場合が多い。図 9 に撮像領域 104a ~ 104c における被写体像 114a ~ 114c 及び光軸 105a ~ 105c とこれらの近傍の画素を拡大して示す。図 9 は視差補正処理後の被写体像 114a ~ 114c と光軸 105a ~ 105c との関係を示している。

【0088】

撮像領域 104c の被写体像 114c は、撮像領域 104a の被写体像 114a に対して Y 軸の負方向に 0.6 画素ずれており、X 軸の負方向に 0.1 画素ずれている。被写体距離が変化すると、被写体像 114c は、被写体像 114a に対する Y 軸方向のずれ量をほぼ 0.6 画素に保ったまま X 軸方向に移動する。この時、被写体像 114c の被写体像 114a に対する Y 軸方向のずれ量が 0.25 画素から 0.75 画素の範囲内であれば、高解像度の合成画像を得ることができる。撮像領域 104c の被写体像 114c と撮像領域 104a の被写体像 114a との X 軸方向のずれ量が ± 0.5 画素の範囲内に入るように視差補正処理される。

【0089】

撮像領域 104b の被写体像 114b は、撮像領域 104a の被写体像 114a に対して Y 軸の負方向に 0.1 画素ずれており、X 軸の負方向に 0.6 画素ずれている。被写体距離が変化すると、被写体像 114b は、被写体像 114a に対する X 軸方向のずれ量をほぼ 0.6 画素に保ったまま Y 軸方向に移動する。この時、被写体像 114b の被写体像 114a に対する X 軸方向のずれ量が 0.25 画素から 0.75 画素の範囲内であれば、高解像度の合成画像を得ることができる。撮像領域 104b の被写体像 114b と撮像領域 104a の被写体像 114a との Y 軸方向のずれ量が ± 0.5 画素の範囲内に入るように視差補正処理される。

【0090】

各被写体像のずれ量が上記の場合において、垂直方向に延びたエッジを持つ被写体を撮影した時の出力画像について述べる。撮像素子 103 上に結像された垂直方向に延びた三本の太線からなる被写体像を図 10A に、撮像領域 104a に取り込まれた画像の画素配列を Y 軸方向に反転して得られた画像を図 10B に、高解像度のカラー合成画像 h_{rgb} を図 10C に示す。図 10A ~ 図 10C では、濃淡を線の密度で表現しており、濃い色ほど線の密度を高くし、薄い色ほど線の密度を低くして表現している。

【0091】

図 10C の画像は、図 10B の画像に比べて三本の太線からなる被写体像の識別がより容易であり、より高解像度の画像となっている。しかし、撮像領域 104c 上の被写体像 114c の撮像領域 104a 上の被写体像 114a に対する X 軸方向及び Y 軸方向のずれ量が、理想的なずれ量である X 軸方向に 0 画素、Y 軸方向に 0.5 画素から外れていることに起因して、図 10C の画像には色むらが発生している。そこで、被写体像の局所領域でのエッジの方向を検出し、エッジの方向に応じて赤の色情報を持つ合成画像 h_r 、緑の色情報を持つ合成画像 h_g 、青の色情報を持つ合成画像 h_b の合成方法を以下のように変更する。

【0092】

10

20

30

40

50

(数11)は撮像領域104aの各座標でのY軸方向に延びるエッジの強さ、つまりX軸方向の平均化された微分成分 $Dy(x, y)$ を算出する式である。

【0093】

【数11】

$$Dy(x, y) = a(x-1, y-1) + 2 \cdot a(x-1, y) + a(x-1, y+1) \\ - a(x+1, y-1) - 2 \cdot a(x+1, y) - a(x+1, y+1) \\ (x=1, 2, \dots, m, y=1, 2, \dots, n)$$

10

【0094】

(数12)は撮像領域104aの各座標でのX軸方向に延びるエッジの強さ、つまりY軸方向の平均化された微分成分 $Dx(x, y)$ を算出する式である。

【0095】

【数12】

$$Dx(x, y) = a(x-1, y-1) + 2 \cdot a(x, y-1) + a(x+1, y-1) \\ - a(x-1, y+1) - 2 \cdot a(x, y+1) - a(x+1, y+1) \\ (x=1, 2, \dots, m, y=1, 2, \dots, n)$$

20

【0096】

(数13)は撮像領域104aの各座標での右上がり斜め方向に延びるエッジの強さ、つまり左上がり斜め方向の平均化された微分成分 $Dsr(x, y)$ を算出する式である。

【0097】

【数13】

$$Dsr(x, y) = a(x-1, y) + 2 \cdot a(x-1, y-1) + a(x, y-1) \\ - a(x, y+1) - 2 \cdot a(x+1, y+1) - a(x+1, y) \\ (x=1, 2, \dots, m, y=1, 2, \dots, n)$$

30

【0098】

(数14)は撮像領域104aの各座標での左上がり斜め方向に延びるエッジの強さ、つまり右上がり斜め方向の平均化された微分成分 $Dsl(x, y)$ を算出する式である。

【0099】

【数14】

$$Dsl(x, y) = a(x, y-1) + 2 \cdot a(x+1, y-1) + a(x+1, y) \\ - a(x-1, y) - 2 \cdot a(x-1, y+1) - a(x, y+1) \\ (x=1, 2, \dots, m, y=1, 2, \dots, n)$$

40

【0100】

算出した $Dx(x, y)$ 、 $Dy(x, y)$ 、 $Dsr(x, y)$ 、 $Dsl(x, y)$ の各絶対値のうち、 $Dx(x, y)$ の絶対値が最大となる場合は、赤の色情報を持つ合成画像 hr は(数15)を用いて作成する。

【0101】

【数 1 5】

$$\begin{aligned} h_r(2 \cdot x - 1, 2 \cdot y - 1) &= a(x, y) \cdot LPF_c_rg(x, y) \\ h_r(2 \cdot x, 2 \cdot y - 1) &= h_r(2 \cdot x - 1, 2 \cdot y - 1) \\ h_r(2 \cdot x - 1, 2 \cdot y) &= c(x, y) / LPF_c_br(x, y) \\ h_r(2 \cdot x, 2 \cdot y) &= h_r(2 \cdot x - 1, 2 \cdot y) \\ (x &= 1, 2, \dots, m, y = 1, 2, \dots, n) \end{aligned}$$

【0 1 0 2】

緑の色情報を持つ合成画像 h_g は (数 1 6) を用いて作成する。

10

【0 1 0 3】

【数 1 6】

$$\begin{aligned} h_g(2 \cdot x - 1, 2 \cdot y - 1) &= a(x, y) \\ h_g(2 \cdot x, 2 \cdot y - 1) &= h_g(2 \cdot x - 1, 2 \cdot y - 1) \\ h_g(2 \cdot x - 1, 2 \cdot y) &= c(x, y) / LPF_c_bg(x, y) \\ h_g(2 \cdot x, 2 \cdot y) &= h_g(2 \cdot x - 1, 2 \cdot y) \\ (x &= 1, 2, \dots, m, y = 1, 2, \dots, n) \end{aligned}$$

20

【0 1 0 4】

青の色情報を持つ合成画像 h_b は (数 1 7) を用いて作成する。

【0 1 0 5】

【数 1 7】

$$\begin{aligned} h_b(2 \cdot x - 1, 2 \cdot y - 1) &= a(x, y) \cdot LPF_c_bg(x, y) \\ h_b(2 \cdot x, 2 \cdot y - 1) &= h_b(2 \cdot x - 1, 2 \cdot y - 1) \\ h_b(2 \cdot x - 1, 2 \cdot y) &= c(x, y) \\ h_b(2 \cdot x, 2 \cdot y) &= h_b(2 \cdot x - 1, 2 \cdot y) \\ (x &= 1, 2, \dots, m, y = 1, 2, \dots, n) \end{aligned}$$

30

【0 1 0 6】

$Dy(x, y)$ の絶対値が最大となる場合は、赤の色情報を持つ合成画像 h_r は (数 1 8) を用いて作成する。

【0 1 0 7】

【数 1 8】

$$\begin{aligned} h_r(2 \cdot x - 1, 2 \cdot y - 1) &= a(x, y) \cdot LPF_c_rg(x, y) \\ h_r(2 \cdot x, 2 \cdot y - 1) &= b(x, y) \\ h_r(2 \cdot x - 1, 2 \cdot y) &= h_r(2 \cdot x - 1, 2 \cdot y - 1) \\ h_r(2 \cdot x, 2 \cdot y) &= h_r(2 \cdot x, 2 \cdot y - 1) \\ (x &= 1, 2, \dots, m, y = 1, 2, \dots, n) \end{aligned}$$

40

【0 1 0 8】

緑の色情報を持つ合成画像 h_g は (数 1 9) を用いて作成する。

【0 1 0 9】

50

【数 19】

$$h_g(2 \cdot x - 1, 2 \cdot y - 1) = a(x, y)$$

$$h_g(2 \cdot x, 2 \cdot y - 1) = b(x, y) / LPF_c_rg(x, y)$$

$$h_g(2 \cdot x - 1, 2 \cdot y) = h_g(2 \cdot x - 1, 2 \cdot y - 1)$$

$$h_g(2 \cdot x, 2 \cdot y) = h_g(2 \cdot x, 2 \cdot y - 1)$$

$$(x=1, 2, \dots, m, y=1, 2, \dots, n)$$

10

【0110】

青の色情報を持つ合成画像 h_b は (数 20) を用いて作成する。

【0111】

【数 20】

$$h_b(2 \cdot x - 1, 2 \cdot y - 1) = a(x, y) \cdot LPF_c_bg(x, y)$$

$$h_b(2 \cdot x, 2 \cdot y - 1) = b(x, y) \cdot LPF_c_br(x, y)$$

$$h_b(2 \cdot x - 1, 2 \cdot y) = h_b(2 \cdot x - 1, 2 \cdot y - 1)$$

$$h_b(2 \cdot x, 2 \cdot y) = h_b(2 \cdot x, 2 \cdot y - 1)$$

$$(x=1, 2, \dots, m, y=1, 2, \dots, n)$$

20

【0112】

$Dsr(x, y)$ の絶対値が最大となる場合は、赤の色情報を持つ合成画像 h_r は (数 21) を用いて作成する。

【0113】

【数 21】

$$h_r(2 \cdot x - 1, 2 \cdot y - 1) = a(x, y) \cdot LPF_c_rg(x, y)$$

$$h_r(2 \cdot x, 2 \cdot y - 1) = b(x, y)$$

$$h_r(2 \cdot x - 1, 2 \cdot y) = h_r(2 \cdot x, 2 \cdot y - 1)$$

$$h_r(2 \cdot x, 2 \cdot y) = h_r(2 \cdot x + 1, 2 \cdot y - 1)$$

$$(x=1, 2, \dots, m, y=1, 2, \dots, n)$$

30

【0114】

緑の色情報を持つ合成画像 h_g は (数 22) を用いて作成する。

【0115】

【数 22】

$$h_g(2 \cdot x - 1, 2 \cdot y - 1) = a(x, y)$$

$$h_g(2 \cdot x, 2 \cdot y - 1) = b(x, y) / LPF_c_rg(x, y)$$

$$h_g(2 \cdot x - 1, 2 \cdot y) = h_g(2 \cdot x, 2 \cdot y - 1)$$

$$h_g(2 \cdot x, 2 \cdot y) = h_g(2 \cdot x + 1, 2 \cdot y - 1)$$

$$(x=1, 2, \dots, m, y=1, 2, \dots, n)$$

40

50

【 0 1 1 6 】

青の色情報を持つ合成画像 h_b は (数 2 3) を用いて作成する。

【 0 1 1 7 】

【 数 2 3 】

$$h_b(2 \cdot x - 1, 2 \cdot y - 1) = a(x, y) \cdot LPF_c_b_g(x, y)$$

$$h_b(2 \cdot x, 2 \cdot y - 1) = b(x, y) \cdot LPF_c_b_r(x, y)$$

$$h_b(2 \cdot x - 1, 2 \cdot y) = h_b(2 \cdot x, 2 \cdot y - 1)$$

$$h_b(2 \cdot x, 2 \cdot y) = h_b(2 \cdot x + 1, 2 \cdot y - 1)$$

$$(x = 1, 2, \dots, m, y = 1, 2, \dots, n)$$

10

【 0 1 1 8 】

$Ds1(x, y)$ の絶対値が最大となる場合は、赤の色情報を持つ合成画像 h_r は (数 2 4) を用いて作成する。

【 0 1 1 9 】

【 数 2 4 】

$$h_r(2 \cdot x - 1, 2 \cdot y - 1) = a(x, y) \cdot LPF_c_r_g(x, y)$$

$$h_r(2 \cdot x, 2 \cdot y - 1) = b(x, y)$$

$$h_r(2 \cdot x - 1, 2 \cdot y) = h_r(2 \cdot x - 2, 2 \cdot y - 1)$$

$$h_r(2 \cdot x, 2 \cdot y) = h_r(2 \cdot x - 1, 2 \cdot y - 1)$$

$$(x = 1, 2, \dots, m, y = 1, 2, \dots, n)$$

20

【 0 1 2 0 】

緑の色情報を持つ合成画像 h_g は (数 2 5) を用いて作成する。

【 0 1 2 1 】

【 数 2 5 】

$$h_g(2 \cdot x - 1, 2 \cdot y - 1) = a(x, y)$$

$$h_g(2 \cdot x, 2 \cdot y - 1) = b(x, y) / LPF_c_r_g(x, y)$$

$$h_g(2 \cdot x - 1, 2 \cdot y) = h_g(2 \cdot x - 2, 2 \cdot y - 1)$$

$$h_g(2 \cdot x, 2 \cdot y) = h_g(2 \cdot x - 1, 2 \cdot y - 1)$$

$$(x = 1, 2, \dots, m, y = 1, 2, \dots, n)$$

30

40

【 0 1 2 2 】

青の色情報を持つ合成画像 h_b は (数 2 6) を用いて作成する。

【 0 1 2 3 】

【数 2 6】

$$h_b(2 \cdot x - 1, 2 \cdot y - 1) = a(x, y) \cdot LPF_c_bg(x, y)$$

$$h_b(2 \cdot x, 2 \cdot y - 1) = b(x, y) \cdot LPF_c_br(x, y)$$

$$h_b(2 \cdot x - 1, 2 \cdot y) = h_b(2 \cdot x - 2, 2 \cdot y - 1)$$

$$h_b(2 \cdot x, 2 \cdot y) = h_b(2 \cdot x - 1, 2 \cdot y - 1)$$

$$(x = 1, 2, \dots, m, y = 1, 2, \dots, n)$$

10

【0 1 2 4】

図 1 0 A の被写体像は Y 軸方向に延びるエッジであるため、(数 1 8) から (数 2 0) を用いて合成画像 h_r 、 h_g 、 h_b が作成される。算出した赤、緑、青の合成画像 h_r 、 h_g 、 h_b を合成することにより、図 1 0 D に示すように、図 1 0 C の画像に発生していた色むらが無くなり、 $2 \cdot m \times 2 \cdot n$ の画素数を有する高解像度の色むらの無いカラー画像 h_rgb を得る。図 1 0 D では、濃淡を線の密度で表現しており、濃い色ほど線の密度を高くし、薄い色ほど線の密度を低くして表現している。

【0 1 2 5】

図 1 0 D のように色むらの低減された画像が得られる理由は以下の通りである。図 1 0 A のように Y 軸方向に延びたエッジを有する局所領域では、Y 軸方向に隣り合う画素の輝度値の相関性は高いため、Y 軸方向に隣り合う画素の輝度値を同一の値にしても出力画像に対する影響は小さい。したがって、(数 1 8) から (数 2 0) に示すように、Y 軸方向に隣り合う画素に同一の値を代入する。これにより、Y 軸方向に延びたエッジ画像の直線性が再現され、図 1 0 D のように色むらのない画像が得られる。

20

【0 1 2 6】

また、図示していないが、X 軸方向に延びたエッジを有する局所領域では、X 軸方向に隣り合う画素の輝度値の相関性は高いため、X 軸方向に隣り合う画素の輝度値を同一の値にしても出力画像に対する影響は小さい。したがって、(数 1 5) から (数 1 7) に示すように、X 軸方向に隣り合う画素に同一の値を代入する。これにより、X 軸方向に延びたエッジ画像の直線性が再現され、色むらがない画像が得られる。

30

【0 1 2 7】

また、図示していないが、右上がり斜め方向に延びたエッジを有する局所領域では、右上がり斜め方向に隣り合う画素の輝度値の相関性は高いため、右上がり斜め方向に隣り合う画素の輝度値を同一の値にしても出力画像に対する影響は小さい。したがって、(数 2 1) から (数 2 3) に示すように、右上がり斜め方向に隣り合う画素に同一の値を代入する。これにより、右上がり斜め方向に延びたエッジ画像の直線性が再現され、色むらがない画像が得られる。

【0 1 2 8】

また、図示していないが、左上がり斜め方向に延びたエッジを有する局所領域では、左上がり斜め方向に隣り合う画素の輝度値の相関性は高いため、左上がり斜め方向に隣り合う画素の輝度値を同一の値にしても出力画像に対する影響は小さい。したがって、(数 2 4) から (数 2 6) に示すように、左上がり斜め方向に隣り合う画素に同一の値を代入する。これにより、左上がり斜め方向に延びたエッジ画像の直線性が再現され、色むらがない画像が得られる。

40

【0 1 2 9】

なお、撮像素子 1 0 3 に結像される被写体像はレンズ 1 0 2 a ~ 1 0 2 d により反転する特性を考慮し、図 8 に示すようにカラー合成画像 h_rgb の画素配列を Y 軸方向に反転している。上記の右上がり斜め方向、左上がり斜め方向は反転後の画像における方向を意味する。

50

【 0 1 3 0 】

以上のような本実施の形態の複眼方式の撮像装置によれば、4つの単レンズからそれぞれ投影された4つの被写体像間のずれ量が、理想的なずれ量である0.5画素から外れている場合であっても、被写体距離によらず常に高解像度で色むらが少ないカラー画像を出力することができる。

【 0 1 3 1 】

なお、例えば図11に示すように、被写体の濃淡が変化する場合は、(数15)から(数26)を、補間式を含む以下の(数27)から(数38)に変更することが好ましい。これにより、4つの単レンズからそれぞれ投影された4つの被写体像間のずれ量が、理想的なずれ量である0.5画素から外れている場合であっても、被写体距離によらず常に高解像度で、色むらが少ないカラー画像を出力することができ、且つ、濃淡の変化を滑らかに表現することができる。図11では、濃淡を線の密度で表現しており、濃い色ほど線の密度を高くし、薄い色ほど線の密度を低くして表現している。

10

【 0 1 3 2 】

合成画像 h_r 、 h_g 、 h_b の画素の輝度値として、(数15)から(数26)では、ある画素に、この画素に対してエッジ方向において一方の隣に位置する画素の輝度値を代入したが、(数27)から(数38)では、この画素に対してエッジ方向において両隣に位置する2つの画素の輝度値を線形補間して得られた値を代入している。なお、補間方法としては、線形補間に限られず、両隣に位置する2つの画素の輝度値を用いた3次補間などを用いても良い。

20

【 0 1 3 3 】

算出した $D_x(x, y)$ 、 $D_y(x, y)$ 、 $D_{sr}(x, y)$ 、 $D_{sl}(x, y)$ の各絶対値のうち、 $D_x(x, y)$ の絶対値が最大となる場合は、合成画像 h_r 、 h_g 、 h_b は(数27)、(数28)、(数29)を用いて作成する。

【 0 1 3 4 】

【数27】

$$h_r(2 \cdot x - 1, 2 \cdot y - 1) = a(x, y) \cdot LPF_{c_rg}(x, y)$$

$$h_r(2 \cdot x, 2 \cdot y - 1) = 0.5 \cdot (h_r(2 \cdot x - 1, 2 \cdot y - 1) + h_r(2 \cdot x + 1, 2 \cdot y - 1))$$

30

$$h_r(2 \cdot x - 1, 2 \cdot y) = c(x, y) / LPF_{c_br}(x, y)$$

$$h_r(2 \cdot x, 2 \cdot y) = 0.5 \cdot (h_r(2 \cdot x - 1, 2 \cdot y) + h_r(2 \cdot x + 1, 2 \cdot y))$$

$$(x=1, 2, \dots, m, y=1, 2, \dots, n)$$

【 0 1 3 5 】

【数28】

$$h_g(2 \cdot x - 1, 2 \cdot y - 1) = a(x, y)$$

$$h_g(2 \cdot x, 2 \cdot y - 1) = 0.5 \cdot (h_g(2 \cdot x - 1, 2 \cdot y - 1) + h_g(2 \cdot x + 1, 2 \cdot y - 1))$$

40

$$h_g(2 \cdot x - 1, 2 \cdot y) = c(x, y) / LPF_{c_bg}(x, y)$$

$$h_g(2 \cdot x, 2 \cdot y) = 0.5 \cdot (h_g(2 \cdot x - 1, 2 \cdot y) + h_g(2 \cdot x + 1, 2 \cdot y))$$

$$(x=1, 2, \dots, m, y=1, 2, \dots, n)$$

50

【 0 1 3 6 】

【数 2 9】

$$hb(2 \cdot x - 1, 2 \cdot y - 1) = a(x, y) \cdot LPF_c_bg(x, y)$$

$$hb(2 \cdot x, 2 \cdot y - 1) = 0.5 \cdot (hb(2 \cdot x - 1, 2 \cdot y - 1) + hb(2 \cdot x + 1, 2 \cdot y - 1))$$

$$hb(2 \cdot x - 1, 2 \cdot y) = c(x, y)$$

$$hb(2 \cdot x, 2 \cdot y) = 0.5 \cdot (hb(2 \cdot x - 1, 2 \cdot y) + hb(2 \cdot x + 1, 2 \cdot y))$$

$$(x=1, 2, \dots, m, y=1, 2, \dots, n)$$

10

【 0 1 3 7 】

$Dy(x, y)$ の絶対値が最大となる場合は、合成画像 hr 、 hg 、 hb は (数 3 0)、(数 3 1)、(数 3 2) を用いて作成する。

【 0 1 3 8 】

【数 3 0】

$$hr(2 \cdot x - 1, 2 \cdot y - 1) = a(x, y) \cdot LPF_c_rg(x, y)$$

$$hr(2 \cdot x, 2 \cdot y - 1) = b(x, y)$$

$$hr(2 \cdot x - 1, 2 \cdot y) = 0.5 \cdot (hr(2 \cdot x - 1, 2 \cdot y - 1) + hr(2 \cdot x - 1, 2 \cdot y + 1))$$

$$hr(2 \cdot x, 2 \cdot y) = 0.5 \cdot (hr(2 \cdot x, 2 \cdot y - 1) + hr(2 \cdot x, 2 \cdot y + 1))$$

$$(x=1, 2, \dots, m, y=1, 2, \dots, n)$$

20

30

【 0 1 3 9 】

【数 3 1】

$$hg(2 \cdot x - 1, 2 \cdot y - 1) = a(x, y)$$

$$hg(2 \cdot x, 2 \cdot y - 1) = b(x, y) / LPF_c_rg(x, y)$$

$$hg(2 \cdot x - 1, 2 \cdot y) = 0.5 \cdot (hg(2 \cdot x - 1, 2 \cdot y - 1) + hg(2 \cdot x - 1, 2 \cdot y + 1))$$

$$hg(2 \cdot x, 2 \cdot y) = 0.5 \cdot (hg(2 \cdot x, 2 \cdot y - 1) + hg(2 \cdot x, 2 \cdot y + 1))$$

$$(x=1, 2, \dots, m, y=1, 2, \dots, n)$$

40

【 0 1 4 0 】

【数32】

$$hb(2 \cdot x - 1, 2 \cdot y - 1) = a(x, y) \cdot LPF_c_bg(x, y)$$

$$hb(2 \cdot x, 2 \cdot y - 1) = b(x, y) \cdot LPF_c_br(x, y)$$

$$hb(2 \cdot x - 1, 2 \cdot y) = 0.5 \cdot (hb(2 \cdot x - 1, 2 \cdot y - 1) \\ + hb(2 \cdot x - 1, 2 \cdot y + 1))$$

$$hb(2 \cdot x, 2 \cdot y) = 0.5 \cdot (hb(2 \cdot x, 2 \cdot y - 1) \\ + hb(2 \cdot x, 2 \cdot y + 1))$$

$$(x=1, 2, \dots, m, y=1, 2, \dots, n)$$

10

【0141】

$Dsr(x, y)$ の絶対値が最大となる場合は、合成画像 hr 、 hg 、 hb は(数33)、(数34)、(数35)を用いて作成する。

【0142】

【数33】

$$hr(2 \cdot x - 1, 2 \cdot y - 1) = a(x, y) \cdot LPF_c_rg(x, y)$$

$$hr(2 \cdot x, 2 \cdot y - 1) = b(x, y)$$

$$hr(2 \cdot x - 1, 2 \cdot y) = 0.5 \cdot (hr(2 \cdot x, 2 \cdot y - 1) \\ + hr(2 \cdot x - 2, 2 \cdot y + 1))$$

$$hr(2 \cdot x, 2 \cdot y) = 0.5 \cdot (hr(2 \cdot x + 1, 2 \cdot y - 1) \\ + hr(2 \cdot x - 1, 2 \cdot y + 1))$$

$$(x=1, 2, \dots, m, y=1, 2, \dots, n)$$

20

30

【0143】

【数34】

$$hg(2 \cdot x - 1, 2 \cdot y - 1) = a(x, y)$$

$$hg(2 \cdot x, 2 \cdot y - 1) = b(x, y) / LPF_c_rg(x, y)$$

$$hg(2 \cdot x - 1, 2 \cdot y) = 0.5 \cdot (hg(2 \cdot x, 2 \cdot y - 1) \\ + hg(2 \cdot x - 2, 2 \cdot y + 1))$$

$$hg(2 \cdot x, 2 \cdot y) = 0.5 \cdot (hg(2 \cdot x + 1, 2 \cdot y - 1) \\ + hg(2 \cdot x - 1, 2 \cdot y + 1))$$

$$(x=1, 2, \dots, m, y=1, 2, \dots, n)$$

40

【0144】

【数35】

$$hb(2 \cdot x - 1, 2 \cdot y - 1) = a(x, y) \cdot LPF_c_bg(x, y)$$

$$hb(2 \cdot x, 2 \cdot y - 1) = b(x, y) \cdot LPF_c_br(x, y)$$

$$hb(2 \cdot x - 1, 2 \cdot y) = 0.5 \cdot (hb(2 \cdot x, 2 \cdot y - 1) \\ + hb(2 \cdot x - 2, 2 \cdot y + 1))$$

$$hb(2 \cdot x, 2 \cdot y) = 0.5 \cdot (hb(2 \cdot x + 1, 2 \cdot y - 1) \\ + hb(2 \cdot x - 1, 2 \cdot y + 1))$$

$$(x=1, 2, \dots, m, y=1, 2, \dots, n)$$

10

【0145】

Ds1(x, y)の絶対値が最大となる場合は、合成画像hr、hg、hbは(数36)、(数37)、(数38)を用いて作成する。

【0146】

【数36】

$$hr(2 \cdot x - 1, 2 \cdot y - 1) = a(x, y) \cdot LPF_c_rg(x, y)$$

20

$$hr(2 \cdot x, 2 \cdot y - 1) = b(x, y)$$

$$hr(2 \cdot x - 1, 2 \cdot y) = 0.5 \cdot (hr(2 \cdot x - 2, 2 \cdot y - 1) \\ + hr(2 \cdot x, 2 \cdot y + 1))$$

$$hr(2 \cdot x, 2 \cdot y) = 0.5 \cdot (hr(2 \cdot x - 1, 2 \cdot y - 1) \\ + hr(2 \cdot x + 1, 2 \cdot y + 1))$$

$$(x=1, 2, \dots, m, y=1, 2, \dots, n)$$

30

【0147】

【数37】

$$hg(2 \cdot x - 1, 2 \cdot y - 1) = a(x, y)$$

$$hg(2 \cdot x, 2 \cdot y - 1) = b(x, y) / LPF_c_rg(x, y)$$

$$hg(2 \cdot x - 1, 2 \cdot y) = 0.5 \cdot (hg(2 \cdot x - 2, 2 \cdot y - 1) \\ + hg(2 \cdot x, 2 \cdot y + 1))$$

$$hg(2 \cdot x, 2 \cdot y) = 0.5 \cdot (hg(2 \cdot x - 1, 2 \cdot y - 1) \\ + hg(2 \cdot x + 1, 2 \cdot y + 1))$$

40

$$(x=1, 2, \dots, m, y=1, 2, \dots, n)$$

【0148】

【数38】

$$hb(2 \cdot x - 1, 2 \cdot y - 1) = a(x, y) \cdot LPF_c_bg(x, y)$$

$$hb(2 \cdot x, 2 \cdot y - 1) = b(x, y) \cdot LPF_c_br(x, y)$$

$$hb(2 \cdot x - 1, 2 \cdot y) = 0.5 \cdot (hb(2 \cdot x - 2, 2 \cdot y - 1) + hb(2 \cdot x, 2 \cdot y + 1))$$

$$hb(2 \cdot x, 2 \cdot y) = 0.5 \cdot (hb(2 \cdot x - 1, 2 \cdot y - 1) + hb(2 \cdot x + 1, 2 \cdot y + 1))$$

10

【0149】

なお、被写体距離によっては、撮像領域104dの画素d(x, y)が、撮像領域104aの画素a(x, y)に対して、X軸の正方向に約0.5画素、Y軸の正方向に約0.5画素ずれた被写体像114を受光している場合がある。この場合は、(数27)から(数32)に代えて(数39)から(数44)を用いることが好ましい。これにより、特定の被写体距離では緑の色再現性を向上させることができるので、より高解像度の輝度情報を得ることが可能となり、視覚的により高解像度の画像を得ることが可能となる。

【0150】

20

算出したDx(x, y)、Dy(x, y)、Dsr(x, y)、Dsl(x, y)の各絶対値のうち、Dx(x, y)の絶対値が最大となる場合は、合成画像hr、hg、hbは(数39)、(数40)、(数41)を用いて作成する。

【0151】

【数39】

$$hr(2 \cdot x - 1, 2 \cdot y - 1) = a(x, y) \cdot LPF_c_rg(x, y)$$

$$hr(2 \cdot x, 2 \cdot y - 1) = 0.5 \cdot (hr(2 \cdot x - 1, 2 \cdot y - 1) + hr(2 \cdot x + 1, 2 \cdot y - 1))$$

$$hr(2 \cdot x - 1, 2 \cdot y) = 0.5 \cdot (hr(2 \cdot x, 2 \cdot y) + hr(2 \cdot x - 2, 2 \cdot y))$$

$$hr(2 \cdot x, 2 \cdot y) = d(x, y) \cdot LPF_c_rg(x, y)$$

$$(x=1, 2, \dots, m, y=1, 2, \dots, n)$$

30

【0152】

【数40】

$$hg(2 \cdot x - 1, 2 \cdot y - 1) = a(x, y)$$

$$hg(2 \cdot x, 2 \cdot y - 1) = 0.5 \cdot (hg(2 \cdot x - 1, 2 \cdot y - 1) + hg(2 \cdot x + 1, 2 \cdot y - 1))$$

$$hg(2 \cdot x - 1, 2 \cdot y) = 0.5 \cdot (hg(2 \cdot x, 2 \cdot y) + hg(2 \cdot x - 2, 2 \cdot y))$$

$$hg(2 \cdot x, 2 \cdot y) = d(x, y)$$

$$(x=1, 2, \dots, m, y=1, 2, \dots, n)$$

10

【0153】

【数41】

$$hb(2 \cdot x - 1, 2 \cdot y - 1) = a(x, y) \cdot LPF_c_bg(x, y)$$

$$hb(2 \cdot x, 2 \cdot y - 1) = 0.5 \cdot (hb(2 \cdot x - 1, 2 \cdot y - 1) + hb(2 \cdot x + 1, 2 \cdot y - 1))$$

$$hb(2 \cdot x - 1, 2 \cdot y) = 0.5 \cdot (hb(2 \cdot x, 2 \cdot y) + hb(2 \cdot x - 2, 2 \cdot y))$$

$$hb(2 \cdot x, 2 \cdot y) = d(x, y) \cdot LPF_c_bg(x, y)$$

$$(x=1, 2, \dots, m, y=1, 2, \dots, n)$$

20

【0154】

$Dy(x, y)$ の絶対値が最大となる場合は、合成画像 hr 、 hg 、 hb は (数42)、(数43)、(数44) を用いて作成する。

【0155】

【数42】

$$hr(2 \cdot x - 1, 2 \cdot y - 1) = a(x, y) \cdot LPF_c_rg(x, y)$$

$$hr(2 \cdot x, 2 \cdot y - 1) = 0.5 \cdot (hr(2 \cdot x, 2 \cdot y) + hr(2 \cdot x, 2 \cdot y - 2))$$

$$hr(2 \cdot x - 1, 2 \cdot y) = 0.5 \cdot (hr(2 \cdot x - 1, 2 \cdot y - 1) + hr(2 \cdot x - 1, 2 \cdot y + 1))$$

$$hr(2 \cdot x, 2 \cdot y) = d(x, y) \cdot LPF_c_rg(x, y)$$

$$(x=1, 2, \dots, m, y=1, 2, \dots, n)$$

40

【0156】

【数43】

$$h_g(2 \cdot x - 1, 2 \cdot y - 1) = a(x, y)$$

$$h_g(2 \cdot x, 2 \cdot y - 1) = 0.5 \cdot (h_g(2 \cdot x, 2 \cdot y) + h_g(2 \cdot x, 2 \cdot y - 2))$$

$$h_g(2 \cdot x - 1, 2 \cdot y) = 0.5 \cdot (h_g(2 \cdot x - 1, 2 \cdot y - 1) + h_g(2 \cdot x - 1, 2 \cdot y + 1))$$

$$h_g(2 \cdot x, 2 \cdot y) = d(x, y)$$

$$(x = 1, 2, \dots, m, y = 1, 2, \dots, n)$$

10

【0157】

【数44】

$$h_b(2 \cdot x - 1, 2 \cdot y - 1) = a(x, y) \cdot LPF_c_b_g(x, y)$$

$$h_b(2 \cdot x, 2 \cdot y - 1) = 0.5 \cdot (h_b(2 \cdot x, 2 \cdot y) + h_b(2 \cdot x, 2 \cdot y - 2))$$

$$h_b(2 \cdot x - 1, 2 \cdot y) = 0.5 \cdot (h_b(2 \cdot x - 1, 2 \cdot y - 1) + h_b(2 \cdot x - 1, 2 \cdot y + 1))$$

$$h_b(2 \cdot x, 2 \cdot y) = a(x, y) \cdot LPF_c_b_g(x, y)$$

$$(x = 1, 2, \dots, m, y = 1, 2, \dots, n)$$

20

【0158】

被写体に曲線が含まれる場合は、合成されたカラー画像 $h_r g b$ でその曲線が滑らかでない場合がある。また、局所領域での各色の画像情報間の相関性を利用した画像合成方法の影響により色むらが生じる場合がある。このような場合は、合成画像 h_r 、 h_g 、 h_b に(数45)に示すような重み付き平滑フィルタ及び(数46)に示すようなエッジ強調フィルタを作用させて得られる合成画像 $EDGE_h_r$ 、 $EDGE_h_g$ 、 $EDGE_h_b$ からカラー画像 $h_r g b$ を合成することが好ましい。これにより、4つの単レンズからそれぞれ投影された4つの被写体像間のずれ量が、理想的なずれ量である0.5画素から外れている場合であっても、被写体距離によらず常に高解像度で色むらが少ないカラー画像を出力することができる。更に、濃淡の変化を滑らかに表現でき、且つ、被写体に曲線が含まれる場合であってもその曲線を滑らかな曲線として表現することができ、且つ、局所領域での各色の画像情報間の相関性を利用した画像合成方法の影響により生じた色むらを軽減することができる。

30

40

【0159】

【数 4 5】

$$\begin{aligned} \text{LPF_hr}(x, y) = & (\text{hr}(x-1, y-1) + 2 \cdot \text{hr}(x, y-1) \\ & + \text{hr}(x+1, y-1) + 2 \cdot \text{hr}(x-1, y) \\ & + 4 \cdot \text{hr}(x, y) + 2 \cdot \text{hr}(x+1, y) \\ & + \text{hr}(x-1, y+1) + 2 \cdot \text{hr}(x, y+1) \\ & + \text{hr}(x+1, y+1)) / 16 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{LPF_hg}(x, y) = & (\text{hg}(x-1, y-1) + 2 \cdot \text{hg}(x, y-1) \\ & + \text{hg}(x+1, y-1) + 2 \cdot \text{hg}(x-1, y) \\ & + 4 \cdot \text{hg}(x, y) + 2 \cdot \text{hg}(x+1, y) \\ & + \text{hg}(x-1, y+1) + 2 \cdot \text{hg}(x, y+1) \\ & + \text{hg}(x+1, y+1)) / 16 \end{aligned}$$

10

$$\begin{aligned} \text{LPF_hb}(x, y) = & (\text{hb}(x-1, y-1) + 2 \cdot \text{hb}(x, y-1) \\ & + \text{hb}(x+1, y-1) + 2 \cdot \text{hb}(x-1, y) \\ & + 4 \cdot \text{hb}(x, y) + 2 \cdot \text{hb}(x+1, y) \\ & + \text{hb}(x-1, y+1) + 2 \cdot \text{hb}(x, y+1) \\ & + \text{hb}(x+1, y+1)) / 16 \end{aligned}$$

20

$$(x=1, 2, \dots, 2 \cdot m, y=1, 2, \dots, 2 \cdot n)$$

【0 1 6 0】

【数 4 6】

$$\begin{aligned} \text{EDGE_hr}(x, y) = & -\text{hr}(x-1, y-1) - \text{hr}(x, y-1) \\ & - \text{hr}(x+1, y-1) - \text{hr}(x-1, y) + 5 \cdot \text{hr}(x, y) \\ & - \text{hr}(x+1, y) - \text{hr}(x-1, y+1) - \text{hr}(x, y+1) \\ & - \text{hr}(x+1, y+1) \end{aligned}$$

30

$$\begin{aligned} \text{EDGE_hg}(x, y) = & -\text{hg}(x-1, y-1) - \text{hg}(x, y-1) \\ & - \text{hg}(x+1, y-1) - \text{hg}(x-1, y) + 5 \cdot \text{hg}(x, y) \\ & - \text{hg}(x+1, y) - \text{hg}(x-1, y+1) - \text{hg}(x, y+1) \\ & - \text{hg}(x+1, y+1) \end{aligned}$$

40

$$\begin{aligned} \text{EDGE_hb}(x, y) = & -\text{hb}(x-1, y-1) - \text{hb}(x, y-1) \\ & - \text{hb}(x+1, y-1) - \text{hb}(x-1, y) + 5 \cdot \text{hb}(x, y) \\ & - \text{hb}(x+1, y) - \text{hb}(x-1, y+1) - \text{hb}(x, y+1) \\ & - \text{hb}(x+1, y+1) \end{aligned}$$

$$(x=1, 2, \dots, 2 \cdot m, y=1, 2, \dots, 2 \cdot n)$$

【0 1 6 1】

50

画像の端では、重み付き平滑フィルタの計算などができない場合があるが、その場合はそのフィルタを作用させないなど適切な処理をする。

【0162】

被写体距離が無限遠と実質的に同等であり、且つ、図12に示すように、撮像領域104cでの光軸105cの位置が撮像領域104aでの光軸105aの位置に対してX軸方向に約0.5画素ずれており、撮像領域104bでの光軸105bの位置が撮像領域104aでの光軸105aの位置に対してY軸方向に約0.5画素ずれている場合、上記と同様の考え方に基づいて、被写体のエッジ方向に応じて合成画像 h_r 、 h_g 、 h_b の合成方法を変更し、重み付き平滑フィルタ及びエッジ強調フィルタを作用させることができる。これにより、4つの単レンズからそれぞれ投影された4つの被写体像間のずれ量が、理想的なずれ量である0.5画素から外れている場合であっても、常に高解像度で色むらが少ないカラー画像を出力することができる。更に、濃淡の変化を滑らかに表現でき、且つ、被写体に曲線が含まれる場合であってもその曲線を滑らかな曲線として表現することができ、且つ、局所領域での各色の画像情報間の相関性を利用した画像合成方法の影響により生じた色むらを軽減することができる。

10

【0163】

また、視差により、撮像領域104cにおける被写体像の位置が撮像領域104aにおける被写体像の位置に対してX軸方向に約0.5画素ずれており、且つ、撮像領域104bにおける被写体像の位置が撮像領域104aにおける被写体像の位置に対してY軸方向に約0.5画素ずれている場合、上記と同様の考え方に基づいて、被写体のエッジ方向に応じて合成画像 h_r 、 h_g 、 h_b の合成方法を変更し、重み付き平滑フィルタ及びエッジ強調フィルタを作用させることができる。これにより、4つの単レンズからそれぞれ投影された4つの被写体像間のずれ量が、理想的なずれ量である0.5画素から外れている場合であっても、常に高解像度で色むらが少ないカラー画像を出力することができる。更に、濃淡の変化を滑らかに表現でき、且つ、被写体に曲線が含まれる場合であってもその曲線を滑らかな曲線として表現することができ、且つ、局所領域での各色の画像情報間の相関性を利用した画像合成方法の影響により生じた色むらを軽減することができる。

20

【0164】

図1の4つのレンズ102a~102dがレンズアレイ上に一体成型されている場合、温度変化によりレンズの光軸105a~105dの位置が移動する。しかしながら、レンズアレイは等方的に膨張・収縮するため、レンズの光軸105a~105dの位置の移動方向は、被写体距離が変化した場合に視差により被写体像が移動する方向と同じである。従って、温度変化による影響は視差の補正の処理に吸収される。よって、本実施の形態によれば、温度が変化しても、常に高解像度で色むらが少ないカラー画像を出力することができる。更に、濃淡の変化を滑らかにでき、且つ、被写体に曲線が含まれる場合であってもその曲線を滑らかな曲線として表現することができ、且つ、局所領域での各色の画像情報間の相関性を利用した画像合成方法の影響により生じた色むらを軽減することができる。

30

【0165】

上記の実施の形態は一例であり、本発明はこれに限定されない。例えば、異なる色の画像情報間の相関性を利用した画像合成方法や、被写体のエッジ方向に応じた画像の合成方法の選択、重み付き平滑フィルタやエッジ強調フィルタにおける重み係数の値などは、上記の例に限定されず、同様の考え方に基づく別の方法や値を用いても良く、その場合も上記と同様の効果を得ることができる。

40

【0166】

図1の撮像装置において、4つの単レンズからそれぞれ投影された4つの被写体像間のずれ量が、理想的なずれ量である0.5画素から外れている場合、演算時間やメモリ量を削減する目的でエッジ方向検出部108を除去し、(数8)から(数10)を用いて赤、緑、青の合成画像 h_r 、 h_g 、 h_b を算出しても良い。この場合、合成画像 h_r 、 h_g 、 h_b に図1の平滑フィルタ部109及びエッジ強調部110を作用させることにより、4

50

つの被写体像間のずれ量が、理想的なずれ量である0.5画素から外れていることに起因する色むらを低減することができ、被写体距離が変化しても、常に高解像度で色むらが少ないカラー画像を出力することができる。更に、局所領域での各色の画像情報間の相関性を利用した画像合成方法の影響により生じた色むらも軽減することができる。

【0167】

本実施の形態の撮像装置において、カラーフィルタ113a, 113b, 113c, 113dを除去しても良い。この場合、(数5)を下記(数47)に変更することにより、4つの単レンズからそれぞれ投影された4つの被写体像間のずれ量が、理想的なずれ量である0.5画素から外れている場合であっても、被写体距離や温度変化によらず常に高解像度で色むらが無い白黒画像を出力することができる。更に、濃淡の変化を滑らかに表現でき、且つ、被写体に曲線が含まれる場合であってもその曲線を滑らかな曲線として表現することができる、白黒映像を出力する薄型の撮像装置を実現できる。

10

【0168】

【数47】

$$c_rg(x, y) = 1$$

$$c_bg(x, y) = 1$$

$$c_rg(x, y) = 1$$

$$(x=1, 2, \dots, m, y=1, 2, \dots, n)$$

20

【0169】

本実施の形態では、撮像領域104cに対する光軸105cの相対的位置関係が、撮像領域104aに対する光軸105aの相対的位置関係に対して、Y軸方向に約0.5画素ずれていれば良い(ここで、「約0.5画素」とは、後述するように0.25画素から0.75画素の範囲を意味する)。図1はこの条件を満足する。また、図13Aは、撮像素子103上では光軸105cは光軸105aに対してY軸方向に2.5画素ずれているが、撮像領域104cに対する光軸105cの相対的位置関係は、撮像領域104aに対する光軸105aの相対的位置関係に対して、Y軸方向に約0.5画素ずれているので、上記の条件を満足している。

30

【0170】

撮像領域104a~104dは、図1及び図13Aに示すように共通する1つの撮像素子103上に形成されている必要はなく、図13Bに示すように別個の4つの撮像素子103a~103d上にそれぞれ形成されていても良い。但し、撮像領域104a~104dのそれぞれの画素の水平方向及び垂直方向の配列方向が撮像領域104a~104d間で互いにほぼ同一である必要がある。この場合も、撮像領域104cに対する光軸105cの相対的位置関係が、撮像領域104aに対する光軸105aの相対的位置関係に対して、Y軸方向に約0.5画素ずれているという上記の条件を満足していれば良い。

40

【0171】

但し、上記の条件を満足している場合であっても、光軸105cの光軸105aに対するY軸方向のずれ量が大きすぎると、被写体距離が短い場合(即ち、近距離撮影の場合)には問題が生じる可能性がある。なぜなら、被写体距離が短い場合、光軸105cの光軸105aに対するY軸方向のずれに起因して発生するY軸方向の視差が無視できなくなるからである。従って、被写体距離の下限値が分かっている場合には、光軸105cの光軸105aに対するY軸方向のずれ量Gsは(数48)を満たすことが好ましい。ここで、A1は被写体距離の下限値、fは単レンズ102a~102dと撮像素子103との間の距離(合焦点距離)、pは撮像素子103の画素ピッチである。

【0172】

また、撮像領域104bに対する光軸105bの相対的位置関係は、撮像領域104a

50

に対する光軸 105 a の相対的位置関係に対して、X 軸方向に約 0.5 画素ずれていれば良い（ここで、「約 0.5 画素」とは、後述するように 0.25 画素から 0.75 画素の範囲を意味する）。図 1 はこの条件を満足する。また、図 13 A は、撮像素子 103 上では光軸 105 b は光軸 105 a に対して X 軸方向に 1.5 画素ずれているが、撮像領域 104 b に対する光軸 105 b の相対的位置関係は、撮像領域 104 a に対する光軸 105 a の相対的位置関係に対して、X 軸方向に約 0.5 画素ずれているので、上記の条件を満足している。

【0173】

撮像領域 104 a ~ 104 d が、図 13 B に示すように別個の 4 つの撮像素子 103 a ~ 103 d 上にそれぞれ形成されていても良い。但し、撮像領域 104 a ~ 104 d のそれぞれの画素の水平方向及び垂直方向の配列方向が撮像領域 104 a ~ 104 d 間で互いにほぼ同一である必要がある。この場合も、撮像領域 104 b に対する光軸 105 b の相対的位置関係が、撮像領域 104 a に対する光軸 105 a の相対的位置関係に対して、X 軸方向に約 0.5 画素ずれているという上記の条件を満足していれば良い。

10

【0174】

但し、上記の条件を満足している場合であっても、光軸 105 b の光軸 105 a に対する X 軸方向のずれ量が大きすぎると、被写体距離が短い場合（即ち、近距離撮影の場合）には問題が生じる可能性がある。なぜなら、被写体距離が短い場合、光軸 105 b の光軸 105 a に対する X 軸方向のずれに起因して発生する X 軸方向の視差が無視できなくなるからである。従って、被写体距離の下限値が分かっている場合には、光軸 105 b の光軸 105 a に対する X 軸方向のずれ量 G_s は（数 48）を満たすことが好ましい。

20

【0175】

【数 48】

$$|G_s| \leq A1 \cdot p / (4 \cdot f)$$

【0176】

（数 48）を満たしていれば、撮像領域 104 c に対する光軸 105 c の相対的位置関係が、撮像領域 104 a に対する光軸 105 a の相対的位置関係に対して、Y 軸方向に 0.5 画素ずれているとき、撮像領域 104 c での被写体像と撮像領域 104 a での被写体像との Y 軸方向のずれ量は、被写体距離によらず常に 0.25 画素以上 0.75 画素以下となる。

30

【0177】

また、（数 48）を満たしていれば、撮像領域 104 b に対する光軸 105 b の相対的位置関係が、撮像領域 104 a に対する光軸 105 a の相対的位置関係に対して、X 軸方向に 0.5 画素ずれているとき、撮像領域 104 b での被写体像と撮像領域 104 a での被写体像との X 軸方向のずれ量は、被写体距離によらず常に 0.25 画素以上 0.75 画素以下となる。

【0178】

つまり、（数 48）を満たしていれば、被写体距離が変化しても、常に高解像度で、色むらが少ないカラー及び白黒画像を出力することができる。更に、濃淡の変化を滑らかにでき、且つ、被写体に曲線が含まれる場合であってもその曲線を滑らかな曲線として表現することができ、且つ、局所領域での各色の画像情報間の相関性を利用した画像合成方法の影響により生じた色むらを軽減することができる。

40

【0179】

本発明において、レンズ 102 a ~ 102 d は同一平面状に形成されることが望ましいが、成型誤差等により厳密に同一平面状に形成されていなくても、本発明の撮像装置を実現可能であることは言うまでも無い。

【0180】

本発明では、撮像領域間での被写体像の位置のずれ量が約 0.5 画素であると、画像合

50

成により高解像度画像を得ることができる。ここで、「約0.5画素」とは0.25画素以上0.75画素以下を意味する。これを図14A～図14Cを用いて説明する。

【0181】

撮像領域104b上の被写体像と撮像領域104a上の被写体像とがX軸方向に0.5画素ずれており、且つ、Y軸方向に0画素ずれている場合に、撮像領域104bから得られる画像と撮像領域104aから得られる画像とを合成した合成画像において、撮像領域104b上の被写体像を構成する画素と撮像領域104a上の被写体像を構成する画素とのX軸方向の1ライン上での位置関係を図14Aに示す。内側が白の円は撮像領域104a上の被写体像を構成する画素201、内側にハッチングを施した円は撮像領域104b上の被写体像を構成する画素202である。画素201のX軸方向のピッチ及び画素202のX軸方向のピッチはいずれもpである。画素201と画素202の間隔は0.5pである。したがって、合成画像の見かけ上のX軸方向画素ピッチは0.5pとなり、サンプリング周波数が見かけ上2倍になりX軸方向の高解像度化が可能となる。

10

【0182】

次に、図14B及び図14Cに、撮像領域104b上の被写体像と撮像領域104a上の被写体像とがX軸方向に画素($0.5 < \alpha < 1$)ずれており、且つ、Y軸方向に0画素ずれている場合に、撮像領域104bから得られる画像と撮像領域104aから得られる画像とを合成した合成画像において、撮像領域104b上の被写体像を構成する画素202と撮像領域104a上の被写体像を構成する画素201とのX軸方向の1ライン上での位置関係を示す。画素201のX軸方向のピッチ及び画素202のX軸方向のピッチはいずれもpである。画素201と画素202の間隔は、長い方で $\alpha \cdot p$ 、短い方で $(1 - \alpha) \cdot p$ である。この場合、長い方の画素ピッチが見かけ上 $\alpha \cdot p$ となることから、画素ピッチがpである画像のサンプリング周波数を f_s とすると、図14B及び図14Cの画像の見かけ上のサンプリング周波数は f_s / α となる。サンプリング周波数が f_s である画像を肉眼にて認識できる程度に高解像度化するためには、サンプリング周波数を $4/3 \cdot f_s$ 以上に向上させることが好ましいことを、本発明者らは実験により確認している。従って、 $\alpha = 0.75$ である必要がある。即ち、図14B及び図14Cにおいて、画素201と画素202の間隔は、長い方で0.75p、短い方で0.25pである必要がある。

20

【0183】

上記の理由により、高解像度化された合成画像を得るためには、撮像領域間での被写体像の位置のずれ量は0.25画素以上0.75画素以下であることが好ましく、本発明ではこの範囲を「約0.5画素」と表現している。上記の説明は、X軸方向における高解像度化を説明したが、Y軸方向についても同様に適用されることはいうまでもない。

30

【0184】

本発明の撮像装置の量産時において、撮像領域104c上の被写体像を撮像領域104a上の被写体像に対してY軸方向に約0.5画素ずらし、且つ、撮像領域104b上の被写体像を撮像領域104a上の被写体像に対してX軸方向に約0.5画素ずらすためには、例えば、レンズ102a～102dを精密に成型加工したり、あるいは、レンズ102a～102d及び撮像素子103の相対的位置を精密に位置決めしたりすることで実現できる。また、レンズ102a～102dと撮像素子103とのレンズの光軸105a～105dと平行な軸回りの相対的回転位置を調整することによっても実現できる。

40

【0185】

図1の画像処理部106の処理はプログラミング言語やHDL(Hardware Description Language)などで記述され、その処理のフローチャートを図15に示す。デジタル信号入力ステップ301では図1のA/D変換器111からのデジタル信号を入力し、エッジ方向検出ステップ302では図1のエッジ方向検出部108と同様の処理を行い、画像合成ステップ303では図1の画像合成部107と同様の処理を行い、平滑フィルタステップ304では図1の平滑フィルタ部109と同様の処理を行い、エッジ強調ステップ305では図1のエッジ強調部110と同様の処理を行い

50

、画像出力ステップ306では処理を行った画像をモニタやメモリ等へ出力する。処理のフローチャートは図15に限定されず、同様の処理が含まれるフローチャートであれば良く、その場合も本発明の効果が得られる。

【0186】

上記の実施の形態は、本発明を具現化した一例であり、本発明の技術的範囲を限定するものではない。

【0187】

上記した実施の形態により、本発明は上述した2つ課題を解決でき、以下の効果が得られる。

【0188】

第1に、被写体と撮像装置との距離が所定の固定値でなく変化する場合、もしくは温度変化等により複数のレンズ間の間隔が変化する場合であっても、画素ずらしのずらし量が変化しないため、アクチュエータなどによる物理的な調整なしで被写体距離や温度の変化にかかわらず常に高解像度の画像を得ることができる。

【0189】

第2に、レンズ成型誤差、実装誤差、被写体距離、温度などに起因して、異なる撮像領域での被写体像間のずれ量が、理想的なずれ量である0.5画素から外れている場合であっても、色むらの目立たない高画質の画像を得ることができる。

【0190】

これら第1、第2の効果により、レンズ成型誤差、実装誤差、被写体距離、温度などによらず、薄型で、常に高画素及び高画質な画像を撮像できる撮像装置を得ることが可能となる。

【0191】

以上に説明した実施の形態は、いずれもあくまでも本発明の技術的内容を明らかにする意図のものであって、本発明はこのような具体例にのみ限定して解釈されるものではなく、その発明の精神と請求の範囲に記載する範囲内でいろいろと変更して実施することができ、本発明を広義に解釈すべきである。

【産業上の利用可能性】

【0192】

本発明の撮像装置の利用分野は、特に制限はないが、例えば、携帯機器、車載、医療、監視、ロボット用途などに有用である。

【図面の簡単な説明】

【0193】

【図1】図1は、本発明の一実施の形態に係る撮像装置の概略構成図である。

【図2】図2は、図1のII-II線に沿った、本発明の一実施の形態に係る撮像装置の撮像部の矢視断面図である。

【図3】図3は、本発明の一実施の形態に係る撮像装置において、視差が発生する原理を説明するための図である。

【図4】図4は、本発明の一実施の形態に係る撮像装置において、視差補正の原理を説明する図である。

【図5】図5は、本発明の一実施の形態に係る撮像装置において、視差補正の方法を説明する図である。

【図6A】図6Aは、本発明の一実施の形態に係る撮像装置において、画像の合成方法の一例を説明する図である。

【図6B】図6Bは、本発明の一実施の形態に係る撮像装置において、画像の合成方法の別の例を説明する図である。

【図7A】図7Aは、本発明の一実施の形態に係る撮像装置において、1つの撮像領域から得られる $m \times n$ の画素数を有する画像を示した図である。

【図7B】図7Bは、本発明の一実施の形態に係る撮像装置において、画像合成により得られた $2 \cdot m \times 2 \cdot n$ の画素数を有する高解像度画像を示した図である。

10

20

30

40

50

【図 8】図 8 は、本発明の一実施の形態に係る撮像装置において、合成されたカラー画像を示した図である。

【図 9】図 9 は、本発明の一実施の形態に係る撮像装置において、撮像領域における被写体像及び光軸の位置を示した部分拡大図である。

【図 10 A】図 10 A は、本発明の一実施の形態に係る撮像装置において、1つの撮像領域に結像された被写体像を示した図である。

【図 10 B】図 10 B は、本発明の一実施の形態に係る撮像装置において、1つの撮像領域から得られた画像の画素配列を垂直方向に反転して得られた画像を示した図である。

【図 10 C】図 10 C は、本発明の一実施の形態に係る撮像装置において、高解像度のカラー合成画像を示した図である。

【図 10 D】図 10 D は、本発明の一実施の形態に係る撮像装置において、画像のエッジ方向に応じた画像合成を行って得られた高解像度のカラー合成画像を示した図である。

【図 11】図 11 は、濃淡が変化する被写体を示した図である。

【図 12】図 12 は、被写体距離が変化しない、本発明の別の実施の形態に係る撮像装置の概略構成図である。

【図 13 A】図 13 A は、本発明の別の実施の形態に係る撮像装置の撮像部の概略構成図である。

【図 13 B】図 13 B は、本発明の更に別の実施の形態に係る撮像装置の撮像部の概略構成図である。

【図 14 A】図 14 A は、本発明の一実施の形態に係る撮像装置において、2つの撮像領域上の2つの被写体像が水平方向に0.5画素ずれている場合に、合成画像において2つの被写体像を構成する画素の水平方向の位置関係を示した図である。

【図 14 B】図 14 B は、本発明の一実施の形態に係る撮像装置において、2つの撮像領域上の2つの被写体像が水平方向に画素(0.5 < Δ < 1)ずれている場合に、合成画像において2つの被写体像を構成する画素の水平方向の位置関係の一例を示した図である。

【図 14 C】図 14 C は、本発明の一実施の形態に係る撮像装置において、2つの撮像領域上の2つの被写体像が水平方向に画素(0.5 < Δ < 1)ずれている場合に、合成画像において2つの被写体像を構成する画素の水平方向の位置関係の別の例を示した図である。

【図 15】図 15 は、本発明の一実施の形態に係る撮像装置の画像処理部が行う処理を示したフローチャートである。

【図 16】従来の複眼方式の撮像装置の概略構成を示した図である。

【図 17 A】図 17 A は、複眼方式の撮像装置において、複数のレンズと被写体と被写体像との位置関係を示した断面図である。

【図 17 B】図 17 B は、複眼方式の撮像装置において、複数のレンズの光軸と被写体像との位置関係を示した平面図である。

【図 18】図 18 は、従来の複眼方式の撮像装置において、複数のレンズの光軸の位置と複数の撮像領域との関係を示した平面図である。

【図 19 A】図 19 A は、従来の複眼方式の撮像装置において、1つの撮像領域に結像された被写体像を示した図である。

【図 19 B】図 19 B は、従来の複眼方式の撮像装置において、複数の撮像領域と複数の被写体像とが図 18 に示す位置関係を有している場合において、画素ずらし技術を用いて複数の画像を合成して得た合成画像を示した図である。

【図 19 C】図 19 C は、従来の複眼方式の撮像装置において、複数の撮像領域と複数の被写体像とが理想的な位置ずれ関係を有している場合において、画素ずらし技術を用いて複数の画像を合成して得た合成画像を示した図である。

【図 19 D】図 19 D は、従来の複眼方式の撮像装置において、1つの撮像領域が撮像した画像を示した図である。

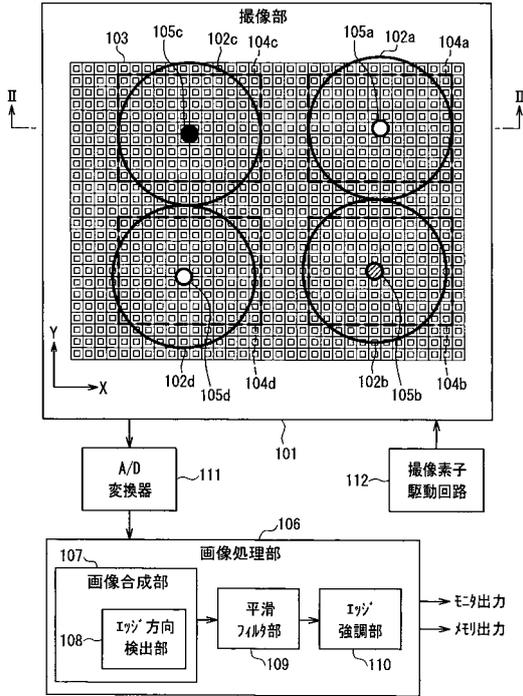
10

20

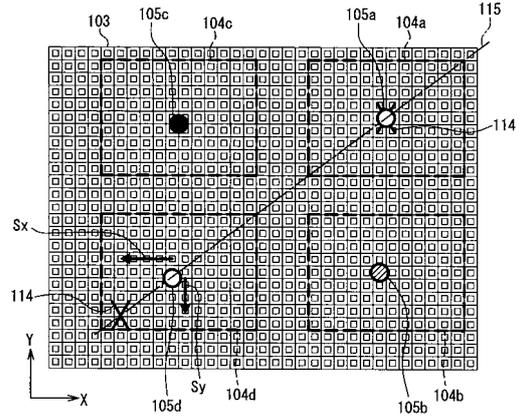
30

40

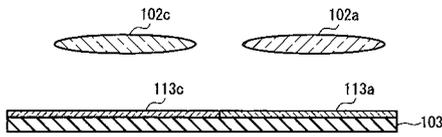
【図1】



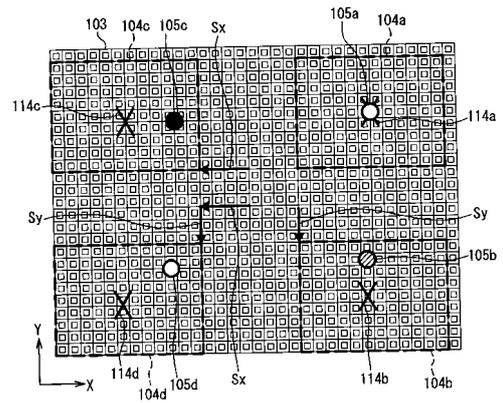
【図3】



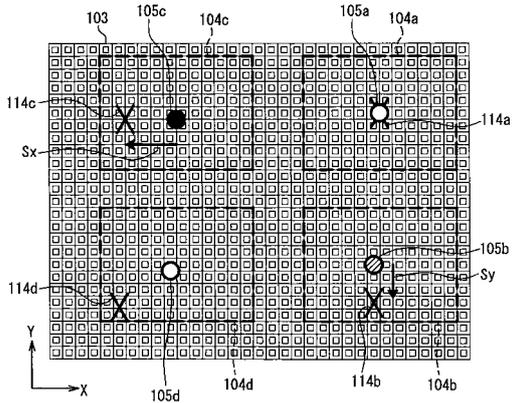
【図2】



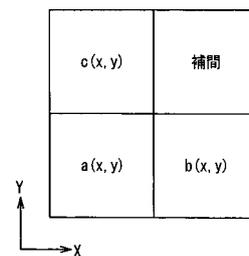
【図5】



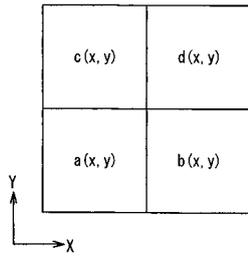
【図4】



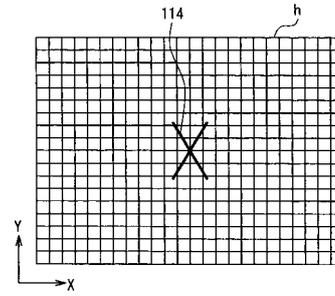
【図6A】



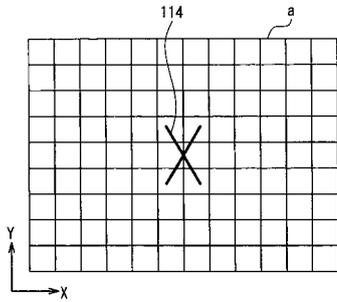
【 図 6 B 】



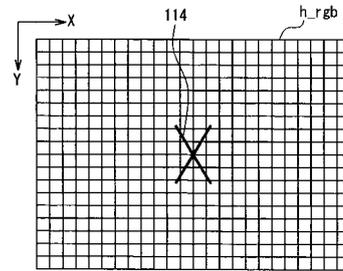
【 図 7 B 】



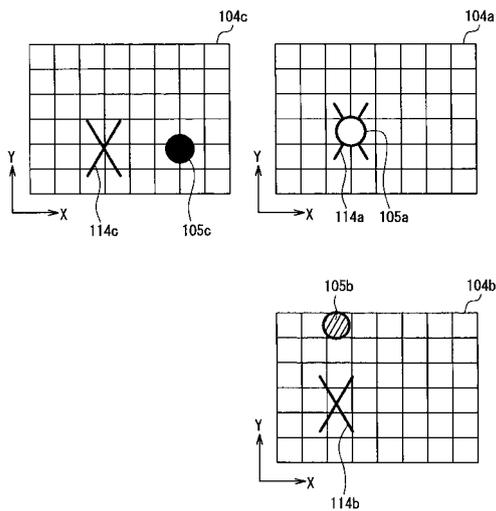
【 図 7 A 】



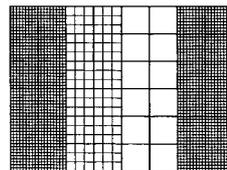
【 図 8 】



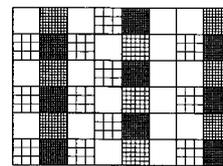
【 図 9 】



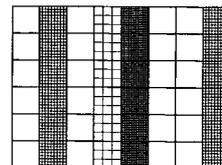
【 図 10 B 】



【 図 10 C 】



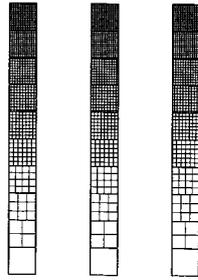
【 図 10 D 】



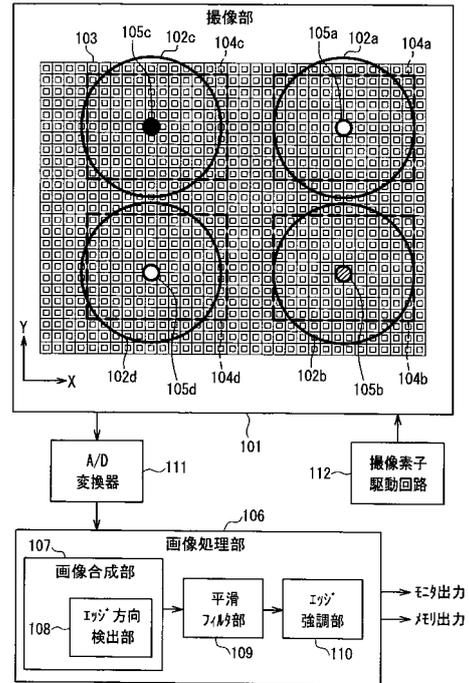
【 図 10 A 】



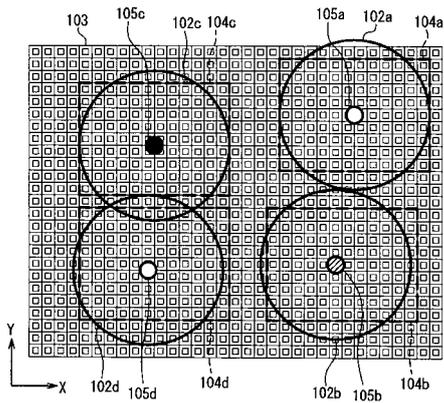
【図 1 1】



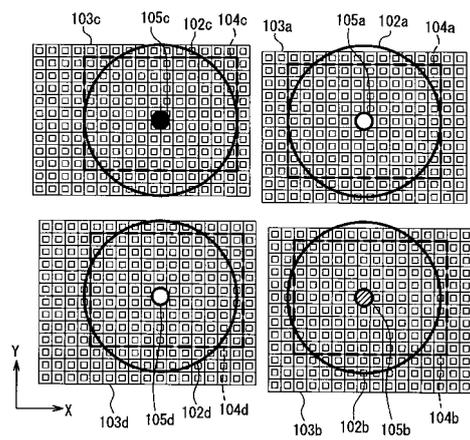
【図 1 2】



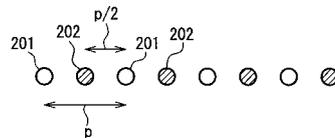
【図 1 3 A】



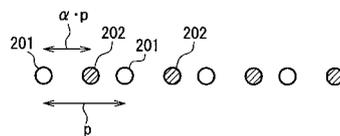
【図 1 3 B】



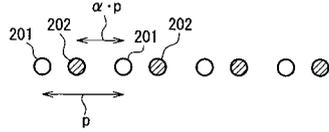
【図 1 4 A】



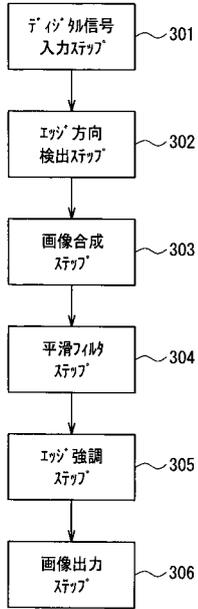
【図 1 4 B】



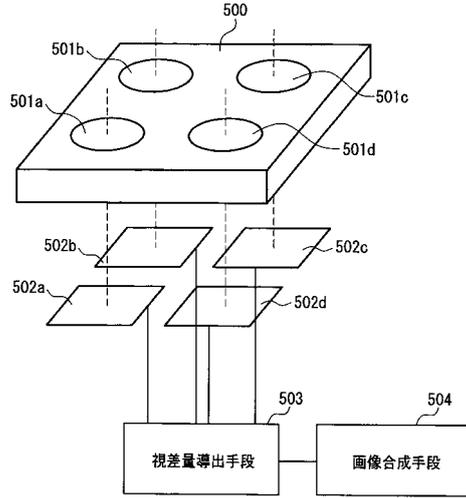
【図14C】



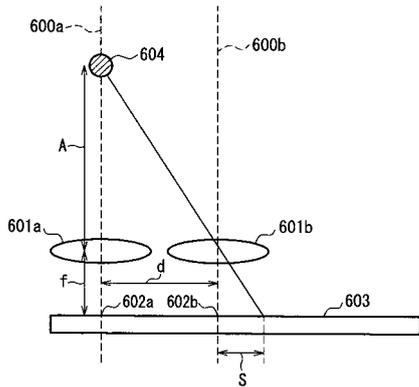
【図15】



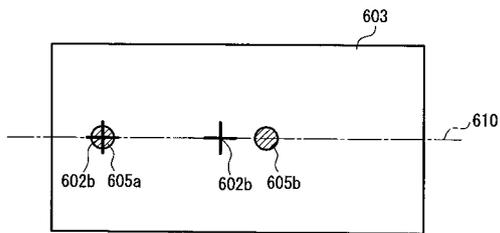
【図16】



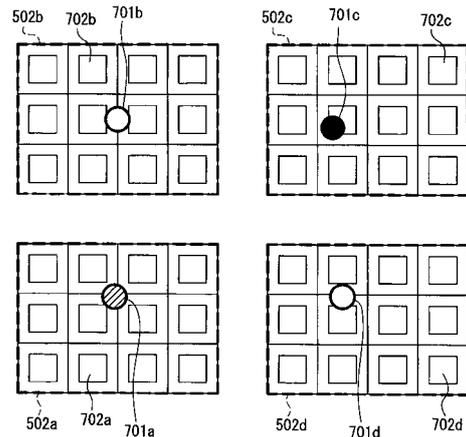
【図17A】



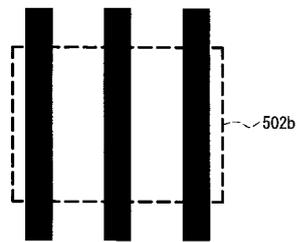
【図17B】



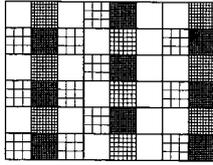
【図18】



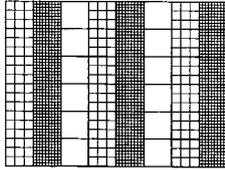
【図19A】



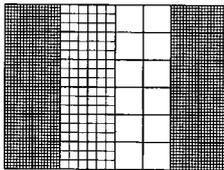
【 19B】



【 19C】



【 19D】



フロントページの続き

(72)発明者 飯島 友邦
大阪府門真市大字門真1006番地 松下電器産業株式会社内

審査官 松田 岳士

(56)参考文献 特開2005-176040(JP,A)
特開2002-262300(JP,A)
特開平08-149381(JP,A)
特開2002-209226(JP,A)
特開2003-283907(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H04N 5/222- 5/257

H04N 5/30 - 5/378

H04N 9/04 - 9/11