

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第4574022号
(P4574022)

(45) 発行日 平成22年11月4日(2010.11.4)

(24) 登録日 平成22年8月27日(2010.8.27)

(51) Int.Cl.

H04N 5/225 (2006.01)
H04N 101/00 (2006.01)

F 1

H04N 5/225
H04N 101:00

F

請求項の数 3 (全 18 頁)

(21) 出願番号 特願2001-9474 (P2001-9474)
 (22) 出願日 平成13年1月17日 (2001.1.17)
 (65) 公開番号 特開2002-218298 (P2002-218298A)
 (43) 公開日 平成14年8月2日 (2002.8.2)
 審査請求日 平成20年1月11日 (2008.1.11)

(73) 特許権者 000001007
 キヤノン株式会社
 東京都大田区下丸子3丁目30番2号
 (74) 代理人 100125254
 弁理士 別役 重尚
 (72) 発明者 白川 雄資
 東京都大田区下丸子3丁目30番2号 キ
 ャノン株式会社内

審査官 仲間 晃

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】撮像装置及びシェーディング補正方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

撮像レンズにより結像される被写体像の赤外成分をカットする赤外光カットフィルタと、
 前記赤外光カットフィルタにより赤外成分をカットされた前記被写体像を電気信号に変換するための複数の異なる色フィルタを有する画素が複数配列された撮像素子と、

前記撮像レンズの射出瞳位置に応じて、前記撮像素子の水平方向における前記画素の位置に応じた第1のシェーディング補正係数及び前記撮像素子の垂直方向における前記画素の位置に応じた第2のシェーディング補正係数を算出する算出手段と、

算出された前記第1及び第2のシェーディング補正係数を記憶する記憶手段と、
 記憶された前記第1及び第2のシェーディング補正係数を用いて、前記撮像素子の前記水平方向及び前記垂直方向における前記電気信号のシェーディング補正を行うシェーディング補正手段とを有し、

前記第1及び第2のシェーディング補正係数は、前記赤外光カットフィルタの影響を受ける第1の色フィルタを有する画素に対応した補正係数と、前記赤外光カットフィルタの影響を受けない第2または第3の色フィルタを有する画素に対応した補正係数とを各々が含み、前記赤外光カットフィルタの影響を受ける前記第1の色フィルタを有する画素に対応する補正係数と、前記赤外光カットフィルタの影響を受けない前記第2または第3の色フィルタを有する画素に対応する補正係数とは異なり、前記第2の色フィルタを有する画素に対応する補正係数と、前記第3の色フィルタを有する画素に対応する補正係数は同じ

10

20

であることを特徴とする撮像装置。

【請求項 2】

前記算出手段は、前記撮像レンズのズーム位置、前記撮像レンズのフォーカス位置、及び、絞り量の少なくとも1つと、前記撮像レンズの射出瞳位置に応じて、前記第1及び第2のシェーディング補正係数を算出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 3】

撮像レンズにより結像される被写体像の赤外成分をカットする赤外光カットフィルタと、前記赤外光カットフィルタにより赤外成分をカットされた被写体像を電気信号に変換するための複数の異なる色フィルタを有する画素が複数配列された撮像素子を備えた撮像装置のシェーディング補正方法において、10

前記撮像レンズの射出瞳位置に応じて、前記撮像素子の水平方向における前記画素の位置に応じた第1のシェーディング補正係数及び前記撮像素子の垂直方向における前記画素の位置に応じた第2のシェーディング補正係数を算出する算出工程と、

算出された前記第1及び第2のシェーディング補正係数を用いて、前記撮像素子の前記水平方向及び前記垂直方向における前記電気信号のシェーディング補正を行うシェーディング補正工程とを有し、

前記第1及び第2のシェーディング補正係数は、前記赤外光カットフィルタの影響を受ける第1の色フィルタを有する画素に対応した補正係数と、前記赤外光カットフィルタの影響を受けない第2または第3の色フィルタを有する画素に対応した補正係数とを各々が含み、前記赤外光カットフィルタの影響を受ける前記第1の色フィルタを有する画素に対応する補正係数と、前記赤外光カットフィルタの影響を受けない前記第2または第3の色フィルタを有する画素に対応する補正係数とは異なり、前記第2の色フィルタを有する画素に対応する補正係数と、前記第3の色フィルタを有する画素に対応する補正係数は同じであることを特徴とするシェーディング補正方法。20

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、撮像装置及びシェーディング補正方法に関し、特に、撮像素子を備えるとともに、撮像レンズが交換可能である撮像装置、及び該撮像装置に適用されるシェーディング補正方法に関する。30

【0002】

【従来の技術】

図10は、従来のレンズ交換可能なデジタルスチルカメラの構成の一例を示すブロック図である。

【0003】

図中、カメラ操作スイッチ43がメインSW及びレリーズSWで構成されており、撮影者によってカメラ操作スイッチ43が操作されると、全体制御回路44がカメラ操作スイッチ43の状態変化を検出し、その他の各回路ブロックへ電源供給が開始される。

【0004】

撮影画面範囲内の被写体像は、主撮影光学系33を通して撮像部34上に結像され、この撮像部34が電気信号をA/D変換部35へ出力する。電気信号は、A/D変換部35によって、画素毎に順々に所定のデジタル信号に変換され、プロセス処理回路36へ送られる。このプロセス処理回路36では、各画素データを基にRGBの各色信号を生成し、撮影者が撮影前操作を行っている状態では、この生成結果を、メモリ制御部37を介してビデオメモリ41に各フレーム毎に定期的に転送する。ビデオメモリ41に転送されたデータを基に、モニター表示部42がファインダー表示等を行う。40

【0005】

一方、撮影者がカメラ操作スイッチ43に対して撮影操作を行った場合には、カメラ操作スイッチ43の状態変化を検出した全体制御回路44からの制御信号によって、上記プロセス処理回路36から出力された1フレーム分の各画素データがフレームメモリ38内に50

記憶される。続いて、このフレームメモリ38内のデータが、メモリ制御部37及び作業用のワークメモリ39によって、所定の圧縮フォーマットにデータ圧縮され、その圧縮結果が外部メモリ40に記憶される。なお、外部メモリ40は、フラッシュメモリ等の不揮発性メモリからなる。

【0006】

なお、撮影済みの画像データを画像表示するには、上記外部メモリ40に圧縮記憶されたデータを、メモリ制御部37が通常の撮影画素毎のデータに伸張し、その結果をビデオメモリ41へ転送する。ビデオメモリ41に転送されたデータを基に、モニター表示部42がファインダー表示等を行う。

【0007】

ところ、このような従来のレンズ交換可能なデジタルカメラに用いる撮像素子には、画素毎の光感度を向上させるために、図11に示すようなマイクロレンズが、撮像素子の感光画素部分毎に設けられている。

【0008】

図11は、マイクロレンズの位置と撮像レンズからの入射光角度との関係によって発生するシェーディング（撮影レンズからの入射光の入射角度に依存する空間的な感度不均一性）の発生原理を示した図である。図中、20はフィールドレンズとしての撮影レンズを、21はマイクロレンズを、22は撮像素子の感光部を表している。

【0009】

マイクロレンズ21を撮像素子の各画素の感光部22毎に設けることで、たとえ撮像素子の感光部22の有効感度領域が狭くなつたとしても、周辺の光を感光部22に有効に集めることができくなっている。

【0010】

しかしながら、図11(a)に示すように、撮影レンズ20を通した光線がほぼ垂直に撮像素子の感光部22に入射する場合は、ほぼ問題無く入射光線が撮像素子の感光部22に集まるが、図11(b)に示すように、撮影レンズ20を通した光線が斜めに撮像素子に入射する場合は、撮影レンズ20とマイクロレンズ21との光学的な関係で、撮影レンズ20の光軸から離れた領域（撮像素子の周辺部分）の各感光部には、本来の入射光線の一部しか入射しなくなってしまう。

【0011】

このような光量の低下を一般的にはホワイトシェーディングと呼ぶが、この現象は、撮像素子上の画素位置が撮影レンズ20の光軸から離れるに従って激しくなる。

【0012】

この撮影レンズ20と撮像素子上のマイクロレンズ21との組み合わせで発生するホワイトシェーディングを補正する方法が、例えば特開平6-197266号公報に開示されている。この方法では、撮像用のレンズ内に設けられたメモリにシェーディング補正データを予め記憶しておき、撮影時にそれを読み出して、アナログ/デジタル変換回路の基準電圧をこれに基づき作成し、アナログ撮像信号をこの基準電圧に基づきデジタル信号に変換して、シェーディング補正を行なっている。

【0013】

【発明が解決しようとする課題】

ところで、上記の従来のレンズ交換可能なデジタルカメラに、従来の一眼レフタイプの銀塩フィルムカメラにおける光学システム（例えば交換レンズシステム）を流用する場合は、このレンズ交換可能なデジタルカメラは、こうした流用が不可能なデジタルカメラの撮像素子に比較して、かなり大きなサイズの撮像素子が必要となる。

【0014】

しかしながら、この大きなサイズの撮像素子では、撮像レンズによっては、撮像素子周辺部への光線の入射角が大きくなってしまうものがある。この場合、マイクロレンズの位置、オンチップ色フィルタの製作ズレ、撮像素子のデバイス構造等に起因して、入射角が大きくなる撮像素子周辺部で感度が低下する感度不均一性（シェーディング）が発生する。

これを以下に説明する。

【0015】

図11に示したように、最近の固体撮像素子は、感度向上のために入射光をフォトダイオード（撮像素子の感光部22）へ集光するマイクロレンズ21を備えているが、入射光の入射角が大きくなると、マイクロレンズ21で屈折した入射光はフォトダイオードの中心から離れたところへ集光してしまうため、その画素の感度が低下してしまう。

【0016】

従来、特開平6-197266号公報に開示されているように、被写体を結像するレンズの特性によって撮像素子周辺部で入射光の入射角が大きくなることを考慮してシェーディング補正を行う撮像装置は存在したが、レンズを交換できる撮像装置システムでは、レンズを交換すると撮像素子へ入射する光線の入射角度特性が大きく変わってしまい、シェーディング補正を好適に行うことができなかった。10

【0017】

また、レンズを交換せず同じレンズを用いているときでも、そのレンズがズームレンズである場合、撮影画角が変わったり、異なる距離の被写体にピントを合わせたりしたときには、撮像レンズの射出瞳位置が変化するために、撮像素子周辺部への入射光の入射角が変わってしまい、シェーディング補正を好適に行うことができなかった。

【0018】

さらに、図12は、積層タイプ反射型赤外光カットフィルタによる色シェーディングの発生原理を概念的に表わした図である。図12(a)は反射型赤外光カットフィルタの入射角に依存する分光透過率特性を示し、図12(b)はオンチップカラーフィルタを備える撮像素子の分光感度特性の一例を示し、図12(c)は赤フィルタ画素の感度を示す。ここでは、RGB原色タイプのオンチップカラーフィルタを持つ撮像素子の例を示している。なお、図12(a)の横軸の波長と図12(b)の横軸の波長とは同じレベル目盛である。20

【0019】

図12(a)に示すような分光透過率特性を持つ赤外光カットフィルタを通ってきた光が、図12(b)に示す分光感度特性をもつ撮像素子に入射されたとする。この場合、図12(a)及び(b)から分かるように、青と緑のカラーフィルタの波長領域では、赤外光カットフィルタの分光透過率特性に入射角度依存性は少なく、一方、赤のカラーフィルタの波長領域では、赤外光カットフィルタの分光透過率特性が大きな入射角度依存性を持っている。また、撮像素子から出力される信号の感度特性は、赤外光カットフィルタの分光透過率特性と、撮像素子の分光感度特性の積で表わされる。したがって、入射光の入射角が大きい場合は赤のカラーフィルタを持つ画素の感度が落ちてしまい、図12(c)に示すように、撮像素子周辺部で赤フィルタを持つ画素の感度だけが低下する色シェーディングが発生する。30

【0020】

本発明はこのような問題点に鑑みてなされたものであって、撮影レンズが交換可能な撮像装置において、撮影レンズの交換に関わりなく撮像素子平面上の感度不均一性を解消するようにした撮像装置及びシェーディング補正方法を提供することを目的とする。40

【0021】

また、撮像素子の特定の色チャンネルで発生する色シェーディングを補正することを可能にした撮像装置及びシェーディング補正方法を提供することを他の目的とする。

【0022】

【課題を解決するための手段】

上記目的を達成するために、請求項1記載の撮像装置は、撮像レンズにより結像される被写体像の赤外成分をカットする赤外光カットフィルタと、前記赤外光カットフィルタにより赤外成分をカットされた前記被写体像を電気信号に変換するための複数の異なる色フィルタを有する画素が複数配列された撮像素子と、前記撮像レンズの射出瞳位置に応じて、前記撮像素子の水平方向における前記画素の位置に応じた第1のシェーディング補正係50

数及び前記撮像素子の垂直方向における前記画素の位置に応じた第2のシェーディング補正係数を算出する算出手段と、算出された前記第1及び第2のシェーディング補正係数を記憶する記憶手段と、記憶された前記第1及び第2のシェーディング補正係数を用いて、前記撮像素子の前記水平方向及び前記垂直方向における前記電気信号のシェーディング補正を行うシェーディング補正手段とを有し、前記第1及び第2のシェーディング補正係数は、前記赤外光カットフィルタの影響を受ける第1の色フィルタを有する画素に対応した補正係数と、前記赤外光カットフィルタの影響を受けない第2または第3の色フィルタを有する画素に対応した補正係数とを各々が含み、前記赤外光カットフィルタの影響を受ける前記第1の色フィルタを有する画素に対応する補正係数と、前記赤外光カットフィルタの影響を受けない前記第2または第3の色フィルタを有する画素に対応する補正係数とは異なり、前記第2の色フィルタを有する画素に対応する補正係数と、前記第3の色フィルタを有する画素に対応する補正係数は同じであることを特徴とする。

10

【0023】

また、請求項3記載のシェーディング補正方法は、撮像レンズにより結像される被写体像の赤外成分をカットする赤外光カットフィルタと、前記赤外光カットフィルタにより赤外成分をカットされた被写体像を電気信号に変換するための複数の異なる色フィルタを有する画素が複数配列された撮像素子を備えた撮像装置のシェーディング補正方法において、前記撮像レンズの射出瞳位置に応じて、前記撮像素子の水平方向における前記画素の位置に応じた第1のシェーディング補正係数及び前記撮像素子の垂直方向における前記画素の位置に応じた第2のシェーディング補正係数を算出する算出工程と、算出された前記第1及び第2のシェーディング補正係数を用いて、前記撮像素子の前記水平方向及び前記垂直方向における前記電気信号のシェーディング補正を行うシェーディング補正工程とを有し、前記第1及び第2のシェーディング補正係数は、前記赤外光カットフィルタの影響を受ける第1の色フィルタを有する画素に対応した補正係数と、前記赤外光カットフィルタの影響を受けない第2または第3の色フィルタを有する画素に対応した補正係数とを各々が含み、前記赤外光カットフィルタの影響を受ける前記第1の色フィルタを有する画素に対応する補正係数と、前記赤外光カットフィルタの影響を受けない前記第2または第3の色フィルタを有する画素に対応する補正係数とは異なり、前記第2の色フィルタを有する画素に対応する補正係数は同じであることを特徴とする。

20

【0028】

【発明の実施の形態】

以下、本発明の実施の形態を、図面を参照して説明する。

【0029】

図1は、本発明に係る撮像装置（デジタルスチルカメラ）の一実施の形態の構成を示すブロック図である。この撮像装置ではレンズ交換が可能である。

【0030】

図中1はカメラ全体の制御を司る全体制御CPU、2は射出瞳位置検出部、3は交換レンズである。交換レンズ3は射出瞳位置情報を内部に備え、検出部2は、交換レンズ3に備えられたその射出瞳位置情報を検出し、検出値を修正してエンコード情報を作成し、CPU1に出力する。

40

【0031】

射出瞳位置情報は後述のように、シェーディング補正係数の算出に使用されるが、その算出の前に射出瞳位置情報は、交換レンズ3のズーム位置、フォーカス位置、像高、絞り量の少なくとも1つに応じて修正される。すなわち、射出瞳位置は一般に、撮像レンズと撮像素子との光軸上の距離で表されるが、これはズームやフォーカスの変化に連動して変わることによっても若干変化することが知られている。さらに、絞り量が変わると、撮像素子の着目画素に入射する光の入射角の範囲が変化する。これらの変化はシェーディング補正係数を算出する際の誤差となって現れるので、精度の高いシェーディング補正をするため

50

に、交換レンズ3の射出瞳位置情報を、交換レンズ3のズーム位置、フォーカス位置、像高、絞り量の少なくとも1つに応じて修正する。

【0032】

4は積層型反射タイプの赤外光カットフィルタ、5は撮像素子である。撮像素子5は、例えばCCD等の電荷転送素子から成り、交換レンズ3を通して被写体像が結像され、その結果蓄積された電荷を電気信号として、画素毎に順々に読み出してCDS/AGC回路6へ出力する。CDS/AGC回路6は、撮像素子5内で発生するリセットノイズ等の雑音成分を抑圧し、適当なレベルまで増幅してから、この出力をA/D変換回路7へ出力する。A/D変換回路7は、上記の電荷量に相当する被写体の輝度データをデジタルデータに変換する。なお、撮像素子5上には、RGB等の各色信号を作り出すための光学色フィルタが貼り付けられているので、撮像素子5からの出力信号は各色を順次示す信号となる。10

【0033】

8はドライバであり、撮像素子5の各素子で電荷蓄積を行うために必要な電気エネルギーを素子毎に供給する。すなわち、タイミングジェネレータ9から送られるタイミング信号に基づいて、撮像素子5を水平方向及び垂直方向に走査して供給を行う。

【0034】

タイミングジェネレータ9からは、水平同期信号HD及び垂直同期信号VDがアドレス発生回路10へ供給され、アドレス発生回路10では、それらの同期信号に基づいてアドレス信号を発生する。

【0035】

12～15は、後述する撮像素子5の感度補正（シェーディング補正）を行うために必要な補正データを記憶するメモリであり、12は水平方向の第1補正データを記憶しているHメモリH1、13は水平方向の第2補正データを記憶しているHメモリH2、14は垂直方向の第1補正データを記憶しているVメモリV1、15は垂直方向の第2補正データを記憶しているVメモリV2である。20

【0036】

アドレス判別回路11は、アドレス発生回路10から出力されたアドレス信号に基づいて所定信号HSEL, VSELを出力する。

【0037】

16、17はセレクタであり、メモリ12～15から送られる各出力信号の中から、アドレス判別回路11から送られる所定信号HSEL, VSELに基づいてそれぞれ選択を行い、水平方向及び垂直方向の補正データを出力するものである。30

【0038】

18は乗算回路MUL1であり、A/D変換回路7から出力される画素毎の輝度データと、セレクタ16を介して得られる水平方向の補正データとの乗算を行うものである。19は乗算回路MUL2であり、乗算回路(MUL1)18の出力と、セレクタ17を介して得られる垂直方向の補正データとの乗算を行うものである。

【0039】

この乗算回路(MUL2)19から出力された感度補正（シェーディング補正）が施された画素毎の輝度データは、通常、プロセス処理回路（図示せず）へ送られ、ここでダークレベル補正や変換、色補間処理が行われ、その結果がメモリ（図示せず）に記憶されるようになっている。40

【0040】

図2は、色補間処理について示す図である。図2(a)は撮像素子5の画素配列を示し、図2(b)はG(グリーン)の補間フィルタを示し、図2(c)はR(レッド)/B(ブルー)の補間フィルタを示し、図2(d)は補間処理後の画素配列を示す。ここで使用している撮像素子の色フィルタ配列は一般的なベイヤー配列であり、図2(b)に示すようなGの市松、図2(c)に示すようなR/Bの線順次の配列となっている。

【0041】

単板の撮像素子の場合、全ての画素にRGBの情報があるわけではないので、例えば図250

(b) や図 2 (c) に示した 3×3 のマトリックス行列を使用した補間演算にて、撮像素子上の全画素ポイントにおける R G B 色情報を作り出すのが一般的である。これを以下に具体的に説明する。

【 0 0 4 2 】

例えば図 2 (a) に示す画素 a の G 補間後信号を生成するには、点線 a 1 で囲んだ画素 a 及びその周囲 8 画素の各輝度データに、 G 補間フィルタの係数をそれぞれ掛け合わせ合算することによって求める。図 2 (b) に示す G 補間フィルタにおいて、点線 a 1 内の G (グリーン) の画素に対応する係数は、画素 a の位置で 1 であり、 4 隅の各画素の位置で 0 である。したがって、画素 a の輝度データがそのまま G 補間後信号となる。

【 0 0 4 3 】

また、例えば図 2 (a) に示す画素 b の G 補間後信号を生成するには、点線 b 1 で囲んだ画素 b 及びその周囲 8 画素の各輝度データに、 G 補間フィルタの係数をそれぞれ掛け合わせ合算することによって求める。この場合、図 2 (b) に示す G 補間フィルタにおいて、点線 b 1 内の G (グリーン) の画素に対応する係数は、画素 b の上下左右の各位置で 0 . 25 である。したがって、画素 b の G 補間後信号は、上下左右の各位置における係数を乗算後の合算値となる。言い換えれば、上下左右の各位置における各輝度データの平均値となる。

【 0 0 4 4 】

同様の方法により、 R (レッド) / B (ブルー) についても、 G 補間フィルタとは係数が異なる R / B 補間フィルタを使用して、全画素に対する R / B 補間後信号を決定する。

【 0 0 4 5 】

このようにして、最終的には図 2 (d) に示すような全画素に対する R G B 補間後信号が生成される。

【 0 0 4 6 】

次に、図 1 に示した撮像装置において行われる感度補正 (シェーディング補正) 処理を、図 3 及び図 4 を参照して説明する。

【 0 0 4 7 】

図 3 は、撮影レンズと撮像素子デバイス構造との組み合わせで発生するシェーディングを補正するシェーディング補正係数を示す図である。

【 0 0 4 8 】

すなわち、射出瞳位置が撮像素子に比較的近く、撮像素子周辺部で感度が大きく低下している場合は、シェーディング補正係数を、図 3 (a) のように像高の高いところ (撮像素子周辺部) で大きくなるようにして、撮像素子の出力信号を增幅するようにする。反対に射出瞳位置が遠く、撮像素子周辺部で感度はあまり低下しない場合は、シェーディング補正係数を、図 3 (b) のように像高の高いところ (撮像素子周辺部) で僅か大きくなるようにして、撮像素子の出力信号を若干増幅するようにする。具体的には、図 1 に示す射出瞳位置検出部 2 が交換レンズ 3 に備えられた射出瞳位置情報を読み出し、上記のようにズーム位置、フォーカス位置等に応じて修正を加えて全体制御 C P U 1 へ送り、全体制御 C P U 1 が、修正された射出瞳位置情報に応じてシェーディング補正係数を算出する。

【 0 0 4 9 】

なおこのとき、像高にシェーディング補正係数を厳密に対応させようとすると、撮像素子を中心とした同心円状にシェーディング補正係数を対応させなければならず、ハードウェア処理が難しくなる。そこで、本実施の形態では、図 4 に示すようなシェーディング補正係数を設定する。

【 0 0 5 0 】

図 4 は、本実施の形態におけるシェーディング補正係数を示す図である。(a) は撮像素子の平面を示し、(b) は水平方向のシェーディング補正係数成分を示し、(c) は垂直方向のシェーディング補正係数成分を示す。

【 0 0 5 1 】

すなわち、水平方向においては、感度が低くなっている撮像素子左右の周辺部分に対して

10

20

30

40

50

感度を上げるようにシェーディング補正係数を設定し、垂直方向においては、感度が低くなっている撮像素子上下の周辺部分に対して感度を上げるようにシェーディング補正係数を設定し、水平方向、垂直方向のシェーディング補正係数を画像平面上で掛け合わせたときに、擬似的に同心円状になるように設定する。この疑似同心円状の補正是、感度が、後述の図6に示すように、撮像素子へ入射する光の入射角に対して十分になだらかに変化し、かつ変化量が少ないならば、同心円状に補正する場合に比べ、十分に満足できる精度となる。

【0052】

次に、図5～図7を参照して、シェーディング補正係数を撮像素子平面上で水平方向及び垂直方向の成分に分ける方法を説明する。

10

【0053】

図5は、撮像レンズから撮像素子までの間の光の通路を示す図である。図中20は撮影レンズ、23は絞りである。θは光の入射角、dは撮像素子5上に入射された光の光軸中心からの距離、つまり像高、pは撮影レンズ20と撮像素子5との光軸上の距離、つまり射出瞳位置である。

【0054】

図6は入射角θに対する感度を示すグラフ、図7は像高dの撮像素子5平面上でのX、Y成分を示す図である。

【0055】

ここで、像高d(入射角θ)に対する感度が図6で表わされるものとし、このシェーディング特性は、感度をy、入射角をθとすると、下記の関数で近似できるものとする。

20

【0056】

$$y = A \tan^2 \theta + B \tan \theta + C \quad \dots (1)$$

$$\tan \theta = d / p \quad \dots (2)$$

なお、A、B、Cは定数であり、前述のように、dは像高、pは射出瞳位置(距離)である。

【0057】

ここで図7に示すように、撮像素子5上の平面上において、X軸に対して角度θの傾きを持つ像高dを、撮像素子5平面上でX成分d cos θとY成分d sin θとに分割した場合、上記式(2)と同様な下記式が得られる。

30

【0058】

$$\tan \theta_x = (d \cos \theta) / p \quad \dots (3)$$

$$\tan \theta_y = (d \sin \theta) / p \quad \dots (4)$$

なお θ_x 、 θ_y は、入射角θの撮像素子5上の平面上におけるX成分及びY成分である。

【0059】

これらの $\tan \theta_x$ 、 $\tan \theta_y$ を用いると、感度yは下記式のように表せる。

【0060】

$$y = (A \tan^2 \theta_x + B \tan \theta_x + C) (A \tan^2 \theta_y + B \tan \theta_y + C) \quad \dots (5)$$

この上記式(5)は上記式(1)と精度良く一致する。

40

【0061】

そこで、上記式(5)を参照して、水平方向及び垂直方向の各補正式を下記式とし、

$$(A \tan^2 \theta_x + B \tan \theta_x + C)^{-1} \quad \dots (6)$$

$$(A \tan^2 \theta_y + B \tan \theta_y + C)^{-1} \quad \dots (7)$$

上記補正式(6)、(7)を、撮像素子の各画素からの輝度データに乗算することにより、水平方向のシェーディング補正後データH(i)及び垂直方向のシェーディング補正後データV(j)を算出する。

【0062】

上記補正式(6)、(7)に基づき、各画素毎に水平方向及び垂直方向のシェーディング補正係数を算出し、これらを、図1に示す全体制御CPU1からHメモリ(H1)12及

50

びVメモリ(V1) 14において、各画素位置に対応したアドレス位置にそれぞれ格納する。

【0063】

かくして、撮影レンズ20とマイクロレンズ21との光学的な関係で生じるシェーディングについては、色フィルタの性能等に関係なく、撮像素子5の1画面分の出力に対して、水平方向、垂直方向にそれぞれ1つずつのシェーディング補正係数で補正する。すなわち、図1に示す構成において、A/D変換回路7から出力された画素毎の輝度データに対して、乗算回路(MUL1)18が、画素位置に対応した水平方向のシェーディング補正係数を乗算することにより、まず水平方向の補正を行い、次に乗算回路(MUL2)19が、画素位置に対応した垂直方向のシェーディング補正係数を乗算することにより、垂直方向の補正を行う。これにより、撮像素子5の1画面分の出力に対して、シェーディング補正を行なうことができる。10

【0064】

以上のように、レンズ交換可能な撮像装置において、撮影レンズに射出瞳位置情報を備え、撮像時には撮像装置本体が撮影レンズの射出瞳情報を用いてシェーディング補正係数を算出し、シェーディング補正を行う。これによって、撮影レンズを交換しても、シェーディング補正を好適に実行することができる。

【0065】

なお、撮影レンズと撮像素子デバイス構造との組み合わせで発生するシェーディングは、撮像素子に入射する光線の入射角に依存しているため、撮像素子の注目画素において、その画素に入射する入射光の入射角がわかれば、シェーディング補正量が算出できる。すなわち、注目画素における像高と、撮影レンズの射出瞳位置がわかれば、入射角が計算でき、シェーディング補正量が算出できることになる。このとき、射出瞳位置を交換レンズ内に備え、像高を撮像装置本体で計算することにより、どの交換レンズと、どの撮像装置本体とを組み合わせても、撮影レンズと撮像素子の光学特性の組み合わせに起因するシェーディングを好適に補正できる。20

【0066】

また、シェーディング補正係数を算出する基になる撮影レンズの射出瞳位置情報を、ズーム位置、フォーカス位置、像高、絞り量の少なくとも1つにより修正するようとする。これにより、シェーディング補正の精度を向上させることができる。30

【0067】

次に、撮像素子5のデバイス構造と撮影レンズ20(交換レンズ3)の光学条件で発生する色シェーディングを防止する方法を、以下に説明する。

【0068】

図5に示すように、撮像素子5の前面に積層タイプ反射型の赤外光カットフィルタ4を使用し、撮像素子5が、図12(b)に示すようなRGB原色ベイヤーフィルタを備えている場合、図12(a)で示した赤外光カットフィルタの分光透過率特性の入射角依存性により、赤フィルタを持つ画素の感度が大きな入射角依存性を持つ。そのため、図12(c)のように赤色チャンネルのみに大きくシェーディングが発生し、その他のチャンネルで発生するシェーディングは赤色チャンネルと比べて僅かである。40

【0069】

赤外光カットフィルタ4と交換レンズ3との光学的な組み合わせで生じるこうした色シェーディングは、交換レンズ3の射出瞳位置が撮像素子5に近いほど赤外カットフィルタ4の周辺部への入射光の入射角が大きくなるため、色シェーディング量が大きくなる。

【0070】

図8は、RGB原色ベイヤーフィルタの配列と、配列に応じた各シェーディング補正係数とを示す図である。(a)はRGB原色ベイヤーフィルタの配列を示し、(b)はRGB原色ベイヤーフィルタの第1行に対応するシェーディング補正係数H1(i), H2(i)を示し、(c)はRGB原色ベイヤーフィルタの第2行に対応するシェーディング補正係数H1(i), H2(i)を示し、(d)はRGB原色ベイヤーフィルタの第1列に対50

応するシェーディング補正係数 $V_1(j), V_2(j)$ を示し、(e) は RGB 原色ベイ
ヤーフィルタの第 2 列に対応するシェーディング補正係数 $V_1(j), V_2(j)$ を示す。
。

【0071】

RGB 原色ベイヤーフィルタは、図 8 (a) のような配列になっているので、例えば第 1 行の水平ラインでは、G, R が交互に並び、左端から数えて奇数番号に位置する画素 (G) の出力感度と偶数番号に位置する画素 (R) の出力感度とは異なる。すなわち、R フィルタを持つ画素の出力は、G フィルタを持つ画素の出力に比べ、周辺部で大幅に低下する。そのため、図 8 (b) に示すようなシェーディング補正係数 $H_1(i), H_2(i)$ を設定する。シェーディング補正係数 $H_1(i)$ は、R フィルタを持つ画素の出力に適用される補正係数であり、図 1 の H メモリ (H1) 12 に格納され、一方、シェーディング補正係数 $H_2(i)$ は、G フィルタを持つ画素の出力に適用される補正係数であり、図 1 の H メモリ (H2) 13 に格納される。
10

【0072】

RGB 原色ベイヤーフィルタの第 2 行の水平ラインでは、B, G が交互に並ぶので、左端から数えて奇数番号に位置する画素 (B) の出力感度と偶数番号に位置する画素 (G) の出力感度とは、ほとんど同じである。そのため、図 8 (c) に示すような同一のシェーディング補正係数 $H_1(i), H_2(i)$ を設定する。シェーディング補正係数 $H_1(i)$ は、B フィルタを持つ画素の出力に適用される補正係数であり、図 1 の H メモリ (H1) 12 に格納され、一方、シェーディング補正係数 $H_2(i)$ は、G フィルタを持つ画素の出力に適用される補正係数であり、図 1 の H メモリ (H2) 13 に格納される。
20

【0073】

次に、例えば RGB 原色ベイヤーフィルタの第 1 列の垂直ラインでは、G, B が交互に並ぶので、上端から数えて奇数番号に位置する画素 (G) の出力感度と偶数番号に位置する画素 (B) の出力感度とは、ほとんど同じである。そのため、図 8 (d) に示すような同一のシェーディング補正係数 $V_1(j), V_2(j)$ を設定する。シェーディング補正係数 $V_1(j)$ は、G フィルタを持つ画素の出力に適用される補正係数であり、図 1 の V メモリ (V1) 14 に格納され、一方、シェーディング補正係数 $V_2(j)$ は、B フィルタを持つ画素の出力に適用される補正係数であり、図 1 の V メモリ (V2) 15 に格納される。
30

【0074】

一方、RGB 原色ベイヤーフィルタの第 2 列の垂直ラインでは、R, G が交互に並び、上端から数えて奇数番号に位置する画素 (G) の出力感度と偶数番号に位置する画素 (G) の出力感度とは異なる。すなわち、R フィルタを持つ画素の出力は、G フィルタを持つ画素の出力に比べ、周辺部で大幅に低下する。そのため、図 8 (e) に示すようなシェーディング補正係数 $V_1(j), V_2(j)$ を設定する。シェーディング補正係数 $V_1(j)$ は、R フィルタを持つ画素の出力に適用される補正係数であり、図 1 の V メモリ (V1) 14 に格納され、一方、シェーディング補正係数 $V_2(j)$ は、G フィルタを持つ画素の出力に適用される補正係数であり、図 1 の V メモリ (V2) 15 に格納される。
40

【0075】

以上のようにシェーディング補正係数を設定格納して、撮像素子 5 からの画素毎の輝度データに対して、対象画素の位置の 2 次元的なアドレスを基に、対応するシェーディング補正係数を読み出して、乗算するようにする。これを、図 9 を参照して説明する。

【0076】

図 9 は、アドレス判別回路 11 で行われる所定信号 HSEL, VSEL の出力処理の手順を示すフローチャートである。

【0077】

まずステップ S1 で、アドレス発生回路 10 から送られた対象画像の 2 次元アドレスのうち、RGB 原色ベイヤーフィルタの垂直 (列) 方向のアドレスが偶数であるか否かを判別する。また、ステップ S2 及び S7 で、アドレス発生回路 10 から送られた対象画像の 2
50

次元アドレスのうち、RGB原色ベイヤーフィルタの水平（行）方向のアドレスが偶数であるか否かを判別する。

【0078】

こうした判別の結果、対象画像の2次元アドレスのうち、RGB原色ベイヤーフィルタの垂直（列）方向のアドレスが奇数（即ち2次元の撮像素子配列でいう奇数行目）であり、且つ水平（行）方向のアドレスが奇数（即ち2次元の撮像素子配列でいう奇数列目）であるならば、ステップS3に進み、アドレス判別回路11は所定信号HSELをLレベル（0レベル）とする。その結果、セレクタ16はHメモリ（H1）12の出力であるシェーディング補正係数H1（i）を乗算回路（MUL1）18へ送る。

【0079】

次にステップS4で、アドレス判別回路11は所定信号VSELをLレベル（0レベル）とする。その結果、セレクタ17はVメモリ（V1）14の出力であるシェーディング補正係数V1（j）を乗算回路（MUL2）19へ送る。

【0080】

この状態を、図8を参照して説明する。

【0081】

すなわち、対象画素が図8（a）に示す左上のGの画素22であるとした場合、乗算回路（MUL1）18は、図8（b）で実線で示したシェーディング補正係数H1（i）（H方向の左側が水平方向の下位アドレスに相当し、H方向の右側が水平方向の上位アドレスに相当）を用いて輝度データに対する乗算補正を行い、一方、乗算回路（MUL2）19は、図8（d）で実線で示したシェーディング補正係数V1（j）の特性（V方向の上側が垂直方向の下位アドレスに相当し、V方向の下側が垂直方向の上位アドレスに相当）を用いて輝度データに対する乗算補正を行う。

【0082】

また、上記の判別の結果、対象画像の2次元アドレスのうち、RGB原色ベイヤーフィルタの垂直（列）方向のアドレスが奇数（即ち2次元の撮像素子配列でいう奇数行目）であり、且つ水平（行）方向のアドレスが偶数（即ち2次元の撮像素子配列でいう偶数列目）であるならば、ステップS5に進み、アドレス判別回路11は所定信号HSELをHレベル（1レベル）とする。その結果、セレクタ16はHメモリ（H2）13の出力であるシェーディング補正係数H2（i）を乗算回路（MUL1）18へ送る。

【0083】

次にステップS6で、アドレス判別回路11は所定信号VSELをLレベル（0レベル）とする。その結果、セレクタ17はVメモリ（V1）14の出力であるシェーディング補正係数V1（j）を乗算回路（MUL2）19へ送る。

【0084】

例えば、対象画素が図8（a）に示すRの画素23であるとした場合、乗算回路（MUL1）18は、図8（b）で破線で示したシェーディング補正係数H2（i）（H方向の左側が水平方向の下位アドレスに相当し、H方向の右側が水平方向の上位アドレスに相当）を用いて輝度データに対する乗算補正を行い、一方、乗算回路（MUL2）19は、図8（e）で実線で示したシェーディング補正係数V1（j）の特性（V方向の上側が垂直方向の下位アドレスに相当し、V方向の下側が垂直方向の上位アドレスに相当）を用いて輝度データに対する乗算補正を行う。

【0085】

また、上記の判別の結果、対象画像の2次元アドレスのうち、RGB原色ベイヤーフィルタの垂直（列）方向のアドレスが奇数（即ち2次元の撮像素子配列でいう奇数行目）であり、且つ水平（行）方向のアドレスが偶数（即ち2次元の撮像素子配列でいう偶数列目）であるならば、ステップS5に進み、アドレス判別回路11は所定信号HSELをHレベル（1レベル）とする。その結果、セレクタ16はHメモリ（H2）13の出力であるシェーディング補正係数H2（i）を乗算回路（MUL1）18へ送る。

【0086】

10

20

30

40

50

次にステップ S 6 で、アドレス判別回路 1 1 は所定信号 VSEL を L レベル（0 レベル）とする。その結果、セレクタ 1 7 は V メモリ（V1）14 の出力であるシェーディング補正係数 V1（j）を乗算回路（MUL2）19 へ送る。

【0087】

例えば、対象画素が図 8 (a) に示す R の画素 23 であるとした場合、乗算回路（MUL1）18 は、図 8 (b) で破線で示したシェーディング補正係数 H2(i)（H 方向の左側が水平方向の下位アドレスに相当し、H 方向の右側が水平方向の上位アドレスに相当）を用いて輝度データに対する乗算補正を行い、一方、乗算回路（MUL2）19 は、図 8 (e) で実線で示したシェーディング補正係数 V1(j) の特性（V 方向の上側が垂直方向の下位アドレスに相当し、V 方向の下側が垂直方向の上位アドレスに相当）を用いて輝度データに対する乗算補正を行う。10

【0088】

また、上記の判別の結果、対象画像の 2 次元アドレスのうち、RGB 原色ベイヤーフィルタの垂直（列）方向のアドレスが偶数（即ち 2 次元の撮像素子配列でいう偶数行目）であり、且つ水平（行）方向のアドレスが奇数（即ち 2 次元の撮像素子配列でいう奇数列目）であるならば、ステップ S 8 に進み、アドレス判別回路 1 1 は所定信号 HSEL を L レベル（0 レベル）とする。その結果、セレクタ 16 は H メモリ（H1）12 の出力であるシェーディング補正係数 H1(i) を乗算回路（MUL1）18 へ送る。

【0089】

次にステップ S 9 で、アドレス判別回路 1 1 は所定信号 VSEL を H レベル（1 レベル）とする。その結果、セレクタ 17 は V メモリ（V2）15 の出力であるシェーディング補正係数 V2(j) を乗算回路（MUL2）19 へ送る。20

【0090】

例えば、対象画素が図 8 (a) に示す B の画素 24 であるとした場合、乗算回路（MUL1）18 は、図 8 (c) で実線で示したシェーディング補正係数 H1(i)（H 方向の左側が水平方向の下位アドレスに相当し、H 方向の右側が水平方向の上位アドレスに相当）を用いて輝度データに対する乗算補正を行い、一方、乗算回路（MUL2）19 は、図 8 (d) で実線で示したシェーディング補正係数 V2(j) の特性（V 方向の上側が垂直方向の下位アドレスに相当し、V 方向の下側が垂直方向の上位アドレスに相当）を用いて輝度データに対する乗算補正を行う。30

【0091】

また、上記の判別の結果、対象画像の 2 次元アドレスのうち、RGB 原色ベイヤーフィルタの垂直（列）方向のアドレスが偶数（即ち 2 次元の撮像素子配列でいう偶数行目）であり、且つ水平（行）方向のアドレスが偶数（即ち 2 次元の撮像素子配列でいう偶数列目）であるならば、ステップ S 10 に進み、アドレス判別回路 1 1 は所定信号 HSEL を H レベル（1 レベル）とする。その結果、セレクタ 16 は H メモリ（H2）13 の出力であるシェーディング補正係数 H2(i) を乗算回路（MUL1）18 へ送る。

【0092】

次にステップ S 11 で、アドレス判別回路 1 1 は所定信号 VSEL を H レベル（1 レベル）とする。その結果、セレクタ 17 は V メモリ（V2）15 の出力であるシェーディング補正係数 V2(j) を乗算回路（MUL2）19 へ送る。40

【0093】

例えば、対象画素が図 8 (a) に示す G の画素 25 であるとした場合、乗算回路（MUL1）18 は、図 8 (c) で実線で示したシェーディング補正係数 H2(i)（H 方向の左側が水平方向の下位アドレスに相当し、H 方向の右側が水平方向の上位アドレスに相当）を用いて輝度データに対する乗算補正を行い、一方、乗算回路（MUL2）19 は、図 8 (e) で破線で示したシェーディング補正係数 V2(j) の特性（V 方向の上側が垂直方向の下位アドレスに相当し、V 方向の下側が垂直方向の上位アドレスに相当）を用いて輝度データに対する乗算補正を行う。

【0094】

10

20

30

40

50

以上のように、アドレス判別回路 11 は、対象画素の 2 次元的なアドレスを逐次判別し、水平・垂直それぞれのアドレスが奇数であるか偶数であるかによって、シェーディング補正係数のテーブルを切換える。これによって、図 12 (c) に示したような交換レンズ 3 と赤外光カットフィルタ 4 との光学的な組み合わせで生じる色シェーディングを防止することができる。なお、ここでは、赤色シェーディングを防止することを説明したが、特に赤色に限定されるものではなく、他の色の色シェーディングにも本発明は適用できる。

【 0 0 9 5 】

また、本実施の形態では水平・垂直方向にそれぞれ 2 種類のシェーディング補正係数を用意したが、各 R / G / B 每に別々のシェーディング補正係数を用意するようにしてもよい。さらに、色フィルタに補色系を用いた場合には、各方向にシェーディング補正係数を 4 種類持つことも可能である。10

【 0 0 9 6 】

また、前述した各実施の形態の機能を実現するソフトウェアのプログラムコードを記憶した記憶媒体を、システムあるいは装置に供給し、そのシステムあるいは装置のコンピュータ（または C P U や M P U ）が記憶媒体に格納されたプログラムコードを読み出して実行することによっても、本発明が達成されることは言うまでもない。

【 0 0 9 7 】

この場合、記憶媒体から読み出されたプログラムコード自体が、前述の各実施の形態の機能を実現することになり、そのプログラムコードを記憶した記憶媒体が本発明を構成することになる。20

【 0 0 9 8 】

プログラムコードを供給するための記憶媒体として、例えば、フロッピィディスク、ハードディスク、光ディスク、光磁気ディスク、C D - R O M 、 C D - R 、磁気テープ、不揮発性のメモリカード、R O Mなどを用いることができる。

【 0 0 9 9 】

また、コンピュータが読み出したプログラムコードを実行することにより、前述した各実施の形態の機能が実現されるだけでなく、そのプログラムコードの指示に基づき、コンピュータ上で稼働しているO S などが実際の処理の一部または全部を行い、その処理によって前述した各実施の形態の機能が実現される場合も、本発明に含まれることは言うまでもない。30

【 0 1 0 0 】

さらに、記憶媒体から読み出されたプログラムコードが、コンピュータに挿入された機能拡張ボードやコンピュータに接続された機能拡張ユニットに備わるメモリに書き込まれた後、そのプログラムコードの指示に基づき、その機能拡張ボードや機能拡張ユニットに備わるC P U などが実際の処理の一部または全部を行い、その処理によって前述した各実施の形態の機能が実現される場合も、本発明に含まれることは言うまでもない。

【 0 1 0 1 】

【発明の効果】

以上詳述したように、本発明によれば、撮影レンズが交換可能な撮像装置において、撮影レンズの交換に関わりなく撮像素子平面上の感度不均一性を解消することができ、また、撮像素子の特定の色チャンネルで発生する色シェーディングを補正することができる。40

【図面の簡単な説明】

【図 1】本発明に係る撮像装置（デジタルスチルカメラ）の一実施の形態の構成を示すブロック図である。

【図 2】色補間処理について示す図である。

【図 3】撮影レンズと撮像素子デバイス構造との組み合わせで発生するシェーディングを補正するシェーディング補正係数を示す図である。

【図 4】本実施の形態におけるシェーディング補正係数を示す図である。（a）は撮像素子の平面を示し、（b）は水平方向のシェーディング補正係数成分を示し、（c）は垂直方向のシェーディング補正係数成分を示す。50

【図5】撮像レンズから撮像素子までの間の光の通路を示す図である。

【図6】入射角に対する感度を示すグラフである。

【図7】像高dの撮像素子平面上でのX,Y成分を示す図である。

【図8】RGB原色ベイヤーフィルタの配列と、配列に応じた各シェーディング補正係数とを示す図である。

【図9】アドレス判別回路で行われる所定信号HSEL, VSELの出力処理の手順を示すフローチャートである。

【図10】従来のレンズ交換可能なデジタルスチルカメラの構成の一例を示すブロック図である。

【図11】マイクロレンズの位置と撮像レンズからの入射光角度との関係によって発生するシェーディングの発生原理を示した図である。 10

【図12】積層タイプ反射型赤外光カットフィルタによる色シェーディングの発生原理を概念的に表わした図である。

【符号の説明】

1 全体制御CPU(算出手段、修正手段)

2 射出瞳位置検出部(取出手段)

3 交換レンズ(撮像レンズ)

4 赤外光カットフィルタ

5 撮像素子

6 CDS/AGC回路

20

7 A/D変換回路

8 ドライバ

9 タイミングジェネレータ

10 アドレス発生回路(記憶手段、補正手段)

11 アドレス判別回路(補正手段)

12 HメモリH1(記憶手段)

13 HメモリH2(記憶手段)

14 VメモリV1(記憶手段)

15 VメモリV2(記憶手段)

16 セレクタ(補正手段)

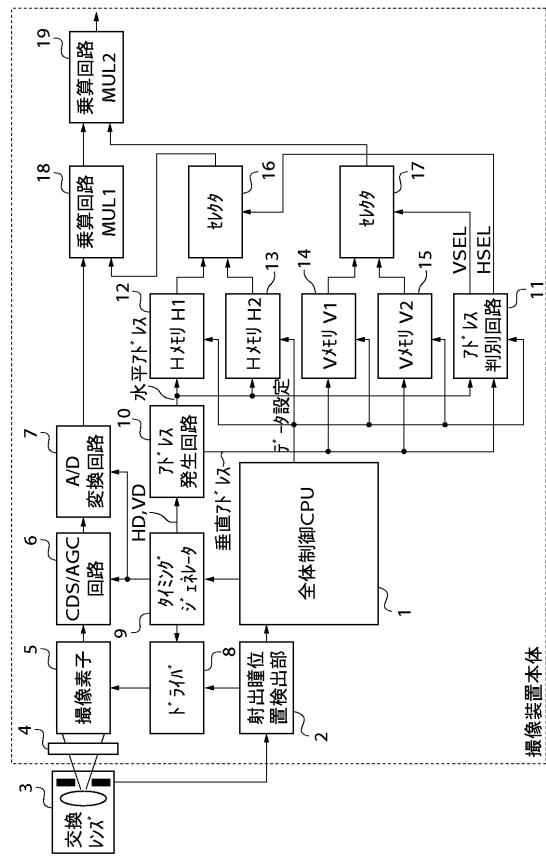
30

17 セレクタ(補正手段)

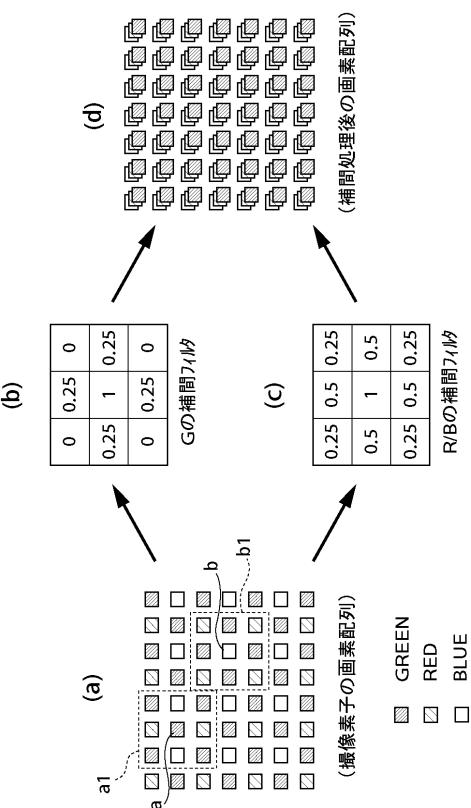
18 乗算回路MUL1(補正手段)

19 乗算回路MUL2(補正手段)

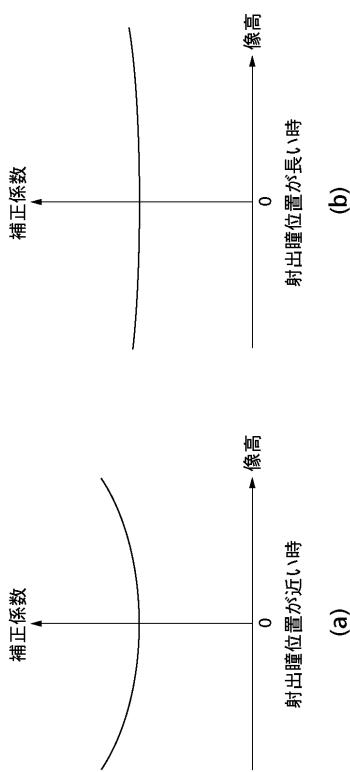
【図1】



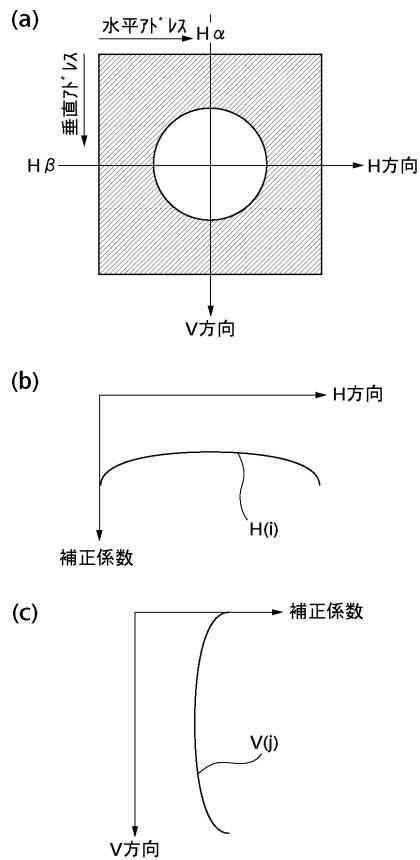
【図2】



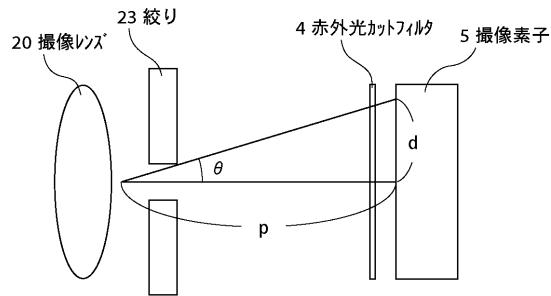
【図3】



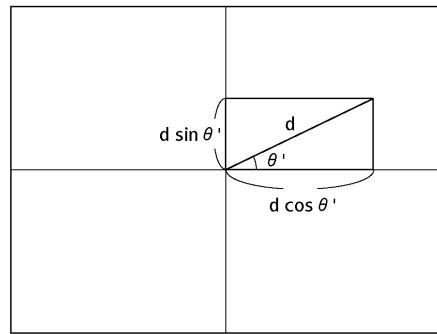
【図4】



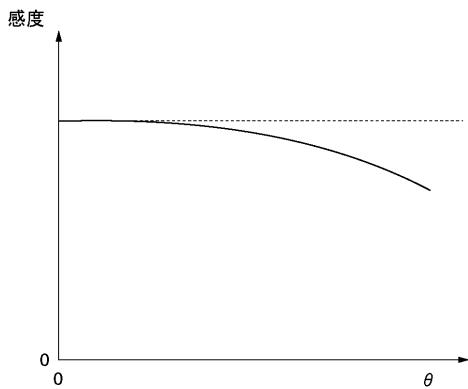
【図5】



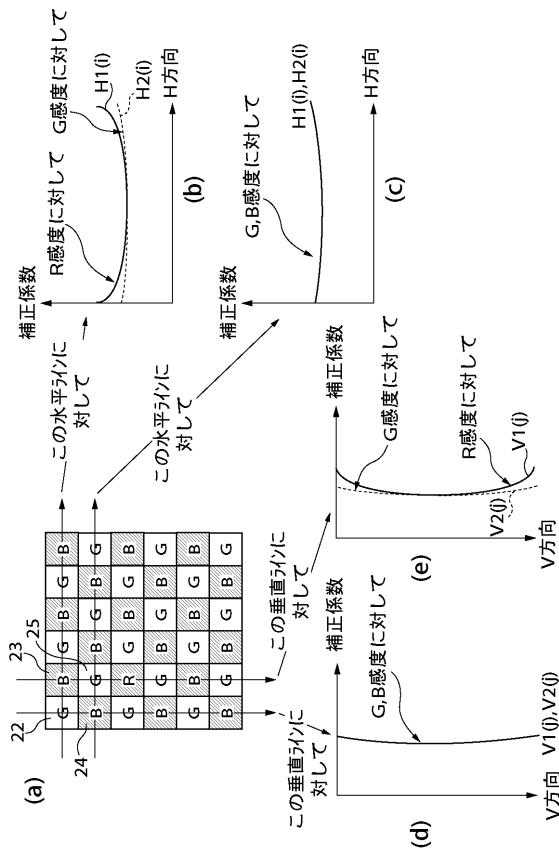
【図7】



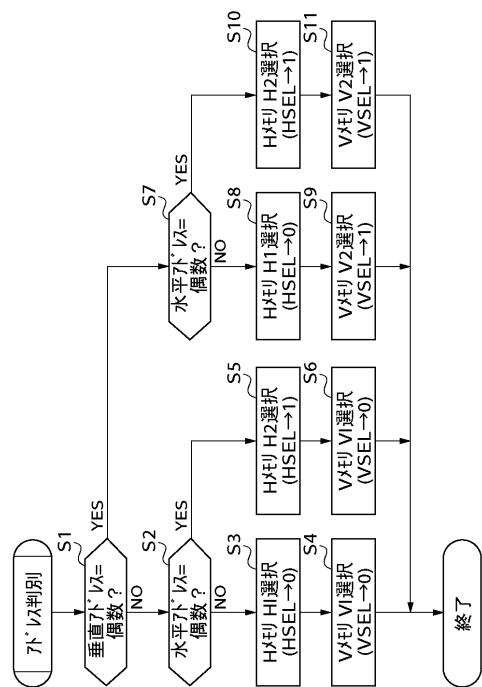
【図6】



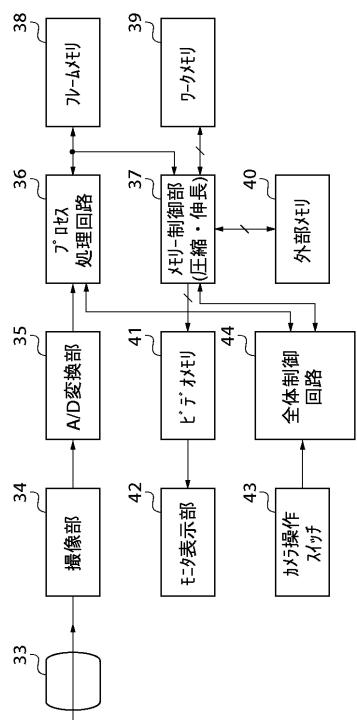
【図8】



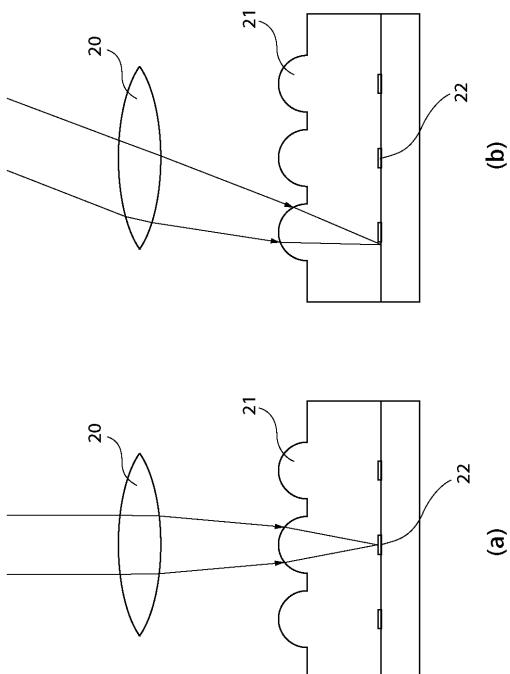
【図9】



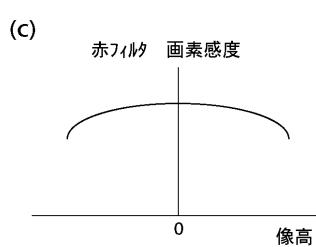
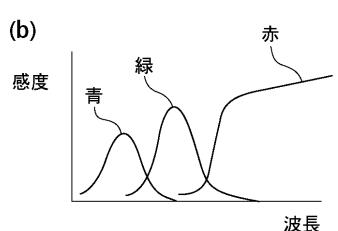
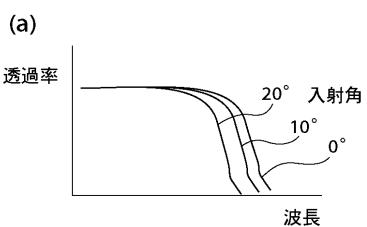
【図10】



【図11】



【図12】



フロントページの続き

(56)参考文献 特開2000-324505(JP,A)
特開平05-030415(JP,A)
特開平04-301994(JP,A)
特開平09-307789(JP,A)
特開平11-122525(JP,A)
特開2000-236480(JP,A)
特開平11-164194(JP,A)
特開平06-178198(JP,A)
特開2000-196953(JP,A)
特開平02-123879(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H04N 5/225