

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2014-220639

(P2014-220639A)

(43) 公開日 平成26年11月20日(2014.11.20)

(51) Int.Cl.
H04N 5/225 (2006.01)F I
H04N 5/225 Zテーマコード (参考)
5C122

審査請求 未請求 請求項の数 10 O L (全 52 頁)

(21) 出願番号 特願2013-98446 (P2013-98446)
(22) 出願日 平成25年5月8日 (2013.5.8)(71) 出願人 000002185
ソニー株式会社
東京都港区港南1丁目7番1号
(74) 代理人 100104215
弁理士 大森 純一
(74) 代理人 100117330
弁理士 折居 章
(74) 代理人 100168181
弁理士 中村 哲平
(74) 代理人 100170346
弁理士 吉田 望
(74) 代理人 100168745
弁理士 金子 彩子
(74) 代理人 100176131
弁理士 金山 慎太郎

最終頁に続く

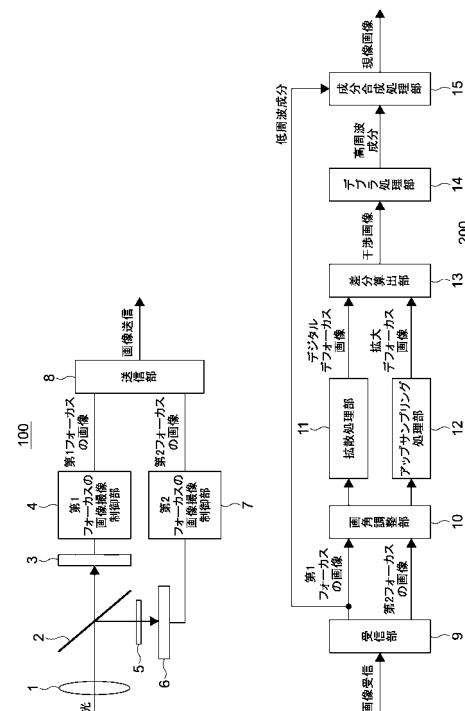
(54) 【発明の名称】 撮像装置および撮像方法

(57) 【要約】

【課題】簡単に高解像度化画像、ハイパースペクトル画像、立体化画像、およびリフォーカス画像を取得できる撮像装置および撮像方法を提供する。

【解決手段】対物レンズと第1の解像度を有する撮像素子との光学的距離（フォーカス）が予め定められた量だけ異なる2つの画像を撮像する撮像部と、撮像した前記画像を送信する送信部とを具備する。

【選択図】 図1



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

対物レンズと第 1 の解像度を有する撮像素子との光学的距離（フォーカス）が予め定められた量だけ異なる 2 つの画像を撮像する撮像部と、
撮像した前記画像を送信する送信部と
を具備した撮像装置。

【請求項 2】

請求項 1 に記載の撮像装置であって、
前記撮像部は、
前記対物レンズを透過した光が合焦した結像画像を撮像する結像撮像素子と、
前記光が前記予め定められた量に基づきデフォーカスされたデフォーカス画像を撮像するデフォーカス撮像素子と
を有している撮像装置。 10

【請求項 3】

請求項 1 に記載の撮像装置であって、
前記 2 つの画像の画角を揃える画角調整部と、
前記 2 つの画像のうち、一方を第 1 フォーカスの画像、もう一方を第 2 フォーカスの画像として、
前記第 1 フォーカスの画像を拡散させ、かつ前記第 1 の解像度よりも高い第 2 の解像度に拡大させた画像をデジタル・デフォーカス画像として生成する拡散部と、
前記第 2 フォーカスの画像を前記第 2 の解像度にアップサンプリングした画像を拡大デフォーカス画像として生成するアップサンプリング部と、
前記デジタル・デフォーカス画像と前記拡大デフォーカス画像との画素毎の差分を干渉画像として生成する差分算出部と
を更に具備し、
前記送信部は、前記第 1 フォーカスの画像および前記干渉画像を送信する撮像装置。 20

【請求項 4】

請求項 3 に記載の撮像装置であって、
前記第 1 フォーカスの画像は、合焦した結像画像であり、
前記第 2 フォーカスの画像は、前記合焦した位置から所定量デフォーカスしたデフォーカス画像である
撮像装置。 30

【請求項 5】

請求項 4 に記載の撮像装置であって、
前記拡散部は、
点像分布関数により、前記結像画像を拡散させる
撮像装置。

【請求項 6】

請求項 1 に記載の撮像装置であって、
前記 2 つの画像の画角を揃える画角調整部と、
前記 2 つの画像のうち、一方を第 1 フォーカスの画像、もう一方を第 2 フォーカスの画像として、
前記第 1 フォーカスの画像を拡散させた画像をデジタル・デフォーカス画像として生成する拡散部と、
前記デジタル・デフォーカス画像と前記第 2 フォーカスの画像との画素毎の差分を干渉画像として生成する差分算出部と
を更に具備し、
前記送信部は、前記第 1 フォーカスの画像および前記干渉画像を送信する撮像装置。 40 50

【請求項 7】

請求項 1 に記載の撮像装置であって、

前記 2 つの画像の画角を揃える画角調整部と、

前記 2 つの画像のうち、一方を第 1 フォーカスの画像、もう一方を第 2 フォーカスの画像として、

前記第 1 フォーカスの画像を、第 1 の関数により拡散させた画像を第 1 のデジタル・デフォーカス画像として生成し、かつ前記第 1 の関数と線対称である第 2 の関数により拡散させた画像を第 2 のデジタル・デフォーカス画像として生成する拡散部と、

前記第 1 のデジタル・デフォーカス画像と前記第 2 フォーカスの画像との画素毎の差分を第 1 のマスク情報として生成し、かつ前記第 2 のデジタル・デフォーカス画像と前記第 2 フォーカスの画像との画素毎の差分を第 2 のマスク情報として生成する差分算出部とを更に具備し、

前記送信部は、前記第 1 フォーカスの画像、前記第 1 のマスク情報、および前記第 2 のマスク情報を送信する

撮像装置。

【請求項 8】

請求項 1 に記載の撮像装置であって、

前記 2 つの画像の画角を揃える画角調整部と、

前記 2 つの画像のうち、一方を第 1 フォーカスの画像、もう一方を第 2 フォーカスの画像として、

前記第 1 フォーカスの画像と前記第 2 フォーカスの画像との画素毎の差分を干渉画像として生成する差分算出部と

を更に具備し、

前記送信部は、前記第 1 フォーカスの画像、前記第 2 フォーカスの画像、および前記干渉画像を送信する

撮像装置。

【請求項 9】

画像を撮像する撮像部と、

前記画像に収差補正およびデジタル光学補正の少なくとも一方を行い、補正画像を生成する補正部と、

前記画像と前記補正画像との画素毎の差分を干渉画像として生成する差分算出部と、

前記画像に含まれる座標情報と、前記干渉画像と、前記補正画像とを送信する送信部とを具備した撮像装置。

【請求項 10】

対物レンズと撮像素子との光学的距離（フォーカス）が予め定められた量だけ異なる 2 つの画像を撮像し、

撮像した前記画像を送信する

撮像方法。

【発明の詳細な説明】**【技術分野】****【0001】**

本技術は、フォーカスが異なる 2 つの画像に基づき、画像を高解像度化、ハイパースペクトル画像化、立体画像化、およびリフォーカスする撮像装置および撮像方法に関する。

【背景技術】**【0002】**

従来、画像を高解像度化するためには、元画像をアップサンプリングして拡大し、拡大により発生したジャギー（画像のギザギザ）を適切なフィルタを用いて滑らかにする拡大技術がある。

【0003】

また、映像のフレーム間で不足する情報を補間したり、経験則データベースを用いて擬

10

20

30

40

50

似的なピクセルを補間したり、その他、インテリジェントな手法を用いて画像情報を増やすことで人間工学的に画像をきれいに見せる超解像技術がある。（例えば、特許文献1参照。）。

【0004】

また、ある解像度の撮像素子を用いて、その解像度を超える解像度の画像を撮影する高解像度化の技術として、画素ずらしの手法がある。（例えば、特許文献2参照。）

【0005】

また、ハイパースペクトルカメラでは、可視光から近赤外光までの数多くの周波数帯のスペクトルを含む画像を撮影することが出来る。（例えば、特許文献3参照。）

【0006】

また、ステレオ3D方式のカメラの次のステップとして、上下左右に視点移動できるインテグラル・イメージング方式のカメラが開発されている。（例えば、特許文献4参照。）

【0007】

また、画像の撮影後に、自由に焦点位置を変えた（リフォーカスした）画像を生成できるライト・フィールド・カメラが開発されている。（例えば、特許文献5参照。）なお、以下では、自由に焦点位置を変えた画像を「リフォーカス画像」と呼ぶ。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0008】

【特許文献1】特開2009-181508号公報

【特許文献2】特開2013-12112号公報

【特許文献3】特表2001-521772号公報

【特許文献4】特開2008-219788号公報

【特許文献5】特開2009-224982号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0009】

カメラは、光の3原色をベースにした3色モノクロ撮影が基本であり、例えば同じ赤の帯域であれば、10nm程度の異なるスペクトルの違いまでは区別できない。これは、Rチャンネルの輝度値の総和が同じ輝度レベルになれば、1つの同じRチャンネルに丸め込まれるからである。

【0010】

この丸め込みにより、通常のカメラを、メディカル用途など、僅かな色の違いの解析が必要なケースでの画像解析に利用することは困難であった。

【0011】

また、このような情報を観測するカメラとして、ハイパースペクトルカメラやマルチスペクトルカメラが実用化されているが、一度に1次元しか撮像できなかったり、特定のスペクトルに限定して撮像する必要があったりして、いずれもカメラとしては使い難いものであった。

【0012】

インテグラル・イメージング方式では、レンズアレイを用いるので、撮像できる画像の解像度は悪く、また撮像した画像データが膨大な情報量になる問題があった。

【0013】

このように、従来の方法では、簡単に高解像度化画像や、ハイパースペクトル画像、立体化画像、リフォーカス画像を取得することは困難であった。

【0014】

以上のような事情に鑑み、本技術の目的は、簡単に高解像度化画像、ハイパースペクトル画像、立体化画像、およびリフォーカス画像を取得できる撮像装置および撮像方法を提供することにある。

10

20

30

40

50

【課題を解決するための手段】

【0015】

上記目的を達成するため、本技術の一形態に係る撮像装置は、対物レンズと第1の解像度を有する撮像素子との光学的距離（フォーカス）が予め定められた量だけ異なる2つの画像を撮像する撮像部と、撮像した前記画像を送信する送信部とを具備する。

【0016】

本技術では、撮像装置において、フォーカスが予め定められた量だけ異なる、第1の解像度を有する2つの画像を取得し、現像装置に送る。

【0017】

高解像度化の現像を行う現像装置は、2つの画像の画角を揃え、2つの画像のうち、一方を第1フォーカスの画像、もう一方を第2フォーカスの画像として、第1フォーカスの画像を拡散させ、かつ第1の解像度よりも高い第2の解像度に拡大させた画像をデジタル・デフォーカス画像として生成する。また、第2フォーカスの画像を第2の解像度にアップサンプリングした画像を拡大デフォーカス画像として生成する。そして、デジタル・デフォーカス画像と拡大デフォーカス画像との画素毎の差分を干渉画像として生成する。学習型パターン変換回路により、干渉画像から第2の解像度の高周波成分を生成し、第1フォーカスの画像を低周波成分と見なして、成分合成処理を行い、第2の解像度の画像を現像する。

10

【0018】

ハイパースペクトルとしての現像を行う現像装置は、2つの画像の画角を揃え、2つの画像のうち、一方を第1フォーカスの画像、もう一方を第2フォーカスの画像として、第1フォーカスの画像を拡散させた画像をデジタル・デフォーカス画像として生成する。そして、デジタル・デフォーカス画像と第2フォーカスの画像との画素毎の差分を干渉画像として生成する。学習型パターン変換回路により倍率色収差を強調する処理により、干渉画像からスペクトル情報を含む高周波成分を生成し、第1フォーカスの画像と高周波成分との成分合成処理を行い、ハイパースペクトル画像を現像する。

20

【0019】

立体視用の画像を現像する現像装置は、2つの画像の画角を揃え、2つの画像のうち、一方を第1フォーカスの画像、もう一方を第2フォーカスの画像として、第1の関数により拡散させた画像を第1のデジタル・デフォーカス画像として生成し、かつ第1の関数と線対称である第2の関数により拡散させた画像を第2のデジタル・デフォーカス画像として生成する。そして、第1のデジタル・デフォーカス画像と第2フォーカスの画像との画素毎の差分を第1のマスク情報として生成し、かつ第2のデジタル・デフォーカス画像と前記第2フォーカスの画像との画素毎の差分を第2のマスク情報として生成する。第1フォーカスの画像と第1のマスク情報から立体視用の第1の画像を現像し、第1フォーカスの画像と第2のマスク情報から立体視用の第2の画像を現像する。

30

【0020】

リフォーカス画像を現像する現像装置は、第1フォーカスの画像と第2フォーカスの画像を取り込み、2つの画像の画素毎の差分を干渉画像として生成する。学習型パターン変換回路により、干渉画像の輝度情報とスペクトル情報から高周波成分を生成し、第1フォーカスの画像と高周波成分との成分合成処理を行い、リフォーカス画像を現像する。

40

【0021】

以上の処理により、本技術では、簡単に高解像度化画像、ハイパースペクトル画像、立体化画像、およびリフォーカス画像を取得できる。

【0022】

上記目的を達成するため、本技術の一形態に係る撮像装置では、前記撮像部は、前記対物レンズを透過した光が合焦した結像画像を撮像する結像撮像素子と、前記光が前記予め定められた量に基づきデフォーカスされたデフォーカス画像を撮像するデフォーカス撮像素子とを有している構成でもよい。

【0023】

50

上記目的を達成するため、本技術の一形態に係る撮像装置は、前記2つの画像の画角を揃える画角調整部と、前記2つの画像のうち、一方を第1フォーカスの画像、もう一方を第2フォーカスの画像として、前記第1フォーカスの画像を拡散させ、かつ前記第1の解像度よりも高い第2の解像度に拡大させた画像をデジタル・デフォーカス画像として生成する拡散部と、前記第2フォーカスの画像を前記第2の解像度にアップサンプリングした画像を拡大デフォーカス画像として生成するアップサンプリング部と、前記デジタル・デフォーカス画像と前記拡大デフォーカス画像との画素毎の差分を干渉画像として生成する差分算出部とを更に具備し、前記送信部は、前記第1フォーカスの画像および前記干渉画像を送信する構成でもよい。

【0024】

上記目的を達成するため、本技術の一形態に係る撮像装置では、前記第1フォーカスの画像は、合焦した結像画像であり、前記第2フォーカスの画像は、前記合焦した位置から所定量デフォーカスしたデフォーカス画像である構成でもよい。

【0025】

上記目的を達成するため、本技術の一形態に係る撮像装置では、前記拡散部は、点像分布関数により、前記結像画像を拡散させる構成でもよい。

【0026】

上記目的を達成するため、本技術の一形態に係る撮像装置は、前記2つの画像の画角を揃える画角調整部と、前記2つの画像のうち、一方を第1フォーカスの画像、もう一方を第2フォーカスの画像として、前記第1フォーカスの画像を拡散させた画像をデジタル・デフォーカス画像として生成する拡散部と、前記デジタル・デフォーカス画像と前記第2フォーカスの画像との画素毎の差分を干渉画像として生成する差分算出部とを更に具備し、前記送信部は、前記第1フォーカスの画像および前記干渉画像を送信する構成でもよい。

【0027】

上記目的を達成するため、本技術の一形態に係る撮像装置は、前記2つの画像の画角を揃える画角調整部と、前記2つの画像のうち、一方を第1フォーカスの画像、もう一方を第2フォーカスの画像として、前記第1フォーカスの画像を、第1の関数により拡散させた画像を第1のデジタル・デフォーカス画像として生成し、かつ前記第1の関数と線対称である第2の関数により拡散させた画像を第2のデジタル・デフォーカス画像として生成する拡散部と、前記第1のデジタル・デフォーカス画像と前記第2フォーカスの画像との画素毎の差分を第1のマスク情報として生成し、かつ前記第2のデジタル・デフォーカス画像と前記第2フォーカスの画像との画素毎の差分を第2のマスク情報として生成する差分算出部とを更に具備し、前記送信部は、前記第1フォーカスの画像、前記第1のマスク情報、および前記第2のマスク情報を送信する構成でもよい。

【0028】

上記目的を達成するため、本技術の一形態に係る撮像装置は、前記2つの画像の画角を揃える画角調整部と、前記2つの画像のうち、一方を第1フォーカスの画像、もう一方を第2フォーカスの画像として、前記第1フォーカスの画像と前記第2フォーカスの画像との画素毎の差分を干渉画像として生成する差分算出部とを更に具備し、前記送信部は、前記第1フォーカスの画像、前記第2フォーカスの画像、および前記干渉画像を送信する構成でもよい。

【0029】

上記目的を達成するため、本技術の一形態に係る撮像装置は、画像を撮像する撮像部と、前記画像に収差補正およびデジタル光学補正の少なくとも一方を行い、補正画像を生成する補正部と、前記画像と前記補正画像との画素毎の差分を干渉画像として生成する差分算出部と、前記画像に含まれる座標情報と、前記干渉画像と、前記補正画像とを送信する送信部とを具備する。

【0030】

上記目的を達成するため、本技術の一形態に係る撮像方法は、対物レンズと撮像素子と

10

20

30

40

50

の光学的距離（フォーカス）が予め定められた量だけ異なる２つの画像を撮像し、撮像した前記画像を送信する。

【発明の効果】

【００３１】

以上のように、本技術によれば、簡単に高解像度化画像、ハイパースペクトル画像、立体化画像、およびリフォーカス画像を取得できる。

【図面の簡単な説明】

【００３２】

【図１】本技術に係る撮像装置１００と現像装置２００の全体構成を示す構成図である。

【図２】本技術に係る撮像装置１０１と現像装置２０１の全体構成を示す構成図である。

【図３】高解像度化現像のイメージについて説明するための図である。

【図４】本技術による高解像度化現像がどのような結果をもたらすかを示す図である。

【図５】デフォーカス画像から逆算して高解像度の画像を生成するイメージについて説明する図である。

【図６】デフォーカス量を示す図である。

【図７】デフォーカス方法の具体例について説明する図である。

【図８】成分分離処理と成分合成処理について示す図である。

【図９】撮像装置の実装例について示す図である。

【図１０】リファレンスとする４Ｋ画像Ａから、第１フォーカスの画像Ｂと第２フォーカスの画像Ｃを作成し、第１フォーカスの画像Ｂと第２フォーカスの画像Ｃを高解像度化現像により、干渉画像Ｄおよび高周波成分Ｅを経て現像画像Ｆにする様子を示す図である。

【図１１】図１０に示した画像の黒目の部分を拡大した画像である。

【図１２】リファレンスとする８Ｋ画像Ａから、第１フォーカスの画像Ｂと第２フォーカスの画像Ｃを作成し、第１フォーカスの画像Ｂと第２フォーカスの画像Ｃを高解像度化現像により、干渉画像Ｄおよび高周波成分Ｅを経て現像画像Ｆにする様子を示す図である。

【図１３】 Δ 量に関する情報を干渉画像の中からアルゴリズムにより分離し、 ΔY により高解像度化画像、 $\Delta \omega$ によりハイパースペクトル画像、 $\Delta \phi$ により立体化画像を現像できる様子を示す図である。

【図１４】本技術に係る撮像装置１００と現像装置２０２の全体構成を示す構成図である。

【図１５】本技術に係る撮像装置１０２と現像装置２０３の全体構成を示す構成図である。

【図１６】ハイパースペクトル現像について説明するための図である。

【図１７】ハイパースペクトル現像の具体例を示す図である。

【図１８】本技術に係る撮像装置１００と現像装置２０４の全体構成を示す構成図である。

【図１９】本技術に係る撮像装置１０３と現像装置２０５の全体構成を示す構成図である。

【図２０】立体化現像の処理の流れについて示す図である。

【図２１】立体化現像について説明するための図である。

【図２２】本技術に係る撮像装置１００と現像装置２０６の全体構成を示す構成図である。

【図２３】本技術に係る撮像装置１０４と現像装置２０７の全体構成を示す構成図である。

【図２４】リフォーカス現像の原理について説明するための図である。

【図２５】輝度情報のみでは光路推定が出来ない様子を示す図である。

【図２６】輝度情報とスペクトル情報を用いると光路推定が出来る様子を示す図である。

【図２７】合焦位置の前後により、倍率色収差の状態が異なる様子を示す図である。

【図２８】干渉画像の中のスペクトル情報の例と、それぞれの例に対し拡散・収束いずれの方向で点像分布関数を作用させるかを示す図である。

10

20

30

40

50

【図 29】人形より後方の背景に合焦した画像の例である。

【図 30】人形より手前に合焦した画像の例である。

【図 31】図 29 および図 30 に示した画像からリフォーカス現像を行い、人形に合焦させて現像したリフォーカス画像の例である。

【図 32】図 29 および図 30 に示した画像からリフォーカス現像を行い、人形および背景の両方に合焦させて現像したパンフォーカス画像の例である。

【図 33】本技術に係る撮像装置 105 と現像装置 208 の全体構成を示す構成図である。

【図 34】リファレンスとする 4K 画像 A から、第 1 フォーカスの画像 B を作成し、第 1 フォーカスの画像 B を高解像度化現像により、現像画像 C にする様子を示す図である。

【図 35】通常の $1/60$ 秒シャッターと、その $1/N$ のシャッタースピードで撮像する画像と、 $1/60$ 秒から $1/60N$ 秒だけ除いた $(N-1)/60N$ 秒のシャッタースピードで撮像する画像との関係を示す図である。

【図 36】ハイフレームレート現像の原理を説明するための図である。

【図 37】撮像装置 500 の構成を示す機能ブロック図である。

【発明を実施するための形態】

【0033】

以下、本技術に係る実施形態を、図面を参照しながら説明する。

< 第 1 の実施形態 >

【0034】

最初に全体構成について説明し、次に本技術により画像を高解像度化する技術（以下、高解像度化現像と呼ぶ）の概要について説明し、最後に具体的な実例について説明する。

【0035】

なお、本技術に係る高解像度化現像は、同じ光軸上で焦点をずらした 2 つの画像から光の干渉情報を収集し、この干渉情報を基に撮像素子の解像度を上回る解像度の画像を現像するものである。

【0036】

[全体構成]

最初に、本技術の実施形態である撮像装置と現像装置の全体構成について説明する。図 1 は、本技術に係る撮像装置 100 と現像装置 200 の全体構成を示す構成図である。なお、以下で用いる「第 1 フォーカス」および「第 2 フォーカス」とは、典型的には、合焦状態となるフォーカスおよびその合焦状態となるフォーカスから所定量だけデフォーカスさせたフォーカスである。その場合、「第 1 フォーカスの画像」を「結像画像」に、「第 2 フォーカスの画像」を「デフォーカス画像」と読み替えることが出来る。

【0037】

但し、「第 1 フォーカス」および「第 2 フォーカス」が示すフォーカスはこれらに限らず、合焦状態のフォーカスから所定量だけ被写体側にデフォーカスさせたフォーカスを「第 1 フォーカス」、合焦状態のフォーカスから所定量だけ像面側にデフォーカスさせたフォーカスを「第 2 フォーカス」としてもよい。

【0038】

撮像装置 100 は、対物レンズ 1、ハーフミラー 2、撮像素子（第 1 フォーカスの撮像素子、結像撮像素子）3、第 1 フォーカスの画像撮像制御部（撮像部）4、光路長変更フィルタ 5、撮像素子（第 2 フォーカスの撮像素子、デフォーカス撮像素子）6、第 2 フォーカスの画像撮像制御部（撮像部）7、および送信部 8 を具備している。

【0039】

対物レンズ 1 は、一般的なデジタルカメラと同じく、被写体を撮像するために、撮像素子上に被写体の像を結像させるための光学系である。

【0040】

ハーフミラー 2 は、光学レンズ 1 を透過した光を、撮像素子 3 と撮像素子 6 により受光するために分割する。

10

20

30

40

50

【0041】

撮像素子3は、光学レンズ1の第1フォーカスにより撮像面に結像した像を撮像する。

【0042】

第1フォーカスの画像撮像制御部4は、撮像素子3により撮像された画像を取得する。なお、以下では、撮像素子3および第1フォーカスの画像撮像制御部4により取得された画像を第1フォーカスの画像と呼ぶ。第1フォーカスの画像には、撮像素子3の1画素では捕らえられない、被写体の高周波成分は、1画素中に丸め込まれている。

【0043】

光路長変更フィルタ5は、対物レンズ1から撮像素子6までの光路長を正確に調整するためのフィルタである。なお、本実施例では、光路長を調整するために光路長変更フィルタ5を用いたが、これ以外に、例えば、撮像素子6の位置を調整することにより光路長を調整する構成でもよい。

10

【0044】

撮像素子6は、光路長変更フィルタ5により第2フォーカスでデフォーカスされた（ぼかされた）像を撮像する。

【0045】

第2フォーカスの画像撮像制御部7は、撮像素子6により撮像された画像を取得する。なお、以下では、撮像素子6および第2フォーカスの画像撮像制御部7により取得された画像を第2フォーカスの画像と呼ぶ。第2フォーカスの画像には、撮像素子6の1画素では捕らえられない、被写体の高周波成分は、ぼかした形で複数の画素に拡散されて写り込んでいる。

20

【0046】

なお、第1フォーカスの画像撮像制御部4と第2フォーカスの画像撮像制御部7が一つの撮像制御部にまとまった構成でもよい。

【0047】

送信部8は、第1フォーカスの画像撮像制御部4から供給された第1フォーカスの画像と、第2フォーカスの画像撮像制御部7から供給された第2フォーカスの画像とを現像装置200に送信する。

【0048】

なお、上記の構成では、第1フォーカスの画像と第2フォーカスの画像を同時に取得するために、ハーフミラー2と、2つの撮像素子3および6を用いた。しかし、同時に取得する必要が無い場合は、光路長変更フィルタ5を光路に入れたり外したりする機構を設けることにより、ハーフミラー2を省き、1つの撮像素子のみで、第1フォーカスの画像と第2フォーカスの画像を取得する構成でもよい。

30

【0049】

次に、現像装置200の構成について説明する。

【0050】

現像装置200は、受信部9、画角調整部10、拡散処理部（拡散部）11、アップサンプリング処理部（アップサンプリング部）12、差分算出部13、デブラ処理部14、および成分合成処理部15を具備している。

40

【0051】

受信部9は、撮像装置100の送信部8から送られてきた第1フォーカスの画像および第2フォーカスの画像を受信する。受信した両方の画像は、画角調整部10に供給される。

【0052】

画角調整部10は、フォーカスを異ならせることにより画角がわずかに異なっている第1フォーカスの画像および第2フォーカスの画像の画角を調整し、以下に示す画素毎の処理が適切に行えるようにする。なお、画角調整は、第1フォーカスの画像および第2フォーカスの画像のいずれか一方に対してのみ行ってもよい。

【0053】

50

拡散処理部 11 は、点像分布関数を用いて、第 1 フォーカスの画像を計算処理によりデフォーカスされた状態の画像にする。この画像を以下ではデジタル・デフォーカス画像と呼ぶ。この処理により、第 1 フォーカスの画像がデジタル的にぼかされた画像になると共に、元の第 1 フォーカスの画像が H D (High Definition) サイズの画像の場合、デジタル・デフォーカス画像は、例えば現像する画像が 4 K 解像度の場合、4 K サイズの画像に拡大される。なお、現像する画像が 8 K サイズの場合、拡散処理部 11 は、8 K サイズ画像へのデフォーカスを行う。

【0054】

アップサンプリング処理部 12 は、第 2 フォーカスの画像をアップサンプリングする。例えば、第 2 フォーカスの画像が H D サイズであり、現像する画像が 4 K 解像度の場合、画素数を縦横それぞれ 2 倍に拡大し、4 K サイズとする。アップサンプリングにより得られた画像を、以下では拡大デフォーカス画像と呼ぶ。なお、現像する画像が 8 K サイズの場合、アップサンプリング処理部 12 は、8 K サイズ画像へのアップサンプリングを行う。

10

【0055】

差分算出部 13 は、拡散処理部 11 により生成されたデジタル・デフォーカス画像と、アップサンプリング処理部 12 により生成された拡大デフォーカス画像との、画素毎の差分値を計算する。計算結果を以下では干渉画像と呼ぶ。

【0056】

デブラ処理部 14 は、学習型パターン変換回路により構成され、差分算出部 13 から供給された干渉画像をデブラ (de-blur) 処理して高周波成分を生成する。デブラ処理部 14 は、この干渉画像をデフォーカスされた画像と見立てて、デフォーカス前の元画像を逆算する方法により、第 1 フォーカスの画像より高解像度の画像の高周波成分を生成する。

20

【0057】

成分合成処理部 15 は、デブラ処理部 14 により生成された高周波成分と、受信部 9 から供給された低周波成分 (第 1 フォーカスの画像) とを成分合成処理により 1 つの画像に合成する。以下では、ここで合成された画像を現像画像と呼ぶ。

以上、全体構成について説明した。

【0058】

[全体構成の変形例について]

30

次に、上述した構成とは異なる構成を持つ撮像装置 101 と現像装置 201 について説明する。図 2 は、本技術に係る撮像装置 101 と現像装置 201 の全体構成を示す構成図である。

【0059】

上述した構成との大きな違いは、現像装置 200 が具備していた、画角調整部 10、拡散処理部 11、アップサンプリング処理部 12、および差分算出部 13 が、撮像装置 101 側に移ったことである。なお、上記の構成要素と同じ機能を持つ構成要素については、同じ部材番号を付し説明を省略する。

【0060】

撮像装置 101 は、対物レンズ 1、ハーフミラー 2、撮像素子 3、第 1 フォーカスの画像撮像制御部 4、光路長変更フィルタ 5、撮像素子 6、第 2 フォーカスの画像撮像制御部 7、画角調整部 10、拡散処理部 11、アップサンプリング処理部 12、差分算出部 13、および送信部 8B を具備している。

40

【0061】

送信部 8B は、差分算出部 13 により生成された干渉画像と、第 1 フォーカスの画像撮像制御部 4 から供給された低周波成分 (第 1 フォーカスの画像) とを、現像装置 201 に送信する。

【0062】

現像装置 201 は、受信部 9B、デブラ処理部 14、および成分合成処理部 15 を具備している。

50

【0063】

受信部9Bは、撮像装置101の送信部8Bから送られてきた干渉画像および低周波成分を受信する。受信した干渉画像はデブラ処理部14に供給され、受信した低周波成分は成分合成処理部15に供給される。

以上、全体構成の変形例について説明した。

【0064】

〔高解像度化現像のイメージ〕

次に、高解像度化現像のイメージについて説明する。図3は、高解像度化現像のイメージについて説明するための図である。

【0065】

撮像素子の1画素をブラックボックスとみなし、そこに懐中電灯で横から光を当てることにより、その1画素の外に影を作る。その影は、隣の画素に漏れ出る、1画素より細かな信号となる。

【0066】

1画素より小さい信号は、通常観測することが出来ないが横から懐中電灯の光を当てるとその小さい信号の影が周辺の画素に写る。本技術による高解像度化現像では、この影と同様に、フォーカスをずらした場合に1画素より小さい信号の痕跡が周辺画素に漏れ出すことを利用し、この痕跡から、1画素より小さい情報を現像する。

【0067】

次に、別の角度から、本技術による高解像度化現像を説明する。図4は、本技術による高解像度化現像がどのような結果をもたらすかを示す図である。

【0068】

左側は、被写体の大きさを示している。4K解像度で1ピクセル分しかない被写体Aと、4ピクセル分ある被写体Bである。中央は、それぞれの被写体が撮像された大きさを示している。HDカメラによりそれらの被写体を撮像すると、像Aも像BもHD解像度1ピクセル分の大きさとして表現されてしまっている。右側は、高解像度化現像により光の痕跡（影）を基に4Kサイズでの現像を行って、被写体Aの像は4K解像度の1ピクセル分に戻っていることを示している。

【0069】

次に、デフォーカス画像から逆算して高解像度の画像を生成するイメージについて説明する。図5は、デフォーカス画像から逆算して高解像度の画像を生成するイメージについて説明する図である。

【0070】

図の左側は、被写体が結像面Aで結像した際には、1画素分の面積を占めるが、結像面Aをずらしてデフォーカスさせたばけ面Bでは、ぼけた像が隣の画素にはみ出し、3画素分の大きさで撮像されている。すなわち撮像素子の1画素では観測出来なかった1画素より細かい高周波成分がぼけた情報として観測されることを示している。図の右側は、干渉画像から逆算することにより、仮想結像面Cにおいて元の撮像素子の解像度よりも高解像度化された画像が現像されることを示している。

以上、高解像度化現像のイメージについて説明した。

【0071】

〔高解像度化の仕組み〕

通常、撮像素子は撮像画素よりも小さい情報までは撮像できず、たとえ被写体が複雑な情報を持っていても、撮像画素よりも小さい情報は撮像素子1画素の情報として丸め込まれる。一方、焦点を動かすと、被写体の像は周辺の撮像画素にまたがるように拡散し、撮像画素1画素では捉えられなかった情報が周辺の撮像画素にも写り込むことになる。

【0072】

本技術では、結像画像を所定のボケ量が得られるように点像分布関数により拡散させたデジタル・デフォーカス画像と、実際のデフォーカス画像の差分をとる。すると、差分により得られた干渉画像の中には、1撮像画素では撮像できなかった高周波成分の情報が、

10

20

30

40

50

像が拡散した形で残留することになる。この情報を仮想結像面へ逆算することで、1 撮像素子では撮像できなかった細かな高周波成分を算出し、撮像素子の解像度よりも細かな画像情報を現像するものである。

【0073】

[仮想結像面への逆算方法について]

得られる干渉画像と、実際の高周波成分の間には幾何学的な相関性があり、学習型パターン変換回路において入力信号と最終的に取得したい教育信号とを与えて強化学習させることにより逆算モジュール（デブラ処理部14）を構築した。この逆算モジュールにより撮像素子の解像度を上回る高解像度の画像が得られることが確認できた。

【0074】

[デフォーカス量について]

次に、デフォーカスされた画像を撮像する際のデフォーカス量について説明する。図6は、デフォーカス量を示す図である。

【0075】

図に示す矩形一つ一つが、撮像素子の画素を表している。そして最も内側の円が、撮像装置100または101における光学系の最小錯乱円である。

【0076】

例えば、撮像素子がHD解像度であり、現像する画像が4K解像度である場合、錯乱円の大きさが、図中「2K～6K」で示す円の大きさになるまで、デフォーカスを行う。

【0077】

また、例えば、撮像素子がHD解像度であり、現像する画像が8K解像度である場合、錯乱円の大きさが、図中「6K～10K」で示す円の大きさになるまで、デフォーカスを行う。

【0078】

なお、上記の例では、HD、4K、および8Kの解像度を例に出したか、これら以外の解像度の場合も、HD、4K、および8Kの解像度と同様な比率でデフォーカスを行えばよい。

以上、デフォーカス量について説明した。

【0079】

[デフォーカス方法]

次に、デフォーカス方法の具体例について説明する。図7は、デフォーカス方法の具体例について説明する図である。

【0080】

既に全体構成の項で、光路長変更フィルタ5について述べたが、上記デフォーカス量の説明でも述べたとおり、デフォーカス量は、現像する画像の解像度によって調整しなければならない。デフォーカス量を調整する具体例の一つとして、フィルタディスクが挙げられる。

【0081】

フィルタディスクには、図に示すように、例えば、3. 2K、4K、および8K解像度の画像を現像するための光路長変更フィルタ5が嵌まっている。撮像装置100または101は、現像する画像の解像度に応じ、フィルタディスクを回転させ、適切な光路長変更フィルタ5を用いることにより、目的の解像度に応じた高解像度現像が行われる。

以上、デフォーカス方法の具体例について説明した。

【0082】

[成分合成処理について]

次に、成分合成処理について、成分分離処理とまとめて説明する。図8は、成分分離処理と成分合成処理について示す図である。

【0083】

まず、成分分離処理について説明する。高解像度画像Aには4つの画素D1、D2、D3、D4があるとする。成分分離処理では、以下の式により、低周波成分Cと高周波成分

10

20

30

40

50

Bを生成する。

【0084】

低周波成分 $C = \text{画素平均値 } D_m = (D_1 + D_2 + D_3 + D_4) / 4$ であり、
高周波成分 B は画素値 D_1' 、 D_2' 、 D_3' 、 D_4' からなっており、

$$D_1' = D_1 - D_m$$

$$D_2' = D_2 - D_m$$

$$D_3' = D_3 - D_m$$

$$D_4' = D_4 - D_m$$

である。

【0085】

成分合成処理は、成分分離処理の逆変換である。求める高解像度画像 D の各画素値 D_1 から D_4 は、以下の式

$$D_1 = D_1' + D_m$$

$$D_2 = D_2' + D_m$$

$$D_3 = D_3' + D_m$$

$$D_4 = D_4' + D_m$$

で求めることが出来る。ここで、第1フォーカスの画像（HDサイズ）を低周波成分とし、デブラ処理部14の処理結果を高周波成分として、成分合成処理を行うことにより、高解像度化画像（4Kサイズ）を現像画像として得ることが出来る。

以上、成分合成処理について説明した。

【0086】

〔撮像装置の実装例について〕

次に、撮像装置の実装例について説明する。図9は、撮像装置の実装例について示す図である。

【0087】

図左上の「内蔵型大判デュアルセンサタイプカメラ」は、図1および図2の全体構成の図で示した構成に最も近いものである。

【0088】

図右上の「ハーフミラーRig方式ステレオカメラ」は、ビームスプリッター301内のハーフミラー2の後ろ側にそれぞれ対物レンズ1およびカメラ300を配置し、リグ302で固定した構成である。

【0089】

図右下の「大型レンズ内分光型ステレオカメラ」は、大型レンズ303の内部にハーフミラー2を配置した構成である。

【0090】

図左下の「平行方式ステレオカメラ」は、左右の対物レンズ1で撮像される画像の一方をデフォーカスするものであり、視点は左右でずれるため高解像度化に限界はあるが、ある程度の効果は発揮するものである。

【0091】

なお、これらの実装例は、第1の実施形態に加えて、以下に述べる実施形態でも同様である。

以上、撮像装置の実装例について説明した。

【0092】

〔具体的な事例について〕

次に、本技術にかかる高解像度化現像技術を用いて、高解像度現像を行った例を示す。

【0093】

図10は、リファレンスとする4K画像Aから、第1フォーカスの画像Bと第2フォーカスの画像Cを作成し、第1フォーカスの画像Bと第2フォーカスの画像Cに対して高解像度化現像を行う事により、干渉画像Dおよび高周波成分Eを経て現像画像Fを生成したものである。リファレンス画像Aと現像画像Fを比較すると、大差がないことが分かる。

但し、ここで行った高解像度化現像では、学習型パターン変換回路において、特定のパターンの集中学習を行っている。

【0094】

図11は、図10に示した画像の黒目の部分を拡大した画像である。リファレンス画像Aと現像画像Cとを比べると、現像画像Cは、リファレンス画像Aに対して9割程度の現像精度であることが分かる。

【0095】

図12は、リファレンスとする8K画像Aから、第1フォーカスの画像Bと第2フォーカスの画像Cを作成し、第1フォーカスの画像Bと第2フォーカスの画像Cを高解像度化現像により、干渉画像Dおよび高周波成分Eを経て現像画像Fにしたものである。リファレンス画像Aと現像画像Fを比較すると、大差がないことが分かる。但し、ここで行った高解像度化現像では、学習型パターン変換回路において、特定のパターンの集中学習を行っている。

10

【0096】

以上、第1の実施形態について説明した。

【0097】

<第2の実施形態>

第1の実施形態では、干渉画像から高周波成分を得ることにより、画像の高解像度化を実現した。ここでは、まず、干渉画像から得られる情報について整理しておく。

【0098】

一般に波動は $Y \cdot \sin(\omega t + \phi)$ の数式で表され、画像情報としてとらえた場合、Yは輝度、 ω はRGBのスペクトル情報、 ϕ は立体情報に解釈される。

20

【0099】

従来一般的なカメラでは、人間工学的な光の3原色RGBの情報に分解した輝度情報しか現像できていなかった。

【0100】

第1フォーカスの画像（結像画像）と第2フォーカスの画像（デフォーカス画像）の2つの画像から得られる干渉画像の中には、第1フォーカスの画像を参照画像として、この参照画像のY、 ω 、 ϕ の変化量に関する情報が含まれている。本技術の発明者は、これらの変化量に関する情報を干渉画像の中からアルゴリズムにより分離し、 ΔY により高解像度化画像、 $\Delta \omega$ によりハイパースペクトル画像、 $\Delta \phi$ により立体化画像やリフォーカス画像を現像できることを発見した（図13参照）。

30

【0101】

第1の実施形態で説明した高解像度化現像技術では、 ΔY の情報を参照画像に付加することにより、撮像素子の解像度を上回る解像度を実現している。

【0102】

第2の実施形態では、 $\Delta \omega$ を用いたハイパースペクトル現像について説明し、第3の実施形態では、 $\Delta \phi$ を用いた立体化現像について説明し、第4の実施形態では、同じく $\Delta \phi$ を用いたリフォーカス現像について説明する。なお、ここでは、これら現像技術を総称してホログラフィック現像と呼ぶ。

40

【0103】

[全体構成]

最初に、本技術の実施形態である撮像装置と現像装置の全体構成について説明する。図14は、本技術に係る撮像装置100と現像装置202の全体構成を示す構成図である。

【0104】

第2の実施形態で用いる撮像装置100の構成は、第1の実施形態のものと同一であるので、説明を省略する。

【0105】

現像装置に関する第1の実施形態との大きな違いは、現像装置200が撮像装置202となってアップサンプリング処理部12が無くなり、拡散処理部11、差分算出部13、

50

およびデブラ処理部 1 4 の機能が変更され、それぞれ、拡散処理部 1 1 B、差分算出部 1 3 B、およびデブラ処理部 1 4 B となった点である。以下では、第 1 の実施形態と同じ機能を持つ構成要素については、同じ部材番号を付し説明を省略する。

【0106】

現像装置 2 0 2 は、受信部 9、画角調整部 1 0、拡散処理部 1 1 B、差分算出部 1 3 B、デブラ処理部 1 4 B、および成分合成処理部 1 5 を具備している。

【0107】

拡散処理部 1 1 B は、点像分布関数を用いて、第 1 フォーカスの画像を計算処理によりデフォーカスされた状態のデジタル・デフォーカス画像にする。この処理により、第 1 フォーカスの画像がデジタル的にぼかされた画像になる。但し、第 1 の実施形態の拡散処理部 1 1 とは異なり、元の第 1 フォーカスの画像の拡大、例えば H D 解像度から 4 K 解像度や 8 K 解像度への変更は行わない。

【0108】

差分算出部 1 3 B は、拡散処理部 1 1 B により生成されたデジタル・デフォーカス画像と、画角調整部 1 0 から供給された第 2 フォーカスの画像との、画素毎の差分値を計算し、干渉画像を生成する。

【0109】

デブラ処理部 1 4 B は、学習型パターン変換回路により構成され、差分算出部 1 3 B から供給された干渉画像をデブラ (de-blur) 処理して高周波成分を生成する。デブラ処理部 1 4 は、この干渉画像をデフォーカスされた画像と見立てて、デフォーカス前の元画像を逆算する方法により、結像画像の解像度よりも高い解像度の画像に対する高周波成分を生成する。但し、デブラ処理部 1 4 B では、第 1 の実施形態のデブラ処理部 1 4 が行うデブラ処理に比べて、更にコントラストを強調する様に、学習型パターン変換回路の学習が行われている。

以上、全体構成について説明した。

【0110】

[全体構成の変形例について]

次に、上述した構成とは異なる構成を持つ撮像装置 1 0 2 と現像装置 2 0 3 について説明する。図 1 5 は、本技術に係る撮像装置 1 0 2 と現像装置 2 0 3 の全体構成を示す構成図である。

【0111】

上述した構成との大きな違いは、現像装置 2 0 2 が具備していた、画角調整部 1 0、拡散処理部 1 1 B、および差分算出部 1 3 B が、撮像装置 1 0 2 側に移ったことである。なお、上記の構成要素と同じ機能を持つ構成要素については、同じ部材番号を付し説明を省略する。

【0112】

撮像装置 1 0 2 は、対物レンズ 1、ハーフミラー 2、撮像素子 3、第 1 フォーカスの画像撮像制御部 4、光路長変更フィルタ 5、撮像素子 6、第 2 フォーカスの画像撮像制御部 7、画角調整部 1 0、拡散処理部 1 1 B、差分算出部 1 3 B、および送信部 8 B を具備している。

【0113】

現像装置 2 0 3 は、受信部 9 B、デブラ処理部 1 4 B、および成分合成処理部 1 5 を具備している。

以上、全体構成の変形例について説明した。

【0114】

[ハイパースペクトル現像について]

従来のカラーカメラは、入射光を光の 3 原色 R G B のチャンネルに分解して、それぞれモノクロ撮影する方法によりフルカラーの画像を撮像している。この方法では、同じチャンネルの中の異なる色までは解析できない。一方、ハイパースペクトル現像では、フォーカスをずらすことにより、倍率色収差に由来するプリズム分光を発生させ、干渉模様の中

10

20

30

40

50

にスペクトル情報を載せている。

【0115】

通常のカメラでは、単調な白い被写体を撮像した画像は白であり、たとえ倍率色収差が生じて、周辺の画素の倍率色収差と混ざり合い、画像の色は、やはり白のままである。そのため、白い画像からは何も観測することはできない。

【0116】

一方、第1フォーカスの画像と第2フォーカスの画像、または結像画像とデフォーカス画像、これら2つの画像の差分を見た場合、被写体の光反射面の微妙なスペクトル特性の変化により、僅かながら干渉画像内の干渉模様に乗って倍率色収差の痕跡が収差情報として観測できるようになる。フォーカスを動かすと、倍率色収差の度合いに変化が生じるのである。この収差情報を、コントラストを強調するように学習させた学習型パターン変換回路で強調させることにより、従来のカメラでは撮像できなかった、被写体表面の微妙な変化を捉えることが出来るようになる(図16参照)。

【0117】

[ハイパースペクトル現像の具体例]

次に、ハイパースペクトル現像の具体例について説明する。図17は、ハイパースペクトル現像の具体例を示す図である。

【0118】

画像Aが、ハイパースペクトル現像を行う前の第1フォーカスの画像である。画像Bが、干渉画像である。この干渉画像では、フォーカスをずらした際の僅かな分光特性の違いから、干渉模様を観測することが出来る。画像Cが、2次元ハイパースペクトル現像を行った現像画像である。現像画像では、僅かな干渉模様のコントラストが強調されており、画像に写ったクラックの周辺において経年変化が起こっている様子を詳細に観察することが出来る。この様子は、通常のカメラにより撮影した画像では観察できないものである。

以上、第2の実施形態について説明した。

【0119】

<第3の実施形態>

第3の実施形態では、上述のとおり、 $\Delta\phi$ を用いた立体化現像技術について説明する。

【0120】

[全体構成]

最初に、本技術の実施形態である撮像装置と現像装置の全体構成について説明する。図18は、本技術に係る撮像装置100と現像装置204の全体構成を示す構成図である。

【0121】

第3の実施形態で用いる撮像装置100の構成は、第1の実施形態および第2の実施形態のものと同一であるので、説明を省略する。

【0122】

現像装置に関する第2の実施形態との大きな違いは、現像装置202が現像装置204となってデブラ処理部14が無くなり、拡散処理部11B、差分算出部13B、および成分合成処理部15の機能が変更され、それぞれ、拡散処理部11C、差分算出部13C、および成分合成処理部15Bとなった点である。以下では、上記の実施形態と同じ機能を持つ構成要素については、同じ部材番号を付し説明を省略する。

【0123】

現像装置204は、受信部9、画角調整部10、拡散処理部11C、差分算出部13C、および成分合成処理部15Bを具備している。

【0124】

拡散処理部11Cは、点像分布関数を用いて、第1フォーカスの画像を計算処理によりデフォーカスされた状態のデジタル・デフォーカス画像にする。但し、上記の実施形態とは異なり、拡散処理部11Cは、第1フォーカスの画像に対して、右方向および左方向に線対称に偏った2つの点像分布関数を用いて拡散を行い、右画像用および左画像用の2つのデジタル・デフォーカス画像を生成する。

【0125】

なお、上記の説明では、拡散処理部11Cは、右画像用および左画像用の2つのデジタル・デフォーカス画像を生成したが、生成する画像は、右と左には限らない。上と下でもよい。上画像用と下画像用のデジタル・デフォーカス画像を生成することにより、最終的に現像された立体視用画像は、90度回転させた状態で立体視を行うことが出来る。

【0126】

差分算出部13Cは、拡散処理部11Cにより生成された、右画像用および左画像用の2つのデジタル・デフォーカス画像と、画角調整部10から供給された第2フォーカスの画像との、画素毎の差分値を計算し、右画像用および左画像用の2つのマスク情報を生成する。

10

【0127】

成分合成処理部15Bは、差分算出部13Cにより生成された右画像用および左画像用の2つのマスク情報と、受信部9から供給された結像画像とに基づき、立体視用に右画像用および左画像用の2つの現像画像を合成する。

以上、全体構成について説明した。

【0128】

[全体構成の変形例について]

次に、上述した構成とは異なる構成を持つ撮像装置103と現像装置205について説明する。図19は、本技術に係る撮像装置103と現像装置205の全体構成を示す構成図である。

20

【0129】

上述した構成との大きな違いは、現像装置204が具備していた、画角調整部10、拡散処理部11C、および差分算出部13Cが、撮像装置103側に移ったことである。なお、上記の構成要素と同じ機能を持つ構成要素については、説明を省略する。

【0130】

撮像装置103は、対物レンズ1、ハーフミラー2、撮像素子3、第1フォーカスの画像撮像制御部4、光路長変更フィルタ5、撮像素子6、第2フォーカスの画像撮像制御部7、画角調整部10、拡散処理部11C、差分算出部13C、および送信部8Cを具備している。

【0131】

送信部8Cは、差分算出部13Cにより生成された右画像用および左画像用の2つのマスク情報と、第1フォーカスの画像撮像制御部4から供給された第1フォーカスの画像とを、現像装置205に送信する。

30

【0132】

現像装置205は、受信部9Cおよび成分合成処理部15Bを具備している。

【0133】

受信部9Cは、撮像装置103の送信部8Cから送られてきた右画像用および左画像用の2つのマスク情報と第1フォーカスの画像とを受信する。受信したマスク情報と第1フォーカスの画像とは、成分合成処理部15Bに供給される。

以上、全体構成の変形例について説明した。

40

【0134】

[処理の流れについて]

次に、立体化現像の処理の流れについて説明する。図20は、立体化現像の処理の流れについて示す図である。

【0135】

ここでは、処理の流れとして、画角調整部10の処理が終わった時点からの説明を行う。また、立体視用画像を生成する処理では、左目用画像と右目用画像を生成する過程において、左右の処理が逆になっている以外、違いは無いので、以下では左目用画像についての処理のみを説明する。なお、左用点像分布関数と右用点像分布関数とは、線対称になっている。

50

【0136】

まず、拡散処理部11Cが、第1フォーカスの画像に対して、分布が左側に偏った左用点像分布関数を用いて、左用デジタル・デフォーカス画像を生成する。

【0137】

次に、差分算出部13Cが、左用デジタル・デフォーカス画像と第2フォーカスの画像との画素毎の差分値を取得し、右信号マスク情報を生成する。

【0138】

次に、成分合成処理部15Bが第1フォーカスの画像と右信号マスク情報とを合成して、左目用画像を現像する。

以上が、立体化現像の処理の流れである。

10

【0139】

[立体化現像について]

デフォーカス画像は、複数の方向から入射した光の情報を位相情報として含んでいる。結像画像を用いて、立体視に不要な方向から入射した光をマスクすることにより、立体視に用いる光を分離することが出来る。この分離により、上下左右方向に、任意の輻輳角（立体感）を持った立体画像を得ることが出来る（図21参照）。

【0140】

但し、実際に得られる輻輳角は、対物レンズ1の口径や焦点距離に依存し、本技術に係る立体化現像技術により得られる立体感は、単眼スプリッタ方式ステレオカメラにより得られる立体感と同程度である。

20

以上、第3の実施形態について説明した。

【0141】

<第4の実施形態>

第4の実施形態では、上述のとおり、 $\Delta\phi$ を用いたリフォーカス現像技術について説明する。

【0142】

[全体構成]

最初に、本技術の実施形態である撮像装置と現像装置の全体構成について説明する。図22は、本技術に係る撮像装置100と現像装置206の全体構成を示す構成図である。

【0143】

第4の実施形態で用いる撮像装置100の構成は、上記の実施形態のものと同じであるので、説明を省略する。

30

【0144】

現像装置206に関する上記各実施形態との大きな違いは、拡散処理部11およびアップサンプリング部12が無くなり、ブラー・デブラ処理部14Cおよび成分合成処理部15Cの機能が後述するものになり、入力部18が追加された点である。以下では、上記の実施形態と同じ機能を持つ構成要素については、同じ部材番号を付し説明を省略する。

【0145】

現像装置206は、受信部9、画角調整部10、差分算出部13、ブラー・デブラ処理部14C、成分合成処理部15C、および入力部18を具備している。

40

【0146】

入力部18は、ユーザから指定された合焦位置を受け付ける。例えば、ユーザが画像後方の背景に合焦させた画像を現像したい場合は「後方」が入力され、画像中程の対象物に合焦させた画像を現像したい場合は「中央」が入力される。画像前方の前景に合焦させた画像を現像したい場合は「前方」が入力され、全ての領域に合焦した画像を現像したい場合は「パンフォーカス」が入力される。

【0147】

ブラー・デブラ処理部14Cは、予め学習型パターン変換回路に学習させた対物レンズ1のレンズ特性を用いると共に、差分算出部13から供給された干渉画像の輝度情報とスペクトル情報、入力部18から供給されたリフォーカスすべき位置（合焦位置）に基づき

50

、フォーカス面に像を形成する光の光路を推定する。そして、スペクトル情報、より具体的には、倍率色収差に基づき、点像分布関数を、像を拡散させる方向、または像を収束させる方向に作用させて、リフォーカス現像に必要な、低周波成分の画像と目標とするリフォーカス画像との差分情報を生成する。なお、デブラ処理部 14 C が分担するリフォーカス現像のための処理については後述する。

【0148】

成分合成処理部 15 C は、ブラー・デブラ処理部 14 C から供給された差分情報と、受信部 9 から供給された第 1 フォーカスの画像（第 1 の低周波成分）および第 2 フォーカスの画像（第 2 の低周波成分）のいずれか一方を用いてリフォーカス画像を合成する。なお、成分合成処理部 15 C が分担するリフォーカス現像のための処理については後述する。

10

以上、全体構成について説明した。

【0149】

〔全体構成の変形例について〕

次に、上述した構成とは異なる構成を持つ撮像装置 104 と現像装置 207 について説明する。図 23 は、本技術に係る撮像装置 104 と現像装置 207 の全体構成を示す構成図である。

【0150】

上述した構成との大きな違いは、現像装置 206 が具備していた、画角調整部 10 および差分算出部 13 が、撮像装置 104 側に移ったことである。なお、上記の構成要素と同じ機能を持つ構成要素については、説明を省略する。

20

【0151】

撮像装置 104 は、対物レンズ 1、ハーフミラー 2、撮像素子 3、第 1 フォーカスの画像撮像制御部 4、光路長変更フィルタ 5、撮像素子 6、第 2 フォーカスの画像撮像制御部 7、画角調整部 10、差分算出部 13、および送信部 8 D を具備している。

【0152】

送信部 8 D は、差分算出部 13 により生成された干渉画像と、第 1 フォーカスの画像撮像制御部 4 から供給された第 1 フォーカスの画像と、第 2 フォーカスの画像撮像制御部 4 から供給された第 2 フォーカスの画像とを、現像装置 207 に送信する。

【0153】

現像装置 207 は、受信部 9 D、ブラー・デブラ処理部 14 C、成分合成処理部 15 C、および入力部 18 を具備している。

30

【0154】

受信部 9 D は、撮像装置 104 の送信部 8 D から送られてきた干渉画像と第 1 フォーカスの画像と第 2 フォーカスの画像とを受信する。受信した干渉画像はブラー・デブラ処理部 14 C に供給され、第 1 フォーカスの画像および第 2 フォーカスの画像は、成分合成処理部 15 C に供給される。

以上、全体構成の変形例について説明した。

【0155】

〔リフォーカス現像の原理について〕

次に、リフォーカス現像の原理について説明する。リフォーカス現像では、フォーカスの異なる 2 つの画像から得られる干渉画像に基づいて、撮像された像が対物レンズ 1 を透過後辿った光路を逆算し、任意のフォーカス位置において画像を現像することを可能にする。発明者は、リフォーカス現像により、画像撮影後にリフォーカスを行ったり、画像全体に合焦したパンフォーカス画像を生成したりするなど、特性の異なるレンズにより撮像された画像と同等の画像を擬似的に現像出来ることを実験により検証した。

40

【0156】

図 24 は、リフォーカス現像の原理について説明する図である。第 1 フォーカスの画像 A には、被写体の像 IMG 1 A と IMG 2 A が写っている。また、第 2 フォーカスの画像 B には、被写体の像 IMG 1 B と IMG 2 B が写っている。

【0157】

50

例えば、像 I M G 1 A と像 I G M 1 B は、同じ被写体を異なるフォーカスで撮影したものであるから、それらの輪郭を結ぶことにより、光路 1 を推定することが出来る。

【0158】

そして、リフォーカスを行いたい焦点位置にあるリフォーカス面 C を指定すれば、光路 1 とリフォーカス面 C とが交わった面として、リフォーカス後の像 I M G 1 C を求めることが出来る。同様に、像 I M G 2 A と像 I M G 2 B から、光路 2 を推定できるので、リフォーカス面 C での像 I M G 2 C を求めることが出来る。

以上、リフォーカス現象の原理について説明した。

【0159】

[干渉画像のスペクトル情報を用いた光路の推定方法について]

10

次に、ブラー・デブラ処理部 14 C において、干渉画像に基づいて光路を推定する方法について説明する。ここでは、光路を推定する為には、干渉画像に含まれる輝度情報に加えて、同じく干渉画像に含まれるスペクトル情報も用いなければならない点を説明する。

【0160】

最初に、干渉画像に含まれる輝度情報だけでは光路の推定が行えない点について説明する。図 25 は、輝度情報のみでは光路推定が出来ない様子を示す図である。

【0161】

図には、リフォーカス現象の原理の項において説明に用いた図と同様に、第 1 フォーカスの画像 A における像 I M G 1 A と、第 2 フォーカスの画像 B における像 I M G 1 B とが描かれている。これら像 I M G 1 A および I M G 1 B の大きさは、干渉画像の輝度情報から求めることが出来る。しかし、これら 2 つの像の大きさからは、光路が図上側のような第 1 フォーカスと第 2 フォーカスの間に合焦面がある光路 1 X であるか、第 1 フォーカスと第 2 フォーカスの間には合焦面が無い光路 1 Y であるかの判断を行うことが出来ない。それ故、図の上下に示すように、光路 1 X と光路 1 Y とでは、リフォーカス面 C で得られる像 I M G 1 C の大きさを一意に決めることが出来ない。

20

【0162】

次に、干渉画像に含まれるスペクトル情報も利用すれば、光路の推定が行える点について説明する。図 26 は、輝度情報とスペクトル情報を用いると光路推定が出来る様子を示す図である。

【0163】

30

この図には、前図と同じく、第 1 フォーカスの画像 A における像 I M G 1 A と、第 2 フォーカスの画像 B における像 I M G 1 B と、光路 1 X と、光路 1 Y とが描かれている。前図と異なる点は、像 I M G 1 A および I M G 1 B の輪郭線近傍では、倍率色収差により光線の通る位置が波長により異なっている点である。この図では、分かりやすいように、例として、赤色、緑色、青色の光（図中、それぞれ R、G、B で示している）を描いてある。

【0164】

像 I M G 1 A の周囲では、輪郭線近傍の色が、内側から順に R、G、B の順で並んでいる。それに対し、像 I M G 1 B の周囲では、輪郭線近傍の色が、図上側のような第 1 フォーカスと第 2 フォーカスの間に合焦面がある光路 1 X では内側から順に B、G、R の順で並んでおり、逆に図下側の光路 1 Y では、内側から順に R、G、B の順である。

40

【0165】

このように、倍率色収差により発生する、像の輪郭部における色のにじみを見ることにより、どちらの光路であるかを推定することが出来る。

以上、干渉画像のスペクトル情報を用いた光路の推定方法について説明した。

【0166】

[合焦位置と倍率色収差の実例について]

次に、画像を撮像する際の、合焦位置と発生する倍率色収差との関係について、実例を用いて説明する。図 27 は、合焦位置の前後により、倍率色収差の状態が異なる様子を示す図である。

50

【0167】

画像Aは、中央に写っている人形よりも後方の背景に合焦している画像である。画像Bは、中央に写っている人形に合焦している画像である。画像Cは、中央に写っている人形よりも手前に合焦している画像である。また、画像A1、B1、C1は、それぞれ、画像A、B、およびCの中央に写っている人形の目の部分を拡大したものである。

【0168】

画像B1では、人形に合焦しており、目の部分には倍率色収差による色のにじみは認められない。それに対し、画像A1では、人形より後方に合焦しており、目の部分、特に上瞼の輪郭線には、青色のにじみが発生している。また、画像C1では、人形より前方に合焦しており、目の部分、特に上瞼の輪郭線には、黄色のにじみが発生している。

10

【0169】

このように、画像A1と画像C1とでは、画像B1からのデフォーカスの程度は同様であるが、倍率色収差による色のにじみ方が異なる。そのため、同じぼけ方であっても、色のにじみ方により、合焦位置が、像の後方にあるのか、前方にあるのかを判別することが出来る。

以上、画像を撮像する際の、合焦位置と発生する倍率色収差との関係を示す実例について説明した。

【0170】

[干渉画像に含まれるスペクトル情報の例と点像分布関数の利用について]

次に、干渉画像に含まれるスペクトル情報の例を示し、それぞれの例でどの様に（像を拡散させる方向または収束させる方向に）点像分布関数を作用させるかを示す。図28は、干渉画像の中のスペクトル情報の例と、それぞれの例に対し拡散・収束いずれの方向で点像分布関数を作用させるかを示す図である。

20

【0171】

図中、領域A1に写った像では、倍率色収差により青色のにじみが認められる。この青色のにじみが観測される像に対しては、点像分布関数を、像を拡散させる、すなわちデフォーカスする方向に作用させる。

【0172】

また、領域A2に写った像では、倍率色収差により黄色のにじみが認められる。この黄色のにじみが観測される像に対しては、点像分布関数を、像を収束させる、すなわち合焦する方向に作用させる。

30

【0173】

このように、干渉画像では、倍率色収差による色の違いが判別可能であり、この違いに関する情報を、ブラー・デブラ処理部14Cの学習型パターン変換回路に学習させることにより、干渉画像中の像を、拡散方向または収束方向のいずれの方向に現像すべきかが判定可能となる。

【0174】

このことにより、フォーカスの異なる2つの画像に基づき、任意のフォーカス位置にリフォーカスさせた画像を現像することが出来る。

以上、干渉画像に含まれるスペクトル情報の例と点像分布関数の利用について説明した。

40

【0175】

[リフォーカス現像の実例について]

次に、リフォーカス現像の実例について説明する。図29は、人形より後方の背景に合焦した画像の例である。この画像は、リフォーカス現像に用いる1枚目の画像であり、第1フォーカスの画像に相当する。この画像では、中央に写っている人形よりも後方の背景に合焦している。

【0176】

図30は、人形より手前に合焦した画像の例である。この画像は、リフォーカス現像に用いる2枚目の画像であり、第2フォーカスの画像に相当する。この画像では、中央に写

50

っている人形よりも前方に合焦しており、画像全体がデフォーカスされた状態になっている。

【0177】

図31は、図29および図30に示した画像からリフォーカス現像を行い、人形に合焦させて現像したリフォーカス画像の例である。このように、背景をぼかして、中央の人形に合焦した画像を現像することが出来た。

【0178】

図32は、図29および図30に示した画像からリフォーカス現像を行い、人形および背景の両方に合焦させて現像したパンフォーカス画像の例である。このように、リフォーカス現像を用いると、異なる複数の距離にある被写体に対して合焦させたパンフォーカス画像も現像することが出来た。

10

以上、リフォーカス現像の実例について説明した。

【0179】

<第5の実施形態>

次に、デフォーカス機構を省いて高解像度化現像を行う実施形態について説明する。本実施形態では、デフォーカス処理の代用として、倍率色収差補正処理を用いる。倍率色収差補正処理を行う為の仕組みは既に実用化され製品にも多く組み込まれているので、既存の製品に僅かな修正を行うだけで、高解像度化現像を実装することが出来る。

【0180】

[全体構成]

20

最初に、本技術の実施形態である撮像装置と現像装置の全体構成について説明する。図33は、本技術に係る撮像装置105と現像装置208の全体構成を示す構成図である。なお、上記の構成要素と同じ機能を持つ構成要素については、同じ部材番号を付し説明を省略する。

【0181】

撮像装置105は、対物レンズ1、撮像素子3、第1フォーカスの画像撮像制御部（撮像部）4、収差補正部（補正部）16、差分算出部13D、高周波成分抽出部17、および送信部8Eを具備している。

【0182】

収差補正部16は、対物レンズ1の、フォーカスやズームなどのレンズ情報を取得し、取得したレンズ情報に基づき、一般的に知られている倍率色収差補正方法により、結像画像に対して倍率色収差の補正を行う。

30

【0183】

具体的には、デジタル処理により、RチャンネルとGチャンネル間のずれ、およびBチャンネルとGチャンネル間のずれを補正する。このずれの補正工程が、デフォーカスを行う工程とほぼ同じ効果を発生させるため、倍率色収差の補正を行うことにより、デフォーカス処理を用いなくても高解像度化現像を行うことが出来る。なお、ここでは倍率色収差について説明しているが、これに限らず、球面収差やコマ収差などの補正でもよい。また、デジタル的なデブラ処理などのデジタル光学補正が行われた画像であってもよい。ここで生成される画像は、収差補正およびデジタル光学補正のうち少なくとも一方が行われた画像である。

40

【0184】

なお、倍率色収差の補正を行った画像を、以下では補正画像と呼ぶ。補正画像は、干渉画像を生成するために差分算出部13Dへ出力され、高周波成分を抽出するために高周波成分抽出部17に出力され、現像装置208で成分合成処理に用いるために送信部8Eへ出力される。

【0185】

差分算出部13Dは、入力された第1フォーカスの画像および補正画像に対して、画素ごとの差分をとり、干渉画像を生成し、送信部8Eに出力する。

【0186】

50

高周波成分抽出部 17 は、ウェーブレット変換などにより、補正画像から高周波成分のみを抽出する。抽出方法はウェーブレット変換に限定されず、高周波成分が抽出できる方法であればどのような方法でもよい。抽出した補正画像の高周波成分は、現像装置 208 のデブラ処理部 14D で利用するために、送信部 8E に出力される。

【0187】

送信部 8D は、第 1 フォーカスの画像に含まれる座標情報と、干渉画像と、補正画像の高周波成分と、補正画像とを、現像装置 208 に送信する。なお、ここで言う座標情報とは、第 1 フォーカスの画像の XY 座標情報をこの画像の中央の画像を中心とする極座標系 ($r-\theta$) に置き換えたものである。極座標系を用いるのは、倍率色収差が、画像の中央から同心円状に発生する収差であるためである。この情報は、デブラ処理部 14D の学習型パターン変換回路における学習を収束させるために用いられる。

10

【0188】

現像装置 208 は、受信部 9E、デブラ処理部 14D、および成分合成処理部 15 を具備している。

【0189】

受信部 9E は、撮像装置 105 の送信部 8E から、座標情報と、干渉画像と、補正画像の高周波成分と、補正画像とを受信し、座標情報、干渉画像、および補正画像の高周波成分をデブラ処理部 14D に出力し、補正画像を成分合成処理部 15 に出力する。

【0190】

デブラ処理部 14D は、座標情報、干渉画像、および補正画像の高周波成分を入力として、現像する画像の高周波成分を逆算するように、学習型パターン変換回路の学習が行われている。例えば、第 1 フォーカスの画像が HD サイズの場合、デブラ処理により、4K サイズの高周波成分が生成される。第 1 フォーカスの画像が 4K サイズの場合は、8K サイズの高周波成分が生成される。生成された現像画像の高周波成分は、成分合成処理部 15 に出力される。なお、学習型パターン変換回路には、干渉画像に含まれる倍率色収差の収差差分情報と、補正画像の高周波成分とを、1 画素分ずつ入力し処理を行う。

20

【0191】

以上、全体構成について説明した。なお、上記の構成では、収差補正部 16、差分算出部 13D、高周波成分抽出部 17 が撮像装置 105 にある構成とした。しかし、これら全てが現像装置 208 側にある構成でもよいし、収差補正部 16 が撮像装置 105 側にある構成でもよいし、収差補正部 16 および差分算出部 13D が撮像装置 105 側にある構成でもよい。

30

【0192】

[具体的な事例について]

次に、本実施形態にかかる高解像度化現像技術を用いて、高解像度現像を行った例を示す。

【0193】

図 34 は、リファレンスとする 4K 画像 A から、第 1 フォーカスの画像 B を作成し、第 1 フォーカスの画像 B を高解像度化現像により、現像画像 C にしたものである。リファレンス画像 A と現像画像 C を比較すると、大差がないことが分かる。

40

【0194】

< 第 6 の実施形態 >

上記、第 1 の実施形態および第 5 の実施形態では、第 1 フォーカスの画像 (結像画像) と、第 2 フォーカスの画像 (デフォーカス画像) とから生成した干渉画像を用いて、空間方向の高解像度化を実現するホログラフィック現像について説明した。

【0195】

本実施形態では、これに対し、このホログラフィック現像の理論を時間方向に拡張し、撮影された動画をハイフレームレート化するハイフレームレート現像技術について説明する。

【0196】

50

ハイフレームレート現像では、図 35 に示すように、通常の $1/60$ 秒のシャッタースピードからみて、さらにその $1/N$ のシャッタースピード (N は正数) である $1/60N$ 秒のシャッタースピードにより撮像した画像を用いる。この画像をここでは $1/N$ シャッター画像と呼ぶ。

【0197】

そして、 $1/60$ 秒から $1/60N$ 秒だけ除いた残りの時間である、 $(N-1)/60N$ 秒のシャッタースピードにより撮像した画像も用いる。この画像をここでは $(N-1)/60N$ シャッター画像と呼ぶ。これら 2 つの画像を、ハイフレームレート現像することにより、 N 倍速、すなわち $1/60N$ 秒の高速なシャッタースピードで撮影した映像と同等のハイフレームレート映像を現像する。

10

【0198】

この技術の利点は、ハイフレームレート専用のカメラを用いなくても、シャッター制御により、 $1/60N$ 秒のシャッタースピードで撮像した HD 解像度の画像と、 $(N-1)/60N$ 秒のシャッタースピードで撮像した HD 解像度の画像、計 2 枚分の画像データを $1/60$ 秒間に処理できるカメラであれば、ハイフレームレート映像を生成できる点である。

【0199】

但し、この技術では、フレームレートを上げすぎるとブロックノイズが増えすぎるので、現像するフレームレートには限度がある。また、生成される映像の解像度も、撮像素子のダイナミックレンジの影響がある。

20

【0200】

[ハイフレームレート現像の原理について]

次に、ハイフレームレート現像の原理について説明する。ここでは $N=3$ の場合を例に説明する。図 36 は、ハイフレームレート現像の原理を説明するための図である。ここでは、 $1/60$ 秒間に撮像される 2 種類の画像を、 $1/3$ シャッター画像および $2/3$ シャッター画像と呼ぶ。

【0201】

撮像される画像のフレームを、現像される 3 倍速画像のフレーム番号を基準として、便宜上以下の様に呼ぶ。まず、 $1/3$ シャッターの第 1 フレーム (フレーム # 1) が撮像され、次に、 $2/3$ シャッターの第 2-3 フレーム (3 倍速画像の第 2 および第 3 フレームに相当。フレーム # 2-3。) が撮像される。次に、 $1/3$ シャッターの第 4 フレーム (フレーム # 4) が撮像され、次に、 $2/3$ シャッターの第 5-6 フレームが撮像されるという順序とする。

30

【0202】

(疑似的な補間フレームの生成)

$1/3$ シャッター画像および $2/3$ シャッター画像から、3 倍速の画像を現像する場合、まず、 $1/3$ シャッターの第 1 フレームと第 4 フレーム間の動き量を解析する。

【0203】

そして、第 1 フレームまたは第 4 フレームのどちらか一方の画像をフレーム間の移動量に基づいて、パターンマッチングによる線形補間を用いて、単純に動きの方向に移動させる。この線形補間により、3 倍速画像の第 2 フレーム (フレーム # 2) と第 3 フレーム (フレーム # 3) に相当する疑似的な補間フレームが生成される。

40

【0204】

(補間誤差の算出)

この 2 つの補間フレームでは、単純な直線移動により補間が行われている為、被写体の回転運動や加速的な運動、画面の奥行き方向への移動などは正確に補間できない。そのため、補間されたフレームの画像では、エッジ部分に多くの補間誤差が生じる。

【0205】

もしこれら 2 つの疑似的な補間フレームが理想的に補間できた場合は、これら 2 つの補間フレームの合算値は、 $2/3$ シャッターの第 2-3 フレームの画像と等しくなるはずで

50

ある。

【0206】

しかし、補間が理想的にはいかないことから、これら2つの補間フレームの合算値と2／3シャッターの第2－3フレームの画像との差分が発生する。そこで、この差分をとり、疑似的な補間フレーム2枚分の誤差の累計値を取得する。この誤差の累計値が、干渉画像となる。

【0207】

（学習型パターン変換回路への学習）

疑似的な補間フレームとして生成した第2フレームおよび第3フレームは、第1フレームまたは第4フレームのどちらか一方の画像をフレーム間の移動量に基づいて、線形補間により単純に動きの方向に移動させて生成したものである。

10

【0208】

そのため、これら疑似的な第2フレームおよび第3フレームと、実際に3倍速のハイフレームレートのカメラで撮像した第2フレームおよび第3フレームとでは、誤差の関性に相関性がある。

【0209】

実際、同じフレームの同じ座標では、同じ傾向の誤差が発生し、移動量が大きいほど誤差が広がる傾向が観測できる。

【0210】

学習型パターン変換回路に、疑似的な補間フレームにおける誤差発生傾向と、誤差の累計値である干渉画像との関係を予め学習しておくことにより、各補間フレームにおける誤差量を補正することが出来る。

20

【0211】

（誤差修正量の割り振り）

疑似的な補間フレームである第2フレームおよび第3フレームに対する誤差修正量の割り振りは、これら2枚のフレームにおける誤差の発生に一定の傾向があることから、行う事が可能になる。

【0212】

この誤差修正量の割り振りは、疑似的な補間フレームを、1枚の1／3シャッターのフレーム（第1フレームまたは第4フレーム）を単純に平行移動させて生成することから実現可能となっている。もし、第1フレームおよび第4フレームの2枚のフレームから平均をとって補間を行った場合、誤差の発生には一定の傾向が無くなり、適切に誤差量の割り振りを行うことは出来なくなる。

30

【0213】

（補正のポイント）

ハイフレームレート現像における補正のポイントは、疑似的な補間フレームを生成する段階では、高品質な補間フレームを得ることよりも、同じ傾向の誤差が出る様に補間することを優先する点である。高品質な補間フレームを得るための誤差修正は、ハイフレームレート現像の最後で干渉画像を用いて改めて行う。

【0214】

40

〔撮像装置の構成〕

次に、ハイフレームレート現像を行うための撮像装置の構成について説明する。図37は、撮像装置500の構成を示す機能ブロック図である。

【0215】

撮像装置500は、撮像部501、撮像制御部502、疑似補間画像生成部503、加算処理部504、干渉画像生成部505、パターン変換部506、および誤差修正部507を含んで構成される。

【0216】

撮像部501は、1／60秒ごとに、1／60N秒シャッターによる画像と、（N－1）／60N秒シャッターによる画像とを撮像する。

50

【0217】

撮像制御部502は、撮像部501が所定のシャッタースピードにより撮像するように制御するとともに、パターン変換部506に対して、撮像された画像（フレーム）のフレーム番号を通知する。パターン変換部506では、フレームごとに異なった誤差の割り振りを行うので、フレーム番号が必要となるからである。

【0218】

疑似補間画像生成部503は、 $1/N$ シャッターで撮像した画像2枚、すなわち、時刻 t のものと、時刻 $t-1/60$ のもの（例えば、 $N=3$ の場合は、第1フレームと第4フレーム）が入力され、これら2枚を用いて動き解析を行う。なお、撮像装置500は、時刻 t の画像に加えて時刻 $t-1/60$ の画像を保持するためのフレームメモリを備えている。

10

【0219】

そして、疑似補間画像生成部503は、線形補間により、疑似的な補間画像 $N-1$ 枚を生成する。疑似補間画像生成部503は、生成した疑似補間画像を、加算処理部504および誤差修正部507に供給する。

【0220】

加算処理部504は、疑似補間画像生成部503から供給された $N-1$ 枚の疑似補間画像を加算し、1枚の加算画像にまとめる。そして、加算処理部504は、まとめた加算画像を干渉画像生成部505に供給する。

【0221】

干渉画像生成部505は、加算画像と $(N-1)/N$ シャッター画像とを入力とし、これら2つの画像の差分をとる。差分は、干渉画像（誤差累計値）としてパターン変換部506に供給する。

20

【0222】

パターン変換部506は、学習型パターン変換回路を備えている。この学習型パターン変換回路には、上述のとおり、疑似的な補間フレームにおける誤差発生傾向と、誤差の累計値である干渉画像との関係が予め学習されている。パターン変換部506は、干渉画像生成部505から供給された干渉画像と、撮像制御部502から供給されたフレーム番号とを用いて、各フレームの誤差補正量を生成する。パターン変換部506は、生成した誤差補正量を誤差修正部507に供給する。

30

【0223】

誤差修正部507は、疑似補間画像生成部503から供給された疑似補間画像に、パターン変換部506から供給された誤差補正量を適用して誤差を修正し、 N 倍速画像を構成する $N-1$ 個のフレームを生成する。そして、誤差修正部507は、撮像部501から取得した $1/N$ シャッター画像とともに、完全な N 個のフレームを構成し、画像を出力する。

以上、撮像装置500の構成について説明した。

【0224】

〔本技術の別の構成〕

なお、本技術は以下のような構成も採ることができる。

40

(1)

対物レンズと第1の解像度を有する撮像素子との光学的距離（フォーカス）が予め定められた量だけ異なる2つの画像を撮像する撮像部と、

撮像した前記画像を送信する送信部と
を具備した撮像装置。

(2)

前記(1)に記載の撮像装置であって、

前記撮像部は、

前記対物レンズを透過した光が合焦した結像画像を撮像する結像撮像素子と、

前記光が前記予め定められた量に基づきデフォーカスされたデフォーカス画像を撮像す

50

るデフォーカス撮像素子と
を有している撮像装置。

(3)

前記(1)に記載の撮像装置であって、

前記2つの画像の画角を揃える画角調整部と、

前記2つの画像のうち、一方を第1フォーカスの画像、もう一方を第2フォーカスの画像として、

前記第1フォーカスの画像を拡散させ、かつ前記第1の解像度よりも高い第2の解像度に拡大させた画像をデジタル・デフォーカス画像として生成する拡散部と、

前記第2フォーカスの画像を前記第2の解像度にアップサンプリングした画像を拡大デフォーカス画像として生成するアップサンプリング部と、

前記デジタル・デフォーカス画像と前記拡大デフォーカス画像との画素毎の差分を干渉画像として生成する差分算出部と

を更に具備し、

前記送信部は、前記第1フォーカスの画像および前記干渉画像を送信する撮像装置。

(4)

前記(1)に記載の撮像装置であって、

前記2つの画像の画角を揃える画角調整部と、

前記2つの画像のうち、一方を第1フォーカスの画像、もう一方を第2フォーカスの画像として、

前記第1フォーカスの画像を拡散させた画像をデジタル・デフォーカス画像として生成する拡散部と、

前記デジタル・デフォーカス画像と前記第2フォーカスの画像との画素毎の差分を干渉画像として生成する差分算出部と

を更に具備し、

前記送信部は、前記第1フォーカスの画像および前記干渉画像を送信する撮像装置。

(5)

前記(3)または(4)に記載の撮像装置であって、

前記拡散部は、

点像分布関数により、前記結像画像を拡散させる

撮像装置。

(6)

前記(1)に記載の撮像装置であって、

前記2つの画像の画角を揃える画角調整部と、

前記2つの画像のうち、一方を第1フォーカスの画像、もう一方を第2フォーカスの画像として、

前記第1フォーカスの画像を、第1の関数により拡散させた画像を第1のデジタル・デフォーカス画像として生成し、かつ前記第1の関数と線対称である第2の関数により拡散させた画像を第2のデジタル・デフォーカス画像として生成する拡散部と、

前記第1のデジタル・デフォーカス画像と前記第2フォーカスの画像との画素毎の差分を第1のマスク情報として生成し、かつ前記第2のデジタル・デフォーカス画像と前記第2フォーカスの画像との画素毎の差分を第2のマスク情報として生成する差分算出部と

を更に具備し、

前記送信部は、前記第1フォーカスの画像、前記第1のマスク情報、および前記第2のマスク情報を送信する

撮像装置。

(7)

前記(1)に記載の撮像装置であって、

前記 2 つの画像の画角を揃える画角調整部と、

前記 2 つの画像のうち、一方を第 1 フォーカスの画像、もう一方を第 2 フォーカスの画像として、

前記第 1 フォーカスの画像と前記第 2 フォーカスの画像との画素毎の差分を干渉画像として生成する差分算出部と

を更に具備し、

前記送信部は、前記第 1 フォーカスの画像、前記第 2 フォーカスの画像、および前記干渉画像を送信する

撮像装置。

(8)

10

前記 (3) から (7) のうちいずれか 1 つに記載の撮像装置であって、

前記第 1 フォーカスの画像は、合焦した結像画像であり、

前記第 2 フォーカスの画像は、前記合焦した位置から所定量デフォーカスしたデフォーカス画像である

撮像装置。

(9)

画像を撮像する撮像部と、

前記画像に収差補正およびデジタル光学補正の少なくとも一方を行い、補正画像を生成する補正部と、

前記画像と前記補正画像との画素毎の差分を干渉画像として生成する差分算出部と、

20

前記画像に含まれる座標情報と、前記干渉画像と、前記補正画像とを送信する送信部とを具備した撮像装置。

(10)

対物レンズと撮像素子との光学的距離 (フォーカス) が予め定められた量だけ異なる 2 つの画像を撮像し、

撮像した前記画像を送信する

撮像方法。

【0225】

[補足事項]

その他、本技術は、上述の実施形態にのみ限定されるものではなく、本技術の要旨を逸脱しない範囲内において種々変更を加え得ることは勿論である。

30

【符号の説明】

【0226】

1 … 対物レンズ

2 … ハーフミラー

3 … 撮像素子

4 … 結像画像撮像制御部

5 … 光路長変更フィルタ

6 … 撮像素子

7 … デフォーカス画像撮像制御部

40

8～8E…送信部

9～9E…受信部

10…画角調整部

11～11C…拡散処理部

12…アップサンプリング処理部

13～13D…差分算出部

14、14B、14D…デブラ処理部

14C…ブラー・デブラ処理部

15～15C…成分合成処理部

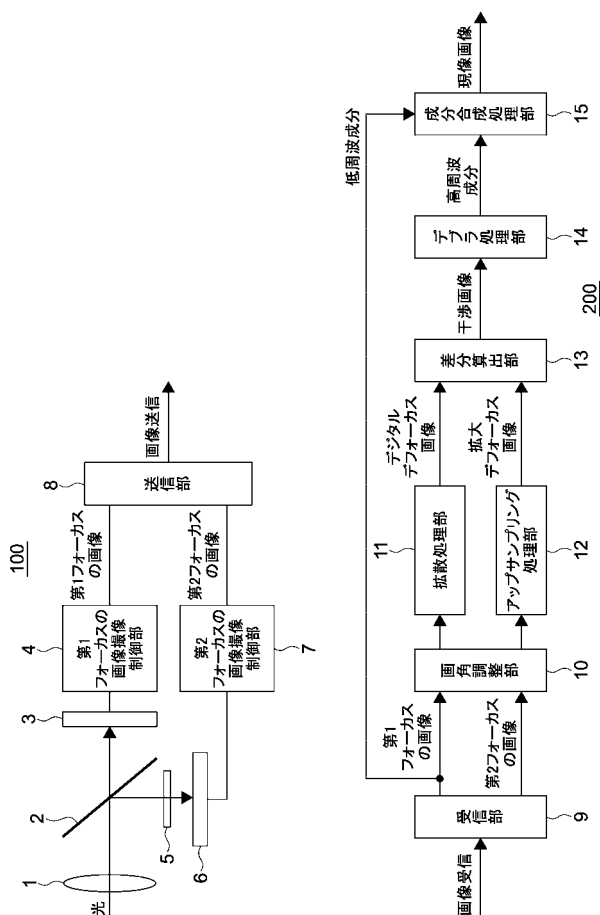
16…収差補正部

50

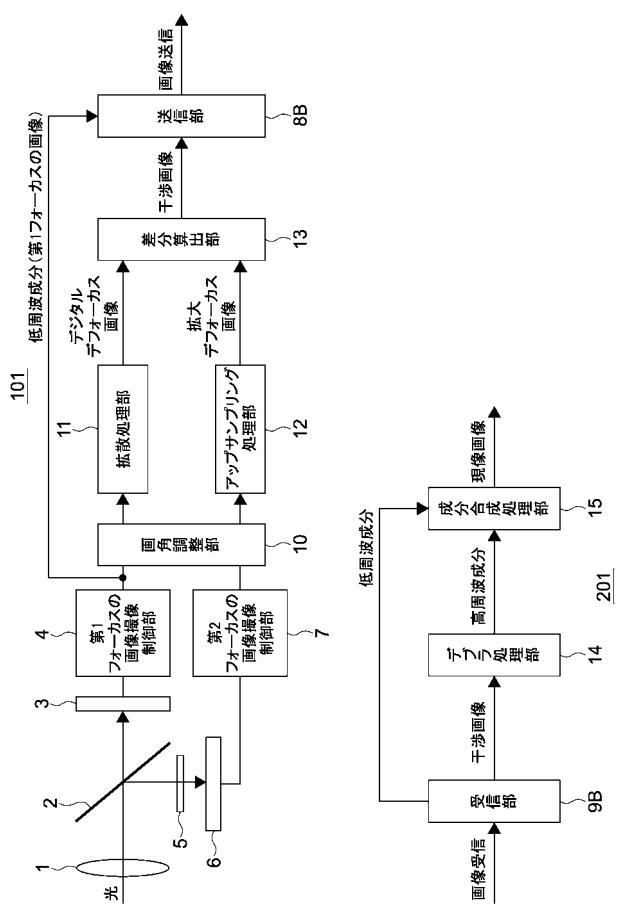
- 17…高周波成分抽出部
- 18…入力部
- 100～104…撮像装置
- 200～206…現像装置
- 300…カメラ
- 301…ビームスプリッター
- 302…リグ
- 303…大型レンズ
- 500…撮像装置
- 501…撮像部
- 502…撮像制御部
- 503…疑似補間画像生成部
- 504…加算処理部
- 505…干渉画像生成部
- 506…パターン変換部
- 507…誤差修正部

10

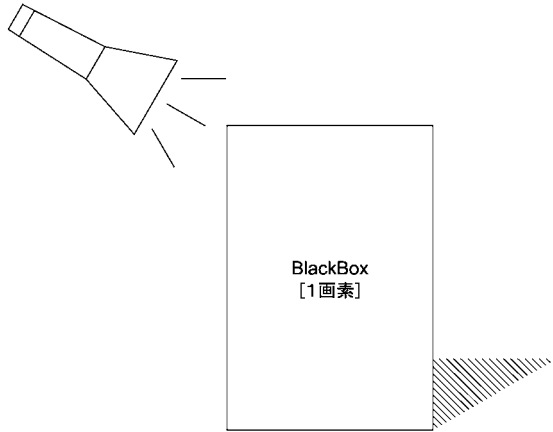
【図1】



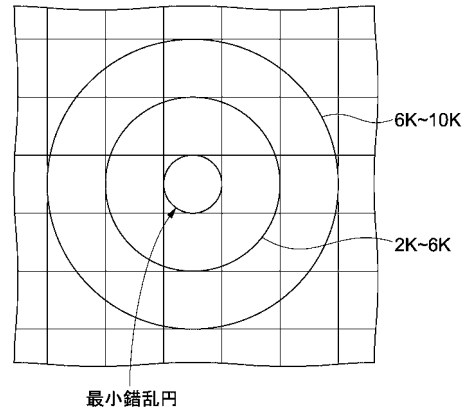
【図2】



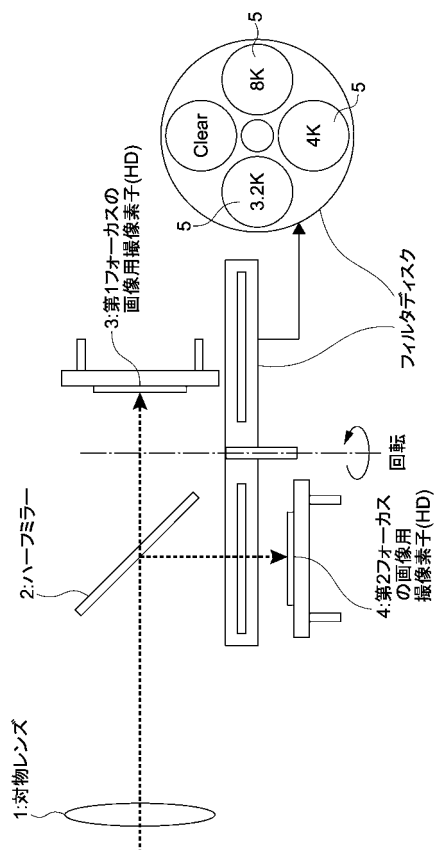
【図 3】



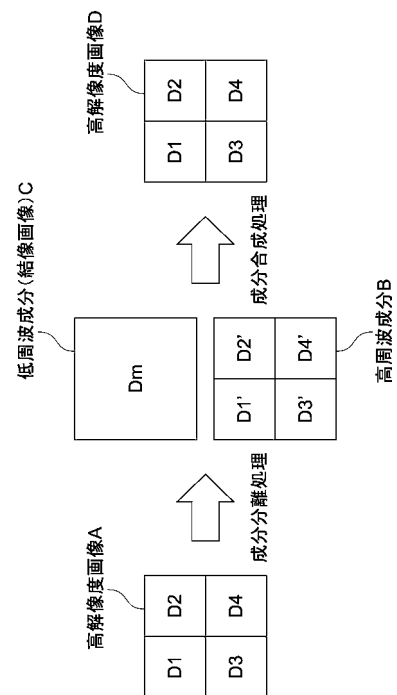
【図 6】



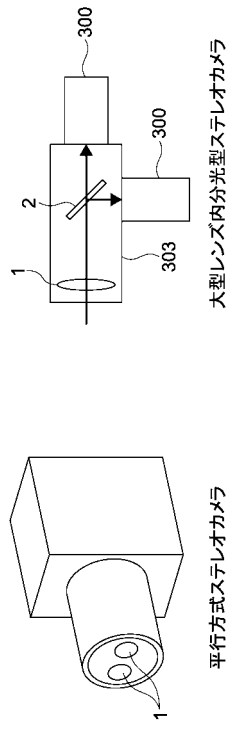
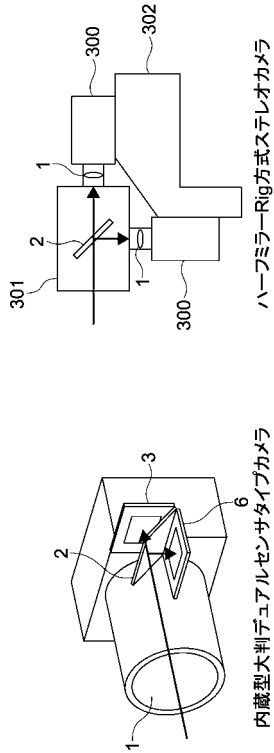
【図 7】



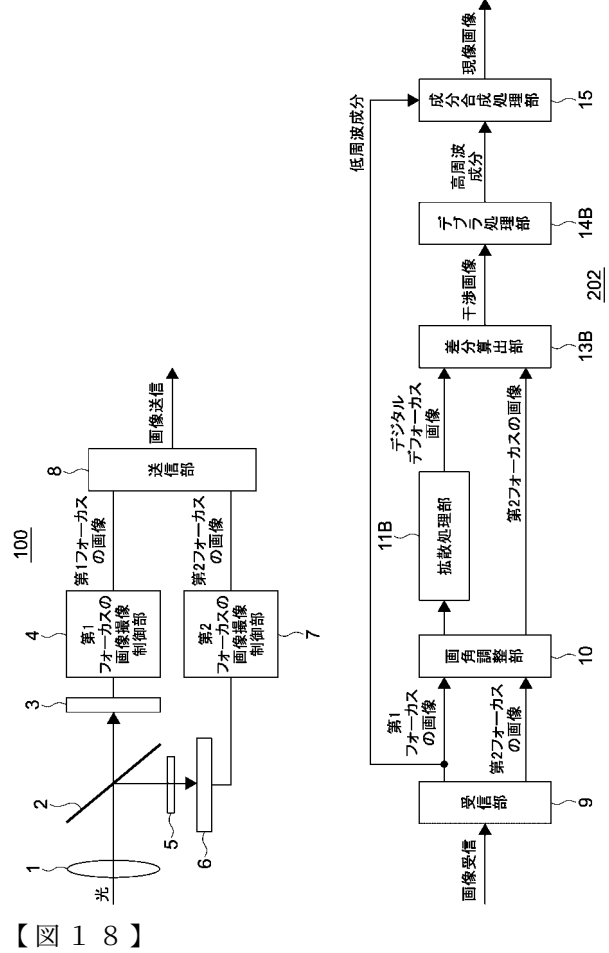
【図 8】



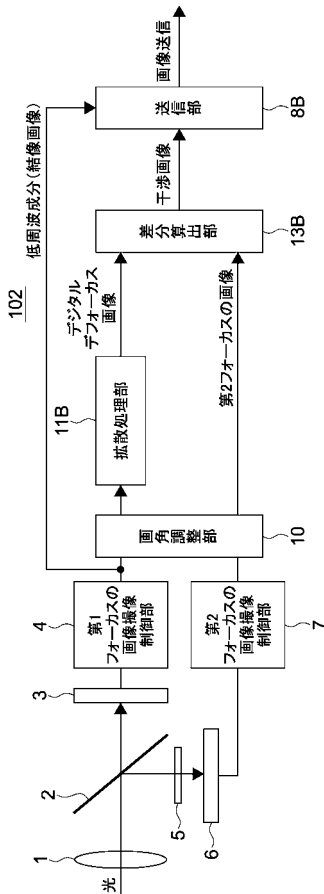
【図 9】



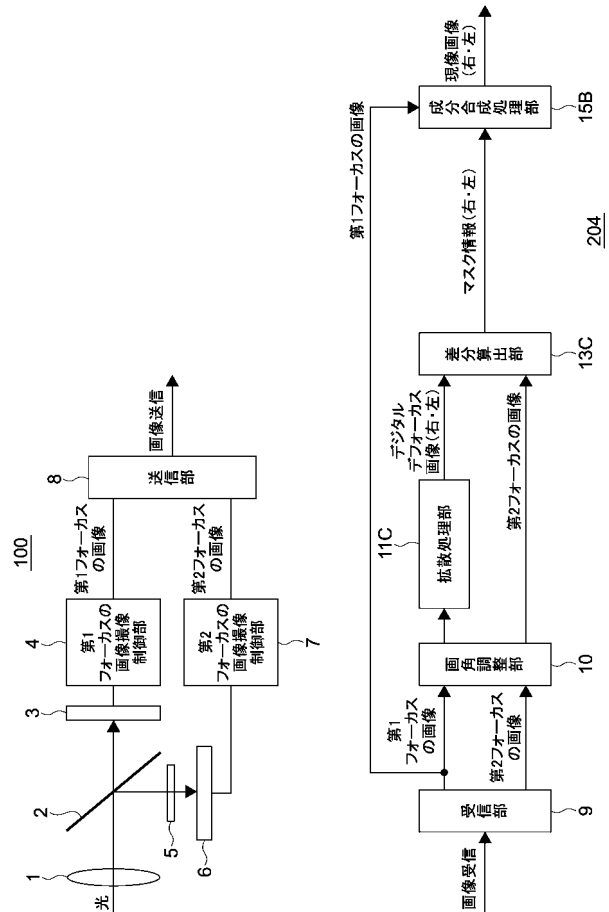
【図 14】



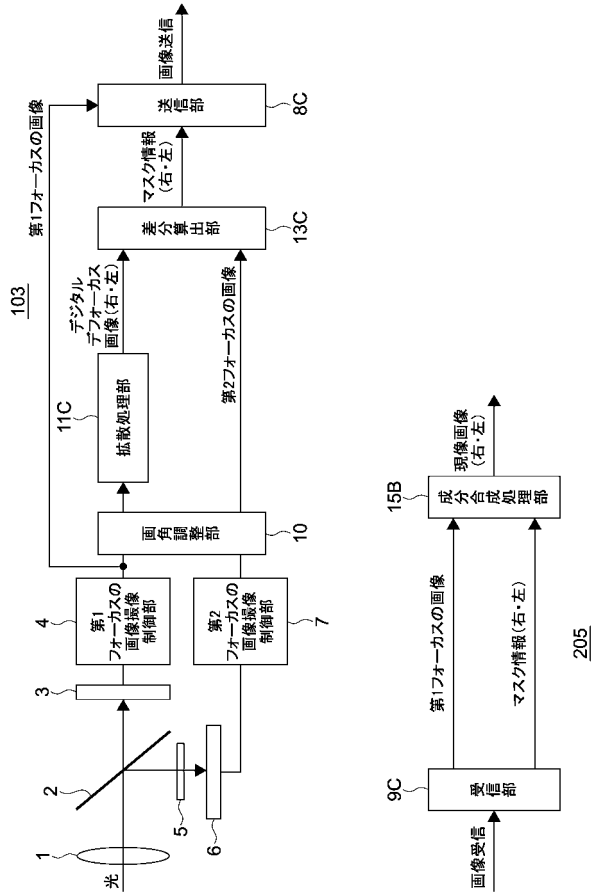
【図 15】



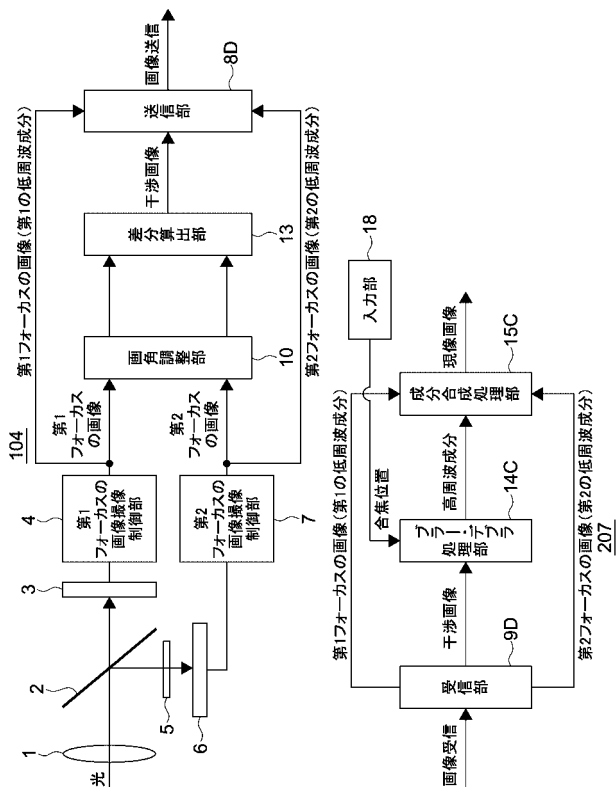
【図 18】



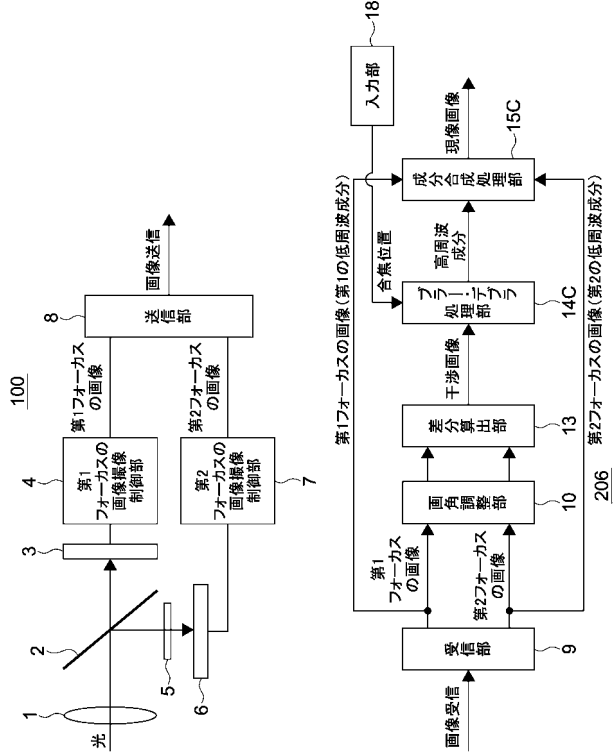
【図 19】



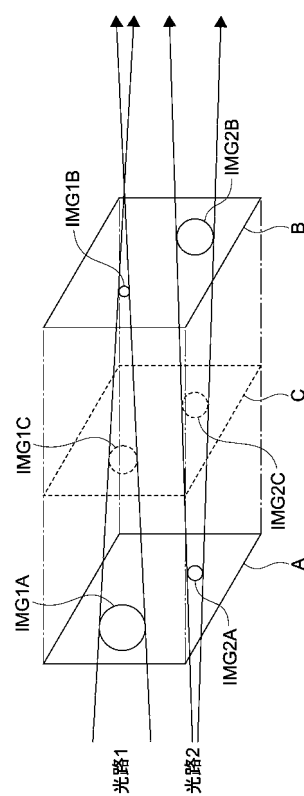
【図 23】



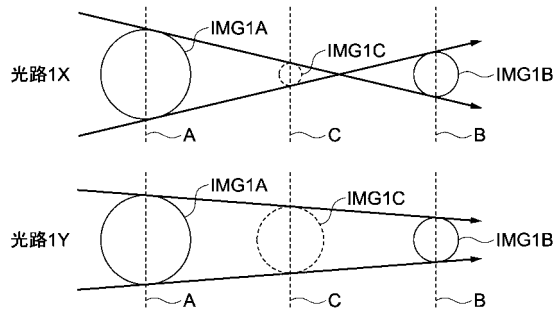
【図 22】



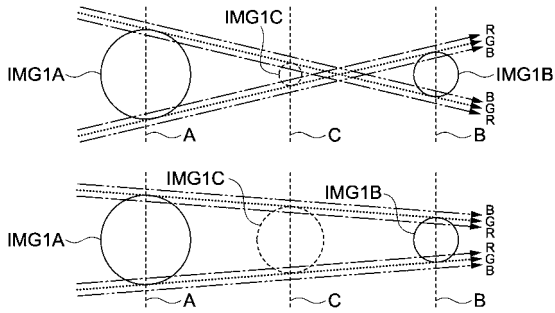
【図 24】



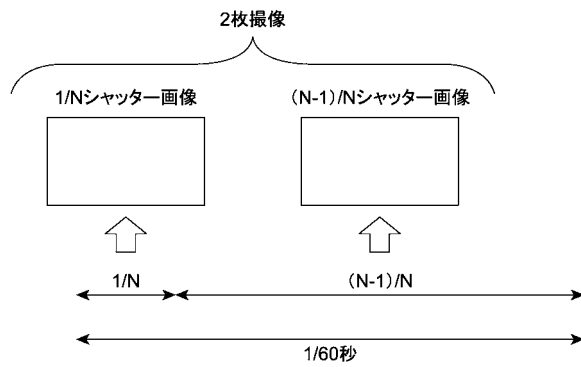
【図 25】



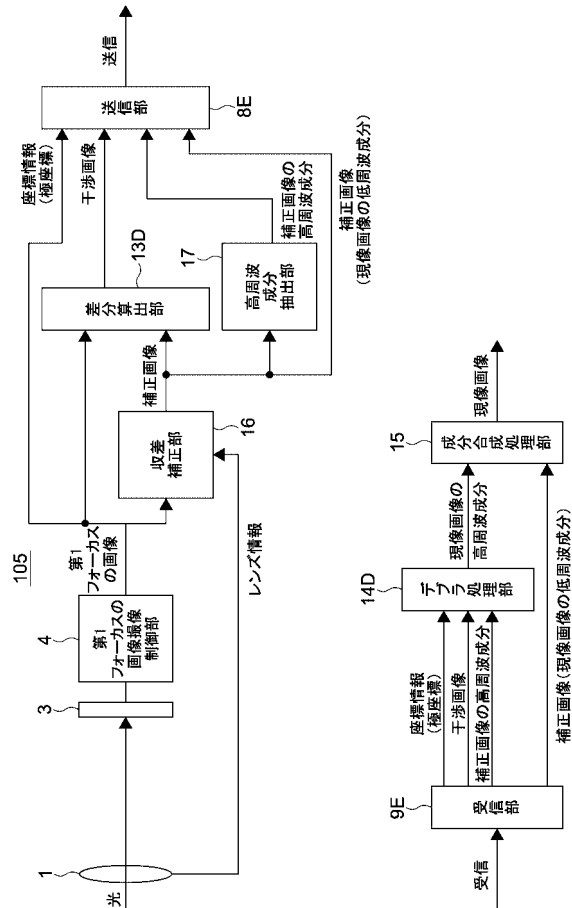
【図 26】



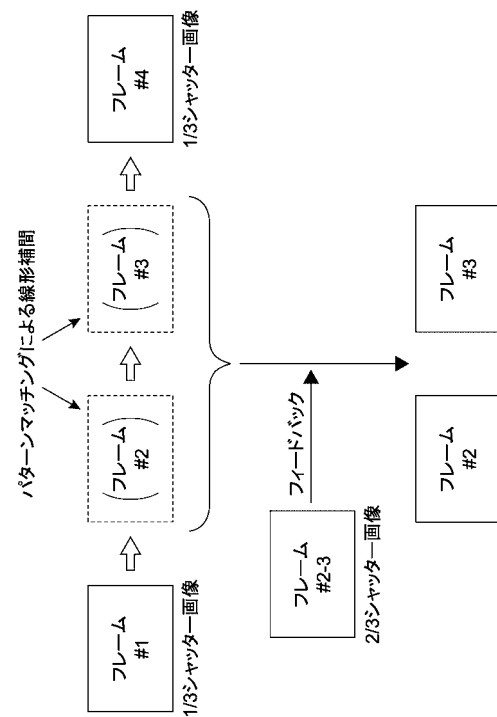
【図 35】



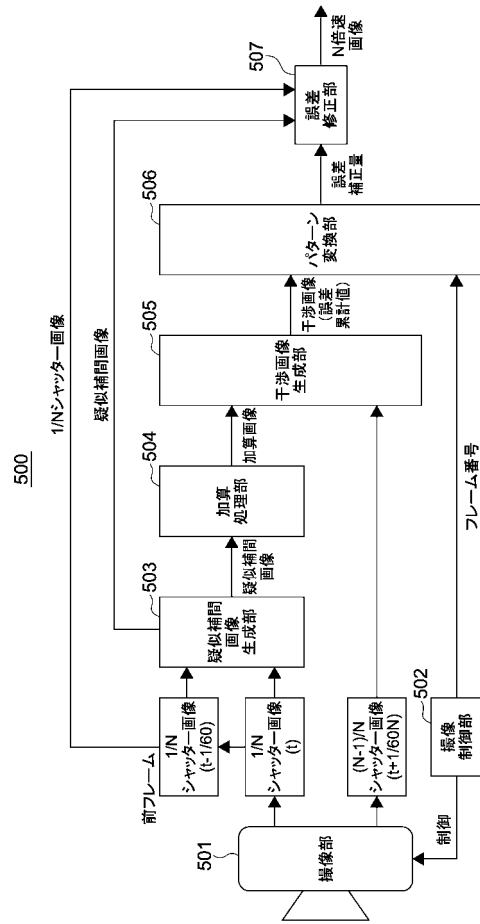
【図 33】



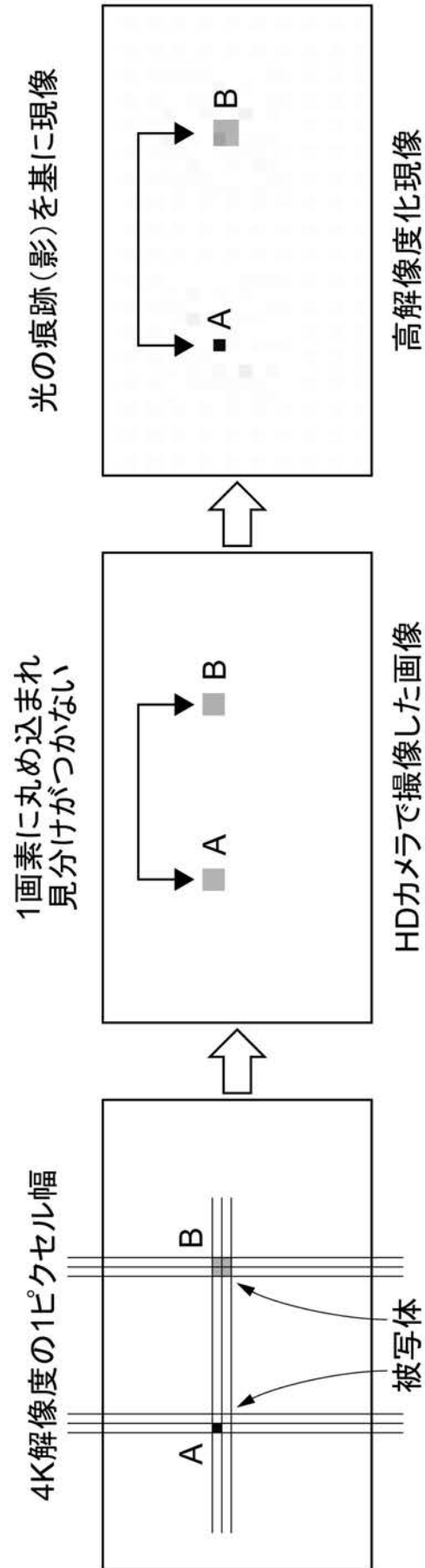
【図 36】



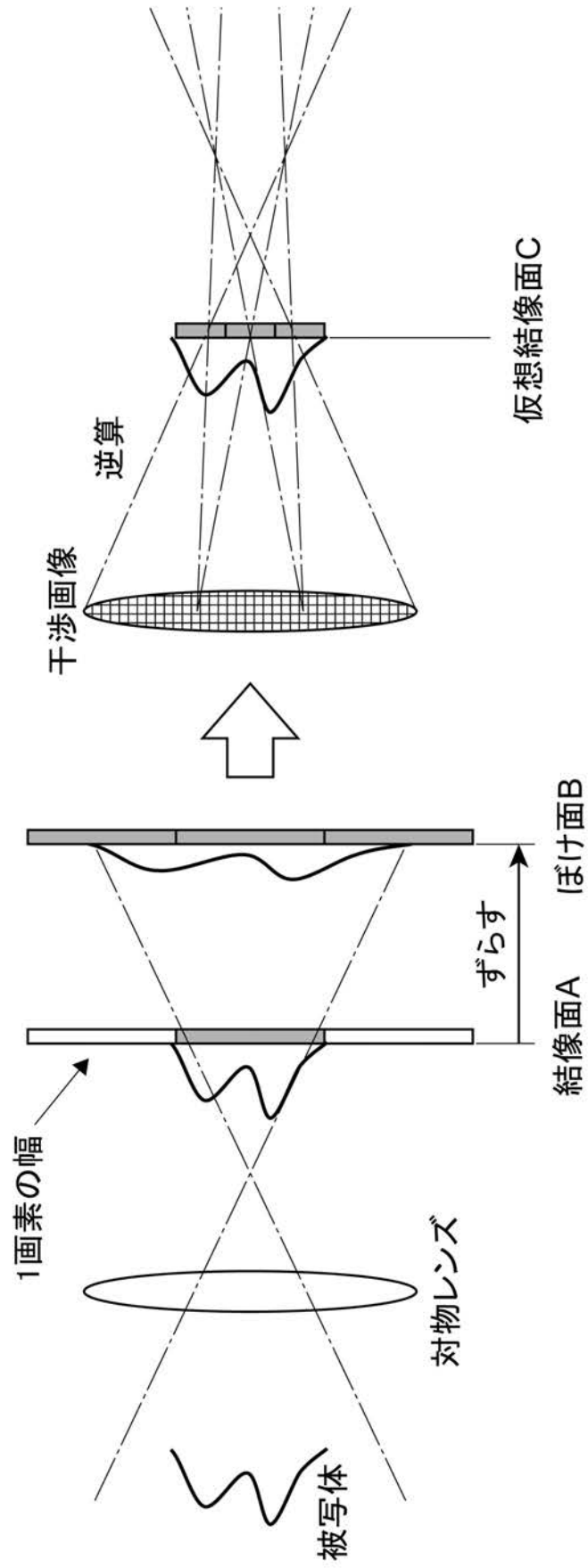
【図 37】



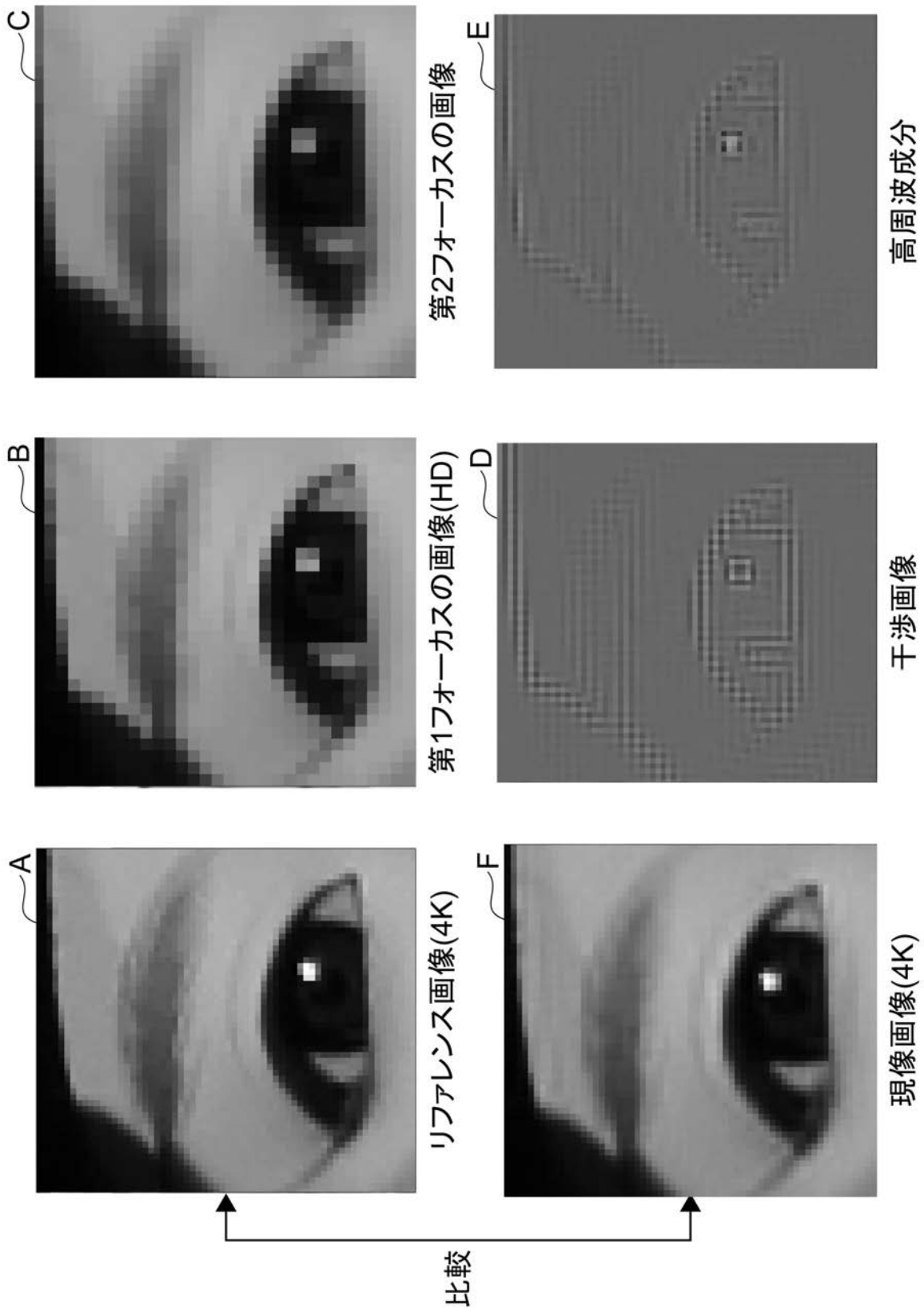
【図 4】



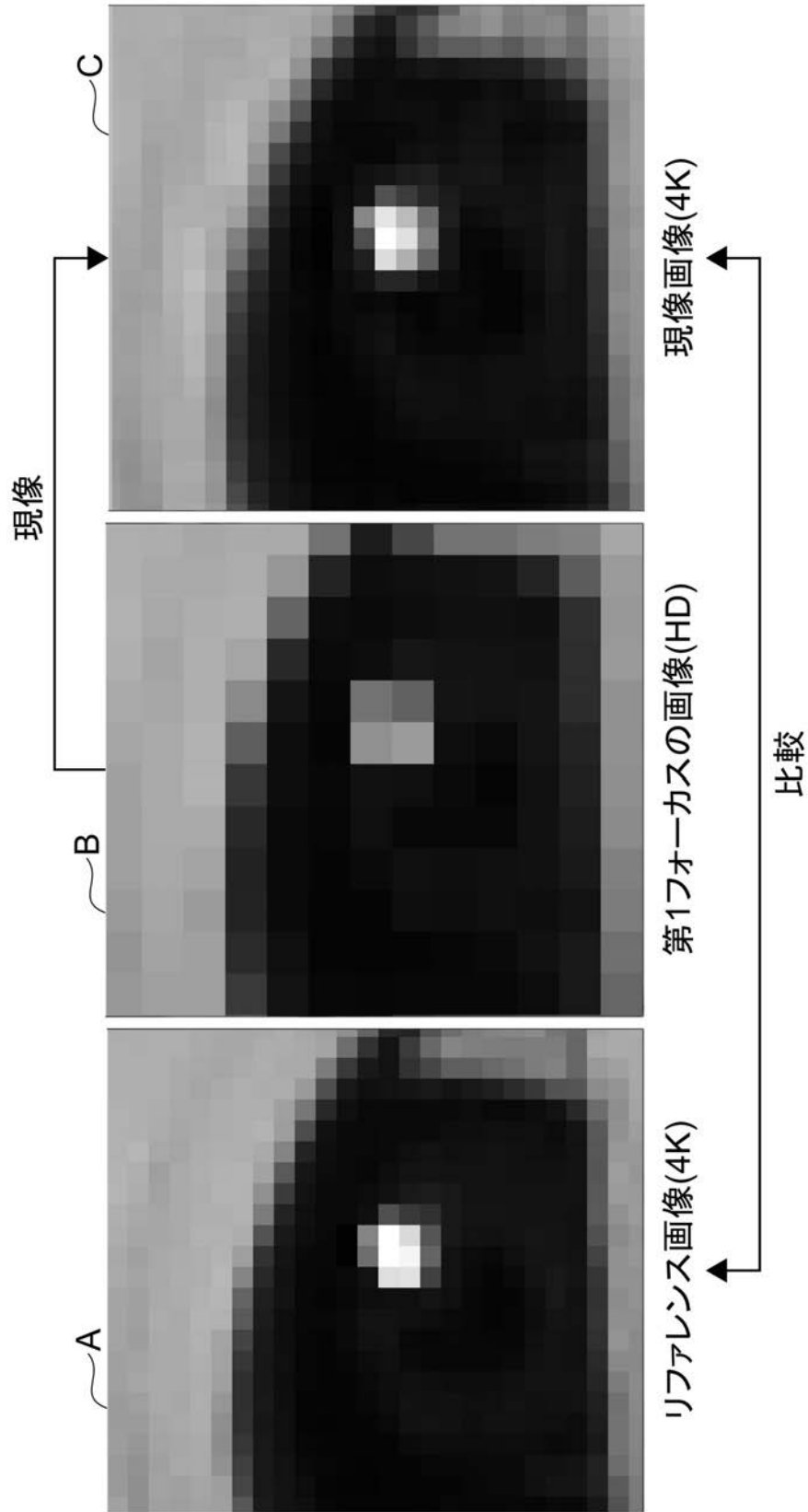
【図 5】



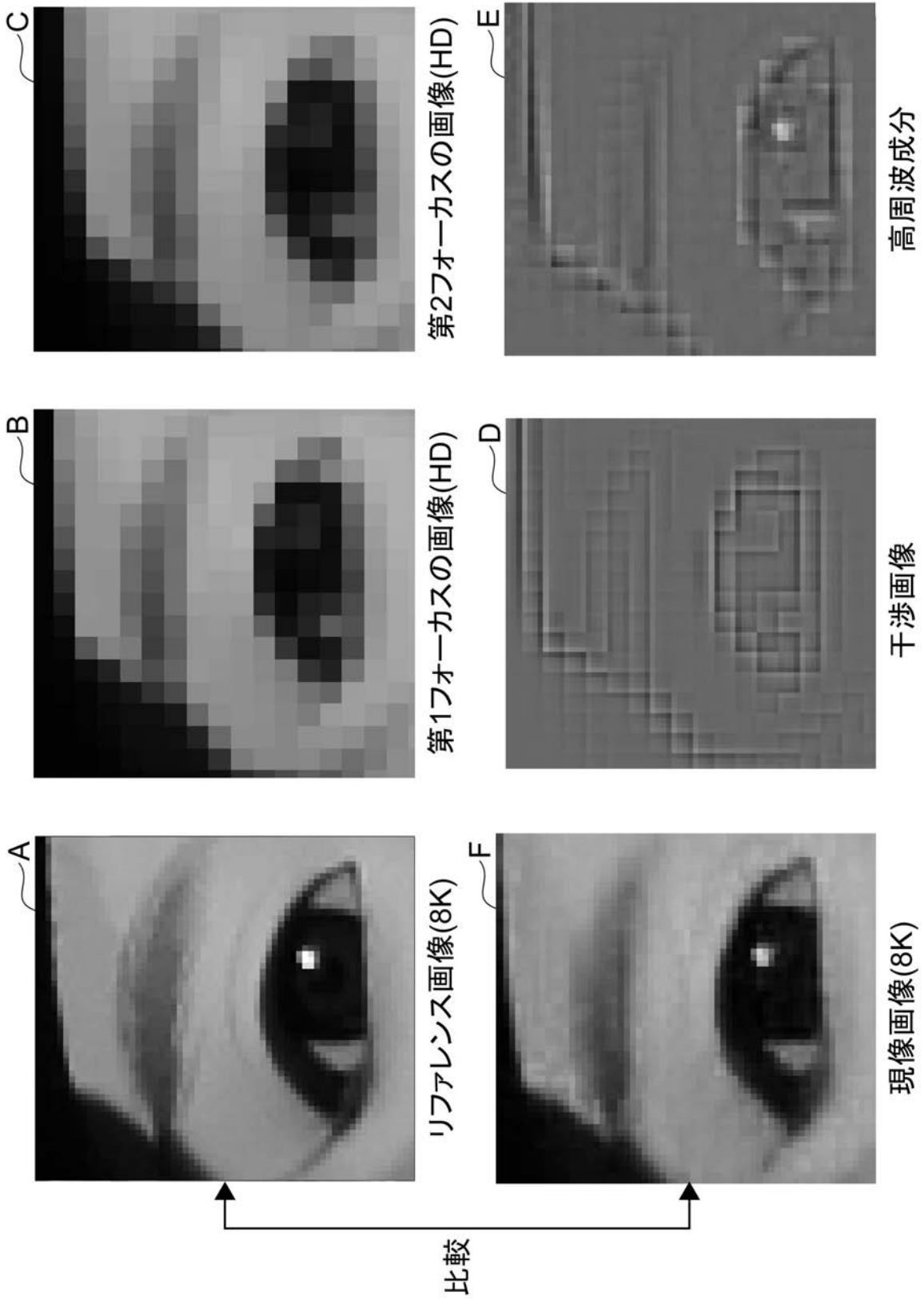
【図10】



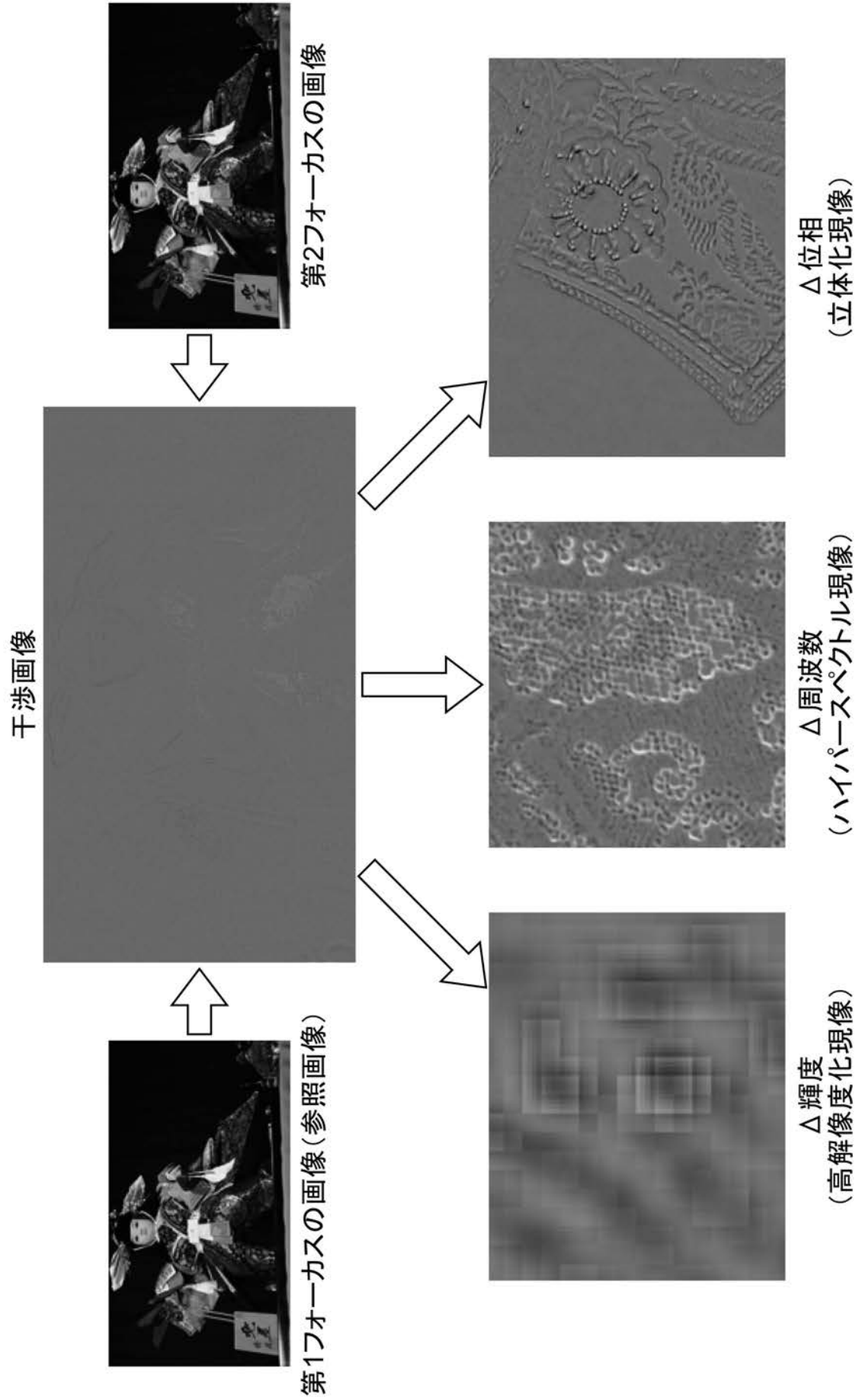
【図 1 1】



【図 1 2】

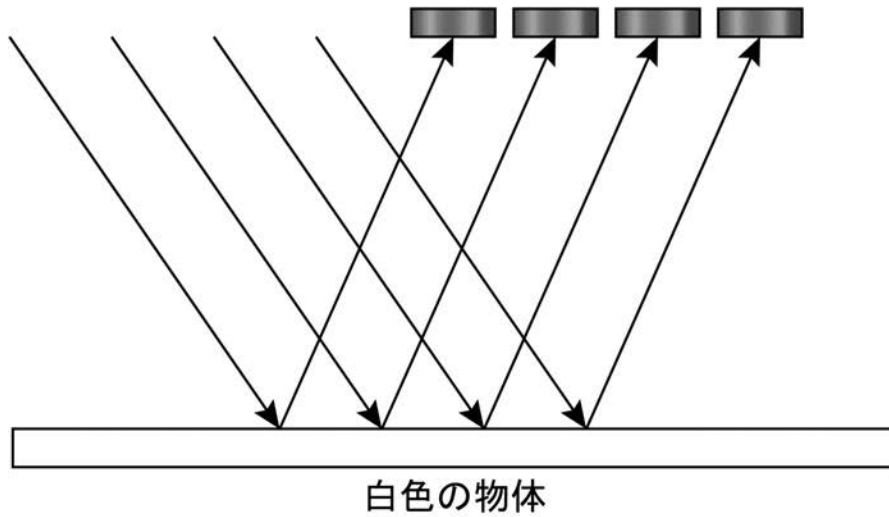


【図 13】

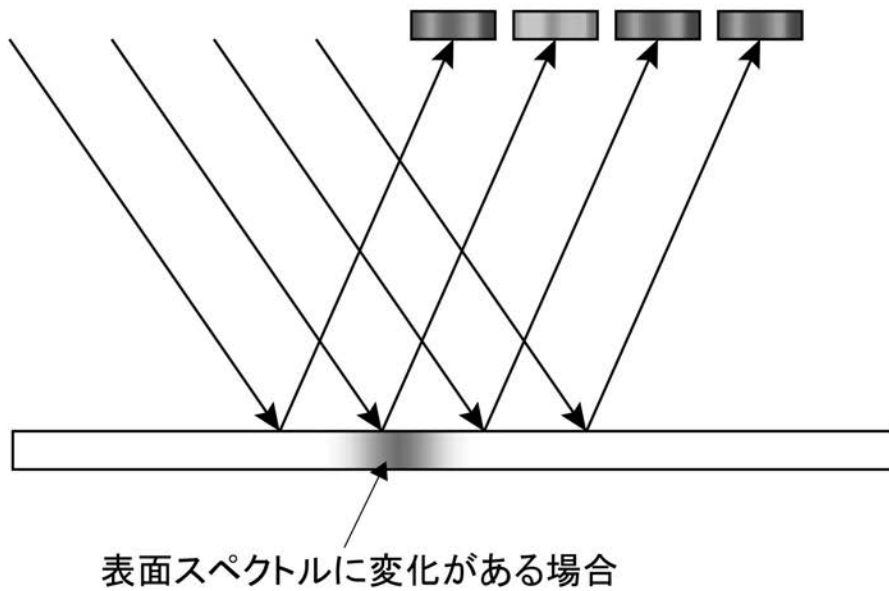


【図 16】

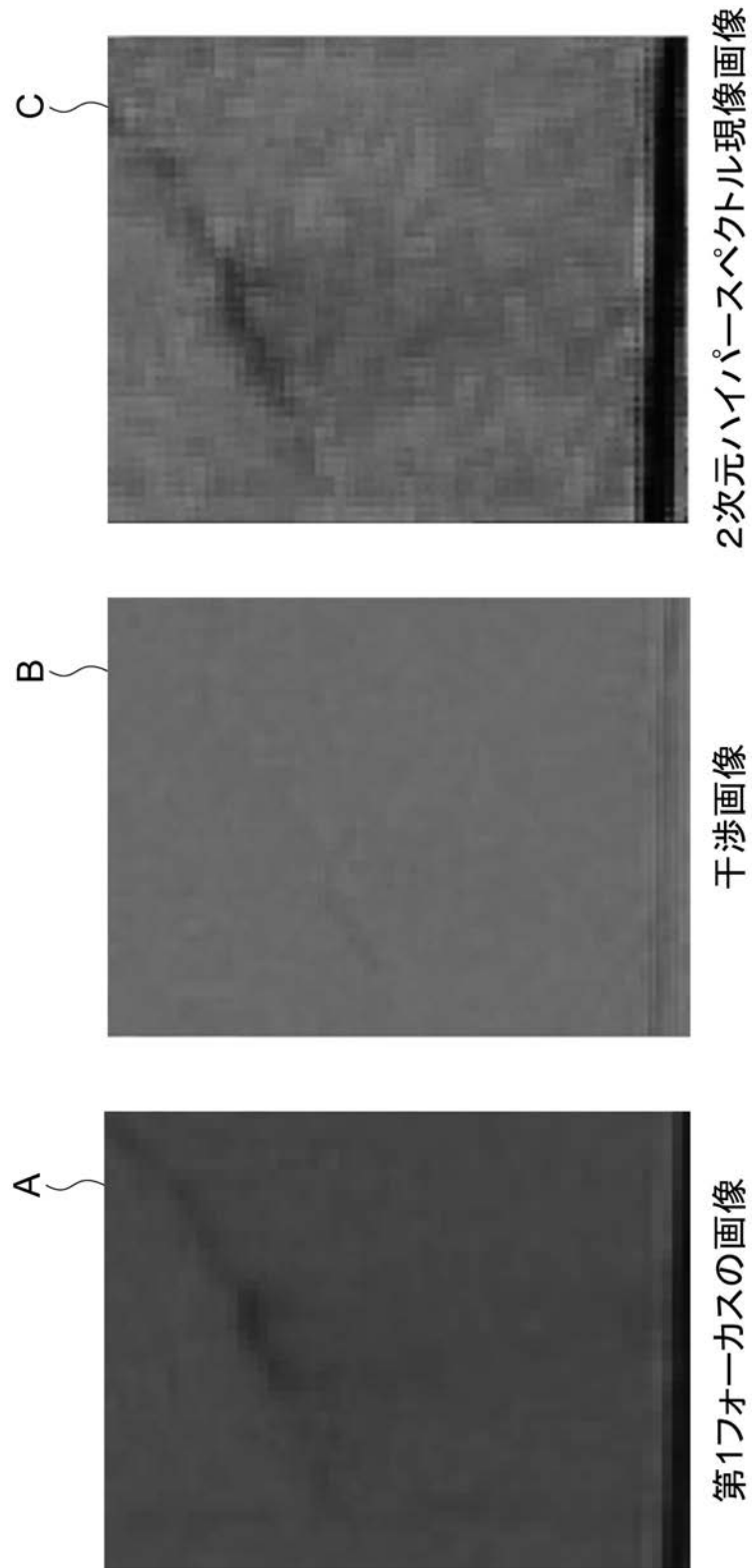
分光されても周辺の光と混ざり合って白く見えるだけ



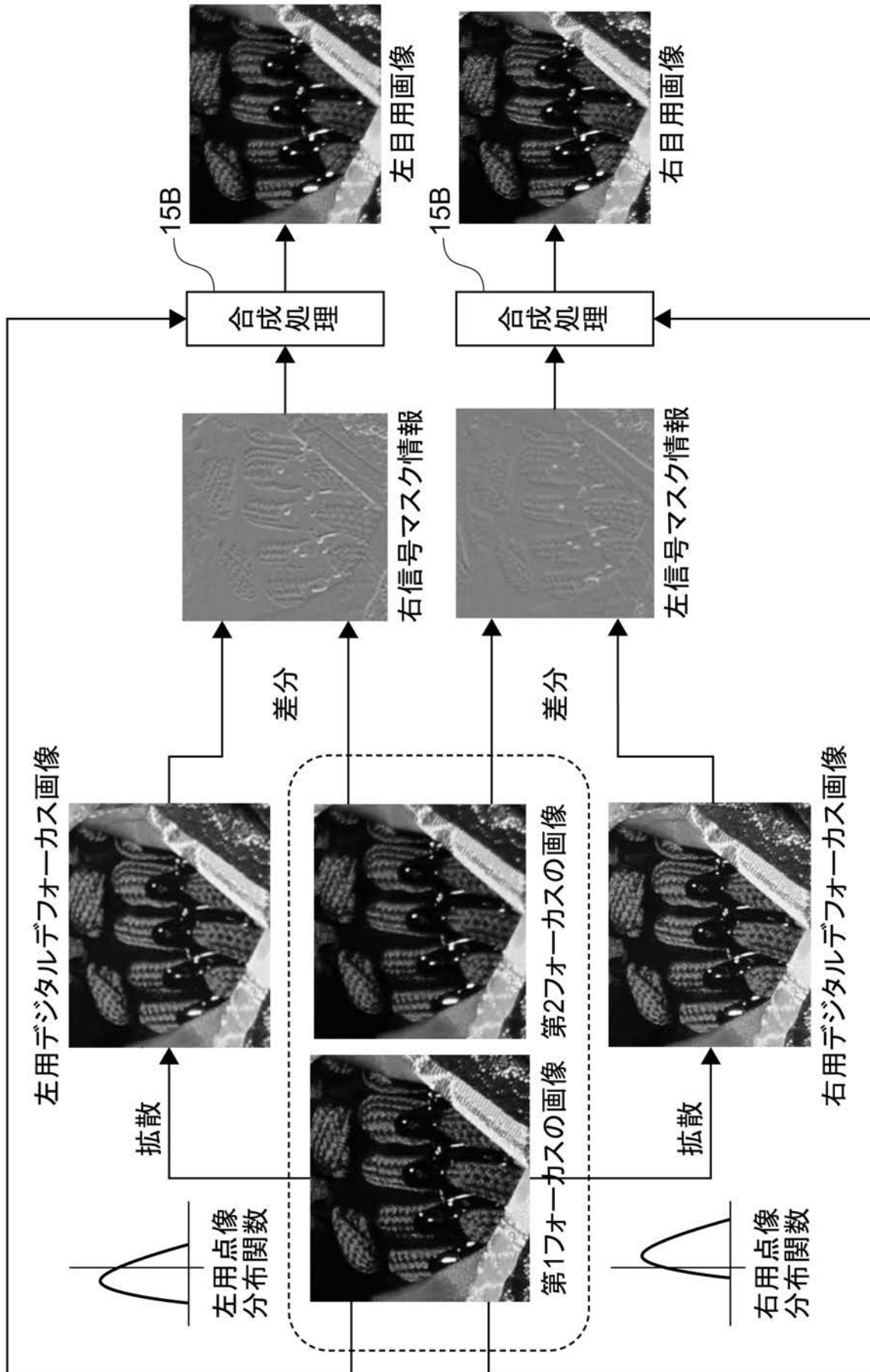
分光特性の偏りにより、わずかに干渉模様を観測



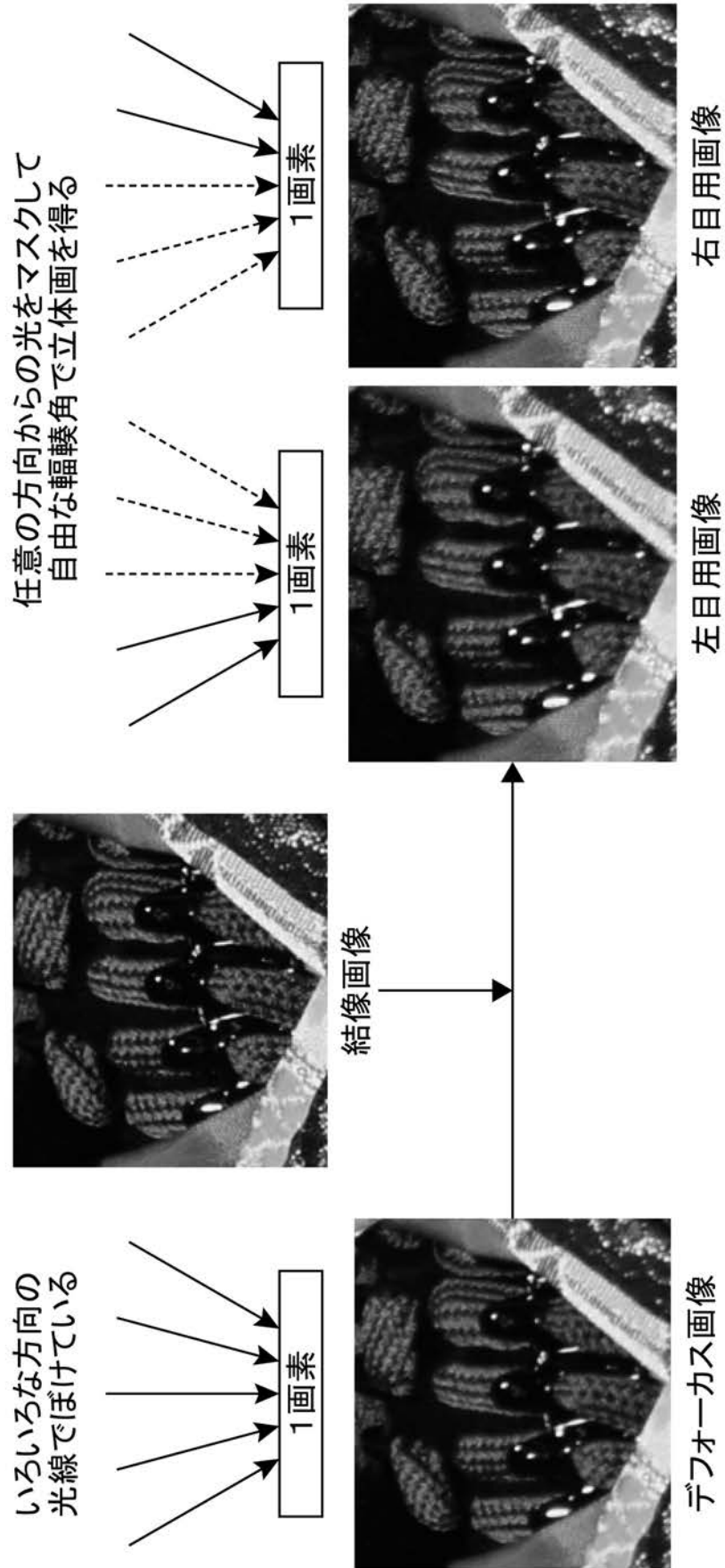
【図 17】



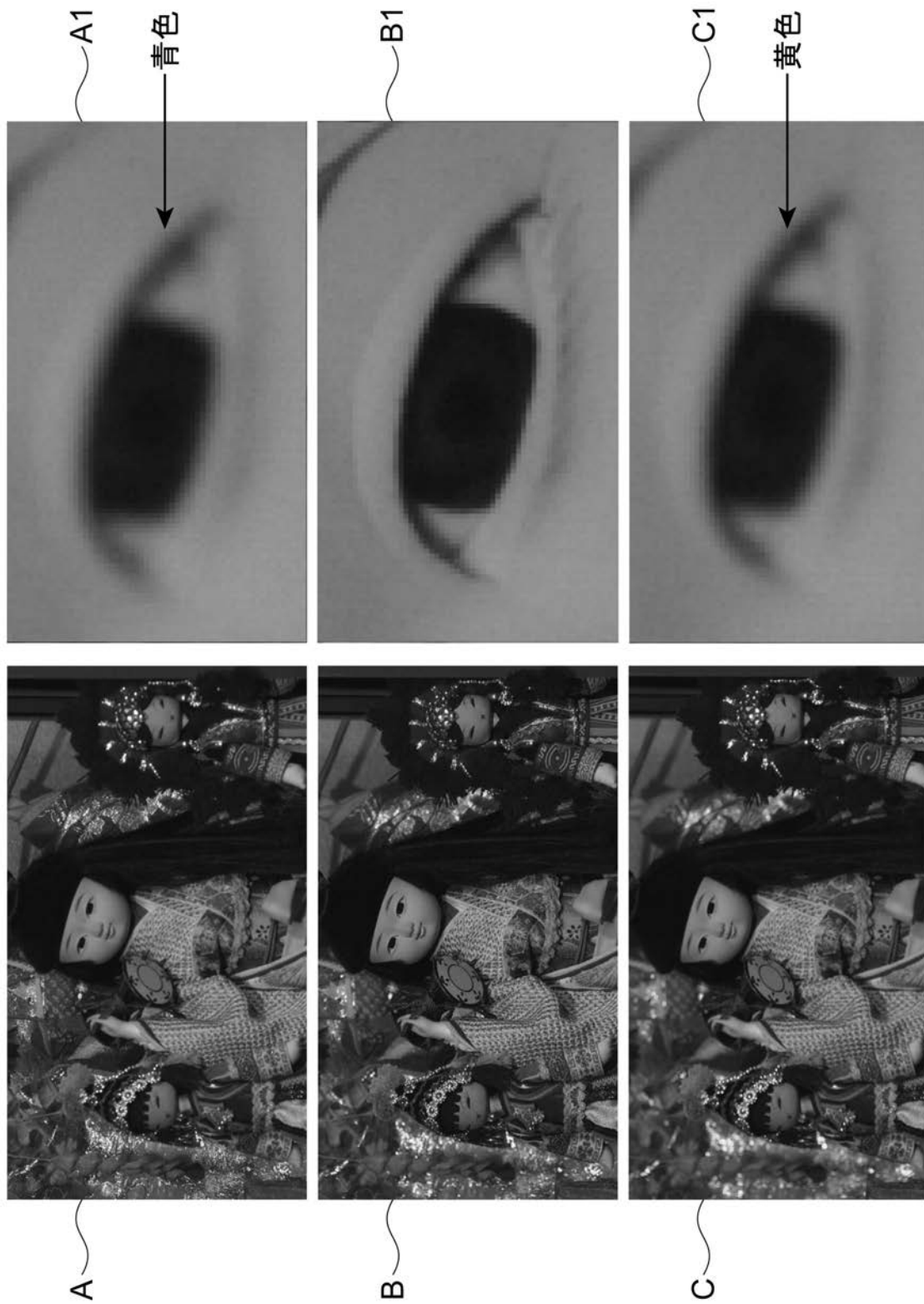
【図20】



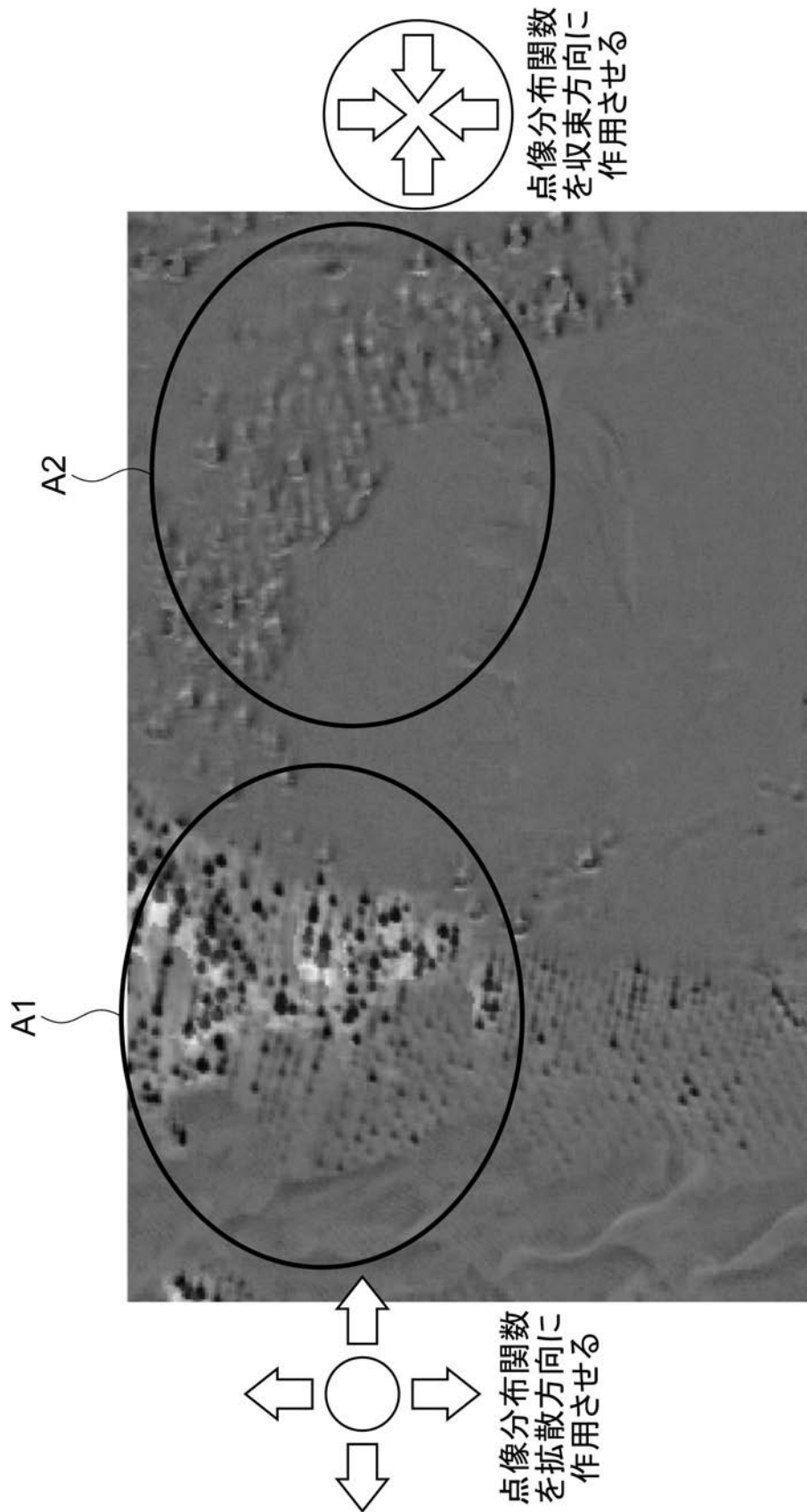
【図 2 1】



【図 27】



【図 28】



【図 29】



【図 30】



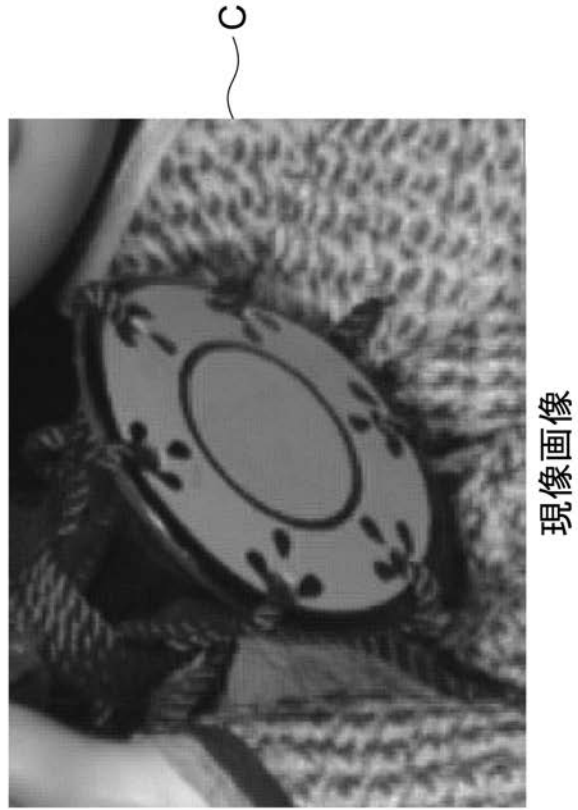
【図 3 1】



【図 3 2】



【図 3 4】



フロントページの続き

(72)発明者 新井 洋

東京都港区港南1丁目7番1号 ソニー株式会社内

Fターム(参考) 5C122 EA37 EA67 FA04 FB13 FH07 FH19 FH23 HA88