

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第5984493号
(P5984493)

(45) 発行日 平成28年9月6日(2016.9.6)

(24) 登録日 平成28年8月12日(2016.8.12)

(51) Int.Cl.	F 1
HO4N 9/09 (2006.01)	HO4N 9/09 A
HO4N 5/232 (2006.01)	HO4N 5/232 A
HO4N 5/243 (2006.01)	HO4N 5/243
HO4N 5/225 (2006.01)	HO4N 5/225 F
G06T 5/50 (2006.01)	G06T 5/50

請求項の数 8 (全 21 頁)

(21) 出願番号 特願2012-107581 (P2012-107581)
 (22) 出願日 平成24年5月9日(2012.5.9)
 (65) 公開番号 特開2013-31154 (P2013-31154A)
 (43) 公開日 平成25年2月7日(2013.2.7)
 審査請求日 平成27年5月11日(2015.5.11)
 (31) 優先権主張番号 特願2011-140741 (P2011-140741)
 (32) 優先日 平成23年6月24日(2011.6.24)
 (33) 優先権主張国 日本国(JP)

(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 110001243
 特許業務法人 谷・阿部特許事務所
 (72) 発明者 田村 信彦
 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 大室 秀明

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】画像処理装置、画像処理方法、撮像装置およびプログラム

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

複数の色に対応する複数のカラーフィルタを有するカラーフィルタアレイを介してそれぞれが互いに異なる視点から撮像された、各画素が前記複数の色のうちの少なくとも一つの色の情報を欠いている複数のカラー画像を取得する取得手段と、

前記複数のカラー画像を、前記欠いている色の情報の補間を行う前に合成することで、少なくとも一つの画素が前記複数の色の全ての情報を有する合成画像を生成する生成手段と、

前記複数のカラー画像の合成において、互いに画素値を合成する画素を決定する決定手段と、

を備え、

前記生成手段は、前記決定手段により決定された画素において、同じ色に対応する画素値が複数存在する場合に、当該同じ色に対応する複数の画素値の平均値を求めるにより、当該同じ色の画素値を算出して、前記合成画像を生成することを特徴とする画像処理装置。

【請求項2】

前記合成画像においてフォーカスする位置を示すフォーカス情報を入力する入力手段を更に有し、

前記決定手段は、前記フォーカス情報が示すフォーカス位置と、前記複数のカラー画像の撮像に用いられた撮像手段の光学パラメータとに基づいて、前記合成する画素位置を決

定する

ことを特徴とする請求項1に記載の画像処理装置。

【請求項3】

前記合成画像は、前記複数の色のうちの少なくとも一つの色の情報を有しあつ前記複数の色のうちの少なくとも一つの色の情報を欠いている欠落画素を少なくとも一つ含み、

前記生成手段は、前記合成画像に対し、前記欠落画素に前記欠いている色の情報を補間するための補間処理を更に行うことの特徴とする請求項1又は2に記載の画像処理装置。

【請求項4】

前記生成手段は、前記合成画像の各画素および前記複数の色のそれぞれについて、各画素が各色の情報を有するかを判定し、前記複数の色の全てに関する情報は有しないと判定された画素に、前記欠いている色の情報を補間するための前記補間処理を行うことを特徴とする請求項3に記載の画像処理装置。 10

【請求項5】

前記生成手段は、前記合成画像において前記欠落画素に隣接している画素の画素値を用いて、前記欠落画素に前記欠いている色の情報を補間するための前記補間処理を行うことを特徴とする請求項3又は4に記載の画像処理装置。

【請求項6】

請求項1乃至5のいずれか一項に記載の画像処理装置と、前記複数のカラー画像を撮像する複数の撮像手段とを有する撮像装置。 20

【請求項7】

複数の色に対応する複数のカラーフィルタを有するカラーフィルタアレイを介してそれぞれが互いに異なる視点から撮像された、各画素が前記複数の色のうちの少なくとも一つの色の情報を欠いている複数のカラー画像を取得する取得工程と、

前記複数のカラー画像を、前記欠いている色の情報の補間を行う前に合成することで、少なくとも一つの画素が前記複数の色の全ての情報を有する合成画像を生成する生成工程と、

前記複数のカラー画像の合成において、互いに画素値を合成する画素を決定する決定工程と、

を含み、

前記生成工程では、前記決定工程で決定された画素において、同じ色に対応する画素値が複数存在する場合に、当該同じ色に対応する複数の画素値の平均値を求ることにより、当該同じ色の画素値を算出して、前記合成画像が生成される

ことを特徴とする画像処理方法。 30

【請求項8】

コンピュータを請求項1乃至5のいずれか一項に記載の画像処理装置として機能させるプログラム。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は多視点画像の合成処理に関する。 40

【背景技術】

【0002】

これまで、カメラのピント調整を誤って撮像した場合は、ピント調整をやり直して再撮像する必要があった。また、奥行きの異なる複数の被写体に対してそれぞれにピントが合った画像を得たい場合には、被写体毎にピントを合わせた撮像を複数回行う必要があった。

【0003】

近年、光学系に新たな光学素子を追加することで多視点からの画像を取得し、後で画像処理によってピント位置を調節すること（リフォーカス）が可能なライトフィールドフォトグラフィという技術が発展している。 50

【0004】

この技術を用いれば、撮像後にピント調整を行えるため、撮像時のピント調整の失敗を画像処理で補うことができるという利点がある。さらに、画像処理方法を変えることで画像中の任意の被写体にピントを合わせた複数の画像を一枚の撮像画像から得る事ができ、撮像回数を減らす事ができるという利点もある。

【0005】

ライトフィールドフォトグラフィでは、多視点の画像データから、空間中の複数の位置について、それぞれの位置を通過する光線の方向と強度（ライトフィールド、以下、「LF」という。）を計算する。そして、得られたLFの情報を用いて、仮想の光学系を通して仮想のセンサに結像した場合の画像を計算する。このような仮想の光学系やセンサを適宜設定する事で、前述したリフオーカスも可能となる。LFを取得するための撮像装置としてはメインレンズの後ろにマイクロレンズアレイを置いたPlenoptic Cameraや、小型のカメラを並べたカメラアレイが知られている。いずれも被写体を異なる方向から撮像した多視点画像を一回の撮像で得る事ができる。ライトフィールドフォトグラフィとは、多視点の画像データから仮想の光学条件下での仮想センサの取得する画像を計算すること言い換えることもできる。なお、以下では、この仮想のセンサが取得する画像を計算する処理を「リフオーカス処理」と呼ぶこととする。リフオーカス処理としては、取得した多視点の画像データを仮想センサ上に射影変換し加算して平均化する方法が知られている（特許文献1）。

【0006】

このようなリフオーカス処理では、仮想センサ上の画素の値を、該画素の位置に対応する多視点画像の画素を用いて計算する。通常、仮想センサの1画素には、多視点画像の複数の画素が対応している。

【0007】

上記の特許文献1ではカラー画像のリフオーカス処理の方法が述べられていないものの、RGBプレーンを別々に処理する事でカラー画像におけるリフオーカス処理が実施できるものと容易に推察される。

【先行技術文献】**【特許文献】****【0008】**

【特許文献1】国際公開第2008/050904号パンフレット

30

【発明の概要】**【発明が解決しようとする課題】****【0009】**

多視点の画像データを取得するセンサが、ベイヤー配列などカラーフィルタアレイ（CFA）により色を取得するセンサである場合を考える。この場合、上記色プレーン別にリフオーカス処理を行うと、リフオーカス処理前にセンサ出力画素において欠落した色を補間する処理が必要となる。しかし、色補間処理を行うと、多視点画像の各々（以下、「サブ画像」という。）がぼけて、鮮鋭性が低下することになる。そして、鮮鋭性が低下したサブ画像を用いて画像合成を行う結果、合成画像においてもぼけが生じ、最終的に得られる画像の鮮鋭性も低下してしまうことになる。

40

【課題を解決するための手段】**【0010】**

本発明に係る画像処理装置は、多眼方式の撮像装置によって撮像された色補間前の多視点画像データを用いて合成画像を生成する画像処理装置であって、前記多視点画像データにおける画素値と画素位置の情報を取得する手段と、任意のリフオーカス位置に応じた前記多視点画像データの各画素の画素位置の合成画像における画素位置を、前記撮像時の光学パラメータに基づいて決定する画素位置決定手段と、前記多視点画像データの各画素の色を導出する色導出手段と、前記決定された合成画像における画素位置及び前記導出された画素の色に対応する前記多視点画像データの画素値を用いて、前記合成画像の各画素の

50

画素値を算出する画素値算出手段とを備えることを特徴とする。

【発明の効果】

【0011】

本発明によれば、色補間処理を行う前の多視点の画像データを用いて、鮮鋭な合成画像を得る事ができる。

【図面の簡単な説明】

【0012】

【図1】本実施例に係る多眼方式の撮像装置の主要な構成要素を示す図である。

【図2】画像処理部の内部構成の一例を示す図である。

【図3】通常の撮像光学系の構成を示す図である。

10

【図4】撮像部の構成の一例を示す図である。

【図5】撮像部の構成の一例を示す図である。

【図6】センサで取得される多視点画像の概念を示す図である。

【図7】画像合成部の内部構成を示す図である。

【図8】画像合成部における画像合成処理の流れを示すフローチャートである。

【図9】多視点画像データの各画素の合成画像における画素位置を算出する方法を説明する図である。

【図10】ベイナー配列のカラーフィルタを示す図である。

【図11】バッファに格納された中間データの一例を示す図である。

【図12】実施例1に係る合成画像の画素値を算出する処理の詳細を示すフローチャートである。

20

【図13】(a)は実施例1に係る色補間した画素を用いずに画像合成を行った場合に得られる合成画像を示す図である。(b)は、予め色補間を行った画素を用いて得られる合成画像を示す図である。

【図14】実施例2に係る画素値生成部の内部構成を示す図である。

【図15】実施例2に係る合成画像の画素値を算出する処理の詳細を示すフローチャートである。

【図16】実施例3に係る合成画像における予め定められた一定領域の一例を示す図である。

【図17】実施例3に係る画素値生成部の内部構成を示す図である。

30

【図18】実施例3に係る合成画像の画素値を算出する処理の詳細を示すフローチャートである。

【図19】実施例4に係る所定のサブ画像中の欠落した画素と他のサブ画像における対応画素との関係を説明する図である。

【図20】実施例4に係る画像合成部の内部構成を示す図である。

【図21】実施例4に係る縮小画像生成処理の流れを示すフローチャートである。

【図22】更新される中間データの一例を示す図である。

【発明を実施するための形態】

【0013】

[実施例1]

40

図1は、本実施例に係る多眼方式の撮像装置(カメラ)の主要な構成要素を示す図である。

【0014】

撮像部101は、ズームレンズ、フォーカスレンズ、ぶれ補正レンズ、絞り、シャッター、光学ローパスフィルタ、IRカットフィルタ、カラーフィルタ、及び、CMOSやCCDといったセンサなどから構成され、被写体の光量を検知する。撮像部101では多視点の画像データを得ることができるが、詳細は後述する。なお、光学ローパスフィルタはカラーフィルタを採用する撮像系において偽色の原因である高周波パターンを低減するために設置されており、偽色の原因となる周波数付近の入力パターンの振幅を低減する。

【0015】

50

A / D 変換部 102 は、検知された被写体の光量をデジタル値に変換する。

【0016】

画像処理部 103 は、変換されたデジタル値に対し各種の画像処理を行って、デジタル画像を生成する。画像処理部 103 の詳細については後述する。

【0017】

D / A 変換部 104 は、生成されたデジタル画像に対しアナログ変換を行う。

【0018】

エンコーダ部 105 は、生成されたデジタル画像を J p e g や M p e g などのファイルフォーマットに変換する処理を行う。

【0019】

10

メディアインターフェース 106 は、P C その他メディア（例えば、ハードディスク、メモリーカード、C F カード、S D カード、U S B メモリ）につなぐためのインターフェースである。

【0020】

C P U 107 は、各部を統括的に制御するプロセッサである。

【0021】

R O M 108 は、C P U 107 で実行される制御プログラム等を格納している。

【0022】

R A M 109 は、C P U 107 の主メモリ、ワークエリア等として機能する。

【0023】

20

撮像系制御部 110 は、フォーカスを合わせる、シャッターを開く、絞りを調節するなどの、C P U 107 からの指示に基づいた撮像系の制御を行う。

【0024】

操作部 111 は、ボタンやモードダイヤルなどが該当し、これらを介してユーザ指示が入力される。なお画像撮像後に合成画像を生成する際の任意のフォーカス位置（リフォーカス位置）の指示もこの操作部 111 を介してなされる。

【0025】

キャラクタジェネレーション部 112 は、文字やグラフィックなどを生成する。

【0026】

30

表示部 113 は、キャラクタジェネレーション部 112 や D / A 変換部 104 から受け取った撮像画像や文字の表示を行う。表示部 113 には一般的に液晶ディスプレイが広く用いられる。また、タッチスクリーン機能を有していても良く、該タッチスクリーンを用いたユーザ指示を操作部 111 の入力として扱うことも可能である。

【0027】

次に、画像処理部 103 の詳細について説明する。

【0028】

図 2 は、画像処理部 103 の内部構成の一例を示す図である。画像処理部 103 は、画像合成部 201、ノイズ低減処理部 202、ホワイトバランス制御部 203、エッジ強調部 204、色変換部 205、ガンマ処理部 206 で構成される。画像処理部 103 では、これら各部によって、A / D 変換部 102 からの入力信号（デジタル画像）に対して、画質向上のための各画像処理が実行される。図 2 に示す構成では、他の処理に先んじて画像合成処理を行うように構成されているが、このような構成に限定されるものではない。例えば、ノイズ低減処理を行った後で画像合成処理を行っても良い。なお、画像合成処理は画像処理部 103 における各種画像処理の中の一つとして実施されることが好適であるがこれに限る必要はない。画像合成処理の詳細については後述する。

40

【0029】

また、本実施例において画像処理部 103 は、撮像装置内の一構成要素として説明しているが、この画像処理部 103 の機能を P C 等の外部装置で実現してもよい。すなわち、本実施例における画像処理部 103 は、撮像装置の一機能としても、又は独立した画像処理装置としても実現し得るものである。

50

【0030】

<リフォーカスの原理>

図3は、通常の撮像光学系の構成を示す図であり、ピントがずれてしまった状態を表している。なお、図3では、IRカットフィルタ、ズームレンズ、絞りなどの構成については省略してある。また、レンズ構成についても、メインレンズ303でレンズ群を代表して表している。

【0031】

301は物点であり、物点301からの光はメインレンズ303で集光され、センサ302の一部領域305に到達している。メインレンズ303で集光された光が一点に結像する前にセンサ302に到達しているので、センサ302の一部領域305では、物点301の像が広がって記録されてしまい、撮像画像がぼけてしまう。鮮鋭性の高い画像を得たい場合には、ピント位置を調整し、物点301がセンサ302上の1点に結像されるようにして再度撮像を行う必要がある。

【0032】

図4は、撮像部101の構成の一例を示す図である。図4において、物点401からの光はメインレンズ403により集光されるが、結像する前にマイクロレンズアレイ406を通過してセンサ405により記録される。1つのマイクロレンズにより生成されるセンサ上の光学像は物点401を異なる方向から観察した画像となるため、センサ405では多視点の画像が一枚の画像データとして記録される。図6は、センサ405で取得される多視点画像の概念を示す図である。センサ405上の画素412の画素値は光線411の強度に応じた値が記録され、センサ405の他の画素(位置)でも光線の強度に応じた値が記録される。この光線群を延長して仮想センサ407、408において光強度を平均すると、両仮想センサに記録される画像を計算により求めることができる。仮想センサ407での画像を計算すると、物点401の光は広がり、ちょうど図3に示したようなピントがずれた状態の画像が得られる。同様に仮想センサ408での画像を計算すると、物点401から出た光が一点に集まり、ピントが合った状態の画像が得られる。

【0033】

上記のような撮像部を備えた多眼方式の撮像装置によって複数の異なる角度から被写体を撮像した多視点画像を得て、該多視点画像から得られる光線情報を元に仮想のセンサが受光する光を計算する処理を行う。その際の仮想センサの位置を調整して計算することが、ピント位置の調整、すなわち、リフォーカスに相当する。

【0034】

図5は、撮像部101の構成の別の一例を示す図である。図5において撮像部101は、複数の撮像ユニット505により構成される。撮像ユニット505は、センサ510とレンズ511とで構成される。504は光軸である。物点501からの光は、撮像ユニット505内のセンサ510により記録され、例えば、センサ510上の画素502は、光線503の強度を記録している。物体側に仮想センサ508、509を置いた場合を考え、光線群を仮想センサ508、509の方向へ延長し、仮想センサ508、509において光線強度を平均するものとする。すると、仮想センサ508において計算される画像は、物点501にピントが合っていないぼけた画像となり、仮想センサ509において計算される画像は、物点501にピントが合った画像となる。

【0035】

以上が、ピント位置調整した画像を撮像後に計算によって取得する、リフォーカスの原理である。

【0036】

<画像合成処理>

次に、画像処理部103内の画像合成部201の詳細について説明する。

【0037】

図7は、本実施例に係る画像合成部201の内部構成を示す図である。画像合成部201は、画素位置決定部701、色導出部702、画素値算出部703および取得部710

10

20

30

40

50

からなり、さらに画素値算出部 703 は、バッファ 704 と画素値生成部 705 とで構成される。画像合成部 201 では、これら各部によって、A/D 変換部 102 から順次送られてくる多視点画像の画像データ（デジタル値）から合成画像の画素値の算出を行い、算出が完了した画素値から順にノイズ低減処理部 202 へ出力する処理を行う。以下、詳しく説明する。

【0038】

図 8 は、画像合成部 201 における画像合成処理の流れを示すフローチャートである。なお、説明を簡単にするため、A/D 変換部 102 から入力されるデジタル値の画像データ（入力画像データ）を 1 次元として説明する。

【0039】

ステップ 801において、画像合成部 201 の取得部 710 は、多視点画像データにおける画素値と画素位置、さらに光学パラメータおよび合成パラメータを、バス（不図示）を介して取得する。ここで、光学パラメータとは、撮像時における物理的に定まった各種のパラメータであって、例えば、後述の 1、x、real などの値を指す。また、合成パラメータとは、画像処理に関わる適宜設定変更が可能な各種のパラメータであって、例えば、ピントを合わせたい被写体までの距離であるリフオーカス距離や実施例 2 における重み係数（C1～C9）などの値を指す。

【0040】

ステップ 802 において、画像合成部 201 の画素位置決定部 701 は、取得した多視点画像データの各画素の合成画像における画素位置を決定する。図 9 はこの決定方法を説明する図である。ここで、センサ 901 上のセンサ画素領域 903 に対応する画素が画像合成部 201 に入力されたと仮定する。この場合、画素位置決定部 701 は、センサ画素領域 903 に対応する、仮想センサ 902 上の投影領域 904 を計算して決定することになる。なお、図 9において、1 は隣り合うマイクロレンズ（この図では 905 及び 907）のそれぞれの中心（光学中心）間の距離を表す。x は入力画素の位置（この図では、マイクロレンズ 907 の光学中心を通る光軸 908 とセンサ画素領域 903 の中心との距離）を表す。X1 及び X2 は計算によって求められる仮想センサ 902 上の位置であって、算出された X1 と X2 との間の領域が投影領域 904 となる。図 9 に示す通り、センサ画素領域 903 を、マイクロレンズ 905 の光学中心を基準として仮想センサ 902 に投影した投影領域 904 が、入力された多視点画像データの画素の合成画像における位置となる。なお、906 は、マイクロレンズ 905 の光学中心を通る光軸である。そして、real はセンサ 901 と各マイクロレンズとの距離であり、virtual は各マイクロレンズと仮想センサ 902 との距離である。図 9 から明らかなように、投影領域 904 はセンサ画素領域 903 に対して拡大されており、その拡大率は virtual / real 倍である。なお、virtual は、ユーザによって指定される、カメラからピントを合わせたい被写体までの距離（リフオーカス距離）に応じて設定される。リフオーカス距離 focus から仮想センサ位置を導くには、図 4 に示す構成の撮像部の場合、メインレンズ 403 の焦点距離を f_main として次の式の関係から virtual を求める。

$$(1/focus) + (1/virtual) = (1/f_{main}) \quad \cdots \text{式 (1)}$$

【0041】

ここで、リフオーカス距離 focus はメインレンズ 403 の中心から物点 401 までの光軸 404 に沿った距離である。

【0042】

また、図 5 に示す構成の撮像部の場合、上記式（1）において $f_{main} =$ 無限大に設定し、 $virtual = -focus$ とする。上記式（1）は、実際の複雑なレンズ構成を簡略的に表現した式であるため、より精度を求める場合は、ユーザによって指定されたリフオーカス位置に応じて予め設定される。例えば、予め光学シミュレーションによって、リフオーカス位置と、かかる位置の被写体が鮮明に結像するような仮想センサの位置との対応関係を求めて ROM108 等に保持しておき、これを画像合成部 201 が適宜参照することにより設定される。画素位置決定部 701 は、以下の式（2）及び式（3）に従って、投影領

10

20

30

40

50

域 9 0 4 を画定する X 1 及び X 2 の位置を算出する。

$$X1 = l + (\text{virtual} / \text{real}) * (x+s/2-l) \quad \cdots \text{式 (2)}$$

$$X2 = l + (\text{virtual} / \text{real}) * (x-s/2-l) \quad \cdots \text{式 (3)}$$

【 0 0 4 3 】

上記式 (2) 及び式 (3) において、sはセンサ画素領域 9 0 3 のサイズである。算出された X 1 及び X 2 の情報は画素値算出部 7 0 3 へ出力される。

【 0 0 4 4 】

このようにして、入力画像データである多視点画像データの各画素の画素位置と、任意のフォーカス位置に応じた合成画像の画素位置とが対応付けられる。図 8 のフローチャートの説明に戻る。

10

【 0 0 4 5 】

ステップ 8 0 3 において、色導出部 7 0 2 は、入力された多視点画像データの各画素の色を導出する。色の種別としてはカラーフィルタアレイのフィルタ分光感度に応じて R G B や、赤外 + R G B 、 C M Y などがある。ここでは、 R G B の三色の場合を考える。色導出部 7 0 2 は、入力画素位置と色の対応を示すテーブルを参照して、入力画素の色を導出する。入力画素位置と色の対応を示すテーブルは、例えば、解像度が 6 0 0 万画素の場合、縦 2 0 0 0 pxi × 横 3 0 0 0 pxi のテーブルであり、 R O M 1 0 8 等に保持しておけばよい。さらに、撮像部 1 0 1 が、ベイヤー配列のカラーフィルタアレイを具備するなど、入力画素位置と色の関係が数式的に明らかな場合は、入力画素位置から所定の演算により色を求めても良い。図 1 0 は、ベイヤー配列のカラーフィルタを示す図であり、 G (Green) のフィルタが R (Red) 及び B (Blue) の 2 倍使用されているのが分かる。導出された色の情報は画素値算出部 7 0 3 に出力される。

20

【 0 0 4 6 】

ステップ 8 0 4 において、画素値算出部 7 0 3 は、バッファ 7 0 4 内のデータ（中間データ）を更新する。具体的には、決定された合成画像における画素位置と導出された色に対応する、入力された多視点画像データの画素値をバッファ 7 0 4 に格納する。図 1 1 は、バッファ 7 0 4 に格納された中間データの一例を示している。図 1 1 において、 1 1 0 1 ~ 1 1 0 3 は、本実施例における各インデックスを示しており、インデックス毎に 1 又は複数の画素値が保持されている。本ステップでは、画素位置決定部 7 0 1 から受け取った合成画像の画素位置と色導出部 7 0 2 から受け取った色の情報に従って入力画素値が追加・格納され、中間データが更新される。なお、図 1 1 の例では、合成画像の画素位置が整数で表記されているが、上記式 (2) 、 (3) で算出される X 1 、 X 2 は一般に非整数である。そこで、合成画像の画素位置を特定するための数値として非整数を許容し、小数部分を重みとして合成画像の画素値の計算に用いてもよい。例えば、合成画像の画素位置を示す座標 (1 0 , 1 0 . 4) に対して画素値 2 0 、同じく座標 (1 0 , 1 0 . 1) に対して画素値 1 0 が割り当てられている場合を考える。この場合、合成画像の画素位置を示す座標 (1 0 , 1 0) には、 (0 . 1 * 2 0 + 0 . 4 * 1 0) / (0 . 1 + 0 . 4) にといった重み付けの計算により画素値 1 2 を割り当てる、といった具合である。

30

【 0 0 4 7 】

ステップ 8 0 5 において、画素値算出部 7 0 3 は、所定のインデックスについて中間データの更新が完了したかどうか、すなわち、いずれかのインデックスに画素値がすべて揃ったかどうかを判定する。例えば、図 1 1 のインデックス 1 1 0 1 (座標 (1 0 , 1 0)) の画素位置で、かつ、色が R の部分) において 2 つの画素値 (2 4 及び 2 6) が格納されると、中間データの更新が完了と判定される。この判定は、例えば、格納されるはずの画素値の数をインデックス毎に予め計算しておき、格納された画素値の数がその数に達したかどうかにより行うことができる。

40

【 0 0 4 8 】

ここで、インデックス毎の格納されるはずの画素値の数は、以下のようにして求めておく。まず、全ての画素値が 1 となるようなダミーの撮像画像を用意し、これを入力画像データとしてステップ 8 0 2 ~ ステップ 8 0 4 の処理を行う。そして、全ての画素につ

50

いて処理を行った後、格納された画素値の数をインデックス毎にカウントすれば良い。

【0049】

このような判定処理により、いずれかのインデックスについて、追加されるはずの画素値がすべて揃ったと判定された場合にはステップ806に進む。一方、いずれのインデックスについても画素値が揃っていないと判定された場合にはステップ801に戻り、次の画素についてステップ801～ステップ804の処理を繰り返す。

【0050】

ステップ806において、画素値生成部705は、更新が完了したインデックスの中間データ（多視点画像の画素値）をバッファ704から取得し、これらの平均値を算出して合成画像の画素値として出力する。図12は、本ステップの処理の詳細を示すフローチャートである。ここでは、図11の1101が示すインデックスの更新が完了した場合を例に説明する。

10

【0051】

ステップ1201において、画素値生成部705は、合成に用いられる画素値の数をバスから取得する。1101のインデックスの場合、合成に用いられる画素値の数として、“2”が取得される。

【0052】

ステップ1202において、画素値生成部705は、合成に用いられる多視点画像の画素値をバッファ704から取得する。ここでは、“24”と“26”が取得される。

20

【0053】

ステップ1202において、画素値生成部705は、合成に用いられる多視点画像の画素値の総和を合成に用いられる画素値の数で除算し、平均値を求める。ここでは、 $(24 + 26) \div 2 = "25"$ が算出される。算出された平均値は、当該インデックス（ここでは、画素位置：座標（10, 10）、色：R）に対応する合成画像の画素値として出力される。

【0054】

ステップ807において、画像合成部201は、多視点画像データのすべての画素に対して、上述の処理が完了したかどうかを判定する。未処理の入力画素がなければ本処理を終える。一方、未処理の入力画素があればステップ801に戻り、ステップ801～ステップ806を繰り返す。

30

【0055】

以上の処理により、任意のフォーカス位置における合成画像の画素値が順次計算され、ノイズ低減処理部へ出力される。

【0056】

図13の（a）は、本実施例に係る色補間した画素を用いずに画像合成を行った場合に得られる合成画像を示し、同（b）は、予め色補間を行った画素を用いて得られる合成画像を示している。図13において、1301は実際のセンサを示し、1302は仮想センサを示している。また、同図において“”及び“”は画素（例えばGチャンネル）であり、“”は画素値が255、“”は画素値が0であることを意味している。そして、図13の（a）のセンサ1301上の“”は画素が欠落していることを示している。そして、図13の（b）における“”及び“”は、上記欠落した画素が色補間されていることを示している。図13の（a）及び（b）において、仮想センサ1302上に形成される合成画像を比較すると、図13の（a）の方は合成画像の画素値が（255, 0, 255, 0）であるのに対し、図13の（b）では（255, 128, 128, 0）となっている。これは、本実施例を適用した図13の（a）における合成画像の方が図13の（b）の合成画像よりも周波数が高い（つまり、より鮮鋭である）ことを示している。

40

【0057】

以上のとおり、本実施例に係る発明によれば、色補間前の多視点画像データを用いて画像の合成を行うので、鮮鋭性の高い合成画像を得ることができる。

【0058】

50

[実施例2]

実施例1では、順次取得した入力画素に対して、算出された合成画像の画素位置と導出された色が相互に同一である範囲をインデックスの単位として合成画像の画素値の算出を行っていた。次に、合成画像の画素位置が同一の範囲をインデックスの単位とする様について、実施例2として説明する。なお、実施例1との違いは、インデックスの1単位の範囲だけであるので、その余の共通する部分(図8のフローチャートのステップ801～804、807)については説明を簡略化ないしは省略し、ここでは差異点を中心に説明することとする。

【0059】

実施例1では、図8のフローチャートのステップ805において、画素位置と色が共に同じ範囲の画素値が揃った段階で直ちに次のステップ806に進み、画素値生成部705での平均化処理に移行していた。本実施例では、同一の画素位置についてのすべての色(例えば、画素位置(10, 10)のRGBのすべて)の画素値が揃うのを待って、画素値生成部705での平均化処理に移行する。10

【0060】

具体的には以下のとおりである。

【0061】

ステップ805において、画素値算出部703は、上述した単位のいずれかのインデックスにすべての画素値が揃ったかどうかを判定する。本実施例の場合、例えば、図11の1101～1103(座標(10, 10)の位置におけるRGBの全部)の範囲内のすべての画素値が揃うと、中間データの更新が完了と判定されることになる。いずれかのインデックスについて、追加されるはずの画素値がすべて揃ったと判定された場合にはステップ806に進む。一方、いずれのインデックスについても追加されるはずの画素値が揃っていないと判定された場合にはステップ801に戻る。20

【0062】

ステップ806において、画素値生成部705は、まず、実施例1と同様に色毎の画素値の平均値を算出する。そして、算出されたそれぞれの平均値(Rm, Gm, Bm)に対して、以下の式(4)、式(5)、式(6)を用いて加重平均を行い、合成画像の画素値(Rm', Gm', Bm')を生成する。

$$Rm' = C1 * Rm + C2 * Gm + C3 * Bm \quad \cdots \text{式(4)}$$

$$Gm' = C4 * Rm + C5 * Gm + C6 * Bm \quad \cdots \text{式(5)}$$

$$Bm' = C7 * Rm + C8 * Gm + C9 * Bm \quad \cdots \text{式(6)}$$

【0063】

なお、C1～C9は重み係数であり、例えば、C1、C5、C9については0.8、それ以外の重み係数については0.1などが設定される。色のバランスを過度に変更したくない場合はC2、C3、C4、C6、C7、C8の値を小さくすればよい。また、例えばRm'においてC1=0.7、C2=0.2、C3=0.1のように、他の色よりも多く配されるGについての重み係数を相対的に他の重み係数(この場合C3)よりも大きくしてもよい。さらに、モノクロ画像の場合には、すべての重み係数を等しく(C1～C9のすべてを0.33)すればよい。これらC1～C9の重み係数は、合成パラメータとしてROM108に保持され、計算時に適宜読み出される。40

【0064】

図14は、本実施例に係る画素値生成部705の内部構成を示す図である。本実施例の画素値生成部705においては、RGBのそれぞれについて別個に画素値の平均が算出され、算出された各平均値にC1～C9の各重み係数が乗算されて、合成画像におけるRGBの画素値が算出される。

【0065】

図15は、本実施例に係るステップ806の処理の詳細を示すフローチャートである。ここでは、図11の1104で示すインデックスの更新が完了した場合であって、重み係数としてC1、C5、C9については0.8、それ以外は0.1が設定された場合を例に50

説明する。

【0066】

ステップ1501において、画素値生成部705は、合成に用いられる画素値の数をバスから取得する。ここでは、合成画像の画素位置が座標(10, 10)についての画素値の数なので、“5”が取得される。

【0067】

ステップ1502において、画素値生成部705は、合成に用いられる多視点画像の画素値をバッファ704から取得する。ここでは、Rについて“24”と“26”、Gについて“32”と“34”、Bについて“22”的各画素値が取得される。

【0068】

ステップ1502において、画素値生成部705は、平均値(Rm, Gm, Bm)を色毎に計算し、その後、上記式(4)～式(6)に従って加重平均を行い、Rm'、Gm'、Bm'を計算する。上記の例の場合、以下のような値が、合成画像の画素値としてそれぞれ算出され、出力される。

$$Rm' = (0.8 \times 25) + (0.1 \times 33) + (0.1 \times 22) = 25.5$$

$$Gm' = (0.1 \times 25) + (0.8 \times 33) + (0.1 \times 22) = 31.1$$

$$Bm' = (0.1 \times 25) + (0.1 \times 33) + (0.8 \times 22) = 23.4$$

【0069】

このように本実施例によれば、合成画像の1つの画素値の計算に、より多くの多視点画像データの画素値を用いることで、画像のノイズをさらに低減することができる。

【0070】

[実施例3]

合成画像の端の領域では、多視点画像の画素値が割り当てられていない画素が発生し得る。例えば、図13の(a)において、仮想センサ1302上のの画素位置では画素値が割り当てられていない。これは、図11のテーブルでいえば、合成画像の画素位置と色で指定されるインデックスに対して、画素値が1つも割り当てられていないことを意味する。そこで、次に、合成画像において欠落した画素の発生を防ぐべく、合成画像の画素値の補間を行う態様について、実施例3として説明する。なお、実施例1と共通する部分(図8のフローチャートのステップ801～804、807)については説明を簡略化ないしは省略し、ここでは差異点を中心に説明することとする。

【0071】

実施例1では、図8のフローチャートのステップ805において、画素位置と色が共に同じ範囲の画素値が揃った段階で直ちに次のステップ806に進み、画素値生成部705での平均化処理に移行していた。本実施例では、合成画像における予め定められた一定の領域に対応する画素値が全ての色について揃うのを待って、ステップ806に移行する。

【0072】

具体的には以下のとおりである。

【0073】

ステップ805において、画素値算出部703は、合成画像における予め定められた一定の領域に対応する、格納されるべき画素値が全て揃ったかどうかを判定する。格納されるべき画素値がすべて揃ったと判定された場合にはステップ806に進む。一方、揃っていないと判定された場合にはステップ801に戻る。

【0074】

ステップ806において、画素値生成部705は、合成画像の上記一定領域に対応する格納されたすべての画素値をバッファ704から取得し、当該一定の領域内のすべての画素位置において画素値の平均値を計算して、出力する。この際、画素値を有しない欠落画素があればその画素値を補間演算により求めて、当該欠落画素の画素値とする。

【0075】

図16は、ある色についての、合成画像における予め定められた一定領域の一例を示す図である。図16において、予め定められた一定領域1600の中の空白部1601は画

10

20

30

40

50

素値が存在しない欠落画素を示している。何らかの値が存在するその他の部分は画素値が存在する画素であって、多視点画像の画素が少なくとも1つ割り当てられていることを示している。この場合、欠落画素1601の画素値は、周囲の画素値を用いた補間演算によって求められる。補間演算の方法としては、例えば、欠落画素の周囲 3×3 の領域にある画素値の平均値を求めたり、あるいは補間に用いる画素の領域をさらに広げ、欠落画素からの距離に応じて重み付けした加重平均を取る方法などがある。また、実施例1で説明したように非整数で特定される画素位置を考慮して画素値を補間してもよい。

【0076】

図17は、本実施例に係る画素値生成部705の内部構成を示す図である。本実施例の画素値生成部705は図17に示す各処理部を備えることにより上述の処理を行う。10

図18は、本実施例に係るステップ806の処理の詳細を示すフローチャートである。

【0077】

ステップ1801において、画素値生成部705は、合成画像の予め定められた一定領域についての、合成に用いられる画素の数を、RGB毎にバスから取得する。

【0078】

ステップ1802において、画素値生成部705は、合成画像の予め定められた一定領域についての、多視点画像の画素値を、RGB毎にバッファ704から取得する。

【0079】

ステップ1803において、画素値生成部705は、ステップ1801で取得した合成に用いられる画素の数が“0”であるかどうかを、色別に判定する。“0”であると判定された場合にはステップ1805に進む。一方、“0”でないと判定された場合には、ステップ1804に進む。20

【0080】

ステップ1804において、画素値生成部705は、実施例1と同様、対象となる画素値の平均値を計算して出力する。

【0081】

ステップ1805において、画素値生成部705は、合成画像中の欠落画素について、当該欠落画素の近傍の画素値を用いて上述の補間処理を行って画素値を求め、出力する。

【0082】

ステップ1806において、画素値生成部705は、未処理の色があるかどうかを判定する。未処理の色があると判定された場合にはステップ1803に戻り、当該未処理の色に対して、ステップ1803～ステップ1805の処理を繰り返す。一方、すべての色についての処理が完了したと判定された場合には、本処理を終える。30

【0083】

このように本実施例によれば、合成画像の端の領域において生じ得る欠落画素の発生を防ぐことが出来る。

【0084】

[実施例4]

次に、縮小画像の生成を行う態様について、実施例4として説明する。なお、他の実施例と共に通する部分については説明を簡略化ないしは省略し、ここでは差異点を中心に説明することとする。40

【0085】

図6に示した通り、多眼方式の撮像装置で撮像された多視点画像は微小なサブ画像から構成される。そこで、本実施例では、サブ画像の1枚を縮小画像として利用することにする。

【0086】

ここで、縮小画像として利用されるサブ画像は色補間前の状態である。そのため適切に色補間を施す必要がある一方で、隣接の画素から色補間を行うと画像がぼけてしまうという問題がある。そこで、本実施例では、縮小画像となるサブ画像中の欠落した画素の値を、他のサブ画像における対応画素の値を用いて色補間を行う。50

【0087】

図19は、所定のサブ画像中の欠落した画素と、他のサブ画像における当該欠落画素に対応する画素との関係を説明する図である。いま、センサ1903上の位置 P_A の画素（マイクロレンズ1900に対応するサブ画像における画素）について仮にREDが欠落しているとする。そして、この位置 P_A の画素の、仮想センサ1902上での位置を V_A とする。この場合において、隣のサブ画像（マイクロレンズ1904に対応するサブ画像）において位置 V_A に対応する画素の位置 P_{A1} を求める。

【0088】

つまり、位置 P_A の画素も位置 P_{A1} の画素も、被写体上の同一の位置に対応するため、もし位置 P_A がREDの画素である場合、位置 P_A の欠落したREDの画素値を、位置 P_{A1} の画素値で置き換えることで画像をぼかす事なく色補間が行えることになる。10

【0089】

さらに、本実施例では、位置 P_A に対応する他のサブ画像での画素は複数あるため、位置 P_A に対応する画素をリストアップし、それらリストアップされた対応画素の中から欠落した色をより適切に導出するようにしている。

【0090】

なお、実施例1では画素の大きさを考慮したが、本実施例における位置 P_A は1画素の占める範囲の中央の位置を意味し、画素の大きさは特に考慮していない。

【0091】

さらに、以下で述べる縮小画像生成処理は、画像処理部103における各種画像処理の中の一つとして実施されることが好適であるがこれに限る必要はない。20

【0092】

図20は、本実施例に係る画像合成部201の内部構成を示す図である。画像合成部201は、色導出部702、画素値算出部703および取得部710からなり、さらに本実施例に係る画素値算出部703は、対応位置決定部2001、バッファ704、及び画素値生成部705とで構成される。

【0093】

図21は、本実施例における縮小画像生成処理の流れを示すフローチャートである。なお、実施例1と共通する部分については説明を簡略化ないしは省略している。

【0094】

ステップ2101において、画像合成部201の取得部710は、多視点画像データにおける画素値と画素位置、さらに光学パラメータおよび合成パラメータを、バスを介して取得する。30

【0095】

ステップ2102において、画像合成部201は、取得した画素が現像範囲内であるかどうかを判定する。例えば、図6に示す9個のサブ画像で構成される多視点画像において、中央のサブ画像を縮小画像として利用する場合であれば、現像範囲は当該中央のサブ画像の占める範囲となる。取得した画素が中央のサブ画像に属していると判定された場合は、ステップ2103に進む。一方、取得した画素が中央のサブ画像に属さないと判定された場合は、色補間を行うことなく本処理を終える。40

【0096】

ステップ2103において、色導出部702は、入力された多視点画像データの各画素の色を導出する。

【0097】

ステップ2104において、対応位置決定部2001は、取得した画素について、他のサブ画像での対応位置を計算により求める。前述の図19において、中央のサブ画像に属する画素の位置が P_A 、その隣のサブ画像における位置 P_A に対応する位置を P_{A1} とする。そして、 x を位置 P_A の座標、 y を対応位置 P_{A1} の座標、 z を位置 P_A の仮想センサ1902上での位置 V_A の座標とする。なお、1901はマイクロレンズ1900の光学中心を通る光軸、1905はマイクロレンズ1904の光学中心を通る光軸を示している。する50

と、 z と x の間には次の式(7)の関係が成り立つ。

$$z = (\text{virtual} / \text{real})^*x \quad \cdots \text{式(7)}$$

さらに、 z と y の間には次の式(8)の関係が成り立つ。

$$z = (\text{virtual} / \text{real})^*(y-1)+1 \quad \cdots \text{式(8)}$$

ここで、1は隣り合うマイクロレンズ(図19では1900及び1904)のそれぞれの中心(光学中心)間の距離を表す。

そして、式(7)及び式(8)から z を消去すると、以下の式(9)のようになる。

$$y = 1 + x - (\text{real} / \text{virtual})^*1 \quad \cdots \text{式(9)}$$

このようにして、 x と y の関係式が得られる。

上記式(9)を一般化して、 n 個隣のサブ画像における対応点の座標 y_n を式で表すと、式 10 (10)のようになる。

$$y_n = n^*1 + x - (\text{real} / \text{virtual})^*n^*1 \quad \cdots \text{式(10)}$$

【0098】

対応位置決定部2001は、上記式(10)を用いて、取得した画素位置 P_A の他のサブ画像における対応位置を算出する。算出された対応位置はバッファ704に送られ、その際、対応位置の色の種別と画素値も併せて送られる。

【0099】

ステップ2105において、画素値算出部703は、バッファ704内のデータ(中間データ)を更新する。図22は、本ステップで更新される中間データの一例を示す図である。ここでの中間データは、現在処理中の画素に対応する、画素位置、色の種別、及び画素値からなる。バッファ704はこのような中間データを保持し、対応位置決定部2001からの新たな対応位置のデータを受け取って、逐次データを更新する。 20

【0100】

ステップ2106において、画像合成部201は、ステップ2101で取得した画素に対する他の全てのサブ画像における対応位置が算出されたかどうかを判定する。他の全てのサブ画像における対応位置が算出されていれば、ステップ2107に進む。一方、他の全てのサブ画像における対応位置が算出されていなければ、ステップ2104に戻り、対応位置を求める。

【0101】

ステップ2107において、画素値生成部705は、欠落した色の画素値を生成する。 30 例えば、現在処理中の画素の色の種別がBLUEであるとすると、REDとGREENが欠落した色となる。ここで、中間データの更新完了時点での状態が、前述の図22の状態であったとする。この場合、画素値生成部705は、図22においてREDである画素値、GREENである画素値の平均をそれぞれ算出し、欠落した色の画素値を決定する。すなわち、図22の場合に算出される画素値は、REDが $(24 + 26 + 25) / 3 = 25$ 、GREENが $(32 + 34) / 2 = 33$ となる。算出されたRED及びGREENの画素値は、欠落していなかったBLUEの画素値と共に、縮小画像の画素値として出力される。

【0102】

ステップ2108において、画像合成部201は、多視点画像データのすべての画素に対して、上述の処理が完了したかどうかを判定する。未処理の入力画素がなければ本処理を終える。一方、未処理の入力画素があればステップ2101に戻り、ステップ2101～ステップ2107を繰り返す。 40

【0103】

以上の処理により、縮小画像において欠落した色の画素が他のサブ画像を参照して決定され、鮮明な縮小画像の画像データが生成される。

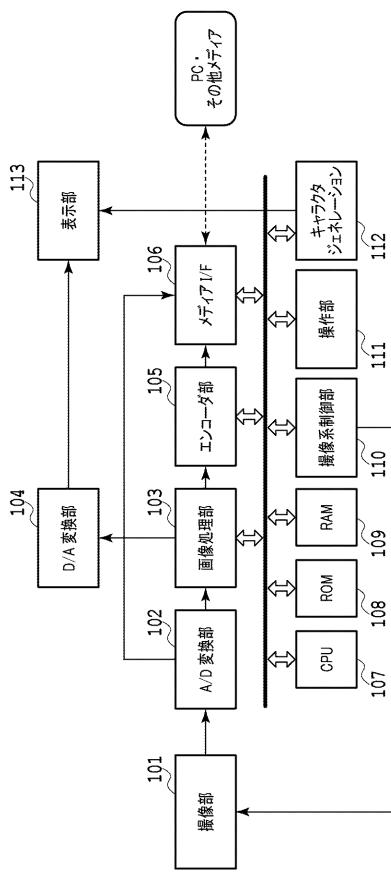
【0104】

(その他の実施形態)

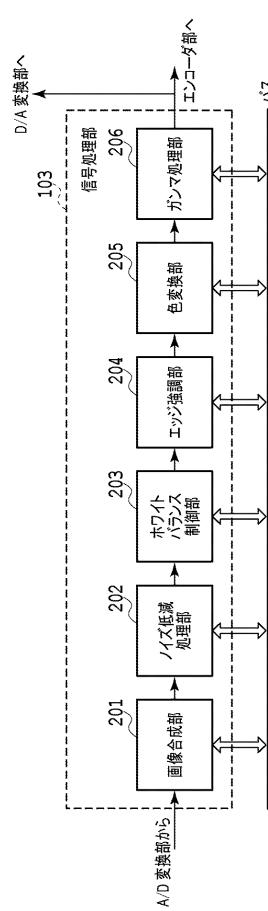
また、本発明の目的は、以下の処理を実行することによっても達成される。即ち、上述した実施形態の機能を実現するソフトウェアのプログラムコードを記録した記憶媒体を、 50

システム或いは装置に供給し、そのシステム或いは装置のコンピュータ（またはCPUやMPU等）が記憶媒体に格納されたプログラムコードを読み出す処理である。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身が前述した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及び該プログラムコードを記憶した記憶媒体は本発明を構成することになる。

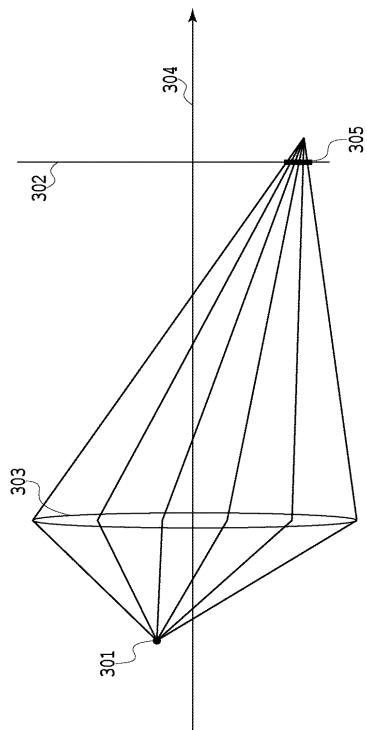
【 図 1 】



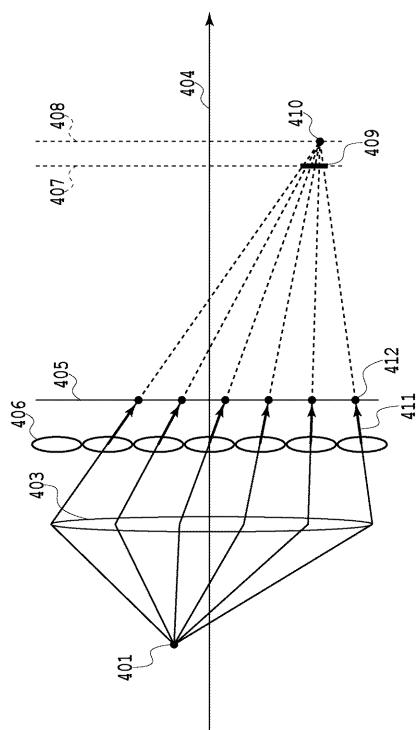
【 図 2 】



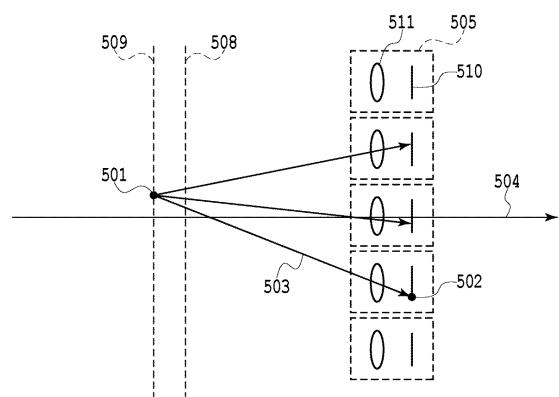
【図3】



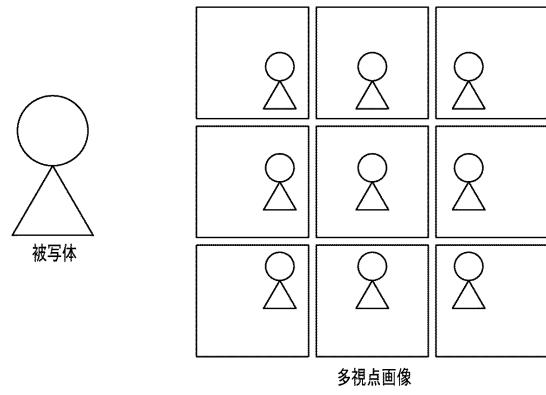
【図4】



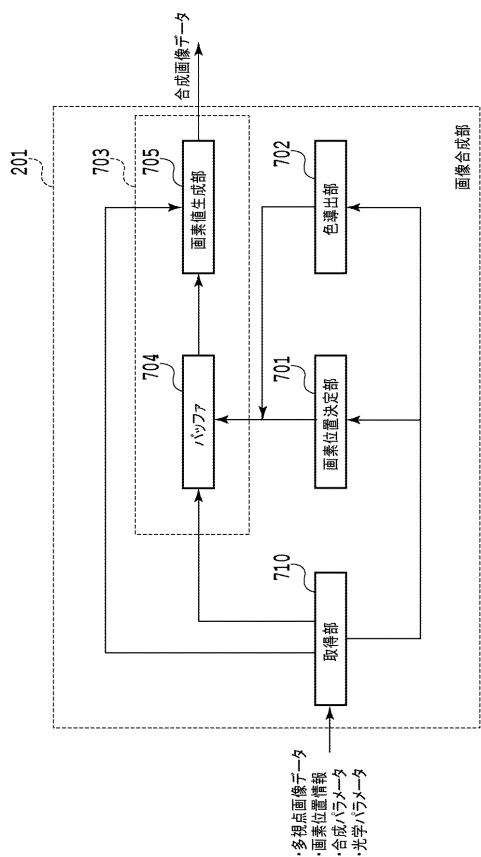
【図5】



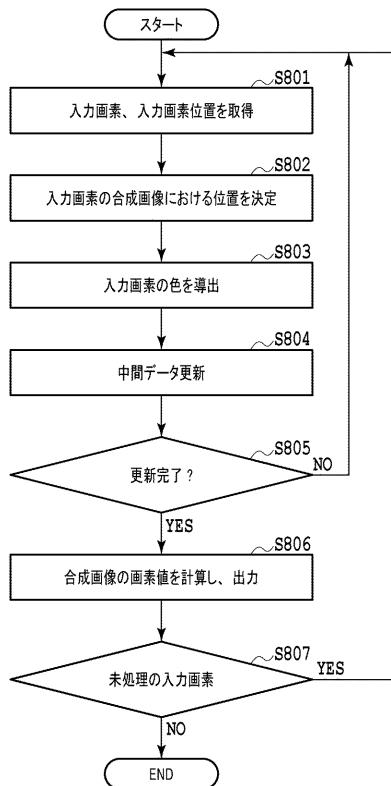
【図6】



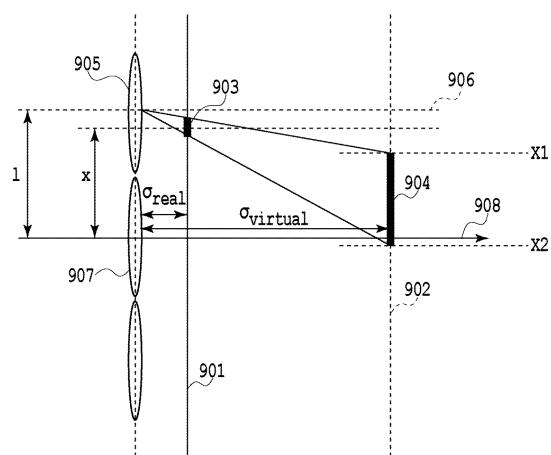
【図7】



【図8】



【図9】



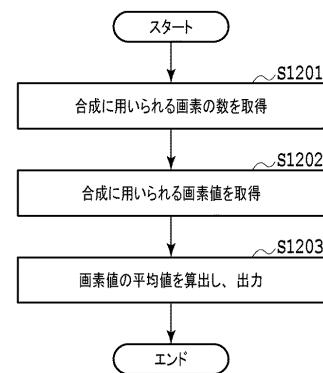
【図10】

R	G	R	G	R	G
G	B	G	B	G	B
R	G	R	G	R	G
G	B	G	B	G	B
R	G	R	G	R	G
G	B	G	B	G	B

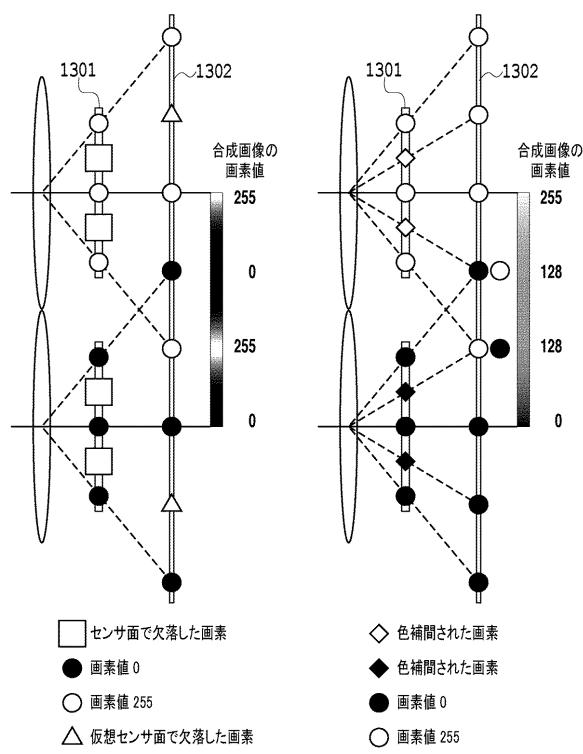
【図 1 1】

合成画像の 画素位置	色	多視点画像の画素値
⋮	⋮	⋮
(10,9)	B	21
	R	24
1101	R	26
	G	32
1102	G	34
	B	22
1103	R	25
⋮	⋮	⋮

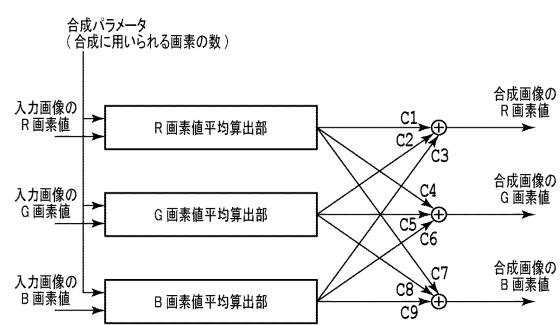
【図 1 2】



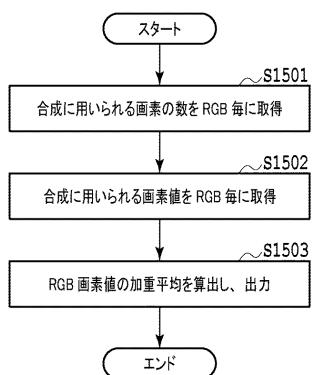
【図 1 3】



【図 1 4】



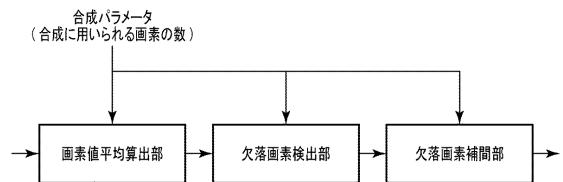
【図15】



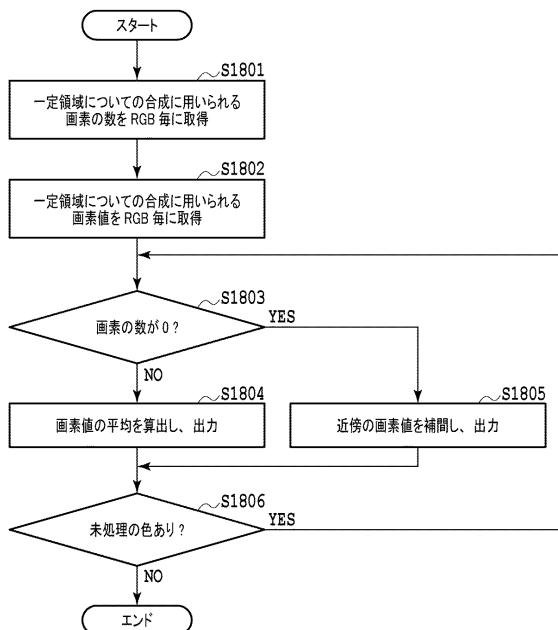
【図16】

1600	15	15	15	15	10
1601	15	15	15	15	5
1602	20	10	10	15	5
1603	20	10	15	15	10
1604	20	10	10	15	10

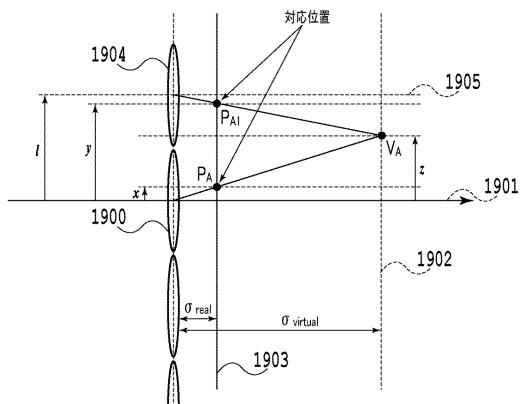
【図17】



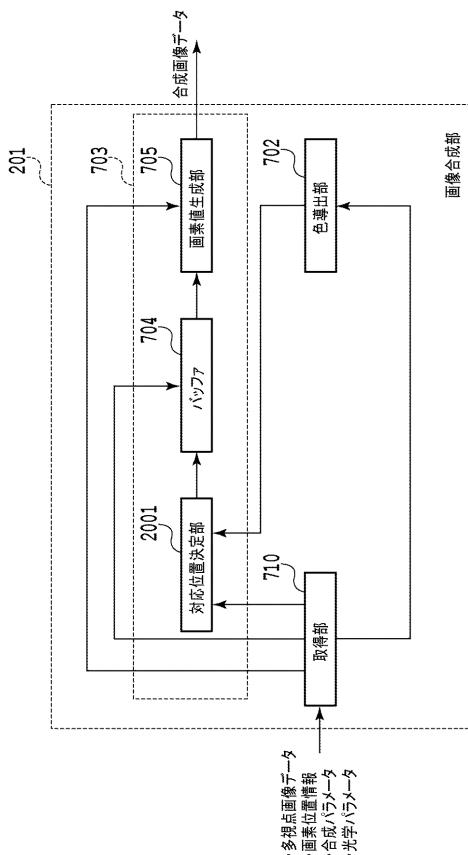
【図18】



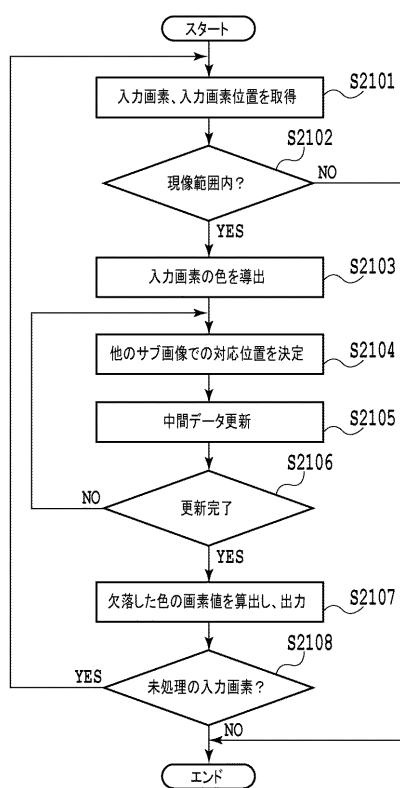
【図19】



【図20】



【図21】



【図22】

対応画素位置	色の種別	画素値
(100,100)	B	21
(100,200)	R	24
(100,300)	R	26
(200,100)	G	32
(200,200)	G	34
(200,300)	B	22
(300,100)	R	25

フロントページの続き

(56)参考文献 特開2009-021683(JP,A)
特開2009-124213(JP,A)
特開2007-004471(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G 06 T 1 / 00 - 1 / 40
G 06 T 3 / 00 - 5 / 50
G 06 T 9 / 00 - 9 / 40
H 04 N 5 / 222 - 5 / 257
H 04 N 9 / 04 - 9 / 11