

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第6655379号
(P6655379)

(45) 発行日 令和2年2月26日 (2020.2.26)

(24) 登録日 令和2年2月5日 (2020.2.5)

(51) Int. Cl.	F I	
G 0 6 T 5/50 (2006.01)	G O 6 T 5/50	
G 0 2 B 3/00 (2006.01)	G O 2 B 3/00	A
G 0 2 B 13/00 (2006.01)	G O 2 B 13/00	

請求項の数 12 外国語出願 (全 16 頁)

(21) 出願番号	特願2015-246946 (P2015-246946)	(73) 特許権者	518341334
(22) 出願日	平成27年12月18日 (2015.12.18)		インターデジタル シーイー パテント
(65) 公開番号	特開2016-122444 (P2016-122444A)		ホールディングス
(43) 公開日	平成28年7月7日 (2016.7.7)		フランス国, 75017 パリ, ル デュ
審査請求日	平成30年12月13日 (2018.12.13)		コロネル モル 3
(31) 優先権主張番号	14307106.6	(74) 代理人	100079108
(32) 優先日	平成26年12月19日 (2014.12.19)		弁理士 稲葉 良幸
(33) 優先権主張国・地域又は機関	欧州特許庁 (EP)	(74) 代理人	100109346
			弁理士 大貫 敏史
		(74) 代理人	100117189
			弁理士 江口 昭彦
		(74) 代理人	100134120
			弁理士 内藤 和彦
		(74) 代理人	100108213
			弁理士 阿部 豊隆

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 焦点スタックから適応スライス画像を生成する方法および装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

再合焦画像の焦点スタックから、該焦点スタックから導出した全焦点画像を使用して適応スライス画像を生成する装置であって、

前記焦点スタック中においてスライス画像を選択し、

前記適応スライス画像中に合焦させる、前記全焦点画像中の少なくとも1つの被写体を選択し、

前記全焦点画像中の前記選択した少なくとも1つの被写体を前記選択したスライス画像に合成することによって前記適応スライス画像を生成するように構成されたプロセッサを有する、前記装置。

【請求項 2】

前記プロセッサは、前記焦点スタックを使用して奥行きマップ画像を推定し、該奥行きマップ画像に基づいて前記全焦点画像を生成することによって、前記全焦点画像を生成するようにさらに構成されている、請求項 1 に記載の装置。

【請求項 3】

前記プロセッサは、前記奥行きマップ画像中の前記少なくとも1つの被写体をセグメント化するようにさらに構成されており、前記少なくとも1つの被写体は前記奥行きマップ画像中においてそれぞれの奥行きを有する、請求項 2 に記載の装置。

【請求項 4】

前記プロセッサは、被写体に属するピクセルをグループ化して、前記ピクセルのグルー

ブを前記被写体と関連付けるようにさらに構成されている、請求項 3 に記載の装置。

【請求項 5】

前記プロセッサは、前記被写体に属する前記ピクセルのグループ中の任意のピクセルを選択することによって、前記少なくとも 1 つの被写体を選択するようにさらに構成されている、請求項 4 に記載の装置。

【請求項 6】

再合焦画像の焦点スタックから、該焦点スタックから導出した全焦点画像を使用して適応スライス画像を生成する方法であって、

前記焦点スタック中においてスライス画像を選択することと、

前記適応スライス画像中に合焦させる、前記全焦点画像中の少なくとも 1 つの被写体を選択することと、

前記全焦点画像中の前記選択した少なくとも 1 つの被写体を前記選択したスライス画像に合成することによって前記適応スライス画像を生成することと、
を含む、前記方法。

【請求項 7】

前記焦点スタックを使用して奥行きマップ画像を推定することと、前記奥行きマップ画像に基づいて前記全焦点画像を生成することとをさらに含む、請求項 6 に記載の方法。

【請求項 8】

前記推定することは、前記奥行きマップ画像中の前記少なくとも 1 つの被写体をセグメント化することをさらに含み、前記少なくとも 1 つの被写体は前記奥行きマップ画像中においてそれぞれの奥行きを有する、請求項 7 に記載の方法。

【請求項 9】

前記セグメント化することは、被写体に属するピクセルをグループ化して、前記ピクセルのグループを前記被写体と関連付けることをさらに含む、請求項 8 に記載の方法。

【請求項 10】

前記全焦点画像中の少なくとも 1 つの被写体を選択することは、前記少なくとも 1 つの被写体に属する前記ピクセルのグループ中の任意のピクセルを選択することをさらに含む、請求項 9 に記載の方法。

【請求項 11】

通信ネットワークからダウンロード可能であり、かつ／またはコンピュータによって可読な媒体に記録され、かつ／またはプロセッサによって実行可能な、コンピュータ・プログラムであって、請求項 6 から 10 のいずれか 1 項に記載の方法を実施するプログラム・コード命令を含む、前記コンピュータ・プログラム。

【請求項 12】

非一時的なコンピュータ可読媒体であって、請求項 6 から 10 のいずれか 1 項に記載の方法を実施するプログラム・コード命令を含む、前記媒体に記録され、プロセッサによって実行することができるコンピュータ・プログラムを含む、前記非一時的なコンピュータ可読媒体。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本開示は、概ね、画像の焦点スタックから適応スライス画像を生成する方法および装置に関する。

【背景技術】

【0002】

プレノプティック・カメラは、主レンズとセンサとの間にマイクロレンズ・アレイを配置することによって、センサを横切る各光束に沿って進行する光の量を測定することができる。光照射野（ライトフィールド）を後処理して、1 つのシーンの異なる視点からの複数の画像を再構築することができる。光照射野画像を使用して、異なる奥行きを有する複

10

20

30

40

50

数の画像を含む焦点スタックを生成することができる。その結果として、ユーザは、画像の焦点を変化させることができる。従来のカメラと比較すると、プレノプティック・カメラは、後処理による上記の異なる視点および奥行きからのシーンの複数の画像の再構築を実現するための追加の光学情報構成要素を得ることができる。

【0003】

Lytro社から入手可能なLytroライトフィールド・カメラなどのプレノプティック・タイプ1では、マイクロレンズのアレイは、センサの前に配置される。マイクロレンズ・アレイの全てのマイクロレンズは、同じ焦点距離を有し、マイクロレンズ・アレイは、センサから焦点距離1つ離れたところに配置される。この構成により、最大の角度分解能と、低い空間分解能とを得ることができる。

10

【0004】

(例えばプレノプティック・カメラまたはカメラ・アレイによって取得した、あるいはコンピュータ生成画像(CGI)でシミュレートした)ライトフィールド画像またはビデオのデータセットを再編成して、その焦点面の近傍のレンズによって生成されるライトフィールドと同様のフロント・レンズの焦点面の近傍の光データ・ボリュームを形成する。このような焦点スタックを、図1に概略的に示す。

【0005】

カメラを用いた従来の合焦は、焦点スタック内の画像のうちの1つを選択することによってシミュレートされ、これは、カメラの主光学軸に対して直交する方向に焦点面を移動させることに対応する。これに対して、ライトフィールド・カメラでは、異なる視点および異なる焦点からのピクチャを探索することができる。従って、ライトフィールド・カメラのユーザは、通常とは異なる方法で合焦を制御することができ、例えば、図1に示すように、焦点スタックを横切る交差平面を定義して、焦点スタック内のスライス画像を抽出することができる。そのようなスライス画像は、交差平面に沿った「全焦点」画像を提供することができる。

20

【0006】

非特許文献1は、ライトフィールド画像を使用して焦点スタックを生成することができることに言及しており、プレノプティック・カメラから全焦点画像を生成することを提案している。

【0007】

ただし、被写体が焦点スタックの焦点面上に位置するときには、交差平面が図2に示すように被写体を横切るときには、被写体の左端の前面は、距離d1だけ交差平面より後方にあり、被写体の右端の前面は、距離d2だけ交差平面より前方にある。焦点面上の被写体と交差平面との間のこれらの距離により、スライス画像の再合焦プロセスが行われた後でスライス画像上に合焦した画像では、被写体の両端がぼやけることになる。

30

【先行技術文献】

【非特許文献】

【0008】

【非特許文献1】J.P.Luke他、「Near Real-Time Estimation of Super-Resolved Depth and All-in-Focus Images from a Plenoptic Camera Using Graphics Processing Units」、International Journal of Digital Multimedia Broadcasting Volume 2010

40

【非特許文献2】Wikipedia、「Bilinear interpolation」のページ

【非特許文献3】N.Sabater他、「Accurate Disparity Estimation for Plenoptic Images」、ICCP 2014

【非特許文献4】Nathan Silberman他、「Indoor Segmen

50

tation and Support Inference from RGBD Images」、ECCV-12

【発明の概要】

【課題を解決するための手段】

【0009】

本開示の一態様によれば、再合焦画像の焦点スタックから、この焦点スタックから導出した全焦点画像を使用して適応スライス画像を生成する装置は、焦点スタック中においてスライス画像を選択し、適応スライス画像中に合焦させる、全焦点画像中の少なくとも1つの被写体を選択し、全焦点画像中の選択した少なくとも1つの被写体を選択したスライス画像に合成することによって適応スライス画像を生成するように構成されたプロセッサ

10

【0010】

本開示の別の態様によれば、再合焦画像の焦点スタックから、被写体が合焦して見えるこの焦点スタックから導出した全焦点画像を使用して適応スライス画像を生成する方法は、焦点スタック中においてスライス画像を選択することと、適応スライス画像中に合焦させる、全焦点画像中の少なくとも1つの被写体を選択することと、全焦点画像中の選択した少なくとも1つの被写体を選択したスライス画像に合成することによって適応スライス画像を生成することを含むことができる。

【0011】

本開示の別の態様によれば、通信ネットワークからダウンロード可能であり、コンピュータによって可読な媒体に記録され、かつ/またはプロセッサによって実行可能なコンピュータ・プログラム製品は、本開示による方法を実施するプログラム・コード命令を含むことができる。

20

【0012】

本開示のさらに別の態様によれば、非一時的なコンピュータ可読媒体は、本開示による方法を実施するプログラム・コード命令を含む、その媒体に記録されてプロセッサによって実行することができるコンピュータ・プログラム製品を含むことができる。

【0013】

本開示の目的および利点は、特許請求の範囲に特に指摘する要素およびその組合せによって実現および達成される。

30

【0014】

以上の大まかな説明および以下の詳細な説明は、ともに例示および説明のためのものであり、請求する本発明を制限するものではないことを理解されたい。

【図面の簡単な説明】

【0015】

【図1】焦点スタック内のスライス画像の一例を示す図である。

【図2】焦点スタック内の焦点面上に位置する被写体と、被写体を横切るスライス画像とを示す図である。

【図3】プレノプティック・カメラおよびマルチアレイ・カメラの例を示す図である。

【図4】画像センサの感知表面上に配置されたセンサ領域の一例を概略的に示す平面図である。

40

【図5】理想的な完璧な薄肉レンズ・モデルを含む概略的なライトフィールド・カメラを示す図である。

【図6】本開示の実施形態による焦点スタックから適応スライス画像を生成する装置の一例を示す概略ブロック図である。

【図7】本開示の実施形態による焦点スタックから適応スライス画像を得るプロセスを説明するためのフローチャートである。

【図8】本開示の実施形態による焦点スタックから生成された適応スライス画像の一例を示す図である。

【発明を実施するための形態】

50

【 0 0 1 6 】

本開示の実施形態について、添付の図面を参照して説明する。

【 0 0 1 7 】

以下、本開示による各実施形態における焦点スタックから適応スライス画像を得る方法、装置、およびコンピュータ可読記憶媒体について説明する。

【 0 0 1 8 】

1) ライトフィールド・カメラ

図3は、プレノプティック・カメラおよびマルチアレイ・カメラの例を示す図である。ライトフィールド・カメラは、4Dライトフィールド・データを記録することができる。例えば、4Dライトフィールド・カメラは、主レンズ305と、マイクロレンズ・アレイ310と、画像センサ315とを備えるプレノプティック・カメラ300(図3(a))、またはレンズ・アレイ355と、単一の画像センサ360とを備えるマルチアレイ・カメラ350(図3(b))とすることができる。

【 0 0 1 9 】

図3(a)に示すプレノプティック・カメラ300の例では、主レンズ305は、主レンズ305の被写体視野内の被写体(図示せず)からの光を受光し、この光を主レンズ305の画像フィールドを通過させる。マイクロレンズ・アレイ310は、2次元アレイ状に配列された複数のマイクロレンズ315を含む。

【 0 0 2 0 】

図4は、画像センサの感知表面上に配列されるセンサ領域の一例を概略的に示す平面図である。図4に示すように、画像センサ400は、2次元アレイ状に配列された複数のピクセル405を含み、マイクロレンズ・アレイ410を通して被写体からの光を受光する。マイクロレンズ・アレイ410の各マイクロレンズ411は、この光を画像センサ400上の円形領域415に向けるレンズ特性を有する。円形領域415の外側輪郭は、画像センサ400上に形成されて取り込まれるマイクロレンズ画像の形状を表すことができ、この形状は、マイクロレンズ411の形状によって決まる。画像センサ400上の全てのピクセル405のうちで、円形領域415の実質的に内側に位置するピクセル405のみが、撮像に寄与する。換言すれば、撮像に寄与する各ピクセル405のピクセル領域(または感知領域)は、円形領域415の実質的に内側に位置する。

【 0 0 2 1 】

ライトフィールド・カメラの画像センサ400は、2D画像内に配列された2Dマイクロレンズ画像の集合を含む画像を記録する。マイクロレンズ・アレイ410の各マイクロレンズ411は、円形領域415で表されるマイクロレンズ画像を形成する。センサ400上のピクセル405の座標は、図4に示すように、画像センサ400の表面上のx-y座標系内の(x, y)で示される。図4に示す距離pは、2つの連続するマイクロレンズ画像の間の距離である。マイクロレンズ411は、距離pがピクセル405のサイズより大きくなるように選択される。図4に示す距離wは、2つの連続するマイクロレンズ画像の間のずれ距離である。マイクロレンズ画像は、図4に示すように、画像センサ400の表面上のi-j座標系内のそれぞれの座標(i, j)で参照される。

【 0 0 2 2 】

上述のように、円形領域415の実質的に内側に位置するピクセル405のみが、マイクロレンズ411を通して光を受光する。マイクロレンズ間の空間を遮蔽して、光子(フォトン)がマイクロレンズ411の外側を通過するのを防止することができる(マイクロレンズ411が正方形で、マイクロレンズ間の空間が形成されない場合には、このような遮蔽は不要である)。

【 0 0 2 3 】

マイクロレンズ画像(i, j)の中心は、画像センサ400上の座標(x_i, j, y_i, j)に位置する。図4中のθは、ピクセル405の正方格子とマイクロレンズ411の正方格子の間の角度を表す。座標(x_i, j, y_i, j)は、マイクロレンズ画像(0, 0)のピクセル座標である($x_0, 0, y_0, 0$)を考慮した以下の数式(1)によって

演繹することができる。

【 0 0 2 4 】

【 数 1 】

$$\begin{bmatrix} x_{i,j} \\ y_{i,j} \end{bmatrix} = p \begin{bmatrix} \cos \theta & -\sin \theta \\ \sin \theta & \cos \theta \end{bmatrix} \begin{bmatrix} i \\ j \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} x_{0,0} \\ y_{0,0} \end{bmatrix} \quad (1)$$

【 0 0 2 5 】

距離 p および w は、ピクセルの単位で与えられる。これらの距離は、ピクセル・サイズを乗算することによって、物理的な距離単位（メートル） P および W にそれぞれ変換される。すなわち、 $W = w$ 、 $P = p$ である。これらの距離は、ライトフィールド・カメラの特徴によって決まる。

10

【 0 0 2 6 】

2) ライトフィールド・カメラの光学特性

ここで、ライトフィールド・カメラの例示的な光学特性について、理想的な完璧な薄肉レンズ・モデルを含む概略的なライトフィールド・カメラを示す図 5 を参照して説明する。

【 0 0 2 7 】

主レンズは、焦点距離 F および口径 ϕ を有する。マイクロレンズ・アレイは、焦点距離 f を有するマイクロレンズを含む。マイクロレンズ・アレイのピッチは、 d である。マイクロレンズ・アレイは、主レンズから距離 D であり、且つセンサから距離 d のところに位置する。被写体（図示せず）は、主レンズから距離 z のところに位置する。この被写体は、主レンズによって、主レンズから距離 z' のところに合焦される。図 5 は、 $D > z'$ である場合を示している。この場合には、マイクロレンズ画像は、 d および f に応じてセンサ上に合焦することができる。

20

【 0 0 2 8 】

ずれ W は、被写体（図示せず）と主レンズとの間の距離 z とともに変化する。 W と z との関係を確認するためには、薄肉レンズの数式（2）、およびタレスの法則の数式（3）に依拠することができる。

【 0 0 2 9 】

30

【 数 2 】

$$\frac{1}{z} + \frac{1}{z'} = \frac{1}{F} \quad (2)$$

$$\frac{D-z'}{\phi} = \frac{D-z'+d}{W} \quad (3)$$

【 0 0 3 0 】

次いで、数式（2）と（3）を混合することにより、以下の数式（4）を演繹する。

40

【 0 0 3 1 】

【 数 3 】

$$W = \phi \left(1 + \frac{d}{D - \frac{zF}{z-F}} \right) \quad (4)$$

【 0 0 3 2 】

W と z との関係では、マイクロレンズ画像が合焦していることを前提とはしていない。マイクロレンズ画像は、以下の薄肉レンズの数式によれば、厳密に合焦している。

【 0 0 3 3 】

【数 4】

$$\frac{1}{D-z'} + \frac{1}{d} = \frac{1}{f} \quad (5)$$

【0034】

3) 画像の再合焦

ライトフィールド・カメラの重要な特性は、画像の撮影後に再合焦距離が自由に調節可能である場合に、2D再合焦画像を計算することができることである。単にマイクロレンズ画像をシフトおよびズームし、その後それらを合計して2D画像にすることによって、
 サイズ $[N_x, N_y]$ を有する4Dライトフィールド画像 L が、2D画像に投影される。
 マイクロレンズ画像のシフトの量によって、再合焦距離を制御する。4Dライトフィールド・ピクセル $L(x, y, i, j)$ の再合焦2D画像座標 (X, Y) への投影は、以下の数式によって定義される。

10

【0035】

【数 5】

$$\begin{bmatrix} X \\ Y \end{bmatrix} = sg \left(\begin{bmatrix} x \\ y \end{bmatrix} - \begin{bmatrix} x_{i,j} \\ y_{i,j} \end{bmatrix} \right) + s \begin{bmatrix} x_{i,j} \\ y_{i,j} \end{bmatrix} \quad (6)$$

ここで、 s は、2D再合焦画像のサイズを調節し、 g は、再合焦画像の合焦距離を調節する。この数式(6)は、数式(1)を考慮することによって、数式(7)に書き換えることができる。

20

【0036】

【数 6】

$$\begin{bmatrix} X \\ Y \end{bmatrix} = sg \begin{bmatrix} x \\ y \end{bmatrix} + sp(1-g) \begin{bmatrix} \cos \theta & -\sin \theta \\ \sin \theta & \cos \theta \end{bmatrix} \begin{bmatrix} i \\ j \end{bmatrix} + s(1-g) \begin{bmatrix} x_{0,0} \\ y_{0,0} \end{bmatrix} \quad (7)$$

【0037】

パラメータ g は、数式(8)のように p および w の関数として表現することができる。パラメータ g は、同じ被写体の様々なズーム・ビューが重なり合うように、マイクロレンズ画像のそれぞれの中心を基準として使用して、マイクロレンズ画像上で実行されるべきズームを表す。

30

【0038】

【数 7】

$$g = \frac{p}{p-w} \quad (8)$$

【0039】

数式(7)は、以下のようになる。

【0040】

40

【数 8】

$$\begin{bmatrix} X \\ Y \end{bmatrix} = sg \begin{bmatrix} x \\ y \end{bmatrix} - sgw \begin{bmatrix} \cos \theta & -\sin \theta \\ \sin \theta & \cos \theta \end{bmatrix} \begin{bmatrix} i \\ j \end{bmatrix} + \frac{sgw}{p} \begin{bmatrix} x_{0,0} \\ y_{0,0} \end{bmatrix} \quad (9)$$

【0041】

4Dライトフィールド・ピクセル (x, y, i, j) は、2D再合焦画像に投影される。事前に、再合焦画像 R および再合焦画像重み R_{weight} を0に設定する。再合焦画像のサイズ $[N_x, N_y]$ は、4Dライトフィールド画像のサイズの s 倍に設定される ($[N_x, N_y] = [sN_x, sN_y]$)。この投影は、座標 (X, Y) の投影ピクセルを

50

合計して再合焦画像にすることによって実行される。投影された4Dライトフィールド・ピクセルのそれぞれについて、ピクセル座標 (X, Y) で1を追加することによって再合焦画像重みを更新する。

$$\begin{aligned} R(X, Y) &+= L(x, y, i, j) \\ W(X, Y) &+= 1 \end{aligned} \quad (10)$$

【0042】

再合焦画像重みは、座標 (X, Y) について、これまでにいくつの4Dライトフィールド・ピクセルが投影されたかを表している。Lの全ての4Dライトフィールド・ピクセルを投影した後で、再合焦画像Rを、再合焦画像重み R_{weight} で割る。この最後のステップで、座標 (X, Y) について受け取ったピクセルの数を調和させる。

10

【0043】

投影座標 (X, Y) は、必ずしも整数座標であるとは限らないので、必要に応じて補間技術を使用して、非整数のピクセル座標 (X, Y) を再合焦画像Rおよび再合焦画像重み R_{weight} のグリッドにマッピングすることができる。補間技術は、一般的に使用されており、例示的な説明は、例えば非特許文献2に見ることができる。従って、本明細書では、補間技術についての詳細な説明は省略する。

【0044】

4) 焦点スタック (focal stack)

焦点スタックは、画像の立方体を定義するN個の再合焦画像 R_n ($n \in [1, N]$)の集合である。ここで、Nは、ユーザが選択する画像の数である。N個の再合焦画像を、数式(4)および(8)によって定義される z_{min} と z_{max} の間の合焦距離の範囲に対応する g_{min} から g_{max} の間で線形に変化する g について計算する。別の選択肢は、数式(4)によって定義される z_{min} と z_{max} の間の合焦距離の範囲に対応する w_{min} から w_{max} の間で線形に変化する w を用いて焦点スタックを計算するものである。 g または w の min および max の境界は、 z_{min} および z_{max} の範囲内の合焦距離で再合焦画像を包含するようにユーザによって定義される。

20

【0045】

本実施形態で説明する焦点スタックの計算は、4Dライトフィールドがレンズ・アレイと必要に応じて主レンズとを備える単一の画像センサによって記録されることを前提としている。ただし、焦点スタックの計算は、このようなタイプのライトフィールド・カメラによって記録される4Dライトフィールドに限定されるわけではなく、従って、任意のタイプのライトフィールド・カメラで記録される4Dライトフィールドに基づいて、再合焦画像の焦点スタックを計算することができることに留意されたい。

30

【0046】

5) 奥行きマップの推定

焦点スタックを使用して、画像中で観察されている被写体の距離を推定することができる。奥行きマップ画像Zは、再合焦画像 R_n のサイズを有する。奥行きマップ画像Zは、焦点スタックを用いて、再合焦画像 $R_n(X, Y)$ のピクセル (x, y) の鮮鋭度を、直前の再合焦画像 R_{n-1} および次の再合焦画像 R_{n+1} と比較することによって推定される。例えば、ピクセル $R_n(X, Y)$ が直前の再合焦画像 R_{n-1} および次の再合焦画像 R_{n+1} より鮮鋭である場合には、奥行きマップ画像は、再合焦画像 $R_n(X, Y)$ のピクセル (x, y) に基づいて、 $Z(X, Y) = n$ によって実現される。奥行きマップは、 (N_x, N_y) に属する全てのピクセル (X, Y) について推定される。

40

【0047】

ピクセル $R_n(X, Y)$ の鮮鋭度 $S_n(X, Y)$ は、例えば、 $R_n(X, Y)$ の周りのピクセルについて高周波数でのエネルギーの量を計算することによって推定される。鮮鋭度 $S_n(X, Y)$ は、以下のように表現することができる。

$$S_n(X, Y) = (-R_n(X-1, Y) - R_n(X+1, Y) - R_n(X, Y-1) - R_n(X, Y+1) + 4R_n(X, Y))^2 \quad (11)$$

【0048】

50

6) 全焦点画像 (all-in-focus image)

全焦点画像 R_{all} は、奥行きマップ画像 Z によって得ることができる。全焦点画像 R_{all} は、全ての被写体が合焦して見える再合焦画像に対応する。全焦点画像 R_{all} は、所与のピクセル位置 (x, y) で奥行きマップ画像 Z によって与えられる指標を考慮することにより、焦点スタック内のピクセルを集めることによって得られる。すなわち、 $R_{all}(X, Y) = R_z(x, y)(X, Y)$ である。

【0049】

7) スライス画像

再合焦する2Dスライス画像 R_{slice} は、焦点スタック内の少なくとも2つの画像を横切る交差平面を定義することによって得ることができる。スライス画像の座標は、焦点スタックの座標系内のその法線によって指定され、その法線は、再合焦スライス画像 R_{slice} を選択するためにユーザによって与えられる。

【0050】

8) スライス画像および全焦点画像からの、合焦させる(1つまたは複数の)被写体の選択

本開示の実施形態によれば、再合焦適応スライス画像を得る手法がユーザに提供される。この再合焦画像は、装置のディスプレイのグラフィカル・ユーザ・インタフェース(GUI)を使用して、全焦点画像 R_{all} から少なくとも1つの合焦させる被写体を選択することによって作成される。

【0051】

図6は、本開示の実施形態による、焦点スタックから適応スライス画像を生成する装置の一例を示す概略ブロック図である。

【0052】

図6に示す装置60は、プロセッサ61と、記憶ユニット62と、入力デバイス63と、ディスプレイ・デバイス64と、インタフェース・ユニット65とを含み、これらの構成要素は、バス66で接続されている。もちろん、コンピュータ装置60の構成要素は、バス66を使用するバス接続以外の接続で接続されていてもよい。

【0053】

プロセッサ61は、装置60の動作を制御する。記憶ユニット62は、プロセッサ61によって実行される少なくとも1つのプログラム、ならびにライトフィールド・カメラによって取り込まれて提供される4Dライトフィールド画像のデータ、プロセッサ61によって実行される計算で使用されるパラメータ、およびプロセッサ61によって実行される計算の中間データなどを含む様々なデータを記憶する。プロセッサ61は、任意の既知の適当なハードウェア、ソフトウェア、またはハードウェアとソフトウェアの組合せによって構成することができる。例えば、プロセッサ61は、処理回路などの専用ハードウェアによって、またはそのメモリに記憶されたプログラムを実行するCPU(中央処理装置)などのプログラマブル処理ユニットによって構成することができる。

【0054】

記憶ユニット62は、プログラムまたはデータなどをコンピュータ可読的に記憶することができる任意の適当な記憶装置または手段によって構成することができる。記憶ユニット62の例としては、半導体メモリ・デバイス、ならびに読取りおよび書込みユニットにロードされる磁氣的、光学的または光磁氣的な記録媒体など、非一時的なコンピュータ可読記憶媒体が挙げられる。プログラムによって、プロセッサ61は、図7を参照して後述する本開示の実施形態による焦点スタックから適応スライス画像を得るプロセスを実行する。

【0055】

入力デバイス63は、ユーザがコマンドを入力し、画像内の合焦させる部分をユーザが選択するために使用する、キーボード、またはマウスなどのポインティング・デバイスなどによって構成することができる。出力デバイス64は、例えばグラフィカル・ユーザ・インタフェース(GUI)、焦点スタックの画像、スライス画像、および奥行きマップ画

10

20

30

40

50

像を表示するディスプレイ・デバイスによって構成することができる。入力デバイス 63 と出力デバイス 64 は、例えばタッチスクリーン・パネルによって一体的に構成することもできる。

【0056】

インタフェース・ユニット 65 は、装置 60 と外部装置との間のインタフェースとなる。インタフェース・ユニット 65 は、ケーブルまたは無線通信を介して外部装置と通信可能であることもある。本実施形態では、外部装置は、ライトフィールド・カメラとすることができる。この場合には、ライトフィールド・カメラによって取り込まれた 4D ライトフィールド画像のデータを、ライトフィールド・カメラからインタフェース・ユニット 65 を介して装置 60 に入力し、次いで記憶ユニット 62 に記憶することができる。

10

【0057】

本実施形態では、一例として、装置 60 がライトフィールド・カメラから分離しており、両者がケーブルまたは無線通信を介して互いに通信可能であるものとして説明しているが、装置 60 は、このようなライトフィールド・カメラと一体化することもできることに留意されたい。

【0058】

図 7 は、本開示の実施形態による焦点スタックから適応スライス画像を生成するプロセスを説明するフローチャートである。

【0059】

図 7 に示すステップ S705 で、ユーザは、ライトフィールド・カメラを用いてシーンの 4D ライトフィールド画像を取り込む。取り込まれた 4D ライトフィールド画像のデータは、インタフェース・ユニット 65 を介してライトフィールド・カメラから装置 60 (図 6) に転送され、この装置の記憶ユニット 62 に記憶される。このデータ転送は、装置 60 のプロセッサ 61 によって制御することができる。装置 60 がライトフィールド・カメラと一体化されている場合には、取り込まれたライトフィールド画像のデータは、記憶ユニット 62 に直接記憶することができる。

20

【0060】

ステップ S710 で、装置 60 のプロセッサ 61 は、4D ライトフィールド画像データに基づいて、シーン内の異なる再合焦距離を有する 2D 再合焦画像 R_n を計算して、N 個の再合焦画像 R の焦点スタックを構築する。2D 再合焦画像 R および再合焦画像 R_n の焦点スタックの生成は、「3) 画像の再合焦」および「4) 焦点スタック」の項で上述したように実行することができる。生成した焦点スタックのデータは、記憶ユニット 62 に記憶される。

30

【0061】

ステップ S715 で、プロセッサ 61 は、「5) 奥行きマップの推定」の項で上述したように再合焦画像 R_n の焦点スタックを使用してシーンの奥行きマップ画像 Z を生成する。奥行きマップの計算は、非特許文献 3 でも既知である。奥行きマップ画像 Z における被写体のセグメント化も、このステップ S715 で実行されることに留意されたい。このセグメント化プロセスによれば、奥行きマップ画像 Z 中でそれぞれの奥行きを有する被写体がセグメント化される。各被写体に属するピクセル G のグループをグループ化して、それぞれの被写体と関連付けることができる。このような被写体のセグメント化プロセスは、非特許文献 4 で既知であるので、本開示では、セグメント化プロセスの詳細について説明しない。奥行きマップ画像 Z のデータおよび被写体のセグメント化情報は、記憶ユニット 62 に記憶される。

40

【0062】

ステップ S720 で、プロセッサ 61 は、「6) 全焦点画像」の項で説明したように奥行きマップ画像 Z に基づいて全焦点画像 R_{a11} を生成する。全焦点画像 R_{a11} では、画像内の全ての被写体が合焦して見え、これらの被写体は、上述のようにセグメント化されている。生成した全焦点画像 R_{a11} のデータは、記憶ユニット 62 に記憶される。

【0063】

50

ステップS705からS720は、4Dライトフィールド画像データが装置60に供給された後に、プロセッサ61によって自動的に実行することができる。

【0064】

ステップS725で、プロセッサ61は、ディスプレイ64上で第1のGUI（グラフィカル・ユーザ・インタフェース）機能を実行し、さらに、再合焦画像の焦点スタックを表示し得る。第1のGUI機能により、ユーザは、焦点スタックと交差するスライス画像 R_{slice} を選択することができる。スライス画像 R_{slice} は、GUI上で焦点スタック中の少なくとも2つの画像を横切る交差平面を設定することによって選択することができる。「7）スライス画像」の項で説明したように、スライス画像 R_{slice} の座標は、焦点スタックの座標系内のその法線によって指定され、この法線は、再合焦スライス画像 R_{slice} を選択するためにユーザによって定められる。選択したスライス画像 R_{slice} のデータは、記憶ユニット62に記憶される。

10

【0065】

ステップS730で、プロセッサ61は、ディスプレイ64上で第2のGUI機能を実行し、ディスプレイ64に全焦点画像 R_{all} を表示する。第2のGUI機能により、ユーザは、再合焦スライス画像 R_{slice} 上に合焦させる、表示された全焦点画像 R_{all} 中の（1つまたは複数の）被写体を選択することができる。ステップS715に関連して上述したように、これらの被写体はセグメント化されており、それぞれの被写体に属するピクセルはグループ化され、それぞれの被写体と関連付けられているので、ディスプレイ64のGUIにおけるユーザによる被写体の選択は、入力デバイス63を使用して、その被写体と関連付けられたピクセルGのグループ内の任意のピクセルを指すことによって行うことができる。（1つまたは複数の）被写体の選択の情報は、記憶ユニット62に記憶される。

20

【0066】

ステップS735で、プロセッサ61は、ステップS730で選択した（1つまたは複数の）被写体の合焦画像を、ステップS725で選択したスライス画像 R_{slice} に合成することによって、再合焦適応スライス画像 R_{user} を生成する。再合焦適応スライス画像 R_{user} は、ピクセルGに属さないピクセル（X, Y）については、スライス画像 R_{slice} に対応し得る。

【0067】

30

【数9】

$$R_{user}(X, Y) = \begin{cases} R_{all} & (X, Y) \in G \text{ の場合} \\ R_{slice} & \text{それ以外の場合} \end{cases} \quad (11)$$

【0068】

図8は、本開示の実施形態による焦点スタックから生成された適応スライス画像の一例を示す図である。図8に示すように、選択した被写体が適応スライス画像上で合焦して見えるように、最初に選択したスライス画像を修正して適応スライス画像を生成する。この点で、本開示で使用する「適応スライス画像」という用語は、選択した被写体が合焦して見える、最初に選択したスライス画像の修正画像として解釈することができることに留意されたい。

40

【0069】

本明細書に記載する全ての例および条件に関する表現は、本発明と当技術分野をさらに進歩させるために発明者らが与える概念とを読者が理解するのに助けるという教育的な目的を有するものであって、これらの具体的に列挙した例および条件に限定するものではないと解釈されたい。また、本明細書のこれらの例の構成は、本発明の原理の優劣を示すものではない。本開示の実施形態について詳細に説明したが、本開示の範囲を逸脱することなく、様々な変更、置換および改変をこれらの実施形態に加えることができることを理解されたい。

50

上記の実施形態に加えて、以下の付記を開示する。

(付記 1)

再合焦画像の焦点スタックから、該焦点スタックから導出した全焦点画像を使用して適応スライス画像を生成する装置であって、

前記焦点スタック中においてスライス画像を選択し、

前記適応スライス画像中に合焦させる、前記全焦点画像中の少なくとも 1 つの被写体を選択し、

前記全焦点画像中の前記選択した少なくとも 1 つの被写体を前記選択したスライス画像に合成することによって前記適応スライス画像を生成するように構成されたプロセッサを有する、前記装置。

10

(付記 2)

前記プロセッサは、前記焦点スタックを使用して奥行きマップ画像を推定し、該奥行きマップ画像に基づいて前記全焦点画像を生成することによって、前記全焦点画像を生成するようにさらに構成されている、付記 1 に記載の装置。

(付記 3)

前記プロセッサは、前記奥行きマップ画像中の前記少なくとも 1 つの被写体をセグメント化するようにさらに構成されており、前記少なくとも 1 つの被写体は前記奥行きマップ画像中においてそれぞれの奥行きを有する、付記 2 に記載の装置。

(付記 4)

前記プロセッサは、被写体に属するピクセルをグループ化して、前記ピクセルのグループを前記被写体と関連付けるようにさらに構成されている、付記 3 に記載の装置。

20

(付記 5)

前記プロセッサは、前記被写体に属する前記ピクセルのグループ中の任意のピクセルを選択することによって、前記少なくとも 1 つの被写体を選択するようにさらに構成されている、付記 4 に記載の装置。

(付記 6)

再合焦画像の焦点スタックから、該焦点スタックから導出した全焦点画像を使用して適応スライス画像を生成する方法であって、

前記焦点スタック中においてスライス画像を選択することと、

前記適応スライス画像中に合焦させる、前記全焦点画像中の少なくとも 1 つの被写体を選択することと、

30

前記全焦点画像中の前記選択した少なくとも 1 つの被写体を前記選択したスライス画像に合成することによって前記適応スライス画像を生成することと、
を含む、前記方法。

(付記 7)

前記焦点スタックを使用して奥行きマップ画像を推定することと、前記奥行きマップ画像に基づいて前記全焦点画像を生成することとをさらに含む、付記 6 に記載の方法。

(付記 8)

前記推定することは、前記奥行きマップ画像中の前記少なくとも 1 つの被写体をセグメント化することをさらに含み、前記少なくとも 1 つの被写体は前記奥行きマップ画像中においてそれぞれの奥行きを有する、付記 7 に記載の方法。

40

(付記 9)

前記セグメント化することは、被写体に属するピクセルをグループ化して、前記ピクセルのグループを前記被写体と関連付けることをさらに含む、付記 8 に記載の方法。

(付記 10)

前記全焦点画像中の少なくとも 1 つの被写体を選択することは、前記少なくとも 1 つの被写体に属する前記ピクセルのグループ中の任意のピクセルを選択することをさらに含む、付記 9 に記載の方法。

(付記 11)

通信ネットワークからダウンロード可能であり、かつ / またはコンピュータによって可

50

読な媒体に記録され、かつ／またはプロセッサによって実行可能な、コンピュータ・プログラム製品であって、付記 6 から 10 のいずれか 1 つに記載の方法を実施するプログラム・コード命令を含む、前記コンピュータ・プログラム製品。

(付記 1 2)

非一時的なコンピュータ可読媒体であって、付記 6 から 10 のいずれか 1 つに記載の方法を実施するプログラム・コード命令を含む、前記媒体に記録され、プロセッサによって実行することができるコンピュータ・プログラム製品を含む、前記非一時的なコンピュータ可読媒体。

【 図 1 】

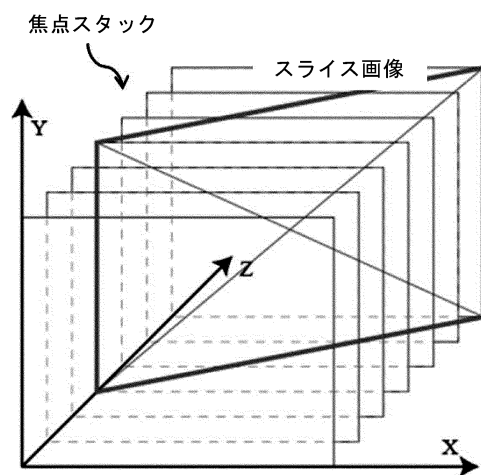


図1

【 図 2 】

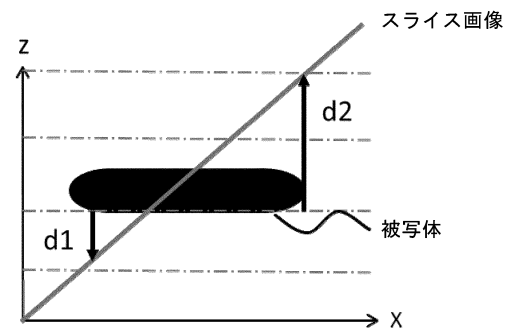


図2

【図3】

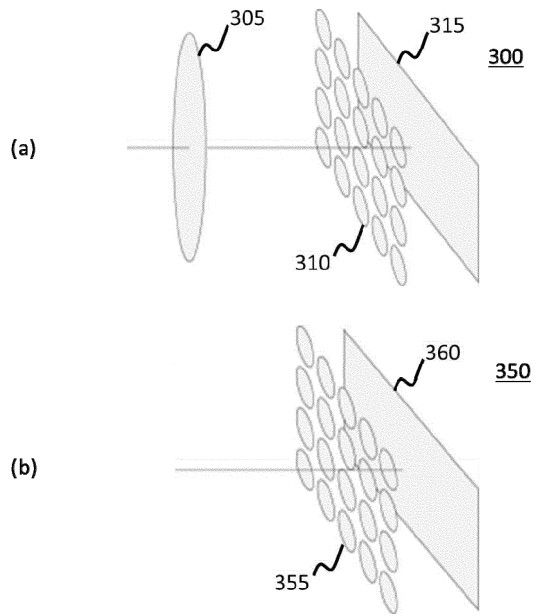


図3

【図4】

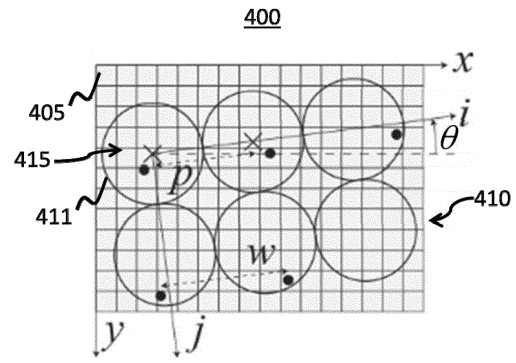


図4

【図5】

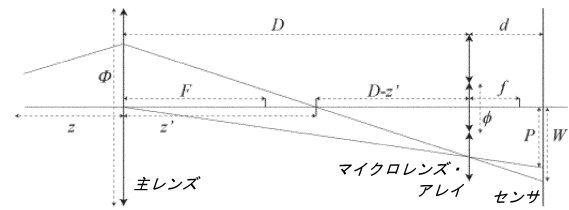


図5

【図6】

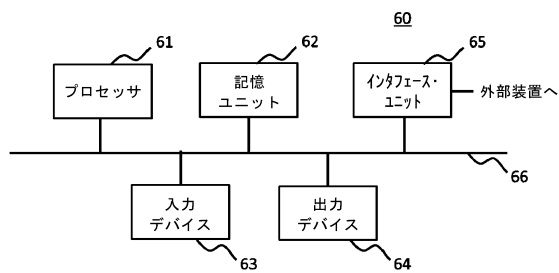


図6

【図7】

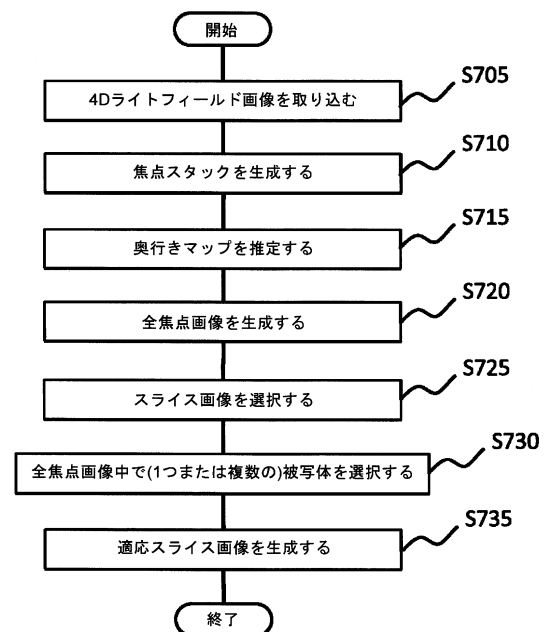


図7

【図 8】

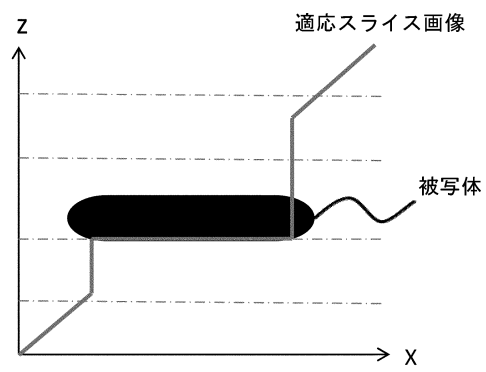


図8

フロントページの続き

(72)発明者 ジュエ, ピエリック

フランス国 3 5 5 7 6 セゾン セビニエ セーエス 1 7 6 1 6 ゼドアーサー・デ・シャン
・ブラン アベニユー・デ・シャン・ブラン 9 7 5 テクニカラー・アール・アンド・デー
フランス

(72)発明者 ドラジツク, バルテル

フランス国 3 5 5 7 6 セゾン セビニエ セーエス 1 7 6 1 6 ゼドアーサー・デ・シャン
・ブラン アベニユー・デ・シャン・ブラン 9 7 5 テクニカラー・アール・アンド・デー
フランス

(72)発明者 ロベール, フィリップ

フランス国 3 5 5 7 6 セゾン セビニエ セーエス 1 7 6 1 6 ゼドアーサー・デ・シャン
・ブラン アベニユー・デ・シャン・ブラン 9 7 5 テクニカラー・アール・アンド・デー
フランス

(72)発明者 バンダム, ブノワ

フランス国 3 5 5 7 6 セゾン セビニエ セーエス 1 7 6 1 6 ゼドアーサー・デ・シャン
・ブラン アベニユー・デ・シャン・ブラン 9 7 5 テクニカラー・アール・アンド・デー
フランス

審査官 山田 辰美

(56)参考文献 特開2014-039125(JP, A)

特開2013-145982(JP, A)

特開2009-171466(JP, A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G 0 6 T 5 / 5 0

G 0 2 B 3 / 0 0

G 0 2 B 1 3 / 0 0

I E E E X p l o r e