

特 許 証  
(CERTIFICATE OF PATENT)

特許第 3 9 5 2 7 7 6 号  
(PATENT NUMBER)

発明の名称(TITLE OF THE INVENTION)

カメラ構造及び立体カメラ

特許権者(PATENTEE)

イスラエル国エルサレム 9 1 3 9 0 ・ギバットラム ・エドモンドサフラキャンパス ・  
ハイテクパーク (番地無し)

国籍 イスラエル国

イツサム ・リサーチ ・ディベロップメント ・カンパニー ・オブ ・ザ ・ヘブラー ・  
ユニバーシティ ・オブ ・エルサレム

発明者(INVENTOR)

ペレグ シュミュエル

ベン エツラ モシエ

プリッチ イェール

出願番号(APPLICATION NUMBER)

特願 2 0 0 1 - 5 7 6 5 1 6

出願年月日(FILING DATE)

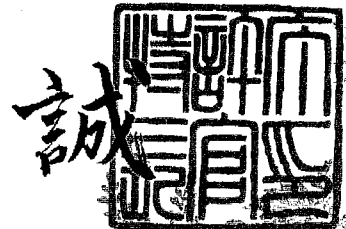
平成 1 2 年 1 1 月 3 0 日 (November 30, 2000)

この発明は、特許するものと確定し、特許原簿に登録されたことを証する。  
(THIS IS TO CERTIFY THAT THE PATENT IS REGISTERED ON THE REGISTER OF THE JAPAN PATENT OFFICE.)

平成 1 9 年 5 月 1 1 日 (May 11, 2007)

特許庁長官 (COMMISSIONER, JAPAN PATENT OFFICE)

中 嶋



(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第3952776号

(P3952776)

(45) 発行日 平成19年8月1日(2007.8.1)

(24) 登録日 平成19年5月11日(2007.5.11)

(51) Int. Cl.

F I

<b>GO3B</b>	<b>37/00</b>	<b>(2006.01)</b>	<b>GO3B</b>	<b>37/00</b>	<b>A</b>
<b>GO2B</b>	<b>3/02</b>	<b>(2006.01)</b>	<b>GO2B</b>	<b>3/02</b>	
<b>GO2B</b>	<b>3/08</b>	<b>(2006.01)</b>	<b>GO2B</b>	<b>3/08</b>	
<b>GO3B</b>	<b>35/08</b>	<b>(2006.01)</b>	<b>GO3B</b>	<b>35/08</b>	
<b>HO4N</b>	<b>13/02</b>	<b>(2006.01)</b>	<b>HO4N</b>	<b>13/02</b>	

請求項の数 10 (全 21 頁)

(21) 出願番号	特願2001-576516 (P2001-576516)	(73) 特許権者	504000281
(86) (22) 出願日	平成12年11月30日(2000.11.30)		イッサム・リサーチ・ディベロップメント
(65) 公表番号	特表2003-532914 (P2003-532914A)		・カンパニー・オブ・ザ・ヘブルー・ユニ
(43) 公表日	平成15年11月5日(2003.11.5)		バーシティ・オブ・エルサレム
(86) 国際出願番号	PCT/IB2000/001889		イスラエル国エルサレム91390・ギバ
(87) 国際公開番号	WO2001/079908		ットラム・エドモンドサフラキャンパス・
(87) 国際公開日	平成13年10月25日(2001.10.25)		ハイテクパーク (番地無し)
審査請求日	平成16年10月6日(2004.10.6)	(74) 代理人	100075258
(31) 優先権主張番号	60/174,099		弁理士 吉田 研二
(32) 優先日	平成11年12月31日(1999.12.31)	(74) 代理人	100096976
(33) 優先権主張国	米国(US)		弁理士 石田 純
(31) 優先権主張番号	60/198,381	(72) 発明者	ベレグ シュミュエル
(32) 優先日	平成12年4月19日(2000.4.19)		イスラエル メバセレット ジオン メロ
(33) 優先権主張国	米国(US)		ン ストリート 34/8

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 カメラ構造及び立体カメラ

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

カメラ構造であって、

シーンのイメージを記録するカメラと、

前記カメラの周囲に配置されシーンからの複数の光線を前記カメラに向けて屈折するレンズであって、前記カメラの配置位置である光心を含む軸を中心とする円筒形あるいは球形の内面を有し、屈折しないと仮定した場合に半径がゼロでない所定の円に接することとなる複数の光線を前記カメラに向けて屈折するレンズと、

を備えるカメラ構造。

【請求項2】

請求項1に記載のカメラ構造において、

前記光線は、左右1組の立体ビューイング位置における一連の左ビューイング位置に対応するカメラ構造。

【請求項3】

請求項1に記載のカメラ構造において、

前記光線は、左右1組の立体ビューイング位置における一連の右ビューイング位置に対応するカメラ構造。

【請求項4】

請求項1から3のいずれか1項に記載のカメラ構造において、

前記レンズが連続する外面を有するカメラ構造。

10

20

## 【請求項 5】

請求項 1 から 3 のいずれか 1 項に記載のカメラ構造において、  
前記レンズは不連続外面を有するフレネルレンズであるカメラ構造。

## 【請求項 6】

請求項 5 に記載のカメラ構造において、  
前記カメラは光心に位置し、前記フレネルレンズは、滑らかな連続内面を形成する複数のレンズセグメントと、表面要素を含む不連続な外面とを含み、前記連続した内面は前記光心を含む軸を中心とした円筒形状であり、前記不連続な外面はシーンから向けられた、屈折しないと仮定した場合に半径がゼロでない所定の円に接することとなる複数の光線を前記光心に向けて屈折するカメラ構造。

10

## 【請求項 7】

請求項 1 から 6 のいずれか 1 項に記載のカメラ構造を少なくとも 1 つ備える立体カメラ。

## 【請求項 8】

請求項 7 に記載の立体カメラにおいて、  
前記少なくとも 1 つのカメラ構造のそれぞれのレンズは、ある方向範囲から入射するシーンからの複数の光線を少なくとも 1 つのカメラに向けて屈折し、該カメラに 1 対の立体パノラマイメージを提供する立体カメラ。

## 【請求項 9】

請求項 7 に記載の立体カメラにおいて、  
左右の立体イメージをそれぞれ記録する 1 対のカメラ構造を含む立体カメラ。

20

## 【請求項 10】

請求項 7 に記載の立体カメラにおいて、  
左右両方の立体イメージを記録するように構成された単一のカメラ構造を含み、前記カメラ構造は、左及び右レンズ要素それぞれからの光線を区別するためのそれぞれの識別要素を有し、前記識別要素は、互いに逆相で開閉されることにより左右の立体イメージの連続的記録を可能にする左右の立体イメージそれぞれのシャッタ、または前記左右の立体イメージの同時記録を可能にする偏光子を含む立体カメラ。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

30

## 技術分野

本発明は一般にイメージを記録する分野に関し、詳細には、立体パノラマイメージ対において有用なパノラマイメージを記録するための立体パノラマカメラ配置に関する。本発明はさらに、個々のパノラマイメージを記録するためのカメラ配置であって、上記立体パノラマカメラ配置で使用することができるカメラ配置に関する。

## 【0002】

## 背景技術

パノラマイメージは、最大 360° の広い視界を有するシーンのイメージである。パノラマイメージは、広い視界を提供する広角レンズ、ミラーなどを使用して記録することができる。より広い視界のパノラマイメージは、例えば、特定の点の周囲の複数のイメージを記録し、従来のモザイク化（モザイクキング）技法を使用して単一のモザイクイメージを生み出すことによって生み出すことができる。従来のコンピュータグラフィックス技法を使用して、シミュレートされたシーンのパノラマイメージを生み出すこともできる。立体的パノラマイメージは、当業者に周知のさまざまな技法を使用して生み出すことができる。Joshua Gluckman 他、「Real-Time Omnidirectional And Panoramic Stereo」、DARPA Image Understanding Workshop、1998 に記載されている一技法では、共通の軸に沿って垂直方向に変位した 2 台の全方向カメラが、周囲のシーンのパノラマイメージを記録する。カメラは変位しているので、カメラが記録したイメージ対は、組み合わせて考えたときに、カメラの周囲のシーン中の物体の深度情報を提供する。しかし変位は

40

50

垂直方向なので、記録されたイメージは、人間の立体パノラマとしては不適當である。

【0003】

発明の開示

一態様において本発明は、立体パノラマイメージ対において有用なパノラマイメージを記録するための新しい改良式の立体パノラマカメラを提供する。本発明はさらに、個々のパノラマイメージを記録するための新しい改良式のカメラ構造であって、上記立体パノラマカメラで使用することができるカメラ構造を提供する。

【0004】

簡単には本発明のカメラ構造は、シーンのイメージを記録するカメラと、前記カメラの周囲に配置されシーンからの複数の光線を前記カメラに向けて屈折するレンズであって、前記カメラの配置位置である光心を含む軸を中心とする円筒形あるいは球形の内面を有し、屈折しないと仮定した場合に半径がゼロでない所定の円に接することとなる複数の光線を前記カメラに向けて屈折するレンズとを備える。

10

【0007】

本発明は請求項に詳細に示されている。本発明の上記利点およびその他の利点は、添付の図面に関する以下の説明を参照することによってより深く理解することができよう。

【0008】

発明を実施するための最良の形態

一態様において本発明は、立体的なパノラマイメージ対において有用なパノラマイメージを記録するための立体パノラマカメラを提供する。本発明はさらに、個々のパノラマイメージを記録するためのカメラ構造であって、上記立体パノラマカメラで使用することができるカメラ構造に関する。新しいカメラ構造を説明する前にまず、立体的なパノラマイメージとはどのようなものであるのか、また、本明細書に記載するさまざまなシステムおよび方法が立体的なパノラマイメージをどのように生み出し、その表示を容易にするのかを一般的に説明する。これについては図1Aおよび1Bに関して説明する。最初に図1Aを参照する。この図は、垂直に立ち、シーン内の点Pを観察している観察者、特にドット2Lおよび2Rによって表された眼（一般に参照符号「2L/R」で識別される）を概略的に示す。観察者は点Pを、点Pから反射し、破線で描かれた矢印3Lおよび3Rによって表された光線に沿って眼2Lおよび2Rにそれぞれ導かれた光線によって見ている。視点2Lと2Rは、視線の方向に対して直角の方向に離れているので、観察者は、シーン内の点Pおよび点Pの近くの領域に関して奥行きを観察することができることを理解されたい。

20

30

【0009】

観察者は一般に、自身の周囲の360°のパノラマのうちの小さな部分しか見ることができない。より多くのパノラマを見るためには、観察者は、例えば参照符号4で識別される矢印が指示する方向へ頭を回転させる。頭を回転させると、観察者は自身とともに回転する光線（図示せず）上のシーン内の他の点（図示せず）を見ることができる。観察者が360°回転した場合、それぞれの眼は、同じ有限の半径を有するビューイングサークル5上を回転する。

【0010】

図1Aから、観察者が回転したときにその2つの眼が見る連続イメージを、それぞれの眼に関連づけられたイメージセットの1つを有する別個のイメージセットに分割することができることは明らかである。このことを図1Bに関して説明する。図1Bは、それぞれ左右の眼に対応する別個のビューイングサークル5Lおよび5R（一般に5L/R）に分割されたビューイングサークル5を示す。点Pは、それぞれのビューイングサークル5L/Rおよび関連光線3L(1)、3R(1)に関して図1Aと同じ位置に示されている。光線3L(1)および3R(1)は図1Aに示した光線3Lおよび3Rに対応する。それぞれのビューイングサークル5L/Rはさらに、参照符号3L(2)、...、3L(N)（一般に参照符号3L(n)で識別される）および3R(2)、...、3R(N)（一般に参照符号3R(n)で識別される）によって識別される別の光線が示されている。こ

40

50

これらの光線は、矢印 4 L および 4 R によって表された方向に回転したときに観察者の左右の眼がそれぞれに受け取るシーン内のさまざまな点のイメージを表す。

【0011】

さらに図 1 B に関して、シーンの立体的パノラマイメージをビューアが見ること（立体ビューイング）を容易にするために、観察者のそれぞれの眼が受け取るであろうイメージを別々に記録し、ビューアのそれぞれの眼に対して見せ、または他の方法でビューアのそれぞれの眼に表示することができる。したがって例えば、立体ビューイング位置の左ビューイング位置であるビューイングサークル 5 L に対応するサークル上の連続する点で、光線 3 L (1)、...、3 L (N) によって示す連続する方向のイメージを記録し、これらのイメージを集めてモザイク化し、立体ビューイング位置の右ビューイング位置であるビューイングサークル 5 R に対応するサークル上の連続する点で、光線 3 R (1)、...、3 R (N) によって示す連続する方向の別のイメージを記録し、それらのイメージを（光線 3 L (n) と 3 R (n) の交点と同じ相対位置に見えるように）適当に整列させ、ビューアのそれぞれの眼に対して表示すれば、ビューアは、シーンの立体的パノラマイメージを見ることができる。

10

【0012】

同様の方法で、コンピュータグラフィックス技法を使用して立体的なパノラマイメージを生み出すことができる。ただし、従来のイメージレンダリングで使用する通常の透視投影法の代わりに、左眼用のパノラマイメージは、ビューイングサークル 5 L などのサークルに接する光線を使用してレンダリングし、右眼用のパノラマイメージは、ビューイングサークル 5 R などのサークルに接する光線を使用してレンダリングする。

20

【0013】

先に述べたとおり、一態様において本発明は、立体パノラマイメージ対において有用なパノラマイメージを記録するためのいくつかの立体パノラマカメラを提供する。本発明のこの態様の実施形態については図 7、10 および 13 に関して説明する。他の態様において本発明は、立体パノラマイメージ対の左または右パノラマイメージとして使用することができるパノラマモザイクイメージを生み出す際に使用するイメージを記録するためのカメラ構造であって、図 7、10 および 13 に関して説明する立体パノラマカメラで使用するカメラ構造を提供する。それぞれのカメラ構造は、比較的に広い視界を提供するミラー、レンズなどの湾曲した光学要素を含む。これらのカメラ構造のうち、光学要素がミラーである実施形態は図 2 から 7 に関して説明し、光学要素がレンズである実施形態は図 8、9、11 および 15 に関して説明する。

30

【0014】

図 2 を参照すると、カメラ構造 10 は、カメラ 11 および湾曲ミラー 12 を含む。カメラ 11 は、湾曲ミラー 12 の方へ向けられており、そこから反射したイメージを記録することができる。従来のカメラは、透視投影を使用してイメージ平面上にイメージを記録し、全ての光線が、カメラの光心と呼ばれる単一の点をほぼ通過する。点 14 はカメラ 11 の光心を表す。湾曲ミラー 12 の形状は、選択のビューイングサークルに対して相対配置された選択の光心に対して決定することができる。このことをやはり図 2 を参照して説明する。図 2 に示すように、ビューイングサークルは参照符号 13 によって識別され、カメラ 11 の光心は参照符号 14 によって識別される。図 2 に示すように、ビューイングサークルに接する光線 15 は、ミラーによってカメラの光心 14 に向かって反射され、カメラ 11 はこれをイメージとして記録することができる。カメラ 11 によって記録される光線は、図 1 A および 1 B に関して先に説明したとおりイメージサークルに接し、そのため、カメラ 11 によって記録されたイメージを、軸に対するそれぞれの角度方向で記録された他のイメージとともに使用して、立体パノラマイメージ対の 1 つのモザイクパノラマイメージを生み出すことができることを理解されたい。このことについては後に図 6 に関して説明する。湾曲ミラー 12 の形状を図 3 に関して説明する。

40

【0015】

図 3 に、ミラー 12 の小部分を構成するミラーパッチ 20 およびそこから変位したビュー

50

イングサークル 21 を示す。図 3 に示した例示的な配置では、光心 22 が、ビューイングサークルの中心に配置されている。ただし後に説明するように、光心は他の場所に置いてもよい。ビューイングサークルの半径を「R」とし、図 3 中に水平に配置した軸に対して方向  $\theta$  がある光心 22 からミラーパッチ 20 までのベクトルを  $r(\theta)$  (一) とした場合、光心 22 とミラーの間の方向  $\theta$  の距離「r」は  $r = r(\theta) = \|r(\text{一})\|$  である。この場合、ビューイングサークルに接し、ミラーパッチ 20 から反射した後に光心 22 を通る光線 23 の光線条件は、以下のように書くことができる。

【0016】

【数 1】

$$R = \|\bar{r}\| \sin(2\alpha) = \|\bar{r}\| \sin(\alpha) \cos(\alpha) \quad 10$$

$$\sin(\alpha) = \frac{|N \times \bar{r}|}{\|\bar{r}\| \cdot \|N\|} \quad (1).$$

$$\cos(\alpha) = \frac{(N, \bar{r})}{\|\bar{r}\| \cdot \|N\|}$$

上式で、 $N \times r(\text{一})$  は、ベクトル  $r(\text{一})$  がミラーパッチ 20 と交わる点におけるミラーパッチ 20 の接線に垂直なベクトル  $N$  のクロス乗積であり、 $(N, r(\text{一}))$  はベクトル間の点乗積または内積である。式 (1) の光線条件を使用すると、

【数 2】

$$\rho = \rho(\theta) = \frac{r(\theta)}{R}$$

である場合には、

【数 3】

$$2\rho^2 \frac{\partial \rho}{\partial \theta} = \left( \frac{\partial \rho}{\partial \theta} \right) + \rho^2 \quad (2). \quad 30$$

である。

【0017】

式 (2) は 2 つの可能な解を有する。

【0018】

【数 4】

$$\begin{aligned} \frac{\partial \rho}{\partial \theta} &= \rho^2 + \rho \sqrt{\rho^2 - 1} \\ &= \rho^2 - \rho \sqrt{\rho^2 - 1} \end{aligned} \quad (3). \quad 40$$

$\rho$  によって定義される曲線は、式 (3) を角  $\theta$  について積分することによって得られる。適当な解は以下のとおりである。

【0019】

【数 5】

$$\theta = \rho + \sqrt{\rho^2 - 1} + \arctan\left(\frac{1}{\sqrt{\rho^2 - 1}}\right) \quad (4)$$

「 $\rho$ 」の値は「1」より大きい必要があることを理解されたい。これは、光心がビューイングサークル21の中心にある場合に、ミラー12を構成する全てのミラーパッチがビューイングサークル21の外側にある必要があることを意味する。

【0020】

式(4)によって定義される湾曲ミラーの形状は、従来の直交座標および助変数形において以下のように表すことができる。

【0021】

【数6】

$$x = \frac{\sin(t)(R^2 + p_1^2 - R^2 t^2 + p_2^2) - 2p_2 R - 2R^2 t \cos(t)}{2(-p_2 \cos(t) - Rt + \sin(t)p_1)} \quad (5)$$

$$y = \frac{-\cos(t)(R^2 + p_1^2 - R^2 t^2 + p_2^2) + 2p_1 R - 2R^2 t \sin(t)}{2(-p_2 \cos(t) - Rt + \sin(t)p_1)}$$

10

20

ただし、 $(x, y) = (x(t), y(t))$ は湾曲ミラー12を構成する点の座標、「 $t$ 」は助変数であり、光心の「 $x$ 」および「 $y$ 」座標は $(p_1, p_2)$ によって与えられ、ビューイングサークル21の中心は直交座標系の原点にある。光心22がビューイングサークル21の中心にある場合、式(5)は下式のように単純化されることを理解されたい。

【0022】

【数7】

$$x = \frac{R(-\sin(t) + 2t \cos(t) + t^2 \sin(t))}{2t} \quad (6)$$

$$y = \frac{-R(-\cos(t) - 2t \sin(t) + t^2 \cos(t))}{2t}$$

30

式(4)から(6)によって定義される曲線は渦巻線になる。湾曲ミラー12は、カメラ11の視界をミラーが妨げることがないように選択された渦巻線のセグメントを含むことを理解されたい。

【0023】

図4Aおよび4Bに2つのカメラ構造を概略的に示す。図4Aは、光心31がビューイングサークル32の外側にあるカメラ構造30を概略的に示し、図4Bは、光心34がビューイングサークル32の中心にあるカメラ構造33を概略的に示す。

40

【0024】

先に述べたとおり、図2から4Bに関して上で説明したカメラ構造を立体パノラマカメラで使用して、立体パノラマイメージの生成に使用するイメージを記録することができる。このような立体パノラマカメラを図5に概略的に示す。図5を参照すると、立体カメラ40は、2つの湾曲ミラーセグメント41Lおよび41Rを有する湾曲ミラー41、ならびに光心42によって表された単一のカメラを含む。湾曲ミラーセグメント41Lおよび41Rはそれぞれに、図2に関して先に説明した湾曲ミラー12に対応する。湾曲ミラーセグメント41Lおよび41Rは図5に示すとおり、垂直ミラー軸に沿って互いの鏡像と

50

なっている。湾曲ミラーセグメント41Lおよび41Rは共通のビューイングサークル43を共用し、光心42は、ビューイングサークルの中心に位置し、前述の垂直ミラー軸は光心42を通る。湾曲ミラーセグメント41Rは垂直軸の左側に配置され、一般に、イメージを記録中のシーン（図示せず）の右側から導かれた光線43Rを受け取る。光線43Rは一般に図1Aに関して先に説明した光線3Rに対応する。同様に、湾曲ミラーセグメント41Lは垂直軸の右側に配置され、一般に、イメージを記録中のシーンの左側から導かれた光線43Lを受け取る。光線43Lは一般に図1Aに関して先に説明した光線3Lに対応する。光心が光心42にあるカメラは、両方の光線43Lおよび43Rを含むイメージを記録することができ、そのイメージを、光心42の周囲に他の角度方向で配置した立体カメラ40で記録した他のイメージと一緒にモザイク化することができる。適当なカメラは例えば、カワニシ（T. Kawanishi）他、「Generation of high-resolution stereo panoramic images by omnidirectional sensor using hexagonal pyramidal mirrors」, 14th International Conference On Pattern Recognition, 485-489ページ, Brisbane, Australia, 1998年8月, IEEE-Computer Society、およびナヤル（S. Nayar）, 「Catadioptric omnidirectional cameras」, IEEE Conference on Computer Vision And Pattern Recognition, 482-488ページ, San Juan, 1997年6月に記載されているものなどのオムニカメラ（Omni-Camera）である。

#### 【0025】

曲線に沿って配置された複数の平面ミラーを集めることによって、カメラ構造10内の湾曲ミラー12、または湾曲ミラーセグメント41Lおよび41Rの近似を得ることができる。これを図6Aおよび6Bに関して説明する。一般に適当な近似では、平面ミラーを互いを遮るように配置してはならないことを理解されたい。さらに、フラットミラー近似を含むカメラ配置によってイメージを記録しているシーンのカバー範囲が、平面ミラー近似によって定義される曲線に沿って連続していなければならない。これらの条件を図6Aに関して説明する。

#### 【0026】

図6Aを参照すると、フラットミラー近似50における2枚の連続するフラットミラー50(1)、50(2)および光心51が示されている。オムニカメラは光心51に置かれ、それぞれのミラー50(1)および50(2)が自体に向かって反射したイメージを記録することを理解されたい。ミラー50(1)に導かれ光心51に向かって反射された光線は、濃い陰影がつけられた領域52(1)および53(1)によって表され、ミラー50(2)に導かれ光心51に向かって反射された光線は、薄い陰影がつけられた領域52(2)および53(2)によって表されている。カバー範囲を連続させるため、陰影がつけられた領域52(1)と52(2)が図6Aに示すように境界を共有することを理解されたい。ミラー50(1)および50(2)が適当な位置に配置されるようにするためには、(図5Aに示した)ミラー50(2)の下端から光心51に向かって反射された光線が、(図5Aに示した)ミラー50(1)の上端から光心に向かって反射された光線と一致するようにする。ミラー50(2)から反射されたイメージは、ミラー50(1)から反射されたイメージとは逆になることを理解されたい。これは、ミラー50(1)の上端から反射された光線は、カメラに記録されるイメージの右側へ向かい、ミラー50(2)の下端から反射された光線は、イメージの左側へ向かうためである。この点は、オムニカメラによって記録されたイメージを処理して、向きが交互になるミラーから反射されたイメージを含む部分が逆になるようにすることによって適合させることができる。

#### 【0027】

以下では、光心51に最も近いミラー50(1)および50(2)上の点をそれぞれ点F<sub>1</sub>およびS<sub>1</sub>、光心51から最も遠いミラー50(1)および50(2)上の点をそれぞれ

10

20

30

40

50



点  $F_2$  および  $S_2$  と呼び、点  $F_1$  と光心を含む線および  $S_1$  と光心を含む線がそれぞれ点  $F_3$  および  $S_3$  を含むとする。この場合、点  $F_3$ 、 $F_1$  によって定義される線分と点  $F_2$ 、 $F_1$  によって定義される線分との角  $\beta$  は、点  $S_3$ 、 $S_1$  によって定義される線分と点  $S_2$ 、 $S_1$  によって定義される線分との角と同じである。光心 51 からミラー 50 (1) 上の点  $F_1$  までの距離を「 $R$ 」、ミラー 50 (1) の長さ、すなわち点  $F_1$  から点  $F_2$  までの距離を「 $L$ 」とすると、光心 51 に対するミラー 50 (2) の位置および方向は下式によって与えられる。

【0028】

【数8】

$$\alpha = \tan^{-1} \left( \frac{L \sin(\beta)}{L \cos(\beta) + R} \right)$$

10

$$K = (OF_2) = \sqrt{R^2 + L^2 + 2RL \cos(\beta)}$$

(7)

$$R' = \frac{K \sin(2(\beta - \alpha))}{\sin(\beta - \alpha)}$$

20

$$L' = \frac{R' \sin(\alpha)}{\sin(\beta - \alpha)}$$

上式で、 $R'$  は、光心からミラー 50 (2) 上の点  $S_1$  までの距離、 $L'$  はミラー 50 (2) の長さ、すなわち点  $S_1$  から点  $S_2$  までの距離、 $\alpha$  は、点  $S_1$  と光心 51 によって定義される線分と点  $F_1$  と光心 51 によって定義される線分との角度である。角  $\alpha$  は、点  $F_1$  と光心 51 によって定義される線分と点  $F_2$  と光心 51 によって定義される線分との角度でもあることに留意されたい。したがって角度  $\alpha$  は、ミラー 50 (1) の長さ  $L$  とともに、光心 51 に対するミラー 50 (1) の角度方向を決定することに留意されたい。

30

【0029】

このことを背景にして、図 6 B に、光心 62 の周囲に配置された平面ミラー近似 61 を含む例示的なカメラ構造 60 を示す。平面ミラー近似は、図 6 A に関して先に説明したとおりに決定された角度で光心の周囲に配置された複数の平面ミラー 61 (1)、61 (2)、... を含む。図 6 B にはさらに、光心 62 の周囲のシーン (図示せず) からの光線 62 (1)、62 (2)、... も示されている。これらの光線はそれぞれ、それぞれのミラー 61 (1)、61 (2) の 2 つの端の点と交わり、それぞれのミラーからのそれぞれの光線の反射が要求どおりに光心に集まることを示している。光心 62 に配置された全方向カメラは、平面ミラー 61 (1)、61 (2)、... から反射された光線によって定義されるイメージを記録することができる。図 6 B から明らかなように、平面ミラー 61 (1)、61 (2)、... は、平面ミラー近似 61 がカバーする角度領域全体にわたって、光心の周囲のシーンを切れ目なく連続的にカバーする。

40

【0030】

図 6 A に戻る。この図を見れば、ミラー 50 (1)、50 (2) を図 6 A に示すように配置すると、ミラーから反射され光心 51 に向かって導かれる光線は、図 1 A に関して先に説明した光線 3 L と同様に一般にシーン (図示せず) の左側からのものであることが明らかである。ミラーを光心 51 に関して反対方向に配置すれば、そこから反射される光線は、図 1 A に関して先に説明した光線 3 R と同様に一般にシーンの右側からのものとなる。したがって、ミラーが反対方向に配置された 2 つのカメラ構造 60 を使用すると、立

50

体パノラマイメージ対を生み出す際に使用することができる2つのイメージを記録することができる。これを図7に関して説明する。図7に、2つの平面ミラーカメラ構造71L、71R、ビームスプリッタ72およびミラー73を含む立体パノラマカメラ70を概略的に示す。後に、立体パノラマカメラの他の実施形態を図10に関して説明する。図7に示した実施形態において、これらの平面ミラーカメラ構造は、図6Bに関して先に説明したカメラ構造60と同様のものであり、平面ミラーが互いに反対方向に配置されており、平面ミラーカメラ構造71Rが、パノラマイメージ対の右眼用パノラマイメージを記録し、平面ミラーカメラ構造71Lが、左眼用パノラマイメージを記録する。ビームスプリッタ72およびミラー73は概ね円錐形であり、それらの軸ならびに平面ミラーカメラ構造71Lおよび71Rの光心は、共通の軸74に沿って配置されている。一方の平面ミラーカメラ構造、この例では構造71Rがビームスプリッタ72によって取り囲まれており、もう一方の構造、この例では構造71Lがミラー73によって取り囲まれている。シーン（図示せず）からビームスプリッタ73に導かれた光線75は分割され、その一部分がビームスプリッタ72を通過し、一部分がミラー73に向かって上方に反射される。ビームスプリッタ72を通過した光線のそれぞれの一部分は平面ミラーカメラ構造71Rに導かれ、ミラー73は、自体に向かって反射された光線の一部分を平面ミラーカメラ構造71Lへ向かって反射する。

#### 【0031】

図2から6に関して先に説明したカメラ構造はミラーの形態の光学要素を使用するものであった。先に述べたとおり、カメラ構造で使用される光学要素はミラーの代わりにレンズを含むことができる。光学要素がレンズの形態であるカメラ構造を図8および9に関して説明する。図8は、光学要素が、連続面を有するレンズであるカメラ構造を示し、図9は、光学要素が、外面が不連続なフレネルレンズ様のレンズであるカメラ構造を示す。図8を参照すると、光心82によって表されたカメラの周囲に配置されたレンズ81を含むカメラ構造80が示されている。レンズ81は、光心82と対応した軸を有する円筒形の内面83を有する。レンズはさらに、参照符号85によって一般に識別される光線をシーン（図示せず）から光心82に向かって屈折させるように構成された外面84を有する。外面84によって屈折された光線は円筒形の内面83に直交する方向に導かれ、したがって、光心へ向かう経路上でさらに屈折されることはない。やはり図8に示されているが、外面84によって曲げられない場合、光線は有限の半径を有する（半径がゼロでない）ビューイングサークル86を形成するであろう。外面84の形状は、ビューイングサークル86のサイズおよびレンズ81を構成する材料の屈折率によって決まることを理解されたい。光線85によって定義されるイメージは、光心82に置かれた全方向カメラによって記録することができる。

#### 【0032】

図1Bを参照すると、レンズ81が図8に示すように配置されたカメラ構造80は、立体パノラマイメージ対の右パノラマイメージを記録するように構成されていることが理解される。さらに、図8に関して説明したレンズ81の鏡像を有するように構成されたレンズを有する、立体パノラマイメージ対の左パノラマイメージを記録するように構成されたカメラ構造を提供することができることを理解されたい。さらに、左平面ミラーカメラ構造71Lの代わりに図8に関して先に説明したカメラ構造80を使用し、右平面ミラーカメラ構造71Rの代わりに、右パノラマイメージを記録するように構成されたカメラ構造（すなわちレンズがレンズ81の鏡像であるカメラ構造）を使用すれば、図7に関して先に説明したのと同様の立体パノラマカメラを提供することができる。

#### 【0033】

先に述べたとおり、カメラ構造は、連続外面84を有するレンズ81の代わりに、不連続な外面を有するフレネルレンズ様レンズを含むことができる。例示的なカメラ構造90を図9に示す。図9を参照すると、カメラ構造90は、光心92によって表されたカメラの周囲にフレネルレンズ様レンズ91を含む。カメラ構造80と同様にカメラは、光心92に配置され、レンズ91によってそれに導かれたイメージを記録するように構成された

10

20

30

40

50

全方向カメラを含むことができる。レンズ91は、複数のレンズセグメント91(1)、91(2)、... (一般に参照符号91(s)で識別される)から成り、これらが、なめらかに連続した内面93および不連続な外面を有するレンズ91を形成する。不連続な外面は、1つのレンズセグメント91(s)にそれぞれ関連づけられた表面要素94(1)、94(2)、... (一般に参照符号94(s)によって識別される)を含む。レンズ81(図8)と同様に、連続した内面は、光心92を含む軸を中心とした円筒形である。それぞれの外面94(s)は、シーンからそれに導かれた光線が光心92に向かって屈折するように構成されており、もし屈折させないとすれば、光線はビューイングサークル95に接する。屈折した光線は光心92に向かって導かれるので、光線は内面93と直角に交わり、したがってこの表面によって屈折されないことを理解されたい。レンズ81と同様に、外面要素94(s)の形状は、ビューイングサークル86のサイズおよびそれぞれのレンズセグメント91(s)を構成する材料の屈折率によって決まる。

10

#### 【0034】

図1Bを参照すると、レンズ91が図9に示すように配置されたカメラ構造90は、立体パノラマイメージ対の右パノラマイメージを記録するように構成されていることが理解される。さらに、図9に関して説明したレンズ91の鏡像を有するように構成されたレンズを有する、立体パノラマイメージ対の左パノラマイメージを記録するように構成されたカメラ構造を提供することができることを理解されたい。さらに、右平面ミラーカメラ構造71Lの代わりに図9に関して先に説明したカメラ構造90を使用し、右平面ミラーカメラ構造71Rの代わりに、左パノラマイメージを記録するように構成されたカメラ構造(すなわちレンズがレンズ91の鏡像であるカメラ構造)を使用すれば、図7に関して先に説明したのと同様の立体パノラマカメラを提供することができる。

20

#### 【0035】

図10に、立体パノラマカメラ(図7参照)の第2の実施形態を示す。この実施形態は参照符号100によって識別される。図7に関して先に説明した立体パノラマカメラ70は、ともに事実上円錐台の形態のビームスプリッタ72およびミラー73を使用して、立体パノラマイメージ対用のイメージを記録するカメラ構造71Lおよび71Rにイメージを導く。立体パノラマカメラ100も、ビームスプリッタ102およびミラー103を利用して、左右のカメラ101Lおよび101Rに光線を導くが、ビームスプリッタ102およびミラー103は円錐台形ではなく、ともに放物線形である。ビームスプリッタ72と同様に、ビームスプリッタ102は自体に入射した光線を分割し、光線の一部をカメラ101Rに導き、第2の部分、ミラー103に向かって上方へ反射させる。ミラー73と同様に、ミラー103は、ビームスプリッタ102によって自体に導かれた光線をカメラ101Lへ反射する。

30

#### 【0036】

図11に、例えば立体パノラマカメラ100中のカメラ101Lおよび/または101R(図10)として使用することができるカメラ構造を概略的に示す。この構造は参照符号110によって識別される。図11を参照すると、カメラ110は、概ね放物線形の全方向ミラー112およびカメラ113を取り囲む概ね円筒形の光学要素111を含む。全方向ミラー112とカメラ113は一緒に全方向カメラを構成する。全方向ミラー112の軸およびカメラ113の光軸はともに、光学要素111の軸と一致する。全方向カメラの慣行のとおり、全方向ミラー112は、自体に入射した光線をカメラ113に向かって反射し、カメラ113は、反射された光線をイメージとして記録する。

40

#### 【0037】

カメラ構造110で使用する光学要素111は、図12Aから12Dに関して説明する特性を有するフレネルレンズ様レンズであることが好ましい。一般に、光学要素111のフレネルレンズに似た性質によって光線を、直線経路から光学要素の軸に向かって曲げて、図1Bに関して先に説明したようなビューイングサークルを提供するようにすることができる。図12Aから12Dは、カメラ110の光学要素111として使用することができる光学要素の部分120Aから120Dの断面を示す。部分120Aおよび120Bは

50

それぞれ、立体パノラマイメージ対の左および右パノラマイメージの提供に関して使用することができる光学要素の断面を示す。図12Aおよび12Bに示すように部分120A、120Bはそれぞれ、なめらかな下面121A、121Bおよび鋸歯状の上面122A、122Bを有する。ただし、部分120A、120Bが光学要素111の一部を構成するときには、下面121A、121Bは光学要素の内側を形成し、したがってこれらの下面はカメラ構造110の内側に向かって配置される。したがって光学要素111中では、下面121A、121Bは実際にはなめらかな円筒形であり、平面ではないことを理解されたい。鋸歯状の上面122A、122Bは、光学要素111の外側を形成し、鋸歯要素の方向は、鋸歯要素が光学要素111の軸に平行に走る方向、したがって放物線形全方向ミラー112の軸およびカメラ113の光軸に平行に走る方向に向けられる。光学要素111で使用するとき、鋸歯状上面122A、122Bは一般に湾曲していることを理解されたい。下面121A、121Bに対する上面122A、122Bのそれぞれの鋸歯の角度は、鋸歯要素が無ければビューイングサークルに向かって導かれるであろう（図1B参照）カメラ構造110の外部のシーンからの光線が、円筒形光要素111の軸に向かって屈折するような角度である。全方向ミラー112は、軸に向かって導かれた光線をカメラ113に向かって反射し、そのため、カメラ113がイメージを記録すると、そのイメージは、ビューイングサークルのイメージと同じになる。図12Aおよび12Bを参照すると、鋸歯状上面122Aの方向は、このような上面122Aを有する円筒形光学要素111を有する場合に、カメラ構造110が、立体パノラマイメージ対の左パノラマイメージを記録する方向であることが理解される。一方、図12Bおよび12Bを参照すると、鋸歯状上面122Bの方向は、このような上部表面122Bを有する円筒形の光学要素111を有する場合に、カメラ構造110が、立体パノラマイメージ対の右パノラマイメージを記録する方向である。

#### 【0038】

図12Cに、部分120Aと120Bの要素が組み合わされた（インタレースされた）要素を有し、1つのカメラ構造110で、立体パノラマイメージ対の左右の両方のパノラマイメージを記録することができるインタレースフレネルレンズの形態の部分120Cを示す。これは、図12Dに示すように達成することができる。図12Dを参照すると、部分120Dは、インタレースされた左右の鋸歯要素123L、123Rを含む。鋸歯要素123L、123Rはそれぞれ、左および右鋸歯要素123L、123Rからの光線をカメラ113がはっきりと区別することを可能にする識別要素124L、124Rを備え、そのためカメラ113は、左鋸歯要素123Lからの光線だけを含むイメージおよび右鋸歯要素123Rからの光線だけを含む別のイメージを記録することができる。シャッター、偏光子および当業者が認める他の配置を含むいくつかのタイプの識別要素124L、124Rを使用することができる。例えば、シャッターを使用する場合、カメラ113が、立体パノラマイメージ対の左パノラマイメージを記録するときには、識別要素124Lを含む全てのシャッターを開き、識別要素124Rを含む全てのシャッターを閉じる。このような条件でカメラ113がイメージを記録すると、そのイメージは、左鋸歯要素123Lを通過して屈折した光線だけのイメージになる。他方、カメラ113が、立体パノラマイメージ対の右パノラマイメージを記録するときには、識別要素124Rを含む全てのシャッターを開き、識別要素124Lを含む全てのシャッターを閉じる。このような条件でカメラ113がイメージを記録すると、そのイメージは、右鋸歯要素123Rを通過して屈折した光線だけのイメージになる。したがって、立体パノラマイメージ対の両方のパノラマイメージを記録するためには、カメラ113は、2つの連続するイメージを記録する必要があることを理解されたい。一方のイメージの記録では、識別要素124Lを含むシャッターを開き、識別要素124Rを含むシャッターを閉じ（これによって立体パノラマイメージ対の左パノラマイメージを得る）、もう一方の記録では、識別要素124Rを含むシャッターを開き、識別要素124Lを含むシャッターを閉じる（これによって立体パノラマイメージ対の右パノラマイメージを得る）。

#### 【0039】

10

20

30

40

50

一方、偏光子を識別要素124L、124Rとして使用する場合には、立体パノラマイメージ対の左右のパノラマイメージを同時に記録することができる。立体パノラマイメージ対の左右のパノラマイメージを同時に記録することができるカメラ構造を、図13に関して説明する。図13に、立体パノラマイメージ対の左右のパノラマイメージを同時に記録することができるカメラ構造130を概略的に示す。図13を参照すると、カメラ構造130は、図12Dに関して先に説明したとおりに構築された光学要素131、全方向ミラー132、立方体偏光ビームスプリッタ133、2台のカメラ134Lおよび134Rを含む。先に説明したとおり、光学要素131は、それぞれの識別要素124L、124Rからの相対する偏光の光線を提供する。この例では識別要素124Lからの偏光が垂直偏光、識別要素124Rからの偏光が水平偏光である。全方向ミラー132によって反射された光線は、それぞれの水平または垂直偏光を維持する。立方体偏光ビームスプリッタ133は、一方の偏光、この例では垂直偏光を通過させ、カメラ134Lがこれを受け取り、もう一方の偏光、この例では水平偏光を反射し、カメラ134Rがこれを受け取るように構成される。したがって、カメラ134Lおよび134Rに導かれる光線はそれぞれ、左および右鋸歯要素123Lおよび123Rによって提供された光線である。したがってカメラ134Lと134Rを調和的に作動させて、立体パノラマイメージ対の左右のパノラマイメージをそれぞれ記録することができる。

#### 【0040】

先に述べたとおり、図11から13に関して上に説明したカメラ構造は概ね円筒形の光学要素を使用し、光学要素111の内面はなめらかである。円筒形光学要素を使用する場合には、所定の垂直角に対するパノラマイメージ（カメラの光軸、例えばカメラ構造110のカメラの光軸が垂直に配置される場合）を記録することができることを理解されたい。しかし、垂直角が相対的に大きくなる場合には問題が生じる。このことを図14に関して説明する。図14を参照すると、光学要素の1つの鋸歯要素S、ビューイングサークルVおよび光心Oが示されている。ビューイングサークルの平面に含まれる光線Aは、鋸歯要素Sによって屈折されないとすれば、点Rでビューイングサークルに接する。しかし先に述べたように、鋸歯要素Sは、光線Aが光線a上に屈折するように構成されており、そのため光線Aは光心Oを通る。他方、ビューイングサークルVの平面よりもいくぶん高く変位し、鋸歯要素Sによって屈折されないとすれば、やはり点Rでビューイングサークルに接する光線Bは、光線b上へは屈折せず、光心Oも通らない。その代わりに、光線Bは、光線d上へ屈折し、光心Oからある距離離れた点Xを通る。この距離は、鋸歯要素Sの外面对する光線Bの入射角および屈折率によって決まり、この両者が、光線が外面および内面で屈折する角度を実質上決定する。いずれにしても、この角度は、光線が光線b上へ屈折するのではなく光線d上へ屈折する角度である。

#### 【0041】

これを適合させるため、円筒形ではなく例えば球形の光学要素を提供することによって、より大きな垂直角に対するパノラマイメージを提供することができる。このような光学要素を用いると、これがなければビューイングサークルに接するはずの入射光線は一般に光心を通ることを理解されたい。このことを図15に関して説明する。図15を参照すると、カメラ構造140は、概ね球形の光学素子141、全方向ミラー142および2台のカメラ143U、143L（「U」および「L」は「上」および「下」を意味する）を含む。カメラ143Uと143Lは共通の光軸を有する。図11から13に関して説明したカメラ構造で使用する円筒形光学要素と同様に、光学要素141の外表面は、図12Aから12Dに関して先に説明したものと同様の鋸歯要素を備え、その長さ方向は、カメラ143Uおよび143Lの光軸に平行である。全方向ミラー142は、上および下ミラー要素142Uおよび142Lを含む。上ミラー要素142Uは、光学要素141の上半球によって自体に導かれた光線を上カメラ143Uに向かって反射するように構成され、下ミラー要素142Lは、光学要素141の下半球によって自体に導かれた光線を下カメラ143Lに向かって反射するように構成されている。光学要素141の球形ならびに上および下ミラー要素142Uおよび142Rの輪郭は、相対的に広い垂直角からの光線を上およ

び下カメラ143Lおよび143Rに提供するように選択される。上および下カメラ143Uおよび143Lによって記録されるイメージはそれぞれ、カメラ構造140の周囲のシーン（図示せず）の上部および下部のイメージであり、これらのイメージをモザイク化して、上方および下方への比較的に大きい角度に対する立体パノラマイメージを提供することができることを理解されたい。

#### 【0042】

先に述べたとおり、光学素子141の外面は、図12Aから12Dに関して先に説明したものと同様の鋸歯要素を備える。鋸歯要素の幅は光学要素の赤道部分、すなわちカメラの光軸に垂直でかつ全方向ミラー142と同じ高さの平面が光学要素141と交わる位置で最も幅広く、そこから上および下へ向かって次第に狭くなることを理解されたい。光学要素141で使用される鋸歯要素は、図12Aから12Dに関して先に説明した任意の要素を含むことができることを理解されたい。ただし、鋸歯パターンが例えば図12Aに関して先に説明したパターンに従う場合、上カメラ143Uは左パノラマイメージを記録し、下カメラ143Lは右パノラマイメージを記録することを理解されたい。同様に、鋸歯パターンが図12Bに関して先に説明したパターンに従う場合には、上カメラ143Uが右パノラマイメージを記録し、下カメラ143Lが左パノラマイメージを記録する。一方、鋸歯パターンが図12Cおよび12Dに関して先に説明したパターンに従い、上カメラ143Uおよび下カメラ143Lがそれぞれに、カメラ134L/カメラ134Rとビームスプリッタ133の組合せに対応する場合には、これらのカメラは、立体パノラマイメージ対の左右の両方のパノラマイメージを記録する。

#### 【0043】

本発明はいくつかの利点を提供する。具体的には本発明は、パノラマイメージの生成に関して使用することができるイメージを提供するように構成されたミラーおよびレンズを含むさまざまなカメラ構造を提供し、これらのカメラ構造は、立体パノラマイメージ対の左または右イメージを形成することができる。

#### 【0044】

以上に説明したカメラ構造に数多くの修正を加えることができることを理解されたい。例えば、これらのカメラ構造で使用するカメラはスチールカメラでも、またはムービーカメラでもよい。さらにカメラは、フィルム、電子記録または他の記録方法を使用してそれぞれのイメージを記録することができる。

#### 【0045】

さらに、立体パノラマカメラでは、左と右で同じタイプのカメラ構造を使用することができ、または異なるタイプのカメラ構造を使用することができる。例えば、立体パノラマカメラで使用する左または右のカメラ構造がカメラ構造80（図8）または90（図9）を含み、他方の左または右のカメラ構造が、他方のカメラ構造80または90を含むようにすることができる。同様に、立体パノラマカメラで使用する左または右のカメラ構造がカメラ構造10（図2）または60（図6B）を含み、他方の左または右のカメラ構造が、他方のカメラ構造10または60を含むようにすることもできる。さらに、立体パノラマカメラで使用する左または右のカメラ構造を1枚または数枚のミラーを使用するカメラ構造とし、他方のカメラ構造を1枚または数枚のレンズを使用するカメラ構造とすることもできる。

#### 【0046】

さらに、図11から13に関して先に説明したカメラ構造を参照すると、鋸歯要素の幅を相対的に狭くし、または相対的に広くすることができることが理解される。さらに、図12Cおよび12Dに関して説明した部分120Cおよび120Dでは、左右の鋸歯要素123Lおよび123Rが、インタレースされたパターンで交互に繰り返されるように示されているが、光学要素は、所定の数の一連の左鋸歯要素123Lおよび所定の数の一連の右鋸歯要素123Rを含むこともできる。鋸歯要素123L、123Rの幅、さらに一連の左右の鋸歯要素の数によっては、それぞれの左右のパノラマイメージに、他方のタイプの鋸歯要素によって陰になった領域を表す縦の黒いストライプが生じる可能性があるこ

とを理解されたい。すなわち例えば、左パノラマイメージ中の縦の黒いストライプは、鋸歯要素123Rによって陰になった領域を表し、右パノラマイメージ中の縦の黒いストライプは、鋸歯要素123Lによって陰になった領域を表す。これを適合させ、縦の黒いストライプを排除するため、カメラの光軸を中心にそれぞれの光学要素を、好ましくはカメラのイメージキャプチャ要素、すなわち電荷結合デバイス(CCD)、CMOS、フィルムなどの積分時間に関係した速度で回転させることができる。

【0047】

さらに、概ねフレネルレンズまたはフレネルレンズ様レンズである光学要素に対しては、鋸歯面が光学要素の外側にあり、なめらかな面が内側にあると説明してきたが、鋸歯面を内側に置き、なめらかな面を外側に置くこともできることを理解されたい。さらにタグ付け要素を、なめらかな面ではなしに鋸歯面に配置することもできる。

【0048】

さらに、レンズの形態の光学要素に対しては、光学要素が一般に円筒または球の形態を有すると説明してきたが、光学要素が他の形態を有し、その幅が、それぞれの「赤道」からそれぞれの上下端へ向かって次第にすぼまり、または広がり、あるいはこれらを任意に組み合わせることができることを理解されたい。

【0049】

さらに、図14および15に関して、概ね球形の光学要素の使用を、図14で説明した事項に関して説明したが、他の配置を使用することもできることを理解されたい。例えば、図9および図11から12Dに関して説明した要素に対して直角に走る鋸歯要素を有するフレネルレンズまたはフレネルレンズ様鋸歯配置を提供して、所望の光線が光心を通るように屈折させることができる。この他の配置も当業者には明白であろう。

【0050】

さらに、図13に関して、立体パノラマカメラが立方体偏光ビームスプリッタを使用すると説明したが、この代わりに従来のビームスプリッタを使用し、従来のビームスプリッタとそれぞれのカメラとの間に偏光子を配置しても、それぞれのカメラに適当な偏光の光線だけを提供することができることを理解されたい。

【0051】

さらに、図7および10に関して説明した立体パノラマカメラは、円錐台(図7)または放物線(図10)の形状のビームスプリッタおよびミラーを使用すると説明したが、ビームスプリッタおよびミラーは、外部シーンからの光線の分割を容易にし(ビームスプリッタの場合)、分割された光線をそれぞれのカメラ構造に提供して、立体パノラマイメージ対のそれぞれの左右のパノラマイメージを記録するのを容易にする任意の形態をとることができることを理解されたい。

【0052】

さらに、カメラは、スチールカメラ、ムービーカメラ、ビデオ、カメラなどを含む任意の形態をとることができ、任意の記録媒体上にイメージを記録することができることを理解されたい。ただしこれらに限定されるわけではない。さらに、カメラは一般に全方向カメラであると説明してきたが、従来のカメラでもよく、例えば広角レンズを使用してもよい。

【0053】

さらに、フレネルレンズまたはフレネルレンズ様レンズの代わりに、光学要素は、回折またはホログラフィ要素を使用することができる。さらに、光学系で普通におこなわれているように、色収差を補正できる要素を追加することもできる。

【0054】

さらに、カメラ構造は、偏向させなければビューイングサークルに接するような方法で光心に向かって反射または屈折された光線のイメージを記録するように構成された光学要素を含むと説明したが、光学要素は、その代わりに多角形、任意の輪郭の曲線、単一の点以外の他の要素を含む他の形状のビューイングデバイスに接することができることを理解されたい。ただしこれらに限定されるわけではない。

10

20

30

40

50

## 【0055】

本発明に基づくシステム全体または一部分を、その任意の部分を適当なプログラムによって制御することができる特殊目的ハードウェアまたは汎用コンピュータシステム、あるいはこれらの任意の組合せから構築することができることを理解されたい。プログラムは、全体としてまたは部分的に、システムの部分を構成し、従来の方法でシステムに記憶し、または、ネットワークまたは従来の方法で情報を転送する他の機構を介してシステムに供給することができる。さらに、このシステムは、オペレータ入力要素（図示せず）を使用してオペレータが入力した情報によって操作し、かつ／または他の方法で制御することができることを理解されたい。オペレータ入力要素はシステムに直接に接続し、または、ネットワークまたは従来の方法で情報を転送する他の機構を介してシステムに情報を転送することができる。

10

## 【0056】

以上の説明は、本発明の特定の実施形態に限定したものである。しかし、さまざまな変形および修正を本発明に加えて本発明の一部または全体を達成することができることを理解されたい。請求項の目的は、これらの変形および修正、ならびに本発明の真の趣旨および範囲に含まれるその他の変形および修正をカバーすることにある。

## 【図面の簡単な説明】

【図1A】 本発明に基づいて構築された立体的パノラマイメージ対において有用なパノラマイメージを記録するための配置が実行するオペレーションを理解するのに役立つ図であり、具体的には、立体的パノラマイメージ対として使用するパノラマイメージの記録に関してビューイングサークルの使用を理解するのに役立つ図である。

20

【図1B】 本発明に基づいて構築された立体的パノラマイメージ対において有用なパノラマイメージを記録するための配置が実行するオペレーションを理解するのに役立つ図であり、具体的には、立体的パノラマイメージ対として使用するパノラマイメージの記録に関してビューイングサークルの使用を理解するのに役立つ図である。

【図2】 立体パノラマイメージ対の左または右パノラマイメージとして使用することができるイメージを記録するための湾曲ミラーの形態の光学要素を含む例示的なカメラ構造を概略的に示す図である。

【図3】 図2に概略的に示した湾曲ミラーの構造を説明するのに役立つ図である。

【図4A】 光心がビューイングサークルの外側にあるカメラ構造を概略的に示す図である。

30

【図4B】 光心がビューイングサークルの内側にあるカメラ構造を概略的に示す図である。

【図5】 図2から図4Bに関して説明したカメラ構造のラインに従って構築した立体パノラマ・カメラを概略的に示す図である。

【図6A】 立体パノラマイメージ対の左または右パノラマイメージとして使用することができるイメージを記録するための複数の平面ミラーの形態の光学要素を含む例示的なカメラ構造を概略的に示す図である。

【図6B】 立体パノラマイメージ対の左または右パノラマイメージとして使用することができるイメージを記録するための複数の平面ミラーの形態の光学要素を含む例示的なカメラ構造を概略的に示す図である。

40

【図7】 パノラマイメージを記録して立体パノラマイメージ対とするための立体パノラマカメラを概略的に示す図である。

【図8】 立体パノラマイメージ対の左または右パノラマイメージとして使用することができるイメージを記録するためのレンズの形態の光学要素を含む例示的なカメラ構造を概略的に示す図である。

【図9】 立体パノラマイメージ対の左または右パノラマイメージとして使用することができるイメージを記録するためのレンズの形態の光学要素を含む例示的なカメラ構造の第2の実施形態を概略的に示す図である。

【図10】 パノラマイメージを記録して立体パノラマイメージ対とするための立体パノ

50



ラマカメラの第2の実施形態を概略的に示す図である。

【図11】 図10に示した立体パノラマカメラで使用することができる例示的なカメラ構造であって、円筒形フレネルレンズ様レンズ配置の形態の光学要素を含むカメラ構造を概略的に示す図である。

【図12A】 図11に示したカメラ構造に関して有用な光学要素の一部分の断面を概略的に示す図である。

【図12B】 図11に示したカメラ構造に関して有用な光学要素の一部分の断面を概略的に示す図である。

【図12C】 図11に示したカメラ構造に関して有用な光学要素の一部分の断面を概略的に示す図である。

【図12D】 図11に示したカメラ構造に関して有用な光学要素の一部分の断面を概略的に示す図である。

【図13】 パノラマイメージを記録して立体パノラマイメージ対とするための立体パノラマカメラの第3の実施形態を概略的に示す図である。

【図14】 図9および図11から13に関して説明したカメラ構造のオペレーションの理解に役立つ光線図である。

【図15】 図10に示した立体パノラマカメラで使用することができる例示的なカメラ構造であって、フレネルレンズ様球形レンズ配置の形態の光学要素を含むカメラ構造を概略的に示す図である。

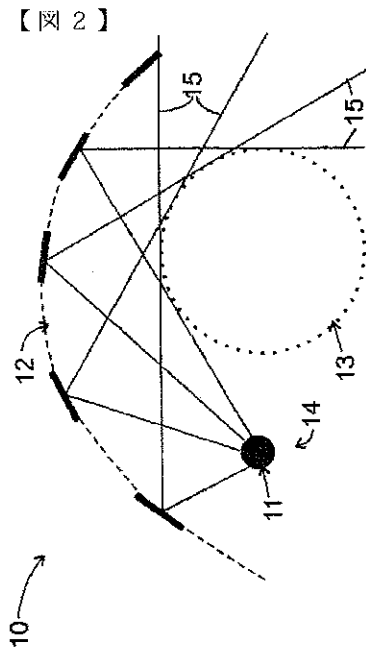
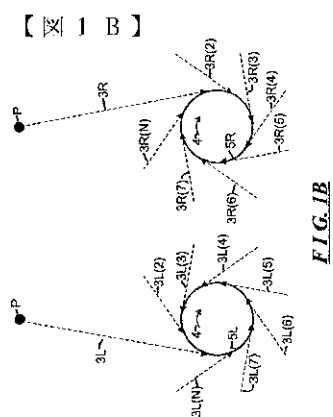
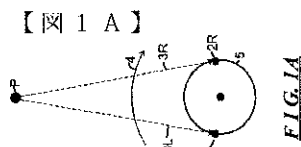
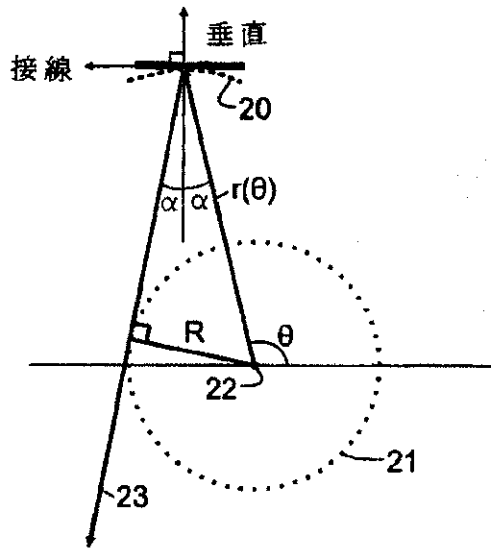
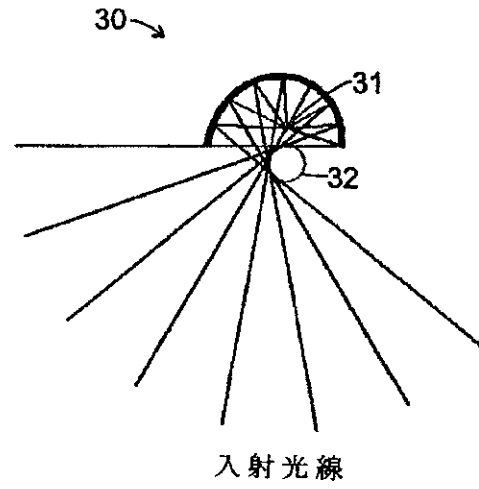


FIG. 2

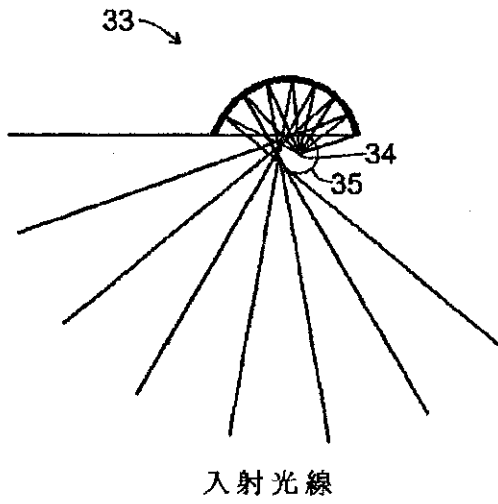
【図 3】



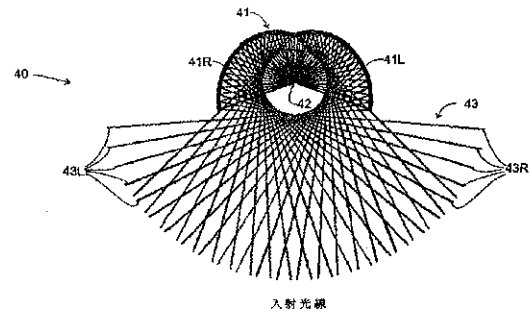
【図 4 A】



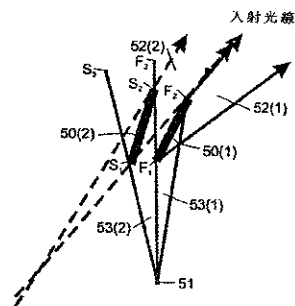
【図 4 B】



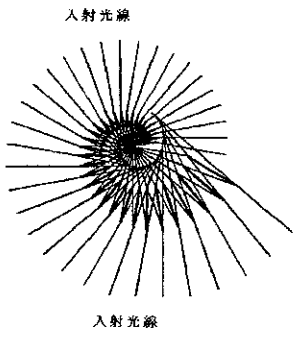
【図 5】



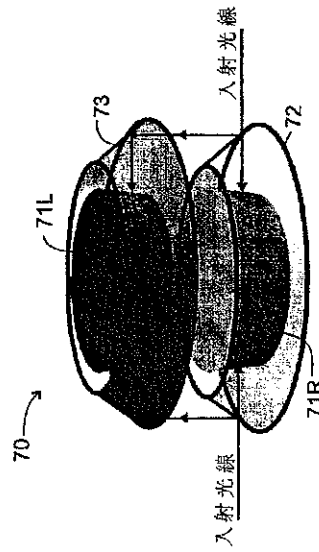
【図 6 A】



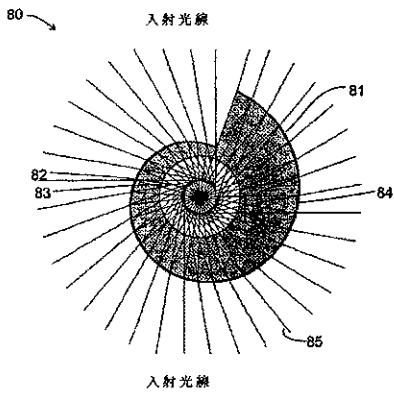
【図 6 B】



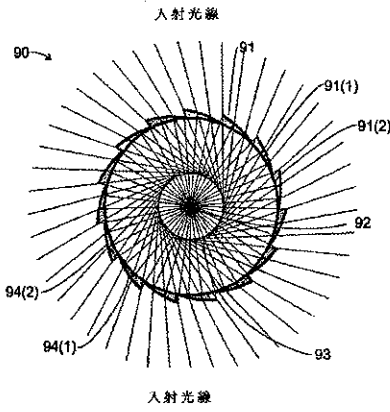
【図 7】



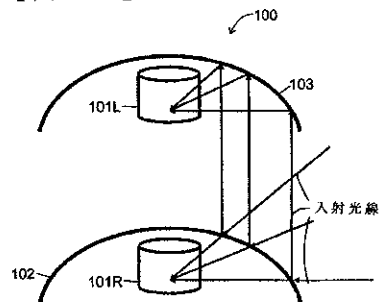
【図 8】

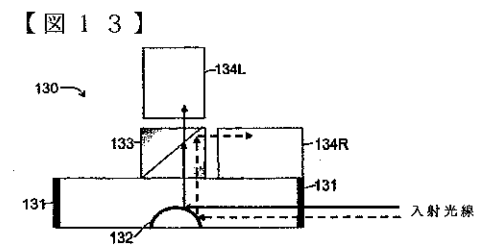
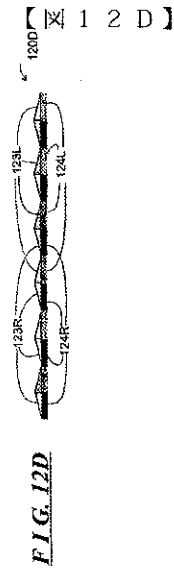
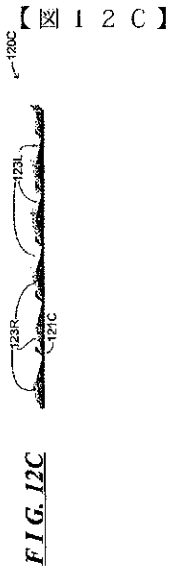
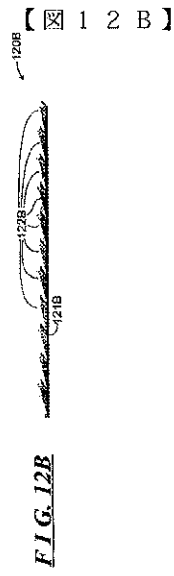
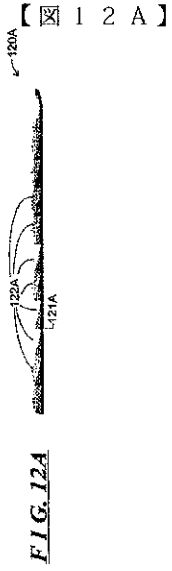
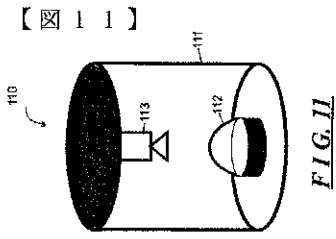


【図 9】

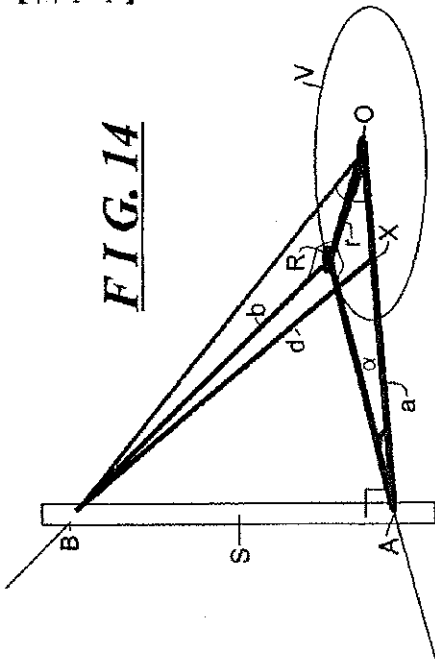


【図 10】



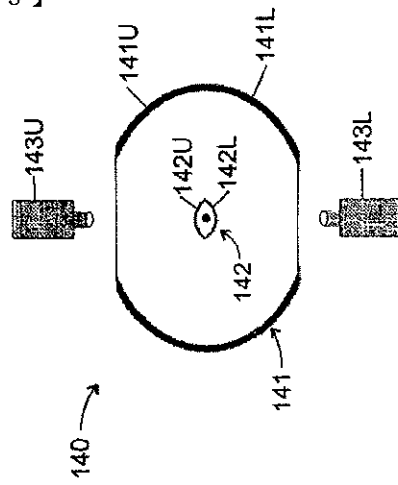


【図14】



【図15】

FIG. 15



---

フロントページの続き

- (72)発明者 ベン エツラ モシエ  
イスラエル エルサレム ハラジム ストリート 12/26
- (72)発明者 プリッチ イェール  
イスラエル エルサレム ハミトナシャリム ベナー ストリート 18

審査官 森 竜介

- (56)参考文献 米国特許第05721585 (US, A)  
Shmuel Peleg, Moshe Ben-Ezra, Stereo Panorama with a Single camera, CVPR'99  
proceedings, 米国, IEEE Computer Society, 1999年 6月, Vol. 1, pp. 39  
5-401

(58)調査した分野(Int. Cl., DB名)

G03B 37/00

G03B 35/00