

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公表特許公報(A)

(11) 特許出願公表番号

特表2011-509415

(P2011-509415A)

(43) 公表日 平成23年3月24日(2011.3.24)

(51) Int.Cl.	F I	テーマコード (参考)
<b>G02B 15/14 (2006.01)</b>	G02B 15/14	2H087
<b>G02B 3/14 (2006.01)</b>	G02B 3/14	2H141
<b>G02B 26/00 (2006.01)</b>	G02B 26/00	

審査請求 未請求 予備審査請求 未請求 (全 24 頁)

(21) 出願番号 特願2010-536971 (P2010-536971)  
 (86) (22) 出願日 平成20年11月20日 (2008.11.20)  
 (85) 翻訳文提出日 平成22年8月4日 (2010.8.4)  
 (86) 国際出願番号 PCT/US2008/084232  
 (87) 国際公開番号 W02009/073387  
 (87) 国際公開日 平成21年6月11日 (2009.6.11)  
 (31) 優先権主張番号 60/992,244  
 (32) 優先日 平成19年12月4日 (2007.12.4)  
 (33) 優先権主張国 米国 (US)

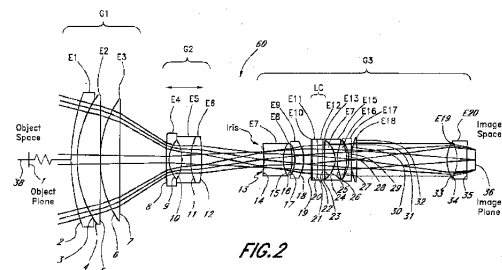
(71) 出願人 510098065  
 ブラックアイ オプティクス, エルエルシー  
 アメリカ合衆国 ワシントン 98245  
 イーストサウンド スペイデン アイランド  
 ビー. オー. ボックス 1389  
 (74) 代理人 100096873  
 弁理士 金井 廣泰  
 (74) 代理人 100123098  
 弁理士 今堀 克彦  
 (72) 発明者 ジャナード, ジェイムス エイチ.  
 アメリカ合衆国 ネバダ 89135 ラ  
 ス ベガス ワイルド リッジ 15

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 固定群内に液体レンズを有する望遠タイプのズームレンズ

## (57) 【要約】

固定群内に液体レンズを有する望遠タイプのズームレンズ。望遠タイプのズームレンズ(60)は、軸方向に可動なレンズ群(G2)と、第1及び第2の接触液体、並びに可変な形状を有する接触液体間の接触光学表面(21)を含む少なくとも1つの液体レンズセル(LC)を含む軸方向に固定されたレンズ群と、放射軸の方向を変える光学素子とを含み、軸方向に可動なレンズ群(G2)及び軸方向に固定されたレンズ群(LC)は、共通の光軸(38)上に並べられ、ズームレンズの物体側(1)から発せられる放射を集めてその放射を像側(36)に送る。一部の実施形態では、ズームレンズ系は、また、ズーム群の調整、及び液体レンズセル内の可変的に形成された光学表面の調整によって、熱的に誘起される望ましくない効果に対する補償を提供する。



## 【特許請求の範囲】

## 【請求項 1】

ズームレンズ系であって、  
軸方向に可動なズームレンズ群と、  
少なくとも 1 つの液体レンズセルを含む軸方向に固定されたレンズ群であって、前記少なくとも 1 つの液体レンズセルは、第 1 及び第 2 の接触液体を含み、前記接触液体間の接触光学表面は、可変な形状を有する、軸方向に固定されたレンズ群と、  
放射軸の方向を変える光学素子と、  
を備え、  
前記軸方向に可動なズームレンズ群及び前記軸方向に固定されたレンズ群は、共通の光軸上に並べられ、前記ズームレンズ系の物体側空間から発せられる放射を集めて前記放射を像側空間に送るように配置構成される、ズームレンズ系。

10

## 【請求項 2】

請求項 1 に記載のズームレンズ系であって、  
前記放射軸の方向を変える前記光学素子は、ミラーを含む、ズームレンズ系。

## 【請求項 3】

請求項 1 に記載のズームレンズ系であって、  
前記放射軸の方向を変える前記光学素子は、プリズムを含む、ズームレンズ系。

## 【請求項 4】

ズームレンズ系であって、  
可動レンズ群と、  
液体セルレンズ群と、  
放射軸の方向を変える光学素子と、  
を備えるズームレンズ系。

20

## 【請求項 5】

請求項 4 に記載のズームレンズ系であって、  
前記可動レンズ群、前記液体セルレンズ群、及び前記放射軸の方向を変える前記光学素子は、共通の光軸上に並べられる、ズームレンズ系。

## 【請求項 6】

カメラシステムであって、  
可動レンズ群、液体セルレンズ群、及び放射軸の方向を変える光学素子を含むズームレンズと、  
前記ズームレンズ系の焦点場所に配置された像取り込み素子と、  
を備えるカメラシステム。

30

## 【請求項 7】

請求項 6 に記載のカメラシステムであって、  
前記像取り込み素子は、CCD である、カメラシステム。

## 【請求項 8】

請求項 6 に記載のカメラシステムであって、  
前記像取り込み素子は、フィルムである、カメラシステム。

40

## 【発明の詳細な説明】

## 【技術分野】

## 【0001】

## &lt; 関連出願 &gt;

本出願は、参照によって全体を本明細書に組み込まれ且つ本明細書の一部を構成する 2007 年 12 月 4 日出願の米国仮出願第 60 / 992, 244 号に関連したものであり、その利益を主張する。

## 【0002】

## &lt; 背景技術 &gt;

本発明は、液体光学及び放射軸の方向変更を用いる光学レンズ系に関する。

50

## 【 0 0 0 3 】

## &lt; 関連技術 &gt;

撮像応用は、従来より、ズーム及び異なる焦点距離を提供するために、2つ又は3つ以上の可動ズームレンズを使用してきた。また、ピント合わせ用に、更なるレンズ群が必要なこともある。

## 【 0 0 0 4 】

しかしながら、移動レンズ群を伴うズーム及びフォーカスレンズ系の使用には、それに関連して固有な不利点がある。特に、移動ズームレンズ群を有することは、機械的に移動する複雑な部分が必要とされることを意味する。各可動レンズ群は、カムやモータなどの支持機構及び駆動機構を、そして場合によっては動きを円滑にするために制御エレクトロニクスを必要とする。このレンズ系の複雑性は、サイズ、重量、及びコストを増加させ、時間の経過とともにレンズ系の動作を信頼性のないものにする可能性がある。これらの不利点は、焦点距離の範囲が限られる、焦点距離範囲全体にわたって適切にピント合わせを行うことができない、近い物体に対してピント合わせを行うことができない、焦点距離範囲全体及び合焦距離全体にわたる適切な光学性能が欠如しているなどの、望ましくない制限とともに、少なくとも2つの移動ズームレンズ群を有するこれまで市販されてきたズームレンズに存在している。より機械的に単純で尚且つ高性能なズームレンズ系が必要とされている。

## 【 0 0 0 5 】

## &lt; 概要 &gt;

液体レンズセルは、室内に2つ又は3つ以上の流体を含む。流体は、例えば電気的ノードによって可変な表面を形成するために接触する。流体は、例えば、1つ若しくは2つ以上の気体、1つ若しくは2つ以上の液体、又は1つ若しくは2つ以上の固体と1つ若しくは2つ以上の液体との混合であってよい。液体レンズセルによる1つ又は2つ以上の移動レンズ群の置き換えは、光路の構成に対して更なる選択肢を可能にする。液体レンズセルによる移動レンズ群の置き換えは、レンズ系をよりコンパクトにする。しかしながら、直線状の光学設計は、レンズを所望よりも長くするであろう。移動レンズ群に代わる液体レンズセルの使用は、レンズの物理的長さを短くするための折り返しなどの光学素子の使用を容易にする。レンズを通る光路の全長は、同じままであるが、液体レンズセルは、長さを1つ又は2つ以上の方向に短くする放射軸の方向変更のための戦略的空間を提供する。これは、より小さいカメラケース内における、より長いレンズ全長の使用を可能にする。例えば、多くのポイント及びシュートカメラや携帯電話カメラは、長焦点レンズのための大きな空間を有していない。折り返し又は放射軸の方向変更と組み合わせて液体セルを使用することによって、これらの小型のカメラケース内において、より優れたレンズ系が利用可能になる。より大型のカメラも、やはり、放射軸の方向を変えないレンズ系において必要とされるであろうよりもカメラケースの長さが短くなることによる恩恵を受けることができる。

## 【 0 0 0 6 】

本明細書において説明される実施形態が説明目的であること、及び本発明の範囲が説明される実施形態に制限されないことが、理解されるべきである。

## 【 図面の簡単な説明 】

## 【 0 0 0 7 】

【 図 1 】 カメラのブロック図である。

【 図 2 】 液体を用いるズームレンズ系の光学図である。

【 図 3 A 】 図 2 のズームレンズ系の液体セルの光学図であり、液体間の表面形状を示している。

【 図 3 B 】 図 2 のズームレンズ系の液体セルの光学図であり、液体間の表面形状を示している。

【 図 4 A 】 図 2 のズームレンズ系の光学図であり、異なる焦点距離及び合焦距離を作るための異なるズームレンズ群位置及び液体間表面形状を例示している。

【図４Ｂ】図２のズームレンズ系の光学図であり、異なる焦点距離及び合焦点距離を作るための異なるズームレンズ群位置及び液体間表面形状を例示している。

【図４Ｃ】図２のズームレンズ系の光学図であり、異なる焦点距離及び合焦点距離を作るための異なるズームレンズ群位置及び液体間表面形状を例示している。

【図５Ａ】図４Ａ、図４Ｂ、及び図４Ｃのズームレンズ系の変調伝達関数性能図である。

【図５Ｂ】図４Ａ、図４Ｂ、及び図４Ｃのズームレンズ系の変調伝達関数性能図である。

【図５Ｃ】図４Ａ、図４Ｂ、及び図４Ｃのズームレンズ系の変調伝達関数性能図である。

【図６】液体及び単一の折り返しを用いるズームレンズ系の光学図である。

【図７】液体及び二重の折り返しを用いるズームレンズ系の光学図である。

【図８Ａ】折り返しを伴うズームレンズ系の光学図であり、異なるズームレンズ群位置及び液体間表面形状を例示している。

【図８Ｂ】折り返しを伴うズームレンズ系の光学図であり、異なるズームレンズ群位置及び液体間表面形状を例示している。

【図９Ａ】ズームレンズ系の光学図であり、放射軸の方向変更を、異なる焦点距離及び合焦点距離を作るための異なるズームレンズ群位置及び液体間表面形状とともに例示している。

【図９Ｂ】ズームレンズ系の光学図であり、放射軸の方向変更を、異なる焦点距離及び合焦点距離を作るための異なるズームレンズ群位置及び液体間表面形状とともに例示している。

【図９Ｃ】ズームレンズ系の光学図であり、放射軸の方向変更を、異なる焦点距離及び合焦点距離を作るための異なるズームレンズ群位置及び液体間表面形状とともに例示している。

【０００８】

< 詳細な説明 >

好ましい実施形態の以下の説明では、その一部を構成する添付の図面が参照され、図には、本発明が実施され得る具体的な実施形態が例として示されている。その他の実施形態が用いられてよいこと、及び本発明の範囲から逸脱することなく構造的な変更が加えられてよいことが、理解されるべきである。

【０００９】

参照によって全体を本明細書に組み込まれた、２００７年１０月８日出願の「Liquid Optics Zoom Lens and Imaging Apparatus (液体光学ズームレンズ及び撮像装置)」と題された米国仮特許出願第６０／７８３，３３８号は、ズーム機能及びピント合わせ機能を提供するために液体光学を用いるズームレンズ系を開示している。ズーム及びピント合わせのために液体光学を使用することは、放射軸の方向変更を伴う代替のレンズ構成を提供する。まず、ズーム機能及びピント合わせ機能を提供するために液体光学を用いる代表的なズームレンズ系が説明され、続いて、放射軸の方向変更を用いる実施形態が説明される。

【００１０】

ズームレンズ系における液体光学

図１は、ズームレンズ１０２を伴うカメラ１００のブロック図を例示している。ズームレンズは、焦点距離を変化させる能力を備えたレンズ素子の集合体である。個々のレンズ素子は、適所に固定されてよく、又はレンズボディに沿って軸方向に滑動してよい。レンズ群は、１つ又は２つ以上のレンズ素子で構成されてよい。少なくとも１つの可動レンズ群が、物体の倍率の変化を提供する。少なくとも１つのレンズ群が、倍率を達成するために移動するにつれ、焦点面の位置もまた、移動するであろう。焦点面の位置を一定に維持するために、少なくとも１つのその他の可動レンズ群が、焦点面の移動を補償するように移動されてよい。焦点面の移動に対する補償は、レンズの倍率の変化とともにレンズの集合体全体を移動させることによって、機械的に実現されてもよい。

【００１１】

個々のレンズ素子は、ガラス材料、プラスチック材料、結晶質材料、若しくは半導体材

料などの、固相材料で構成されてよく、又は水若しくは油などの、液体材料若しくは気体材料を使用して構成されてよい。レンズ素子間の空間は、1つ又は2つ以上の気体を内包してよい。例えば、通常の空気、窒素、又はヘリウムが使用されてよい。あるいは、レンズ素子間の空間は、真空であってよい。本開示において「空気」という表現が使用されるときは、それが広義で使用され、1つ若しくは2つ以上の気体、又は真空を含みえるものと理解されるべきである。

#### 【0012】

ズームレンズは、ズーム機能及びピント合わせ機能を実現するために、3つ又は4つ以上の移動レンズ群を有することが多い。ズームを実施するために、機械的カムによって2つの可動レンズ群がリンクされてよく、ピント合わせには、第3の可動レンズ群が使用されてよい。

10

#### 【0013】

ズーム範囲は、一部には、可動レンズ素子の移動範囲によって決定される。ズーム範囲が広いほど、レンズ素子の移動のために更なる空間が必要となる。可動レンズ群の1つ又は2つ以上は、液体セル技術を採用入れたレンズ群に置き換えられてよい。液体セルは、軸方向移動のための空間を必要としないので、可動レンズ群を含むレンズ設計の長さは、短くされてよい。あるいは、可動レンズ群の軸方向移動のために使用されてきたであろう空間を、更なる光学素子や折り返しを含ませるために使用することができる。液体セルは、移動のための空間を必要としないが、可動レンズ群の一部であってよい。

20

#### 【0014】

液体セルは、ズーム及びピント合わせの両方に使用されてよい。一実施形態では、液体セル技術を採用入れたレンズ群とともに、可動レンズ群が使用される。可動レンズ群が1つである場合は、機械的カムは必要とされない。カムがないことは、更なる移動を可能にする。

#### 【0015】

ズーム及びピント合わせを実現するために、1つ又は2つ以上の液体セルとともに、1つ又は2つ以上の可動レンズ群が使用される。1つの可動レンズ群及び1つの液体セルによって、ズーム、ピント合わせ、及び熱的効果に対する補償の両方を実施することができる。一実装形態では、ズーム系は、少なくとも第1及び第2のレンズ群を有する。第1のレンズ群は、比較的高度数であり、第2のレンズ群は、比較的低度数であり、レンズの度数は、レンズの焦点距離の逆数に相当する。第1のレンズ群は、従来のガラスレンズ又はその他の固体レンズを含み、第2のレンズ群は、少なくとも1つの液体レンズを含む。

30

#### 【0016】

液体セルは、レンズを形成するために、2つ又は3つ以上の液体を使用する。レンズの焦点距離は、一部には、液体間の接触の角度、及び液体の屈折率の差によって決定される。度数変化の範囲は、用いられる液体の屈折率の差、及び空間的制約ゆえに液体間の接触表面における曲率半径の範囲が有限であることによって制限される。参照によって本明細書に組み込まれる米国特許出願公開第2006/0126190号は、エレクトロウェッティングを通じた液滴の変形を用いるレンズを開示している。

#### 【0017】

現在考えられる液体レンズ系は、少なくとも約0.2の、好ましくは少なくとも約0.3の、そして一部の実施形態では少なくとも約0.4の、屈折率の差を有する。水は、約1.3の屈折率を有し、塩の追加は、屈折率を約1.48に変化させられるであろう。適切な光学オイルは、少なくとも約1.5の屈折率を有するであろう。たとえ、例えばより高屈折率のオイルなど、より高屈折率の液体、より低屈折率の液体、又はより高屈折率の液体及びより低屈折率の液体を用いる場合でも、度数変化の範囲は、依然として有限である。この有限な度数変化の範囲は、通常、提供できる倍率変化が可動レンズ群よりも小さい。したがって、単純なズームレンズ系では、像面の位置を一定に維持しつつズームを提供するために、倍率変化の大半が1つの可動レンズ群によって提供され、倍率変化中の像面におけるピンぼけに対する補償の大半が1つの液体セルによって提供されるようにして

40

50

よい。ただし、より多くの可動レンズ群、又は液体セル、又はそれらの両方が用いられてよいことに、留意するべきである。

【 0 0 1 8 】

可動レンズ群は、正又は負の度数を有することができる。液体セルは、度数が常に正である、度数が常に負である、又は度数が正から負に若しくは負から正に移行するような、一定範囲の可変度数を有することができる。可動レンズ群及び液体セルの適切な配置構成は、ズーム範囲全体にわたって優れた画質を提供しつつ、2倍より大きい、好ましくは3倍より大きい拡張されたズーム比を提供する。この配置構成は、液体セル、可動レンズ群、又はそれらの両方によって更に可能になる度数の変化を用いることによって、ズームだけでなく、拡張された合焦範囲にわたって異なる物体距離におけるピント合わせを提供してもよい。液体セル、又は可動レンズ群、又はそれらの両方によって提供される、ピント合わせのためのこの更なる度数の変化は、容易に可能である。可動レンズ群が1つである場合は、移動軌道を固定されたカムが必ずしも必要とされないもので、可動ズームレンズ群の位置は、ズーム及びピント合わせのために調整することができる。ズーム及びピント合わせのために、可動ズームレンズ群及び液体セルの両方を用いることによって、高性能の撮像が実現される。

10

【 0 0 1 9 】

また、可動ズームレンズ群を、少なくとも1つの液体セルで置き換えることも可能である。これは、光学系の複雑性を増加させ、倍率変化の減少などのその他の不利点をもたらす可能性がある。

20

【 0 0 2 0 】

図1は、レンズ102内のレンズ群の移動及び動作を制御するレンズ制御モジュール104も例示している。制御モジュール104は、液体レンズセル内の曲率半径を制御する電子回路系を含む。電子回路系は、可動レンズ群の位置も制御してよい。様々な合焦位置及びズーム位置に対応する適切な電子信号レベルを事前に決定し、ルックアップテーブルに配することができる。あるいは、アナログ回路系によって、又は回路系とルックアップテーブルとの組み合わせによって、適切な信号レベルを生成することができる。一実施形態では、適切な電子信号レベルを決定するために、多項式が使用される。多項式に沿った点をルックアップテーブルに保存することができる、又は回路系によって多項式を実行することができる。

30

【 0 0 2 1 】

液体間表面の曲率半径、又は可動レンズ群の位置、又はそれらの両方を制御するにあたり、熱的効果も考慮されてよい。多項式又はルックアップテーブルは、熱的効果に関連した更なる変数を含んでいてよい。

【 0 0 2 2 】

制御モジュール104は、特定のズーム設定又は焦点距離に対する事前制御を含んでいてよい。これらの設定は、ユーザ又はカメラのメーカーによって保存されてよい。

【 0 0 2 3 】

図1は、更に、外部物体に対応する光学像を受信する像取り込みモジュール106を例示している。像は、光軸に沿ってレンズ102を通して像取り込みモジュール106に送られる。像取り込みモジュール106は、フィルム（例えばフィルムストック若しくは静止画フィルム）、又は電子的像検出技術（例えばCCDアレイ、CMOSデバイス、若しくはビデオピックアップ回路）などの、様々なフォーマットを使用してよい。光軸は、直線であってよく、又は折り返し若しくは放射軸のその他の方向変更を含んでよい。なお、本明細書において使用される折り返しという表現は、広義の解釈を意図しているものと理解されるべきである。放射軸の方向変更は、様々な光学素子によって可能であり、本発明の範囲は、特定のタイプの光学素子に限定されるべきでない。

40

【 0 0 2 4 】

像保存モジュール108は、取り込まれた像を、例えば、オンボードメモリに、又はフィルム、テープ、若しくはディスクに保持する。一実施形態では、保存媒体は、取り外し

50

式（例えばフラッシュメモリ、フィルム容器、テープカートリッジ、又はディスク）である。

【0025】

像転送モジュール110は、取り込まれた像を、その他のデバイスに転送する。例えば、像転送モジュール110は、USBポート、IEEE 1394マルチメディア接続、Ethernetポート、Bluetoothワイヤレス接続、IEEE 802.11ワイヤレス接続、ビデオコンポーネント接続、又はS-Video接続などの、様々な接続の1つを使用してよい。

【0026】

カメラ100は、ビデオカメラ、携帯電話カメラ、デジタル写真用カメラ、又はフィルムカメラなどの、様々な形態で実装されてよい。

【0027】

次に、設計例によって、ズームレンズの一実施形態が説明される。先ず、図2を参照すると、各レンズ素子は、文字「E」に1から20までの数字を付して特定され、図では、各レンズ素子の一般的構成が示されているが、各レンズ表面の実際の半径は、以下において、テーブル1に定められている。レンズ、物体、絞り又はアイリス、及び像表面は、1から36までの数字によって特定される。3つのレンズ群は、図2において、文字「G」に1から3までの数字を付して特定され、液体レンズセルは、文字「LC」によって特定され、19から23までの光学表面を含む。光軸は、図2において、数字38によって特定される。

【0028】

各レンズ素子は、その相対する表面を、別々の、しかしながら連続した表面番号によって特定され、例えば、図2に示されるように、レンズ素子E1は、レンズ表面2、3を有し、レンズ素子E9は、レンズ表面17、18を有し、以下同様である。撮像対象物体の場所は、特にそれが合焦距離に関連するゆえに、光軸38上の縦線及び数字1によって特定され、実像表面は、数字36によって特定される。レンズ表面4、8を除く全てのレンズ表面は、球面又は平面であり、レンズ表面4、8は、球面でも平面でもないが、光軸まわりに回転対称な非球面である。

【0029】

レンズ素子の詳細な特性を説明する前に、ズームレンズ系60について、レンズ群とそれらの軸方向の位置及び移動、並びに液体レンズセルとその接触液体の表面形状の変化が大まかに説明される。

【0030】

各レンズ群の正又は負の度数は、焦点距離の逆数として定義される。結果得られる各レンズ群の光学的度数は、以下の通りである。すなわち、対物レンズ群G1は正であり、ズームレンズ群G2は負であり、後方レンズ群G3は正であって、液体セル内の表面形状の変化に伴って低い正の値から高い正の値まで変化する。図2の上方部分にある双頭の水平矢印は、ズームレンズ群G2が両方の軸方向に可動であることを示している。

【0031】

図2には、レンズ素子のみが物理的に示されているが、レンズケース内又は鏡筒内においてレンズ素子を支えるため及び可動ズームレンズ群を軸方向に移動させるために、機械的なデバイス及びメカニズムが提供されることが、理解されるべきである。また、電子回路系が、液体レンズセル内の可変的に形成された光学表面のプロフィールを変化させることが、理解されるべきである。

【0032】

上述されたズームレンズ系60のレンズの構成データ及び製造データが、以下において、テーブル1に定められている。テーブル1のデータは、摂氏25度（華氏77度）の温度及び標準大気圧（760mmHg）で与えられる。この明細書全体を通して、測定値は、波長がナノメートル（nm）で表されることを除き、ミリメートル（mm）で表されるものとする。テーブル1において、第1の欄「項目」は、各光学素子、及び対物面や像面

10

20

30

40

50

などの各場所を、図 2 において使用されたのと同じ数字又は標識で特定している。第 2 の欄は、光学素子（レンズ）が所属する「群」を、図 2 において使用されたのと同じ数字で特定している。第 3 の欄「表面」は、図 2 に示された、物体（図 2 における線「1」及びテーブル 1 における「物体」）の表面番号、絞り（アイリス）13、並びにレンズの各実表面を挙げたものである。第 4 の欄「合焦位置」は、ズームレンズ系 60 における 3 つの代表的合焦位置（F 1、F 2、及び F 3）を特定しており、より詳しく後ほど説明されるように、第 3 の欄に列挙された一部の表面の間の距離（間隔）及び第 3 の欄に挙げられた表面 21 の曲率半径には変化が生じる。第 5 の欄「間隔」は、その表面（第 3 の欄）と次の表面との間の軸方向距離である。例えば、表面 S 2 と表面 S 3 との間の距離は、1.725 mm である。

10

#### 【0033】

「曲率半径」という見出しを付けられた第 6 の欄は、各表面について光学表面の曲率半径を挙げたものであり、マイナス符号（-）は、曲率半径の中心が図 2 で見て表面の左であることを意味し、「無限遠」は、光学的に平坦な表面を意味する。表面 4、8 に対する星印（\*）は、これらが、「曲率半径」を底面半径とする非球面であることを示している。非球面の使用は、全体サイズの小型化及び構成の単純化を可能にしつつ、ズームレンズにおける収差の補正を提供する。非球面 4、8 の表面プロファイルについての式及び係数は、以下の方程式に支配される。

#### 【数 1】

$$z = \frac{cy^2}{1 + [1 - (1 + \kappa)c^2y^2]^{1/2}} + Ay^4 + By^6 + Cy^8 + Dy^{10} + Ey^{12} + Fy^{14}$$

20

ここで、

c = 表面曲率（ $c = 1/r$  で、 $r$  は曲率半径である）であり、

y = X 軸及び Y 軸から測定された表面の半径方向開口高さであって、

$y = (X^2 + Y^2)^{1/2}$  であり、

= 円錐係数であり、

A、B、C、D、E、F = それぞれ 4 次、6 次、8 次、10 次、12 次、及び 14 次の変形係数であり、

30

z = 所定の y 値の場合の表面プロファイルの位置、又は表面の極（すなわち軸方向頂点）から光軸に沿って測定された表面プロファイルの位置である。

表面 4 についての係数は、

= - 0.6372

A = + 0.9038 × 10<sup>-6</sup>

B = + 0.2657 × 10<sup>-8</sup>

C = - 0.1105 × 10<sup>-10</sup>

D = + 0.4301 × 10<sup>-13</sup>

E = - 0.8236 × 10<sup>-16</sup>

F = + 0.6368 × 10<sup>-19</sup> である。

40

表面 8 についての係数は、

= + 0.0000

A = + 0.5886 × 10<sup>-4</sup>

B = - 0.5899 × 10<sup>-6</sup>

C = + 0.8635 × 10<sup>-8</sup>

D = - 0.5189 × 10<sup>-10</sup>

E = - 0.1186 × 10<sup>-11</sup>

F = + 0.1631 × 10<sup>-13</sup> である。

#### 【0034】

テーブル 1 の第 7 欄から第 9 欄までは、その表面（第 3 の欄）と、図 2 において右隣り

50



の次の表面との間の「材料」に関するものであり、「タイプ」欄は、これらの2つの表面間にあるのがレンズ（ガラス）であるか、又は何もない空間（空気）であるか、又は液体レンズ（液体）であるかを示している。ガラスレンズ及び液体レンズは、「コード」欄の光学ガラス又は液体によって特定される。便宜上、全てのレンズガラスは、株式会社オハラ（Ohara Corporation）より入手可能なガラスから選択され、「名前」欄には、オハラによる各ガラスタイプの識別番号が挙げられている。ただし、等価な、類似の、又は適切な任意のガラスが使用されてよいことが、理解されるべきである。また、オイルのレンズ液は、カーギル研究所（Cargille Laboratories, Inc.）より入手可能な液体から選択され、水は、様々なソースより手近に入手可能である。ただし、等価な、類似の、又は適切な任意の液体が使用されてよいことが、理解されるべきである。表面20における液体である水は、656.27 nm、589.29 nm、546.07 nm、及び486.13 nmの波長において、それぞれ1.331152、1.332987、1.334468、及び1.337129の屈折率を有する。表面21における液体であるオイルは、656.27 nm、589.29 nm、546.07 nm、及び486.13 nmの波長において、それぞれ1.511501、1.515000、1.518002、及び1.523796の屈折率を有する。

10

**【0035】**

「口径」という見出しを付されたテーブル1の最後の欄は、各表面について、光線が通り抜ける最大直径を提供している。絞り表面13を除き、全ての最大口径は、全てのズーム位置及び合焦位置において、像面における最大像直径が6 mmで且つF値が $F/2.8$ から $F/4.0$ である場合に546.1 nmの波長で与えられる。テーブル1において、絞り表面13の最大口径は、ズーム位置Z1及び合焦位置F1において、像面におけるF値が $F/2.8$ である場合に546.1 nmの波長で与えられる。像面36では、最大口径は、近似値として与えられる。

20

**【0036】**

【表 1】

テーブル 1

光学的規定									
項目	群	表面	合焦位置	間隔	曲率半径		タイプ	材料	
					(mm)			名称	コード
物体		1	F1	無限遠	無限遠	空気			
			F2	1016.2500					
			F3	378.7500					
E1	G1	2	全て	1.7250	59.1716	ガラス	SLAM66	801350	37.161
		3	全て	0.0750	34.5954	空気			35.567
E2	G1	4	全て	6.7565	*33.0488	ガラス	SFPL51	497816	35.618
		5	全て	0.0750	2758.9929	空気			35.182
E3	G1	6	全て	5.8657	32.7151	ガラス	SFPL53	439950	33.680
		7	F1	テーブル 2	-2981.4301	空気			33.034
			F2	テーブル 2					
			F3	テーブル 2					
E4	G2	8	全て	0.7652	*461.6464	ガラス	SLAH64	788474	14.273
		9	全て	3.8333	8.3339	空気			11.605
E5	G2	10	全て	2.6582	-12.6370	ガラス	SFPL53	439950	11.587
E6	G2	11	全て	3.2165	18.1883	ガラス	SLAM66	801350	12.383
		12	F1	テーブル 3	-55.4718	空気			12.337
			F2	テーブル 3					
			F3	テーブル 3					
絞り/ アイリス	G3	13	全て	0.6371	無限遠				6.708
E7	G3	14	全て	5.7168	-26.3844	ガラス	SLAH65	804466	6.757
E8	G3	15	全て	2.6250	9.3177	ガラス	STIH53	847238	8.304
		16	全て	0.8432	-16.3366	空気			8.533
E9	G3	17	全て	2.5647	-9.2859	ガラス	SLAH58	883408	8.508
		18	全て	2.2767	-11.1961	空気			9.665
E10	G3	19	全て	0.4500	無限遠	ガラス	SBSL7	516641	10.151
E11	G3	20	全て	1.5000	無限遠	液体	WATER		10.201
E12	G3	21	F1	1.5000	テーブル 4	液体	OIL	T300	10.367
								04091-AB	
			F2		テーブル 4				
			F3		テーブル 4				
E13	G3	22	全て	0.4500	無限遠	ガラス	SBSL7	516641	10.584
		23	全て	0.0750	無限遠	空気			10.642
E14	G3	24	全て	3.1583	120.2680	ガラス	SLAH65	804466	10.680
E15	G3	25	全て	0.6000	-7.2241	ガラス	STIH10	728285	10.724
		26	全て	0.0750	13.8153	空気			10.634
E16	G3	27	全て	3.0844	13.7118	ガラス	SBSM10	623570	10.696
		28	全て	0.3424	-11.1618	空気			10.713
E17	G3	29	全て	0.6000	-9.5071	ガラス	STIH13	741278	10.652
		30	全て	0.0750	68.8748	空気			11.180
E18	G3	31	全て	1.7063	18.2078	ガラス	SLAL13	694532	11.589
		32	全て	26.6908	-115.6915	空気			11.592
E19	G3	33	全て	3.1085	10.2784	ガラス	SNPH1	808228	9.888
E20	G3	34	全て	2.7193	-9.9003	ガラス	SLAH58	883408	9.581
		35	全て	2.6192	58.0014	空気			7.805
像		36	全て	0.0000	無限遠	空気			6.008

## 【 0 0 3 7 】

ズームレンズ系 60 は、表面 13 に、光線が通り抜けできるその地点における開口の直径を制御する光絞りを提供される。光絞りは、物理的なアイリス（ダイヤフラム）を配される場所である。アイリスは、後方レンズ群 G3 の前に配され、そのレンズ群に対して軸方向に固定される。なお、図 4 A においては、ズームレンズ系が、いかなる視野位置、ズーム位置、及び合焦位置においても光ビームのけられを有することがないように、縁の光線は、光絞り表面 13 の目盛りマークよりも軸側を通り抜ける。ただし、F 値がズーム位置及び合焦位置を通して変化すること、並びにそれに応じてアイリスが開いたり閉じたり

することに留意せよ。合焦位置 F 1 の場合、ズーム位置 Z 1 ~ Z 8 におけるアイリスの直径は、6 . 7 1、6 . 3 9、5 . 9 6、5 . 5 3、5 . 1 8、4 . 8 4、4 . 6 3、及び 4 . 6 1 である。これは、1 3 に配されたアイリスが、焦点距離が長くなるほど絞られることを示している。合焦位置 F 1 と比較すると、合焦位置 F 2 及び F 3 の場合のズーム位置 Z 1 ~ Z 8 におけるアイリスの直径は、合焦位置 F 1 の場合と同じ F 値を維持するために、直径 0 . 3 mm 未満の少量だけ変化する。

#### 【 0 0 3 8 】

テーブル 1 を参照すると、設計の範囲及び汎用性を示するために、8 つの異なるズーム位置 Z 1、Z 2、Z 3、Z 4、Z 5、Z 6、Z 7、及び Z 8 と、3 つの異なる合焦位置 F 1、F 2、及び F 3 とがデータとして定められ、これは、実際、可動ズームレンズ群 G 2 及び可変形状光学表面 2 1 の 2 4 ( 8 × 3 = 2 4 ) の異なる位置組み合わせについて、具体的なデータを提供している。

10

#### 【 0 0 3 9 】

合焦位置 F 1 において、ズーム位置 Z 1 ~ Z 8 の場合のズームレンズ系 6 0 の焦点距離は、波長 5 4 6 . 1 nm において、それぞれ 5 . 8 9 mm、7 . 5 0 mm、1 1 . 2 5 mm、1 5 . 0 0 mm、1 8 . 7 5 mm、3 0 . 0 0 mm、4 1 . 2 5 mm、及び 4 5 . 0 0 mm である。データ位置 Z 1 ~ Z 8 の場合の焦点距離に対応する F 値は、波長 5 4 6 . 1 nm において、それぞれ 2 . 8 0、2 . 9 0、3 . 0 5、3 . 2 5、3 . 4 5、3 . 7 0、3 . 9 5、及び 4 . 0 0 である。

20

#### 【 0 0 4 0 】

合焦位置 F 1 の場合は、対物面 1 は、無限遠にあると想定され、合焦位置 F 2 の場合は、対物面 1 は、約 1 0 1 6 . 2 5 mm の中間距離にあり、合焦位置 F 3 の場合は、対物面 1 は、約 3 7 8 . 7 5 mm の近距離にある（すなわち像面から 3 7 8 . 7 5 mm 離れている）。これら 3 つの合焦位置 F 1、F 2、及び F 3 のそれぞれにおいて、レンズ群 G 1 及び G 3 は、ズームレンズ群 G 2 の移動範囲全体を通して同じ位置にとどまる。テーブル 2 及びテーブル 3 は、表面 7 及び 1 2 の間隔値を提供しており、テーブル 4 は、ズーム位置 Z 1 ~ Z 8 及び合焦位置 F 1 ~ F 3 の場合の表面 2 1 の曲率半径を提供している。

#### 【 0 0 4 1 】

#### 【表 2】

30

### テーブル 2

#### 表面 7 の間隔値

表面	焦 点	Z1	Z2	Z3	Z4	Z5	Z6	Z7	Z8
7	F1	0.0832	5.7132	13.7126	18.4633	21.6974	27.4007	30.5400	31.3096
7	F2	0.0902	5.7486	13.6468	18.3289	21.5154	27.0776	30.0174	30.7361
7	F3	0.0750	5.6942	13.4674	18.1217	21.3355	26.7467	29.5798	30.2701

40

#### 【 0 0 4 2 】

## 【表 3】

テーブル 3

表面 1 2 の間隔値

表面	焦点	Z1	Z2	Z3	Z4	Z5	Z6	Z7	Z8
12	F1	31.5294	25.8992	17.8996	13.1486	9.9140	4.2101	1.0701	0.3000
12	F2	31.5178	25.8581	17.9590	13.2762	10.0892	4.5268	1.5870	0.8729
12	F3	31.5324	25.9120	18.1380	13.4831	10.2689	4.8577	2.0248	1.3384

10

## 【0 0 4 3】

## 【表 4】

テーブル 4

表面 2 1 の曲率半径

表 面	焦 点	Z1	Z2	Z3	Z4	Z5	Z6	Z7	Z8
21	F1	-33.9902	-40.9700	-60.9667	-84.8892	-106.7630	-101.7297	-58.3998	-48.6792
21	F2	-34.3890	-42.0587	-65.5384	-101.1799	-154.9184	-370.2777	-263.5374	-212.3139
21	F3	-35.0134	-43.6001	-72.6330	-133.7178	-351.2333	214.4454	125.5481	115.8049

20

## 【0 0 4 4】

両極の合焦位置 F 1 と F 3 の間において連続的なピント合わせが可能であること、両極のズーム位置 Z 1 と Z 8 との間において連続的なズームが可能であること、そしてレンズ系 6 0 によって、説明された合焦範囲内及びズーム範囲内において連続的なピント合わせと連続的なズームとを任意に組み合わせて提供可能であることが理解される。

30

## 【0 0 4 5】

図 2 に示されテーブル 1 に規定されたズームレンズ系 6 0 は、レンズ群 G 1 及び G 2 について、それぞれ 5 4 . 3 0 mm 及び - 1 2 . 2 5 mm の焦点距離を有する。また、レンズ群 G 3 は、液体間の光学表面 2 1 の形状が可変であるゆえに、ズーム位置 Z 1 及び合焦位置 F 1 における最小値 + 3 0 . 1 8 mm と、ズーム位置 Z 8 及び合焦位置 F 3 における最大値 + 3 8 . 9 7 mm とを有する可変焦点距離を有する。ズームレンズ系 6 0 の液体セル L C は、図 3 A 及び図 3 B に図示されており、これらの図は、テーブル 1 をもとに、形状が可変である液体間光学表面 2 1 の 2 つの両極端な曲率半径を示している。図 3 A 及び図 3 B において、表面 2 1 の 2 つの曲率半径は、それぞれ約 - 3 3 . 9 9 mm 及び約 + 1 1 5 . 8 0 mm である。図 3 A 及び図 3 B において、液体セル L C の 2 つの両極端な焦点距離は、それぞれ - 1 8 5 . 2 0 mm 及び 6 3 0 . 9 7 mm である。この差は、ズーム位置 Z 1 及び合焦位置 F 1 と、ズーム位置 Z 8 及び合焦位置 F 3 とで生じる。この実施形態では、表面 2 0 と 2 1 との間及び表面 2 1 と 2 2 との間の 2 つの液体の体積は、可変表面の形状が変化するにつれて変わっていく。しかしながら、表面 2 0 と 2 1 との間及び表面 2 1 と 2 2 との間の軸方向間隔に、等しいが方向が反対の小さな変化を加えることによって、各液体を一定の体積に維持することも可能である。

40

## 【0 0 4 6】

次に、図 4 A、図 4 B、及び図 4 C を参照すると、様々な位置にあるズームレンズ群と

50

、様々な位置にある液体セル内可変表面形状とを伴うズームレンズ系 60 が、それらの位置における光線の軌跡とともに図示されている。図 4 A は、テーブル 1 にデータを定められた、無限遠焦点及び約 5 . 9 mm の短焦点距離を伴う合焦位置 F 1 及びズーム位置 Z 1 を表している。図 4 B は、テーブル 1 により、中間焦点及び約 1 1 . 3 mm の焦点距離を伴う合焦位置 F 2 及びズーム位置 Z 3 を表している。図 4 C は、テーブル 1 により、近距離焦点及び約 4 4 . 8 mm の焦点距離を伴う合焦位置 F 3 及びズーム位置 Z 8 を表している。

【 0 0 4 7 】

図 4 A、図 4 B、及び図 4 C は、それぞれのズーム位置及び合焦位置である Z 1 及び F 1、Z 3 及び F 2、Z 8 及び F 3 について、ズームレンズ群 G 2 の 3 つの軸方向場所を、対応する 3 つの可変光学表面 2 1 表面形状とともに示している。

10

【 0 0 4 8 】

ズームレンズ系 60 の光学性能が、図 5 A、図 5 B、及び図 5 C に与えられており、テーブル 1 に定められた 3 つの異なる代表的組み合わせ例のズーム位置及び合焦位置、すなわち ( Z 1 , F 1 )、( Z 3 , F 2 )、及び ( Z 8 , F 3 ) における、5 つの異なる視野位置について、回折ベースの多色変調伝達関数 ( 「 M T F 」 ) データ ( 変調対空間周波数 ) がパーセント ( % ) で表示されている。視野位置は、正規化された像高さ ( mm ) 及び光軸からの実際の物体空間角度 ( 度 ) の両値として定められる。M T F パーセントは、図 5 A、図 5 B、及び図 5 C の右上隅に定められた波長及び重み付けにおけるものであり、像面 3 6 における接線 ( T ) 方向及び半径 ( R ) 方向の測定をグラフ表示されている。なお、接線方向の値及び半径方向の値が軸方向視野位置 ( A X I S ) では等しいこと、並びにそれゆえに 1 つの線だけで示されていることに留意せよ。示されている最大空間周波数は、90 サイクル / mm であり、これは、約 6 mm の像直径及び検出器画素サイズの選択を前提としたときに、少なくとも高精細度テレビ ( H D T V ) の解像度すなわち横 1 9 2 0 画素 × 縦 1 0 8 0 画素で高品質の像を提供することができる。空間周波数における M T F は、比較的標準的な光学性能測定であり、「90 サイクル / mm」という値は、鮮明さを判断するもととなるチャート上における 1 mm あたり 90 対の黒線及び白線を意味している。最高 M T F 値は、ズーム位置 Z 1 及び合焦位置 F 2 の場合の全半径方向視野における約 8 9 % である。最低 M T F 値は、ズーム位置 Z 8 及び合焦位置 F 3 の場合の全接線方向視野における約 5 8 % である。最小相対照度は、ズーム位置 Z 1 及び合焦位置 F 1 における約 7 5 % である。相対照度は、値が低いとその写真の隅で光が衰えることを意味するので、総じて高いほど優れている。全ての領域において光に対して一定の応答があり、ズーム中の像の変化に伴って像の隅に忠実に陰影を再現する最先端の検出器では、高い全視野相対照度が好ましいとされる。50 % 未満の照度は、電子的検出器において陰影を生じるが、フィルム式の場合は許容可能である可能性がある。最も高い正のゆがみは、ズーム位置 Z 3 及び合焦位置 F 1 における + 3 . 0 4 % であり、最も低い負のゆがみは、ズーム位置 Z 1 及び合焦位置 F 3 における - 2 . 9 8 % である。遠距離焦点から近距離焦点にかけて像のサイズが変化する一般的な ( しかしながらズームレンズではもっとよく見られるであろう ) いわゆるレンズの「ブリージング」の問題は、深い被写界深度ゆえに最も顕著である短焦点距離のズーム範囲にあるズームレンズ系 60 では事実上見られない。最も低いブリージングは、ズーム位置 Z 1 及び合焦位置 F 3 における - 0 . 2 % であり、最も高いブリージングは、ズーム位置 Z 8 及び合焦位置 F 3 における - 1 9 . 5 % である。ブリージングは、無限遠焦点から被選択焦点にかけての最大画角のパーセント変化である。したがって、無限遠焦点 ( F 1 ) では、それが基準視野であるゆえに、ブリージングはゼロである。

20

30

40

【 0 0 4 9 】

全ての性能データは、摂氏 2 5 度 ( 華氏 7 7 度 ) の温度、標準大気圧 ( 7 6 0 mm H g )、及びズームレンズ系 60 において可能な全開絞りで与えられる。しかしながら、ズームレンズ系 60 は、摂氏 0 度から摂氏 4 0 度 ( 華氏 3 2 度から華氏 1 0 4 度 ) の温度範囲にわたって実質的に一定の例えば M T F 値などの性能を提供するものであり、もし性能 (

50

M T F ) の僅かな低下が許容可能であるならば、動作可能な温度範囲を摂氏 - 10 度から摂氏 50 度 ( 華氏 14 度から華氏 122 度 ) まで、又はそれを超えて拡張することができる。温度変化に対しては、ズームレンズ群 G 2 の更なる軸方向調整によって、又は接触光学表面 21 の更なる形状変化によって、又はそれら両方の組み合わせによって、最適な性能が達成されてよい。これは、全てのズーム位置及び合焦位置において生じえる。摂氏約 0 度 ( 華氏 32 度 ) 又はそれ未満の低温では、凍結 ( 固形化 ) を回避するために、液体を加熱する、又は低温動作用に車のラジエータの水に不凍剤を加えるのと同様の方法で液体をドープ液で置き換える必要があると考えられる。ただし、これらの材料の温度変化は、液体の光学特性を大幅に変更するべきではないことが好ましい。

#### 【 0050 】

ズームレンズ系 60 を使用している上述の実施形態は、6 mm の直径 ( いわゆる 3 分の 1 インチチップセンサ ) での使用に適した寸法であるが、このズームレンズ系の寸法は、様々な像フォーマットのフィルム及び電子的検出器での使用のために、適切に拡大又は縮小されてよい。

#### 【 0051 】

液体レンズセルは、有限の口径を有してよい。もし十分に小さい検出器が使用されるならば、液体レンズセルは、その検出器の近くに配されてよい。あるいは、液体レンズセルは、光線「くびれ」が十分に狭くなる中間像の近くに配されてよい。液体レンズセルは、中間像の前、中間像の後、又は中間像の前及び後の両方に配されてよい。くびれ効果は、絞り又はアイリスの近くで発生することができる。テーブル 2 に示されるように、アイリスにおける直径は、およそ 6 . 7 mm である。絞り又はアイリスにおける直径が小さいゆえに、液体レンズセルは、絞り又はアイリスの付近に配することが適切であると考えられる。

#### 【 0052 】

ズームレンズ系 60 の多くの利点のなかで特筆すべきは、軸方向に移動するズームレンズ群を 1 つ用いるだけで、広範囲の焦点距離にわたってズームを提供できることにある。ズームレンズ系 60 の設計は、少なくとも 2 つの軸方向可動ズームレンズ群及びそれらに対応する機構を必要とする大半の従来の高性能ズームレンズ系よりも機械的に単純な高性能なレンズ系を形成する。ズームレンズ系 60 の固有なレンズ設計は、更なる可動レンズ群及びそれに対応する機構を伴うことなく広範囲の合焦距離にわたってピント合わせを提供する。開示されたズームレンズ系 60 の設計は、例示的なものであり、その他の設計も、本発明の範囲内である。当業者ならば、以上の説明及び添付の図面から、ズームレンズ系 60 のその他の特徴及び利点を見てとることができる。

#### 【 0053 】

##### ズームレンズ系における液体光学及び放射軸の方向変更

液体レンズセルによる 1 つ又は 2 つ以上の移動レンズ群の置き換えは、光路の構成に対して更なる選択肢を可能にする。液体レンズセルによる移動レンズ群の置き換えは、レンズ系をよりコンパクトにする。しかしながら、直線状の光学設計は、レンズを所望よりも長くするであろう。移動レンズ群に代わる液体レンズセルの使用は、放射軸の方向を変えてレンズの物理的長さを短くするための折り返しなどの光学素子の使用を容易にする。レンズを通る光路の全長は、同じままであるが、液体レンズセルは、長さを 1 つ又は 2 つ以上の方向に短くする折り返しのための戦略的空間を提供する。これは、より小さいカメラケース内における、より長いレンズ全長の使用を可能にする。例えば、多くのポイント及びシュートカメラや携帯電話カメラは、長焦点レンズのための大きな空間を有していない。折り返しと組み合わせて液体セルを使用することによって、これらの小型のカメラケース内において、より優れたレンズ系が利用可能になる。より大型のカメラも、やはり、折り返しを使用しなかったレンズ系において必要とされるであろうよりもカメラケースの長さが短くなることによる恩恵を受ける。

#### 【 0054 】

図 6 は、液体及び単一の折り返し 41 を用いるズームレンズ系の光学図を示している。

可動レンズ群に代わる液体の使用は、空間要求を減らし、折り返しミラー又はプリズムのための空域の戦略的配置に対して更なる選択肢を可能にする。この図は、可動レンズ群を妨げない場所に折り返しを配置することを示している。

#### 【0055】

ズームレンズ系60の全長の短縮は、より多くのレンズ素子及び/又は非球面を導入するなどによって光学的複雑性を増大させない限り、幾らかの性能低下を伴うであろう。しかしながら、長さの短縮は、ズームレンズ系の折り返しによって実現することができる。図6は、放射経路の方向を90度変えるための、後方レンズ群G3内の大きい空域内にある単一の45度の折り返し41を示している。

#### 【0056】

図7は、液体及び二重の折り返しを用いるズームレンズ系の光学図である。図7は、放射が逆方向を有するように放射経路の方向を2度にわたって合計180度変えるための、後方レンズ群G2内の大きな空域内にある二重の45度の折り返し42、43を示している。この配置構成は、ズームレンズ系60をカメラボックス内に実装するのに好ましいであろう。また、ズームレンズ系は、全てのズーム位置及び合焦位置を通して一定の絞りF/2.8を有してよいが、ズームレンズ系の直径をほぼ同じに維持するには、幾らかのけられを生じることがある。この場合は、幾らかの画質低下が見られることがあるが、これは、ズームレンズ系の規定を最適化しなおすことによって部分的に補正することが可能である。ズームレンズ系は、けられが生じないように配置構成することが可能である。

#### 【0057】

図8A及び図8Bは、ズームレンズ系の光学図であり、放射軸の方向変更を、異なるズームレンズ群位置及び液体間表面形状とともに例示している。この実施形態は、代替のレンズ配置を描いたものである。図8Aは、光学的軌跡がレンズ系のパラメータを超える点まで像を拡大するズーム位置を例示している。この実施形態は、設計の一選択肢を描いたものであり、この効果を補正するために、設計に僅かな変更を加えることが可能である。

#### 【0058】

折り返し44及び45は、実質的に平行であるので、レンズ素子50から去っていく光線は、レンズ46を通してレンズ系に入ってくる光線に実質的に平行である。レンズ群47が固定されたままである間に、レンズ群48は、十分にズームを提供するために移動する。レンズ群49は、ズーム機能及びピント合わせ機能を実施する液体レンズセルを含む。

#### 【0059】

図9A、図9B、及び図9Cは、ズームレンズ系の光学図であり、レンズ系の長さを有利に短くするために、液体レンズセル及び折り返しが戦略的に配置されている。光は、レンズ群200を通してレンズ系に入る。レンズ群201は、十分にズームを提供するために移動する。光線は、アイリス又は絞り202を通り抜け、液体レンズセルを含むレンズ群203に入る。折り返し204は、レンズ群205を通るように光を方向付け、このレンズ群205は、可変な表面206を有する液体レンズセルを含む。光線は、次いで、レンズ群207を通り抜ける。折り返し208は、レンズ群209を通して像面210に向かうように光線の方向を変える。図9Aは、およそ6mmの焦点距離、F2.8、及び無限遠焦点を例示している。図9Bは、およそ15mmの焦点距離、F2.8、及び無限遠焦点を例示している。図9Cは、およそ51mmの焦点距離、F2.8、及び無限遠焦点を例示している。

#### 【0060】

レンズ群203内の第1の液体レンズセルは、およそ10mmの最大口径を有する。レンズ群205内の第2の液体レンズセルは、およそ16mmの最大口径を有する。カメラフラッシュを含ませて、長焦点距離又はそれに近い焦点距離における絞り調整を遅くすれば、1つの液体レンズセルに戻すことも可能であろう。

#### 【0061】

当業者になれば、様々な変更及び修正が明らかになる。このような変更及び修正は、添

10

20

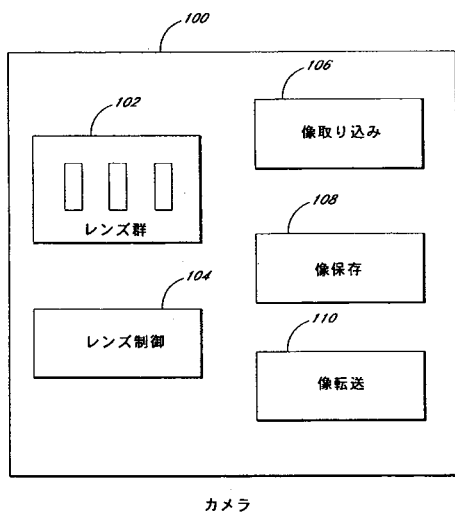
30

40

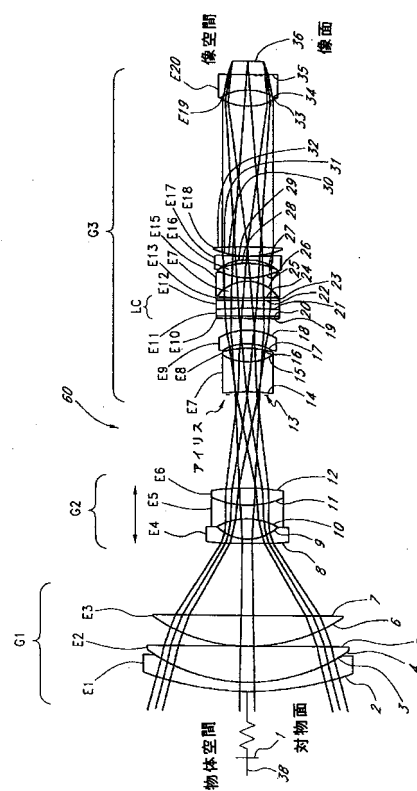
50

付の特許請求の範囲に定められた本発明の範囲内に含まれるものとして理解されるべきである。

【図 1】

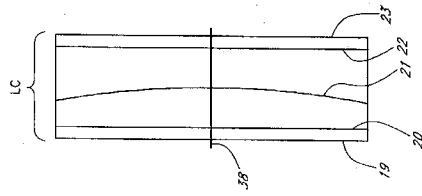


【図 2】

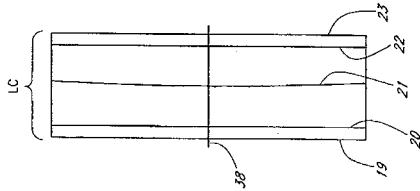




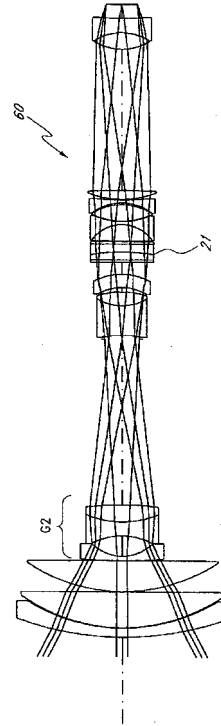
【図 3 A】



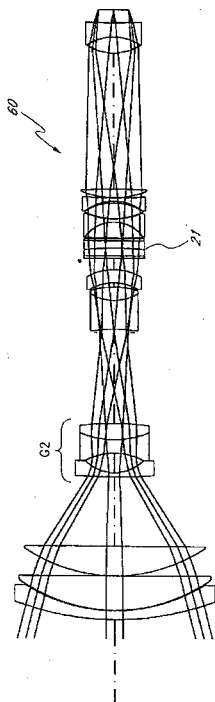
【図 3 B】



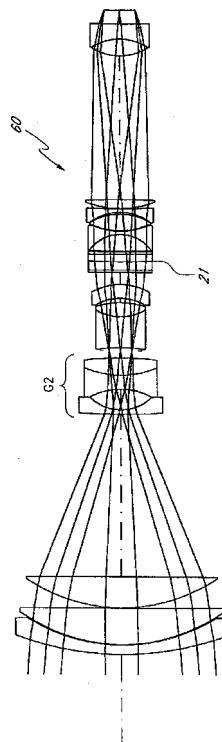
【図 4 A】



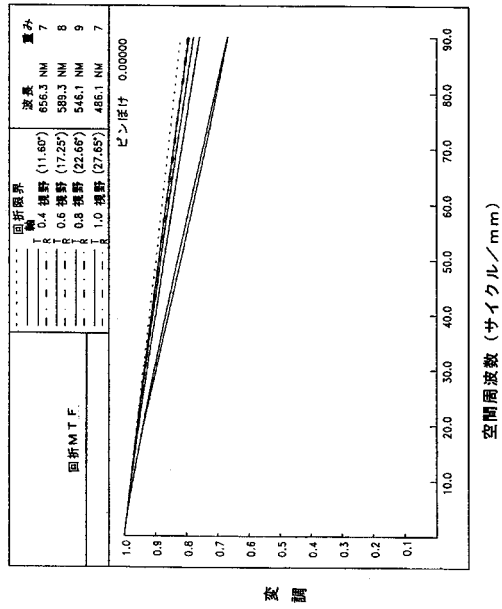
【図 4 B】



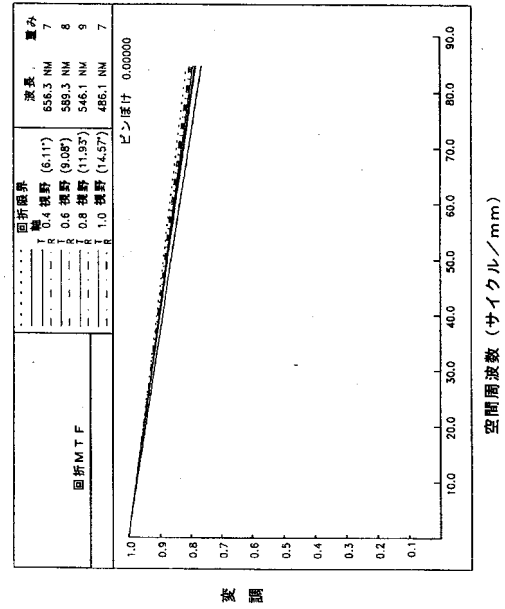
【図 4 C】



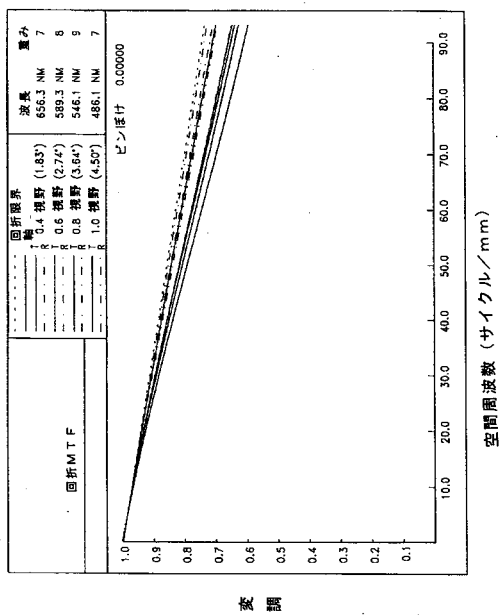
【図 5 A】



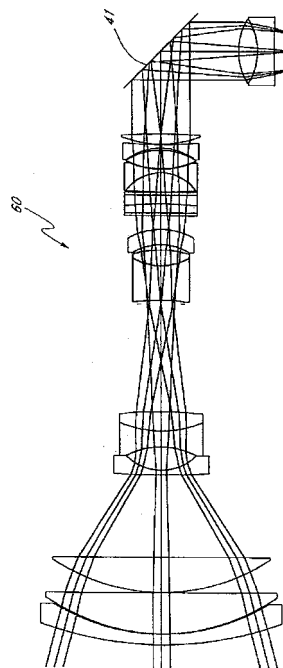
【図 5 B】



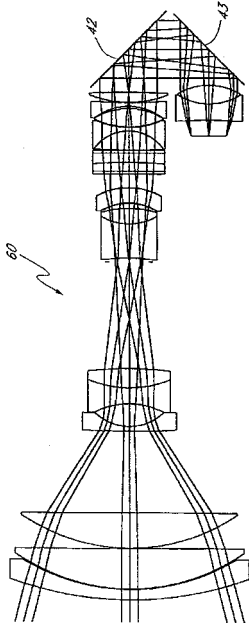
【図 5 C】



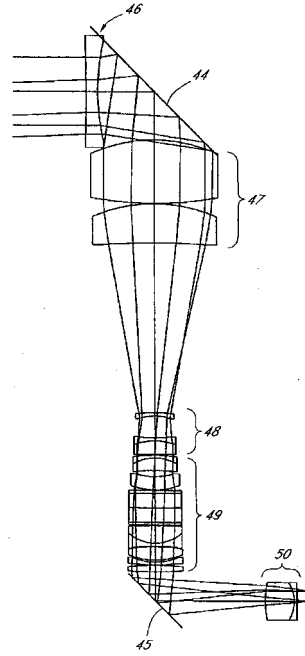
【図 6】



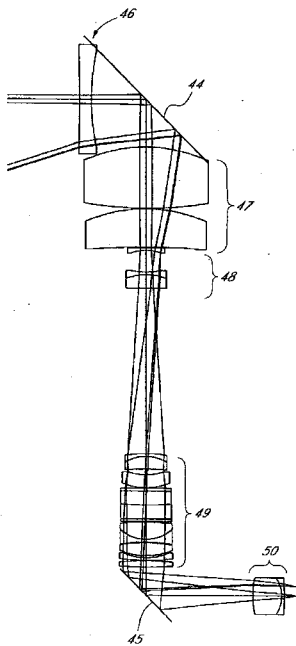
【図 7】



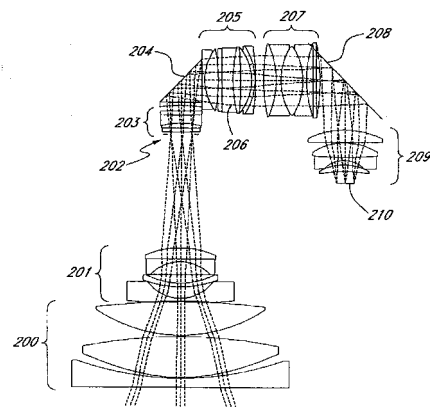
【図 8 A】



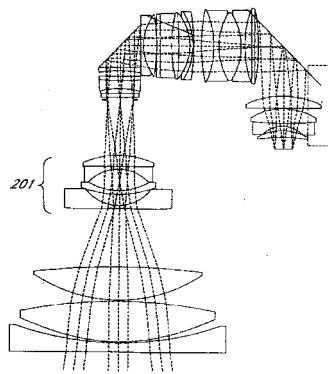
【図 8 B】



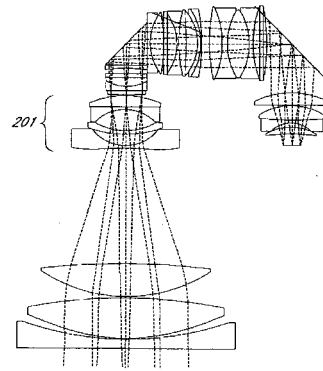
【図 9 A】



【図 9 B】



【図 9 C】



## 【手続補正書】

【提出日】平成22年8月4日(2010.8.4)

## 【手続補正 1】

【補正対象書類名】特許請求の範囲

【補正対象項目名】全文

【補正方法】変更

【補正の内容】

【特許請求の範囲】

【請求項 1】

ズームレンズ系であって、  
軸方向に可動なズームレンズ群と、

少なくとも1つの液体レンズセルを含む軸方向に固定されたレンズ群であって、前記少なくとも1つの液体レンズセルは、第1及び第2の接触液体を含み、前記接触液体間の接触光学表面は、可変な形状を有する、軸方向に固定されたレンズ群と、

放射軸に沿って測定される前記ズームレンズ系の長さを実質的に長くすることなく前記放射軸の方向を変える光学素子と、

を備え、

前記軸方向に可動なズームレンズ群及び前記軸方向に固定されたレンズ群は、共通の光軸上に並べられ、前記ズームレンズ系の物体側空間から発せられる放射を集めて前記放射を像側空間に送るように配置構成される、ズームレンズ系。

【請求項 2】

請求項 1 に記載のズームレンズ系であって、

前記放射軸の方向を変える前記光学素子は、ミラーを含む、ズームレンズ系。

【請求項 3】

請求項 1 に記載のズームレンズ系であって、

前記放射軸の方向を変える前記光学素子は、プリズムを含む、ズームレンズ系。

【請求項 4】

ズームレンズ系であって、

可動レンズ群と、

液体セルレンズ群と、

放射軸に沿って測定される前記ズームレンズ系の長さを実質的に長くすることなく前記放射軸の方向を変える光学素子と、  
を備えるズームレンズ系。

【請求項 5】

請求項 4 に記載のズームレンズ系であって、

前記可動レンズ群、前記液体セルレンズ群、及び前記放射軸の方向を変える前記光学素子は、共通の光軸上に並べられる、ズームレンズ系。

【請求項 6】

カメラシステムであって、

可動レンズ群、液体セルレンズ群、及び放射軸に沿って測定される前記ズームレンズ系の長さを実質的に長くすることなく前記放射軸の方向を変える光学素子とを含むズームレンズ系と、

前記ズームレンズ系の焦点場所に配置された像取り込み素子と、

を備えるカメラシステム。

【請求項 7】

請求項 6 に記載のカメラシステムであって、

前記像取り込み素子は、CCDである、カメラシステム。

【請求項 8】

請求項 6 に記載のカメラシステムであって、

前記像取り込み素子は、フィルムである、カメラシステム。

## 【 国際調査報告 】

INTERNATIONAL SEARCH REPORT		International application No PCT/US2008/084232
<b>A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER</b> INV. G02B15/173 G02B3/14 ADD. G02B7/00		
According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC		
<b>B. FIELDS SEARCHED</b> Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols) G02B		
Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched		
Electronic data base consulted during the International search (name of data base and, where practical, search terms used) EPO-Internal		
<b>C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT</b>		
Category*	Citation of document, with Indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	US 2007/247727 A1 (KIM TAE YOUNG [KR]) 25 October 2007 (2007-10-25) paragraphs [0055], [0063]; figures 1(a)-1(c) -----	1-8
<input type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of Box C. <input checked="" type="checkbox"/> See patent family annex.		
* Special categories of cited documents : *A* document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance *E* earlier document but published on or after the International filing date *L* document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified) *O* document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means *P* document published prior to the International filing date but later than the priority date claimed *T* later document published after the International filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention *X* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone *Y* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art. *Z* document member of the same patent family		
Date of the actual completion of the International search  17 February 2009		Date of mailing of the International search report  23/02/2009
Name and mailing address of the ISA/ European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Fax: (+31-70) 340-3016		Authorized officer  Michel, Alain

**INTERNATIONAL SEARCH REPORT**

Information on patent family members

International application No

PCT/US2008/084232

Patent document cited in search report		Publication date	Patent family member(s)	Publication date
US 2007247727	A1	25-10-2007	JP 2007293335 A	08-11-2007
			KR 20070103812 A	25-10-2007

## フロントページの続き

(81)指定国 AP(BW, GH, GM, KE, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), EA(AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), EP(AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MT, NL, NO, PL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OA(BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG), AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PG, PH, PL, PT, RO, RS, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW

(特許庁注：以下のものは登録商標)

1. E T H E R N E T
2. B l u e t o o t h

(72)発明者 ネイル, イエン エー.

スイス マッサニョ シーエイチ - 6 9 0 0 ヴィア ミラバーレ 2 5 エー

Fターム(参考) 2H087 KA03 MA11 PA14 PA16 PB19 PB20 QA02 QA06 QA17 QA21  
QA25 QA39 QA41 QA45 RA32 SA13 SA17 SA19 SA63 SA72  
SA74 SB04 SB14 SB21 TA01 TA03 TA04 UA09  
2H141 MB37 MB43