

(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B2)

(11)特許番号
特許第7570331号
(P7570331)

(45)発行日 令和6年10月21日(2024.10.21)

(24)登録日 令和6年10月10日(2024.10.10)

(51)国際特許分類

F I

G 0 3 B	19/07	(2021.01)	G 0 3 B	19/07	
G 0 2 B	7/04	(2021.01)	G 0 2 B	7/04	E
G 0 2 B	7/08	(2021.01)	G 0 2 B	7/08	B
G 0 2 B	15/16	(2006.01)	G 0 2 B	15/16	
G 0 2 B	15/20	(2006.01)	G 0 2 B	15/20	

請求項の数 17 (全63頁) 最終頁に続く

(21)出願番号 特願2021-538717(P2021-538717)
 (86)(22)出願日 令和2年2月19日(2020.2.19)
 (65)公表番号 特表2022-508453(P2022-508453 A)
 (43)公表日 令和4年1月19日(2022.1.19)
 (86)国際出願番号 PCT/IB2020/051405
 (87)国際公開番号 WO2020/174325
 (87)国際公開日 令和2年9月3日(2020.9.3)
 審査請求日 令和3年6月30日(2021.6.30)
 審判番号 不服2022-16492(P2022-16492/J 1)
 審判請求日 令和4年10月14日(2022.10.14)
 (31)優先権主張番号 62/809,871
 (32)優先日 平成31年2月25日(2019.2.25)
 (33)優先権主張国・地域又は機関

最終頁に続く

(73)特許権者 515347201
 コアフォトニクス リミテッド
 イスラエル, 6 4 9 2 1 0 3 テル アビ
 ブ, メナヘム ベギン ロード 1 4 6
 (74)代理人 110000338
 弁理士法人 HARAKENZO WOR
 LD PATENT & TRADEMA
 RK
 (72)発明者 シャブタイ, ガル
 イスラエル, 6 9 5 8 3 1 3 テル - ア
 ビブ, シュムエル シュニツァー スト
 リート 4
 (72)発明者 ゴールデンバーグ, エブライム
 イスラエル, 7 7 5 1 0 2 5 アシュド
 ッド, テル チャイ ストリ - ト 3 2

最終頁に続く

(54)【発明の名称】 2つのズーム状態を有する少なくとも1つのカメラを備えるマルチアパーチャカメラ

(57)【特許請求の範囲】

【請求項1】

a) レンズ光軸に沿ってあるレンズ素子群 G 1 と、レンズ素子群 G 2 と、レンズ素子群 G 3 とを備えるレンズと、
 b) イメージセンサと、
 c) 光路屈曲素子 (O P F E) と、
 d) 前記レンズ光軸に平行な方向に、前記イメージセンサに対して G 1 および G 3 を一緒に移動させ、前記レンズを2つのズーム状態にするためのアクチュエータと、
 を備える屈曲式カメラであって、

G 1 および G 3 は、互いに固定されて取り付けられており、G 2 は、G 2 の変位を制限するための2つのレンズストップの間で浮動するものであり、G 1 および G 3 を一緒に移動させることで、あるズーム状態では、G 2 が G 1 に接着することができるようにし、別のズーム状態では、G 2 が G 3 に接着することができるようにし、前記2つのレンズストップ間の前記 G 2 の移動のストロークは、前記 G 1 および G 3 のストロークの半分よりも小さい、屈曲式カメラ。

【請求項2】

G 1 と G 3 との間の固定された取り付けは、G 1 と G 3 とを接続する複数の棒によって可能にされており、G 2 は、前記複数の棒によって案内され、前記複数の棒に対して、前記レンズ光軸に平行な方向に沿って移動することができる、請求項1に記載のカメラ。

【請求項3】

10

20

前記 G 1 および G 3 の一緒に移動は、2 mm よりも大きく 20 mm よりも小さいストロークにわたるものである、請求項 1 に記載のカメラ。

【請求項 4】

前記レンズは、有効焦点距離 EFL を有し、EFL は、前記あるズーム状態において最小値 EFL_{min} をとり、前記別のズーム状態において最大値 EFL_{max} をとるものであり、比率 EFL_{max} / EFL_{min} は 1.5 よりも大きい、請求項 1 に記載のカメラ。

【請求項 5】

前記アクチュエータは、複数の SMA スプリングおよび複数の機械的スプリングを有する形状記憶合金 (SMA) アクチュエータを含む、請求項 1 に記載のカメラ。

【請求項 6】

前記複数の SMA スプリングは、4 つのスプリングを含み、前記複数の機械的スプリングは、2 つのスプリングを含む、請求項 5 に記載のカメラ。

【請求項 7】

前記レンズの焦点を合わせるためのボイスコイルモーター (VCM) 機構をさらに備える、請求項 5 に記載のカメラ。

【請求項 8】

前記レンズの前記焦点合わせは、G 1、G 2 および G 3 を一緒に移動させることによって実行される、請求項 7 に記載のカメラ。

【請求項 9】

a) レンズ光軸に沿ってあるレンズ素子群 G 1 と、レンズ素子群 G 2 と、レンズ素子群 G 3 とを備えるレンズと、

b) イメージセンサと、

c) 光路屈曲素子 (OPFE) と、

d) 前記レンズ光軸に平行な方向に、前記イメージセンサに対して G 1 および G 3 を一緒に移動させ、前記レンズを 2 つのズーム状態にするためのアクチュエータと、を備える屈曲式カメラであって、

G 1 および G 3 は、互いに固定されて取り付けられており、G 2 は、G 2 の変位を制限するための 2 つのレンズストップの間で浮動するものであり、G 1 および G 3 を一緒に移動させることで、あるズーム状態では、G 2 が G 1 に接着することができるようにし、別のズーム状態では、G 2 が G 3 に接着することができるようにし、

前記アクチュエータは、複数の SMA スプリングおよび複数の機械的スプリングを有する形状記憶合金 (SMA) アクチュエータを含み、

前記レンズの焦点を合わせるためのボイスコイルモーター (VCM) 機構をさらに備え、前記レンズの前記焦点合わせは、G 1、G 2 および G 3 を一緒に移動させることによって実行され、

前記レンズは、前記 2 つのレンズストップを有する G 2 レンズストップ機構を備えるレンズおよびセンサのモジュールに含まれており、

前記 2 つのレンズストップのうち的一方は、G 1、G 2 および G 3 がマクロ撮影のために 2 mm 以上の大きさのストロークにわたって移動できるようにするために、除去可能となっている、屈曲式カメラ。

【請求項 10】

前記アクチュエータは、複数の磁石のそれぞれに、および / または複数の磁石の偏極に結合された少なくとも 3 つのコイルを備える、請求項 1 に記載のカメラ。

【請求項 11】

前記複数の磁石に対する前記少なくとも 3 つのコイルの位置は、位置感知のための少なくとも 1 つのホールバーセンサによって測定される、請求項 10 に記載のカメラ。

【請求項 12】

前記少なくとも 3 つのコイルは、前記複数の磁石に対する移動を提供するそれぞれの駆動電流によって駆動され、前記複数の駆動電流は、前記複数の磁石に対する前記複数のコイルの位置に依存する、請求項 11 に記載のカメラ。

10

20

30

40

50

【請求項 1 3】

a) レンズ光軸に沿ってあるレンズ素子群 G 1 と、レンズ素子群 G 2 と、レンズ素子群 G 3 とを備えるレンズと、

b) イメージセンサと、

c) 光路屈曲素子 (OPFE) と、

d) 前記レンズ光軸に平行な方向に、G 1、G 2 および G 3 を一緒に移動させることによって、前記レンズの焦点を合わせるための、ならびに、前記レンズ光軸に平行な方向に、ズームのために前記イメージセンサに対して G 1 および G 3 を一緒に移動させ、前記レンズを 2 つのズーム状態にするためのボイスコイルモーター (VCM) 機構と、

を備える屈曲式カメラであって、

G 1 および G 3 は、互いに固定されて取り付けられており、G 2 は、G 2 の変位を制限するための 2 つのレンズストップの間で浮動するものであり、G 1 および G 3 を一緒に移動させることで、あるズーム状態では、G 2 が G 1 に接着することができるようにし、別のズーム状態では、G 2 が G 3 に接着することができるようにし、前記 2 つのレンズストップ間の前記 G 2 の移動のストロークは、前記 G 1 および G 3 のストロークの半分よりも小さい、屈曲式カメラ。

10

【請求項 1 4】

a) レンズ光軸に沿ってあるレンズ素子群 G 1 と、レンズ素子群 G 2 と、レンズ素子群 G 3 とを備えるレンズと、

b) イメージセンサと、

c) 光路屈曲素子 (OPFE) と、

d) 前記レンズ光軸に平行な方向に、G 1、G 2 および G 3 を一緒に移動させることによって、前記レンズの焦点を合わせるための、ならびに、前記レンズ光軸に平行な方向に、ズームのために前記イメージセンサに対して G 1 および G 3 を一緒に移動させ、前記レンズを 2 つのズーム状態にするためのボイスコイルモーター (VCM) 機構と、

を備える屈曲式カメラであって、

G 1 および G 3 は、互いに固定されて取り付けられており、G 2 は、G 2 の変位を制限するための 2 つのレンズストップの間で浮動するものであり、G 1 および G 3 を一緒に移動させることで、あるズーム状態では、G 2 が G 1 に接着することができるようにし、別のズーム状態では、G 2 が G 3 に接着することができるようにし、

前記 2 つのレンズストップのうちの一方は、G 1、G 2 および G 3 がマクロ撮影のために 2 mm 以上の大きさのストロークにわたって移動できるようにするために、除去可能となっている、屈曲式カメラ。

20

30

【請求項 1 5】

前記 VCM 機構は、複数の磁石のそれぞれに、および / または複数の磁石の偏極に結合された、少なくとも 3 つのコイルを備える、請求項 1 3 に記載のカメラ。

【請求項 1 6】

前記複数の磁石に対する前記少なくとも 3 つのコイルの位置は、位置感知のための少なくとも 2 つのホールバーセンサによって測定される、請求項 1 5 に記載のカメラ。

【請求項 1 7】

前記少なくとも 3 つのコイルは、前記複数のコイルに対する前記複数の磁石の移動を提供するそれぞれの駆動電流によって駆動され、前記複数の駆動電流は、前記複数の磁石に対する前記複数のコイルの位置に依存する、請求項 1 6 に記載のカメラ。

40

【発明の詳細な説明】**【技術分野】****【0001】**

〔関連出願の相互参照〕

本出願は 2019 年 2 月 25 日に出願された米国仮特許出願第 62 / 809, 871 号からの優先権を主張し、その米国仮特許出願は、その全体が参照によって本明細書に明示的に組み込まれる。

50

【0002】

本明細書に開示される実施形態は、概して、デジタルカメラに関し、より詳細には、屈曲式ズームレンズを備えたデュアルアパーチャズームデジタルカメラに関する。

【背景技術】

【0003】

コンパクトなマルチアパーチャ、特にデュアルアパーチャ（「デュアルレンズ」または「デュアルカメラ」とも呼ばれる）デジタルカメラが知られている。小型化技術により、タブレットおよび携帯電話（以下、総称して「スマートフォン」と呼ぶ）などのコンパクトな携帯型電子デバイスに、ズームなどの高度な撮像機能（例えば、その全体が参照によって本明細書に組み込まれる、共同所有のPCT特許出願第PCT/IB2015/056004号を参照）を提供するこのようなカメラを組み込むことが可能である。そのようなカメラおよび/または本明細書に開示されるカメラは、厳しい高さ制限を有するカメラであり、通常1cm未満であり、より薄いほど良好である。

10

【0004】

一方のカメラが広い視野FOV（field of view）を有し（「ワイドカメラ」）、他方のカメラが狭いFOVを有する（「テレカメラ」）デュアルアパーチャズームカメラが知られている。テレカメラは、カメラが設置される装置の厚さに適合するように（好ましくは、装置の筐体から突出することなく）できるだけ小さな寸法を有することが要求される一方、一般的に使用されるイメージセンサとともに動作するのに適している。この問題は、比較的高いズーム効果を得るために長い（「テレ」）有効焦点距離（effective focal length: EFL）を有するテレレンズを使用する場合にさらに重大である。知られているように、レンズに適用される「EFL」という用語は、後方主平面から近軸焦点面までの距離を指す。後方主平面は、無限遠から軸上の基底近傍光線を追跡することによって計算され、基底近傍の像空間の周辺光線の角度を使用して決定される。

20

【0005】

直立ワイドカメラと屈曲式テレカメラとを備えるデュアルアパーチャズームカメラが、例えば、共同所有の米国特許第9,392,188号に開示されている。ワイドカメラは、ワイドイメージセンサと、ワイドレンズ対称軸を有するワイド固定焦点レンズアセンブリ（または単に「レンズ」）を含むワイドレンズモジュールとを備える「直立」カメラである。屈曲式テレカメラは、テレイメージセンサと、テレレンズ対称軸を有するテレ固定焦点レンズを含むテレレンズモジュールとを備える。デュアルアパーチャズームカメラは、物体または景色から到来する光を、第1の光路に沿って、テレイメージセンサに向かって、第2の光路に屈曲させる反射素子（光路屈曲素子またはOPFE（optical path folding element）とも呼ばれる）をさらに備える。第1の光路と第2の光路は互いに垂直である。ワイドレンズ対称軸は、第1の光路に沿っており（平行であり）、テレレンズ対称軸は、第2の光路に沿っている。反射素子は、ワイドレンズ対称軸およびテレレンズ対称軸の両方に対して実質的に45度で傾斜した反射素子対称軸を有し、物体とテレイメージセンサとの間に屈曲された光路を提供するように作動する。

30

【0006】

ワイドレンズは広い視野（FOV_W）を持ち、テレレンズはFOV_Wより狭いテレ視野（FOV_T）を持つ。例において、テレカメラは、ワイドカメラと比較して、X5ズームエフェクトを提供する。

40

【0007】

2つ以上の群に分割された複数のレンズ素子を含み、レンズ素子のうち1つまたは複数の（「群」）レンズ素子が別のレンズ素子またはレンズ素子の群に対して移動可能であるレンズアセンブリを有する小型屈曲式カメラも知られている。相対運動に使用されるアクチュエータ（モータ）としては、スクリュウ付きステップモータまたは圧電アクチュエータが挙げられる。しかしながら、このようなカメラの一般的な問題は、それらの構造が、3以上のかなり大きなF値（F#）を指示し、F#がズーム係数とともに増加することである。それらのアクチュエータは、低速で雑音が多く（圧電）、またはかさばり（ステッ

50

パモータ)、信頼性の問題があり、高価である。また、公知の光学設計では、このようなカメラで得られる2つの極限ズーム状態に対して、所与のF#に対して大きなレンズアセンブリ高さを必要とする。

【0008】

「マクロ撮影(Macro-photography)」モードは、スマートフォンのカメラを差別化するものとしてポピュラーになりつつある。「マクロ撮影」とは、イメージセンサに記録される画像が、撮影された実際の物体とほぼ同じ大きさになるようにして、カメラに対して非常に近くにある物体を撮影することを指す。例えば、「マクロ撮影」は、例えば昆虫のような微小な被写体および生物を撮影することを指してもよく、その撮影での被写体の大きさは、実物大よりも大きくなる。「マクロ撮影」は、「マクロ像(Macro image)」を生じる。

10

【0009】

マクロFOVを有する専用マクロカメラを搭載することで、マクロ撮影機能を提供する初のスマートフォン機種が、消費者市場に参入した。しかしながら、追加の専用ハードウェアを必要とせずに、多くのスマートフォンに既に存在するタイプのカメラを使用してマクロ撮影機能を提供することは有益であろう。

【発明の概要】

【0010】

例示的な実施形態において、レンズ光軸に沿ってあるレンズ素子群G1と、レンズ素子群G2と、レンズ素子群G3とを備えるレンズと、イメージセンサと、OPFEと、前記レンズ光軸に平行な方向に、前記イメージセンサに対してG1およびG3と一緒に移動させ、前記レンズを2つのズーム状態にするためのアクチュエータと、を備える屈曲式カメラであって、G1およびG3は、互いに固定されて取り付けられており、G2は、2つのストップの間で浮動するものであり、G1およびG3と一緒に移動させることで、あるズーム状態では、G2がG1に接着することができるようにし、別のズーム状態では、G2がG3に接着することができるようにする、屈曲式カメラが提供される。

20

【0011】

いくつかの実施形態では、G1とG3との間の固定された取り付けは、G1とG3とを接続する複数の棒によって可能とされる。ここで、G2は、前記複数の棒によって案内され、前記複数の棒に対して、前記レンズ軸に平行な方向に沿って移動することができる。前記G1またはG3へのG2の接着は、磁力によるものであってもよい。

30

【0012】

いくつかの実施形態では、前記G1およびG3の一緒に移動は、2mmよりも大きく20mmよりも小さいストロークにわたるものであり、前記2つのストップ間の前記G2の移動のストロークは、前記G1およびG3のストロークの半分よりも小さい。

【0013】

いくつかの実施形態では、前記レンズは、有効焦点距離EFLを有し、EFLは、該第1のズーム状態における最小値 EFL_{min} から該第2のズーム状態における最大値 EFL_{max} に変更され、比率 EFL_{max}/EFL_{min} は1.5よりも大きい。

【0014】

いくつかの実施形態では、前記アクチュエータは、複数のSMAスプリングおよび複数の機械的スプリングを有する、形状記憶合金(shape memory alloy: SMA)アクチュエータを含む。

40

【0015】

いくつかの実施形態では、前記複数のSMAスプリングは、4つのスプリングを含み、前記複数の機械的スプリングは、2つのスプリングを含む。

【0016】

いくつかの実施形態では、前記カメラは、前記レンズの焦点を合わせるためのボイスコイルモーター(voice coil motor: VCM)機構をさらに備える。いくつかの実施形態では、前記レンズの前記焦点合わせは、G1、G2およびG3と一緒に移動させることによ

50

って実行される。いくつかの実施形態では、前記レンズは、第1のG2ストップおよび第2のG2ストップを有するG2ストップ機構をもたもた備えるレンズおよびセンサのモジュールに含まれており、前記第1のまたは前記第2のG2ストップのうち的一方は、G1、G2およびG3がマクロ撮影のために2mm以上の大きさのストロークにわたって移動できるようにするために、除去可能となっている。

【0017】

いくつかの実施形態では、前記アクチュエータは、複数の磁石のそれぞれに、または複数の磁石の偏極に結合された少なくとも3つのコイルを備える。いくつかの実施形態では、前記複数の磁石に対する前記少なくとも3つのコイルの位置は、位置感知のための少なくとも1つのホールバーセンサによって測定される。

10

【0018】

いくつかの実施形態では、前記少なくとも3つのコイルは、前記複数の磁石に対する移動を提供するそれぞれの駆動電流によって駆動され、前記複数の駆動電流は、前記複数の磁石に対する前記複数のコイルの位置に依存する。

【0019】

例示的な実施形態において、レンズ光軸に沿ってあるレンズ素子群G1と、レンズ素子群G2と、レンズ素子群G3とを備えるレンズと、イメージセンサと、OPFEと、前記レンズ光軸に平行な方向にG1、G2およびG3を一緒に移動させることによって、前記レンズの焦点を合わせるための、ならびに、前記レンズ光軸に平行な方向に、ズームのために前記イメージセンサに対してG1およびG3を一緒に移動させ、前記レンズを2つのズーム状態にするためのVCM機構と、を備える屈曲式カメラであって、G1およびG3は、互いに固定されて取り付けられており、G2は、2つのストップの間で浮動し、G1およびG3を一緒に移動させることで、あるズーム状態では、G2がG1に接着することができるようにし、別のズーム状態では、G2がG3に接着することができるようにする、屈曲式カメラが提供される。

20

【0020】

いくつかの実施形態では、屈曲式カメラはさらに、第1のG2ストップおよび第2のG2ストップを含み、前記第1のまたは前記第2のG2ストップのうち的一方は、G1、G2およびG3がマクロ撮影のために2mm以上の大きさのストロークにわたって移動できるようにするために、除去可能となっている。

30

【0021】

例示的な実施形態において、広範囲の有効焦点距離 EFL_W を有するワイドレンズと、ワイドイメージセンサとを備えるワイドカメラと、第1の光軸を有するテレレンズと、テレイメージセンサと、OPFEとを備える屈曲式テレカメラとを備え、前記テレレンズは、物体側から像側までに、第1のレンズ素子群G1と、第2のレンズ素子群G2と、第3のレンズ素子群G3とを含み、前記テレレンズを2つのズーム状態にするために、前記レンズ素子群のうち少なくとも2つは、前記イメージセンサに対して第1の光軸に沿って移動可能であり、前記テレレンズの有効焦点距離を、一方のズーム状態における EFL_{Tmin} から他方のズーム状態における EFL_{Tmax} へ変更させ、 $EFL_{Tmin} > 1.5 \times EFL_W$ であり、 $EFL_{Tmax} > 1.5 \times EFL_{Tmin}$ である、デュアルカメラを提供する。前記ワイドレンズは第2の光軸を有し、該第2の光軸は前記第1の光軸に対して垂直になっている。

40

【0022】

いくつかの実施形態(図示せず)では、上述した前記屈曲式テレカメラは、同じ構造および特性を有する非屈曲式(直立)テレカメラによって、置き換えられてもよい。すなわち、当該非屈曲式テレカメラは、物体側から像側までに、第1のレンズ素子群G1と、第2のレンズ素子群G2と、第3のレンズ素子群G3と、を備えるテレレンズを備えており、前記複数のレンズ素子群のうち少なくとも2つは、前記テレレンズを2つのズーム状態にするために、前記イメージセンサに対して前記第1の光軸に沿って移動可能であり、前記テレレンズの有効焦点距離は、一方のズーム状態における EFL_{Tmin} から他方のズ

50

ーム状態における EFL_{Tmax} へと変更され、 $EFL_{Tmin} > 1.5 \times EFL_W$ であり、かつ、 $EFL_{Tmax} > 1.5 \times EFL_{Tmin}$ である。

【0023】

いくつかの例示的な実施形態において、前記テレカメラが、前記第1のズーム状態と前記第2のズーム状態の両方において、レンズ素子群 G_1 、 G_2 、および G_3 が互いにシフトさせられることによって焦点合わせをするように構成される。

【0024】

いくつかの例示的な実施形態において、レンズ素子群 G_1 、 G_2 、および G_3 が物体側から像側に配列され、 G_1 が正の屈折力を有し、 G_2 が正の屈折力を有し、 G_3 が負の屈折力を有する。

【0025】

いくつかの例示的な実施形態において、前記少なくとも2つの移動可能なレンズ素子群が、前記レンズ素子群 G_1 および G_3 を含み、前記レンズ素子群 G_1 および G_3 が前記イメージセンサおよび前記レンズ素子群 G_2 に対して移動可能であり、前記レンズ素子群 G_2 が前記イメージセンサに対して静止している。いくつかの実施形態において、前記レンズ素子群 G_3 が、前記イメージセンサ、前記レンズ素子群 G_1 、および前記レンズ素子群 G_2 に対して、焦点合わせのためにさらに移動可能であってもよい。いくつかの実施形態において、前記レンズ素子群 G_1 が、前記イメージセンサ、前記レンズ素子群 G_2 、および前記レンズ素子群 G_3 に対して、焦点合わせのためにさらに移動可能であってもよい。

【0026】

例示的な実施形態において、物体側に向かう第1のレンズ素子 L_1 は、テレレンズにおける他の全てのレンズ素子のクリアアパーチャよりも大きいクリアアパーチャ (clear aperture: CA) 値 (または単に「クリアアパーチャ」) を有する。

【0027】

例示的な実施形態において、前記テレレンズが総トラック長 (total track length: TTL_T) を有し、最大 TTL_T (TTL_{Tmax}) が $TTL_{Tmax} < EFL_{Tmax}$ の条件を満たす。

【0028】

例示的な実施形態において、前記テレレンズが総トラック長 (TTL_T) を有し、最大 TTL_T (TTL_{Tmax}) が $TTL_{Tmax} < 0.9 \times EFL_{Tmax}$ の条件を満たす。

【0029】

例示的な実施形態において、前記テレレンズがテレレンズ F ナンバー ($F\#_T$) を有し、 $F\#_T$ の最小値 ($F\#_{Tmin}$) が $F\#_{Tmin} < 1.5 \times F\#_{Tmax} \times EFL_{Tmin} / EFL_{Tmax}$ の条件を満たす。

【0030】

例示的な実施形態において、前記テレレンズがテレレンズ F ナンバー ($F\#_T$) を有し、 $F\#_T$ の最小値 ($F\#_{Tmin}$) および $F\#_T$ の最大値 ($F\#_{Tmax}$) が $F\#_{Tmin} < 1.8 \times F\#_{Tmax} \times EFL_{Tmin} / EFL_{Tmax}$ の条件を満たす。

【0031】

例示的な実施形態において、前記テレレンズがテレレンズ F ナンバー ($F\#_T$) を有し、 $F\#_T$ の最小値 ($F\#_{Tmin}$) および $F\#_T$ の最大値 ($F\#_{Tmax}$) が $F\#_{Tmin} < 1.2 \times F\#_{Tmax} \times EFL_{Tmin} / EFL_{Tmax}$ の条件を満たす。

【0032】

例示的な実施形態において、いずれのレンズ素子群についても、前記第1のズーム状態から前記第2のズーム状態への移動が、 $0.75 \times (EFL_{Tmax} - EFL_{Tmin})$ よりも小さいストロークを有する。

【0033】

例示的な実施形態において、いずれのレンズ素子群についても、前記第1のズーム状態から前記第2のズーム状態への移動が、 $0.6 \times (EFL_{Tmax} - EFL_{Tmin})$ よりも小さいストロークを有する。

10

20

30

40

50

【 0 0 3 4 】

例示的な実施形態において、前記第 1 のレンズ素子 L 1 がカットレンズ素子である。

【 0 0 3 5 】

いくつかの例示的な実施形態において、前記少なくとも 2 つの移動可能なレンズ素子群が前記レンズ素子群 G 1、G 2、および G 3 を含み、前記レンズ素子群 G 1 および G 3 が、前記イメージセンサおよび前記レンズ素子群 G 2 に対して、所与の範囲 $R_{1,3}$ で 1 つのユニットとして移動可能であり、前記レンズ素子群 G 2 が、前記イメージセンサに対して、 $R_{1,3}$ よりも小さい範囲 R_2 で移動可能である。例示的な実施形態において、前記レンズ素子群 G 1、G 2、および G 3 が像側に向かって移動可能である。いくつかの例示的な実施形態において、前記レンズ素子群 G 1、G 2、および G 3 が、前記イメージセンサに対して、1 つのユニットとして焦点合わせのために移動可能である。

10

【 0 0 3 6 】

いくつかの例示的な実施形態において、 $EFL_{Tmin} = 15 \text{ mm}$ であり、 $EFL_{Tmax} = 30 \text{ mm}$ である。

【 0 0 3 7 】

いくつかの例示的な実施形態において、 $EFL_{Tmin} = 13 \text{ mm}$ であり、 $EFL_{Tmax} = 26 \text{ mm}$ である。

【 0 0 3 8 】

いくつかの例示的な実施形態において、前記 2 つのズーム状態において、 R_{AF} は無限遠と 1 メートルとの間の焦点合わせに必要な前記レンズ素子群 G 2 の最大移動範囲であり、 $R_{AF} < 0.4 \times R_2$ である。いくつかの例示的な実施形態において、前記 2 つのズーム状態において、 R_{AF} は無限遠と 2 メートルとの間の焦点合わせに必要な前記レンズ素子群 G 1 および G 3 の最大移動範囲であり、 $R_{AF} < 0.4 \times R_{1,3}$ である。

20

【 0 0 3 9 】

いくつかの例示的な実施形態において、前記レンズ素子群 G 2 の移動のための作動が閉ループ制御で行われる。

【 0 0 4 0 】

いくつかの例示的な実施形態において、前記レンズ素子群 G 1 および G 3 の移動のための作動が開ループ制御で行われる。

【 0 0 4 1 】

いくつかの例示的な実施形態において、前記レンズ素子群 G 1、G 2、および G 3 の移動が、ボイスコイルモーター (VCM) 機構を用いて引き起こされる。

30

【 0 0 4 2 】

いくつかの例示的な実施形態において、前記レンズ素子群 G 1、G 2、および G 3 の移動が、リニアレールを作るボールガイド機構によって、前記第 1 の光軸に沿ってガイドされる。いくつかの例示的な実施形態において、前記ボールガイド機構が、G 2 のレンズ担体上の少なくとも 1 つの溝と、G 1 と G 3 のレンズ担体上の少なくとも 1 つの溝と、前記 G 2 のレンズ担体上の溝と、前記 G 1 と G 3 のレンズ担体上の溝との間の複数のボールを含む。

【 0 0 4 3 】

例示的な実施形態において、広範囲の有効焦点距離 EFL_w を有するワイドレンズと、ワイドイメージセンサとを備えるワイドカメラと、第 1 の光軸を有するテレレンズと、テレイメージセンサと、OPFE とを備える屈曲式テレカメラとを備え、前記テレレンズは、物体側から像側までに、第 1 のレンズ素子群 G 1 と、第 2 のレンズ素子群 G 2 と、第 3 のレンズ素子群 G 3 とを含み、前記レンズ素子群 G 1 および G 3 は、所与の範囲 $R_{1,3}$ で、前記イメージセンサおよび前記レンズ素子群 G 2 に対して、1 つのユニットとして前記第 1 の光軸に沿って移動可能であり、前記レンズ素子群 G 2 は、範囲 $R_{1,3}$ よりも小さい範囲 R_2 で、前記イメージセンサに対して第 1 の光軸に沿って移動可能であり、前記レンズ素子群 G 1、G 2、および G 3 の組み合わせられた移動により、前記テレレンズを 2 つの状態にし、前記テレレンズの EFL を、一方のズーム状態における EFL_{Tmin} から他方

40

50

のズーム状態における EFL_{Tmax} へ変更させ、 $EFL_{Tmin} > EFL_W$ であり、 $EFL_{Tmax} > 1.5 \times EFL_{Tmin}$ である、デュアルカメラを提供する。

【0044】

例示的な実施形態において、第1の光軸を有するレンズと、イメージセンサと、OPFEとを備える屈曲式カメラであって、前記レンズは、物体側から像側までに、第1のレンズ素子群G1と、第2のレンズ素子群G2と、第3のレンズ素子群G3とを含み、前記レンズ素子群G1およびG3は、所与の範囲 $R_{1,3}$ で、前記イメージセンサおよび前記レンズ素子群G2に対して、1つのユニットとして前記第1の光軸に沿って移動可能であり、前記レンズ素子群G2は、範囲 $R_{1,3}$ よりも小さい範囲 R_2 で、前記イメージセンサに対して第1の光軸に沿って移動可能であり、前記レンズ素子群G1、G2、およびG3の組み合わせられた移動により、前記テレレンズを2つのズーム状態にし、前記テレレンズのEFLを、一方のズーム状態における EFL_{min} から他方のズーム状態における EFL_{Tmax} へ変更させ、 $EFL_{max} > 1.5 \times EFL_{min}$ である、屈曲式カメラを提供する。

10

【0045】

例示的な実施形態において、広範囲の有効焦点距離 EFL_W を有するワイドレンズと、ワイドイメージセンサとを備えるワイドカメラと、超広範囲の有効焦点距離 EFL_{UW} を有する超ワイドレンズと、超ワイドイメージセンサとを備える超ワイドカメラと、第1の光軸を有するテレレンズと、テレイメージセンサと、OPFEとを備える屈曲式テレカメラを備え、前記テレレンズは、物体側から像側までに、第1のレンズ素子群G1と、第2のレンズ素子群G2と、第3のレンズ素子群G3とを含み、前記テレレンズを第1のズーム状態と第2のズーム状態との2つの状態にするために、前記レンズ素子群のうち少なくとも2つは、前記イメージセンサに対して第1の光軸に沿って移動可能であり、前記テレレンズのEFLを、前記第1のズーム状態における EFL_{Tmin} から前記第2のズーム状態における EFL_{Tmax} へ変更させ、 $EFL_{Tmin} > 1.5 \times EFL_W$ であり、 $EFL_{Tmax} > 1.5 \times EFL_{Tmin}$ である、デュアルカメラを提供する。

20

【0046】

例示的な実施形態において、ワイドカメラモジュール（または単に「ワイドカメラ」）と、レンズモジュールと、当該レンズモジュールを第1のズーム状態と第2のズーム状態との間で移動させるためのレンズアクチュエータと、第1の較正データおよび第2の較正データを格納するためのメモリとを備えるテレカメラモジュール（または単に「テレカメラ」）とを備え、前記第1の較正データは、第1のズーム状態における、前記ワイドカメラモジュールと前記テレカメラモジュールとの間の較正データを含んでもよく、前記第2の較正データは、第2のズーム状態における、前記ワイドカメラモジュールと前記テレカメラモジュールとの間の較正データを含んでもよい、デュアルカメラを提供する。

30

【0047】

様々な例示的な実施形態において、アプリケーションプロセッサ（application processor: AP）と、第1の画像データを提供するためのワイドカメラモジュールと、第2の画像データを提供するためのテレカメラモジュールであって、レンズモジュールと、第1のズーム状態と第2のズーム状態との間でレンズモジュールを移動させるためのレンズアクチュエータとを備えるテレカメラモジュールと、第1の較正データと第2の較正データとを格納するためのメモリとを備え、前記第1の較正データは、第1のズーム状態における、前記ワイドカメラモジュールと前記テレカメラモジュールとの間の較正データを含んでもよく、前記第2の較正データは、第2のズーム状態における、前記ワイドカメラモジュールと前記テレカメラモジュールとの間の較正データを含んでもよく、前記APは、前記テレカメラモジュールが前記第1のズーム状態のときは前記第1の較正データを用いて第1の画像データおよび第2の画像データを処理し、前記テレカメラモジュールが前記第2のズーム状態のときは前記第2の較正データを用いて第1の画像データおよび第2の画像データを処理することで、第3の画像データを生成するように構成される、システムを提供する。

40

【0048】

50

前記システムの実施形態において、前記第 1 の校正データが前記第 1 のカメラモジュールに格納され、前記第 2 の校正データが前記第 2 のカメラモジュールに格納される。

【 0 0 4 9 】

前記システムの実施形態において、前記第 1 の校正データおよび前記第 2 の校正データが前記テレカメラモジュールにのみ格納される。

【 0 0 5 0 】

前記システムの実施形態において、前記第 1 の校正データおよび前記第 2 の校正データが前記ワイドカメラモジュールにのみ格納される。

【 0 0 5 1 】

前記システムの実施形態において、前記第 1 の校正データおよび前記第 2 の校正データが、前記ワイドカメラモジュールにも前記テレカメラモジュールにも配置されていないメモリに格納される。

10

【 0 0 5 2 】

前記システムの実施形態において、前記第 1 の校正データの第 1 の部分および前記第 2 の校正データの第 1 の部分が、前記ワイドカメラモジュールまたは前記テレカメラモジュールに配置されているメモリに格納され、前記第 1 の校正データの第 2 の部分および前記第 2 の校正データの第 2 の部分が、前記ワイドカメラモジュールまたは前記テレカメラモジュールに配置されていないメモリに格納される。

【図面の簡単な説明】

【 0 0 5 3 】

20

本明細書に開示される実施形態の非限定的な例は、この段落の後に示される、本明細書に添付される図面を参照して、以下に記載される。複数の図に見られる同一の構造、要素、または部品は、それらが見られるすべての図において、概して同一の番号が付される。同一の要素が示されているが、1つの図のみに番号が付されている場合、それらはそれらが見られるすべての図において同じ番号を有するものとみなされる。図面および説明は、本明細書に開示された実施形態を解明し、明確にすることを意図しており、決して限定するものと考えべきではない。

【図 1 A】直立カメラおよびズーム屈曲式カメラを備えるデュアルカメラを概略的に示す概観斜視図である。

【図 1 B】図 1 A のデュアルカメラの分解図である。

30

【図 2 A】第 1 のズーム状態の第 1 のレンズ光学設計および光線追跡を有する、図 1 A および図 1 B に示すようなズーム屈曲式カメラを示す図である。

【図 2 B】第 2 のズーム状態の第 1 のレンズ光学設計および光線追跡を有する、図 1 A および図 1 B に示すようなズーム屈曲式カメラを示す図である。

【図 2 C】第 1 のズーム状態における第 1 の光学設計を有するレンズ素子の詳細を示す図である。

【図 2 D】第 2 のズーム状態における第 1 の光学設計を有するレンズ素子の詳細を示す図である。

【図 3 A】第 1 のズーム状態における第 2 の光学設計を有するレンズ素子の詳細を示す図である。

40

【図 3 B】第 2 のズーム状態における第 2 の光学設計を有するレンズ素子の詳細を示す図である。

【図 4 A】第 1 のズーム状態における第 3 の光学設計を有するレンズ素子の詳細を示す図である。

【図 4 B】第 2 のズーム状態における第 3 の光学設計を有するレンズ素子の詳細を示す図である。

【図 4 C】第 1 のズーム状態における第 4 の光学設計を有するレンズ素子の詳細を示す図である。

【図 4 D】第 2 のズーム状態における第 4 の光学設計を有するレンズ素子の詳細を示す図である。

50

【図 4 E】第 1 のズーム状態における第 5 の光学設計を有するレンズ素子の詳細を示す図である。

【図 4 F】第 2 のズーム状態における第 5 の光学設計を有するレンズ素子の詳細を示す図である。

【図 4 G】第 1 のズーム状態における第 6 の光学設計を有するレンズ素子の詳細を示す図である。

【図 4 H】第 2 のズーム状態における第 6 の光学設計を有するレンズ素子の詳細を示す図である。

【図 5 A】上部のある角度から見た E F L T_{min} の状態における、テレレンズおよびセンサのモジュールの第 1 の実施形態を概略的に示す図である。

10

【図 5 B】上部の別の角度から見た図 5 A のテレレンズおよびセンサのモジュールを概略的に示す図である。

【図 5 C】上部のある角度から見た E F L T_{max} の状態における、テレレンズおよびセンサのモジュールを概略的に示す図である。

【図 5 D】上部の別の角度から見た図 5 C のテレレンズおよびセンサのモジュールを概略的に示す図である。

【図 5 E】図 5 A ~ 図 5 D のテレレンズおよびセンサのモジュールの分解図である。

【図 6 A】ある角度から見た、図 5 A および図 5 B に示すような E F L T_{min} の状態の上記テレレンズおよびセンサのモジュールの上部作動アセンブリおよび下部作動アセンブリの底面図である。

20

【図 6 B】別の角度から見た、図 5 C および図 5 D に示すような E F L T_{max} の状態の上記テレレンズおよびセンサのモジュールの上部作動アセンブリおよび下部作動アセンブリの底面図である。

【図 6 C】底面から見た上部作動アセンブリを示す図である。

【図 7】図 5 A ~ 5 E のテレレンズおよびセンサのモジュールにおける静止レールの詳細を示す図である。

【図 8】図 5 A ~ 5 E のテレレンズおよびセンサのモジュールにおける電子アセンブリを示す図である。

【図 9 A】軸対称性を有するレンズ素子を示す図である。

【図 9 B】2 つの切れ目を有するカットレンズ素子を示す図である。

30

【図 10】本明細書に開示されるズーム屈曲式カメラを操作するための例示的な方法を示すフローチャートである。

【図 11 A】本開示の主題のいくつかの例による、レンズ素子の凸面に衝突する光線のインパクトポイントの模式図、および平面 P 上のインパクトポイントの直交投影の模式図である。

【図 11 B】本開示の主題のいくつかの例による、レンズ素子の凹面に衝突する光線のインパクトポイントの模式図、および平面 P 上のインパクトポイントの直交投影の模式図である。

【図 12】本開示の主題のいくつかの例による、平面 P 上のインパクトポイントの直交投影、およびクリアな高さ (clear height) 値 (CH) の概略図である。

40

【図 13】本開示の主題のいくつかの例による、平面 P 上のインパクトポイントの直交投影、およびクリアアパーチャの概略図である。

【図 14】本明細書で開示されるシステムの実施形態を概略的に示すブロック図である。

【図 15】屈曲式レンズ設計および非屈曲式レンズ設計を備えたデュアルアパーチャカメラおよびトリプルアパーチャカメラの概略的なデザインを示す図である。

【図 16 A】上面斜視からの、E F L T_{min} の状態における、第 6 の実施例の光学設計を有するレンズを有するテレレンズおよびセンサのモジュールの第 2 の実施形態を概略的に示す図である。

【図 16 B】上面斜視からの、E F L T_{max} の状態における、図 16 A のモジュールを概略的に示す図である。

50

【図16C】図16Aのモジュールの部分の詳細を概略的に示す図である。

【図16D】図16Bのモジュールの部分の詳細を概略的に示す図である。

【図16E】側面視において、図16Aのモジュールの部分の部分を概略的に示す図である。

【図16F】側面視において、図16Bのモジュールの部分の部分を概略的に示す図である。

【図16G】第1の上面斜視における、 EFL_{Tmin} の状態における、図16Aのモジュールの部分の詳細を概略的に示す図である。

【図16H】第2の上面斜視における、 EFL_{Tmin} の状態における、図16Aのモジュールの部分の詳細を概略的に示す図である。

【図17A】上面斜視からの、 EFL_{Tmin} の状態における、第6の実施例の光学設計を有するレンズを有するテレレンズおよびセンサのモジュールの第3の実施形態を概略的に示す図である。

【図17B】 EFL_{Tmax} の状態における、図17Aのモジュールを概略的に示す図である。

【図17C】図17Bのモジュールの部分の詳細を概略的に示す図である。

【図17D】図17Bのモジュールの部分の他の詳細を概略的に示す図である。

【図17E】図17Aおよび図17Bのモジュール内の磁石アセンブリを示す図である。

【図17F】 EFL_{Tmin} の状態と EFL_{Tmax} の状態との間における、図17AのモジュールにおけるVCMによる作動の一方法を概略的に示す図である。

【図17G】第1の側面視において、 EFL_{Tmin} の状態における図17FのVCMのズーム状態の切り換えを実行するための作動方法を示す図である。

【図17H】第2の側面視において、 EFL_{Tmax} の状態における図17FのVCMのズーム状態の切り換えを実行するための作動方法を示す図である。

【図17I】図17Gおよび図17Hのものとは反対の側面視において、 EFL_{Tmin} の状態における焦点合わせのための作動方法を示す図である。

【図17J】図17Hおよび図17Hのものとは反対の側面視において、 EFL_{Tmax} の状態における焦点合わせのための作動方法を示す図である。

【図18A】レンズ群G2をレンズ群G1に接着させるための接着サブシステムの実施形態を、斜視図で示す。

【図18B】図18Aの接着サブシステムの実施形態を、別の斜視図で示す。

【図18C】レンズ群G2をレンズ群G3に EFL_{Tmax} のズーム状態で接着させるための接着サブシステムの他の実施形態を、斜視図で示す。

【図18D】図18Cの接着サブシステムの実施形態を、別の斜視図で示す。

【図19A】 EFL_{Tmax} の状態における、G2ストップが活性化された状態でのG2ストップ除去機構を、斜視図で示す。

【図19B】マクロ撮影モードにおける、G2ストップが不活性化された状態での図19AのG2ストップ除去機構を示す。

【図19C】G2ストップが活性化された状態における、 EFL_{Tmin} の状態または EFL_{Tmax} の状態でのG2ストップ除去機構の部分を示す。

【図19D】G2ストップが不活性化された状態における、 EFL_{Tmin} の状態または EFL_{Tmax} の状態での図19CのG2ストップ除去機構の部分を示す。

【発明を実施するための形態】

【0054】

図1Aは、直立ワイドカメラ102と、OPFE104（例えばプリズム）と、ズーム屈曲式テレカメラレンズおよびセンサのモジュール（または単に「モジュール」）106とを備える屈曲式テレカメラ103とを備える、番号100が付されたデュアルカメラの一実施形態を概略的に示す概観斜視図である。ワイドカメラは、固定有効焦点距離 EFL_W を有するワイドレンズ110を含む。例えば、 EFL_W は2～5mmであってもよい。テレカメラ103において、OPFE104はプリズムホルダ108に保持されている。

10

20

30

40

50

モジュール106は、シールド107を含む。シールド107は、モジュール106またはカメラ103の一部または全ての要素を覆うことができる。図1Bは、シールド107が除去され、より詳しく説明されたデュアルカメラ100を示す。モジュール106は、テレレンズ光軸116を有するテレレンズ114と、テレイメージセンサ118と、必要に応じて、ガラス窓130（例えば、図2A参照）とをさらに含む。ガラス窓130は、赤外線（IR）波長の光をフィルタリングするため、センサ118の機械的保護のため、および/またはセンサ118を塵埃から保護するために使用されてもよい。簡単にするために、カメラ、レンズ、またはイメージセンサを参照して使用される「テレ」という語は、以後、落とされてもよい。いくつかの実施形態において、レンズおよびイメージセンサのモジュールは、テレイメージセンサがそれ自身のイメージセンサモジュールを有し、後述する他の機能および部分（特に、図5A～Eのテレレンズおよびセンサのモジュール500の作動、図16A～Hのアクチュエータ1610および図17A～Jのアクチュエータ1710）がテレカメラレンズモジュールのみに留まるように、分離される。以下の説明全体は、そのような実施形態にも言及する。他の実施形態において、本明細書で説明されるシステムは、例えば3倍カメラシステムを形成する1以上の追加のカメラを備えることができる。ワイドカメラおよびテレカメラに加えて、3倍カメラは、超ワイドカメラのEFLが $EFL_{UW} < 0.7 \times EFL_W$ である超ワイドカメラも含むことができる。

【0055】

デュアルカメラ100は、以下に説明するレンズ群およびレンズ素子の移動を含む様々なカメラ機能を制御する制御装置（図示せず）をさらに備えるか、または該制御装置に結合される。

【0056】

レンズ114は、第1の群（G1）のレンズハウジング（または「ホルダ」）120、第2の群（G2）のレンズハウジング122、および第3の群（G3）のレンズハウジング124にそれぞれ収容された3つのレンズ素子群G1、G2、およびG3を含む。レンズ素子群G1、G2、およびG3のための3つの異なるレンズ設計の詳細について、図2～図4を参照して以下に示す。次に詳細に説明する様々な実施形態において、少なくとも1つのレンズ素子群がレンズ光軸116に沿って別のレンズ素子群に対して移動して、少なくとも2つのテレレンズ有効焦点距離EFL_T、すなわち、最小EFL_{Tmin}および最大EFL_{Tmax}を提供する。例えば、EFL_{Tmin}は10～20mmであってもよく、EFL_{Tmax}は20～40mmであってもよい。これにより、小さなテレレンズのF値（F_{#T}）を維持しながら、2つの大きなEFL間のズーム能力を提供する。加えて、EFL_{Tmin}は、光学ズームがEFL_WとEFL_{Tmax}の間でデュアルカメラ100によって提供されるように、例えば、2倍以上EFL_Wよりも大きい。さらに、EFLについては、それぞれのズーム状態について、テレレンズ総トラック長（TTL_T）は、レンズが無限遠に焦点合わせされるときに、第1のレンズ素子の第1の表面から物体側（S₁、下記参照）に向かってイメージセンサ表面までの光軸に沿った距離として定義され、すべてのレンズ素子およびガラス窓を含む。第1のズーム状態に対してTTL_{Tmin}が定義され、第2のズーム状態に対してTTL_{Tmax}が定義される。TTL_{Tmin}およびTTL_{Tmax}は、例えば、図2C、2D、3A、および3Bには表記されているが、これらの定義は、本出願におけるすべての実施形態に適用される。

【0057】

図2Aは、OPFE104（例えば、プリズム）を有するカメラ103のようなズーム屈曲式テレカメラ103'、レンズ114のようなレンズ114'、およびテレレンズ114'の第1の例示的な光学設計および光線追跡を有するイメージセンサ118を示し、ここで、テレレンズは第1のズーム状態、すなわち、EFL = EFL_{Tmin}を有する。加えて、ガラス窓130が、全てのレンズ素子とイメージセンサ118との間に配置されていてもよい。図2Bは、第2のズーム状態、すなわちEFL = EFL_{Tmax}を有する屈曲式テレカメラ103'を示す。図2Cは、第1のズーム状態の第1の光学設計を有するレンズ114'の詳細を示し、図2Dは、第2のズーム状態のレンズ114'の詳細を示す。

10

20

30

40

50

【 0 0 5 8 】

レンズ 1 1 4' は、表 1 ~ 4 によって表される第 1 の例示的な光学設計を有し、L 1 ~ L 8 と表記された 8 つのレンズ素子を含み、当該レンズ素子は、プリズム（「物体側」）に向かう物体側の L 1 から始まり、イメージセンサに向かう像側の L 8 で終わる。表 1 は、光学レンズ設計における表面のそれぞれについての光学データを示す。OPFE（プリズムまたはミラー）の光学データは、当技術分野で公知の多くの OPFE 設計が物体と S_1 との間で使用できるので、表 1 では省略されている。そのような OPFE の非限定的な例には、ガラスまたはプラスチックで作製されたプリズムであって、該プリズムの屈折率が変化（例えば、1 ~ 3 の範囲で変化）し得るようなプリズム、迷光を制限する OPFE（例えば、共同所有の国際特許出願 PCT / IB 2 0 1 8 / 0 5 4 9 2 8 に開示）、薄型プリズム（例えば、共同所有の米国仮特許出願第 6 2 / 6 5 7 , 0 0 3 号を参照）、スキヤニング OPFE（例えば、共同所有の国際特許出願 PCT / IB 2 0 1 8 / 0 5 0 8 8 および PCT / IB 2 0 1 7 / を参照）、OIS 機構を有する OPFE（例えば、共同所有の米国特許第 9 9 2 7 6 0 0 号を参照）、およびミラーが含まれる。

10

【 0 0 5 9 】

表 2 は、表 1 における表面間の距離についての付加的なデータであるズームデータと、様々なズーム位置ごとに変化するパラメータとを示す。表 3 は、球面ではない表 1 の表面についての付加的な光学データである非球面データを示す。表 4 は、レンズ素子およびレンズ素子群の焦点距離（単位 mm）を示す。第 2 の例示的な光学設計（表 5 ~ 表 8 ）、第 3 の例示的な光学設計（表 9 ~ 表 1 2 ）、第 4 の例示的な光学設計（表 1 3 ~ 表 1 6 ）、および第 5 の例示的な光学設計（表 1 7 ~ 表 2 0 ）の同様の表が以下に存在する。

20

【 0 0 6 0 】

以下の様々な例示的な実施形態に開示されるレンズは、レンズ素子のいくつかのレンズ群（G 1、G 2、G 3 等）を備え、各群は、 L_i と表記される複数のレンズ素子を含む。各レンズ素子 L_i は、それぞれの前面 S_{2i-1} と後面 S_{2i} とを有する（ここで、「 i 」は 1 ~ N の整数）。本明細書で使用されるように、各レンズ素子の「前面」という用語は、カメラの入口（カメラ物体側）により近くに位置するレンズ素子の表面を指し、「後面」という用語は、イメージセンサ（カメラ像側）により近くに位置するレンズ素子の表面を指す。前面および後面は、場合によっては非球面であり得る。前面および後面は、場合によっては球面であり得る。しかし、これらのオプションに限定されない。レンズ素子 $L_1 \sim L_N$ は、様々な材料、例えば、プラスチックまたはガラスから作製されてもよい。いくつかのレンズ素子は他のレンズ素子とは異なる材料から作製されてもよい。表記「 G_i 」、「 L_i 」、「 S_i 」は、一例としていくつかの図に示される（「 G_i 」の表記については図 2 C および図 2 D、「 L_i 」の表記については図 2 B、「 S_i 」の表記については図 4 A を参照）。しかし、これらの表記は、本出願におけるすべての実施形態に適用される。

30

【 0 0 6 1 】

本明細書において、部品、素子、または部品群または素子群の「高さ」は、部品 / 素子 / これらの群の最下点と、部品 / 素子 / これらの群の最上点との間の、第 1 の光軸方向（例示的な座標系における Y 方向）の距離として定義される。用語「上方」または「上部」は、同じ部品 / 素子またはこれらの群の他のセクションに対して、Y 軸に沿って、撮像された（撮影された）物体に近く、かつ当該物体に面している、任意の部品 / 素子 / これらの群のセクションを指す。用語「下方」または「下部」は、同じ部品 / 素子またはこれらの群の他のセクションに対して、Y 軸に沿って、撮像された物体から最も遠く、かつ当該物体から離れて面している、任意の部品 / 素子 / これらの群のセクションを指す。

40

【 0 0 6 2 】

表 1（ならびに表 5 および表 9）において、R は表面の曲率半径であり、T は表面から次の表面までの光軸に沿った距離である。いくつかのレンズ素子間の距離は、ズームおよび焦点合わせによって変化するため、様々なズーム位置および焦点位置について、付加的な厚さデータを表 2、表 6、および表 1 0 に示す。なお、 $T T L_T$ は、物体を無限遠に設

50

定して表 2、表 6、表 10 の付加的なデータを使用する場合、 S_1 からイメージセンサまでのすべての T 値の合計となる。D は、表面の光学直径である。D / 2 は、「半直径 (semi-diameter)」または直径の半分を表す。R、T、および D の単位は、ミリメートル (mm) である。Nd および Vd は、それぞれ、表面と次の表面との間に存在するレンズ素子材料の屈折率およびアッペ数である。

【 0 0 6 3 】

表面タイプを表 1、表 5、および表 9 に定義し、表面の係数を表 3、表 7、および表 11 に示す。

- 「平面」 - 無限大の曲率半径を有する；

- 「偶数次非球 (Even - Aspherical) (EVAS) 面」は、式 1 と表 3、表 7、および表 11 に示すそれらの詳細を用いて定義される。

【数 1】

$$(式 1) \text{ EVAS} = \frac{cr^2}{1 + \sqrt{1 - (1+k)c^2r^2}} + \alpha_2 r^4 + \alpha_3 r^6$$

ここで、r は関連する光軸 (第 1 または第 2) から、(およびそれに垂直な) 光学表面内の点までの距離であり、k は円錐係数であり、 $c = 1 / R$ であり、 α_2 、 α_3 は、表 3、表 7、および表 11 に与えられる係数である。なお、任意の非球面に対して、r の最大値 (「最大 r」) は、それぞれの表面の半直径 (D / 2) である。

【 0 0 6 4 】

- QT1 表面は、以下の式 2 および副方程式を用いて定義される。

【数 2】

$$(式 2) \text{ QT1} = \frac{cr^2}{1 + \sqrt{1 - (1+k)c^2r^2}} + D_{con}(u)$$

$$D_{con}(u) = u^4 \sum_{n=0}^5 A_n Q_n^{con}(u^2)$$

$$u = \frac{r}{NR} \quad x = u^2$$

$$Q_0^{con}(x) = 1 \quad Q_1^{con} = -(5 - 6x) \quad Q_2^{con} = 15 - 14x(3 - 2x)$$

$$Q_3^{con} = -\{35 - 12x[14 - x(21 - 10x)]\}$$

$$Q_4^{con} = 70 - 3x\{168 - 5x[84 - 11x(8 - 3x)]\}$$

$$Q_5^{con} = -\{126 - x(1260 - 11x\{420 - x[720 - 13x(45 - 14x)]\})\}$$

ここで、{z, r} は標準円筒極座標であり、c は表面の近軸曲率であり、k は円錐パラメータであり、NR はノルム半径であり、 A_n はレンズデータ表に示される多項式係数である。

【 0 0 6 5 】

- 「絞り面 (stop surface)」 (表 2、表 6、表 10、表 14、表 18 および表 22) とは、本明細書に開示される実施形態において、レンズ開口の絞り面の位置が第 1 のズーム状態から第 2 のズーム状態にシフトするときに変化し得る。この場合、絞りは、レンズモジュール全体の F # を決定する。例えば、いくつかの実施形態において、第 1 のズーム状態において中心場のための画像を形成するために画像平面に到達する光の量は、物体側の第 1 のレンズ L1 近傍の開口絞りによって決定され、一方、第 2 のズーム状態において中心場のための画像を形成するために画像平面に到達する光の量は、別のレンズ素子 (例えば、近傍のレンズ素子 L4) 近傍の開口絞りによって決定される。他の実施形態において、レンズ開口の絞り面の位置が、第 1 のズーム状態から第 2 のズーム状態にシフトするとき、変化しない場合がある。

10

20

30

40

50

【 0 0 6 6 】

以下の表に示すイメージセンサの直径Dは、イメージセンサの最大限の対角サイズを指す。

【表 1】

群	レンズ	表面	タイプ	R [mm]	T [mm]	Nd	Vd	D [mm]
物体		S ₀	平面	無限遠	表2参照			
G1	L1	S ₁	EVAS	5.997	1.224	1.4847	84.150	7.50
G1	L1	S ₂	EVAS	13.606	2.104			7.50
G1	L2	S ₃	EVAS	-19.106	0.509	1.8446	23.750	6.73
G1	L2	S ₄	EVAS	-25.364	表2参照			6.24
G2	L3	S ₅	EVAS	11.959	0.864	1.5348	55.660	4.76
G2	L3	S ₆	EVAS	-9.715	0.422			4.76
G2	L4	S ₇	EVAS	-3.692	0.656	1.6510	21.510	4.40
G2	L4	S ₈	EVAS	-4.784	表2参照			4.27
G3	L5	S ₉	EVAS	-8.017	0.719	1.6510	21.510	4.00
G3	L5	S ₁₀	EVAS	-1293.029	0.635			3.55
G3	L6	S ₁₁	EVAS	-670.457	0.598	1.6510	21.510	3.59
G3	L6	S ₁₂	EVAS	-7.424	0.073			3.88
G3	L7	S ₁₃	EVAS	-7.140	0.624	1.6510	21.510	3.93
G3	L7	S ₁₄	EVAS	-4.715	0.068			4.16
G3	L8	S ₁₅	EVAS	-3.913	0.798	1.5348	55.660	4.22
G3	L8	S ₁₆	EVAS	45.594	表2参照			4.35
ガラス窓		S ₁₇	平面	無限遠	0.210	1.5168	64.170	
		S ₁₈	平面	無限遠	0.500			
イメージセンサ		S ₁₉	平面	無限遠	0			

10

20

【表 2】

		第1のズーム状態 EFL _T = 15mm		第2のズーム状態 EFL _T = 30mm	
物体の位置		無限遠	1メートル	無限遠	1メートル
絞り面		S8		S1	
T [mm]	S ₀	無限遠	1000	無限遠	1000
	S ₄	0.131	0.131	11.403	11.403
	S ₈	5.080	5.364	0.060	0.434
	S ₁₆	1.094	0.810	6.114	5.740

30

40

50

【表 3】

表面	円錐 (k)	α_2	α_3
S ₁	0.512	-2.110E-04	-3.814E-06
S ₂	0.273	3.572E-04	1.917E-05
S ₃	20.233	5.134E-03	-4.188E-05
S ₄	37.580	5.156E-03	-2.918E-06
S ₅	-17.980	3.967E-04	-2.603E-04
S ₆	4.558	9.386E-04	-2.360E-04
S ₇	-0.178	7.713E-03	-3.679E-04
S ₈	0.700	5.789E-03	-1.981E-04
S ₉	-37.208	2.833E-02	-2.126E-03
S ₁₀	-2.729	3.813E-02	1.651E-03
S ₁₁	-9.193	-2.622E-02	4.029E-03
S ₁₂	-5.072	-1.207E-02	3.646E-03
S ₁₃	9.708	1.232E-02	-6.426E-04
S ₁₄	3.593	2.145E-03	4.976E-04
S ₁₅	1.298	1.152E-02	2.260E-03
S ₁₆	-8.975	-1.222E-03	-1.182E-04

10

20

【表 4】

レンズ番号	レンズまたは群の焦点距離 [mm]
L1	14.88
L2	-28.15
L3	12.85
L4	-49.00
L5	65.32
L6	-9.17
L7	-32.37
L8	19.45
G1	23.01
G2	15.28
G3	-11.55

30

第 1 の実施例（「実施例 1」）において、レンズ素子 L 1 ~ L 8 は、レンズ素子 L 1 および L 2 を含む第 1 の群 G 1 と、レンズ素子 L 3 および L 4 を含む第 2 の群 G 2 と、レンズ素子 L 5 ~ L 8 を含む第 3 の群の 3 つの群にグループ化される。なお、表 4 に記載のレンズまたはレンズ群の焦点距離は正または負の値を有し、これは関連するレンズ素子またはレンズ群のそれぞれの正または負の屈折力を示す。したがって、表 4 において、L 1、L 3、L 5 および L 8 は正の屈折力を有し、L 2、L 4、L 6 および L 7 は負の屈折力を有し、同様に、G 1 および G 2 は正の屈折力を有し、G 3 は負の屈折力を有する。これは表 8 および表 1 2 についても同様である。

40

【 0 0 6 7 】

実施例 1 において、イメージセンサ 1 1 8 に対して群 G 2 を静止させたまま、イメージセンサ 1 1 8 に対して群 G 1 および群 G 3 を移動させることによって、カメラを 2 つのズーム状態にさせる。そして、G 3 は、ズーム状態の各々で焦点を合わせるためにさらに移動可能である。表 2 は、正確な距離および相対的な位置決めを指定する。実施例 1 において、G 1 および G 3 を G 2（およびイメージセンサ）に対して相対的に移動させて、カメラを、 $EFL_T = EFL_{Tmin} = 15\text{ mm}$ 、 $F\# = F\#_{Tmin} = 2.8$ 、および TTL_T

50

$TTL_{Tmin} = 16.309$ mmである、図2Aおよび図2Cに示す第1のズーム状態にし、 $EFL_T = EFL_{Tmax} = 30$ mm、 $F\# = F\#_{Tmax} = 4$ 、および $TTL_T = TTL_{Tmin} = 27.581$ mmである、図2Bおよび図2Dに示す第2のズーム状態にする。移動範囲は、例えば5 ~ 10 mmとすることができる。第1の状態では、G1はG2から距離 d_4 (15 mmのEFLの場合は、表2の S_4 と S_5 との距離、つまり0.131 mm) だけ離れており、G2はG3から距離 d_8 (15 mmのEFLの場合は、表2の S_8 と S_9 との距離、つまりフォーカス距離に応じて5.080 ~ 5.364 mm) だけ離れており、G3は窓130から距離 d_{16} (15 mmのEFLの場合は、表2の S_{16} と S_{17} との距離、つまりフォーカス距離に応じて1.094 ~ 0.810 mm) だけ離れている。第2の状態では、G1はG2から距離 d_4' (30 mmのEFLの場合は、表2の S_4 と S_5 との距離、つまり11.403 mm) だけ離れており、G2はG3から距離 d_8' (30 mmのEFLの場合は、表2の S_8 と S_9 との距離、つまりフォーカス距離に応じて0.060 ~ 0.434 mm) だけ離れており、G3は窓130から距離 d_{16}' (30 mmのEFLの場合は、表2の S_{16} と S_{17} との距離、つまりフォーカス距離に応じて6.114 mm ~ 5.740 mm) だけ離れている。

【0068】

図3Aは、第1のズーム状態の、カメラ103等の屈曲式テレカメラにおける、第2の実施形態の例示的な光学設計を有するレンズ素子の詳細を示し、図3Bは、第2のズーム状態の第2の光学設計を有するレンズ素子の詳細を示す。図は、レンズ114''、イメージセンサ118、およびオブションの窓130を示す。第2の光学設計は表5 ~ 表8によって表され、L1 ~ L8と表記された8つのレンズ素子を含み、当該レンズ素子は、プリズムに対向する物体側のL1から始まり、イメージセンサに向かう像側のL8で終わる。表5は光学データを示し、表6はズームデータを示し、表7は非球面データを示し、表8はレンズまたはレンズ群の焦点距離をmmで示す。

【0069】

第2の実施例(「実施例2」)において、レンズ114''では、レンズ素子L1 ~ L8は、レンズ素子L1およびL2を含む第1の群G1と、レンズ素子L3 ~ L5を含む第2の群G2と、レンズ素子L6 ~ L8を含む第3の群の3つの群にグループ化される。

【0070】

実施例2において、イメージセンサに対して所与の範囲 $R_{1,3}$ で群G1および群G3を一緒に移動させつつ、イメージセンサに対して群G2を $R_{1,3}$ よりも小さい範囲 R_2 で移動させることによって、カメラを2つのズーム状態にさせる。実施例2において、 $R_{1,3} = 7.509$ mmで、 $R_2 = 1.574$ mmである。G2はさらに、カメラ106の焦点距離を無限遠から1メートルまで変化させるための範囲 R_{AF} で、イメージセンサに対して任意のズーム状態で移動可能である。ズーム状態によっては、 R_{AF} は最大550マイクロメートル(μ m)になることがある。図3Aは、 $EFL_T = EFL_{Tmin} = 15$ mm、 $F\# = F\#_{Tmin} = 2$ 、および $TTL_T = TTL_{Tmin} = 17.373$ mmである、第1のズーム状態の実施例2を示し、図3Bは、 $EFL_T = EFL_{Tmax} = 30$ mm、 $F\# = F\#_{Tmax} = 4$ 、および $TTL_T = TTL_{Tmax} = 24.881$ mmである、第2のズーム状態の実施例2を示す。

【0071】

実施例2では、以下の条件を満たす。

【0072】

$R_{1,3}$ と R_2 は、 $0.6 \times (EFL_{Tmax} - EFL_{Tmin})$ よりも小さく、もちろん $0.75 \times (EFL_{Tmax} - EFL_{Tmin})$ よりも小さい。 $F\#_{Tmin}$ は、 $1.0 \times F\#_{Tmax} \times EFL_{Tmin} / EFL_{Tmax}$ よりも小さく、 $1.2 \times F\#_{Tmax} \times EFL_{Tmin} / EFL_{Tmax}$ よりも小さく、 $1.5 \times F\#_{Tmax} \times EFL_{Tmin} / EFL_{Tmax}$ よりも小さく、 $1.8 \times F\#_{Tmax} \times EFL_{Tmin} / EFL_{Tmax}$ よりも小さい。

【0073】

第1の状態では、G1はG2から距離 d_4 (15 mmのEFLの場合は、表6の S_4 と

10

20

30

40

50

S₅との距離、つまりフォーカス距離に応じて1.246~1.012mm)だけ離れており、G₂はG₃から距離d₁₀(15mmのEFLの場合は、表6のS₁₀とS₁₁との距離、つまりフォーカス距離に応じて6.136~6.370mm)だけ離れており、G₃は窓130から距離d₁₆(15mmのEFLの場合は、表6のS₁₆とS₁₇との距離、つまり0.229mm)だけ離れている。第2の状態では、G₁はG₂から距離d_{4'}(30mmのEFLの場合は、表6のS₄とS₅との距離、つまりフォーカス距離に応じて7.181~6.658mm)だけ離れており、G₂はG₃から距離d_{10'}(30mmのEFLの場合は、表6のS₁₀とS₁₁との距離、つまりフォーカス距離に応じて0.2~0.725mm)だけ離れており、G₃は窓130から距離d_{16'}(30mmのEFLの場合は、表6のS₁₆とS₁₇との距離、つまり7.738mm)だけ離れている。

10

【表5】

群	レンズ	表面	タイプ	R [mm]	T [mm]	Nd	Vd	D [mm]
物体		S ₀	平面	無限遠	表6参照			
G1	L1	S ₁	QT1	6.615	1.666	1.4847	84.150	7.50
G1	L1	S ₂	QT1	71.898	3.268			7.30
G1	L2	S ₃	QT1	21.616	0.373	1.8446	23.750	5.87
G1	L2	S ₄	QT1	10.973	表6参照			5.62
G2	L3	S ₅	QT1	-37.902	0.700	1.5348	55.660	4.86
G2	L3	S ₆	QT1	-5.871	0.132			4.95
G2	L4	S ₇	QT1	-3.976	0.744	1.6510	21.510	4.93
G2	L4	S ₈	QT1	-4.874	0.067			5.20
G2	L5	S ₉	QT1	-5.651	0.869	1.5348	55.660	5.38
G2	L5	S ₁₀	QT1	-5.128	表6参照			5.38
G3	L6	S ₁₁	QT1	-4.749	0.250	1.5348	55.660	4.77
G3	L6	S ₁₂	QT1	-139.803	0.063			4.74
G3	L7	S ₁₃	QT1	-444.631	0.318	1.5348	55.660	4.73
G3	L7	S ₁₄	QT1	18.077	0.060			4.75
G3	L8	S ₁₅	QT1	15.930	0.542	1.6510	21.510	4.78
G3	L8	S ₁₆	QT1	-63.413	表6参照			4.77
ガラス窓		S ₁₇	平面	無限遠	0.210	1.5168	64.170	
		S ₁₈	平面	無限遠	0.500			
イメージセンサ		S ₁₉	平面	無限遠	0			

20

30

【表6】

		第1のズーム状態 EFL _T = 15mm		第2のズーム状態 EFL _T = 30mm	
		無限遠	1メートル	無限遠	1メートル
物体の位置		無限遠	1メートル	無限遠	1メートル
絞り面		S5		S1	
T [mm]	S ₀	無限遠	1000	無限遠	1000
	S ₄	1.246	1.012	7.181	6.658
	S ₁₀	6.136	6.370	0.200	0.725
	S ₁₆	0.229	0.229	7.738	7.738

40

50

【表 7】

表面	円錐	NR	A ₀	A ₁	A ₂	A ₃	A ₄	A ₅
S ₁	0	3.7	-1.071E-02	-7.810E-04	7.874E-05	-9.666E-05	3.754E-06	2.463E-06
S ₂	0	3.7	3.115E-02	-1.285E-03	1.465E-04	-2.067E-04	4.660E-05	-9.353E-07
S ₃	0	3.7	2.719E-01	-4.051E-02	2.860E-03	5.289E-04	7.861E-04	-8.761E-04
S ₄	0	3.7	3.639E-01	-3.214E-02	6.330E-03	2.656E-03	9.124E-04	-1.171E-03
S ₅	0	3.7	-1.507E+00	-1.910E-01	-6.434E-02	-1.200E-02	5.825E-04	-5.555E-04
S ₆	0	3.7	-8.373E-01	-1.648E-01	-4.615E-04	-1.051E-02	2.529E-03	2.881E-03
S ₇	0	3.7	5.590E-01	1.990E-02	1.374E-01	8.401E-03	6.293E-03	6.466E-03
S ₈	0	3.7	4.388E-01	-1.366E-01	5.125E-02	-1.241E-02	-2.885E-03	8.741E-04
S ₉	0	3.7	5.075E-01	-1.496E-02	6.068E-02	1.246E-02	-8.803E-04	-4.615E-03
S ₁₀	0	3.7	-8.004E-02	-5.974E-02	-2.987E-02	-2.815E-03	7.390E-04	-1.480E-03
S ₁₁	0	3.7	8.519E-01	-5.488E-02	-5.544E-02	-7.854E-03	3.268E-03	6.359E-03
S ₁₂	0	3.7	-1.077E-01	2.667E-01	-4.035E-02	-5.846E-03	-2.225E-02	2.213E-03
S ₁₃	0	3.7	-9.512E-01	3.384E-02	4.268E-02	5.478E-02	-3.769E-03	-2.779E-03
S ₁₄	0	3.7	1.676E-01	-2.814E-01	2.307E-02	1.180E-02	-3.634E-03	-1.653E-02
S ₁₅	0	3.7	8.046E-01	6.039E-02	9.548E-02	1.891E-02	8.015E-03	-7.180E-03
S ₁₆	0	3.7	3.581E-01	-4.279E-02	1.900E-02	9.315E-03	1.405E-02	4.839E-03

10

20

【表 8】

レンズ番号	レンズまたは群の焦点距離 [mm]
L1	14.88
L2	-28.15
L3	12.85
L4	-49.00
L5	65.32
L6	-9.17
L7	-32.37
L8	19.45
G1	23.01
G2	15.28
G3	-11.55

30

図 4 A は、第 1 のズーム状態の、カメラ 103 等の屈曲式テレカメラにおける、第 3 の実施形態の例示的な光学設計を有するレンズ素子の詳細を示し、図 4 B は、第 2 のズーム状態の第 3 の光学設計を有するレンズ素子の詳細を示す。図は、レンズ 114'、イメージセンサ 118、およびオプションの窓 130 を示す。第 2 の光学設計は表 9 ~ 表 12 によって表され、L1 ~ L8 と表記された 8 つのレンズ素子を含み、当該レンズ素子は、プリズムに対向する物体側の L1 から始まり、イメージセンサに向かう像側の L8 で終わる。表 9 は光学データを示し、表 10 はズームデータを示し、表 11 は非球面データを示し、表 12 はレンズまたはレンズ群の焦点距離を mm で示す。

40

【0074】

レンズ 114' において、レンズ素子 L1 ~ L8 は、レンズ素子 L1 および L2 を含む第 1 の群 G1 と、レンズ素子 L3 および L4 を含む第 2 の群 G2 と、レンズ素子 L5 ~ L8 を含む第 3 の群の 3 つの群にグループ化される。

【0075】

第 3 の例示的な使用（実施例 3）において、G2 を静止させたまま、イメージセンサに対して所与の範囲で G1 および G3 を移動させることによって、カメラを 2 つのズーム状

50

態にさせる。移動範囲は、例えば5～10mmとすることができる。G1は、焦点合わせのためにさらに移動可能である。実施例3において、G1およびG3をG2（およびイメージセンサ）に対して相対的に移動させて、カメラを、 $EFL_T = EFL_{Tmin} = 15\text{ mm}$ 、 $F\#_{Tmin} = 2.74$ 、および $TTL_T = TTL_{Tmin} = 16.78\text{ mm}$ である、図4Aに示す第1のズーム状態にし、 $EFL_T = EFL_{Tmax} = 30\text{ mm}$ 、 $F\# = F\#_{Tmax} = 4$ 、 $TTL_T = TTL_{Tmax} = 26.958\text{ mm}$ である、図4Bに示す第2のズーム状態にする。第1の状態では、G1はG2から距離d4（15mmのEFLの場合は、表10のS4とS5との距離、つまりフォーカス距離に応じて0.199～0.870mm）だけ離れており、G2はG3から距離d8（15mmのEFLの場合は、表10のS8とS9との距離、つまり6.050mm）だけ離れており、G3は窓130から距離d16（15mmのEFLの場合は、表10のS16とS17との距離、つまり0.650mm）だけ離れている。第2の状態では、G1はG2から距離d4（30mmのEFLの場合は、表10のS4とS5との距離、つまりフォーカス距離に応じて10.377～11.031mm）だけ離れており、G2はG3から距離d8（30mmのEFLの場合は、表10のS8とS9との距離、つまり0.060mm）だけ離れており、G3は窓130から距離d16（30mmのEFLの場合は、表10のS16とS17との距離、つまり6.640mm）だけ離れている。

10

【表9】

群	レンズ	表面	タイプ	R [mm]	T [mm]	Nd	Vd	D [mm]
物体		S ₀	平面	無限遠	表10参照			
G1	L1	S ₁	EVAS	5.965	1.246	1.4847	84.150	7.50
G1	L1	S ₂	EVAS	14.446	2.524			7.50
G1	L2	S ₃	EVAS	-18.902	0.545	1.8446	23.750	6.52
G1	L2	S ₄	EVAS	-27.153	表10参照			6.24
G2	L3	S ₅	EVAS	15.497	0.881	1.5348	55.660	4.76
G2	L3	S ₆	EVAS	-9.815	0.351			4.76
G2	L4	S ₇	EVAS	-3.714	0.694	1.6510	21.510	4.40
G2	L4	S ₈	EVAS	-4.750	表10参照			4.27
G3	L5	S ₉	EVAS	-8.318	0.535	1.6510	21.510	4.00
G3	L5	S ₁₀	EVAS	-49.289	0.581			3.84
G3	L6	S ₁₁	EVAS	29.648	0.492	1.6510	21.510	4.01
G3	L6	S ₁₂	EVAS	-15.803	0.371			4.17
G3	L7	S ₁₃	EVAS	-8.902	0.625	1.6510	21.510	4.51
G3	L7	S ₁₄	EVAS	-5.204	0.066			4.66
G3	L8	S ₁₅	EVAS	-4.708	0.260	1.5348	55.660	4.73
G3	L8	S ₁₆	EVAS	21.740	表10参照			4.65
ガラス窓		S ₁₇	平面	無限遠	0.210	1.5168	64.170	
		S ₁₈	平面	無限遠	0.500			
イメージセンサ		S ₁₉	平面	無限遠	0			

20

30

40

【表10】

		第1のズーム状態 EFL _T = 15mm		第2のズーム状態 EFL _T = 30mm	
		無限遠	1メートル	無限遠	1メートル
絞り面		S8		S1	
T [mm]	S ₀	無限遠	1000	無限遠	1000
	S ₄	0.199	0.870	10.377	11.031
	S ₈	6.050	6.050	0.060	0.060
	S ₁₆	0.650	0.650	6.640	6.640

50

【表 1 1】

表面	円錐 (k)	α_2	α_3
S ₁	0.522	-1.7367E-04	1.4347E-06
S ₂	1.931	4.4699E-04	2.3992E-05
S ₃	19.446	5.1529E-03	-5.1705E-05
S ₄	42.199	5.0933E-03	-1.1038E-05
S ₅	-19.929	-9.0502E-05	-2.5378E-04
S ₆	5.537	1.3905E-03	-2.6043E-04
S ₇	-0.207	7.6849E-03	-3.0619E-04
S ₈	0.535	5.5481E-03	-1.4016E-04
S ₉	-36.500	2.6433E-02	-1.9343E-03
S ₁₀	10.019	3.3334E-02	5.6299E-04
S ₁₁	-10.151	-2.4156E-02	4.1713E-03
S ₁₂	10.679	-1.3708E-02	3.1066E-03
S ₁₃	10.006	1.3443E-02	-1.0812E-03
S ₁₄	3.232	5.2907E-03	7.9836E-05
S ₁₅	1.099	6.4779E-03	1.6274E-03
S ₁₆	3.669	8.5666E-04	8.2964E-05

10

20

【表 1 2】

レンズ 番号	レンズまたは群の焦点距離 [mm]
L1	19.95
L2	-75.22
L3	11.33
L4	-35.23
L5	-15.29
L6	15.73
L7	17.84
L8	-7.18
G1	25.67
G2	17.78
G3	-11.14

30

図 4 C は、第 1 のズーム状態の、カメラ 1 0 3 等の屈曲式テレカメラにおける、第 4 の例示的な光学設計を有するレンズ素子の詳細を示し、図 4 D は、第 2 のズーム状態の第 4 の光学設計を有するレンズ素子の詳細を示す。図は、レンズ 1 1 4 ' ' ' '、イメージセンサ 1 1 8、およびオプションの窓 1 3 0 を示す。第 2 の光学設計は表 1 3 ~ 表 1 6 によって表され、L 1 ~ L 8 と表記された 8 つのレンズ素子を含み、当該レンズ素子は、プリズムに対向する物体側の L 1 から始まり、イメージセンサに向かう像側の L 8 で終わる。表 1 3 は光学データを示し、表 1 4 はズームデータを示し、表 1 5 は非球面データを示し、表 1 6 はレンズまたはレンズ群の焦点距離を mm で示す。

40

【 0 0 7 6】

第 4 の実施例（「実施例 4」）において、レンズ 1 1 4 ' ' ' ' では、レンズ素子 L 1 ~ L 8 は、レンズ素子 L 1 および L 2 を含む第 1 の群 G 1 と、レンズ素子 L 3 ~ L 5 を含む第 2 の群 G 2 と、レンズ素子 L 6 ~ L 8 を含む第 3 の群の 3 つの群にグループ化される。

【 0 0 7 7】

実施例 4 において、ズーム処理においてイメージセンサに対して G 2 を静止させながら、イメージセンサに対して所与の範囲 R_{1, 3} で G 1 および G 3 を一緒に（1 つのユニット

50

として) 移動させることによって、カメラを2つのズーム状態にさせる。実施例5において、 $R_{1,3} = 7.065 \text{ mm}$ である。ズーム状態を変更する際に群G2は移動しないが、G2は、カメラ106の焦点距離を無限遠から1メートルまで変化させるための範囲 R_{AF} で、イメージセンサおよびG1およびG3に対して任意のズーム状態で移動可能である。ズーム状態によっては、 R_{AF} は最大 $730 \mu\text{m}$ になることがある。図4Cは、 $EFL_T = EFL_{Tmin} = 15 \text{ mm}$ 、 $F\# = F\#_{Tmin} = 2$ 、および $TTL_T = TTL_{Tmin} = 17.865 \text{ mm}$ である、第1のズーム状態の実施例4を示し、図4Dは、 $EFL_T = EFL_{Tmax} = 30 \text{ mm}$ 、 $F\# = F\#_{Tmax} = 4$ 、および $TTL_T = TTL_{Tmax} = 24.93 \text{ mm}$ である、第2のズーム状態の実施例4を示す。

【0078】

第1の状態では、G1はG2から距離 d_4 (15 mmのEFLの場合は、表14の S_4 と S_5 との距離) だけ離れており、G2はG3から距離 d_{10} (15 mmのEFLの場合は、表14の S_{10} と S_{11} との距離) だけ離れており、G3は窓130から距離 d_{16} (15 mmのEFLの場合は、表14の S_{16} と S_{17} との距離) だけ離れている。第2の状態では、G1はG2から距離 d_4' (30 mmのEFLの場合は、表14の S_4 と S_5 との距離) だけ離れており、G2はG3から距離 d_{10}' (30 mmのEFLの場合は、表14の S_{10} と S_{11} との距離) だけ離れており、G3は窓130から距離 d_{16}' (30 mmのEFLの場合は、表14の S_{16} と S_{17} との距離) だけ離れている。

【表13】

群	レンズ	表面	タイプ	R [mm]	T [mm]	Nd	Vd	D [mm]
物体		S_0	平面	無限遠	表14参照			
G1	L1	S_1	QT1	6.795	1.665	1.4847	84.150	7.50
G1	L1	S_2	QT1	55.652	1.690			7.28
G1	L2	S_3	QT1	38.079	0.330	1.7978	22.463	6.53
G1	L2	S_4	QT1	18.832	表14参照			6.32
G2	L3	S_5	QT1	-14.657	0.862	1.5348	55.660	5.43
G2	L3	S_6	QT1	-5.687	0.076			5.50
G2	L4	S_7	QT1	-5.011	0.735	1.6510	21.510	5.41
G2	L4	S_8	QT1	-6.654	0.052			5.50
G2	L5	S_9	QT1	-6.344	0.813	1.5348	55.660	5.47
G2	L5	S_{10}	QT1	-5.302	表14参照			5.51
G3	L6	S_{11}	QT1	-4.891	0.230	1.5348	55.660	4.54
G3	L6	S_{12}	QT1	-7.762	0.050			4.54
G3	L7	S_{13}	QT1	-17.929	0.230	1.5348	55.660	4.53
G3	L7	S_{14}	QT1	7.959	0.057			4.60
G3	L8	S_{15}	QT1	8.309	0.425	1.6510	21.510	4.63
G3	L8	S_{16}	QT1	21.747	表14参照			4.65
ガラス窓		S_{17}	平面	無限遠	0.210	1.5168	64.170	
		S_{18}	平面	無限遠	0.300			
イメージセンサ		S_{19}	平面	無限遠	0			

10

20

30

40

50

【表 1 4】

		第1のズーム状態 EFL _T = 15mm		第2のズーム状態 EFL _T = 30mm	
物体の位置		無限遠	1メートル	無限遠	1メートル
絞り面		S1		S1	
T [mm]	S ₀	無限遠	1000	無限遠	1000
	S ₄	1.996	1.717	9.060	8.337
	S ₁₀	7.764	8.043	0.700	1.423
	S ₁₆	0.380	0.380	7.445	7.445

10

【表 1 5】

表面	円錐	NR	A ₀	A ₁	A ₂	A ₃	A ₄	A ₅
S ₁	0	3.7	-1.185E-02	-4.312E-04	-7.102E-05	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00
S ₂	0	3.7	1.691E-02	4.449E-04	-2.627E-04	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00
S ₃	0	3.7	2.920E-01	-1.206E-02	-1.439E-03	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00
S ₄	0	3.7	3.521E-01	-7.983E-03	-1.529E-03	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00
S ₅	0	3.7	-9.944E-01	-1.351E-01	-1.582E-02	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00
S ₆	0	3.7	-3.506E-01	-8.796E-03	3.480E-02	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00
S ₇	0	3.7	2.435E-01	7.231E-02	3.347E-02	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00
S ₈	0	3.7	7.927E-02	9.735E-03	2.347E-04	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00
S ₉	0	3.7	1.102E-01	-4.921E-02	3.957E-03	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00
S ₁₀	0	3.7	3.430E-02	-4.824E-02	1.267E-04	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00
S ₁₁	0	3.7	9.549E-01	3.565E-02	1.185E-01	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00
S ₁₂	0	3.7	7.134E-01	-4.530E-02	1.012E-01	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00
S ₁₃	0	3.7	6.795E-02	1.289E-01	2.055E-02	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00
S ₁₄	0	3.7	4.103E-02	2.657E-01	9.470E-02	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00
S ₁₅	0	3.7	2.845E-01	3.100E-01	8.796E-02	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00
S ₁₆	0	3.7	2.795E-01	2.231E-01	3.147E-02	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00

20

30

【表 1 6】

レンズ番号	レンズまたは群の焦点距離 [mm]
L1	15.76
L2	-46.69
L3	16.75
L4	-37.57
L5	47.27
L6	-25.34
L7	-10.23
L8	20.23
G1	21.49
G2	19.76
G3	-11.20

40

図 4 E は、第 1 のズーム状態の、カメラ 1 0 3 等の屈曲式テレカメラにおける、第 5 の例示的な光学設計を有するレンズ素子の詳細を示し、図 4 F は、第 2 のズーム状態の第 5 の光学設計を有するレンズ素子の詳細を示す。図は、レンズ 1 1 4 ' ' ' ' '、イメージセンサ 1 1 8、およびオプションの窓 1 3 0 を示す。第 2 の光学設計は表 1 7 ~ 表 2 0 によって表され、L 1 ~ L 8 と表記された 8 つのレンズ素子を含み、当該レンズ素子は、プリズム

50

に対向する物体側の L 1 から始まり、イメージセンサに向かう像側の L 8 で終わる。表 1 7 は光学データを示し、表 1 8 はズームデータを示し、表 1 9 は非球面データを示し、表 2 0 はレンズまたはレンズ群の焦点距離を mm で示す。

【 0 0 7 9 】

第 5 の実施例（「実施例 5」）において、レンズ 1 1 4 ' ' ' ' ' では、レンズ素子 L 1 ~ L 8 は、レンズ素子 L 1 および L 2 を含む第 1 の群 G 1 と、レンズ素子 L 3 ~ L 5 を含む第 2 の群 G 2 と、レンズ素子 L 6 ~ L 8 を含む第 3 の群の 3 つの群にグループ化される。

【 0 0 8 0 】

実施例 5 において、イメージセンサに対して G 2 を静止させながら、イメージセンサに対して所与の範囲 $R_{1,3}$ でレンズ群 G 1 およびレンズ群 G 3 を一緒に（「G 1 G 3 アセンブリ」とも呼ばれる 1 つのユニットとして）移動させることによって、カメラを 2 つのズーム状態にさせる。実施例 5 において、 $R_{1,3} = 7.697 \text{ mm}$ である。G 1 G 3 アセンブリはさらに、カメラ 1 0 6 の焦点距離を無限遠から 2 メートルまで変化させるための範囲 R_{AF} で、イメージセンサおよび G 2 に対して任意のズーム状態で一緒に移動可能である。ズーム状態によっては、 R_{AF} は最大 1.8 mm になることがある。図 4 E は、 $EFL_T = EFL_{Tmin} = 15 \text{ mm}$ 、 $F\# = F\#_{Tmin} = 2$ 、および $TTL_T = TTL_{Tmin} = 18.1 \text{ mm}$ である、第 1 のズーム状態の実施例 5 を示し、図 4 F は、 $EFL_T = EFL_{Tmax} = 30 \text{ mm}$ 、 $F\# = F\#_{Tmax} = 4$ 、および $TTL_T = TTL_{Tmax} = 25.8 \text{ mm}$ である、第 2 のズーム状態の実施例 5 を示す。

【 0 0 8 1 】

第 1 の状態では、G 1 は G 2 から距離 d_4 （ 15 mm の EFL の場合は、表 1 8 の S_4 と S_5 との距離）だけ離れており、G 2 は G 3 から距離 d_{10} （ 15 mm の EFL の場合は、表 1 8 の S_{10} と S_{11} との距離）だけ離れており、G 3 は窓 1 3 0 から距離 d_{16} （ 15 mm の EFL の場合は、表 1 8 の S_{16} と S_{17} との距離）だけ離れている。第 2 の状態では、G 1 は G 2 から距離 d_4' （ 30 mm の EFL の場合は、表 1 8 の S_4 と S_5 との距離）だけ離れており、G 2 は G 3 から距離 d_{10}' （ 30 mm の EFL の場合は、表 1 8 の S_{10} と S_{11} との距離）だけ離れており、G 3 は窓 1 3 0 から距離 d_{16}' （ 30 mm の EFL の場合は、表 1 7 の S_{16} と S_{17} との距離）だけ離れている。

10

20

30

40

50

【表 1 7】

群	レンズ	表面	タイプ	R [mm]	T [mm]	Nd	Vd	D [mm]
物体		S ₀	平面	無限遠	表 1 8 参照			
G1	L1	S ₁	QT1	7.595	2.293	1.4847	84.150	7.50
G1	L1	S ₂	QT1	166.728	1.379			7.20
G1	L2	S ₃	QT1	169.765	0.381	1.7978	22.463	6.73
G1	L2	S ₄	QT1	30.296	表 1 8 参照			6.55
G2	L3	S ₅	QT1	-19.262	0.991	1.5348	55.660	5.61
G2	L3	S ₆	QT1	-7.798	0.067			5.71
G2	L4	S ₇	QT1	-7.423	0.235	1.6510	21.510	5.62
G2	L4	S ₈	QT1	-10.037	0.178			5.63
G2	L5	S ₉	QT1	-6.776	0.896	1.5348	55.660	5.62
G2	L5	S ₁₀	QT1	-5.279	表 1 8 参照			5.69
G3	L6	S ₁₁	QT1	-11.648	0.207	1.5348	55.660	4.95
G3	L6	S ₁₂	QT1	-16.086	0.091			4.95
G3	L7	S ₁₃	QT1	-14.227	0.203	1.5348	55.660	4.98
G3	L7	S ₁₄	QT1	8.126	0.041			5.01
G3	L8	S ₁₅	QT1	5.960	0.448	1.6510	21.510	5.03
G3	L8	S ₁₆	QT1	8.873	表 1 8 参照			5.07
ガラス窓		S ₁₇	平面	無限遠	0.210	1.5168	64.170	
		S ₁₈	平面	無限遠	0.300			
イメージセンサ		S ₁₉	平面	無限遠	0			

10

20

【表 1 8】

		第 1 のズーム状態 EFL _T = 15mm		第 2 のズーム状態 EFL _T = 30mm	
物体の位置		無限遠	2メートル	無限遠	2メートル
絞り面		S1		S1	
T [mm]	S ₀	無限遠	2000	無限遠	2000
	S ₄	1.377	1.853	9.074	7.308
	S ₁₀	8.388	7.913	0.691	2.458
	S ₁₆	0.415	0.890	8.112	6.345

30

40

50

【表 1 9】

表面	円錐	NR	A ₀	A ₁	A ₂	A ₃	A ₄	A ₅
S ₁	0	3.7	-3.810E-02	-2.313E-03	-1.826E-04	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00
S ₂	0	3.7	-1.050E-02	6.271E-04	-4.206E-05	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00
S ₃	0	3.7	2.425E-01	-4.719E-03	1.605E-03	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00
S ₄	0	3.7	2.621E-01	-4.538E-03	1.794E-03	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00
S ₅	0	3.7	-7.571E-01	-2.386E-02	1.173E-02	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00
S ₆	0	3.7	-3.239E-01	-4.277E-02	1.470E-02	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00
S ₇	0	3.7	8.636E-02	-6.570E-02	-2.140E-02	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00
S ₈	0	3.7	1.137E-01	-5.791E-02	-2.009E-02	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00
S ₉	0	3.7	2.911E-01	-9.503E-02	2.344E-04	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00
S ₁₀	0	3.7	1.470E-01	-4.954E-02	-3.365E-03	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00
S ₁₁	0	3.7	3.957E-01	3.980E-01	2.043E-01	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00
S ₁₂	0	3.7	1.263E+00	5.363E-03	-8.070E-02	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00
S ₁₃	0	3.7	9.897E-01	-2.343E-01	-2.471E-01	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00
S ₁₄	0	3.7	-3.191E-01	-1.890E-01	-3.206E-02	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00
S ₁₅	0	3.7	-1.999E+00	-7.518E-01	-2.345E-01	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00
S ₁₆	0	3.7	-1.561E+00	-4.492E-01	-1.770E-01	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00

10

20

【表 2 0】

レンズ番号	レンズまたは群の焦点距離 [mm]
L1	16.31
L2	-45.91
L3	23.68
L4	-45.03
L5	36.78
L6	-79.93
L7	-9.60
L8	26.08
G1	22.79
G2	21.82
G3	-12.37

30

図 4 G は、第 1 のズーム状態の、カメラ 1 0 3 等の屈曲式テレカメラにおける、第 6 の実施形態の例示的な光学設計を有するレンズ素子の詳細を示し、図 4 H は、第 2 のズーム状態の第 6 の光学設計を有するレンズ素子の詳細を示す。図は、レンズ 1 1 4 ' ' ' ' '、イメージセンサ 1 1 8、およびオプションの窓 1 3 0 を示す。第 6 の光学設計は表 2 1 ~ 表 2 4 によって表され、L 1 ~ L 8 と表記された 8 つのレンズ素子を含み、当該レンズ素子は、プリズムに対向する物体側の L 1 から始まり、イメージセンサに向かう像側の L 8 で終わる。表 2 1 は光学データを示し、表 2 2 はズームデータを示し、表 2 3 は非球面データを示し、表 2 4 はレンズまたはレンズ群の焦点距離を mm で示す。

40

【0082】

レンズ 1 1 4 ' ' ' ' ' において、レンズ素子 L 1 ~ L 8 は、レンズ素子 L 1、L 2、および L 3 を含む第 1 の群 G 1 と、レンズ素子 L 4、L 5、および L 6 を含む第 2 の群 G 2 と、レンズ素子 L 7 および L 8 を含む第 3 の群の 3 つの群にグループ化される。

【0083】

実施例 6 において、イメージセンサに対して範囲 R₂ で G 2 を移動させながら、イメージセンサに対して所与の範囲 R_{1,3} で G 1 および G 3 を一緒に (1 つのユニットとして)

50

移動させることによって、カメラを2つのズーム状態にさせる。なお、 $R_2 < R_{1,3}$ がある。実施例6において、 $R_{1,3} = 5.641 \text{ mm}$ であり、 $R_2 = 0.718$ である。G1、G2、およびG3はさらに、カメラ106の焦点距離を無限遠から1メートルまたは2メートルまで変化させるための範囲 R_{AF} で、イメージセンサに対して任意のズーム状態と一緒に移動可能である。ズーム状態によっては、 R_{AF} は最大0.4 mmになることがある。

【0084】

図4Gは、 $EFL_T = EFL_{Tmin} = 13 \text{ mm}$ 、 $F\# = F\#_{Tmin} = 1.8$ 、および $TTL_T = TTL_{Tmin} = 19.84 \text{ mm}$ である、第1のズーム状態の実施例6を示し、
図4Hは、 $EFL_T = EFL_{Tmax} = 26 \text{ mm}$ 、 $F\# = F\#_{Tmax} = 2.88$ 、および $TTL_T = TTL_{Tmax} = 25.85 \text{ mm}$ である、第2のズーム状態の実施例6を示す。

【0085】

第1の状態では、G1はG2から距離 d_7 （13 mmのEFLの場合は、表22の S_7 と S_8 との距離）だけ離れており、G2はG3から距離 d_{13} （13 mmのEFLの場合は、表22の S_{13} と S_{14} との距離）だけ離れており、G3は窓130から距離 d_{17} （13 mmのEFLの場合は、表22の S_{17} と S_{18} との距離）だけ離れている。第2の状態では、G1はG2から距離 d_7' （26 mmのEFLの場合は、表22の S_7 と S_8 との距離）だけ離れており、G2はG3から距離 d_{13}' （26 mmのEFLの場合は、表22の S_{13} と S_{14} との距離）だけ離れており、G3は窓130から距離 d_{17}' （26 mmのEFLの場合は、表21の S_{17} と S_{18} との距離）だけ離れている。

【表21】

群	レンズ	表面	タイプ	R [mm]	T [mm]	Nd	Vd	D [mm]
物体		S_0	平面	無限遠	表2参照			
絞り		S_1	平面	無限遠	-0.775			9.000
G1	L1	S_2	QFORB タイプ1	17.302	1.786	1.5661	37.43	8.577
G1	L1	S_3	QFORB タイプ1	62.771	0.725			8.652
G1	L2	S_4	QFORB タイプ1	10.090	1.928	1.5449	55.91	8.557
G1	L2	S_5	QFORB タイプ1	-23.147	0.689			8.086
G1	L3	S_6	QFORB タイプ1	80.507	0.232	1.6991	19.44	8.073
G1	L3	S_7	QFORB タイプ1	10.360	表2参照			5.509
G2	L4	S_8	QFORB タイプ1	-4.430	0.928	1.5449	55.91	5.543
G2	L4	S_9	QFORB タイプ1	-7.104	0.144			5.555
G2	L5	S_{10}	QFORB タイプ1	440.072	1.646	1.6991	19.44	6.397
G2	L5	S_{11}	QFORB タイプ1	28.935	0.033			6.494
G2	L6	S_{12}	QFORB タイプ1	39.391	2.010	1.5449	55.91	6.726
G2	L6	S_{13}	QFORB タイプ1	-5.075	表2参照			6.322
G3	L7	S_{14}	QFORB タイプ1	-6.250	0.601	1.6991	19.44	6.435
G3	L7	S_{15}	QFORB タイプ1	-4.314	0.033			6.292
G3	L8	S_{16}	QFORB タイプ1	-4.226	0.553	1.5449	55.91	6.944
G3	L8	S_{17}	QFORB タイプ1	45.368	表2参照			7.179
ガラス窓		S_{18}	平面	無限遠	0.21	1.5168	64.17	7.235
		S_{19}	平面	無限遠	0.3			7.000
イメージセンサ		S_{20}	平面	無限遠	0			7.000

10

20

30

40

50

【表 2 2】

		第1のズーム状態 EFL _T = 13mm		第2のズーム状態 EFL _T = 26mm	
物体の位置		無限遠	1メートル	無限遠	2メートル
絞り面		S8		S1	
T [mm]	S ₀	無限遠	1000	無限遠	2000
	S ₇	1.287	1.287	6.928	6.928
	S ₁₃	6.224	6.224	0.584	0.584
	S ₁₇	0.510	0.680	6.527	6.869

10

【表 2 3】

表面	円錐 (k)	NR	A ₂	A ₂	A ₃	A ₄
S ₂	0	4.500	1.937E-01	3.246E-02	1.318E-03	2.280E-04
S ₃	0	4.500	2.594E-01	8.795E-02	5.484E-03	3.649E-03
S ₄	0	4.000	-1.694E-01	7.487E-04	-3.651E-03	1.653E-03
S ₅	0	4.000	-8.607E-02	-4.556E-02	9.328E-03	-1.115E-04
S ₆	0	4.000	-8.318E-01	8.107E-02	-3.312E-03	1.627E-04
S ₇	0	3.600	-7.475E-01	6.703E-02	-6.921E-03	5.168E-04
S ₈	0	3.540	1.184E+00	-7.816E-02	6.294E-03	-5.495E-03
S ₉	0	3.540	1.068E+00	-3.634E-02	4.046E-03	-3.309E-03
S ₁₀	0	3.540	-7.538E-01	-8.548E-02	-3.579E-02	-4.211E-03
S ₁₁	0	3.540	-3.354E-01	5.277E-03	-9.014E-03	-8.400E-04
S ₁₂	0	3.540	-6.434E-02	-5.113E-04	3.479E-04	-1.573E-03
S ₁₃	0	3.540	5.865E-03	1.176E-03	3.052E-03	5.638E-04
S ₁₄	0	3.540	-3.496E-01	-4.291E-02	-1.806E-02	-1.974E-03
S ₁₅	0	3.540	-9.519E-03	2.425E-02	-8.039E-03	-5.814E-03
S ₁₆	0	3.540	2.311E-01	7.899E-02	9.116E-03	-5.414E-03
S ₁₇	0	3.540	-2.319E-01	8.502E-03	-2.231E-04	-1.988E-04

20

30

【表 2 4】

レンズ 番号	レンズまたは群の焦点距離 [mm]
L1	41.40
L2	13.12
L3	-17.63
L4	-24.54
L5	-45.94
L6	8.36
L7	18.33
L8	-7.04
G1	19.31
G2	12.82
G3	-10.82

40

50

図5A～5Eは、番号500が付されたテレレンズおよびセンサのモジュール（または単に「モジュール」）の第1の実施形態を概略的に示す。図5A～図5Eといくつかの他の図面に示す座標系XYZを参照して図面の説明を続ける。一例では、モジュール500が第2の実施例の光学設計を有する。モジュール500は、レンズ114'、114''、114'''、114''''、114'''''および114''''''のズーム状態とフォーカス状切り換えるためのVCMに基づく作動機構を備える。図5Aは、上部のある角度から見たEFL_{Tmin}の状態におけるモジュール500を概略的に示し、図5Bは、上部の別の角度から見たEFL_{Tmin}の状態におけるモジュール500を概略的に示している。図5Cは、上部のある角度から見たEFL_{Tmax}の状態におけるモジュール500を概略的に示し、図5Dは、上部の別の角度から見たEFL_{Tmax}の状態におけるモジュール500を概略的に示している。図5Eは、モジュール500の分解図を示す。モジュール500は、レンズアセンブリ502（「G1G3アセンブリ」）と、G2レンズアセンブリ504（「G2アセンブリ」）と、センサアセンブリ506と、電磁（electro-magnetic: EM）アセンブリ508と、ベースアセンブリ510と、第1の磁石512と、第1のコイル514と、第2の磁石516と、第1の組の（例示的に4つの）ボール520と、第2の組の（例示的に4つの）ボール522とを含む。レンズアセンブリ502および504は、レンズ光軸116を共有する。

【0086】

第1のコイル514は、第1の磁石512の隣に配置され、ベースアセンブリ510に堅固に結合される（相対的に移動しない）。第1のコイル514はPCB822（図8）等のPCBにはんだ付けされてもよく、または第1のコイル514に入力電流および出力電流を送ることを可能にする外部回路（図示せず）に経路指定されてもよく、当該電流は動作に必要な電力信号および電子信号の両方を搬送する。コイル514は、例示的には矩形形状を有し、典型的には数十のコイル巻線（すなわち、非限定的な範囲は50～250）を含み、典型的な抵抗は10～30オームである。第1の磁石512は分割磁石であって、真ん中の分割線512aで2つの側に分離されており、分割線512aの一方の側において、磁石512は正のX方向に対向する北磁極を有し、かつ、分割線512aの他方の側において、磁石512は、正のX方向に対向する南磁極を有する。第1のコイル514に電流を駆動すると、第1のローレンツ力が第1の磁石512上に生成される。一例では、時計回り方向に第1のコイル514を流れる電流が第1の磁石512上に正のZ方向に第1のローレンツ力を誘発し、反時計回り方向に第1のコイル512を流れる電流は第1の磁石512上に負のZ方向にローレンツ力を誘発する。一例では、第1のローレンツ力を使用して、開ループ制御において、第1のズーム状態から第2のズーム状態へ、およびその逆に、下部作動アセンブリ560を移動させる。すなわち、ストップ720a、720bとストップ722a、722bとの間で下部作動アセンブリ560を作動させる（下記参照）。

【0087】

図6Aおよび6Bは、EFL_{Tmin}の状態の上部作動アセンブリ550および下部作動アセンブリ560を示す、モジュール500の作動部分の2つの底面斜視図である。図6Cは、底面のある角度から見た上部作動アセンブリ550を示す。上部作動アセンブリ550は、G2アセンブリ504と、第2の磁石516と、複数のステッピング磁石626とを備える。下部作動アセンブリ560は、G1G3アセンブリ502、第1の磁石512、ステッピング磁石628、および4つのヨーク602a、602b（図6B）および604a、604b（図6A）を含む。図7は、ベースアセンブリ510の詳細を示しており、ベースアセンブリ510は、ガイドレール710aおよび710bと、プルストップ磁石702a、702bおよびプルストップ磁石704a、704bとを備えている。なお、図7において、説明のために、プルストップ磁石702a、702bおよびプルストップ磁石704a、704bは、ストップ720a、720bおよびストップ722a、722bから分離されている。矢印は、ストップ720a、720bおよびストップ722a、722bにおけるプルストップ磁石702a、702bおよびプルストップ磁石

704 a、704 bの接着位置を示す。ヨーク602 a、602 bはプルストップ磁石702 a、702 bに対して引っ張られ、ヨーク604 a、604 bはプルストップ磁石704 a、704 bに対して引っ張られる。ガイドレール710 a、710 bの各々は、それぞれの溝712 a、712 bを備える。ベースアセンブリ510は、例示的にガイドレール710 bに接続された2つの機械的ストップ706および708をさらに備える。機械的ストップ706および708は、上部作動アセンブリ550のストロークを制限する。図8は、PCB822上のEMアセンブリ508の詳細を示す。

【0088】

一例では、モジュール500は、レンズ光軸116に沿った方向へのレンズアセンブリ502および504の相対運動を可能にする。モジュール500は、3～40mmの範囲の例示的な長さ/幅/高さ寸法を有する。すなわち、モジュール500は、寸法が3×3×3mm³～40×40×40mm³の箱に収納することができる。一例では、モジュール500は、レンズ素子L1～LNの最大クリアアパーチャに、それぞれのレンズアセンブリ502および504のプラスチック厚さ（プラスチック厚さは、例えば0.5～1.5mmの範囲内にある）を加えたものに、シールド107の厚さ（シールド厚さは例えば0.1～0.3mmの範囲内にある）を加えたものによって制限される（Y軸に沿った）高さを有する。レンズ素子L1～LNのクリアアパーチャは、以下に説明するように、円形のクリアアパーチャまたはカットレンズクリアアパーチャであってもよい。

【0089】

モジュール500において、3つのレンズ群（G1、G2、およびG3）は、G1G3アセンブリ（502）と、G2レンズアセンブリ（504）の2つのレンズサブアセンブリに保持される。レンズアセンブリ502および504は、典型的にはプラスチックで作製される。いくつかの実施形態において、レンズアセンブリ502と、G1およびG3とは、単一部品として製造されてもよい（同様に、レンズアセンブリ504と、レンズ群G2とは、単一部品として製造されてもよい）。いくつかの実施形態において、それらは別個の部品であってもよい。レンズアセンブリ502および504は、例えば、プラスチック成形によって、または代替的に他の方法によって作製され得る。第1の磁石512および第2の磁石516は、レンズ光軸116を横切って（X方向に）両側から、レンズアセンブリ502および504にそれぞれ固定させて取り付けられる（例えば接着される）。

【0090】

レンズアセンブリ502は、いくつかの溝を含み、機械的なボールガイド機構を画定し、ズームの必要性のためにリニアレールで作動させることを可能にする。この例では、6つの溝が記載されるが、別の数の溝が使用されてもよい。すなわち、Z方向に沿った、レンズアセンブリ502の上面にある2つの溝542 a、542 b（図5E）と、同様にZ方向に沿った、レンズアセンブリ502の底面にある4つの溝624 a～624 d（図6A）である。レンズアセンブリ504はいくつかの溝を含み、レンズアセンブリ502の溝の一部と嵌合する。図示の実施形態では、レンズアセンブリ504が4つの溝642 a～642 dを含み、そのうちの3つのみが図6Cにおいて見られる。溝642 a～642 dは互いに平行であり、Z軸（光軸）に沿っており、Z方向に沿って上部作動アセンブリ550をガイドするために使用される。

【0091】

上部作動アセンブリ550は、溝642 a、642 b（642 c、642 d）が溝542 a（542 b）の直上および平行になるように、下部作動アセンブリ560の上部に配置される。

【0092】

図示の実施形態では、4個のボール520が溝542 a、542 bの上部（各溝の上部に2個のボール）および溝642 a～642 d（図6C）の下部に配置され、該ボール520がレンズアセンブリ502およびレンズアセンブリ504を分離し、2つの部品が互

10

20

30

40

50

いに接触しないようにしている。他の実施形態では、モジュール500は、レンズアセンブリ502とレンズアセンブリ504との間に4個より多いボール、例えば、1辺当たり最大7個のボール、または合計で最大14個のボールを有することができる。ボール520は、酸化アルミニウムまたは他のセラミック材料、金属、あるいはプラスチック材料から作製され得る。典型的なボール直径は、0.3～1mmの非限定的な範囲であってもよい。他のボールサイズおよび位置決めの実施事項については、「Rotational Ball Guided Voice Coil Motor」という名称の、共同所有の国際PCT特許出願第PCT/IB2017/052383号と同様であってもよい。

【0093】

レンズアセンブリ502および504は例示的にプラスチック成形されているので、部品寸法にはある程度の許容誤差があり、典型的には各寸法に対して数十マイクロン以下である。この許容誤差は、隣接する（対向する）溝542a、542bと溝642a～642dとの間の位置ずれにつながる可能性がある。溝をより良好に位置合わせするために、いくつかの溝（例えば、542a、542bおよび642c、642d）はV字型であってもよく、すなわち、ボールの位置決めを確実にするためにV断面形状を有し、溝642a、642bは、より広い、台形断面を有してもよい。溝542bおよび溝642c、642dは、組み立て中に位置合わせされるが、溝542aおよび溝642a、642bの位置合わせは、後者の溝が台形断面を有するため、小さな隙間を有する。台形の溝の断面は単なる例示であり、他の溝の断面形状（例えば、長方形、フラット等）を使用してもよく、その結果、1対の溝は溝の形状によって良好に位置合わせされ、他の1対の溝は位置合わせしても隙間が生じる。

【0094】

本明細書に提示される設計、3つのレンズ素子群の正確な位置合わせが可能となる。レンズ素子群G1およびG3は、同じ部品に機械的に固定されており、製品のライフサイクル中に位置合わせを維持することができるので、互いに良好に位置合わせされる。いくつかの実施態様において、レンズアセンブリ504は、1つの部品として成形され、レンズ素子群G1～G3の位置合わせはプラスチック成形公差に基づく。いくつかの実施形態において、レンズアセンブリ504は、能動的または受動的な位置合わせ手順を使用して、工場で接着されるいくつかの部品として成形される。レンズ素子群G2は、単一の溝対（542bおよび642cおよび/または642d）を使用してレンズ素子群G1およびG3に位置合わせされ、すなわち、レンズアセンブリ502および504は、中間部品なしで互いに位置合わせされる。

【0095】

4個のボール522は、溝712a、712bの上部（各溝の上部に2個のボール）および溝624a～624dの下部に配置され、該ボール522がレンズアセンブリ502をベースアセンブリ510から分離し、2つの部品が互いに接触しないようにしている。他の実施形態では、モジュール500は、4個より多いボール、例えば、1辺当たり最大7個のボール、または合計で最大14個のボールを有することができる。ボール522に関するサイズ、材料、および他の考慮事項は、ボール520のものと同様である。溝712a、712bおよび624a～624dに関する他の考慮事項は、上述したように、溝542a、542bおよび642a～642dの考慮事項と同様である。

【0096】

モジュール500はさらに、ベースアセンブリ510に固定的に取り付けられた（例えば、接着された）いくつかの強磁性ヨーク716（図7）を含み、各ヨークがステッピング磁石626および628のうちの下3つ（Y方向に沿って）に配置されている。他の実施形態では、強磁性ヨーク716がシールド107の固定部分であってもよい。さらに他の実施形態では、上記ヨークが上記シールドの一部であるように、シールド107自体を強磁性材料から作製することができ、またはシールド107の底部を強磁性材料から作製することができる。各強磁性ヨーク716は、ステッピング磁石626または628のいくつかを負のY方向の磁力によって引っ張り、したがって、すべてのヨークは上部作

10

20

30

40

50

動アセンブリ 550 および下部作動アセンブリ 560 の両方が互いに離脱するのを防止するとともに、ベース 510 およびシールド 107 から離脱するのを防止する。ボール 520 は、上部作動アセンブリ 550 が下部作動アセンブリ 560 に接触するのを防止し、ボール 522 は、下部作動アセンブリ 560 がベースアセンブリ 510 に接触するのを防止する。したがって、上部作動アセンブリ 550 および下部作動アセンブリ 560 の両方は、Y 軸に沿って閉じ込められ、Y 方向には移動しない。溝およびボール構造はレンズ光軸 116 (Z 軸) に沿ってのみ移動するように、上部作動アセンブリ 550 および下部作動アセンブリ 560 をさらに閉じ込める。

【0097】

図 7 は、モジュール 500 内のベースアセンブリ 510 および固定レールの詳細を示す。Z 方向に沿って、上部作動アセンブリ 550 は、機械的ストップ 706 と機械的ストップ 708 との間を、それらの間のレンズ素子群 G2 の所要ストローク (約 1 ~ 3 mm) に等しい距離で移動するように制限される。また、Z 方向に沿って、下部作動アセンブリ 560 は、機械的ストップ 720 a、720 b と機械的ストップ 722 a、722 b との間および/またはプルストップ磁石 702 a、702 b と 704 a、704 b との間を移動するように制限される。

【0098】

図 8 は、モジュール 500 内の EM アセンブリ 508 の詳細を示す。EM アセンブリ 508 は、第 2 のコイル 818 と、2 つのホールバー素子 (「ホールセンサ」) 834 a および 834 b と、PCB 822 とを含む。第 2 のコイル 818 およびホールバー素子 834 a、834 b は、PCB 822 に (それぞれ個別に) はんだ付けされてもよい。第 2 のコイル 818 は、例示的には矩形形状を有し、典型的には数十のコイル巻線 (例えば、非限定的な範囲は 50 ~ 250) を含み、典型的な抵抗は 10 ~ 40 オームである。PCB 822 は、入力電流および出力電流を第 2 のコイル 818 およびホールバー素子 834 a、834 b に送ることを可能にし、当該電流は動作に必要な電力信号および電子信号の両方を搬送する。PCB 822 は、ワイヤ (図示せず) によって外部カメラに電子的に接続されてもよい。一例 (図 5 E) では、EM アセンブリ 508 が第 2 の磁石 516 の隣に配置される。第 2 の磁石 516 は分割磁石であって、真ん中の分割線 516 a で 2 つの側に分離されており、分割線 516 a の一方の側において、磁石 516 は正の X 方向に対向する北磁極を有し、かつ、分割線 516 a の他方の側において、磁石 516 は、正の X 方向に対向する南磁極を有する。第 2 のコイル 818 に電流を駆動すると、ローレンツ力が第 2 の磁石 516 上に生成される。一例では、時計回り方向に第 2 のコイル 818 を流れる電流が第 2 の磁石 516 上に正の Z 方向にローレンツ力を誘発し、反時計回り方向に第 2 のコイル 818 を流れる電流は第 2 の磁石 516 上に負の Z 方向にローレンツ力を誘発する。

【0099】

ホールバー素子 834 a、834 b は、各ホールバー素子の中心における X 方向 (強度および符号) の磁界を測定するように設計される。ホールバー素子 834 a、834 b は、第 2 の磁石 516 の磁界の強度および方向を検出することができる。一例では、PCB 822 上のホールバー素子 834 a の位置決めは以下になる。

1. X 方向において、ホールバー素子 834 a および 834 b の両方は距離 (例えば、0.1 ~ 0.5 mm) だけ磁石 516 から離され、その距離は一定であるが、磁石 516 はズームまたはフォーカスの必要性のために移動している。

2. 上記システムが第 1 のズーム状態 (EFLT = 15 mm) であるとき、ホールバー素子 834 a は、Z 方向に沿って分割線 516 a に近い。例えば、第 1 のズーム状態 (マクロ連続的に無限遠から 1 メートル) における全ての焦点位置に対して、ホール要素 834 b は、分割線 516 a から Z 方向に沿って R_{AF} まで離れている。

3. 上記システムが第 2 のズーム状態 (EFLT = 30 mm) であるとき、ホールバー素子 834 b は、Z 方向に沿って分割線 516 a に近い。例えば、第 1 の状態ズーム (マクロ連続的に無限遠から 1 メートル) における全ての焦点位置に対して、ホール要素 834

10

20

30

40

50

bは、分割線516aからZ方向に沿ってR_{AF}まで離れている。

【0100】

このような位置決め方式では、システムが第1のズーム状態にあるとき、ホールバー素子834aがZ方向に沿った第2の磁石516のそれぞれの位置を測定することができるが、これは第1のズーム状態において、X方向の磁場が、無限遠の焦点位置と1メートルの焦点位置との間のR_{AF}に沿ったホールバー834aの軌道に測定可能な勾配を有するためであり、X方向の磁場は位置に相関させることができる。加えて、システムが第2のズーム状態にあるとき、ホールバー素子834bがZ方向に沿った第2の磁石516のそれぞれの位置を測定することができるが、これは第2のズーム状態において、X方向の磁場が、無限遠の焦点位置と1メートルの焦点位置との間のR_{AF}に沿ったホールバー834bの軌道に測定可能な勾配を有するためであり、X方向の磁場は位置に相関させることができる。制御回路(図示せず)を集積回路(IC)内に実装して、いずれかのズーム状態で動作している間、EMアセンブリ508(およびEMアセンブリ508が堅固に結合されているベースアセンブリ510)に対する第2の磁石516の位置を閉ループで制御することができ、ズーム状態(図10および以下の説明を参照)間を移動している間、閉ループで制御することができる。場合によっては、ICをホール素子834a、834bの一方または両方と組み合わせることができる。他の場合には、ICがモジュール500(図示せず)の外側または内側に配置することができる別個のチップとすることができる。例示的な実施形態では、モジュール500によって必要とされるすべての電気接続がEMアセンブリ508に接続され、このEMアセンブリ508は、ベースアセンブリ510および外界に対して静止している。そのため、いかなる可動部にも電流を伝達する必要がない。

【0101】

モジュール500の磁気電気設計により、屈曲式テレカメラ103を動作させるための以下の動作方法が可能となる。図10は、このような例示的な方法を示すフローチャートである。ステップ1002において、テレカメラ103は、レンズ114と共に、1つの(例えば、第1の)ズーム状態において位置決めされる。ステップ1004において、テレレンズ114の焦点を合わせ直す(ユーザまたはアルゴリズムによる)判断が行われ、ホールバー素子834aからの入力を用いて(図示しない制御装置による)閉ループ制御によりG2アセンブリ504が移動され、テレカメラ103が第1のズーム状態における別の焦点位置に移動される。ステップ1008において、カメラ103のレンズ114のズーム状態を別の(例えば、第2の)ズーム状態に変更する(ユーザまたはアルゴリズムによる)判断が行われ、ステップ1010において、閉ループ制御によりG1G3アセンブリ502が機械的ストップ720へ移動され、続いて、ステップ1012において、閉ループ制御によりG2アセンブリ504が機械的ストップ706へ移動される。その後、ステップ1014において、ホールバー素子834bからの入力を用いて、閉ループ制御により、G2アセンブリ504が移動され、ステップ1016において、テレ屈曲式カメラ103を第2のズーム状態にしてさらに別の焦点位置に移動させる。ステップ1018において、レンズ114の焦点を合わせ直す判断が行われる。ホールバー素子834bからの入力を用いて閉ループ制御によりG2アセンブリを移動させることによって、第2のズーム状態におけるレンズ114の焦点の合わせ直しが行われる。ステップ1020において、カメラ103のレンズ114の第2のズーム状態を第1のズーム状態に変更する(ユーザまたはアルゴリズムによる)判断が行われ、ステップ1022において、閉ループ制御によりG1G3アセンブリ502が機械的ストップ722へ移動され、続いて、ステップ1024において、閉ループ制御によりG2アセンブリ504が機械的ストップ708へ移動される。

【0102】

いくつかの実施形態において、任意のレンズ素子L_iの2つの面S_{2i-1}、S_{2i}が、2つの切れ目(ファセット)を含む2つの開口を有する。このような場合では、レンズ素子L_iは「カットレンズ素子」と呼ばれる。上記切れ目により、レンズアセンブリを低く

、および/または短くしたりすることができる。一例では、図9Aは、軸対称性および高さ H_{902} を有するレンズ素子902を示し、図9Bは2つの切れ目906および908を有し、高さ H_{904} を有するカットレンズ素子904を示す。レンズ素子902および904は、同じ直径 D を有する。明らかに $H_{904} < H_{902}$ である。図5に示す例では、最初の2つのレンズ素子(L_1 および L_2)がカットレンズ素子である。

【0103】

以下に説明するように、表面 S_k ($1 \leq k \leq 2N$)ごとにクリアな高さ値 $CH(S_k)$ を定義でき、表面 S_k ($1 \leq k \leq 2N$)ごとにクリアなアパーチャ値 $CA(S_k)$ を定義できる。 $CA(S_k)$ および $CH(S_k)$ は、各レンズ素子の各表面 S_k の光学特性を定義する。

10

【0104】

図11A、図11B、図12に示すように、表面 S_k ($1 \leq k \leq 2N$)を通過する光線はそれぞれインパクトポイント IP に当たる。光線が表面 S_1 からレンズモジュール(例えば、114'、114''、114''')に入り、表面 S_2 から表面 S_{2N} に連続的に通過する。一部の光線は任意の面 S_k に当たるが、イメージセンサ118に到達することはできない/到達しない。所与の面 S_k について、イメージセンサ118上に画像を形成することができる光線のみが、複数のインパクトポイント IP を形成すると考えられる。 $CH(S_k)$ は、平面 P 上のすべてのインパクトポイント IP の直交射影 IP_{orth} が2つの平行な線の間位置するように、2つのできるだけ近い平行な線の間隔として規定される(図12の線1200および1201を参照)(図11Aおよび図11Bでは、平面 P は平面 $X-Y$ に平行であり、光軸116に直交する)。 $CH(S_k)$ は、表面 S_k (前面および後面、 $1 \leq k \leq 2N$)ごとに規定することができる。

20

【0105】

$CH(S_k)$ の定義は、イメージセンサ上に画像を「形成することができる」光線を指すので、現在撮像されている物体に依存しない。したがって、現在撮像されている物体が光を生成しない黒い背景に位置する場合であっても、画像を形成するためにイメージセンサに「到達することができる」任意の光線(例えば、黒い背景とは対照的に、光を放出する背景によって放出される光線)を指すので、上記定義は、この黒い背景を指さない。

【0106】

例えば、図11Aは、光軸116に直交する平面 P 上の2つのインパクトポイント IP_1 および IP_2 の直交投影 $IP_{orth,1}$ 、 $IP_{orth,2}$ を示す。例えば、図11Aでは、面 S_k は凸状である。

30

【0107】

図11Bは、平面 P 上の2つのインパクトポイント IP_3 および IP_4 の直交投影 $IP_{orth,3}$ 、 $IP_{orth,4}$ を示す。例えば、図3Bでは、面 S_k は凹状である。

【0108】

図12において、平面 P 上の面 S_k の全てのインパクトポイント IP の直交射影 IP_{orth} は、平行な線1200と1202との間に位置する。したがって、 $CH(S_k)$ は、線1200と線1202との間の距離である。

【0109】

図13に注目する。本開示の主題によれば、クリアアパーチャ $CA(S_k)$ は円の径として、所与の面 S_k ($1 \leq k \leq 2N$)ごとに定義され、ここで、円は光軸116に直交し、平面 P 上のすべてのインパクトポイントのすべての直交投影 IP_{orth} を取り囲む平面 P 内に位置する最小の円であり、 $CH(S_k)$ に関して上述したように、 $CA(S_k)$ の定義は、現在撮像されている物体にも依存しないことに留意されたい。

40

【0110】

図13に示すように、平面 P 上の全てのインパクトポイント IP の外接直交射影 IP_{orth} は、円1300である。この円1300の径が $CA(S_k)$ を規定する。

【0111】

結論として、本明細書に開示されるズームカメラは、以下のように特定の光学的課題を

50

克服するように設計される。

【0112】

- $EFL_{Tmax} > 1.8 \times EFL_{Tmin}$ または $EFL_{Tmax} > 1.5 \times EFL_{Tmin}$ のレンズ設計は、該複数のズーム状態の間で切り換えることで、ユーザが光学ズームにおける著しい違いを確実に経験できるようにする。

【0113】

- いくつかの実施形態（例えば、実施例1）において、 $TTL_{Tmax} < EFL_{Tmax}$ である。いくつかの実施形態（例えば、実施例2および3）において、 $TTL_{Tmax} < 0.9 \times EFL_{Tmax}$ である。このようなレンズ設計により、（Z軸に沿った）カメラの長さを減少させ得る。

【0114】

- いくつかの実施形態（実施例1～3）において、第1のレンズ素子は、他の全てのレンズ素子のクリアアパーチャよりも大きいクリアアパーチャ（S1の直径）を有する。いくつかの実施形態（モジュール500）において、第1のレンズが、カットレンズ素子である第1のレンズを有する（図9を参照）。有利には、このようなレンズ設計が小さなカメラ高さを実現するのに役立つ。

【0115】

- ズーム状態の変化は、レンズ群の2つ以下の実際の移動量によって引き起こされる。すなわち、ズーム状態を変更するために、一部のレンズ素子群が第1の移動範囲内で一緒に移動し、残りのレンズ素子群の一部が第2の移動範囲内で一緒に移動する一方で、他のすべてのレンズ素子群は移動しない。これにより、2つの機械要素のみを移動および制御する必要があるので、アクチュエータの制御および設計が簡単になる。

【0116】

- いくつかの例において、 $F\#_{Tmin} < 1.5 \times F\#_{Tmax} \times EFL_{Tmin} / EFL_{Tmax}$ である。いくつかの例において、 $F\#_{Tmin} < 1.2 \times F\#_{Tmax} \times EFL_{Tmin} / EFL_{Tmax}$ である。このようなレンズ設計により、最初の状態において低いF#を実現し得る。

【0117】

- いくつかの例において、いずれのレンズ素子群についても、前記第1のズーム状態から前記第2のズーム状態への移動が、 $0.75 \times (EFL_{Tmax} - EFL_{Tmin})$ よりも小さいストロークを有する。いくつかの例において、いずれのレンズ素子群についても、前記第1のズーム状態から前記第2のズーム状態への移動が、 $0.6 \times (EFL_{Tmax} - EFL_{Tmin})$ よりも小さいストロークを有する。このようなレンズ設計により、レンズ素子の移動を制限し、および/または作動を単純化し得る。

【0118】

- 焦点合わせは、ズーム状態変化のために一緒に移動するレンズ素子群の1つのさらなる移動により行うことができ、これにより、アクチュエータのデザインの簡素化および制御の改善を行うことができる。

【0119】

本明細書に開示されるレンズの特性に関して、

- 3つのレンズ群を有するレンズ設計により、レンズの複雑さが最小限に抑えられる。
- （物体側から）正の力、正の力、負の力を有するレンズ群を有するレンズ設計が、ズーム状態の変更のためのレンズ群の移動が小さくなり得る。
- ズーム状態を変更する処理の一例（実施例1）において、第1のレンズ素子群G1は第1の量だけ移動し、第3のレンズ素子群G3は第2の量だけ移動するが、第2のレンズ素子群G2は移動しない。G3のより遠い移動は、焦点合わせのために使用され得る。
- ズーム状態を変更する処理の別の例（実施例2）において、G1はG3と一緒に第1の量だけ移動し、G2は第2の量だけ移動する。G2のより遠い移動は、焦点合わせのために使用され得る。
- ズーム状態を変更する処理のさらに別の例（実施例3）において、G1は第1の量だけ

10

20

30

40

50

移動し、G 3は第2の量だけ移動し、G 2は移動しない。第1のG 1のさらなる移動は、焦点合わせのために使用され得る。

- ズーム状態を変更する処理のさらに別の例（実施例4）において、G 1はG 3と一緒に移動し、G 2は移動しない。第1のG 2のさらなる移動は、焦点合わせのために使用され得る。

- ズーム状態を変更する処理のさらに別の例（実施例5）において、G 1はG 3と一緒に移動し、G 2は移動しない。G 3と一緒にG 1のさらなる移動は、焦点合わせのために使用され得る。

- ズーム状態を変更する処理のさらに別の例（実施例6）において、G 1はG 3と一緒に第1の量だけ移動し、G 2は第2の量だけ移動する。3つのレンズ群全ての一緒のさらなる移動（したがって、G 1、G 2、およびG 3の一緒の移動）は、焦点合わせに使用され得る。

10

【0120】

表25は、例示的な移動（「ストローク」）範囲を有する、各実施例における移動を要約したものである。

【表25】

	実施例1	実施例2	実施例3	実施例4	実施例5	実施例6
G1の範囲 [mm]	11.272	7.52	10.18	7.065	7.697	5.641
G2の範囲 [mm]	静止	1.575	静止	静止	静止	0.718
G3の範囲 [mm]	5.02	7.52	6.0	7.065	7.697	5.641
焦点合わせのために移動させる群	G3	G2	G1	G2	G1+G3	G1+G2+G3
AF最大範囲 [mm]	0.375	0.525	0.68	0.723	1.742	0.342

20

30

複数のレンズ群が焦点合わせのために移動するものとして示される表25に示す例は、表25中で定義されたレンズ群が焦点合わせのために1つのユニットとして一緒に移動する設計を指すことがある。いくつかの実施形態（例えば、実施例5および6）において、いくつかのレンズ群を一緒に移動させることは、それぞれのレンズ群をしっかりと結合することによって容易にされ得る。

【0121】

G 1の範囲、G 2の範囲、G 3の範囲で示される値は、イメージセンサに対するレンズ群の全体的な移動の最大範囲を指す。

40

【0122】

「AF最大範囲」の行に示す値は、表2、表6、表10、表14、表18、表22（上記参照）のそれぞれ関連する表に従って、無限遠と1メートルまたは2メートルとの間で焦点を合わせるために必要な「焦点合わせのために移動させる群」の行に定義されたイメージセンサに対するレンズ群の最大移動範囲を指す。ほとんどの実施形態において、AF最大範囲は、より高いズーム状態、すなわち、 EFL_{Tmax} を有する状態に対するレンズ群の移動によって与えられる。

【0123】

いくつかの実施形態において、G 1およびG 3が静止状態にあってもよく、すなわち、G 1およびG 3は移動せず、一方、G 2はズーム状態を変更するために移動させてもよい。

50

【 0 1 2 4 】

図 1 4 は、番号 1 4 0 0 が付され、本明細書に開示される少なくとも 1 つのマルチズーム状態のカメラを有するマルチアパーチャカメラを含む電子デバイスの実施形態を概略的に示す。電子デバイス 1 4 0 0 は、O P F E 1 4 1 2 を含む第 1 のカメラモジュール 1 4 1 0 と、第 1 のイメージセンサ 1 4 1 6 によって記録された第 1 の画像を形成する第 1 のレンズモジュール 1 4 1 4 とを備える。第 1 のレンズアクチュエータ 1 4 1 8 は、焦点合わせおよび/または光学像安定化 (O I S) のために、および/または 2 つの異なるズーム状態の間で変化させるために、レンズモジュール 1 4 1 4 を移動させることができる。いくつかの実施形態において、電子デバイス 1 4 0 0 がアプリケーションプロセッサ (A P) 1 4 4 0 をさらに備え得る。いくつかの実施形態において、第 1 の較正データは、カメラモジュールの第 1 のメモリ 1 4 2 2、例えば E E P R O M (登録商標、電気的に消去可能なプログラブル読み出し専用メモリ) に格納され得る。他の実施形態において、第 1 の較正データは、電子デバイス 1 4 0 0 の N V M (不揮発性メモリ) などの第 3 のメモリ 1 4 5 0 に格納され得る。第 1 の較正データは、較正データの 1 つまたは複数のサブセット、例えば、第 1 のズーム状態のワイドカメラおよびテレカメラのセンサ間の較正データを含む第 1 のサブセット、および/または第 2 のズーム状態のワイドカメラおよびテレカメラのセンサ間の較正データを含む第 2 のサブセット、および/または第 1 のズーム状態のテレカメラのセンサと第 2 のズーム状態の同じセンサとの間の較正データを含む第 3 のサブセット、を含み得る。電子デバイス 1 4 0 0 は、第 2 のイメージセンサ 1 4 3 4 によって記録された画像を形成する第 2 のレンズモジュール 1 4 3 2 を含む第 2 のカメラモジュール 1 4 3 0 をさらに備える。第 2 のレンズアクチュエータ 1 4 3 6 は、焦点合わせおよび/または O I S のために、および/または 2 つの異なるズーム状態の間で変化させるために、レンズモジュール 1 4 3 2 を移動させ得る。いくつかの実施形態において、第 2 の較正データは、カメラモジュールの第 2 のメモリ 1 4 3 8 に格納され得る。他の実施形態において、第 2 の較正データは、電子デバイス 1 4 0 0 の第 3 のメモリ 1 4 5 0 に格納され得る。第 2 の較正データは、例えば上述のように、較正データの 1 つまたは複数のサブセットを含み得る。

【 0 1 2 5 】

使用時には、A P 1 4 4 0 などの処理ユニットは、カメラモジュール 1 4 1 0 およびカメラモジュール 1 4 3 0 から第 1 画像データおよび第 2 の画像データをそれぞれ受け取り、カメラ制御信号をカメラモジュール 1 4 1 0 および 1 4 3 0 に供給し得る。いくつかの実施形態において、A P 1 4 4 0 は、第 3 のメモリ 1 4 5 0 から較正データを受信し得る。他の実施形態において、A P 1 4 4 0 は、カメラモジュール 1 4 1 0 上に配置された第 1 のメモリと、カメラモジュール 1 4 3 0 上に配置された第 2 のメモリとにそれぞれ格納された較正データを受信し得る。さらに別の実施形態において、A P 1 4 4 0 は、カメラモジュール 1 4 1 0 上に配置された第 1 のメモリ、およびカメラモジュール 1 4 3 0 上に配置された第 2 のメモリにそれぞれ格納された較正データを、電子デバイス 1 4 0 0 の第 3 のメモリ 1 4 5 0 から受信し得る。いくつかの実施形態において、デバイス 1 4 0 0 のような電子デバイスが、屈曲式レンズ設計および O P F E で実現される複数のカメラモジュールを含み得る。他の実施形態において、2 つ以上のカメラモジュールが、O P F E なしで、屈曲式レンズ設計構造ではなく、別のレンズ設計構造で実現され得る。A P 1 4 4 0 は、第 3 のメモリ 1 4 5 0 に格納されたデータにアクセスすることができる。このデータは、第 3 の較正データを含み得る。画像生成器 1 4 4 4 は、較正データおよび画像データに基づいて画像を出力するように構成されたプロセッサであり得る。画像生成部 1 4 4 4 は、出力画像を出力するために、較正データおよび画像データを処理し得る。

【 0 1 2 6 】

カメラ較正データは、以下のものを含み得る。

- カメラモジュール 1 4 1 0 と 1 4 3 0 との間のステレオ較正データ、具体的には、例えば、テレカメラの 2 つの異なるズーム状態の異なるレンズと異なるレンズズーム状態との全ての可能な組み合わせのための、ステレオ較正データ。ステレオ較正データは、6 自由

10

20

30

40

50

度、例えば、ピッチ、ヨー角およびロール角、およびx軸、y軸およびz軸における偏心を含み得る。

- カメラモジュール1410とカメラモジュール1430との間のステレオ校正データ、具体的には、例えば、テレカメラの2つの異なるズーム状態の、異なるズーム状態の考えられるすべての組み合わせのための、ステレオ校正データ。これらのデータは、6自由度を含み得る。

- カメラモジュールごと、および異なるズーム状態（テレカメラの2つの異なるズーム状態）ごとの焦点距離や歪プロファイルなどの固有のカメラパラメータ。

- 異なるズーム状態（例えば、無限遠、1m、および最も近い焦点）のそれぞれにおける異なる焦点位置に対応し得るホールセンサ位置値。

- 異なるズーム状態のそれぞれに対するレンズモジュールのレンズシェーディングプロファイル。

【0127】

図15Aは、オートフォーカスを備え、番号1500を付したデュアルアパーチャズームカメラの一実施形態を、全体等角図および断面等角図において、概略的に示す。カメラ1500は、1502および1504と表記された2つのカメラモジュールを備え、各カメラモジュールはそれ自体の光学系を有する。したがって、カメラモジュール1502は、センサ1512だけでなく、開口1508および光学レンズモジュール1510を有する光学系ブロック1506を含む。同様に、カメラモジュール1504は、センサ1520だけでなく、アパーチャ1516および光学レンズモジュール1518を有する光学系ブロック1514を含む。各光学レンズモジュールは、赤外線（IR）フィルタ1522aおよび1522bだけでなく、いくつかのレンズ素子を含み得る。必要に応じて、異なるアパーチャに属するレンズ素子の一部または全部を、同じ基板上に形成してもよい。2つのカメラモジュールは、2つのアパーチャ1508および1516の中心間にベースライン1524を置いて、互いに隣接して配置される。各カメラモジュールは、コントローラ（図示せず）によって制御される、それぞれ1526および1528のAF（auto-focus）機構および/または光学的手ぶれ補正（optical image stabilization: OIS）のための機構をさらに含むことができる。

【0128】

図15Bは、XYZ座標系に関連する断面等角図において、屈曲式テレレンズを有するズームおよびオートフォーカスデュアルアパーチャカメラ1530の実施形態を概略的に示す。カメラ1530は、2つのカメラモジュール、すなわち、ワイドカメラモジュール1532およびテレカメラモジュール1534を備える。ワイドカメラモジュール1532は、それぞれのアパーチャ1538を有する広い光学系ブロックと、Y方向に対称（および光学）軸1542を有するレンズモジュール1540と、ワイドイメージセンサ1544とを含む。テレカメラモジュール1534は、それぞれの開口1548を有するテレ光学系ブロックと、テレレンズ対称（および光学）軸1552aを有する光学レンズモジュール1550と、テレイメージセンサ1554とを含む。カメラ1530は、OPFE1556をさらに備える。テレ光路は、物体（図示せず）からテレレンズを通してテレセンサまで延長され、矢印1552bおよび1552aで表記される。種々のカメラ素子はここに示されるように、基板1562上、例えばプリント回路基板（printed circuit board: PCB）、または異なる基板（図示せず）上に実装されてもよい。

【0129】

図15Cは、1つの屈曲式テレカメラモジュール1534を有するズームおよびオートフォーカストリプルアパーチャカメラ1570の全体等角図における実施形態を概略的に示す。カメラ1570は、例えば、カメラ1530の素子および機能を含む。すなわち、カメラ1570は、ワイドカメラモジュール1532、OPFE1556を備えたテレカメラモジュール1534を含む。カメラ1570は、超ワイドレンズ1574およびイメージセンサ1578を有する超ワイドカメラであり得る第3のカメラモジュール1572をさらに含む。他の実施形態において、第3のカメラモジュール1572は、ワイドカメ

10

20

30

40

50

ラモジュールおよびテレカメラモジュールのものの中間にある EFL_M および FOV_M を有し得る。第3のカメラモジュールの対称（および光学）軸 1576 は、カメラモジュール 1532 の軸 1542 と実質的に平行である。第1のカメラモジュールと第3のカメラモジュールが特定の配置（テレカメラモジュール 1534 により近い第3のカメラモジュール 1572 を備えている）で示されているが、ワイドカメラモジュールと超ワイドカメラモジュールが場所を交換できるように、この順序は変更されてもよいことに留意されたい。

【0130】

図16A～Hは、本明細書に開示され番号1600を付された、テレレンズおよびセンサのモジュールの第2の実施形態を概略的に示す。モジュール1600は、表25の実施例6の光学設計を有する。モジュール1600は、レンズ114'、114''、114'''、114''''、114'''''、114''''''のズーム状態の間で変更する（「EFL切り換え switching」）とも呼ばれる）ためのアクチュエータ1610を含む。図16Aは、上面斜視からの、最小のEFL（EFL_{Tmin}）の状態におけるモジュール1600を概略的に示し、図16Bは、上面斜視からの、最大のEFL（EFL_{Tmax}）の状態におけるモジュール1600を概略的に示している。図16Cは、上面斜視からの、EFL_{Tmin}の状態におけるモジュール1600の部分を概略的に示し、図16Dは、上面斜視からの、EFL_{Tmax}の状態におけるモジュール1600の部分を概略的に示す。図16Eは、EFL_{Tmin}の状態におけるモジュール1600の部分を側面図で概略的に示し、図16Fは、EFL_{Tmax}の状態におけるモジュール1600の部分を側面図で概略的に示す。図16Gおよび図16Hは、上面斜視からの、EFL_{Tmin}の状態におけるモジュール1600の部分を概略的に示す。

【0131】

モジュール1600は、G1G3アセンブリ502と、G2アセンブリ504と、センサアセンブリ506と、モジュールハウジング1612と、レンズフレーム1618と、2つのペア1602aおよび1602bに配置された4つの形状記憶合金（SMA）スプリングと、2つの機械的（通常の）スプリング1604a、bと、G2ストップ1614a、1614bおよび1616a、1616bと、AF作動機構1620と、を備える。G2レンズストップ1614a、bおよび1616a、bは、モジュール1600の物体（イメージセンサ506）側に向かうレンズ群G2の変位を制限してもよい。アクチュエータ1610は、SMAスプリング1602と、機械的（通常の）スプリング1604と、を備える。SMAスプリング1602の寸法の例示的な値は、0.5mmのスプリング直径と、0.05mmのワイヤ直径と、数十のコイル巻き数と、を含む。このようなスプリングが作り出すことができる力は、数グラムのオーダーである。上部から見たモジュール1600（例えば、図16Cおよび図16Dにおけるモジュール1600）を考慮すると、一对のSMAスプリング（1602a）および1つの機械的スプリング1604aは、該レンズアセンブリの右手側に位置し、一对のSMAスプリング（1602b）および1つの機械的スプリング1604bは、該レンズの左手側に位置する。スプリング1602a（1604a）および1602b（1604b）は、光軸116に関して対称的に、該モジュールの両側に配置される。スプリング1602a（1604a）および1602b（1604b）は、同一の諸特性を有してもよい。G1G3アセンブリ502およびG3504は、レンズ光軸116を共有している。モジュール1600は、上部カバーを備えてもよいが、該上部カバーは、視認性の理由からここには図示されていない。

【0132】

G1G3アセンブリの2つのレンズ群は、それらの間の光軸116に沿った距離が一定となるように、2つのピンまたは棒1606（図16B）を介して互いに固定されて接続されている。G1、G3および棒1606を備える該アセンブリは、本明細書では、「G13アセンブリ」と称される。棒1608は、光軸116に平行であり、レンズフレーム1618全体にわたって存在している。棒1608は、レンズ群G1+G3およびG2の移動を案内し、それらのレンズ群は、棒1608上をスライドすることで移動する。G2

は、モジュール1600の一方の側ではG2ストップ1614aと1616aとの間を、モジュール1600の他方の側ではG2ストップ1614bと1616bとの間を、棒1608上で「浮動(float)」することができる。G13アセンブリは、モジュールハウジング1612およびイメージセンサ506に対して移動可能であり、2つの有効焦点距離 EFL_{Tmin} および EFL_{Tmax} を提供する。イメージセンサ506に向かう方向への、およびイメージセンサ506から離れる方向への光軸116に沿ったG13アセンブリの変位は、SMAスプリングおよび機械的スプリングを介して行われる。各スプリングペア1602内の2つのSMAスプリングは、互いに、および光軸116に対して、平行であってもよく、それらの一端がG3に固定され、他端がレンズフレーム1618に固定されるようにして、接続されてもよい。(光軸116に対して平行でもある)機械的スプリング1604の一端は、G1に固定されてもよく、他端は、レンズフレーム1618に固定されてもよい。

10

【0133】

既知のSMAの特性および効果に基づいて、イメージセンサ506に向かう方向への、および、イメージセンサ506から離れる方向へのG13アセンブリの変位は、以下のように誘導され得る：加熱されると、SMAスプリング1602が収縮し、その内部の応力が著しく増加し、結果として、大きな圧縮力が生じる。逆に、冷却されると、その内部の応力は著しく減少し、その結果、小さな圧縮力が生じる。したがって、例えばそれらを通る電流を駆動することによって、SMAスプリング1602を加熱すると、機械的スプリング1604の逆の圧縮力に打ち勝つべく、その圧縮力を制御することができる。その結果、イメージセンサ506から離れる方向へのG13アセンブリの変位が生じる。対照的に、通常は電流の供給をオフにすることでなされるのだが、SMAスプリングを環境温度(例えば60)まで緩めると、機械的スプリング1604の圧縮力は、SMAスプリング1602の力に打ち勝ち、その結果、イメージセンサ506に向かってG13アセンブリが変位する。

20

【0134】

図16Gおよび図16Hは、AF作動機構1620の詳細を示す。機構1620は、カメラ103のようなカメラの焦点を合わせるために使用される。機構1620は、2つのコイル1622aおよび1622bと、フレーム1618に固定されて結合される磁石アセンブリ1624と、PCB(図16Gおよび図16Hには示されない)にはんだ付けされ得るホールセンサ1626と、を備える。コイルは、実質的にY-Z平面内に位置する、平坦な底面および上面を有し、該コイルは、(レンズ光軸、ならびに、G1、G2およびG3の移動方向に平行な)Z方向に沿って互いに配置されている。該結合は、コイル1622aおよび1622bに入力電流および出力電流を送ることを可能にし、該電流は、動作に必要な電力信号および電子信号の両方を運ぶ。ホールセンサ1626は、モジュールハウジング1612(後者は、図16Gおよび図16Hには示されない)に固定されて結合されてもよく、また、モジュールハウジング1612およびイメージセンサ506に対するレンズフレーム1618の位置を決定するために使用される。磁石アセンブリ1624は、それぞれ2つの偏極(polarization)を有する2つの分割磁石1624aおよび1624bを備え、その2つの偏極は、互いに直交し、磁石表面に対して法線(反法線)方向である。磁石アセンブリ1624中のもと同様の分割磁石(およびVCMにおけるその機能)についての詳細は、図5A~Eにおける磁石512に対して上述される。該偏極は、それぞれ1624aおよび1624bの関連領域のハッチングによって示されている。焦点合わせは、コイル1622aおよび1622bを通る電流を駆動することによって達成される。

30

40

【0135】

図17A~Dは、本明細書に開示され番号1700を付された、テレレンズおよびセンサのモジュールの第3の実施形態を概略的に示す。モジュール1600と同様に、モジュール1700は、表25の実施例6の光学設計を有する。図17Aは、上面斜視からの EFL_{Tmin} の状態におけるモジュール1700を概略的に示し、図17Bは、上面斜視から

50

らの、 EFL_{Tmax} の状態におけるモジュール1700を概略的に示す。図17Cは、上面斜視からの、 EFL_{Tmax} の状態におけるモジュール1700の部分を概略的に示し、図17Dは、モジュール1700の部分を概略的に示す。

【0136】

モジュール1700は、レンズ114'、114''、114'''、114''''、114'''''、114''''''、114'''''''のズーム状態および焦点状態の間で変更するためのVCM機構1710を備える。モジュール1700は、G1G3アセンブリ502と、G2アセンブリ504と、センサアセンブリ506と、モジュールハウジング1612と、レンズフレーム1706と、をさらに備える。VCM機構1710は、該モジュールの各側における2つのVCM1710aおよび1710bと、2つのG2レンズストップ1702および1704と、を備える。レンズストップ1702および1704は、モジュール1700の物体（イメージセンサ506）側に向かうG2の変位を制限してもよい。上から見たモジュール1700（例えば、2つの向かい合う側からの図17Cおよび図17Dに示されている）を考慮すると、VCM1710aおよび1710bは、同一の構造および特性を有してもよい。レンズアセンブリ502および504は、レンズ光軸116を共有する。モジュール1700は、視認性の理由からここでは示されていない上部カバーを備えてもよい。

【0137】

VCM機構1710は、2つのコイルアセンブリ1730aおよび1730b、ならびに、2つの磁石アセンブリ1720aおよび1720bを備えており、それらはそれぞれ、VCM1710a、1710bの構成要素である。コイルアセンブリならびに磁石アセンブリ1720aおよび1720bは、光軸116に関して対称的に、該モジュールの両側に位置している。しかし、VCM1710aおよび1710bは、後述するように、ホールセンサの数および位置に関して、互いに異なっている。例示的に、図17A~17Dに示される実施形態では、コイルアセンブリ1730aおよび1730bは、それぞれ4つのコイル1730c、1730d、1730eおよび1730f（図17Cも参照せよ）を含み、磁石アセンブリ1720aおよび1720bは、それぞれ2つの磁石1720c、dを含んでおり、各磁石は2つの偏極を有している（図17Dも参照せよ）。磁石アセンブリ1720aは、該モジュールの一方の側（例えば、見る者から離れる方へと向けられた側）に配置され、磁石アセンブリ1720bは、モジュールのもう一方の側（すなわち、見る者の方へと向けられた側）に配置される。

【0138】

図17Aおよび図17Bでは、仮に図示すればVCM機構1710を覆うことになるハウジング1612の特定の部分（すなわち、外壁）は、明瞭さおよび視認性の理由から図示されていない。図17Cは、VCM機構1710を強調するために、ハウジング1612のないモジュール1700を示している。図17Dは、VCM機構1710の磁石アセンブリ1720を強調するために、ハウジング1612がなく、また、コイルアセンブリ1730もないモジュール1700を示している。コイルアセンブリ1730は、コイルアセンブリ1730内のコイルに入力電流および出力電流を送ることを可能にするPCB（図17Cには図示せず）に固定（例えば、はんだ付け）されてもよい。該電流は、動作に必要な電力信号および電子信号の両方を運ぶ。PCBは、ハウジング1612に固定されて結合（例えば、接着剤による接着）されてもよく、磁石アセンブリ1720は、レンズフレーム1706に固定されて結合される。

【0139】

図17Eは、磁石アセンブリ1720を示す。磁石アセンブリ1720は、異なる方向の矢印によって示される、4つの交互の偏極を有する単一の磁石を備えてもよく、該偏極は、磁石の表面に対して法線（または反法線）方向を向いている。あるいは、例えば製造の複雑さを低減するために、4つの偏極を有する単一の磁石を、矢印で示すように2つの偏極を有する2つの磁石を含む、磁石サブアセンブリ1720'に置き換えてもよい。

【0140】

図17Fは、 EFL_{Tmin} の状態と EFL_{Tmax} の状態との間のVCM1710aお

よび 1710b による作動方法を概略的に示している。図 17E に示す磁石内のサブ領域の磁気は、ハッチングによって示されている。VCM 1710a および 1710b は、既知のおよび既定のシーケンスで、異なるコイルを通る電流を駆動することによって動作する。例えば、z 軸に沿って (z の値がより大きくなる向きに) 磁石を伝えるために、以下のシーケンスが実行されてもよい (コイル番号表記 1 ~ 4 については図 17F を参照せよ) :

【表 26】

コイル	変位
コイル 1 をオン	A から B へ
コイル 1 をオフ、コイル 3 をオン	B から C へ
コイル 3 をオフ、コイル 2 をオン	C から D へ
コイル 2 をオフ、コイル 4 をオン	D から E へ
コイル 4 をオフ	ストローク終了

10

20

VCM 1710a および 1710b は、大きなストロークの VCM を表している。該ストロークの大きさ (表 25 参照) は、コイルの数によって決まるが、磁石のサイズは変わらない。さらに、ストロークの大きさには上限がない。つまり、ストロークを増加させるために磁石のサイズを大きくしなければならない一般的な VCM の構成とは異なり、所与の磁石に対しては、VCM に対してより多くのコイルを追加するだけで、より大きなストロークを達成することができる。理論的には、コイルを無限に追加することで、無限のストロークを達成できる。

【0141】

VCM では、通常、磁石は動的機構の一部である一方、コイルは静的である。典型的には、磁石は、機構の質量の主要部分を構成する。その結果、速い整定時間 (settling time) を達成し、磁石の体積を小さく維持することは、大きな関心事である。したがって、図 17A ~ 図 17J に示される VCM の構成は、大きなストロークを導入しながらも小さな磁石の質量を維持する解決策を示す。例えば、この構成を使用すると、1 つの ~ 11 mm の長さの磁石を使用することによって、~ 7 mm のストロークを達成することができる。比較として、1 つの磁石と (我々の説明のように 4 つではなく) 1 つのコイルとを使用して 7 mm のストロークを達成するためには、磁石の長さは ~ 17 mm でなければならない。

30

【0142】

図 17G および図 17H は、それぞれ EFL_{Tmin} の状態および EFL_{Tmax} の状態における VCM 1710a および 1710b のズーム状態の切り換えを実行するための一作動方法を側面視で示す。モジュールハウジング 1612 に固定されて結合されたホールセンサ 1708 (アクチュエータ 1710 を露出させるためにここでは部分的に除去されている) は、EFL_{Tmin} の状態と EFL_{Tmax} の状態との間の制御された切り換えのために、モジュールハウジング 1612 に対するモジュールフレーム 1706 の位置を決定する。

40

【0143】

図 17I および図 17J は、それぞれ EFL_{Tmin} の状態および EFL_{Tmax} の状態における VCM 1710a および 1710b のアクチュエータのモードを、図 17G および図 17H におけるものとは反対側での側面視で示す。ホールセンサ 1712 および 1714 は、モジュールハウジング 1612 に固定されて結合され、カメラ 103 の焦点を合わせるためのモジュールハウジング 1612 に対するモジュールフレーム 1706 の位置

50

を決定する。図 17 I に示すような E F L_{Tmin} の状態では、モジュールハウジング 1612 に対するモジュールフレーム 1706 の位置は、ホールセンサ 1714 によって決定される。図 17 J に示す E F L_{Tmax} の状態では、モジュールハウジング 1612 に対するモジュールフレーム 1706 の位置は、ホールセンサ 1712 によって決定される。

【0144】

ズーム状態の切り換えのためにストロークを制御するためには、ハウジングの片側上の 1 つのホールセンサが使用され得る（図 17 G および 17 H を参照せよ）。焦点合わせのためにストロークを制御するためには、E F L_{Tmin} の状態にあるときはホールセンサ 1714 を使用し、E F L_{Tmax} の状態にあるときはホールセンサ 1712 が使用され得る（図 17 I および図 17 J ）。

10

【0145】

図 18 A および図 18 B は、E F L_{Tmin} のズーム状態において G2 を G1 に接着するための接着サブシステム 1810 の一実施形態を、斜視図で示す。接着サブシステム 1810 は、4 つのヨーク 1814 a、1814 b、1814 c および 1814 d と、4 つの磁石 1816 a、1816 b、1816 c および 1816 d と、を備えてもよい。G2 の G1 への接着は、接着サブシステム 1810 のみによって、指定のアクチュエータなしに、例えば VCM なしに達成される。

【0146】

図 18 C および図 18 D は、E F L_{Tmax} のズーム状態において G2 を G3 に接着するための接着サブシステム 1820 の別の実施形態を、斜視図で示す。接着サブシステム 1820 は、4 つのヨーク 1824 a、1824 b、1824 c および 1824 d と、4 つの磁石 1826 a、1826 b、1826 c および 1826 d と、を備えてもよい。G2 の G3 への接着は、接着サブシステム 1820 のみによって、指定のアクチュエータなしに、例えば VCM なしに達成される。

20

【0147】

接着サブシステム 1810 および 1820 は、磁石とヨークとの間の引力に基づいているが、専用の VCM および G2 の位置を決定するためのセンサシステムを作ること、オートフォーカスの冗長性を実現するために必要であり得る。

【0148】

図 19 A ~ 図 19 D は、G2 ストップ除去機構 1900 を示している。G2 除去機構が、上述のようなマクロ撮影モード（または「マクロモード」）を可能にするために、モジュール 1600 内に、またはモジュール 1700 内に含まれていてもよい。G2 ストップ除去機構 1900 は、G2 ストップ 1906 と、機械的スプリング 1902 b および SMA スプリング 1904 b と、機械的スプリング 1902 a（ここでは見えない）および SMA スプリング 1904 a（ここでは見えない）と、を含む。スプリング 1904 a（1902 a）および 1904 b（1902 b）は、光軸 116 に関して対称的に、モジュールの両側に配置される。

30

【0149】

図 19 A は、E F L_{Tmax} の状態における、G2 ストップ 1906 が活性化された状態での G2 ストップ除去機構 1900 を、斜視図で示す。「活性化された (activated)」とは、機械的要素または機械的部材 1908（後述するように「舌部 (tongue)」とも呼ばれる）が（後述するスプリングの構成によって）係合して、G2 が G1 または G3 と一緒に移動するのを防ぐことを意味する。G2 アセンブリ 504 は、G1 G3 アセンブリ 502 に磁気的に結合されるが、G2 は G3 に磁気的に結合されている。この構成は、テレ撮影 (Tele photography) を可能にし得る。

40

【0150】

図 19 B は、マクロモードの状態における、G2 ストップ 1906 が不活性化された状態での G2 ストップ除去機構 1900 を、斜視図で示す。「不活性化された (de-activated)」とは、機械的要素または機械的部材が係合解除されて、G2 の移動を妨げないことを意味する。ここで、G2 アセンブリ 504 は、G1 G3 アセンブリ 502 に磁気的に結

50

合されるが、G 2はG 1に磁氣的に結合されている。この状態は、マクロ撮影に使用され得る。G 2ストップを不活性化するために、SMAスプリング1904aおよび1904bが加熱され、圧縮するように、SMAスプリング1904aおよび1904bを通る電流が駆動される。該圧縮力は機械的スプリング1902aおよび1902bの収縮力よりも大きいため、G 2ストップ1906は、SMAスプリング1904aおよび1904bの側でハウジング1612から離れる移動を行う（除去される）。

【0151】

図19Cは、EFL_{Tmin}またはEFL_{Tmax}の状態における、ストップ1906が活性化された状態でのG 2ストップ除去機構1900の部分を示す。図19Dは、G 2ストップ1906が不活性化された状態における、G 2ストップ除去機構1900の部分を示す。舌部1908は、アセンブリ504の一部であって、G 2ストップ1906が活性化された場合にはG 2アセンブリ504の移動を止めるものである。EFL_{Tmin}の状態からEFL_{Tmax}の状態へとズーム状態の切り換えが行われる場合には、G 2はG 1から分離されて、ズーム切り換えプロセスの終端に向かってG 3に接続されるが、これは例えば、図18A～Dに記載されているように、磁石に基づく機構を介して行われる。舌部1908は、G 2ストップ1906が活性化された場合には、G 2の移動を停止せず、G 2はG 1に接続されたままの状態となる。SMAスプリング1904aおよび1904bを通じてさらなる電流が駆動されない場合には、G 2ストップ1906は再び活性化される。

【0152】

別の実施例では、モジュール1600またはモジュール1700またはモジュール1900は、表25の実施例6の光学設計を有してもよく、マクロモードでのマクロ撮影に使用可能であってもよい。マクロモードへ移行するには、レンズ114'、114''、114'''、114''''、114'''''、114''''''、114'''''''の状態でなければならぬ。マクロモードへ移行するとき、レンズはG 2ストップ1906が不活性化されたEFL_{Tmin}の状態でなければならない。その後、レンズはG 2ストップ1906が不活性化されたEFL_{Tmax}へと切り換えられる。図19Bに示されるように、G 2レンズストップの除去のために、G 2はG 1に接着したままである。

【0153】

表25の実施例6の光学設計で、例えばM = 0.44の最大マクロモード倍率Mが達成される。ここで、Mは、イメージセンサ面上の物体の像の大きさと実際の物体の大きさとの比率を指す。これは薄いレンズの近似

【数3】

$$\frac{1}{EFL} = \frac{1}{u} + \frac{1}{v}$$

によるものであり、EFL = 13mm、レンズ 像距離v = 19mmのとき、物体 レンズ距離u = 42mmであり、したがって、倍率M = 19 / 43 = 0.44となる。この最大倍率は、図19Bに示すようなレンズの構成で達成される。ここで、G 1、G 2およびG 3は、物体に向かって（すなわち、センサから離れる方向へ）できるだけ遠くに、一緒に移動される。

【0154】

（無限遠の物体に対する）ゼロ倍率までのより小さな倍率Mは、連続的に選ばれ得る。倍率をより小さくするためには、レンズ群は、マクロモードの構成（G 1がG 2に接着されることで定められる）でなければならない。G 1、G 2およびG 3は、イメージセンサに向かって一緒に移動させられなければならない。

【0155】

例えば、倍率M = 0.23が望ましい倍率であり得る。M_{max}の状態からM = 0.23に切り換えるためには、レンズをマクロモードの構成にし、G 1、G 2およびG 3を一緒

にイメージセンサに向かって3 mm移動させなければならない。上記の薄いレンズの近似によれば、 $EFL = 13 \text{ mm}$ 、レンズ 像距離 $v = 16 \text{ mm}$ のとき、物体 レンズ距離 $u = 69 \text{ mm}$ 、したがって、倍率 $M = 16 / 69 = 0.23$ となる。

【0156】

M_{max} の状態からゼロ倍率（すなわち、 $M = 0$ ）の M_{min} の状態に切り換えるためには、マクロモードの構成において、 $G1 + G2 + G3$ を一緒にイメージセンサに向かって6 mm移動させなければならない。すると、 $EFL = 13 \text{ mm}$ およびレンズ 像距離 $v = 13 \text{ mm}$ であり、これは $M = 0$ に変換される。

【0157】

本開示は、限定数の実施形態を記載しているが、このような実施形態の多くの変形形態、修正形態、および他の出願が行われ得ることが理解されるであろう。一般に、本開示は、本明細書に記載される特定の実施形態によって限定されるものではなく、添付の特許請求の範囲によってのみ限定されるものと理解されるべきである。

10

【0158】

本明細書において言及される全ての参考文献は、それぞれの個々の参考文献があたかも、参考として本明細書に組み込まれるように具体的かつ個別に示されるかのように、その全体が本明細書に参考として組み込まれる。さらに、本出願における任意の参考文献の引用または識別は、そのような参考文献が本出願の先行技術として利用可能であることを容認するものと解釈されるべきではない。

20

30

40

50

【図面】

【図 1 A】

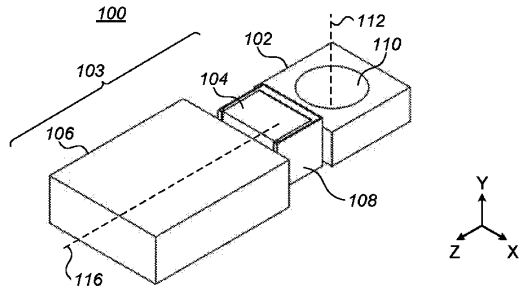


FIG. 1A

【図 1 B】

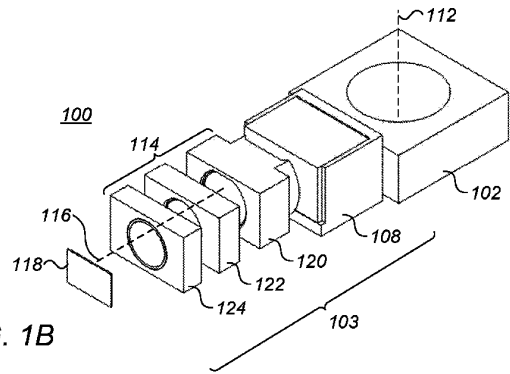


FIG. 1B

【図 2 A】

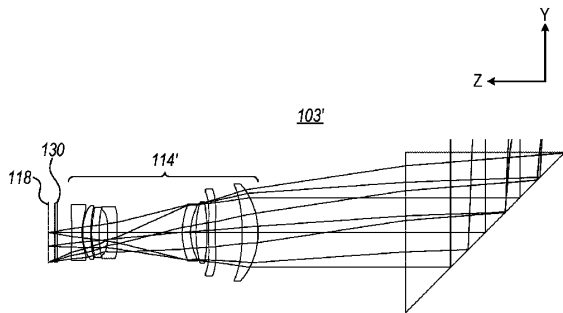


FIG. 2A

【図 2 B】

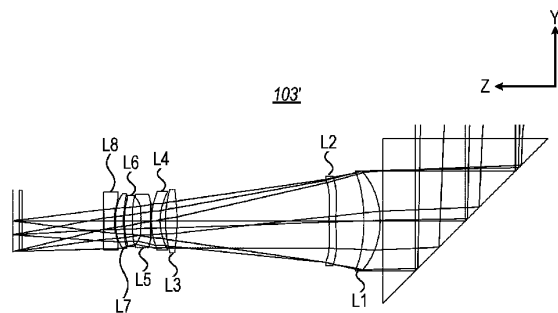


FIG. 2B

10

20

30

40

50

【 2 C 】

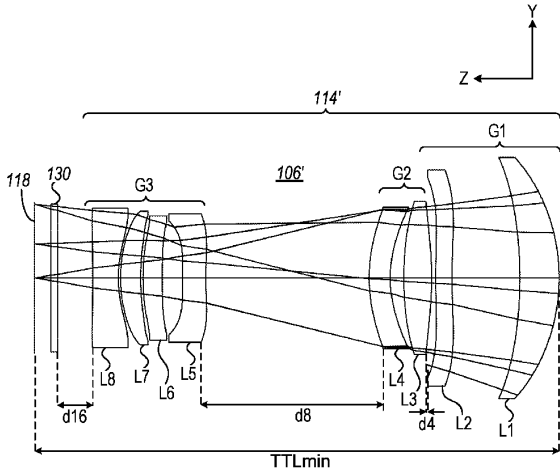


FIG. 2C

【 2 D 】

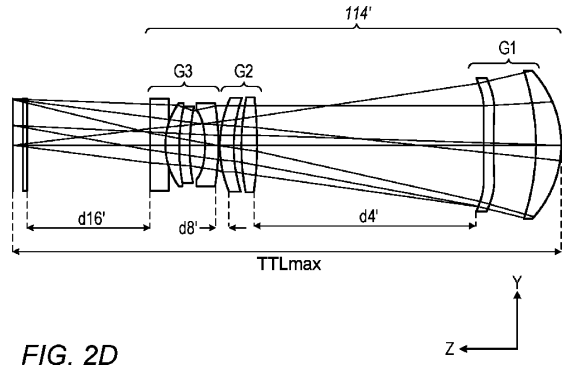


FIG. 2D

10

【 3 A 】

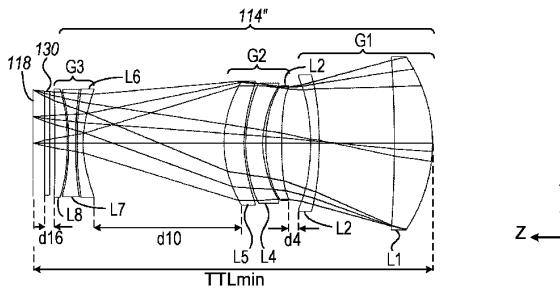


FIG. 3A

【 3 B 】

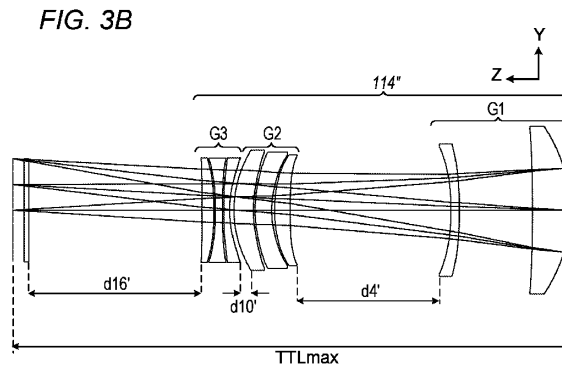


FIG. 3B

20

30

40

50

【 4 A 】

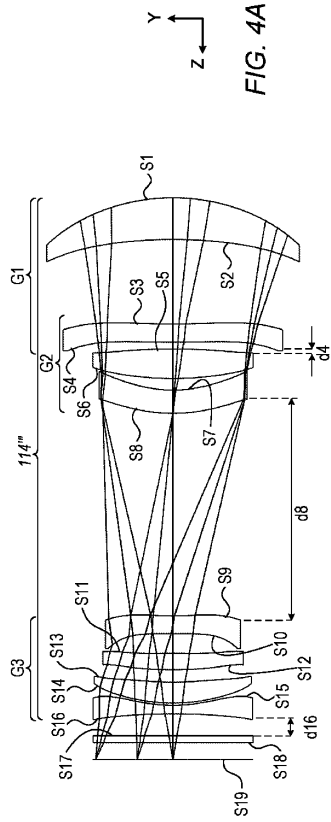


FIG. 4A

【 4 B 】

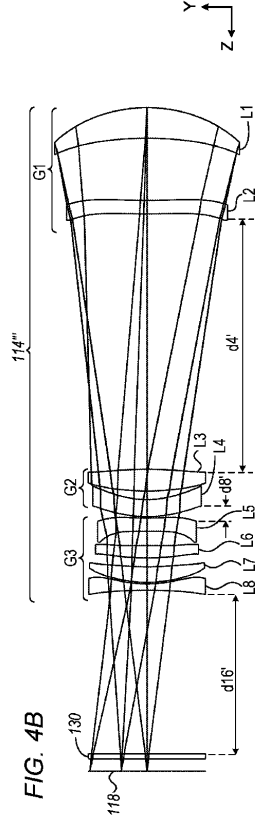


FIG. 4B

【 4 C 】

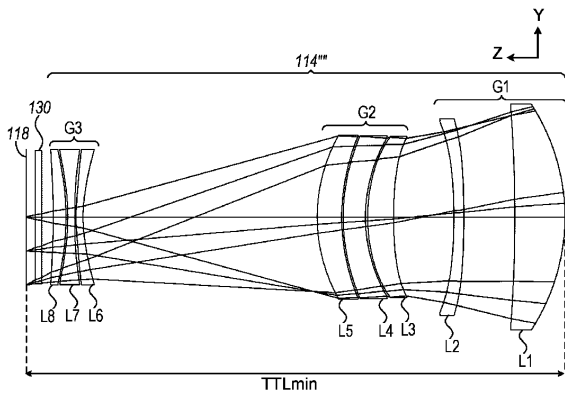


FIG. 4C

【 4 D 】

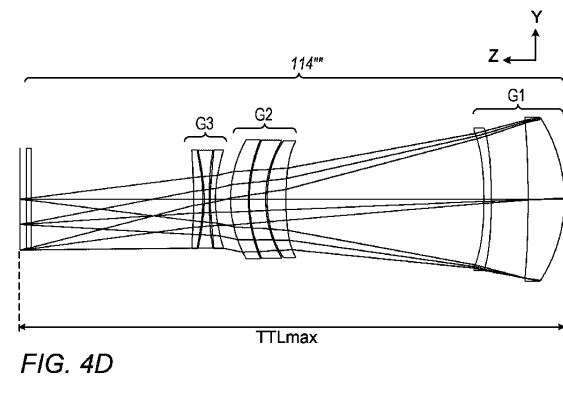


FIG. 4D

10

20

30

40

50

【 4 E 】

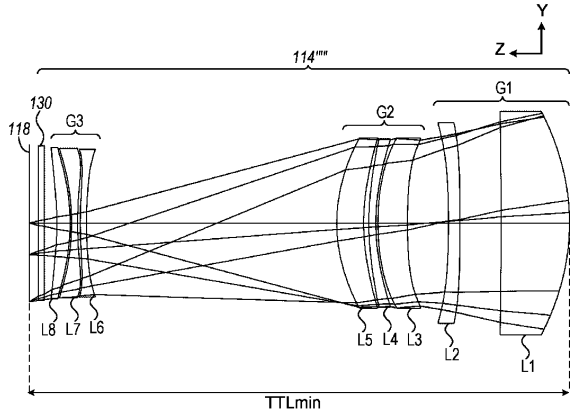


FIG. 4E

【 4 F 】

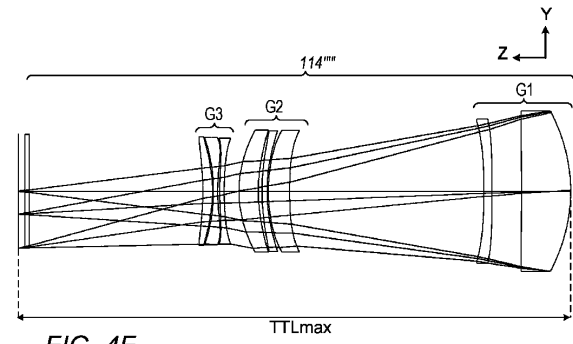


FIG. 4F

【 4 G 】

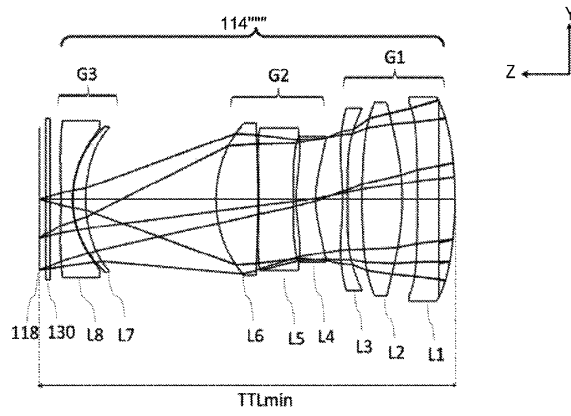


FIG. 4G

【 4 H 】

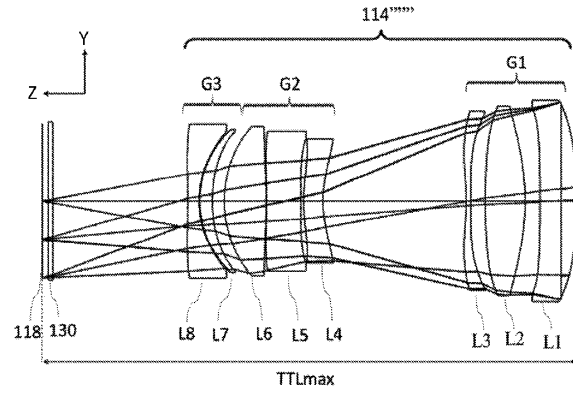


FIG. 4H

10

20

30

40

50

【 5 A 】

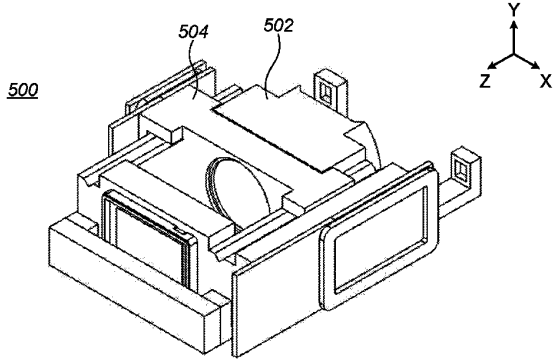


FIG. 5A

【 5 B 】

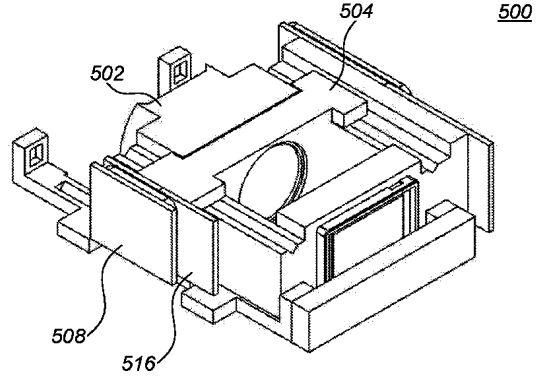


FIG. 5B

【 5 C 】

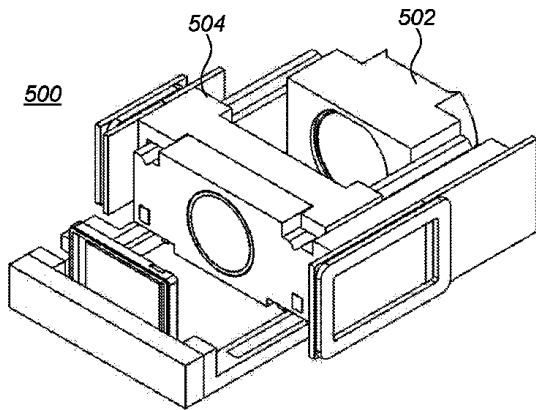


FIG. 5C

【 5 D 】

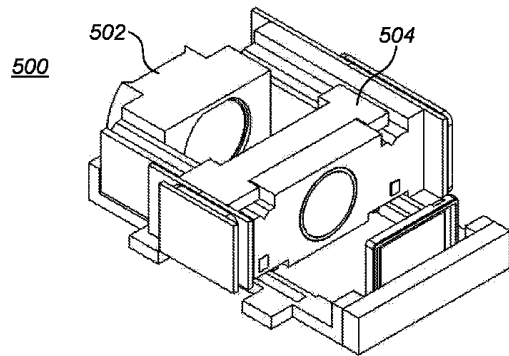


FIG. 5D

10

20

30

40

50

【 図 5 E 】

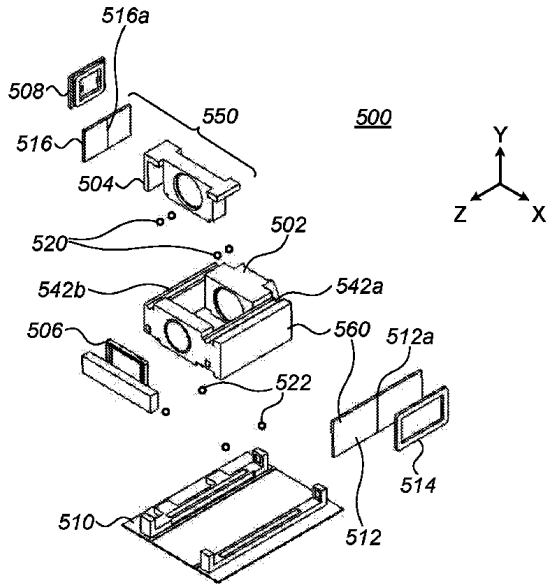


FIG. 5E

【 図 6 A 】

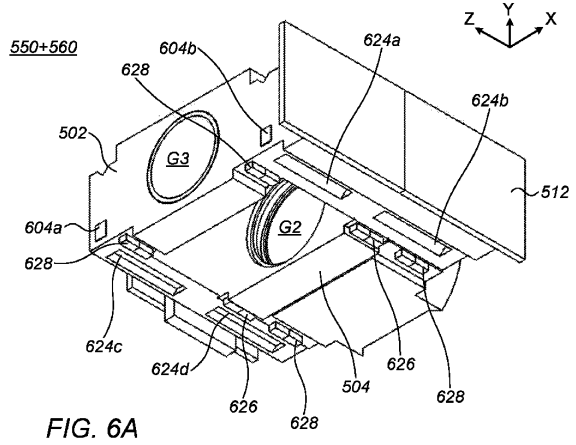


FIG. 6A

10

20

【 図 6 B 】

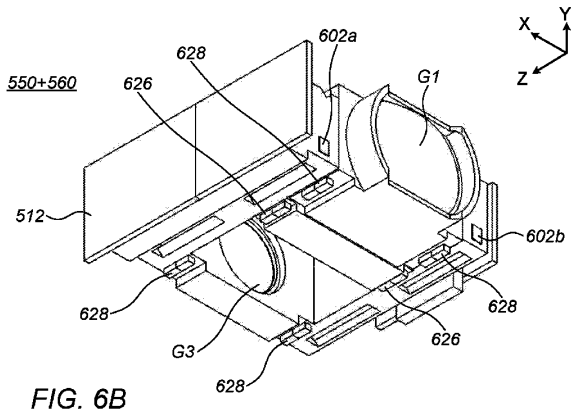


FIG. 6B

【 図 6 C 】

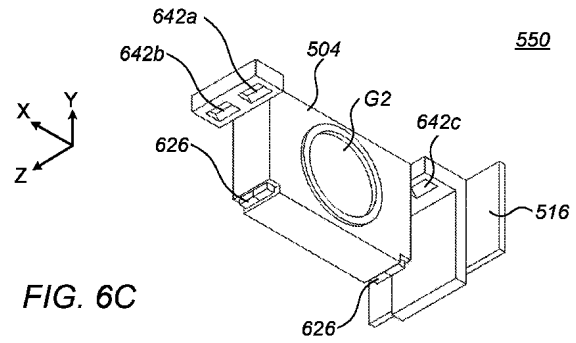


FIG. 6C

30

40

50

【 図 7 】

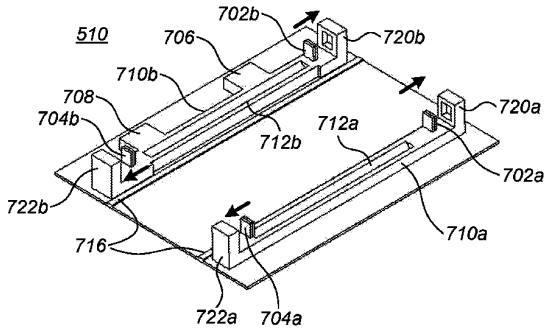


FIG. 7

【 図 8 】

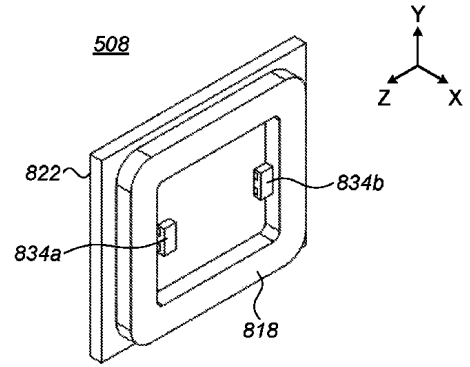


FIG. 8

【 図 9 A 】

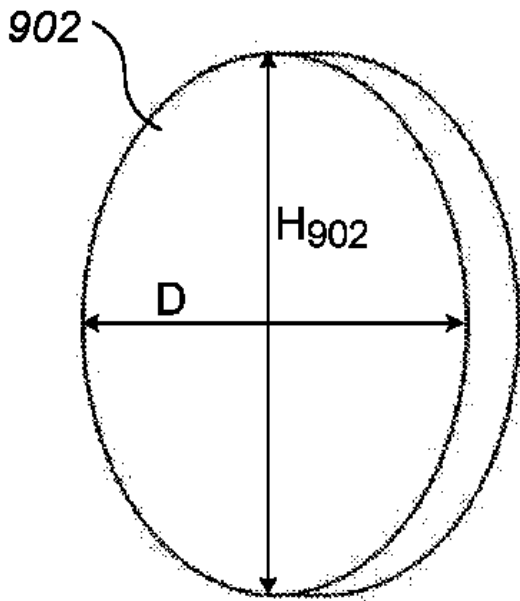


FIG. 9A

【 図 9 B 】

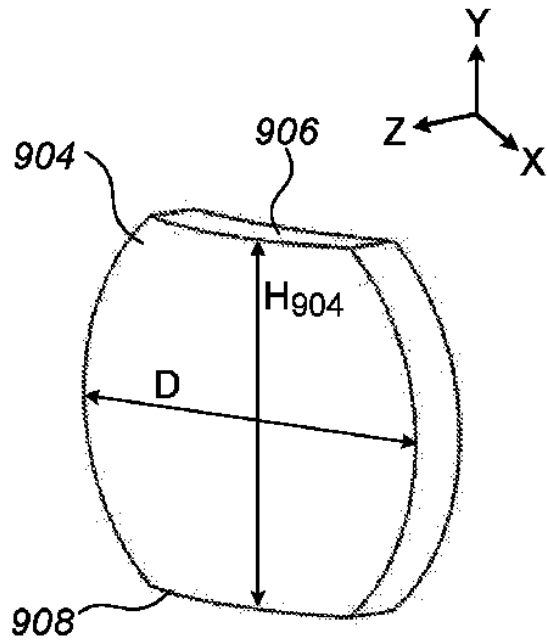


FIG. 9B

10

20

30

40

50

【図 1 0】

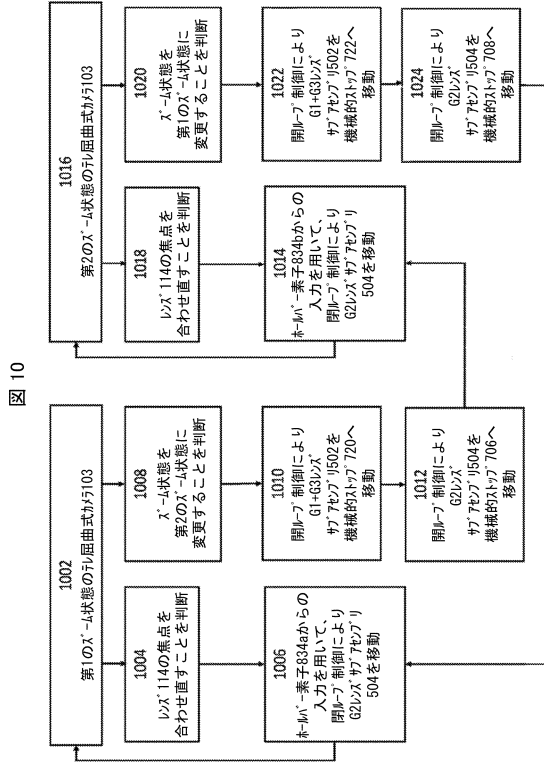


図 10

【図 1 1 A】

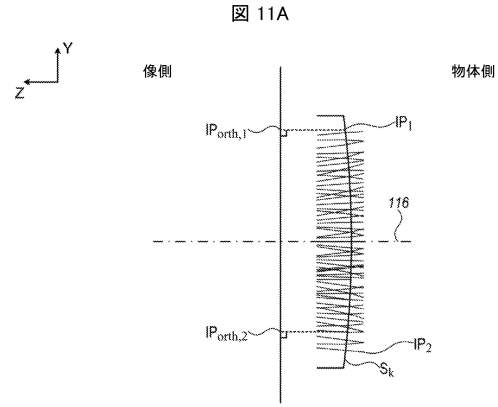


図 11A

【図 1 1 B】

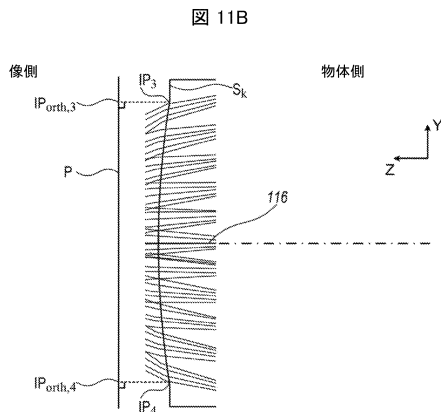


図 11B

【図 1 2】

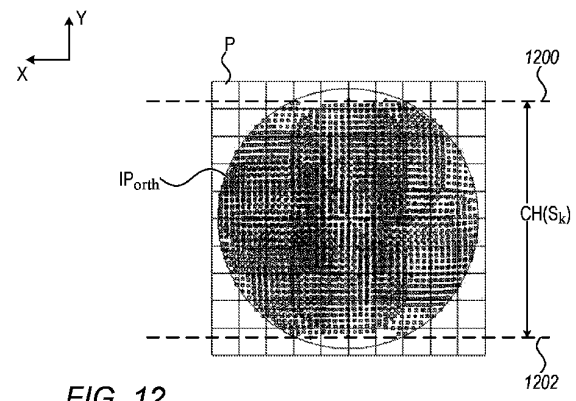


FIG. 12

10

20

30

40

50

【図13】

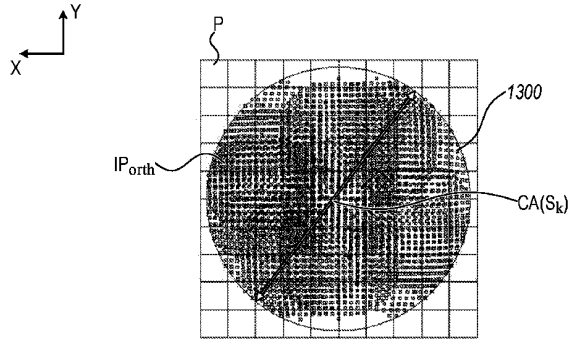
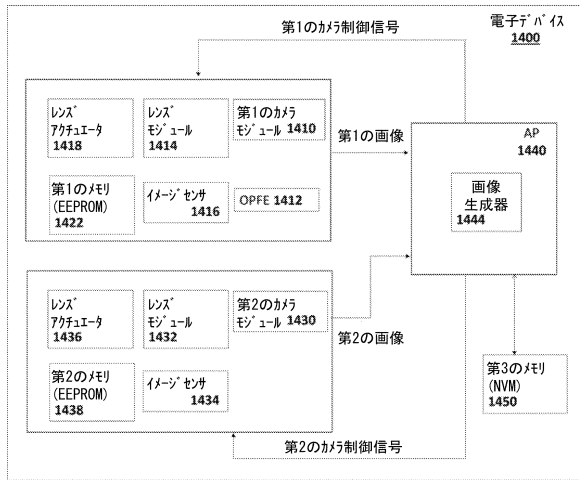


FIG. 13

【図14】

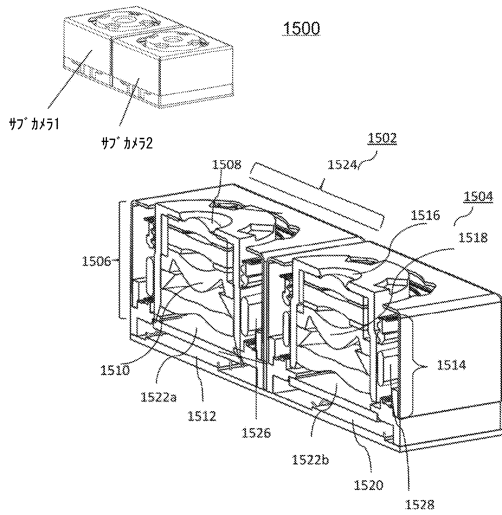
図 14



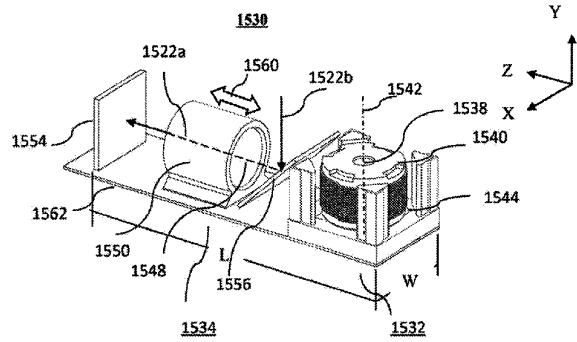
10

【図15A】

図 15



【図15B】



20

FIG. 15B

30

40

50

【 図 1 5 C 】

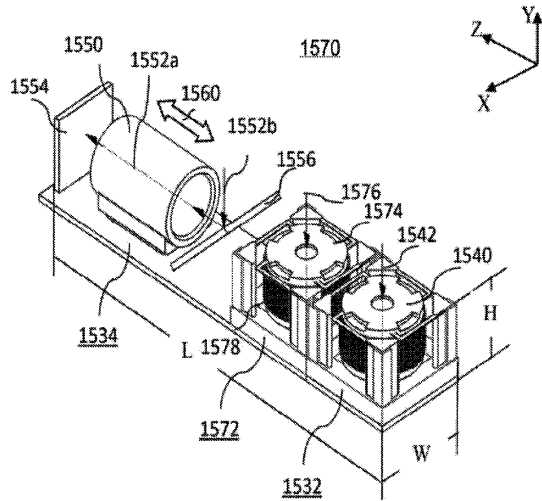


FIG. 15C

【 図 1 6 A 】

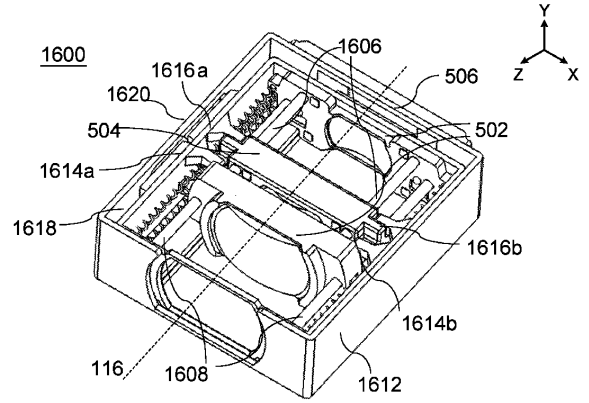


FIG. 16A

10

【 図 1 6 B 】

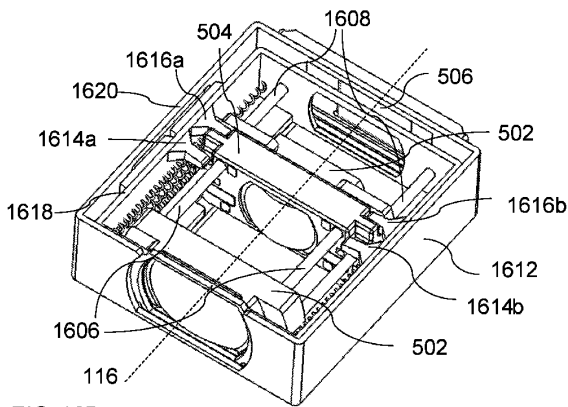


FIG. 16B

【 図 1 6 C 】

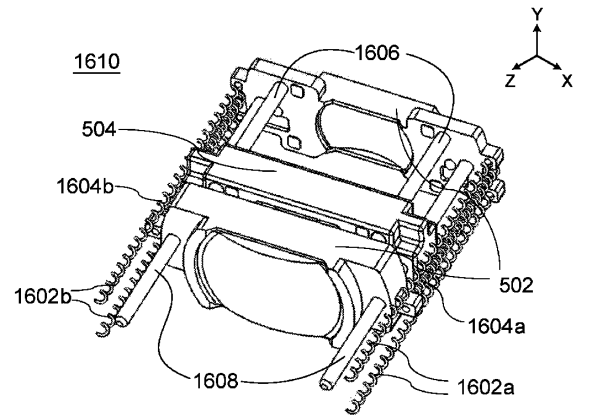


FIG. 16C

20

30

40

50

【 16 D 】

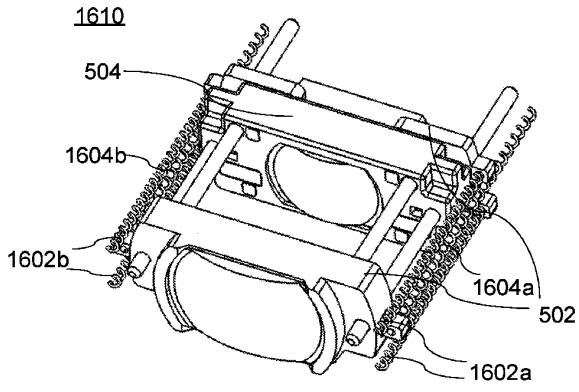


FIG. 16D

【 16 E 】

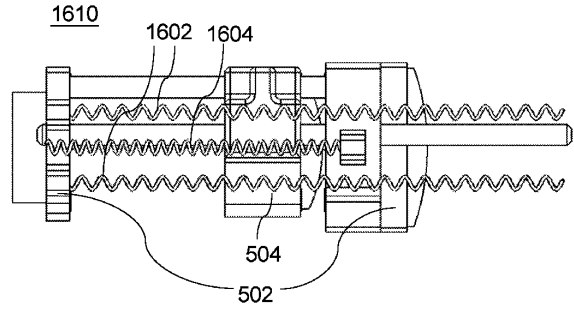


FIG. 16E

【 16 F 】

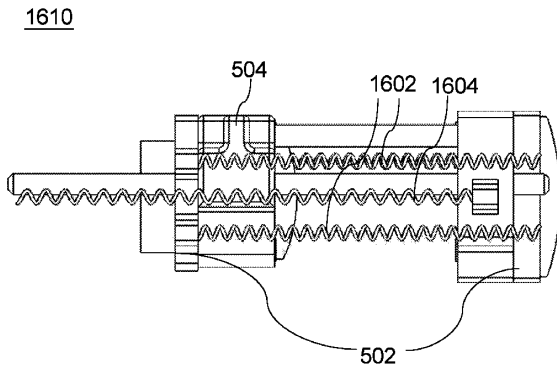


FIG. 16F

【 16 G 】

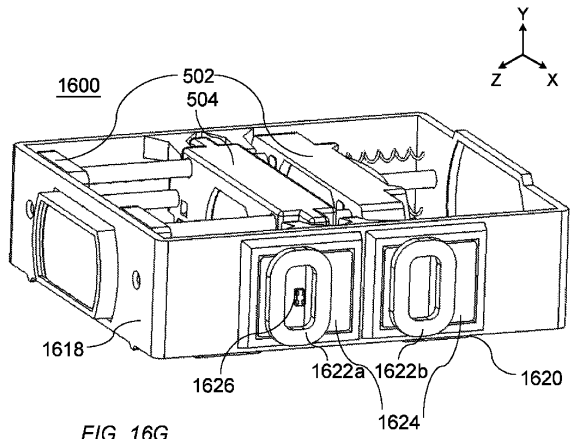


FIG. 16G

10

20

30

40

50

【 16 H 】

1600

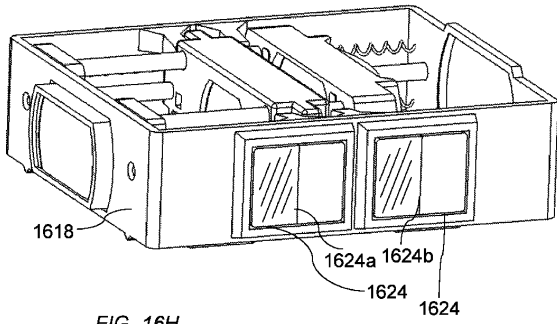


FIG. 16H

【 17 A 】

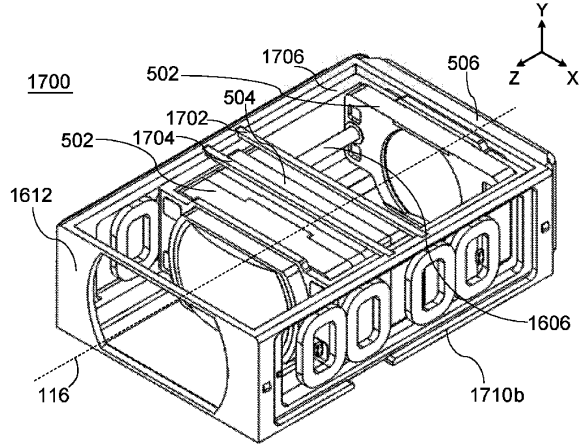


FIG. 17A

10

【 17 B 】

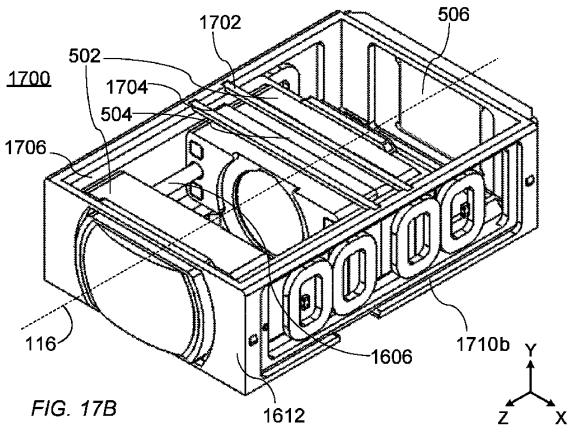


FIG. 17B

【 17 C 】

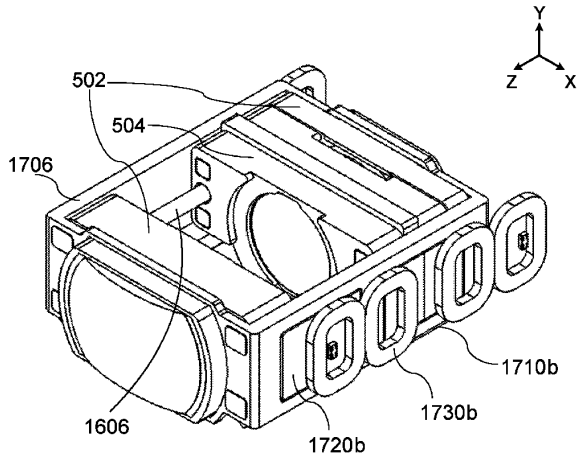


FIG. 17C

20

30

40

50

【 17 D 】

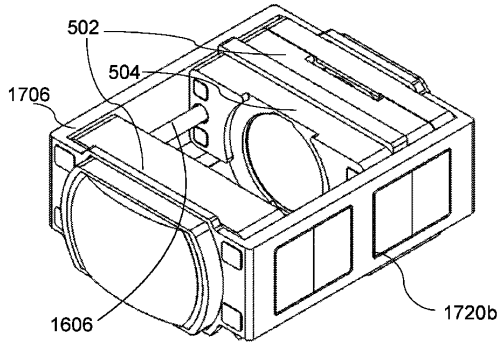


FIG. 17D

【 17 E 】

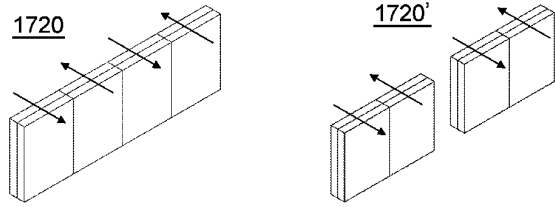


FIG. 17E

10

【 17 F 】

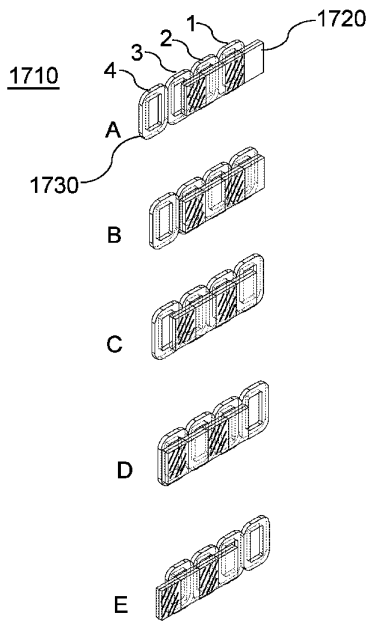


FIG. 17F

【 17 G 】

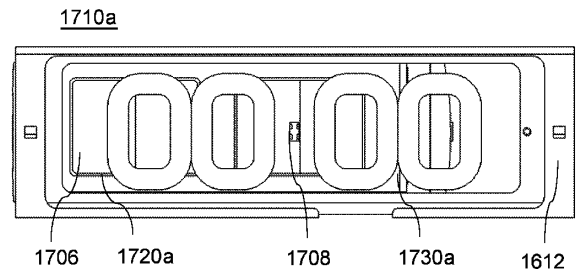



FIG. 17G

20

30

40

50

【 17 H】

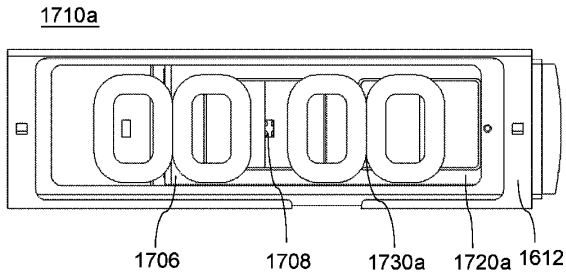



FIG. 17H

【 17 I】

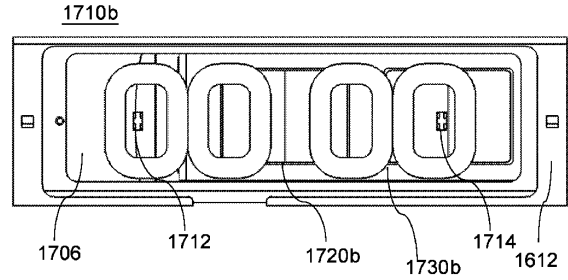



FIG. 17I

10

【 17 J】

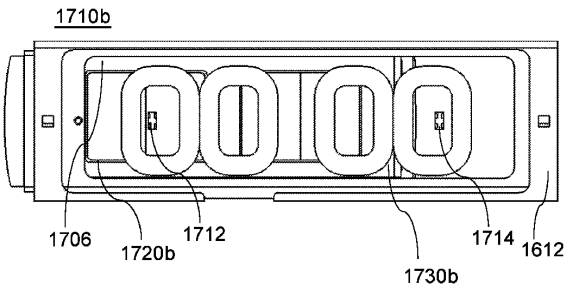



FIG. 17J

【 18 A】

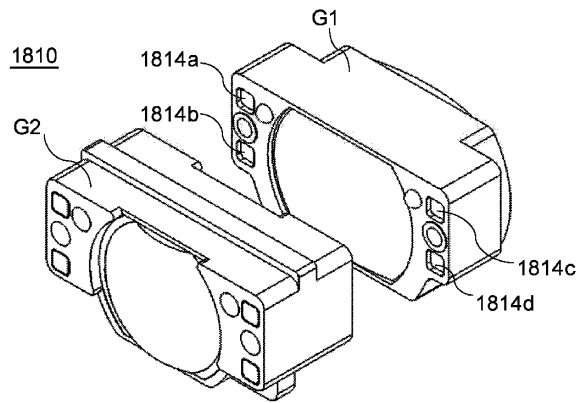



FIG. 18A

20

【 18 B】

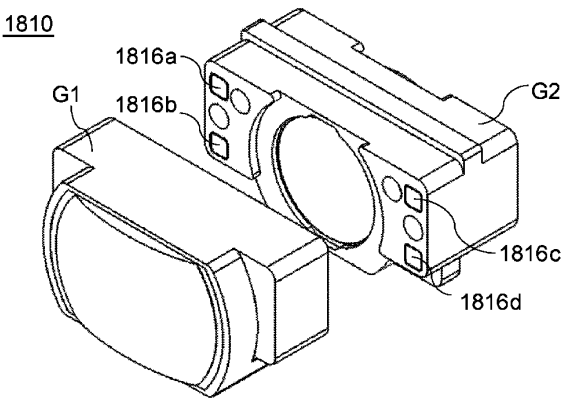



FIG. 18B

【 18 C】

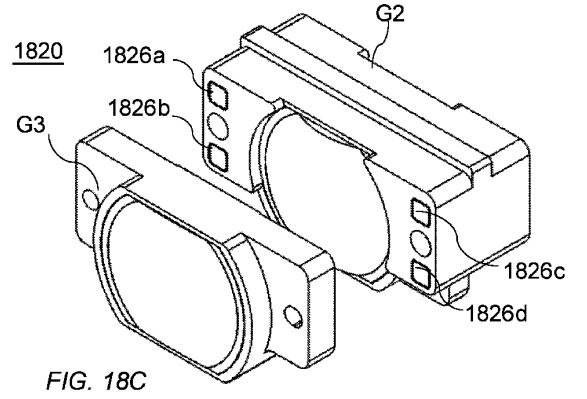


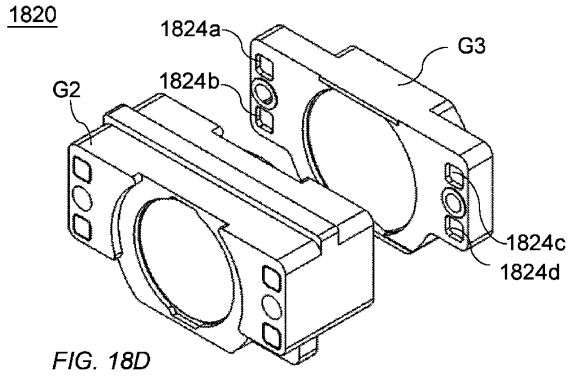
FIG. 18C

30

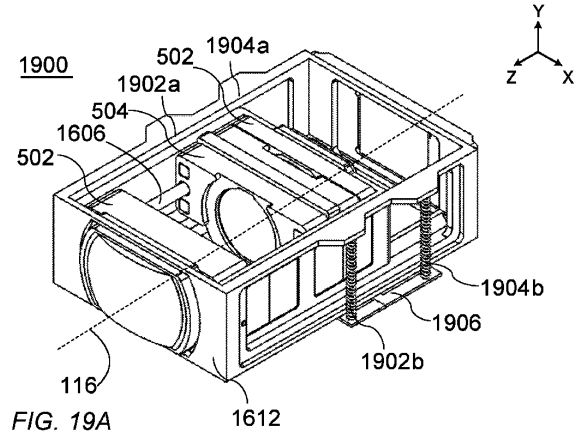
40

50

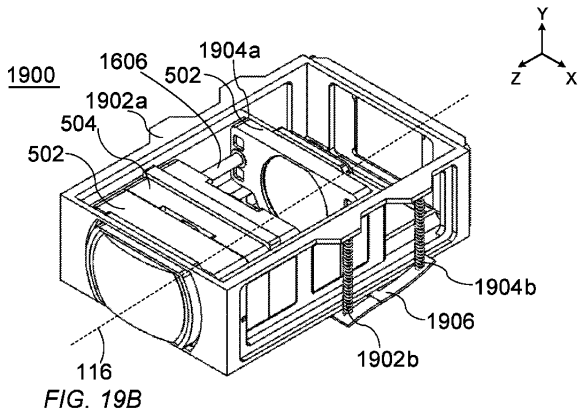
【図 18 D】



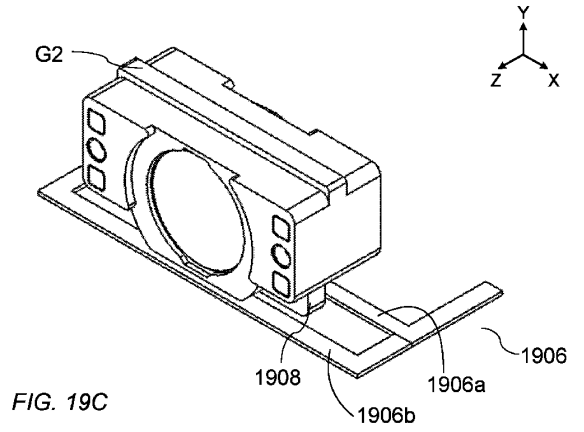
【図 19 A】



【図 19 B】



【図 19 C】




10

20

30

40

50

【 1 9 D】

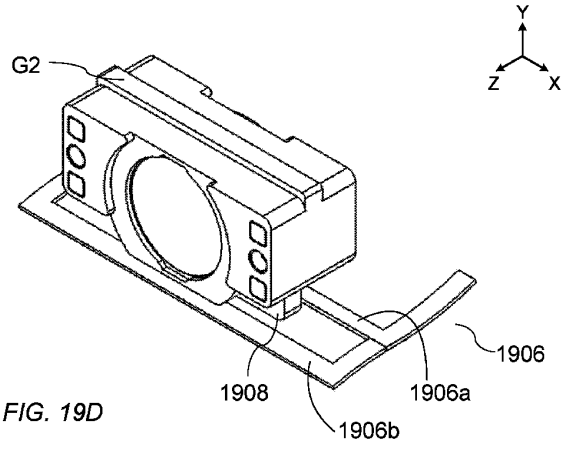


FIG. 19D

10

20

30

40

50

フロントページの続き

(51)国際特許分類

F I

H 0 4 N	23/50	(2023.01)	H 0 4 N	23/50
H 0 4 N	23/55	(2023.01)	H 0 4 N	23/55
H 0 4 N	23/57	(2023.01)	H 0 4 N	23/57

米国(US)

早期審査対象出願

- (72)発明者 ブロンスタイン, エミル
イスラエル, 1 8 7 5 0 0 2 アフラ, ホヒト ストリ - ト 2
- (72)発明者 イェディッド, イタイ
イスラエル, 9 9 7 9 7 0 0 カルメ ヨセフ, サマダール ストリート 8
- (72)発明者 ラドニック, ロイ
イスラエル, 6 4 3 7 3 1 3 テル - アビブ, ザメンホフ ストリート 1 3
- (72)発明者 ドロアー, ミカエル
イスラエル, 7 4 0 1 9 0 5 ネス ジオナ, エリヤフ メロン ストリート 5
- (72)発明者 バチャール, ギル
イスラエル, 6 4 9 5 5 2 6 テル - アビブ, ザイトリン ストリ - ト 3 5
- (72)発明者 コワル, イフタハ
イスラエル, 5 2 2 7 6 0 6 ラマト ガン, シェ ' アル ヤシュフ ストリート 6

合議体

審判長 山村 浩

審判官 齋藤 卓司

審判官 野村 伸雄

(56)参考文献

特開 2 0 1 3 - 1 0 1 2 1 3 (J P , A)
 特開 2 0 0 4 - 3 3 4 1 8 5 (J P , A)
 特開平 1 1 - 2 2 3 7 7 1 (J P , A)
 特開 2 0 0 8 - 1 0 2 4 2 7 (J P , A)
 国際公開第 2 0 1 8 / 1 6 7 5 8 1 (W O , A 1)
 国際公開第 2 0 1 8 / 1 3 0 8 9 8 (W O , A 1)
 特開平 1 1 - 9 5 1 0 5 (J P , A)
 特開 2 0 1 3 - 3 5 7 4 (J P , A)
 特開 2 0 0 7 - 1 6 4 0 6 5 (J P , A)
 特開平 7 - 3 2 5 2 4 6 (J P , A)

(58)調査した分野 (Int.Cl., D B 名)

IPC G02B 9/00-17/08

IPC G02B 21/02-21/04

IPC G02B 25/00-25/04