(19)日本国特許庁(JP)　(12)特　許　公　報(B2)　(11)特許番号

特許第5178991号
(P5178991)

(45)発行日　平成25年4月10日(2013.4.10)　(24)登録日　平成25年1月18日(2013.1.18)

(51)Int.Cl.		F I		
A61B 1/00	(2006.01)	A61B	1/00	300Y
A61B 5/07	(2006.01)	A61B	1/00	320B
G02B 13/00	(2006.01)	A61B	5/07	
G02B 13/18	(2006.01)	G02B	13/00	
G02B 23/24	(2006.01)	G02B	13/18	

請求項の数 4　(全 27 頁)　最終頁に続く

(21)出願番号　特願2004-247853 (P2004-247853)
(22)出願日　平成16年8月27日 (2004.8.27)
(65)公開番号　特開2006-61438 (P2006-61438A)
(43)公開日　平成18年3月9日 (2006.3.9)
審査請求日　平成19年7月4日 (2007.7.4)
審判番号　不服2011-18641 (P2011-18641/J1)
審判請求日　平成23年8月29日 (2011.8.29)

(73)特許権者　000000376
オリンパス株式会社
東京都渋谷区幡ヶ谷２丁目４３番２号
(74)代理人　110001405
特許業務法人篠原国際特許事務所
(74)代理人　100065824
弁理士　篠原　泰司
(74)代理人　100104983
弁理士　藤中　雅之
(72)発明者　松澤　洋彦
東京都渋谷区幡ヶ谷２丁目４３番２号　オリンパス株式会社内

最終頁に続く

(54)【発明の名称】カプセル型内視鏡

(57)【特許請求の範囲】

【請求項１】

少なくとも、被写体を照明する照明手段と、前記被写体を撮像する撮像手段と、前記照明手段と前記撮像手段を覆う透明カバーとを有するカプセル型内視鏡であって、

前記撮像手段が、対物光学系と撮像素子からなり、

前記対物光学系が、該対物光学系の射出瞳近傍に配置されていて視野内の周辺部分に像を形成する光束の一部を遮光する遮光部材を有し、且つ、次の条件式（１）を満足し、

前記対物光学系の最も物体側の面と光軸の交わる点を中心とし該点から等距離にある物体面上での照度分布が、次の条件式（４）を満足するように構成されていることを特徴とするカプセル型内視鏡。

$$\omega \geqq 50^\circ \quad \cdots (1)$$

$$R(\theta) \leqq R(0) \times \cos^2(\theta) \quad \cdots (4)$$

但し、ωは前記対物光学系の視野角の１／２、Ｒ（θ）は前記対物光学系の視野角θ°に対する前記物体面上での照度、Ｒ（０）は前記対物光学系の光軸と交わる前記物体面上での照度である。

【請求項２】

前記照明手段が、中心軸を前記対物光学系の光軸に対し傾けて配置された複数のＬＥＤで構成されていることを特徴とする請求項１に記載のカプセル型内視鏡。

【請求項３】

前記対物光学系が、均一な面光源を観察した場合に、最大像高の１／２における前記撮

像素子の撮像面上の照度が前記撮像素子の撮像面上における視野範囲内での最大照度の５０％以下となるように構成されていることを特徴とする請求項１に記載のカプセル型内視鏡。

【請求項４】

前記対物光学系が、少なくとも１枚の非球面レンズを用いて構成されていることを特徴とする請求項１に記載のカプセル型内視鏡。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【０００１】

本発明は、カプセル型内視鏡に関し、特に、小腸等の円筒状構造の部位の検査を好適に行うために用いられる、カプセル型内視鏡に関する。

【背景技術】

【０００２】

最近、内視鏡において、挿入部を必要とせず、先端に透明カバーを設け、カプセル形状に形成されていて、患者が飲み込んだときに、従来の挿入部による挿入の苦痛を軽減できるようにしたカプセル型内視鏡が医療用分野で使用される状況になってきた。

【０００３】

また、例えば、一般的な内視鏡においては、胃の中など広い範囲を撮像し、病変等を探し出すといった目的のため、撮像される視野範囲をできる限り広くするとともに、その撮像される視野範囲を照らす照明光の照明範囲をできる限り広角化し、かつ、撮像範囲全体の照度が均一になるように照明光学系が構成されている。そして、そのような、広角の照明光学系としては、例えば次の特許文献１～３に開示されているものがある。

【特許文献１】特開平１０－２３９５８６号公報

【特許文献２】特開平６－１４８５１９号公報

【特許文献３】特開２０００－１９３８９４号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【０００４】

しかしながら、このような広い範囲を照明する照明光学系をカプセル型内視鏡に使用した場合、小腸等の円筒状構造の部位の検査を行うときに、観察対象である円筒状構造の壁面部分に対する照明光学系からの距離が円筒状構造の中央部に対する照明光学系からの距離に比べて短いため、画像の周辺部分での照度が大きく明るくなり、相対的に画像の中央部付近が暗くなってしまう。

また、カプセル型内視鏡は、観察対象である円筒状構造の壁面に密着することが多く、画像の周辺部分で壁面と照明手段との距離がより一層短くなる。このため、照明手段より出射して壁面で反射した光が、撮像光学系の結像作用により撮像素子の受光面に集光したときに、受光面での照度が撮像素子の許容できる強さを越えてしまい、画像の周辺部分で正常な画像再現ができない「ハレーション」と呼ばれる現象が発生しやすい。

さらに、カプセル型内視鏡では、病変をなるべく発見しやすくするために、広視野角の撮像光学系を用いることが望ましいが、広視野角の撮像光学系は、一般的に撮像素子の受光面での視野周辺部分の照度低下がないため、ハレーションがさらに発生しやすい。

【０００５】

このように、広視野角の撮像光学系を搭載したカプセル型内視鏡では、照明手段と視野の周辺部の距離が接近することにより、画像の周辺部分でハレーションが発生してしまい、観察及び検査に支障をきたしてしまうといった問題があった。

【０００６】

本発明では、上述した点を鑑みてなされたもので、小腸等の円筒状構造の部位の観察及び検査を行った場合に、良好な明るさ分布が得られる広視野角の撮像光学系を搭載したカプセル型内視鏡を提供することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【０００８】
上記目的を達成するため、本発明によるカプセル型内視鏡は、少なくとも、被写体を照明する照明手段と、前記被写体を撮像する撮像手段と、前記照明手段と前記撮像手段を覆う透明カバーとを有するカプセル型内視鏡であって、前記撮像手段が、対物光学系と撮像素子からなり、前記対物光学系が、該対物光学系の射出瞳近傍に配置されていて視野内の周辺部分に像を形成する光束の一部を遮光する遮光部材を有し、且つ、次の条件式（１）を満足し、前記対物光学系の最も物体側の面と光軸の交わる点を中心とし該点から等距離にある物体面上での照度分布が、次の条件式（４）を満足するように構成されていることを特徴とする。

ω　≧　５０°　　・・・（１）

$R(\theta) \leqq R(0) \times \cos^2(\theta)$　　・・・（４）

但し、ωは前記対物光学系の視野角の１／２、Ｒ（θ）は前記対物光学系の視野角θ°に対する前記物体面上での照度、Ｒ（０）は前記対物光学系の光軸と交わる前記物体面上での照度である。

【０００９】
また、本発明のカプセル型内視鏡においては、前記照明手段が、中心軸を前記対物光学系の光軸に対し傾けて配置された複数のＬＥＤで構成されているのが好ましい。

また、本発明のカプセル型内視鏡においては、前記対物光学系が、均一な面光源を観察した場合に、最大像高の１／２における前記撮像素子の撮像面上の照度が前記撮像素子の撮像面上における視野範囲内での最大照度の５０％以下となるように構成されているのが好ましい。

また、本発明のカプセル型内視鏡においては、前記対物光学系が、少なくとも１枚の非球面レンズを用いて構成されているのが好ましい。

【発明の効果】

【００１０】
以上説明したように、本発明のカプセル型内視鏡及びカプセル型内視鏡の検査方法によれば、小腸等の円筒状構造の部位の観察及び検査を行った場合に、周辺部分でハレーション等の不具合をおこすことなく、好適な明るさを得ることができるカプセル型内視鏡及びカプセル型内視鏡の検査方法が得られる。

【発明を実施するための最良の形態】

【００１１】
実施例の説明に先立ち、本発明の作用効果について説明する。

本発明のカプセル型内視鏡のように、前記対物光学系が、次の条件式(1)を満足し、かつ、次の条件式(3)を満足する反射率９０パーセントの白色円筒を観察した場合における、カプセルの長手方向の中心軸と反射率９０％の白色円筒の中心軸が一致した状態での前記撮像素子の撮像面上の照度が、次の条件式(2)を満足するように構成すれば、小腸等の円筒状構造の部位の観察及び検査を行った場合にも、良好な明るさ分布が得られる。

ω　≧　５０°　　…(1)

$T_1 \times 0.5 \leqq T_2$　　…(2)

$D = 1.2 \times \Phi$　　…(3)

但し、ωは対物光学系の視野角の１／２、T_1は撮像素子の撮像面における視野範囲内の最大照度、T_2は最大像高の１／２における撮像素子面上の照度、Ｄは円筒の内径、Φはカプセル内視鏡の外径である。

【００１２】
本発明によるカプセル型内視鏡は、広視野角の撮像光学系を搭載したカプセル型内視鏡を想定している。このため、視野角ωが上記条件式(1)を満足する必要がある。

上記条件式(1)を満足せずに、ω＜５０°となると、小腸等の管腔状臓器の内壁部位の検査を行った場合に視野範囲が狭くなり、観察及び検査に支障を来たしてしまう。上記条件式(1)を満足することにより、良好な視野範囲が得られ、観察及び検査に支障を来たさずに済む。

また、ω≧６０°を満足するようにすると、生体組織がひだ状の凹凸構造を呈している部位に対しても、ひだの影になる部分を見落とし無く観察及び検査を行うことができるので好ましい。

【００１３】

また、本発明のカプセル型内視鏡における上記条件式(2)は、上述のような広視野角のカプセル形内視鏡において、画像周辺部でのハレーションを発生させないための条件式である。

【００１４】

カプセル型内視鏡を用いた観察においては、生体の反射率や被写体とカプセルの位置関係によりハレーションが発生する状態は異なるが、主として対物光学系の視野内で被写体を極く近接させた場合に発生しやすい。ハレーションが発生しやすい状態としては、次の２つの状態に大別される。

【００１５】

その一つは、管腔臓器の内壁がカプセルの外周面に密着した状態である。カプセル型内視鏡の主要な観察対象である消化管の８０％は食道や腸などの管腔状臓器であり、これらの臓器は空気を送り込まない状態では収縮して内壁が管路をほとんど塞いだようになっている。このため、カプセルは管腔臓器の内壁に密着していることが多く、対物光学系の視野周辺では被写体との距離が近づいてハレーションが起こりやすくなる。照明手段を出射した照明光は被写体で反射して対物光学系に入射し、対物光学系の結像作用によって撮像素子の受光面に集光して、受光面の有効撮像範囲内で照度分布を形成する。このとき、受光面上で視野の周辺にあたる部分の照度が撮像素子の許容できる強さを超えてしまい、モニタなどの表示装置に映し出される画像の周辺部全域で正常な画像再現が行われない。

【００１６】

もう一つは、胃など比較的広い空間をもった臓器において、カプセルの外周面の一部が臓器の内壁面と密着した状態である。この場合、視野の片側では対物光学系と被写体の距離が近づき、反対側では被写体との距離が離れているため、画像の周辺部の一部でハレーションが発生する。

【００１７】

上記二つの状態は、いずれも、撮像素子の受光面での照度分布が視野の周辺に偏って分布しており、このような状態ではハレーションが起こりやすい。

【００１８】

また、広視野角の撮像光学系を用いて管腔内を撮像した場合、視野の中心から中間までの画像に比べて視野の中間から周辺での画像の密度が高くなったように見える。これは、広視野角の対物光学系に発生する収差の特徴であり、結像面上での像高が１／2を超えて最大像高に近づくほど顕著になる。このため、例えば上記の撮像光学系を用いて、均一な輝度分布をもち、視野の中心から周辺まで等距離にある光源を撮像すると、撮像素子の受光面での照度分布は視野の周辺に行くほど高くなる。管腔状の被写体では、視野の周辺に行くほど撮像光学系と被写体の距離が近づくので、撮像素子の受光面上での照度分布の視野周辺での偏りはより顕著になりハレーションが起こりやすい。

【００１９】

そこで、本発明では、上述した管腔臓器での観察状態を再現するために、内壁に適当な反射率を有する円筒形状の治具を用意し、円筒の中心軸とカプセルの長手方向の中心軸が一致するように固定する。このとき、円筒の内径Ｄは、カプセル外径φと生体組織の反射率と円筒内壁の反射率より求められる。例えば、小腸の内壁のように無数の突起状組織で構成され、しかもその表面が粘液で覆われているような場合には、生体組織での反射率は組織表面での光の吸収と散乱による減衰の影響を大きく受ける。更に、カプセル型内視鏡による管腔状臓器の観察の場合、照明手段の配光分布や照明光が生体組織に入射する角度を考慮する必要があり、組織表面に入射する光の量を１とすると、生体組織で反射して撮像光学系に入射する光の量はおおよそ０．４である。そこで、本発明では生体組織の反射率を４０％と仮定した。このとき、白色光に対して所定の反射率αをもつ内壁面を有する

白色円筒の内径Ｄは次の条件式(6)より求められる。

$$（０．０２５\times\alpha）^{1/4}\times\varphi=D \quad \cdots(6)$$

但し、αは白色円筒の内壁面の反射率[％]、Ｄは前記白色円筒の内径[ｍｍ]、Φはカプセル型内視鏡の外径[ｍｍ]である。

そして、例えば、円筒内壁が白色光に対して９０％の反射率を有するように設定すると、円筒の内径Ｄは上記条件式(3)のように表される。

【００２０】

円筒状の治具にカプセル型内視鏡を固定した状態で、カプセル型内視鏡の照明手段より円筒の内壁に対して照明を行い、更に広視野角を有する撮像光学系により円筒内壁の像を撮像する。このとき、撮像素子の受光面での照度分布が条件式(2)を満たすようにすれば、画像の周辺部分でハレーションが発生せず広い視野を良好な明るさで観察することが可能なカプセル型内視鏡を実現することができる。

【００２１】

カプセル型内視鏡の場合、撮像素子からの撮像信号が無線手段などにより、カプセルから離れた場所に設置された受信装置を経て画像処理回路に送られ、画像信号に変換されてモニタなどの表示装置に画像として映し出される。したがって、カプセル型内視鏡の製造過程において、撮像素子の受光面での照度分布が上記条件式(2)を満足しているかどうかを検査する場合には、表示装置に出力される画像信号の強度を画像中心から周辺まで測定して、画像信号の強度分布を描出し、その形状から次の条件式(5)を満たしているかどうかを判断することで同等の評価が可能である。

$$T_3\times０．５ \leqq T_4 \quad \cdots(5)$$

但し、T_3は画像の中心から周辺までに測定される画像信号強度の最大値、T_4は前記対物光学系の最大像高の１／２に対応する画像信号強度の値である。

【００２２】

図１９は視野角に対する上記白色円筒を撮像したときの撮像面上の照度比を概念的に示すグラフである。

図１９中、ＴｙｐｅＡは、一般的な内視鏡光学系の例、ＴｙｐｅＢ及びＴｙｐｅＣは、本発明のカプセル型内視鏡の光学系の例を示している。

円筒状物体を観察する場合、視野角が広くなると、観察対象である物体までの距離が短くなるため、被写体の反射光強度は強くなる。

従って、視野角が広くなったときに、視野の周辺部での撮像素子の受光面の照度が低くなるように設定しておくと、画像の明るさが均一になって、観察や診断を行う上で好ましくなる。

即ち、撮像素子の受光面での照度分布を照度の最大値で規格化した場合に、最大像高の１／２に対応する撮像素子の受光面位置での照度が高くなるように設定することで、最大像高における像面の照度を下げることが出来る。

【００２３】

ＴｙｐｅＡの例においては、視野周辺部での像面照度が強く、最大像高の１／２での受光面の照度比が約０．３と低くなっている。このため視野周辺部でハレーションがおこり、中心部付近では暗くなってしまう。

ＴｙｐｅＢ、及びＴｙｐｅＣの例は、いずれも、視野周辺部での受光面の照度が強いことに加えて、最大像高の１/２での像面照度が約０．５１、及び０．６５と大きくなっている。このためカプセル型内視鏡として、視野周辺にハレーションが発生せず、視野の全域にわたって良好な画像を得ることが出来ている。

なお、ＴｙｐｅＢの例とＴｙｐｅＣの例との違いは、上記条件式(2)を満足するために、ＴｙｐｅＢの例では撮像光学系の視野絞りの配置を工夫しているのに対して、ＴｙｐｅＣの例では撮像光学系の歪曲収差をコントロールしているということである。

【００２４】

また、本発明のカプセル型内視鏡において、上記条件式(2)を大幅に上回る、$T_1\times０．６ \leqq T_2$を満足すれば、画像の周辺部と画像の中央部との明るさ分布が良好になり、円筒

状構造での観察及び検査がさらに容易になるので好ましい。

【００２５】

また、本発明のカプセル型内視鏡の撮像手段における対物光学系の歪曲収差の発生量は、均一な面光源を撮像した場合における最大像高の１／２での前記撮像素子の受光面の照度が、視野範囲内での前記撮像素子の受光面の最大照度の５０％以下となる状態を目安としてコントロールされるのが好ましい。

上記対物光学系の歪曲収差の発生量を上記のように設定すれば、視野周辺にハレーションが発生せず、視野の全域にわたって良好な画像を得ることができるカプセル型内視鏡に適した撮像手段の対物光学系を構成することができる。

【００２６】

また、上記対物光学系を構成するレンズの少なくとも１面を非球面で構成（例えば、少なくとも１枚の非球面レンズで対物光学系を構成）すれば、歪曲収差の発生量がコントロールしやすくなるという効果が得られ、更に対物光学系の焦点距離を短くして被写界深度を長くすることができるので、被写体の拡大観察も可能になりうる撮像手段の対物光学系を形成することができる。

【００２７】

また、上記対物光学系の歪曲収差をコントロールする代わりに、対物光学系を通過して視野の周辺に結像する光束の少なくとも一部を、例えば視野絞り等の遮光部材によって制限することにより、撮像素子の受光面での照度分布が適正な分布になるように調整することもできる。歪曲収差の発生量がコントロールされた撮像手段の対物光学系によって撮像された管腔状物体の内壁の画像では、視野の中心付近と周辺部での遠近感がとりにくい場合があるが、上記の実施形態によれば、自然な遠近感が得られて、しかも視野周辺にハレーションが発生せず、視野の全域にわたって良好な画像を得ることができるカプセル型内視鏡を構成することができる。また、視野絞りにより周辺光線を遮断し、周辺部の明るさを調整すれば、周辺光量を制御するために複雑なレンズ構成にする必要がなくなり、レンズ加工を容易にすることができる。なお、視野の周辺に結像する光束の少なくとも一部を遮光する遮光部材としては、視野絞りの代わりに、視野周辺の光束の強度を減衰するように構成したＮＤフィルタを配置しても同様の効果が得られる。

【００２８】

また、本発明のカプセル型内視鏡では、照明手段を工夫することにより視野周辺でのハレーションを防止することが可能である。すなわち、撮像光学系の前方に、視野の中心から周辺まで等距離にある（撮像光学系との距離をある程度離せば、球面状とみなせる）物体に対して照明手段により照明を行った場合、物体面での照度分布が上記条件式(4)を満足するようにすれば、撮像光学系の視野周辺の被写体で照度が上昇するのを防ぐことができ、その結果、視野周辺にハレーションが発生せず、視野の全域にわたって良好な明るさの画像を得ることができるカプセル型内視鏡を構成することができる。

【００２９】

以下、本発明の実施例について図面を用いて説明する。

【実施例１】

【００３０】

図１は本発明の実施例１にかかるカプセル型内視鏡を示す図で、(a)はカプセル型内視鏡の概略構成を示す光軸に沿う断面図、(b)は対物光学系と照明光学系の配置を示す説明図である。

図２は実施例１のカプセル型内視鏡を用いた画像を表示するカプセル型内視鏡システムの構成を示す概念図である。図３は実施例１のカプセル型内視鏡における出射角に対する照明光の強度分布を示すグラフ、図４(a)は実施例１のカプセル型内視鏡における対物光学系の構成を示す光軸に沿う断面図、図４(b)は図４(a)の対物光学系の歪曲収差を表す収差図、図５は均一な面光源を観察した場合における対物光学系の視野角に対する照度特性を示すグラフ、図６は実施例１のカプセル型内視鏡で白色円筒の内壁を撮像した場合における対物光学系の視野角に対する撮像素子面上での照度特性を示すグラフ、図７は実施例

１で使用している管腔状構造を示す模式図である。

【００３１】

また、図８～図１０は本発明の比較例である従来の内視鏡で使用されている光学系をカプセル型内視鏡に用いた例を示す図で、図８(a)は従来の内視鏡で使用されている対物光学系の構成を示す光軸に沿う断面図、図８(b)は図８(a)の対物光学系の歪曲収差を表す収差図、図９は均一な面光源を観察した場合における図８の対物レンズの照度特性を示すグラフ、図１０は図８の対物光学系を有するカプセル型内視鏡で白色円筒を撮像した場合における撮像素子面上での照度特性を示すグラフである。

【００３２】

実施例１のカプセル型内視鏡４３では、図１(a)に示すように、最も物体側に樹脂系の透明な材料をプレス成型などにより製造された透明カバー３が配置されている。透明カバー３の内側には、対物光学系１が対物光学系レンズ枠３７に固定された状態で配置されている。対物光学系１の周辺には、図１(b)に示すように、対物光学系レンズ枠３７を介して照明手段であるチップ型ＬＥＤ２が４個配置されている。対物光学系１の像面位置には、図１(a)に示すように、撮像素子としてのＣＭＯＳチップ３８が配置され、その背面には、順に、電気基板４０と、ＣＭＯＳやＬＥＤ等に電気を供給するための２つのボタン型電池３９と、取り込んだ画像を図２に示す体外の画像表示システム２５に送信するためのアンテナユニット４１が配置されている。また、カプセル型内視鏡４３の外壁は、透明カバー３と外装カバー４２とにより密閉されている。

【００３３】

画像表示システム２５は、図２に示すように、画像信号の処理を行うことのできるパーソナルコンピュータ２４（以下、パソコンと略記）と、画像を表示するモニタ２３を有して構成されている。

その他、撮像素子としては、ＣＭＯＳチップ３８の代わりにＣＣＤチップを用いてもよい。

また、照明手段であるチップ型ＬＥＤ２は、４個の配置ではなく、２個、６個、８個というように個数はいくつでもよい。

図１(a)に示すアンテナユニット４１から無線等で送信された画像信号は、図２に示すように、患者の体外に設けられたアンテナユニット２２で受信され、パソコン２４で画像処理された後、モニタ２３に画像表示される。

【００３４】

対物光学系１は、物体側から順に、平行平板１_1と、物体側が平面で像側が凸面の平凸レンズ１_2と、物体側が平面で像側が凸面の平凸レンズ１_3と、物体側が凸面で像側が平面の平凸レンズ１_4とで構成されている。平凸レンズ１_3の凸面は、非球面形状に形成されている。また、開口絞りＳが平行平板１_1と平凸レンズ１_2との間に設けられている。

【００３５】

次に、実施例１のカプセル型内視鏡を構成する対物光学系の数値データを示す。

数値データ中、ｆは焦点距離、FはＦナンバー、IHは撮像素子の像高、OBJは物点距離、ωは対物光学系の最大像高における画角を示している。

なお、非球面形状Z（ｙ）は、光軸方向をZ、光軸からの高さをｙとして、光の進行方向を正としたとき、次式にて表される。

$$Z(y)=\frac{(1/R)\cdot y^2}{1+\sqrt{1-(k+1)\cdot(1/R)^2\cdot y^2}}+A2\cdot y^2+A4\cdot y^4+\cdots+An\cdot y^n$$

但し、Rはレンズの曲率半径、kは円錐係数、A2は２次の非球面係数、A4は４次の非球面係数、Anはｎ次の非球面係数である。また、レンズ形状は光軸中心に対して対称形であるため、このように偶数次数にて構成する必要がある。

これらの記号は以下の各実施例において共通である。

数値データ１

f=1.000 、 F=2.706 、IH=1.179 、 OBJ=15.000 、 2ω=119.96

面番号	曲率	面間隔	屈折率	アッベ数	k
0	∞	15.0000	1		
1	∞	0.5797	1.51633	64.50	
2（絞り）	∞	0.9697	1.72916	54.68	
3	-1.4844	0.1932	1		
4	∞	1.0771	1.56348	60.69	
5（非球面）	-0.7176	0.1932	1		-1.8791
6	3.1282	0.6803	1.51633	64.15	
7	∞	0	1		
8（撮像面）					

第５面は円錐係数のみの非球面式により形成される非球面である。

【００３６】

図３に示す光強度分布で照明された照明光は、図７に示す白色円筒としての筒状構造の側面５０で反射され、実施例１の対物光学系１を通過し、撮像素子３８の撮像面上に結像する。このとき、円筒内壁を白色光に対して９０％の反射率を有するように構成した場合には、外径φが１３ｍｍのカプセルに対する円筒の内径Ｄは１５．６ｍｍである。

なお、実施例１のカプセル型内視鏡では、対物光学系に非球面レンズを使用し、図４(b)に示すように最大像高における歪曲収差の発生量を３５％以下にすることにより、視野周辺の光量を制御している。

【００３７】

白色円筒の中心軸とカプセルの長手方向の中心軸を一致させた状態で、カプセル型内視鏡の照明手段２から円筒の内壁を照明し、対物光学系１を通して撮像素子３８の撮像面上に結像された円筒の内壁からの反射光は、図６に示すような照度分布特性を有している。これを、条件式(1)、(2)に当てはめると、

ω＝６０°

$T_1 : T_2 = 1 : 0.65$

となる。このことから、実施例１のカプセル型内視鏡が、条件式(1)、(2)を満足することがわかる。条件式(1)、(2)を満足する実施例１のカプセル型内視鏡によれば、広い視野範囲をもち、円筒状構造を観察した場合、撮像素子３８の撮像面上で良好な明るさ分布が得られ、視野周辺でハレーションが発生するのを防止することができる。

【００３８】

上述したように、撮像素子３８の撮像面上で撮像された画像信号は、アンテナユニット４１を介して送信され、アンテナユニット２２で受信され、パソコン２４で画像信号が処理された後、モニタ２３に画像が表示される。

なお、パソコン２４でアンテナユニット４１より送信されてきた信号に対してγ補正等の処理を行うが、本実施例ではモニタの逆γ特性で補正するのみで、特別な明るさ調整をすることはない。このため、モニタ２３に映し出される画像の信号強度分布と、撮像素子３８の撮像面上の照度分布は同じ分布形状として表される。そこで、モニタに出力される画像信号の強度を画像中心から周辺まで測定して、画像信号の強度分布を描出することで、撮像面上の照度分布を容易に確認することができる。

【００３９】

一方、カプセル内視鏡の大きさ及び照明光学系等が上述の条件と同じで、対物光学系のみ図８(a)に示す従来使用されている対物レンズを使用した比較例の場合は、歪曲収差は図８(b)に示すように、図４(b)と同じ最大像高において強いディストーションをもつことになる。この結果、白色円筒の内壁を観察した場合の撮像素子３８の撮像面上での照度特性は、図９に示すように周辺部が明るくなりすぎるため、視野の周辺部においてハレーションが発生しやすくなって、良好な観察画像が得られない。

【００４０】

条件式(1)、(2)に当てはめると

２ω＝６０°
T_1：T_2＝１：０．３２
となり、条件式(2)を満足しないことがわかる。条件式(2)を満足しない比較例のカプセル内視鏡では、視野の周辺部においてハレーションが発生しやすい他に画面中心部が暗くなってしまい、円筒状構造を観察した場合、良好な明るさ分布が得られない。

【実施例２】

【００４１】

図１１～図１３は本発明の実施例２にかかるカプセル型内視鏡の説明図で、図１１は実施例２のカプセル型内視鏡における対物光学系の構成を示す光軸に沿う断面図、図１２は均一な面光源を観察した場合における対物光学系の視野角に対する照度特性を示すグラフ、図１３は実施例２のカプセル型内視鏡で白色円筒の内壁を撮像した場合における対物光学系の視野角に対する撮像素子の撮像面上での照度分布特性を示すグラフである。

なお、実施例２では、カプセル型内視鏡の大きさ及び照明光学系等は、上述の実施例１と同じ条件である。対物光学系のみ図１１に示されているものを使用しており、実施例１と異なる。

対物光学系１は、物体側から順に、平行平板１_1と、物体側が平面で像側が凸面の平凸レンズ１_2と、物体側が凸面で像側が平面の平凸レンズ１_3’とで構成されている。また、開口絞りＳが平行平板１_1と平凸レンズ１_2との間に設けられている。さらに、フレア絞りＳ’が平凸レンズ１_2と平凸レンズ１_3’との間に設けられている。

【００４２】

次に、実施例２のカプセル型内視鏡を構成する対物光学系の数値データを示す。

数値データ２

f=1.2331 、 F=4.473 、IH=1.179 、 OBJ=11.9731 、２ω=119.96

面番号	曲率	面間隔	屈折率	アッベ数	Φ
0	∞	11.9731	1		
1	∞	0.3862	1.51633	64.15	
2（絞り）	∞	0.8690	1.51633	64.15	
3	-0.8536	-0.0984	1		
4（フレア絞り）	∞	0.3107	1		1.08
5	2.1841	0.8111	1.51633	64.15	
6	∞	0.6571	1		
7（撮像面）					

【００４３】

図１２に示す光強度分布で照明された照明光は、図７に示す白色円筒の内壁５０で反射され、実施例２の対物光学系１を通過し、撮像素子３８の撮像面上に結像する。なお、実施例２の対物光学系１では、このとき、図１１に示すように、第一の凸レンズ１_2と第二の凸レンズ１_3’との間に設けられた遮光部材としてのフレア絞りＳ’を介して周辺光量を遮光し、撮像素子３８の撮像面上の明るさ分布をコントロールしている。

【００４４】

撮像素子３８の撮像面上に結像された反射光は、図１２に示すような照度特性を有している。これを、条件式(1)、(2)に当てはめると、
ω＝６０°
T_1：T_2＝１：０．５４
となる。このことから、実施例２のカプセル型内視鏡が、条件式(1)、(2)を満足することがわかる。条件式(1)、(2)を満足する実施例２のカプセル型内視鏡によれば、広い視野範囲をもち、円筒状構造を観察した場合、視野の周辺部でハレーションが発生するのを防ぐことができ、撮像素子３８の撮像面上で円筒の内壁を観察するのに適した明るさ分布が得られる。

【００４５】

そして、周辺光線を遮光する遮光部材は、像面付近に配置すると視野周辺の光束を遮光

する割合が遮光部材の製造誤差や組立て誤差に依存して変化してしまい、画像の周辺で急激に暗くなる「ケラレ」と呼ばれる現象が目立つ可能性がある。そのため、実施例２のカプセル型内視鏡では、遮光部材を対物光学系の射出瞳の近傍に配置している。

また、実施例２のカプセル型内視鏡では、遮光部材として、フレア絞りＳ’を用いたが、間隔管等のメカ枠での周辺光量の遮光手段や、レンズ周辺部における面取り及び黒インクを利用した周辺光量の遮光手段でも同様の効果が得られる。また、視野周辺の光束の強度を減衰するように構成したＮＤフィルタを配置しても同様の効果が得られる

また、実施例２の対物光学系１では、第一の凸レンズ１_{2}と第二の凸レンズ１_{3}’は、いずれも球面レンズを用いた構成となっているが、第一の凸レンズ１_{2}または第二の凸レンズ１_{3}’のいずれかに非球面レンズを使用してもかまわない。また、レンズ構成として、凸レンズを二枚用いて構成したが、非球面レンズ一枚で構成しても構わない。

【実施例３】

【００４６】

図１４～図１８は本発明の実施例３にかかるカプセル型内視鏡の説明図で、図１４は実施例３のカプセル型内視鏡の概略構成を示す光軸に沿う断面図、図１５は実施例３のカプセル型内視鏡における照明手段の光出射角に対する照明光の強度分布を示すグラフ、図１６は実施例３のカプセル型内視鏡に用いることができる対物光学系の構成例を示す光軸に沿う断面図、図１７は実施例３のカプセル型内視鏡で白色円筒の内壁を撮像した場合における対物光学系の視野角に対する撮像素子面上での照度分布特性を示すグラフ、図１８は実施例３のカプセル型内視鏡で白色円筒の内壁を撮像した場合における対物光学系１の最も物体側の面から５０ｍｍ前方に置かれた球面状物体の物体面上での照度分布特性を示すグラフである。

【００４７】

実施例３のカプセル内視鏡は、図１４に示すように、カプセル型内視鏡に備えられた照明手段２の中心軸が、対物光学系１の光軸に対し、ある角度をもって傾いている。

このように、照明手段２の中心軸を、対物光学系１の光軸に対して傾けることにより、対物光学系の前方に例えば５０ｍｍ程度離して配置した球面状物体に対して照明したときの物体面上での照度分布を条件式(4)を満たすように調整することが可能となる。これにより、上記のような球面状物体を撮像したときに、撮像素子の撮像面上での照度分布が視野の周辺に行くほど高くなるという広視野角の対物光学系の収差特性に起因する現象を補正することができるので、円筒の内壁を撮像した場合における撮像素子面上での照度分布特性をも制御することが可能となる。このように照明手段を工夫することにより制御された、対物光学系の視野角に対する撮像素子の撮像面での照度分布は、対物光学系側に工夫を施した場合に得られる図１９のＴｙｐｅＢ，ＴｙｐｅＣに示される照度分布と同等の分布形状とすることができる。

【００４８】

また、上に示した照明手段の工夫と対物光学系側の工夫を合わせて実施してもかまわない。

本実施例の対物光学系１は、物体側から順に、物体側が平面で像側が凸面の平凸レンズ１_{1}’と、物体側が凸面で像側が平面の平凸レンズ１_{2}’と、平行平板１_{3}”とで構成されている。

次に、実施例３のカプセル型内視鏡を構成する対物光学系の数値データを示す。

数値データ３

f=1.558 、 F=3.829 、IH=1.179 、 OBJ=14.339 、 2ω=100.19

面番号	曲率	面間隔	屈折率	アッベ数
0	∞	14.3390	1	
1	∞	1.0156	1.88300	40.76
2	-2.3916	0.4570	1	
3	2.6938	1.2694	1.88300	40.76
4	∞	1.0156	1.61090	50.20

5（撮像面）

【００４９】

図１５の光強度分布で照明された照明光は、図７の白色円筒の内壁５０に反射され、実施例３の対物光学系１を通過し、撮像素子３８の撮像面に結像する。

このとき、照明手段２の中心軸は対物光学系１の光軸に対して２５°程度傾けて設置されており、対物光学系１の最も物体側の面から５０ｍｍ前方に置かれた球面状物体の物体面上での照度分布は概ね図１８に示される形状となり、条件式(4)を満足していることがわかる。

撮像素子３８の撮像面上に結像された反射光は、図１７に示すような照度特性を有している。これを、条件式(1)、(2)に当てはめると、

ω＝５０．１

T_1：T_2＝１：０．５１

となる。このことから、実施例３のカプセル型内視鏡が、条件式(1)、(2)、(4)を満足することがわかる。本実施例のカプセル型内視鏡によれば、広い視野範囲をもち、円筒状構造を観察した場合、視野の周辺部でハレーションが発生するのを防ぐことができ、撮像素子３８の撮像面上で円筒の内壁を観察するのに適した明るさ分布が得られる。

【００５０】

なお、実施例３のカプセル型内視鏡では、照明手段の工夫として、照明手段の中心軸を対物光学系の光軸に対して傾けるようにしているが、照明手段の直後に配光を制御する光学素子を設置し、照明光の配光分布を制御するようにしても同様の効果が得られる。

また、照明手段の直後に遮光部材や照明光の強度を減衰する部材を設け、照明手段から発せられる照明光の一部分を遮光したり減光したりすることで、照明光の配光分布を制御するようにしても構わない。

また、光源として狭角な配光分布をもつＬＥＤを複数個使用して、対物光学系とＬＥＤの中心軸のなす角度を個別に調整することで、照明光の配光分布を制御してもかまわない。

さらに、上述した各実施例のカプセル型内視鏡の構成要素を部分的に組み合わせて構成してもよい。このようなカプセル型内視鏡も本発明のカプセル型内視鏡に属することはいうまでもない。

【図面の簡単な説明】

【００６０】

【図１】本発明の実施例１にかかるカプセル型内視鏡を示す図で、(a)はカプセル型内視鏡の概略構成を示す光軸に沿う断面図、(b)は対物光学系と照明光学系の配置を示す説明図である。

【図２】実施例１のカプセル型内視鏡を用いた画像を表示するカプセル型内視鏡システムの構成を示す概念図である。

【図３】実施例１のカプセル型内視鏡における出射角に対する照明光の強度分布を示すグラフである。

【図４】(a)は実施例１のカプセル型内視鏡における対物光学系の構成を示す光軸に沿う断面図、(b)は(a)の対物光学系の歪曲収差を表す収差図である。

【図５】均一な面光源を観察した場合における対物光学系の視野角に対する照度特性を示すグラフである。

【図６】実施例１のカプセル型内視鏡で白色円筒の内壁を撮像した場合における対物光学系の視野角に対する撮像素子面上での照度特性を示すグラフである。

【図７】実施例１で使用している管腔状構造を示す模式図である。

【図８】(a)は従来の内視鏡で使用されている対物光学系の構成を示す光軸に沿う断面図、(b)は(a)の対物光学系の歪曲収差を表す収差図である。

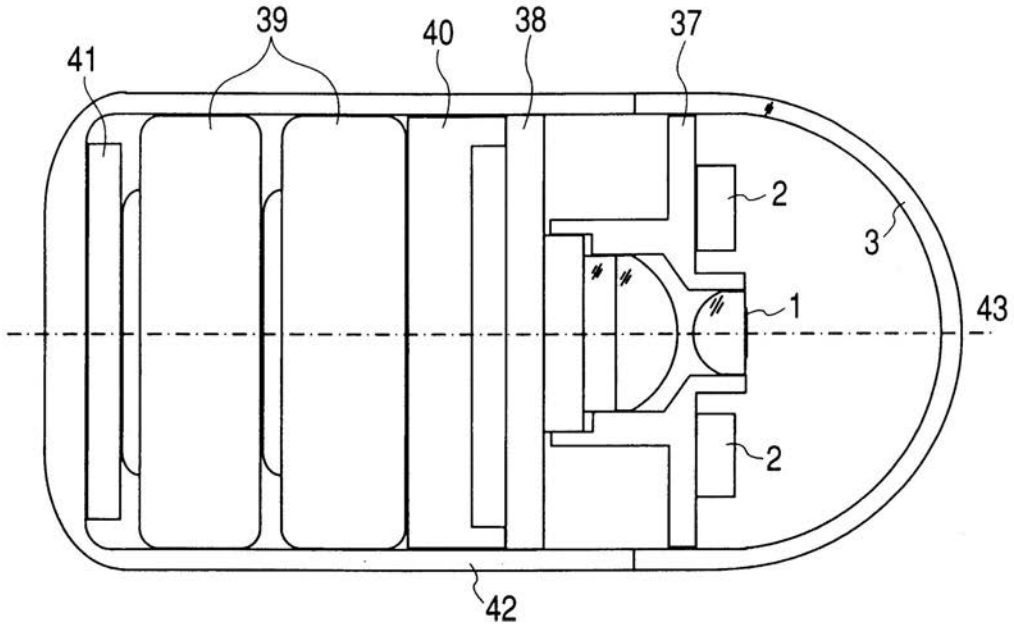
【図９】均一な面光源を観察した場合における図８の対物光学系の照度特性を示すグラフである。

【図１０】図８の対物光学系をカプセル型内視鏡に用いて、白色円筒の内壁を撮像した場

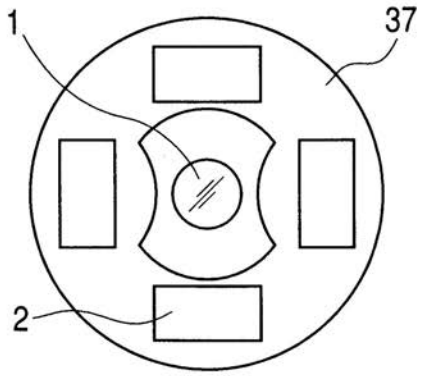
合における撮像素子の撮像面上での照度特性を示すグラフである。
【図１１】図１１は実施例２のカプセル型内視鏡における対物光学系の構成を示す光軸に沿う断面図である。
【図１２】均一な面光源を観察した場合における対物光学系の視野角に対する照度特性を示すグラフである。
【図１３】実施例２のカプセル型内視鏡で白色円筒の内壁を撮像した場合における対物光学系の視野角に対する撮像素子の撮像面上での照度特性を示すグラフである。
【図１４】実施例３のカプセル型内視鏡の概略構成を示す光軸に沿う断面図である。
【図１５】実施例３のカプセル型内視鏡における照明手段の光出射角に対する照明光の強度分布を示すグラフである。
【図１６】実施例３のカプセル型内視鏡における対物光学系の構成を示す光軸に沿う断面図である。
【図１７】実施例３のカプセル型内視鏡で白色円筒の内壁を撮像した場合における対物光学系の視野角に対する撮像素子の撮像面上での照度分布特性を示すグラフである。
【図１８】実施例３のカプセル型内視鏡で白色円筒の内壁を撮像した場合における対物光学系１の最も物体側の面から５０ｍｍ前方に置かれた球面状物体の物体面上での照度分布特性を示すグラフである。
【図１９】対物光学系の視野角に対する上記白色円筒を撮像したときの撮像面上の照度比を概念的に示すグラフである。
【符号の説明】
【００６１】
１　対物光学系
1_1、1_3”　平行平板
1_2、1_3　物体側が平面で像側が凸面の平凸レンズ
1_3’、1_4　物体側が凸面で像側が平面の平凸レンズ
２　照明手段
３　透明カバー
２１　小腸
２２　アンテナユニット
２３　モニタ
２４　パーソナルコンピュータ
２５　画像表示システム
３７　対物光学系レンズ枠
３８　ＣＭＯＳチップ
３９　ボタン型電池
４０　電気基板
４１　アンテナユニット。
４２　外装カバー
４３　対物光学系の光軸。
４４　カプセル内視鏡本体
４５　照明手段２の中心軸
５０　円筒の側面
Ｓ　開口絞り
Ｓ’　フレア絞り

【図１】

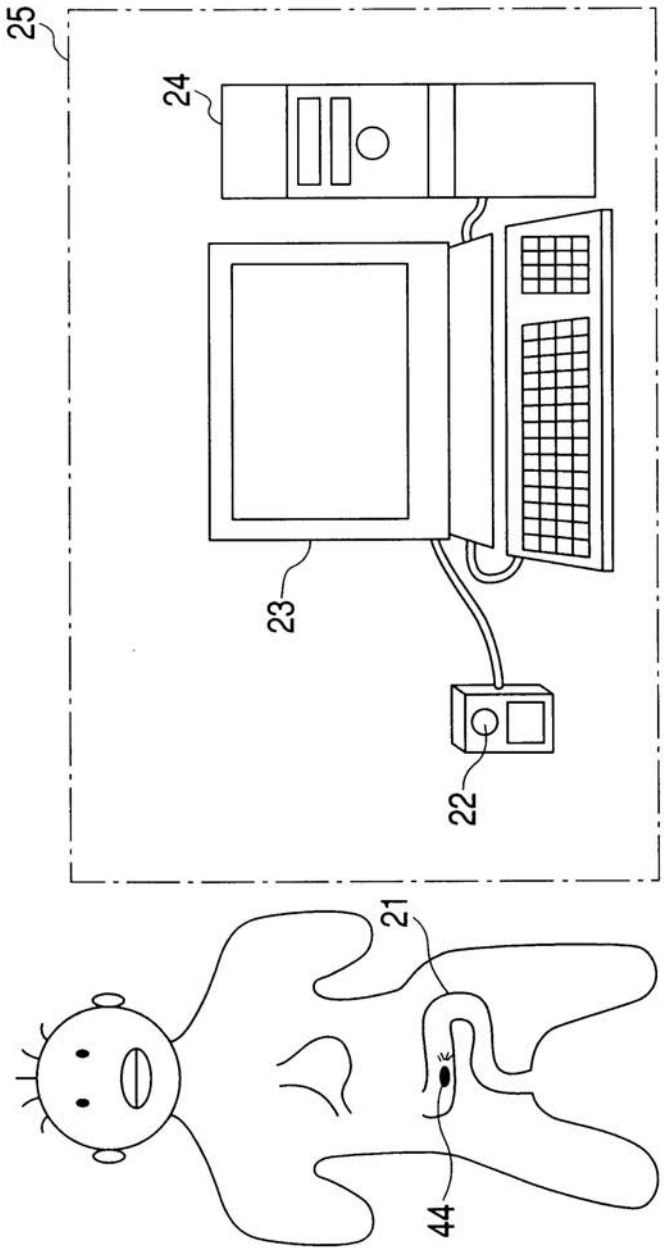
(a)



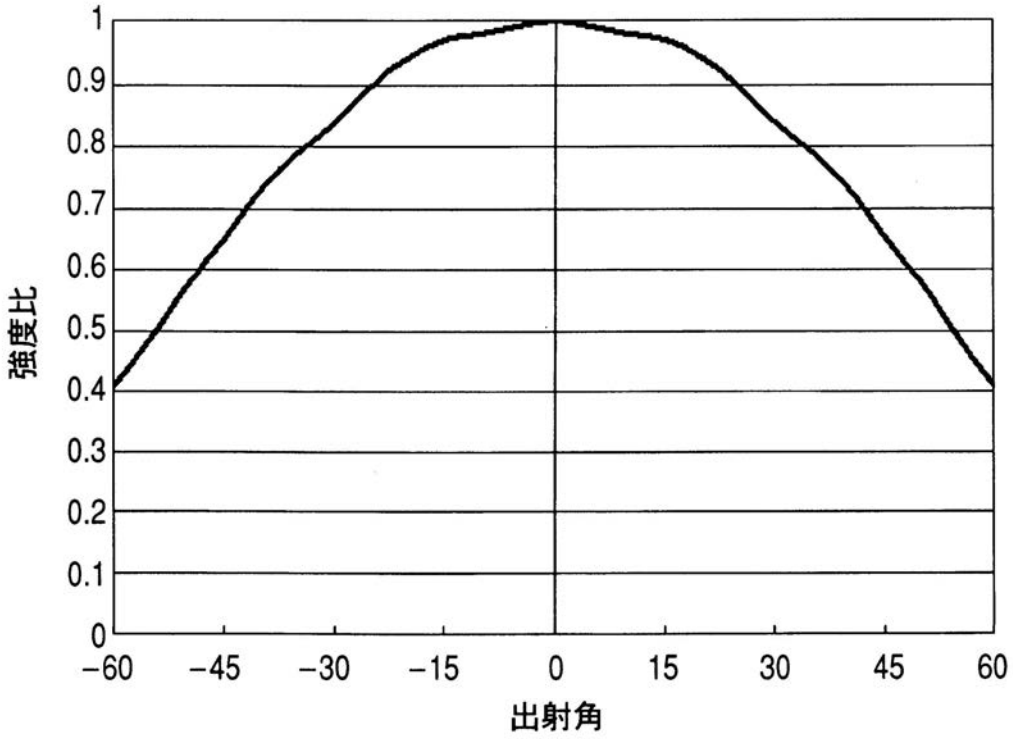
(b)



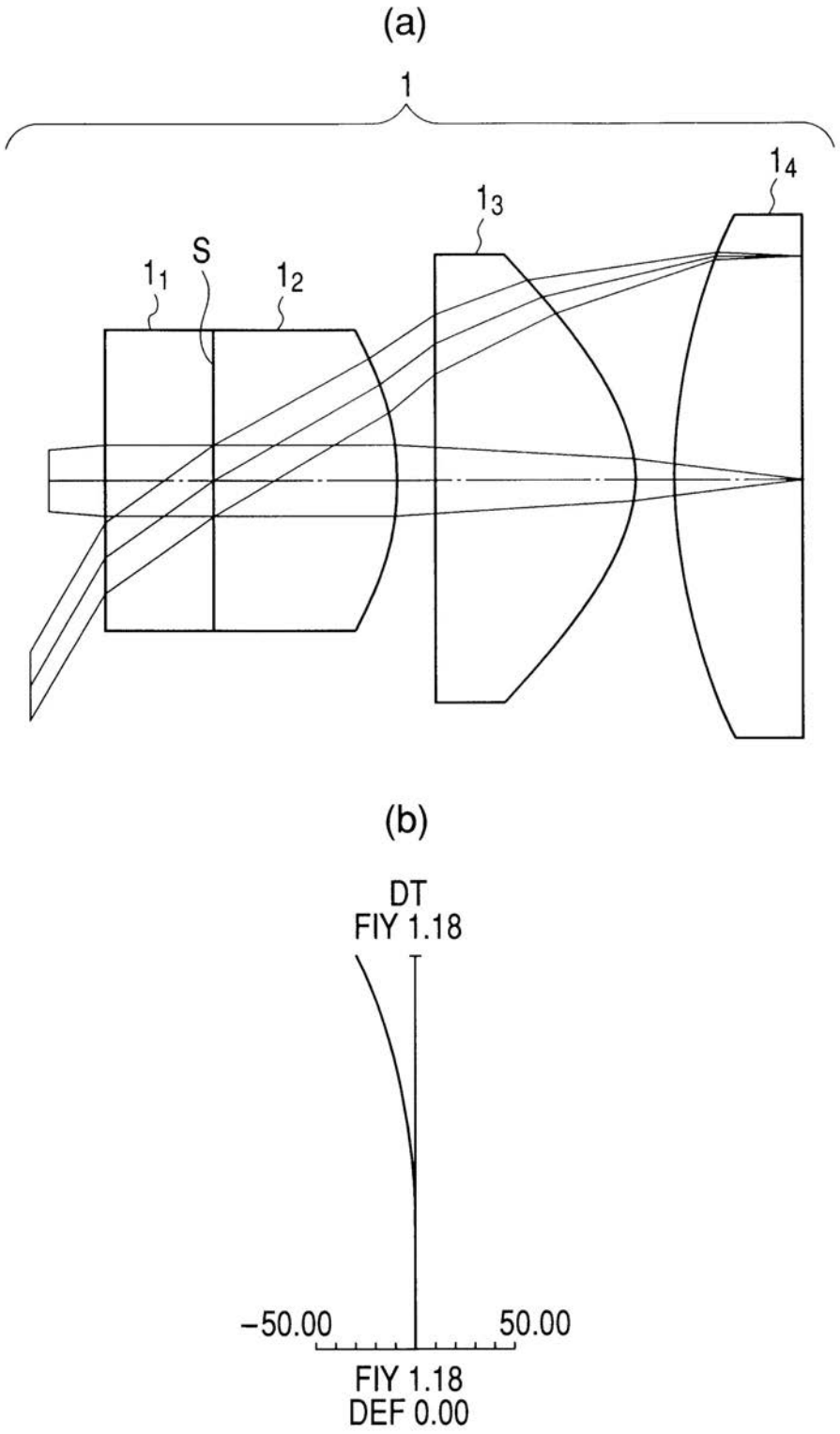
【図２】



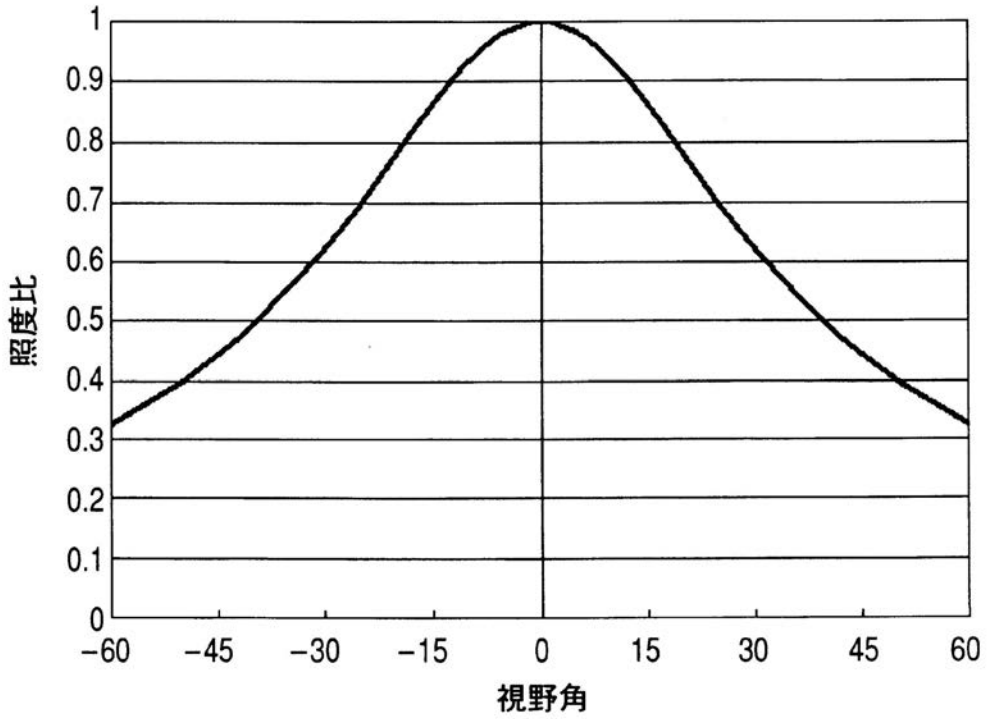
【図３】



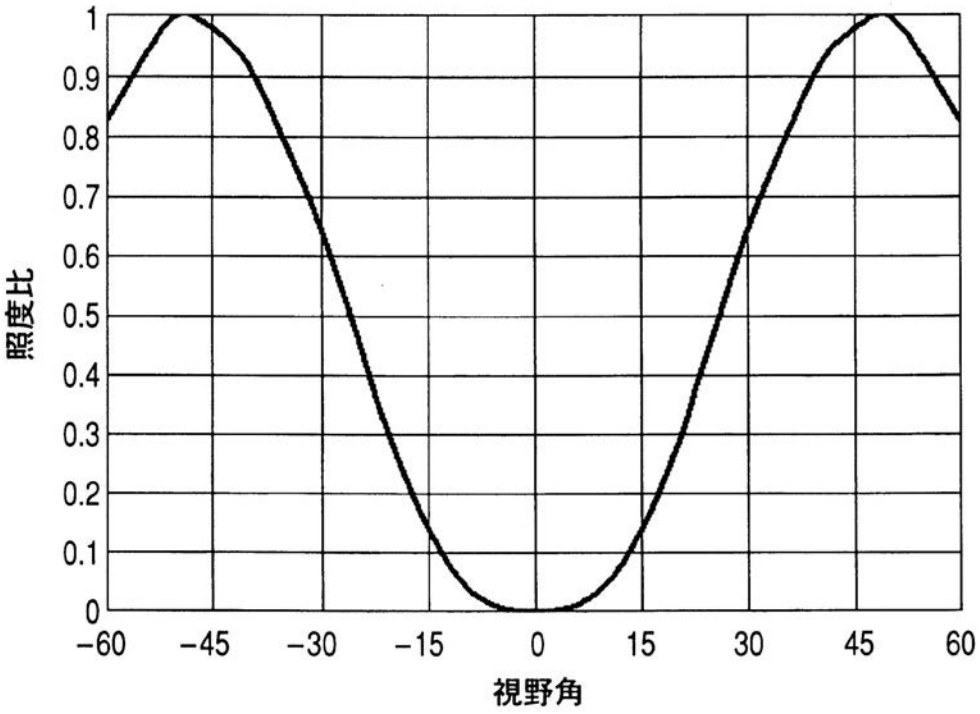
【図４】



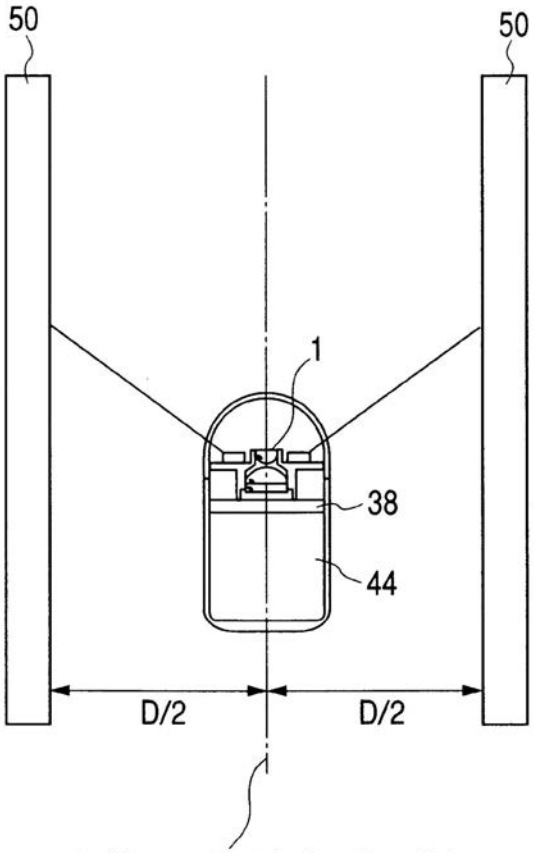
【図５】


照度比
1
0.9
0.8
0.7
0.6
0.5
0.4
0.3
0.2
0.1
0
−60
−45
−30
−15
0
15
30
45
60
視野角

【図６】

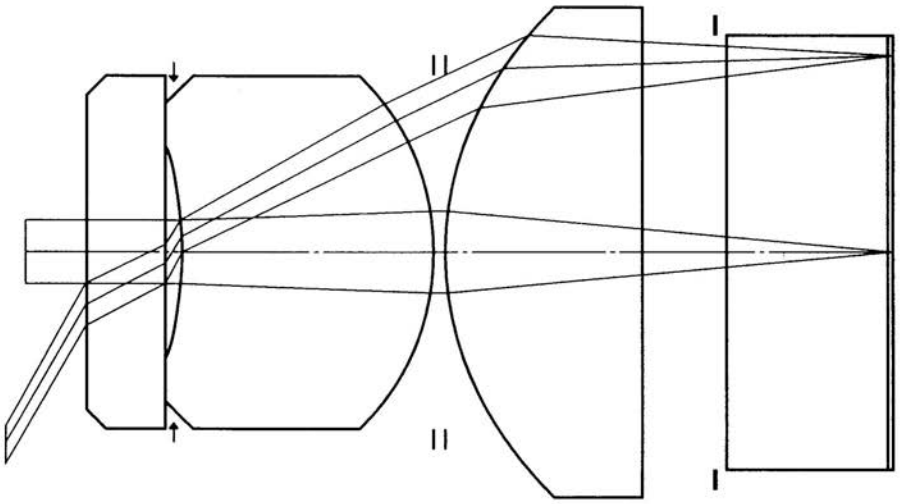

照度比
1
0.9
0.8
0.7
0.6
0.5
0.4
0.3
0.2
0.1
0
−60
−45
−30
−15
0
15
30
45
60
視野角

【図７】

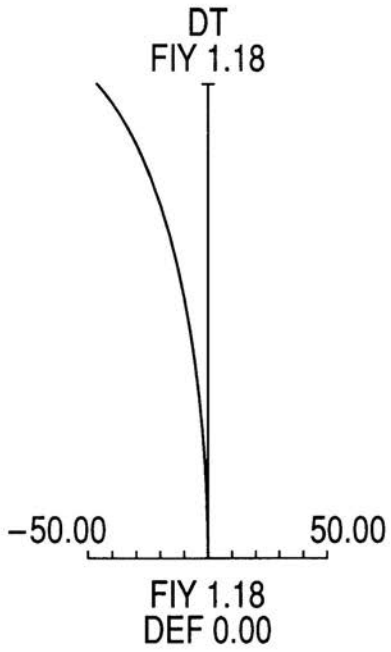


【図８】

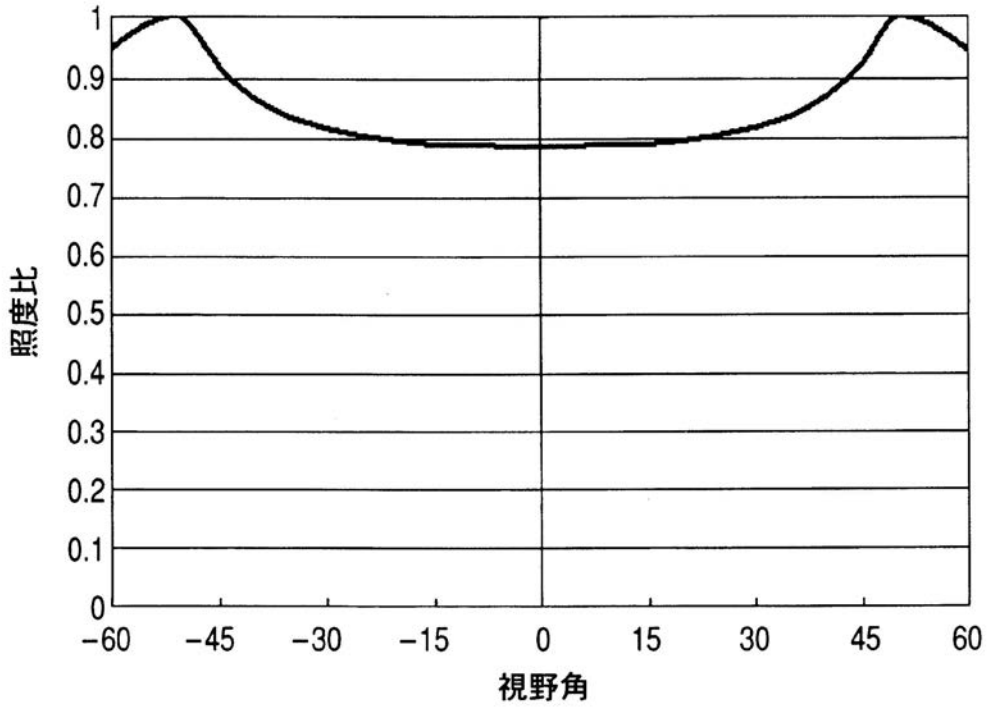
(a)



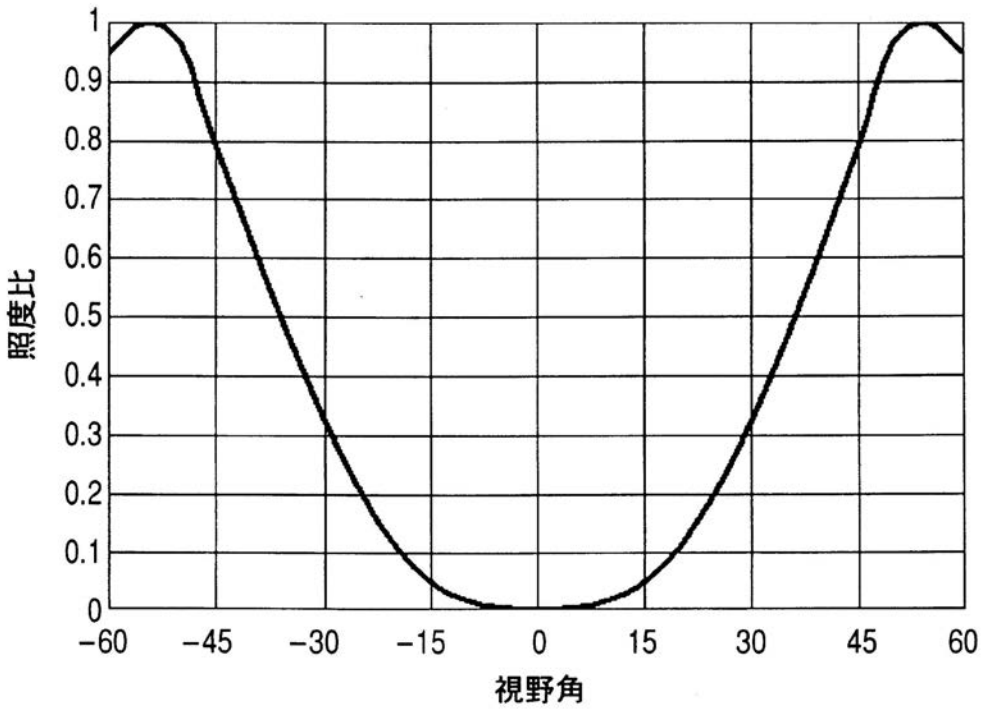
(b)



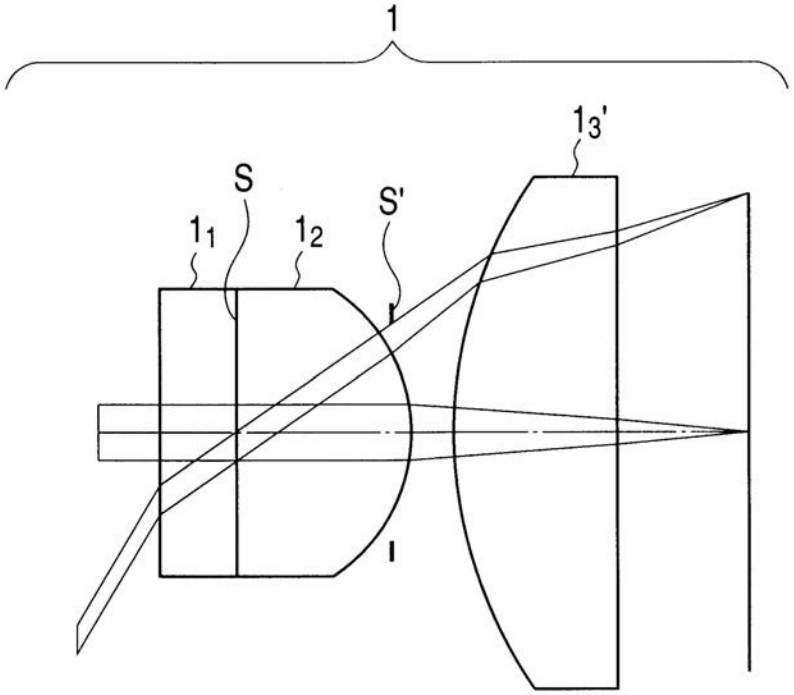
【図９】


照度比
1
0.9
0.8
0.7
0.6
0.5
0.4
0.3
0.2
0.1
0
−60
−45
−30
−15
0
15
30
45
60
視野角

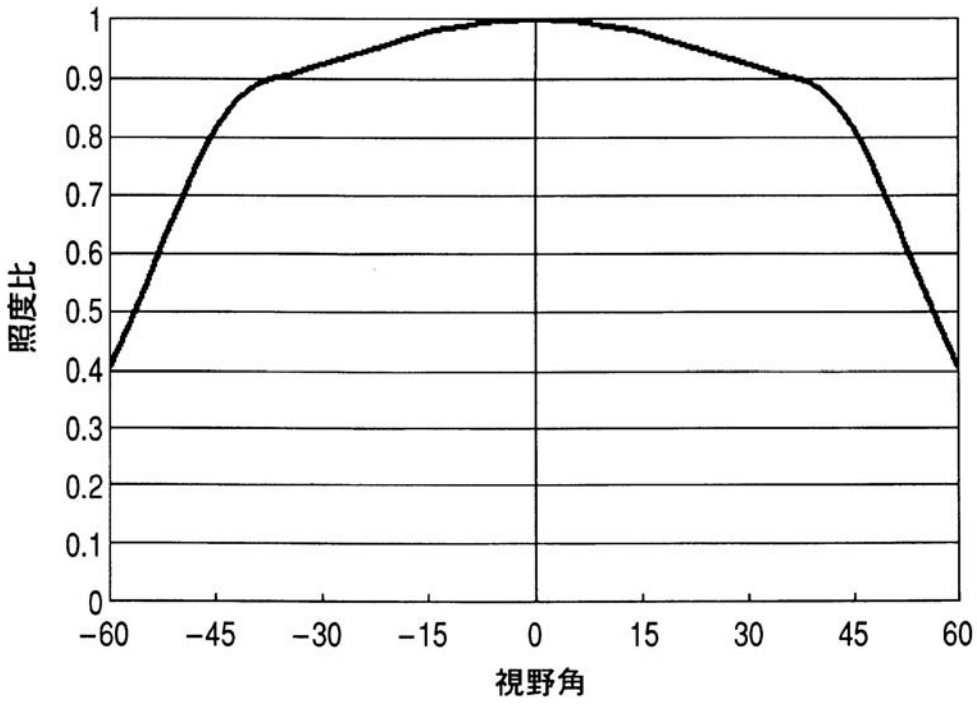
【図１０】


照度比
1
0.9
0.8
0.7
0.6
0.5
0.4
0.3
0.2
0.1
0
−60
−45
−30
−15
0
15
30
45
60
視野角

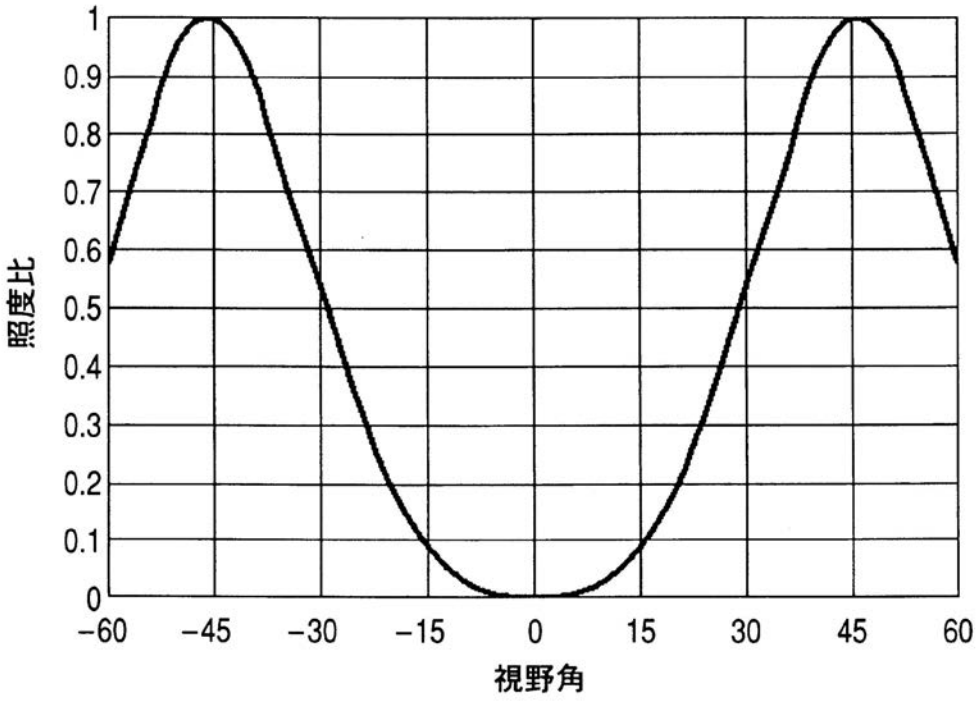
【図１１】


1
$1_3'$
S
S'
1_1
1_2
r
l

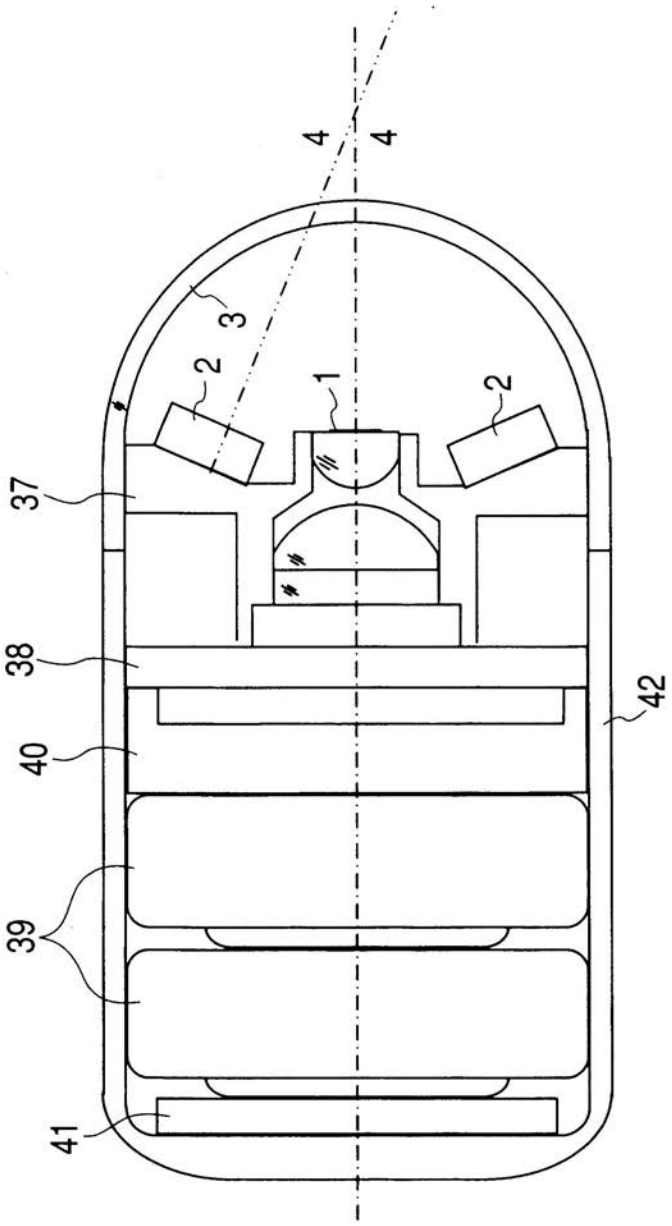
【図１２】


照度比
1
0.9
0.8
0.7
0.6
0.5
0.4
0.3
0.2
0.1
0
−60
−45
−30
−15
0
15
30
45
60
視野角

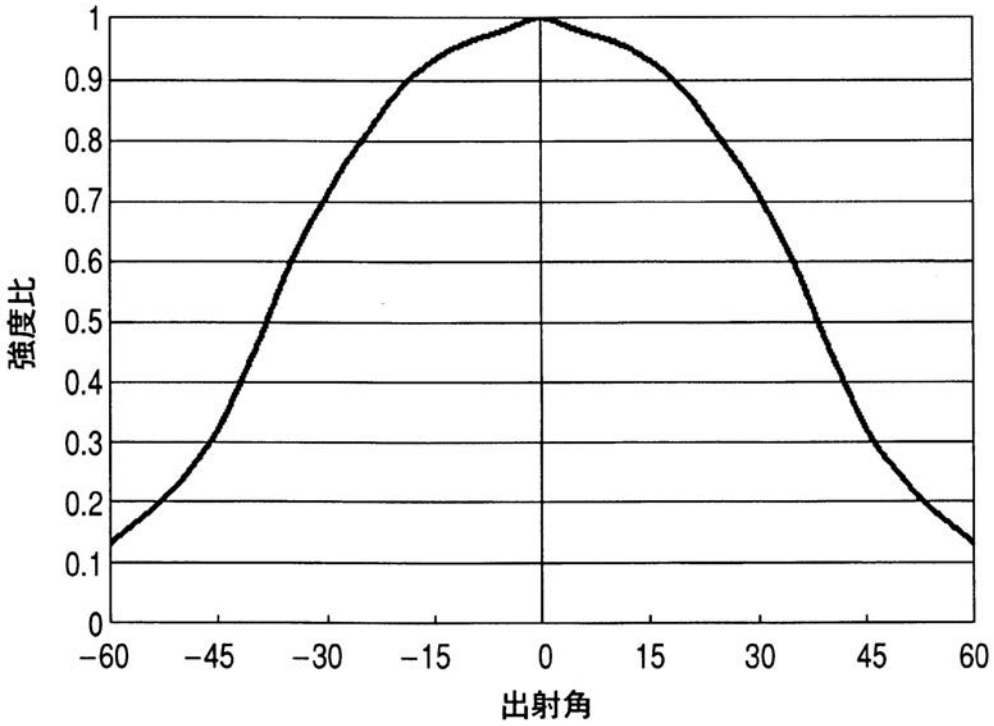
【図１３】



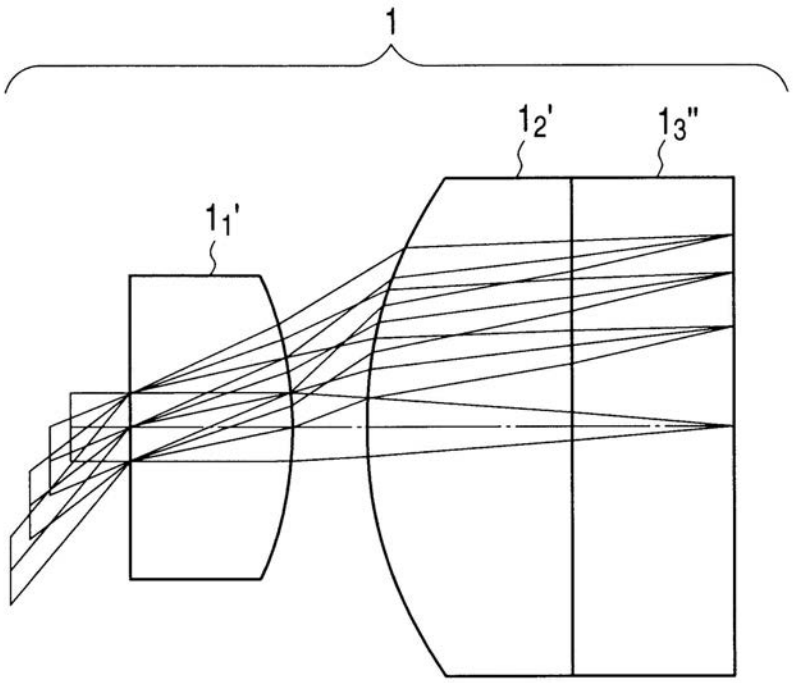
【図１４】



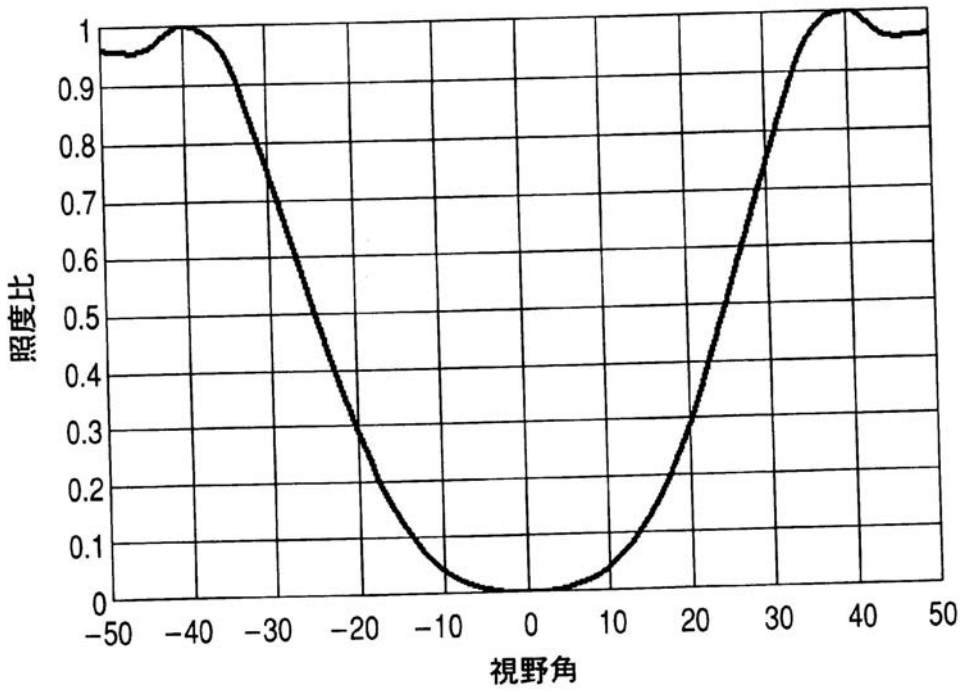
【図１５】


1
0.9
0.8
0.7
0.6
0.5
0.4
0.3
0.2
0.1
0
強度比
−60
−45
−30
−15
0
15
30
45
60
出射角

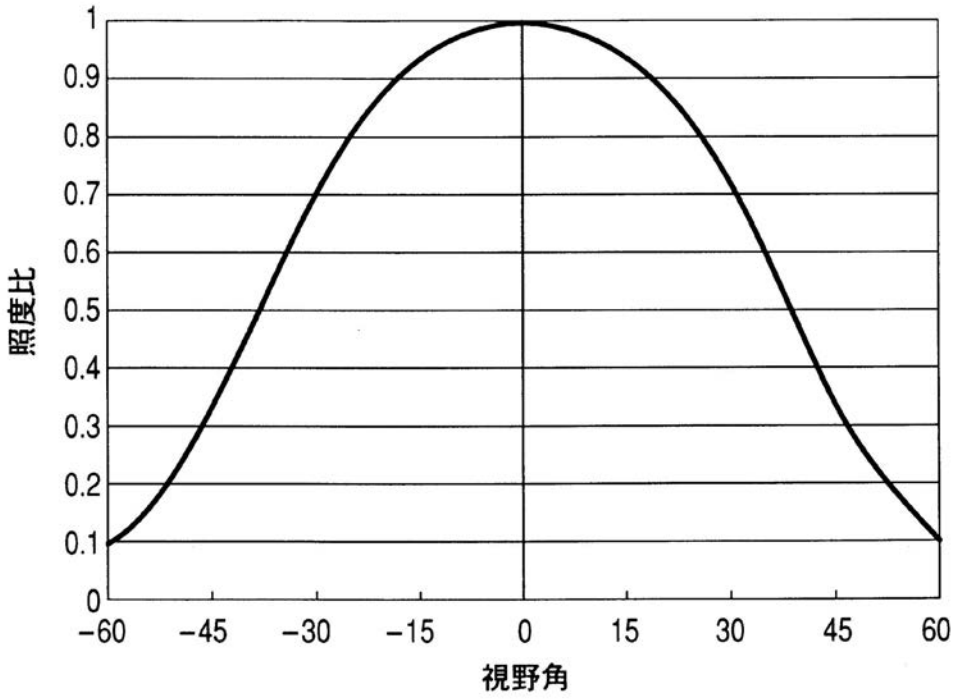
【図１６】


1
1₂'
1₃"
1₁'

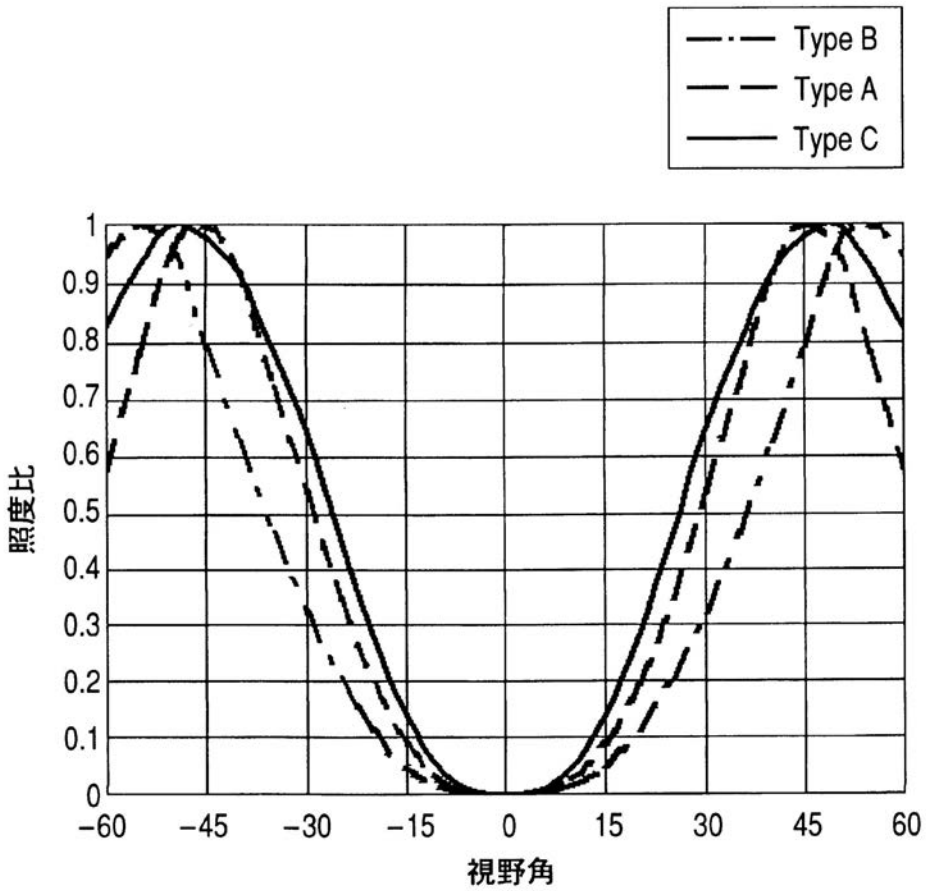
【図１７】


照度比
1
0.9
0.8
0.7
0.6
0.5
0.4
0.3
0.2
0.1
0
−50 −40 −30 −20 −10 0 10 20 30 40 50
視野角

【図１８】


照度比
1
0.9
0.8
0.7
0.6
0.5
0.4
0.3
0.2
0.1
0
−60 −45 −30 −15 0 15 30 45 60
視野角

【図１９】


Type B
Type A
Type C
照度比
1
0.9
0.8
0.7
0.6
0.5
0.4
0.3
0.2
0.1
0
−60
−45
−30
−15
0
15
30
45
60
視野角

フロントページの続き

(51)Int.Cl.		FI		
G02B 23/26	*(2006.01)*	G02B	23/24	C
		G02B	23/26	C

合議体
審判長　岡田　孝博
審判官　福田　聡
審判官　樋口　信宏

(56)参考文献　特開２００３－３２５４４１（ＪＰ，Ａ）
特開平１０－２８８７４２（ＪＰ，Ａ）
特開平０５－１１９２７２（ＪＰ，Ａ）
特開２００１－０５９９４２（ＪＰ，Ａ）
特開平０６－３１３８５１（ＪＰ，Ａ）
特開２００３－２６００２５（ＪＰ，Ａ）
特開平０７－２７５１９２（ＪＰ，Ａ）
特開平１１－２５３３９８（ＪＰ，Ａ）
特開平０９－０８０３２４（ＪＰ，Ａ）
特開２００２－１５９４４５（ＪＰ，Ａ）

(58)調査した分野(Int.Cl.，ＤＢ名)
Ａ６１Ｂ　１／００
Ｇ０２Ｂ　２３／２４