

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2005-283779

(P2005-283779A)

(43) 公開日 平成17年10月13日(2005. 10. 13)

(51) Int. Cl.⁷

G03B 35/08
H04N 5/225

F I

G03B 35/08
H04N 5/225 D
H04N 5/225 Z

テーマコード(参考)

2H059
5C122

審査請求 未請求 請求項の数 4 O L (全 10 頁)

(21) 出願番号 特願2004-95149(P2004-95149)

(22) 出願日 平成16年3月29日(2004. 3. 29)

特許法第30条第1項適用申請有り 2003年12月8日 日本光学会(社)応用物理学会)発行の「Optics Japan2003 講演予稿集」に発表

(71) 出願人 503360115

独立行政法人科学技術振興機構
埼玉県川口市本町4丁目1番8号

(74) 代理人 100091306

弁理士 村上 友一

(74) 代理人 100086922

弁理士 大久保 操

(72) 発明者 高木 康博

神奈川県川崎市麻生区高石5-28-17

Fターム(参考) 2H059 AA07 AA09 AA10

5C122 DA30 EA37 EA56 FA04 FA18

FB03 FC01 FH20 FK21 GA01

GE05 GE11 HA42

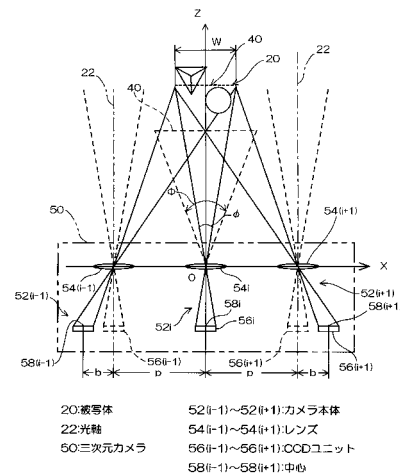
(54) 【発明の名称】 三次元画像データの取得方法および三次元画像用撮像システム

(57) 【要約】

【課題】 高精度な三次元画像を撮影できるようにする。

【解決手段】 三次元カメラ50は、複数のカメラ本体52(52(i-1)~52(i+1))によって構成してある。カメラ本体52は、レンズ54(54(i-1)~54(i+1))とレンズ54に対応したCCDユニット56(56(i-1)~56(i+1))とを有する。各カメラ本体52のレンズ54は、光軸を平行にして同一直線上に一定のピッチpで等間隔に配置してある。各カメラ本体52のCCDユニット56は、中心58が被写体20から遠いレンズ54に対応したもののほど、レンズ54の光軸22に対して被写体20と反対側に大きく離間させてある。

【選択図】 図1



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

光軸を相互に平行にされて直線上に配置した複数のレンズを介して被写体を撮像する三次元画像データの取得方法において、

前記各レンズに対応させた撮像素子ユニットの中心を、前記レンズの光軸に対して前記被写体と反対側に離間させて撮像する、

ことを特徴とする三次元画像データの取得方法。

【請求項 2】

請求項 1 に記載の三次元画像データの取得方法において、

前記撮像素子ユニットの中心と前記光軸との離間距離は、前記レンズと前記被写体との距離の大きさに応じて大きくしてあることを特徴とする三次元画像データの取得方法。

10

【請求項 3】

光軸を平行にして同一直線上に配置した複数の撮像手段を備えた三次元画像用撮像システムにおいて、

前記各撮像手段は、レンズとレンズの結像面に配置した撮像素子ユニットとを有し、

前記各撮像素子ユニットは、中心が被写体から遠くに配置された前記撮像手段ほど、前記レンズの光軸に対して前記被写体の反対側に大きく離間させた位置に配置してある、

ことを特徴とする三次元画像用撮像システム。

【請求項 4】

請求項 3 に記載の三次元画像用撮像システムにおいて、

前記各撮像手段は、視域角が三次元画像を表示する表示面の表示角度範囲に相当する角度より小さくしてあることを特徴とする三次元画像用撮像システム。

20

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、三次元画像を表示するための画像データの取得方法に係り、特に複数の撮像手段を直線上に平行配置して画像データを得る三次元画像データの取得方法および三次元画像用撮像システムに関する。

【背景技術】

30

【0002】

最近、三次元の立体画像を映し出すことができる三次元ディスプレイの実用化が急激に進められている。三次元ディスプレイによる三次元（立体）表示は、三次元物体を特定方向に平行射影した二次元画像である多数の指向性画像（directional image）を生成する必要がある。そして、近年、指向性画像を生成するためには、三次元カメラと称する撮像システムによって三次元画像データを取得する方法が研究されている。このような三次元カメラを実現する方法として、少数のカメラから得られる画像間のステレオマッチングにより三次元空間を数値モデル化するモデルベースレンダリング法と、多数のカメラで構成されるカメラアレイで得られる画像間の補間処理を用いるイメージベースレンダリング法がある。前者は、カメラ数は少なくてもよいが、多くの計算量を要する。一方、後者は、少ない計算量でフォトリアリスティックな画像生成が可能であるが、多数のカメラを必要とする。

40

【0003】

イメージベースレンダリング法に用いられる三次元カメラのカメラ配置（カメラアレイ）は、複数のカメラを円弧配置したものと、特許文献 1 に記載されているように平行配置したものとがある。図 5 は、複数のカメラを円弧配置した撮像システム（三次元カメラ）を示したものである。

【0004】

図 5 において、三次元カメラ 10 は、複数のカメラ本体 12（12a ~ 12n）と、これらのカメラ本体 12 に対応したレンズ 14（14a ~ 14n）とにより構成してある。

50

各カメラ本体 12 は、それぞれがレンズ 16 (16a ~ 16n) と各レンズ 16 の結像面に配置した CCD ユニット 18 (18a ~ 18n) とを有している。また、三次元カメラ 10 は、カメラ本体 12 のレンズ 16 とレンズ 14 との光軸 22 が一致している。各カメラ本体 12 のレンズ 16 と対応したレンズ 14 とがアフォーカルレンズと呼ばれ、カメラ本体 12 は、アフォーカルレンズを用いたアフォーカル光学系を構成している。そして、三次元カメラ 10 は、被写体 20 である三次元物体の周囲に円弧状に配置してある。

【0005】

このように構成してある三次元カメラ 10 は、各カメラ本体 12 がレンズ 14 の光軸 22 と平行な平行光線 24 だけを撮影する。したがって、三次元カメラ 10 は、特定方向に平行射影した 2 次元の指向性画像群を容易に得ることができる。しかし、アフォーカル光学系からなる三次元カメラ 10 は、レンズ 14 の光軸 22 に平行な平行光線 24 だけしか撮影できないため、レンズ 14 の径より大きな被写体 20 を撮影することができない。また、三次元カメラ 10 は、カメラ本体 12 やレンズ 14 を円弧状に配置する必要があるため、被写体 20 に対して同一円周上に配置することが困難であるとともに、撮影距離が変わったりした場合に、カメラ本体 12 やレンズ 14 の位置を調整するのに多くの手間と時間を必要とする欠点を有する。

10

【0006】

図 6 は、特許文献 1 に記載されているような、複数のカメラを平行に配置した撮像システム (三次元カメラ) を示したものである。図 6 において、三次元カメラ 30 は、複数のカメラ本体 12 が水平方向に一定の間隔で同一直線上に配置してある。各カメラ本体 12 は、撮像 (撮影) が可能な水平方向の角度である水平視域角 を有する通常の結像系を構成しているカメラであって、各レンズ 16 の光軸 22 が平行となるように配置されている。通常のカメラ結像系は、図 6 に示したように、異なる方向に進む多数の光線を撮影するようになっており、各カメラ本体 12 により撮像した画像が一点透視画像となる。そして、三次元カメラ 30 によって得た一点透視画像データから指向性画像の生成は、後述するように、画像内の一点が光線の特定の進行方向に対して 1 対 1 に対応していることによって行なうことができる。

20

【0007】

このように構成されている三次元カメラ 30 は、各カメラ本体 12 がレンズ 16 の光軸 22 を平行にして同一直線上に配置されるため、各カメラ 12 を比較的容易に所定位置に配置することができる。

30

【特許文献 1】特開平 9 - 288735 号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0008】

ところで、図 6 に示した平行配置の三次元カメラ 30 は、通常、CCD ユニット 18 の中心がレンズ 16 の光軸 22 上に配置され、水平視域角 が三次元ディスプレイの表示面 (スクリーン) の表示角度範囲 に等しくされている。そして、三次元カメラ 30 によって三次元の被写体 20 を撮像する場合、図 7 に示したように、三次元ディスプレイの三次元スクリーンに対応した仮想スクリーン 40 が設定され、仮想スクリーン 40 を通った被写体 20 からの光線がカメラ本体 12 に入射し、三次元画像のデータが得られるものとしている。

40

【0009】

いま、各カメラ本体 12 のレンズ 16 が配置されている直線を X 軸、レンズ 16 の光軸 22 の方向を Z 軸、この X 軸と Z 軸とに直交した軸を Y 軸とする。また、直線上に配置したカメラアレイの中心を XYZ 座標系における原点 O、XZ 面に直交して配置された仮想スクリーン 40 の X 軸からの距離を z_0 とする。そして、仮想スクリーン 40 の X 軸に平行な 1 ラインを考え、この 1 ラインの任意の点 (x、 z_0) を通った光線 42 が、図 8 に示したように、中心が x_0 の位置にあるレンズ 16 に入射したとする。この光線 42 の Z 軸となす角を θ とすると、

50

【数 1】

$$\tan \theta = (x - x_c) / z_s$$

となる。したがって、横軸に X 、縦軸に \tan を取った場合、この 1 ライン上の水平方向 (X 軸方向) の任意の点は、図 9 に示したように、傾きが $1 / z_s$ で X 軸と x_c において交わる直線 A 上にある。このような $X - \tan$ 座標系で画像データを表したものをエピポーラ平面画像 (Epipolar Plane Image: EPI) という。

【0010】

そこで、 X 軸上に中心間距離 (ピッチ) p でレンズ 16 が配置された複数のカメラ本体 12 による EPI を求めると、図 10 のように各カメラ本体 12 に対応した平行な複数の直線として得られる。そして、 Z 軸、すなわち光軸 22 に対する傾き角 θ を任意の傾き角とした場合、 $\tan \theta = \tan \theta$ における各直線の画像データによって得られる画像が、方向に平行射影した 1 ラインの指向性画像 44 となる。

10

【0011】

三次元ディスプレイのスクリーンに対応した仮想スクリーン 40 は、 Z 軸に直交した二次元平面である。したがって、仮想スクリーン 40 の水平方向 (X 軸方向) の幅を W 、上下方向 (Y 軸方向) の高さを H とした場合、上記のようにして複数のカメラ本体 12 によって得た EPI 上の撮影画像は、図 11 に符号 46 として示したように、相互に平行な平面として表される。そして、任意な方向へ平行射影した指向性画像は \tan 軸に直交した平面として求められる。なお、図 11 においては、中心と両端の 3 台のカメラ本体 12 によって撮像 (撮影) した場合を示している。

20

【0012】

上記したように、カメラ本体 12 を平行配置した従来の三次元カメラ 30 は、CCD ユニット 18 の中心がレンズ 16 の光軸上に配置されるとともに、視域角 θ が三次元ディスプレイのスクリーンの表示角度範囲 θ が得られるように設定される。したがって、仮想スクリーン 40 を通ってレンズに入射する光線の傾き角 θ は、最大で $\theta / 2$ である。このため、撮影画像 46 は、図 11 に示したように、 X 軸となす角 θ が比較的大きな角度となる。また、三次元カメラ 30 は、カメラ本体 12 がある大きさを有しているために、カメラ本体 12 を所定のピッチ p をもって配置せざるを得ない。このため、三次元カメラ 30 によって得られる被写体 (三次元物体) 20 の画像データは、連続的なものにならない。すなわち、例えば図 10 の指向性画像 44 上の点 q は、三次元カメラ 30 によって取得した画像データに含まれていない。このため、三次元カメラ 30 によって得た画像データから三次元画像を生成する場合、点 q などは、撮像して取得した画像データに基づいて補間などにより画像データを生成する必要がある。

30

【0013】

ところが、被写体 20 は、三次元物体であって奥行きを有している。このため、仮想スクリーン 40 上の点 q の画像データを補間する場合、被写体 20 の奥行きを考慮する必要がある。しかし、一般に被写体 20 の大きさはわかったとしても、点 q を通過した光線が射出された三次元物体上の点の奥行き距離は、不明であって、正しい補間を行なうことができない。そこで、点 q の画像データは、図 10 の 2 点鎖線の直線 B に示したように、例えば平均的な奥行きを考慮した直線の傾き角を仮定し、この直線 B と交差する隣接した 2 つの画像データの画素 e_1 、 e_2 のデータに基づいた補間によって生成している。

40

【0014】

しかし、直線 B のように仮定した直線の方法は、正しいとは限らない。点 q を通過する正しい直線が図 12 の実線 C であるとする、本来補間に使用すべき画素 E_1 、 E_2 のデータと異なったデータに基づいた補間を行なうことになり、求めた点 q の画像データに大きな誤差が含まれることになる。この誤差は、撮影画像 (画像データ) 46 と X 軸となす角 θ が大きければ大きいほど大きくなる。そして、従来の三次元カメラ 30 は、この角 θ が比較的大きいため、三次元ディスプレイに表示した三次元画像に大きな誤差が含まれ、高精度な三次元画像を表示することができない。このため、従来の三次元カメラ 30 は、高

50

精度な三次元画像を表示しようとする場合、撮影画像データ間の間隔を小さくする必要があり、すなわち、カメラ本体12のピッチ p を小さくしてカメラ本体12の数を多くする必要がある。

【0015】

また、従来の三次元カメラ30によって得られた撮影画像46のデータのうち、三次元ディスプレイに三次元画像として表示するために必要な画像データは、スクリーンサイズが一定で表示角度範囲がであることから、図11の網掛け部分に相当する部分である。このため、従来の三次元カメラ30によって取得した画像データは、図11の網掛け部の両側に、三次元画像の生成に使用しない多くの無駄な画像データを含んでおり、データの取得効率、使用効率が非常に悪い。

10

【0016】

本発明は、前記従来技術の欠点を解消するためになされたもので、高精度な三次元画像を表示できるようにすることを目的としている。

また、本発明は、撮像手段の数を削減できるようにすることを目的としている。

さらに、本発明は、高精度な三次元画像を表示できるようにすることを目的としている。

そして、本発明は、画像データの取得効率を向上することなどを目的としている。

【課題を解決するための手段】

【0017】

上記の目的を達成するために、本発明に係る三次元画像データの取得方法は、光軸を相互に平行にされて直線上に配置した複数のレンズを介して被写体を撮像する三次元画像データの取得方法において、前記各レンズに対応させた撮像素子ユニットの中心を、前記レンズの光軸に対して前記被写体と反対側に離間させて撮像する、ことを特徴としている。前記撮像素子ユニットと前記光軸との離間距離は、前記レンズと前記被写体との距離の大きさに応じて大きくするとよい。

20

【0018】

また、本発明に係る三次元画像用撮像システムは、光軸を平行にして同一直線上に配置した複数の撮像手段を備えた三次元画像用撮像システムにおいて、前記各撮像手段は、レンズとレンズの結像面に配置した撮像素子ユニットとを有し、前記各撮像素子ユニットは、中心が被写体から遠くに配置された前記撮像手段ほど、前記レンズの光軸に対して前記被写体の反対側に大きく離間させた位置に配置してある、ことを特徴としている。前記各撮像手段は、視域角が三次元画像を表示する表示面の表示角度範囲に相当する角度より小さくすることができる。

30

【発明の効果】

【0019】

上記のごとくなっている本発明は、撮像手段の視域角を、三次元画像を表示する表示面の表示角度範囲に相当する角度より小さくしたことにより、複数の撮像素子ユニットによって得たEPI上における撮像(撮影)画像に対応する平面の傾きが小さくなるため、相互の間隔が小さくなり、撮像素子ユニットによって画像データが得られない点の画像データを補間法などによって生成する場合、仮定した光線に基づいて補間に使用する画素が、本来使用すべき画素に近くなる。このため、補間によって得られた画像データの誤差を小さくすることができ、精度の高い三次元画像を表示することができる。この結果、本発明は、従来と同じ精度の三次元画像を表示するのに必要とする撮像手段の数を削減することができる。

40

【0020】

また、本発明は、撮像素子ユニットの中心をレンズの光軸に対して、被写体の反対側に離間させて撮像するようになっていたため、三次元画像を生成するのに必要としない無駄な画像データの量を大幅に減らすことができ、画像データの取得効率を大幅に向上することができる。したがって、画像データを記憶するメモリを小さくすることが可能で、三次元画像を生成する演算処理を容易、迅速に行なうことができる。

50

【発明を実施するための最良の形態】

【0021】

本発明に係る三次元画像データの取得方法および三次元画像用撮像システムの好ましい実施の形態を、添付図面に従って詳細に説明する。

図1は、本発明の実施の形態に係る三次元画像用撮像システムの一部を示す説明図である。図1において、三次元画像用撮像システムである三次元カメラ50は、複数のカメラ本体52(52a~52n)から構成してある。なお、図1においては、中央部の3台のカメラ本体52(i-1)、52i、52(i+1)のみが図示してあって、他は省略してある。

【0022】

これらのカメラ本体52は、撮像手段となっていて、レンズ54(54a~54n)と、各レンズ54に対応した撮像素子ユニットであるCCDユニット56(56a~56n)を有している。各CCDユニット56は、多数のCCD素子をマトリックス状に配置して構成してある。各カメラ本体52のレンズ54は、レンズ54の光軸22が相互に平行にされ、同一直線上に所定の中心間距離(ピッチ)pでもって等間隔に配置してある。また、図1においては、レンズ54を配置した直線をX軸、レンズ54の光軸22の方向をZ軸、X軸とZ軸とに直交した軸をY軸にしてある。そして、中央のカメラ本体52iを構成しているレンズ54iの中心がXYZ座標系の原点Oにしてある。

【0023】

各カメラ本体52は、水平方向の撮像(撮影)できる範囲である水平視域角 θ が、図示しない三次元ディスプレイの表示面(スクリーン)に対応した仮想スクリーン40の水平表示角度幅 θ' より小さくしてある。ただし、水平視域角 θ は、実施形態の場合、三次元物体である被写体20の全体を撮像できる角度を有している。

【0024】

各カメラ本体52は、カメラ本体52ごとにレンズ54とCCDユニット56との相対位置関係が異なっている。すなわち、被写体20に正対させた中央のカメラ本体52iは、CCDユニット56の中心58iがレンズ54iの光軸22上に配置してある。しかし、中央のカメラ本体52iの図1における左側に配置されたカメラ本体52(i-1)は、CCDユニット56(i-1)の中心58(i-1)がレンズ54(i-1)の光軸22の左側に、すなわち光軸22に対して被写体20の反対側にbだけ離間させて配置してある。また、カメラ本体52iの右側のカメラ本体52(i+1)は、CCDユニット56(i+1)の中心58(i+1)がレンズ54(i+1)の光軸22に対して被写体20の反対側となる右側にbだけ離間させて配置してある。

【0025】

この離間距離bは、実施形態の場合、カメラ本体52の位置が被写体20から遠ければ遠いほど、すなわち中心のレンズ54iから遠ければ遠いほど大きくしてあって、一番外側に配置されたカメラ本体52a、52n(いずれも図示せず)において最大となる。そして、最大離間距離は、原点Oと被写体20との距離によって定まる。

【0026】

このようになっている実施形態の三次元カメラ50は、一つのカメラの水平視域角 θ が三次元表示面の水平表示角度域 θ' より小さいため、図2に示したように、EPI上における撮影画像60(60a~60n)のX軸となす角 α が小さくなる。このため、図3に示したように、指向性画像62の撮影画像60にない点rの画像データを求めるために、被写体20の奥行きを考慮した直線Dを仮定した場合、補間に使用する画素 e_3 、 e_4 が、正しい直線Fに基づいて使用すべき画素 E_3 、 E_4 に近くなる。したがって、画素 e_3 、 e_4 に基づいて得た点rの画像データの誤差が小さくなり、高精度な三次元画像を表示することができる。このため、従来の三次元カメラによる三次元画像と同じ精度の三次元画像を得るために必要とするカメラ本体の数を少なくすることができる。

【0027】

しかも、カメラ本体52は、図1に示したように、CCDユニット56の中心58をレ

10

20

30

40

50

ンズ 5 4 の光軸 2 2 から離間させ、被写体 2 0 の全体を撮影できるようにしてあるため、図 2 に示したように、三次元画像の表示に必要としない画像データが、網掛け部の上下の部分だけとなり、非常に少なくすることができる。このため、三次元画像を生成するのに必要な画像データの取得効率が向上する。

【実施例】

【0028】

従来の三次元カメラ 3 0 と実施の形態に係る三次元カメラ 5 0 とによって同じ三次元物体を撮像（撮影）し、生成した三次元画像の精度の比較と、三次元映像を表示するのに必要とするカメラ本体の数を求めた。三次元表示装置の表示面の表示角度範囲は 21.2 度であり、被写体（三次元物体）2 0 の奥行きは 50 mm である。また、従来の三次元カメラ 3 0 の各カメラ本体 1 2 の水平視域角は表示角度範囲と同じ 21.2 度であり、実施形態の三次元カメラ 5 0 の水平視域角は 7.9 度である。比較の結果を図 4 に示す。

10

【0029】

図 4 は、横軸が三次元画像を表示するデータを得るために必要とするカメラ本体の数、縦軸が生成した三次元画像データの、実際に撮影して得た平行射影画像データに対する誤差である RMS（root mean square）誤差である。そして、図 4 において印は従来の三次元カメラ 3 0 による結果であり、は実施形態の三次元カメラ 5 0 による結果である。なお、RMS 誤差は、三次元画像データの各画素について実際に撮影して得た参照平行射影画像データとの偏差を求め、その偏差の二乗を平均した値の平方根である。また、参照平行射影画像は、カメラ本体を移動ステージに載せ、直線上を 1 画素分ずつ詳細に移動させて撮影することによって得た。

20

【0030】

図 4 からわかるように、カメラ本体の台数が多くなるほど誤差の少ない高精度な三次元画像を得ることができる。また、実施形態に係る三次元カメラ 5 0 は、従来の三次元カメラ 3 0 に比較して誤差が小さく、高精度な三次元画像を生成することができる。そして、誤差が急激に大きくなる点を最低限必要とするカメラ本体の数とすると、従来の三次元カメラ 3 0 では 3 2 台であったものが、実施形態の三次元カメラ 5 0 では 2 4 台でよく、カメラ本体の数を大幅に削減することができることがわかる。

30

【図面の簡単な説明】

【0031】

【図 1】本発明の実施の形態に係る三次元画像用撮像装置の説明図である。

【図 2】実施形態の三次元カメラによって得た撮影画像の説明図である。

【図 3】実施形態の三次元カメラによる三次元画像データの補間を説明する図である。

【図 4】実施形態の三次元カメラと従来例の三次元カメラとによって得た三次元画像の誤差の比較図である。

【図 5】従来のカメラ本体を円弧状に配置した三次元カメラの説明図である。

【図 6】従来のカメラ本体を直線上に平行配置した三次元カメラの説明図である。

【図 7】従来のカメラ本体を平行配置した三次元カメラによる三次元画像データの取得原理の説明図である。

40

【図 8】従来のカメラ本体を平行配置した三次元カメラによる E P I の原理の説明図である。

【図 9】E P I の説明図である。

【図 10】複数のカメラ本体によって得た E P I の説明図である。

【図 11】従来のカメラ本体を平行配置した三次元カメラによる撮影画像の説明図である。

【図 12】指向性画像の撮影画像データにない点の画像データを生成する方法の 1 例の説明図である。

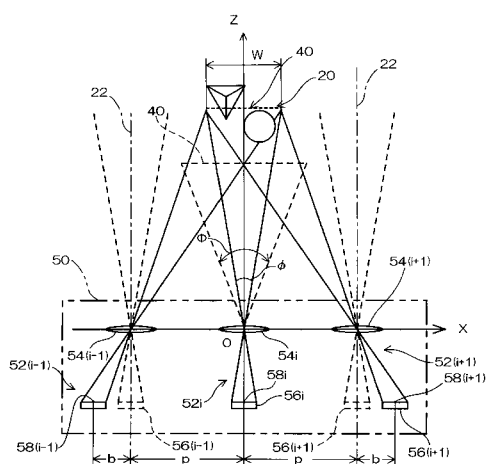
【符号の説明】

【0032】

50

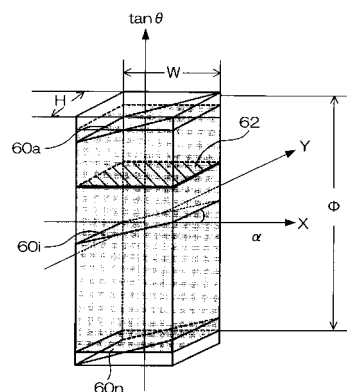
10、30.....三次元カメラ、12、12a~12n、.....カメラ本体、16、16a~16n.....レンズ、18、18a~18n.....CCDユニット、20.....被写体、22.....光軸、50.....三次元画像用撮像システム(三次元カメラ)、52(i-1)~52(i+1).....カメラ本体、54(i-1)~54(i+1).....レンズ、56.....撮像素子ユニット(CCDユニット)、58(i-1)~58(i+1).....中心。

【図1】

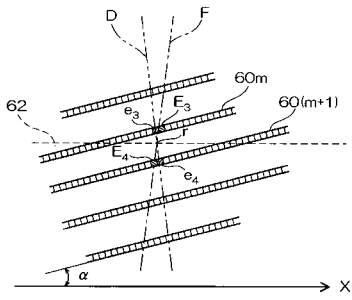


20:被写体
 22:光軸
 50:三次元カメラ
 52(i-1)~52(i+1):カメラ本体
 54(i-1)~54(i+1):レンズ
 56(i-1)~56(i+1):CCDユニット
 58(i-1)~58(i+1):中心

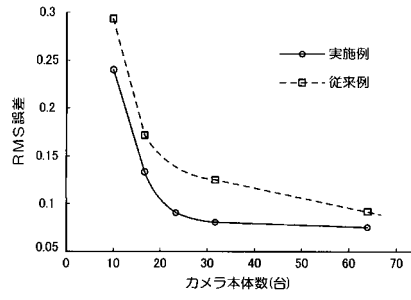
【図2】



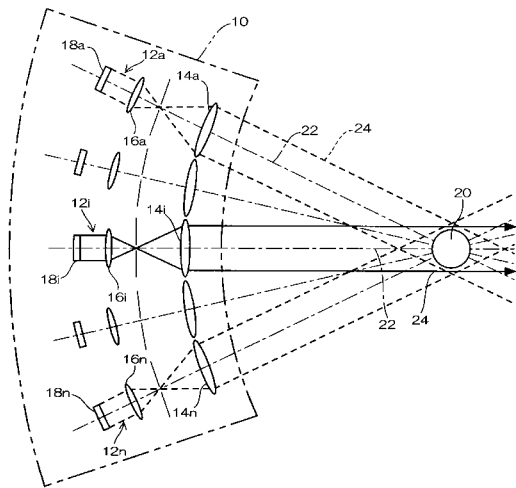
【 図 3 】



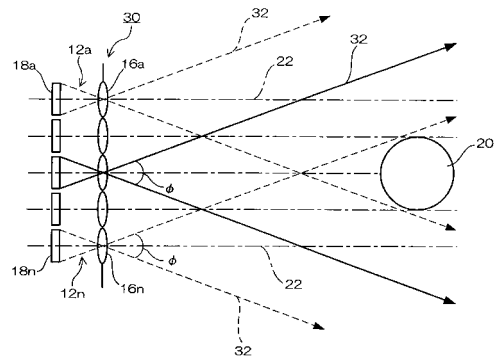
【 図 4 】



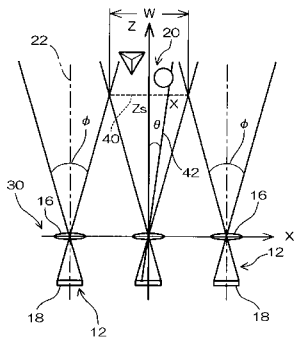
【 図 5 】



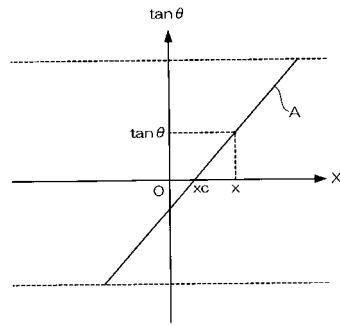
【 図 6 】



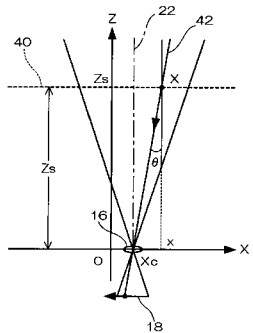
【 図 7 】



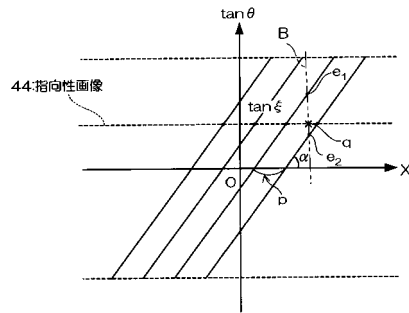
【 図 9 】



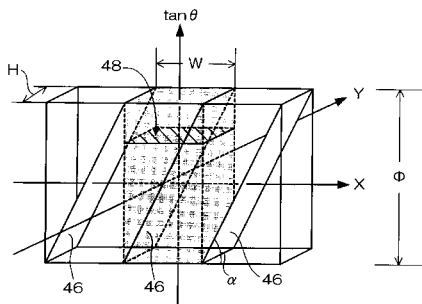
【 図 8 】



【 図 1 0 】



【 図 1 1 】



【 図 1 2 】

