

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第5354252号
(P5354252)

(45) 発行日 平成25年11月27日(2013.11.27)

(24) 登録日 平成25年9月6日(2013.9.6)

(51) Int. Cl. F I
GO 2 B 27/22 (2006.01) GO 2 B 27/22
HO 4 N 13/04 (2006.01) HO 4 N 13/04

請求項の数 3 (全 28 頁)

(21) 出願番号	特願2008-125391 (P2008-125391)	(73) 特許権者	301022471
(22) 出願日	平成20年5月13日(2008.5.13)		独立行政法人情報通信研究機構
(65) 公開番号	特開2009-276410 (P2009-276410A)		東京都小金井市貫井北町4-2-1
(43) 公開日	平成21年11月26日(2009.11.26)	(74) 代理人	100098305
審査請求日	平成23年4月27日(2011.4.27)		弁理士 福島 祥人
		(72) 発明者	吉田 俊介
			東京都小金井市貫井北町4-2-1 独立行政法人情報通信研究機構内
		(72) 発明者	ロベス グリベール ロベルト
			東京都小金井市貫井北町4-2-1 独立行政法人情報通信研究機構内
		(72) 発明者	矢野 澄男
			東京都小金井市貫井北町4-2-1 独立行政法人情報通信研究機構内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 立体ディスプレイ製造システム、立体ディスプレイシステムおよび立体ディスプレイシステムの製造方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

要素表示面により構成される立体ディスプレイと、

前記立体ディスプレイの製造時に補正用画像を表示するように前記要素表示面を制御する補正用画像制御手段と、

前記補正用画像が表示された状態の前記要素表示面を撮影する撮影手段と、

前記撮影手段により得られた撮影画像に基づいて修正データを算出する修正データ算出手段と、

前記修正データ算出手段により算出された前記修正データを記憶する記憶手段と、

立体画像を提示するための立体画像データに基づいて立体画像を提示するように前記要素表示面を制御する立体画像制御手段とを備え、

前記要素表示面は、

光を発生する複数の画素により構成される空間光変調器と、

複数の光線制御子からなり、前記空間光変調器の各画素から発生される光の方向を制御する光線制御子アレイとを含み、

前記補正用画像制御手段は、前記空間光変調器の前記複数の画素のうち第1の方向に沿った1または複数の画素列を順に点灯させるとともに前記第1の方向に垂直な第2の方向に沿った1または複数の画素列を順に点灯させることにより前記要素表示面に複数種類の前記補正用画像を順に表示させ、

前記撮影手段は、各補正用画像が前記要素表示面に表示されるごとに前記要素表示面を

撮影し、

前記修正データ算出手段は、前記撮影手段と前記空間光変調器との位置関係および前記撮影手段による複数種類の撮影画像上で前記空間光変調器の各画素に対応する最も光度が高い位置に基づいて、前記光線制御子アレイの各光線制御子の実際の位置を算出し、前記空間光変調器に対する前記光線制御子アレイの予め設定された位置と前記空間光変調器に対する前記光線制御子アレイの実際の位置とのずれ量を前記修正データとして算出し、

前記立体画像制御手段は、立体画像の提示動作時に、前記記憶手段に記憶された前記修正データを用いて前記立体画像データを作成し、作成した立体画像データに基づいて立体画像を提示するように前記空間光変調器を制御することを特徴とする立体ディスプレイ製造システム。

10

【請求項2】

前記光線制御子アレイの前記予め設定された位置を基準にX軸、Y軸およびZ軸が定められた座標系を第1の座標系とし、前記光線制御子アレイの実際の位置を基準にX軸、Y軸およびZ軸が定められた座標系を第2の座標系とし、

前記第1の座標系のX軸方向、Y軸方向、Z軸方向およびZ軸周りの回転方向における前記第1の座標系と前記第2の座標系とのずれ量をそれぞれ示す変数を第1、第2、第3および第4のパラメータとした場合、前記光線制御子アレイの各光線制御子の位置が前記第1、第2、第3および第4のパラメータを用いて第1の座標系における理論座標で表され、

前記修正データ算出手段は、前記撮影手段と前記空間光変調器との位置関係および前記撮影手段による複数種類の撮影画像上で前記空間光変調器の各画素に対応する最も光度が高い位置に基づいて、前記光線制御子アレイの各光線制御子の前記第1の座標系における座標を実測座標として算出し、前記各光線制御子の前記実測座標と前記理論座標との関係に基づいて前記第1、第2、第3および第4のパラメータの値を修正データとして算出することを特徴とする請求項1記載の立体ディスプレイ製造システム。

20

【請求項3】

立体ディスプレイシステムの製造方法であって、

前記立体ディスプレイシステムは、要素表示面により構成される立体ディスプレイと、修正データを記憶する記憶手段と、立体画像を提示するための立体画像データに基づいて立体画像を提示するように前記要素表示面を制御する立体画像制御手段とを含み、

30

前記要素表示面は、光を発生する複数の画素により構成される空間光変調器と、複数の光線制御子からなり前記空間光変調器の各画素から発生される光の方向を制御する光線制御子アレイとを有し、

前記立体画像制御手段は、立体画像の提示動作時に、前記記憶手段に記憶された前記修正データを用いて前記立体画像データを作成し、作成した立体画像データに基づいて立体画像を提示するように前記空間光変調器を制御し、

前記製造方法は、

前記空間光変調器の前記複数の画素のうち第1の方向に沿った1または複数の画素列を順に点灯させるとともに前記第1の方向に垂直な第2の方向に沿った1または複数の画素列を順に点灯させることにより前記要素表示面に複数種類の補正用画像を順に表示させる工程と、

40

各補正用画像が前記要素表示面に表示されるごとに前記要素表示面を撮影手段により撮影することにより複数種類の撮影画像を得る工程と、

前記撮影手段と前記空間光変調器との位置関係および前記撮影手段による複数種類の撮影画像上で前記空間光変調器の各画素に対応する最も光度が高い位置に基づいて、前記光線制御子アレイの各光線制御子の実際の位置を算出し、前記空間光変調器に対する前記光線制御子アレイの予め設定された位置と前記空間光変調器に対する前記光線制御子アレイの実際の位置とのずれ量を前記修正データとして算出する工程と、

前記修正データを前記記憶手段に記憶させる工程とを備えることを特徴とする立体ディスプレイシステムの製造方法。

50

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、立体画像を提示する立体ディスプレイを備えた立体ディスプレイ製造システム、立体ディスプレイシステムおよび立体ディスプレイシステムの製造方法に関する。

【背景技術】

【0002】

立体画像を提示する立体ディスプレイとして、立体視ディスプレイがある。立体視ディスプレイは、視体積（視点を頂点として画像提示面を断面に持つ錐体）に含まれる物体を画像提示面に射影し、その画像提示面を通じて見えるであろう画像を両眼に提示することにより画像を立体視させる。

10

【0003】

特に、インテグラル・フォトグラフィ（IP）は、裸眼で立体画像を観察可能にする技術の一つである。インテグラル・フォトグラフィでは、光線制御子として複数の凸レンズからなるレンズアレイをLCD（液晶ディスプレイ）等の空間光変調器上に配置し、各凸レンズ下の焦点位置に立体画像を再現するための要素画像を提示する。各要素画像の各画素から発する光は、凸レンズの効果により特定の方向にのみ向かうように放射される。空間光変調器上に配置されたレンズアレイは有機的に作用して離散的な光線の空間を作るため、任意視点からの視体積に応じた光線状態が再現される。

【特許文献1】特開2006-287592号公報

20

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

上記のインテグラル・フォトグラフィにおいて、各要素画像の各画素から発する光が正確に特定の方向に向かうようにするためには、各画素の位置と光線制御子の位置とが厳密に対応する必要がある。空間光変調器の各画素と光線制御子との間で位置ずれが生じると、空間光変調器の各画素から発する光が、想定された方向と異なる方向に向かう。その場合、意図しない立体画像が提示される。

【0005】

空間光変調器としてLCDを用いる場合、各画素の一辺の長さが例えば数百 μm となる。すなわち、数百 μm 以下（例えば数十 μm ）の精度で空間光変調器と光線制御子との位置合わせを行う必要がある。この位置合わせを手作業で行うことは不可能であり、専用の装置等が必要になる。それにより、製造コストが増大する。

30

【0006】

特許文献1には、レンチキュラレンズアレイとLCDとの位置関係に基づいて、高速で立体視画像を生成する方法が示されている。この方法では、レンチキュラレンズアレイおよびLCDの製造時における詳細な仕様（LCDの画素ピッチ、レンズピッチ等）が既知であることが前提となる。また、レンチキュラレンズアレイとLCDとの位置関係については、観察者が試行錯誤によって微調整を行う必要があり、多大な時間および労力を要する。

40

【0007】

本発明の目的は、光線制御子アレイと空間光変調器との厳密な位置合わせを必要とせずに適正な立体画像を提示することが可能な立体ディスプレイ製造システム、立体ディスプレイシステムおよび立体ディスプレイシステムの製造方法を提供することである。

【課題を解決するための手段】

【0012】

（1）第1の発明に係る立体ディスプレイ製造システムは、要素表示面により構成される立体ディスプレイと、立体ディスプレイの製造時に補正用画像を表示するように要素表示面を制御する補正用画像制御手段と、補正用画像が表示された状態の要素表示面を撮影する撮影手段と、撮影手段により得られた撮影画像に基づいて修正データを算出する修正

50

データ算出手段と、修正データ算出手段により算出された修正データを記憶する記憶手段と、立体画像を提示するための立体画像データに基づいて立体画像を提示するように要素表示面を制御する立体画像制御手段とを備え、要素表示面は、光を発生する複数の画素により構成される空間光変調器と、複数の光線制御子からなり、空間光変調器の各画素から発生される光の方向を制御する光線制御子アレイとを含み、補正用画像制御手段は、空間光変調器の複数の画素のうち第1の方向に沿った1または複数の画素列を順に点灯させるとともに第1の方向に垂直な第2の方向に沿った1または複数の画素列を順に点灯させることにより要素表示面に複数種類の補正用画像を順に表示させ、撮影手段は、各補正用画像が要素表示面に表示されるごとに要素表示面を撮影し、修正データ算出手段は、撮影手段と空間光変調器との位置関係および撮影手段による複数種類の撮影画像上で空間光変調器の各画素に対応する最も光度が高い位置に基づいて、光線制御子アレイの各光線制御子の実際の位置を算出し、空間光変調器に対する光線制御子アレイの予め設定された位置と空間光変調器に対する光線制御子アレイの実際の位置とのずれ量を修正データとして算出し、立体画像制御手段は、立体画像の提示動作時に、記憶手段に記憶された修正データを用いて立体画像データを作成し、作成した立体画像データに基づいて立体画像を提示するように空間光変調器を制御するものである。

10

この立体ディスプレイ製造システムにおいては、立体ディスプレイの製造時に、要素表示面が補正用画像制御手段により制御され、空間光変調器の複数の画素のうち第1の方向に沿った1または複数の画素列が順に点灯するとともに第1の方向に垂直な第2の方向に沿った1または複数の画素列が順に点灯する。それにより、要素表示面に複数種類の補正用画像が順に表示される。第1の方向に沿った1または複数の画素列が点灯するごとに要素表示面が撮影手段により撮影される。また、第2の方向に沿った1または複数の画素列が点灯するごとに要素表示面が撮影手段により撮影される。それにより、複数種類の撮影画像が得られる。これらの撮影画像には、点灯する空間光変調器の画素から発せられる光の分布が現れる。

20

撮影手段と空間光変調器との位置関係および撮影手段による複数種類の撮影画像上で空間光変調器の各画素に対応する最も光度が高い位置に基づいて、光線制御子アレイの各光線制御子の実際の位置が算出される。上記のようにして得られた複数種類の撮影画像を用いることにより、第1の方向および第2の方向における各光線制御子の実際の位置を効率良く特定することができる。算出された各光線制御子の実際の位置に基づいて、空間光変調器に対する光線制御子アレイの予め設定された位置と空間光変調器に対する光線制御子アレイの実際の位置とのずれ量が修正データ算出手段により修正データとして算出される。算出された修正データは、記憶手段により記憶される。

30

立体ディスプレイによる立体画像の提示動作時には、記憶手段に記憶された修正データを用いて立体画像データが立体画像制御手段により作成される。そして、作成された立体画像データに基づいて立体画像を提示するように空間光変調器が立体画像制御手段により制御される。

このように、光線制御子アレイの予め設定された位置と実際の位置とのずれ量に応じて立体画像を提示するための立体画像データが作成される。したがって、光線制御子アレイと空間光変調器との厳密な位置合わせを行う必要がなく、光線制御子アレイの位置が予め設定された位置からずれている場合でも、適正な立体画像を提示することができる。

40

【0013】

(2) 光線制御子アレイの予め設定された位置を基準にX軸、Y軸およびZ軸が定められた座標系を第1の座標系とし、光線制御子アレイの実際の位置を基準にX軸、Y軸およびZ軸が定められた座標系を第2の座標系とし、第1の座標系のX軸方向、Y軸方向、Z軸方向およびZ軸周りの回転方向における第1の座標系と第2の座標系とのずれ量をそれぞれ示す変数を第1、第2、第3および第4のパラメータとした場合、光線制御子アレイの各光線制御子の位置が第1、第2、第3および第4のパラメータを用いて第1の座標系における理論座標で表され、修正データ算出手段は、撮影手段と空間光変調器との位置関係および撮影手段による複数種類の撮影画像上で空間光変調器の各画素に対応する最も光

50

度が高い位置に基づいて、光線制御子アレイの各光線制御子の第1の座標系における座標を実測座標として算出し、各光線制御子の実測座標と理論座標との関係に基づいて第1、第2、第3および第4のパラメータの値を修正データとして算出してもよい。

【0014】

この場合、第1の座標系と第2の座標系とのずれ量をそれぞれ示す第1、第2、第3および第4のパラメータの値が、理論座標と実測座標との関係に基づいて算出される。第1の座標系は、光線制御子アレイの予め設定された位置を基準にX軸、Y軸およびZ軸が定められる。第2の座標系は、光線制御子アレイの実際の位置を基準にX軸、Y軸およびZ軸が定められる。

【0015】

これにより、算出された第1、第2、第3および第4のパラメータの値を修正データとして用いて立体画像データを作成することにより、適正な立体画像を確実に提示することができる。

【0027】

(3)第2の発明に係る立体ディスプレイシステムの製造方法において、立体ディスプレイシステムは、要素表示面により構成される立体ディスプレイと、修正データを記憶する記憶手段と、立体画像を提示するための立体画像データに基づいて立体画像を提示するように要素表示面を制御する立体画像制御手段とを含み、要素表示面は、光を発生する複数の画素により構成される空間光変調器と、複数の光線制御子からなり空間光変調器の各画素から発生される光の方向を制御する光線制御子アレイとを有し、立体画像制御手段は、立体画像の提示動作時に、記憶手段に記憶された修正データを用いて立体画像データを作成し、作成した立体画像データに基づいて立体画像を提示するように空間光変調器を制御し、製造方法は、空間光変調器の複数の画素のうち第1の方向に沿った1または複数の画素列を順に点灯させるとともに第1の方向に垂直な第2の方向に沿った1または複数の画素列を順に点灯させることにより要素表示面に複数種類の補正用画像を順に表示させる工程と、各補正用画像が要素表示面に表示されるごとに要素表示面を撮影手段により撮影することにより複数種類の撮影画像を得る工程と、撮影手段と空間光変調器との位置関係および撮影手段による複数種類の撮影画像上で空間光変調器の各画素に対応する最も光度が高い位置に基づいて、光線制御子アレイの各光線制御子の実際の位置を算出し、空間光変調器に対する光線制御子アレイの予め設定された位置と空間光変調器に対する光線制御子アレイの実際の位置とのずれ量を修正データとして算出する工程と、修正データを記憶手段に記憶させる工程とを備えるものである。

この製造方法においては、空間光変調器の複数の画素のうち第1の方向に沿った1または複数の画素列が順に点灯するとともに第1の方向に垂直な第2の方向に沿った1または複数の画素列が順に点灯することにより、要素表示面に複数種類の補正用画像が順に表示される。第1の方向に沿った1または複数の画素列が点灯するごとに要素表示面が撮影手段により撮影される。また、第2の方向に沿った1または複数の画素列が点灯するごとに要素表示面が撮影手段により撮影される。それにより、複数種類の撮影画像が得られる。これらの撮影画像には、点灯する空間光変調器の画素から発せられる光の分布が現れる。

撮影手段と空間光変調器との位置関係および撮影手段による複数種類の撮影画像上で空間光変調器の各画素に対応する最も光度が高い位置に基づいて、光線制御子アレイの各光線制御子の実際の位置が算出される。上記のようにして得られた複数種類の撮影画像を用いることにより、第1の方向および第2の方向における各光線制御子の実際の位置を効率良く特定することができる。算出された各光線制御子の実際の位置に基づいて、空間光変調器に対する光線制御子アレイの予め設定された位置と空間光変調器に対する光線制御子アレイの実際の位置とのずれ量が修正データとして算出される。算出された修正が、記憶手段により記憶される。

この場合、立体ディスプレイによる立体画像の提示動作時に、記憶手段に記憶された修正データを用いて立体画像制御手段が立体画像データを作成し、作成した立体画像データに基づいて立体画像を提示するように空間光変調器を制御することができる。

10

20

30

40

50

これにより、光線制御子アレイの予め設定された位置と実際の位置とのずれ量に応じて立体画像を提示するための立体画像データを作成することができる。したがって、光線制御子アレイと空間光変調器との厳密な位置合わせを行う必要がなく、光線制御子アレイの位置が予め設定された位置からずれている場合でも、立体ディスプレイにより適正な立体画像を提示することが可能になる。

【発明の効果】

【0028】

本発明によれば、光線制御子アレイと空間光変調器との厳密な位置合わせを行う必要がなく、光線制御子アレイの位置が予め設定された位置からずれている場合でも、適正な立体画像を提示することができる。

10

【発明を実施するための最良の形態】

【0029】

(1) 立体ディスプレイの構成

図1は本発明の一実施の形態に係る立体ディスプレイシステムにおける立体ディスプレイを示す模式的な外観図である。

【0030】

図1に示すように、立体ディスプレイ1は、複数の四角形の要素表示面2を結合することにより箱形に構成される。本実施の形態では、立体ディスプレイ1は、正方形の6枚の要素表示面2により立方体に構成される。要素表示面2で囲まれる仮想空間の球状領域(以下、仮想球と呼ぶ)Sに立体画像3が提示される。

20

【0031】

図2は立体ディスプレイ1を構成する要素表示面2を示す模式的な平面図である。図3は立体ディスプレイ1を構成する要素表示面2を示す模式的な断面図である。

【0032】

図2および図3に示すように、要素表示面2は、平面状の空間光変調器21および平面状のレンズアレイ22の積層構造により構成される。

【0033】

空間光変調器21は、マトリクス状に色を提示することができるマトリクス表示素子からなる。この空間光変調器21は、マトリクス状に配列された複数の画素を有する。空間光変調器21として、例えば液晶ディスプレイ(LCD)、プラズマディスプレイ、有機エレクトロルミネッセンス(EL)ディスプレイ、無機ELディスプレイ、発光ダイオード(LED)アレイ、電界放出ディスプレイ(FED)または写真等を用いることができる。

30

【0034】

レンズアレイ22は、光線の方向を制御することができる複数の凸レンズ(以下、単にレンズと呼ぶ)220からなり、空間光変調器21から様々な方向へ向かう光の状態を再現させる機能を有する。レンズアレイ22の複数のレンズ220は、マトリクス状に配置される。

【0035】

レンズアレイ22の各レンズ220により空間光変調器21の複数の画素からの光線の方向が制御される。各レンズ220には、それぞれ画素群が割り当てられる。各レンズ220は、割り当てられた画素群のみからの光線の方向を制御することができるように配置される。

40

【0036】

レンズアレイ22により制御可能な光線の数および光線の方向は、各レンズ220に割り当てられた画素の数、レンズ220と画素との距離、およびレンズ220の焦点距離等のレンズ220の光学的な設計等により決まる。

【0037】

図3に示すように、レンズアレイ22のレンズ220は、空間光変調器21の画素Pm1, Pm2, Pm3, Pm4から種々の方向へ向かう光をそれぞれ点線で示す方向に制御

50

する。

【 0 0 3 8 】

なお、光線制御子として、レンズアレイ 2 2 の代わりに複数のピンホールが規則的に形成されたピンホールアレイ、または回折格子アレイ等を用いてもよい。また、用途を限定すれば、レンティキュラレンズまたはパララックスバリア等を用いることもできる。

【 0 0 3 9 】

ここで、図 4 を用いてレンズ 2 2 0 による光の制御機能とピンホールによる光の制御機能との共通点を説明する。図 4 (a) は、レンズ 2 2 0 による光の制御機能を示し、図 4 (b) はピンホールによる光の制御機能を示す。

【 0 0 4 0 】

図 4 (a) に示すように、レンズ 2 2 0 と空間光変調器 2 1 との距離は、レンズ 2 2 0 の焦点距離 f と等しくなるように調整される。この場合、画素 P_{m1} から発せられる複数の光は、レンズ 2 2 0 を通過することにより、画素 P_{m1} とレンズ 2 2 0 の主点 (光学中心) $2 2 0 a$ とを結ぶ直線に平行な方向に制御される。また、画素 P_{m2} から発せられる複数の光は、レンズ 2 2 0 を通過することにより、画素 P_{m2} とレンズ 2 2 0 の主点 $2 2 0 a$ とを結ぶ直線に平行な方向に制御される。

【 0 0 4 1 】

図 4 (b) に示すように、レンズアレイ 2 2 の代わりにピンホール P_H が形成されたピンホールアレイを用いる場合には、画素 P_{m1} から発せられる複数の光のうち、ピンホール P_H を通る光のみが外部に射出される。また、画素 P_{m2} から発せられる複数の光のうち、ピンホール P_H を通る光のみが外部に射出される。したがって、ピンホール P_H の位置が図 4 (a) のレンズ 2 2 0 の主点 $2 2 0 a$ の位置と共通であれば、各画素から発せられる光は、レンズ 2 2 0 を用いた場合と同じ方向に向かう。

【 0 0 4 2 】

ただし、ピンホール P_H を通過して外部に向かう光の量は、レンズ 2 2 0 を通過して外部に向かう光の量に比べて少ない。そのため、より明るい立体画像を提示するためにはレンズアレイ 2 2 を用いることが好ましい。

【 0 0 4 3 】

なお、図 4 においては、レンズ 2 2 0 およびピンホール P_H による光の制御機能について概念的に説明を行った。実際の光線制御は上記のような理想的な光線制御と若干異なるので注意を要する。

【 0 0 4 4 】

(2) 立体画像データの作成方法

次に、立体ディスプレイ 1 に立体画像 3 を提示するための立体画像データの作成方法について説明する。図 5 は立体画像 3 を提示するための立体画像データの作成方法を説明するための図である。

【 0 0 4 5 】

要素表示面 2 の内側の仮想球内に視覚されるべき立体形状 3 0 を定義する。この立体形状 3 0 は立体形状データにより表される。立体形状 3 0 の表面の任意の点において、任意の方向へ向かう光線を考える。要素表示面 2 と立体形状 3 0 との間の位置関係はデータの定義により一意に求まる。

【 0 0 4 6 】

各光線が要素表示面 2 と交差する際の交点の位置 (座標) 、光線と要素表示面 2 との角度、および色を求める。また、各光線がどの要素表示面 2 のどの位置で交差するかを求める。最終的に、レンズアレイ 2 2 により上記の角度の方向へ向かう光線を再現するように、空間光変調器 2 1 の各画素に交点の色を表示するための立体画像データを作成する。

【 0 0 4 7 】

理想的には、立体形状 3 0 の全表面から全方向に向かう光線について上記の交点の位置、角度および色を求め、各要素表示面 2 に表示すべき画像を表す立体画像データを作成する。実際には、要素表示面 1 で囲まれる空間の仮想球を複数のボクセルに離散化すると

10

20

30

40

50

もに、各ボクセルから発せられる光線の方向を離散化する。本実施の形態では、各ボクセルから発せられる光線の方向は、レンズアレイ 2 2 により離散化された方向に制御される。

【 0 0 4 8 】

要素表示面 2 の内側の仮想球の 1 つのボクセルが立体形状 3 0 の一部であれば、そのボクセルから離散化された方向に向かう光線を求める。このようにして、立体形状 3 0 の表面上の複数のボクセルの各々から離散化された複数の方向に向かう光線と要素表示面 2 との交点を求めるとともに、光線と要素表示面 2 との角度、およびボクセルの色を求め、それらの交点、角度および色に基づいて立体画像データを作成する。

【 0 0 4 9 】

例えば、図 5 に示すように、立体形状 3 0 の表面上の 1 つのボクセル b 1 から発せられる光線は、レンズアレイ 2 2 のレンズ 2 2 0 により点線の矢印の方向に向かうように制御される。これらの光線と要素表示面 2 との交点の画素にボクセル b 1 の色を表示させるように立体画像データを作成する。

【 0 0 5 0 】

また、立体形状 3 0 の表面上の他のボクセル b 2 から発せられる光線は、レンズアレイ 2 2 のレンズ 2 2 0 により実線の矢印の方向に向かうように制御される。これらの光線と要素表示面 2 との交点の画素にボクセル b 2 の色を表示させるように立体画像データを作成する。

【 0 0 5 1 】

上記の説明は、理解を容易にするために行ったが、実際には、レンズアレイ 2 2 の各レンズ 2 2 0 と空間光変調器 2 1 の画素数との関係により再現可能な光線が制限されるため、上記の説明とは逆のアルゴリズムが用いられる。すなわち、レンズアレイ 2 2 の各レンズ 2 2 0 により再現可能な光線を空間光変調器 2 1 の画素を経由して逆に辿り、提示すべき立体形状 3 0 との交点のボクセルの色を求め、その色を画素に表示させる色と決定する。

【 0 0 5 2 】

レンズアレイ 2 2 のレンズ 2 2 0 により再現可能な一本の光線が立体形状 3 0 の複数のボクセルと交差する場合には、より要素表示面 2 に近いボクセルの色が画素に表示すべき色と決定される。観察者から見て奥に位置する点は手前に位置する点により隠されるからである。例えば、図 5 に示すように、レンズアレイ 2 2 のレンズ 2 2 0 により再現可能な一本の光線が立体形状 3 0 の複数のボクセル b 2 , b 3 と交差する場合には、より要素表示面 2 に近いボクセル b 3 の色を画素に表示すべき色と決定する。

【 0 0 5 3 】

このようにして、立体形状 3 0 の表面上の各ボクセルの色を要素表示面 1 の複数の画素に表示させるための立体画像データが作成される。立体画像データに基づいて空間光変調器 2 1 の複数の画素に画像を表示させることにより、結果的に立体形状 3 0 からの光線が再現される。

【 0 0 5 4 】

図 6 は立体画像データに基づいて立体ディスプレイ 1 の空間光変調器 2 1 に表示される画像を説明するための図である。

【 0 0 5 5 】

例えば、観察点 V 1 から立体形状を見た場合の画像が空間光変調器 2 1 の画素 “ A ” に表示される。また、観察点 V 2 から立体形状を見た場合の画像が空間光変調器 2 1 の画素 “ B ” に表示される。それにより、観察者は眼を観察点 V 1 から観察点 V 2 に移動させた場合に、立体形状を異なる角度から見ることができる。

【 0 0 5 6 】

(3) 立体ディスプレイシステムおよび立体ディスプレイ製造システム

立体ディスプレイシステムおよび立体ディスプレイ製造システムの構成について説明する。

10

20

30

40

50

【 0 0 5 7 】

図7は、立体ディスプレイシステムおよび立体ディスプレイ製造システムの構成を示すブロック図である。図7に示すように、立体ディスプレイシステム10は、立体ディスプレイ1、表示制御部5および記憶部6により構成される。立体ディスプレイ製造システムは、立体ディスプレイシステム10、撮影装置101および計測演算部102により構成される。撮影装置101および計測演算部102は、立体ディスプレイシステム10の製造時に用いられ、立体ディスプレイシステム10の使用時には必要ではない。

【 0 0 5 8 】

撮影装置101は、CMOS（相補性金属酸化膜半導体）デジタルカメラ、CCDカメラ、フィルムカメラ、面輝度計またはセンサ等からなる。撮影装置101は、立体ディスプレイ1の要素表示面2を撮影する。以下、撮影装置101により撮影された画像を撮影画像と呼ぶ。

10

【 0 0 5 9 】

記憶部6は、ハードディスクまたはメモリカード等のデータ記憶媒体からなり、仮想球内に提示すべき立体画像の形状を表す立体形状データ、立体ディスプレイ1の基本属性および撮影装置101の基本属性等を記憶する。ここで、立体ディスプレイ1の基本属性は、空間光変調器21の画素の大きさ、間隔および配置、レンズアレイ22のレンズ220の直径、間隔、配置、画角および焦点距離、ならびにレンズアレイ22と空間光変調器21との理想的な位置関係等を含む。また、撮影装置101の基本属性とは、撮影装置101の解像度、画角、焦点距離、位置および姿勢等を含む。

20

【 0 0 6 0 】

計測演算部102および表示制御部5は、CPU（中央演算処理装置）、および半導体メモリ等の記憶装置をそれぞれ含む。計測演算部102は、撮影装置101の撮影画像および記憶部6に記憶される種々の情報に基づいて後述の演算処理を行う。表示制御部5は、計測演算部102の演算結果および記憶部6に記憶される種々の情報に基づいて空間光変調器21の制御を行う。計測演算部102および表示制御部5の動作の詳細は後述する。

【 0 0 6 1 】

立体ディスプレイシステム10の表示制御部5および記憶部6は、立体ディスプレイ1内に設けられてもよく、あるいは立体ディスプレイ1の外部に設けられてもよい。計測演算部102は、例えばパーソナルコンピュータにより構成することができる。また、表示制御部5および記憶部6は、例えばパーソナルコンピュータにより構成することができる。

30

【 0 0 6 2 】

本実施の形態では、立体ディスプレイシステム10の製造時に、撮影装置101の撮影画像に基づいて空間光変調器21に対するレンズアレイ22の位置ずれが検出され、位置ずれに関する後述のパラメータが記憶部6に記憶される。そして、立体ディスプレイシステム10の動作（使用）時に、記憶部6に記憶されたパラメータに基づいて表示制御部5により空間光変調器21が制御される。それにより、レンズアレイ22が空間光変調器21に対して位置ずれしている場合にも、適正な立体画像を提示することができる。以下、その詳細について説明する。

40

【 0 0 6 3 】

（4）撮影装置による要素表示面の撮影

（4-1）観察点と光度との関係

観察点と光度との関係について説明する。図8は、観察点と光度との関係について説明するための模式図である。ここで、光度とは、各観測点で得られる光の強さをいう。

【 0 0 6 4 】

図8（a）には、空間光変調器21の画素 $P_{m1} \sim P_{m4}$ 、レンズ220および観察点 $V_{11} \sim V_{17}$ の位置関係が示される。図8（b）には、画素 P_{m1} 、 P_{m3} から発せられる光から得られる光度の分布が示される。なお、図8（b）においては、画素 P_{m1} が

50

ら発せられる光から得られる光度が点線で示され、画素 P_{m3} から発せられる光から得られる光度が一点鎖線で示される。

【0065】

図8(a)および図8(b)に示すように、画素 P_{m1} から発せられる光から得られる光度は、画素 P_{m1} とレンズ220の主点220aとを結ぶ直線上にある観察点 V_{16} において最も高くなる。同様に、画素 P_{m3} から発せられる光から得られる光度は、画素 P_{m3} とレンズ220の主点220aとを結ぶ直線上にある観察点 V_{12} において最も高くなる。

【0066】

このように、空間光変調器21の各画素から発せられる光から得られる光度は、観察点によって変化し、各画素とレンズ220の主点220aとを結ぶ直線上において最も大きくなる。

【0067】

(4-2) 撮影装置とレンズとの位置関係

図9は、撮影装置101、レンズアレイ22および空間光変調器21の位置関係を示す模式図である。図9においては、撮影装置101の視野が仮想平面 VP で示される。仮想平面 VP は、撮影装置101の撮影画像に対応している。仮想平面 VP を通って撮影装置101の撮影中心点 P_c に向かう光が、撮影装置101の撮影画像上に現れる。

【0068】

撮影装置101の撮影中心点 P_c は、外部からの光を受ける中心点であり、例えば撮影装置101としてカメラを用いる場合、カメラレンズの光学中心が撮影中心点 P_c となる。

【0069】

図9において、空間光変調器21の1つの画素 P_{m11} のみを点灯させたときに、撮影装置101の撮影画像に高い光度を有する光点が現れたとする。この場合、撮影装置101の撮影中心点 P_c 、画素 P_{m11} に対応するレンズ220の主点220a、および空間光変調器21の画素 P_{m11} が共通の直線上にあると考えられる。撮影装置101の撮影画像上の光点は、画素 P_{m11} と撮影中心点 P_c とを結ぶ直線と仮想平面 VP との交差点 P_i に相当する。以下、撮影装置101の撮影画像上の光点に相当する仮想平面 VP 上の点を仮想光点と呼ぶ。

【0070】

これにより、撮影装置101の撮影中心点 P_c の位置と、撮影装置101の撮影画像上における光点(仮想平面 VP 上の仮想光点 P_i)の位置および画素 P_{m11} の位置の少なくとも一方が求められれば、画素 P_{m11} に対応するレンズ220の実際の位置を求めることができる。

【0071】

(4-3) 撮影画像上の光点の光度について

図10は、撮影装置101の撮影画像上における光度の分布について説明するための図である。図10(a)には、撮影装置101、レンズ220および空間光変調器21の位置関係が示される。図10(b)には、空間光変調器21の各画素を点灯させた際に撮影装置101の撮影画像上に現れる光度の分布を示す図である。図10(b)において、縦軸は光度を示し、横軸は撮影画像上の座標を示す。

【0072】

図10(a)において、画素 P_{m11} 、 P_{m21} は、撮影装置101の撮影中心点 P_c とレンズ220の主点220aとを結ぶ直線上にあり、画素 P_{m9} 、 P_{m10} 、 P_{m12} 、 P_{m13} 、 P_{m19} 、 P_{m20} 、 P_{m22} 、 P_{m23} は、撮影装置101の撮影中心点 P_c とレンズ220の主点220aとを結ぶ直線からずれた位置にある。

【0073】

この場合、図10(b)に示すように、画素 P_{m9} 、 P_{m10} 、 P_{m12} 、 P_{m13} を点灯させたときに得られる光度より、画素 P_{m11} を点灯させたときに得られる光度が高

10

20

30

40

50

くなる。これにより、1つのレンズ220に対応する複数の画素のうち、最も高い光度が得られる1つの画素 P_{m11} が特定される。

【0074】

同様に、画素 P_{m19} 、 P_{m20} 、 P_{m22} 、 P_{m23} を点灯させたときに得られる光度より、画素 P_{m21} を点灯させたときに得られる光度が高くなる。これにより、1つのレンズ220に対応する複数の画素のうち、最も高い光度が得られる1つの画素 P_{m21} が特定される。

【0075】

さらに、全ての画素を1つずつ順に点灯させてその光度を測定することにより、全てのレンズ220に関して最も高い光度が得られる画素をそれぞれ1つずつ特定することができる。これにより、全てのレンズ220の実際の位置を求めることができる。

10

【0076】

(5)座標系

(5-1)各座標系の定義

ここで、撮影装置座標系、撮影画像座標系、LCD座標系、レンズ座標系およびワールド座標系を定義する。図11は、撮影装置座標系、撮影画像座標系、LCD座標系、レンズ座標系およびワールド座標系の関係について説明するための模式図である。

【0077】

撮影装置座標系 C_c は、撮影装置101を基準に定められる。図11において、撮影装置101の撮影中心点 P_c に撮影装置座標系 C_c の原点 O_c が定められる。また、撮影装置101が向けられた方向に Z_c 軸が定められ、 Z_c 軸に垂直な面上で互いに直交する方向に X_c 軸および Y_c 軸が定められる。撮影装置101の位置および姿勢は、 T_{sai} のアルゴリズム等によって求めることができる。

20

【0078】

撮影画像座標系 C_i は、仮想平面 VP を基準に定められる。図11において、仮想平面 VP の一頂点に撮影画像座標系 C_i の原点 O_i が定められ、仮想平面 VP の互いに直交する一辺および他辺に沿う方向に X_i 軸および Y_i 軸が定められる。撮影画像座標系 C_i は、撮影装置座標系 C_c から撮影装置101の基本属性(焦点距離、画角および解像度等)を用いて一義的に求めることができる。また、仮想平面 VP 上に現れる仮想光点の位置は、撮影画像座標系 C_i における座標で容易に表すことができる。

30

【0079】

LCD座標系 C_l は、空間光変調器21を基準に定められる。図11において、空間光変調器21の一頂点にLCD座標系 C_l の原点 O_l が定められる。また、空間光変調器21の互いに直交する一辺および他辺に沿う方向に X_l 軸および Y_l 軸が定められ、その面に垂直な方向に Z_l 軸が定められる。

【0080】

本実施の形態では、 X_l 軸および Y_l 軸に沿って空間光変調器21の各画素が配置される。空間光変調器21の各画素の位置は、LCD座標系 C_l における座標で容易に表すことができる。

【0081】

レンズ座標系 C_e は、レンズアレイ22を基準に定められる。図11において、レンズアレイ22の一面上にレンズ座標系 C_e の原点 O_e が定められる。また、レンズアレイ22の一面上で互いに直交方向に X_e 軸および Y_e 軸が定められ、その面に垂直な方向に Z_e 軸が定められる。

40

【0082】

本実施の形態では、 X_e 軸および Y_e 軸に沿ってレンズアレイ22のレンズ220が配置される。レンズアレイ22の各レンズ220の位置は、レンズ座標系 C_e で容易に表すことができる。

【0083】

ワールド座標系 C_w は、全ての座標系の基準として設定される。本実施の形態では、空

50

間光変調器 2 1 とレンズアレイ 2 2 とが予め定められた理想的な位置関係にある状態でのレンズ座標系 C_e に一致するようにワールド座標系 C_w が定義される。空間光変調器 2 1 に対してレンズアレイ 2 2 が理想的な位置関係にある場合、レンズ座標系 C_e の原点 O_e 、 X_e 軸、 Y_e 軸および Z_e 軸が、ワールド座標系 C_w の原点 O_w 、 X_w 軸、 Y_w 軸および Z_w 軸に対応する。ここで、空間光変調器 2 1 とレンズアレイ 2 2 との理想的な位置関係とは、例えば設計上での空間光変調器 2 1 とレンズアレイ 2 2 との位置関係である。

【0084】

なお、実際には、レンズアレイ 2 2 は厳密に理想的な位置に配置されないことが多いため、レンズ座標系 C_e とワールド座標系 C_w との間にはずれが生じる。

【0085】

(5-2) ワールド座標系への変換

(5-2-1) レンズ座標系

図 1 2 は、レンズ座標系 C_e およびワールド座標系 C_w の関係を説明するための模式図である。図 1 2 に示すように、ワールド座標系 C_w に対するレンズ座標系 C_e のずれ量は、パラメータ e_x 、 e_y 、 e_z 、 e で表される。パラメータ e_x 、 e_y 、 e_z は、ワールド座標系 C_w の原点 O_w に対するレンズ座標系 C_e の原点 O_e の X_w 軸方向のずれ量、 Y_w 軸方向のずれ量および Z_w 軸方向のずれ量を表す。また、パラメータ e は、ワールド座標系 C_w の X_w 軸および Y_w 軸に対するレンズ座標系 C_e の X_e 軸および Y_e 軸の傾斜角を表す。ここで、空間光変調器 2 1 とレンズアレイ 2 2 との平行関係を保つことは比較的容易であるため、ワールド座標系 C_w の Z_w 軸と、レンズ座標系 C_e の Z_e 軸とが平行であるとする事ができる。

【0086】

この場合、レンズ座標系 C_e とワールド座標系 C_w との関係が次式 (1) で表される。ここで、 F は e_x 、 e_y 、 e_z 、 e を変数とする関数である。

【0087】

【数 1】

$$C_e = F^{(e_x, e_y, e_z, e)} (C_w) \quad \dots (1)$$

【0088】

関数 F により、次式 (2) で表されるように、 (x_w, y_w, z_w) で表されるワールド座標系 C_w の座標を、パラメータ e_x 、 e_y 、 e_z 、 e を用いることにより、 (x_e, y_e, z_e) で表されるレンズ座標系 C_e の座標に変換することができる。

【0089】

【数 2】

$$\begin{pmatrix} X_e \\ Y_e \\ Z_e \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \cos(e\theta) & -\sin(e\theta) & 0 \\ \sin(e\theta) & \cos(e\theta) & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} X_w \\ Y_w \\ Z_w \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} e_x \\ e_y \\ e_z \end{pmatrix} \quad \dots (2)$$

【0090】

さらに、式 (2) から算出される逆関数 F^{-1} により、レンズ座標系 C_e の座標からワールド座標系 C_w の座標に変換することができる。これにより、レンズアレイ 2 2 の各レンズ 2 2 0 の位置は、パラメータ e_x 、 e_y 、 e_z 、 e を用いてレンズ座標系 C_e の座標からワールド座標系 C_w の座標に変換することができる。

【0091】

なお、パラメータ e_z で表されるずれ量は、上記のように、パラメータ e_x 、 e_y 、 e で表されるずれ量に比べて実際には発生しにくい。したがって、以下においては、説明の簡略化のため、 $e_z = 0$ とする。

【0092】

(5-2-2) 他の座標系

10

20

30

40

50

上記のように、ワールド座標系 C_w は、空間光変調器 2 1 に対して予め定められたレンズアレイ 2 2 の理想的な位置を基準に定められる。そのため、LCD 座標系 C_l とワールド座標系 C_w とは一義的な関係を有し、LCD 座標系 C_l をワールド座標系 C_w に一義的に変換することができる。したがって、空間光変調器 2 1 の各画素の位置は、撮影画像座標系 C_i の座標からワールド座標系 C_w の座標に一義的に変換することができる。

【0093】

また、上記のように、Tsai のアルゴリズム等によって撮影装置 1 0 1 の位置および姿勢が求められる。撮影装置 1 0 1 と空間光変調器 2 1 との位置関係は一定であるので、撮影装置座標系 C_c と LCD 座標系 C_l とは一義的な関係を有する。それにより、撮影装置座標系 C_c をワールド座標系 C_w に一義的に変換することができる。

10

【0094】

撮影画像座標系 C_i は、上記のように撮影装置座標系 C_c から一義的に求めることができる。それにより、撮影画像座標系 C_i をワールド座標系 C_w に一義的に変換することができる。したがって、仮想平面 VP 上の仮想光点の位置は、撮影画像座標系 C_i の座標からワールド座標系 C_w の座標に一義的に変換することができる。

【0095】

(6) 計測演算部および表示制御部の動作

計測演算部 1 0 2 および表示制御部 5 の動作について説明する。図 1 3 ~ 図 1 5 は、計測演算部 1 0 2 の動作を示すフローチャートであり、図 1 6 は、表示制御部 5 の動作を示すフローチャートである。

20

【0096】

まず、計測演算部 1 0 2 の動作について説明する。計測演算部 1 0 2 の動作は、立体ディスプレイシステム 1 0 の製造時に実行される。

【0097】

図 1 3 に示すように、計測演算部 1 0 2 は、最初に撮影装置 1 0 1 の撮影画像に基づいてレンズ座標算出処理を行う(ステップ S 1)。次に、計測演算部 1 0 2 は、パラメータ算出処理を行う(ステップ S 2)。これにより、上記のパラメータ e_x, e_y, e_z, e の値が算出される。算出されたパラメータ e_x, e_y, e_z, e の値は、記憶部 6 に記憶される。これらのパラメータ e_x, e_y, e_z, e の値が修正データとして用いられる。

30

【0098】

ステップ S 1 のレンズ座標算出処理の詳細について説明する。図 1 4 に示すように、計測演算部 1 0 2 は、記憶部 6 から立体ディスプレイ 1 の基本属性および撮影装置 1 0 1 の基本属性を読み出す(ステップ S 1 1)。次に、計測演算部 1 0 2 は、レンズアレイ 2 2 のレンズ 2 2 0 の直径、間隔および配置、ならびに撮影装置 1 0 1 の位置および姿勢等に基づいて、撮影装置 1 0 1 の撮影画像上における各レンズ 2 2 0 の位置を暫定的に決定する(ステップ S 1 2)。

【0099】

次に、計測演算部 1 0 2 は、表示制御部 5 に画素点灯信号を与える(ステップ S 1 3)。画素点灯信号にตอบสนองして、表示制御部 5 が空間光変調器 2 1 の 1 つの画素を点灯させる。この場合、点灯させる画素は、画素点灯信号により指定される。

40

【0100】

次に、計測演算部 1 0 2 は、撮影装置 1 0 1 に撮影信号を与える(ステップ S 1 4)。撮影信号にตอบสนองして、撮影装置 1 0 1 が立体ディスプレイ 1 の要素表示面 2 を撮影する。この場合、撮影装置 1 0 1 の撮影画像上には、ステップ S 1 3 で点灯させた画素から発せられる光による光度の分布が現れる。

【0101】

次に、計測演算部 1 0 2 は、撮影装置 1 0 1 の撮影画像上に現れる光度の分布を光度分布データとして取得する(ステップ S 1 5)。次に、計測演算部 1 0 2 は、全ての画素について光度分布データを取得したか否かを判定する(ステップ S 1 6)。全ての画素につ

50

いて光度分布データを取得していない場合、計測演算部 102 は、ステップ S 13 の処理に戻り、点灯させていない画素のうち 1 つの画素を点灯させる。

【0102】

ステップ S 13 ~ S 16 の処理が繰り返されることにより、空間光変調器 21 の画素が順に 1 つずつ点灯し、各画素の点灯ごとに撮影装置 101 により要素表示面 2 が撮影される。それにより、全ての画素のついての光度分布データが取得される。なお、点灯させる画素の順番は、例えば画素の配列に沿って予め設定されてもよく、あるいはランダムであってもよい。

【0103】

全ての画素について光度分布データを取得した場合、計測演算部 102 は、取得した光度分布データに基づいて、レンズアレイ 22 の 1 つのレンズ 220 に対応する複数の画素のうち最も高い光度が得られた画素を特定する（ステップ S 17）。

10

【0104】

なお、撮影装置 101 の撮影画像上で最も光度が高い位置を特定する方法として、各撮影画像の光度分布を重ね合わせて積算分布の重心を求める方法、光度の総和を求めた際のピークを用いる方法、または光点が計算対象となる位置に出現する確率から重み付けを行って積算する方法等がある。

【0105】

次に、計測演算部 102 は、その画素の位置および撮影装置 101 の撮影中心点 P_c の位置に基づいて、1 つのレンズ 220 の主点 220 a の座標（以下、レンズ座標と呼ぶ）をワールド座標系 C_w で算出する（ステップ S 18）。

20

【0106】

具体的には、ステップ S 11 において、空間光変調器 21 の各画素の位置および撮影装置 101 の撮影中心点 P_c の位置が、立体ディスプレイ 1 および撮影装置 101 の基本属性として記憶部 6 から読み出される。各画素の位置および撮影装置 101 の撮影中心点 P_c の位置は、ワールド座標系 C_w の座標で表すことができる。

【0107】

レンズ 220 の主点 220 a は、ステップ S 17 で特定された画素と撮影装置 101 の撮影中心点 P_c とを結ぶ直線上にある。また、本実施の形態では $e_z = 0$ であるので、 Z_w 軸方向におけるレンズ座標は特定される。これにより、ワールド座標系 C_w において、ステップ S 17 で特定された画素の座標および撮影装置 101 の撮影中心点 P_c の座標からレンズ座標を求めることができる。

30

【0108】

なお、レンズ座標は、撮影装置 101 の撮影中心点 P_c の位置と撮影画像上に現れる光点の位置とに基づいて次のようにして求めることもできる。まず、撮影画像上に現れる光点の位置から仮想平面 V_P 上における仮想光点 P_i の位置を求めることができる。上記のように、仮想光点 P_i の位置は、ワールド座標系 C_w の座標で表すことができる。

【0109】

レンズ 220 の主点 220 a は、ステップ S 17 で特定された画素に対応する仮想光点 P_i と撮影装置 101 の撮影中心点 P_c とを結ぶ直線上にある。それにより、ワールド座標系 C_w において、ステップ S 17 で特定された画素に対応する仮想光点 P_i の座標および撮影装置 101 の撮影中心点 P_c の座標からレンズ座標を求めることができる。

40

【0110】

以下の説明において、ステップ S 18 で算出されるワールド座標系 C_w のレンズ座標を P^e_w で表す。また、各レンズ 220 に対応して 1 ~ n (n は全てのレンズ 220 の数) の番号を付し、ステップ S 18 で算出される i 番 (1 i n) のレンズ 220 のレンズ座標を $i P^e_w$ で表す。

【0111】

次に、計測演算部 102 は、全てのレンズ 220 についてレンズ座標 P^e_w を算出したか否かを判定する（ステップ S 19）。全てのレンズ 220 についてレンズ座標 P^e_w を

50

算出していない場合、計測演算部 102 は、ステップ S 17 の処理に戻る。

【0112】

ステップ S 17 ~ S 19 の処理が繰り返されることにより、空間光変調器 21 の全てのレンズ 220 のレンズ座標 P^e_w が算出される。なお、レンズ座標を算出するレンズ 220 の順番は、例えばレンズ 220 の配列に沿って予め設定されてもよく、あるいはランダムであってもよい。

【0113】

全てのレンズ 220 についてレンズ座標 P^e_w を算出すると、計測演算部 102 は、レンズ座標算出処理を終了する。

【0114】

続いて、図 13 のステップ S 2 のパラメータ算出処理について説明する。図 15 に示すように、計測演算部 102 は、レンズ 220 の配置および間隔等に基づいて、レンズ座標系 C_e における各レンズ 220 のレンズ座標をそれぞれ取得する（ステップ S 31）。なお、レンズ 220 の配置および間隔は、図 14 のステップ S 11 で記憶部 6 から読み出した立体ディスプレイ 1 の基本属性に含まれる。

【0115】

以下の説明において、ステップ S 31 で取得されるレンズ座標系 C_e のレンズ座標を P^1_e で表す。また、ステップ S 31 で算出される i 番のレンズ 220 のレンズ座標を $i P^1_e$ で表す。

【0116】

次に、計測演算部 102 は、記憶部 6 に記憶されるレンズアレイ 22 のずれ量を初期化する（ステップ S 32）。具体的には、前回のパラメータ算出処理で算出されたパラメータ e_x, e_y, e_z, e の値が所定の初期値に戻される。

【0117】

次に、計測演算部 102 は、レンズアレイ 22 のずれ量の許容範囲を設定する（ステップ S 33）。立体ディスプレイ 1 の製造時に、手作業でレンズアレイ 22 の位置合わせを行う場合、実際に発生するレンズアレイ 22 のずれ量は一定の範囲内に限られる。ステップ S 33 において、手作業でレンズアレイ 22 の位置合わせを行った場合に発生するずれ量の許容範囲が設定される。例えば、ずれ量の許容範囲は、レンズアレイ 22 のレンズピッチ以下に設定される。ここで、レンズピッチとは、隣接するレンズ 220 の主点 220 a 間の距離をいう。

【0118】

次に、計測演算部 102 は、パラメータ e_x, e_y, e_z, e を用いて、レンズ座標系 C_e における各レンズ座標 P^1_e をワールド座標系 C_w におけるレンズ座標 P^1_w に変換する（上記式（2）参照。ステップ S 34）。ここで、レンズ座標 P^1_e は、 (x_e, y_e, z_e) で表され、レンズ座標 P^1_w は、 (x_w, y_w, z_w) で表される。

【0119】

続いて、計測演算部 102 は、各レンズ 220 のレンズ座標 P^1_e およびレンズ座標 P^1_w に基づいて、パラメータ e_x, e_y, e_z, e の値を求める。例えば、最小二乗法を用いてずれ量を表すパラメータ e_x, e_y, e_z, e の妥当な値を求める。また、他の方法でパラメータ e_x, e_y, e_z, e の値を求めてもよい。例えば、全てのレンズ 200 に関して、レンズ座標 P^1_e とレンズ座標 P^1_w との差の絶対値の和を求め、ニュートン法のような反復計算によりパラメータ e_x, e_y, e_z, e の値を求めてもよい。以下、本例においては、最小二乗法を用いてパラメータ e_x, e_y, e_z, e の値を求める方法について説明する。

【0120】

計測演算部 102 は、各レンズ 220 について、ステップ S 34 で変換したレンズ座標 P^1_w と、図 14 のステップ S 18 で算出したレンズ座標 P^e_w との距離を算出する（ステップ S 35）。 i 番のレンズ 220 についての距離 i は、 $i P^e_w - i P^1_w$ で表される。

10

20

30

40

50

【 0 1 2 1 】

次に、計測演算部 1 0 2 は、レンズ 2 2 0 についての距離 の二乗総和 S (下記式 (3) 参照) を算出する (ステップ S 3 6)。

【 0 1 2 2 】

【数 3】

$$S = \sum_{i=1}^n i \varepsilon^2 = \sum_{i=1}^n (i P_w^e - i P_w^l)^2 \quad \dots (3)$$

【 0 1 2 3 】

次に、計測演算部 1 0 2 は、二乗総和 S が最小となるパラメータ e_x, e_y, e_z, e の値を算出する (ステップ S 3 7)。数学的には、下記式 (4) に示すように、二乗総和 S をパラメータ e_x, e_y, e_z, e で偏微分した関数がそれぞれ 0 となるように、修正データとしてパラメータ e_x, e_y, e_z, e の値を求める。

【 0 1 2 4 】

【数 4】

$$\frac{\partial S}{\partial e_x} = \frac{\partial S}{\partial e_y} = \frac{\partial S}{\partial e_z} = \frac{\partial S}{\partial e} = 0 \quad \dots (4)$$

【 0 1 2 5 】

しかしながら、三角関数または高次項を含む上式 (4) を解析的に解くことは、比較的困難である。この場合、ニュートン法等を用いることにより、数値的に解を求めることができる。例えば、ステップ S 3 3 で設定したずれ量の許容範囲内でパラメータ e_x, e_y, e_z, e に具体的な値を当てはめて計算を行うことにより、二乗総和 S が最小となるパラメータ e_x, e_y, e_z, e の値を特定する。

【 0 1 2 6 】

なお、撮影装置 1 0 1 の解像度およびレンズアレイ 2 2 の作製精度等による誤差を考慮して、上式 (3) の代わりにレンズアレイ 2 2 の作製精度に応じて重みを付けた最小二乗法を用いてパラメータ e_x, e_y, e_z, e の値を求めてもよい。その場合、重みの例として、光度分布の分散、偏差、対称性、強度または総和等が挙げられる。

【 0 1 2 7 】

このようにして、パラメータ e_x, e_y, e_z, e の値を算出した後、計測演算部 1 0 2 は、パラメータ算出処理を終了する。

【 0 1 2 8 】

次に、表示制御部 5 の動作について説明する。表示制御部 5 の動作は、立体ディスプレイシステム 1 0 の製造時および立体ディスプレイシステム 1 0 の使用時に実行される。具体的には、立体ディスプレイシステム 1 0 の製造時にはステップ S 4 1 ~ S 4 3 の処理が行われ、立体ディスプレイシステム 1 0 の使用時にはステップ S 4 1, S 4 2, S 4 4 ~ S 4 9 の処理が行われる。

【 0 1 2 9 】

図 1 6 に示すように、表示制御部 5 は、記憶部 6 から立体形状データおよび立体ディスプレイ 1 の基本属性を読み出す (ステップ S 4 1)。

【 0 1 3 0 】

次に、表示制御部 5 は、計測演算部 1 0 2 から画素点灯信号が与えられているか否かを判定する (ステップ S 4 2)。画素点灯信号が与えられている場合、表示制御部 5 は、空間光変調器 2 1 を制御して画素点灯信号により指定される画素を点灯させる (ステップ S 4 3)。その後、表示制御部 5 は、ステップ S 4 2 の処理に戻る。ステップ S 4 2, S 4 3 の処理が繰り返されるときに、計測演算部 1 0 2 による図 1 4 のレンズ座標算出処理および図 1 5 のパラメータ算出処理が実行される。

【 0 1 3 1 】

画素点灯信号が与えられていない場合、表示制御部 5 は、記憶部 6 に記憶されたパラメ

ータ e_x, e_y, e_z, e の値を修正データとして読み出す (ステップ S 4 4)。

【 0 1 3 2 】

次に、表示制御部 5 は、1つのレンズ 2 2 0 (例えば i 番のレンズ 2 2 0) について、理想的な座標から実際の座標に修正する (ステップ S 4 5)。具体的には、ステップ S 4 1 で記憶部 6 から読み出した立体ディスプレイ 1 の基本属性に基づいて理想的なレンズ座標を算出する。そのレンズ座標を、ステップ S 4 4 で記憶部 6 から読み出したパラメータ e_x, e_y, e_z, e の値を用いて実際のレンズ座標に修正する。

【 0 1 3 3 】

次に、表示制御部 5 は、修正したレンズ座標、立体形状データ、およびレンズ 2 2 0 の画角等に基づいて、1つのレンズ 2 2 0 (例えば i 番のレンズ 2 2 0) に割り当てられた画素群に表示すべき画像のレンダリング (立体画像データの作成) を行う (ステップ S 4 6)。なお、レンズ 2 2 0 の画角は、ステップ S 4 1 で記憶部 6 から読み出した立体ディスプレイ 1 の基本属性に含まれる。

10

【 0 1 3 4 】

次に、表示制御部 5 は、全てのレンズ 2 2 0 についてレンダリングを行ったか否かを判定する (ステップ S 4 7)。全てのレンズ 2 2 0 についてレンダリングを行っていない場合、表示制御部 5 は、ステップ S 4 5 の処理に戻る。

【 0 1 3 5 】

全てのレンズ 2 2 0 についてレンダリングを行った場合、表示制御部 5 は、レンズ 2 2 0 毎にレンダリングした画像を1つの画像に統合する (ステップ S 4 8)。このようにして、修正データを用いて立体画像データが作成される。

20

【 0 1 3 6 】

そして、表示制御部 5 は、その画像を空間光変調器 2 1 に表示させる (ステップ S 4 9)。ステップ S 4 4 ~ S 4 9 により、作成された立体画像データに基づく立体画像が立体ディスプレイ 1 に提示される。

【 0 1 3 7 】

(7) 本実施の形態の効果

このように、本実施の形態では、立体ディスプレイシステム 1 0 の製造時に、撮影装置 1 0 1 の撮影画像に基づいて計測演算部 1 0 2 によりレンズアレイ 2 2 の位置ずれに関するパラメータ e_x, e_y, e_z, e の値が求められる。

30

【 0 1 3 8 】

立体ディスプレイシステム 1 0 の動作 (使用) 時には、パラメータ e_x, e_y, e_z, e の値を用いて、各レンズ 2 2 0 の座標が設計上の座標から実際の座標に修正される。そして、修正された各レンズ 2 2 0 の座標に応じて立体画像を提示するための立体画像データが作成される。それにより、空間光変調器 2 1 に対するレンズアレイ 2 2 の位置が、設計上の位置からずれている場合でも、適正な立体画像を提示することができる。

【 0 1 3 9 】

(8) 他の実施の形態

上記実施の形態では、計測演算部 1 0 2 によるレンズ座標算出処理において、空間光変調器 2 1 の画素を順に1つずつ点灯させ、各画素を点灯させた状態を全て撮影装置 1 0 1 により撮影する。本例では、空間光変調器 2 1 の画素を順に1つずつ点灯させる代わりに、補正用画像を空間光変調器 2 1 に表示させる。

40

【 0 1 4 0 】

(8 - 1) 補正用画像

図 1 7 は、補正用画像の一例を示す平面図である。図 1 7 に示すように、補正用画像 I D 1, I D 2 においては、ストライプ状に空間光変調器 2 1 の画素が点灯される。

【 0 1 4 1 】

図 1 7 (a) ~ 図 1 7 (d) の補正用画像 I D 1 における点灯画素ライン L I 1 は、LCD 座標系 C 1 の Y 1 軸に平行かつ間隔をおいて配置された複数列の画素によって構成される。また、図 1 7 (e) ~ 図 1 7 (h) の補正用画像 I D 2 における点灯画素ライン L

50

I 2 は、LCD座標系 C 1 の X 1 軸に平行かつ間隔をおいて配置された複数行の画素によって構成される。

【0142】

点灯画素ライン L I 1 , L I 2 の間隔 (周期) は、レンズアレイ 2 2 のレンズピッチより大きくなるように設定される。また、点灯画素ライン L I 1 , L I 2 の間隔に応じて、補正用画像 I D 1 , I D 2 の数がそれぞれ決定される。

【0143】

図 1 7 の例では、点灯画素ライン L I 1 , L I 2 が 4 画素周期で配置され、隣接する点灯画素ライン L I 1 , L I 2 間に 3 列分または 3 行分の未点灯の画素が配置される。すなわち、本例では、レンズピッチが 4 画素の長さより小さい。

10

【0144】

この場合、図 1 7 (a) ~ 図 1 7 (d) に示すように、点灯画素ライン L I 1 の位置が互いに 1 画素分ずれた 4 種類の補正用画像 I D 1 が用いられる。また、図 1 7 (e) ~ 図 1 7 (h) に示すように、点灯画素ライン L I 2 の位置が互いに 1 画素分ずれた 4 種類の補正用画像 I D 2 が用いられる。このように、レンジピッチを画素ピッチで除した値に相当する数の補正用画像 I D 1 , I D 2 がそれぞれ用いられる。

【0145】

図 1 8 は、補正用画像 I D 1 を空間光変調器 2 1 に表示させた場合に点灯画素ライン L I 1 から発せられる光が向かう方向を示す模式的側面図である。なお、図 1 8 には、点灯画素ライン L I 1 に垂直な面 (LCD座標系 C 1 における X 1 - Z 1 平面) が模式的に示される。

20

【0146】

図 1 8 に示すように、点灯画素ライン L I 1 の間隔がレンズピッチより大きいことにより、2 つ以上の点灯画素ライン L I 1 から発せられる光が、共通のレンズ 2 2 0 の主点 2 2 0 a を通って撮影装置 1 0 1 に向かうことがない。そのため、1 つのレンズ 2 2 0 を通して撮影装置 1 0 1 の撮影画像に現れる光は、1 つの点灯画素ライン L I 1 から発せられた光に限られる。

【0147】

図 1 8 において、光 F 3 , F 4 は、撮影装置 1 0 1 の撮影画像に現れるが、光 F 1 , F 2 , F 5 は、撮影装置 1 0 1 の撮影画像に現れない。

30

【0148】

なお、補正用画像 I D 2 を空間光変調器 2 1 に表示させた場合、点灯画素ライン L I 2 から発せられる光の方向は、点灯画素ライン L I 2 に垂直な面 (LCD座標系 C 1 における Y 1 - Z 1 平面) 内において、図 1 8 に示す状態と同様になる。

【0149】

(8 - 2) レンズアレイの位置合わせ

本実施の形態では、空間光変調器 2 1 に対するレンズアレイ 2 2 の位置合わせを手作業または製造用ロボットにより一定以上の精度で行う。具体的には、レンズアレイ 2 2 の全てのレンズ 2 2 0 に関して、理想的な位置から 1 レンズピッチ以上ずれないように位置合わせを行う。

40

【0150】

一定の精度以上でレンズアレイ 2 2 の位置合わせを行う方法として、空間光変調器 2 1 の所定の領域の画素を点灯させ、その点灯する画素を基準としてレンズアレイ 2 2 の位置合わせを行う方法がある。

【0151】

例えば、空間光変調器 2 1 の中央部および四隅において、1 つのレンズ 2 2 0 とほぼ等しい面積分の画素を点灯させる。そして、レンズアレイ 2 2 の一面の中央部および四隅に配置されるレンズ 2 2 0 を点灯する画素の位置に合わせる。この場合、全てのレンズ 2 2 0 が理想的な位置から 1 レンズピッチ以上ずれないようにレンズアレイ 2 2 の位置合わせを容易に行うことができる。

50

【 0 1 5 2 】

(8 - 2) レンズ座標算出処理

図 1 9 は、補正用画像 I D 1 , I D 2 を用いたレンズ座標算出処理のフローチャートである。図 1 9 のレンズ座標算出処理について、図 1 4 のレンズ座標算出処理と異なる点を説明する。

【 0 1 5 3 】

図 1 9 に示すように、計測演算部 1 0 2 は、ステップ S 1 1 の処理を行った後、表示制御部 5 に全点灯信号を与える (ステップ S 5 1) 。全点灯信号に応答して、表示制御部 5 が空間光変調器 2 1 の全ての画素を点灯させる。

【 0 1 5 4 】

次に、計測演算部 1 0 2 は、撮影装置 1 0 1 に撮影信号を与える (ステップ S 5 2) 。撮影信号に応答して、撮影装置 1 0 1 が立体ディスプレイ 1 の要素表示面 2 を撮影する。撮影装置 1 0 1 の撮影画像上には、全ての画素を点灯させた状態での光度の分布が現れる。

10

【 0 1 5 5 】

次に、計測演算部 1 0 2 は、撮影装置 1 0 1 の撮影画像上に現れる光度の分布から、レンズアレイ 2 2 の各レンズ 2 2 0 の実際の位置を暫定的に決定する (ステップ S 5 3) 。具体的には、撮影装置 1 0 1 の撮影画像から、光度の重心点 (最も光度が高い位置) が特定される。その重心点に対応する仮想平面 V P 上の位置と、撮影装置 1 0 1 の撮影中心点 P c とを結ぶ直線上に、各レンズ 2 2 0 の主点 2 2 0 a があると考えられる。

20

【 0 1 5 6 】

ここで、レンズアレイ 2 2 が空間光変調器に対して 1 レンズピッチ以上ずれている場合には、撮影装置 1 0 1 の撮影画像上に現れる光度の重心点がどのレンズ 2 2 0 に対応しているかを判断することができない。

【 0 1 5 7 】

そこで、本実施の形態では、全てのレンズ 2 2 0 が理想的な位置から 1 レンズピッチ以上ずれないようにレンズアレイ 2 2 の位置合わせが行われる。それにより、撮影装置 1 0 1 の撮影画像上に現れる光度の重心点から各レンズ 2 2 0 の実際の位置を暫定的に求めることができる。

【 0 1 5 8 】

次に、計測演算部 1 0 2 は、ステップ S 5 3 で暫定的に決定した各レンズ 2 2 0 の位置に基づいて、各レンズ 2 2 0 に対応する画素を特定する (ステップ S 5 4) 。

30

【 0 1 5 9 】

次に、計測演算部 1 0 2 は、表示制御部 5 に補正用画像表示信号を与える (ステップ S 5 5) 。補正用画像表示信号に応答して、表示制御部 5 が空間光変調器 2 1 に補正用画像 I D 1 , I D 2 のいずれか 1 つを表示させる。表示させる補正用画像の種類は、補正用画像表示信号より指定される。

【 0 1 6 0 】

次に、計測演算部 1 0 2 は、撮影装置 1 0 1 に撮影信号を与える (ステップ S 5 6) 。撮影信号に応答して、撮影装置 1 0 1 が立体ディスプレイ 1 の要素表示面 2 を撮影する。

40

【 0 1 6 1 】

次に、計測演算部 1 0 2 は、全ての補正用画像 I D 1 , I D 2 について撮影を行ったか否かを判定する (ステップ S 5 7) 。上記のように、補正用画像 I D 1 , I D 2 の数は、レンズアレイ 2 2 のレンズピッチと空間光変調器 2 1 の画素ピッチとの関係に応じて決定される。

【 0 1 6 2 】

全ての補正用画像 I D 1 , I D 2 について撮影を行っていない場合、計測演算部 1 0 2 は、ステップ S 5 5 の処理に戻る。全ての補正用画像 I D 1 , I D 2 について撮影を行った場合、計測演算部 1 0 2 は、撮影装置 1 0 1 の撮影画像に基づいて、各レンズ 2 2 0 のワールド座標系 C w におけるレンズ座標 P^e_w を算出する (ステップ S 5 8) 。

50

【 0 1 6 3 】

ステップ S 5 8 におけるレンズ座標 P^e_w の算出方法について詳細に説明する。本実施の形態では、複数の補正用画像 I D 1 を空間光変調器 2 1 に表示させることにより、ワールド座標系 C w の X w 軸方向におけるレンズ 2 2 0 の主点 2 2 0 a の座標 x^e_w が求められる。また、複数の補正用画像 I D 2 を空間光変調器 2 1 に表示させることにより、ワールド座標系 C w の Y w 軸方向におけるレンズ 2 2 0 の主点 2 2 0 a の座標 y^e_w が求められる。

【 0 1 6 4 】

図 2 0 は、ワールド座標系 C w の X w - Z w 平面に沿った模式的側面図である。図 2 0 を用いて、ワールド座標系 C w の X w 軸方向におけるレンズ 2 2 0 の座標の算出方法について説明する。

10

【 0 1 6 5 】

なお、図 2 0 において、ワールド座標系 C w の X w 軸方向、Y w 軸方向および Z w 軸方向は、LCD 座標系 C l の X l 軸方向、Y l 軸方向および Z l 軸方向にそれぞれ平行であり、ワールド座標系 C w の X w - Z w 平面は、LCD 座標系 C l の X l - Z l 平面に平行である。

【 0 1 6 6 】

図 2 0 においては、i 番のレンズ 2 2 0 の主点 2 2 0 a の理想的な位置が i P 1 で示され、i 番のレンズ 2 2 0 の主点 2 2 0 a の実際の位置が i P 2 で示される。また、ワールド座標系 C w の X w 軸に沿った画素の行 P A が示される。i 番のレンズ 2 2 0 の主点 2 2 0 a と画素の行 P A とは、共通の X w - Z w 平面上にある。

20

【 0 1 6 7 】

上記のステップ S 5 4 において、各レンズ 2 2 0 に対応する画素が特定される。図 2 0 においては、画素の行 P A のうち領域 R E 内の画素が i 番のレンズ 2 2 0 に対応付けられる。

【 0 1 6 8 】

上記のステップ S 5 5 において、複数の補正用画像 I D 1 が順に空間光変調器 2 1 に表示されることにより、画素の行 P A に含まれる各画素が点灯画素ライン L I 1 として順に点灯する。その際に、領域 R E 内の画素のうち、画素 P m 2 1 が点灯した際に最も高い光度が得られたとする。

30

【 0 1 6 9 】

この場合、i 番のレンズ 2 2 0 の主点 2 2 0 a は、X w - Z w 平面上において、画素 P m 2 1 と撮影装置 1 0 1 の撮影中心点 P c とを結ぶ直線上に位置すると考えられる。

【 0 1 7 0 】

ここで、X w 軸方向における画素 P m 2 1 とレンズ 2 2 0 の主点 2 2 0 a との距離 d x は、下記式 (5) で表される。

【 0 1 7 1 】

【 数 5 】

$$d x = x^e_w - H(x^m_l), \quad \dots (5)$$

【 0 1 7 2 】

式 (5) において、 x^m_l は、LCD 座標系 C l の X l 軸方向における画素 P m 2 1 の座標である。H は、LCD 座標系 C l における座標をワールド座標系 C w における座標に変換するための関数である。

40

【 0 1 7 3 】

画素 P m 2 1 の座標 x^m_l は、ステップ S 1 1 (図 1 9) の処理で記憶部 6 から読み出した基本属性、および用いた補正用画像の種類に基づいて容易に求められる。また、上記のように、LCD 座標系 C l とワールド座標系 C w とは一義的な関係を有し、LCD 座標系 C l における座標をワールド座標系 C w における座標に変換することができる。

【 0 1 7 4 】

また、レンズアレイ 2 2 と空間光変調器 2 1 との距離を L f とし、画素 P m 2 1 と撮影

50

装置 101 の撮影中心点 P_c とを結ぶ直線が空間光変調器 21 およびレンズアレイ 22 に対してなす角度を α_x とすると、下記式 (6) が成立する。

【0175】

【数6】

$$\tan \alpha_x = Lf / dx = Z_w^c / (x_w^c - x_w^e) \quad \dots (6)$$

【0176】

式 (6) において、 x_w^c は、ワールド座標系 C_w の X_w 軸方向における撮影装置 101 の撮影中心点 P_c の座標であり、 z_w^c は、ワールド座標系 C_w の Z_w 軸方向における撮影装置 101 の撮影中心点 P_c の座標である。

【0177】

距離 Lf は、レンズ 220 の焦点距離に相当し、ステップ S_{11} (図 19) の処理で記憶部 6 から立体ディスプレイ 1 の基本属性として読み出される。また、上記のように、撮影装置 101 の撮影中心点 P_c の座標 x_w^c , z_w^c は、一義的に特定される。

【0178】

式 (5) および式 (6) から、レンズ 220 の主点 220a の座標 x_w^e を求めることができる。

【0179】

なお、 e_z が 0 でないとする場合には、上式 (6) において、 Lf を $Lf + e_z$ とし、 z_w^c を $z_w^c - e_z$ とする。

【0180】

図 20 においては、複数の補正用画像 ID_1 を空間光変調器 21 に表示させることにより、ワールド座標系 C_w の X_w 軸方向におけるレンズ 220 の主点 220a の座標 x_w^e を求める方法について説明したが、同様にして、複数の補正用画像 ID_2 を空間光変調器 21 に表示させることにより、ワールド座標系 C_w の Y_w 軸方向におけるレンズ 220 の主点 220a の座標 y_w^e を求めることができる。その場合、ワールド座標系 C_w の $Y_w - Z_w$ 平面において図 20 と同様の原理を用いる。

【0181】

また、 $e_z = 0$ とすると、ワールド座標系 C_w の Z_w 軸方向におけるレンズ 220 の主点 220a の座標 z_w^e は特定される ($z_w^e = 0$)。それにより、 i 番のレンズ 220 のレンズ座標 iP_w^e が求められる。

【0182】

このようにして、ワールド座標系 C_w における各レンズ 220 のレンズ座標 P_w^e を求めることができる。

【0183】

(8-3) 効果

本実施の形態では、全てのレンズ 220 が理想的な位置から 1 レンズピッチ以上ずれないようにレンズアレイ 22 の位置合わせを行うとともに、補正用画像 ID_1 , ID_2 を用いて各レンズ 220 のレンズ座標を算出する。この場合、上記のように各画素を 1 つずつ点灯させて各レンズ 220 のレンズ座標を算出する場合と比べて、撮影装置 101 による撮影回数を大幅に削減することができる。それにより、立体ディスプレイシステム 10 の製造時に要する時間を大幅に短縮することができる。

【0184】

(9) さらに他の実施の形態

一般的に、LCD 等の表示装置の 1 ドットは、RGB (red, green, blue) の 3 つのサブピクセルにより構成される。3 つのサブピクセルは、ストライプ状または三角形に配置される。3 つのサブピクセルがストライプ状に配置されている場合、 X_1 軸方向および Y_1 軸方向の一方における画素ピッチが他方における画素ピッチの 3 分の 1 程度になる。そのため、上記の補正用画像 ID_1 , ID_2 を用いる場合、補正用画像 ID_1 , ID_2 の一方が他方に対して 3 倍の種類必要になる。

【0185】

10

20

30

40

50

上記実施の形態では、ピンホールアレイを用いた場合と同様に光が制御されるレンズアレイ 2 2 のモデルを考えたが、画素の位置がレンズ 2 2 0 の主点 2 2 0 a の直下の位置から離れるほど、焦点距離が変化したり、収差が大きくなり、誤差が大きくなる。したがって、レンズ 2 2 0 の厳密な光学的な特性を考慮したモデルに基づいて光が向かう方向を算出することにより、立体画像の質を一層向上することができる。

【 0 1 8 6 】

(1 0) 請求項の各構成要素と実施の形態の各部との対応関係

以下、請求項の各構成要素と実施の形態の各部との対応の例について説明するが、本発明は下記の例に限定されない。

【 0 1 8 7 】

上記実施の形態においては、表示制御部 5 が補正用画像制御手段および立体画像制御手段の例であり、計測演算部 1 0 2 が修正データ算出手段の例であり、撮影装置 1 0 1 が撮影手段の例であり、記憶部 6 が記憶手段の例であり、レンズ 2 2 0 またはピンホール P H が光線制御子の例であり、レンズアレイ 2 2 またはピンホールアレイが光線制御子アレイの例である。また、ワールド座標系 C w が第 1 の座標系の例であり、レンズ座標系 C e が第 2 の座標系の例である。

【 0 1 8 8 】

請求項の各構成要素として、請求項に記載されている構成または機能を有する他の種々の要素を用いることもできる。

【産業上の利用可能性】

【 0 1 8 9 】

本発明は、種々の立体形状を提示する立体ディスプレイシステムの製造時および動作時に有効に利用することができる。

【図面の簡単な説明】

【 0 1 9 0 】

【図 1】本発明の一実施の形態に係る立体ディスプレイシステムにおける立体ディスプレイを示す模式的な外観図である。

【図 2】立体ディスプレイを構成する要素表示面を示す模式的な平面図である。

【図 3】立体ディスプレイを構成する要素表示面を示す模式的な断面図である。

【図 4】レンズによる光の制御機能およびピンホールによる光の制御機能について説明するための図である。

【図 5】立体画像を提示するための立体画像データの作成方法を説明するための図である。

【図 6】立体画像データに基づいて立体ディスプレイの空間光変調器に表示される画像を説明するための図である。

【図 7】立体ディスプレイシステムおよび立体ディスプレイ製造システムの構成を示すブロック図である。

【図 8】観察点と光度との関係について説明するための模式図である。

【図 9】撮影装置、レンズアレイおよび空間光変調器の位置関係を示す模式図である。

【図 10】撮影装置の撮影画像上における光点の光度について説明するための図である。

【図 11】撮影装置座標系、撮影画像座標系、LCD座標系、レンズ座標系およびワールド座標系の関係について説明するための模式図である。

【図 12】レンズ座標系およびワールド座標系の関係を説明するための模式図である。

【図 13】計測演算部の動作を示すフローチャートである。

【図 14】計測演算部の動作を示すフローチャートである。

【図 15】計測演算部の動作を示すフローチャートである。

【図 16】表示制御部の動作を示すフローチャートである。

【図 17】補正用画像の一例を示す平面図である。

【図 18】補正用画像を空間光変調器に表示させた場合に点灯画素ラインから発せられる光が向かう方向を示す模式的な側面図である。

10

20

30

40

50

【図19】補正用画像を用いたレンズ座標算出処理のフローチャートである。

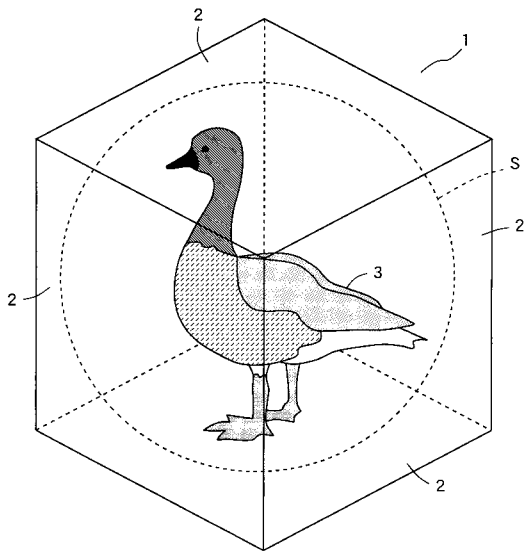
【図20】ワールド座標系の $X_w - Z_w$ 平面に沿った模式的側面図である。

【符号の説明】

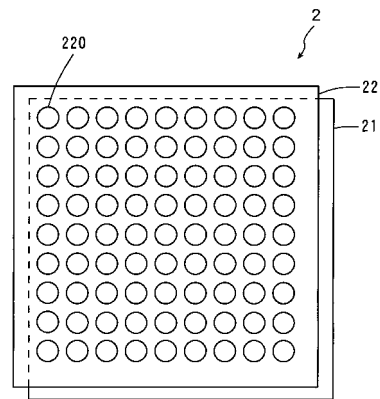
【0191】

- 1 立体ディスプレイ
- 2 要素表示面
- 5 表示制御部
- 6 記憶部
- 10 立体ディスプレイシステム
- 21 空間光変調器
- 22 レンズアレイ
- 101 撮影装置
- 102 計測演算部
- 220 レンズ

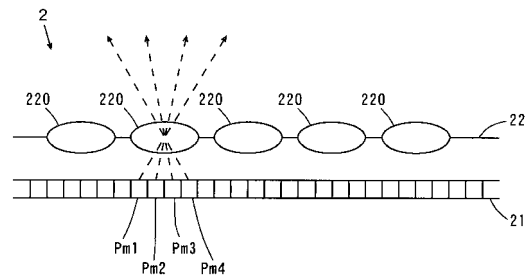
【図1】



【図2】

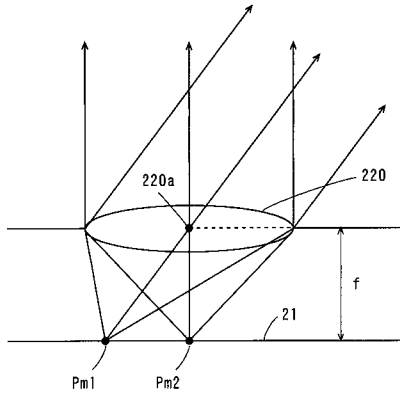


【図3】

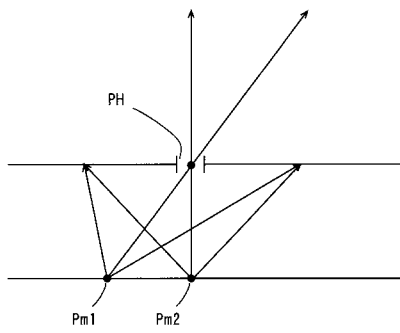


【図4】

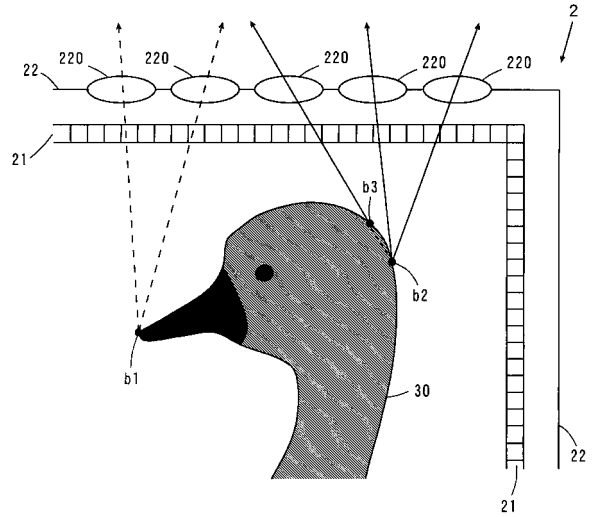
(a)



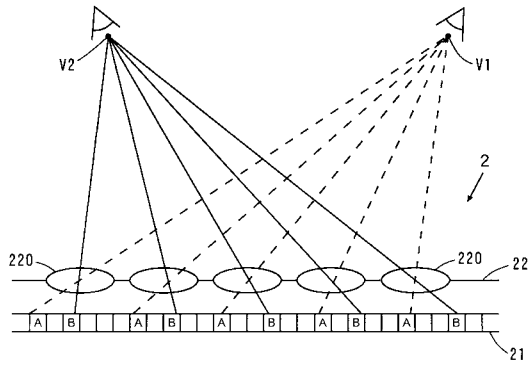
(b)



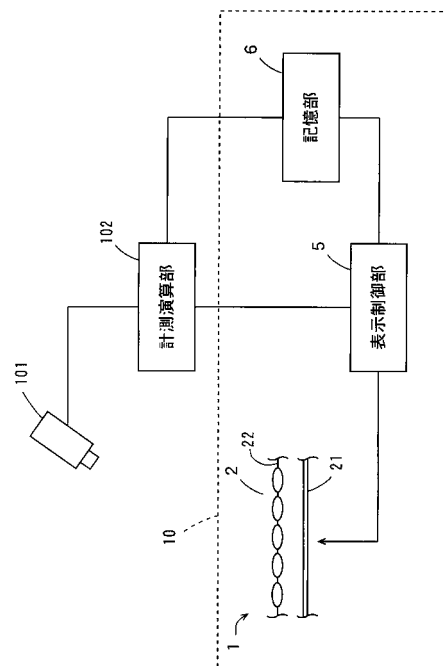
【図5】



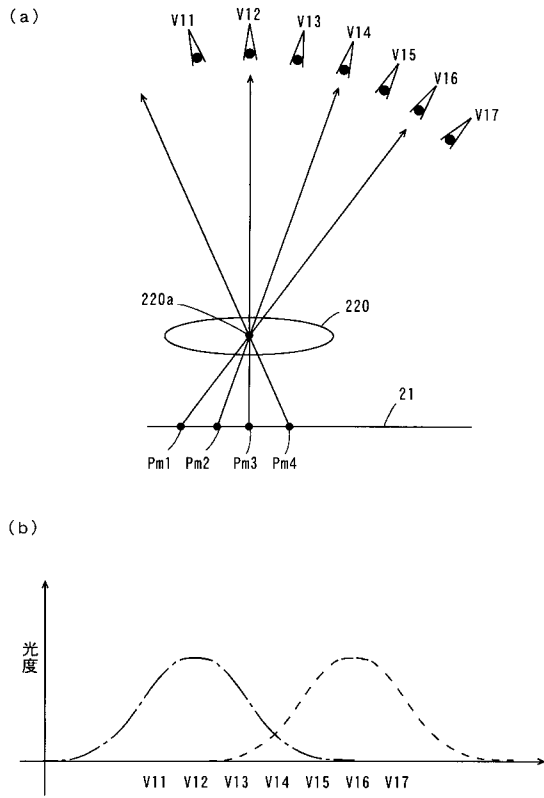
【図6】



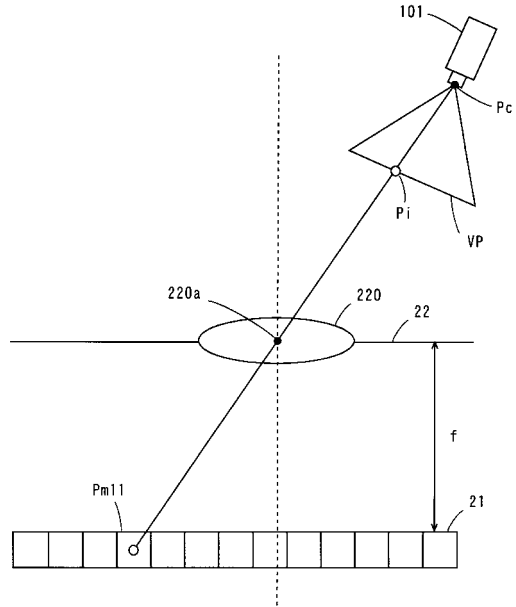
【図7】



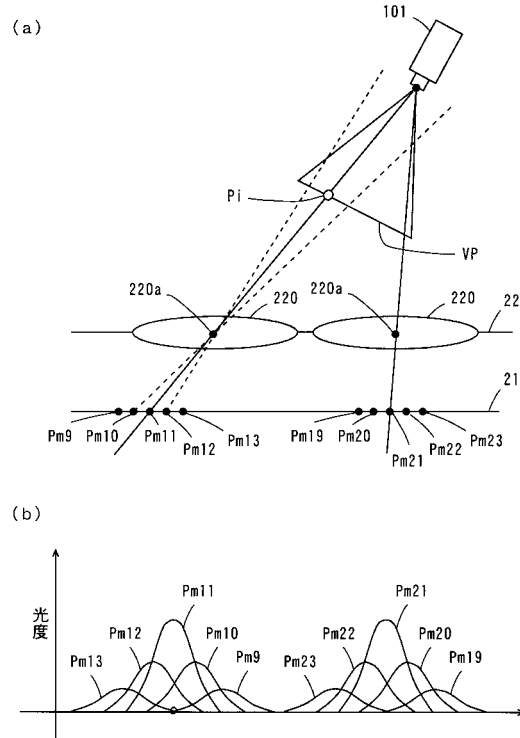
【図 8】



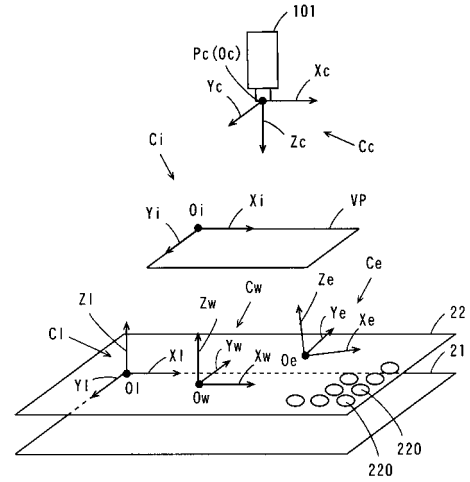
【図 9】



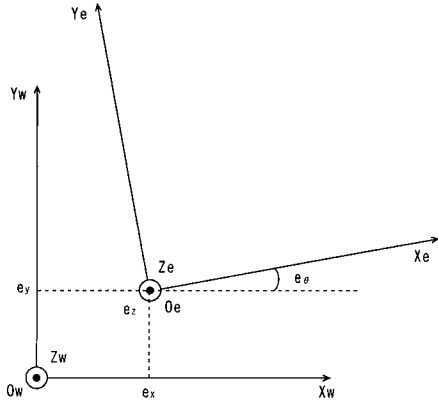
【図 10】



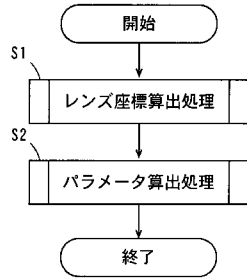
【図 11】



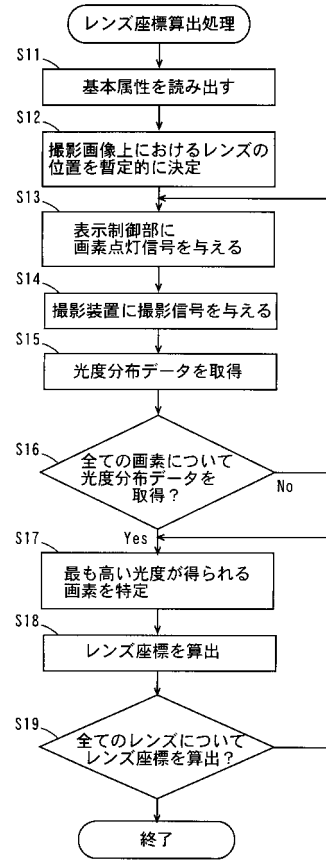
【図12】



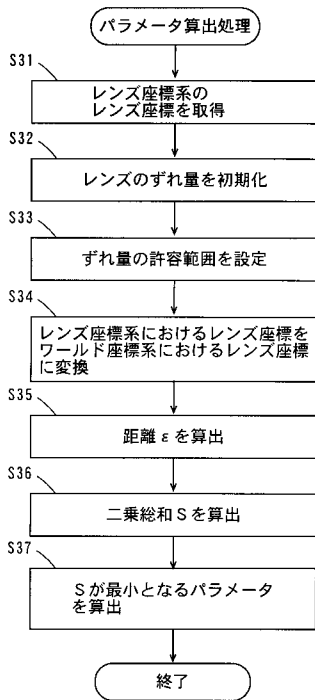
【図13】



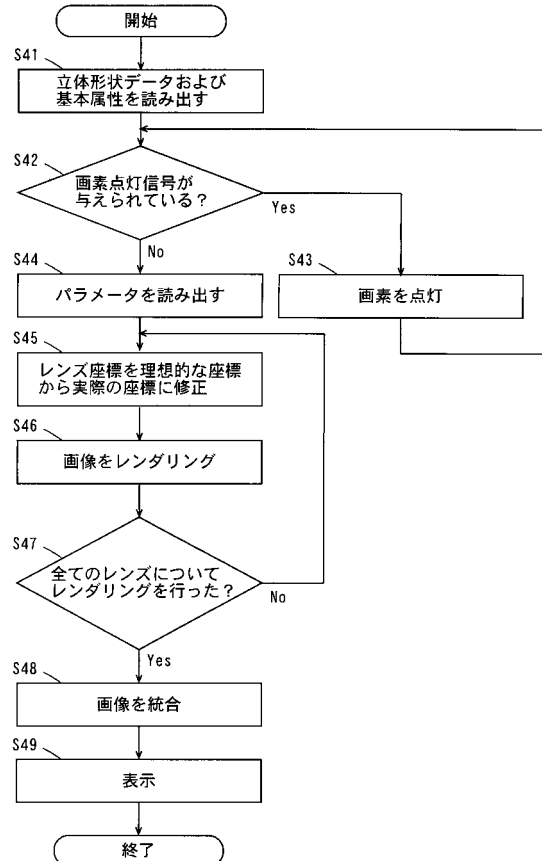
【図14】



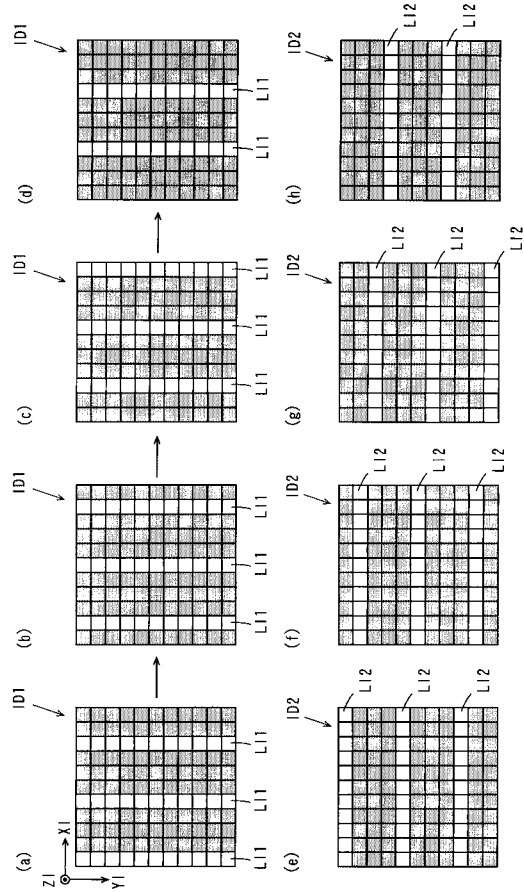
【図15】



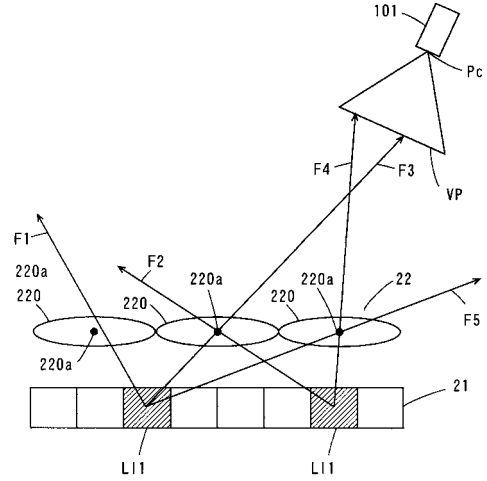
【図16】



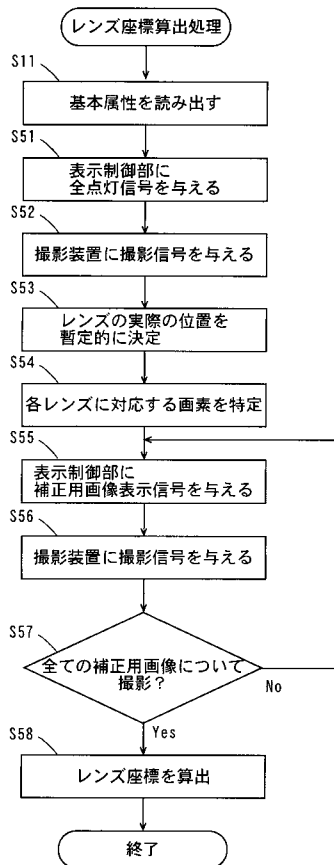
【図17】



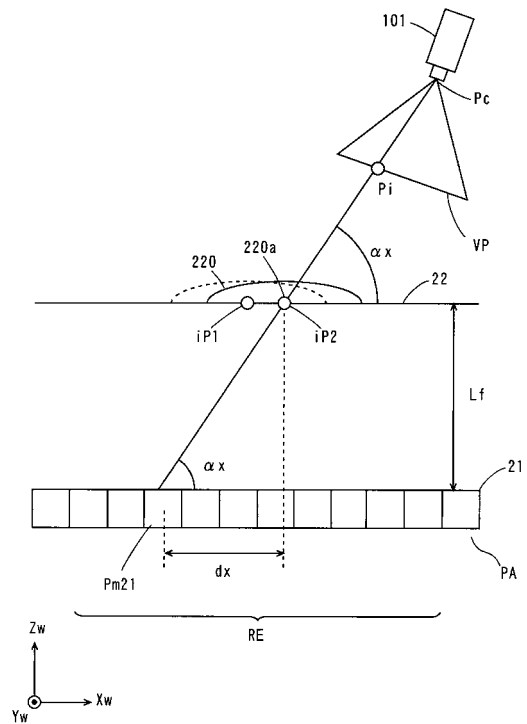
【図18】



【図19】



【図20】



フロントページの続き

(72)発明者 井ノ上 直己

東京都小金井市貫井北町4 - 2 - 1 独立行政法人情報通信研究機構内

審査官 杉山 輝和

(56)参考文献 特開2006 - 162945 (JP, A)

国際公開第2006 / 072234 (WO, A1)

国際公開第2007 / 072358 (WO, A1)

特開2004 - 336239 (JP, A)

特開2007 - 065441 (JP, A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G02B 27/22

H04N 13/00 - 13/04