

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第5398015号
(P5398015)

(45) 発行日 平成26年1月29日(2014.1.29)

(24) 登録日 平成25年11月1日(2013.11.1)

(51) Int.Cl.		F I
GO2B 27/22	(2006.01)	GO2B 27/22
HO4N 13/04	(2006.01)	HO4N 13/04
GO3B 35/20	(2006.01)	GO3B 35/20

請求項の数 6 (全 24 頁)

(21) 出願番号	特願2010-147955 (P2010-147955)	(73) 特許権者	301022471 独立行政法人情報通信研究機構 東京都小金井市貫井北町4-2-1
(22) 出願日	平成22年6月29日(2010.6.29)	(74) 代理人	100098305 弁理士 福島 祥人
(65) 公開番号	特開2012-13788 (P2012-13788A)	(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
(43) 公開日	平成24年1月19日(2012.1.19)	(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
審査請求日	平成25年5月10日(2013.5.10)	(72) 発明者	安藤 広志 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】 立体ディスプレイおよび立体画像提示方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

立体形状データに基づいて立体画像を提示するための立体ディスプレイであって、

錐体形状または柱体形状を有するとともに前記錐体形状または前記柱体形状の底部が基準面上に開口するように配置される光線制御子と、

前記基準面の下方でかつ前記光線制御子の外側から複数の光線からなる光線群を前記光線制御子の外周面に照射するように前記光線制御子の周囲に配置された光線発生器と、

前記立体形状データに基づいて、前記複数の光線発生器により発生される光線群により立体画像が提示されるように前記光線発生器を制御する制御手段とを備え、

前記光線制御子は、前記光線発生器により照射された各光線を周方向において拡散させずに透過させるとともに稜線方向において拡散させて透過させるように形成され、

前記制御手段は、前記光線発生器により発生される各光線が前記光線制御子の外周面に交差する第1の交点と、前記光線制御子を透過して前記光線制御子で拡散する光線が観察位置の範囲を表す視域に交差する第2の交点とを通る直線を取得し、取得された直線が提示されるべき立体画像と交差する第3の交点の位置を算出し、前記第3の交点における前記提示されるべき立体画像の色を前記光線の色として設定するとともに、それぞれ設定された色を有する複数の光線からなる光線群を発生するように前記光線発生器を制御することを特徴とする立体ディスプレイ。

【請求項2】

前記光線発生器は、前記光線群を出射する出射点をそれぞれ有し、

10

20

前記視域は、前記光線制御子の軸を中心としかつ前記軸に垂直な円環状視域であり、

前記制御手段は、前記出射点および前記第 1 の交点を通りかつ前記軸に平行な面を算出し、前記面と前記円環状視域との交点の位置を前記第 2 の交点の位置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。

【請求項 3】

前記制御手段は、前記第 1 および第 2 の交点を通る直線が前記提示されるべき立体画像と複数の点で交差する場合に、前記第 2 の交点に最も近い交点の位置を前記第 3 の交点の位置として算出することを特徴とする請求項 1 または 2 記載の立体ディスプレイ。

【請求項 4】

前記基準面は、テーブルの天板の上面であり、前記天板は開口部を有し、前記光線制御子は、前記天板の前記開口部に嵌め込まれたことを特徴とする請求項 1 ~ 3 のいずれかに記載の立体ディスプレイ。

【請求項 5】

前記光線発生器は 1 または複数のプロジェクタを含むことを特徴とする請求項 1 ~ 4 のいずれかに記載の立体ディスプレイ。

【請求項 6】

立体形状データに基づいて立体ディスプレイにおいて立体画像を提示する立体画像提示方法であって、

前記立体ディスプレイは、錐体形状または柱体形状を有するとともに前記錐体形状または前記柱体形状の底部が基準面上に開口するように配置される光線制御子と、基準面の下方でかつ前記光線制御子の外側から複数の光線からなる光線群を前記光線制御子の外周面に照射するように前記光線制御子の周囲に配置された光線発生器とを備え、

前記光線制御子は、前記光線発生器により照射された各光線を周方向において拡散させずに透過させるとともに稜線方向において拡散させて透過させるように形成され、

前記立体画像提示方法は、

前記光線発生器により発生されるべき複数の光線にそれぞれ色を設定するステップと、

前記光線発生器から前記光線制御子の外周面にそれぞれ設定された色を有する複数の光線を照射するステップとを備え、

前記設定するステップは、

前記光線発生器により発生される各光線が前記光線制御子の外周面に交差する第 1 の交点の位置と、前記光線制御子を透過して前記光線制御子で拡散する光線が観察位置の範囲を表す視域に交差する第 2 の交点とを通る直線を取得するステップと、

前記算出された直線が提示されるべき立体画像と交差する第 3 の交点の位置を算出するステップと、

前記第 3 の交点における前記提示されるべき立体画像の色を前記光線の色として設定するステップとを含むことを特徴とする立体画像提示方法。

【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および立体画像提示方法に関する。

【背景技術】

【0002】

テーブルの周囲に複数の人が集い、共同作業をする場面が多々見られる。テーブルを共同作業するためのツールとみなし、このツールを用いた共同作業をコンピュータを使用して支援する種々の研究が行われている。例えば、C S C W (Computer Supported Cooperative Work: コンピュータ支援協調作業) およびグループウェアの研究が挙げられる。

【0003】

テーブル上の作業をデジタル化することの利点としては、作業の過程を電子的に記録できる、および遠隔地間での情報の共有ができる等が挙げられる。従来の研究で表示される画像はテーブルにプロジェクタで投影されるか、またはテーブル自体がLCD(液晶表示

10

20

30

40

50

装置)等のディスプレイからなる。いずれの場合も二次元の平面画像が表示される。

【0004】

このような平面画像では、書類のような情報しか提示できず、立体的な三次元形状の情報は提示できない。また、単一の平面画像を表示した場合、テーブルを取り囲む人の位置によっては情報が逆になるため、非常に見にくい。

【0005】

上記の課題を解決するために、テーブル上に立体画像を提示する方法が提案されている。例えば特許文献1に記載される立体ディスプレイにおいては、複数のプロジェクタから出射される光線によってテーブル上に仮想的な点光源の集合が形成される。それにより、テーブル上に立体画像が提示される。

10

【先行技術文献】

【特許文献】

【0006】

【特許文献1】特開2010-32952号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0007】

立体画像を用いた共同作業を円滑に行うためには、複数の人が立体画像を違和感なく正確に認識可能であることが望まれる。そのため、自然で精細な立体画像の提示が求められる。

20

【0008】

本発明の目的は、自然で精細な立体画像を提示可能な立体ディスプレイおよび立体画像提示方法を提供することである。

【課題を解決するための手段】

【0009】

(1)第1の発明に係る立体ディスプレイは、立体形状データに基づいて立体画像を提示するための立体ディスプレイであって、錐体形状または柱体形状を有するとともに錐体形状または柱体形状の底部が基準面上に開口するように配置される光線制御子と、基準面の下方でかつ光線制御子の外側から複数の光線からなる光線群を光線制御子の外周面に照射するように光線制御子の周囲に配置された光線発生器と、立体形状データに基づいて、複数の光線発生器により発生される光線群により立体画像が提示されるように光線発生器を制御する制御手段とを備え、光線制御子は、光線発生器により照射された各光線を周方向において拡散させずに透過させるとともに稜線方向において拡散させて透過させるように形成され、制御手段は、光線発生器により発生される各光線が光線制御子の外周面に交差する第1の交点と、光線制御子を透過して光線制御子で拡散する光線が観察位置の範囲を表す視域に交差する第2の交点とを通る直線を取得し、取得された直線が提示されるべき立体画像と交差する第3の交点の位置を算出し、第3の交点における提示されるべき立体画像の色を光線の色として設定するとともに、それぞれ設定された色を有する複数の光線からなる光線群を発生するように光線発生器を制御するものである。

30

【0010】

その立体ディスプレイにおいては、光線制御子が錐体形状または柱体形状を有する。この光線制御子は、錐体形状の底部が基準面上に開口するように配置される。また、光線発生器が、基準面の下方でかつ光線制御子の外側から複数の光線からなる光線群を光線制御子の外周面に照射するように光線制御子の周囲に配置される。立体形状データに基づいて、複数の光線発生器により発生される光線群により立体画像が提示されるように、複数の光線発生器が制御手段により制御される。

40

【0011】

なお、錐体形状は、円錐、楕円錐または多角錐に限定されず、円錐台、楕円錐台または角錐台を含む。また、柱体形状は、円柱、楕円柱および角柱を含む。

【0012】

50

この場合、光線制御子は、光線発生器により照射された各光線を周方向において拡散させずに透過させる。それにより、光線発生器からの光線の各交点が点光源となる。観察者は、点光源の集合を実体物の立体形状として仮想的に知覚する。このとき、同じ点光源に交差する左眼の視線方向と右眼の視線方向とが異なるので、両眼視差が生じる。その結果、複数の点光源の集合により立体画像が提示される。

【0013】

また、光線制御子は、光線発生器により照射された各光線を稜線方向において拡散させて透過させる。それにより、簡単な構成で、光線発生器の稜線方向における任意の位置から共通の観察位置に光線が到達する。

【0014】

光線発生器により発生される各光線は、光線制御子の外周面に第1の交点で交差し、光線制御子を透過するとともに光線制御子で拡散し、観察位置の範囲を表す視域に第2の交点で交差する。第1および第2の交点を通る直線が提示されるべき立体画像と交差する第3の交点の位置が制御手段により算出される。算出された第3の交点における立体画像の色が光線の色として制御手段により設定される。それぞれ設定された色を有する複数の光線からなる光線群が光線発生器により発生される。これにより、提示すべき立体画像に応じて、各光線の色が適正に設定される。その結果、自然でかつ精細な立体画像を観察者に提示することができる。

【0015】

(2) 光線発生器は、光線群を出射する出射点をそれぞれ有し、視域は、光線制御子の軸を中心としかつ軸に垂直な円環状視域であり、制御手段は、出射点および第1の交点を通りかつ軸に平行な面を算出し、面と円環状視域との交点の位置を第2の交点の位置として算出してもよい。

【0016】

この場合、出射点および前記第1の交点を通りかつ軸に平行な面ならびに円環状視域に基づいて、容易に第2の交点を算出することができる。

【0017】

(3) 制御手段は、第1および第2の交点を通る直線が提示されるべき立体画像と複数の点で交差する場合に、第2の交点に最も近い交点の位置を第3の交点の位置として算出してもよい。

【0018】

この場合、第1および第2の交点を通る直線と提示されるべき立体画像との複数の交点のうち、第2の交点に最も近い交点で提示されるべき色が、第2の交点に到達する光線の色として設定される。それにより、第2の交点において観察されるべき立体画像の色が正確に光線に設定される。

【0019】

(4) 基準面は、テーブルの天板の上面であり、天板は開口部を有し、光線制御子は、天板の開口部に嵌め込まれてもよい。

【0020】

この場合、テーブルの天板上の空間に立体画像が提示される。それにより、テーブルを囲んで複数人により同じ立体画像を用いた作業を気軽に行うことができる。なお、開口部に透明材料からなる蓋が嵌め込まれてもよい。

【0021】

(5) 光線発生器は1または複数のプロジェクタを含んでもよい。この場合、プロジェクタにより複数の光線からなる光線群を容易に光線制御子の外周面に照射することができる。

【0022】

(6) 第2の発明に係る立体画像提示方法は、立体形状データに基づいて立体ディスプレイにおいて立体画像を提示する立体画像提示方法であって、立体ディスプレイは、錐体形状または柱体形状を有するとともに錐体形状または柱体形状の底部が基準面上に開口す

10

20

30

40

50

るように配置される光線制御子と、基準面の下方でかつ光線制御子の外側から複数の光線からなる光線群を光線制御子の外周面に照射するように光線制御子の周囲に配置された光線発生器とを備え、光線制御子は、光線発生器により照射された各光線を周方向において拡散させずに透過させるとともに稜線方向において拡散させて透過させるように形成され、立体画像提示方法は、光線発生器により発生されるべき複数の光線にそれぞれ色を設定するステップと、光線発生器から光線制御子の外周面にそれぞれ設定された色を有する複数の光線を照射するステップとを備え、設定するステップは、光線発生器により発生される各光線が光線制御子の外周面に交差する第1の交点の位置と、光線制御子を透過して光線制御子で拡散する光線が観察位置の範囲を表す視域に交差する第2の交点とを通る直線を取得するステップと、算出された直線が提示されるべき立体画像と交差する第3の交点の位置を算出するステップと、第3の交点における提示されるべき立体画像の色を光線の色として設定するステップとを含むものである。

10

【0023】

立体ディスプレイにおいては、光線制御子が錐体形状または柱体形状を有する。この光線制御子は、錐体形状の底部が基準面上に開口するように配置される。また、光線発生器が、基準面の下方でかつ光線制御子の外側から複数の光線からなる光線群を光線制御子の外周面に照射するように光線制御子の周囲に配置される。

【0024】

なお、錐体形状は、円錐、楕円錐または多角錐に限定されず、円錐台、楕円錐台または角錐台を含む。また、柱体形状は、円柱、楕円柱および角柱を含む。

20

【0025】

この場合、光線制御子は、光線発生器により照射された各光線を周方向において拡散させずに透過させる。それにより、光線発生器からの光線の各交点が点光源となる。観察者は、点光源の集合を実体物の立体形状として仮想的に知覚する。このとき、同じ点光源に交差する左眼の視線方向と右眼の視線方向とが異なるので、両眼視差が生じる。その結果、複数の点光源の集合により立体画像が提示される。

【0026】

また、光線制御子は、光線発生器により照射された各光線を稜線方向において拡散させて透過させる。それにより、簡単な構成で、光線発生器の稜線方向における任意の位置から共通の観察位置に光線が到達する。

30

【0027】

光線発生器により発生される各光線は、光線制御子の外周面に第1の交点で交差し、光線制御子を透過するとともに光線制御子で拡散し、観察位置の範囲を表す視域に第2の交点で交差する。

【0028】

立体画像提示方法においては、第1および第2の交点を通る直線が取得され、取得された直線が提示されるべき立体画像と交差する第3の交点の位置が算出される。算出された第3の交点における立体画像の色が光線の色として設定される。それぞれ設定された色を有する複数の光線からなる光線群が光線発生器により発生される。これにより、提示すべき立体画像に応じて、各光線の色が適正に設定される。その結果、自然でかつ精細な立体画像を観察者に提示することができる。

40

【発明の効果】

【0029】

本発明によれば、提示すべき立体画像に応じて、各光線の色が適正に設定される。その結果、自然でかつ精細な立体画像を観察者に提示することができる。

【図面の簡単な説明】

【0030】

【図1】本発明の第1の実施の形態に係る立体ディスプレイの模式的断面図である。

【図2】図1の立体ディスプレイの模式的平面図である。

【図3】図1および図2の立体ディスプレイに用いられる光線制御子の斜視図である。

50

【図4】走査型プロジェクタの動作を説明するための模式的平面図である。

【図5】立体画像の提示方法を説明するための模式的平面図である。

【図6】立体画像の提示方法を説明するための模式的断面図である。

【図7】本実施の形態に係る立体ディスプレイにおける両眼視差の発生原理を説明するための模式的平面図である。

【図8】プロジェクタから出射される各光線の色の設定方法について説明するための模式的斜視図である。

【図9】プロジェクタから出射される各光線の色の設定方法について説明するための模式的鉛直断面図である。

【図10】プロジェクタから出射される各光線の色の設定方法について説明するための模式的平面図である。

10

【図11】投影ベクトル、アップベクトル、画角および画素データについて説明するための図である。

【図12】制御装置の動作を示すフローチャートである。

【図13】本発明の第2の実施の形態に係る立体ディスプレイの模式的断面図である。

【図14】図13の立体ディスプレイの模式的平面図である。

【図15】立体画像の提示方法を説明するための模式的平面図である。

【図16】本発明の第3の実施の形態に係る立体ディスプレイの模式的断面図である。

【図17】図16の立体ディスプレイの模式的平面図である。

【発明を実施するための形態】

20

【0031】

(1)第1の実施の形態

(1-1)立体ディスプレイの構成

図1は本発明の第1の実施の形態に係る立体ディスプレイの模式的断面図である。図2は図1の立体ディスプレイの模式的平面図である。図3は図1および図2の立体ディスプレイに用いられる光線制御子の斜視図である。

【0032】

図1に示すように、立体ディスプレイは、円錐台形状の光線制御子1、複数のプロジェクタ2、制御装置3および記憶装置4により構成される。

【0033】

30

図1および図2の立体ディスプレイは、テーブル5に設けられる。テーブル5は、天板51および複数の脚52からなる。天板51は円形孔部を有する。

【0034】

図3に示されるように、光線制御子1は、軸Cを中心として回転対称な円錐台形状を有する。光線制御子1の大径の底部および小径の底部は開口している。光線制御子1は、入射した光線が稜線方向Tにおいては拡散して透過しかつ軸Cを中心とする円周方向Rにおいては拡散せずに直進して透過するように形成されている。

【0035】

本実施の形態の形態では、光線制御子1が円錐台形状を有するが、これに限定されず、光線制御子1が円錐形状を有してもよく、あるいは多角錐台形状または多角錐形状を有してもよい。これらの形状を錐体形状と呼ぶ。

40

【0036】

図1に示すように、光線制御子1は、大径の底部開口が上方を向くように天板51の円形孔部に嵌め込まれる。テーブル5の周囲にいる観察者10は、テーブル5の天板51の斜め上方から光線制御子1の内周面を観察することができる。

【0037】

テーブル5の下方には、複数のプロジェクタ2が光線制御子1の軸Cを中心とする円周上に配置されている。複数のプロジェクタ2は、光線制御子1の斜め下方から光線制御子1の外周面に光を照射するように設けられる。なお、テーブル51の円形孔部に透明の円形板が嵌め込まれてもよい。

50

【 0 0 3 8 】

プロジェクタ 2 は、二次元的な画像を光線制御子 1 の外周面に投影するように、複数の光線からなる光線群を出射する。プロジェクタ 2 としては、例えば、走査型プロジェクタが用いられる。走査型プロジェクタは、レーザ光からなる光線を出射するとともにその光線を水平面内および垂直面内で偏向させることにより、擬似的に複数の光線からなる光線群を出射する。なお、プロジェクタ 2 として、LCD (液晶ディスプレイ)、DMD (デジタルミラーデバイス) または LCOS (Liquid Crystal on Silicon) 等の空間光変調器および投影レンズを備えたプロジェクタが用いられてもよい。

【 0 0 3 9 】

記憶装置 4 は、例えばハードディスク、メモリカード等からなる。記憶装置 4 には、立体画像 100 を提示するための立体形状データが記憶される。制御装置 3 は、例えばパーソナルコンピュータからなる。制御装置 3 は、記憶装置 4 に記憶される立体形状データに基づいて複数のプロジェクタ 2 を制御する。それにより、光線制御子 1 の上方に立体画像 300 が提示される。

10

【 0 0 4 0 】

(1 - 2) プロジェクタ 2 の動作

図 4 はプロジェクタ 2 の動作を説明するための模式的平面図である。図 4 には 1 つのプロジェクタ 2 のみが示される。

【 0 0 4 1 】

上記のように、各プロジェクタ 2 は、光線制御子 1 の外周面に二次元的な画像を投影するように光線群を出射する。この場合、光線群の各光線が、投影される画像の各画素に対応する。各光線の色 (各画素の色) は、提示されるべき立体画像 300 に応じて設定される。各光線の色 of の具体的な設定方法については後述する。

20

【 0 0 4 2 】

なお、プロジェクタ 2 として走査型プロジェクタを用いる場合には、光線の出射方向ごとに光線の色が設定される。これにより、擬似的に上記同様の光線群を形成することができる。

【 0 0 4 3 】

図 4 において、プロジェクタ 2 は、複数の光線 L 1 ~ L 1 1 を光線制御子 1 に照射する。光線 L 1 ~ L 1 1 は、それぞれ任意の色に設定される。それにより、光線制御子 1 の複数の位置 P 1 ~ P 1 1 をそれぞれ設定された色の光線 L 1 ~ L 1 1 が透過する。

30

【 0 0 4 4 】

光線制御子 1 は、円周方向において光線 L 1 ~ L 1 1 を拡散させずに直線状に透過させるので、観察者は、ある位置で一本の光線のみを視認することができる。また、光線制御子 1 は、光線 L 1 ~ L 1 1 を垂直方向において拡散させて透過させるので、観察者は、一本の光線を上下方向の任意の位置から視認することができる。

【 0 0 4 5 】

(1 - 3) 立体画像 300 の提示方法

図 5 は立体画像 300 の提示方法を説明するための模式的平面図である。図 5 においては、3 つのプロジェクタ 2 A , 2 B , 2 C が示される。

40

【 0 0 4 6 】

例えば、光線制御子 1 の上方の位置 P R に赤色の画素を提示する場合には、プロジェクタ 2 A から位置 P R を通る方向に赤色の光線 L A 0 を出射し、プロジェクタ 2 B から位置 P R を通る方向に赤色の光線 L B 0 を出射し、プロジェクタ 2 C から位置 P R を通る方向に赤色の光線 L C 0 を出射する。それにより、赤色の光線 L A 0 , L B 0 , L C 0 の交点に点光源となる赤色の画素が提示される。この場合、観察者の眼が位置 I A 0 にある場合、位置 I B 0 にある場合および位置 I C 0 にある場合に、位置 P R に赤色の画素が見える。

【 0 0 4 7 】

同様にして、光線制御子 1 の上方の位置 P G に緑色の画素を提示する場合には、プロジ

50

ェクタ 2 A から位置 P G を通る方向に緑色の光線 L A 1 を出射し、プロジェクタ 2 B から位置 P G を通る方向に緑色の光線 L B 1 を出射し、プロジェクタ 2 C から位置 P G を通る方向に緑色の光線 L C 1 を出射する。

【 0 0 4 8 】

それにより、緑色の光線 L A 1 , L B 1 , L C 1 の交点に点光源となる緑色の画素が提示される。この場合、観察者の眼が位置 I A 1 にある場合、位置 I B 1 にある場合および位置 I C 1 にある場合に、位置 P G に緑色の画素が見える。

【 0 0 4 9 】

このようにして、複数のプロジェクタ 2 A , 2 B , 2 C の各々から立体画像 3 0 0 の各位置を通る方向に提示すべき色の光線が出射される。

10

【 0 0 5 0 】

プロジェクタ 2 A , 2 B , 2 C を含む複数のプロジェクタが円周上に密に並べられており、それらの複数のプロジェクタから出射される光線群によって光線制御子 1 の内部の空間が十分に密に交点群で満たされていれば、円周上のいずれの方向から光線制御子 1 の内部を観察しても位置 P R , P G を通過する適切な光線が目に入射することになり、人の目はそこに点光源があるように認識する。実物体の表面にて反射または拡散した照明光を人は物体として認識するので、物体の表面は点光源の集合とみなすことができる。すなわち、物体の表面としたいある位置 P R , P G の色を複数のプロジェクタ 2 A , 2 B , 2 C より飛来する光線によって適切に再現することにより、立体画像 3 0 0 を提示することができる。

20

【 0 0 5 1 】

このようにして、立体画像 3 0 0 を光線制御子 1 の内部および上方の空間に提示することができる。この場合、観察者は、円周方向における異なる位置で同一の立体画像 3 0 0 をそれぞれ異なる方向から視認することができる。

【 0 0 5 2 】

図 6 は立体画像 3 0 0 の提示方法を説明するための模式的断面図である。図 6 においては、1つのプロジェクタ 2 が示される。

【 0 0 5 3 】

図 6 に示すように、プロジェクタ 2 から出射された光線は、光線制御子 1 で拡散角 θ で垂直方向において拡散される。それにより、観察者は、拡散角 θ の範囲内において垂直方向の異なる位置でプロジェクタ 2 から出射される同じ色の光線を見ることができる。例えば、観察者が視線を基準の位置 E から上方の位置 E ' に移動させた場合でも、立体画像 3 0 0 の同じ部分を見ることができる。この場合、垂直方向における観察者の眼の位置により観察者が視認する立体画像 3 0 0 の位置が移動する。このように、プロジェクタ 2 から出射された光線が光線制御子 1 で垂直方向において拡散されるため、観察者が視線を上下に移動させても立体画像 3 0 0 を観察することができる。

30

【 0 0 5 4 】

図 1 の複数のプロジェクタ 2 により出射される光線群の各光線の色は、記憶装置 4 に記憶される立体形状データに基づいて制御装置 3 により設定される。各光線の色具体的な設定方法については後述する。

40

【 0 0 5 5 】

制御装置 3 は、設定した光線群の各光線の色に基づいて複数のプロジェクタ 2 を制御する。それにより、光線制御子 1 の上方に立体画像 3 0 0 が提示されるように、各プロジェクタ 2 から設定された色をそれぞれ有する光線群が出射される。

【 0 0 5 6 】

上記のようにして、本実施の形態に係る立体ディスプレイによれば、立体画像 3 0 0 の指向性表示が可能となる。

【 0 0 5 7 】

(1 - 4) 両眼視差の発生原理

ここで、本実施の形態に係る立体ディスプレイにおける両眼視差の発生原理について説

50

明する。

【 0 0 5 8 】

図 7 は本実施の形態に係る立体ディスプレイにおける両眼視差の発生原理を説明するための模式的平面図である。図 7 には、4つのプロジェクタ 2 a , 2 b , 2 c , 2 d が示される。

【 0 0 5 9 】

図 7 において、観察者が光線制御子 1 の点 P 3 1 を見た場合には、右眼 1 0 0 R にプロジェクタ 2 a から出射された光線 L a が入射し、左眼 1 0 0 L にプロジェクタ 2 b から出射された光線 L b が入射する。また、観察者が光線制御子 1 の点 P 3 2 を見た場合には、右眼 1 0 0 R にプロジェクタ 2 c から出射された光線 L c が入射し、左眼 1 0 0 L にプロ
10

【 0 0 6 0 】

ここで、光線 L a の色と光線 L d の色とは同じであり、光線 L b の色は光線 L a の色と異なり、光線 L c の色は光線 L d の色とは異なるとする。この場合、光線制御子 1 上の点 P 3 1 の色は見る方向により異なる。また、光線制御子 1 上の点 P 3 2 の色も見る方向により異なる。

【 0 0 6 1 】

光線 L a により立体画像 3 0 0 の点 P a が作られ、光線 L b により立体画像 3 0 0 の点 P b が作られ、光線 L c により立体画像 3 0 0 の点 P c が作られ、光線 L d により立体画像 3 0 0 の点 P d が作られる。
20

【 0 0 6 2 】

図 7 の例では、立体画像 3 0 0 の点 P a と点 P d とが同じ位置にある。すなわち、光線 L a と光線 L d との交点に立体画像 3 0 0 の点 P a , P d が作られる。点 P a , P d は、仮想的な点光源となすことができる。この場合、右眼 1 0 0 R で点 P a , P d を見る方向と左眼 1 0 0 L で点 P a , P d を見る方向とが異なる。すなわち、右眼 1 0 0 R の視線方向と左眼 1 0 0 L の視線方向との間に輻輳角がある。これにより、光線群により形成される画像の立体視が可能となる。

【 0 0 6 3 】

(1 - 5) 光線の色の設定方法

図 8 ~ 図 1 0 は、プロジェクタ 2 から出射される各光線の色の設定方法について説明するための模式的斜視図、模式的鉛直断面図および模式的平面図である。ここでは、1つのプロジェクタ 2 から出射される任意の光線 L n の色の設定方法について説明する。図 8 ~ 図 1 0 においては、建物の立体画像 3 0 0 が示される。
30

【 0 0 6 4 】

以下の説明において、座標とは、予め定義されたワールド座標系における座標を意味する。例えば、水平面上で互いに直交する 2 軸がワールド座標系の X 軸および Z 軸として定義され、鉛直方向に沿う軸がワールド座標系の Y 軸として定義される。

【 0 0 6 5 】

また、複数の観察者 1 0 (図 1) がテーブル 5 (図 1) の周囲に着座している場合には、複数の観察者 1 0 の眼は、光線制御子 1 の軸 C からほぼ一定の距離でかつほぼ一定の高さの位置 (基準の位置) にあるとみなすことができる。そこで、複数の観察者 1 0 の眼が位置する円環状の領域を円環状視域 5 0 0 として設定する。
40

【 0 0 6 6 】

図 8 ~ 図 1 0 において、プロジェクタ 2 の出射点 2 0 から光線 L n が出射される。なお、投影レンズを有するプロジェクタ 2 が用いられる場合には、投影レンズの光学中心が出射点 2 0 に相当する。複数のプロジェクタ 2 の出射点 2 0 は、光線制御子 1 の軸 C を中心としかつ水平面に平行な円環上にそれぞれ位置する。

【 0 0 6 7 】

光線 L n は、光学制御子 1 と交点 C P 1 で交差し、鉛直面内で拡散する。すなわち、出射点 2 0 および交点 C P 1 を通る鉛直面 F n (図 1 0) 内で光線 L n が扇状に拡がる。そ
50

の拡散光の一部が、円環状視域500と交点CP2で交差する。この場合、交点CP2において光線Lnを観察することができる。

【0068】

本例では、交点CP1, CP2を通る直線Lと、提示すべき立体画像300との交点のうち、最も交点CP2に近い交点CP3から交点CP2に向かう色が光線Lnによって提示されるように、光線Lnの色が設定される。

【0069】

ここで、プロジェクタ2により画像が投影される仮想的な投影面Fpを考える。投影面Fpは、例えば、プロジェクタ2の光軸に垂直な平面である。プロジェクタ2の光軸とは、プロジェクタ2の走査範囲の中心に出射される光線の軸をいう。投影面Fpに形成される画像の各画素の座標は、プロジェクタ2の出射点20の座標、ならびに以下に示す投影ベクトル、アップベクトル、画角および画素データに基づいて一義的に求めることができる。なお、画素の座標とは、画素の位置を一義的に示す座標であり、例えば画素の中心点の座標である。以下、投影面Fpに形成される画像の各画素を単に投影面Fp上における各画素と呼ぶ。

【0070】

図11は、投影ベクトル、アップベクトル、画角および画素データについて説明するための図である。図11(a)には、プロジェクタ2の模式的側面が示され、図11(b)には、プロジェクタ2の模式的平面が示される。図11(a)および図11(b)に示すように、プロジェクタ2の光軸OLにそれぞれ垂直な4方向がプロジェクタ2の上方向、下方向、左方向および右方向と定義される。上方向および下方向は互いに逆向きであり、左方向および右方向は互いに逆向きである。また、上方向および下方向は左方向および右方向に対してそれぞれ垂直である。複数のプロジェクタ2の光軸OLは、光線制御子1の軸C上の一点で互いに交わる。プロジェクタ2の上方向、下方向、左方向および右方向は、プロジェクタ2により図8～図10の投影面Fpに投影される画像の上下左右に対応するように定義される。

【0071】

投影ベクトルvpは、プロジェクタ2の光軸OL上における光線の出射方向を示す。アップベクトルvuは、プロジェクタ2の上方向を示す。

【0072】

画角は、出射点20から出射される光線群の広がり角度であり、プロジェクタ2の上下方向における光線群の広がり角度(以下、縦画角と呼ぶ) 1およびプロジェクタ2の左右方向における光線群の広がり角度(以下、横画角と呼ぶ) 2を含む。画素データは、プロジェクタ2の上下方向における画素の数(以下、縦画素数と呼ぶ)およびプロジェクタ2の左右方向における画素の数(以下、横画素数と呼ぶ)を含む。

【0073】

ここで、出射点20の座標をプロジェクタ2の位置とする。投影ベクトルvpおよびアップベクトルvuにより、プロジェクタ2の姿勢を表すことができる。出射点20の座標、投影ベクトルvpおよびアップベクトルvuに基づいて、対応するプロジェクタ2の投影面Fpの位置を求めることができる。

【0074】

また、縦画角 1に基づいて投影面Fpの上下方向のサイズを求めることができ、横画角 2に基づいて投影面Fpの左右方向のサイズを求めることができる。さらに、画素データに基づいて投影面Fpの上下方向および左右方向における画素の間隔を求めることができる。すなわち、投影面Fpの上下方向のサイズを縦画素数で除した値が上下方向における画素の間隔となり、投影面Fpの左右方向のサイズを横画素数で除した値が左右方向における画素の間隔となる。これにより、投影面Fp上における各画素の座標を求めることができる。

【0075】

なお、投影面Fpを二次元の座標平面と考えた場合、投影面Fp上における各画素の座

10

20

30

40

50

標を二次元の座標で表すことができる。その二次元の座標をワールド座標系における三次元の座標に変換してもよい。

【 0 0 7 6 】

投影面 F_p 上における各画素の位置は、出射点 20 から出射される各光線と投影面 F_p との交点の位置と一致する。そのため、出射点 20 の座標および投影面 F_p における各画素の座標に基づいて、各光線の方法を示すベクトルを求めることができる。

【 0 0 7 7 】

図 8 ~ 図 10 において、出射点 20 の座標を P_p とし、光線 L_n に対応する画素 T_n の座標を P_i とする。その場合、光線 L_n の方向を示す方向ベクトル v_s は、座標 P_p の位置ベクトル $v(P_p)$ および座標 P_i の位置ベクトル $v(P_i)$ を用いて、 $\{v(P_i) - v(P_p)\}$ で表される。

10

【 0 0 7 8 】

光線制御子 1 の位置および形状が既知である場合、出射点 20 の座標 P_p および方向ベクトル v_s に基づいて、光線 L_n と光線制御子 1 との交点 $CP1$ の座標 P_s を求めることができる。また、出射点 20 の座標 P_p および交点 $CP1$ の座標 P_s に基づいて、出射点 20 および交点 $CP1$ を通る鉛直面 F_n (図 10) を求めることができる。

【 0 0 7 9 】

鉛直面 F_n (図 10) と円環状視域 500 との交点は、光線 L_n の拡散光と円環状視域 500 との交点 $CP2$ に相当する。それにより、求められた鉛直面 F_n および予め設定された円環状視域 500 の高さおよび半径に基づいて、交点 $CP2$ の座標 P_e を求めることができる。

20

【 0 0 8 0 】

光線 L_n の拡散光のうち交点 $CP2$ で観察可能な光線のベクトル v_e は、座標 P_s の位置ベクトル $v(P_s)$ および座標 P_e の位置ベクトル $v(P_e)$ を用いて、 $\{v(P_e) - v(P_s)\}$ で表される。したがって、交点 $CP1$, $CP2$ を通る直線 L は、 $\{v(P_s) + t v_e\}$ で表される。ここで、 t はスカラーであり、任意の実数である。

【 0 0 8 1 】

記憶装置 4 に予め記憶される立体形状データおよび求められた直線 L に基づいて、提示すべき立体画像 300 と直線 L との交点のうち、交点 $CP2$ に最も近い交点 $CP3$ の座標 P_a を求めることができる。また、立体形状データおよび求められた座標 P_a , P_e に基づいて、3DCG (三次元コンピュータグラフィックス) のレンダリングアルゴリズムにより、交点 $CP3$ から交点 $CP2$ に向けて (ベクトル v_e の方向に) 提示すべき色を算出することができる。この場合、フラットシェーディング、グーローシェーディング、フォンシェーディング、レイトレーシング、ラジオシティまたはフォトンマッピング等のレンダリングアルゴリズムを用いることができる。

30

【 0 0 8 2 】

上記のアルゴリズムにより算出された色が、光線 L_n の色 (画素 T_n の色) に設定される。このように、交点 $CP2$ から光線 L_n を逆に辿ることにより、光線 L_n に色を設定することができる。

【 0 0 8 3 】

40

(1 - 6) 制御部の動作

制御装置 3 は、図 8 ~ 図 10 に示した方法に従って、各プロジェクタ 2 から照射される光線の色を算出する。図 12 は、制御装置 3 の動作を示すフローチャートである。

【 0 0 8 4 】

なお、本例においては、全てのプロジェクタ 2 の投影中心 20 の座標、投影ベクトル、アップベクトル、画角および画素データ、光線制御子 1 の位置および形状、ならびに円環状視域 500 の高さおよび半径が予め記憶装置 4 に記憶される。以下の説明では、プロジェクタ 2 の投影中心 20 の座標、投影ベクトル、アップベクトル、画角および画素データをプロジェクタ情報と呼び、光線制御子 1 の位置および形状を制御子情報と呼び、円環状視域 500 の高さおよび半径を視域情報と呼ぶ。

50

【 0 0 8 5 】

図 1 2 に示すように、制御装置 3 は、まず、1 つのプロジェクト 2 を選択する（ステップ S 1 ）。次に、制御装置 3 は、選択したプロジェクト 2 のプロジェクト情報を記憶装置 4 から取得する（ステップ S 2 ）。次に、制御装置 3 は、選択したプロジェクト 2 の投影面 F_p 上における 1 つの画素 T_n を選択する（ステップ S 3 ）。次に、制御装置 3 は、取得したプロジェクト情報に基づいて、選択した画素 T_n の座標 P_i を算出する（ステップ S 4 ）。

【 0 0 8 6 】

次に、制御装置 3 は、算出した座標 P_i に基づいて、画素 T_n に対応する光線 L_n の方向を示すベクトル v_s を算出する（ステップ S 5 ）。次に、制御装置 3 は、記憶装置 4 から制御子情報を取得し、取得した制御子情報および算出したベクトル v_s に基づいて、光線 L_n と光線制御子 1 との交点 C_{P1} の座標 P_s を算出する（ステップ S 6 ）。

10

【 0 0 8 7 】

次に、制御装置 3 は、取得したプロジェクト情報に含まれる出射点 2 0 の座標 P_p 、および算出した座標 P_s に基づいて、出射点 2 0 および交点 C_{P1} を通る鉛直面 F_n を算出する（ステップ S 7 ）。次に、制御装置 3 は、記憶装置 4 から視域情報を取得し、取得した視域情報および算出した鉛直面 F_n に基づいて、鉛直面 F_n と円環状視域 5 0 0 との交点 C_{P2} の座標 P_e を算出する（ステップ S 8 ）。

【 0 0 8 8 】

次に、制御装置 3 は、算出した座標 P_s 、 P_e に基づいて、交点 C_{P1} 、 C_{P2} を通る直線 L を算出する（ステップ S 9 ）。次に、制御装置 3 は、記憶装置 4 から立体形状データを取得し、取得した立体形状データおよび算出した直線 L に基づいて、提示すべき立体画像 3 0 0 と直線 L との交点のうち、交点 C_{P2} に最も近い交点 C_{P3} の座標 P_a を算出する（ステップ S 1 0 ）。

20

【 0 0 8 9 】

次に、制御装置 3 は、取得した立体形状データおよび算出した座標 P_a 、 P_e に基づいて、3 D C G のレンダリングアルゴリズムにより、交点 C_{P3} から交点 C_{P2} に向けて提示すべき色を算出する（ステップ S 1 1 ）。算出された色が光線 L_n の色（画素 T_n の色）として設定される。

【 0 0 9 0 】

次に、制御部 3 は、ステップ S 1 で選択されたプロジェクト 2 に関して、全ての光線の色（全ての画素の色）が算出されたか否かを判定する（ステップ S 1 2 ）。全ての光線の色が算出されていない場合、制御部 3 は、ステップ S 3 の処理に戻り、投影面 F_p において前回のステップ S 3 で選択した画素に隣接する他の画素 T_n を選択する。この場合、制御部 3 は、選択した他の画素 T_n についてステップ S 3 ~ S 1 1 の処理を繰り返し、光線の色を算出する。

30

【 0 0 9 1 】

ステップ S 1 2 において、全ての光線の色が算出された場合、制御部 3 は、算出された色に基づいて画像データを生成し、その画像データをステップ S 1 で選択されたプロジェクト 2 に与える（ステップ S 1 3 ）。プロジェクト 2 は、与えられた画像データに基づいて、制御装置 3 により算出された色をそれぞれ有する光線群を出射し、画像データに対応する画像を光線制御子 1 に投影する。

40

【 0 0 9 2 】

次に、制御部 3 は、全てのプロジェクト 2 の画像データが生成されたか否かを判定する（ステップ S 1 4 ）。全てのプロジェクト 2 に対応する画像データが生成されていない場合、制御部 3 は、ステップ S 1 の処理に戻る。この場合、制御部 3 は、次のプロジェクト 2 を選択し、ステップ S 1 ~ S 1 3 の処理を繰り返す。

【 0 0 9 3 】

ステップ S 1 4 において、全てのプロジェクト 2 の画像データが生成された場合、制御部 3 は、処理を終了する。

50

【 0 0 9 4 】

なお、図 1 2 の例では、各光線の色の設定時に、プロジェクタ情報および視域情報に基づいて各光線に対応する直線 L が算出されるが、これに限らず、各光線に対応する直線 L が予め算出され、記憶装置 4 に記憶されてもよい。

【 0 0 9 5 】

この場合、記憶装置 4 に記憶された直線 L および立体形状データに基づいて、各光線の色が設定される。

【 0 0 9 6 】

(1 - 7) 第 1 の実施の形態の効果

本実施の形態に係る立体ディスプレイにおいては、各プロジェクタ 2 から出射される各光線と円環状視域 5 0 0 との交点の座標が算出され、算出された交点から各光線を逆に辿ることによって各光線に色が設定される。それにより、提示すべき立体画像に応じて各光線に適正に色を設定することができる。その結果、自然でかつ精細な立体画像を観察者 1 0 に提示することができる。

10

【 0 0 9 7 】

(2) 第 2 の実施の形態

本発明の第 2 の実施の形態に係る立体ディスプレイについて、上記第 1 の実施の形態と異なる点を説明する。

【 0 0 9 8 】

(2 - 1) 立体ディスプレイの構成

図 1 3 は本発明の第 1 の実施の形態に係る立体ディスプレイの模式的断面図である。図 1 4 は図 1 3 の立体ディスプレイの模式的平面図である。

20

【 0 0 9 9 】

図 1 3 に示すように、立体ディスプレイは、円錐台形状の光線制御子 1、複数のプロジェクタ 2、制御装置 3、記憶装置 4 および回転モジュール 6 により構成される。

【 0 1 0 0 】

図 1 3 および図 1 4 の立体ディスプレイにおいては、テーブル 5 の下方に、回転モジュール 6 が設けられる。回転モジュール 6 は、モータ 6 1、回転軸 6 2、回転台 6 3、信号伝送装置 6 4 および回転量計測器 6 5 により構成される。回転軸 6 2 は、鉛直方向に延び、光線制御子 1 の軸 C と共通の直線上に位置するようにモータ 6 1 に取り付けられる。回転軸 6 2 には、回転台 6 3 が水平姿勢で取り付けられる。回転軸 6 2 と回転台 6 3 との間には信号伝送装置 6 4 が設けられる。信号伝送装置 6 4 は、静止体と回転体との間で電力または信号を伝送するための装置である。信号伝送装置 6 4 としては、例えばスリッピングまたは光ロータリジョイント等を用いることができる。

30

【 0 1 0 1 】

また、回転軸 6 2 には、回転量計測器 6 5 が設けられる。回転量計測器 6 5 は、回転軸 6 2 の回転位置を検出するために用いられる。回転量計測器 6 5 としては、例えばロータリエンコーダ等を用いることができる。モータ 6 1 は、制御装置 3 により制御される。

【 0 1 0 2 】

回転台 6 3 上には、複数のプロジェクタ 2 が固定される。本実施の形態では、複数のプロジェクタ 2 は、光線制御子 1 の軸 C を中心とする円周上に等角度間隔で配置される。なお、複数のプロジェクタ 2 は、必ずしも等角度間隔で配置されなくてもよい。ただし、複数のプロジェクタ 2 の回転を安定させるため、および複数のプロジェクタ 2 の制御を容易にするためには、本実施の形態のように複数のプロジェクタ 2 が等角度間隔で配置されることが好ましい。複数のプロジェクタ 2 は、光線制御子 1 の斜め下方から光線制御子 1 の外周面に光線群を照射するように設けられる。

40

【 0 1 0 3 】

回転台 6 3 上の複数のプロジェクタ 2 および回転量計測器 6 5 は、信号伝送装置 6 4 を介して制御装置 3 に接続される。

【 0 1 0 4 】

50

モータ 6 1 が作動すると、回転軸 6 2 が回転台 6 3 および複数のプロジェクタ 2 とともに回転する。

【 0 1 0 5 】

回転台 6 3 の回転速度は、図 1 4 の例のようにプロジェクタ 2 の数が 6 台の場合には 1 秒間に 5 回転以上であることが好ましく、プロジェクタ 2 の数が 2 台の場合には 1 秒間に 1 5 回転以上であることが好ましく、プロジェクタ 2 の数が 3 台の場合には 1 秒間に 1 0 回転以上であることが好ましく、プロジェクタ 2 の数が 4 台の場合には 1 秒間に 7 . 5 回転以上であることが好ましい。プロジェクタ 2 の数が 1 台の場合には、回転台 6 3 の回転速度は 1 秒間に 3 0 回転以上であることが好ましい。すなわち、プロジェクタ 2 の数が n 台 (n は自然数) の場合には、回転台 6 3 の回転速度は 1 秒間に $3 0 / n$ 回転以上である

10

【 0 1 0 6 】

なお、上記の第 1 の実施の形態と同様に、テーブル 5 1 の円形孔部に透明の円形板が嵌め込まれてもよい。

【 0 1 0 7 】

(2 - 2) 立体画像 3 0 0 の提示方法

図 1 5 は立体画像 3 0 0 の提示方法を説明するための模式的平面図である。図 1 5 においては、1 つのプロジェクタ 2 が示される。

【 0 1 0 8 】

プロジェクタ 2 は、矢印の方向に移動する。例えば、光線制御子 1 の上方の位置 P R に赤色の画素を提示する場合には、時刻 t でプロジェクタ 2 から位置 P R を通る方向に赤色の光線 L R 0 を出射し、時刻 $t + 1$ でプロジェクタ 2 から位置 P R を通る方向に赤色の光線 L R 1 を出射し、時刻 $t + 2$ でプロジェクタ 2 から位置 P R を通る方向に赤色の光線 L R 2 を出射する。

20

【 0 1 0 9 】

それにより、赤色の光線 L R 0 , L R 1 , L R 2 の交点に点光源となる赤色の画素が提示される。この場合、観察者の眼が位置 I R 0 にある場合、位置 I R 1 にある場合および位置 I R 2 にある場合に、位置 P R に赤色の画素が見える。

【 0 1 1 0 】

同様にして、光線制御子 1 の上方の位置 P G に緑色の画素を提示する場合には、時刻 t でプロジェクタ 2 から位置 P G を通る方向に緑色の光線 L G 0 を出射し、時刻 $t + 1$ でプロジェクタ 2 から位置 P G を通る方向に緑色の光線 L G 1 を出射し、時刻 $t + 2$ でプロジェクタ 2 から位置 P G を通る方向に緑色の光線 L G 2 を出射する。

30

【 0 1 1 1 】

それにより、緑色の光線 L G 0 , L G 1 , L G 2 の交点に点光源となる緑色の画素が提示される。この場合、観察者の眼が位置 I G 0 にある場合、位置 I G 1 にある場合および位置 I G 2 にある場合に、位置 P G に緑色の画素が見える。

【 0 1 1 2 】

このようにして、各プロジェクタ 2 により異なる位置から立体画像 3 0 0 の各位置を通る方向に提示すべき色の光線が出射される。

40

【 0 1 1 3 】

回転する各プロジェクタ 2 から出射される光線群が小さな角度間隔ごとに制御されることにより光線制御子 1 の内部の空間が十分に密に交点群で満たされる。それにより、円周上のいずれの方向から光線制御子 1 の内部を観察しても位置 P R , P G を通過する適切な光線が目に入射することになり、人の目はそこに点光源があるように認識する。実物体の表面にて反射または拡散した照明光を人は物体として認識するので、物体の表面は点光源の集合とみなすことができる。すなわち、物体の表面としたいある位置 P R , P G の色を回転する各プロジェクタ 2 から出射される光線によって適切に再現することにより、立体画像 3 0 0 を提示することができる。

【 0 1 1 4 】

50

このようにして、立体画像 300 を光線制御子 1 の内部および上方の空間に提示することができる。この場合、観察者は、円周方向における異なる位置で同一の立体画像 300 をそれぞれ異なる方向から視認することができる。

【0115】

本実施の形態に係る立体ディスプレイにおいても、図 6 に示したように、プロジェクタ 2 から出射された光線は、光線制御子 1 で拡散角 θ で垂直方向において拡散される。それにより、観察者は、拡散角 θ の範囲内において垂直方向の異なる位置でプロジェクタ 2 から出射される同じ色の光線を見ることができる。

【0116】

図 13 の各プロジェクタ 2 から出射される光線群の各光線の色は、各プロジェクタ 2 の回転位置ごとに、図 8 ~ 図 10 に示した方法に従って、制御装置 3 により算出される。ここで、プロジェクタ 2 の回転位置とは、軸 C を中心とする基準の半径方向からのプロジェクタ 2 の回転角度をいう。

【0117】

制御装置 3 は、回転量計測器 65 の出力信号に基づいて各プロジェクタ 2 の回転位置を判定し、回転位置ごとに算出した光線群の各光線の色に基づいて各プロジェクタ 2 を制御する。それにより、光線制御子 1 の上方に立体画像 300 が提示されるように、各プロジェクタ 2 から算出された色をそれぞれ有する光線が出射される。

【0118】

この場合、制御装置 3 は、立体形状データに基づいて各プロジェクタ 2 から出射されるべき各光線の色を色データとして回転位置ごとに予め算出し、算出した色データを記憶装置 4 に記憶させてもよい。そして、立体画像 300 の提示の際に、回転量計測器 65 の出力信号に同期して記憶装置 4 から色データを読み出し、読み出した色データに基づいて各プロジェクタ 2 を制御してもよい。あるいは、制御装置 3 は、プロジェクタ 2 の回転中に回転量計測器 65 の出力信号に同期して立体形状データに基づいて各プロジェクタ 2 から出射されるべき各光線の色を色データとして算出し、算出した色データに基づいて各プロジェクタ 2 を制御してもよい。

【0119】

上記のようにして、本実施の形態に係る立体ディスプレイによれば、立体画像 300 の指向性表示が可能となる。

【0120】

また、本実施の形態に係る立体ディスプレイにおいても、図 7 を用いた発生原理で両眼視差が発生する。

【0121】

(2-4) 第 2 の実施の形態の効果

本実施の形態に係る立体ディスプレイにおいても、各プロジェクタ 2 から出射される各光線と円環状視域 500 との交点の座標が算出され、算出された交点から各光線を逆に辿ることによって各光線に色が設定される。それにより、提示すべき立体画像に応じて各光線に適正に色を設定することができる。その結果、自然でかつ精細な立体画像を観察者 10 に提示することができる。

【0122】

また、各プロジェクタ 2 が回転することにより、複数の回転位置から光線制御子 1 に光線群を照射することができる。それにより、少ない数のプロジェクタ 2 を用いて円周方向において途切れた部分を有しない連続的な立体画像 300 を光線制御子 1 の上方に提示することができる。

【0123】

(3) 第 3 の実施の形態

本発明の第 3 の実施の形態に係る立体ディスプレイについて、上記第 2 の実施の形態と異なる点を説明する。

【0124】

10

20

30

40

50

(3-1) 立体ディスプレイの構成

図16は本発明の第2の実施の形態に係る立体ディスプレイの模式的断面図である。図17は図16の立体ディスプレイの模式的平面図である。

【0125】

図16および図17の立体ディスプレイは、光線制御子1、複数のプロジェクタ2、制御装置3、記憶装置4および回転モジュール6に加えて複数のミラー7をさらに備える。

【0126】

複数のミラー7は、複数のプロジェクタ2に対応して設けられる。複数のプロジェクタ2は、回転台63上で回転軸62の近傍に軸Cを中心とする円周上に等角度間隔で配置される。複数のプロジェクタ2は、外方かつ斜め上方に光線群を出射するように設けられる。

10

【0127】

複数のミラー7は、複数のプロジェクタ2から出射される光線群を反射して光線制御子1の斜め下方から光線制御子1の外周面に照射するように回転台63上に設けられる。図17の例では、複数のミラー7が正多角形状に回転台63上に配置される。

【0128】

モータ61が作動すると、回転軸62が回転台63、複数のプロジェクタ2およびミラー7とともに回転する。この場合、回転する各プロジェクタ2から出射される光線群は、対応するミラー7で反射されて光線制御子1の外周面に照射される。

【0129】

20

(3-2) 第3の実施の形態の効果

本実施の形態に係る立体ディスプレイにおいても、各プロジェクタ2から出射される各光線と円環状視域500との交点の座標が算出され、算出された交点から各光線を逆に辿ることによって各光線に色が設定される。それにより、提示すべき立体画像に応じて各光線に適正に色を設定することができる。その結果、自然でかつ精細な立体画像を観察者10に提示することができる。

【0130】

また、複数のプロジェクタ2が回転軸62により近い位置に設けられるので、回転台63の半径を小さくすることができる。それにより、複数のプロジェクタ2を高速に回転させることが可能になる。その結果、少ない数のプロジェクタ2を用いてより解像度の高い立体画像300を提示することができる。

30

【0131】

(4) 他の実施の形態

(a) 上記の第1～第3の実施の形態では、光線制御子1がテーブル5の天板51に固定されているが、モータ等の回転駆動装置を用いることにより光線制御子1を軸Cの周りで回転させてもよい。例えば、光線制御子1がN錐体(Nは3以上の整数)からなる場合または複数のシートを貼り合わせるにより作製される場合には、光線制御子1のつなぎ目での光学性能の乱れが生じる。そのような場合、光線制御子1を軸Cの周りで回転させることにより、つなぎ目での光学性能の乱れが平均化される。その結果、提示される立体画像300の画質にむらが生じることが防止される。

40

【0132】

(b) 光線制御子1は、円柱、楕円柱またはN角柱(Nは3以上の整数)を含む柱体形状であってもよい。この場合にも、光線制御子1が光線を垂直方向において拡散させつつ透過させる。それにより、立体画像をテーブル5の天板51の上面等の基準面上の空間または光線制御子1の内部の空間に位置するように提示することができる。

【0133】

(c) 上記の第2および第3の実施の形態では、複数のプロジェクタ2が回転台63上に等角度間隔で設けられているが、1つのプロジェクタ2が回転台63上に設けられてもよい。この場合にも、モータ61により回転軸62を回転台63およびプロジェクタ2とともに高速に回転させることにより、複数のプロジェクタ2を用いる場合と同様に、円周

50

方向において途切れた部分を有しない連続的な立体画像 300 を提示することが可能となる。

【0134】

(d) 上記の第2および第3の実施の形態では、各プロジェクタ2の回転位置を検出するために回転量計測器65が設けられるが、回転台63が正確に一定の回転速度で回転する場合には、回転量計測器65が設けられなくてもよい。この場合、制御装置3は、回転台63の回転速度に基づいて各プロジェクタ2の回転位置を認識することができる。

【0135】

(e) 上記の第3の実施の形態では、複数のミラー7が回転台63上に多角形状に配置されているが、円筒形状のミラーが用いられてもよい。この場合、円筒形状のミラーは、10回転台63上に固定され、回転台63とともに回転してもよい。あるいは、円筒形状のミラーは、回転台63とは別個に設けられ、回転しなくてもよい。

【0136】

(f) 上記の第1～第3の実施の形態では、観察者10の目の位置として円環状視域500が予め設定され、その円環状視域500に応じて各光線の色が算出されるが、これに限らず、観察者10の目の位置を検出するためのカメラまたはセンサ等の検出装置が設けられ、検出された目の位置に応じて各光線の色が算出されてもよい。この場合、観察者10の目の位置が変化しても、観察者10に対して適切に立体画像300を提示することができる。

【0137】

(g) 上記の第1～第3の実施の形態では、記憶装置4に予め記憶された立体形状データに基づいて各光線の色が算出されるが、これに限らず、カメラにより実在の物体が撮影され、その撮影データ(画像データ)に基づいて各光線の色が算出されてもよい。この場合、撮影された物体の立体画像300が提示される。20

【0138】

(h) 上記の第1～第3の実施の形態では、図8～図10に示した方法に従って、各光線の色が設定されるが、図8～図10に示した方法に従って各光線の輝度がさらに設定されてもよい。

【0139】

(8) 請求項の各構成要素と実施の形態の各要素との対応30
以下、請求項の各構成要素と実施の形態の各要素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。

【0140】

上記実施の形態では、光線制御子1が光線制御子の例であり、プロジェクタ2が光線発生器の例であり、制御装置3が制御手段の例であり、テーブル5の天板51の上面が基準面の例である。また、交点CP1が第1の交点の例であり、交点CP2が第2の交点の例であり、交点CP3が第3の交点の例であり、円環状視域500が視域の例であり、直線Lが直線の例であり、鉛直面Fnが出射点および第1の交点を通りかつ軸に平行な面の例である。

【0141】

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。40

【産業上の利用可能性】

【0142】

本発明は、立体画像を用いた共同作業に利用することができる。また、都市設計の場面的ように複数の人が1つの立体画像を共有しながら進める検討作業に利用することができる。さらに、遠隔地間のビデオ会議等の際にテーブルに広げた書類のような情報に加えて立体形状の情報を共有する場合に利用することができる。

【0143】

また、教育の場面等において、教師が立体画像の一部を指差しながら解説する場合に利50

用することができる。また、光線制御子がテーブル等の作業面より下方にありかつ立体画像が作業面上の空間に提示されるため、ガラスケースの外側から立体画像を指さすような感覚ではなく、直接立体画像を指す感覚を得る場合に利用することができる。

【0144】

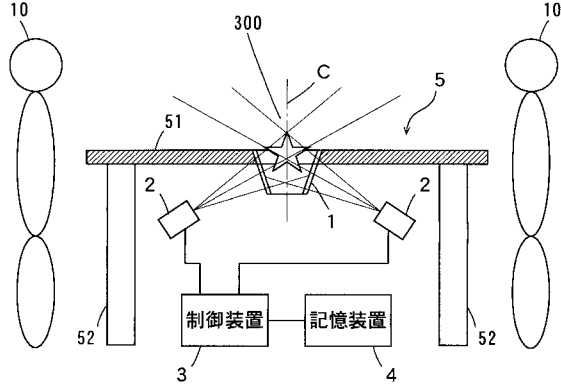
テーブル型の立体画像を用いたゲーム等に利用することができる。また、眼鏡等を必要としないため、観客が自由に参加したり離れたりすることができる場に利用することができる。アリーナ状の大型装置を用いることにより、周囲から鑑賞可能な劇場空間を作る場合に利用可能である。

【符号の説明】

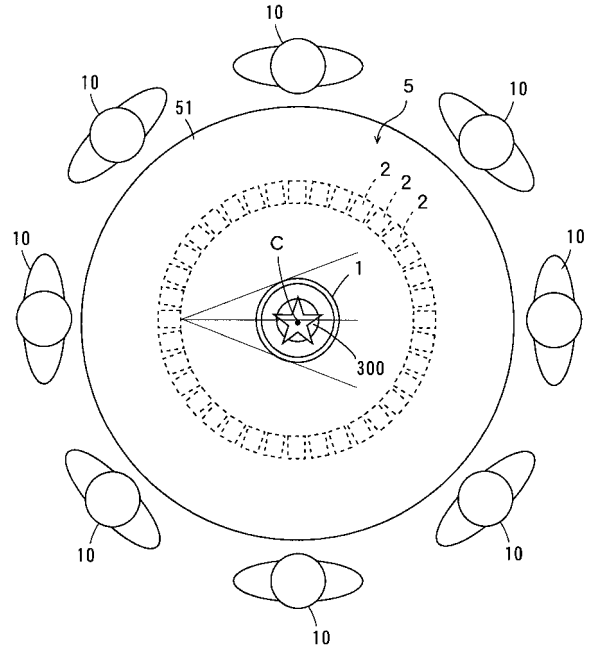
【0145】

1	光線制御子	
2	, 2 A , 2 B , 2 C , 2 a , 2 b , 2 c , 2 d	プロジェクタ
3	制御装置	
4	記憶装置	
5	テーブル	
20	投影中心点	
51	天板	
52	脚	
6	回転モジュール	
61	モータ	20
62	回転軸	
63	回転台	
64	スリップリング	
65	ロータリエンコーダ	
7	ミラー	
10	観察者	
100	, 300	立体画像
100R		右眼
100L		左眼
500	円環状視域	30
CP1	, CP2 , CP3	交点
Fn		鉛直面
Fp		投影面
IA0	, IB0 , IC0 , PR , PG , E , E ' , I1 ~ I4 , P1 ~ P3 , PS , IG0 ~ IG2 , IR0 ~ IR2	位置
L1 ~ L11	, La , Lb , Lc , Ld , Ln , LA0 , LB0 , LC0 , LA1 , LB1 , LC1 , L31 ~ L33 , LG0 ~ LG2 , LR0 ~ LR2	光線
OL		光軸
P31	, P32 , Pa , Pb , Pc , Pd	点

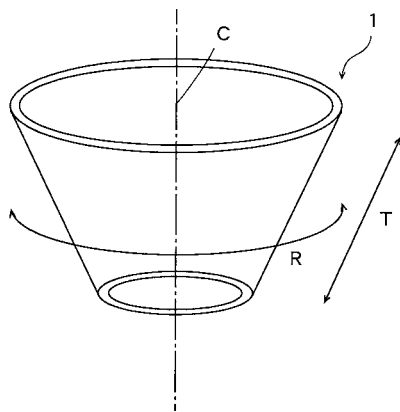
【図1】



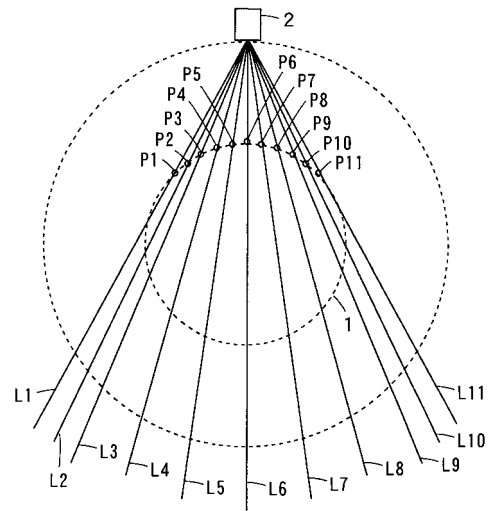
【図2】



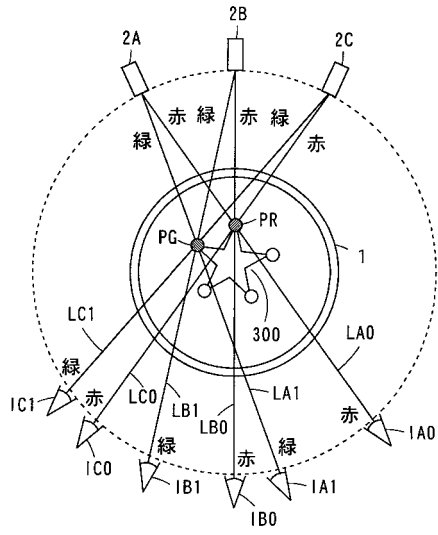
【図3】



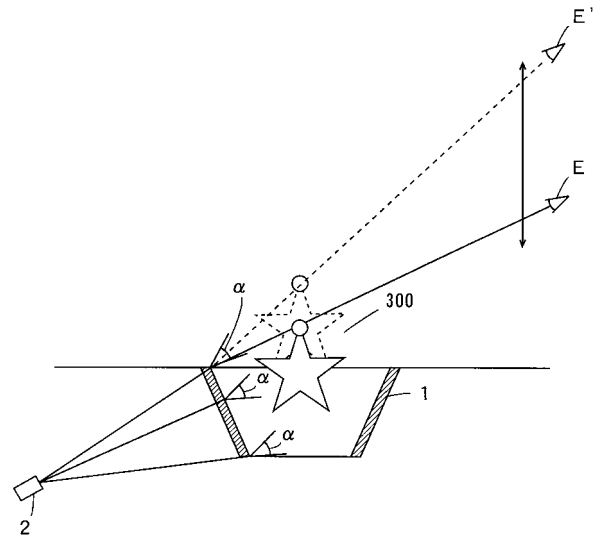
【図4】



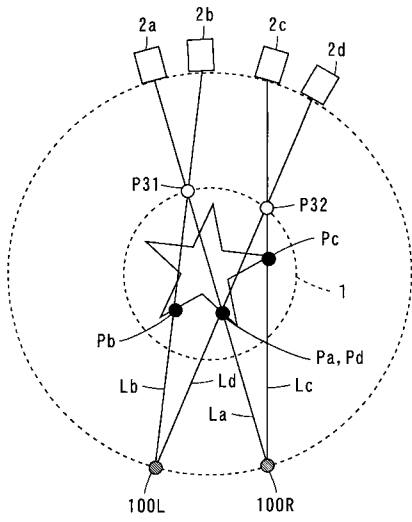
【図5】



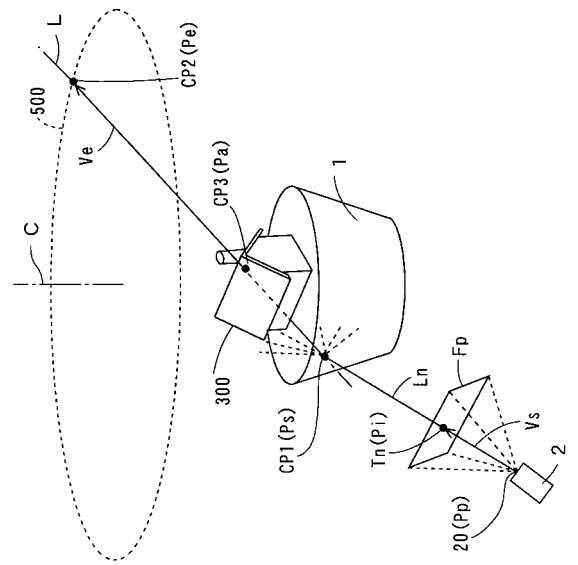
【図6】



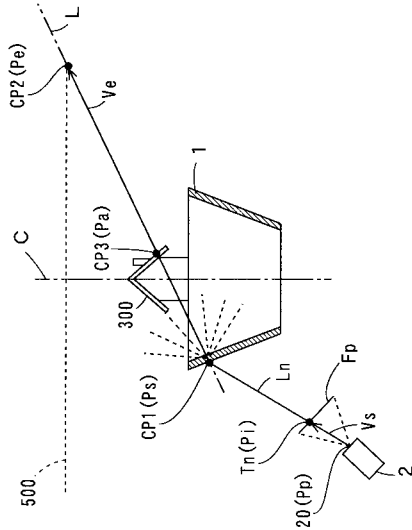
【図7】



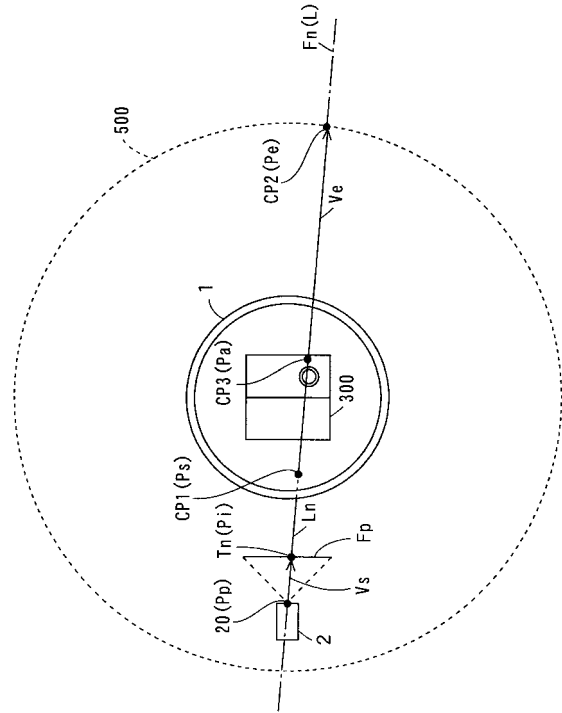
【図8】



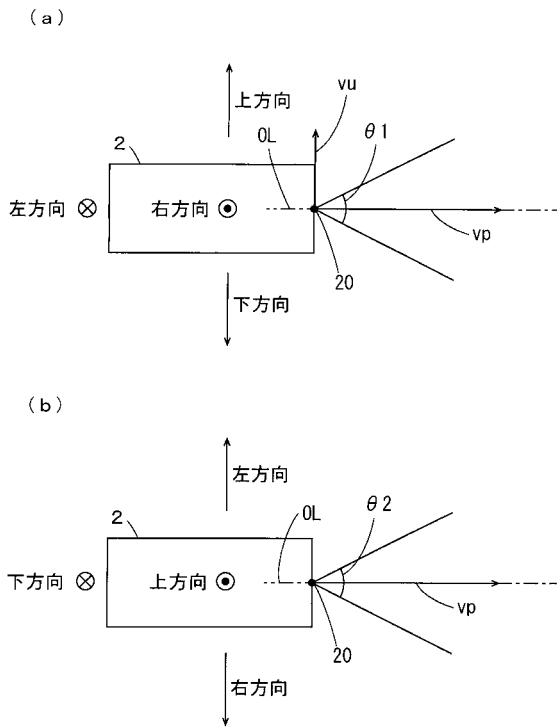
【図9】



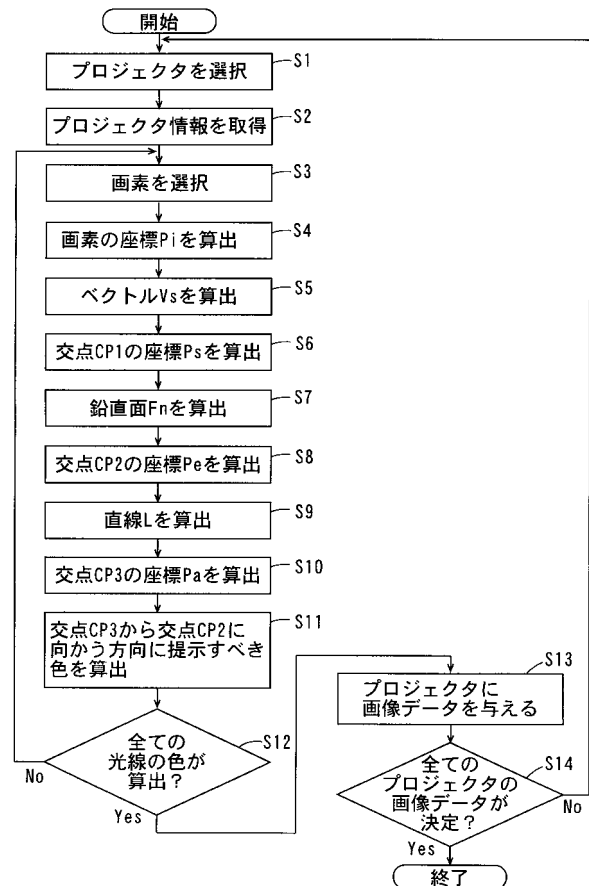
【図10】



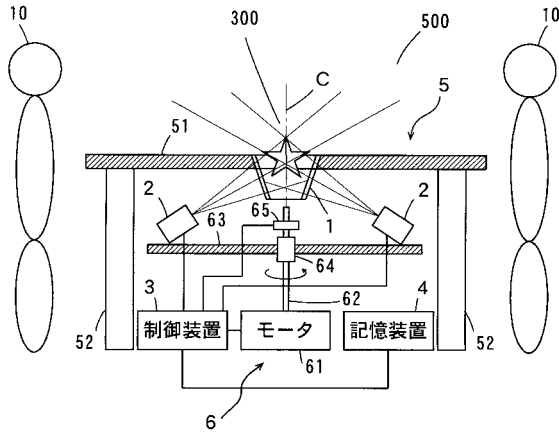
【図11】



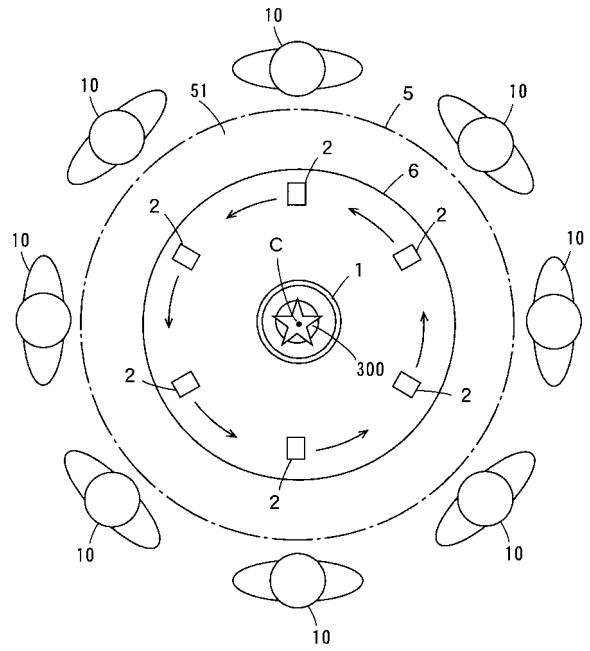
【図12】



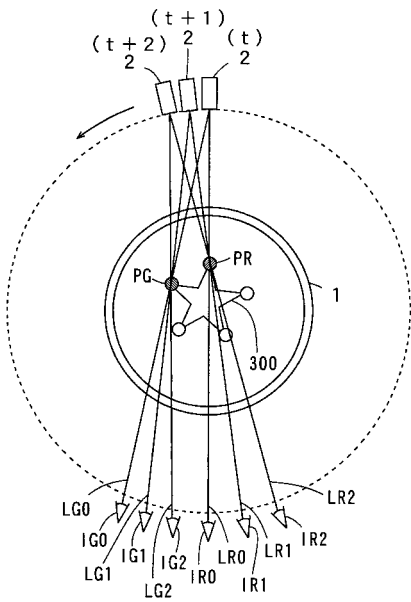
【図13】



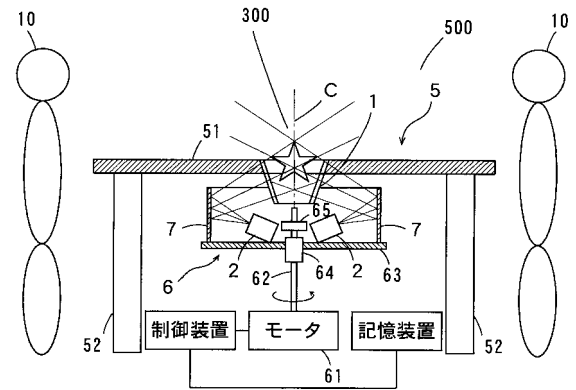
【図14】



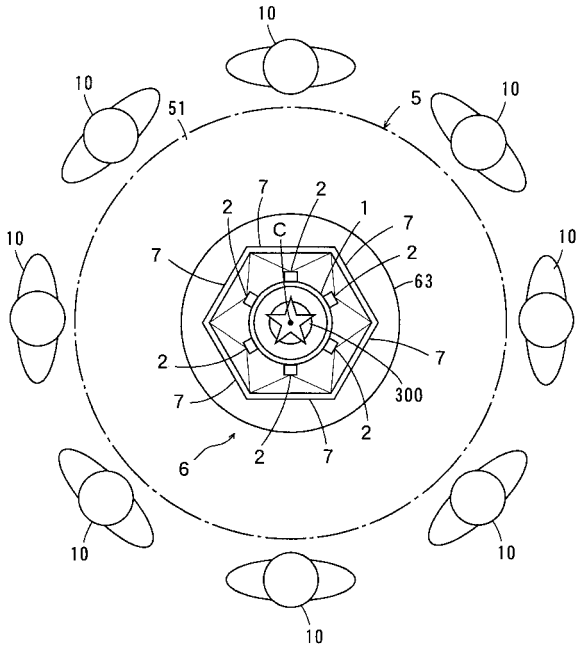
【図15】



【図16】



【 図 17 】



フロントページの続き

審査官 山本 貴一

- (56)参考文献 特開2010-032952(JP,A)
特開2006-189962(JP,A)
特開2009-008837(JP,A)
特開2007-200307(JP,A)
吉田俊介, 矢野澄男, 安藤広志, テーブルトップ作業を目的とした裸眼立体ディスプレイの試作, 社団法人映像情報メディア学会技術報告, 2009年10月21日, Vol.33 No.42, pp.33-36

- (58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
G02B 27/22
G03B 35/20
H04N 13/04

JSTPlus(JDreamIII)
JST7580(JDreamIII)