

(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2010-39086
(P2010-39086A)

(43) 公開日 平成22年2月18日(2010.2.18)

(51) Int.Cl.
G02B 27/02 (2006.01)

F I
G02B 27/02 Z

テーマコード(参考)
2H199

審査請求 有 請求項の数 7 O L (全 17 頁)

(21) 出願番号 特願2008-200154(P2008-200154)
(22) 出願日 平成20年8月1日(2008.8.1)

(71) 出願人 000002185
ソニー株式会社
東京都港区港南1丁目7番1号
(74) 代理人 100122884
弁理士 角田 芳末
(74) 代理人 100133824
弁理士 伊藤 仁恭
(72) 発明者 相木 一磨
東京都港区港南1丁目7番1号 ソニー株式会社内
(72) 発明者 中野 聡
東京都港区港南1丁目7番1号 ソニー株式会社内
Fターム(参考) 2H199 CA03 CA23 CA42 CA48 CA49
CA68 CA87

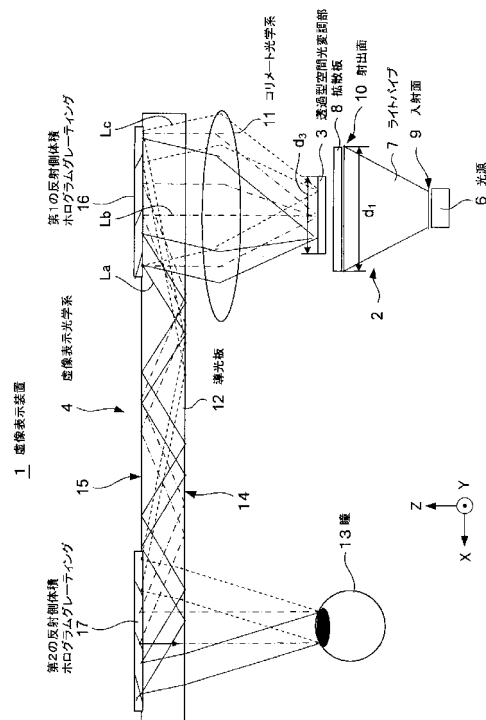
(54) 【発明の名称】 照明光学装置及び虚像表示装置

(57) 【要約】

【課題】非対称な照明光を効率よく生成し、周辺輝度を落とさずに照明の効率を向上させる照明光学装置及びこの照明光学装置を照明光学系として備えた虚像表示装置を提供する。

【解決手段】虚像表示装置1は、光源6、光源6からの光を導くライトパイプ7と、ライトパイプ7の射出面10側に配置された拡散板8と、拡散板8からの照明光が照射され、画像に応じて変調された画像光を得る空間光変調部3と、空間光変調部3からの画像光を平行光束群に変換し投射するコリメート光学系11と、平行光束群が入射され、内部で全反射を繰り返しながら伝播する導光板12とを有する。そして、ライトパイプ7は、ライトパイプ射出面10の水平方向の幅が記空間光変調部の幅より大きく、ライトパイプ射出面10垂直方向の幅が空間光変調部3の幅より小さく設定されている。

【選択図】図1



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

光源と、
 前記光源からの照明光を導くライトパイプと、
 前記ライトパイプの射出面側に配置された拡散板と
 を有し、
 前記ライトパイプの射出面の水平方向の幅が被照明体の幅より大きく、
 前記ライトパイプの射出面の垂直方向の幅が前記被照明体の幅より小さく設定されてい
 る
 照明光学装置。

10

【請求項 2】

前記拡散板と前記被照明体との間に所要の空間を有する
 請求項 1 記載の照明光学装置。

【請求項 3】

前記被照明体が空間光変調部である
 請求項 2 記載の照明光学装置。

【請求項 4】

光源と、
 前記光源からの光を導くライトパイプと、
 前記ライトパイプの射出面側に配置された拡散板と、
 前記拡散板からの照明光が照射され、画像に応じて変調された画像光を得る空間光変調
 部と、
 前記空間光変調部からの画像光を平行光束群に変換し投射するコリメート光学系と、
 前記平行光束群が入射され、内部で全反射を繰り返しながら伝播する導光板と
 を有し、
 前記ライトパイプの射出面の水平方向の幅が前記空間光変調部の幅より大きく、
 前記ライトパイプの射出面の垂直方向の幅が前記空間光変調部の幅より小さく設定され
 ている
 虚像表示装置。

20

【請求項 5】

前記拡散板と前記空間光変調部との間に所要の空間を有する
 請求項 4 記載の虚像表示装置。

30

【請求項 6】

前記導光板は、
 前記コリメート光学系と対向する一端側に配置された第 1 の反射型体積ホログラムグレ
 ーティングと、
 観察者の瞳と対向する他端側に配置された第 2 の反射型体積ホログラムグレーティング
 とを有する
 請求項 5 記載の虚像表示装置。

【請求項 7】

前記空間光変調部が、透過型液晶パネルである
 請求項 4 記載の虚像表示装置。

40

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、画像表示装置における空間光変調部の照明に適用される照明光学装置、及び
 この照明光学装置を照明光学系として備えた虚像表示装置に関する。

【背景技術】

【0002】

従来、2次元画像を、虚像表示光学系により拡大虚像として観察者に観察させるように

50

表示する虚像表示装置が提案されている。例えば特許文献1では、空間光変調部で得られた画像光を導光板の内部で全反射しながら繰り返し伝播し、画像を虚像として観察者に観察できるようにした虚像表示装置が提案されている。

【0003】

図16に、特許文献1に開示された虚像表示装置の例を示す。この虚像表示装置100は、図16Aの概略平面図及び図16Bの概略側面図に示すように、照明光学系101と、照明光により画像を表示する空間光変調部102と、虚像表示光学系103とを有して成る。

【0004】

照明光学系101は、光源104と、先細り型のライトパイプ105と、2枚の1軸フレネルレンズ106〔106A, 106B〕と、拡散板107と、偏光ビームスプリッタ108とから構成される。照明光学系101では、光源104からの照明光が、ライトパイプ105内で全反射を繰り返しながら射出し、更に2枚のフレネルレンズ106、拡散板107、偏光ビームスプリッタ108を通して空間光変調部102に入射される。光源104としては、例えば発光ダイオード(LED)が用いられる。空間光変調部102としては、反射型空間光変調部、例えば反射型液晶パネルが用いられる。

【0005】

1軸フレネルレンズ106A及び106Bは、それぞれ光学パワーをもつ方向が直交して配置され、さらに互いの光学パワー(すなわち焦点距離)が異なっている。1軸フレネルレンズ106A及び106Bから成る光学レンズは光学パワーを持つ方向に沿って拡散性が異なる。拡散板107は、光学パワーが大きい方向に沿って拡散性が大きくなっている。これにより、拡散板107から射出された照明光は、両フレネルレンズ106A, 106Bの光学特性及び拡散板107の拡散性によって、出射角及び開口数(NA)が調整されて偏光ビームスプリッタ108に入射される。

【0006】

偏光ビームスプリッタ108に入射された照明光は、例えばS偏光成分のみが反射され、反射型空間光変調部102を照明する。反射型空間光変調部102において、画像に応じて変調された画像光は、反射して偏光ビームスプリッタ108を通過し、虚像表示光学系103に入る。

【0007】

虚像表示光学系103は、コリメート光学系110と、薄い平板型の導光板112と、第1の反射型体積ホログラムグレーティング113及び第2の反射型体積ホログラムグレーティング114とを有して成る。第1の反射型体積ホログラムグレーティング113は、導光板112のコリメート光学系110と対向する一端側の光学面(背面)115に配置される。第2の反射型体積ホログラムグレーティング114は、導光板112の観察者の瞳117と対向する他端側の光学面(背面)116に配置される。

【0008】

コリメート光学系110で平行光束群に変換された画像光は、光学面115より導光板112の一端側に入射され、第1の反射型体積ホログラムグレーティング113で回折反射された後に、導光板112内で全反射を繰り返しながら他端側へ伝播する。導光板112の他端側に伝播した画像光は、第2の反射型体積ホログラムグレーティング114で回折反射され、光学面115から射出して観察者の瞳117に入射される。このようにして、虚像表示装置100では、空間光変調部102で得られた画像が、虚像表示光学系103により拡大虚像として観察される。

【0009】

【特許文献1】特開2007-12530号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0010】

上記虚像表示装置100では、画像光が導光板112の内部で全反射を繰り返しながら

10

20

30

40

50

伝播することで、コリメート光学系 1 1 0 からの照明光の X 方向の主光線角度が、空間光変調部 1 0 2 に対してほぼ垂直、すなわちテレセントリックに設定される。しかし、Y 方向の主光線角度は、垂直から離れている。ここで、X 方向は導光板 1 1 2 の伝播方向、Y 方向は導光板 1 1 2 の伝播方向に垂直な方向である。このように、照明光は、導光板 1 1 2 における X 方向と Y 方向について非対称性が非常に強い。特に、Y 方向の必要な照明範囲は広角度となっているため、使用する拡散板 1 1 2 の光拡散角も大きく設定する必要があるが、Y 方向の必要な NA (開口数) が小さいため、照明の効率が低下するという問題があった。また、光拡散角を小さく設定すると照明の効率は向上するが、周辺の明るさが不足するといった問題があった。

【0011】

本発明は、上述の点に鑑み、非対称な照明光を効率よく生成し、周辺輝度を落とさず照明の効率を向上させる照明光学装置、及びこの照明光学装置を照明光学系として備えた虚像表示装置を提供するものである。

【課題を解決するための手段】

【0012】

本発明に係る照明光学装置は、光源と、光源からの照明光を導くライトパイプと、ライトパイプの射出面側に配置された拡散板とを有する。さらに本発明では、ライトパイプを、ライトパイプの射出面の水平方向の幅が被照明体の幅より大きく、ライトパイプの射出面の垂直方向の幅が被照明体の幅より小さく設定された構成とする。

【0013】

本発明の照明装置では、ライトパイプの射出面の水平方向の幅が被照射体の幅より大きくすることにより、被照射体上の水平方向における位置によらず均一な光線角度分布が得られる。また、ライトパイプの射出面の垂直方向の幅が被照射体の幅より小さくすることにより、被照射体上の位置に比例して、光線角度が中心から離れる方向にシフトするような分布が得られる。このように、水平方向と垂直方向とで異方性をもつ照明光が生成される。

【0014】

本発明に係る虚像表示装置は、光源と、光源からの光を導くライトパイプと、ライトパイプの射出面側に配置された拡散板と、拡散板からの照明光が照射され、画像に応じて変調された画像光を得る空間光変調部と、空間光変調部からの画像光を平行光束群に変換し投射するコリメート光学系と、平行光束群が入射され、内部で全反射を繰り返しながら伝播する導光板とを有する。さらに本発明では、ライトパイプを、ライトパイプの射出面の水平方向の幅が空間光変調部の幅より大きく、ライトパイプの射出面の垂直方向の幅が空間光変調部の幅より小さく設定された構成とする。

【0015】

本発明の虚像表示装置では、照明光学系を構成するライトパイプにおいて、ライトパイプの射出面の水平方向の幅を空間光変調部の幅より大きく、ライトパイプの射出面の垂直方向の幅を空間光変調部の幅より小さく設定している。ライトパイプの射出面の水平方向の幅が被照射体の幅より大きくすることにより、被照射体上の水平方向における位置によらず均一な光線角度分布が得られる。また、ライトパイプの射出面の垂直方向の幅が被照射体の幅より小さくすることにより、被照射体上の位置に比例して、光線角度が中心から離れる方向にシフトするような分布が得られる。このように、水平方向と垂直方向とで異方性をもつ照明光が生成される。

【発明の効果】

【0016】

本発明に係る照明光学装置によれば、非対称な照明光を効率的に生成し、周辺輝度を落とさずに照明の効率を向上させることができる。

本発明に係る虚像表示装置によれば、その照明光学系において、非対称な照明光を効率的に生成し、周辺輝度を落とさずに照明の効率を向上させることができる。

【発明を実施するための最良の形態】

10

20

30

40

50

【 0 0 1 7 】

以下、図面を参照して本発明の実施の形態を説明する。

【 0 0 1 8 】

[実施の形態の構成]

図 1 及び図 2 に、本発明に係る虚像表示装置の一実施の形態を示す。図 1 は、本実施の形態の虚像表示装置の概略構成を示す平面図である。この図 1 では、観察者の瞳が虚像表示装置を観察した状態を示している。図 2 は、同概略構成を示す側面図である。図 1 及び図 2 においては共通する X Y Z 座標系を示し、観察者の瞳に対して左右（水平）方向を X 方向、上下（垂直）方向を Y 方向、奥行き方向を Z 方向として示す。

【 0 0 1 9 】

本実施の形態に係る虚像表示装置 1 は、図 1 及び図 2 に示すように、本発明の照明光学装置（以下、照明光学系という）2 と、空間光変調部 3 と、虚像表示光学系 4 とを有して成る。空間光変調部 3 は、照明光学系 2 からの照明光が照射され、画像に応じて変調された画像光が得られるものである。本例では空間光変調部 3 を透過型空間光変調部としており、例えば透過型液晶パネルを用いている。

【 0 0 2 0 】

照明光学系 2 は、光源 6 と、光源 6 からの照明光が入射されるライトパイプ 7 と、ライトパイプ 7 の射出面 10 側に配置された拡散板 8 とから構成される。光源 6 は、例えば発光ダイオード（LED）等を用いることができる。ライトパイプ 7 は、光源 6 に対向または対接する光の入射面（すなわち入射口）9 から拡散板 8 に対向または対接する光の射出面（すなわち射出口）10 に向かって断面積が広がるようにテーパ状に形成される。ライトパイプ 7 は、全体の構造でみると、いわゆる先細り型に形成される。そして、このライトパイプ 7 は、その射出面 10 の水平方向の幅 d_1 が空間光変調部 3 の幅（水平方向の幅） d_3 より大きく、射出面 10 の垂直方向の幅 d_2 が空間光変調部 3 の幅（垂直方向の幅） d_4 より小さく設定される。空間光変調部 3 としては、通常、4 : 3 または 16 : 9 の長方形に構成したものをを用いることができる。なお、空間光変調部 3 としては、他の縦横比の四角形状のものを用いることも可能である。

【 0 0 2 1 】

拡散板 8 は、入射した光線を中心にガウス分布の広がり度で拡散するものであり、入射した光線分布を中心に射出角及び開口数（NA）が調整されるように構成される。拡散板 8 は、ライトパイプ 7 の射出面 10 と同じ大きさ、形状を有して、あるいはライトパイプ 7 の射出面 10 より大きい面積を有して構成される。

【 0 0 2 2 】

空間光変調部 3 は、この拡散板 12 から所要の空間を挟んで配置される。空間光変調部 3 と拡散板 12 とが近づき過ぎると、拡散板 12 の模様が見えてしまうので、空間光変調部 3 は、拡散板 12 との距離を拡散板 12 の模様が見えないように離して配置する必要がある。

【 0 0 2 3 】

虚像表示光学系 4 は、ファインダー光学系等のコリメート光学系 11 と、ホログラム構造を有する導光板 12 とを有して構成される。コリメート光学系 11 では、空間光変調部 3 からの画像光を画角が異なる平行光束群として導光板 12 へ入射するように構成される。導光板 12 は、薄い平板型に形成され、観察者の瞳 13 に対し奥行き方向に相対向する光学面 14 及び 15 を有する。

【 0 0 2 4 】

導光板 12 の一方の光学面 14 が、瞳 13、コリメート光学系 11 と対向している。導光板 12 の他方の光学面 15 には、コリメート光学系 11 と対向する一端側に第 1 の反射型体積ホログラムグレーティング 16 が配置され、瞳 13 と対向する他端側に第 2 の反射型体積ホログラムグレーティング 17 が配置される。本例では第 1 の反射型体積ホログラムグレーティング 16 は、位置に係わらず均等なホログラム表面の干渉縞を有する構成とされる。第 2 の反射型体積ホログラムグレーティング 17 も第 1 の反射型体積ホログラム

10

20

30

40

50

グレーティング 16 と同じ構成とされ、両反射型体積ホログラムグレーティング 16 及び 17 は互いに向かい合わせに配置される。記導光板 12 の一方の光学面 14 の一端側がコリメート光学系 11 から射出される画像光が入射する入射部 14 A とされ、光学面 14 の他端側が瞳 13 に向かって画像光が射出する射出部 14 B とされる。

【0025】

[動作の基本説明]

次に、上述の虚像表示装置 1 の基本の動作を説明する。虚像表示装置 1 では、光源 6 から射出した照明光が、光源 6 に光学的に密着されたライトパイプ 7 の面積が小さい入射面 9 より入射し、一部の光線が内部で全反射を繰り返した後、射出面 10 より射出する。射出面 10 より射出した照明光は、続いて配置された拡散板 8 に入射する。拡散板 8 では、

10

【0026】

この照明光は、透過型空間光変調部 3 を照明する。そして、この透過型の空間光変調部 3 によって、例えば表示する映像に対応して変調された画像光が射出され、例えばその P 偏光成分のみが射出面から射出する。画像光は、図 1 に示す XZ 平面においては、前述したコリメート光学系 11 にて画角（すなわち、透過型空間光変調部 3 の各画素から射出される光の射出角）が互いに異なる平行光束群とされる。この平行光束群は、これとは直交する YZ 平面において、図 2 に示すように、画角が互いに異なる光束群とされて導光板 12 に入射する。図 1 においては、XZ 平面における代表的な平行光束 La、Lb 及び Lc

20

【0027】

導光板 12 は、図 1 において、左右（水平）方向を X 方向、上下（垂直）方向を Y 方向としている。この場合、観察者の瞳 13 に対して、横方向から映像や各種情報等を表示する画像光が導光板 12 内を導光されて瞳 13 に入射される。

【0028】

この虚像表示装置 1 は、例えば頭部装着型ディスプレイ（HMD）に適用することができる。この頭部装着型ディスプレイにおいて、照明光学系 2 や空間光変調部 3、虚像表示光学系 4 を瞳 13 に対して上方に配置せず、横方向に配置する場合は、瞳 13 に近接した上方向に配置する場合と比べ、上下の視野内に光学系が設けられないので、良好な外界の観察が可能となる。

30

【0029】

一方、この場合は、導光板 12 の内部を導光する距離が比較的長くなるため、以下に述べる工夫が必要となる。上記構成において、導光板 12 に入射部 14 A から入射された画像光は、入射部 14 A と対向する位置の光学面 15 に設けられた第 1 の反射型体積ホログラムグレーティング 16 に入射する。第 1 の反射型体積ホログラムグレーティング 16 により回折反射された光は、導光板 12 内を全反射を繰り返して他端の第 2 の反射型体積ホログラムグレーティング 17 に向けて進行する。すなわち、上記光は、導光板 12 の内部において、図 1 で示す XZ 平面の Z 方向には、各光束 La ~ Lc が平行光束のまま光学面 14 及び 15 の間で全反射を繰り返しながら導光し、他端に設けられた第 2 の反射型体積ホログラムグレーティング 17 に向けて X 方向に進行する。図 1 において、光束 La は実線、光束 Lb は二点鎖線、光束 Lc は破線でそれぞれ示す。

40

【0030】

反射型体積ホログラムグレーティングの回折角度分散によって各画角の回折角が異なるとともに、導光板 12 が薄く、また導光板 12 内を進行する光路が比較的長いために、図 1 に示すように、平行光束群は、各画角によって、第 2 の反射型体積ホログラムグレーティング 17 に至るまでの全反射回数が異なっている。

【0031】

これについて、より詳細に述べる。導光板 12 に入射する平行光束群 La, Lb 及び L

50

cのうち、第2の反射型体積ホログラムグレーティング17側に傾きながら入射する平行光束Lcの反射回数は、それとは逆に第2に反射型体積ホログラムグレーティング17側へあまり傾かずに入射する平行光束群La、Lbの反射回数よりも少なくなっている。ここで、第2の反射型体積ホログラムグレーティング17側に傾きながら入射する平行光束群とは、導光板反射面に大きな角度で入射する平行光束群のことである。また、第2の反射型体積ホログラムグレーティング17側にあまり傾かないで入射する平行光束群とは、導光板反射面に小さな角度で入射する平行光束群のことである。これは、導光板12に入射した平行光束群La、Lb、Lcが、それぞれ画角の異なる平行光束群となって入射されるためである。つまり、第1の反射型体積ホログラムグレーティング16への入射角が異なることから、それぞれ異なる回折角で射出し、各平行光束群の全反射角も異なるため、各画角によって全反射回数が異なることになる。なお、第1の反射型体積ホログラムグレーティング16は、ホログラム表面の干渉縞ピッチが等間隔である。

10

【0032】

第2の反射型体積ホログラムグレーティング17に入射した各画角の平行光束群は、回折反射により全反射条件から外れ、導光板12の射出部14Bから射出し観察者の瞳13に入射する。なお、導光板12内では、瞳13に対し上下方向となるY方向については反射しない。すなわち、各平行光束群が、導光板12内で反射する反射方向と、伝播する方向とに沿う面内とはほぼ直交するY方向については反射しない。

【0033】

図2に示すように、YZ平面における各画角の異なる入射光LA、LB及びLCは、導光板12内においてZ方向に反射を繰り返すが、Y方向には反射しないで導光板12の射出部14Bに到達する。

20

【0034】

この様子を図3に示す。図3は図2と対応×している。図3に示すように、コリメート光学系11から射出された光は、YZ平面において収束されて導光板12の入射部14Aから入射され導光板12内をX方向(図3の紙面と直交する方向)に進行する。このYZ平面においてコリメート光学系11から射出される画角の異なる代表的な入射光の進行方向をAi、Bi及びCiで示す。これらの光はY方向に収束されて導光板12の光学面14及び15を矢印Ai1、Ai2、・・・、Ci1、Ci2・・・で示すように反射しながら進行し、第2の反射型体積ホログラムグレーティング17により反射回折されて射出部14Bから射出されて観察者の瞳13に矢印Ao、Bo及びCoで示すように入射される。

30

【0035】

この場合、上述したように、これらの光はY方向には収束されるので、第1の反射型体積ホログラムグレーティング16のY方向の長さに対し、第2の反射型体積ホログラムグレーティング17の反射回折面は比較的短い構成としてもよい。

【0036】

以上説明したX方向及びY方向の光束の空間光変調部3からの射出角及び開口数の違いについて、図4及び図5を用いて説明する。この虚像表示装置1においては、ホログラムを設けた導光板12を用いるため、観察者の瞳13を射出瞳と考えた場合、次のようになる。反射型空間光変調部3からの画像光の射出角及び開口数NAは、反射型空間光変調部3の画像表示エリアの例えば長辺(X)方向と短辺(Y)方向によって、また、画像表示エリアの中心からの距離によって異なる。

40

【0037】

すなわち、図4に示すように、空間光変調部3の長辺方向に対応するX方向では、各画素から射出される光は、それぞれ一点鎖線で示すように、その主光線が空間光変調部3の表示面に対し略垂直でテレセントリックな状態に近く、かつ開口数NAが後述する理由により比較的大きく設定される。

【0038】

一方、図5に示すように、短辺方向に対応するY方向では、各画素から射出される光は

50

、空間光変調部 3 の表示面の中心から離れるほど射出角がテレセントリックな状態から離れていく。すなわち、空間光変調部 3 の表示面と画像表示光の一点鎖線で示す主光線とのなす角が垂直な状態から離れていき、しかも開口数 NA が比較的小さくされる。これら図 4 及び図 5 に示す方向における射出角の違いを表 1 及び表 2 にそれぞれ示す。各表 1 及び表 2 において、光軸からの像高位置において、各画角の中心を通る光の光軸からの角度である主光線角と、その射出光の広がり角である上光線角及び下光線角をそれぞれ示す。

【 0 0 3 9 】

【表 1】

像高 [mm]	主光線角 [度]	上光線角 [度]	下光線角 [度]
0.0	0.0	20.3	-20.3
2.43	-1.26	-21.5	18.7

10

【 0 0 4 0 】

【表 2】

像高 [mm]	主光線角 [度]	上光線角 [度]	下光線角 [度]
0.0	0.0	4.98	-4.98
1.82	15.5	20.67	10.41

20

【 0 0 4 1 】

表 1、2 から、X 方向では ± 20 度程度の広がり角であるのに対し（表 1 参照）、Y 方向では ± 5 度程度の広がり角である（表 2 参照）。すなわち、X 方向では開口数 NA が大きく、Y 方向では開口数 NA が小さい。つまりこの場合、空間光変調部 3 の一方向と他の方向、すなわち X 方向と Y 方向とにおいて、射出光の開口数及び主光線の射出角がそれぞれ互いに異なっていることが分かる。

30

【 0 0 4 2 】

このように、本実施の形態の虚像表示装置 1 において、開口数 NA 及び射出角が X 方向と Y 方向とに対して異方性を有する構成となる理由について、図 6 A 及び B、更に図 7 を用いて説明する。

【 0 0 4 3 】

前述の図 1 で説明したように、空間光変調部 3 の長辺方向（X 方向）と対応する進行方向においては、各画角によって導光板 1 2 内を反射する回数が違い、すなわち光路長が異なる。しかし、図 6 A に示すように、伝播する光束が全て平行光束であるため、いわば折りたたまれるように光束群が進行して各画角の光束の光路長が変わっても、導光板 1 2 より射出する画角は不変のため画像を乱すことはない。この場合、コリメート光学系 1 1 での X 方向の口径は比較的小さい。

40

【 0 0 4 4 】

これに対し、空間光変調部 3 の短辺方向（Y 方向）においては、図 6 B に示すように、射出瞳から逆光線追跡を行うと明らかのように、ひたすら上下画角が離れていく。前述したように、頭部装着型ディスプレイに適用する場合に、光学系を瞳 1 3 に対して横方向に配置すると、導光板 1 2 の長さ L_g は、例えば人間の平均的な顔の大きさから 60 mm 程

50

度必要となる。導光板 1 2 の内部で Y 方向、すなわち上下方向に反射させると像の上下が反転してしまうので、前述したように Y 方向には反射しないで進行させるとすると、光はコリメート光学系 1 1 に到達するまでに大きく広がってしまい、Y 方向の口径が大きくなる。すなわちこの場合、上下の (Y 方向の) 画角の光線は、空間光変調部 3 に対してテレセントリック状態から外れた構成となる。

【 0 0 4 5 】

一方、X 方向及び Y 方向の開口数 NA_x 及び NA_y は、それぞれ以下の通りとなる。

先ず、Y 方向の開口数 NA_y は、観察者の瞳径を D とし、コリメート光学系 1 1 の焦点距離を f とすると、

$$NA_y = D / (2 f)$$

となる。

【 0 0 4 6 】

これに対し、X 方向の開口数 NA_x は、上述のように、光束が導光板 1 2 内で折り返し反射する構成であることから、Y 方向のように瞳径から一義的に求められない。すなわち、図 7 に示すように、逆光線追跡から明らかなように、第 1 の反射型体積ホログラムグレーティング 1 6 の端部と光学面 1 5 とに跨る位置で折り返して反射する光束が存在する。すなわち、逆光線追跡を行うと、この光束の一部 L_{11} (すなわち光学面 1 5 で反射される部分) は反射を繰り返して第 1 の反射型体積ホログラムグレーティング 1 6 の異なる位置で回折され、コリメート光学系 1 1 に到達する。

【 0 0 4 7 】

一方、残りの光束 L_{12} は、第 1 の反射型体積ホログラムグレーティング 1 6 の端部で回折されそのままコリメート光学系 1 1 に到達する。つまり、この光束 L_{11} 、 L_{12} は、同一の画素から射出される同一画角の平行光束群であるが、第 1 の反射型体積ホログラムグレーティング 1 6 の異なる部分で回折反射して導光板 1 2 内で合波されて伝播する光束が存在することになる。

【 0 0 4 8 】

瞳 1 3 の全領域に光を到達させるためには、このようないわば分岐する光線を含め照明することが望ましい。1 画素から射出する光を 2 つの発散光に分岐して照明することは難しい。したがって、図 7 に示すように、照明光の見かけの NA_x は大きくすることが必要となる。

【 0 0 4 9 】

したがって、この光学系においては、X 方向の見かけの開口数 NA_x は比較的大きく、Y 方向の開口数 NA_y は比較的小さくなることが分かる。

【 0 0 5 0 】

以上、説明したように、本実施の形態の虚像表示装置 1 においては、導光板 1 2 の形状や、導光板 1 2 内の光束の進行形態などの構成条件に起因して、空間光変調部 3 からコリメート光学系 1 1 に射出される各画素に対応する主光線の射出角、開口数が X 方向と Y 方向とで異なる異方性を有する光学特性が要求される。

【 0 0 5 1 】

[本実施の形態の特徴]

本実施の形態の虚像表示装置 1 は、上記の要求を満たす構成を有する。すなわち、本実施の形態に係る虚像表示装置 1 は、空間光変調部 3 に対する照明光学系 2 において、水平方向と垂直方向に関して非対称構造のライトパイプ 7 を有して成る。このライトパイプ 7 は、図 1 及び図 2 で説明したように、射出面 1 0 の水平方向の幅 d_1 を空間光変調部 3 の水平方向の幅 d_3 より大きくし、射出面 1 0 の垂直方向の幅 d_2 を空間光変調部 3 の垂直方向の幅 d_4 より小さくして構成される。

【 0 0 5 2 】

照明光学系 2 に、このようなライトパイプ 7 を備えることにより、水平方向の照明光の角度分布を照明範囲にわたって均一化でき、かつ垂直方向の照明光の角度分布を必要な角度まで拡散させて照明することができる。

10

20

30

40

50

【 0 0 5 3 】

次に、ライトパイプ 7 を射出し空間光変調部 3 を照明する光線の角度分布が上記のような非対称性を持つ条件を満たして効率よく照明する様子を、図 8 ~ 図 1 5 を参照して説明する。

【 0 0 5 4 】

図 8 に、空間光変調部を照明する本実施の形態の照明光学系、すなわち光源 6、ライトパイプ 7、拡散板 8 からなる照明光学系 2 の水平方向の基本構成を示す。水平方向におけるライトパイプ 7 は、水平方向に適度な広がり角を持ち、ライトパイプ 7 の射出面 1 0 の水平方向の幅 d_1 が空間光変調部 3 の水平方向の幅 d_3 より大きく設定されている。

【 0 0 5 5 】

適度な広がり角を持つライトパイプ 7 によって、光源 6 から射出した光束が空間光変調部 3 に照射されるとき光線の分布は、ライトパイプ 7 の壁面で反射された光線が、広がり角を持つ内壁のため、光線自体の広がり角が小さくなるためである。さらに、拡散板 8 によって拡散されることで角度分布が均等にされる。このとき、拡散板 8 を射出した後の光線の角度分布は、空間光変調部位置において、ライトパイプ中心近くでは位置に寄らずほぼ左右対称な広がりを持つ角度分布となっている。しかし、ライトパイプ 7 の端、特にライトパイプ 7 の射出面 1 0 から外れた位置では、中心から広がる角度の光線しか分布していない。

【 0 0 5 6 】

空間光変調部 3 の水平方向の幅 d_3 よりもライトパイプ 7 の水平方向の幅 d_1 を大きくすることで、ライトパイプ 7 の射出面 1 0 の中心付近から射出される光線を利用することによって、水平画角における像高、すなわち空間光変調部 3 上の位置によらず均一な光線角度分布を得ることができる。図 1 0 ~ 図 1 2 に、図 8 における水平方向の空間光変調部 3 を 3 つに分割した領域 D_a 、 D_b 及び D_c における照明光線の角度分布を示す。 D_a 、 D_b 、 D_c のどの領域においても X 方向の広がり方に差は見えず、均一な照明がなされている。

【 0 0 5 7 】

一方、図 9 に、照明光学系 2 の垂直方向 (Y 方向) の基本構成を示す。垂直方向におけるライトパイプ 7 は、平行または平行に近い広がり角を持ち、ライトパイプ 7 の射出面 1 0 の垂直方向の幅 d_2 が空間光変調部 3 の垂直方向の幅 d_4 より小さく設定されている。

【 0 0 5 8 】

垂直方向に上記の構成を有するライトパイプ 7 では、内部で反射される光線の広がり角度はあまり変化せず、ライトパイプ 7 から反射する光線の角度分布は、光源 6 の角度分布とほぼ等しく、大きな広がり角を持って射出される。広がり角が大きいため、ライトパイプ射出面 1 0 よりも離れた位置では、中心から広がっていく角度の光線だけが分布している。つまり、空間光変調部 3 の中心から Y の正方向に傾いた光線が分布している。

【 0 0 5 9 】

図 1 3 ~ 図 1 5 に、図 9 における垂直方向の空間光変調部 3 を 3 つに分割した領域 D_A 、 D_B 及び D_C に照射する光線分布を示す。上記の通り、領域 D_A では正方向に光線角度の分布が偏っており、領域 D_B では中心付近に光線角度が分布している。そして、領域 D_C では負方向に光線角度の分布が偏っている。このように、空間光変調部 3 の垂直方向の幅 d_4 よりもライトパイプ 7 の射出面 1 0 の垂直方向の幅 d_2 を小さくすることで、像高すなわち空間光変調部 3 上の位置に比例して、光線角度が中心から離れる方向にシフトするような分布を得ることができる。

【 0 0 6 0 】

上述した本実施の形態に係る照明光学装置 2、及びこの照明装置 2 を照明光学系として用いた虚像表示装置 1 によれば、水平方向と垂直方向で異方性をもつ条件に合わせた非対称な照明光を生成し、周辺輝度を落とさずに効率よく空間光変調部 3 を照明することができる。また、レンズ等を使用しないので、照明光学装置 2、あるいは虚像表示装置 1 のコストダウンを図ることができる。

10

20

30

40

50

【 0 0 6 1 】

ライトパイプ 7 は、例えば、プラスチック部材で形成した導光路で構成することができる。プラスチック部材で形成するときは、ライトパイプ 7 簡単に形成することができる。また、ライトパイプ 7 は、例えば 4 枚のガラス板を貼り合わせて 4 面の反射面を設けた中空構造の導光路で構成してもよい。中空構造の方が特性が良い。すなわち、中空構造ではない所謂プリズム状のライトパイプでは、部材の屈折率分だけ、内部の反射角が小さくなるため、光源（例えば LED）6 に対向する入射面 9 から拡散板 8 に対向する出射面 10 までの距離が長く必要になる。これに対し、中空構造のライトパイプの方が光学系を小さく構成することが出来る。

【 0 0 6 2 】

上例では、本発明に係る照明光学装置 2 を、透過型空間光変調部 3 を有する虚像表示装置 1 の照明光学系に適用したが、その他の画像表示装置の空間光変調部を照明する照明光学系にも適用することができる。さらに、本発明の照明光学装置に用いるライトパイプ 7 は、図 16 に示した反射型空間光変調部を有する虚像表示装置の照明光学系にも適用することもできる。

【 0 0 6 3 】

本発明の虚像表示装置を適用する頭部装着型ディスプレイは、メガネ型ディスプレイを含むものである。

【 図面の簡単な説明 】

【 0 0 6 4 】

【 図 1 】 本発明に係る虚像表示装置の一実施の形態の構成を示す概略平面図である。

【 図 2 】 本発明に係る虚像表示装置の一実施の形態の構成を示す概略側面図である。

【 図 3 】 動作説明に供する虚像表示装置の概略側面構成図である。

【 図 4 】 空間光変調部から射出した光の X 方向の射出角及び開口数の説明図である。

【 図 5 】 空間光変調部から射出した光の Y 方向の射出角及び開口数の説明図である。

【 図 6 】 A は射出瞳から X 方向の逆光線追跡を行った説明図である。 B は射出瞳から Y 方向の逆光線追跡を行った説明図である。

【 図 7 】 虚像表示装置の X 方向の開口数の説明図である。

【 図 8 】 本実施の形態に係る照明光学装置のライトパイプ水平方向の概念図である。

【 図 9 】 本実施の形態に係る照明光学装置のライトパイプ垂直方向の概念図である。

【 図 10 】 図 8 の領域 D a における照明光線の角度分布図である。

【 図 11 】 図 8 の領域 D b における照明光線の角度分布図である。

【 図 12 】 図 8 の領域 D c における照明光線の角度分布図である。

【 図 13 】 図 9 の領域 D A における照明光線の角度分布図である。

【 図 14 】 図 9 の領域 D B における照明光線の角度分布図である。

【 図 15 】 図 9 の領域 D C における照明光線の角度分布図である。

【 図 16 】 A は従来の虚像表示装置の例を示す概略平面図である。 B は従来の虚像表示装置の例を示す概略側面図である。

【 符号の説明 】

【 0 0 6 5 】

1・・・虚像表示装置、2・・・照明光学装置（照明光学系）、3・・・空間光変調部、4・・・虚像表示光学系、6・・・光源、7・・・ライトパイプ、8・・・拡散板、9・・・入射面、10・・・射出面、11・・・コリメート光学系、12・・・導光板、13・・・瞳、14, 15・・・光学面、14 A・・・入射部、14 B・・・射出部、16・・・第 1 の反射型体積ホログラムグレーティング、17・・・第 2 の反射型体積ホログラムグレーティング

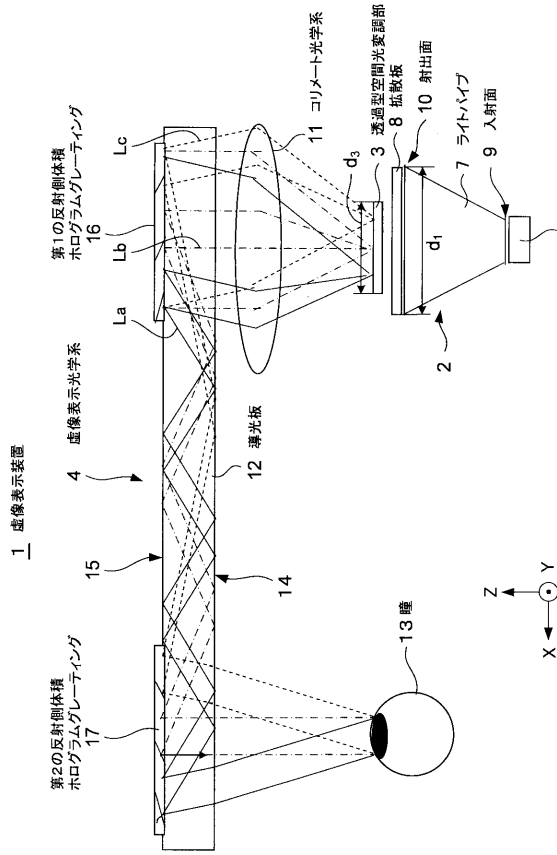
10

20

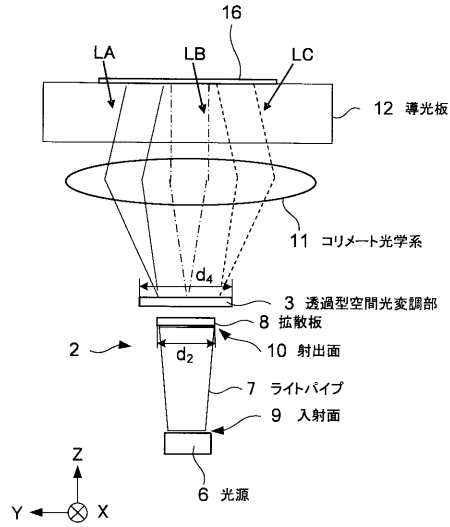
30

40

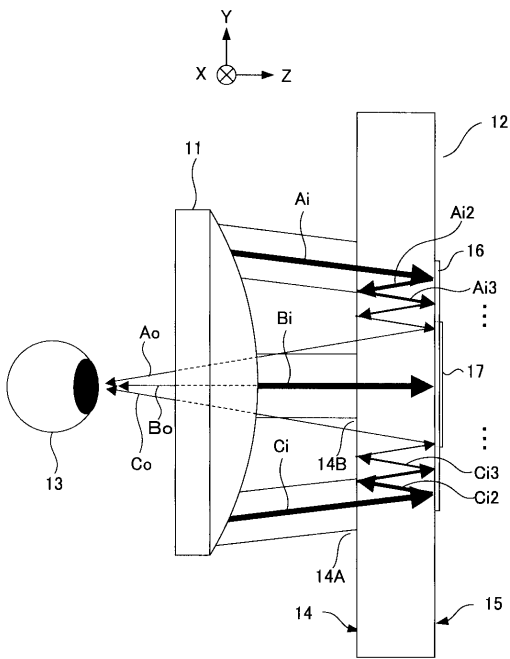
【 図 1 】



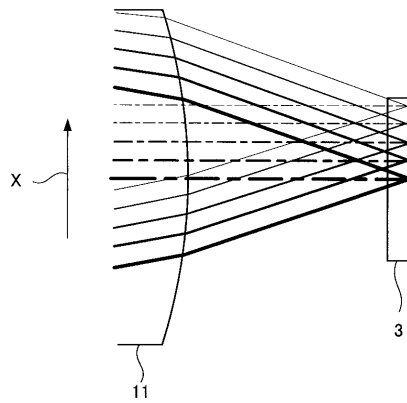
【 図 2 】



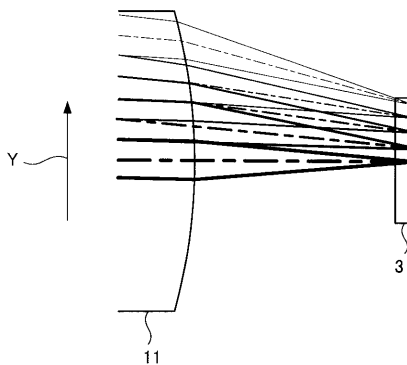
【 図 3 】



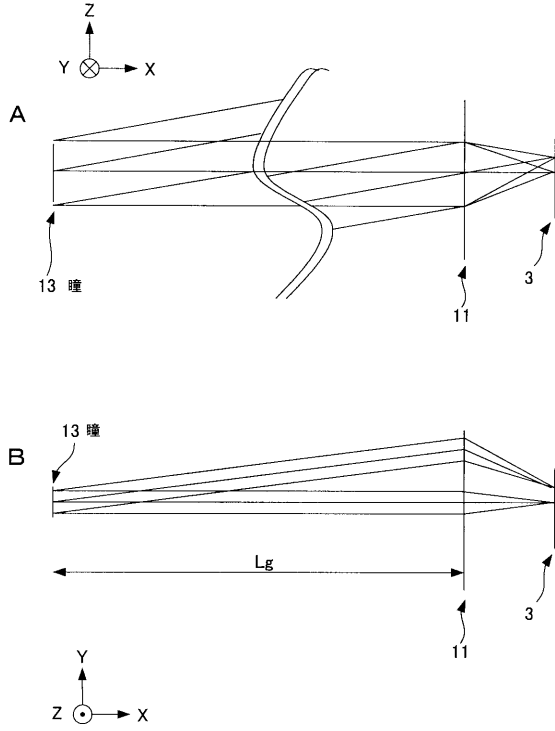
【 図 4 】



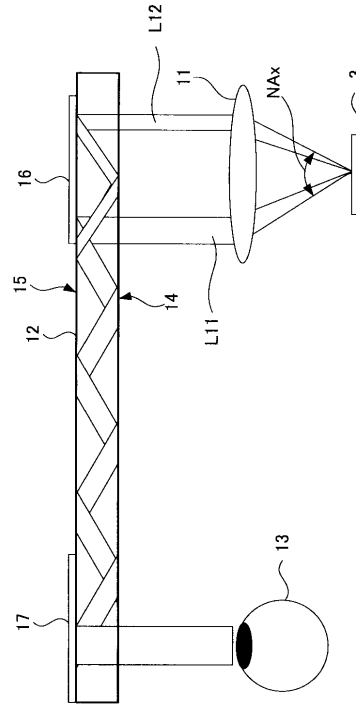
【 図 5 】



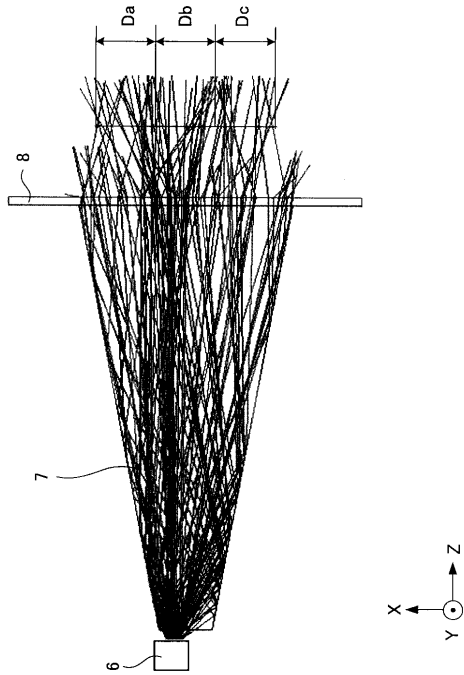
【 図 6 】



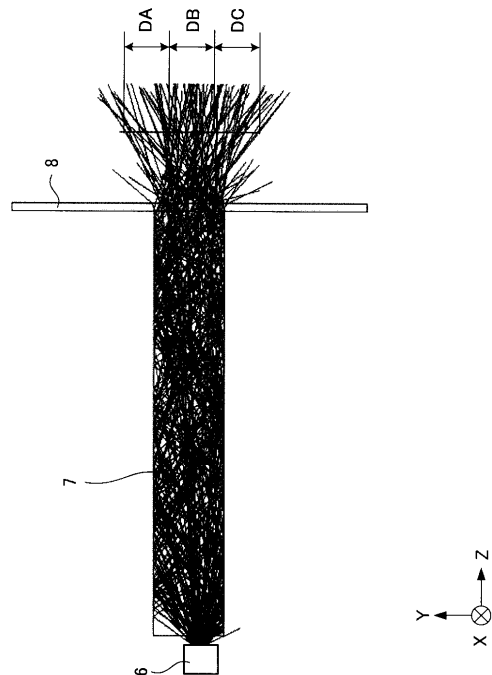
【 図 7 】



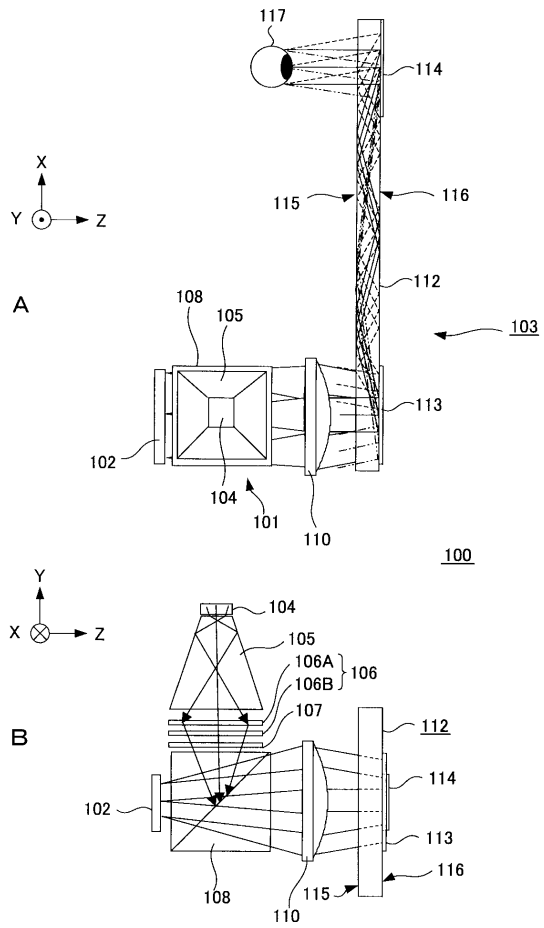
【 図 8 】



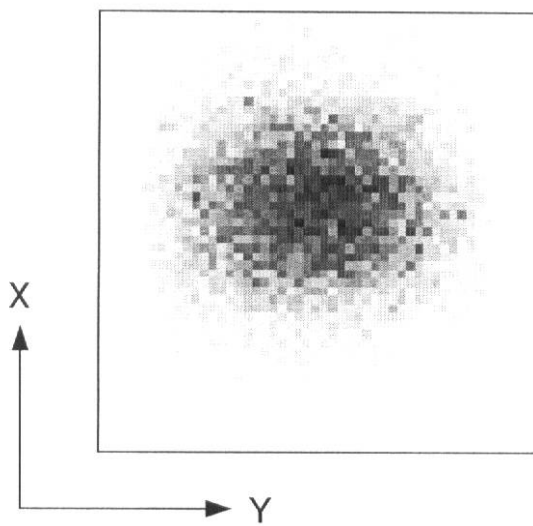
【 図 9 】



【 図 1 6 】

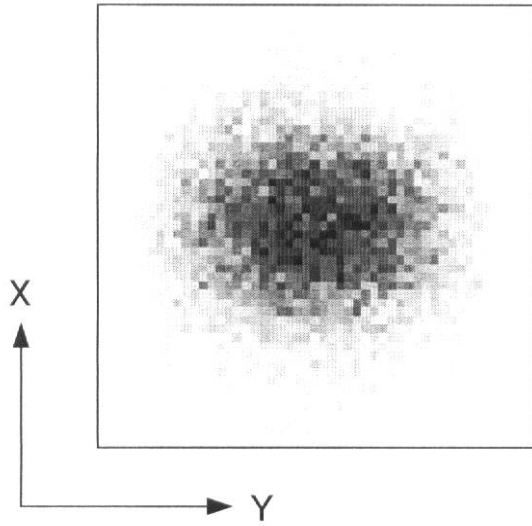


【 図 1 0 】



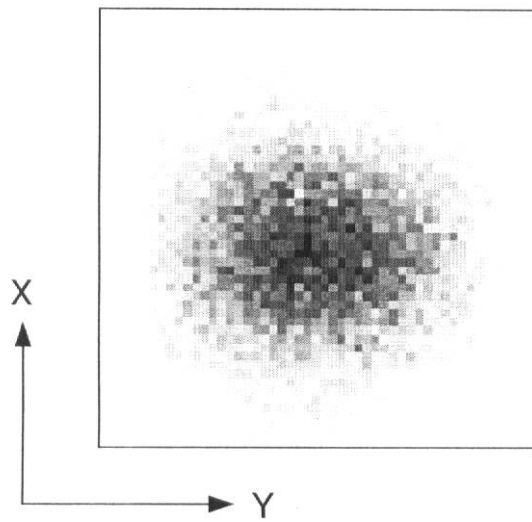
領域Daでの分布

【図 1 1】



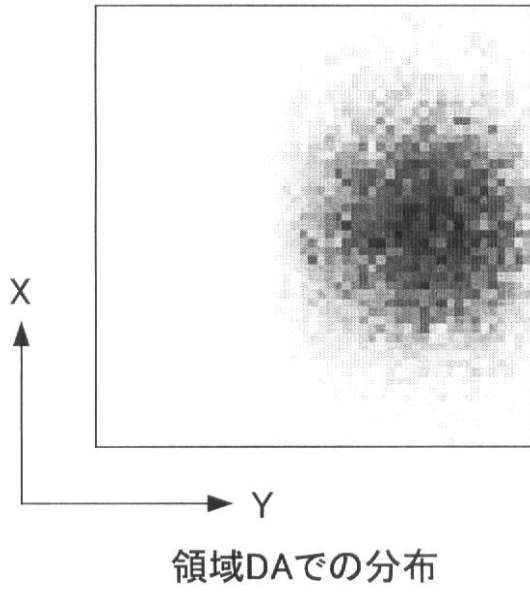
領域Dbでの分布

【図 1 2】

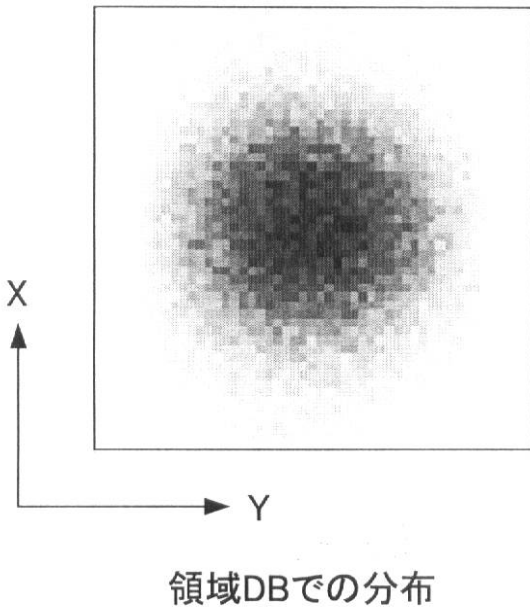


領域Dcでの分布

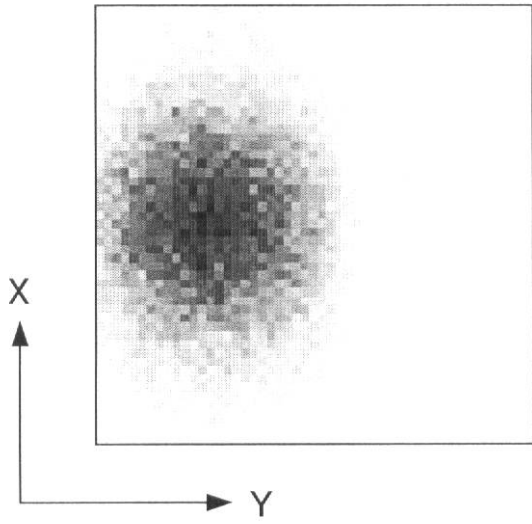
【 図 1 3 】



【 図 1 4 】



【 図 1 5 】



領域DCでの分布