

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第5608210号
(P5608210)

(45) 発行日 平成26年10月15日 (2014. 10. 15)

(24) 登録日 平成26年9月5日 (2014. 9. 5)

(51) Int. Cl.		F I	
HO4N 13/02	(2006.01)	HO4N 13/02	
GO3B 35/18	(2006.01)	GO3B 35/18	
GO3B 15/02	(2006.01)	GO3B 15/02	G

請求項の数 17 (全 17 頁)

(21) 出願番号	特願2012-263336 (P2012-263336)	(73) 特許権者	304039548
(22) 出願日	平成24年11月30日 (2012. 11. 30)		コリア・インスティテュート・オブ・サイ エンス・アンド・テクノロジー
(65) 公開番号	特開2013-192203 (P2013-192203A)		大韓民国, ソウル 136-791, ソン ブクーク, ファランノ 14-ギル 5
(43) 公開日	平成25年9月26日 (2013. 9. 26)		
審査請求日	平成24年11月30日 (2012. 11. 30)	(74) 代理人	110000338
(31) 優先権主張番号	10-2012-0025670		特許業務法人HARAKENZO WOR LD PATENT & TRADEMA RK
(32) 優先日	平成24年3月13日 (2012. 3. 13)	(72) 発明者	ジェワン, キム
(33) 優先権主張国	韓国 (KR)		大韓民国, 122-743 ソウル, ウン ピョング, プルグァンードン 641, プッカサン ヒョンデ ヒルステート 3-チャ, 3206-1201

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 一つの撮像映像による三次元形状復元装置及び方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

物体に異なる角度で光を照明する複数の照明源点を有する光を物体に照明する照明部と

、
物体を透過した光を、空間的領域で規則的なパターンに変調する光変調素子と、
前記光変調素子で変調された映像を、一枚の二次元映像として撮像する撮像部と、
撮像部で獲得された一枚の二次元映像から、前記光変調素子のそれぞれの単位素子に対
応する部分映像を分離し、前記部分映像で空間的に分離されたタイルを、照明源点別に分
離された単位映像として再び組み合わせ、分離された単位映像を復元して、物体の三次元
形状を復元する信号処理部と、を備えることを特徴とする三次元形状復元装置。

10

【請求項 2】

前記光変調素子は、ピンホールアレイまたはレンズレットアレイであり、前記照明源点
を異ならせる光線を空間的に分離することを特徴とする請求項 1 に記載の三次元形状復元
装置。

【請求項 3】

物体に異なる角度で光を照明する複数の照明源点を有する光を物体に照明する照明部と

、
物体を透過した光を、周波数領域で規則的なパターンに変調する光変調素子と、
前記光変調素子で変調された映像を、一枚の二次元映像として撮像する撮像部と、
撮像部で獲得された一枚の二次元映像から、前記光変調素子のそれぞれの単位素子に対

20

応する部分映像を分離し、前記部分映像で空間的に分離されたタイルを、照明源点別に分離された単位映像として再び組み合わせ、分離された単位映像を復元して、物体の三次元形状を復元する信号処理部と、を備えることを特徴とする三次元形状復元装置。

【請求項 4】

前記光変調素子は、MURA (Modified Uniformly Redundant Arrays) パターンマスクまたはコサインパターンマスクであり、前記照明源点を異ならせる光線を周波数領域で分離することを特徴とする請求項 3 に記載の三次元形状復元装置。

【請求項 5】

前記信号処理部は、前記一枚の二次元映像を周波数領域に変換し、前記周波数領域に変換された映像から、照明源点別に分離された単位映像として再び組み合わせることを特徴とする請求項 4 に記載の三次元形状復元装置。

10

【請求項 6】

前記複数の照明源点は、物体に異なる角度で光を照射する複数の発光源であることを特徴とする請求項 1 ないし 5 のうちいずれか一項に記載の三次元形状復元装置。

【請求項 7】

前記複数の発光源は、可視光線源、赤外線源、紫外線源、または X 線源であることを特徴とする請求項 6 に記載の三次元形状復元装置。

【請求項 8】

前記三次元形状復元装置は、コンピュータ映像断層撮影装置であることを特徴とする請求項 1 ないし 7 のうちいずれか一項に記載の三次元形状復元装置。

20

【請求項 9】

前記信号処理部は、トモグラフィ法を利用して、前記分離されたそれぞれの単位映像から、物体の三次元形状を復元することを特徴とする請求項 1 ないし 8 のうちいずれか一項に記載の三次元形状復元装置。

【請求項 10】

物体に異なる角度で光を照明する複数の照明源点を有する光を物体に照明する第 1 ステップと、

光変調素子を用いて、物体を透過した光を、空間的領域で規則的なパターンに変調する第 2 ステップと、

前記規則的なパターンに変調された映像を、一枚の二次元映像として撮像する第 3 ステップと、

30

前記一枚の二次元映像から、前記光変調素子のそれぞれの単位素子に対応する部分映像を分離するステップと前記部分映像で空間的に分離されたタイルを照明源点別に分離された単位映像として再び組み合わせるステップとを含む照明源点を異ならせる光それぞれにより生成された単位映像を分離する第 4 ステップと、

分離されたそれぞれの単位映像から、物体の三次元形状を復元する第 5 ステップと、を含むことを特徴とする三次元形状復元方法。

【請求項 11】

前記物体を透過した光を、空間的領域で規則的なパターンに変調する第 2 ステップは、前記物体を透過した光を、ピンホールアレイまたはレンズレットアレイを透過させて、照明源点を異ならせる光線を空間的に分離することを特徴とする請求項 10 に記載の三次元形状復元方法。

40

【請求項 12】

前記単位映像を分離する第 4 ステップは、前記一枚の二次元映像から、前記ピンホールアレイのピンホール、あるいは前記レンズレットアレイのレンズレットそれぞれに対応する部分映像を分離するステップと、

前記部分映像で空間的に分離されたタイルを、照明源点別に分離された単位映像として再び組み合わせるステップと、を含むことを特徴とする請求項 11 に記載の三次元形状復元方法。

【請求項 13】

50

物体に異なる角度で光を照明する複数の照明源点を有する光を物体に照明する第 1 ステップと、

光変調素子を用いて、物体を透過した光を周波数領域で規則的なパターンに変調する第 2 ステップと、

前記規則的なパターンに変調された映像を、一枚の二次元映像として撮像する第 3 ステップと、

前記一枚の二次元映像から、前記光変調素子のそれぞれの単位素子に対応する部分映像を分離するステップと前記部分映像で空間的に分離されたタイルを照明源点別に分離された単位映像として再び組み合わせるステップとを含む照明源点を異ならせる光それぞれにより生成された単位映像を分離する第 4 ステップと、

分離されたそれぞれの単位映像から、物体の三次元形状を復元する第 5 ステップと、を含むことを特徴とする三次元形状復元方法。

【請求項 1 4】

前記物体を透過した光を、周波数領域で規則的なパターンに変調する第 2 ステップは、前記物体を透過した光を、MURA パターンマスクまたはコサインパターンマスクを透過させて、照明源点を異ならせる光線を周波数領域で分離することを特徴とする請求項 1 3 に記載の三次元形状復元方法。

【請求項 1 5】

前記単位映像を分離する第 4 ステップは、前記一枚の二次元映像を周波数領域に変換するステップと、前記周波数領域に変換された映像から、照明源点別に分離された単位映像として再び組み合わせるステップと、を含むことを特徴とする請求項 1 4 に記載の三次元形状復元方法。

【請求項 1 6】

前記物体に照明する光は、可視光線、赤外線、紫外線、または X 線であることを特徴とする請求項 1 0 ないし 1 5 のうちいずれか一項に記載の三次元形状復元方法。

【請求項 1 7】

前記分離されたそれぞれの単位映像から、物体の三次元形状を復元する第 5 ステップは、トモグラフィ法を利用することを特徴とする請求項 1 0 ないし 1 6 のうちいずれか一項に記載の三次元形状復元方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、三次元形状復元装置及び方法に係り、特に三次元物体に対して一枚の二次元撮像映像を取得し、物体の三次元形状を復元する装置及びその方法に関する。

【背景技術】

【0002】

一般的に、任意の物体の三次元形状を復元（すなわち、再構成）するためには、イメージングシステムは、複数個の二次元映像を必要とする。

【0003】

例えば、X 線を利用した医療映像装置は、物体（すなわち、患者の特定の部位）をカバーできる大面積の X 線検出センサーを備え、前記特定の部位に回転中心を置いて 360° 回転しつつ、前記特定の部位を複数回撮影して、前記特定の部位に対する複数の断層映像を獲得し、それから三次元トモグラフィ映像として復元する。

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

従来技術による三次元トモグラフィ映像復元方法は、物体に対して複数回撮影して、三次元形状を復元するので、X 線のような放射線を利用する医療映像装置の場合、被爆量

10

20

30

40

50

が問題となる。また、位置を移動させつつ複数回撮影するので、位置移動のための機具的装置が必要であるだけでなく、動的物体に対して三次元形状を復元するには困難がある。

【0005】

本発明の目的は、前記のような従来の技術による問題点を解決するために提案されたものであって、一枚の取得された映像から、任意の物体の三次元形状を復元する装置及び方法を提供することである。

【課題を解決するための手段】

【0006】

本発明の一側面による三次元形状復元装置は、異なる複数の照明源点を有する光を物体に照明する照明部と、物体を透過した光を、空間的領域で規則的なパターンに変調する光変調素子と、光変調素子で変調された映像を、一枚の二次元映像として撮像する撮像部と、撮像部で獲得された一枚の二次元映像から、照明源点別に単位映像を分離し、分離された単位映像を復元して、物体の三次元形状を復元する信号処理部と、を備える。

10

【0007】

光変調素子は、ピンホールアレイまたはレンズレットアレイであり、この場合、光変調素子は、照明源点を異ならせる光線を空間的に分離してもよい。

【0008】

信号処理部は、一枚の二次元映像から、ピンホールアレイのピンホール、あるいはレンズレットアレイのレンズレットそれぞれに対応する部分映像を分離し、部分映像で空間的に分離されたタイルを、照明源点別に分離された単位映像として再び組み合わせてもよい。

20

【0009】

本発明の他の側面による三次元形状復元装置は、異なる複数の照明源点を有する光を物体に照明する照明部と、物体を透過した光を、周波数領域で規則的なパターンに変調する光変調素子と、光変調素子で変調された映像を、一枚の二次元映像として撮像する撮像部と、撮像部で獲得された一枚の二次元映像から、照明源点別に単位映像を分離し、分離された単位映像を復元して、物体の三次元形状を復元する信号処理部と、を備える。

【0010】

光変調素子は、MURAパターンマスクまたはコサインパターンマスクであり、照明源点を異ならせる光線を周波数領域で分離してもよい。

30

【0011】

信号処理部は、一枚の二次元映像を周波数領域に変換し、周波数領域に変換された映像から、照明源点別に分離された単位映像として再び組み合わせてもよい。

【0012】

照明部は、物体に異なる角度で光を照射する複数の発光源を備えてもよい。この時、複数の発光源は、可視光線源、赤外線源、紫外線源、またはX線源であってもよい。

【0013】

三次元形状復元装置は、コンピュータ映像断層撮影装置であってもよい。

【0014】

信号処理部は、トモグラフィ法を利用して分離されたそれぞれの単位映像から、物体の三次元形状を復元してもよい。

40

【0015】

本発明のさらに他の側面による三次元形状復元方法は、異なる複数の照明源点を有する光を物体に照明するステップと、物体を透過した光を、空間的領域で規則的なパターンに変調するステップと、規則的なパターンに変調された映像を、一枚の二次元映像として撮像するステップと、一枚の二次元映像から、照明源点を異ならせる光それぞれにより生成された単位映像を分離するステップと、分離されたそれぞれの単位映像から、物体の三次元形状を復元するステップと、を含む。

【0016】

50

物体を透過した光を、空間的領域で規則的なパターンに変調するステップは、物体を透過した光を、ピンホールアレイまたはレンズレットアレイを透過させて、照明源点を異ならせる光線を空間的に分離してもよい。

【0017】

単位映像を分離するステップは、一枚の二次元映像から、ピンホールアレイのピンホール、あるいはレンズレットアレイのレンズレットそれぞれに対応する部分映像を分離するステップと、部分映像で空間的に分離されたタイルを、照明源点別に分離された単位映像として再び組み合わせるステップと、を含んでもよい。

【0018】

本発明のさらに他の側面による三次元形状復元方法は、異なる複数の照明源点を有する光を物体に照明するステップと、物体を透過した光を、周波数領域で規則的なパターンに変調するステップと、規則的なパターンに変調された映像を、一枚の二次元映像として撮像するステップと、一枚の二次元映像から、照明源点を異ならせる光それぞれにより生成された単位映像を分離するステップと、分離されたそれぞれの単位映像から、物体の三次元形状を復元するステップと、を含む。

【0019】

物体を透過した光を、周波数領域で規則的なパターンに変調するステップは、物体を透過した光を、MURAパターンマスクまたはコサインパターンマスクを透過させて、照明源点を異ならせる光線を周波数領域で分離してもよい。

【0020】

単位映像を分離するステップは、一枚の二次元映像を周波数領域に変換するステップと、周波数領域に変換された映像から、照明源点別に分離された単位映像として再び組み合わせるステップと、を含んでもよい。

【0021】

異なる複数の照明源点は、物体に異なる角度で光を照明してもよい。

【0022】

光を物体に照明する光は、可視光線、赤外線、紫外線、またはX線であってもよい。

【0023】

分離されたそれぞれの単位映像から、物体の三次元形状を復元するステップは、トモグラフィ法を利用してよい。

【発明の効果】

【0024】

本発明によれば、取得された一枚の映像から、任意の物体の三次元形状復元が可能であり、それによって、三次元形状復元にかかる映像獲得時間を画期的に短縮させることができる。病院でよく使われるコンピュータ映像断層撮影(Computerized Tomography: CT)装置に本発明が適用される場合、一枚のX線映像を取得して、人体の内部の三次元形状が得られるので、放射線の被爆量とCT撮影にかかる時間を画期的に減らすことができ、心臓のように速く動く臓器のリアルタイム三次元形状取得にも有効に使われる。

【図面の簡単な説明】

【0025】

【図1】本発明の一実施形態による三次元形状復元装置の構成を概略的に示す図面である。

【図2】図1の三次元形状復元装置に採用されるピンホールアレイタイプの光変調素子の平面図である。

【図3】本実施形態の三次元形状復元装置における光線を示す図面である。

【図4】撮像部が撮像したサンプル映像を示す図面である。

【図5】図4において、A部分の映像を拡大した図面である。

【図6】図5において、ピンホール部分映像を拡大した図面である。

【図7】撮像された映像から、照明源点を異ならせる単位映像を分離する過程を示す図面である。

10

20

30

40

50

【図 8】撮像された映像から、照明源点を異ならせる単位映像を分離する過程を示す図面である。

【図 9】本発明の一実施形態による三次元形状復元方法を説明するフローチャートである。

【図 10】本発明の一実施形態による三次元形状復元装置を実験的にセッティングした実験例を示す図面である。

【図 11】図 10 の実験例において、撮像部で撮像された一枚の映像から、照明源点別に分離された単位映像を示す図面である。

【図 12 A】図 10 の実験例において、照明源点別に分離された単位映像を三次元映像として復元したことを示す図面である。

10

【図 12 B】図 10 の実験例において、照明源点別に分離された単位映像を三次元映像として復元したことを示す図面である。

【図 13】図 1 の三次元形状復元装置に採用されるレンズレットアレイタイプの光変調素子を示す図面である。

【図 14】本発明の他の実施形態による三次元形状復元装置の構成を概略的に示す図面である。

【図 15】図 14 の三次元形状復元装置に採用される周波数ドメインパターンマスクタイプの光変調素子の平面図である。

【図 16】図 14 の三次元形状復元装置に採用される周波数ドメインパターンマスクタイプの光変調素子の平面図である。

20

【図 17】図 14 の三次元形状復元装置における光線を示す図面である。

【図 18】図 14 の三次元形状復元装置において、周波数領域に変換された映像の一例を示す図面である。

【図 19】図 14 の三次元形状復元装置において、物体を透過した映像が変調された一例を周波数平面で示す図面である。

【図 20】図 14 の三次元形状復元装置において、撮像部に撮像された映像の復元を説明する図面である。

【発明を実施するための形態】

【0026】

以下、添付された図面を参照して、本発明の実施形態を詳細に説明する。図面において、同じ参照符号は、同じ構成要素を指し、各構成要素のサイズや厚さは、説明の明瞭性のために誇張される。

30

【0027】

図 1 は、本発明の一実施形態による三次元形状復元装置 100 の構成を概略的に示すものである。

【0028】

図 1 を参照すれば、本実施形態による三次元形状復元装置 100 は、複数の照明源点を有する光を物体 10 に照明する照明部 110 と、物体 10 を透過した光を変調する光変調素子 120 と、光変調素子 120 で変調された物体 10 の映像を撮像する撮像部 130 と、撮像部 130 で撮像された映像を処理する信号処理部 150 とを備える。照明部 110 と光変調素子 120 との間には、物体 10 が位置する。

40

【0029】

照明部 110 は、離隔して配列された複数個の発光源 111 を備える。発光源 111 の発光位置が、それぞれ照明源点として理解される。これによって、発光源 111 は、異なる照射角度で物体 10 を照明する。発光源 111 は、二次元平面あるいは曲面上に配列されても、三次元的に配列されてもよい。発光源 111 の配列間隔は、一定であっても、規則的に変更されてもよい。発光源 111 は、可視光線源、赤外線源、テラヘルツ波源、紫外線源、X線源などの公知の光源であり、応用分野によって選択される。

【0030】

図 2 は、ピンホールアレイタイプの光変調素子 120 の平面図である。図 2 を参照すれ

50

ば、ピンホールアレイタイプの光変調素子 120 は、複数のピンホール 121, 122, ... が二次元平面上に規則的に配列され、ピンホール 121, 122, ... は、光が通過する開口である。一方、光変調素子 120 において、ピンホール 121, 122, ... を除いた残りの領域では、光が遮断される。ピンホール 121, 122, ... の配列間隔 D は、後述するように、一つのピンホール 121 を通過して、撮像部 130 で形成される像 P1 (図 3) が、隣接するピンホール 122 を通過して、撮像部 130 で形成される像と空間的に重ならないように設定される。かかるピンホールアレイタイプの光変調素子 120 は、物体 10 を透過した光を、照明部 110 の照明源点によって空間的に規則的なパターンに変調して、照明部 110 の照明源点による映像情報を分離する光学装置の一例である。

【0031】

撮像部 130 は、光変調素子 120 で変調された映像を、一枚の二次元映像として撮像する装置である。撮像部 130 は、光を検出して、電気的信号に切り替える光電変換素子が二次元配列された構造を有する。撮像部 130 の光電変換素子は、照明部 110 で採択された光源の波長によって適切に選択される。

【0032】

光変調素子 120 の前方あるいは後方には、撮像部 130 に物体 10 の像を結像するための結像光学系 (図示せず) がさらに設けられる。結像光学系において、センサーは、照明部 110 で採択された光源の波長によって適切に選択され、例えば、可視光線、赤外線、または紫外線に対しては、屈折レンズが結像光学系として使われ、X線に対しては、減衰性質の光変調素子が結像光学系として使われる。

【0033】

信号処理部 150 は、撮像部 130 で撮像された一枚の二次元映像を照明源点別に分離して、複数の単位映像を抽出し、それらの複数の単位映像から、物体 10 の三次元形状を復元する。信号処理部 150 での三次元形状復元プロセスは、三次元形状を復元する方法と共に説明する。

【0034】

図 3 ないし図 8 を参照して、物体 10 の三次元形状を復元する方法を説明する。図 3 は、本実施形態の三次元形状復元装置 100 における光線を示す。図 4 は、撮像部 130 が撮像したサンプル映像を示し、図 5 は、図 4 において、A 部分の映像を拡大したものである。図 4 及び図 5 は、三次元形状復元装置 100 の照明部 110 が、6 行 6 列に配列された総 36 個の発光源 111 を有する場合に撮像された映像である。

【0035】

図 3 を参照すれば、照明部 110 の発光源 111 から出発した光線 L は、光変調素子 120 のピンホール 121 を通過して、撮像部 130 の撮像面 131 に結像される。一方、光変調素子 120 の一つのピンホール 121 を通過する光の光線は、撮像部 130 の撮像面 131 に、一つのピンホール部分映像 P1 として結像される。同様に、前記ピンホール 121 に隣接したピンホール 122 を通過する光は、撮像部 130 の撮像面 131 に、ピンホール部分映像 P2 として結像される。この時、ピンホール 121, 122, ... の配列間隔 D は、ピンホール部分映像 P1 とピンホール部分映像 P2 とが空間的に分離されるように設定される。

【0036】

図 5 において、一つの四角形で表示された領域は、光変調素子 120 の一つのピンホール 121 により形成されたピンホール部分映像 P1 である。図 4 及び図 5 を参照すれば、ピンホール部分映像 P1 が、サンプル映像の全域にわたって行と列に配列されている。かかるピンホール部分映像 P1 の配列パターンは、光変調素子 120 のピンホール 121, 122, ... の配列パターンに対応する。

【0037】

照明部 110 の発光源 111 それぞれは、照明源点を異ならせるので、物体 10 に入射される光線は、照明部 110 の発光源 111 別に入射角を異ならせる。したがって、ピンホール部分映像 P1 は、図 5 に示したように、発光源 111 別に空間的に分離されたタイ

10

20

30

40

50

ルで形成されている。すなわち、照明部 1 1 0 が 6 行 6 列に配列された総 3 6 個の発光源 1 1 1 を有する場合、ピンホール部分映像 P 1 は、総 3 6 個の発光源 1 1 1 にそれぞれ対応する 3 6 個のタイルで形成される。

【 0 0 3 8 】

前記のように、光変調素子 1 2 0 のピンホール 1 2 1 から、発光源 1 1 1 別に光の光線が分離されるのは、光が空間的に変調されるものと理解される。かかる空間的な変調によって、物体 1 0 の各位置及び方向についての映像情報が、撮像部 1 3 0 で撮像された二次元映像に空間的に分離可能に含まれている。

【 0 0 3 9 】

図 6 は、図 5 において、ピンホール部分映像 P 1 を拡大したものである。ここで、 i , j は、図 4 に示したサンプル映像の全体で、ピンホール部分映像 P 1 の位置を示すインデックスである。すなわち、図 5 において、ピンホール部分映像 P 1 は、サンプル映像の全体で、 i 番目の行、 j 番目の列に位置したものと理解される。

【 0 0 4 0 】

図 6 において、ピンホール部分映像 P 1 内で、最初の発光源によるタイルは、 I^1_{ij} で表示され、二番目の発光源によるタイルは、 I^2_{ij} で表示され、同様な方式によって、3 6 番目の発光源によるタイルは、 I^{36}_{ij} で表示される。図 6 を参照すれば、一つのピンホール部分映像 P 1 内にある小さいタイル I^1_{ij} , I^2_{ij} , I^3_{ij} , ... , I^{36}_{ij} の個数は、照明部 1 1 0 で使われた発光源 1 1 1 の個数である 3 6 個と同じである。すなわち、一つのピンホール部分映像 P 1 内に存在するタイル I^1_{ij} , I^2_{ij} , ... , I^{36}_{ij} は、6 (横) × 6 (縦) の発光源 1 1 1 から出発した光線が、一つのピンホール 1 2 1 を通過して空間的に分離された状態で、撮像部 1 3 0 に撮像されたものである。

【 0 0 4 1 】

図 7 及び図 8 は、撮像された映像から、個別的な発光源が照射した光による映像を分離する過程を示すものである。説明の簡略化のために、サンプル映像をなす複数のピンホール部分映像のうち、行インデックスが $i = 1, 2, 3$ であり、複数の四角形領域の列インデックスが $j = 1, 2, 3$ であるもののみを考慮する。

【 0 0 4 2 】

図 7 を参照すれば、9 個のピンホール部分映像それぞれで、最初のタイル I^1_{11} , I^1_{12} , I^1_{13} , I^1_{21} , I^1_{22} , I^1_{23} , I^1_{31} , I^1_{32} , I^1_{33} は、最初の発光源から出発した光線により形成された像として理解される。同様に、9 個のピンホール部分映像それぞれで、二番目のタイル I^2_{ij} (図 6) は、二番目の発光源から出発した光線により形成された像として理解される。

【 0 0 4 3 】

光変調素子 1 2 0 による空間的な変調によって、図 8 に示したように、これらの最初の発光源から照射された光で形成されたタイル I^1_{11} , I^1_{12} , I^1_{13} , I^1_{21} , I^1_{22} , I^1_{23} , I^1_{31} , I^1_{32} , I^1_{33} は分離されて、最初の単位映像 I_1 として再び組み合わせられ、二番目の発光源から照射された光で形成されたタイル I^2_{11} , I^2_{12} , I^2_{13} , I^2_{21} , I^2_{22} , I^2_{23} , I^2_{31} , I^2_{32} , I^2_{33} は分離されて、二番目の単位映像 I_2 として再び組み合わせられる。かかる単位映像の再び組み合わせは、反復的に行われ、最後に 3 6 番目の発光源から照射された光で形成されたタイル I^{36}_{11} , I^{36}_{12} , I^{36}_{13} , I^{36}_{21} , I^{36}_{22} , I^{36}_{23} , I^{36}_{31} , I^{36}_{32} , I^{36}_{33} は分離されて、3 6 番目の単位映像 I_{36} として再び組み合わせられる。

【 0 0 4 4 】

かかるプロセスを通じて得られる単位映像 I^1 , I^2 , ... , I^{36} は、異なる照明源点で照射される光により得られる映像である。このように、異なる照明源点を有する光による映像から、三次元形状を復元することは、公知のトモグラフィ法を通じて行われる。一例として、単位映像 I_1 , I_2 , ... , I_{36} を ART (Algebraic Reconstruction Techni

10

20

30

40

50

que)法により復元することで、三次元形状が得られる。

【0045】

次いで、本実施形態による三次元形状復元方法を説明する。図9は、本実施形態による三次元形状復元方法を説明するフローチャートである。

【0046】

図1ないし図9を参照すれば、異なる複数の照明源点を有する光を物体10に照明する(S110)。次いで、ピンホールアレイのような光変調素子120を利用して、物体10を透過した光を規則的に変調する(S120)。次いで、変調された物体10の映像を、一枚の二次元映像として撮像する(S130)。次いで、図7及び図8を参照して説明したように、撮像された一つの映像を、光変調素子120のレンズレット121それぞれに対応する部分映像に分離し、各部分映像で空間的に分離されたタイルを照明源点別に再び組み合わせて、複数の単位映像を抽出する(S140)。最後に抽出された複数の単位映像から、トモグラフィ法を利用して三次元映像を復元する(S150)。

10

【0047】

<実験例>

図10は、前述した実施形態による三次元形状復元装置100を実験的にセッティングした実験例を示す。本実験例において、照明部110は、白色発光ダイオード素子(LED)が二次元配列された構成を有し、物体10に該当するコップを透過した光は、ピンホールアレイの光変調素子120を経た後、撮像部130で撮像される。図11は、撮像部130で撮像された一枚の映像から、照明源点別に分離された単位映像を示す。図11を参照すれば、単位映像は、物体10を多様な角度で撮像されたものに対応する。図12A及び図12Bは、照明源点別に分離された単位映像を三次元映像として復元したものを示す。

20

【0048】

図13は、前述した実施形態の三次元形状復元装置における光変調素子120として採用されるレンズレットアレイタイプの光変調素子を示す。

【0049】

前述した実施形態において、光変調素子120は、ピンホールアレイを例として説明したが、これに限定されるものではない。三次元形状復元装置100に採用される光変調素子120として、ピンホールアレイの代わりに、図13に示したようなレンズレットアレイが使われてもよい。

30

【0050】

レンズレットアレイは、図13でB領域を拡大した図面で見られるように、複数のレンズレット125が二次元平面上に配列されたものである。レンズレット125の間隔は、レンズレット125それぞれにより形成された像が互いに重ならないサイズに設定される。異なる照明源点から出発して、一つのレンズレット125に入射した光線は、異なる入射角を有し、したがって、レンズレット125で異なる屈折角を有して出射される。したがって、異なる照明源点から出発した光線は、レンズレット125で空間的に分離される。すなわち、レンズレット125は、図3を参照して説明したピンホール121での空間的変調と実質的に同じ効果が得られるということが分かり、図1ないし図9を参照して説明した実施形態で、ピンホールアレイの光変調素子120と実質的に同じ機能を行えるということが分かる。

40

【0051】

図14は、本発明の他の実施形態による三次元形状復元装置200の構成を概略的に示す。図14を参照すれば、本実施形態による三次元形状復元装置200は、複数の照明源点を有する光を物体10に照明する照明部110と、物体10を透過した光を変調する光変調素子220と、光変調素子220で変調された物体10の映像を撮像する撮像部130と、撮像部130で撮像された映像を処理する信号処理部150とを備える。

【0052】

照明部110と撮像部130とは、図1ないし図9を参照して説明した実施形態と実質

50

的に同じである。

【 0 0 5 3 】

図 1 5 及び図 1 6 は、本実施形態の三次元形状復元装置 2 0 0 に採用される周波数ドメインパターンマスクタイプの光変調素子 2 2 0 の平面図である。周波数ドメインパターンマスクは、周波数領域で物体 1 0 を透過した光を、照明部 1 1 0 の照明源点によって分離されるように変調する光学素子である。かかる周波数ドメインパターンマスクは、図 1 5 に示した M U R A (Modified Uniformly Redundant Arrays) パターンや、図 1 6 に示したコサインパターンに形成される。

【 0 0 5 4 】

図 1 7 ないし図 2 0 は、本実施形態の三次元形状復元装置 1 0 0 での物体 1 0 の像が周波数領域で変調及び復調される過程を説明する。

【 0 0 5 5 】

図 1 7 は、本実施形態の三次元形状復元装置 2 0 0 における光線を示し、図 1 8 は、周波数領域に変換された映像の一例を示し、図 1 9 は、物体 1 0 を透過した映像が変調された一例を周波数平面で示し、図 2 0 は、撮像部 1 3 0 に撮像された映像の復元を説明する。図 1 8 及び図 1 9 において、 f_x 軸は、空間に対する周波数領域を表し、 f 軸は、撮像部 1 3 0 に入射される光の入射角に対する周波数領域を表す。図 1 9 及び図 2 0 において、 I_1, I_2, I_3, I_4, I_5 は、照明源点を異ならせる光線 L_1, L_2, L_3, L_4, L_5 による映像を表す。

【 0 0 5 6 】

図 1 7 を参照すれば、照明部 1 1 0 の異なる発光源 1 1 1 から出発した光線 L_1, L_2, L_3, L_4, L_5 は、物体 1 0 を透過した後、光変調素子 2 2 0 により周波数領域で変調され、撮像部 1 3 0 に一枚の映像として撮像される。

【 0 0 5 7 】

図 1 8 を参照すれば、撮像部 1 3 0 に達する光フィールドは、照明源点別に物体 1 0 の位置についての情報と、角度についての情報とをいずれも有しているが、光変調素子 2 2 0 の変調がない場合であれば、撮像部 1 3 0 により実質的に撮像される映像は、 $f = 0$ の領域である。したがって、光変調素子 2 2 0 の変調がない場合であれば、撮像部 1 3 0 により撮像された映像は、いずれも周波数領域で $f = 0$ である領域 C にあるので、撮像面 1 3 1 に入射される光線の角度についての情報がなくなる。

【 0 0 5 8 】

図 1 9 を参照すれば、異なる照明源点を有する映像 I_1, I_2, I_3, I_4, I_5 は、光変調素子 2 2 0 の周波数ドメインパターンによって、周波数領域 f_x の所定の区間別に異なるサイズで f 軸方向に変調される。その結果、 $f = 0$ である領域 D に置かれた変調された映像 I_1, I_2, I_3, I_4, I_5 は、変調前を基準として、異なる f での映像となる。 $f = 0$ である領域 D に置かれた変調された映像 I_1, I_2, I_3, I_4, I_5 は、撮像部 1 3 0 により一枚の映像として撮像される。したがって、光変調素子 2 2 0 により変調された後、撮像部 1 3 0 により撮像された一枚の映像には、撮像面 1 3 1 に入射される光線の角度についての情報が含まれる。入射角は、照明部 1 1 0 の照明源点によって変わるので、撮像部 1 3 0 により撮像された一枚の映像は、照明部 1 1 0 の照明源点についての情報を含んでいると理解される。したがって、図 2 0 に示したように、撮像された一枚の映像内に属する映像 I_1, I_2, I_3, I_4, I_5 から、本来の f 値の位置に再配置することで（すなわち、照明源点別に映像を復元することで）、三次元形状を復元できる。

【 0 0 5 9 】

前記のような本実施形態の三次元形状復元装置 1 0 0 は、コンピュータ映像断層撮影 (Computerized Tomography: CT) 装置であってもよい。この場合、照明部 1 1 0 の発光源 1 1 1 は、X 線チューブのような X 線源であり、撮像部 1 3 0 は、X 線検出イメージセンサーである。このように、本実施形態の三次元形状復元装置 1 0 0 を CT 装置に適用する場合、一枚の X 線映像から、人体の内部の動的に動く臓器の三次元形状が得られるので、高

10

20

30

40

50

速のCT装置を具現できる。従来のCT装置では、人体の内部の動的に動く臓器の撮像が困難であったが、本実施形態の三次元形状復元装置100は、連続的に撮像された個別的な映像から、個別的に三次元形状を獲得できるので、動的に動く臓器の三次元形状復元が容易である。また、従来のCT装置の場合、三次元形状を復元するために、照射角度を異ならせる写真を複数枚撮像するため、X線の被爆量が問題となる。一方、本実施形態の三次元形状復元装置100は、一枚の映像により三次元形状を復元するので、X線の被爆量を最小化できる。

【0060】

本実施形態の三次元形状復元装置100は、可視光三次元カメラシステムに適用されることも可能である。この場合、照明部110の発光源111は、可視光発光ダイオードのような可視光線源であり、撮像部130は、可視光検出イメージセンサーである。

10

【0061】

前述した本発明の一つの撮像映像による三次元形状復元装置及び方法は、理解を助けるために図面に示した実施形態を参考にして説明されたが、これは、例示的なものに過ぎず、当業者ならば、これから多様な変形及び均等な他の実施形態が可能であるという点を理解できるであろう。したがって、本発明の真の技術的保護範囲は、特許請求の範囲により決まらねばならない。

【産業上の利用可能性】

【0062】

本発明は、例えば、医療映像関連の技術分野に適用可能である。

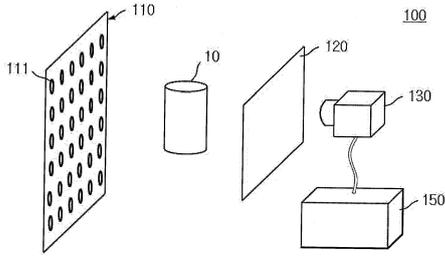
20

【符号の説明】

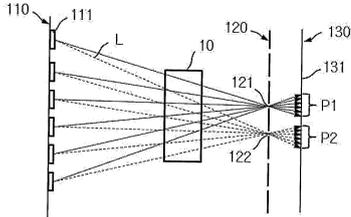
【0063】

10	物体
100	照明部
111	発光源
120, 220	光変調素子
130	撮像部
150	信号処理部

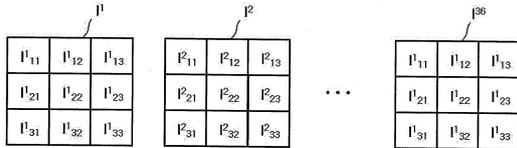
【図1】



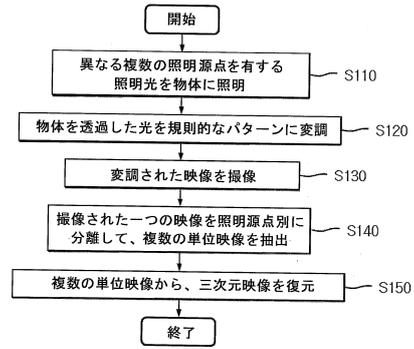
【図3】



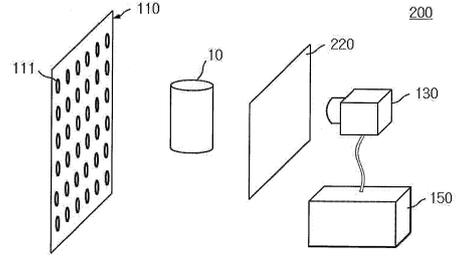
【図8】



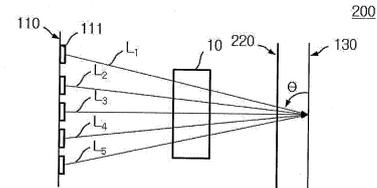
【図9】



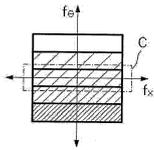
【図14】



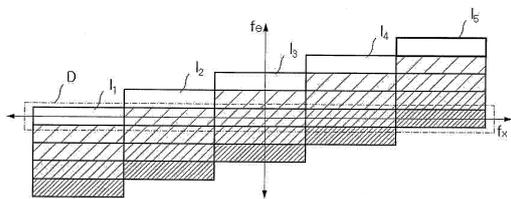
【図17】



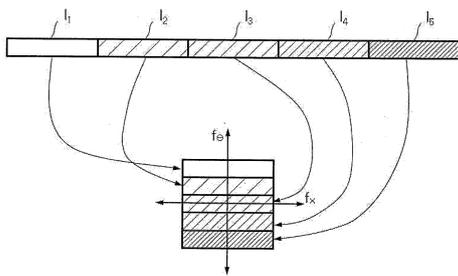
【図18】



【図19】



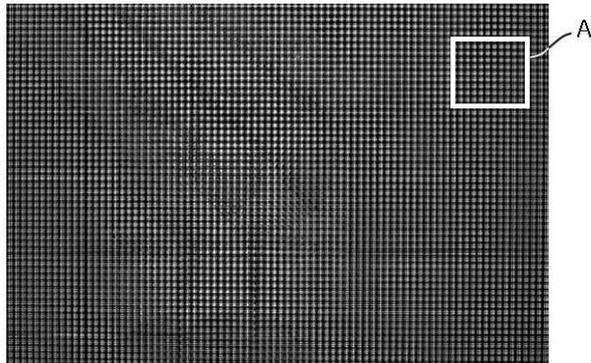
【図20】



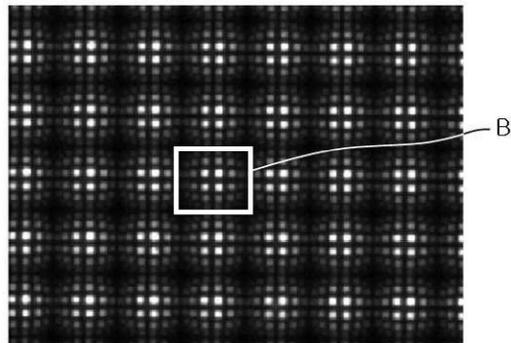
【 図 2 】



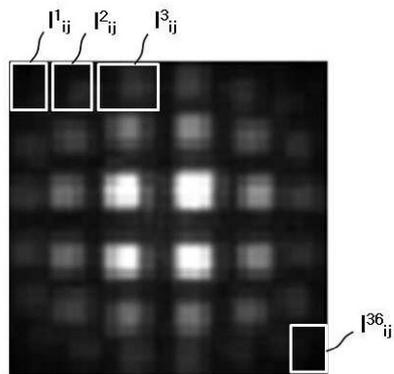
【 図 4 】



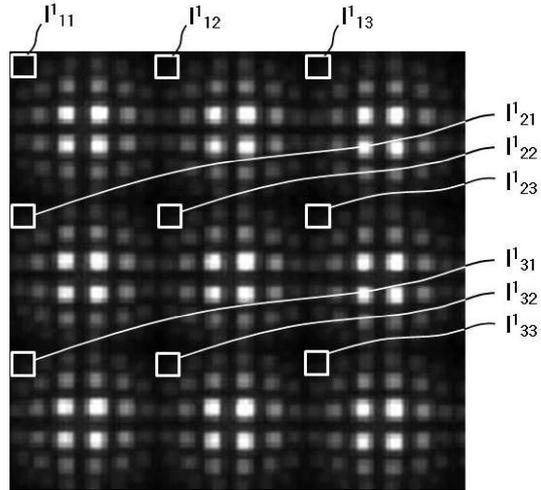
【 図 5 】



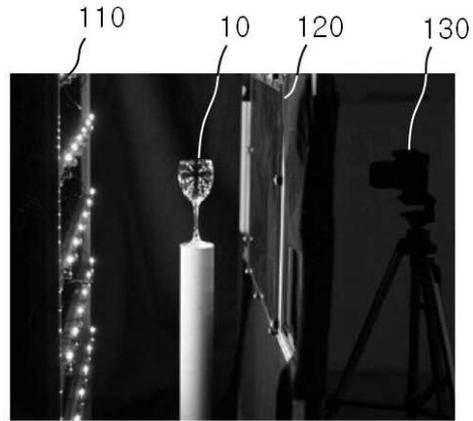
【 図 6 】



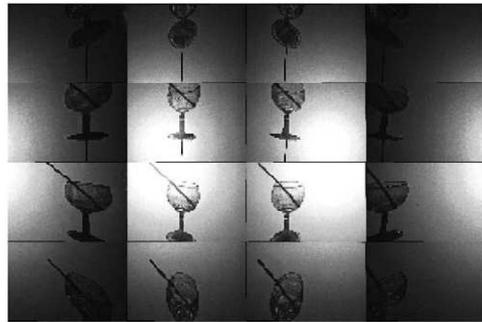
【 図 7 】



【 図 10 】



【 図 11 】



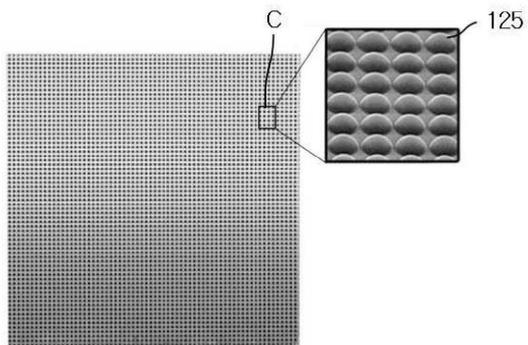
【 1 2 A】



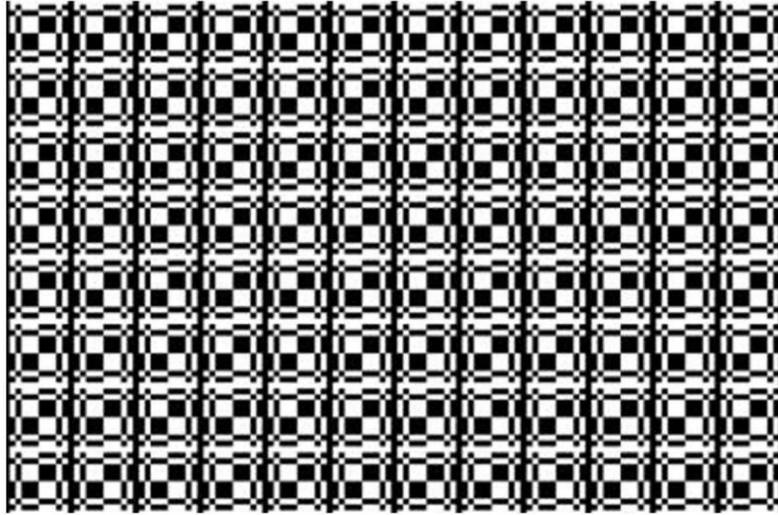
【 1 2 B】



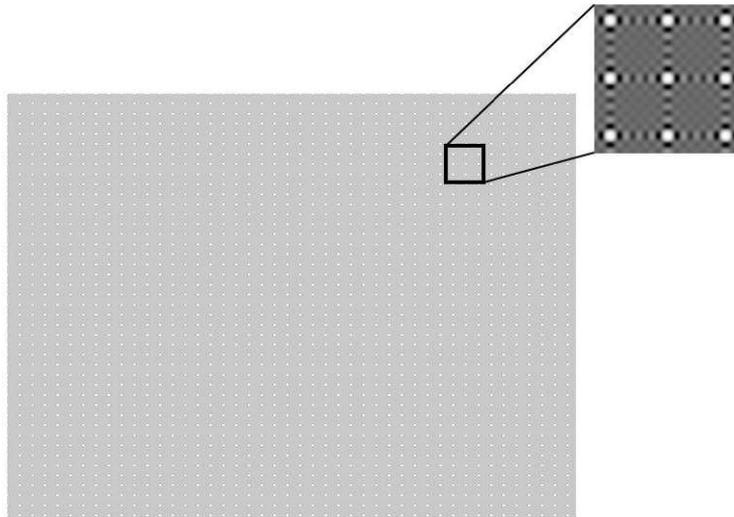
【 1 3】



【図 15】



【図 16】



フロントページの続き

(72)発明者 イク チェ, キム

大韓民国, 137-040 ソウル, ソチョ-グ, パンポ-ドン 20-9, チュゴン アパート
メント 310-301

審査官 佐野 潤一

(56)参考文献 特開平10-272128(JP, A)

特開2010-063646(JP, A)

特開2007-316170(JP, A)

特開2009-300268(JP, A)

特開2005-175538(JP, A)

特開2004-228838(JP, A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H04N 13/02

G03B 15/02

G03B 35/18