

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第3840341号
(P3840341)

(45) 発行日 平成18年11月1日(2006.11.1)

(24) 登録日 平成18年8月11日(2006.8.11)

(51) Int.C1.

F 1

GO 1 B 11/24

(2006.01)

GO 1 B 11/24

K

請求項の数 16 (全 17 頁)

(21) 出願番号

特願平10-293817

(22) 出願日

平成10年10月15日(1998.10.15)

(65) 公開番号

特開2000-121339(P2000-121339A)

(43) 公開日

平成12年4月28日(2000.4.28)

審査請求日

平成16年4月2日(2004.4.2)

(73) 特許権者 000236436

浜松ホトニクス株式会社

静岡県浜松市市野町1126番地の1

(73) 特許権者 000004352

日本放送協会

東京都渋谷区神南2丁目2番1号

(74) 代理人 100088155

弁理士 長谷川 芳樹

(74) 代理人 100089978

弁理士 塩田 辰也

(74) 代理人 100092657

弁理士 寺崎 史朗

(74) 代理人 100107456

弁理士 池田 成人

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】立体情報検出方法及び装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

第1の照明光で被写体を照明し、前記被写体からの反射光を二次元撮像装置の光電面に結像して前記被写体を撮像し、第1の映像を取得するステップと、

前記第1の映像を取得するステップの前または後に、第2の照明光で前記被写体を照明し、前記被写体からの反射光を前記二次元撮像装置の光電面に結像して前記被写体を撮像し、第2の映像を取得するステップと、

前記第1および第2の映像の同一の画素における輝度の比を算出し、この輝度の比を用いて前記光電面から前記被写体の前記画素に対応する点までの距離を計算する演算を、前記第1および第2の映像の各画素について実行するステップと、
を備え、

前記第1および第2の照明光の少なくとも一方は、時間とともに変化する輝度を有しており、

前記第1の映像を取得するステップおよび前記第2の映像を取得するステップは、前記被写体を同じ一定の撮像利得で同じ時間にわたり撮像し、

前記演算を実行するステップは、前記距離を前記第1の映像の輝度と前記第2の映像の輝度との比の関数として表す式に、算出した前記輝度の比を代入して前記距離を計算する、立体情報検出方法。

【請求項2】

前記第1の照明光は、所定の基準時刻から時間とともに一定の変化率Sで増加する輝度

を有し、

前記第2の照明光は、一定の輝度 I_r を有し、

前記第1の映像を取得するステップは、前記基準時刻から所定の時間 t_0 が経過した時に前記被写体の撮像を開始し、

前記演算を実行するステップは、前記式として下記に示す

【数31】

$$d = \frac{1}{2}v \left(t_0 - \frac{I_r}{S} R_+ \right)$$

(d は前記距離、 v は光速、 R₊ は前記第1の映像の輝度 / 前記第2の映像の輝度)

10

の R₊ に前記算出した輝度の比を代入して前記距離を計算する、請求項1に記載の立体情報検出方法。

【請求項3】

前記第1の照明光は、時間とともに一定の変化率 S で減少する輝度を有し、

前記第2の照明光は、一定の輝度 I_r を有し、

前記第1の映像を取得するステップは、前記第1の照明光が所定の強度 I₀ を有する時刻から所定の時間 t_0 が経過した時に前記被写体の撮像を開始し、

前記演算を実行するステップは、前記式として下記に示す

【数32】

$$d = \frac{1}{2}v \left(t_0 - \frac{I_0 - I_r R_-}{S} \right)$$

20

(d は前記距離、 v は光速、 R₋ は前記第1の映像の輝度 / 前記第2の映像の輝度)

の R₋ に前記算出した輝度の比を代入して前記距離を計算する、請求項1に記載の立体情報検出方法。

【請求項4】

前記第1の照明光は、所定の基準時刻から時間とともに一定の変化率 S で増加する輝度を有し、

前記第2の照明光は、時間とともに前記変化率 S で減少する輝度を有し、

前記第1の映像を取得するステップは、前記基準時刻から所定の時間 t_0 が経過した時に前記被写体の撮像を開始し、

30

前記第2の映像を取得するステップは、前記第2の照明光が所定の強度 I₀ を有する時刻から前記時間 t_0 が経過した時に前記被写体の撮像を開始し、

前記演算を実行するステップは、前記式として下記に示す

【数33】

$$d = \frac{1}{2}v \left(t_0 - \frac{I_0}{S} \frac{R}{1+R} \right)$$

(d は前記距離、 v は光速、 R は前記第1の映像の輝度 / 前記第2の映像の輝度)

の R に前記算出した輝度の比を代入して前記距離を計算する、請求項1に記載の立体情報検出方法。

40

【請求項5】

第1の照明光で被写体を照明し、前記被写体からの反射光を二次元撮像装置の光電面に結像して前記被写体を第1の撮像利得で撮像し、第1の映像を取得するステップと、

前記第1の映像を取得するステップの前または後に、第2の照明光で前記被写体を照明し、前記被写体からの反射光を前記二次元撮像装置の光電面に結像して前記被写体を第2の撮像利得で撮像し、第2の映像を取得するステップと、

前記第1および第2の映像の同一の画素における輝度の比を算出し、この輝度の比を用いて前記光電面から前記被写体のうち前記画素に対応する点までの距離を計算する演算を、前記第1および第2の映像の各画素について実行するステップと、

50

を備え、

前記第1および第2の照明光は、同じ一定の輝度で同じ時間にわたり前記被写体を照明し、

前記第1および第2の撮像利得の少なくとも一方は、時間とともに変化し、

前記演算を実行するステップは、前記距離を前記第1の映像の輝度と前記第2の映像の輝度との比の関数として表す式に、算出した前記輝度の比を代入して前記距離を計算する立体情報検出方法。

【請求項6】

前記第1の撮像利得は、所定の基準時刻から時間とともに一定の変化率Uで増加し、

前記第2の撮像利得は、定数g_rであり、

前記第1の映像を取得するステップは、前記基準時刻から所定の時間t₀が経過した時に前記第1の照明光による前記被写体の照明を開始し、

前記演算を実行するステップは、前記式として下記に示す

【数34】

$$d = \frac{1}{2}v \left(-t_0 + \frac{g_r}{U} R_+ \right)$$

(dは前記距離、vは光速、R₊は前記第1の映像の輝度／前記第2の映像の輝度)のR₊に前記算出した輝度の比を代入して前記距離を計算する、請求項5に記載の立体情報検出方法。

10

【請求項7】

前記第1の撮像利得は、時間とともに一定の変化率Uで減少し、

前記第2の撮像利得は、定数g_rであり、

前記第1の映像を取得するステップは、前記第1の撮像利得が所定の値g₀を有する時刻から所定の時間t₀が経過した時に前記第1の照明光による前記被写体の照明を開始し、

前記演算を実行するステップは、前記式として下記に示す

【数35】

$$d = \frac{1}{2}v \left(-t_0 + \frac{g_0 - g_r R_-}{U} \right)$$

30

(dは前記距離、vは光速、R₋は前記第1の映像の輝度／前記第2の映像の輝度)のR₋に前記算出した輝度の比を代入して前記距離を計算する、請求項5に記載の立体情報検出方法。

【請求項8】

前記第1の撮像利得は、所定の基準時刻から時間とともに一定の変化率Uで増加し、

前記第2の撮像利得は、時間とともに前記変化率Uで減少し、

前記第1の映像を取得するステップは、前記基準時刻から所定の時間t₀が経過した時に前記第1の照明光による前記被写体の照明を開始し、

前記第2の映像を撮像するステップは、前記第2の撮像利得が所定の値g₀を有する時刻から前記時間t₀が経過した時に前記第2の照明光による前記被写体の照明を開始し、

前記演算を実行するステップは、下記の式

【数36】

$$d = \frac{1}{2}v \left(-t_0 - \frac{g_0}{U} \frac{R}{1+R} \right)$$

40

(dは前記距離、vは光速、Rは前記第1の映像の輝度／前記第2の映像の輝度)のRに前記算出した輝度の比を代入して前記距離を計算する、請求項5に記載の立体情報検出方法。

【請求項9】

50

前記演算を実行するステップの後、前記各画素について算出された前記距離をその各画素の映像レベルとする立体情報信号を生成するステップを更に備え、

前記第1の映像を取得するステップおよび前記第2の映像を取得するステップの双方を前記立体情報信号の1フレーム時間内に実行する、請求項1～8のいずれか記載の立体情報検出方法。

【請求項10】

第1または第2の照明光を選択して被写体に投射することの可能な投光部と、

前記第1または第2の照明光が前記被写体に投射されたときに前記被写体からの反射光が結像される光電面を有し、前記第1の照明光の投射に応じて前記被写体を撮像して第1の映像信号を生成するとともに、前記第2の照明光の投射に応じて前記被写体を撮像して第2の映像信号を生成する二次元撮像装置と、

前記第1および第2の映像信号の同一の画素における輝度の比を算出し、この輝度の比を用いて前記光電面から前記被写体のうち前記画素に対応する点までの距離を計算する演算を、前記第1および第2の映像信号の各画素について実行する信号処理部と、

を備え、

前記第1および第2の照明光の少なくとも一方は、時間とともに変化する輝度を有しており、

前記二次元撮像装置は、前記第1および第2の照明光の投射に応じて前記被写体を同じ一定の撮像利得で同じ時間にわたり撮像し、

前記信号処理部は、前記距離を前記第1の映像信号の輝度と前記第2の映像信号の輝度との比の関数として表す式に、算出した前記輝度の比を代入して前記距離を計算する、立体情報検出装置。

【請求項11】

前記信号処理部は、請求項2～4のいずれかに記載の方法によって前記距離を計算する、請求項10に記載の立体情報検出装置。

【請求項12】

第1または第2の照明光を選択して被写体に投射することの可能な投光部と、

前記第1または第2の照明光が前記被写体に投射されたときに前記被写体からの反射光が結像される光電面を有し、前記第1の照明光の投射に応じて前記被写体を第1の撮像利得で撮像して第1の映像信号を生成するとともに、前記第2の照明光の投射に応じて前記被写体を第2の撮像利得で撮像して第2の映像信号を生成する二次元撮像装置と、

前記第1および第2の映像信号の同一の画素における輝度の比を算出し、この輝度の比を用いて前記光電面から前記被写体のうち前記画素に対応する点までの距離を計算する演算を、前記第1および第2の映像信号の各画素について実行する信号処理部と、

を備え、

前記投光部は、前記第1および第2の照明光を同じ一定の輝度で同じ時間にわたって前記被写体に投射し、

前記第1および第2の撮像利得の少なくとも一方は、時間とともに変化し、

前記信号処理部は、前記距離を前記第1の映像信号の輝度と前記第2の映像信号の輝度との比の関数として表す式に、算出した前記輝度の比を代入して前記距離を計算する、立体情報検出装置。

【請求項13】

前記信号処理部は、請求項6～8のいずれかに記載の方法によって前記距離を計算する、請求項12に記載の立体情報検出装置。

【請求項14】

前記投光部が、電気信号によって変調可能な発光素子を備えている、請求項10～13のいずれかに記載の立体情報検出装置。

【請求項15】

前記投光部が、発光素子と、電気信号によって駆動され、前記発光素子から出射した光を変調することの可能な変調器と、を備えている、請求項10～13のいずれかに記載の

10

20

30

40

50

立体情報検出装置。

【請求項 1 6】

前記二次元撮像装置が、前記被写体からの反射光を受光して光学像を生成する結像手段と、前記光学像を撮像して前記第1および第2の映像信号を出力する撮像素子と、前記結像手段と前記撮像素子との間に配置され、前記第1および第2の撮像利得を制御することができるゲート付きイメージインテンシファイアーと、を備えている、請求項 1 0 ~ 1 5のいずれかに記載の立体情報検出装置。

【発明の詳細な説明】

【0 0 0 1】

【発明の属する技術分野】

本発明は、立体動画像撮像に適用することが可能な被写体の立体情報検出方法および装置に関し、特に、映像信号のフレーム時間に実時間で追随できる速度で被写体各点の距離を2次元的に計測することにより被写体の立体情報を検出する方法および装置に関するものである。

【0 0 0 2】

【従来の技術】

光を用いて被写体の距離あるいは立体情報を計測する従来の技術としては、以下の方法がある。

【0 0 0 3】

(1) 図12のように、パルス状のレーザー光あるいは正弦波で振幅変調したレーザー光を被写体に照射し、反射光の到達時間あるいは変調位相から距離を計測する。

【0 0 0 4】

(2) 図13のように、前記(1)の方法においてレーザービームを2次元的に走査することにより被写体各部の距離を2次元的に計測する。

【0 0 0 5】

(3) 図14のように、正弦波信号で照明光を変調するとともに、撮像素子の前面に置かれたイメージインテンシファイアの光增幅利得を同じ正弦波信号で変調する。被写体からの反射光をレンズで結像した光学像は、被写体とレンズまでの距離に応じた変調位相を有しているため、イメージインテンシファイアに入力された光学像のうち光增幅利得の変化と位相の合った部分のみが強調される。そのため、レンズから等距離にある被写体の部分を等高線状に2次元的にとらえることができる。この動作原理の詳細は、特開平6-294868号公報の「イメージングレーザレーダ装置」に記述されている。

【0 0 0 6】

【発明が解決しようとする課題】

前記(1)に記述した方法は、被写体の一点の距離を計測するものであり、被写体の立体情報を得ることが出来ない。そのため、被写体各部の距離の2次元的な分布を計測して立体情報を得るためにには、上記(2)の方法のように光ビームを2次元的に走査する必要がある。また、上記(3)の方法は、レンズから等距離にある被写体の一部分のみが抽出されるため、被写体全体の立体情報を得るためにには、照明光の変調位相を所要の範囲だけ変化させる必要がある。上記(2)及び(3)はそれぞれ、照明光ビームの2次元的なラスタ走査と照明光の変調位相の変化が必要であるため、被写体の立体情報を映像信号のフレーム時間の速度で取り込むことは困難であり、立体動画像の撮像に適用するには不向きである。

【0 0 0 7】

本発明の目的は、このような従来技術の問題を解決して立体動画像の撮像に適用するために、被写体の立体情報を映像信号のフレーム時間以内で検出することを可能とする方法および装置を提供することである。

【0 0 0 8】

【課題を解決するための手段】

本発明に係る立体情報検出方法は、所定の輝度を有する照明光で照明された被写体を光学

10

20

30

40

50

像として結像し、この光学像を所定の撮像利得で撮像した映像から、被写体の各点の距離を検出する方法であり、前記所定の輝度および撮像利得の少なくとも一方が時間とともに変化するものであり、被写体の各点の距離を映像信号のフレーム時間に実時間で追隨する速度で検出できるようになっている。時間とともに変化する輝度または撮像利得を利用することで、撮像された被写体の映像の2次元的な輝度分布には被写体の各点までの距離情報が含まれるようになる。従って、この輝度レベル情報から被写体の各点の距離を求めることが可能、被写体の立体情報を検出することができる。

【0009】

上記の撮像は、映像信号の1フレーム時間内に複数回行ってもよい。この場合、撮像素子の蓄積効果により信号対雑音比が改善され、撮像感度が高まる。

10

【0010】

本発明に係る立体情報検出装置は、所定の輝度を有する照明光を被写体に投射することの可能な投光部と、所定の撮像利得で被写体を撮像することの可能な撮像部と、撮像部から出力された映像信号に含まれる輝度レベル情報から、被写体の各点の距離を計算する信号処理部と、を備えており、前記所定の輝度および撮像利得の少なくとも一方が時間とともに変化するものであり、被写体の各点の距離を映像信号のフレーム時間に実時間で追隨できる速度で検出することができる。時間とともに変化する輝度または撮像利得を利用することで、撮像部によって撮像された被写体の映像の2次元的な輝度分布には投光部から被写体の各点までの距離情報が含まれるようになる。従って、信号処理部は、映像信号に含まれる輝度レベル情報から被写体の各点の距離を計算することができる。この装置によれば、撮像時間が十分に短く、信号処理部が十分な速度で被写体の各点の距離を計算できるものであれば、被写体各点の距離を映像信号のフレーム時間に実時間で追隨する速度で検出することができる。

20

【0011】

【発明の実施の形態】

以下、添付図面に基づいて本発明の種々の実施形態を説明する。図1は、本発明の実施形態に係る立体情報検出装置の構成図である。この装置は、振幅変調された照明光S6で被写体を照明することの可能な投光部10、撮像利得を時間とともに変化させて被写体からの反射光S7を受光し、被写体の光学像を撮像することの可能な撮像部11、撮像部11からの映像信号S41および映像信号S42を立体情報信号S5に変換するための信号処理部7、及び照明光変調信号S1、撮像利得変調信号S2、制御信号S3を発生するための信号発生部1を備えている。これらの構成要素の具体的な構成については、後述する。

30

【0012】

以下では、図1の装置を用いた本発明に係る立体情報検出方法の原理を、光源の輝度または撮像利得が時間とともに線形に変化する場合を具体例として説明する。

【0013】

図2および図3に基づいて、立体情報検出方法の第1の実施形態(実施形態1)を説明する。この実施形態では、図2(a)のように照明光の輝度Iを $I = S t$ と振幅変調する。ここで、tは時間、Sは輝度の増加率($= 2 I_0 / T$)である。図2(b)に示されるように、投光部10の光出射口から距離dだけ離れた被写体からの反射光の強度 I_R は、光速をvとすると往復時間 $2d/v$ の遅れをもって $S(t - 2d/v)$ のようになる。従って、ある時刻 $t = t_0$ における強度 I_+ の反射光を、短時間 $t(T)$ の間だけ撮像利得gを $g = g_0 (> 0)$ として撮像すると、映像の輝度 $I_+ g_0$ は、次の(1)式で表される。

40

【0014】

【数1】

$$I_+ g_0 = \frac{\sigma}{(4\pi d^2)^2} g_0 S(t_0 - 2d/v) \quad \cdots(1)$$

50

ここで、 σ は被写体の後方散乱断面積である。(1)式には被写体の距離情報が含まれている。さらに、 $\sigma / (4\pi d^2)^2$ 項の依存性を除くため、時刻 T から時間 t にわたって照明光の輝度 I を $I = I_r$ と一定にして2回目の撮像を行う。この時の映像の輝度 $I_{ref g_0}$ は、次の(2)式で表される。

【0015】

【数2】

$$I_{ref g_0} = \frac{\sigma}{(4\pi d^2)^2} g_0 I_r \quad \cdots(2)$$

10

(1)式と(2)式より

【数3】

$$R_+ = \frac{I_+ g_0}{I_{ref g_0}} = \frac{S(t_0 - 2d/v)}{I_r} \quad \cdots(3)$$

(3)式より

【数4】

$$d = \frac{1}{2} v \left(t_0 - \frac{I_r}{S} R_+ \right) \quad \cdots(4)$$

20

さらに、 $I_r = I_0$ とすると $S = I_0 / (T/2)$ より

【数5】

$$d = \frac{1}{2} v \left(t_0 - \frac{T}{2} R_+ \right) \quad \cdots(5)$$

となり、(4)式または(5)式より距離 d が求められる。

30

【0016】

このように、振幅変調光で照明された被写体からの反射光を結像した光学像の各点の輝度は、対応する被写体各点までの距離情報を含んでいる。従って、上記のような方法で被写体を撮像し、映像の各画素について求めた輝度に対して(4)式または(5)式を適用すれば、被写体各点の距離情報が2次元的に得られ、被写体の立体情報を検出することができる。

【0017】

図3に示すように、光源の輝度 I が $I = I_0 - S t$ と減少する場合にも同様の方法で距離 d が求められる。

【0018】

40

【数6】

$$I_- g_0 = \frac{\sigma}{(4\pi d^2)^2} g_0 \{ I_0 - S(t_0 - 2d/v) \} \quad \cdots(6)$$

【数7】

$$R_- = \frac{I_- g_0}{I_{ref} g_0} = \frac{I_0 - S(t_0 - 2d/v)}{I_r} \quad \cdots(7)$$

【数 8】

$$d = \frac{1}{2} v \left(t_0 - \frac{I_0 - I_r R_-}{S} \right) \quad \cdots(8)$$

さらに、 $I_r = I_0$ とすると、

【数 9】

$$d = \frac{1}{2} v \left\{ t_0 - \frac{T}{2} (1 - R_-) \right\} \quad \cdots(9)$$

前記と同様に、被写体からの反射光を結像した光学像を撮像して、映像の各画素に(8)式または(9)式を適用すれば、被写体各点の距離情報が2次元的に得られ、被写体の立体情報を検出することができる。

【0019】

次に、図4に基づいて、立体情報検出方法の第2の実施形態(実施形態2)を説明する。図4のように、三角波で照明光の輝度を変調して被写体を照明するとともに、 $t = t_0$ と $t = t_0 + T/2$ の2回、短時間 t (T)の間だけ $g = g_0$ (> 0)として強度 I_+ と I_- の反射光をそれぞれ撮像する。(1)式と(6)式より、

【数 10】

$$R = \frac{I_+ g_0}{I_- g_0} = \frac{S(t_0 - 2d/v)}{I_0 - S(t_0 - 2d/v)} \quad \cdots(10)$$

【数 11】

$$d = \frac{1}{2} v \left(t_0 - \frac{I_0}{S} \frac{R}{1+R} \right) \quad \cdots(11)$$

三角変調された照明光の波長を $\lambda = vT$ とすると、 $S = I_0 / (T/2)$ より

【数 12】

$$d = \frac{1}{2} v t_0 - \frac{\lambda}{4} \frac{R}{1+R} \quad \cdots(12)$$

さらに、 t_0 を一定値に設定すると、参照点 d_{ref} からの相対距離として d を表すことができる。次の(13)式は、 $t_0 = T/4$ とした場合の $d_{ref} = 0$ からの相対距離である。

【0020】

【数 13】

$$d = \frac{\lambda}{8} \frac{1-R}{1+R} \quad \cdots(13)$$

実施形態1と同様に、被写体からの反射光を結像した光学像を撮像して、映像の各画素について(11)式、(12)式または(13)式を適用すれば、被写体各点の距離情報が2次元的に得られ、被写体の立体情報を検出することができる。

【0021】

上記実施形態 1 および 2 の立体情報検出方法に対する相補的な方法として、短時間パルス状に変調された照明光を用い、線形に増加または減少する撮像利得で撮像を行うことにより被写体の立体情報を検出することも可能である。

【0022】

図 5 及び図 6 に基づいて、立体情報検出方法の第3の実施形態（実施形態3）について説明する。図 5 (a) のように撮像利得 g が $g = U t$ と線形に増加するような変調を行うとともに、 $t = t_0$ から短時間 $t (\leq T)$ だけ強度 $I = I_0$ でパルス状に発光する光で被写体を照明する。ここで、 U は撮像感度の増加率 ($= 2 g_0 / T$) である。距離 d だけ離れた被写体からの反射光が撮像装置に戻って来た時の撮像利得 g_+ は、図 5 (b) に示すように $g_+ = U (t_0 + 2d / v)$ となり、この反射光を撮像した時の映像の輝度 $I_{r0} g_+$ は次の(14)式で表される。

【0023】

【数14】

$$I_{r0} g_+ = \frac{\sigma}{(4\pi d^2)^2} I_0 U (t_0 + 2d/v) \quad \cdots(14)$$

さらに、 $\sigma / (4\pi d^2)^2$ 項の依存性を除くため、撮像利得 g を $g = g_r$ と一定にして時刻 T から短時間 t にわたって照明を行う。このときに得られる映像の輝度 $I_{r0} g_r$ は、次の(15)式で表される。

【0024】

【数15】

$$I_{r0} g_r = \frac{\sigma}{(4\pi d^2)^2} I_0 g_r \quad \cdots(15)$$

(14) および (15) 式より、

【数16】

$$R_+ = \frac{I_{r0} g_+}{I_{r0} g_r} = \frac{U(t_0 + 2d/v)}{g_r} \quad \cdots(16)$$

(16) 式より

【数17】

$$d = \frac{1}{2} v \left(-t_0 + \frac{g_r}{U} R_+ \right) \quad \cdots(17)$$

さらに、 $g_r = g_0$ とすると $U = g_0 / (T/2)$ より、

【数18】

$$d = \frac{1}{2} v \left(-t_0 + \frac{T}{2} R_+ \right) \quad \cdots(18)$$

となり、(17) 式または(18) 式より距離 d が求められる。実施形態 1 および 2 の場合と同様に、被写体からの反射光を結像した光学像を撮像して、映像の各画素について(17) 式または(18) 式を適用すれば、被写体各点の距離情報が 2 次元的に得られ、被写体の立体情報を検出することができる。

【0025】

図 6 に示すように、撮像利得 g が $g = g_0 - U t$ と減少する場合にも同様の方法で距離 d

10

20

30

40

50

が求められる。

【0026】

【数20】

$$I_{r0}g_- = \frac{\sigma}{(4\pi d^2)^2} I_0 \{ g_0 - U(t_0 + 2d/v) \} \quad \cdots(19)$$

【数21】

$$R_- = \frac{I_{r0}g_-}{I_{r0}g_r} = \frac{g_0 - U(t_0 + 2d/v)}{g_r} \quad \cdots(20) \quad 10$$

【数22】

$$d = \frac{1}{2} v \left(-t_0 + \frac{g_0 - R_- g_r}{U} \right) \quad \cdots(21)$$

さらに、 $g_r = g_0$ とすると、

【数23】

$$d = \frac{1}{2} v \left\{ -t_0 + \frac{T}{2} (1 - R_-) \right\} \quad \cdots(22)$$

である。前記と同様に、被写体からの反射光を結像した光学像を撮像して、映像の各画素について(21)式または(22)式を適用すれば、被写体各点の距離情報が2次元的に得られ、被写体の立体情報を検出することができる。

【0027】

次に、図7に基づいて、立体情報検出方法の第4の実施形態(実施形態4)を説明する。図7(a)のように、三角波で撮像感度 g を変調するとともに、 $t = t_0$ と $t = t_0 + T/2$ の2回、短時間 $t (T)$ だけ強度 $I = I_0$ でパルス状に発光する光で被写体を照明する。(15)式と(19)式より、

【数24】

$$R = \frac{I_{r0}g_+}{I_{r0}g_-} = \frac{U(t_0 + 2d/v)}{g_0 - U(t_0 + 2d/v)} \quad \cdots(23)$$

【数25】

$$d = \frac{1}{2} v \left(-t_0 - \frac{g_0 - R}{U(1+R)} \right) \quad \cdots(24) \quad 40$$

である。撮像感度を変調する三角波の波長を便宜上 $\lambda = vT$ と定義すると、 $U = g_0 / (T/2)$ より、

【数26】

$$d = -\frac{1}{2} vt_0 - \frac{\lambda}{4} \frac{R}{1+R} \quad \cdots(25)$$

である。さらに、実施形態2の場合と同様に t_0 を一定値に設定すると、参照点 d_{ref} からの相対距離として d を表すことができる。次の(26)式は、 $t_0 = T/4$ とした場

合の $d_{ref} = 0$ からの相対距離である。

【0028】

【数26】

$$d = -\frac{\lambda(1-R)}{8(1+R)} \cdots (26)$$

前記と同様に、被写体からの反射光を結像した光学像を撮像して、映像の各画素について (24) 式、(25) 式または(26)式を適用すれば、被写体各点の距離情報が 2 次元的に得られ、被写体の立体情報を検出することができる。 10

【0029】

次に、上記の各実施形態において撮像の感度を増加する方法について説明する。上記実施形態において、 R_+ を求めるための I_+g_0 と $I_{ref}g_0$ の撮影、または、 R_- を求めるための I_-g_0 と $I_{ref}g_0$ の撮影、または、 R を求めるための I_+g_0 と I_-g_0 の撮影を、映像信号の 1 フレーム時間内に複数回行うと、撮像に使われる像素子の蓄積効果により信号対雑音比 (S/N) 比が改善され撮像感度が増加する。

【0030】

次に、図面を参照して、図 1 に示される立体情報検出装置の具体的構成について説明する。 20

【0031】

図 8 は、図 1 に示される投光部 10 の実施例 10a を示している。この投光部 10a は、照明光変調信号 S1 によって直接変調することの可能な発光素子 31 と、発光素子 31 の出射面に対向して配置され、発光素子 31 から出射した光を整形して被写体に向かわせる照明光学系 30 と、を備えている。発光素子 31 としては、例えば半導体レーザーダイオードや半導体発光ダイオードなどを用いることができる。このような発光素子は、電気信号である照明光変調信号 S1 で直接駆動させることにより、光強度が高速に変化する光を発生させることができる。発生した光は、被写体を照射するように照明光学系 30 によって整形され、照明光 S6 となる。従って、照明光変調信号 S1 により、増加、減少またはパルス状発光など、光強度が高速かつ任意に変化する照明光を実現することができる。 30 このように、図 8 の構成の投光部は、本発明に係る立体情報検出方法において照明光の輝度制御の手段として使用することができる。

【0032】

図 9 は、図 1 に示される投光部 10 の別の実施例 10b を示している。この投光部 10b は、定常光 34 を出力する発光素子 33 と、発光素子 33 の出射面に対向して配置され、発光素子 33 から出射した光を照明光変調信号 S1 に応じて間接変調する外部変調器 32 と、外部変調器 32 からの光を整形して被写体に向かわせる照明光学系 30 と、を備えている。外部変調器 32 としては、電気光学効果光変調器や電気音響効果光変調器などを使用することができる。この投光部 10b では、発光素子 33 からの定常光 34 を外部変調器 32 を用いて間接的に変調することにより、光強度が高速かつ任意に変化する光を発生させることができる。発生した光は、被写体を照射するように照明光学系 30 によって整形され、照明光 S6 となる。図 8 の投光部と同様に、図 9 の構成の投光部も、本発明に係る立体情報検出方法において照明光の輝度制御手段として使用することができる。 40

【0033】

次に、図 10 は、図 1 に示される撮像部 11 の実施例を示している。この撮像部 11 は、被写体からの反射光を受光して光学像を生成するレンズ 4 と、レンズ 4 の後側に配置され、レンズ 4 から出射する光学像を撮像する像素子 6 と、像素子 6 の出力電気信号に含まれる複数画面分の映像信号を各画面ごとに分割して出力することの可能な画像分割回路 22 と、を備えている。更に、像素子 6 の前面には、電気信号である撮像利得変調信号 S2 に応じて撮像利得を制御することの可能なゲート付きイメージインテンシファイア 5 50

が光画像伝達光学系 20 を介して取り付けられている。なお、光画像伝達光学系 20 としては、ファイバープレートやレンズなどを用いることができる。被写体からの反射光 S7 は、レンズ 4 によってゲート付きイメージインテンシファイア 5 の光電面に結像される。イメージインテンシファイア 5 で増幅された光学像は、光画像伝達光学系 20 によって伝達されて撮像素子 6 の光電面に入力される。

【0034】

ゲート付きイメージインテンシファイア 5 の光増幅利得は、そのゲート 21 に印可する電圧で高速に制御することができる。そのため、この撮像部 11 では、撮像利得変調信号 S2 をゲート 21 に印可することにより、撮像利得を高速に変化させることができる。したがって、撮像利得変調信号 S2 により、短時間だけシャッターを開放するようなパルス状の撮像利得や増加または減少する撮像利得など、高速かつ任意に変化する撮像利得を実現することが可能である。

10

【0035】

この撮像部 11 を上記の各実施形態で使用する場合、撮像部 11 は、R₊ または R₋ または R を計算するために 2 回 1 組の撮像を行い 1 フレームあたり 2 画面分の映像信号を分離して出力する必要がある。このため、撮像部 11 では、撮像素子 6 を通常の 2 倍速で駆動して 2 画面分の映像信号を取得し、これを画像分割回路 22 によって映像信号 S41 と映像信号 S42 に分離して出力する。あるいは、1 画素を 1 回の撮像ごとに映像信号 S41 側と映像信号 S42 側に切り替えて撮像できる構造の撮像素子を採用することにより、映像信号 S41 と映像信号 S42 とを分離して出力することができる。

20

【0036】

以上から、図 10 の構成の撮像部 11 は、本発明に係る立体情報検出方法において撮像利得制御の手段として使用することができ、また、2 回 1 組の撮像に対応する 2 つの映像信号を分離して出力する手段として使用することができる。

【0037】

図 11 は、図 1 の信号処理部 7 の実施例を示している。この信号処理部 7 では、内部信号が映像信号の画素と同じ速度で駆動され、それぞれの回路でパイプライン処理される。映像信号 S41 と映像信号 S42 は同期分離回路 41 で同期信号を取り除かれた後、それぞれ、撮像レベル記憶回路 1 と撮像レベル記憶回路 2 に記憶される。撮像レベル記憶回路 1 および撮像レベル記憶回路 2 からの出力 S45 および S46 は演算処理回路 44 に入力され、R₊ または R₋ または R と距離 d とが計算される。演算処理回路 44 の出力 S47 は、被写体各部の距離を 2 次元的に走査した時系列信号であり、記憶回路 45 で時間軸揺らぎを補正された後、同期付加回路 46 で同期信号を付加されて、被写体各点の距離情報 d の値を映像レベルとする立体情報信号 S5 として出力される。以上から、図 11 の構成の信号処理部 7 は、本発明に係る立体情報検出方法において被写体の立体情報を実時間で計算する手段として使用することができる。

30

【0038】

【発明の効果】

以上詳述したように、本発明では、照明光の輝度および撮像利得の少なくとも一方が時間とともに変化するという条件で撮像した被写体の映像の輝度情報を利用することで、映像信号のフレーム時間に実時間で追随できる速度で被写体各部の距離を 2 次元的に求め、立体情報を検出することができる。したがって、本発明の方法および装置は、被写体の立体動画像の撮像に好適に適用することができる。

40

【図面の簡単な説明】

【図 1】本発明に係る立体情報検出装置の一実施形態の構成を概略的に示す図である。

【図 2】線形増加および一定の輝度の照明光とパルス状の撮像利得との組み合わせにより立体情報を検出する方法を説明するための図であり、(a) は照明光の輝度 I と撮像利得 g の時間変化波形を示し、(b) は投光部から d だけ離れた被写体からの反射光の強度 I_R と撮像利得 g の時間変化波形を示している。

【図 3】線形減少および一定の輝度の照明光とパルス状の撮像利得との組み合わせにより

50

立体情報を検出する方法を説明するための図であり、(a)は照明光の輝度 I と撮像利得 g の時間変化波形を示し、(b)は投光部から d だけ離れた被写体からの反射光の強度 I_R と撮像利得 g の時間変化波形を示している。

【図 4】線形増加および減少する輝度の照明光とパルス状の撮像利得との組み合わせにより立体情報を検出する方法を説明するための図であり、(a)は照明光の輝度 I と撮像利得 g の時間変化波形を示し、(b)は投光部から d だけ離れた被写体からの反射光の強度 I_R と撮像利得 g の時間変化波形。

【図 5】線形増加および一定の撮像利得とパルス状の輝度の照明光との組み合わせにより立体情報を検出する方法を説明するための図であり、(a)は照明光の輝度 I と撮像利得 g の時間変化波形を示し、(b)は投光部から d だけ離れた被写体からの反射光の強度 I_R と撮像利得 g の時間変化波形。 10

【図 6】線形減少および一定の撮像利得とパルス状の輝度の照明光との組み合わせにより立体情報を検出する方法を説明するための図であり、(a)は照明光の輝度 I と撮像利得 g の時間変化波形を示し、(b)は投光部から d だけ離れた被写体からの反射光の強度 I_R と撮像利得 g の時間変化波形を示している。

【図 7】線形増加および減少する撮像利得とパルス状の輝度の照明光との組み合わせにより立体情報を検出する方法を説明するための図であり、(a)は照明光の輝度 I と撮像利得 g の時間変化波形を示し、(b)は投光部から d だけ離れた被写体からの反射光の強度 I_R と撮像利得 g の時間変化波形を示している。

【図 8】直接変調される発光素子を備える投光部の構成を示す図である。 20

【図 9】外部変調器で間接変調される発光素子を備える投光部の構成を示す図である。

【図 10】ゲート付きイメージインテンシファイア (II) を用いた撮像部の構成を示す図である。

【図 11】信号処理部の構成を示す図である。

【図 12】レーザー反射光の遅れ時間あるいは変調位相より距離を計測する従来の方法を示す図である。

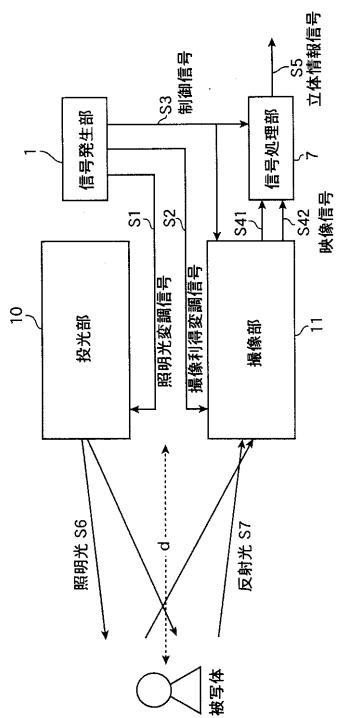
【図 13】レーザービームを 2 次元走査する従来の方法を示す図である。

【図 14】従来のイメージングレーザレーダ装置の構成を示す図である。

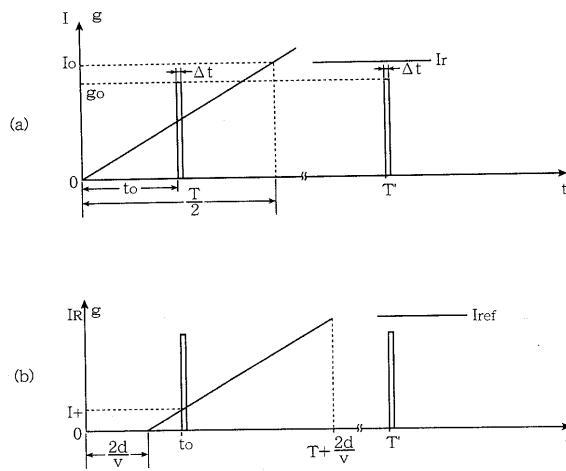
【符号の説明】

1 ... 信号発生部、4 ... レンズ、5 ... ゲート付きイメージインテンシファイア、6 ... 撮像素子、7 ... 信号処理部、10 ... 投光部、11 ... 撮像部、20 ... 光画像伝達光学系、21 ... ゲート、22 ... 画像分割回路、30 ... 照明光学系、31 ... 発光素子、32 ... 外部変調器。 30

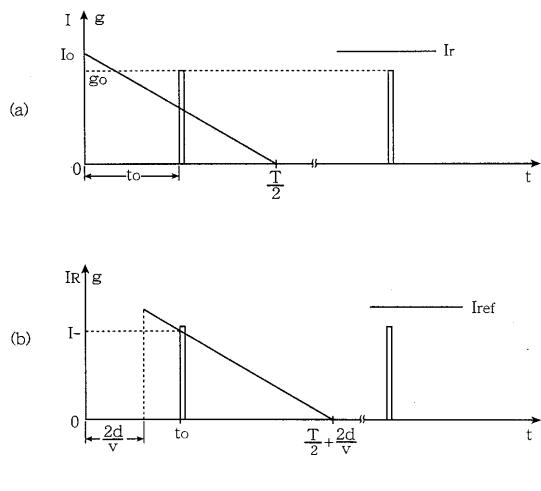
【図1】



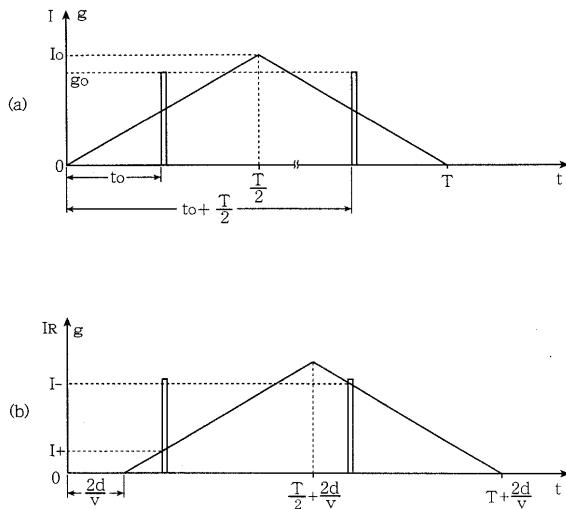
【図2】



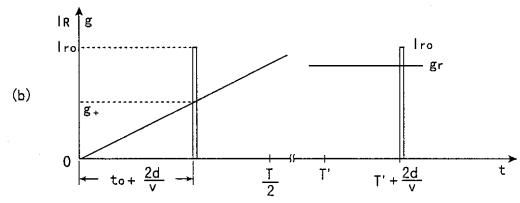
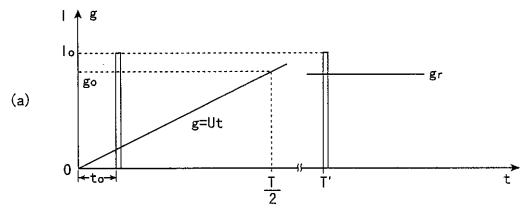
【図3】



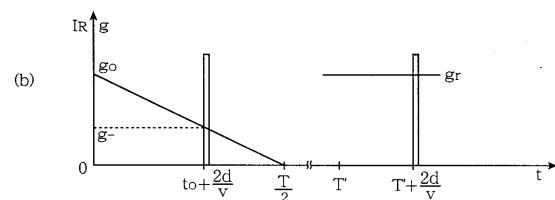
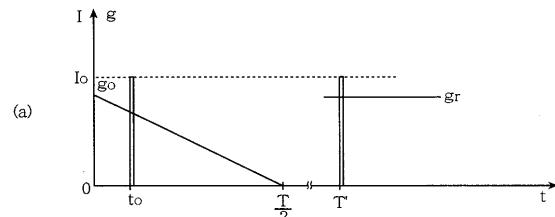
【図4】



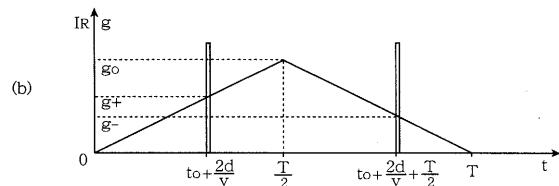
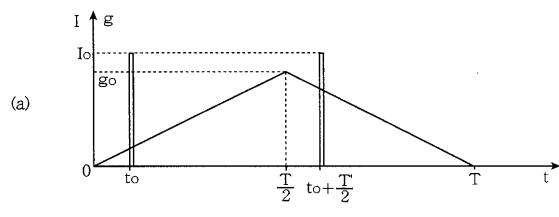
【図5】



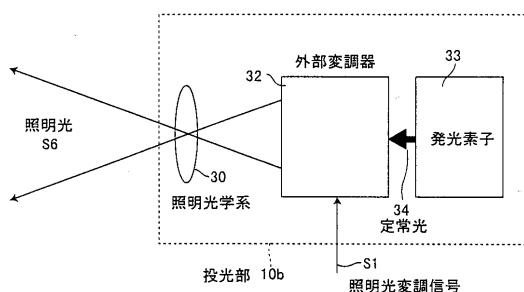
【図6】



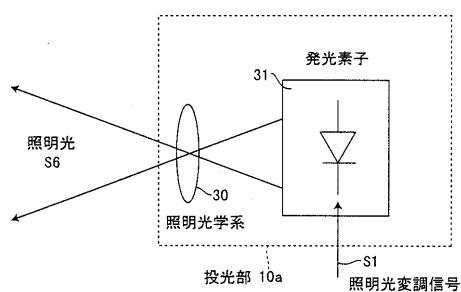
【図7】



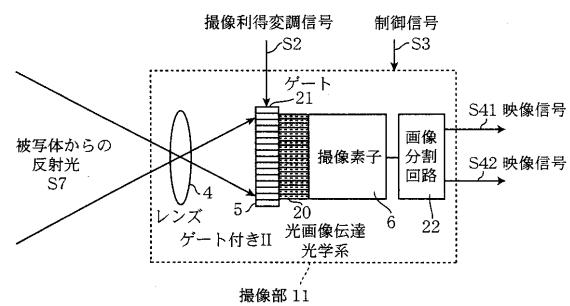
【図9】



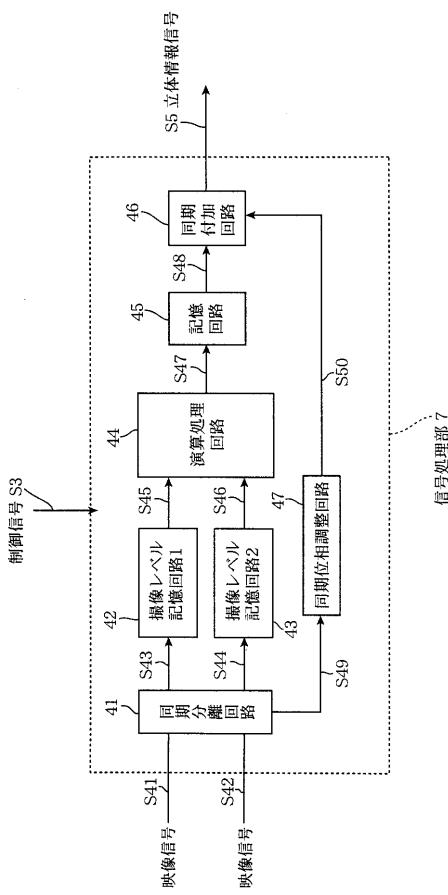
【図8】



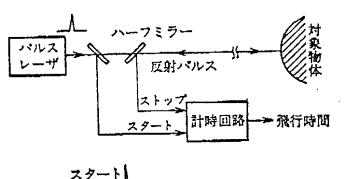
【図10】



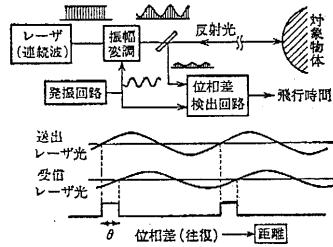
【図11】



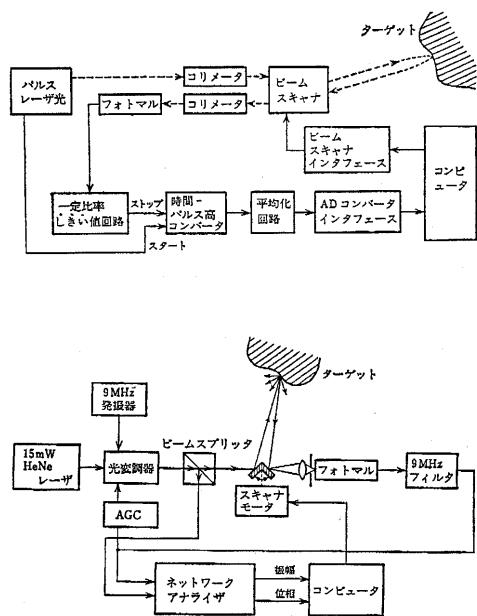
【図12】



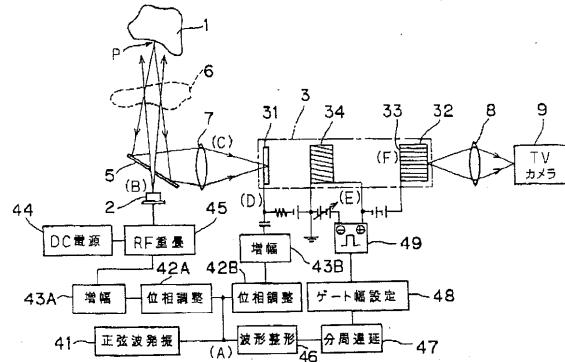
スタート
ストップ
 T 飛行時間(往復) → 距離



【図13】



【図14】



【符号の説明】

1…被写体、2…レーザ光源、3…イメージインテンシファイイヤ管、31…光電面、32…ファイバ光学フレーラー、33…放光面、34…MCP、41…正弦波発生回路、42…位相調整回路、43…増幅器、44…DC電源回路、45…RF重畳回路、46…波形整形回路、47…分周および遅延回路、48…ゲート幅設定回路、49…MCPゲート駆動回路。

フロントページの続き

(72)発明者 中村 治仁
静岡県浜松市野町1126番地の1 浜松ホトニクス株式会社内

(72)発明者 會田 田人
東京都世田谷区砧1丁目10番11号 日本放送協会 放送技術研究所内

(72)発明者 河北 真宏
東京都世田谷区砧1丁目10番11号 日本放送協会 放送技術研究所内

(72)発明者 飯塚 啓吾
東京都世田谷区砧1丁目10番11号 日本放送協会 放送技術研究所内

審査官 山下 雅人

(56)参考文献 特開平07-110381(JP,A)
特開平10-222285(JP,A)
特開平07-229725(JP,A)
特開平08-313215(JP,A)
特開平09-178853(JP,A)
特開平02-108907(JP,A)
特開平10-009834(JP,A)
特開平07-181261(JP,A)
特開昭60-170778(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G01B 11/00 - 11/30
G06T 1/00
G01S 17/00 - 17/95