

(12) 特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局



(43) 国際公開日
2011年3月24日(24.03.2011)

PCT

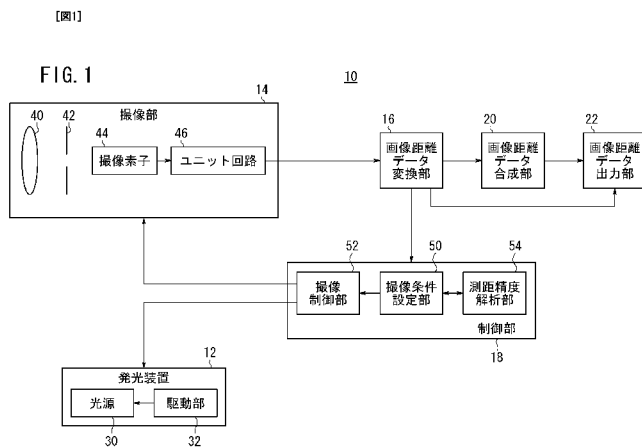
(10) 国際公開番号
WO 2011/033971 A1

- (51) 国際特許分類:
G01S 17/10 (2006.01) H04N 5/238 (2006.01)
G01S 17/89 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2010/065368
- (22) 国際出願日: 2010年9月8日(08.09.2010)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (30) 優先権データ:
特願 2009-213420 2009年9月15日(15.09.2009) JP
- (71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について): 本田技研工業株式会社(HONDA MOTOR CO., LTD.) [JP/JP]; 〒1078556 東京都港区南青山二丁目1番1号 Tokyo (JP).
- (72) 発明者; および
- (75) 発明者/出願人 (米国についてのみ): 是角圭祐 (KOREKADO Keisuke) [JP/JP]; 〒3510193 埼玉県和光市中央1丁目4番1号 株式会社本田技術研究所内 Saitama (JP). 神山智幸(KAMIYAMA Tomoyuki) [JP/JP]; 〒3510193 埼玉県和光市中央1丁目4番1号 株式会社本田技術研究所内 Saitama (JP).
- (74) 代理人: 千葉剛宏, 外(CHIBA Yoshihiro et al.); 〒1510053 東京都渋谷区代々木2丁目1番1号 新宿マインズタワー 16階 Tokyo (JP).
- (81) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PE, PG, PH, PL, PT, RO, RS, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.
- (84) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT,

[続葉有]

(54) Title: DISTANCE MEASURING APPARATUS, DISTANCE MEASURING METHOD, AND PROGRAM

(54) 発明の名称: 測距装置、測距方法、及びプログラム



- 14 IMAGE PICKUP UNIT
- 44 IMAGE PICKUP ELEMENT
- 46 UNIT CIRCUIT
- 12 LIGHT EMITTING DEVICE
- 30 LIGHT SOURCE
- 32 DRIVE UNIT
- 16 IMAGE DISTANCE DATA CONVERTING UNIT
- 20 IMAGE DISTANCE DATA SYNTHESIZING UNIT
- 22 IMAGE DISTANCE DATA OUTPUTTING UNIT
- 52 IMAGE PICKUP CONTROL UNIT
- 50 IMAGE PICKUP CONDITION SETTING UNIT
- 54 DISTANCE MEASUREMENT ACCURACY ANALYZING UNIT
- 18 CONTROL UNIT

(57) Abstract: Disclosed are a distance measuring apparatus which can measure the distance to an object with high accuracy, a distance measuring method, and a program. The distance measuring apparatus (10) is provided with: a light source (30) which emits light; an image pickup unit (14), which picks up an image of light which has been emitted from the light source (30) and reflected by means of the object; an image distance data converting unit (16), which converts image data obtained by the image pickup performed by the image pickup unit (14) into image distance data which indicates the distance to the object; an image pickup condition setting unit (50), which sets first image pickup conditions on the basis of the image distance data; and an image pickup control unit (52), which controls the light source (30) and the image pickup unit (14) and have an image of the object picked up under the first image pickup conditions.

(57) 要約: 被写体の測距の高精度化を図ることができる測距装置、測距方法、及びプログラムを提供する。測距装置(10)は、光を発光する光源(30)と、光源(30)により発光されて、被写体で反射された反射光を撮像する撮像部(14)と、撮像部(14)が撮像することにより得られた画像データを、被写体までの距離を示す画像距離データに変換する画像距離データ変換部(16)と、画像距離データに基づいて第1の撮像条件を設定する撮像条件設定部(50)と、光源(30)及び撮像部(14)を制御して、

第1の撮像条件で被写体を撮像させる撮像制御部(52)とを備える。

WO 2011/033971 A1

NL, NO, PL, PT, RO, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, 添付公開書類:
BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, — 國際調查報告 (條約第 21 條(3))
SN, TD, TG).

明 細 書

発明の名称：測距装置、測距方法、及びプログラム

技術分野

[0001] 本発明は、測距装置、測距方法、及びプログラムに係り、特に、撮像素子を用いて被写体を測距する測距装置、測距方法、及びプログラムに関する。

背景技術

[0002] 特開2001-281336及び特開平8-313215に記載されているように、タイムオブフライト（TOF）法を用いて、撮像素子を測距センサとして用いることが知られている。TOF法は、被写体に対して光を照射し、光が放射されてから、被写体からの戻り光が戻ってくるまでの時間を測定することで、被写体の距離を測定する。

[0003] また、特許第3074967号及び特開2002-64449に記載されているように、撮像素子を用いた輝度の濃淡画像のセンシングにおいて、長時間露光と、短時間露光の2種類の画像を撮像して得られた2枚の画像データを合成することで、輝度差の大きい濃淡画像であってもS/N比の高い、広ダイナミックレンジの画像データを得ることが知られている。

発明の概要

[0004] 撮像素子を測距センサとして用いる場合は、光源により被写体に光を照射するため、被写体に届く光は、光源と被写体との距離の2乗に比例して減衰してしまう。したがって、近距離の被写体に合わせて光を照射すると、遠距離の被写体に届く光が少なくなり、遠距離の被写体の測距精度が低下する。逆に、遠距離の被写体に合わせて光を照射すると、近距離の被写体に届く光は多くなり、画素の電荷が飽和してしまうので、近距離の被写体の測距が不可能になる。

[0005] そこで本発明は、かかる従来の問題点に鑑みてなされたものであり、被写体の測距の高精度化を図ることができる測距装置、測距方法、及びプログラムを提供することを目的とする。

- [0006] 上記目的を達成するために、本発明は、測距装置であって、光を発光する光源と、前記光源により発光されて、被写体で反射された反射光を撮像する撮像部と、前記撮像部が撮像することにより得られた画素の画素値を、被写体までの距離を示す距離情報に変換する距離情報変換部と、前記距離情報に基づいて第1の撮像条件を設定する撮像条件設定部と、前記光源及び前記撮像部を制御して、前記第1の撮像条件で前記被写体を撮像させる撮像制御部と、を備える。
- [0007] 前記撮像条件設定部は、最も距離が近い被写体の反射光を受光する画素の画素値が第1閾値となるように、前記第1の撮像条件を設定してよい。
- [0008] 前記第1の撮像条件下における測距精度を解析して、前記測距精度が所定値より小さくなる精度低下距離を特定する測距精度解析部をさらに備え、前記撮像条件設定部は、前記精度低下距離以上遠くにある被写体がある場合は、前記第1の撮像条件より明るい輝度情報を得ることができる第2の撮像条件を設定し、前記撮像制御部は、前記光源及び前記撮像部を制御して、前記第1の撮像条件及び前記第2の撮像条件で前記被写体を撮像させてよい。
- [0009] 前記第1の撮像条件で撮像されて変換された前記距離情報と、前記第2の撮像条件で撮像されて変換された前記距離情報とを合成する距離情報合成部をさらに備えてよい。
- [0010] 前記撮像条件設定部は、前記精度低下距離以上遠くにある前記被写体のうち、最も距離が近い被写体の反射光を受光する画素の画素値が第2閾値となるように、前記第2の撮像条件を設定してよい。
- [0011] 被写体の距離変化の度合いを算出する距離変化算出部と、前記距離変化の度合いに応じて前記第1閾値及び前記第2閾値の少なくとも1つを変更する閾値変更部と、をさらに備え、前記撮像部は2次元に配列された複数の画素を有しており、前記距離情報変換部は、前記撮像部が撮像することにより得られた前記複数の画素値のそれぞれを距離情報に変換して1枚の画像距離データを得、前記距離変化算出部は、複数枚の前記画像距離データを比較して、被写体の距離変化の度合いを算出してよい。

- [0012] 前記第 2 閾値と画素飽和値との差は、前記第 1 閾値と画素飽和値の差よりも大きくてもよい。
- [0013] 前記被写体は、ユーザによって選択された被写体または、前記撮像部の所定の領域で撮像された被写体であってよい。
- [0014] 上記目的を達成するために、本発明は、光源により光を発光する発光工程と、前記光源により発光されて、被写体で反射された反射光を撮像部が撮像する撮像工程と、距離情報変換部が、撮像することにより得られた画素の画素値を、被写体までの距離を示す距離情報に変換する距離情報変換工程と、撮像条件設定部が、前記距離情報に基づいて第 1 の撮像条件を設定する撮像条件設定工程と、撮像制御部が、前記光源及び前記撮像部を制御して前記第 1 の撮像条件で前記被写体を撮像させる撮像制御工程と、を備えることを特徴とする。
- [0015] 上記目的を達成するために、本発明は、プログラムであって、光を発光する光源と、前記光源により発光されて、被写体で反射された反射光を撮像する撮像部とを備えた測距装置を、前記撮像部が撮像することにより得られた画素の画素値を、被写体までの距離を示す距離情報に変換する距離情報変換部、前記距離情報に基づいて第 1 の撮像条件を設定する撮像条件設定部、前記光源及び前記撮像部を制御して、前記第 1 の撮像条件で前記被写体を撮像させる撮像制御部、として機能させることを特徴とする。
- [0016] 本願発明によれば、測距精度を向上させることができ、正確に被写体までの距離を測距することができる。

図面の簡単な説明

- [0017] [図1]本発明の実施の形態に係る測距装置の電氣的な概略構成を示すブロック図である。
- [図2]制御部の撮像条件の設定方法の原理を説明する図である。
- [図3]被写体が複数ある場合に、合成処理に必要な画像距離データを得るために必要な、撮像条件の特性を説明するための図である。
- [図4]被写体が近距離と遠距離との広範囲に跨る場合に、合成処理に必要な画

像距離データを得るために必要な、撮像条件の特性を説明するための図である。

[図5]露光タイミングを示すタイムチャートである。

[図6]蓄積された電荷の揺らぎを距離の測定誤差に換算することを説明するための図である。

[図7]測距装置の動作を示すフローチャートである。

[図8]それぞれの画像距離データから生成される合成画像距離データを模式的に示した図である。

発明を実施するための形態

[0018] 本発明に係る測距装置について、好適な実施の形態を掲げ、添付の図面を参照しながら以下、詳細に説明する。

[0019] 図1は、本発明の実施の形態に係る測距装置の電気的な概略構成を示すブロック図である。測距装置10は、発光装置12、撮像部14、画像距離データ変換部（距離情報変換部）16、制御部18、画像距離データ合成部（距離情報合成部）20、及び画像距離データ出力部22を備える。CPU等の情報処理装置が図示しないメモリに記録されたプログラムを読み込むことによって、測距装置10として機能する。

[0020] 発光装置12は、光を発光する光源30、光源30を発光させる駆動部32を有する。駆動部32は、制御部18から送られてきた撮像条件にしたがって、光源30を発光させる。これにより、光源30の発光強度、発光時間、発光タイミング等が制御される。発光装置12は、被写体に対して、光源30が発光した光を照射する。なお、発光装置12は、強度変調された光を照射してもよい。

[0021] 撮像部14は、レンズ40と、絞り42と、絞り42を駆動させる絞り駆動回路（図示略）と、撮像素子44と、ユニット回路46とを有する。絞り42は、撮像素子44に入射する光の量を制御する。絞り駆動回路は、制御部が設定した撮像条件にしたがって、絞り42を駆動させる。撮像素子44に入射する光量は、絞り42による絞りの度合い（絞り値）、及び露光時間

、発光装置 12 の発光量によって変わる。

[0022] 撮像素子 44 は、レンズ 40、絞り 42 を介して被写体を撮像する。撮像素子 44 は、一定周期（一定のフレームレート）毎に、たとえば、30 fps で被写体を撮像して画像データを得るように制御される。なお、一定周期間隔で被写体を撮像しなくてもよい。例えば、撮像して得られる画像の時間間隔は異なってもよい。撮像条件の異なる画像を撮像する場合は、一定周期間隔でなくともよい。撮像とは、受光した光を光電変換して、電荷を蓄積することをいい、光電変換及び電荷の蓄積は、撮像素子 44 のそれぞれの画素が行う。画像データとは、それぞれの画素が蓄積した電荷量（それぞれの画素が受光した画素値）の集合である。撮像素子 44 は、電子シャッターとしての機能を有し、この電子シャッターにより撮像素子 44 の露光時間を調整できる。撮像素子 44 は、一定周期間隔、たとえば、30 fps で蓄積した電荷をユニット回路 46 に出力してよい。撮像素子 44 は、CCD であってもよく、CMOS であってもよい。

[0023] ユニット回路 46 は、撮像素子 44 から出力されるアナログ信号の画像データをデジタル信号に変換（A/D 変換）する A/D 変換器を有する。A/D 変換器は、画素毎にデジタル変換を行う。A/D 変換器はゲイン（変換利得）を変更可能であってもよい。撮像部 14 は、それぞれの画素の電荷量を画像距離データ変換部 16 に出力する。

[0024] 画像距離データ変換部（距離情報変換部）16 は、TOF 手法により、撮像された画像データを画像距離データに変換する。TOF 手法は、周知技術なので詳しくは説明しないが、撮像部 14 は、TOF 手法によって画像距離データを得るために、異なる撮像タイミングで複数回被写体を撮像し、画像距離データ変換部 16 は、該得られた複数の画像データから 1 枚の距離画像データを得る。

[0025] 画像距離データ変換部 16 は、それぞれの画素の画素値を距離データに変換する。これにより、それぞれの画素が受光した被写体までの距離を示す距離データを画素毎に得ることができる。ここでは、便宜上それぞれの画素に

おける距離データを画素距離データ（距離情報）と呼ぶ。画素距離データが集まって画像距離データとなる。つまり、画像距離データは、画像データではないが、それぞれの画素距離データがマトリクス状に配置されたデータであるので、画像距離データと呼ぶ。

[0026] これにより、被写体までの距離を画素毎に得ることができる。画像距離データ変換部 16 は、画像距離データを制御部 18、画像距離データ合成部 20、及び画像距離データ出力部（距離情報出力部）22 に出力する。1 フレーム期間に得られた画像データを変換することで、1 つの画像距離データが得られる。画像距離データ変換部 16 は、DSP などのプロセッサによって構成されてよい。撮像部 14 は、この 1 フレーム期間に撮像を複数回行い、画像距離データ変換部 16 は、該撮像により得られた複数の画像データから 1 つの画像距離データを得る。

[0027] 制御部 18 は、撮像条件設定部 50、撮像制御部 52、及び測距精度解析部 54 を備える。制御部 18 は、CPU 等のプロセッサで構成されてよい。撮像条件設定部 50 は、画像距離データのそれぞれの画素距離データを解析して、被写体のヒストグラムを作成する。ヒストグラムは、被写体の距離と、画素数とを表したものである。そして、撮像条件設定部 50 は作成したヒストグラムに基づいて、被写体までの距離に合わせた最適な撮像条件を設定する。撮像条件としては、発光装置 12 が被写体に対して発光する光量、つまり、光源 30 が発光する光の光量、撮像素子 44 の 1 フレーム期間における露光時間、絞り 42 の絞り値、ゲイン値を含む。撮像部 14 は、1 フレーム期間において複数回撮像を行うので、1 フレーム期間における各撮像の露光時間も撮像条件として設定される。

[0028] 撮像制御部 52 は、設定された撮像条件で光を発光するように発光装置 12 を制御する。また、撮像制御部 52 は、設定された撮像条件で、被写体を撮像させるように撮像部 14 を制御する。具体的には、設定された絞り値に応じて絞り 42 を制御し、設定された露光時間で撮像素子 44 に露光させる。また、ユニット回路 46 で設定されたゲイン値で利得調整を行わせる。こ

れにより、撮像部 14 は、被写体の距離に応じた撮像を行うことができる。たとえば、近距離用の撮像と、遠距離用の撮像を行うことができる。

[0029] また、測距精度解析部 54 は、撮像条件設定部 50 が設定した撮像条件を解析して測距精度が所定値より低くなる距離（距離の位置）を特定する。また、測距精度解析部 54 は、解析した測距精度に基づいて、画像距離データを合成するか否かを判断する。画像距離データを合成する場合としては、測距精度が所定値より低くなる位置より遠い位置に被写体が存在する場合は、合成すると判断する。

[0030] 画像距離データ合成部（距離情報合成部）20 は、撮像部 14 により異なる距離の被写体に応じて、異なる撮像条件で撮像され、画像距離データ変換部 16 により変換された複数の画像距離データを合成する。つまり、複数の画像距離データから合成画像距離データを作成する。画像距離データ合成部 20 は、DSP 等のプロセッサで構成されてよい。

[0031] 図 2 は、制御部 18 の撮像条件の設定方法の原理を説明する図である。図 2A は、距離 $Z_2 \sim Z_3$ の間に分布する被写体 111 のヒストグラムを示す。ヒストグラムの縦軸は、画素数を表している。この被写体 111 をより高精度に測距するために撮像条件を調整する。なお、高精度な測距を行うために、まず、所定の撮像条件、または、任意の撮像条件で被写体を撮像して、予め被写体の測距（プレ測距、予備測距）を行う必要がある。図 2A は、プレ測距により得られたものである。したがって、プレ測距によって得られた被写体 111 の距離は、実際の距離とずれている（測定精度が低い）可能性がある。ここで、被写体は、人、ビル、橋、猫等のそれぞれのオブジェクトを指すのではなく、撮像部 14 が撮像したものを被写体と呼ぶ。したがって、被写体 111 には、人やビル等の複数のオブジェクトが含まれてよい。

[0032] 図 2B は、撮像条件によって撮像素子の画素に蓄積される電荷量の特性を示す。上述したように、発光装置 12 が照射する光の強度は、距離の二乗に比例して減衰するので、特性は、距離が遠くなればなるほど、単位距離あたりの電荷量の変動が少なくなる。特性 112 は、 Z_1 にある被写体を撮像し

た場合に画素の電荷量（画素値）が閾値となる特性である。特性 1 1 2のうち、画素値が高い部分ほど、特性 1 1 2の絶対値の傾きが大きくなるので、画素値がA/D変換された場合、画素値が高い方が画素値の分解能を高く維持できる。逆に、特性 1 1 2のうち、画素値が低い部分ほど、特性 1 1 2の絶対値の傾きが小さくなるので、A/D変換によって画素値の分解能は低くなってしまい、高精度な測距を行うことができない。

[0033] 被写体 1 1 1がZ 1～Z 2に間がない場合は、被写体 1 1 1の反射光を受光した画素の画素値は、分解能が高い範囲になく、測距の高精度化を図れない。つまり、実際に撮像される被写体 1 1 1は、Z 2からZ 3の間に分布しているので、被写体 1 1 1の反射光を受光した画素の画素値の範囲 1 2 2は、分解能が低い範囲となる。

[0034] また、特性 1 1 4は、Z 4にある被写体を撮像した場合に画素値が閾値となる特性である。被写体 1 1 1は、Z 4より距離が短いZ 2～Z 3の間にあるので、被写体 1 1 1の反射光を受光した画素は、飽和して蓄積した電荷量が溢れ出てしまう（オーバーフローしてしまう）ために、有効な画素値が得られなくなる。

[0035] そこで、被写体 1 1 1のうち、最も近い位置Z 2の被写体からの反射光を受光した画素の画素値が閾値となる特性 1 1 3を示す撮像条件に変更する。これにより、被写体 1 1 1からの反射光を受光することで画素に蓄積される電荷量の範囲 1 2 1は、画素値の分解能が高い範囲となり、測距精度を高くすることができる。撮像素子 4 4の複数の画素の画素値から、最も近い位置の被写体からの反射光を受光した画素を特定する。例えば、画素値が最大の画素を最も近い被写体からの反射光を受光した画素と特定してもよい。特性 1 1 2を特性 1 1 3にする場合は、発光装置 1 2が照射する光量を多くする、露光時間を長くする、絞り値を小さくすることにより調整することができる。また、特性 1 1 4を特性 1 1 3にする場合は、発光装置 1 2が照射する光量を小さくする、露光時間を短く、絞り値を大きくすることにより調整することができる。なお、特性 1 1 2から特性 1 1 3にする、あるいは特性 1

14を特性113にするのは、必ずしも次の撮像の撮像条件でなくてよく、連続した複数回の撮像を経て特性112から特性113、あるいは特性114から特性113に一定割合で徐々にあわせるように調節してもよい。

[0036] ここで、被写体111のうち、最も近い位置Z2の被写体からの反射光を受光した画素の画素値が、ちょうど飽和する値となる特性を示す撮像条件に変更してもよい。しかし、上述したように、プレ測距で被写体111までの距離を測っているので、測距した被写体までの距離が正確でない可能性がある。また、時間経過により被写体が移動することも想定されるので、プレ測距したZ2よりも実際は近い位置にある可能性がある。このような場合には、被写体111を受光した画素の電荷がオーバーフローしてしまう。したがって、閾値を用いたほうが好ましい。閾値は、画素が飽和する値から、一定値、又は、一定割合減算した値である。

[0037] また、画素値は距離のみではなく被写体の反射率にも依存するので、被写体111が反射率の分布を持つような場合は、最も近い距離Z2を示す画素と、画素値が最大になる画素が必ずしも一致するとは限らない。その場合、画素値が最大の画素が閾値となるように特性113を調節する。したがって、最も距離が近いとは、得られる画素値が最大であることを分かりやすく説明するための表現であることをここで断っておく。

[0038] 図3は、被写体が複数ある場合に、合成処理に必要な画像距離データを得るために必要な、撮像条件の特性を説明するための図である。図3Aは、距離Z5～Z6の間に分布する被写体131、及び、距離Z7～Z8の間に分布する被写体132のヒストグラムを示す。図3Aのヒストグラムは、プレ測距により得られたものである。

[0039] 図3Bは、被写体131、及び被写体132を測距するために最適な撮像条件を示す。被写体131を精度良く測距するために、被写体131のうち、最も近いZ5の被写体からの反射光を受光した画素の画素値が閾値となる特性141の撮像条件で撮像を行う。これにより、被写体131の反射光を受光した画素の画素値は、分解能が高く、測距の高精度化を図れる。また、

特性 1 4 1 の撮像条件で撮像すると、測距精度が所定値より低くなる距離に、または該距離より遠い位置に存在する被写体 1 3 2 を精度良く測距するために、被写体 1 3 2 のうち、最も近い Z 7 の被写体からの反射光を受光した画素の画素値が閾値となる特性 1 4 2 の撮像条件で撮像を行う。

[0040] これにより、被写体 1 3 2 の反射光を受光して画素に蓄積された電荷量は、画素値の分解能が高く、測距の高精度化を図れる。このように、複数の被写体が近距離や遠距離等の長い距離範囲に混在する場合において、近距離も遠距離も高精度に測距するためには、2種類以上の異なる撮像条件で撮像した画素値を選択的に組み合わせて広ダイナミックレンジの画像距離を生成する必要がある。

[0041] たとえば、特性 1 4 1 の撮像条件では、Z 5 ~ Z 6 に存在する被写体 1 3 1 では高精度に測距可能であるが、Z 7 ~ Z 8 に存在する被写体 1 3 2 は精度良く測距できない。つまり、Z 7 ~ Z 8 に存在する被写体 1 3 2 の測距精度は低くなってしまふ。また、特性 1 4 2 の撮像条件では、Z 7 ~ Z 8 に存在する被写体 1 3 2 では高精度に測距可能であるが、Z 5 ~ Z 6 に存在する被写体 1 3 1 の反射光を受光した画素はオーバーフローしてしまい、被写体 1 3 1 を測距できない。したがって、被写体 1 3 1、及び被写体 1 3 2 にそれぞれに適した撮像条件でそれぞれ撮像する。ここで、Z 5 からの反射光を受光した画素値が閾値となる撮像条件で撮像すると、測距精度が所定値より低くなる距離以上遠い位置に被写体 1 3 2 は存在するものとする。

[0042] そして、画像距離データ合成部 2 0 が、特性 1 4 1 の撮像条件で撮像して得られ変換された被写体 1 3 1 の画像距離データと、特性 1 4 2 の撮像条件で得られ変換された被写体 1 3 2 の画像距離データとを合成することで、広ダイナミックレンジの画像距離データを得ることができる。具体的には、この被写体 1 3 1 の画像領域を、特性 1 4 1 の撮像条件で得られた画像距離データから特定し、被写体 1 3 2 の画像領域を、特性 1 4 2 の撮像条件で得られた画像距離データから特定する。そして、特定した画像領域の画像距離データを合成すれば、広ダイナミックレンジの画像距離データを生成すること

ができる。

[0043] 図4は、被写体が近距離と遠距離との広範囲に跨る場合に、合成処理に必要な画像距離データを得るために必要な、撮像条件の特性を説明するための図である。図4Aは、Z9～Z11の近距離から遠距離に分布する被写体151のヒストグラムを示す。図4Aのヒストグラムは、プレ測距により得られたものである。

[0044] 図4Bは、被写体151を測距するための最適な撮像条件を示す。被写体151を精度良く測距するために、被写体151のうち、最も近いZ9の被写体からの反射光を受光した画素の画素値が閾値となる特性161の撮像条件で撮像を行う。しかしながら、特性161の撮像条件での撮像は、Z9～Z11の距離のうち、Z10より遠い被写体に対しては測距の高精度化を図ることができない。Z10は、特性161による画素値の分解能が低くなる距離である。つまり、Z10は、測距精度が所定値より低くなってしまいう距離である。したがって、被写体151のうち、Z10以上離れている被写体に対しても測距の高精度化を図るために、Z10の被写体からの反射光を受光した画素の画素値が閾値となる特性162の撮像条件で撮像を行う。そして、画像距離データ合成部20が、特性161の撮像条件で得られ変換された被写体151のZ9～Z10までの画像距離データと、特性162の撮像条件で得られ変換された被写体151のZ10～Z11までの画像距離データとを合成することで、広ダイナミックレンジの画像距離データを得ることができる。

[0045] 具体的には、被写体のZ9～Z10までの画像領域を、特性161の撮像条件で得られた画像距離データから特定し、被写体のZ10～Z11までの画像領域を、特性162の撮像条件で得られた画像距離データから特定する。そして、特定した画像領域の画像距離データを合成すれば、広ダイナミックレンジの画像距離データを生成することができる。

[0046] ここで、測距精度の算出方法について説明する。測距精度とは、同一の撮像条件で画像を撮像した際の複数のフレーム間での揺らぎをさすものとする

。もっとも直接的な方法としては、複数のフレームから画素値の分散値を求め、その標準偏差を揺らぎとして、距離に変換することで距離換算の測定誤差を求める方法が挙げられる。測距精度の算出にこの方法を用いてもよいが、複数のフレームの保持が必要となるので、本実施の形態では、距離の測定精度を論理的に計算して予測する手法を用いる。

[0047] 距離の測定精度について説明する前に、TOF法で距離を測定する原理を説明する。説明に用いる手法や計算式は、測距原理を簡単に説明するためのものであり、あくまでTOF法の一形態である。上述したように、放射光の光量は、距離の二乗に比例して減衰する。したがって、光源が定常的に発光している場合は、反射光により撮像素子44で光電変換される電荷量 Q_1 は、 $Q_1 = k / z^2 \dots (1)$

と表すことができる。ここで、 z は光源から被写体までの距離、 k は、撮像条件、被写体の反射率、レンズ40の透過率、撮像素子44の光電変換率等で決まる係数とする。(1)式を変形すると、

$$z = (k / Q_1)^{1/2} \dots (2)$$

となる。また、図5に示すように、発光終了と同時のタイミングで露光を開始することで、照射光が被写体で反射して戻ってくるまでの遅延時間 T_d の期間反射光で露光され得られる電荷量 Q_2 を測定する。光の遅延時間 T_d は、 $T_d = 2z / c \dots (3)$

で表すことができる。 c は光速を表す。光強度測定用の露光タイミングの露光時間を T_s とすると、露光タイミングで蓄積される電荷量 Q_2 は、 Q_1 との比で表すことができ、

$$Q_2 = Q_1 \times T_d / T_s \dots (4) \text{ となる。}$$

(4)式に(1)式、(3)式を代入すると、

$$Q_2 = 2 / (T_s \times c) \times k / z \dots (5)$$

となる。したがって、電荷量 Q_2 は距離 z に依存して減衰することがわかる。また(4)式に(3)式を代入すると、

$$Q_2 = Q_1 \times 2z / (T_s \times c) \text{ となり、変形して、}$$

$$z = (T_s \times c) / 2 \times Q_2 / Q_1 \dots (6)$$

となり、蓄積電荷量 Q_1 と Q_2 の比により、被写体までの距離が測定できる。

[0048] また、1フレーム期間中に図5に示すような発光と露光とのパターンを繰り返し、光電変換で得られる電荷量を積分していくことでS/N比の高い画素値を得ることができる。したがって、発光と露光との繰り返し回数により、実質的な露光時間の調整を行う。撮像素子44は複数の電荷量を保持可能な構成を用いても良い。具体的には、図5に示す発光と露光とのパターンにより、撮像素子44で蓄積電荷 Q_1 と Q_2 を同時に保持し、そして蓄積電荷 Q_1 と Q_2 を読み出してもよい。なお、便宜上、太陽や室内照明等の環境光の影響を無視したが、光源の照射光のないときの撮像結果を用いることで、環境光の影響を除去できることは明らかであり、本実施の形態においても環境光の影響を排除した測距測定を実施することができることは言うまでもない。

[0049] 蓄積電荷量 Q_1 、 Q_2 、露光時間 T_s の揺らぎは、予め測定、予測することが可能である。したがって、距離 z の測距精度は、(6)式に基づいて、誤差伝播の法則で算出できる。誤差伝播の法則は、既知の測定値(例えば、蓄積電荷量 Q_1 、 Q_2 、露光時間 T_s)の分散から、間接的に求められる値(例えば、距離 z)の分散を求める手法であり、一般的に広く知られた法則であるのでここでは説明しない。したがって、距離 z の測距精度が所定値より低くなる距離を距離 Z_{10} としてよい。

[0050] また、電荷量 Q_1 、 Q_2 、露光時間 T_s の揺らぎをそれぞれ距離 z の誤差に換算し、換算値の総和を算出してもよい。以下、この方法について説明する。まず、電荷量 Q_1 の揺らぎ量(標準偏差)を ΔQ_1 とし、 ΔQ_1 で生じる測定誤差 Δz_1 を求める。(2)式を Q_1 で微分して、

$$\Delta z_1 / \Delta Q_1 = k^{1/2} \times (-1/2) \times Q_1^{-3/2}$$

に(1)式を代入して、

$$\begin{aligned} \Delta z_1 / \Delta Q_1 &= k^{1/2} \times (-1/2) \times (k/z^2)^{-3/2} \\ &= -1/(2k) \times z^3 \text{となる。} \end{aligned}$$

したがって、

$$|\Delta z_1 / \Delta Q_1| = (1/2) \times k^{-1} \times z^3 \quad \dots (7)$$

となる。

- [0051] 図6は、蓄積された電荷の揺らぎを距離の測定誤差に換算することを説明するための図である。図6で示した特性191が(2)式で表される特性を表すとすると、(7)式は、特性191の傾きを表す。揺らぎ量 ΔQ_1 の間の傾きを線形近似して距離の測定誤差 Δz_1 を求めると、

$$|\Delta z_1| = (1/2) \times k^{-1} \times z^3 \times |\Delta Q_1| \quad \dots (8)$$

となる。 ΔQ_1 は、撮像素子44から出力される蓄積電荷量 Q_1 の揺らぎ量であり、たとえば、光ショットノイズ、回路起因ノイズ、量子化ノイズ等で発生する揺らぎ量の総和である。

- [0052] 次に、電荷量 Q_2 の揺らぎ量(標準偏差)を ΔQ_2 とし、 ΔQ_2 で生じる測定誤差 Δz_2 を求める。(5)式を変形して、

$$z = 2 / (T_s \times c) \times k / Q_2 \quad \dots (9)$$

となる。(9)式を Q_2 で微分して、

$$\begin{aligned} \Delta z_2 / \Delta Q_2 &= -2k / (T_s \times c) \times 1 / Q_2^2 \\ &= -2k / (T_s \times c) \times 1 / (k / z \times 2 / (T_s \times c))^2 \\ &= -2k / (T_s \times c) \times (z \times T_s \times c)^2 / (2k)^2 \\ &= - (1/2) \times T_s \times c \times k^{-1} \times z^2 \end{aligned}$$

したがって、

$$|\Delta z_2 / \Delta Q_2| = (1/2) \times T_s \times c \times k^{-1} \times z^2 \quad \dots (10)$$

となる。揺らぎ量 ΔQ_2 の間の傾きを線形近似して距離の測定誤差 Δz_2 を求めると、

$$|\Delta z_2| = (1/2) \times T_s \times c \times k^{-1} \times z^2 \times |\Delta Q_2| \quad \dots (11)$$

となる。

- [0053] 最後に、信号のジッタなどで生じる T_s の揺らぎ(標準偏差)を ΔT_s とする。光の遅延を測定するので、 ΔT_s の間に光の進む距離が距離換算の誤差となる。したがって、 ΔT_s を距離の測定誤差に換算した値を Δz_3 とすると、

$$\Delta z_3 = c \times \Delta T_s \quad \dots (12)$$

となる。

[0054] そして、(8)式、(11)式、(12)式で求まる値の総和が距離の測定誤差(標準偏差) Δz となる。したがって、

$$\Delta z = (|\Delta z_1|^2 + |\Delta z_2|^2 + |\Delta z_3|^2)^{1/2} \quad \dots (13)$$

となる。

[0055] この Δz が測距精度を示す。すなわち(6)式で距離 z が求まり、それに対応した Δz も求まる。 Δz が大きくなると、測距精度が低くなるので、所定値より大きくなる Δz に対応する距離を、例えば、図4の距離 $Z10$ としてよい。

[0056] なお、計算コスト削減のため、 Δz を Δz_1 あるいは Δz_2 のいずれか片方で代表させてもよい。すなわち、電荷量 Q_1 、 Q_2 のいずれか片方の特性の傾きの絶対値であっても、測距精度を簡易的に示しているといえるので、設定された撮像条件が示す特性の傾きの絶対値が一定値より小さくなる距離の位置を、測距精度が所定値より小さくなる距離の位置としてもよい。また、被写体の反射光を受光した画素の画素値が一定値より小さくなる被写体の距離の位置を、測距精度が所定値より小さくなる距離の位置としてもよい。

[0057] 次に、測距装置10の動作を図7のフローチャートにしたがって説明する。

[0058] 撮像制御部52は、所定の撮像条件で、被写体を撮像部14に撮像させる(ステップS2)。撮像制御部52は、任意の撮像条件で、被写体を撮像部14に撮像させてもよい。撮像された画像データは、画像距離データ変換部16で変換され、撮像条件設定部50に出力される。

[0059] 次いで、撮像条件設定部50は、画像距離データに基づいて、被写体のヒストグラムを作成して、解析する(ステップS4)。つまり、作成したヒストグラムを解析して、最も近い被写体を特定する。つまり、複数の画素距離データのうち、最も短い(近い)画素距離データが示す距離を特定する。図2の場合は $Z2$ が最も近い位置となり、図3の場合は $Z5$ が最も近い位置と

なり、図4の場合はZ9が最も近い位置となる。

- [0060] なお、撮像条件設定部50は、画像距離領域データの全領域の中からではなく、全領域の一部である所定領域の中から、最も近い画素距離データを特定してもよい。所定領域は、ユーザによって選択された領域であってもよいし、予め定められた領域（例えば、画像の中央領域）であってもよい。通常、ユーザは、測距したい被写体が画像の所定領域にくるようにして撮像するからである。
- [0061] 次いで、撮像条件設定部50は、特定した距離に基づいて第1の撮像条件を設定する（ステップS6）。撮像条件設定部50は、特定した距離からの被写体の反射光を受光した画素の画素値が閾値となるように第1の撮像条件を設定する。つまり、画素距離データが最も短い距離を表す画素の画素値が、閾値となるように第1の撮像条件を設定する。撮像条件設定部50は、設定した第1の撮像条件を測距精度解析部54に出力する。
- [0062] 次いで、測距精度解析部54は、ステップS4で生成したヒストグラム、及び第1の撮像条件を解析して、測距精度が所定値より小さくなる距離（距離の位置）を推定する（ステップS8）。撮像条件が分かれば、発光装置12の照射により、画素に蓄積される電荷量（ Q_1 、 Q_2 ）、画素に蓄積される電荷量の特性が予測でき、上述した方法で、距離の測距精度を推定することができる。したがって、測距精度が所定値より小さくなる距離を推定することができる。
- [0063] 次いで、測距精度解析部54は、合成処理を行うか否かを判断する（ステップS10）。測距精度解析部54は、ステップS8で推定した距離以上遠い位置に被写体が存在するか否かを判断し、存在する場合は合成処理を行うと判断する。この判断は、ステップS8で推定した距離以上遠い距離の画素距離データが存在するか否かで判断する。測距精度解析部54は、合成処理を行うか否かの判断結果を撮像条件設定部50に出力する。
- [0064] 例えば、図3に示すように、推定した距離がZ6以上Z7以下となる場合は、推定した距離、及び該距離より遠い位置に被写体132が存在するので

、合成処理を行うと判断する。また、図4に示すように、推定した距離がZ10となる場合は、被写体151の一部は、該推定した距離、及び該距離より遠い位置にあるので、合成処理を行うと判断する。なお、所定領域を考慮する場合は、所定領域内に、特定した位置より遠い被写体があるか否かを判断する。つまり、所定領域内の画素距離データの中で、特定した位置より遠い画素距離データがあるか否かを判断してよい。

[0065] ステップS10で、合成処理を行わないと判断すると、撮像条件設定部50は、ステップS6で設定した第1の撮像条件で撮像することができるフレームレートが所定のフレームレート以上か否かを判断する(ステップS12)。この所定のフレームレートは、予め決められていてもよいし、ユーザが任意に決めてもよい。

[0066] ステップS12で、所定のフレームレート以上でないと判断すると、撮像条件設定部50は、ステップS6で設定した第1の撮像条件の設定を変更することで、露光時間を短縮して(ステップS14)、ステップS16に進む。このとき、露光時間が短くなると露光量が減ってしまうので、それを補うべく、撮像条件設定部50は、絞り度合いを小さくしたり、ゲイン値を上げたり、発光強度を上げてよい。この場合は、撮像条件設定部50は、ステップS14の設定変更後の第1の撮像条件を撮像制御部52に出力する。

[0067] 一方、ステップS12で、所定のフレームレート以上であると判断すると、そのままステップS16に進む。この場合は、撮像条件設定部50は、ステップS6で設定した第1の撮像条件を撮像制御部52に出力する。

[0068] ステップS16に進むと、撮像制御部52は、直前に設定された第1の撮像条件で撮像部14に被写体を撮像させる。この第1の撮像条件で撮像された画像データは、画像距離データ変換部16により画像距離データに変換され、画像距離データ出力部22から出力される。これにより、測距精度を高く維持できる画像データを撮像することができる。ステップS16で被写体を撮像すると、ステップS4に戻り、上記した動作を繰り返す。ステップS16を経た後の、ステップS4の動作は、ステップS16で撮像された画像

データに基づいてヒストグラムを生成して解析してよい。

[0069] 一方、ステップS 10で、合成処理をすると判断すると、撮像条件設定部50は、第1の撮像条件より明るい画像を得ることができる第2の撮像条件を設定する（ステップS 18）。具体的には、ステップS 8で推定した距離以上遠い位置に存在する被写体のうち、最も近い被写体の距離がどの位置であるかを特定し、該特定した距離の位置に基づいて第2の撮像条件を設定する。つまり、該特定した位置からの被写体の反射光を受光した画素の画素値が閾値となるように第2の撮像条件を設定する。詳しく説明するならば、推定した距離以上遠い複数の画素距離データのうち、最も近い画素距離データの画素の画素値が、閾値となるように第2の撮像条件を設定する。なお、明るい画像を得ることができるとは、同一の環境下で、同一の被写体を同一の距離から撮像した場合に明るいということである。具体的には、ゲイン値が高い、又は、露光時間が長い、または、絞り度合いが小さい、または光源の発光強度が強いことをいう。

[0070] このステップS 18で特定される被写体の位置は、例えば、図3に示すように、推定した距離がZ 6以上Z 7以下となる場合は、距離Z 7を特定し、該特定した位置からの被写体132の反射光を受光した画素の画素値が閾値となるように第2の撮像条件を設定する。また、図4に示すように、推定した距離がZ 10となる場合は、距離Z 10を特定し、該特定したZ 10からの被写体151の反射光を受光した画素の画素値が閾値となるように第2の撮像条件を設定する。

[0071] 次いで、撮像条件設定部50は、ステップS 6で設定した第1の撮像条件で撮像することができるフレームレート及びステップS 18で設定した第2の撮像条件で撮像することができるフレームレートを合算したフレームレートが、所定のフレームレート以上か否かを判断する（ステップS 20）。ステップS 20の所定のフレームレートは、ステップS 12の所定フレームレートと異なってもよい。

[0072] ステップS 20で、所定のフレームレート以上でないと判断すると、ステ

ップS 6で設定した第1の撮像条件及びステップS 18で設定した第2の撮像条件のうち少なくとも一方の設定を変更することで、第1の撮像条件及び第2の撮像条件の合計露光時間を短縮して（ステップS 22）、ステップS 24に進む。このとき、露光時間が短くなると露光量が減ってしまうので、それを補うべく、撮像条件設定部50は、絞り度合いを小さくしたり、ゲイン値を上げたり、発光強度を上げてよい。撮像条件設定部50は、ステップS 22の設定変更後の第1の撮像条件及び第2の撮像条件を撮像制御部52に出力する。

[0073] 一方、ステップS 20で、合算したフレームレートが所定のフレームレート以上であると判断すると、そのままステップS 24に進む。この場合は、撮像条件設定部50は、ステップS 6で設定した第1の撮像条件及びステップS 18で設定した第2の撮像条件を撮像制御部52に出力する。

[0074] ステップS 24に進むと、撮像制御部52は、直前に設定された第1の撮像条件と第2の撮像条件で撮像部14に被写体をそれぞれ撮像させる。

[0075] 次いで、画像距離データ合成部20は、第1の撮像条件で撮像され画像距離データに変換された画像距離データと、第2の撮像条件で撮像され画像距離データに変換された画像距離データとを合成する（ステップS 26）。画像距離データ合成部20は、ステップS 8で推定した距離より短い被写体の画像距離データは、第1の撮像条件で得られた画像距離データを用い、推定した距離以上の被写体の画像距離データは、第2の撮像条件で得られた画像距離データを用いて、合成画像距離データを生成する。この生成された合成画像距離データは、画像距離データ出力部22から出力される。これにより、画像距離データの広ダイナミックレンジ化を図ることができ、測距精度を高く維持できる画像データを得ることができる。

[0076] なお、上記実施の形態は、以下のような変形も可能である。

[0077] (1) ステップS 8で推定した距離を跨って被写体が移動している場合に、単に第1の撮像条件で得られた画像距離データと、第2の撮像条件で得られた画像距離データとを、合成してしまうと、合成画像距離データに被写体の

不連続性が生じてしまう。つまり、被写体の距離データが不連続となってしまう。したがって、第1の撮像条件で得られた画像距離データの被写体の距離データと、第2の撮像条件で得られた画像距離データの被写体の距離データを重み付けして合成してもよい。これにより、滑らかな被写体の距離データを得ることができる。

[0078] (2) 上記実施の形態では、閾値を一定にしたが、被写体の距離の変化度合いに応じて閾値を変更してもよい。例えば、被写体の距離の変化度合いが高い場合は、つまり、前に撮像され得られた画像距離データと後に撮像され得られた画像距離データを比較して、距離の変化の度合いが大きいほど、閾値を画素飽和値から離してもよい。つまり、被写体の距離変化の度合いが大きいほど、得られた画像距離データは正確でない可能性が高く、このような場合に閾値を画素飽和値に近づけてしまうと、上述したようにオーバーフローが起きてしまうからである。この場合は、制御部18は、距離変化算出部及び閾値変更部をさらに備え、該距離変化算出部が被写体の距離変化の度合いを算出する。距離変化算出部は、画像距離データを比較することで、距離変化の度合いを算出することができる。閾値変更部は、算出された距離変化の度合いに応じて閾値を変更してよい。そして、撮像条件設定部は、閾値変更部が変更した閾値を用いて第1の撮像条件及び第2の撮像条件の少なくとも1つを設定する。

[0079] (3) 上記実施の形態では、第1の撮像条件の設定に用いられる閾値（第1閾値と呼ぶ）と第2の撮像条件の設定に用いられる閾値（第2閾値と呼ぶ）とを同じにしたが、異なる閾値を用いてもよい。被写体が遠ければ遠いほど測距精度が低くなりがちである。したがって、第2閾値と画素飽和値との差は、第1閾値と画素飽和値の差よりも大きくするようにしてもよい。

[0080] (4) 上記変形例(2)及び(3)において、閾値変更部は、距離変化の度合いに応じて第1閾値及び第2閾値の少なくとも1つを変更してよい。この場合、閾値変更部は、第2閾値と画素飽和値との差が第1閾値と画素飽和値の差よりも大きくなるように変更してもよい。

- [0081] (5) 上記変形例(2)、(3)及び(4)では、閾値を距離変化の度合いに応じて変更するとしたが、実際は被写体の反射率にも依存するので、被写体の反射率の分布度合いに応じた閾値変更を付け加えてもよい。例えば、反射率の分布度合いが大きい被写体の場合、得られる画素値の分布も大きくなるので、閾値も画素飽和に対し余裕を持つようにしたほうが、被写体の変化に対応しやすい。なお、反射率の分布は、(2)式から導くことができるし、また光源の照射光のないときの撮像結果を用いてもよい。
- [0082] (6) 上記実施の形態では、直前に撮像され得られた1枚の距離画像データ(合成画像距離データを含む)を用いて、撮像条件を設定するようにしたが、同一の撮像条件で複数枚連続して撮像して得られた複数の画像距離データを用いて、撮像条件を設定するようにしてもよい。1枚の画像距離データで撮像条件を設定するより、複数枚の画像距離データから被写体の距離を判断して撮像条件を設定したほうが、測距精度を高めることができるからである。また、この方法は、被写体が移動体でないときに特に有効である。したがって、制御部18が被写体の距離変化の度合いを算出して、距離変化の度合いに応じて、撮像条件の設定に用いられる画像距離データの枚数を変えてもよい。被写体の距離変化が少ない場合は、例えば、20回連続撮像して得られた20枚の画像距離データを得てから撮像条件を設定する。この場合は、20回撮像する毎に撮像条件が変わる。被写体の距離変化が比較的大きい場合は、例えば、2回連続撮像して得られた2枚の画像距離データで次の撮像条件を設定する。この場合は、2回撮像する毎に撮像条件が変わる。
- [0083] (7) 上記実施の形態では、第1の撮像条件、第2の撮像条件を用いて得られた2枚の画像距離データを合成する例を説明したが、3つ以上の撮像条件を用いて得られた3枚の画像距離データを合成するようにしてもよい。例えば、第1の撮像条件下における測距精度が所定値より低くなる位置以上離れた被写体が存在する場合は、第2の撮像条件で画像距離データを得る。そして、第2の撮像条件下における測距精度が所定値より低くなる位置以上離れた被写体が存在する場合には、第3の撮像条件で画像距離データを得ると

いう場合に、複数の撮像条件を用いて画像距離データを得て、該得られた複数の画像距離データを合成してよい。

[0084] (8) ステップS 16及びステップS 26で得られた画像距離データは、測距精度が高い画像距離データなので、ステップS 16及びステップS 26の動作のうち、いずれか一方の動作を経て、ステップS 4に戻った場合は、以後、ステップS 6及びステップS 18で撮像条件の設定に用いる閾値に代えて、画素が飽和する画素飽和値か、画素飽和値により近い値を用いてもよい。また、段階的に閾値を画素飽和値に近づけるようにしてもよい。これにより、分解能がよい画素値の範囲を広げることができる。

[0085] (9) 上記実施の形態では、第1の撮像条件で得られた画像距離データと第2の撮像条件で得られた画像距離データとを合成した後、第1の撮像条件で再び得られた画像距離データと第2の撮像条件で再び得られた画像距離データとを合成するようにしたが、この方法では、合成後に得られる合成画像距離データの時間間隔は、変換されて得られる画像距離データの時間間隔よりも長くなってしまふ。したがって、撮像部14の撮像によって得られて変換されたそれぞれの画像距離データと、その直後に得られた画像距離データとを合成するようにしてもよい。

[0086] 図8は、それぞれの画像距離データから生成される合成画像距離データを模式的に示した図である。フレームA1、フレームB1、フレームA2、フレームB2、フレームA3・・・、という場合に、撮像部14によって順次得られ変換された画像距離データが得られる。フレームAは、第1の撮像条件で得られた画像距離データを示し、フレームBは、第2の撮像条件で得られた画像距離データを示す。画像距離データ合成部20は、フレームA1とフレームB1から合成画像距離データC1を生成し、フレームB1とフレームA2から合成画像距離データC2を生成する。また、フレームA2とフレームB2から合成画像距離データC3を生成し、フレームB2とフレームA3から合成画像距離データC4を生成するという場合に、それぞれ順次得られた画像距離データと、その直後に得られた画像距離データとをから順次合

成画像距離データを生成する。

- [0087] (10) 上記実施の形態では、撮像条件設定部50は、ヒストグラムを生成するようにしたが、ヒストグラムを生成しなくてもよい。要は、撮像条件設定部50が、被写体の距離の分布がわかる方法であればよい。
- [0088] (11) 上記実施の形態では、第1の撮像条件で得られた画像距離データと第2の撮像条件で得られた画像距離データとを合成するようにしたが、合成しなくてもよい。合成しなくても、測距精度を向上させることができるからである。
- [0089] (12) 上記実施形態では、フレームレートが所定のフレームレート以上になるようにしたが、所定のフレームレート以上が実現できる場合であっても、データ出力後、なにもしない(ブランキング)期間を設け、ブランキング期間を調節することで、常に等間隔の所定のフレームレート(例えば30fps)でデータ出力するようにしてもよい。ユーザは被写体の変化に応じてフレームレートが変化するよりも、固定フレームレートの方が扱いやすい場合もあるからである。一方、当然であるが、被写体が近距離であればあるほど、測距精度を確保したまま、露光時間が短くできフレームレートも高速化できるので、より近距離の被写体に対してはより高速なフレームレートを出力できるようにしてもよい。危険回避等のアプリケーションを考えれば、被写体が近距離であればあるほど危険のリスクが高くなるため、より高速なフレームレートを必要とするからである。
- [0090] (13) 上記実施形態では、2次元の画像距離データを用いたが、1次元の距離画像データの撮像であってもよい。
- [0091] (14) また、画素がマトリクス状に2次元配列された撮像素子でなくともよい。単独あるいは1次元状に配列された撮像素子を用いて、光学的あるいは機械的な走査(スキャン)で1次元あるいは2次元の画像距離データを取得することもできるからである。
- [0092] (15) 上記実施形態では、連続動画的な撮像を想定したが、例えば、連続動画的な撮像から、最適な撮像条件を予測し、その後、予測された最適な

撮像条件で複数枚の画像距離データを取得してもよい。同一の撮像条件で撮像した複数の画像距離データを積分すれば、より高精度な1枚の画像距離データを取得できるからである。

[0093] (16) 上記実施の形態では、2次元配列された画素を有する撮像素子を用いるようにしたが、1次元配列された画素を有する撮像素子を用いてもよい。この場合は、1次元配列された画素を有する撮像素子を用いることで、距離情報がマトリクス状に配置された画像距離データを得ることができる。

[0094] (17) 上記変形例(1)～(16)を矛盾が生じない範囲内で、適宜組み合わせた態様であってもよい。

[0095] 以上、本発明を実施の形態を用いて説明したが、本発明の技術的範囲は上記実施の形態に記載の範囲には限定されない。上記実施の形態に、多様な変更または改良を加えることが可能であることが当業者に明らかである。その様な変更または改良を加えた形態も本発明の技術的範囲に含まれ得ることが、特許請求の範囲の記載から明らかである。

請求の範囲

- [請求項1] 光を発光する光源（30）と、
前記光源（30）により発光されて、被写体で反射された反射光を撮像する撮像部（14）と、
前記撮像部（14）が撮像することにより得られた画素の画素値を、被写体までの距離を示す距離情報に変換する距離情報変換部（16）と、
前記距離情報に基づいて第1の撮像条件を設定する撮像条件設定部（50）と、
前記光源（30）及び前記撮像部（14）を制御して、前記第1の撮像条件で前記被写体を撮像させる撮像制御部（52）と、
を備える測距装置（10）。
- [請求項2] 請求項1に記載の測距装置（10）であって、
前記撮像条件設定部（50）は、最も距離が近い被写体の反射光を受光する画素の画素値が第1閾値となるように、前記第1の撮像条件を設定することを特徴とする測距装置（10）。
- [請求項3] 請求項1に記載の測距装置（10）であって、
前記第1の撮像条件下における測距精度を解析して、前記測距精度が所定値より小さくなる精度低下距離を特定する測距精度解析部（54）をさらに備え、
前記撮像条件設定部（50）は、前記精度低下距離以上遠くにある被写体がある場合は、前記第1の撮像条件より明るい輝度情報を得ることができる第2の撮像条件を設定し、
前記撮像制御部（52）は、前記光源（30）及び前記撮像部（14）を制御して、前記第1の撮像条件及び前記第2の撮像条件で前記被写体を撮像させることを特徴とする測距装置（10）。
- [請求項4] 請求項3に記載の測距装置（10）であって、
前記第1の撮像条件で撮像されて変換された前記距離情報と、前記

第2の撮像条件で撮像されて変換された前記距離情報とを合成する距離情報合成部(20)をさらに備えることを特徴とする測距装置(10)。

[請求項5]

請求項3に記載の測距装置(10)であって、

前記撮像条件設定部(50)は、前記精度低下距離以上遠くにある前記被写体のうち、最も距離が近い被写体の反射光を受光する画素の画素値が第2閾値となるように、前記第2の撮像条件を設定することを特徴とする測距装置(10)。

[請求項6]

請求項5に記載の測距装置(10)であって、

被写体の距離変化の度合いを算出する距離変化算出部と、

前記距離変化の度合いに応じて前記第1閾値及び前記第2閾値の少なくとも1つを変更する閾値変更部と、

をさらに備え、

前記撮像部(14)は2次元に配列された複数の画素を有しており、

前記距離情報変換部(16)は、前記撮像部(14)が撮像することにより得られた前記複数の画素値のそれぞれを距離情報に変換して1枚の画像距離データを得、

前記距離変化算出部は、複数枚の前記画像距離データを比較して、被写体の距離変化の度合いを算出することを特徴とする測距装置(10)。

[請求項7]

請求項5に記載の測距装置(10)であって、

前記第2閾値と画素飽和値との差は、前記第1閾値と画素飽和値の差よりも大きくすることを特徴とする測距装置(10)。

[請求項8]

請求項1に記載の測距装置(10)であって、

前記被写体は、前記撮像部(14)の所定の領域で撮像された被写体であることを特徴とする測距装置(10)。

[請求項9]

測距装置(10)が被写体の距離を測定する測距方法であって、

光源（３０）により光を発光する発光工程と、

前記光源（３０）により発光されて、被写体で反射された反射光を撮像部（１４）が撮像する撮像工程と、

距離情報変換部（１６）が、撮像することにより得られた画素の画素値を、被写体までの距離を示す距離情報に変換する距離情報変換工程と、

撮像条件設定部（５０）が、前記距離情報に基づいて第１の撮像条件を設定する撮像条件設定工程と、

撮像制御部（５２）が、前記光源（３０）及び前記撮像部（１４）を制御して前記第１の撮像条件で前記被写体を撮像させる撮像制御工程と、

を備えることを特徴とする測距方法。

[請求項10]

光を発光する光源（３０）と、前記光源（３０）により発光されて、被写体で反射された反射光を撮像する撮像部（１４）とを備えた測距装置（１０）を、

前記撮像部（１４）が撮像することにより得られた画素の画素値を、被写体までの距離を示す距離情報に変換する距離情報変換部（１６））、

前記距離情報に基づいて第１の撮像条件を設定する撮像条件設定部（５０）、

前記光源（３０）及び前記撮像部（１４）を制御して、前記第１の撮像条件で前記被写体を撮像させる撮像制御部（５２）、

として機能させることを特徴とするプログラムを記録した記録媒体。

[図1]

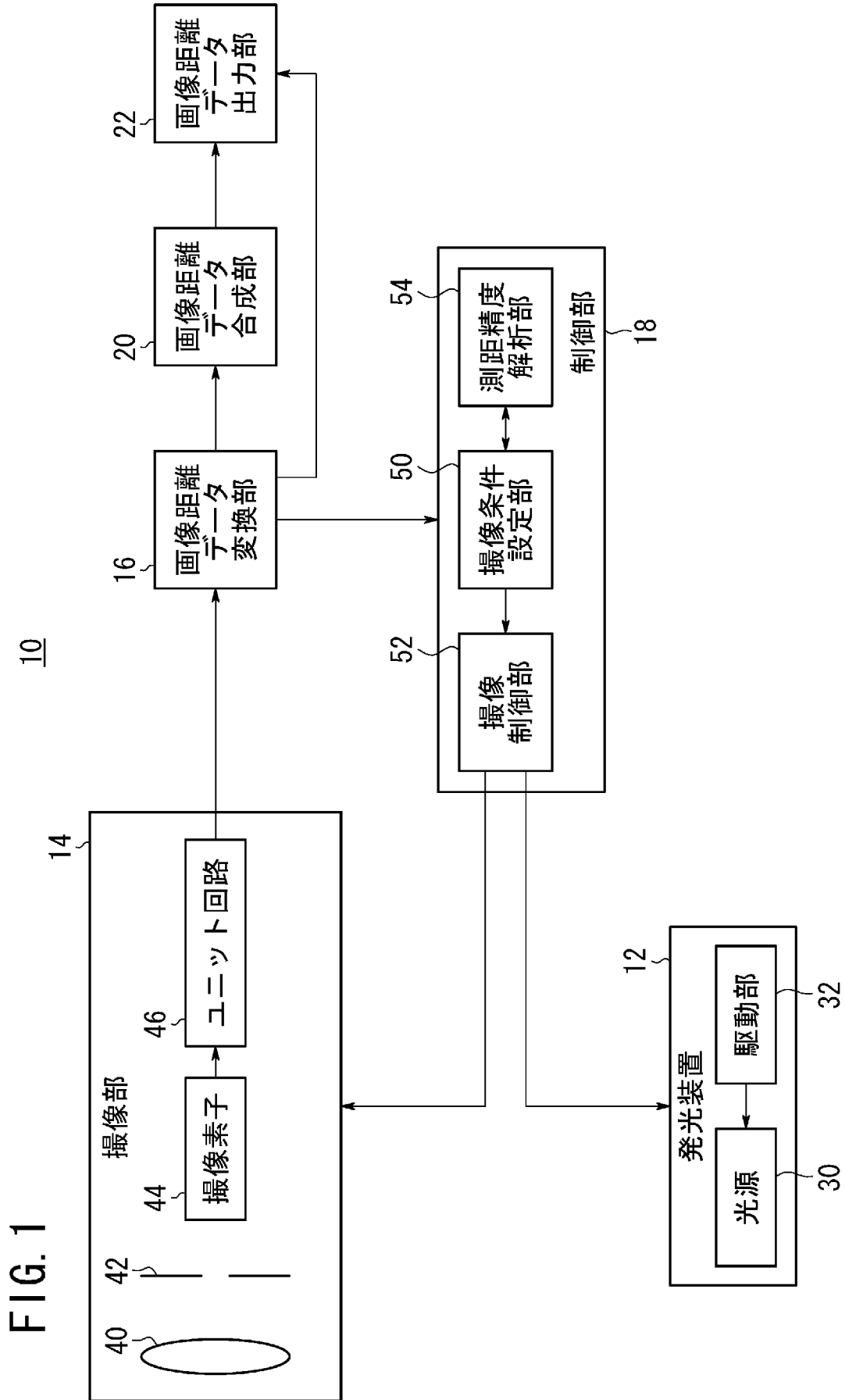


FIG. 1

[図2]

FIG. 2A

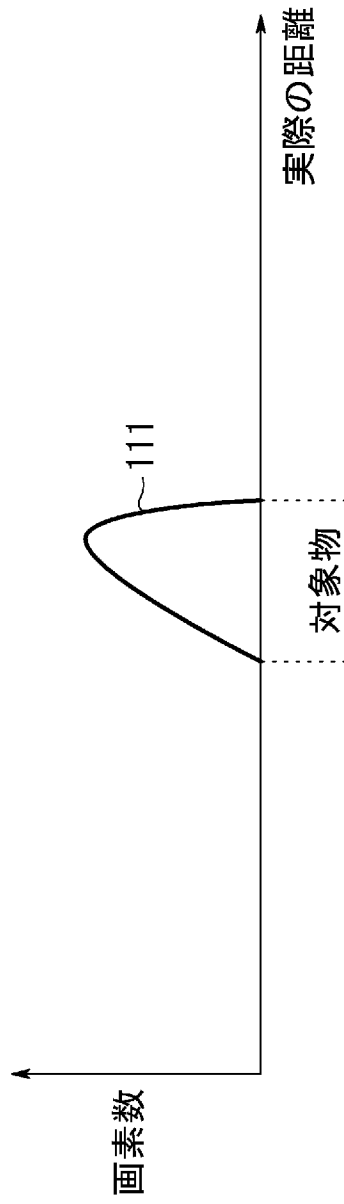
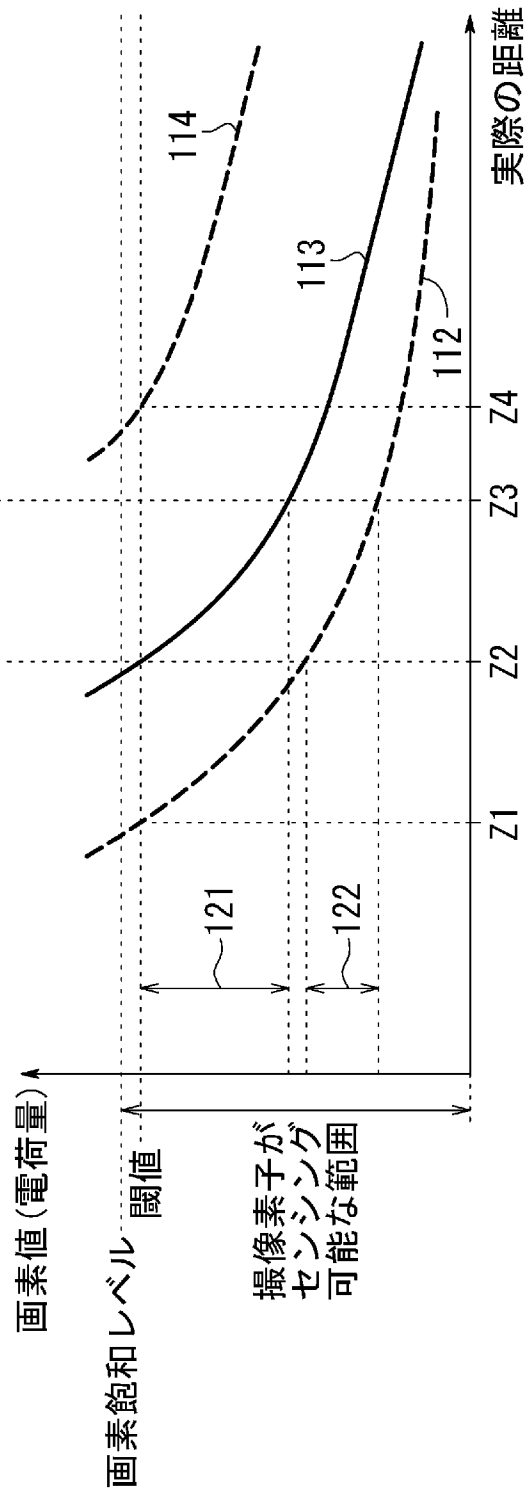


FIG. 2B



[図3]

FIG. 3A

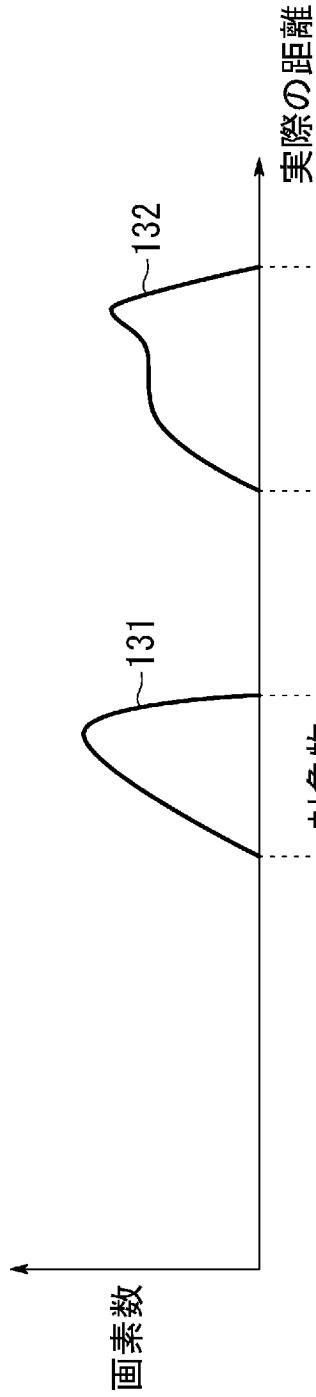
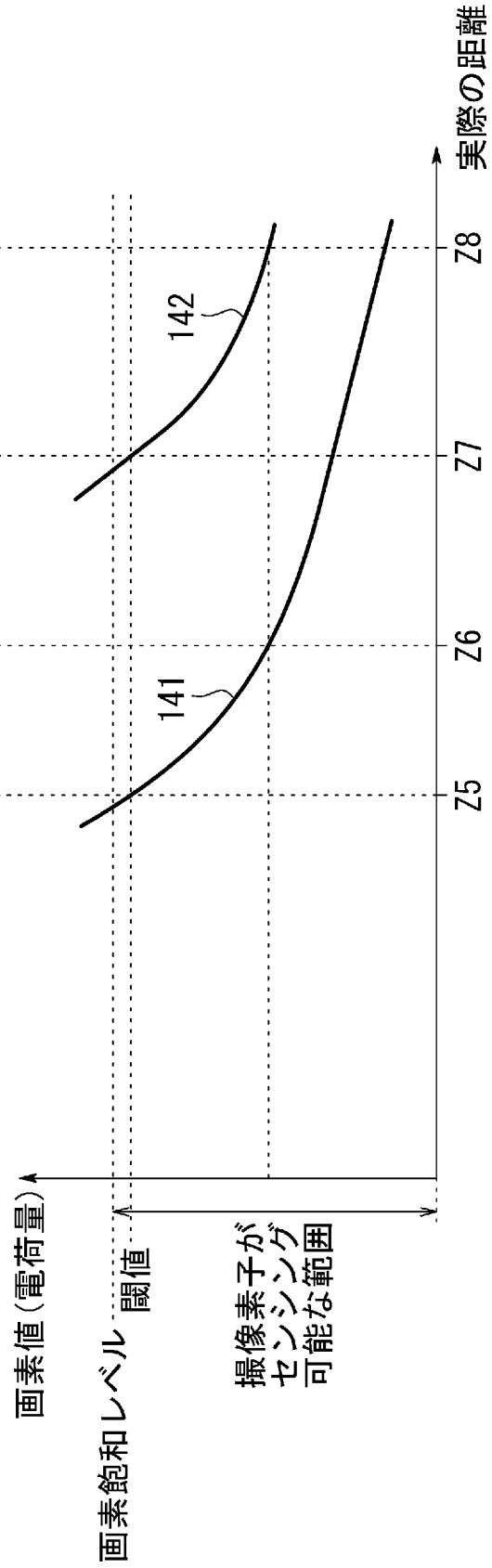


FIG. 3B



[図4]

FIG. 4A

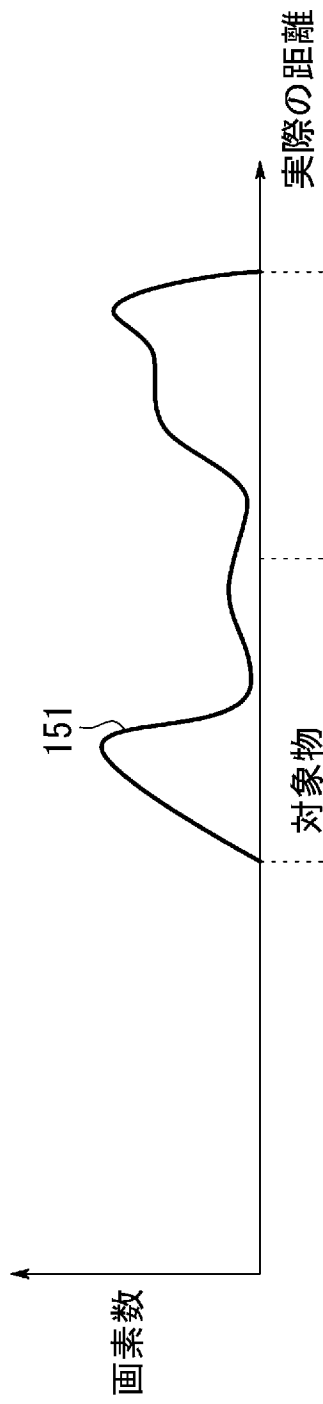
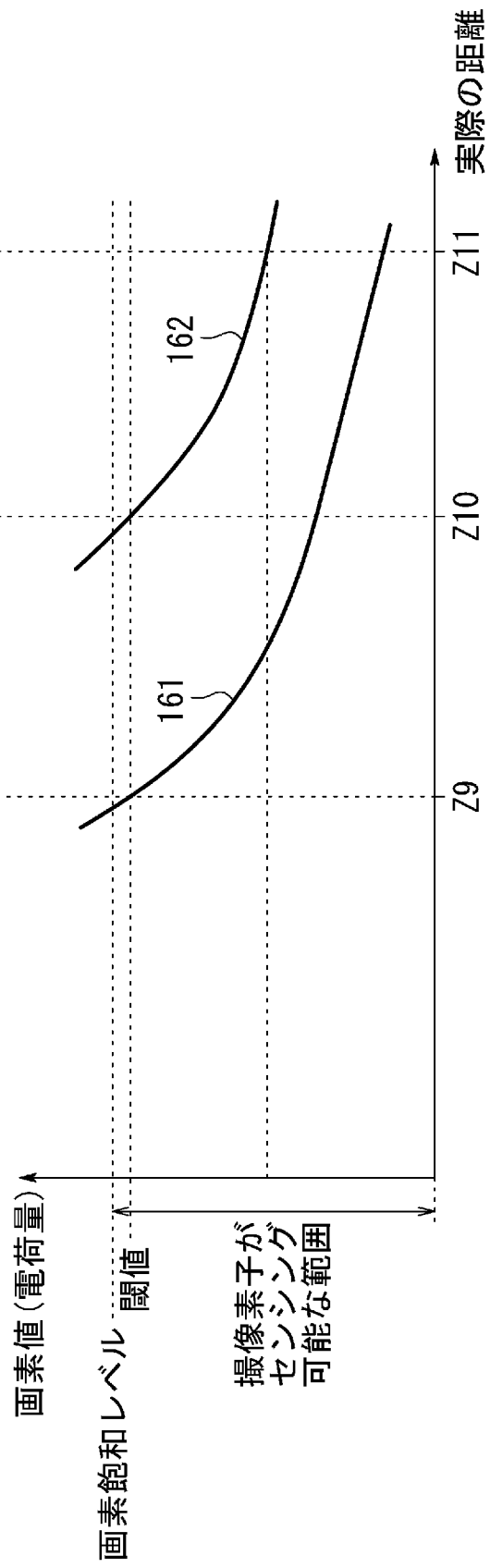
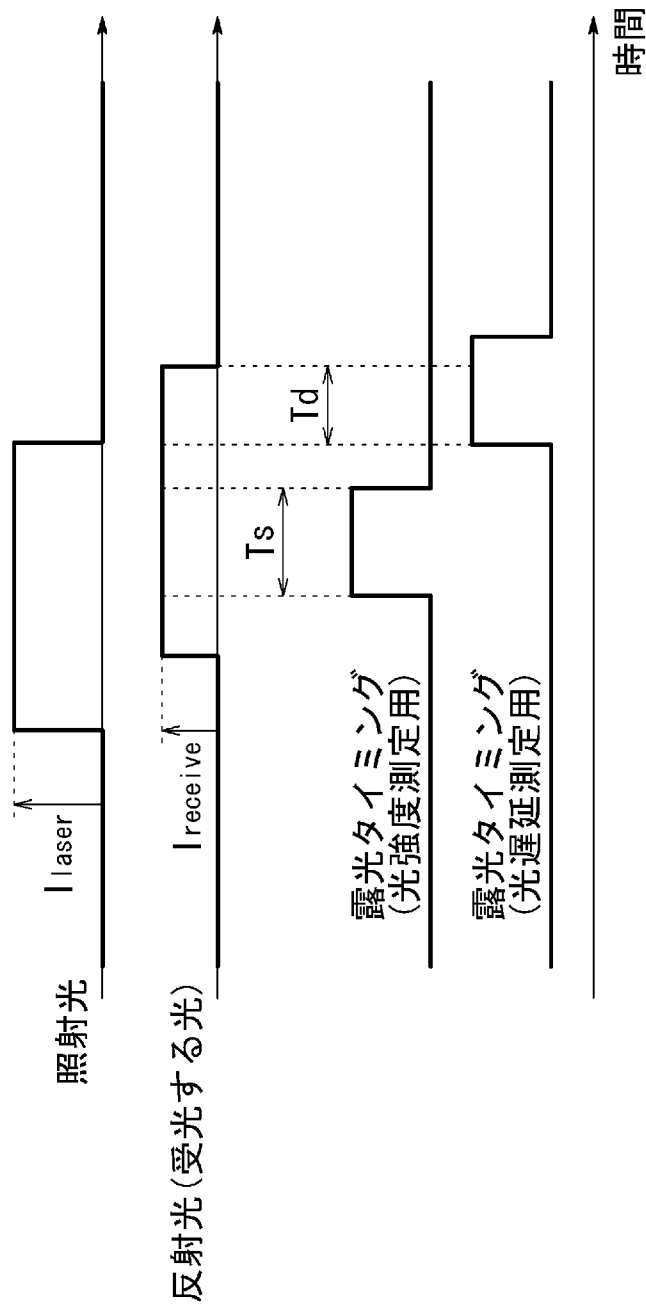


FIG. 4B



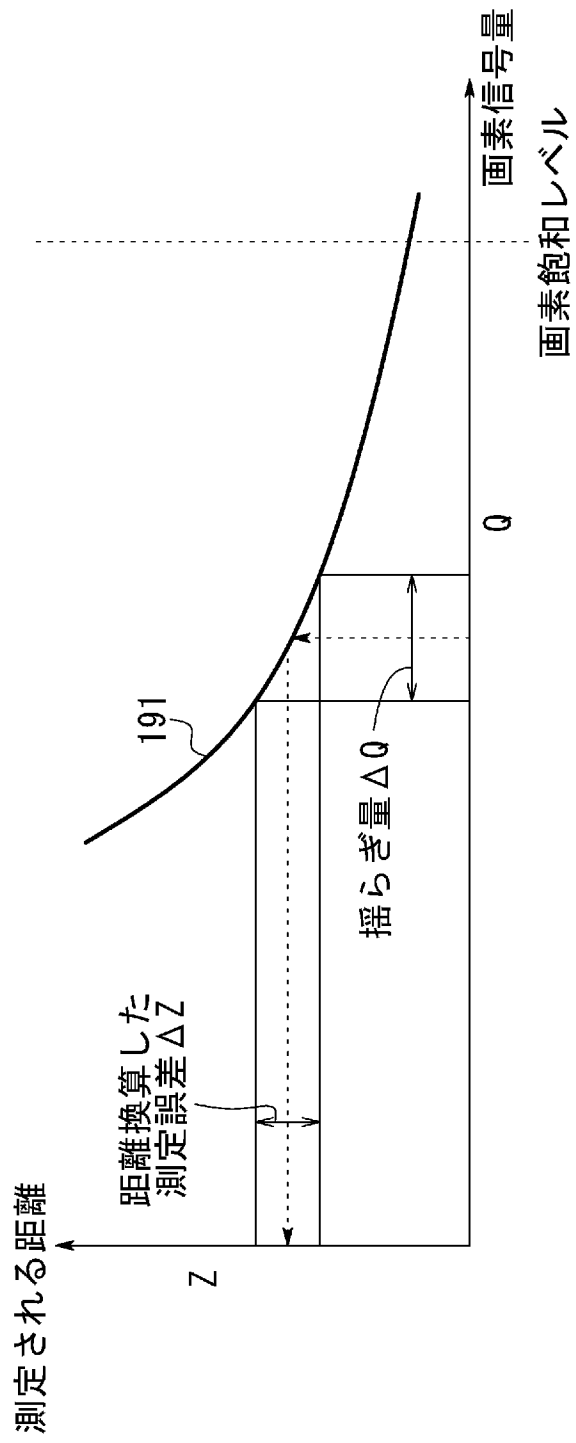
[図5]

FIG. 5



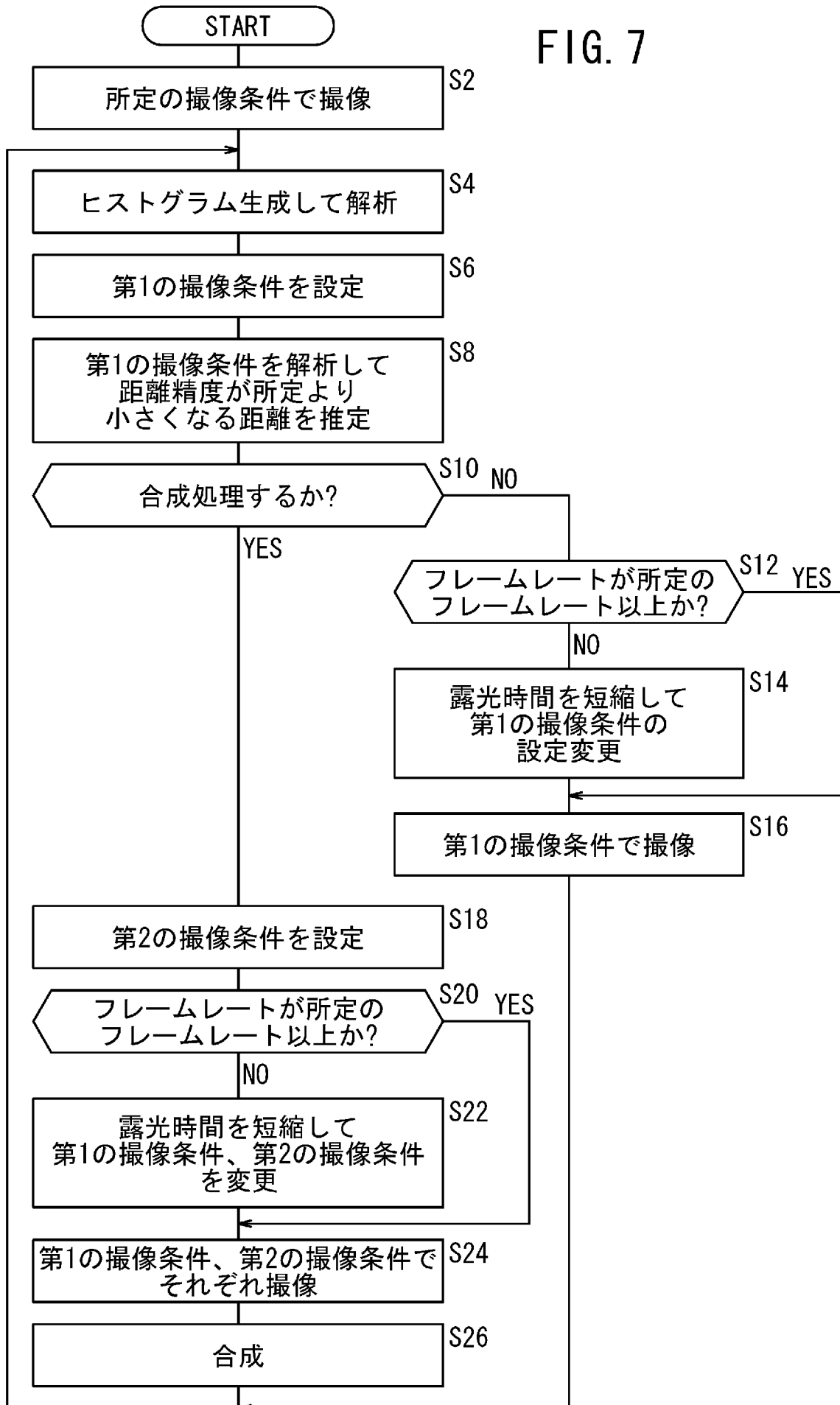
[図6]

FIG. 6



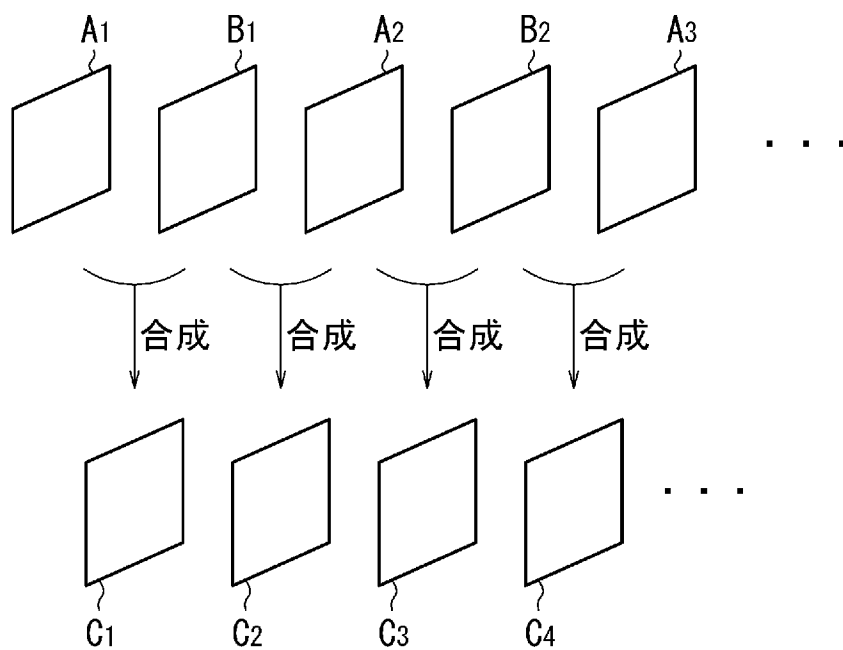
[図7]

FIG. 7



[図8]

FIG. 8



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2010/065368

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

G01S17/10(2006.01)i, G01S17/89(2006.01)i, H04N5/238(2006.01)i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

G01S7/48-7/51, G01S17/00-17/95, H04N5/238, H04N5/225, H01L27/146, G01B11/00-11/30, G01C3/06

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho	1922-1996	Jitsuyo Shinan Toroku Koho	1996-2010
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2010	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2010

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X Y A	JP 2008-145263 A (Fujifilm Corp.), 26 June 2008 (26.06.2008), paragraphs [0002] to [0068]; fig. 1 to 10 (Family: none)	1-2, 8-10 3-5, 7 6
Y A	JP 9-197045 A (Nissan Motor Co., Ltd.), 31 July 1997 (31.07.1997), claim 1 (Family: none)	3-5, 7 6
Y	JP 2009-47460 A (Lasertec Corp.), 05 March 2009 (05.03.2009), (Family: none)	4

Further documents are listed in the continuation of Box C.

See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

“A” document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

“E” earlier application or patent but published on or after the international filing date

“L” document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

“O” document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

“P” document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

“T” later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

“X” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

“Y” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

“&” document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search
02 December, 2010 (02.12.10)

Date of mailing of the international search report
14 December, 2010 (14.12.10)

Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))
 Int.Cl. G01S17/10(2006.01)i, G01S17/89(2006.01)i, H04N5/238(2006.01)i

B. 調査を行った分野
 調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (IPC))
 Int.Cl. G01S7/48-7/51, G01S17/00-17/95, H04N5/238, H04N5/225, H01L27/146, G01B11/00-11/30, G01C3/06

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報	1922-1996年
日本国公開実用新案公報	1971-2010年
日本国実用新案登録公報	1996-2010年
日本国登録実用新案公報	1994-2010年

国際調査で使用した電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語)

C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
X Y A	JP 2008-145263 A (富士フイルム株式会社) 2008.06.26, 段落 0002-0068, 第1-10図 (ファミリーなし)	1-2, 8-10 3-5, 7 6
Y A	JP 9-197045 A (日産自動車株式会社) 1997.07.31, 請求項1 (ファミ リリーなし)	3-5, 7 6
Y	JP 2009-47460 A (レーザーテック株式会社) 2009.03.05, (ファミ リリーなし)	4

C欄の続きにも文献が列挙されている。 パテントファミリーに関する別紙を参照。

* 引用文献のカテゴリー	の日の後に公表された文献
「A」特に関連のある文献ではなく、一般的な技術水準を示すもの	「T」国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの
「E」国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの	「X」特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの
「L」優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す)	「Y」特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの
「O」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献	「&」同一パテントファミリー文献
「P」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願	

国際調査を完了した日 02.12.2010	国際調査報告の発送日 14.12.2010
国際調査機関の名称及びあて先 日本国特許庁 (ISA/J P) 郵便番号100-8915 東京都千代田区霞が関三丁目4番3号	特許庁審査官 (権限のある職員) 山下 雅人 電話番号 03-3581-1101 内線 3258