

(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
2020年12月3日(03.12.2020)



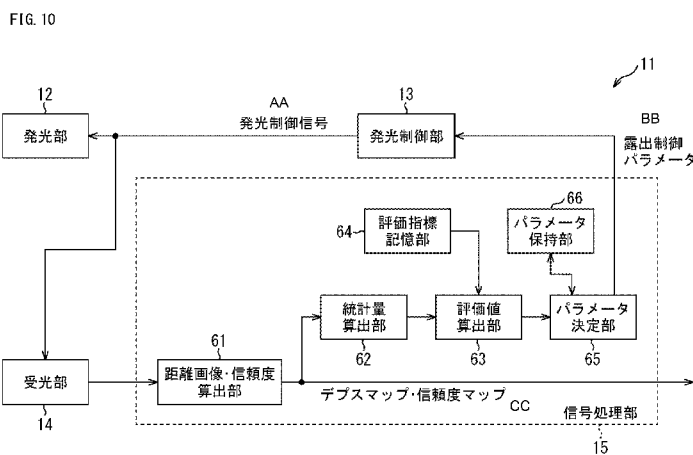
(10) 国際公開番号

WO 2020/241294 A1

- (51) 国際特許分類:
G01S 7/486 (2020.01) G01S 17/89 (2020.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2020/019375
- (22) 国際出願日: 2020年5月15日(15.05.2020)
- (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 2019-102151 2019年5月31日(31.05.2019) JP
- (71) 出願人: ソニー株式会社 (SONY CORPORATION) [JP/JP]; 〒1080075 東京都港区港南1丁目7番1号 Tokyo (JP).
- (72) 発明者: 三原 基 (MIHARA Hajime); 〒1080075 東京都港区港南1丁目7番1号 ソニー株式会社内 Tokyo (JP). 海津 俊 (KAIZU Shun); 〒1080075 東京都港区港南1丁目7番1号 ソニー株式会社内 Tokyo (JP).
- (74) 代理人: 西川 孝, 外 (NISHIKAWA Takashi et al.); 〒1700013 東京都豊島区東池袋3丁目9番10号 池袋F Nビル4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, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JO, JP, KE, KG, KH,

(54) Title: SIGNAL PROCESSING DEVICE, SIGNAL PROCESSING METHOD, AND RANGING MODULE

(54) 発明の名称: 信号処理装置、信号処理方法、および、測距モジュール



- 12 Light-emitting unit
- 13 Light emission control unit
- 14 Light-receiving unit
- 15 Signal processing unit
- 61 Depth map/reliability calculation unit
- 62 Statistic calculation unit
- 63 Assessment value calculation unit
- 64 Assessment indicator storage unit
- 65 Parameter determination unit
- 66 Parameter storage unit
- AA Light emission control signal
- BB Exposure control parameter
- CC Depth map/reliability map

(57) Abstract: The present technology pertains to a signal processing device, a signal processing method, and a ranging module which make it possible to execute an appropriate exposure control. A parameter determination unit of the ranging module determines exposure control parameters on the basis of an assessment indicator which uses brightness information and distance information which are calculated from the detection signal of a light-receiving unit. The present technology can be applied to ranging modules and the like which perform ranging using an indirect time of flight (ToF) method.



WO 2020/241294 A1

KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY,
MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ,
NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT,
QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL,
ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG,
US, UZ, VC, VN, WS, 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, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, 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, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類：

- 一 国際調査報告 (条約第21条(3))

(57) 要約：本技術は、適切な露出制御を行うことができるようにする信号処理装置、信号処理方法、および、測距モジュールに関する。測距モジュールのパラメータ決定部は、受光部の検出信号から算出された距離情報と輝度情報とを用いた評価指標に基づいて、露出制御パラメータを決定する。本技術は、例えば、Indirect ToF方式による測距を行う測距モジュール等に適用できる。

明 細 書

発明の名称：

信号処理装置、信号処理方法、および、測距モジュール

技術分野

[0001] 本技術は、信号処理装置、信号処理方法、および、測距モジュールに関し、特に、適切な露出制御を行うことができるようにした信号処理装置、信号処理方法、および、測距モジュールに関する。

背景技術

[0002] 間接ToF (Time of Flight) 方式を利用した測距センサが知られている。間接ToF方式の測距センサでは、測定対象物にあたって反射されてきた反射光を受光することで得られる信号電荷を2つの電荷蓄積領域に振り分け、それらの信号電荷の配分比から距離が算出される。このような測距センサにおいて、裏面照射型とすることで、受光特性を向上させたものが提案されている（例えば、特許文献1参照）。

先行技術文献

特許文献

[0003] 特許文献1：国際公開第2018/135320号

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0004] 反射光を受光する測距センサにおいては、太陽光などの環境光や発光源の光量が受光量に影響を及ぼすため、距離を正確に測定するためには、適切な露出制御が求められる。

[0005] 本技術は、このような状況に鑑みてなされたものであり、適切な露出制御を行うことができるようにするものである。

課題を解決するための手段

[0006] 本技術の第1の側面の信号処理装置は、受光センサの検出信号から算出さ

れた距離情報と輝度情報とを用いた評価指標に基づいて、露出制御パラメータを決定するパラメータ決定部を備える。

[0007] 本技術の第2の側面の信号処理方法は、信号処理装置が、受光センサの検出信号から算出された距離情報と輝度情報とを用いた評価指標に基づいて、露出制御パラメータを決定する。

[0008] 本技術の第3の側面の測距モジュールは、所定の周波数で発光させる発光部と、前記発光部からの光が物体で反射した反射光を受光する受光センサと、前記受光センサの検出信号から算出された距離情報と輝度情報とを用いた評価指標に基づいて、露出制御パラメータを決定するパラメータ決定部とを備える。

[0009] 本技術の第1乃至第3の側面においては、受光センサの検出信号から算出された距離情報と輝度情報とを用いた評価指標に基づいて、露出制御パラメータが決定される。

[0010] 信号処理装置及び測距モジュールは、独立した装置であっても良いし、他の装置に組み込まれるモジュールであっても良い。

図面の簡単な説明

[0011] [図1]本技術を適用した測距モジュールの一実施の形態の構成例を示すブロック図である。

[図2]Indirect ToF方式における画素の動作を説明する図である。

[図3]4 Phaseによる検出方式を説明する図である。

[図4]4 Phaseによる検出方式を説明する図である。

[図5]2 Phase方式と4 Phase方式によるデプス値と信頼度の算出方法を説明する図である。

[図6]輝度値 I と分散 $\sigma^2(I)$ の関係を示す図である。

[図7]距離に応じたSN比を示す図である。

[図8]露出制御パラメータを決定する際の評価指標を説明する図である。

[図9]評価値Eの探索を説明する図である。

[図10]信号処理部の第1の構成例を示すブロック図である。

[図11]第1のデプスマップ生成処理を説明するフローチャートである。

[図12]信号処理部の第2の構成例を示すブロック図である。

[図13]第2の構成例で採用するSN比を説明する図である。

[図14]第2の構成例で採用する評価指標を説明する図である。

[図15]複数のSNRの例を示す図である。

[図16]SNRの等高線を示す図である。

[図17]第2のデプスマップ生成処理を説明するフローチャートである。

[図18]信号処理部の第3の構成例を示すブロック図である。

[図19]制約条件下の露出制御パラメータの探索を説明する図である。

[図20]第3のデプスマップ生成処理を説明するフローチャートである。

[図21]信号処理部の第4の構成例を示すブロック図である。

[図22]注目領域の設定を説明する図である。

[図23]第4のデプスマップ生成処理を説明するフローチャートである。

[図24]本技術を適用した電子機器の構成例を示すブロック図である。

[図25]本技術を適用したコンピュータの一実施の形態の構成例を示すブロック図である。

[図26]車両制御システムの概略的な構成の一例を示すブロック図である。

[図27]車外情報検出部及び撮像部の設置位置の一例を示す説明図である。

発明を実施するための形態

[0012] 以下、本技術を実施するための形態（以下、実施の形態という）について説明する。なお、説明は以下の順序で行う。

1. 測距モジュールの構成例
2. Indirect ToF方式の画素動作
3. 信号処理部の露出制御パラメータの算出方法
4. 信号処理部の第1の構成例
5. 第1のデプスマップ生成処理
6. 信号処理部の第2の構成例
7. 第2のデプスマップ生成処理

8. 信号処理部の第3の構成例
9. 第3のデプスマップ生成処理
10. 信号処理部の第4の構成例
11. 第4のデプスマップ生成処理
12. 第1の変形例
13. 第2の変形例
14. 第3の変形例
15. まとめ
16. 電子機器の構成例
17. コンピュータの構成例
18. 移動体への応用例

[0013] <1. 測距モジュールの構成例>

図1は、本技術を適用した測距モジュールの一実施の形態の構成例を示すブロック図である。

[0014] 図1に示される測距モジュール11は、Indirect ToF方式による測距を行う測距モジュール（ToFモジュール）であり、発光部12、発光制御部13、受光部14、および信号処理部15を有する。測距モジュール11は、物体に対して光を照射し、その光（照射光）が物体で反射した光（反射光）を受光することにより、物体までの距離情報としてのデプスマップ（距離画像）と、輝度情報としての信頼度マップ（信頼度画像）とを生成して出力する。

[0015] 発光部12は、例えば、光源として赤外線レーザダイオードなどを有し、発光制御部13による制御に従って、発光制御部13から供給される発光制御信号に応じたタイミングで変調しながら発光し、物体に対して照射光を照射する。

[0016] 発光制御部13は、光源を発光させるときの周波数（例えば、20MHzなど）と発光量とを制御する発光制御信号を発光部12に供給することにより、発光部12の発光を制御する。また、発光部12における発光のタイミングに合わせて受光部14を駆動させるために、発光制御部13は、受光部14に

も発光制御信号を供給する。

[0017] 受光部14には、受光した光量に応じた電荷を生成し、その電荷に応じた信号を出力する画素21が行方向および列方向の行列状に2次元配置された画素アレイ部22が設けられており、画素アレイ部22の周辺領域に駆動制御回路23が配置されている。受光部14は、反射光を受光する受光センサであり、ToFセンサとも呼ばれる。

[0018] 受光部14は、複数の画素21が2次元配置された画素アレイ部22で、物体からの反射光を受光する。そして、受光部14は、画素アレイ部22の各画素21が受光した反射光の光量に応じた検出信号を画素データとして信号処理部15に供給する。

[0019] 駆動制御回路23は、例えば、発光制御部13から供給される発光制御信号などに基づいて、画素21の駆動を制御するための制御信号（例えば、後述する振り分け信号DIMIXや、選択信号ADDRESS DECODE、リセット信号RSTなど）を出力する。

[0020] 画素21は、フォトダイオード31と、フォトダイオード31で光電変換された電荷を検出する第1タップ32Aおよび第2タップ32Bとを有する。画素21では、1つのフォトダイオード31で発生した電荷が、第1タップ32Aまたは第2タップ32Bに振り分けられる。そして、フォトダイオード31で発生した電荷のうち、第1タップ32Aに振り分けられた電荷が信号線33Aから検出信号Aとして出力され、第2タップ32Bに振り分けられた電荷が信号線33Bから検出信号Bとして出力される。

[0021] 第1タップ32Aは、転送トランジスタ41A、FD (Floating Diffusion) 部42A、選択トランジスタ43A、およびリセットトランジスタ44Aにより構成される。同様に、第2タップ32Bは、転送トランジスタ41B、FD部42B、選択トランジスタ43B、およびリセットトランジスタ44Bにより構成される。

[0022] 信号処理部15は、画素アレイ部22の画素21ごとに、受光部14から供給される画素データに基づいて、測距モジュール11から物体までの距離

であるデプス値を算出する。さらに、信号処理部15は、画素アレイ部22の各画素21の画素値としてデプス値（奥行き情報）が格納されたデプスマップを生成して出力する。また、信号処理部15は、画素アレイ部22の各画素21について、算出したデプス値の信頼度も算出し、画素アレイ部22の各画素21の画素値として信頼度（輝度情報）を格納した信頼度マップを生成して出力する。

[0023] また、信号処理部15は、得られたデプスマップと信頼度マップから、反射光を次に受光するときの最適な露出制御パラメータを算出し、発光制御部13に供給する。発光制御部13は、信号処理部15からの露出制御パラメータに基づいて発光制御信号を生成する。

[0024] <2. Indirect ToF方式の画素動作>

図2を参照して、Indirect ToF方式における画素21の動作について説明する。

[0025] 図2に示されるように、照射時間Tで照射のオン／オフを繰り返すように変調（1周期＝2T）された照射光が発光部12から出力され、物体までの距離に応じた遅延時間 ΔT だけ遅れて、フォトダイオード31において反射光が受光される。また、振り分け信号DIMIX_Aは、転送トランジスタ41Aのオン／オフを制御し、振り分け信号DIMIX_Bは、転送トランジスタ41Bのオン／オフを制御する。振り分け信号DIMIX_Aは、照射光と同一位相の信号であり、振り分け信号DIMIX_Bは、振り分け信号DIMIX_Aを反転した位相となっている。

[0026] 従って、フォトダイオード31が反射光を受光することにより発生する電荷は、振り分け信号DIMIX_Aに従って転送トランジスタ41Aがオンとなっている間ではFD部42Aに転送され、振り分け信号DIMIX_Bに従って転送トランジスタ41Bがオンとなっている間ではFD部42Bに転送される。これにより、照射時間Tの照射光の照射が周期的に行われる所定の期間において、転送トランジスタ41Aを介して転送された電荷はFD部42Aに順次蓄積され、転送トランジスタ41Bを介して転送された電荷はFD部42Bに順次蓄積される。

- 。
- [0027] そして、電荷を蓄積する期間の終了後、選択信号ADDRESS_DECODE_Aに従って選択トランジスタ43Aがオンとなると、FD部42Aに蓄積されている電荷が信号線33Aを介して読み出され、その電荷量に応じた検出信号Aが受光部14から出力される。同様に、選択信号ADDRESS_DECODE_Bに従って選択トランジスタ43Bがオンとなると、FD部42Bに蓄積されている電荷が信号線33Bを介して読み出され、その電荷量に応じた検出信号Bが受光部14から出力される。また、FD部42Aに蓄積されている電荷は、リセット信号RST_Aに従ってリセットトランジスタ44Aがオンになると排出され、FD部42Bに蓄積されている電荷は、リセット信号RST_Bに従ってリセットトランジスタ44Bがオンになると排出される。
- [0028] このように、画素21は、フォトダイオード31が受光した反射光により発生する電荷を、遅延時間 ΔT に応じて第1タップ32Aまたは第2タップ32Bに振り分けて、検出信号Aおよび検出信号Bを出力する。そして、遅延時間 ΔT は、発光部12で発光した光が物体まで飛行し、物体で反射した後に受光部14まで飛行する時間に応じたもの、即ち、物体までの距離に応じたものである。従って、測距モジュール11は、検出信号Aおよび検出信号Bに基づき、遅延時間 ΔT に従って物体までの距離（デプス値）を求めることができる。
- 。
- [0029] ただし、画素アレイ部22では、個々の画素21が有するフォトダイオード31や転送トランジスタ41等の画素トランジスタの各素子の特性のズレ（感度差）によって、画素21ごとに異なる影響が検出信号Aおよび検出信号Bに与えられる場合がある。そのため、Indirect ToF方式の測距モジュール11では、同一の画素21で位相を変えて反射光を受光した検出信号Aおよび検出信号Bを取得することにより、各画素のタップ間の感度差を除去し、SN比を向上させる手法が採用される。
- [0030] 位相を変えて反射光を受光し、デプス値を算出する方式として、例えば、2Phaseによる検出方式（2Phase方式）と、4Phaseによる検出方式（4Phase方式）と、

e方式) について説明する。

- [0031] 受光部14は、図3に示されるように、照射光の照射タイミングを基準に、位相を 0° 、 90° 、 180° 、および、 270° だけずらした受光タイミングで反射光を受光する。より具体的には、受光部14は、あるフレーム期間では、照射光の照射タイミングに対して位相を 0° にして受光し、次のフレーム期間では、位相を 90° にして受光し、次のフレーム期間では、位相を 180° にして受光し、次のフレーム期間では、位相を 270° にして受光する、というように、時分割で位相を変えて反射光を受光する。
- [0032] 図4は、 0° 、 90° 、 180° 、および、 270° の各位相における画素21の第1タップ32Aの露光期間を、位相差が分かり易いように並べて示した図である。
- [0033] 図4に示されるように、第1タップ32Aにおいて、照射光と同一の位相（位相 0° ）で受光して得られる検出信号Aを検出信号 A_0 、照射光と 90° 度ずらした位相（位相 90° ）で受光して得られる検出信号Aを検出信号 A_{90} 、照射光と 180° 度ずらした位相（位相 180° ）で受光して得られる検出信号Aを検出信号 A_{180} 、照射光と 270° 度ずらした位相（位相 270° ）で受光して得られる検出信号Aを検出信号 A_{270} 、と呼ぶことにする。
- [0034] また、図示は省略するが、第2タップ32Bにおいて、照射光と同一の位相（位相 0° ）で受光して得られる検出信号Bを検出信号 B_0 、照射光と 90° 度ずらした位相（位相 90° ）で受光して得られる検出信号Bを検出信号 B_{90} 、照射光と 180° 度ずらした位相（位相 180° ）で受光して得られる検出信号Bを検出信号 B_{180} 、照射光と 270° 度ずらした位相（位相 270° ）で受光して得られる検出信号Bを検出信号 B_{270} 、と呼ぶことにする。
- [0035] 図5は、2 Phase方式と4 Phase方式によるデプス値と信頼度の算出方法を説明する図である。
- [0036] Indirect ToF方式において、デプス値 d は、次式（1）で求めることができる。

[数1]

$$d = \frac{c \cdot \Delta T}{2} = \frac{c \cdot \phi}{4\pi f} \quad \dots (1)$$

式(1)の c は光速であり、 ΔT は遅延時間であり、 f は光の変調周波数を表す。また、式(1)の ϕ は、反射光の位相ずれ量[rad]を表し、次式(2)で表される。

[数2]

$$\phi = \arctan\left(\frac{Q}{I}\right) \quad (0 \leq \phi < 2\pi) \quad \dots (2)$$

[0037] 4 Phase方式では、式(2)の I, Q が、位相を 0° 、 90° 、 180° 、 270° に設定して得られた検出信号 A_0 乃至 A_{270} および検出信号 B_0 乃至 B_{270} を用いて、次式(3)で計算される。 I, Q は、照射光の輝度変化を \cos 波と仮定し、 \cos 波の位相を極座標から直交座標系(IQ平面)に変換した信号である。

$$\begin{aligned} I &= c_0 - c_{180} = (A_0 - B_0) - (A_{180} - B_{180}) \\ Q &= c_{90} - c_{270} = (A_{90} - B_{90}) - (A_{270} - B_{270}) \\ &\dots \dots \dots (3) \end{aligned}$$

[0038] 4 Phase方式では、例えば、式(3)の“ $A_0 - A_{180}$ ”や“ $A_{90} - A_{270}$ ”のように、同じ画素での逆位相の検出信号の差分を取ること、各画素に存在するタップ間の特性ばらつき、すなわち、タップ間の感度差を除去することができる。

[0039] 一方、2 Phase方式では、位相を 0° 、 90° 、 180° 、 270° に設定して得られた検出信号 A_0 乃至 A_{270} および検出信号 B_0 乃至 B_{270} のうち、直交関係にある2つの位相のみを用いて、物体までのデプス値 d を求めることができる。例えば、位相 0° の検出信号 A_0 および B_0 と、位相 90° の検出信号 A_{90} および B_{90} を用いた場合、式(2)の I, Q は次式(4)となる。

$$\begin{aligned} I &= c_0 - c_{180} = (A_0 - B_0) \\ Q &= c_{90} - c_{270} = (A_{90} - B_{90}) \quad \dots \dots \dots (4) \end{aligned}$$

[0040] 例えば、位相 180° の検出信号 A_{180} および B_{180} と、位相 270° の検出

信号 A_{270} および B_{270} を用いた場合、式(2)の I, Q は次式(5)となる。

$$\begin{aligned} I &= c_0 - c_{180} = - (A_{180} - B_{180}) \\ Q &= c_{90} - c_{270} = - (A_{270} - B_{270}) \quad \dots \dots \dots (5) \end{aligned}$$

[0041] 2 Phase方式では、各画素に存在するタップ間の特性ばらつきは除去することができないが、2つの位相の検出信号のみで物体までのデプス値 d を求めることができるので、4 Phase方式の2倍のフレームレートで測距を行うことができる。タップ間の特性ばらつきは、ゲインやオフセット等の補正パラメータで調整することができる。

[0042] 信頼度 cnf は、2 Phase方式および4 Phase方式のいずれにおいても、次式(6)で求められ。

[数3]

$$cnf = \sqrt{I^2 + Q^2} \quad \dots \dots (6)$$

式(6)から分かるように、信頼度 cnf は、画素21で受光した反射光の大きさ、即ち輝度情報(輝度値)に相当する。

[0043] 本実施の形態において、測距モジュール11は、4 Phase方式で算出された遅延時間 ΔT に対応する I 信号および Q 信号と、2 Phase方式で算出された遅延時間 ΔT に対応する I 信号および Q 信号のいずれを用いてデプス値 d および信頼度 cnf を用いるかは問わない。4 Phase方式または2 Phase方式のいずれか一方が固定的に用いられてもよいし、例えば、物体の動き等に応じて適切に選択またはブレンドする方法でもよい。以下では、簡単のため、4 Phase方式が採用されることとする。

[0044] なお、以下では、1枚のデプスマップを出力するための単位を1フレーム(期間)と称し、 0° 、 90° 、 180° 、または、 270° の各位相の画素データ(検出信号)を生成する単位をマイクロフレーム(期間)と称する。4 Phase方式では、1フレームが4マイクロフレームで構成され、2 Phase方式の場合には、1フレームが2マイクロフレームで構成される。また、以下の説明では、理解を容易にするため、デプス値 d を距離 d と称する場合がある。

[0045] <3. 信号処理部の露出制御パラメータの算出方法>

測距モジュール11の信号処理部15は、上述したように、4 Phase方式による反射光の受光結果に基づいてデプスマップと信頼度マップを生成して出力するとともに、得られたデプスマップと信頼度マップから、次に反射光を受光するときの最適な露出制御パラメータを算出し、発光制御部13に供給する。

[0046] そこで、次に、図6乃至図9を参照して、信号処理部15による露出制御パラメータの算出方法について説明する。

[0047] まず、受光センサとしての受光部14の各画素21で観測される輝度値 l には、平均が0、分散が $\sigma^2(l)$ となる正規分布で表現される加法性ノイズ（光ショットノイズ）が生じることを仮定する。分散 $\sigma^2(l)$ は、次式（7）で表される。

$$\sigma^2(l) = a \cdot l + b \quad \dots \dots \dots (7)$$

ここで、 a 、 b は、受光部14のゲインなどの駆動パラメータによって決定される値であり、例えば、事前のキャリブレーションにより求めることができる。

[0048] 図6は、次式（7）で表現される輝度値 l と分散 $\sigma^2(l)$ の関係を示している。図6にも表れているように、輝度値 l が大きくなるに従い、分散 $\sigma^2(l)$ も大きくなる。

[0049] また、Indirect ToF方式は、自発光光源の光を反射光として受光する方式であり、光の強度が距離の2乗に反比例する性質から、所定の距離に存在する物体の輝度値が、どのような値になるかを予め見積もることができる。

[0050] 例えば、距離 d における輝度値 $l(r, p, t, d)$ は、下記の式（8）のモデルで表すことができる。

[数4]

$$l(r, p, t, d) = \frac{A(r, p, t)}{d^2} + \text{offset} \quad \dots \dots (8)$$

式（8）において、 d は距離を表し、 r は物体の反射率、 p は発光部12

の光源の発光量、 t は、受光部14の画素21の露光時間（蓄積時間）を表す。係数 $A(r, p, t)$ は、反射率 r 、発光量 p 、および、露光時間 t に線形となる係数であり、 $offset$ は、オフセット定数である。

[0051] 距離 d に存在する物体の輝度情報は、式(8)の輝度値 $I(r, p, t, d)$ で見積もることができ、輝度情報に応じた分散は、式(7)の $\sigma^2(I)$ で表すことができることから、距離 d に応じたSN比である $SNR(d)$ は、輝度情報を用いて、次の式(9)で表される。

[数5]

$$SNR(d) = \frac{I(r, p, t, d)}{\sqrt{\sigma^2(I(r, p, t, d))}} \quad \dots (9)$$

[0052] ただし、物体までの距離が近い場合には、検出信号が飽和し、正確な信号を取得することができない。そのため、飽和を考慮すると、 $SNR(d)$ は、式(9)'のように表すことができる。

[数6]

$$SNR(d) = \begin{cases} 0 & \text{if } I(r, p, t, d) \text{ is Saturated} \\ \frac{I(r, p, t, d)}{\sqrt{\sigma^2(I(r, p, t, d))}} & \text{otherwise} \end{cases} \quad \dots (9)'$$

[0053] 図7は、式(9)'の $SNR(d)$ の例を示している。図7の $SNR(d)$ において飽和状態と判定する距離 d_{sat} は、例えば、受光部14の飽和電荷量等のセンサ性能に応じて決定することができる。

[0054] ここで、信号処理部15は、受光部14の最適な露出制御パラメータを決定する際の評価値 E として、受光部14の全画素の $SNR(d)$ の平均値を採用することとすると、評価値 E は、図8に示されるように、受光部14全体における距離 d の出現頻度 $p(d)$ と、距離 d に応じた $SNR(d)$ とを畳み込んだ式で表すことができる。換言すれば、評価値 E は、次式(10)の、1フレームで検出された距離 d についての出現頻度 $p(d)$ と $SNR(d)$ との積和で表すことができる。

[数7]

$$E = \sum_d \{ \text{SNR}(d) \times p(d) \} \quad \dots (10)$$

[0055] 式(10)によれば、現在の露出制御パラメータで反射光を受光したときに期待されるSN比がわかる。したがって、信号処理部15が、式(10)の評価値Eが最大となる露出制御パラメータを探索することで、最適な露出制御パラメータを算出することができる。

[0056] 図9は、露出制御パラメータとして、露光時間tを固定とし、発光部12の光源の発光量pを逐次的に変更した場合の評価値Eの変移を示している。評価値Eが最大となる発光量pと、露光時間tとが、最適な露出制御パラメータとなる。

[0057] <4. 信号処理部の第1の構成例>

図10は、上述した露出制御パラメータの最適値を探索する処理を実行する信号処理部15の第1の構成例を示すブロック図である。なお、図10では、測距モジュール11のその他の構成も併せて示している。

[0058] 信号処理部15は、距離画像・信頼度算出部61、統計量算出部62、評価値算出部63、評価指標記憶部64、パラメータ決定部65、および、パラメータ保持部66により構成される。信号処理部15は、1つの信号処理チップまたは信号処理装置で構成することができる。また、発光制御部13と信号処理部15とを1つの信号処理チップまたは信号処理装置で構成してもよいし、受光部14と信号処理部15とを1つの信号処理チップまたは信号処理装置で構成してもよい。

[0059] 距離画像・信頼度算出部61は、受光部14から供給される各画素21の画素データ(検出信号AおよびB)に基づいて、各画素21の距離dおよび信頼度cnfを算出する。各画素の距離dおよび信頼度cnfの算出方法は、上述した通りである。

[0060] 距離画像・信頼度算出部61は、各画素21の距離dを画素アレイ部22の画素値として格納したデプスマップ(距離画像)と、各画素21の信頼度cnf

を画素アレイ部 2 2 の画素値として格納した信頼度マップ（信頼度画像）を生成し、外部に出力する。

[0061] また、距離画像・信頼度算出部 6 1 は、距離情報としてのデプスマップと、輝度情報としての信頼度マップとを、統計量算出部 6 2 にも供給する。

[0062] 統計量算出部 6 2 は、距離画像・信頼度算出部 6 1 から供給される 1 枚のデプスマップから、デプスマップの統計量を算出する。具体的には、統計量算出部 6 2 は、図 8 に示した距離 d の出現頻度（度数）を画素アレイ部 2 2 の全画素についてカウントした、距離 d のヒストグラムを生成し、評価値算出部 6 3 に供給する。

[0063] 評価値算出部 6 3 は、評価指標記憶部 6 4 により供給される評価指標に従い、現在の露出制御パラメータにおける評価値を算出する。具体的には、評価値算出部 6 3 は、評価指標として評価指標記憶部 6 4 から供給された式（10）に基づく評価値 E を算出し、その結果を、パラメータ決定部 6 5 に供給する。

[0064] 評価指標記憶部 6 4 は、評価指標としての式（10）の評価値 E の演算式と、距離 d に応じた SNR を表す式（9）' とを記憶し、評価値算出部 6 3 に供給する。式（10）の評価値 E は、デプスマップの統計量と、信頼度マップとを用いて算出される値であり、より具体的には、距離 d の出現頻度 $p(d)$ と、距離 d に応じた SNR(d) とを畳み込んだ式で計算される値である。

[0065] パラメータ決定部 6 5 は、現在の露出制御パラメータが、評価値 E が最大となる値であるかを判定する。そして、現在の露出制御パラメータが、評価値 E が最大となる値ではないと判定された場合、例えば、勾配法などを用いて、次の露出制御パラメータを決定し、発光制御部 1 3 に供給する。また、パラメータ決定部 6 5 は、現在の露出制御パラメータと、そのときの評価値 E とをパラメータ保持部 6 6 に供給し、保持させる。パラメータ決定部 6 5 は、評価値 E が最大となる露出制御パラメータが探索されたと判定された場合、露出制御パラメータの更新を終了する。本実施の形態では、パラメータ決定部 6 5 は、更新対象の露出制御パラメータとして、発光部 1 2 の光源の発光量 p

を更新し、パラメータ保持部 66 と発光制御部 13 とに供給する。

[0066] パラメータ保持部 66 は、パラメータ決定部 65 から供給される露出制御パラメータと、そのときの評価値 E とを保持する。パラメータ保持部 66 に保持された露出制御パラメータと評価値 E とは、必要に応じてパラメータ決定部 65 によって参照される。

[0067] 発光制御部 13 は、更新後の露出制御パラメータとしてパラメータ決定部 65 から供給される発光量 p に基づく発光制御信号を生成し、発光部 12 および受光部 14 に供給する。

[0068] <5. 第 1 のデプスマップ生成処理>

次に、図 11 のフローチャートを参照して、信号処理部 15 の第 1 の構成例を備える測距モジュール 11 によるデプスマップ生成処理（第 1 のデプスマップ生成処理）を説明する。この処理は、例えば、測距モジュール 11 に対して、測定を開始する指令が供給されたとき、開始される。

[0069] 初めに、ステップ S 11 において、パラメータ決定部 65 は、予め決定された露出制御パラメータの初期値を発光制御部 13 に供給する。

[0070] ステップ S 12 において、発光制御部 13 は、パラメータ決定部 65 から供給された露出制御パラメータに基づいて発光制御信号を生成し、発光部 12 と受光部 14 とに供給する。この発光制御信号には、発光部 12 が光源を発光させるときの周波数と発光量とが規定されている。受光部 14 では、発光制御信号によって規定される光源の発光タイミングにしたがい、露光期間（受光期間）が決定し、画素アレイ部 22 の各画素 21 が駆動される。

[0071] ステップ S 13 において、発光部 12 は、発光制御信号に基づく所定の周波数と発光量で発光し、受光部 14 は、発光部 12 から照射された照射光が物体に反射されて返ってきた、物体からの反射光を受光する。そして、受光部 14 の各画素 21 は、受光量に応じて生成された画素データを、信号処理部 15 の距離画像・信頼度算出部 61 に出力する。受光部 14 は、4 Phase 方式による 1 枚のデプスマップを生成可能な反射光の受光を行う。すなわち、受光部 14 は、照射光の発光タイミングに対して、位相を 0° 、 90° 、1

80°、および、270° だけずらした4位相の受光を行い、その結果得られた画素データを、距離画像・信頼度算出部61に出力する。

[0072] ステップS14において、距離画像・信頼度算出部61は、受光部14から供給された各画素21の画素データに基づいて、各画素21の距離 d および信頼度 cnf を算出し、デプスマップと信頼度マップとを生成して、外部に出力する。また、距離画像・信頼度算出部61は、生成したデプスマップと信頼度マップとを、統計量算出部62にも供給する。

[0073] ステップS15において、統計量算出部62は、距離画像・信頼度算出部61から供給された1枚のデプスマップから、デプスマップの統計量を算出する。具体的には、統計量算出部62は、距離 d の出現頻度を画素アレイ部22の全画素についてカウントした、図8に示した距離 d のヒストグラムを生成し、評価値算出部63に供給する。

[0074] ステップS16において、評価値算出部63は、評価指標記憶部64により供給された評価指標に従い、現在の露出制御パラメータにおける評価値 E を算出する。具体的には、評価値算出部63は、評価指標として評価指標記憶部64から供給された式(10)の評価値 E を算出し、その結果をパラメータ決定部65に供給する。

[0075] ステップS17において、パラメータ決定部65は、評価値 E が最大となる露出制御パラメータが探索されたかを判定する。例えば、パラメータ決定部65は、勾配法を用いて露出制御パラメータを探索する場合には、勾配がゼロとみなすことができる所定の範囲内となったかにより、評価値 E が最大となる露出制御パラメータが探索されたか否かを判定する。あるいはまた、パラメータ決定部65は、露出制御パラメータを探索する処理を予め決定した回数繰り返したかや、評価値 E が向上する露出制御パラメータの更新がないと判定された場合などに、評価値 E が最大となる露出制御パラメータが探索されたと判定してもよい。

[0076] ステップS17で、評価値 E が最大となる露出制御パラメータがまだ探索されていないと判定された場合、処理はステップS18に進み、パラメータ決

定部 65 は、露出制御パラメータを更新して、発光制御部 13 に供給する。具体的には、パラメータ決定部 65 は、所定の設定幅で光源の発光量 p を変更した露出制御パラメータを発光制御部 13 に供給する。また、ステップ S18 では、更新前の露出制御パラメータと、そのときの評価値 E とをパラメータ保持部 66 に記憶させる処理も行われる。ステップ S18 の後、処理はステップ S12 に戻り、上述したステップ S12 乃至 S17 の処理が繰り返される。

[0077] そして、ステップ S17 で、評価値 E が最大となる露出制御パラメータが探索されたと判定された場合、処理はステップ S19 に進み、測距モジュール 11 は、最適と判定された露出制御パラメータを設定し、受光した反射光に基づいてデプスマップと信頼度マップを生成して、外部に出力する。すなわち、パラメータ決定部 65 は、評価値 E が最大となると判定された最適な露出制御パラメータを、再度、発光制御部 13 に供給する。発光制御部 13 は、パラメータ決定部 65 から供給された最適な露出制御パラメータに基づいて発光制御信号を生成し、発光部 12 と受光部 14 とに供給する。受光部 14 は、物体からの反射光を受光し、画素データを出力する。距離画像・信頼度算出部 61 は、最適な露出制御パラメータにおけるデプスマップと信頼度マップとを生成して、外部に出力する。

[0078] 以上で、第 1 のデプスマップ生成処理が終了する。

[0079] 第 1 のデプスマップ生成処理によれば、距離に応じて想定される輝度情報と、実際に反射光を受光して得られた物体（被写体）の距離情報とを用いた評価指標に基づいて、評価指標を最大化する露出制御パラメータを探索し、決定することができる。これにより、適切な露出制御を行うことができる。

[0080] なお、上述した第 1 のデプスマップ生成処理において、最適と決定された露出制御パラメータを、再度、発光制御部 13 に供給し、最適な露出制御パラメータにおけるデプスマップと信頼度マップを再度生成して、出力するようにしたが、探索中の各露出制御パラメータで生成したデプスマップと信頼度マップをパラメータ保持部 66 に記憶させ、最適な露出制御パラメータが

確定した場合に、そのときのデプスマップと信頼度マップをパラメータ保持部66から取得して、外部に出力してもよい。また、逐次設定された露出制御パラメータにおけるデプスマップと信頼度マップを外部に出力するようにしたが、最適な露出制御パラメータにおけるデプスマップと信頼度マップのみを外部に出力するようにしてもよい。

[0081] <6. 信号処理部の第2の構成例>

図12は、信号処理部15の第2の構成例を示すブロック図である。図12においても、測距モジュール11のその他の構成も併せて示している。

[0082] 図12の第2の構成例において、図10に示した第1の構成例と対応する部分については同一の符号を付してあり、その部分の説明は適宜省略し、第1の構成例と異なる部分に着目して説明する。

[0083] 図12の第2の構成例では、距離画像・信頼度算出部61の後段に、画像合成部81が新たに追加されている点が異なり、その他は第1の構成例と同様に構成されている。

[0084] 第2の構成例に係る信号処理部15は、発光制御部13に、露出制御パラメータとしての発光量 p を高輝度と低輝度の2回設定し、高輝度の環境下で生成される第1のデプスマップと、低輝度の環境下で生成される第2のデプスマップとを合成したデプスマップを生成して出力する。信頼度マップについても同様に、高輝度の環境下で生成される第1の信頼度マップと、低輝度の環境下で生成される第2の信頼度マップとを合成した信頼度マップが生成されて出力される。

[0085] ToFセンサでは、遠距離の情報を取得できるように発光を強くすると、近距離の物体のところで電荷が飽和してしまい、情報が取得できず、逆に、発光を弱くすると遠距離の物体に十分な光が届かず、SN比が得られないという問題がある。光源の発光量 p を高輝度と低輝度の2回設定し、複数のデプスマップを合成することで、上述の問題を解決することができる。

[0086] 例えば、1枚目のデプスマップの生成において、パラメータ決定部65は、低輝度となる第1の発光量 p_{low} を含む露出制御パラメータを発光制御部13

に供給する。発光部 12 は、第 1 の発光量 p_{low} で発光し、受光部 14 は、受光量に応じた画素データを距離画像・信頼度算出部 61 に出力する。距離画像・信頼度算出部 61 は、各画素 21 の画素データに基づいて、低輝度時の第 1 のデプスマップおよび第 1 の信頼度マップを生成する。

[0087] 次に、2 枚目のデプスマップの生成において、パラメータ決定部 65 は、高輝度となる第 2 の発光量 p_{high} を含む露出制御パラメータを発光制御部 13 に供給する。発光部 12 は、第 2 の発光量 p_{high} で発光し、受光部 14 は、受光量に応じた画素データを距離画像・信頼度算出部 61 に出力する。距離画像・信頼度算出部 61 は、各画素 21 の画素データに基づいて、高輝度時の第 2 のデプスマップおよび第 2 の信頼度マップを生成する。

[0088] 画像合成部 81 は、低輝度時の第 1 のデプスマップと、高輝度時の第 2 のデプスマップとを合成処理し、ダイナミックレンジが拡大されたデプスマップ（以下、HDRデプスマップという。）を生成する。また、画像合成部 81 は、低輝度時の第 1 の信頼度マップと、高輝度時の第 2 の信頼度マップとを合成処理し、ダイナミックレンジが拡大された信頼度マップ（以下、HDR信頼度マップという。）を生成する。生成された HDR デプスマップおよび HDR 信頼度マップは、外部に出力されるとともに、統計量算出部 62 に供給される。

[0089] 第 1 の発光量 p_{low} による輝度値 $l(r, p_{low}, t, d)$ と、第 2 の発光量 p_{high} による輝度値 $l(r, p_{high}, t, d)$ とを合成する場合の輝度値 l_{hdr} は、下記の式 (11) で表すことができる。

$$l_{hdr} = \alpha \cdot r \cdot l(r, p_{low}, t, d) + (1 - \alpha) \cdot l(r, p_{high}, t, d) \quad \dots \dots \dots (11)$$

[0090] 式 (11) の r は、第 1 の発光量 p_{low} と第 2 の発光量 p_{high} との輝度比 ($r = p_{high} / p_{low}$) を表し、 α は、低輝度時の第 1 のデプスマップと高輝度時の第 2 のデプスマップとのブレンド比 ($0 \leq \alpha \leq 1$) を表す。

[0091] ブレンド比 α は、輝度値に相当する信頼度 cnf によって決定することができる。信頼度 cnf の大きさによってノイズの大きさが想定できるので、例えば、

信頼度cnfが第1の閾値未満TH1である場合には、 $\alpha = 1$ として第1の発光量 p_{low} による輝度値 $I(r, p_{low}, t, d)$ のみを用い、信頼度cnfが第1の閾値TH1以上である場合には、 $\alpha = 0$ として第2の発光量 p_{high} による輝度値 $I(r, p_{high}, t, d)$ のみを用いるように設定することができる。これにより、被写体としての物体が近距離にあっても電荷が飽和せず、遠距離にあっても十分な光量による画素データが得られ、近くから遠くまでのレンジの広い測距が可能となる。

[0092] 画像合成部81によるHDRデプスマップの合成も、式(11)と同様のブレンド処理により求めることができる。HDR信頼度マップの合成についても同様である。

[0093] 統計量算出部62は、距離画像・信頼度算出部61から供給される1枚のHDRデプスマップから、HDRデプスマップの統計量を算出する。すなわち、第1の構成例と同様に、HDRデプスマップについての距離dのヒストグラムが生成される。

[0094] 評価値算出部63は、評価指標記憶部64から供給される評価指標に従い、現在の露出制御パラメータにおける評価値Eを算出する。評価指標記憶部64から供給される評価値Eを求める式は、上述した式(10)と同一である。すなわち、評価値Eは、距離dの出現頻度 $p(d)$ と、距離dに応じたSNR(d)とを畳み込んだ式で表される。

[0095] ただし、高輝度時と低輝度時の2枚のデプス画像をブレンド比 α で合成する場合の距離dに応じたSN比であるSNR(d)は次式(12)で定義され、さらに、近距離における飽和を考慮すると、式(12)'のように表される。

[数8]

$$\text{SNR}(d) = \frac{\alpha \cdot r \cdot I_{\text{low}} + (1 - \alpha) \cdot I_{\text{high}}}{\alpha \cdot r \sqrt{\sigma^2(I_{\text{low}})} + (1 - \alpha) \sqrt{\sigma^2(I_{\text{high}})}} \quad \dots (12)$$

$$\text{SNR}(d) = \begin{cases} 0 & \text{if } I(r, p, t, d) \text{ is Saturated} \\ \frac{\alpha \cdot r \cdot I_{\text{low}} + (1 - \alpha) \cdot I_{\text{high}}}{\alpha \cdot r \sqrt{\sigma^2(I_{\text{low}})} + (1 - \alpha) \sqrt{\sigma^2(I_{\text{high}})}} & \text{otherwise} \end{cases} \quad \dots (12)'$$

[0096] 図13は、式(12)'のSNR(d)の例を示している。

[0097] 図14は、図13のSNR(d)を用いて評価値Eを求める式(10)に相当する概念図である。

[0098] 評価指標記憶部64には、複数のSNR(d)が記憶されており、評価値算出部63は、動作モード、測定対象物の反射率r、測距範囲等に応じて、所定のSNR(d)を評価指標記憶部64から取得する。

[0099] 図15は、評価指標記憶部64に記憶されている複数のSNR(d)の例を示している。

[0100] 評価指標記憶部64には、SNR101乃至103の3種類のSNR(d)が記憶されている。

[0101] SNR101は、距離d1で、近距離用の第1の発光量 p_{low} によるSNRと、遠距離用の第2の発光量 p_{high} によるSNRとが切り替えられる。

[0102] SNR102は、SNR101と同様に距離d1で近距離用のSNRと遠距離用のSNRとが切り替えられるが、近距離用の第1の発光量 p_{low} によるSNRの測定範囲が、SNR101よりも狭く、しかし、高SN比に設定されている。

[0103] SNR103は、近距離用のSNRと遠距離用のSNRとを切り替える距離d2が、SNR101およびSNR102の距離d1より大きく($d1 < d2$)設定され、SNR102よりも、近距離用のSNRの測定範囲が大きく設定されている。

[0104] 図16は、遠距離用の第2の発光量 p_{high} を横軸とし、近距離用の第1の発光量 p_{low} を縦軸とした2次元領域における、SNRの等高線を示している。

[0105] 発光量が大きいほどSNRが高くなるので、図16の2次元領域の右上、すなわち、第1の発光量 p_{low} と第2の発光量 p_{high} の両方が大きい場合がSNRは最も高くなり、図16の2次元領域の左下、すなわち、第1の発光量 p_{low} と第2の発光量 p_{high} の両方が小さい場合がSNRは最も低くなる。パラメータ決定部65は、露出制御パラメータを逐次的に更新し、SNRが最大となる露出制御パラメータを探索し、決定する。

[0106] <7. 第2のデプスマップ生成処理>

次に、図17のフローチャートを参照して、信号処理部15の第2の構成例を備える測距モジュール11によるデプスマップ生成処理（第2のデプスマップ生成処理）を説明する。この処理は、例えば、測距モジュール11に対して、測定を開始する指令が供給されたとき、開始される。

[0107] 初めに、ステップS31において、パラメータ決定部65は、予め決定された露出制御パラメータの初期値を発光制御部13に供給する。ここで発光制御部13に供給される露出制御パラメータには、近距離用の第1の発光量 p_{low} と、遠距離用の第2の発光量 p_{high} の2種類の発光量 p を少なくとも含む。

[0108] ステップS32において、発光制御部13は、パラメータ決定部65から供給された露出制御パラメータに基づいて、第1の発光量 p_{low} を含む発光制御信号を生成し、発光部12と受光部14とに供給する。

[0109] ステップS33において、発光部12は、発光制御信号に基づく所定の周波数と第1の発光量 p_{low} で発光し、受光部14は、物体からの反射光を受光する。そして、受光部14の各画素21は、受光量に応じて生成された画素データを、信号処理部15の距離画像・信頼度算出部61に出力する。受光部14は、照射光の発光タイミングに対して、位相を 0° 、 90° 、 180° 、および、 270° だけずらした4位相の受光を行い、その結果得られた画素データを、距離画像・信頼度算出部61に出力する。

[0110] ステップS34において、距離画像・信頼度算出部61は、受光部14から供給された各画素21の画素データに基づいて、第1のデプスマップと第

- 1の信頼度マップとを生成し、統計量算出部62に供給する。
- [0111] ステップS35において、発光制御部13は、第2の発光量 p_{high} を含む発光制御信号を生成し、発光部12と受光部14とに供給する。
- [0112] ステップS36において、発光部12は、発光制御信号に基づく所定の周波数と第2の発光量 p_{high} で発光し、受光部14は、物体からの反射光を受光する。そして、受光部14の各画素21は、受光量に応じて生成された画素データを、信号処理部15の距離画像・信頼度算出部61に出力する。受光部14は、照射光の発光タイミングに対して、位相を 0° 、 90° 、 180° 、および、 270° だけずらした4位相の受光を行い、その結果得られた画素データを、距離画像・信頼度算出部61に出力する。
- [0113] ステップS37において、距離画像・信頼度算出部61は、受光部14から供給された各画素21の画素データに基づいて、第2のデプスマップと第2の信頼度マップとを生成し、統計量算出部62に供給する。
- [0114] ステップS38において、画像合成部81は、低輝度時の第1のデプスマップと、高輝度時の第2のデプスマップとを合成処理し、ダイナミックレンジが拡大されたHDRデプスマップを生成する。また、画像合成部81は、低輝度時の第1の信頼度マップと、高輝度時の第2の信頼度マップとを合成処理し、ダイナミックレンジが拡大されたHDR信頼度マップを生成する。生成されたHDRデプスマップおよびHDR信頼度マップは、外部に出力されるとともに、統計量算出部62に供給される。
- [0115] ステップS39において、統計量算出部62は、距離画像・信頼度算出部61から供給された1枚のHDRデプスマップから、HDRデプスマップの統計量を算出する。すなわち、統計量算出部62は、HDRデプスマップについて、距離 d のヒストグラムを生成し、評価値算出部63に供給する。
- [0116] ステップS40において、評価値算出部63は、評価指標記憶部64により供給された評価指標に従い、現在の露出制御パラメータにおける評価値 E を算出する。具体的には、評価値算出部63は、評価指標として評価指標記憶部64から供給された式(10)の評価値 E を算出し、その結果をパラメータ

決定部65に供給する。

[0117] ステップS41において、パラメータ決定部65は、評価値Eが最大となる露出制御パラメータが探索されたかを判定する。この判定処理は、上述した図11のステップS17と同様である。

[0118] ステップS41で、評価値Eが最大となる露出制御パラメータがまだ探索されていないと判定された場合、処理はステップS42に進み、パラメータ決定部65は、露出制御パラメータを更新して、発光制御部13に供給する。ステップS42の後、処理はステップS32に戻り、上述したステップS32乃至S41の処理が繰り返される。

[0119] そして、ステップS41で、評価値Eが最大となる露出制御パラメータが探索されたと判定された場合、処理はステップS43に進む。評価値Eが最大となる露出制御パラメータが最適な露出制御パラメータとなる。

[0120] ステップS43において、測距モジュール11は、最適な露出制御パラメータを設定し、受光した反射光に基づいてHDRデプスマップとHDR信頼度マップを生成して、外部に出力する。すなわち、測距モジュール11は、最適な露出制御パラメータとして決定された近距離用の第1の発光量 p_{low} と遠距離用の第2の発光量 p_{high} の2種類の発光量 p による2枚のデプスマップおよび信頼度マップの生成を行い、合成処理を行って、DRデプスマップとHDR信頼度マップを生成して、外部に出力する。

[0121] 以上で、第2のデプスマップ生成処理が終了する。

[0122] 第2のデプスマップ生成処理によれば、光源の発光量を低輝度と高輝度の2回設定して反射光を受光することにより、低輝度時の第1のデプスマップと高輝度時の第2のデプスマップとの2枚を用いて、物体の距離情報を近距離から遠距離まで得ることができる。その2回の受光においても、距離に応じて想定される輝度情報と、実際に反射光を受光して得られた物体（被写体）の距離情報とを用いた評価指標に基づいて、評価指標を最大化する露出制御パラメータが探索され、決定される。したがって、適切な露出制御を行うことができる。

[0123] < 8. 信号処理部の第3の構成例 >

図18は、信号処理部15の第3の構成例を示すブロック図である。図18においても、測距モジュール11のその他の構成も併せて示している。

[0124] 図18の第3の構成例において、図12に示した第2の構成例と対応する部分については同一の符号を付してあり、その部分の説明は適宜省略し、第2の構成例と異なる部分に着目して説明する。

[0125] 図18の第3の構成例では、制約設定部82が新たに追加されている点があり、その他は第2の構成例と同様に構成されている。

[0126] 上述した第2の構成例による第2のデプスマップ生成処理では、信号処理部15は、評価値Eが最大となる露出制御パラメータを探索した。しかしながら、図16に示したSNRの等高線から明らかなように、第1の発光量 p_{low} および第2の発光量 p_{high} を大きくするほど、SNRは大きくなるため、評価値Eが最大となる露出制御パラメータは、消費電力も大きくなってしまふ。そのため、消費電力も考慮して、最適な露出制御パラメータを決定することが望ましい。

[0127] 図18の第3の構成例において新たに追加された制約設定部82は、最適な露出制御パラメータを決定する際の制約条件をパラメータ決定部65に設定する。制約設定部82は、測距において測距モジュール11が満たすべきSNRの最低値（以下、最低SNRという。）を、制約条件として設定する。制約条件としての最低SNRは、例えば、測距モジュール11の設計者によって予め決定されて記憶されたり、測距モジュール11を用いたアプリケーションの設定画面において、アプリケーションの使用者であるユーザによって決定される。

[0128] パラメータ決定部65は、露出制御パラメータを逐次的に変更し、制約設定部82によって設定された最低SNRを満たし、かつ、評価値Eが最大となる露出制御パラメータを決定する。

[0129] 例えば、制約設定部82によって決定された最低SNRが、図19のSNR等高線111で示されるSNRに設定されたとすると、初めに、SNR等高線111のS

NRに一致する露出制御パラメータが、所定の初期値から逐次的に更新されて探索され、次に、SNR等高線 1 1 1 上のSNRのなかで、消費電力が最小となる第 1 の発光量 p_{low} および第 2 の発光量 p_{high} の組合せ 1 1 2 が決定される。

[0130] <9. 第 3 のデプスマップ生成処理>

次に、図 20 のフローチャートを参照して、信号処理部 15 の第 3 の構成例を備える測距モジュール 11 によるデプスマップ生成処理（第 3 のデプスマップ生成処理）を説明する。この処理は、例えば、測距モジュール 11 に対して、測定を開始する指令が供給されたとき、開始される。

[0131] 図 20 のステップ S 61 乃至ステップ S 70 は、図 17 に示した第 2 のデプスマップ生成処理のステップ S 31 乃至ステップ S 40 と同様であるので、その説明は省略する。

[0132] ステップ S 70 により、現在の露出制御パラメータにおける評価値 E が算出された後、ステップ S 71 において、パラメータ決定部 65 は、評価値算出部 63 で算出された評価値 E が、制約条件である最低 SNR と一致するかを判定する。パラメータ決定部 65 は、算出された評価値 E が、目標値である最低 SNR に近い所定の範囲内である場合、最低 SNR と一致すると判定する。制約条件である最低 SNR は、デプスマップ生成処理の前に、あるいは、必要に応じて、制約設定部 82 から供給される。

[0133] ステップ S 71 で、現在の露出制御パラメータにおける評価値が最低 SNR と一致しないと判定された場合、処理はステップ S 72 に進み、パラメータ決定部 65 は、露出制御パラメータを更新して、発光制御部 13 に供給する。ステップ S 72 の後、処理はステップ S 62 に戻り、上述したステップ S 62 乃至 S 71 の処理が繰り返される。

[0134] そして、現在の露出制御パラメータにおける評価値が最低 SNR と一致すると判定された場合、処理はステップ S 73 に進む。ステップ S 73 において、パラメータ決定部 65 は、現在の露出制御パラメータが、消費電力が最小となる露出制御パラメータであるかを判定する。ここで、露出制御パラメータの探索処理として、近距離用の第 1 の発光量 p_{low} と遠距離用の第 2 の発光量 p

p_{high} の2種類の発光量 p が変更されるので、ステップS 7 3における消費電力は、簡易的に、第1の発光量 p_{low} と第2の発光量 p_{high} の総和で考えることができる。

[0135] ステップS 7 3で、現在の露出制御パラメータが、消費電力が最小となる露出制御パラメータではない、と判定された場合、処理はステップS 7 2に進み、露出制御パラメータが次の値に変更され、上述したステップS 6 2乃至S 7 3の処理が繰り返される。

[0136] 一方、ステップS 7 3で、現在の露出制御パラメータが、消費電力が最小となる露出制御パラメータであると判定された場合、処理はステップS 7 4に進む。すなわち、制約条件を満たし、かつ、評価値Eが最大となる露出制御パラメータが決定された場合、処理はステップS 7 4に進む。

[0137] ステップS 7 4において、測距モジュール11は、最適な露出制御パラメータを設定し、受光した反射光に基づいてHDRデプスマップとHDR信頼度マップを生成して、外部に出力する。すなわち、測距モジュール11は、最適な露出制御パラメータとして決定された近距離用の第1の発光量 p_{low} と遠距離用の第2の発光量 p_{high} の2種類の発光量 p による2枚のデプスマップおよび信頼度マップの生成を行い、合成処理を行って、HDRデプスマップとHDR信頼度マップを生成して、外部に出力する。

[0138] 以上で、第3のデプスマップ生成処理が終了する。

[0139] 第3のデプスマップ生成処理によれば、消費電力も考慮して、最適な露出制御パラメータを決定することができる。

[0140] なお、上述した第3のデプスマップ生成処理では、最初に、最低SNRと一致する露出制御パラメータを探索し、次に、消費電力が最小となる露出制御パラメータを探索する処理を実行したが、SNRと消費電力の両方が最小となる露出制御パラメータを同時に探索してもよい。

[0141] < 10. 信号処理部の第4の構成例 >

図21は、信号処理部15の第4の構成例を示すブロック図である。図21においても、測距モジュール11のその他の構成も併せて示している。

- [0142] 図21の第4の構成例において、図10に示した第1の構成例と対応する部分については同一の符号を付してあり、その部分の説明は適宜省略し、第1の構成例と異なる部分に着目して説明する。
- [0143] 図21の第4の構成例では、注目領域決定部91が新たに追加されている点が異なり、その他は図10に示した第1の構成例と同様に構成されている。
- [0144] 第4の構成例に係る信号処理部15は、上述した第1の構成例と同様に、評価値Eが最大となる露出制御パラメータを最適な露出制御パラメータとして決定するが、画素アレイ部22の全ての画素領域ではなく、全画素領域のなかで特に注目する注目領域についての評価値Eが最大となる露出制御パラメータを、最適な露出制御パラメータとして決定する。
- [0145] 注目領域決定部91には、デプスマップと信頼度マップが、距離画像・信頼度算出部61から供給される。注目領域決定部91は、デプスマップまたは信頼度マップの少なくとも一方を用いて、画素アレイ部22の全画素領域に対する注目領域を決定し、注目領域を設定する領域設定情報を統計量算出部62に供給する。注目領域決定部91が注目領域を決定する方法は特に限定されない。例えば、注目領域決定部91は、デプスマップが示す距離情報または信頼度マップが示す輝度情報から、物体毎の領域をクラスタとして識別して、予め登録されている認識対象に最も近いクラスタを注目領域に決定することができる。また例えば、注目領域決定部91は、信頼度マップが示す輝度情報から、物体毎の領域をクラスタとして識別して、信頼度が最も高いクラスタを注目領域に決定してもよい。注目領域決定部91は、任意の物体認識器を用いて、物体認識器による物体認識結果から、注目領域を決定することができる。
- [0146] さらに、注目領域決定部91は、測距モジュール11外の装置から供給される領域特定信号に基づいて注目領域を決定することもできる。例えば、測距モジュール11が組み込まれたスマートフォン等のタッチパネル上をユーザが操作することにより、注目領域がユーザにより設定され、その注目領域

を示す領域特定信号が、注目領域決定部 9 1 に供給される。注目領域決定部 9 1 は、領域特定信号に基づいて決定した注目領域を示す領域設定情報を統計量算出部 6 2 に供給する。

[0147] 図 2 2 の A は、デプスマップまたは信頼度マップを用いた自動認識処理により、注目領域 9 2 が設定される様子を示している。

[0148] 図 2 2 の B は、スマートフォンのタッチパネル上でユーザが注目領域 9 2 を指定することにより、注目領域 9 2 が設定される様子を示している。

[0149] 統計量算出部 6 2 は、距離画像・信頼度算出部 6 1 から供給される 1 枚のデプスマップと、注目領域決定部 9 1 から供給される注目領域の領域設定情報とから、注目領域に関するデプスマップの統計量を算出する。具体的には、統計量算出部 6 2 は、図 8 に示した距離 d の出現頻度（度数）を、注目領域の画素についてカウントした、距離 d のヒストグラムを生成し、評価値算出部 6 3 に供給する。

[0150] 評価値算出部 6 3 は、注目領域についての評価値 E を算出し、パラメータ決定部 6 5 に供給する。

[0151] < 1 1. 第 4 のデプスマップ生成処理 >

次に、図 2 3 のフローチャートを参照して、信号処理部 1 5 の第 4 の構成例を備える測距モジュール 1 1 によるデプスマップ生成処理（第 4 のデプスマップ生成処理）を説明する。この処理は、例えば、測距モジュール 1 1 に対して、測定を開始する指令が供給されたとき、開始される。

[0152] 図 2 3 のステップ S 9 1 乃至ステップ S 9 4 は、図 1 1 に示した第 1 のデプスマップ生成処理のステップ S 1 1 乃至ステップ S 1 4 と同様である。ステップ S 9 4 までの処理により、距離画像・信頼度算出部 6 1 で生成されたデプスマップと信頼度マップとが、統計量算出部 6 2 と注目領域決定部 9 1 とに供給される。

[0153] ステップ S 9 5 において、注目領域決定部 9 1 は、デプスマップと信頼度マップが生成された全画素領域のなかの注目領域を決定する。注目領域決定部 9 1 自身が注目領域を識別する場合には、例えば、注目領域決定部 9 1 は

、デプスマップが示す距離情報または信頼度マップが示す輝度情報から、物体毎の領域をクラスタとして識別して、予め登録されている認識対象に最も近いクラスタを注目領域に決定する。注目領域が測距モジュール11の外部で設定される場合には、注目領域決定部91は、入力される領域特定信号に基づいて注目領域を決定する。決定された注目領域を設定する領域設定情報が、統計量算出部62に供給される。

[0154] ステップS96において、統計量算出部62は、距離画像・信頼度算出部61から供給された1枚のデプスマップと、注目領域決定部91から供給された注目領域を示す領域設定情報とから、注目領域に関するデプスマップの統計量を算出する。

[0155] ステップS97において、評価値算出部63は、注目領域について、現在の露出制御パラメータにおける評価値Eを算出する。この処理は、評価値Eが注目領域について算出される点を除いて、図11のステップS16と同様である。

[0156] ステップS98乃至ステップS100の処理は、図11に示した第1のデプスマップ生成処理のステップS17乃至ステップS19と同様である。すなわち、注目領域の評価値Eに基づいて、評価値Eが最大となる最適な露出制御パラメータが探索されたと判定されるまで処理が繰り返され、決定された最適な露出制御パラメータにより、デプスマップと信頼度マップが生成されて、外部に出力される。

[0157] 以上で、第4のデプスマップ生成処理が終了する。

[0158] 第4のデプスマップ生成処理によれば、測距モジュール11の受光領域全体ではなく、その一部の領域について評価指標を最大化する露出制御パラメータを探索し、決定することができる。これにより、受光領域の一部の領域に特化した適切な露出制御を行うことができる。

[0159] なお、図21の第4の構成例は、図10に示した第1の構成例に、注目領域決定部91を追加した構成であるが、図12に示した第2の構成例、および、図18に示した第3の構成例に、注目領域決定部91を追加した構成も

可能である。換言すれば、低輝度時の第1のデプスマップと高輝度時の第2のデプスマップとの2枚を用いて生成したHDRデプスマップとHDR信頼度マップに対して注目領域を設定し、適切な露出制御パラメータを求める構成とすることができる。

[0160] <12. 第1の変形例>

<発光周波数を変更する制御>

上述した例では、発光部12は、発光制御信号に基づいて、例えば、20MHzなどの単一周波数の変調光を物体に照射することとした。光源の変調周波数は、例えば、100MHzなどのように周波数を高くすると、距離情報の分解能を高くすることができるが、測距可能なレンジが狭くなる。一方、変調周波数を低くすると測距可能なレンジを拡大できる。

[0161] 距離 d は、上述したように式(1)で表され、距離情報は、反射光の位相ずれ量 ϕ を基に算出される。このとき、位相ずれ量 ϕ に生じるノイズを、輝度値 I の関数 $\sigma_{\phi}(I)$ としたとき、距離 d にのるノイズ σ_d は、式(1)から、以下の式(13)のように定義することができる。

[数9]

$$\sigma_d = \frac{c \cdot \sigma_{\phi}(I)}{4\pi f} = \frac{k \cdot \sigma_{\phi}(I)}{f} \quad \dots (13)$$

ここで、式(13)の k は、 $k = c / 4\pi$ となる定数である。

[0162] 式(13)から明らかなように、変調周波数が大きくなるほど、距離 d の誤差(ノイズ)は小さくなる。そこで、信号処理部15の第1の変形例として、パラメータ決定部65から発光制御部13に供給する露出制御パラメータに、露光時間 t と発光量 p とに加えて、変調周波数 f を含み、変調周波数 f を含めた最適な露出制御パラメータを決定する構成とすることができる。

[0163] 具体的には、測距モジュール11は、最初に、例えば20MHzなどの第1の周波数で照射光を物体に照射してデプスマップ生成処理を実行し、デプスマップ生成処理の結果、測定対象物までの距離が近い(測定対象物までの距離が所定の範囲内である)と判定された場合に、変調周波数を第1の周波数より

も高い第2の周波数、例えば、100MHzに変更して、デプスマップ生成処理を実行する。この場合、距離画像・信頼度算出部61で生成されたデプスマップと信頼度マップとをパラメータ決定部65にも供給し、パラメータ決定部65が、測定対象物までの距離に応じて、第2の周波数に変更する露出制御パラメータを発光制御部13に供給する。

[0164] 上述したような、発光量 p の最適値を決定し、次に変調周波数 f の最適値を決定する2段階のパラメータ探索方法の他、式(9)や式(12)のSNR(d)の式を、発光量 p と変調周波数 f の両方を含めた形とし、式(10)の評価値 E が最大となる発光量 p と変調周波数 f の最適値を同時に決定する方法も可能である。

[0165] 変調周波数を含めた露出制御パラメータを決定する第1の変形例は、上述した第1乃至第4の構成例のいずれとも組み合わせて実行することができる。

[0166] <13. 第2の変形例>

<露光時間を変更する制御>

上述した第1乃至第4のデプスマップ生成処理では、信号処理部15は、露出制御パラメータとして発光量 p を変化させ、発光量 p の最適値を決定した。

[0167] 発光量 p を増大させることにより受光部14で生成される信号電荷が変化するが、発光量 p を固定値として、露光時間 t を変更させることでも、信号電荷を増大させることができる。すなわち、発光量 p の変化による輝度変化は、露光時間 t の変化と本質的に同一である。そのため、上述した第1乃至第4のデプスマップ生成処理において発光量 p を変化させる代わりに、露光時間 t を変化させるように制御し、露出制御パラメータとして露光時間 t の最適値を決定する処理としてもよい。

[0168] なお、露光時間 t を大きくすると、フレームレートが低下することが考えられる。その場合、例えば、図18に示した信号処理部15の第3の構成例の制約設定部82が、制約条件として、フレームレートの下限值を設定すれ

ばよい。これにより、制約設定部 8 2 によって設定されたフレームレートの下限値を満たし、かつ、評価値 E が最大となる露出制御パラメータを決定することができる。

[0169] < 1 4. 第 3 の変形例 >

< 環境光を考慮した制御 >

受光部 1 4 の各画素 2 1 で得られる画素データ（検出信号）の成分は、アクティブ成分、環境光成分、および、ノイズ成分に大別される。アクティブ成分は、照射光が物体で反射され、返ってきた光成分である。環境光成分は、太陽光などの環境光による光成分である。環境光成分は、上述の式（3）乃至式（5）の演算の過程でキャンセルされるが、ノイズ成分は残るため、環境光成分が大きくなるとノイズ成分の割合が大きくなり、相対的に SN 比が低くなる。

[0170] そこで、信号処理部 1 5 は、環境光成分の割合が大きいと判定される場合、露光時間 t を短くし、かつ、発光量 p を大きくする露出制御パラメータを生成し、発光制御部 1 3 に供給する処理を行うことができる。環境光成分の割合の大きさは、例えば、各画素 2 1 で得られる画素データ（検出信号）の平均値と、距離画像・信頼度算出部 6 1 から供給される信頼度マップから算出した各画素の信頼度の平均値との差から判定することができる。または、環境光成分の割合の大きさは、単純に、信頼度マップから算出した各画素の信頼度の平均値（の大きさ）で判定してもよい。

[0171] 具体的には、パラメータ決定部 6 5 が、受光部 1 4 から各画素 2 1 の画素データを取得し、距離画像・信頼度算出部 6 1 から信頼度マップを取得する。そして、パラメータ決定部 6 5 は、環境光成分の割合が大きいかなんかを判定し、環境光成分の割合が大きいと判定された場合に、露光時間 t を短くし、かつ、発光量 p を大きくする露出制御パラメータを生成することができる。これにより、アクティブ成分の割合を大きくすることで、ノイズ増大の影響を小さくすることができる。

[0172] < 1 5. まとめ >

図1の測距モジュール11は、信号処理部15の第1乃至第4の構成例またはその変形例を含む構成とすることができ、第1乃至第4のデプスマップ生成処理およびその変形例に係る処理を実行することができる。測距モジュール11は、第1乃至第4のデプスマップ生成処理およびその変形例に係る処理のいずれか1つのみを実行する構成としてもよいし、動作モード等の切り替えにより、全ての処理を選択的に実行する構成としてもよい。

[0173] 図1の測距モジュール11によれば、距離に応じて想定される輝度情報と、実際に反射光を受光して得られた物体（被写体）の距離情報とを用いた評価指標に基づいて、評価指標を最大化する露出制御パラメータを探索し、決定することができる。これにより、適切な露出制御を行うことができる。

[0174] また、光源の発光量を低輝度と高輝度の2回設定して受光した結果に基づいて、ダイナミックレンジが拡大されたHDRデプスマップとHDR信頼度マップを生成することができ、その場合においても、適切な露出制御を行うことができる。

[0175] 最適な露出制御パラメータを決定する際の評価指標は、評価指標記憶部64において定義することができるので、測距モジュール11の設計者、測距モジュール11を用いた測距アプリケーションの設計者、または、測距アプリケーションの使用者などが、評価指標を任意に設定することができる。

[0176] また、制約設定部82を追加した構成においては、SN比、消費電力、フレームレートなどの制約条件を設定した上で、適切な露出制御を行うことができる。

[0177] 注目領域決定部91を追加した構成においては、測距モジュール11の受光領域全体ではなく、その一部の領域について評価指標を最大化する露出制御パラメータを探索し、決定することができる。

[0178] <16. 電子機器の構成例>

上述した測距モジュール11は、例えば、スマートフォン、タブレット型端末、携帯電話機、パーソナルコンピュータ、ゲーム機、テレビ受像機、ウェアラブル端末、デジタルスチルカメラ、デジタルビデオカメラなどの電子

機器に搭載することができる。

- [0179] 図24は、測距モジュールを搭載した電子機器としてのスマートフォンの構成例を示すブロック図である。
- [0180] 図24に示すように、スマートフォン201は、測距モジュール202、撮像装置203、ディスプレイ204、スピーカ205、マイクロフォン206、通信モジュール207、センサユニット208、タッチパネル209、および制御ユニット210が、バス211を介して接続されて構成される。また、制御ユニット210では、CPUがプログラムを実行することによって、アプリケーション処理部221およびオペレーションシステム処理部222としての機能を備える。
- [0181] 測距モジュール202には、図1の測距モジュール11が適用される。例えば、測距モジュール202は、スマートフォン201の前面に配置され、スマートフォン201のユーザを対象とした測距を行うことにより、そのユーザの顔や手、指などの表面形状のデプス値を測距結果として出力することができる。
- [0182] 撮像装置203は、スマートフォン201の前面に配置され、スマートフォン201のユーザを被写体とした撮像を行うことにより、そのユーザが写された画像を取得する。なお、図示しないが、スマートフォン201の背面にも撮像装置203が配置された構成としてもよい。
- [0183] ディスプレイ204は、アプリケーション処理部221およびオペレーションシステム処理部222による処理を行うための操作画面や、撮像装置203が撮像した画像などを表示する。スピーカ205およびマイクロフォン206は、例えば、スマートフォン201により通話を行う際に、相手側の音声の出力、および、ユーザの音声の収音を行う。
- [0184] 通信モジュール207は、通信ネットワークを介した通信を行う。センサユニット208は、速度や加速度、近接などをセンシングし、タッチパネル209は、ディスプレイ204に表示されている操作画面に対するユーザによるタッチ操作を取得する。

[0185] アプリケーション処理部 221 は、スマートフォン 201 によって様々なサービスを提供するための処理を行う。例えば、アプリケーション処理部 221 は、測距モジュール 202 から供給されるデプスに基づいて、ユーザの表情をバーチャルに再現したコンピュータグラフィックスによる顔を作成し、ディスプレイ 204 に表示する処理を行うことができる。また、アプリケーション処理部 221 は、測距モジュール 202 から供給されるデプスに基づいて、例えば、任意の立体的な物体の三次元形状データを作成する処理を行うことができる。

[0186] オペレーションシステム処理部 222 は、スマートフォン 201 の基本的な機能および動作を実現するための処理を行う。例えば、オペレーションシステム処理部 222 は、測距モジュール 202 から供給されるデプス値に基づいて、ユーザの顔を認証し、スマートフォン 201 のロックを解除する処理を行うことができる。また、オペレーションシステム処理部 222 は、測距モジュール 202 から供給されるデプス値に基づいて、例えば、ユーザのジェスチャを認識する処理を行い、そのジェスチャに従った各種の操作を入力する処理を行うことができる。

[0187] このように構成されているスマートフォン 201 では、上述した測距モジュール 11 を適用することで、適切な露出制御を行うことができる。これにより、スマートフォン 201 は、測距情報をより正確に検出することができる。

[0188] <17. コンピュータの構成例>

次に、上述した一連の処理は、ハードウェアにより行うこともできるし、ソフトウェアにより行うこともできる。一連の処理をソフトウェアによって行う場合には、そのソフトウェアを構成するプログラムが、汎用のコンピュータ等にインストールされる。

[0189] 図 25 は、上述した一連の処理を実行するプログラムがインストールされるコンピュータの一実施の形態の構成例を示すブロック図である。

[0190] コンピュータにおいて、CPU (Central Processing Unit) 301, ROM (Re

ad Only Memory) 302, RAM (Random Access Memory) 303、およびEEPROM (Electrically Erasable and Programmable Read Only Memory) 304は、バス305により相互に接続されている。バス305には、さらに、入出力インタフェース306が接続されており、入出力インタフェース306が外部に接続される。

[0191] 以上のように構成されるコンピュータでは、CPU301が、例えば、ROM302およびEEPROM304に記憶されているプログラムを、バス305を介してRAM303にロードして実行することにより、上述した一連の処理が行われる。また、コンピュータ(CPU301)が実行するプログラムは、ROM302に予め書き込んでおく他、入出力インタフェース306を介して外部からEEPROM304にインストールしたり、更新したりすることができる。

[0192] これにより、CPU301は、上述したフローチャートにしたがった処理、あるいは上述したブロック図の構成により行われる処理を行う。そして、CPU301は、その処理結果を、必要に応じて、例えば、入出力インタフェース306を介して、外部へ出力することができる。

[0193] 本明細書において、コンピュータがプログラムに従って行う処理は、必ずしもフローチャートとして記載された順序に沿って時系列に行われる必要はない。すなわち、コンピュータがプログラムに従って行う処理は、並列的あるいは個別に実行される処理(例えば、並列処理あるいはオブジェクトによる処理)も含む。

[0194] また、プログラムは、1のコンピュータ(プロセッサ)により処理されるものであっても良いし、複数のコンピュータによって分散処理されるものであっても良い。さらに、プログラムは、遠方のコンピュータに転送されて実行されるものであっても良い。

[0195] <18. 移動体への応用例>

本開示に係る技術(本技術)は、様々な製品へ応用することができる。例えば、本開示に係る技術は、自動車、電気自動車、ハイブリッド電気自動車、自動二輪車、自転車、パーソナルモビリティ、飛行機、ドローン、船舶、

ロボット等のいずれかの種類の移動体に搭載される装置として実現されてもよい。

[0196] 図26は、本開示に係る技術が適用され得る移動体制御システムの一例である車両制御システムの概略的な構成例を示すブロック図である。

[0197] 車両制御システム12000は、通信ネットワーク12001を介して接続された複数の電子制御ユニットを備える。図26に示した例では、車両制御システム12000は、駆動系制御ユニット12010、ボディ系制御ユニット12020、車外情報検出ユニット12030、車内情報検出ユニット12040、及び統合制御ユニット12050を備える。また、統合制御ユニット12050の機能構成として、マイクロコンピュータ12051、音声画像出力部12052、及び車載ネットワークI/F (interface) 12053が図示されている。

[0198] 駆動系制御ユニット12010は、各種プログラムにしたがって車両の駆動系に関連する装置の動作を制御する。例えば、駆動系制御ユニット12010は、内燃機関又は駆動用モータ等の車両の駆動力を発生させるための駆動力発生装置、駆動力を車輪に伝達するための駆動力伝達機構、車両の舵角を調節するステアリング機構、及び、車両の制動力を発生させる制動装置等の制御装置として機能する。

[0199] ボディ系制御ユニット12020は、各種プログラムにしたがって車体に装備された各種装置の動作を制御する。例えば、ボディ系制御ユニット12020は、キーレスエントリーシステム、スマートキーシステム、パワーウィンドウ装置、あるいは、ヘッドランプ、バックランプ、ブレーキランプ、ウinker又はフォグランプ等の各種ランプの制御装置として機能する。この場合、ボディ系制御ユニット12020には、鍵を代替する携帯機から発信される電波又は各種スイッチの信号が入力され得る。ボディ系制御ユニット12020は、これらの電波又は信号の入力を受け付け、車両のドアロック装置、パワーウィンドウ装置、ランプ等を制御する。

[0200] 車外情報検出ユニット12030は、車両制御システム12000を搭載

した車両の外部の情報を検出する。例えば、車外情報検出ユニット12030には、撮像部12031が接続される。車外情報検出ユニット12030は、撮像部12031に車外の画像を撮像させるとともに、撮像された画像を受信する。車外情報検出ユニット12030は、受信した画像に基づいて、人、車、障害物、標識又は路面上の文字等の物体検出処理又は距離検出処理を行ってもよい。

[0201] 撮像部12031は、光を受光し、その光の受光量に応じた電気信号を出力する光センサである。撮像部12031は、電気信号を画像として出力することもできるし、測距の情報として出力することもできる。また、撮像部12031が受光する光は、可視光であっても良いし、赤外線等の非可視光であっても良い。

[0202] 車内情報検出ユニット12040は、車内の情報を検出する。車内情報検出ユニット12040には、例えば、運転者の状態を検出する運転者状態検出部12041が接続される。運転者状態検出部12041は、例えば運転者を撮像するカメラを含み、車内情報検出ユニット12040は、運転者状態検出部12041から入力される検出情報に基づいて、運転者の疲労度合い又は集中度合いを算出してもよいし、運転者が居眠りをしていないかを判別してもよい。

[0203] マイクロコンピュータ12051は、車外情報検出ユニット12030又は車内情報検出ユニット12040で取得される車内外の情報に基づいて、駆動力発生装置、ステアリング機構又は制動装置の制御目標値を演算し、駆動系制御ユニット12010に対して制御指令を出力することができる。例えば、マイクロコンピュータ12051は、車両の衝突回避あるいは衝撃緩和、車間距離に基づく追従走行、車速維持走行、車両の衝突警告、又は車両のレーン逸脱警告等を含むADAS (Advanced Driver Assistance System) の機能実現を目的とした協調制御を行うことができる。

[0204] また、マイクロコンピュータ12051は、車外情報検出ユニット120

30又は車内情報検出ユニット12040で取得される車両の周囲の情報に基づいて駆動力発生装置、ステアリング機構又は制動装置等を制御することにより、運転者の操作に拠らずに自律的に走行する自動運転等を目的とした協調制御を行うことができる。

[0205] また、マイクロコンピュータ12051は、車外情報検出ユニット12030で取得される車外の情報に基づいて、ボディ系制御ユニット12020に対して制御指令を出力することができる。例えば、マイクロコンピュータ12051は、車外情報検出ユニット12030で検知した先行車又は対向車の位置に応じてヘッドランプを制御し、ハイビームをロービームに切り替える等の防眩を図ることを目的とした協調制御を行うことができる。

[0206] 音声画像出力部12052は、車両の搭乗者又は車外に対して、視覚的又は聴覚的に情報を通知することが可能な出力装置へ音声及び画像のうちの少なくとも一方の出力信号を送信する。図26の例では、出力装置として、オーディオスピーカ12061、表示部12062及びインストルメントパネル12063が例示されている。表示部12062は、例えば、オンボードディスプレイ及びヘッドアップディスプレイの少なくとも一つを含んでもよい。

[0207] 図27は、撮像部12031の設置位置の例を示す図である。

[0208] 図27では、車両12100は、撮像部12031として、撮像部12101, 12102, 12103, 12104, 12105を有する。

[0209] 撮像部12101, 12102, 12103, 12104, 12105は、例えば、車両12100のフロントノーズ、サイドミラー、リアバンパ、バックドア及び車室内のフロントガラスの上部等の位置に設けられる。フロントノーズに備えられる撮像部12101及び車室内のフロントガラスの上部に備えられる撮像部12105は、主として車両12100の前方の画像を取得する。サイドミラーに備えられる撮像部12102, 12103は、主として車両12100の側方の画像を取得する。リアバンパ又はバックドアに備えられる撮像部12104は、主として車両12100の後方の画像

を取得する。撮像部12101及び12105で取得される前方の画像は、主として先行車両又は、歩行者、障害物、信号機、交通標識又は車線等の検出に用いられる。

[0210] なお、図27には、撮像部12101ないし12104の撮影範囲の一例が示されている。撮像範囲12111は、フロントノーズに設けられた撮像部12101の撮像範囲を示し、撮像範囲12112, 12113は、それぞれサイドミラーに設けられた撮像部12102, 12103の撮像範囲を示し、撮像範囲12114は、リアバンパ又はバックドアに設けられた撮像部12104の撮像範囲を示す。例えば、撮像部12101ないし12104で撮像された画像データが重ね合わせられることにより、車両12100を上方から見た俯瞰画像が得られる。

[0211] 撮像部12101ないし12104の少なくとも1つは、距離情報を取得する機能を有していてもよい。例えば、撮像部12101ないし12104の少なくとも1つは、複数の撮像素子からなるステレオカメラであってもよいし、位相差検出用の画素を有する撮像素子であってもよい。

[0212] 例えば、マイクロコンピュータ12051は、撮像部12101ないし12104から得られた距離情報を基に、撮像範囲12111ないし12114内における各立体物までの距離と、この距離の時間的变化（車両12100に対する相対速度）を求めることにより、特に車両12100の進行路上にある最も近い立体物で、車両12100と略同じ方向に所定の速度（例えば、0km/h以上）で走行する立体物を先行車として抽出することができる。さらに、マイクロコンピュータ12051は、先行車の手前に予め確保すべき車間距離を設定し、自動ブレーキ制御（追従停止制御も含む）や自動加速制御（追従発進制御も含む）等を行うことができる。このように運転者の操作に拠らずに自律的に走行する自動運転等を目的とした協調制御を行うことができる。

[0213] 例えば、マイクロコンピュータ12051は、撮像部12101ないし12104から得られた距離情報を元に、立体物に関する立体物データを、2

輪車、普通車両、大型車両、歩行者、電柱等その他の立体物に分類して抽出し、障害物の自動回避に用いることができる。例えば、マイクロコンピュータ12051は、車両12100の周辺の障害物を、車両12100のドライバが視認可能な障害物と視認困難な障害物とに識別する。そして、マイクロコンピュータ12051は、各障害物との衝突の危険度を示す衝突リスクを判断し、衝突リスクが設定値以上で衝突可能性がある状況であるときには、オーディオスピーカ12061や表示部12062を介してドライバに警報を出力することや、駆動系制御ユニット12010を介して強制減速や回避操舵を行うことで、衝突回避のための運転支援を行うことができる。

[0214] 撮像部12101ないし12104の少なくとも1つは、赤外線を検出する赤外線カメラであってもよい。例えば、マイクロコンピュータ12051は、撮像部12101ないし12104の撮像画像中に歩行者が存在するかどうかを判定することで歩行者を認識することができる。かかる歩行者の認識は、例えば赤外線カメラとしての撮像部12101ないし12104の撮像画像における特徴点を抽出する手順と、物体の輪郭を示す一連の特徴点にパターンマッチング処理を行って歩行者か否かを判別する手順によって行われる。マイクロコンピュータ12051が、撮像部12101ないし12104の撮像画像中に歩行者が存在すると判定し、歩行者を認識すると、音声画像出力部12052は、当該認識された歩行者に強調のための方形輪郭線を重畳表示するように、表示部12062を制御する。また、音声画像出力部12052は、歩行者を示すアイコン等を所望の位置に表示するように表示部12062を制御してもよい。

[0215] 以上、本開示に係る技術が適用され得る車両制御システムの一例について説明した。本開示に係る技術は、以上説明した構成のうち、車外情報検出ユニット12030や車内情報検出ユニット12040に適用され得る。具体的には、車外情報検出ユニット12030や車内情報検出ユニット12040として測距モジュール11による測距を利用することで、運転者のジェスチャを認識する処理を行い、そのジェスチャに従った各種（例えば、オーデ

ィオシステム、ナビゲーションシステム、エアコンディショニングシステム)の操作を実行したり、より正確に運転者の状態を検出することができる。また、測距モジュール11による測距を利用して、路面の凹凸を認識して、サスペンションの制御に反映させたりすることができる。

[0216] なお、本技術は、Indirect ToF方式の中でもContinuous-Wave方式と称する、物体へ投射する光を振幅変調する方式に適用することができる。また、受光部14のフォトダイオード31の構造としては、CAPD (Current Assisted Photonic Demodulator) 構造の測距センサや、フォトダイオードの電荷を2つのゲートに交互にパルスを加えるゲート方式の測距センサなど、2つの電荷蓄積部に電荷を振り分ける構造の測距センサに適用することができる。また、本技術は、Structured Light方式の測距センサに適用してもよい。

[0217] 本技術の実施の形態は、上述した実施の形態に限定されるものではなく、本技術の要旨を逸脱しない範囲において種々の変更が可能である。

[0218] 本明細書において複数説明した本技術は、矛盾が生じない限り、それぞれ独立に単体で実施することができる。もちろん、任意の複数の本技術を併用して実施することもできる。例えば、いずれかの実施の形態において説明した本技術の一部または全部を、他の実施の形態において説明した本技術の一部または全部と組み合わせて実施することもできる。また、上述した任意の本技術の一部または全部を、上述していない他の技術と併用して実施することもできる。

[0219] また、例えば、1つの装置(または処理部)として説明した構成を分割し、複数の装置(または処理部)として構成するようにしてもよい。逆に、以上において複数の装置(または処理部)として説明した構成をまとめて1つの装置(または処理部)として構成されるようにしてもよい。また、各装置(または各処理部)の構成に上述した以外の構成を付加するようにしてももちろんよい。さらに、システム全体としての構成や動作が実質的に同じであれば、ある装置(または処理部)の構成の一部を他の装置(または他の処理部)の構成に含めるようにしてもよい。

[0220] さらに、本明細書において、システムとは、複数の構成要素（装置、モジュール（部品）等）の集合を意味し、すべての構成要素が同一筐体中にあるか否かは問わない。したがって、別個の筐体に収納され、ネットワークを介して接続されている複数の装置、及び、1つの筐体の中に複数のモジュールが収納されている1つの装置は、いずれも、システムである。

[0221] また、例えば、上述したプログラムは、任意の装置において実行することができる。その場合、その装置が、必要な機能（機能ブロック等）を有し、必要な情報を得ることができるようになればよい。

[0222] なお、本技術は、以下の構成を取ることができる。

(1)

受光センサの検出信号から算出された距離情報と輝度情報とを用いた評価指標に基づいて、露出制御パラメータを決定するパラメータ決定部を備える信号処理装置。

(2)

前記距離情報と輝度情報とを用いた評価指標に基づく値である評価値を算出する評価値算出部をさらに備え、

前記パラメータ決定部は、前記評価値に基づいて、前記露出制御パラメータを決定する

前記(1)に記載の信号処理装置。

(3)

前記パラメータ決定部は、前記評価値が最大となる前記露出制御パラメータを決定する

前記(2)に記載の信号処理装置。

(4)

前記評価指標を記憶する評価指標記憶部をさらに備え、

前記評価値算出部は、前記評価指標記憶部から供給された前記評価指標に基づく前記評価値を算出する

前記(2)または(3)に記載の信号処理装置。

(5)

前記受光センサの検出信号から、前記距離情報としての距離画像と、前記輝度情報としての信頼度画像とを生成する距離画像信頼度算出部と、

前記距離画像の統計量を算出する統計量算出部と

をさらに備える

前記(1)乃至(4)のいずれかに記載の信号処理装置。

(6)

第1の露出制御パラメータにおける第1の距離画像と第2の露出制御パラメータにおける第2の距離画像とを合成した合成距離画像と、前記第1の露出制御パラメータにおける第1の信頼度画像と前記第2の露出制御パラメータにおける第2の信頼度画像とを合成した合成信頼度画像とを生成する画像合成部をさらに備え、

前記距離画像信頼度算出部は、前記第1の距離画像および前記第2の距離画像と、前記第1の信頼度画像および前記第2の信頼度画像とを生成し、

前記統計量算出部は、前記合成距離画像の統計量を算出し、

前記パラメータ決定部は、前記第1の露出制御パラメータと、前記第2の露出制御パラメータとを決定する

前記(5)に記載の信号処理装置。

(7)

前記評価指標は、前記距離画像の統計量と、前記信頼度画像とを用いて算出される値である

前記(5)または(6)に記載の信号処理装置。

(8)

前記距離画像の統計量は、前記距離情報の出現頻度である

前記(7)に記載の信号処理装置。

(9)

前記評価指標は、前記距離情報の出現頻度と、前記信頼度画像を用いた前記距離情報に応じたSN比とを畳み込んだ式で計算される値である

前記（８）に記載の信号処理装置。

（１０）

前記パラメータ決定部は、前記露出制御パラメータとして、前記受光センサが受光する光を発光させる光源の発光量を決定する

前記（１）乃至（９）のいずれかに記載の信号処理装置。

（１１）

前記パラメータ決定部は、前記露出制御パラメータとして、前記受光センサが受光する光を発光させる光源の変調周波数を決定する

前記（１）乃至（１０）のいずれかに記載の信号処理装置。

（１２）

前記パラメータ決定部は、前記露出制御パラメータとして、前記受光センサの露光時間を決定する

前記（１）乃至（１１）のいずれかに記載の信号処理装置。

（１３）

前記パラメータ決定部は、環境光成分の割合が大きい場合、前記受光センサの露光時間を短くし、前記受光センサが受光する光を発光させる光源の発光量を大きくする前記露出制御パラメータを決定する

前記（１）乃至（１２）のいずれかに記載の信号処理装置。

（１４）

前記露出制御パラメータを決定する際の制約条件を設定する制約設定部をさらに備え、

前記パラメータ決定部は、前記制約条件を満たす前記露出制御パラメータを決定する

前記（１）乃至（１３）のいずれかに記載の信号処理装置。

（１５）

前記受光センサの全画素領域のなかで特に注目する注目領域を決定する注目領域決定部をさらに備え、

前記パラメータ決定部は、前記注目領域の距離情報と輝度情報とを用いた

前記評価指標に基づいて、前記露出制御パラメータを決定する

前記（１）乃至（１４）のいずれかに記載の信号処理装置。

（１６）

前記注目領域決定部は、前記距離情報または前記輝度情報の少なくとも一方を用いて、前記注目領域を決定する

前記（１５）に記載の信号処理装置。

（１７）

前記注目領域決定部は、外部から供給される、前記注目領域を示す領域特定信号に基づいて、前記注目領域を決定する

前記（１５）または（１６）に記載の信号処理装置。

（１８）

信号処理装置が、

受光センサの検出信号から算出された距離情報と輝度情報とを用いた評価指標に基づいて、露出制御パラメータを決定する

信号処理方法。

（１９）

所定の周波数で発光させる発光部と、

前記発光部からの光が物体で反射した反射光を受光する受光センサと、

前記受光センサの検出信号から算出された距離情報と輝度情報とを用いた評価指標に基づいて、露出制御パラメータを決定するパラメータ決定部と

を備える測距モジュール。

符号の説明

[0223] 11 測距モジュール, 12 発光部, 13 発光制御部, 14 受光部, 15 信号処理部, 21 画素, 22 画素アレイ部, 61 距離画像・信頼度算出部, 62 統計量算出部, 63 評価値算出部, 64 評価指標記憶部, 65 パラメータ決定部, 66 パラメータ保持部, 81 画像合成部, 82 制約設定部, 91 注目領域決定部, 92 注目領域, 201 スマートフォン, 202 測距モ

ジュール, 301 CPU, 302 ROM, 303 RAM

請求の範囲

- [請求項1] 受光センサの検出信号から算出された距離情報と輝度情報とを用いた評価指標に基づいて、露出制御パラメータを決定するパラメータ決定部
を備える信号処理装置。
- [請求項2] 前記距離情報と輝度情報とを用いた評価指標に基づく値である評価値を算出する評価値算出部をさらに備え、
前記パラメータ決定部は、前記評価値に基づいて、前記露出制御パラメータを決定する
請求項1に記載の信号処理装置。
- [請求項3] 前記パラメータ決定部は、前記評価値が最大となる前記露出制御パラメータを決定する
請求項2に記載の信号処理装置。
- [請求項4] 前記評価指標を記憶する評価指標記憶部をさらに備え、
前記評価値算出部は、前記評価指標記憶部から供給された前記評価指標に基づく前記評価値を算出する
請求項2に記載の信号処理装置。
- [請求項5] 前記受光センサの検出信号から、前記距離情報としての距離画像と、前記輝度情報としての信頼度画像とを生成する距離画像信頼度算出部と、
前記距離画像の統計量を算出する統計量算出部と
をさらに備える
請求項1に記載の信号処理装置。
- [請求項6] 第1の露出制御パラメータにおける第1の距離画像と第2の露出制御パラメータにおける第2の距離画像とを合成した合成距離画像と、前記第1の露出制御パラメータにおける第1の信頼度画像と前記第2の露出制御パラメータにおける第2の信頼度画像とを合成した合成信頼度画像とを生成する画像合成部をさらに備え、

前記距離画像信頼度算出部は、前記第1の距離画像および前記第2の距離画像と、前記第1の信頼度画像および前記第2の信頼度画像とを生成し、

前記統計量算出部は、前記合成距離画像の統計量を算出し、

前記パラメータ決定部は、前記第1の露出制御パラメータと、前記第2の露出制御パラメータとを決定する

請求項5に記載の信号処理装置。

[請求項7] 前記評価指標は、前記距離画像の統計量と、前記信頼度画像とを用いて算出される値である

請求項5に記載の信号処理装置。

[請求項8] 前記距離画像の統計量は、前記距離情報の出現頻度である

請求項7に記載の信号処理装置。

[請求項9] 前記評価指標は、前記距離情報の出現頻度と、前記信頼度画像を用いた前記距離情報に応じたSN比とを畳み込んだ式で計算される値である

請求項8に記載の信号処理装置。

[請求項10] 前記パラメータ決定部は、前記露出制御パラメータとして、前記受光センサが受光する光を発光させる光源の発光量を決定する

請求項1に記載の信号処理装置。

[請求項11] 前記パラメータ決定部は、前記露出制御パラメータとして、前記受光センサが受光する光を発光させる光源の変調周波数を決定する

請求項1に記載の信号処理装置。

[請求項12] 前記パラメータ決定部は、前記露出制御パラメータとして、前記受光センサの露光時間を決定する

請求項1に記載の信号処理装置。

[請求項13] 前記パラメータ決定部は、環境光成分の割合が大きい場合、前記受光センサの露光時間を短くし、前記受光センサが受光する光を発光させる光源の発光量を大きくする前記露出制御パラメータを決定する

請求項 1 に記載の信号処理装置。

[請求項14] 前記露出制御パラメータを決定する際の制約条件を設定する制約設定部をさらに備え、

前記パラメータ決定部は、前記制約条件を満たす前記露出制御パラメータを決定する

請求項 1 に記載の信号処理装置。

[請求項15] 前記受光センサの全画素領域のなかで特に注目する注目領域を決定する注目領域決定部をさらに備え、

前記パラメータ決定部は、前記注目領域の距離情報と輝度情報とを用いた前記評価指標に基づいて、前記露出制御パラメータを決定する

請求項 1 に記載の信号処理装置。

[請求項16] 前記注目領域決定部は、前記距離情報または前記輝度情報の少なくとも一方を用いて、前記注目領域を決定する

請求項 1 5 に記載の信号処理装置。

[請求項17] 前記注目領域決定部は、外部から供給される、前記注目領域を示す領域特定信号に基づいて、前記注目領域を決定する

請求項 1 5 に記載の信号処理装置。

[請求項18] 信号処理装置が、

受光センサの検出信号から算出された距離情報と輝度情報とを用いた評価指標に基づいて、露出制御パラメータを決定する

信号処理方法。

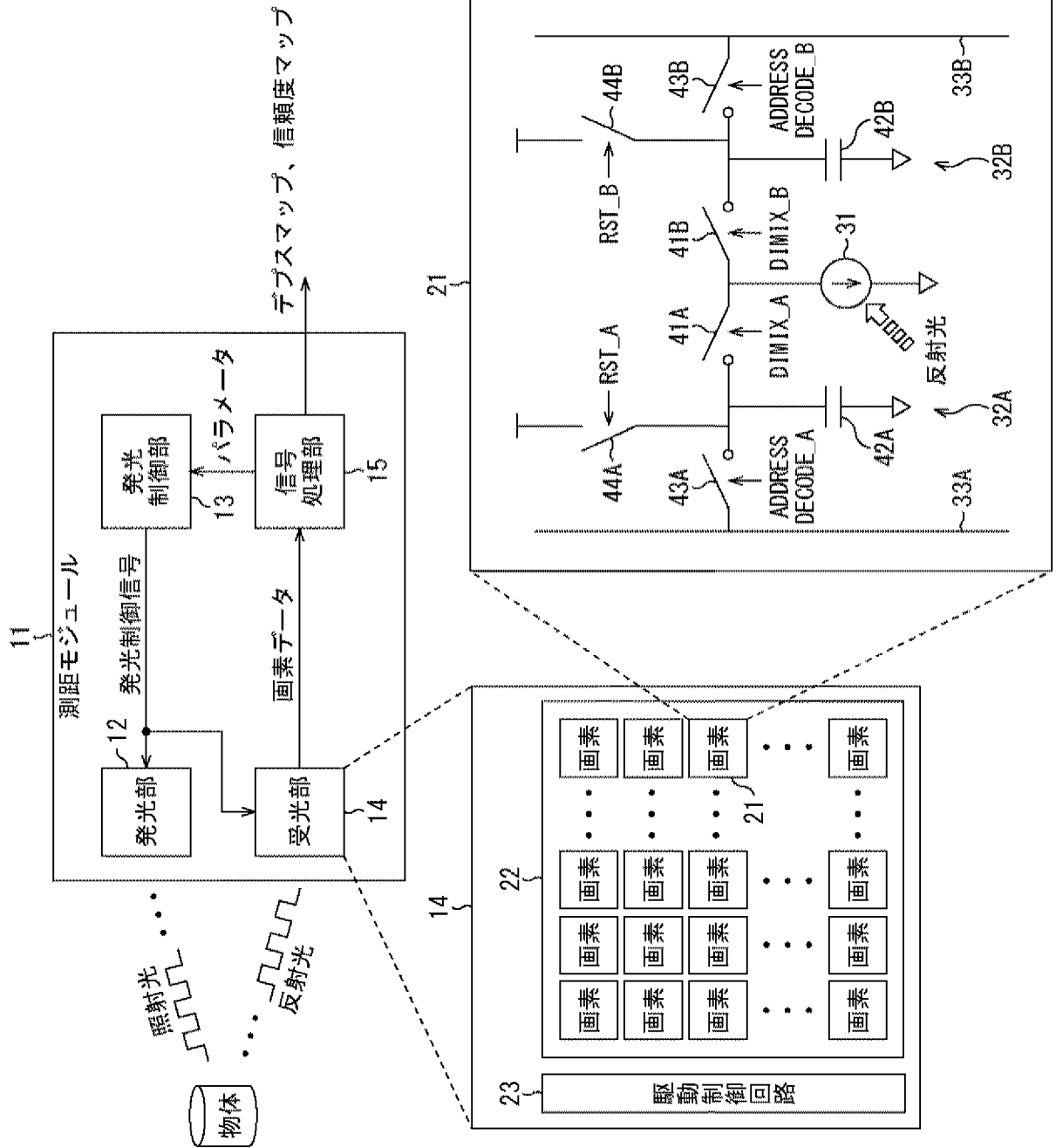
[請求項19] 所定の周波数で発光させる発光部と、

前記発光部からの光が物体で反射した反射光を受光する受光センサと、

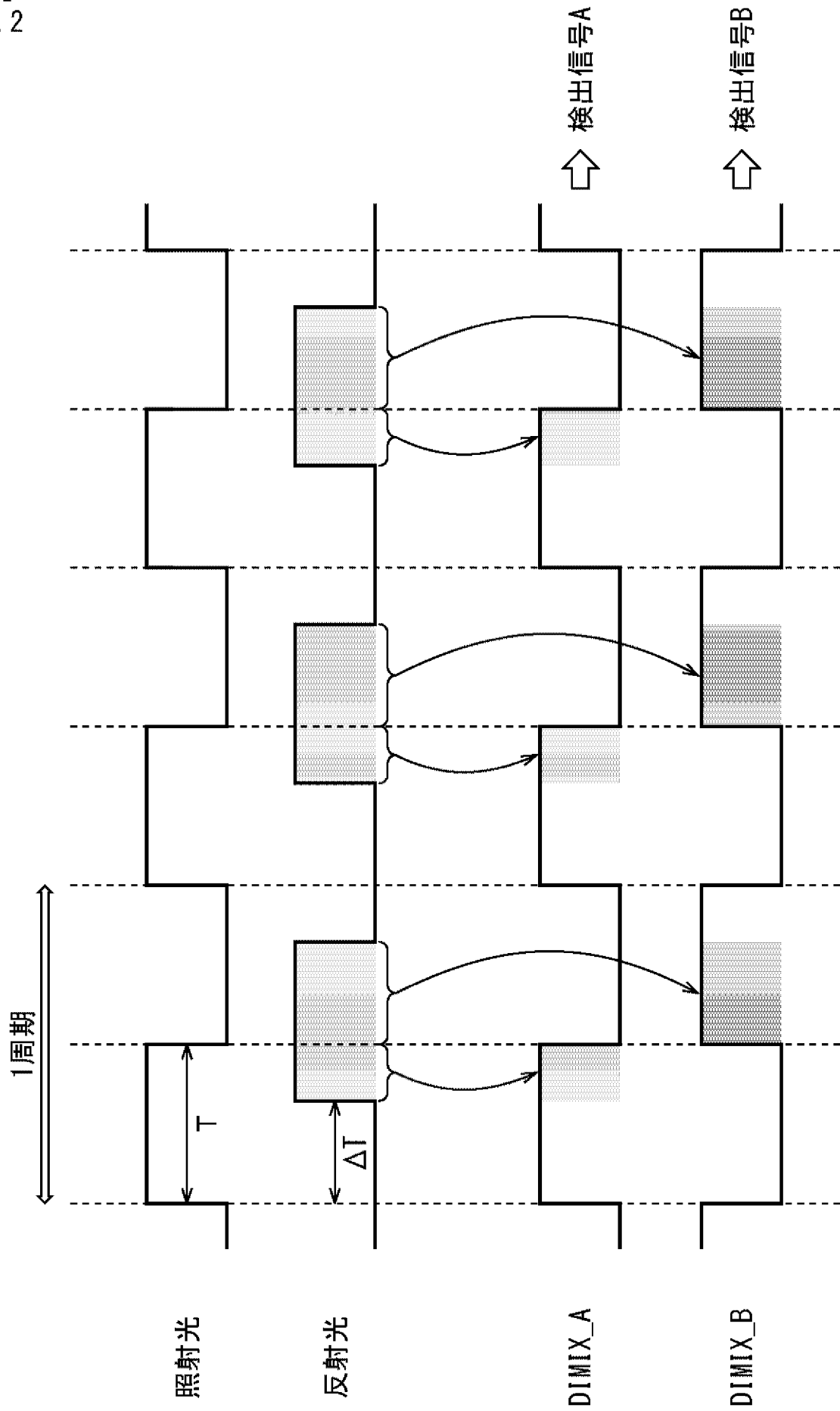
前記受光センサの検出信号から算出された距離情報と輝度情報とを用いた評価指標に基づいて、露出制御パラメータを決定するパラメータ決定部と

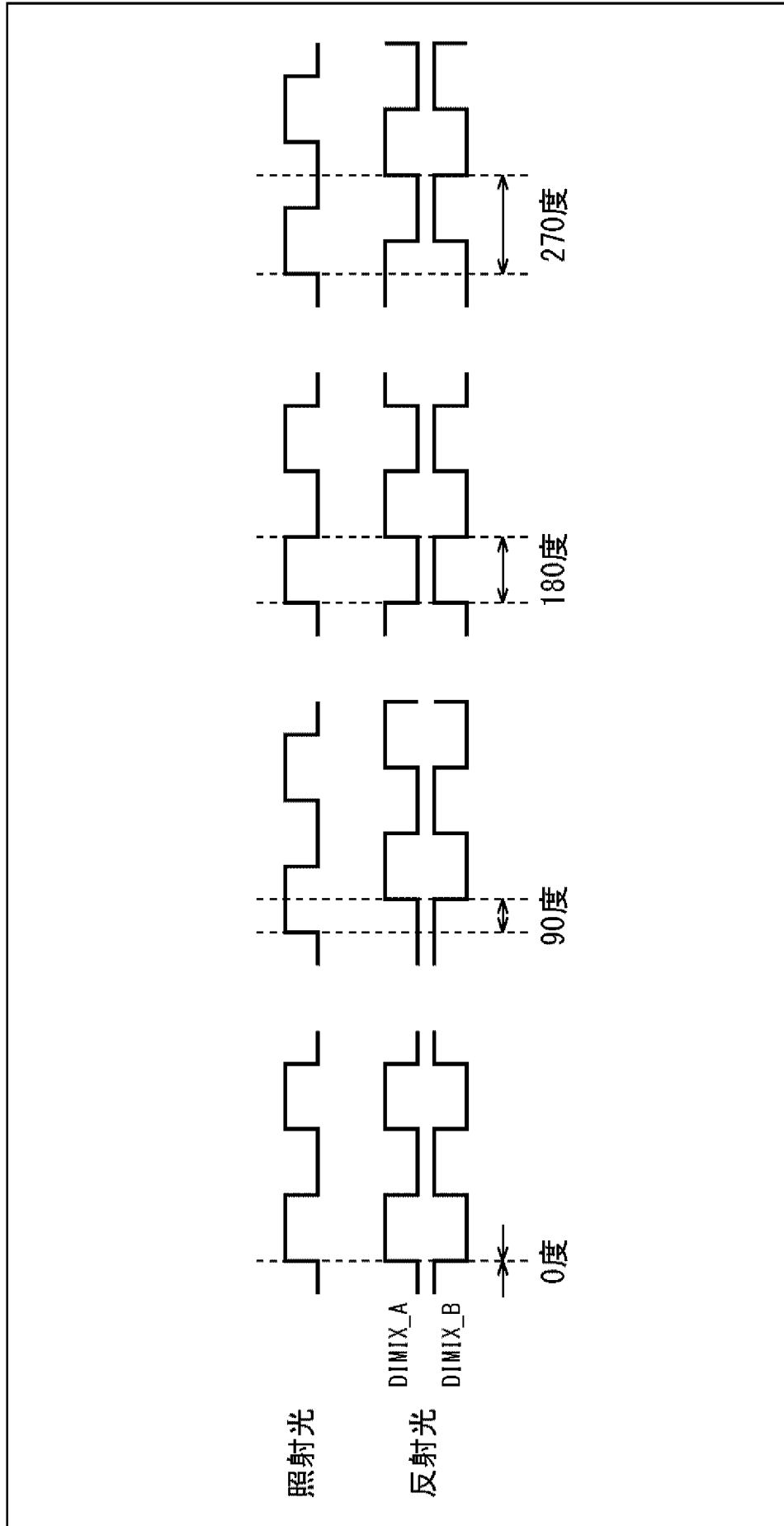
を備える測距モジュール。

[図1]
FIG. 1



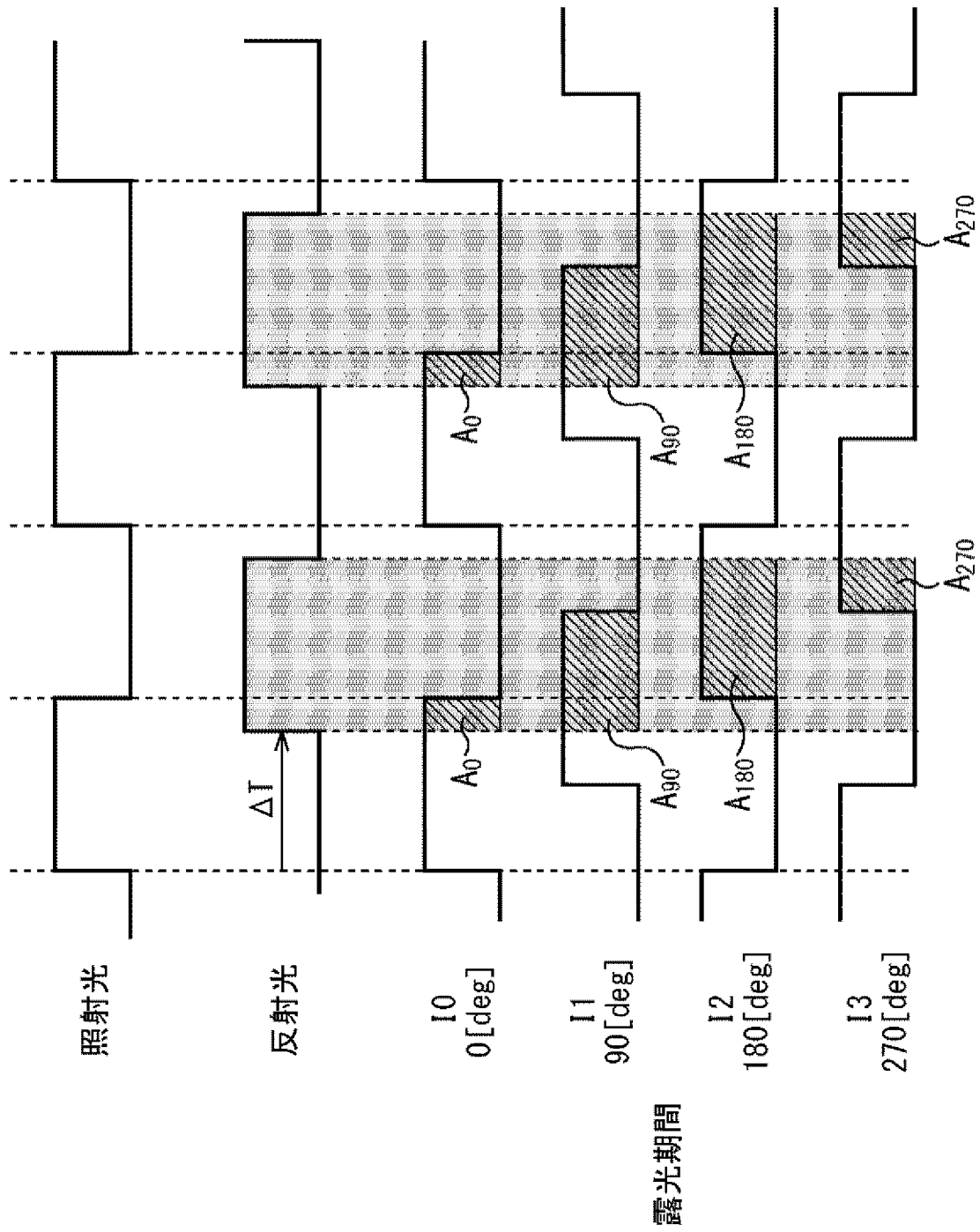
[図2]
FIG. 2



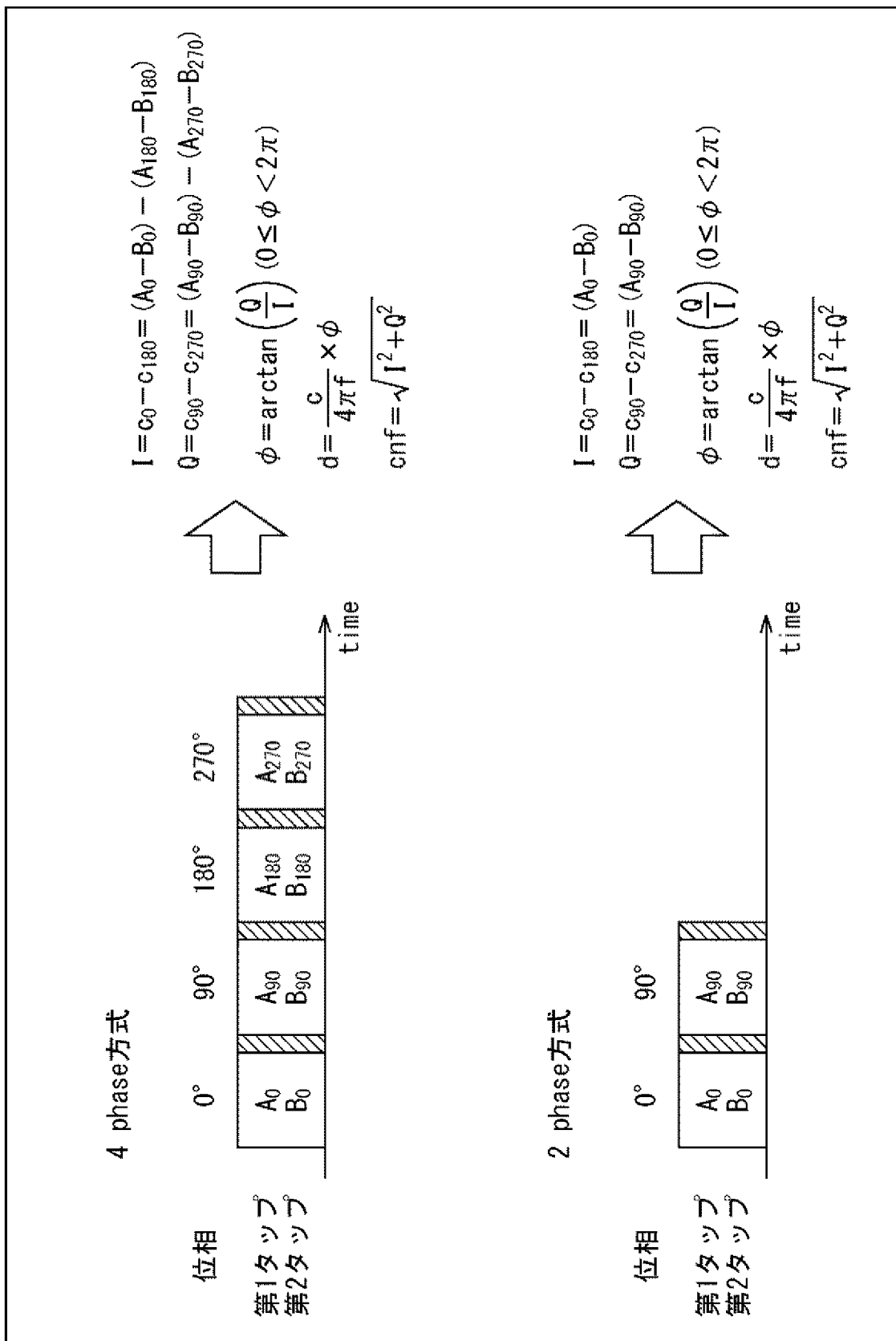
[図3]
FIG. 3

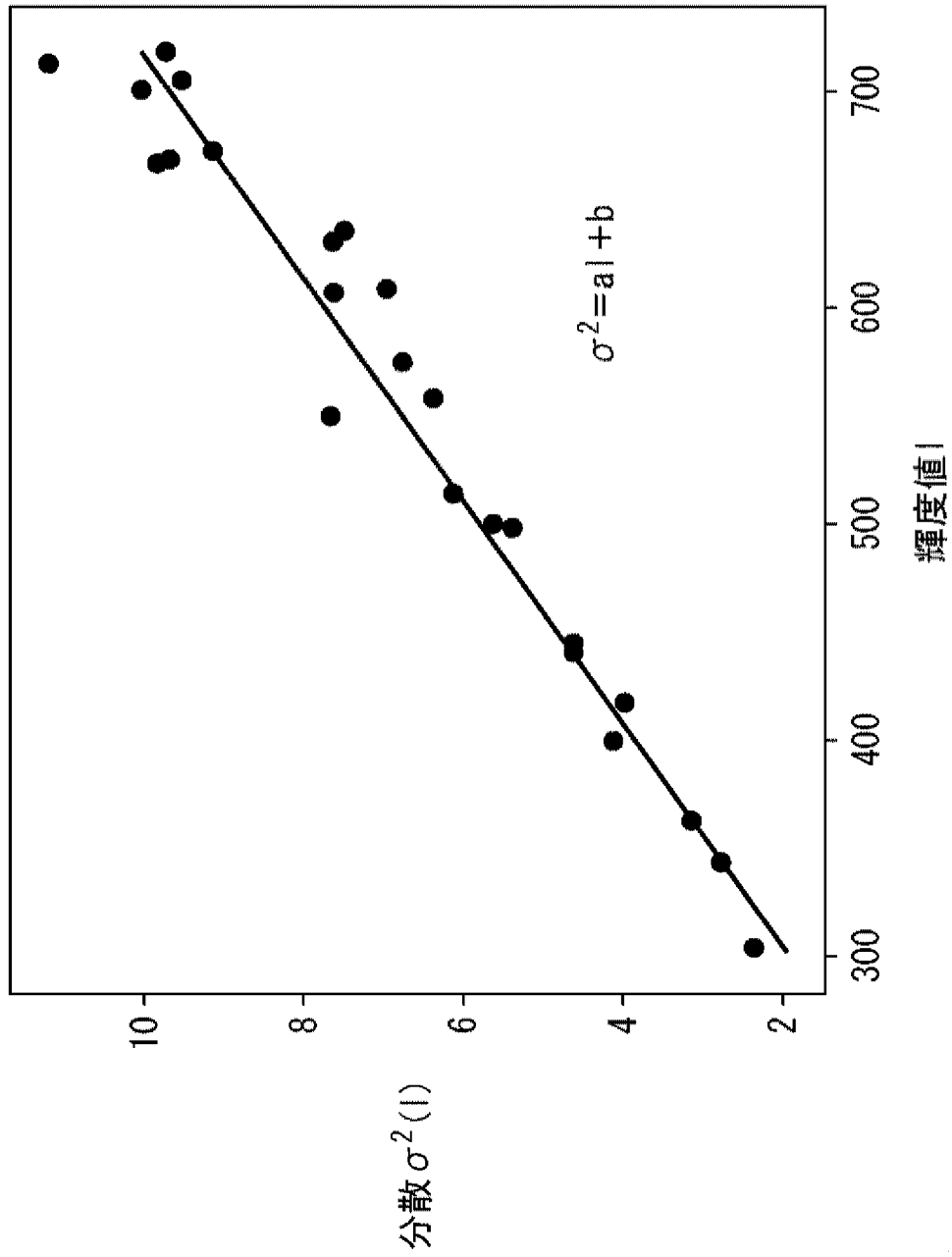
[図4]

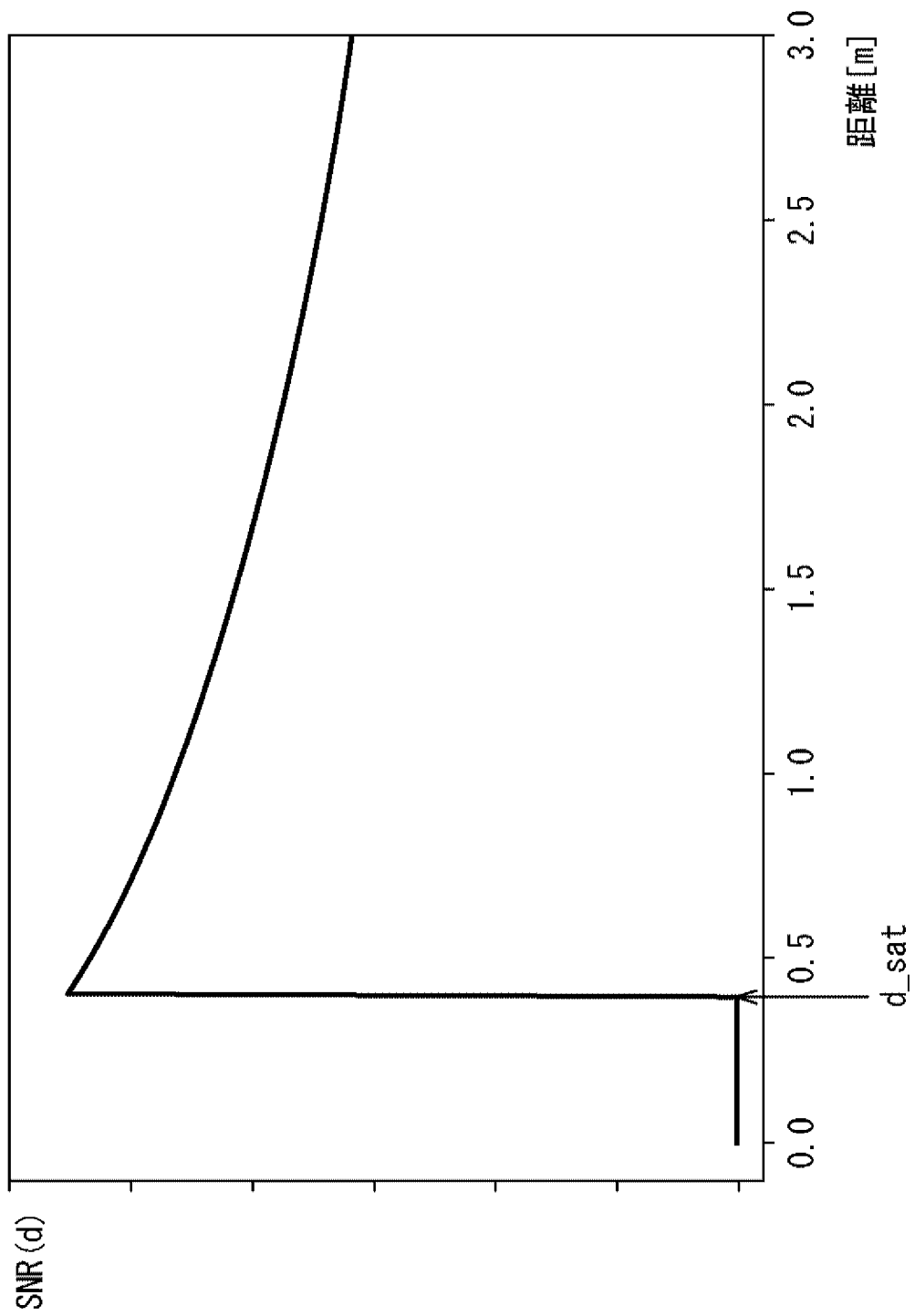
FIG.4



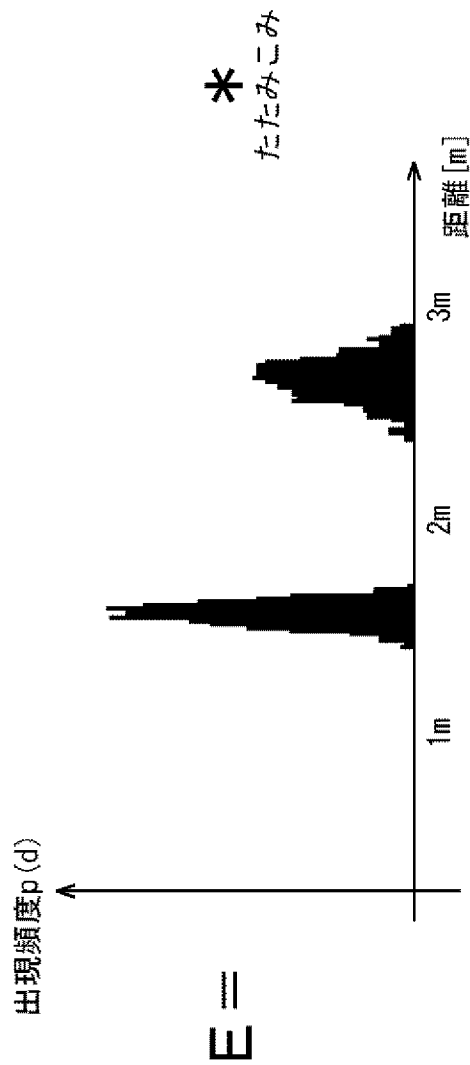
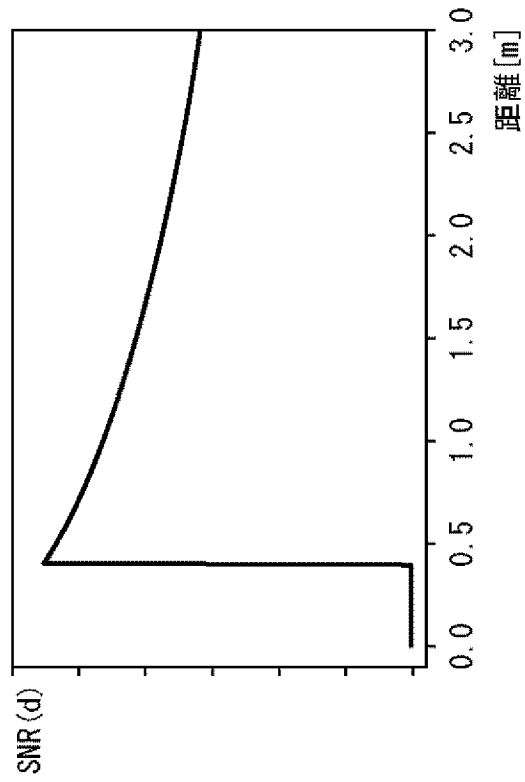
[図5]
FIG.5

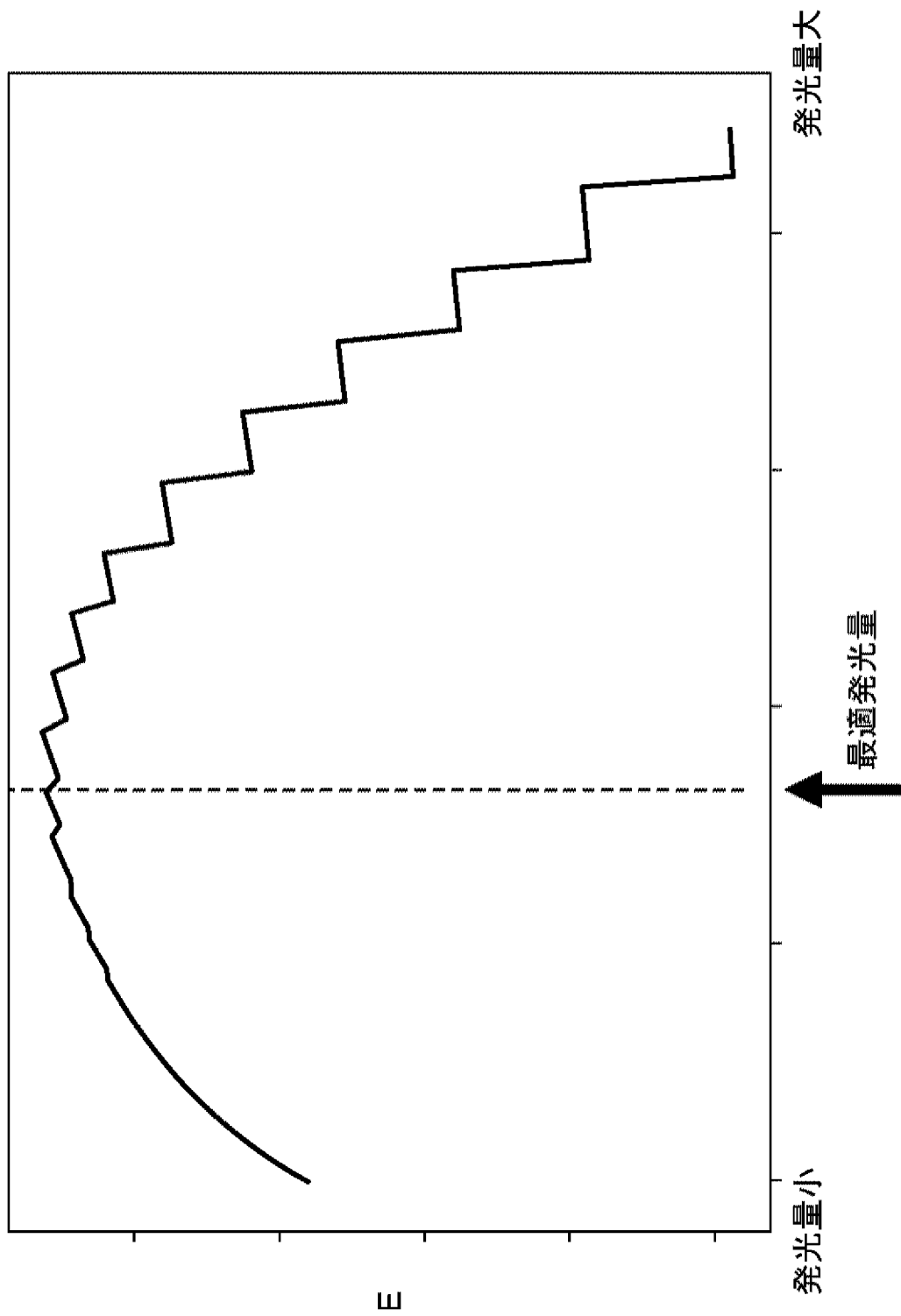


[図6]
FIG. 6

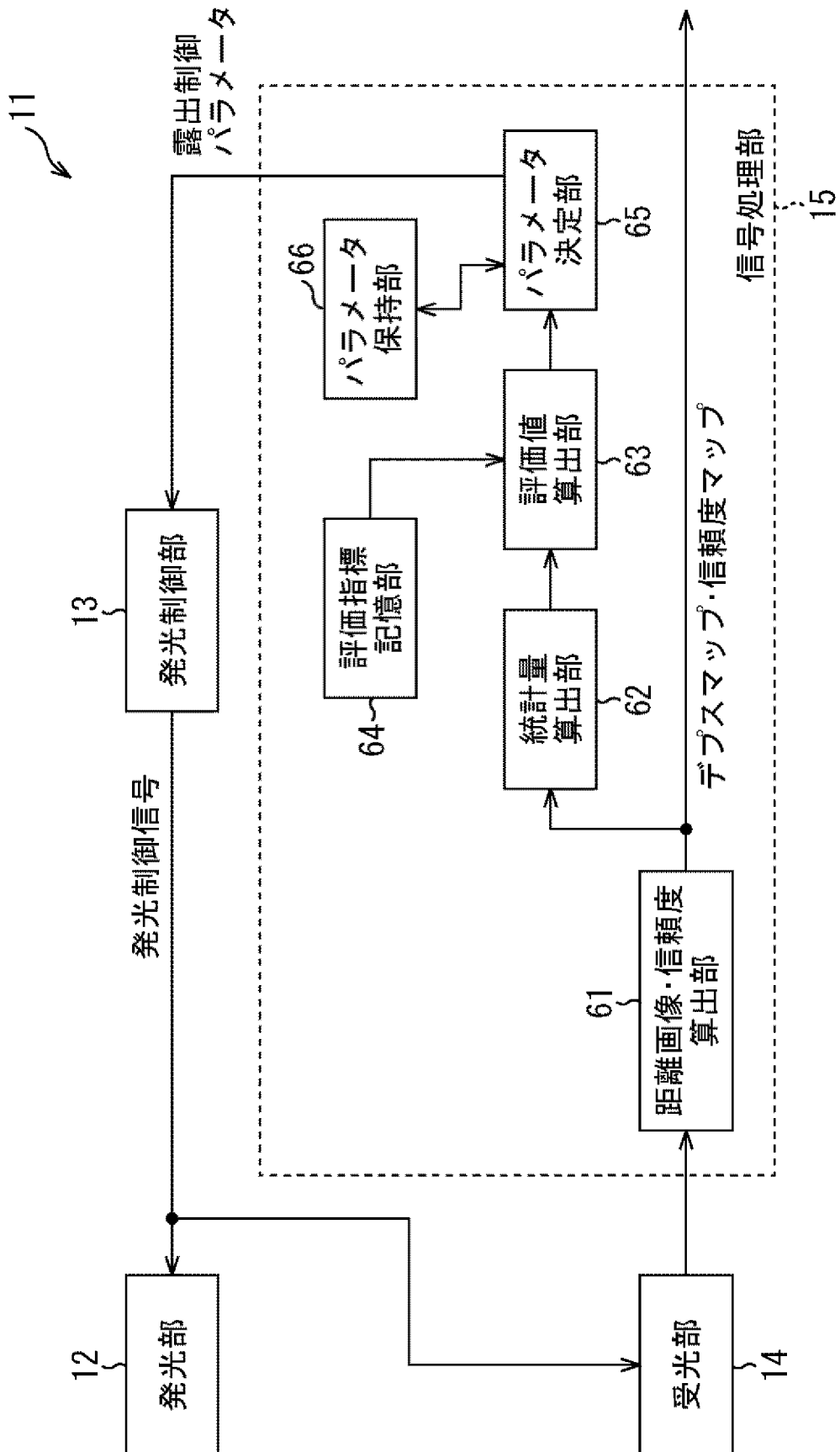
[図7]
FIG. 7

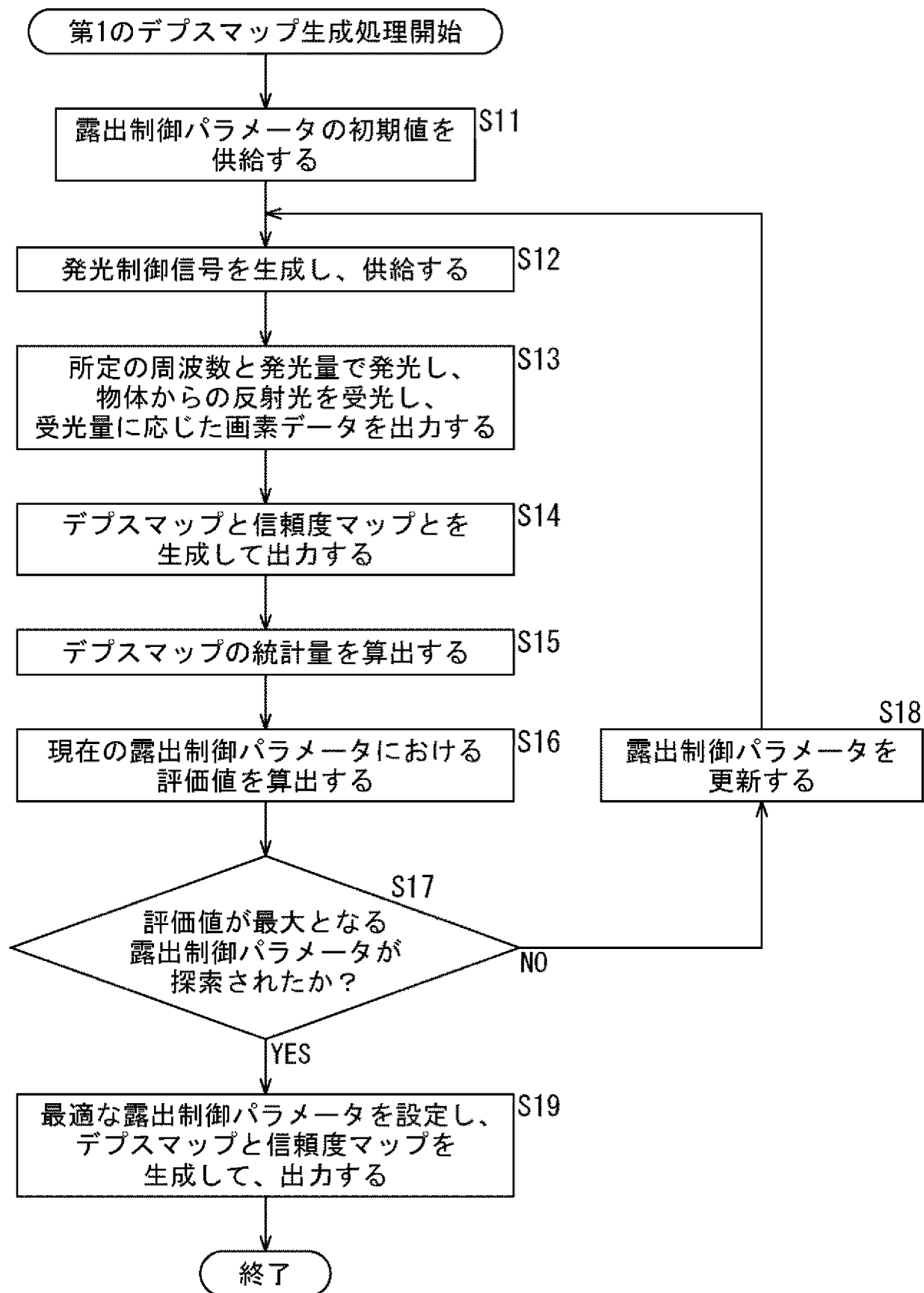
[図8]
FIG. 8



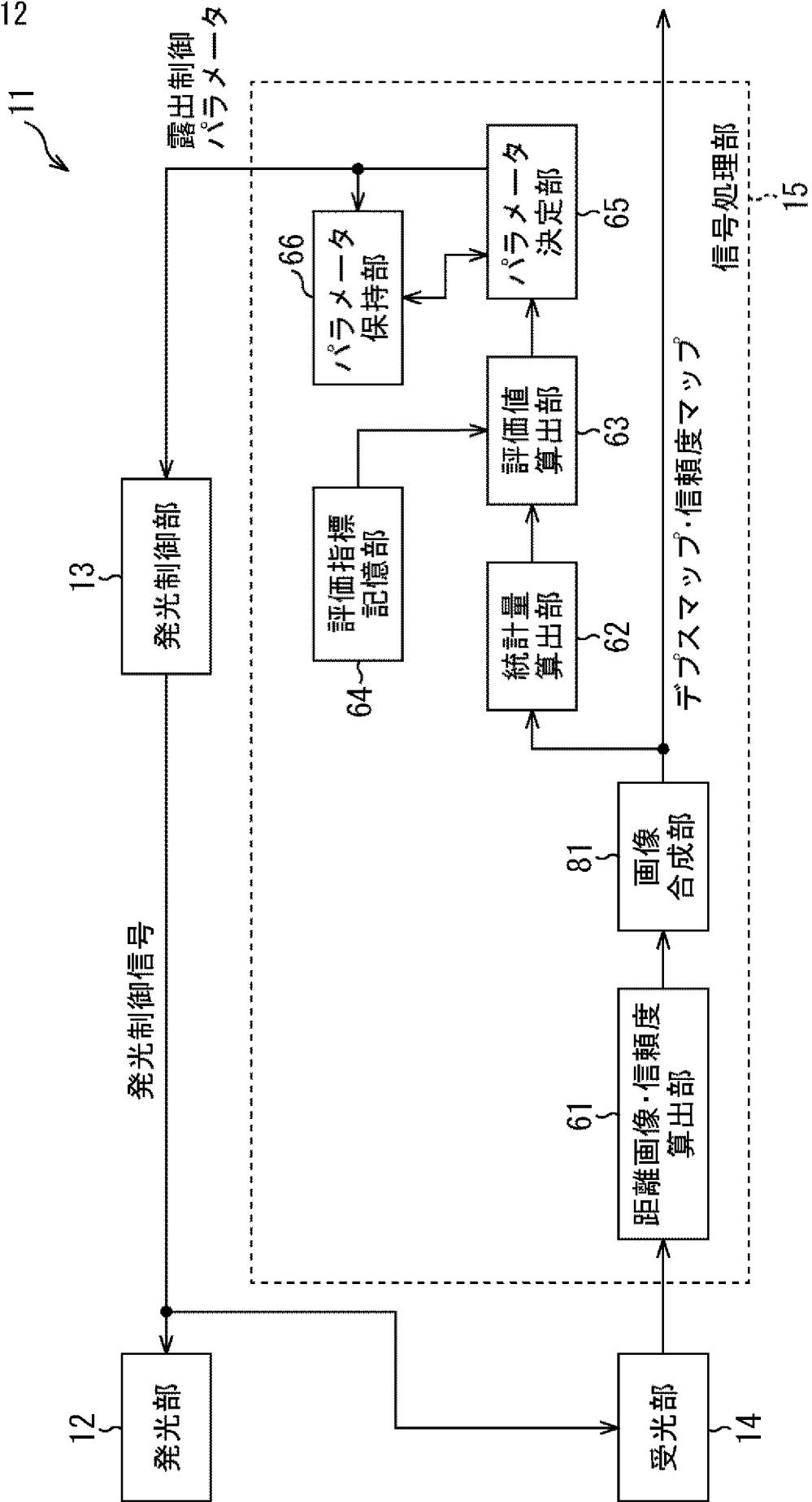
[図9]
FIG. 9

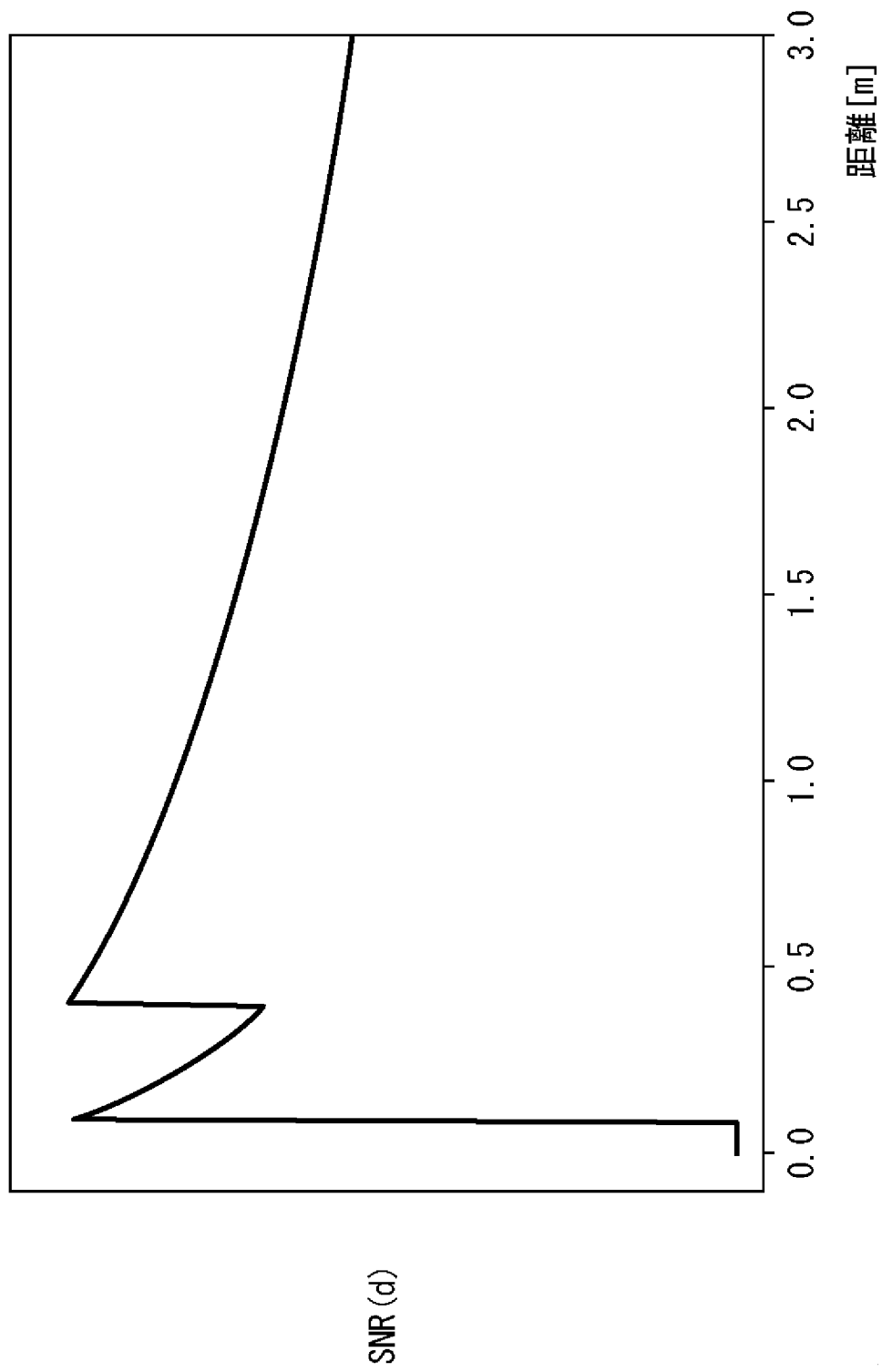
[図10]
FIG. 10



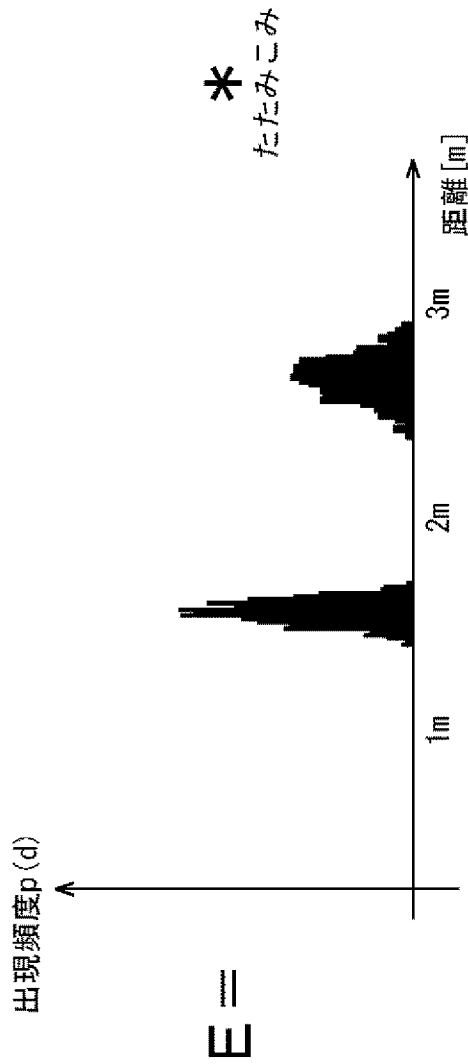
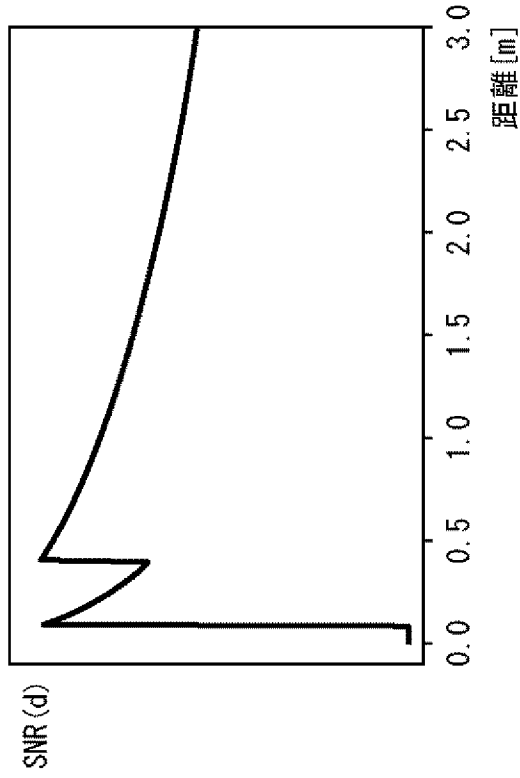
[図11]
FIG. 11

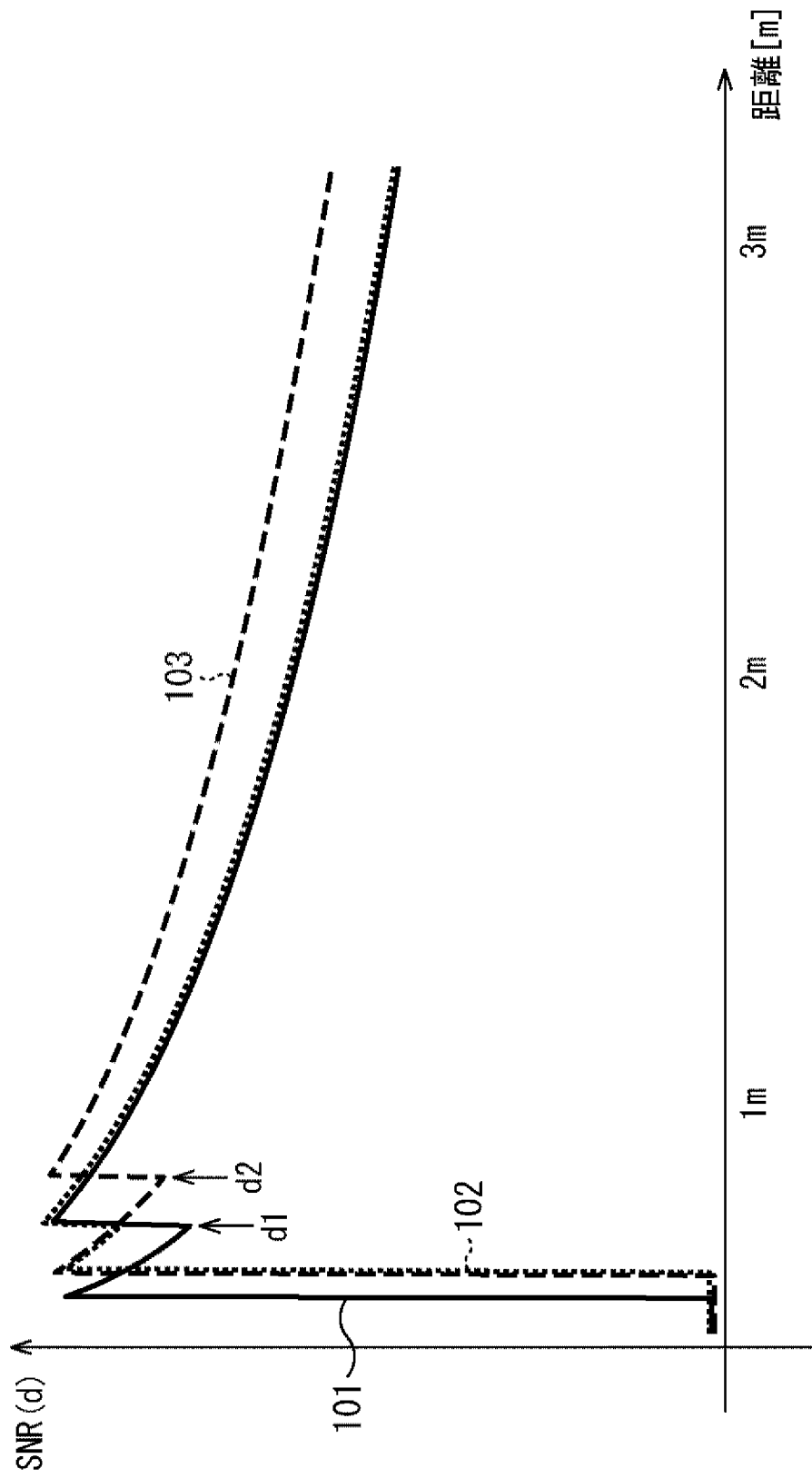
[図12]
FIG. 12



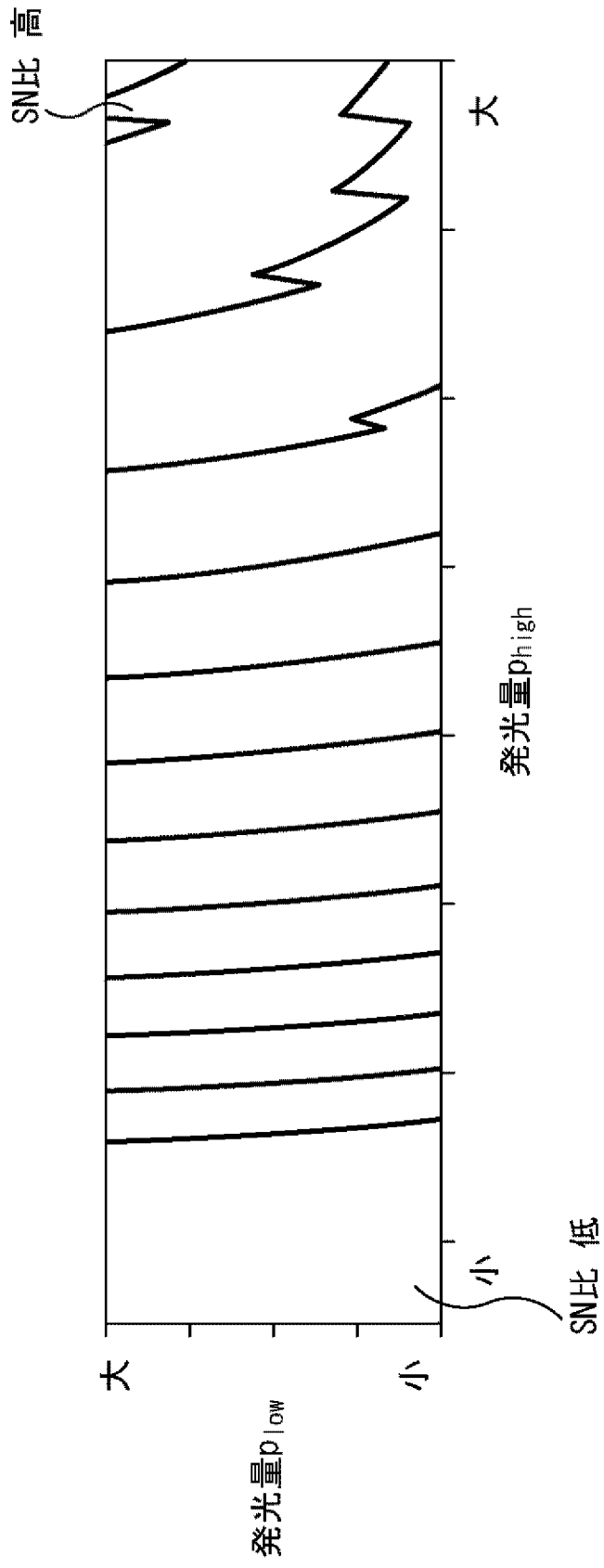
[図13]
FIG. 13

[図14]
FIG. 14



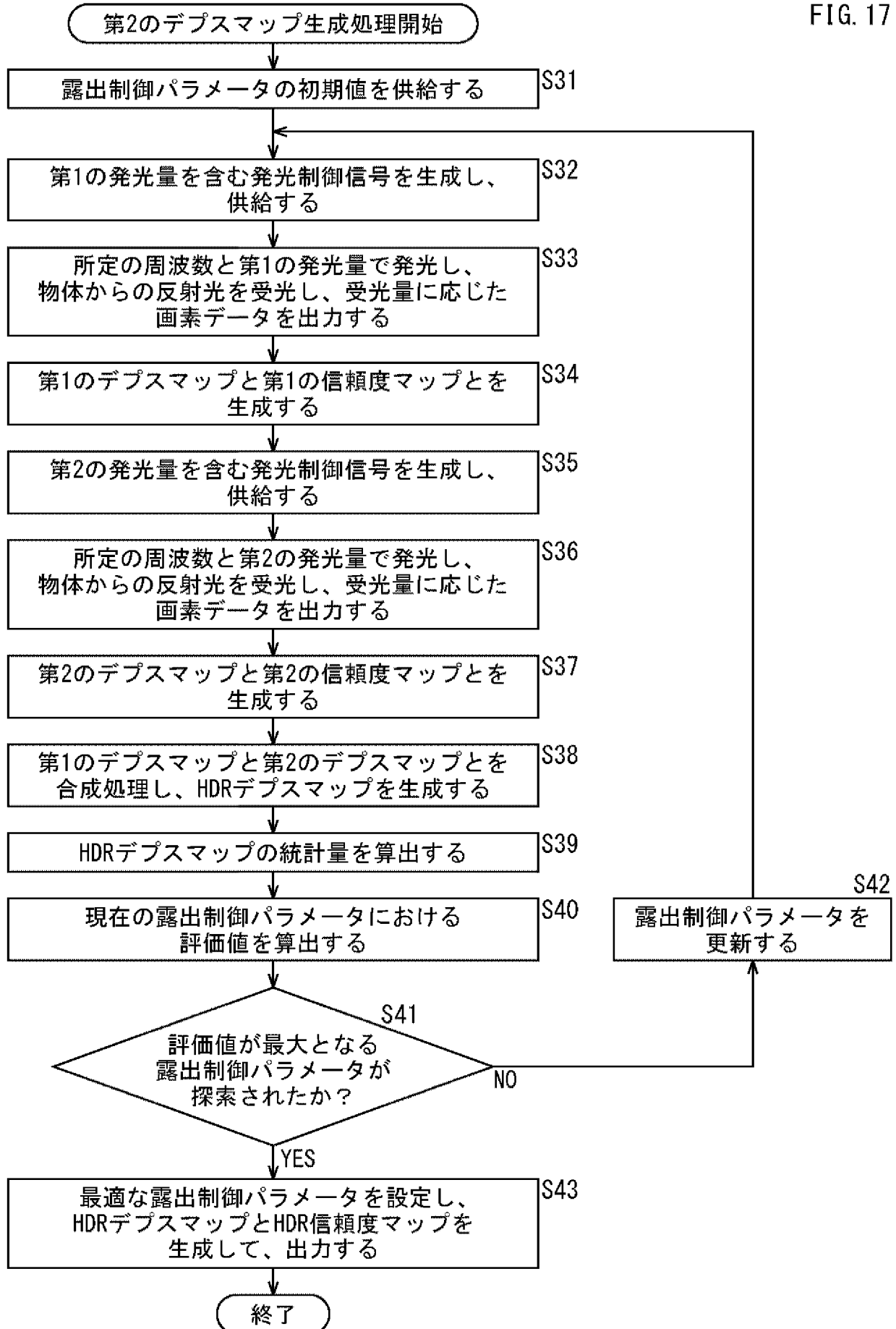
[図15]
FIG. 15

[図16]
FIG. 16

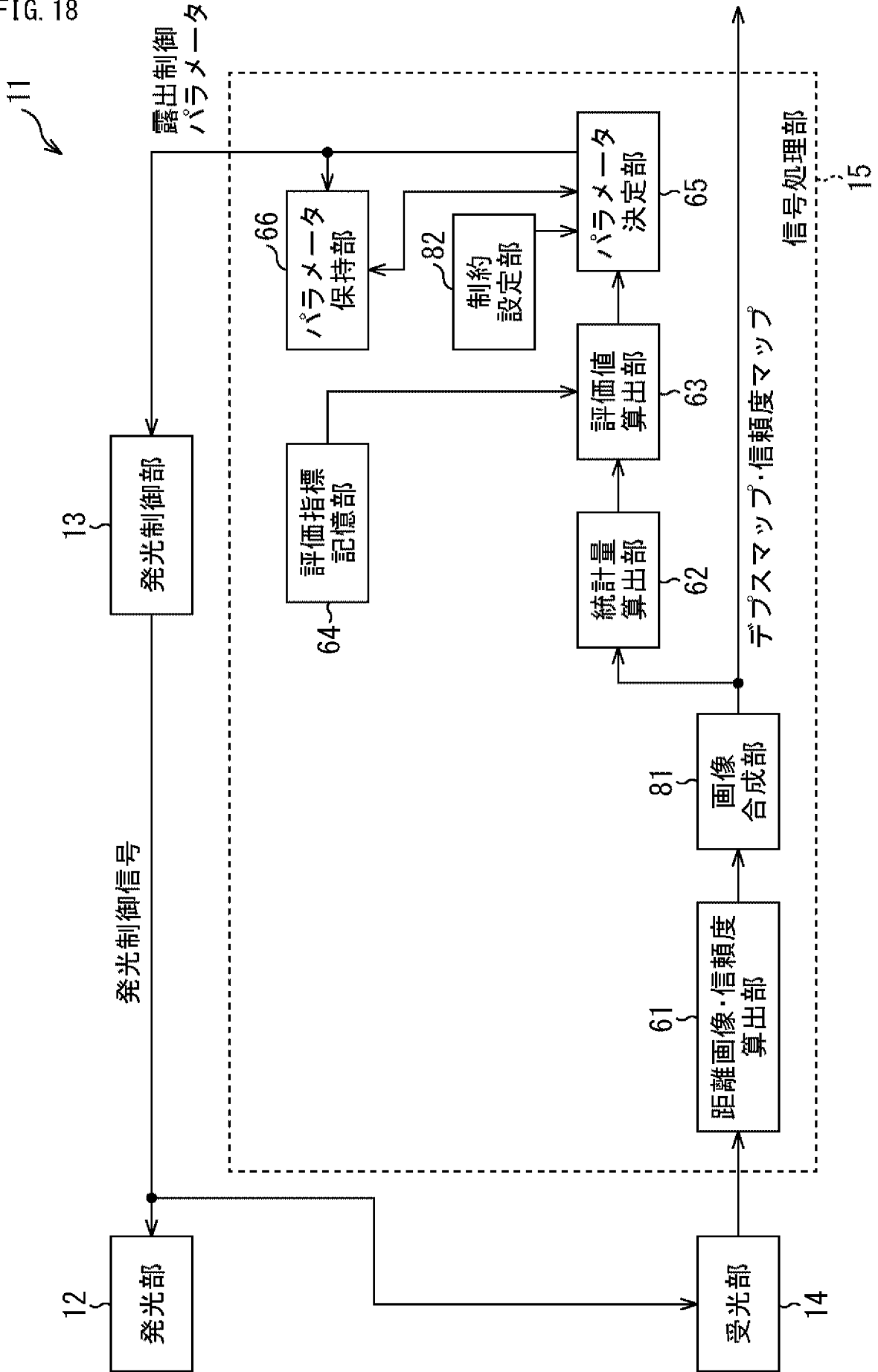


[図17]

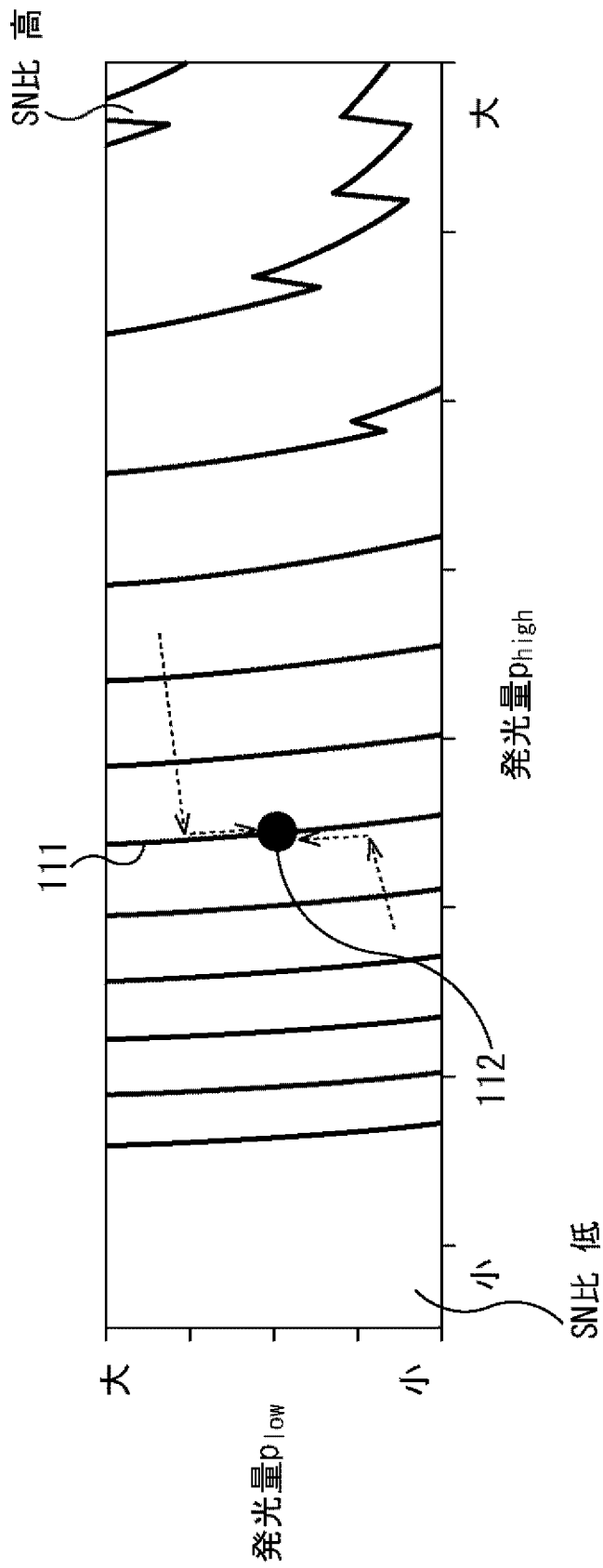
FIG. 17



[図18]
FIG. 18

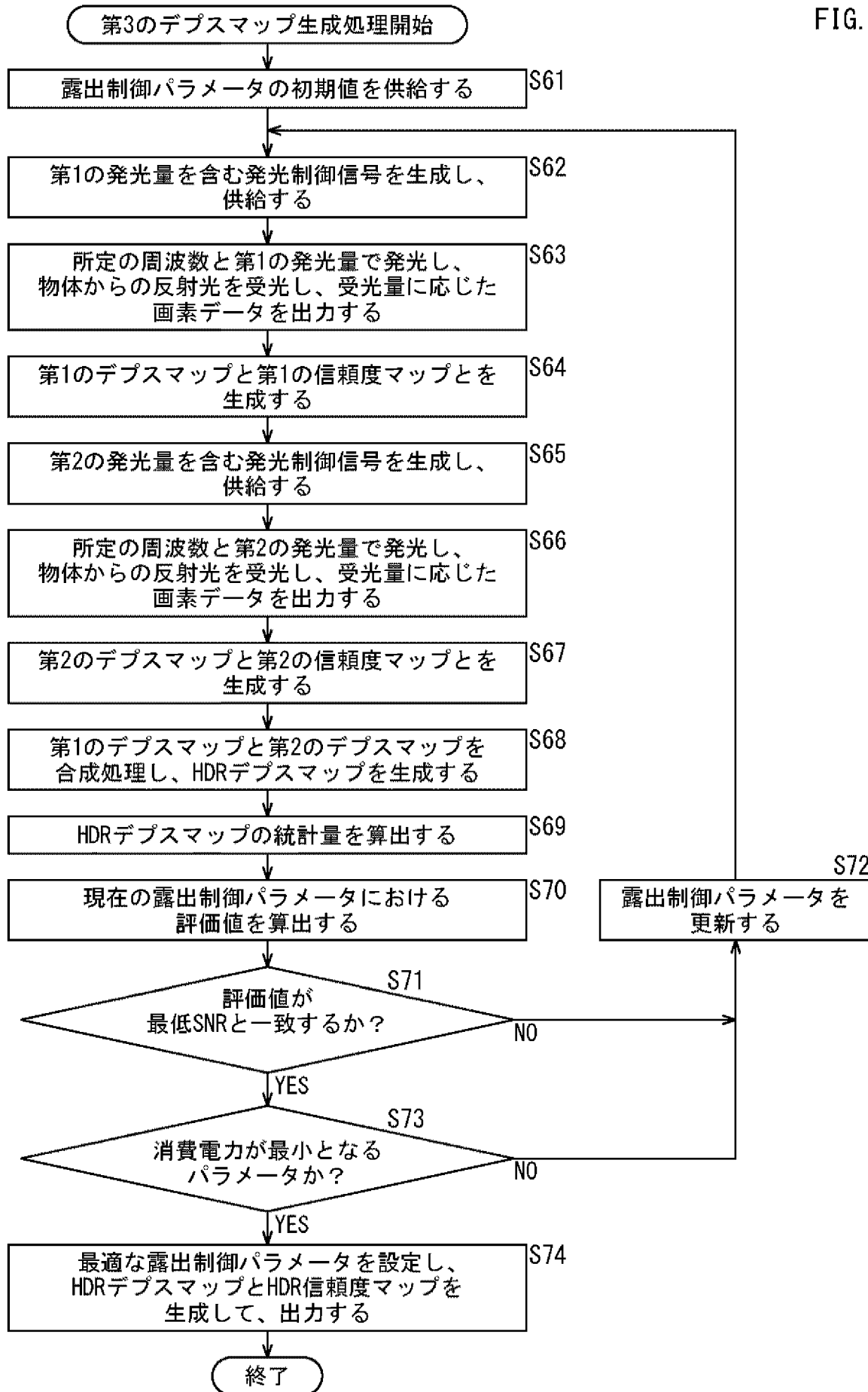


[図19]
FIG. 19

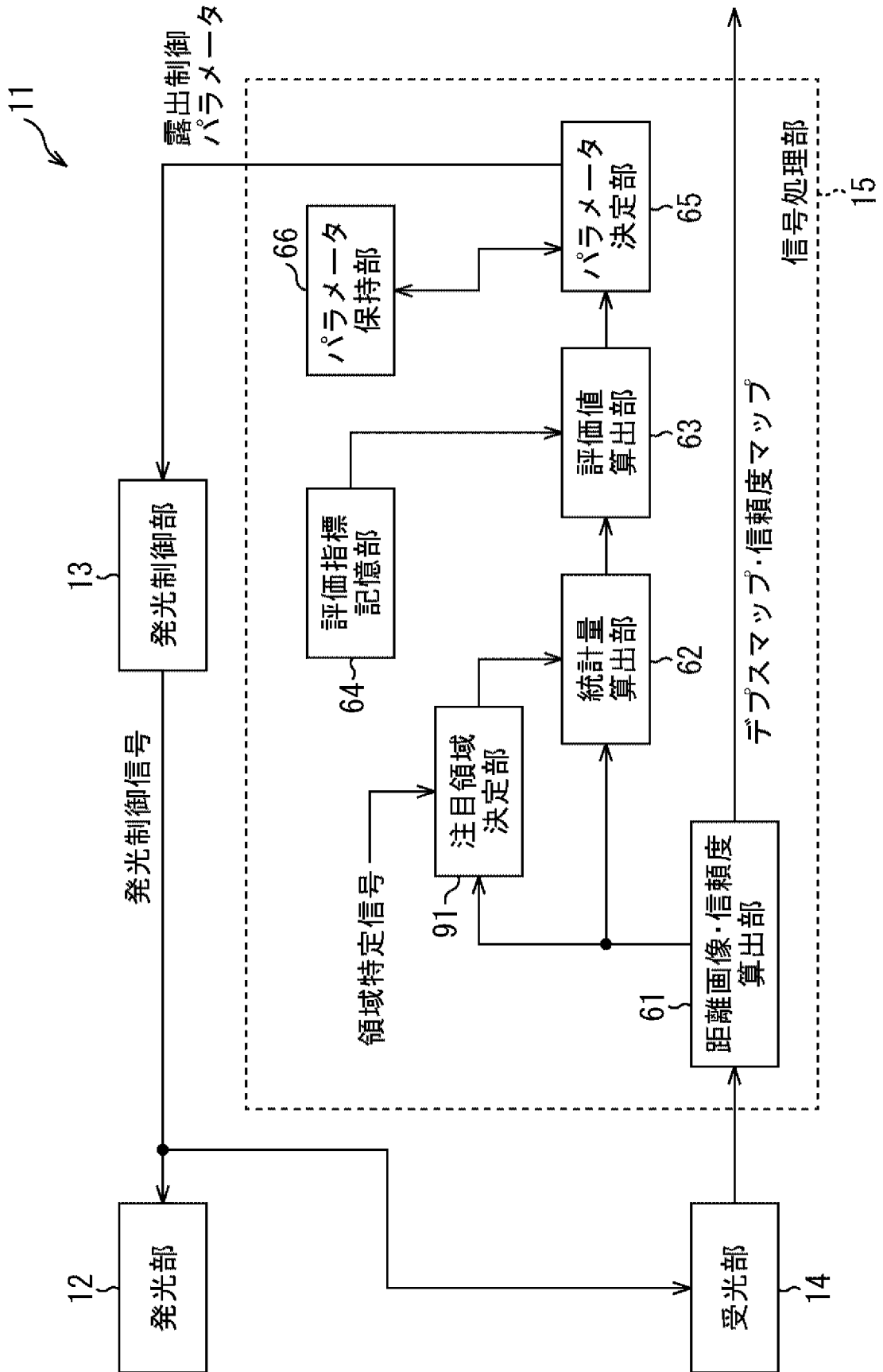


[図20]

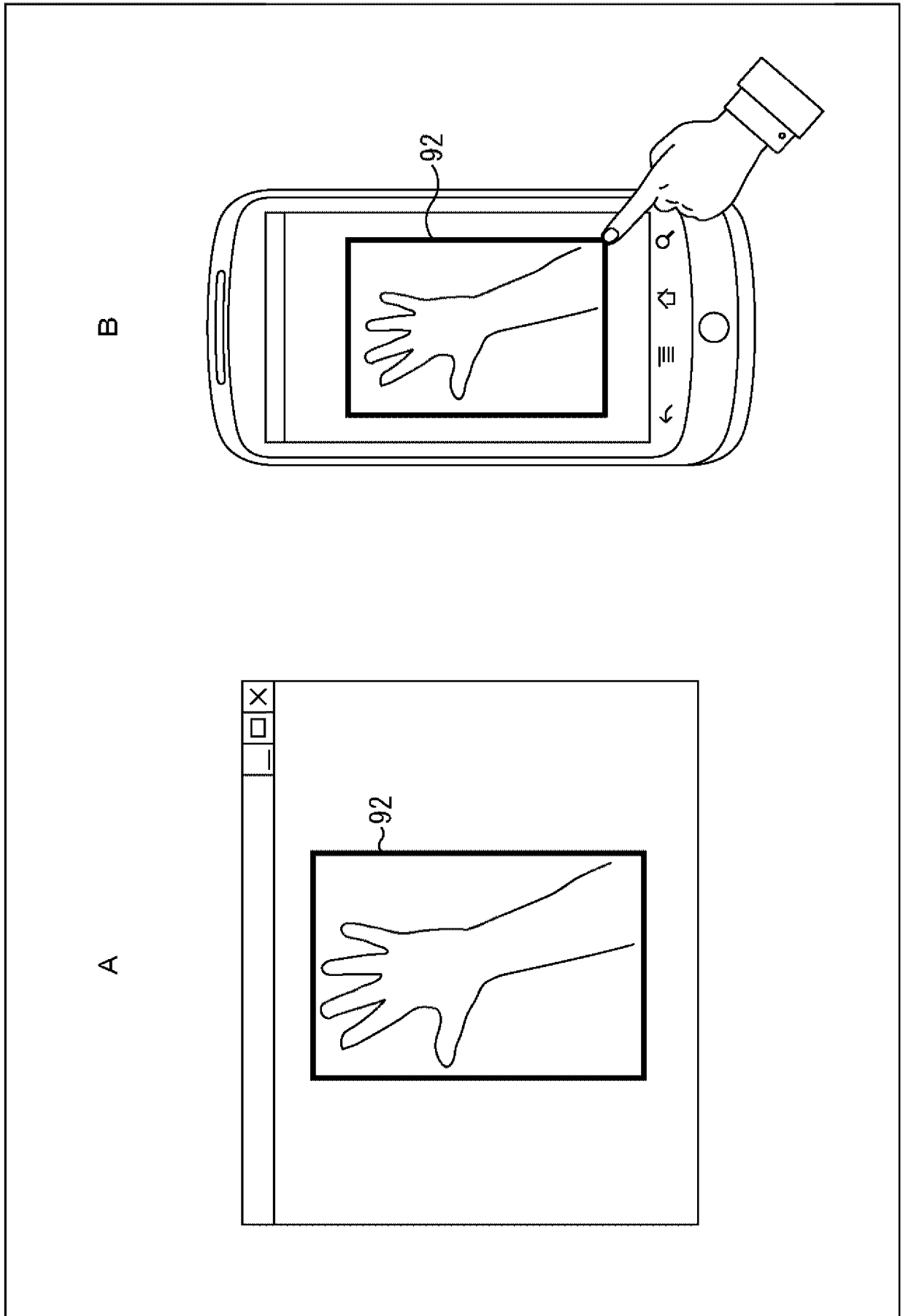
FIG. 20



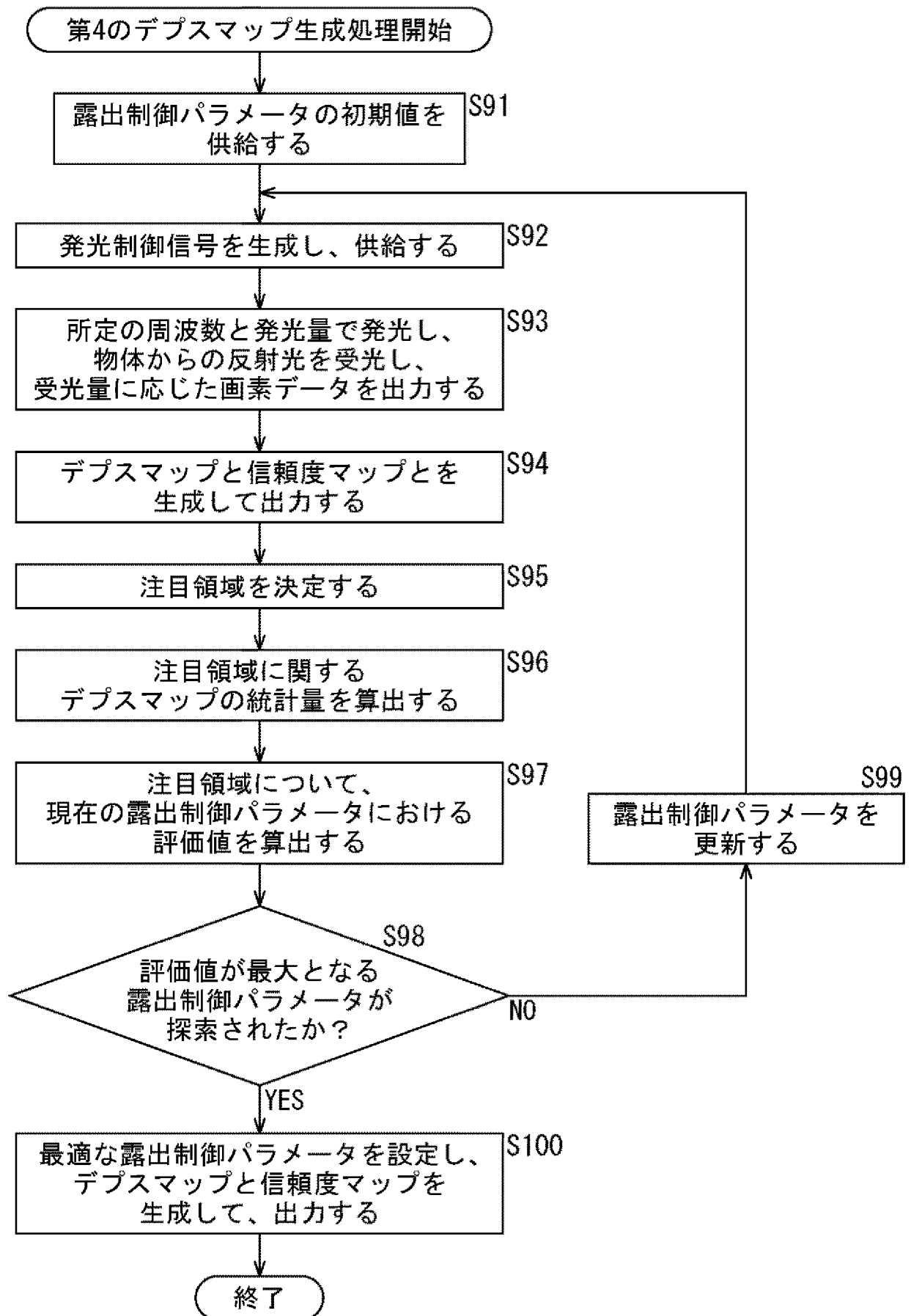
[図21]
FIG. 21



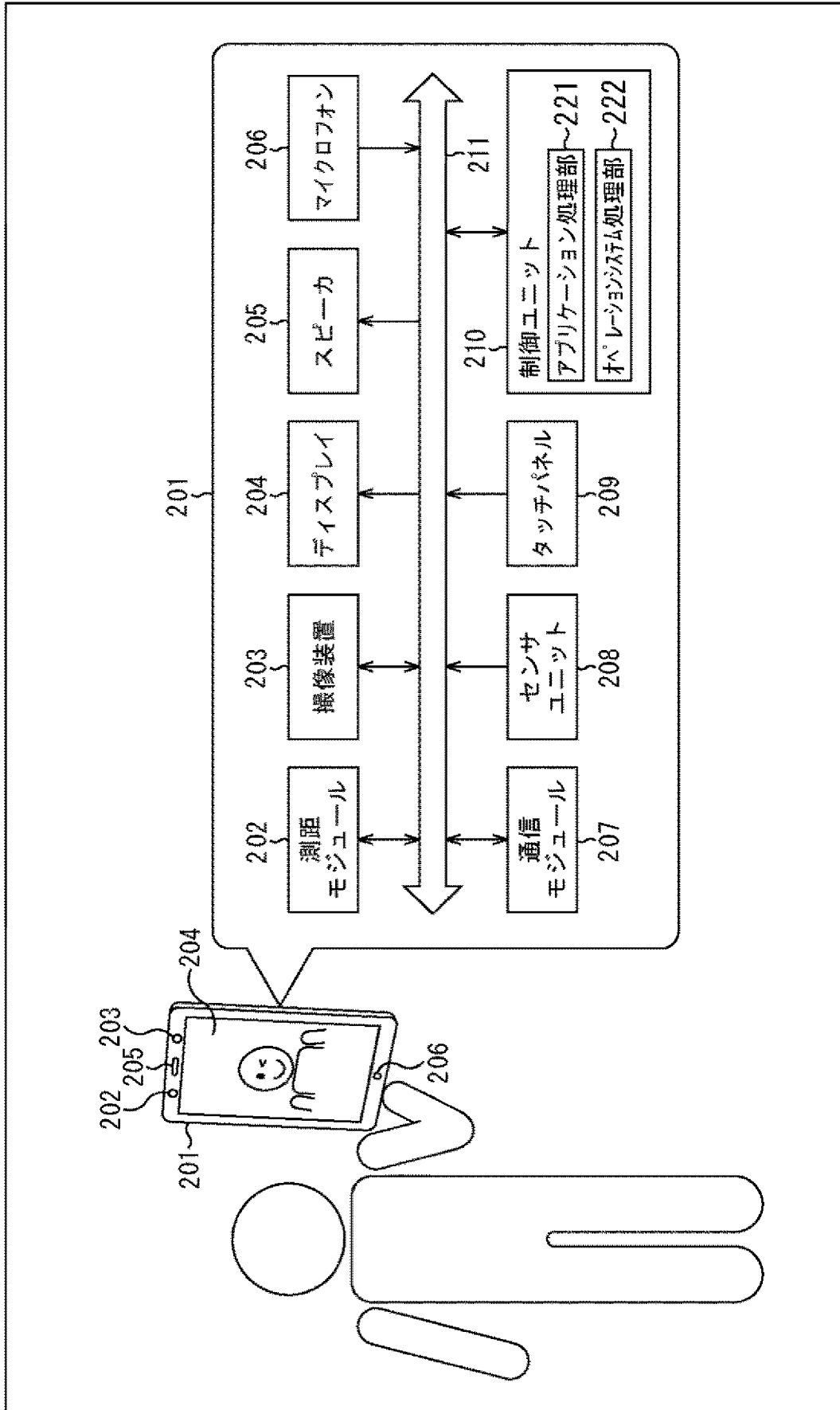
[図22]
FIG. 22



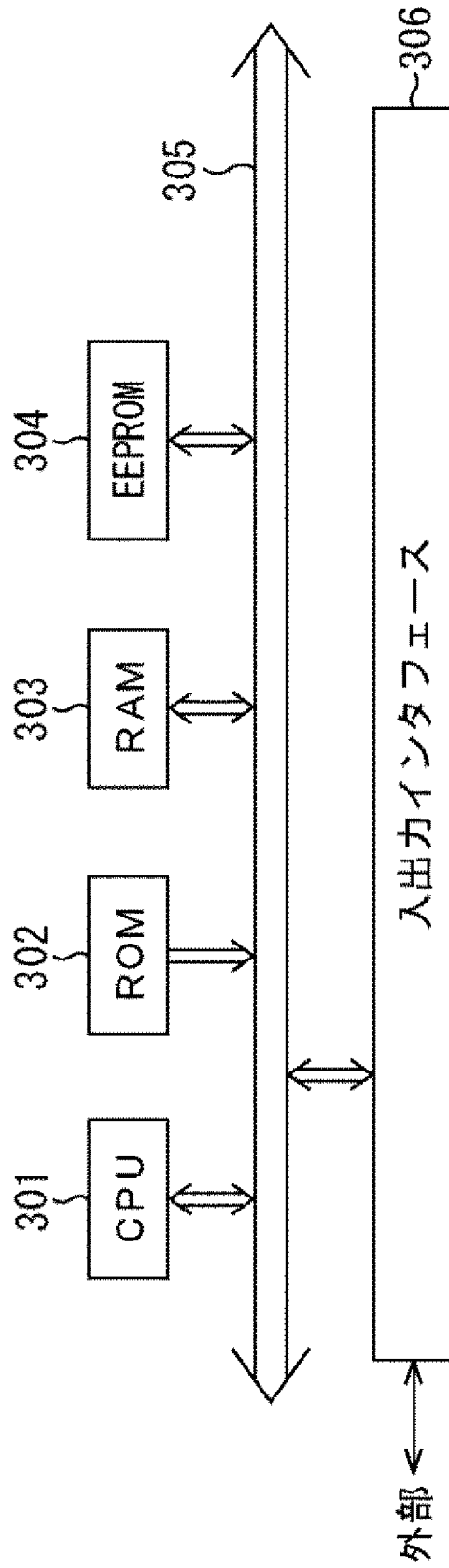
[図23]
FIG. 23



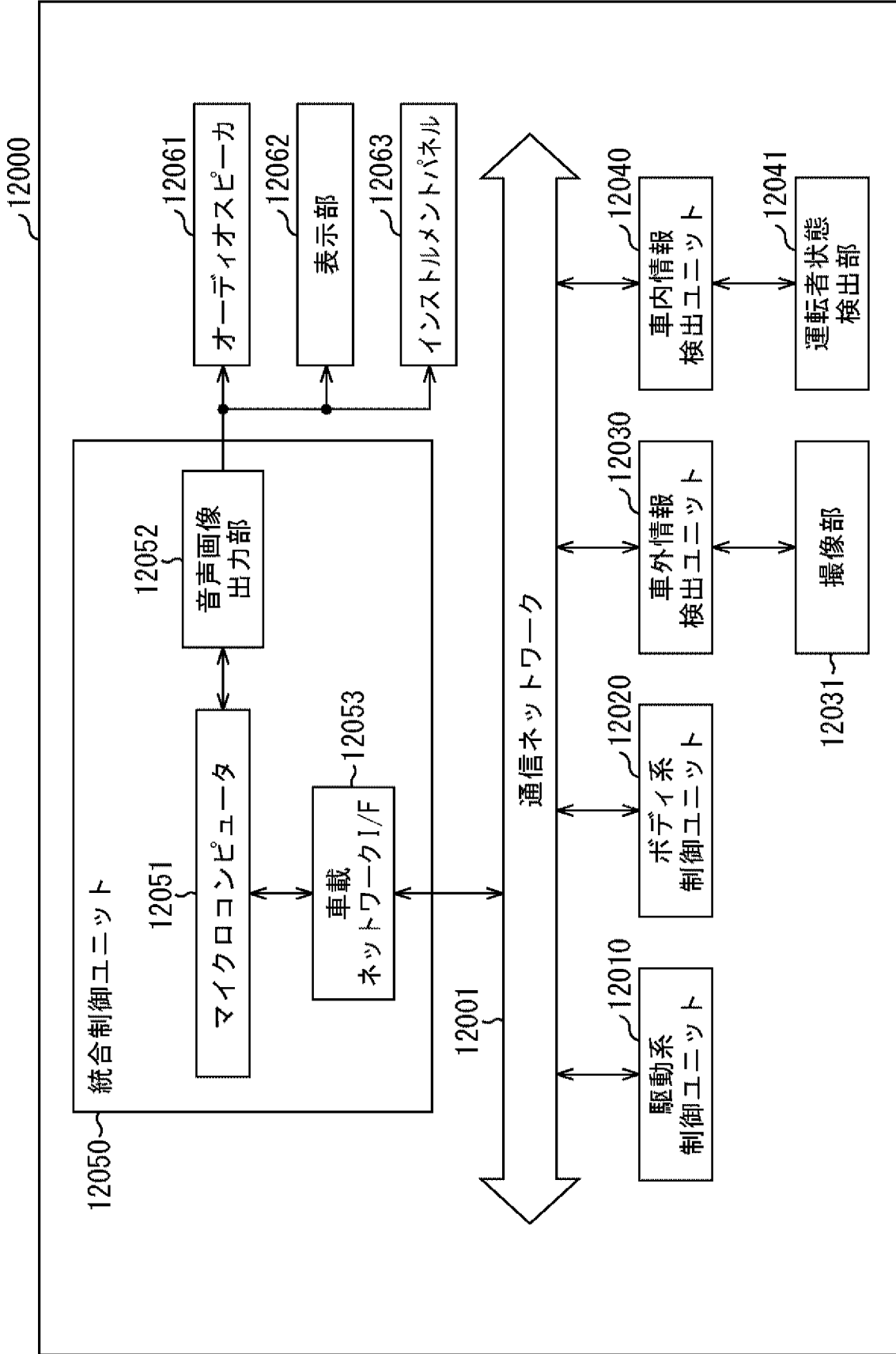
[図24]



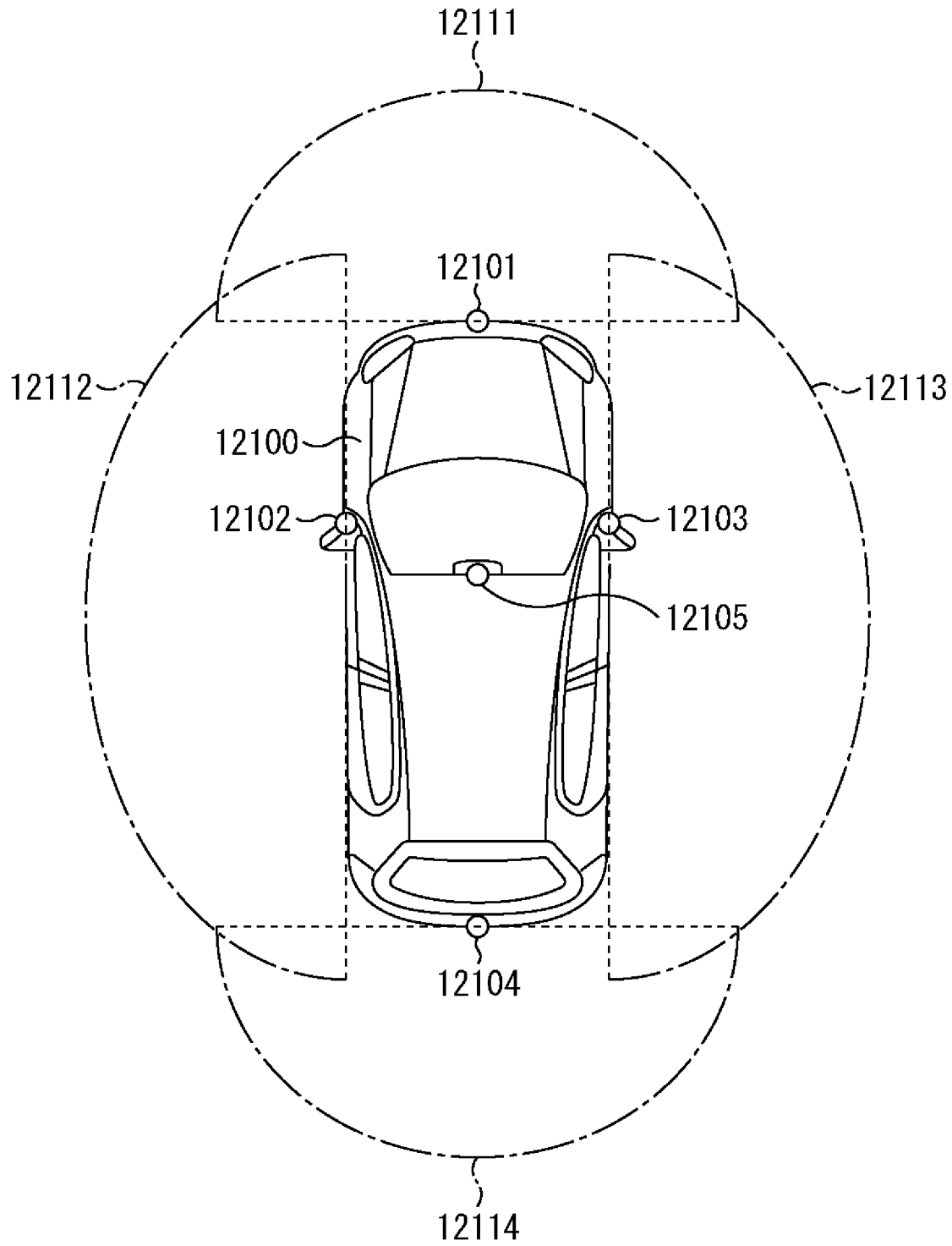
[図25]



[図26]



[図27]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2020/019375

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
 G01S 7/486(2020.01)i; G01S 17/89(2020.01)i
 FI: G01S7/486; G01S17/89
 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)
 G01S 7/48-G01S 7/51, G01S 17/00-G01S 17/95, G01B 11/00-G01B 11/30, G01C 3/00-G01C 3/32

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

Published examined utility model applications of Japan	1922-1996
Published unexamined utility model applications of Japan	1971-2020
Registered utility model specifications of Japan	1996-2020
Published registered utility model applications of Japan	1994-2020

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 2018-169336 A (PANASONIC IP MANAGEMENT CO., LTD.) 01.11.2018 (2018-11-01) * paragraphs [0001]-[0042], claims 1-9, fig. 1-7 *	1-4, 10, 18-19 5, 11-17 6-9
Y	JP 2010-071976 A (PANASONIC CORP.) 02.04.2010 (2010-04-02) * paragraphs [0030]-[0032], [0043] *	5, 15-17
Y	JP 2008-116309 A (FUJIFILM CORPORATION) 22.05.2008 (2008-05-22) * paragraph [0166] *	5
Y	JP 2013-195117 A (RICOH CO., LTD.) 30.09.2013 (2013-09-30) * paragraphs [0038]-[0040] *	11
Y	JP 2013-190378 A (OMRON CORP.) 26.09.2013 (2013-09-26) * paragraphs [0030]-[0032] *	12, 14

Further documents are listed in the continuation of Box C. See patent family annex.

* Special categories of cited documents:	"I" 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
"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance	"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
"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date	"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
"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)	"&" document member of the same patent family
"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	

Date of the actual completion of the international search 01 July 2020 (01.07.2020)	Date of mailing of the international search report 14 July 2020 (14.07.2020)
--	---

Name and mailing address of the ISA/ Japan Patent Office 3-4-3, Kasumigaseki, Chiyoda-ku, Tokyo 100-8915, Japan	Authorized officer Telephone No.
--	---

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2020/019375

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	JP 2005-098884 A (NEC ENGINEERING, LTD.) 14.04.2005 (2005-04-14) * paragraph [0025] *	13

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.
PCT/JP2020/019375

Patent Documents referred in the Report	Publication Date	Patent Family	Publication Date
JP 2018-169336 A	01 Nov. 2018	US 2020/0025932 A1 * paragraphs [0001]- [0081], claims 1-9, fig. 1-7 *	
JP 2010-071976 A	02 Apr. 2010	WO 2018/180391 A1 EP 3605141 A1 CN 110446943 A US 2010/0046802 A1 * paragraphs [0063]- [0070], [0144] *	
JP 2008-116309 A	22 May 2008	(Family: none)	
JP 2013-195117 A	30 Sep. 2013	(Family: none)	
JP 2013-190378 A	26 Sep. 2013	(Family: none)	
JP 2005-098884 A	14 Apr. 2005	(Family: none)	

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC）） G01S 7/486(2020.01)i; G01S 17/89(2020.01)i FI: G01S7/486; G01S17/89		
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）） G01S 7/48 - G01S 7/51, G01S 17/00 - G01S 17/95, G01B 11/00 - G01B 11/30, G01C 3/00 - G01C 3/32 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 - 2020年 日本国実用新案登録公報 1996 - 2020年 日本国登録実用新案公報 1994 - 2020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	JP 2018-169336 A (パナソニックIPマネジメント株式会社) 01.11.2018 (2018 - 11 - 01) *[0001]-[0042], [請求項1]-[請求項9], 図1-7*	1-4, 10, 18-19
Y		5, 11-17
A		6-9
Y	JP 2010-071976 A (パナソニック株式会社) 02.04.2010 (2010 - 04 - 02) *[0030]-[0032], [0043]*	5, 15-17
Y	JP 2008-116309 A (富士フイルム株式会社) 22.05.2008 (2008 - 05 - 22) *[0166]*	5
Y	JP 2013-195117 A (株式会社リコー) 30.09.2013 (2013 - 09 - 30) *[0038]-[0040]*	11
Y	JP 2013-190378 A (オムロン株式会社) 26.09.2013 (2013 - 09 - 26) *[0030]-[0032]*	12, 14
<input checked="" type="checkbox"/> C欄の続きにも文献が列挙されている。 <input checked="" type="checkbox"/> 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 “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 “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 “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） “O” 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献 “P” 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願の日の後に公表された文献 “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抵触するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの “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 “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 “&” 同一パテントファミリー文献		
国際調査を完了した日 01.07.2020	国際調査報告の発送日 14.07.2020	
名称及びあて先 日本国特許庁 (ISA/JP) 〒100-8915 日本国 東京都千代田区霞が関三丁目4番3号	権限のある職員（特許庁審査官） 田中 純 2S 7857 電話番号 03-3581-1101 内線 3216	

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
Y	JP 2005-098884 A (日本電気エンジニアリング株式会社) 14.04.2005 (2005 - 04 - 14) *[0025]*	13

国際調査報告
 パテントファミリーに関する情報

国際出願番号
 PCT/JP2020/019375

引用文献			公表日	パテントファミリー文献	公表日
JP	2018-169336	A	01.11.2018	US 2020/0025932 A1 *[0001]-[0081],[請求項1]- [請求項9], 図1-7*	
				WO 2018/180391 A1	
				EP 3605141 A1	
				CN 110446943 A	
JP	2010-071976	A	02.04.2010	US 2010/0046802 A1 *[0063]-[0070],[0144]*	
JP	2008-116309	A	22.05.2008	(ファミリーなし)	
JP	2013-195117	A	30.09.2013	(ファミリーなし)	
JP	2013-190378	A	26.09.2013	(ファミリーなし)	
JP	2005-098884	A	14.04.2005	(ファミリーなし)	