

(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7月30日(30.07.2020)



(10) 国際公開番号

WO 2020/153275 A1

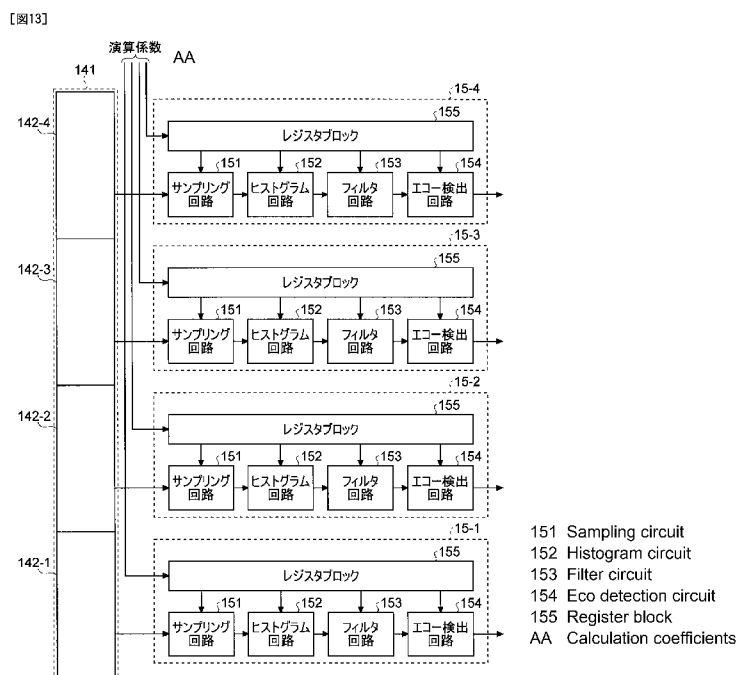
- (51) 国際特許分類:
G01S 7/487 (2006.01) G01S 17/89 (2020.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2020/001607
- (22) 国際出願日: 2020年1月17日(17.01.2020)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (30) 優先権データ:
特願 2019-010563 2019年1月24日(24.01.2019) JP
- (71) 出願人: ソニーセミコンダクタソリューションズ株式会社(SONY SEMICONDUCTOR SOLUTIONS CORPORATION) [JP/JP]; 〒2430014

神奈川県厚木市旭町四丁目14番1号 Kanagawa (JP).

- (72) 発明者: 森田 陽介 (MORITA, Yousuke); 〒2430014 神奈川県厚木市旭町四丁目14番1号 ソニーセミコンダクタソリューションズ株式会社内 Kanagawa (JP). 長谷川 浩一 (HASEGAWA, Koichi); 〒2430014 神奈川県厚木市旭町四丁目14番1号 ソニーセミコンダクタソリューションズ株式会社内 Kanagawa (JP).
- (74) 代理人: 特許業務法人酒井国際特許事務所 (SAKAI INTERNATIONAL PATENT OFFICE); 〒1000013 東京都千代田区霞が関3丁目8番1号 虎の門三井ビルディング Tokyo (JP).

(54) Title: DISTANCE MEASUREMENT DEVICE, IN-VEHICLE SYSTEM, AND DISTANCE MEASUREMENT METHOD

(54) 発明の名称: 測距装置、車載システム及び測距方法



(57) Abstract: The present invention reduces lowering of distance measurement accuracy. A distance measurement device according to an embodiment is provided with: an array unit (142) in which a plurality of light receiving elements for detecting incidences of fonts are arrayed; a reading circuit (22) which reads detection signals respectively from the light receiving elements; and a plurality of calculation units (15-1 - 15-4) which generate depth information about the distance to an object present in a viewing angle of each area on the basis of the detection signal read from the light receiving

(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, KE, KG, KH, 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))

element belonging to the area in the array unit, wherein the plurality of calculation units use calculation coefficients (16-1 - 16-4), at least some of which are different from each other, and generate the depth information.

(57) 要約: 測距精度の低下を低減する。実施形態に係る測距装置は、それぞれフォトンの入射を検出する複数の受光素子が配列するアレイ部(142)と、前記受光素子それぞれから検出信号を読み出す読出し回路(22)と、それぞれ前記アレイ部における異なる領域に属する前記受光素子から読み出された前記検出信号に基づいて当該領域の画角内に存在する物体までの距離に関する深度情報を生成する複数の演算部(15-1~15-4)とを備え、前記複数の演算部は、少なくとも一部が互いに異なる演算係数(16-1~16-4)を使用して前記深度情報を生成する。

明 細 書

発明の名称：測距装置、車載システム及び測距方法

技術分野

[0001] 本開示は、測距装置、車載システム及び測距方法に関する。

背景技術

[0002] 近年、T o F (Time-of-Flight) 法により距離計測を行う距離画像センサ（以下、T o F センサという）が注目されている。例えば、C M O S (Complementary Metal Oxide Semiconductor) 半導体集積回路技術を用いて作製された、平面的に配置する複数のS P A D (Single Photon Avalanche Diode) を利用して対象物までの距離を計測するT o F センサが存在する。

[0003] S P A D を利用したT o F センサでは、光源が発光してからその反射光（以下、エコーという）がS P A D に入射までの時間（以下、飛行時間という）を物理量として複数回計測し、その計測結果から生成された物理量のヒストグラムに基づいて、対象物までの距離が特定される。

先行技術文献

特許文献

[0004] 特許文献1：特表2016-533140号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0005] 以上のような、対象物からのエコーの光量を飛行時間ごとのヒストグラムとして取得するT o F センサでは、対象物までの距離を算出する演算処理で使用する最適な演算係数が、対象物までの距離に応じて異なる。例えば、対象物が近距離に存在する場合には、検出された光からエコーの成分を抽出するための閾値として高い閾値が好ましく、遠距離に存在する場合には、低い閾値が好ましい。また、対象物が近距離に存在する場合のノイズ成分は低周波であり、遠距離に存在する場合のノイズ成分は高周波であるため、対象物が近距離に存在する場合には低周波成分を除去するフィルタ係数とし、遠距

離に存在する場合には高周波成分を除去するフィルタ係数とすることが好ましい。

[0006] しかしながら、従来では、対象物までの距離に関わらず、同じ演算係数を用いて距離を算出する演算処理が実行されていた。そのため、測距範囲内に近距離の物体と遠距離の物体とが存在する場合、測距精度が低下してしまうという問題があった。

[0007] そこで本開示では、測距精度の低下を低減することが可能な測距装置、車載システム及び測距方法を提案する。

課題を解決するための手段

[0008] 上記の課題を解決するために、本開示に係る一形態の測距装置は、それぞれフォトンの入射を検出する複数の受光素子が配列するアレイ部と、前記受光素子それぞれから検出信号を読み出す読出し回路と、それぞれ前記アレイ部における異なる領域に属する前記受光素子から読み出された前記検出信号に基づいて当該領域の画角内に存在する物体までの距離に関する深度情報を生成する複数の演算部とを備え、前記複数の演算部は、少なくとも一部が互いに異なる演算係数を使用して前記深度情報を生成する。

図面の簡単な説明

[0009] [図1]第1の実施形態に係る測距装置としてのT o Fセンサの概略構成例を示すブロック図である。

[図2]第1の実施形態に係るT o Fセンサの光学システムを説明するための図である。

[図3]第1の実施形態に係る受光部の概略構成例を示すブロック図である。

[図4]第1の実施形態に係る使用SPADアレイの概略構成例を示す模式図である。

[図5]第1の実施形態に係るSPAD画素の概略構成例を示す回路図である。

[図6]第1の実施形態に係るSPAD加算部のより詳細な構成例を示すブロック図である。

[図7]第1の実施形態に係るT o Fセンサにより取得される深度画像の一例を

示す図である。

[図8]図7における第1領域を担当するSPAD領域から得られたフレーム画像に基づいて生成されるヒストグラムの一例を示す図である。

[図9]図7における第4領域を担当するSPAD領域から得られたフレーム画像に基づいて生成されるヒストグラムの一例を示す図である。

[図10]比較例に係る演算部の概略構成例を示すブロック図である。

[図11]第1の実施形態に係る演算部の概略構成例を示すブロック図である。

[図12]第1の実施形態に係る演算係数の例を示す図である。

[図13]第1の実施形態に係る演算部の概略構成例を示すブロック図である。

[図14]第1の実施形態に係る演算部への演算係数の設定を説明するための図である。

[図15]第1の実施形態の変形例に係る演算部への演算係数の設定を説明するための図である。

[図16]第1の実施形態に係るToFセンサにおける受光部及び演算部の積層構造例を示す図である。

[図17]第1の実施形態に係る受光チップにおける受光面の平面レイアウトの一例を示す図である。

[図18]第1の実施形態に係る回路チップにおける受光チップ側の面の平面レイアウト例を示す図である。

[図19]第2の実施形態に係る演算部の概略構成例を示すブロック図である。

[図20]第2の実施形態に係る回路チップの受光チップ側の面の平面レイアウト例を示す図である。

[図21]第3の実施形態に係る演算部の概略構成例を示すブロック図である。

[図22]第3の実施形態に係る回路チップの受光チップ側の面の平面レイアウト例を示す図である。

[図23]第4の実施形態の第1例に係る測距システムの概略構成例を示す図である。

[図24]第4の実施形態の第2例に係る測距システムの概略構成例を示す図で

ある。

[図25]第4の実施形態の第3例に係る測距システムの概略構成例を示す図である。

[図26]第5の実施形態に係る車載システムの概略構成例を示すブロック図である。

[図27]第5の実施形態に係る演算係数切替動作の概略例を示すフローチャートである。

[図28]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29]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

[0010] 以下に、本開示の一実施形態について図面に基づいて詳細に説明する。なお、以下の実施形態において、同一の部位には同一の符号を付することにより重複する説明を省略する。

[0011] また、以下に示す項目順序に従って本開示を説明する。

1. 第1の実施形態

1. 1 測距装置 (T o F センサ)
1. 2 光学システム
1. 3 受光部
1. 4 使用 S P A D アレイ
1. 5 S P A D 画素
1. 6 S P A D 画素の概略動作例
1. 7 S P A D 加算部
1. 8 サンプリング周期
1. 9 深度画像
1. 10 ヒストグラム
1. 11 演算係数を共通化した場合の課題
1. 12 第1実施形態に係る演算処理
1. 13 演算係数の例

- 1. 1 4 演算部の概略構成例
- 1. 1 5 レジスタブロックへの演算係数の設定
- 1. 1 6 受光部及び演算部のチップ構成例
- 1. 1 7 各チップの平面レイアウト例
- 1. 1 8 作用・効果
- 2. 第2の実施形態
 - 2. 1 演算部の概略構成例
 - 2. 2 回路チップの平面レイアウト例
 - 2. 3 作用・効果
- 3. 第3の実施形態
 - 3. 1 演算部の概略構成例
 - 3. 2 回路チップの平面レイアウト例
 - 3. 3 作用・効果
- 4. 第4の実施形態
 - 4. 1 第1例
 - 4. 2 第2例
 - 4. 3 第3例
 - 4. 4 作用・効果
- 5. 第5の実施形態
 - 5. 1 車載システム
 - 5. 2 演算係数切替動作
 - 5. 3 作用・効果
- 6. 応用例

[0012] 1. 第1の実施形態

まず、第1の実施形態について、以下に図面を参照して詳細に説明する。

[0013] 1. 1 測距装置（T o F センサ）

図1は、本実施形態に係る測距装置としてのT o F センサの概略構成例を示すブロック図である。図1に示すように、T o F センサ1は、制御部11

と、発光部 13 と、受光部 14 と、演算部 15 と、外部インタフェース (I/F) 19 とを備える。

[0014] 制御部 11 は、例えば、CPU (Central Processing Unit) などの情報処理装置で構成され、ToF センサ 1 の各部を制御する。

[0015] 外部 I/F 19 は、例えば、無線 LAN (Local Area Network) や有線 LAN の他、CAN (Controller Area Network)、LIN (Local Interconnect Network)、FlexRay (登録商標) 等の任意の規格に準拠した通信ネットワークを介して外部のホスト 80 と通信を確立するための通信アダプタであってよい。

[0016] ここで、ホスト 80 は、例えば、ToF センサ 1 が自動車等に実装される場合には、自動車等に搭載されている ECU (Engine Control Unit) などであってよい。また、ToF センサ 1 が家庭内ペットロボットなどの自律移動ロボットやロボット掃除機や無人航空機や追従運搬ロボットなどの自律移動体に搭載されている場合には、ホスト 80 は、その自律移動体を制御する制御装置等であってよい。

[0017] 発光部 13 は、例えば、1 つ又は複数の半導体レーザダイオードを光源として備えており、所定時間幅のパルス状のレーザ光 L1 を所定周期 (発光周期ともいう) で出射する。また、発光部 13 は、例えば、1 MHz (メガヘルツ) の周期で、1 ns (ナノ秒) の時間幅のレーザ光 L1 を出射する。発光部 13 から出射したレーザ光 L1 は、例えば、測距範囲内に物体 90 が存在する場合には、この物体 90 で反射して、反射光 L2 として、受光部 14 に入射する。

[0018] 受光部 14 は、その詳細については後述するが、例えば、2 次元格子状に配列した複数の SPAD 画素を備え、発光部 13 の発光後にフォトンが入射を検出した SPAD 画素の数 (以下、検出数という) に関する情報 (例えば、後述における検出信号の数に相当) を出力する。受光部 14 は、例えば、発光部 13 の 1 回の発光に対し、所定のサンプリング周期でフォトンが入射を検出してその検出数を出力する。

[0019] 演算部 15 は、受光部 14 から出力された検出数を複数の SPAD 画素（例えば、後述する 1 又は複数のマクロ画素に相当）ごとに集計し、その集計により得られた画素値に基づいて、横軸を飛行時間とし、縦軸を累積画素値としたヒストグラムを作成する。例えば、演算部 15 は、発光部 13 の 1 回の発光に対して所定のサンプリング周波数で検出数を集計して画素値を求めることを、発光部 13 の複数回の発光に対して繰返し実行することで、横軸（ヒストグラムのビン）を飛行時間に相当するサンプリング周期とし、縦軸を各サンプリング周期で求められた画素値を累積することで得られた累積画素値としたヒストグラムを作成する。

[0020] また、演算部 15 は、作成したヒストグラムに対して所定のフィルタ処理を施した後、フィルタ処理後のヒストグラムから累積画素値がピークとなる際の飛行時間を特定する。そして、演算部 15 は、特定した飛行時間に基づいて、ToF センサ 1 又はこれを搭載するデバイスから測距範囲内に存在する物体 90 までの距離を算出する。なお、演算部 15 で算出された距離の情報は、例えば、外部 I/F 19 を介してホスト 80 等にも出力されてもよい。

[0021] 1. 2 光学システム

図 2 は、本実施形態に係る ToF センサの光学システムを説明するための図である。なお、図 2 では、受光部 14 の画角を水平方向に走査する、いわゆるスキャン型の光学システムを例示するが、これに限定されず、例えば、受光部 14 の画角が固定された、いわゆるフラッシュ型の ToF センサとすることも可能である。

[0022] 図 2 に示すように、ToF センサ 1 は、光学システムとして、光源 131 と、コリメータレンズ 132 と、ハーフミラー 133 と、ガルバノミラー 135 と、受光レンズ 146 と、SPAD アレイ 141 とを備える。光源 131、コリメータレンズ 132、ハーフミラー 133 及びガルバノミラー 135 は、例えば、図 1 における発光部 13 に含まれる。また、受光レンズ 146 及び SPAD アレイ 141 は、例えば、図 1 における受光部 14 に含まれる。

[0023] 図2に示す構成において、光源131から出射したレーザ光L1は、コリメータレンズ132により、断面の強度スペクトルが垂直方向に長い矩形の平行光に変換され、その後、ハーフミラー133に入射する。ハーフミラー133は、入射したレーザ光L1の一部を反射する。ハーフミラー133で反射したレーザ光L1は、ガルバノミラー135に入射する。ガルバノミラー135は、例えば、制御部11からの制御に基づいて動作する駆動部134により、所定の回転軸を振動中心として水平方向に振動する。これにより、ガルバノミラー135で反射したレーザ光L1の画角SRが測距範囲ARを水平方向に往復走査するように、レーザ光L1が水平走査される。なお、駆動部134には、MEMS (Micro Electro Mechanical System) やマイクロモーター等を用いることができる。

[0024] ガルバノミラー135で反射したレーザ光L1は、測距範囲AR内に存在する物体90で反射し、反射光L2としてガルバノミラー135に入射する。ガルバノミラー135に入射した反射光L2の一部は、ハーフミラー133を透過して受光レンズ146に入射し、それにより、SPADアレイ141における特定の使用SPADアレイ142に結像される。なお、使用SPADアレイ142は、SPADアレイ141の全体であってもよいし、一部であってもよい。

[0025] 1.3 受光部

図3は、本実施形態に係る受光部の概略構成例を示すブロック図である。図3に示すように、受光部14は、SPADアレイ141と、タイミング制御回路143と、駆動回路144と、出力回路145とを備える。

[0026] SPADアレイ141は、2次元格子状に配列する複数のSPAD画素20を備える。複数のSPAD画素20に対しては、列ごとに画素駆動線LD（図面中の上下方向）が接続され、行ごとに出力信号線LS（図面中の左右方向）が接続される。画素駆動線LDの一端は、駆動回路144の各列に対応した出力端に接続され、出力信号線LSの一端は、出力回路145の各行に対応した入力端に接続される。

[0027] 本実施形態では、SPADアレイ141の全部又は一部を使用して、反射光L2を検出する。SPADアレイ141における使用する領域（使用SPADアレイ142）は、レーザ光L1全体が反射光L2として反射された場合にSPADアレイ141に結像される反射光L2の像と同じ、垂直方向に長い矩形であってよい。ただし、これに限定されず、SPADアレイ141に結像される反射光L2の像よりも大きな領域や小さな領域など、種々変形されてよい。

[0028] 駆動回路144は、シフトレジスタやアドレスデコーダなどを含み、SPADアレイ141の各SPAD画素20を、全画素同時や列単位等で駆動する。そこで、駆動回路144は、少なくとも、SPADアレイ141内の選択列における各SPAD画素20に、後述するクエンチ電圧V_{QCH}を印加する回路と、選択列における各SPAD画素20に、後述する選択制御電圧V_{SEL}を印加する回路とを含む。そして、駆動回路144は、読出し対象の列に対応する画素駆動線LDに選択制御電圧V_{SEL}を印加することで、フォトンの入射を検出するために用いるSPAD画素20を列単位で選択する。

[0029] 駆動回路144によって選択走査された列の各SPAD画素20から出力される信号（検出信号という）V_{OUT}は、出力信号線LSの各々を通して出力回路145に入力される。出力回路145は、各SPAD画素20から入力された検出信号V_{OUT}を、後述するマクロ画素ごとに設けられたSPAD加算部40へ出力する。

[0030] タイミング制御回路143は、各種のタイミング信号を生成するタイミングジェネレータ等を含み、タイミングジェネレータで生成された各種のタイミング信号を基に、駆動回路144及び出力回路145を制御する。

[0031] 1. 4 使用SPADアレイ

図4は、本実施形態に係る使用SPADアレイの概略構成例を示す模式図である。図4に示すように、使用SPADアレイ142は、例えば、複数のSPAD画素20が2次元格子状に配列した構成を備える。複数のSPAD

画素20は、行及び／又は列方向に配列する所定数ずつのSPAD画素20で構成された複数のマクロ画素30にグループ化されている。各マクロ画素30の最外周に位置するSPAD画素20の外側の縁を結んだ領域の形状は、所定の形状（例えば、矩形）をなしている。

[0032] 使用SPADアレイ142は、例えば、垂直方向（列方向に相当）に配列する複数のマクロ画素30で構成されている。本実施形態では、使用SPADアレイ142は、例えば、垂直方向に複数の領域（以下、SPAD領域という）に分割されている。図4に示す例では、使用SPADアレイ142が4つのSPAD領域142-1～142-4に分割されている。最下に位置するSPAD領域142-1は、例えば、使用SPADアレイ142の画角SRにおける最下の1／4領域に相当し、その上のSPAD領域142-2は、例えば、画角SRにおける下から2番目の1／4領域に相当し、その上のSPAD領域142-3は、例えば、画角SRにおける下から3番目の1／4領域に相当し、最上のSPAD領域142-4は、例えば、画角SRにおける最上の1／4領域に相当する。

[0033] 1.5 SPAD画素

図5は、本実施形態に係るSPAD画素の概略構成例を示す回路図である。図5に示すように、SPAD画素20は、受光素子としてのフォトダイオード21と、フォトダイオード21にフォトンが入射したことを検出する読出し回路22とを備える。フォトダイオード21は、そのアノードとカソードとの間に降伏電圧（ブレークダウン電圧）以上の逆バイアス電圧 V_{SPAD} が印加されている状態でフォトンが入射すると、アバランシェ電流を発生する。

[0034] 読出し回路22は、クエンチ抵抗23と、デジタル変換器25と、インバータ26と、バッファ27と、選択トランジスタ24とを備える。クエンチ抵抗23は、例えば、N型のMOSFET（Metal Oxide Semiconductor Field Effect Transistor。以下、NMOSTランジスタという）で構成され、そのドレインがフォトダイオード21のアノードに接続され、そのソー

スが選択トランジスタ24を介して接地されている。また、クエンチ抵抗23を構成するNMOSトランジスタのゲートには、当該NMOSトランジスタをクエンチ抵抗として作用させるために予め設定されているクエンチ電圧 V_{QCH} が、駆動回路144から画素駆動線LDを介して印加される。

[0035] 本実施形態において、フォトダイオード21はSPADである。SPADは、そのアノードとカソードとの間に降伏電圧（ブレイクダウン電圧）以上の逆バイアス電圧が印加されるとガイガーモードで動作するアバランシェフォトダイオードであり、1つのフォトン入射を検出可能である。

[0036] デジタル変換器25は、抵抗251とNMOSトランジスタ252とを備える。NMOSトランジスタ252は、そのドレインが抵抗251を介して電源電圧VDDに接続され、そのソースが接地されている。また、NMOSトランジスタ252のゲートには、フォトダイオード21のアノードとクエンチ抵抗23との接続点N1の電圧が印加される。

[0037] インバータ26は、P型のMOSFET（以下、PMOSトランジスタという）261とNMOSトランジスタ262とを備える。PMOSトランジスタ261は、そのドレインが電源電圧VDDに接続され、そのソースがNMOSトランジスタ262のドレインに接続されている。NMOSトランジスタ262は、そのドレインがPMOSトランジスタ261のソースに接続され、そのソースが接地されている。PMOSトランジスタ261のゲート及びNMOSトランジスタ262のゲートには、それぞれ抵抗251とNMOSトランジスタ252のドレインとの接続点N2の電圧が印加される。インバータ26の出力は、バッファ27に入力される。

[0038] バッファ27は、インピーダンス変換のための回路であり、インバータ26から出力信号を入力すると、その入力した出力信号をインピーダンス変換し、検出信号 V_{OUT} として出力する。

[0039] 選択トランジスタ24は、例えば、NMOSトランジスタであり、そのドレインがクエンチ抵抗23を構成するNMOSトランジスタのソースに接続され、そのソースが接地されている。選択トランジスタ24は、駆動回路1

44に接続されており、選択トランジスタ24のゲートに駆動回路144からの選択制御電圧 V_{SEL} が画素駆動線LDを介して印加されると、オフ状態からオン状態に変化する。

[0040] 1. 6 SPAD画素の概略動作例

図5に例示した読出し回路22は、例えば、以下のように動作する。すなわち、まず、駆動回路144から選択トランジスタ24に選択制御電圧 V_{SEL} が印加されて選択トランジスタ24がオン状態となっている期間、フォトダイオード21には降伏電圧（ブレイクダウン電圧）以上の逆バイアス電圧 V_{SPAD} が印加される。これにより、フォトダイオード21の動作が許可される。

[0041] 一方、駆動回路144から選択トランジスタ24に選択制御電圧 V_{SEL} が印加されておらず、選択トランジスタ24がオフ状態となっている期間、逆バイアス電圧 V_{SPAD} がフォトダイオード21に印加されないことから、フォトダイオード21の動作が禁止される。

[0042] 選択トランジスタ24がオン状態であるときにフォトダイオード21にフォトンが入射すると、フォトダイオード21においてアバランシェ電流が発生する。それにより、クエンチ抵抗23にアバランシェ電流が流れ、接続点N1の電圧が上昇する。接続点N1の電圧がNMOSトランジスタ252のオン電圧よりも高くなると、NMOSトランジスタ252がオン状態になり、接続点N2の電圧が電源電圧VDDから0Vに変化する。そして、接続点N2の電圧が電源電圧VDDから0Vに変化すると、PMOSトランジスタ261がオフ状態からオン状態に変化すると共にNMOSトランジスタ262がオン状態からオフ状態に変化し、接続点N3の電圧が0Vから電源電圧VDDに変化する。その結果、バッファ27からハイレベルの検出信号 V_{OUT} が出力される。

[0043] その後、接続点N1の電圧が上昇し続けると、フォトダイオード21のアノードとカソードとの間に印加されている電圧が降伏電圧よりも小さくなり、それにより、アバランシェ電流が止まって、接続点N1の電圧が低下する

。そして、接続点N1の電圧がNMOSトランジスタ452のオン電圧よりも低くなると、NMOSトランジスタ452がオフ状態になり、バッファ27からの検出信号V_{OUT}の出力が停止する（ローレベル）。

[0044] このように、読出し回路22は、フォトダイオード21にフォトンが入射してアバランシェ電流が発生し、これによりNMOSトランジスタ452がオン状態になったタイミングから、アバランシェ電流が止まってNMOSトランジスタ452がオフ状態になるタイミングまでの期間、ハイレベルの検出信号V_{OUT}を出力する。出力された検出信号V_{OUT}は、出力回路145を介して、マクロ画素30ごとのSPAD加算部40に入力される。したがって、各SPAD加算部40には、1つのマクロ画素30を構成する複数のSPAD画素20のうちでフォトンが入射が検出されたSPAD画素20の数（検出数）の検出信号V_{OUT}が入力される。

[0045] 1. 7 SPAD加算部

図6は、本実施形態に係るSPAD加算部のより詳細な構成例を示すブロック図である。なお、SPAD加算部40は、受光部14に含まれる構成であってもよいし、演算部15に含まれる構成であってもよい。

[0046] 図6に示すように、SPAD加算部40は、例えば、パルス整形部41と、受光数カウント部42とを備える。

[0047] パルス整形部41は、SPADアレイ141から出力回路145を介して入力した検出信号V_{OUT}のパルス波形を、SPAD加算部40の動作クロックに応じた時間幅のパルス波形に整形する。

[0048] 受光数カウント部42は、対応するマクロ画素30からサンプリング周期ごとに入力された検出信号V_{OUT}をカウントすることで、フォトンが入射が検出されたSPAD画素20の個数（検出数）をサンプリング周期ごとに計数し、この計数値をマクロ画素30の画素値として出力する。

[0049] 1. 8 サンプリング周期

ここで、サンプリング周期とは、発光部13がレーザ光L1を出射してから受光部14でフォトンが入射が検出されるまでの時間（飛行時間）を計測

する周期である。このサンプリング周期には、発光部 13 の発光周期よりも短い周期が設定される。例えば、サンプリング周期をより短くすることで、より高い時間分解能で、発光部 13 から出射して物体 90 で反射したフォトンの飛行時間を算出することが可能となる。これは、サンプリング周波数をより高くすることで、より高い測距分解能で物体 90 までの距離を算出することが可能となることを意味している。

[0050] 例えば、発光部 13 がレーザ光 L1 を出射して、このレーザ光 L1 が物体 90 で反射し、この反射光 L2 が受光部 14 に入射するまでの飛行時間を t とすると、光速 C が一定 ($C \doteq 300,000,000 \text{ m (メートル) / s (秒)}$) であることから、物体 90 までの距離 L は、以下の式 (1) ように算出することができる。

$$L = C \times t / 2 \quad (1)$$

[0051] そこで、サンプリング周波数を 1 GHz とすると、サンプリング周期は 1 ns (ナノ秒) となる。その場合、1 つのサンプリング周期は、15 cm (センチメートル) に相当する。これは、サンプリング周波数を 1 GHz とした場合の測距分解能が 15 cm であることを示している。また、サンプリング周波数を 2 倍の 2 GHz とすると、サンプリング周期は 0.5 ns (ナノ秒) となるため、1 つのサンプリング周期は、7.5 cm (センチメートル) に相当する。これは、サンプリング周波数を 2 倍とした場合、測距分解能を 1/2 にすることができることを示している。このように、サンプリング周波数を高くしてサンプリング周期を短くすることで、より精度良く、物体 90 までの距離を算出することが可能となる。

[0052] 1.9 深度画像

図 7 は、本実施形態に係る T o F センサにより取得される深度画像の一例を示す図であって、車両の前方へ向けた状態で設置された T o F センサ 1 により取得される深度画像の一例を示す図である。図 7 に示すように、本実施形態では、レーザ光 L1 を横方向に一回走査する度に、測距範囲 AR に相当する深度画像 50 が、測距範囲 AR 内に存在する物体までの深度情報として

取得される。したがって、図4に例示したように、縦長の使用SPADアレイ142を縦方向に4分割した場合、深度画像50は、縦方向に並ぶ4つの領域50-1～50-4に分割することができる。なお、第1領域50-1は、SPAD領域142-1で取得された深度画像であり、第2領域50-2は、SPAD領域142-2で取得された深度画像であり、第3領域50-3は、SPAD領域142-3で取得された深度画像であり、第4領域50-4は、SPAD領域142-4で取得された深度画像である。

[0053] 最下に位置する第1領域50-1は、例えば、ToFセンサ1が搭載された車両の足元付近の深度画像である。したがって、第1領域50-1には、例えば、路面や白線や縁石など、車両から近距離に存在する物体が含まれる可能性が高い。

[0054] 最上に位置する第4領域50-4は、例えば、車両の上方付近の深度画像である。したがって、第4領域50-4には、例えば、標識や看板など、車両から遠距離に存在する物体が含まれる可能性が高い。

[0055] 第2領域50-2は、例えば、車両の前方下方の深度画像である。したがって、第2領域50-2には、例えば、車間の狭い先行車両や路面など、近距離と遠距離との中間の距離の物体が含まれる可能性が高い。

[0056] 第3領域50-3は、例えば、車両の前方上方の深度画像である。したがって、第3領域50-3には、例えば、車間の開いた先行車両や信号機等の路上工作物など、近距離と遠距離との中間の距離であって第2領域50-2に含まれる可能性の高い物体よりも遠距離に存在する物体が含まれる可能性が高い。

[0057] なお、水平線H1は、第2領域50-2に含まれてもよいし、第3領域50-3に含まれてもよい。また、これらに限定されず、第1又は第4領域50-1又は50-4に含まれてもよいし、いずれの領域50-1～50-4にも含まれていなくてもよい。

[0058] また、ある領域（画角）の深度画像を取得するためのレーザ光L1の一度又は複数回の発光に対しては、図7において破線で示されている、使用SP

A D アレイ 1 4 2 の画角に相当する領域のフレーム画像が取得される。したがって、使用 S P A D アレイ 1 4 2 を縦方向に 4 分割した場合では、ある領域（画角）の深度画像を取得するためのレーザ光 L 1 の一度又は複数回の発光に対して、S P A D 領域 1 4 2 - 1 の画角に対応するフレーム画像 5 1 - 1 と、S P A D 領域 1 4 2 - 2 の画角に対応するフレーム画像 5 1 - 2 と、S P A D 領域 1 4 2 - 3 の画角に対応するフレーム画像 5 1 - 3 と、S P A D 領域 1 4 2 - 4 の画角に対応するフレーム画像 5 1 - 4 とが取得される。なお、フレーム画像 5 1 - 1 ~ 5 1 - 4 は、レーザ光 L 1 の横方向への走査に併せて横方向へスライドする。

[0059] 1. 10 ヒストグラム

ここで、最下に位置する第 1 領域 5 0 - 1 と最上に位置する第 4 領域 5 0 - 4 とに着目すると、一般的に、第 1 領域 5 0 - 1 に相当するデバイスの足元付近に存在する物体はデバイスの近傍に位置し、第 4 領域 5 0 - 4 に相当するデバイスの上方付近に存在する物体はデバイスの遠方に位置する。したがって、図 8 に示すように、第 1 領域 5 0 - 1 を担当する S P A D 領域 1 4 2 - 1 から得られたフレーム画像 5 1 - 1 に基づいて生成されるヒストグラム G 1 では、早い飛行時間で累積画素値がピークとなる一方、図 9 に示すように、第 4 領域 5 0 - 4 を担当する S P A D 領域 1 4 2 - 4 から得られたフレーム画像 5 1 - 4 に基づいて生成されるヒストグラム G 4 では、遅い飛行時間で累積画素値がピークとなる。

[0060] 1. 11 演算係数を共通化した場合の課題

そのため、図 10 に示すように、S P A D 領域 1 4 2 - 1 ~ 1 4 2 - 4 それぞれから得られたフレーム画像 5 1 - 1 ~ 5 1 - 4 に対し、共通の演算部 9 1 5 及び共通の演算係数 9 1 6 を用いて物体までの距離を算出する演算処理を実行した場合、それぞれの測距結果 9 1 7 - 1 ~ 9 1 7 - 4 が最適な演算係数を用いて算出されているとは限られず、それにより、測距精度が低下してしまう可能性が存在する。

[0061] 1. 12 第 1 実施形態に係る演算処理

そこで本実施形態では、図 11 に示すように、演算部 15 を 4 つの SPAD 領域 142-1 ~ 142-4 それぞれに対して一対一となるように 4 つの演算部 15-1 ~ 15-4 に分割し、それぞれの演算部 15-1 ~ 15-4 に対して、個別の演算係数 16-1 ~ 16-4 を設定する。

[0062] このような構成とすることで、演算部 15-1 ~ 15-4 ごとに、物体までの予測される距離に応じた個別の演算係数 16-1 ~ 16-4 を設定することが可能となるため、それぞれの測距結果 17-1 ~ 17-4 を最適な演算係数を用いて算出することが可能となる。それにより、測距範囲 AR 内に近距離の物体と遠距離の物体とが存在する場合でも、測距精度が低下することを低減することが可能となる。

[0063] 例えば、物体が近距離に存在し易い SPAD 領域 142-1 に対応する演算部 15-1 に対しては、演算係数 16-1 として、検出された光から反射光 L2 の成分を抽出するための閾値として高い閾値 Sth1 (図 8 参照) を設定するとともに、低周波のノイズ成分を除去するフィルタ係数を設定する一方、物体が遠距離に存在し易い SPAD 領域 142-4 に対応する演算部 15-4 に対しては、演算係数 16-4 として、閾値として低い閾値 Sth4 (図 9 参照) を設定するとともに、高周波のノイズ成分を除去するフィルタ係数を設定することが可能となる。

[0064] また、演算部 15-2 及び 15-3 に対しても同様に、第 2 領域 50-2 及び第 3 領域 50-3 それぞれで予測される物体までの距離に応じて最適な演算係数 16-2 及び 16-3 を設定することが可能となる。

[0065] 1. 13 演算係数の例

本実施形態に係る演算部 15-1 ~ 15-4 に設定される演算係数 16-1 ~ 16-4 としては、例えば、図 12 に例示するように、上述した、検出された光から反射光 L2 の成分を抽出するための閾値 (以下、エコー閾値という) と、ノイズ成分を除去するためのフィルタ係数 (以下、単にフィルタ係数という) との他に、取得する深度画像の解像度 (以下、単に解像度という) や、使用 SPAD アレイ 142 から深度画像を読み出すフレームレート

（以下、単にフレームレートという）や、ヒストグラム出力範囲（時間帯）（以下、（以下、ヒストグラム出力範囲という）などを例示することができる。

[0066] エコー閾値は、上述したように、SPAD画素20で検出された光から反射光L2の成分を抽出するための閾値であり、図12に例示するように、例えば、物体が近距離に存在する可能性の高い第1領域50-1ほど高く、物体が遠距離に存在する可能性の高い第4領域50-4ほど低い値に設定されてよい。

[0067] フィルタ係数は、上述したように、作成されたヒストグラムからノイズ成分を除去するためのフィルタ係数であり、図12に例示するように、例えば、第1領域50-1ほど低周波成分をカットするフィルタ係数が設定され、第4領域50-4ほど高周波成分をカットするフィルタ係数が設定されてよい。

[0068] 解像度は、上述したように、例えば、1つの画素を構成するマクロ画素30の数を変更することで、変更することができる。この解像度は、図12に例示するように、例えば、第1領域50-1ほど高く、第4領域50-4ほど低い値に設定されてよい。解像度を低くすることで、1画素のダイナミックレンジを広げることが可能となるため、遠距離の物体で反射した弱い反射光L2を検出することが可能となる。一方、解像度を高くすることで、よりきめ細やかな深度画像を取得することが可能となるため、測距精度を高めることが可能となる。

[0069] フレームレートは、例えば、後述するヒストグラム回路152が作成するヒストグラムのビン数及び発光部13の発光周期を変更することで、変更することができる。例えば、ヒストグラムのビン数を1/2とし、発光部13の発光周期を2倍とすることで、フレームレートを2倍にすることができる。このフレームレートは、図12に例示するように、例えば、第1領域50-1ほど高く、第4領域50-4ほど低い値に設定されてよい。フレームレートを高くすることで、より高サイクルで物体までの距離を測定することが

可能となるため、物体に対する反応を迅速に開始することが可能となる。一方、フレームレートを低くすることで、データ処理量を削減することが可能となるため、処理時間の短縮や消費電力の削減を達成することができる。

[0070] ヒストグラム出力範囲は、例えば、作成したヒストグラムのうちの出力する範囲（時間帯）を変更することで、変更することができる。例えば、近距離に位置する物体までの距離を算出する場合には、ヒストグラムにおける前の時間帯を出力することで、出力帯域を削減することが可能となる。一方、遠距離に位置する物体までの距離を算出する場合には、ヒストグラムにおける後の時間帯を出力することで、同様に、出力帯域を削減することが可能となる。このヒストグラムの出力範囲は、図12に例示するように、例えば、第1領域50-1ほどヒストグラムにおける前の時間帯とし、第4領域50-4ほど後の時間帯とされてよい。ヒストグラムの出力範囲を絞り込むことで、データ処理量を削減することが可能となるため、処理時間の短縮や消費電力の削減を達成することができる。

[0071] ただし、上述した演算係数は、単なる例に過ぎず、種々追加・変更することが可能である。例えば、ヒストグラムから外乱光によるノイズを引算する際の値や、サンプリング周波数などを、演算係数に含めることも可能である。

[0072] 1. 14 演算部の概略構成例

図13は、本実施形態に係る演算部の概略構成例を示すブロック図である。図13に示すように、各演算部15-1~15-4は、サンプリング回路151と、ヒストグラム回路152と、フィルタ回路153と、エコー検出回路154と、レジスタブロック155とを備える。

[0073] レジスタブロック155は、例えば、SRAM (Static Random Access Memory) 等で構成されたメモリ領域であり、同演算部に属するサンプリング回路151、ヒストグラム回路152、フィルタ回路153及びエコー検出回路154それぞれが実行する演算処理において使用する個別の演算係数を格納する。

- [0074] サンプリング回路 151 は、例えば、同演算部のレジスタブロック 155 に格納されている演算係数のうちの解像度に従って、SPAD 加算部 40 から出力されたマクロ画素 30 ごとの検出信号を所定数のマクロ画素単位で加算することで、1 画素あたりの画素値を算出する。この加算は、使用 SPAD アレイ 142 全体で同期して実行されてよい。
- [0075] ヒストグラム回路 152 は、例えば、同演算部のレジスタブロック 155 に格納されている演算係数のうちのフレームレート及び／又はヒストグラムの作成範囲に従って、サンプリング回路 151 で同期して算出された画素ごとの画素値を、当該画素のヒストグラムにおけるサンプリング周期に対応したビン、言い換えれば、飛行時間に対応したビンの値に加算することで、画素ごとのヒストグラム（例えば、図 8 又は図 9 参照）を作成する。
- [0076] フィルタ回路 153 は、例えば、同演算部のレジスタブロック 155 に格納されている演算係数のうちのノイズカットのフィルタ係数に従って、ヒストグラム回路 152 で作成されたヒストグラムに対してフィルタ処理を実行することで、フィルタ係数に応じた周波数帯のノイズを除去する。
- [0077] エコー検出回路 154 は、例えば、同演算部のレジスタブロック 155 に格納されている演算係数のうちのエコー閾値に従って、ノイズ除去後のヒストグラムから反射光 L2 の成分を抽出し、抽出した反射光 L2 の成分において、累積画素値がピークとなるビン番号（飛行時間）から、各画素に写された物体までの距離を算出する。
- [0078] 以上のようにして算出された物体までの距離で構成されたフレーム画像 51-1～51-4 は、例えば、制御部 11 や外部 I/F 19 を介してホスト 80 へ入力されてよい。
- [0079] 1. 15 レジスタブロックへの演算係数の設定
- 各演算部 15-1～15-4 のレジスタブロック 155 に対する演算係数の設定は、図 14 に例示するように、例えば、演算部 15-1～15-4 それぞれに対して一対一に設けられたパラメータ設定部 156-1～156-4 を介して実行されてよい。パラメータ設定部 156-1～156-4 は、

制御部 11 の一部であってもよいし、制御部 11 とは別の構成であってもよい。

[0080] 各パラメータ設定部 156-1~156-4 は、例えば、ホスト 80 から指示された演算係数を、この演算係数とともに入力されたレジスタアドレスに基づいて、各演算部 15-1~15-4 におけるレジスタブロック 155 に格納する。

[0081] また、図 15 に例示するように、パラメータ設定部 156-1~156-4 とは別に、各演算部 15-1~15-4 におけるレジスタブロック 155 それぞれに対して共通のブロードキャストパラメータ設定部 156-5 が設けられてもよい。その場合、ブロードキャストパラメータ設定部 156-5 が、ホスト 80 から指示された演算係数を、この演算係数とともに入力されたレジスタアドレスに基づいて、各演算部 15-1~15-4 におけるレジスタブロック 155 に格納してよい。

[0082] なお、ホスト 80 に代えて、ToF センサ 1 内の制御部 11 が、各パラメータ設定部 156-1~156-4 又はブロードキャストパラメータ設定部 156-5 に対して、演算係数及びレジスタアドレスを入力する構成とすることも可能である。

[0083] さらに、ホスト 80 又は制御部 11 から各パラメータ設定部 156-1~156-4 又はブロードキャストパラメータ設定部 156-5 に入力される演算係数は、予め固定値として設定されていてもよいし、ホスト 80 又は制御部 11 が過去のフレーム画像等に基づいて生成してもよいし、ユーザがホスト 80 又は制御部 11 に対して設定してもよい。

[0084] 1. 16 受光部及び演算部のチップ構成例

図 16 は、本実施形態に係る ToF センサにおける受光部及び演算部の積層構造例を示す図である。図 16 に示すように、受光部 14 及び演算部 15 は、受光チップ 101 と回路チップ 102 とが上下に貼り合わされた貼合せチップ 100 の構造を備える。受光チップ 101 は、例えば、受光部 14 の SPAD 画素 20 におけるフォトダイオード 21 が配列する SPAD アレイ

141を備える半導体チップであり、回路チップ102は、例えば、受光部14におけるSPAD画素20のフォトダイオード21以外の構成及び図1における演算部15が配置された半導体チップである。

[0085] 受光チップ101と回路チップ102との接合には、例えば、それぞれの接合面を平坦化して両者を電子間力で貼り合わせる、いわゆる直接接合を用いることができる。ただし、これに限定されず、例えば、互いの接合面に形成された銅(Cu)製の電極パッド同士をボンディングする、いわゆるCu-Cu接合や、その他、バンプ接合などを用いることも可能である。

[0086] また、受光チップ101と回路チップ102とは、例えば、半導体基板を貫通するTSV(Through-Silicon Via)などの接続部を介して電氣的に接続される。TSVを用いた接続には、例えば、受光チップ101に設けられたTSVと受光チップ101から回路チップ102にかけて設けられたTSVとの2つのTSVをチップ外表で接続する、いわゆるツインTSV方式や、受光チップ101から回路チップ102まで貫通するTSVで両者を接続する、いわゆるシェアードTSV方式などを採用することができる。

[0087] ただし、受光チップ101と回路チップ102との接合にCu-Cu接合やバンプ接合を用いた場合には、Cu-Cu接合部やバンプ接合部を介して両者が電氣的に接続される。

[0088] なお、図16に示す貼合せチップ100には、受光部14及び演算部15に限られず、発光部13や制御部11やその他の部が含まれていてもよい。

[0089] 1. 17 各チップの平面レイアウト例

図17は、受光チップ101における受光面の平面レイアウトの一例を示す図である。図17に示すように、受光チップ101の受光面における有効画素領域120には、複数のフォトダイオード21が2次元格子状に配列した構成を備える。使用SPADアレイ142に属するSPAD画素20のフォトダイオード21は、有効画素領域120の一部のフォトダイオード21であってよいし、全部のフォトダイオード21であってもよい。

[0090] 図18は、回路チップ102における受光チップ101側の面の平面レイ

アウト例を示す図である。図 18 に示すように、回路チップ 102 における使用 SPAD アレイ 142 の領域と対応する領域には、SPAD 画素 20 における読出し回路 22 が 2 次元格子状に配列する読出し回路領域 22A が配置されている。また、読出し回路領域 22A に隣接する領域には、4 つの演算部 15-1 ~ 15-4 が並列に配置されている。

[0091] 各演算部 15-1 ~ 15-4 では、読出し回路領域 22A に近い領域から順に、サンプリング回路 151、ヒストグラム回路 152、フィルタ回路 153 及びエコー検出回路 154 が配置されている。このように、読出し回路 22 から出力された検出信号に対して処理を実行する順に配置することで、読出しから出力までの配線長を短くすることが可能となるため、信号遅延などを低減することが可能となる。

[0092] また、サンプリング回路 151、ヒストグラム回路 152、フィルタ回路 153 及びエコー検出回路 154 の並びに対して並行するように、レジスタブロック 155 が配置されている。このように、サンプリング回路 151、ヒストグラム回路 152、フィルタ回路 153 及びエコー検出回路 154 に対して近接するようにレジスタブロック 155 を配置することで、レジスタブロック 155 から各回路への信号線の引回しを簡素化することが可能となる。

[0093] さらに、以上のように、演算部を 4 つの演算部 15-1 ~ 15-4 に分割することで、1 つ 1 つの演算部の回路設計が容易化するとともに、1 つの演算部の回路パターンを他の 4 つの演算部に使い回すことが可能となるため、回路設計に要する手間や時間を大幅に短縮することが可能となるというメリットも得られる。

[0094] 1. 18 作用・効果

以上のように、本実施形態によれば、使用 SPAD アレイ 142 の画角を複数の領域（フレーム画像 51-1 ~ 51-4 に相当）に分割し、領域ごとに独立した演算係数を設定することが可能となるため、それぞれの領域に写される可能性の高い物体までの距離に応じて領域ごとに最適な演算係数を設

定することが可能となる。それにより、それぞれの領域で最適な演算係数を用いて物体までの距離を算出することが可能となるため、例えば、測距範囲A R内に近距離の物体と遠距離の物体とが存在する場合でも、測距精度が低下することを低減することが可能となる。

[0095] また、各領域に対する演算部15-1～15-4を同じ回路パターンとすることが可能となるため、回路設計に要する手間や時間を大幅に短縮することも可能となる。

[0096] さらに、例えば、一部の領域に対しては測距処理を行わない場合には、該当する演算部（演算部15-1～15-4の何れか）に対する電力供給を停止することが可能となるため、状況に応じて消費電力を削減できるというメリットも存在する。

[0097] なお、本実施形態では、使用SPADアレイ142の画角SRを水平方向へ往復走査する場合を例示したが、これに限定されず、使用SPADアレイ142の長手方向を水平方向とし、使用SPADアレイ142の画角SRを垂直方向へ往復走査するように構成することも可能である。

[0098] また、SPADアレイ141の有効画素領域全体を画角とし、この画角を固定した、いわゆるフラッシュ型のToFセンサにおいて、図7に示すように、深度画像50を複数の領域50-1～50-4に分割するように構成することも可能である。

[0099] 2. 第2の実施形態

つぎに、第2の実施形態について、図面を参照して詳細に説明する。なお、以下の説明において、上述した第1の実施形態と同様の構成については、それを引用することで、その重複する説明を省略する。

[0100] 上述した第1の実施形態では、分割された4つの演算部15-1～15-4それぞれが、個別のレジスタブロック155を備える場合（図13又は図14等参照）を例示した。これに対し、第2の実施形態では、レジスタブロックを複数の演算部で共用する場合を例示する。

[0101] 2. 1 演算部の概略構成例

図19は、本実施形態に係る演算部の概略構成例を示すブロック図である。図19に示すように、本実施形態では、演算部15（図1参照）が、4つの演算部25-1～25-4と、共用されるレジスタブロック255とで構成されている。

[0102] 各演算部25-1～25-4は、第1の実施形態に係る演算部15-1～15-4と同様に、サンプリング回路151、ヒストグラム回路152、フィルタ回路153及びエコー検出回路154を備える。

[0103] レジスタブロック255は、それぞれの演算部25-1～25-4が担当する領域50-1～50-4に応じた演算係数16-1～16-4を格納し、各演算部25-1～25-4におけるサンプリング回路151、ヒストグラム回路152、フィルタ回路153及びエコー検出回路154それぞれに対して適切な演算係数16-1～16-4を設定する。

[0104] 2. 2 回路チップの平面レイアウト例

また、図20は、本実施形態に係る回路チップの受光チップ側の面の平面レイアウト例を示す図である。図20に示すように、本実施形態に係る回路チップ102では、読出し回路領域22Aに隣接する領域に、4つの演算部25-1～25-4が並列に配置されている。レジスタブロック255は、例えば、4つの演算部25-1～25-4が配列する領域に対し、この配列方向において隣接する側に配置されている。ただし、これに限定されず、4つの演算部25-1～25-4を挟んで読出し回路領域22Aとは反対側にレジスタブロック255を配置したレイアウトとすることも可能である。

[0105] 2. 3 作用・効果

以上のような構成によっても、第1の実施形態と同様に、領域ごとに最適な演算係数を用いて物体までの距離を算出することが可能となるため、例えば、測距範囲AR内に近距離の物体と遠距離の物体とが存在する場合でも、測距精度が低下することを低減することが可能となる。

[0106] その他の構成、動作及び効果は、上述した実施形態と同様であってよいため、ここでは詳細な説明を省略する。

[0107] 3. 第3の実施形態

また、第2の実施形態では、レジスタブロック255を複数の演算部25-1～25-4で共用する場合を例示した。これに対し、第3の実施形態では、演算部を複数のSPAD領域142-1～142-4で共用する場合について、例を挙げて説明する。なお、以下の説明において、上述した実施形態と同様の構成については、それを引用することで、その重複する説明を省略する。

[0108] 3. 1 演算部の概略構成例

図21は、本実施形態に係る演算部の概略構成例を示すブロック図である。図21に示すように、本実施形態に係る演算部15（図1参照）は、4つのSPAD領域142-1～142-4で共有されるサンプリング回路351、ヒストグラム回路352、フィルタ回路353及びエコー検出回路354と、各SPAD領域142-1～142-4に対して個別の演算係数16-1～16-4を格納するレジスタブロック155-1～155-4とを備える。

[0109] サンプリング回路351、ヒストグラム回路352、フィルタ回路353及びエコー検出回路354それぞれにおける一部の領域とレジスタブロック155-1とは、SPAD領域142-1から読み出された信号に対して演算処理を実行する演算部35-1を構成する。同様に、サンプリング回路351、ヒストグラム回路352、フィルタ回路353及びエコー検出回路354それぞれにおける一部の領域とレジスタブロック155-2とは、SPAD領域142-2から読み出された信号に対して演算処理を実行する演算部35-1を構成し、サンプリング回路351、ヒストグラム回路352、フィルタ回路353及びエコー検出回路354それぞれにおける一部の領域とレジスタブロック155-3とは、SPAD領域142-3から読み出された信号に対して演算処理を実行する演算部35-1を構成し、サンプリング回路351、ヒストグラム回路352、フィルタ回路353及びエコー検出回路354それぞれにおける一部の領域とレジスタブロック155-4と

は、SPAD領域142-4から読み出された信号に対して演算処理を実行する演算部35-1を構成する。

[0110] サンプリング回路351、ヒストグラム回路352、フィルタ回路353及びエコー検出回路354における演算部35-1に属する領域には、レジスタブロック155-1に格納された演算係数16-1が設定される。

[0111] 同様に、サンプリング回路351、ヒストグラム回路352、フィルタ回路353及びエコー検出回路354における演算部35-2～35-4それぞれに属する領域それぞれには、レジスタブロック155-2～155-4に格納された演算係数16-2～16-4が適宜設定される。

[0112] 3. 2 回路チップの平面レイアウト例

また、図22は、本実施形態に係る回路チップの受光チップ側の面の平面レイアウト例を示す図である。図22に示すように、本実施形態に係る回路チップ102では、読出し回路領域22Aに隣接する領域に、共用されるサンプリング回路351、ヒストグラム回路352、フィルタ回路353及びエコー検出回路354が順に配列する。また、サンプリング回路351、ヒストグラム回路352、フィルタ回路353及びエコー検出回路354を挟んで読出し回路領域22Aと反対側の領域には、各演算部35-1～35-4のレジスタブロック155-1～155-4が配置される。

[0113] 3. 3 作用・効果

以上のような構成によっても、第1の実施形態と同様に、領域ごとに最適な演算係数を用いて物体までの距離を算出することが可能となるため、例えば、測距範囲AR内に近距離の物体と遠距離の物体とが存在する場合でも、測距精度が低下することを低減することが可能となる。

[0114] その他の構成、動作及び効果は、上述した実施形態と同様であってよいため、ここでは詳細な説明を省略する。

[0115] 4. 第4の実施形態

なお、上述した実施形態では、ToFセンサ1に実装された演算部15が、サンプリング回路151、ヒストグラム回路152、フィルタ回路153

、エコー検出回路 154 及びレジスタブロック 155 を備える場合を例示したが、サンプリング回路 151、ヒストグラム回路 152、フィルタ回路 153 及びエコー検出回路 154 のうちの一部を、例えば、ホスト 80 などの外部機器に実装することも可能である。

[0116] 4. 1 第 1 例

例えば、図 23 に示す測距システム 401 のように、ToF センサ 1 の各演算部 15-1 ~ 15-4 におけるヒストグラム回路 152、フィルタ回路 153 及びエコー検出回路 154 と、レジスタブロック 155 の一部とをホスト 80 へ実装し、ToF センサ 1 の各演算部 15-1 ~ 15-4 には、サンプリング回路 151 及びそのレジスタブロック 155 を実装した構成とすることも可能である。

[0117] 4. 2 第 2 例

また、例えば、図 24 に示す測距システム 402 のように、ToF センサ 1 の各演算部 15-1 ~ 15-4 におけるフィルタ回路 153 及びエコー検出回路 154 と、レジスタブロック 155 の一部とをホスト 80 へ実装し、ToF センサ 1 の各演算部 15-1 ~ 15-4 には、サンプリング回路 151 及びヒストグラム回路 152 と、そのレジスタブロック 155 とを実装した構成とすることも可能である。

[0118] 4. 3 第 3 例

さらに、例えば、図 25 に示す測距システム 404 のように、ToF センサ 1 の各演算部 15-1 ~ 15-4 におけるエコー検出回路 154 及びそのレジスタブロック 155 をホスト 80 へ実装し、ToF センサ 1 の各演算部 15-1 ~ 15-4 には、サンプリング回路 151、ヒストグラム回路 152 及びフィルタ回路 153 と、そのレジスタブロック 155 とを実装した構成とすることも可能である。

[0119] 4. 4 作用・効果

以上のような構成によっても、第 1 の実施形態と同様に、領域ごとに最適な演算係数を用いて物体までの距離を算出することが可能となるため、例えば

、測距範囲 A R 内に近距離の物体と遠距離の物体とが存在する場合でも、測距精度が低下することを低減することが可能となる。

[0120] なお、図 23～図 25 では、説明の簡略化のため、T o F センサ 1 における一部の構成が省略されている。また、本実施形態では、第 1 の実施形態とベースとした場合を例示するが、ベースとする実施形態は、第 1 の実施形態に限定されず、他の実施形態とすることも可能である。

[0121] その他の構成、動作及び効果は、上述した実施形態と同様であってよいため、ここでは詳細な説明を省略する。

[0122] 5. 第 5 の実施形態

次に、第 5 の実施形態について、図面を参照して詳細に説明する。第 5 の実施形態では、上述した実施形態に係る T o F センサ 1 を、自動運転機能を搭載した車両に搭載した場合について、例を挙げて説明する。なお、以下の説明では、第 1 の実施形態に係る T o F センサ 1 を用いた場合を例示するが、これに限定されず、他の実施形態に係る T o F センサ 1 を用いることも可能である。

[0123] 5. 1 車載システム

図 26 は、本実施形態に係る車載システムの概略構成例を示すブロック図である。図 26 に示すように、車載システム 500 は、例えば、T o F センサ 1 と、自動運転モジュール 501 と、E C U (Engine Control Unit) 502 とを備える。

[0124] E C U 502 は、例えば、不図示の C P U (Central Processing Unit)、R O M (Read Only Memory)、R A M (Random Access Memory)、表示制御部、音声制御部、S S D (Solid State Drive、フラッシュメモリ)等を備え、車両の走行や車内環境等に関する種々の制御を実行する。また、E C U 502 は、自動運転モジュール 501 へ、車両の走行や車内環境等に関する種々の情報を通知する。

[0125] 自動運転モジュール 501 は、例えば、E C U 502 から通知された車両の走行や車内環境等に関する種々の情報に基づき、T o F センサ 1 からの測

距結果に基づいて車両の走行を自動制御する種々の処理を実行する。

[0126] また、自動運転モジュール501は、ECU502から通知された車両の走行や車内環境等に関する種々の情報に基づき、ToFセンサ1の各演算部15-1～15-4に設定する演算係数16-1～16-4を、ToFセンサ1に入力する。この自動運転モジュール501は、例えば、上述した実施形態におけるホスト80に相当する。

[0127] 5. 2 演算係数切替動作

次に、図26に示すような車載システム500において、ToFセンサ1における演算処理の演算係数を切り替える際の動作について、例を挙げて説明する。なお、本説明では、自動運転モジュール501の動作に着目する。

[0128] 図27は、本実施形態に係る演算係数切替動作の概略例を示すフローチャートである。図27に示すように、本動作では、起動後、自動運転モジュール501は、ECU502から提供された情報に従い、車両が走行中であるか否かを判断し（ステップS101）、車両が走行を開始するまで待機する（ステップS101のNO）。

[0129] 車両が走行を開始すると（ステップS101のYES）、自動運転モジュール501は、まず、不図示の照度センサ等で検出された現在の車外の照度Sが照度閾値S1以下であるか否かを判定する（ステップS102）。照度Sが照度閾値S1より大きい場合（ステップS102のNO）、自動運転モジュール501は、ステップS105へ進む。一方、照度Sが照度閾値S1以下である場合（ステップS102のYES）、自動運転モジュール501は、第1領域50-1～第4領域50-4の全ての領域に対するエコー閾値を下げるように演算係数16-1～16-4を変更するとともに（ステップS103）、例えば、第4領域50-4の解像度を上げるように演算係数16-4を変更し（ステップS104）、その後、ステップS115へ進む。

[0130] なお、ステップS102では、現在の照度Sと照度閾値S1との比較に代えて、例えば、特定の時間帯（主に夜間）であるか否かを判断してもよい。

また、ステップS 1 0 3におけるエコー閾値の下げ幅は、予め設定されていてもよいし、現在の照度Sに応じた下げ幅であってもよい。さらに、ステップS 1 0 4における解像度の下げ幅は、予め設定されていてもよいし、現在の照度Sに応じた下げ幅であってもよい。さらにまた、ステップS 1 0 4において解像度を下げる領域は、第4領域5 0 - 4に限定されず、第3領域5 0 - 3など、種々追加・変更することが可能である。

[0131] ステップS 1 0 5では、自動運転モジュール5 0 1は、第1領域5 0 - 1～第4領域5 0 - 4のうち、車両又はT o Fセンサ1からT o Fセンサ1の測距領域A R内に存在する物体までの距離Dが距離閾値D 1以下である領域が存在するか否かを判定する。距離Dが距離閾値D 1以下である領域が存在しない場合（ステップS 1 0 5のN O）、自動運転モジュール5 0 1は、ステップS 1 0 9へ進む。一方、距離Dが距離閾値D 1以下である領域が存在する場合（ステップS 1 0 5のY E S）、自動運転モジュール5 0 1は、該当する領域のエコー閾値を上げ（ステップS 1 0 6）、同じく該当する領域のフィルタ係数を低周波除去用のフィルタ係数に変更するとともに（ステップS 1 0 7）、該当する領域のフレームレートを上げ（ステップS 1 0 8）、その後、ステップS 1 1 5へ進む。

[0132] なお、ステップS 1 0 6では、T o Fセンサ1で取得された前フレームに限られず、不図示のイメージセンサ等で取得された画像に基づいて、物体までの距離Dが算出されてもよい。また、ステップS 1 0 6におけるエコー閾値の上げ幅は、予め設定されていてもよいし、現在の距離Dに応じた上げ幅であってもよい。さらに、ステップS 1 0 7において、変更後の除去対象とする周波数帯は、予め設定しておいた周波数帯であってもよいし、現在の距離Dに応じた周波数帯であってもよい。さらにまた、ステップS 1 0 8におけるフレームレートの上げ幅は、ステップS 1 0 6におけるエコー閾値の上げ幅は、予め設定されていてもよいし、現在の距離Dに応じた上げ幅であってもよい。

[0133] ステップS 1 0 9では、自動運転モジュール5 0 1は、E C U 5 0 2から

提供された情報に従い、現在の車速 V が速度閾値 $V1$ 以上であるか否かを判断する。車速 V が速度閾値 $V1$ 未満である場合（ステップ $S109$ の NO ）、自動運転モジュール 501 は、ステップ $S111$ へ進む。一方、車速 V が速度閾値 $V1$ 以上である場合（ステップ $S109$ の YES ）、自動運転モジュール 501 は、全領域のフレームレートを上げ（ステップ $S110$ ）、その後、ステップ $S115$ へ進む。

[0134] なお、ステップ $S110$ におけるフレームレートの上げ幅は、ステップ $S106$ におけるエコー閾値の上げ幅は、予め設定されていてもよいし、現在の車速 V に応じた上げ幅であってもよい。

[0135] ステップ $S111$ では、自動運転モジュール 501 は、 $ECU502$ から提供された情報に従い、手動又は自動により一定旋回角以上のハンドルが操作されたか否かを判定する。一定旋回角以上のハンドル操作がされていない場合（ステップ $S111$ の NO ）、自動運転モジュール 501 は、ステップ $S115$ へ進む。一方、一定旋回角以上のハンドル操作がされた場合（ステップ $S111$ の YES ）、自動運転モジュール 501 は、ハンドルの操作量に基づき、車両が右折するか否かを判定する（ステップ $S112$ ）。車両が右折する場合（ステップ $S112$ の YES ）、自動運転モジュール 501 は、測距領域 AR における右側の領域に対するフレームレートを上げ（ステップ $S113$ ）、その後、ステップ $S115$ へ進む。一方、右折でない場合、すなわち、車両が左折する場合（ステップ $S112$ の NO ）、自動運転モジュール 501 は、測距領域 AR における左側の領域に対するフレームレートを上げ（ステップ $S114$ ）、その後、ステップ $S115$ へ進む。

[0136] ステップ $S115$ では、自動運転モジュール 501 は、例えば、 $ECU502$ からの指示に従い、本動作を終了するか否かを判定し、終了する場合（ステップ $S115$ の YES ）、本動作を終了する。一方、終了しない場合（ステップ $S115$ の NO ）、自動運転モジュール 501 は、ステップ $S101$ へリターンし、以降の動作を継続して実行する。

[0137] 5. 3 作用・効果

以上のように、本実施形態によれば、車両の走行状態や車外状況等に応じて、各領域に対する演算係数を変更することが可能となる。それにより、車両の走行状態や車外状況等に応じた最適な測距が可能となる。

[0138] その他の構成、動作及び効果は、上述した実施形態と同様であってよいため、ここでは詳細な説明を省略する。

[0139] 6. 応用例

本開示に係る技術は、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、建設機械、農業機械（トラクター）など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。

[0140] 図28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7000の概略的な構成例を示すブロック図である。車両制御システム7000は、通信ネットワーク7010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28に示した例では、車両制御システム7000は、駆動系制御ユニット7100、ボディ系制御ユニット7200、バッテリー制御ユニット7300、車外情報検出ユニット7400、車内情報検出ユニット7500、及び統合制御ユニット7600を備える。これらの複数の制御ユニットを接続する通信ネットワーク7010は、例えば、CAN (Controller Area Network)、LIN (Local Interconnect Network)、LAN (Local Area Network) 又はFlexRay (登録商標) 等の任意の規格に準拠した車載通信ネットワークであってよい。

[0141] 各制御ユニットは、各種プログラムにしたがって演算処理を行うマイクロコンピュータと、マイクロコンピュータにより実行されるプログラム又は各種演算に用いられるパラメータ等を記憶する記憶部と、各種制御対象の装置を駆動する駆動回路とを備える。各制御ユニットは、通信ネットワーク7010を介して他の制御ユニットとの間で通信を行うためのネットワークI/Fを備えるとともに、車内外の装置又はセンサ等との間で、有線通信又は無

線通信により通信を行うための通信 I / F を備える。図 28 では、統合制御ユニット 7600 の機能構成として、マイクロコンピュータ 7610、汎用通信 I / F 7620、専用通信 I / F 7630、測位部 7640、ビーコン受信部 7650、車内機器 I / F 7660、音声画像出力部 7670、車載ネットワーク I / F 7680 及び記憶部 7690 が図示されている。他の制御ユニットも同様に、マイクロコンピュータ、通信 I / F 及び記憶部等を備える。

[0142] 駆動系制御ユニット 7100 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 7100 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。駆動系制御ユニット 7100 は、ABS (Antilock Brake System) 又は ESC (Electronic Stability Control) 等の制御装置としての機能を有してもよい。

[0143] 駆動系制御ユニット 7100 には、車両状態検出部 7110 が接続される。車両状態検出部 7110 には、例えば、車体の軸回転運動の角速度を検出するジャイロセンサ、車両の加速度を検出する加速度センサ、あるいは、アクセルペダルの操作量、ブレーキペダルの操作量、ステアリングホイールの操舵角、エンジン回転数又は車輪の回転速度等を検出するためのセンサのうちの少なくとも一つが含まれる。駆動系制御ユニット 7100 は、車両状態検出部 7110 から入力される信号を用いて演算処理を行い、内燃機関、駆動用モータ、電動パワーステアリング装置又はブレーキ装置等を制御する。

[0144] ボディ系制御ユニット 7200 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 7200 は、キーレスエントリシステム、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、ウィンカー又はフォグラмп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 7200 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 7200 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。

[0145] バッテリ制御ユニット 7300 は、各種プログラムにしたがって駆動用モータの電力供給源である二次電池 7310 を制御する。例えば、バッテリ制御ユニット 7300 には、二次電池 7310 を備えたバッテリ装置から、バッテリ温度、バッテリ出力電圧又はバッテリの残存容量等の情報が入力される。バッテリ制御ユニット 7300 は、これらの信号を用いて演算処理を行い、二次電池 7310 の温度調節制御又はバッテリ装置に備えられた冷却装置等の制御を行う。

[0146] 車外情報検出ユニット 7400 は、車両制御システム 7000 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 7400 には、撮像部 7410 及び車外情報検出部 7420 のうちの少なくとも一方が接続される。撮像部 7410 には、ToF (Time of Flight) カメラ、ステレオカメラ、単眼カメラ、赤外線カメラ及びその他のカメラのうちの少なくとも一つが含まれる。車外情報検出部 7420 には、例えば、現在の天候又は気象を検出するための環境センサ、あるいは、車両制御システム 7000 を搭載した車両の周囲の他の車両、障害物又は歩行者等を検出するための周囲情報検出センサのうちの少なくとも一つが含まれる。

[0147] 環境センサは、例えば、雨天を検出する雨滴センサ、霧を検出する霧センサ、日照度合いを検出する日照センサ、及び降雪を検出する雪センサのうちの少なくとも一つであってよい。周囲情報検出センサは、超音波センサ、レーダ装置及び LIDAR (Light Detection and Ranging、Laser Imaging Detection and Ranging) 装置のうちの少なくとも一つであってよい。これらの撮像部 7410 及び車外情報検出部 7420 は、それぞれ独立したセンサないし装置として備えられてもよいし、複数のセンサないし装置が統合された装置として備えられてもよい。

[0148] ここで、図29は、撮像部7410及び車外情報検出部7420の設置位置の例を示す。撮像部7910、7912、7914、7916、7918は、例えば、車両7900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のうちの少なくとも一つ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7910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7918は、主として車両7900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7912、7914は、主として車両7900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7916は、主として車両7900の後方の画像を取得する。車室内のフロントガラスの上部に備えられる撮像部7918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。

[0149] なお、図29には、それぞれの撮像部7910、7912、7914、7916の撮影範囲の一例が示されている。撮像範囲aは、フロントノーズに設けられた撮像部7910の撮像範囲を示し、撮像範囲b、cは、それぞれサイドミラーに設けられた撮像部7912、7914の撮像範囲を示し、撮像範囲dは、リアバンパ又はバックドアに設けられた撮像部7916の撮像範囲を示す。例えば、撮像部7910、7912、7914、7916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7900を上方から見た俯瞰画像が得られる。

[0150] 車両7900のフロント、リア、サイド、コーナ及び車室内のフロントガラスの上部に設けられる車外情報検出部7920、7922、7924、7926、7928、7930は、例えば超音波センサ又はレーダ装置であってよい。車両7900のフロントノーズ、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に設けられる車外情報検出部7920、7926、7930は、例えばLIDAR装置であってよい。これらの車外情報検出部7920～7930は、主として先行車両、歩行者又は障害物等の検出に用いられる。

[0151] 図28に戻って説明を続ける。車外情報検出ユニット7400は、撮像部7410に車外の画像を撮像させるとともに、撮像された画像データを受信する。また、車外情報検出ユニット7400は、接続されている車外情報検出部7420から検出情報を受信する。車外情報検出部7420が超音波センサ、レーダ装置又はLIDAR装置である場合には、車外情報検出ユニット7400は、超音波又は電磁波等を発信させるとともに、受信された反射波の情報を受信する。車外情報検出ユニット7400は、受信した情報に基づいて、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。車外情報検出ユニット7400は、受信した情報に基づいて、降雨、霧又は路面状況等を認識する環境認識処理を行ってもよい。車外情報検出ユニット7400は、受信した情報に基づいて、車外の物体までの距離を算出してもよい。

[0152] また、車外情報検出ユニット7400は、受信した画像データに基づいて、人、車、障害物、標識又は路面上の文字等を認識する画像認識処理又は距離検出処理を行ってもよい。車外情報検出ユニット7400は、受信した画像データに対して歪補正又は位置合わせ等の処理を行うとともに、異なる撮像部7410により撮像された画像データを合成して、俯瞰画像又はパノラマ画像を生成してもよい。車外情報検出ユニット7400は、異なる撮像部7410により撮像された画像データを用いて、視点変換処理を行ってもよい。

[0153] 車内情報検出ユニット7500は、車内の情報を検出する。車内情報検出ユニット7500には、例えば、運転者の状態を検出する運転者状態検出部7510が接続される。運転者状態検出部7510は、運転者を撮像するカメラ、運転者の生体情報を検出する生体センサ又は車室内の音声を集音するマイク等を含んでもよい。生体センサは、例えば、座面又はステアリングホイール等に設けられ、座席に座った搭乗者又はステアリングホイールを握る運転者の生体情報を検出する。車内情報検出ユニット7500は、運転者状態検出部7510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。車内情報検出ユニット 7500 は、集音された音声信号に対してノイズキャンセリング処理等の処理を行ってもよい。

[0154] 統合制御ユニット 7600 は、各種プログラムにしたがって車両制御システム 7000 内の動作全般を制御する。統合制御ユニット 7600 には、入力部 7800 が接続されている。入力部 7800 は、例えば、タッチパネル、ボタン、マイクロフォン、スイッチ又はレバー等、搭乗者によって入力操作され得る装置によって実現される。統合制御ユニット 7600 には、マイクロフォンにより入力される音声を音声認識することにより得たデータが入力されてもよい。入力部 7800 は、例えば、赤外線又はその他の電波を利用したリモートコントロール装置であってもよいし、車両制御システム 7000 の操作に対応した携帯電話又は PDA (Personal Digital Assistant) 等の外部接続機器であってもよい。入力部 7800 は、例えばカメラであってもよく、その場合搭乗者はジェスチャにより情報を入力することができる。あるいは、搭乗者が装着したウェアラブル装置の動きを検出することで得られたデータが入力されてもよい。さらに、入力部 7800 は、例えば、上記の入力部 7800 を用いて搭乗者等により入力された情報に基づいて入力信号を生成し、統合制御ユニット 7600 に出力する入力制御回路などを含んでもよい。搭乗者等は、この入力部 7800 を操作することにより、車両制御システム 7000 に対して各種のデータを入力したり処理動作を指示したりする。

[0155] 記憶部 7690 は、マイクロコンピュータにより実行される各種プログラムを記憶する ROM (Read Only Memory)、及び各種パラメータ、演算結果又はセンサ値等を記憶する RAM (Random Access Memory) を含んでもよい。また、記憶部 7690 は、HDD (Hard Disc Drive) 等の磁気記憶デバイス、半導体記憶デバイス、光記憶デバイス又は光磁気記憶デバイス等によって実現してもよい。

[0156] 汎用通信 I/F 7620 は、外部環境 7750 に存在する様々な機器との

間の通信を仲介する汎用的な通信 I / F である。汎用通信 I / F 7 6 2 0 は、G S M (登録商標) (Global System of Mobile communications)、W i M A X (登録商標)、L T E (登録商標) (Long Term Evolution) 若しくは L T E - A (LTE-Advanced) などのセルラー通信プロトコル、又は無線 L A N (W i - F i (登録商標) ともいう)、B l u e t o o t h (登録商標) などのその他の無線通信プロトコルを実装してよい。汎用通信 I / F 7 6 2 0 は、例えば、基地局又はアクセスポイントを介して、外部ネットワーク (例えば、インターネット、クラウドネットワーク又は事業者固有のネットワーク) 上に存在する機器 (例えば、アプリケーションサーバ又は制御サーバ) へ接続してもよい。また、汎用通信 I / F 7 6 2 0 は、例えば P 2 P (Peer To Peer) 技術を用いて、車両の近傍に存在する端末 (例えば、運転者、歩行者若しくは店舗の端末、又は M T C (Machine Type Communication) 端末) と接続してもよい。

[0157] 専用通信 I / F 7 6 3 0 は、車両における使用を目的として策定された通信プロトコルをサポートする通信 I / F である。専用通信 I / F 7 6 3 0 は、例えば、下位レイヤの I E E E 8 0 2 . 1 1 p と上位レイヤの I E E E 1 6 0 9 との組合せである W A V E (Wireless Access in Vehicle Environment)、D S R C (Dedicated Short Range Communications)、又はセルラー通信プロトコルといった標準プロトコルを実装してよい。専用通信 I / F 7 6 3 0 は、典型的には、車車間 (Vehicle to Vehicle) 通信、路車間 (Vehicle to Infrastructure) 通信、車両と家との間 (Vehicle to Home) の通信及び歩車間 (Vehicle to Pedestrian) 通信のうちの 1 つ以上を含む概念である V 2 X 通信を遂行する。

[0158] 測位部 7 6 4 0 は、例えば、G N S S (Global Navigation Satellite System) 衛星からの G N S S 信号 (例えば、G P S (Global Positioning System) 衛星からの G P S 信号) を受信して測位を実行し、車両の緯度、経度及び高度を含む位置情報を生成する。なお、測位部 7 6 4 0 は、無線アクセスポイントとの信号の交換により現在位置を特定してもよく、又は測位機

能を有する携帯電話、PHS若しくはスマートフォンといった端末から位置情報を取得してもよい。

[0159] ビーコン受信部7650は、例えば、道路上に設置された無線局等から発信される電波あるいは電磁波を受信し、現在位置、渋滞、通行止め又は所要時間等の情報を取得する。なお、ビーコン受信部7650の機能は、上述した専用通信1/F7630に含まれてもよい。

[0160] 車内機器1/F7660は、マイクロコンピュータ7610と車内に存在する様々な車内機器7760との間の接続を仲介する通信インタフェースである。車内機器1/F7660は、無線LAN、Bluetooth（登録商標）、NFC（Near Field Communication）又はWUSB（Wireless USB）といった無線通信プロトコルを用いて無線接続を確立してもよい。また、車内機器1/F7660は、図示しない接続端子（及び、必要であればケーブル）を介して、USB（Universal Serial Bus）、HDMI（登録商標）（High-Definition Multimedia Interface、又はMHL（Mobile High-definition Link）等の有線接続を確立してもよい。車内機器7760は、例えば、搭乗者が有するモバイル機器若しくはウェアラブル機器、又は車両に搬入され若しくは取り付けられる情報機器のうちの少なくとも1つを含んでいてもよい。また、車内機器7760は、任意の目的地までの経路探索を行うナビゲーション装置を含んでいてもよい。車内機器1/F7660は、これらの車内機器7760との間で、制御信号又はデータ信号を交換する。

[0161] 車載ネットワーク1/F7680は、マイクロコンピュータ7610と通信ネットワーク7010との間の通信を仲介するインタフェースである。車載ネットワーク1/F7680は、通信ネットワーク7010によりサポートされる所定のプロトコルに則して、信号等を送受信する。

[0162] 統合制御ユニット7600のマイクロコンピュータ7610は、汎用通信1/F7620、専用通信1/F7630、測位部7640、ビーコン受信部7650、車内機器1/F7660及び車載ネットワーク1/F7680

のうちの少なくとも一つを介して取得される情報に基づき、各種プログラムにしたがって、車両制御システム 7000 を制御する。例えば、マイクロコンピュータ 7610 は、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 7100 に対して制御指令を出力してもよい。例えば、マイクロコンピュータ 7610 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 A D A S (Advanced Driver Assistance System) の機能実現を目的とした協調制御を行ってもよい。また、マイクロコンピュータ 7610 は、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ってもよい。

[0163] マイクロコンピュータ 7610 は、汎用通信 I / F 7620、専用通信 I / F 7630、測位部 7640、ビーコン受信部 7650、車内機器 I / F 7660 及び車載ネットワーク I / F 7680 のうちの少なくとも一つを介して取得される情報に基づき、車両と周辺の構造物や人物等の物体との間の 3 次元距離情報を生成し、車両の現在位置の周辺情報を含むローカル地図情報を作成してもよい。また、マイクロコンピュータ 7610 は、取得される情報に基づき、車両の衝突、歩行者等の近接又は通行止めの道路への進入等の危険を予測し、警告用信号を生成してもよい。警告用信号は、例えば、警告音を発生させたり、警告ランプを点灯させたりするための信号であってよい。

[0164] 音声画像出力部 7670 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 28 の例では、出力装置として、オーディオスピーカ 7710、表示部 7720 及びインストルメントパネル 7730 が例示されている。表示部 7720 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いてもよい。表

示部 7720 は、AR (Augmented Reality) 表示機能を有していてもよい。出力装置は、これらの装置以外の、ヘッドホン、搭乗者が装着する眼鏡型ディスプレイ等のウェアラブルデバイス、プロジェクタ又はランプ等の他の装置であってもよい。出力装置が表示装置の場合、表示装置は、マイクロコンピュータ 7610 が行った各種処理により得られた結果又は他の制御ユニットから受信された情報を、テキスト、イメージ、表、グラフ等、様々な形式で視覚的に表示する。また、出力装置が音声出力装置の場合、音声出力装置は、再生された音声データ又は音響データ等からなるオーディオ信号をアナログ信号に変換して聴覚的に出力する。

[0165] なお、図 28 に示した例において、通信ネットワーク 7010 を介して接続された少なくとも二つの制御ユニットが一つの制御ユニットとして一体化されてもよい。あるいは、個々の制御ユニットが、複数の制御ユニットにより構成されてもよい。さらに、車両制御システム 7000 が、図示されていない別の制御ユニットを備えてもよい。また、上記の説明において、いずれかの制御ユニットが担う機能の一部又は全部を、他の制御ユニットに持たせてもよい。つまり、通信ネットワーク 7010 を介して情報の送受信がされるようになっていれば、所定の演算処理が、いずれかの制御ユニットで行われるようになってもよい。同様に、いずれかの制御ユニットに接続されているセンサ又は装置が、他の制御ユニットに接続されるとともに、複数の制御ユニットが、通信ネットワーク 7010 を介して相互に検出情報を送受信してもよい。

[0166] なお、図 1 を用いて説明した本実施形態に係る T o F センサ 1 の各機能を実現するためのコンピュータプログラムを、いずれかの制御ユニット等を実装することができる。また、このようなコンピュータプログラムが格納された、コンピュータで読み取り可能な記録媒体を提供することもできる。記録媒体は、例えば、磁気ディスク、光ディスク、光磁気ディスク、フラッシュメモリ等である。また、上記のコンピュータプログラムは、記録媒体を用いずに、例えばネットワークを介して配信されてもよい。

[0167] 以上説明した車両制御システム7000において、図1を用いて説明した本実施形態に係るToFセンサ1は、図28に示した応用例の統合制御ユニット7600に適用することができる。例えば、ToFセンサ1の制御部11、演算部15及び外部I/F19は、統合制御ユニット7600のマイクロコンピュータ7610、記憶部7690、車載ネットワークI/F7680に相当する。ただし、これに限定されず、車両制御システム7000が図1におけるホスト80に相当してもよい。

[0168] また、図1を用いて説明した本実施形態に係るToFセンサ1の少なくとも一部の構成要素は、図28に示した統合制御ユニット7600のためのモジュール（例えば、一つのダイで構成される集積回路モジュール）において実現されてもよい。あるいは、図1を用いて説明した本実施形態に係るToFセンサ1が、図28に示した車両制御システム7000の複数の制御ユニットによって実現されてもよい。

[0169] 以上、本開示の実施形態について説明したが、本開示の技術的範囲は、上述の実施形態そのままに限定されるものではなく、本開示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。また、異なる実施形態及び変形例にわたる構成要素を適宜組み合わせてもよい。

[0170] また、本明細書に記載された各実施形態における効果はあくまで例示であって限定されるものではなく、他の効果があってもよい。

[0171] なお、本技術は以下のような構成も取ることができる。

(1)

それぞれフォトンの入射を検出する複数の受光素子が配列するアレイ部と、

前記受光素子それぞれから検出信号を読み出す読出し回路と、

それぞれ前記アレイ部における異なる領域に属する前記受光素子から読み出された前記検出信号に基づいて当該領域の画角内に存在する物体までの距離に関する深度情報を生成する複数の演算部と、

を備え、

前記複数の演算部は、少なくとも一部が互いに異なる演算係数を使用して前記深度情報を生成する

測距装置。

(2)

前記演算部それぞれは、前記受光素子それぞれから所定のサンプリング周期で読み出された前記検出信号の数を、前記受光素子を1つ以上含む画素単位で集計することで、前記サンプリング周期ごとに各画素の画素値を生成するサンプリング回路を含む前記(1)に記載の測距装置。

(3)

前記演算部それぞれは、前記サンプリング回路で集計された前記サンプリング周期ごとの前記画素値のヒストグラムを前記画素ごとに生成するヒストグラム回路をさらに含む前記(2)に記載の測距装置。

(4)

前記演算部それぞれは、前記ヒストグラム回路で生成された前記画素ごとのヒストグラムからノイズ成分を除去するフィルタ回路をさらに含む前記(3)に記載の測距装置。

(5)

前記演算部それぞれは、前記フィルタ回路でノイズ成分が除去された前記ヒストグラムから特定の光の成分を抽出するエコー検出回路をさらに含む前記(4)に記載の測距装置。

(6)

前記演算係数それぞれは、前記エコー検出回路が前記ヒストグラムから前記特定の光の成分を抽出するための閾値と、前記フィルタ回路が前記ヒストグラムからノイズ成分を除去するためのフィルタ係数と、前記サンプリング回路が1つの前記画素に含める前記受光素子の数を決定する解像度と、前記アレイ部から前記深度情報を読み出すフレームレートと、前記ヒストグラムにおける出力する範囲を示す出力範囲とのうちの少なくとも1つを含む前記(5)に記載の測距装置。

(7)

前記アレイ部は、第1領域と、前記第1領域とは異なる第2領域とを含み、

前記複数の演算部は、前記第1領域に属する前記受光素子から読み出された前記検出信号に基づいて当該第1領域の画角内に存在する物体までの距離に関する前記深度情報を生成する第1演算部と、前記第2領域に属する前記受光素子から読み出された前記検出信号に基づいて当該第2領域の画角内に存在する物体までの距離に関する前記深度情報を生成する第2演算部とを含み、

前記演算係数は、前記エコー検出回路が前記ヒストグラムから前記特定の光の成分を抽出するための閾値を含み、

前記第1演算部に設定される前記演算係数における前記閾値は、前記第2演算部に設定される前記演算係数における前記閾値よりも高い値である

前記(5)に記載の測距装置。

(8)

前記アレイ部は、第1領域と、前記第1領域とは異なる第2領域とを含み、

前記複数の演算部は、前記第1領域に属する前記受光素子から読み出された前記検出信号に基づいて当該第1領域の画角内に存在する物体までの距離に関する前記深度情報を生成する第1演算部と、前記第2領域に属する前記受光素子から読み出された前記検出信号に基づいて当該第2領域の画角内に存在する物体までの距離に関する前記深度情報を生成する第2演算部とを含み、

前記演算係数は、前記フィルタ回路が前記ヒストグラムからノイズ成分を除去するためのフィルタ係数を含み、

前記第1演算部に設定される前記演算係数における前記フィルタ係数は、前記第2演算部に設定される前記演算係数における前記フィルタ係数よりも低い周波数成分を除去するフィルタ係数である

前記（５）に記載の測距装置。

（９）

前記アレイ部は、一列に配列する複数の領域に区画され、

前記演算部それぞれは、前記領域に対して一対一に対応する

前記（１）～（８）の何れか１項に記載の測距装置。

（１０）

前記演算部それぞれは、前記深度情報を生成する際に使用する個別の演算係数を格納するレジスタブロックを含む前記（１）～（９）の何れか１項に記載の測距装置。

（１１）

前記演算部それぞれに対して設定される個別の演算係数を格納する共通のレジスタブロックをさらに備える前記（１）～（９）の何れか１項に記載の測距装置。

（１２）

前記アレイ部を備える第１チップと、

前記読出し回路及び前記複数の演算部を備える第２チップと、

を有し、

前記第１チップと前記第２チップとは、互いに貼り合わされた積層チップを構成し、

前記第２チップにおいて、前記複数の演算部は、前記読出し回路に対して並列に配置されている

前記（１）～（１１）の何れか１項に記載の測距装置。

（１３）

前記演算部それぞれは、

前記受光素子それぞれから所定のサンプリング周期で読み出された前記検出信号の数を、前記受光素子を１つ以上含む画素単位で集計することで、前記サンプリング周期ごとに各画素の画素値を生成するサンプリング回路と、

前記サンプリング回路で集計された前記サンプリング周期ごとの前記画素値のヒストグラムを前記画素ごとに生成するヒストグラム回路と、

前記ヒストグラム回路で生成された前記画素ごとのヒストグラムからノイズ成分を除去するフィルタ回路と、

前記フィルタ回路でノイズ成分が除去された前記ヒストグラムから特定の光の成分を抽出するエコー検出回路と、

を含み、

前記演算部それぞれにおいて、前記サンプリング回路、前記ヒストグラム回路、前記フィルタ回路及び前記エコー検出回路は、前記読出し回路の近い側から、前記サンプリング回路、前記ヒストグラム回路、前記フィルタ回路及び前記エコー検出回路の順で配置されている

前記（１２）に記載の測距装置。

（１４）

前記アレイ部の画角を所定周期で所定方向に走査する光学システムをさらに備える前記（１）～（１３）の何れか１項に記載の測距装置。

（１５）

所定波長のレーザ光を所定の発光周期で出力する発光部をさらに備え、

前記受光素子それぞれは、前記レーザ光の反射光を検出する

前記（１）～（１４）の何れか１項に記載の測距装置。

（１６）

前記（１）～（１５）の何れか１項に記載の測距装置と、

前記測距装置に対して前記演算係数を入力するモジュールと、

前記モジュールに対して車両の走行及び／又は車内環境に関する情報を通知する制御ユニットと、

を備え、

前記モジュールは、前記制御ユニットから通知された前記車両の走行及び／又は前記車内環境に関する前記情報に基づいて、前記測距装置に入力する前記演算係数を変更する

車載システム。

(17)

それぞれフォトンの入射を検出する複数の受光素子それぞれから検出信号を読み出す読出しステップと、

異なる領域に属する前記受光素子から読み出された前記検出信号に基づいて前記異なる領域それぞれの画角内に存在する物体までの距離に関する深度情報を生成する演算ステップと、

を含み、

前記演算ステップは、少なくとも一部が互いに異なる演算係数を使用して前記異なる領域それぞれの前記深度情報を生成する

測距方法。

符号の説明

- [0172] 1 T o F センサ
- 1 1 制御部
- 1 3 発光部
- 1 3 1 光源
- 1 3 2 コリメータレンズ
- 1 3 3 ハーフミラー
- 1 3 4 駆動部
- 1 3 5 ガルバノミラー
- 1 4 受光部
- 1 4 1 S P A D アレイ
- 1 4 2 使用 S P A D アレイ
- 1 4 2 - 1 ~ 1 4 2 - 4 S P A D 領域
- 1 4 3 タイミング制御回路
- 1 4 4 駆動回路
- 1 4 5 出力回路
- 1 4 6 受光レンズ

15、15-1～15-4、25-1～25-4、35-1～35-4

演算部

16-1～16-4 演算係数

17-1～17-4 測距結果

19 外部I/F

20 SPAD画素

21 フォトダイオード

22 読出し回路

22A 読出し回路領域

23 クエンチ抵抗

24 選択トランジスタ

25 デジタル変換器

251 抵抗

252 NMOSトランジスタ

26 インバータ

261 PMOSトランジスタ

262 NMOSトランジスタ

27 バッファ

30 マクロ画素

40 SPAD加算部

41 パルス整形部

42 受光数カウント部

50 深度画像

50-1～50-4 第1領域～第4領域

51-1～51-4 フレーム画像

80 ホスト

90 物体

100 貼合せチップ

1 0 1 受光チップ
1 0 2 回路チップ
1 2 0 有効画素領域
1 5 1、3 5 1 サンプリング回路
1 5 2、3 5 2 ヒストグラム回路
1 5 3、3 5 3 フィルタ回路
1 5 4、3 5 4 エコー検出回路
1 5 5、1 5 5－1～1 5 5－4、2 5 5 レジスタブロック
1 5 6－1～1 5 6－4 パラメータ設定部
1 5 6－5 ブロードキャストパラメータ設定部
4 0 1～4 0 3 測距システム
5 0 0 車載システム
5 0 1 自動運転モジュール
5 0 2 E C U
A R 測距領域
H 1 水平線
L 1 レーザ光
L 2 反射光
L D 画素駆動線
L S 出力信号線
S R 画角

請求の範囲

- [請求項1] それぞれフォトンの入射を検出する複数の受光素子が配列するアレイ部と、
- 前記受光素子それぞれから検出信号を読み出す読出し回路と、
- それぞれ前記アレイ部における異なる領域に属する前記受光素子から読み出された前記検出信号に基づいて当該領域の画角内に存在する物体までの距離に関する深度情報を生成する複数の演算部と、
- を備え、
- 前記複数の演算部は、少なくとも一部が互いに異なる演算係数を使用して前記深度情報を生成する測距装置。
- [請求項2] 前記演算部それぞれは、前記受光素子それぞれから所定のサンプリング周期で読み出された前記検出信号の数を、前記受光素子を1つ以上含む画素単位で集計することで、前記サンプリング周期ごとに各画素の画素値を生成するサンプリング回路を含む請求項1に記載の測距装置。
- [請求項3] 前記演算部それぞれは、前記サンプリング回路で集計された前記サンプリング周期ごとの前記画素値のヒストグラムを前記画素ごとに生成するヒストグラム回路をさらに含む請求項2に記載の測距装置。
- [請求項4] 前記演算部それぞれは、前記ヒストグラム回路で生成された前記画素ごとのヒストグラムからノイズ成分を除去するフィルタ回路をさらに含む請求項3に記載の測距装置。
- [請求項5] 前記演算部それぞれは、前記フィルタ回路でノイズ成分が除去された前記ヒストグラムから特定の光の成分を抽出するエコー検出回路をさらに含む請求項4に記載の測距装置。
- [請求項6] 前記演算係数それぞれは、前記エコー検出回路が前記ヒストグラムから前記特定の光の成分を抽出するための閾値と、前記フィルタ回路が前記ヒストグラムからノイズ成分を除去するためのフィルタ係数と

、前記サンプリング回路が1つの前記画素に含める前記受光素子の数を決定する解像度と、前記アレイ部から前記深度情報を読み出すフレームレートと、前記ヒストグラムにおける出力する範囲を示す出力範囲とのうちの少なくとも1つを含む請求項5に記載の測距装置。

[請求項7]

前記アレイ部は、第1領域と、前記第1領域とは異なる第2領域とを含み、

前記複数の演算部は、前記第1領域に属する前記受光素子から読み出された前記検出信号に基づいて当該第1領域の画角内に存在する物体までの距離に関する前記深度情報を生成する第1演算部と、前記第2領域に属する前記受光素子から読み出された前記検出信号に基づいて当該第2領域の画角内に存在する物体までの距離に関する前記深度情報を生成する第2演算部とを含み、

前記演算係数は、前記エコー検出回路が前記ヒストグラムから前記特定の光の成分を抽出するための閾値を含み、

前記第1演算部に設定される前記演算係数における前記閾値は、前記第2演算部に設定される前記演算係数における前記閾値よりも高い値である

請求項5に記載の測距装置。

[請求項8]

前記アレイ部は、第1領域と、前記第1領域とは異なる第2領域とを含み、

前記複数の演算部は、前記第1領域に属する前記受光素子から読み出された前記検出信号に基づいて当該第1領域の画角内に存在する物体までの距離に関する前記深度情報を生成する第1演算部と、前記第2領域に属する前記受光素子から読み出された前記検出信号に基づいて当該第2領域の画角内に存在する物体までの距離に関する前記深度情報を生成する第2演算部とを含み、

前記演算係数は、前記フィルタ回路が前記ヒストグラムからノイズ成分を除去するためのフィルタ係数を含み、

前記第 1 演算部に設定される前記演算係数における前記フィルタ係数は、前記第 2 演算部に設定される前記演算係数における前記フィルタ係数よりも低い周波数成分を除去するフィルタ係数である

請求項 5 に記載の測距装置。

[請求項 9] 前記アレイ部は、一列に配列する複数の領域に区画され、
前記演算部それぞれは、前記領域に対して一対一に対応する
請求項 1 に記載の測距装置。

[請求項 10] 前記演算部それぞれは、前記深度情報を生成する際に使用する個別の演算係数を格納するレジスタブロックを含む請求項 1 に記載の測距装置。

[請求項 11] 前記演算部それぞれに対して設定される個別の演算係数を格納する共通のレジスタブロックをさらに備える請求項 1 に記載の測距装置。

[請求項 12] 前記アレイ部を備える第 1 チップと、
前記読出し回路及び前記複数の演算部を備える第 2 チップと、
を有し、
前記第 1 チップと前記第 2 チップとは、互いに貼り合わされた積層チップを構成し、
前記第 2 チップにおいて、前記複数の演算部は、前記読出し回路に対して並列に配置されている
請求項 1 に記載の測距装置。

[請求項 13] 前記演算部それぞれは、
前記受光素子それぞれから所定のサンプリング周期で読み出された前記検出信号の数を、前記受光素子を 1 つ以上含む画素単位で集計することで、前記サンプリング周期ごとに各画素の画素値を生成するサンプリング回路と、
前記サンプリング回路で集計された前記サンプリング周期ごとの前記画素値のヒストグラムを前記画素ごとに生成するヒストグラム回路と、

前記ヒストグラム回路で生成された前記画素ごとのヒストグラムからノイズ成分を除去するフィルタ回路と、

前記フィルタ回路でノイズ成分が除去された前記ヒストグラムから特定の光の成分を抽出するエコー検出回路と、

を含み、

前記演算部それぞれにおいて、前記サンプリング回路、前記ヒストグラム回路、前記フィルタ回路及び前記エコー検出回路は、前記読出し回路の近い側から、前記サンプリング回路、前記ヒストグラム回路、前記フィルタ回路及び前記エコー検出回路の順で配置されている

請求項 1 2 に記載の測距装置。

[請求項14] 前記アレイ部の画角を所定周期で所定方向に走査する光学システムをさらに備える請求項 1 に記載の測距装置。

[請求項15] 所定波長のレーザ光を所定の発光周期で出力する発光部をさらに備え、

前記受光素子それぞれは、前記レーザ光の反射光を検出する

請求項 1 に記載の測距装置。

[請求項16] 請求項 1 に記載の測距装置と、

前記測距装置に対して前記演算係数を入力するモジュールと、

前記モジュールに対して車両の走行及び／又は車内環境に関する情報を通知する制御ユニットと、

を備え、

前記モジュールは、前記制御ユニットから通知された前記車両の走行及び／又は前記車内環境に関する前記情報に基づいて、前記測距装置に入力する前記演算係数を変更する

車載システム。

[請求項17] それぞれフォトンの入射を検出する複数の受光素子それぞれから検出信号を読み出す読出しステップと、

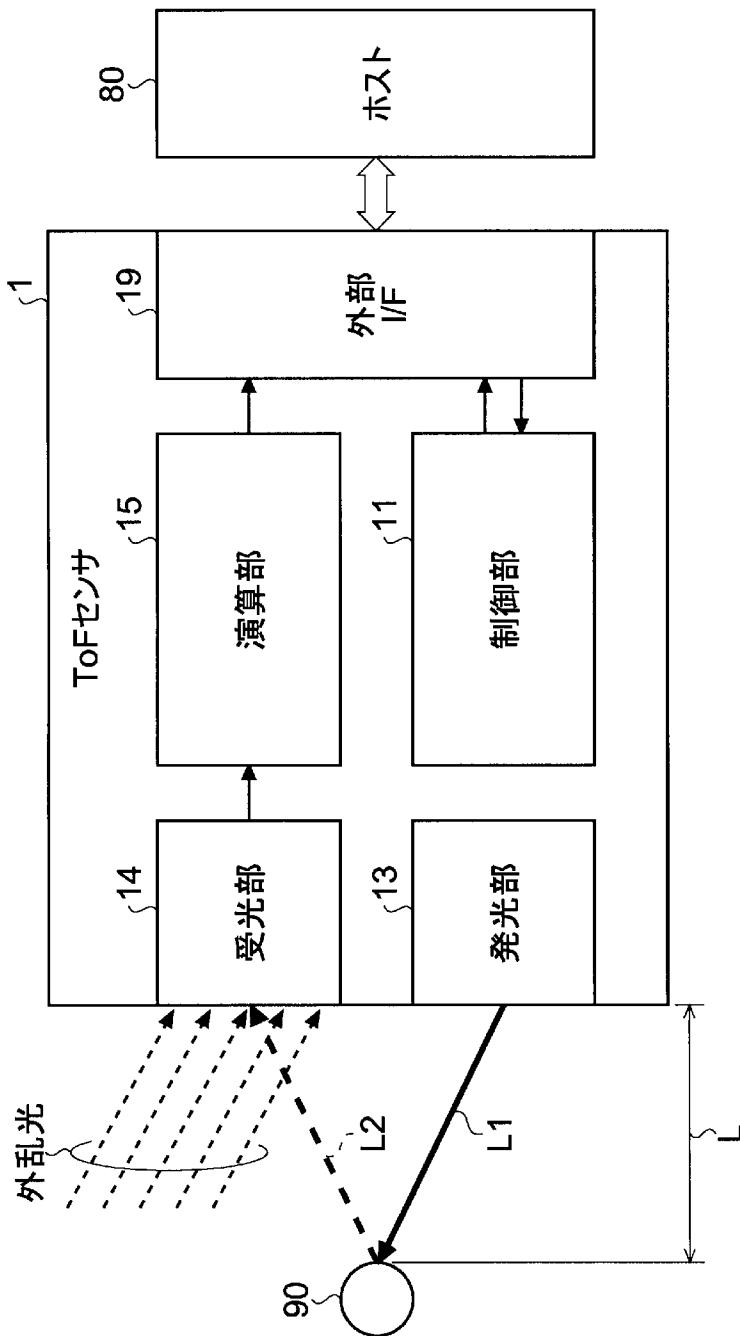
異なる領域に属する前記受光素子から読み出された前記検出信号に

基づいて前記異なる領域それぞれの画角内に存在する物体までの距離に関する深度情報を生成する演算ステップと、

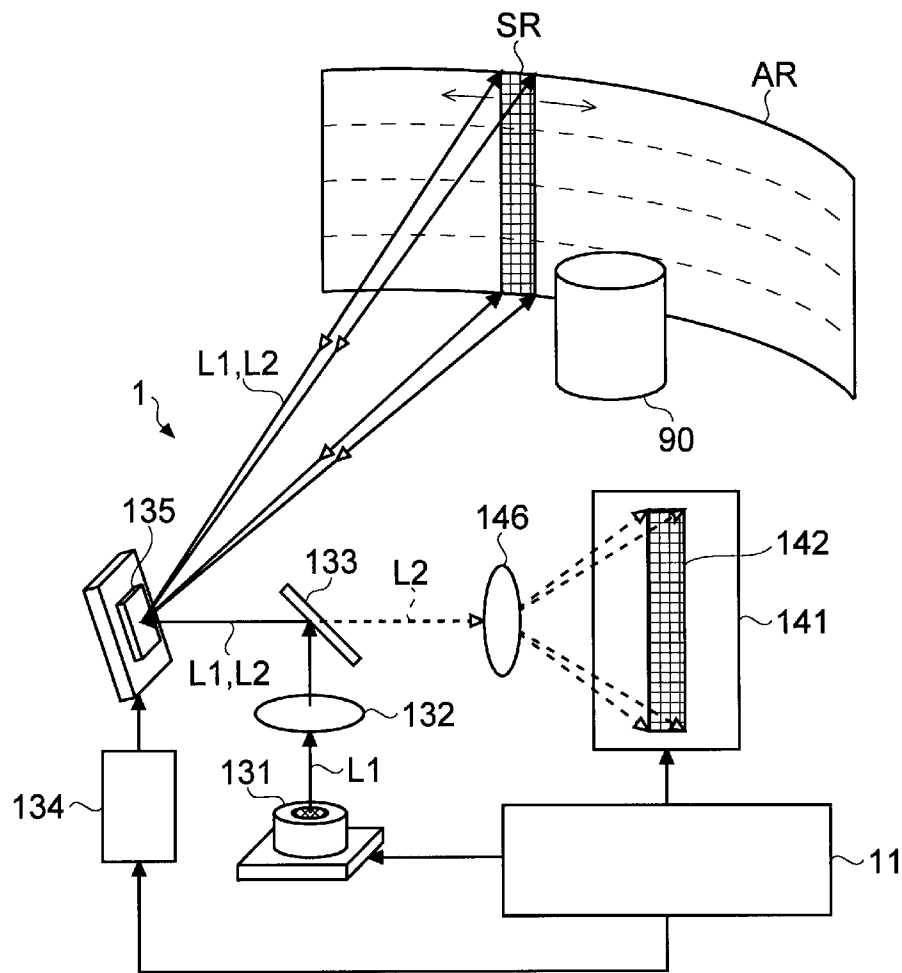
を含み、

前記演算ステップは、少なくとも一部が互いに異なる演算係数を使用して前記異なる領域それぞれの前記深度情報を生成する測距方法。

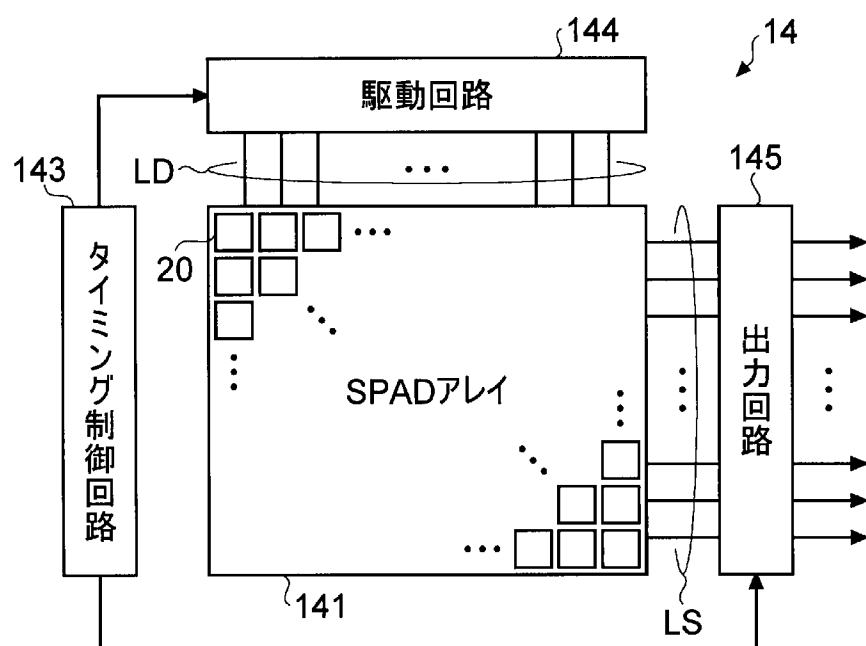
[図1]



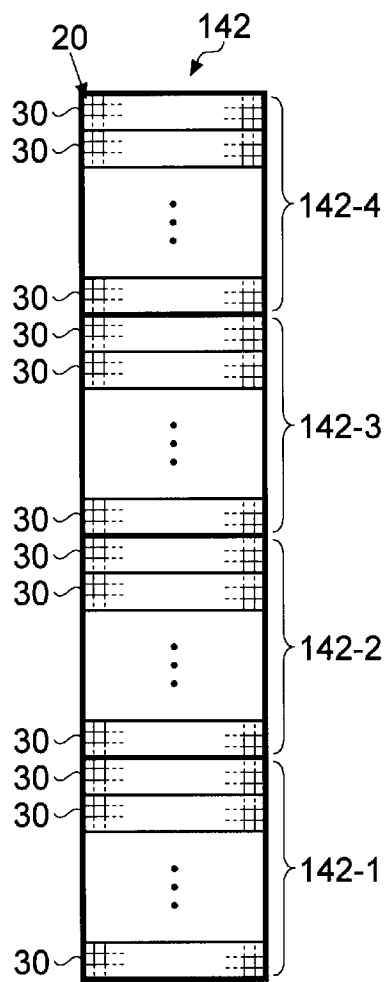
[図2]



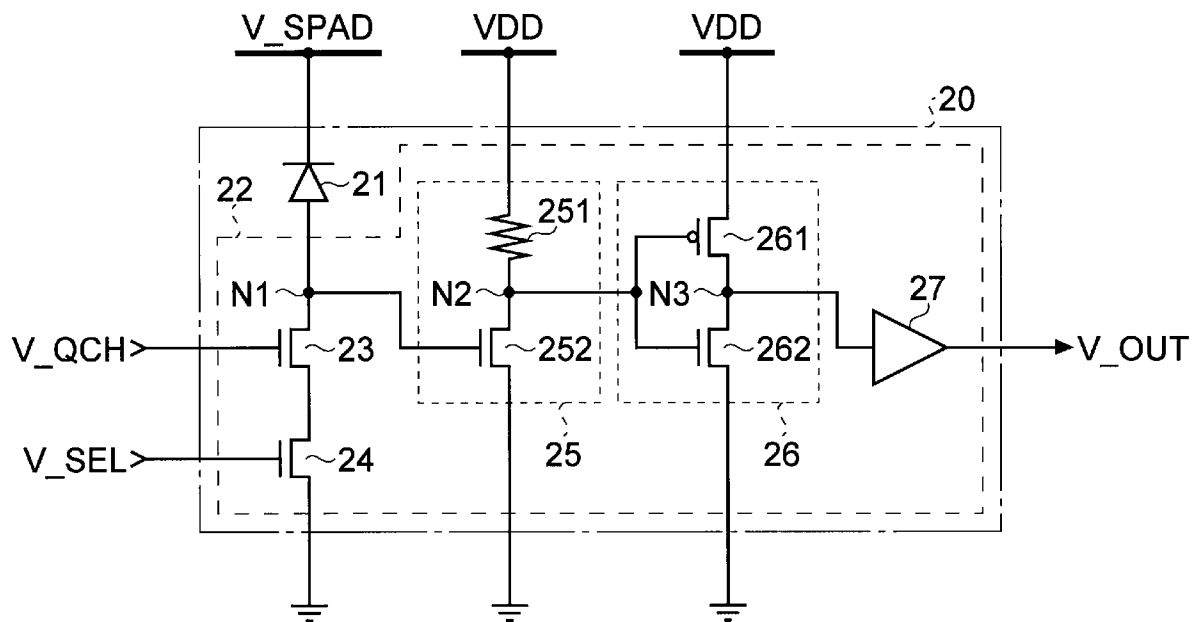
[図3]



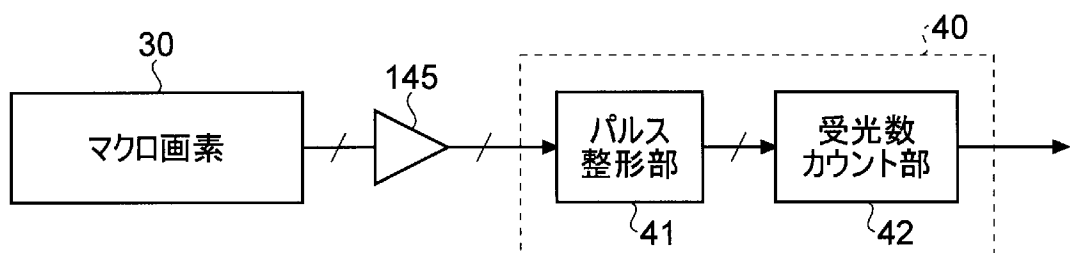
[図4]



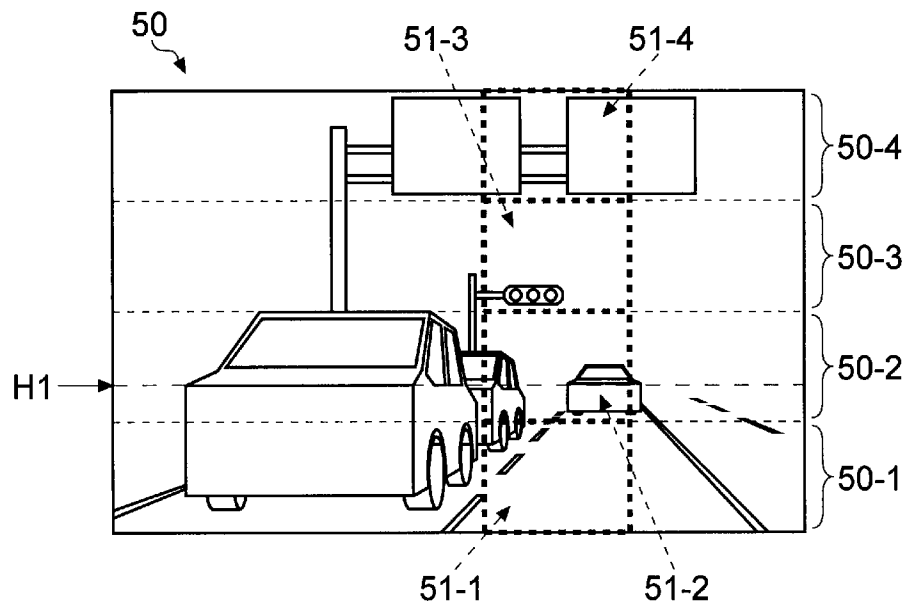
[図5]



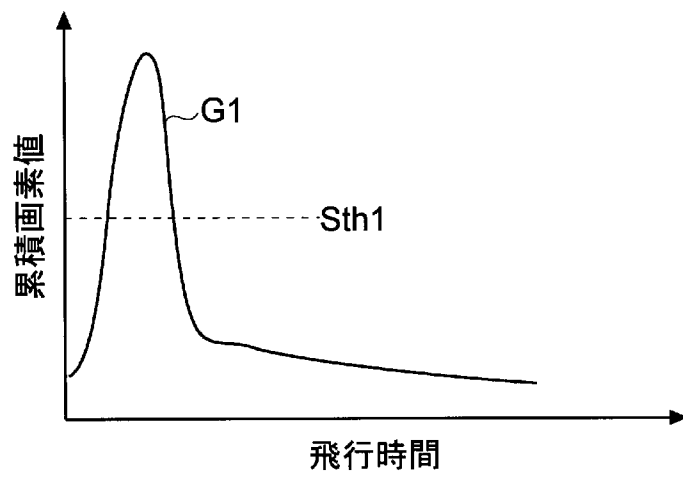
[図6]



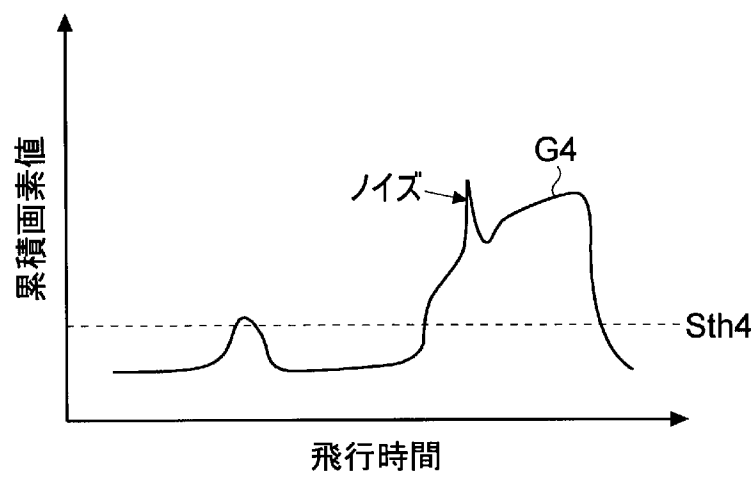
[図7]



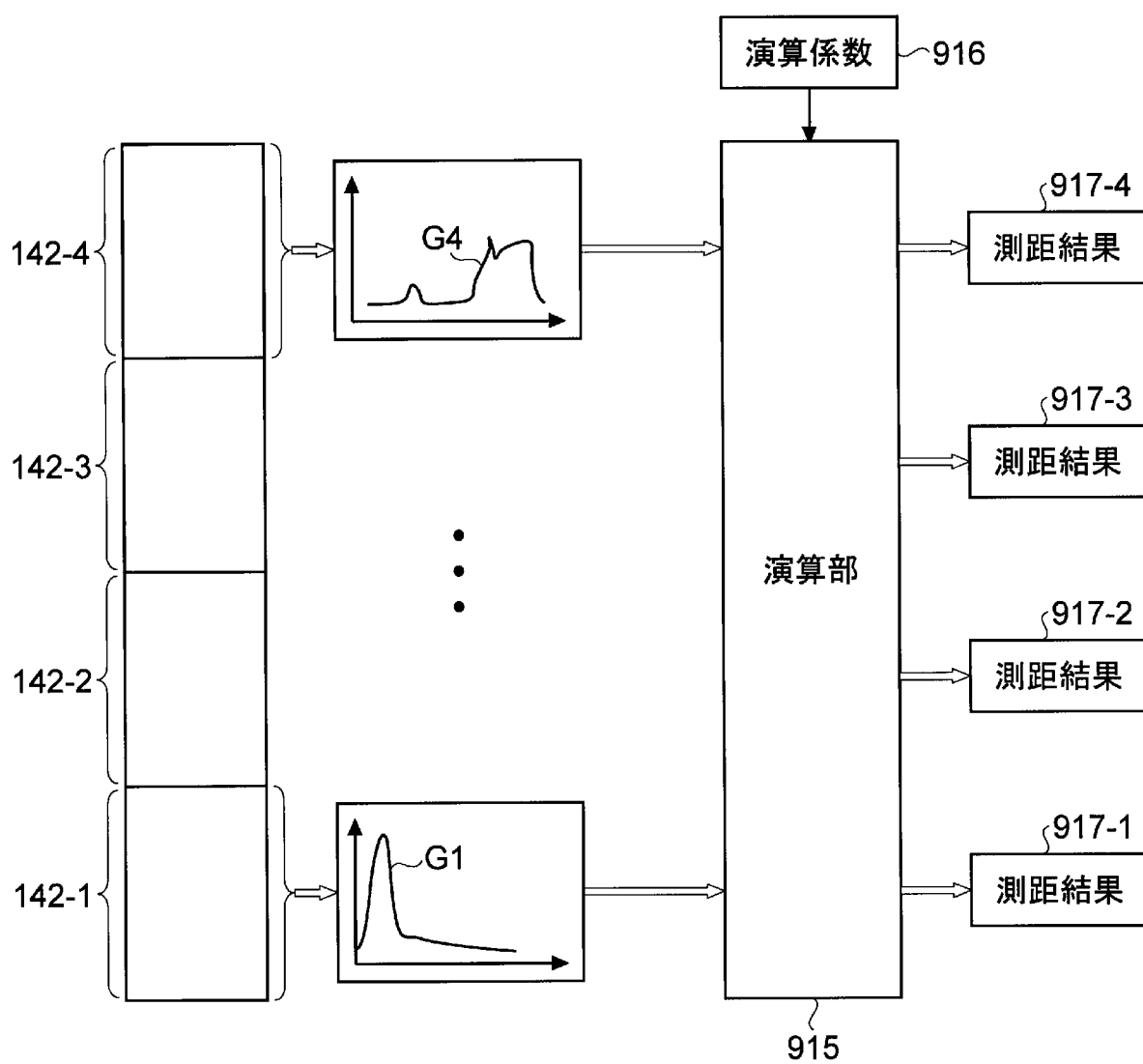
[図8]



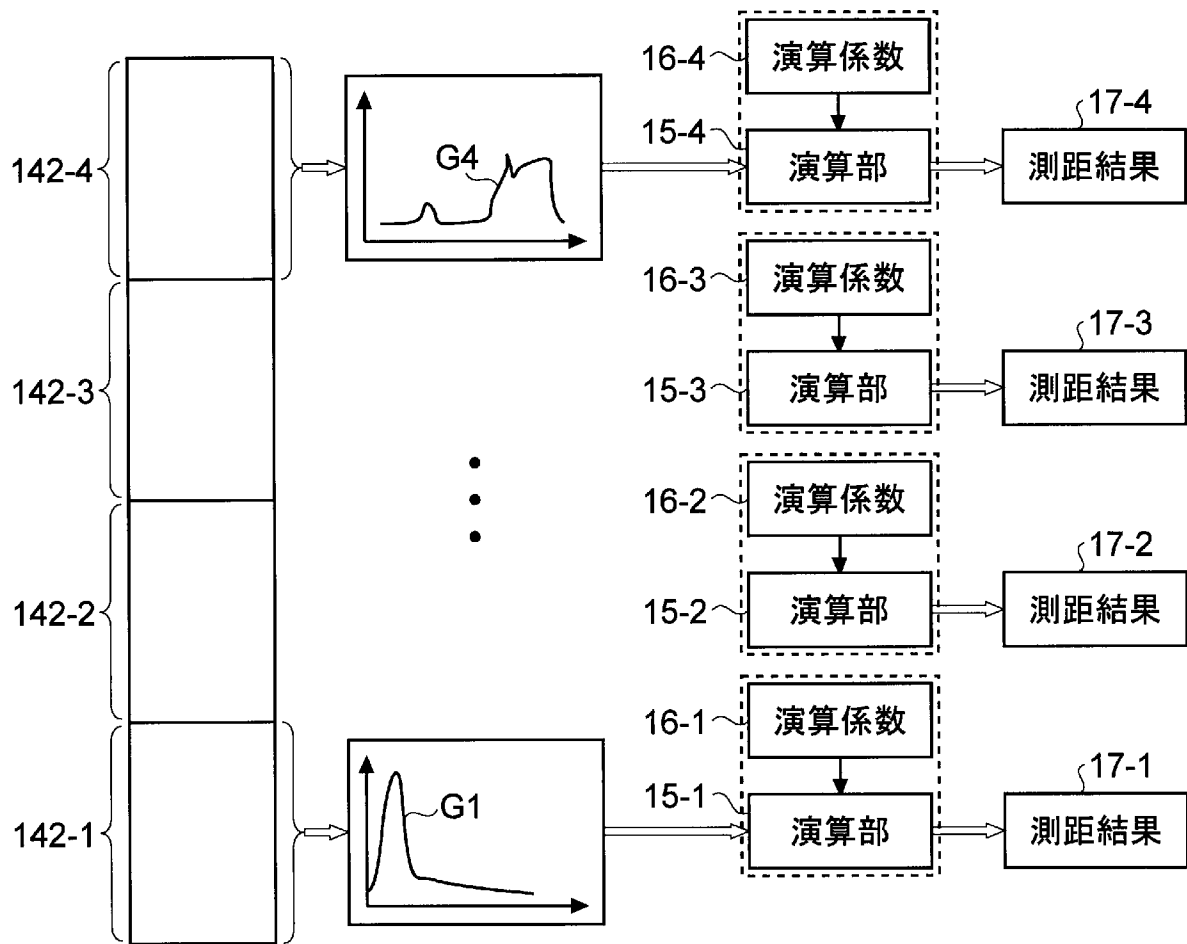
[図9]



[図10]



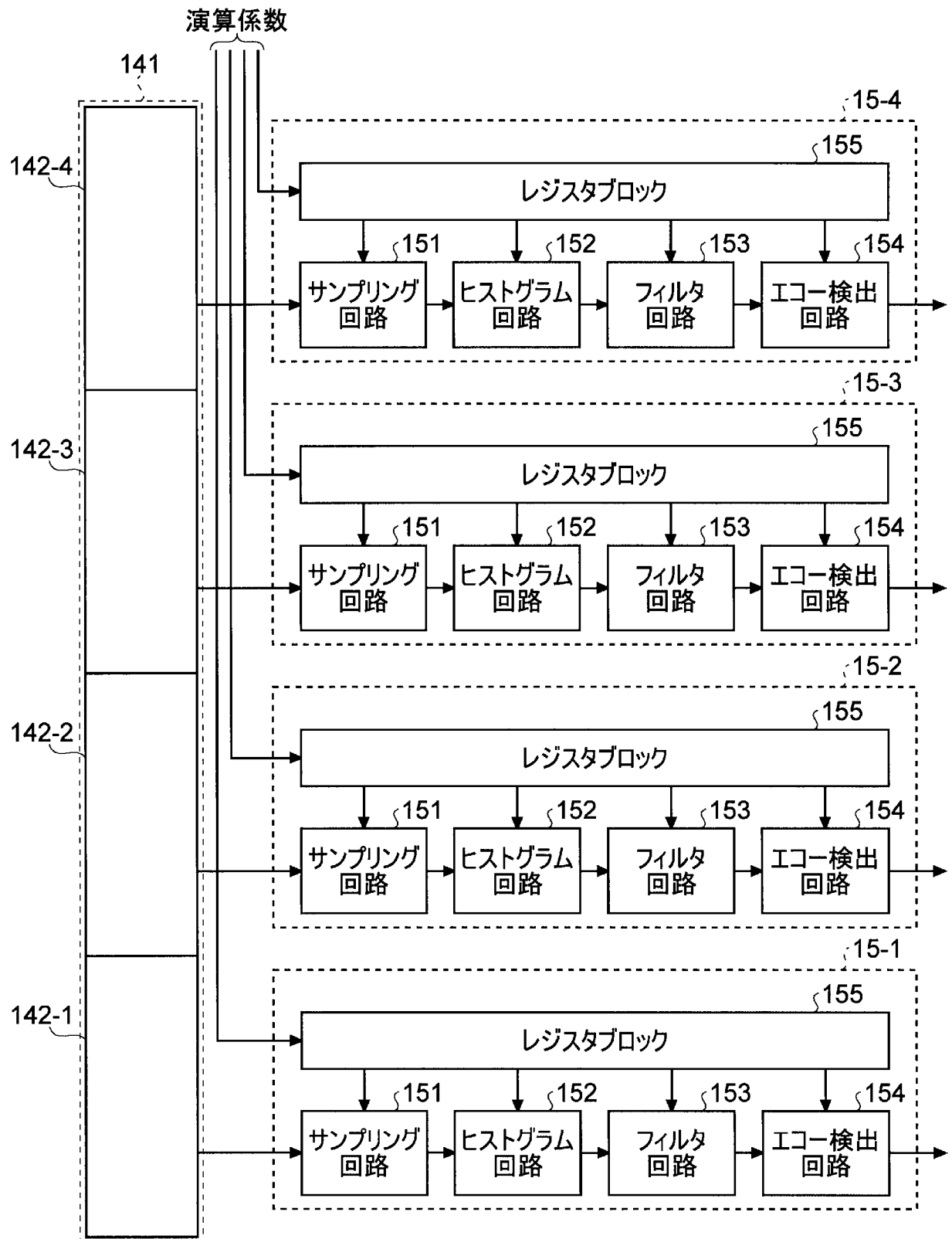
[図11]



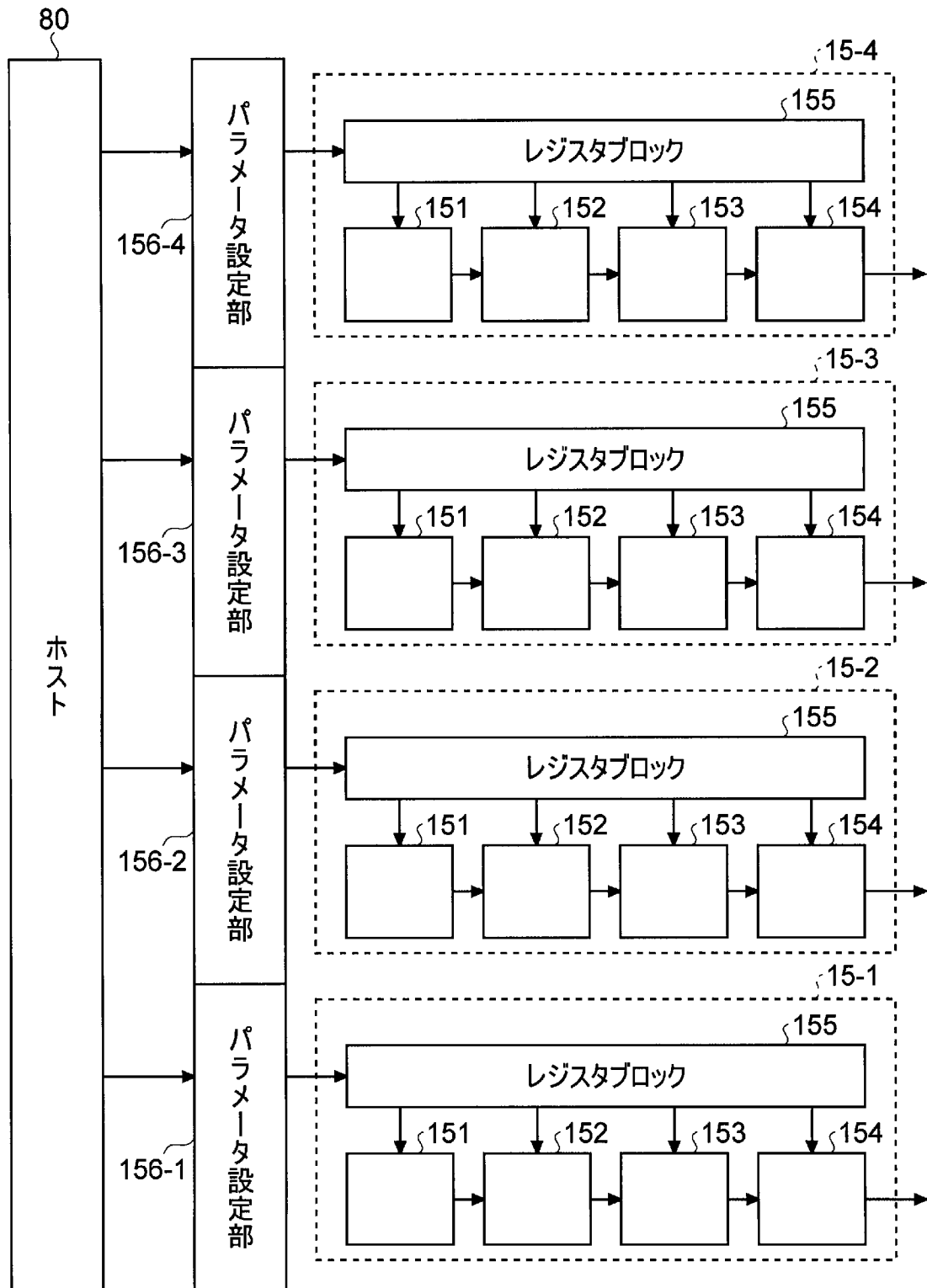
[図12]

	エコー閾値	フィルタ係数	解像度	フレームレート	ヒストグラム 作成範囲
第4領域	低	高周波カット	低	低	後の時間帯
第3領域	↕	↕	↕	↕	↕
第2領域	↕	↕	↕	↕	↕
第1領域	高	低周波カット	高	高	前の時間帯

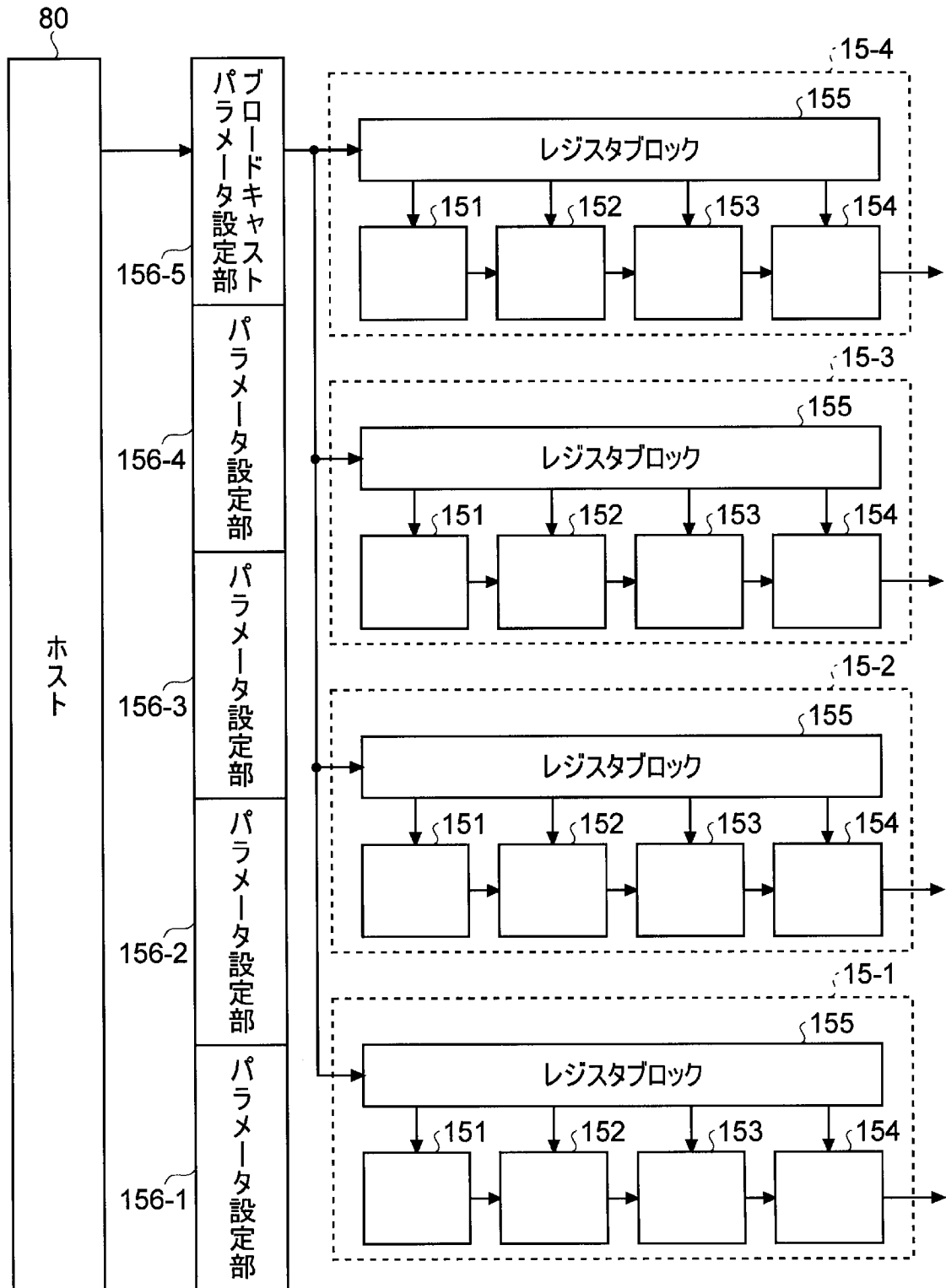
[図13]



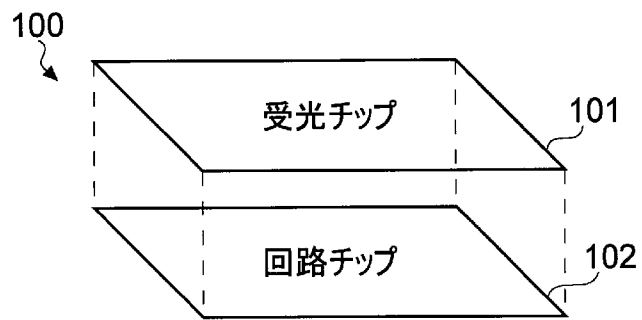
[図14]



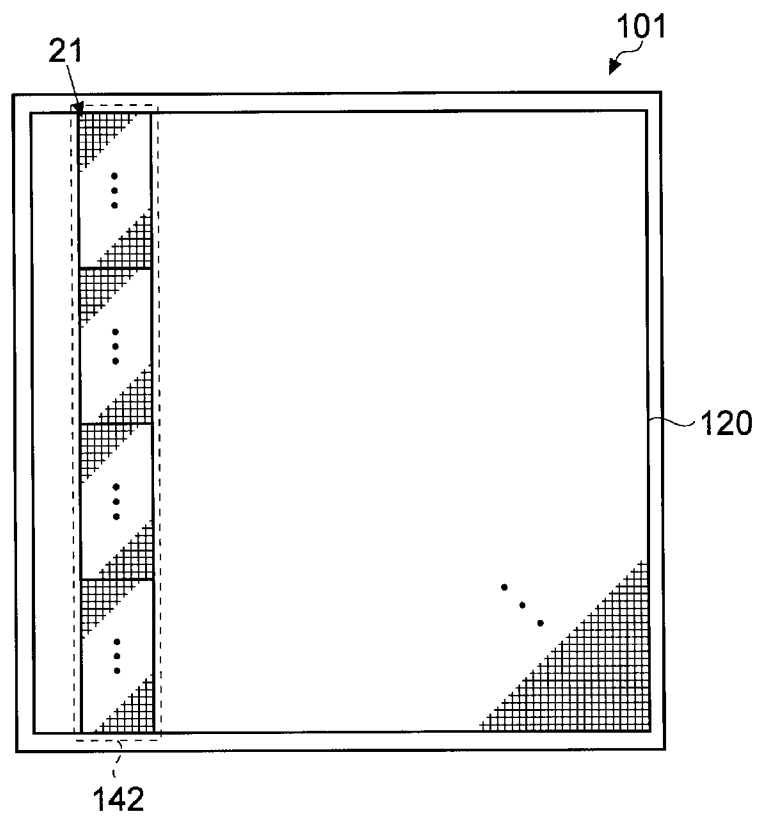
[図15]



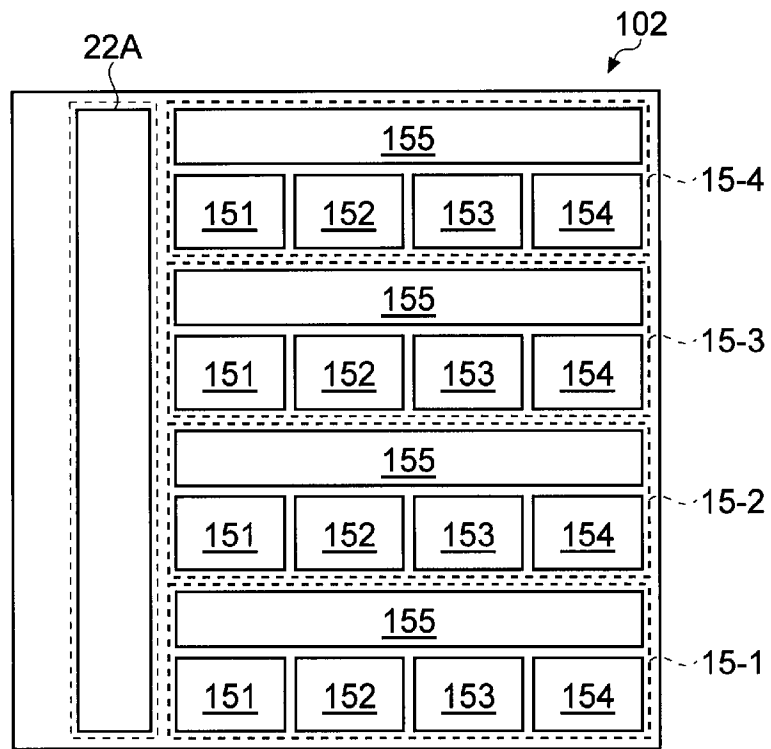
[図16]



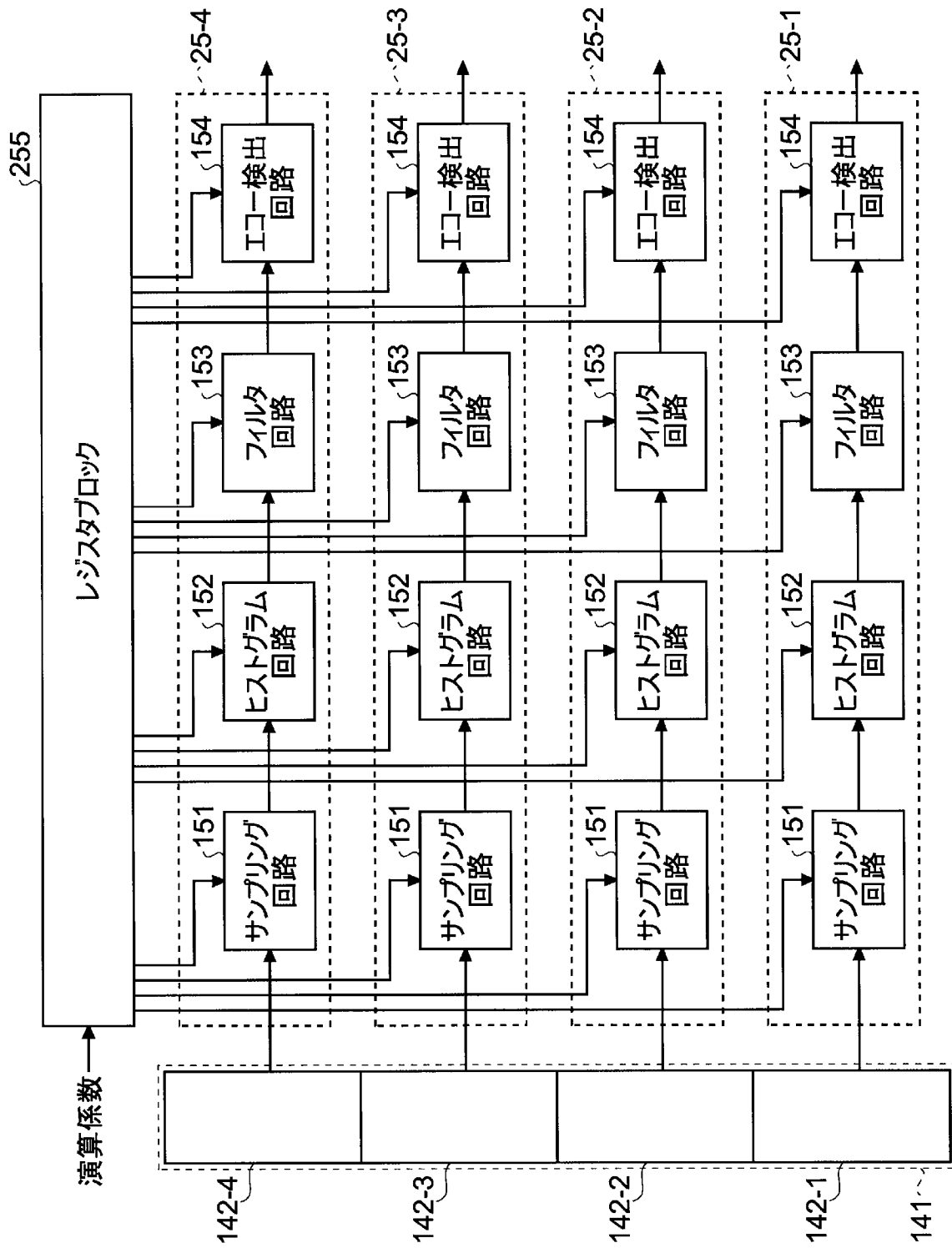
[図17]



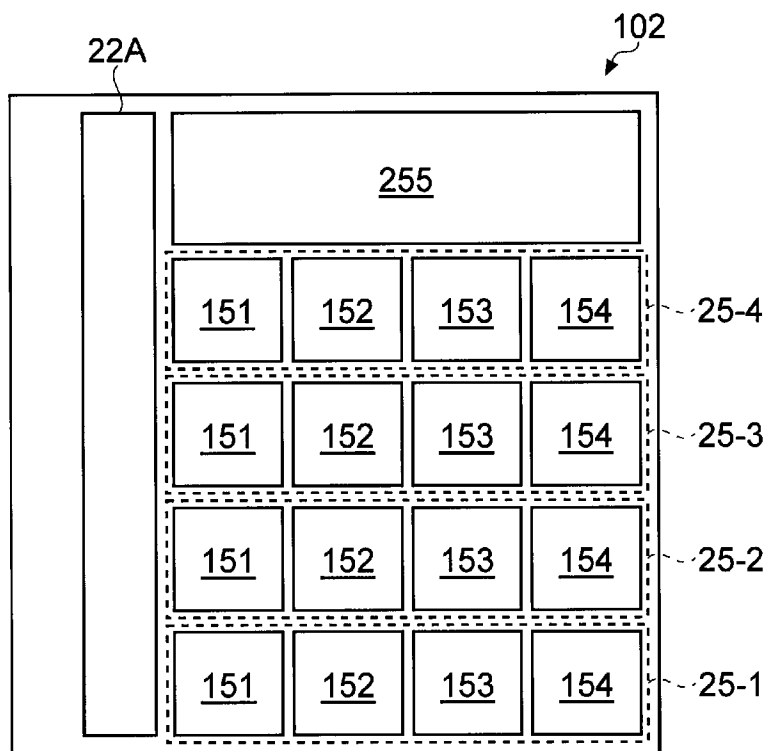
[図18]



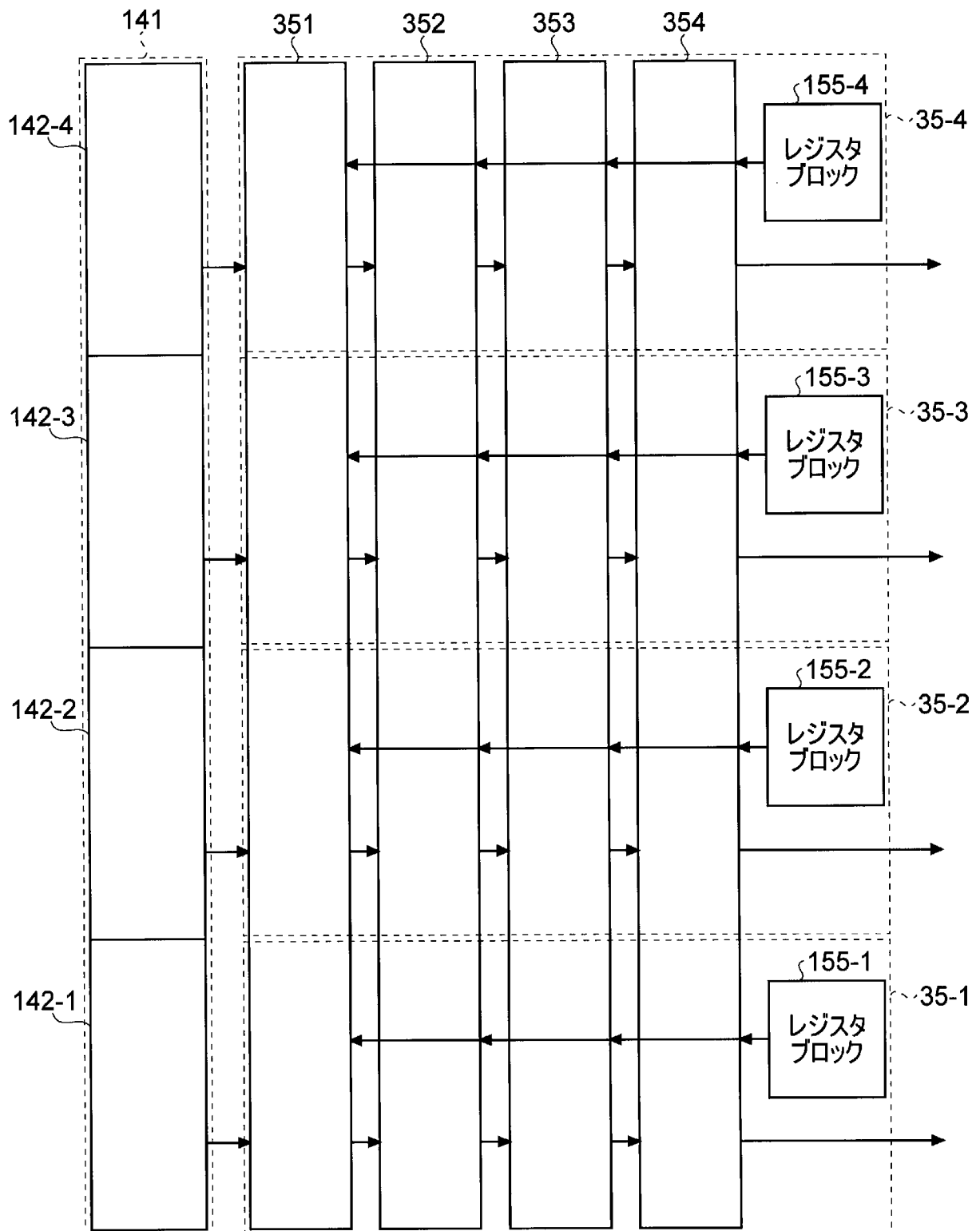
[図19]



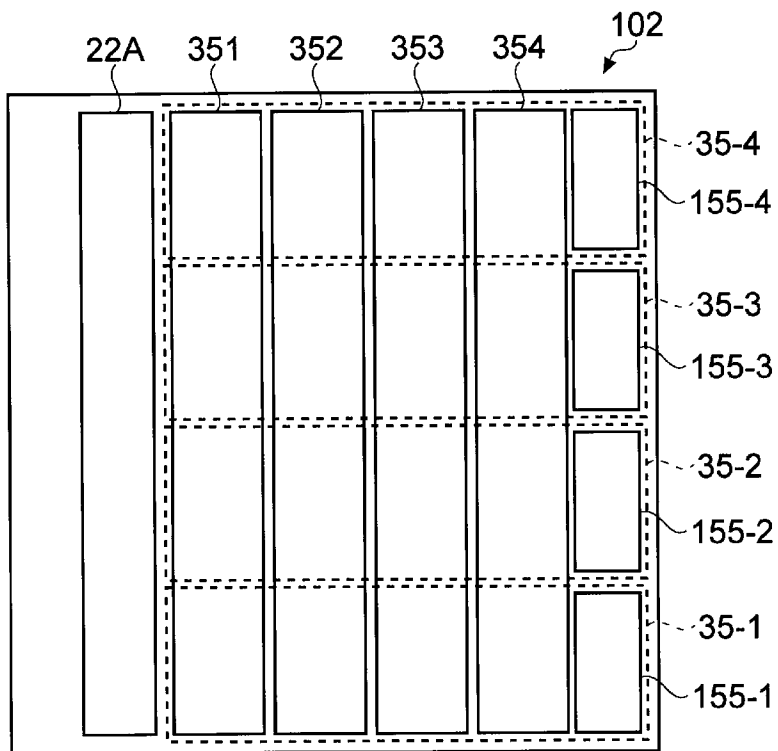
[図20]



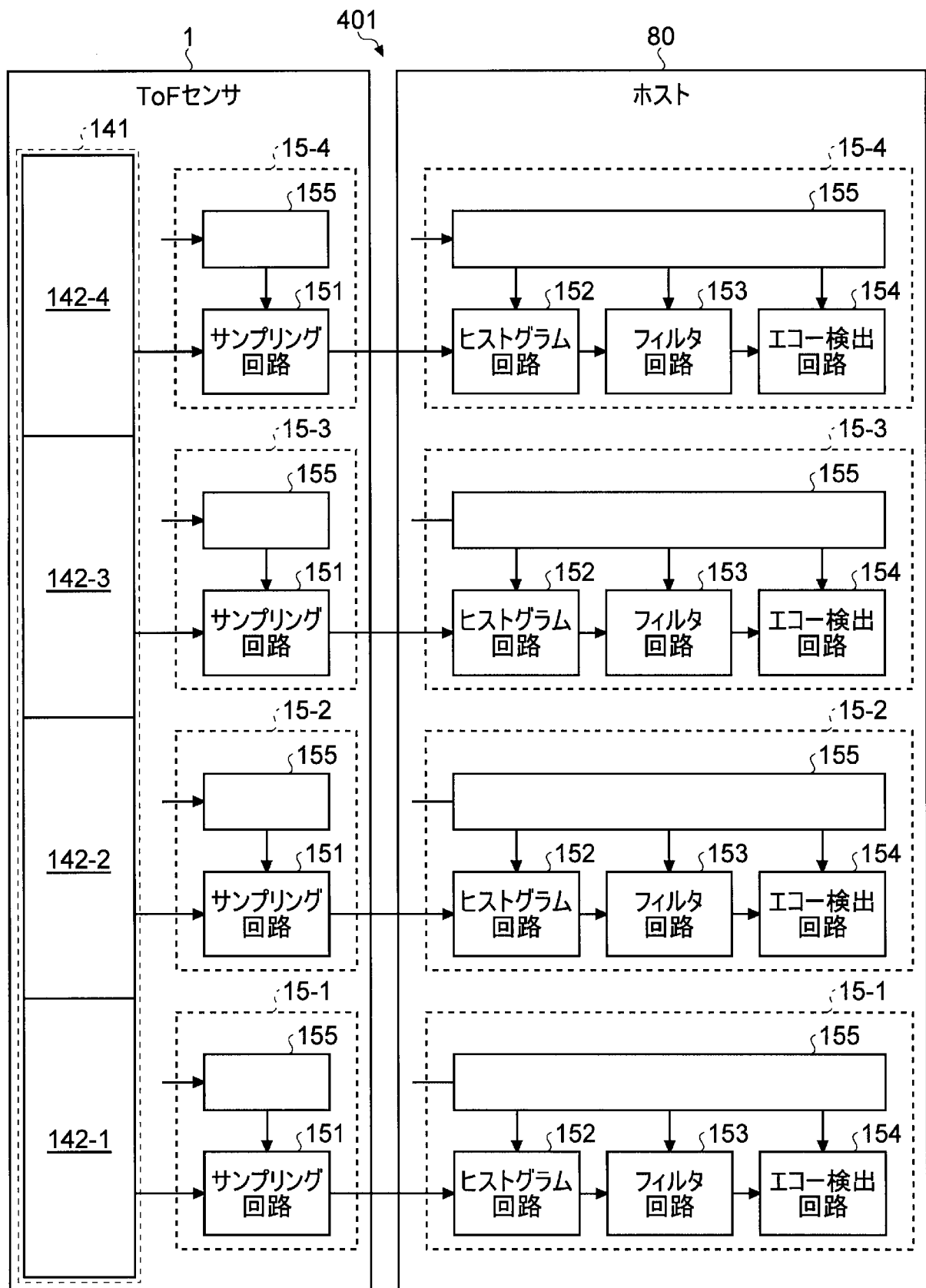
[図21]



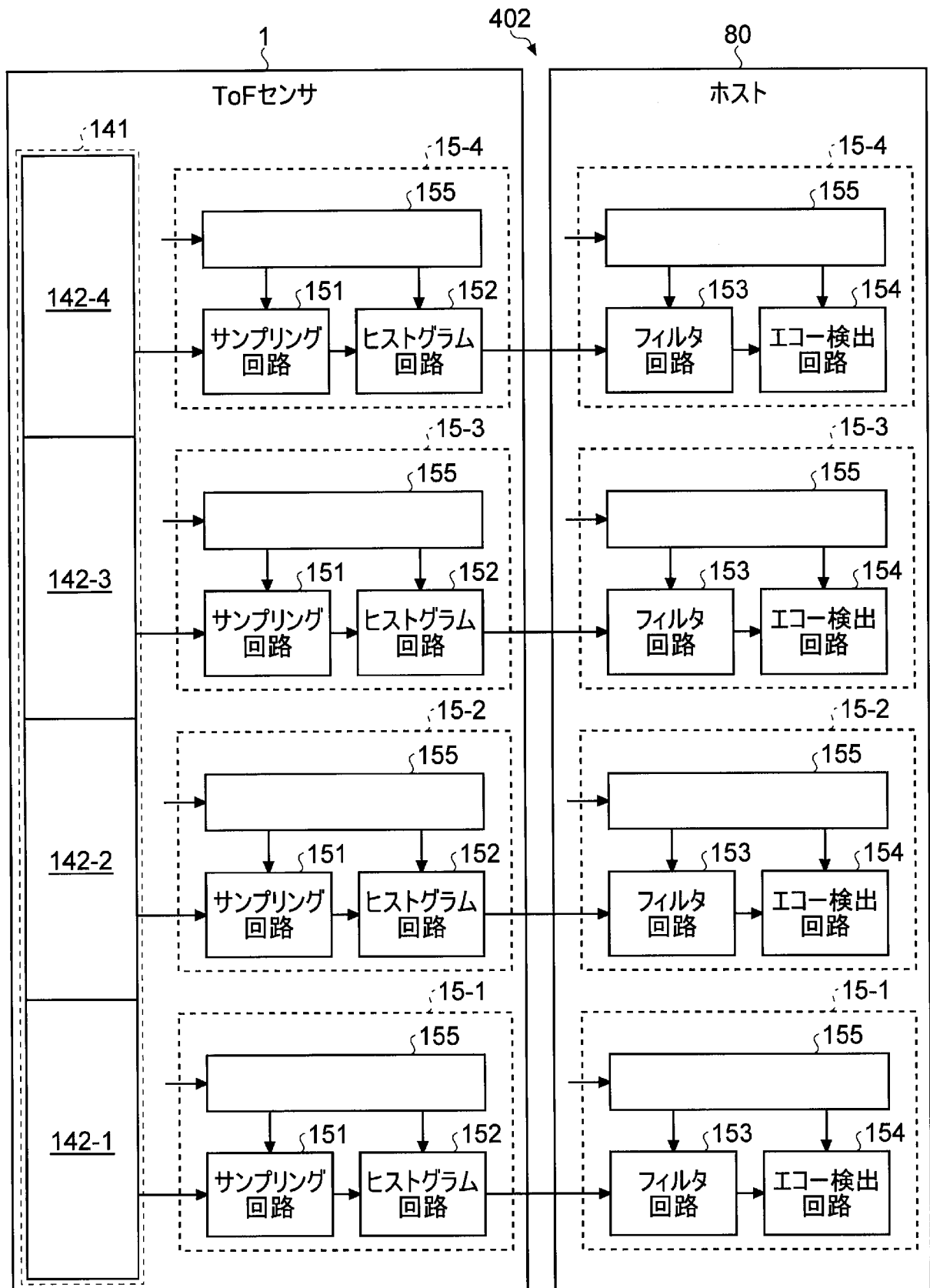
[図22]



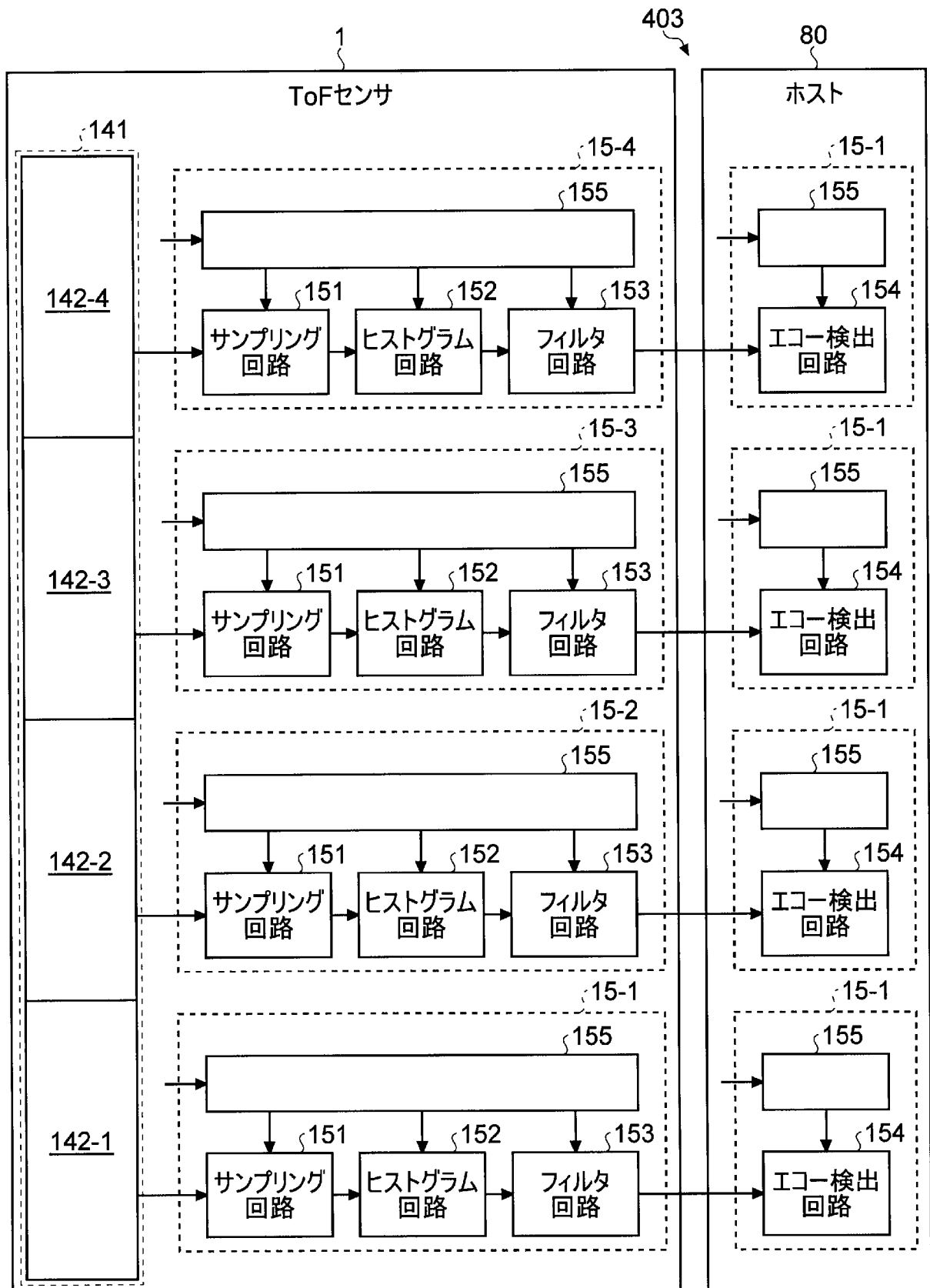
[図23]



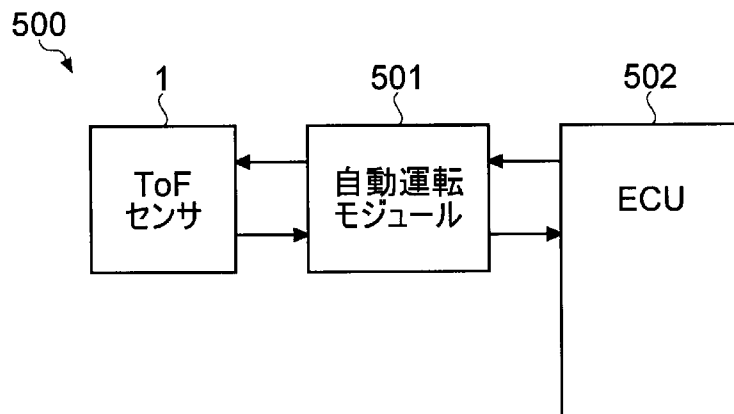
[図24]



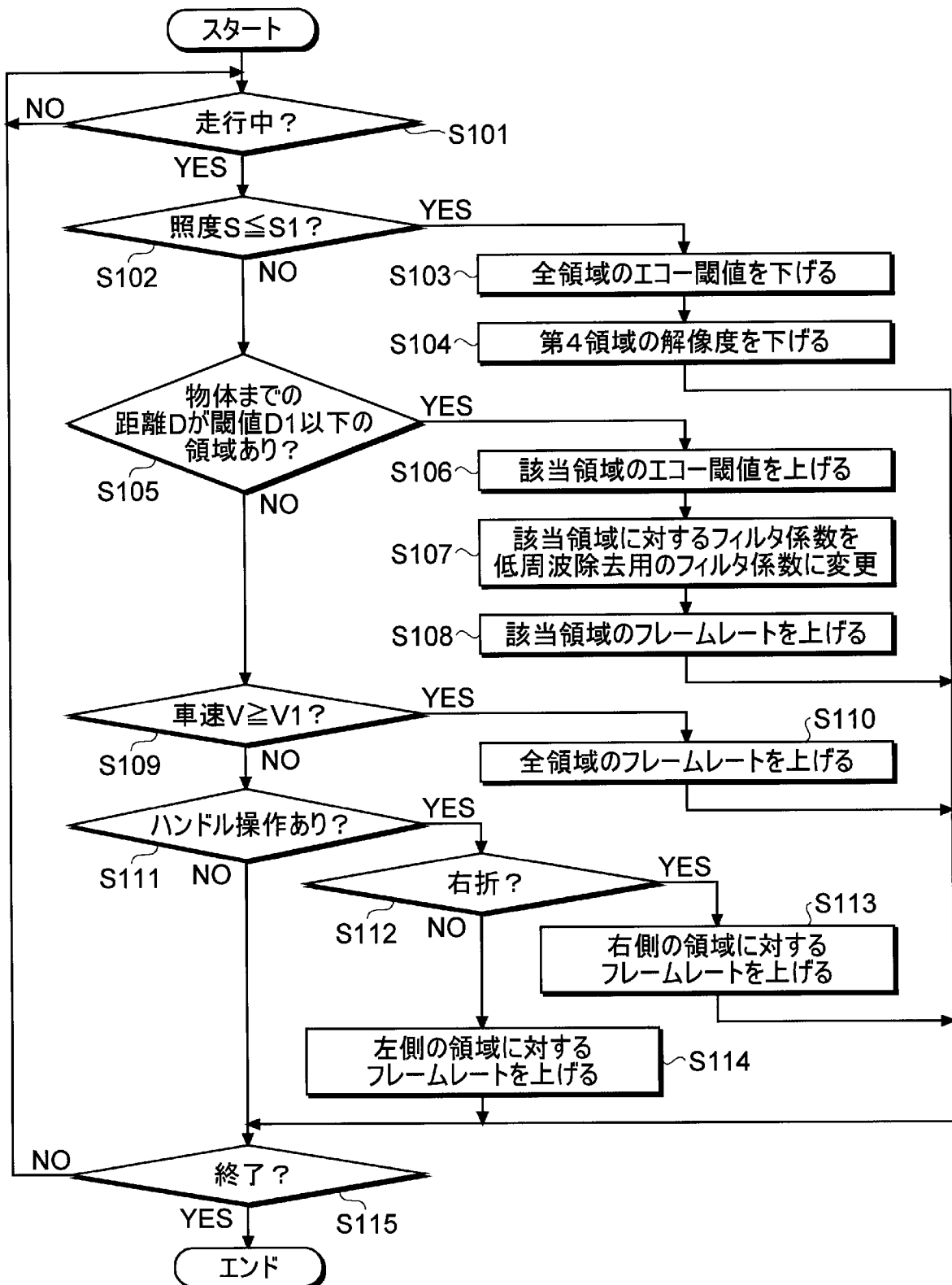
[図25]



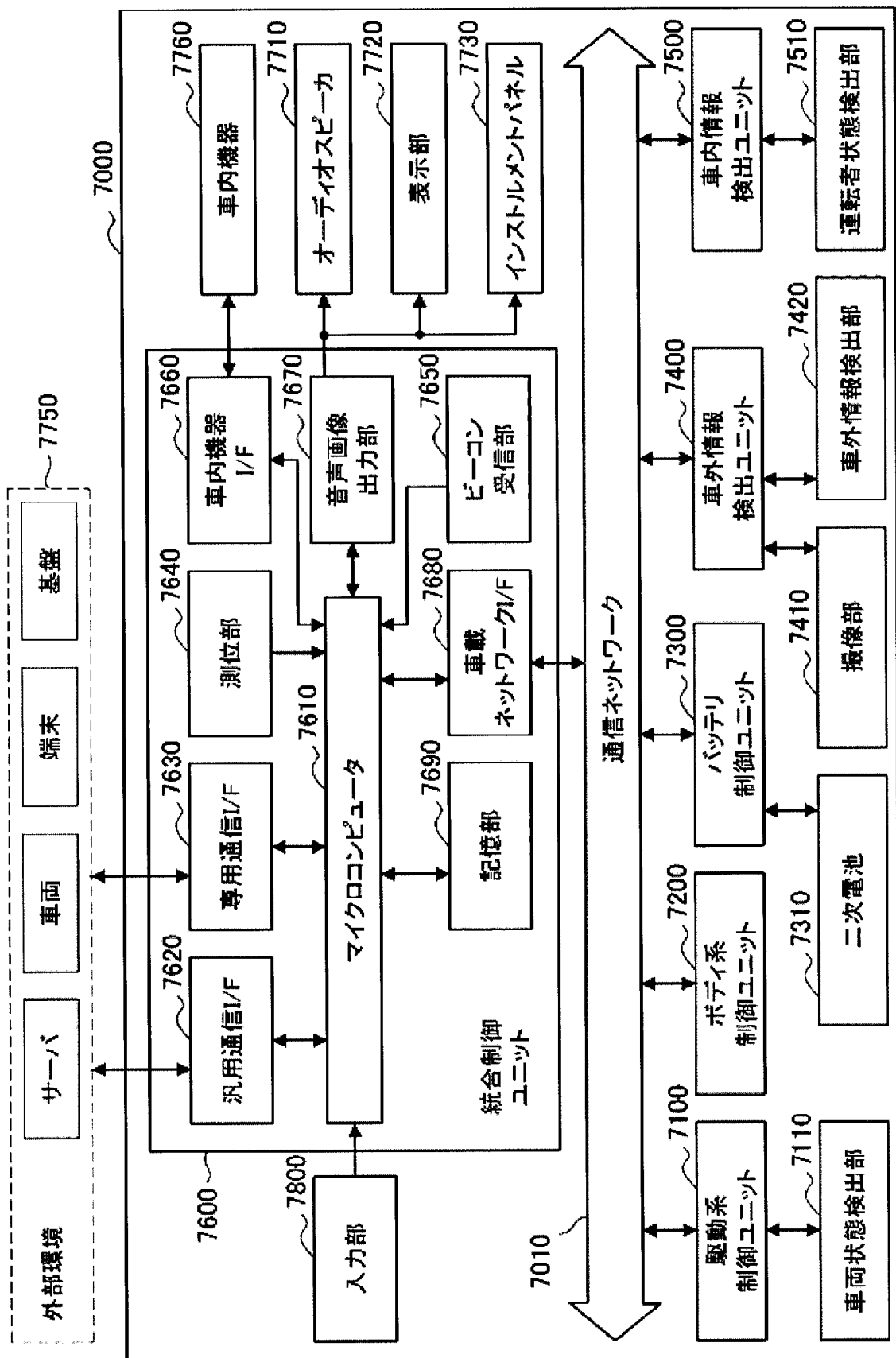
[図26]



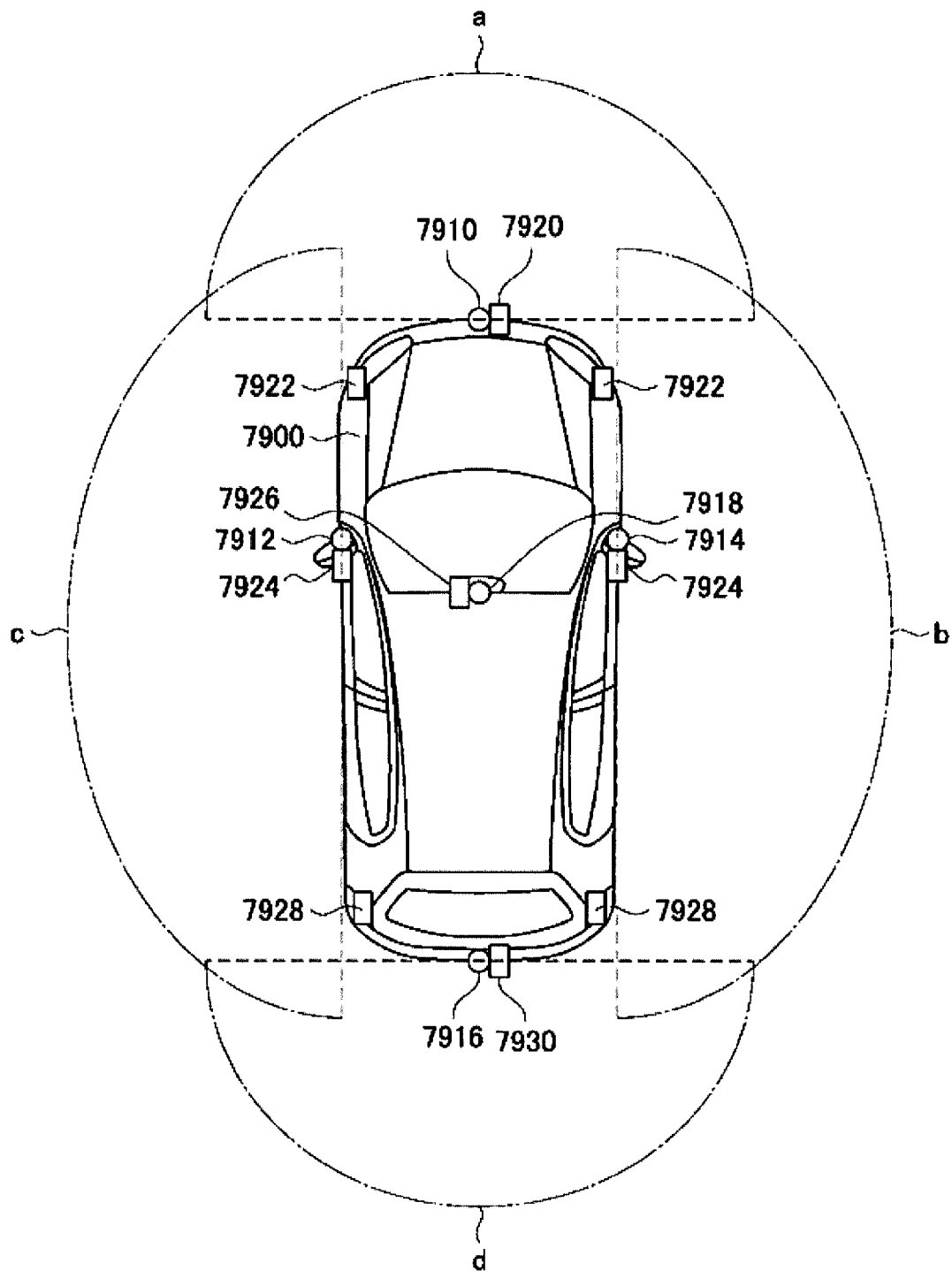
[図27]



[図28]



[図29]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2020/001607

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

Int.Cl. G01S7/487(2006.01)i, G01S17/89(2020.01)i
FI: G01S7/487, 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)

Int.Cl. G01S7/48-G01S7/51, G01S17/00-G01S17/95

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	WO 2018/091970 A1 (INNOVIZ TECHNOLOGIES LTD.) 24.05.2018 (2018-05-24), paragraphs [0104]-[0113], [0131], [0146]-[0153], [0233], fig. 4A-4C, 10	1-2, 9, 14-17 6-8
X Y	WO 2018/122560 A1 (THE UNIVERSITY COURT OF THE UNIVERSITY OF EDINBURGH) 05.07.2018 (2018-07-05), page 7, line 11 to page 14, line 33, page 23, line 1 to page 25, line 11, page 26, lines 23-28, fig. 2-4(a)	1-3, 9-12, 15, 17 4-8, 13
Y	JP 2011-089986 A (SICK AG) 06.05.2011 (2011-05- 06), paragraphs [0013], [0026], [0033], [0034], [0057]-[0060], fig. 1, 4	4-8, 13
A	US 2018/0259645 A1 (OUSTER, INC.) 13.09.2018 (2018-09-13), paragraphs [0061]-[0407], fig. 1A-35	1-17



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
13.03.2020

Date of mailing of the international search report
24.03.2020

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
Information on patent family members

International application No.
PCT/JP2020/001607

WO 2018/091970 A1	24.05.2018	US 2019/0271767 A1 CN 110268283 A JP 2020-504291 A
WO 2018/122560 A1	05.07.2018	CN 110312945 A JP 2020-504299 A
JP 2011-089986 A	06.05.2011	JP 5901004 B2 US 2011/0098970 A1 paragraphs [0012], [0025], [0041], [0042], [0065]-[0068], fig. 1, 4 EP 2315045 A1
US 2018/0259645 A1	13.09.2018	US 2018/0299552 A1 US 2019/0056497 A1 WO 2018/160886 A1 CN 110537124 A

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC）） G01S 7/487(2006.01)i; G01S 17/89(2020.01)i FI: G01S7/487; 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 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	WO 2018/091970 A1 (INNOVIZ TECHNOLOGIES LTD.) 24.05.2018 (2018 - 05 - 24) * [0104]-[0113], [0131], [0146]-[0153], [0233], 図4A-4C, 10 *	1-2, 9, 14-17
Y		6-8
X	WO 2018/122560 A1 (THE UNIVERSITY COURT OF THE UNIVERSITY OF EDINBURGH) 05.07.2018 (2018 - 07 - 05) * 第7頁第11行 - 第14頁第33行, 第23頁第1行 - 第25頁第11行, 第26頁第23-28 行, 図2-4(a) *	1-3, 9-12, 15, 17
Y		4-8, 13
Y	JP 2011-089986 A (ジック アーゲー) 06.05.2011 (2011 - 05 - 06) * [0013], [0026], [0033]-[0034], [0057]-[0060], 図1, 4 *	4-8, 13
A	US 2018/0259645 A1 (OUSTER, INC.) 13.09.2018 (2018 - 09 - 13) * [0061]-[0407], 図1A-35 *	1-17
☐ 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 “A” 特に関連のある文献ではなく、一般的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 13.03.2020		国際調査報告の発送日 24.03.2020
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） 高場 正光 2S 2910 電話番号 03-3581-1101 内線 3216

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/JP2020/001607

引用文献			公表日	パテントファミリー文献			公表日
WO	2018/091970	A1	24.05.2018	US	2019/0271767	A1	
				CN	110268283	A	
				JP	2020-504291	A	
WO	2018/122560	A1	05.07.2018	CN	110312945	A	
				JP	2020-504299	A	
JP	2011-089986	A	06.05.2011	JP	5901004	B2	
				US	2011/0098970	A1	
				* [0012], [0025], [0041]- [0042], [0065]-[0068], 図 1, 4*			
				EP	2315045	A1	
US	2018/0259645	A1	13.09.2018	US	2018/0299552	A1	
				US	2019/0056497	A1	
				WO	2018/160886	A1	
				CN	110537124	A	