(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
2023年1月5日(05.01.2023)

WIPO | PCT

(10) 国際公開番号
WO 2023/276229 A1

(51) 国際特許分類:
G01C 3/06 (2006.01) *H04N 13/25* (2018.01)
G03B 35/08 (2021.01)

(21) 国際出願番号： PCT/JP2022/004624

(22) 国際出願日： 2022年2月7日(07.02.2022)

(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 2021-108735 2021年6月30日(30.06.2021) JP

(71) 出願人: 日立Ａｓｔｅｍｏ株式会社(**HITACHI ASTEMO, LTD.**) [JP/JP]; 〒3128503 茨城県ひたちなか市高場２５２０番地 Ibaraki (JP).

(72) 発明者: 崎田 康一(**SAKITA Koichi**); 〒1008280 東京都千代田区丸の内一丁目６番６号 株式会社日立製作所内 Tokyo (JP).

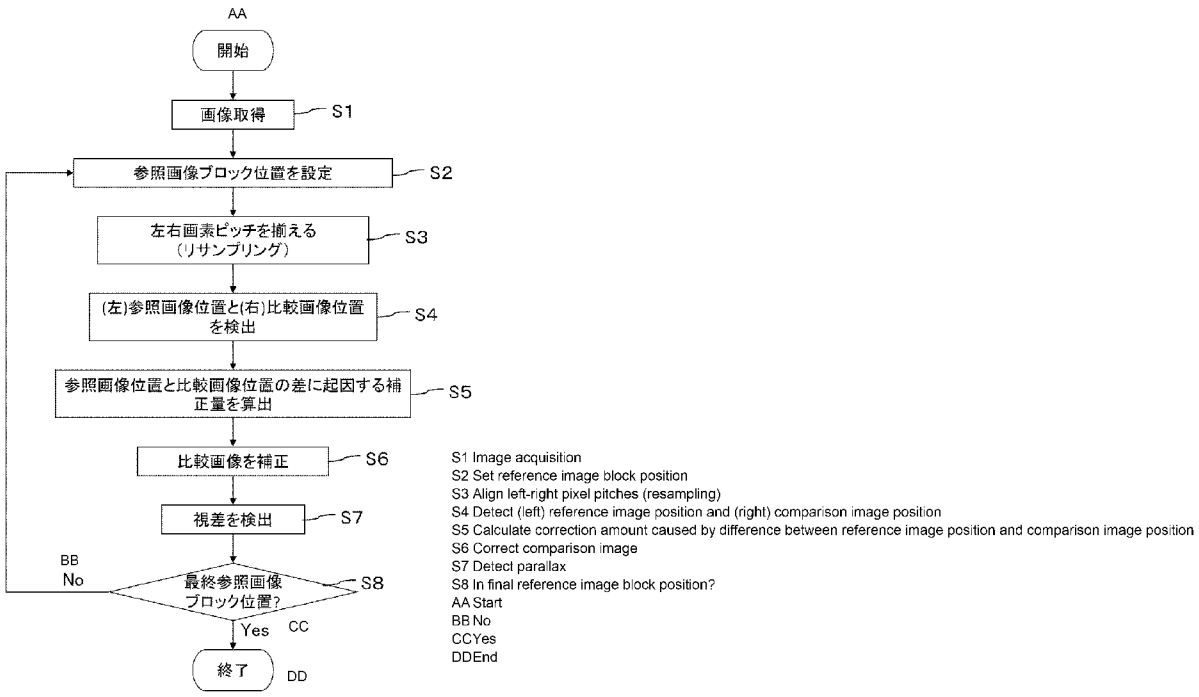
(74) 代理人: ポレール弁理士法人(**POLAIRE I.P.C.**); 〒1030021 東京都中央区日本橋本石町三丁目３番５号 Tokyo (JP).

(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, IT, 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,

(54) **Title:** DISTANCE MEASURING DEVICE

(54) 発明の名称： 距離測定装置

図6



(57) **Abstract:** Provided is a distance measuring device that can perform parallax detection with high accuracy even if using imaging elements having different pixel pitches, lenses having different focal distances, or distorted lenses. A distance measuring device according to one embodiment detects, by a matching degree determination of two images, image positions of at least two images of the same object on an imaging element, the imaging positions being imaged on the imaging element, and performs distance measurement. The images on the imaging element are sampled by pixel pitch

WO 2023/276229 A1

[続葉有]

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))

of the imaging element, geometric correction and a re-sampling process are performed when carrying out the matching degree determination of the images during image position detection, and signal deterioration of the images occurring during the re-sampling process is corrected.

(57) 要約:画素ピッチの異なる撮像素子、焦点距離の異なるレンズ、または、歪のあるレンズを用いた場合でも、高精度に視差検出を行うことが可能な距離測定装置を提供することにある。一実施の形態による距離測定装置は、撮像素子の上に撮像され、同一物体の少なくとも二つの像の撮像素子の上の像位置を二つの像の一致度判定によって検出し、測距を行う距離測定装置であって、撮像素子の上の像は撮像素子の画素ピッチでサンプリングされ、像位置検出時における像の一致度判定を実施する際に幾何学的な補正と、再サンプリング処理が実施され、再サンプリング処理時に発生する像の信号劣化を補正する。

明　細　書

発明の名称 ： 距離測定装置

技術分野

[0001] 本発明は距離測定装置に関する。

背景技術

[0002] 従来、ステレオカメラなどの複数のカメラを用い、所定の位置から被写体までの距離、もしくは被写体の三次元位置を高精度に測定する距離測定方法及び距離測定装置が知られている。ステレオカメラでは、一方のカメラにより撮像された被写体の像を含む基準画像ブロックと、もう一方のカメラにより撮像された同一の被写体の像を含む比較画像ブロックとの相関値を算出し、相関値の大きさで像の一致度を判定し、一致と判定したときのそれぞれのカメラにおける撮像素子上の画像位置の差を視差として、三角測量の原理を用いて被写体までの距離情報を算出する。このとき像の一致度判定には、二つのカメラの像は同じものであることを前提としているため、２つのカメラはできるだけ同一の特性のものである必要がある。

[0003] 国際公開第２０１１／０１０４３８号（特許文献１）には、「複数の光学系間に生じる視差を算出する視差検出装置（３）であって、複数の光学系の点像分布が所定の光学系の点像分布と同一となるように、複数の光学系のそれぞれから得られる複数の画像の少なくとも１つを補正するＰＳＦ同一化部（５）と、ＰＳＦ同一化部（５）によって補正された画像を用いて、複数の光学系間に生じる視差を算出する視差算出部（９）とを備える視差検出装置」が開示されている。

[0004] 近年、車載カメラでは、認識対象が広画角範囲かつ広い距離範囲に拡大し、より広範囲で安全を確保するために、歪の大きな広角レンズカメラを利用するケースが増え、またカメラの数も増加する傾向にある。

[0005] そのため、連携するカメラ数を最小に抑えるために、広角高歪レンズや画素ピッチの異なるセンサでのステレオカメラ（多視点化）の検討が重要とな

る。

[0006] また光学系を駆使し、レンズやミラーの射影方式を利用し、広画角範囲かつ広距離範囲の要求に応える技術も開発されている。特開２０２１-０１２０７５号公報（特許文献２）には、「被写体からの第１の光Ｒ１が、上側双曲面ミラー１０２で反射した後、更に下側双曲面ミラー１０３（内側双曲面ミラー１０３Ａ）で反射し、その後結像光学系１０４を介してイメージセンサ１０５に入射され、また、被写体からの、第１の光Ｒ１とは異なる第２の光Ｒ２が、下側双曲面ミラー１０３（外側双曲面ミラー１０３Ｂ）で反射され、結像光学系１０４を介してイメージセンサ１０５に入射され、第１の光Ｒ１、第２の光Ｒ２が、異なる方向からイメージセンサ１０５上の異なる箇所に入射されることで、被写体までの距離等が演算可能となるステレオカメラ１０１」が開示されている。

先行技術文献

特許文献

[0007] 特許文献1：国際公開第２０１１／０１０４３８号

特許文献2：特開２０２１-０１２０７５号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0008] 距離測定装置において、ステレオカメラの原理を用いた測距に使用する二台のカメラの撮像素子サイズ、撮像素子の画素ピッチなどが異なる場合、二つのカメラの画像の画素ピッチ（サンプリングピッチ・サンプリング周波数）が異なるという問題がある。また、二台のカメラのレンズの焦点距離の異なる場合、センサ上に結像する像の大きさ自体が異なり、これもサンプリングピッチの異なる画像を比較して視差を求めなければならないという問題があった。

[0009] このとき、二つの撮像素子上の画像を一旦同じサンプリングピッチの画像になるように補間処理するが、粗い画素ピッチの画像を細かい画素ピッチの

画像に変換する際には、元の画像サイズが増大し、本来データ処理量が小さくて済む粗い画素ピッチの撮像素子を使う意味がなくなる。また細かい画素ピッチの画像を粗い画素ピッチの画像に変換する際には、視差画像サイズが小さくなり、視差画像の画像密度が低下するだけでなく、他の認識処理で必要な高解像度画像が使用できなくなるという問題が生じる。

[0010] また、粗い画素ピッチ（低いサンプリング周波数）の画像は、サンプリング定理から、元々粗い画素ピッチで決まる低いサンプリング周波数の半分の周波数までの信号成分しか持たず、一方、細かい画素ピッチ（高いサンプリング周波数）の画像は、細かい画素ピッチで決まる高いサンプリング周波数の半分の周波数の信号成分まで持っており、補間処理によって同じ画素ピッチに変換されても、全く同じ画像にはならないという問題があった。

[0011] さらに、歪の大きな広角レンズや曲面ミラーなどを用いた特殊な射影特性を持つ光学系からなるステレオカメラでは、幾何補正またはリサンプリング、再サンプリングと呼ばれる像の拡大・縮小・回転などの幾何学的な変換操作により、新しい画像空間上の格子点として計算される。

[0012] リサンプリングにより新しく生成した画像上の輝度値は、新しく生成した画像空間の格子点が、元のサンプリング点を幾何学的な変換した点上にあるとは限らず、元のサンプリング点の幾何変換された点と元のサンプリング点上の輝度値とから補間処理によって求められる。歪などの幾何変形量は、画像上の点によって異なっているため、サンプリング・リサンプリングにおけるサンプリング周波数変換は空間上一様ではなく、撮像面上に分布を持つことになる。

[0013] ステレオカメラにおいて、基準画像のブロック位置と探索画像のブロック位置は異なるため、幾何学的な補正は行われているものの、同じ被写体の像であっても、サンプリング定理に基づく信号の違いが生じ、視差精度や視差率などの視差性能を低下させるという問題があった。

[0014] 本発明の目的は、上記に鑑みてなされたものであって、画素ピッチの異なる撮像素子、焦点距離の異なるレンズ、または、歪のあるレンズを用いた場

合でも、高精度に視差検出を行うことが可能な距離測定装置を提供することにある。

[0015] 本発明の前記ならびにその他の目的と新規な特徴については、本明細書の記述および添付図面から明らかになるであろう。

課題を解決するための手段

[0016] 本発明のうち代表的なものの概要を簡単に説明すれば下記の通りである。

[0017] 一実施の形態による距離測定装置は、撮像素子の上に撮像され、同一物体の少なくとも二つの像の撮像素子の上の像位置を二つの像の一致度判定によって検出し、測距を行う距離測定装置であって、撮像素子の上の像は撮像素子の画素ピッチでサンプリングされ、像位置検出時における像の一致度判定を実施する際に幾何学的な補正と、再サンプリング処理が実施され、再サンプリング処理時に発生する像の信号劣化を補正する。

[0018] 上記した以外の課題、構成および効果は、以下の発明を実施するための形態の説明により明らかにされる。

発明の効果

[0019] 本発明によれば、高精度に視差検出を行うことが可能な距離測定装置を提供できる。

図面の簡単な説明

[0020] [図1]図１は、ステレオカメラにおける距離計測原理を説明するための図である。

[図2A]図２Ａは、相異なる画素ピッチの撮像素子をステレオカメラに用いたときの課題を説明する図である。

[図2B]図２Ｂは、相異なる画素ピッチの撮像素子をステレオカメラに用いたときの課題を説明する図である。

[図3A]図３Ａは、実施例１における距離測定装置の構成例を示す図である。

[図3B]図３Ｂは、実施例１におけるリサンプリング後の画像補正方法の一例を示す図である。

[図3C]図３Ｃは、実施例１におけるリサンプリング後の画像補正方法の他の

例を示す図である。

[図4A]図４Ａは、部分画像領域毎の相関値である差分絶対値総和（ＳＡＤ）の算出を説明する図である。

[図4B]図４Ｂは、画像ブロックを１画素ずつ移動させたときのＳＡＤの推移を示す図である。

[図4C]図４Ｃは、等角直線フィッティングのサブピクセル視差を説明する図である。

[図5]図５は、実施例１に係る距離測定装置の構成例を示す図である。

[図6]図６は、実施例１に係る距離測定方法を示すフロー図である。

[図7]図７は、実施例２における焦点距離の相異なる２つレンズをステレオカメラに用いた場合の距離測定装置の構成例を示す図である。

[図8]図８は、実施例２における距離測定装置の構成例を示す図である。

[図9]図９は、レンズの歪による影響を説明するための図である。

[図10]図１０は、レンズの歪による影響を説明するための図である。

[図11]図１１は、実施例３におけるステレオマッチングを説明する図である。

[図12]図１２は、実施例３における距離測定装置の構成例を示す図である。

発明を実施するための形態

[0021] 以下、図面を参照して本発明の実施の形態を説明する。実施の形態または実施例は、本発明を説明するための例示であって、説明の明確化のため、適宜、省略および簡略化がなされている。本発明は、他の種々の形態でも実施することが可能である。特に限定しない限り、各構成要素は単数でも複数でも構わない。

[0022] 図面において示す各構成要素の位置、大きさ、形状、範囲などは、発明の理解を容易にするため、実際の位置、大きさ、形状、範囲などを表していない場合がある。このため、本発明は、必ずしも、図面に開示された位置、大きさ、形状、範囲などに限定されない。

[0023] 同一あるいは同様の機能を有する構成要素が複数ある場合には、同一の符

号に異なる添字を付して説明する場合がある。また、これらの複数の構成要素を区別する必要がない場合には、添字を省略して説明する場合がある。

[0024] 実施の形態を説明するための全図において、同一の構成要素や同一の部材には原則として同一の符号を付し、その繰り返しの説明は省略することがある。図面は説明をより明確にするため、実際の態様に比べ、模式的に表される場合があるが、あくまで一例であって、本発明の解釈を限定するものではない。

実施例 1

[0025] 本発明の第一の実施形態に係る距離測定装置は、後述する図３Ａに示すように、画素ピッチの異なる撮像素子３０ａと撮像素子３０ｂとで構成されたステレオカメラＳＣを有する距離測定装置６である。

[0026] まず、図１を用いて、ステレオ測距方式による被写体までの距離算出の例を説明する。図１は、カメラ２ａ及びカメラ２ｂの２つのカメラ２を用いた場合の、ステレオ測距方式による被写体４までの距離算出の例を説明する図である。距離測定装置（測距装置とも言う）６ｒのステレオカメラＳＣを構成するカメラ２ａとカメラ２ｂとは、互いに距離Ｂ(基線長)隔てて、光軸３ａ、３ｂが平行になるように併設されている。

[0027] 被写体４から出た光線は、カメラ２ａのレンズ５ａとカメラ２ｂのレンズ５ｂの光学中心を通り、カメラ２ａの撮像素子１ａとカメラ２ｂの撮像素子１ｂの上に結像する。光軸３aと光軸３ｂはレンズ５aとレンズ５ｂの光軸３を表す。このとき、被写体４は、撮像素子１a上を光軸３aから、距離Ｌa離れた位置に結像し、また、撮像素子１ｂ上を光軸３ｂから、距離Ｌｂ離れた位置に結像し、カメラ２ａとカメラ２ｂとの間に視差Ｌ（＝Ｌa－Ｌb）が生じる。この視差Ｌは距離測定装置６ｒのカメラ２ａ、２ｂから被写体４までの距離Ｄの大きさによって変化する。カメラ２ａ及びカメラ２ｂの焦点距離がともに焦点距離ｆとすれば、被写体４までの距離Ｄは以下の（式１）で表わされる。

[0028] Ｄ＝ｆ（Ｂ／Ｌ） （式１）

撮像素子１ａ、１ｂは通常、格子状に等しいピッチ上の点に配列された受光素子とＣＣＤ（Ｃｈａｒｇｅ　Ｃｏｕｐｌｅｄ　Ｄｅｖｉｃｅ）あるいはＣＭＯＳ（Ｃｏｍｐｌｅｍｅｎｔａｒｙ　Ｍｅｔａｌ　Ｏｘｉｄｅ　Ｓｅｍｉｃｏｎｄｕｃｔｏｒ）などの半導体デバイスにより構成される。したがって、被写体像の輝度信号は、２次元平面上で等間隔に離散化された点でサンプリングされる。

[0029] 次に、図２Ａ、図２Ｂを用いて、相異なる画素ピッチの撮像素子をステレオカメラに用いたときの課題を説明する。図２Ａ、図２Ｂにおいて、相異なる画素ピッチの撮像素子として、粗い画素ピッチの撮像素子１０ａと、撮像素子１０ａと比較して細かい画素ピッチの撮像素子１０ｂを用いた場合について説明する。図２Ａは相異なる画素ピッチの撮像素子を用いた場合の２次元平面上に同じ像が結像し、それらがサンプリングおよびリサンプリングされた状態を示す図である。図２Ｂは、図２Ａの状態を、簡単のために、１次元化して示して説明する図である。

[0030] 図２Ａにおいて、２次元平面２２は粗い画素ピッチの撮像素子１０ａの２次元平面上に結像した像がサンプリングされた状態を示す。２次元平面２１は撮像素子１０ａと比較して細かい画素ピッチの撮像素子１０ｂの２次元平面上に結像した像がサンプリングされた状態を示す。撮像素子１０ａの２次元平面上と撮像素子１０ｂの２次元平面上には、同じ像が結像しているものとする。２次元平面２１ｒは、サンプリングした２次元平面２１がリサンプリングされた状態を示す。２次元平面２４は、サンプリングした２次元平面２２がリサンプリングされた状態を示す。リサンプリングにより、２次元平面２２の粗い画素ピッチが２次元平面２１ｒ（２１）の細かい画素ピッチと一致するように変換されて、細かい画素ピッチの２次元平面２４が構成される。

[0031] 図２Ｂには、粗い画素ピッチの撮像素子１０ａの１次元化されたサンプリング状態２６と、細かい画素ピッチの撮像素子１０ｂの１次元化されたサンプリング状態２５とが示される。また、サンプリング状態２５をリサンプリ

ングして得られたリサンプリング状態２５ｒと、サンプリング状態２６をリサンプリングして得られたリサンプリング状態２８とが示される。リサンプリング状態２８では、リサンプリングにより黒丸で示す補間点が追加される。

[0032] 図２Ｂのサンプリング状態２５、２６において、「撮像素子上の像」として点線で示すように、レンズ（例えば、図１のレンズ５ａ、５ｂ）によって撮像素子１０ａ、１０ｂの表面上に結像した像自体は連続的な光分布を持つが、これらが撮像素子１０ａ、１０ｂの画素ピッチに応じてサンプリングされる。サンプリング定理によるとサンプリングされた信号は、サンプリング周波数の半分以下の周波数成分だけから構成されることを前提とするので、細かい画素ピッチの撮像素子１０ｂはより高い空間周波数成分を持ち、元の連続的な光分布に近い形状を維持する。一方、粗い画素ピッチの撮像素子１０ａは高い周波数成分を持つことができないので、元の連続的な光分布形状の信号から劣化してしまう（サンプリングにより信号劣化が発生する）。

[0033] ステレオマッチングでは、テンプレートマッチングの技法を使って、画像ブロック同士の比較を行う。しかしながら、撮像素子１０ａと撮像素子１０ｂとの画素ピッチが異なるため、補間処理またはリサンプリング処理により、同じ画素ピッチになるように変換する必要がある。異種の画素ピッチの撮像素子（１０ａ、１０ｂ）が混在する距離測定装置のシステムにおいて、細かい画素ピッチの撮像素子（１０ｂ）を採用する理由は、たいてい細かい画素ピッチの画像が必要であるので、リサンプリングのサンプリング周波数は、画素ピッチの細かい撮像素子（１０ｂ）のサンプリング周波数が用いられることが多い。ところが、上述したように、画素ピッチの粗い撮像素子（１０a）の信号自体は、粗い画素ピッチで決まるサンプリング周波数の半分の周波数の信号成分しか有しないので、画素ピッチの粗い撮像素子（１０a）のリサンプリング後の画像（２８）は、周波数成分が少ない劣化した画像になる。

[0034] ここで、リサンプリング処理は、全画像を一括で行っても良いし、ステレ

オマッチング処理時に基準画像の選択と、探索画像の選択毎に実施しても良い。後者の場合の方が、必要とする記憶領域は少なくて済む。

[0035] テンプレートマッチングでは、二つの画像の相関値を計算し、二つの画像の一致判定を行うので、リサンプリング処理の変換による誤差が異なる場合は、相関値が低下し、視差性能が劣化する。

[0036] 次に、図３Ａ、図３Ｂ、図３Ｃを用いて、実施例１におけるリサンプリング後の画像補正方法を説明する。図３Ａは、実施例１における距離測定装置の構成例を示す図である。図３Ｂは、実施例１におけるリサンプリング後の画像補正方法の一例を示す図である。図３Ｃは、実施例１におけるリサンプリング後の画像補正方法の他の例を示す図である。

[0037] 図３Ａに示す距離測定装置６が図１の距離測定装置６ｒと異なる点は、距離測定装置６では、画素ピッチの異なる撮像素子３０ａと撮像素子３０ｂとで構成されたステレオカメラを採用した点である。図３Ａに示す距離測定装置６の他の構成は、図１の距離測定装置６ｒの他の構成と同じである。

[0038] 図３Ａに示すように、距離測定装置（測距装置とも言う）６のステレオカメラＳＣを構成するカメラ２ａとカメラ２ｂとは、互いに距離Ｂ(基線長)隔てて、光軸３ａ、３ｂが平行になるように併設されている。被写体４から出た光線は、カメラ２ａのレンズ５ａとカメラ２ｂのレンズ５ｂの光学中心を通り、カメラ２ａの撮像素子３０ａとカメラ２ｂの撮像素子３０ｂの上に結像する。光軸３aと光軸３ｂはレンズ５aとレンズ５ｂの光軸３を表す。このとき、被写体４は、撮像素子３０a上を光軸３aから、距離Ｌa離れた位置に結像し、また、撮像素子３０ｂ上を光軸３ｂから、距離Ｌｂ離れた位置に結像し、カメラ２ａとカメラ２ｂとの間に視差Ｌ（＝Ｌa－Ｌb）が生じる。この視差Ｌは距離測定装置６のカメラ２ａ、２ｂから被写体４までの距離Ｄの大きさによって変化する。カメラ２ａ及びカメラ２ｂの焦点距離がともに焦点距離ｆとすれば、被写体４までの距離Ｄは先に説明した（式１）で表わされる。

[0039] 図２Ａ、図２Ｂで説明したリサンプリング（再サンプリングとも言う）に

おいて、リサンプリングにより画像信号のどの周波数以上の成分が劣化しているのかが既知なので、本実施例では、リサンプリングに伴う信号劣化の差を補正する補正処理を実施する。図３Ｂに示す例では、超解像処理により画素ピッチの粗い撮像素子３０ａの信号低下分を復元する補正処理を実施する。また、図３Ｃに示す例では、画素ピッチの細かい撮像素子３０ｂからの画像データをデシメーションフィルタ（ＤＥＦ）処理などの高域周波数成分を遮断するような補正処理を実施する。

[0040] 図３Ｂには、粗い画素ピッチの撮像素子３０ａの１次元化されたサンプリング状態３２と、細かい画素ピッチの撮像素子３０ｂの１次元化されたサンプリング状態３１とが示される。その後、サンプリング状態３２とサンプリング状態３１とに対して、リサンプリングを行う。リサンプリングのサンプリング周波数は、ここでは、画素ピッチの細かい撮像素子（３０ｂ）のサンプリング周波数が用いられるものとする。サンプリング状態３２をリサンプリングして得られたリサンプリング状態３３が示される。サンプリング状態３１をリサンプリングして得られたリサンプリング状態３１ｒが示される。これにより、リサンプリング状態３３とリサンプリング状態３１ｒとで、画素ピッチが揃えられる。

[0041] リサンプリング状態３３では、リサンプリングにより黒丸で示す補間点が追加される。一方、サンプリング状態３１をリサンプリングして得られたリサンプリング状態３１ｒは、基本的に同じである。

[0042] その後、リサンプリング状態３３の画像データに対して超解像処理を実施する。超解像処理では、画素ピッチの粗い撮像素子３０ａの信号低下分の画像データを復元する補正処理が実施され、リサンプリング状態３３が超解像処理後の画像データの状態３４へ変換される。これにより、リサンプリング状態３１ｒと超解像処理後の画像データの状態３４と間の誤差分が補正されることになる。

[0043] 図３Ｃでは、図３Ｂと同様に、粗い画素ピッチの撮像素子３０ａの１次元化されたサンプリング状態３２と、細かい画素ピッチの撮像素子３０ｂの１

次元化されたサンプリング状態３１と、サンプリング状態３２をリサンプリングして得られたリサンプリング状態３３が示される。サンプリング状態３１をリサンプリングして得られたリサンプリング状態３１ｒが示される。リサンプリングのサンプリング周波数は、ここでは、画素ピッチの細かい撮像素子（３０ｂ）のサンプリング周波数が用いられるものとする。これにより、リサンプリング状態３３とリサンプリング状態３１ｒとで、画素ピッチが揃えられる。

[0044] リサンプリングの後、リサンプリング状態３１ｒの画像データに対してデシメーションフィルタ（ＤＥＦ）処理を実施する。デシメーションフィルタ（ＤＥＦ）処理では、画素ピッチの細かい撮像素子３０ｂからの画像データの高域周波数成分を遮断するような補正処理が実施され、リサンプリング状態３１ｒがデシメーションフィルタ（ＤＥＦ）処理後の画像データ補正状態３６へ変換される。これにより、デシメーションフィルタ（ＤＥＦ）処理後の画像データ補正状態３６とリサンプリング状態３３との間の誤差分が補正されることになる。

[0045] つまり、リサンプリングの後に、超解像処理による補正処理（信号低下分の復元処理）やデシメーションフィルタ処理による補正処理（高域周波数成分の遮断処理）を実施することで、リサンプリング時に発生する左右の像間（３１ｒと３３）の信号劣化の差を補正する。これにより、ステレオマッチング処理時に比較する左右の画像ブロックに対し、ブロック画像部分の左右サンプリングおよびリサンプリングによる補間に起因する左右の画像ブロックの誤差を補正し、ステレオマッチング処理により正確に視差Ｌを算出でき、高精度に被写体４までの距離Ｄを得ることができる距離測定装置６を提供できる。

[0046] 超解像処理による補正処理（信号低下分の復元処理）やデシメーションフィルタ処理による補正処理（高域周波数成分の遮断処理）の後、図３Ａで説明したように、距離測定装置６において視差Ｌの算出処理が行われる。

[0047] 以下の説明において、超解像処理による補正処理（信号低下分の復元処理

）やデシメーションフィルタ処理による補正処理（高域周波数成分の遮断処理）の後の画像データ（たとえば、図３Ｂの状態３１ｒと状態３４、図３Ｃの状態３６と状態３３）をリサンプリング後の画像、または、リサンプリング処理後の画像と言うこととする。また、超解像処理による補正処理（信号低下分の復元処理）やデシメーションフィルタ処理による補正処理（高域周波数成分の遮断処理）を、リサンプリング処理と言うこととする。

[0048] 前述したように、リサンプリング処理は、全画像を一括で行っても良いし、ステレオマッチング処理時に基準画像の選択と、探索画像の選択毎に実施しても良い。以下では、代表例として、予め全画面一括でリサンプリング処理を実施した後に、ステレオマッチング処理を実施する一例で説明する。

[0049] 図４Ａ、図４Ｂ、図４Ｃを用いて本実施例のステレオマッチング処理について説明する。図４Ａは、部分画像領域毎の相関値であるＳＡＤの算出を説明する図である。図４Ｂは、画像ブロックを１画素ずつ移動させたときのＳＡＤの推移を示す図である。図４Ｃは、等角直線フィッティングのサブピクセル視差を説明する図である。

[0050] 図４Ａに示すように、撮像素子３０aからのリサンプリング後の画像と、撮像素子３０ｂからのリサンプリング後の画像に対し、それぞれの部分画像領域（ブロック領域、テンプレート画像）毎の相関値であるＳＡＤ（Ｓｕｍ ｏｆ Ａｂｓｏｌｕｔｅ Ｄｉｆｆｅｒｅｎｃｅ：差分絶対値総和）を算出する。ＳＡＤは、式２で示す。１つのブロック領域は、例えば、８ピクセル×８ピクセルの画像領域とされている。

[0051] そして、距離測定装置６は、算出した相関値を用いて、撮像素子３０aおよび撮像素子３０ｂのリサンプリング後の画像の画素ピッチでの画像上の画像のずれ、つまり、視差Ｌを算出する。なお、ＳＡＤは相関値の一例であり、距離測定装置６は、一般的に知られているＳＳＤ（Ｓｕｍ ｏｆ Ｓｑｕａｒｅｄ Ｄｉｆｆｅｒｅｎｃｅ：差分２乗総和）又はＮＣＣ（Ｎｏｒｍａｌｉｚｅｄ Ｃｒｏｓｓ－Ｃｏｒｒｅｌａｔｉｏｎ：正規化相互相関）なども相関値として利用可能である。

[0052] まず、撮像素子３０aからのリサンプリング後の画像から基準画像ＲＥＦの部分領域を選出する。次に、撮像素子３０ｂからのリサンプリング後の画像から比較画像ＣＭＰの部分領域を選出し、部分画像領域（ＲＥＦとＣＭＰ）ごとにＳＡＤなどの相関値を算出する。次に、撮像素子３０bからのリサンプリング後の画像から比較画像ＣＭＰの部分領域をリサンプリング後の画素ピッチの1画素ピッチ分だけ、例えば、右側へシフトし、再びそのシフト後における部分画像領域（ＲＥＦとＣＭＰ）のＳＡＤなどの相関値を算出する。図４Ｂに、画像ブロックを１画素ずつ移動させたときのＳＡＤの推移を示す。ＳＡＤが最小となった画素シフト量（ずらし量）ＳＧが１画素単位の視差（Ｌ）となる。ここで、ＳＧはＳＡＤが最小となるずらし量（整数視差）、Ｓ（０）はＳＡＤが最小になるずらし量ＳＧでの相関値（ＳＡＤ）、その隣接するずらし量でのＳＡＤをＳ（－１）、Ｓ（１）とする。

[0053] 図４Ａ、図４Ｂの場合、視差（Ｌ）の検出精度は１画素となるため、小数点以下の画素の精度で視差（以降、サブピクセル視差と呼ぶ）は求められないことになる。

[0054] 距離測定精度（測距精度）つまり視差検出分解能を１画素単位でなく、更に、高精度に求めるための方法として、サブピクセルレベル視差を推定する方法が提案されている。例えば、等角直線フィッティングというサブピクセル視差推定方法では、図４Ｃに示すように、実際視差を基準にＳＡＤの推移が左右での傾きの絶対値が同じであることを仮定することによって、１次線形補間により実際視差がサブピクセルレベルで推定される。等角直線フィッティングのサブピクセル視差算出式、つまり補間式を（式３）に示す。ここで、δはサブピクセル視差、ＳＧはＳＡＤが最小となるずらし量（整数視差）、Ｓ（０）はＳＡＤが最小になるずらし量ＳＧでの相関値（ＳＡＤ）、その隣接するずらし量でのＳＡＤをＳ（－１）、Ｓ（１）とする。

[0055] （式３）により算出された視差に画素ピッチサイズをかけることで、（式１）の視差Ｌが求められ、被写体４までの距離Ｄが算出される。

[0056] 図５を用いて、距離測定装置６の構成例を説明する。図５は、実施例1に係

る距離測定装置の構成例を示す図である。なお、図５の距離測定装置６は、図３Ｃで説明した補正処理（デシメーションフィルタ処理）を、ステレオマッチング処理時に基準画像の選択と探索画像(比較画像）の選択毎に、探索画像(比較画像）に対して実施される例を説明する。

[0057] 距離測定装置６は、第一カメラ２ａと、第二カメラ２ｂと、第一リサンプリング回路４０ａと、第二リサンプリング回路４０ｂと、視差算出回路５０と、を含む。

[0058] 第一カメラ２ａは、レンズ５ａを含む第一光学系と、第一撮像素子３０ａと、を含む。第二カメラ２ｂは、レンズ５ｂを含む第二光学系と、第二撮像素子３０ｂと、を含む。第一撮像素子３０ａの画素ピッチは、第二撮像素子３０ｂの画素ピッチと比較して、粗い画素ピッチとされている。つまり、第二撮像素子３０ｂの画素ピッチは、第一撮像素子３０ａの画素ピッチと比較して、細かい画素ピッチとされている。第一カメラ２ａ及び第二カメラ２ｂの焦点距離は、この例では、同じであり、ともに焦点距離ｆである。

[0059] 第一リサンプリング回路４０ａは、撮像素子３０ａの２次元平面上に結像した像を撮像素子３０ａによりサンプリングした後にリサンプリングするために設けられる（参照：図３Ｃのリサンプリング状態３３）。第二リサンプリング回路４０ｂは、撮像素子３０ｂの２次元平面上に結像した像を撮像素子３０ｂによりサンプリングした後にリサンプリングするために設けられる（参照：図３Ｃのリサンプリング状態３１ｒ）。リサンプリングのサンプリング周波数は、ここでは、画素ピッチの細かい撮像素子（３０ｂ）のサンプリング周波数が用いられる。これにより、第一撮像素子３０ａからの画像（３３）の画素ピッチと第二撮像素子３０ｂからの画像（３１ｒ）の画素ピッチとが同一の画素ピッチとなるように揃えられる。ここでは、同一の画素ピッチとされた第一撮像素子３０ａからの画像と第二撮像素子３０ｂからの画像を、リサンプリング後の画像と言うことにする。

[0060] 視差算出回路５０は、参照位置検出回路(基準画像位置検出回路とも言う）５１と、比較画像位置検出回路５２と、比較画像補正回路５３と、視差検出

回路５４と、を含む。同一の画素ピッチとされた第一撮像素子３０ａからの画像（３３）と第二撮像素子３０ｂからの画像（３１ｒ）のそれぞれは、参照位置検出回路５１と比較画像位置検出回路５２とに入力される。参照位置検出回路５１は、第一撮像素子３０ａからのリサンプリング後の画像（３１ｒ）から基準画像ＲＥＦの部分領域を検出または選出する。比較画像位置検出回路５２は撮像素子３０ｂからのリサンプリング後の画像（３３）から比較画像ＣＭＰ部の分領域を検出または選出する。

[0061] 比較画像補正回路５３は、参照画像ＲＥＦの位置と比較画像ＣＭＰの位置の差に起因する補正量を算出し、比較画像ＣＭＰを補正する。ここでは、比較画像ＣＭＰに対して、デシメーションフィルタ処理による補正処理（高域周波数成分の遮断処理）を実施する。

[0062] 視差検出回路５４は、参照画像ＲＥＦと補正された比較画像ＣＭＰとから視差Ｌを検出する。これにより、距離測定装置６は、検出された視差Ｌから(式１）を用いて、被写体４までの正確な距離Ｄを算出することができる。

[0063] なお、図３Ｂの超解像処理による補正処理（信号低下分の復元処理）を実施する場合は、比較画像補正回路５３が図５から削除され、代わりに、参照画像補正回路が参照位置検出回路５１の出力と視差検出回路５４の一方の入力との間に設けられる。そして、この場合、比較画像位置検出回路５２の出力が視差検出回路５４の他方の入力に接続される。

[0064] ステレオマッチング処理の前に、超解像処理による補正処理（信号低下分の復元処理）やデシメーションフィルタ処理による補正処理（高域周波数成分の遮断処理）を、図３Ｂ、図３Ｃで示すように、全画像を一括で行う場合は、次のようにすることができる。

[0065] 図３Ｂの場合、超解像処理による補正処理を行う補正回路が、第一リサンプリング回路４０ａと参照位置検出回路５１との間に設けられる。

[0066] 図３Ｃの場合、デシメーションフィルタ処理による補正処理を行う補正回路が、第二リサンプリング回路４０ｂと比較画像位置検出回路５２と間に設けられる。

[0067] 図６を用いて、図５の距離測定装置６の距離測定方法の一例を説明する。図６は、実施例１に係る距離測定方法を示すフロー図である。

[0068] ステップＳ１：

第一カメラ２ａの第一撮像素子３０ａを用いて被写体４の画像を取得する。また、第二カメラ２ｂの第二撮像素子３０ｂを用いて被写体４の画像を取得する。第一撮像素子３０ａの画素ピッチは、第二撮像素子３０ｂの画素ピッチと比較して、粗い画素ピッチとされている。

[0069] ステップＳ２：

第一カメラ２ａの第一撮像素子３０ａを用いて取得した被写体４の画像において、参照画像ブロック位置を設定する。参照画像ブロック位置は、例えば、参照位置検出回路５１により設定される。

[0070] ステップＳ３：

左右画素ピッチを揃えるために、第一リサンプリング回路４０ａおよび第二リサンプリング回路４０ｂを用いて、リサンプリングを実施する。これにより、第一撮像素子３０ａからの画像（３３）の画素ピッチと第二撮像素子３０ｂからの画像（３１ｒ）の画素ピッチとが同一の画素ピッチとなるように揃えられる。

[0071] ステップＳ４：

リサンプリング後の各画像において、参照画像位置と比較画像位置とを検出する。参照位置検出回路５１は、第一撮像素子３０ａからのリサンプリング後の画像（３３）から基準画像ＲＥＦの部分領域を検出する。比較画像位置検出回路５２は撮像素子３０ｂからのリサンプリング後の画像（３１ｒ）から比較画像ＣＭＰの部分領域を検出する。

[0072] ステップＳ５：

比較画像補正回路５３は、ステップＳ４で検出した参照画像位置と比較画像位置の差に起因する補正量を算出する。ここでは、撮像素子３０ｂからのリサンプリング後の画像（３１ｒ）について、デシメーションフィルタ処理による補正処理（高域周波数成分の遮断処理）を実施するための補正量を算

出する。

[0073] ステップＳ６：

比較画像補正回路５３は、ステップＳ５で算出した補正量で、撮像素子３０ｂからのリサンプリング後の画像（３１ｒ）について、デシメーションフィルタ処理による補正処理を実施する。

[0074] ステップＳ７：

視差検出回路５４は、参照画像ＲＥＦと補正された比較画像ＣＭＰとから視差Ｌを検出する。

[0075] ステップＳ８：

ステップＳ７で用いた参照画像ＲＥＦのブロック位置が最終の参照画像ブロック位置か否かが視差検出回路５４により判定される。ステップＳ７で用いた参照画像ＲＥＦのブロック位置が最終の参照画像ブロック位置の場合（Ｙｅｓ）、距離測定方法のフローは終了する。一方、ステップＳ７で用いた参照画像ＲＥＦのブロック位置が最終の参照画像ブロック位置でない場合（Ｎｏ）、ステップＳ２へ移行する。その後、参照画像ＲＥＦのブロック位置が最終の参照画像ブロック位置になるまで、ステップＳ２～Ｓ７が繰り替えし実行される。

[0076] 実施例１によれば、以下の1または複数の効果を得ることができる。

[0077] １）相異なる画素ピッチの撮像素子をステレオカメラに用いた場合でも、リサンプリングにより、左右の画像の画素ピッチを揃えることができる。

[0078] ２）リサンプリングの後に、超解像処理による補正処理（信号低下分の復元処理）やデシメーションフィルタ処理による補正処理（高域周波数成分の遮断処理）を実施することで、リサンプリング時に発生する左右の画像間（３１と３３）の信号劣化の差を補正することができる。

[0079] ３）上記２）により、ステレオマッチング処理時に比較する左右の画像ブロックに対し、ブロック画像部分の左右サンプリングおよびリサンプリングによる補間に起因する左右の画像ブロックの誤差を補正できる。

[0080] ４）相異なる画素ピッチの撮像素子をステレオカメラに用いた場合でも、

ステレオマッチング処理により正確に視差Ｌを算出でき、高精度に被写体４までの距離Ｄを得ることができる距離測定装置６を提供できる。

実施例 2

[0081] 本発明の第二の実施形態（実施例２）は、相異なるレンズを使った距離測定装置に関する。図７は、実施例２における焦点距離の相異なる２つレンズをステレオカメラに用いた場合の距離測定装置の構成例を示す図である。図８は、実施例２における距離測定装置の構成例を示す図である。

[0082] 図７には、ステレオカメラＳＣを構成する２台のカメラ２００ａ、２００ｂにおいて、焦点距離の異なるレンズ７０ａ、７０ｂをもつ距離測定装置６ａの構成例が示される。ここでは、長い焦点距離faのレンズ７０ａをもつカメラ２００aと短い焦点距離fbのレンズ７０ｂをもつカメラ２００bを用いたステレオカメラＳＣが示してある。

[0083] 同じ被写体４を、レンズ７０aを通して、撮像素子１aに結像した像の大きさ（Ｓａ）と、レンズ７０bを通して、撮像素子１bに結像した像の大きさ（Ｓｂ）とでは像サイズが異なる（Ｓｂ＜Ｓａ）。これらが、同じ画素ピッチの撮像素子１aと撮像素子１bとによって、画像データとしてサンプリングされる。

[0084] これらの画像はそのままではステレオマッチングに使えないので、同じ画素ピッチで、同じ大きさの像になるように画像の拡大変換や縮小変換を行う必要がある。同じ像サイズになるように変換する際、元の像の大きなカメラ２００ｂにおけるサンプリング点は多く、元の像の小さなカメラ２００aのサンプリング点が少ないために、実効的なサンプリング周波数に差が生じ、リサンプリングによる画像特性の差が生じる。

[0085] したがって、実施例１と同様に、リサンプリングによる画像特性の差を補償する補正処理を実施することによって、視差精度や視差率などの視差性能の向上を図ることができる。

[0086] 図８に示すように、距離測定装置６ａは、第一カメラ２００aと第二カメラ２００bとをステレオカメラＳＣとして有しする。第一カメラ２００aは、長

い焦点距離faのレンズ７０ａを含む第一光学系と、撮像素子１aとを含む。第二カメラ２００ｂは、短い焦点距離fb（fb＜fa）のレンズ７０ｂを含む第二光学系と、撮像素子１ｂとを含む。

[0087] 第一リサンプリング回路４１ａと第二リサンプリング回路４１ｂは、撮像素子１aに結像した像の大きさ（Ｓａ）と、撮像素子１bに結像した像の大きさ（Ｓｂ）とでは像サイズが異なるので、同じ画素ピッチで、同じ大きさの像になるように画像の拡大変換または縮小変換を行った後、リサンプリングを行うように構成されている。

[0088] 比較画像補正回路５３ａは、比較画像に対してリサンプリングによる画像特性の差を補償する補正処理を行う。

実施例 3

[0089] 以下に図面を参照して、本発明の第三の実施形態（実施例３）を詳細に説明する。本発明の第三の実施形態（実施例３）は、歪のあるレンズを用いた距離測定装置に関する。図９は、レンズの歪による影響を説明するための図である。図１０は、レンズの歪による影響を説明するための図である。図１１は、実施例３におけるステレオマッチングを説明する図である。

[0090] 図９は、歪のあるレンズを用いたときに、本来映るべきドットパターンＤＡ(白丸で示す)と、実際のドットパターンＤＢ（黒丸で示す）を示したものである。実際のドットパターンＤＢが作る正方形の格子形状は画像の中央部ＣＥＮの歪は小さく、画像の端ＰＥＲに行くにしたがって正方形の形状が歪む。また、画像の端ＰＥＲでは、４つの格子点がなす四角形の面積も、中央部ＣＥＮの四角形の面積と比較して、小さくなっている。すなわち、同じ被写体４が撮像素子の中央部に結像したときよりも撮像素子の周辺部に結像したときの方が像が小さくなってしまうという現象が発生する（撮像素子の中央部に結像した被写体４の像のサイズ＞撮像素子の周辺部に結像した被写体４の像のサイズ）。

[0091] 図１０を用いて、この現象による誤差を説明する。図１０には、光軸から離れた画角にあり、撮像素子の周辺部ＰＥＲに結像した歪の大きな像と、光

軸近傍の撮像素子の中央部ＣＥＮに結像した像を一次元で模式的に表したものである。本来映るべき像（本来の像と示す）は周辺部ＰＥＲも中央部ＣＥＮも同じであることが望ましいが、周辺部ＰＥＲはレンズの歪の影響が大きく、実際には小さい像（実際の像と示す）として結像する（状態６１参照）。中央部ＣＥＮは、レンズの歪の影響が少ないので、本来の像と実際の像とはほぼ同じ様に結像する（状態６２参照）。

[0092] 状態６３、６４に示すように、撮像素子の画素ピッチは一定なので、周辺部ＰＥＲの小さな像と中央部ＣＥＮの大きな像は同じサンプリング周波数でサンプリングされる。同じ被写体４からの像であっても、歪の大きな周辺領域ＰＥＲでのサンプリング点数は少なく(状態６３では、３点）、歪の小さな中央領域ＣＥＮでのサンプリング点数は多いことになる(状態６４では、７点）。

[0093] レンズの歪補正を行う際、歪量に応じて像の拡大縮小補正を行う必要がある(この場合、拡大補正)。歪の大きな周辺部ＰＥＲは多く縮小しているので、多く拡大する必要があり（状態６５参照）、歪のほとんどない中央部ＣＥＮはほぼ等倍拡大になる（状態６６参照）。ところが、同じ被写体４からの像に対するサンプリング点数は、周辺部ＰＥＲは少なく（３点）、中央部ＣＥＮは多い（７点）ので、周辺部の画素点を増やすために補間処理によって、リサンプリングする必要がある（状態６７、６８参照）。このとき、周辺部ＰＥＲの変換後の像が大きく劣化してしまう。

[0094] このような歪が大きなレンズや特殊な射影方式の光学系からなるステレオマッチングでは、同じ焦点距離のレンズ、同じ画素ピッチの撮像素子を用いたカメラであっても、基準画像ブロックと探索画像ブロックの位置が異なるために、各位置での歪補正が異なるために問題が生じる。

[0095] 図１１を用いて実施例３におけるステレオマッチングを説明する。図１１には、一例として、実施例１、２の様に、２つの撮像素子（１ａ、１ｂ）の含むステレオカメラを用いた場合のステレオマッチングを説明する。なお、実施例３は、１つ撮像素子を含む１つの単眼カメラの場合にも適用できるこ

とは、当業者なら当然として理解できるであろう。

[0096] 図１１に示すように。基準ブロック（基準画像の部分領域）ＲＥＦと探索ブロック(比較画像の部分領域）ＣＭＰ（ＣＭＰ１）の画像位置が同じ場合（すなわち、画素シフト量が０のとき）、基準ブロックＲＥＦと探索ブロックＣＭＰ１のレンズ歪は同じであるため、同じリサンプリング処理が実施される。しかしながら、画像シフト量が増えるに従って、基準ブロックＲＥＦの位置と探索ブロックＣＭＰ２、ＣＭＰ３の位置の差が大きくなり、基準ブロックＲＥＦのリサンプリング処理と探索ブロックのリサンプリング処理が異なることになる。したがって、ステレオマッチング処理時に、基準画像ブロックＲＥＦの画像位置と探索している比較画像ブロックＣＭＰの画像位置とを検出し、その画像位置差に起因するリサンプリングの誤差分だけを補正することによって、リサンプリングによる補正量の差を最小に抑えることができる。

[0097] つまり、歪のあるレンズを用いた距離測定装置には、基準画像ブロックＲＥＦの画像位置と探索している比較画像ブロックＣＭＰの画像位置とを検出する検出回路と、その画像位置差に起因するリサンプリングの誤差分だけを補正する補正回路とが設けられる。

[0098] 次に、図１２を用いて、実施例３における歪のあるレンズを用いた単眼カメラを利用した距離測定装置の構成例を説明する。図１２は、実施例３における距離測定装置の構成例を示す図である。

[0099] 図１２に示すように、距離測定装置６ｂは、カメラ３００と、視点分離回路９０と、第一視点撮影部リサンプリング回路４１ｃと、第二視点撮影部リサンプリング回路４１ｄと、視差算出回路５０と、を含む。視差算出回路５０は、参照位置検出回路(基準画像位置検出回路)５１と、比較画像位置検出回路５２と、比較画像補正回路５３ｂと、視差検出回路５４と、および、参照画像補正回路５５と、を含む。

[0100] カメラ３００は、歪のあるレンズ８０を含む光学系と、撮像素子１ｃと、を含む。レンズ８０を介して撮像素子１ｃの２次元平面上に結像した像は、

撮像素子１ｃによりサンプリングされる。

[0101] 視点分離回路９０は、撮像素子１ｃによりサンプリングされた画像において、第一視点撮影領域と、第二視点撮影領域とを選択する。視点分離回路９０は、第一視点撮影領域に対応する第一視点画像データを第一視点撮影領域部分のリサンプリング回路４１ｃへ供給する。視点分離回路９０は、また、第二視点撮影領域に対応する第一視点画像データを第二視点撮影領域部分のリサンプリング回路４１ｄへ供給する。

[0102] 第一視点撮影領域部分のリサンプリング回路４１ｃは、第一視点画像データの撮像素子１ｃの上の位置を検出し、その位置に基づいて第一視点画像データのリサンプリング処理を実施する。リサンプリング回路４１ｃは、レンズ８０の歪の補正を行うため、リサンプリング処理の際、第一視点画像データの撮像素子１ｃの上の位置に基づいて、拡大・縮小・回転などの幾何学的な変換と、補間処理と、を実施する。

[0103] 第二視点撮影領域部分のリサンプリング回路４１ｄは、第二視点画像データの撮像素子１ｃの上の位置を検出し、その位置に基づいて第二視点画像データのリサンプリング処理を実施する。リサンプリング回路４１ｄは、レンズ８０の歪の補正を行うため、リサンプリング処理の際、第二視点画像データの撮像素子１ｃの上の位置に基づいて、拡大・縮小・回転などの幾何学的な変換と、補間処理と、を実施する。これにより、リサンプリング後の第一視点画像データとリサンプリング後の第二視点画像データの画素のピッチが同じとされる。リサンプリング後の第一視点画像データは参照位置検出回路５１へ供給され、リサンプリング後の第二視点画像データは比較位置検出回路５２へ供給される。

[0104] 参照位置検出回路５１は、リサンプリング後の第一視点画像データから基準画像ＲＥＦの部分領域を検出または選出する。比較画像位置検出回路５２は、リサンプリング後の第二視点画像データから比較画像ＣＭＰの部分領域を検出または選出する。

[0105] 参照画像補正回路５５は、リサンプリング後の第一視点画像データ上にお

ける参照画像ＲＥＦの位置に起因する補正量を算出し、参照画像ＲＥＦを補正する。つまり、参照画像補正回路５５は、リサンプリング処理により発生する第一視点画像データの像の信号劣化を補正する補正処理を実施する。

[0106] 比較画像補正回路５３ｂは、リサンプリング後の第二視点画像データ上における比較画像ＣＭＰの位置に起因する補正量を算出し、比較画像ＣＭＰを補正する。つまり、比較画像補正回路５３ｂは、リサンプリング処理により発生する第二視点画像データの像の信号劣化を補正する補正処理を実施する。

[0107] 視差検出回路５４は、参照画像補正回路５５により補正された参照画像ＲＥＦと比較画像補正回路５３ｂにより補正された比較画像ＣＭＰとから視差Ｌを検出する。これにより、歪のあるレンズ８０が用いられた距離測定装置６ｂは、検出された視差Ｌから(式１）を用いて、被写体４までの正確な距離Ｄを算出することができる。

[0108] なお、参照画像補正回路５５は削除することが可能である。この場合、比較画像補正回路５３ｂは、リサンプリング後の第一視点画像データ上における参照画像ＲＥＦの位置とリサンプリング後の第二視点画像データ上における比較画像ＣＭＰの位置の差に起因する補正量を算出し、比較画像ＣＭＰを補正する補正処理を実施するように構成される。視差検出回路５４は、参照画像ＲＥＦと比較画像補正回路５３ｂにより補正された比較画像ＣＭＰとから視差Ｌを検出する。

[0109] これにより、歪のあるレンズ８０が用いられた距離測定装置６ｂは、検出された視差Ｌから(式１）を用いて、被写体４までの正確な距離Ｄを算出することができる。

[0110] 実施例１、２，３における距離測定装置の構成例は、以下の様にまとめることができる。

[0111] １）撮像素子上に撮像され、同一物体（被写体４）の少なくとも二つの像（ＲＥＦ，ＣＭＰ）の撮像素子上の像位置を二つの像の一致度判定によって検出し、測距（距離の測定）を行う距離測定装置（６，６ａ，６ｂ）であっ

て、

前記撮像素子上の像は前記撮像素子（３０ａ，３０ｂ，１ａ，１ｂ，１ｃ）の画素ピッチでサンプリングされ、

前記像位置検出時における像（ＲＥＦ，ＣＭＰ）の一致度判定を実施する際に幾何学的な補正（実施例１：超解像処理、デシメーションフィルタ処理、実施例２：拡大変換や縮小変換、実施例３：拡大・縮小・回転などの幾何学的な変換）と、再サンプリング処理（補間処理）が実施され、

前記再サンプリング処理時に発生する像の信号劣化を補正する。

[0112] ２）、上記１）の距離測定装置において(実施例３参照)、

上記像の一致度判定する二つの像（参照画像ＲＥＦ、比較画像ＣＭＰ）が、一つの撮像素子（１ｃ）上にある。

[0113] ３）上記１）の距離測定装置において(実施例１参照)、

請求項１の距離測定装置であって、

上記像の一致度判定する二つの像（参照画像ＲＥＦ、比較画像ＣＭＰ）が、それぞれ画素ピッチの異なる二つの撮像素子（３０ａ、３０ｂ）上にある。

[0114] ４）上記１）の距離測定装置において（実施例２参照）、

上記像の一致度判定する二つの像（参照画像ＲＥＦ、比較画像ＣＭＰ）が、それぞれ焦点距離の異なるレンズ（７０ａ、７０ｂ）からなる光学系で形成される。

[0115] ５）上記１）の距離測定装置において(実施例１、２、３)、

上記像位置検出時における像（参照画像ＲＥＦ、比較画像ＣＭＰ）の一致度判定を実施する際に、少なくとも一方の像の判定に必要な撮像素子上の画像データに対し、幾何学的な補正と、再サンプリング処理が実施され、

再サンプリング処理時に発生する像の信号劣化を補正する、距離測定装置。

[0116] ６）上記１）の距離測定装置において(実施例３)、

一致度判定する二つの像（参照画像ＲＥＦ、比較画像ＣＭＰ）の撮像素子

上のそれぞれの位置を検出し、

二つの像位置におけるそれぞれの幾何補正と再サンプリング処理により発生する像の信号劣化を補正する。

[0117] 別の言い方をすれは、本発明の距離測定装置は、ステレオカメラの対応点探索時またはその前に、同一物体（被写体４）が同じ像サイズになるような幾何学的な補正部と、同じ画素ピッチで比較できるようにリサンプリング処理部を有し、リサンプリング処理部では、リサンプリング処理と、基準画像と探索画像の像のリサンプリングに伴う信号劣化の差を補正する補正処理をする。

[0118] さらに、視差検出における像の対応点探索を実施する際に、基準画像と探索画像の少なくとも一方の像に対し、一致度評価に必要な撮像素子上の画像データを抽出し、幾何学的な補正と、リサンプリング処理を実施し、基準画像と探索画像の像のリサンプリングに伴う信号劣化の差を補正する。

[0119] またさらに、対応点探索を実施する際に、基準画像と探索画像の二つの像の撮像素子上のそれぞれの位置を検出し、二つの像位置におけるそれぞれの幾何補正とリサンプリング処理により発生する像の信号劣化を補正する。

[0120] これにより、以下の効果を得ることができる。

[0121] １）異なる種類のカメラによるステレオカメラや、広角レンズや曲面ミラーなどを用いた特殊な射影特性を持つ光学系からなるステレオカメラを提供することができる。

[0122] ２）異なるカメラのレンズによる像の拡大縮小や画素ピッチの異なる撮像素子に起因する問題を除去することができ、ステレオカメラにおける一致画像探索の性能を向上し、異なるカメラを用いた視差検出精度を向上することができる。

[0123] ３）撮像素子（センサ）のサイズ・画素ピッチなどが異なるカメラでのステレオカメラでは、ステレオマッチングを行うために、左右を同じ画像空間に幾何補正で変換する際、センサのサンプリング周波数が異なるため、変換後の像の特性が異なってしまう。また、高歪レンズや特殊な射影方式のレン

ズ、双曲面ミラーなどの光学系によるステレオカメラでは、ステレオマッチングを行うために、幾何変換（歪補正・幾何補正）により、画素位置の変換を行う際、センサ上の元のサンプリング点が、等間隔で格子状の新しい画素位置上に存在せず、不均一な間隔で存在するため、幾何変換後の画像位置により像の特性が変化する。本発明の距離測定装置では、ステレオマッチで使用する幾何補正後の画像ブロックに対し、幾何補正前のセンサ上のデータを取り出し、左右同じ像サイズ・画素ピッチのブロック画像になるように幾何補間処理した後、元のサンプリング周波数の差を補正して、マッチング評価する。また、基準ブロックの画素位置と探索ブロックの画素位置を検出し、二つのステレオマッチングを行う画像上の位置の違いによるサンプリングの差を補正する。

[0124] 以上、本発明者によってなされた発明を実施例に基づき具体的に説明したが、本発明は、上記実施形態および実施例に限定されるものではなく、種々変更可能であることはいうまでもない。

符号の説明

[0125] １ａ、１ｂ、１ｃ、３０ａ、３０ｂ：撮像素子、 ２ａ、２ｂ、２００ａ、２００ｂ、３００：カメラ、 ３ａ、３ｂ：光軸、 ４：被写体、 ５ａ、５ｂ、７０ａ、７０ｂ、８０：レンズ、 ６、６ａ、６ｂ：距離測定装置、 ４０ａ、４０ｂ、４１ａ、４１ｂ：リサンプリング回路、 ４０ｃ：第一視点撮像部リサンプリング回路、 ４０ｄ：第二視点撮像部リサンプリング回路、 ５０：視差算出回路、 ５１：参照位置検出回路、 ５２：比較画像位置検出回路、 ５３、５３ａ：比較画像補正回路、５４：視差検出回路、５５：参照画像補正回路、 ９０：視点分離回路

請求の範囲

[請求項1] 撮像素子の上に撮像され、同一物体の少なくとも二つの像の撮像素子の上の像位置を二つの像の一致度判定によって検出し、測距を行う距離測定装置であって、

前記撮像素子の上の像は前記撮像素子の画素ピッチでサンプリングされ、

前記像位置検出時における像の一致度判定を実施する際に幾何学的な補正と、再サンプリング処理が実施され、

前記再サンプリング処理時に発生する像の信号劣化を補正する、距離測定装置。

[請求項2] 請求項１の距離測定装置であって、

上記像の一致度判定する二つの像が、一つの撮像素子の上にある、距離測定装置。

[請求項3] 請求項１の距離測定装置であって、

上記像の一致度判定する二つの像が、それぞれ画素ピッチの異なる二つの撮像素子の上にある、距離測定装置。

[請求項4] 請求項１の距離測定装置であって、

上記像の一致度判定する二つの像が、それぞれ焦点距離の異なるレンズからなる光学系で形成される、距離測定装置。

[請求項5] 請求項１の距離測定装置であって、

上記像位置検出時における像の一致度判定を実施する際に、少なくとも一方の像の判定に必要な撮像素子の上の画像データに対し、幾何学的な補正と、再サンプリング処理が実施され、

再サンプリング処理時に発生する像の信号劣化を補正する、距離測定装置。

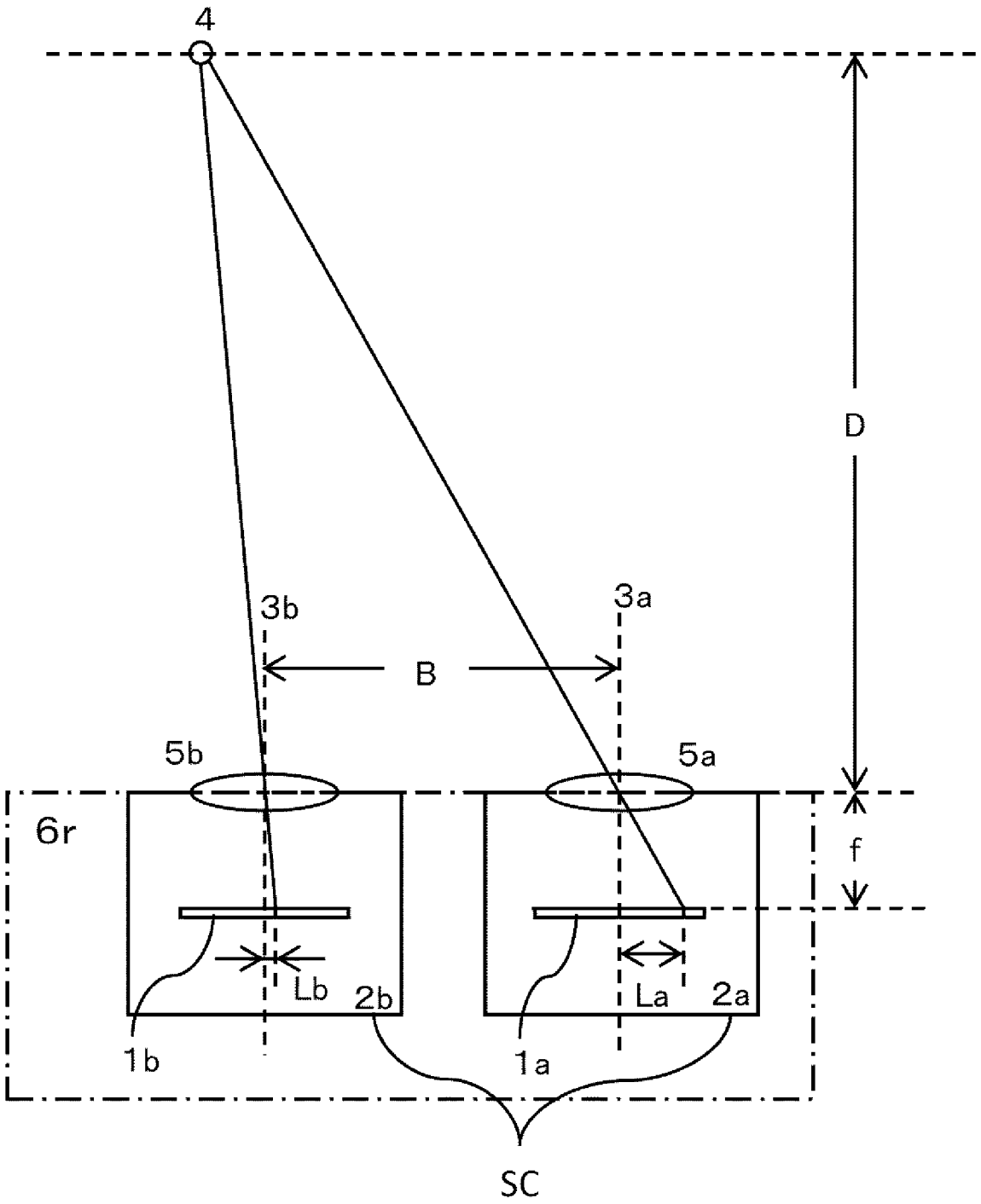
[請求項6] 請求項１の距離測定装置であって、

一致度判定する二つの像の撮像素子の上のそれぞれの位置を検出し、

二つの像位置におけるそれぞれの幾何補正と再サンプリング処理により発生する像の信号劣化を補正する、距離測定装置。

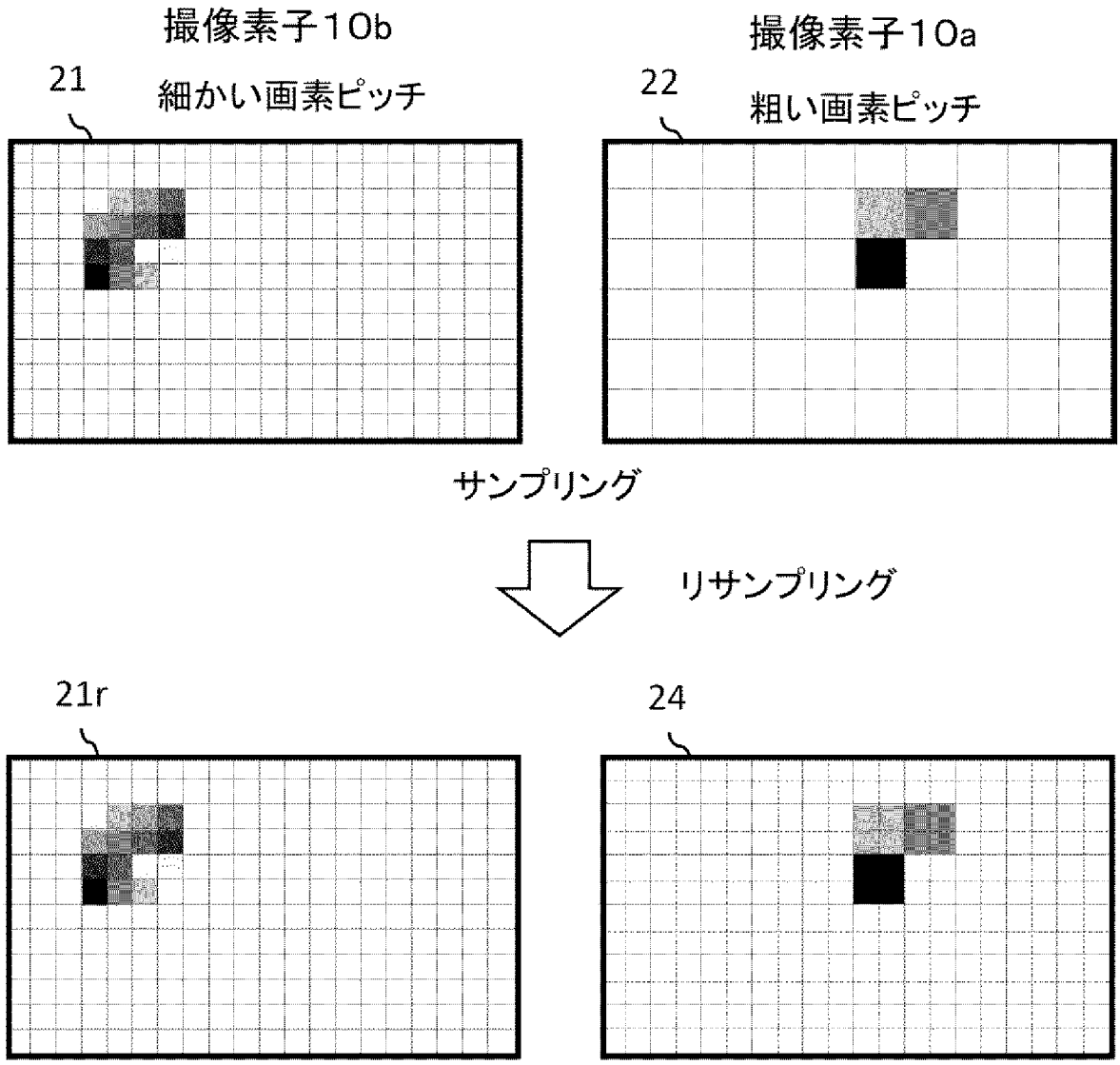
[図1]

図 1



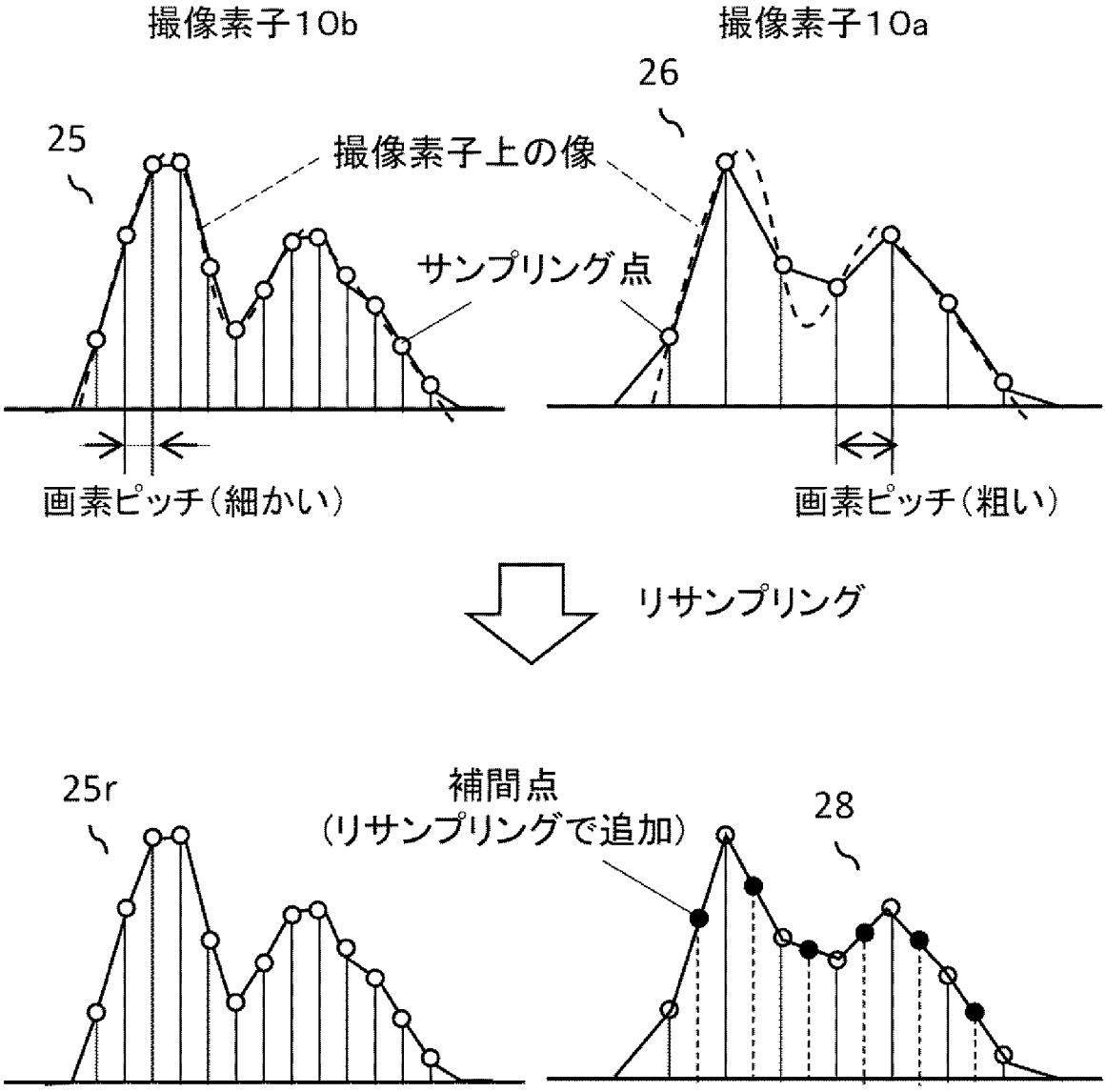
[図2A]

図２Ａ


撮像素子10b
21
細かい画素ピッチ
撮像素子10a
22
粗い画素ピッチ
サンプリング
リサンプリング
21r
24

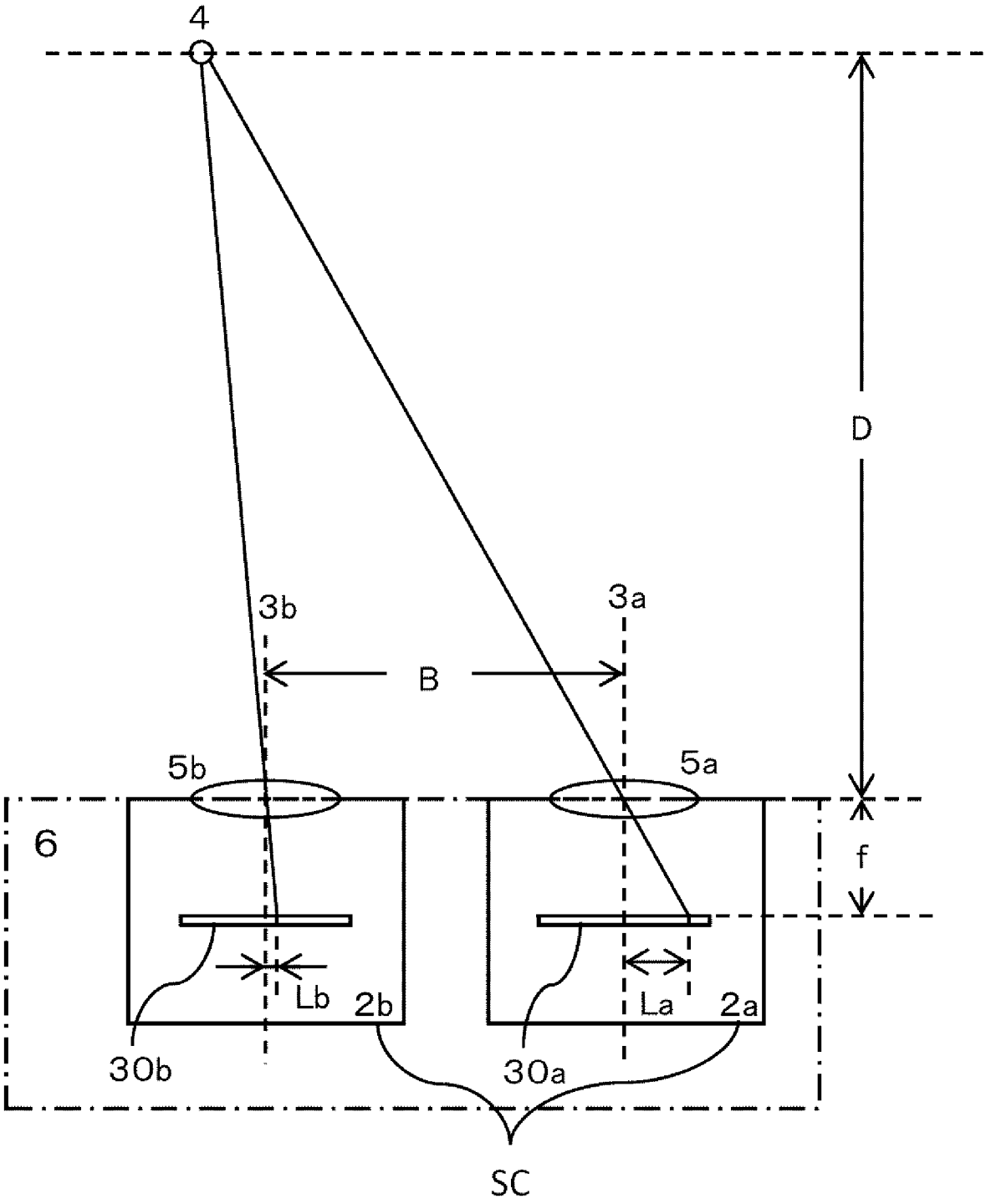
[図2B]

図２Ｂ


撮像素子10b
撮像素子10a
26
25
撮像素子上の像
サンプリング点
画素ピッチ（細かい）
画素ピッチ（粗い）
リサンプリング
25r
補間点
（リサンプリングで追加）
28

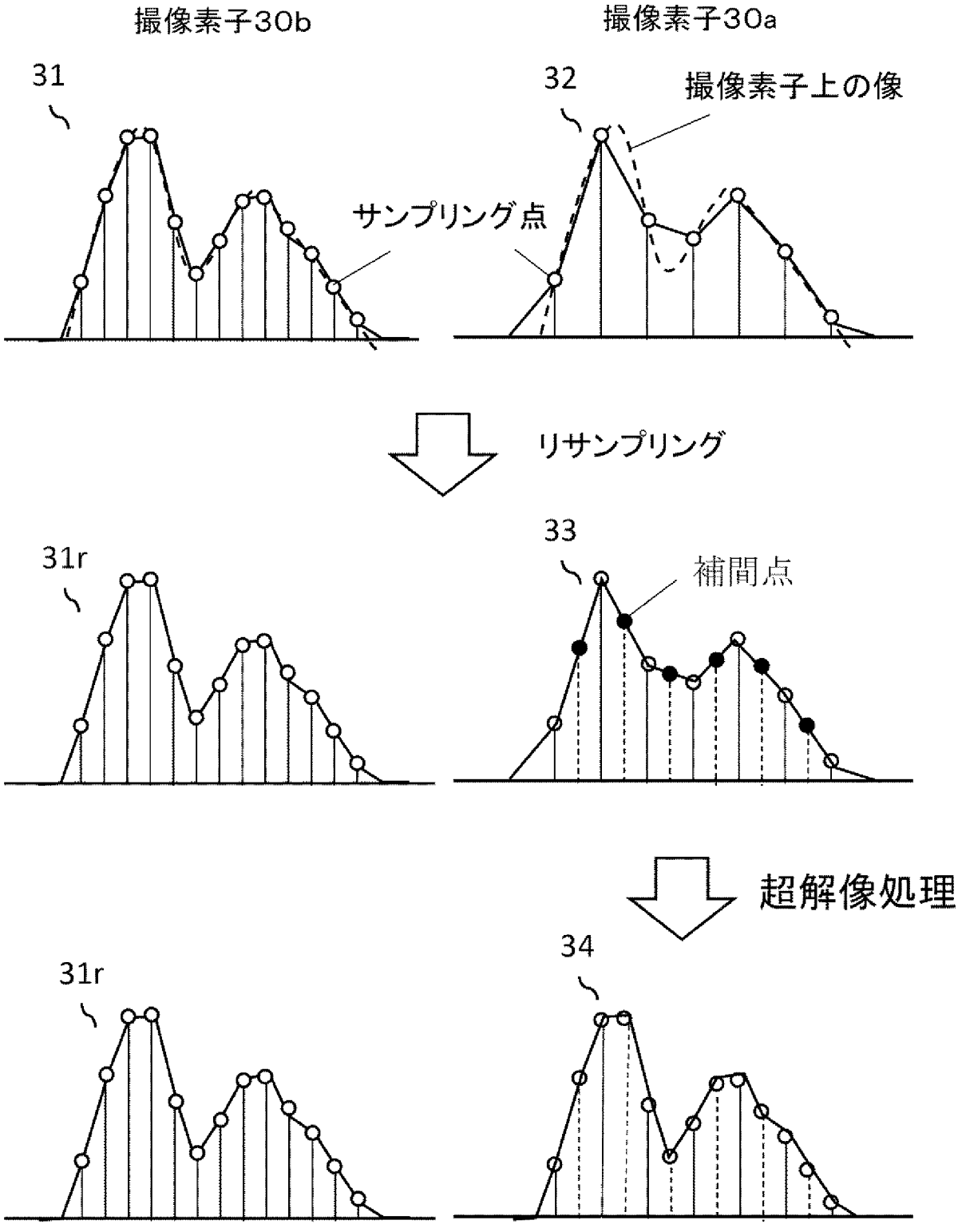
[図3A]

図３Ａ



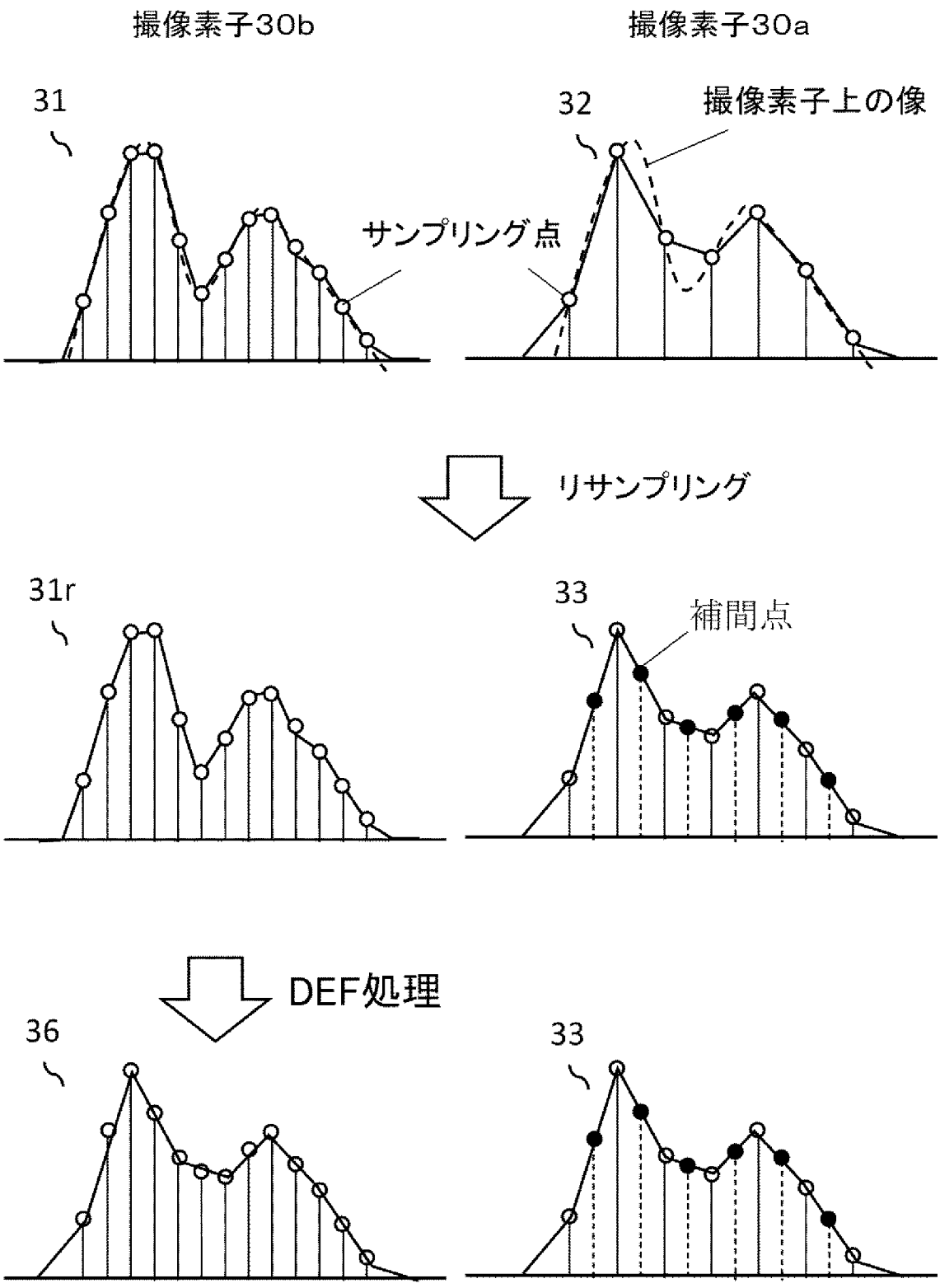
[図3B]

図３Ｂ


撮像素子30b
撮像素子30a
31
32
撮像素子上の像
サンプリング点
リサンプリング
31r
33
補間点
超解像処理
31r
34

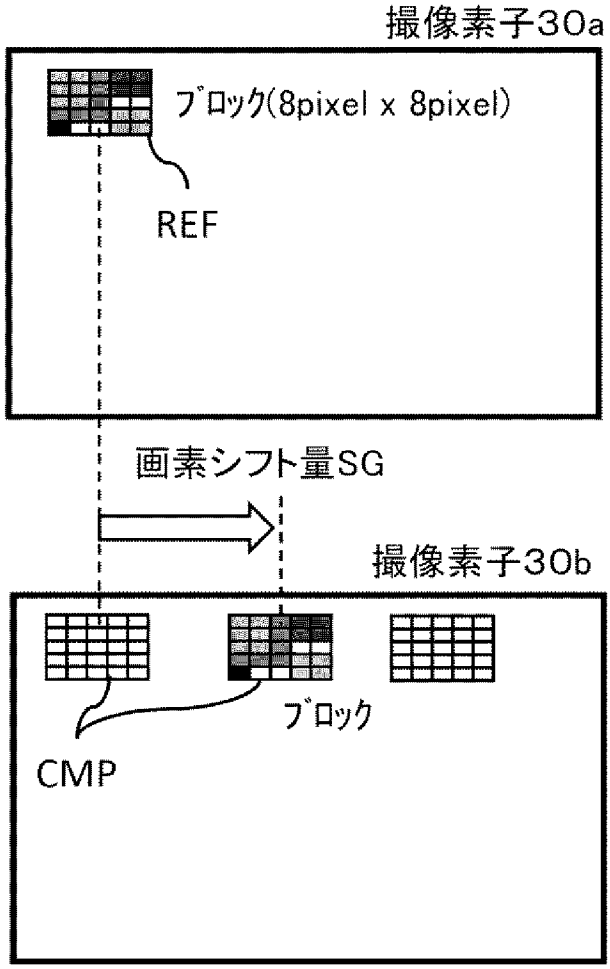
[図3C]

図３Ｃ


撮像素子30b
撮像素子30a
31
32
撮像素子上の像
サンプリング点
リサンプリング
31r
33
補間点
DEF処理
36
33

[図4A]

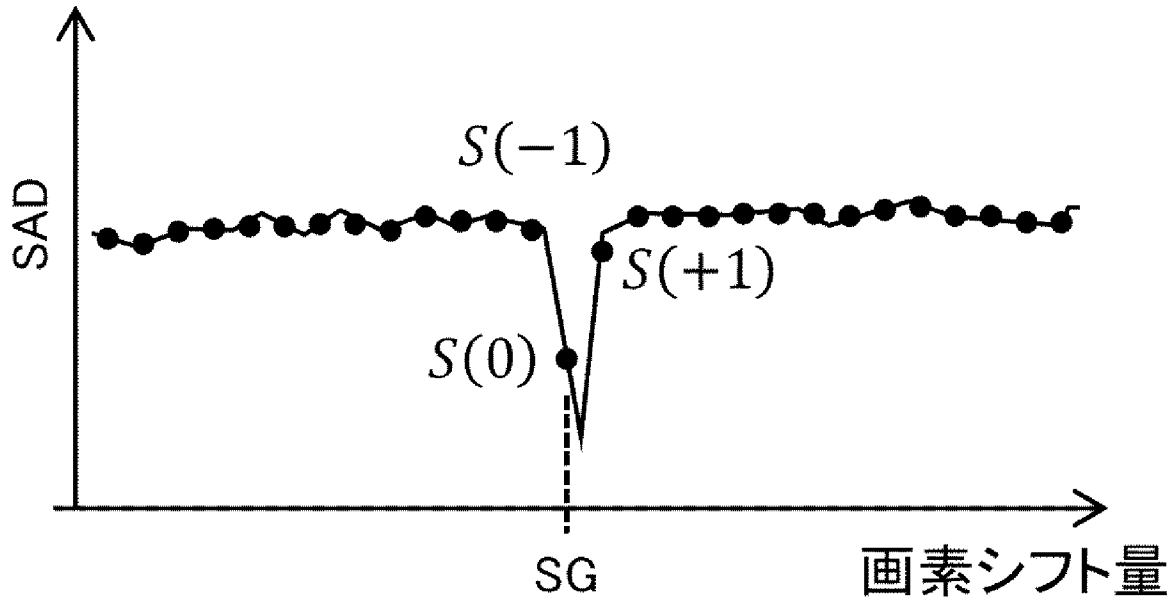
図４Ａ



式2 $$SAD(k,l)=\sum_{i=1}^{N}\sum_{j=1}^{M}|f(i+k,j+l)-g(i+k+m,j+l)|$$

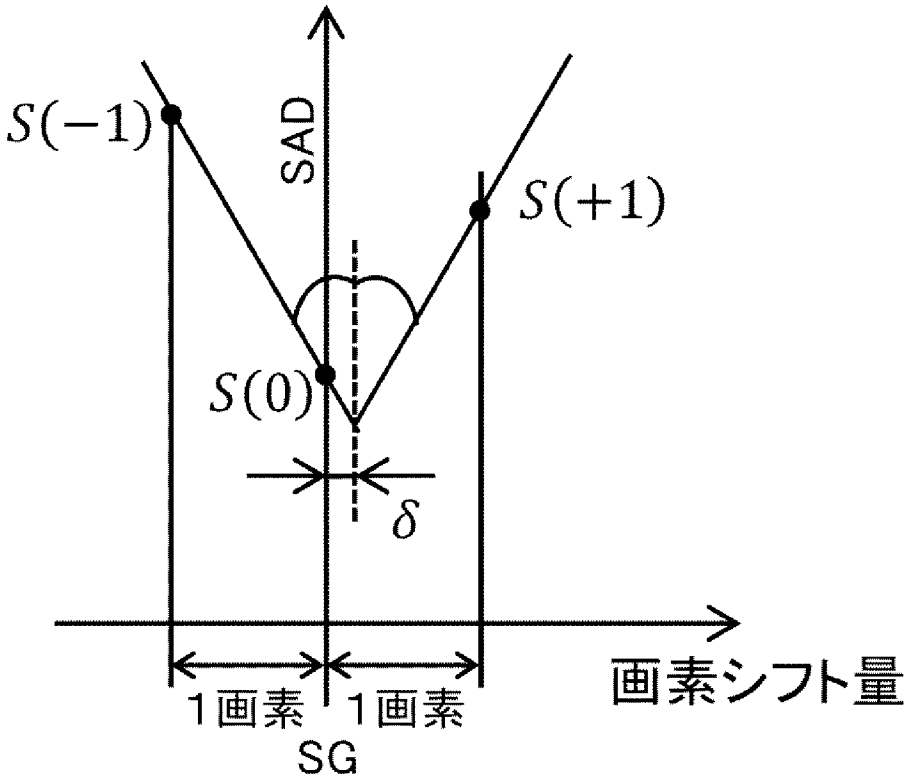
[図4B]

図４Ｂ



[図4C]

図４Ｃ

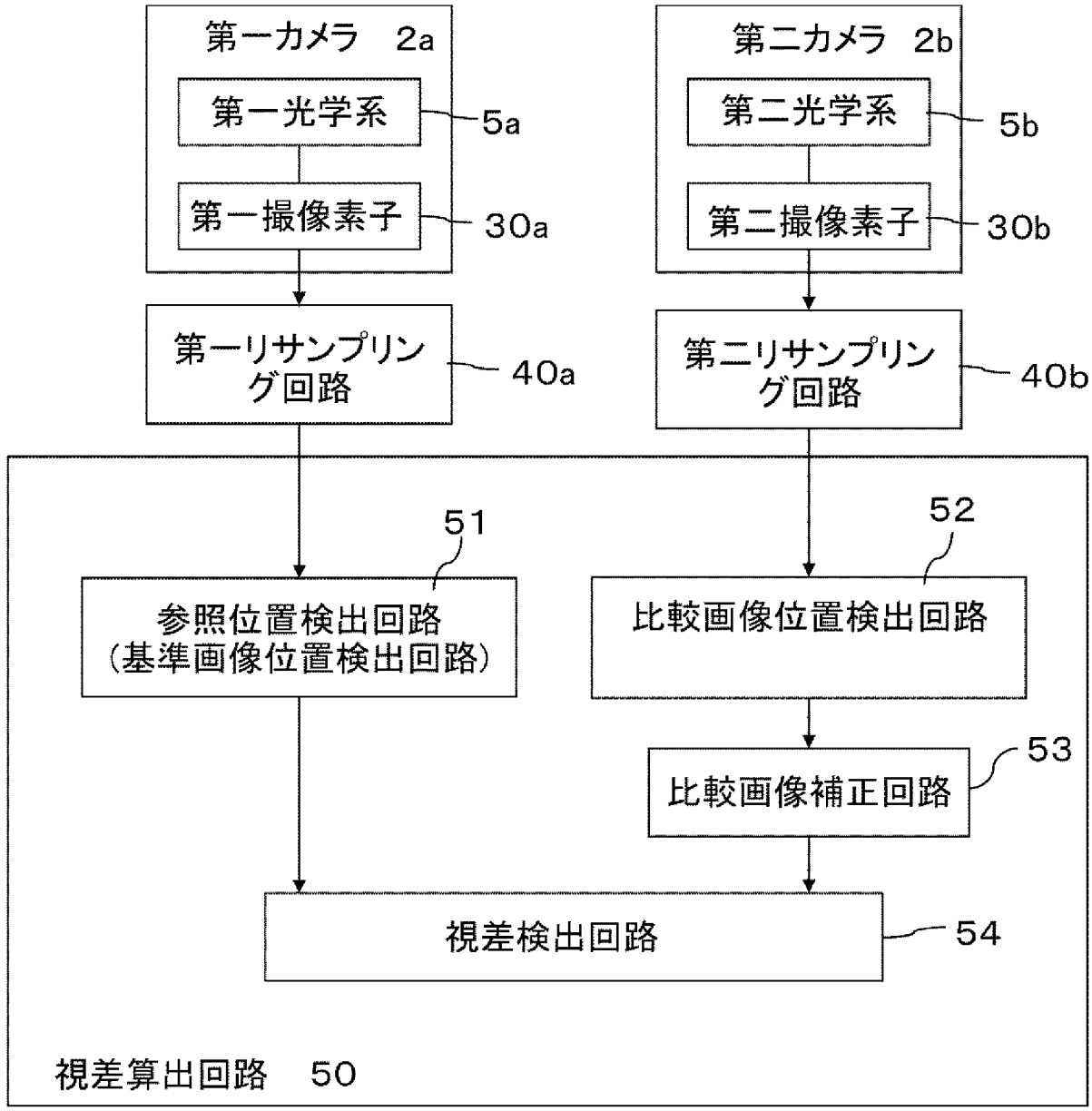


δ :1画素以下の視差

式3 $$\delta = \begin{cases} \frac{1}{2}\frac{S(-1) - S(+1)}{S(-1) - S(0)}, \left(S(-1) \geq S(+1)\right) \\ -\frac{1}{2}\frac{S(+1) - S(-1)}{S(+1) - S(0)}, \left(S(-1) < S(+1)\right) \end{cases}$$

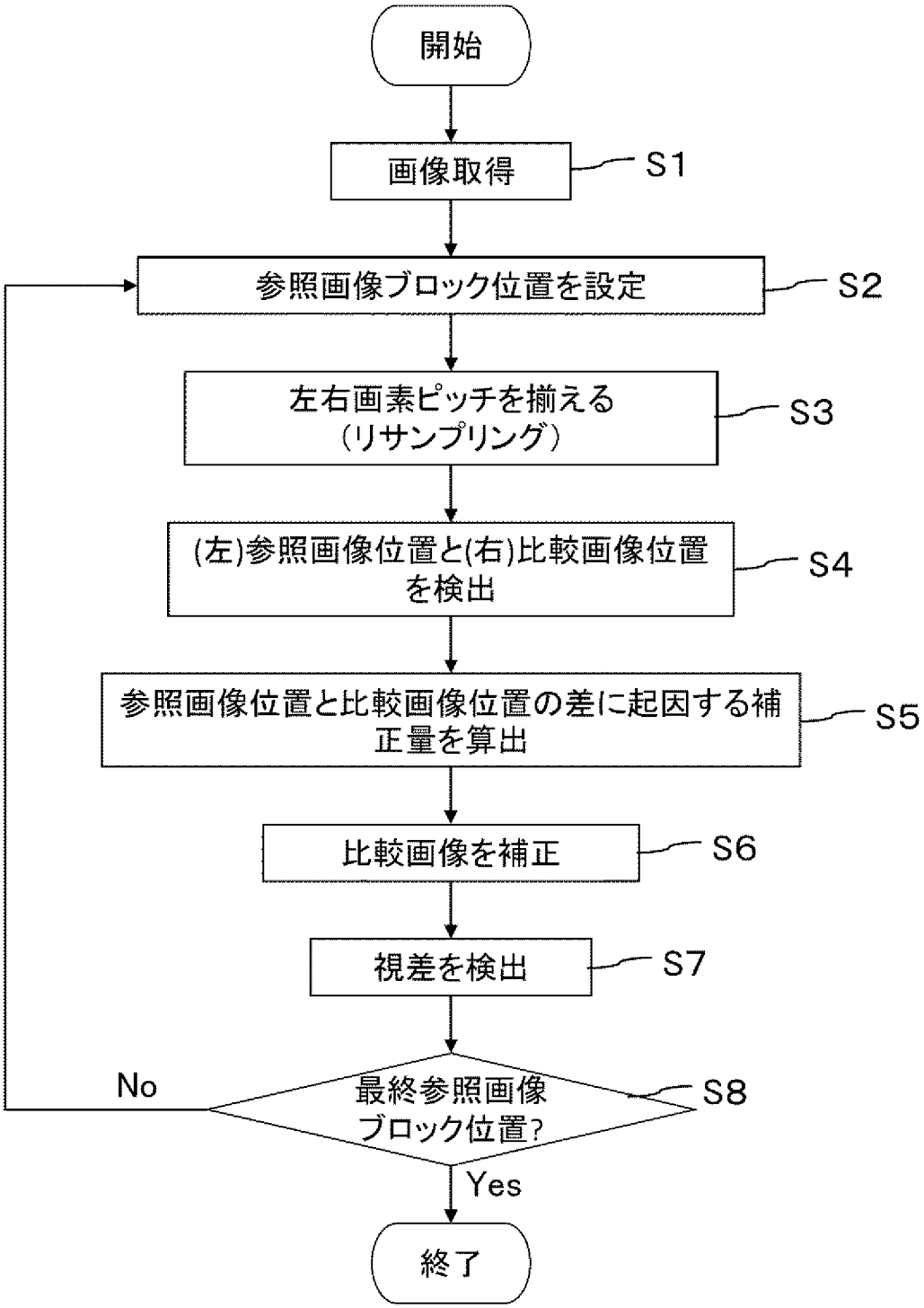
[図5]

図５


6
第一カメラ 2a
第一光学系
5a
第一撮像素子
30a
第一リサンプリング回路
40a
第二カメラ 2b
第二光学系
5b
第二撮像素子
30b
第二リサンプリング回路
40b
51
参照位置検出回路（基準画像位置検出回路）
52
比較画像位置検出回路
53
比較画像補正回路
視差検出回路
54
視差算出回路 50

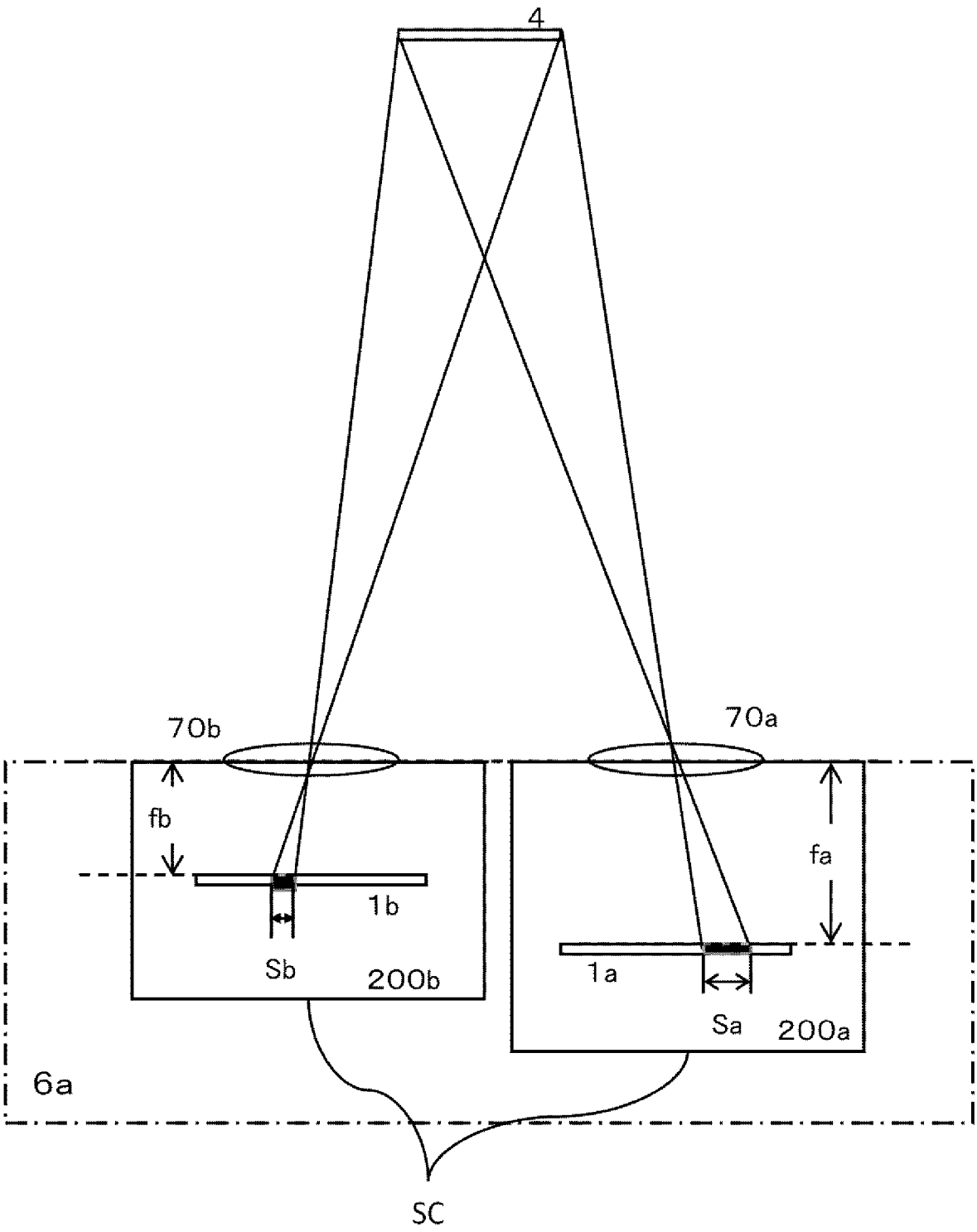
[図6]

図 6


開始
画像取得
S1
参照画像ブロック位置を設定
S2
左右画素ピッチを揃える
（リサンプリング）
S3
(左)参照画像位置と(右)比較画像位置
を検出
S4
参照画像位置と比較画像位置の差に起因する補
正量を算出
S5
比較画像を補正
S6
視差を検出
S7
No
最終参照画像
ブロック位置?
S8
Yes
終了

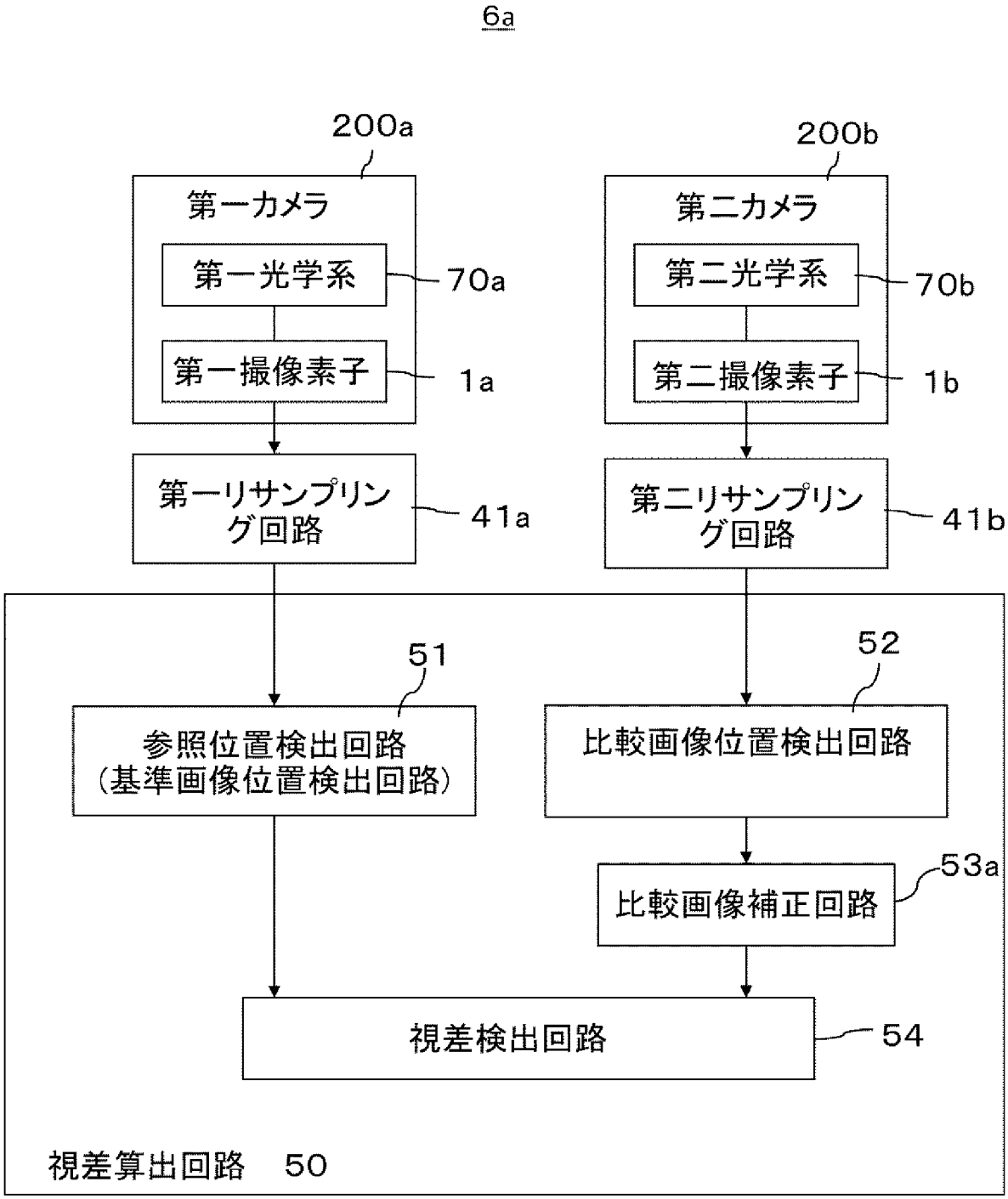
[図7]

図 7



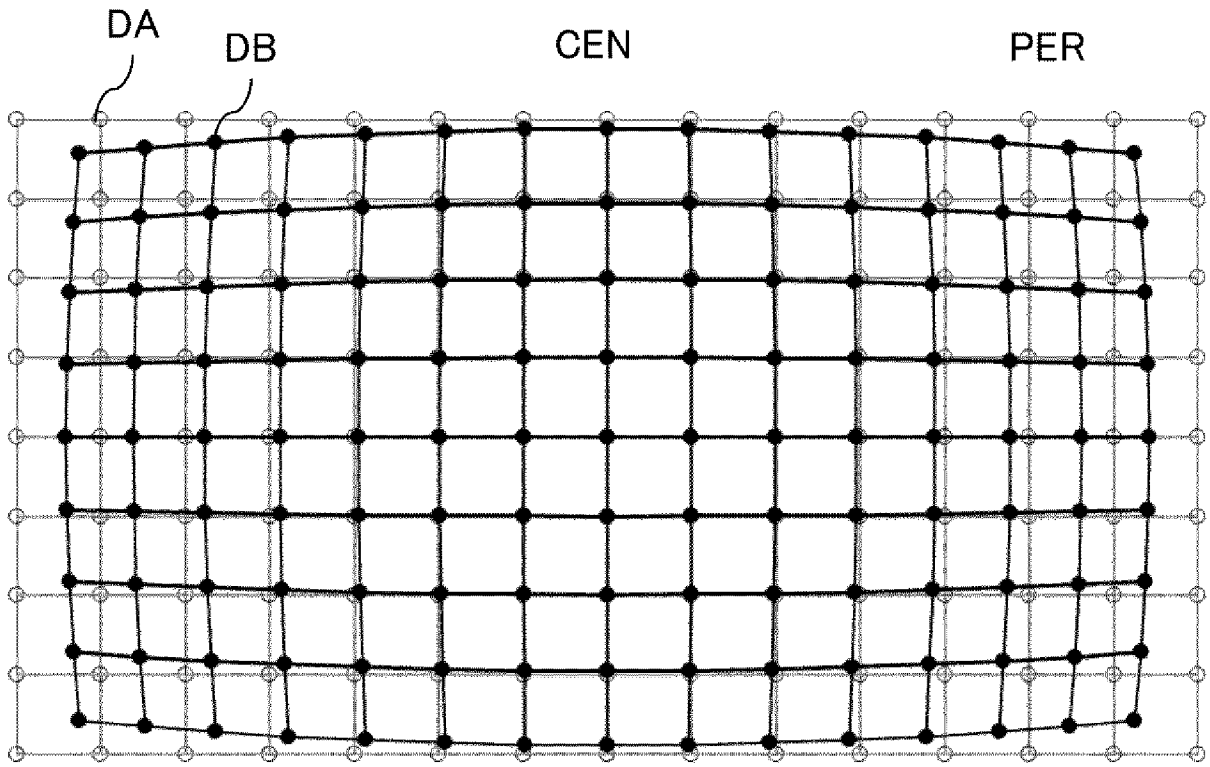
[図8]

図８


6a
200a
200b
第一カメラ
第二カメラ
第一光学系
70a
第二光学系
70b
第一撮像素子
1a
第二撮像素子
1b
第一リサンプリング回路
41a
第二リサンプリング回路
41b
51
52
参照位置検出回路
（基準画像位置検出回路）
比較画像位置検出回路
53a
比較画像補正回路
視差検出回路
54
視差算出回路　50

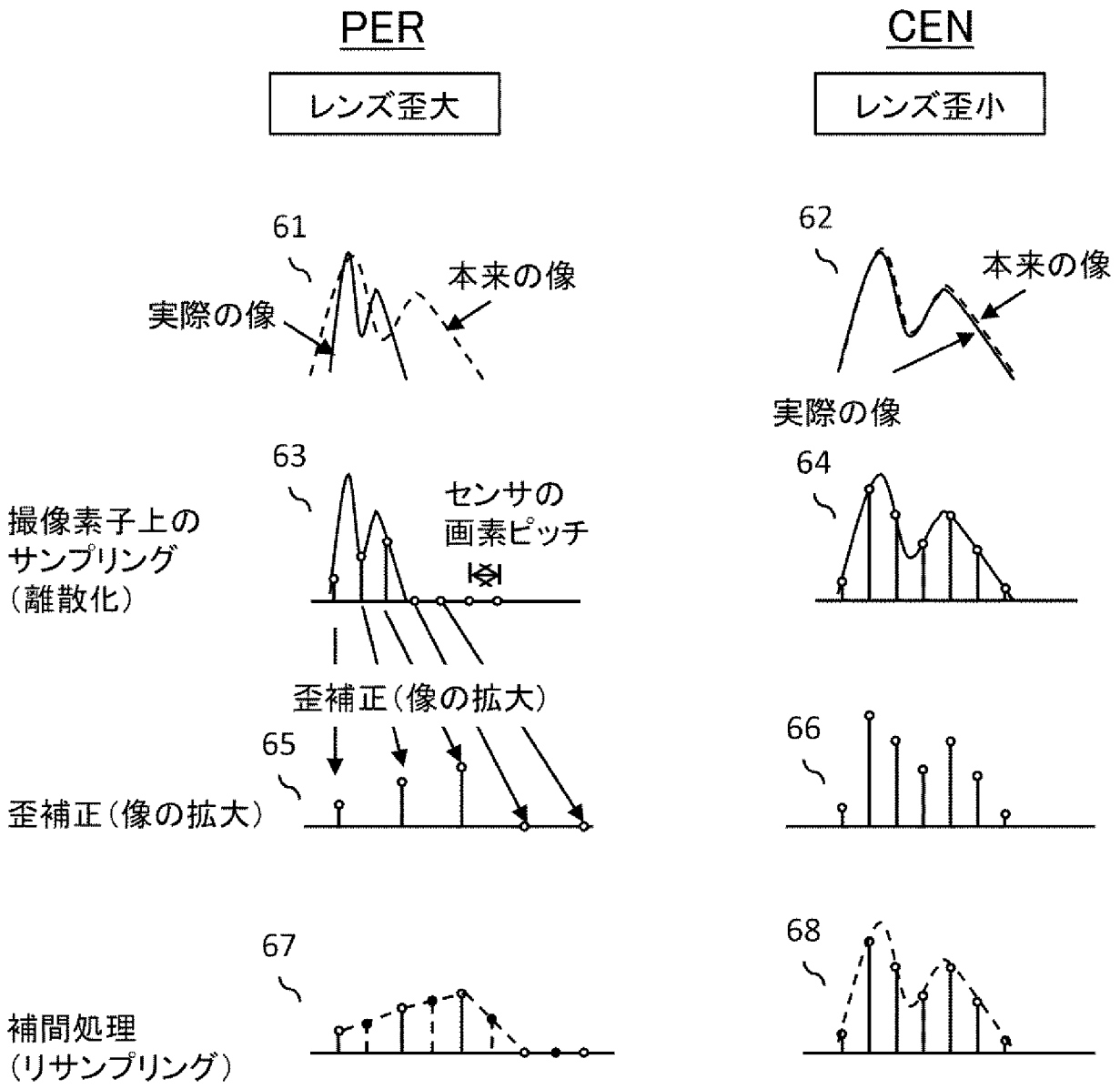
[図9]

図 9



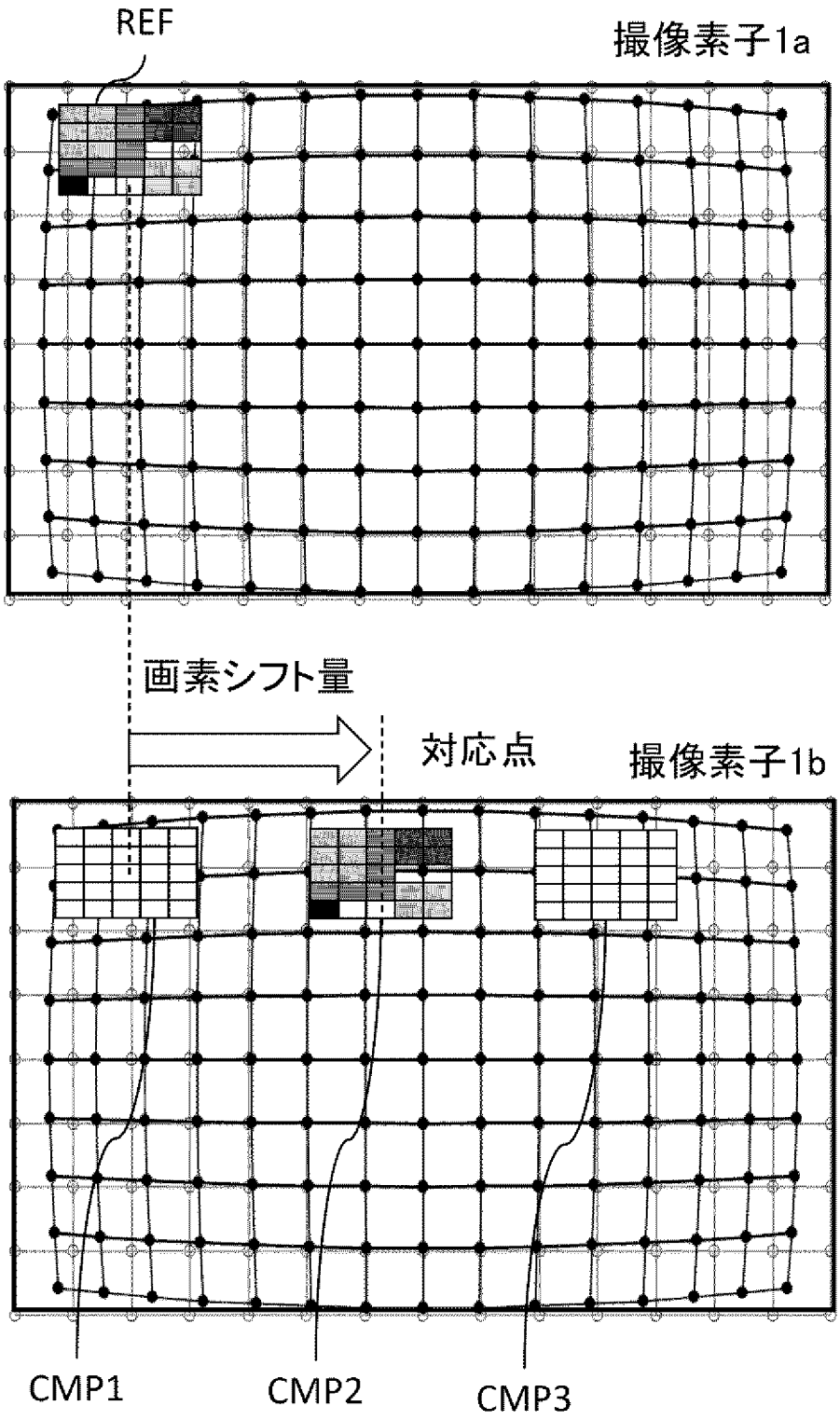
[図10]

図１０


PER
CEN
レンズ歪大
レンズ歪小
61
本来の像
実際の像
62
本来の像
実際の像
撮像素子上の
サンプリング
（離散化）
63
センサの
画素ピッチ
64
歪補正（像の拡大）
65
歪補正（像の拡大）
66
67
補間処理
（リサンプリング）
68

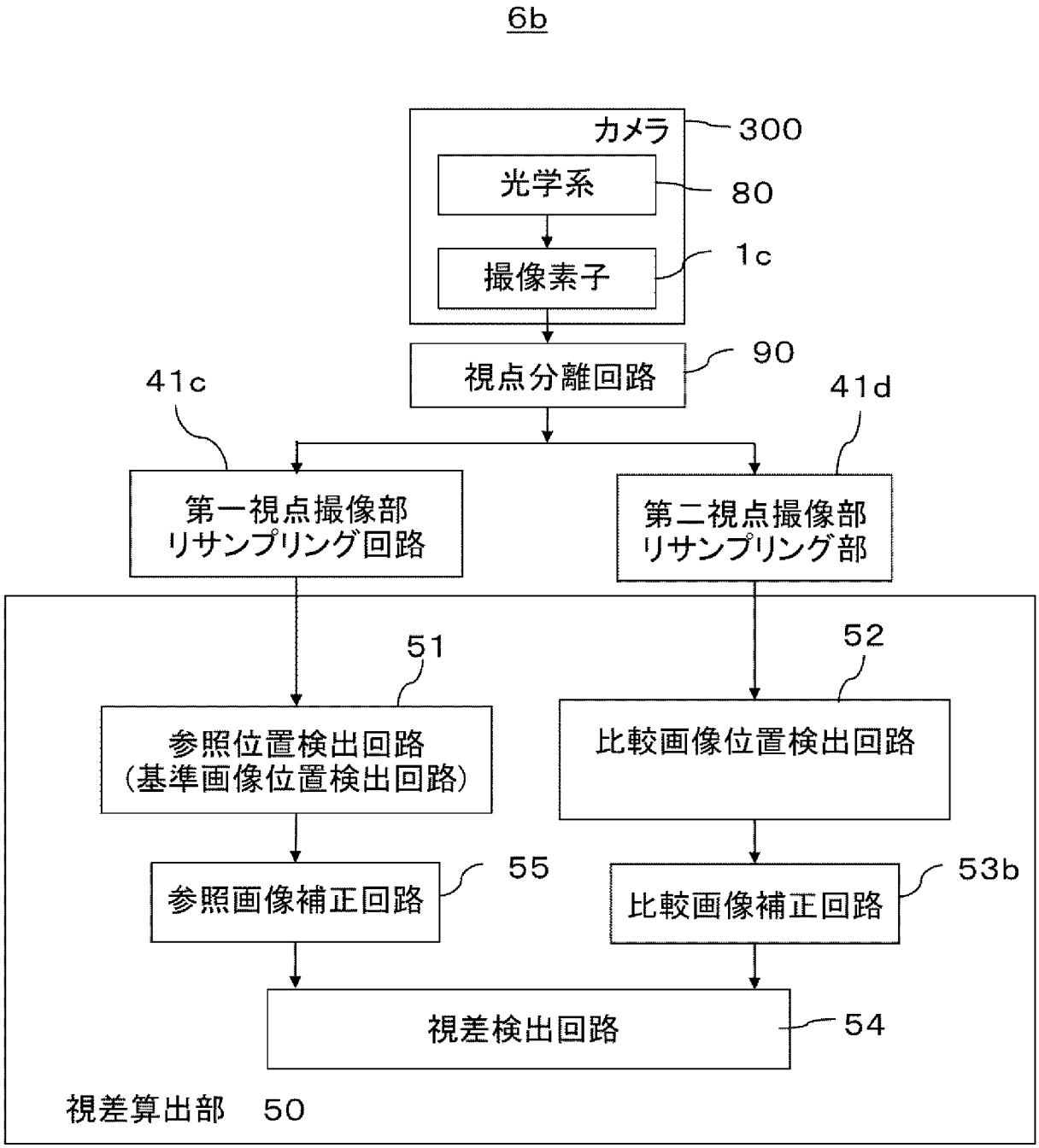
[図11]

図１１



[図12]

図１２


6b
カメラ
300
光学系
80
撮像素子
1c
視点分離回路
90
41c
41d
第一視点撮像部
リサンプリング回路
第二視点撮像部
リサンプリング部
51
52
参照位置検出回路
（基準画像位置検出回路）
比較画像位置検出回路
参照画像補正回路
55
比較画像補正回路
53b
視差検出回路
54
視差算出部　50

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP2022/004624

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

G01C 3/06(2006.01)i; ***G03B 35/08***(2021.01)i; ***H04N 13/25***(2018.01)i
FI: G01C3/06 110V; H04N13/25; G03B35/08

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)

G01C3/06; G01B11/00-11/30; G03B35/08; H04N13/00-17/06

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 1971-2022
Registered utility model specifications of Japan 1996-2022
Published registered utility model applications of Japan 1994-2022

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	JP 2011-160299 A (KONICA MINOLTA HOLDINGS INC) 18 August 2011 (2011-08-18) paragraphs [0001]-[0120], fig. 1-8	1-6
A	WO 2011/096251 A1 (KONICA MINOLTA HOLDINGS INC) 11 August 2011 (2011-08-11) entire text, all drawings	1-6
A	JP 2000-102040 A (OLYMPUS OPTICAL CO LTD) 07 April 2000 (2000-04-07) entire text, all drawings	1-6
A	JP 2005-210217 A (OLYMPUS CORP) 04 August 2005 (2005-08-04) entire text, all drawings	1-6

☐ 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	Date of mailing of the international search report
06 April 2022	**19 April 2022**
Name and mailing address of the ISA/JP **Japan Patent Office (ISA/JP)** **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/JP2022/004624

Patent document cited in search report	Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)	Publication date (day/month/year)
JP 2011-160299 A	18 August 2011	(Family: none)	
WO 2011/096251 A1	11 August 2011	US 2012/0293633 A1 entire text, all drawings EP 2533541 A1	
JP 2000-102040 A	07 April 2000	(Family: none)	
JP 2005-210217 A	04 August 2005	(Family: none)	

国際調査報告

国際出願番号
PCT/JP2022/004624

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（ＩＰＣ））

G01C 3/06(2006.01)i; G03B 35/08(2021.01)i; H04N 13/25(2018.01)i
FI: G01C3/06 110V; H04N13/25; G03B35/08

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））

G01C3/06; G01B11/00-11/30; G03B35/08; H04N13/00-17/06

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報	１９２２－１９９６年
日本国公開実用新案公報	１９７１－２０２２年
日本国実用新案登録公報	１９９６－２０２２年
日本国登録実用新案公報	１９９４－２０２２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 2011-160299 A (コニカミノルタホールディングス株式会社) 18.08.2011 (2011-08-18) [0001]-[0120], 図1-8	1-6
A	WO 2011/096251 A1 (コニカミノルタホールディングス株式会社) 11.08.2011 (2011-08-11) 全文, 全図	1-6
A	JP 2000-102040 A (オリンパス光学工業株式会社) 07.04.2000 (2000-04-07) 全文, 全図	1-6
A	JP 2005-210217 A (オリンパス株式会社) 04.08.2005 (2005-08-04) 全文, 全図	1-6

☐ 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	国際調査報告の発送日
06.04.2022	19.04.2022

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）
國田　正久 2S 9111
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/JP2022/004624

引用文献	公表日	パテントファミリー文献	公表日
JP 2011-160299 A	18.08.2011	（ファミリーなし）	
WO 2011/096251 A1	11.08.2011	US 2012/0293633 A1 全文，全図 EP 2533541 A1	
JP 2000-102040 A	07.04.2000	（ファミリーなし）	
JP 2005-210217 A	04.08.2005	（ファミリーなし）	